

VI その他の説明書

VI-1 説明書

目 次

- VI-1-1 各施設に共通の説明書
 - VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書
 - VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-1-2 竜巻への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-1-3 外部火災への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-1-4 火山への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-1-5 航空機に対する防護設計に関する説明書
 - VI-1-1-1-6 落雷への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-1-7 津波への配慮に関する説明書
 - VI-1-1-2 閉じ込めの機能に関する説明書
 - VI-1-1-3 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
 - VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書
 - VI-1-1-5 再処理施設への人の不法な侵入等の防止に関する説明書 前回申請
 - VI-1-1-6 再処理施設内における溢水による損傷の防止に関する説明書
 - VI-1-1-7 再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止に関する説明書
 - VI-1-1-8 通信連絡設備に関する説明書
 - VI-1-1-9 安全避難通路等に関する説明書
 - VI-1-1-10 搬送設備に関する説明書

- VI-1-2 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設に関する説明書 該当なし

- VI-1-3 製品貯蔵施設に関する説明書

- VI-1-4 計測制御系統施設に関する説明書

- VI-1-5 制御室及び緊急時対策所に関する説明書

- VI-1-6 放射性廃棄物の廃棄施設に関する説明書

- VI-1-7 放射線管理施設に関する説明書

- VI-1-8 その他再処理施設に関する説明書

- VI-1-8-1 電気設備に関する説明書
- VI-1-8-2 工場等外への放射性物質の放出を抑制するための設備に関する説明書
- VI-1-8-3 重大事故等への対処に必要な水の供給設備に関する説明書

VI-1-1 各施設に共通の説明書

VI-1-1-1

自然現象等による

損傷の防止に関する説明書

「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」については、第1回設工認申請書に記載のとおり。

VI-1-1-1-1

自然現象等への配慮に関する説明書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 防護すべき施設	1
3. 防護設計に係る荷重等の設定	1
4. 自然現象及び人為事象に対する防護対策	1
4.1 自然現象に対する防護対策	1
4.2 人為事象に対する防護対策	5
4.3 必要な機能を損なわないための運用上の措置	7

1. 概要

本資料は、再処理施設における自然現象（竜巻、森林火災、火山の影響、落雷、地震及び津波を除く。）及び人為事象（航空機落下、爆発及び近隣工場等の火災を除く。）に対する防護設計が「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第八条に適合することを説明するものである。

2. 防護すべき施設

想定される自然現象（竜巻、森林火災、火山の影響、落雷、地震及び津波を除く。）（以下「自然現象」という。）又は人為事象（航空機落下、爆発及び近隣工場等の火災を除く。）（以下「人為事象」という。）から防護する施設（以下「外部事象防護対象施設」という。）としては、安全評価上その機能を期待する建物・構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する建物・構築物、系統及び機器とする。外部事象防護対象施設及びそれらを収納する建屋（以下「外部事象防護対象施設等」という。）は、自然現象又は人為事象に対し、機械的強度を有すること等により、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、想定される自然現象及び人為事象の影響により外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設の影響を考慮した設計とする。

外部事象防護対象施設等以外の安全機能を有する施設は、自然現象又は人為事象に対して機能を維持すること若しくは損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障の生じない期間での修理を行うこと又はそれらを組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。

なお、使用済燃料輸送容器に使用済燃料が収納された使用済燃料収納使用済燃料輸送容器（以下、「使用済燃料収納キャスク」という。）は、再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、自然現象及び人為事象により使用済燃料収納キャスクを収納する建屋が使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

3. 防護設計に係る荷重等の設定

想定される自然現象及び人為事象そのものがもたらす環境条件並びにその結果として再処理施設で生じ得る環境条件を考慮し、防護設計に係る荷重等の条件を設定する。

4. 自然現象及び人為事象に対する防護対策

外部事象防護対象施設等は、以下の自然現象及び人為事象に係る設計方針に基づき機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。

4.1 自然現象に対する防護対策

(1) 風（台風）

敷地付近で観測された日最大瞬間風速は、八戸特別地域気象観測所での観測記録（1951年～2018年3月）で41.7m/s（2017年9月18日）である。

外部事象防護対象施設は、この観測値を基準とし、建築基準法及び平成12年5月31日建設省告示第1454号「Eの数値を算出する方法並びに V_0 及び風力係数の数値を定める件」に基づき算出する風荷重に対して機械的強度を有する設計とする又は機械的強度を有する建屋内に収納することにより、安全機能を損なわない設計とする。

ただし、建築基準法及び告示に基づき算出する風荷重は、設計竜巻の最大風速(100m/s)による風荷重を大きく下回るため、風(台風)に対する安全設計は竜巻に対する設計の中で確認する。

(2) 凍 結

敷地付近で観測された日最低気温は、むつ特別地域気象観測所での観測記録(1935年～2018年3月)によれば -22.4°C (1984年2月18日)、八戸特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)によれば -15.7°C (1953年1月3日)である。

敷地及び敷地周辺の観測値を適切に考慮し、むつ特別地域気象観測所、八戸特別地域気象観測所及び六ヶ所地域気象観測所における日最低気温の推移を比較する。その結果、むつ特別地域気象観測所の観測値は、六ヶ所地域気象観測所の観測値に比べて低く推移しており、かつ乖離が大きい。一方、八戸特別地域気象観測所の観測値は、六ヶ所地域気象観測所の観測値と近似し、かつ極値が六ヶ所地域気象観測所の値を下回っている。以上のことから、八戸特別地域観測所における観測記録の日最低気温を用いて、凍結において考慮する外気温を -15.7°C と設定する。

外部事象防護対象施設は、建屋内への収納、給気加熱、保温等の凍結防止措置を講ずることにより、凍結に対して安全機能を損なわない設計とする。

建屋内の外部事象防護対象施設は、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、制御建屋中央制御室換気設備、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備、第2非常用ディーゼル発電機及び非管理区域換気空調設備において給気加熱を行うことにより、凍結に対して安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部事象防護対象施設で凍結のおそれのある安全冷却水系の冷却塔については、保温又は不凍液の使用により凍結防止措置を講ずることにより、凍結に対して安全機能を損なわない設計とする。凍結防止措置として不凍液を使用する場合は、外気温 -15.7°C に対して凍結するおそれのない濃度のものを用いる設計とする。また、仮に外気温が -15.7°C を下回るおそれがある場合は、ファンの運転台数の制限、冷却水流量の調整による凍結防止措置を講じることにより、外気温 -22.4°C に対しても安全機能を損なわない設計とする。

(3) 高 温

敷地付近で観測された日最高気温の極値は、むつ特別地域気象観測所での観測記録(1935年～2018年3月)によれば 34.7°C (2012年7月31日)、八戸特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)によれば 37.0°C (1978年8月3日)である。

敷地及び敷地周辺の観測値を適切に考慮し、むつ特別地域気象観測所、八戸特別地域

気象観測所及び六ヶ所地域気象観測所における日最高気温の推移を比較する。その結果、むつ特別地域気象観測所と八戸特別地域気象観測所のいずれの観測値も六ヶ所地域気象観測所の観測値に近いことから、より厳しい条件となるように、八戸特別地域気象観測所の日最高気温の極値 37.0℃を高温において考慮する外気温として設定する。

外部事象防護対象施設は、高温に対して要求される機能を維持する設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、安全冷却水系、ガラス固化体貯蔵設備、ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の貯蔵室からの排気系等の設計においては、安全機能の特徴を踏まえ、日最高気温の極値が一時的に発生した場合ではなく、長期的な温度変動を考慮する。

具体的には、六ヶ所地域気象観測所(1977年～2020年)の日平均気温の極値 28.5℃(1994年8月12日)を超える温度 29℃を設定する。

(4) 降 水

敷地付近で観測された日最大降水量は、八戸特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)で160.0mm(1982年5月21日)、むつ特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)で162.5mm(1981年8月22日及び2016年8月17日)、六ヶ所地域気象観測所での観測記録(1976年4月～2020年3月)で208mm(1990年10月26日)である。また、敷地付近で観測された日最大1時間降水量は、八戸特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)で67.0mm(1969年8月5日)、むつ特別地域気象観測所での観測記録(1937年～2018年3月)で51.5mm(1973年9月24日)、六ヶ所地域気象観測所での観測記録(1976年4月～2020年3月)で46mm(1990年10月26日)である。これらの観測記録のうち、日最大1時間降水量が最も大きい八戸特別地域気象観測所に対し、森林法に基づき10分間降雨強度 98.8mm/hを設定する。

設計上考慮する降水量については、これらの観測記録及び降雨強度のうち、最も大きい 98.8mm/h を設計基準降水量として設定する。

外部事象防護対象施設は、設定した設計基準降水量(98.8mm/h)の降水による影響に対し、排水溝及び排水路によって敷地外へ排水するとともに、外部事象防護対象施設を収納する建屋の貫通部の止水処理をすること、外部事象防護対象施設を収納する建屋の開口部の高さを確保することにより、雨水が当該建屋に浸入することを防止することで、安全機能を損なわない設計とする。

設備が建屋外壁を貫通する際の貫通部の止水処理及び建屋の開口部の高さを確保については、「VI-1-1-6-1 溢水による損傷の防止に対する基本方針」において示す。

屋外の外部事象防護対象施設は、降水による浸水に対し、外部事象防護対象施設のうち浸水の影響を受けるおそれのある機器の設置高さを確保すること及び保護構造を有することにより、安全機能を損なわない設計とする。また、主排気筒は、排気の吹き上げにより雨水が浸入し難く、雨水が浸入したとしても雨水を排水できる構造とするこ

とにより、安全機能を損なわない設計とする。

(5) 積雪

建築基準法施行令第八十六条に基づく六ヶ所村の垂直積雪量は 150cm となっているが、敷地付近で観測された最深積雪は、むつ特別地域気象観測所での観測記録（1935 年～2018 年 3 月）によれば 170cm（1977 年 2 月 15 日）であり、六ヶ所村統計書における記録（1973 年～2002 年）による最深積雪は 190cm（1977 年 2 月）である。

積雪荷重に対しては、最も厳しい観測値となる六ヶ所村統計書における最深積雪である 190cm を考慮し、外部事象防護対象施設は積雪荷重に対して機械的強度を有する設計とする又は機械的強度を有する建屋内に収納することにより、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

積雪に対する設計は、同様な構造物への静的負荷として降下火砕物の堆積荷重の影響を考慮する火山の影響に対する設計の中で確認する。

また、外部事象防護対象施設は、雪の取り込みによる閉塞に対し、外部事象防護対象施設を収納する建屋の外気取入口に防雪フードを設置すること及び雪による閉塞のおそれのある機器内へ雪を取り込み難い設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

外部事象防護対象施設を収納する建屋の外気取入口及び排気口は、最深積雪に対して閉塞しない位置に設置することで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、制御建屋中央制御室換気設備、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備、第 2 非常用ディーゼル発電機及び非管理区域換気空調設備においては給気を加熱することにより、雪の取り込みによる閉塞を防止し、建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部事象防護対象施設のうち主排気筒は、排気の吹き上げにより雪の取り込みによる閉塞を防止し、安全機能を損なわない設計とする。

(6) 生物学的事象

生物学的事象としては、敷地周辺の生物の生息状況の調査に基づいて鳥類、昆虫類及び小動物を対象生物に選定し、これらの生物が再処理施設へ侵入することを防止又は抑制することにより、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

具体的には、外部事象防護対象施設を収納する建屋の外気取入口にはバードスクリーンとしてステンレス製の金網を設置し、生物学的事象に対し、鳥類及び小動物の侵入を防止し、昆虫類の侵入を抑制する設計とする。

また、建屋貫通部は止水処理により、小動物の建屋内への侵入を防止することで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、制御建屋中央制御室換気設備、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備、第 1 非常用ディーゼル発電機、第 2 非常用ディーゼル発

電機，安全圧縮空気系，非管理区域換気空調設備の給気系統にはフィルタ，第2非常用ディーゼル発電機の給気にはステンレスワイヤネットを設置し，生物の侵入を防止する設計とする。

屋外の外部事象防護施設は，鳥類，昆虫類及び小動物の侵入による影響を受けるおそれがある機器が保護構造を有することにより，鳥類，昆虫類及び小動物の侵入を防止する設計とする。

受電開閉設備及び屋外に設置する電気設備は，密封構造，メッシュ構造又はシール処理により，鳥類，昆虫類及び小動物の侵入を防止又は抑制する設計とする。

なお，二又川から給水処理設備に水を受け入れる取水口は，スクリーンを設置することにより，魚類及び底生生物の侵入並びに藻類の取込みを防止又は抑制する設計とする。

(7) 塩 害

一般に大気中の塩分量は，平野部で海岸から200m付近までは多く，数百mの付近で激減する傾向がある。再処理施設は海岸から約5km離れており，塩害の影響は小さいと考えられるが，外部事象防護対象施設は，塩害の影響で安全機能を損なわない設計とする。

外部事象防護対象施設は，気体廃棄物の廃棄施設の換気設備，制御建屋中央制御室換気設備，使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備及び非管理区域換気設備の給気系統に粒子フィルタ，高性能粒子フィルタ又は中性能フィルタを設置することにより，建屋内の外部事象防護対象施設への塩害の影響を防止すること，塗装又は腐食しにくい金属を用いることによる腐食防止対策を行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。また，直接外気を取り込むガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管には，防食処理（アルミニウム溶射）を施す設計とする。

なお，外部事象防護対象施設以外の安全機能を有する施設のうち受電開閉設備は，端子部分の絶縁を保つために洗浄が行える設計とする。

4.2 人為事象に対する防護対策

(1) 有毒ガス

外部事象防護対象施設は，再処理事業所内及びその周辺で発生する有毒ガス（化学薬品の漏えいに伴うものを含む）に対して安全機能を損なわない設計とする。

事業指定（変更許可）を受けたとおり，敷地内及び敷地周辺で発生する有毒ガスの発生源を網羅的かつ体系的に調査した結果として，ボンベ類等の敷地内の固定源及びタンクローリ等の敷地内の可動源を有毒ガスの発生源とし，敷地内で発生した有毒ガスが中央制御室，使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室並びに緊急時対策建屋に到達するおそれがある場合には，必要に応じて外気との連絡口を遮断又は中央制御室内空気及び緊急時対策建屋内空気の再循環運転を行うこと，防護具を着用することにより，運転員及び設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員への

影響を防止し、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

再循環時においては、中央制御室内及び緊急時対策建屋内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響を考慮し、運転員、設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員への影響を防止し、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、再処理事業所内における化学物質の漏えいにより発生する有毒ガスについては、「(3)再処理事業所内における化学物質の漏えい」に対する設計方針として示す。

敷地内及び敷地周辺で発生した有毒ガスが敷地内の作業環境に到達するおそれがある場合に、再処理施設の安全性を確保するために必要な措置をとるための具体的な事項は、「VI-1-5-2 制御室及び緊急時対策所の居住性に関する説明書」に記載する。

(2) 電磁的障害

外部事象防護対象施設は、電磁的障害に対して安全機能を維持するために必要な計測制御設備及び安全保護回路は、日本産業規格に基づいたノイズ対策を行うとともに、電氣的及び物理的な独立性を持たせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

ノイズ対策としては、制御盤の制御部は鋼製の筐体に格納するとともに筐体は接地すること、ケーブルは金属シールド付ケーブルを使用するとともに金属シールドは接地することにより、ノイズの侵入を防止する設計とする。

電氣的分離対策としては、絶縁増幅器又は継電器により、入力と出力を電氣的に絶縁することで、安全上重要な施設と安全上重要な施設以外の施設を電氣的に分離する設計とする。

物理的分離対策としては、安全上重要な施設と安全上重要な施設以外の施設のケーブルトレイを物理的に分離する設計とする。

(3) 再処理事業所内における化学物質の漏えい

再処理事業所内にて運搬及び保有又は使用される化学物質としては、再処理施設の試薬建屋の機器に内包される化学薬品、再処理施設の各建屋の機器に内包される化学薬品並びに試薬建屋及び各建屋への受入れの際に運搬される化学物質がある。再処理事業所内において化学物質を保有する施設については化学物質が漏えいし難い設計とするため、人為事象として試薬建屋への受入れの際に運搬される化学物質の漏えいを想定する。

これらの化学物質の漏えいによる影響としては、外部事象防護対象施設に直接被水することによる安全機能への影響及び漏えいした化学物質の反応等によって発生する有毒ガスによる制御室の運転員、敷地内の作業員等への影響が考えられる。漏えいした化学物質の反応等によって発生する有毒ガスの発生源の抽出は、上記「(1) 有毒ガス」のとおりである。

このうち屋外で運搬又は受入れ時における化学物質の漏えいに対する設計については、「VI-1-1-7 再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止に関する説明書」に示す。

また、漏えいした化学物質の反応等によって発生する有毒ガスによる制御室の運転員、設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員に対する影響を想定し、中央制御室、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室並びに緊急時対策建屋に有毒ガスが到達するおそれがある場合には、必要に応じて外気との連絡口を遮断又は中央制御室内空気及び緊急時対策建屋内空気の再循環運転を行うこと、防護具を着用することにより、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

再循環時においては、中央制御室内及び緊急時対策建屋内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響を考慮し、運転員、設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員への影響を防止し、安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外で運搬又は受入時に化学物質の漏えいが発生した場合における、作業リスクに応じた防護具の着用や漏えい発生時の制御室の運転員、敷地内の作業員等の対応及び必要な資機材の配備については、「VI-1-1-7-1 化学薬品の漏えいによる損傷の防止に対する基本方針」に記載する。

4.3 必要な機能を損なわないための運用上の措置

自然現象及び人為事象に関する設計条件等に係る新知見の収集並びに自然現象及び人為事象に対する防護措置との組合せにより安全機能を損なわないための運用上の措置として、以下を保安規定に定めて、管理する。

- ・定期的に自然現象に係る気象条件等の新知見の収集を実施するとともに、新知見が得られた場合に影響評価を行うこと
- ・除雪を適宜実施すること
- ・有毒ガスが発生した場合又は再処理事業所内において化学物質の漏えいが発生した場合は、中央制御室及び使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室の運転員並びに緊急時対策建屋において設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員への影響を防止するため、外気との連絡口を遮断又は中央制御室内空気及び緊急時対策建屋内空気の再循環運転を行うこと、防護具を着用すること及び有毒ガス発生に係る終息活動を行うこと及び制御室の運転員、緊急時対策建屋において設計基準事故及び重大事故等の対処に必要な指示を行う要員、敷地内の作業員が安全確保に係る対応ができるよう、作業リスクに応じた防護具の着用や漏えい発生時の対応を定め、必要な資機材を配備すること

VI-1-1-1-2

竜巻への配慮に関する説明書

目 次

- VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針
- VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定
- VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針
- VI-1-1-1-2-4 竜巻への配慮が必要な施設等の強度に関する説明書
 - VI-1-1-1-2-4-1 竜巻への配慮が必要な施設等の強度計算の方針
 - VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針
 - VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針
 - VI-1-1-1-2-4-1-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度計算の方針
 - VI-1-1-1-2-4-2 竜巻への配慮が必要な施設等の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1 建物・構築物
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-1 建物の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-1 建物の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-2 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る建物の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-2 排気筒の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-2-1 主排気筒の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-1-2-2 北換気筒の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2 機器・配管系
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-1 冷却塔の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-1-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-1-2 安全冷却水 A 冷却塔の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-1-3 冷却塔 A, B の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2 配管の強度計算書
 - VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-1 安全冷却水 B 冷却塔等の配管の強度計算書

- VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-2 安全冷却水 A 冷却塔の配管の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-3 ディーゼル発電機の排気消音器の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-4 ベント管等の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-1-2-3 換気空調設備の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1 飛来物防護板の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-1 飛来物防護板（前処理建屋の安全蒸気系設置室）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-2 飛来物防護板（精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-3 飛来物防護板（制御建屋 中央制御室換気設備設置室）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-4 飛来物防護板（第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-5 飛来物防護板（非常用電源建屋 第2 非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック, A 南ブロック, B 北ブロック, B 南ブロック）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-6 飛来物防護板（冷却塔接続 屋外設備）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-7 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-8 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書

- VI-1-1-1-2-4-2-2-1-10 飛来物防護板（主排気筒接続用
屋外配管及び屋外ダクト 高レベル
廃液ガラス固化建屋屋外）の強度計
算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-2 飛来物防護ネットの強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-2-1 飛来物防護ネット（再処理設備本体
用 安全冷却水系冷却塔 B）の強度
計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-2-2 飛来物防護ネット（再処理設備本体
用 安全冷却水系冷却塔 A）の強度
計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-2-2-3 飛来物防護ネット（第2非常用ディ
ーゼル発電機用 安全冷却水系冷却
塔 A, B）の強度計算書
- VI-1-1-1-2-4-2-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度
計算書
- VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム（解析コード）の概要

VI-1-1-1-2-1

竜巻への配慮に関する基本方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 竜巻防護に関する基本方針	1
2.1 基本方針	1
2.1.1 竜巻防護に対する設計方針	1
2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定	2
2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ	3
2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計	7
2.2 準拠規格	13

1. 概要

本資料は、再処理施設の竜巻に対する防護設計（以下「竜巻防護設計」という。）が「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第八条に適合することを説明するものである。

2. 竜巻防護に関する基本方針

2.1 基本方針

安全機能を有する施設は、事業指定(変更許可)を受けた想定される竜巻(以下「設計竜巻」という。)が発生した場合においても、作用する設計荷重に対してその安全機能を損なわない設計とする。

なお、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4. 自然現象及び人為事象に対する防護対策 4.1自然現象に対する防護対策 (1)風(台風)」及び「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.4(1)b. 構造物への粒子の衝突に対する設計方針」に記載している粒子の衝突による影響についても、竜巻防護に対する設計方針の中で示す。

2.1.1 竜巻防護に対する設計方針

設計竜巻から防護する施設(以下「竜巻防護対象施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する建物・構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する建物・構築物、系統及び機器を対象とする。

竜巻防護対象施設及びそれらを収納する建屋(以下「竜巻防護対象施設等」という。)は、竜巻に対し、機械的強度を有すること等により、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

竜巻防護対象施設は、以下のように施設分類できる。

- (1) 建屋内の竜巻防護対象施設(外気と繋がっている竜巻防護対象施設を除く)
- (2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設
- (3) 建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設
- (4) 屋外の竜巻防護対象施設

また、その施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設(以下「竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」という。)の影響及び竜巻の随伴事象による影響を考慮した設計とする。

竜巻防護対象施設等以外の安全機能を有する施設は、竜巻及びその随伴事象に対して機能を維持すること若しくは竜巻及びその随伴事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行

うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。

なお、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、使用済燃料収納キャスクが再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、竜巻により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定

(1) 設計竜巻の設定

風圧力による荷重及び気圧差による荷重は、事業指定(変更許可)を受けた設計竜巻(最大風速100m/s)の特性値に基づいて設定する。

なお、設計竜巻の最大風速100m/sに対して、風(台風)の風速は41.7m/sであるため、風(台風)の設計は竜巻の設計に包絡される。

具体的な設計方針を、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。

(2) 設計飛来物の設定

事業指定(変更許可)を受けたとおり、固縛等の運用、管理を考慮して、鋼製材(長さ4.2m×幅0.3m×奥行き0.2m、質量135kg、最大水平速度51m/s、最大鉛直速度34m/s)及び鋼製パイプ(長さ2.0m×直径0.05m、質量8.4kg、最大水平速度49m/s、最大鉛直速度33m/s)を設計飛来物として設定する。設計飛来物のうち鋼製パイプは、飛来物防護ネットが通過させない設計とすること、運動エネルギー及び貫通力は鋼製材の方が大きいことから、飛来物による衝撃荷重は、鋼製材が衝突する場合の荷重を設定する。

さらに、設計飛来物に加えて、竜巻の影響を考慮する施設の設置状況及びその他環境状況を考慮し、防護ネットを通過する砂利(長さ0.04m×幅0.04m×奥行き0.04m、質量0.18kg、最大水平速度62m/s、最大鉛直速度42m/s)についても、評価において設計飛来物に代わる飛来物として設定する。

砂利は、衝突時の運動エネルギーは十分小さいため、竜巻防護対象施設に有意な変形は生じないが、防護ネットを通過することから、衝突による影響評価を実施する。火山における降下火砕物の粒子の衝突による影響評価は、降下火砕物の粒子の硬度が砂利より低い特性を持つため、砂利の評価に包絡される。

飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物である鋼製材よりも大きな資機材等及び飛来物防護ネット内の資機材等については、設置場所及び障害物の有無を考慮し、固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を実施することにより、飛来物とならない設計とする。

車両については、退避を必要とする区域(以下「飛来対策区域」という。)を考慮した以下の運用とする。

- ・車両については、周辺防護区域内への入構を管理するとともに、竜巻の襲来が予想される場合に車両が飛来物とならないよう固縛又は飛来対策区域外の退避場所へ退避する。
- ・飛来対策区域は、車両の衝突を防止する対象として選定する施設と車両との間に取りべき離隔距離を考慮して設定する。
- ・離隔距離の検討に当たっては、先ず解析により車両の最大飛来距離を求める。解析においては、フジタモデルの方がランキン渦モデルよりも地表面における竜巻の風速場をよく再現していること及び車両は地表面にあることから、フジタモデルを適用する。車両の最大飛来距離の算出結果は170mであるが、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、算出結果に安全余裕を考慮して、離隔距離を200mとする。
- ・車両の退避場所は、周辺防護区域内及び周辺防護区域外に設ける。また、フジタモデルを適用した解析における不確実性を補うため、周辺防護区域内の退避場所に退避する車両については固縛の対象とする。

また、設計飛来物による衝撃荷重を上回ると想定される再処理事業所外から飛来するおそれがある飛来物としてむつ小川原ウインドファームの風力発電施設のブレードがある。むつ小川原ウインドファームの風力発電施設から竜巻防護対象施設等までの距離及び設計竜巻によるブレードの飛来距離を考慮すると、ブレードが竜巻防護対象施設等まで到達するおそれはないことから、ブレードは飛来物として考慮しない。

固縛対象物の選定については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示す。

2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ

竜巻防護設計を行うための設計荷重は事業指定(変更許可)を受けた最大風速100m/sとし、設計荷重は、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を組み合わせた荷重(以下「設計竜巻荷重」という。)並びに安全機能を有する施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重を適切に組み合わせたもの(以下「設計荷重(竜巻)」という。)を設定する。

竜巻防護設計における構造強度評価は、以下に示す設計荷重(竜巻)を適切に考慮して、施設の構造強度評価を実施し、その結果がそれぞれ定める許容限界内にあることを確認する。

設計竜巻荷重の算出については、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重(F_d)

常時作用する荷重としては、持続的に生じる固定荷重（自重）及び積載荷重を考慮する。自重により作用する荷重は、評価対象部位の設置方向を考慮する。

b. 設計竜巻荷重

設計竜巻荷重としては、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重を考慮する。飛来物による衝撃荷重としては、設計飛来物である鋼製材が衝突する場合の荷重を設定する。これらの荷重は短期荷重とする。設計竜巻の特性値を第2.1.3-1表に示す。

- ・設計竜巻の移動速度(V_T)

$$V_T = 0.15 \cdot V_D$$

V_D : 設計竜巻の最大風速 (m/s)

- ・設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm})

$$V_{Rm} = V_D - V_T$$

V_T : 設計竜巻の移動速度 (m/s)

- ・設計竜巻の最大気圧低下量(ΔP_{max})

$$\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rm}^2$$

ρ : 空気密度(=1.22kg/m³)

V_{Rm} : 設計竜巻の最大接線風速 (m/s)

第2.1.3-1表 設計竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧低下量 ΔP_{max} (N/m ²)
100	15	85	8900

(a) 風圧力による荷重(W_w)

風圧力による荷重は、設計竜巻の最大風速による荷重である。

竜巻の最大風速は、一般的には水平方向の風速として算出されるが、鉛直方向の風圧力に対して脆弱と考えられる竜巻防護対策設備が存在する場合には、鉛直方向の最大風速に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。

風圧力による荷重は、設備の形状により変化するため、設備の部位ごとに異なる。そのため、各設備及び評価対象部位に対して厳しくなる方向からの風を想定し、各設備の部位ごとに荷重を設定する。

ガスト影響係数(G)は、設計竜巻の風速が最大瞬間風速をベースとしていること等から設備の形状によらず「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(改定

令和元年9月6日 原規技発第1909069号 原子力規制委員会決定) (以下「竜巻ガイド」という。)を参考に、 $G=1.0$ とする。空気密度(ρ)は「建築物荷重指針・同解説(2015改定)」より $\rho=1.22\text{kg}/\text{m}^3$ とする。

設計用速度圧(q)については、設備の形状によらず $q=6100\text{N}/\text{m}^2$ とする。

(b) 気圧差による荷重(W_p)

外気と隔離されている区画の境界部など、気圧差による圧力影響を受ける設備の建屋壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる設備等の内外の気圧差による荷重が発生する。閉じた設備(通気がない設備)については、この圧力差により閉じた設備の隔壁に外向きに作用する圧力が生じるとみなし、気圧差による荷重を設定することを基本とする。

部分的に閉じた施設(通気がある施設等)については、施設の構造健全性を評価する上で厳しくなるよう作用する荷重を設定する。

上記に該当しないものは気圧差による荷重が生じないことから、 $W_p=0$ とする。

(c) 飛来物による衝撃荷重(W_M)

設計飛来物である鋼製材及び鋼製パイプのうち、運動エネルギー及び貫通力が大きい鋼製材にて飛来物による衝撃荷重を算出する。

竜巻防護対策設備を設置する竜巻防護対象施設は、設計飛来物が衝突しないことから、飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

なお、飛来物防護ネットを設置する竜巻防護対象施設は、鋼製パイプを通過させないために網目40mmの補助防護ネットを設置していることから、鋼製パイプを含めた設計飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

また、防護ネットの網目40mmを通過し得る飛来物として砂利のような極小飛来物が考えられる。しかし、砂利のような極小飛来物の衝突時間は極めて短く、また質量差もあることから、竜巻防護対象施設に有意な変形を生じさせることはないため、極小飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

一方、極小飛来物の衝突による貫通現象は想定されることから、衝突による影響評価として、網目40mmと同サイズの砂利を想定する。

鋼製材が衝突した場合において、影響が大きくなる向きで評価対象施設に衝突した場合の衝撃荷重を算出する。衝突評価においては、飛来物の衝突による影響が大きくなる向きで衝突することを考慮して評価を行う。

飛来物の寸法、質量及び飛来速度を第2.1.3-2表に示す。設計飛来物の飛来速度については、事業指定(変更許可)を受けたとおり設定する。その他の飛来物として、防護ネットを通過する砂利については、解析コード「TONBOS」を用いて算出した速度を飛来速度として設定する。

なお、評価に用いた解析コード「TONBOS」の検証及び妥当性確認等の概要に

については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

第2.1.3-2表 設計飛来物の諸元

飛来物の種類	鋼製材	砂利
寸法 (m)	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	0.04×0.04×0.04
質量 (kg)	135	0.18
最大水平速度 (m/s)	51	62
最大鉛直速度 (m/s)	34	42

c. 運転時荷重(F_p)

運転時荷重としては、配管にかかる内圧等とする。

d. 積雪荷重(SL)

その他の自然現象による荷重としては、冬季における竜巻の発生を想定し、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」に基づき、組み合わせる積雪は、「青森県建築基準法等施行細則」による六ヶ所村の垂直積雪量190cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し66.5cmとする。積雪荷重については、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量1cmごとに30N/m²の積雪荷重が作用することから積雪荷重を1,995N/m²を考慮する。

また、積雪荷重は水平部に堆積するものとし、施設の形状を踏まえて堆積面積を設定し、荷重を算出する。

なお、配管等の構造上積雪しにくい構造である場合は考慮しないこととする。

(2) 荷重の組合せ

- a. 竜巻防護設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、設計竜巻荷重、運転時荷重及び積雪荷重を適切に考慮する。
- b. 設計竜巻荷重及び積雪荷重については、対象とする施設の設置場所及びその他の環境条件によって設定する。
- c. 飛来物による衝突の設定においては、評価に応じて影響の大きくなる向きで衝突するように設定する。さらに、衝突断面積についても、影響が大きくなるような形状として設定する。
- d. 常時作用する荷重及び運転時荷重については、組み合わせることで設計竜巻荷重の抗力となる場合には、保守的に組み合わせないことを基本とする。

2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計

「2.1.1 竜巻防護に対する設計方針」にて設定した竜巻防護対象施設について、設計荷重(竜巻)を踏まえた竜巻防護設計を実施する。

竜巻防護設計として、設計荷重(竜巻)に対する影響評価を実施することから、影響評価の対象として、竜巻の影響を考慮する施設を選定する。

竜巻の影響を考慮する具体的な施設については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に示す。

選定したそれぞれの施設に対する詳細な設計方針について、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。

(1) 設計竜巻による直接的影響に対する設計

竜巻防護設計において、竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して機械的強度を有する建屋により保護すること、竜巻防護対策設備を設置すること等により、安全機能を損なわない設計とする。

a. 設計方針

(a) 建屋内の竜巻防護対象施設

建屋内の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう、竜巻防護対象施設を収納する建屋内に設置し、建屋により防護する設計とする。

(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、主要な構造部材の構造健全性を維持することにより、建屋内の竜巻防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物の衝突に対して、貫通及び裏面剥離の発生により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差による荷重に対して、構造強度評価を実施し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。

(d) 建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設

開口部等からの設計飛来物の侵入により、建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設は、設計飛来物の侵入を防止するための防護対策として、竜巻防護対策設備を設置することにより、設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわない設計とする。

(e) 屋外の竜巻防護対象施設

屋外の竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対して、構造強度評価を実施し、竜巻時及び竜巻通過後において、安全機能を損なわないよう要求される機

能を維持する設計とする。また、設計飛来物の衝突による貫通、裏面剥離及び貫入に対し、安全機能を損なわないよう要求される機能を維持する設計とする。

設計飛来物の衝突による影響に対して、竜巻防護対象施設が安全機能を損なうおそれがある場合には、防護措置として飛来物防護ネット等の竜巻防護対策設備を設置する設計とする。

飛来物防護ネット内の屋外の竜巻防護対象施設は、飛来物防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、機械的影響及び機能的影響により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、施設の破損に伴う倒壊、転倒による機械的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、構造強度評価を実施し、当該施設及び資機材等の倒壊、転倒、飛散により、周辺の竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、当該施設が機能喪失に陥った場合に竜巻防護対象施設も機能喪失させる機能的影響を及ぼし得る施設は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、必要な機能を維持する設計とする。

(g) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納キャスクが頑健な構造であることを踏まえ、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

(h) 竜巻防護対策設備

竜巻防護対策設備は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対して、内包する竜巻防護対象施設が安全機能を損なわないよう、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止し、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。

イ. 飛来物防護板

飛来物防護板は、防護板(鋼材)とそれを支持する支持架構又は建屋に支持される防護板(鉄筋コンクリート)で構成し、以下の設計とする。

防護板は、設計飛来物の貫通及び裏面剥離を防止できる設計とする。

支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、防護板(鋼材)を支持できる強度を有

する設計とする。

飛来物防護板は、排気機能に影響を与えない設計とする。

飛来物防護板は、設計荷重(竜巻)により、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。

ロ. 飛来物防護ネット

冷却塔周りに設置する飛来物防護ネットは、防護ネット(補助防護板を含む。)及び防護板(鋼材)とそれらを支持する支持架構で構成し、以下の設計とする。

防護ネットは、設計飛来物の運動エネルギーを吸収することができる強度を有する設計とする。

防護ネットは、飛来物の衝突によりたわみが生じた場合でも、竜巻防護対象施設に衝突しない離隔距離を確保する設計とする。

防護ネット(補助防護板を含む。)は、設計飛来物の通過及び貫通を防止できる設計とする。

支持架構に直接設置する防護ネットは、防護ネットと支持架構の隙間を設計上考慮する飛来物の大きさ以下とするため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。

防護板(鋼材)は、防護ネットが設置できない箇所に設置し、設計飛来物の貫通を防止することができる設計とする。

支持架構は、設計荷重(竜巻)に対して、防護ネット及び防護板(鋼材)の支持機能を維持可能な強度を有する設計とする。

飛来物防護ネットは、防護ネットを主体構造とすることで、内包する冷却塔の冷却能力に影響を与えない設計とする。

飛来物防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対して、脱落、転倒及び倒壊により竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。

竜巻防護対策設備は、竜巻以外の自然現象及び人為事象に対して、構造強度評価又は耐火被覆の施工等を実施し、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えない設計とする。

地震、火山の影響、外部火災に対する具体的な設計については、「IV 耐震性に関する説明書」、「VI-1-1-1-4 火山への配慮に関する説明書」、「VI-1-1-1-3 外部火災への配慮に関する説明書」において示し、地震、火山、外部火災以外の自然現象に対しては、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」に基づき設計する。

b. 許容限界

許容限界は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(改定 令和元年9月6日 原規技発第1909069号 原子力規制委員会)を参照し、設計竜巻荷重と地震荷重と

の類似性、規格等への適用性を踏まえ、「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987」((社)日本電気協会)、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補1984」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」((社)日本電気協会)(以下「JEAG4601」という。)等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いて、以下のことを確認する。

(a) 建屋内の竜巻防護対象施設

建屋内の竜巻防護対象施設は、「a. 設計方針 (a) 建屋内の竜巻防護対象施設」に示すとおり、構造健全性を維持する竜巻防護対象施設を収納する建屋内に設置し、竜巻防護対象施設を収納する建屋により防護する設計とすることから、設計荷重(竜巻)に対する許容限界は、「(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋」に示す。

(b) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

竜巻防護対象施設を収納する建屋については、設計荷重(竜巻)に対して、主要な構造部材が終局状態に至るようなひずみ又は応力が生じないこととする。

また、竜巻防護対象施設を収納する建屋の外殻を構成する部材が、評価式に基づく貫通を生じない最小必要厚さ以上とすること、竜巻防護対象施設が波及的影響を受けないよう、評価式に基づく裏面剥離を生じない最小必要厚さ以上とすること、または、終局状態に至るようなひずみが生じないこととする。

(c) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設については、気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、構成する部材がおおむね弾性状態に留まることとする。

(d) 建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設

建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設は、「a. 設計方針 (d) 建屋内の竜巻防護対象施設」に示すとおり、竜巻防護対策設備を設置することにより防護する設計とすることから、設計荷重(竜巻)に対する許容限界は、「(h) 竜巻防護対策設備」に示す。

(e) 屋外の竜巻防護対象施設

屋外の竜巻防護対象施設の許容限界は、設計荷重(竜巻)に対し、構成する主要構造部材が、おおむね弾性状態に留まることを基本とする。ただし、設計飛来物の衝突を考慮する竜巻防護対象施設は、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えるおそれのある変形を生じないこととする。

また、設計飛来物の衝突に対し、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えるおそれのある貫通、裏面剥離及び貫入を生じないこととする。

(f) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、倒壊又は転倒が生じる場合においても、機械的影響により竜巻防護対象施設等の必要な機能を損なわないよう十分な離隔を確保するか又は施設が終局状態に至ることがないよう構造強度を保持することとする。また、施設を構成する主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、竜巻防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。また、付属施設の破損による機能的影響により竜巻防護対象施設の必要な機能を損なわないよう、機能喪失に至る可能性のある変形を生じないこととする。

(g) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、主要な構造部材が終局状態に至ることがないよう構造強度を保持することとする。

(h) 竜巻防護対策設備

竜巻防護対策設備の構成品である防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の破断が生じないように、破断荷重に対して十分な余裕を持った強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。また、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔を確保できることとする。

防護ネットのうち補助防護板は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護板を貫通せず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。

竜巻防護対策設備の構成品である防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が、防護板を貫通せず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。

防護ネット及び防護板(鋼材)の支持構造物である支持架構は、設計荷重(竜巻)が防護ネット及び防護板(鋼材)に作用する場合には、主要な構造部材に塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないよう防護ネット等を支持出来るようにする。そのため、設計荷重(竜巻)が主要な構造部材に直接作用した際にも、主要な構成部材は貫通せず、構成部材の損傷に伴う架構の崩壊又は転倒に至らず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないものとする。

竜巻防護対策設備の構成品である防護板(鉄筋コンクリート)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物の貫通を生じない最小必要厚さ以上とする。また、竜巻防護

対象施設が波及的影響を受けないよう、裏面剥離を生じない最小必要厚さ以上とし、防護板(鉄筋コンクリート)に生じるひずみが許容限界(コンクリートの圧縮ひずみ及び鉄筋の1軸引張ひずみ)未満とする。

竜巻の影響を考慮する施設に対する設計の詳細について、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」及び「VI-1-1-1-2-4 竜巻への配慮が必要な施設等の強度に関する説明書」に示す。

(2) 竜巻随伴事象に対する設計

竜巻防護対象施設は、竜巻による随伴事象として過去の竜巻被害の状況及び再処理施設における施設の配置から想定される、火災、屋外タンク等からの溢水及び設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷の影響による外部電源喪失によって、その安全機能を損なわない設計とする。

竜巻随伴事象のうち火災に対しては、火災源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえて熱影響を評価した上で、竜巻防護対象施設の許容温度を超えないことにより、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計又は火災の感知・消火等の対策により竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については外部火災及び内部火災に対する防護設計に包絡されるため、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する設計方針」及び「III-1-1 火災等による損傷の防止に関する説明書」に基づく設計とする。

竜巻随伴事象のうち溢水に対しては、溢水源と竜巻防護対象施設の位置関係を踏まえた影響評価を行った上で、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えない設計とし、当該設計については、「VI-1-1-6-1 溢水による損傷の防止に対する基本方針」に基づく設計とする。

竜巻随伴事象のうち外部電源喪失に対しては、外部電源喪失の発生を防止する設計とする。また、外部電源喪失が生じたとしても、非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計とし、非常用所内電源系統等による電源供給を可能とすることで竜巻防護対象施設の安全機能を維持する設計とする。

(3) 必要な機能を損なわないための運用上の措置

竜巻に関する設計条件等に係る新知見の収集及び竜巻に関する防護措置との組合せにより安全機能を損なわないための運用上の措置として、以下を保安規定に定めて、管理する。

- ・設計竜巻の特性値、竜巻と同時に発生する積雪等の自然現象、敷地周辺の環境条件について、定期的に新知見の確認を行い、新知見が得られた場合に評価を行うこと
- ・資機材等の固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避を行うこと

2.2 準拠規格

準拠する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・ タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(改定 令和元年9月6日 原規技発第1909069号 原子力規制委員会決定)
- ・ 日本産業規格(JIS)
- ・ 発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007(社)日本機械学会
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 2005)
- ・ 機械工学便覧((社)日本機械学会)
- ・ ISES7607-3 昭和50年度日本原子力研究所委託調査「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(昭和51年10月 高温構造安全技術研究組合)
- ・ 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会(2004))
- ・ 建築物荷重指針・同解説(2015改定)((社)日本建築学会)
- ・ 小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)
- ・ 竜巻飛来物を模擬した角管の落下衝突による鋼板の貫通評価(日本機械学会論文集, Vol. 83, Vol. 851(2017))
- ・ 発電用原子力設備規格 竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン JSME S NS6-2019 2019年6月((社)日本機械学会)
- ・ Eの数値を算出する方法並びに V_0 及び風力係数の数値(平成12年5月31日, 建設省 告示第1454号)
- ・ NEI07-13 Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs April 2011
- ・ 鋼構造限界状態設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)
- ・ 動的繰返し大変形を受ける溶接鋼構造物の脆性破壊性能評価方法, WES2808:2003(社)日本溶接協会

VI-1-1-1-2-2

竜巻の影響を考慮する施設及び固縛
対象物の選定

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 竜巻の影響を考慮する施設の選定	1
2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針	1
2.2 竜巻の影響を考慮する施設	1
2.2.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の選定	2
2.2.2 竜巻随伴事象を考慮する施設の選定	6
3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定	6
3.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針	6
3.2 屋外に保管する資機材等	6
3.2.1 再処理事業所内における飛来物の調査	6
3.2.2 固縛対象物の選定	7

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設及び竜巻防護のための固縛対象物の選定について説明するものである。

2. 竜巻の影響を考慮する施設の選定

2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針

竜巻の影響を考慮する施設は、竜巻防護対象施設として選定した施設の設計方針を踏まえて選定する。

建屋内の竜巻防護対象施設(外気と繋がっている竜巻防護対象施設を除く)は、建屋により竜巻の影響から防護されるため、竜巻防護対象施設を収納する建屋を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、気圧差の影響を受けることから、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

建屋内に収納されるが防護が期待できない竜巻防護対象施設は、竜巻防護対策設備を設置する方針としていることから、建屋内の竜巻防護対象施設の代わりに竜巻防護対策設備を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

屋外に設置している竜巻防護対象施設及び防護措置として設置する竜巻防護対策設備は、竜巻による荷重が作用するため、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

また、竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設として、破損に伴う施設の倒壊等により竜巻防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設及び機能的影響を及ぼし得る施設を抽出し、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

なお、使用済燃料キャスクを収納する建屋は、倒壊により、使用済燃料キャスクに波及的破損を与える可能性があることから、使用済燃料キャスクを収納する建屋を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

竜巻随件事象として想定される外部電源喪失は、外部電源喪失の発生を防止する設計又は、外部電源喪失が生じたとしても、非常用所内電源系統等の安全機能を確保する設計としていることから、非常用所内電源系統等を竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

なお、竜巻随件事象として想定される火災及び溢水については、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」のとおり他事象の設計に基づくことから、本項での説明の対象としない。

2.2 竜巻の影響を考慮する施設

「2.1 竜巻の影響を考慮する施設の選定の基本方針」を踏まえ、以下のとおり竜巻の影響を考慮する施設を選定する。

2.2.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の選定

(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

建屋内の竜巻防護対象施設は、建屋にて防護されることから、建屋内の竜巻防護対象施設の代わりに竜巻防護対象施設を収納する施設を、竜巻の影響を考慮する施設とする。

- ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- ・前処理建屋
- ・分離建屋
- ・精製建屋
- ・ウラン脱硝建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- ・ウラン酸化物貯蔵建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋
- ・第1ガラス固化体貯蔵建屋
- ・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
- ・ハル・エンドピース貯蔵建屋
- ・制御建屋
- ・分析建屋
- ・非常用電源建屋
- ・主排気筒管理建屋
- ・第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室

なお、竜巻防護対象施設を収納する建屋のうち前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋については、安全上重要な施設でもあり、当該施設自体が屋外の竜巻防護対象施設になることから、設計については屋外の竜巻防護対象施設として示す。

また、主排気筒管理建屋は、飛来物防護板の設置により設計竜巻荷重が作用しないことから、主排気筒管理建屋に代わり竜巻防護対策設備を抽出する。

(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

建屋内の竜巻防護対象施設のうち、外気と繋がっている竜巻防護対象施設については、竜巻の気圧差による荷重が作用するおそれがあるため、竜巻の影響を考慮する施設とする。

- ・せん断処理・溶解廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・分離建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)

- ・精製建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・前処理建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・分離建屋換気設備の排気系(角ダクト, 丸ダクト及び排風機)
- ・精製建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系(角ダクト, 丸ダクト及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系(角ダクト, 丸ダクト, 排風機及びフィルタユニット)
- ・ガラス固化体貯蔵設備の収納管
- ・制御室換気設備(角ダクト, 送風機, 排風機, フィルタユニット及び室空調ユニット)
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

(3) 屋外の竜巻防護対象施設

屋外の竜巻防護対象施設のうち, 以下の施設を, 竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

- ・前処理建屋
- ・分離建屋
- ・精製建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋
- ・安全冷却水系冷却塔A, B
- ・安全冷却水A, B冷却塔
- ・冷却塔A, B
- ・安全冷却水系膨張槽
- ・安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)
- ・主排気筒
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備
- ・前処理建屋換気設備
- ・分離建屋換気設備

- ・精製建屋換気設備
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

なお、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備、高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備、前処理建屋換気設備、分離建屋換気設備、精製建屋換気設備、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備及び高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備は、飛来物防護板の設置により設計竜巻荷重が作用しないことから、これらの設備に代わり竜巻防護対策設備を抽出する。

(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護対象施設等に対して、破損に伴う倒壊、転倒又は飛散による機械的影響を及ぼし得る施設及び付属施設の破損による機能的影響を及ぼし得る施設を竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

a. 機械的影響を及ぼし得る施設

倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設としては、施設高さが低い施設は倒壊しても竜巻防護対象施設等に影響を与えないため、当該施設の高さと竜巻防護対象施設等までの最短距離を比較することにより選定することを基本とするが、施設の設置状況、材質、形状、重量等を踏まえて、竜巻防護対象施設等に影響を与えないと判断できる場合は、機械的影響を及ぼし得る施設として選定しない。

また、竜巻の風圧力による荷重により飛来物となる可能性がある資機材等のその他の施設についても機械的影響を及ぼし得る可能性がある施設として選定する。

(a) 倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に損傷を及ぼし得る施設

倒壊又は転倒により竜巻防護対象施設等に損傷を及ぼし得る以下の施設を選定する。

- ・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋
- ・使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）
- ・事務建屋（再処理事務所）
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系
- ・北換気筒
- ・低レベル廃棄物処理建屋
- ・出入管理建屋
- ・運転訓練施設

(b) その他の施設

その他、竜巻の風圧力により機械的影響を及ぼし得る施設として、以下の施

設を選定する。

- ・再処理事業所内の屋外に保管する資機材等

運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物より大きな資機材等及び飛来物防護ネット内の資機材等についても、固縛等の飛来物発生防止対策を実施する。

具体的な固縛対象物については、「3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定」に示す。

b. 機能的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護対象施設の屋外の付属施設の破損による機能的影響を及ぼす可能性のある施設としては、風圧力、気圧差及び飛来物の衝突により竜巻防護対象施設の安全機能を損なわせるおそれがある施設を選定する。

- ・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管
- ・安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器
- ・第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトンクのベント管
- ・第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管
- ・第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器
- ・第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管
- ・第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管

(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納を収納する建屋は、倒壊により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与える可能性があることから、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

- ・使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）

(6) 竜巻防護対策設備

竜巻防護対象施設の損傷防止のために防護措置として設置する施設を、竜巻の影響を考慮する施設として選定する。

a. 飛来物防護板

- ・飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
- ・飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A)
- ・飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 B)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内

電源系統設置室 A 北ブロック)

- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 南ブロック)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 B 北ブロック)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 B 南ブロック)
- ・飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
- ・飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)
- ・飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

b. 飛来物防護ネット

- ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

2.2.2 竜巻随伴事象を考慮する施設の選定

外部電源喪失事象を考慮する施設として受電開閉設備等を選定する。

- ・受電開閉設備等(外部電源喪失)

3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定

3.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針

竜巻防護対象施設に対して竜巻による飛来物の影響を防止する観点から、竜巻による飛来物として想定すべき資機材等を調査し、設計竜巻により飛来物となり竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性があるものを固定、固縛又は建屋収納並びに車両の入構管理及び退避をする。

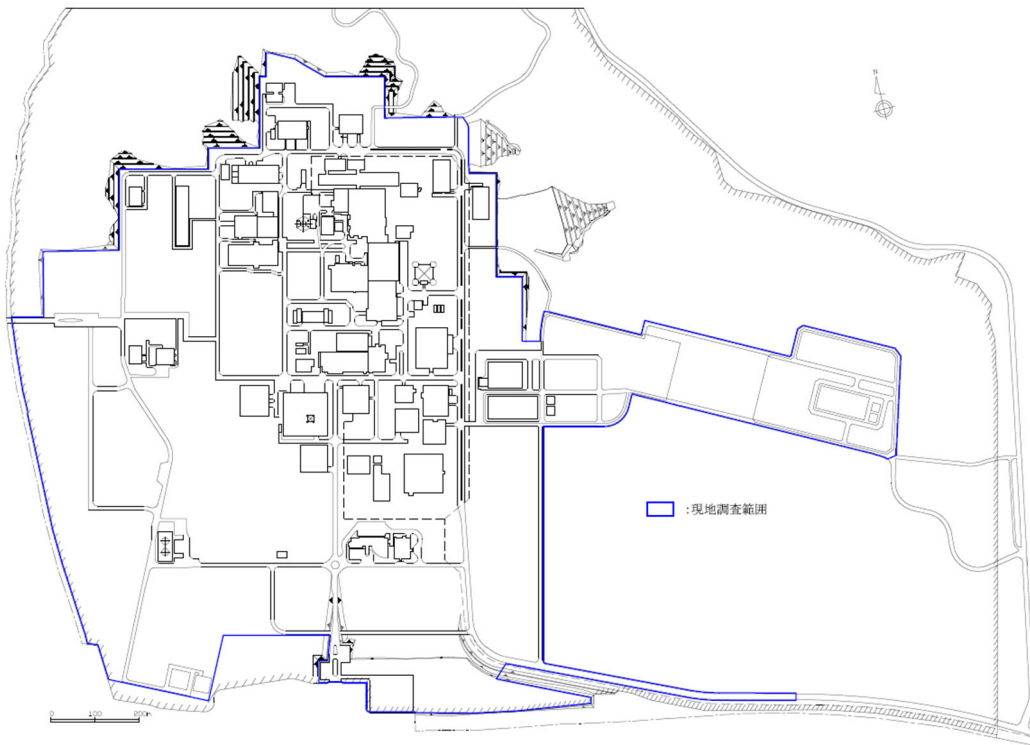
再処理事業所内の屋外に保管する資機材等のうち、固縛を実施するものの選定について説明する。

3.2 屋外に保管する資機材等

3.2.1 再処理事業所内における飛来物の調査

再処理事業所内において、竜巻防護の観点から想定すべき飛来物を選定するために現地調査を行い、その結果を基に想定すべき飛来物となり得る資機材等を抽出した。

調査範囲は再処理事業所の建屋、構造物の外回り、建屋屋上、構内道路、駐車場及び資機材が保管可能な空き地を調査した。第3.2.1-1図に再処理事業所における現地調査範囲を示す。



第3.2.1-1図 現地調査範囲

また、調査結果について第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 再処理事業所における竜巻防護の観点から想定すべき主な飛来物の一覧表

棒状	板状	塊状	
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨 ・鋼管 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼板 ・鋼製架台 	<ul style="list-style-type: none"> ・トラック ・社用バス ・乗用車 ・工事用車両 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動販売機 ・ドラム缶 ・コンテナ

注記：各ジャンルにおける代表的な形状にて整理した表であり、ジャンル内の物品全てが同一の形状となるわけではない。

3.2.2 固縛対象物の選定

飛来物調査により抽出した、飛来物となり得る資機材等について、資機材等の寸法、質量及び形状より空力パラメータ ($C_D A/m$) を次式により算出する。

$$\frac{C_D A}{m} = \frac{c(C_{D1}A_1 + C_{D2}A_2 + C_{D3}A_3)}{m}$$

A : 代表面積 (m^2)

c : 係数 (1/3)

C_D : 抗力係数

m : 質量 (kg)

出典：東京工芸大学(平成23年2月)「平成21～22年度原子力安全基盤調査研究(平成22年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書

代表面積A (m^2) は、想定すべき飛来物の形状に応じて直方体又は円柱に置換した各面の面積を表し、資機材等の形状に応じて適切に選定する。また、抗力係数 C_D は、想定すべき飛来物の形状に応じた係数として、第3.2.2-1表に示す $C_{D1} \sim C_{D3}$ を用いる。

算出した空力パラメータを用いて、竜巻による風速場の中での飛来物の軌跡を解析する解析コードの「TONBOS」により、飛来物の速度、飛散距離及び飛散高さを算出する。

また、飛来物の運動エネルギー ($=1/2 \cdot m \cdot V^2$) は飛来物の質量と解析コード「TONBOS」により算出した速度から求める。

さらに、飛来物の貫通力として、飛来物の衝突による貫通が発生する時の部材厚(以下「貫通限界厚さ」という。)を算出する。貫通限界厚さは、コンクリートに対して米国NRCの基準類に算出式として記載されている修正NDRC式(4.1)及びDegen式(4.2)、鋼板に対して「タービンミサイル評価(昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会)」の中で貫通厚さの算出式に使用されているBRL式から求める。

<修正NDRC式及びDegen式>

(4.1)

$$\frac{X_c}{a_c d} \leq 2 \quad \text{の場合} \quad \frac{X_c}{d} = 2 \left\{ \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5}$$

$$\frac{X_c}{a_c d} \geq 2 \quad \text{の場合} \quad \frac{X_c}{d} = \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} + 1$$

(4.2)

$$\frac{x_c}{a_c d} \leq 1.52 \quad \text{の場合} \quad t_p = a_p d \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right)^2 \right\}$$

$$1.52 \leq \frac{x_c}{a_c d} \leq 13.42 \quad \text{の場合} \quad t_p = a_p d \left\{ 0.69 + 1.29 \left(\frac{x_c}{a_c d} \right) \right\}$$

t_p : 貫通限界厚さ (cm)

x_c : 貫入深さ (cm)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (固縛対象物の選定では300kgf/cm²とする。)

d : 飛来物の直径 (cm) (飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径)

M : 飛来物の重量 (kgf)

V : 飛来物の最大水平速度 (m/s)

N : 飛来物の先端形状係数 (=1.14) (保守的な評価となる, 非常に鋭い場合の数値を使用)

α_c : 飛来物の低減係数 (=1.0)

α_p : 飛来物の低減係数 (=1.0)

<BRL式>

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{3}{2}}}$$

T : 貫通限界厚さ (m)

d : 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径 (m) (最も投影面積が小さくなる衝突断面の等価直径)

K : 鋼板の材質に関する係数 (=1.0)

m : 飛来物の質量 (kg)

v : 飛来物の飛来速度 (m/s)

固縛対象物の選定は, 設計上考慮している飛来物に包含されているか否かについての観点により, 以下の項目を満たすものを抽出する。

[固縛対象物の選定]

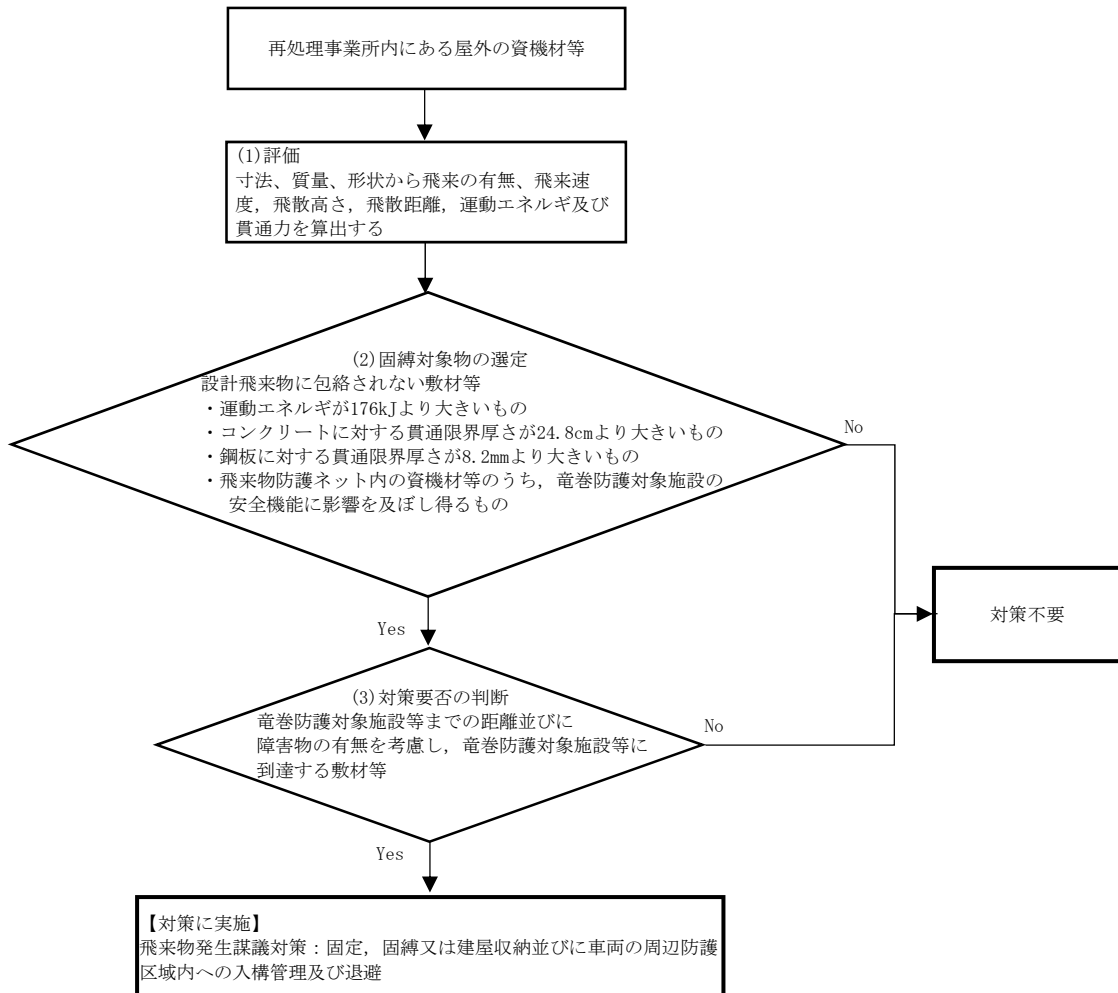
- 運動エネルギーが設計飛来物に設定している鋼製材の176kJより大きいもの。
- コンクリートに対する貫通力 (貫通限界厚さ) が設計飛来物に設定している鋼製材の24.8cmより大きいもの。
- 鋼板に対する貫通力 (貫通限界厚さ) が設計飛来物に設定している鋼製材の8.2mmより大きいもの。
- 飛来物防護ネット内の資機材等のうち, 竜巻防護対象施設の安全機能に影響を及

ぼし得るもの。

なお、評価に用いた解析コード「TONBOS」の検証，妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。
固縛対象物の選定フローを第3.2.2-1図に示す。

第3.2.2-1表 飛来物の抗力係数

想定飛来物形状	C_{p1}	C_{p2}	C_{p3}
棒状物体	2.0	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)	0.7(円形断面) 1.2(矩形断面)
板状物体	1.2	1.2	2.0
塊上物体	2.0	2.0	2.0



第3.2.2-1図 固縛対象物等及び固縛対象設備の選定フロー

VI-1-1-1-2-3

竜巻の影響を考慮する施設的设计方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 設計の基本方針	1
3. 要求機能及び性能目標	2
3.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の防護設計方針	2
3.2 竜巻随伴事象を考慮する施設	20
4. 機能設計	21
4.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の機能設計	21
4.2 竜巻随伴事象を考慮する施設	35
5. 構造設計及び構造概要	36
5.1 構造設計	36
5.2 構造概要	57

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」及び「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に基づき、竜巻防護に関する施設の施設分類、要求機能及び性能目標を明確にし、各施設分類の機能設計及び構造強度設計に対する設計方針について説明するものである。

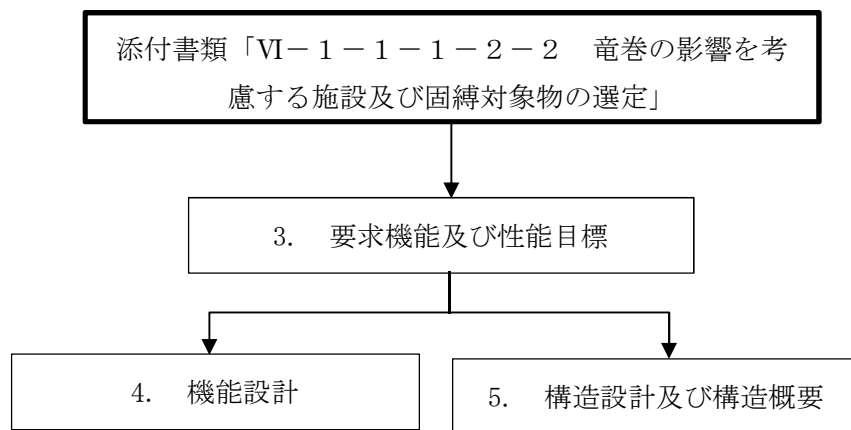
2. 設計の基本方針

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に基づき、竜巻防護対象施設が、その安全機能を損なうおそれがないようにするため、竜巻の影響を考慮する施設の防護設計を行う。

防護設計に当たっては、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」にて設定している竜巻防護設計の目的及び「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」にて選定している施設分類を踏まえて、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設ごとに機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を定める。

竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するため、施設分類ごとに各機能の設計方針を示す。

竜巻の影響を考慮する施設の設計フローを第2.-1図に示す。



第2.-1図 施設的设计フロー*1

注記 *1：フロー中の番号は本資料での記載箇所を示す。

3. 要求機能及び性能目標

竜巻防護設計を実施する目的は、再処理施設に影響を与える可能性がある竜巻の発生に伴い、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないことである。また、施設の分類については、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」に基づき、竜巻防護対象施設を収納する建屋、建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設、屋外の竜巻防護対象施設、竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設、竜巻防護対策設備及び竜巻随件事象を考慮する施設に分類している。これらを踏まえ、施設分類ごとに要求機能を整理するとともに、施設分類ごとの要求機能を踏まえた施設ごとの機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を設定する。

3.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の防護設計方針

(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

a. 施設

- ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- ・ウラン脱硝建屋
- ・ウラン酸化物貯蔵建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- ・第1ガラス固化体貯蔵建屋
- ・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
- ・ハル・エンドピース貯蔵建屋
- ・制御建屋
- ・分析建屋
- ・非常用電源建屋
- ・第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室

b. 要求機能

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、竜巻時及び竜巻通過後において設計荷重(竜巻)に対して建屋内の竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないこと及び設計飛来物に対して、竜巻防護対象施設に衝突することを防止することが要求される。

c. 性能目標

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、建屋を構成する部材である屋根、壁、扉・フードにより、竜巻防護対象施設に対する設計飛来物及び裏面剥離し

たコンクリート片の衝突を防止し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

なお、一部の機能設計上の性能目標を満足しない部位については、竜巻防護対策設備により、その性能を満足させる。

竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持するために、構造部材の転倒及び脱落が生じない設計とする。

(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

a. 施設

- ・せん断処理・溶解廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・分離建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・精製建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備(配管及び排風機)
- ・前処理建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・分離建屋換気設備の排気系(角ダクト, 丸ダクト, 及び排風機)
- ・精製建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系(角ダクト及び排風機)
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系(角ダクト, 丸ダクト及び排風機)
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系(角ダクト, 丸ダクト, 排風機及びフィルタユニット)
- ・制御室換気設備(角ダクト, 送風機, 排風機, フィルタユニット及び空調ユニット)
- ・ガラス固化体貯蔵設備の収納管
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

b. 要求機能

建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全性能を損なわないことが要求される。

c. 性能目標

(a) 角ダクト、丸ダクト及び配管

外気と繋がっている角ダクト、丸ダクト及び配管は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、流路を維持することにより、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の放出経路、制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の崩壊熱除去機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

建屋内の施設で外気と繋がっている角ダクト、丸ダクト及び配管は、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、当該設備を設置する建屋の壁面等にサポートで支持し、主要な構造部材が流路を確保することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重については、建屋及び防護対策施設により防護されることから考慮しない。

(b) 送風機及び排風機

外気と繋がっている送風機及び排風機は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、送風及び排風機能を維持することにより、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の排気機能、制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の崩壊熱除去機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

建屋内の施設で外気と繋がっている送風機及び排風機は、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重に対し、当該建屋内の架台に本体を基礎ボルトで固定し、主要な構造部材が流路を維持し、かつ必要な風量を送風又は排気する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(c) フィルタユニット

外気と繋がっているフィルタユニットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、不純物を除去する機能を維持することにより、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の放射性物質の捕集・浄化機能及び制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

外気と繋がっているフィルタユニットは、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋の壁面等にサポートに支持又は床面等

の基礎に固定し、主要な構造部材が不純物を除去し、かつ流路を維持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重については、建屋及び防護対策施設により防護されることから考慮しない。

(d) 空調ユニット

外気と繋がっている制御室換気設備の空調ユニットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、流路を維持することにより、制御室の居住性等の維持機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

外気と繋がっている空調ユニットは、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋の壁面等にサポートに支持又は床面等の基礎に固定し、主要な構造部材が流路を確保することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重については、建屋及び防護対策施設により防護されることから考慮しない。

(e) 収納管

外気と繋がっている収納管は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても冷却空気の流路を維持することにより、崩壊熱の除去機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

建屋内の施設で外気と繋がっている収納管は、設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重に対し、主要な構造部材が冷却空気の流路を確保する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(3) 屋外の竜巻防護対象施設

a. 施設

・安全冷却水系冷却塔 A, B

・安全冷却水 A, B 冷却塔

・冷却塔 A, B

・安全冷却水系膨張槽

・安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔 A, B, 安全冷却水 A, B 冷却塔, 冷却塔 A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)

・主排気筒

・前処理建屋

・分離建屋

- ・精製建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- ・高レベル廃液ガラス固化建屋

b. 要求機能

屋外の竜巻防護対象施設は，設計荷重(竜巻)に対し，竜巻時及び竜巻通過後においても，安全機能を損なわないことが要求される。

c. 性能目標

屋外の竜巻防護対象施設は，設計飛来物から竜巻防護対象施設を防護することを目的として，竜巻防護対策設備を設置することを基本とする。ただし，安全冷却水系(安全冷却水A冷却塔周りの配管) (以下、「安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)」という。)，主排気筒，前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋は，竜巻防護対策設備により防護されないため，設計飛来物の衝突を考慮する。

(a) 安全冷却水系冷却塔A, B

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bは，設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し，竜巻時及び竜巻通過後においても，電源を確保するとともに，冷却塔の冷却機能を維持することにより，崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bの構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち，飛散により機械的影響を及ぼし得るものは，固定又は固縛を実施し，安全冷却水系冷却塔A, Bの冷却機能に影響を及ぼす飛来物とならないことを機能設計上の性能目標とする。

これらの構成品は，固定又は固縛により，飛来物とならない運用とすることから，構造強度上の性能目標は設定しない。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bは，設計荷重(竜巻)に対し，設計竜巻の影響を受けない電路とするとともに，冷却機能を維持するために，コンクリート基礎に支持架構を基礎ボルトで固定するとともに，冷却機能の維持に必要な機器を支持架構に固定し，通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有すること，動的機能を維持することを構造強度設計上の性能目標とする。

また，竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bは，竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し，冷却機能を維持するために，安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bの構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち, 脱落及び転倒により, 冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは, 設計荷重(竜巻)に対し, 機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(b) 安全冷却水A, B冷却塔

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A, B冷却塔は, 設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 電源を確保するとともに, 冷却塔の冷却機能を維持することにより, 崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A, B冷却塔の構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち, 飛散により機械的影響を及ぼし得るものは, 固定又は固縛を実施し, 安全冷却水B冷却塔の冷却機能に影響を及ぼす飛来物とならないことを機能設計上の性能目標とする。

これらの構成品は, 固定又は固縛により, 飛来物とならない運用とすることから, 構造強度上の性能目標は設定しない。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A, B冷却塔は, 設計荷重(竜巻)に対し, 設計竜巻の影響を受けない電路とするとともに, 冷却機能を維持するために

通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有すること, 動的機能を維持することを構造強度設計上の性能目標とする。

また, 竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A, B冷却塔は, 竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し, 冷却機能を維持するために, 安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A, B冷却塔の構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち, 脱落及び転倒により, 冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは, 設計荷重(竜巻)に対し, 機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(c) 冷却塔A, B

竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A, Bは, 設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 電

源を確保するとともに、冷却塔の冷却機能を維持することにより、第2非常用ディーゼル発電機の冷却機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A、Bの構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、冷却塔A、Bの冷却機能に影響を及ぼす飛来物とならないことを機能設計上の性能目標とする。

これらの構成品は、固定又は固縛により、飛来物とならない運用とすることから、構造強度上の性能目標は設定しない。

竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A、Bは、設計荷重(竜巻)に対し、設計竜巻の影響を受けない電路とするとともに、冷却機能を維持するために、コンクリート基礎に支持架構を基礎ボルトで固定するとともに、冷却機能の維持に必要な機器を支持架構に固定し、通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有すること、動的機能を維持することを構造強度設計上の性能目標とする。

また、竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A、Bは、竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、冷却機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A、Bの構成品(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、設計荷重(竜巻)に対し、機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(d) 安全冷却水系膨張槽

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系膨張槽A、Bは、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系膨張槽A、Bは、設計荷重(竜巻)に対し、支持構造物を安全冷却水系冷却塔A、B支持架構に固定し、主要な構造部材が安全冷却水系膨張槽内の溶液を保持する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

また、竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系膨張槽A、Bは、竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重により貫

入が生じたとしても、溶液保持機能を維持するために、耐圧強度上必要な厚さを確保する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

- (e) 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、崩壊熱除去の機能及び第2非常用ディーゼル発電機冷却機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、設計荷重(竜巻)に対し、支持構造物を基礎等に固定し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

また、竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、竜巻防護対策設備を構成する防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重により貫入が生じたとしても、流路を確保する機能を維持するために、耐圧強度上必要な厚さを確保する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

- (f) 安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)

安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)は、設計荷重(竜巻)に対し、支持構造物を基礎等に固定し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

また、安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)は、設計飛来物が衝突したとしても、流路を確保する機能を維持するために、必要な厚さを確保する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(g) 主排気筒

主排気筒は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、放出する気体状の放射性物質に対し、十分な拡散効果を維持することを機能設計上の性能目標とする。

主排気筒は、設計荷重（竜巻）に対し、筒身を鉄塔で支持し、主要な構造部材が拡散効果を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

また、主排気筒は、設計飛来物による衝撃荷重により貫入が生じたとしても、拡散効果を維持するために、必要な厚さを確保する設計とすることを構造強度上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

(h) 前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋

屋外の竜巻防護対象施設である前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、放射性物質の閉じ込め機能及び遮蔽機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

更に当該建屋は、竜巻防護対象施設を収納する施設でもあるため、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、建屋を構成する部材である屋根、壁、扉・フードにより、竜巻防護対象施設に対する設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片の衝突を防止し、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）により閉じ込め機能を維持することが可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、設計荷重（竜巻）に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持するために、構造部材の転倒及び脱落が生じない設計とする。

(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

a. 施設

(a) 機械的影響を及ぼし得る施設

- ・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋
- ・使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）
- ・事務建屋(再処理事務所)
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系
- ・北換気筒
- ・低レベル廃棄物処理建屋
- ・出入管理建屋・運転訓練施設

(b) 機能的影響を及ぼし得る施設

- ・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管
- ・安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器
- ・第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトンクのベント管
- ・第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管
- ・第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
- ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器
- ・第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管
- ・第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管

b. 要求機能

竜巻防護対象施設は、機械的及び機能的な波及的影響により、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、施設の安全機能を損なわないことが要求される。

c. 性能目標

(a)機械的影響を及ぼし得る施設

イ. 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能が損なわないように、使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋から波及的影響を受けないものとするを機能的設計上の性能目標とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等への接触による波及的影響を与えないために、構造部材の転倒が生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

ロ. 使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）

安全冷却水系冷却塔B等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能を損なわないように、使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）から波及的影響を受けないものとする
を機能設計上の性能目標とする。

使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

ハ. 事務建屋(再処理事務所)

ウラン脱硝建屋等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能が損なわないように、事務建屋から波及的影響を受けないものとする
を機能設計上の性能目標とする。

事務建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等への接触による波及的影響を与えないために、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

ニ. ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系（配管）

ウラン酸化物貯蔵建屋等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能が損なわないように、ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の配管から波及的影響を受けないものとする
を機能設計上の性能目標とする。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の主配管は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

ホ. 北換気筒

安全冷却水系冷却塔B等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能を損なわないように、北換気筒から波及的影響を受けないものとすることを機能設計上の性能目標とする。

北換気筒は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

へ. 低レベル廃棄物処理建屋

竜巻防護対象施設を収納する建屋であるチャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能が損なわないように、低レベル廃棄物処理建屋から波及的影響を受けないものとすることを機能設計上の性能目標とする。

低レベル廃棄物処理建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等への接触による波及的影響を与えないために、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

ト. 出入管理建屋・運転訓練施設

制御建屋等の竜巻防護対象施設等は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機械的な波及的影響により、必要な機能が損なわないように、出入管理建屋・運転訓練施設から波及的影響を受けないものとすることを機能設計上の性能目標とする。

出入管理建屋・運転訓練施設は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等への接触による波及的影響を与えないために、竜巻防護対象施設等に接触による影響を及ぼさない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

(b) 機能的影響を及ぼし得る施設

イ. 安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機能的な波及的影響により、安全蒸気ボイラが必要な機能を損なわないように、安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管が排気機能を維持する設計とし、設計飛来物の衝突に対し、安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管が機能の一部を喪失しても速やかに竜巻防護対象施設の安全機能を復旧する設計とすることを機能設計上の性能目標とする。安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、設計荷重(竜巻)に対し、排気機能を維持するために、サポートによる支持で建屋壁面等に固定し、主要な構造部材が排気機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

ロ. 安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機能的な波及的影響により、安全空気脱湿装置が必要な機能を損なわないように、安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置が排気機能を維持する設計とし、設計飛来物の衝突に対し、安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管が機能の一部を喪失しても速やかに竜巻防護対象施設の安全機能を復旧する設計とすることを機能設計上の性能目標とする。安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、設計荷重(竜巻)に対し、排気機能を維持するために、サポートによる支持で建屋壁面等に固定し、主要な構造部材が排気機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

ハ. 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

第1,2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管(以下、「ディーゼル発電機の排気管」という)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機能的な波及的影響により、第1,2ディーゼル発電機が必要な機能を損なわないように、ディーゼル発電機の排気管が排気機能を維持する設計とすることを機能設計上の性能目標とする。

ディーゼル発電の機排気管は、設計荷重(竜巻)に対し、排気機能を維持するために主要な構造部材が排気機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度上の設計目標とする。

ニ. 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器

第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器（以下、「ディーゼル発電機の排気消音器」という）は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機能的な波及影響により、第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機が必要な機能を損なわないように、ディーゼル発電機の排気消音器が排気機能を維持する設計とし、設計飛来物の衝突に対し、ディーゼル発電機の排気消音器が機能の一部を喪失しても速やかに竜巻防護対象施設の安全機能を復旧する設計とすることを機能設計上の性能目標とする。

ディーゼル発電機の排気消音器は、設計荷重(竜巻)に対し、排気機能を維持するために、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋若しくは非常用電源建屋上面に設けたコンクリート基礎に本体を基礎ボルトで固定し、主要な構造部材が排気機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の目標とする。

ホ. 第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトank、重油及び潤滑油タンクのベント管並びに第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンク及び潤滑油タンクのベント管

第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトank、重油及び潤滑油タンクのベント管並びに第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンク及び潤滑油タンクのベント管（以下「ディーゼル発電機付属ベント配管」という）は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、機能的な波及的影響により、ディーゼル発電機が必要な機能を損なわないように、ディーゼル発電機付属ベント配管が排気機能を維持する設計とし、設計飛来物に対し、ディーゼル発電機付属ベント配管が機能の一部を喪失しても速やかに竜巻防護対象施設の安全機能を復旧する設計とすることを機能設計上の性能目標とする。

ディーゼル発電機付属ベント配管は、設計荷重(竜巻)に対し、排気機能を維持するために、サポートによる支持で建屋壁面又は基礎に固定し、主要な構造部材が排気機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度上の設計目標とする。

(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

a. 施設

使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）

b. 要求機能

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対し、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えないことが要求される。

c. 性能目標

使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)は、設計荷重(竜巻)に対し、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)は、設計荷重(竜巻)に対し、波及的破損を与えないよう、倒壊及び転倒を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(6) 竜巻防護対策設備

a. 施設

(a) 飛来物防護板

- ・飛来物防護板（前処理建屋の安全蒸気系設置室）
- ・飛来物防護板（精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)
- ・飛来物防護板（制御建屋 中央制御室換気設備設置室）
- ・飛来物防護板（第1ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室）
- ・飛来物防護板（非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック, A 南 ブロック, B 北ブロック, B 南ブロック）
- ・飛来物防護板（冷却塔接続 屋外設備）
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

(b) 飛来物防護ネット

- ・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- ・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- ・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

b. 要求機能

竜巻防護対策設備は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、竜巻防護対象施設に設計飛来物が衝突することを防止し、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないこと及び竜巻防護対象施設の有する安全機能に影響を与えないことが要求される。

また、竜巻防護対策設備を設計する上で、屋外の鋼製材等の飛来物となり得るものは、飛散防止管理を実施し、飛来物となるものが少なくなるように運用することにより、竜巻襲来時及び竜巻通過時において複数の飛来物が同一の竜巻防護対策設備に衝突する可能性は十分低いことから、同一の竜巻防護対策設備への複数の飛来物の衝突は考慮しない設計とする。

c. 性能目標

(a) 飛来物防護板

イ. 飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)、飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)、飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)、飛来物防護板(第1ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)、飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック, A 南ブロック, B 北ブロック, B 南ブロック)及び飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

飛来物防護板は、鉄筋コンクリート又は鋼板で構成し、竜巻防護対象施設の安全機能に影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能なものとし、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

飛来物防護板は、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の構造健全性を維持するために、構造

部材の転倒及び脱落が生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

飛来物防護板は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、竜巻防護対象施設に対する設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片の衝突を防止し、設計飛来物の衝突によるひずみが終局状態に至らないことを構造強度設計上の性能目標とする。

ロ 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

主排気筒周囲の屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)は、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、主排気筒に接続する建屋換気設備の排気ダクト、塔槽類廃ガス処理設備の配管の安全機能(負圧の維持及び排気の浄化)および主排気筒の排気モニタの安全機能(放射性物質の濃度を監視)に影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

分離建屋屋外の屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、精製建屋屋外の屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び高レベル廃液ガラス固化建屋屋外の屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)は、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、屋外配管及び屋外ダクトの安全機能(負圧の維持及び排気の浄化)に影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能なものとし、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル

廃液ガラス固化建屋屋外)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が防護板本体を貫通せず、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する設計とし、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、支持架構を構成する部材自体の倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

(b) 飛来物防護ネット

- イ. 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)及び飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

安全冷却水系冷却塔A, B周りに設置する飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)、安全冷却水系冷却塔A, B周りに設置する飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)及び冷却塔A, B周りに設置する飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、冷却塔の冷却機能に影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能なものとし、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないよう、波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来

物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある飛来物が衝突しないよう捕捉できる設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B)及び飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、主要な部材が破断せず、たわみが生じても、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある飛来物が衝突しないよう捕捉し、支持架構と防護ネットの隙間から飛来物が侵入することを防止できる設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B)、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B)及び飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が防護板本体を貫通せず、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B)、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B)及び飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する設計とし、また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、支持架構を構成する部材自体の倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

なお、設計竜巻による気圧差による荷重については、外気と通じており気圧差は発生しないことから考慮しない。

3.2 竜巻随件事象を考慮する施設

- (1) 施設
 - a. 受電開閉設備等(外部電源喪失)
- (2) 要求機能

受電開閉設備等(外部電源喪失)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻随件事象により竜巻防護対象施設の機能を損なうおそれのないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 受電開閉設備等(外部電源喪失)

竜巻の影響により受電開閉設備等(外部電源喪失)が損傷し、外部電源が喪失したとしても、非常用所内電源設備は、竜巻時及び竜巻通過後において、設計荷重(竜巻)に対して安全機能が損なわれず、電源供給ができることを機能設計上の性能目標とする。

4. 機能設計

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」で設定している設計竜巻に対し、「3. 要求機能及び性能目標」で設定している竜巻の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するために、各施設の機能設計の方針を定める。

4.1 設計竜巻による直接的影響を考慮する施設の機能設計

(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設の安全機能を損なわないために、竜巻防護対象施設を建屋、地中構造物の内部に設置する設計とする。

また、建屋を構成する部材である屋根、壁及びフード、設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片が竜巻防護対象施設に衝突することを防止する設計とする。

(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

a. 角ダクト、丸ダクト及び配管

角ダクト、丸ダクト及び配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

外気と繋がっている角ダクト、丸ダクト及び配管は、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の放出経路、制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能及びウラン・プル

トニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の崩壊熱除去機能を維持するために、流路を確保する機能を維持する設計とする。

b. 送風機及び排風機

送風機及び排風機は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

外気と繋がっている送風機及び排風機は、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の放出経路、制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能及びウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の崩壊熱除去機能を維持するために、流路を確保する機能及び送風・排風する機能を維持する設計とする。

c. フィルタユニット

フィルタユニットは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

外気と繋がっているフィルタユニットは、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、塔槽類廃ガス処理設備及び換気設備の放出経路及び制御室換気設備の制御室の居住性等の維持機能を維持するために、流路を確保する機能及び不純物の除去機能を維持する設計とする。

d. 空調ユニット

空調ユニットは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

外気と繋がっている空調ユニットは、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、換気空調を行う機能を維持するために、流路を確保する機能を維持する設計とする。

e. 収納管

収納管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

外気と繋がっている収納管は、設計竜巻の気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、崩壊熱除去機能を維持するために、冷却空気の流路を確保する機能を維持する設計とする。

(3) 屋外の竜巻防護対象施設

a. 安全冷却水系冷却塔A, B

安全冷却水系冷却塔A, Bは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系冷却塔A, Bは、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない使用済燃料受入れ・貯蔵建屋に設置している非常用所内電源から、設計竜巻の影響を受けない洞道及び固定又は固縛により経路を維持する電線管内の電路を通じて受電する構成とする。

また、安全冷却水系冷却塔A, Bの崩壊熱除去機能を維持するために、管束は流路を維持し、ファン駆動部は送風機能を維持することで、管束内を通水する冷却水を冷却する設計とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bの構成品のうち、脱落及び転倒により機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び倒壊しない強度を有する設計とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bの構成品のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水系冷却塔A, Bの冷却能力に影響を及ぼす飛来物とならない設計とする。

b. 安全冷却水A冷却塔

安全冷却水A冷却塔は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水A冷却塔は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない前処理建屋に設置している非常用所内電源から、設計竜巻(荷重)に対する配慮がなされた電線用防護管及び固定又は固縛により経路を維持するケーブルトレイで構成された電路を通じて受電する構成とする。

また、安全冷却水A冷却塔の崩壊熱除去機能を維持するために、管束は流路を維持し、ファン駆動部は送風機能を維持することで、管束内を通水する冷却水を冷却する設計とする。

安全冷却水A冷却塔の構成品のうち、脱落及び転倒により機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び倒壊しない強度を有する設計とする。

安全冷却水A冷却塔の構成品のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水A冷却塔の冷却能力に影響を及ぼす飛来物とならない設計とする。

c. 安全冷却水B冷却塔

安全冷却水B冷却塔は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水B冷却塔は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない制御建屋に設置している非常用所内電源から、設計竜巻の影響を受けない洞道及び固定又は固縛により経路を維持するケーブルトレイ内の電路を通じて受電する構成とする。

また、安全冷却水B冷却塔の崩壊熱除去機能を維持するために、管束は流路を維持し、ファン駆動部は送風機能を維持することで、管束内を通水する冷却水を冷却する設計とする。

安全冷却水B冷却塔の構成品のうち、脱落及び転倒により機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び倒壊しない強度を有する設計とする。

安全冷却水B冷却塔の構成品のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水B冷却塔の冷却能力に影響を及ぼす飛来物とならない設計とする。

d. 冷却塔A, B

冷却塔A, Bは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

竜巻防護対策設備に内包される冷却塔A, Bは、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、電源を確保するために、設計竜巻の影響を受けない非常用電源建屋に設置している非常用所内電源から、設計竜巻の影響を受けないピット及び固定又は固縛により経路を維持するケーブルトレイ内の電路を通じて受電する構成とする。

また、冷却塔A、Bの第2非常用ディーゼル発電機冷却機能を維持するために、管束は流路を維持し、ファン駆動部は送風機能を維持することで、管束内を通水する冷却水を冷却する設計とする。

冷却塔A、Bの構成品のうち、脱落及び転倒により機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び倒壊しない強度を有する設計とする。

冷却塔A、Bの構成品のうち、飛散により機械的影響を及ぼし得るものは、固定又は固縛を実施し、安全冷却水B冷却塔の冷却能力に影響を及ぼす飛来物とならない設計とする。

e. 安全冷却水系膨張槽

安全冷却水系膨張槽A、Bは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定した機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系膨張槽A、Bは、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、溶液保持機能を維持するため、強度を確保する設計とする。

f. 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A、B、安全冷却水A、B冷却塔、冷却塔A、B、安全冷却水系膨張槽周りの配管)

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A、B、安全冷却水A、B冷却塔、冷却塔A、B、安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定した機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

竜巻防護対策設備に内包される安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A、B、安全冷却水A、B冷却塔、冷却塔A、B、安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、設計荷重(竜巻)及び防護ネットを通過する飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、内部流体を保持する機能を維持するため、流路を確保する設計とする。

g. 安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)

安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定した機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管)は、設計荷重(竜巻)及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後

においても、内部流体を保持する機能を維持するため、流路を確保する設計とする。

h. 主排気筒

主排気筒は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

主排気筒は、設計荷重（竜巻）及び設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、拡散効果を維持するため、流路を確保する設計とする。

i. 前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

屋外の竜巻防護対象施設である建物は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、放射性物質の閉じ込め機能及び遮蔽機能を維持する設計とする。

更に当該建屋は、竜巻防護対象施設を収納する施設でもあるため、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、建屋を構成する部材である屋根、壁、扉・フードにより、竜巻防護対象施設に対する設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片の衝突を防止する設計とする。

(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

a. 機械的影響を及ぼし得る施設

(a) 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋

使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えないために、転倒が生じない強度を有する設計とする。

(b) 使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）

使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えないために、転倒が生じない強度を有する設計とする。

(c) 事務建屋（再処理事務所）

事務建屋（再処理事務所）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

事務建屋（再処理事務所）は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えないために、転倒が生じない強度を有する設計とする。

(d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の主配管（建屋換気）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の主配管は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に機械的影響を与えないために、転倒しない強度を有する設計とする。

(e) 北換気筒

北換気筒は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

北換気筒は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に機械的影響を与えないために、転倒しない強度を有する設計とする。

(f) 低レベル廃棄物処理建屋

低レベル廃棄物処理建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

低レベル廃棄物処理建屋は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えないために、転倒が生じない強度を有する設計とする。

(g) 出入管理建屋・運転訓練施設

出入管理建屋・運転訓練施設は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

出入管理建屋・運転訓練施設は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設等に波及的影響を与えないために、転倒が生じない強度を有する設計とする。

b. 機能的影響を及ぼし得る施設

(a) 安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、排気機能を維持するために、排気を行うための流路を確保する設計とする。また、安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、設計飛来物の衝突に対し、貫通により排気機能の一部を喪失する可能性があることから、排気機能の一部を喪失しても速やかに外部事象防護対象施設の安全機能を復旧するために、竜巻の通過後において、補修等の対応がとれる配置とし、運転管理等の運用上の措置により速やかに機能を復帰する運用とする。

(b) 安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、設計竜巻の風圧力、気圧差に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、排気機能を維持するために、排気を行うための流路を確保する設計とする。また、安全圧縮空

気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、設計飛来物の衝突に対し、貫通により排気機能の一部を喪失する可能性があることから、排気機能の一部を喪失しても速やかに外部事象防護対象施設の安全機能を復旧するために、竜巻の通過後において、補修等の対応がとれる配置とし、運転管理等の運用上の措置により速やかに機能を復帰する運用とする。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

ディーゼル発電機の排気配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

ディーゼル発電機の排気配管は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、排気機能を維持するために、排気を行うための流路を確保する設計とする。

(d) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器

ディーゼル発電機の排気消音器は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

ディーゼル発電機の排気消音器は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、排気機能を維持するために、排気を行うための流路を確保する設計とする。また、ディーゼル発電機の排気消音器は、設計飛来物の衝突に対し、排気機能の一部を喪失する可能性があることから、排気機能の一部を喪失しても速やかに防護対象施設の安全機能を復旧するために、竜巻の通過後において、補修等の対応がとれる配置とし、運転管理等の運用上の措置により速やかに機能を復帰する運用とする。

(e) 第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトンク、重油及び潤滑油タンクのベント管並びに第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンク及び潤滑油タンクのベント管

ディーゼル発電機付属ベント配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

ディーゼル発電機付属ベント配管は、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、排気機能を維持するために、排気を行うための流

路を確保する設計とする。また、ディーゼル発電機付属ベント配管は、設計飛来物の衝突に対し、排気機能の一部を喪失する可能性があることから、排気機能の一部を喪失しても速やかに防護対象施設の安全機能を復旧するために、竜巻の通過後において、補修等の対応がとれる配置とし、運転管理等の運用上の措置により速やかに機能を復帰する運用とする。

(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納キャスクは、設計荷重(竜巻)に対し、建屋の構造健全性を維持することで、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない機能を維持する設計とする。

(6) 竜巻防護対策設備

a. 飛来物防護板

(a) 飛来物防護板 (前処理建屋の安全蒸気系設置室), 飛来物防護板 (精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A,B), 飛来物防護板 (制御建屋 中央制御室換気設備設置室), 飛来物防護板 (第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室), 飛来物防護板 (非常用電源建屋 第2 非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック,A 南 ブロック,B 北ブロック,B 南ブロック) 及び飛来物防護板 (冷却塔接続 屋外設備)

飛来物防護板 (前処理建屋の安全蒸気系設置室), 飛来物防護板 (精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A,B), 飛来物防護板 (制御建屋 中央制御室換気設備設置室), 飛来物防護板 (第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室), 飛来物防護板 (非常用電源建屋 第2 非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック,A 南 ブロック,B 北ブロック,B 南ブロック) 及び飛来物防護板 (冷却塔接続 屋外設備) は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(6)c. 性能目標」で設定した機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

飛来物防護板 (前処理建屋の安全蒸気系設置室), 飛来物防護板 (精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A,B), 飛来物防護板 (制御建屋 中央制御室換気設備設置室), 飛来物防護板 (第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室), 飛来物防護板 (非常用電源建屋 第2 非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック,A 南 ブロック,B 北ブロック,B 南ブロック) 及び飛来物防護板 (冷却塔接続 屋外設備) は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時

及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、竜巻防護対象施設が設置されている室の外壁開口部及び竜巻防護対象施設を覆うように設置する。

また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、飛来物防護板の裏面剥離及び脱落を生じない設計とする。

- (b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)は防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(6)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。

また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護板(鋼材)の脱落を生じない設計とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設が必要な機能を維持するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護板(鋼材)を支持し、竜巻防護対象施設を取り囲むように設置し、竜巻

防護対象施設に波及的影響を与えないために、倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とする。

b. 飛来物防護ネット

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B)

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)は防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

飛来物防護ネットは、冷却塔の空気による熱交換を可能とするため、空気の流出入を阻害しない防護ネットを主体構造とすることで、冷却能力に影響を与えない設計とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護ネットに衝突した際に主要な部材は破断せず、設計飛来物の鋼製材を捕捉する設計とする。

防護ネットは設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の鋼製材の衝突に対し、防護ネットがたわんだとしても、竜巻防護対象施設の必要な機能を損なわないように、竜巻防護対象施設に対し一定の離隔を有する設計とする。

防護ネットについては、網目の細かいネット(補助防護ネット)を重ねて設置することにより、設計飛来物の鋼製パイプは補助防護ネットに衝突し、防護ネット内側に侵入させない設計とする。

竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護ネットの脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、防護ネットが設置できない箇所に設置し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。

また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護板(鋼材)の脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻

通過後においても、竜巻防護対象施設が必要な機能を維持するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持し、竜巻防護対象施設を取り囲むように設置し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とする。

(b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)は防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(6)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

飛来物防護ネットは、冷却塔の空気による熱交換を可能とするため、空気の流出入を阻害しない防護ネットを主体構造とすることで、冷却能力に影響を与えない設計とする。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護ネットに衝突した際に主要な部材は破断せず、設計飛来物の鋼製材を捕捉する設計とする。

防護ネットは設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の鋼製材の衝突に対し、防護ネットがたわんだとしても、竜巻防護対象施設の必要な機能を損なわないように、竜巻防護対象施設に対し一定の離隔を有する設計とする。

防護ネットについては、網目の細かいネット(補助防護ネット)を重ねて設置することにより、設計飛来物の鋼製パイプは補助防護ネットに衝突し、防護ネット内側に侵入させない設計とする。

また、防護ネットと支持架構の間に生じる隙間を、防護ネットの通過を許容できる飛来物以下の大きさとするため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。

竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護ネットの脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、防護ネットが設置できない箇所に設置し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。

また、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護板(鋼材)の脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち支持架構は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻防護対象施設が必要な機能を維持するために、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持し、竜巻防護対象施設を取り囲むように設置し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とする。

(c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)は防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構で構成し、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(6)c. 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

飛来物防護ネットは、冷却塔の空気による熱交換を可能とするため、空気の流出入を阻害しない防護ネットを主体構造とし、防護ネットを設置しない面の影響を踏まえても、冷却能力に影響を与えない設計とする。

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護ネットは、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能とするために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護ネットに衝突した際に主要な部材は破断せず、設計飛来物の鋼製材を捕捉する設計とする。

防護ネットは設計竜巻の風圧力及び設計飛来物の鋼製材の衝突に対し、防護ネットがたわんだとしても、竜巻防護対象施設の必要な機能を損なわないように、竜巻防護対象施設に対し一定の離隔を有する設計とする。

防護ネットについては、網目の細かいネット(補助防護ネット)を重ねて設置することにより、設計飛来物の鋼製パイプは補助防護ネットに衝突し、防護ネット内側に侵入させない設計とする。

また、防護ネットと支持架構の間に生じる隙間を、防護ネットの通過を許容できる飛来物以下の大きさとするため、鋼製の補助防護板を設置する設計とする。

竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、防護ネットの脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち防護板(鋼材)は, 設計荷重(竜巻)に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために, 防護ネットが設置できない箇所に設置し, 設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。

また, 竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために, 防護板(鋼材)の脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち支持架構は, 設計荷重(竜巻)に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 竜巻防護対象施設が必要な機能を維持するために, 設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通せず, 上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持し, 竜巻防護対象施設を取り囲むように設置し, 竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために, 倒壊, 転倒及び脱落を生じない設計とする。

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)のうち整流板は, 設計荷重(竜巻)に対し, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 竜巻防護対象施設の冷却機能へ影響を与えずまた機械的な波及影響を与えないために, 脱落を生じない設計とする。

4.2 竜巻随件事象を考慮する施設

(1) 受電開閉設備等(外部電源喪失)の設計方針

受電開閉設備等(外部電源喪失)は, 「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2(3)性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針としている。

受電開閉設備等(外部電源喪失)が竜巻により損傷し, 外部電源が喪失した場合を想定したとしても, 代替設備による電源供給ができるように, 設計荷重(竜巻)に対し, 十分な強度を有する建屋等にディーゼル発電機を設置するとともに, 竜巻時及び竜巻通過後においても, 冷却水を冷却するための冷却塔は, 構造健全性を維持できる設計とする。

5. 構造設計及び構造概要

5.1 構造設計

「3. 要求機能及び性能目標」で示す構造強度上の性能目標を達成するための構造設計方針を評価対象施設分類ごとに示す。

(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対して主要な構造部材の健全性を維持するために、設計荷重(竜巻)に対して建屋全体が終局状態に至るような変形が生じない設計、扉は終局状態に至るような変形が生じない設計とする。

また、設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片が竜巻防護対象設備に衝突することを防止するために、設計飛来物の貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

a. 角ダクト、丸ダクト及び配管

角ダクト、丸ダクト及び配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋内の床面等にサポートで支持し、主要な構造部材が流路を維持可能な構造強度を有する設計とする。

b. 送風機及び排風機

排風機は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋内の床面等に基礎ボルトで固定し、主要な構造部材が流路を維持し、かつ必要な風量を送風又は排気する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

c. フィルタユニット

フィルタユニットは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋内の床面等にボルトで固定し、主要な構造部材が流路を維持し、かつ不純物を除去することが可能な構造強度を有する設計とする。

d. 空調ユニット

空調ユニットは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で

設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、建屋内の床面等にボルトで固定し、主要な構造部材が流路を維持可能な構造強度を有する設計とする。

e. 収納管

収納管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計竜巻の気圧差による荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、主要な構造部材が流路を維持可能な構造強度を有する設計とする。

(3) 屋外の竜巻防護対象施設

a. 安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔及び冷却塔A, Bの構造設計

安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔及び冷却塔A, Bは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対し、冷却水を冷却する機能を維持するために

冷却用空気の送気機能の維持及び流路の確保が可能な構造強度を有すること並びに冷却用空気を送風するための動的機能を維持する設計とする。

また、防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、冷却塔の機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。

b. 安全冷却水系膨張槽A, Bの構造設計

安全冷却水系膨張槽A, Bは、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対し、安全冷却水系膨張槽A, Bを安全冷却水系冷却塔A, Bの支持架構により支持された支持構造物により支持し、主要な構造部材が溶液保持機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

また、防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、溶液保持機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。

c. 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)の構造設計

安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔まわり配管)は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対し、配管本体を基礎等に支持された支持構造物により支

持し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

また、防護ネットを通過する飛来物による衝撃荷重に対し、流路を確保する機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。

d. 安全冷却水系（竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管）

安全冷却水系（竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔周りの配管）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対し、配管本体を建屋等に支持された支持構造物により支持し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

また、設計荷重（竜巻）に対し、流路を確保する機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような変形を生じない設計とする。

e. 主排気筒

主排気筒は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、主排気筒は、筒身を基礎により支持された鉄塔で支持し、設計荷重（竜巻）に対し、主要な構造部材が流路を確保する機能を維持可能な構造強度を有する設計とする。

また、筒身は、飛来物による衝撃荷重に対し、流路を確保する機能を維持するために、安全機能に影響を及ぼすような貫入を生じない設計とする。

f. 前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋の構造設計

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(3)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重(竜巻)に対して主要な構造部材の健全性を維持するために、設計荷重(竜巻)に対して建屋全体が終局状態に至るような変形が生じない設計、扉は終局状態に至るような変形が生じないことを確認する。

また、設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片が竜巻防護対象設備に衝突することを防止するために、設計飛来物の貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

a. 機械的影響を及ぼし得る施設

(a) 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋，使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫），事務建屋（再処理事務所），低レベル廃棄物処理建屋，出入管理建屋・運転訓練施設（以下、「波及的影響を及ぼし得る建物」という。）

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る建物の設計については、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造設計上の性能目標を踏まえ，設計荷重(竜巻)に対し，竜巻防護対象施設等への接触による波及的影響を与えないために倒壊が生じない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して波及的影響を及ぼし得る建屋全体が終局状態に至らない設計とする。

また、設計荷重(竜巻)に対して波及的影響を及ぼし得る建屋に過大な変形が生じ、竜巻防護対象施設等に衝突しない設計とする。

(b) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，鋼管を基礎により支持された支持構造物により支持し，設計荷重（竜巻）に対し，竜巻防護対象施設等に機械的波及的影響を与えないために，転倒を生じない構造強度を有する設計とする。

(c) 北換気筒

北換気筒は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，筒身を基礎により支持された鉄塔で支持し，設計荷重（竜巻）に対し，主要な構造部材が竜巻防護対象施設等に機械的波及的影響を与えないために，倒壊及び転倒を生じない構造強度を有する設計とする。

b. 機能的影響を及ぼし得る施設

(a) 安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ，設計荷重（竜巻）に対し，鋼管を建屋により支持された支持構造物により支持し，竜巻防護対象施設等に機能的波及的影響を与えないために，転倒による閉塞を生じない構造強度を有する設計とする。

(b) 安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、鋼管を建屋により支持された支持構造物により支持し、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に機能的波及的影響を与えないために、転倒による閉塞を生じない構造強度を有する設計とする。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

ディーゼル発電機の排気配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、建屋により支持された支持構造物及びディーゼル発電機の排気消音器により支持し、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に機能的波及的影響を与えないために、転倒による閉塞を生じない構造強度を有する設計とする。

(d) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器

ディーゼル発電機の排気消音器は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、鋼製の胴部を建屋により支持された支持構造物により支持し、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に機能的波及的影響を与えないために、転倒による閉塞を生じない構造強度を有する設計とする。

(e) 第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトank、重油及び潤滑油タンクのベント管並びに第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンク及び潤滑油タンクのベント管

ディーゼル発電機付属ベント配管は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(4)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、鋼管を建屋又は基礎により支持された支持構造物により支持し、設計荷重（竜巻）に対し、竜巻防護対象施設等に機能的波及的影響を与えないために、転倒による閉塞を生じない構造強度を有する設計とする。

(5) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

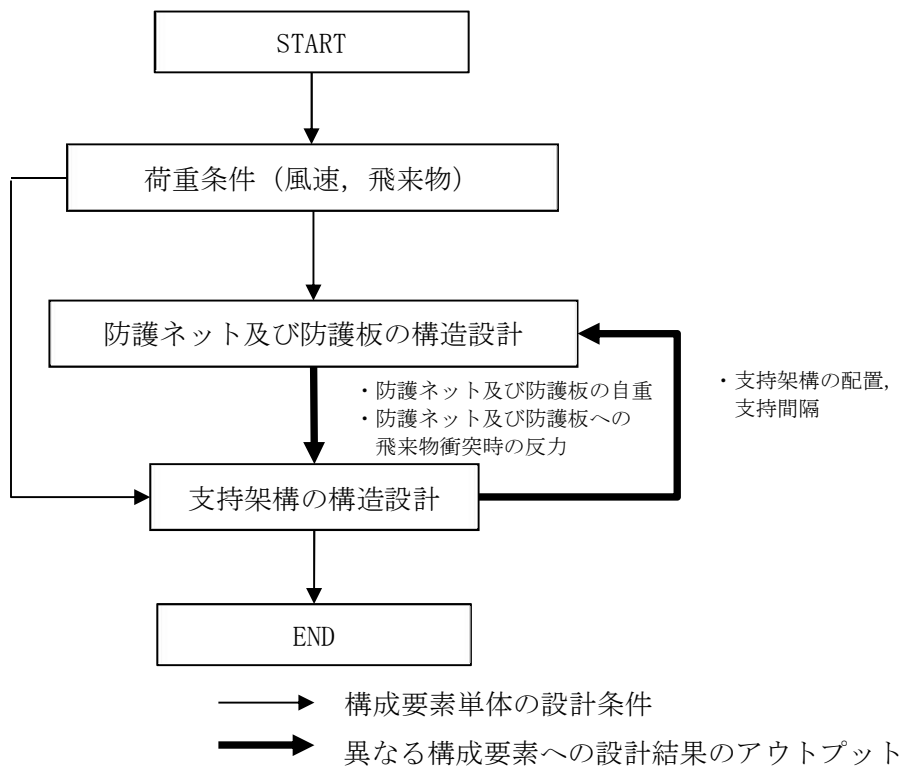
使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の設計については、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1(5)c. 性能目標」で設定している構造設計上の性能目標を踏まえ、設計荷重（竜巻）に対し、倒壊が生じない設計とするために、終局状態に至らないこと

を設計とする。なお、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の設計は、「(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」の設計に包絡されることから、以降は竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設に設計を示す。

(6) 竜巻防護対策設備

竜巻防護対策設備は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 (6) c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、竜巻防護対策設備を構成する要素間での荷重の受け渡し、要素ごとの設計及び設計結果の全体設計へ反映を行う。

竜巻防護対策設備の設計フローを第5. 1-1図に示す。



第5. 1-1図 竜巻防護対策設備の設計フロー

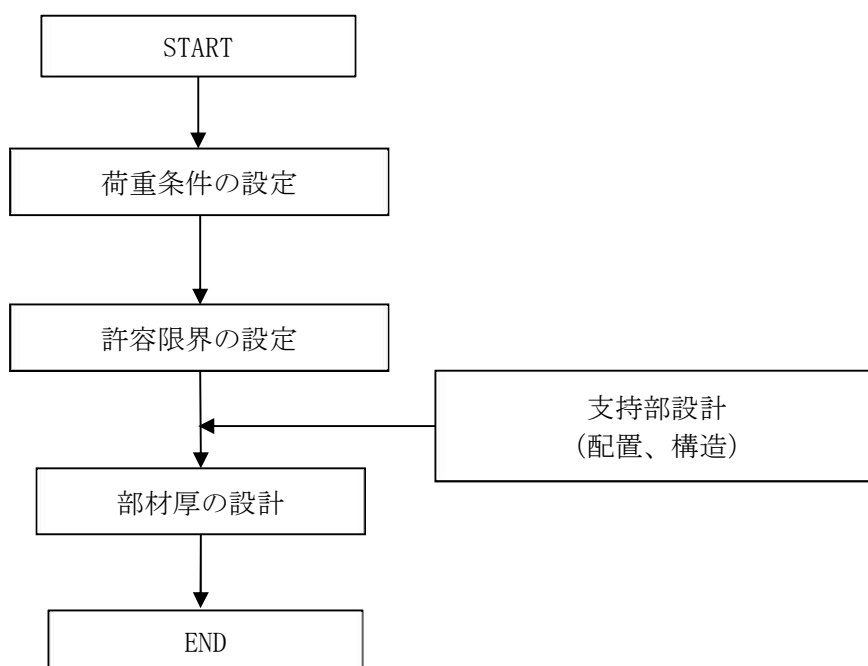
a. 飛来物防護板

(a) 飛来物防護板 (前処理建屋の安全蒸気系設置室), 飛来物防護板 (精製建屋非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B), 飛来物防護板 (制御建屋 中央制御室換気設備設置室), 飛来物防護板 (第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室), 飛来物防護板 (非常用電源建屋 第2 非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック, A 南ブロック, B 北ブロック, B 南ブロック) 及び飛来物防護板 (冷却

塔接続 屋外設備)

飛来物防護板は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物の飛来物防護板への衝突に対し、飛来物防護板が貫通することなく建屋外壁もしくは支持架構を介して建屋外壁に荷重を伝達させる設計とする。

飛来物防護板(鉄筋コンクリート、鋼板)の設計フローを第5.1-2図に示す。



第5.1-2図 防護板(鉄筋コンクリート、鋼板)の設計フロー

(b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

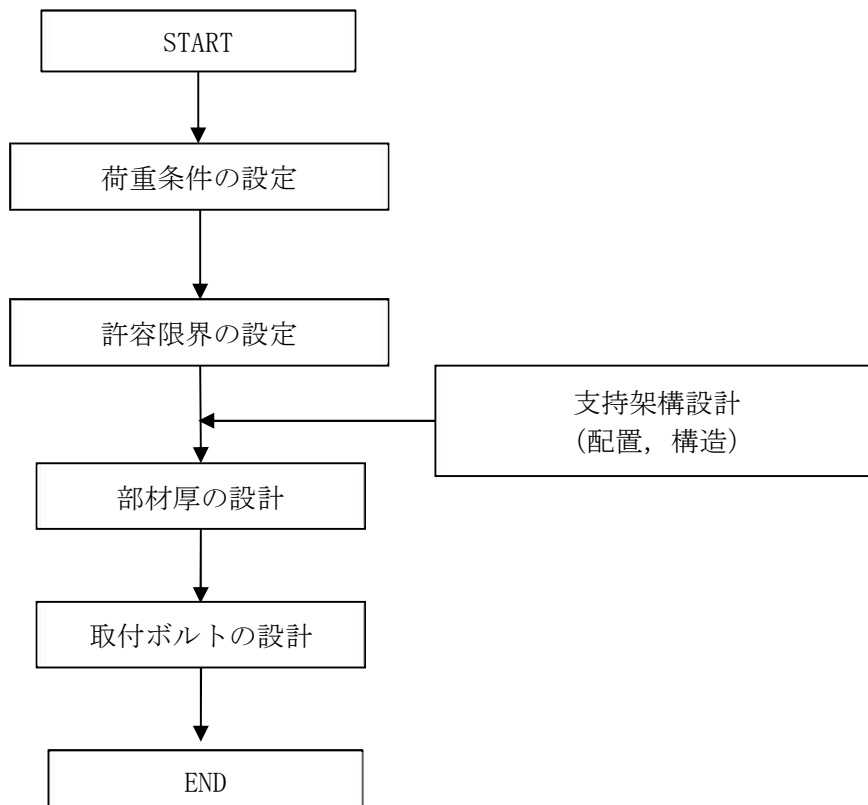
イ. 防護板(鋼材)の構造設計

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)のうち防護板(鋼材)は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、飛来物の防護板(鋼材)への衝突に対し、防護板(鋼材)が貫通することなく支持架構又は主排気筒に荷重を伝達させる。また、防護板(鋼材)は取付ボ

ルトにより支持架構又は主排気筒に接続し、飛来物の衝突によって脱落することのない設計とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)及び飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)のうち防護板は、防護板(鋼材)は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、飛来物の防護板(鋼材)への衝突に対し、防護板(鋼材)が貫通することなく支持架構に荷重を伝達させる。また、防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続し、飛来物の衝突によって脱落することのない設計とする。

防護板(鋼材)の設計フローを第5.1-3図に示す。



第5.1-3図 防護板(鋼材)の設計フロー

防護板(鋼材)は、鋼板で構成し、飛来物の衝突に対し防護板(鋼材)が貫通することがないように部材厚を有する設計とする。

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構又は主排気筒に接続させ、取付ボルト孔周辺の鋼板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しない強度を

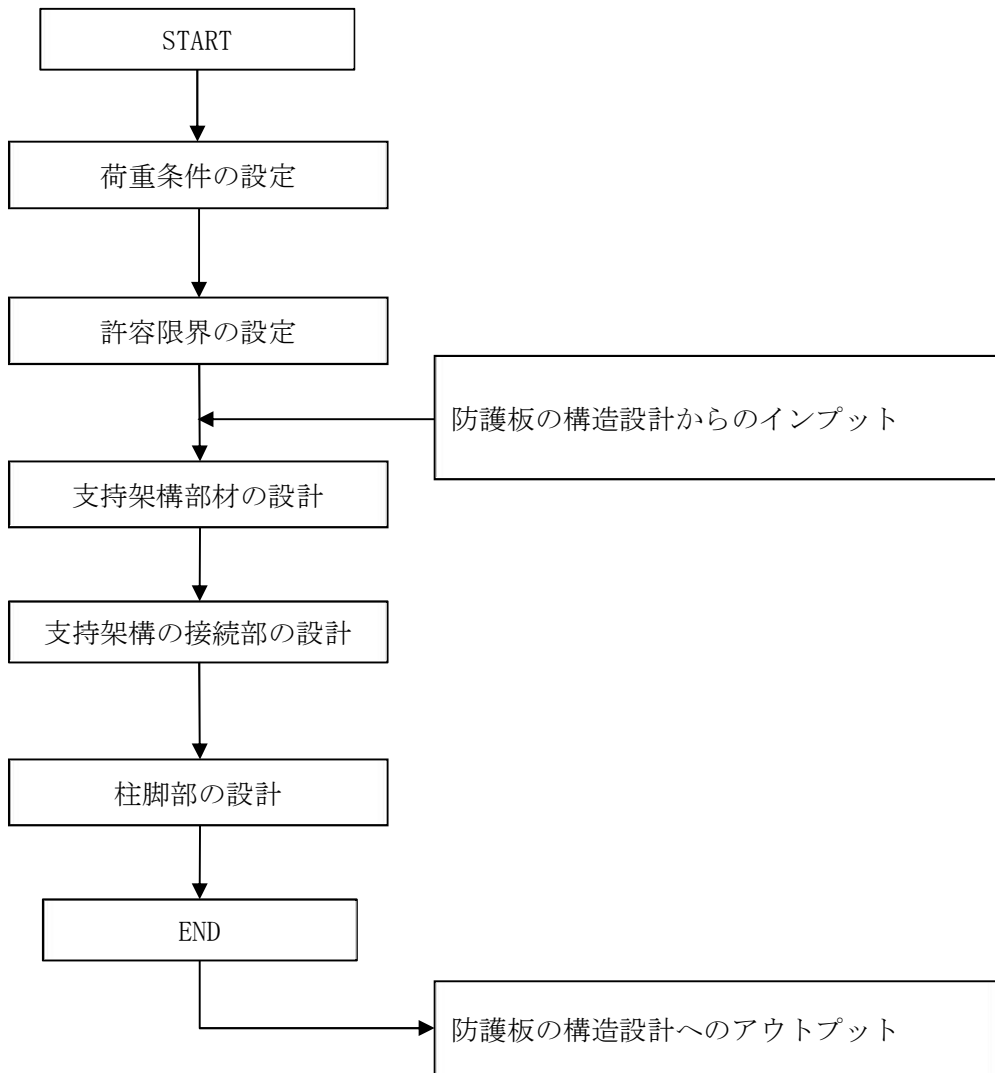
有し、かつ取付ボルトの破断により脱落することのない設計とする。取付ボルトは、飛来物の衝突により作用する荷重の種類、取付ボルトの配置及び取付ボルトの耐力を考慮して取付ボルト本数、サイズを設定し、飛来物が衝突した際に、その近傍の取付ボルトが破断することが想定されるため、取付ボルトは互いに離れた位置に複数箇所設置し、取付ボルト全数が破断しないようにすることで、防護板（鋼材）の脱落を防止する。

また、取付ボルトの一部が破断した場合においても、防護板（鋼材）に回転を生じさせず、その場に留まる設計とする。

ロ. 支持架構の構造設計

支持架構は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、上載する防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、脱落、倒壊及び転倒を生じない構造強度を有する設計とする。

支持架構の設計フローを第5.1-4図に示す。



第5.1-4図 支持架構の設計フロー

支持架構は、H形鋼や角形鋼管等から構成され、防護板(鋼材)からの荷重を支持する設計とする。

支持架構は、支持架構部材、支持架構部材の接続部及び柱脚部より構成され、支持架構の接続部は溶接又はボルトにより接続し、柱脚部は基礎又は建屋に固定する設計とする。支持架構部材の接続部については、作用荷重に対して十分な耐力を有する設計とする。

防護板(鋼材)への飛来物衝突時の荷重は、隣り合う支持架構部材から柱などの主架構及び柱脚部を介して基礎又は建屋へ伝達する設計とする。飛来物が支持架構に直接衝突する場合は、支持架構から柱脚部を介して基礎又は建屋へ伝達する設計とする。

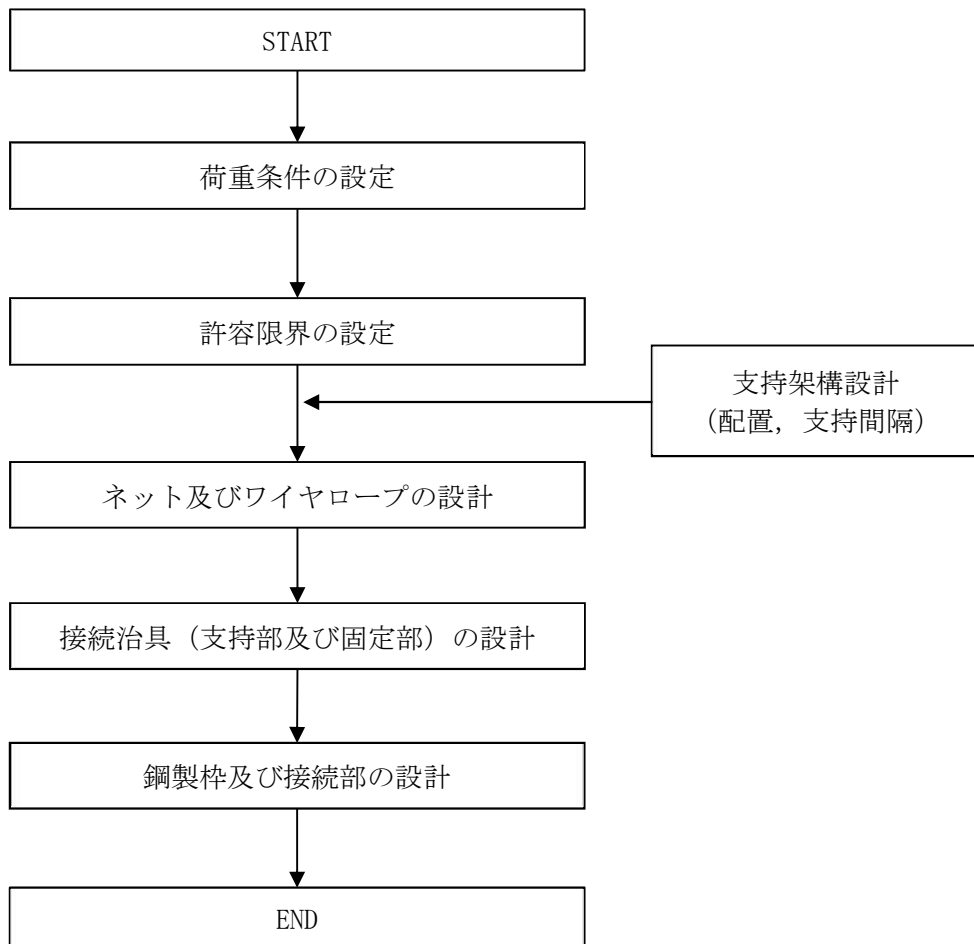
b. 飛来物防護ネット

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系
冷却塔A, B)

イ. 防護ネットの構造設計

防護ネットは、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物の防護ネットへの衝突に対し、主要な部材が破断することなく支持架構に荷重を伝達し、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、防護ネットで捕捉できる設計とする。

防護ネットの設計フローを第5.1-5図に示す。



第5.1-5図 防護ネットの設計フロー

防護ネット(鋼製枠)のうちネットは、ネット端部の網目を縫うようには
わせたワイヤロープにより支持し、ワイヤロープはターンバックル及びシ

ャックル並びに鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトにて支持する。また、ターンバックル及びシャックルは、鋼製枠内に具備した取付プレートにより支持される構造とする。

防護ネットは、50mm目合いのネット2枚及び40mm目合いのネット1枚(補助ネット)で構成する。

防護ネットは、電中研報告書にて適用性が確認されている評価式及びネットの物性値を用いた設計とする。

防護ネットを構成するネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部についての構造設計を以下に示す。

(イ) ネット

ネットは、らせん状の硬鋼線を3次的に編み込み、編み込みの方向によって荷重を受け持つ展開方向と展開直角方向の異方性を有する。展開方向が主に荷重を受け持ち、展開方向と展開直角方向で剛性や伸び量が異なるため、これらの異方性を考慮した設計とする。ネットは、電中研報告書において、その剛性、最大たわみ時のたわみ角、1目合いの破断変位等が確認されている。

ネットの寸法は、支持架構の柱及びはりの間隔並びにネットの展開方向と展開直角方向の剛性や伸び量の異方性を考慮して、展開方向と展開直角方向の寸法の比(以下「アスペクト比」という。)について、電中研報告書にて適用性が確認されている範囲(1:1~2:1)に入るように設計する。ただし、設定する寸法での限界吸収エネルギー等を踏まえ、設置するネットの枚数を増やし、衝撃荷重に対する耐力を持たせるとともにたわみ量を低減させる設計とする。

(ロ) ワイヤロープ

ワイヤロープの取付部は、展開方向のワイヤロープと展開直角方向のワイヤロープで荷重の伝達分布が異なり、さらにワイヤロープの巻き方によりワイヤロープ間の荷重伝達に影響を及ぼす可能性があるため、ネットに対して2本をL字に設置することにより、ワイヤロープに作用する荷重が均一となるような設計とする。

防護ネットの基本構造において、ワイヤロープは上下2段設置しており、上段のワイヤロープは50mm目合いと40mm目合いのネット2枚を支持するため、ワイヤロープは支持するネット枚数を考慮した設計とする。

(ハ) 接続治具(支持部及び固定部)

電中研報告書の評価式を適用するため、衝突試験における試験体と同じ構造を採用しており、飛来物衝突時に急激な荷重が作用するのを抑制するために、緩衝装置を有する保持管を四隅に設置する設計とする。

接続治具(支持部及び固定部)は、ネットへの設計飛来物の衝突によりネットからワイヤロープを介して作用する荷重もしくは発生する応力に対して、破断することのない強度を有する設計とする。

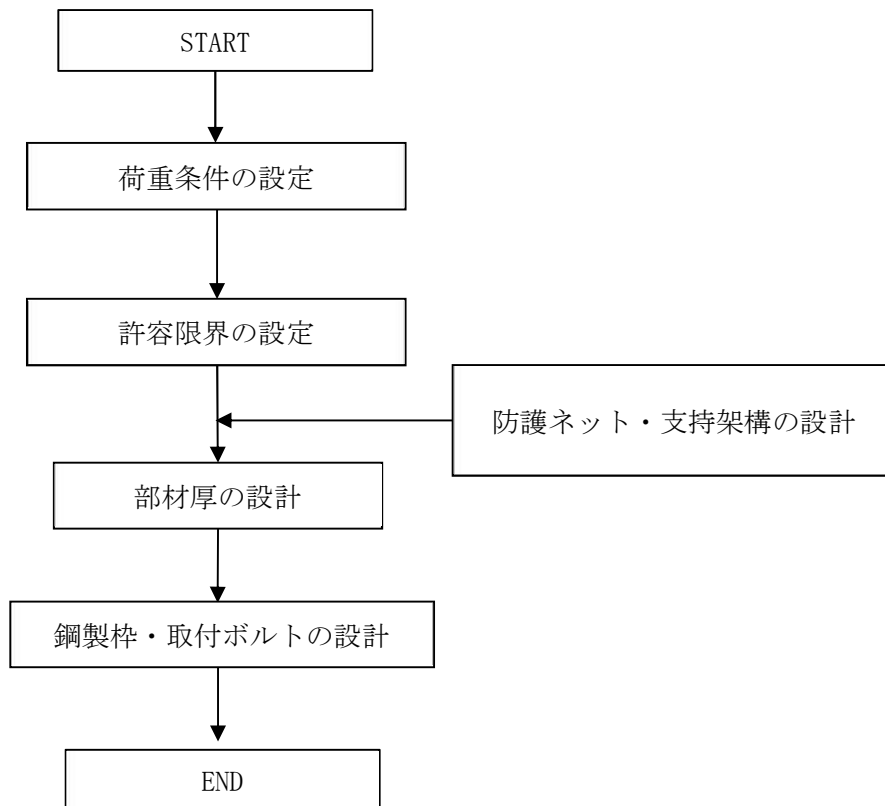
(二) 接続部

接続部は、ネット取付金物から伝播する荷重に対し、破断することのない強度を有する設計とする。

ロ. 防護板(鋼材)の構造設計

防護板(鋼材)は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、飛来物の防護板(鋼材)への衝突に対し、防護板(鋼材)が貫通することなく支持架構に荷重を伝達させる。また、防護板(鋼材)は鋼製枠に溶接接続し、鋼製枠は取付ボルトにより支持架構に接続することで、飛来物の衝突によって脱落することのない設計とする。

防護板(鋼材)の設計フローを第5.1-6図に示す。



第5.1-6図 防護板(鋼材)の設計フロー

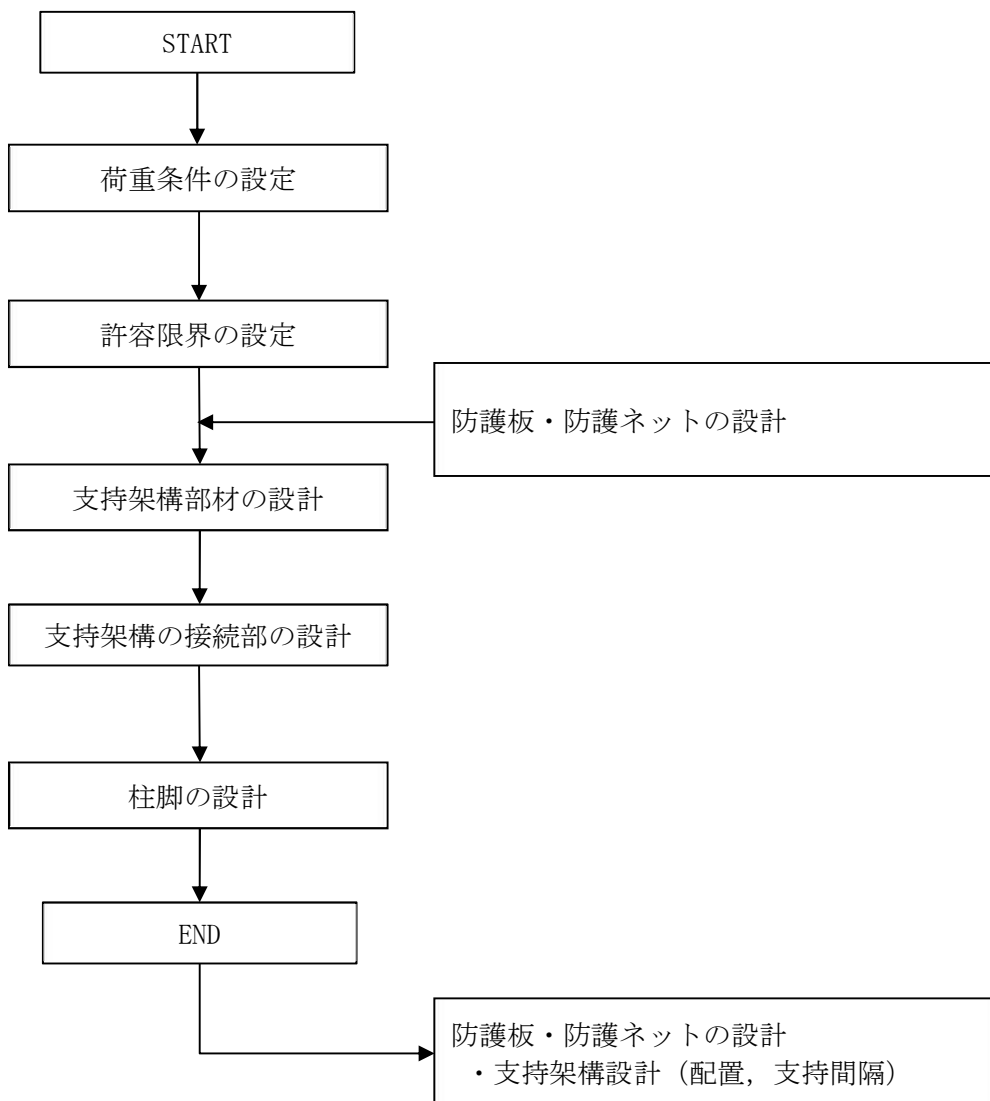
防護板(鋼材)は、鋼板で構成し、飛来物の衝突に対し防護板(鋼材)が貫通することがないように部材厚を有する設計とする。

また、鋼板は鋼製柱に溶接接続することで、鋼板が脱落しない構造とし、鋼製柱を支持架構に接続する取付ボルトは、鋼製柱に十分な強度を確保することで、設計飛来物の衝突に対して、取付ボルトが破断しない構造とすることで、鋼製柱が脱落しない構造とする。

ハ. 支持架構の構造設計

支持架構は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通しない設計とする。また、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、脱落、倒壊及び転倒を生じない構造強度を有する設計とする。

支持架構の設計フローを第5.1-7図に示す。



第5.1-7図 支持架構の設計フロー

支持架構は、角形鋼管やH形鋼等から構成され、防護ネット及び防護板(鋼材)からの荷重を支持する設計とする。

支持架構は、支持架構部材、支持架構部材の接続部及び柱脚部より構成され、支持架構の接続部は溶接又はボルトにより接続し、柱脚部は基礎に固定する設計とする。支持架構部材の接続部については、母材と同等の耐力を有する設計とする。

防護ネット及び防護板(鋼材)への飛来物衝突時の荷重は、隣り合う支持架構部材から柱などの主架構及び柱脚部を介して基礎へ伝達する設計とする。飛来物が支持架構に直接衝突する場合は、支持架構から柱脚部を

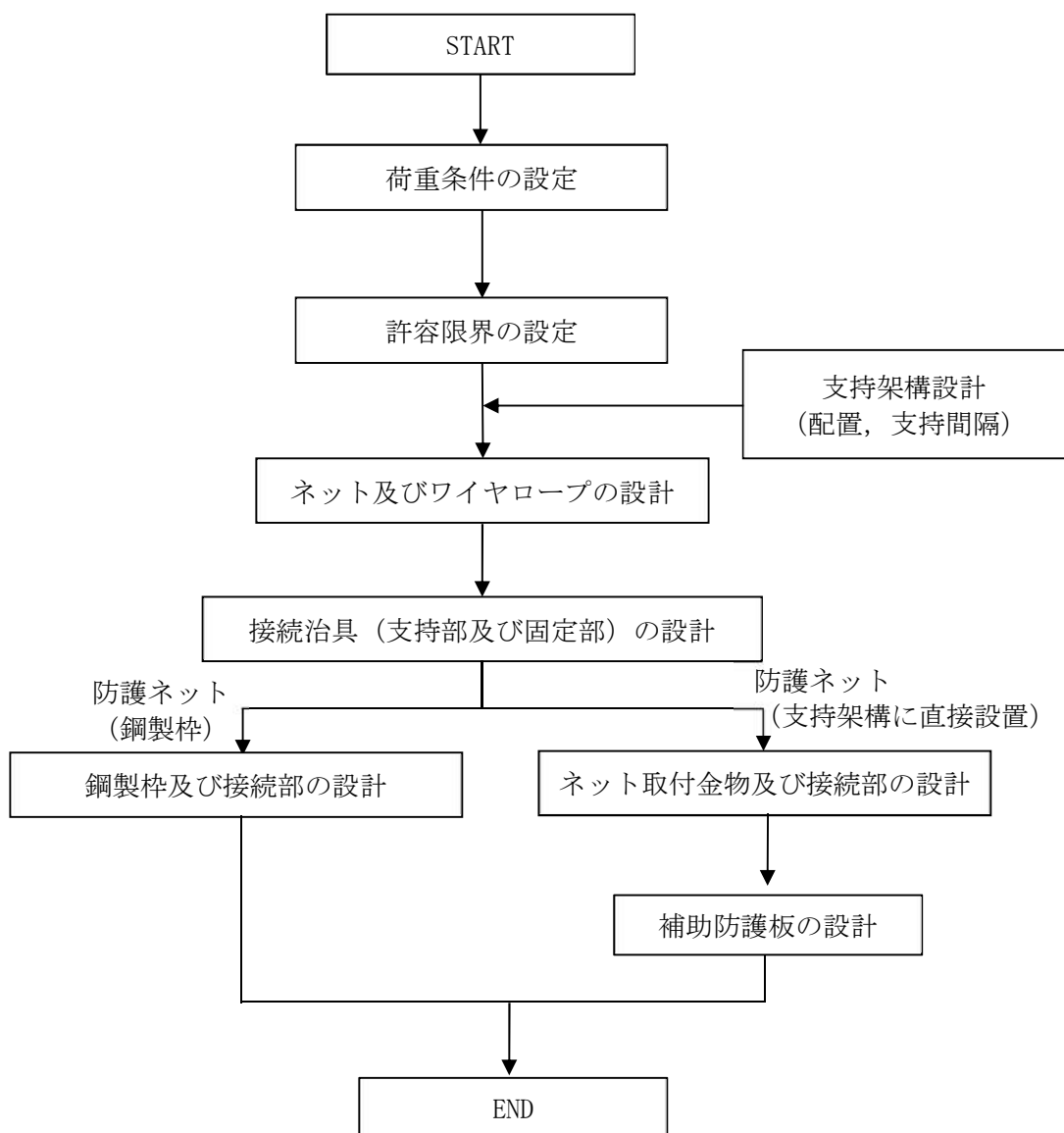
介して基礎へ伝達する設計とする。

(b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)及び飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

イ. 防護ネットの構造設計

防護ネットは、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計飛来物の防護ネットへの衝突に対し、主要な部材が破断することなく支持架構に荷重を伝達し、たわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、防護ネットで捕捉できる設計とする。

防護ネットの設計フローを第5.1-8図に示す。



第5.1-8図 防護ネットの設計フロー

防護ネット(支持架構に直接設置)のうちネットは、ネット端部の網目を縫うようにはわせたワイヤロープにより支持し、ワイヤロープはターンバックル及びシャックル並びに鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトにて支持する。ターンバックル及びシャックルは支持架構に設置した取付プレートにより支持し、隅角部固定ボルト、ネット取付金物は支持架構に設置した押さえボルト及び取付ボルトにより支持される構造とする。また、ネットと支持架構の隙間を砂利以下の大きさとするため、補助防護板を設置する設計とする。

防護ネット(鋼製枠)のうちネットは、ネット端部の網目を縫うようにはわせたワイヤロープにより支持し、ワイヤロープはターンバックル及びシャックル並びに鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトにて支持する。また、ターンバックル及びシャックルは、鋼製枠内に具備した取付プレートにより支持される構造とする。

防護ネットは、50mm目合いのネット2枚及び40mm目合いのネット1枚(補助ネット)で構成する。

防護ネットは、電中研報告書にて適用性が確認されている評価式及びネットの物性値を用いた設計とする。

防護ネットを構成するネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部についての構造設計を以下に示す。

(イ) ネット

ネットは、らせん状の硬鋼線を3次的に編み込み、編み込みの方向によって荷重を受け持つ展開方向と展開直角方向の異方性を有する。展開方向が主に荷重を受け持ち、展開方向と展開直角方向で剛性や伸び量が異なるため、これらの異方性を考慮した設計とする。ネットは、電中研報告書において、その剛性、最大たわみ時のたわみ角、1目合いの破断変位等が確認されている。

ネットの寸法は、支持架構の柱及びはりの間隔並びにネットの展開方向と展開直角方向の剛性や伸び量の異方性を考慮して、展開方向と展開直角方向の寸法の比(以下「アスペクト比」という。)について、電中研報告書にて適用性が確認されている範囲(1:1~2:1)に入るように設計する。ただし、設定する寸法での限界吸収エネルギー等を踏まえ、設置するネットの枚数を増やし、衝撃荷重に対する耐力を持たせるとともにたわみ量を低減させる設計とする。

(ロ) ワイヤロープ

ワイヤロープの取付部は、展開方向のワイヤロープと展開直角方向の

ワイヤロープで荷重の伝達分布が異なり、さらにワイヤロープの巻き方によりワイヤロープ間の荷重伝達に影響を及ぼす可能性があるため、ネットに対して2本をL字に設置することにより、ワイヤロープに作用する荷重が均一となるような設計とする。

防護ネットの基本構造において、ワイヤロープは上下2 段設置しており、上段のワイヤロープは50mm目合いと40mm目合いのネット2枚を支持するため、ワイヤロープは支持するネット枚数を考慮した設計とする。

(ハ) 接続治具(支持部及び固定部)

電中研報告書の評価式を適用するため、衝突試験における試験体と同じ構造を採用しており、飛来物衝突時に急激な荷重が作用するのを抑制するために、緩衝装置を有する保持管を四隅に設置する設計とする。

接続治具(支持部及び固定部)は、ネットへの設計飛来物の衝突によりネットからワイヤロープを介して作用する荷重もしくは発生する応力に対して、破断することのない強度を有する設計とする。

(ニ) 接続部

接続部は、ネット取付金物から伝播する荷重に対し、破断することのない強度を有する設計とする。

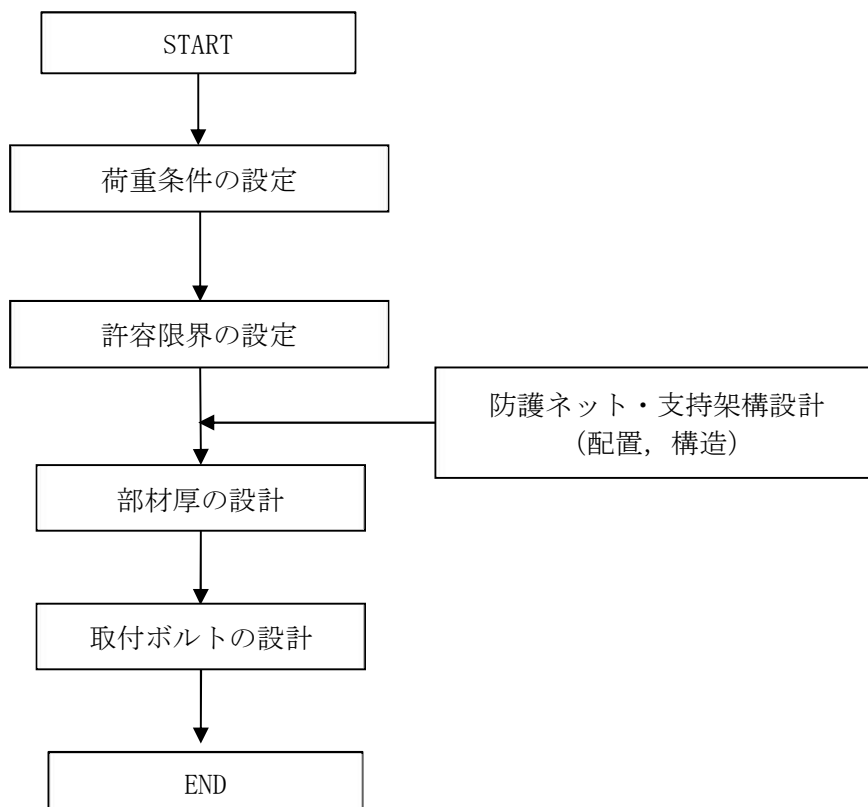
(ホ) 補助防護板

防護ネット(支持架構に直接設置)のうち、補助防護板は、ネットと支持架構の隙間から飛来物が侵入し、竜巻防護対象施設に衝突することを防止可能な設計とするため、隙間から侵入する飛来物の衝突に対し、補助防護板が貫通することなく、また竜巻防護対象施設に波及的影響を与えない設計とする。

ロ. 防護板(鋼材)の構造設計

防護板(鋼材)は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性のある飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、飛来物の防護板(鋼材)への衝突に対し、防護板(鋼材)が貫通することなく支持架構に荷重を伝達させる。また、防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続し、飛来物の衝突によって脱落することのない設計とする。

防護板(鋼材)の設計フローを第5.1-9図に示す。



第5.1-9図 防護板(鋼材)の設計フロー

防護板(鋼材)は、鋼板で構成し、飛来物の衝突に対し防護板(鋼材)が貫通することがないように部材厚を有する設計とする。

防護板(鋼材)は取付ボルトにより支持架構に接続させ、取付ボルト孔周辺の鋼板の破断が取付ボルトの破断よりも先行しない強度を有し、かつ取付ボルトの破断により脱落することのない設計とする。取付ボルトは、飛来物の衝突により作用する荷重の種類、支持部の配置及び支持部の耐力を考慮して取付ボルト本数、サイズを設定し、飛来物が衝突した際に、その近傍の取付ボルトが破断することが想定されるため、取付ボルトは互いに離れた位置に複数箇所設置し、取付ボルト全数が破断しないようにすることで、防護板(鋼材)の脱落を防止する。

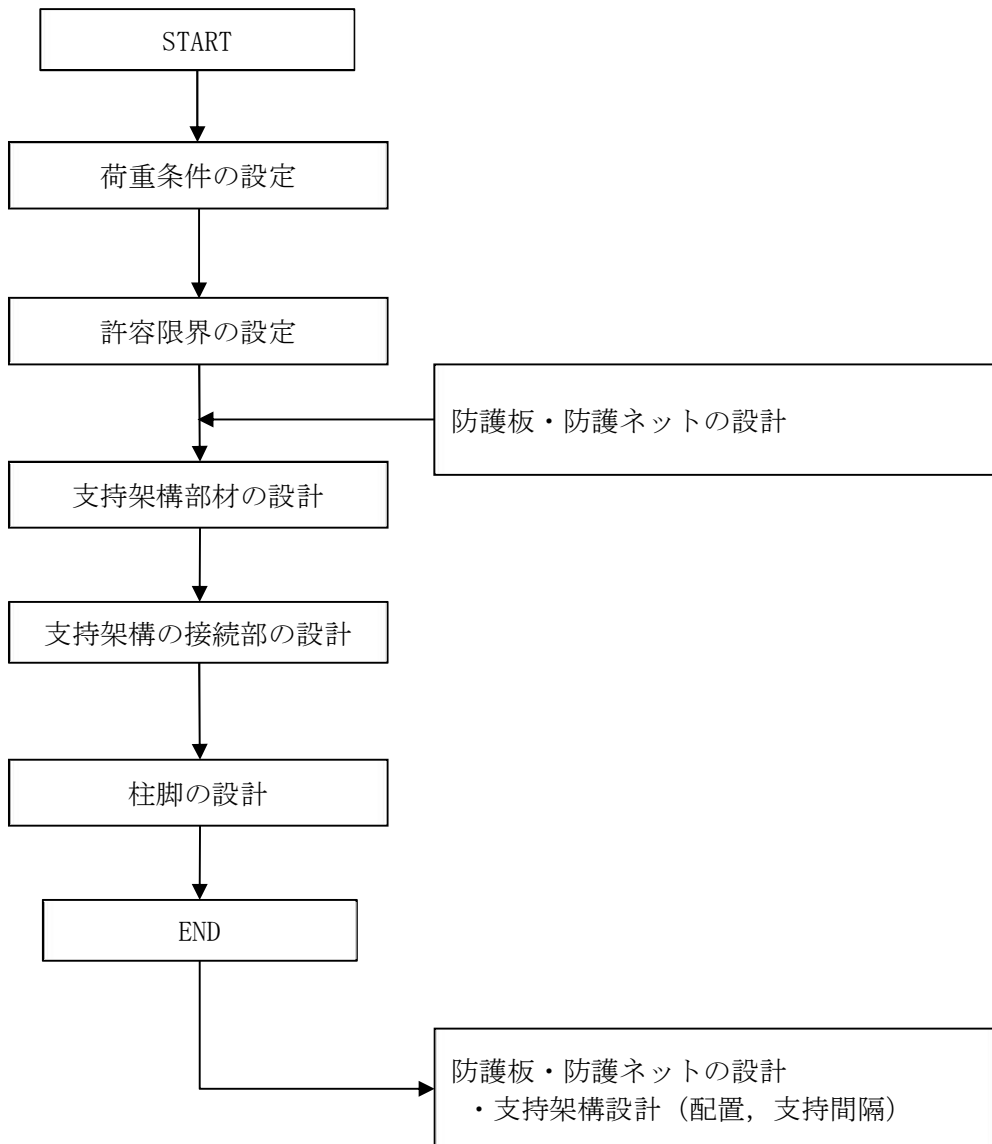
また、取付ボルトの一部が破断した場合においても、防護板(鋼材)に回転を生じさせず、その場に留まる設計とする。

ハ. 支持架構の構造設計

支持架構は、竜巻防護対象施設の機能喪失に至る可能性がある設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止可能な設計とするため、設計

飛来物が支持架構を構成する主要な構造部材を貫通しない設計とする。また、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有し、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないために、脱落、倒壊及び転倒を生じない構造強度を有する設計とする。

支持架構の設計フローを第5. 1-10図に示す。



第5. 1-10図 支持架構の設計フロー

支持架構は、角形鋼管やH形鋼等から構成され、防護ネット及び防護板(鋼材)からの荷重を支持する設計とする。

支持架構は、支持架構部材、支持架構部材の接続部及び柱脚部より構成され、支持架構の接続部は溶接又はボルトにより接続し、柱脚部は基礎に

固定する設計とする。支持架構部材の接続部については、母材と同等の耐力を有する設計とする。

防護ネット及び防護板(鋼材)への飛来物衝突時の荷重は、隣り合う支持架構部材から柱などの主架構及び柱脚部を介して基礎へ伝達する設計とする。飛来物が支持架構に直接衝突する場合は、支持架構から柱脚部を介して基礎へ伝達する設計とする。

5.2 構造概要

(1) 竜巻防護対象施設を収納する建屋

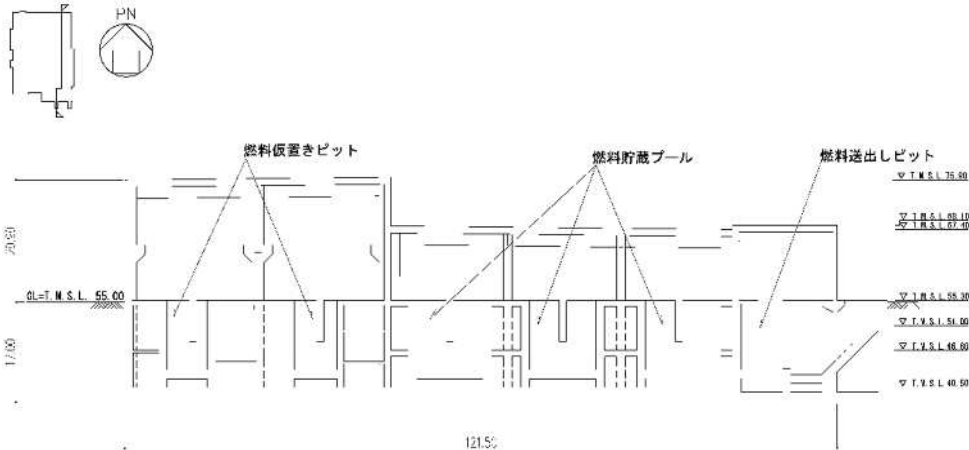
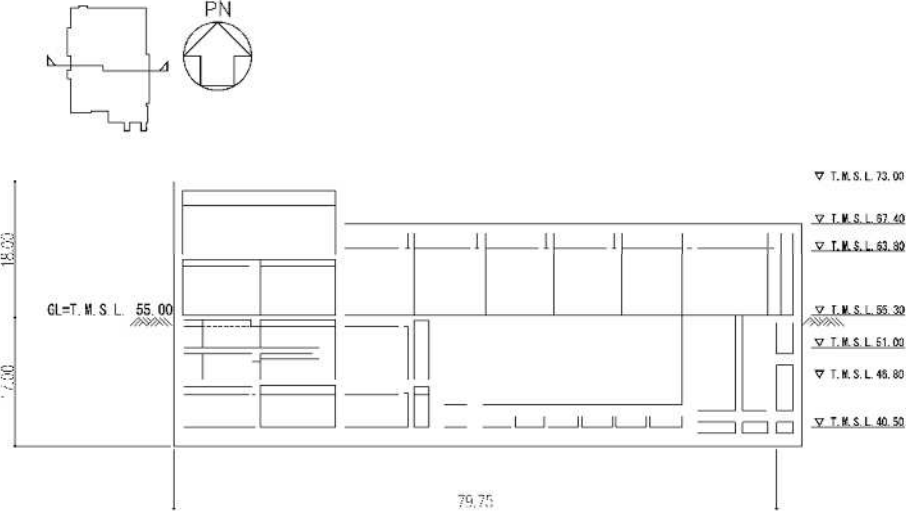
竜巻防護対象施設を収納する建屋は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

竜巻防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(竜巻)に対し、主要な構造部材の健全性を維持するために、構造部材の転倒及び脱落が生じない設計とする。

また、設計飛来物及び裏面剥離したコンクリート片が竜巻防護対象設備に衝突することを防止するために、設計飛来物の貫通及び裏面剥離を防止する設計とする。

竜巻防護対象施設を収納する建屋の構造計画を第5.2-1表～第5.2-11表に示す。

第 5.2.-1 表 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の構造計画

施設名称	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>燃料仮置きピット</p> <p>燃料貯蔵プール</p> <p>燃料送出しピット</p> <p>▽ T.M.S.L. 75.00</p> <p>▽ T.M.S.L. 69.10</p> <p>▽ T.M.S.L. 67.50</p> <p>▽ T.M.S.L. 55.30</p> <p>▽ T.M.S.L. 51.00</p> <p>▽ T.M.S.L. 46.80</p> <p>▽ T.M.S.L. 40.50</p> <p>GL=T.M.S.L. 55.00</p> <p>121.50</p>	
	<p>(a) NS 方向 (単位：m)</p>  <p>▽ T.M.S.L. 73.00</p> <p>▽ T.M.S.L. 67.40</p> <p>▽ T.M.S.L. 63.90</p> <p>▽ T.M.S.L. 55.30</p> <p>▽ T.M.S.L. 51.00</p> <p>▽ T.M.S.L. 46.80</p> <p>▽ T.M.S.L. 40.50</p> <p>GL=T.M.S.L. 55.00</p> <p>79.75</p>	

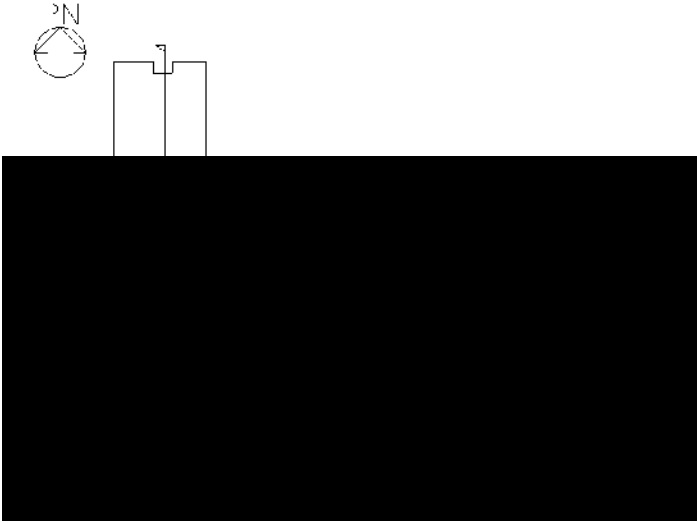
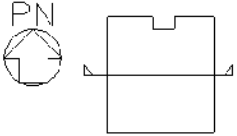
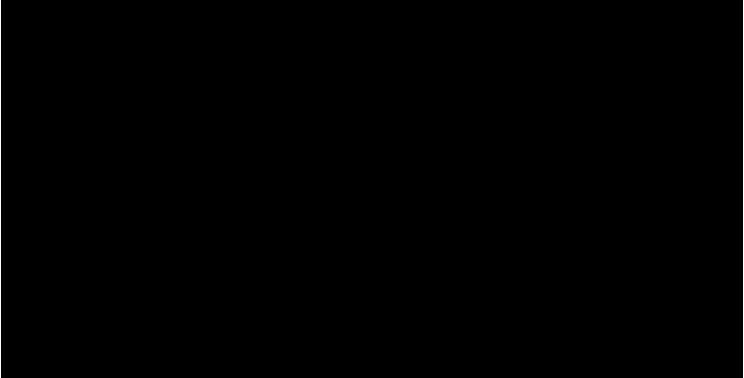
第 5.2-2 表 ウラン脱硝建屋の構造計画

施設名称	ウラン脱硝建屋	
<p>【位置】 ウラン脱硝建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向</p> <p>(b)EW 方向</p> <p>(単位：m)</p> <p>ウラン脱硝建屋 概略断面図</p>	

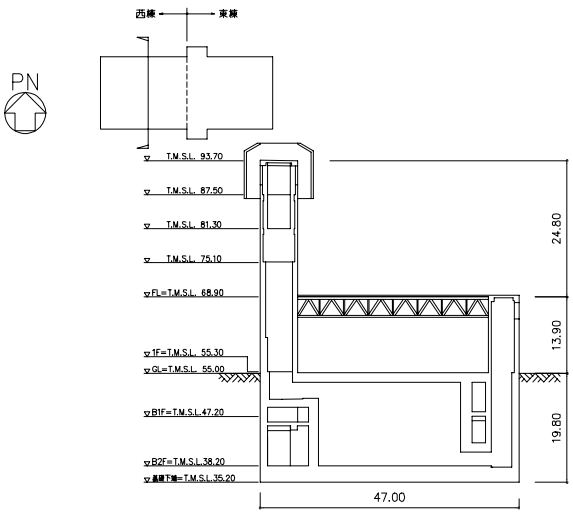
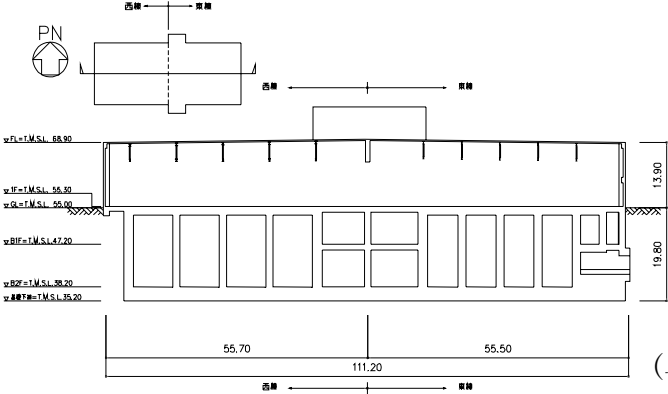
第 5.2-3 表 ウラン酸化物貯蔵建屋の構造計画

施設名称	ウラン酸化物貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>ウラン酸化物貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a) NS 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
	<p>(b) EW 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
<p>ウラン酸化物貯蔵建屋 概略断面図</p>		

第5.2-4表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の構造計画

施設名称	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	
<p>【位置】 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
		
<p>(b)EW 方向</p>		<p>(単位：m)</p>
<p>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 概略断面図</p>		

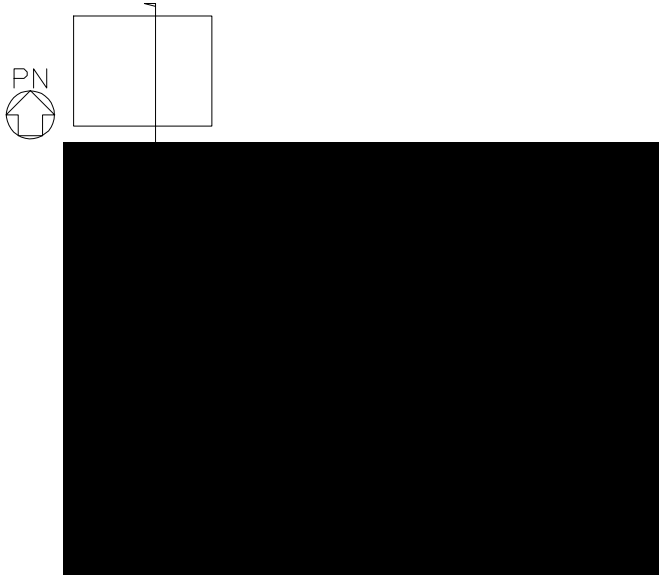
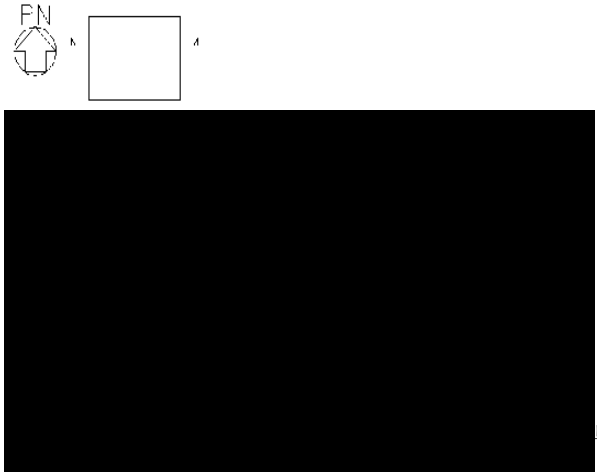
第 5.2-5 表 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋の構造計画

施設名称	第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>第 1 ガラス固化体貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a) NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>(b) EW 方向 (単位：m)</p>	
<p>第 1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟 概略断面図</p>		

第 5.2-6 表 チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋の構造計画

施設名称	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	
<p>【位置】</p> <p>チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
	<p>(b)EW 方向 (単位：m)</p> <p>チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋 概略断面図</p>	

第5.2-7表 ハル・エンドピース貯蔵建屋の構造計画

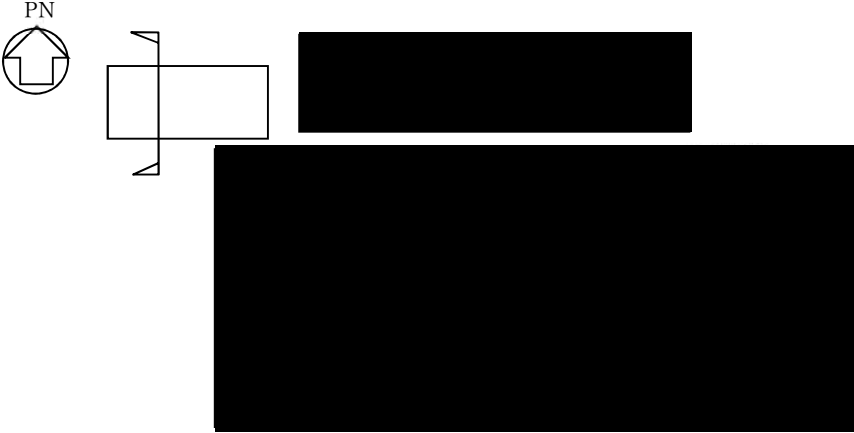
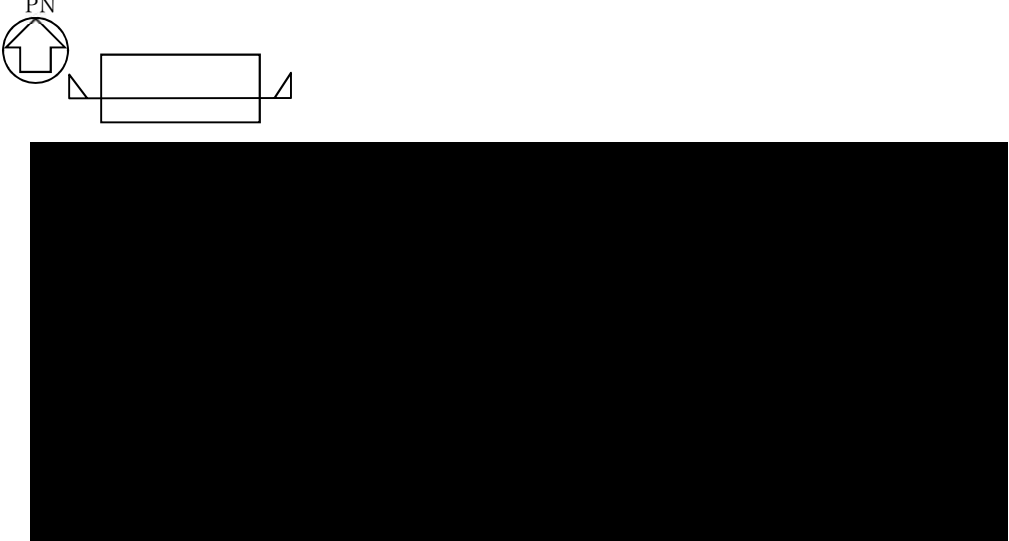
施設名称	ハル・エンドピース貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>ハル・エンドピース貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>  <p>(b)EW 方向 (単位：m)</p>	
<p>ハル・エンドピース貯蔵建屋 概略断面図</p>		

第 5.2-8 表 制御建屋の構造計画

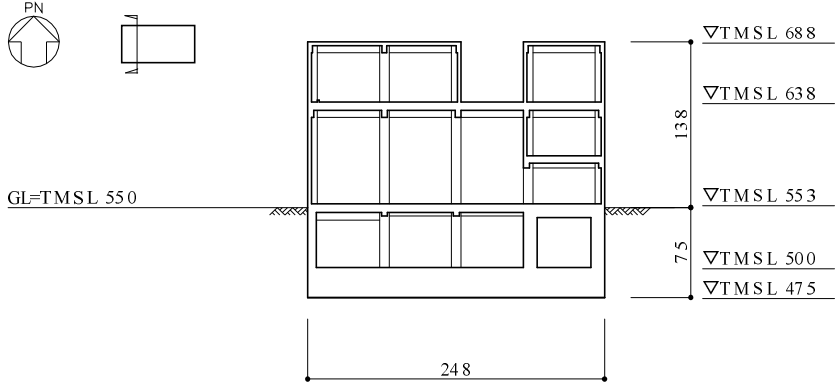
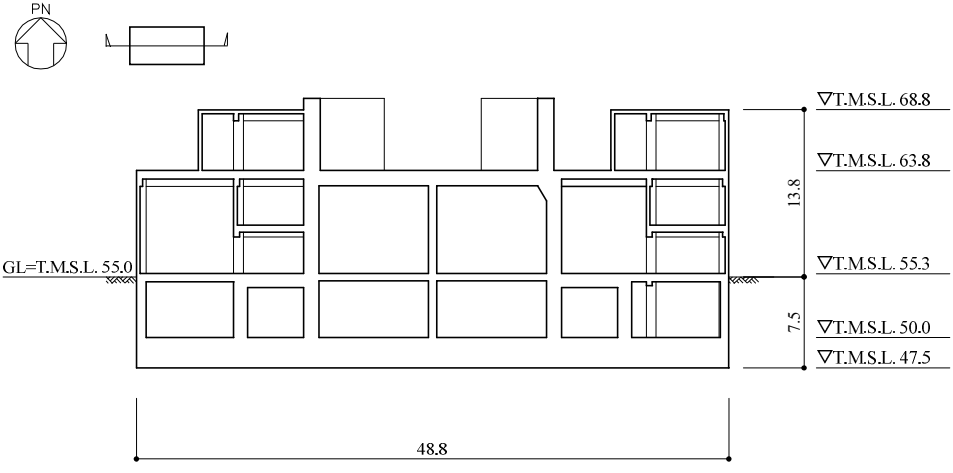
施設名称	制御建屋	
<p>【位置】</p> <p>制御建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a) NS 方向 (単位：m)</p> <p>(b) EW 方向</p> <p>制御建屋 概略断面図</p>	

(単位：m)

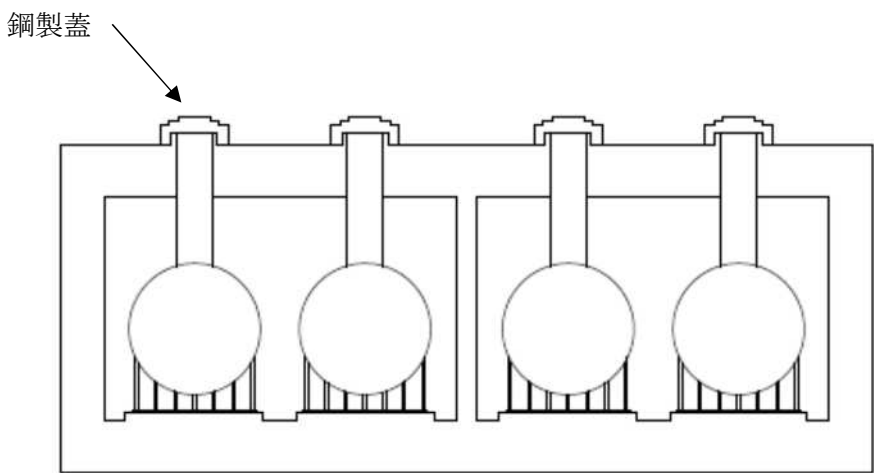
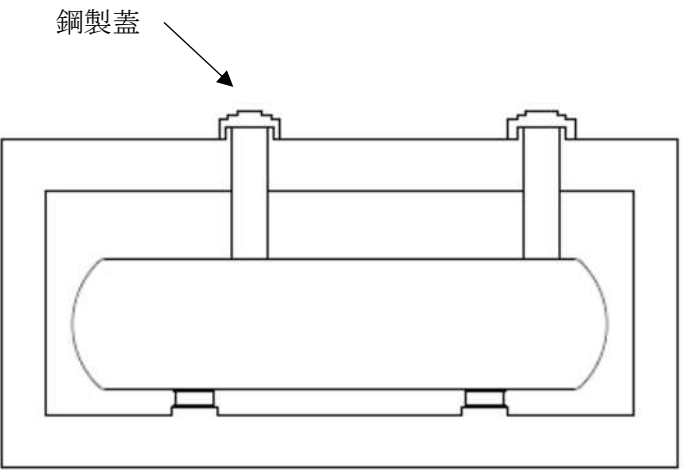
第 5.2-9 表 分析建屋の構造計画

施設名称	分析建屋	
<p>【位置】 分析建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a) NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>(b) EW 方向 (単位：m)</p> <p>分析建屋 概略断面図</p>	

第 5.2-10 表 非常用電源建屋の構造計画

施設名称	非常用電源建屋	
<p>【位置】 非常用電源建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a) NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>(b) EW 方向 (単位：m)</p> <p>非常用電源建屋 概略断面図</p>	

第 5.2-11 表 非常用電源建屋の重油タンク室及び第 1 非常用ディーゼル発電設備重油タンク室の構造計画

施設名称		分析建屋
【位置】 非常用電源建屋の重油タンク室及び第 1 非常用ディーゼル発電設備重油タンク室は，屋外に設置する設計としている。		
計画の概要	主要構造	地下に埋設された外殻の躯体を鉄筋コンクリート造とし，地上部に露出する開口部は鋼製蓋により構成する。
	支持構造	荷重は地上に露出した鋼製蓋に作用し，鉄筋コンクリート造の躯体を介し，基礎版へ伝達する設計とする。
説明図	 <p>鋼製蓋</p>	
	 <p>鋼製蓋</p>	

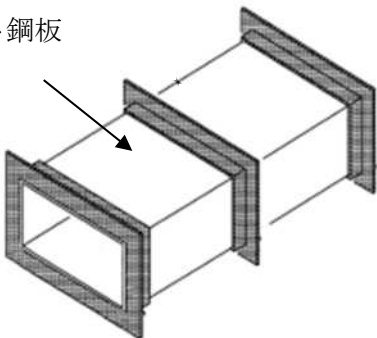
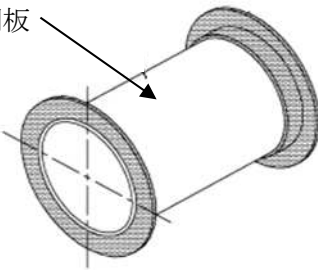
(2) 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設

a. 角ダクト、丸ダクト及び配管

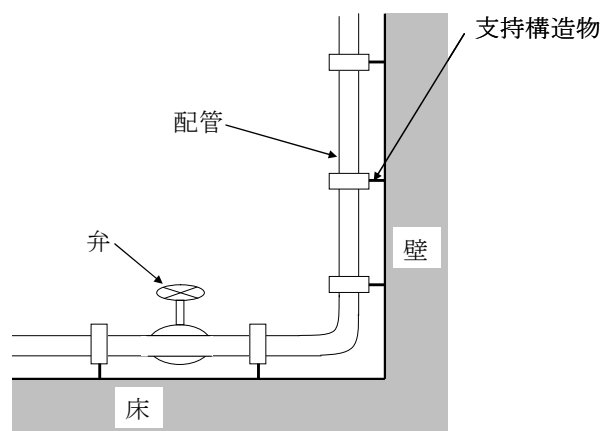
角ダクト、丸ダクト及び配管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

角ダクト、丸ダクト及び配管は、鋼製のダクト、配管及び弁を主体構造とし、支持構造物により建屋壁・床・はり等に支持する構造とする。また、作用する荷重については、ダクト鋼板及び配管本体に作用する構造とする。構造計画を第5.2-12表に示す。

第5.2-12表 角ダクト、丸ダクト及び配管の構造計画

施設名称		角ダクト、丸ダクト及び配管
計画の概要	主要構造	鋼製のダクト、配管及び弁で構成する
	支持構造	ダクト及び配管は、支持構造物により建屋床・壁等から支持する。
構造図	角ダクト	
	丸ダクト	

構造図



b. 送風機及び排風機

送風機及び排風機は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ファンは、鋼製のケーシング、ベーン及びシャフトを主体構造とし、支持構造物により建屋により支持する構造とする。また、作用する荷重については、ケーシングに作用する構造とする。構造計画を第5.2-13表に示す。

第5.2-13表 排風機の構造計画

施設名称		建屋排風機
計画の概要	主要構造	ケーシング及びケーシング内の主軸，羽根車で構成する。
	支持構造	床に基礎ボルトで支持する。
構造図		

c. フィルタユニット

フィルタユニットは、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

フィルタユニットは、鋼製のケーシング、ろ材を主体構造とし、支持構造物により建屋により支持する構造とする。また、作用する荷重については、ケーシングに作用する構造とする。構造計画を第5.2-13表に示す。

第5.2-13表 フィルタユニットの構造計画

施設名称		建屋排風機
計画の概要	主要構造	ケーシング及びケーシング内のろ材で構成する。
	支持構造	床に基礎ボルトで支持する。
構造図		

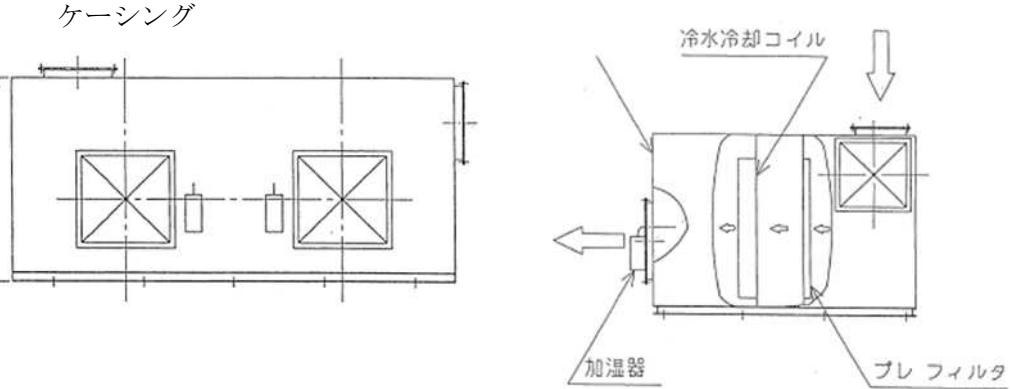
d. 空調ユニット

空調ユニットは、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

空調ユニットは、鋼製のケーシング、内部のプレフィルタ、加湿器、冷水冷却コイルを主体構造とし、支持構造物により建屋により支持する構造とする。また、作用する荷重については、ケーシングに作用する構造とする。構造計画を第5.2-13表

に示す。

第5.2-13表 フィルタユニットの構造計画

施設名称		建屋排風機
計画の概要	主要構造	ケーシング及びケーシング内のプレフィルタ、冷却コイル、加湿器で構成する。
	支持構造	床に基礎ボルトで支持する。
構造図		

e. 収納管

収納管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

収納管は、炭素鋼の円筒形の管を主体構造とし、支持構造物により建屋の貯蔵ピット天井から支持する構造とする。また、作用する荷重については、収納管本体に作用する構造とする。

収納管の構造計画を第5.2-16表に示す。

第5.2-16表 収納管の構造計画

施設名称		収納管
計画の概要	主要構造	鋼管で構成する。
	支持構造	収納管は支持構造物により、建屋の貯蔵ピット天井から支持する。
構造図		

(3) 屋外の竜巻防護対象施設

a. 安全冷却水系冷却塔A, B

安全冷却水系冷却塔A, Bは、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bは、ルーバ、管束、ファン駆動部、支持架構及び遮熱板から構成される複合構造物である。

このうち、冷却機能の維持に必要な機器は、冷却水の流路であり耐圧部である管束、冷却のために空気を送風するファン駆動部及びこれらを支持する支持架構である。

管束は、伝熱管(フィンチューブ)、ヘッダーとこれらを支持するチューブサポート及び管束フレームにより構成されており、管束フレームは、管束取付ボルトで支持架構の床はりに固定される。

ファン駆動部は、ファンブレード、ファンリング(ファンリングサポート含む)、原動機(端子箱含む)及び減速機により構成される。ファンリング、原動機及び減速機は、機器ごとの取付ボルトで支持架構に固定される。

支持架構は、柱材、はり材及びブレースにより構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物であり、柱脚部は基礎ボルトにより基礎コンクリートに固定される。

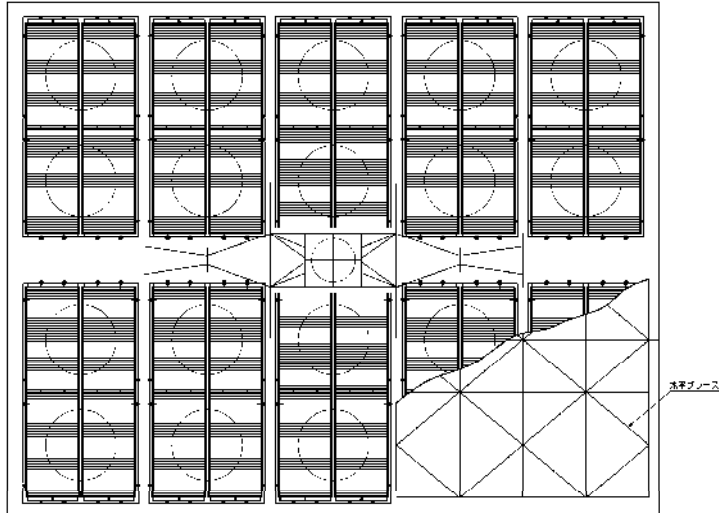
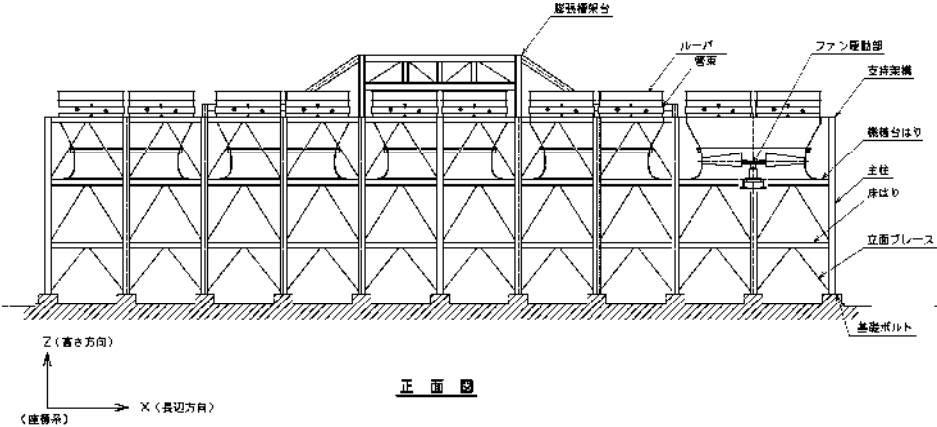
冷却塔の機能維持に必要な付属品である端子箱は、ファン駆動部の原動機にボルトで結合する。また、作用する荷重については、各機器取付ボルトを介して接続する支持架構に伝達し、基礎ボルトを介して基礎に伝達する構造とする。

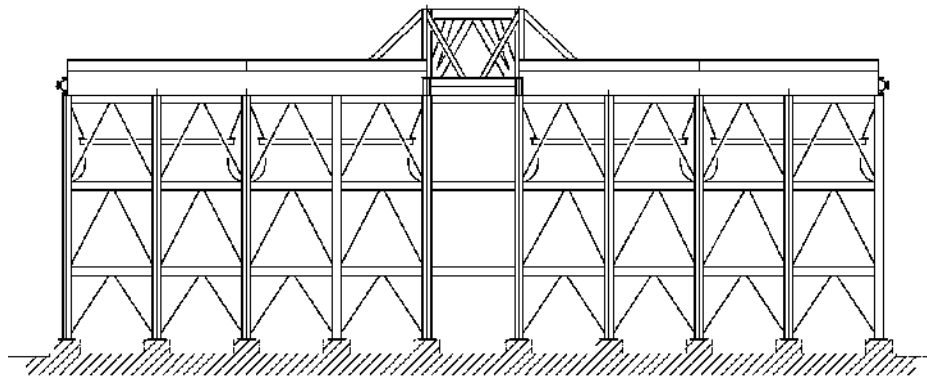
遮熱板は遮熱板と遮熱板取付ボルトにより構成されている。

ルーバはルーバフレーム、ルーバブレード、ブレードシャフト、ルーバ取付ボルトにより構成される。

安全冷却水系冷却塔A, Bの構造計画を第5.2-17表に示す。

第5.2-17表 安全冷却水系冷却塔A, Bの構造計画

<p>施設名称</p>	<p>安全冷却水系冷却塔A, B</p>	
<p>【位置】 安全冷却水系冷却塔A, Bは、屋外に設置する設計としている。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。</p>
	<p>支持構造</p>	<p>コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。</p>
<p>構造図</p>	 <p style="text-align: center;">平面図</p>	
	<p style="text-align: center;">(a) 上面図</p>  <p style="text-align: center;">正面図</p> <p style="text-align: center;">(b) 側面図(長辺方向)</p>	



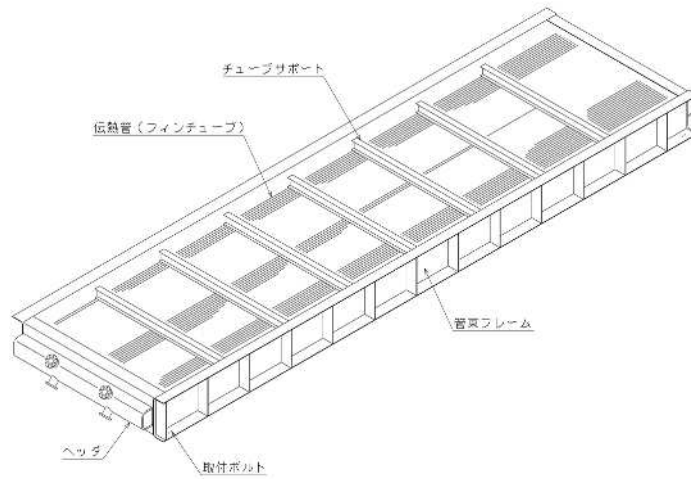
Z(高さ方向)
 ↑
 (座標系) → Y(短辺方向)

側面図

(c)側面図(短辺方向)

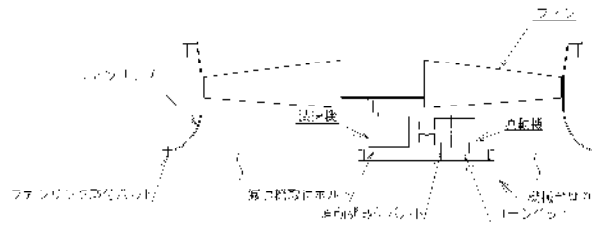
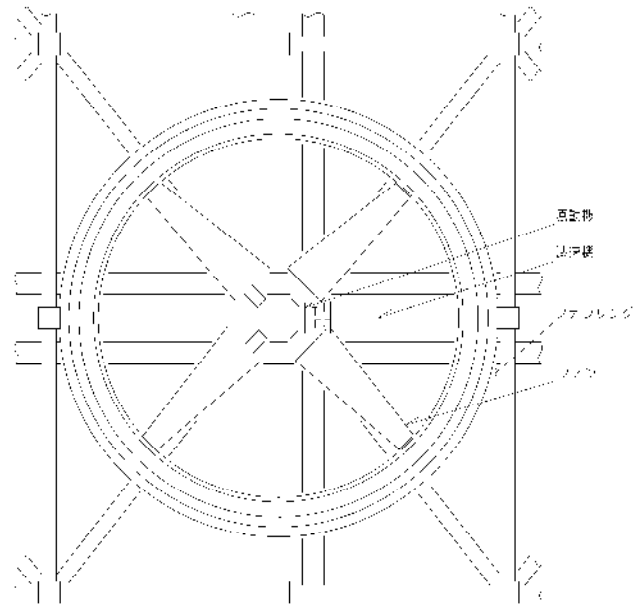
安全冷却水系冷却塔A, B 概要図

説明図

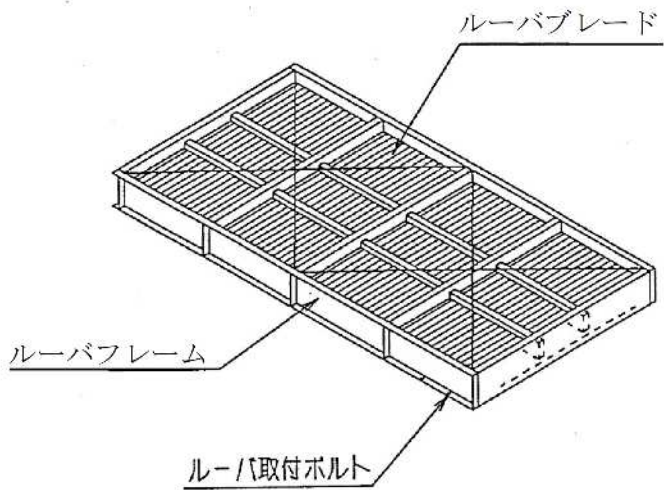


管束概要図

説明図

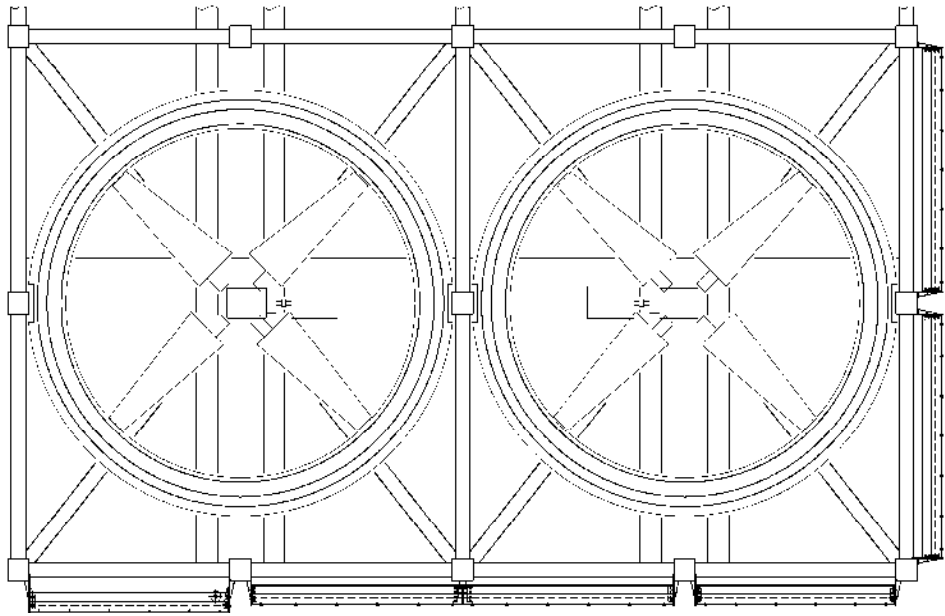


ファン駆動部概要図



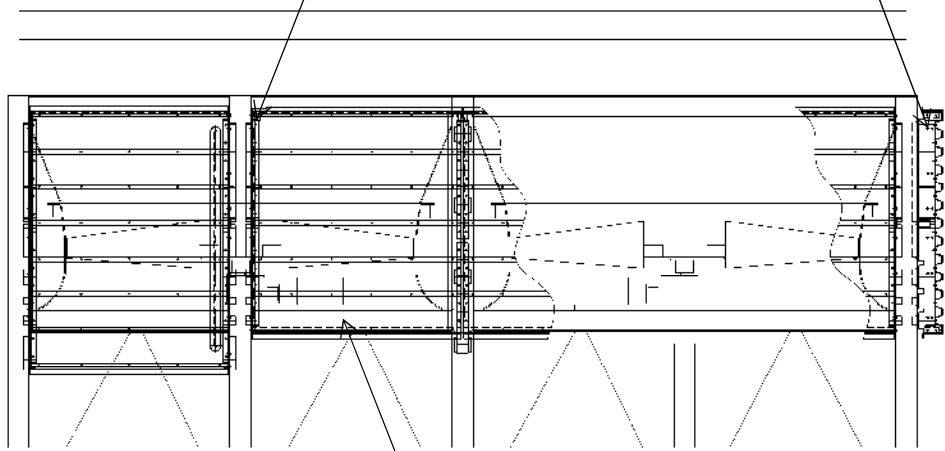
ルーバ概要図

説明図



遮熱板取付ボルト

遮熱板受材取付ボルト



遮熱板

遮熱板概要図

b. 安全冷却水A、B冷却塔

安全冷却水A、B冷却塔は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全冷却水A、B冷却塔は、ルーバ、管束、ファン駆動部、支持架構及び遮熱板から構成される複合構造物であり、冬期運転側ベイと冬期休止側ベイが存在する。

このうち

管束は、

ファン駆動部は、

支持架構は

また、作用する荷重については、各機器取付ボルトを介して接続する支持架構に伝達し、基礎ボルトを介して基礎に伝達する構造とする。

遮熱板は

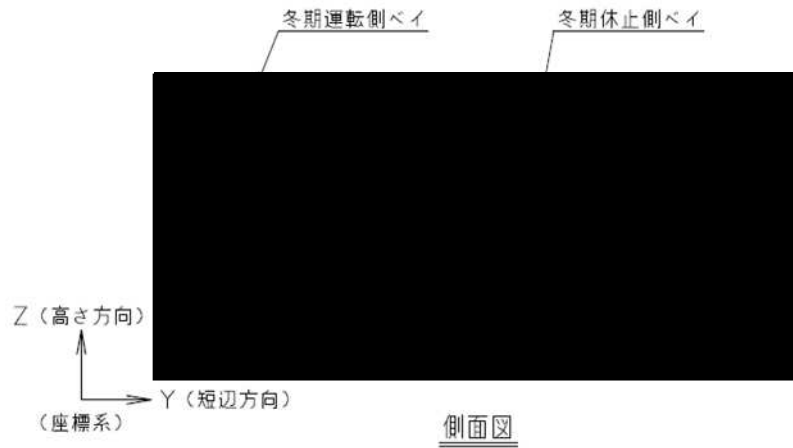
ルーバは

安全冷却水A、B冷却塔の構造計画を第5.2-18表に示す。

第5.2-18表 安全冷却水A,B冷却塔の構造計画

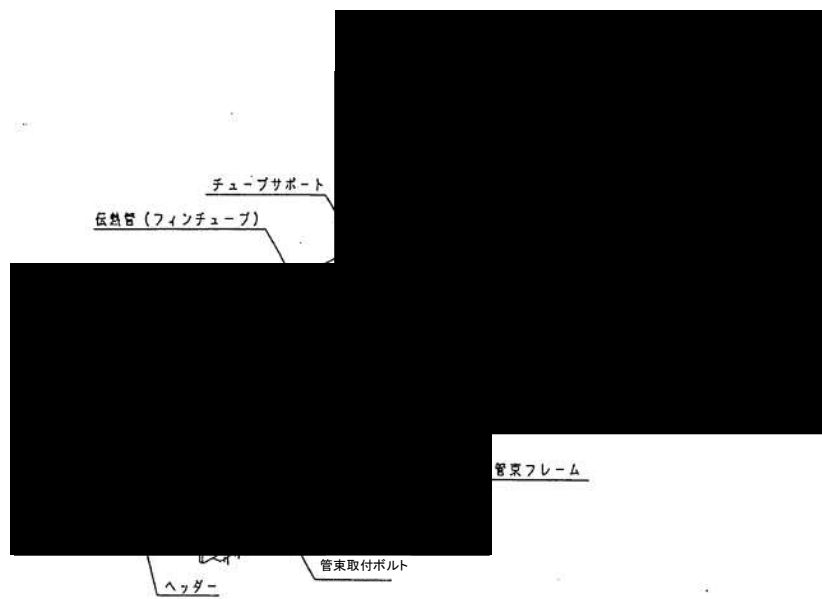
施設名称	安全冷却水A,B冷却塔	
<p>【位置】 安全冷却水A,B冷却塔は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。
	支持構造	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。
構造図	<p style="text-align: center;">平面図</p>	
	<p style="text-align: center;">(a) 上面図</p> <p style="text-align: center;">(b) 側面図(長辺方向)</p>	

説明図



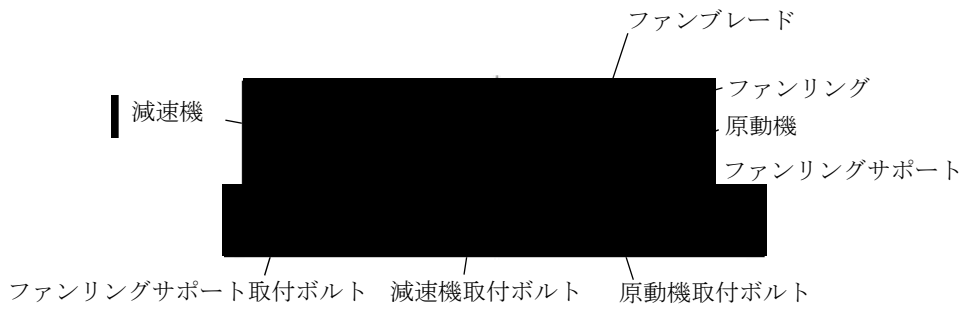
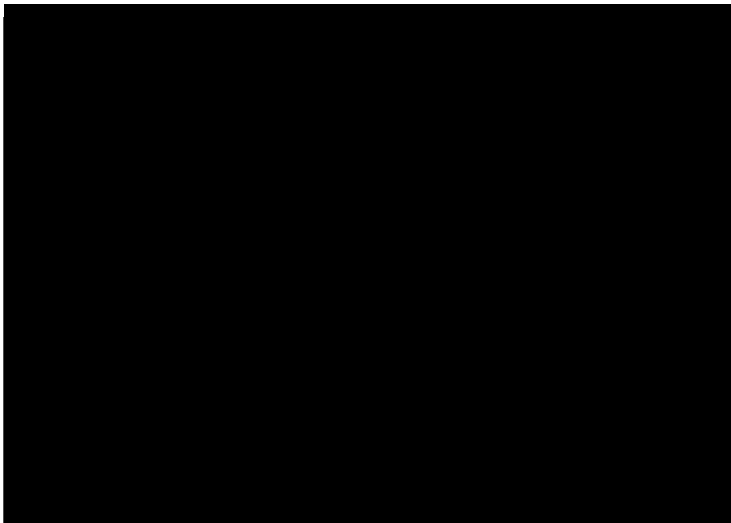
側面図

(c) 側面図 (短辺方向)
安全冷却水A, B冷却塔 概要図

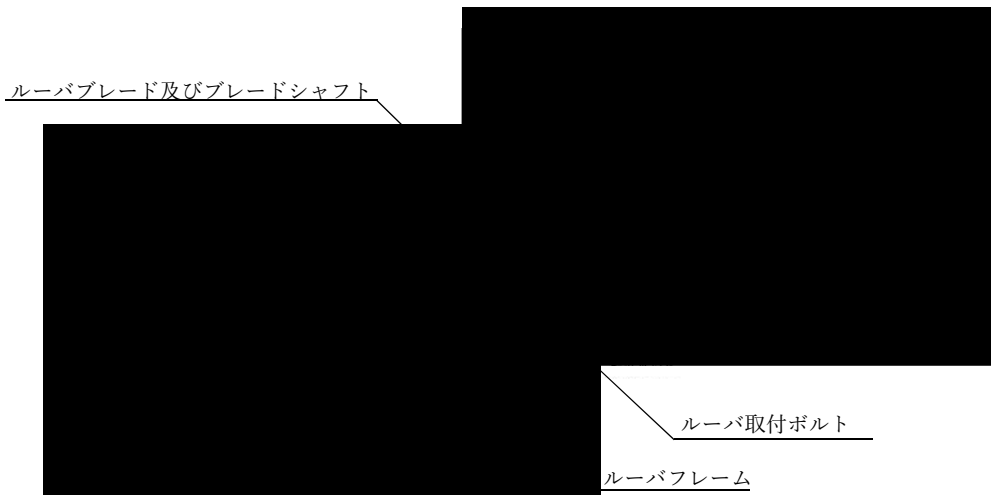


管束概要図

説明図



ファン駆動部概要図



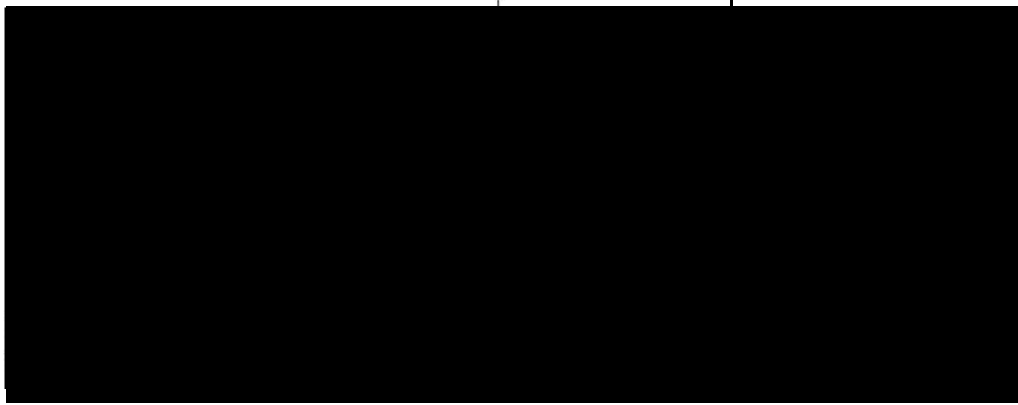
ルーバ概要図

説明図（安全冷却水冷却塔）

遮熱板



遮熱板取付ボルト



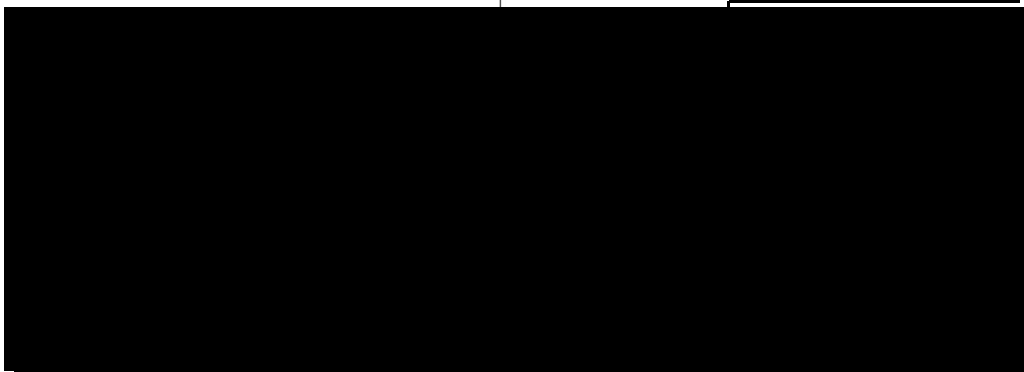
遮熱板概要図

説明図（安全冷却水塔冷却塔）

遮熱板



遮熱板取付ボルト



遮熱板概要図

c. 冷却塔A, B

冷却塔A, Bは, 「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ, 以下の構造とする。

冷却塔A, Bは, ルーバ, 管束, ファン駆動部, 支持架構及び遮熱板から構成される複合構造物である。

このうち, 冷却機能の維持に必要な機器は, 冷却水の流路であり耐圧部である管束, 冷却のために空気を送風するファン駆動部及びこれらを支持する支持架構である。

管束は, 伝熱管(フィンチューブ), ヘッダーとこれらを支持するチューブサポート及び管束フレームにより構成されており, 管束フレームは, 管束取付ボルトで支持架構の床はりに固定される。

ファン駆動部は, ファンブレード, ファンリング(ファンリングサポート含む), 原動機(端子箱含む)及び減速機により構成される。ファンリング, 原動機及び減速機は, 機器ごとの取付ボルトで支持架構に固定される。

支持架構は, 柱材, はり材及びブレースにより構成されるラーメン・トラス構造であり, 溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物であり, 柱脚部は基礎ボルトにより基礎コンクリートに固定される。

冷却塔の機能維持に必要な付属品である端子箱は, ファン駆動部の原動機にボルトで結合する。また, 作用する荷重については, 各機器取付ボルトを介して接続する支持架構に伝達し, 基礎ボルトを介して基礎に伝達する構造とする。

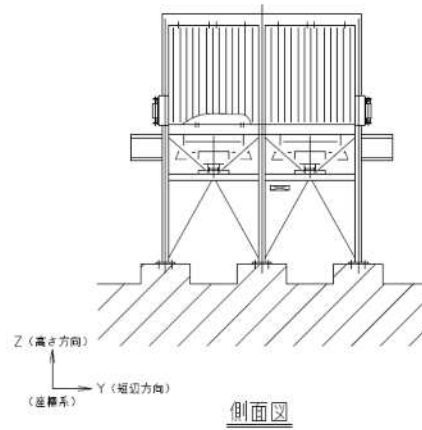
遮熱板は遮熱板と遮熱板取付ボルトにより構成されている。

ルーバはルーバフレーム, ルーバブレード, ブレードシャフト, ルーバ取付ボルトにより構成される。

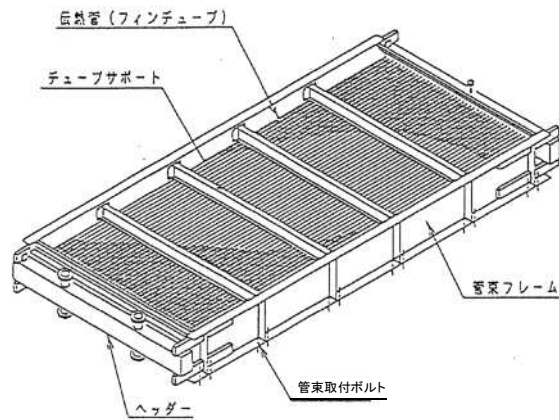
冷却塔A, Bの構造計画を第5.2-19表に示す。

第5.2-19表 冷却塔A, Bの構造計画

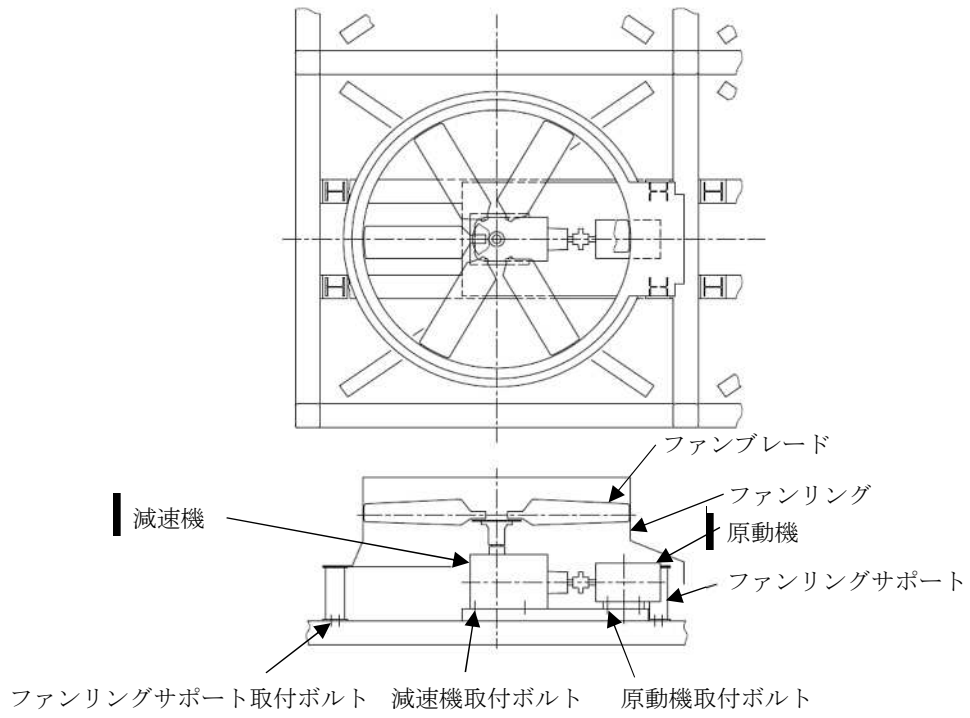
施設名称	冷却塔A, B	
<p>【位置】</p> <p>第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, Bは、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鋼製の支持架構に管束、ファン駆動部等を固定する構造とする。
	支持構造	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。
構造図		
	<p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">(a) 上面図</p> <p style="text-align: center;">正面図</p> <p style="text-align: center;">(b) 側面図(長辺方向)</p>	



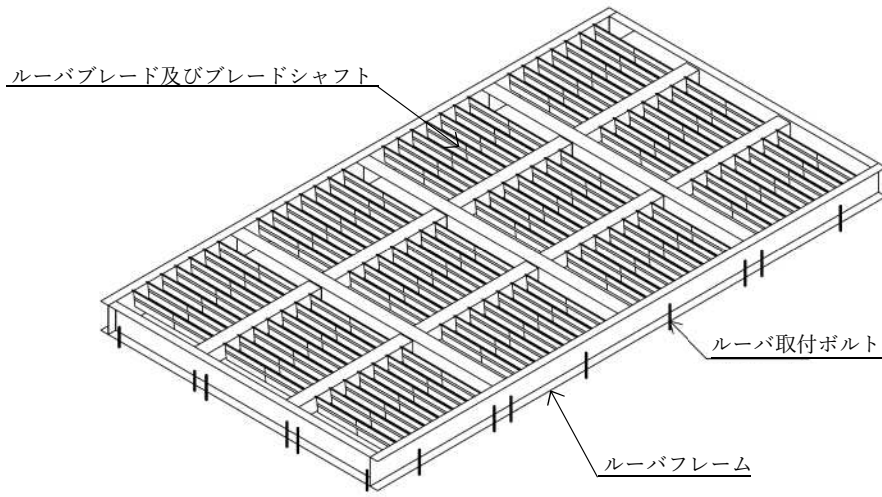
(c) 側面図(短辺方向)



管束概要図

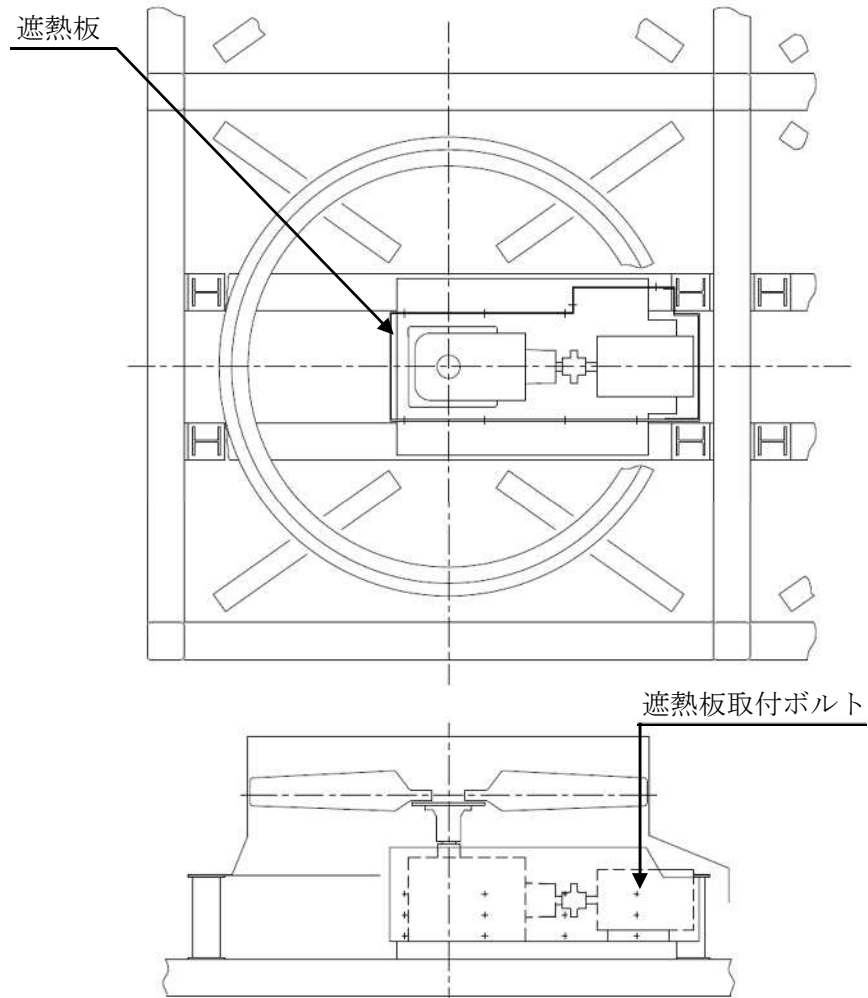


ファン駆動部概要図



ルーバ概要図

説明
図



遮熱板概要図

b. 安全冷却水系膨張槽A, B

安全冷却水系膨張槽A, Bは、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全冷却水系膨張槽A, Bは、鋼製の板を主体構造とし、支持構造物により安全冷却水系冷却塔A, B支持架構から支持する構造とする。また、作用する荷重については、容器本体に作用する構造とする。安全冷却水系膨張槽A, Bは、安全冷却水系冷却塔A, B上部に設置する。

安全冷却水系膨張槽A, Bの構造計画を第5.2-20表に示す。

第5.2-20表 安全冷却水系膨張槽A, B

施設名称	計画の概要		説明図
	主要構造	支持構造	
【位置】			
安全冷却水系膨張槽A, Bは、屋外に設置する設計としている。			
安全冷却水系膨張槽A, B	鋼製の板で構成する。	安全冷却水系膨張槽A, Bは支持構造物により、冷却塔本体の支持架構から支持する。	

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B, 安全冷却水系膨張槽周りの配管)は、鋼製の配管及び弁を主体構造とし、支持構造物により建屋の床・壁や基礎等から支持する構造とする。また、作用する荷重については、配管本体に作用する構造とする。

配管の構造計画を第5.2-21表に示す。

第5.2-21表 配管の構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主要構造	支持構造	
【位置】			
配管及び弁（安全冷却水B冷却塔）は、支持架構で支持する設計とする。			
配管	鋼製の配管及び弁で構成する。	配管及び弁は支持構造物により、冷却塔本体の支持架構又は基礎上面から支持する。	

g. 主排気筒

主排気筒は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

主排気筒の筒身は、鋼管を主体構造とし、筒身を支持する支持架構にサポートで支持する構造とする。また、作用する荷重については、筒身及び支持架構を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。

主排気筒の構造計画を第5.2-21表に示す。

第5.2-21表 主排気筒の構造計画

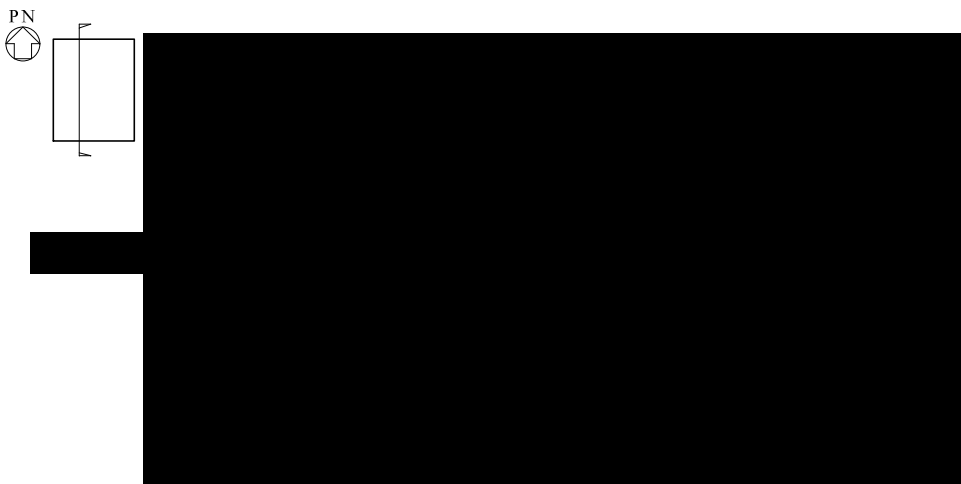

施設 名称	計画の概要		説明図
	主要構造	支持構造	
【位置】 主排気筒は、屋外に設置する設計とする。			
主排気筒	鋼管を主体構造とする筒身を支持架構で支持する構造とする。	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	

h. 建屋

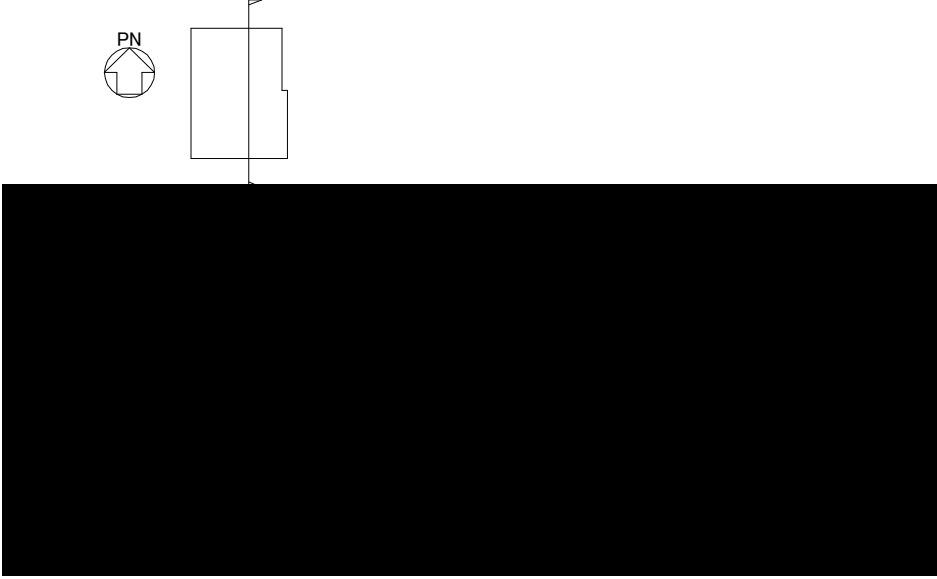
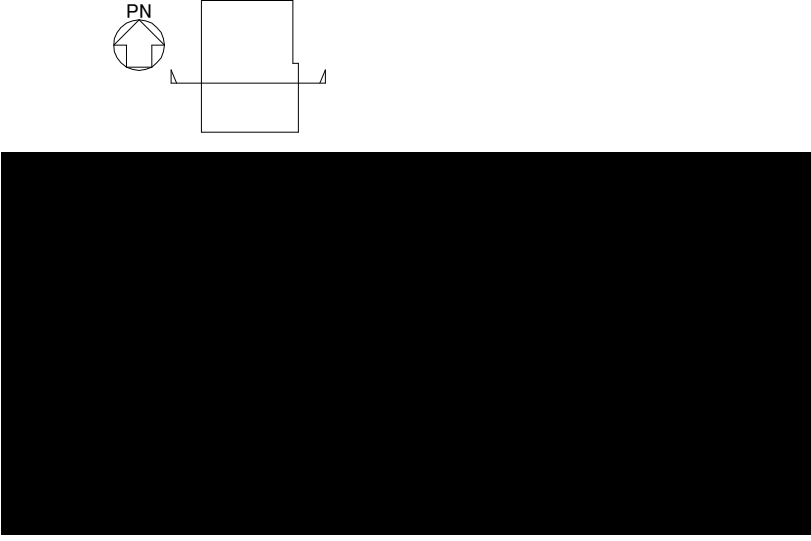
建屋は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

建屋は、鉄筋コンクリート造の壁、屋根及びフードとし、開口部には扉を設置している。建屋の構造計画を第5.2-22表～第5.2-26表に示す。


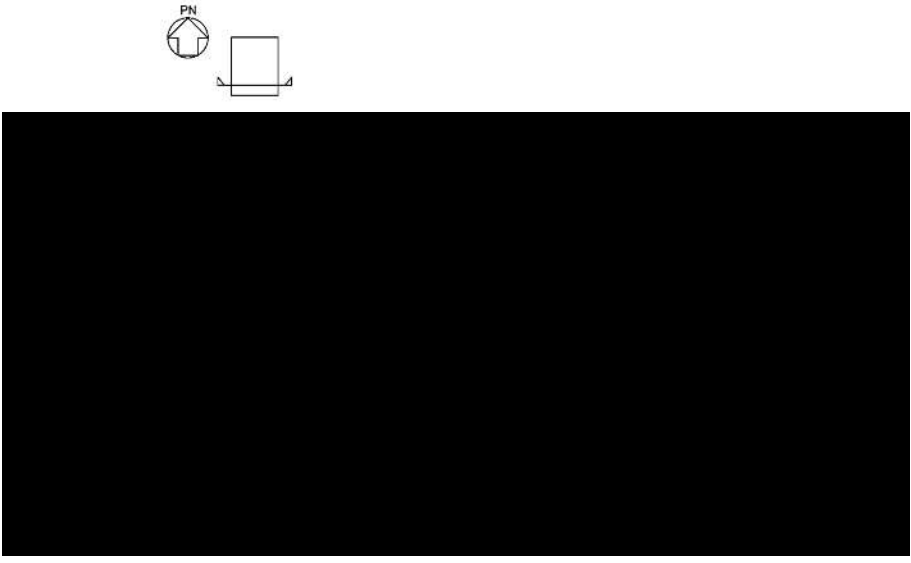
第 5.2-22 表 前処理建屋の構造計画

施設名称		前処理建屋
【位置】前処理建屋は、屋外に設置する設計としている。		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a) NS 方向</p>	
	 <p>前処理建屋 概略断面図</p>	

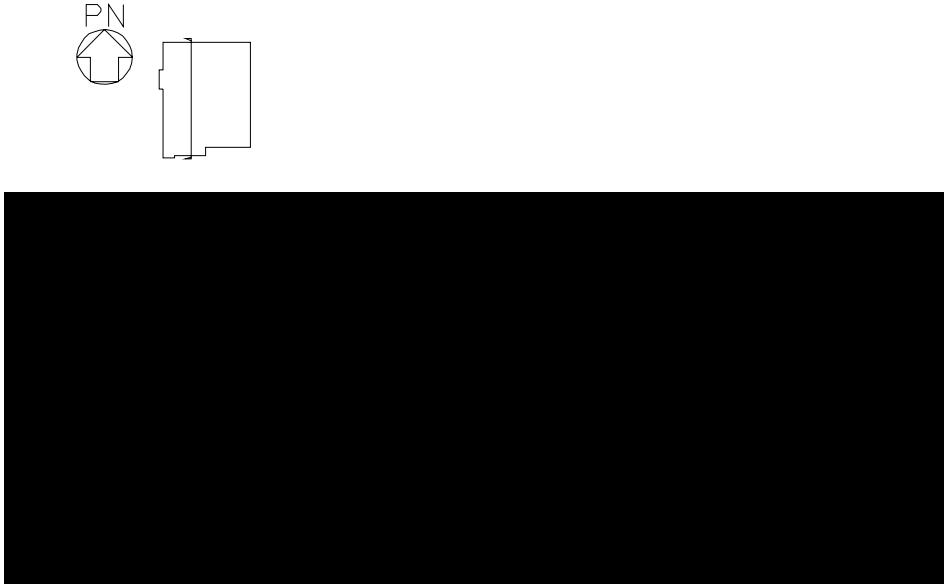
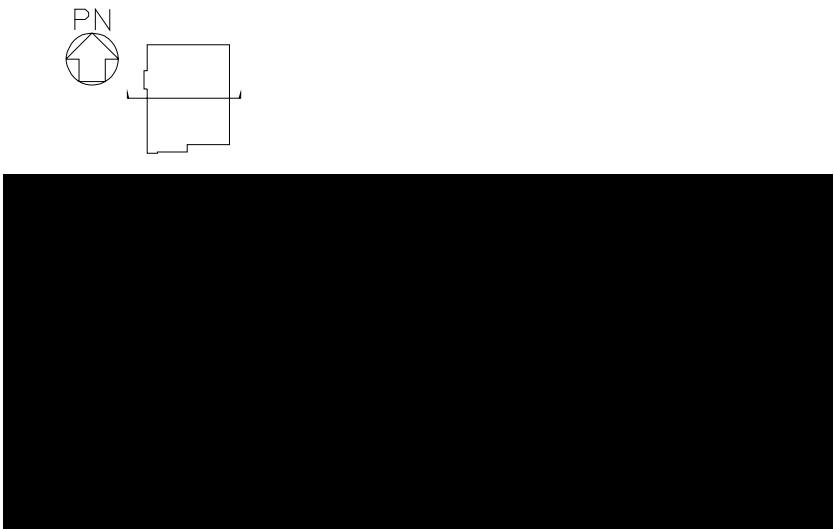
第 5.2-23 表 分理建屋の構造計画

施設名称	分離建屋	
<p>【位置】</p> <p>分離建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p> 	
<p>(b)EW 方向 (単位：m)</p> <p>分離建屋 概略断面図</p>		

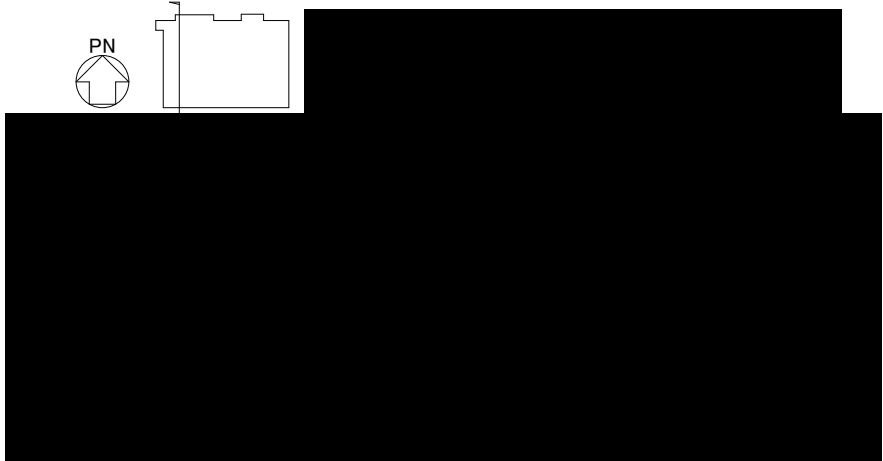
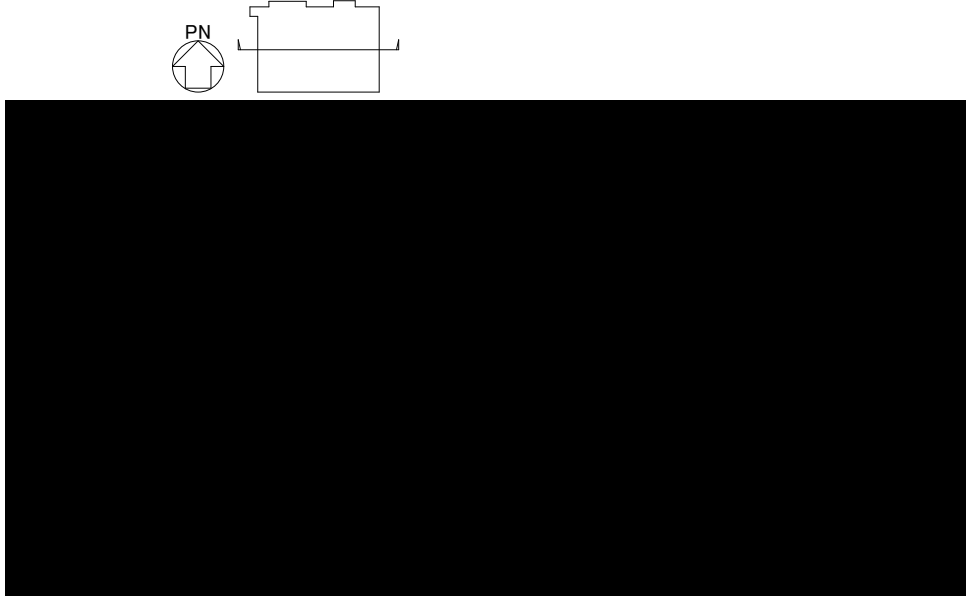
第 5.2-24 表 精製建屋の構造計画

施設名称	精製建屋	
<p>【位置】 精製建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向</p>  <p>(b)EW 方向 (単位：m)</p> <p>精製建屋 概略断面図</p>	

第 5.2-25 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の構造計画

施設名称	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	
<p>【位置】</p> <p>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋は，屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向</p>  <p>(b)EW 方向</p>	
<p>ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 概略断面図</p>		

第 5.2-26 表 高レベル廃液ガラス固化建屋の構造計画

施設名称	高レベル廃液ガラス固化建屋	
<p>【位置】</p> <p>高レベル廃液ガラス固化建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>高レベル廃液ガラス固化建屋 概略断面図</p>	

(4) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

a. 機械的影響を及ぼし得る施設

(a) 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る建物

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、鉄筋コンクリート造の壁、屋根及びフードとし、開口部には扉を設置している。

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の構造計画を第5.2-27表～第5.2-表に示す。

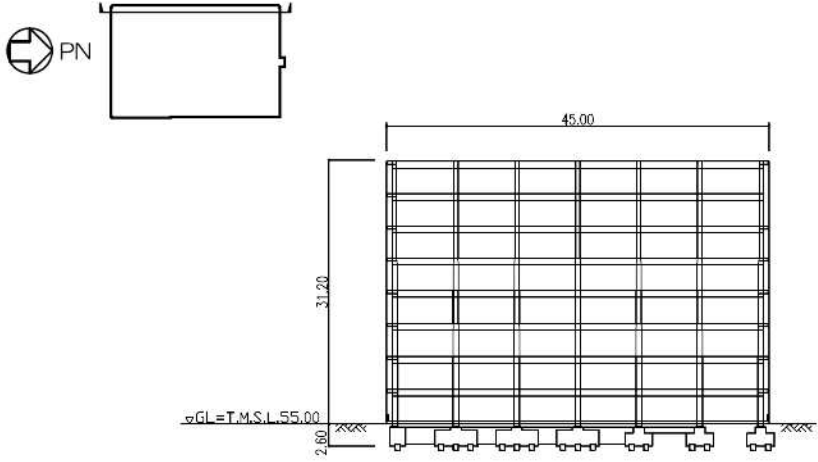
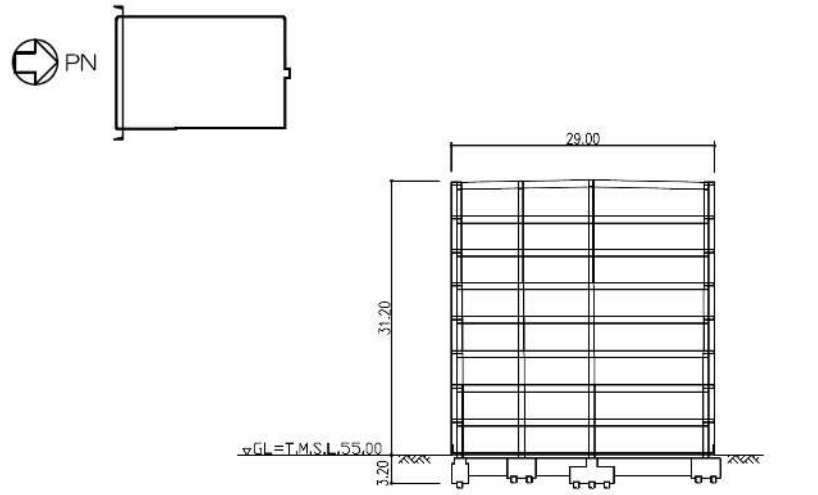
第 5.2-27 表 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋の構造計画

施設名称	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	
<p>【位置】 使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a) NS 方向</p>	
	<p>(b) EW 方向</p> <p>(単位：m)</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋 概略断面図</p>	

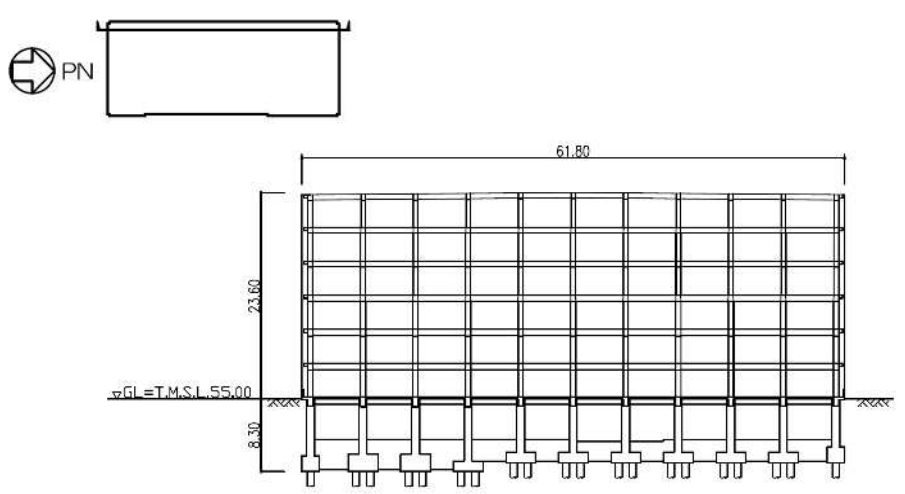
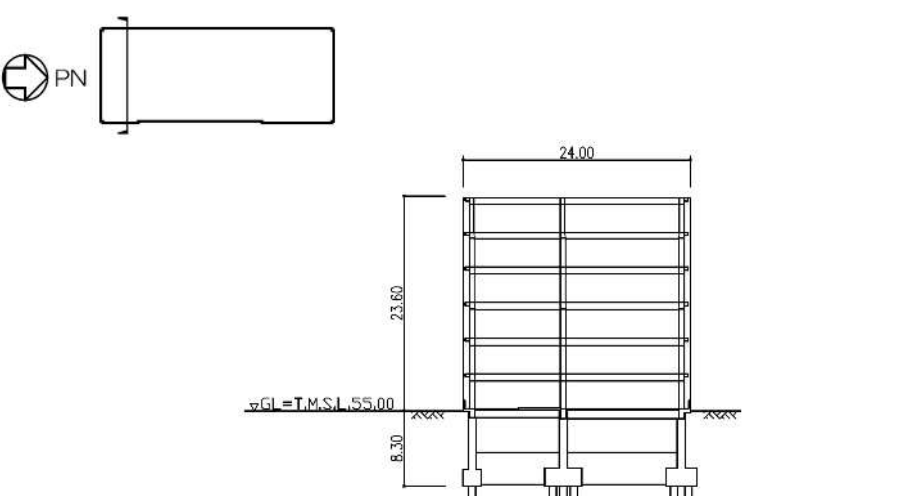
第 5.2-28 表 使用済燃料輸送容器管理建屋
 (使用済燃料収納使用済輸送容器保管庫)の構造計画

施設名称	使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済輸送容器保管庫)	
【位置】 使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済輸送容器保管庫)は、屋外に設置する設計としている。		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	(a)NS 方向 (単位：m) (b)EW 方向 (単位：m) 使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)概略断面図	

第 5.2-29 表 事務建屋(再処理事務所) (南棟)

施設名称	事務建屋(再処理事務所) (南棟)	
<p>【位置】</p> <p>事務建屋(再処理事務所) (南棟)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄骨造の架構である。
	支持構造	基礎は杭を介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>(b)EW 方向 (単位：m)</p>	
事務棟建屋南棟 概略断面図		

第 5.2-30 表 事務建屋(再処理事務所)(北棟)

施設名称	事務建屋(再処理事務所)(北棟)	
<p>【位置】</p> <p>事務建屋(再処理事務所)(北棟)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄骨造の架構である。
	支持構造	基礎は杭を介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
	 <p>(b)EW 方向 (単位：m)</p>	
事務棟建屋北棟 概略断面図		

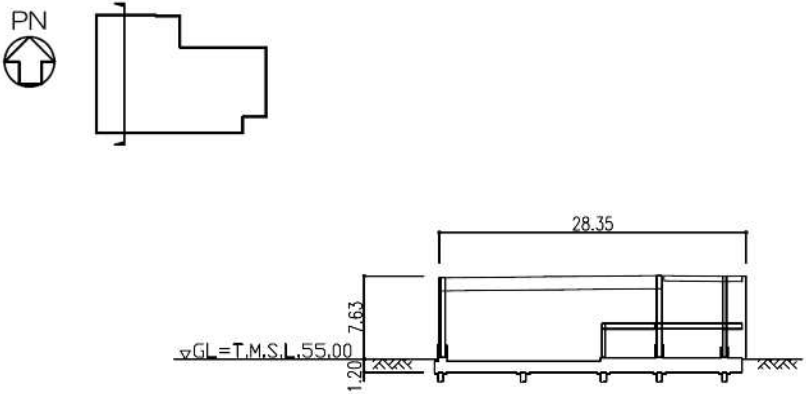
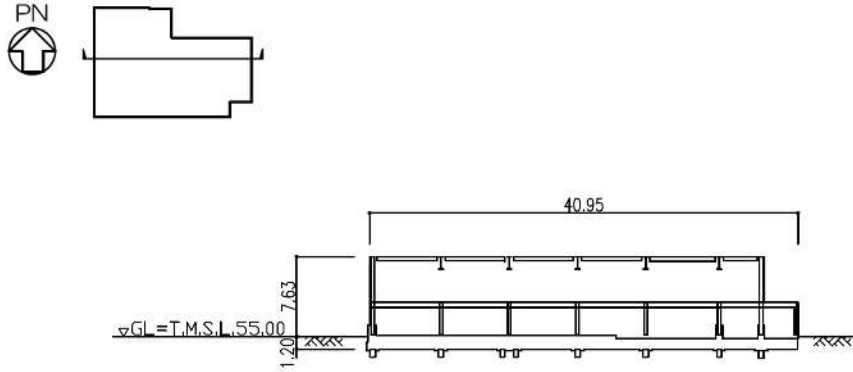
第 5.2-31 表 低レベル廃棄物処理建屋

施設名称	低レベル廃棄物処理建屋	
<p>【位置】</p> <p>低レベル廃棄物処理建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		

第 5.2-32 表 出入管理建屋

施設名称	出入管理建屋	
<p>【位置】</p> <p>出入管理建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p> <p>(b)EW 方向 (単位：m)</p> <p>出入管理建屋 概略断面図</p>	

第 5.2-33 表 運転訓練施設

施設名称	運転訓練施設	
<p>【位置】 運転訓練施設は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄骨造である。
	支持構造	基礎は杭を介して岩盤に設置されている。
説明図	 <p>(a) NS 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
	 <p>(b) EW 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
<p>図 運転訓練施設 概略断面図</p>		

(d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系は、鋼管を主体構造とし、支持構造物により基礎等から支持する構造とする。また、作用する荷重については、配管本体に作用する構造とする。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系の構造計画を第5.2-34表に示す。

第5.2-34表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系の構造計画

設備名称		ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系
計画の概要	主要構造	鋼管で構成する。
	支持構造	排気系の配管はサポートにより基礎等から支持する
説明図		

(e)北換気筒

北換気筒は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

北換気筒の筒身は、鋼管を主体構造とし、筒身を支持する支持架構にサポートで支持する構造とする。また、作用する荷重については、筒身及び支持架構を介して基礎ボルトに伝達する構造とする。

北換気筒の構造計画を第5.2-35表に示す。

第5.2-35表 北換気筒の構造計画

施設 名称	計画の概要		説明図
	主要構造	支持構造	
【位置】 北換気筒は、屋外に設置する設計とする。			
北換気筒	鋼管を主体構造とする筒身を支持架構で支持する構造とする。	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	

a. 機械的影響を及ぼし得る施設

(a) 安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管は、鋼製の配管を主体構造として屋内配管とは伸縮継手を介して接続され、建屋壁に設置したサポートで固定する構造とする。また、作用する荷重については、配管本体に作用する構造とする。

安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管の構造計画を第 5.2-36 表に示す

第5.2-36表 安全蒸気ボイラの排気管の構造計画

設備名称		安全蒸気ボイラの排気管
計画の概要	主要構造	鋼管で構成する。
	支持構造	排気管はサポートにより建屋壁等から支持する
説明図		

(b) 安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管は、鋼製の配管及び弁を主体構造とし、支持構造物により建屋壁、床及びはり等から支持する構造とする。また、作用する荷重については、配管本体に作用する構造とする。

安全空気脱湿装置の再生空気排気配管の構造計画を第 5.2-37 表に示す。

第5.2-37表 安全空気脱湿装置の再生空気排気配管の構造計画

設備名称		安全空気脱湿装置の再生空気排気配管
計画の概要	主要構造	鋼製の配管及び弁で構成する。
	支持構造	支持構造物により建屋の床等から支持する。
説明図		

(c) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管

ディーゼル発電機の排気管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機の排気管は、鋼管を主体構造とし、支持構造物及び排気消音器により建屋床・壁等に支持する構造とする。作用する荷重については消音器や支持構造物を介して建屋床・壁等に伝達する構造とする。

ディーゼル発電機の排気管の構造計画を第5.2-38表に示す。

第5.2-38表 ディーゼル発電機の排気管の構造計画

設備名称		ディーゼル発電機の排気管
計画の概要	主要構造	鋼管から構成する。
	支持構造	排気消音器及び支持構造物により建屋床・壁等に支持され、排気消音器や支持構造物を介して建屋床・壁等に荷重を伝達する構造とする。
説明図		

(d) 第1非常用ディーゼル発電機及び第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器

ディーゼル発電機の排気消音器は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機の排気消音器は、鋼製の胴板、側板を主体構造とし、建屋床等に基礎ボルトで固定する構造とする。また、作用する荷重については、基礎ボルトを介して建屋床等に伝達する構造とする。

ディーゼル発電機の排気消音器の構造計画を第5.2-39表に示す

第5.2-39表 非常用ディーゼル発電機排気消音器の構造計画

設備名称		ディーゼル発電機の排気消音器
計画の概要	主要構造	胴板、側板、排気管から構成する。
	支持構造	基礎ボルトにより建屋に直接支持され、基礎ボルトを介して荷重を基礎に伝達する構造とする。
説明図		

(e) 第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトank、重油及び潤滑油Tankのベント管並びに第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵Tank及び潤滑油Tankのベント管

ディーゼル発電機附属ベント配管は、「5.1 構造設計」で設定している設計方針及び「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機附属ベント配管は、鋼管を主体構造とし、支持構造物及び架台により建屋壁やコンクリート基礎に支持する構造とする。作用する荷重については支持構造物や架台を介して建屋壁やコンクリート基礎に伝達する構造とする。

ディーゼル発電機附属ベント配管の構造計画を第5.2-40表に示す

第5.2-40表 ディーゼル発電機附属ベント配管の構造計画

設備名称		ディーゼル発電機附属ベント配管
計画の概要	主要構造	鋼管で構成する。
	支持構造	排気管は支持構造物により建屋の床等から支持する
説明図		

(6) 竜巻防護対策設備

a. 飛来物防護板

防護板(鋼材)は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するために、竜巻防護対象施設の上部及び側面に設置し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通できない設計とする。鋼板は設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するため、設計飛来物が貫通しない厚さとする。また、設計荷重(竜巻)に対し、鋼板の破断による脱落を防止するために、鋼板のはしあき強度を確保する。

鋼板を支持架構に固定する取付ボルトは、設計荷重(竜巻)に対し、鋼板の脱落を防止するため、以下の構造とする。

鋼板の変形により作用する荷重を踏まえて取付ボルトのサイズ、本数及びボルトの設置間隔を設定する。更に、飛来物衝突位置近傍の取付ボルトは破断することが想定されるため、取付ボルトを複数配置することを基本構造とする。

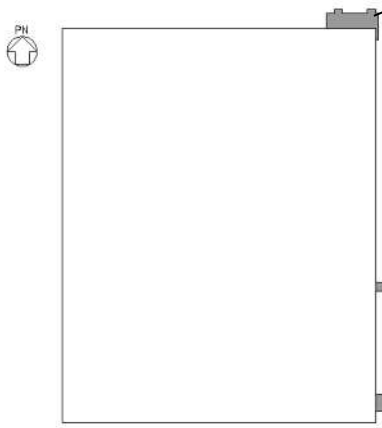
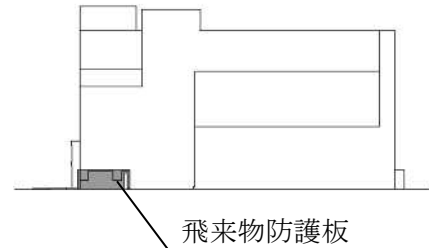
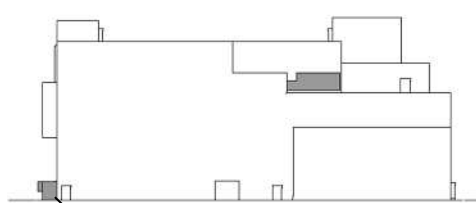
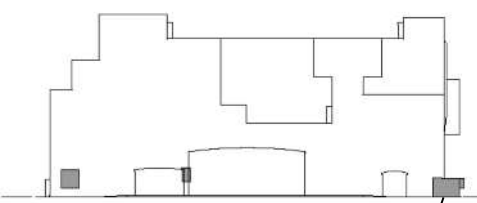
また、鋼板が内側へ回転することを防止できるよう、支持架構に対して外面に設置する構造とする。なお、設計荷重(竜巻)により取付ボルトに破断が生じたとしても、鋼板の面内方向の移動も拘束できる構造とする。

防護板(鋼材)を支持する支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。支持架構は、施設の外殻に作用する荷重並びに積載する防護板(鋼材)からの荷重を支持する構造とする。また、支持架構を構成する柱は柱脚部を介して建屋に支持される構造とする。

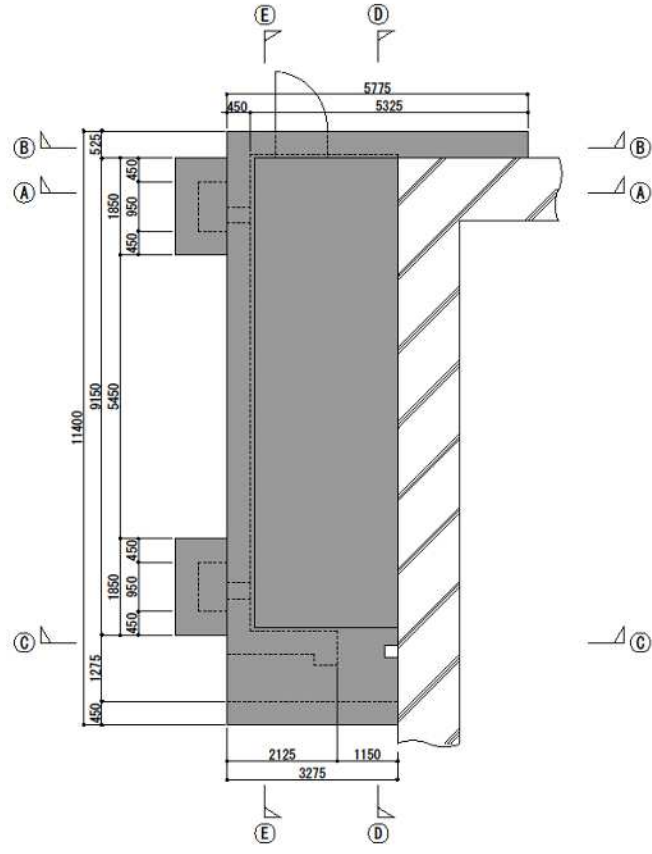
(a) 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)

飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)の構造計画を第5.2-41表に示す。

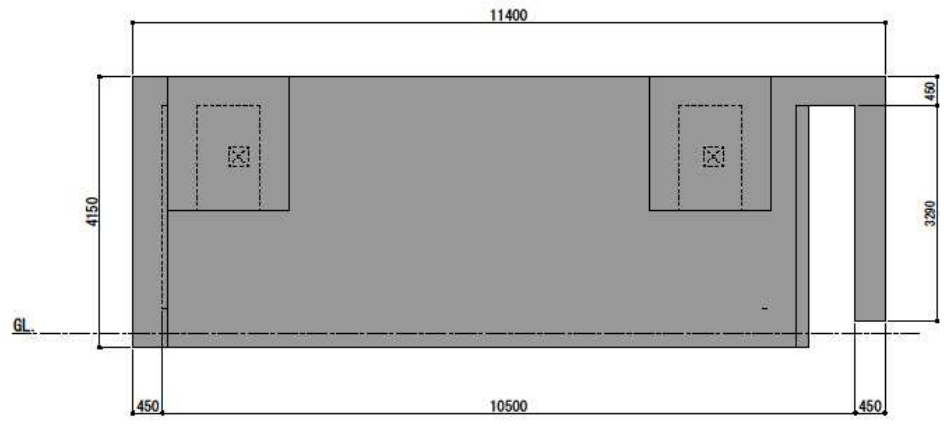
第 5.2-41 表 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)

<p>【位置】 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>鉄筋コンクリート造である。</p>
	<p>支持構造</p>	<p>前処理建屋の外壁にアンカー筋により直接支持され、アンカー筋及びコンクリートを介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>飛来物防護板</p> <p>(配置図 (55.39m~62.19m))</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>飛来物防護板</p> <p>(北立面図)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>飛来物防護板</p> <p>(西立面図)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>飛来物防護板</p> <p>(東立面図)</p> </div> </div>	

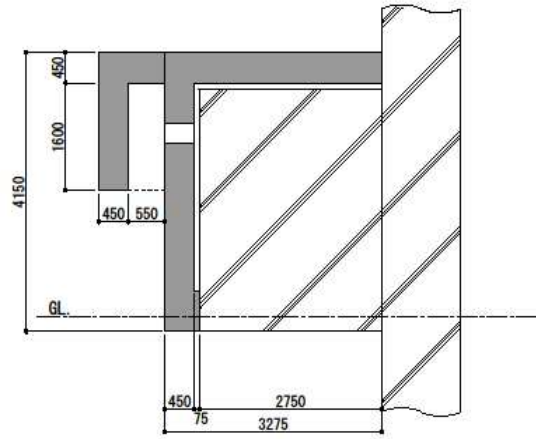
説明図



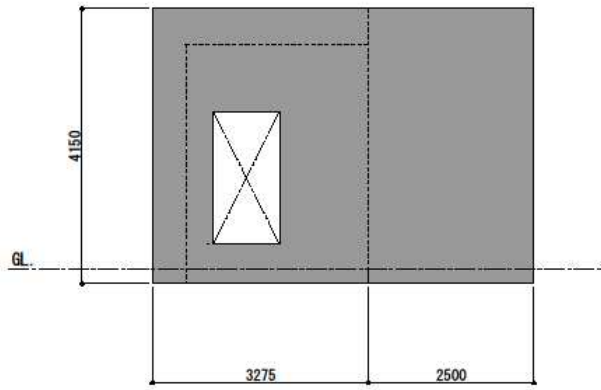
(平面図)



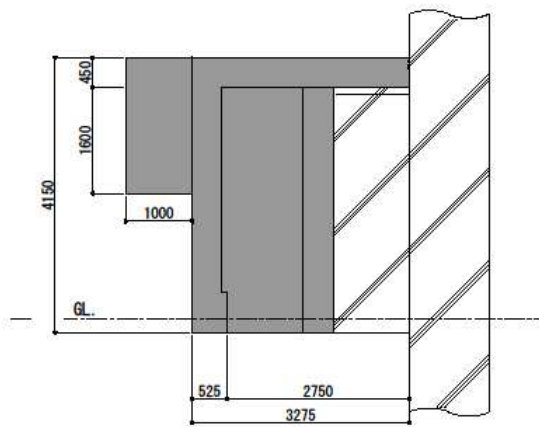
(立面図)



(断面図 (A-A 断面))

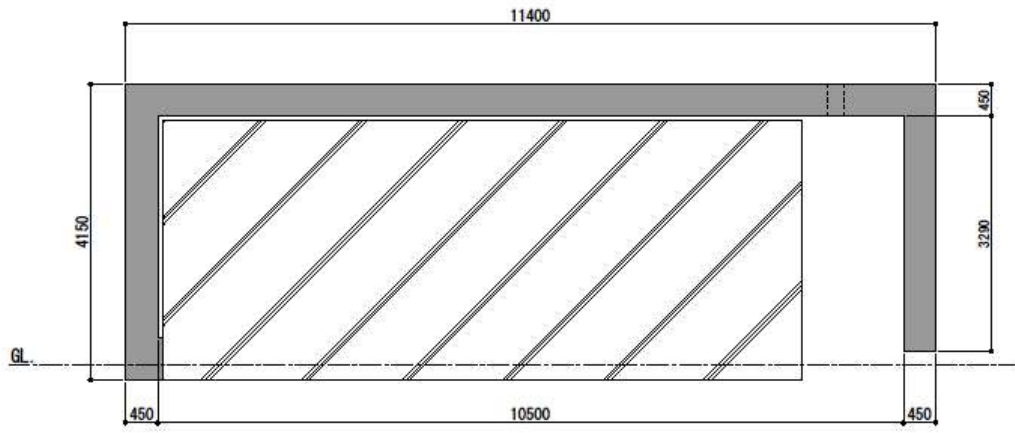


(断面図 (B-B 断面))

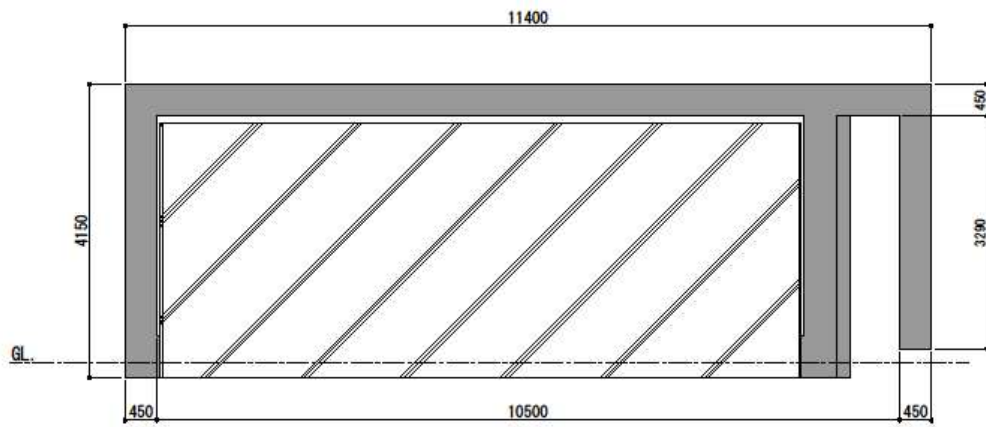


(断面図 (C-C 断面))

説明図



(断面図 (D-D 断面))



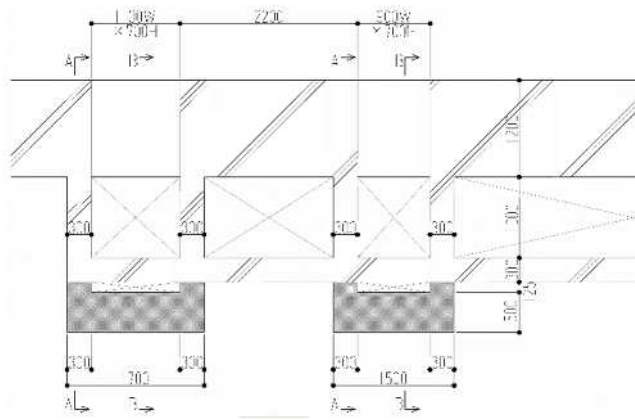
(断面図 (E-E 断面))

(b) 飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)

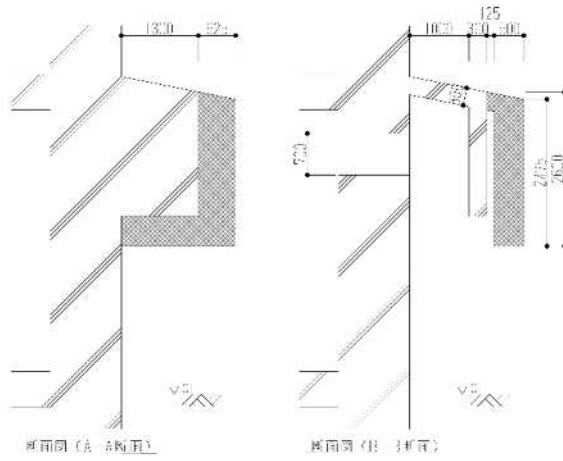
飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)の構造計画を第5.2-42表に示す。なお、図中のAC-3及びAC-4はAC-1及びAC-2と同形状である。

第5.2-42表 飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B)

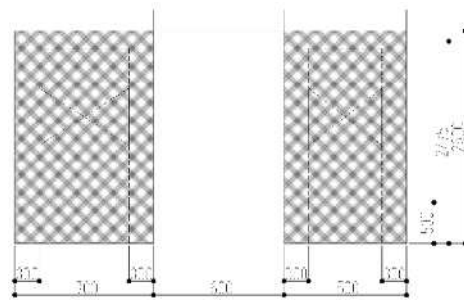
<p>【位置】</p> <p>飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>鉄筋コンクリート造である。</p>
	<p>支持構造</p>	<p>精製建屋の外壁にアンカー筋により直接支持され、アンカー筋及びコンクリートを介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。</p>
<p>説明図</p>		



(平面図)



(断面図)



(立面図)

AC-1, AC-2

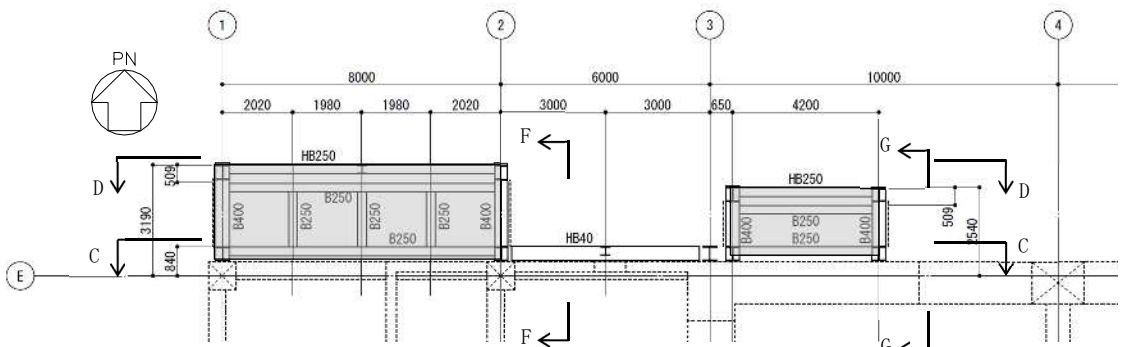
(c) 飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A, B 北, 南ブロック)

飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A, B 北, 南ブロック)の構造計画を第5.2-43表に示す。

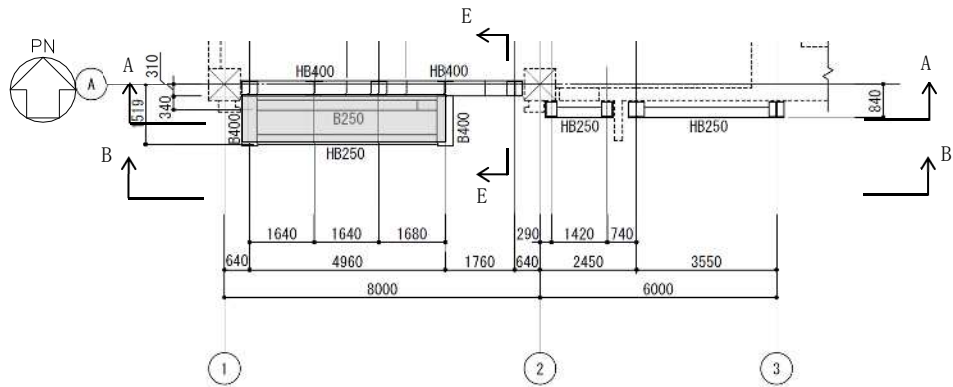
第5.2-43表 飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A, B 北, 南ブロック)の構造計画

<p>【位置】</p> <p>飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A, B 北, 南ブロック)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>鋼構造である。</p>
	<p>支持構造</p>	<p>非常用電源建屋の外壁にアンカー筋により支持され、アンカー筋を介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p>□：飛来物防護板設置位置を示す。</p>	

説明図



北側平面図 (T. M. S. L. 62.8m ~ T. M. S. L. 63.325m)



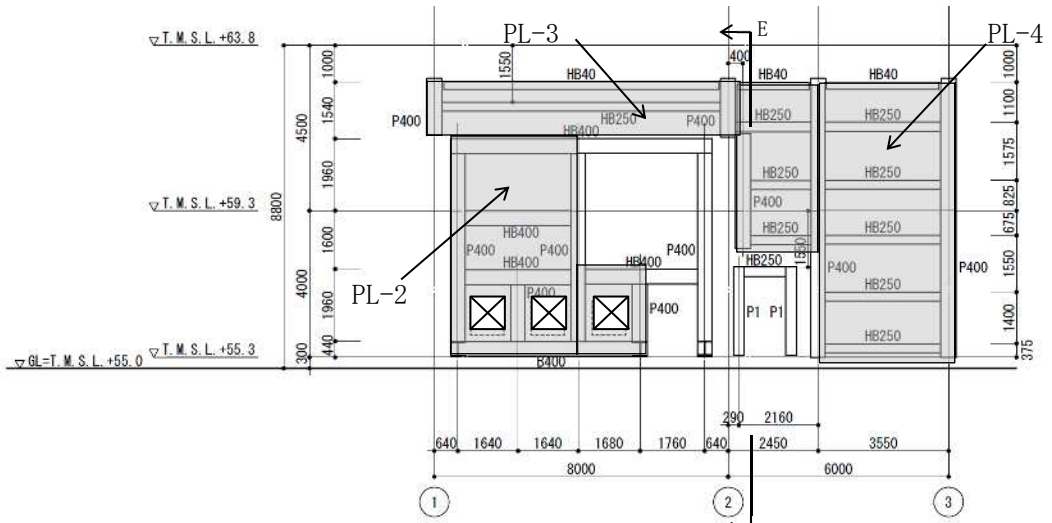
南側平面図 (T. M. S. L. 57.125m ~ T. M. S. L. 57.75m)

(単位 : mm)

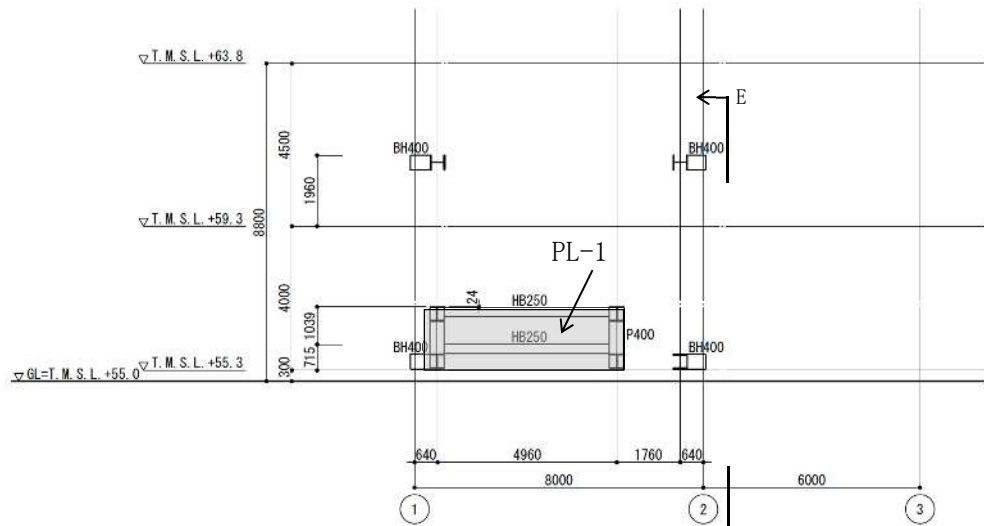
■ : 防護板

符号	部材	備考
HB40	H-400x200x8x13	横使い
B250	H-250x250x9x14	
HB250	H-250x250x9x14	横使い
B400	H-400x400x13x21	
HB400	H-400x400x13x21	横使い
BH400	BH-400x400x16x36	
P250	H-250x250x9x14	
P400	H-400x400x13x21	
P1	B[-400x300x22x22	
V1	H-200x200x8x12	

説明図



(A-A 矢視図)



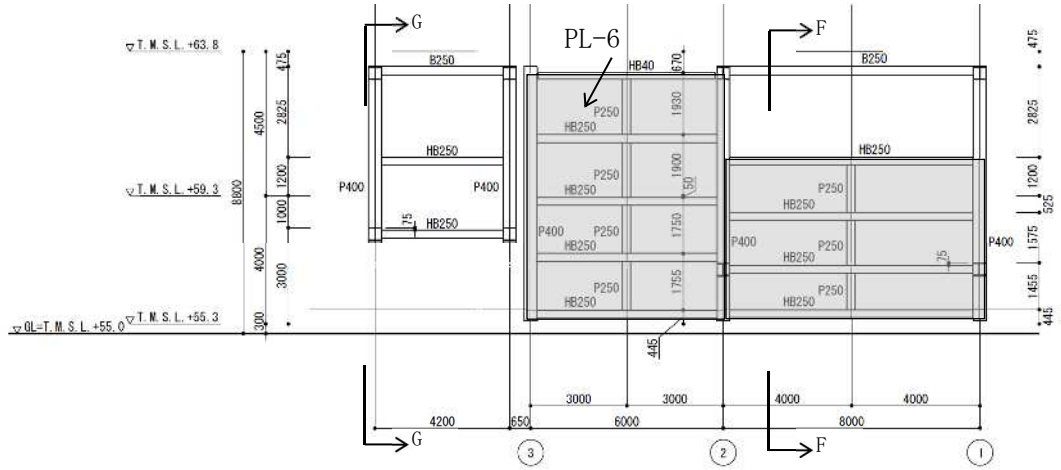
(B-B 矢視図)

(単位：mm)

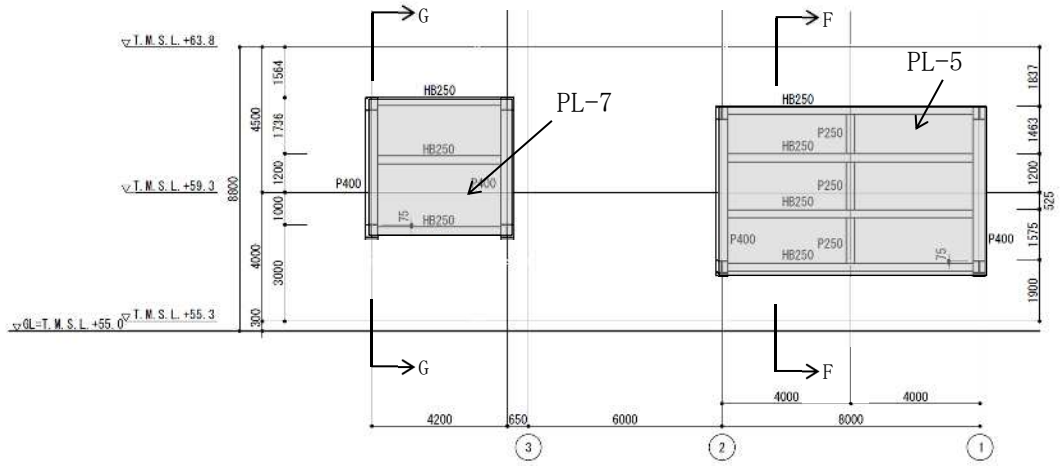
■：防護板

符号	部材	備考
HB40	H-400x200x8x13	横使い
B250	H-250x250x9x14	
HB250	H-250x250x9x14	横使い
B400	H-400x400x13x21	
HB400	H-400x400x13x21	横使い
BH400	BH-400x400x16x36	
P250	H-250x250x9x14	
P400	H-400x400x13x21	
P1	B[-400x300x22x22	
V1	H-200x200x8x12	

説明図



(C-C 矢視図)



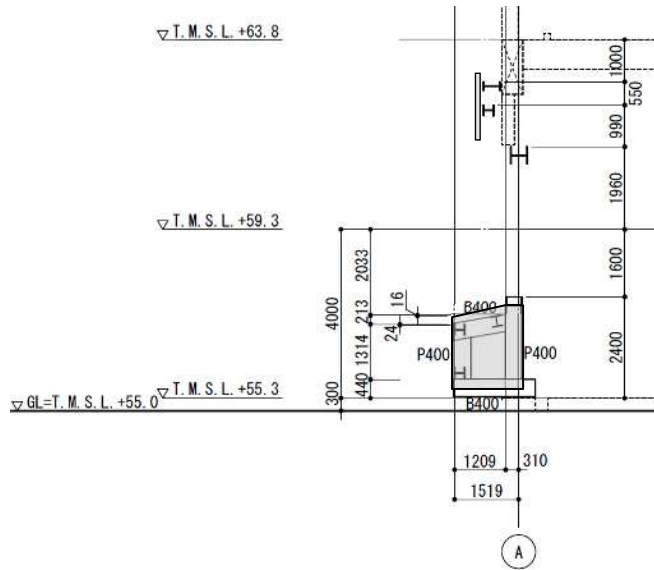
(D-D 矢視図)

(単位 : mm)

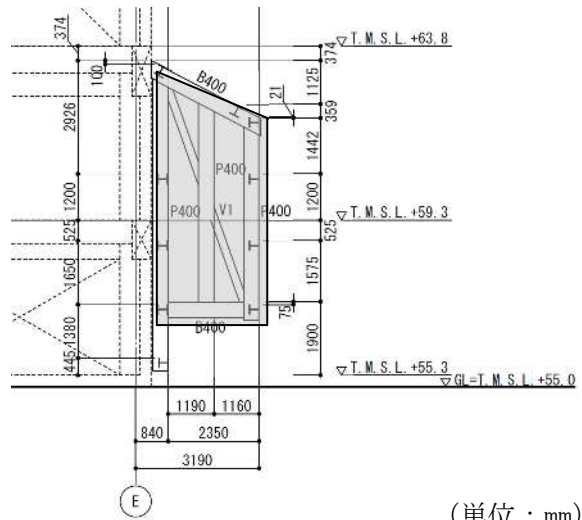
■ : 防護板

符号	部材	備考
HB40	H-400x200x8x13	横使い
B250	H-250x250x9x14	
HB250	H-250x250x9x14	横使い
B400	H-400x400x13x21	
HB400	H-400x400x13x21	横使い
BH400	BH-400x400x16x36	
P250	H-250x250x9x14	
P400	H-400x400x13x21	
P1	B[-400x300x22x22	
V1	H-200x200x8x12	

説明図



(E-E 矢視図)



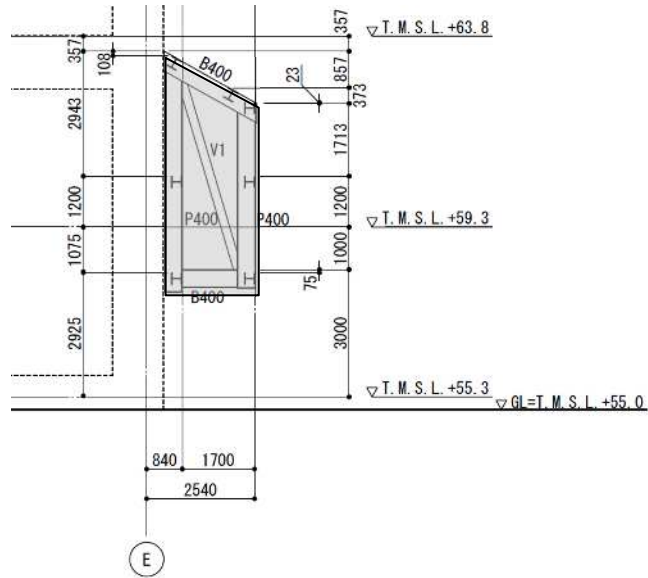
(F-F 矢視図)

(単位 : mm)

■ : 防護板

符号	部材	備考
HB40	H-400x200x8x13	横使い
B250	H-250x250x9x14	
HB250	H-250x250x9x14	横使い
B400	H-400x400x13x21	
HB400	H-400x400x13x21	横使い
BH400	BH-400x400x16x36	
P250	H-250x250x9x14	
P400	H-400x400x13x21	
P1	B[-400x300x22x22	
V1	H-200x200x8x12	

説明図



(単位 : mm)

■ : 防護板

(G-G 矢視図)

符号	部材	備考
HB40	H-400x200x8x13	横使い
B250	H-250x250x9x14	
HB250	H-250x250x9x14	横使い
B400	H-400x400x13x21	
HB400	H-400x400x13x21	横使い
BH400	BH-400x400x16x36	
P250	H-250x250x9x14	
P400	H-400x400x13x21	
P1	B[-400x300x22x22	
V1	H-200x200x8x12	

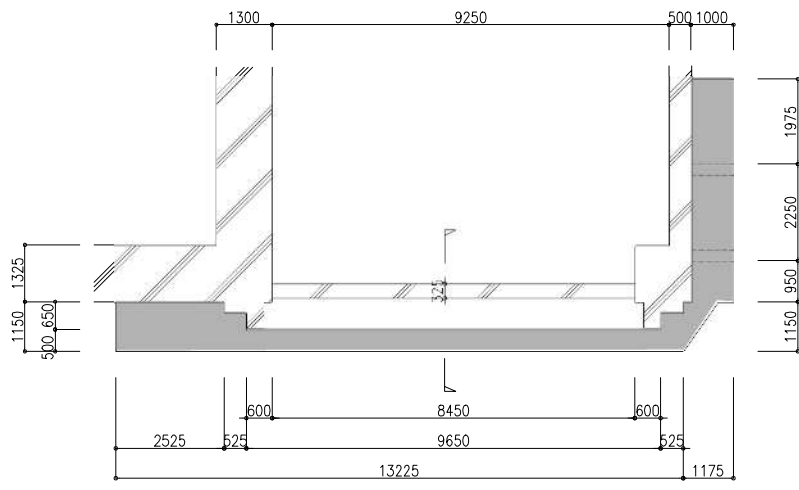
(f) 飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)

来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)の構造計画を第5.2-44表に示す。

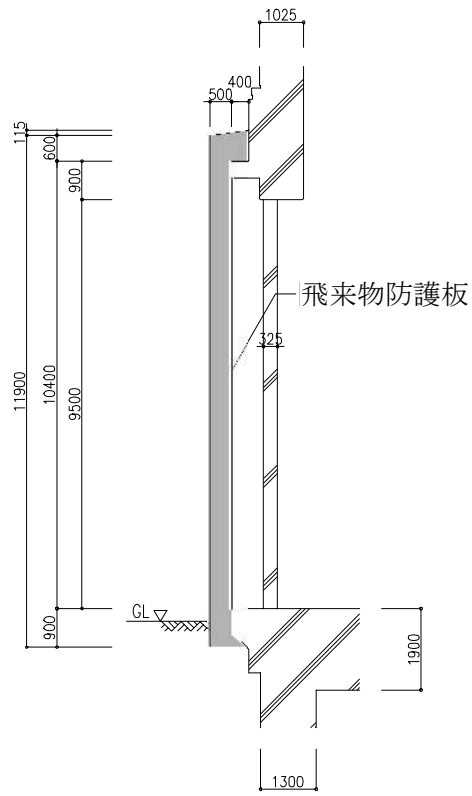
第5.2-44表 飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)の構造計画

<p>【位置】</p> <p>飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	第1 ガラス固化体貯蔵建屋の外壁にアンカー筋により直接支持され、アンカー筋及びコンクリートを介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。
説明図		

説明図

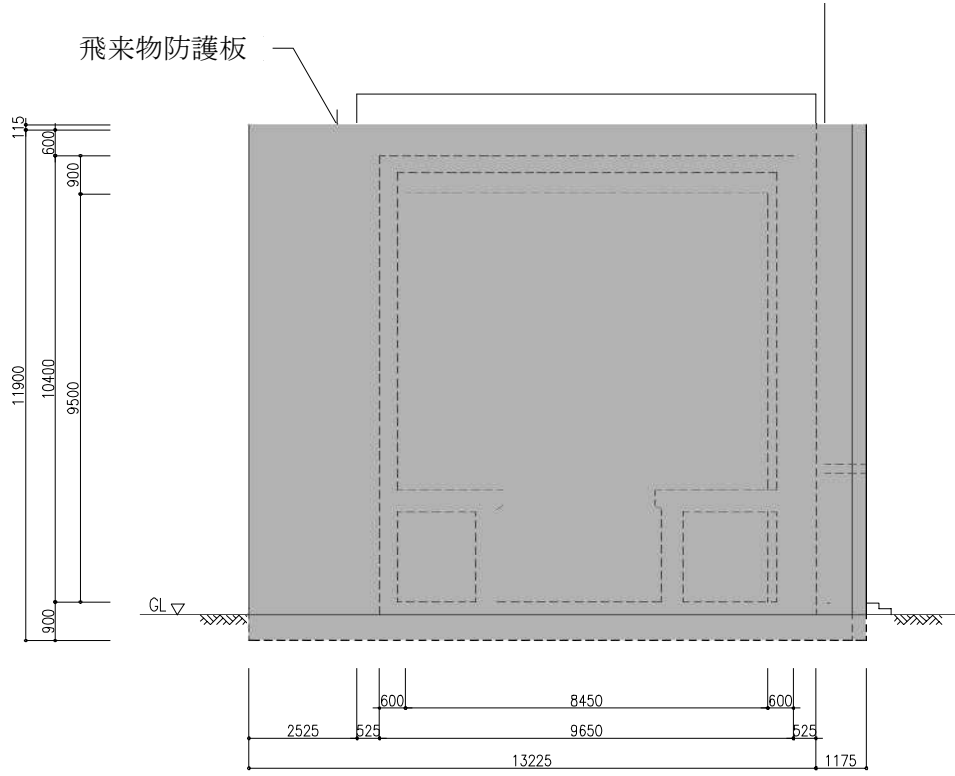


(平面図)



(断面図)

説明図

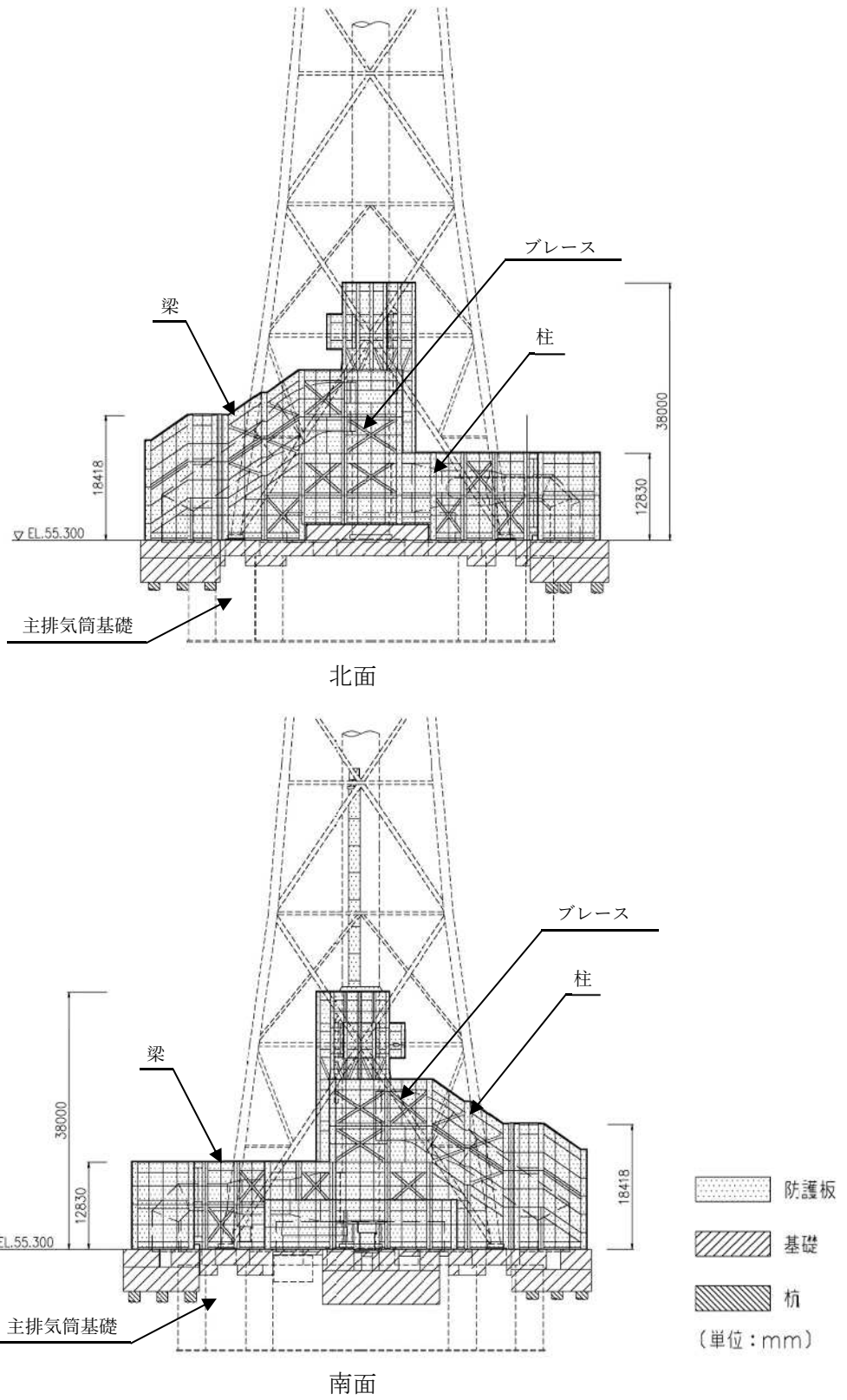


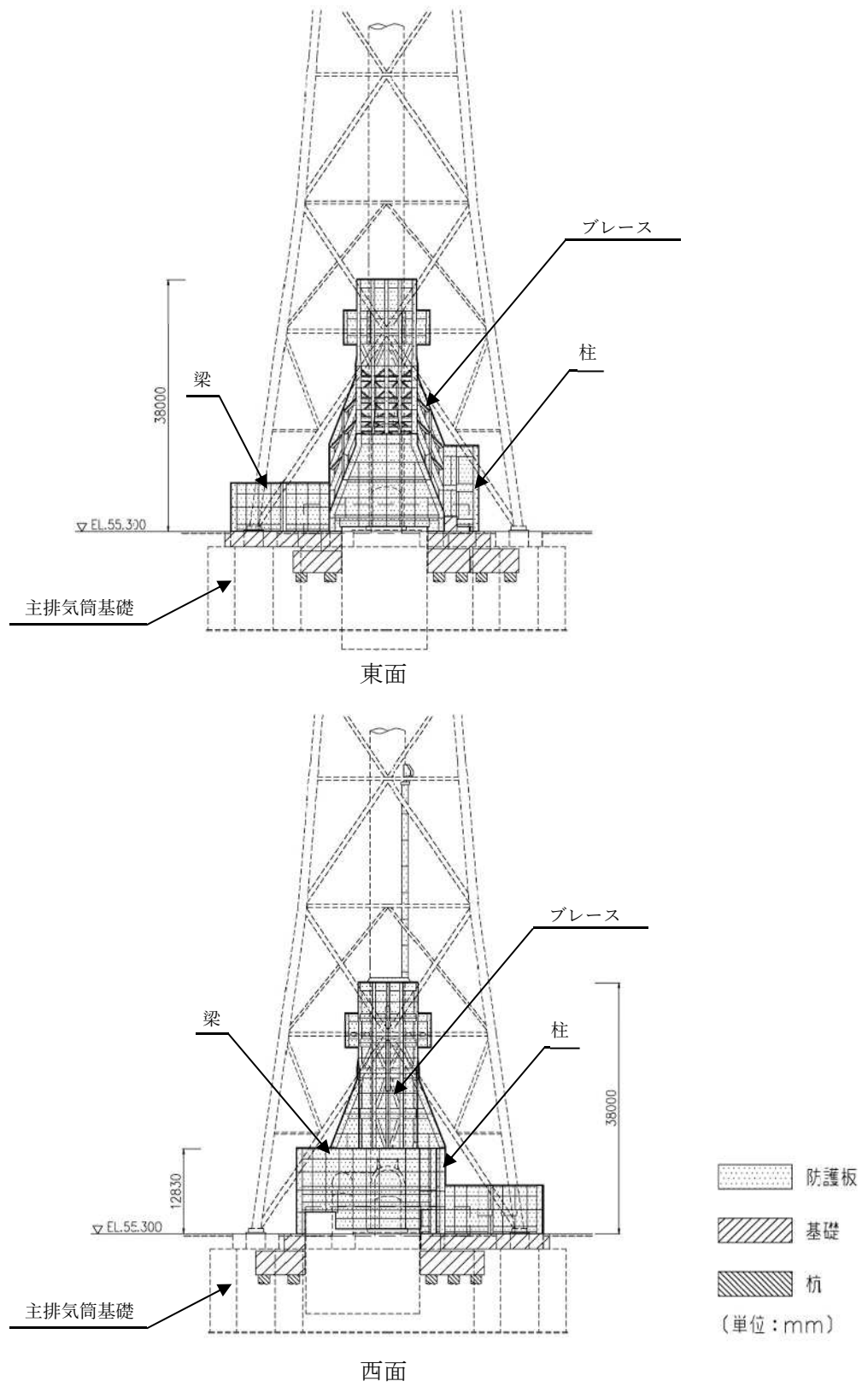
(立面図)

(g) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の
 構造計画を第5.2-45表に示す。

第 5.2-45 表 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の
 構造計画

<p>【位置】 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)は、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、主排気筒の周りに設置する。</p>		
計画の概要	主要構造	防護板(鋼材)及び支持架構から構成する
	支持構造	基礎および杭を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。
説明図		

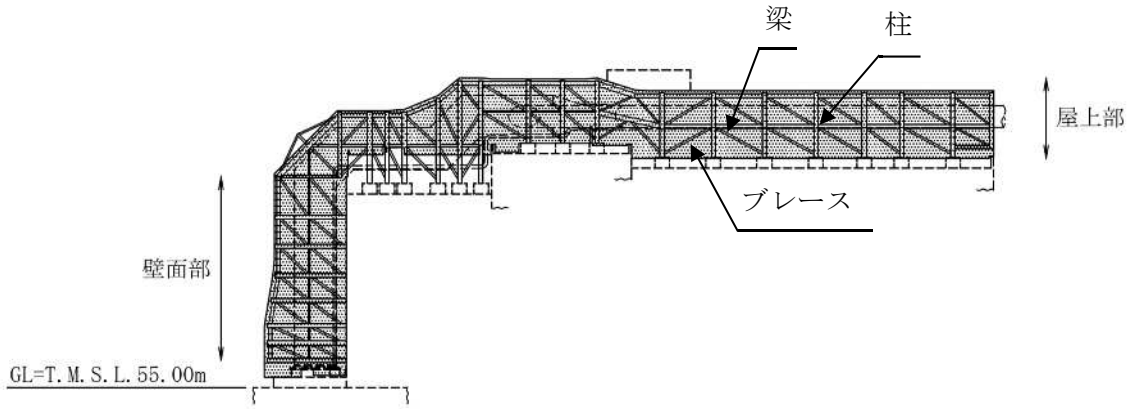




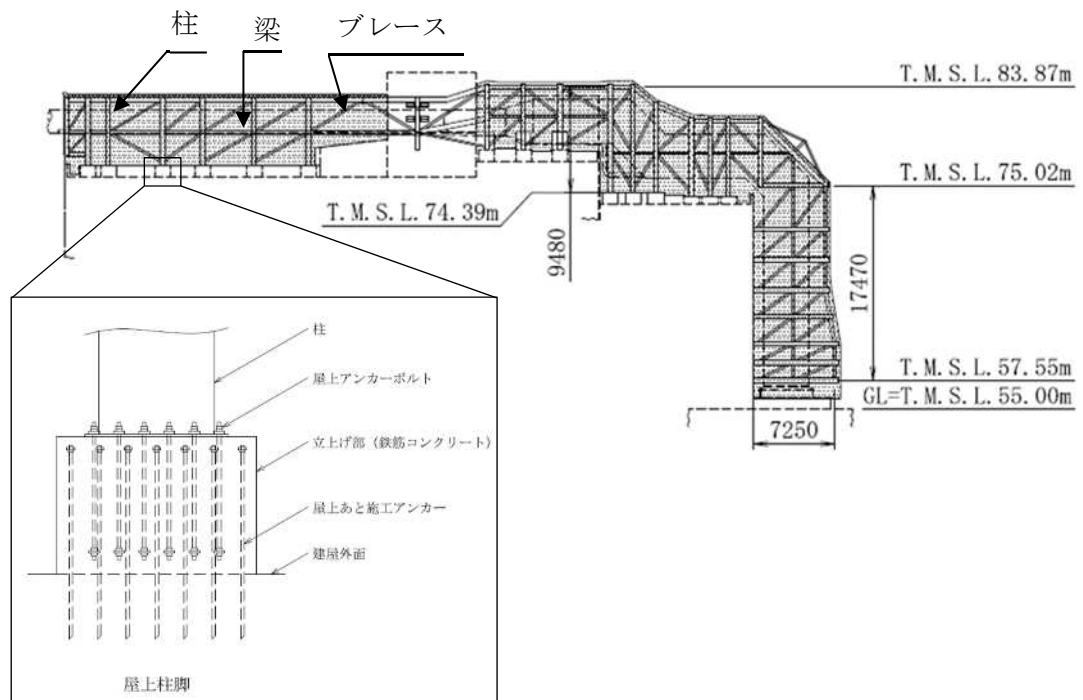
(h) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)の
 構造計画を第5.2-46表に示す。

第 5.2-46 表 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)の
 構造計画

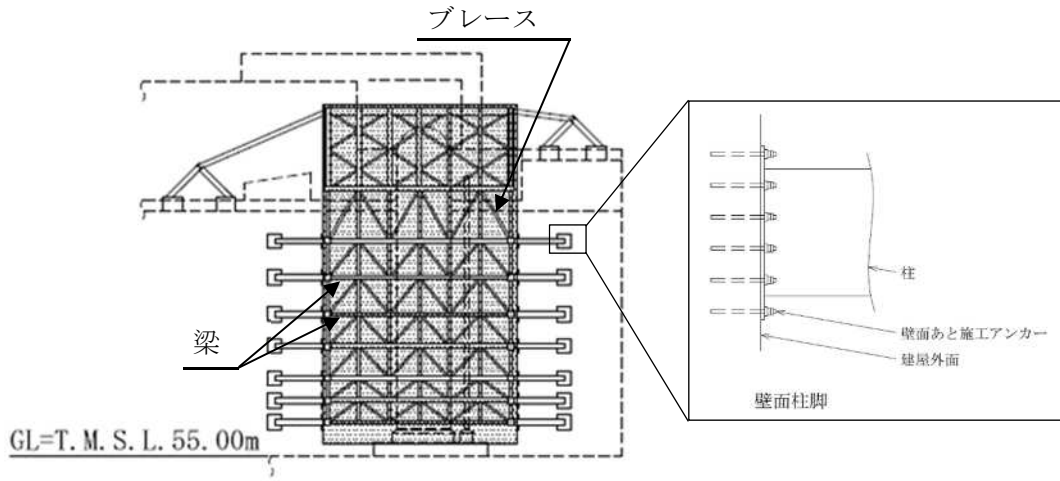
<p>【位置】</p> <p>飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)は、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、分離建屋の屋上及び壁面に沿って、屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p>
	<p>支持構造</p>	<p>柱脚部を介して建屋に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p style="text-align: center;">平面図</p>	



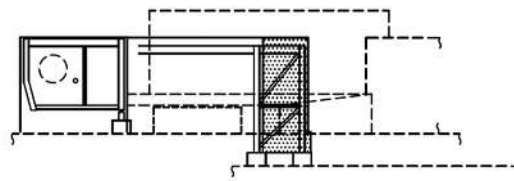
側面図（北面）



側面図（南面）



側面図 (東面)



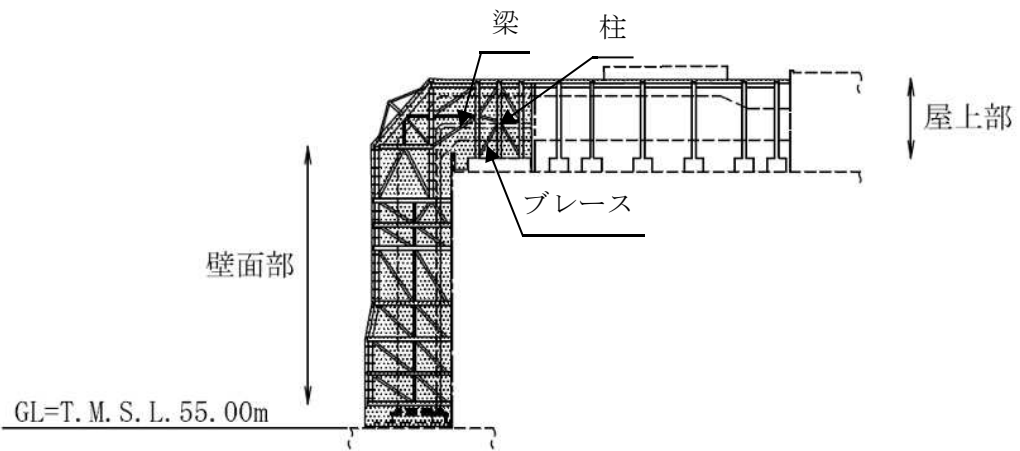
側面図 (西面)

■ : 防護板 (板厚 : 9mm)

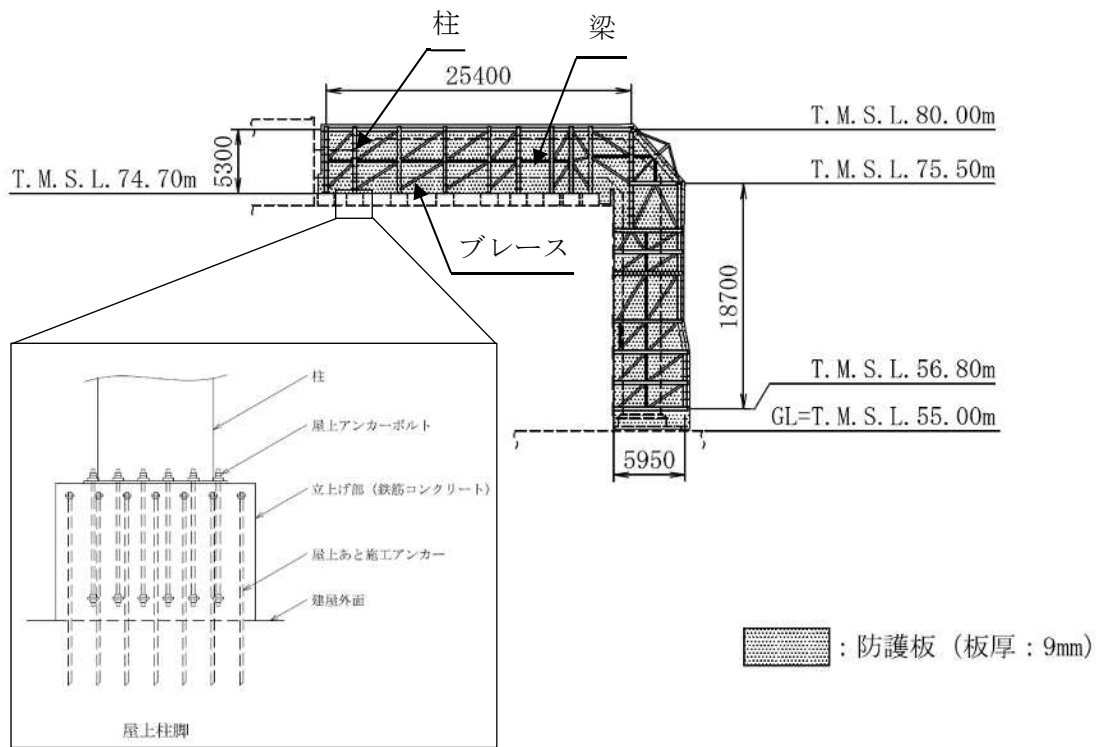
- (i) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)の
 構造計画を第5.2-47表に示す。

第5.2-47表 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)の
 構造計画

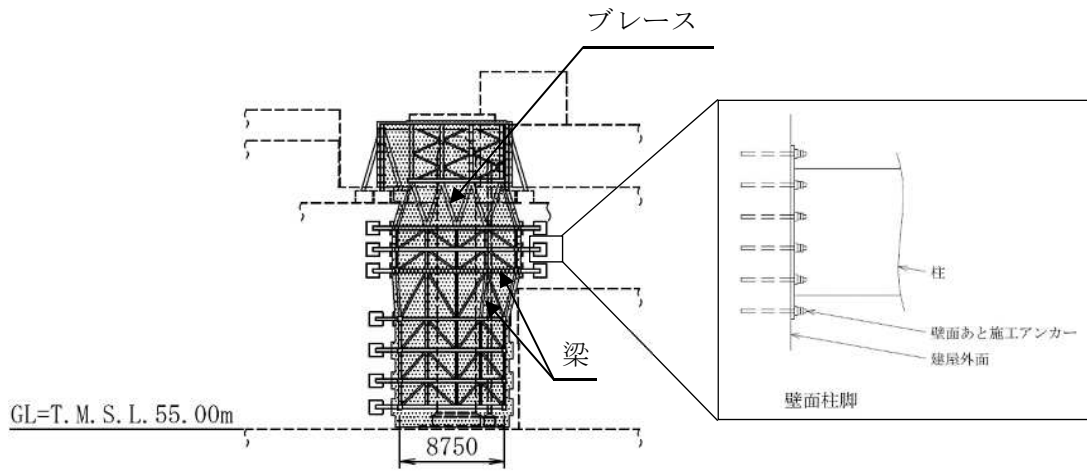
【位置】		
飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)は、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、精製建屋の屋上及び壁面に沿って、屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する。		
計画の概要	主要構造	防護板(鋼材)及び支持架構から構成する
	支持構造	柱脚部を介して建屋に支持される構造とする。
説明図		



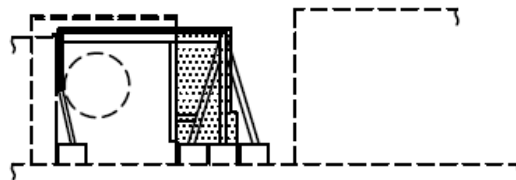
側面図（北面）




側面図（南面）



側面図（東面）



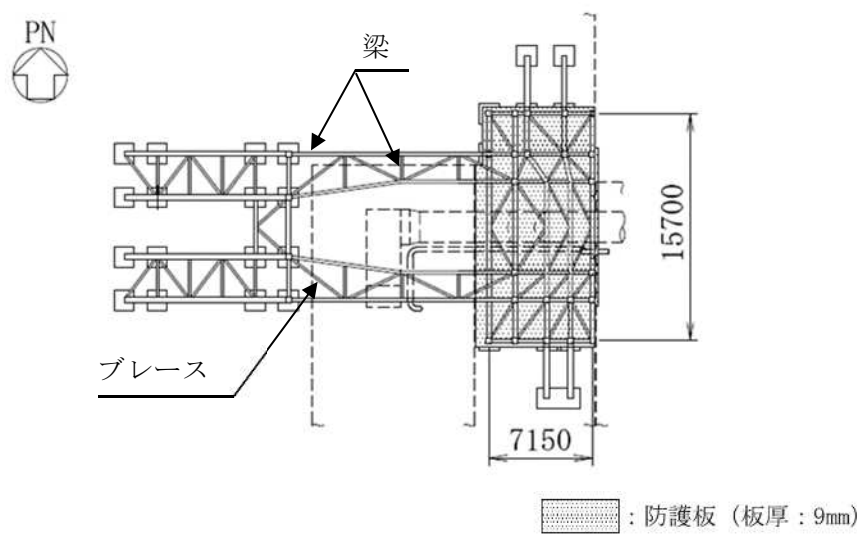
 : 防護板（板厚：9mm）

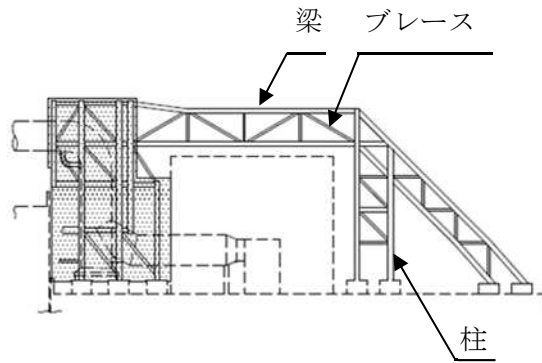
側面図（西面）

(j) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

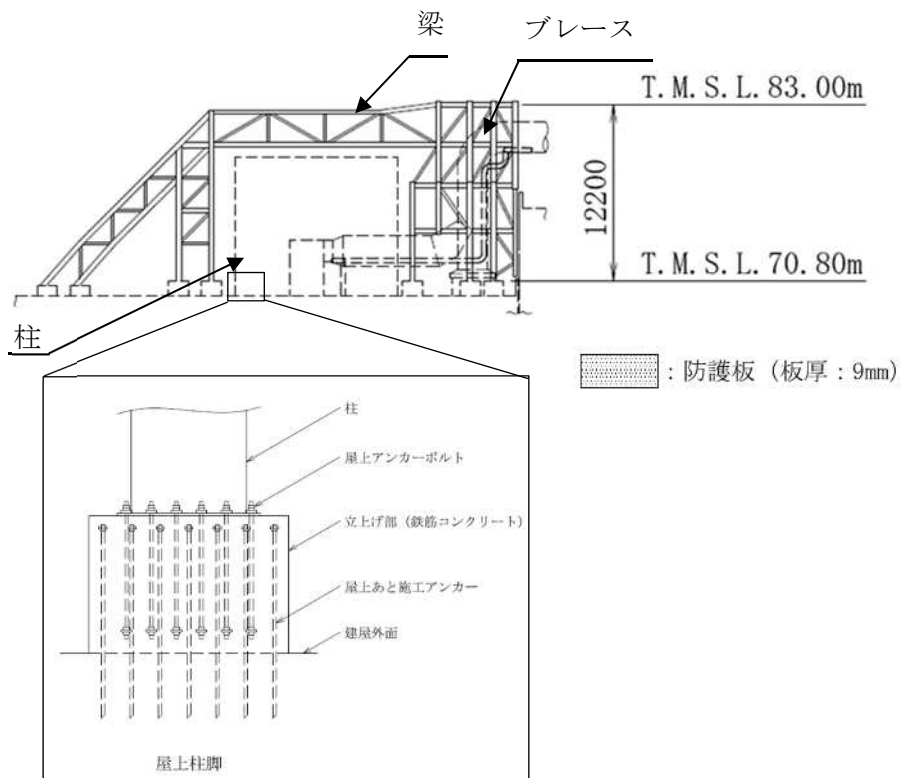
飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の構造計画を第5.2-48表に示す。

第5.2-48表 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の構造計画

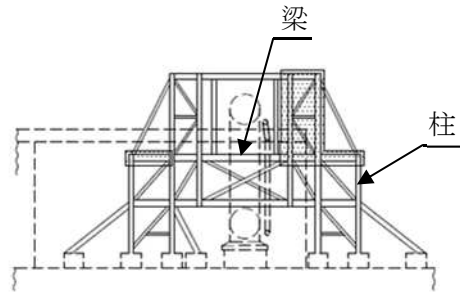
<p>【位置】</p> <p>飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)は、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、高レベル廃液ガラス固化建屋の屋上及び壁面に沿って、屋外配管及び屋外ダクト周りに設置する。</p>	
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p> <p>防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p>
	<p>支持構造</p> <p>柱脚部を介して建屋に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	 <p style="text-align: center;">平面図</p>



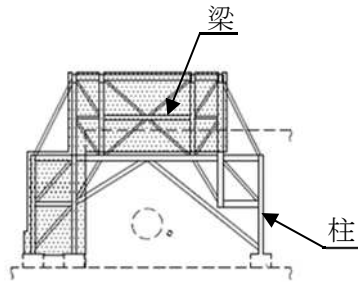
側面図（北面）




側面図（南面）



側面図（東面）



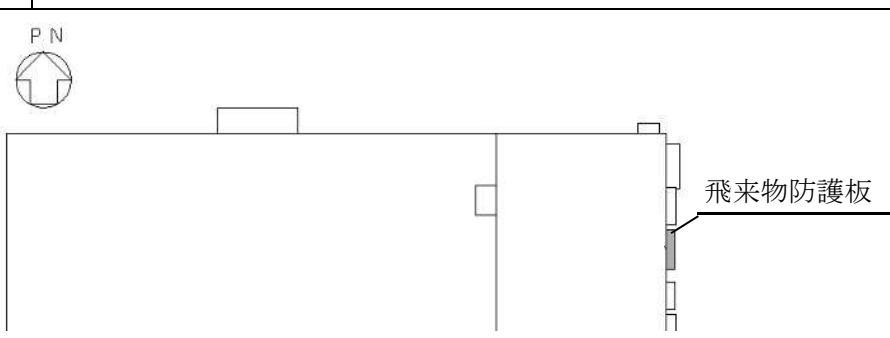
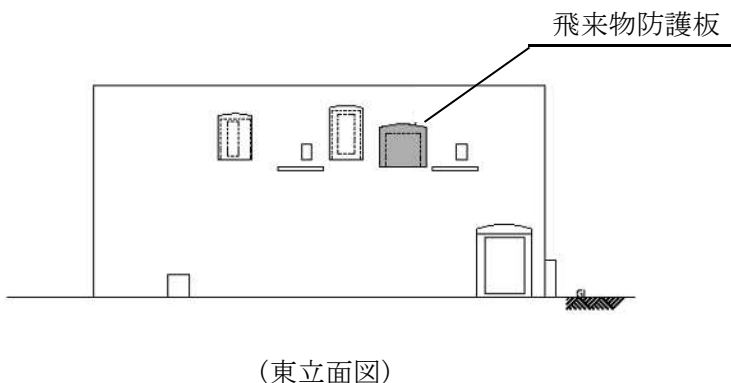
側面図（西面）

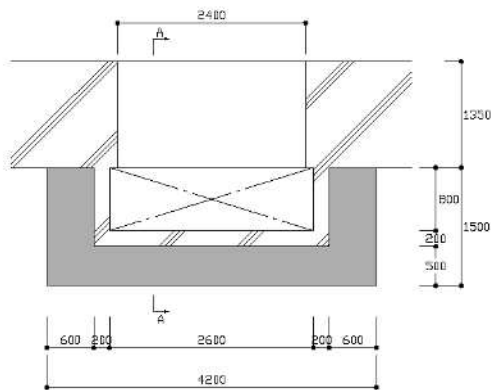
 : 防護板（板厚：9mm）

(k) 飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)

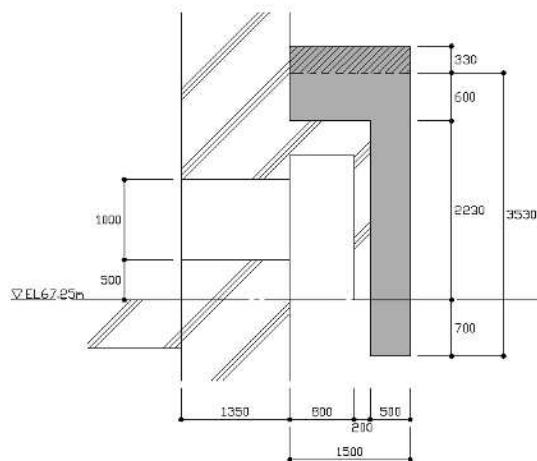
飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)の構造計画を第5.2-49表に示す。

第5.2-49表 飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)

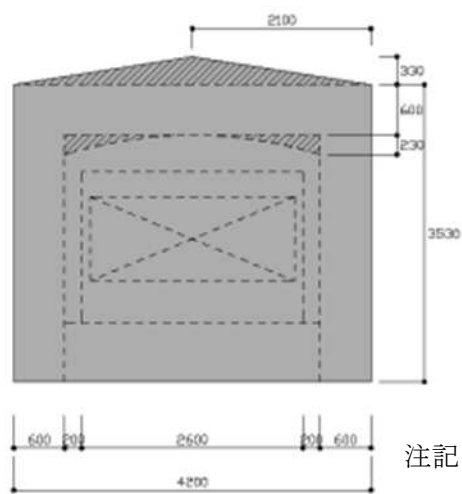
<p>【位置】 飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	制御建屋の外壁にアンカー筋により直接支持され、アンカー筋及びコンクリートを介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。
説明図		
	 <p style="text-align: center;">(東立面図)</p>	




(平面図)



(断面図)



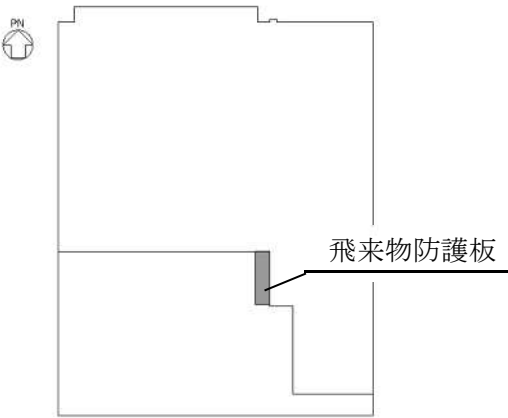
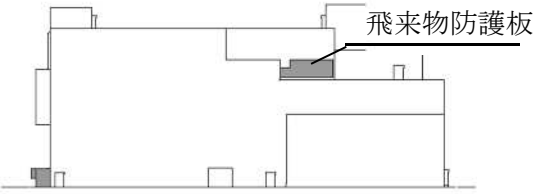
注記：  は打増し部を示す

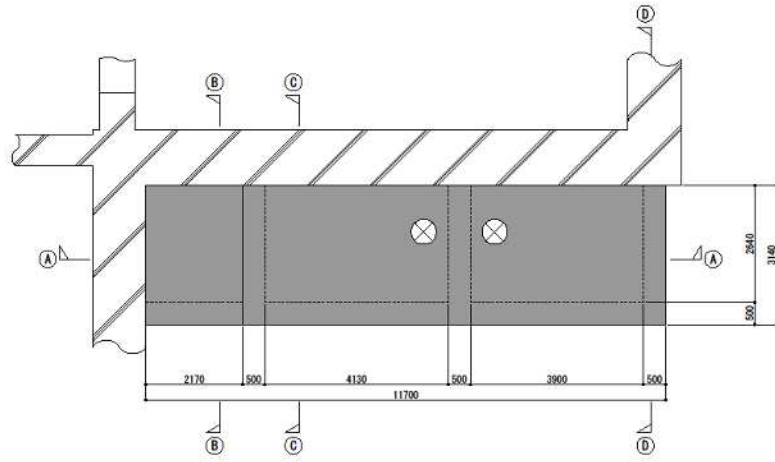
(立面図)

(1) 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

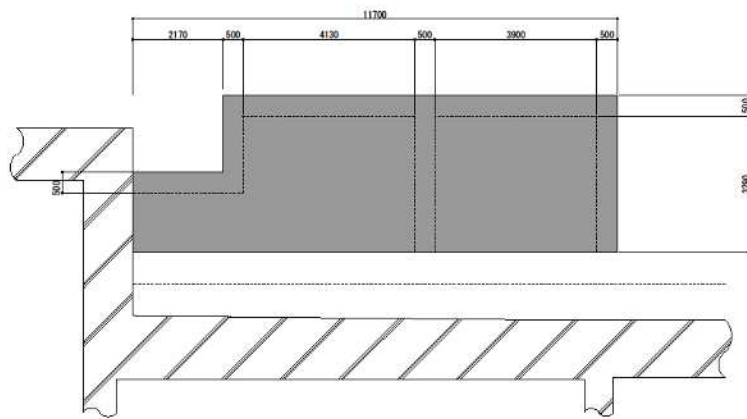
飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)の構造計画を第5.2-50表に示す。

第5.2-50表 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

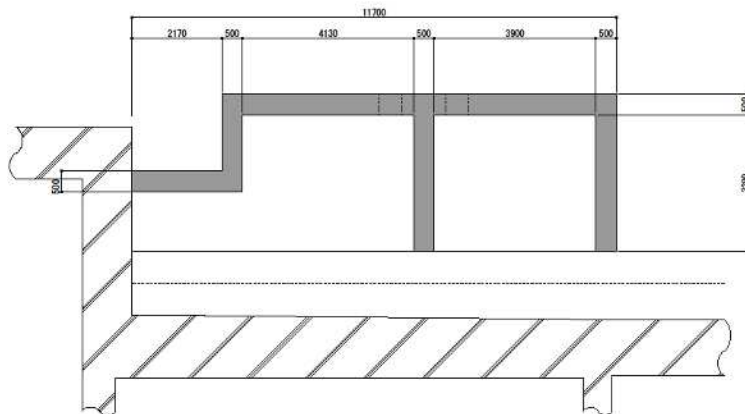
【位置】		
飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)は、屋外に設置する設計としている。		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	前処理建屋の外壁にアンカー筋により直接支持され、アンカー筋及びコンクリートを介して荷重を建屋外壁に伝達する構造とする。
説明図	 <p>(配置図 (74.09m~80.04m))</p>	
	 <p>(西立面図)</p>	



(平面図)

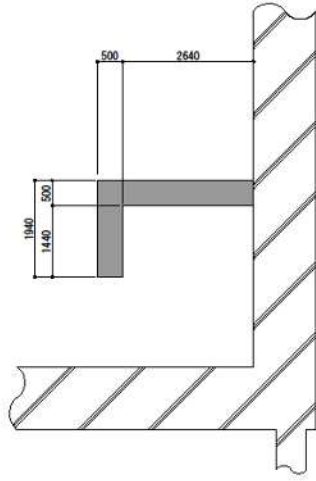


(立面図)

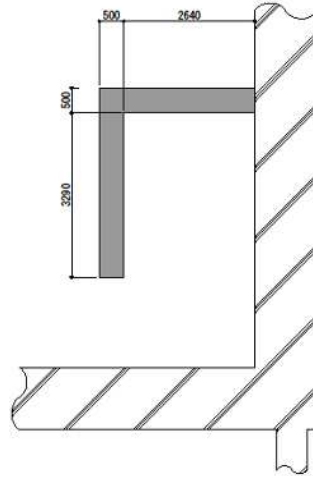


(断面図 (A-A 断面))

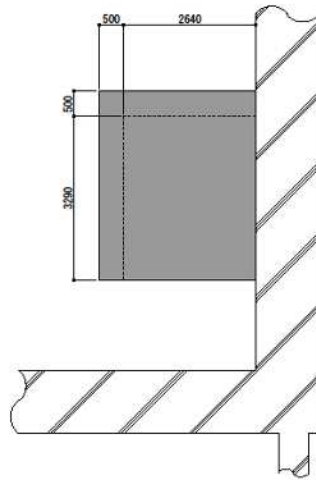
説明図



(断面図 (B-B 断面))



(断面図 (C-C 断面))



(断面図 (D-D 断面))

b. 飛来物防護ネット

飛来物防護ネットは、電力中央研究所報告書「高強度金網を用いた竜巻飛来物対策工の合理的な衝撃応答評価手法」(総合報告：O01)(以下「電中研報告書」という。)と同型の防護ネット(以下「防護ネット(鋼製枠)」という。), 支持架構の耐震性への配慮から鋼製枠を設けず, 支持架構に直接設置する防護ネット(以下「防護ネット(支持架構に直接設置)」という。), 防護板(鋼材)及び支持架構で構成し, 竜巻防護対象施設を取り囲むように設置することで, 飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止し, 竜巻防護対象施設と防護ネットの離隔を確保することにより, 防護ネットにたわみが生じたとしても, 竜巻防護対象施設に飛来物を衝突させない構造とする。また, 支持架構は杭基礎により支持される構造とする。

防護ネット(支持架構に直接設置)は, ネット, ワイヤロープ, ターンバックル, シャックル, 隅角部固定ボルト, 取付プレート, ネット取付金物, 取付ボルト及び押さえボルトを主体構造とし, これらを支持架構により支持する。また, ワイヤロープと支持架構の隙間を, 設計上考慮する飛来物である砂利以下の大きさとするため, 鋼製の補助防護板を設置する。なお, ターンバックル及びシャックルを接続治具(支持部), 隅角部固定ボルト及び取付プレートを接続治具(固定部), 取付ボルト及び押さえボルトを接続部とする。

防護ネット(鋼製枠)は, ネット, ワイヤロープ, ターンバックル, シャックル, 隅角部固定ボルト, 取付プレート及び鋼製枠を主体構造とし, トロリを用いて支持架構から支持される。

なお, ターンバックル及びシャックルを接続治具(支持部), 隅角部固定ボルト及び取付プレートを接続治具(固定部)とする。

防護ネットのうちネットは, らせん状の硬鋼線を3次的に編み込み, 編み込みの方向によって荷重を受け持つ展開方向と展開直角方向の異方性を持ち, 支持架構の配置, ネットに作用する荷重及び竜巻防護対象施設との離隔距離に応じて, ネットの展開方向と展開直角方向の長さの比を考慮して, 網目50mmのネットを複数枚重ねて設置する構造とする。また, 設計飛来物である鋼製パイプを捕捉するため, 網目40mmの補助ネットを設置する構造とする。

防護ネットの構造計画を第5.2-51表に示す。

防護板(鋼材)は, 離隔距離が確保できない箇所やネットの変形を阻害するブレース材等が存在する箇所に設置する。鋼板は設計荷重(竜巻)に対し, 設計飛来物が竜巻防護対象施設へ衝突することを防止するため, 設計飛来物が貫通しない厚さとする。また, 設計荷重(竜巻)に対し, 鋼板の破断による脱落を防止するために, 鋼板のはしあき強度を確保する。

鋼板を支持架構に固定する取付ボルトは、設計荷重（竜巻）に対し、鋼板の脱落を防止するため、以下の構造とする。

鋼板の変形により作用する荷重を踏まえて取付ボルトのサイズ、本数及びボルトの設置間隔を設定する。更に、飛来物衝突位置近傍の取付ボルトは破断することが想定されるため、取付ボルトを複数配置することを基本構造とする。

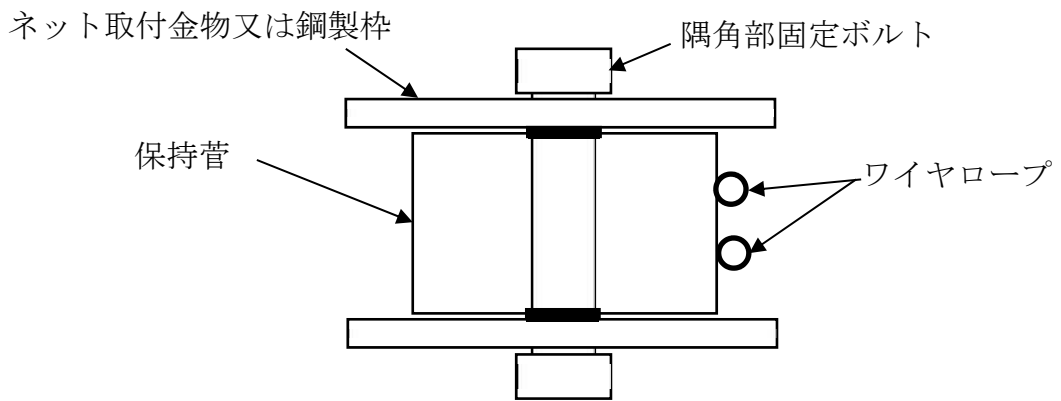
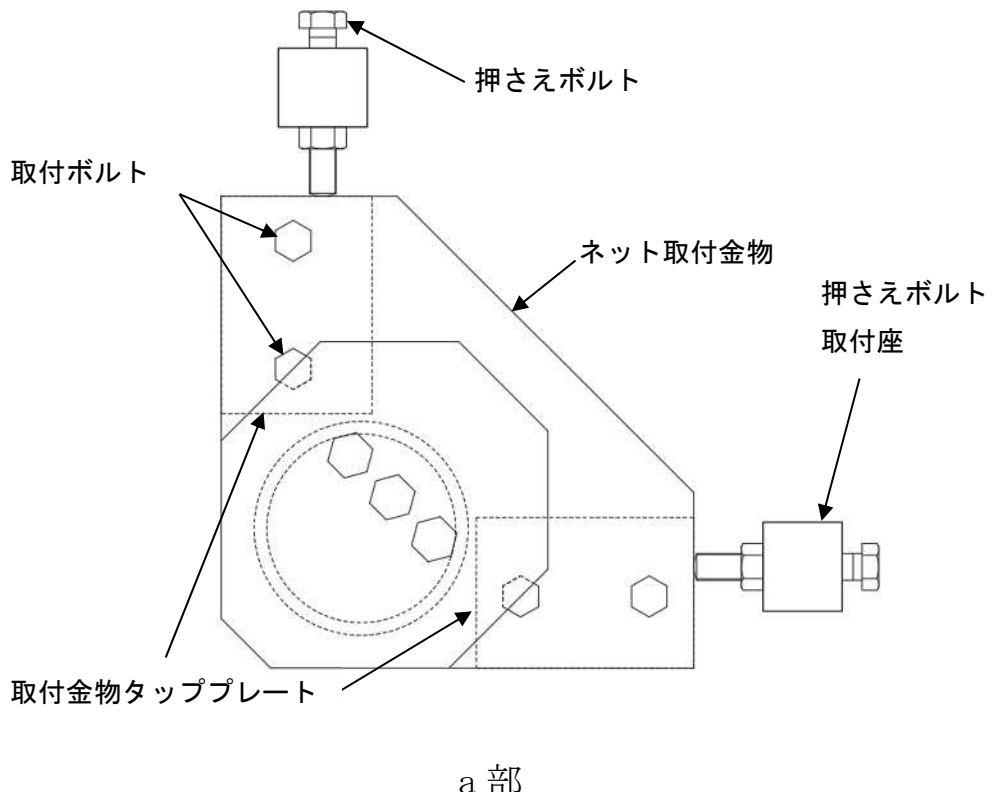
支持架構に対するボルト配置上の制約がある場合は、複数の取付ボルトを集約した支持部を2カ所以上設ける構造とする。この際、支持部は鋼板の変形により作用する荷重を踏まえ、取付ボルトのサイズ、本数を設定し、耐力に応じた支持部の設置間隔を設定する。

また、鋼板が内側へ回転することを防止できるよう、支持架構に対して外面に設置する構造とする。なお、設計荷重（竜巻）により取付ボルトに破断が生じたとしても、鋼板の面内方向の移動も拘束できる構造とする。

防護ネット及び防護板（鋼材）を支持する支持架構は、柱、はり及びブレースによって構成されるラーメン・トラス構造であり、溶接又はボルトにより接合される鉄骨構造物である。支持架構は、施設の外殻に作用する荷重並びに積載する防護ネット及び防護板（鋼材）からの荷重を支持する構造とする。また、支持架構を構成する柱は杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。

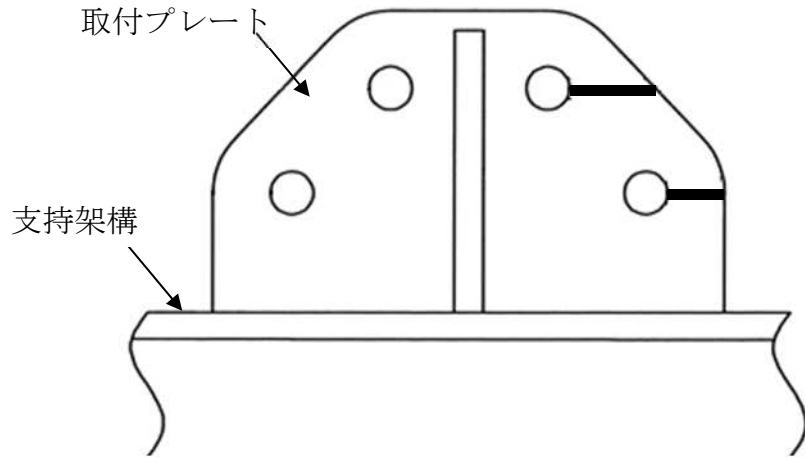
第5.2-51表 防護ネットの構造計画

設備名称		飛来物防護ネット（支持架構に直接設置）
計画の概要	主要構造	ネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、ネット取付金物及び接続部から構成する
	支持構造	接続部及び取付プレートにより支持架構に直接支持され、支持架構を介して荷重を基礎に伝達する構造とする。
説明図		



隅角部固定ボルト周りの概要図

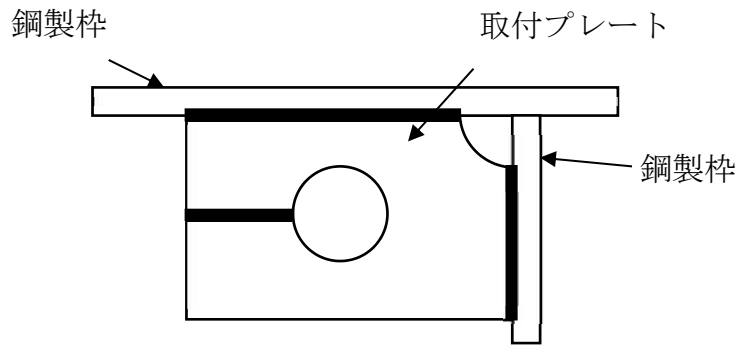
説明図



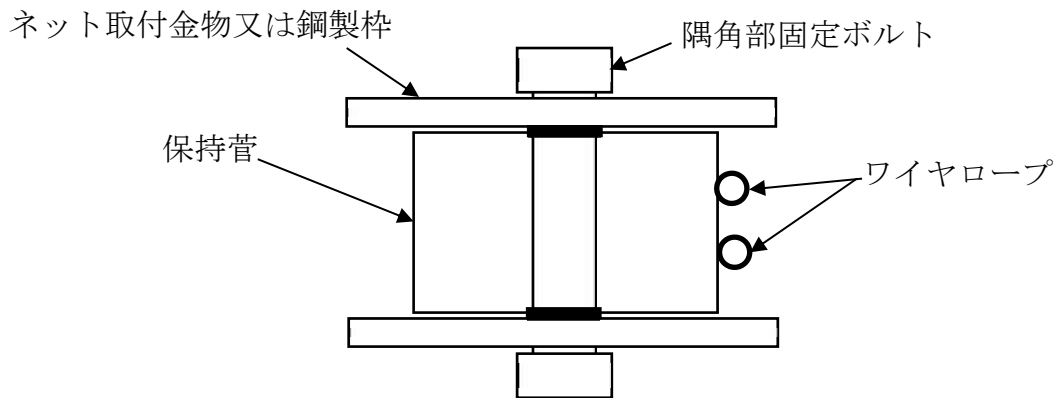
B 部

第 5.2-51 表 防護ネットの構造計画

設備名称		飛来物防護ネット（鋼製枠）
計画の概要	主要構造	ネット、ワイヤロープ、接続冶具（支持部及び固定部）、接続部及び鋼製枠から構成する
	支持構造	接続部及び取付プレートにより支持架構に直接支持され、支持架構を介して荷重を基礎に伝達する構造とする。
説明図		



取付プレート周りの概要図



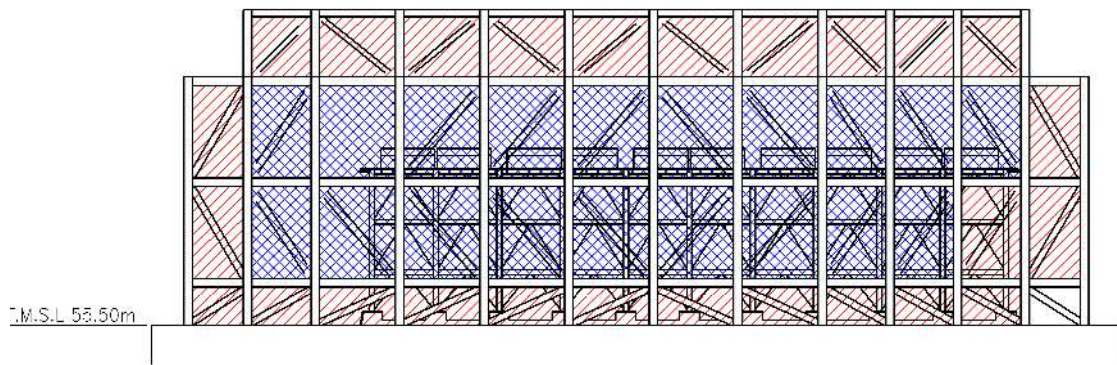
隅角部固定ボルト周りの概要図

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系 冷却塔A, B)

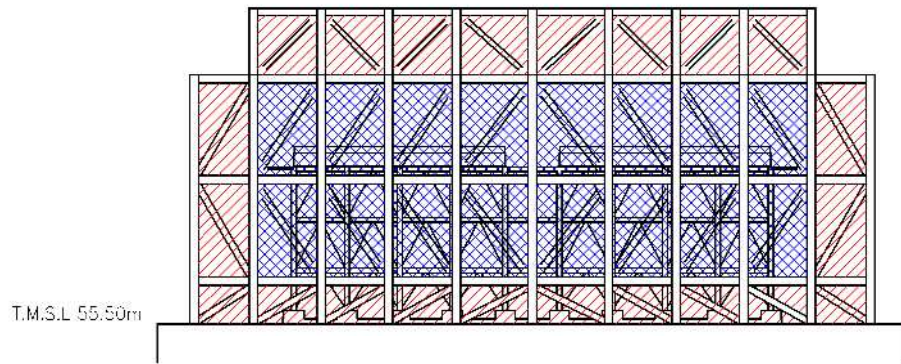
飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系 冷却塔A)の構造計画を第5.2-52表, 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系 冷却塔B)の構造計画を第5.2-53表に示す。

第 5.2-52 表 飛来物防護ネット（使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A）の構造計画

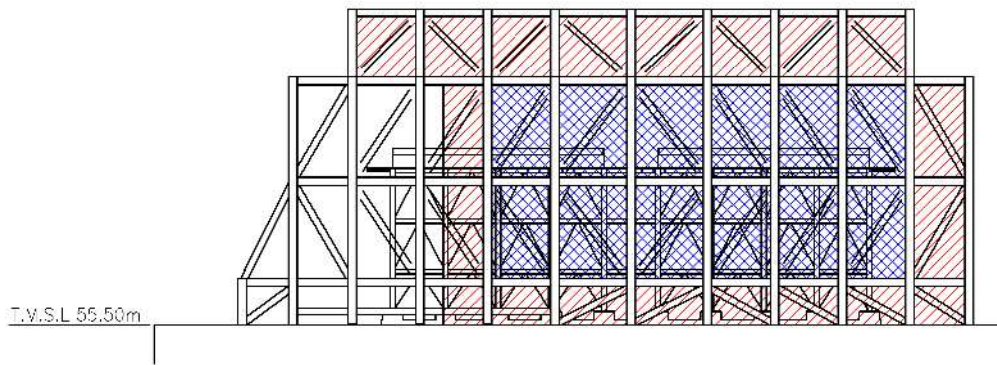
<p>【位置】</p> <p>飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、安全冷却水系冷却塔Aの周囲に設置する。</p>	
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造 防護ネット(鋼製枠)、防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p> <p>支持構造 杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p>説明図</p> <p>Plan View: 6.3000m width, 6.0000m height. Section line A-A at CL 71020.</p> <p>Elevation View: T.M.S.L. 55.50m.</p> <p>Legend: : 防護ネット : 防護板</p>



北面



東面



西面

【凡例】

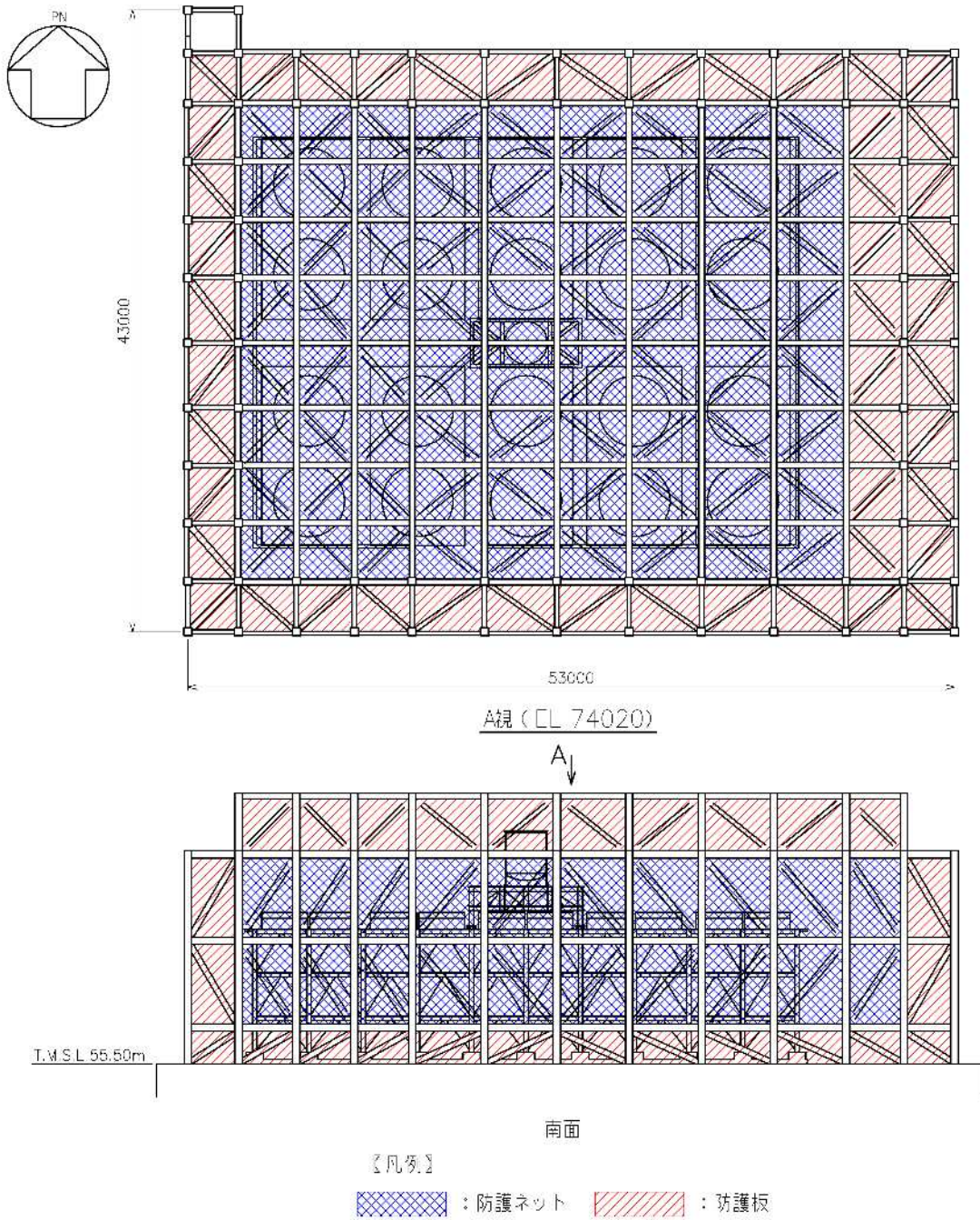


: 防護ネット

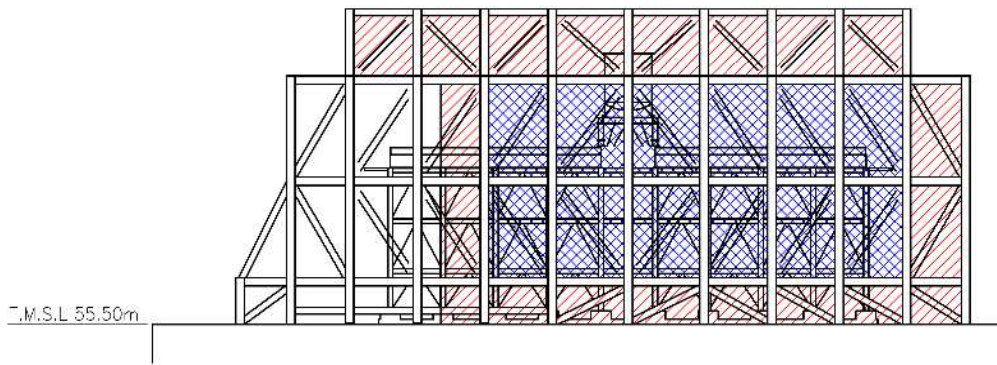
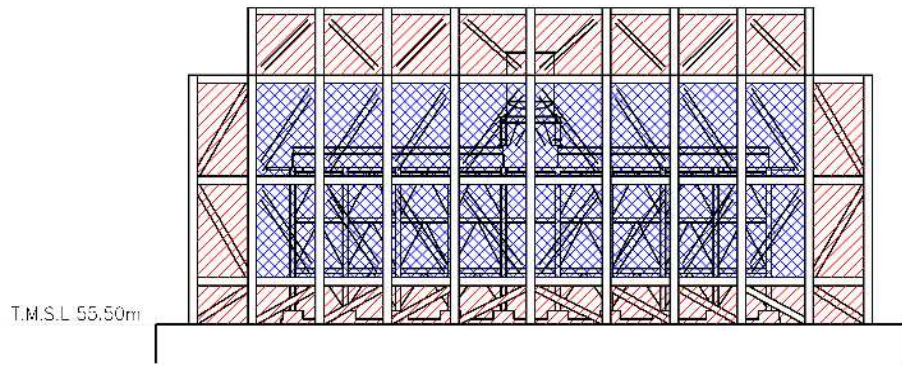
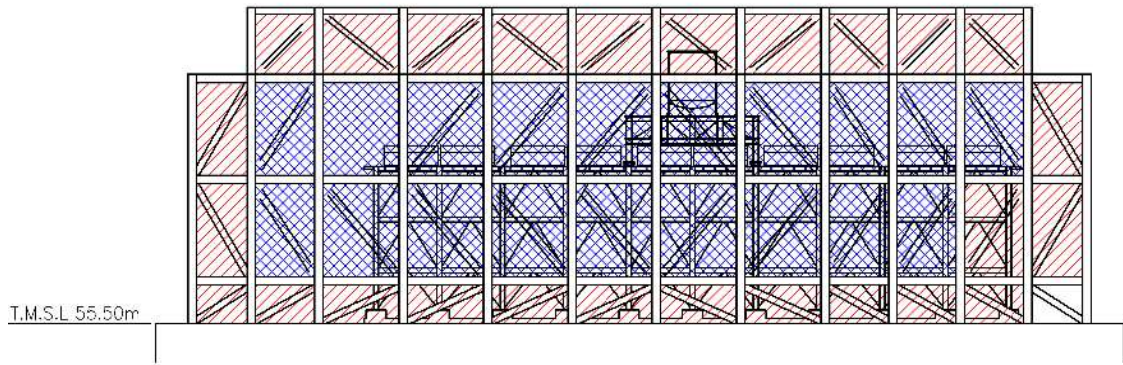


: 防護板

説明図



説明図



【凡例】

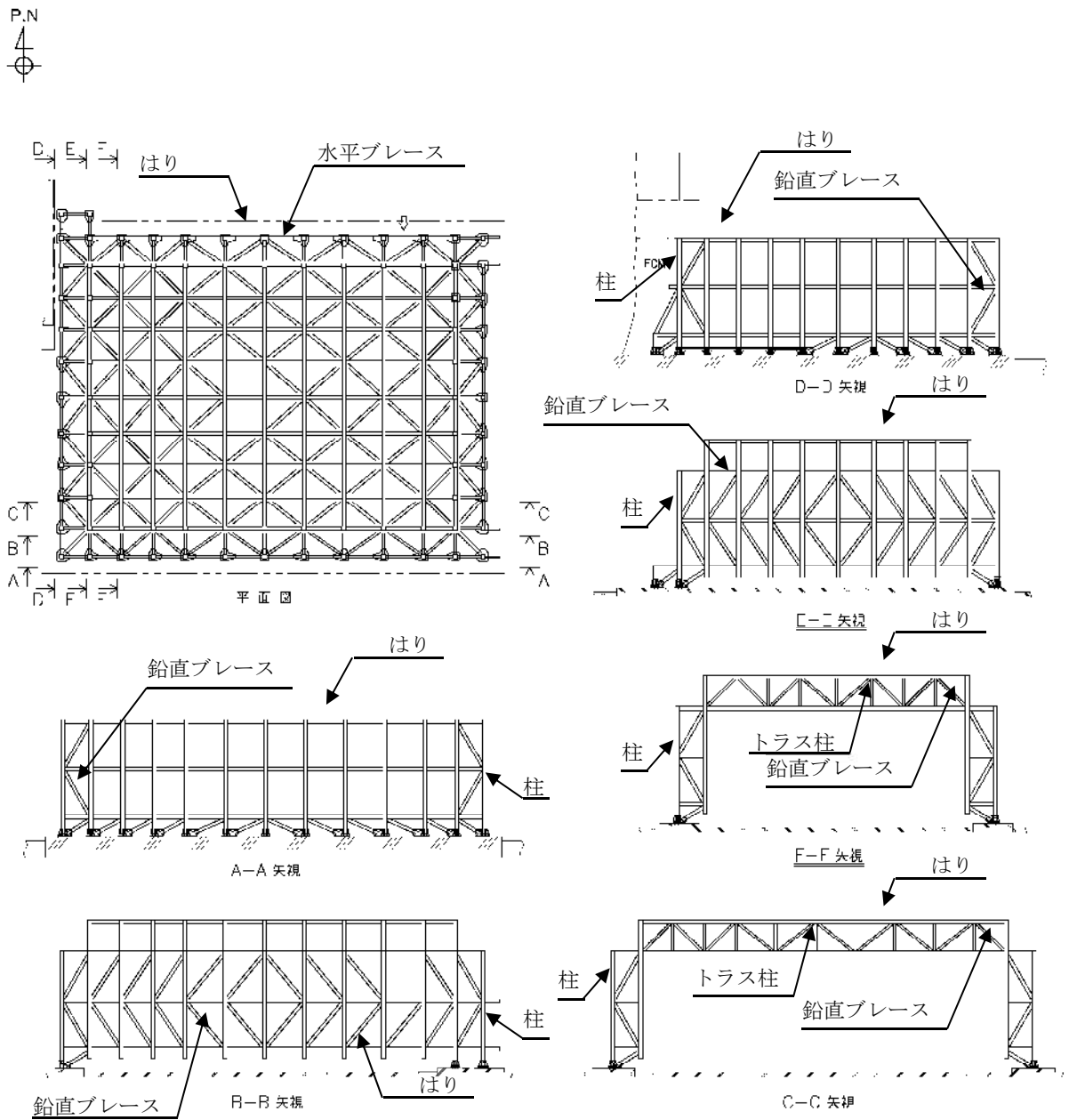


: 防護ネット

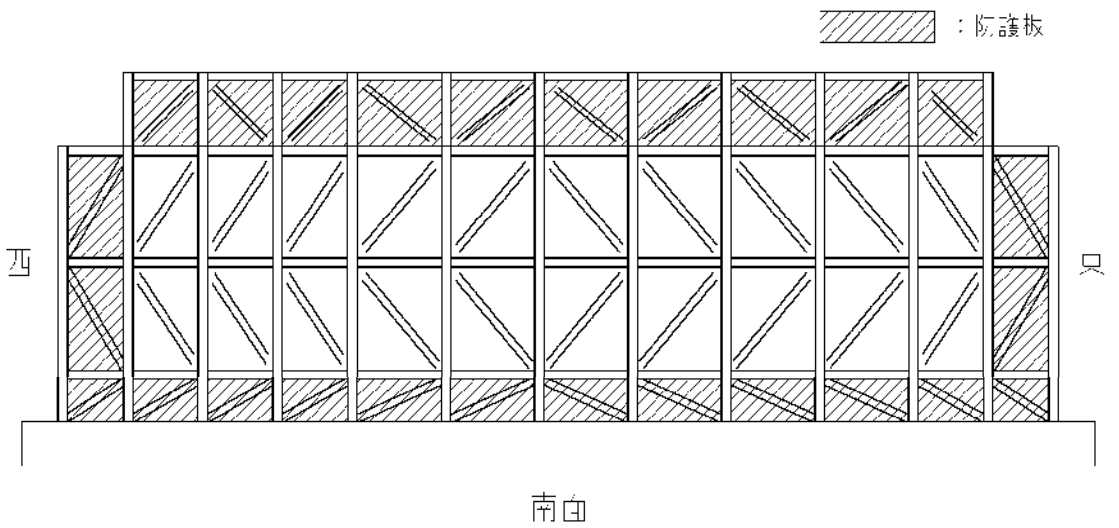
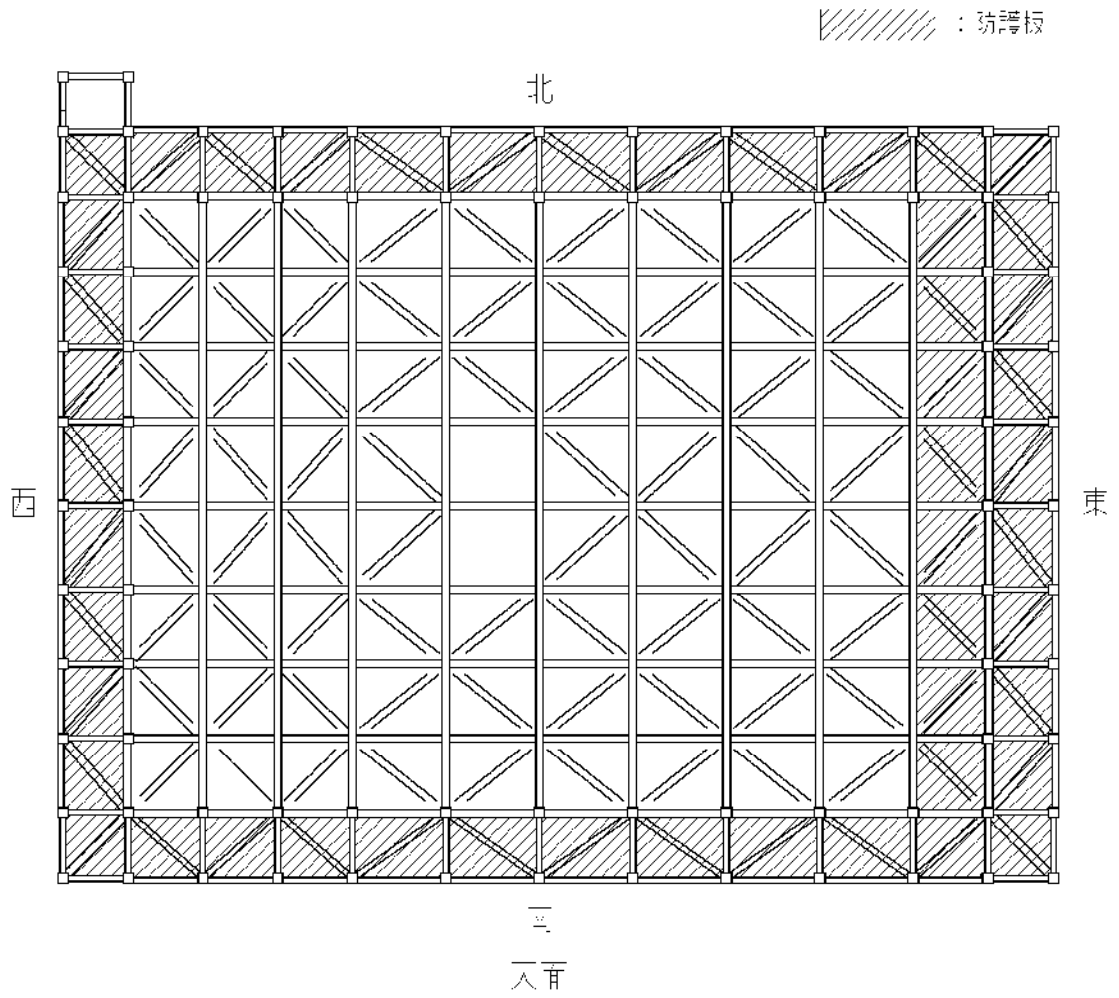


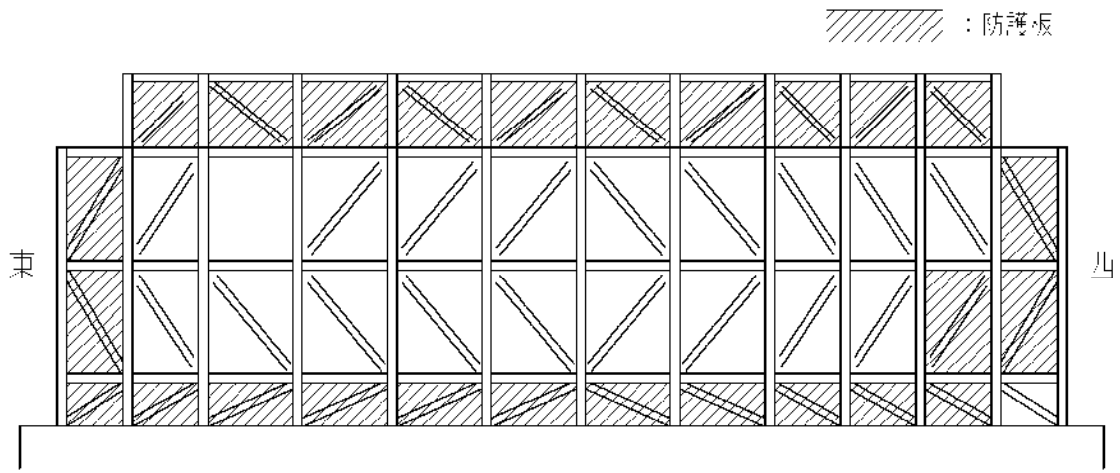
: 防護板

説明図

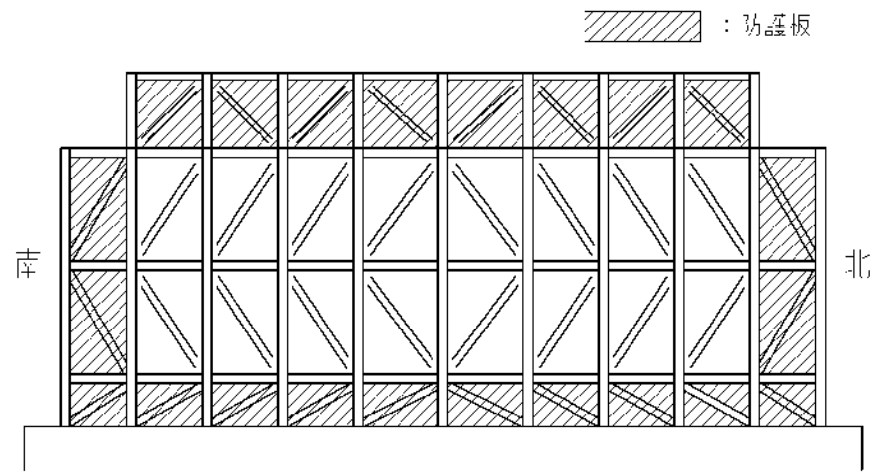


F1(A) 飛来物防護ネット 支持架構

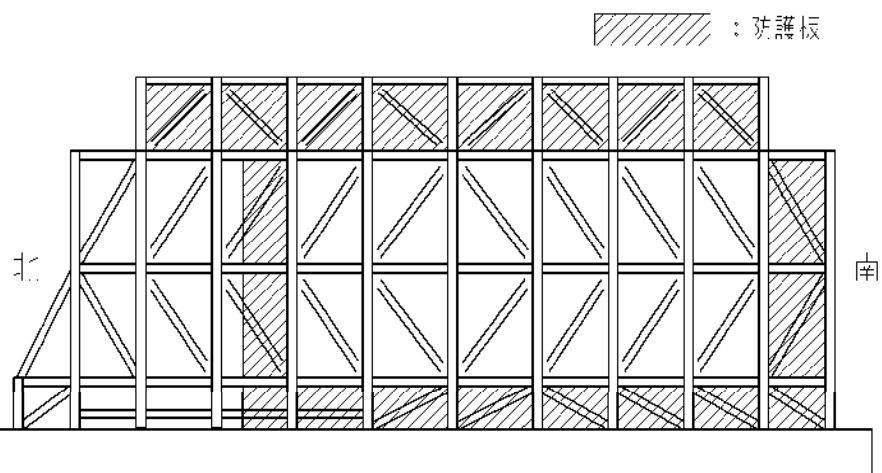




西面



東面

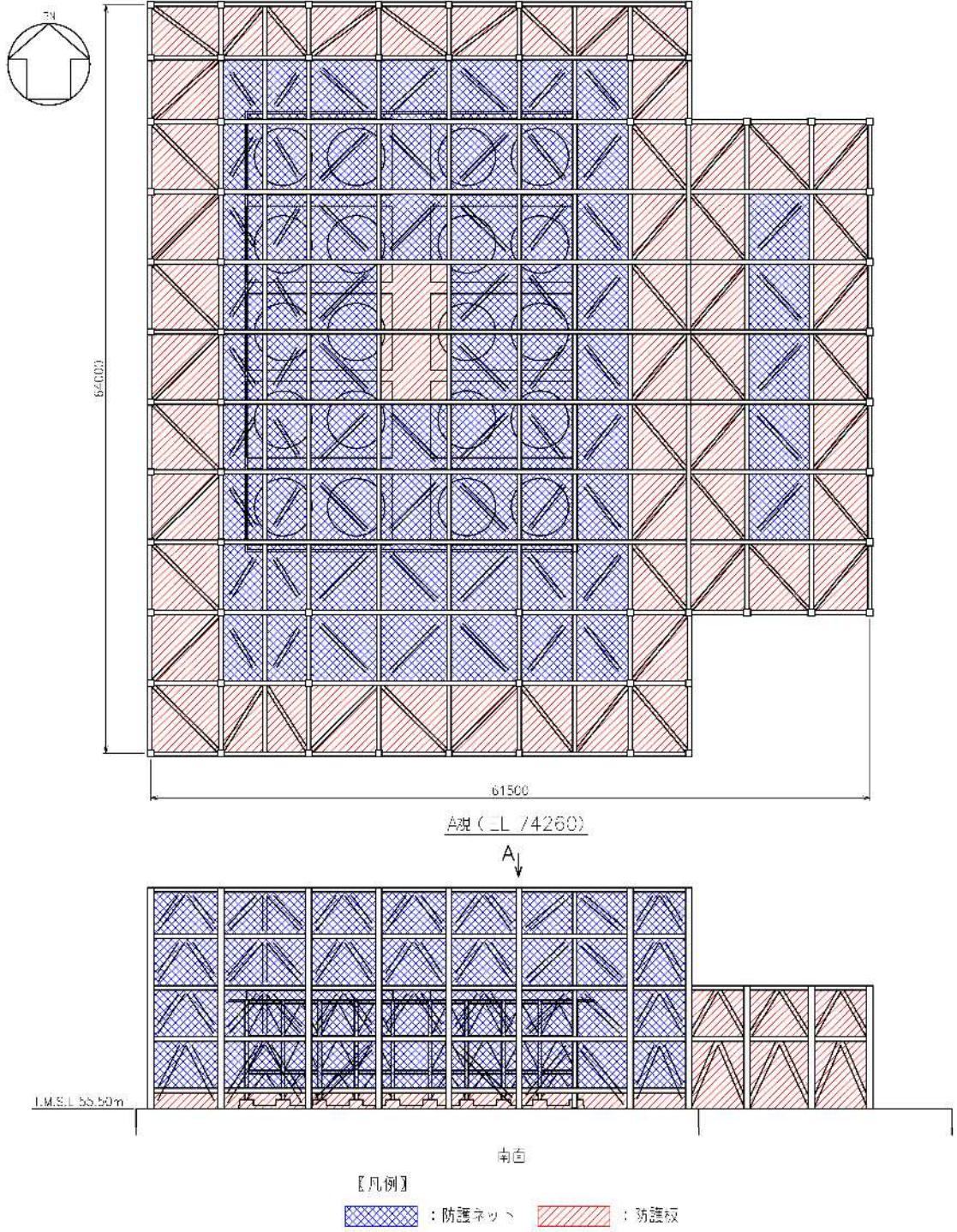


西面

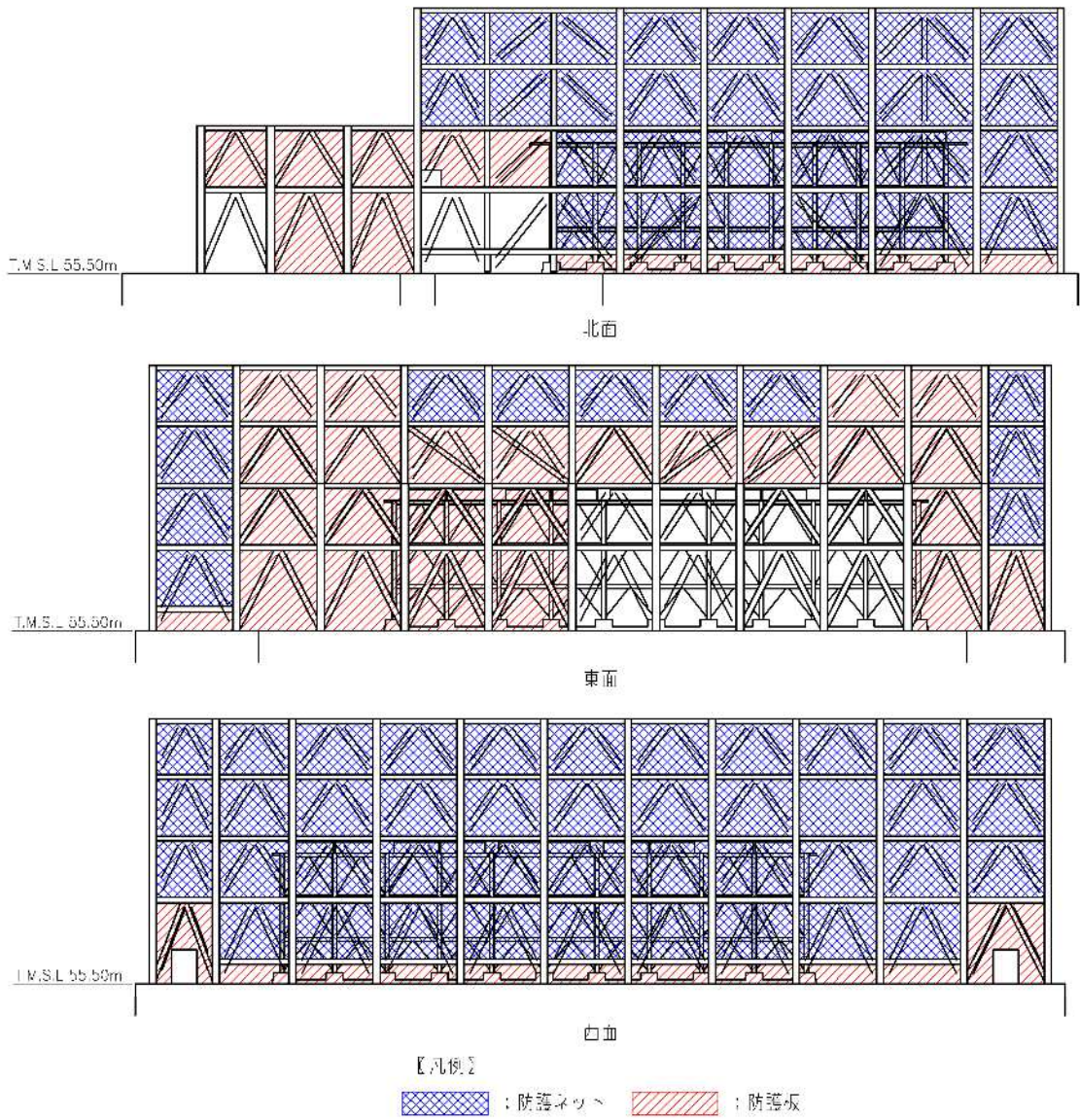
第 5.2-53 表 飛来物防護ネット（使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B）の構造計画

<p>【位置】</p> <p>飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、安全冷却水系冷却塔 B の周囲に設置する。</p>	
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p> <p>防護ネット(鋼製枠)、防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p>
	<p>支持構造</p> <p>杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p>64000</p> <p>61500</p> <p>A-A (F. 74260)</p> <p>74260</p> <p>断面</p> <p>（凡例）</p> <p>■：防護ネット ■：防護板</p>

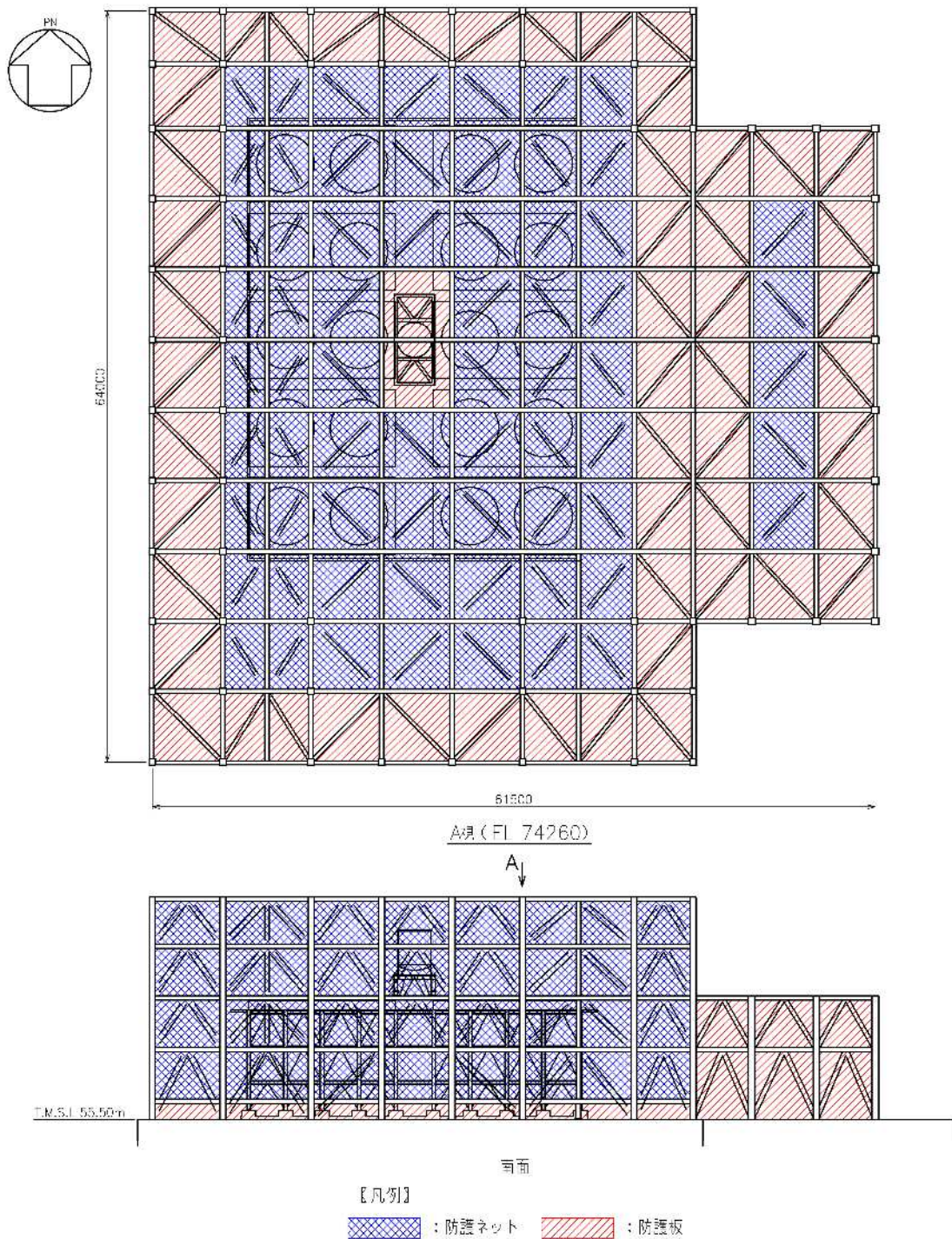
説明図



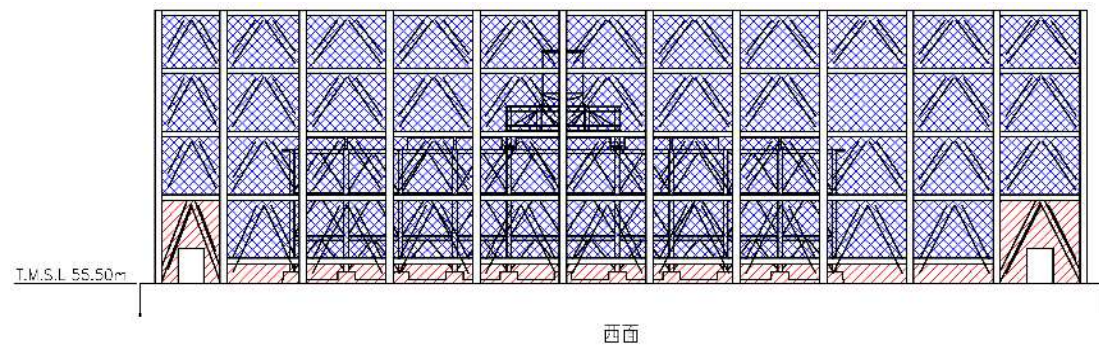
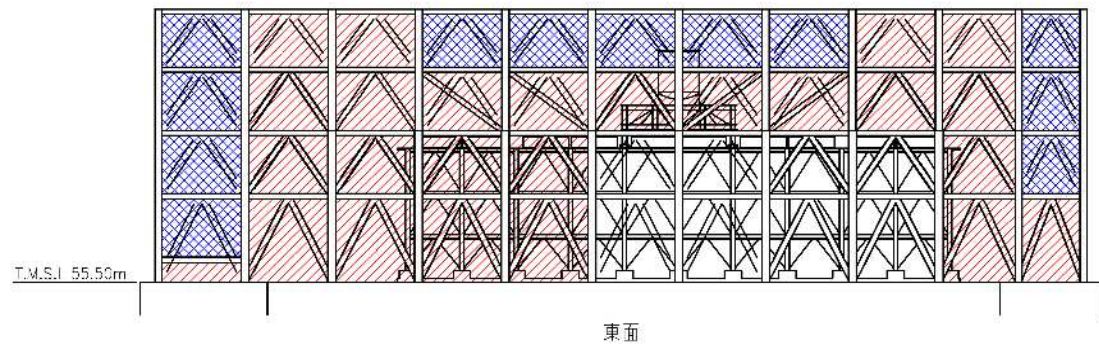
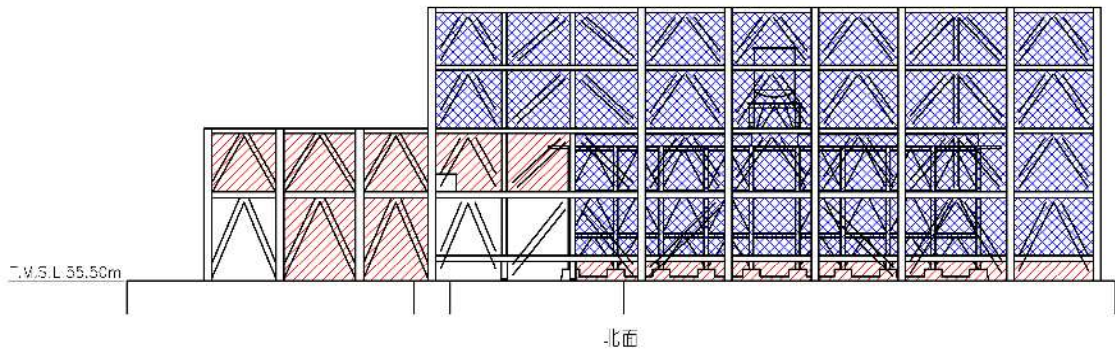
説明図



説明図



説明図



【凡例】

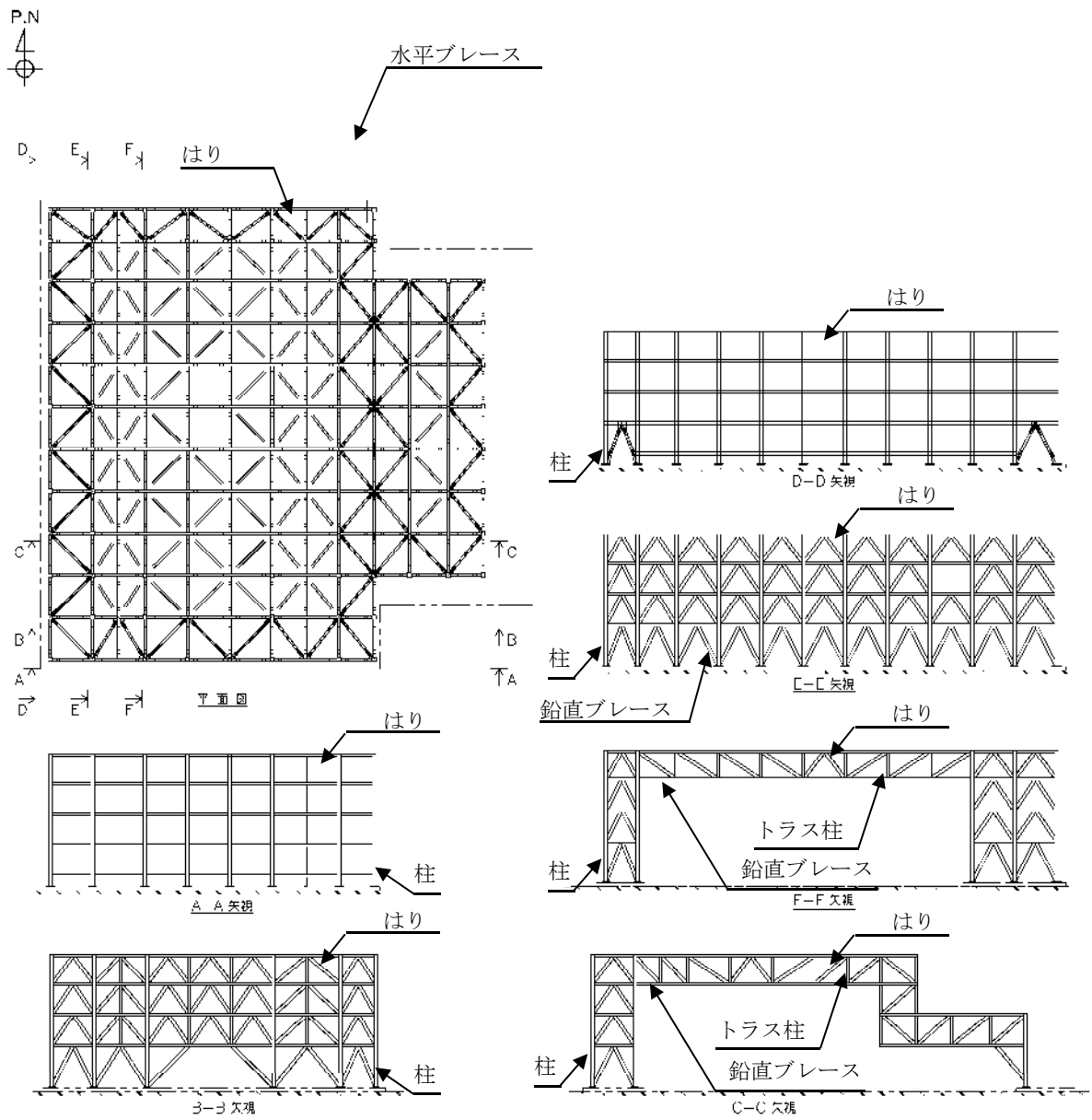


：防護ネット



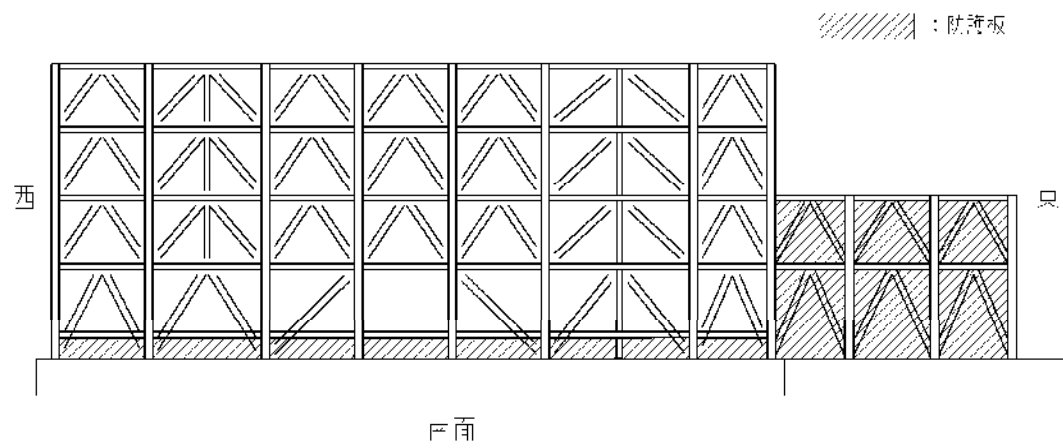
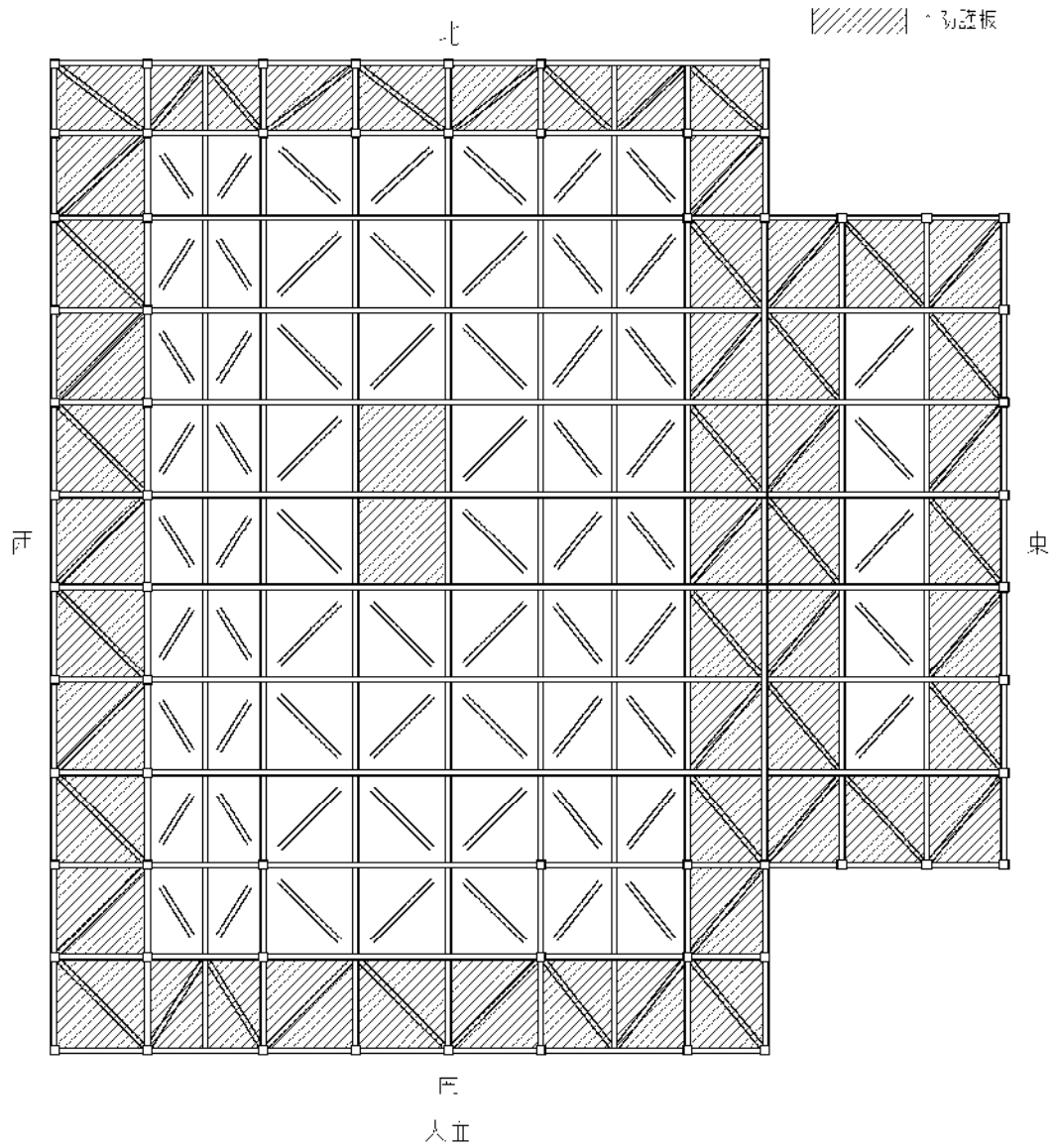
：防護板

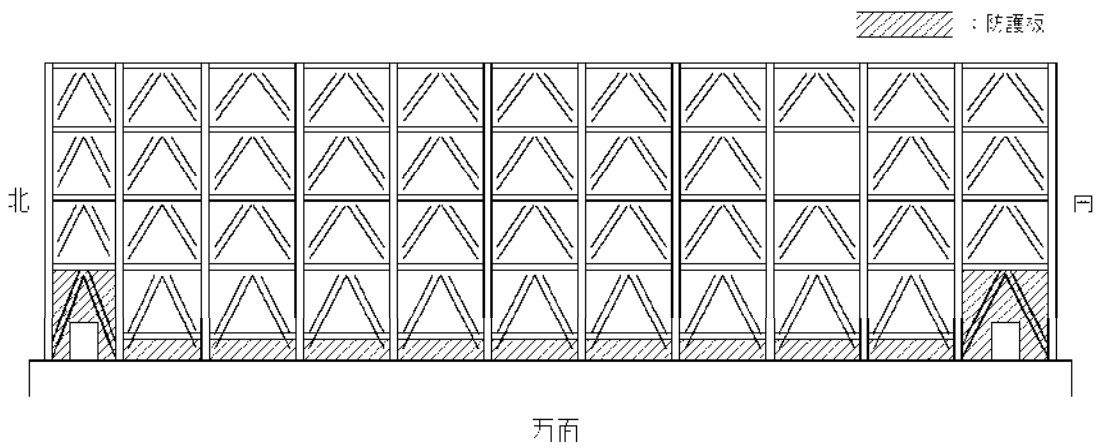
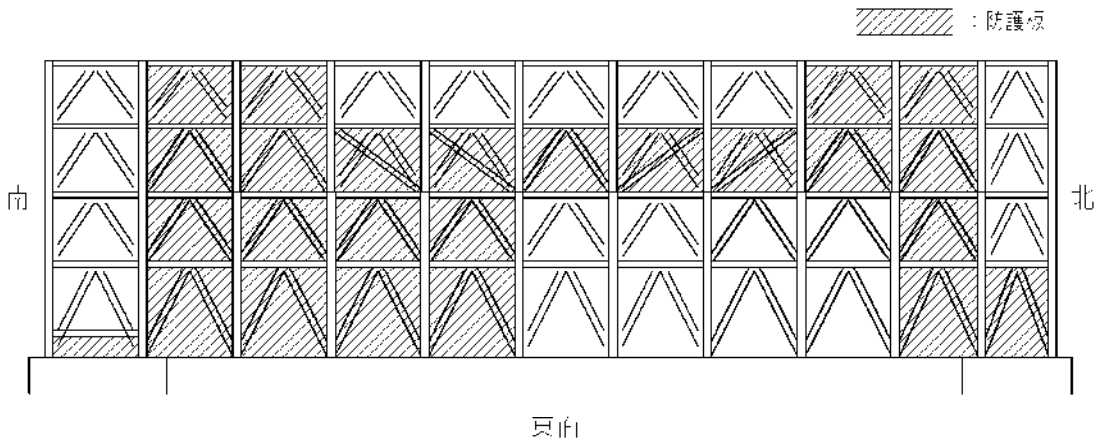
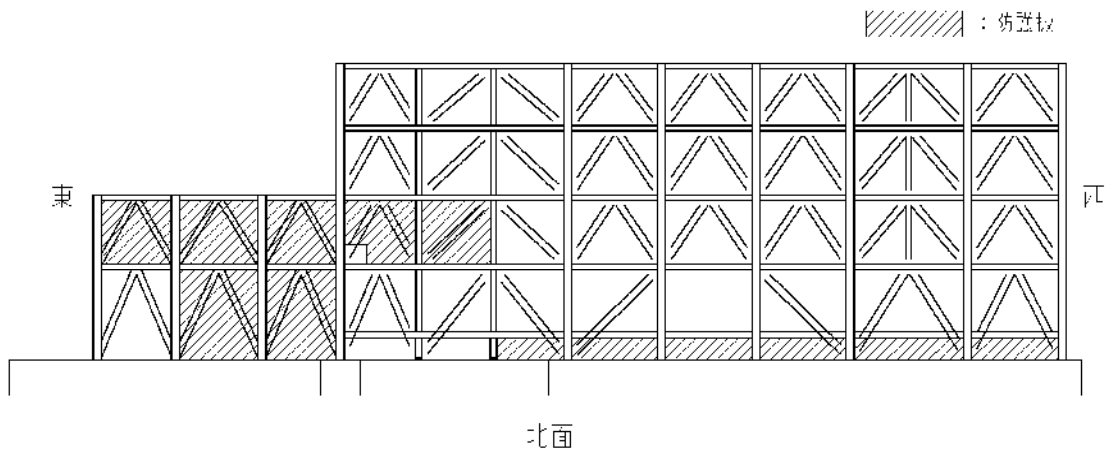
説明図



F1(B) 飛来物防護ネット 支持架構

説明図





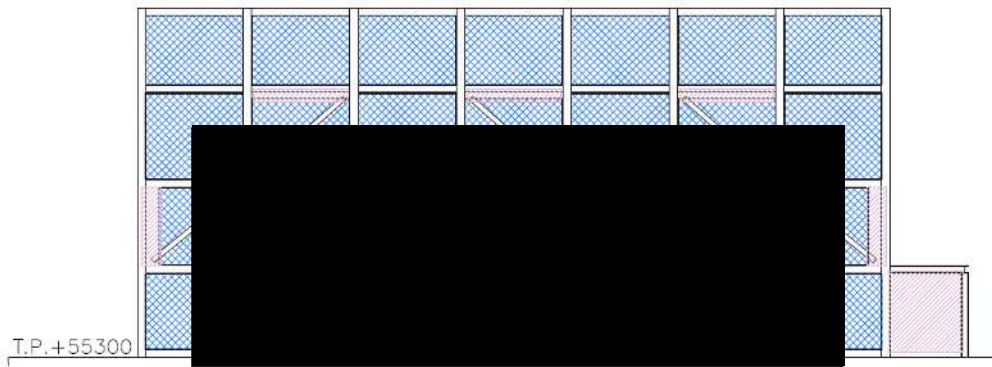
(b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A)の構造計画を第5.2-54表, 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造計画を第5.2-55表に示す。

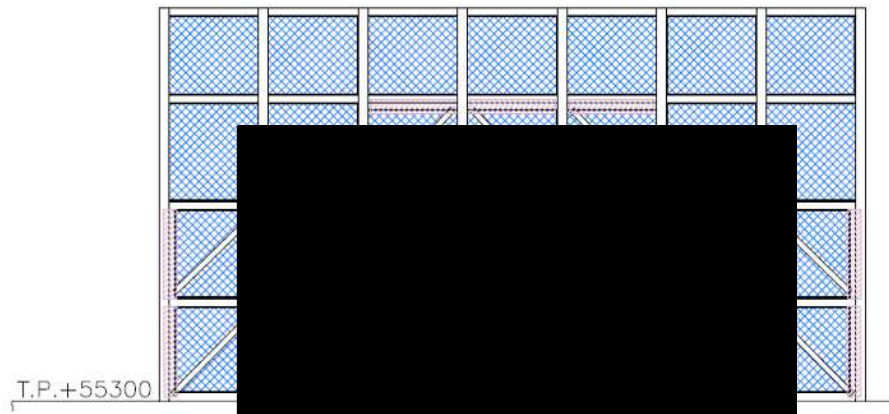
第5.2-54表 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A)の構造計画

<p>【位置】</p>	
<p>飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A)は, 防護ネット, 防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて, 安全冷却水A,B冷却塔の周囲に設置する。</p>	
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造 防護ネット(支持架構に直接設置), 防護ネット(鋼製枠), 防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p>
	<p>支持構造 杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p>PN</p> <p>36000</p> <p>47900</p> <p>A視<T.P.+75600></p> <p>A ↓</p> <p>T.P.+55300</p> <p>南面</p> <p>【凡例】</p> <p>■ : 防護ネット(支持架構に直接設置) ■ : 防護ネット(鋼製枠) ■ : 防護板</p>

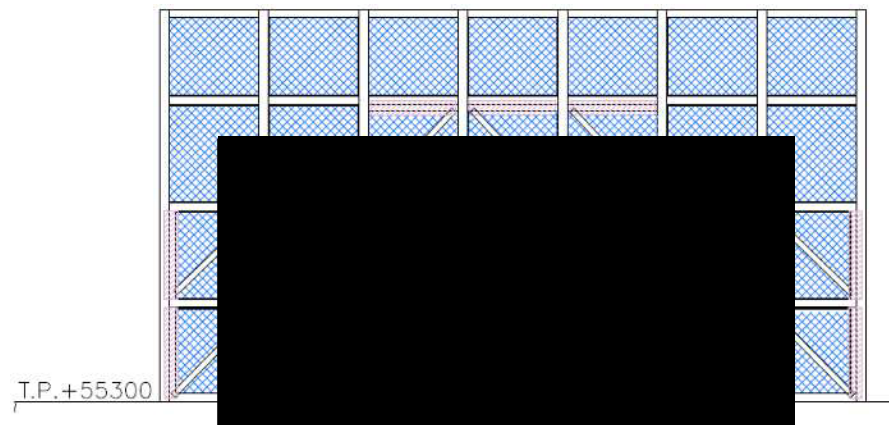
説明図



北面




東面



西面

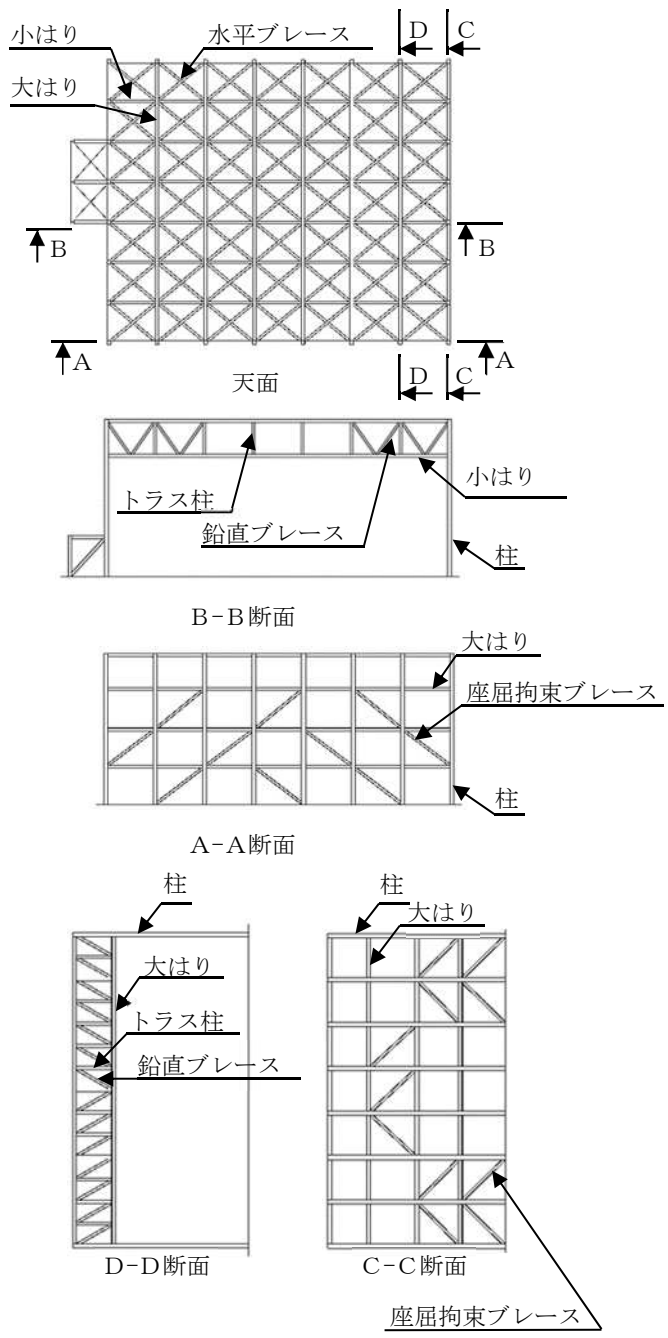
【凡例】

 : 防護ネット（支持架構に直接設置）

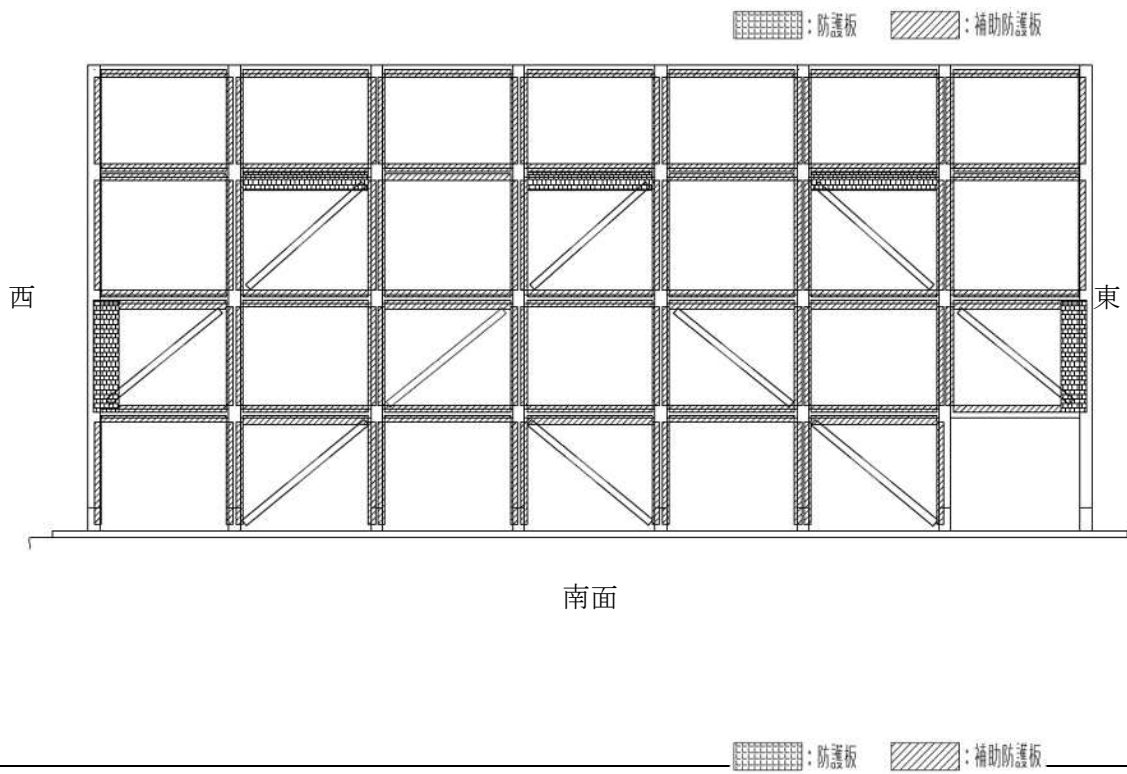
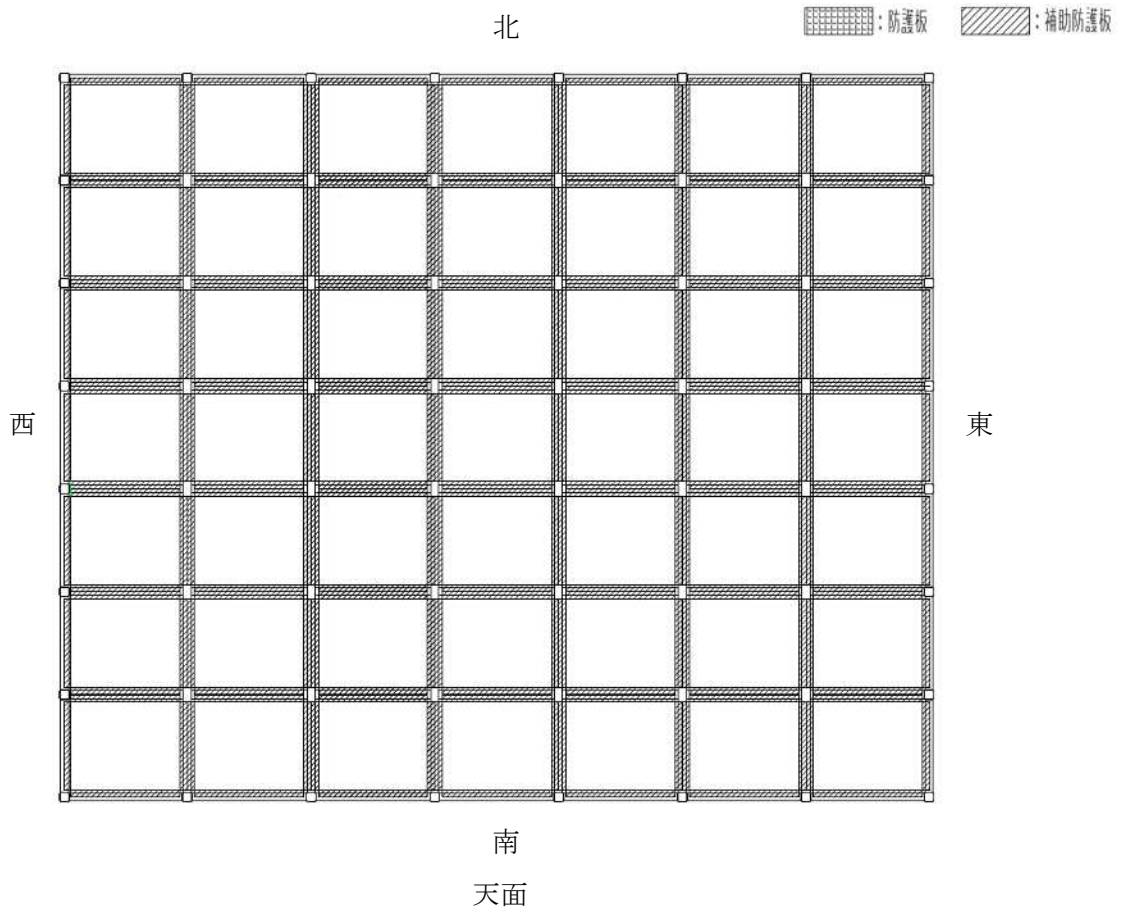
 : 防護ネット（銅製枠）

 : 防護板

説明図

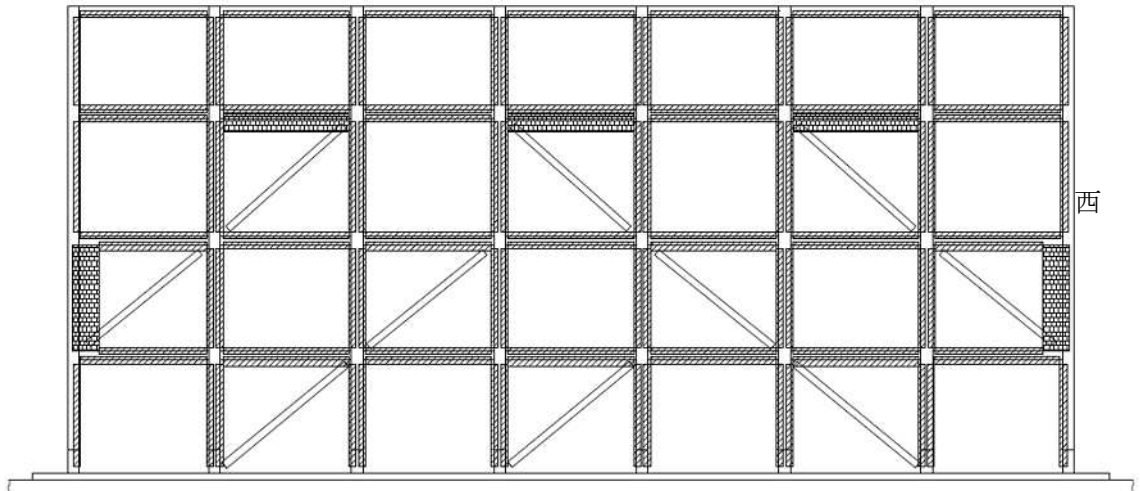


支持架構



東

西

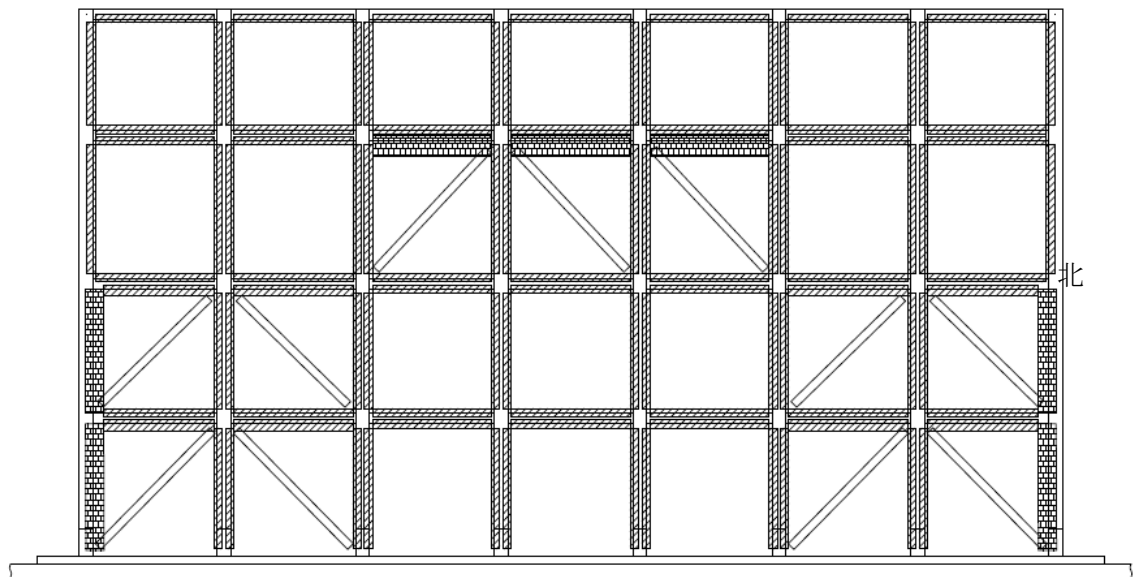


北面

■ : 防護板 ▨ : 補助防護板

南

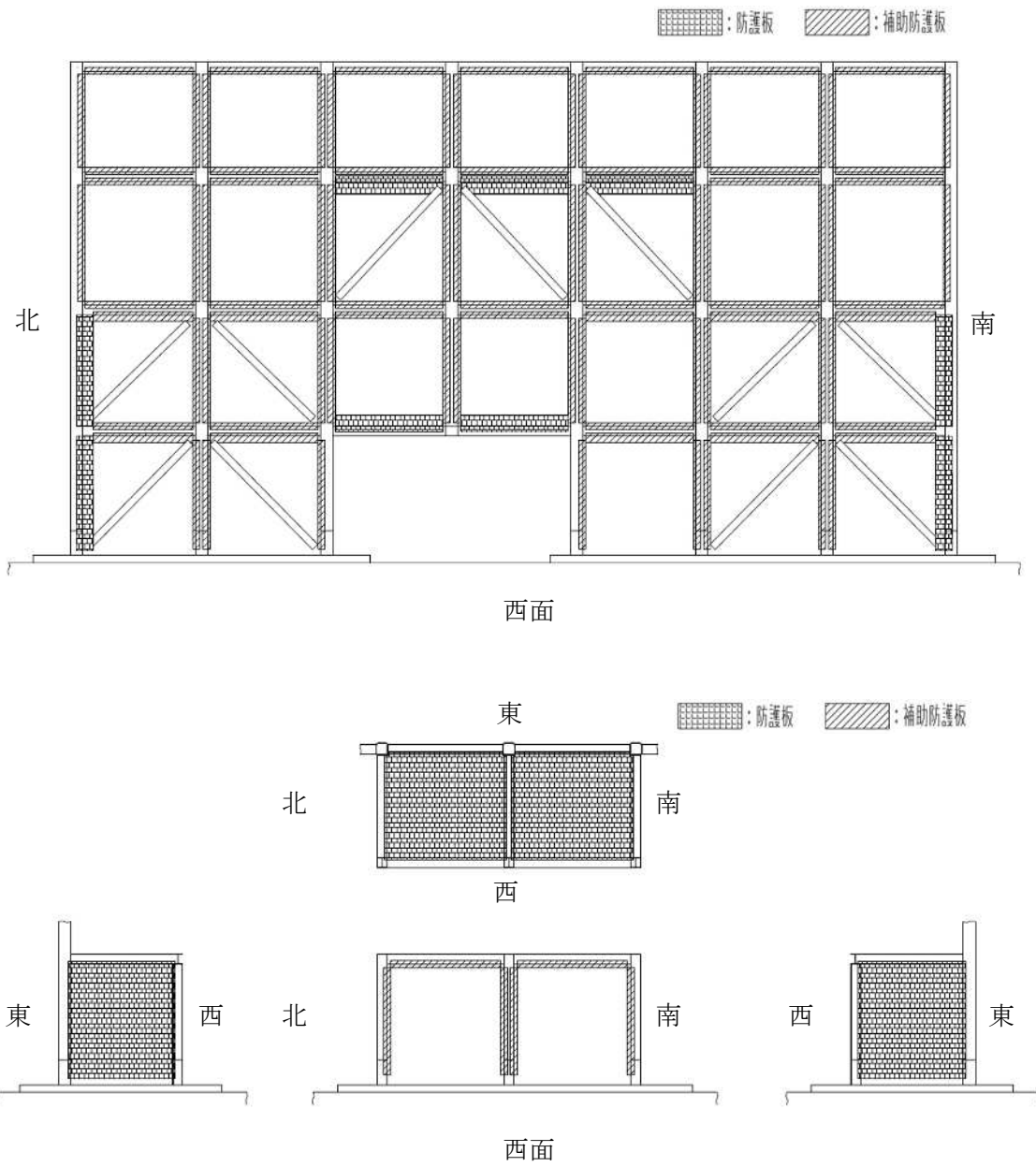
北



東面

説明図

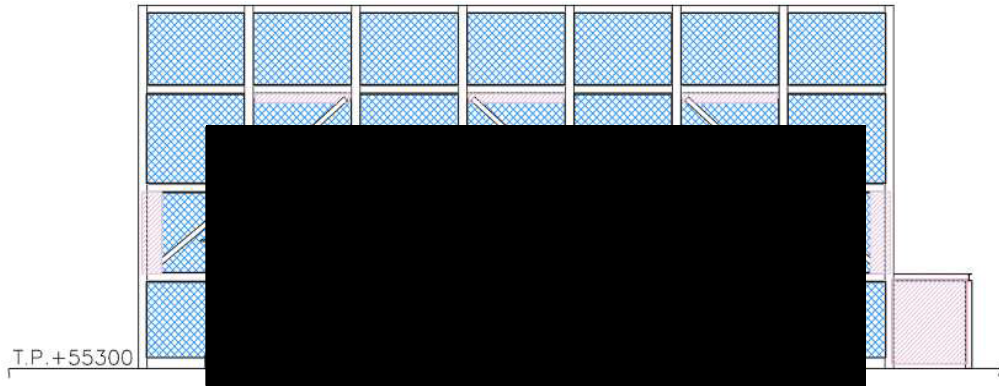
説明図



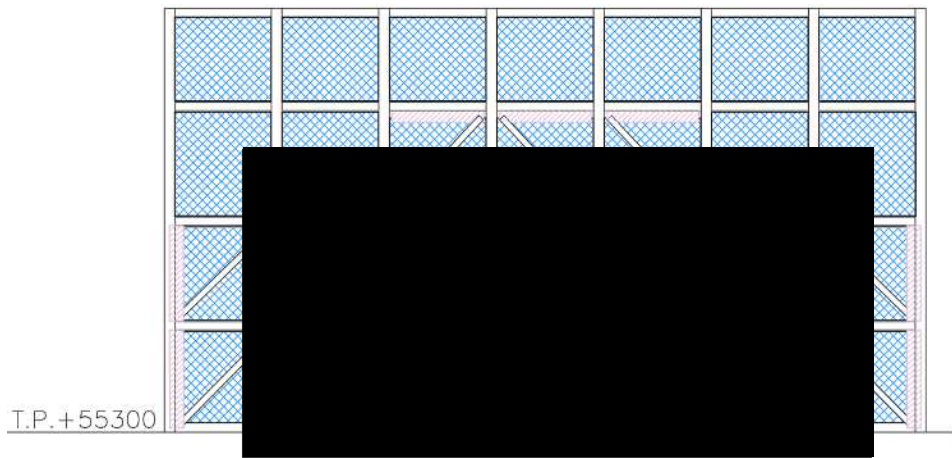
第 5.2-55 表 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)の構造計画

<p>【位置】</p> <p>飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、安全冷却水 B 冷却塔の周囲に設置する。</p>		
<p>計画の概要</p>	<p>主要構造</p>	<p>防護ネット(支持架構に直接設置), 防護ネット(鋼製枠), 防護板(鋼材)及び支持架構から構成する</p>
	<p>支持構造</p>	<p>杭基礎を介して支持地盤である鷹架層に支持される構造とする。</p>
<p>説明図</p>	<p>PN</p> <p>36000</p> <p>47900</p> <p>A視 (T.P.+75600)</p> <p>A</p> <p>T.P.+55300</p> <p>南面</p> <p>【凡例】</p> <p> : 防護ネット(支持架構に直接設置) : 防護ネット(鋼製枠) : 防護板 </p>	

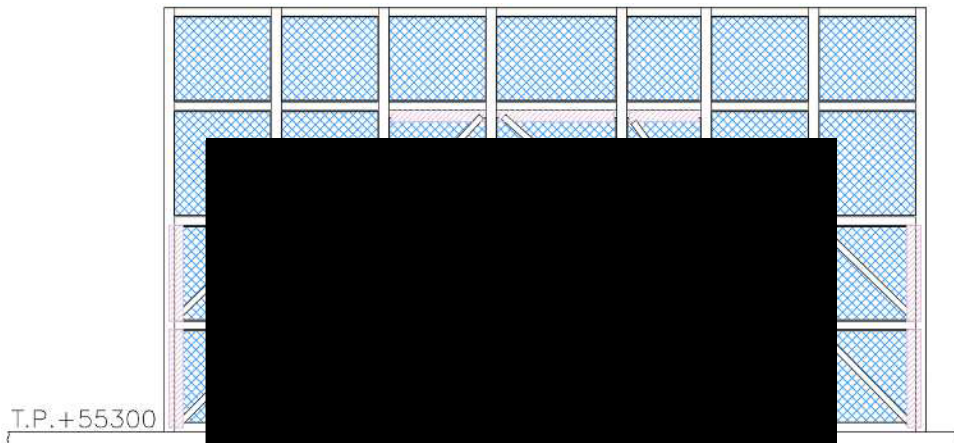
説明図



北面





東面



西面

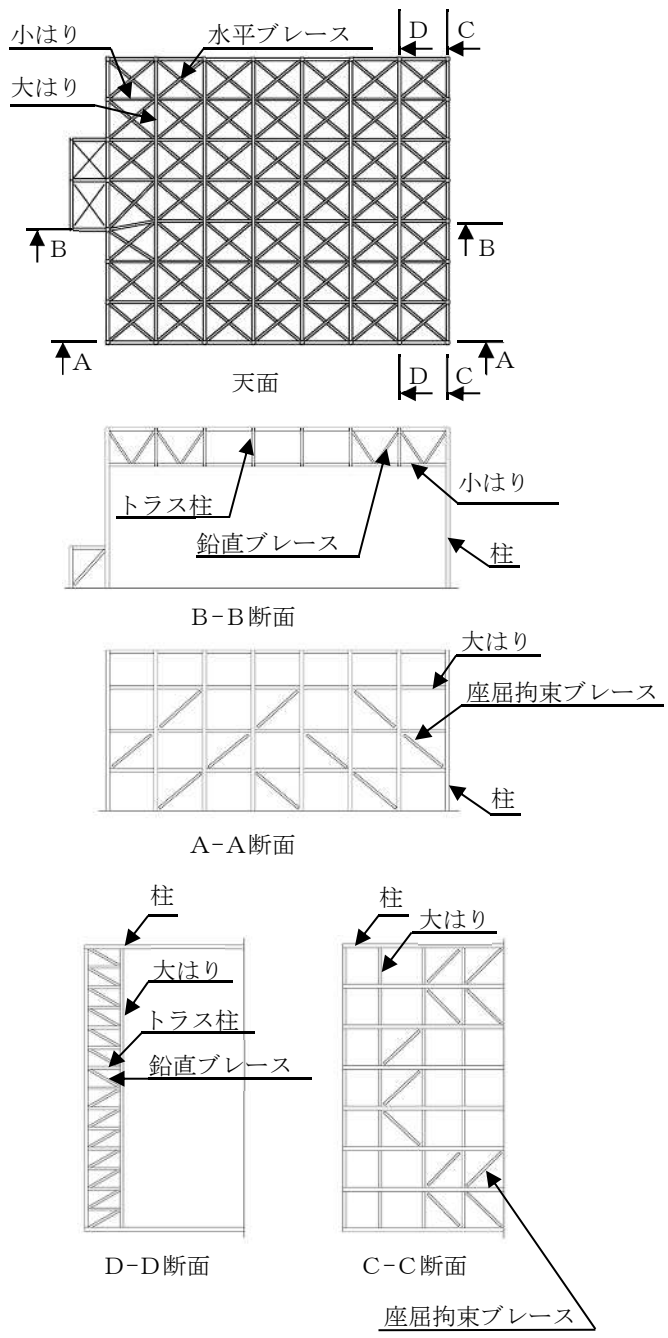
【凡例】

 : 防護ネット (支持架構に直接設置)

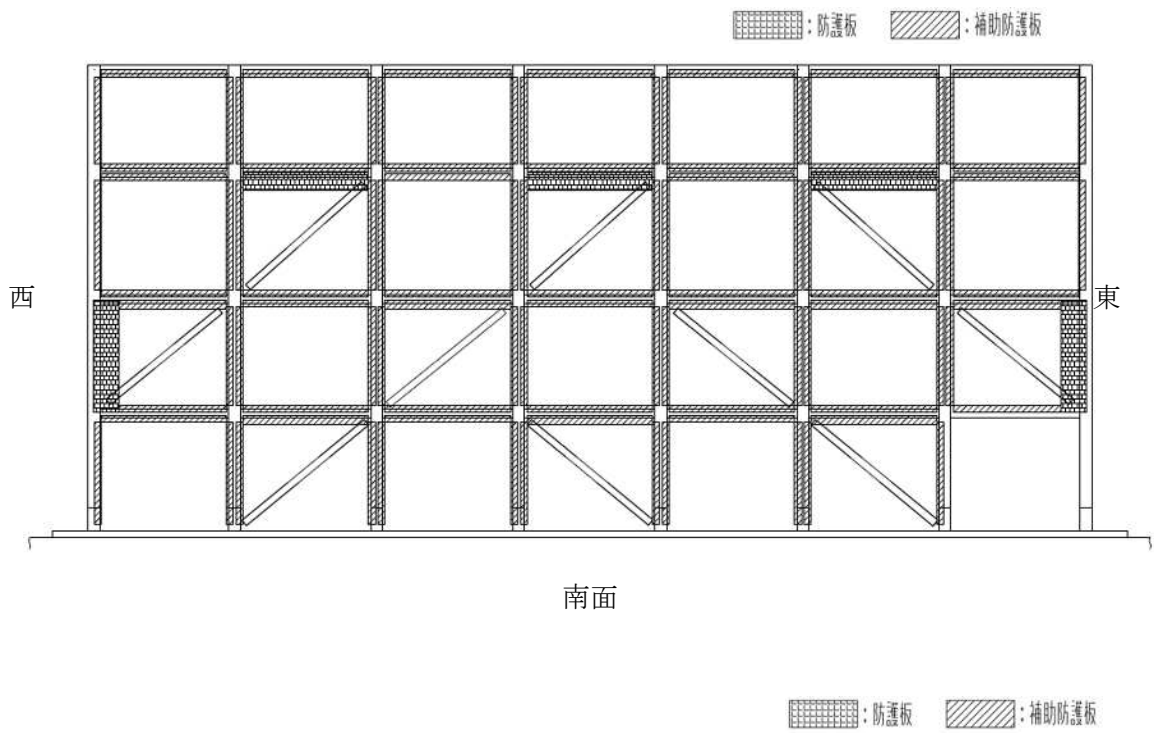
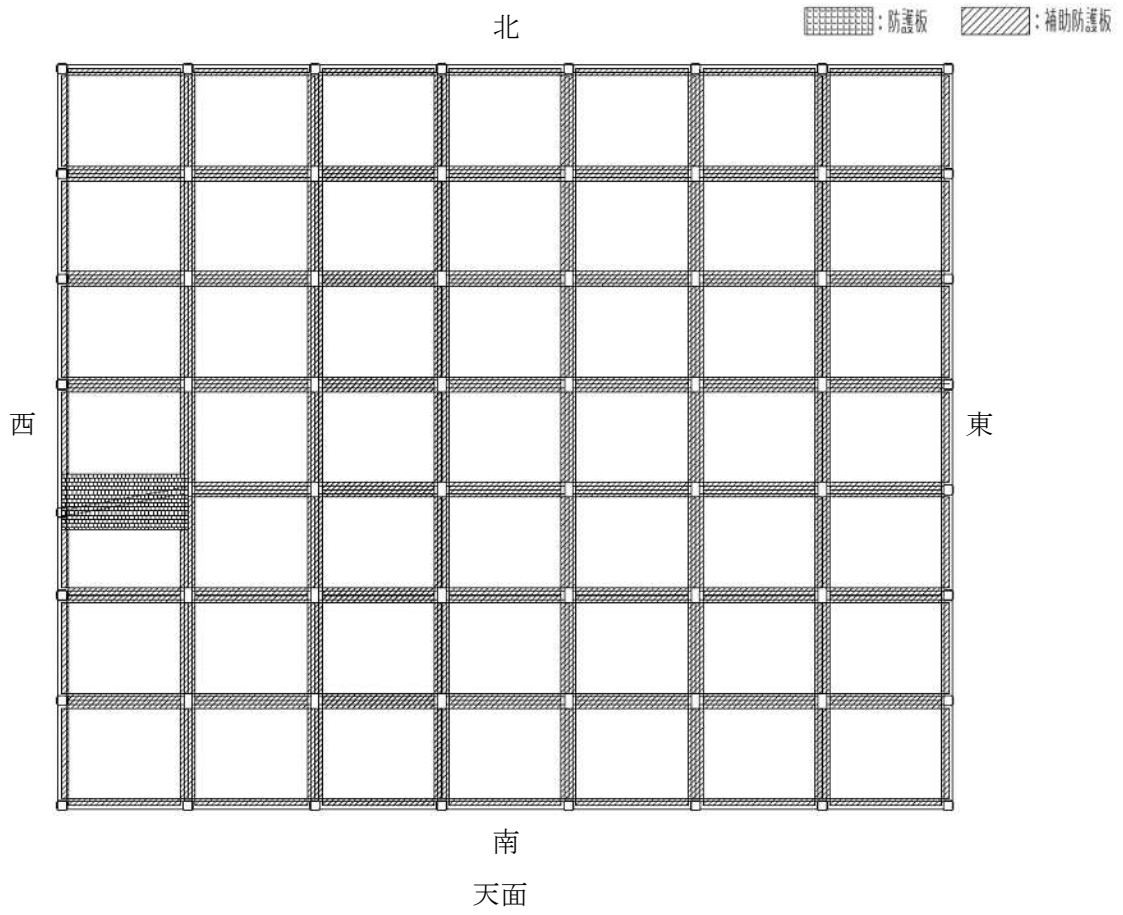
 : 防護ネット (銅製枠)

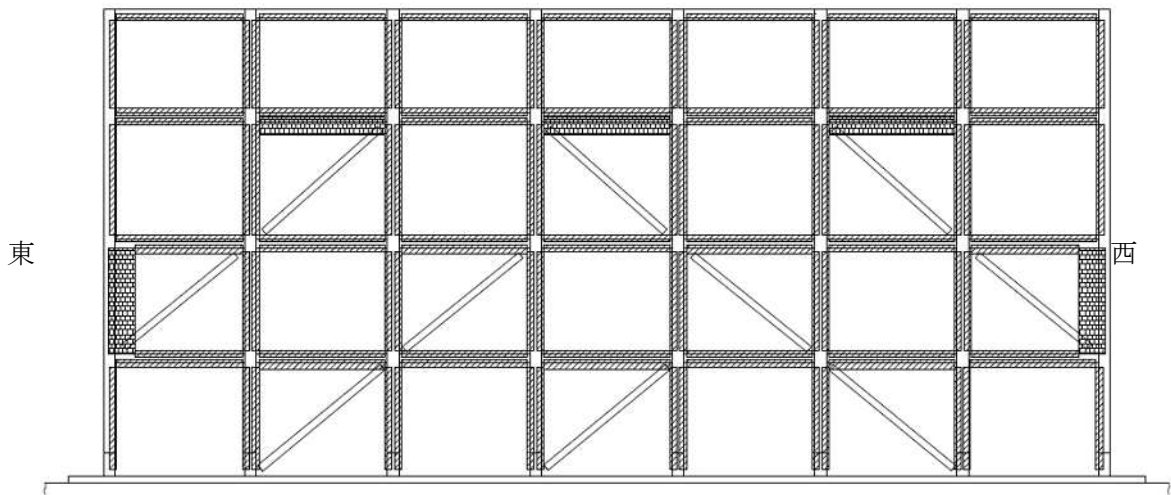
 : 防護板

説明図



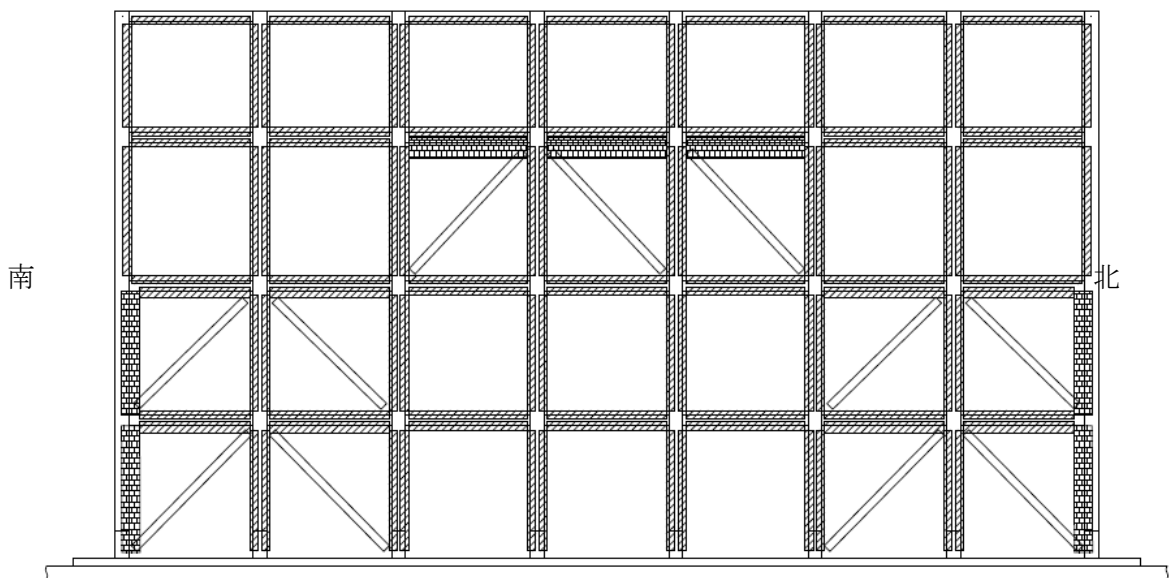
支持架構





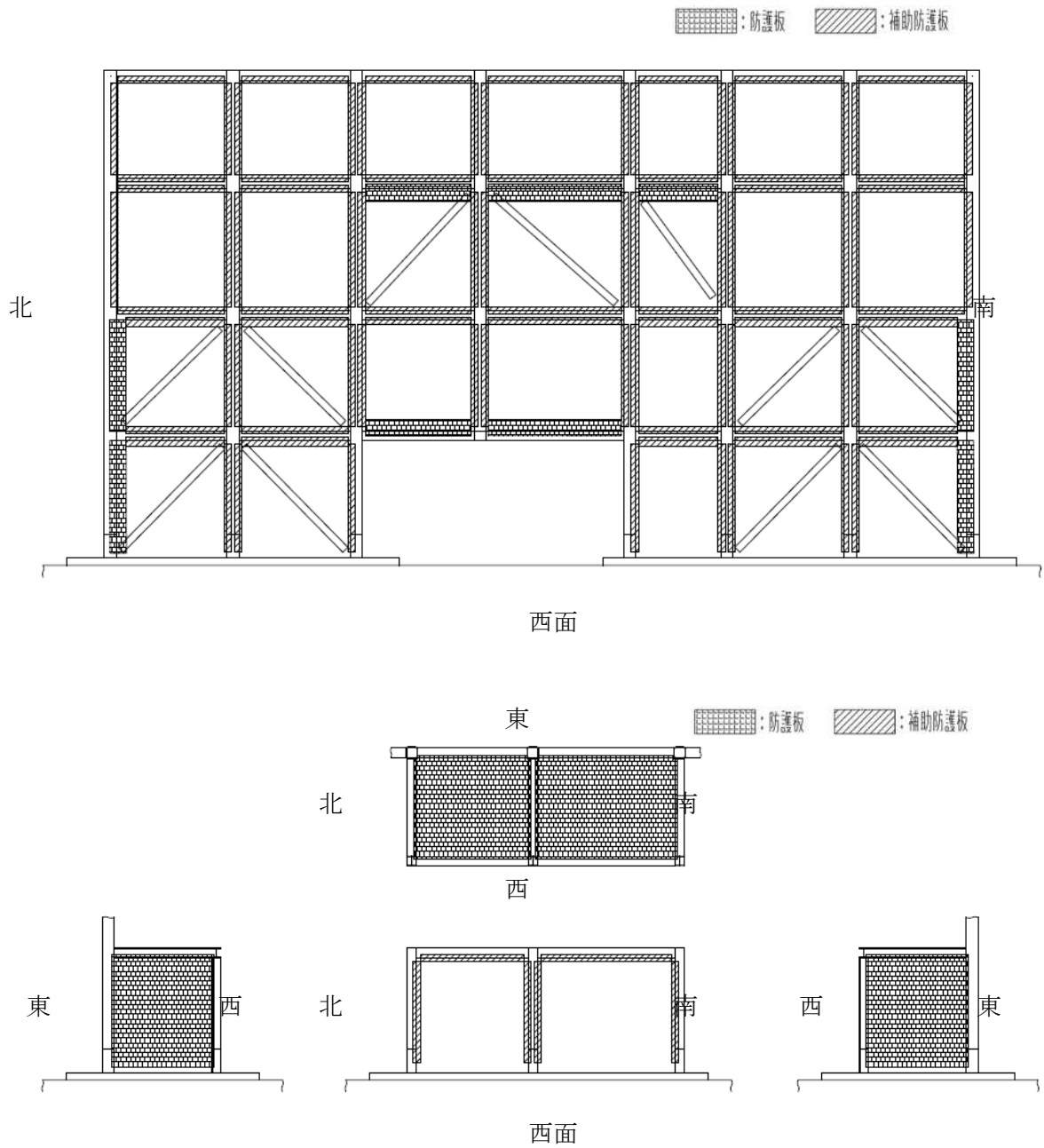
北面

 : 防護板
  : 補助防護板



東面

説明図



(c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B)

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A)の構造計画を第5.2-56表, 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔B)の構造計画を第5.2-57表に示す。

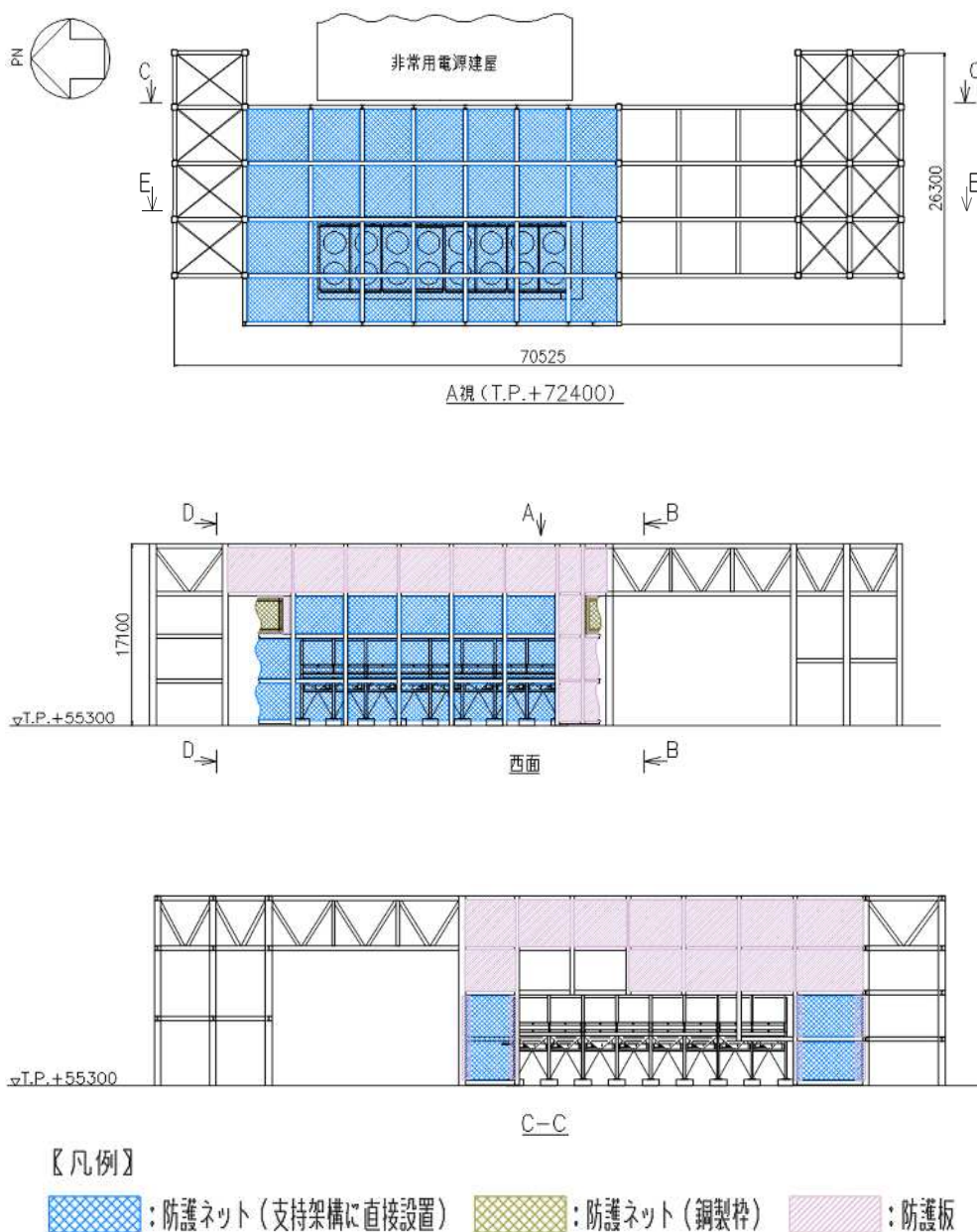
第 5.2-56 表 飛来物防護ネット(第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A)
の構造計画

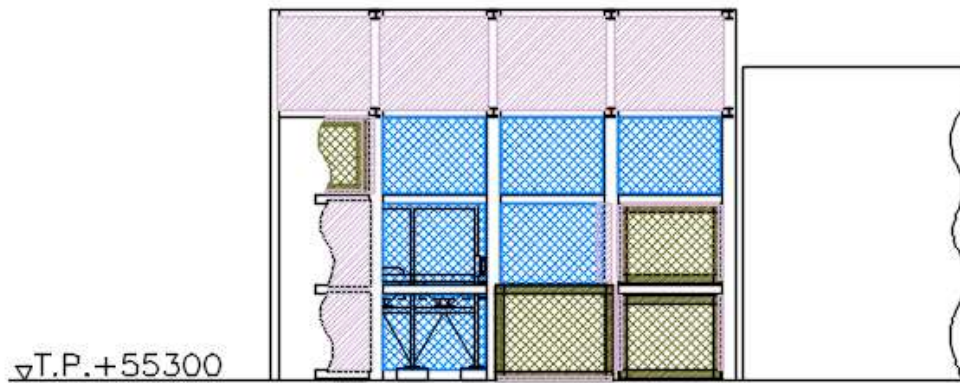
【位置】

飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、冷却塔Aの周囲に設置する。

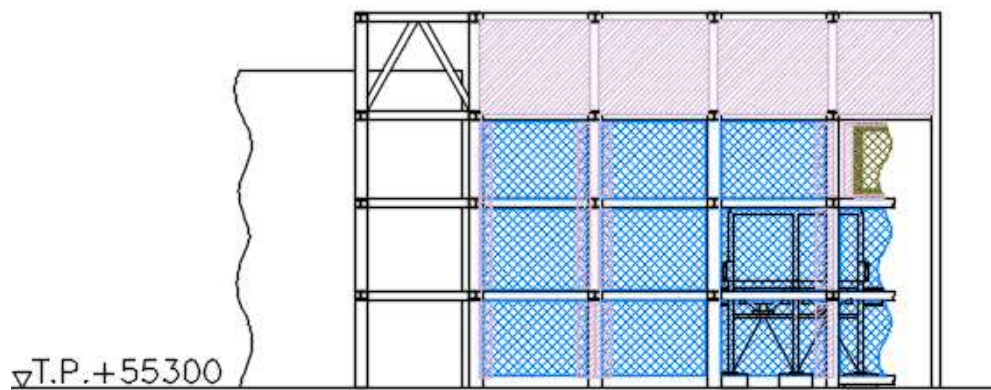
計画の概要	主要構造	防護ネット(支持架構に直接設置), 防護ネット(鋼製枠), 防護板(鋼材), 整流板及び支持架構から構成する
	支持構造	基礎スラブと基礎梁を介して支持地盤であるマンメイドロックに支持される構造とする。

説明図





B-B

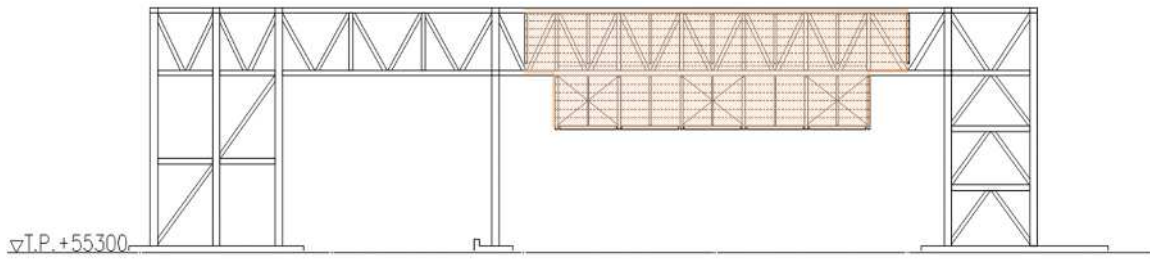


D-D

【凡例】

- : 防護ネット（支持架構に直接設置） ■ : 防護ネット（鋼製枠） ■ : 防護板

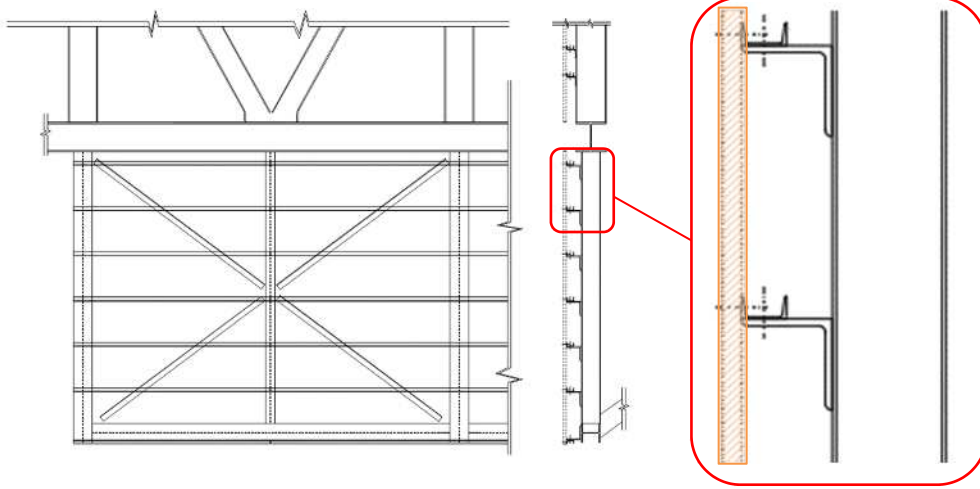
説明図



E-E

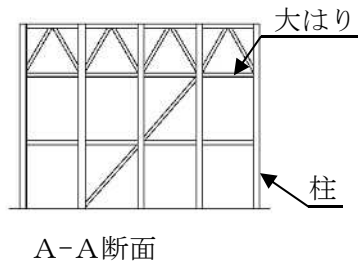
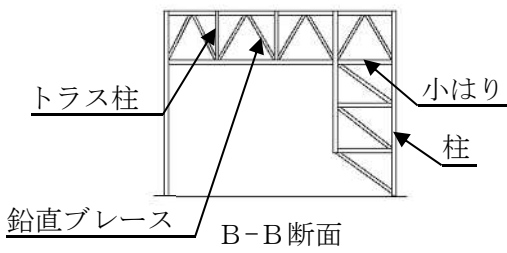
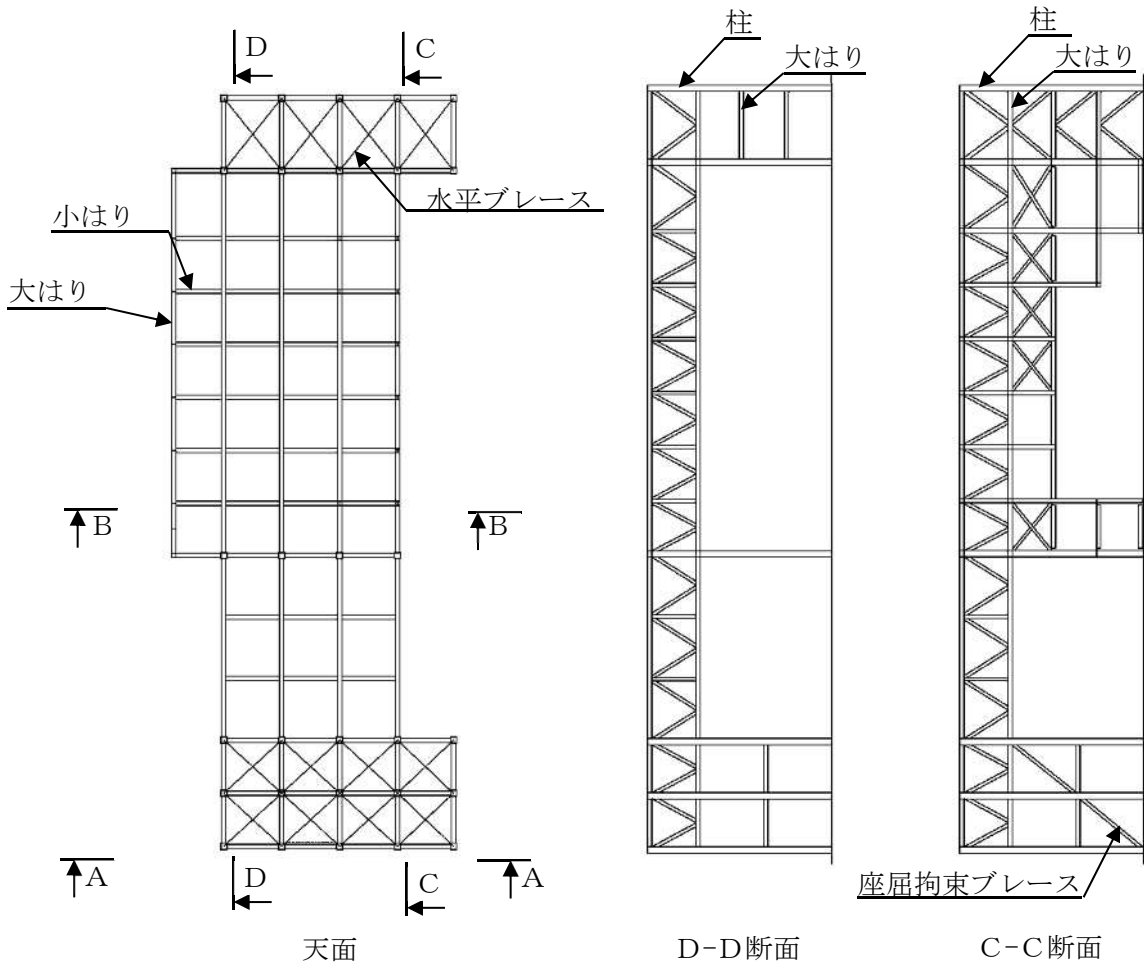


: 整流板

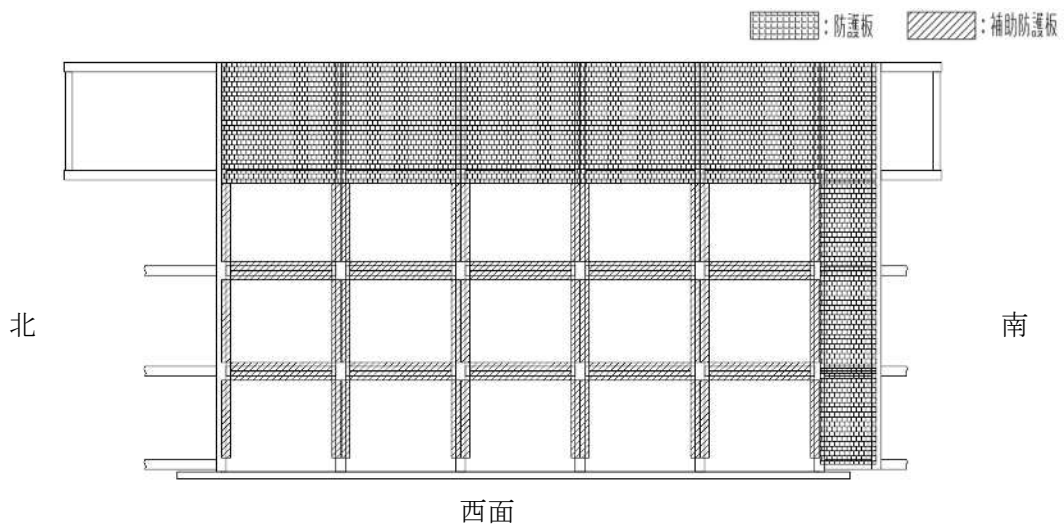
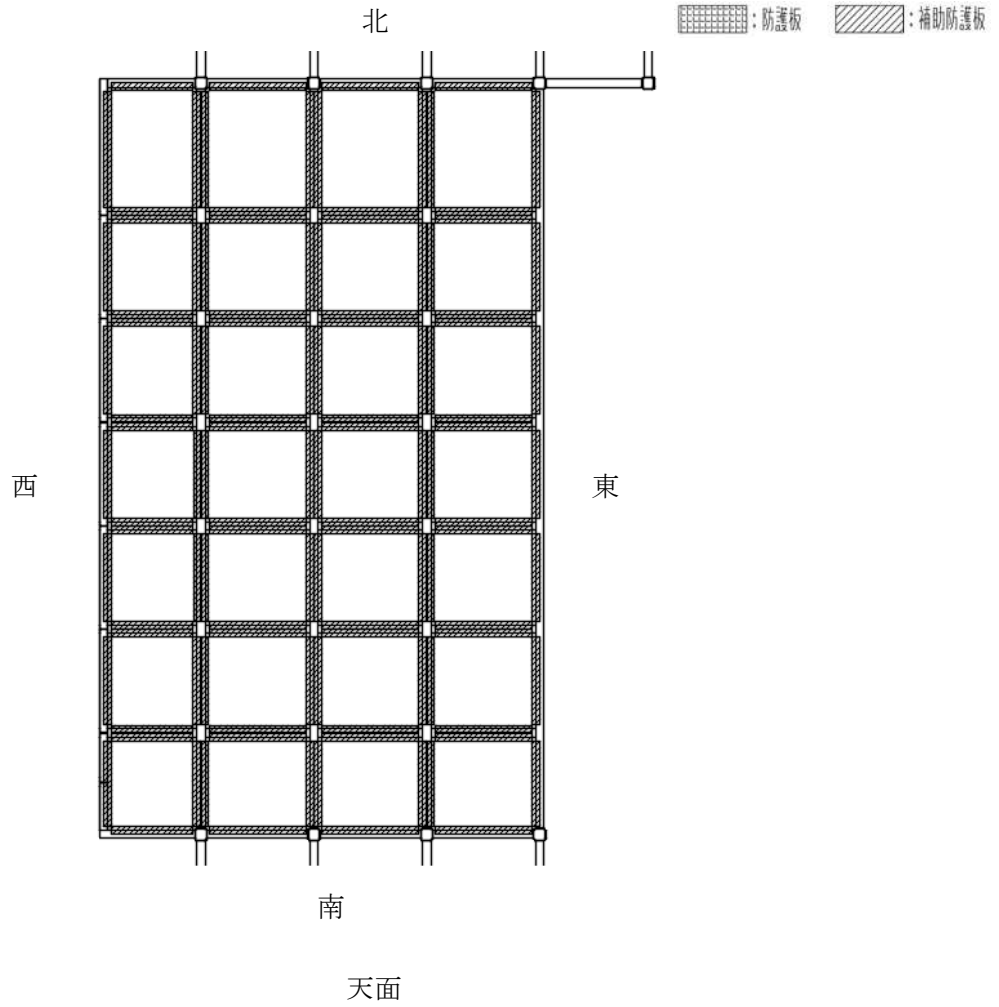


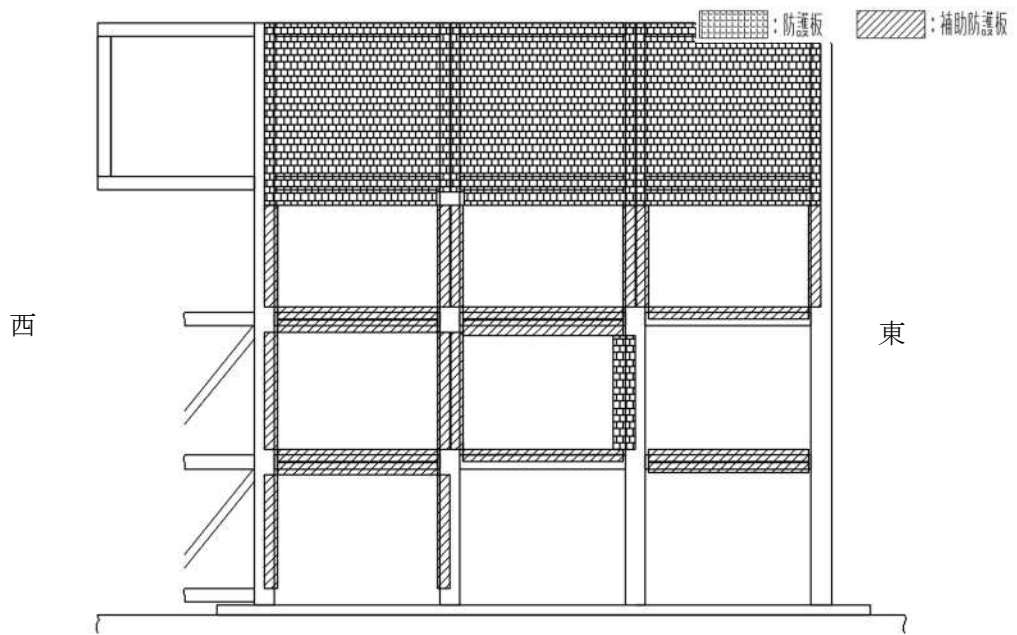
整流板取付詳細

説明図

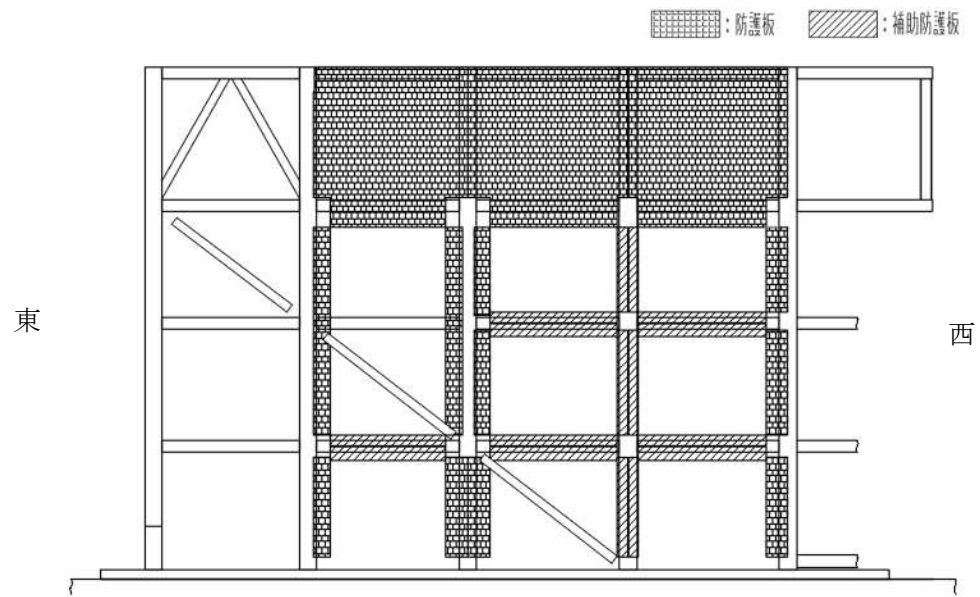


支持架構



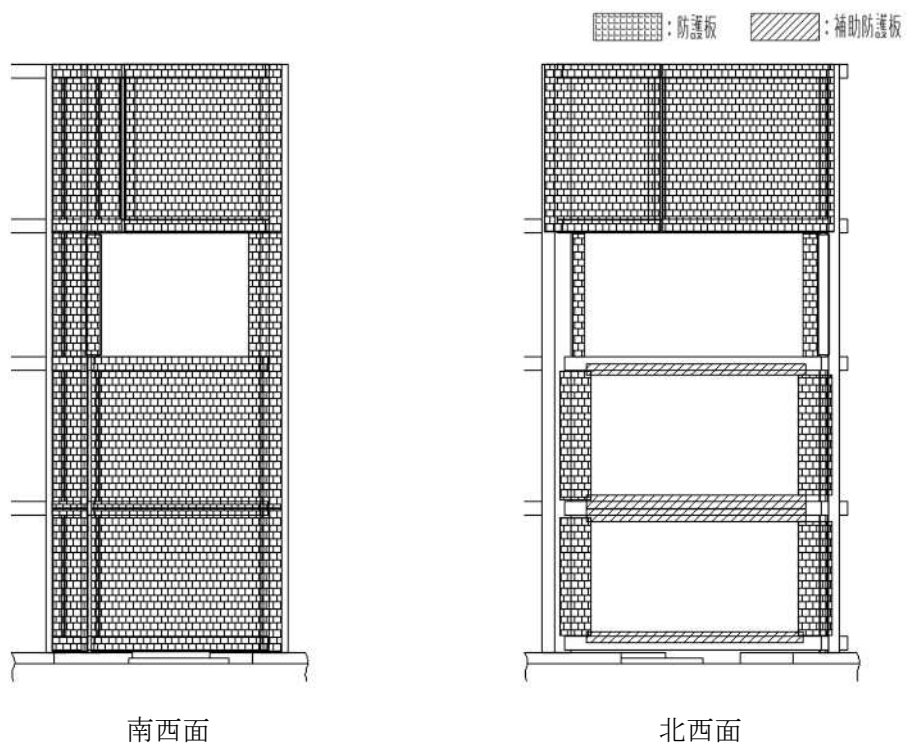
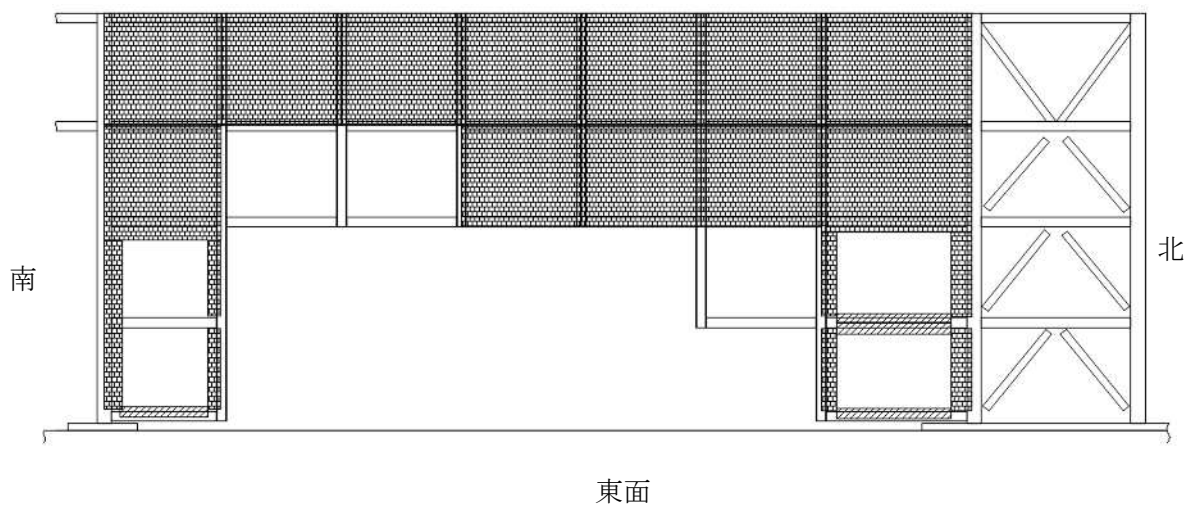


南面



北面





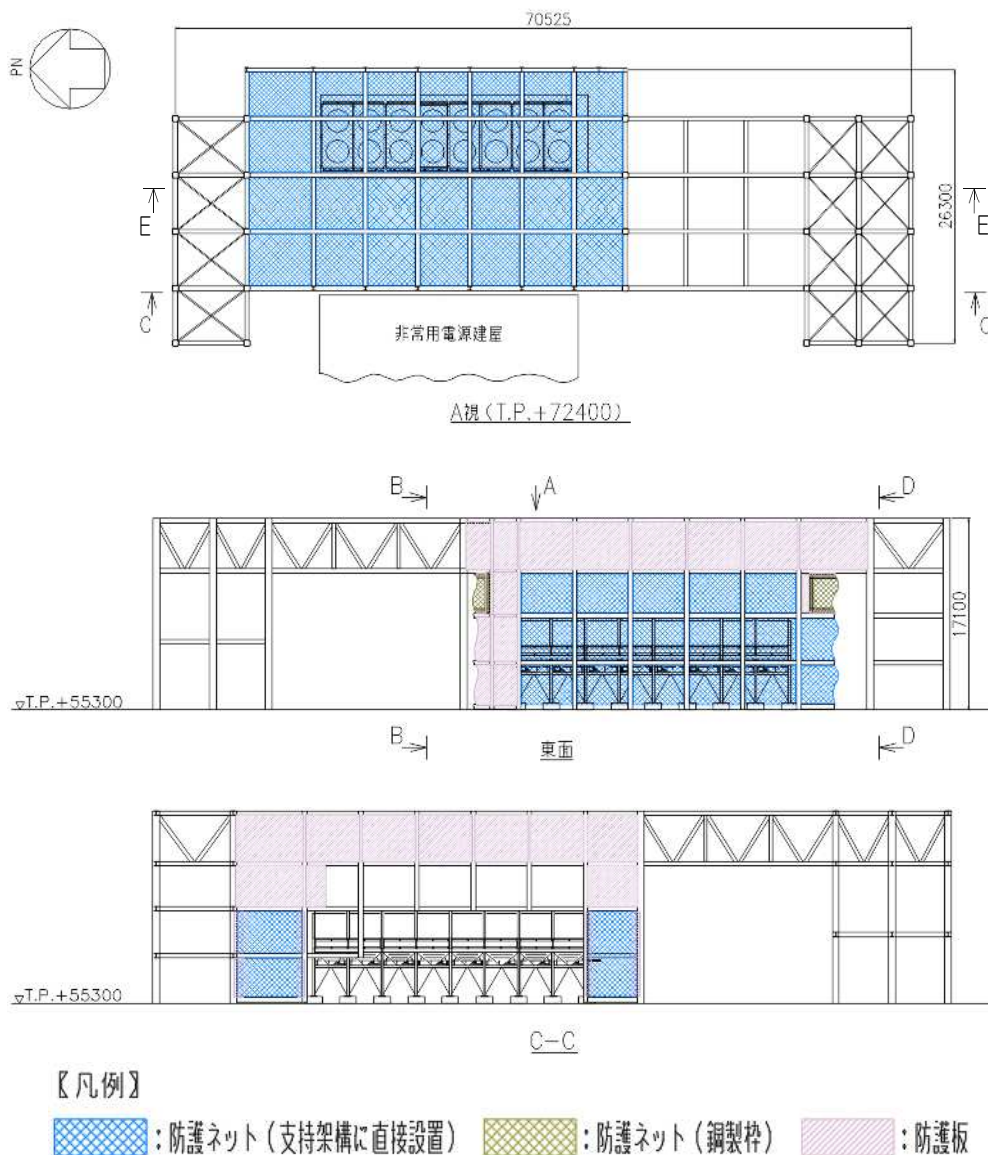
第 5.2-57 表 飛来物防護ネット((第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B)
の構造計画

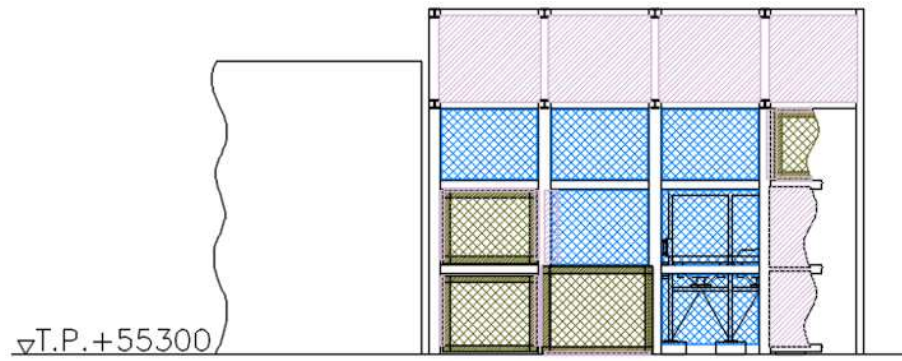
【位置】

飛来物防護ネット(第 2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B)は、防護ネット、防護板(鋼材)及び支持架構を組み合わせて、冷却塔 B の周囲に設置する。

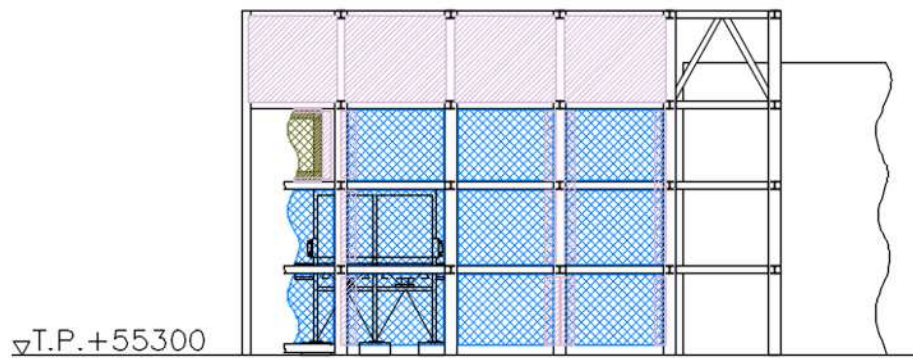
計画の概要	主要構造	防護ネット(支持架構に直接設置), 防護ネット(鋼製枠), 防護板(鋼材), 整流板及び支持架構から構成する
	支持構造	基礎スラブと基礎梁を介して支持地盤であるマンメイドロックに支持される構造とする。

説明図





B-B

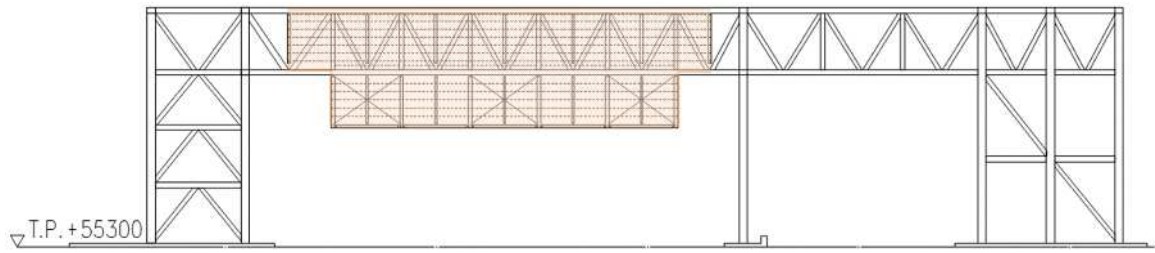


D-D

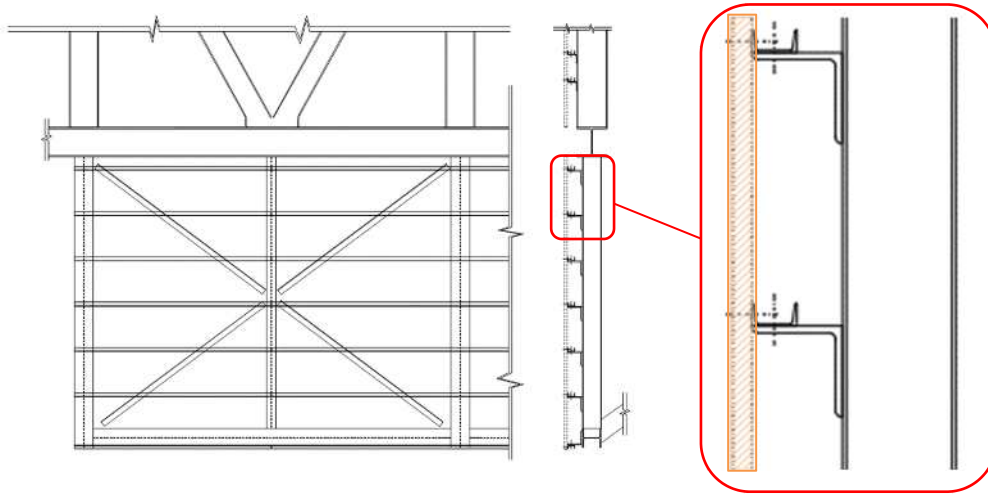
【凡例】

-  : 防護ネット（支持架構に直接設置）
-  : 防護ネット（銅製枠）
-  : 防護板

説明図

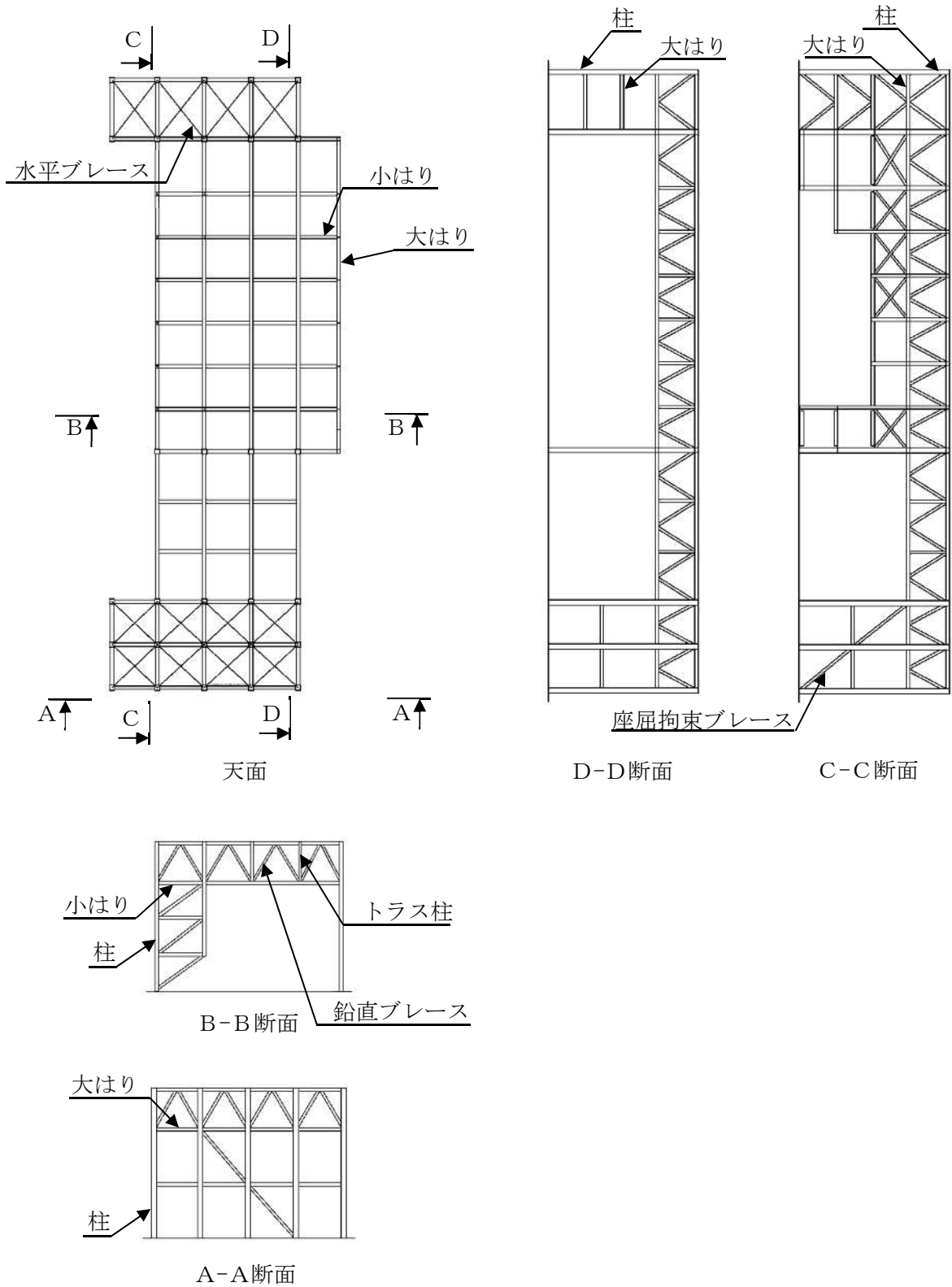


E-E  : 整流板



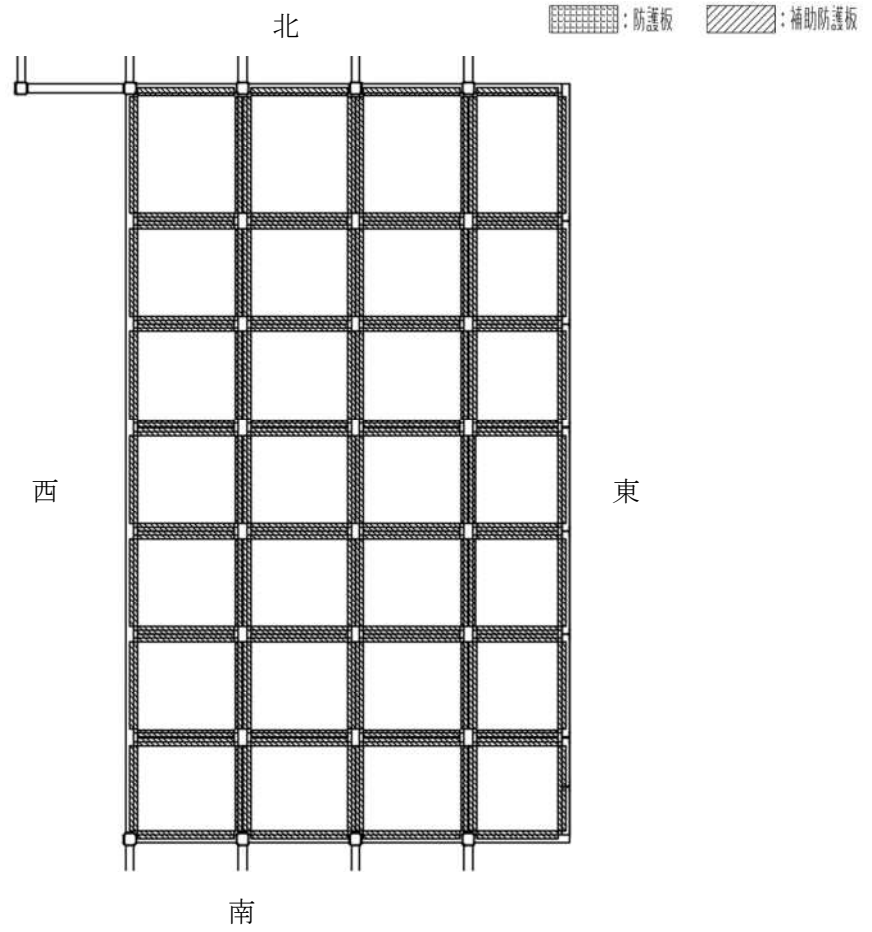
整流板取付詳細

説明図

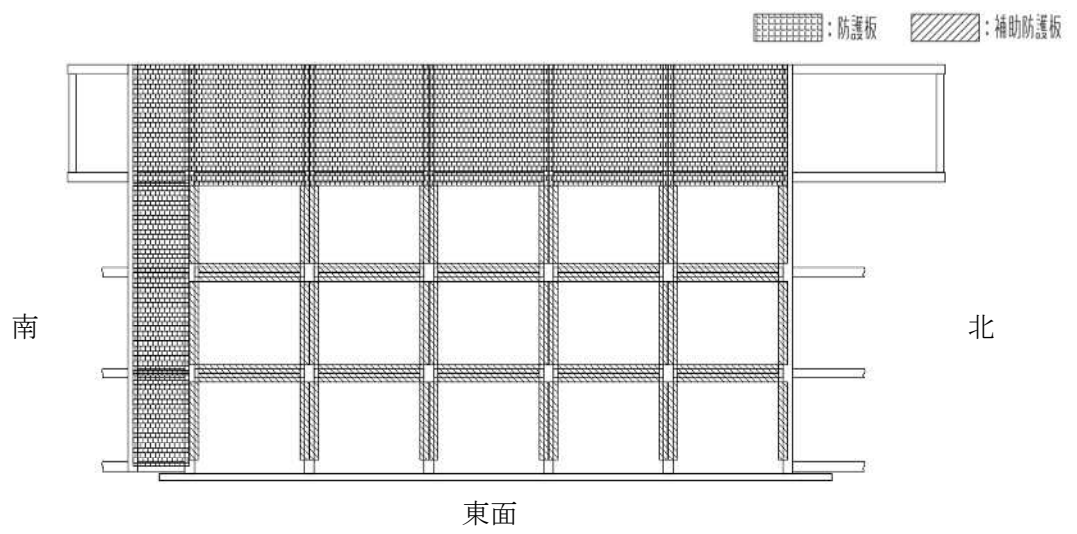


支持架構

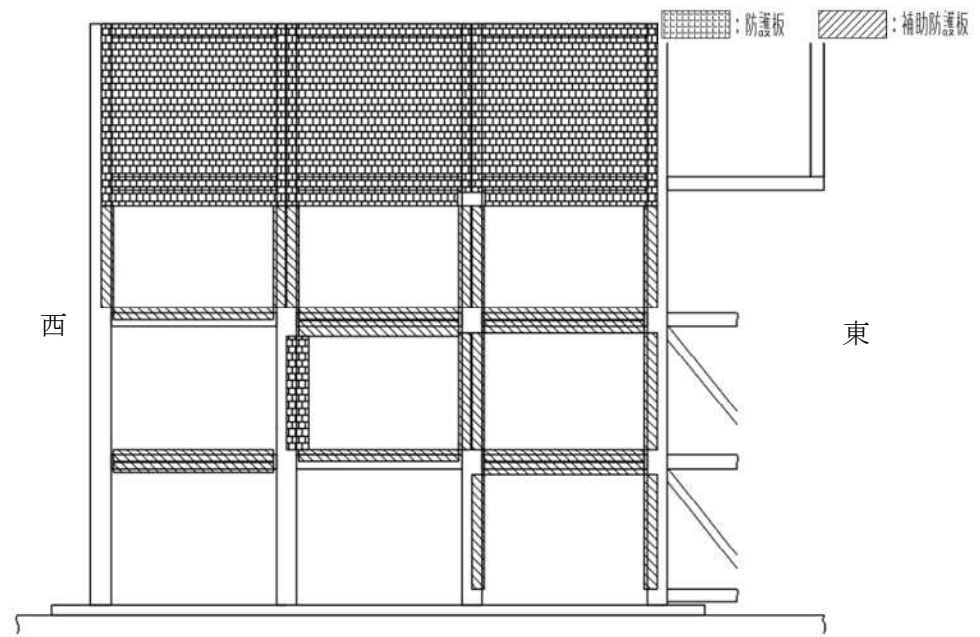
説明図



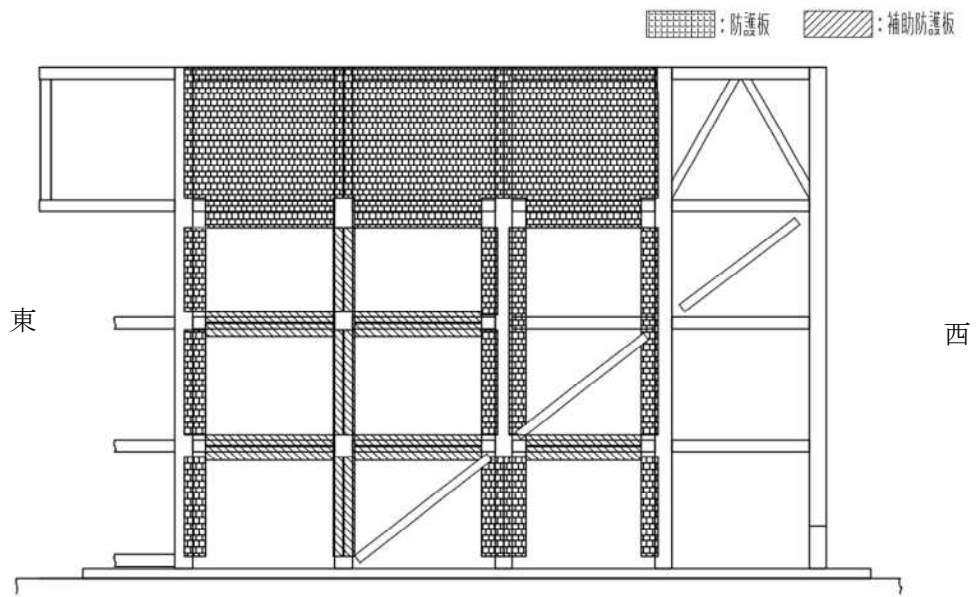
天面



説明図



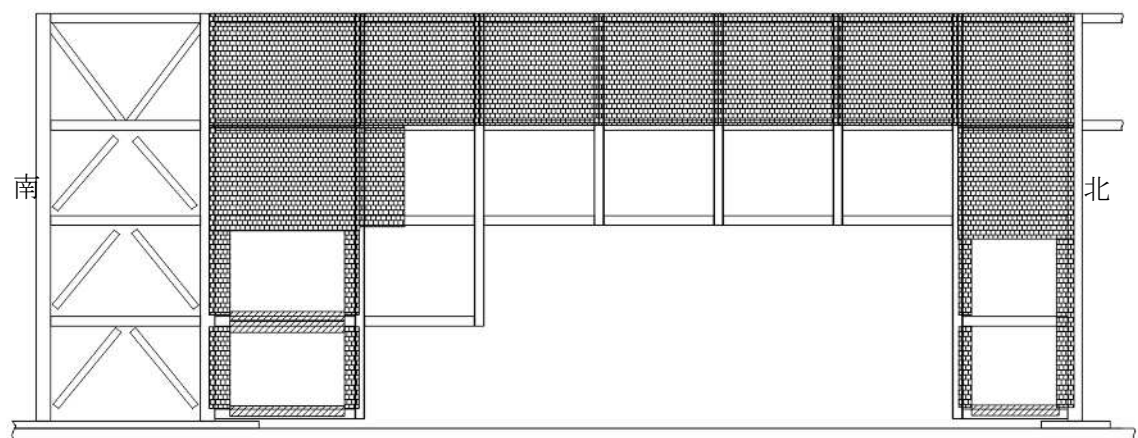
南面



北面

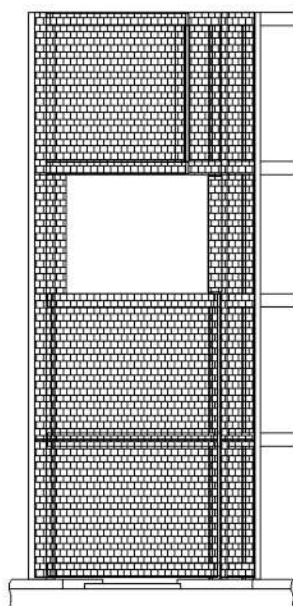
防護板 補助防護板

説明図

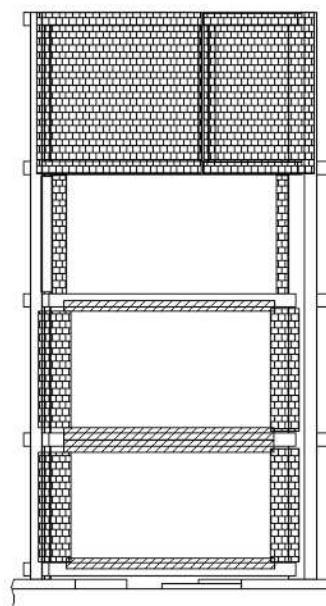


西面

■: 防護板 ▨: 補助防護板



南東面



北東面

VI-1-1-1-2-4

竜巻への配慮が必要な施設等の強度
に関する説明書

VI-1-1-1-2-4-1

竜巻への配慮が必要な施設等の強度
計算の方針

VI-1-1-1-2-4-1-1
竜巻への配慮が必要な施設の強度計
算の方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	<u>ページ</u>
1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	2
2.1.1 竜巻防護対象施設	2
2.1.2 重大事故等対処設備	5
2.2 評価方針	6
2.2.1 評価の分類	7
3. 構造強度評価	11
3.1 構造強度の評価方針	11
3.2 評価対象部位の選定	25
3.2.1 構造強度評価対象部位の選定	25
3.2.2 衝突評価対象部位の選定	34
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	36
4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ	36
4.2 許容限界	50
5. 強度評価方法	91
5.1 構造強度評価	91
5.1.1 建物・構築物に関する評価式	91
5.1.2 機器・配管系に関する評価式	101
5.2 衝突評価	157
5.2.1 建物・構築物	157
5.2.2 機器・配管系	160
6. 準拠規格	162

1. 概要

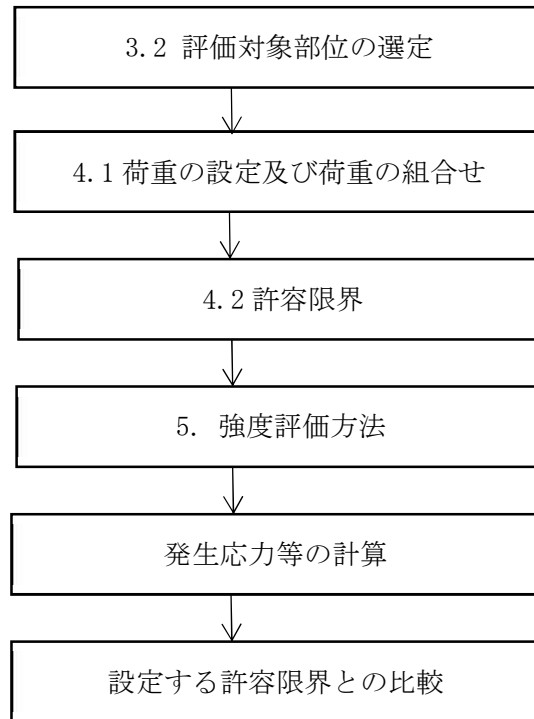
本資料は、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」及び「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設並びに「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に基づき、重大事故等対処設備が、設計荷重(竜巻)に対して要求される強度を有することを確認するための強度評価の方針について説明するものである。

強度評価は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示す規格を用いて実施する。

なお、竜巻への配慮が必要な施設のうち、竜巻防護対策設備(飛来物防護ネット及び飛来物防護板)の評価方針については、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するための防護措置であり、施設自体の変形によりエネルギーを吸収する設計としている。そのため、設計思想がその他の竜巻の影響を考慮する施設と異なることから、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に示す。また、悪影響防止のために設置する屋外の重大事故等対処設備の固縛装置の設計方針については、「VI-1-1-1-2-4-1-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度計算の方針」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」で示す設計荷重(竜巻)により生じる応力等が「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す計算方法を使用し、「6. 準拠規格」に示す規格を用いて確認する。強度評価の全体の流れを第2-1図に示す。



第2-1図 強度評価の流れ※

※ フロー中の番号は本資料での記載箇所を示す。

2.1 評価対象施設

2.1.1 竜巻防護対象施設

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」にて構造強度設計上の性能目標を設定している竜巻の影響を考慮する施設を強度評価の対象とする。強度評価を行うにあたり、評価対象施設を以下のとおり分類することとし、第2.1.1-1表に示す。

(1) 建物・構築物

a. 竜巻防護対象施設を収納する建屋

建屋内の竜巻防護対象施設を防護する外殻となる、竜巻防護対象施設を収納する建屋とする。

b. 屋外の竜巻防護対象施設(建物・構築物)

設計荷重(竜巻)に対し構造強度を維持する必要がある屋外の竜巻防護対象施設とする。

c. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

使用済燃料収納キャスクを防護する外殻となる、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋とする。

- d. 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設（建物・構築物）
竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設とする。

(2) 機器・配管系

- a. 建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設
気圧差による荷重に対し構造強度を維持する必要がある、外気と繋がっている建屋内の竜巻防護対象施設とする。
- b. 屋外の竜巻防護対象施設(機器・配管系)
設計荷重(竜巻)に対し構造強度を維持する必要がある屋外の竜巻防護対象施設とする。
- c. 竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設(機器・配管系)
竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設とする。

第2.1.1-1 評価対象施設(竜巻防護対象施設)

評価区分	施設区分	評価対象施設
建物・構築物	屋外の竜巻防護対象施設	<ul style="list-style-type: none"> ・前処理建屋 ・分離建屋 ・精製建屋 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ・高レベル廃液ガラス固化建屋 ・主排気筒
	竜巻防護対象施設を収納する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 ・ウラン脱硝建屋 ・ウラン酸化物貯蔵建屋 ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 ・第1ガラス固化体貯蔵建屋 ・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋 ・ハル・エンドピース貯蔵建屋 ・制御建屋 ・分析建屋 ・非常用電源建屋 ・第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室
	竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋 ・使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫) ・事務建屋(再処理事務所) ・北換気筒 ・低レベル廃棄物処理建屋 ・出入管理建屋 ・運転訓練施設
	使用済燃料収納キャスクを収納する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)
機器・配管系	屋外の竜巻防護対象施設(機器・配管系)	<ul style="list-style-type: none"> ・安全冷却水 A, B 冷却塔 ・冷却塔 A, B ・安全冷却水系冷却塔 A, B ・安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔 A, B, 安全冷却水 A, B 冷却塔, 冷却塔 A, B まわり配管) ・安全冷却水系膨張槽
	建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設	<ul style="list-style-type: none"> ・せん断処理・溶解廃ガス処理設備 ・前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 ・高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 ・前処理建屋換気設備の排気系 ・分離建屋換気設備の排気系 ・精製建屋換気設備の排気系

評価区分	施設区分	評価対象施設
		<ul style="list-style-type: none"> ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系 ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系 ・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系 ・ガラス固化体貯蔵設備の収納管 ・制御室換気設備 ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管
	竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系 ・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管 ・安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管 ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 ・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトankのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管

2.1.2 重大事故等対処設備

「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」の「2.2.4.2 要求機能及び性能目標」にて構造強度設計上の性能目標を設定している竜巻の影響を考慮する施設を強度評価の対象とする。強度評価を行うにあたり、評価対象施設を以下のとおり分類することとし、第2.1.2-1表に示す

(1) 建物・構築物

a. 重大事故等対処設備を収納する建屋等

建屋内の重大事故等対処設備を防護する外殻となる、重大事故等対処設備を収納する建屋とする。

b. 屋外の竜巻防護対象施設(建物・構築物)

設計荷重(竜巻)に対し構造強度を維持する必要がある屋外の重大事故等対処設備とする。

(2) 機器・配管系

a. 建屋内の施設で外気と繋がっている重大事故等対処設備

気圧差による荷重に対し構造強度を維持する必要がある、外気と繋がっている建屋内の重大事故等対処設備とする。

b. 重大事故等対処設備及びそれらを収納する建屋等に波及的影響を及ぼし得る

施設(機器・配管系)

重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼす可能性がある施設とする。

第2.1.2-1表 評価対象施設(重大事故等対処設備)

評価区分	施設区分	評価対象施設
建物・構築物	重大事故等対処設備を収納する建屋等	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 ・前処理建屋 ・分離建屋 ・精製建屋 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ・高レベル廃液ガラス固化建屋 ・制御建屋 ・非常用電源建屋 ・第1保管庫・貯水所 ・第2保管庫・貯水所 ・緊急時対策建屋 ・第1軽油貯蔵所 ・第2軽油貯蔵所 ・重油貯蔵所
	屋外の常設重大事故等対処設備	<ul style="list-style-type: none"> ・主排気筒
機器・配管系	建屋内の施設で外気と繋がっている重大事故等対処設備	<ul style="list-style-type: none"> ・前処理建屋換気設備 ・分離建屋換気設備 ・精製建屋換気設備 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備 ・高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備 ・緊急時対策建屋換気設備
	重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時対策建屋用発電機の排気管 ・緊急時対策建屋用発電機の排気消音器 ・緊急時対策建屋用発電機の燃料油サービスタンクのベント配 ・緊急時対策建屋用発電機の潤滑油タンクのベント管 ・重油貯槽のベント管

2.2 評価方針

竜巻の影響を考慮する施設を対象に、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」の「2.2.4.2 要求機能及び性能目標」で示す構造強度設計上の性能目標を達成するため、竜巻に対する強度評価を実施する。

強度評価の評価方針は、それぞれ「2.2.1(1) 構造強度評価」の方針、「2.2.1(2) 衝突評価」の方針及び「2.2.1(3) 動的機能維持評価」の方針に分類でき、評価対象施設はこれらに示す評価を実施する。

2.2.1 評価の分類

(1) 構造強度評価

構造強度評価は、設計荷重(竜巻)により生じる応力等に対し、評価対象施設及びその支持構造物が、当該施設の機能を維持可能な構造強度を有することを確認する。構造強度評価は、構造強度により閉止性及び開閉機能を確保することの評価を含む。

構造強度評価は、評価対象施設の構造を考慮し、以下に示す分類ごとの評価方針を「3.1(1) 構造強度評価」に示す。

a. 建物・構築物

建物・構築物における評価分類と評価対象施設を第2.2.1-1表に示す。

第2.2.1-1表 建物・構築物における評価分類と評価対象施設

評価区分	評価分類	評価対象施設
建物・構築物	鉄筋コンクリート構築物	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 ・前処理建屋 ・分離建屋 ・精製建屋 ・ウラン脱硝建屋 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ・ウラン酸化物貯蔵建屋 ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 ・高レベル廃液ガラス固化建屋 ・第1ガラス固化体貯蔵建屋 ・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋 ・ハル・エンドピース貯蔵建屋 ・制御建屋 ・分析建屋 ・非常用電源建屋 ・緊急時対策建屋 ・第1保管庫・貯水所 ・第2保管庫・貯水所 ・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋 ・使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫） ・低レベル廃棄物処理建屋 ・出入管理建屋
	鉄骨造建物	<ul style="list-style-type: none"> ・運転訓練施設 ・事務建屋(再処理事務所)
	鋼製構築物	<ul style="list-style-type: none"> ・第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室 ・第1軽油貯蔵所 ・第2軽油貯蔵所 ・重油貯蔵所
	排気筒	<ul style="list-style-type: none"> ・主排気筒 ・北換気筒

b. 機器・配管系

機器・配管系における評価分類と評価対象施設を第2.2.1-2表に示す。

第2.2.1-2表 機器・配管系における評価分類と評価対象施設

評価区分	評価分類	評価対象施設	
機器・配管系	冷却塔	<ul style="list-style-type: none"> 安全冷却水 A, B 冷却塔 冷却塔 A, B 安全冷却水系冷却塔 A, B 	
	容器	<ul style="list-style-type: none"> 安全冷却水系膨張槽 	
	配管	配管	<ul style="list-style-type: none"> 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, Bまわり配管)
		ベント管及び排気管	<ul style="list-style-type: none"> ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系 安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管 安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管 第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトンクのベント管 第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管 第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管 第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管 第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管 緊急時対策建屋用発電機の排気管 緊急時対策建屋用発電機の燃料油サービスタンクのベント配 緊急時対策建屋用発電機の潤滑油タンクのベント管 重油貯槽のベント管
		消音器	<ul style="list-style-type: none"> 第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 緊急時対策建屋用発電機の排気消音器
	換気空調設備	<ul style="list-style-type: none"> せん断処理・溶解廃ガス処理設備 前処理建屋塔槽類廃ガス処理設備 分離建屋塔槽類廃ガス処理設備 精製建屋塔槽類廃ガス処理設備 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備 高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備 前処理建屋換気設備の排気系 分離建屋換気設備の排気系 精製建屋換気設備の排気系 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系 ガラス固化体貯蔵設備の収納管 制御室換気設備 緊急時対策建屋換気設備 第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管 緊急時対策建屋用発電機の排気管 	

(2) 衝突評価

衝突評価は、設計竜巻による設計飛来物による衝撃荷重に対する影響の評価として、評価対象施設に貫通、貫入及び裏面剥離が生じた場合においても、当該施設の機能を維持可能な状態に留めることを確認する。

評価対象施設の構造及び当該施設の機能を考慮し、飛来物の衝突により想定される損傷モードを以下のとおり分類し、それぞれの評価方針を「3.1(2) 衝突評価」に示す。

a. 建物・構築物

(a) 貫通

(b) 裏面剥離

b. 機器・配管系

(a) 貫入

(3) 動的機能維持評価

動的機能維持評価は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、冷却塔のファン駆動部等の動的機器が、当該施設の動的機能を維持可能なことを確認する。

a. 機器・配管系

(a) 冷却塔

3. 構造強度評価

3.1 構造強度の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」の「2.2.4.2 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度上の性能目標を達成するために「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」の「5.1 構造設計」に示す設計方針を踏まえ、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示す許容限界を適切に考慮して、評価を実施する。

(1) 構造強度評価

a. 建物・構築物

(a) 鉄筋コンクリート造構築物

イ. 変形評価

竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備に波及的影響を与えないよう、建屋の倒壊、構成部材の転倒並びに建屋に過大な変形が生じない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して建屋全体が終局状態に至るような変形が生じないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が建屋全体に作用した場合、耐震壁に生じる最大せん断ひずみ度及び架構に生じる最大層間変形角が、終局耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。扉については、設計飛来物の衝突により生じるひずみが、終局耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

ロ. 脱落評価

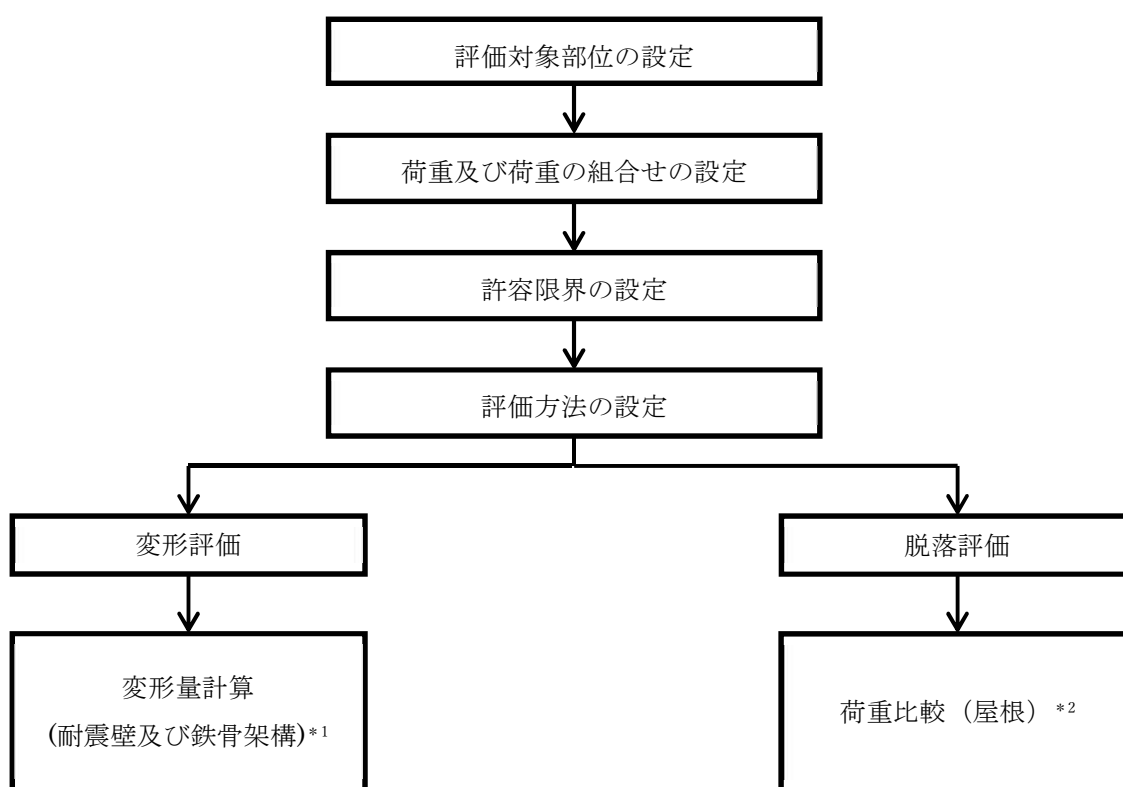
竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備に波及的影響を与えないよう、建屋の屋根を構成する部材の脱落が生じない設計とするために、竜巻襲来時に外殻等のうち、屋根に生じる設計荷重(竜巻)が、設計時長期荷重に包絡されることを確認する。

具体的には、建屋においては竜巻により生じる風圧力による荷重及び気圧差による荷重は鉛直上向き方向に生じる。一方、自重等の設計時長期荷重は鉛直下向き方向に生じることから、設計荷重(竜巻)は設計時長期荷重を減ずる

方向に作用する。設計荷重(竜巻)が設計時長期荷重を上回らなければ、屋根を構成する部材に生じる設計荷重(竜巻)は、設計時長期荷重に包絡されることとなることから、設計荷重(竜巻)が設計時長期荷重以下であることを確認する。

扉においては、設計荷重(竜巻)による負圧に対し、扉が転倒及び脱落を生じない設計とするために、扉のカンヌキに生じる応力度が短期許容応力度を超えないことを確認する。なお、カンヌキの代わりにガイドレールで応力を伝達する場合は、ガイドレールの評価を実施する。

鉄筋コンクリート造構造物の評価フローを第3.1-1図に示す。



*1 質点系モデルを用いた静的評価を実施する。

*2 設計時長期荷重と設計荷重(竜巻)を用いた荷重比較を実施する。

第3.1-1図 鉄筋コンクリート造構造物の評価フロー

ハ. 波及影響を及ぼし得る建屋の強度計算

(イ) 耐力評価

竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼさ

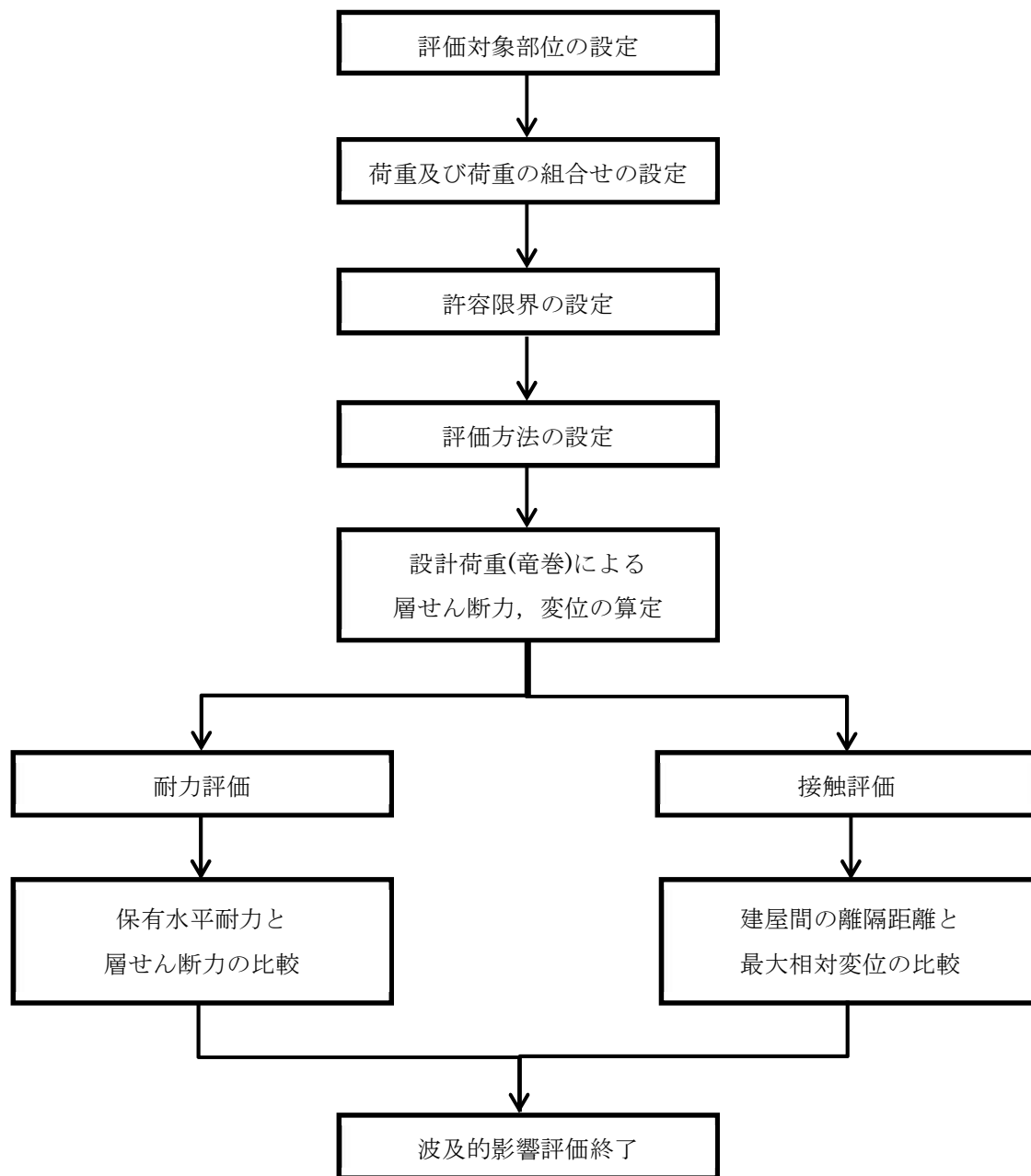
ないよう、波及影響を及ぼし得る建屋の倒壊が生じない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して波及影響を及ぼし得る建屋全体が終局状態に至らないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が建屋全体に作用した場合、建屋に生じる層せん断力が、建屋の保有水平耐力に至らないことを確認する。

(ロ) 接触評価

竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼさないよう、波及影響を及ぼし得る建屋に過大な変形が生じ、竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に衝突しない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して波及影響を及ぼし得る建屋と竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等が接触しないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が波及影響を及ぼし得る建屋、竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に作用した場合、建屋に生じる変位の絶対値和(以下「最大相対変位」という。)が、建屋間の離隔距離を超えないことを確認する。ここで、鉄筋コンクリート造の建屋の変位は設計荷重(竜巻)による変位、鉄骨造の建屋の変位は建屋の保有水平耐力算定時の変位とする。波及影響を及ぼし得る建屋の評価フローを第3.1-2図に示す。



(b) 鋼製構造物

イ. 耐力評価

竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼさないよう、波及影響を及ぼし得る建屋の倒壊が生じない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して波及影響を及ぼし得る建屋体が終局状態に至らないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が建屋全体に作用した場合、建屋に生じる層せん断力が、建屋の保有水平耐力に至らないことを確認する。

ロ. 接触評価

また、竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼさないよう、波及影響を及ぼし得る建屋に過大な変形が生じ、竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等に衝突しない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して波及影響を及ぼし得る建屋と竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等が接触しないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が波及影響を及ぼし得る建屋、竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等全体に作用した場合、建屋に生じる変位の絶対値和(以下「最大相対変位」という。)が、建屋間の離隔距離を超えないことを確認する。ここで、鉄筋コンクリート造の建屋の変位は設計荷重(竜巻)による変位、鉄骨造の建屋の変位は建屋の保有水平耐力算定時の変位とする。

(c) 排気筒

排気筒の構造強度評価フローを第3.1-3図に示す。

構造強度評価については、排気筒の機能や竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備に波及的影響を与えないことを確認するため、設計荷重(竜巻)に対し、荷重が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる変形又は応力が許容応力以下であることを計算により確認する。

評価方法としては、「5.1.1(3) 排気筒」に示す通り、FEM等を用いた解析法により評価対象部位に対する発生荷重を算定する。

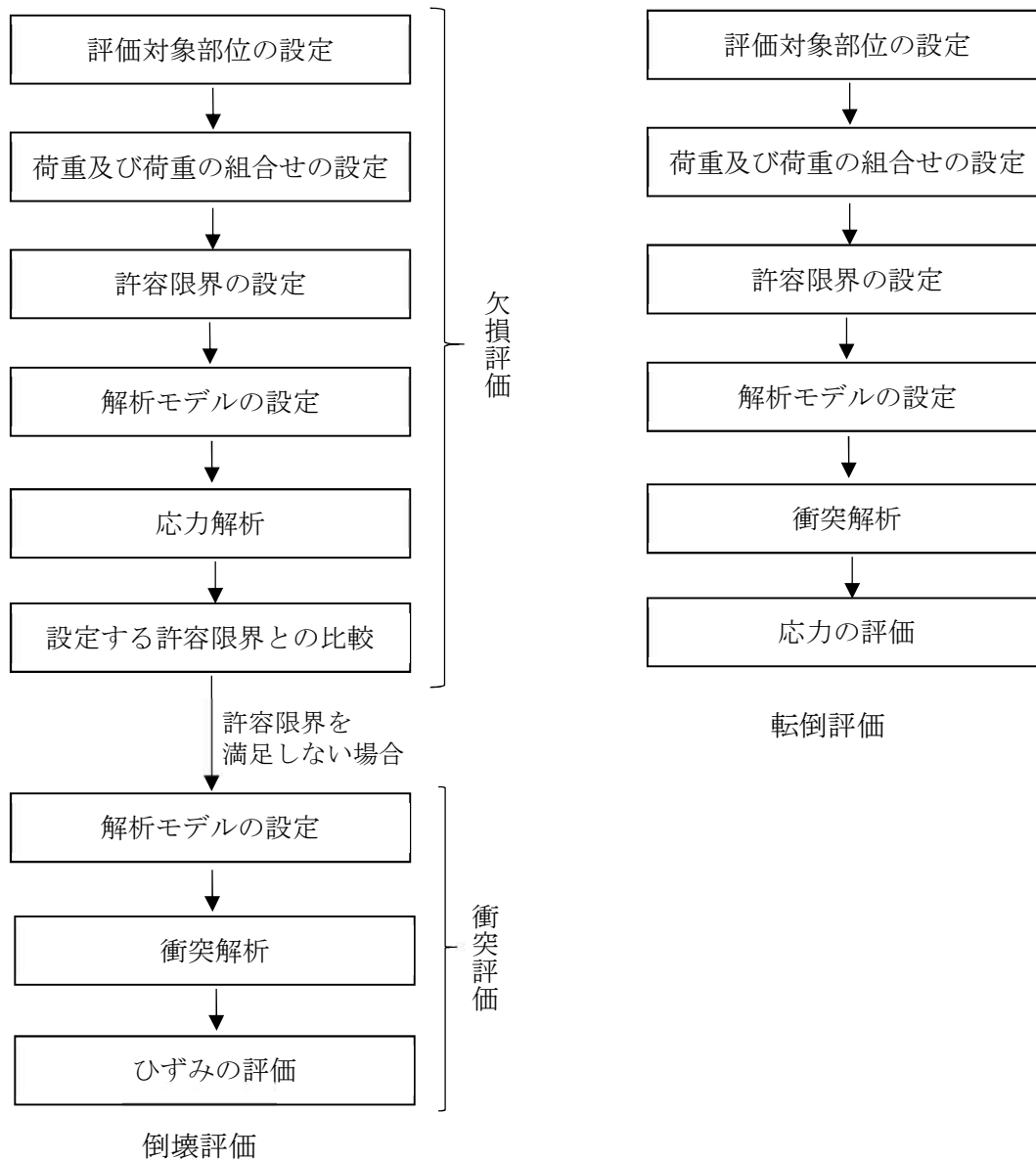
イ. 倒壊評価

排気筒の倒壊評価においては、排気筒は筒身と筒身を支持する鉄塔で構成されていることを踏まえて、排気筒の自立に必要な筒身を支持する鉄塔部へ設計飛来物が衝突することを想定する。この際、設計飛来物が衝突した部材は、欠損したものとみなし、残る鉄塔の構成部材に対し、設計荷重(竜巻)により作用する応力が、許容応力以下であることを、FEM解析を用いて確認する(以下、「欠損評価」という。)。なお、設計飛来物の衝撃荷重は、鉄塔部分の欠損として考慮することから、欠損評価においては考慮しない。

欠損評価の結果、鉄塔を構成する部材が許容限界を満足しない場合、欠損を想定した部材に対し、FEM解析を用いた評価を実施し、設計飛来物の衝撃荷重による部材の変形がその支持機能に影響のない範囲に留まり、排気筒の倒壊が生じないことを確認する。

ロ. 転倒評価

排気筒の転倒評価においては、設計荷重（竜巻）に対し、排気筒の柱脚部は十分な強度が確保されていることを、FEM解析を用いて確認することで、転倒が生じないことを確認する。



第 3.1-3 図 排気筒の評価フロー

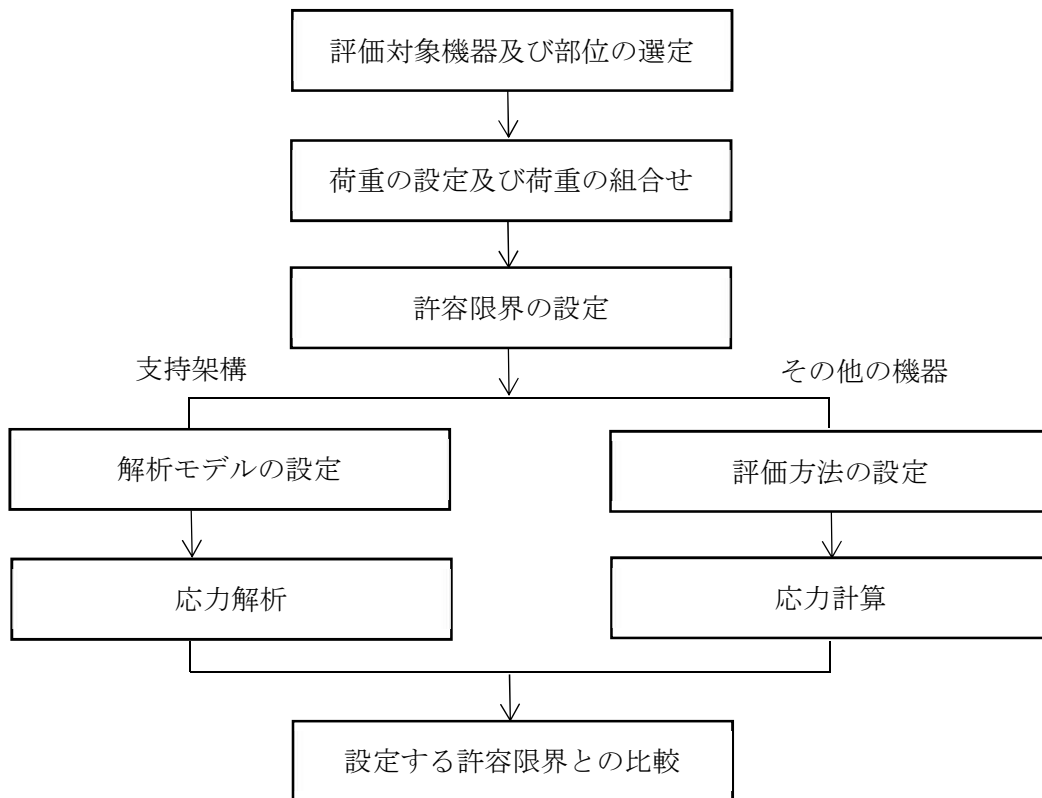
b. 機器・配管系

(a) 冷却塔

冷却塔の構造強度評価フローを第3.1-4図に示す。

構造強度評価については、設計荷重（竜巻）に対し、冷却塔の機能に影響を与える機器のうち、設計荷重（竜巻）が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が、許容応力以下であることを計算により確認する。

評価方法としては、「5.1.2(1) 冷却塔」に示すとおり、FEM等を用いた解析法若しくは定式化された評価式を用いた解析法により評価対象部位に対する発生荷重及び発生モーメントを算定する。



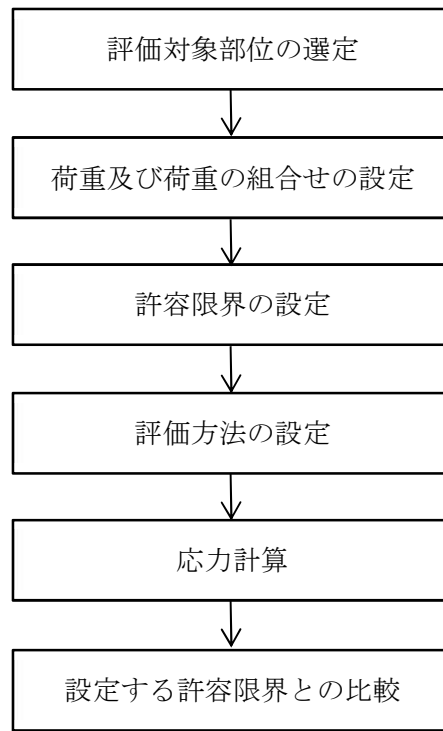
第3.1-4図 冷却塔の構造強度評価フロー

(b) 容器

容器の構造強度評価フローを第3.1-5図に示す。

容器の構造強度評価においては、設計荷重（竜巻）が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が、許容応力以下であることを計算により確認する。ただし、座屈においては、評価式を満足することを確認する。

評価方法としては、「5.1.2(2) 容器」に示すとおり、竜巻による荷重は水平方向により作用する外荷重という観点で地震荷重と同様なものと考え、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」（（社）日本電気協会）、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編JEAG 4601-補 1984」（（社）日本電気協会）及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（（社）日本電気協会）（以下「JEAG4601」という。）のスカート支持たて置円筒形容器の計算方法を準用し、発生応力を算出する。



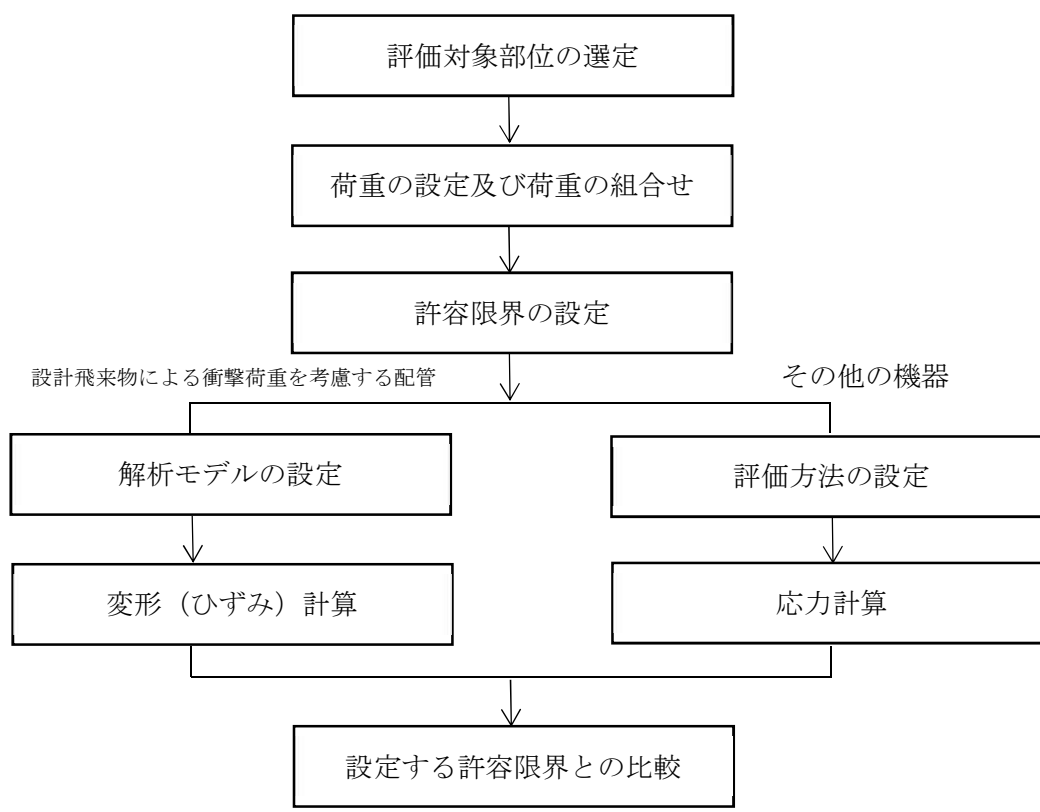
第3.1-5図 容器の強度評価フロー

(c) 配管

配管の構造強度評価フローを第3.1-6図に示す。

構造強度評価については、設計荷重（竜巻）に対し、配管本体等に生じる応力が

許容応力以下であることを計算により確認することを基本とする。ただし、竜巻防護対策設備に防護が期待できない配管等の設計飛来物による衝撃荷重を考慮する必要がある設備は施設の要求機能を損なわないことを解析により確認する。



第3.1-6図 配管の強度評価フロー

イ. 配管の評価方針

配管の構造強度評価においては、設計荷重（竜巻）が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が、許容限界以下であることを計算により確認することを基本とする。ただし、竜巻防護対策設備に内包されない配管は、衝撃荷重による変形を考慮しても、配管の安全機能を損なわないことを解析により確認する。

評価方法としては、「5.1.2(3) 配管」に示すとおり、FEM等を用いた解析法若しくは定式化された評価式を用いた解析法により評価対象部位に対する変形（ひずみ）、応力等を算定する。

ロ. ベント管及び排気管の評価方針

ベント管及び排気管の構造強度評価においては、設計荷重（竜巻）が直接

作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が，許容応力以下であることを計算により確認する。

評価方法としては，「5.1.2(3) 配管」に示すとおり，定式化された評価式を用いた解析法により評価対象部位に対する応力を算定する。

ハ. 消音器の評価方針

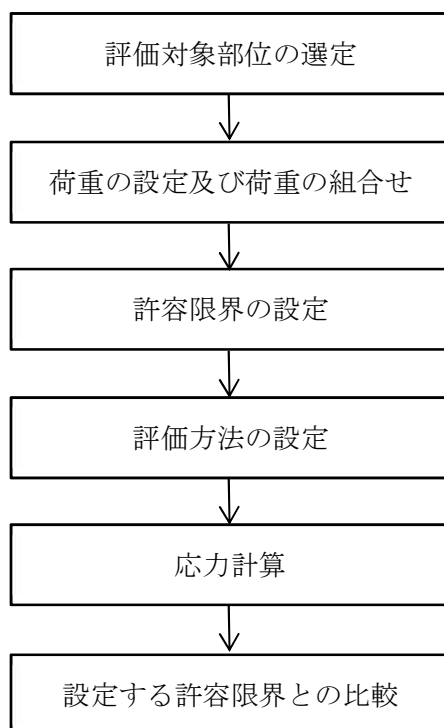
消音器の構造強度評価においては，設計荷重（竜巻）が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位に生じる応力が，許容応力以下であることを計算により確認する。

評価方法としては，「5.1.2(3) 配管」に示すとおり，FEM等を用いた解析法若しくは定式化された評価式を用いた解析法により評価対象部位に対する応力を算定する。

(d) 換気空調設備

換気空調設備の構造強度評価フローを第3.1-7図に示す。

換気空調設備を構成する角ダクト、丸ダクト、排風機、フィルタユニット、空調ユニット、ダンパ及び収納管の評価方針を以下に示す。



第 3.1-7 図 換気空調設備の構造強度評価フロー

イ. 角ダクト及び丸ダクトの評価方針

角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻により生じる気圧差が作用する部位に生じる応力が、許容応力以下であることを計算により確認する。

角ダクトの構造強度評価においては、設計竜巻の気圧差による荷重を短期荷重とみなし、自重との組合せを考慮して、長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）による応力が許容応力以下であることを確認する。評価方法としては、「5.1.2(4)換気空調設備」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

丸ダクトの構造強度評価においては、設計竜巻の気圧差による荷重を短期荷重とみなし、自重との組合せを考慮して、外圧により生じる周方向応力が許容応力以下であること及び長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）により生じる応力が評価式を満足していることを確認する。評価方法としては、「5.1.2(4)換気空調設備」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

ロ. 排風機、フィルタユニット及び空調ユニットの評価方針

構造強度評価については、設計竜巻により生じる気圧荷重が作用する部位に対し、発生応力が許容応力以下であることを計算により確認する。評価方法としては、「5.1.2(4)換気空調設備」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

ハ. ダンパの評価方針

構造強度評価については、設計竜巻により生じる気圧荷重が作用する部位に対し、発生応力が許容応力以下であることを計算により確認する。評価方法としては、「5.1.2(4)換気空調設備」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

ニ. 収納管の評価方針

収納管の構造強度評価においては、設計竜巻により生じる気圧荷重が作用する部位に対し、自重との組合せを考慮して、発生応力が許容応力以下であることを確認する。評価方法としては、「5.1.2(4)換気空調設備」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

(2) 衝突評価

衝突評価フローを第3. 1-8図に示す。

a. 建物・構築物

(a) 貫通評価

建物・構築物における衝突評価については、飛来物が建物・構築物の外殻等を構成する部材を貫通しない設計とするために、飛来物による衝撃荷重に対し、当該部材が設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算より確認する。

評価方法としては、「5. 2. 1(1)貫通評価」に示すとおり、評価式により算出した貫通限界厚さと評価対象部位の厚さとの比較又は解析により貫通しないことを確認する。

(b) 裏面剥離評価

外殻等を構成する部材が裏面剥離によるコンクリート片の飛散が生じない設計とするために、設計飛来物による衝撃荷重に対し、外殻等を構成する部材が裏面剥離を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。裏面剥離によるコンクリート片の飛散が生じない最小厚さ以上であることの確認ができない場合は、終局状態に至るようなひずみを生じないことを解析により確認する。

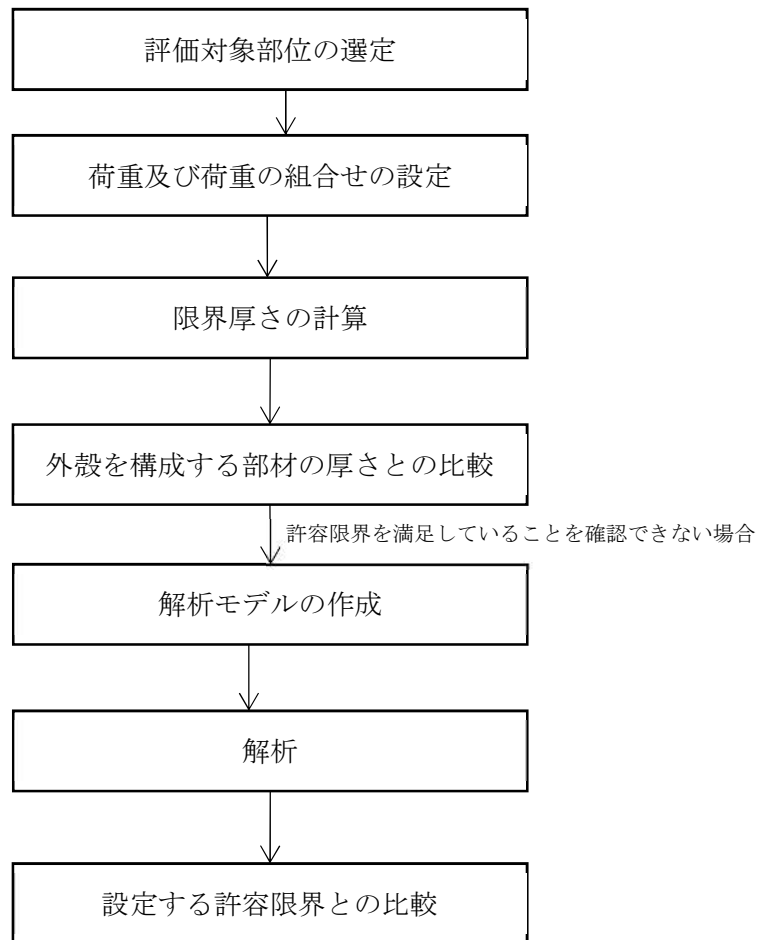
評価方法としては、「5. 2. 1(2) 裏面剥離評価」に示すとおり、評価式により算出した貫通限界厚さを基に評価を行う。

b. 機器・配管系

機器・配管系における衝突評価については、防護ネットを通過する飛来物である砂利による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材の厚さ未満であることを計算により確認することを基本とする。ただし、耐圧部については、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さ※を差し引いた残りの厚さが貫通限界厚さ以上となることを確認する。貫入が生じない最小厚さ以上であることの確認ができない場合は、破断に至るようなひずみを生じないことを解析により確認する。

評価方法としては、「5. 2. 2(1)貫入評価」に示すとおり、評価式により算出した限界厚さを基に評価を行う。

※ 耐圧強度上必要な厚さとは、最高使用圧力等使用環境から要求される厚さであり、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」(社)日本機械学会(以下、「JSME」という。)に基づき算出される。



第 3.1-8 図 衝突評価フロー

(3) 動的機能維持評価

a. 機器・配管系

(a) 冷却塔

動的機能維持評価は、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻時及び竜巻通過後において、動的機器であるファン駆動部が、動的機能を維持可能なことを確認する評価であり、以下の2点について評価を行う。

- ・ファンリングとファンの接触評価
- ・原動機等の軸受け部の破損評価

冷却塔においては、動的機能を維持するため、以下の設計としている。

- ・ [REDACTED]
[REDACTED]十分な曲げ剛性を有する設計とすること
- ・ [REDACTED]
[REDACTED]変位は生じない設計とすること

上記の設計を踏まえ、各機器の取付ボルトの構造健全性を確認することで、動的機能は維持されていると判断できることから、動的機能維持評価は、取付ボルトの構造強度評価に包絡される。

3.2 評価対象部位の選定

3.2.1 構造強度評価対象部位の選定

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示す構造に基づき、設計荷重(竜巻)の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

(1) 建物・構築物

a. 鉄筋コンクリート造構築物

(a) 変形評価

設計荷重(竜巻)に対して、外殻等を構成する部材自体が竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備へ衝突等の影響を与える変形に至らないことの確認において、設計荷重(竜巻)の水平荷重は、建屋の全体変形に対しては建物の外壁に作用し、耐震壁及び架構を介して直接岩盤に支持する基礎スラブへ伝達されるため、変形評価においては、耐震壁及び架構を評価対象部位として設定する。

フード・扉に対しては、被衝突物の寸法が大きいほど、厚みが薄いほどたわみ量が大きくなる傾向にある。したがって、変形評価においては、フード・扉板寸法が大きく、厚みが薄い箇所を踏まえて選定する。

(b) 脱落評価

建屋については、設計荷重(竜巻)に対して、外殻等を構成する部材自体が竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備へ衝突等の影響を与える変形に至らないことの確認において、設計荷重(竜巻)の鉛直荷重は、建物の屋根に作用することから、脱落評価においては、最も薄い屋根を評価対象部位として設定する。

扉については、設計荷重(竜巻)に対して、扉が転倒及び脱落することにより、竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備へ衝突の影響を与えないこと及び閉じ込め機能へ影響を与えないことの確認において、気圧差により扉が脱落しないことを確認する。

竜巻による気圧差に対して、扉の閉止状態を維持するための支持部材であるカンヌキ又はガイドローラーを評価対象として設定する。

b. 鋼製構築物

波及的影響評価は、「耐力評価」と「変形評価」によって、波及影響を及ぼし得る建屋が竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等へ波及的影響を与えないことを確認する。

設計荷重(竜巻)は、建物の外壁に作用し、耐震壁、鉄骨ブレース及び架構を介

して直接岩盤に支持する基礎へ伝達されることから、層せん断力及び最大相対変位の算定のため、水平荷重に抵抗する耐震壁、鉄骨ブレース及び架構を評価対象部位として設定する。

c. 排気筒

(a) 倒壊評価

倒壊評価においては、設計飛来物の衝突により鉄塔を構成する部材の欠損を想定することから、設計飛来物の衝突を想定する部材を選定する。設計飛来物の衝突を想定する部材は、鉄塔を構成する各層毎に主柱材、斜材、水平材のうち、設計荷重（竜巻）に対し、負荷の大きい部材をそれぞれ選定する。具体的には、欠損評価前の状態において、設計竜巻による風圧力による荷重を受けた場合に、許容限界が小さく許容応力度比が大きくなりやすい圧縮力が構造上最も大きくなる風下側の主柱材、及び、その主柱材に接続する斜材、水平材とする。

倒壊評価のうち欠損評価においては、鉄塔を構成する残る部材に対し、風圧力による荷重が作用することを想定することから、鉄塔を構成する残る部材を評価対象部位とする。

欠損評価において、許容限界を満足できないことが確認された場合は、欠損を想定した部材の衝突解析を実施することから、衝突解析においては欠損を想定する部材を評価対象部位とする。なお、欠損評価の結果、複数の部材にて許容限界を満足しないことが確認された場合、衝突解析の対象とする部材は、衝突位置及び部材の支持部に生じるひずみが大きくなる、板厚が薄く、長い部材とする。

欠損を想定する部材に対する衝突解析における設計飛来物の衝突位置は、部材に発生するひずみを大きくするため、被衝突部材の曲げモーメントが最大となるよう中央位置とする。

(b) 転倒評価

支持架構と基礎を定着している柱脚部が破断すると、支持架構が転倒するおそれがあることから、飛来物が支持架構の主要部材に直接衝突した場合についてのFEM解析を実施し、柱脚部の評価を行う。

評価対象部位は柱脚部とし、設計飛来物の衝突位置は、柱脚部に生じる応力が最も大きくなるよう、筒身の頂部とする。

排気筒の構造強度評価の評価対象部位を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 排気筒の強度評価の評価対象部位

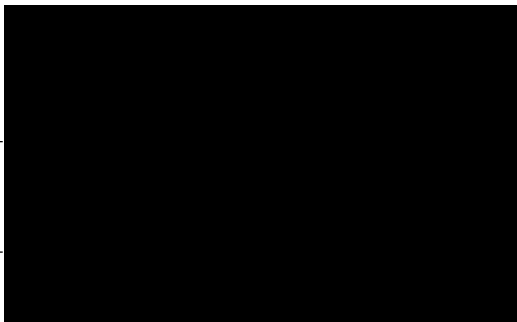
評価分類	施設名称	評価対象部位
排気筒	主排気筒	筒身 鉄塔
	北換気筒	柱脚部

(2) 機器・配管系

a. 冷却塔

冷却塔は、機器の形状を考慮した上で設計荷重（竜巻）が作用する機器のうち、冷却機能を維持するために必要な機器及び冷却機能を維持するために必要な機器に対し、影響を及ぼすおそれのある機器を評価対象機器とする。冷却塔における構造強度評価の評価対象機器の選定結果を第3.2.1-2表に示す。

第3.2.1-2表 冷却塔における構造強度評価の評価対象機器

評価分類	名称	評価対象機器	選定理由		
冷却塔	・安全冷却水A、B冷却塔	管束			
		ファン駆動部			
		支持架構（基礎ボルト含む）			
		遮熱板			
	・冷却塔A、B	ルーバ			
		管束		冷却機能を維持するために必要な機器	
	安全冷却水系冷却塔A、B	支持架構（基礎ボルト含む）			冷却機能を維持するために必要なファン駆動部に対し、影響を及ぼすおそれのある機器
		遮熱板			冷却機能を維持するために必要な管束に対し、影響を及ぼすおそれのある機器
ルーバ					

第3.2.1-2表で選定された機器に対し、荷重の伝達過程を踏まえて評価対象部位を選定する。冷却塔における評価対象部位の選定結果を第3.2.1-3表に示す。

(a) 管束及びファン駆動部の評価対象部位

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] 以下の部位を構造強度評価の評価対象部位として選定する。

- ・ 管束フレーム
- ・ ヘッダー
- ・ 管束取付ボルト
- ・ ファンリング
- ・ ファンリングサポート
- ・ ファンリングサポート取付ボルト

なお、管束のうち伝熱管及びチューブサポートについては、[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] は生じない。

また、ファン駆動部のうちファンについては、[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] は生じない。原動機及び減速機については、[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED] は生じない。端子箱についても、[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] への影響はない。

(b) 支持架構(基礎ボルト含む)の評価対象部位

[REDACTED] このことから、支持架構の構造強度評価の評価対象部位は、支持架構を構成する主柱、床はり、2F機械台はり、立面ブレース及び水平ブレースを選定する。

また、設計荷重(竜巻)は、[REDACTED]
[REDACTED] 基礎ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

(c) 遮熱板の評価対象部位

設計荷重(竜巻)は、遮熱板本体に作用し、遮熱板を介して取付ボルトに作用する。[REDACTED]
[REDACTED] 遮熱板と

遮熱板取付ボルトを構造強度評価の評価対象部位として選定する。

(d) ルーバの評価対象部位

設計荷重(竜巻)は, [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED] 構造強度評価の評価対象部位として選定する。

なお, ルーバを構成する部位のうち, ルーバブレード, ブレードシャフトについては, [REDACTED] 評価対象外とする。ルーバフレームについては, [REDACTED] 評価対象外とする。

第 3. 2. 1-3 表 冷却塔の構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位
冷却塔	・安全冷却水A, B冷却塔 ・冷却塔A, B	管束	管束フレーム
			ヘッダー
			管束取付ボルト
		ファン駆動部	ファンリング
			ファンリングサポート
			ファンリングサポート取付ボルト
		支持架構 (基礎ボルト含む)	支持架構を構成する部材 (主柱, 床はり, 2F 機械台はり, 立面ブレース及び水平ブレース)
			基礎ボルト
		遮熱板	遮熱板
		遮熱板取付ボルト	
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	
	・安全冷却水系冷却塔A, B	管束	管束フレーム
			ヘッダー
			管束取付ボルト
支持架構 (基礎ボルト含む)		支持架構を構成する部材 (主柱, 床はり, 3F 機械台はり, 立面ブレース及び水平ブレース)	
		基礎ボルト	
遮熱板		遮熱板	
	遮熱板取付ボルト		
ルーバ	ルーバ取付ボルト		

b. 容器

設計荷重（竜巻）は、胴板及び胴板を支持するスカートに作用し、スカートを介して基礎ボルトに作用する。このことから、胴板、スカート及び基礎ボルトを評価対象部位とする。容器の評価対象部位を第 3. 2. 1-4 表に示す。

第 3. 2. 1-4 表 容器の構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
容器	安全冷却水系膨張槽	胴板 スカート 基礎ボルト

c. 配管

(a) 配管の評価対象部位

設計荷重（竜巻）は、鋼管に作用する。弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく、配管の評価に包絡されることから、配管のみを評価対象とする。支持構造物については、建屋内外に関らず地震に対して耐荷重設計がなされており、建屋外部に設計竜巻の風圧力による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、設計竜巻の風圧力による荷重に対する支持構造物の評価は耐震評価に包絡されることから、評価対象外とする。ただし、竜巻防護対策設備に内包されない配管は、設計飛来物による衝撃荷重が耐荷重設計を上回るおそれがあることから、支持構造物を評価対象とする。

(b) ベント管及び排気管の評価対象部位

設計荷重（竜巻）は、鋼管に作用する。支持構造物については、建屋内外にかかわらず地震に対して耐荷重設計がなされており、建屋外部に設計竜巻の風圧力による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、設計竜巻の風圧力による荷重に対する支持構造物の評価は耐震評価に包絡されることから、評価対象外とする。ただし、架台で支持される重油貯槽ベント管は、設計荷重（竜巻）が架台に直接作用し、架台と埋め込み金物の溶接部に作用することから、架台の溶接部を評価対象とする。

なお、第 1 非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管及び第 2 非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管は、建屋に設置する支持構造物及び排気消音器によって支持されており、排気消音器の転倒が生じなければ閉塞することはないことから、排気消音器の評価に包絡される。

(c) 消音器の評価対象部位

設計竜巻による荷重は、消音器本体に作用し、支持脚を介して基礎ボルト又は取付ボルトに作用する。

消音器の転倒を防止するための主要な支持部材のうち、荷重作用点から離れていることから転倒モーメントが大きく作用し、更に支持断面積が小さいことから発生する応力が厳しくなる基礎ボルト又は取付ボルトを評価対象部位として設定する。

配管の評価対象部位を第3.2.1-5表に示す。

第3.2.1-5表 配管の構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
配管	・安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B 冷却塔, 冷却塔A, Bまわり配管)	配管本体
	・安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔)	配管本体 支持構造物
	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系 ・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管 ・安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管 ・第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトankのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管 ・緊急時対策建屋用発電機の燃料油サービスタンクのベント管 ・緊急時対策建屋用発電機の潤滑油タンクのベント管	配管本体
	・重油貯槽のベント管	配管本体 架台溶接部
	・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・緊急時対策建屋用発電機の排気消音器	基礎ボルト 取付ボルト

c. 換気空調設備

換気空調設備の評価範囲については、竜巻による気圧低下は、吸気口もしくは排気口から伝わるが、送風機若しくは排風機により圧力が上昇されることを

踏まえると、送風機の下流及び排風機の上流については、気圧差による影響は軽微と判断でき、設計における圧力変動の範囲に包絡されると考えられることから、評価範囲は、吸気口から送風機または排風機から排気口までとする。

また、換気空調設備を構成する設備のうち、設計竜巻による気圧低下量が設計圧力に包絡される設備又は耐圧能力が上回っている設備は竜巻による気圧低下による影響が設計の範囲内に収まることから、評価対象外とする。

(a) 角ダクトの評価対象部位

気圧差による荷重は、角ダクト本体の薄肉鋼板部に作用する。このことから、ダクト鋼板（本体）を評価対象部位として選定する。

角ダクトは薄肉角筒であり、発生応力はダクト鋼板中央部で最大となることから、ダクト鋼板を評価対象とする。フランジについては曲げモーメントが作用しないため、評価しない。角ダクトは支持構造物にダクト鋼板面を接触させて支持されており、竜巻の気圧差によりダクト鋼板に作用する荷重は、ダクト支持構造物に作用しないことから、ダクト支持構造物は評価対象外とする。

(b) 丸ダクトの評価対象部位

気圧差による荷重は、丸ダクト本体の薄肉鋼板部に作用する。このことから、ダクト鋼板（本体）を評価対象部位として選定する。

丸ダクトは薄肉円筒であり、座屈を考慮してダクト鋼板を評価対象とする。丸ダクトは支持構造物にダクト鋼板面を接触させて支持されており、竜巻の気圧差によりダクト鋼板に作用する荷重は、ダクト支持構造物に作用しないことから、ダクト支持構造物は評価対象外とする。

(c) 排風機の評価対象部位

気圧差による荷重は、排風機のケーシングに作用する。このことから、ケーシングを評価対象部位として選定する。

(d) フィルタユニット

気圧差による荷重は、フィルタユニットのケーシングに作用する。このことから、ケーシングを評価対象部位として選定する。

(e) 空調ユニット

気圧差による荷重は、空調ユニットのケーシングに作用する。このことから、ケーシングを評価対象部位として選定する。

(f) ダンパ

気圧差による荷重は、ケーシングに作用する。また、閉止しているダンパにはベーン及びシャフトに対しても気圧差による荷重が作用することから、ケーシング、ベーン及びシャフトを評価対象部位として選定する。

(g) 収納管の評価対象部位

気圧差による荷重は、収納管本体の鋼板に作用する。このことから、収納管本体を評価対象部位として選定する。

収納管は内部にガラス固化体及びガラス固化体受台を収納していることから、収納管の自重、収納するガラス固化体等の重量を考慮し、収納管の円筒部及び底板を評価対象部位として選定する。

換気空調設備の評価対象部位を第3.2.1-6表に示す。

第3.2.1-6表 換気空調設備の構造強度評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
換気空調 設備	角ダクト	ダクト鋼板
	丸ダクト	ダクト鋼板
	排風機	ケーシング
	フィルタユニット	
	空調ユニット	
	ダンパ	ケーシング ベーン シャフト
	収納管	収納管本体 (円筒部, 底板)

3.2.2 衝突評価対象部位の選定

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」及び「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」の「2.2.5.2 構造概要」に示す構造及び作用する荷重の伝達を基に評価対象部位を選定する。

(1) 建物・構築物

a. 鉄筋コンクリート造構造物

(a) 貫通評価

設計飛来物の衝突に対して、外殻等を構成する部材に貫通が生じないことの確認において、外殻等を構成する最も薄い壁，屋根を評価対象部位として設定する。

(b) 裏面剥離評価

設計飛来物の衝突に対して、外殻等を構成する部材に裏面剥離が生じないことの確認において、外殻等を構成する最も薄い壁，屋根を評価対象部位として設定する。

b. 排気筒

設計飛来物の衝突により、主排気筒には設計飛来物の衝撃荷重が作用し、貫通し、主排気筒の安全機能を喪失する可能性があるため、主排気筒の筒身を評価対象部位とする。第3.2.2-1表に評価対象部位を示す。

第3.2.2-1表 衝突評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
排気筒	主排気筒	筒身

(2) 機器・配管系

a. 冷却塔

を評価対象部位とする。第3.2.2-2表に評価対象部位を示す。

ルーバは、

評価対象外とする。

第3.2.2-2表 衝突評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位
冷却塔	・安全冷却水A, B冷却塔 ・冷却塔A, B	管束	管束フレーム
		ファン駆動部	ファンリング
		支持架構 (基礎ボルト含む)	床はり
		遮熱板	遮熱板本体
	・安全冷却水系 冷却塔A, B	管束	管束フレーム
		支持架構 (基礎ボルト含む)	床はり
		遮熱板	遮熱板本体

b. 容器

評価において考慮する飛来物の衝突により、安全冷却水系膨張槽に衝撃荷重が作用し貫入する可能性があるため、貫入によりその施設の機能が喪失する可能性のある箇所を評価対象部位として設定する。安全冷却水系膨張槽の全方向からの飛来物を考慮し、貫入により施設の機能が喪失する可能性がある箇所として胴板を選定する。第3.2.2-3表に評価対象部位を示す。

第3.2.2-3表 衝突評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
容器	安全冷却水系膨張槽	胴板

c. 配管

評価において考慮する飛来物の衝突により、配管に飛来物による衝撃荷重が作用し貫入する可能性があるため、貫入によりその施設の機能が喪失する可能性のある箇所を評価対象部位として設定する。弁を設置している箇所においては、弁の板厚は配管の板厚に比べ厚く、配管の評価に包絡されるため、配管のみを評価対象とする。第3.2.2-4表に評価対象部位を示す。

第3.2.2-4表 衝突評価の評価対象部位

評価分類	施設名称	評価対象部位
配管	・安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, Bまわり配管)	配管本体

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

評価対象施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを、「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ

(1) 荷重の組合せ

評価対象施設の設計に用いる設計竜巻荷重は、竜巻ガイドを参考に設計竜巻の風圧力による荷重(W_W)、気圧差による荷重(W_P)及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重とし、下式より算出する。

$$W_{T1} = W_P \quad \dots (4.1-1)$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M \quad \dots (4.1-2)$$

評価対象施設には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。各施設の設計竜巻による荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造を踏まえ適切な組合せを設定する。

各評価対象施設における評価項目ごとの荷重の組合せ一覧表を第4.1-1表に示す。

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(1/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
建物・構築物	前処理建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	分離建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	精製建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
	高レベル廃液ガラス 固化建屋	衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	使用済燃料受入れ・ 貯蔵建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(2/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
建物・構築物	ウラン脱硝建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	ウラン酸化物貯蔵建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	第1ガラス固化体貯蔵建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	ハル・エンドピース貯蔵建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(3/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
建物・構築物	制御建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	分析建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	非常用電源建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	緊急時対策建屋	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	第1保管庫・貯水所	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
	第2保管庫・貯水所	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		衝突	二	二	二	二	二	○	二	二

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(4/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重								
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重	
			自重	水頭圧	積載荷重						
建物・構築物	鉄筋コンクリート造構築物	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	構造強度	○	—	○	○	○	○	—	○
		使用済燃料輸送容器管理建屋（使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫）	構造強度	○	—	○	○	○	○	—	○
		低レベル廃棄物処理建屋	構造強度	○	—	○	○	○	○	—	○
		出入管理建屋	構造強度	○	—	○	○	○	○	—	○
		運転訓練施設	構造強度	○	—	○	○	○	○	—	○

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(5/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重								
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重	
			自重	水頭圧	積載荷重						
建物・構築物	鉄骨造建物	・運転訓練施設	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
		・事務建屋(再処理事務所)	構造強度	○	二	○	○	○	○	二	○
	鋼製構築物	第1非常用ディーゼル発電設備重油タンク室	衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
		第1軽油貯蔵所	衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
		第2軽油貯蔵所	衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
		重油貯蔵所	衝突	二	二	二	二	二	○	二	二

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(6/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称		評価項目	荷重							
				常時作用する荷重			風圧力によ る 荷重	気圧差によ る 荷重	飛来物によ る 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
				自重	水頭圧	積載荷重					
建物・構築物	排気筒	主排気筒	構造強度	○	二	二	○	二	○	二	○
			衝突	二	二	二	二	二	○	二	二
		北換気塔	構造強度	○	二	二	○	二	○	二	○

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(7/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
機器・配管系	安全冷却水 A, B 冷却塔	構造強度								
		衝突								
	冷却塔 A, B	構造強度	○	＝	○*1	○	○	＝	○*2	○*3
		衝突	＝	＝	＝	＝	＝	○	＝	＝
	安全冷却水系冷却塔 A, B	構造強度	○	＝	○*1	○	○	＝	○*2	○*3
		衝突	＝	＝	＝	＝	＝	○	＝	＝

注記) *1：管束等の積載重量

*2：管束を構成する部位のうちヘッダーに作用する内圧

*3：支持架構の積雪荷重

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(8/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重								
			常時作用する荷重			風圧力による荷重	気圧差による荷重	飛来物による衝撃荷重	運転時荷重	積雪荷重	
			自重	水頭圧	積載荷重						
機器・配管系	・安全冷却水系膨張槽	構造強度	○	○	—	○	—	—	—	○	
		衝突	—	—	—	—	—	○	—	—	
	配管	安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔 A, B, 安全冷却水 A, B 冷却塔, 冷却塔 A, B まわり配管)	構造強度	○	—	—	○	○	—	○ ^{*1}	—
			衝突	—	—	—	—	—	○	—	—
		安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水 A 冷却塔まわり配管)	構造強度	○	—	—	○	○	○	○ ^{*1}	—
			衝突	○	—	—	○	○	○	○ ^{*1}	—

注記) *1：配管に作用する内圧

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(9/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重								
			常時作用する荷重			風圧力による荷重	気圧差による荷重	飛来物による衝撃荷重	運転時荷重	積雪荷重	
			自重	水頭圧	積載荷重						
機器・配管系	ベント管及び排気管	構造強度	・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系								
			・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの排気管								
			・安全圧縮空気系の安全空気脱湿装置の再生空気排気配管								
			・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管								
			・第1非常用ディーゼル発電機の燃料デイトankのベント管								
			・第1非常用ディーゼル発電機の重油タンクのベント管								
			・第1非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管	○	＝	＝	○	＝	＝	＝	＝
			・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気管								
			・第2非常用ディーゼル発電機の燃料油貯蔵タンクのベント管								
			・第2非常用ディーゼル発電機の潤滑油タンクのベント管								
・緊急時対策建屋用発電機の燃料油サービスタnkのベント配											
・緊急時対策建屋用発電機の潤滑油タンクのベント管											
・重油貯槽のベント管											

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(10/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称	評価項目	荷重							
			常時作用する荷重			風圧力による荷重	気圧差による荷重	飛来物による衝撃荷重	運転時荷重	積雪荷重
			自重	水頭圧	積載荷重					
機器・配管系	消音器	・第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器	○	＝	＝	○	＝	○	＝	＝
		・第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器	○	＝	＝	○	＝	＝※1	＝	＝
	消音器	・緊急時対策建屋用発電機の排気消音器	○	＝	＝	○	＝	＝※1	＝	＝

注記) *1：飛来物は胴板を貫通するため、衝撃荷重は考慮しない。

第4.1-1表 竜巻の影響を考慮する施設の荷重の組合せ(11/11)

(○：考慮する荷重を示す。)

分類	施設名称		評価項目	荷重							
				常時作用する荷重			風圧力による 荷重	気圧差による 荷重	飛来物による 衝撃荷重	運転時 荷重	積雪 荷重
				自重	水頭圧	積載荷重					
機器・配管系	換気空調設備	角ダクト	構造強度	○	二	二	二	○	二	二*1	二
		丸ダクト	構造強度	○	二	二	二	○	二	二*1	二
		排風機	構造強度	○	二	二	二	○	二	二	二
		フィルタユニット	構造強度	○	二	二	二	○	二	二	二
		空調ユニット	構造強度	○	二	二	二	○	二	二	二
		ダンパ	構造強度	○	二	二	二	○	二	二	二
		収納管	構造強度	○	二	○*2	二	○	二	二	二

注記) *1：気圧差の抗力となることから、考慮しない。

*2：収納するガラス固化体及びガラス固化体受台の重量

(2) 荷重の算定方法

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(1) 荷重の種類」で設定している荷重の算出式を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を第4.1-2表に示す。

第4.1-2表 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
a'	mm	施設の横方向の受圧寸法
b'	mm	施設の縦方向の受圧寸法
A	m ²	施設の受圧面積
C	—	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
F _d	N	常時作用する荷重
F _p	N	運転時荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度(g=9.80665)
H	N	自重による荷重
m	kg	質量
q	N/m ²	設計用速度圧
R _m	m	最大接線風速半径
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
W _M	N	飛来物による衝撃荷重
W _P	N	気圧差による荷重
W _W	N	風圧力による荷重
ρ	Kg/m ³	空気密度
ΔP _{max}	N/m ²	設計竜巻の最大気圧低下量

b. 自重による荷重の算出

自重による荷重は以下のとおり計算する。

$$H = m \cdot g \quad \dots (4.1-3)$$

c. 竜巻による荷重の算出

設計竜巻の評価条件を評価条件を第4.1-3表に示す。

第4.1-3表 評価条件

最大風速 V_D (m/s)	空気密度 ρ (kg/m ³)	ガスト影響 係数 G (-)	設計用 速度圧 q (N/m ²)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧 低下量 ΔP_{max} (N/m ²)
100	1.22	1.0	6100	85	8900

(a) 風圧力による荷重

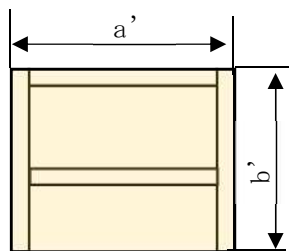
風圧力による荷重は、竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad \dots (4.1-4)$$

ここで、

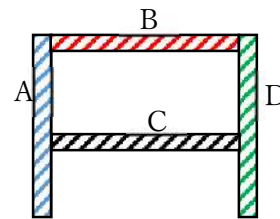
$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot V_D^2 \quad \dots (4.1-5)$$

ここで、受圧面積は評価モデルを簡略化するため、投影面積で算出する方法と部材ごとに受圧面積を精緻化して算出する方法のどちらかにより算出することとする。受圧面積の考え方の概要図を第4.1-1図に示す。



$$\text{受圧面積 } A = a' \times b'$$

簡略化の考え方



部材 A の受圧面積 : A_1

部材 B の受圧面積 : A_2

部材 C の受圧面積 : A_3

部材 D の受圧面積 : A_4

$$\text{受圧面積 } A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

精緻化の考え方

第4.1-1図 受圧面積の算出方法

(b) 気圧差による荷重

気圧差による荷重は、次式のとおり算出する。

$$W_p = \Delta P_{\max} \cdot A \quad \cdot \cdot \quad (4.1-6)$$

ここで、

$$\Delta P_{\max} = \rho \times V_{Rm}^2 \quad \cdot \cdot \quad (4.1-7)$$

(c) 設計飛来物による衝撃荷重

設計飛来物による衝撃荷重を考慮する施設は、FEMを用いた解析による評価を基本とすることから、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」「2.1.3(1)b.(c)」に基づき、設計飛来物の条件を設定する。

4.2 許容限界

許容限界は、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で示す構造強度設計上の性能目標及び「3.1 構造強度の評価方針」に示す評価方針を踏まえて、評価項目ごとに設定する。

「4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ」で示す荷重及び荷重の組合せを含めた、評価項目ごとの許容限界を第4.2-1表に示す。

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」（（社）日本電気協会），「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編JEAG 4601-補 1984」（（社）日本電気協会）及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」（（社）日本電気協会）（以下、「JEAG4601」という。）を準用できる施設については、JEAG4601に基づきJSMEの付録材料図表及びJISの材料物性値により許容限界を算出している。その他施設や飛来物による衝撃荷重のみを考慮する施設については、JSMEや既往の実験式に基づき許容限界を設定する。

ただし、JSMEの適用を受ける機器であって、許容値の規定がJSMEにないものは機能維持の評価方針を考慮し、JEAG4601に基づいた許容限界を設定する。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(1/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
<ul style="list-style-type: none"> ・前処理建屋 ・分離建屋 ・精製建屋 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 ・高レベル廃液ガラス固化建屋 ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 ・ウラン脱硝建屋 ・ウラン酸化物貯蔵建屋 ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 ・第1ガラス固化体貯蔵建屋 ・チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋 	$F_d+W_T(W_w, W_p)$	耐震壁及び架構	構造 強度	せん断	建屋の倒壊, 構成部材の転倒及び建屋の過大な変形	コンクリートのせん断ひずみ度 2.0×10^{-3} 以下とする。
		屋根		荷重比較	終局状態	屋根の長期荷重以下とする。
		扉		曲げ せん断	脱落	扉の支持部材に発生する応力は「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」に基づく短期許容応力度以下とする。
<ul style="list-style-type: none"> ・ハル・エンドピース貯蔵建屋 ・制御建屋 ・分析建屋 ・非常用電源建屋 	W_M	壁, 屋根, フード扉	衝突 評価	変形	貫通	建屋の最小部材厚さが貫通限界厚さ以上とする。
		壁, 屋根, フード		裏面剥離	裏面剥離によるコンクリート片の飛散	施設の最小部材厚さは裏面剥離限界厚さ以上とする。

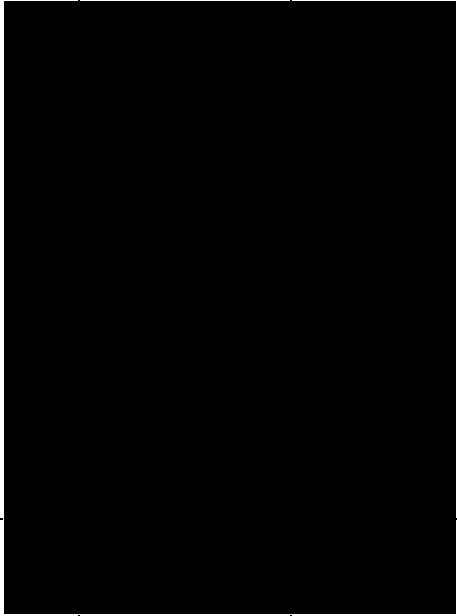
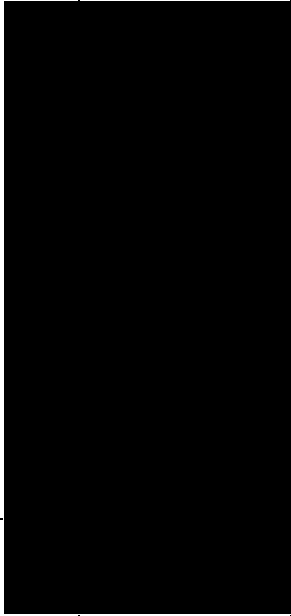
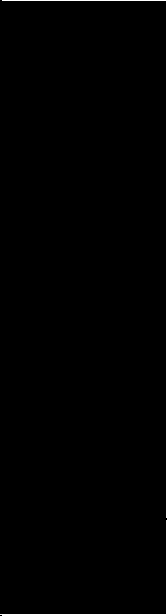
第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界 (2/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋 ・使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫) ・事務建屋(再処理事務所) ・低レベル廃棄物処理建屋 ・出入管理建屋 ・運転訓練施設 	$F_d+W_T (W_w, W_p)$	耐震壁及び架構	変形 評価	せん断	終局状態	設計荷重(竜巻)が保有水平耐力以下とする。
			接触 評価	変形	接触	相対変位の絶対値和が建屋間離隔距離未満とする。
<ul style="list-style-type: none"> ・第 1 非常用ディーゼル発電設備重油タンク室 ・第 1 軽油貯蔵所 ・第 2 軽油貯蔵所 ・重油貯蔵所 	W_M	鋼製蓋	衝突 評価	変形	貫通	鋼製蓋の最小部材厚さが貫通限界厚さ以上とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(3/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
主排気筒 北換気筒	$F_d+W_T(W_W, W_P)$	鉄塔 (欠損評価)	構造 強度	組合せ (圧縮+曲げ)	終局状態	「建築基準法, 同施行令及び関係告示」に基づく材料強度以下とする。
		鉄塔 (衝突解析)	構造 強度	変形	有意な変形が生じないこと	排気筒の支持機能を喪失するような変形が生じないこと。
		柱脚部	構造 強度	引張 圧縮 せん断 曲げ 組合せ (引張+せん断)	終局状態	鋼材は、「鋼構造設計規準」に規定される短期応力に対する許容応力度以下とする。なお、「建設省告示第 2464 号」に基づき F 値は 1.1 倍する。 コンクリートは、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」及び「各種合成構造設計指針・同解説」に規定される短期許容応力度及び短期許容荷重以下とする
	W_M	筒身	衝突	変形	貫通	施設の最小部材厚さが貫通限界厚さ以上とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(4/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
・安全冷却水 A, B 冷却塔 ・冷却塔 A, B ・安全冷却水 系冷却塔 A, B	$F_d+W_T(W_W, W_P)$	管束フレーム ヘッダー 管束取付ボルト ファンリング ファンリングサポート ファンリングサポート取付ボルト 支持架構を構成する部材 基礎ボルト 遮熱板 遮熱板取付ボルト ルーバ取付ボルト				JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
	W_M	外殻を構成する部材				施設の最小部材厚さが貫通限界厚さ以上とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界 (5/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
安全冷却水系 膨張槽	$F_d + W_T (W_w, W_p, W_M) + F_p$	胴板	構造 強度	一次一般膜、組 合せ一次	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応 力状態 III_A_S の許容応力以 下とする。
		スカート		組合せ		
		基礎ボルト		引張、せん断、 組合せ		
	W_M	胴板	衝突	変形	貫通	施設の最小部材厚さが貫通 限界厚さ以上とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(6/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔 A, B, 安全冷却水 A, B 冷却塔, 冷却塔 A, B まわり配管)	$F_d+W_T(W_W, W_P, W_M)+F_P$	配管本体	構造 強度	一次 (膜+曲げ)	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
	W_M	外殻を構成する部材	衝突	変形	流路を確保する機能の喪失	評価式により算定した貫通限界厚さが、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満とする。
安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水 A 冷却塔まわり配管)	$F_d+W_T(W_W, W_P, W_M)+F_P$	配管本体	構造 強度	変形	流路を確保する機能の喪失	流路を維持できる範囲の変形量に留めること。
		支持構造物		一次応力	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
		配管本体	衝突	変形	貫通	貫通しないこと。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(7/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
<ul style="list-style-type: none"> ・ウラン・プルトニウム混合酸化 物貯蔵建屋換気設備の排気系 ・安全蒸気系の安全蒸気ボイラの 排気管 ・安全圧縮空気系の安全空気脱湿 装置の再生空気排気配管 ・第1非常用ディーゼル発電機の 燃料デイトンクのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の 重油タンクのベント管 ・第1非常用ディーゼル発電機の 潤滑油タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機の 燃料油貯蔵タンクのベント管 ・第2非常用ディーゼル発電機の 潤滑油タンクのベント管 ・重油貯槽のベント管 ・燃料油サービスタンクのベント 管 ・緊急時対策建屋用発電機の潤滑 油タンクのベント管 	$F_d + W_W$	配管本体	構造 強度	曲げ	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応 力状態Ⅲ _A Sの許容応力以下 とする。
<ul style="list-style-type: none"> ・重油貯槽のベント管 	$F_d + W_W$	架台溶接部	構造 強度	せん断	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応 力状態Ⅲ _A Sの許容応力以下 とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(8/9)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 第 1 非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・ 第 2 非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器 ・ 緊急時対策建屋用発電機の排気消音器 	F _d +W _w	基礎ボルト 取付ボルト	構造 強度	引 張 せん断	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
					破断	鋼構造限界状態設計指針・同解説及び JIS に基づく、破断耐力以下とする。

第 4.2-1 表 施設ごとの許容限界(9/9)

施設名称		荷重の 組合せ	評価対象 部位	評価 項目	機能損傷モード		許容限界
					応力等の状態	限界状態	
換気空調設備	<ul style="list-style-type: none"> ・角ダクト ・丸ダクト 	F_d+W_p	ダクト鋼板	構造 強度	曲げ、座屈	部材の降伏	「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に準じて許容応力状態ⅢAS (*1)、座屈に対する評価式を満足する許容応力以下又はクリッピング座屈に応じた許容応力以下とする。
	<ul style="list-style-type: none"> ・排風機 ・フィルタユニット ・空調ユニット 	F_d+W_p	ケーシング	構造 強度	曲げ	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
	ダンパ	F_d+W_p	ケーシング ベーン シャフト	構造 強度	曲げ せん断	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。
	収納管	F_d+W_p	収納管円筒部 収納管底板	構造 強度	曲げ	部材の降伏	JEAG4601 等に準じて許容応力状態Ⅲ _A S の許容応力以下とする。

注記) *1: JEAG4601を基に、クラス2・クラス3配管の許容応力を準用する。

(1) 許容限界の設定

a. 構造強度評価

(a) 建物・構築物

イ. 鉄筋コンクリート造構築物

(イ) 建物

①変形評価

構造健全性を維持する設計とすることを，構造強度設計上の性能目標としているため，終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する許容限界として，耐震壁の評価基準は，JEAG4601に基づきせん断ひずみ度 2.0×10^{-3} ，架構の評価基準は，建築基準法施行令に基づき層間変形角 $1/120$ とする。

変形評価の許容限界を第 4.2-2 表に示す。

第 4.2-2 表 変形評価の許容限界

評価内容	評価対象部位	許容限界
変形評価	耐震壁	せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
	架構	層間変形角 $1/120$
	扉	破断ひずみ 0.07

②脱落評価

構造健全性を維持する設計とすることを，構造強度設計上の性能目標としているため，終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する許容限界として，屋根に作用する設計荷重(竜巻)の許容限界は，設計時長期荷重とする。

扉の脱落評価の許容限界を第 4.2-3 表，各部位の許容限界を第 4.2-4 表及び第 4.2-5 表に示す。

第 4.2-3 表 脱落評価の許容限界

評価内容	評価対象部位	許容限界
脱落評価	屋根	設計時長期荷重

第 4.2-4 表 カンヌキの許容限界

評価対象部材	材質	許容限界(N/mm ²)	
		曲げ・引張	せん断
カンヌキ	SUS304	205	118

第 4.2-5 表 ガイドローラーの許容限界

評価対象部材	型番	許容限界(kN)
ガイドローラー	CF20VMUU-A	32.1

(ロ) 波及的影響を及ぼし得る建屋

① 耐力評価

構造健全性を維持する設計とすることを，構造強度設計上の性能目標としているため，終局耐力を許容限界として，耐震壁，鉄骨ブレース及び架構の評価基準は，「JEAG4601」に基づき保有水平耐力とする。
耐力評価の許容限界を第 4.2-6 表に示す。

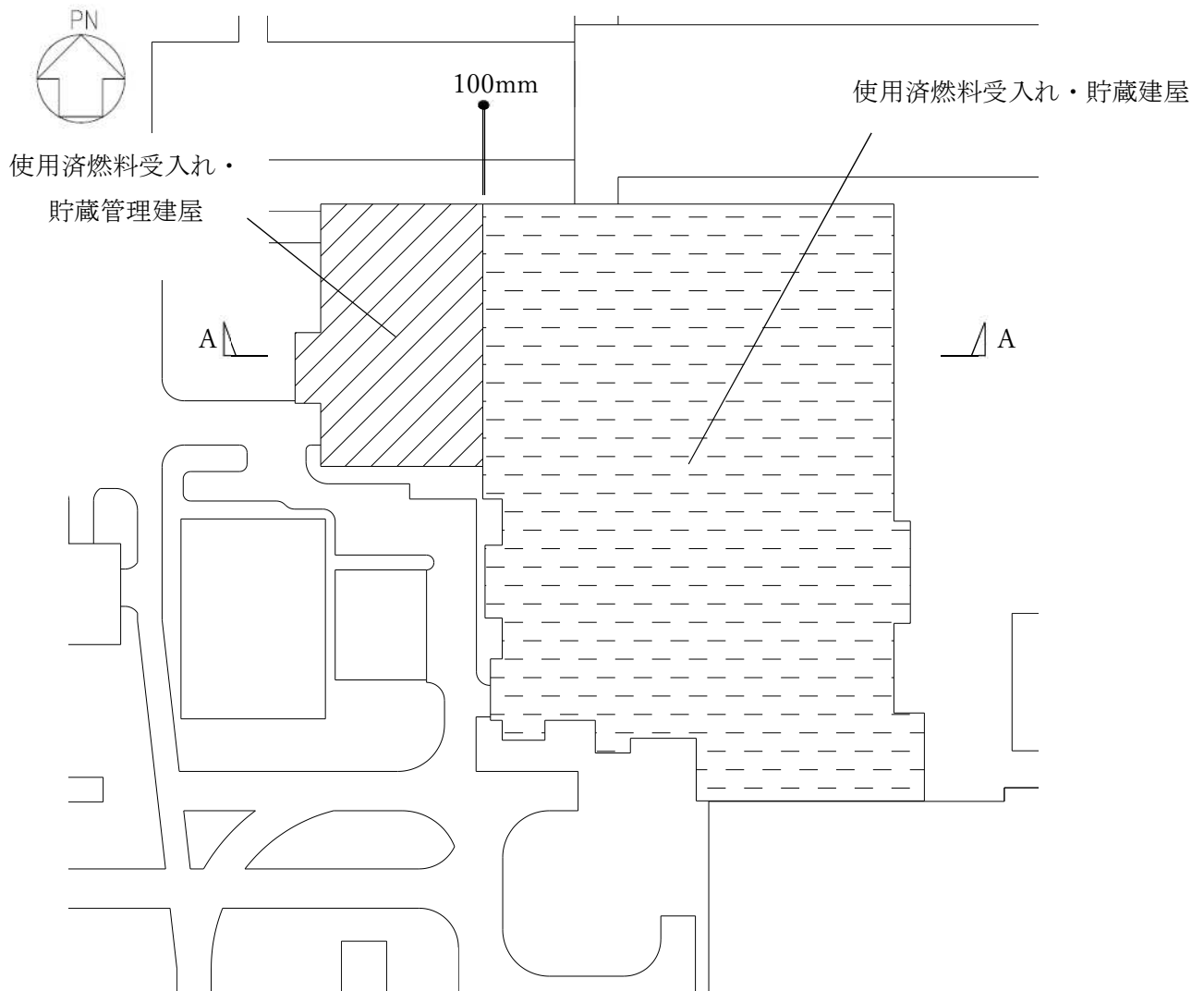
第4.2-6表 耐力評価の許容限界

評価内容	評価対象部位	許容限界
耐力評価	耐震壁及び架構	保有水平耐力

② 接触評価

構造健全性を維持する設計とすることを，構造強度設計上の性能目標としているため，終局耐力を許容限界として，最大相対変位は建屋間の離隔距離以下とする。

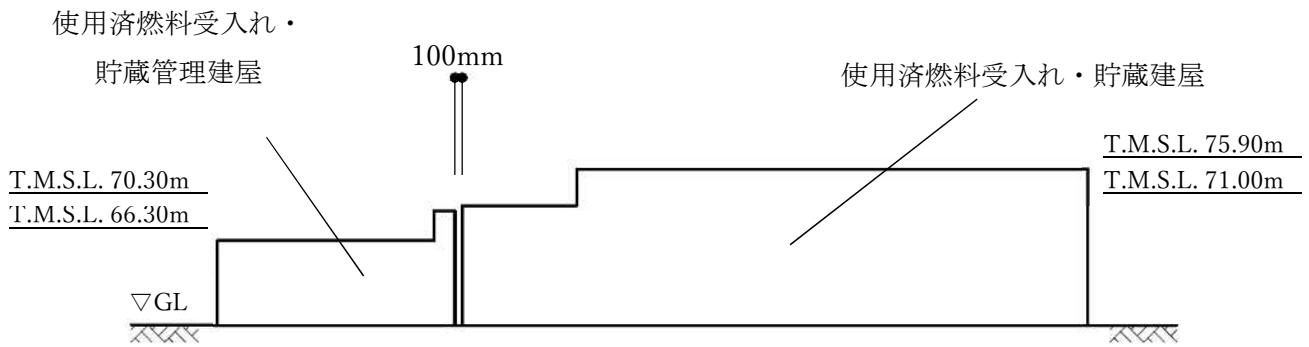
接触評価の許容限界として，建屋間離隔距離の概要図を第 4.2-1 図に示す。



波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	EW 方向	100

第 4.2-1 図(1) 建屋間離隔距離の概要図

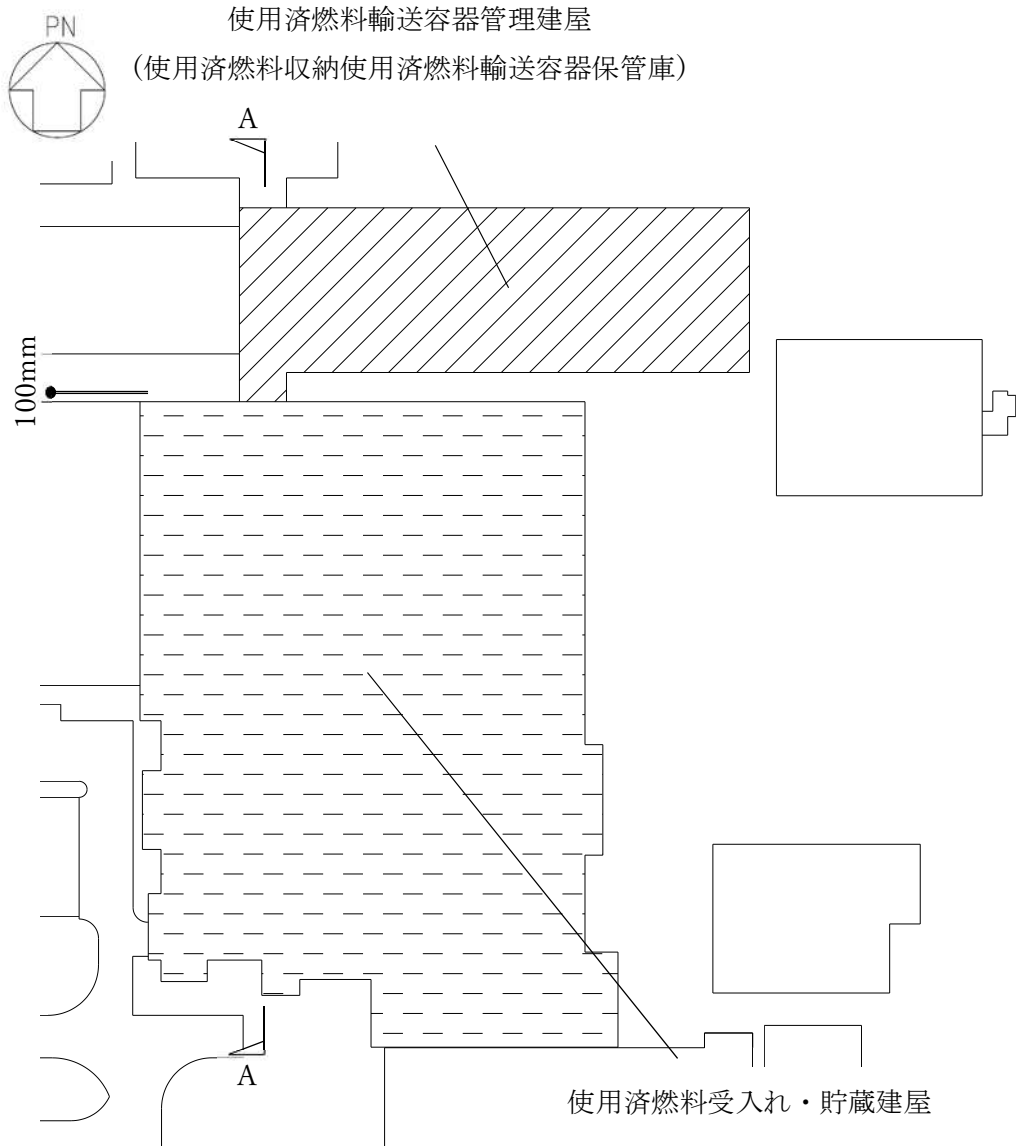
(使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋と使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(平面図))



(A-A 矢視)

第 4.2-1 図(1) 建屋間離隔距離の概要図

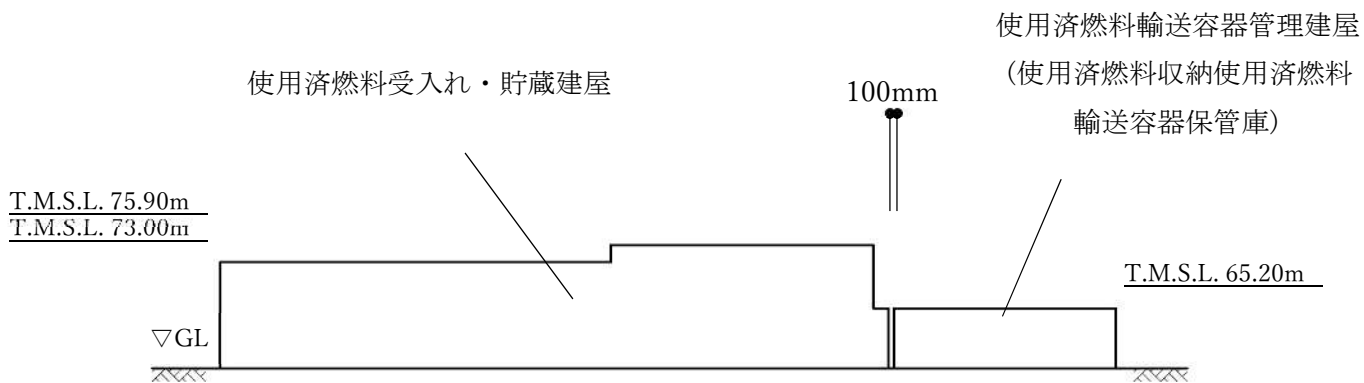
(使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋と使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(断面図))



波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	NS 方向	100

第 4.2-1 図(2) 建屋間離隔距離の概要図

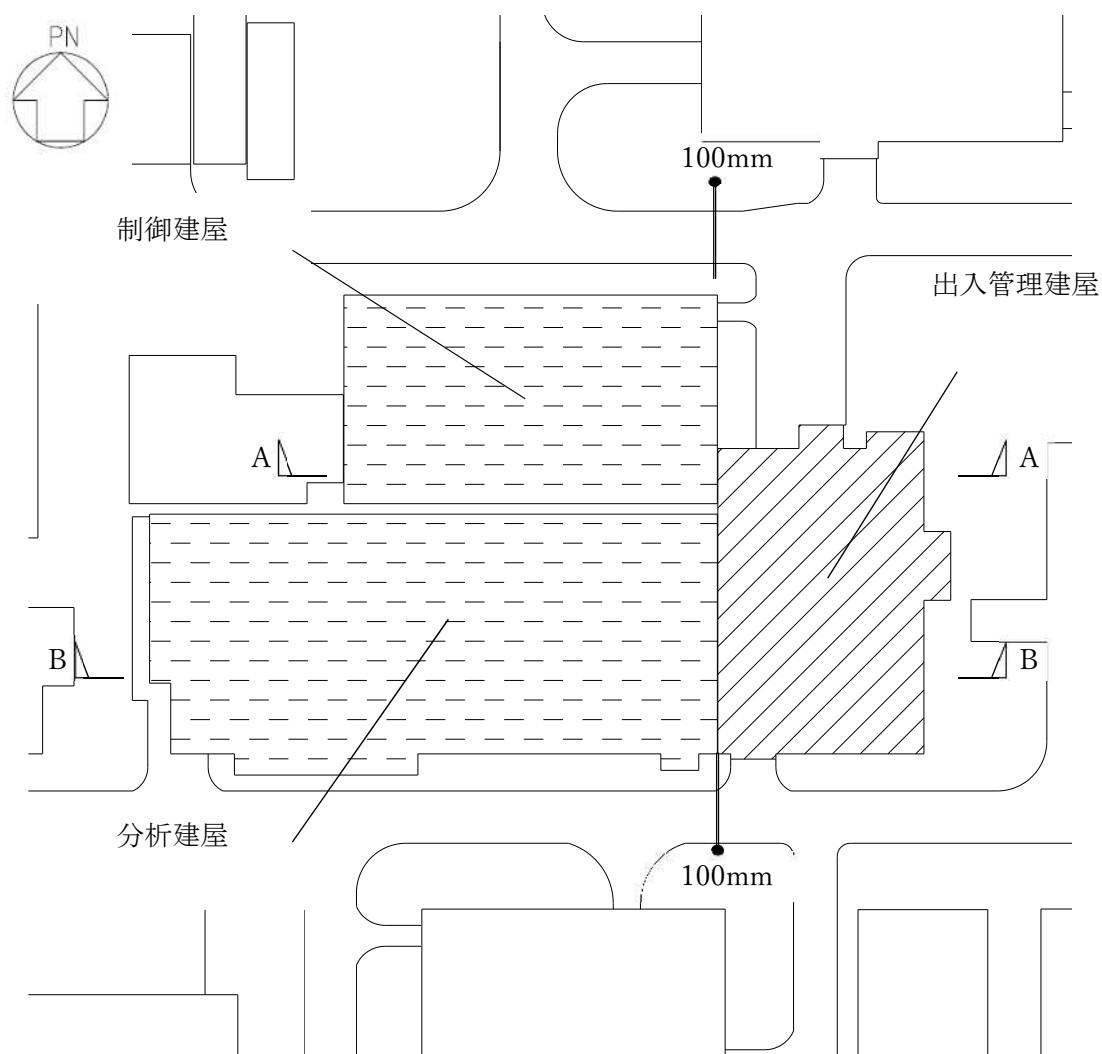
(使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)と使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(平面図))



(A-A 矢視)

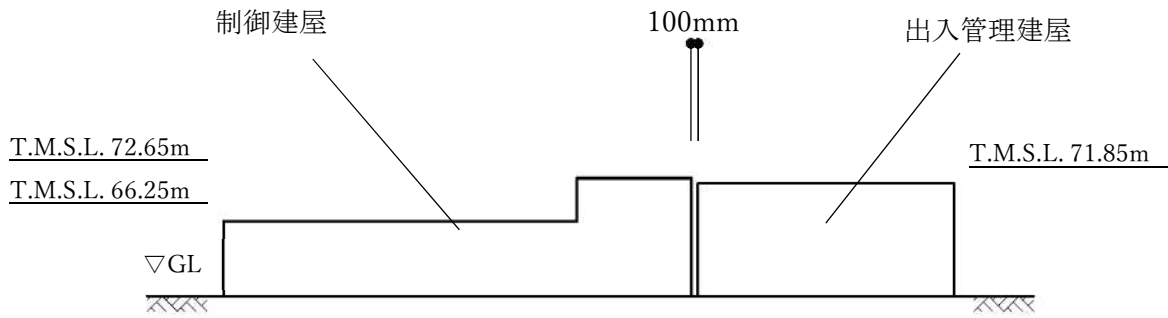
第 4.2-1 図(2) 建屋間離隔距離の概要図

(使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)と使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(断面図))

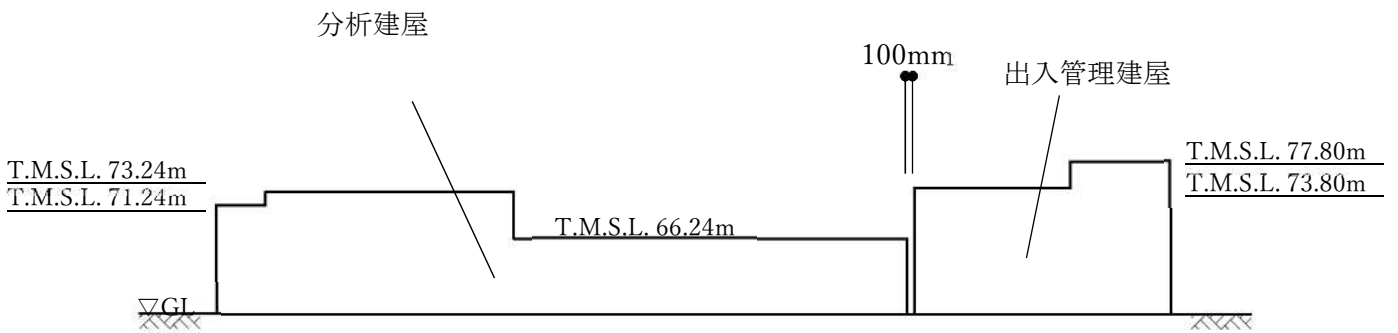


波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界 (建屋間の離隔距離) (mm)
出入管理建屋	制御建屋	EW 方向	100
	分析建屋	EW 方向	100

第 4.2-1 図(3) 建屋間離隔距離の概要図
(出入管理建屋と制御建屋及び分析建屋(平面図))

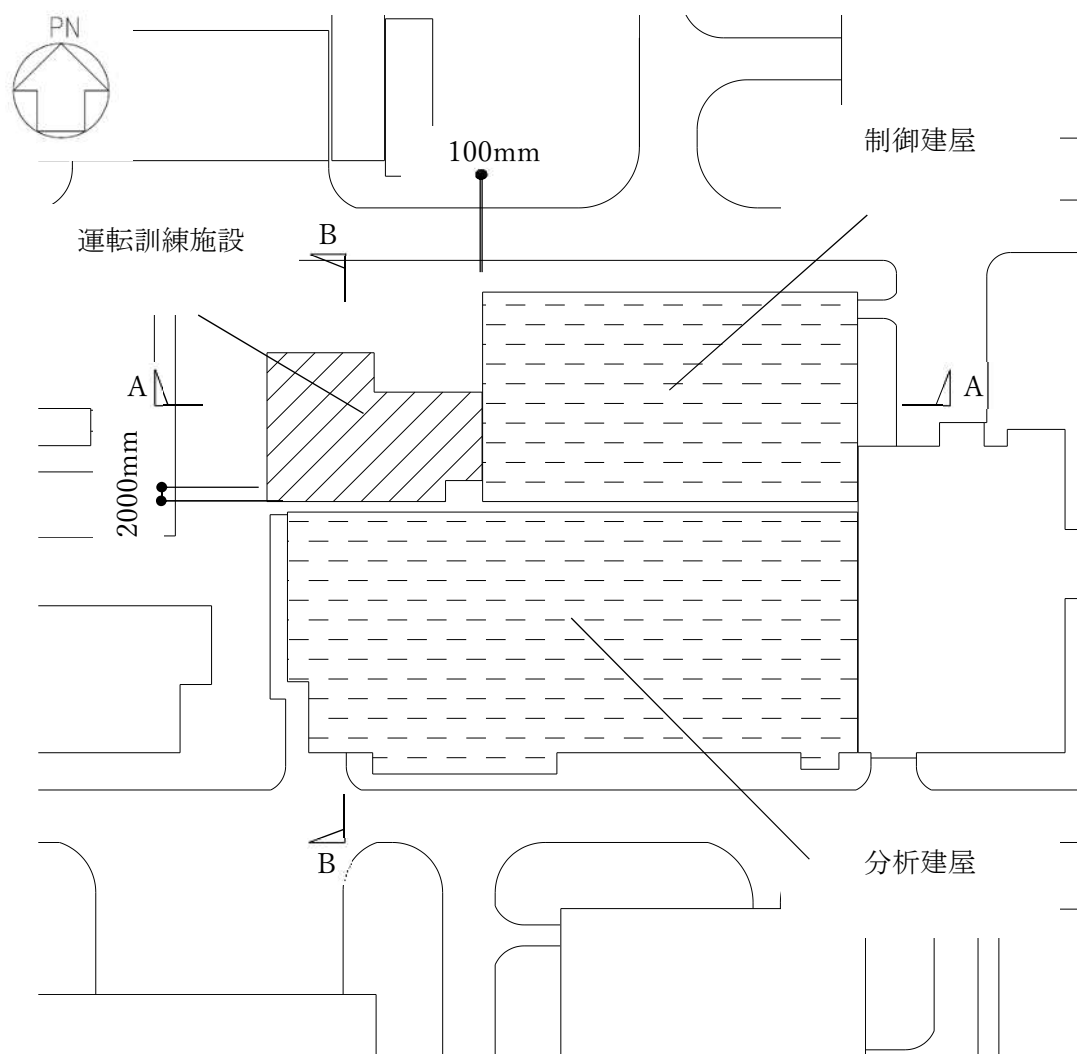


(a) 出入管理建屋と制御建屋のクリアランス(A-A 矢視)



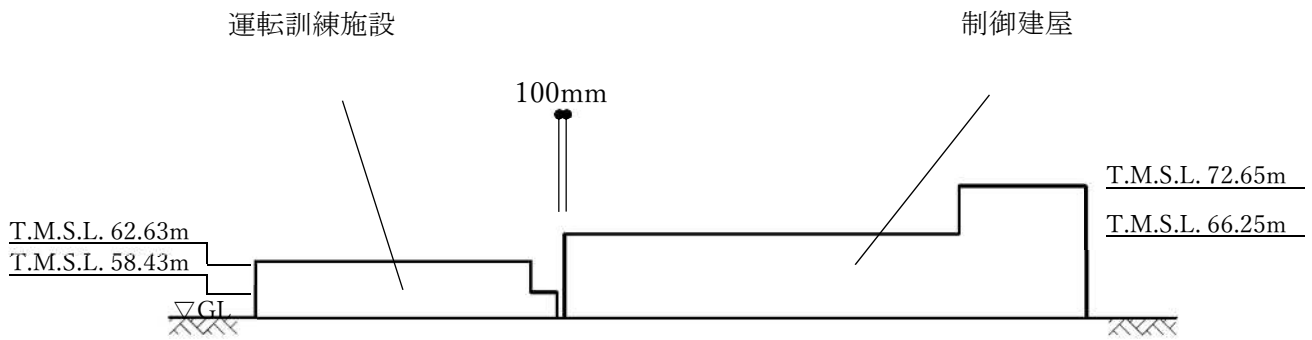
(b) 出入管理建屋と分析建屋のクリアランス(B-B 矢視)

第 4.2-1 図(3) 建屋間離隔距離の概要図
 (出入管理建屋と制御建屋及び分析建屋(断面図))

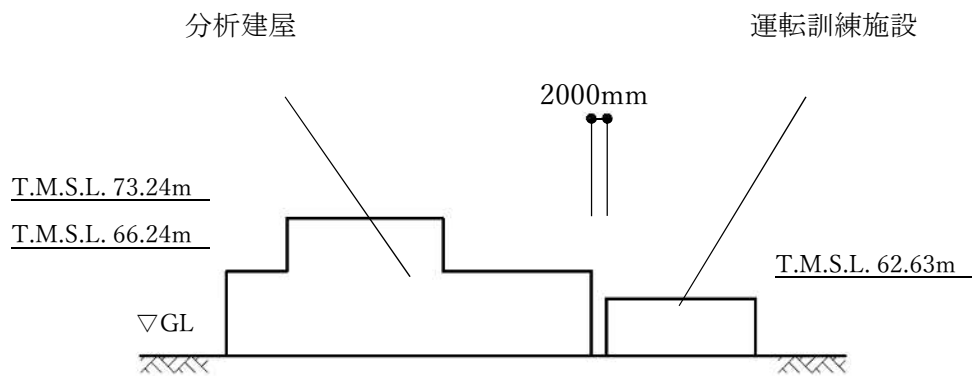


波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
運転訓練施設	制御建屋	EW 方向	100
	分析建屋	NS 方向	2000

第 4.2-1 図(4) 建屋間離隔距離の概要図
(運転訓練施設と制御建屋及び分析建屋(平面図))



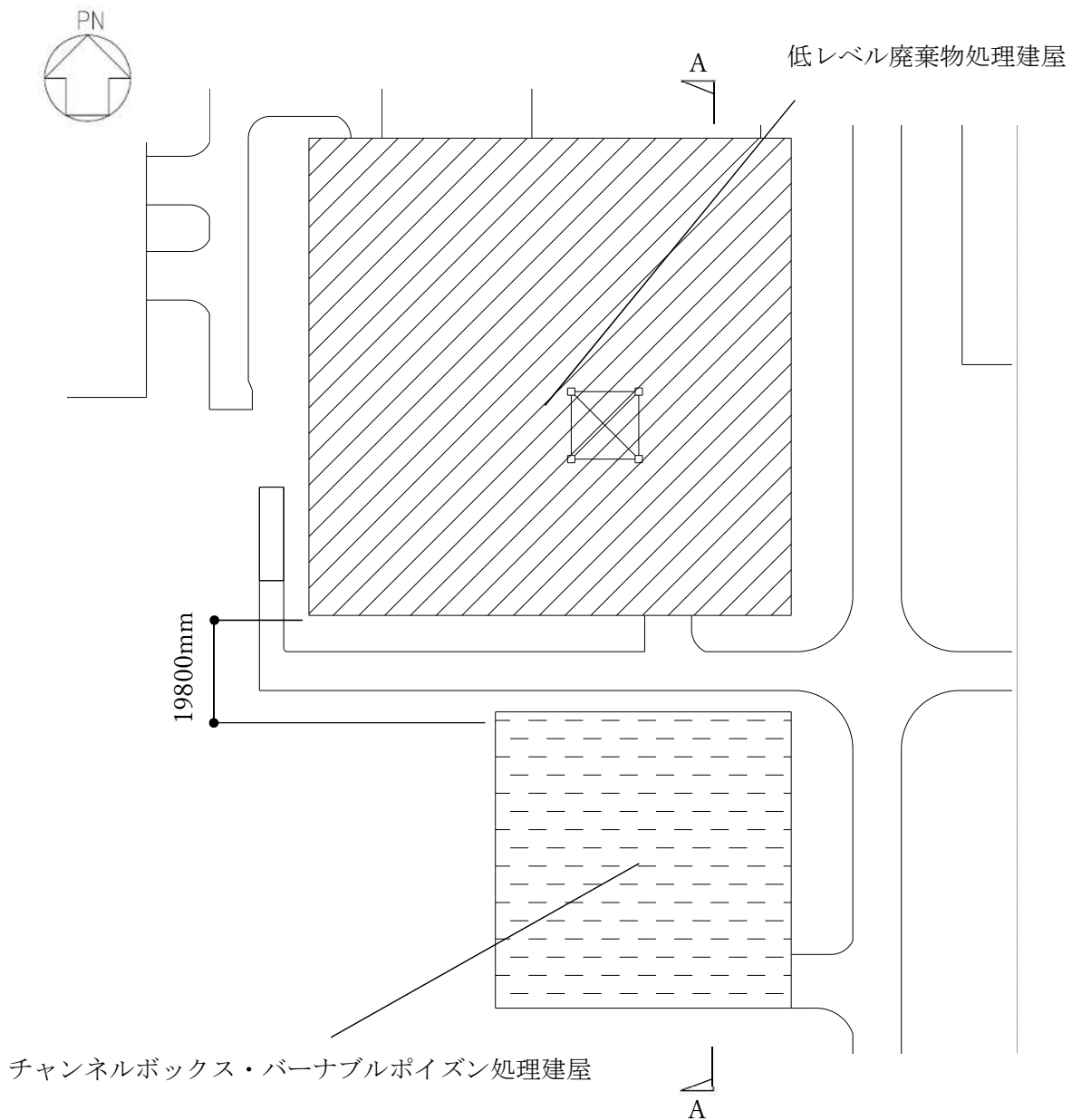
(a) 運転訓練施設と制御建屋のクリアランス(A-A 矢視)



(b) 運転訓練施設と分析建屋のクリアランス(B-B 矢視)

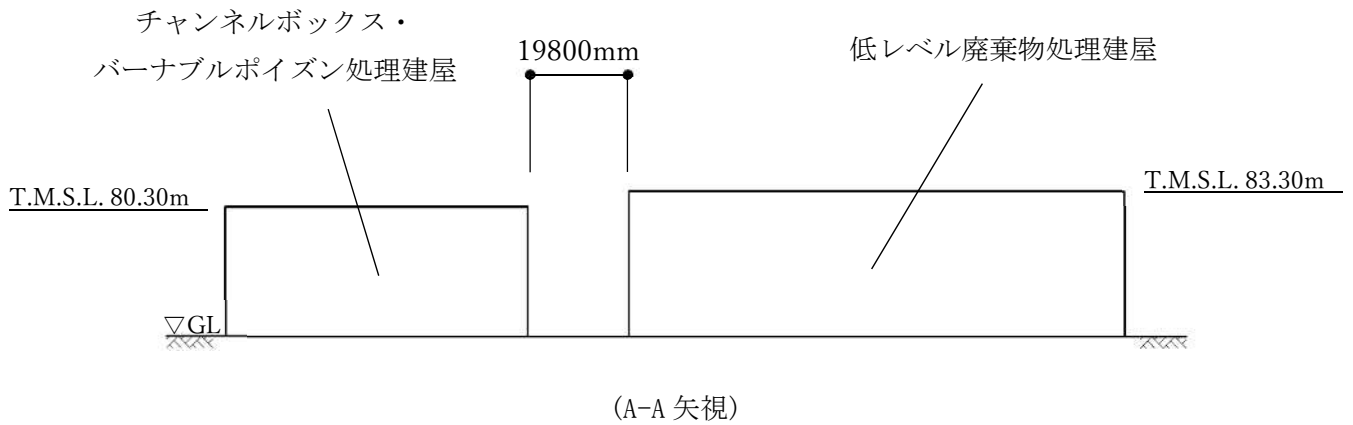
第 4.2-1 図(4) 建屋間離隔距離の概要図

(運転訓練施設と制御建屋及び分析建屋(断面図))



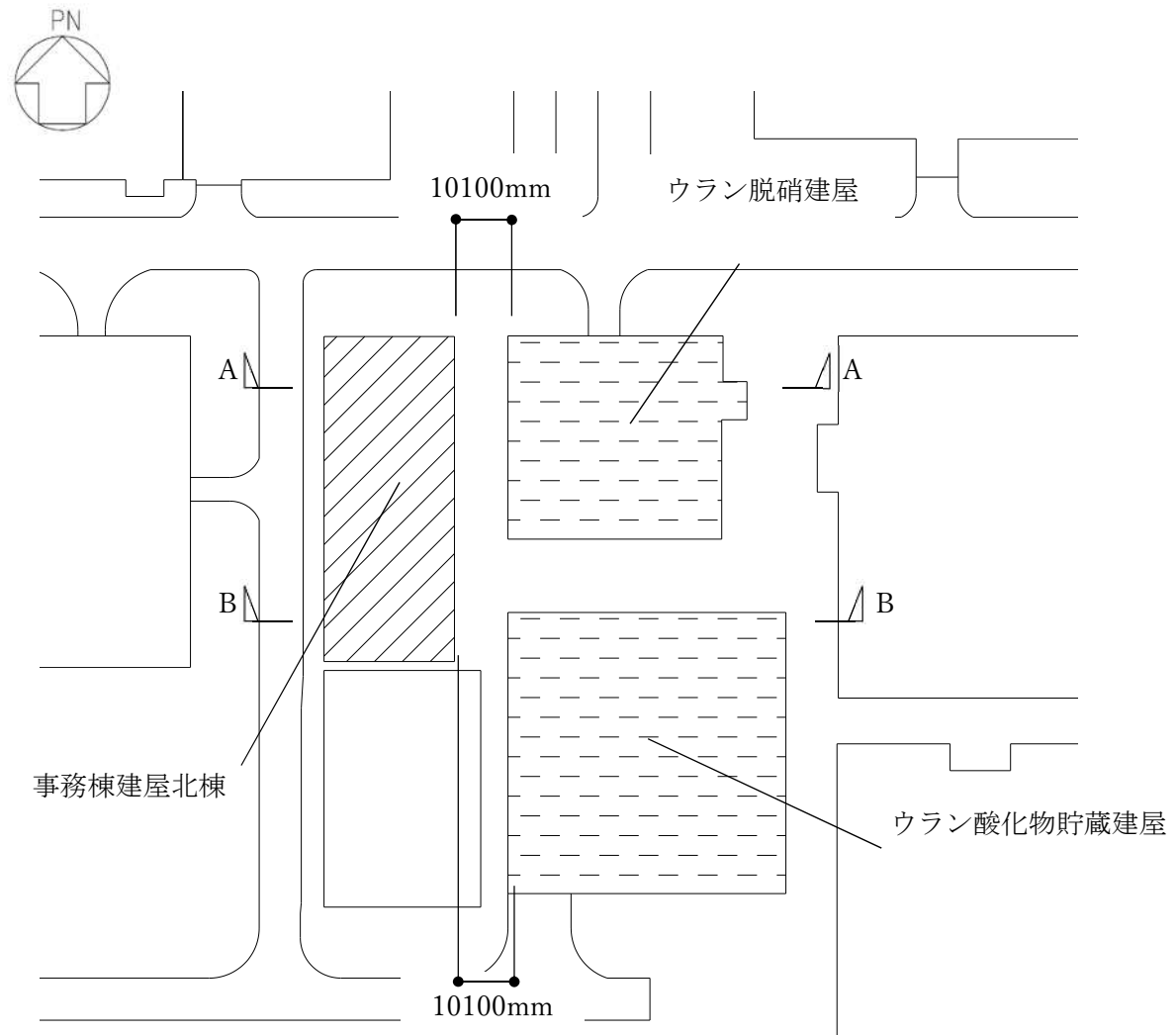
波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
低レベル廃棄物処理建屋	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	NS 方向	19800

第 4. 2-1 図(5) 建屋間離隔距離の概要図
 (低レベル廃棄物処理建屋とチャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋(平面図))



第 4.2-1 図(5) 建屋間離隔距離の概要図

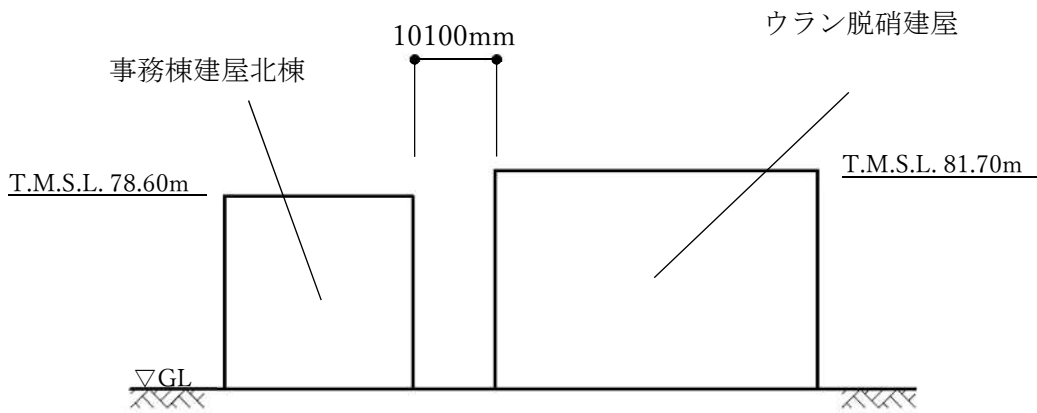
(低レベル廃棄物処理建屋とチャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋(断面図))



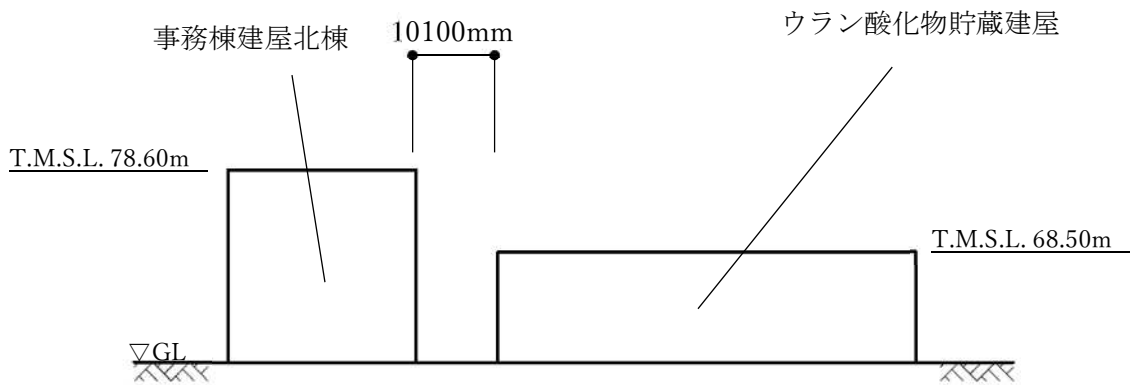
波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
事務棟建屋北棟	ウラン脱硝建屋	EW 方向	10100
	ウラン酸化物貯蔵建屋	EW 方向	10100

第 4.2-1 図(6) 建屋間離隔距離の概要図

(事務棟建屋北棟とウラン脱硝建屋及びウラン酸化物貯蔵建屋(平面図))



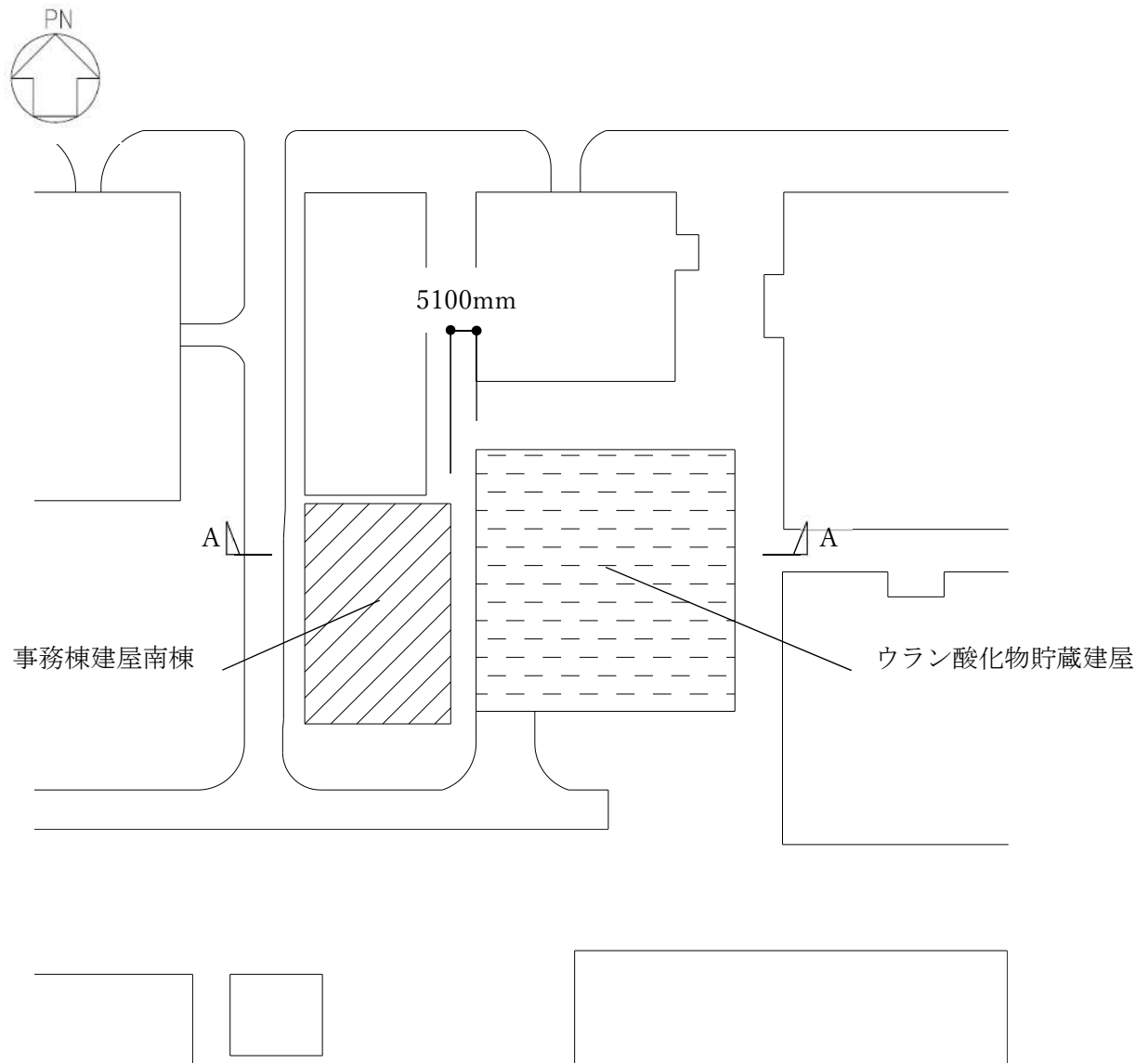
(a) 事務棟建屋北棟とウラン脱硝建屋のクリアランス(A-A 矢視)



(b) 事務棟建屋北棟とウラン酸化物貯蔵建屋のクリアランス(B-B 矢視)

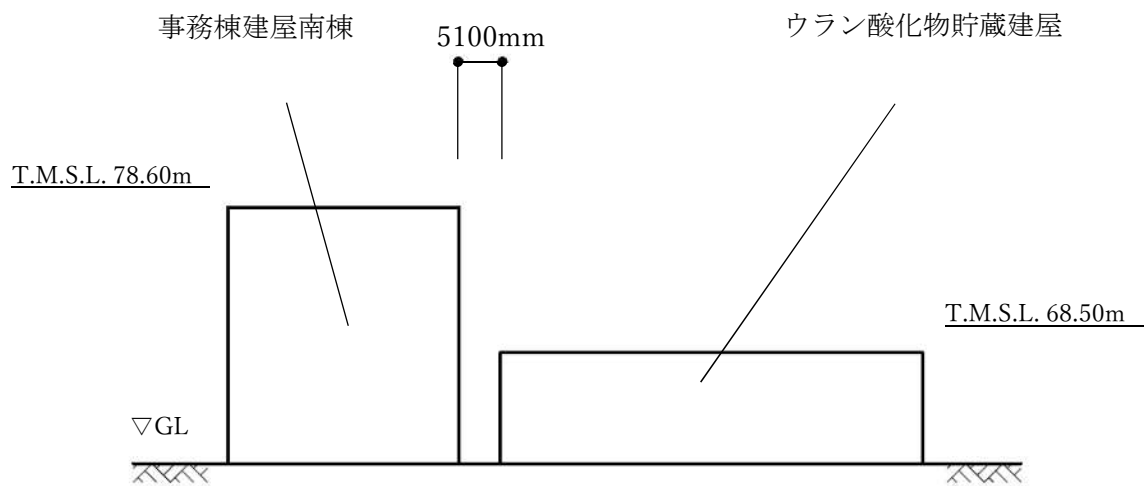
第 4.2-1 図(6) 建屋間離隔距離の概要図

(事務棟建屋北棟とウラン脱硝建屋及びウラン酸化物貯蔵建屋(断面図))



波及影響を及ぼし得る建屋	竜巻防護対象施設等及び重大事故等対処設備等	波及的影響を与える方向	許容限界(建屋間の離隔距離)(mm)
事務棟建屋南棟	ウラン酸化物貯蔵建屋	EW 方向	5100

第 4.2-1 図(7) 建屋間離隔距離の概要図
(事務棟建屋南棟とウラン酸化物貯蔵建屋(平面図))



(A-A 矢視)

第 4.2-1 図(7) 建屋間離隔距離の概要図

(事務棟建屋南棟とウラン酸化物貯蔵建屋(断面図))

ロ. 鋼製構造物

「4.2(1) a. (a)イ. (ロ) 波及的影響を及ぼし得る建屋」に準ずる。

ハ. 排気筒

(イ) 倒壊評価

倒壊評価のうち欠損評価においては、鉄塔を構成する残る部材の許容限界として、「建築基準法、同施行令及び関係告示」及び「容器構造設計指針・同解説」に基づくものとして、応力度比は1.0以下とする。

倒壊評価のうち衝突解析においては、衝突後の変形を踏まえても筒身の支持機能が損なわれていない変形量に留めることを許容限界とする。

(ロ) 転倒評価

柱脚部の構造健全性評価における許容限界として、鋼材は、「鋼構造設計規準」に規定される短期応力に対する許容応力度の評価式より算定する。なお、「建設省告示第2464号」に基づきF値×1.1を適用する。また、コンクリートは、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」及び「各種合成構造設計指針・同解説」に基づくものとする。

(b) 機器・配管系

イ. 冷却塔

構造強度評価においては、設計荷重(竜巻)に対し、冷却塔の機能に影響を与える機器を構成する部位のうち、設計荷重(竜巻)が直接作用する部位及び直接作用する部位を介して荷重が作用する部位が、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、JEAG4601等に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

ロ. 容器

容器の強度評価においては、設計荷重(竜巻)に対し、容器を構成する胴板、支持するスカート及び基礎ボルトが、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、JEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢASを許容限界として設定する。

ハ. 配管

構造強度評価においては、設計荷重(竜巻)に対し、配管本体、支持架構、架台及び基礎ボルトが、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを踏まえ、JEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢASの許容応力を許容限界として設定することを基本とする。

竜巻防護対策設備に内包されない配管については、衝突後の変形を踏まえても、安全機能が損なわれていない変形量に留めることを許容限界とする。

第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器は、設計荷重(竜巻)に対し、転倒が生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ、基礎ボルトが破断しない強度を有していることを確認するため、試験結果に基づきメーカ保証値を許容限界として設定する。

ニ. 換気空調設備（角ダクト及び丸ダクト）

ダクトの構造強度評価においては、竜巻の気圧差による荷重に対し、ダクトを構成するダクト鋼板が、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、基本としてJEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢAS及び座屈に対する評価式を満足する許容応力又はクリッピング座屈に

応じた許容応力を許容限界として設定する。

ホ. 換気空調設備（排風機，フィルタユニットおよび空調ユニット）

排風機，フィルタユニットおよび空調ユニットの構造強度評価においては、竜巻の気圧差で生じる圧力差に対し、排風機，フィルタユニットおよび空調ユニットのケーシングが、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、基本としてJEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢASの許容値を許容限界として設定する。

へ. 換気空調設備（ダンパ）

ダンパの構造強度評価においては、竜巻の気圧差で生じる圧力差に対し、ダンパを構成しているケーシング、ベーン及びシャフトが概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、基本としてJEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢASの許容値を許容限界として設定する。

ダンパの許容限界は、竜巻時において開閉可能な機能及び閉止性は、換気空調を行う機能の維持に影響しないため、竜巻通過後において評価対象部位が概ね弾性域に収まることで開閉可能な機能及び閉止性が維持されることから閉状態を想定した強度評価を行う。

ト. 換気空調設備（収納管）

収納管の構造強度評価においては、竜巻の気圧差で生じる圧力差に対し、収納管の円筒部及び底板が、概ね弾性域に収まることにより、その施設の安全機能に影響を及ぼすことのないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、基本としてJEAG4601等に準じて許容応力状態ⅢASの許容値を許容限界として設定する。

b. 衝突評価

(a) 建物・構築物

イ. 貫通

設計飛来物による衝撃荷重に対し、評価対象部位が貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認するため、評価式により算定した貫通限界厚さが評価対象施設の外殻等を構成する部材の厚さ未満であることを許容限界とする。鉄筋コンクリート構造物の許容限界を第4.2-7表、鋼製構造物の許容限界を第4.2-8表に示す。

第4.2-7表 鉄筋コンクリート構造物の許容限界

評価内容	建屋	評価対象部位	許容限界	
			貫通限界厚さ(mm)	
			鉛直方向*	水平方向*
貫通評価 (Degen式による評価)	使用済燃料受入れ・ 貯蔵建屋	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.4\text{N/mm}^2$)	176	248
	前処理建屋			
	分離建屋			
	精製建屋			
	ウラン脱硝建屋			
	ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋			
	ウラン酸化物貯蔵建屋			
	ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋			
	高レベル廃液 ガラス固化建屋			
	第1ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.5\text{N/mm}^2$)	176	248
	チャンネルボックス・ バーナブルポイズン処 理建屋	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.4\text{N/mm}^2$)	176	248
	ハル・エンドピース 貯蔵建屋			
	制御建屋			
	分析建屋			
	非常用電源建屋			
	緊急時対策所	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=30\text{N/mm}^2$)	175	247
第1保管庫・貯水所				
第2保管庫・貯水所				

第4.2-8表 鋼製構造物の許容限界

名称	評価対象部位	板厚(mm)
	扉	8.2
主排気筒	筒身	12.0

ロ. 裏面剥離

設計飛来物である鋼製材による衝撃荷重に対し、評価対象部位が、裏面剥離を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認するため、評価

式により算定した限界厚さが評価対象建屋の外殻等を構成する部材の厚さ未満であることを許容限界とする。また、許容限界を超えた場合は、裏面剥離に至るようなひずみを生じないことを解析により確認する評価方針としていることを踏まえ、デッキプレートの許容ひずみを許容限界として設定する。鉄筋コンクリート構造物の許容限界を第4.2-9表、デッキプレートの許容限界を第4.2-10表に示す。

第4.2-9表 鉄筋コンクリート構造物の許容限界

評価内容	建屋	評価対象部位	許容限界	
			裏面剥離限界厚さ(mm)	
			鉛直方向*	水平方向*
裏面剥離評価 (Chang式による 評価)	使用済燃料受入れ・ 貯蔵建屋	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.4\text{N/mm}^2$)	316	415
	前処理建屋			
	分離建屋			
	精製建屋			
	ウラン脱硝建屋			
	ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋			
	ウラン酸化物貯蔵建屋			
	ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋			
	高レベル廃液 ガラス固化建屋			
	第1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.5\text{N/mm}^2$)	316	414
	チャンネルボックス・ バーナブルポイズン処 理建屋	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=29.4\text{N/mm}^2$)	316	415
	ハル・エンドピース 貯蔵建屋			
	制御建屋			
	分析建屋			
	非常用電源建屋	壁及び屋根 コンクリート ($F_c=30\text{N/mm}^2$)	314	412
緊急時対策所				
第1 保管庫・貯水所				
第2 保管庫・貯水所				

注記 * : 設計飛来物の衝突方向を示す。

第4.2-10表 デッキプレートの許容限界(解析による評価)

評価内容	評価対象部位	許容限界
裏面剝離評価 (解析による評価)	屋根のデッキプレート	0.07

(b) 機器・配管系

衝突評価においては、飛来物による衝撃荷重に対し、外殻を構成する部材が、機能喪失に至る可能性のある変形を生じないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、部材厚さを許容限界として設定する。ただし、耐圧部については部材厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さを許容限界として設定する。冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材の厚さを第4.2-11表に示す。

容器及び配管における耐圧強度上必要な厚さについて平成7年7月22日付け7安(核規)第710号にて認可を受けた設工認申請書の「V-1 主要な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」の別添-6図-37の値を用いる。容器及び配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さを第4.2-12表及び第4.2-13表に示す。

FEM解析による評価を実施する配管の許容限界は、鋼材の破断ひずみを設定し評価する。破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF (多軸性係数) とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF = 2、飛来物はTF = 1とする。

第4.2-11表 冷却塔を構成する機器の外殻を構成する部材厚さ

名称	評価対象機器	評価対象部位	板厚(mm)
安全冷却水 A, B 冷却塔	管束	管束フレーム	[REDACTED]
	ファン駆動部	ファンリング	
	支持架構	床はり	
	遮熱板	遮熱板本体	
冷却塔 A, B	管束	管束フレーム	12.0
	ファン駆動部	ファンリング	3.2
	支持架構	床はり	8.0
	遮熱板	遮熱板本体	5.0
安全冷却水系 冷却塔 A, B	管束	管束フレーム	9.0
	支持架構	床はり	8.0
	遮熱板	遮熱板本体	3.0

第 4.2-12 表 容器の部材厚さ

<u>竜巻防護対象施設</u>	<u>外殻を構成する 部材の厚さ (mm)</u>	<u>耐圧強度上 必要な厚さ (mm)</u>	<u>外殻を構成する部材の厚さか ら耐圧強度上必要な厚さを差 し引いた残りの厚さ (mm)</u>
<u>安全冷却水系膨張槽 A, B</u>	<u>9 (胴板)</u>	<u>1.5 (胴板)</u>	<u>7.5 (胴板)</u>

第 4.2-13 表 配管の外殻を構成する部材の厚さから
耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ

竜巻防護対象施設	外殻を構成する部材の厚さ (mm)	耐圧強度上必要な厚さ (mm)	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ (mm)
安全冷却水系冷却塔 A, B まわり配管(安全冷却水系冷却塔 A, B ~安全冷却水系冷却水循環ポンプ A, B, 安全冷却水系膨張槽 A, B~安全冷却水系冷却塔 A, B 出口配管合流点, プール水冷却系のプール水冷却系熱交換器 A, B~安全冷却水系冷却塔 A, B)のうち屋外設置の配管	6.0	3.4	2.6
安全冷却水A冷却塔まわり配管(安全冷却水A冷却塔~安全冷却水A冷却塔)出口配管分岐点,安全冷却水A循環ポンプA,B~安全冷却水A冷却塔)のうち屋外設置の配管			
安全冷却水B冷却塔まわり配管(安全冷却水B冷却塔~安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点,安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点~安全冷却水B冷却塔出口配管分岐点, 安全冷却水B循環ポンプA,B~安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点,安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点~安全冷却水B冷却塔)のうち屋外設置の配管			
冷却塔A,Bまわり配管(冷却塔A~冷却塔循環ポンプA,ディーゼル機関A~冷却塔A,冷却塔B~冷却塔循環ポンプB,ディーゼル機関B~冷却塔B)のうち屋外設置の配管	3.9	1.7	2.2

第4.2-14表 配管本体の破断ひずみに対する許容限界

評価対象部位	材質	破断ひずみ
配管本体	SM400B ($5 < t \leq 16$)	0.07

(2) 構造強度評価における許容限界の算出

a. 記号の定義

機器・配管系の許容限界式に用いる記号を第4.2-15表に示す。

第4.2-15表 許容限界式に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	ダクト幅
b	mm	ダクト高さ
c	mm	補強ピッチ
E	MPa	ヤング率
I	mm ⁴	断面二次モーメント
k_p	—	座屈係数
M	N・m	ダクトに作用する曲げモーメント
M_{crip}	kN・mm	クリップリング座屈が発生する際に作用する曲げモーメント
M_p	kN・mm	自重により作用する曲げモーメント
r	mm	丸ダクトのダクト半径
t	mm	ダクト板の肉厚
Z_c	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
β	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
ν	—	ポアソン比
σ_{crip}	MPa	クリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力
σ_{crip1}	MPa	外圧により生じる周方向応力
σ_{p1}	MPa	面外荷重による発生応力
σ_{p2}	MPa	面内荷重（自重）による発生応力
σ_w	MPa	外圧（設置（変更）許可を受けた竜巻による差圧）、自重による軸方向の圧縮応力の和
σ_a	MPa	許容応力

b. 許容限界

(a) 建物・構築物

排気筒の許容限界を以下に示す。

イ. 倒壊評価

倒壊評価のうち欠損評価においては、排気筒を構成する残る部材が終局状態に至らないことを解析により確認する評価方針としていることを踏まえ、

終局状態に十分な裕度を考慮し、「建築基準法、同施行令及び関係告示」の材料強度及び「容器構造設計指針・同解説」の地震時許容応力度を許容限界として設定する。

ロ. 転倒評価

設計荷重(竜巻)に対し、柱脚部が構造健全性を維持することを確認することを踏まえ、柱脚部は十分な余裕を持った強度を許容限界とする。具体的には、「鋼構造設計規準」に基づいた短期許容応力度とし、「建設省告示第2464号」に基づきF値は1.1倍した値を許容限界とする。

(b) 機器・配管系

イ. 冷却塔の許容限界

冷却塔の許容限界は、JEAG4601等を準拠し、「その他支持構造物」を適用する。 [REDACTED]

[REDACTED] 冷却塔の許容限界を第4.2-16表に示す。

第4.2-16表 冷却塔の許容応力

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
Ⅲ _A S	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

ロ. 容器

容器の許容限界は、JEAG4601等を準用し、胴板については「クラス2・クラス3容器」、それ以外の評価対象部位については支持構造物の許容限界を適用し、許容応力ⅢASから算出した許容応力を許容限界とする。JEAG4601に従い、JSME付録材料図表Part5の表にて許容応力を計算する際は容器の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度がJSME付録材料図表記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、JSME付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位

以下を切り捨てた値を用いるものとする。容器の許容限界を第4.2-17表に示す。

第4.2-17表 容器（胴板）の許容限界

状 態	許容限界	
	一次一般膜応力	組合せ一次応力
許容応力 状態Ⅲ _A S	$\text{Max}[\text{Min}[S_y, 0.6S_u], 1.2S]$	左欄に同じ

第4.2-17表 容器（スカート）の許容限界

状 態	許容限界
	一次応力
	組合せ
許容応力 状態Ⅲ _A S	$1.5f_t$

スカートについては、組合せ応力の最大値 σ_s を求め、引張応力の許容値で評価する。

第4.2-17表 容器（基礎ボルト）の許容限界

状 態	許容限界	
	一次応力	
	引張	せん断
許容応力 状態Ⅲ _A S	$1.5f_t$	$1.5f_s$

引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力 f_{ts} に対する評価を行う。

ここで

$$\begin{cases} f_{ts} = 1.4(1.5f_t) - 1.6\tau_b \\ f_{ts} = 1.5f_t \end{cases}$$

許容引張応力 f_{ts} は上記2式の小なる値をとるものとする。

ハ. 配管の許容限界

(イ) 配管の許容限界

配管の許容限界は、JEAG4601等を準用し、「クラス2・クラス3配管」の許容限界を適用し、許容応力Ⅲ_ASから算出した許容応力を許容限界

とする。JEAG4601に従い、JSME付録材料図表Part5の表にて許容応力を計算する際は配管の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度がJSME付録材料図表記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、JSME付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。配管の許容限界を第4.2-18表に示す。

第4.2-18表 配管の許容応力

状態	許容限界
	一次応力(膜+曲げ)
許容応力状態Ⅲ _{AS}	S _y

(ロ) 支持構造物の許容限界

配管を支持している支持構造物の許容限界は、JEAG4601等を準用し、「クラス2・クラス3支持構造物」の許容限界を適用し、許容応力Ⅲ_{AS}から算出した許容応力を許容限界とする。JEAG4601に従い、JSME付録材料図表Part5の表にて許容応力を計算する際は支持構造物の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度がJSME付録材料図表記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、JSME付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。支持構造物の許容限界を第4.2-19表に示す。

第4.2-19表 支持構造物（架台又は基礎ボルト）の許容応力

状態	架構	基礎ボルト	
	組合わせ	引張	せん断
許容応力状態Ⅲ _{AS}	$1.5f_t$	$1.5f_t$	$1.5 f_s$

第4.2-19表 支持構造物（溶接部）の許容限界

応力状態	許容限界
	せん断応力
許容応力 状態Ⅲ _{AS}	長期許容せん断応力 $f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ 短期許容せん断応力 $1.5f_s$

注記：JSME S NC1-2005/2007 設計・建設規格 SSB-3130 に規定される供用状態 C に対する許容応力算定に用いる応力

(ハ) 第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器の許容限界

第1非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関の排気消音器の波及的影響評価として、排気消音器を支持する基礎ボルトが破断せず、排気消音器が転倒しないことを設定する。基礎ボルトの許容限界は、「鋼構造限界状態設計指針・同解説」に基づき最大耐力として設定する。最大耐力の計算に用いる設計引張強さは、JISに基づく値を用いる。基礎ボルトの許容限界を第4.2-20表に示す。

第4.2-20表 基礎ボルトの許容応力

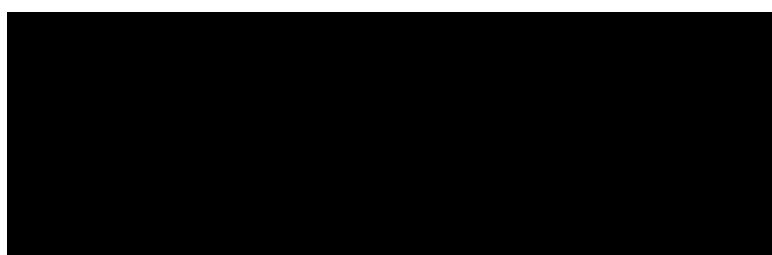
	基礎ボルト
最大引張耐力[kN]	482
最大せん断耐力[kN]	289

ニ. 換気空調設備の許容限界

(イ) 角ダクトの許容限界式

自重（長期荷重）＋設置（変更）許可を受けた竜巻（短期荷重）に対する許容応力を機械工学便覧を参考にし、算出する。

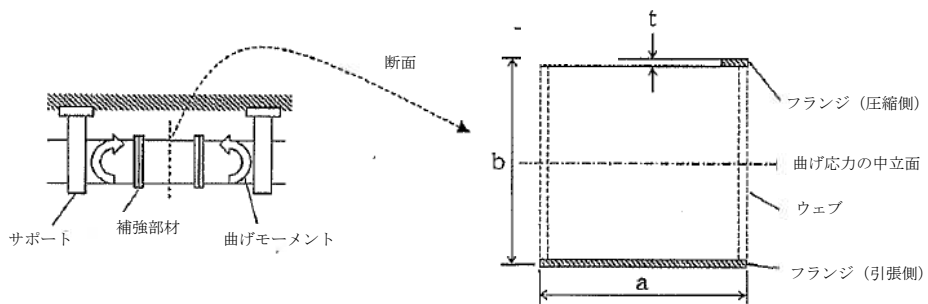
自重により、ダクトには曲げモーメントが生じる。この曲げモーメントと圧縮側のフランジにおける発生応力 σ p2の関係は以下の式で表される。



ここで、

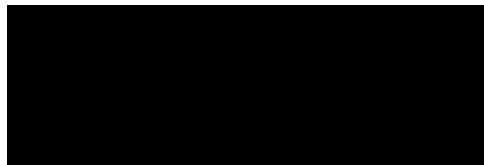
$$I = \frac{(a + 2t)(b + 2t)^3 - ab^3}{12}$$

フランジにおける荷重を負担する領域を第4.2-1図に示す。



第 4.2-1 図 フランジにおける荷重を負担する領域

外圧、自重による軸方向の圧縮応力の和 σ_w が許容応力 σ_a を超えないこととし、下式を満足することを確認する。



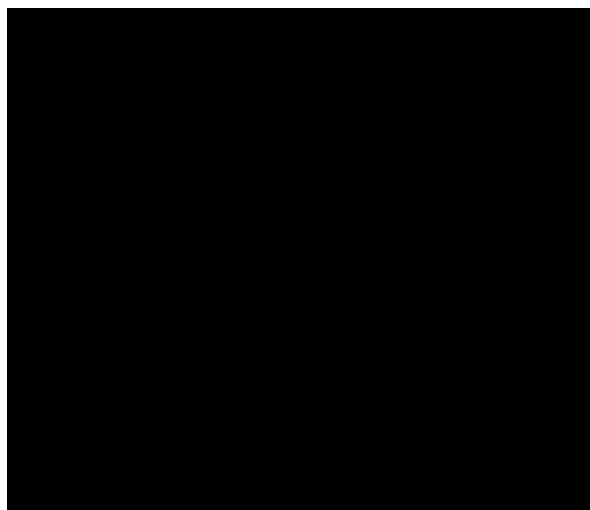
(ロ) 丸ダクトの許容限界式

機械工学便覧を参考に算出する。

① 外圧に対する許容応力

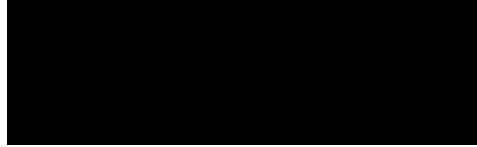
外圧により生じる周方向応力は、クリッピング座屈が発生する際に生じる周方向応力（座屈応力） σ_{crip} を超えないこととする。

外圧によるクリッピング座屈が発生する際に生じる周方向応力 σ_{crip} は、円筒かくの座屈応力の式より算出する。

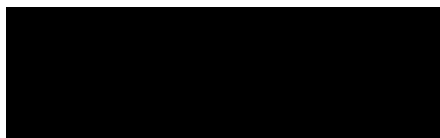


② 長期荷重（自重）＋短期荷重（設置（変更）許可を受けた竜巻）に対する制限

自重により作用する曲げモーメントMPと外圧ΔP（設置（変更）許可を受けた竜巻による気圧低下量）の組み合わせが、下式を満足させるものとする。



ここで、自重による曲げによってクリッピング座屈が発生する際に作用する曲げモーメントMcripは、実験値等より算出する。



(ハ) ケーシングの許容限界

ケーシングの許容限界は、JEAG4601等を準用し、許容応力Ⅲ_{AS}から算出した許容応力を許容限界とする。ケーシングが気圧差による荷重による曲げ応力に対し弾性領域を超えないこととし、ケーシング鋼板の材料における設計降伏点を許容限界とする。

JEAG4601に従い、JSME付録材料図表Part5の表にて許容応力を計算する際は最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度がJSME付録材料図表記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、JSME付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。ケーシングの許容限界を第4.2-21表に示す。

第 4.2-21 表 ケーシングの許容限界

状 態	許容限界
	一次応力(曲げ)
許容応力状態Ⅲ _{AS}	S _y

(ニ) ダンパの許容限界

ダンパの許容限界は、JEAG4601等を準用し、支持構造物の許容限界を適用し、許容応力Ⅲ_{AS}から算出した許容応力を許容限界とする。

JEAG4601に従い、JSME付録材料図表Part5の表にて許容応力を計算する際は最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度がJSME付録材

料図表記載の温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、JSME付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。ダンパの許容限界を第4.2-22表に示す。

第4.2-22表 ダンパの許容限界

状 態	許容限界	
	一次応力	
	曲 げ	せん断
許容応力 状態Ⅲ _A S	$1.5f_b$	$1.5f_s$

(ホ) 収納管の許容限界

収納管は支持構造物とみなすため、収納管の許容限界は、JSME S NC1-2005/2007 設計・建設規格 SSB-3121.2 に規定される供用状態Cに対する支持構造物の許容応力を用いる。

JSME 付録材料図表 Part5 の表にて許容応力を計算する際は、評価対象部位の最高使用温度又は周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度が JSME 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。収納管の許容限界を第4.2-34表に示す。

第4.2-23表 収納管の許容限界

状 態	許容限界
	一次応力 (引張)
許容応力 状態Ⅲ _A S	$1.5f_t$

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類並びに既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ FEM等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

竜巻ガイドを参照して、設計竜巻荷重は、地震荷重と同様に施設に作用する場合は、地震荷重と同様に外力として評価をするため、JEAG4601を適用可能とする。

ただし、閉じた施設となる屋外配管等については、その施設の大きさ及び形状を考慮した上で、気圧差を見かけ上の配管の内圧の増加として評価する。

風圧力による荷重の影響を考慮する施設については、建築基準法施行令等に基づき風圧力による荷重を考慮し、設備の受圧面に対して等分布荷重として扱って良いことから、評価上高さの1/2又は荷重作用点より高い重心位置に集中荷重として作用するものとする。

設計竜巻による荷重が作用する場合に強度評価を行う施設のうち、強度評価方法として、FEM等を用いた解析法、容器及び建屋等の定式化された評価式を用いた解析法を以下に示す。

5.1 構造強度評価

5.1.1 建物・構築物に関する評価式

(1) 建物

対象建屋の質点系モデルを用いて、設計荷重(竜巻)により耐震壁に生じるせん断ひずみ度及び架構に生じる層間変形角を算出し、許容限界を下回ることを確認する。

変形評価は、質点系モデルを用い静的に載荷する。質点系モデルの諸元(重量及び剛性)は、「IV-2-1-1-1 建物及び屋外機械基礎」による。

設計荷重(竜巻)のうち、風圧力による荷重 W_w は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数及び受圧面積に基づき算定する。

気圧差による荷重 W_p は、作用方向として建屋の内側から外側に作用し、建屋の層全体としては相殺されるが、安全側の評価となるよう、質点系モデルにおける加力方向にのみ作用するものとする。

設計飛来物による衝撃荷重 W_M は、設計飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、設計飛来物の衝突前の運動量と衝撃荷重による力積が等しいものとして算定した静的な衝撃荷重 F_M を、最上部である質点に作用させる。接触時間 t が短くなるように、 L_t は安全側の評価となるよう設計飛来物の最も短い辺の長さとする。設計飛来物による衝撃荷重の算定式を以下に示す。

$$W_M = F_M = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L_t$$

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の解析には、解析コード「NUPP4 Ver. 1.4.7, Ver. 1.4.9」を用いる。なお、評価に用いた解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-6 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(2) 排気筒

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.1-1表に示す。

第5.1.1-1表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象部位	応力等の状態
排気筒	主排気筒 北換気筒	鉄塔	・組合せ(圧縮+曲げ) ・変形
		柱脚部	・引張 ・圧縮 ・せん断 ・曲げ ・組合せ(引張+せん断)

b. 評価条件

排気筒の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (a) 倒壊評価のうち、欠損評価においては、主排気筒全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、設計竜巻の風圧力による荷重を作用させ、静解析を行う。
- (b) 倒壊評価のうち、欠損を想定する部材に対する衝突解析においては、欠損評価モデルを基に衝突部の鉄塔をシェル要素に置換し、飛来物を衝突させた動解析を行う。
- (c) 転倒評価においては、欠損評価モデルを基に衝突部の筒身頂部をシェル要素に置換し、飛来物を衝突させた動解析を行う。そして解析より得られた柱脚部の反力を用いて、材料力学式により柱脚部の応力評価を行う。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

第5.1.1-2表 柱脚部の応力評価に用いる記号(1/3)

記号	単位	定義
A_c	mm^2	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積
A_e	mm^2	アンカーボルトねじ部有効断面積
A_0	mm^2	支圧面積
A_r	mm^2	リブプレートの軸部断面積
A_{rs}	mm^2	リブプレートのせん断断面積
A_w	mm^2	風荷重による荷重を受ける受圧面積
b, c	mm	飛来物の寸法
B_b	mm	ベースプレートの幅
C	—	風力係数
F_c	N/mm^2	コンクリートの設計基準強度
f_{bl}	N/mm^2	面外に曲げを受ける板の許容曲げ応力度
f_c	N/mm^2	コンクリートの短期許容圧縮応力度
f_{rc}	N/mm^2	リブプレートの許容圧縮応力度
f_s	N/mm^2	アンカーボルトの許容せん断応力度
f_{rs}	N/mm^2	リブプレートの許容せん断応力度
f_t	N/mm^2	アンカーボルトの許容引張応力度
f_{ts}	N/mm^2	引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの許容引張応力度
G	—	ガスト影響係数
H_1, H_2	mm	各層の高さ
K_1	—	コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数
K_2	—	支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数
M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	曲げモーメント
M_b	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント(単位幅当たり)
M_f	$\text{kN}\cdot\text{mm}$	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント
m	kg	飛来物の質量
N	N	軸力
n_0	本	アンカーボルト本数

第5.1.1-2表 柱脚部の応力評価に用いる記号(2/3)

記号	単位	定義
P	N	1本当たりのアンカーボルトに作用する引張力
p_a	N	アンカーボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重
p_{a1}	N	コンクリート躯体がコーン状破壊する場合のアンカーボルト1本当たりの許容引張荷重
p_{a2}	N	アンカーボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合のアンカーボルト1本当たりの許容引張荷重
P_r	kN	リブプレートに作用する圧縮力
Q	N	1本当たりのアンカーボルトに作用するせん断力
q	N/m^2	設計用速度圧
S	N	せん断力
T	$N \cdot mm$	ねじりモーメント
t_b	mm	ベースプレートの板厚(使用板厚)
t_f	mm	フランジプレートの板厚(使用板厚)
t_r	mm	リブプレートの板厚(使用板厚)
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
V_{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
V_T	m/s	設計竜巻の移動速度
v_i	m/s	飛来物の飛来速度
W_w	N	風圧力による荷重
Z_b	mm	アンカーボルト群の断面係数
Z	mm^3/mm	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数(単位幅当たり)
Z_f	mm^3	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数
Z_t	mm	アンカーボルト群の中心周りの断面係数
α_c	—	支圧面積と有効投影面積から定まる定数
σ_{bb}	N/mm^2	ベースプレートの面外の曲げ応力度
σ_c	N/mm^2	コンクリートの圧縮応力度
σ_{fb}	N/mm^2	フランジプレートの面外曲げ応力度

第5.1.1-2表 柱脚部の応力評価に用いる記号(3/3)

記号	単位	定義
σ_{Rc}	N/mm ²	リブプレートの圧縮応力度
σ_t	N/mm ²	アンカーボルトねじ部の引張応力度
τ	N/mm ²	アンカーボルトねじ部のせん断応力度
τ_R	N/mm ²	リブプレートのせん断応力度
ρ	kg/m ³	空気密度
ΔP_{max}	MPa	設計竜巻の最大気圧低下量

(b) 評価モデル

イ. 倒壊評価 (欠損評価)

(イ) 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、ビーム要素を用いる。

鉄塔及び筒身をビーム要素としてモデル化する。

なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じる荷重を適切に算出できるように、節点数を適切に設定する。

(ロ) 解析モデルの設定条件

① 寸法

排気筒の形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

② 拘束条件

排気筒の拘束条件は基礎への固定方法を考慮して設定することとし、ビーム要素でモデル化した排気筒最下部を完全拘束する。

③ 断面特性

断面特性については、排気筒の実構造を踏まえ設定する。

④ 材料特性

材料特性は、排気筒の各材料の物性値を踏まえて設定する。

⑤ 質量

排気筒の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

ロ. 倒壊評価及び転倒評価 (構造健全性評価)

(イ) 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、ビーム要素やシェル要素に置換した有限要素モデルを用いる。

ビーム要素モデルについては、鉄塔及び衝突対象以外の筒身をビーム

要素としてモデル化する。シェル要素モデルについては、筒身の衝突対象部をシェル要素としてモデル化する。

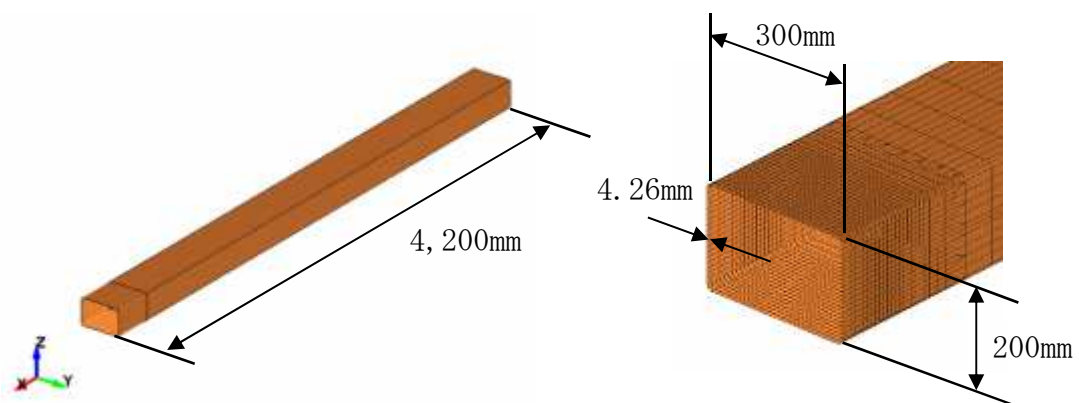
なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じるひずみや荷重を適切に算出できるよう、節点及び要素数を適切に設定する。

(ロ) 解析モデルの設定条件

① 寸法

排気筒の形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

飛来物の解析モデル図を第 6. 2. 2-1 図に示す。



第 5. 1. 1-1 図 飛来物の解析モデル図

② 拘束条件

排気筒の拘束条件は基礎への固定方法を考慮して設定することとし、ビーム要素でモデル化した排気筒最下部について、アンカーボルトの剛性を考慮した上で、端部を完全拘束する。

③ 断面特性

断面特性については、排気筒の実構造を踏まえ設定する。

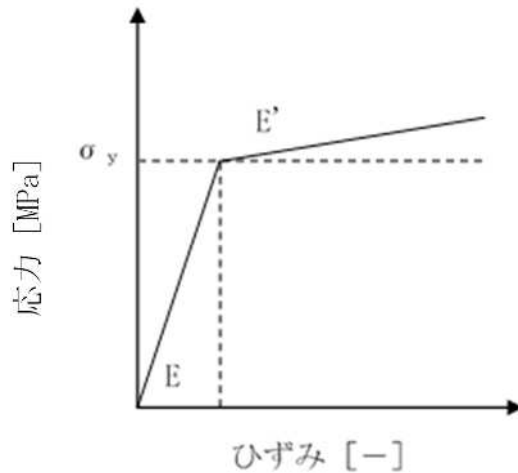
④ 材料特性

材料特性は、排気筒の各材料の物性値を踏まえて設定する。

なお、飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいいためひずみ速度効果を考慮することとし、NEI07-13 の動的増加倍率を適用する。

材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第 5. 1. 1-2 図に示す。



第 5.1.1-2 図 バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図

⑤ 質量

排気筒の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

(c) 評価方法

イ. アンカーボルトに対する検討

①アンカーボルトの引張応力度に対する検討

アンカーボルトに作用する引張力は脚部に作用する軸力と曲げモーメントの荷重状態に応じて算出する。

すべてのアンカーボルトが引張状態となる場合、アンカーボルトの全数で引張力に対抗する。このときアンカーボルトに作用する引張力は次式の通り算定する。

$$P = N / n_o + M / Z_b$$

中立軸が断面内にあり一部のアンカーボルトが引張状態となる場合、断面内の圧縮荷重に対しては圧縮側にあるベースプレート下面のコンクリートで、引張力に対しては引張側にあるアンカーボルトで抵抗する。このときアンカーボルトに作用する引張力はベースプレートの平面形状を円環の鉄筋コンクリート断面とした応力算定式より求める。

アンカーボルトの引張応力度が以下に示す引張応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_t \leq f_t$$

②アンカーボルトのせん断応力度に対する検討

せん断力とねじりモーメントの設計用反力に対してアンカーボルトに作

用するせん断力を次式の通り算定する。

$$Q = S / n_0 + T / Z_t$$

アンカーボルトのせん断応力度が以下に示すせん断応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\tau \leq f_s$$

③引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの引張応力度に対する検討

引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの引張応力度が以下に示す引張応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_t \leq f_{ts}$$

④コンクリートのコーン状破壊に対する検討

コンクリートのコーン状破壊に対する許容引張力は、アンカーボルトの引張力が以下に示すコンクリート部の引張力に対する許容値以下であることを確認する。

$$P \leq p_a = \text{Min} (p_{a1}, p_{a2})$$

ここに、

$$p_{a1} = 0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_0 \cdot F_c$$

⑤コンクリートの圧縮応力度に対する検討

ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力度が以下に示す圧縮応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_c \leq f_c$$

ロ. ベースプレートに対する検討

①コンクリートの圧縮応力度に対する検討

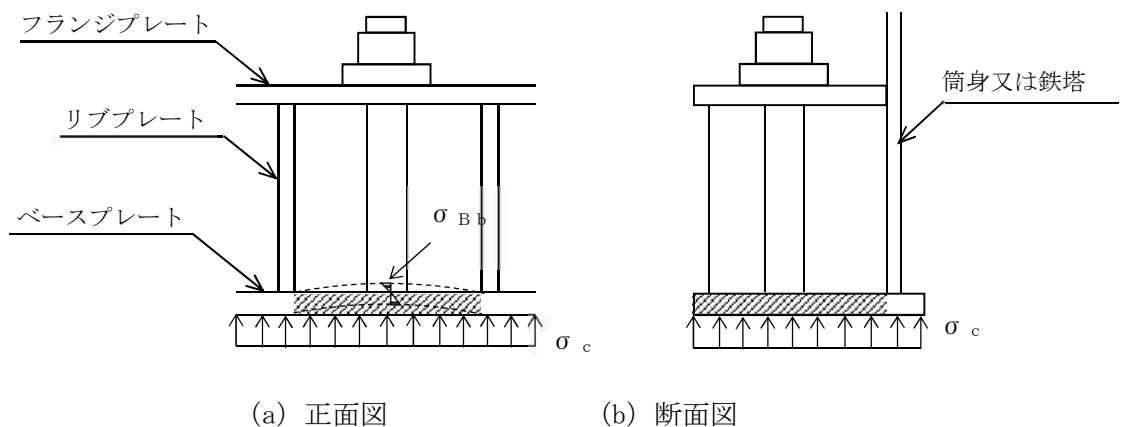
ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力度が以下に示す圧縮応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_c \leq f_c$$

②ベースプレートの面外曲げに対する検討

ベースプレートの下面にはコンクリートの圧縮応力度 (σ_c) が等分布荷重として作用する (第5.1.1-3図)。リブプレート及び筒身、又はリブプレート及び鉄塔の部材位置を固定とする3辺固定1辺自由板としてベースプレートの面外曲げ応力度を算定する。ベースプレートの面外の曲げ応力度が以下に示す曲げ応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Bb} \leq f_{b1}$$

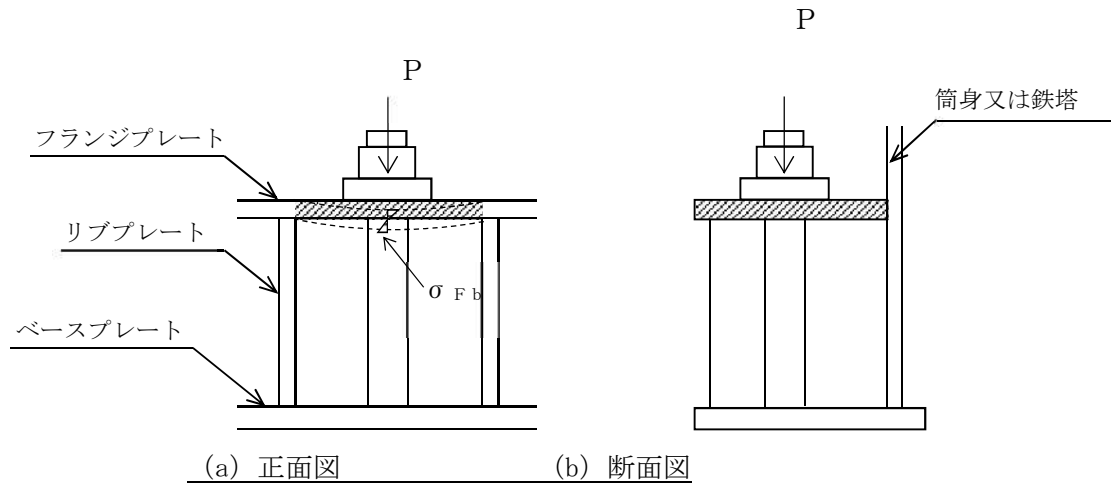


第 5.1.1-3 図 ベースプレート応力算定説明図

ハ. フランジプレートの面外曲げに対する検討

フランジプレートにはアンカーボルトの引張力（P）が集中荷重として作用する（第5.1.1-4図）。リブプレート位置を固定とする2辺固定板（両端固定梁）としてフランジプレートの面外の曲げ応力度を算定する。フランジプレートの面外の曲げ応力度が以下に示す曲げ応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Fb} \leq f_{b1}$$

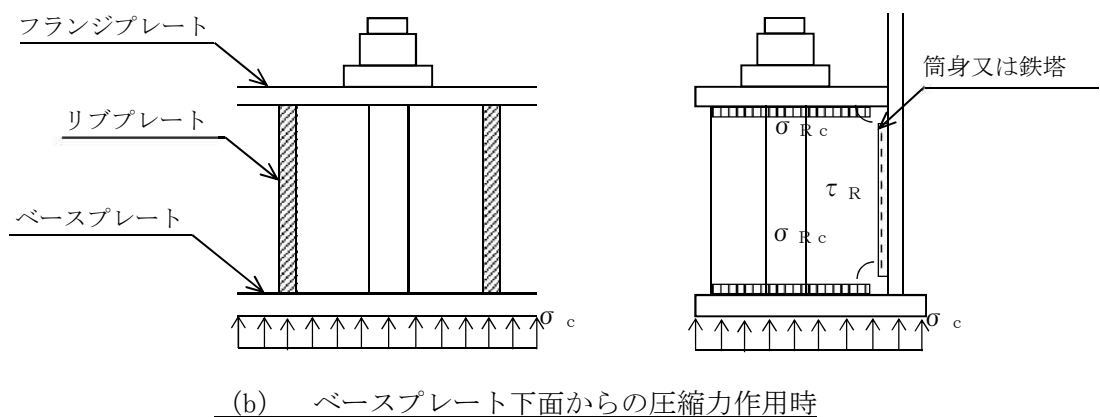
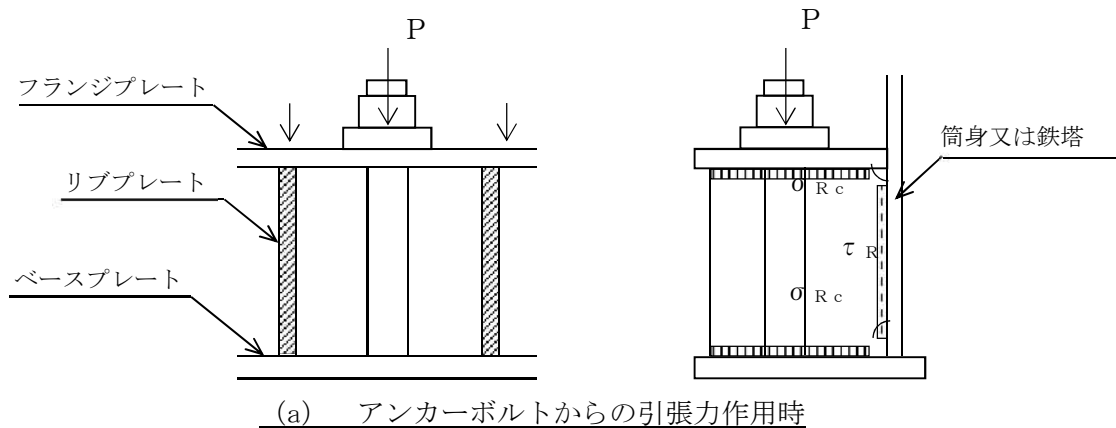


第5.1.1-4図 フランジプレート応力算定説明図

ニ. リブプレートの圧縮応力度に対する検討

アンカーボルトからの引張力（P）又はベースプレート下面からの圧縮力（ σ_c ）によってリブプレートに圧縮応力度が作用する（第5.1.1-5図）。リブプレートの圧縮応力度はアンカーボルトの引張力とベースプレート下面のコンクリート圧縮応力度から求めた圧縮力を比較して大きい方の値を用いて算定する。リブプレートの圧縮応力度が以下に示す圧縮応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Rc} \leq f_{rc}$$



第5.1.1-5図 リブプレート応力算定説明図

②リブプレートのせん断応力度に対する検討

アンカーボルトからの引張力 (P) 又はベースプレート下面からの圧縮力 (σ_c) によってリブプレートにせん断応力度が作用する (第3.5.2-8図)。リブプレートのせん断応力度はアンカーボルトの引張力とベースプレート下面のコンクリート圧縮応力度から求めた圧縮力を比較して大きい方の値を用いて算定する。リブプレートのせん断応力度が以下に示すせん断応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\tau_R \leq f_{rs}$$

5.1.2 機器・配管系に関する評価式

(1) 冷却塔

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-1表に示す。

第5.1.2-1表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象機器	評価対象部位	応力等の状態
冷却塔	・安全冷却水 A,B 冷却塔 ・冷却塔 A,B	管束	管束フレーム	・曲げ
			ヘッダー	・曲げ
			管束取付ボルト	・せん断
		ファン駆動部	ファンリング	・曲げ
			ファンリングサポート	・曲げ
			ファンリングサポート取付ボルト	・引張 ・せん断
		支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 2F機械台はり, 水平ブレース, 立面ブレース	・引張 ・圧縮 ・せん断 ・曲げ ・組合せ(引張+曲げ) ・組合せ(圧縮+曲げ)
			基礎ボルト	・引張 ・せん断
		遮熱板	遮熱板	・曲げ
			遮熱板取付ボルト	・引張 ・せん断
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	・引張 ・せん断	
	安全冷却水系冷却塔 A,B	管束	管束フレーム	・曲げ
			ヘッダー	・曲げ
			管束取付ボルト	・せん断
		支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 3F機械台はり, 水平ブレース, 立面ブレース	・引張 ・圧縮 ・せん断 ・曲げ ・組合せ(引張+曲げ) ・組合せ(圧縮+曲げ)
			基礎ボルト	・引張 ・せん断
		遮熱板	遮熱板	・曲げ
			遮熱板取付ボルト	・引張 ・せん断

b. 評価条件

冷却塔の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

(a) 管束, ファン駆動部, 遮熱板及びルーバ

- イ. 支持架構搭載機器である管束, ファン駆動部, 遮熱板及びルーバは, 設計竜巻の風圧力による荷重を作用させ, 定型式を用いた評価を行う。
- ロ. 設計竜巻の風圧力による荷重は発生応力が大きくなる方向から当たるものとする。
- ハ. 荷重が全高の半分又はそれ以上となる位置に作用することとする。

(b) 支持架構, 基礎ボルト

- イ. 解析モデルにおける設定の考え方については, 耐震で用いる解析モデルと同様の解析モデルを用いるため, 「IV-1-3-4 有限要素モデル等を用いて評価を行う機器の耐震計算書作成の基本方針」の「3.1 解析モデルの設定」に基づき設定する。
- ロ. 支持架構及び基礎ボルトは, ██████████
██████████ 三次元はりモデルに設計竜巻の風圧力による荷重を作用させ, 静解析を行う。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

- イ. 機器本体 (管束フレーム, ヘッダー, ファンリング, ファンリングサポート, 遮熱板)
機器本体の応力評価に用いる記号を第5.1.2-2表に示す。

5. 1. 2-2表 機器本体の応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
β_1	—	4辺支持平板として評価する機器の最大応力の係数
a	mm	4辺支持平板として評価する機器の短手側の辺の長さ
b	mm	4辺支持平板として評価する機器の長手側の辺の長さ
t	mm	4辺支持平板として評価する機器の板厚
σ_1	MPa	ヘッダーの風圧力による応力
σ_2	MPa	ヘッダーの内圧及び気圧差による応力
σ_i	MPa	ヘッダーの内圧による応力
B	mm	ヘッダーの高さ
L	mm	ヘッダーの支持間距離
P_i	MPa	ヘッダーの内圧
P_b	MPa	気圧差による圧力
g	m/s ²	重力加速度
h	mm	重心高さ
m	kg	自重
Z	mm ³	断面係数
n	本	ファンリングサポートの本数
ℓ	mm	機器中心と取付ボルトの距離
σ	MPa	発生応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121. 1(1)に定める値
$1.5f_b$	MPa	許容曲げ応力

- ロ. 機器取付ボルト（管束取付ボルト，ファンリングサポート取付ボルト，遮熱板取付ボルト，ルーバ取付ボルト）

機器取付ボルトの応力評価に用いる記号を第5. 1. 2-3表に示す。

第5.1.2-3表 機器取付ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
m	kg	各評価機器の自重
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	各評価機器の重心高さ
A_b	mm^2	各評価機器の取付ボルトの軸断面積
n_t	本	引張力の作用する取付ボルトの評価本数
n	本	せん断力の作用する取付ボルトの評価本数
ℓ	mm	取付ボルト間の中心から，各取付ボルトまでの距離
L	mm	取付ボルト間の距離
σ_o	MPa	引張応力
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
τ_b	MPa	せん断応力
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力

ハ. 支持架構を構成する部材の記号の定義

支持架構を構成する部材の構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-4表に示す。

第5.1.2-4表 支持架構の応力評価に用いる記号

記号	単 位	定 義
F_a	N	はり要素に作用する引張, 圧縮荷重
F_y, F_z	N	はり要素に作用するせん断荷重
M_y, M_z	N・mm	はり要素に作用する曲げモーメント
M_a	N・mm	はり要素に作用するねじりモーメント
A_f	mm ²	部材の断面積
A_{f_y}, A_{f_z}	mm ²	部材の有効せん断断面積
Z, Z_y, Z_z	mm ³	部材の断面係数
Z_p	mm ³	部材のねじり断面係数
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力
$1.5f_c$	MPa	許容圧縮応力
$1.5f_b$	MPa	許容曲げ応力
σ_t	MPa	引張応力
σ_c	MPa	圧縮応力
σ_b	MPa	曲げ応力
τ	MPa	せん断応力
i, i_y, i_z	mm	部材の断面二次半径
E	MPa	縦弾性係数
F	MPa	「JSME S NC1」SSB-3121.1(1)に定める値

二. 基礎ボルト

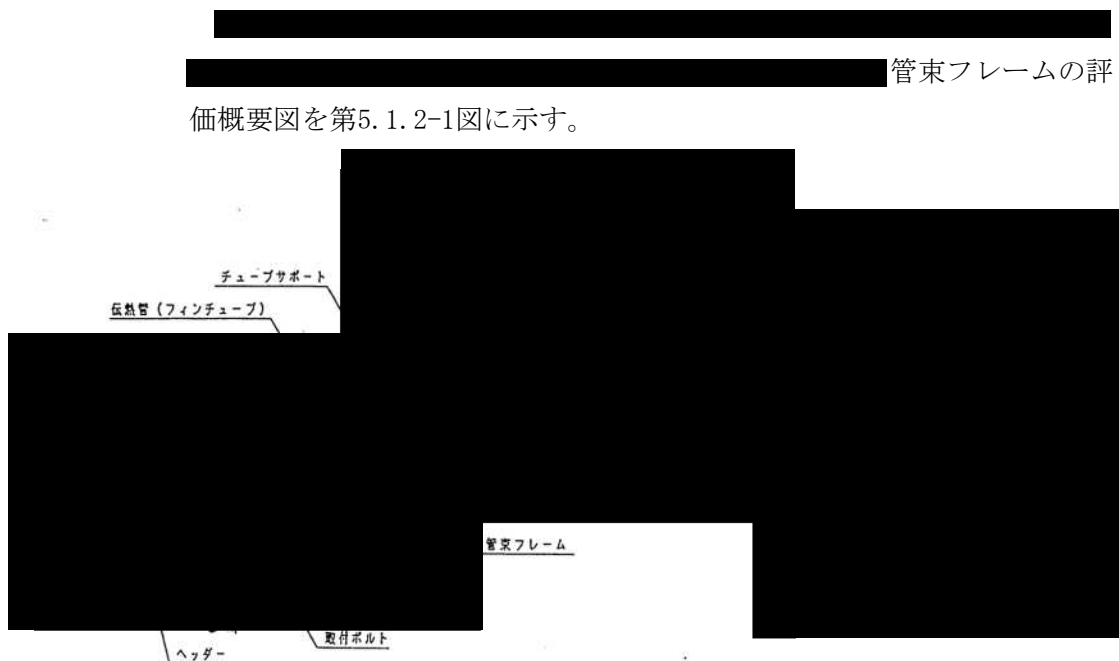
基礎ボルトの応力評価に用いる記号を第5.1.2-5表に示す。

第5.1.2-5表 基礎ボルトの応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_{bt}	N	ボルトの引張力
F_{bs}	N	ボルトのせん断力
A_b	mm ²	ボルトの断面積
σ_{ao}	MPa	ボルトに生じる引張応力
τ_b	MPa	ボルトに生じるせん断応力
n_a	本	柱脚部1ヶ所当たりのボルト本数
F	MPa	「JSME」SSB-3121.1(1)に定める値
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力

(b) 評価モデル

イ. 管束フレーム



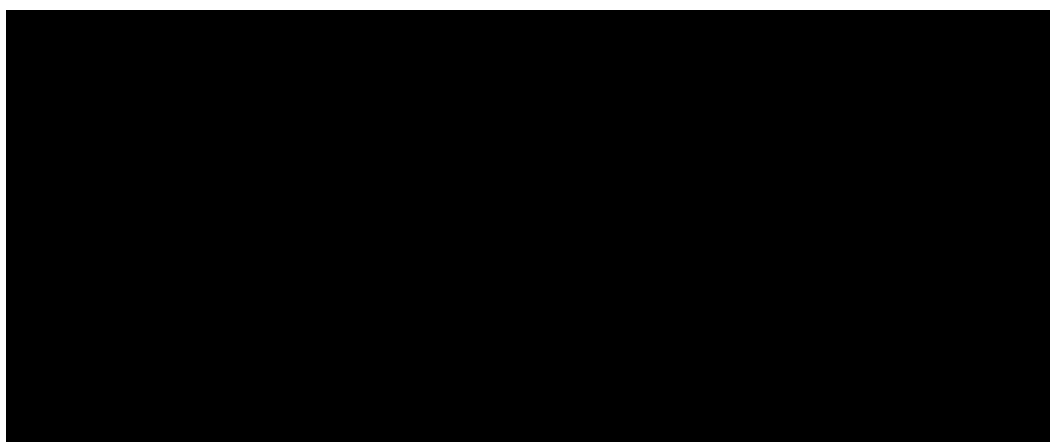
価概要図を第5.1.2-1図に示す。

第5.1.2-1図 評価モデル (管束フレーム)

ロ. ヘッダー



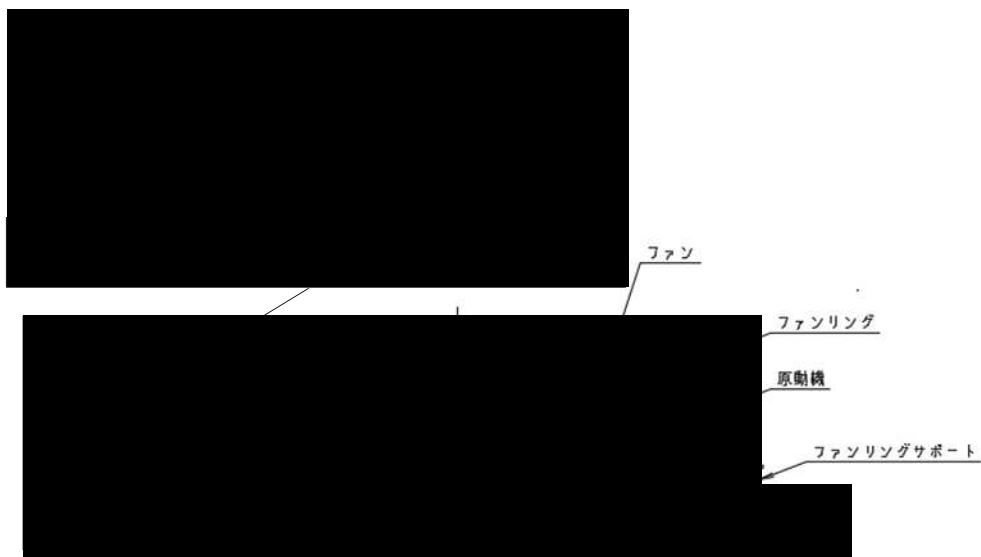
ダーの評価概要図を第5.1.2-2図に示す。



第5.1.2-2図 評価モデル (ヘッダー)

ハ. ファンリング

[Redacted]
[Redacted]
[Redacted] ファンリングの評価概要図を第5.1.2-3図に示す。



第5.1.2-3図 評価モデル (ファンリング)

ニ. ファンリングサポート

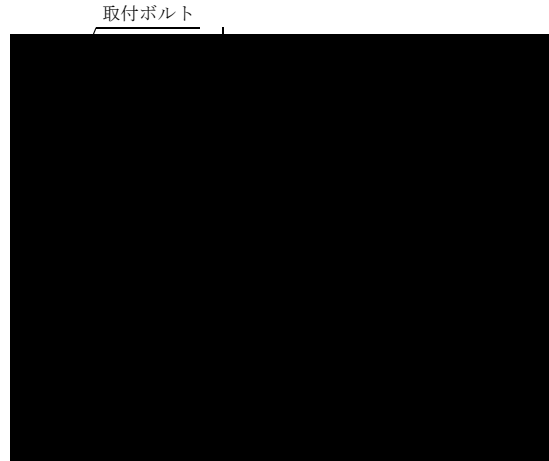
[Redacted]
[Redacted] ファンリングサポートの評価概要図を第5.1.2-4図に示す。



第5.1.2-4図 評価モデル (ファンリングサポート)

ホ. 遮熱板

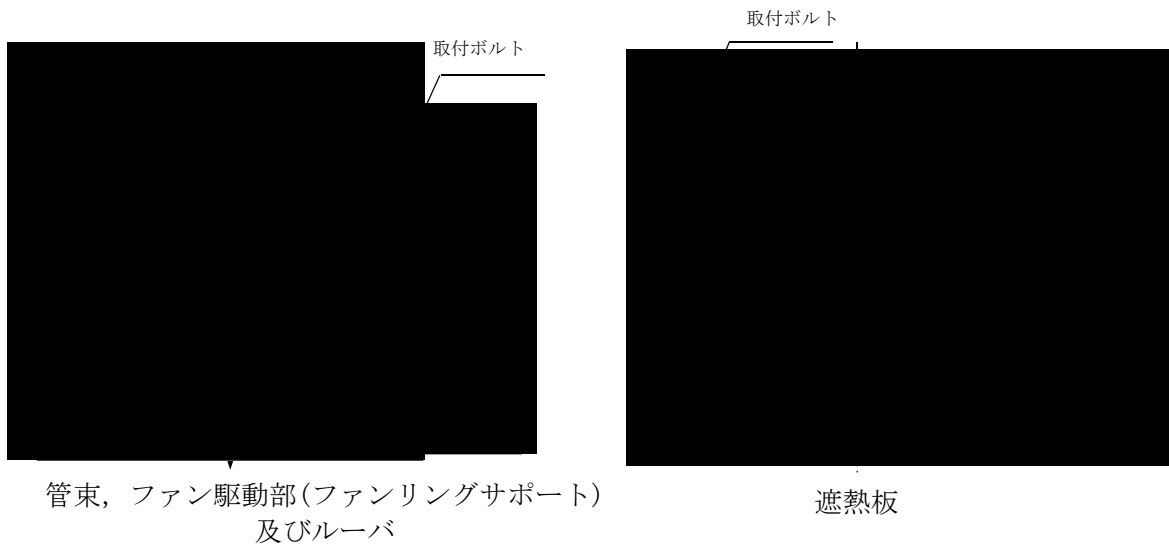
遮熱板の評価概要図を第5.1.2-5図に示す。



第 5. 1. 2-5 図 評価モデル (遮熱板)

へ. 機器取付ボルト (管束取付ボルト, ファンリングサポート取付ボルト, 遮熱板取付ボルト, ルーバ取付ボルト)

管束, ファン駆動部(ファンリングサポート), 遮熱板及びルーバに生じるせん断応力及び引張応力は, 取付ボルトの配置形状に応じて以下の計算式により求めるものとする。取付ボルト配置を第5.1.2-6図に示す。



第 5. 1. 2-6 図 取付ボルトの配置

(c) 評価方法

イ. 機器本体 (管束フレーム, ヘッダー, ファンリング, ファンリングサポート, 遮熱板)

(イ) 管束フレーム及びファンリング

以下以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \beta_1 \frac{C_q G a^2}{t} \dots (5.1.2-9)$$

(ロ) ヘッダー

以下以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \dots (5.1.2-10)$$

$$\sigma_1 = \frac{C_q G B L^2}{8 Z} \dots (5.1.2-11)$$

$$\sigma_2 = \sigma_i \frac{(P_i + 0.5 P_b)}{P_i} \dots (5.1.2-12)$$

(ハ) ファンリングサポート

以下以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \frac{W_w h - m g \ell}{n Z} \dots (5.1.2-13)$$

(二) 遮熱板

以下の計算式により求めるものとする。

$$\sigma = \frac{W_w h - m g \ell}{Z} \quad \dots (5.1.2-14)$$

ロ. 機器取付ボルト (管束取付ボルト, ファンリングサポート取付ボルト, 遮熱板取付ボルト, ルーバ取付ボルト)

(イ) ファンリングサポート, 管束及びルーバ

① 引張応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準用し, 次式より算出する。

$$\sigma_0 = -\frac{m g \ell}{n_t L A_b} + \frac{W_w h}{n_t L A_b} \quad \dots (5.1.2-15)$$

② せん断応力

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)」に記載されている式を準用し, 次式より算出する。

$$\tau_b = \frac{W_w}{A_b n} \quad \dots (5.1.2-16)$$

(ロ) 遮熱板

① 引張応力

(5.1.2-16)式において, 遮熱板はボルトの設置方向が異なることから, 次式により算出する。

$$\sigma_0 = \frac{W_w}{A_b n} \quad \dots (5.1.2-17)$$

② せん断応力

(5.1.2-15)式において, 遮熱板はボルトの設置方向が異なることから, 次式により算出する。

$$\tau_b = -\frac{m g \ell}{n L A_b} + \frac{W_w h}{n L A_b} \quad \dots (5.1.2-18)$$

ハ. 支持架構を構成する部材

以下

以下の式により応力を算出する。

(イ) 引張応力及び圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{F_a}{A} \quad \dots (5.1.2-1)$$

$$\sigma_c = \frac{F_a}{A} \quad \dots (5.1.2-2)$$

(ロ) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \dots (5.1.2-3)$$

(ハ) せん断応力

$$\tau = \frac{F_y}{A_{fy}} + \frac{F_z}{A_{fz}} + \frac{M_a}{Z_p} \quad \dots (5.1.2-4)$$

(ニ) 組合せ

発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)に基づき、引張力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力を下式より算出する。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 f_t} \leq 1.0 \quad \dots (5.1.2-5)$$

同様に、圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の組合せ応力を下式より算出する。

$$\frac{\sigma_c}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5 f_b} \leq 1.0 \quad \dots (5.1.2-6)$$

二. 基礎ボルト

以下

の式により応力を算出する。

(イ) 引張応力

$$\sigma_{ao} = \frac{F_{bt}}{A_b \cdot n_a} \quad \dots (5.1.2-7)$$

(ロ) せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{bs}}{A_b \cdot n_a} \quad \dots (5.1.2-8)$$

(2) 容器

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-6表に示す。

第5.1.2-6表 容器の評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象部位	応力等の状態
容器	安全冷却水系膨張槽	胴板	・一次一般膜 ・組合せ一次
		スカート	・組合せ ・座屈
		基礎ボルト	・引張 ・せん断 ・組合せ

b. 評価条件

容器の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (a) 設計竜巻荷重、水頭圧及び自重に対する、胴板、スカート及び基礎ボルトの強度を1質点系モデルとして計算を行う。
- (b) 通常運転時状態である通水状態にて評価する。

c. 強度評価方法

- (a) 記号の定義

第 5.1.2-7 表 安全冷却水系膨張槽の構造強度評価に用いる記号(1/3)

記号	単位	記 号 の 説 明
<u>A</u>	mm ²	受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
<u>A b</u>	mm ²	基礎ボルトの断面積
<u>a H</u>	m/s ²	竜巻荷重換算の加速度
<u>C</u>	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
<u>C c</u>	—	基礎ボルト計算における係数
<u>C t</u>	—	基礎ボルト計算における係数
<u>D O</u>	m	風向きに垂直な面の全幅
<u>D i</u>	mm	胴の内径
<u>D c</u>	mm	基礎ボルトのピッチ円径
<u>D b o</u>	mm	ベースプレートの外径
<u>D b i</u>	mm	ベースプレートの内径
<u>D j</u>	mm	スカートに設けられた開口部の穴径 (j = 1, 2, 3 …)
<u>D_s</u>	mm	スカートの内径
<u>E</u>	MPa	胴の縦弾性係数
<u>E_s</u>	MPa	スカートの縦弾性係数
<u>e</u>	—	基礎ボルト計算における係数
<u>F</u>	N	JSME SSB-3121.1(1)により規定される値
<u>F_c</u>	N	基礎に作用する圧縮力
<u>F_t</u>	N	基礎ボルトに作用する引張力
<u>f_b</u>	MPa	曲げモーメントにより生じる座屈応力
<u>f_c</u>	MPa	軸圧縮荷重により生じる座屈応力
<u>f_s</u>	MPa	許容せん断応力(支持構造物(ボルト等を除く)に対しては JSME SSB-3121.1(2)により規定される、ボルト等に対しては JSME SSB-3131(2)により規定される)
<u>f_t</u>	MPa	許容引張応力(支持構造物(ボルト等を除く)に対しては JSME SSB-3121.1(1)により規定される、ボルト等に対しては、JSME SSB-3131(1)により規定される)
<u>f_{t s}</u>	MPa	せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力
<u>G</u>	—	ガスト影響係数
<u>g</u>	m/s ²	重力加速度 (g = 9.80665)
<u>H</u>	m	安全冷却水系膨張槽 A, B 高さ
<u>k</u>	—	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数
<u>•</u>	mm	胴のスカート接合点から重心までの距離
<u>•₁, •₂</u>	mm	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離
<u>•_s</u>	mm	スカートの長さ
<u>M_s</u>	N・mm	スカートに作用する転倒モーメント

第 5.1.2-7 表 安全冷却水系膨張槽の強度評価に用いる記号(2/3)

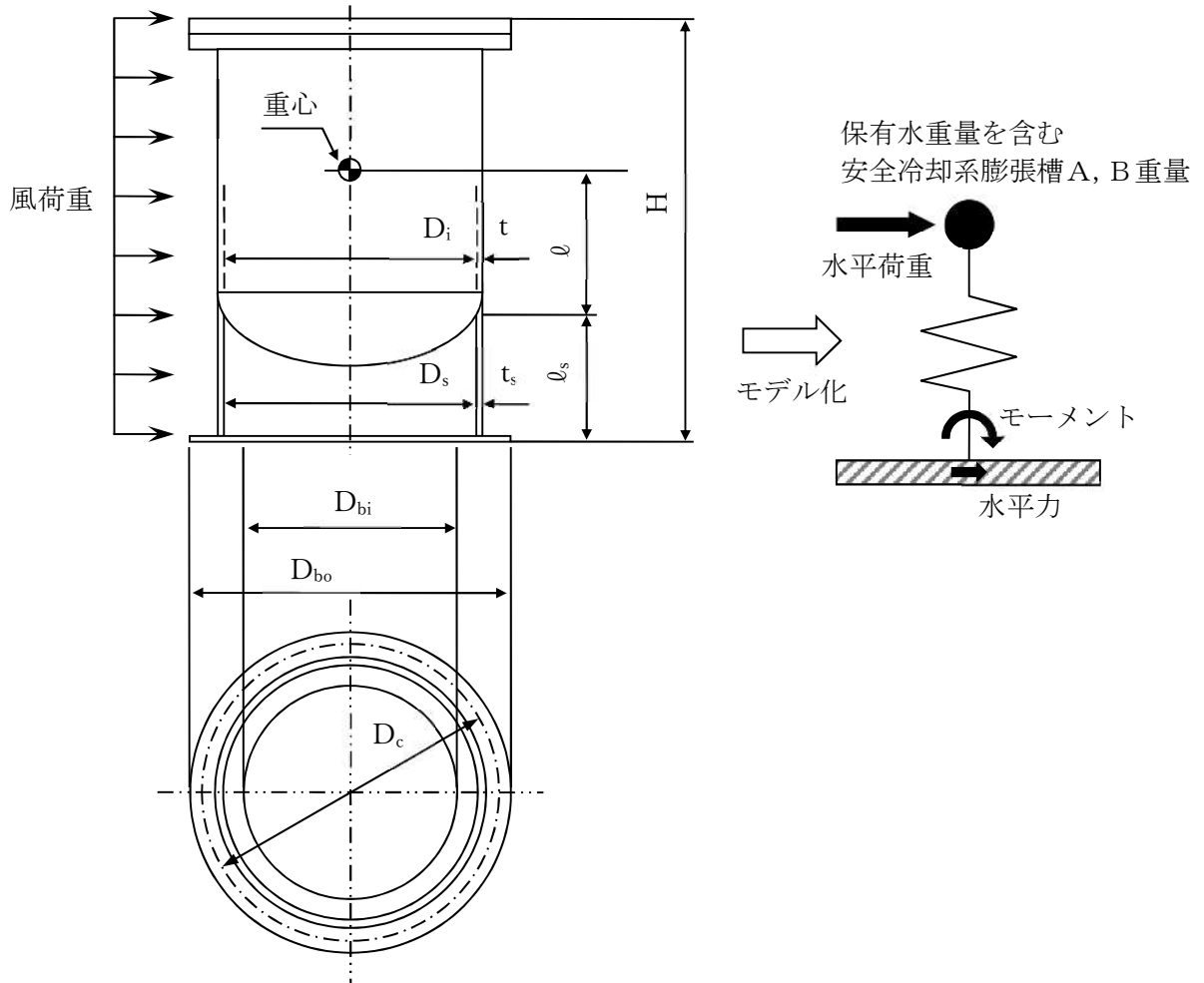
記号	単位	記 号 の 説 明
m_e	kg	容器のスカート接合部から上部の空質量
m_o	kg	容器の有効運転質量
m_s	kg	積雪による質量
n	—	基礎ボルトの本数
P_r	MPa	最高使用圧力
q	N/m ²	設計用速度圧
R_B	mm	胴板平均半径
S_I	MPa	胴板の許容応力
S_u	MPa	JSME 付録材料図表 Part5, 6 の表に規定されている設計引張強さ
S_y	MPa	JSME 付録材料図表 Part5, 6 の表に規定されている設計降伏点
s	—	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比
t	mm	胴の板厚
t_1	mm	基礎ボルト面積相当板幅
t_2	mm	圧縮側基礎相当幅
t_s	mm	スカートの厚さ
W_M	N	設置（変更）許可を受けた竜巻による飛来物の衝撃荷重
W_p	N	設置（変更）許可を受けた竜巻による気圧差による荷重
W_T	N	設置（変更）許可を受けた竜巻による複合荷重
W_{T1}	N	設置（変更）許可を受けた竜巻による複合荷重
W_{T2}	N	設置（変更）許可を受けた竜巻による複合荷重
W_w	N	設置（変更）許可を受けた竜巻の風圧力による荷重
Y	mm	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ
z	—	基礎ボルト計算における係数
η	—	安全率
α_2	rad	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度
η_B	—	$(D_s+2t_s)/2t_s$
η_1	—	$1,200 \times g/F$
η_2	—	$8,000 \times g/F$
η_3	—	$9,600 \times g/F$

第 5.1.2-7 表 安全冷却水系膨張槽の強度評価に用いる記号(3/3)

記号	単位	記 号 の 説 明
σ_0	MPa	胴板の組合せ一次一般膜応力の最大値
σ_{0c}	MPa	胴板の組合せ圧縮応力
σ_{0t}	MPa	胴板の組合せ引張応力
σ_b	MPa	基礎ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	基礎に生じる圧縮応力
σ_s	MPa	スカートの組合せ応力
σ_{s1}	MPa	スカートの運転時質量による軸方向応力
σ_{s3}	MPa	竜巻荷重によりスカートに生じる軸方向応力
σ_{sb}	MPa	スカートの曲げモーメントによる軸圧縮応力
σ_{sc}	MPa	スカートの軸圧縮荷重による軸圧縮応力
σ_x	MPa	胴板の軸方向応力の和
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi}$ σ_{x1}	MPa	静水頭又は内圧により胴板に生じる軸方向応力及び周方向応力
σ_{x2}	MPa	胴板の運転時質量による軸方向応力
σ_{x3}	MPa	胴板の空質量による軸方向圧縮応力
σ_{x4}	MPa	竜巻荷重により胴板に生じる軸方向応力
σ_{xt}	MPa	胴板の軸方向応力の和(引張側)
σ_{xc}	MPa	胴板の軸方向応力の和(圧縮側)
σ_{ϕ}	MPa	胴板の周方向応力の和
σ_2	MPa	胴板の地震動のみによる一次+二次応力の変動値
$\sigma_{2\phi}$	MPa	胴板の周方向一次+二次応力の和
σ_{2c}	MPa	胴板の一次+二次応力の変動値(圧縮側)
σ_{2t}	MPa	胴板の一次+二次応力の変動値(引張側)
σ_{2xc}	MPa	胴板の軸方向一次+二次応力の和(圧縮側)
σ_{2xt}	MPa	胴板の軸方向一次+二次応力の和(引張側)
τ	MPa	竜巻荷重により胴板に生じるせん断応力
τ_b	MPa	竜巻荷重により基礎ボルトに生じるせん断応力
τ_s	MPa	竜巻荷重によりスカートに生じるせん断応力

(b) 計算モデル

強度評価において、スカート支持たて置円筒形容器とし、重心位置に複合荷重が作用することとする。安全冷却水系膨張槽モデル図を第5.1.2-7図に示す。



第5.1.2-7図 安全冷却水系膨張槽A, Bのモデル図

(c) 評価方法

イ. 胴板の評価

(イ) 内圧による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2 t)}{2 t}$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r(D_i + 1.2 t)}{4 t}$$

(ロ) 自重及び積雪荷重による応力

上部の胴板について(圧縮応力)

$$\sigma_{x3} = \frac{m_e g}{\pi (D_i + t) t}$$

下部の胴板について(引張応力)

$$\sigma_{x2} = \frac{(m_0 + m_s - m_e) g}{\pi (D_i + t) t}$$

(ハ) 設計竜巻による応力

$$\sigma_{x4} = \frac{4 a_H (m_0 + m_s) g l}{\pi (D_i + t)^2 t}$$

$$\tau = \frac{2 a_H (m_0 + m_s)}{\pi (D_i + t) t}$$

(ニ) 胴に生じる一次一般膜応力

組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x4}^2}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4\tau^2} \right\}$$

組合せ圧縮応力

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4\tau^2} \right\}$$

胴板に生じる一次一般膜応力の最大値

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0t}, \sigma_{0c}]$$

(ホ) 一次+二次応力の変動値

組合せ引張応力

$$\sigma_{2\phi} = \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{2xt} = \sqrt{\sigma_{x4}^2}$$

$$\sigma_{2t} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xt} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xt})^2 + 4\tau^2}$$

組合せ圧縮応力

$$\sigma_{2\phi} = -\sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{2xc} = \sqrt{\sigma_{x4}^2}$$

$$\sigma_{2c} = \sigma_{2\phi} + \sigma_{2xc} + \sqrt{(\sigma_{2\phi} - \sigma_{2xc})^2 + 4\tau^2}$$

胴板に生じる一次一般膜応力の最大値

$$\sigma_2 = \max[\sigma_{2t}, \sigma_{2c}]$$

ロ. スカートの評価

(イ) 運転時質量による応力

スカート底部に生じる運転時質量による圧縮応力は次式で求める。

$$\sigma_{s1} = \frac{(m_0 + m_s)g}{\{\pi(D_i + t) - Y\}t_s}$$

(ロ) 竜巻荷重による応力

竜巻荷重によりスカートには曲げモーメントが作用する。この曲げモーメントによる軸方向応力と竜巻荷重によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{s2} = \frac{M_s}{(D_s + t_s)t_s \left\{ \frac{\pi}{4}(D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}}$$

$$\tau_s = \frac{2a_H(m_0 + m_s)g}{\left\{ \pi(D_s + t_s) - Y \right\}t_s}$$

ここで、

$$M_s = a_H(m_0 + m_s)(l_s + l)$$

(ハ) 組合せ応力

(1)項及び(2)項によって求めたスカートの応力を以下のように組み合わせる。

組合せ応力

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2})^2 + 3\tau_s^2}$$

(ニ) 座屈評価

i. 軸圧縮荷重に対する座屈応力 $1.5f_c$

$$1.5f_c = \begin{cases} F & (\eta_B \leq \eta_1) \\ F \times \left[1 - \frac{1}{6,800 \times g} \{ F - \phi_1(\eta_2) \} (\eta_B - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta_B < \eta_2) \\ \phi_1(\eta_B) & (\eta_2 \leq \eta_B \leq 800) \end{cases}$$

ここで、 $\phi_1(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{x}\right) \right\} \right]$

ii. 曲げモーメントに対する座屈応力 $1.5f_b$

$$1.5f_b = \begin{cases} F & (\eta_B \leq \eta_1) \\ F \times \left[1 - \frac{1}{8,400 \times g} \{ F - \phi_2(\eta_3) \} (\eta_B - \eta_1) \right] & (\eta_1 < \eta_B < \eta_3) \\ \phi_2(\eta_B) & (\eta_3 \leq \eta_B \leq 800) \end{cases}$$

ここで、 $\phi_2(x) = 0.6 \frac{E}{x} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{x}\right) \right\} \right]$

iii. 安全率 η

安全率は、各荷重の組合せに対して

$$\eta = \begin{cases} 1.0 & (\eta_B \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{0.5F}{6800 \times g} (\eta_B - \eta_1) & (\eta_1 < \eta_B < \eta_2) \\ 1.5 & (\eta_B \geq \eta_2) \end{cases}$$

ここで、 $\eta_B = \frac{D_s + 2t_s}{2t_s}$, $\eta_1 = 1200 \text{ g/F}$, $\eta_2 = 8000 \text{ g/F}$, $\eta_3 = 9600 \text{ g/F}$

iv. 座屈評価

以下の式により評価を行う。

$$\frac{\eta \cdot \sigma_{s1}}{1.5f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{1.5f_b} \leq 1$$

ハ. 基礎ボルトの評価

(イ) せん断応力

$$\tau_b = \frac{a_H(m_0 + m_s)g}{n A_b}$$

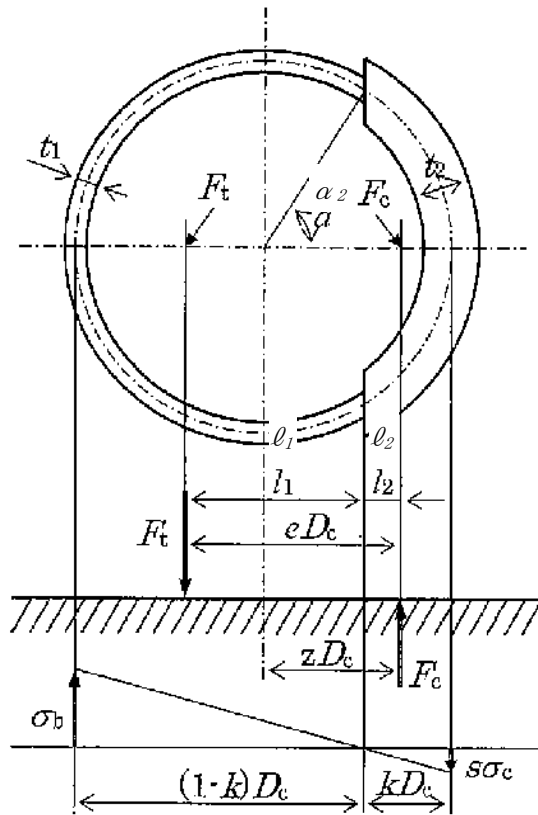
(ロ) 引張応力

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α_2 が π に等しくなったときであり、 α_2 を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を F_t を求める式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判断する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

転倒モーメント M_S が作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。基礎の荷重説明図を第5.1.2-8図に示す。



第 5. 1. 2-8 図 基礎の荷重説明図 (JEAG4601-1987 より抜粋)

σ_b , σ_c を仮定して係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}}$$

α_2 を求める。

$$\alpha_2 = \cos^{-1}(1 - 2k)$$

各定数 e , z , C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - \alpha_2) \cos^2 \alpha_2 + \frac{1}{2}(\pi - \alpha_2) + \frac{3}{2} \sin \alpha_2 + \frac{3}{2} \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2}{(\pi - \alpha_2) \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2} + \frac{\frac{1}{2} \alpha_2 - \frac{3}{2} \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \cos^2 \alpha_2}{\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2} \right\}$$

$$z = \frac{1}{2} \left(\cos \alpha_2 + \frac{\frac{1}{2} \alpha_2 - \frac{3}{2} \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 + \alpha_2 \cdot \cos^2 \alpha_2}{\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2} \right)$$

$$C_t = \frac{2\{(\pi - \alpha_2) \cos \alpha_2 + \sin \alpha_2\}}{1 + \cos \alpha_2}$$

$$C_c = \frac{2(\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2)}{1 - \cos \alpha_2}$$

各定数を用いて F_t , F_c を求める。

$$F_t = \frac{M_s - (m_0 + m_s) g z D_c}{e D_c}$$

$$F_c = F_t + (m_0 + m_s) \cdot g$$

σ_b , σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t}$$

$$\sigma_c = \frac{2F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) D_c \cdot C_c}$$

ここで、 $t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi D_c}$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{bo} - D_{bi}) - t_1$$

(3) 配管

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-8表に示す。

第5.1.2-8表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象部位	応力等の状態
配管	安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A,B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, Bまわり配管)	配管本体	・一次応力(膜+曲げ)
	安全冷却水系(竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔まわり配管)	配管本体 支持架構	変形 一次応力
	ベント管及び排気管	配管本体	・一次応力(膜+曲げ)
	支持構造物	架構	・組合せ
		基礎ボルト	・引張 ・せん断
消音器	基礎ボルト 取付ボルト	・引張 ・せん断	

b. 評価条件

配管の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (a) 配管は一定距離ごと支持構造物によって支えられているため、風圧力による一様な荷重を受ける単純支持はりとし、機械工学便覧の計算方法を参考に評価を行うことを基本とする。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔を用いる。なお、標準支持間隔を用いて評価を行うことで、それ以下の支持間隔を持つ箇所の評価を包絡させる。
- (b) 弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく、配管の評価に包絡されるため配管の評価のみを実施する。
- (c) 支持構造物については、建屋内外にかかわらず地震に対して耐荷重設計がなされており、配管本体に竜巻による荷重が作用した場合でも、作用荷重は耐荷重以下であるため、竜巻による荷重に対する支持構造物の設計は耐震設計に包絡される。ただし、竜巻防護対策設備に内包されない配管は、設計飛来物による衝撃荷重が耐荷重設計を上回るおそれがあることから、支持構造物の評価を行う。
- (d) 計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- (e) 竜巻防護対策設備に内包されない配管は、解析により安全機能への影響を確認する。解析モデルにおける設定の考え方については、配管をシェル要素でモデル化し、飛来物を衝突させた動解析を行う。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

配管の強度評価に用いる記号を第5.1.2-9表に示す。

第5.1.2-9表 配管の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ² /mm	単位長さ当たりの施設の受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
D	mm	管外径
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
L	mm	支持間隔
M	N・mm	風により作用する曲げモーメント
m	kg/mm	単位長さ当たりの質量
P	MPa	内圧
q	N/m ²	設計用速度圧
Sy	MPa	JSME付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
t	mm	板厚
V _D	m/s	設計竜巻の最大風速
V _T	m/s	設計竜巻の移動速度
V _{Rm}	m/s	設計竜巻の最大接線風速
W _w	N/mm	単位長さ当たりの風圧力による荷重
w	N/mm	単位長さ当たりの自重による荷重
Z	mm ³	断面係数
ΔP _{max}	MPa	設計竜巻の最大気圧低下量
ρ	kg/m ³	空気密度
W _M	N	飛来物による衝撃荷重
σ ₁ , σ ₂	MPa	配管に生じる応力
σ _{WP}	MPa	気圧差により生じる応力
σ _{WT1} , σ _{WT2}	MPa	複合荷重により生じる応力
σ _{WW}	MPa	風圧力により生じる応力
σ _{自重}	MPa	自重により生じる応力
σ _{内圧}	MPa	内圧により生じる応力

第5.1.2-9表 支持架構評価に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{P}_0	\underline{N}	配管反力荷重
\underline{H}	\underline{N}	架構に発生する水平方向荷重
\underline{V}	\underline{N}	架構に発生する鉛直方向荷重
\underline{M}_0	$\underline{N}\cdot\underline{m}$	架構に発生するモーメント
\underline{P}_1	\underline{N}	架構のせん断方向荷重反力
\underline{P}_2	\underline{N}	架構の引張方向荷重反力
\underline{M}_1	$\underline{N}\cdot\underline{m}$	架構のモーメント反力
\underline{h}	\underline{mm}	架構の柱高さ
\underline{l}	\underline{mm}	架構の梁長さ
\underline{k}	\underline{mm}	架構部材の剛比($h/l\cdot I_l/I_h$)
\underline{a}	\underline{mm}	配管反力荷重を受ける架構柱部の作用点の高さ
\underline{A}_s	\underline{mm}^2	架構のせん断応力計算に用いる断面積
\underline{A}_t	\underline{mm}^2	架構の引張応力計算に用いる断面積
\underline{Z}	\underline{mm}^3	架構の断面係数
\underline{L}_1	\underline{mm}	風圧力を受ける架構の部材の長さ
$\underline{\sigma}_s$	\underline{MPa}	架構に生じるせん断応力
$\underline{\sigma}_t$	\underline{MPa}	架構に生じる引張応力
$\underline{\sigma}_b$	\underline{MPa}	架構に生じる曲げ応力
\underline{A}_b	\underline{mm}^2	基礎ボルトの軸断面積
\underline{L}_2	\underline{mm}	基礎ボルトの間隔 (最大間隔)
\underline{N}	<u>本</u>	基礎ボルトの総数
\underline{n}	<u>本</u>	曲げを受ける片側の基礎ボルトの本数
$\underline{\sigma}_{bt}$	\underline{MPa}	基礎ボルトに生じる引張応力
$\underline{\tau}_{bs}$	\underline{MPa}	基礎ボルトに生じるせん断応力
\underline{f}_t	\underline{MPa}	JEAG4601により算出した許容引張応力
\underline{f}_s	\underline{MPa}	JEAG4601により算出した許容せん断応力

第5.1.2-9表 架台（重油貯槽ベント管）評価に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{A}	$\underline{m^2}$	受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
$\underline{A_s}$	$\underline{mm^2}$	溶接部の全断面積
\underline{C}	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
\underline{F}	\underline{MPa}	JSME SSB-3121.1(1)により規定される値
$\underline{F_b}$	\underline{N}	架台溶接部に作用する引張荷重
$\underline{1.5f_s}$	\underline{MPa}	JSME SSB-3131(1)に規定する許容せん断応力
$\underline{1.5f_t}$	\underline{MPa}	JSME SSB-3131(1)に規定する許容引張応力
\underline{G}	—	ガスト影響係数
\underline{g}	$\underline{m/s^2}$	重力加速度
$\underline{\ell}$	\underline{mm}	溶接部の中心間距離
$\underline{\ell_g}$	\underline{m}	架台の図心高さ
\underline{m}	\underline{kg}	支持架台及び配管の質量
\underline{M}	$\underline{N \cdot mm}$	風圧力により作用するモーメント
\underline{n}	—	溶接部の個数(片側)
\underline{N}	—	溶接部の全個数
\underline{q}	$\underline{N/m^2}$	設計用速度圧
$\underline{V_D}$	$\underline{m/s}$	設計竜巻の最大風速
$\underline{W_w}$	\underline{N}	架台溶接部の作用する風荷重
$\underline{\rho}$	$\underline{kg/m^3}$	空気密度
$\underline{\sigma_b}$	\underline{MPa}	溶接部に生じる引張応力
$\underline{\tau_s}$	\underline{MPa}	溶接部に生じるせん断応力
$\underline{\tau}$	\underline{MPa}	溶接部に生じる組合せ応力

第 5.1.2-9 表 消音器の評価に用いる記号

記号	単位	定義
A_1	m^2	軸直角方向評価面の受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
A_2	m^2	軸方向評価面の受圧面積(風向に垂直な面に投影した面積)
A_b	mm^2	ボルトの軸断面積
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
F	MPa	JSME SSB-3121.1(1)により規定される値
F_{b1}	N	軸直角方向評価面基準でボルトに作用する引張荷重
F_{b2}	N	軸方向評価面基準でボルトに作用する引張荷重
$1.5f_t$	MPa	許容引張応力
$1.5f_s$	MPa	許容せん断応力
G	—	ガスト影響係数
l_{g1}	mm	軸直角方向評価面の図心高さ
l_{g2}	mm	軸方向評価面の図心高さ
L_1	mm	軸直角方向評価面の取付ボルト間の距離
L_2	mm	軸方向評価面の取付ボルト間の距離
M_1	N・mm	風圧力により作用するモーメント
M_2	N・mm	風圧力により作用するモーメント
n_1	—	軸直角方向評価面基準で引張力の作用するボルトの評価本数
n_2	—	軸方向評価面基準で引張力の作用するボルトの評価本数
N_1	—	せん断力の作用するボルトの評価本数
q	N/m ²	設計用速度圧
S_u	MPa	JSME 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張強さ
S_y	MPa	JSME 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
W_1	N	軸直角方向評価面で受ける風圧力による荷重
W_2	N	軸方向評価面で受ける風圧力による荷重
ρ	kg/m ³	空気密度
σ_{b1}	MPa	軸直角方向評価面基準でボルトに生じる引張応力
σ_{b2}	MPa	軸方向評価面基準でボルトに生じる引張応力
τ_{b1}	MPa	軸直角方向評価面基準でボルトに生じるせん断応力
τ_{b2}	MPa	軸方向評価面基準でボルトに生じるせん断応力

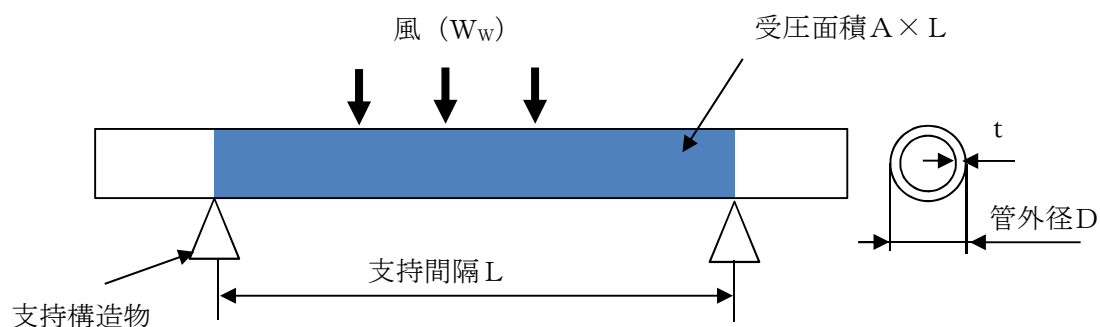
(b) 計算モデル

イ. 配管, ベント管及び排気管

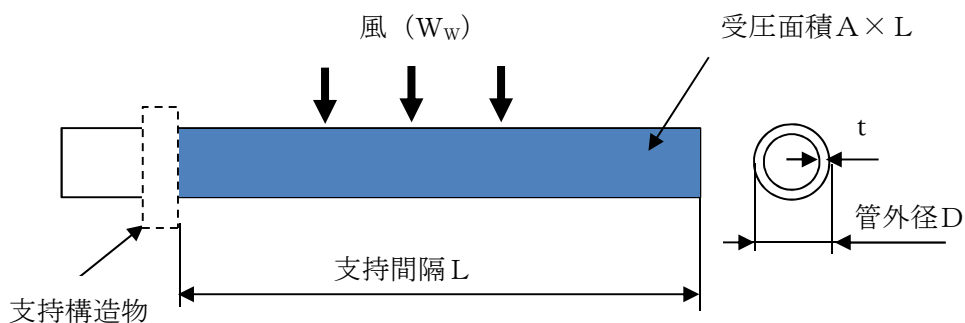
配管は一定距離ごとに支持構造物によって支えられているため、風圧力による一様な荷重を受ける単純支持はりとして評価を行う。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔とする。弁を設置している場合は支持構造物の支持間隔が短くなるため、弁を設置している場合の受圧面積は最大支持間隔での受圧面積に包絡される。

なお、ベント管及び排気管は、配管端部が片持ち形状となっていることから、配管端部についても片持ち梁として評価を行う。

配管モデル図を第5.1.2-9図に示す。



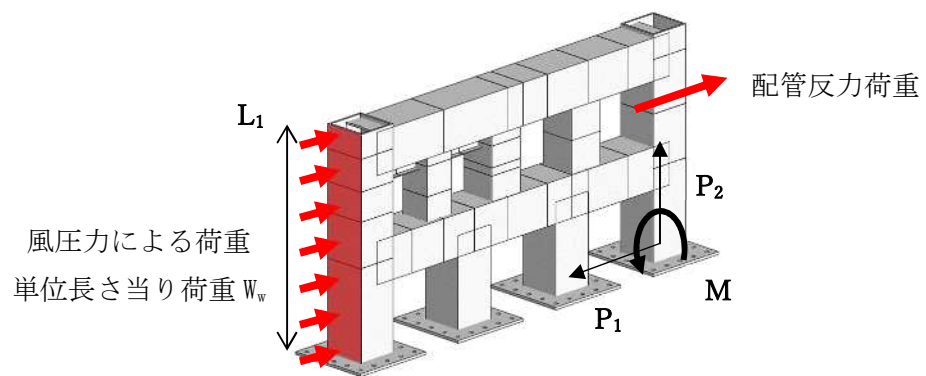
第5.1.2-9図 配管モデル図 (両端支持形状)



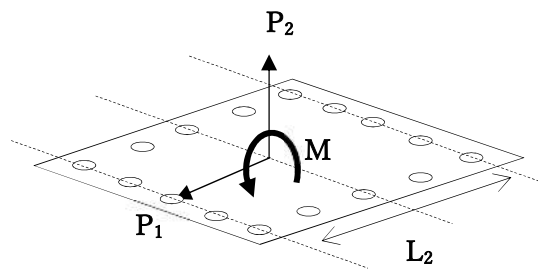
第5.1.2-9図 配管モデル図 (片持ち形状)

ロ. 竜巻防護対策設備に内包されない配管の支持構造物

竜巻防護対策設備に内包されない配管の支持架構のモデル図を第5.1.2-10図、支持架構の基礎部のモデル図を第5.1.2-11図に示す。



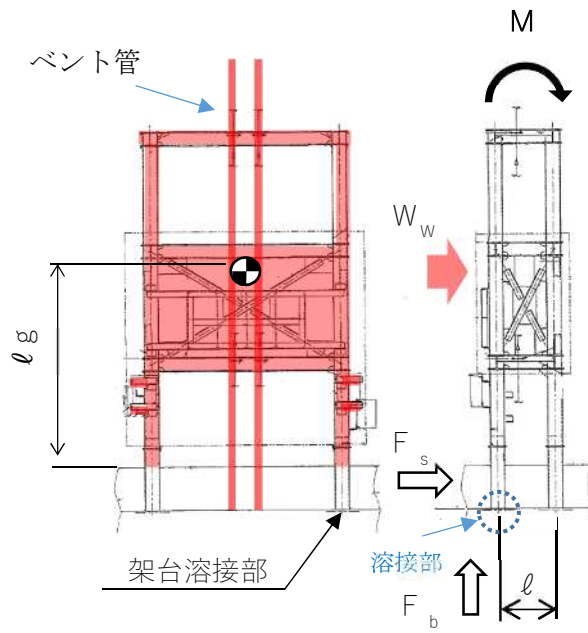
第 5. 1. 2-10 図 支持架構の評価モデル



第 5. 1. 2-11 図 基礎ボルトの評価モデル

ハ. 架構 (ベント配管)

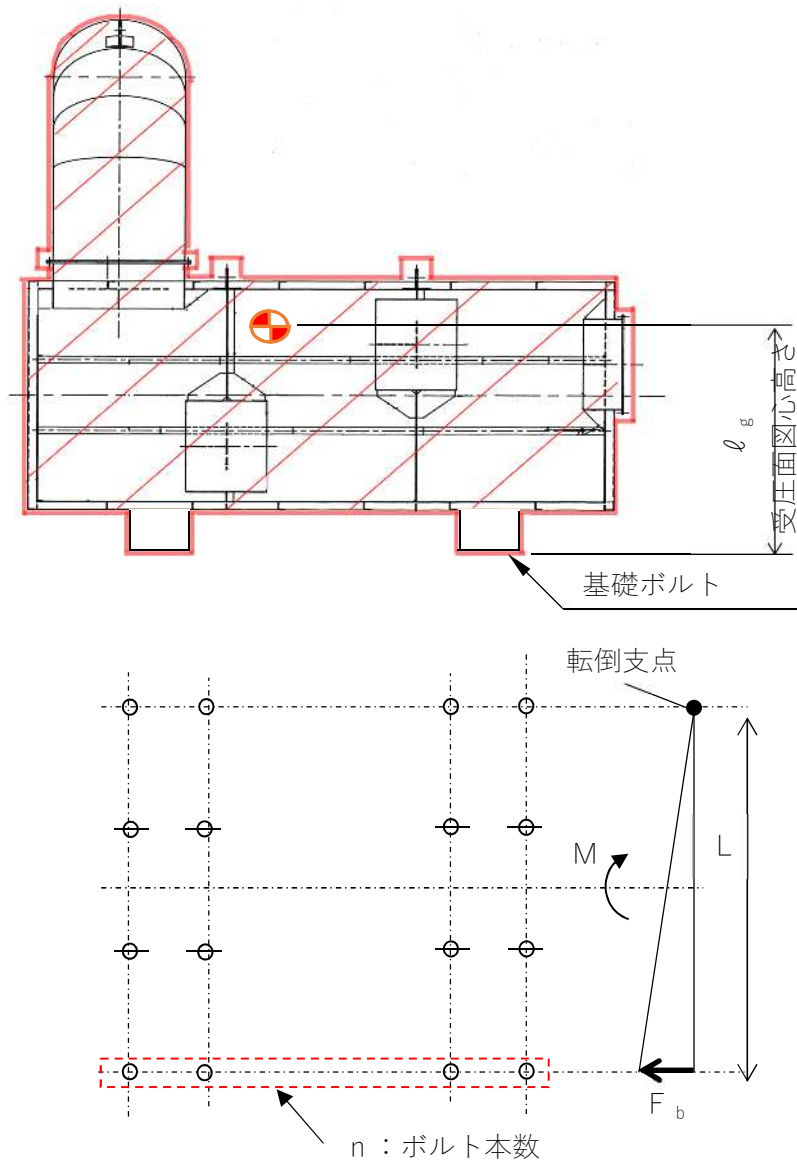
重油貯槽のベント管のベント管と支持架構のモデル図を第5.1.2-12図に示す。



第5.1.2-12図 重油貯槽のベント管の評価モデル

ニ. 消音器

ディーゼル発電機の排気消音器もモデル図を第5.1.2-13図に示す。



第 5.1.2-13 図 消音器の評価モデル

(c) 評価方法

イ. 配管, ベント管及び排気管

(イ) 竜巻による応力計算

① 風圧力により生じる応力

風圧力による荷重が配管の支持スパンに等分布荷重として加わり, 曲げ応力を発生させるものとして, 以下の式により算定する。

(両端支持形状)

$$\sigma_{ww} = \frac{M}{Z} = \frac{W_w \cdot L^2}{8 \cdot Z}$$

(片持ち形状)

$$\sigma_{ww} = \frac{M}{Z} = \frac{W_w \cdot L^2}{2 \cdot Z}$$

・ ・ (5.1.2-19)

ここで、断面係数 Z は以下の式により算定する。

$$Z = \frac{\pi}{32D} \{D^4 - (D-2t)^4\} \quad \cdot \cdot \quad (5.1.2-20)$$

② 気圧差により生じる応力

気圧差による荷重は、気圧が低下した分、内圧により生じる一次一般膜応力が増加すると考えて、その応力増加分を以下の式により算定する。

$$\sigma_{WP} = \frac{\Delta P \cdot D}{4 \cdot t}$$

・ ・ (5.1.2-21)

したがって、(イ)及び(ロ)項の複合荷重により生じる応力 σ_{WT1} 及び σ_{WT2} は以下の式により算出する。

$$\sigma_{WT1} = \sigma_{WP} \quad \cdot \cdot \quad (5.1.2-22)$$

$$\sigma_{WT2} = \sigma_{ww} + 0.5 \sigma_{WP} \quad \cdot \cdot \quad (5.1.2-23)$$

(ロ) 組合せ応力

竜巻荷重と組み合わせる荷重として、配管に常時作用する荷重である自重及び運転時荷重である内圧を考慮する。自重により生じる曲げ応力及び内圧により生じる一次一般膜応力は、以下の式により算定する。

(両端支持形状)

$$\sigma_{自重} = \frac{W_w \cdot L^2}{8 \cdot Z}$$

(片持ち支持形状)

$$\sigma_{\text{自重}} = \frac{w \cdot L^2}{2 \cdot Z}$$

$$w = m \cdot g$$

$$\sigma_{\text{内圧}} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t}$$

したがって、自重及び風圧力による荷重により生じる曲げ応力と気圧差による荷重及び内圧により生じる一次一般膜応力を足し合わせ、配管に生じる応力として以下の式により σ_1 及び σ_2 を算出する。

$$\sigma_1 = \sigma_{\text{自重}} + \sigma_{\text{内圧}} + \sigma_{\text{WT1}} \quad \dots (5.1.2-27)$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{自重}} + \sigma_{\text{内圧}} + \sigma_{\text{WT2}} \quad \dots (5.1.2-28)$$

ロ. 竜巻防護対策設備に内包されない配管

(イ) 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、シェル要素に置換した有限要素モデルを用いる。

配管ををシェル要素としてモデル化する。

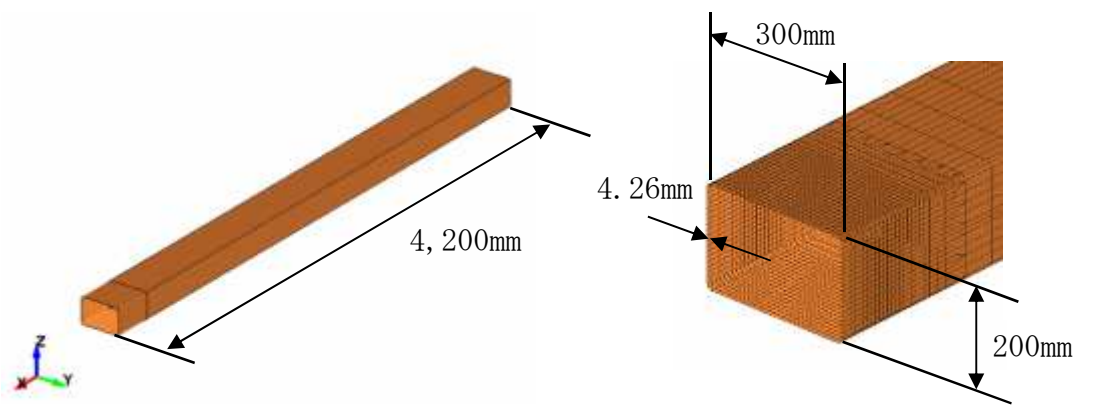
なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じるひずみや荷重を適切に算出できるように、節点及び要素数を適切に設定する。

(ロ) 解析モデルの設定条件

① 寸法

配管の材形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

飛来物の解析モデル図を第 5.1.2-14 図に示す。



第 5.1.2-14 図 飛来物の解析モデル図

② 拘束条件

配管の拘束条件は支持方法を考慮して設定することとし、シェル要素でモデル化した配管を、支持位置で剛体のシェル要素により支持する。配管の端部は完全固定とする。

③ 断面特性

断面特性については、配管の実構造を踏まえ設定する。

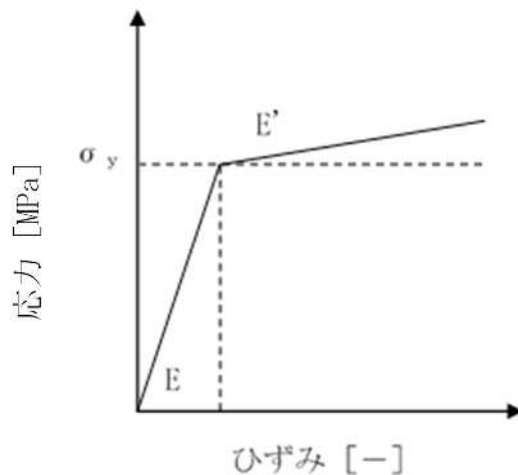
④ 材料特性

材料特性は、配管材質の物性値を踏まえて設定する。

なお、飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいいためひずみ速度効果を考慮することとし、NEI07-13の動的増加倍率を適用する。

材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第5.1.2-15図に示す。



第5.1.2-15図 バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図

⑤ 質量

配管の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

三. 支持構造物及び架台

(イ) 架構の組み合わせ応力の算出

架構に生じるせん断応力 σ_s は構造力学公式集を参考に次式より求める。

$$\sigma_s = \frac{P_1}{A_s}$$

ここで、

$$P_1 = H + L_1 \times W_w$$

Hは、配管反力荷重によって発生する水平方向荷重であり次式により求める。

$$H = P_0 \times \frac{a^3(2k+1) - 3a^2h(k+1) + 2h^3(k+2)}{2h^3(k+2)}$$

ここで、kは梁の部材の剛比を示す。門型架構は同じ部材の為 I1/Ih=1。

架構に生じる引張応力 σ_t は構造力学公式集を参考に次式より求める。

$$\sigma_t = \frac{P_2}{A_t}$$

ここで、

$$P_2 = V$$

Vは、配管反力荷重によって発生する鉛直方向荷重であり次式により求める。

$$V = P_0 \times \frac{3a^2k}{hl(6k+1)}$$

架構に生じる曲げ応力 σ_b は構造力学公式集及び機械工学便覧を参考に次式より求める。

$$\sigma_b = \frac{M_1}{Z}$$

ここで、

$$M_1 = M_0 + \frac{W_w \times L_1^2}{2}$$

M_0 は、配管反力荷重によって発生するモーメント荷重であり次式により求める。

$$M_0 = P_0 \times \frac{a^3(6k^2 + 7k + 1) - a^2h(15k^2 + 26k + 3) + ah^2(12k^2 + 26k + 4)}{2h^2(k + 2)(6k + 1)}$$

架構支持部に生じる組合わせ応力を次式より算出する。

$$\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3\sigma_s^2}$$

(ロ) 基礎ボルトの引張応力の算出

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は次式より求める。

$$\sigma_b = \frac{P_2}{N \cdot A_b} + \frac{M_0}{n \cdot L_2 \cdot A_b}$$

(ハ) 基礎ボルトのせん断応力の算出

基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は次式より求める。

$$\tau_b = \frac{P_1}{N \cdot A_b}$$

ホ. 消音器

(イ) 基礎ボルトの引張応力の算出

基礎ボルト位置から図心高さをモーメントアームとした風圧力による荷重により作用するモーメントを算出し、基礎ボルトの応力算出式を用いて基礎ボルトに生じる引張応力を算出する。

基礎ボルトに作用する引張荷重 F_b は次式より求める。

$$F_b = \frac{M}{n \cdot L}$$

ここで、

$$M = W_w \cdot \ell_g$$

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は機械工学便覧を参考に次式より求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

(ロ) 基礎ボルトのせん断応力の算出

基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は機械工学便覧を参考に次式より求める。

$$\tau_b = \frac{W_W}{N \cdot A_b}$$

(ハ) 基礎ボルトの破断荷重の算出

① 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、ビーム要素やシェル要素に置換した有限要素モデルを用いる。

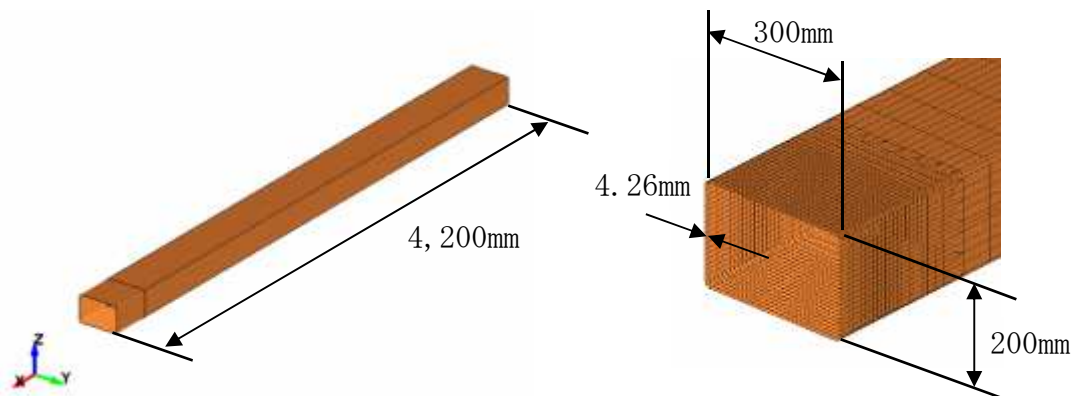
シェル要素モデルについては、排気消音器の衝突対象部をシェル要素としてモデル化し、排気消音器を支持する基礎ボルトをビーム要素によりモデル化する。

なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じるひずみや荷重を適切に算出できるよう、節点及び要素数を適切に設定する。

② 解析モデルの設定条件

i 寸法

排気消音器の形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。飛来物の解析モデル図を第 5.1.2-16 図に示す。



第 5.1.2-16 図 飛来物の解析モデル図

ii 拘束条件

排気消音器の拘束条件は基礎への固定方法を考慮して設定することとし、シェル要素でモデル化した排気消音器脚部について、基礎ボルトの剛性を考慮した上で、端部を完全拘束する。

iii 断面特性

断面特性については、排気消音器の実構造を踏まえ設定する。

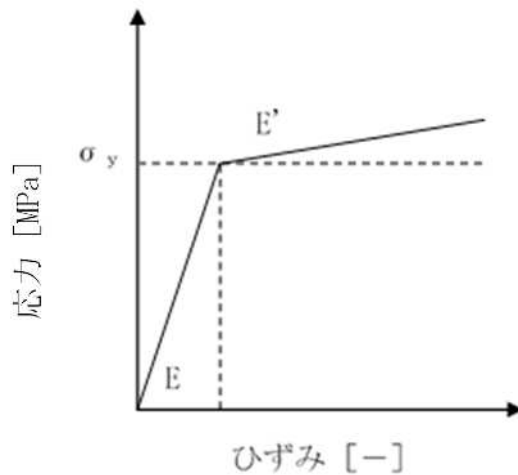
iv 材料特性

材料特性は、排気消音器の各材料の物性値を踏まえて設定する。

なお、飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいためひずみ速度効果を考慮することとし、日本溶接協会の動的物性の推定式（WES式）を適用する。

材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第 5.1.2-17 図に示す。



第 5.1.2-17 図 バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図

v 質量

排気消音器の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

(4) 換気空調設備

a. 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第5.1.2-10表に示す。

第5.1.2-10表 評価対象部位及び評価内容

評価分類	施設名称	評価対象部位	応力等の状態
換気空調設備	前処理建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・排風機	曲げ 座屈
	前処理建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・排風機	曲げ 座屈
	分離建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・丸ダクト ・排風機	曲げ 周方向応力 座屈
	精製建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・排風機	曲げ 座屈
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・排風機	曲げ 座屈
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の貯蔵室からの排気系	・角ダクト ・丸ダクト ・排風機	曲げ 周方向応力 座屈
	高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備の排気系	・角ダクト ・排風機 ・フィルタユニット	曲げ 座屈
	緊急時対策建屋換気設備	・角ダクト ・送風機 ・ダンパ ・弁	曲げ 座屈
	制御室換気設備	・角ダクト ・排風機 ・フィルタユニット ・空調ユニット	曲げ 座屈
	ガラス固化体貯蔵設備の収納管	・収納管	曲げ

b. 評価条件

換気空調設備の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (a) 角ダクトは、任意のダクト面に着目すると、ダクト面は両サイドをほかの2つの側面のダクト面で、軸方向（流れ方向）を補強部材（及び接続部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。そのため、鋼板を補強部材と両サイドのウェブで支持された4辺単純支持矩形板とし評価を行う。
- (b) 角ダクトは、自重等によりダクトに生じる曲げモーメントに関し、ウェブ

での応力分布が線形で、中立面がフランジの両側から等距離の中央線上にあるとする。

- (c) 丸ダクトは両端をサポートで支持された円筒のはりともみなし、計算を行う。
- (d) 排風機、のケーシング側面はリブにより補強されており、リブにより4辺を支持された長方形の板ともみなすことができる。そのため、鋼板を補強部材で支持された4辺単純支持矩形板とし評価を行う。
- (e) ダンパのケーシングは、ケーシングと同等の断面性能を持つ単純支持梁として計算を行う。ケーシングの分割を考慮せずに評価した余裕度が1未満となる場合、ケーシングをダンパ分割点ごとに分割し、ケーシングが内枠により両端が支持される単純支持はりとして評価する。
- (f) ダンパのベーンは、ベーンの断面と同等の断面性能を持つ単純支持はりとして評価を行う。
- (g) ダンパのシャフトは、内部圧力及び自重により発生する荷重が両端のシャフトに均等に作用するものとし、シャフト断面についてせん断応力による計算を行う
- (h) 収納管の底板は収納管側面に周辺を固定された円板であるため、等分布荷重が作用する周辺支持円板ともみなし、計算を行う。収納管底面については、収納管に常時作用するガラス固化体及びガラス固化体受台重量を考慮する。
- (i) 収納管側面部は両端を補強部材で支持された円筒ともみなし、計算を行う。なお、収納管は垂直に設置されていることから、収納管側面部については、接続する収納管底板を経由したガラス固化体及びガラス固化体受台重量による荷重を考慮する。
- (j) 計算に用いる寸法は公称値を使用する。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

イ. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-11表に示す。

第5.1.2-11表 角ダクトの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{A}	mm	ダクト幅
\underline{B}	mm	ダクト高さ
\underline{C}	mm	ダクト接続材・補強材接続ピッチ
\underline{f}_b	MPa	補強部材にかかる許容曲げ応力 (JSME SNC1-2005 SSB-3121.3による)
\underline{f}_c	MPa	補強部材にかかる許容曲げ応力 (JSME SNC1-2005 SSB-3121.3による)
\underline{G}	mm/s ²	重力加速度 (9.80665 m/s ²)
\underline{T}	mm	ダクト板厚
\underline{R}	mm	丸ダクトのダクト半径
\underline{A}	mm ²	補強部材の断面積
\underline{D}_B	kg/mm	単位長さあたりの補強部材の質量
\underline{D}_D	kg/mm ²	単位面積あたりのダクト鋼板の質量
\underline{E}	MPa	ヤング率
\underline{I}	mm ⁴	曲げに対する断面2次モーメント
\underline{L}	mm	ダクトサポートの支持間隔
\underline{M}_p	N・mm ²	自重による曲げモーメント
\underline{M}_{crip}	N・mm ²	クリッピングの発生する曲げモーメント
\underline{P}	Pa	ダクトにかかる外圧
\underline{Z}	mm ³	補強部材とダクト鋼板の合成断面係数
$\underline{\delta}_{max}$	mm	外面荷重によるダクト鋼板の最大変位量
$\underline{\mu}$	kg/mm	ダクトの単位長さ当たりの質量
$\underline{\nu}$	—	ポアソン比
$\underline{\sigma}_b$	MPa	補強部材にかかる曲げ応力
$\underline{\sigma}_c$	MPa	補強部材にかかる圧縮応力
$\underline{\sigma}_{crip}$	MPa	クリッピングの発生する応力
$\underline{\sigma}_{p1}$	MPa	面内荷重 (外圧) による発生応力
$\underline{\sigma}_{p2}$	MPa	面内荷重 (自重) による発生応力

ロ. 丸ダクト

丸ダクトの構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-12表に示す。

第5.1.2-12表 丸ダクトの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{c}	$\underline{\text{mm}}$	補強ピッチ
\underline{E}	$\underline{\text{MPa}}$	ヤング率
\underline{g}	$\underline{\text{m/s}^2}$	重力加速度
$\underline{k_p}$	—	座屈係数
\underline{L}	$\underline{\text{mm}}$	サポートスパン
$\underline{M}_{\text{crip}}$	$\underline{\text{N}\cdot\text{mm}}$	クリップリング座屈が発生する際に作用する曲げモーメント
$\underline{M_p}$	$\underline{\text{N}\cdot\text{mm}}$	自重により作用する曲げモーメント
\underline{r}	$\underline{\text{mm}}$	丸ダクトのダクト半径
\underline{t}	$\underline{\text{mm}}$	管の肉厚
$\underline{\Delta P}$	$\underline{\text{MPa}}$	気圧差 (外圧)
$\underline{Z_c}$	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
$\underline{\beta}$	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
$\underline{\mu}$	$\underline{\text{kg/mm}}$	ダクト単位質量
$\underline{\nu}$	—	ポアソン比
$\underline{\sigma}_{\text{crip}}$	$\underline{\text{MPa}}$	クリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力
$\underline{\sigma}_{\text{cripl}}$	$\underline{\text{MPa}}$	外圧により生じる周方向応力

ハ. 排風機、フィルタユニットおよび空調ユニット

排風機、フィルタユニットおよび空調ユニットの構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-13表に示す。

第5.1.2-13表 排風機の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
T	$^{\circ}\text{C}$	使用温度
P	Pa	容器にかかる外圧
g	mm/s^2	重力加速度
D_p	kg/mm^2	単位面積あたりの容器鋼板の質量
a, b	mm	矩形形状寸法
t	mm	容器鋼板板厚
ν	—	ポアソン比
E	MPa	ヤング率
σ_{\max}	MPa	容器鋼板の最大発生応力
δ_{\max}	mm	容器鋼板の最大変位量

ニ. ダンパ

ダンパの構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-14表に示す。

第5.1.2-14表 ダンパの強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
A_s	mm^2	シャフト断面積
e_b	mm	ベーンにおける主軸から断面の最も離れた点までの距離
e_c	mm	ケーシングにおける主軸から断面の最も離れた点までの距離
F_{1b}	N/mm	ベーンの内部圧力による分布荷重
F_{1c}	N/mm	ケーシングの内部圧力による分布荷重
F_{1s}	N	内部圧力によりシャフトにかかるせん断荷重
F_{2b}	N/mm	ベーンの自重による分布荷重
F_{2c}	N/mm	ケーシングの自重による分布荷重
F_{2s}	N	ベーンの自重によりシャフトにかかるせん断荷重
f_b	MPa	JSME SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容曲げ応力
f_s	MPa	JSME SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容せん断応力
g	m/s^2	重力加速度
H	mm	フランジ内径高さ
H_b	mm	ベーン幅
I_b	mm^4	ベーンに作用する断面二次モーメント
I_c	mm^4	ケーシングに作用する断面二次モーメント
L_c	mm	面間寸法
L_s	mm	シャフト直径
l_b	mm	ベーン長さ
l_c	mm	ケーシング長さ
M_b	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ベーンに作用する最大曲げモーメント
M_c	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ケーシングに作用する最大曲げモーメント
m_b	kg	ベーン質量
m_c	kg	ケーシング質量
m_s	kg	シャフト質量
P	MPa	内部圧力
W	mm	フランジ内径幅
Z_b	mm^3	ベーンの断面係数
Z_c	mm^3	ケーシングの断面係数

第5.1.2-14表 ダンパの強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
ΔP	MPa	気圧差
α	—	裕度
σ_{bmax}	MPa	ベーンに生じる最大曲げ応力
σ_{cmax}	MPa	ケーシングに生じる最大曲げ応力
σ_{smax}	MPa	シャフトに生じる最大せん断応力
ϕ	mm	フランジ内径

ホ. 収納管

収納管の構造強度評価に用いる記号を第5.1.2-15表に示す。

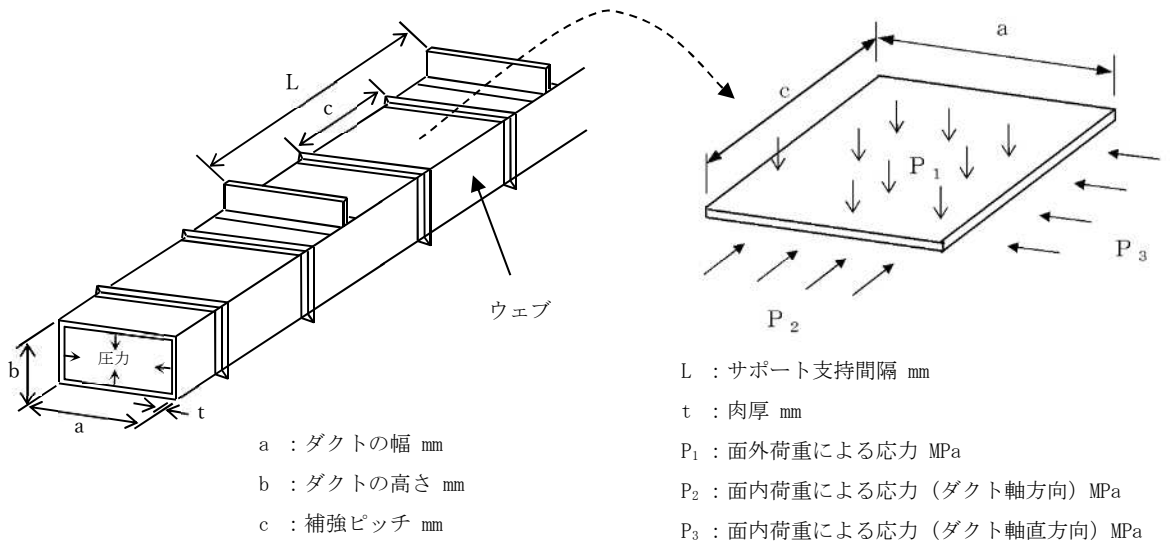
第5.1.2-15表 収納管の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
D_o	mm	収納管外径
D_i	mm	収納管内径
D_p	Mm	ガラス固化体受台外径
$P1$	MPa	竜巻気圧差により収納管にかかる外圧
$P2$	MPa	収納物重量による底板の単位面積当たりの荷重
$P3$	MPa	収納管底板の自重による底板の単位面積当たりの荷重
P	MPa	底板にかかる単位面積当たりの荷重
t_1	mm	収納管円筒部板厚
t_2	mm	収納管底板板厚
W_1	N	ガラス固化体重量
W_2	N	ガラス固化体受台重量
W_3	N	収納管底板の自重
W_4	N	収納管の自重
σ_h	MPa	竜巻気圧差による円筒部の周方向の応力
σ_w	MPa	自重による円筒部軸方向の応力
σ_a	MPa	底板への竜巻気圧差荷重による円筒部軸方向の応力
σ_c	MPa	収納管円筒部の発生応力
σ_p	MPa	収納管底板の最大発生応力

(b) 評価モデル

イ. 角ダクト

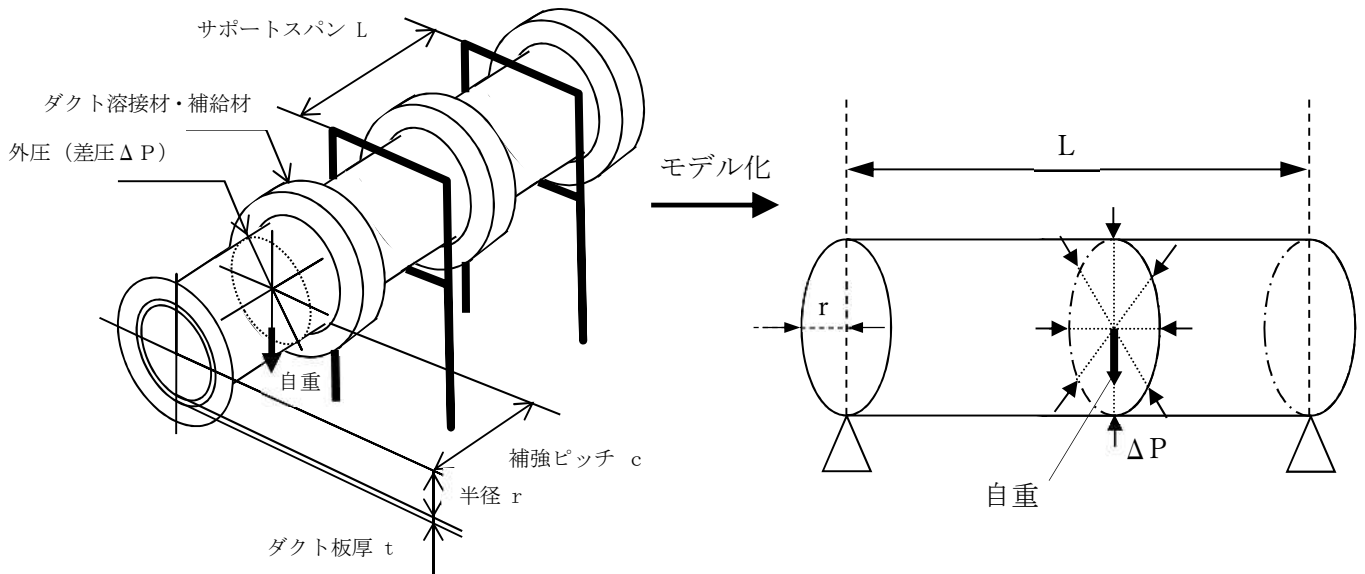
鋼板を補強部材と両サイドのウェブで支持された4辺単純支持矩形板とみなし、評価モデルを第5.1.2-18図に示す。



第5.1.2-18図 角ダクトモデル図

ロ. 丸ダクト

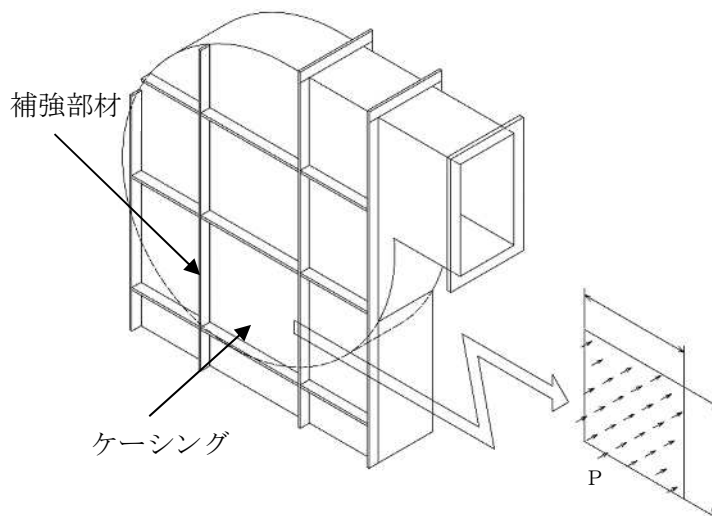
丸ダクトは両端をサポートで支持された円筒のほりとみなし，評価モデルを第5.1.2-19図に示す。



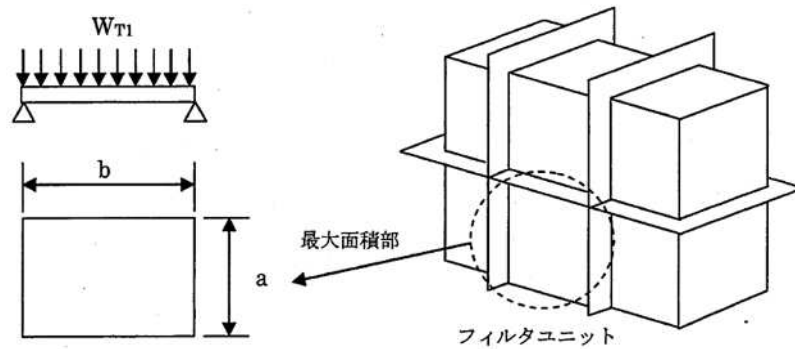
第5.1.2-19図 丸ダクトモデル図

ハ. 排風機、フィルタユニット

排風機，フィルタユニットは補強部材で4辺を支持された長方形の板とみなすことができる。そのため、鋼板を補強部材で支持された4辺単純支持矩形板とし，排風機の評価モデルを第5.1.2-20図，フィルタユニットの評価モデル図を第5.1.2-21図に示す。



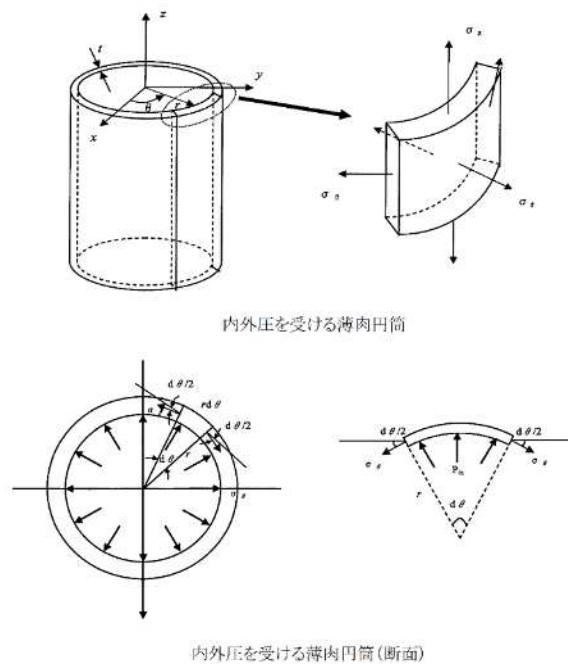
第5.1.2-20図 排風機モデル図



第 5. 1. 2-21 図 フィルタユニットモデル図

(ロ) 送風機

送風機は両端を補強部材で支持された円筒のはりともみなし、計算を行う。送風機ケーシングモデル図を第 5. 1. 2-22 図に示す。



内外圧を受ける薄肉円筒

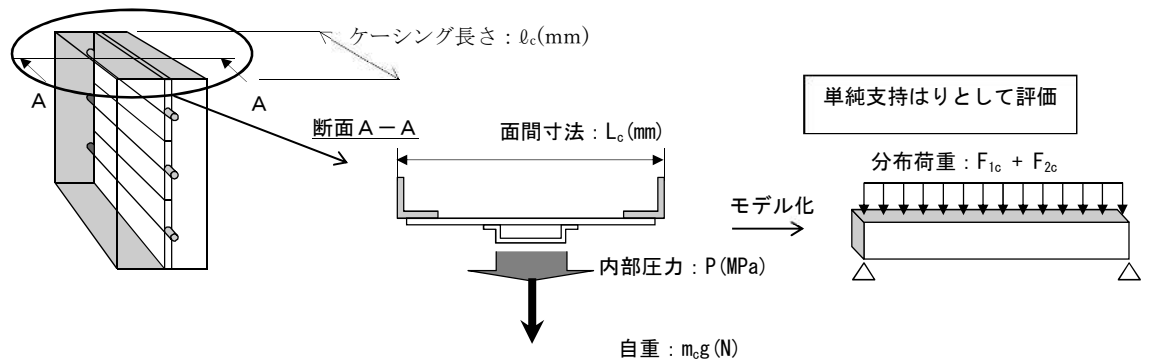
内外圧を受ける薄肉円筒(断面)

第 5. 1. 2-21 図 送風機の評価モデル図

三. ダンパ

(イ) ケーシング

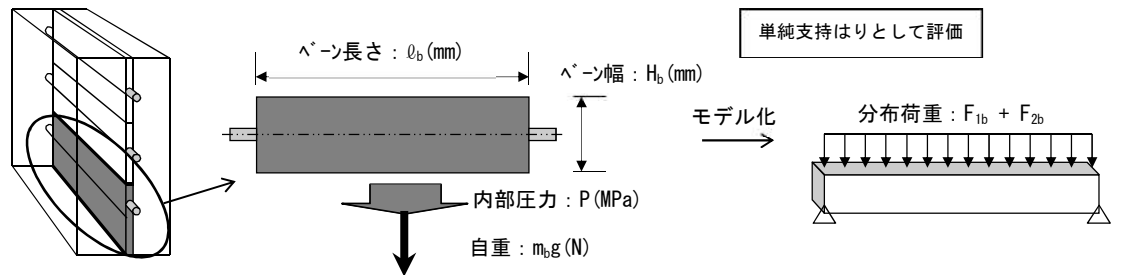
ケーシングと同等の断面性能を持つ単純支持はりとして評価を行う。ケーシングモデル図を第 5. 1. 2-22 図に示す。



第 5. 1. 2-22 図 ケーシングの評価モデル図

(ロ) ベーン

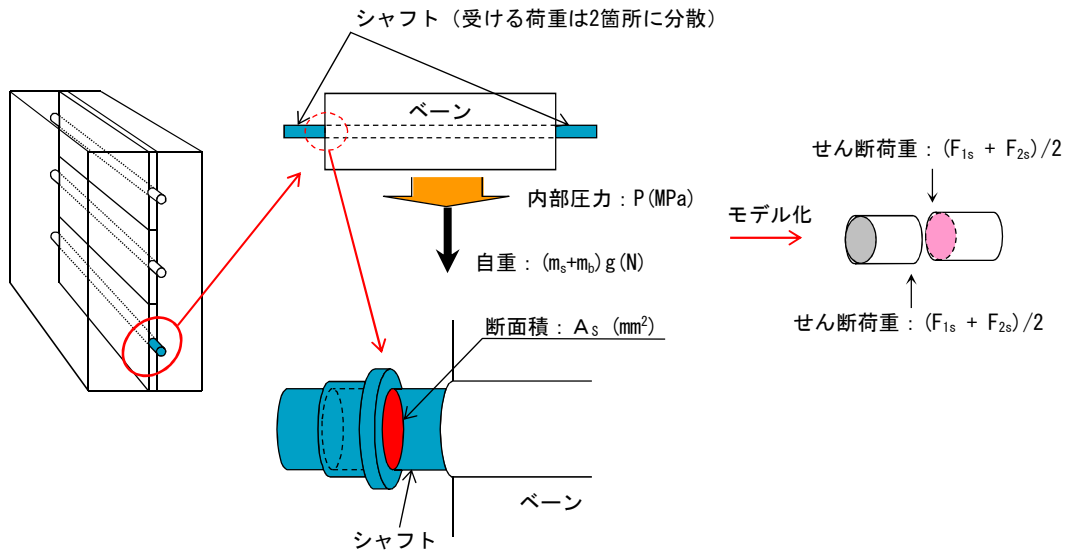
ベーンは、ベーンの断面と同等の断面性能を持つ単純支持はりとして評価を行う。ベーンモデル図を第 5. 1. 2-23 図に示す。



第 5. 1. 2-23 図 ベーンの評価モデル図

(ハ) シャフト

内部圧力及び自重により発生する荷重が両端のシャフトに均等に作用するものとし、シャフト断面についてせん断応力による評価を行う。シャフトモデル図を第 5. 1. 2-24 図に示す。

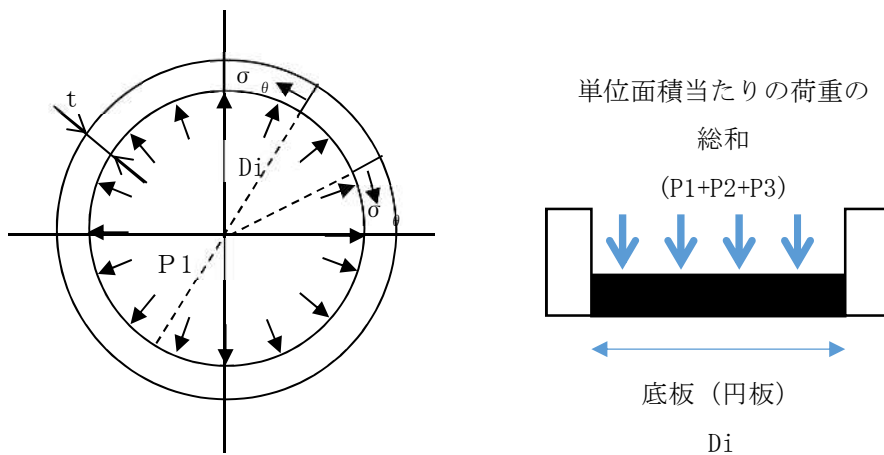


第 5. 1. 2-23 図 ベーンの評価モデル

ホ. 収納管

収納管の底板は収納管側面に周辺を固定された円板であるため、等分布荷重が作用する周辺支持円板とみなし評価を行う。収納管側面部は両端を補強部材で支持された円筒とみなして評価を行う。なお、収納管は垂直に設置されていることから、収納管側面部については、接続する収納管底板を経由したガラス固化体及びガラス固化体受台重量による荷重を考慮する。

モデル図を第 5. 1. 2-24 図に示す。



第 5. 1. 2-24 図 収納管の評価モデル

(c) 評価方法

イ. 角ダクト

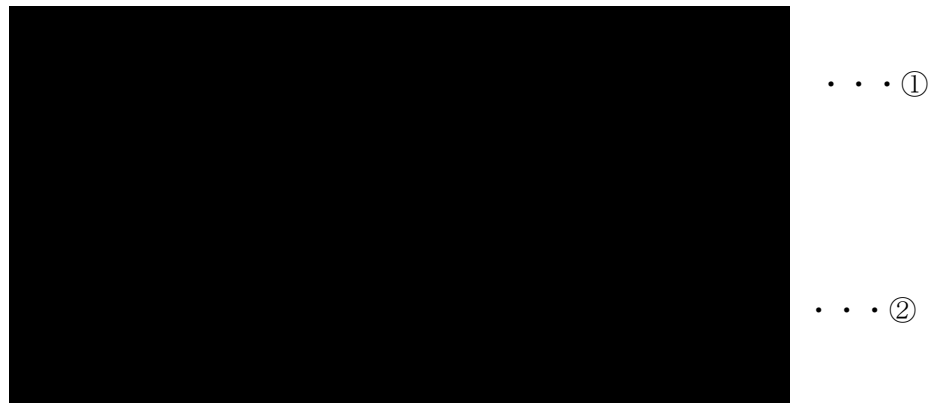
ダクトにかかる外圧は、設置（変更）許可を受けた竜巻により発生する気圧差が影響するので、

$$P = \Delta P$$

(イ) 面外荷重による発生応力

4 辺単純支持（周辺で水平、垂直方向の変位拘束、たわみ角は自由）の長方形板が等分布荷重を受ける場合において、中心に生じる外圧及び自重による面外荷重により作用する最大応力 σ_{\max} (MPa) とその面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量 δ_{\max} (mm) との関係は、以下の式で表わされる。

機械工学便覧に記載されている 4 辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式を引用する。



式②より得られる δ_{\max} の値を式①へ代入し、 σ_{\max} を算出する。

(ロ) 面内荷重による発生応力

機械工学便覧の「クリッピングの考え方」と日本機械学会ジャーナルの「薄肉長方形及び箱形はりの座屈と強度」に記載されている鶴戸口の式を準用する。

① 外圧による発生応力

薄肉構造物のうち長方形板の弾性座屈の式より、算出する。



② 自重による発生応力

自重によりダクト鋼板に作用する曲げモーメントは、以下の式により算出する。

$$M_p = \frac{g\mu L^2}{8}$$

ロ. 丸ダクト

計算式においては機械工学便覧及び「軽構造の理論とその応用（日本科学技術連盟(1966)）」に記載されている式を準用する。

(イ) 外圧により生じる周方向応力 $\sigma_{c r i p l}$

$$\sigma_{c r i p l} = \frac{\Delta P \cdot r}{t}$$

(ロ) 自重により作用する曲げモーメントMP

$$M_p = \frac{g \cdot \mu \cdot L^2}{8}$$

ハ. 排風機、フィルタユニットおよび空調ユニット

排風機、フィルタユニットおよび空調ユニットのケーシングは4辺単純支持矩形板とみなすことから、「イ. 角ダクト」の「(イ) 面外荷重による発生応力」の評価式を用いて評価を行う。

また、送風機のケーシングは両端を補強部材で支持された円筒のほりとみなすことから、「ロ. 丸ダクト」の「(イ) 外圧により生じる周方向応力」の評価式を用いて評価を行う

ニ. ダンパ

(イ). ケーシング

ケーシングに作用する最大曲げモーメント

$$M_c = \frac{\ell_c^2 (F_{1c} + F_{2c})}{8}$$

ここで、

$$F_{1c} = P \cdot L_c$$

$$F_{2c} = \frac{m_c \cdot g}{\ell_c}$$

ケーシングに生じる最大曲げ応力

$$\sigma_{cmax} = \frac{M_c}{Z_c}$$

ここで、

$$Z_c = \frac{I_c}{e_c}$$

(ロ). ベーン

ベーンに作用する最大曲げモーメント

$$M_c = \frac{\ell_b^2 (F_{1b} + F_{2b})}{8}$$

ここで、

$$F_{1b} = P \cdot H_b$$

$$F_{2b} = \frac{(m_s + m_b) \cdot g}{\ell_b}$$

ベーンに生じる最大曲げ応力

$$\sigma_{bmax} = \frac{M_b}{Z_b}$$

ここで、

$$Z_b = \frac{I_b}{e_b}$$

(ハ). シャフト

シャフトに生じる最大せん断応力

$$\sigma_{smax} = \frac{F_{1s} + F_{2s}}{2 \cdot A_s}$$

ここで、

$$F_{1s} = P \cdot H_b \cdot \ell_b$$

$$F_{2s} = (m_s + m_b) \cdot g$$

$$A_s = (L_s / 2)^2 \cdot \pi \quad (\text{シャフト断面が円形の場合})$$

ニ. 収納管

ガラス固化体貯蔵設備の収納管は、管の自重だけでなく収納するガラス固化体の重量を適切に考慮する。

(イ) 収納管底板

収納管底板にかかる応力(σ_p)は、底板で支持される収納物の重量、底板の自重、及び竜巻気圧差により底板に生じる単位面積当たりの荷重の総和によって底板に生じる応力を、機械工学便覧の周辺固定、等分布荷重の円板の曲げ応力の計算式により算出する。 β は円盤の応力係

数である

$$\sigma_p = P_3 \cdot (W_1 + W_2) \cdot \left(\frac{D_i}{2t_2}\right)^2$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_1 = \Delta P$$

$$P_2 = (W_1 + W_2) \cdot \left(\frac{4}{\pi \cdot D_p^2}\right)$$

$$P_3 = W_3 \cdot \left(\frac{4}{\pi \cdot D_i^2}\right)$$

(ロ) 収納管円筒部

収納管円筒部は、両端を固定された円筒の梁とみなし計算を行う。収納管円筒部にかかる応力は、自重による軸方向の応力並びに竜巻気圧差(内圧)による円筒部の周方向の応力及び円筒部軸方向の応力の総和とする。

$$\sigma_c = \sigma_w + \sigma_h + \sigma_a$$

自重による収納管円筒部の鉛直方向の応力は、ガラス固化体、ガラス固化体受台、収納管の底板及び円筒部の総重量によって生じる収納管円筒部の鉛直方向の応力を次式により算出する。

$$\sigma_w = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4)}{\pi \cdot t_1 \cdot D_o}$$

竜巻気圧差によって生じる内圧による収納管円筒部の周方向の応力は機械工学便覧の「内圧を受ける薄肉円筒」の計算式により算出する。

$$\sigma_h = \frac{P \cdot D_i}{t_1 \cdot 2}$$

底板の上下面の竜巻気圧差による鉛直方向の荷重によって生じる、収納管円筒部の軸方向の応力を次式で算出する。

$$\sigma_a = \left(\frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \cdot P\right) / \pi \cdot t_1 \cdot D_o$$

5.2 衝突評価

5.2.1 建物・構築物

(1) 貫通評価

a. 評価条件

(a) 飛来物が鋼製構造物に衝突する場合の貫通限界厚さを、「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会）」で用いられているBRL式を用いて算出する。

(b) 飛来物が鉄筋コンクリート構造物に衝突する場合の貫通限界厚さを、NEI07-13に示されているDegen式を用いて算定する。Degen式における貫入深さは、「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会）」で用いられている修正NDRC式を用いて算定する。

(c) 計算に用いる寸法は公称値を使用する。

c. 強度評価方法

(a) 記号の定義

衝突評価に用いる記号を第5.2.1-1表及び第5.2.1-2表に示す。

第5.2.1-1表 Degen式による貫入限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{D}	kgf/cm ³	飛来物直径密度 $D = W / d^3$
\underline{d}	cm	飛来物の（等価）直径
\underline{e}	cm	貫通限界厚さ（コンクリート）
$\underline{F_c}$	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度
\underline{N}	—	飛来物の形状係数
\underline{V}	m/s	外壁 飛来物の衝突速度（水平）
		屋根 飛来物の衝突速度（鉛直）
\underline{W}	kgf	飛来物重量
\underline{X}	cm	貫入深さ
$\underline{\alpha_e}$	—	低減係数

第5.2.1-2 表 BRL式による貫入限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{d}	\underline{m}	評価において考慮する飛来物が衝突する衝突断面の等価直径
\underline{K}	$\underline{-}$	鋼板の材質に関する係数
\underline{M}	\underline{kg}	評価において考慮する飛来物の質量
\underline{T}	\underline{mm}	鋼板の貫通限界厚さ
$\underline{T_c}$	\underline{mm}	BRL 式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
\underline{v}	$\underline{m/s}$	評価において考慮する飛来物の飛来速度

(b) 評価方法

イ. Degen式による貫通限界厚さの算定

Degen式を以下に示す。

$X/d \leq 1.52$ の場合

$$\underline{e = \alpha_e \{2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2\} \cdot d}$$

$1.52 \leq X/d \leq 13.42$ の場合

$$\underline{e = \alpha_e \{0.69 + 1.29(X/d)\} \cdot d}$$

第5.2.2-3表にコンクリートの貫通限界厚さの算出に用いる入力値を示す。

第5.2.1-3 表 コンクリートの貫通限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値	単位
\underline{D}	設計飛来物直径密度($D=W/d^3$)	$\underline{6.42 \times 10^{-3}}$	$\underline{kgf/cm^3}$
\underline{d}	設計飛来物直径	$\underline{27.6}$	\underline{cm}
\underline{N}	設計飛来物の形状係数	$\underline{1.14}$	$\underline{-}$
\underline{V}	設計飛来物の衝突速度(水平)	$\underline{51}$	$\underline{m/s}$
\underline{W}	設計飛来物重量	$\underline{135}$	\underline{kgf}
$\underline{\alpha_e}$	低減係数	$\underline{1.0}$	$\underline{-}$

ロ. BRL式による貫通限界厚さの算出

飛来物が竜巻防護対象施設に衝突する場合の貫通限界厚さを、「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。

$$T^3 = \frac{0.5 \cdot M \cdot v^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot d^2} \dots (5.2.2-1)$$

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」(以下「O19003」という。)から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する貫通限界厚さ付近の実験データが不十分であることを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97 \dots (5.2.2-2)$$

第5.2.1-4表に飛来物の諸元を示す。

第5.2.1-4表 飛来物の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
鋼製材	0.311	1.0	135	51	34

(2) 裏面剥離評価

a. 評価条件

(a)裏面剥離限界厚さは、「Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs(Nuclear Energy Institute 2011 Rev 8)」(以下「NEI07-13」という。)に示されているChang式を用い算定する。

c. 強度評価方法

(a)記号の定義

Degeen式による貫入限界厚さの算定に用いる記号を第5.2.2-3表に、Chang式による裏面剥離限界厚さの算定に用いる記号を第5.2.1-5表に示す。

第5.2.1-5表 Chang式による裏面剥離限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
\underline{d}	cm	飛来物の(等価)直径
$\underline{f_c'}$	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度
\underline{S}	cm	裏面剥離限界厚さ
\underline{V}	m/s	外壁 飛来物の衝突速度(水平)
		屋根 飛来物の衝突速度(鉛直)
$\underline{V_0}$	m/s	飛来物基準速度
\underline{W}	kgf	飛来物重量
$\underline{\alpha_s}$	—	低減係数

(b) 評価方法

Chang式による裏面剥離限界厚さの算定

Chang式を以下に示す。

$$S = 1.84 \cdot \alpha_s \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.13} \cdot \frac{\left(\frac{W \cdot V^2}{0.0980} \right)^{0.4}}{d^{0.2} \cdot f_c^{0.4}}$$

第5.2.1-6表にコンクリートの裏面剥離限界厚さの算出に用いる入力値を示す。

第5.2.1-6表 コンクリートの裏面剥離限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値	単位
\underline{d}	設計飛来物直径	27.6	cm
\underline{V}	設計飛来物の衝突速度(水平)	51	m/s
$\underline{V_0}$	設計飛来物基準速度	60.96	m/s
\underline{W}	設計飛来物重量	135	kgf
$\underline{\alpha_s}$	低減係数	1.0	—

5.2.2 機器・配管系

(1) 貫入評価

a. 評価条件

- (a) 衝突評価においては、評価対象機器に飛来物が衝突した際に跳ね返らず、貫入するものとして評価する。
- (b) 飛来物が外部事象防護対象施設に衝突する場合の貫通限界厚さを、「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会）」で用いられているBRL式を用いて算出する。
- (c) 荷重及び応力は力学における標準式を用いて算出する。
- (d) 計算に用いる寸法は公称値を使用する。

b. 強度評価方法

貫入評価における限界厚さの算出は、「5.2.1 (1)貫通」の評価式を用いて算出する。

第5.2.2-1表に飛来物の諸元を示す。

第 5.2.2-1 表 飛来物の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
鋼製材	0.311	1.0	135	51	34
砂利	0.05	1.0	0.18	62	42

6. 準拠規格

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」においては、竜巻の影響を考慮する施設の設計に係る規格を示している。

これらのうち、竜巻防護対策設備及び屋外重大事故等対処設備の固縛装置を除く施設の強度設計に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601-補1984 ((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・ タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)
- ・ 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会, 2004)
- ・ 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会, 2015 改定)
- ・ 機械工学便覧((社)日本機械学会)
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原規技発第1909069号)
- ・ 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-(日本建築学会 2005改定)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会 1999改定)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会 2010改定)

VI-1-1-1-2-4-1-2
竜巻防護対策設備の強度計算の方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

ページ

1. 概要	1
2. 強度設計の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
3. 竜巻防護対策設備の評価方針	1
3.1 評価対象部位の選定	1
3.1.1 防護ネットの評価対象部位	2
3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位	7
3.1.3 支持架構の評価対象部位	7
3.1.4 整流板の評価対象部位	7
3.2 評価方針	8
3.2.1 防護ネットの評価方針	9
3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針	15
3.2.3 支持架構の評価方針	15
3.2.4 整流板の評価方針	15
4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法	19
4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ	19
4.2 荷重の算定方法	20
5. 許容限界	25
5.1 防護ネットの許容限界	25
5.1.1 許容限界の設定	25
5.1.2 許容限界の設定方法	29
5.2 防護板(鋼材)の許容限界	37
5.2.1 衝突評価	37
5.2.2 許容限界の設定方法	37
5.3 支持架構の許容限界	39
5.3.1 衝突評価	39
5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価	39
5.4 防護板(鉄筋コンクリート)の許容限界	41
5.5 整流板の許容限界	41

6.	強度評価方法	41
6.1	防護ネットの強度評価	41
6.2	防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価	62
6.2.1	解析モデルの選定	62
6.2.2	解析モデルの設定条件	62
6.3	整流板の強度評価	62
7.	準拠規格	65

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」及び「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」に基づき、竜巻の影響を考慮する施設のうち、竜巻防護対策設備が、設計荷重(竜巻)に対して要求される強度を有することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

2. 強度設計の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す施設を対象として、「4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法」で示す設計荷重(竜巻)を考慮し、「6. 強度評価方法」で示す評価方法により、「5. 許容限界」で設定する許容限界を超えない設計とする。

2.1 評価対象施設

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」に基づき、以下の竜巻防護対策設備を対象とする。

(1) 飛来物防護板

- ・飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
- ・飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A)
- ・飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 B)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 南ブロック)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 B 北ブロック)
- ・飛来物防護板(非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 B 南ブロック)
- ・飛来物防護板(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
- ・飛来物防護板(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)

・飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

(2) 飛来物防護ネット

・飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)

・飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)

・飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)

3. 竜巻防護対策設備の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度上の性能目標を達成するために、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1 構造設計」に示す設計方針を踏まえ、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3 荷重の設定及び荷重の組合せ」で設定している荷重、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.4 竜巻の影響を考慮する施設に対する竜巻防護設計」に示す許容限界を適切に考慮して、評価を実施する。

3.1 評価対象部位の選定

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.2 構造概要」に示す構造に基づき、設計荷重(竜巻)の作用方向及び伝達過程を考慮し評価対象部位を選定する。評価対象部位の選定においては、設計荷重(竜巻)を伝達する全ての部位を抽出し、その中で構造強度評価上、厳しい部位を選定する。

3.1.1 防護ネットの評価対象部位

防護ネットに設計荷重(竜巻)が作用した際の荷重の伝達経路を踏まえ、選定した評価対象部位を第3.1.1-1表及び第3.1.1-2表に示す。また、防護ネット(支持架構に直接設置)における荷重の伝達経路を第3.1.1-1図、防護ネット(鋼製柱)における荷重の伝達経路を第3.1.1-2図に示す。

(1) 防護ネット(支持架構に直接設置)

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

保持管は固定部がなく、ワイヤロープから受ける荷重によりスライドし、隅角部固定ボルトに荷重を伝えることから、評価対象外とする。

d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレートとする。

取付プレートと支持架構の溶接部は、プレート本体と同じ荷重を受ける部材であり、プレート本体の評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。ネット取付金物は、同じ荷重を受ける部位のうち、押さえボルト及び取付ボルトの評価に包絡されることから、評価対象外とする。取付金物タッププレート溶接部は、同じ荷重を受ける部位のうち、取付ボルトの評価に包絡されることから、評価対象外とする。

e. 接続部

接続部は、防護ネットと支持架構を接続する部位であり、防護ネットが受ける荷重を支持架構に伝える部位であるため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続部の押さえボルト及び取付ボルトとする。

押さえボルト取付座及び溶接部は、ボルトと同じ荷重を受ける部材であり、ボルトの評価結果に包絡されることから、評価対象外とする。

f. 補助防護板

補助防護板は、ネットと支持架構の隙間が設計上通過を許容する飛来物以下のサイズにするための部材であり、隙間より侵入してきた飛来物は鋼板に直接衝突するため、衝突評価における設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

なお、波及的影響評価においては、ネットの前に設置されている補助防護板は、脱落したとしても、ネットに捕捉されることから評価対象外とする。また、ネットの後ろに設置されている補助防護板は、モーメントアームの長さが約200mmであるのに対して、評価対象である防護板(鋼材)のモーメントアームの長さは830mmであり、補助防護板に比べて防護板(鋼材)の方が約4倍モーメントアームが大きいことから、防護板(鋼材)の評価結果に包絡されるため、評価対象外とする。

(2) 防護ネット（鋼製枠）

a. ネット

設計飛来物は、ネットに直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ネットとする。

b. ワイヤロープ

ワイヤロープはネットを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、ワイヤロープとする。
ワイヤグリップは、ワイヤロープの一部としてワイヤグリップ効率を考慮する。

c. 接続治具(支持部)

接続治具(支持部)は、ワイヤロープを支持する部材であり、ネットに作用した荷重は、ワイヤロープを介して接続治具(支持部)に作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(支持部)のシャックル及びターンバックルとする。

保持管は固定部がなく、ワイヤロープから受ける荷重によりスライドし、隅角部固定ボルトに荷重を伝えることから、評価対象外とする。

d. 接続治具(固定部)

接続治具(固定部)は、保持管を固定する隅角部固定ボルト及び接続治具(支持部)を固定する取付プレートであり、ワイヤロープからの荷重が作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、接続治具(固定部)の隅角部固定ボルト及び取付プレート本体並びに溶接部とする。

e. トロリ、ガイドレール及び固定ピン

トロリ及びガイドレールは、防護ネット（鋼製枠）を開閉するための部材であり、破損しても、防護ネットは支持架構の支柱スパンよりも大きいいため、内部に転倒することはなく、竜巻防護対象施設へ影響は与えないことから、評価対象外とする。

固定ピンは、防護ネット（鋼製枠）が開かないよう固定するための部材であり、ネットに作用した荷重は防護ネット（鋼製枠）を介して支持架構に伝達し、固定ピンには作用しない。また、風圧力による荷重が側面に作用したとしても、防護ネット（鋼製枠）の自重により、動くことはないことから、評価対象外とする。

f. 鋼製枠

鋼製枠は、取付プレートを介して、ワイヤロープからの張力を伝達するが、取付プレートと比べて十分な強度及び剛性を有しており、取付プレートの評価に包絡されることから、評価対象外とする。

g. 接続部

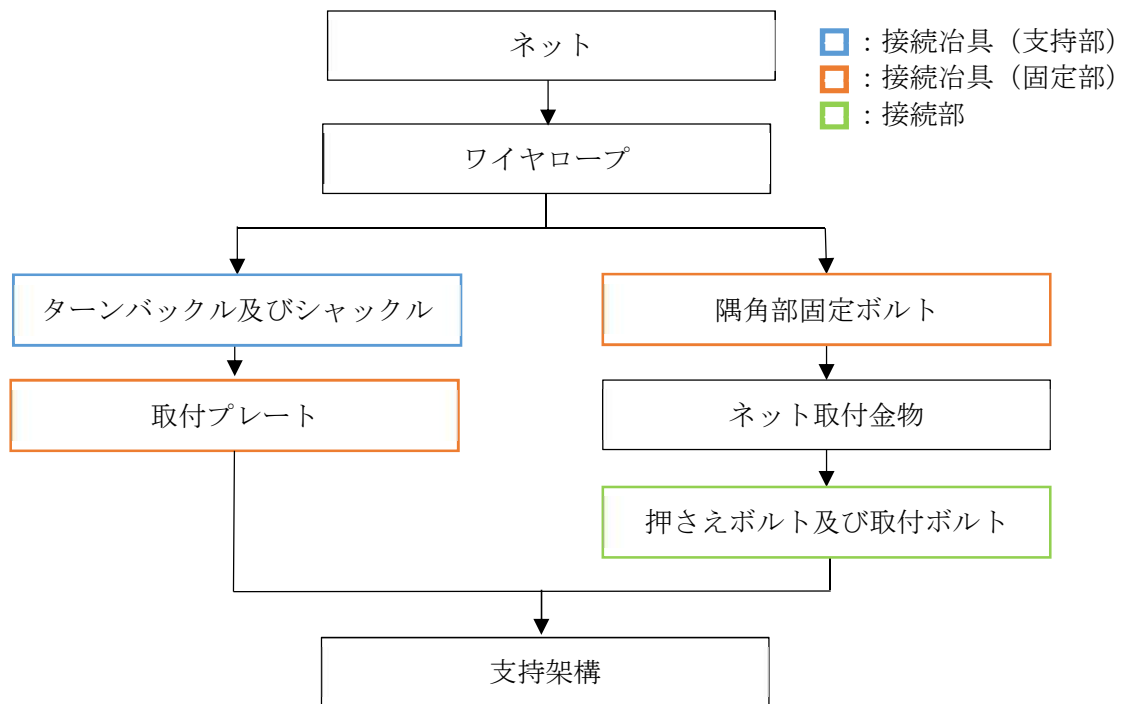
接続部は、防護ネット（鋼製柵）と支持架構を接続する部材であり、防護ネット（鋼製柵）が受ける荷重を支持架構に伝える部材であり、鋼製柵取付ボルト及び支圧材が接続部に該当する。鋼製柵取付ボルトは、防護ネット（鋼製柵）から受ける荷重を支持架構へ伝達する構造であるが、鋼製柵取付ボルトが破損すると防護ネット（鋼製柵）が脱落するおそれがあることから評価対象とする。支圧材は防護ネット（鋼製柵）から受ける荷重を支持架構へ伝達する構造であり、損傷しても防護ネットが脱落することはないことから、評価対象外とする。

第3.1.1-1表 防護ネット（支持架構に直接設置）の評価対象部位

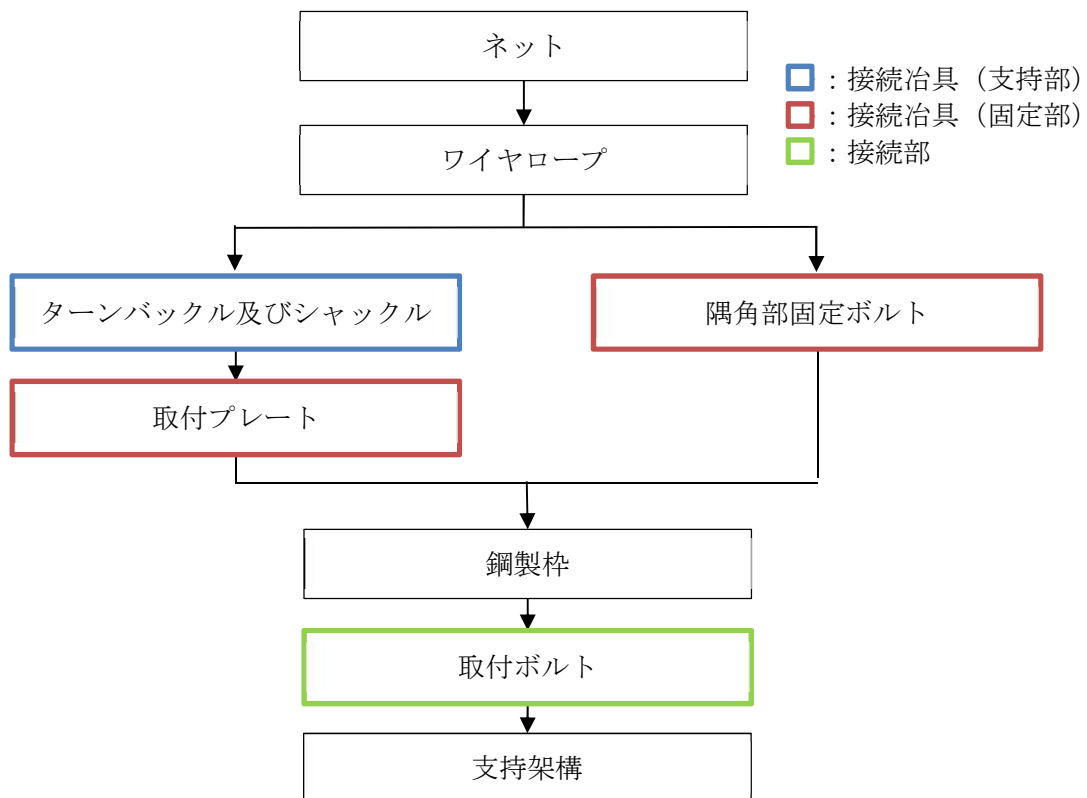
評価対象部位	
ネット	
ワイヤロープ	
接続治具（支持部）	シャックル
	ターンバックル
接続治具（固定部）	隅角部固定ボルト
	取付プレート
接続部	押さえボルト
	取付ボルト
補助防護板	

第3.1.1-2表 防護ネット（鋼製柵）の評価対象部位

評価対象部位	
ネット	
ワイヤロープ	
接続治具（支持部）	シャックル
	ターンバックル
接続治具（固定部）	隅角部固定ボルト
	取付プレート
接続部	鋼製柵取付ボルト



第3.1.1-1図 防護ネット(支持架構に直接設置)の荷重の伝達経路



第3.1.1-2図 防護ネット(鋼製柱)の荷重の伝達経路

3.1.2 防護板(鋼材)の評価対象部位

a. 鋼板

設計飛来物は、鋼板に直接衝突する。このため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、鋼板とする。

b. 取付ボルト

取付ボルトは、鋼板を支持架構に接続する部位であり、鋼板に作用する荷重は取付ボルトに作用するため、設計荷重(竜巻)に対する評価対象部位は、取付ボルトとする。

鋼板に大変形が生じた状態の荷重が、設計飛来物接触直後の作用荷重に比べて支配的であることから、この状態を想定して評価対象を選定する。このとき、鋼板に大変形が生じた時点の作用荷重は、鋼板のたわみが大きいほど顕著となることから、支持方法(1辺で支持又は相対する2辺以上で支持)及び飛来物の速度ごとに鋼板のたわみやすさを考慮して、評価対象の防護板(鋼材)を選定する。なお、取付ボルトのサイズが変わっても、支持部の取付ボルト強度が同等となる様な設計としていることから、取付ボルトのサイズ及び本数は防護板(鋼材)の評価対象の選定に影響を与えない。

なお、鋼製枠を介して荷重が作用する取付ボルトは、鋼製枠を介することで荷重が低減することから、評価対象外とする。

c. 鋼製枠

鋼製枠は、鋼板から設計飛来物の衝撃荷重を受けるが、鋼板は鋼製枠に溶接で4辺を固定しており、荷重が分散すること及び鋼製枠は十分な強度及び剛性を有していることから、評価対象外とする。

3.1.3 支持架構の評価対象部位

支持架構は、防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する部材であり、防護ネット及び防護板(鋼材)に設計荷重(竜巻)が作用した際、伝播する荷重に対し、支持架構は上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を維持可能な構造強度を有する必要がある。また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対象施設へ波及的影響を与えないための強度を有する必要があることから、支持架構の構造強度評価の評価対象部位は、支持架構を構成する柱、大はり、小はり、トラス柱、鉛直ブレース、水平ブレース及び座屈拘束ブレースを選定する。支持架構の強度評価においては、支持架構に設計荷重(竜巻)が直接作用した際に、その健全性をFEM解析により確認する方針としており、解析対象とする部材の選定の考え方を以下に示す。また、評価がもっとも厳しくなるよう、飛来物の衝突箇所としては、部材の中央位置とする。

a. 衝突評価

設計飛来物の衝突対象となる部材は、支持架構を構成する部材のうち、最も板

厚が薄い部材とし、衝突位置も同様とする。なお、座屈拘束ブレースは、地震時の減衰効果を期待した部材であり、飛来物の衝突により破損したとしても、支持架構の構造強度への影響は軽微なこと及び竜巻防護対象施設への影響はないことから、衝突評価の対象とはしない。

b. 波及的影響評価

(a) 脱落評価

設計飛来物の衝突対象となる部材は、支持架構の接続部である部材に生じる応力が最も大きくなるよう、最も長い部材とし、衝突位置については、接続部の両端が破断するよう衝突位置は部材中央とする。

なお、複数のブロックで構成される構築物については、最も長い部材を使用しているブロックを代表として選定する。

(b) 倒壊評価

「a. 衝突評価」及び「b. (a) 脱落評価」の評価結果に基づき、支持架構の構造強度評価を実施することから、倒壊評価における衝突対象となる部材は選定しない。

(c) 転倒評価

評価対象部位は、柱脚部に生じる応力が最も大きくなるよう、支持架構の頂部を衝突位置とする。

なお、複数のブロックで構成される構築物については、衝突位置の高さと柱脚部強度の比を考慮した上で、最も厳しくなるブロックを代表として選定する。

3.1.4 整流板の評価対象部位

整流板に設計荷重(竜巻)が作用することにより整流板を構成する部材が脱落し、竜巻防護対象施設に波及的影響を及ぼすおそれがあることから評価対象とする。

a. 整流板(本体)

整流板(本体)は、設計荷重(竜巻)として風圧力による荷重が作用する。整流板(本体)は、設計荷重(竜巻)により変形が生じたとしても脱落しないことから評価対象外とする。整流板(本体)を支持している整流板(本体)取付ボルトについては、ボルトが破損すると整流板(本体)が脱落するおそれがあることから、整流板(本体)取付ボルトを評価対象とする。

b. 整流板取付用部材

整流板(本体)を支持架構に接続する整流板取付用部材は、整流板(本体)に作用した風圧力による荷重を支持架構へ伝達する。整流板取付用部材は、変形したとしても脱落しないことから評価対象外とする。整流板取付用部材を支持している整流板取付用部材接続ボルトについては、ボルトが破損すると整流板取付用部材が脱落するおそれがあることから、整流板取付用部材接続ボルトを評価対象とする。

3.1.5 飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の評価対象部位

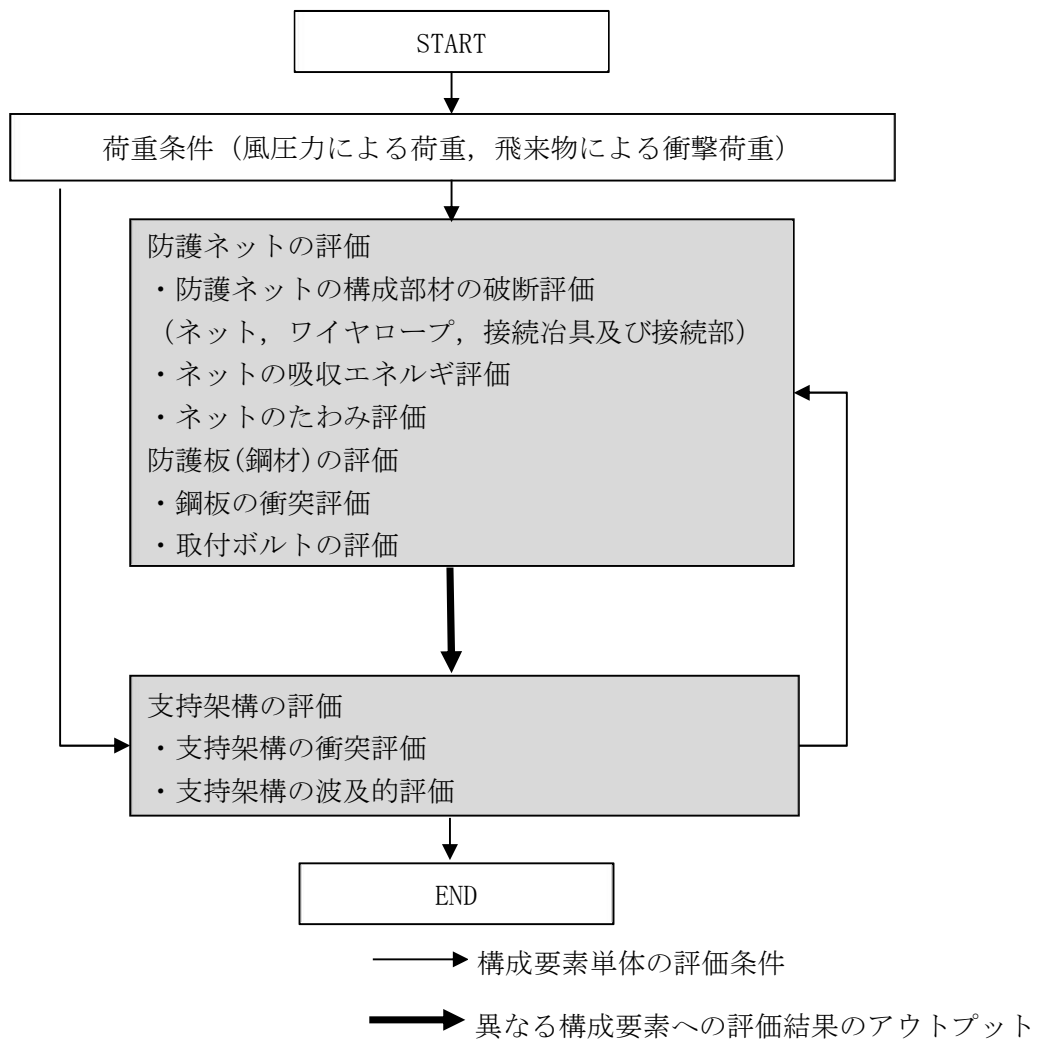
飛来物防護板(鉄筋コンクリート)は、設計荷重(竜巻)が作用した際、貫通を防止する部材厚さを有する必要がある。また、設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対象施設へ波及的影響を与えないための強度を有する必要があることから、鉄筋コンクリート板を選定する。

波及的影響を与えないことの確認として構造強度評価の変形評価においては、設計飛来物が衝突した場合の変形量は、被衝突物の寸法が大きいほど、部材厚さが薄いほど、たわみ量が大きくなる傾向にあるため、飛来物防護板(鉄筋コンクリート造)において、寸法が大きく、厚みが薄い箇所を選定する。

3.2 評価方針

竜巻防護対策設備は、飛来物の衝突に対し、「3.1 評価対象部位の選定」にて選定した部位が許容限界に至ることなく、竜巻防護対象施設が飛来物の影響を受けないことを確認する。

飛来物防護ネットの評価フローを第3.2-1図に示す。



第3.2-1図 飛来物防護ネットの評価フロー

3.2.1 防護ネットの評価方針

防護ネット(支持架構に直接設置)及び防護ネット(鋼製枠)は、「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6)a. 防護ネットの構造設計」の設計方針に基づき、設計飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するだけの強度を有していることを確認するため、以下の評価を実施する。

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しなければ設計飛来物は捕捉可能であり、設計飛来物は竜巻防護対象施設と衝突しない。従って、設計飛来物がネットに衝突した際の荷重の伝達経路を踏まえ、ワイヤロープ、接続冶具(支持部及び固定部)及び接続部に破断が生じないように十分な余裕を持った強度を有していることを確認する。

また、設計荷重(竜巻)に対し、防護ネットのうちネット及びワイヤロープにたわみを生じて、設計飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、竜巻防護対象施

設との離隔を確保できていることを計算により確認する。

防護ネット(支持架構に直接設置)の一部である補助防護板は、ワイヤロープと架構の隙間から侵入する飛来物が衝突しても貫通しない厚さを有していることを確認する。

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しないために、防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部が、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを計算により確認する。その方法は、算出されるネットの限界吸収エネルギー及び衝撃荷重を基に吸収エネルギー評価及び破断評価を行う。

また、設計荷重(竜巻)に対し、ネット及びワイヤロープにたわみが生じても、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう、竜巻防護対象施設との離隔を確保できることを計算により確認する。その方法は、算出されるネットのたわみ量を基にたわみ評価を行う。

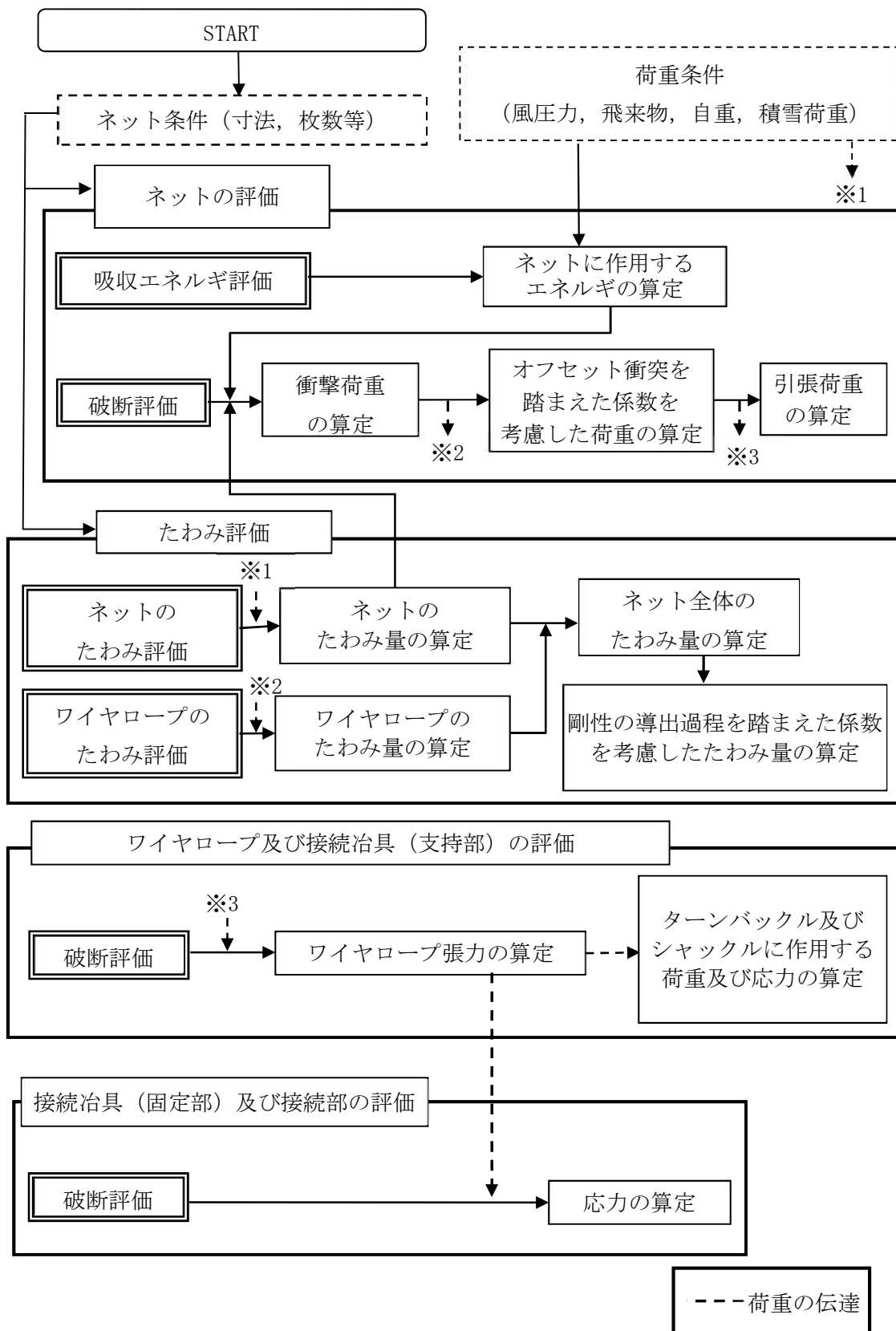
防護ネットの評価における考慮事項を第3.2.1-1表、評価フローを第3.2.1-1図に示す。

防護ネットの破断及びたわみに対する評価方針を以下に示す。

防護ネットの評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。

第3.2.1-1表 ネット評価の考慮事項の選定

	吸収エネルギー評価	破断評価	たわみ評価
算出方法	飛来物による衝撃荷重のエネルギーと自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から生じるエネルギーを算出し、ネットに生じるエネルギーの総量を算出。	設計荷重(竜巻)に対し、ネットの引張荷重、ワイヤロープの張力、接続治具(支持部及び固定部)、接続部に発生する荷重及び応力を算出。	自重、積雪荷重、飛来物による衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネット及びワイヤロープに生じるたわみ量を算出。
衝突位置	オフセット位置での衝突時のネットの吸収エネルギーは中央衝突時と同等であることから、オフセットによる影響は考慮不要。	オフセット位置での衝突時の飛来物による衝撃荷重が中央衝突時より増加することを算出荷重に考慮する。	ネットのたわみ量が最大となる中央位置への衝突時のたわみ量を算出。
ネット剛性	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を限界吸収エネルギーに考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数をネットの許容引張荷重に考慮する。	等価剛性の算出過程の影響から定められる係数を飛来物による衝突によりネット本体に生じるたわみ量に考慮する。
動的応答倍率	吸収エネルギー評価において考慮不要。	緩衝装置を有する保持管による効果を得られない接続部の荷重に考慮する。	たわみ評価において考慮不要。



第3.2.1-1図 防護ネットの評価フロー

(1) 強度評価

設計荷重(竜巻)に対し、主要な部材が破断しないために、防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを計算により確認する。

ネットについては、設計荷重(竜巻)に対し、ネット全体でエネルギーを吸収することから、ネットの吸収エネルギーを評価する。評価方法としては、電中研報告書において、ネットへの適用性が確認されている評価式(以下「電中研評価式」という。)を用いて評価する^(注)。また、飛来物の衝突箇所において破断が生じないことを確認するために、ネットに作用する引張荷重を、電中研評価式を参照して評価する。さらに、ネットが機能を発揮できるように、ネットに作用する荷重がワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部に伝達された際、その荷重により発生する荷重並びに応力が、各部材の許容値以下であることを確認する。

また、防護ネット(支持架構に直接設置)においては、補助防護板に飛来物が衝突したとしても、貫通しない厚さを有していること、及び竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないことを確認する。

(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

a. ネットの吸収エネルギー評価

ネットの吸収エネルギー評価においては、ネットの目合の方向に従ってネット剛性を設定し、ネットのエネルギー吸収に有効な面積を考慮し、ネットの有効面積を設定し評価を実施する。また、設計飛来物の衝突位置の違いによりたわみ量の影響があり、衝突位置、ネット剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して、評価を実施する。

b. ネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部の破断評価

ネット、ワイヤロープ、接続治具(支持部及び固定部)及び接続部の破断評価においては、飛来物の衝突位置として、中央位置からずれた(以下「オフセット」という。)衝突についても考慮する。具体的には、電中研評価式では飛来物がネット中央位置に衝突する場合についてのみ評価を実施するため、オフセット位置に衝突する場合の評価においては、中央位置に衝突する場合とオフセット位置に衝突する場合の飛来物の移動距離を考慮した評価を実施する。また、ネットの剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して、評価を実施する。

接続部の破断評価においては、緩衝装置を有する保持管によるワイヤロープ張

力の急激な増加を抑制する効果が得られないため、動的応答倍率の影響を考慮して評価を実施する。

c. 補助防護板

補助防護板は、ネットと支持架構の隙間から侵入する飛来物を貫通させない厚さを有する設計とすることから、「3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針」に基づき、必要最小厚さを上回っていること及び竜巻防護対象施設と衝突するおそれがある補助防護板が脱落しないことを確認する。

なお、設計においては、ネットと支持架構の隙間から侵入してくる飛来物の設定が困難であることから、保守的に設計飛来物を用いて必要厚さを設計する。

(2) たわみ評価

設計荷重(竜巻)に対し、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう捕捉するために、防護ネットのうちネット及びワイヤロープにたわみが生じて、飛来物が竜巻防護対象施設と衝突しないよう竜巻防護対象施設との離隔距離を確保できることを計算により確認する。

防護ネットは、設計荷重(竜巻)がネットに作用する場合に、ネットがたわむことでエネルギーを吸収することから、ネット及びワイヤロープにたわみが生じて、ネットと竜巻防護対象施設が衝突しないことを確認するために、ネットとワイヤロープのたわみ量を考慮して評価する。評価方法としては、電中研評価式等を用いて評価する^(注)。

評価の条件についても、構造強度評価と同様に飛来物のネットの衝突位置、ネットの剛性の設定によるたわみ量への影響を考慮して評価を実施する。

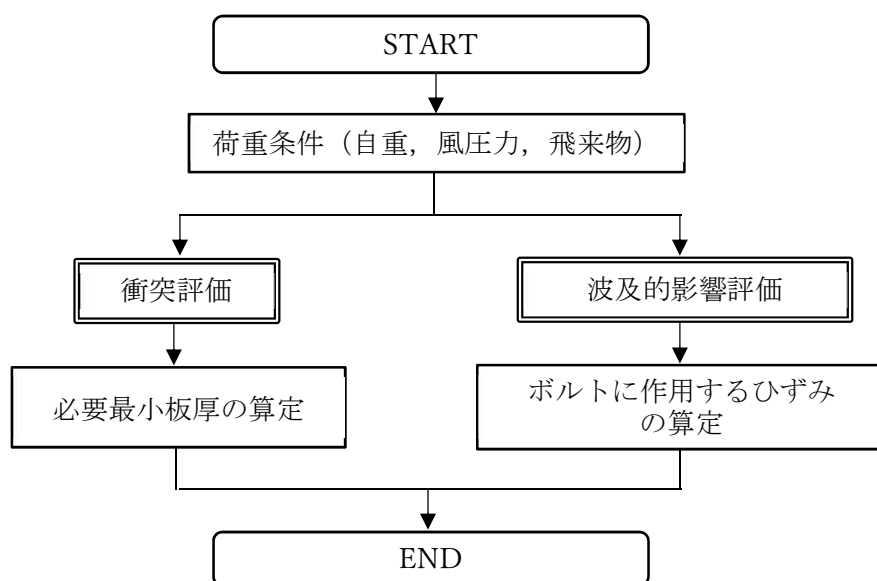
(注)：防護ネット(支持架構に直接設置)は、電中研報告書にて検証された防護ネット構造と違いがあるものの、電中研評価手法を適用するための構造上の要求を満足していることから、電中研評価式が適用可能であることを確認している。

3.2.2 防護板(鋼材)の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6) b. 防護板(鋼材)の構造設計」の設計方針に基づき、飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物を貫通させないために、防護板(鋼材)が飛来物の貫通を生じない板厚を有していること及び脱落せず波及的影響を与えないことを確認する。

防護板(鋼材)の評価フローを第3.2.2-1図に示す。

防護板(鋼材)の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。



第3.2.2-1図 防護板(鋼材)の評価フロー

(1) 衝突評価

設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が防護板(鋼材)を貫通しない設計とするために、防護板(鋼材)が設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計荷重(竜巻)に対し、防護板(鋼材)が脱落しないことを、FEM解析を用いて確認する。

3.2.3 支持架構の評価方針

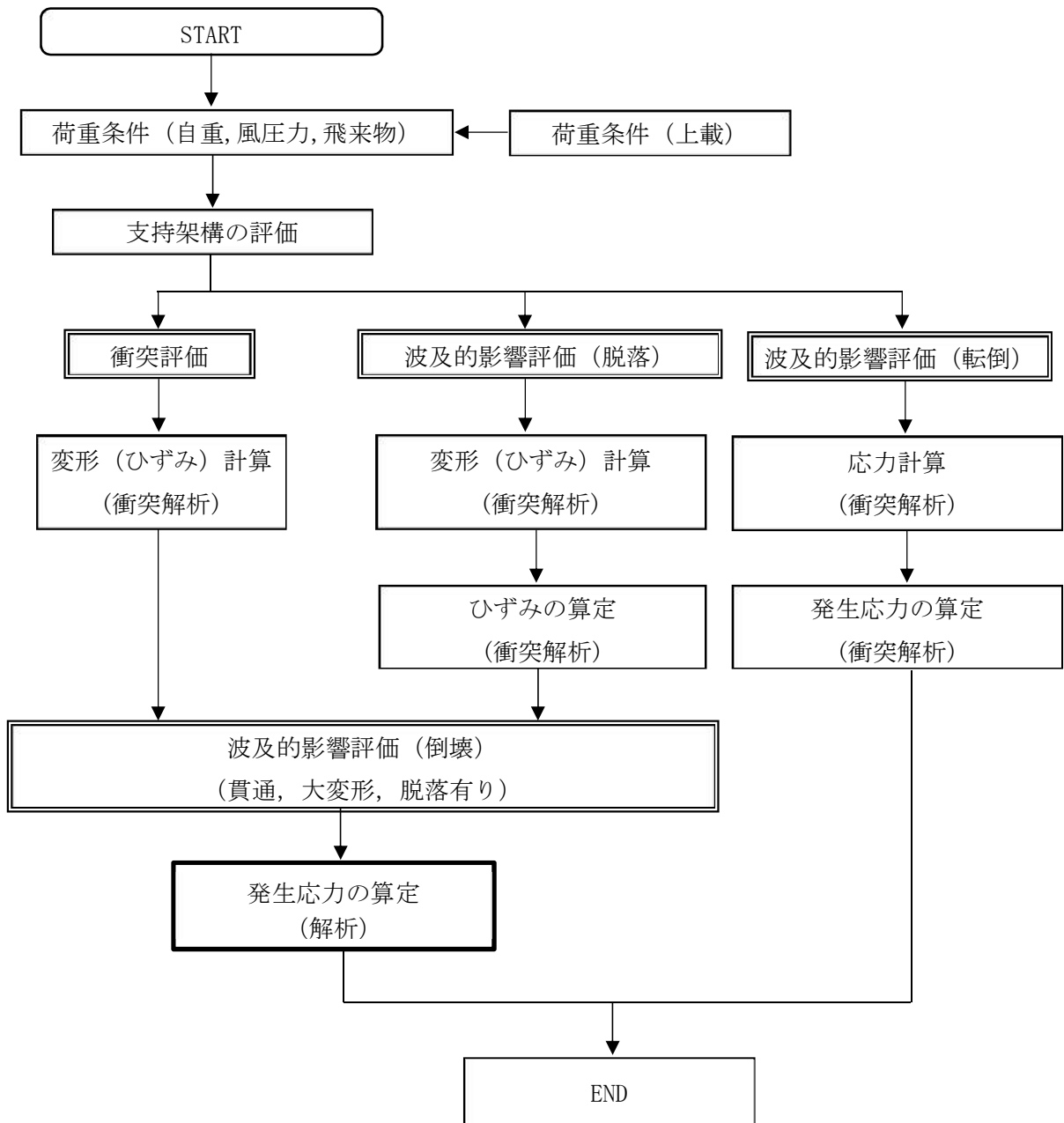
「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6) c. 支持架構の構造設計」の設計方針に基づき、設計荷重(竜巻)に対し、飛来物を貫通させないために、支持架構部材が破断に至るようなひずみを生じないことを解析により確認する。

また、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する構造強度を有し、竜巻防護対象施設への波及的影響を与えないよう、支持架構を構成する部材が脱落しないこと及び支持架構が転倒しないことを解析により確認する。

なお、支持架構を構成する部材の貫通若しくは大変形が確認された場合、その影響範囲を確認し、支持架構が倒壊しないことを確認する。

支持架構の評価フローを第3.2.3-1図に示す。

支持架構の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。



第3.2.3-1図 支持架構の評価フロー

(1) 貫通評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構を構成する部材が飛来物を貫通させないために、支持架構部材が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対策設備の支持架構が脱落、倒壊及び転倒により、上載する防護ネット及び防護板(鋼材)を支持する機能を損なわず、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないことを解析により確認する。

a. 脱落評価

飛来物が支持架構の主要部材に衝突した場合に、支持架構の接続部の両端が破断すると、飛来物は破断した部材とともに、竜巻防護対象施設に落下するおそれがあることから、設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の接続部は十分な強度を有し、部材の脱落を生じさせないために、接続部が破断に至るようなひずみを生じないことをFEM解析により確認する。

b. 倒壊評価

「(1)貫通評価」若しくは「(2)a.脱落評価」において、部材の貫通、大変形若しくは脱落が確認された場合、支持架構は、当該部位を欠損した状態で構造健全性が維持されていることをFEM解析により確認する。

c. 転倒評価

支持架構と基礎又は建屋に定着している柱脚部が破断すると、支持架構が転倒するおそれがあることから、設計荷重(竜巻)に対し、支持架構の柱脚部は十分な強度が確保されていることをFEM解析により確認する。

3.2.4 整流板の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6). 整流板の構造設計」の設計方針に基づき、竜巻防護対象施設へ波及的影響を与えないよう、整流板を構成する部材が脱落しないことを評価により確認する。

整流板は、閉空間ではないこと及び飛来物防護ネットの内側に設置しており、防護ネットや防護板(鋼材)により飛来物が衝突するおそれもないことから、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

整流板の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。

(1) 波及的影響評価

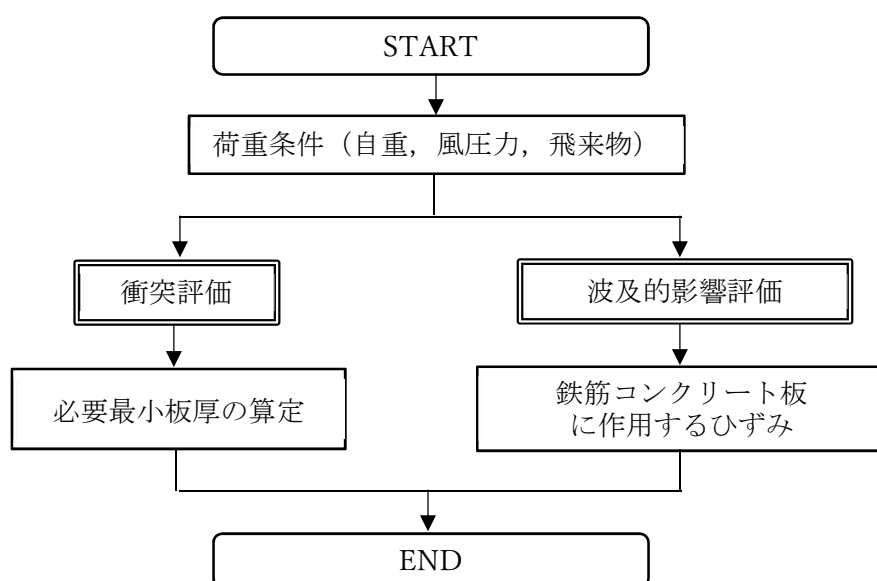
設計荷重(竜巻)に対し、竜巻防護対策設備の整流板を構成する部材の脱落により、竜巻防護対象施設に波及的影響を与えないことを評価により確認する。

3.2.5 飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の評価方針

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1(6) b. 防護板(鋼材)の構造設計」の設計方針に基づき、飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物を貫通させないために、飛来物防護板(鉄筋コンクリート)が飛来物の貫通を生じない板厚を有していること及び設計飛来物の衝突による飛来物防護板の変形により波及的影響を与えないことを確認する。

飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の評価フローを第3.2.5-1図に示す。

飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の評価結果は、「VI-1-1-1-2-4-2-2 竜巻防護対策設備の強度計算書」に示す。



第3.2.5-1図 飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の評価フロー

(1) 衝突評価

設計荷重(竜巻)に対し、設計飛来物が飛来物防護板(鉄筋コンクリート)を貫通しない設計とするために、飛来物防護板(鉄筋コンクリート)が設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

(2) 波及的影響評価

設計飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物防護板(鉄筋コンクリート)の鉄筋及びコンクリートのひずみが許容ひずみに対して妥当な安全余裕を有することを、解析により確認する。

4. 荷重の設定及び荷重の組合せ並びに荷重の算定方法

竜巻防護対策設備の強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、以下のとおり設定する。「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ」を踏まえ、以下のとおり設定する。

4.1 荷重の設定及び荷重の組合せ

防護ネットの常時作用する荷重は設置方向を考慮する。水平方向に設置した防護ネットは、自重は鉛直下向きに発生することを考慮することとする。鉛直に設置した防護ネットは、自重と飛来物による衝撃荷重は作用する方向が異なることから、自重は考慮しない。防護ネットのうちワイヤロープ及び接続治具(支持部、固定部)並びに防護板(鋼材)のうち取付ボルトに作用する自重については、ネット若しくは鋼板から作用する荷重に比べ十分に小さいことから考慮しない。防護ネットのうち、ワイヤロープ、接続治具(支持部、固定部)及び接続部の評価時は、積載荷重としてネットの自重を考慮する。

竜巻防護対策設備の設計に用いる竜巻の荷重は、気圧差による荷重(W_p)を考慮した複合荷重(W_{T1})、並びに設計竜巻の風圧力による荷重(W_w)、気圧差による荷重(W_p)及び飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重(W_{T2})を以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_M$$

竜巻防護対策設備には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。各施設の設計竜巻による荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造を踏まえ適切な組合せを設定する。竜巻防護対策設備の構成部材別の荷重の組合せを第4.1-1表に示す。

第4.1-1表 竜巻防護対策設備の構成部材別の荷重の組合せ

名称	部材	常時作用する荷重	積雪荷重	飛来物の衝撃荷重	風圧力による荷重	
防護ネット	水平	ネット	○	○	○	-
		ワイヤロープ	○※1	○※2	○	-
		接続治具(支持部)	○※1	○※2	○	-
		接続治具(固定部)	○※1	○※2	○	-
		接続部	○※1	○※2	○	-
	鉛直	ネット	-	-	○	○※3
		ワイヤロープ	-	-	○	○※3
		接続治具(支持部)	-	-	○	○※3
		接続治具(固定部)	-	-	○	○※3
		接続部	-	-	○	○※3
防護板(鋼材)	水平	鋼板	-	-	○	-
		取付ボルト	○※4	○※5	○	-
	鉛直	鋼板	-	-	○	-
		取付ボルト	○※4	-	○	○※6
防護板(鉄筋コンクリート)	鉄筋コンクリート板	○	○	○	○	
支持架構		○※7	○※8	○	○※9	
整流板		-	-	-	○	

注記 ※1：ネットの自重

※2：ネットの積雪荷重

※3：ネットの風圧力による荷重

※4：防護板(鋼材)の自重

※5：防護板(鋼材)の積雪荷重

※6：防護板(鋼材)の風圧力による荷重

※7：防護ネット及び防護板(鋼材)の自重も考慮する。

※8：防護ネット及び防護板(鋼材)の積雪荷重も考慮する。

※9：防護ネット及び防護板(鋼材)の風圧力による荷重も考慮する。

4.2 荷重の算定方法

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(1) 荷重の種類」で設定している荷重の算出式を以下に示す。

a. 防護ネット

(a) 記号の定義

防護ネットの部材の評価における荷重算出に用いる記号を、第4.2-1表に示す。

第4.2-1表 防護ネットの部材の評価における荷重算出に用いる記号

記号	単位	定義
A_w	m^2	風圧力による荷重を受けるネットの受圧面積
A_a	m^2	ネットの面積
C	—	風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根, 壁等)に応じて設定する。)
d	m	設計飛来物衝突後の設計飛来物の移動距離
E_f	kJ	設計飛来物衝突時にネットに作用するエネルギー
F_a	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける最大衝撃荷重
F_a''	kN	設計飛来物衝突時にネットが受ける衝撃荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s^2	重力加速度 ($g = 9.80665$)
L_x	m	ネット展開方向寸法
L_y	m	ネット展開直角方向寸法
m	kg	設計飛来物の質量
m_1	kg/m^2	ネットの単位面積当たりの質量
m_2	kg/m^2	補助ネットの単位面積当たりの質量
n	—	ネット設置枚数
P_w	kN	ネットの自重により作用する荷重
Q	kN/s	衝撃荷重が時間とともに比例する際の比例係数
t	s	時間
t_1	s	設計飛来物が衝突しネットのたわみ量が最大になる時間
V	m/s	ネットへの衝突後の設計飛来物の移動速度
V_1	m/s	ネットへの設計飛来物の衝突速度
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
W_w	kN	風圧力による荷重
δ	m	設計飛来物衝突時のネットの最大たわみ量
ρ	kg/m^3	空気密度
ϕ	—	ネットの充実率

(b) 自重による荷重の算出

防護ネット及び防護板(鋼材)に常時作用する荷重として、自重を考慮する。自重により作用する荷重は、ネット等の設置方向を考慮する。水平設置の場合は、鉛直下向きに発生するものとして評価する。鉛直設置の場合は、自重と飛来物による衝撃荷重の作用する方向が異なることから考慮しない。

防護ネットにおいては、自重による荷重 P_w は、

$$P_w = \frac{A_a \cdot g \cdot (m_1 \cdot n + m_2 \cdot 1)}{1000}$$

と算出される。

A_a はネットの実寸法 L_x 、 L_y を用いて、以下の式で求められる。

$$A_a = L_x \cdot L_y$$

(c) 竜巻による荷重の算出

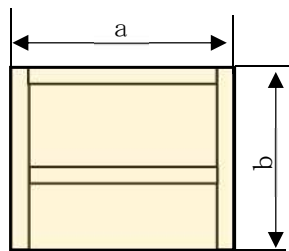
イ. 風圧力による荷重

風圧力による荷重は、竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = \frac{q \cdot G \cdot C \cdot A_w}{1000}$$

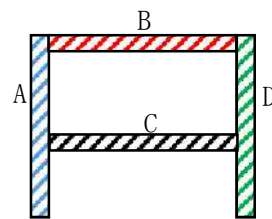
$$\text{ここで、 } q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$$

なお、受圧面積は評価モデルを簡略化するため、投影面積で算出する方法と部材毎に受圧面積を精緻化して算出する方法のどちらかにより算出することとする。受圧面積の考え方の概要図を第4.2-1図に示す。



$$\text{受圧面積 } A_w = a \times b$$

簡略化の考え方



部材Aの受圧面積： A_1

部材Bの受圧面積： A_2

部材Cの受圧面積： A_3

部材Dの受圧面積： A_4

$$\text{受圧面積 } A_w = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

精緻化の考え方

第4.2-1図 受圧面積の算出方法

防護ネットにおいては、ネットの充実率を ϕ とすると、風圧力による荷重を

受けるネットの受圧面積 A_w は次式のとおりとなる。

$$A_w = \phi \cdot A_a$$

(d) 飛来物による衝撃荷重の算出

防護ネットにおいて、設計飛来物の衝突時に受ける衝撃荷重 F_a'' は時間とともに比例して増加すると仮定すると、 F_a'' は以下のとおり算出される。

$$F_a'' = Q \cdot t \cdots (2.1)$$

したがって、ネットへの衝突後の設計飛来物の移動速度 V は、(2.1)式の衝撃荷重 F_a'' から、以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} V &= -\frac{1}{m} \int_0^t F_a'' dt \\ &= -\frac{Q \cdot t^2}{2 \cdot m} + V_1 \cdots (2.2) \end{aligned}$$

さらに、ネットへの衝突後の設計飛来物の移動距離 d は、(2.2)式の数値 V から以下のとおり算出される。

$$\begin{aligned} d &= \int_0^t V dt \\ &= -\frac{Q \cdot t^3}{6 \cdot m} + V_1 \cdot t \cdots (2.3) \end{aligned}$$

設計飛来物が衝突しネットのたわみが最大になる時間 t_1 におけるネットの最大変位 δ は、設計飛来物の速度は $V=0$ であるから、(2.2)式及び(2.3)式より、 $Q \cdot t_1^2 = 2 \cdot m \cdot V_1 \cdots (2.4)$

$$\delta = -\frac{Q \cdot t_1^3}{6 \cdot m} + V_1 \cdot t_1$$

上記2式を連立し、

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot V_1 \cdot t_1$$

よって、

$$t_1 = \frac{3 \cdot \delta}{2 \cdot V_1} \cdots (2.5)$$

以上より、時間 t_1 における設計飛来物による衝撃荷重 F_a は(2.1)式及び(2.4)式より、

$$F_a = \frac{2 \cdot m \cdot V_1}{t_1}$$

さらに、(2.5)式と連立し、

$$F_a = \frac{4 \cdot m \cdot V_1^2}{3 \cdot \delta} \quad \dots (2.6)$$

また、時間 t_1 における設計飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f は、衝突時の設計飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_1^2 \quad \dots (2.7)$$

したがって、(2.6)式及び(2.7)式より

$$F_a = \frac{8 \cdot E_f}{3 \cdot \delta} \quad \dots (2.8)$$

(2.8)式に、たわみ評価で算出する、設計飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量 δ を代入し、 F_a を算出する。

5. 許容限界

「VI-1-1-1-2-3 竜巻の影響を考慮する施設の設計方針」の「5.1 構造設計」を踏まえ、竜巻防護対策設備の構成要素ごとの設計に用いる許容限界を設定する。

5.1 防護ネットの許容限界

5.1.1 許容限界の設定

(1) 強度評価

防護ネットは、内包する竜巻防護対象施設に設計飛来物を衝突させないために、設計飛来物の衝突荷重により破断せず、捕捉可能な設計とすることから、設計荷重（竜巻）に対し、破断が生じないよう十分な余裕を持った許容限界を防護ネットの主要な部材毎に設定する。

防護ネットのうちネット、ワイヤロープ、接続治具（支持部及び固定部）、接続部及び取付けボルトの許容限界を以下のとおり設定する。

a. ネット

ネットの許容限界は、吸収エネルギー評価及び破断評価（引張荷重評価）において設定する。

吸収エネルギー評価は、飛来物の有するエネルギーがネットの限界吸収エネルギー以下であることにより、ネットが破断しないことを確認することから、ネットの限界吸収エネルギーを許容限界とする。

破断評価は、ネットが破断を生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としている。ネットは、飛来物の衝突に対し、塑性変形することでエネルギーを吸収し、飛来物を捕捉することから、飛来物による衝撃荷重に対し、ネットの許容引張荷重を許容限界とする。ネットの許容限界を第5.1.1-1表に示す。

第5.1.1-1表 ネットの許容限界

許容限界	
吸収エネルギー評価の許容値	破断評価の許容値
n枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮した限界吸収エネルギー	ネット設置枚数を考慮した総交点強度
E_{max} *1	F_n *2

注記 *1：ネット1目合ごとの吸収エネルギーのネット総和より算出

*2：ネット交点の引張試験から求めた破断荷重からネット枚数及び有効交点数を乗じ算出

b. ワイヤロープ

ワイヤロープの端部にはワイヤグリップを取付ける。一般にワイヤロープの破断荷重の値はメーカーの引張試験によればJIS規格値よりも大きいので、ワイヤロープの許容限界は、JISに規定する破断荷重にワイヤグリップ効率 C_c を乗じた値とする。ワイヤロープの許容限界を第5.1.1-2表に示す。

第5.1.1-2表 ワイヤロープの許容限界

規格値	許容値
F_{bw}^{*1}	$C_c^{*2} \cdot F_{bw}^{*1}$

注記 *1：JIS G 3549の破断荷重

*2：JIS B 2809及び(社)日本道路協会「小規模吊橋指針・同解説」

c. 接続治具(支持部)

(a) ターンバックル

ワイヤロープの強度評価は、ワイヤロープから受ける引張荷重に対し、破断が生じない十分な強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、ターンバックルについてはJISに規定する保証荷重の1.5倍を許容限界とする。ターンバックルの許容限界を第5.1.1-3表に示す。

第5.1.1-3表 ターンバックル及びシャックルの許容限界

評価部位	許容荷重
ターンバックル	P_4^*

注記 *：JIS A 5540の保証荷重の1.5倍

(b) シャックル

シャックルの強度評価は、ワイヤロープから受ける引張荷重に対し、破断が生じない十分な強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、シャックルについては試験結果に基づくメーカー保証値を許容限界とする。シャックルの許容限界を第5.1.1-4表に示す。

第5.1.1-4表 ターンバックル及びシャックルの許容限界

評価部位	許容荷重
シャックル	P_5^*

注記 *：試験結果に基づくメーカー保証値

d. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの破断評価は、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

接続治具の許容限界を第5.1.1-5表に示す。

第5.1.1-5表 隅角部固定ボルトの許容限界

部位	隅角部固定ボルト
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 *：許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(b) 取付プレート

取付プレートの破断評価は、取付けプレートに、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

防護ネット(支持架構に直接設置)の取付プレートは支持架構に溶接されているため、溶接部が存在するが、同じ荷重が作用することから、許容荷重の小さいプレート本体を評価対象とする。

防護ネット(鋼製柱)の取付プレートは、プレート本体及び溶接部(プレートと鋼製柱、プレートとリブ及び鋼製柱とリブ)が存在するが、強度評価上、溶接脚長が短い取付けプレートとリブの溶接部及びプレート本体を評価対象部位とする。

取付プレート(防護ネット(支持架構に直接設置))の許容限界を第5.1.1-6表、取付プレート(防護ネット(鋼製柱))の許容限界を第5.1.1-7表に示す。

第5.1.1-6表 取付プレート(防護ネット(支持架構に直接設置))の許容限界

部位	プレート本体
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 *：許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

第5.1.1-7表 取付プレート(防護ネット(鋼製枠))の許容限界

部位	プレート本体及び溶接部
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 * : 許容せん断応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

e. 接続部

(a) 取付ボルト

取付ボルトの破断評価は、取付ボルトに破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

取付ボルトの許容限界を第5.1.1-8表に示す。

第5.1.1-8表 取付ボルトの許容限界

部位	取付ボルト
応力分類	引張
許容限界	$1.5f_t^*$

注記 * : 許容引張応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(b) 押さえボルト

押さえボルトの破断評価は、押さえボルトに、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

押さえボルトは支持架構に溶接されているため、溶接部が存在するが、同じ荷重が作用することから、許容荷重の小さいボルト部を評価対象とする。

押さえボルトの許容限界を第5.1.1-9表に示す。

第5.1.1-9表 押さえボルトの許容限界

部位	押さえボルト
応力分類	圧縮
許容限界	$1.5f_t^*$

注記 * : 許容引張応力「鋼構造設計規準」(2005改定)に基づき算出する。

(2) たわみ評価

防護ネットは、飛来物衝突時にたわんだとしても、飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することがないように、十分な離隔を有していることを確認する評価方針としていることを踏まえ、ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離 L_{min} を許容限界として設定する。

防護ネットのたわみ評価の許容限界を第5.1.1-10表に示す。

第5.1.1-10表 防護ネットのたわみ評価の許容限界

許容限界
防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離
L_{min}

5.1.2 許容限界の設定方法

(1) 記号の定義

防護ネットのうち、ネットの強度評価における許容値の算出に用いる記号を第5.1.2-1表に示す。

第5.1.2-1表 ネットの強度評価における許容値の算出に用いる記号

記号	単位	定義
a	mm	ネット1目合いの対角寸法
a _s	mm	ネット1目合いの破断変位
b	mm	飛来物の端面の長辺方向寸法
c	mm	飛来物の端面の短辺方向寸法
E _i	kJ	i番目の列におけるネットの吸収可能なエネルギー
E _{max}	kJ	ネットの限界吸収エネルギー
E _{max} '	kJ	ネットの補正限界吸収エネルギー
F _i	kN	飛来物衝突時のi番目の列における作用力
F _n	kN	ネット設置枚数nを考慮したネットの総交点強度
F _n '	kN	等価剛性のばらつきを考慮したネットの総交点強度
F ₅₀	kN	50 mm目合いネットの1交点当たりの許容引張荷重
F ₄₀	kN	40 mm目合いネットの1交点当たりの許容引張荷重
K	kN/m	ネット1目合いの等価剛性
K _x	kN/m	ネット設置枚数を考慮したネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
K _x '	kN/m	ネット1枚のネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
L _x	m	ネット展開方向寸法
L _y	m	ネット展開直角方向寸法
n	枚	ネット設置枚数
N _i	個	i列目のネット展開直角方向目合い数
N _x	個	ネット展開方向目合い数
N _y	個	ネット展開直角方向目合い数
P _i	kN	飛来物衝突時にネットに発生するi番目の列における張力
X _i	m	i列目のネットの伸び
δ _i	m	飛来物衝突時のi番目の列におけるネットのたわみ量
δ _{max}	m	ネットの最大たわみ量
θ _i	deg	i番目の列におけるネットたわみ角
θ _{max}	deg	ネットの最大たわみ角

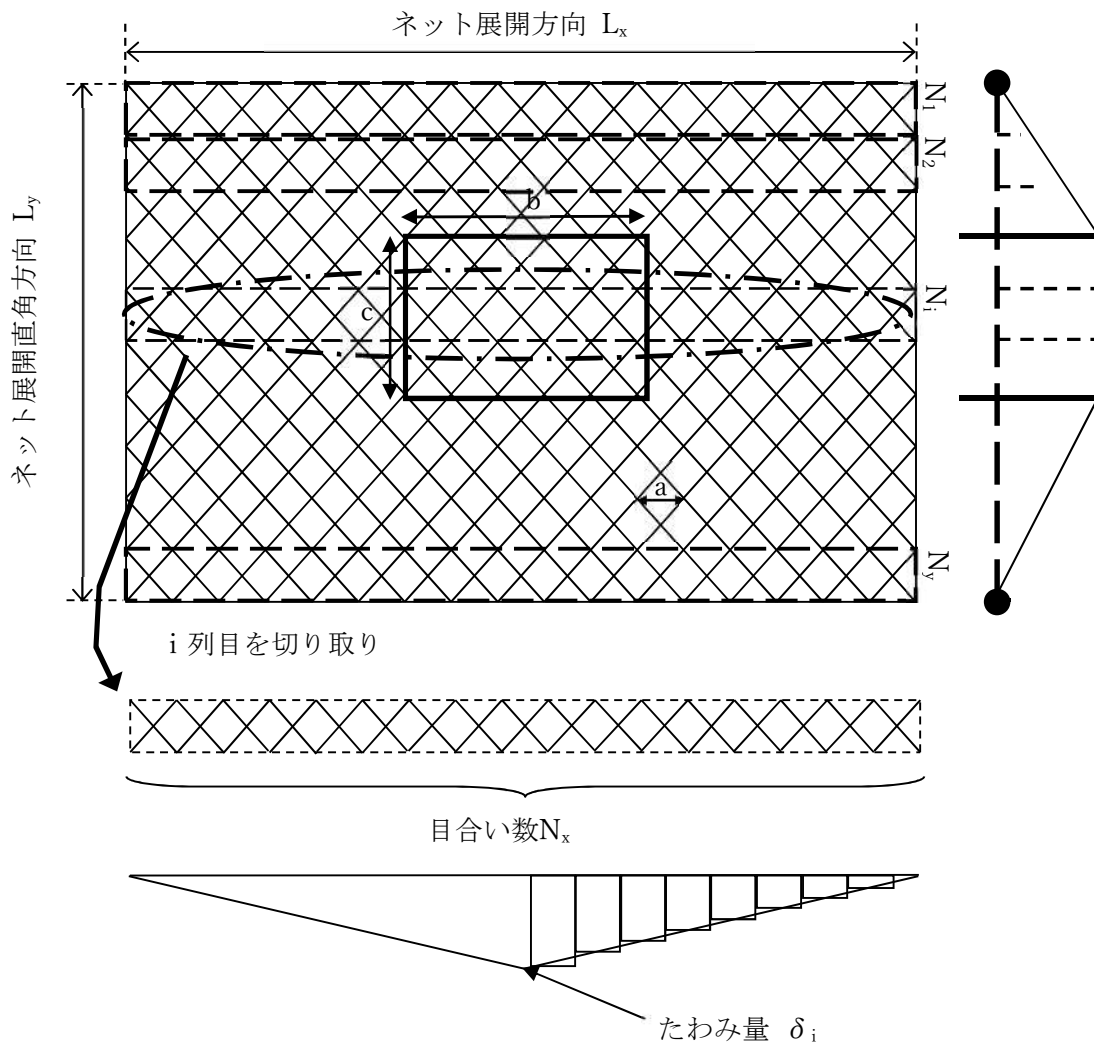
(2) ネットの吸収エネルギー評価

吸収エネルギー評価においては、計算により算出するネットの限界吸収エネルギーがネットに作用するエネルギー以上であることにより、ネットが破断しないことを確認する。ネット1目合いの要素試験の結果から得られる目合い展開方向の限界伸び量によりネットの最大変形角が定まり、ネット最大変形角における吸収エネルギーがネットの有する限界吸収エネルギー E_{max} となる。

限界吸収エネルギーは、複数枚を重ね合わせたネットを一体として扱ったモデルにて算出する。また、ネットの変形及び吸収エネルギーの分布を考慮したオフセット衝突位置での吸収エネルギー評価の結果、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

さらに、設計条件の設定において等価剛性の算出方法の影響を裕度として考慮する。評価に用いる等価剛性は、引張試験による荷重-伸び曲線から各々の最大荷重発生時までの最大エネルギーを算出し、これらの平均値と等価な剛性を用いており、平均値と実測値との間で最大5.6%の差があることから、本影響を係数として考慮する。吸収エネルギー評価においては、等価剛性の影響を考慮した係数を限界吸収エネルギーが小さくなるように考慮する。

限界吸収エネルギーは、ネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性、展開方向寸法及びたわみ量から、以下のとおり算出される。吸収エネルギー評価におけるネットのモデル図を第5.1.2-1図に示す。



第5.1.2-1図 吸収エネルギー評価におけるネットのモデル図

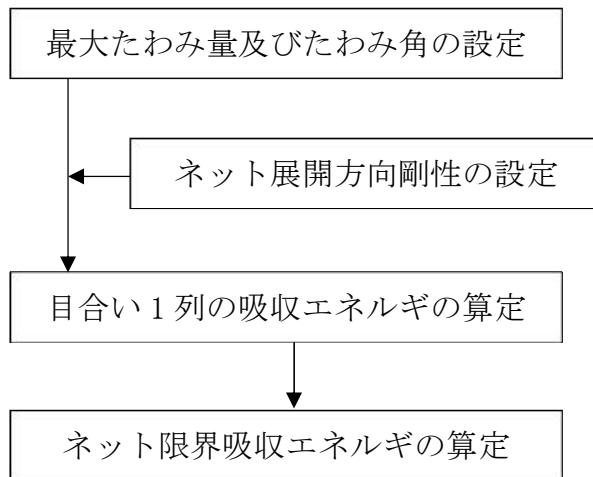
第5.1.2-1図に示すとおりネットの展開方向に1目合いごとに「---」で囲った形に帯状に分割し、 N_1 から N_y までの各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することによりネットの吸収するエネルギーを算出し、ネットが吸収可能な限界吸収エネルギーを算出する。

ただし、中央部の最大たわみ量が発生する列数は、飛来物の寸法及びネット目合いの対角寸法から算出されるネット展開直角方向目合い列数を考慮して設定する。飛来物の端部寸法($b \times c$)及びネット目合いの対角寸法 a を考慮し、最大たわみが発生する場合のネット展開直角方向目合い列数を以下のとおり算出する。ネットの吸収エネルギーが小さくなるよう、目合い列数の算出に用いる飛来物の寸法として値の小さい寸法 c を適用し、最大たわみが生じる目合い列数を少なくすることにより、限界吸収エネルギー量が小さくなるように評価する。

$$\text{ネット展開直角方向目合い列数} = \frac{c}{a}$$

評価モデルとしては、展開方向に1目合いごとに帯状に分割するモデルとしており、限界吸収エネルギー量が小さく算出されるよう、三角形モデルとして評価を実施する。

吸収エネルギー評価の許容限界の算定フローを第5.1.2-2図に示す。

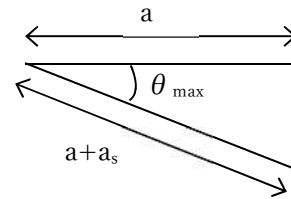


第5.1.2-2図 吸収エネルギー評価の許容限界の算定フロー

ネット1目合いの最大伸び量は、電中研報告書のネット目合いの引張試験から求められ、そこから算出する最大たわみ角から、飛来物が衝突した際の列の最大たわみ量 δ_{max} は次式により算定される。

$$\delta_{max} = \frac{L_x}{2} \cdot \tan(\theta_{max})$$

$$\theta_{max} = \cos^{-1} \left(\frac{a}{a+a_s} \right)$$



ネットを構成するネットの展開方向の目合い数 N_x は、ネット展開方向寸法 L_x 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。展開直角方向の目合い数 N_y は、ネット展開直角方向寸法 L_y 及びネット1目合いの対角寸法 a から求める。ネットを構成する1目合いはそれぞれ K の等価剛性を持っているため、1列当たりバネ定数 K を持つバネを N_x 個直列に接続したものと考えることができる。

そのため、1列当たりの剛性 K_x' は、

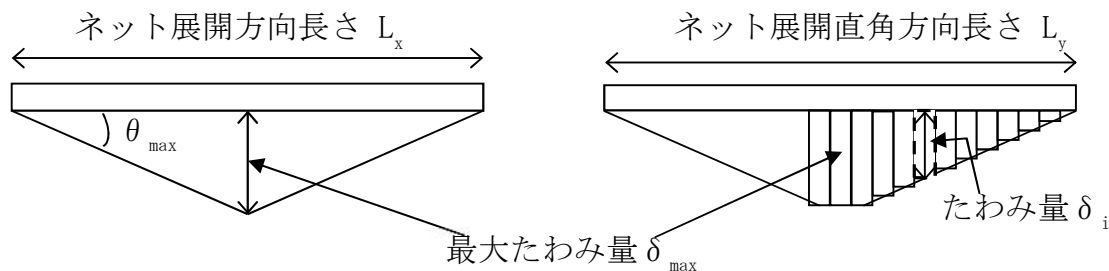
$$N_x = \frac{1000L_x}{a}, \quad N_y = \frac{1000L_y}{a}$$

$$\text{ネット展開方向剛性 } K_x' = \frac{K}{N_x}$$

となる。ただし、 N_x 、 N_y の算出において限界吸収エネルギーの値が小さくなるように N_x は保守的に切り上げ、 N_y は保守的に切り捨てた値を用いる。また、補助ネットはネット0.5枚相当のエネルギー吸収能力があるため、ネット設置枚数を考慮したネット展開方向剛性 K_x は、次式により算出される。

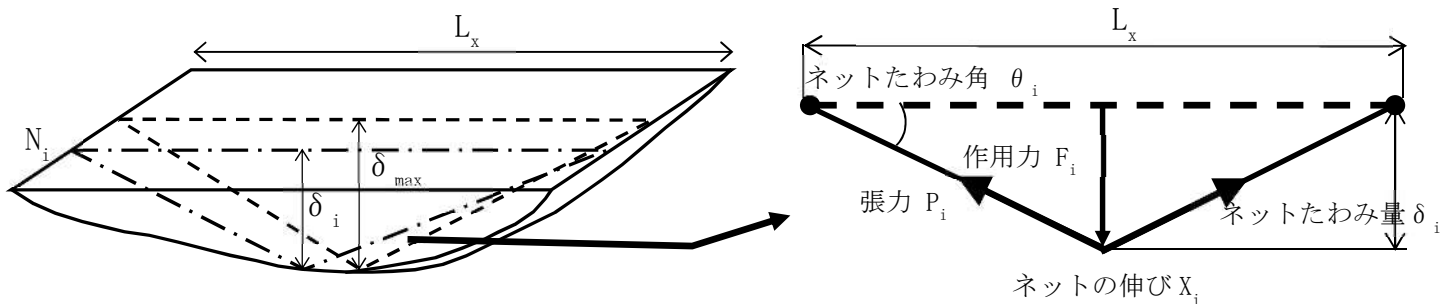
$$K_x = K_x' \cdot (n+0.5)$$

飛来物が衝突しなかった列のたわみ量 δ_i は、最大たわみ量 δ_{max} からネット端部のたわみ量0までの間を、非接触の列の数の分だけ段階的に減少していくと考える。ネットの最大たわみ量と最大たわみ角を第5.1.2-3図に示す。



第5.1.2-3図 ネットの最大たわみ量と最大たわみ角

ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる張力を、ネットの剛性及びネットの伸び量から算出する。ネットに作用する力のつり合いを第5.1.2-4図に示す。



第5.1.2-4図 ネットに作用する力のつり合い

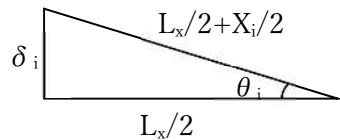
i 番目の列におけるネットの張力 P_i は、飛来物の衝突位置の左右を分割して考えると、伸び量は $\frac{X_i}{2}$ ，剛性は $2K_x$ となることから、

$$P_i = 2K_x \cdot \left(\frac{X_i}{2} \right)$$

$$= K_x \cdot X_i$$

となる。また、作用力 F_i は変位量とたわみ量の関係から、

$$\begin{aligned}
F_i &= 2P_i \cdot \sin(\theta_i) \\
&= 2K_x \cdot X_i \cdot \sin(\theta_i) \\
&= 2K_x \cdot L_x \cdot (\tan(\theta_i) - \sin(\theta_i)) \\
&= 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) \dots (5.1)
\end{aligned}$$



ネットに飛来物が衝突した際のネットにかかる作用力 F_i を積分することにより i 番目の列における吸収エネルギー E_i を次式に示す。

$$\begin{aligned}
E_i &= \int_0^{\delta_i} F_i d\delta_i \\
&= \int_0^{\delta_i} 4K_x \cdot \delta_i \cdot \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2}}\right) d\delta_i \\
&= 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x\right) \dots (5.2)
\end{aligned}$$

以上から、 n 枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮した限界吸収エネルギー E_{\max} は、各列の吸収エネルギー E_i を第1列から第 N_y 列まで積算することにより求められる。

$$\begin{aligned}
E_{\max} &= \sum_{i=1}^{N_y} E_i \\
&= \sum_{i=1}^{N_y} \left(2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x\right)\right) \dots (5.3)
\end{aligned}$$

飛来物衝突時にネットに生じるエネルギー並びに自重、積雪荷重及び風圧力により生じるエネルギーの総量を算出し、等価剛性の算出方法の影響から定められる係数を考慮した n 枚のネット及び1枚の補助ネットから算出される限界吸収エネルギーを E_{\max}' とする。

等価剛性の算出方法の影響から定められる係数としては、「5.1.2(2) ネットの吸収エネルギー評価」より1/1.056倍と定める。

したがって、限界吸収エネルギーの許容限界は、以下のとおりである。

$$E_{\max}' = \frac{1}{1.056} E_{\max}$$

(3) ネットの許容引張荷重の評価

破断評価においては、計算により算出するネットに作用する荷重がネットの素材の持つ破断強度以下であることにより、ネットに破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する。

破断評価モデルを第5.1.2-5図に示す。

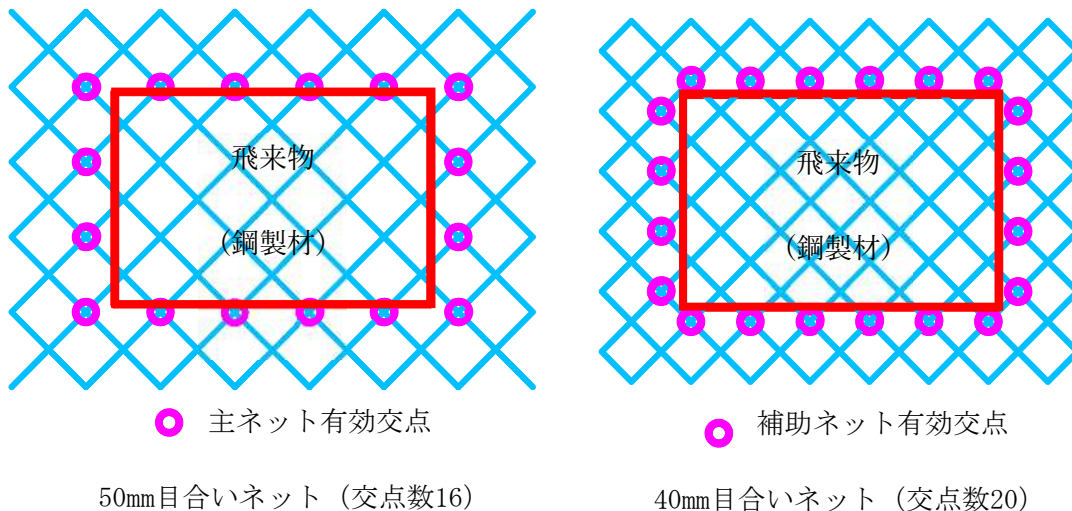
ネットの構造及び飛来物の大きさを考慮し、衝突位置周辺の交点数が最小となるモデル化を行う。衝突位置周辺の交点数はネット1枚あたり16点(主ネット)及び20点(補助ネット)となる。

ネットは、飛来物の衝突に対し、塑性変形することでエネルギーを吸収し、飛来物を捕捉することから、ネット交点の破断試験結果から算出したネット1目合いに作用する引張荷重を安全側に整理したものと全有効交点数から算出される総交点強度を許容限界とする。具体的には、引張強度評価においては、ネット交点に作用する引張荷重を算出するため、電中研報告書を参照してネット交点の引張試験に基づいたネット交点の破断荷重 F_{50} 及び F_{40} に全有効交点数を乗じた総交点強度 F_n を許容限界とする。なお、破断評価では補助ネットの交点数も考慮する。

$$F_n = F_{50} \times 16 \times 2 + F_{40} \times 20 \times 1$$

ここで、等価剛性の算出方法の影響を考慮し、ネットの破断評価における許容荷重を以下の通り算出する。

$$F_n' = \frac{F_n}{1.056}$$



第5.1.2-5図 破断評価モデル図

5.2 防護板(鋼材)の許容限界

5.2.1 衝突評価

飛来物による衝撃荷重に対し、飛来物が竜巻防護対象施設に衝突することを防止するために、飛来物が鋼板を貫通しないことを確認する評価方針としていることを踏まえ、計算にて求められる飛来物の貫通を生じない最小厚さを許容限界として設定する。

また、防護板(鋼材)の接続部について、設計飛来物が衝突したとしても、脱落しないことを解析により確認する評価方針としており、取付ボルトは、防護板(鋼材)に自重、積雪荷重、風圧力による荷重が作用したとしても、取付ボルト1本で支えることで防護板(鋼材)の脱落を防止し、冷却塔への波及的影響を防止できるが、防護板(鋼材)が設置位置から動かないよう、面内方向の回転を拘束するため、支持部の評価の許容限界としては、防護板(鋼材)を固定する取付ボルトが2本以上破断せずに残ることとする。

5.2.2 許容限界の設定方法

(1) 衝突評価

a. 記号の定義

鋼板の貫通限界厚さの算出に用いる記号を第5.2.2-1表に示す。

第5.2.2-1表 BRL式による貫通限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
d	m	飛来物の(等価)直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	飛来物の質量
T	m	鋼板の貫通限界厚さ
Tc	m	BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さ
v	m/s	飛来物の衝突速度(水平)
L	m	飛来物断面の外周長さ

b. 鋼板の貫通限界厚さの評価

飛来物が鋼板に直接衝突した場合の貫通限界厚さを「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」で用いられているBRL式を用いて算出する。BRL式を以下に示す。

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5 \cdot M \cdot V^2}{1.4396 \cdot 10^9 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{3}{2}}}$$

ここで、等価直径dは下式のとおり。

$$d = \frac{L}{\pi}$$

等価直径は、「電力中央研究所報告O19003」（以下「O19003」という。）から「衝突部の周長と等価な周長の円の直径」として算出する。O19003における、設計飛来物である鋼製材のような四角形衝突に対する貫通限界厚さ付近の実験データが不十分であることを考慮し、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率(0.97)で除した値を貫通限界厚さとする。

したがって、BRL式の算出結果を実験で非貫通の結果が確認された比率で除した鋼板の貫通限界厚さは、以下の式により算出する。

$$T_c = T / 0.97$$

第5.2.2-2表に飛来物の諸元を示す。

第5.2.2-2表 飛来物の諸元

飛来物	d (m)	K (-)	M (kg)	v (m/s)	
				水平方向	鉛直方向
鋼製材	0.311	1.0	135	51	34

5.3 支持架構の許容限界

5.3.1 衝突評価

設計荷重(竜巻)に対し、支持架構が飛来物を貫通させないために、支持架構部材が終局状態に至るようなひずみが生じないことを解析により確認する評価方針としていることを踏まえて、部材のひずみが破断ひずみを超えないことを許容限界として設定する。破断ひずみは、JISに規定されている伸びの下限値を基に設定するが、「Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Design」（以下「NEI07-13」という。）に従い、0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、「NEI07-13」において、TF(多軸性係数)を2とすることが推奨されていることを踏まえ、安全余裕としてTF= 2 を考慮して設定する。従って、破断ひずみは0.07とする。

5.3.2 支持架構全体の波及的影響評価

(1) 記号の定義

支持架構の許容限界の算出に用いる記号を第5.3.2-1表に示す。

第5.3.2-1表 支持架構の許容限界の算定に用いる記号

記号	単位	定義
f_b	MPa	曲げに対する許容限界
f_c	MPa	圧縮に対する許容限界
f_s	MPa	せん断に対する許容限界
f_t	MPa	引張に対する許容限界
σ_b	MPa	支持架構の曲げ応力
σ_c	MPa	支持架構の圧縮応力
σ_n	MPa	支持架構の軸応力 (σ_c と σ_t の大きい方)
σ_t	MPa	支持架構の引張応力
τ_s	MPa	支持架構のせん断応力

(2) 許容限界の設定方法

架構全体の評価は、飛来物が衝突した際の衝撃荷重により、支持架構を構成する部材の接続部が破断し脱落が生じないこと、倒壊に至るような変形が生じないこと及び柱脚部が破損し転倒しないことを確認する方針としていることを踏まえ、以下の通り許容限界を設定する。

a. 脱落評価

設計飛来物が支持架構を構成する部材に衝突した際の局所的なひずみの影響を考慮し、ひずみ量を評価し、部材の接続に破断が生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ、破断ひずみを許容限界として設定する。破断ひずみは、JISに規定されている伸びの下限値を基に設定するが「NEI07-13」に従い、 $0.14/TF$ (多軸性係数)とする。ここで、「NEI07-13」において、 TF (多軸性係数)を2.0とすることが推奨されていることを踏まえ、安全余裕として $TF=2.0$ を考慮して設定する。従って、破断ひずみは0.07とする。最大ひずみが破断ひずみを超える場合には、破断箇所を確認し全断面に発生しないことを確認する。

b. 倒壊評価

支持架構を構成する部材のうち、飛来物の衝突により大変形した部材を欠損させた状態で構造が自立可能であることを確認することを踏まえ、終局耐力に妥当な安全余裕を考慮した許容応力を許容限界として、「鋼構造設計規準」に基づき、応力比は1.0以下とする。

また、部材の塑性変形を許容する座屈拘束ブレースに対しては、座屈拘束ブレースの破断が生じないように、発生するひずみが日本建築センターの評定書(BCJ評定—ST0126-06)に基づく許容限界を超えないことを確認する。座屈拘束ブレースの

許容限界を第5.3.2-2表に示す。

第5.3.2-2表 座屈拘束ブレースの許容限界

評価項目	許容限界
軸ひずみ評価	3.0%

c. 転倒評価

設計荷重(竜巻)に対し、柱脚部が構造健全性を維持することを確認することを踏まえ、柱脚部は終局耐力に対し十分な余裕を持った強度を許容限界とする。具体的には、「建築基準法・同施行令・同告示」に基づく材料強度または「鋼構造設計規準」に基づいた短期の許容値に対しF値を1.1倍した許容応力を許容限界とする。

軸力及び曲げモーメントが生じる部材は、座屈を考慮し、部材に生じる軸応力及び曲げ応力の組合せ応力が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0 \quad \text{又は} \quad \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

せん断力が生じる部材は、部材に生じるせん断応力または軸応力、曲げ応力及びせん断応力の組合せ応力が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{\tau_s}{f_s} \leq 1.0 \quad \text{又は} \quad \frac{\sqrt{(\sigma_n + \sigma_b)^2 + 3(\tau_s)^2}}{f_t} \leq 1.0$$

アンカーボルトは、柱脚部に生じる曲げモーメントが、許容限界を超えないことを確認する。

$$\frac{M}{M_o} \leq 1.0$$

あと施工アンカーは、あと施工アンカーに生じる引張力及びせん断力の組合せが、許容限界を超えないことを確認する。

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1.0$$

5.4 防護板(鉄筋コンクリート)の許容限界

(1) 評価方針

a. 貫通評価

設計飛来物が防護板を貫通しない設計とするために、設計飛来物による衝撃荷重に対し、防護板に設計飛来物の貫通が生じないことを確認する。

具体的には、防護板の部材厚さが評価式(Degen式)により求められる設計飛

来物の貫通限界厚さ以上であることを確認する。

b. 裏面剥離評価

設計飛来物が防護板に衝突することにより裏面剥離が生じない設計とするために、設計飛来物による衝撃荷重に対し、防護板に裏面剥離が生じないことを確認する。

具体的には、防護板の部材厚さが評価式(Chang式)により求められる設計飛来物の衝突による裏面剥離限界厚さ以上であることを確認する。

c. 変形評価

竜巻防護対象施設及び重大事故等対処設備に波及的影響を与えないよう、防護板の倒壊、転倒並びに過大な変形が生じない設計とするために、設計荷重(竜巻)に対して防護板全体が終局状態に至るような変形が生じないことを確認する。

具体的には、設計荷重(竜巻)が防護板に作用した場合、防護板に生じるひずみが、終局状態に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

(2) 許容限界の設定方法

a. 貫通評価

貫通限界厚さeを「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、以下に示すDegen式(NEI07-13)を用いて算出し、防護板の厚さが貫通限界厚さ以上であることを確認する。

Degen式における貫入深さXは、「タービンミサイル評価について(昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会)」で用いられている修正NDRC式を用いて算定する。

Degen式を以下に示す。

$$e = \alpha_e \{0.69 + 1.29(X/d)\} \cdot d \quad (1.52 \leq X/d \leq 13.42 \text{ の場合})$$

$$e = \alpha_e \{2.2(X/d) - 0.3(X/d)^2\} \cdot d \quad (X/d \leq 1.52 \text{ の場合})$$

修正NDRC式を以下に示す。

$$X/d = 2 \{ (12145/\sqrt{Fc}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V/1000)^{1.8} \}^{0.5} \quad (X/d \leq 2.0 \text{ の場合})$$

$$X/d = (12145/\sqrt{Fc}) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V/1000)^{1.8} + 1 \quad (X/d \geq 2.0 \text{ の場合})$$

コンクリートの貫通限界厚さの算出に用いる記号及び数値を第5.4-1表に示す。

第5.4-1表 コンクリートの貫通限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値	単位
\underline{D}	設計飛来物直径密度 ($D=W/d^3$)	6.42×10^{-3}	kgf/cm^3
\underline{d}	設計飛来物直径	27.6	cm
$\underline{F_c}$	コンクリートの設計基準強度	306	kgf/cm^2
\underline{N}	設計飛来物の形状係数	1.14	—
\underline{V}	設計飛来物の衝突速度(水平)	51	m/s
\underline{W}	設計飛来物重量	135	kgf
$\underline{\alpha_e}$	低減係数	1.0	—

b. 裏面剥離評価

裏面剥離限界厚さSを、「V—1—1—1—2—4—1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、以下に示すChang式 (NEI07-13) を用いて算出し、防護板の厚さが裏面剥離限界厚さ以上であることを確認する。

$$S = 1.84 \cdot \alpha_s \cdot (V_0/V)^{0.13} \cdot (W \cdot V^2 / 0.0980665)^{0.4} / (d^{0.2} \cdot f_c'^{0.4})$$

コンクリートの裏面剥離限界厚さの算出に用いる記号及び数値を第5.4-2表に示す。

第5.4-2表 コンクリートの裏面剥離限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値	単位
\underline{d}	設計飛来物直径	27.6	cm
$\underline{f_c'}$	コンクリートの設計基準強度	306	kgf/cm^2
\underline{V}	設計飛来物の衝突速度(水平)	51	m/s
$\underline{V_0}$	設計飛来物基準速度	60.96	m/s
\underline{W}	設計飛来物重量	135	kgf
$\underline{\alpha_s}$	低減係数	1.0	—

c. 変形評価

NEI07-13に基づき、コンクリートの圧縮ひずみ 6500μ 、鉄筋の引張ひずみ $50,000 \mu$ とする。

5.5 整流板の許容限界

整流板は、風圧力による荷重に対し、整流板を構成する部材が脱落しないことを確認する方針を踏まえ、整流板を構成する部材の許容限界は、「鋼構造設計基準」及び「ボルト試験結果に基づく許容荷重」にて定められた許容応力度を用いる。

(1) 記号の定義

整流板を構成する部材の許容限界の算出に用いる記号を第5.5-1表に示す。

第5.5-1表 整流板を構成する部材の許容限界の算定に用いる記号

記号	単位	定義
P_6	KN	整流板(本体)取付ボルトの引張荷重に対する許容荷重
$1.5f_s^*$	MPa	せん断に対する許容限界

(2) 許容限界の設定方法

a. 整流板(本体)取付ボルト

整流板(本体)取付ボルトの強度評価は、整流板(本体)から受ける引張荷重に対し、破断が生じない十分な強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、整流板(本体)取付ボルトについては試験結果に基づく許容荷重を許容限界とする。整流板(本体)取付ボルトの許容限界を第5.5-2表に示す。

第5.5-2表 整流板(本体)取付ボルトの許容限界

部位	整流板(本体)取付ボルト
応力分類	引張
許容限界	P_6^*

注記 * : ボルトの引抜試験荷重×0.6した値

b. 整流板取付部材接続ボルト

整流板取付部材接続ボルトの強度評価は、整流板取付部材接続ボルトに、破断が生じないよう十分な余裕を持った強度を有することを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準(2005改定)」に基づいた短期での許容応力を許容限界とする。

第5.5-2表 整流板取付部材接続ボルトの許容限界

部位	整流板取付部材接続ボルト
応力分類	せん断
許容限界	$1.5f_s^*$

注記 *：許容せん断応力「鋼構造設計規準（2005改定）」に基づき算出する。

6. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ 定式化された評価式を用いた解析法
- ・ FEM等を用いた解析法

6.1 防護ネットの強度評価

(1) 評価方針

- ネットの限界吸収エネルギーの算出においては、ネットの展開直角方向に1目合い毎に帯状に分割し、各列が分担するエネルギーを各列のたわみ量から算定し、それらを積算することによりネットの吸収するエネルギーを算出する。
- ネットの限界吸収エネルギーの算出においては、ネットを構成する1目合いはそれぞれ K の等価剛性を持っているため、1列当たりバネ定数 K を持つバネを N_x 個直列に接続したものとする。
- 自重、風圧力及び積雪荷重によるネットに作用する荷重は、ネット全体に等分布荷重として作用するものであり、ネット展開直角方向に対しては荷重が均一となるよう作用させる。
- 一方、ネット展開方向に対しては、設計モデル上均一に荷重を作用させることが困難であるため、保守的にエネルギー量が大きくなるよう、自重、風圧力及び積雪荷重によりネットに作用する荷重 F_w が全てネット展開方向 L_x の中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式を用いて1列当たりの自重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が自重、風圧力及び積雪荷重による荷重により受けるエネルギーを算出する。
- 評価においては、飛来物の衝突位置として中央位置に衝突することを想定した評価を実施しており、中央位置からずれたオフセット位置に衝突する場合の影響を考慮する。
- 吸収エネルギー評価においては、電中研報告書を参照して、ネット最大たわみ時のネットの全長は飛来物のネットへの衝突位置によらずネット最大たわみ時展開方向の長さで一定であり、ネットに発生する張力も一定となることから、飛来物のネットへの衝突位置によらずネットから飛来物への反力も同等となり、オフセット位置への飛来物の衝突時の吸収エネルギーは中央衝突時と同等となる。したがって、吸収エネルギー評価では中央衝突の場合にて評価を行う。

- g. 破断評価においては、中央位置への衝突に対してオフセット位置への衝突では、その移動距離が短くなることから、中央位置衝突時よりもオフセット位置衝突時の方が作用する荷重が大きくなることを踏まえ、作用する荷重が大きくなるように、中央位置衝突時とオフセット位置衝突時の移動距離を踏まえた係数を作用する荷重に乗じる。ただし、ネット端部近傍に衝突する場合には、飛来物は傾き、飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ、飛来物による衝撃荷重は小さくなる。

- h. たわみ評価においては、ネットの全長が飛来物の衝突位置によらず、ネット最大たわみ時展開方向の長さで一定となるため、たわみの軌跡が楕円状となることを考慮して評価する。さらに、ネットに対して飛来物がオフセット位置へ衝突した場合においても、各ワイヤロープに対して均等に張力が発生するため、算出結果は飛来物の衝突位置によらず適用可能である。また、ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープの評価において有意ではないため計算上考慮しない。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を第6.1-1表に示す。

第6.1-1表 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位		評価内容
ネット		・限界吸収エネルギー ・引張 ・たわみ
ワイヤロープ		・引張 ・たわみ*
接続治具 (支持部)	ターンバックル	・引張
	シャックル	・引張
接続治具 (固定部)	隅角部固定ボルト	・せん断
	取付プレート	・せん断
接続部	取付ボルト	・引張 ・せん断
	押さえボルト	・圧縮

注記 *：ネット全体のたわみ評価に用いる。

(3) 強度計算

a. 記号の定義

ネットの強度評価に用いる記号を第6.1-2表に示す。

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(1/3)

記号	単位	定義
A_{b1}	mm^2	隅角部固定ボルト有効断面積
A_{b2}	mm^2	取付金物の取付ボルト有効断面積
A_{b3}	mm^2	取付金物の押さえボルト有効断面積
A_{s1}	mm^2	取付プレート(支持架構設置)の有効せん断面積
A_{s2}	mm^2	取付プレート(鋼製枠設置)の有効せん断面積
a_w	mm	取付プレート溶接部ののど厚
E_f	kJ	飛来物衝突時にネットに作用するエネルギー
E_i	kJ	i番目の列におけるネットの吸収可能なエネルギー
E_{max}	kJ	ネット設置枚数nを考慮した吸収エネルギー
E_t	kJ	ネット設置枚数nを考慮したネットに作用する全エネルギー
E_w	kJ	自重, 積雪荷重, 風圧力によりネットに作用するエネルギー
F_a	kN	飛来物衝突時にネットが受ける最大衝撃荷重
F_a'	kN	衝突位置を考慮した飛来物衝突時にネットが受ける衝撃荷重
F_p	kN	ワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_{p1}	kN	1枚目ネットのワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_{p2}	kN	2枚目ネットのワイヤロープにより支持部に作用する荷重
F_t	kN	ネット取付金物に作用する水平方向合成荷重
F_w	kN	自重, 積雪荷重, 風圧力によりネットに作用する荷重
F_x	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する展開方向荷重
F_y	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する展開直角方向荷重
F_z	kN	取付金物及び鋼製枠に作用する鉛直方向荷重
H	mm	取付金物の取付け面から保持管中心までの距離
K_x	kN/m	ネット設置枚数を考慮したネット1目合いの展開方向の1列の等価剛性
L_1	mm	取付金物のモーメント支点からボルトまでの距離
L_2	mm	取付金物のモーメント支点から保持管中心までの距離
L_b	m	変形前のワイヤロープ長さ
L_{pw}	mm	取付プレート溶接部の有効長さ

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(2/3)

記号	単位	定義
L	mm	取付けプレートの面取り長さ
L _{p1}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L _{p2}	mm	取付プレート(支持架構設置)取付け孔位置寸法
L _{p3}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(縦方向)
L _{p4}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)長さ(横方向)
L _{p5}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)取付け孔位置寸法
L _x	m	ネット展開方向寸法
L _y	m	ネット展開直角方向寸法
L _z	m	ワイヤロープの全長
m	kg	飛来物の質量
N _y	個	ネット展開直角方向目合い数
n	枚	ネット設置枚数
n ₁	—	飛来物の衝突位置周辺のネット1枚当たりの目合いの個数
n ₂	個	隅角部固定ボルト本数
n ₃	個	取付金物の取付ボルト評価対象ボルト本数
P _s	kN	ネットへの積雪により作用する荷重
P _w	kN	ネットの自重により作用する荷重
P ₁	kN	取付金物の取付ボルトに作用する引張荷重
S	m	変形後のワイヤロープ長さ
S _x	m	ネット展開方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さ
S _y	m	ネット展開直角方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さ
S _w	mm	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部の溶接脚長
T'	kN	飛来物のネットへの衝突によりn枚のネットに発生する張力の合計の最大値
T ₁	kN	飛来物のネット中央への衝突により1枚のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値
T ₁ '	kN	衝突位置を考慮した飛来物のネットへの衝突により1枚目のネットのワイヤロープ1本に作用する張力の最大値
T _T	kN	全ワイヤロープの合計張力
T _x	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T _x '	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するX方向荷重
T _y	kN	飛来物がネットに衝突により展開方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
T _y '	kN	飛来物がネットに衝突により展開直角方向のワイヤロープから発生するY方向荷重
t ₂	mm	取付プレート(支持架構設置)の板厚
t ₃	mm	取付プレート(鋼製枠設置)の板厚
v ₁	m/s	飛来物衝突時の速度
W _w	kN	風圧力によりネットに作用する荷重
δ	m	飛来物衝突時のネットの最大たわみ量
δ'	m	飛来物衝突時のワイヤロープの変形による伸び量

第6.1-2表 強度評価に用いる記号(3/3)

記号	単位	定義
δ_a	m	自重, 積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量
δ_i	m	飛来物衝突時のi番目の列におけるネットのたわみ量
δ_t	m	ワイヤロープのたわみ量を含めたネット全体のたわみ量
δ_t'	m	等価剛性の導出過程を踏まえた係数を考慮したネット全体の最大たわみ量
δ_w	m	ワイヤロープのたわみ量
δ_{wx}	m	ネット展開方向に平行に配置されているワイヤロープの変形後のたわみ量
δ_{wy}	m	ネット展開直角方向に平行に配置されているワイヤロープの変形後のたわみ量
ε	-	ワイヤロープのひずみ量
θ	deg	飛来物衝突時のネットのたわみ角
θ_1	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_2	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_{h1}	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_{h2}	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープの水平投影たわみ角
θ_i	deg	i番目の列におけるネットたわみ角
θ_{w1}	deg	ネット展開方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_{w2}	deg	ネット展開直角方向に平行なワイヤロープのたわみ角
θ_x	deg	飛来物衝突時のネット展開方向に平行のネットたわみ角
θ_y	deg	飛来物衝突時のネット展開直角方向に平行のネットたわみ角
σ_{b1}	MPa	取付金物の取付ボルトに発生する引張応力
σ_{b2}	MPa	取付金物の押さえボルトに発生する圧縮応力
τ_{p1}	MPa	取付プレート(支持架構設置)に発生するせん断応力
τ_{p2}	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)に発生するせん断応力
τ_s	MPa	隅角部固定ボルトに発生するせん断応力
τ_w	MPa	取付プレート(鋼製枠設置)溶接部に発生するせん断応力
ϕ_{d1}	mm	取付プレート(支持架構設置)の孔径
ϕ_{d2}	mm	取付プレート(鋼製枠設置)の孔径

b. 吸収エネルギー評価

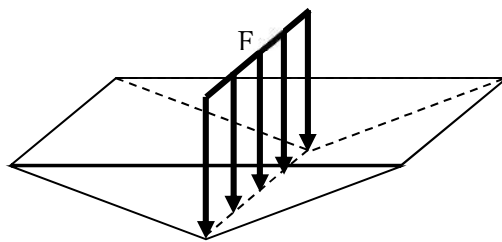
吸収エネルギー評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットが異方性材料であることを考慮した吸収エネルギー量算定のモデル化を行い、自重、積雪荷重、風圧力による荷重及び飛来物による衝撃荷重によるエネルギーがネットの有する限界吸収エネルギーを下回ることを確認する。

(5.3)式より、 E_{max} は以下のとおりである。

$$E_{max} = \sum_{i=1}^{N_y} \left(2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4 \delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right) \right)$$

自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する荷重は、ネット全体に等分布荷重として作用するものであるため、実現象に合わせネット展開直角方向に対しては荷重が等分布となるよう作用させる。一方、ネット展開方向に対しては、評価モデル上の制約により均一に荷重を作用させることが困難であるため、ネットに作用するエネルギーが保守的に大きくなるよう、 F_w が全てネット展開方向 L_x の中央に作用したとして、ネットにかかる作用力の式を用いて展開方向の1列当たりの自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを算出し、列数倍することでネット全体が自重、積雪荷重及び風圧力による荷重により受けるエネルギーを算出する。自重、積雪荷重及び風圧力の作用イメージを第6.1-1図に示す。

評価条件である K_x 及び L_x 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重から算出する F_w を(5.1)式に代入して数値計算を実施することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によるたわみ量 δ_a が算出される。



第6.1-1図 自重、積雪荷重及び風圧力の作用イメージ

$$F_w = N_y \cdot 4K_x \cdot \delta_a \left(1 - \frac{L_x}{\sqrt{4 \delta_a^2 + L_x^2}} \right)$$

ただし、 $F_w = P_w + W_w + P_s$

上式にて算出した δ_a を(5.3)式において、展開方向の1列当たりの自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギーを列数倍する以下の

式に代入することにより、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w が算出される。

$$E_w = N_y \cdot \left(2K_x \cdot \delta_a^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_a^2 + L_x^2} - L_x \right) \right)$$

飛来物の衝突によりネットに作用するエネルギー E_f としては、衝突時の飛来物の運動エネルギーとして、以下より求められる。

$$E_f = \frac{1}{2} m v_1^2$$

飛来物の飛来速度は、ネット設置方向により水平設置の場合は鉛直の飛来速度、鉛直設置の場合は水平の飛来速度にて算出する。斜め方向から衝突した場合の飛来速度の水平方向速度成分及び鉛直方向速度成分は、評価に用いる水平最大飛来速度及び鉛直最大飛来速度を下回る。また、飛来物がネットに対して斜め方向から衝突する場合は、飛来物が衝突後に回転し、ネットと飛来物の衝突面積が大きくなるため、ネットに局部的に作用する荷重は小さくなる。したがって、飛来物の衝突方向は、ネットに局部的に作用する荷重が大きくなるようにネットに対して垂直に入射するものとし、その飛来速度はネット設置方向に応じ、水平設置の場合は鉛直最大飛来速度、鉛直設置の場合は水平最大飛来速度を用いる。

以上から、 n 枚のネット及び1枚の補助ネットを考慮したネットに作用する全エネルギー E_t が以下のとおり算出される。

$$E_t = E_f + E_w \quad \dots (6.1)$$

c. 破断評価

破断評価においては、電力中央研究所の評価式を参照して、ネットに作用する飛来物による衝撃荷重がネットの局部的な耐力未満であることを確認する。

評価に際しては、「3.2 評価方針」のとおり、飛来物の衝突位置の影響として、オフセット衝突する場合の影響を考慮する。以下に、オフセット衝突する場合の影響を係数として考慮した発生値の割増係数の設定方法を示す。

- ・オフセット衝突を考慮する係数

飛来物の移動距離が最も小さくなる場合のオフセット衝突を考えると、電中研報告書に基づき、中央衝突に比べ飛来物による衝撃荷重が1.22倍となる。ネット端部近傍に衝突する場合には、飛来物は傾き、飛来物の側面がネットや支持架構に接触すると考えられ、飛来物による衝撃荷重は小さくなる。

- ・動的応答倍率を考慮する係数

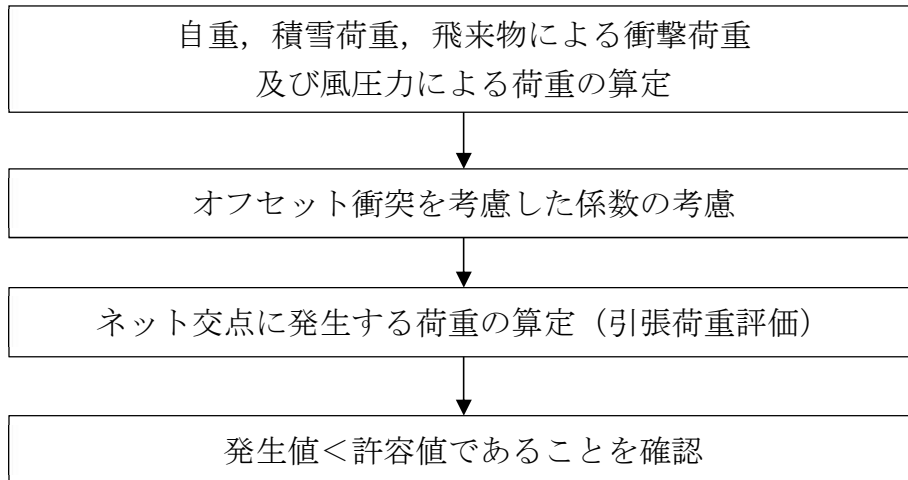
ネットの衝突試験結果より、金網に急速荷重を負荷した場合、作用時間と荷重を受ける構造物の固有周期の比に応じた動的倍率を考慮する必要がある。防護ネットには、急速荷重を抑制するため、緩衝装置を有する保持管を設置しているが、この効果が得られない部位に対して、動的応答倍率を考慮する。電中研報告書に基づき、ネットに設計飛来物が衝突する場合の動的応答倍率は、1.52とする。

- (a) ネットの引張荷重評価

ネットに飛来物が衝突した後、ネットのたわみが増加し、飛来物の運動エネルギーを吸収する。ネットに発生する飛来物による衝撃荷重はネット変位の増加に伴い大きくなり、最大変位発生時に最大値を示すため、破断評価では最大変位発生時の飛来物による衝撃荷重を用いる。

最大変位発生時において、飛来物の衝突によりネットの交点はネット展開方向に引張力を受けることから、破断評価としてネット交点の引張荷重評価を実施する。

ネットの破断評価の評価フローを第6.1-2図に示す。



第6.1-2図 ネットの破断評価フロー

ネットに飛来物が衝突した際に生じる衝撃荷重の最大値 F_a は、「4.2 荷重の算定方法」にて算出した(2.8)式のたわみ量と飛来物による衝撃荷重の関係式を用いて算出する。

飛来物の衝突による荷重に加え、自重、積雪荷重及び風圧力による荷重を考慮するため、 E_f を E_t と置き換えて、(6.1)式より、

$$F_a = \frac{8E_t}{3 \cdot \delta}$$

となる。

E_t としては、(6.1)式に基づいて飛来物による運動エネルギー E_f 並びに自重、積雪荷重及び風圧力による荷重によりネットが受けるエネルギー E_w から算出したネットに作用する全エネルギー量を代入する。 δ としては、たわみ評価で算出する飛来物が衝突する場合のネットの最大たわみ量を代入し、 F_a を算出する。

ここで、オフセット衝突による衝撃荷重の増加分を踏まえた係数1.22を考慮し、衝撃荷重の最大値 F_a' は

$$F_a' = F_a \cdot 1.22$$

と算出される。

(b) ワイヤロープの破断評価

破断評価における衝撃荷重と、ネットとワイヤロープの接続構造からワイヤロープに作用する荷重を導出する。

ワイヤロープの設計において、ワイヤロープに発生する荷重として以下を考慮する。

- ① ネットの自重により作用する荷重
- ② 風圧力及び積雪荷重によりネットに作用する荷重
- ③ 飛来物の衝突によりネットに作用する衝撃荷重

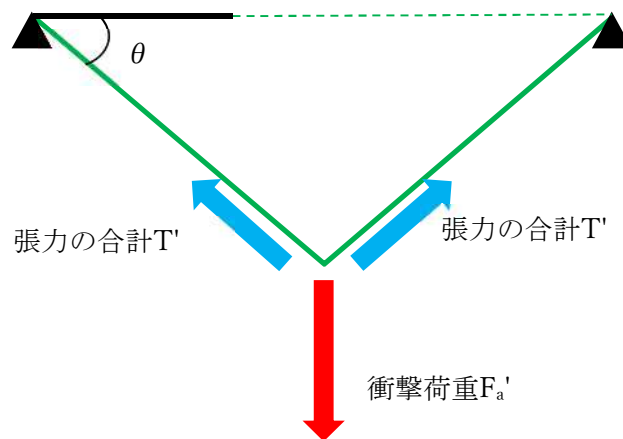
ネットは、電中研報告書と同様に2本のワイヤロープをL字に設置し、さらにワイヤロープが緩衝材により拘束されない構造としており、衝突試験における実測値が包絡されることを確認している評価式を用いて評価を実施する。ネットに発生する荷重のつり合いのイメージ図を第6.1-3図に示す。

自重、積雪荷重、飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重によりネットに作用する衝撃荷重の最大値 F_a' が集中荷重として作用するとしてモデル化すると、飛来物が衝突する場合のネットn枚及び補助ネット1枚に発生する張力の合計の最大値 T' は、第6.1-3図の力のつり合いより以下のとおり算出される。

$$T' = \frac{F_a'}{2\sin\theta}$$

θ は以下の式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2\delta}{L_x}$$



第6.1-3図 ネットに発生する荷重のつり合い

各辺のワイヤロープは結合されていることから張力が一定となるため、ワイヤロープ1本が負担する張力は等分されると設定する。電中研報告書を参照すると、ネットn枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、補助ネットを設置したネットのワイヤロープに作用する張力は、その他のネットの張力の1.5倍となることを考慮すると、ネットn枚及び補助ネット1枚を重ねて設置する場合、1枚のネットのワイヤロープに発生する張力の最大値 T_1' は、

$$T_1' \cdot 2 + \frac{2 \cdot 2}{3} T_1' \cdot (n-1) = T'$$

$$T_1' = \frac{3}{4n+2} T' = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a'}{\sin \theta}$$

と算出される。

また、全ワイヤロープの合計張力 T_T は、

$$T_T = \frac{T'}{2}$$

算出される。

ネットに対して飛来物がオフセット衝突した場合においても、各ワイヤロープに対して均等に張力が発生することが衝突試験により確認されており、算出結果は飛来物の衝突位置によらず適用可能である。

(c) 接続治具(支持部)の破断評価

イ. ターンバックル

ターンバックルの評価については、以下の評価を実施する。

ターンバックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、ターンバックルの許容限界未満であることを確認する。

ロ. シャックル

シャックルの評価については、以下の評価を実施する。

シャックルに作用するワイヤロープに発生する張力の最大値が、シャックルの許容限界未満であることを確認する。

(d) 接続治具(固定部)の破断評価

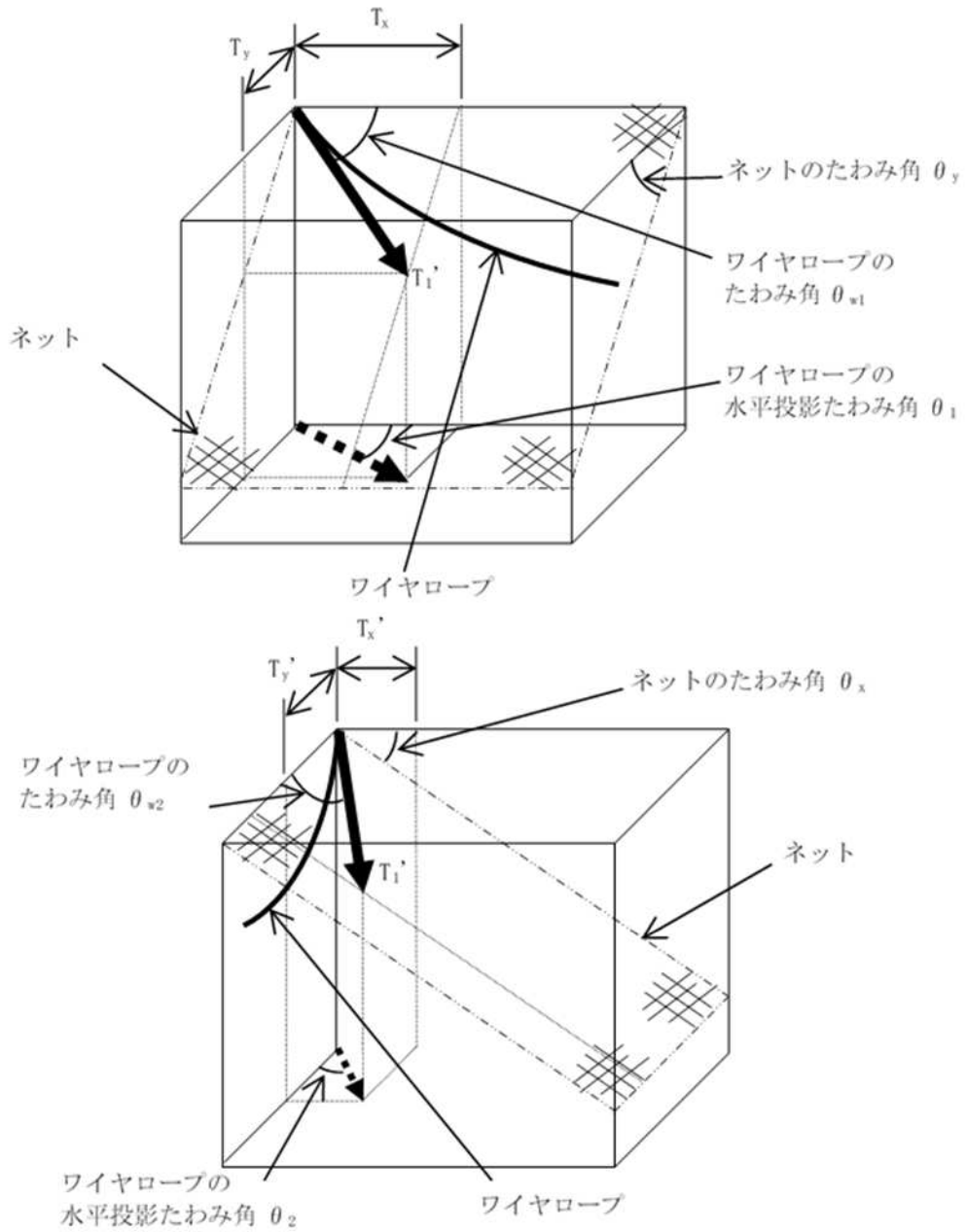
イ. 隅角部固定ボルト

ワイヤロープは、設置するネット枚数に応じて設置するため、隅角部固定ボルトにかかる応力は、ネット枚数毎に評価する。

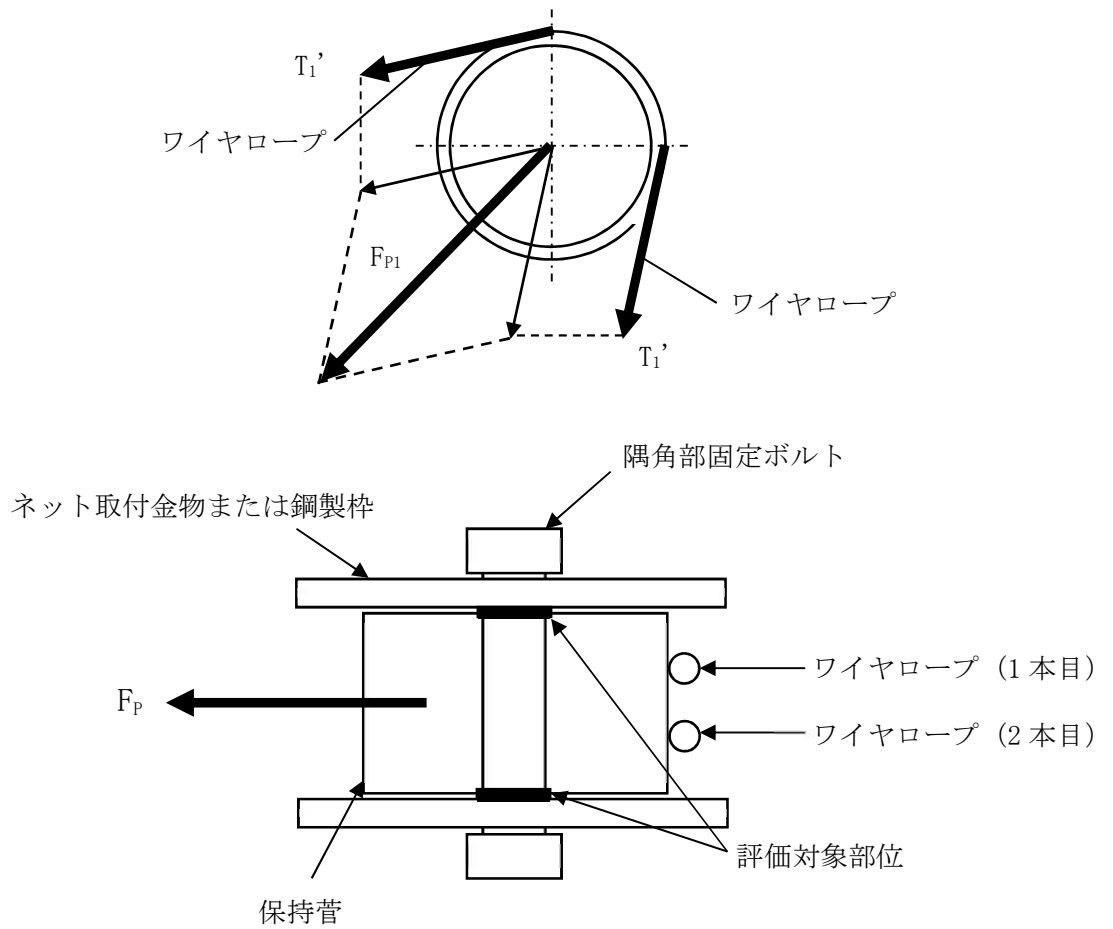
支持架構又は鋼製枠の四隅に設置した隅角部固定ボルトは、ワイヤロープの荷重を、保持管を介して受けることとなる。

ワイヤロープはたわみにより保持管に対して θ_{w1} 、 θ_{w2} のたわみ角を有することから、隅角部固定ボルトへ作用する荷重にはこのたわみ角を考慮する。

ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係を第6.1-4図に、隅角部固定ボルトの荷重状態を第6.1-5図に示す。



第6.1-4図 ネットのたわみとワイヤロープのたわみ角の関係



第6.1-5図 隅角部固定ボルトの荷重状態

隅角部固定ボルトに発生するせん断応力を力の釣合いの関係から以下の評価式を用いて算出する。

ネット展開方向ワイヤロープから発生する各方向の荷重， T_x 及び T_y は、以下のとおりとなる。

$$T_x = T_1 \cos \theta_{w1}$$

$$T_y = T_1 \cdot \sin \theta_{w1} \cdot \cos \theta_y$$

ただし， θ_y ， θ_{w1} は以下の式で求められる。

$$\theta_y = \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot \delta}{L_y} \right)$$

$$\theta_{w1} = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_{wx}}{L_x} \right)^2}}$$

また、ネット展開直角方向ワイヤロープから発生する各方向の荷重、 T_x' 及び T_y' は以下の関係となる。

$$T_x' = T_1 \cdot \sin \theta_{w2} \cdot \cos \theta_x$$

$$T_y' = T_1 \cdot \cos \theta_{w2}$$

ただし、 θ_x 、 θ_{w2} は以下の式で求められる。

$$\theta_x = \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot \delta}{L_x} \right)$$

$$\theta_{w2} = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_{wy}}{L_y} \right)^2}}$$

隅角部へ作用するX方向及びY方向への合成荷重は

$$F_x = T_x + T_x'$$

$$F_y = T_y + T_y'$$

より求まる。

1本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p1} は

$$F_{p1} = \sqrt{F_{x1}^2 + F_{y1}^2}$$

より求まる。

ここで、

$$F_{x1} = T_x + T_x'$$

$$F_{y1} = T_y + T_y'$$

2本目のワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_{p2} は

$$F_{p2} = F_{p1}/1.5$$

より求まる。

ワイヤロープから隅角部へ作用する合成荷重 F_p は

$$F_p = F_{p1} + F_{p2}$$

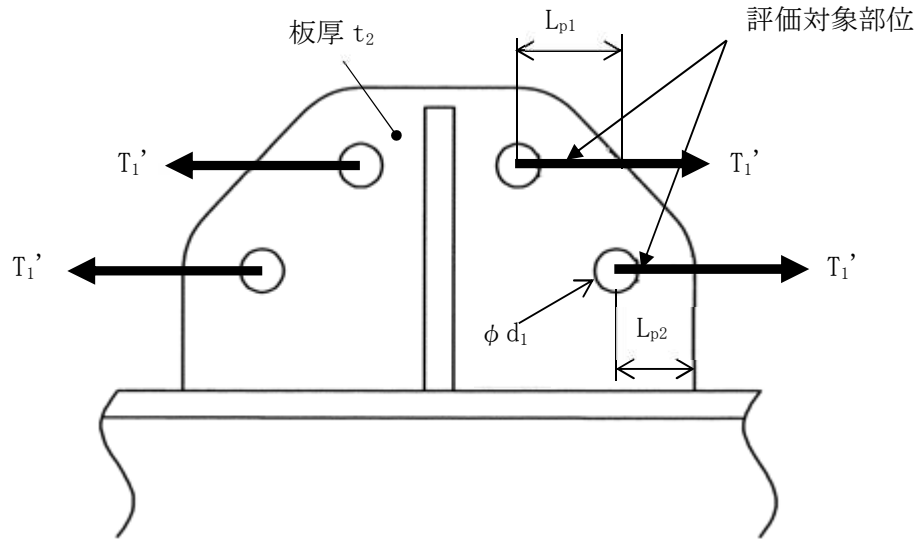
以上より，隅角部固定ボルトに発生するせん断応力 τ_s は，

$$\tau_s = \frac{F_p}{2 \cdot n_2 \cdot A_b}$$

ロ. 取付プレート

① 取付プレート(支持架構設置)

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への衝撃荷重は，ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し，取付プレートにせん断応力が発生するため，せん断応力評価を実施する。取付プレートを第6.1-6図に示す。



第6.1-6図 取付プレート(支持架構設置)

取付プレートの有効せん断面積 A_{s1} は，

$$A_{s1} = 2 \cdot \left(\text{Min}(L_{p1}, L_{p2}) - \frac{\phi d_1}{2} \right) \cdot t_2$$

取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p1} は，

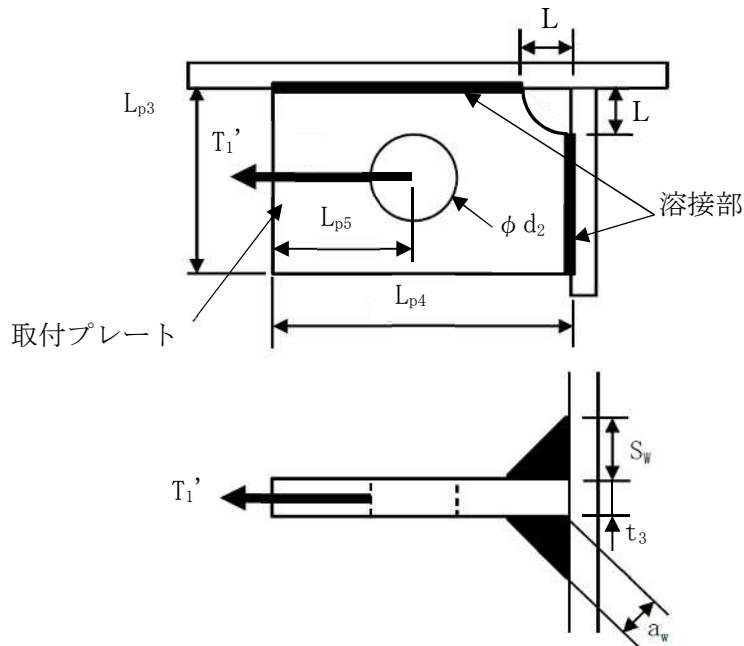
$$\tau_{p1} = \frac{T_1'}{A_{s1}}$$

となる。

② 取付プレート(鋼製枠設置)

飛来物がネットに衝突する場合にネット取付部への衝撃荷重は，ワイヤロープの引張荷重 T_1' として作用し，取付プレート及び隅肉溶接部にせん断応力が発生するため，せん断応力評価を実施する。取付プレート及び溶接部

を第6.1-7図に示す。



第6.1-7図 取付プレート(鋼製枠設置)

溶接部の有効長さ L_{pw} は、

$$L_{pw} = L_{p3} - L - 2 \cdot S_w + L_{p4} - L - 2 \cdot S_w$$

溶接部に発生するせん断応力 τ_w は、

$$\tau_w = \frac{T_1'}{2 \cdot a_w \cdot L_{pw}}$$

ここで、溶接部ののど厚 a_w は以下により求められる。

$$a_w = \frac{S_w}{\sqrt{2}}$$

取付プレートの有効せん断面積 A_{s2} は、

$$A_{s2} = 2 \cdot \left(L_{p5} - \frac{d_2}{2} \right) \cdot t_3$$

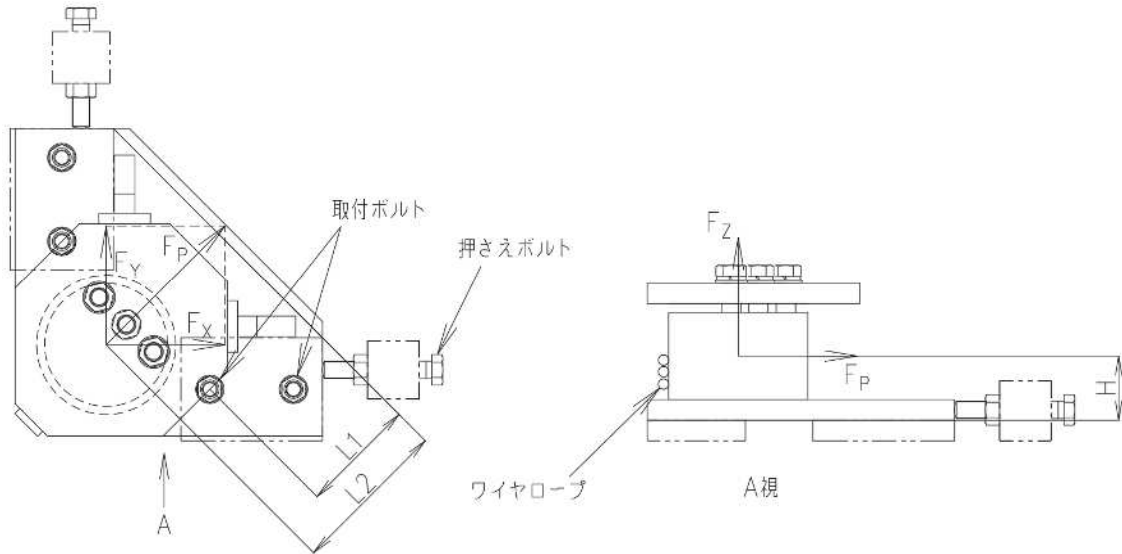
取付プレートに発生するせん断応力 τ_{p2} は、

$$\tau_{p2} = \frac{T_1'}{A_{s2}}$$

(e) 接続部の破断評価

イ. 防護ネット（支持架構に直接設置）

飛来物がネットに衝突するとワイヤロープを介して取付金物に荷重 F_x , F_y , F_z が作用し、取付ボルトに引張応力が発生するため、引張応力評価を実施する。また、押さえボルトには圧縮応力が発生するため、圧縮応力評価を実施する。取付金物を第6.1-8図に示す。



※本図は内張り防護ネットにおけるネット取付金物に作用する荷重状態を示す。外張りの防護ネットにおいては、取付金物に作用する鉛直荷重 F_z の向きが反対となる。

第6.1-8図 取付金物

取付ボルトへ作用する荷重 P_1 は、保持管中心部に生じるモーメントより、以下の式で求められる。

$$P_1 = \frac{F_P \cdot H + F_z \cdot L_2}{L_1}$$

ここで、

$$F_t = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_z = T_t \cdot \sin \theta_{w1} \cdot \sin \theta_y + T_t \cdot \sin \theta_{w2} \cdot \sin \theta_x$$

取付ボルトに生じる引張応力 σ_{b1} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b1} = \frac{P_1 \cdot 1.52}{n_3 \cdot A_{b2}}$$

また、押さえボルトに生じる圧縮応力 σ_{b2} は、動的倍率を踏まえた係数1.52を考慮し、

$$\sigma_{b2} = \frac{\text{Max}(F_x, F_y) \cdot 1.52}{A_{b3}}$$

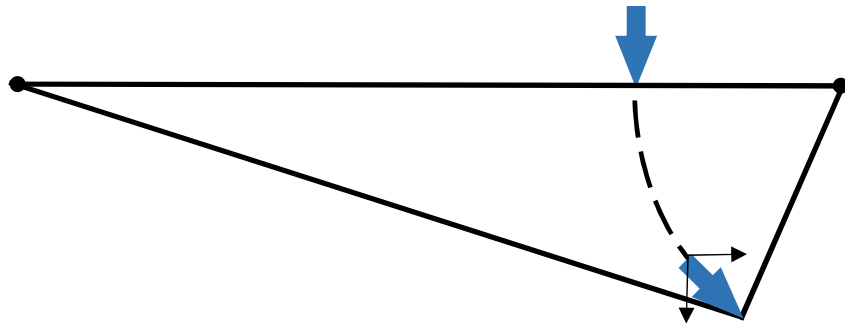
ここで、

$$F_x = T_1 \cdot \sin \theta_1 + T_2 \cdot \cos \theta_2$$

$$F_y = T_1 \cdot \cos \theta_1 + T_2 \cdot \sin \theta_2$$

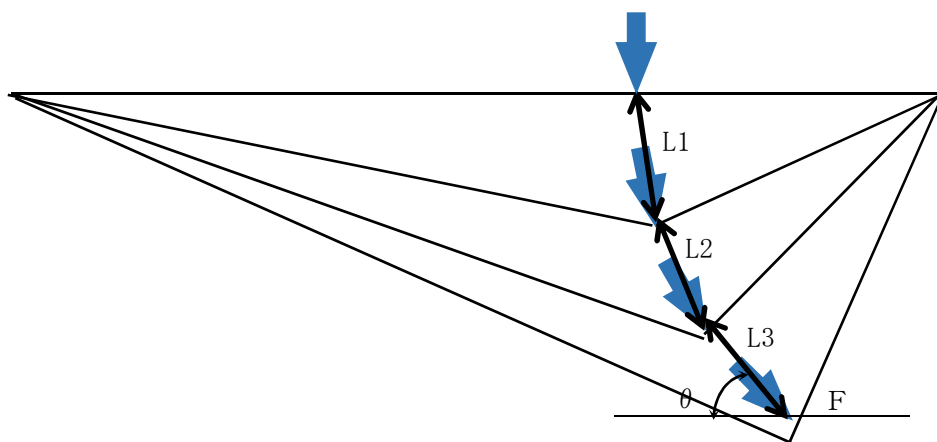
ロ. 防護ネット（鋼製枠）

オフセット領域に飛来物が衝突した場合、飛来物は防護ネットの水平方向張力の差分により、近傍の支点側（端部側）に向かって進行していくこととなる。このとき、飛来物は防護ネットに鉛直方向及び水平方向に荷重を作用することとなる。この際、鉛直方向の荷重は、接続ボルトに対し、圧縮応力となり、支持架構へ伝わるが、水平方向に作用する荷重は接続ボルトに対しせん断応力が発生するため、オフセット領域に飛来物が衝突した場合に発生する飛来物の衝撃荷重を用いて評価する。



第3-2図 飛来物の移動方向の概要図

オフセット領域に飛来物が衝突した際の概要図を第3-4図に示す。



第3-4図 オフセット領域に飛来物が衝突した際の概要図

第3-4図より、飛来物の移動距離は、下式より算出する。

$$\text{累積移動距離 } L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

また、衝撃荷重Fは、下式より算出する。

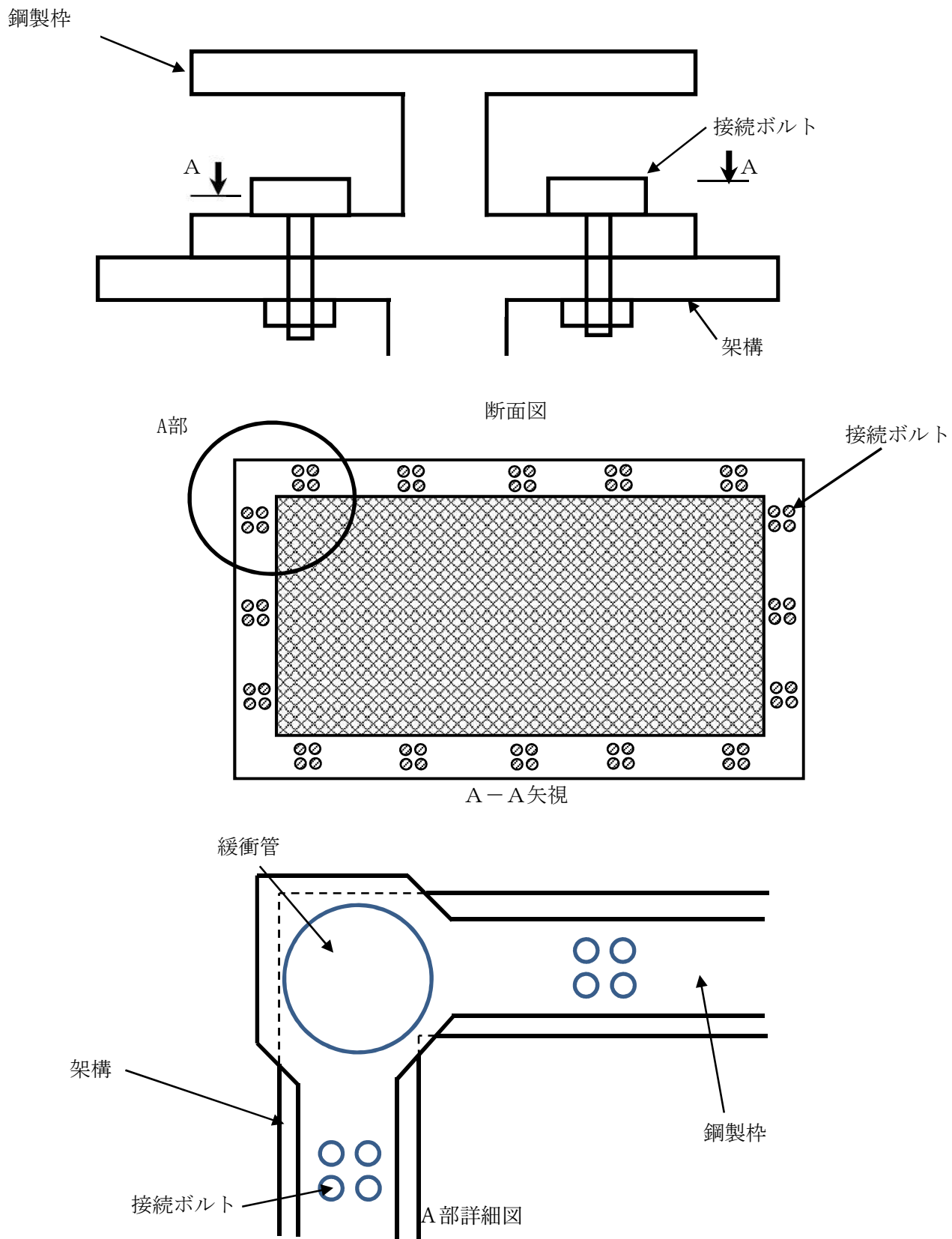
$$\text{衝撃荷重 } F = \frac{8E}{3 \cdot L}$$

ここで、防護ネットが吸収したエネルギーEは資料14 別添1-4「防護ネットの強度計算書」の「5.1 吸収エネルギー評価」のEtとする。

$$\text{水平荷重 } F_x = F \cos \theta$$

以上より、接続部に発生するせん断応力は

$$\tau_s = \frac{F_x}{n \cdot A}$$



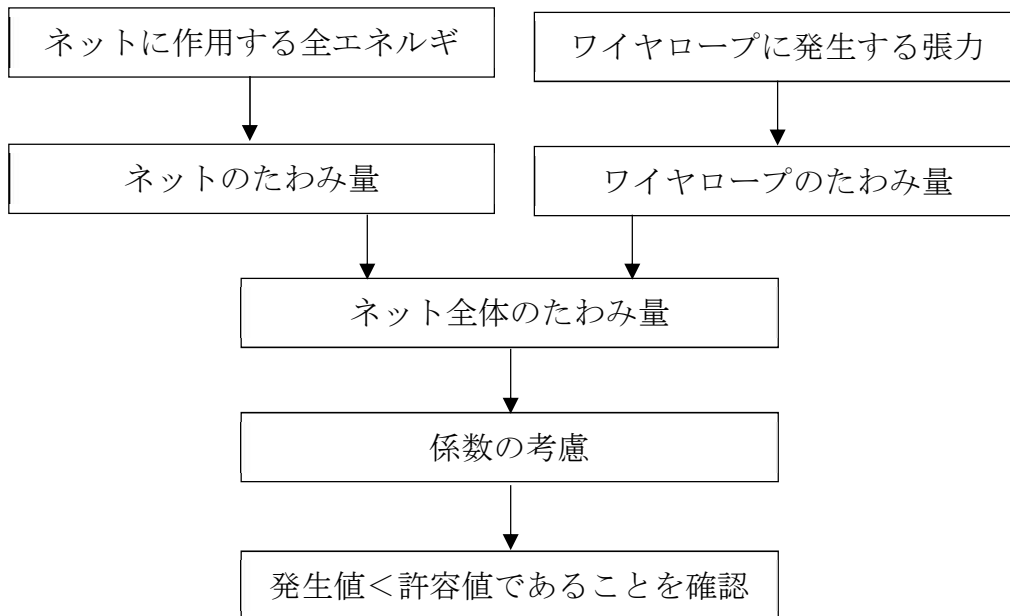
第3-1図 防護ネット接続ボルト等の評価対象部位

d. たわみ評価

たわみ評価においては、吸収エネルギー算定モデルを用い、飛来物の運動エネルギー、風圧力による荷重、積雪荷重及び自重によるエネルギーを吸収するために必要となるネットのたわみ量を算出する。また、合わせてワイヤロープ張力に応じたワイヤロープのたわみ量についても算出し、離隔距離未満であることを確認する。

たわみ評価においては、等価剛性の影響を考慮した「5.1.2 (2) ネットの吸収エネルギー評価」と同様の係数を最大たわみ量が大きくなるように考慮する。

たわみ評価の評価フローを第6.1-9図に示す。



第6.1-9図 たわみ評価の評価フロー

(a) ネットのたわみ量の算出

ネットの変位量と吸収エネルギーとの関係は(5.2)式のとおり、以下の式にて導出される。

$$E_i = 2K_x \cdot \delta_i^2 - K_x \cdot L_x \left(\sqrt{4\delta_i^2 + L_x^2} - L_x \right)$$

ここで、 K_x 及び L_x は定数であるため、

$$\sum_{i=1}^{N_y} E_i = E_t$$

とすることで、ネットへの付加エネルギーに応じたたわみ量 δ を算出することができる。

(b) ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出

ワイヤロープのたわみ量は、ネット張力によりワイヤロープが放物線状に変形するとし、算出したワイヤロープに発生する張力及びワイヤロープの引張

試験結果(荷重-ひずみ曲線)から変形後のワイヤロープ長さを求めることで導出する。ネットのたわみ量は中央衝突時に最大となるため、ワイヤロープたわみ量を導出する際のワイヤロープ張力は、(6.2)式にて算出される中央衝突時の値を用いる。

$$T_1 = \frac{3}{4(2n+1)} \cdot \frac{F_a}{\sin \theta} \dots (6.2)$$

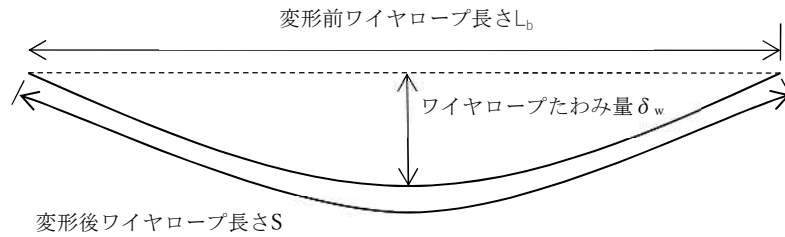
また、ワイヤロープの初期張力は小さくワイヤロープのたわみ量の算出において有意ではないため計算上考慮しない。

(6.2)式に示す計算方法を用いて算出されるワイヤロープに発生する張力からワイヤロープのひずみ量 ε が算出される。したがって、変形によるワイヤロープの伸び量 δ' は以下のとおり算出される。

$$\delta' = L_z \cdot \varepsilon$$

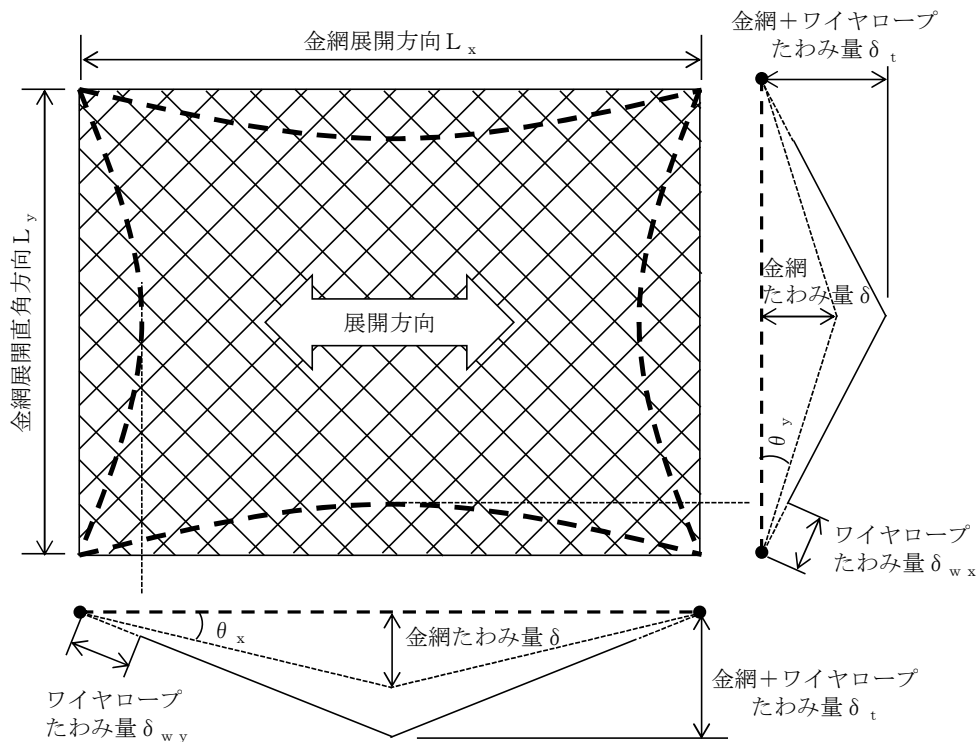
また、飛来物の衝突によりワイヤロープが第6.1-10図のとおり放物線状に変形すると、変形後のワイヤロープ長さSは放物線の弦長の式を用いて以下のとおり表される。

$$S = \frac{1}{2} \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2} + \frac{L_b^2}{8 \delta_w} \ln \left(\frac{4 \delta_w + \sqrt{L_b^2 + 16 \delta_w^2}}{L_b} \right)$$



第6.1-10図 ワイヤロープ変形図

ワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量の算出を行う。ネット及びワイヤロープ変形図を第6.1-11図に示す。



第6.1-11図 ネット及びワイヤロープ変形図

ネット展開方向と平行に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_x 、ネット展開直角方向に配置されているワイヤロープの変形後の長さを S_y とすると、 S_x 及び S_y はそれぞれ δ_{wx} 、 δ_{wy} の関数であり、ワイヤロープ伸び量 δ' は、

$$\delta' = (S_x (\delta_{wx}) - L_x) + (S_y (\delta_{wy}) - L_y)$$
と表される。

また、ネット展開方向と平行な断面から見たたわみ量と、ネット展開方向と直交する断面から見たたわみ量は等しいことから、

$$\delta_t = \sqrt{\left(\delta_{wy} + \frac{L_x}{2\cos\theta_x}\right)^2 - \left(\frac{L_x}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\delta_{wx} + \frac{L_y}{2\cos\theta_y}\right)^2 - \left(\frac{L_y}{2}\right)^2}$$

と表され、ワイヤロープたわみ量 δ_{wx} 及び δ_{wy} を導出することができ、同時にワイヤロープたわみ量を含めたネット全体のたわみ量 δ_t が算出される。

ここで、等価剛性の導出過程を踏まえた係数1.056を考慮し、ネット全体の最大たわみ量 δ_t' は、

$$\delta_t' = \delta_t \cdot 1.056$$

となる。

6.2 防護板(鋼材)及び支持架構の強度評価

6.2.1 解析モデルの選定

解析モデルの選定として、ビーム要素やシェル要素に置換した有限要素モデルを用いる。

ビーム要素モデルについては、防護板(鋼材)の取付ボルト及び支持架構の柱や梁等の部材をビーム要素としてモデル化する。シェル要素モデルについては、防護板(鋼材)の鋼板及び支持架構の衝突対象部材をシェル要素としてモデル化する。

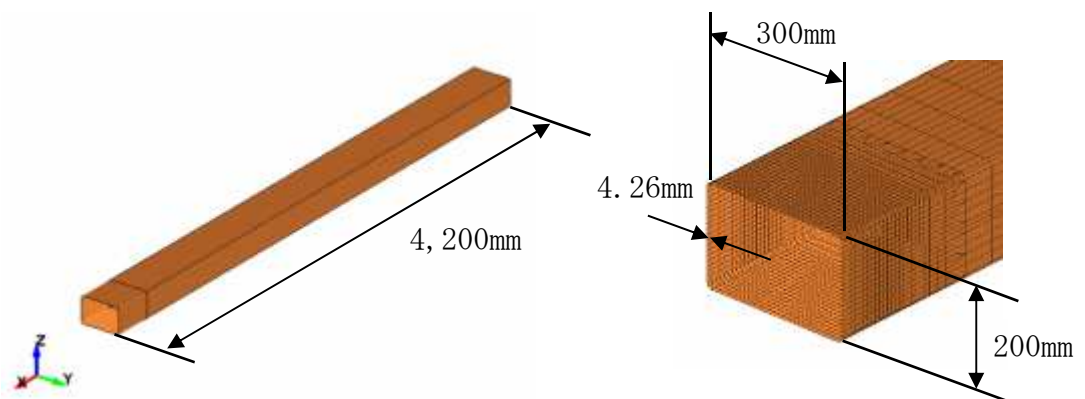
なお、これらのモデル化に当たっては、部材に生じるひずみや荷重を適切に算出できるように、節点及び要素数を適切に設定する。

6.2.2 解析モデルの設定条件

(1) 寸法

防護板(鋼材)及び支持架構の各部材形状を模擬した部材長さ及び断面特性を設定する。

飛来物の解析モデル図を第 6.2.2-1 図に示す。



第 6.2.2-1 図 飛来物の解析モデル図

(2) 拘束条件

防護板(鋼材)の拘束条件はボルトの取付方法等を考慮して設定することとし、シェル要素でモデル化した鋼板を、ボルトの剛性を考慮したビーム要素で並進3方向を拘束する。支持架構の拘束条件は支持位置及び剛性を考慮した適切な拘束条件を設定することとし、基礎梁下端をピン支持又は基礎若しくは建屋との接続部を固定として設定する。

(3) 断面特性

断面特性については、防護板(鋼材)及び支持架構の実構造を踏まえ設定する。

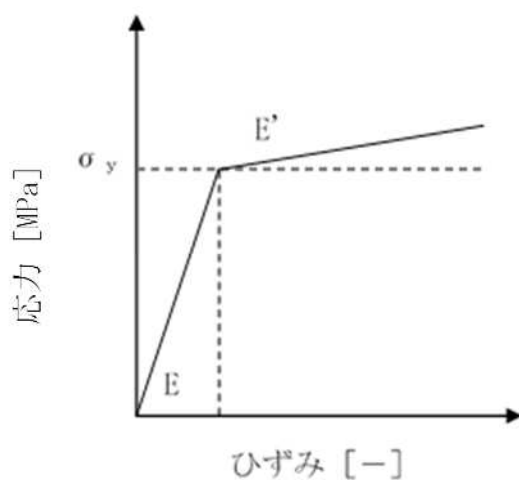
(4) 材料特性

材料特性は、防護板(鋼材)及び支持架構の各材料の物性値を踏まえて設定する。

なお、飛来物の衝突に対する解析は、変形速度が大きいためひずみ速度効果を考慮することとし、日本溶接協会の動的物性の推定式(WES式)を適用する。

材料の応力-ひずみ関係はバイリニア型とする。

バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図を第6.2.2-2図に示す。



第6.2.2-2図 バイリニア型応力-ひずみ関係の概念図

(5) 質量

防護板(鋼材)及び支持架構の各要素の寸法及び密度により適切に設定する。

(6) 取付ボルトの破断判定

取付ボルトの破断判定に用いる記号を第6.2.2-1表に示す。

第6.2.2-1表 取付ボルトの許容限界の算定に用いる記号

記号	単位	定義
A_b	m^2	取付ボルトの有効断面積
A_{bs}	m^2	取付ボルトの軸部断面積
p_u	N	取付ボルト1本あたりに生じる引張荷重
p_{ua}	N	取付ボルト1本あたりの引張耐力
q_u	N	取付ボルト1本あたりに生じるせん断荷重
q_{ua}	N	取付ボルト1本あたりのせん断耐力
S_u	MPa	取付ボルトの引張強さ

取付ボルトの破断判定は、「鋼構造限界状態設計指針」に基づき、下式より算出する。

$$\left(\frac{p_u}{p_{ua}}\right)^2 + \left(\frac{q_u}{q_{ua}}\right)^2 \leq 1$$

$$p_{ua} = S_u \times A_b$$

$$q_{ua} = 0.6 \cdot S_u \times A_b \text{ 又は } 0.6 \cdot S_u \times A_{bs}$$

6.3 防護板（鉄筋コンクリート）の強度評価

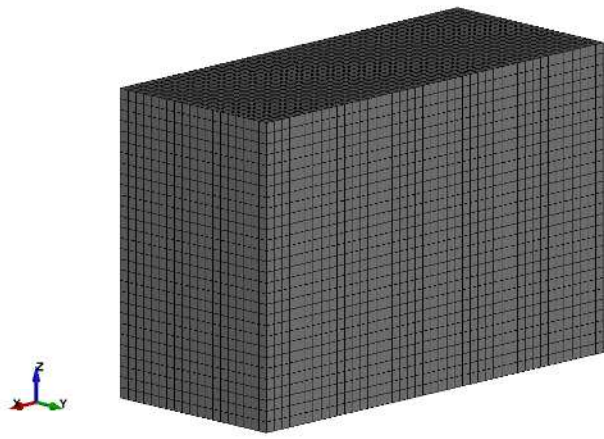
(1) 解析モデル

防護板の変形評価は、解析コード「LS-DYNA R7.1.2」を用いて3次元FEMモデルによりモデル化し評価を実施する。なお、評価に用いた解析コードの検証及び妥当性の確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-4-3 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

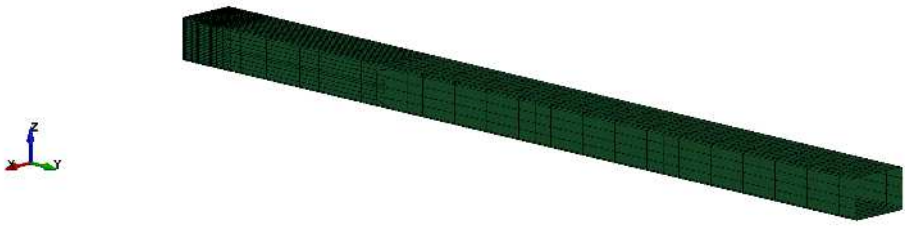
防護板はシェル要素でモデル化し、境界条件は、防護板の端部をピン支持とする。設計飛来物は、衝突時の荷重が保守的となるよう接触断面積を小さくするため、先端部(衝突部)を開口としてシェル要素でモデル化する。防護板に対して竜巻による風圧力による荷重、常時作用している荷重を作用させた状態で衝突させる。

フード状防護板及び扉状防護板の変形が最大となる端部に衝突位置を設置する。

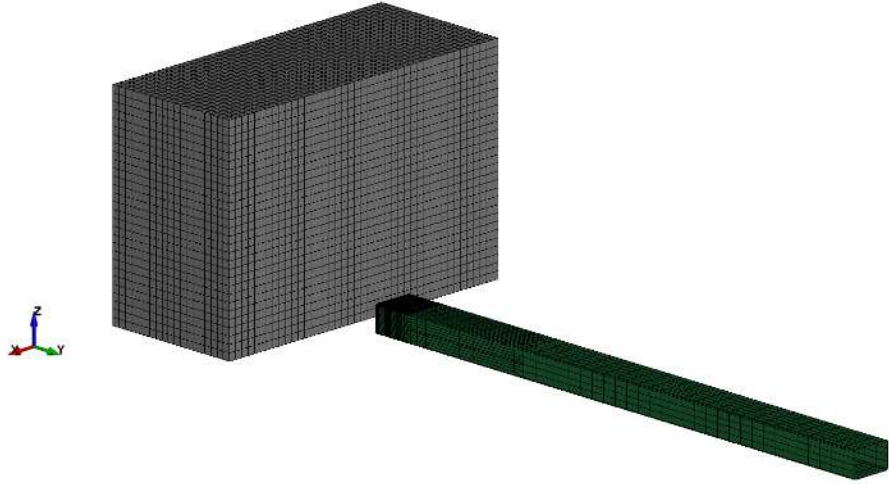
防護板及び飛来物の解析モデル図を第6.3-1図に示す。



(防護板)



(飛来物)



(衝突時)

第6.3-1図 解析モデル

(2)材料定数

飛来物及び防護板に使用する材料定数を第6.3-1表に示す。材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-(社)日本建築学会(2005改定)」に基づき設定する。

第6.3-1表(1/3) コンクリートの材料定数

種類	設計基準強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m ³)
普通 コンクリート	30	2.44×10 ⁴	0.2	23*

* 鉄筋コンクリートの場合は、24とする。

第6.3-1表(2/3) 鉄筋の材料定数

種類	降伏応力 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)
SD345	345	2.05×10 ⁵	77

第6.3-1表(3/3) 飛来物の材料定数

種類	降伏応力 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)
SN490B	325	2.05×10 ⁵	77

(3)材料の非線形特性

コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側が圧縮強度に到達後もその応力を保持するバイリニアとし、引張側は主応力が引張強度に到達後に引張応力と直交方向にひび割れが生じるものとして、ひずみに応じて保持応力を低下させる引張軟化特性を与える。圧縮強度は、NEI07-13に従い、設計規準強度に対して動的増加率1.25を乗じた値とする。

鉄筋及び設計飛来物の応力-ひずみ関係はバイリニアとし、第一折れ点は「降伏応力-降伏時ひずみ」とする。鉄筋及び飛来物の降伏応力は、降伏強度に動的増加率を乗じた値、破断応力は、引張強度に対して動的増加率を乗じた値とする。動的増加率は、NEI07-13に基づき、鉄筋は、降伏時で1.10、破断時で1.05、飛来物は降伏時で1.29、破断時で1.10とする。飛来物については、安全側に破断ひずみを超えた要素についても削除せず荷重を負担するものとする。

コンクリートの圧縮及び引張強度を第6.3-2表、鉄筋及び飛来物の降伏及び破断時の強度を第6.3-3表に示す。

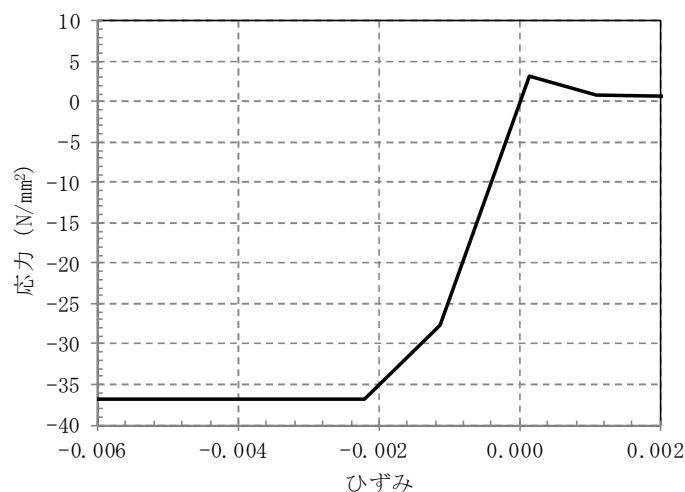
また、コンクリートの材料モデルの応力-ひずみ関係を第6.3-2図に、鉄筋の応力-ひずみ関係を第6.3-3図及び飛来物の応力-ひずみ関係を第6.3-4図に示す。

第6.3-2表 コンクリートの圧縮及び引張強度

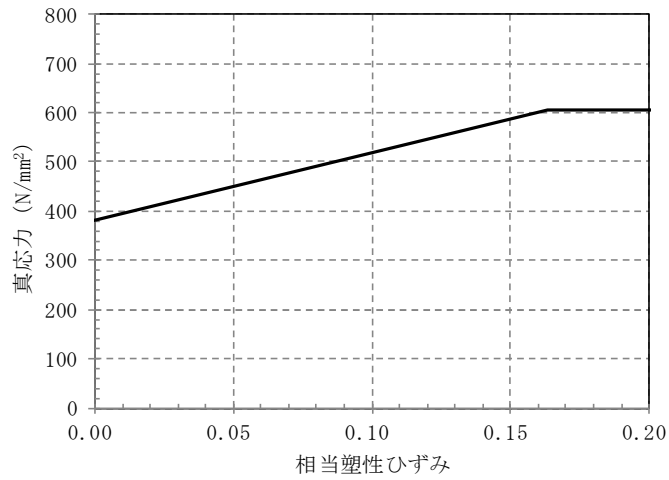
種別		設計基準強度 (N/mm ²)	材料モデル	
			圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
防護板	コンクリート	30	37.5	3.3

第6.3-3表 鉄筋及び飛来物の降伏及び破断時の強度

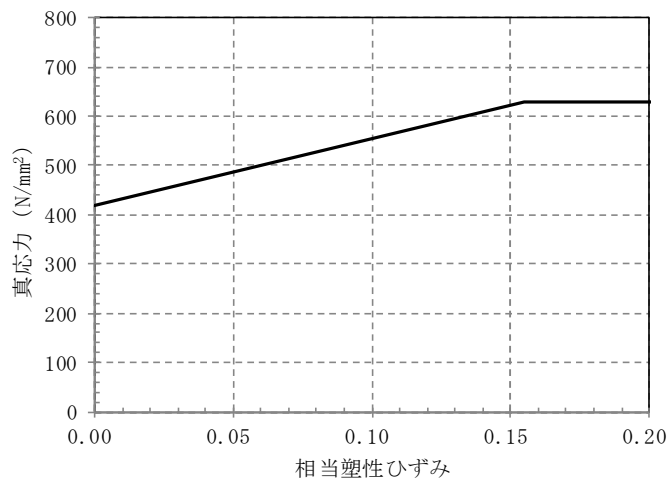
種別	材質	規格値		材料モデル		破断 ひずみ
		降伏時 (N/mm ²)	破断時 (N/mm ²)	降伏時 (N/mm ²)	破断時 (N/mm ²)	
鉄筋	SD345	345	490	380.0	606.4	0.163
飛来物	SN490B	325	490	419.0	629.2	0.155



第6.3-2図 コンクリートの材料モデルの応力-ひずみ関係



第6.3-3図 鉄筋の応力-ひずみ関係



第 6.3-3 図 飛来物の応力-ひずみ関係

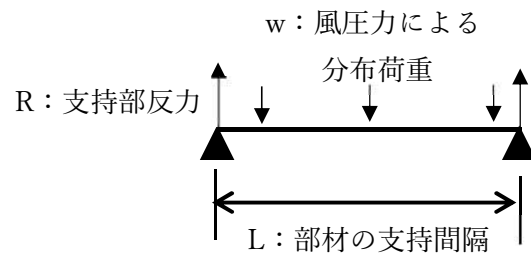
6.4 整流板の強度評価

(1) 整流板(本体)取付ボルト

整流板を梁でモデル化し、風圧力による荷重を等分布荷重でモデル化すると、支持部に作用する荷重は以下の式で求められる。

整流板(本体)取付ボルトは2枚の整流板を支持していることから、ボルトには2Rの引張荷重が作用する。

$$R = \frac{w \times L}{2}$$

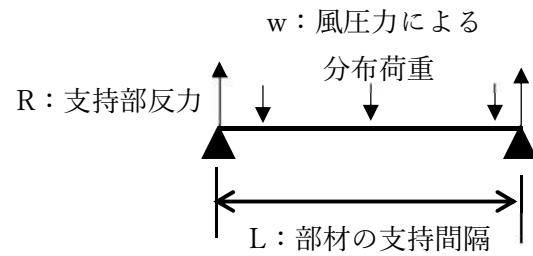


(2) 整流板取付部材接続ボルト

整流板取付部材を梁でモデル化し、風圧力による荷重を等分布荷重でモデル化すると、支持部に作用する荷重は以下の式で求められる。

整流板取付部材は2本のボルトで支持されていることから、整流板取付部材接続ボルトにはR/2のせん断荷重が作用する。

$$R = \frac{w \times L}{2}$$



7. 準拠規格

「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」の「2.2 準拠規格」においては、竜巻の影響を考慮する施設の設計に係る規格を示している。

これらのうち、竜巻防護対策設備の強度設計に用いる規格、基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 日本産業規格(JIS)
- ・ 建築物荷重指針・同解説(2015改定)((社)日本建築学会)
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 2005)
- ・ 小規模吊橋指針・同解説 ((社)日本道路協会)
- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Desings(Nuclear Energy Institute 2011 Rev 8P (NEI07-13))
- ・ 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(原子力規制委員会)
- ・ タービンミサイル評価について 昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会
- ・ ISES7607-3 昭和50年度日本原子力研究所委託調査「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する 調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(昭和51年 10月 高温構造安全技術研究組合)
- ・ 竜巻飛来物を模擬した角管の落下衝突による鋼板の貫通評価 (日本機械学会論文集, Vo 1. 83, Vo1851(2017))
- ・ 発電用原子力設備規格 竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン JSME S NS6-2019 2019年6月 ((社)日本機械学会)
- ・ 鋼構造限界状態設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)
- ・ 「動的繰返し大変形を受ける溶接鋼構造物の脆性破壊性能評価方法, WES2808: 2003」(社)日本溶接協会
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 1999)
- ・ 「Eの数値を算出する方法並びに V_0 及び風力係数の数値」(平成12年5月31日, 建設省告示第1454号)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説(2010)((社)日本建築学会)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会, 2005)

VI-1-1-1-2-4-1-3
屋外の重大事故等対処設備の
固縛に関する強度計算の方針

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	固縛対象設備等の選定	1
2.2	固縛装置等の構造	5
2.2.1	固縛装置	5
2.2.1	固定装置	5
2.3	荷重及び荷重の組合せ	11
2.3.1	荷重の種類	11
2.3.2	動的荷重を考慮する対象設備の選定	15
2.3.3	荷重の組合せ	18
2.3.4	設計荷重の選定	19
3.	設計方針	20
3.1	固縛装置	20
3.2	固定装置	23
4.	評価方針	26
4.1	強度評価方針	26
4.2	評価対象部位	26
4.2.1	固縛装置の評価対象部位	26
4.2.2	固定装置の評価対象部位	30
5.	許容限界	32
5.1	固縛装置の許容限界	32
5.1.1	連結材	32
5.1.2	固定材	32
5.1.3	基礎部（アンカーボルト）	32
5.2	固定装置の許容限界	33
5.2.1	固定材	33
5.2.2	基礎部（アンカーボルト）	33
6.	強度評価方法	35
6.1	固縛装置	35
6.1.1	記号の定義	35
6.1.2	評価方法	40

6.2	固定装置	57
6.2.1	記号の定義	57
6.2.2	評価方法	62
6.3	評価方法のまとめ	79
7.	適用規格	82

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示すとおり、屋外の可搬型重大事故等対処設備のうち、固縛対象物に設置する固縛装置又は固定対象物に設置する固定装置が竜巻襲来時においても、固縛装置又は固定装置（以下「固縛装置等」という。）の構成要素が、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重(竜巻)」という。）が固縛対象設備又は固定対象設備(以下「固縛対象設備等」という。)に作用した場合であっても、固縛状態又は固定状態を維持するために必要な構造強度を有することを計算により確認するための強度設計方針について説明するものである。

2. 基本方針

強度設計は、「2.1 固縛対象設備等の選定」に示す設備を対象として、「2.2 固縛装置等の構造」に示す固縛装置等が「2.3 荷重及び荷重の組合せ」で示す設計荷重（竜巻）により生じる応力が、「5. 許容限界」で示す許容限界内にあることを「6. 強度評価方法」で示す計算方法を使用し、「7. 準拠規格」に示す規格を用いて確認する。

2.1 固縛対象設備等の選定

「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」で選定した屋外に設置又は保管する可搬型重大事故等対処設備は、竜巻の風圧力による荷重に対しては、位置的分散等を考慮した設置又は保管により機能を損なわない設計とするとともに、悪影響防止として、安全機能を有する施設、当該重大事故等対処設備以外の重大事故等対処設備、再処理施設及び再処理施設の重大事故等対処設備に衝突し、損傷させることのないよう固縛装置等を設置する設計としている。そのため、固縛対象設備等は、設計竜巻により浮き上がり又は横滑りが生じる屋外の可搬型重大事故等対処設備とする。

固縛対象設備等のうち、添付書類「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」のとおり、耐震設計において、サスペンションにより地震に対する影響を軽減できる構造としている車両一体型の設備を車両型の固縛対象設備とし、可搬型発電機等の単体で保管する可搬型重大事故等対処設備、複数の可搬型重大事故等対処設備を保管しているコンテナを車両型以外の固縛対象設備等として区分する。なお、固縛対象設備等は、保管単位に対して選定する。

固縛対象設備等は、以下の観点を考慮して選定する。

- ・設備の形状(受圧面積、重量等)
- ・保管場所及び周辺状況
- ・設計竜巻による風圧力の影響の有無

固縛対象設備等として抽出された屋外の可搬型重大事故等対処設備の一覧を第 2.1-1 表に示す。なお、屋外の常設重大事故等対処設備は、竜巻の風圧力による荷重を考慮

した設計により影響を受けないため、固縛対象設備として選定されない。

第 2.1-1 表 屋外の可搬型重大事故等対処設備のうち評価対象とする固縛対象設備等一覧(1/2)

固縛対象設備等	区分	保管単位	備考
可搬型中型移送ポンプ運搬車	車両型	台	
ホース展張車	車両型	台	
運搬車	車両型	台	
軽油用タンクローリ	車両型	台	
大型移送ポンプ車	車両型	台	
監視測定用運搬車	車両型	台	
けん引車	車両型以外	台	
可搬型中型移送ポンプ	車両型以外	台	
ホイールローダ	車両型以外	台	
可搬型空気圧縮機	車両型以外	台	
可搬型発電機	車両型以外	台	
可搬型放水砲	車両型以外	台	
可搬型建屋外ホース	車両型以外	基	ホースコンテナ及び収納コンテナに収納して保管
可搬型建屋内ホース	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型配管	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型フィルタ	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型デミスタ	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型ダクト	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管

第 2.1-1 表 屋外の可搬型重大事故等対処設備のうち評価対象とする固縛対象設備等一覧 (2/2)

固縛対象設備等	区分	保管単位	備考
可搬型汚濁水拡散防止フェンス	車両型以外	基	ホースコンテナ及び収納コンテナに収納して保管
放射性物質吸着材	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
燃料補給用可搬型ホース	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型排水受槽	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管
可搬型スプレイヘッド	車両型以外	基	収納コンテナに収納して保管

2.2 固縛装置等の構造

2.2.1 固縛装置

固縛装置は、固縛対象設備が受ける浮き上がり荷重や横滑り荷重を、連結材(高強度繊維ロープ)及び固定材(フレノ・リンクボルト、シャックル及びアンカープレート)を介してコンクリートの基礎部で拘束する構造とする。固縛装置の構成要素を第2.2.1-1表に示す。

車両型の固縛対象設備の固縛装置の構造を第2.2.1-2表に示す。車両型の固縛対象設備は、耐震設計において、サスペンションにより地震に対する影響を軽減できる構造としているため、耐震設計に影響を与えることのないよう、固縛装置の連結材に適切な余長を持たせた設計とする。

また、車両型以外の固縛対象設備の固縛装置は、車両型の固縛対象設備を固縛する場合と異なり、耐震設計として、固縛対象設備の構造を期待する設備でないこと、又は保管状態にて固縛対象設備の機能維持を確認していることより、耐震設計への影響は考慮不要とし、余長を持たせた設計とはしない。


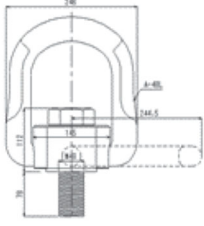
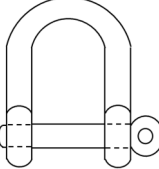
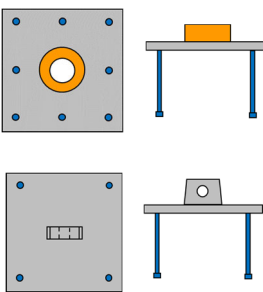
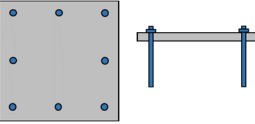
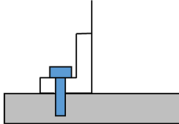
車両型以外の固縛対象設備の固縛装置の構造を第2.2.1-3表に示す。

2.2.2 固定装置

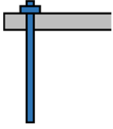
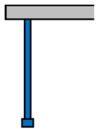
固定装置は、固定対象設備が受ける浮き上がり荷重や横滑り荷重を、固定材(取付ボルト、ベースプレート)を介してコンクリート等の基礎部で拘束する構造又はコンクリート等の基礎部で直接拘束する構造とする。固定装置の構成要素を第2.2.1-1表に示す。

固定対象設備の固定装置の構造を第2.2.2-1表に示す。

第 2.2.1-1 表 固縛装置等の構成要素 (1/2)

固縛装置等構成要素名称		概念図	用途
連結材	高強度繊維ロープ		固縛対象設備と固縛装置の固定材をつなぎ、固縛対象設備を拘束するとき使用する。
	フレノ・リンク ボルト		アンカープレートに取り付け、リングの部分に連結材を接続し、固縛対象設備を固縛するとき使用する。
固定材	シャックル		アンカープレートに取り付け、連結材を接続し、固縛対象設備を固縛するとき使用する。
	アンカープレート		基礎部に取り付け、フレノ・リンクボルト又はシャックルと連結し、固縛対象設備を固縛するとき使用する。
	ベースプレート		基礎部に取り付け、取付ボルトを用いて、固定対象設備を固定するとき使用する。
	取付ボルト		固定対象設備をベースプレートに固定するとき使用する。

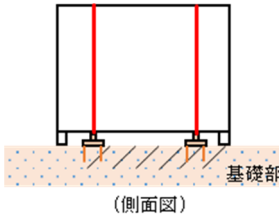
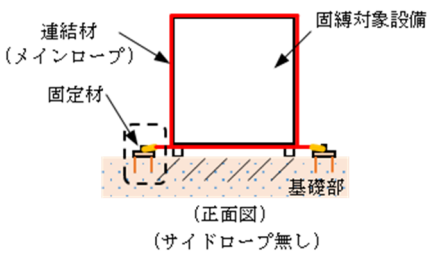
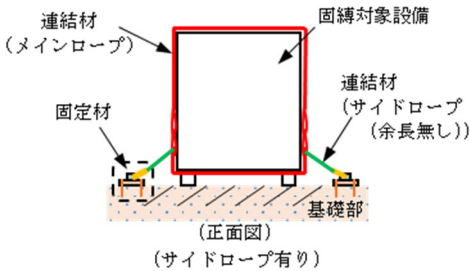
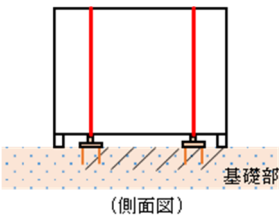
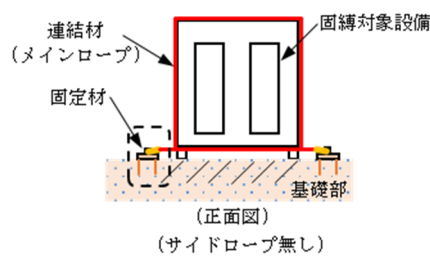
第 2.2.1-1 表 固縛装置等の構成要素 (2/2)

固縛装置等構成要素名称		概念図	用途
基礎部	接着系アンカーボルト		固定材(アンカープレート, ベースプレート)と基礎部を定着させるために使用する。
	頭付アンカーボルト		固定材(アンカープレート, ベースプレート)と基礎部を定着させるために使用する。

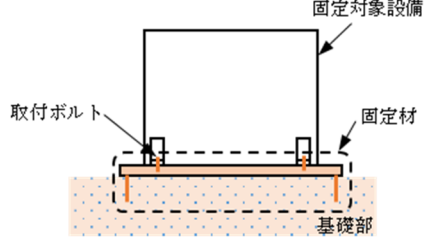
第 2.2.1-2 表 車両型の固縛対象設備の固縛装置の構造

施設名称	設計の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
固縛装置	車両型の固縛対象設備	<p>固縛装置は、連結材、固定材及び基礎部から構成し、連結材(メインロープ)を車両型固縛対象設備に巻付け、連結材(サイドロープ)によって固定材(フレノ・リンクボルト及びアンカープレート)に固定することで車両を固縛する。</p> <p>車両型の固縛対象設備については、連結材(サイドロープ)に余長を持たせて固縛することにより、耐震設計に影響のない設計とする。</p> <p>車両型の固縛対象設備は、重大事故等発生時の初動対応時間を確保するために、固縛装置の設置箇所数を可能な限り少なくすることで、機動性を確保する設計とする。</p>	

第 2. 2. 1-3 表 車両型以外の固縛対象設備の固縛装置の構造

施設名称	設計の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
固縛装置	車両型以外の固縛対象設備	<p>固縛装置は、連結材、固定材及び基礎部から構成し、連結材(メインロープ)を車両型以外の固縛対象設備に巻付け、連結材(メインロープ又はサイドロープ)によって固定材(フレノ・リンクボルト、シャックル及びアンカープレート)に固定することで固縛対象設備を固縛する。連結材には、余長を設けない設計とする。また、固定材を共用し複数台の固縛を行うものもある。</p> <p>固縛対象設備は、重大事故等発生時の初動対応時間を確保するために、固縛装置の設置箇所数を可能な限り少なくすることで、機動性を確保する設計とする。</p>	 <p>(側面図)</p>  <p>(正面図) (サイドロープ無し)</p>  <p>(正面図) (サイドロープ有り)</p> <p>固縛対象設備をコンテナに収納して保管 (コンテナを固縛する場合)</p>  <p>(側面図)</p>  <p>(正面図) (サイドロープ無し)</p>

第 2.2.2-1 表 固定装置の構造

施設 名称	設計の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
固定装置	車両型 以外の 固定対象 設備	固定装置は、固定材 及び基礎部から構成 し、取付ボルトによ って固定材(ベース プレート)に固定す る。	
		固定装置は、基礎部 から構成し、アンカ ーボルトによって基 礎部に固定する。	固定対象設備をコンテナに収納して保管

2.3 荷重及び荷重の組合せ

2.3.1 荷重の種類

(1) 常時作用する荷重(F_d)

常時作用する荷重として、内包物を含めた固縛対象設備等の質量に応じて自重を考慮する。

(2) 風圧力による荷重(W_w)

風圧力による荷重は、竜巻の最大風速による荷重であり、竜巻ガイドを参考に次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

q : 設計用速度圧

G : ガスト係数(=1.0)

C : 風圧係数

A : 受圧面積 (固縛対象設備の見付面積の最大値)

$$q = \frac{1}{2} \rho \cdot V_D^2$$

ρ : 空気の密度

V_D : 固縛対象設備に作用する最大風速

上記の荷重を算出するにあたり、竜巻の風速としては設計竜巻の最大風速 $V_D=100\text{m/s}$ を使用することとする。評価条件を第 2.3.1-1 表に示す。

第 2.3.1-1 表 設計竜巻の評価条件

最大風速 V_D (m/s)	空気密度 ρ (kg/m ³)	ガスト 影響係数 G (-)
100	1.22	1.0

(3) 横滑り荷重(P_H)

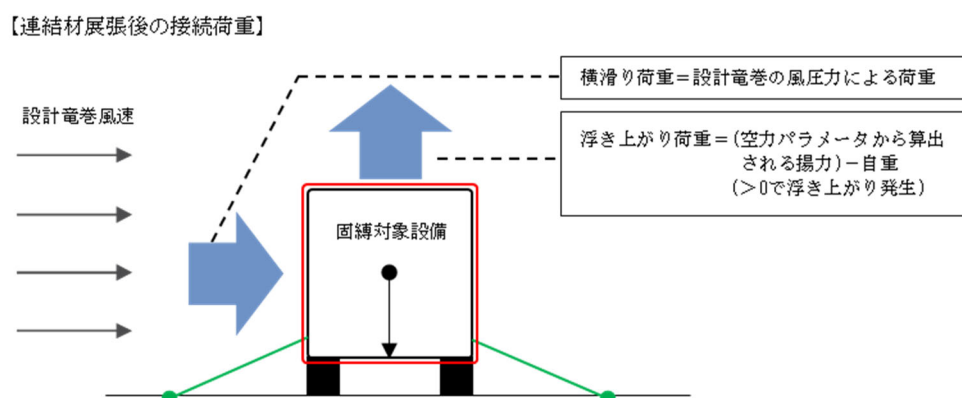
横滑りに伴い発生する荷重は、固縛対象設備等に作用する水平方向の設計竜巻の風圧力による荷重とし、「建築基準法施行令」及び「日本建築学会建築物荷重指針・同解説」に準拠して、次に示すとおり W_w とする。

$$P_H = W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

(4) 浮き上がり荷重 (P_V)

固縛対象設備等には，設計竜巻風速により風圧力による荷重が作用する。

この風圧力による荷重により，当該固縛又は固定対象設備には，形状に応じた揚力による鉛直上向き方向の荷重(以下「浮き上がり荷重」という。)が作用することとなる。浮き上がり荷重の考え方の概念図を第 2.3.1-1 図に示す。



第 2.3.1-1 図 揚力による鉛直方向荷重の概念図

固縛又は固定対象設備の形状及び重量から算出される空力パラメータを用いて竜巻の風速場をランキン渦とした場合に生じる揚力を算出し，自重より大きい場合「浮き上がる」と判断する。このときの正味の向上きの力(= (空力パラメータから算出される揚力) - (自重))を固縛又は固定対象設備に作用する浮き上がり荷重とする。

固縛又は固定対象設備の揚力と自重が等しくなる(空力パラメータが 0.0028 となる時)質量を m' とすると，鉛直方向荷重は，次に示す式となる。

$$P_V = (m' - m) \cdot g$$

m' : 固縛対象設備の空力パラメータが 0.0028 となる時の質量

m : 固縛対象設備の自重

g : 重力加速度

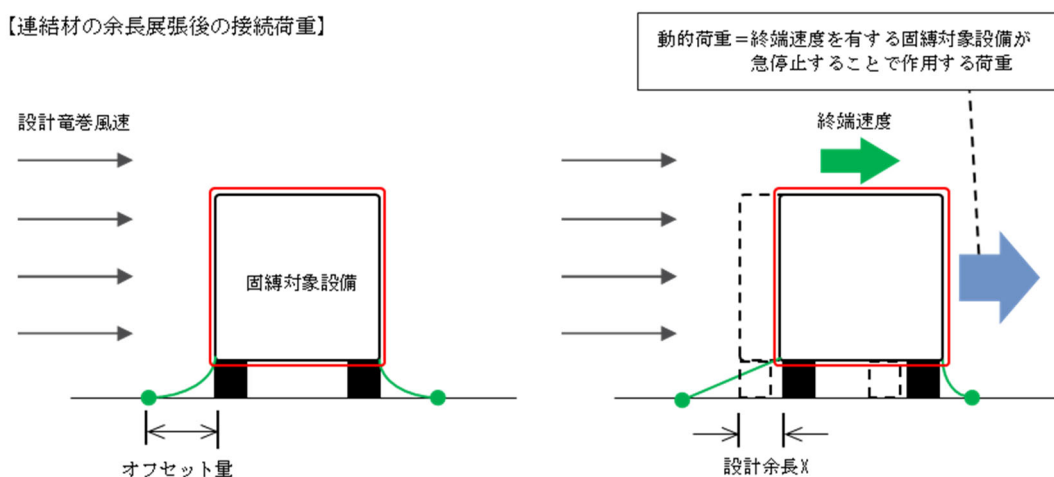
なお，空力パラメータの算出等については「東京工芸大学，“平成 21～22 年度原子力安全基盤調査研究（平成 22 年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”，独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書，平成 23 年 2 月」に基づき，以下の $C_D A/m$ として算出する。

$$\frac{C_D A}{m} = \frac{0.33(C_{D1}A_1 + C_{D2}A_2 + C_{D3}A_3)}{m}$$

(5) 動的応答荷重 (F_i)

余長を有する固縛装置の場合、固縛対象設備は前項に示す風圧力による荷重により移送される。この移送により生じる固縛対象物の質量及び速度に応じて固縛装置には動的応答荷重が発生することとなる。この動的応答荷重の考え方の概念図を第 2.3.1-2 図に示す。

動的応答荷重を以下のとおり算出する。



第 2.3.1-2 図 動的応答荷重の概念図

(6) 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を第 2.3.1-1 表に示す。

第 2.3.1-1 表 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
V_D	m/s	設計竜巻の最大風速
$C_{Di} (i=1, 2, 3)$	-	固縛対象設備の形状に応じた抗力係数
$A_i (i=1, 2, 3)$	m ²	固縛対象設備の各面の見付面積
W	m	固縛対象設備の幅
L	m	固縛対象設備の長さ
H	m	固縛対象設備の高さ
m	kg	固縛対象設備の質量
g	m/s ²	重力加速度 (g=9.80665)
ρ	kg/m ³	空気密度
q	N/m ²	設計用速度圧
G	-	ガスト影響係数
C	-	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
A	m ²	固縛対象設備の最大見付面積
$V_{SAS,F}$	m/s	固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速
$V_{SAS,S}$	m/s	固縛対象設備が横滑りを開始する風速
$C_D A/m$	m ² /kg	空力パラメータ
μ_s	-	固縛対象設備と路面の静摩擦係数
μ_d	-	固縛対象設備と路面の動摩擦係数
X	mm	固縛装置の設計余長
L_{OF}		固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量
n	箇所	固縛装置の設置箇所数
n'	個	固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数
k	N/m	連結材の等価剛性 (= $E_{RP} \cdot A_{RP} / L_{RP}$)
E_{RP}	N/mm ²	連結材の弾性係数
A_{RP}	mm ²	連結材の断面積
L_{RP}	m	連結材の長さ
F_d	kN	固縛対象設備の自重
P_v	kN	固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重
P_H	kN	固縛対象設備に作用する横滑り荷重
P_i	kN	固縛対象設備に作用する動的荷重

2.3.2 動的荷重を考慮する対象設備の選定

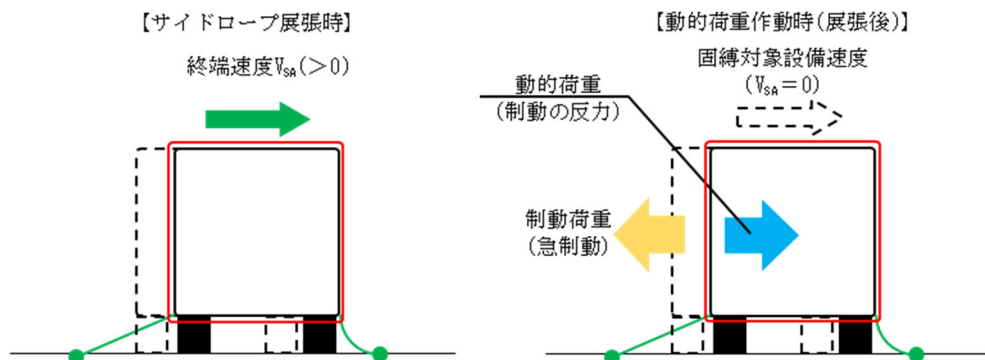
動的荷重は、余長を有する固縛装置に対し考慮する。

(1) 固縛装置作動に伴い発生する動的荷重

固縛装置が作動（余長が展張）することで、固縛対象設備は急制動により停止し、第2.3.2-1図に示すように、固縛装置には、制動荷重の反力として動的荷重が発生する。

制動荷重は、固縛対象設備が固縛装置の展張直前に有していた速度 V_{SA} が Δt の間に $0 (= \text{停止})$ になったとし、固縛対象設備が損失した運動量と力積との関係によって算出することができ、動的荷重も制動荷重の反力であるから同様に算出できる。

固縛対象設備が停止したときには、連結材を弾性体として、弾性的な荷重が作用するモデルにて評価し、固縛対象設備が損失した運動量による制動荷重の反力が、動的荷重として作用すると考え、以下の手順によって動的荷重を算出する。



第2.3.2-1図 連結材の展張以後の固縛対象設備の概要モデル

a. 固縛対象設備の移送開始風速の算出

固縛対象設備が移送を始める時の風速を算出する。

鉛直方向移送の開始風速 $V_{SAS,F}$ は、浮き上がり荷重 P_V が 0 となる時の風速であり、以下の式によって算出する。

$$V_{SAS,F} = \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\rho \cdot \frac{C_D A}{m}}}$$

水平方向移送の開始風速 $V_{SAS,S}$ は、風圧力による荷重と静止摩擦力が釣り合った時の風速であり、以下の式によって算出する。

$$V_{SAS,S} = \sqrt{\frac{2\mu_s \cdot g}{\rho \cdot \left(\frac{G \cdot C \cdot A}{m} + \mu_s \frac{C_D A}{m} \right)}}$$

μ_s : 固縛対象設備の静摩擦係数 (=0.44)

(道路構造令の記載値を参考として、保守的に 20km/h の路面の
タイヤのすべり摩擦係数を静摩擦係数として設定)

b. 固縛装置の余長がなくなる時点での終端速度の算定

固縛対象設備が挙動を開始してから連結材(サイドロープ)が展張する時点での固縛対象設備が持つ速度である終端速度 $v_{SA,OT}$ を算出する。以下横滑りに対して、算定例を記載する。

固縛対象設備が横滑りを始めた風速から最大風速となる風速を、設計竜巻の風速分布曲線より、保守性を考慮して線形近似した以下の式を使用する。

$$v'_{SA} = at + b \quad \dots (2.1)$$

v'_{SA} : t 秒後に固縛対象設備が受ける竜巻の風速

a : 風速の近似式の定数

b : 風速の近似式の定数 (=滑り出し速度)

停止している固縛対象設備が動き出し、設計余長分を移動した時の加速度 a_{SA} を、荷重と加速度の関係から算出する。

$$a_{SA} = \frac{F}{m} = \frac{P_H - F_{fd}}{m} \\ = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{G \cdot C \cdot A}{m} + \mu_d \cdot \frac{C_D A}{m} \right) v'^2_{SA} - \mu_d \cdot g \quad \dots (2.2)$$

F_{fd} : 固縛対象設備に作用する動摩擦力

μ_d : 固縛対象設備の動摩擦係数 (=0.29)

道路構造令の記載数値を参考として、保守的に 120km/h の路面
とタイヤのすべり摩擦係数を動摩擦係数として設定)

ここで、K を以下に示すように置いて、(2.2)式の v'_{SA} に(2.1)式を代入し、t に対する式として整理すると、(2.3)式となる。

$$K = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{G \cdot C \cdot A}{m} + \mu_d \cdot \frac{C_D A}{m} \right) \\ a_{SA} = K \cdot a^2 \cdot t^2 + 2K \cdot a \cdot b \cdot t + (K \cdot b^2 - \mu_d \cdot g) \quad \dots (2.3)$$

固縛対象設備の速度 v_{SA} は、加速度 a_{SA} を時間 t で積分し、初期条件を考慮することで(2.4)式となる。(初期条件 $t=0$ のとき、 $v_{SA}=0$)

$$\begin{aligned} v_{SA} &= \int a_{SA} dt \\ &= \frac{1}{3}K \cdot a^2 \cdot t^3 + K \cdot a \cdot b \cdot t^2 + (K \cdot b^2 - \mu_d \cdot g)t \quad \dots (2.4) \end{aligned}$$

固縛対象設備の移動距離 x_{SA} は、速度 v_{SA} を時間 t で積分し、初期条件を考慮すると以下の式となる。(初期条件 $t=0$ のとき、 $x_{SA}=0$)

$$\begin{aligned} x_{SA} &= \int v_{SA} dt \\ &= \frac{1}{12}K \cdot a^2 \cdot t^4 + \frac{1}{3}K \cdot a \cdot b \cdot t^3 \\ &\quad + \frac{1}{2}(K \cdot b^2 - \mu_d \cdot g)t^2 \quad \dots (2.5) \end{aligned}$$

固縛対象設備の移動距離 x_{SA} が設計余長 X となるケースとして、(2.5)式を t について解くと、滑り始めてから固縛装置が作動するまでの時間 t_i が算出できる。

(2.4)式に t_i を代入することで、固縛装置が作動する時点での固縛対象設備の速度として、終端速度 $v_{SA,OT}$ が算出される。

c. 固縛装置に作用する動的荷重の算定

固縛対象設備の停止時に、固縛装置に作用する動的荷重は、急制動による停止に伴う動的荷重によって連結材に作用する張力は以下による算定する。固縛装置が作用し始めて Δt の間に停止したとすると、連結材に発生する動的荷重 F_i と運動量の関係は、(2.6)式に示すとおりとなる。

$$\int_0^{\Delta t} F_i(t) dt = m \cdot v_{SA} \quad \dots (2.6)$$

連結材の等価剛性を k として、連結材に張力が作用し、固縛対象設備の速度が 0 になったとすると、振幅を B として、連結材の変位 x_{RP} は、(2.7)式で表される。

$$x_{RP} = B \sin \left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t \right) \quad \dots (2.7)$$

また、フックの法則により連結材に発生する動的荷重 F_i は、(2.8)式となる。

$$F_i(t) = k \cdot x_{RP} = k \cdot B \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t\right) \dots (2.8)$$

k : 連結材の等価剛性

(2.8)式を(2.6)式に代入して積分し、初期条件を考慮して、振幅について解くと(2.9)式となる。(初期条件 : $t=0$ のとき $v_{SA}=v_{SA,0T}$, $t=\Delta t$ のとき $v_{SA}=0$)

$$B = v_{SA,0T} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \dots (2.9)$$

また、動的荷重 F_i は、(2.8)式の正弦関数が1のときに最大値(= $k \cdot B$)となり、連結材の変位も最大となる。その時間 t_i' は、以下の式となる。

$$t_i' = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

さらに、固縛装置には、前述の動的応答荷重に加え、風圧力による荷重と動摩擦力の差分による静荷重 F_i' が作用する。

固縛対象設備に作用する風速は、(2.1)式に (t_i+t_i') を代入して算出する。なお、このとき、揚力が自重を上回る場合には、摩擦力は考慮しない。

$$v'_{SA} = a \cdot (t_i + t_i') + b$$

$$F_i' = W_W - F_{fd} \\ = \frac{1}{2} m \cdot \rho \left(\frac{G \cdot C \cdot A}{m} + \mu_d \cdot \frac{C_D A}{m} \right) v'_{SA}{}^2 - \mu_d \cdot m \cdot g$$

固縛装置作動により固縛対象設備の急停止に伴う荷重は、動的荷重 F_i に静荷重 F_i' を加算した荷重とし、固縛装置の動的荷重 P_i とする。

2.3.3 荷重の組合せ

固縛対象設備に作用する荷重は、常時作用する荷重(F_d)、揚力による鉛直方向荷重(P_v)、風圧力による荷重(P_H)及び動的応答荷重(P_i)を考慮する。

余長を設けた固縛装置には、風圧力による荷重が作用すると移動を始め、移動量が設計余長を超えると連結材が展張し、固縛装置に動的荷重が作用するため、この動的荷重も考慮する。なお、連結材の展張以後は、竜巻の風速場の特性を考えると、竜巻の風荷重が風向きを変えながらも固縛対象設備に持続的に作用し続けるため、

連結材も展張し続け竜巻が通過するまで、固縛対象設備は、円弧を描くように環状に移動すると考えられるため、風荷重が持続荷重として継続して作用する。

また、竜巻の最大風速時に浮き上がり及び横滑りの両方が発生する固縛対象設備については、各評価対象部位に対し、両方の荷重状態を比較し大きい荷重を設計荷重とする。

浮き上がりに伴い固縛装置に作用する荷重の算出については、空力パラメータから算出した揚力が自重よりも大きく、浮き上がると判断される固縛対象設備に対して行う。

横滑りに伴い固縛装置に作用する荷重の算出については、固縛対象設備が横滑りによって移動した場合に、設計基準事故に対処するための設備及び同じ機能を有する他の重大事故等対処設備との間に障害物がないために衝突し、悪影響を及ぼす可能性がある固縛対象設備に対して行う。

設計竜巻の風荷重は、固縛対象設備等の形状及び風荷重の作用方向による見付面積に応じて異なるため、固縛対象設備等に最も厳しくなる方向の風圧力に対して、荷重を設定する。一方、風荷重は、固縛対象設備の外面に沿って作用することには変わらず、見付面積に直角方向に作用する時が、作用する風圧力が全て固縛対象設備等に作用することから、最も厳しい荷重状態となるため、この時の荷重を設定する。

荷重の組合せを第 2.3.3-1 表に示す。

第 2.3.3-1 表 強度評価における荷重の組合せ

	常時作用する荷重 (F_d)	揚力による鉛直方向荷重 (P_v)	横滑りに伴い発生する荷重 (P_H)	動的応答荷重 (P_i)
固縛装置 (余長あり)	○	○	○	○
固縛装置 (余長なし)	○	○	○	—
固定装置	○	○	○	—

2.3.4 設計荷重の選定

設計荷重の選定に当たっては、浮き上がりに伴い発生する荷重、横滑りに伴い発生する荷重及び固縛装置が挙動を停止させることにより発生する動的荷重又は静的荷重を考慮し、評価対象部位に対してより厳しい荷重を設計荷重とする。

3. 設計方針

3.1 固縛装置

固縛装置の設置目的は、設計竜巻が襲来した際、固縛対象設備が飛散又は横滑りにより竜巻防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突することを防止すること(悪影響防止)である。

そのため、竜巻による固縛対象設備の浮き上がり又は横滑りによる移動を制限する際に、固縛装置に作用する荷重に対して、固縛状態を維持することが求められる。そこで、固縛装置は、設計荷重(竜巻)に対し、固縛状態を維持するために必要な強度を有する設計とする。

以上により、固縛装置の強度設計においては、構成要素ごとに強度評価を実施する。

固縛装置は、連結材の余長の有無に違いはあるが構成要素は同一で、強度評価の方法に関しても同じであり、第3.1-1表に示すとおりとする。

固縛装置の選定及びその固縛装置に対する強度評価について、添付書類「VI-1-1-1-2-4-2-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度計算書」に示す。

「2.1 固縛対象設備の選定」にて選定された固縛対象設備について、固縛装置の対策目的及び型式(構成要素の組合せ)を第3.1-2表に示す。

第3.1-1表 固縛装置の構成

型式	構成要素		
	連結材	固定材	基礎部 (アンカーボルト)
A	高強度繊維ロープ (余長あり)	フレノ・リンクボルト アンカープレート	頭付アンカーボルト
B	高強度繊維ロープ (余長なし)	フレノ・リンクボルト アンカープレート	頭付アンカーボルト
C	高強度繊維ロープ (余長なし)	フレノ・リンクボルト アンカープレート	接着系アンカーボルト
D	高強度繊維ロープ (余長なし)	シャックル アンカープレート	頭付アンカーボルト

第 3.1-2 表 固縛装置の対策目的及び型式(1/2)

固縛対象設備		保管に関する事項			固縛装置対策目的		型式	備考
区分	設備名称	保管単位	保管状態の特記事項	保管場所*	横滑り	浮き上がり		
車両型	可搬型中型移送ポンプ運搬車	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	
	ホース展張車	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	
	運搬車	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	
	軽油用タンクローリ	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	
	大型移送ポンプ車	台	—	エリア1 エリア2	○	—	A	
	監視測定用運搬車	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	

注記 *：保管場所は以下を示す。

エリア1：外部保管エリア1屋外エリア

エリア2：外部保管エリア2屋外エリア

第 3.1-2 表 固縛装置の対策目的及び型式(2/2)

固縛対象設備		保管に関する事項			固縛装置対策目的		型式	備考
区分	設備名称	保管単位	保管状態の特記事項	保管場所*	横滑り	浮き上がり		
車両型以外	けん引車	台	—	エリア1 エリア2	○	○	B, C	
	ホイールローダ	台	—	エリア1 エリア2	○	—	B	
	可搬型放水砲	台	—	エリア1 エリア2	○	○	D	
	可搬型建屋外ホース	基	ホースコンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	D	
	可搬型汚濁水拡散防止フェンス	基	ホースコンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	D	

注記 * : 保管場所は以下を示す。

エリア1 : 外部保管エリア1 屋外エリア

エリア2 : 外部保管エリア2 屋外エリア

3.2 固定装置

固定装置の設置目的は、設計竜巻が襲来した際、固定対象設備が飛散又は横滑りにより竜巻防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に衝突することを防止すること(悪影響防止)である。

そのため、竜巻による固定対象設備の浮き上がり又は横滑りによる移動を制限する際に、固定装置に作用する荷重に対して、固定状態を維持することが求められる。そこで、固定装置は、設計荷重(竜巻)に対し、固定状態を維持するために必要な強度を有する設計とする。

以上により、固定装置の強度設計においては、構成要素ごとに強度評価を実施する。

固定装置の構成要素を整理し、第 3.2-1 表に示す。

固定装置の選定及びその固定装置に対する強度評価について、添付書類「「VI-1-1-1-2-4-2-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度計算書」」に示す。

「2.1 固縛対象設備等の選定」にて選定された固定対象設備について、固定装置の対策目的及び型式(構成要素の組合せ)を第 3.2-2 表に示す。

第 3.2-1 表 固定装置の構成

型式	固定材	基礎部(アンカーボルト)
A	取付ボルト ベースプレート	接着系アンカーボルト
B	取付ボルト ベースプレート	頭付アンカーボルト
C	—	接着系アンカーボルト

第 3. 2-2 表 固定装置の対策目的及び型式(1/2)

固定対象設備		保管に関する事項			固定装置対策目的		型式	備考
区分	設備名称	保管単位	保管状態の特記事項	保管場所*	横滑り	浮き上がり		
車両型以外	可搬型中型移送ポンプ	台	—	エリア1 エリア2	○	○	A	
	可搬型空気圧縮機	台	—	建屋近傍	○	—	B	
	可搬型発電機	台	—	建屋近傍	○	—	B	
	可搬型建屋外ホース	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	可搬型建屋内ホース	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	放射性物質吸着材	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	燃料補給用可搬型ホース	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	可搬型排水受槽	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	

注記 * : 保管場所は以下を示す。

エリア1 : 外部保管エリア1 屋外エリア

エリア2 : 外部保管エリア2 屋外エリア

第 3. 2-2 表 固定装置の対策目的及び型式(2/2)

固定対象設備		保管に関する事項			固定装置対策目的		型式	備考
区分	設備名称	保管単位	保管状態の特記事項	保管場所*	横滑り	浮き上がり		
車両型以外	可搬型スプレイヘッド	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	可搬型デミスタ	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	
	可搬型フィルタ	基	収納コンテナに収納して保管	エリア1 エリア2	○	○	C	

注記 *：保管場所は以下を示す。

エリア1：外部保管エリア1屋外エリア

エリア2：外部保管エリア2屋外エリア

4. 評価方針

固縛装置等の強度評価は、設計荷重(竜巻)が固縛装置等に作用することにより、評価対象部位に作用する荷重及び応力等が、「5. 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「6. 強度評価方法」に示す方法により確認する。

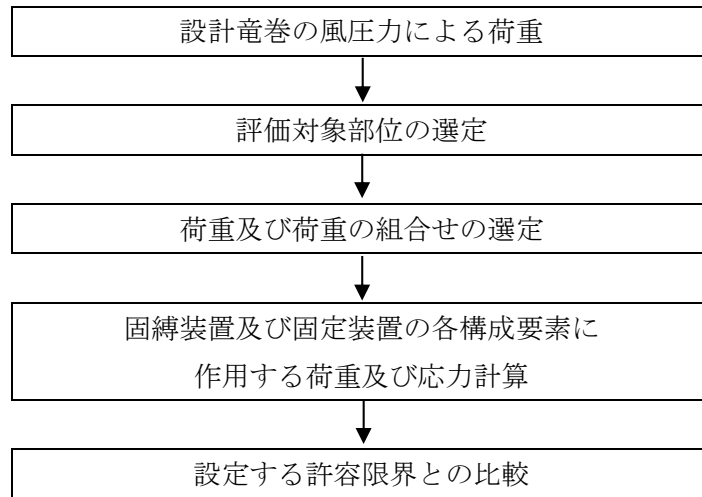
固縛装置等の強度評価においては、その構造を踏まえ、「2.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

4.1 強度評価方針

固縛装置等の強度評価フローを第 4.1-1 図に示す。

固縛装置の強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻の風圧力による荷重が固縛対象設備に作用した場合に、固縛装置を構成している連結材、固定材及び基礎部に作用する荷重、応力等が「5. 許容限界」にて示すそれぞれの許容限界以下であることを確認する。

固定装置の強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻の風圧力による荷重が固定対象設備に作用した場合に、固定装置を構成している固定材及び基礎部に作用する荷重、応力等が「5. 許容限界」にて示すそれぞれの許容限界以下であることを確認する。



第 4.1-1 図 固縛装置等の強度評価フロー

4.2 評価対象部位

4.2.1 固縛装置の評価対象部位

固縛装置の評価対象部位は、「2.2.1 固縛装置」にて設定している構造に基づき、「2.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す設計竜巻の風圧力の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

(1) 連結材

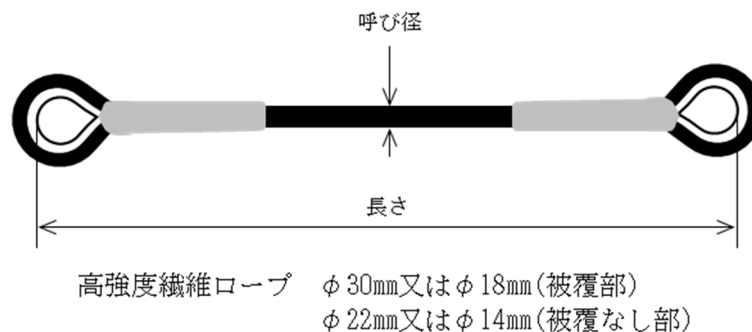
固縛対象設備から受ける荷重を固定材に伝達することから、高強度繊維ロープ本体を評価対象とする。高強度繊維ロープの概要図を第 4.2.1-1 図に示す。

また

高強度繊維ロープ (φ22 又は φ14) を評価対象部位

として選定する。

なお、上記の の日常管理の運用については、保安規定に定めて管理する。



第 4.2.1-1 図 連結材の評価対象部位

(2) 固定材

a. フレノ・リンクボルト及びシャックル

連結材から受ける荷重がフレノ・リンクボルト及びシャックルに作用することから、フレノ・リンクボルト本体及びシャックル本体を評価対象部位として設定する。

- ・フレノ・リンクボルト
- ・シャックル

b. アンカープレート

アンカープレートは、フレノ・リンクボルト及びシャックルから受ける荷重が作用するため、ベースプレートを評価対象部位として設定する。

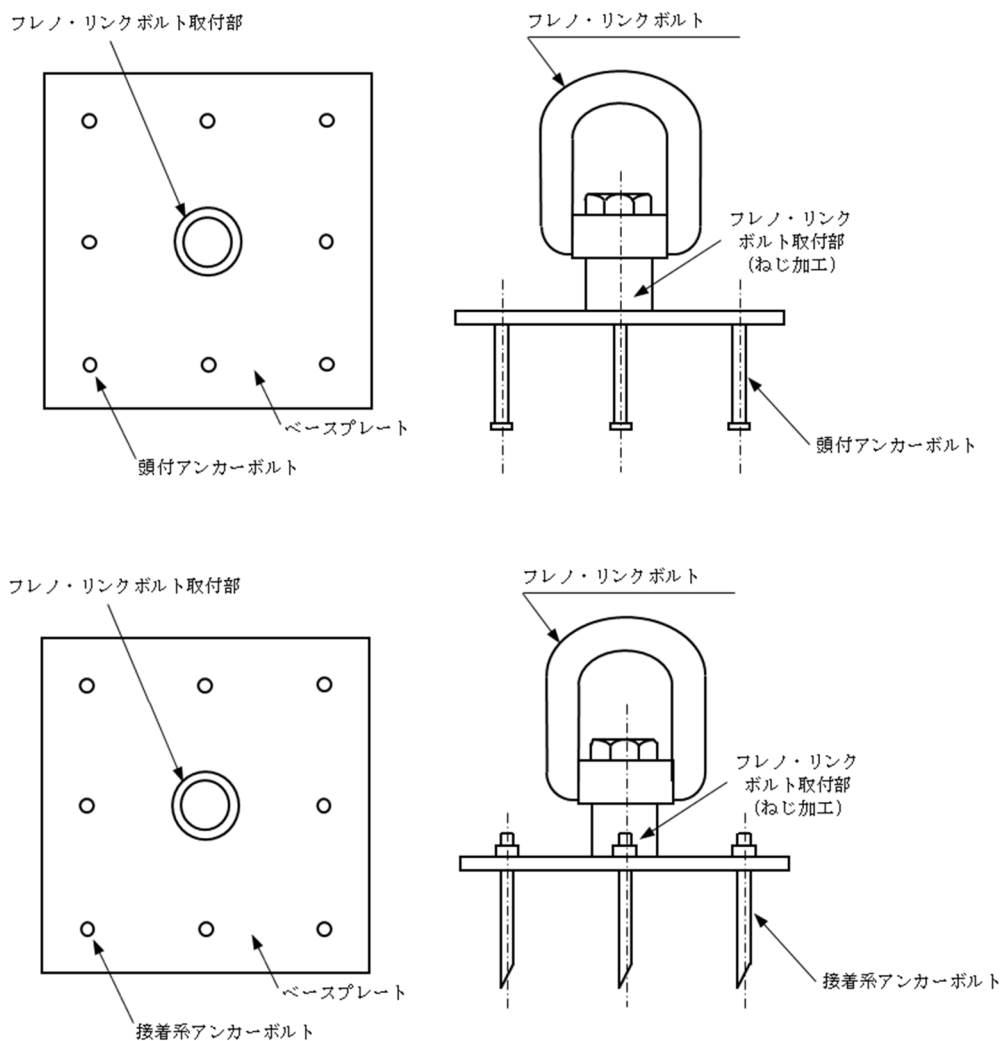
- ・ベースプレート

(3) 基礎部(アンカーボルト)

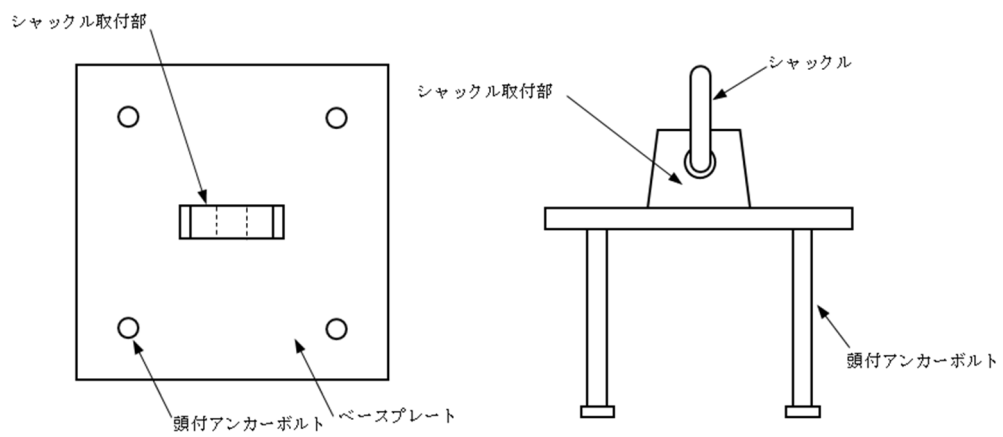
頭付アンカーボルト及び接着系アンカーボルトにより構成されるため、評価対象部位として設定する。

- ・頭付アンカーボルト
- ・接着系アンカーボルト

固定材(フレノ・リンクボルト及びアンカープレート)及び基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位を第4.2.1-2図, 固定材(シャックル及びアンカープレート)及び基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位を第4.2.1-3図に示す。



第4.2.1-2図 固定材(フレノ・リンクボルト及びアンカープレート)及び基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位



第 4.2.1-3 図 固定材(シャックル及びアンカープレート)及び基礎部(アンカーボルト)の
評価対象部位

4.2.2 固定装置の評価対象部位

評価対象部位は、「2.2.2 固定装置」にて設定している構造に基づき、「2.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す設計竜巻の風圧力の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

(1) 可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機

a. 固定材(取付ボルト, ベースプレート)

固定対象物から受ける荷重は、取付ボルト①, ベースプレートの順に作用することから、これら进行评估対象部位として設定する。

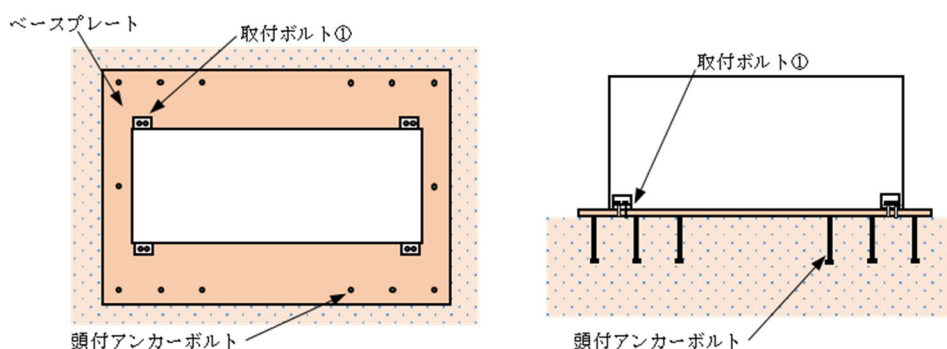
- ・取付ボルト①
- ・ベースプレート

b. 基礎部(アンカーボルト)

頭付アンカーボルトにより構成されるため、評価対象部位として設定する。

- ・頭付アンカーボルト

可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の固定材(取付ボルト, ベースプレート)及び基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位を第4.2.2-1図に示す。



第4.2.2-1図 可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の評価対象部位

(2) 可搬型中型移送ポンプ

a. 固定材(取付ボルト, ベースプレート)

固定対象物から受ける荷重は、取付ボルト②, 取付ボルト①, ベースプレートの順に作用することから、これら进行评估対象部位として設定する。

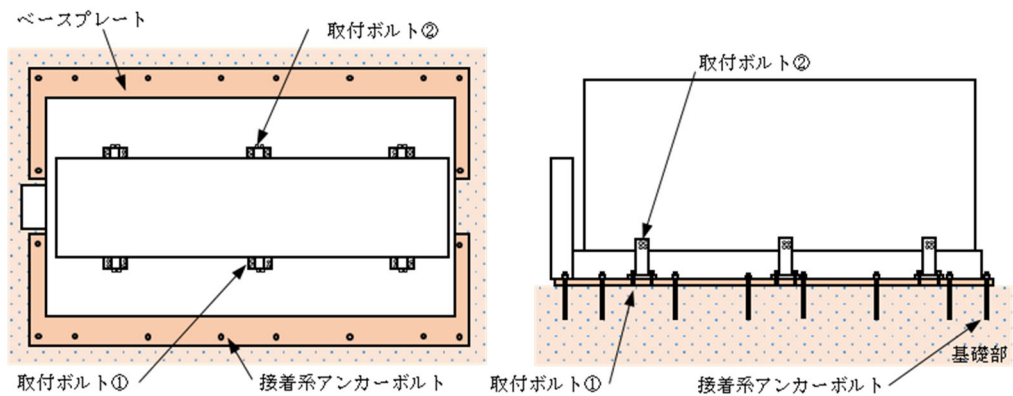
- ・取付ボルト①, 取付ボルト②
- ・ベースプレート

b. 基礎部(アンカーボルト)

接着系アンカーボルトにより構成されるため、評価対象部位として設定する。

- ・接着系アンカーボルト

可搬型中型移送ポンプの固定材(取付ボルト, ベースプレート)及び基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位を第4.2.2-2図に示す。



第 4. 2. 2-2 図 可搬型中型移送ポンプの評価対象部位

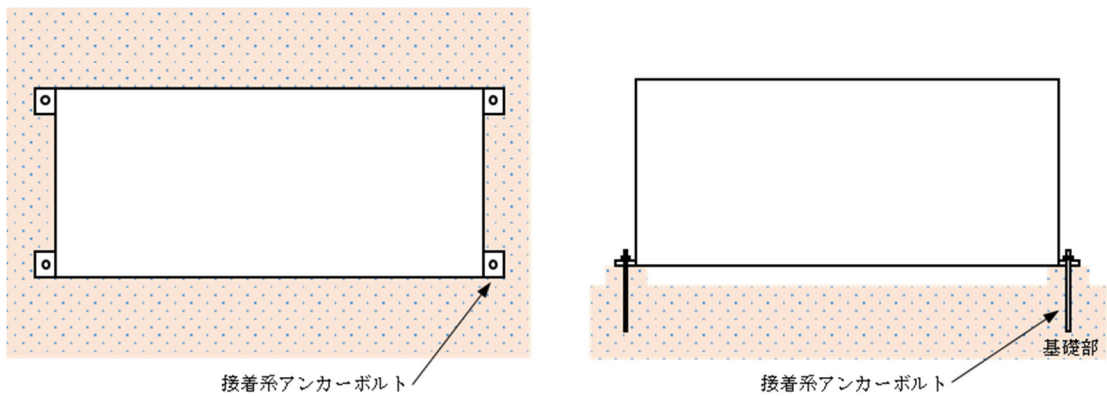
(3) 収納コンテナ

a. 基礎部(アンカーボルト)

接着系アンカーボルトにより直接固定されるため、評価対象部位として設定する。

- ・接着系アンカーボルト

収納コンテナの基礎部(アンカーボルト)の評価対象部位を第 4. 2. 2-3 図に示す。



第 4. 2. 2-3 図 収納コンテナの評価対象部位

5. 許容限界

固縛装置等の許容限界は、「3. 設計方針」を踏まえ、評価対象部位ごとに、評価内容に応じて設定する。

固縛装置等は、竜巻による固縛対象設備等の浮き上がり又は横滑りによる移動を制限する際に、固縛装置等に作用する荷重に対して、固縛又は固定状態を維持することが求められることを踏まえ、終局耐力を許容限界として設定する。

上記の終局耐力を確保する上で変形を抑えるべき部位に対しては許容限界として短期許容応力度を適用する。また、メーカーにより限界荷重に対して安全率を考慮した使用限界荷重が設定されている部位については、これを許容限界として設定する。

これらの許容限界の設定について、第 5-1 表に示す。

5.1 固縛装置の許容限界

固縛装置を構成する各部位の設計に用いる許容限界を設定する。

5.1.1 連結材

固縛に必要となる連結材(メインロープ及びサイドロープ)については、設計荷重に対し、連結材の破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、メーカー保証値を許容限界とする。

5.1.2 固定材

(1) フレノ・リンクボルト及びシャックル

固定材のうち、フレノ・リンクボルト及びシャックルについては、設計荷重(竜巻)に対し、フレノ・リンクボルト及びシャックルの破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、メーカー保証値を許容限界とする。

(2) アンカープレート

固定材のうち、アンカープレートについては、設計荷重(竜巻)に対し、鋼材の破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「鋼構造塑性設計指針」に基づく、部材の終局耐力を許容限界とする。

5.1.3 基礎部(アンカーボルト)

(1) 頭付アンカーボルト

基礎部(アンカーボルト)のうち、頭付アンカーボルトについては、設計荷重(竜巻)に対し、頭付アンカーボルトの破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく、短期許容荷重を許容限界とする。

(2) 接着系アンカーボルト

基礎部(アンカーボルト)のうち、接着系アンカーボルトについては、設計荷重(竜巻)に対し、接着系アンカーボルトの破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく、短期許容荷重を許容限界とする。

5.2 固定装置の許容限界

固定装置を構成する各部位の設計に用いる許容限界を設定する。

5.2.1 固定材

(1) 取付ボルト

固定材のうち、取付ボルトについては、設計荷重(竜巻)を確実に固定治具に伝達させるために、取付ボルトの破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「鋼構造設計規準」に基づく短期許容応力を許容限界とする。

(2) ベースプレート

固定材のうち、ベースプレートについては、設計荷重(竜巻)に対して固定状態を維持させるため、破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「鋼構造設計規準」に基づく短期許容応力を許容限界とする。

5.2.2 基礎部(アンカーボルト)

(1) 頭付アンカーボルト

基礎部(アンカーボルト)のうち、頭付アンカーボルトについては、設計荷重(竜巻)に対して固定状態を維持し、ベースプレートの変形能力を発揮出来るまで破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく、短期許容荷重を許容限界とする。

(2) 接着系アンカーボルト

基礎部(アンカーボルト)のうち、接着系アンカーボルトについては、設計荷重(竜巻)に対し、接着系アンカーボルトの破断が生じない十分な強度を有することを確認する方針であることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく、短期許容荷重を許容限界とする。

第 5-1 表 許容限界一覧

システム	部位	許容限界	適用基準等
固縛装置	連結材	使用限界荷重	メーカー保証値
	フレノ・リンクボルト シャックル	使用限界荷重	メーカー保証値
	アンカープレート	終局耐力	鋼構造塑性設計指針
	頭付アンカーボルト 接着系アンカーボルト	短期許容耐力	各種合成構造設計指針・ 同解説
固定装置	取付ボルト	短期許容応力度	鋼構造設計規準
	ベースプレート	短期許容応力度	鋼構造設計規準
	頭付アンカーボルト 接着系アンカーボルト	短期許容耐力	各種合成構造設計指針・ 同解説

6. 強度評価方法

6.1 固縛装置

6.1.1 記号の定義

(1) 強度評価の記号の定義

連結材の強度評価に用いる記号を第 6.1.1-1 表、固定材及び基礎部（アンカーボルト）の強度評価に用いる記号を第 6.1.1-2 表に示す。

第 6.1.1-1 表 連結材の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_d	kN	固縛対象設備の自重
P_V	kN	固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重
P_H	kN	固縛対象設備に作用する横滑り荷重
P_i	kN	固縛対象設備に作用する動的荷重
P	kN	固縛対象設備に作用する検討用荷重
N	箇所	固縛装置の設置箇所数又は有効箇所数
n_1	個	固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数
P_1	kN	連結材 1 組あたりに作用する荷重
$P_{1,m}$	kN	連結材(メインロープ)1 組あたりに作用する荷重
$P_{1,s}$	kN	連結材(サイドロープ)1 組あたりに作用する荷重
P_B	kN	連結材 1 本当たりに作用する拘束荷重(余長無し)
θ_{v1}	deg	浮き上がり時に固縛装置の連結材と定着面となす角度
θ_{v2}	deg	横滑り時に固縛装置の連結材と定着面となす角度
θ_m	deg	横滑り時(正面方向)に固縛装置の連結材と定着面となす角度
θ_H	deg	横滑り時(正面方向)に固縛装置の連結材が初期位置と展張時の位置となす角度
θ_{v4m}	deg	横滑り時(短辺方向)に固縛装置の連結材が初期位置とつり合い状態時の位置となす角度
θ_{v4H}	deg	横滑り時(短辺方向)に固縛装置の連結材が初期位置とつり合い状態時の位置となす角度
$C_{Di} (i=1, 2, 3)$	—	固縛対象設備の形状に応じた抗力係数
$A_i (i=1, 2, 3)$	m ²	固縛対象設備の各面の見付面積
H	m	固縛対象設備の高さ

第 6. 1. 1-2 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(1/4)

記号	単位	定義
F_d	kN	固縛対象設備の自重
P_v	kN	固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重
P_H	kN	固縛対象設備に作用する横滑り荷重
P_i	kN	固縛対象設備に作用する動的荷重
P	kN	固縛対象設備に作用する検討用荷重
N	箇所	固縛装置の設置箇所数
n_2	個	固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数
P_2	kN	フレノ・リンクボルト 1 本あたりに作用する荷重
P_3	kN	アンカープレート 1 箇所あたりに作用する荷重
θ_{v1}	deg	浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度
θ_{v2}	deg	横滑り時(側面方向)に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度
θ_m	deg	横滑り時(正面方向)に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度
θ_H	deg	横滑り時(正面方向)に固縛装置の連結材(サイドロープ)が初期位置と展張時の位置とのなす角度
R	mm	固縛対象物と固定治具との離隔距離
H	m	固縛対象設備の高さ
m	kg	固縛対象設備の質量
f	N/mm ²	鋼材の基準強度
σ_y	N/mm ²	検討対象部材の降伏応力度で, 基準強度 F 値を 1.1 倍した値
τ_y	N/mm ²	検討対象部材のせん断降伏応力度 ($\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3}$)
f_b	N/mm ²	検討対象部材の短期許容曲げ応力度
f_t	N/mm ²	検討対象部材の短期許容引張応力度
h	mm	ベースプレート板厚芯からのフレノ・リンクボルト芯までの高さ
L_1	mm	両端のアンカーボルト芯間距離
d_t	mm	ベースプレート端部から引張側アンカーボルト芯までの距離
b_B	mm	ベースプレートの幅
b_t	mm	ベースプレートの厚さ

第 6.1.1-2 表 固定材及び基礎部（アンカーボルト）の強度評価に用いる記号 (2/4)

記号	単位	定義
BZ_{py}	mm	ベースプレートの y 軸まわりの塑性断面係数
BZ_{px}	mm	ベースプレートの x 軸まわりの塑性断面係数
BA	mm	ベースプレートの断面積
BM_y	kN・mm	x 方向検討荷重によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント
BM_x	kN・mm	y 方向検討荷重によるベースプレートの x 軸まわり曲げモーメント
BM_{y-z}	kN・mm	z 方向検討荷重によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント
BM_{py}	kN・mm	ベースプレートの y 軸まわりの終局曲げモーメント
BM_{px}	kN・mm	ベースプレートの x 軸まわりの終局曲げモーメント
BQ_x	kN	x 方向検討荷重によるベースプレートのせん断力
BQ_y	kN	y 方向検討荷重によるベースプレートのせん断力
BQ_{x-z}	kN	z 方向検討荷重によるベースプレートのせん断力
BQ_{px}	kN	x 方向検討荷重に対するベースプレートの終局せん断力
BQ_{py}	kN	y 方向検討荷重に対するベースプレートの終局せん断力
BQ_{pz}	kN	z 方向検討荷重に対するベースプレートの終局せん断力
$A\alpha$	-	アンカーボルトのねじ部における断面積の低減を考慮した係数 (=0.75)
AA_e	mm ²	アンカーボルトの有効断面積
n	本	一組のアンカープレートにおけるアンカーボルト本数
n'	本	一組のアンカープレートにおける引張側アンカーボルト本数
AT_V	kN	z 方向の検討荷重によりアンカーボルト 1 本当たりに生ずる引張力
AT_H	kN	x 又は y 方向の検討荷重によりアンカーボルト 1 本当たりに生ずる引張力
ϕ_1	-	アンカーボルトの許容引張力を決定する際の低減係数で、アンカーボルトの降伏による場合は 1.0 アンカーボルトの許容せん断力を決定する際の低減係数で、アンカーボルトのせん断強度による場合は 1.0
F_e	N/mm ²	アンカーボルトが定着するコンクリートの設計基準強度 (=30)
$s\sigma_{qa}$	N/mm ²	アンカーボルトの短期許容せん断応力度 (=0.7×f _t)
AQ	kN	検討荷重によりアンカーボルト 1 本当たりに生ずるせん断力

第 6. 1. 1-2 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(3/4)

記号	単位	定義
γ	kN/m ³	基礎自重算定用のコンクリートの単位体積重量
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの検討において、アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
Q_{a2}	kN	アンカーボルトの検討において、定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
ϕ_2	—	アンカーボルトの許容せん断力を決定する際の低減係数で、コンクリートの支圧及び躯体のコーン状破壊による場合は 2/3
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	基礎コンクリートの支圧強度で、 $0.5 \times \sqrt{F_c \cdot E_c}$
E_e	N/mm ²	コンクリートのヤング係数で、 $3.35 \times 10^4 \times (\gamma/24)^2 \times (F_c/60)^{1/3}$
A_c	mm ²	引張力に対するコーン状破壊面の有効水平投影面積 ($A_c = \pi \cdot L_e(L_e + D)$) (D: 頭付きアンカーボルトの頭部の直径)
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積
L_e	mm	頭付アンカーボルトの有効埋込み長さ
c	mm	アンカーボルトのせん断力方向の側面に対するへりあき寸法
P_{a1}	kN	アンカーボルトの検討において、アンカーボルトの降伏により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力
P_{a2}	kN	アンカーボルトの検討において、アンカーボルトのコーン状破壊により決定される頭付アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力
P_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力
Q_{a3}	kN	アンカーボルトの検討において、定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力
A_L	mm	接着系アンカーボルトにおいては、埋込長さ
A_{Le}	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込長さ
$A_{L_{ce}}$	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込長さ
A_{d_a}	mm	接着系アンカーボルトの呼び径
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	—	接着系アンカーボルトにおいて、へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数
C_1, C_2, C_3	mm	接着系アンカーボルトのへりあき寸法又はアンカーボルトピッチの 1/2

第 6. 1. 1-2 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(4/4)

記号	単位	定義
P_{a3}	kN	アンカーボルトの検討において、接着系アンカーボルトの付着力により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力
ϕ_3	—	接着系アンカーボルトの許容引張力を決定する際の付着力による低減係数(=2/3)
τ_a	N/mm ²	接着系アンカーボルトのへりあき寸法又はアンカーボルトピッチを考慮した引張力に対する付着強度
τ_{bavg}	N/mm ²	接着系アンカーの基本平均付着強度で、カプセル式・有機系の場合(=10×√(F _c /21))
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度(=0.31×√F _c)

6.1.2 評価方法

(1) 連結材の評価方法

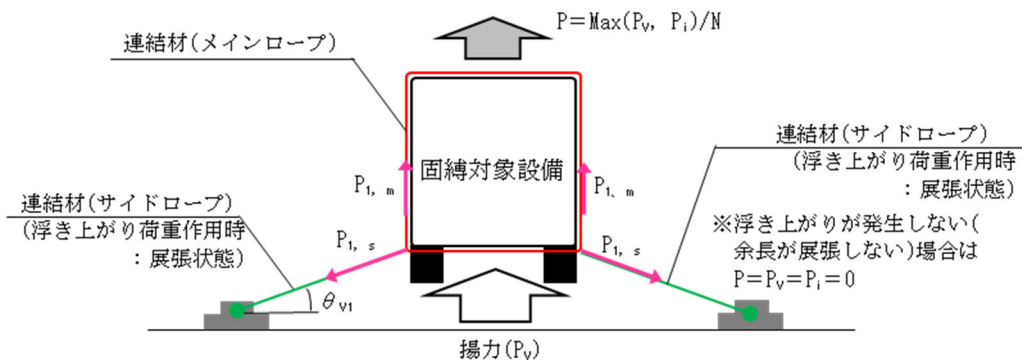
連結材に作用する荷重が、許容限界を超えないことを確認するため、連結材1組当たり作用する荷重を、以降に示す浮き上がり及び横滑りの荷重状態に対して算定し、そのうち最も大きい荷重を選定する。

a. 浮き上がり時(車両型・余長有りの場合)

設計竜巻の風圧力による荷重による揚力が固縛対象設備に作用して浮き上がる状態を考える。固縛対象設備が浮き上がった場合には、両側に配置した固縛装置(連結材(サイドロープ))で抵抗することから連結材に作用する荷重を以下の式により算定する。浮き上がり時の評価モデルの概要図を第6.1.2-1図に示す。

連結材に作用する荷重のうち、メインロープ又はサイドロープに作用する荷重のうち大きい荷重を、浮き上がり時の連結材の検討用荷重 P_1 とする。

$$P_1 = \text{Max} \left(\frac{P}{n_1} \cdot \frac{1}{\sin\theta_{v1}}, \frac{P}{2} \right) = \frac{P}{n_1} \cdot \frac{1}{\sin\theta_{v1}} \quad (n_1 \cdot \sin\theta_{v1} \leq 2 \text{ より})$$



第6.1.2-1図 浮き上がり時の連結材の評価モデルの概要図

b. 横滑り時(車両型・余長有りの場合)

設計竜巻による風荷重が固縛対象設備に作用して横滑りする状態を考え、連結材に作用する荷重は算定するが、横滑りの方向により連結材に作用する荷重状態が異なるため、横滑り方向に対して、荷重を算定する。

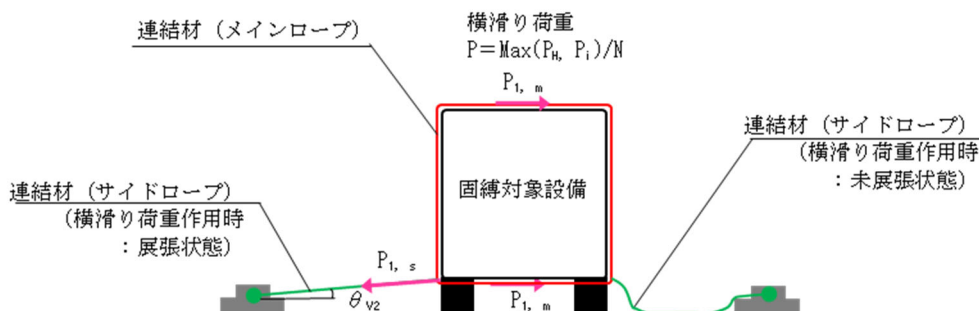
(a) 側面方向の横滑り時

固縛対象設備が側面方向(進行方向直角方向)に横滑りした場合には、固縛装置は片側に配置した固縛装置(連結材(サイドロープ))のみで抵抗することとなるから、連結材の検討用荷重 P_1 は以下の式により算定する。横滑り時(側面方向)の評価モデルの概要図を第6.1.2-2図に示す。

連結材に作用する荷重のうち、メインロープ又はサイドロープに作用する

荷重のうち大きい荷重を，側面方向の横滑り時の連結材の検討用荷重 P_1 とする。

$$P_1 = \text{Max} \left(P \cdot \frac{1}{\cos\theta_{V2}}, \frac{P}{2} \right) = P \cdot \frac{1}{\cos\theta_{V2}} \quad (\cos\theta_{V2} \leq 1 < 2 \text{ より})$$



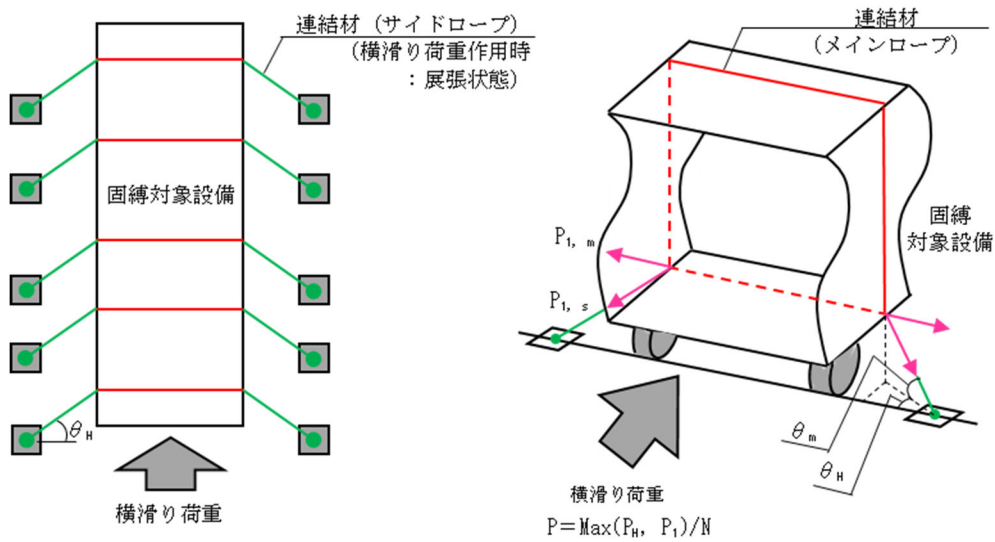
第 6.1.2-2 図 横滑り時 (側面方向)の連結材の評価モデルの概要図

(b) 正面方向の横滑り時

固縛対象設備が正面方向(進行方向)に横滑りした場合には，両側に配置した固縛装置(連結材(サイドロープ))で抵抗することから，連結材の検討用荷重 P_1 は以下の式により算定する。横滑り時(正面方向)の評価モデルの概要図を第 6.1.2-3 図に示す。

連結材に作用する荷重のうち，メインロープ又はサイドロープに作用する荷重のうち大きい荷重を，正面方向の横滑り時の連結材の検討用荷重 P_1 とする。

$$P_1 = \text{Max} \left(\frac{P}{n_1} \cdot \frac{1}{\sin\theta_H} \cdot \frac{1}{\cos\theta_m}, \frac{P}{n_1} \cdot \frac{1}{\tan\theta_H} \right)$$



第 6.1.2-3 図 横滑り時(正面方向)の連結材の評価モデルの概要図

c. 横滑り時(車両型以外・サイドロープあり・余長無しの場合)

(a) 側面方向の横滑り時

連結材に余長がない(固縛対象設備の移動が無い)場合における連結材に作用する荷重は、第 6.1.2-1 図及び第 6.1.2-2 図の θ_{v1} 及び θ_{v2} を θ_{v3} と読み替え、動的荷重が作用しないことを考慮し、下式より算出する。

$$P_1 = P_H \cdot \frac{1}{\cos\theta_{v3}}$$

(b) 正面方向の横滑り時

連結材に余長がない(固縛対象設備の移動が無い)場合における連結材に作用する荷重は、第 6.1.2-3 図の θ_H 及び θ_m を θ_{v3H} 及び θ_{v3m} と読み替え、動的荷重が作用しないことを考慮し、下式より算出する。

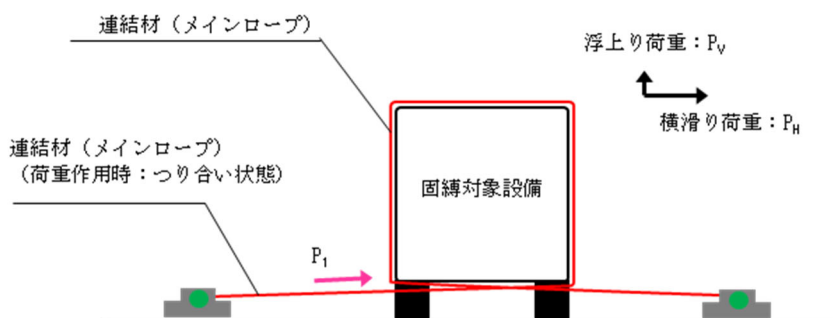
$$P_1 = \text{Max} \left(\frac{P_H}{n_1} \cdot \frac{1}{\sin\theta_{v3H}} \cdot \frac{1}{\cos\theta_{v3m}}, \frac{P_H}{n_1} \cdot \frac{1}{\tan\theta_{v3H}} \right)$$

d. 横滑り時(車両型以外・サイドロープなし・余長無しの場合)

(a) 長辺方向の荷重作用時

固縛対象設備の長辺方向に荷重が作用する場合、連結材に作用する荷重は、第 6.1.2-4 図に示す横滑り荷重と浮き上がり荷重を用いて下式より算出した荷重を、長辺方向に荷重が作用時の連結材の検討用荷重 P_1 とする。

$$P_1 = \sqrt{\left(\frac{P_H}{n_1}\right)^2 + \left(\frac{P_V}{n_1}\right)^2}$$

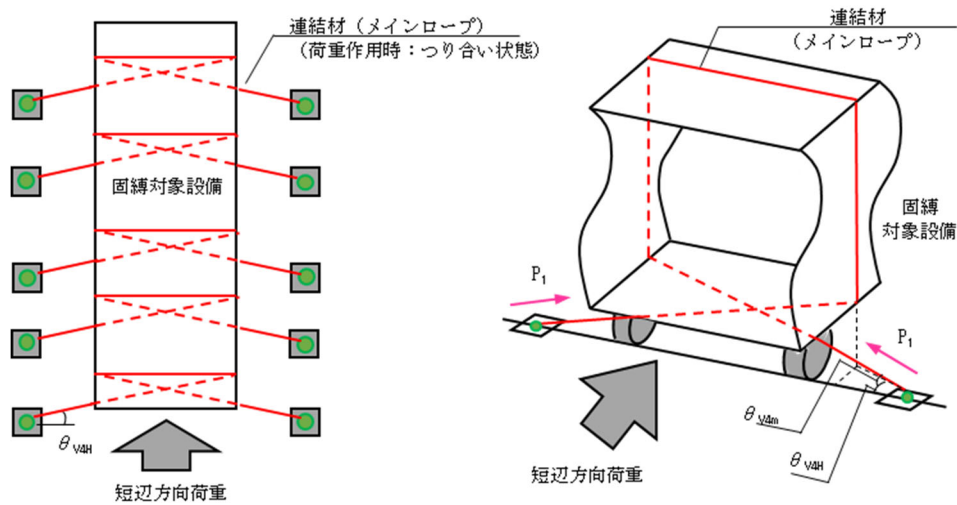


第 6.1.2-4 図 長辺方向に荷重が作用した場合の固縛概要図

(b) 短辺方向の荷重作用時

固縛対象設備の短辺方向に荷重が作用する場合、連結材の展張に伴い固縛対象物は風荷重(水平, 鉛直の合力ベクトル)と同方向に移動する。この展張後の風荷重とロープ張力とがつり合う時の荷重を、短辺方向に荷重が作用時の連結材の検討用荷重 P_1 とする。第 6.1.2-5 図の θ_{V4H} 及び θ_{V4m} を用い、動的荷重が作用しないことを考慮し、下式より算出する。

$$P_1 = \frac{P_H}{n_1} \cdot \frac{1}{\sin\theta_{V4H}} \cdot \frac{1}{\cos\theta_{V4m}}$$



第 6. 1. 2-5 図 短辺方向に荷重が作用した場合の固縛概要図

(2) 固定材の評価方法

a. フレノ・リンクボルト及びシャックルの評価方法

フレノ・リンクボルト及びシャックル 1 本当たりの許容限界を超えないことを確認するため、フレノ・リンクボルト及びシャックル 1 本当たりに作用する荷重を、以降に示す浮き上がり及び横滑りの荷重状態に対して算定し、そのうち最も大きい荷重を選定する。

なお、フレノ・リンクボルト及びシャックルは連結材(サイドロープ又はメインロープ)と同一の作用線上に配置されることから、連結材の荷重を検討用荷重 P とする。

また、荷重の評価モデルは連結材と同様である。

(a) 浮き上がり時

浮き上がり時のフレノ・リンクボルト及びシャックルの検討用荷重 P_2 は以下の式で算定する。(余長が無い場合、 θ_{v1} を θ_3 と読み替える)

$$P_2 = \frac{P}{n_2} \cdot \frac{1}{\sin\theta_{v1}}$$

(b) 横滑り時

イ. 側面方向の横滑り時

側面方向の横滑り時のフレノ・リンクボルト及びシャックルの検討用荷重 P_2 は以下の式で算定する。(余長が無い場合、 θ_{v2} を θ_3 と読み替える)

$$P_2 = \frac{P}{n_2} \cdot \frac{1}{\cos\theta_{v2}}$$

ロ. 正面方向の横滑り時

正面方向の横滑り時のフレノ・リンクボルト及びシャックルの検討用荷重 P_2 は以下の式で算定する。(余長が無い場合, 車両型については θ_m を θ_{V3m} , θ_H を θ_{V3H} , 車両型以外については θ_m を θ_{V4m} , θ_H を θ_{V4H} と読み替える)

$$P_2 = \frac{P}{n_2} \cdot \frac{1}{\sin\theta_H} \cdot \frac{1}{\cos\theta_m}$$

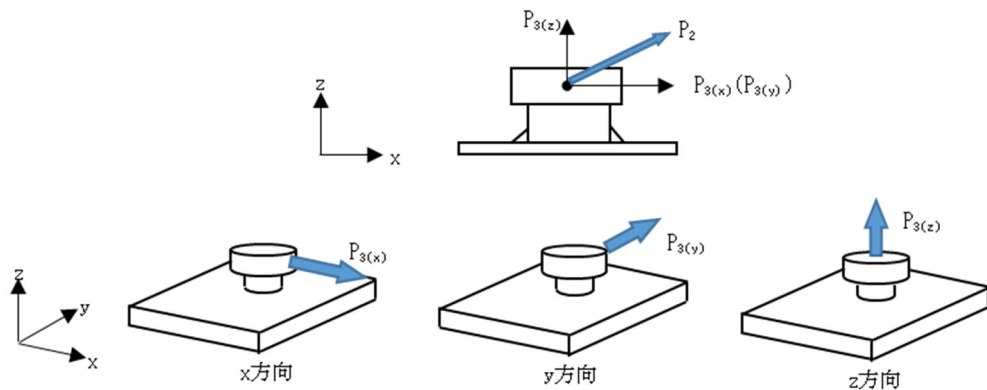
b. アンカープレート(フレノ・リンクボルトの場合)の評価方法

(a) 計算モデル

アンカープレートは, フレノ・リンクボルトを介して荷重を受けるため, フレノ・リンクボルトの角度により, 第 6.1.2-6 図に示す x, y, z 方向にフレノ・リンクボルトに作用する荷重 P_2 の分力として, 検討用荷重 P_3 が作用する。

アンカープレートの評価は, 浮き上がり及び横滑りの荷重状態を考慮して, 作用する方向の検討用荷重に対して部材断面に生ずる荷重等を算定し, 評価を行う。

なお, フレノ・リンクボルトはボルト芯を軸として回転し, アンカープレートの仕様も含めて, x 方向と y 方向は同一の評価条件となり, x, y 方向は同じ検討モデルとなるため, 以降では x 方向に作用する場合を示す。

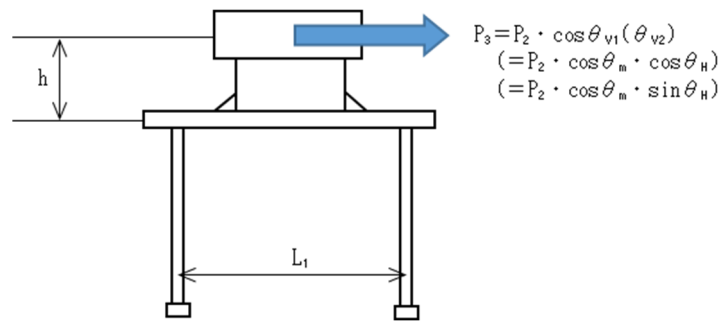


第 6.1.2-6 図 アンカープレートの計算モデルの概要

(b) 計算方法

イ. x(y)方向荷重時の検討

アンカープレートのうち, ベースプレートに対し, x 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図を第 6.1.2-7 図に示す。前述のとおり, x 方向と y 方向の計算モデルは同一条件であるため, x 方向のモデルにて示す。



第 6.1.2-7 図 x 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図

(イ) 曲げに対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント ${}_B M_y$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_y = P_3 \cdot \frac{h}{2}$$

ベースプレートの y 軸まわりの塑性断面係数 ${}_B Z_{py}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z_{py} = \frac{{}_B B \cdot B t^2}{4}$$

許容限界であるベースプレートの y 軸まわりの終局曲げモーメント ${}_B M_{py}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B M_{py} = \sigma_y \cdot {}_B Z_{py} \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートのせん断力 ${}_B Q_x$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Q_x = \frac{{}_B M_y}{\frac{L_1}{2}}$$

ベースプレートの断面積 ${}_B A$ は、以下の式により算定する。

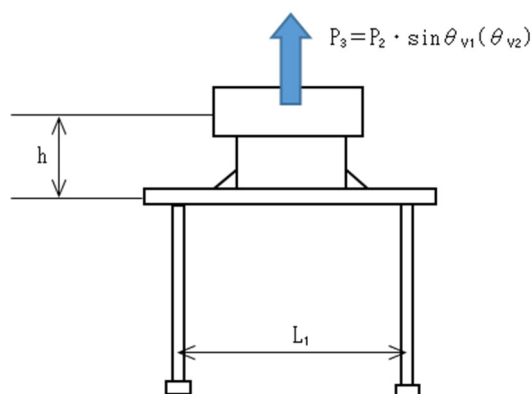
$${}_B A = {}_B B \cdot B t$$

許容限界であるベースプレートの終局せん断力 ${}_B Q_{px}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{px} = \tau_y \cdot {}_B A \cdot 10^{-3}$$

ロ. z 方向荷重時の検討

アンカープレートのうち、ベースプレートに対し、z 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図を第 6.1.2-8 図に示す。



第 6.1.2-8 図 z 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図

(イ) 曲げに対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント ${}_B M_{y,z}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_{y,z} = P_3 \cdot \frac{L_1}{4}$$

ベースプレートの y 軸まわりの塑性断面係数 ${}_B Z_{py}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z_{py} = \frac{{}_B B \cdot {}_B t^2}{4}$$

許容限界であるベースプレートの y 軸まわりの終局曲げモーメント ${}_B M_{py}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B M_{py} = \sigma_y \cdot {}_B Z_{py} \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートのせん断力 ${}_B Q_{x,z}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{x,z} = \frac{P_3}{2}$$

ベースプレートの断面積 ${}_B A$ は、以下の式により算定する。

$${}_B A = {}_B B \cdot {}_B t$$

許容限界であるベースプレートの終局せん断力 ${}_B Q_{pz}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{pz} = \tau_y \cdot {}_B A \cdot 10^{-3}$$

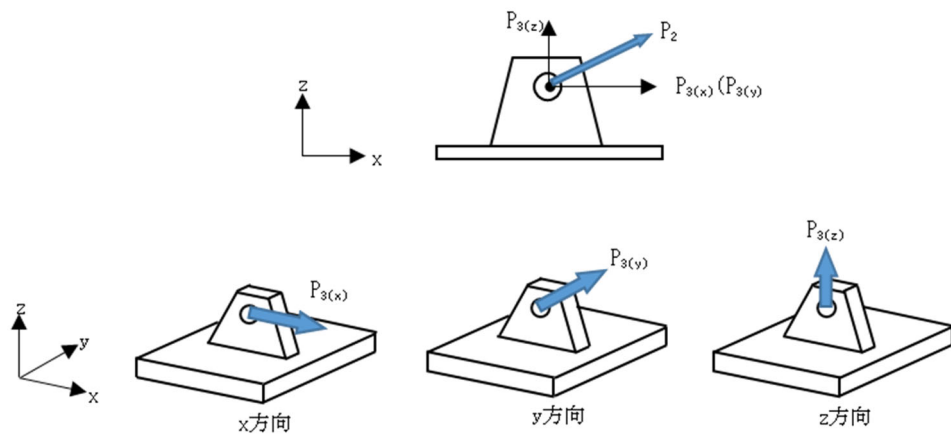
c. アンカープレート(シャックルの場合)の評価方法

(a) 計算モデル

アンカープレートは、シャックルを介して荷重を受けるため、シャックルの角度により、第 6.1.2-9 図に示す x, y, z 方向にシャックルに作用する荷重 P_2 の分力として、検討用荷重 P_3 が作用する。

アンカープレートの評価は、浮き上がり及び横滑りの荷重状態を考慮して、作用する方向の検討用荷重に対して部材断面に生ずる荷重等を算定し、評価を行う。

なお、シャックルを取り付けているアンカープレートは、正方形の鋼板であり、その形状から x 方向と y 方向は同一の評価条件となり、x, y 方向は同じ検討モデルとなるため、以降では x 方向に作用する場合を示す。

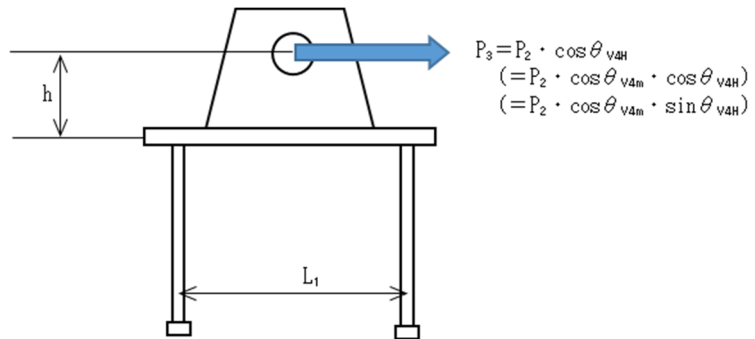


第 6.1.2-9 図 アンカープレートの計算モデルの概要

(b) 計算方法

イ. x(y)方向荷重時の検討

アンカープレートのうち、ベースプレートに対し、x 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図を第 6.1.2-10 図に示す。前述のとおり、x 方向と y 方向の計算モデルは同一条件であるため、x 方向のモデルにて示す。



第 6.1.2-10 図 x 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図

(イ) 曲げに対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント ${}_B M_y$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_y = P_3 \cdot \frac{h}{2}$$

ベースプレートの y 軸まわりの塑性断面係数 ${}_B Z_{py}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z_{py} = \frac{{}_B B \cdot {}_B t^2}{4}$$

許容限界であるベースプレートの y 軸まわりの終局曲げモーメント ${}_B M_{py}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B M_{py} = \sigma_y \cdot {}_B Z_{py} \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートのせん断力 ${}_B Q_x$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Q_x = \frac{{}_B M_y}{\frac{L_1}{2}}$$

ベースプレートの断面積 ${}_B A$ は、以下の式により算定する。

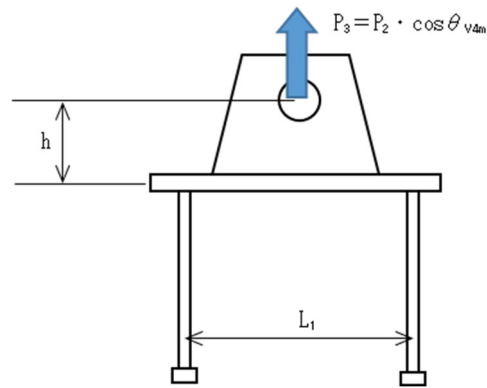
$${}_B A = {}_B B \cdot {}_B t$$

許容限界であるベースプレートの終局せん断力 ${}_B Q_{px}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{px} = \tau_y \cdot {}_B A \cdot 10^{-3}$$

ロ. z 方向荷重時の検討

アンカープレートのうち、ベースプレートに対し、z 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図を第 6.1.2-11 図に示す。



第 6.1.2-11 図 z 方向に荷重が作用した場合の計算モデルの概要図

(イ) 曲げに対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートの y 軸まわり曲げモーメント ${}_B M_{y,z}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_{y,z} = P_3 \cdot \frac{L_1}{4}$$

ベースプレートの y 軸まわりの塑性断面係数 ${}_B Z_{py}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z_{py} = \frac{{}_B B \cdot B t^2}{4}$$

許容限界であるベースプレートの y 軸まわりの終局曲げモーメント ${}_B M_{py}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B M_{py} = \sigma_y \cdot {}_B Z_{py} \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に対する検討

検討用荷重 P_3 によるベースプレートのせん断力 ${}_B Q_{x,z}$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{x,z} = \frac{P_3}{2}$$

ベースプレートの断面積 ${}_B A$ は、以下の式により算定する。

$${}_B A = {}_B B \cdot B t$$

許容限界であるベースプレートの終局せん断力 ${}_B Q_{pz}$ は、「鋼構造塑性設計指針」に基づき、以下の式により算定する。

$${}_B Q_{pz} = \tau_y \cdot {}_B A \cdot 10^{-3}$$

(3) 基礎部(アンカーボルト)の評価方法

a. 頭付アンカーボルト

(a) 計算モデル

頭付アンカーボルトもアンカープレートの評価と同様に、浮き上がり及び横滑りの荷重状態を考慮して、作用する方向の検討用荷重に対してアンカーボルトに生ずる荷重等を算定し、評価を行う。

イ. 引張に関する検討

z 方向の検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本あたりに生ずる引張力 $A T_V$ は、以下の式により算定する。

$$A T_V = \frac{P_3}{n}$$

x 又は y 方向の検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本あたりに生ずる引張力 $A T_H$ は、以下の式により算定する。

$$A T_H = \frac{P_3 \cdot h}{\frac{7}{8} d_t \cdot n}$$

アンカーボルトの降伏により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a1} は、以下の式により算定する。

$$P_{a1} = \phi_1 \cdot f_t \cdot A A_e \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルトのコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a2} は、以下の式により算定する。

$$P_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_c \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 P_a は、以下の式により算定する。

$$P_a = \text{Min}(P_{a1}, P_{a2})$$

ロ. せん断に関する検討

検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本あたりに生ずるせん断力 ${}_A Q$ は、以下の式により算定する。

$${}_A Q = \frac{P_3}{n}$$

アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a1} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot {}_A A_e \cdot 10^{-3}$$

定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a2} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot {}_A A_e \cdot 10^{-3}$$

せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 A_{qc} は、アンカーボルトのへりあき寸法を c とすると以下の式により算定する。

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2$$

定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a3} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a3} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc} \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$$Q_a = \text{Min}(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

ハ. 引張りとせん断を同時に受ける場合に関する検討

コンクリートに埋め込まれるアンカーボルトとしての引張力とせん断力の組合せ力に対する検定は、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、以下の式によって行う。

$$\left[\frac{{}_A T_H + {}_A T_V}{P_a} \right]^2 + \left[\frac{{}_A Q}{Q_a} \right]^2 \leq 1$$

b. 接着系アンカーボルト

(a) 計算モデル

接着系アンカーボルトもアンカープレートの評価と同様に、浮き上がり及び横滑りの荷重状態を考慮して、作用する方向の検討用荷重に対してアンカーボルトに生ずる荷重等を算定し、評価を行う。

イ. 引張に関する検討

接着系アンカーボルトの降伏引張耐力に関する検討は以下による。

アンカーボルトの有効断面積 A_e は、以下の式により算定する。

$$A_e = A \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_a^2}{4}$$

z 方向の検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本あたりに生ずる引張力 T_V は、以下の式により算定する。

$$T_V = \frac{P_3}{n}$$

x 又は y 方向の検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本あたりに生ずる引張力 T_H は、以下の式により算定する。

$$T_H = \frac{P_3 \cdot h}{\frac{7}{8} d_t \cdot n}$$

アンカーボルトの降伏により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a1} は、以下の式により算定する。

$$P_{a1} = \phi_1 \cdot f_t \cdot A_e \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルトのコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a3} は、以下の式により算定する。

$$P_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot L_{ce} \cdot 10^{-3}$$

接着系アンカーボルトにおける付着強度 τ_a は以下の式により算定する。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$$

接着系アンカーボルトにおいて、へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数は以下の式により算定する。

$$\alpha_n : 0.5 \cdot (C_n / {}_A L_e) + 0.5$$

$${}_A L_e = {}_A L - {}_A d_a$$

$${}_A L_{ce} = {}_A L_e - 2 \cdot {}_A d_a$$

ここで、

$$(C_n / {}_A L_e) \geq 1.0 \text{ の場合は、 } (C_n / {}_A L_e) = 1.0$$

$${}_A L_e \geq 10 {}_A d_a \text{ の場合は、 } {}_A L_e = 10 {}_A d_a \text{ とする。}$$

アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 P_a は、以下の式により算定する。

$$P_a = \text{Min}(P_{a1}, P_{a3})$$

ロ. せん断に関する検討

検討用荷重 P_3 によりアンカーボルト 1 本当りに生ずるせん断力 ${}_A Q$ は、以下の式により算定する。

$${}_A Q = \frac{P_3}{n}$$

アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本当りの許容せん断力 Q_{a1} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot {}_A A_e \cdot 10^{-3}$$

定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当りの許容せん断力 Q_{a2} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot {}_A A_e \cdot 10^{-3}$$

せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 A_{qc} は、アンカーボルトのへりあき寸法を c とすると以下の式により算定する。

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2$$

定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a3} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc} \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$$Q_a = \text{Min}(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

ハ. 引張とせん断を同時に受ける場合に関する検討

コンクリートに埋め込まれるアンカーボルトとしての引張力とせん断力の組合せ力に対する検定は、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、以下の式によって行う。

$$\left[\frac{A T_H + A T_V}{P_a} \right]^2 + \left[\frac{A Q}{Q_a} \right]^2 \leq 1$$

6.2 固定装置

6.2.1 記号の定義

(1) 強度評価の記号の定義

可搬型発電機、可搬型空気圧縮機、可搬型中型移送ポンプの固定材及び基礎部(アンカーボルト)及び収納コンテナの基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号を第 6.2.1-1 表に示す。

第 6. 2. 1-1 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(1/4)

記号	単位	定義
P_V	kN	固定対象設備に作用する浮上り荷重
P_H	kN	固定対象設備に作用する横滑り荷重
H	m	固定対象設備の高さ(風荷重の作用位置)
m	kg	固定対象設備の質量
g	m/s^2	重力加速度($g=9.80665$)
F	N/mm^2	鋼材の基準強度
τ_y	N/mm^2	検討対象部材のせん断降伏応力度($\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3}$)
f_s	N/mm^2	検討対象部材の短期許容せん断応力度
f_t	N/mm^2	検討対象部材の短期許容引張応力度
N_n	本	固定材の取付ボルト, 基礎部のアンカーボルトの全数($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
L_n	m	短辺面受風の風荷重による転倒に抵抗するボルトと支点位置となるボルトとの距離($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
L_{bp}	m	短辺面受風の風荷重による転倒に抵抗する取付ボルト①とアンカーボルトの距離
L_b	m	ベースプレートの長さ
W_n	m	長辺面受風の風荷重による転倒に抵抗するボルトと支点位置となるボルトとの距離($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
W_{bp}	m	長辺面受風の風荷重による転倒に抵抗する取付ボルト①とアンカーボルトの距離
W_b	m	ベースプレートの幅
W_c	m	支持脚の中心間の距離
l_n	本	長辺面受風の風荷重による転倒モーメントに抵抗する引張側のボルトの本数($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
w_n	本	短辺面受風の風荷重による転倒モーメントに抵抗する引張側の取付ボルト及びアンカーボルト本数($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
nT	kN	浮き上がり荷重により取付ボルト及びアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)

第 6. 2. 1-1 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(2/4)

記号	単位	定義
${}_nR$	kN	風荷重による転倒モーメントにより取付ボルト及びアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
${}_nQ$	kN	風荷重により取付ボルト及びアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
${}_nA_e$	mm ²	取付ボルト及びアンカーボルトの有効断面積($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=a$: アンカーボルト)
${}_nA_N$	mm ²	取付ボルトの呼び断面積($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②)
${}_nP_a$	kN	取付ボルトの許容引張力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②)
${}_nQ_a$	kN	取付ボルトの許容せん断力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②)
${}_n\sigma_a$	N/mm ²	ボルト及びベースプレートの許容引張応力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=B$: ベースプレート)
${}_n\tau_a$	N/mm ²	ボルト及びベースプレートの許容せん断応力($n=1$: 取付ボルト①, $n=2$: 取付ボルト②, $n=B$: ベースプレート)
ϕ_1	—	アンカーボルトの許容引張力を決定する際の低減係数で, アンカーボルトの降伏による場合は 1.0 アンカーボルトの許容せん断力を決定する際の低減係数で, アンカーボルトのせん断強度による場合は 1.0
F_c	N/mm ²	アンカーボルトが定着するコンクリートの設計基準強度 (=30)
${}_s\sigma_{pa}$	N/mm ²	頭付アンカーボルト及び接着系アンカーボルトの引張強度
${}_s\sigma_{qa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの許容せん断応力度 (= $0.7 \times f_t$)
${}_aQ$	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生ずるせん断力(= ${}_aQ$)
γ	kN/m ³	基礎自重算定用のコンクリートの単位体積重量
Q_{a1}	kN	接着系アンカーボルトの検討において, アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容せん断力
Q_{a2}	kN	接着系アンカーボルトの検討において, 定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容せん断力

第 6. 2. 1-1 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(3/4)

記号	単位	定義
ϕ_2	—	アンカーボルトの許容せん断力を決定する際の低減係数で、コンクリートの支圧及び躯体のコーン状破壊による場合は 2/3
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	基礎コンクリートの支圧強度で、 $0.5 \times \sqrt{F_c \cdot E_c}$
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数で、 $3.35 \times 10^4 \times (\gamma/24)^2 \times (F_c/60)^{1/3}$
A_c	mm ²	引張力に対するコーン状破壊面の有効水平投影面積 ($A_c = \pi \cdot L_e(L_e + D)$) (D: 頭付きアンカーボルトの頭部の直径)
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積
c		接着系アンカーボルトのへりあき寸法
${}_AL$	mm	接着系アンカーボルトにおいては、埋込長さ
${}_AL_e$	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込長さ
${}_AL_{ce}$	mm	頭付アンカーボルト及び接着系アンカーボルトの強度算定用埋込長さ
${}_Ad_a$	mm	接着系アンカーボルトの呼び径
α_1 α_2 α_3	—	接着系アンカーボルトにおいて、へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数
C_1, C_2, C_3	mm	接着系アンカーボルトのへりあき寸法又はアンカーボルトピッチの1/2
${}_aP$	kN	接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
P_{a1}	kN	接着系アンカーボルトの検討において、アンカーボルトの降伏により決定されるアンカーボルト1本当たりの許容引張力
P_{a3}	kN	接着系アンカーボルトの検討において、アンカーボルトの付着力により決定されるアンカーボルト1本当たりの許容引張力
ϕ_3	—	接着系アンカーボルトの許容引張力を決定する際の付着力による低減係数(=2/3)
τ_a	N/m m ²	接着系アンカーボルトのへりあき寸法又はアンカーボルトピッチを考慮した引張力に対する付着強度
τ_{bavg}	N/m m ²	接着系アンカーの基本平均付着強度で、カプセル式・有機系の場合(= $10\sqrt{F_c/21}$)
P_a	kN	接着系アンカーボルト1本当たりの短期許容引張力
Q_a	kN	接着系アンカーボルト1本当たりの短期許容せん断力
Q_{a3}	kN	接着系アンカーボルトの検討において、定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト1本当たりの許容せん断力

第 6.2.1-1 表 固定材及び基礎部(アンカーボルト)の強度評価に用いる記号(4/4)

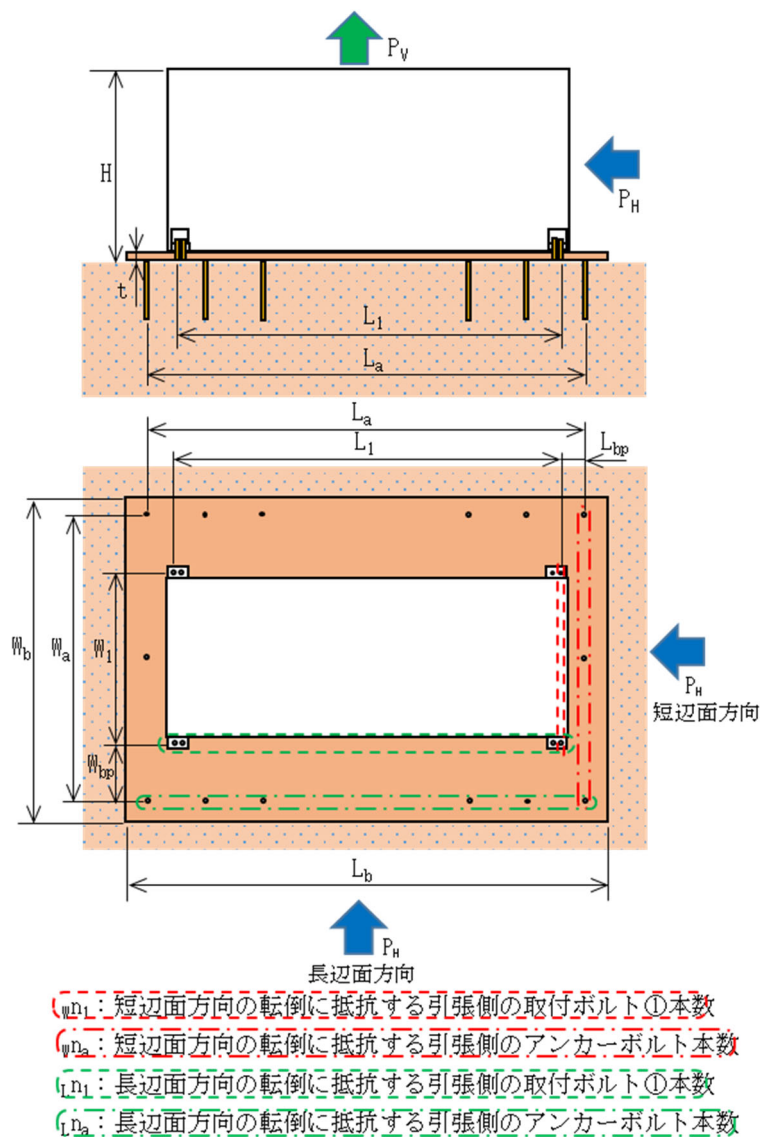
記号	単位	定義
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度(= $0.31 \times \sqrt{F_c}$)
t	mm	ベースプレートの厚さ
M_{aB}	kN	ベースプレートの許容曲げ耐力
Q_{aB}	kN	ベースプレートの許容せん断力

6.2.2 評価方法

(1) 可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機

a. 評価モデル

可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機に設計竜巻による風荷重が作用し、浮き上がり及び転倒の荷重状態を考慮して、第 6.2.2-1 図に示す計算モデルにて、作用する方向の荷重に対して、取付ボルト及びアンカーボルトに発生する荷重を算定し、評価を行う。



第 6.2.2-1 図 可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の計算モデル図

b. 評価方法

(a) 固定材の評価方法

イ. 取付ボルト①

(イ) 取付ボルトに作用する荷重

浮き上がり荷重により取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_1T$ は、以下の式により算出する。

$${}_1T = \frac{P_V}{N_1}$$

風荷重による転倒モーメントにより取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_1R$ は以下の式により算出する。この時、風荷重の作用位置は保守的に可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の頂部位置に設定する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_1R = \frac{P_H \cdot H}{L_1 \cdot w n_1}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_1R = \frac{P_H \cdot H}{W_1 \cdot l n_1}$$

風荷重により取付ボルト 1 本あたりに生じるせん断力 ${}_1Q$ は、以下の式により算出する。

$${}_1Q = \frac{P_H}{N_1}$$

(ロ) 引張に関する検討

取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 P は、以下による。

(浮き上がりが生じる場合)

$$P = {}_1T + \text{Max}({}_1R)$$

(浮き上がりが生じない場合 短辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot L/2}{L_1 \cdot w n_1}$$

(浮き上がりが生じない場合 長辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot W/2}{W_1 \cdot L n_1}$$

取付ボルトの1本当たりの許容引張力 ${}_1P_a$ は、以下の式により算定する。

$${}_1P_a = {}_1\sigma_a \cdot {}_1A_N \cdot 10^{-3}$$

(ハ) せん断に関する検討

取付ボルトに生じるせん断力 Q は、以下による。

$$Q = {}_1Q$$

取付ボルトのせん断強度により決定される取付ボルト1本当たりの許容せん断力 ${}_1Q_a$ は、以下の式により算定する。

$${}_1Q_a = {}_1\tau_a \cdot {}_1A_N \cdot 10^{-3}$$

ロ. ベースプレート

(イ) 曲げに関する検討

ベースプレートの短辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートに生じる曲げモーメント M_{bp} は以下の式により算出する。

$$M_{bp} = P \cdot L_{bp}$$

ベースプレートの短辺方向から風荷重を受けた場合の断面係数 ${}_BZ$ は、以下の式により算定する。

$${}_BZ = \frac{L_b \cdot t^2}{6}$$

ベースプレートの短辺方向から風荷重を受けた場合の許容限界であるベースプレートの曲げモーメント ${}_B M_p$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_p = {}_B\sigma_a \cdot {}_BZ \cdot 10^{-3}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートに生じる曲げモーメント M_{bp} は以下の式により算出する。

$$M_{bp} = P \cdot W_{bp}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合の断面係数 ${}_B Z$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z = \frac{W_b \cdot t^2}{6}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合の許容限界であるベースプレートの曲げモーメント ${}_B M_p$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_p = {}_B \sigma_a \cdot {}_B Z \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に関する検討

ベースプレートに生じるせん断力 Q は、以下の式により算出する。

$$Q = P$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートの許容せん断力 Q_{aB} は、以下の式により算出する。

$$Q_{aB} = {}_B \tau_a \cdot L_b \cdot t$$

(b) 基礎部(アンカーボルト)の評価方法

イ. アンカーボルトに作用する荷重

浮き上がりによりアンカーボルト1本あたりに生じる引張力 ${}_a T$ は、以下の式により算出する。

$${}_a T = \frac{P_V}{N_a}$$

風荷重による転倒モーメントによりアンカーボルト1本あたりに生じる引張力 ${}_a R$ は以下の式により算出する。この時、風荷重の作用位置は保守的に可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の頂部位置に設定する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_a R = \frac{P_H \cdot H}{L_a \cdot w n_a}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_aR = \frac{P_H \cdot H}{W_a \cdot L n_a}$$

風荷重によりアンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力 ${}_aQ$ は、以下の式により算出する。

$${}_aQ = \frac{P_H}{N_a}$$

ロ. 引張に関する検討

アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力 P は、以下による。

(浮き上がりが生じる場合)

$$P = {}_aT + \text{Max}({}_aR)$$

(浮き上がりが生じない場合 短辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot L/2}{L_a \cdot w n_a}$$

(浮き上がりが生じない場合 長辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot W/2}{W_a \cdot L n_a}$$

アンカーボルトの降伏により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 P_{a1} は、以下の式により算定する。

$$P_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot {}_aA_e \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルトのコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 P_{a2} は、以下の式により算定する。

$$P_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_c \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 P_a は、以下の式により算定する。

$$P_a = \text{Min}(P_{a1}, P_{a2})$$

ハ. せん断に関する検討

アンカーボルトに生じるせん断力 Q は、以下による。

$$Q = {}_aQ$$

アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a1} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot a A_e \cdot 10^{-3}$$

定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a2} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot a A_e \cdot 10^{-3}$$

せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積 A_{qc} は、アンカーボルトのへりあき寸法を c とすると以下の式により算定する。

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2$$

定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a3} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc} \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$$Q_a = \text{Min}(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

ニ 引張とせん断を同時に受ける場合に関する検討

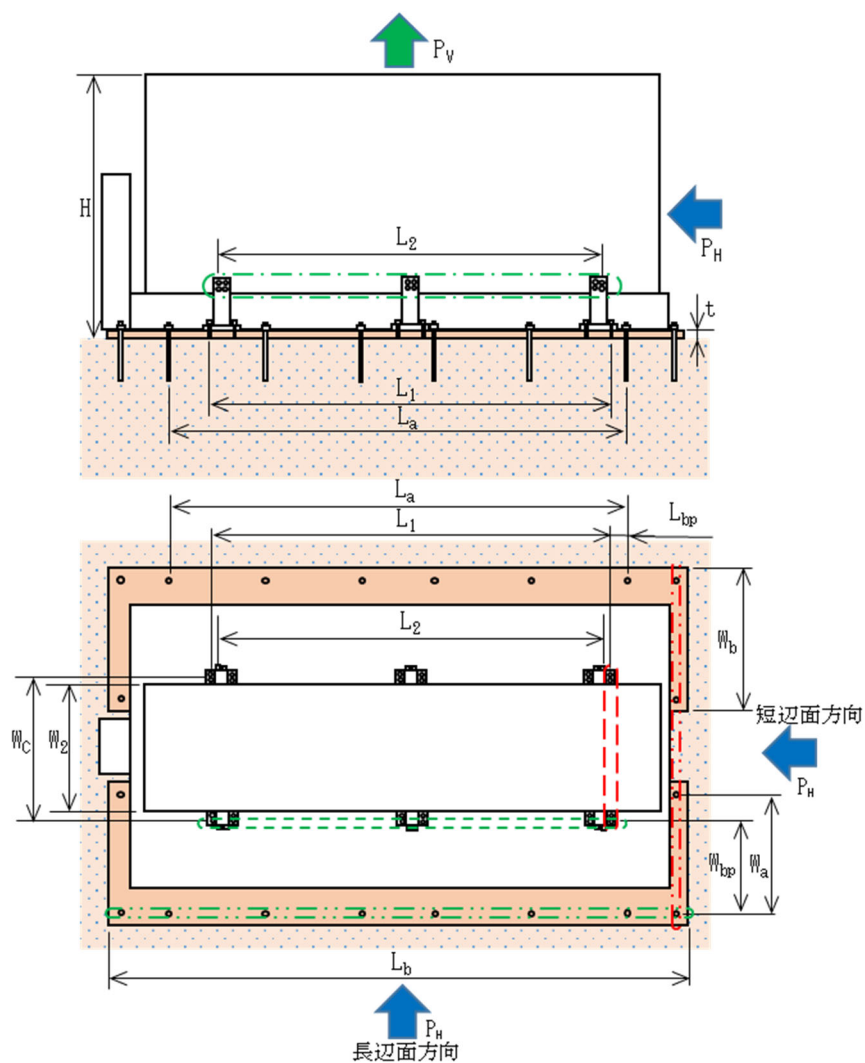
コンクリートに埋め込まれるアンカーボルトとしての引張力とせん断力の組合せ力に対する検定は、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、以下の式によって行う。

$$\left[\frac{P}{P_a}\right]^2 + \left[\frac{Q}{Q_a}\right]^2 \leq 1$$

(2) 可搬型中型移送ポンプ

a. 評価モデル

可搬型中型移送ポンプに設計竜巻による風荷重が作用し、浮き上がり及び転倒の荷重状態を考慮して、第 6.2.2-2 図に示す計算モデルにて、作用する方向の荷重に対して、取付ボルト及びアンカーボルトに発生する荷重を算定し、評価を行う。



- (w_{D1} : 短辺面方向の転倒に抵抗する引張側の取付ボルト①本数)
- (w_{D2} : 短辺面方向の転倒に抵抗する引張側のアンカーボルト本数)
- (L_{D1} : 長辺面方向の転倒に抵抗する引張側の取付ボルト①本数)
- (L_{D2} : 長辺面方向の転倒に抵抗する引張側の取付ボルト②本数)
- (L_{D3} : 長辺面方向の転倒に抵抗する引張側のアンカーボルト本数)

第 6.2.2-2 図 可搬型中型移送ポンプの計算モデル図

b. 評価方法

(a) 固定材の評価方法

イ. 取付ボルト①

(イ) 取付ボルトに作用する荷重

浮き上がり荷重により取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_1T$ は、以下の式により算出する。

$${}_1T = \frac{P_V}{N_1}$$

風荷重による転倒モーメントにより取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_1R$ は以下の式により算出する。この時、風荷重の作用位置は保守的に可搬型発電機及び可搬型空気圧縮機の頂部位置に設定する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_1R = \frac{P_H \cdot H}{L_1 \cdot w n_1}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_1R = \frac{P_H \cdot H}{W_1 \cdot L n_1}$$

風荷重により取付ボルト 1 本あたりに生じるせん断力 ${}_1Q$ は、以下の式により算出する。

$${}_1Q = \frac{P_H}{N_1}$$

(ロ) 引張に関する検討

取付ボルト 1 本あたりに生じる引張力 P は、以下による。

(浮き上がりが生じる場合)

$$P = {}_1T + \text{Max}({}_1R)$$

(浮き上がりが生じない場合 短辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot L/2}{L_1 \cdot w n_1}$$

(浮き上がりが生じない場合 長辺面方向からの風荷重)

$$P = \frac{P_H \cdot H + P_V \cdot W/2}{W_1 \cdot L n_1}$$

取付ボルト 1 本当りの許容引張力 ${}_1P_a$ は、以下の式により算定する。

$${}_1P_a = {}_1\sigma_a \cdot {}_1A_N \cdot 10^{-3}$$

(ハ) せん断に関する検討

取付ボルトに生じるせん断力 Q は、以下による。

$$Q = {}_1Q$$

取付ボルトのせん断強度により決定される取付ボルト 1 本当りの許容せん断力 ${}_1Q_a$ は、以下の式により算定する。

$${}_1Q_a = {}_1\tau_a \cdot {}_1A_N \cdot 10^{-3}$$

ロ. 取付ボルト②

(イ) 取付ボルトに作用する荷重

風荷重により取付ボルト 1 本当りに生じる引張力 ${}_2P$ は以下の式により算出する。なお、取付ボルトに引張力が作用するのは、長辺面方向からの風荷重の場合のみとなる。

$${}_2P = \frac{P_H}{L n_2}$$

風荷重及び風荷重による転倒モーメントにより取付ボルト 1 本当りに生じるせん断力 ${}_2Q$ は、以下の式により算出する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_2Q = \sqrt{\left(\frac{P_V}{N_2} + \frac{P_H \cdot H}{L_2 \cdot w n_2}\right)^2 + \left(\frac{P_H}{N_2}\right)^2}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_2Q = \frac{P_V}{N_2} + \frac{P_H \cdot H}{W_2 \cdot L n_2}$$

(ロ) 引張に関する検討

取付ボルト1本あたりに生じる引張力Pは、以下による。

$$P = {}_2P$$

取付ボルトの降伏により決定される取付ボルト1本あたりの許容引張力 ${}_2P_a$ は、以下の式により算定する。

$${}_2P_a = {}_2\sigma_a \cdot {}_2A_N \cdot 10^{-3}$$

(ハ) せん断に関する検討

取付ボルト1本あたりに生じるせん断力Qは、以下による。

$$Q = {}_2Q$$

取付ボルトのせん断強度により決定される取付ボルト②1本あたりの許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$${}_2Q_a = {}_2\tau_a \cdot {}_2A_N \cdot 10^{-3}$$

ハ. ベースプレート

(イ) 曲げに関する検討

ベースプレートの短辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートに生じる曲げモーメント M_{bp} は以下の式により算出する。

$$M_{bp} = P \cdot \frac{W_{Pa}}{2} \cdot L_{bp}$$

ベースプレートの短辺方向から風荷重を受けた場合の断面係数 ${}_BZ$ は、以下の式により算定する。

$${}_BZ = \frac{L_b \cdot t^2}{6}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合の許容限界であるベースプレートの曲げモーメント ${}_B M_p$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_p = {}_B\sigma_a \cdot {}_BZ \cdot 10^{-3}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートに生じる曲げモーメント M_{bp} は以下の式により算出する。

$$M_{bp} = \left(\frac{P_V}{2} + \frac{P_H \cdot H}{W_c} \right) \cdot \frac{(W_a - W_{bp})}{W_a} \cdot W_{bp}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合の断面係数 ${}_B Z$ は、以下の式により算定する。

$${}_B Z = \frac{W_b \cdot t^2}{6}$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合の許容限界であるベースプレートの曲げモーメント ${}_B M_p$ は、以下の式により算定する。

$${}_B M_p = {}_B \sigma_a \cdot {}_B Z \cdot 10^{-3}$$

(ロ) せん断に関する検討

ベースプレートに生じるせん断力 Q は、以下の式により算出する。

$$Q = P$$

ベースプレートの長辺方向から風荷重を受けた場合のベースプレートの許容せん断力 Q_{aB} は、以下の式により算出する。

$$Q_{aB} = {}_B \tau_a \cdot L_b \cdot t \cdot 10^{-3}$$

(b) 基礎部(アンカーボルト)の評価方法

イ. アンカーボルトに作用する荷重

浮き上がり荷重によりアンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力 ${}_a T$ は、以下の式により算出する。

$${}_a T = \frac{P_V}{N_a}$$

風荷重による転倒モーメントによりアンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力 ${}_a R$ は、以下の式により算出する。この時、風荷重の作用位置は保守的に可搬型中型移送ポンプの頂部位置に設定する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_a R = \frac{P_H \cdot H}{W_2} \cdot \frac{W_{bp}}{W_a \cdot L n_a}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_a R = \frac{P_H \cdot H}{W_a \cdot L n_a}$$

風荷重によりアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 ${}_aQ$ は、以下の式により算出する。

$${}_aQ = \frac{P_H}{N_a}$$

ロ. 引張に関する検討

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 P は、以下による。

$$P = {}_aT + {}_aR$$

アンカーボルトの降伏により決定される取付ボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a1} は、以下の式により算定する。

$$P_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot {}_aA_e \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルトの付着力により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a3} は、以下の式により算定する。

$$P_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot {}_A d_a \cdot {}_A L_{ce} \cdot 10^{-3}$$

接着系アンカーボルトにおける付着強度 τ_a は以下の式により算定する。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$$

接着系アンカーボルトにおいて、へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数は以下の式により算定する。

$$\alpha_n : 0.5 \cdot (C_n / {}_A L_e) + 0.5$$

$${}_A L_e = {}_A L - {}_A d_a$$

$${}_A L_{ce} = {}_A L_e - 2 \cdot {}_A d_a$$

ここで、 $(C_n / {}_A L_e) \geq 1.0$ の場合は、 $(C_n / {}_A L_e) = 1.0$

${}_A L_e \geq 10 {}_A d_a$ の場合は、 ${}_A L_e = 10 {}_A d_a$ とする。

アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 P_a は、以下の式により算定する。

$$P_a = \text{Min}(P_{a1}, P_{a3})$$

ハ. せん断に関する検討

アンカーボルトに生じるせん断力 Q は、以下による。

$$Q = aQ$$

アンカーボルトのせん断強度により決定される取付ボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a1} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a1} = \Phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot aA_e \cdot 10^{-3}$$

定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a2} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a2} = \Phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot aA_e \cdot 10^{-3}$$

せん断力に対するコーン状破壊の有効投影面積 A_{qc} は、アンカーボルトのへりあき寸法を c とすると以下の式により算定する。

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2$$

定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a3} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a3} = \Phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc} \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$$Q_a = \text{Min}(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

ニ 引張とせん断を同時に受ける場合に関する検討

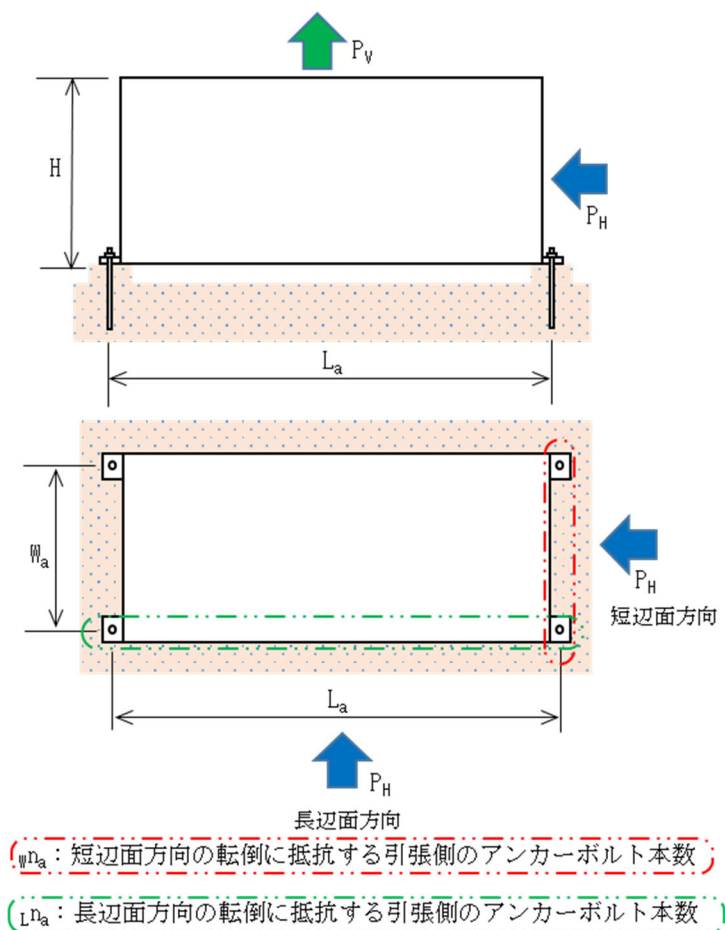
コンクリートに埋め込まれるアンカーボルトとしての引張力とせん断力の組合せ力に対する検定は、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、以下の式によって行う。

$$\left[\frac{P}{P_a}\right]^2 + \left[\frac{Q}{Q_a}\right]^2 \leq 1$$

(3) 収納コンテナ

a. 評価モデル

収納コンテナに設計竜巻による風荷重が作用し、浮き上がり及び転倒の荷重状態を考慮して、第 6.2.2-3 図に示す計算モデルにて、作用する方向の荷重に対して、アンカーボルトに発生する荷重を算定し、評価を行う。



第 6.2.2-3 図 収納コンテナの計算モデル図

b. 評価方法

(a) 基礎部(アンカーボルト)の評価方法

イ. アンカーボルトに作用する荷重

浮き上がり荷重によりアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_aT$ は、以下の式により算出する。

$${}_aT = \frac{P_V}{N_a}$$

風荷重による転倒モーメントによりアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 ${}_aR$ は以下の式により算出する。この時、風荷重の作用位置は保守的に収納コンテナの頂部位置に設定する。

(短辺面方向からの風荷重)

$${}_aR = \frac{P_H \cdot H}{L_a \cdot w n_a}$$

(長辺面方向からの風荷重)

$${}_aR = \frac{P_H \cdot H}{W_a \cdot L n_a}$$

風荷重によりアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 ${}_aQ$ は、以下の式により算出する。

$${}_aQ = \frac{P_H}{N_a}$$

ロ. 引張に関する検討

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 P は、以下による。

$$P = {}_aT + {}_aR$$

アンカーボルトの降伏により決定される取付ボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a1} は、以下の式により算定する。

$$P_{a1} = \Phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot {}_aA_e \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルトの付着力により決定されるアンカーボルト 1 本あたりの許容引張力 P_{a3} は、以下の式により算定する。

$$P_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot A d_a \cdot A L_{ce} \cdot 10^{-3}$$

接着系アンカーボルトにおける付着強度 τ_a は以下の式により算定する。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$$

接着系アンカーボルトにおいて、へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数は以下の式により算定する。

$$\alpha_n = 0.5 \cdot (C_n / A L_e) + 0.5$$

$$A L_e = A L - A d_a$$

$$A L_{ce} = A L_e - 2 \cdot A d_a$$

ここで、 $(C_n / A L_e) \geq 1.0$ の場合は、 $(C_n / A L_e) = 1.0$

$A L_e \geq 10 A d_a$ の場合は、 $A L_e = 10 A d_a$ とする。

アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力 P_a は、以下の式により算定する。

$$P_a = \text{Min}(P_{a1}, P_{a3})$$

ハ. せん断に関する検討

アンカーボルトに生じるせん断力 Q は、以下による。

$$Q = a Q$$

アンカーボルトのせん断強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a1} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot A A_e \cdot 10^{-3}$$

定着した躯体の支圧強度により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a2} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot A A_e \cdot 10^{-3}$$

せん断力に対するコーン状破壊の有効投影面積 A_{qc} は、アンカーボルトのへりあき寸法を c とすると以下の式により算定する。

$$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2$$

定着した躯体のコーン状破壊により決定されるアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 Q_{a3} は、以下の式により算定する。

$$Q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc} \cdot 10^{-3}$$

アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力 Q_a は、以下の式により算定する。

$$Q_a = \text{Min}(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$$

ニ. 引張とせん断を同時に受ける場合に関する検討

コンクリートに埋め込まれるアンカーボルトとしての引張力とせん断力の組合せ力に対する検定は、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき、以下の式によって行う。

$$\left[\frac{P}{P_a} \right]^2 + \left[\frac{Q}{Q_a} \right]^2 \leq 1$$

6.3 評価方法のまとめ

固縛装置の評価方法の一覧を第 6.3-1 表に、固定装置の評価方法の一覧を第 6.3-2 表に示す。

第 6.3-1 表 固縛装置の評価方法一覧

固縛対象設備		評価方法		
区分 設備名称		連結材	固定材	基礎部
車両型	可搬型中型移送ポンプ運搬車	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	ホース展張車	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	運搬車	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	軽油用タンクローリ	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	大型移送ポンプ車	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	監視測定用運搬車	6.1.2(1)a., b.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
車両型以外	けん引車	6.1.2(1)c.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a., b.
	ホイールローダ	6.1.2(1)c.	6.1.2(2)a., b.	6.1.2(3)a.
	可搬型放水砲	6.1.2(1)d.	6.1.2(2)a., c.	6.1.2(3)a.
	可搬型建屋外ホース(ホースコンテナ)	6.1.2(1)d.	6.1.2(2)a., c.	6.1.2(3)a.
	可搬型汚濁水拡散防止フェンス(ホースコンテナ)	6.1.2(1)d.	6.1.2(2)a., c.	6.1.2(3)a.

第 6.3-2 表 固定装置の評価方法一覧

固縛対象設備		評価方法		
		連結材	固定材	基礎部
車両型 以外	可搬型空気圧縮機	—	6.2.2(1)b.(a)イ., ロ.	6.2.2(1)b.(b)
	可搬型発電機	—	6.2.2(1)b.(a)イ., ロ.	6.2.2(1)b.(b)
	可搬型中型移送ポンプ	—	6.2.2(2)b.(a)イ., ロ., ハ.	6.2.2(2)b.(b)
	可搬型建屋外ホース (収納コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	可搬型建屋内ホース (収納コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	放射性物質吸着材(収 納コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	燃料補給用可搬型ホー ス(収納コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	可搬型排水受槽(収納 コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	可搬型スプレイヘッド (収納コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	可搬型デミスタ(収納 コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)
	可搬型フィルタ(収納 コンテナ)	—	—	6.2.2(3)b.(a)

7. 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 日本産業規格 (J I S)
- ・ 鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社)日本建築学会, 2005 改定)
- ・ 建築基準法・同施行令・同告示
- ・ 「建築物荷重指針・同解説」 ((社)日本建築学会, 2015 改定)
- ・ 日本建築学会「鋼構造塑性設計指針」
- ・ 日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」

VI-1-1-1-2-4-2

竜巻への配慮が必要な施設等の強度
計算書

VI-1-1-1-2-4-2-1
竜巻への配慮が必要な施設の強度計
算書

VI-1-1-1-2-4-2-1-1-

建物・構築物

VI-1-1-1-2-4-2-1-1
建屋の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-1-
1-1-1

建屋の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 建屋の評価条件	2
2.1.1 衝突評価	2
2.1.2 構造強度評価	9
2.2 扉の評価条件	27
2.2.1 変形評価	27
2.2.2 脱落評価	29
3. 強度評価結果	30
3.1 建屋の評価結果	30
3.1.1 衝突評価	30
3.1.2 構造強度評価	34
3.2 扉の評価結果	37
3.2.1 衝突評価	37
3.2.2 構造強度評価	37

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋及び重大事故等対処設備を収納する建屋等である以下に示す建屋(以下「対象建屋」という。)の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

- (1) 前処理建屋
- (2) 分離建屋
- (3) 精製建屋
- (4) ウラン脱硝建屋
- (5) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- (6) ウラン酸化物貯蔵建屋
- (7) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- (8) 高レベル廃液ガラス固化建屋
- (9) 第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟
- (10) チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
- (11) ハル・エンドピース貯蔵建屋
- (12) 制御建屋
- (13) 分析建屋
- (14) 非常用電源建屋
- (15) 緊急時対策建屋
- (16) 第1保管庫・貯水所
- (17) 第2保管庫・貯水所

2. 評価条件

2.1 建屋の評価条件

2.1.1 衝突評価

貫通評価及び裏面剥離評価に用いる条件を以下に示す。設計飛来物の形状係数 N については、安全側の評価となるよう、最大値1.14(非常に鋭い場合*)とする。また、低減係数 α_e 及び α_s については、柔飛来物に対する低減を考慮せず最大値である1.0とする。

注記 * : 構造工学シリーズ6 構造物の衝撃挙動と設計法, 土木学会

2.1.1.1 貫通評価

コンクリートの貫通評価式に用いる条件を第2.1.1.1-1表に示す。

第 2.1.1.1-1 表 コンクリートの貫通限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値		単位
D	設計飛来物直径密度 (D=W/d ³)	6.42×10 ⁻³		kgf/cm ³
d	設計飛来物直径	27.6		cm
Fc	コンクリートの設計基準強度	前処理建屋	29.4 (300)	N/mm ² (kgf/cm ²)
		分離建屋		
		精製建屋		
		ウラン脱硝建屋		
		ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋		
		ウラン酸化物貯蔵建屋		
		ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋		
		高レベル廃液 ガラス固化建屋		
		第1ガラス固化体 貯蔵建屋棟棟	29.5 (300)	
		チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋	29.4 (300)	
		ハル・エンドピース 貯蔵建屋		
		制御建屋		
		分析建屋		
		非常用電源建屋		
		緊急時対策建屋	30	
第1保管庫・貯水所				
第2保管庫・貯水所				
N	設計飛来物の形状係数	1.14		—
V	設計飛来物の衝突速度(水平)	壁面	51	m/s
	設計飛来物の衝突速度(鉛直)	屋根	34	
W	設計飛来物重量	135		kgf
α _e	低減係数	1.0		—

2.1.1.2 裏面剝離評価

コンクリートの裏面剝離評価式に用いる条件を第2.1.1.2-1表に示す。

第2.1.1.2-1表 コンクリートの裏面剝離限界厚さの算出に用いる入力値

記号	定義	数値		単位
d	設計飛来物直径	27.6		cm
f _c '	コンクリートの設計基準強度	前処理建屋	29.4 (300)	N/mm ² (kgf/cm ²)
		分離建屋		
		精製建屋		
		ウラン脱硝建屋		
		ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋		
		ウラン酸化物貯蔵建屋		
		ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋		
		高レベル廃液 ガラス固化建屋	29.5 (300)	
		第1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	29.4 (300)	
		チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋		
		ハル・エンドピース 貯蔵建屋		
		制御建屋		
		分析建屋		
		非常用電源建屋	30	
緊急時対策建屋				
第1 保管庫・貯水所	30	N/mm ²		
第2 保管庫・貯水所				
V	設計飛来物の衝突速度(水平)	壁面	51	m/s
	設計飛来物の衝突速度(鉛直)	屋根	34	
V ₀	設計飛来物基準速度	60.96		m/s
W	設計飛来物重量	135		kgf
α _s	低減係数	1.0		—

衝突解析には、解析コード「LS-DYNA (Ver. 971 R6.1.2)」を用いる。

屋根スラブの諸元を第2.1.1.2-2表に示す。屋根トラスの主トラス間の長さはほぼ同等であることにより、代表的な寸法である2025mm×4445mmを評価対象部位とし、屋根スラブのコンクリートはソリッド要素、鉄筋はトラス要素、デッキプレートはシェル要素でモデル化する。

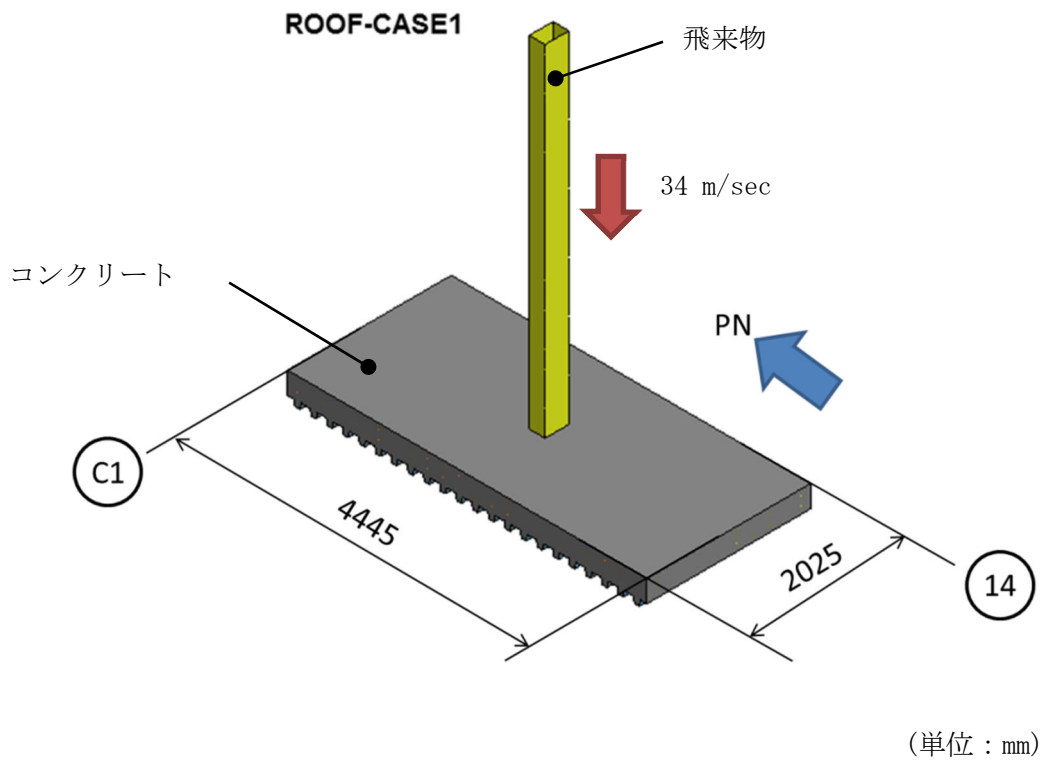
設計飛来物の衝突位置は、衝突時間が長く、被衝突部材に伝達するエネルギーが大きくなるように部材長さ(支持スパン)が最大となる中央部とする。設計飛来物の衝突方向は鉛直とし、屋根に対して最小断面積で衝突する場合を考える。

設計飛来物は、衝突時の荷重が安全側の評価となるよう接触断面積を小さくするため、先端部(衝突部)を開口としてシェル要素でモデル化する。

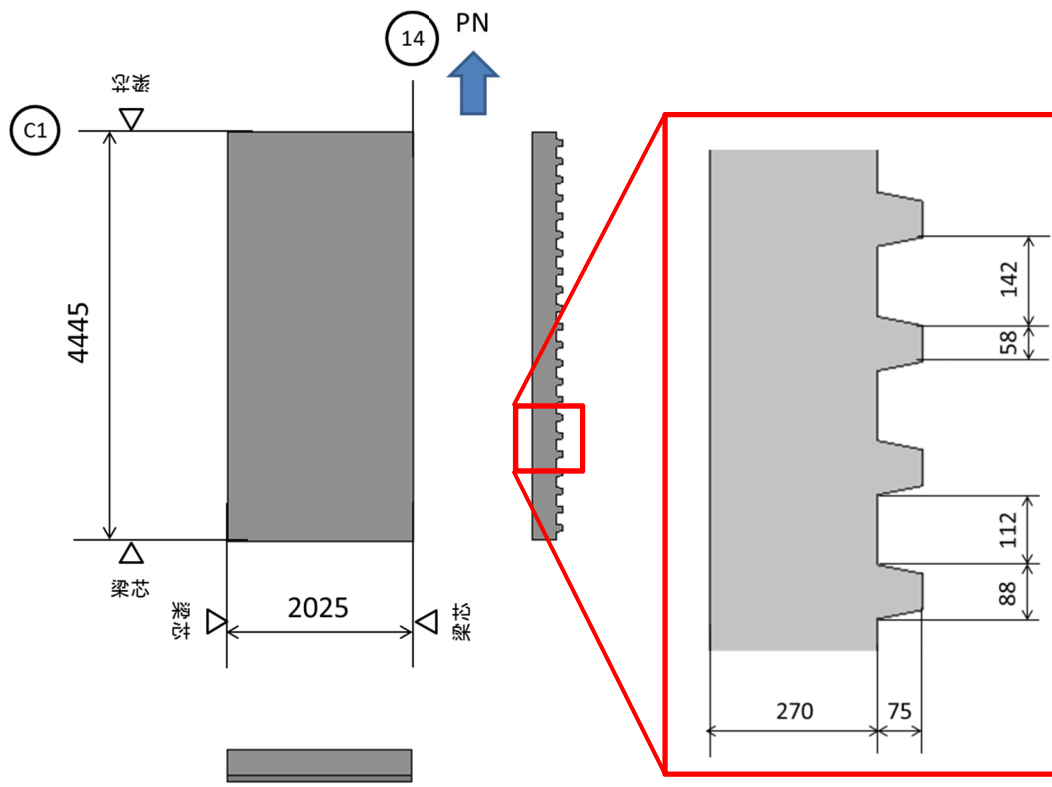
屋根スラブ及び設計飛来物の3次元FEMモデル(衝突時)及び屋根スラブの3次元FEMモデル図を第2.1.1.2-1図～第2.1.1.2-2図に示す。

第2.1.1.2-2表 屋根スラブの諸元

スラブ厚さ	270mm
コンクリート強度	29.5N/mm ²
配筋	D22@200 ダブル (両方向共)
デッキプレート厚さ	1.2mm

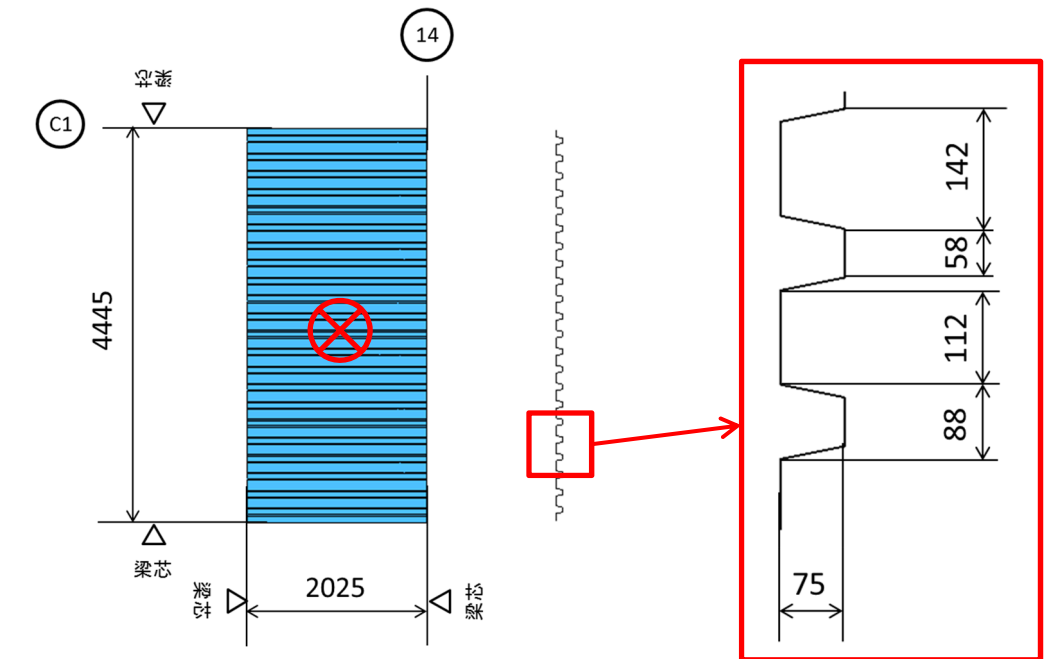


第 2.1.1.2-1 図 屋根スラブ及び設計飛来物の 3 次元 FEM モデル(衝突時)



(単位：mm)

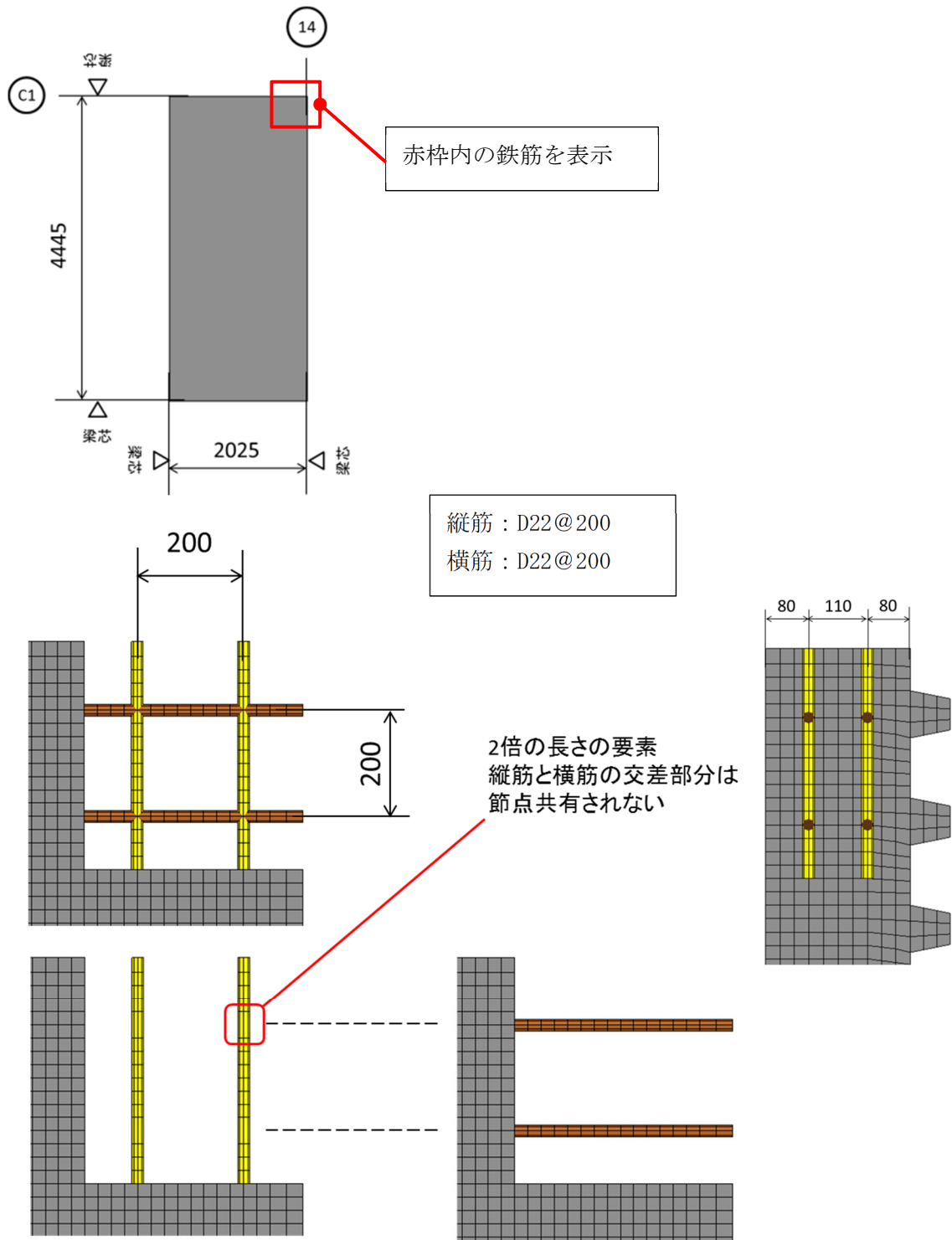
第 2.1.1.2-2 図 屋根スラブの 3 次元 FEM モデル コンクリート形状(1/3)



⊗ 飛来物衝突位置

(単位：mm)

第 2.1.1.2-2 図 屋根スラブの 3 次元 FEM モデル デッキプレート形状(2/3)



(単位：mm)

第 2.1.1.1.2-2 図 屋根スラブの 3 次元 FEM モデル 鉄筋 (3/3)

2.1.2 構造強度評価

対象建屋の構造強度評価式に用いる条件を第2.1.2-1表～第2.1.2-18表に示す。

第2.1.2-1表 固定荷重(1/2)

建屋	部位	コンクリートスラブ	固定荷重(DL)
前処理建屋	屋根	1200mm	28243N/m ² (2880kgf/m ²)
分離建屋	屋根	1150mm	27066N/m ² (2760kgf/m ²)
精製建屋	屋根	300mm	7060N/m ² (720kgf/m ²)
ウラン脱硝建屋	屋根	300mm	7060N/m ² (720kgf/m ²)
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	屋根	1200mm	28243N/m ² (2880kgf/m ²)
ウラン酸化物貯蔵建屋	屋根	1200mm	28243N/m ² (2880kgf/m ²)
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	屋根	1100mm	25889N/m ² (2640kgf/m ²)
高レベル廃液ガラス固化建屋	屋根	400mm	9414N/m ² (960kgf/m ²)
第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟	屋根	270mm	6480N/m ² (660kgf/m ²)
チャンネルボックス・ バーナブルポイズン処理建屋	屋根	1200mm	28243N/m ² (2880kgf/m ²)
ハル・エンドピース貯蔵建屋	屋根	1150mm	27066N/m ² (2760kgf/m ²)

第2.1.2-1表 固定荷重(2/2)

建屋	部位	コンクリートスラブ	固定荷重(DL)
制御建屋	屋根	1200mm	28243N/m ² (2880kgf/m ²)
分析建屋	屋根	300mm	7060N/m ² (720kgf/m ²)
非常用電源建屋	屋根	300mm	7060N/m ² (720kgf/m ²)
緊急時対策所	屋根	300mm	7200N/m ²
第1保管庫・貯水所	屋根	500mm	12000N/m ²
第2保管庫・貯水所	屋根	500mm	12000N/m ²

第2.1.2-2表 前処理建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	805.85	901.14
	0.8	0.4	411.74	521.28
	0.8	0.4	352.92	459.51
	0.8	0.4	470.56	591.23
	0.8	0.4	497.55	624.09

第2.1.2-3表 分離建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	373.26	302.33
	0.8	0.4	491.67	672.80
	0.8	0.4	485.78	680.51
	0.8	0.4	349.98	487.59
	0.8	0.4	534.92	672.78

第2.1.2-4表 精製建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	463.95	601.88
	0.8	0.4	581.94	755.85
	0.8	0.4	360.52	467.81
	0.8	0.4	383.23	497.01

第2.1.2-5表 ウラン脱硝建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
83.625~76.70	0.8	0.4	252.09	70.52
76.70~68.90	0.8	0.4	398.16	338.52
68.90~65.50	0.8	0.4	154.36	131.24
65.50~62.10	0.8	0.4	154.36	131.24
62.10~55.00	0.8	0.4	322.34	274.06

第2.1.2-6表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
70.80~62.80	0.8	0.4	310.34	264.05
62.80~55.30	0.8	0.4	471.59	401.26

第2.1.2-7表 ウラン酸化物貯蔵建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
69.525~64.05	0.8	0.4	287.76	291.03
64.05~61.13	0.8	0.4	154.18	155.93
61.13~55.00	0.8	0.4	323.66	327.34

第2.1.2-8表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
69.30~63.30	0.8	0.4	121.68	48.17
63.30~55.30	0.8	0.4	320.92	305.37

第2.1.2-9表 高レベル廃液ガラス固化建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	58.18	58.50
	0.8	0.4	51.82	37.52
	0.8	0.4	51.91	32.48
	0.8	0.4	964.99	798.54
	0.8	0.4	698.11	513.24

第2.1.2-10表 第1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟 風力係数及び受圧面積

部 位	標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
		風上	風下	NS方向	EW方向
西棟 シャフト部	96.80~87.50	0.8	0.4	380.40	116.70
	87.50~81.30	0.8	0.4	253.60	41.90
	81.30~75.10	0.8	0.4	253.60	41.90
	75.10~68.90	0.8	0.4	223.70	36.90
東棟 シャフト部	96.80~87.50	0.8	0.4	310.60	96.30
	87.50~81.30	0.8	0.4	207.10	45.80
	81.30~75.10	0.8	0.4	207.10	41.90
	75.10~68.90	0.8	0.4	182.70	31.20
建屋部	68.90~61.50	0.8	0.4	904.10	484.90
	61.50~55.30	0.8	0.4	689.40	395.60

第2.1.2-11表 チャンネルボックス・バーナブルポイゾン処理建屋
風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
80.30~71.60	0.8	0.4	160.89	586.82
71.60~63.30	0.8	0.4	558.24	506.30
63.30~55.30	0.8	0.4	505.26	506.30

第2.1.2-12表 ハル・エンドピース貯蔵建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	232.70	178.50
	0.8	0.4	454.80	361.30
	0.8	0.4	283.60	225.30

第2.1.2-13表 制御建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
73.80~66.25	0.8	0.4	120.39	261.42
66.25~61.25	0.8	0.4	771.71	239.40
61.25~55.00	0.8	0.4	111.25	249.38

第2.1.2-14表 分析建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	667.10	480.10
	0.8	0.4	592.50	282.90
	0.8	0.4	582.10	278.00

第2.1.2-15表 非常用電源建屋 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
68.80~63.80	0.8	0.4	244.00	124.00
63.80~55.00	0.8	0.4	429.40	218.20

第2.1.2-16表 緊急時対策所 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
72.80~55.00	0.8	0.4	1109.10	834.10

第2.1.2-17表 第1保管庫・貯水所 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
70.85~64.05	0.8	0.4	197.70	277.70
64.05~55.00	0.8	0.4	1043.30	478.40

第2.1.2-18表 第2保管庫・貯水所 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
64.35~57.55	0.8	0.4	197.70	277.70
57.55~48.50	0.8	0.4	1043.30	478.40

2.1.2.1 変形評価

耐震壁に生じるせん断ひずみ度及び架構に生じる層間変形角の評価に用いる条件を第2.1.2.1-1表～第2.1.2.1-17表に示す。

第2.1.2.1-1表 前処理建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	22596	27568
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	31639	38214
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		31639	38214

第2.1.2.1-2表 分離建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	19899	25064
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	28073	34904
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		28073	34904

第2.1.2.1-3表 精製建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	15930	20673
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	22824	29096
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		22824	29096

第2.1.2.1-4表 ウラン脱硝建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	11405	8419
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	16840	12890
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		16840	12890

第2.1.2.1-5表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	6961	5923
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	10962	9589
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		10962	9589

第2.1.2.1-6表 ウラン酸化物貯蔵建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	6816	6893
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	10770	10873
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		10770	10873

第2.1.2.1-7表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	3940	3147
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	6967	5919
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		6967	5919

第2.1.2.1-8表 高レベル廃液ガラス固化建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	16245	12821
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	23240	18712
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		23240	18712

第2.1.2.1-9表 第1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	33478	12358
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	46030	18102
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		46030	18102

第2.1.2.1-10表 チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	10898	14237
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	16169	20585
	採用値($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		16169	20585

第2.1.2.1-11表 ハル・エンドピース貯蔵建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	8645	6811
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	13189	10764
	採用値($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		13189	10764

第2.1.2.1-12表 制御建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	8932	6678
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	13568	10588
	採用値($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		13568	10588

第2.1.2.1-13表 分析建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	16393	9266
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	23436	14010
	採用値($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		23436	14010

第2.1.2.1-14表 非常用電源建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	5994	3046
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	9684	5785
	採用値($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		9684	5785

第2.1.2.1-15表 緊急時対策建屋 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	9871	7424
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	14811	11574
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		14811	11574

第2.1.2.1-16表 第1保管庫・貯水所 変形評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	11046	6730
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	16364	10656
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		16364	10656

第2.1.2.1-17表 第2保管庫・貯水所 変形評価に用いる複合荷重の条件

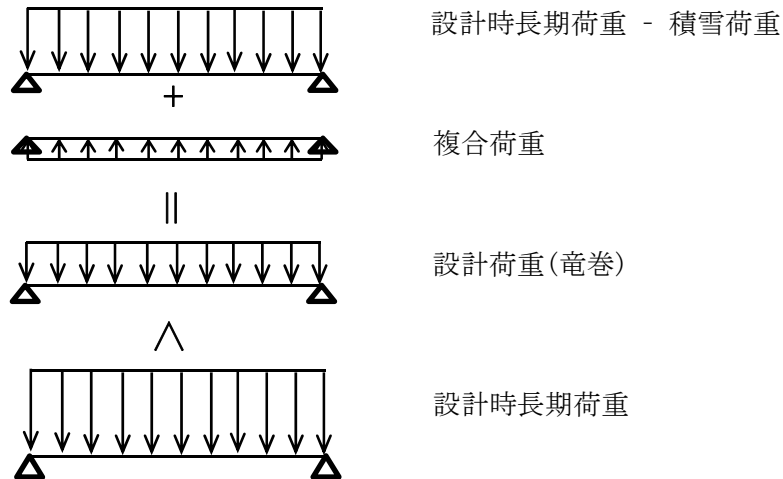
荷重	種類		値 (kN)	
			NS 方向	EW 方向
複合荷重	W_{T1}	W_P	11046	6730
	W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$	16364	10656
	採用値 ($\max(W_{T1}, W_{T2})$)		16364	10656

2.1.2.2 脱落評価

脱落評価に用いる複合荷重の条件を第2.1.2.2-1表に、作用荷重の概念図を第2.1.2.2-1図に示す。これらを踏まえ、対象建屋の設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件を第2.1.2.2-2表～第2.1.2.2-17表に示す。ここで、鉛直上向きに作用する荷重を負の値とする。

第2.1.2.2-1表 脱落評価に用いる複合荷重の条件

荷重	種類		値(N/m ²)
複合荷重	W_{T1}	W_p	-8900
	W_{T2}	$W_w + 0.5 \cdot W_p$	-10550
	採用値($\min(W_{T1}, W_{T2})$)		-10550



第2.1.2.2-1図 作用荷重の概念図

第 2.1.2.2-1 表 前処理建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	18673
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	34812

第 2.1.2.2-2 表 分離建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	27066
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	17496
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	27066
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	33635

第 2.1.2.2-3 表 精製建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値 (N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-2510
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	13629

第 2.1.2.2-4 表 ウラン脱硝建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値 (N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-2510
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	13629

第 2.1.2.2-5 表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値 (N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	18673
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	34812

第 2.1.2.2-6 表 ウラン酸化物貯蔵建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	18673
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	34812

第 2.1.2.2-7 表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	25889
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	16319
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	25889
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	32458

第 2.1.2.2-8 表 高レベル廃液ガラス固化建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	9414
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-156
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	9414
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	15983

第 2.1.2.2-9 表 第 1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟
設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	6480
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-3090
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	6480
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	13049

第 2.1.2.2-10 表 チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	18673
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	34812

第 2.1.2.2-11 表 ハル・エンドピース貯蔵建屋
設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	27066
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	17496
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	27066
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	33635

第 2.1.2.2-12 表 制御建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	18673
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	28243
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	34812

第 2.1.2.2-13 表 分析建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-2510
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	13629

第 2.1.2.2-14 表 非常用電源建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-2510
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	7060
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	5589
	計	13629

第 2.1.2.2-15 表 緊急時対策建屋

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	7200
	積載荷重(LL)	1000
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	-2350
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	7200
	積載荷重(LL)	1000
	積雪荷重(SL)	3990
	計	12190

第 2.1.2.2-16 表 第 1 保管庫・貯水所

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	12000
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	2430
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	12000
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	3990
	計	16970

第 2.1.2.2-17 表 第 2 保管庫・貯水所

設計荷重(竜巻)の荷重条件及び屋根の設計時長期荷重条件

荷重	種類	値(N/m ²)
設計荷重(竜巻)	固定荷重(DL)	12000
	積載荷重(LL)	980
	複合荷重(W _T)	-10550
	計	2430
設計時長期荷重	固定荷重(DL)	12000
	積載荷重(LL)	980
	積雪荷重(SL)	3990
	計	16970

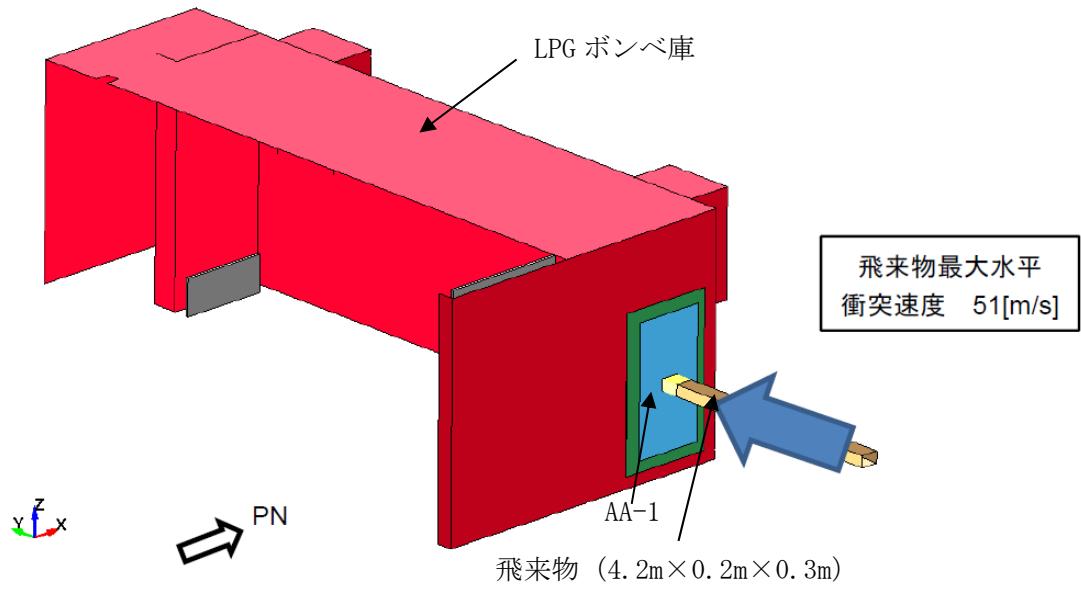
2.2 扉の評価条件

2.2.1 変形評価

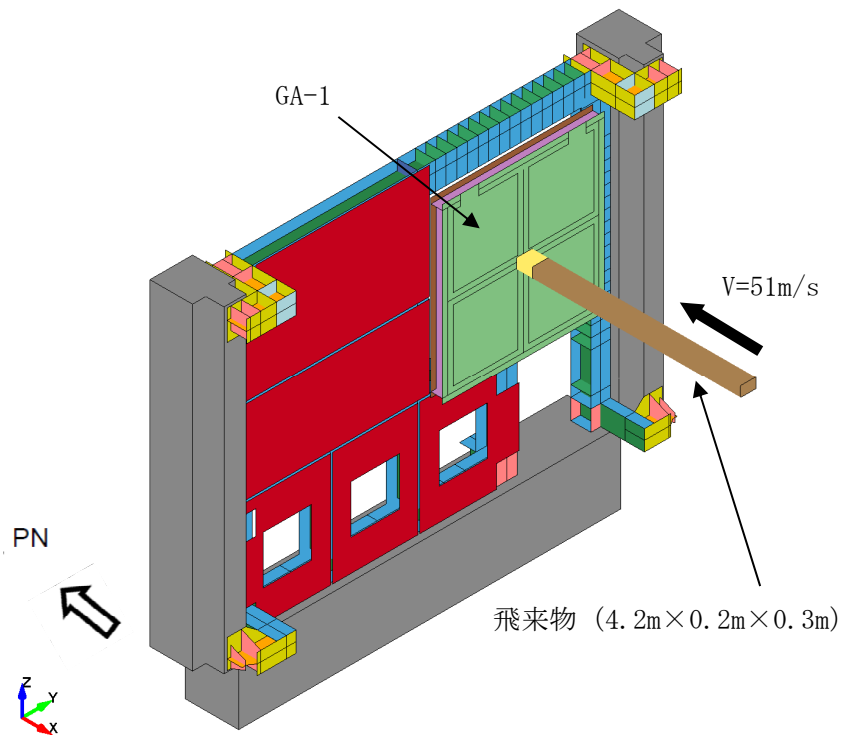
扉の変形評価は、解析コード「LS-DYNA」を用いて3次元FEMモデルによりモデル化し評価を実施する。なお、評価に用いた解析コード「LS-DYNA」の検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要・LS-DYNA」に示す。

AA-1及びGA-1は、扉及び鋼材をシェル要素、増設部の鉄筋コンクリート(LPGボンベ庫)を積層シェル要素、鋼材背面の建屋躯体(鉄筋コンクリート部)はソリッド要素でモデル化する。境界条件として、鋼材-鋼材及び鋼材-鉄筋コンクリートは接触条件のみとし、建屋躯体背面は完全固定とする。なお、増設部の壁及びスラブ端部は、アンカー位置でピン支持とする。

防護扉及び飛来物の解析モデル図を第2.2.1-1図及び第2.2.1-2図に示す。



第 2. 2. 1-1 図 AA-1 及び飛来物の解析モデル図



第 2. 2. 1-2 図 GA-1 及び飛来物の解析モデル図

2.2.2 脱落評価

扉の脱落評価に用いる条件を第2.2.2-1表～第2.2.2-3表に示す。

第2.2.2-1表 AA-1の応力評価の評価条件

部位	記号	記号の説明	数値	単位
扉体	Ad	扉受圧面積	2.54	m ²
	ΔP	単位面積当たりの最大気圧低下量	8900	N/m ²
	n _k	カンヌキの箇所数	1	箇所
カンヌキ	A _k	カンヌキの断面積	1250	mm ²
	L _k	カンヌキとカンヌキ受の距離	50	mm
	Z _k	カンヌキの断面係数	6280	mm ³

第2.2.2-2表 AZ-1の応力評価の評価条件

部位	記号	記号の説明	数値	単位
扉体	Ad	扉受圧面積	4.39	m ²
	ΔP	単位面積当たりの最大気圧低下量	8900	N/m ²
	n _k	カンヌキの箇所数	2	箇所
カンヌキ	A _k	カンヌキの断面積	1960	mm ²
	L _k	カンヌキとカンヌキ受の距離	30	mm
	Z _k	カンヌキの断面係数	12200	mm ³

第2.2.2-3表 GA-1の応力評価の評価条件

部位	記号	記号の説明	数値	単位
扉体	Ad	扉受圧面積	9.95	m ²
	ΔP	単位面積当たりの最大気圧低下量	8900	N/m ²
ガイドローラー	n _c	ガイドローラー本数	3	本
	F ₀	ガイドローラー許容荷重	32.1	kN

3. 強度評価結果

3.1 建屋の評価結果

3.1.1 衝突評価

3.1.1.1 貫通評価

壁，屋根の最小厚さは，Degen 式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。貫通評価結果を第 3.1.1.1-1 表に示す。

第 3.1.1.1-1 表 貫通評価結果(Degen 式による評価) (1/2)

建屋名	評価対象部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
前処理建屋	壁	1200	248	可
	屋根	1200	176	可
分離建屋	壁	650	248	可
	屋根	1150	176	可
精製建屋	壁	300	248	可
	屋根	300	176	可
ウラン脱硝建屋	壁	300	248	可
	屋根	300	176	可
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	壁	1100	248	可
	屋根	1200	176	可
ウラン酸化物貯蔵建屋	壁	1200	248	可
	屋根	1200	176	可
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	壁	1100	248	可
	屋根	1100	176	可
高レベル廃液 ガラス固化建屋	壁	300	248	可
	屋根	400	176	可
第 1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	壁	300	248	可
	屋根	270	176	可
チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋	壁	1250	248	可
	屋根	1200	176	可
ハル・エンドピース 貯蔵建屋	壁	1150	248	可
	屋根	1150	176	可
制御建屋	壁	1150	248	可
	屋根	1200	176	可

第 3.1.1.1-1 表 貫通評価結果(Degen 式による評価) (2/2)

建屋名	評価対象部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
分析建屋	壁	300	248	可
	屋根	300	176	可
非常用電源建屋	壁	300	248	可
	屋根	300	176	可
緊急時対策建屋	壁	300	247	可
	屋根	300	175	可
第 1 保管庫・貯水所	壁	500	247	可
	屋根	500	175	可
第 2 保管庫・貯水所	壁	500	247	可
	屋根	500	175	可

3.1.1.2 裏面剝離評価

壁，屋根の最小厚さは，Chang 式による評価における裏面剝離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剝離評価結果を第 3.1.1.2-1 表に示す。

また，第 1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟の屋根においては，衝突解析による評価において，デッキプレートが発生ひずみが許容限界を超えないことを確認した。衝突解析による裏面剝離評価結果を第 3.1.1.2-2 表に示す。

第 3.1.1.2-1 表 裏面剝離評価結果 (Chang 式による評価) (1/2)

建屋名	評価対象部位	最小厚さ (mm)	裏面剝離限界 厚さ (mm)	判定
前処理建屋	壁	1200	415	可
	屋根	1200	316	可
分離建屋	壁	650	415	可
	屋根	1150	316	可
精製建屋	壁	425	415	可
	屋根	400	316	可
ウラン脱硝建屋	壁	500	415	可
	屋根	500	316	可
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	壁	1100	415	可
	屋根	1200	316	可
ウラン酸化物貯蔵建屋	壁	1200	415	可
	屋根	1200	316	可
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	壁	1100	415	可
	屋根	1100	316	可
高レベル廃液 ガラス固化建屋	壁	1200	415	可
	屋根	400	316	可
第 1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	壁	500	414	可
	屋根	270	316	不可*
チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋	壁	1250	415	可
	屋根	1200	316	可
ハル・エンドピース 貯蔵建屋	壁	1150	415	可
	屋根	1150	316	可

注記 * : 衝突解析による評価を実施する。

第 3.1.1.2-1 表 裏面剝離評価結果(Chang 式による評価) (2/2)

建屋名	評価対象部位	最小厚さ (mm)	裏面剝離限界 厚さ(mm)	判定
制御建屋	壁	1150	415	可
	屋根	1200	316	可
分析建屋	壁	600	415	可
	屋根	1200	316	可
非常用電源建屋	壁	1200	415	可
	屋根	1150	316	可
緊急時対策建屋	壁	500	412	可
	屋根	1000	314	可
第 1 保管庫・貯水所	壁	500	412	可
	屋根	500	314	可
第 2 保管庫・貯水所	壁	500	412	可
	屋根	500	314	可

第 3.1.1.2-2 表 裏面剝離評価結果(衝突解析による評価)

建屋名	評価対象部位	発生ひずみ		判定
		評価結果	許容限界	
第 1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	屋根 (デッキプレート)	0.0062	0.07	可

3.1.2 構造強度評価

3.1.2.1 変形評価

(1) 耐震壁のせん断ひずみ度

耐震壁に生じるせん断ひずみ度が許容限界を下回ることを確認した。耐震壁の変形評価結果を第3.1.2.1-1表に示す。

第3.1.2.1-1表 耐震壁 変形評価結果(1/2)

建屋名	評価対象部位	評価結果	許容限界	判定
前処理建屋	耐震壁	0.0106×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
分離建屋	耐震壁	0.0244×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
精製建屋	耐震壁	0.0063×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
ウラン脱硝建屋	耐震壁	0.0134×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	耐震壁	0.0057×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
ウラン酸化物貯蔵建屋	耐震壁	0.0091×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	耐震壁	0.0108×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
高レベル廃液 ガラス固化建屋	耐震壁	0.0337×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
第1ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	耐震壁	0.0360×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋	耐震壁	0.0206×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
ハル・エンドピース 貯蔵建屋	耐震壁	0.0097×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
制御建屋	耐震壁	0.0142×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
分析建屋	耐震壁	0.0276×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
非常用電源建屋	耐震壁	0.0103×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可

第 3.1.2.1-1 表 耐震壁 変形評価結果 (2/2)

建屋名	評価対象部位	評価結果	許容限界	判定
緊急時対策建屋	耐震壁	0.0056×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
第 1 保管庫・貯水所	耐震壁	0.0130×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可
第 2 保管庫・貯水所	耐震壁	0.0130×10^{-3}	2.0×10^{-3}	可

(2) 架構の層間変形角

架構に生じる層間変形角が許容限界を下回ることを確認した。架構の変形評価結果を第 3.1.2.1-2 表に示す。

第 3.1.2.1-2 表 架構 変形評価結果

建屋名	評価対象部位	評価結果	許容限界	判定
第 1 ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	架構	1/5242	1/120	可

3.1.2.2 脱落評価

屋根に作用する設計荷重(竜巻)が設計時長期荷重以下であることを確認した。屋根の脱落評価結果を第3.1.2.2-1表に示す。

第3.1.2.2-1表 脱落評価結果(屋根)

建屋名	設計荷重(竜巻) (N/m ²)	設計時長期荷重 (N/m ²)	判定
前処理建屋	18673	34812	可
分離建屋	17496	33635	可
精製建屋	2510*	13629	可
ウラン脱硝建屋	2510*	13629	可
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋	18673	34812	可
ウラン酸化物貯蔵建屋	18673	34812	可
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋	16319	32458	可
高レベル廃液 ガラス固化建屋	156*	15983	可
第1ガラス固化体 貯蔵建屋東棟	3090*	13049	可
チャンネルボックス・ バーナブルポイズン 処理建屋	18673	34812	可
ハル・エンドピース 貯蔵建屋	17496	33635	可
制御建屋	18673	34812	可
分析建屋	2510*	13629	可
非常用電源建屋	2510*	13629	可
緊急時対策建屋	2350*	12190	可
第1保管庫・貯水所	2430	16970	可
第2保管庫・貯水所	2430	16970	可

注記 * : 設計荷重(竜巻)の値として、絶対値にて示す。

3.2 扉の評価結果

3.2.1 衝突評価

3.2.1.1 貫通評価

扉の最小厚さは、貫通限界厚さを以上であることを確認した。扉の貫通評価結果を第3.2.1.1-1表に示す。

第3.2.1.1-1表 貫通評価結果

評価対象部位	最小厚さ (mm)	貫通限界厚さ (mm)
扉(AZ-1を除く)	45	8.2
扉(AZ-1)	40	8.2

3.2.2 構造強度評価

3.2.2.1 変形評価

扉のひずみは許容限界を下回ることを確認した。扉の変形評価結果を第3.2.2.1-1表に示す。

第3.2.2.1-1表 変形評価結果

評価対象部位	評価結果	許容限界
扉(AA-1)	0.001	0.07
扉(GA-1)	0.001	0.07

3.2.2.2 脱落評価

扉のカンヌキ及びガイドローラーに生じる応力は許容限界を下回ることを確認した。脱落評価結果を第3.2.2.2-1表に示す。

第3.2.2.2-1表 脱落評価結果

評価対象部位		評価結果	許容限界	
AA-1	カンヌキ(せん断)	(N/mm ²)	9.04	118.0
	カンヌキ(曲げモーメント)	(N/mm ²)	90.0	205.0
	カンヌキ(組合せ応力)	(N/mm ²)	91.4	205.0
AZ-1	カンヌキ(せん断)	(N/mm ²)	5.0	118.0
	カンヌキ(曲げモーメント)	(N/mm ²)	24.0	205.0
	カンヌキ(組合せ応力)	(N/mm ²)	25.5	205.0
GA-1	ガイドローラー	(kN)	22.2	32.1

VI-1-1-1-2-4-2-1-
1-1-2

竜巻防護対象施設等に波及的影響を
及ぼし得る建物の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評估条件	2
3. 波及的影響評估結果	6
3.1 耐力評估	6
3.2 變形評估	10

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る建物である以下に示す建屋(以下「下位クラス施設」という)の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

下位クラス施設と波及的影響を受ける恐れのある上位クラス施設を第1-1表に示す。

第1-1表 下位クラス施設と波及的影響を受ける恐れのある上位クラス施設

下位クラス施設	上位クラス施設
出入管理建屋	制御建屋
	分析建屋
運転訓練施設	制御建屋
	分析建屋
低レベル廃棄物処理建屋	チャンネルボックス・ バーナブルポイズン処理建屋
事務棟建屋北棟	ウラン脱硝建屋
	ウラン酸化物貯蔵建屋
事務棟建屋南棟	ウラン酸化物貯蔵建屋

2. 評価条件

強度評価に用いる評価条件を第2-1表～第2-10表に示す。

第2-1表 下位クラス施設(出入管理建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
77.80～73.80	0.8	0.4	46.76	51.63
73.80～71.85	0.8	0.4	92.49	68.83
71.85～67.80	0.8	0.4	118.20	196.20
67.80～63.60	0.8	0.4	166.93	264.85
63.60～59.45	0.8	0.4	174.10	265.95
59.45～55.30	0.8	0.4	172.26	265.01

第2-2表 下位クラス施設(運転訓練施設) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
63.53～58.43	0.8	0.4	208.85	144.59
58.43～55.00	0.8	0.4	140.46	97.24

第2-3表 下位クラス施設(低レベル廃棄物処理建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
85.45～74.80	0.8	0.4	993.08	969.41
74.80～67.30	0.8	0.4	744.38	736.88
67.30～61.30	0.8	0.4	595.50	589.50
61.30～55.00	0.8	0.4	625.28	618.98

第2-4表 下位クラス施設(事務棟建屋北棟) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
83.90~74.80	0.8	0.4	119.80	312.90
74.80~71.00	0.8	0.4	94.90	235.50
71.00~67.10	0.8	0.4	96.10	238.60
67.10~63.20	0.8	0.4	97.40	241.70
63.20~59.30	0.8	0.4	97.40	241.70
59.30~55.00	0.8	0.4	98.60	244.80

第2-5表 下位クラス施設(事務棟建屋南棟) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
90.70~82.40	0.8	0.4	117.21	141.50
82.40~78.60	0.8	0.4	106.41	164.18
78.60~74.80	0.8	0.4	106.41	164.18
74.80~71.00	0.8	0.4	106.41	164.18
71.00~67.10	0.8	0.4	107.81	166.34
67.10~63.20	0.8	0.4	109.21	168.50
63.20~59.30	0.8	0.4	109.21	168.50
59.30~55.00	0.8	0.4	119.71	184.70

第2-6表 上位クラス施設(制御建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)
	風上	風下	EW方向
73.80~66.25	0.8	0.4	261.42
66.25~61.25	0.8	0.4	239.40
61.25~55.00	0.8	0.4	249.38

第2-7表 上位クラス施設(分析建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)	
	風上	風下	NS方向	EW方向
	0.8	0.4	667.10	480.10
	0.8	0.4	592.50	282.90
	0.8	0.4	582.10	278.00

第2-8表 上位クラス施設(チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋)

風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A(m ²)
	風上	風下	NS方向
80.30~71.60	0.8	0.4	160.89
71.60~63.30	0.8	0.4	558.24
63.30~55.30	0.8	0.4	505.26

第2-9表 上位クラス施設(ウラン脱硝建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)
	風上	風下	EW方向
83.625～76.70	0.8	0.4	70.52
76.70～68.90	0.8	0.4	338.52
68.90～65.50	0.8	0.4	131.24
65.50～62.10	0.8	0.4	131.24
62.10～55.00	0.8	0.4	274.06

第2-10表 上位クラス施設(ウラン酸化物貯蔵建屋) 風力係数及び受圧面積

標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C		受圧面積A (m ²)
	風上	風下	EW方向
69.525～64.05	0.8	0.4	291.03
64.05～61.13	0.8	0.4	155.93
61.13～55.00	0.8	0.4	327.34

3. 波及的影響評価結果

3.1 耐力評価

設計荷重(竜巻)により生じる建屋の層せん断力が許容限界を下回ることを確認した。耐力評価結果を第 3.1-1 表～第 3.1-5 表に示す。

第 3.1-1 表 出入管理建屋 耐力評価結果

(a) NS 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)による層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
78.750～75.800	2308	26979	可
75.800～72.825	3398	84841	可
72.825～69.825	4790	203655	可
69.825～65.700	6755	229523	可
65.700～61.525	8805	250294	可
61.525～57.375	10833	408984	可

(b) EW 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)による層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
78.750～75.800	2364	28966	可
75.800～72.825	3175	84550	可
72.825～69.825	5485	161402	可
69.825～65.700	8603	173877	可
65.700～61.525	11734	182127	可
61.525～57.375	14853	299089	可

第 3.1-2 表 運転訓練施設 耐力評価結果

(a) NS 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
62.63~58.43	4215	6389	可
58.43~55.10	5869	7674	可

(b) EW 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
62.63~58.43	3459	6196	可
58.43~55.10	4604	7443	可

第 3.1-3 表 低レベル廃棄物処理建屋 耐力評価結果

(a) NS 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
83.30~74.80	13446	1787700	可
74.80~67.30	22207	1904900	可
67.30~61.30	29217	2047700	可
61.30~55.30	36578	2294100	可

(b) EW 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
83.30~74.80	13167	1602300	可
74.80~67.30	21841	1838900	可
67.30~61.30	28780	1995000	可
61.30~55.30	36066	2007400	可

第 3.1-4 表 事務棟建屋北棟 耐力評価結果

(a) NS 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
78.60~74.80	3167	11936	可
74.80~71.00	4284	16553	可
71.00~67.10	5416	20012	可
67.10~63.20	6563	22865	可
63.20~59.30	7709	25227	可
59.30~55.30	8870	26989	可

(b) EW 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
78.60~74.80	5440	13073	可
74.80~71.00	8212	18128	可
71.00~67.10	11021	21912	可
67.10~63.20	13867	25039	可
63.20~59.30	16713	27626	可
59.30~55.30	19594	29553	可

第 3.1-5 表 事務棟建屋南棟 耐力評価結果

(a) NS 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
86.20~82.40	3136	13560	可
82.40~78.60	4389	18448	可
78.60~74.80	5642	22619	可
74.80~71.00	6895	26231	可
71.00~67.10	8165	29543	可
67.10~63.20	9451	32298	可
63.20~59.30	10737	34528	可
59.30~55.30	12147	36969	可

(b) EW 方向

標高 T. M. S. L. (m)	設計荷重(竜巻)に よる層せん断力 (kN)	許容限界 (保有水平耐力) (kN)	判定
86.20~82.40	3422	13081	可
82.40~78.60	5355	17795	可
78.60~74.80	7288	21819	可
74.80~71.00	9221	25303	可
71.00~67.10	11180	28498	可
67.10~63.20	13164	31155	可
63.20~59.30	15148	33306	可
59.30~55.30	17323	35661	可

3.2 変形評価

下位クラス施設と上位クラス施設の最大応答変位から算出される最大相対変位が許容限界を下回ることを確認した。変形評価結果を第3.2-1表～第3.2-8表に示す。

第3.2-1表 出入管理建屋及び制御建屋 変形評価結果

出入管理建屋			制御建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
2	73.80	0.43	1	72.65	0.16	0.59	100	可
4	67.80	0.32	2	66.25	0.08	0.40	100	可
5	63.60	0.22	3	61.25	0.05	0.27	100	可

注記 * : 近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-2表 出入管理建屋及び分析建屋 変形評価結果

出入管理建屋			分析建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
2	73.80	0.43	1		0.25	0.68	100	可
4	67.80	0.32	2		0.05	0.37	100	可
5	63.60	0.22	3		0.03	0.25	100	可

注記 * : 近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-3表 運転訓練施設及び制御建屋 変形評価結果

運転訓練施設*1			制御建屋			最大 相対変位*2 (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
2	58.43	44.40	3	61.25	0.05	44.45	100	可

注記 *1：運転訓練施設の質点1(2階)はEW方向にセットバックしており、制御建屋と近接していないため評価対象外とした。

*2：近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-4表 運転訓練施設及び分析建屋 変形評価結果

運転訓練施設			分析建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
1	62.63	100.40	2		0.13	100.53	2000	可
2	58.43	44.40	3		0.07	44.47	2000	可

注記 *：近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-5表 低レベル廃棄物処理建屋及び
チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋 変形評価結果

低レベル廃棄物処理建屋			チャンネルボックス・ バーナブルポイズン処理建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
1	83.30	0.18	1	80.30	0.14	0.32	19800	可
2	74.80	0.14	2	71.60	0.10	0.24	19800	可
3	67.30	0.09	3	63.30	0.05	0.14	19800	可

注記 *：近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-6表 事務棟建屋北棟及びウラン脱硝建屋 変形評価結果

事務棟建屋北棟			ウラン脱硝建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
1	78.60	198.31	1	81.70	0.24	198.55	10100	可
			2	76.70	0.21	198.52	10100	可
3	71.00	136.87	3	68.90	0.16	137.03	10100	可
4	67.10	97.37	4	65.50	0.13	97.50	10100	可
5	63.20	59.95	5	62.10	0.09	60.04	10100	可

注記 * : 近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-7表 事務棟建屋北棟及びウラン酸化物貯蔵建屋 変形評価結果

事務棟建屋北棟			ウラン酸化物貯蔵建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
3	71.00	136.87	1	68.50	0.11	136.98	10100	可
4	67.10	97.37	2	64.05	0.08	97.45	10100	可
5	63.20	59.95	3	61.13	0.06	60.01	10100	可

注記 * : 近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

第3.2-8表 事務棟建屋南棟及びウラン酸化物貯蔵建屋 変形評価結果

事務棟建屋南棟			ウラン酸化物貯蔵建屋			最大 相対変位* (mm)	許容限界 (離隔距離) (mm)	判定
質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)	質点 番号	標高 T. M. S. L. (m)	変位 (mm)			
5	71.00	148.72	1	68.50	0.11	148.83	5100	可
6	67.10	112.84	2	64.05	0.08	112.92	5100	可
7	63.20	77.95	3	61.13	0.06	78.01	5100	可

注記 * : 近接する高さの質点における最大相対変位を算定。

VI-1-1-1-2-4-2-1-
1-2

排気筒の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-1-
1-2-1
主排気筒の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 主排気筒の評価条件	3
2.3 主排気筒の評価モデル	4
3. 強度評価結果	7
3.1 貫通評価	7
3.2 構造強度評価	7

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である主排気筒の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

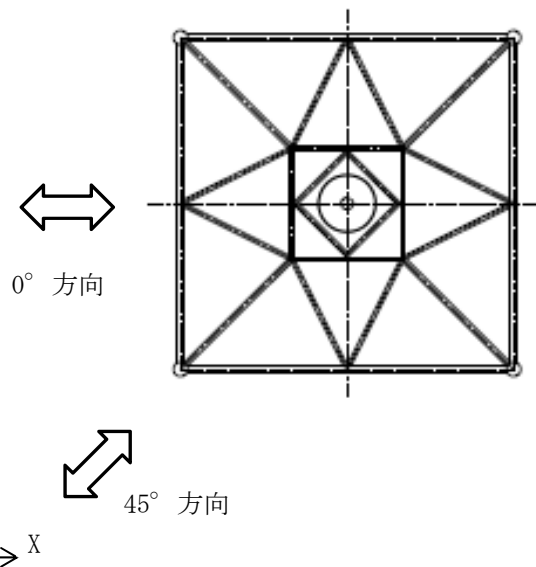
風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。荷重の組合せを第2.1-2表に示す。
風荷重の作用方向の説明図を第2.1-1図に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件

部材	荷重方向	C (-)	Aw (m ²)
筒身	0°	0.7	876.2
	45°	0.7	876.2
鉄塔	0°	1.9	905.0
	45°	2.4	905.0

第2.1-2表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
主排気筒	筒身	・ 飛来物の衝撃荷重
	筒身及び鉄塔	・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 飛来物の衝撃荷重 ・ 積雪荷重



第2.1-1図 風荷重作用方向の説明

2.2 主排気筒の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.2-1表、第2.2-2表、評価に用いる材料物性値を第2.2-3表、許容限界を第2.2-4表、第2.2-5表に示す。

第2.2-1表 主排気筒の倒壊評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
主排気筒	斜材	φ 812.8×t9.0	STK490

第2.2-2表 主排気筒の転倒評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
筒身柱脚部	アンカーボルト	M68	SM490A
	ベースプレート	φ 6, 200×t44	SM490B
	フランジプレート	φ 6, 200×t56	SM490B
	リブプレート	500×368×t16	SS400
鉄塔柱脚部	アンカーボルト	M76	SM490A
	ベースプレート	φ 2, 258× t 36	SM490B
	フランジプレート	φ 2, 258× t 40	SM490B
	リブプレート	524×428.2×t20	SS400

第2.2-3表 材料定数

部材		材料	縦弾性係数E (MPa)	ポアソン比
主排気筒	筒身	SMA400BP	2.05×10 ⁵	0.3
	支柱材, 斜材	STK490		
	水平材	STK400		
	溝型鋼	SS400		
飛来物		SN490B	2.05×10 ⁵	0.3

第2.2-4表 使用材料の許容限界

部材		材料	基準強度 (MPa)	備考
主排気筒	筒身	SMA400BP	235	材料強度を許容限界として設定
	支柱材, 斜材	STK490	325	
	水平材	STK400	235	
	溝型鋼	SS400	235	
飛来物		SN490B	325	短期応力の許容応力を1.1倍した値を許容限界として設定

第2.2-5表 コンクリートの設計基準強度

部材	部位	設計基準強度 F_c (N/mm ²)
主排気筒	コンクリート	23.5

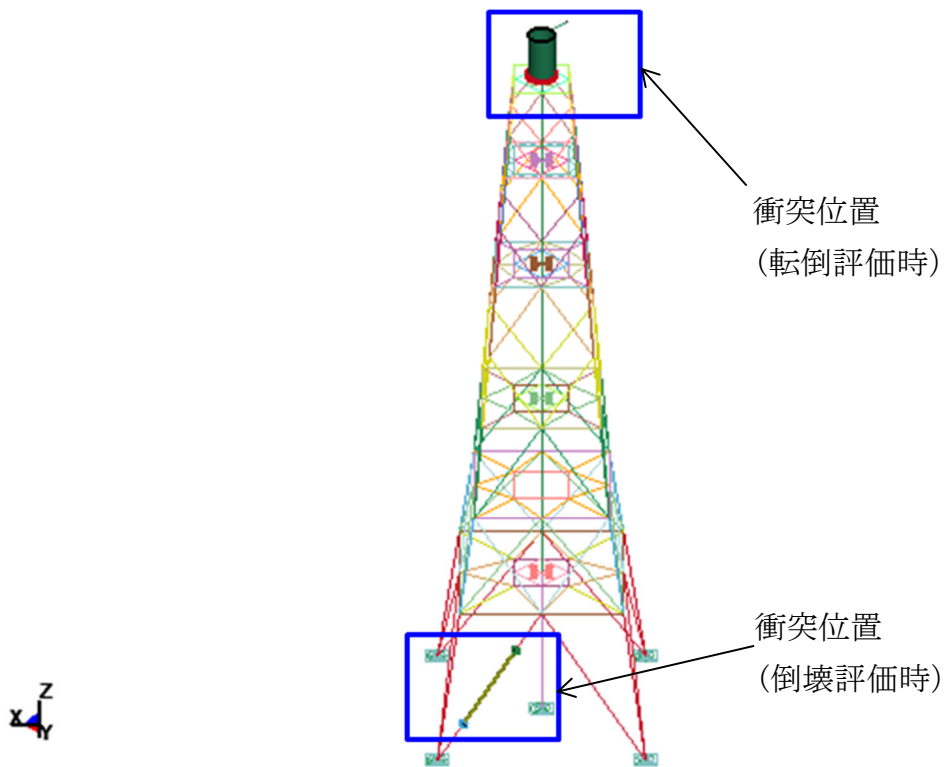
2.3 主排気筒の評価モデル

(1) 評価モデル

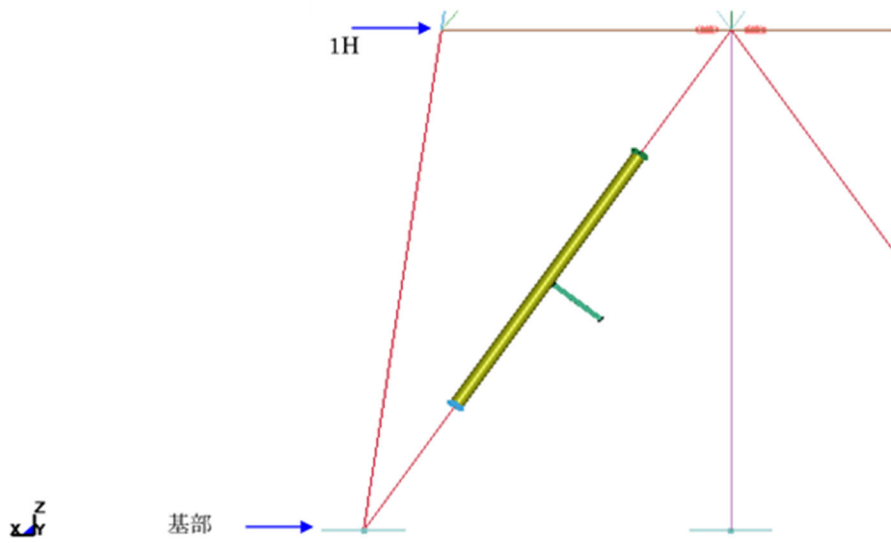
主排気筒の評価モデルについては、主排気筒全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R8.0.0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R8.0.0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

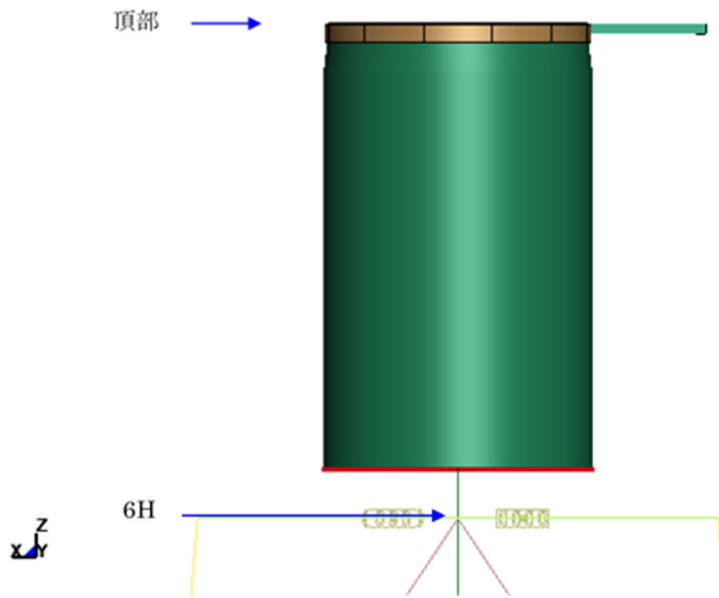
評価モデルを第2.3-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.3-2図に示す。



第2.3-1図 主排気筒評価モデル



飛来物衝突位置図（倒壊評価）



飛来物衝突位置図（転倒評価）

第2.3-2図 飛来物衝突位置図

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値(降伏応力、引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF=2、飛来物はTF=1とする。

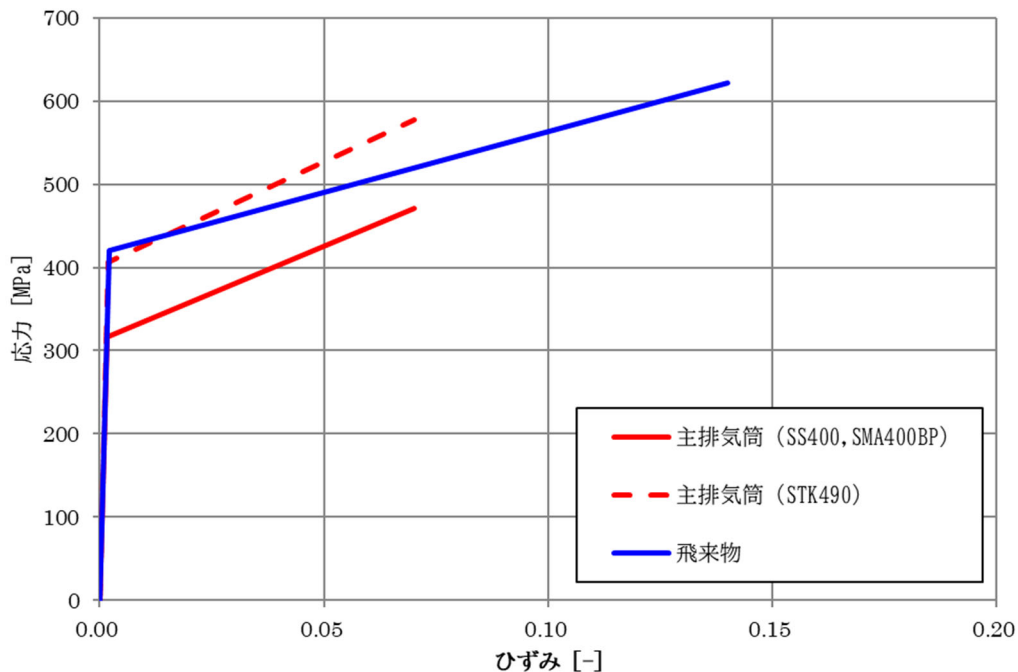
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.3-1表、材料モデルにおける破断ひずみを第2.3-2表、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.3-3図に示す。

第2.3-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

対象	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
主排気筒	SS400	245	400	316	471
	SMA400BP	245	400	316	471
	STK490	315	490	406	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.3-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

対象	材質	破断ひずみ
主排気筒	SS400, SMA400BP, STK490	0.07



第2.3-3図 主排気筒及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 貫通評価

筒身の貫通評価結果を第3.1-1表に示す。

筒身の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が防護板を貫通しないことから、衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

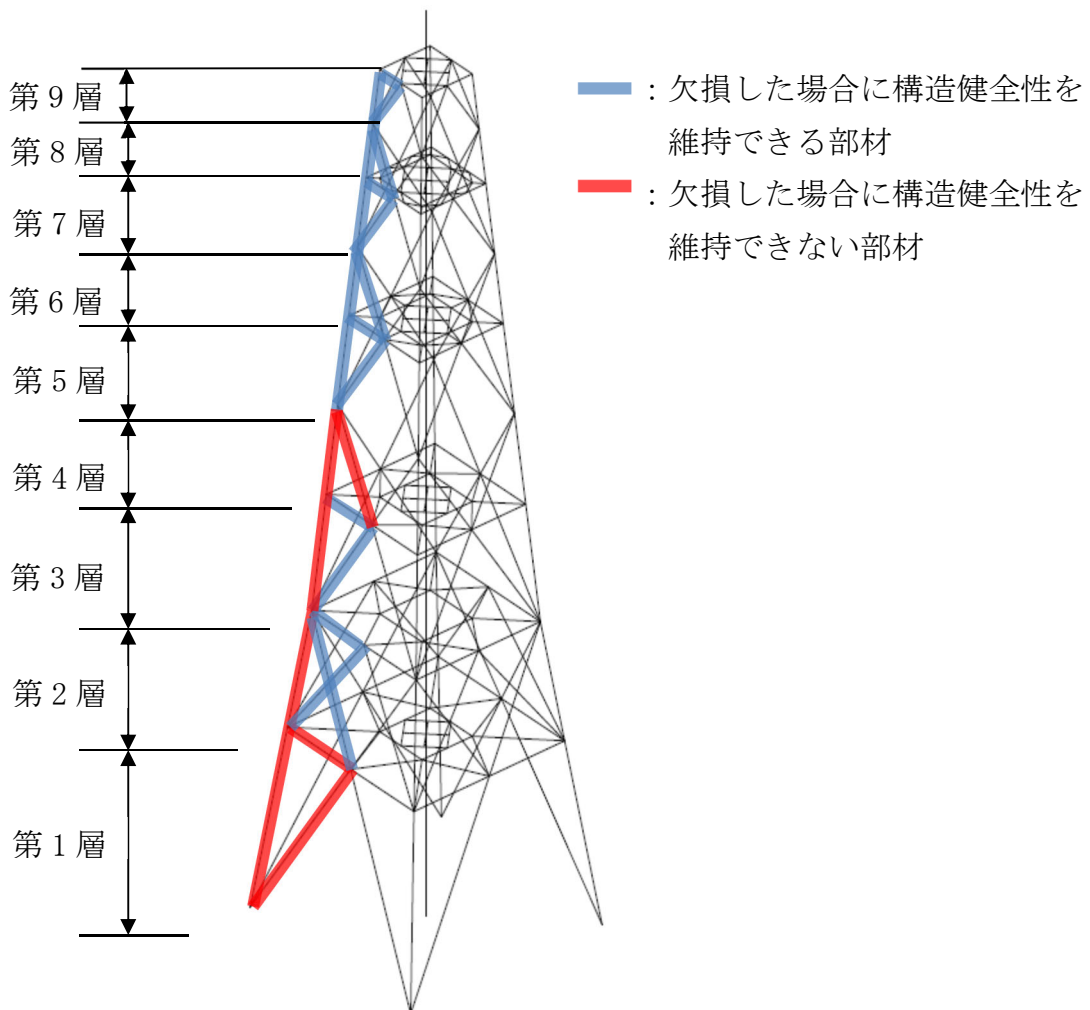
第3.1-1表 筒身の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
筒身	8.2	12

3.2 構造強度評価

a. 倒壊評価

部材の欠損を想定した状態における評価結果を第3.2-1図に示す。

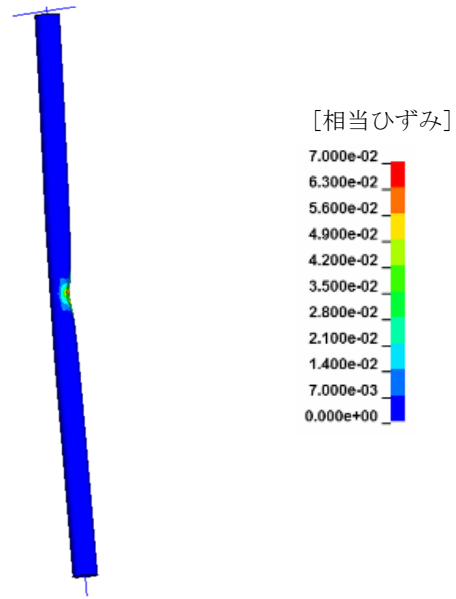


第3.2-1図 部材の欠損を想定した状態における評価結果

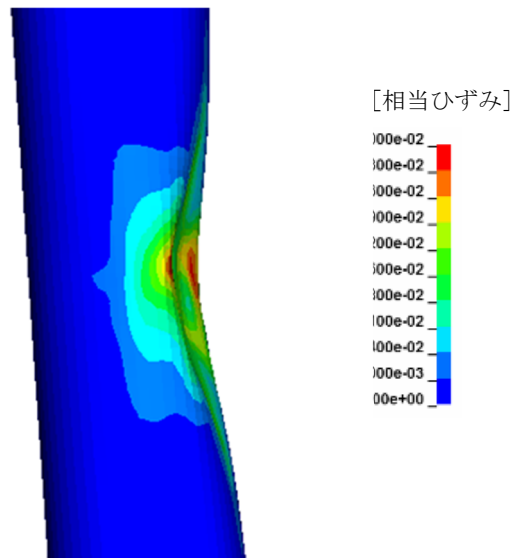
評価結果、第1層（主柱材、斜材、水平材）、第2層（主柱材）、第3層（主柱材）、第4層（主柱材、斜材）にて、欠損を想定すると、主排気筒の構造が維持できないことが確認されたため、当該部材に対する設計飛来物の衝突の影響を確認する。

これらの部材のうち、飛来物の衝突による影響が最も大きくなるよう、板厚が薄く長い第1層の斜材に対し飛来物が衝突することを想定する。

第1層の斜材に対する、衝突解析の結果を第3.2-2図から第3.2-3図に示す。解析結果、破断ひずみを超え除去する要素は発生しておらず、当該部材には貫通および構造強度に影響を及ぼすような変形は確認されなかったため、主排気筒の倒壊は生じないことを確認した。



第3.2-2図 斜材の最大ひずみ発生箇所



第3.2-3図 衝突位置拡大図

b. 転倒評価

主排気筒の転倒評価結果を第3.2-1表から第3.2-6表及び第3.2-4図に示す。
 評価結果が許容限界を超えないことから、主排気筒全体は、十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 筒身脚部の評価結果(1/2)

項目		記号	単位	数値
アンカーボルトの検討	アンカーボルトの材質	-	-	SM490A
	アンカーボルトの基準強度	1.1F	N/mm ²	324
	アンカーボルトの引張力 (1本当たり)	P	kN	737
	アンカーボルトのせん断力 (1本当たり)	Q	kN	66.5
	アンカーボルトのねじ部有効断面積	A _e	mm ²	3,055
	アンカーボルトの引張応力	σ _t	N/mm ²	241.3
	アンカーボルトの許容引張応力	f _t	N/mm ²	324
	アンカーボルトのせん断応力	τ	N/mm ²	21.9
	アンカーボルトの許容せん断応力	f _s	N/mm ²	187
	アンカーボルトの許容引張応力 (せん断力との組合せ)	f _{ts}	N/mm ²	324
コンクリートのコーン状破壊に対する検討	コンクリートの基準強度	F _c	N/mm ²	23.5
	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (1本当たり)	A _c	mm ²	2,115,769
	コンクリート部の許容引張荷重 (1本当たり)	p _a	kN	2,113
コンクリートの圧縮応力度に対する検討	ベースプレートの幅	B _b	mm	500
	ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力	σ _c	N/mm ²	5.0
	コンクリートの許容圧縮応力	f _c	N/mm ²	15.6

第 3.2-1 表 筒身脚部の評価結果(2/2)

項目		記号	単位	数値
ベースプレート の面外 曲げに対す る検討	ベースプレートの材質	-	-	SM490B
	ベースプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	324
	ベースプレートの板厚 (使用板厚)	t _b	mm	44
	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント (単位幅当たり)	M _b	N・mm/mm	80,679
	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数 (単位幅当たり)	Z	mm ³ /mm	322.6
	ベースプレートの面外曲げ応力	σ _{Bb} *	N/mm ²	250.1
	ベースプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	373
フランジプレートの面 外曲げに対 する検討	フランジプレートの材質	-	-	SM490B
	フランジプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	324
	フランジプレートの板厚 (使用板厚)	t _f	mm	56
	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント	M _f	kN・mm	41,963
	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数	Z _f	mm ³	200,181
	フランジプレートの面外曲げ応力	σ _{Fb} *	N/mm ²	209.7
	フランジプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	373
リブプレー トの検討	リブプレートの材質	-	-	SS400
	リブプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	258
	リブプレートの板厚 (使用板厚)	t _r	mm	16
	リブプレートに作用する圧縮力	P _r	kN	873
	リブプレートの断面積 (軸断面)	A _r	mm ²	5,248
	リブプレートの断面積 (せん断面)	A _{rs}	mm ²	6,720
	圧縮応力度	σ _{Rc} *	N/mm ²	166.4
	許容圧縮応力	f _{rc}	N/mm ²	258
	せん断応力	τ _R *	N/mm ²	130.0
	許容せん断応力	f _{rs}	N/mm ²	148

注記*： 応力の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{Bb} = M_b / Z \quad \sigma_{Fb} = M_f / Z_f$$

$$\sigma_{Rc} = P_r / A_r \quad \tau_R = P_r / A_{rs}$$

第 3.2-2 表 鉄塔脚部(引張最大ケース)の評価結果(1/2)

項目		記号	単位	数値
アンカーボルトの検討	アンカーボルトの材質	-	-	SM490A
	アンカーボルトの基準強度	1.1F	N/mm ²	324
	アンカーボルトの引張力 (1本当たり)	P	kN	975
	アンカーボルトのせん断力 (1本当たり)	Q	kN	279.3
	アンカーボルトのねじ部有効断面積	A _e	mm ²	3,889
	アンカーボルトの引張応力	σ_t	N/mm ²	250.8
	アンカーボルトの許容引張応力	f _t	N/mm ²	324
	アンカーボルトのせん断応力	τ	N/mm ²	71.9
	アンカーボルトの許容せん断応力	f _s	N/mm ²	187
	アンカーボルトの許容引張応力 (せん断力との組合せ)	f _{ts}	N/mm ²	324
コンクリートのコーン状破壊に対する検討	コンクリートの基準強度	F _c	N/mm ²	23.5
	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(1本当たり)	A _c	mm ²	1,081,667
	コンクリート部の許容引張荷重(1本当たり)	p _a	kN	1,080
コンクリートの圧縮応力に対する検討	ベースプレートの幅	B _b	mm	650
	ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力	σ_c	N/mm ²	-*
	コンクリートの許容圧縮応力	f _c	N/mm ²	15.6

注記* : アンカーボルトの圧縮力による、ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力は作用しない。

第 3.2-2 表 鉄塔脚部(引張最大ケース)の評価結果(2/2)

項目		記号	単位	数値
ベースプレートの面外曲げに対する検討	ベースプレートの材質	-	-	SM490B
	ベースプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	357
	ベースプレートの板厚 (使用板厚)	t _b	mm	36
	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント (単位幅当たり)	M _b	N・mm/mm	-* ¹
	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数 (単位幅当たり)	Z	mm ³ /mm	216.0
	ベースプレートの面外曲げ応力	σ _{Bb} * ²	N/mm ²	-* ¹
	ベースプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	411
フランジプレートの面外曲げに対する検討	フランジプレートの材質	-	-	SM490B
	フランジプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	357
	フランジプレートの板厚 (使用板厚)	t _f	mm	40
	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント	M _f	kN・mm	29,031
	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数	Z _f	mm ³	106,186
	フランジプレートの面外曲げ応力	σ _{Fb} * ²	N/mm ²	273.4
	フランジプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	411
リブプレートの検討	リブプレートの材質	-	-	SS400
	リブプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	258
	リブプレートの板厚 (使用板厚)	t _r	mm	20
	リブプレートに作用する圧縮力	P _r	kN	975
	リブプレートの断面積 (軸断面)	A _r	mm ²	7,864
	リブプレートの断面積 (せん断断面)	A _{rs}	mm ²	9,080
	圧縮応力	σ _{Rc} * ²	N/mm ²	124.0
	許容圧縮応力	f _{rc}	N/mm ²	258
	せん断応力	τ _R * ²	N/mm ²	107.4
	許容せん断応力	f _{rs}	N/mm ²	148

注記*1: アンカーボルトの圧縮力による、ベースプレートの面外曲げモーメントは作用しない。

注記*2： 応力の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{Bb} = M_b / Z \quad \sigma_{Fb} = M_f / Z_f$$

$$\sigma_{Rc} = P_r / A_r \quad \tau_R = P_r / A_{rs}$$

第 3.2-3 表 鉄塔脚部(圧縮最大ケース)の評価結果(1/2)

項目		記号	単位	数値
アンカーボルト の検討	アンカーボルトの材質	-	-	SM490A
	アンカーボルトの基準強度	1.1F	N/mm ²	324
	アンカーボルトの引張力 (1 本当たり)	P	kN	—*
	アンカーボルトのせん断力 (1 本当たり)	Q	kN	332.3
	アンカーボルトのねじ部有効断面積	A _e	mm ²	3,889
	アンカーボルトの引張応力	σ_t	N/mm ²	—*
	アンカーボルトの許容引張応力	f _t	N/mm ²	324
	アンカーボルトのせん断応力	τ	N/mm ²	85.5
	アンカーボルトの許容せん断応力	f _s	N/mm ²	187
	アンカーボルトの許容引張応力(せん断力との組合せ)	f _{ts}	N/mm ²	316
コンクリートの コーン状破壊に 対する検討	コンクリートの基準強度	F _c	N/mm ²	23.5
	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (1 本当たり)	A _C	mm ²	1,081,667
	コンクリート部の許容引張荷重 (1 本当たり)	p _a	kN	1080
コンクリートの 圧縮応力に対す る検討	ベースプレートの幅	B _b	mm	650
	ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力	σ_c	N/mm ²	9.7
	コンクリートの許容圧縮応力	f _c	N/mm ²	15.6

注記* : アンカーボルトに引張力は作用しない。

第 3.2-3 表 鉄塔脚部(圧縮最大ケース)の評価結果(2/2)

項目		記号	単位	数値
ベースプレートの面外曲げに対する検討	ベースプレートの材質	-	-	SM490B
	ベースプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	357
	ベースプレートの板厚 (使用板厚)	t _b	mm	36
	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント (単位幅当たり)	M _b	N・mm/mm	38,332
	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数 (単位幅当たり)	Z	mm ³ /mm	216.0
	ベースプレートの面外曲げ応力	σ _{Bb} *2	N/mm ²	177.5
	ベースプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	411
フランジプレートの面外曲げに対する検討	フランジプレートの材質	-	-	SM490B
	フランジプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	357
	フランジプレートの板厚 (使用板厚)	t _f	mm	40
	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント	M _f	kN・mm	-*1
	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数	Z _f *2	mm ³	106,186
	フランジプレートの面外曲げ応力	σ _{Fb} *2	N/mm ²	-*1
	フランジプレートの許容面外曲げ応力	f _{b1}	N/mm ²	411
リブプレートの検討	リブプレートの材質	-	-	SS400
	リブプレートの基準強度	1.1F	N/mm ²	258
	リブプレートの板厚 (使用板厚)	t _r	mm	20
	リブプレートに作用する圧縮力	P _r	kN	1,025
	リブプレートの断面積 (軸断面)	A _r	mm ²	7,864
	リブプレートの断面積 (せん断断面)	A _{rs}	mm ²	9,080
	圧縮応力	σ _{Rc} *2	N/mm ²	130.4
	許容圧縮応力	f _{rc}	N/mm ²	258
	せん断応力	τ _R *2	N/mm ²	112.9
	許容せん断応力	f _{rs}	N/mm ²	148

注記*1: アンカーボルトの引張力による, フランジプレートの面外曲げモーメントは作
用しない。

注記*2： 応力の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{Bb} = M_b / Z \quad \sigma_{Fb} = M_f / Z_f$$

$$\sigma_{Rc} = P_r / A_r \quad \tau_R = P_r / A_{rs}$$

第 3.2-4 表 筒身脚部の評価結果

評価部位	応力分類	単位	発生応力	許容値	発生応力 / 許容値
アンカーボルト	引張	N/mm ²	241.3	324	0.75
	せん断	N/mm ²	21.9	187	0.12
	組合せ	N/mm ²	241.3	324	0.75
コンクリート (コーン状破壊)	引張*	kN	737	2113	0.35
コンクリート (圧縮)	圧縮	N/mm ²	5.0	15.6	0.33
ベースプレート	面外曲げ	N/mm ²	250.1	373	0.68
フランジプレート	面外曲げ	N/mm ²	209.7	373	0.57
リブプレート	圧縮	N/mm ²	166.4	258	0.65
	せん断	N/mm ²	130.0	148	0.88

注記* : アンカーボルト 1 本当たりの引張力

第 3.2-5 表 鉄塔脚部 (引張最大ケース) の評価結果

評価部位	応力分類	単位	発生応力	許容値	発生応力 / 許容値
アンカーボルト	引張	N/mm ²	250.8	324	0.78
	せん断	N/mm ²	71.9	187	0.39
	組合せ	N/mm ²	250.8	324	0.78
コンクリート (コーン状破壊)	引張* ¹	kN	975	1080	0.91
コンクリート (圧縮)	圧縮	N/mm ²	—* ²	15.6	—* ²
ベースプレート	面外曲げ	N/mm ²	—* ²	411	—* ²
フランジプレート	面外曲げ	N/mm ²	273.4	411	0.67
リブプレート	圧縮	N/mm ²	124.0	258	0.49
	せん断	N/mm ²	107.4	148	0.73

注記*1 : アンカーボルト 1 本当たりの引張力

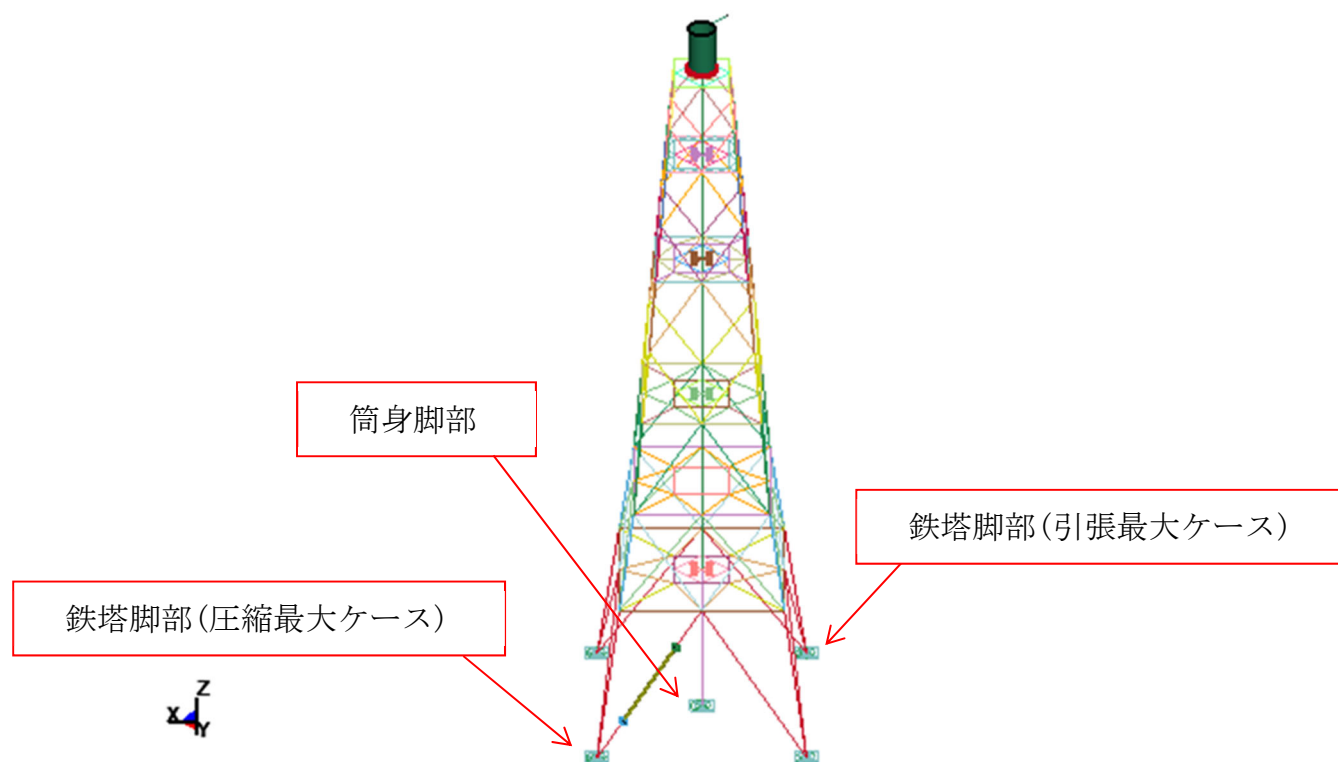
*2 : 応力は発生しない。

第 3.2-6 表 鉄塔脚部（圧縮最大ケース）の評価結果

評価部位	応力分類	単位	発生応力	許容値	発生応力 / 許容値
アンカーボルト	引張	N/mm ²	— *2	324	— *2
	せん断	N/mm ²	85.5	187	0.46
	組合せ	N/mm ²	— *2	316	— *2
コンクリート（コーン状破壊）	引張*1	kN	— *2	1080	— *2
コンクリート（圧縮）	圧縮	N/mm ²	9.7	15.6	0.63
ベースプレート	面外曲げ	N/mm ²	177.5	411	0.44
フランジプレート	面外曲げ	N/mm ²	— *2	411	— *2
リブプレート	圧縮	N/mm ²	130.4	258	0.51
	せん断	N/mm ²	112.9	148	0.77

注記*1：アンカーボルト 1 本当たりの引張力

*2：応力は発生しない



第3.2-4図 主排気筒の最大応力比の発生箇所

VI-1-1-1-2-4-2-1-
1-2-2
北換気筒の強度計算書

安ユ A

竜巻防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設である北換気筒の強度評価については、2022年12月26日付け2022再工技発第50号にて申請した設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-2-1-1-2-1 北換気筒の強度計算書」による。

VI-1-1-1-2-4-2-1-

2

機器・配管系

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-1
冷却塔の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-1-1
安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-2-1-2-1-1 安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書」に同じである。

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-1-2

安全冷却水 A 冷却塔の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 安全冷却水A冷却塔の評価条件	2
2.2 安全冷却水A冷却塔の解析モデル	11
3. 評価結果	13
3.1 安全冷却水A冷却塔の評価結果	13

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水A冷却塔の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 安全冷却水A冷却塔の評価条件

安全冷却水A冷却塔の評価条件を第2.1-1表から第2.1-11表に示す。

第2.1-1表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転重量 (kg)	A_f (mm ²)	A_{fy} (mm ²)	A_{fz} (mm ²)	Z (mm ³)	
							Z_y	Z_z
主柱								
床 はり								
2F機械台はり								
立面ブレース								
水平ブレース								

第2.1-1表 支持架構(冬期運転側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i_y	i_z		
主柱						
床 はり						
2F機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

第2.1-2表 支持架構(冬期運転側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称		標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C(-)		受圧部寸法(mm)				受圧面積A(m ²)	
			NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1		EW方向*1		NS方向*1	EW方向*1
					a'	b'	a'	b'		
安全冷却水A 冷却塔	冬期運転側ベイ									

注記 * 1 : 風が作用する方向を示す。

第2.1-3表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転 重量 (kg)	A _f (mm ²)	A _{fy} (mm ²)	A _{fz} (mm ²)	Z (mm ³)	
							Z _y	Z _z
主柱								
床はり								
2F機械 台はり								
立面 ブレース								
水平 ブレース								

第2.1-3表 支持架構(冬期休止側ベイ)の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i _y	i _z		
主柱						
床はり						
2F機械台はり						
立面ブレース						
水平ブレース						

5

第2.1-4表 支持架構(冬期休止側ベイ)の風力係数及び受圧面積

名称	標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C (-)		受圧部寸法(mm)				受圧面積A(m ²)	
		NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1		EW方向*1		NS方向*1	EW方向*1
				a'	b'	a'	b'		
安全冷却水A冷却塔	冬期休止側ベイ								

注記 *1: 風が作用する方向を示す

第2.1-5表 基礎ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件

部材	材料	A _b (mm ²)	n _a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第2.1-6表 基礎ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件

部材	材料	A_b (mm^2)	n_a (本)	F (MPa)
基礎ボルト				

第2.1-7表 機器本体(冬期運転側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)
管束	管束フレーム						
ファン 駆動部	ファンリング						

9

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm^3)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	受圧部寸法 (mm)		A (m^2)	C (-)	ℓ (mm)	n (本)	Z (mm^3)	F (MPa)
					a'	b'						
ファン 駆動部	ファンリング サポート											
遮熱板	遮熱板											

第2.1-8表 機器取付ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件(1/2)

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (mm ²)	C (-)	取付 ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管束 取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト												
遮熱板	遮熱板 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												

ノ

第2.1-8表 機器取付ボルト(冬期運転側ベイ)の評価条件(2/2)

機器	部材	材料	受圧寸法(mm)	
			a'	b'
管束	管束 取付ボルト			
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト			
遮熱板	遮熱板 取付ボルト			
ルーバ	ルーバ 取付ボルト			

第2.1-9表 機器本体(冬期休止側ベイ)の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)	
管束	管束フレーム							
ファン 駆動部	ファンリング							

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm ³)	F (MPa)
管束	ヘッダー									

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	受圧部寸法 (mm)		A (m ²)	C (-)	\varnothing (mm)	n (本)	Z (mm ³)	F (MPa)
					a'	b'						
ファン 駆動部	ファンリング サポート											
遮熱板	遮熱板											

第2.1-10表 機器取付ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件(1/2)

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (m ²)	C (-)	取付ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管束 取付ボルト												
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト												
遮熱板	遮熱板 取付ボルト												
ルーバ	ルーバ 取付ボルト												


第2.1-10表 機器取付ボルト(冬期休止側ベイ)の評価条件(2/2)

機器	部材	材料	受圧寸法(mm)	
			a'	b'
管束	管束 取付ボルト			
ファン駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト			
遮熱板	遮熱板 取付ボルト			
ルーバ	ルーバ 取付ボルト			

第2.1-11表 荷重の組合せ

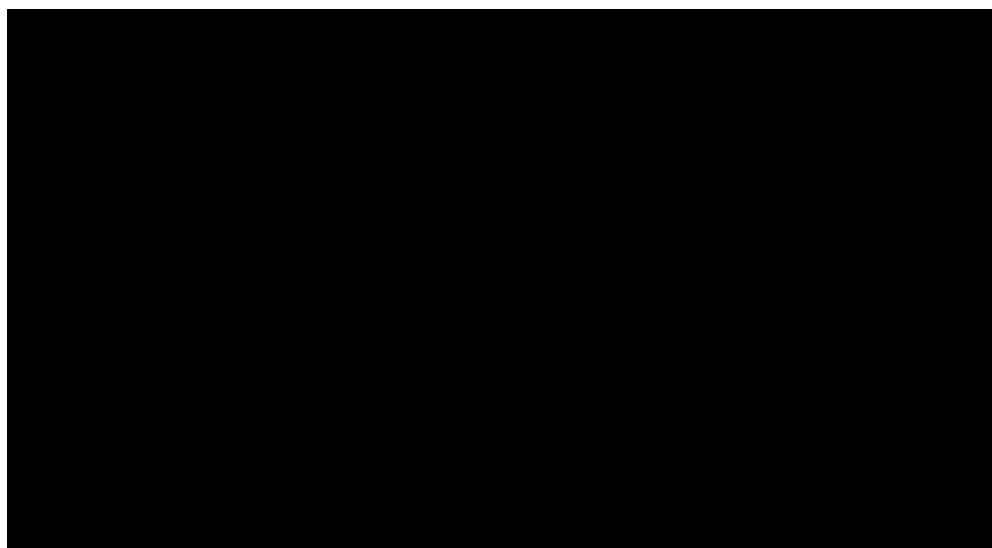
名称	評価対象機器	評価対象部位	考慮する荷重
安全冷却水 A 冷却塔	管束	管束フレーム	[Redacted]
		ヘッダー	
		管束取付ボルト	
	ファン駆動部	ファンリング	
		ファンリングサポート	
		ファンリングサポート 取付ボルト	
		支持架構 (基礎ボルト含む)	
	遮熱板	主柱, 床はり, 2F 機械台はり, 立面ブレース 及び水平ブレース	
		基礎ボルト	
	遮熱板	遮熱板	
		遮熱板取付ボルト	
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	

2.2 安全冷却水A冷却塔の解析モデル

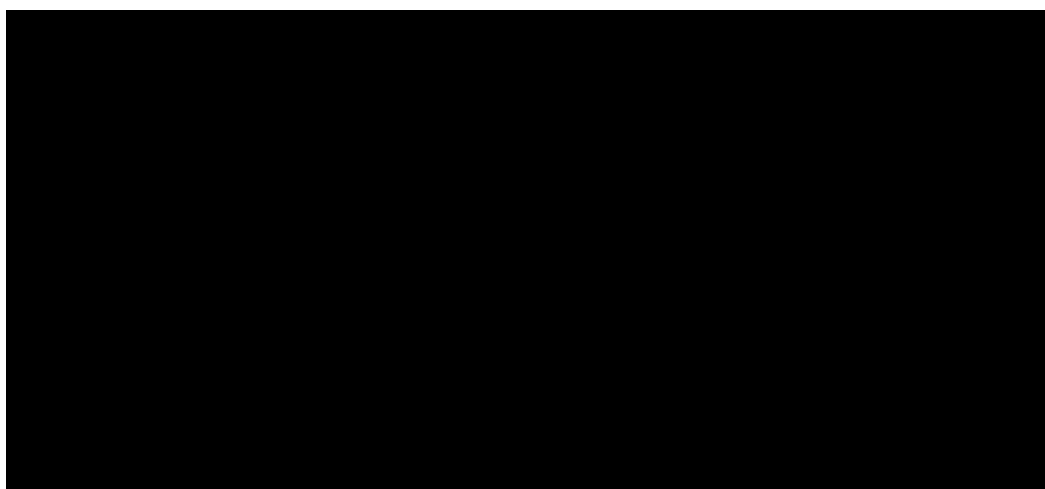
支持架構及び基礎ボルトの構造強度評価は、解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008. 0. 4)」により、 3次元はりモデルにて実施する。

構造強度評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN(ver. 2008. 0. 4)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

計算モデルを第2. 2-1図及び第2. 2-2図に、計算モデルの諸元を第2. 2-1表に示す。



第2. 2-1図 安全冷却水A冷却塔の計算モデル(冬期運転側ベイ)



第2. 2-2図 安全冷却水A冷却塔の計算モデル(冬期休止側ベイ)

第2.2-1表 安全冷却水A冷却塔の計算モデル諸元

解析モデル	節点数	要素数	モデル重量 (kg)
安全冷却水A冷却塔 冬期運転側ベイ			
安全冷却水A冷却塔 冬期休止側ベイ			
拘束条件	並進3方向拘束		

3. 評価結果

3.1 安全冷却水A冷却塔の評価結果

(1) 支持架構の構造強度評価結果

支持架構の構造強度評価結果を第3.1-1表に示す。

支持架構に発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3.1-1表 支持架構の構造強度評価結果(1/2)

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3	
安全冷却水A冷却塔	冬期運転側ベイ	支柱	引張	-	-	-
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		床はり	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		2F機械台はり	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
		立面ブレース	引張			
			圧縮			
			せん断			
			曲げ			
			組合せ(引張+曲げ)			
			組合せ(圧縮+曲げ)			
水平ブレース	引張					
	圧縮					
	せん断					
	曲げ					
	組合せ(引張+曲げ)					
	組合せ(圧縮+曲げ)					

注記 *1：組合せについては応力比を記載

*2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし

*3：応力比＝発生応力／許容応力

第3.1-1表 支持架構の構造強度評価結果(2/2)

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3
安全冷却水 A 冷却塔	冬期休止側ベイ	主柱	引張	[REDACTED]	[REDACTED]
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		床はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		2F機械台はり	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
		立面ブレース	引張		
			圧縮		
			せん断		
			曲げ		
			組合せ(引張+曲げ)		
			組合せ(圧縮+曲げ)		
水平ブレース	引張				
	圧縮				
	せん断				
	曲げ				
	組合せ(引張+曲げ)				
	組合せ(圧縮+曲げ)				

注記 *1：組合せについては応力比を記載
 *2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし
 *3：応力比＝発生応力／許容応力

(2) 基礎ボルトの構造強度評価結果

基礎ボルトの構造強度評価結果を第3.1-2表に示す。

基礎ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3.1-2表 基礎ボルトの構造強度評価結果

名称		評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
安全冷却水A 冷却塔	冬期運転側ベイ	基礎 ボルト	引張	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
			せん断			
	冬期休止側ベイ	基礎 ボルト	引張			
			せん断			

注記 *1：応力比＝発生応力／許容応力

(3) 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果を第3.1-3表に示す。

機器及び機器取付ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3.1-3表 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

名称		機器	評価対象部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1	
安全冷却水 A 冷却塔	冬期運転側ベイ	管束	管束フレーム	曲げ	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	
			ヘッダー	組合せ				
			管束取付ボルト	引張 せん断				
		ファン駆動部	ファンリング	曲げ				
			ファンリングサポート	曲げ				
			ファンリングサポート取付ボルト	引張 せん断				
		遮熱板	遮熱板	曲げ				
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断				
		ルーバ	ルーバ取付ボルト	引張 せん断				
				引張 せん断				
		冬期休止側ベイ	管束	管束フレーム				曲げ
				ヘッダー				組合せ
	管束取付ボルト			引張 せん断				
	ファン駆動部		ファンリング	曲げ				
			ファンリングサポート	曲げ				
			ファンリングサポート取付ボルト	引張 せん断				
	遮熱板		遮熱板	曲げ				
			遮熱板取付ボルト	引張 せん断				
	ルーバ		ルーバ取付ボルト	引張 せん断				
				引張 せん断				

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(4) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの算出結果を第3.1-4表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と管束, ファン駆動部, 支持架構及び遮熱板の板厚を第3.1-5表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さは, 板厚未満であることを確認した。

第3.1-4表 砂利に対する貫通限界厚さの算出結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂利	1.0	1.0

第3.1-5表 評価対象機器の評価結果

評価対象機器	板厚 (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結果
管束(管束フレーム* ¹)		1.0	貫通しない
ファン駆動部(ファンリング* ¹)		1.0	貫通しない
支持架構(床はり* ¹)		1.0	貫通しない
遮熱板		1.0	貫通しない

注記 * 1 : 評価対象となる部位を示す。

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-1-3
冷却塔 A, B の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 冷却塔A,Bの評価条件	2
2.2 冷却塔A,Bの解析モデル	8
3. 評価結果	9
3.1 冷却塔A,Bの評価結果	9

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である冷却塔A,Bの強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 冷却塔A, Bの評価条件

冷却塔A, Bの評価条件を第2.1-1表から第2.1-6表に示す。

第2.1-1表 支持架構の評価条件 (1/2)

部材	断面形状	材料	運転重量 (kg)	A _f (mm ²)	A _{fy} (mm ²)	A _{fz} (mm ²)	Z (mm ³)	
							Z _y	Z _z
主柱	□400×200×12	STKR490	357,000	1.345×10 ⁴	4.800×10 ³	9.600×10 ³	1.360×10 ⁶	9.230×10 ⁵
	□200×200×12	STKR490		8.653×10 ³	4.800×10 ³	4.800×10 ³	4.980×10 ⁵	
床 はり	H300×300×10/15	SS400		1.185×10 ⁴	9.000×10 ³	3.000×10 ³	1.350×10 ⁶	4.500×10 ⁵
	H200×200×8/12	SS400		6.353×10 ³	4.800×10 ³	1.600×10 ³	4.720×10 ⁵	1.600×10 ⁵
2F機械台はり	H200×200×8/12	SS400		6.353×10 ³	4.800×10 ³	1.600×10 ³	4.720×10 ⁵	1.600×10 ⁵
	C200×90×8	SS400		3.865×10 ³	2.430×10 ³	1.600×10 ³	2.490×10 ⁵	4.420×10 ⁴
立面ブレース	150Asch80 (φ 165.2× ^t 11.0)	STPG410		5.328×10 ³	2.664×10 ³	2.664×10 ³	1.920×10 ⁵	
	125Asch80 (φ 139.8× ^t 9.5)	STPG410		3.888×10 ³	1.994×10 ³	1.994×10 ³	1.180×10 ⁵	
	100Asch80 (φ 114.3× ^t 8.6)	STPG410		2.855×10 ³	1.428×10 ³	1.428×10 ³	7.020×10 ⁴	
	150Asch160 (φ 165.2× ^t 18.2)	STS410		8.405×10 ³	4.203×10 ³	4.203×10 ³	2.790×10 ⁵	
	250Asch160 (φ 267.4× ^t 28.6)	STS410	2.145×10 ⁴	1.073×10 ⁴	1.073×10 ⁴	1.160×10 ⁶		
	200Asch160 (φ 216.3× ^t 23.0)	STS410	1.396×10 ⁴	6.980×10 ³	6.980×10 ³	6.110×10 ⁵		
水平ブレース	100Asch80 (φ 114.3× ^t 8.6)	STPG410	2.855×10 ³	1.428×10 ³	1.428×10 ³	7.020×10 ⁴		

第2.1-1表 支持架構の評価条件 (2/2)

部材	断面形状	材料	i (mm)		E (MPa)	F (MPa)
			i _y	i _z		
主柱	□400×200×12	STKR490	142.0	82.3	2.017×10 ⁵	325
	□200×200×12	STKR490	75.9		2.017×10 ⁵	325
床 はり	H300×300×10/15	SS400	131.0	75.5	2.017×10 ⁵	245
	H200×200×8/12	SS400	86.2	50.2	2.017×10 ⁵	245
2F機械台はり	H200×200×8/12	SS400	86.2	50.2	2.017×10 ⁵	245
	C200×90×8	SS400	80.2	26.8	2.017×10 ⁵	245
立面ブレース	150Asch80 (φ 165.2× ^t 11.0)	STPG410	54.6		2.017×10 ⁵	245
	125Asch80 (φ 139.8× ^t 9.5)	STPG410	46.1		2.017×10 ⁵	245
	100Asch80 (φ 114.3× ^t 8.6)	STPG410	37.4		2.017×10 ⁵	245
	150Asch160 (φ 165.2× ^t 18.2)	STS410	52.3		2.017×10 ⁵	245
	250Asch160 (φ 267.4× ^t 28.6)	STS410	85.0		2.017×10 ⁵	245
	200Asch160 (φ 216.3× ^t 23.0)	STS410	68.8		2.017×10 ⁵	245
水平ブレース	100Asch80 (φ 114.3× ^t 8.6)	STPG410	37.4		2.017×10 ⁵	245

第2.1-2表 支持架構の風力係数及び受圧面積

名称	標高 T. M. S. L. (m)	風力係数C(-)		受圧部寸法(mm)				受圧面積A(m ²)	
		NS方向*1	EW方向*1	NS方向*1		EW方向*1		NS方向*1	EW方向*1
				a'	b'	a'	b'		
冷却塔A, B	63.25~60.15	1.204	1.204	3,400	6,100	3,400	24,520	20.7	83.4
	60.15~55.90	2.279	2.531	4,250	6,100	4,250	24,520	25.9	104.2

注記 * 1 : 風が作用する方向を示す。

第2.1-3表 基礎ボルトの評価条件

部材	材料	A _b (mm ²)	n _a (本)	F (MPa)
基礎ボルト	SS400	1,385.4 (M42)	4	215

第2.1-4表 機器本体の評価条件

機器	部材	材料	β_1 (-)	a (mm)	t (mm)	C (-)	F (MPa)
管束	管束フレーム	EN 10025 S235JRG2	0.6	850	12	2.4	235
ファン 駆動部	ファンリング	SS400	0.8	159	3.2	2.6	245

機器	部材	材料	B (mm)	L (mm)	C (-)	σ_i (MPa)	P_i (MPa)	P_b (MPa)	Z (mm ³)	F (MPa)
管束	ヘッダー	ASME SA-662 Grade C	462	2900	2.4	26	0.69	8.9×10^{-3}	8.114×10^5	282

機器	部材	材料	h (mm)	m (kg)	受圧部寸法 (mm)		A (m ²)	C (-)	\varnothing (mm)	n (本)	Z (mm ³)	F (MPa)
					a'	b'						
ファン 駆動部	ファンリング サポート	SS400	720	705	2,881	990	2.9	2.6	400	2	7.510×10^4	245
遮熱板	遮熱板	SS400	301	260	1,661	602	1.0	2.4	290	—	6.293×10^6	245

第2.1-5表 機器取付ボルトの評価条件(1/2)

機器	部材	材料	m (kg)	h (mm)	A (mm ²)	C (-)	取付 ボルト 配置	L (mm)	ℓ (mm)	A _b (mm ²)	n (本)	n _t (本)	F (MPa)
管束	管束 取付ボルト	SS400	10,226	425	5.8	2.4	角形 配置	2,871.0	1,435.5	201.1 (M16)	24	12	245
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト	SS400	705	720	2.9	2.6	角形 配置	900.0	450.0	201.1 (M16)	16	4	245
遮熱板	遮熱板 取付ボルト	SS400	260	301	1.0	2.4	角形 配置	580	290	113.1 (M12)	18	18	245
ルーバ	ルーバ 取付ボルト	SS400	2,780	175	1.8	2.4	角形 配置	2,780.0	1,390.0	201.1 (M16)	28	8	245

9

第2.1-5表 機器取付ボルトの評価条件(2/2)

機器	部材	材料	受圧寸法(mm)	
			a'	b'
管束	管束 取付ボルト	SS400	6,770	850
ファン 駆動部	ファンリング サポート 取付ボルト	SS400	2,881	990
遮熱板	遮熱板 取付ボルト	SS400	1,661	602
ルーバ	ルーバ 取付ボルト	SS400	6,080	300

第2.1-6表 荷重の組合せ

名称	評価対象機器	評価対象部位	考慮する荷重
冷却塔A, B	管束	管束フレーム	・風圧力による荷重
		ヘッダー	・気圧差による荷重 ・風圧力による荷重 ・運転時荷重
		管束取付ボルト	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重
	ファン駆動部	ファンリング	・風圧力による荷重
		ファンリングサポート	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重
		ファンリングサポート 取付ボルト	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重
	支持架構 (基礎ボルト含む)	主柱, 床はり, 2F機械台はり, 立面ブレース 及び水平ブレース	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重 ・積雪荷重
		基礎ボルト	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重 ・積雪荷重
	遮熱板	遮熱板	・風圧力による荷重
		遮熱板取付ボルト	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重

3. 評価結果

3.1 冷却塔A, Bの評価結果

(1) 支持架構の構造強度評価結果

支持架構の構造強度評価結果を第3. 1-1表に示す。

支持架構に発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3. 1-1表 支持架構の構造強度評価結果

名称	評価対象部位	応力分類	発生応力*1*2 (MPa)	許容応力*2 (MPa)	応力比*3
冷却塔 A , B	支柱	引張	5	325	0.02
		圧縮	14	281	0.05
		せん断	12	187	0.07
		曲げ	53	325	0.17
		組合せ(引張+曲げ)	0.17	1.00	0.17
		組合せ(圧縮+曲げ)	0.17	1.00	0.17
	床はり	引張	6	245	0.03
		圧縮	18	243	0.08
		せん断	9	141	0.07
		曲げ	180	245	0.74
		組合せ(引張+曲げ)	0.74	1.00	0.74
		組合せ(圧縮+曲げ)	0.74	1.00	0.74
	2F機械台 はり	引張	4	245	0.02
		圧縮	5	225	0.03
		せん断	6	141	0.05
		曲げ	23	245	0.10
		組合せ(引張+曲げ)	0.11	1.00	0.11
		組合せ(圧縮+曲げ)	0.10	1.00	0.10
	立面 ブレース	引張	19	245	0.08
		圧縮	20	181	0.12
		せん断	8	141	0.06
		曲げ	145	245	0.60
		組合せ(引張+曲げ)	0.60	1.00	0.60
		組合せ(圧縮+曲げ)	0.60	1.00	0.60
水平 ブレース	引張	17	245	0.07	
	圧縮	15	107	0.15	
	せん断	—	—	—	
	曲げ	—	—	—	
	組合せ(引張+曲げ)	0.07	1.00	0.07	
	組合せ(圧縮+曲げ)	0.14	1.00	0.14	

注記 *1：組合せについては応力比を記載

*2：組合せについては応力比で評価を行うため単位なし

*3：応力比＝発生応力／許容応力

(2) 基礎ボルトの構造強度評価結果

基礎ボルトの構造強度評価結果を第3.1-2表に示す。

基礎ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3.1-2表 基礎ボルトの構造強度評価結果

名称	評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
冷却塔A, B	基礎 ボルト	引張	28	161	0.18
		せん断	34	124	0.28

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(3) 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果を第3.1-3表に示す。

機器及び機器取付ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3.1-3表 機器及び機器取付ボルトの構造強度評価結果

名称	機器	評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
冷却塔 A , B	管束	管束フレーム	曲げ	45	235	0.20
		ヘッダー	組合せ	35	282	0.13
		管束取付ボルト	引張	—	—	—
	せん断		18	141	0.13	
	ファン 駆動部	ファンリング	曲げ	32	245	0.14
		ファンリングサポート	曲げ	199	245	0.82
		ファンリング サポート取付ボルト	引張	41	183	0.23
			せん断	15	141	0.11
	遮熱板	遮熱板	曲げ	1	245	0.01
		遮熱板取付ボルト	引張	8	183	0.05
			せん断	4	141	0.03
	ルーバ	ルーバ取付ボルト	引張	—	—	—
			せん断	5	141	0.04

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(4) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの算出結果を第3.1-4表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と管束, ファン駆動部, 支持架構及び遮熱板の板厚を第3.1-5表に示す。

砂利に対する貫通限界厚さは, 板厚未満であることを確認した。

第3.1-4表 砂利に対する貫通限界厚さの算出結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂利	1.0	1.0

第3.1-5表 評価対象機器の評価結果

評価対象機器	板厚 (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結果
管束(管束フレーム* ¹)	12.0	1.0	貫通しない
ファン駆動部(ファンリング* ¹)	3.2	1.0	貫通しない
支持架構(床はり* ¹)	8.0	1.0	貫通しない
遮熱板	5.0	1.0	貫通しない

注記 * 1 : 評価対象となる部位を示す。

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-2

配管の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-2-1

安全冷却水 B 冷却塔等の配管の強度
計算書

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-1 安全冷却水B冷却塔の配管の強度計算書」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

なお、「VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-1 安全冷却水B冷却塔の配管の強度計算書」は、本申請において「VI-1-1-1-2-4-2-1-2-2-1 安全冷却水B冷却塔等の配管の強度計算書」に名称を変更する。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 安全冷却水B冷却塔まわり配管の評価条件.....	2
2.2 <u>安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価条件</u>	5
2.3 <u>第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管</u>	8
3. 評価結果	11
3.1 安全冷却水B冷却塔まわり配管の評価結果.....	11
3.2 <u>安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価結果</u>	13
3.3 <u>第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管の評価結果</u> ..	15

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水B冷却塔まわり配管、安全冷却水A冷却塔まわり配管及び第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 安全冷却水B冷却塔まわり配管の評価条件

安全冷却水B冷却塔まわり配管の構造強度評価に用いる評価条件を第2.1-1表から第2.1-3表に示す。

第2.1-1表 構造強度評価に用いる評価条件(1/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水B冷却塔まわり配管 (安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B 冷却塔供給ヘッダー合流点, <u>安全 冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点 ～安全冷却水B冷却塔出口配管分岐 点, 安全冷却水B循環ポンプA, B～安 全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐 点, 安全冷却水B冷却塔戻りヘッダ ー分岐点～安全冷却水B冷却塔) の <u>うち屋外設置の配管</u></u>									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は, 公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.1-1表 構造強度評価に用いる評価条件(2/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水B冷却塔まわり配管 (安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B 冷却塔供給ヘッダー合流点, 安全 冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点 ～安全冷却水B冷却塔出口配管分岐 点, 安全冷却水B循環ポンプA, B～安 全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐 点, 安全冷却水B冷却塔戻りヘッダ ー分岐点～安全冷却水B冷却塔) の うち屋外設置の配管									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は, 公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.1-2表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP_{max} (MPa)	G (-)	C (-)	W_M (N)
6,100	0.0089	1.0	1.2	0

第2.1-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
安全冷却水B冷却塔まわり配管 (安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点, <u>安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点～安全冷却水B冷却塔出口配管分岐点</u> , 安全冷却水B循環ポンプA, B～安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点, 安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水B冷却塔)のうち屋外設置の配管	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 気圧差による荷重 ・ 運転時荷重

5

2.2 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価条件

安全冷却水A冷却塔まわり配管の構造強度評価に用いる評価条件を第2.2-1表から第2.2-3表に示す。

第2.2-1表 構造強度評価に用いる評価条件(1/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質 量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水A冷却塔まわり配管 (安全冷却水A冷却塔～安全冷却水A冷却塔)出口配管 分岐点, 安全冷却水A循環ポンプA, B ～安全冷却水A冷却塔)のうち屋外 設置の配管									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は, 公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.2-1表 構造強度評価に用いる評価条件(2/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
安全冷却水A冷却 塔まわり配管 (安全冷却水A冷却 塔～安全冷却水A 冷却塔)出口配管 分岐点, 安全冷却 水A循環ポンプA, B ～安全冷却水A冷 却塔)のうち屋外 設置の配管									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.2-2表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP_{max} (MPa)	G (-)	C (-)	W_M (N)
6,100	0.0089	1.0	1.2	0

第2.2-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
安全冷却水A冷却塔まわり配管 (安全冷却水A冷却塔～安全冷却水A冷却塔)出 口配管分岐点, 安全冷却水A循環ポンプA, B～安 全冷却水A冷却塔)のうち屋外設置の配管	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 気圧差による荷重 ・ 運転時荷重

8

2.3 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管の評価条件

第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管の構造強度評価に用いる評価条件を第2.3-1表から第2.3-3表に示す。

第2.3-1表 構造強度評価に用いる評価条件(1/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
冷却塔A,Bまわり配管(冷却塔A~冷却塔循環ポンプA,ディーゼル機関A~冷却塔A,冷却塔B~冷却塔循環ポンプB,ディーゼル機関B~冷却塔B)のうち屋外設置の配管									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.3-1表 構造強度評価に用いる評価条件(2/2)

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質量 m (kg/mm)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
冷却塔A, Bまわり配管(冷却塔A~冷却塔循環ポンプA, ディーゼル機関A~冷却塔A, 冷却塔B~冷却塔循環ポンプB, ディーゼル機関B~冷却塔B)のうち屋外設置の配管									

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2.3-2表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP_{max} (MPa)	G (-)	C (-)	W_M (N)
6,100	0.0089	1.0	1.2	0

第2.3-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
冷却塔A, Bまわり配管(冷却塔A～冷却塔循環ポンプA, ディーゼル機関A～冷却塔A, 冷却塔B～冷却塔循環ポンプB, ディーゼル機関B～冷却塔B)のうち屋外設置の配管	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重 ・ 気圧差による荷重 ・ 運転時荷重

二

3. 評価結果

3.1 安全冷却水B冷却塔まわり配管の評価結果

(1) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3.3-1表に示す。

第3.1-1表 配管の構造強度評価結果

名称	管外径 D (mm)	a 許容応力 (MPa)	b σ_1 (MPa)	応力比 (b/a)	c σ_2 (MPa)	応力比 (c/a)
安全冷却水B冷却塔まわり配管 (安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点, <u>安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点～安全冷却水B冷却塔出口配管分岐点, 安全冷却水B循環ポンプA, B～安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点, 安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水B冷却塔)</u> のうち屋外設置の配管						

配管に発生する応力は、許容応力以下である。また、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく配管の評価に包絡される。

(2) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの評価結果を第3.1-2表に示す。

第3.1-2表 砂利に対する貫通限界厚さの評価結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較を第3.1-3表に示す。

第3.1-3表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較結果

名称	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ (mm)	貫通限界厚さ Tc (mm)	結果
安全冷却水B冷却塔まわり配管 (安全冷却水B冷却塔～安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点, <u>安全冷却水B冷却塔供給ヘッダー合流点～安全冷却水B冷却塔出口配管分岐点</u> , <u>安全冷却水B循環ポンプA, B～安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点</u> , <u>安全冷却水B冷却塔戻りヘッダー分岐点～安全冷却水B冷却塔</u>) <u>のうち屋外設置の配管</u>		1.0	貫通しない

砂利に対する貫通限界厚さは、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満である。また、弁の板厚は配管に比べ厚いため、配管の評価に包絡される。

3.2 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価結果

(1) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 配管の構造強度評価結果

名称	管外径 D (mm)	a 許容応力 (MPa)	b σ_1 (MPa)	応力比 (b/a)	c σ_2 (MPa)	応力比 (c/a)
安全冷却水A冷却塔まわり配管 (安全冷却水A冷却塔～安全冷却水A冷却塔) 出口配管分岐点, 安全冷却水A循環ポンプA, B～安全冷却水A冷却塔)のうち屋外設置の配管						

配管に発生する応力は、許容応力以下である。また、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく配管の評価に包絡される。

(2) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの評価結果を第3.2-2表に示す。

第3.2-2表 砂利に対する貫通限界厚さの評価結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂利	1.0	1.0

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較を第3.2-3表に示す。

第3.2-3表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較結果

名称	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ(mm)	貫通限界厚さTc(mm)	結果
安全冷却水A冷却塔まわり配管 (安全冷却水A冷却塔～安全冷却水A冷却塔)出口配管分岐点,安全冷却水A循環ポンプA,B～安全冷却水A冷却塔)のうち屋外設置の配管		1.0	貫通しない

砂利に対する貫通限界厚さは、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満である。また、弁の板厚は配管に比べ厚いため、配管の評価に包絡される。

3.3 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,Bまわり配管の評価結果

(1) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3.3-1表に示す。

第3.3-1表 配管の構造強度評価結果

名称	管外径 D (mm)	a 許容応力 (MPa)	b σ_1 (MPa)	応力比 (b/a)	c σ_2 (MPa)	応力比 (c/a)
冷却塔A,Bまわり配管(冷却塔A～冷却塔循環ポンプA,ディーゼル機関A～冷却塔A,冷却塔B～冷却塔循環ポンプB,ディーゼル機関B～冷却塔B)のうち屋外設置の配管						

配管に発生する応力は、許容応力以下である。また、弁を設置している箇所においては、弁の断面係数は配管に比べ大きく配管の評価に包絡される。

(2) 衝突評価結果

竜巻発生時の砂利に対する貫通限界厚さの評価結果を第3.3-2表に示す。

第3.3-2表 砂利に対する貫通限界厚さの評価結果

飛来物	貫通限界厚さ Tc (mm)	
	水平方向	鉛直方向
砂 利	1.0	1.0

砂利に対する貫通限界厚さ(1.0mm)と配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較を第3.3-3表に示す。

第3.3-3表 配管の外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さとの比較結果

名称	外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ(mm)	貫通限界厚さTc(mm)	結果
冷却塔A, Bまわり配管(冷却塔A～冷却塔循環ポンプA, ディーゼル機関A～冷却塔A, 冷却塔B～冷却塔循環ポンプB, ディーゼル機関B～冷却塔B)のうち屋外設置の配管		1.0	貫通しない

砂利に対する貫通限界厚さは、外殻を構成する部材の厚さから耐圧強度上必要な厚さを差し引いた残りの厚さ未満である。また、弁の板厚は配管に比べ厚いため、配管の評価に包絡される。

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-2-2
安全冷却水 A 冷却塔の配管の強度計
算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価条件	2
2.2 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価モデル	5
3. 評価結果	7

1. 概要

本計算書は、屋外の竜巻防護対象施設である安全冷却水A冷却塔まわり配管の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価条件

評価に用いる寸法は、公称値を使用する。評価対象部位の仕様を第2.1-1表、2.1-2表及び2.1-3表に示す。また、強度評価に用いる評価条件を第2.1-4表、材料定数を第2.1-5表に示す。第2.1-6表に荷重の組合せを示す。

第2.1-1表 配管の仕様

評価対象配管	管外径 D (mm)	材料	温度条件 (°C)	支持間隔 L (m)	板厚 t (mm)	最小板厚 t' (mm)	質量 m (kg/m)	内圧 P (MPa)
竜巻防護対策設備に内包されない安全冷却水A冷却塔まわり配管(安全冷却水A冷却塔～安全冷却水A冷却塔)出口配管分岐点, 安全冷却水A循環ポンプA, B～安全冷却水A冷却塔)のうち屋外設置の配管								

注記 *1: 最高使用温度

*2: 配管は耐震支持間隔で設計している為, 安全側に標準(最大)支持間隔で設計されている部位に対する評価を実施。

*3: 配管は最小板厚にてモデル化する。

第2.1-2表 架構の仕様

材料	柱高さ h (mm)	梁長さ l (mm)	柱部の配管反力荷重 作用点の高さ a (mm)	風圧力を受ける 柱の高さ L ₁ (mm)

第2.1-3表 ボルトの仕様

材料	ボルト サイズ	A _b (mm ²)

第2.1-4表 強度評価に用いる条件

q (N/m ²)	ΔP (N/m ²)	G (-)	C (-)	g (m/s ²)

第2.1-5表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比
配管			
飛来物			

第2.1-6表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
配管及び弁	配管本体	<ul style="list-style-type: none"> ・風圧力による荷重 ・気圧差による荷重 ・飛来物の衝撃荷重 ・常時作用する荷重（自重） ・運転時荷重（内圧）
	支持構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・風圧力による荷重 ・積雪による荷重 ・配管反力*1

注記 *1：配管反力は、配管本体へ作用する、風圧力による荷重、飛来物の衝撃荷重（鋼製材）、常時作用する荷重（自重）が支持構造物への荷重になるとして考慮。

なお、本配管は、支持構造物が一カ所損傷したとしても、残る支持構造物で配管を支持可能な強度を有していることから、支持構造物の評価においては、設計飛来物による衝撃荷重は考慮しない。

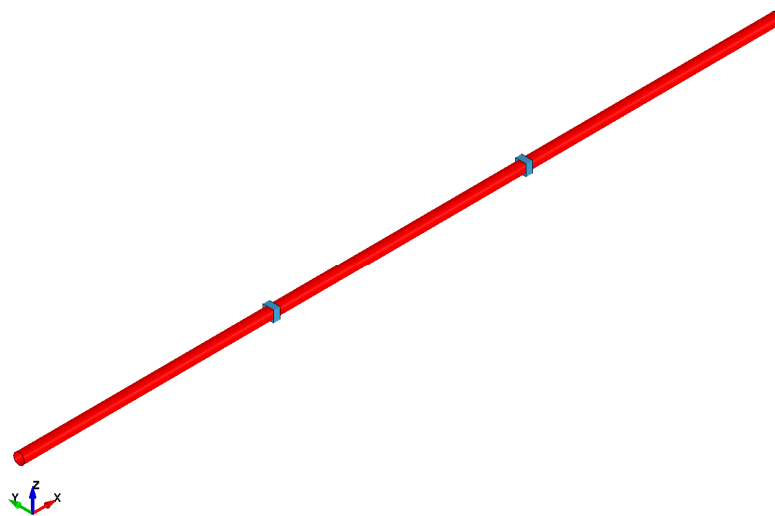
2.2 安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価モデル

(1) 評価モデル

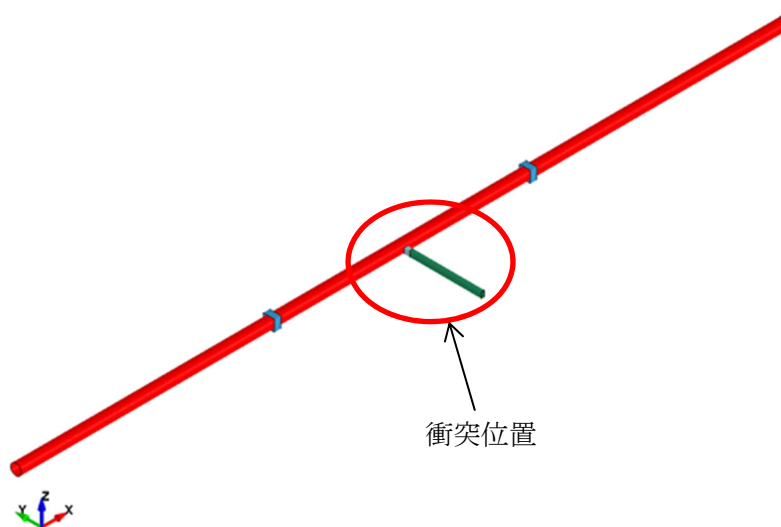
安全冷却水A冷却塔まわり配管の評価モデルについては、配管を模擬した有限要素モデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

評価モデルを第2.2-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.2-2図に示す。



第2.2-1図 配管の評価モデル図



第2.2-2図 飛来物衝突位置図

(2) 材料モデル

材料モデルでは、配管の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値(降伏応力、引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF=2、飛来物はTF=1とする。

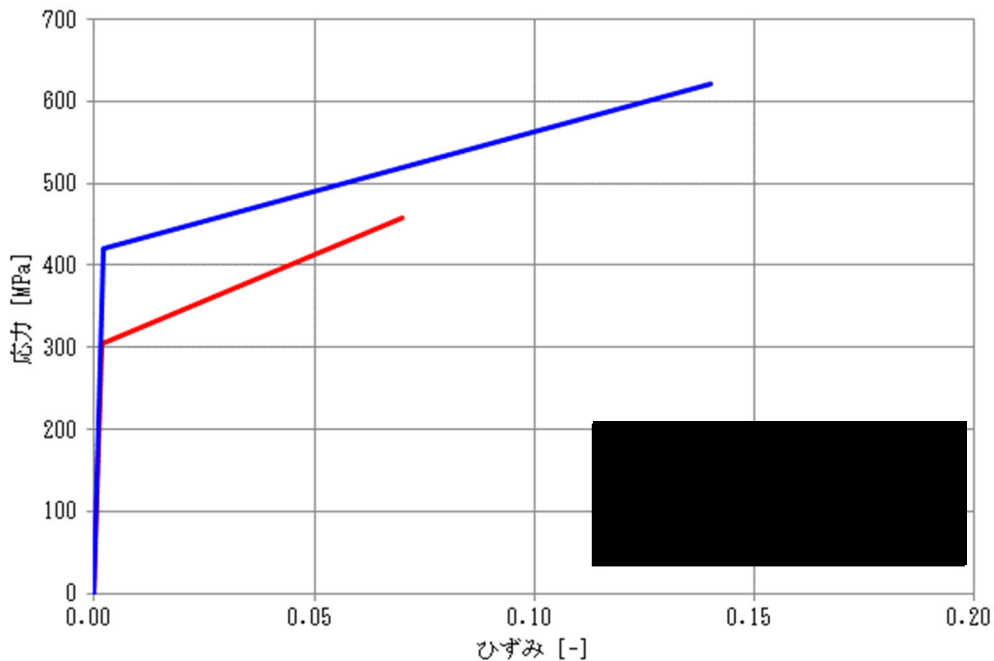
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.2-1表、材料モデルにおける破断ひずみを第2.2-2表、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.2-3図に示す。

第2.2-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

対象	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
配管					
飛来物					

第2.2-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

対象	材質	破断ひずみ
配管		

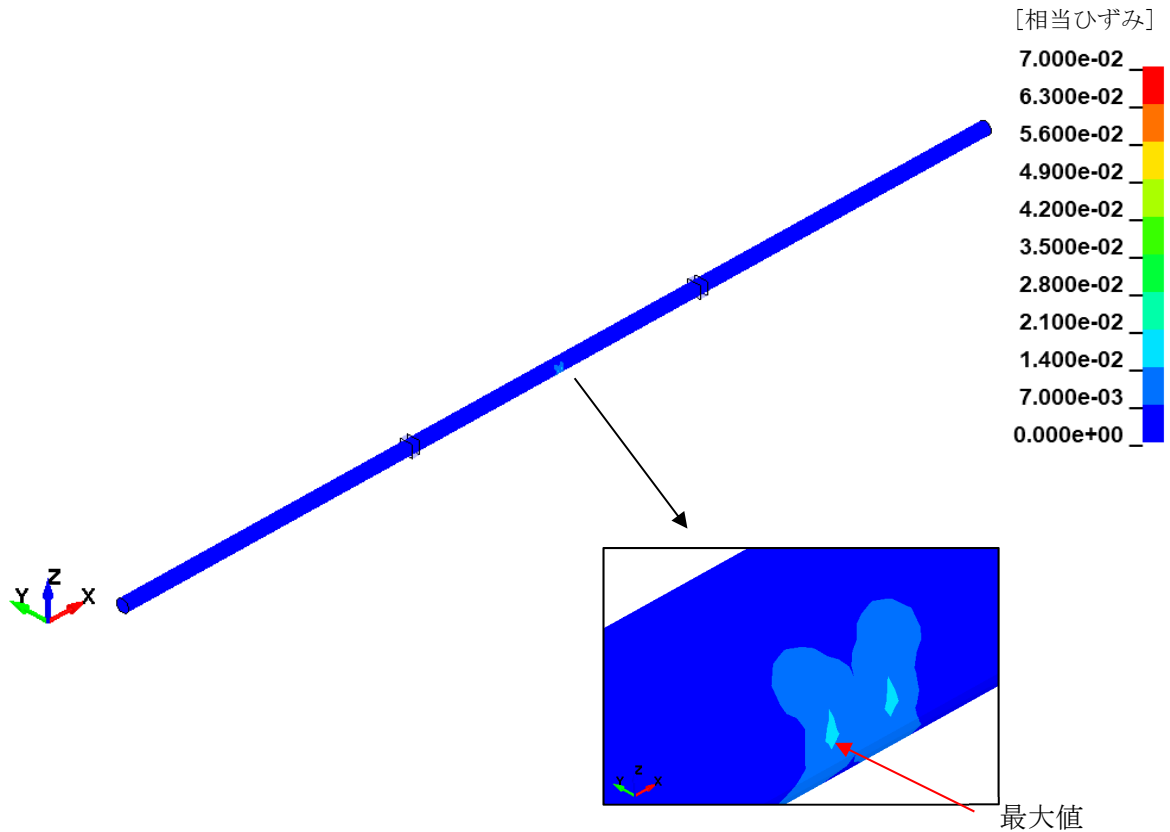


第2.2-3図 配管及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 評価結果

(1) 衝突評価の結果

鋼製材による衝撃荷重が作用する場合の強度評価結果を第 3. -1 図に示す。評価の結果、破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、貫通が生じていないことを確認した。



第 3. -1 図 衝突位置拡大図

(2) 構造強度評価の結果

a. 配管

配管の強度評価結果を第3. -1図に示す。評価の結果、配管に有意な変形が生じていないことを確認した。

b. 支持構造物

支持構造物の強度評価結果を第3. -1表に示す。許容応力を下回っていることを確認した。

第3. -1表 支持構造物の構造強度評価結果

評価部材	材料	応力	発生応力	許容応力
架構		組合せ		
基礎ボルト		引張		
		せん断		

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-2-3

ディーゼル発電機の排気消音器の強
度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
3. 評価結果	5

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設等に波及影響を及ぼす可能性がある施設である第2非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関及び緊急時対策建屋用発電機の排気消音器の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

第2非常用ディーゼル発電機及び緊急時対策建屋用発電機の排気消音器の評価条件を第2-1表から第2-2表に示す。

第2-1表 構造強度評価に用いる評価条件(1/2)

評価対象部位	材 料	温度条件 (°C)	Su* ¹ (MPa)	Sy* ¹ (MPa)	F (MPa)	1.5f _t (MPa)	1.5f _s (MPa)
第2非常用ディーゼル発電機 排気消音器基礎ボルト	SS400	50	394	231	231	172	132
緊急時対策建屋用発電機 排気消音器取付ボルト	SUS304	50	504	198	205	153	117
緊急時対策建屋発電機 排気消音器基礎ボルト	SS400	50	394	231	231	172	132

注記 * 1 : JSME

第 2-1 表 構造強度評価に用いる評価条件 (2/2)

評価対象部位	A (m ²)	φ _g (mm)	L ^{*1} (mm)	n (本)	N (本)	A _b (mm ²)	C
第2非常用ディーゼル発電機 排気消音器基礎ボルト	25.61	2620	1800	4	16	452	1.2
緊急時対策建屋発電機 排気消音器取付ボルト	5.72	825	750	2	2	452	1.2
緊急時対策建屋発電機 排気消音器基礎ボルト	8.01	1114	1200	3	6	706	1.2

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は, 公称値を使用する。

第2-2表 荷重の組合せ

名称	評価対象機器	評価対象部位	考慮する荷重
第2非常用ディーゼル発電機	排気消音器	基礎ボルト	<ul style="list-style-type: none"> ・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重
緊急時対策建屋発電機	排気消音器	取付ボルト 基礎ボルト	<ul style="list-style-type: none"> ・常時作用する荷重 ・風圧力による荷重

3. 評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3-1表に示す。

取付ボルト及び基礎ボルトに発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3-1表 取付ボルト及び基礎ボルトの構造強度評価結果

名称	評価対象 部位	応力 分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
第2非常用ディーゼル発電機 排気消音器	基礎 ボルト	引張	152	172	0.89
		せん断	26	132	0.20
		組合せ	152	172	0.89
緊急時対策建屋用発電機 排気消音器	取付 ボルト	引張	51	153	0.34
		せん断	47	117	0.41
		組合せ	51	139	0.37
	基礎 ボルト	引張	26	172	0.16
		せん断	14	132	0.11
		組合せ	26	172	0.16

注記 *1：応力比＝発生応力／許容応力

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-2-4
ベント管等の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
3. 評価結果	6

1. 概要

本計算書は、波及影響を及ぼす可能性がある施設であるウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備の排気系，第2非常用ディーゼル発電機及び緊急時対策建屋用発電機付属ベント配管，安全空気脱湿装置再生空気排気配管並びに安全蒸気ボイラ排ガス管の強度評価について，「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき，算出した結果を示す。

2. 評価条件

(1) 構造強度評価の評価条件

ベント配管及び排気配管の構造強度評価に用いる評価条件を第2-1表から第2-3表に示す。

第2-1表 構造強度評価に用いる評価条件

評価対象配管	管外径 D* ¹ (mm)	形状	材 料	温度条 件 (°C)	Sy* ³ (MPa)	支持間隔 L* ¹ * ⁴ (mm)	板 厚 t* ¹ (mm)	質 量 m (kg/m)	受圧面積 A (m ² /mm)	内 圧 P (MPa)
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋換 気設備の排気系										
第2非常用ディーゼル 発電機燃料油貯蔵タン クベント配管	114.3	両端支持	STPG370	50	205	5600	6.0	16.03	0.1143×10 ⁻³	大気圧
	114.3	片持ち	STPG370	50	205	1157.8	6.0	16.03	0.1143×10 ⁻³	大気圧
第2非常用ディーゼル 発電機潤滑油タンクベ ント配管	114.3	両端支持	STPG370	50	205	5600	6.0	16.03	0.1143×10 ⁻³	大気圧
	114.3	片持ち	STPG370	50	205	759	6.0	16.03	0.1143×10 ⁻³	大気圧
安全空気脱湿装置 再生空気排気配管										
安全蒸気ボイラ排気管										
燃料油サービスタンク ベント配管	60.5	片持ち	STPG370	45	210	500	5.5	7.46	0.0605×10 ⁻³	大気圧
緊急時対策建屋用発電 機潤滑油タンクベント 配管	48.6	片持ち	STPG370	45	210	500	5.1	5.47	0.0486×10 ⁻³	大気圧
重油貯槽ベント配管	89.1	両端支持	STPG370-S	40	215	2400	5.5	11.3	0.0891×10 ⁻³	大気圧
	89.1	片持ち	STPG370-S	40	215	1176	5.5	11.3	0.0891×10 ⁻³	大気圧

注記 *1：評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

* 4 : 片持ち形状の配管の支持間隔Lについては実配管長を用いる。

第2-2表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	G (-)	C (-)	g (m/s ²)	W _M (N)	W _P (N)
6,100	1.0	1.2	9.80665	0	0

第2-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
配管	配管本体	・ 常時作用する荷重 ・ 風圧力による荷重

(2) 重油貯蔵所ベント配管（架台）

重油貯蔵所ベント配管（架台）の構造強度評価に用いる評価条件を第2-4表から第2-6表に示す。

第 2-4 表 構造強度評価に用いる評価条件

評価対象部位	材 料	温度条件 (°C)	Su* ¹ (MPa)	Sy* ¹ (MPa)	F (MPa)	1.5f _t (MPa)	1.5f _s (MPa)
架台 (溶接部)	STKR400	50	394	234	234	—	135

注記 * 1 : JSME

第 2-5 表 構造強度評価に用いる評価条件

q (N/m ²)	ΔP _{max} (MPa)	G (—)	g (m/s ²)	W _M (N)
6,100	0	1.0	9.80665	0

第 2-6 表 溶接部の構造強度評価に用いる評価条件

評価対象部位	A (m ²)	ℓ _g (mm)	ℓ (mm)	n (—)	N (—)	A _s (mm ²)	C
架台 (溶接部)	4.55	1,838	600	2	4	2100	2.4

3. 評価結果

(1) 配管の構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第 3-1 表に示す。

配管に発生する応力は、許容応力以下であることを確認した。

第 3-1 表 配管の構造強度評価結果

評価対象配管	管外径 D (mm)	形状	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比
ウラン・プルトニウム混合酸化物 貯蔵建屋換気設備の排気系					
第 2 非常用ディーゼル発電機 燃料油貯蔵タンクベント配管	114.3	両端支持	205	87	0.43
	114.3	片持ち	205	20	0.10
第 2 非常用ディーゼル発電機 潤滑油タンクベント配管	114.3	両端支持	205	87	0.43
	114.3	片持ち	205	7	0.04
安全空気脱湿装置 再生空気排気配管					
安全蒸気ボイラ排気管					
燃料油サービスタンクベント配管	60.5	片持ち	210	6	0.03
緊急時対策建屋用発電機潤滑油タ ンクベント配管	48.6	片持ち	210	8	0.04
重油貯槽ベント配管	89.1	両端支持	215	47	0.22
		片持ち	215	46	0.22

注記 * 1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

(2) 重油貯槽ベント配管 (架台)

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3-2表に示す。

溶接部に発生する応力が許容限界を超えないことを確認した。

第3-2表 強度評価結果

	評価対象部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比* ¹
重油貯槽 ベント配管 (架台)	溶接部	せん断	49	60	0.82

注記 * 1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

VI-1-1-1-2-4-2-1-
2-3

換気空調設備の強度計算書

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 評価条件	2
3. 評価結果	11

1. 概要

本計算書は、建屋内の施設で外気と繋がっている竜巻防護対象施設である角ダクト、丸ダクト、排風機、フィルタユニット、空調ユニット、ダンパ及び収納管の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、算出した結果を示す。

2. 評価条件

(1) 角ダクトの構造強度評価の評価条件

角ダクトの構造強度評価に用いる評価条件を第2-1表から第2-3表に示す。

第2-1表 角ダクトの構造強度評価に用いる評価条件 (1/2)

系 統	ダクト幅 a*1 (mm)	ダクト 高さ b*1 (mm)	ダクト 板厚 t*1 (mm)	補強 ピッチ c*1 (mm)	サポート スパン L*1 (mm)	ダクト 単位質量 μ (kg/mm)	材料	温度条件 (°C)*2	Sy*3 (MPa)	ヤング率 E (MPa)
制御室換気設備	700	350	0.6	910	5800	0.0168	SGCC	40	205	201700
前処理建屋換気設備										
分離建屋換気設備										
精製建屋換気設備										
ウラン・プルトニウム混合 脱硝建屋換気設備										
ウラン・プルトニウム混合 酸化物貯蔵建屋換気設備										

第2-1表 角ダクトの構造強度評価に用いる評価条件 (2/2)

系 統	ダクト幅 a^{*1} (mm)	ダクト 高さ b^{*1} (mm)	ダクト 板厚 t^{*1} (mm)	補強 ピッチ c^{*1} (mm)	サポート スパン L^{*1} (mm)	ダクト 単位質量 μ (kg/mm)	材料	温度条件 ($^{\circ}\text{C}$) *2	S_y^{*3} (MPa)	ヤング率 E (MPa)
高レベル廃液ガラス固化建 屋換気設備										
緊急時対策建屋換気設備	2250	1750	3.2	1000	6500	0.3507	SS400	45	243	201333

注記 *1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

*2 : 最高使用温度

*3 : JSME

3

第2-2表 構造強度評価に用いる評価条件

ΔP (Pa)	g (m/s^2)	ν (-)
8900	9.80665	0.3

第2-3表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
角ダクト	ダクト鋼板	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 気圧差による荷重

(2) 丸ダクトの構造強度評価の評価条件

丸ダクトの構造強度評価に用いる評価条件を第2-4表から第2-6表に示す。

第2-4表 丸ダクトの構造強度評価に用いる評価条件

系 統	ダクト サイズ* ¹ (mm)	ダクト 板厚 t* ¹ (mm)	補強 ピッチ c* ¹ (mm)	サポート スパン L* ¹ (mm)	ダクト 単位質量 μ (kg/mm)	材 質	温度条件 (°C)* ²	ヤング率 E (MPa)
分離建屋換気設備								
ウラン・プルトニウム混合酸 化物貯蔵建屋換気設備								
高レベル廃液ガラス固化建屋 換気設備								

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2-5表 構造強度評価に用いる評価条件

ΔP (Pa)	g (m/s ²)	ν (-)
8900	9.80665	0.3

第2-6表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
丸ダクト	ダクト鋼板	<ul style="list-style-type: none"> ・常時作用する荷重 ・気圧差による荷重

(3) 排風機，フィルタユニット及び空調ユニットの構造強度評価の評価条件

排風機，フィルタユニット及び空調ユニットの構造強度評価に用いる評価条件を第2-7表から第2-9表に示す。

第2-7表 排風機，フィルタユニット及び空調ユニットの構造強度評価に用いる評価条件

系 統	名 称	短辺寸法 a* ¹ (mm)	長辺寸法 b* ¹ (mm)	容器板厚 t* ¹ (mm)	鋼板 単位質量 μ (kg/m ²)	材 料	温度条件 (°C)* ²	Sy (MPa)* ³	ヤング率 E (MPa)
中央制御室排風機	中央制御室空調ユニット	670	850	3.2	25.12	SS400	40	245	201700
前処理建屋換気設備	セル排風機 A, B								
分離建屋換気設備	グローブボックス・セル排風機 A~C								
精製建屋建屋換気設備	グローブボックス・セル排風機 A, B								
ウラン・プルトニウム 混合脱硝建屋換気設備	建屋排風機 A, B								
ウラン・プルトニウム 混合酸化物貯蔵建屋換 気設備	貯蔵室排風機 A~D								
高レベル廃液ガラス固 化建屋換気設備	固化セル圧力放出系排 気フィルタユニット								

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は，公称値を使用する。

* 2 : 最高使用温度

* 3 : JSME

第2-8表 送風機の構造強度評価に用いる評価条件

名称	r^{*1} (mm)	t^{*1} (mm)	材料	温度条件 (°C) * 2
発電機室送風機	769	6	SS400	45

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

* 2 : 周囲環境温度

第2-9表 評価条件

気圧差 ΔP (Pa)	重力加速度 g (m/s^2)	ポアソン比 ν (-)
8900	9.80665	0.3

第2-10表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
排風機 フィルタユニット 空調ユニット	ケーシング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 ・ 気圧差による荷重

(3) ダンパ

ダンパの構造強度評価に用いる評価条件を第2-11表から第2-14表に示す。

第2-11表 ケーシングの構造強度評価に用いる評価条件

対象	フランジ内寸* ¹ (mm)			m _c (kg)	L _c * ¹ (mm)	ℓ _c * ¹ (mm)	I _c (mm ⁴)	e _c * ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)
	W	×	H							
外気取入系統隔離ダンパ 排気系統隔離ダンパ	1510	×	2210	77	300	2210	4882064	71.7	SEHC	40

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

∞

第2-12表 ベーンの構造強度評価に用いる評価条件

対象	フランジ内寸* ¹ (mm)			m _b * ¹ (kg)	m _s (kg)	H _b * ¹ (mm)	ℓ _b * ¹ (mm)	I _b (mm ⁴)	e _b * ¹ (mm)	材 料	温度条件 (°C)
	W	×	H								
外気取入系統隔離ダンパ 排気系統隔離ダンパ	1510	×	2210	5	3.4	244.5	643.8	63193	16.1	SEHC	40

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

第2-13表 シャフトの構造強度評価に用いる評価条件

対象	フランジ内寸*1 (mm)			m _b (kg)	m _s (kg)	H _b *1 (mm)	l _b *1 (mm)	L _s *1 (mm)	材 料	温度条件 (°C)
	W	×	H							
外気取入系統隔離ダンパ 排気系統隔離ダンパ	1510	×	2210	5	3.4	244.5	643.8	25	SGD400-D	40

注記 *1：評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

第2-14表 評価条件

気圧差 ΔP (Pa)	重力加速度 g (m/s ²)
8900	9.80665

第2-15表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
ダンパ	ケーシング ベーン シャフト	<ul style="list-style-type: none"> ・気圧差による荷重 ・常時作用する荷重

(4) 収納管

収納管の構造強度評価に用いる評価条件を第2-16表から第2-17表に示す。

第 2-16 表 収納管の構造強度評価に用いる評価条件

評価対象	ガラス固化体 重量 W_1 (N)	ガラス固化体 受台重量 W_2 (N)	収納管の自重 W_4 (N)	材料	最高使用温度 (円筒部) * 1 (°C)	最高使用温度 (底板) * 1 (°C)
第 1 ガラス固化体貯蔵 建屋東棟の第 1 貯蔵ピ ット～第 4 貯蔵ピット						

注記 * 1 : 最高使用温度

10

第 2-17 表 評価条件

P	収納管外径 D_o * 1 (mm)	収納管内径 D_i * 1 (mm)	ガラス固化体 受台外径 D_p * 1 (mm)	円筒部板厚 t_1 * 1 (mm)	底板板厚 t_2 * 1 (mm)	底板の自重 W_3 (N)
0.0089						

注記 * 1 : 評価に用いる寸法は、公称値を使用する。

第2-18表 荷重の組合せ

名称	評価部位	考慮する荷重
収納管	収納管本体 (円筒部, 底板)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気圧差による荷重 ・ 常時作用する荷重

3. 評価結果

(1) 角ダクトの構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第3-1表に示す。ダクト鋼板に発生する応力は、許容応力以下であり、また、長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧による面内荷重）による発生モーメントの値は許容値以下である。

第3-1表 竜巻発生時の強度評価結果（角ダクト）

系 統	面外荷重			外圧による面内荷重			自重（長期）＋設計竜巻による内外差圧（短期）による面内荷重		
	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1	許容値 (kNmm)	発生値 (kNmm)	応力比*1
制御室換気設備	205	150	0.74	205	35.3	0.18	1.49×10^3	6.93×10^2	0.47
前処理建屋換気設備									
分離建屋換気設備									
精製建屋換気設備									
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備									
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋換気設備									
高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備									
緊急時対策建屋換気設備	243	90.6	0.38	243	15.7	0.07	2.82×10^5	1.82×10^4	0.07

注記 *1：応力比＝発生応力／許容応力

(2) 丸ダクトの構造強度評価結果

竜巻発生時の構造強度評価結果を第 3-2 表に示す。ダクト鋼板に発生する周方向応力は許容応力以下であり、また、長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧による面内荷重）により発生する応力値は、許容値以下である。

第 3-2 表 竜巻発生時の強度評価結果（丸ダクト）

系統	気圧差により生じる周方向応力			自重（長期）＋設計竜巻による内外差圧（短期）による面内荷重		
	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1	許容値 (-)	発生値 (-)	応力比*1
分離建屋換気設備						
ウラン・プルトニウム混合 酸化物貯蔵建屋換気設備						
高レベル廃液ガラス固化建 屋換気設備						

注記 *1：応力比＝発生応力／許容応力

(3) 排風機、フィルタユニット及び空調ユニットの構造強度評価結果

竜巻発生時の強度評価結果を第 3-3 表に示す。ケーシングに発生する応力は許容応力以下である。

第 3-3 表 竜巻発生時の強度評価結果（排風機、フィルタユニット及び空調ユニット）

系統	名称	面外荷重		
		許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1
制御室換気設備	中央制御室空調ユニット	245	85.2	0.35
前処理建屋換気設備	セル排風機 A, B			
分離建屋換気設備	グローブボックス・セル 排風機 A, B			
精製建屋建屋換気設備	グローブボックス・セル 排風機 A, B			
ウラン・プルトニウム混合 脱硝建屋換気設備	建屋排風機 A, B			
ウラン・プルトニウム混合 酸化物貯蔵建屋換気設備	貯蔵室排風機 A~D			
高レベル廃液ガラス固化建 屋換気設備	固化セル圧力放出系排気 フィルタユニット			

注記 *1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

第 5-7 表 竜巻発生時の強度評価結果（送風機）

名称	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1
発電機室送風機	238	1.2	0.01

(3) ダンパの構造強度評価結果

竜巻発生時の強度評価結果を第 3-4 表に示す。ダンパの各評価部位に発生する応力は許容応力以下である。

第 3-4 表 竜巻発生時の強度評価結果 (ダンパ)

名称	評価対象部位	面外荷重		
		許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	応力比*1
外気取入系統隔離ダンパ 排気系統隔離ダンパ	ケーシング	217	28	0.13
	ベーン	217	31	0.15
	シャフト	135	2	0.02

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容応力

(4) 収納管

竜巻発生時の強度評価結果を第 3-4 表に示す。

第 3-4 表 竜巻発生時の強度評価結果 (収納管)

評価対象	円筒部			底板		
	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比*1
第 1 ガラス固化体貯蔵 建屋東棟の第 1 貯蔵ピ ット～第 4 貯蔵ピット						

注記 * 1 : 応力比 = 発生応力 / 許容応力

VI-1-1-1-2-4-2-2
竜巻防護対策設備の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-2-1

飛来物防護板の強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-1

飛来物防護板（前処理建屋の安全
蒸気系設置室）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価.....	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価.....	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋である前処理建屋に設置する竜巻防護設備である飛来物防護板(前処理建屋の安全蒸気系設置室)(以下「飛来物防護板」という)の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風力係数及び受圧面積

防護板	風力係数C	受圧面積A(m ²)
	風上	正面方向
飛来物防護板	0.800	39.4

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、Degen式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。衝突評価結果を第3.1.1-1表に示す。

第3.1.1-1表 衝突評価結果(Degen式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	450	247	可

3.1.2 飛来物防護板の裏面剥離評価

飛来物防護板の最小厚さは、Chang式による評価における裏面剥離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剥離評価結果を第3.1.2-1表に示す。

第3.1.2-1表 裏面剥離評価結果(Chang式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	裏面剥離限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	450	412	可

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないことを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 変形評価結果

材料	評価結果 (μ)	許容限界 (μ)	判定
コンクリート	378	6500	可
鉄筋	715	50000	可

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-2

飛来物防護板（精製建屋 非常用
所内電源系統及び計測制御系統施
設設置室 A, B) の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価.....	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価.....	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋である精製建屋に設置する竜巻防護設備である飛来物防護板(精製建屋 非常用所内電源系統及び計測制御系統施設設置室 A, B) (以下「飛来物防護板」という)の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風力係数及び受圧面積

防護板番号	風力係数C	受圧面積A(m ²)
	風上	正面方向
AC-1	0.800	4.2075
AC-2	0.800	3.7125
AC-3	0.800	4.2075
AC-4	0.800	3.7125

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、Degen式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。衝突評価結果を第3.1.1-1表に示す。

第3.1.1-1表 衝突評価結果(Degen式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	247	可

3.1.2 飛来物防護板の裏面剥離評価

飛来物防護板の最小厚さは、Chang式による評価における裏面剥離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剥離評価結果を第3.1.2-1表に示す。

第3.1.2-1表 裏面剥離評価結果(Chang式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	裏面剥離限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	412	可

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないことを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 変形評価結果

材料	評価結果 (μ)	許容限界 (μ)	判定
コンクリート	1695	6500	可
鉄筋	2224	50000	可

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-3

飛来物防護板(制御建屋 中央制
御室換気設備設置室)の強度計算
書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価.....	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価.....	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋である制御建屋に設置する竜巻防護設備(制御建屋 中央制御室換気設備設置室)(以下「飛来物防護板」という)である飛来物防護板の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風力係数及び受圧面積

風力係数C	受圧面積A (m ²)
風上	正面方向
0.800	15.6

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、Degen式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。衝突評価結果を第3.1.1-1表に示す。

第3.1.1-1表 衝突評価結果(Degen式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	247	可

3.1.2 飛来物防護板の裏面剥離評価

飛来物防護板の最小厚さは、Chang式による評価における裏面剥離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剥離評価結果を第3.1.2-1表に示す。

第3.1.2-1表 裏面剥離評価結果(Chang式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	裏面剥離限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	412	可

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないことを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 変形評価結果

材料	評価結果	許容限界	判定
コンクリート	1044	6500	可
鉄筋	4205	50000	可

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-4

飛来物防護板(第1 ガラス固化体
貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮
蔽容器設置室)の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋である制御建屋に設置する竜巻防護設備(第1 ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室)(以下「飛来物防護板」という)である飛来物防護板の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風力係数及び受圧面積

風力係数C	受圧面積A (m ²)
風上	正面方向
0.8	165

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、Degen式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。衝突評価結果を第3.1.1-1表に示す。

第3.1.1-1表 衝突評価結果(Degen式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	247	可

3.1.2 飛来物防護板の裏面剥離評価

飛来物防護板の最小厚さは、Chang式による評価における裏面剥離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剥離評価結果を第3.1.2-1表に示す。

第3.1.2-1表 裏面剥離評価結果(Chang式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	裏面剥離限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	500	412	可

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないことを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第3.2.2-1表に示す。

第3.2.2-1表 変形評価結果

材料	評価結果	許容限界	判定
コンクリート	233	6500	可
鉄筋	363	50000	可

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-5

飛来物防護板(非常用電源建屋
第2非常用ディーゼル発電機及び
非常用所内電源系統設置室 A
北ブロック, A 南ブロック,
B北ブロック, B南ブロック)の
強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価.....	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価.....	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋である非常用電源建屋に設置する竜巻防護設備である飛来物防護板（非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源系統設置室 A 北ブロック, A 南ブロック, B 北ブロック, B南ブロック）（以下「飛来物防護板」という）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風荷重の算出に用いる条件

板番号	寸法(H×W)	風力係数	受圧面積 A(m ²)
		風上	正面方向
GA-PL-1	1265×5360	0.8	6.8
GA-PL-2	2160×3680	0.8	8.0
GA-PL-3	1600×4040	0.8	6.5
GA-PL-4	1575×3950	0.8	6.2
GA-PL-5	1775×4200	0.8	7.5
GA-PL-6	2055×3200	0.8	6.6
GA-PL-7	2400×4600	0.8	11.0

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、貫通限界厚さを以上であることを確認した。飛来物防護板の貫通評価結果を第 3.1.1-1 表に示す。

第 3.1.1-1 表 貫通評価結果

評価対象部位	最小厚さ (mm)	貫通限界厚さ (mm)
飛来物防護板	40	8.2

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみは許容限界を下回ることを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第 3.2.1-1 表に示す。

第 3.2.1-1 表 変形評価結果

評価対象部位	評価結果	許容限界
飛来物防護板(PL-3)	0.001	0.07

VI-1-1-1-2-4-2-2
-1-6

飛来物防護板（冷却塔接続 屋外
設備）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 構造強度評価	2
3. 評価結果	3
3.1 衝突評価	3
3.2 構造強度評価	3

1. 概要

本計算書は、竜巻防護対象施設を収納する建屋及びである前処理建屋に設置する竜巻防護設備である飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)(以下「飛来物防護板」という)の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対処設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示すものである。

2. 評価条件

2.1 構造強度評価

2.1.1 変形評価

常時作用する荷重，積雪荷重，飛来物の衝撃荷重及び風圧力による荷重を考慮した評価を実施する。

風圧力による荷重を算定する際の施設固有条件である風力係数及び受圧面積を第2.1.1-1表に示す。

第2.1.1-1表 風力係数及び受圧面積

防護板	風力係数C	受圧面積A (m ²)
	風上	正面方向
飛来物防護板	1.200	36.1

3. 評価結果

3.1 衝突評価

3.1.1 飛来物防護板の貫通評価

飛来物防護板の最小厚さは、Degen式による評価における貫通限界厚さ以上であることを確認した。衝突評価結果を第3.1.1-1表に示す。

第3.1.1-1表 衝突評価結果(Degen式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	貫通限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	450	247	可

3.1.2 飛来物防護板の裏面剥離評価

飛来物防護板の最小厚さは、Chang式による評価における裏面剥離限界厚さ以上であることを確認した。裏面剥離評価結果を第3.1.2-1表に示す。

第3.1.2-1表 裏面剥離評価結果(Chang式による評価)

評価対象 部位	最小厚さ (mm)	裏面剥離限界 厚さ(mm)	判定
飛来物防護板	450	412	可

3.2 構造強度評価

3.2.1 飛来物防護板の変形評価

飛来物防護板に生じるひずみ度が許容限界を超えないことを確認した。飛来物防護板の変形評価結果を第3.2.1-1表に示す。

第3.2.1-1表 変形評価結果

材料	評価結果 (μ)	許容限界 (μ)	判定
コンクリート	934	6500	可
鉄筋	2457	50000	可

VI-1-1-1-2-4-2-2-1-7

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の強度計算書

目次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護板（鋼材）の評価条件	6
2.3 支持架構の評価条件	8
2.4 支持架構の評価モデル	9
3. 強度評価結果	14
3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果	14
3.2 支持架構の強度評価結果	15

1. 概要

本計算書は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表～第2.1-2表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件(西ブロック) (1/2)

風向き	部材	C (-)	受圧面積 A_w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
N	防護板(鋼材)	0.800	34.1	—	—
		0.674	53.2	—	—
		0.597	34.2	—	—
		-0.4	121.5	196.8	—
		-0.7	—	157.7	—
		-1.0	—	—	52.1
		-0.5	—	—	147.0
S		0.800	34.1	—	—
		0.674	53.2	—	—
		0.597	34.2	—	—
		-0.4	121.5	211.5	—
		-0.7	—	142.9	—
		-1.0	—	—	52.1
		-0.5	—	—	147.0

第2.1-2表 風圧力による荷重の算定条件(西ブロック) (2/2)

風向き	部材	C (-)	受圧面積 A_w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
E	防護板(鋼材)	0.800	—	77.6	—
		0.674	—	149.7	—
		0.597	—	25.5	—
		-0.4	0.0	101.6	—
		-0.7	242.9	—	—
		-1.0	—	—	199.2
		-0.5	—	—	0.0
W		0.800	—	47.3	—
		0.674	—	31.7	—
		0.597	—	22.6	—
		-0.4	144.3	252.8	—
		-0.7	98.6	—	—
		-1.0	—	—	0.0
		-0.5	—	—	199.2

第 2. 1-2 表 風圧力による荷重の算定条件(中央ブロック) (1/2)

風向き	部材	C (-)	受圧面積 A_w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
N	防護板(鋼材)	0.800	33.6	—	—
		0.768	51.5	—	—
		0.741	51.7	—	—
		0.706	114.9	—	—
		0.650	165.3	—	—
		0.580	223.0	—	—
		0.490	275.3	—	—
		0.434	145.3	—	—
		-0.4	1020.6	466.5	—
		-0.7	—	374.4	—
		-1.0	—	—	616.8
		-0.5	—	—	598.4
		S	防護板(鋼材)	0.800	33.6
0.768	51.5			—	—
0.741	51.7			—	—
0.706	114.9			—	—
0.650	165.3			—	—
0.580	221.8			—	—
0.490	293.2			—	—
0.434	88.8			—	—
-0.4	1060.5			549.5	—
-0.7	—			291.4	—
-1.0	—			—	416.0
-0.5	—			—	799.2

第 2.1-2 表 風圧力による荷重の算定条件(中央ブロック)(2/2)

風向き	部材	C (-)	受圧面積 A_w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
E	防護板(鋼材)	0.800	—	28.0	—
		0.768	—	48.9	—
		0.741	—	48.6	—
		0.706	—	51.8	—
		0.650	—	94.1	—
		0.580	—	46.4	—
		0.490	—	78.9	—
		0.434	—	67.4	—
		-0.4	1851.7	376.8	—
		-0.7	229.5	—	—
		-1.0	—	—	171.8
		-0.5	—	—	1043.4
		W	防護板(鋼材)	0.800	—
0.768	—			48.9	—
0.741	—			48.6	—
0.706	—			69.8	—
0.650	—			47.7	—
0.580	—			24.8	—
0.490	—			56.1	—
0.434	—			53.0	—
-0.4	1846.2			464.1	—
-0.7	234.9			—	—
-1.0	—			—	149.9
-0.5	—			—	1065.4

2.2 防護板（鋼材）の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.2-1表、評価モデルを第2.2-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.2-2表に示す。

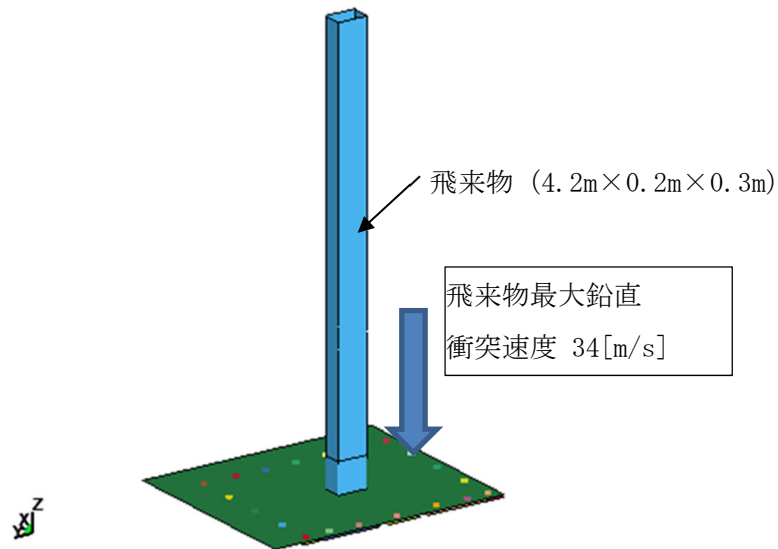
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.2-1表 防護板(鋼材)の評価に用いる条件

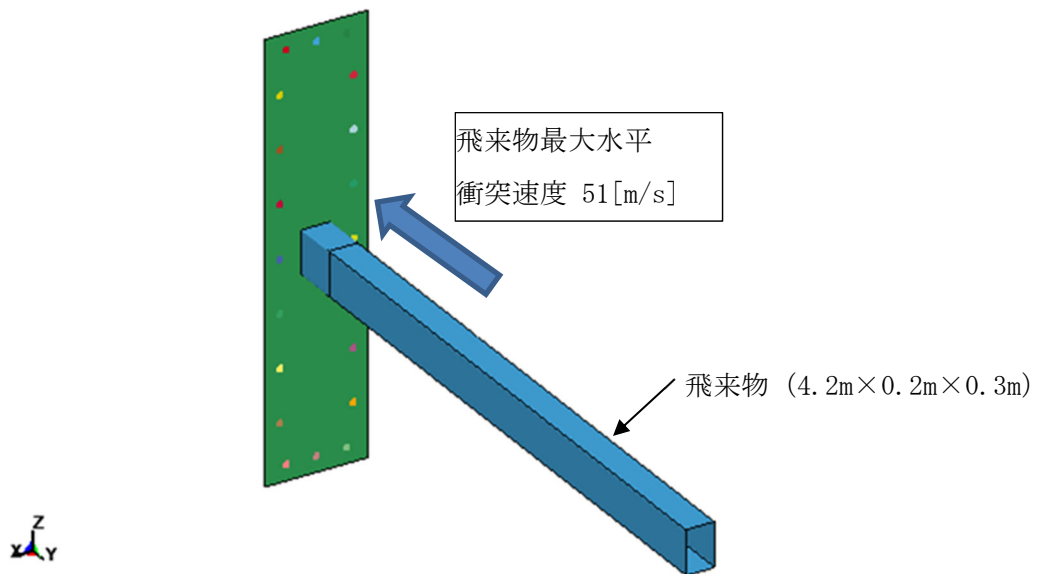
評価ケース	防護板（鋼材）の支持方法	飛来物速度 (m/s)	鋼板サイズ (mm)	全数 (本)	取付ボルト径	取付ボルト引張強さSu (MPa)	取付ボルト有効断面積 A_b (mm ²)	取付ボルト軸部断面積 A_{bs} (mm ²)
①	相対する2辺以上で支持	34 (鉛直衝突)	2,400× 2,000	20	M20	600	245	314
②	同上	51 (水平衝突)	1,500× 2,900	20	M20	600	245	314

第2.2-2表 材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.94×10^5	1,350	0.3
取付ボルト	強度区分6.8	480	2.05×10^5	600	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1,380	0.3



第2.2-1図 (1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース①)



第2.2-1図 (2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース②)

2.3 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.3-1表から第2.3-3表、評価に用いる材料物性値を第2.3-4表、許容限界を第2.3-5表に示す。

第2.3-1表 飛来物防護板の貫通評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり中央	H-1200×500×19×25	SN490B

第2.3-2表 飛来物防護板の脱落評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-1200×700×22×36	SN490B

第2.3-3表 飛来物防護板の転倒評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	柱脚部	□-800×800×60×60	TMCP440

第2.3-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比
支持架構	SN490B	2.05×10^5	0.3
飛来物	SN490B	2.05×10^5	0.3

第2.3-5表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度 (MPa)	備考
支持架構	TMCP440	440	建築基準法、同施行令及び関係告示により設定
飛来物	SN490B	325	短期応力の許容応力を1.1倍した値を許容限界として設定

2.4 支持架構の評価モデル

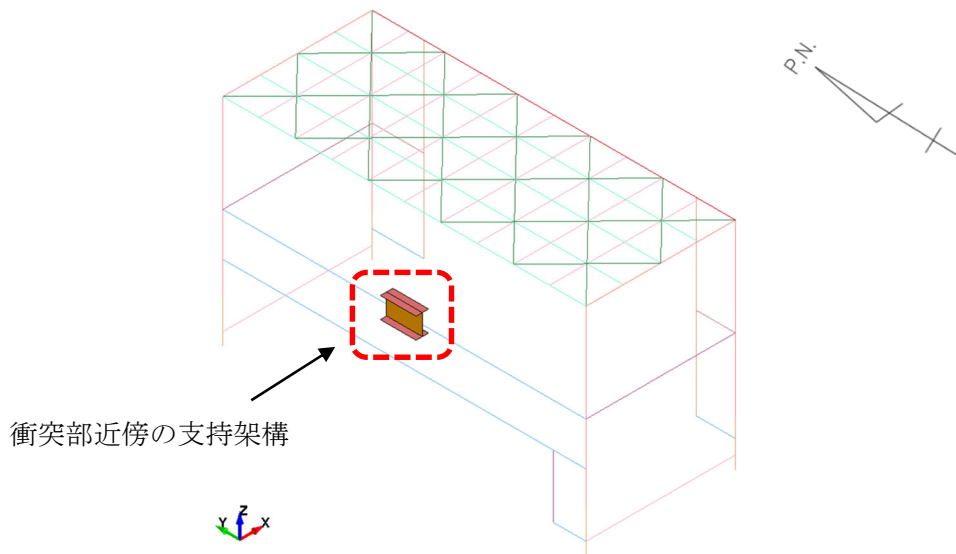
(1) 脱落評価モデル

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の支持架構は、西ブロック、中央ブロック及び東ブロックの複数のブロックで構成される構築物であることから、最も長い部材を用いている西ブロックを代表とし、評価を行う。

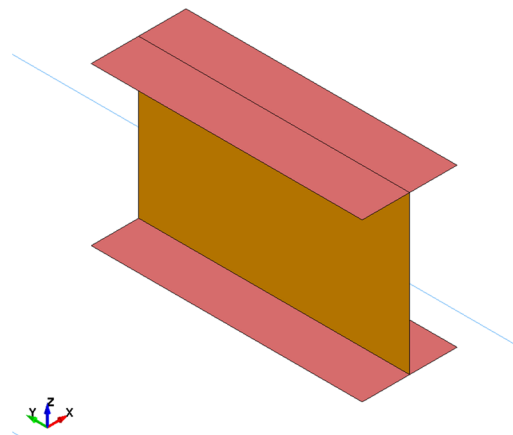
支持架構の評価モデルについては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

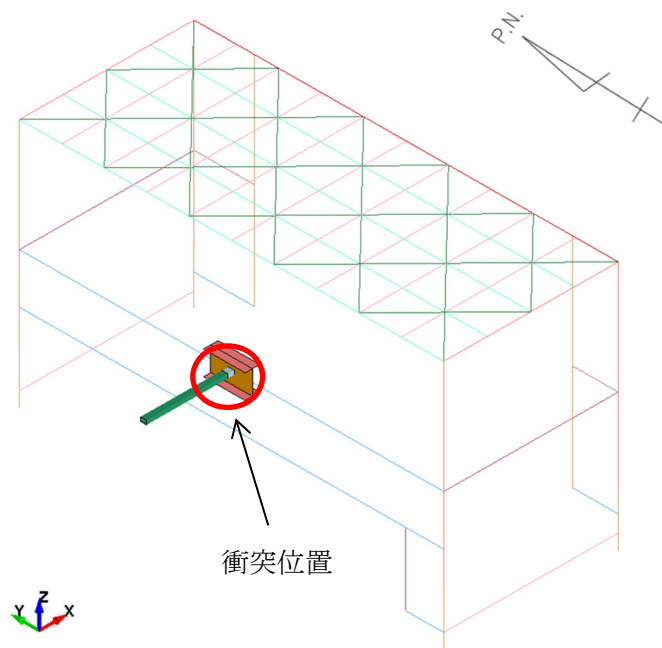
評価モデルを第2.4-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.4-2図に示す。



第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(1/2)



第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(2/2)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図

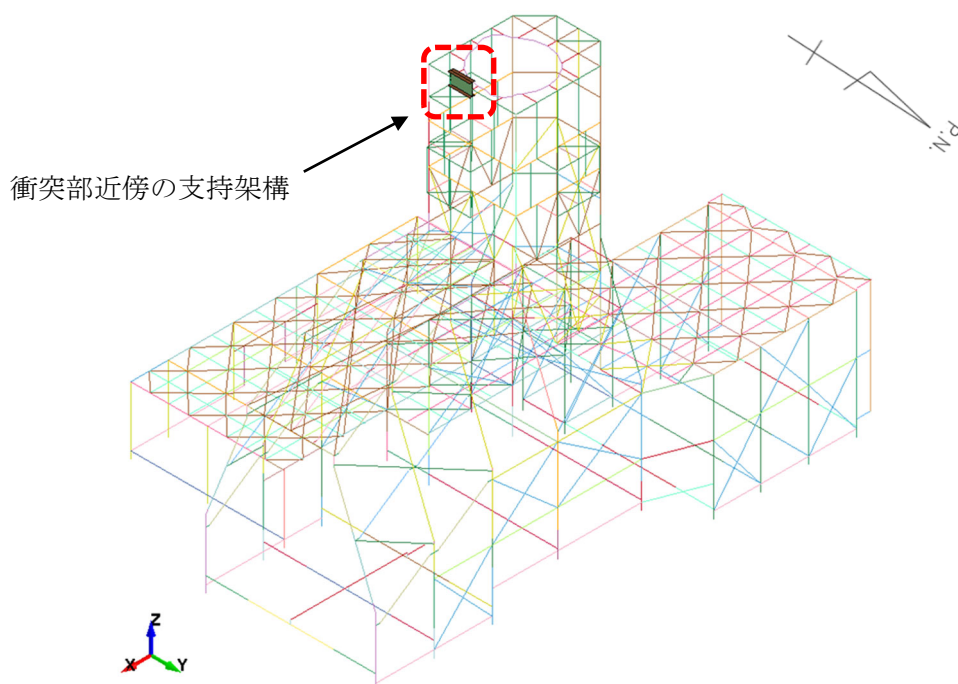
(2) 転倒評価モデル

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の支持架構は、西ブロック、中央ブロック及び東ブロックの複数のブロックで構成される構築物であることから、衝突位置の高さと柱脚部強度との比を考慮し、中央ブロックを代表とし、評価を行う。

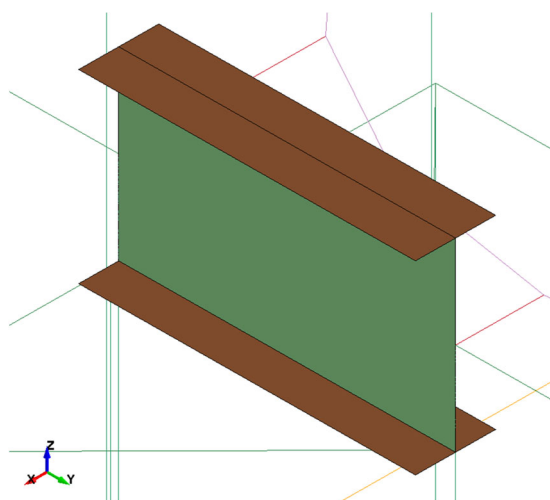
支持架構の評価モデルにおいては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8.0.0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8.0.0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

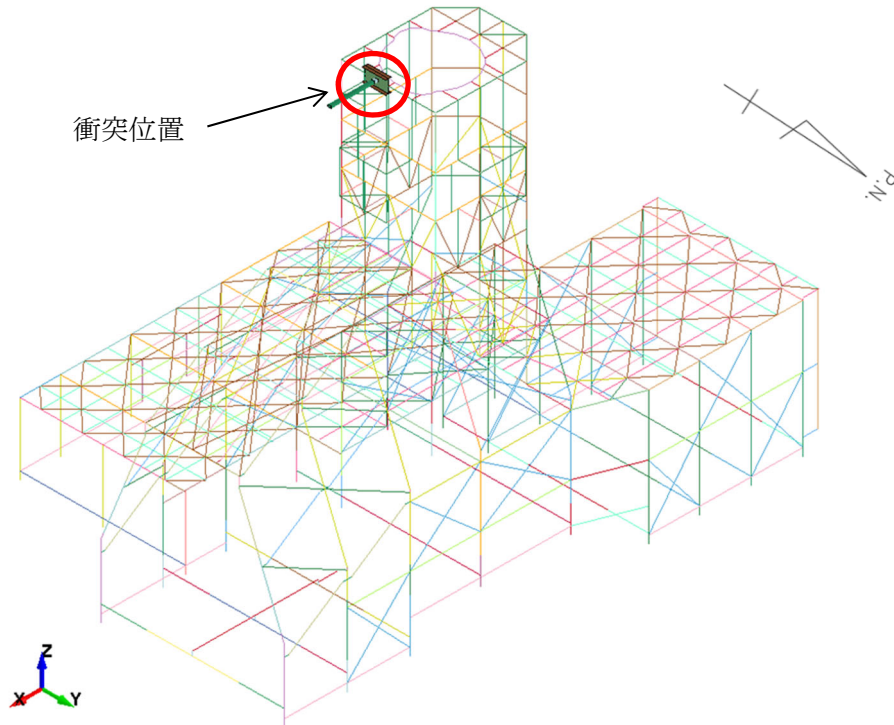
評価モデルを第2.4-3図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.4-4図に示す。



第2.4-3図 飛来物防護板の評価モデル図(1/2)



第 2.4-3 図 飛来物防護板の評価モデル図 (2/2)



第2.4-4図 飛来物衝突位置図

(3) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値（降伏応力、引張強さ）の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF（多軸性係数）とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF = 2、飛来物はTF = 1とする。

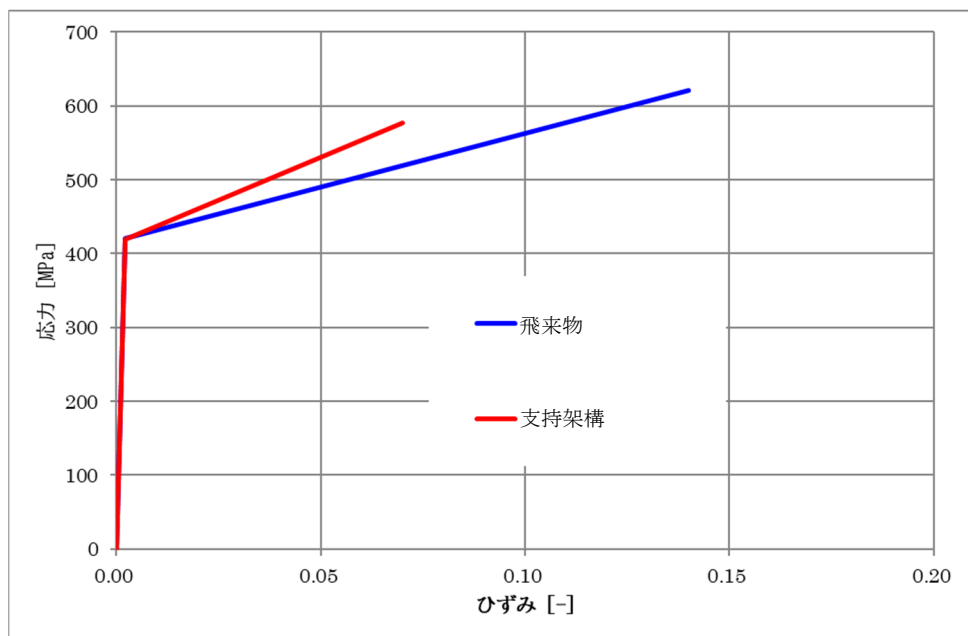
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.4-1表に、材料モデルにおける破断ひずみを第2.4-2表に、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.4-5図に示す。

第2.4-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ（単位：MPa）

種別	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SN490B	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.4-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

種別	材質	破断ひずみ
支持架構	SN490B	0.07



第2.4-5図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.1-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.1-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.1-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.1-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	20	20	2
	②	20	20	2

3.2 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

貫通評価においては、最も板厚が薄い部材を貫通評価の評価対象部位として選定しているが、選定した評価対象部位は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の支持架構の貫通評価対象部位よりも板厚が厚く、かつ、材料物性が同等であるため、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の評価結果に包絡されることから、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）にて代表して評価を行い、貫通しないことを確認する。このため、貫通評価結果は「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」による。

「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」の貫通評価結果は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことを確認した。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

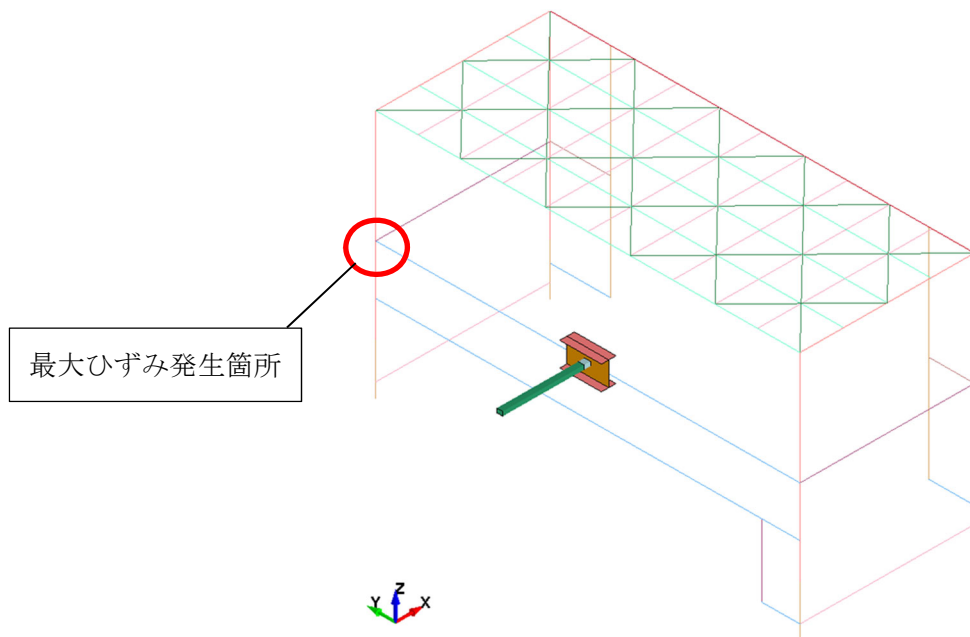
(2) 波及的評価

a. 脱落評価

支持架構の接続部の最大ひずみ発生箇所を第3.2-1図に示す。また、衝突位置拡大図を第3.2-2図に示す。

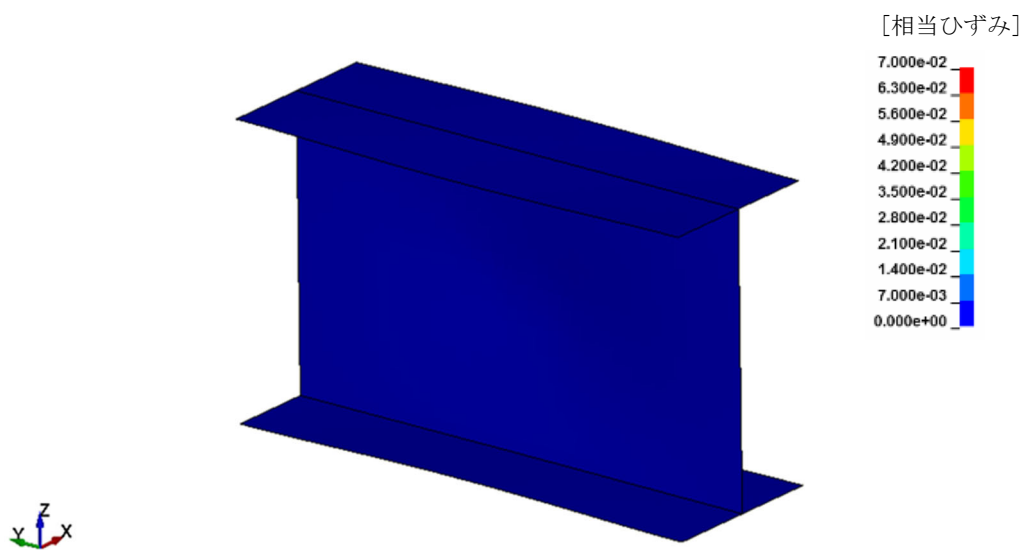
評価結果、支持架構のはり端部は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



最大ひずみ発生箇所

第3. 2-1図 支持架構の接続部の最大ひずみ発生箇所



[相当ひずみ]

7.000e-02
6.300e-02
5.600e-02
4.900e-02
4.200e-02
3.500e-02
2.800e-02
2.100e-02
1.400e-02
7.000e-03
0.000e+00

第3. 2-2図 衝突位置拡大図

(飛来物防護板に最大ひずみが発生する時刻)

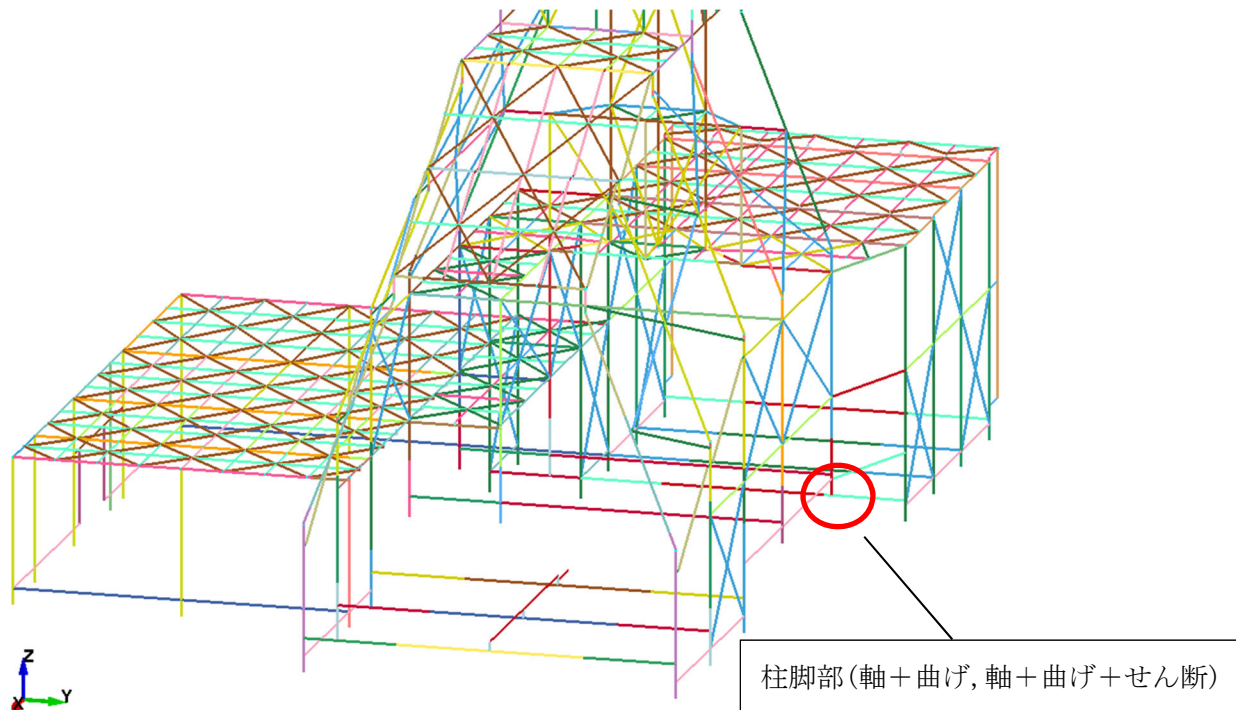
b. 転倒評価

飛来物防護板の支持架構全体の転倒評価結果を第3.2-1表に示す。また、最大応力比の発生箇所を第3.2-3図に示す。

評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 支持架構全体の転倒評価結果

対象	部 材		応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
飛来物防護板	支持架構	柱脚部	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t =$ 462	—
			圧 縮	$\sigma_c =$ 17.5	$f_c =$ 461	0.04
			曲 げ	$\sigma_{bx} =$ 15.9	$f_{bx} =$ 462	0.04
				$\sigma_{by} =$ 12.7	$f_{by} =$ 462	0.03
			せ ん 断	$\tau_s =$ 3.7	$f_s =$ 266	0.02
			組合せ(軸+曲げ)	(応力比) 0.10	(許容値) 1.00	0.10
			組合せ(軸+曲げ+せん断)	(応力比) 0.11	(許容値) 1.00	0.11



第3.2-3図 飛来物防護板の最大応力度比の発生箇所

VI—1—1—1—2—4—2—2—
1—8

安コ A

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋
外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋
外）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護板（鋼材）の評価条件	4
2.3 支持架構の評価条件	6
2.4 支持架構の評価モデル	7
3. 強度評価結果	11
3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果	11
3.2 支持架構の強度評価結果	12

1. 概要

本計算書は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件(1/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
N	防護板(鋼材)	-0.4	747	—	—
		1.0	640	—	—
		-0.7	—	457	—
		-1.0	—	—	716
	柱, はり, ブレース* ¹	1.4	36.0	—	—
		2.1	8.4	—	—
		3.162* ²	8.6	—	—
		2.848* ²	7.2	—	—
		1.2	—	17.6	—
		1.2	—	—	18.5
コンクリート立上げ部	2.1	29.1	—	—	
S	防護板(鋼材)	1.0	747	—	—
		-0.4	640	—	—
		-0.7	—	457	—
		-1.0	—	—	716
	柱, はり, ブレース* ¹	1.4	24.2	—	—
		2.1	7.1	—	—
		3.162* ²	8.6	—	—
		2.89* ²	9.5	—	—
		2.781* ²	3.5	—	—
		1.2	—	5.7	—
1.2	—	—	18.5		
コンクリート立上げ部	2.1	16.6	—	—	

注記 *1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

*2 : ラチス構面の値(充実率考慮)を示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件(2/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)			
			NS方向	EW方向	UD方向	
E	防護板(鋼材)	-0.7	1,387	-	-	
		1.0	-	34	-	
		-0.4	-	423	-	
		-1.0	-	-	716	
	柱, はり, ブレース* ¹	2.1	-	42.3	-	
		1.4	-	2.1	-	
		1.2	-	-	2.1	
	コンクリート立上げ部	2.1	-	45.8	-	
	W	防護板(鋼材)	-0.7	1,387	-	-
			1.0	-	423	-
-1.0			-	-	716	
-0.4			-	34	-	
柱, はり, ブレース* ¹		2.1	-	46.7	-	
		1.4	-	24.5	-	
		1.6	-	2.2	-	
		1.2	-	-	24.5	
		1.6	-	-	2.2	
コンクリート立上げ部		2.1	-	45.8	-	

注記 *1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

2.2 防護板（鋼材）の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.2-1表、評価モデルを第2.2-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.2-2表に示す。

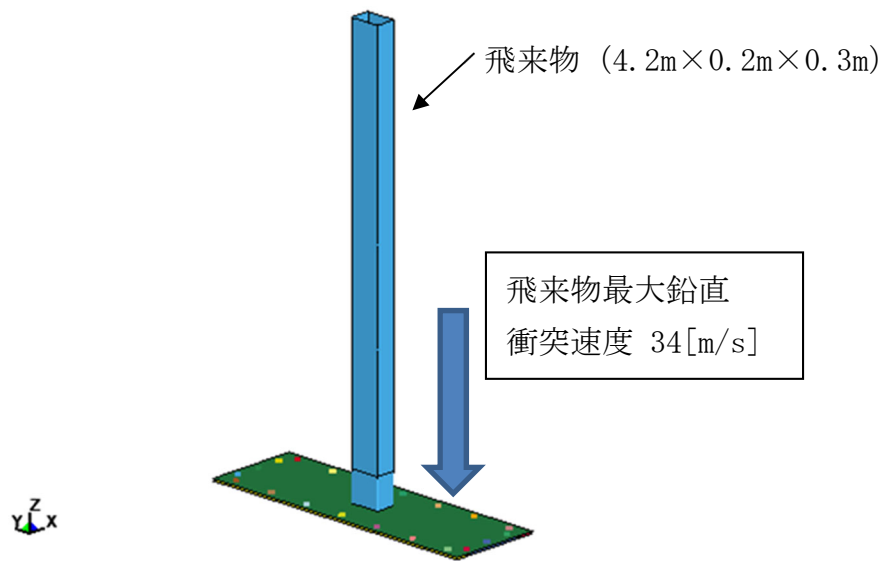
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.2-1表 取付ボルトの評価に用いる条件

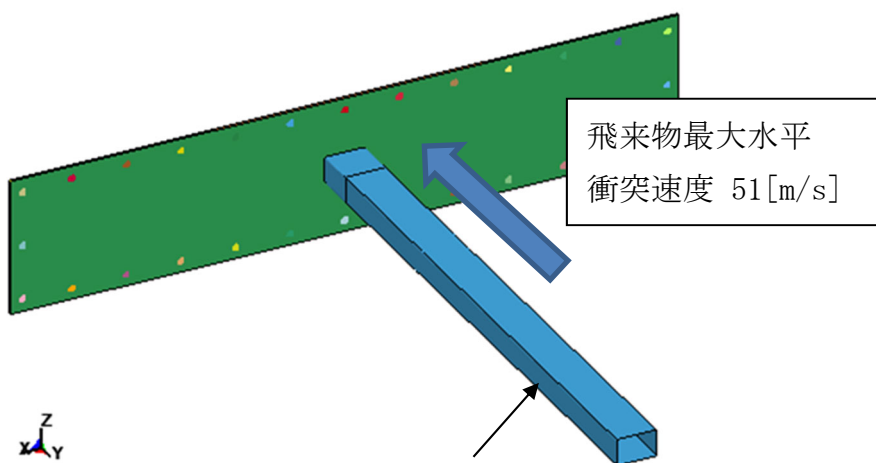
評価ケース	防護板（鋼材）の支持方法	飛来物速度 (m/s)	鋼板サイズ (mm)	全数 (本)	取付ボルト径	取付ボルト引張強さSu (MPa)	取付ボルト有効断面積A _b (mm ²)	取付ボルト軸部断面積A _{bs} (mm ²)
①	相対する2辺以上で支持	34 (鉛直衝突)	900× 3,300	20	M20	600	245	314
②		51 (水平衝突)	4,900× 1,000	28	M20	600	245	314

第2.2-2表 材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.94×10^5	1,350	0.3
取付ボルト	強度区分6.8	480	2.05×10^5	600	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1,380	0.3



第2.2-1図 (1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース①)



飛来物 (4.2m×0.2m×0.3m)

第2.2-1図 (2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース②)

2.3 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.3-1表から第2.3-3表、評価に用いる材料物性値を第2.3-4表、許容限界を第2.3-5表及び第2.3-6表に示す。

第2.3-1表 飛来物防護板の貫通評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
支持架構	はり中央	H-294×200×8×12	SM490

第2.3-2表 飛来物防護板の脱落評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-440×300×11×18	SM490

第2.3-3表 飛来物防護板の転倒評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
柱脚部	アンカーボルト	M24	ABR490
	屋上あと施工アンカー	D22	SD345

第2.3-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比
支持架構	SM490	2.05×10^5	0.3
飛来物	SN490B	2.05×10^5	0.3

第2.3-5表 コンクリートの設計基準強度

部材	設計基準強度 F_c (N/mm ²)
新設コンクリート	30
建屋コンクリート	29.4

第2.3-6表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度 (MPa)	備考
アンカーボルト	ABR490	325	「RC規準」及び「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定
屋上あと施工アンカー	SD345	345	「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定

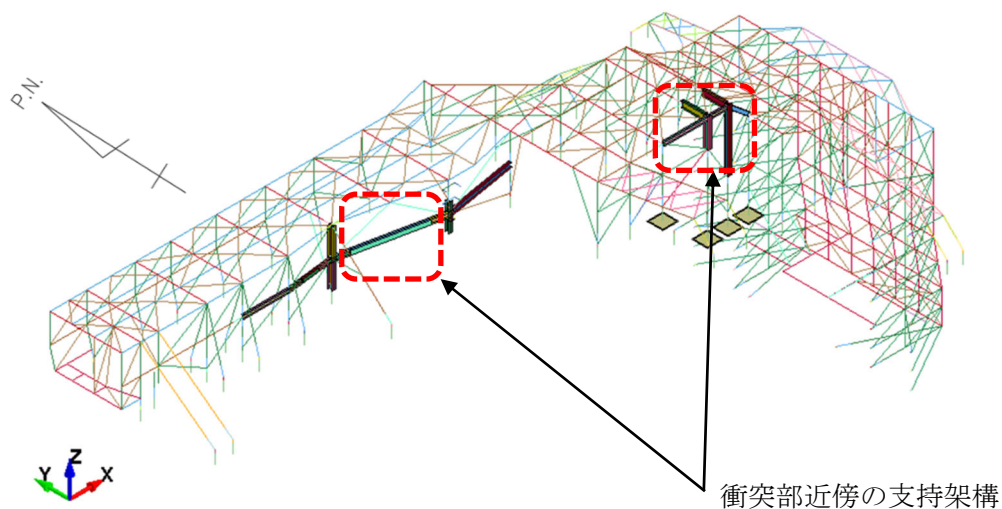
2.4 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

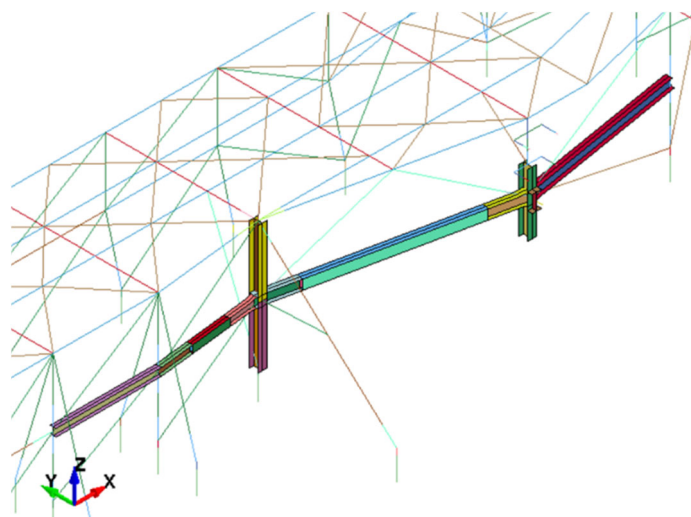
支持架構の評価モデルにおいては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

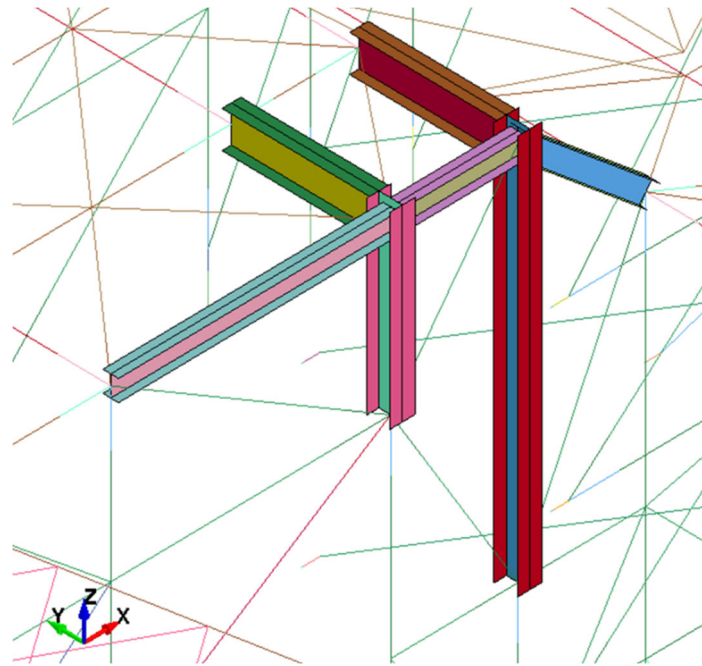
評価モデルを第2.4-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.4-2図に示す。



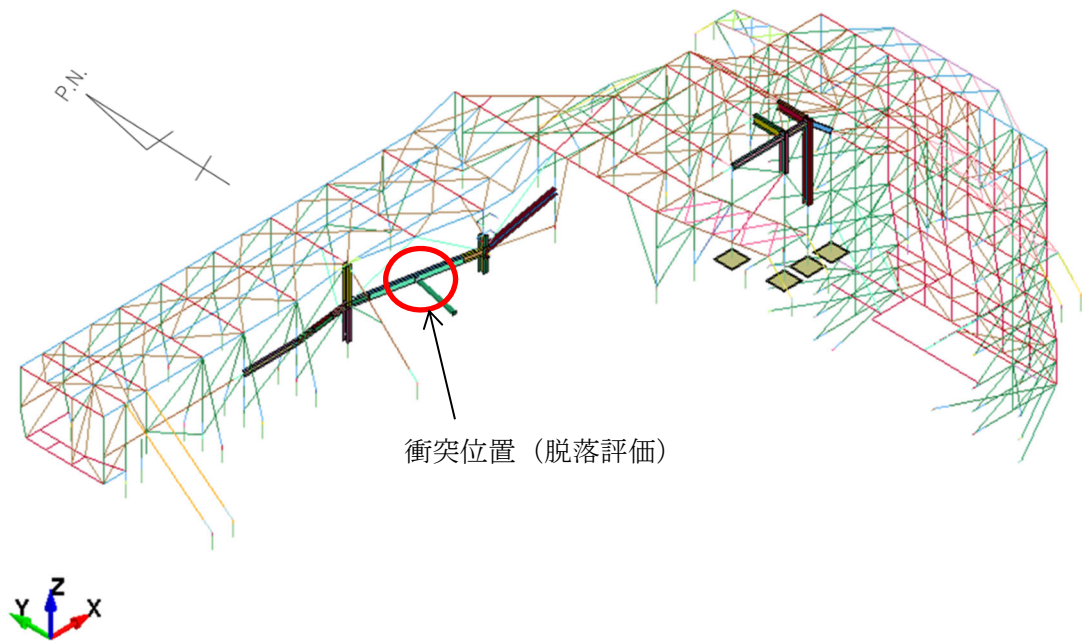
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(1/3)



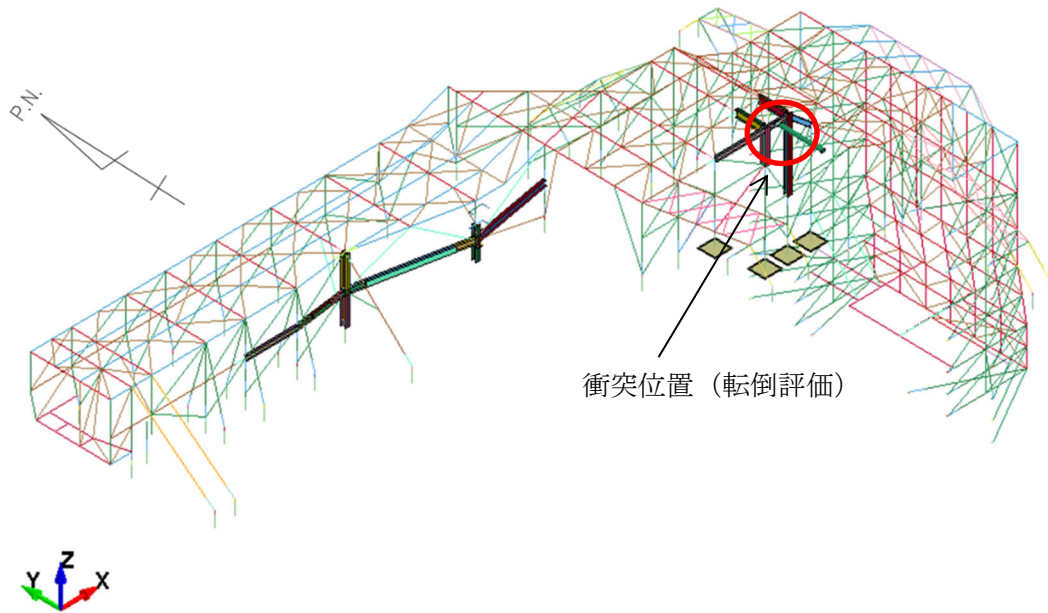
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(2/3)



第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(3/3)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図(1/2)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図(2/2)

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値（降伏応力、引張強さ）の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い $0.14/TF$ （多軸性係数）とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材は $TF = 2$ 、飛来物は $TF = 1$ とする。

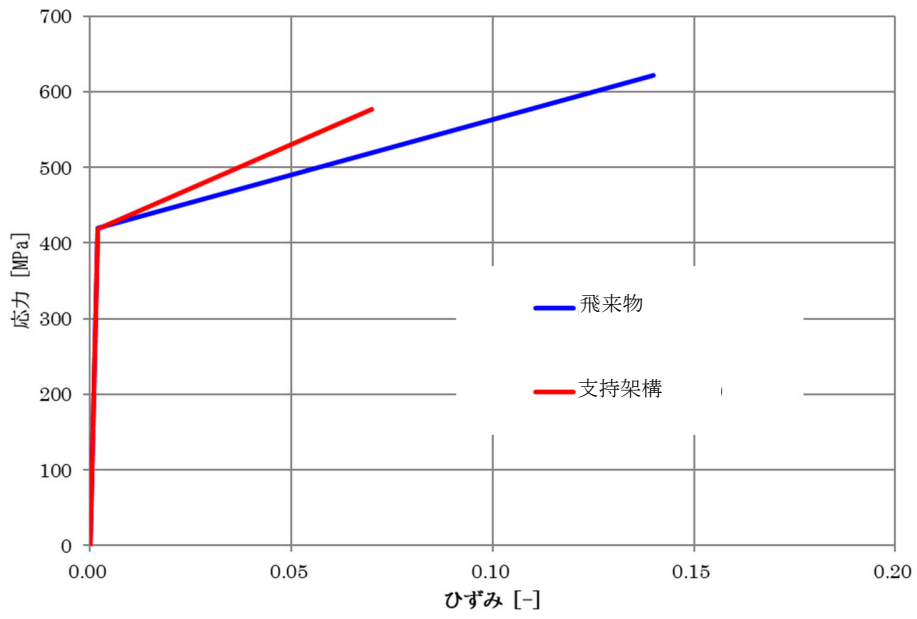
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.4-1表に、材料モデルにおける破断ひずみを第2.4-2表に、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.4-3図に示す。

第2.4-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ（単位：MPa）

種別	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SM490	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.4-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

種別	材質	破断ひずみ
支持架構	SM490	0.07



第2.4-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.1-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.1-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.1-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.1-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	20	20	2
	②	28	14	2

3.2 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

貫通評価においては、最も板厚が薄い部材を貫通評価の評価対象部位として選定しているが、選定している評価対象部位は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の支持架構の貫通評価対象部位と同仕様、かつ、同材質であり、評価結果は同じであることから、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）にて代表して評価を行い、貫通しないことを確認する。このため、貫通評価結果については、「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」による。

「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」の貫通評価結果は、破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

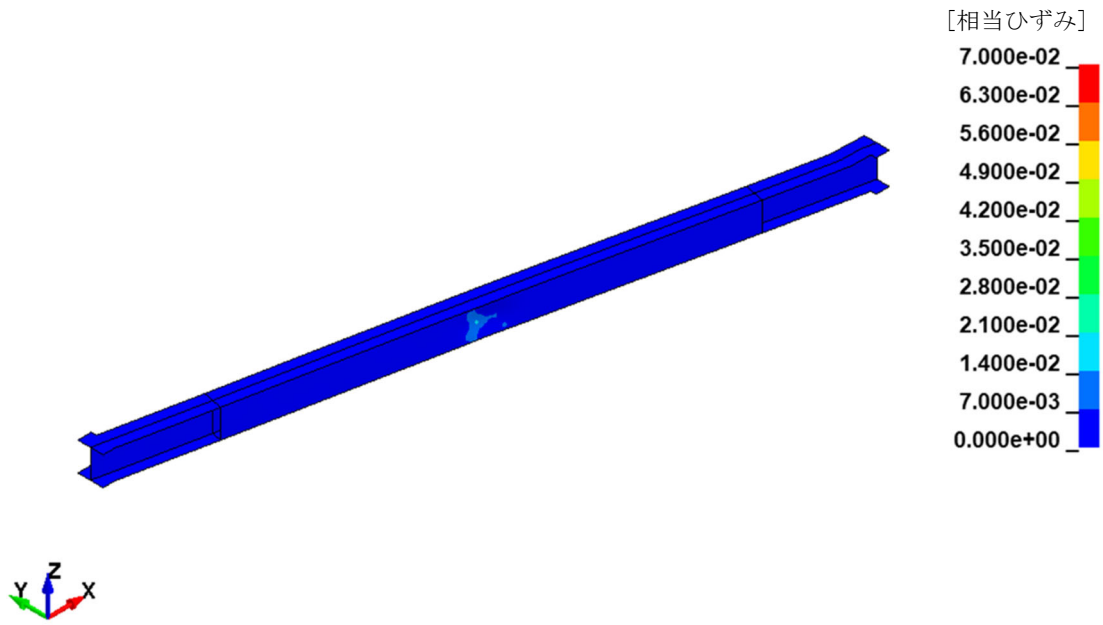
(2) 波及的影響評価

a. 脱落評価

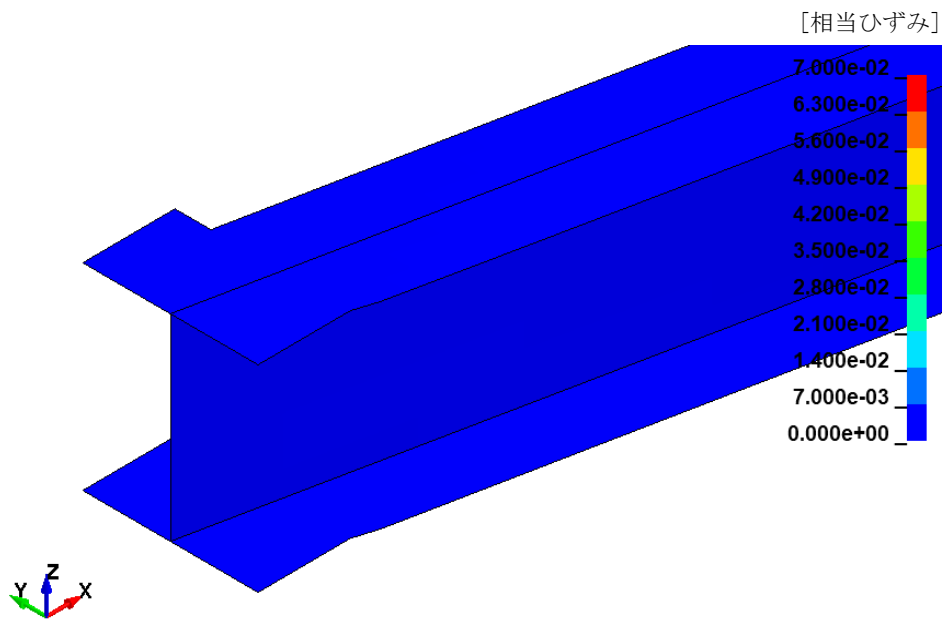
飛来物が飛来物防護板から離れる直前の衝突位置拡大図を第3.2-1図及び飛来物防護板の部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻での接続部拡大図を第3.2-2図に示す。

評価結果、支持架構の要素は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



第3.2-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護板に最大ひずみが発生する時刻)



第3.2-2図 接続部拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護板の支持架構全体の転倒評価結果として、アンカーボルトの評価結果を第3.2-1表に、あと施工アンカーの評価結果を第3.2-2表に示す。また、最大荷重比の発生箇所を第3.2-3図に示す。

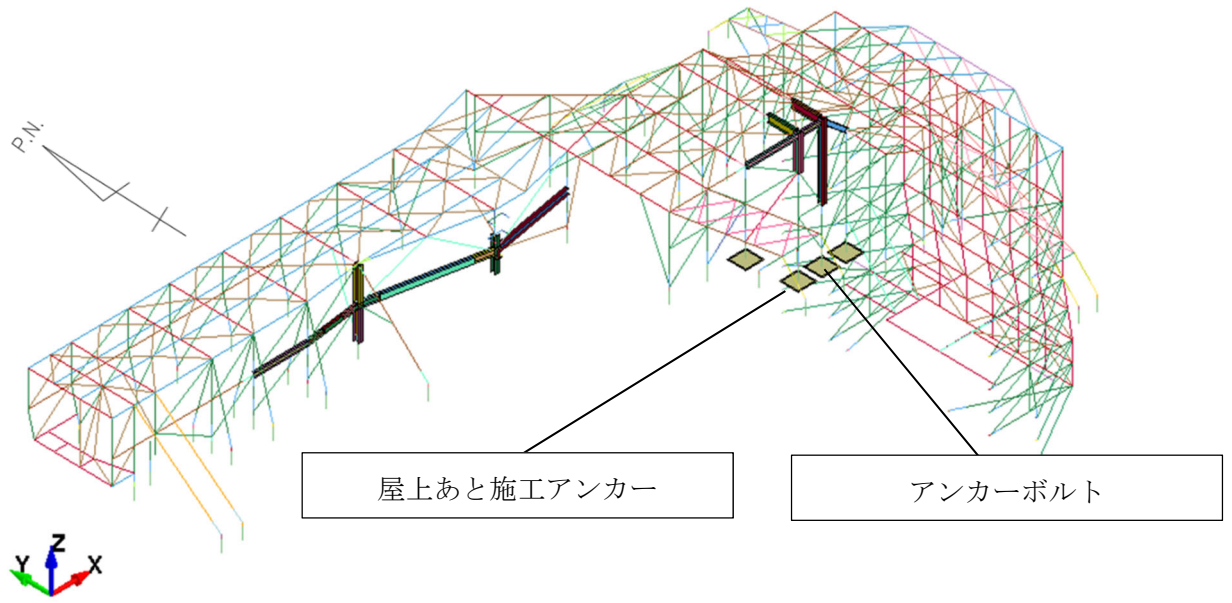
評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 アンカーボルトの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN・m)	許容荷重 (kN・m)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	アンカー ボルト	曲げモーメント	365.2	655.9	0.56

第3.2-2表 あと施工アンカーの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	屋上あと 施工アン カー	引 張	$p=$ 72.25	$p_a=$ 110.7	0.66
			せ ん 断	$q=$ 6.17	$q_a=$ 93.4	0.07
			組合せ	(組合せ比) 0.44	(許容値) 1.00	0.44



第3.2-3図 飛来物防護板の最大荷重比の発生箇所

VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護板（鋼材）の評価条件	4
2.3 支持架構の評価条件	6
2.4 支持架構の評価モデル	7
3. 強度評価結果	11
3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果	11
3.2 支持架構の強度評価結果	12

1. 概要

本計算書は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋上）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件(1/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
N	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	246
		-0.4	196	—	—
		1.0	328	—	—
		-0.7	—	292	—
	柱, はり, ブレース* ¹	1.2	—	13.5	—
		1.4	24.9	—	—
		1.2	—	—	11.4
		2.1	2.1	—	—
	コンクリート立上げ部	2.1	18.7	—	—
	S	防護板(鋼材)	-1.0	—	—
1.0			196	—	—
-0.4			328	—	—
-0.7			—	292	—
柱, はり, ブレース* ¹		1.2	—	4.5	—
		1.4	9.2	—	—
		1.2	—	—	4.7
		2.1	2.1	—	—
コンクリート立上げ部		2.1	6.2	—	—

注記 *1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

第2.1-2表 風圧力による荷重の算定条件(2/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
E	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	246
		-0.7	524	—	—
		-0.4	—	269	—
		1.0	—	23	—
	柱, はり, ブレース* ¹	2.1	—	18.8	—
	コンクリート立上げ部	2.1	—	25.0	—
W	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	246
		-0.7	524	—	—
		1.0	—	269	—
		-0.4	—	23	—
	柱, はり, ブレース* ¹	2.1	—	19.9	—
		1.4	—	6.0	—
		1.2	—	—	6.0
		1.7	—	1.0	—
		1.7	—	—	1.0
	コンクリート立上げ部	2.1	—	25.0	—

注記 *1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

2.2 防護板（鋼材）の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.2-1表、評価モデルを第2.2-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.2-2表に示す。

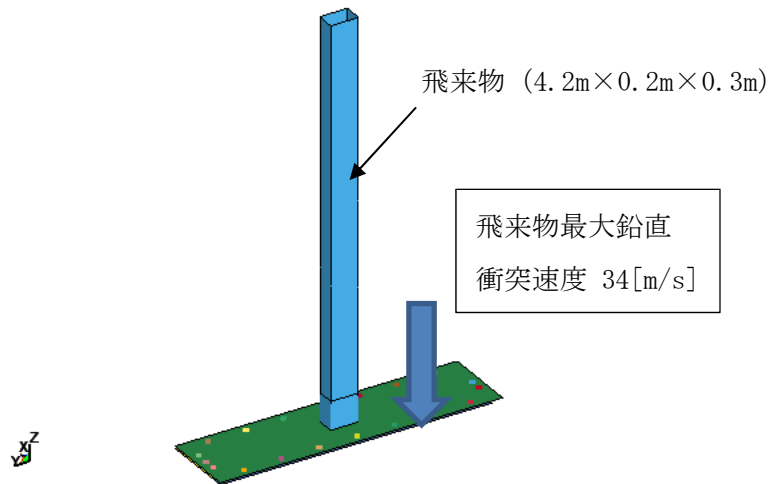
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.2-1表 取付ボルトの評価に用いる条件

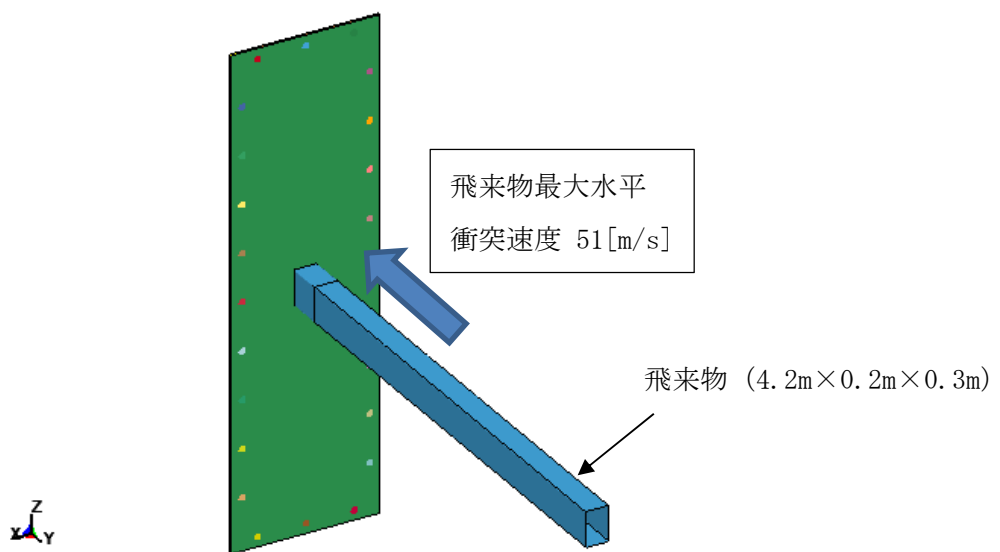
評価ケース	防護板（鋼材）の支持方法	飛来物速度 (m/s)	鋼板サイズ (mm)	全数 (本)	取付ボルト径	取付ボルト引張強さSu (MPa)	取付ボルト有効断面積 A_b (mm ²)	取付ボルト軸部断面積 A_{bs} (mm ²)
①	相対する2辺以上で支持	34 (鉛直衝突)	800× 3,400	20	M20	600	245	314
②		51 (水平衝突)	1,300× 4,100	24	M20	600	245	314

第2.2-2表 材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.94×10^5	1,350	0.3
取付ボルト	強度区分6.8	480	2.05×10^5	600	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1,380	0.3



第2.2-1図 (1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース①)



第2.2-1図 (2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース②)

2.3 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.3-1表から第2.3-3表、評価に用いる材料物性値を第2.3-4表、許容限界を第2.3-5表及び第2.3-6表に示す。

第2.3-1表 飛来物防護板の貫通評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
支持架構	はり中央	H-294×200×8×12	SM490

第2.3-2表 飛来物防護板の脱落評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-294×200×8×12	SM490

第2.3-3表 飛来物防護板の転倒評価対象部位

対象		仕様 (mm)	材質
柱脚部	アンカーボルト	M24	ABR490
	壁面あと施工アンカー	M24	SS400

第2.3-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比
支持架構	SM490	2.05×10^5	0.3
飛来物	SN490B	2.05×10^5	0.3

第2.3-5表 コンクリートの設計基準強度

部材	設計基準強度 F_c (N/mm ²)
新設コンクリート	30
建屋コンクリート	29.4

第 2.3-6 表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度 (MPa)	備考
アンカーボルト	ABR490	325	「RC 規準」及び「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定
壁面あと施工 アンカー	SS400	235	「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定

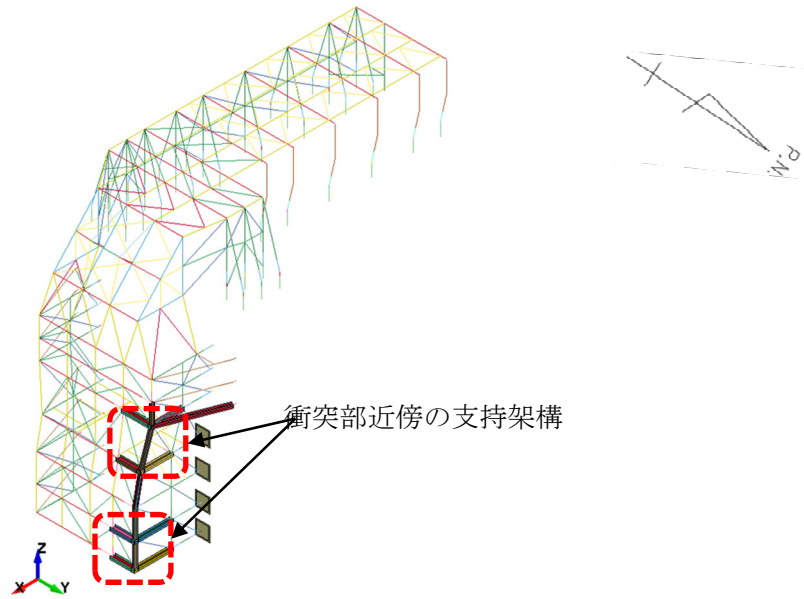
2.4 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

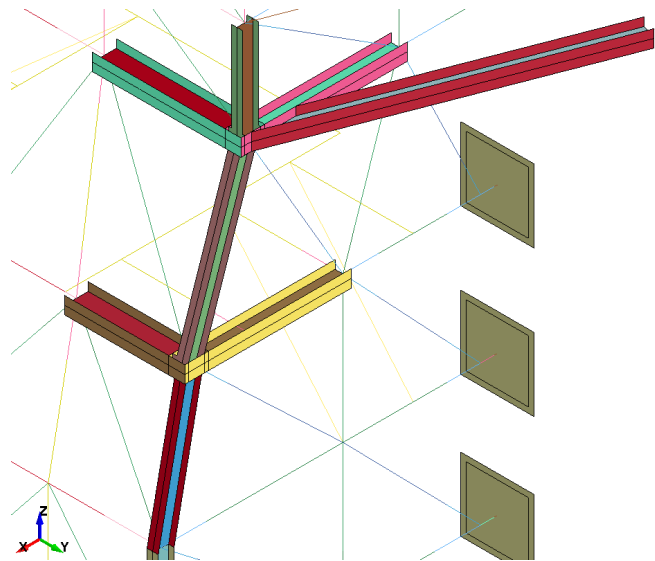
支持架構の評価モデルにおいては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

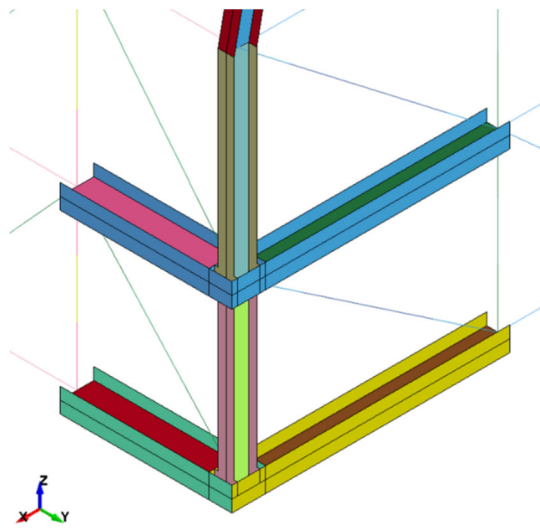
評価モデルを第2.4-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.4-2図に示す。



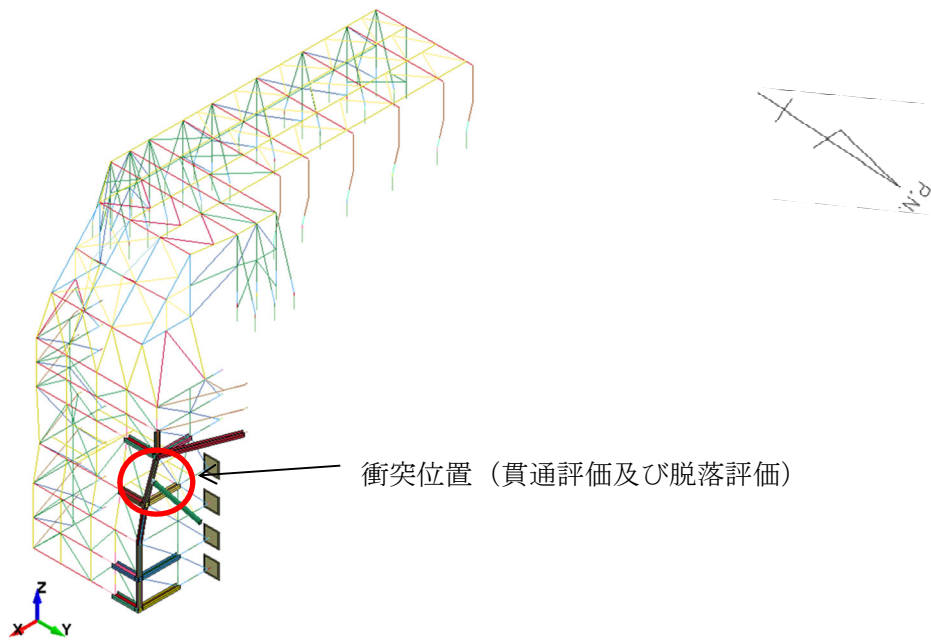
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(1/3)



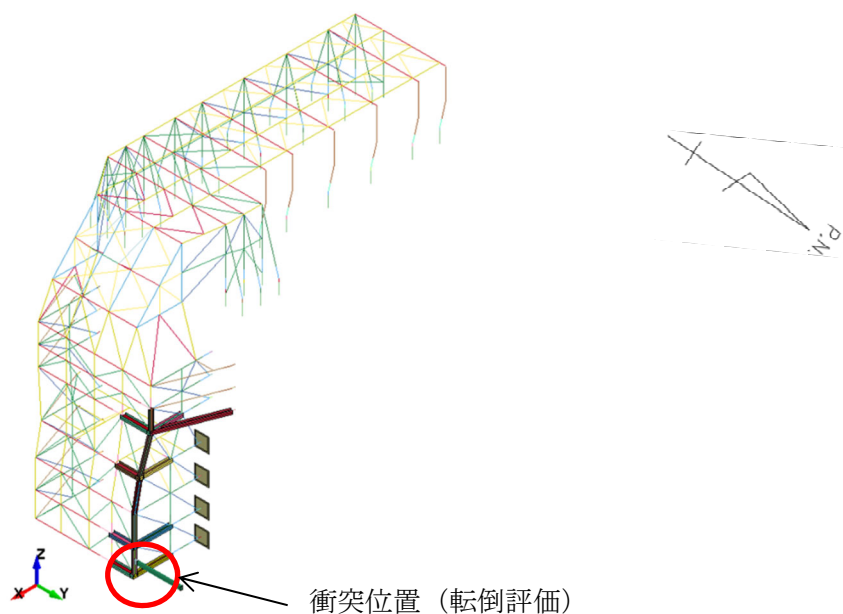
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(2/3)



第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図 (3/3)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図(1/2)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図(2/2)

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値(降伏応力、引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い $0.14/TF$ (多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材は $TF = 2$ 、飛来物は $TF = 1$ とする。

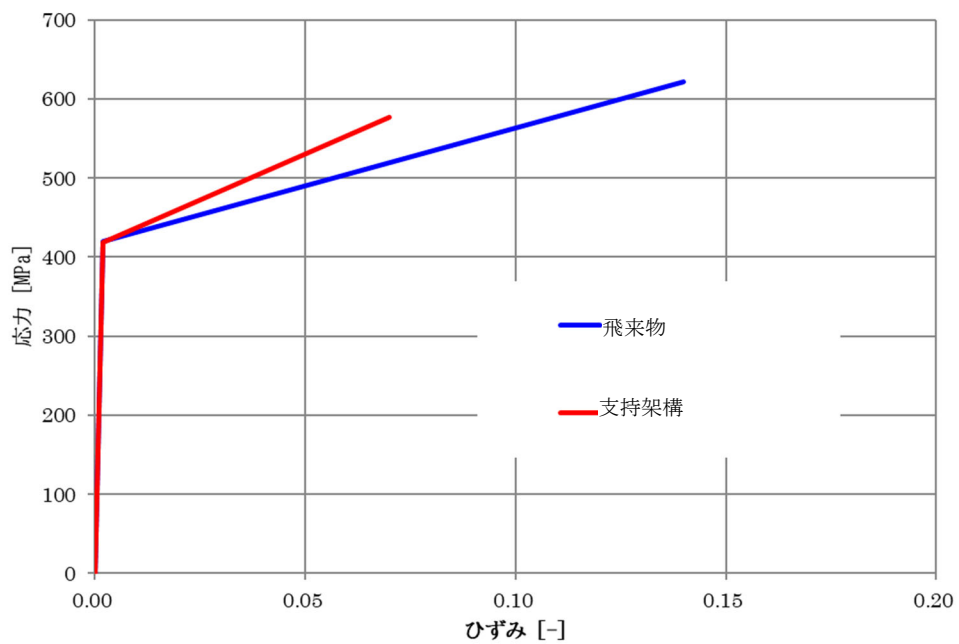
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.4-1表に、材料モデルにおける破断ひずみを第2.4-2表に、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.4-5図に示す。

第2.4-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ (単位: MPa)

種別	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SM490	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.4-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

種別	材質	破断ひずみ
支持架構	SM490	0.07



第2.4-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.1-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.1-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.1-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.1-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	20	20	2
	②	24	22	2

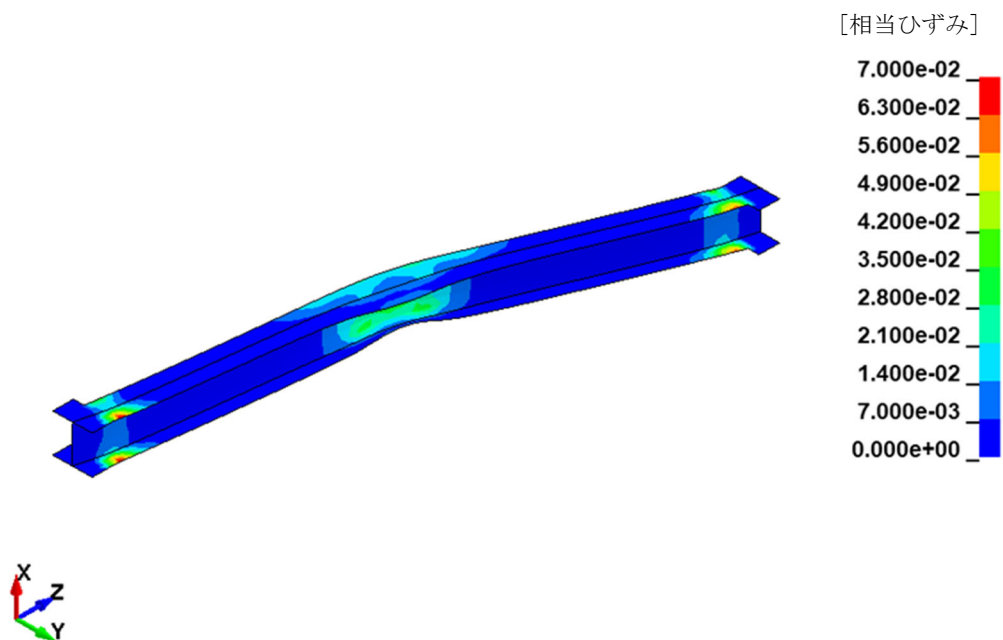
3.2 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

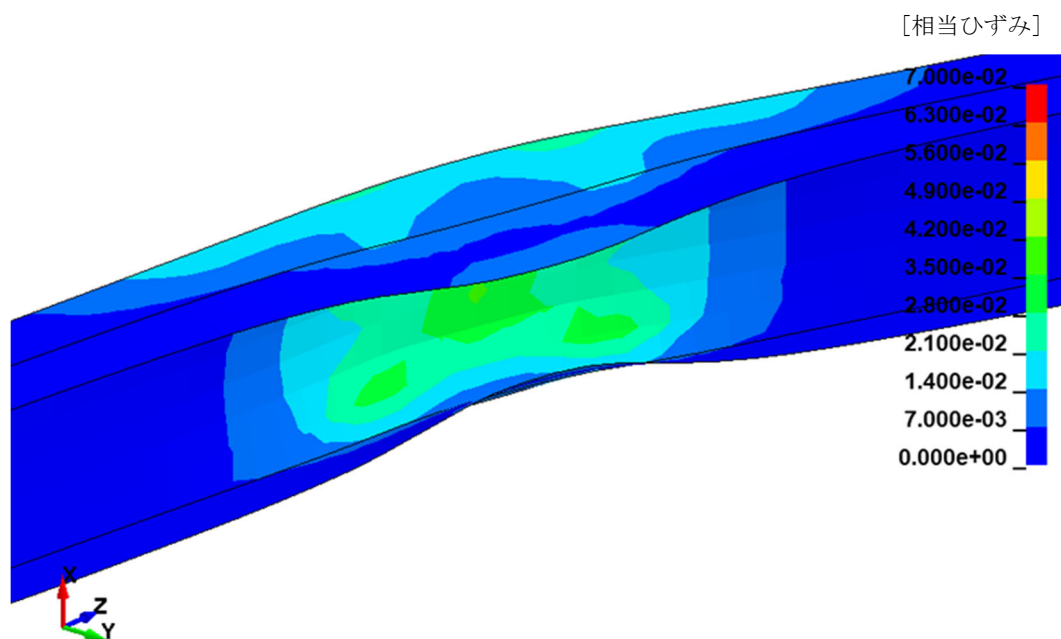
飛来物が飛来物防護板から離れる直前の衝突位置拡大図を第3.2-1図及び飛来物防護板に最大ひずみが発生する時刻での衝突位置拡大図を第3.2-2図に示す。

評価結果、支持架構のはり中央は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝突荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



第3.2-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護板に最大ひずみが発生する時刻)



第3. 2-2図 衝突位置拡大図

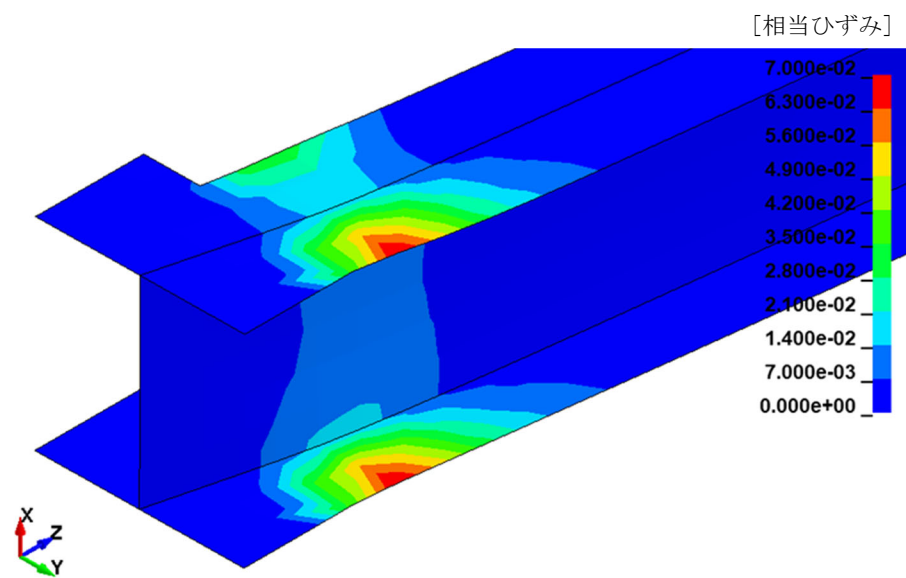
(2) 波及的影響評価

a. 脱落評価

飛来物が飛来物防護板から離れる直前の衝突位置拡大図を第3. 2-1図及び飛来物防護板の部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻での接続部拡大図を第3. 2-3図に示す。

評価結果、支持架構のはり端部は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



第3.2-3図 最大ひずみ発生箇所拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護板の支持架構全体の転倒評価結果として、アンカーボルトの評価結果を第3.2-1表に、あと施工アンカーの評価結果を第3.2-2表に示す。また、最大荷重比の発生箇所を第3.2-5図に示す。

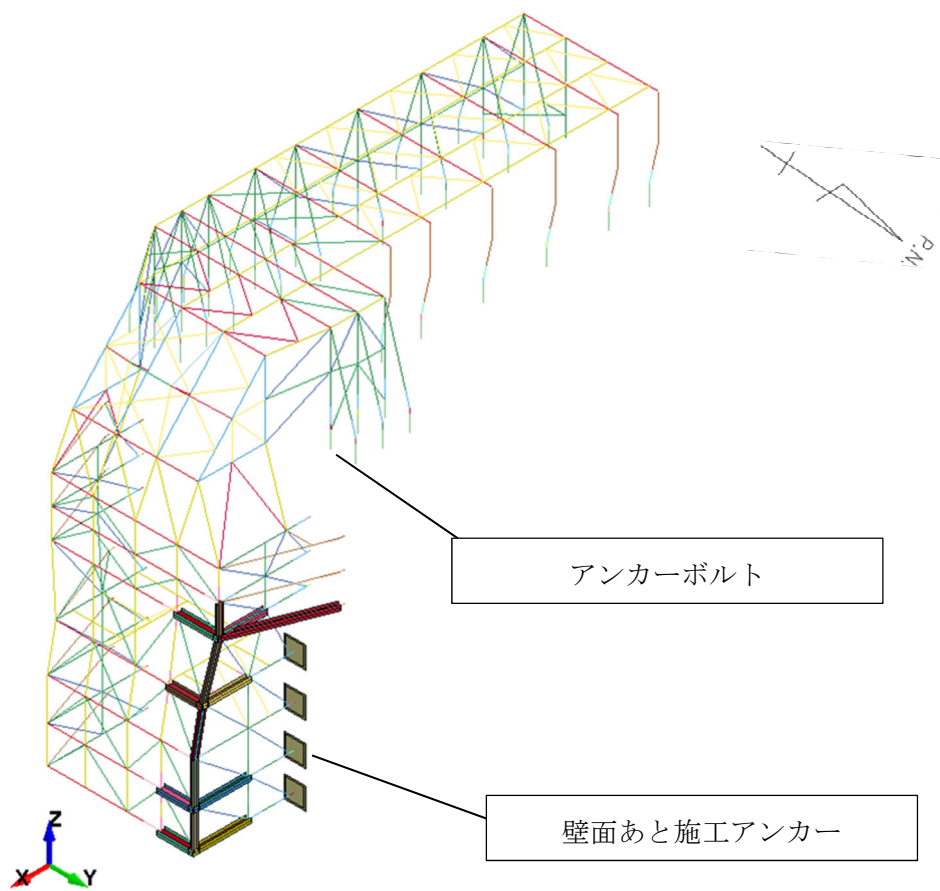
評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 アンカーボルトの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN・m)	許容荷重 (kN・m)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	アンカー ボルト	曲げモーメント	148.0	717.8	0.21

第3.2-2表 あと施工アンカーの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	壁面あと 施工アン カー	引 張	$p=$ 44.09	$p_a=$ 76.9	0.58
			せ ん 断	$q=$ 8.09	$q_a=$ 58.0	0.14
			組合せ	(組合せ比) 0.35	(許容値) 1.00	0.35



第3.2-5図 飛来物防護板の最大荷重比の発生箇所

VI-1-1-1-2-4-2-2-1-10

飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の強度計算書

目次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護板（鋼材）の評価条件	4
2.3 支持架構の評価条件	6
2.4 支持架構の評価モデル	7
3. 強度評価結果	11
3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果	11
3.2 支持架構の強度評価結果	12

1. 概要

本計算書は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液 ガラス固化建屋屋外）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻 防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件(1/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
N	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	141
		-0.4	104	—	—
		1.0	104	—	—
		-0.7	—	156	—
	柱, はり, ブレース* ¹	1.2	—	2.2	—
		1.4	2.2	—	—
		2.1	3.4	—	—
		2.656* ²	35.6	—	—
コンクリート立上げ部	2.1	37.4	—	—	
S	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	141
		1.0	104	—	—
		-0.4	104	—	—
		-0.7	—	156	—
	柱, はり, ブレース* ¹	1.2	—	2.2	—
		1.4	2.2	—	—
		2.1	3.4	—	—
		2.656* ²	35.6	—	—
コンクリート立上げ部	2.1	37.4	—	—	

注記 *1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

*2 : ラチス構面の値(充実率考慮)を示す。

第 2.1-1 表 風圧力による荷重の算定条件 (2/2)

風向き	部材	C (-)	A _w (m ²)		
			NS方向	EW方向	UD方向
E	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	141
		-0.7	208	—	—
		-0.4	—	57	—
		1.0	—	99	—
	柱, はり, ブレース* ¹	2.1	—	14.6	—
		3.056* ²	—	29.7	—
		3.142* ²	—	4.4	—
コンクリート立上げ部	2.1	—	41.6	—	
W	防護板(鋼材)	-1.0	—	—	141
		-0.7	208	—	—
		1.0	—	57	—
		-0.4	—	99	—
	柱, はり, ブレース* ¹	2.1	—	14.6	—
	コンクリート立上げ部	2.1	—	41.6	—

注記 * 1 : 防護板(鋼材)に覆われる柱, はり, ブレースの受圧面積は防護板(鋼材)に含める。

* 2 : ラチス構面の値 (充実率考慮) を示す。

2.2 防護板（鋼材）の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.2-1表、評価モデルを第2.2-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.2-2表に示す。

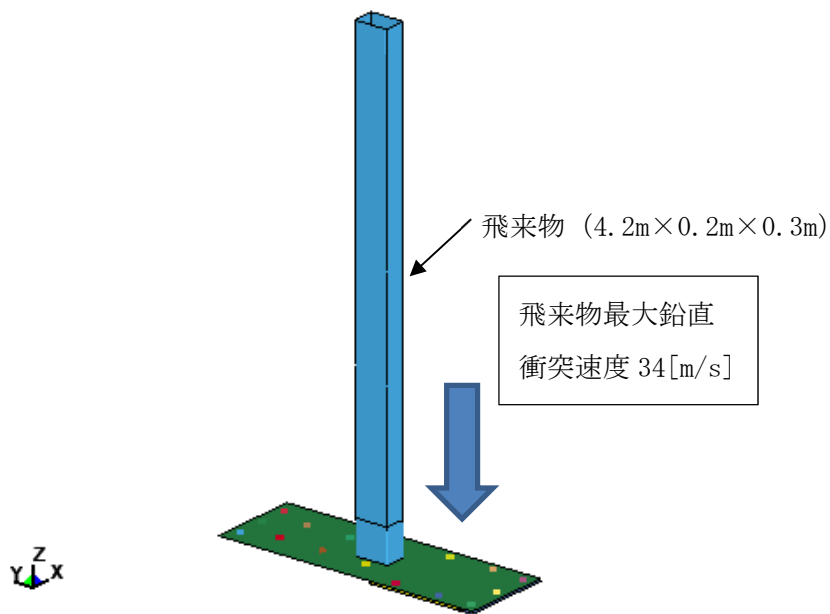
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.2-1表 取付ボルトの評価に用いる条件

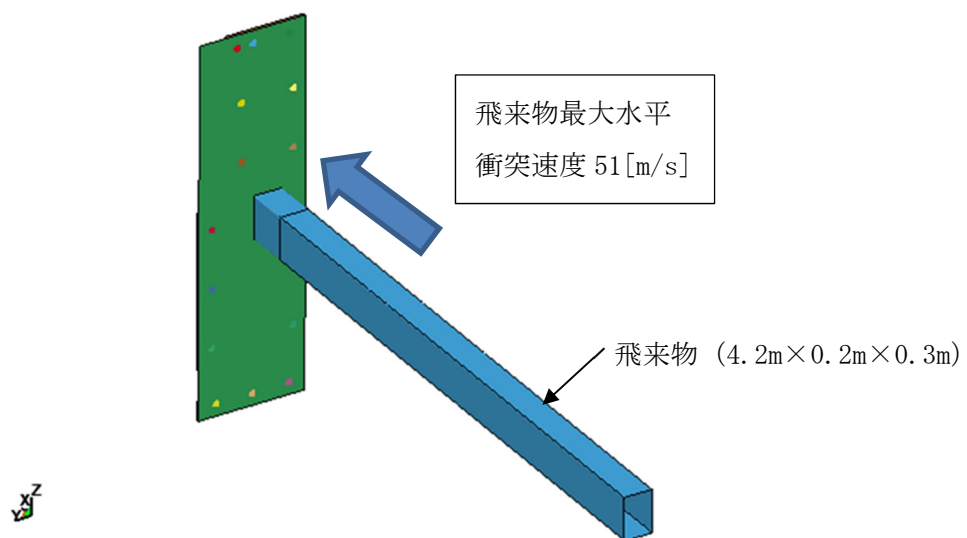
評価 ケース	防護板 (鋼材) の支持方法	飛来物速度 (m/s)	鋼板 サイズ (mm)	全数 (本)	取付ボ ルト径	取付ボルト 引張強さSu (MPa)	取付ボルト 有効断面積 A_b (mm^2)	取付ボルト 軸部断面積 A_{bs} (mm^2)
①	相対する2辺	34 (鉛直衝突)	900× 2,800	16	M20	600	245	314
②	以上で支持	51 (水平衝突)	1,200× 2,600	16	M20	600	245	314

第2.2-2表 使用材料の材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E'	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.94×10^5	1,350	0.3
取付ボルト	強度区分6.8	480	2.05×10^5	600	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1,380	0.3



第2.2-1図 (1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース①)



第2.2-1図 (2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図 (ケース②)

2.3 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.3-1表から第2.3-3表，評価に用いる材料物性値を第2.3-4表，許容限界を第2.3-5表及び第2.3-6表に示す。

第2.3-1表 飛来物防護板の貫通評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり中央	H-294×200×8×12	SM490

第2.3-2表 飛来物防護板の脱落評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-440×300×11×18	SM490

第2.3-3表 飛来物防護板の転倒評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
柱脚部	アンカーボルト	M24	ABR490
	屋上あと施工アンカー	D22	SD345

第2.3-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比
支持架構	SM490	2.05×10^5	0.3
飛来物	SN490B	2.05×10^5	0.3

第2.3-5表 コンクリートの設計基準強度

部材	設計基準強度 F_c (N/mm ²)
新設コンクリート	30
建屋コンクリート	29.4

第2.3-6表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度 (MPa)	備考
アンカーボルト	ABR490	325	「RC 規準」及び「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定
屋上あと施工アンカー	SD345	345	「各種合成構造設計指針」に基づき許容限界を設定

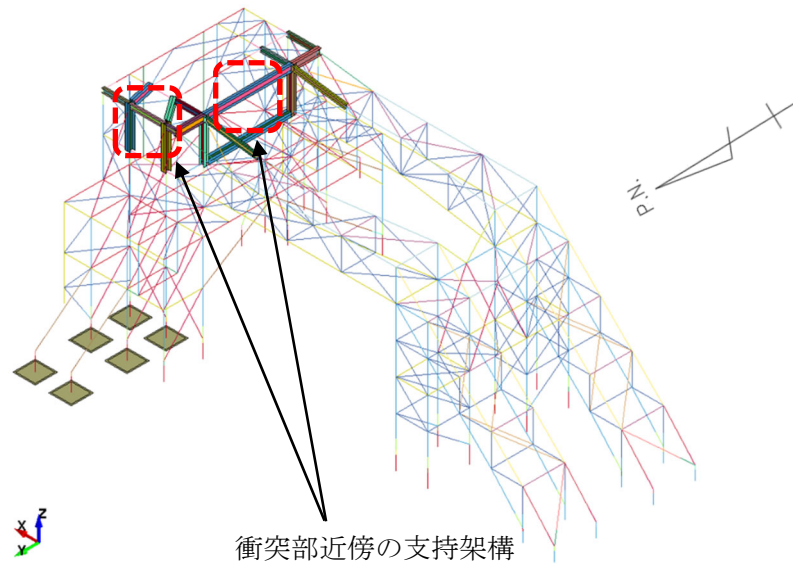
2.4 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

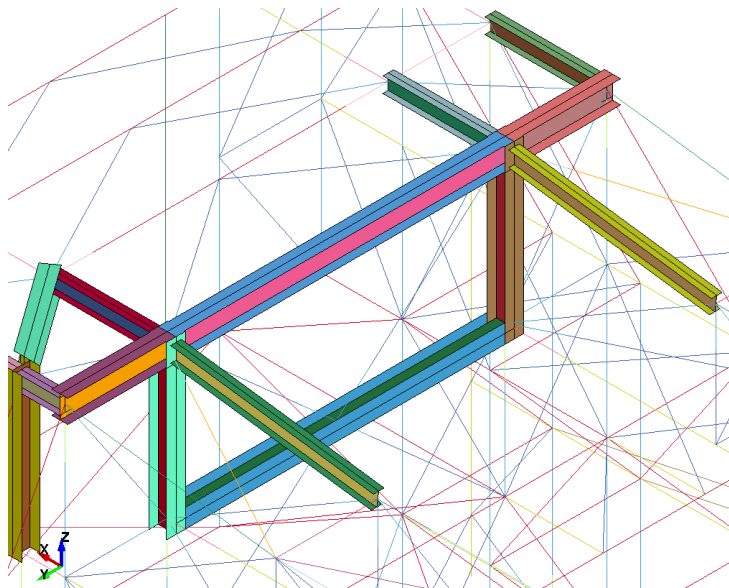
支持架構の評価モデルについては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 8. 0. 0)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

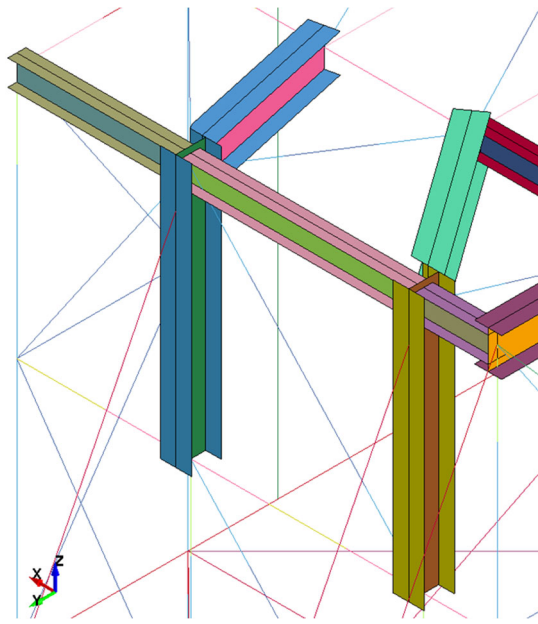
評価モデルを第2.4-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.4-2図に示す。



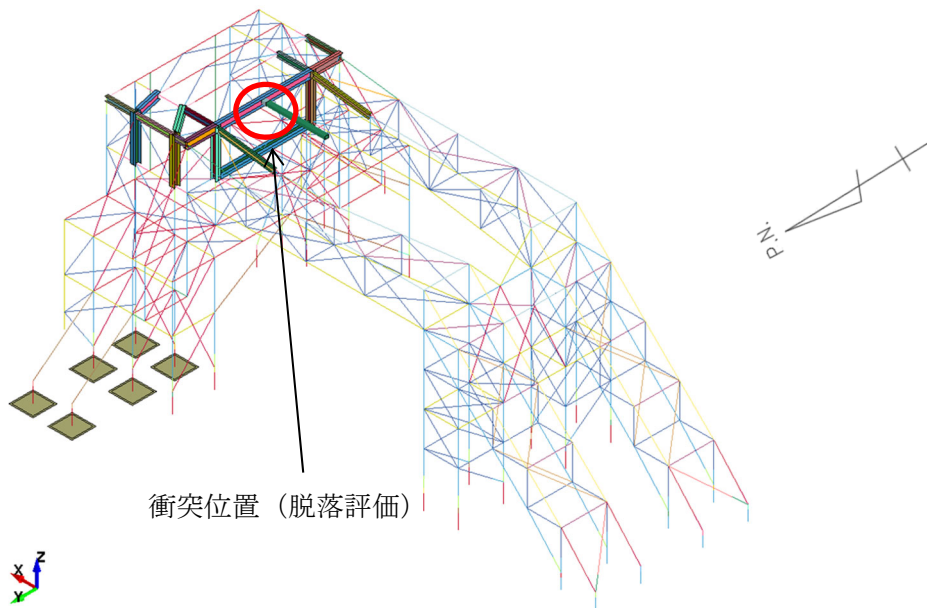
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(1/3)



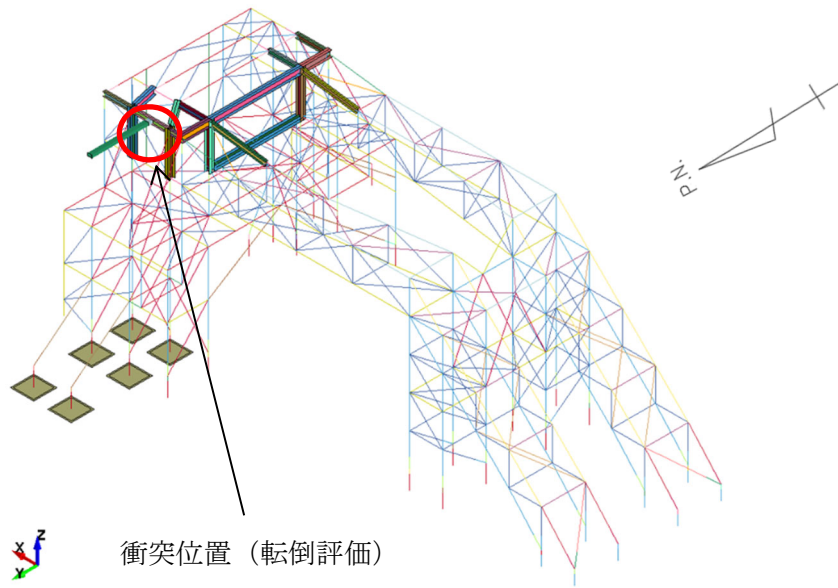
第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(2/3)



第2.4-1図 飛来物防護板の評価モデル図(3/3)



第2.4-2図 飛来物衝突位置図(1/2)



第 2. 4-2 図 飛来物衝突位置図 (2/2)

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値(降伏応力、引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF = 2、飛来物はTF = 1とする。

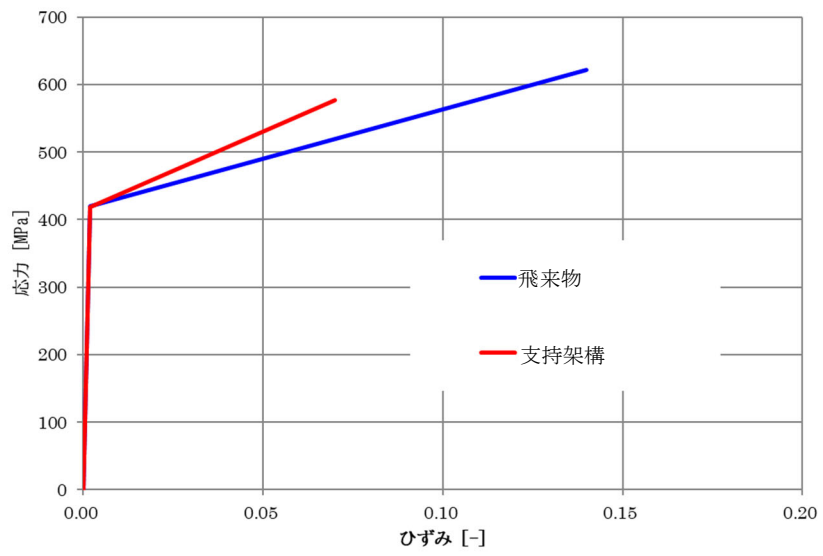
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.4-1表に、材料モデルにおける破断ひずみを第2.4-2表に、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.4-3図に示す。

第2.4-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ (単位: MPa)

対象	材 質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SM490	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.4-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

種 別	材 質	破断ひずみ
支持架構	SM490	0.07



第2.4-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護板（鋼材）の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.1-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.1-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.1-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.1-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	16	16	2
	②	16	16	2

3.2 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

貫通評価においては、最も板厚が薄い部材を貫通評価の評価対象部位として選定しているが、選定している評価対象部位は、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の支持架構の貫通評価対象部位と同仕様、かつ、同材質であり、評価結果は同じであることから、飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）にて代表して評価を行い、貫通しないことを確認する。このため、貫通評価結果については、「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」による。

「VI-1-1-1-2-4-2-2-1-9 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書」の貫通評価結果は、破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

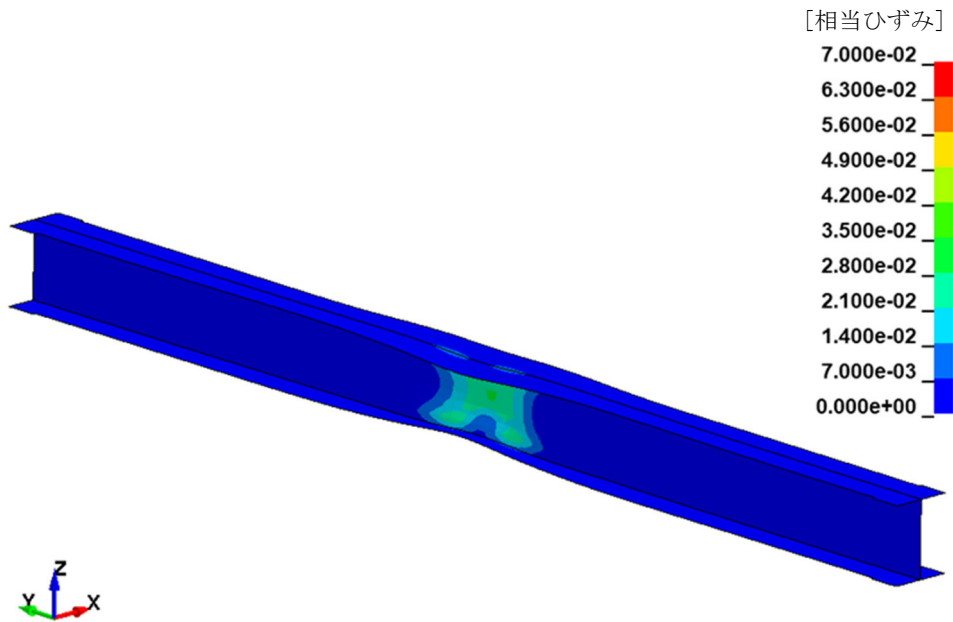
(2) 波及的影響評価

a. 脱落評価

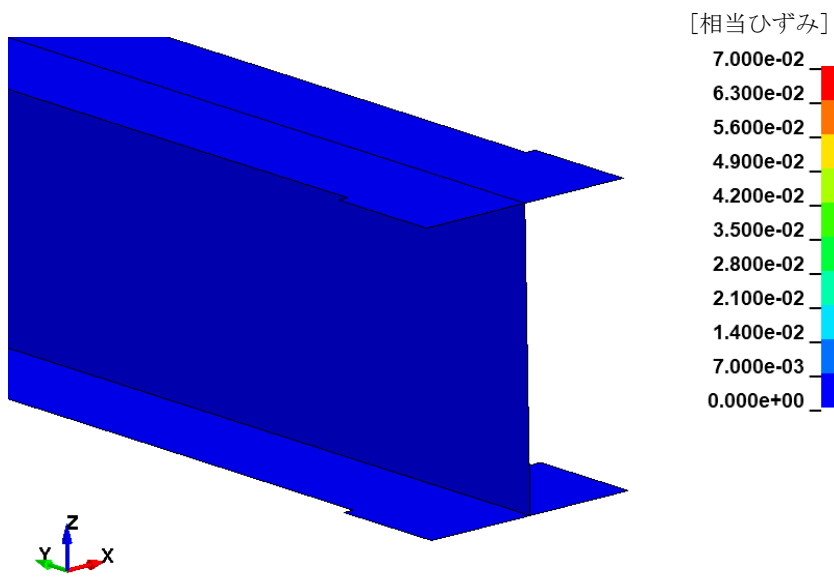
飛来物が飛来物防護板から離れる直前の衝突位置拡大図を第3.2-1図及び飛来物防護板の部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻での接続部拡大図を第3.2-2図に示す。

評価結果、支持架構のはり端部は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



第3.2-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護板に最大ひずみが発生する時刻)



第3.2-2図 接続部拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護板の支持架構全体の転倒評価結果として、アンカーボルトの評価結果を第3.2-1表に、あと施工アンカーの評価結果を第3.2-2表に示す。また、最大荷重比の発生箇所を第3.2-3図に示す。

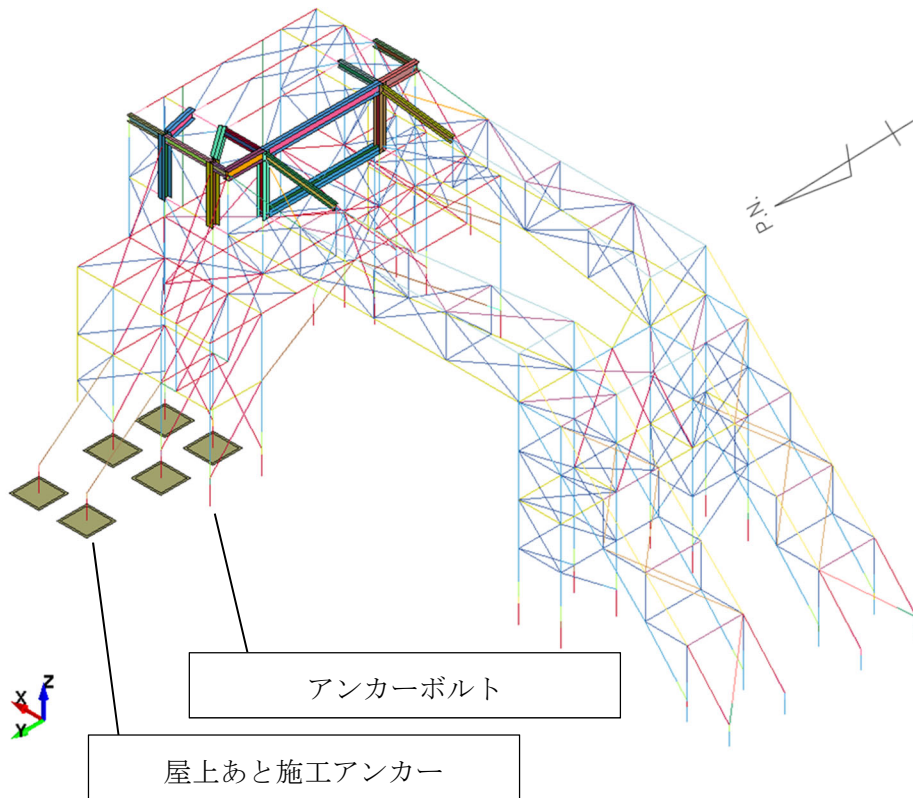
評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 アンカーボルトの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN・m)	許容荷重 (kN・m)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	アンカー ボルト	曲げモーメント	227.7	567.2	0.41

第3.2-2表 あと施工アンカーの評価結果

対象	部 材		荷重	発生荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	荷重比
飛来物防護板	柱脚部	屋上あと 施工アン カー	引 張	$p=$ 67.99	$p_a=$ 110.7	0.62
			せ ん 断	$q=$ 14.84	$q_a=$ 93.4	0.16
			組合せ	(組合せ比) 0.41	(許容値) 1.00	0.41



第3.2-3図 飛来物防護板の最大荷重比の発生箇所

VI-1-1-1-2-4-2-2-
2

飛来物防護ネットの強度計算書

VI-1-1-1-2-4-2-2-
2-1

飛来物防護ネット（再処理設備本体
用 安全冷却水系冷却塔 B）の強度計
算書

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-4-2-2-2-1 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の強度計算書」に同じである。

VI-1-1-1-2-4-2-2-
2-2

飛来物防護ネット（再処理設備本体
用 安全冷却水系冷却塔 A）の強度
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護ネットの評価条件	3
2.3 防護板(鋼材)の評価条件	14
2.4 支持架構の評価条件	17
2.5 支持架構の評価モデル	18
3. 強度評価結果	21
3.1 防護ネットの強度評価結果	21
3.2 防護板(鋼材)の強度評価結果	37
3.3 支持架構の強度評価結果	38

1. 概要

本計算書は、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件

部材	C* ¹ (-)	A _w * ⁴ (m ²)	
		NS方向	EW方向
支持架構 (座屈拘束ブレース以外)	2.1	1,503.2	1,395.9
支持架構 (座屈拘束ブレース)* ³	1.2	100.0	96.0
防護板(鋼材)	1.2	48.8	—* ²
防護ネット	1.4	1,758.0	1,461.6

注記 *1 : NS方向, EW方向共に同じ値

*2 : EW方向に考慮すべき防護板(鋼材)は無い

*3 : 柱やはりの幅は取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板を考慮して設定する。また, 柱やはりに取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板の受圧面積は支持架構(座屈拘束ブレース以外)に含める。

*4 : 防護ネット(補助防護板含む), 防護板(鋼材), 支持架構部材の交差部では受圧面積を重複させている。

2.2 防護ネットの評価条件

(1) ネット

a. ネット仕様

ネット仕様として，電中研報告書等を参照し，引張試験に用いたネットの仕様を第2.2-1表に示す。

第2.2-1表 ネットの諸元

項目	記号	仕様		備考
		主ネット	補助ネット	
ネット材料	-	SWG F-4 (JIS G 3548)		-
ネット目合い寸法	-	50mm	40mm	電中研報告書による
ネット1目合いの対角寸法	a	$50 \times \sqrt{2} = 70.7\text{mm}$	$40 \times \sqrt{2} = 56.6\text{mm}$	
ネット1目合いの破断変位	a_s	17.6mm	13.9mm	
ネット素線の直径	-	4mm	4mm	
ネット1目合いの破断荷重	F_{bm}	15.1kN	17.2kN	
ネット1目合いの等価剛性	K	858kN/m	1,239kN/m	
衝突箇所周辺の ネットの1枚当たりの交点数	n_1	16個	20個	
ネットの素線の引張強度	-	1,400N/mm ² 以上	1,400N/mm ² 以上	
破断時たわみ角	θ_{max}	36.8deg	36.6deg	
ネットの単位面積当たりの質量	-	4.6kg/m ²	5.7kg/m ²	メーカーの標準的な値
ネットの充実率	ϕ	0.39(3枚*2)		(計算値*1)

注記 *1: $\phi = 1 - \left(\frac{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2} \right)^2$

$\cdot \frac{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2}$

*2: 補助ネットを含む。

b. ネット構成

ネットの構成を第2.2-2表及び第2.2-1図に示す。

第2.2-2表 ネットの構成(1/2)

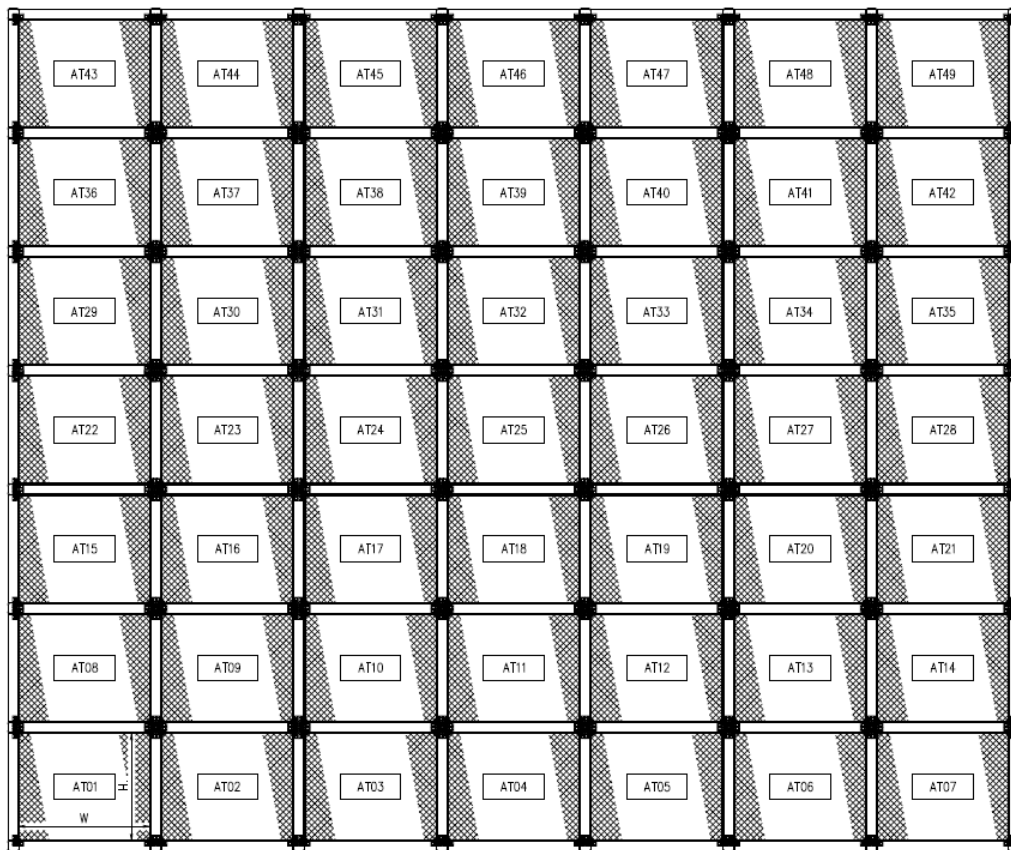
No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AT01-49	5.673	×	4.623	2枚 (1枚)
AS01-03	5.673	×	4.380	
AS04	5.890	×	4.730	
AS05-06	5.673	×	4.473	
AS07-10	5.673	×	4.973	
AS11-17	5.673	×	4.013	
AS18-20	5.673	×	4.380	
AS21	4.880	×	4.473	
AS22-24	5.673	×	4.473	
AS25	4.880	×	4.473	
AS26-28	5.673	×	4.680	
AN01-04	5.673	×	4.380	
AN05-07	5.673	×	4.473	
AN08-11	5.673	×	4.973	
AN12-18	5.673	×	4.013	
AN19-21	5.673	×	4.380	
AN22	4.880	×	4.473	
AN23-24	5.673	×	4.473	
AN25	4.880	×	4.473	
AN26-28	5.673	×	4.680	

()内は補助ネット枚数

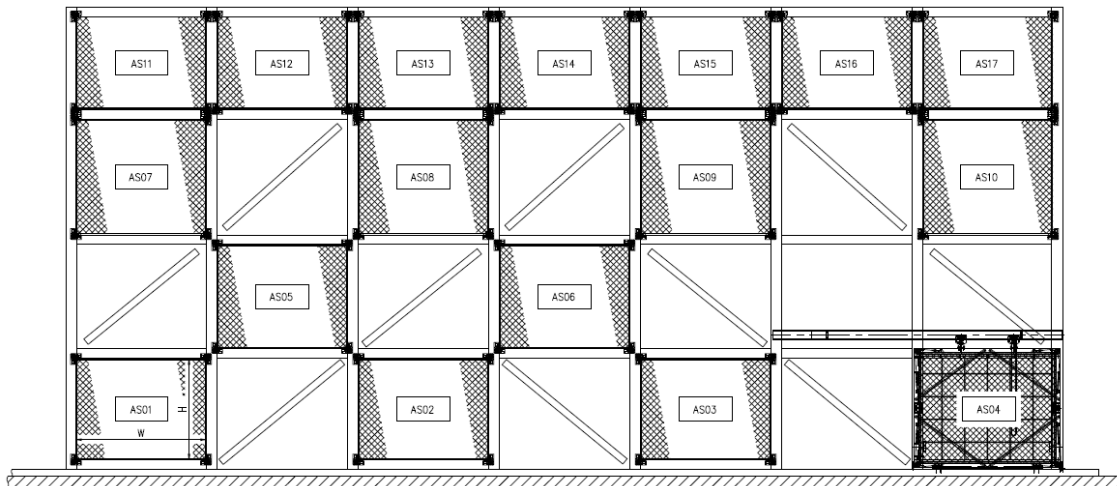
第2.2-2表 ネットの構成(2/2)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
AE01-03	4.623	×	4.380	2枚 (1枚)
AE04-06	4.623	×	4.473	
AE07-10	4.973	×	4.623	
AE11-17	4.623	×	4.013	
AE18	4.380	×	4.305	
AE19-20	4.623	×	4.380	
AE21	4.380	×	4.305	
AE22	4.473	×	4.305	
AE23-24	4.623	×	4.473	
AE25	4.473	×	4.305	
AE26-28	4.680	×	4.623	
AW01-02	4.623	×	4.180	
AW03-06	4.973	×	4.623	
AW07-13	4.623	×	4.013	
AW14	4.380	×	4.305	
AW15	4.623	×	4.380	
AW16	4.623	×	4.380	
AW17	4.623	×	4.380	
AW18	4.380	×	4.305	
AW19	4.473	×	4.305	
AW20-22	4.623	×	4.473	
AW23	4.473	×	4.305	
AW24-26	4.680	×	4.623	
AHW01-02	4.623	×	4.380	

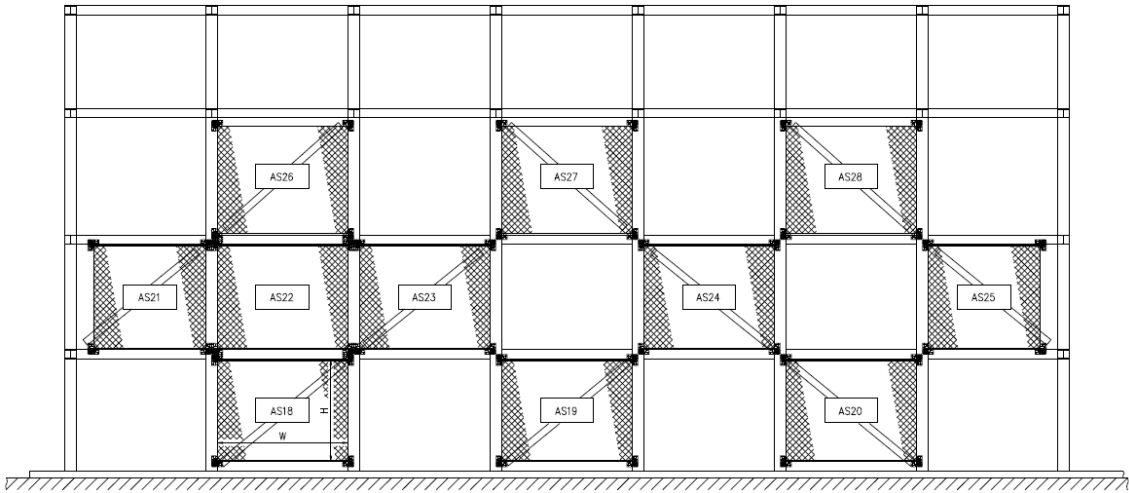
()内は補助ネット枚数



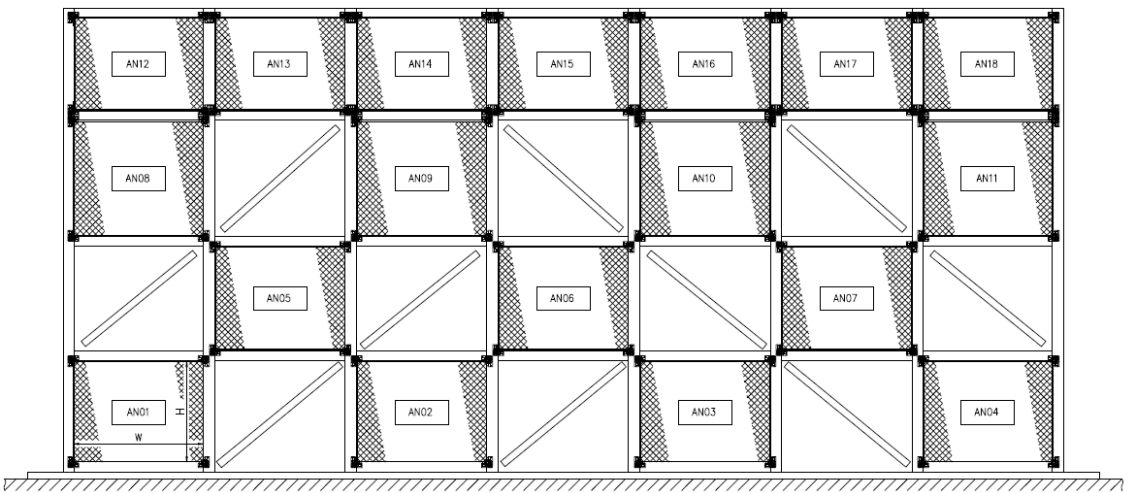
第2.2-1図 ネット割付展開図(天面) (1/10)



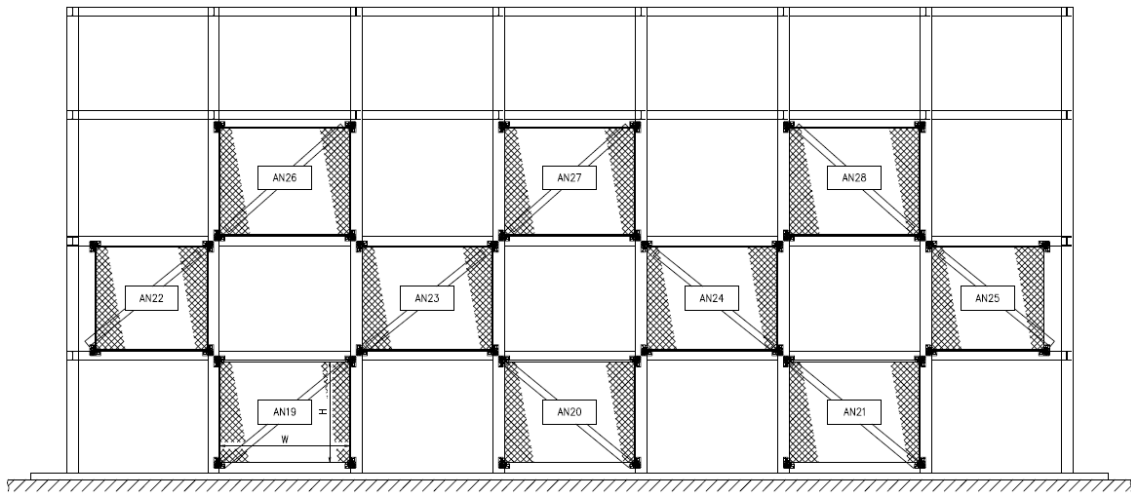
第2.2-1図 ネット割付展開図(南側外面) (2/10)



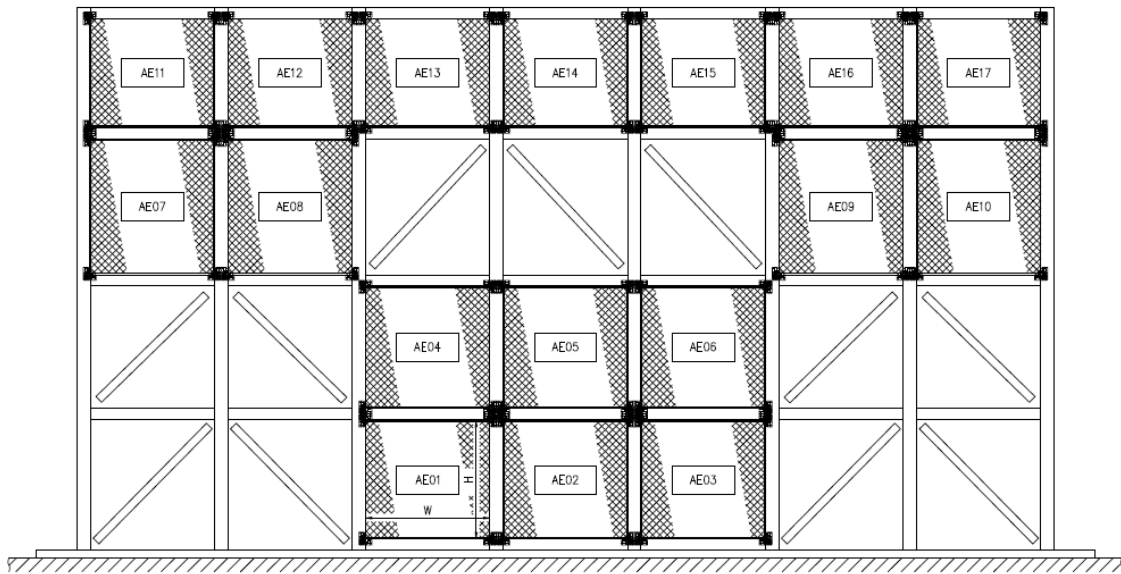
第2.2-1図 ネット割付展開図(南側内面) (3/10)



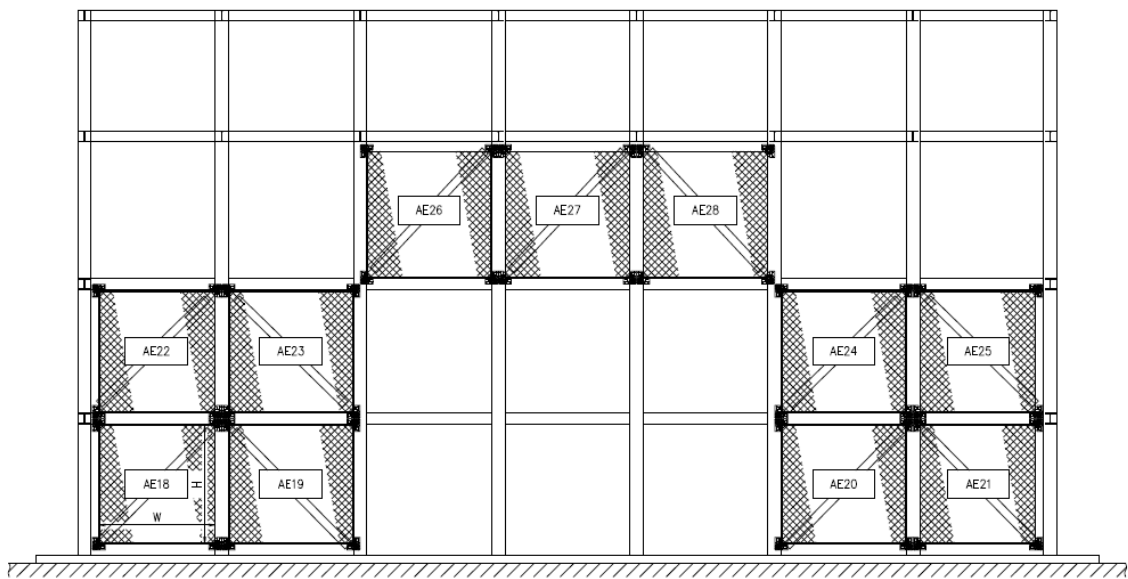
第2.2-1図 ネット割付展開図(北側外面) (4/10)



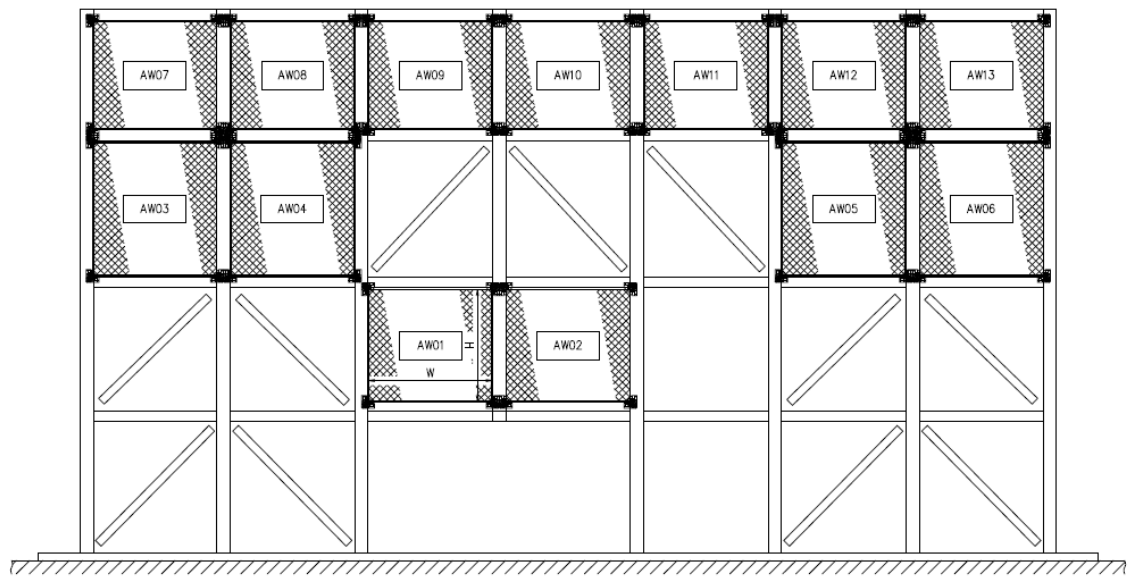
第2.2-1図 ネット割付展開図(北側内面) (5/10)



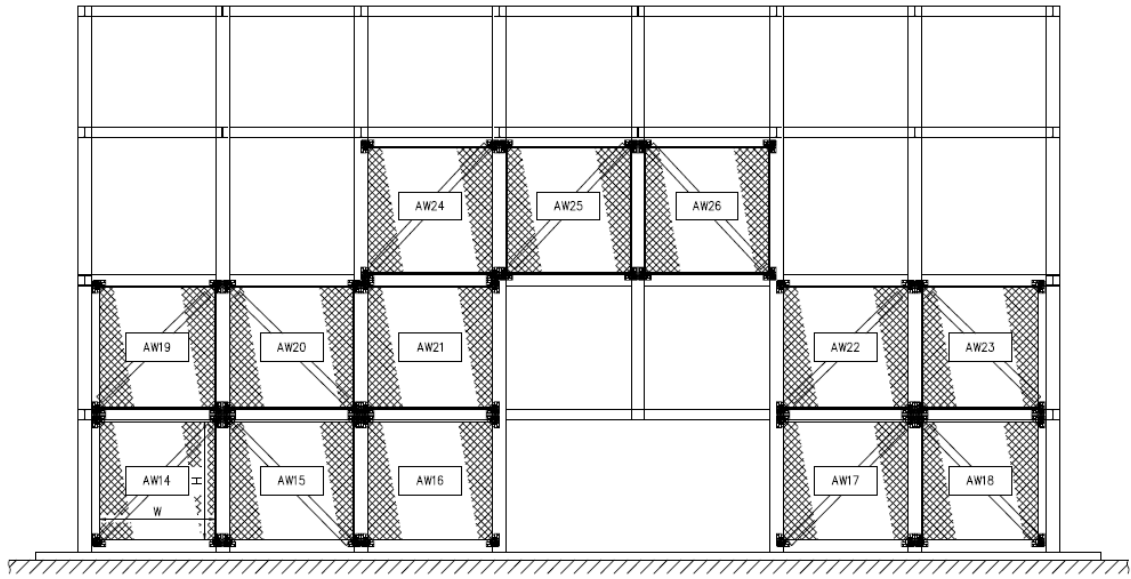
第2.2-1図 ネット割付展開図(東側外面) (6/10)



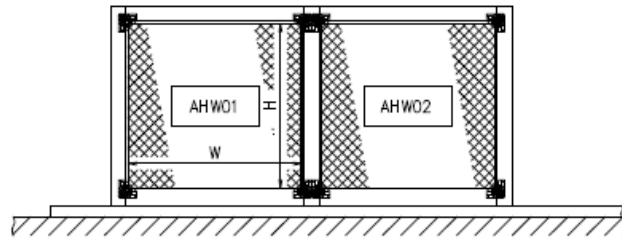
第2.2-1図 ネット割付展開図(東側内面) (7/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側外面) (8/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側内面) (9/10)



第2.2-1図 ネット割付展開図(西側張り出し部) (10/10)

(2) ワイヤロープ及び接続治具(支持部)

評価における条件を以下に示す。

a. ワイヤロープ

ワイヤロープの仕様を第2.2-3表に示す。

第2.2-3表 ワイヤロープの仕様

評価対象部位	仕様	径	破断荷重 F _{bw} (kN)	ワイヤグリップ効率 C _c
ワイヤロープ	7×7	φ16	165 ^(*1)	0.8 ^(*2)

注記 *1: JIS G 3549の破断強度

*2: JIS B 2809及び「小規模吊橋指針・同解説((社)日本道路協会)」

b. ターンバックル

ターンバックルの仕様を第2.2-4表に示す。

第2.2-4表 ターンバックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
ターンバックル	86.8	130.2

c. シャックル

シャックルの仕様を第2.2-5表に示す。

第2.2-5表 シャックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
シャックル	78.4	156.8

(3) 接続治具(固定部)

a. 接続治具(固定部)

評価における条件を以下に示す。

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの評価条件を第2.2-6表に示す。

第2.2-6表 隅角部固定ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	ボルト本数 n_2
隅角部固定ボルト	M27	強度区分8.8	3本

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

取付プレート(支持架構設置)の評価条件を第2.2-7表に示す。

第2.2-7表 取付プレート(支持架構設置)の評価条件

評価対象部位	材質	取付け孔位置寸法		取付け孔径 ϕd_1 (mm)	板厚 t_2 (mm)
		L_{p1} (mm)	L_{p2} (mm)		
取付プレート	SN490B	69.6	55	33	32

ロ. 鋼製枠設置

取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件を第2.2-8表に示す。

第2.2-8表 取付プレート(鋼製枠設置)の評価条件

評価対象部位	材質	プレート長さ		取付け孔位置寸法 L_{p5} (mm)	面取り長さ L (mm)	取付け孔径 ϕd_2 (mm)	板厚 t_3 (mm)	溶接脚長 S_w (mm)
		L_{p3} (mm)	L_{p4} (mm)					
取付プレート	SS400	-	-	45	-	33	22	-
溶接部	SS400*1	100	130	-	25	-	-	9

注記 *1: 母材である取付プレートの材質

b. ネット取付金物等

ネット取付金物等の評価条件を第2.2-9表に示す。

第2.2-9表 ネット取付金物等の評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	モーメント支点からの距離		取付け面から保持管中心までの距離H (mm)	評価対象の取付ボルト本数 n_3 (本)
			ボルトまで L_1 (mm)	保持管中心まで L_2 (mm)		
取付ボルト	M24	強度区分10.9	180.3	245.5	106.5	2
押さえボルト	M27		-※	-※	-※	-※

※押さえボルトには、モーメントによる荷重は作用しないため、対象外。

2.3 防護板(鋼材)の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.3-1表、評価モデルを第2.3-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.3-2表に示す。

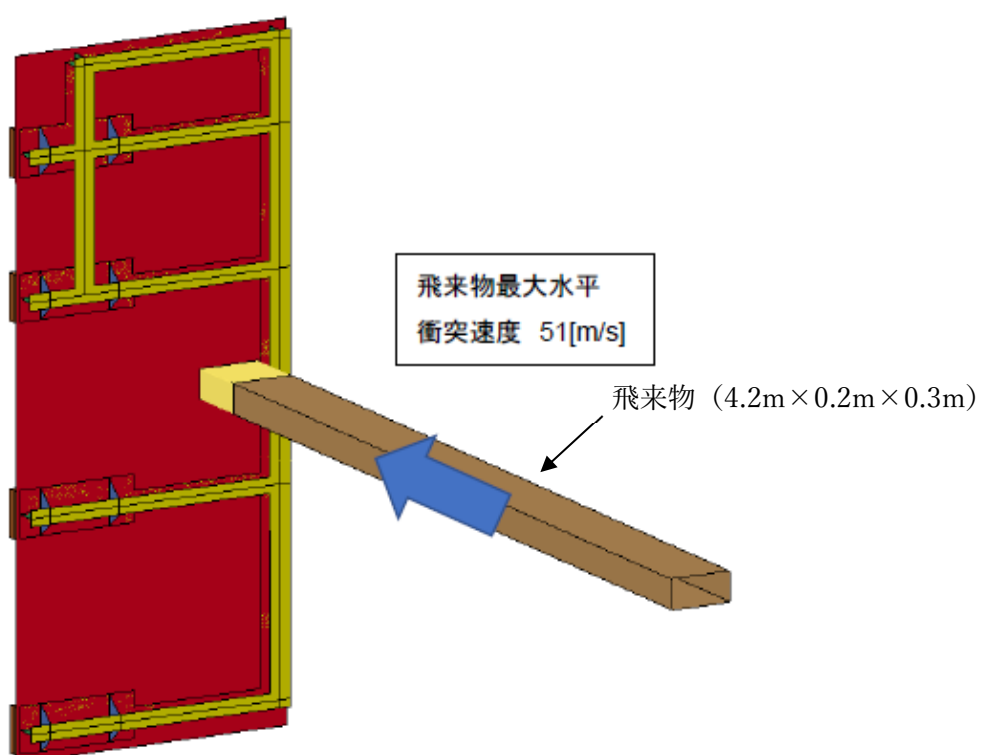
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.3-1表 防護板(鋼材)の評価に用いる条件

評価ケース	防護板(鋼材)の支持方法	飛来物速度(m/s)	鋼板サイズ(mm)	全数(本)	取付ボルト径	取付ボルト引張強さSu(MPa)	取付ボルト有効断面積A _b (mm ²)
①	1辺で支持	51 (水平衝突)	1, 300× 4, 400	32	M33	830	694
②	相対する2辺以上で支持	51 (水平衝突)	2, 300× 5, 100	40(手前側) 56(奥側)	M24	830	353

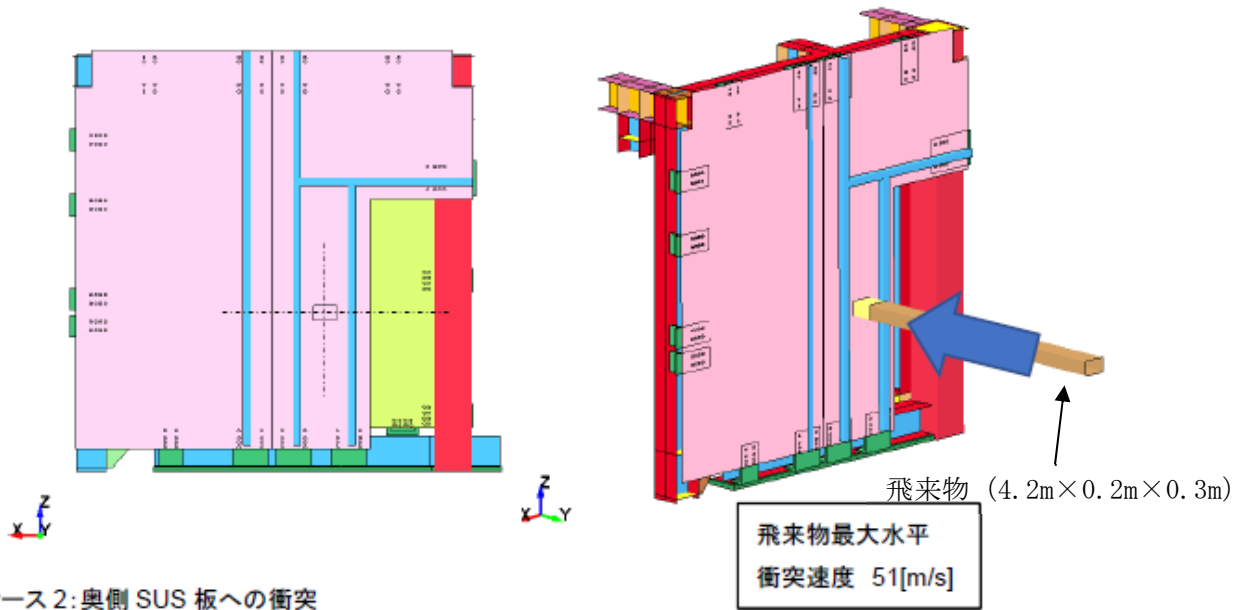
第2.3-2表 材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.95×10^5	1, 350	0.3
取付ボルト	強度区分8.8	660	2.05×10^5	1, 410	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1, 380	0.3

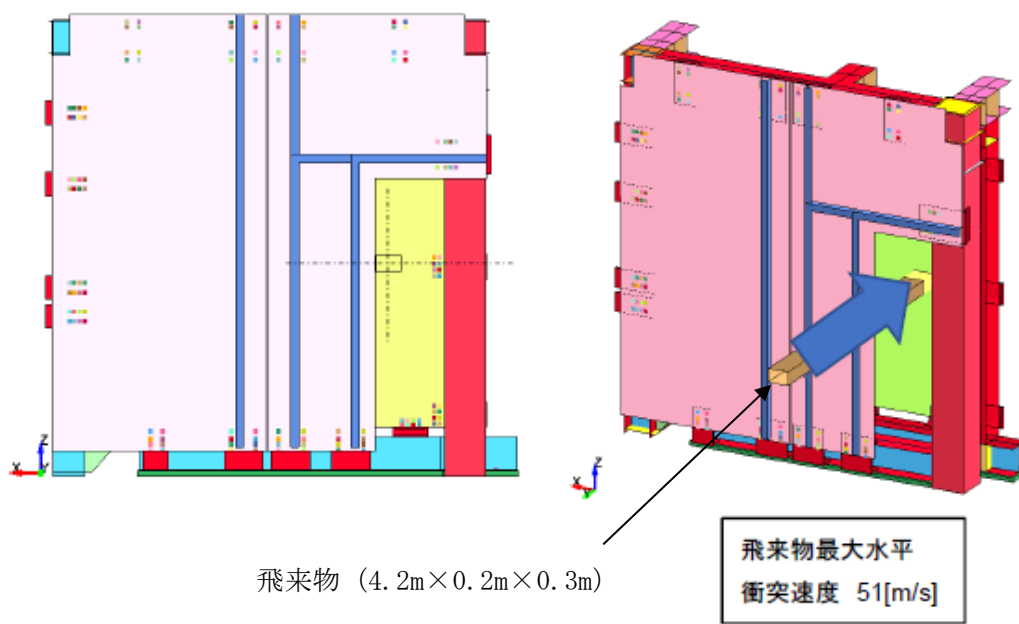


第2.3-1図(1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース①)

ケース1:手前側 SUS 板への衝突



ケース2:奥側 SUS 板への衝突



第 2.3-1 図(2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース②)

2.4 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.4-1表から第2.4-3表，評価に用いる材料物性値を第2.4-4表，許容限界を第2.4-5表に示す。

第2.4-1表 飛来物防護ネットの貫通評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	はり中央	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-2表 飛来物防護ネットの脱落評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-3表 飛来物防護ネットの転倒評価対象部位

対象		仕様(mm)	材質
支持架構	柱脚部1	□-500×500×28	BCP325
	柱脚部2	□-500×500×28	BCP325

第2.4-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数E(MPa)	ポアソン比
支持架構	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3
	BCP325		
飛来物	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3

第2.4-5表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度(MPa)	備考
支持架構	SN490B	325	短期応力の許容応力を 1.1倍した値を許容限 界として設定
	BCP325		
飛来物	SN490B		

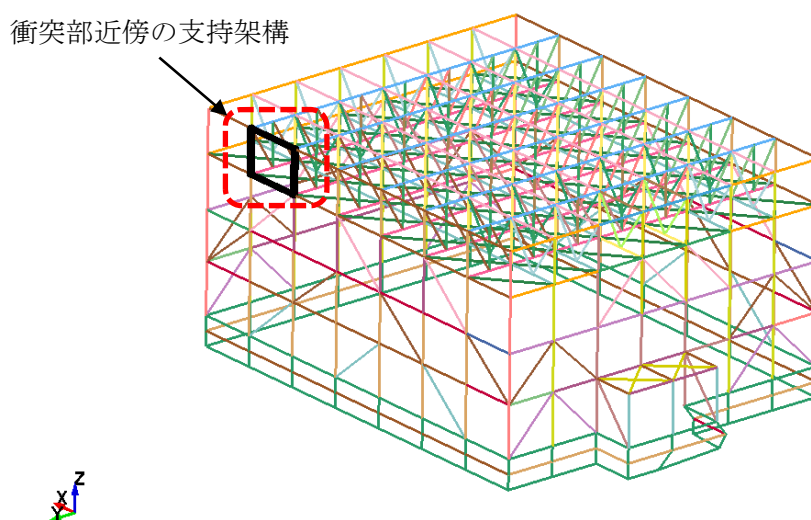
2.5 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

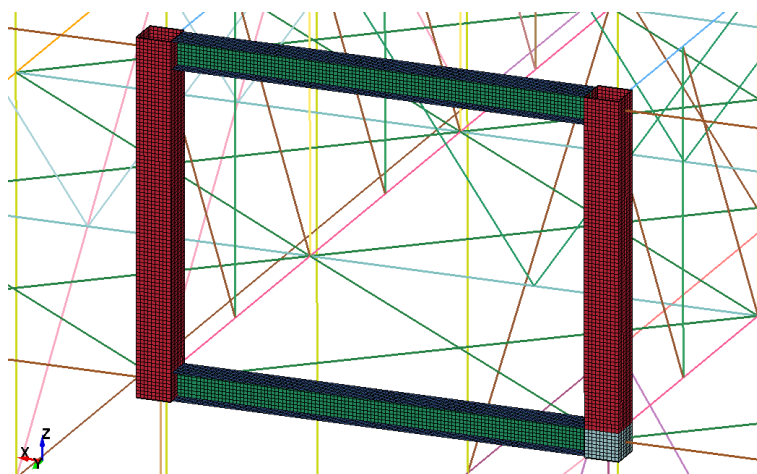
支持架構の評価モデルについては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R. 7. 1. 2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

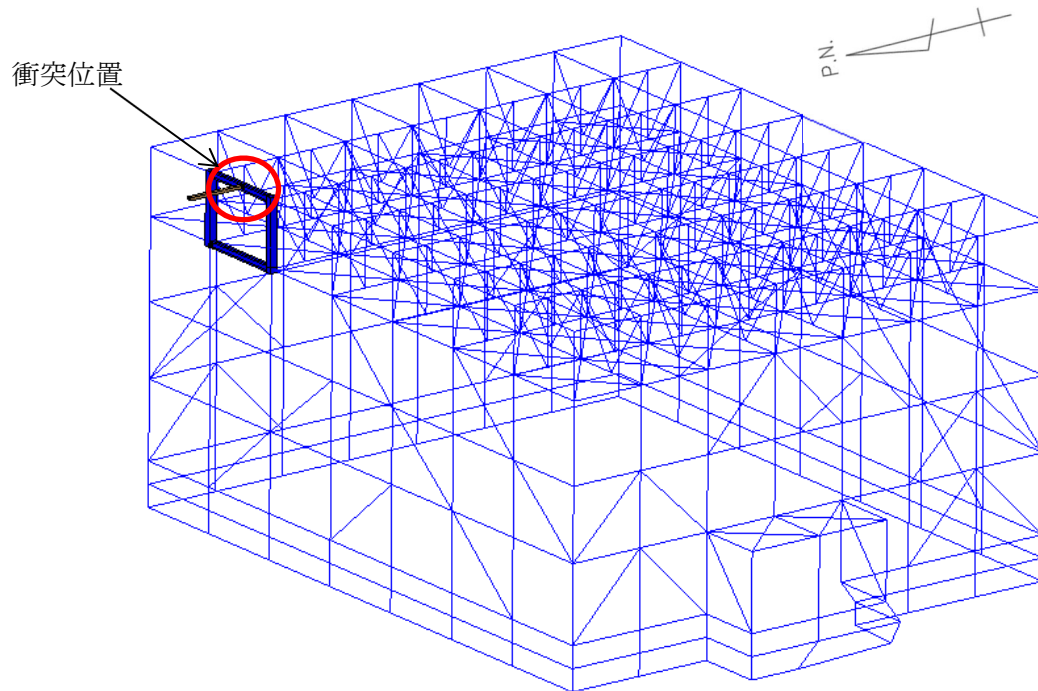
評価モデルを第2.5-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.5-2図に示す。



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(1/2)



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(2/2)



第2.5-2図 飛来物衝突位置図

(2) 材料モデル

材料モデルでは，支持架構の破断ひずみを設定し，破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし，鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は，JISの規格値(降伏応力，引張強さ)の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき，降伏応力1.29，引張強さ1.10とする。

また，飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし，破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF(多軸性係数)とする。ここで，多軸性係数について，支持架構部材はTF=2，飛来物はTF=1とする。

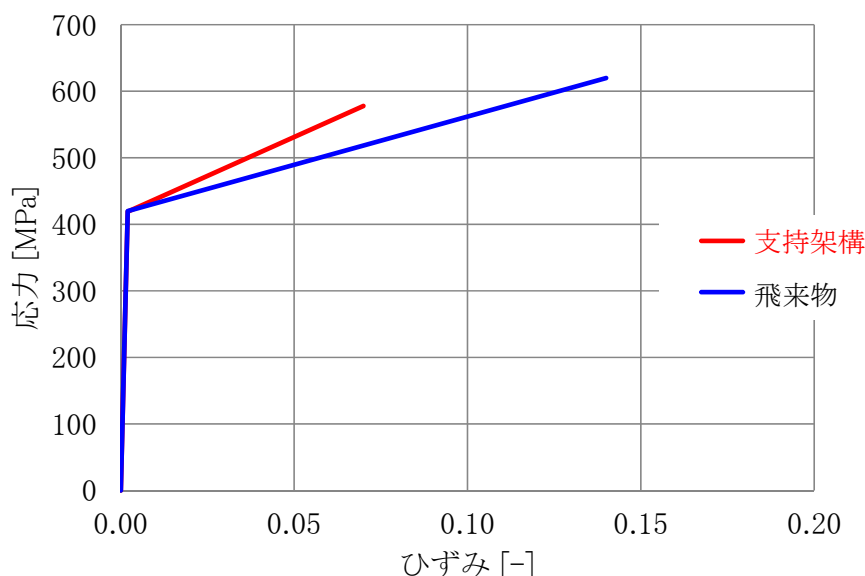
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.5-1表，材料モデルにおける破断ひずみを第2.5-2表，支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.5-3図に示す。

第2.5-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

対象	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SN490B	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.5-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

対象	材質	破断ひずみ
支持架構	SN490B	0.07



第2.5-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

3. 強度評価結果

3.1 防護ネットの強度評価結果

(1) 吸収エネルギー評価

竜巻発生時の吸収エネルギー評価結果を第3.1-1表に示す。

すべてのネットにおいて、作用する全エネルギー(E_t)は、ネットの限界吸収エネルギー(E_{max}')を下回っている。

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(1/2)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AT01-49	86	390	0.23
AS01-03	189	369	0.52
AS04	191	391	0.49
AS05-06	189	380	0.50
AS07-10	190	397	0.48
AS11-17	188	323	0.59
AS18-20	189	369	0.52
AS21	185	325	0.57
AS22-24	189	380	0.50
AS25	185	325	0.57
AS26-28	189	376	0.51
AN01-04	189	369	0.52
AN05-07	189	380	0.50
AN08-11	190	397	0.48
AN12-18	188	323	0.59
AN19-21	189	369	0.52
AN22	185	325	0.57
AN23-24	189	380	0.50
AN25	185	325	0.57
AN26-28	189	376	0.51

注記 *1: 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(2/2)

(つづき)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
AE01-03	184	301	0.62
AE04-06	184	309	0.60
AE07-10	186	342	0.55
AE11-17	183	263	0.70
AE18	183	268	0.69
AE19-20	184	301	0.62
AE21	183	268	0.69
AE22	183	271	0.68
AE23-24	184	309	0.60
AE25	183	271	0.68
AE26-28	184	321	0.58
AW01-02	183	292	0.63
AW03-06	186	342	0.55
AW07-13	183	263	0.70
AW14	183	268	0.69
AW15	184	301	0.62
AW16	184	301	0.62
AW17	184	301	0.62
AW18	183	268	0.69
AW19	183	271	0.68
AW20-22	184	309	0.60
AW23	183	271	0.68
AW24-26	184	321	0.58
AHW01-02	184	301	0.62

注記 *1 : 検定比= E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

(2) 破断評価

a. ネット

竜巻発生時の局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果を第3.1-2表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物による衝撃荷重(F_a')は、ネットの許容荷重(F_n')を下回っている。

第3.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(1/2)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比 ^{*1} (-)
AT01-49	200.4	783	0.26
AS01-03	352.4	783	0.46
AS04	347.1	783	0.45
AS05-06	355.1	783	0.46
AS07-10	360.3	783	0.47
AS11-17	338.8	783	0.44
AS18-20	352.4	783	0.46
AS21	389.8	783	0.50
AS22-24	355.1	783	0.46
AS25	389.8	783	0.50
AS26-28	353.6	783	0.46
AN01-04	352.4	783	0.46
AN05-07	355.1	783	0.46
AN08-11	360.3	783	0.47
AN12-18	338.8	783	0.44
AN19-21	352.4	783	0.46
AN22	389.8	783	0.50
AN23-24	355.1	783	0.46
AN25	389.8	783	0.50
AN26-28	353.6	783	0.46

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

第3.1-2表 局部貫通(飛来物による衝撃荷重)評価結果(2/2)

(つづき)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比* ¹ (-)
AE01-03	401.6	783	0.52
AE04-06	404.5	783	0.52
AE07-10	389.5	783	0.50
AE11-17	385.7	783	0.50
AE18	409.2	783	0.53
AE19-20	401.6	783	0.52
AE21	409.2	783	0.53
AE22	401.6	783	0.52
AE23-24	404.5	783	0.52
AE25	401.6	783	0.52
AE26-28	403.1	783	0.52
AW01-02	396.4	783	0.51
AW03-06	389.5	783	0.50
AW07-13	385.7	783	0.50
AW14	409.2	783	0.53
AW15	401.6	783	0.52
AW16	401.6	783	0.52
AW17	401.6	783	0.52
AW18	409.2	783	0.53
AW19	401.6	783	0.52
AW20-22	404.5	783	0.52
AW23	401.6	783	0.52
AW24-26	403.1	783	0.52
AHW01-02	401.6	783	0.52

注記 *1: 検定比= F_a'/F_n' (小数第三位を切上げ)

b. ワイヤロープ及び接続冶具(支持部)

(a) ワイヤロープ

竜巻発生時の評価結果を第3.1-3表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')は, ワイヤロープの許容荷重(P)を下回っている。

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	P (kN)	検定比*1 (-)
AT01-49	68.1	132	0.52
AS01-03	100.9	132	0.77
AS04	100.3	132	0.76
AS05-06	102.2	132	0.78
AS07-10	104.5	132	0.80
AS11-17	94.7	132	0.72
AS18-20	100.9	132	0.77
AS21	109.4	132	0.83
AS22-24	102.2	132	0.78
AS25	109.4	132	0.83
AS26-28	101.5	132	0.77
AN01-04	100.9	132	0.77
AN05-07	102.2	132	0.78
AN08-11	104.5	132	0.80
AN12-18	94.7	132	0.72
AN19-21	100.9	132	0.77
AN22	109.4	132	0.83
AN23-24	102.2	132	0.78
AN25	109.4	132	0.83
AN26-28	101.5	132	0.77

注記 *1 : 検定比= T_1'/P (小数第三位を切上げ)

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(2/2)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比*1 (-)
AE01-03	111.2	132	0.85
AE04-06	112.6	132	0.86
AE07-10	110.3	132	0.84
AE11-17	104.2	132	0.79
AE18	111.0	132	0.85
AE19-20	111.2	132	0.85
AE21	111.0	132	0.85
AE22	109.0	132	0.83
AE23-24	112.6	132	0.86
AE25	109.0	132	0.83
AE26-28	112.9	132	0.86
AW01-02	109.2	132	0.83
AW03-06	110.3	132	0.84
AW07-13	104.2	132	0.79
AW14	111.0	132	0.85
AW15	111.2	132	0.85
AW16	111.2	132	0.85
AW17	111.2	132	0.85
AW18	111.0	132	0.85
AW19	109.0	132	0.83
AW20-22	112.6	132	0.86
AW23	109.0	132	0.83
AW24-26	112.9	132	0.86
AHW01-02	111.2	132	0.85

注記 *1 : 検定比=T₁'/P(小数第三位を切上げ)

(b) ターンバックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-4表に示す。

発生荷重は、ターンバックルの許容限界を下回っている。

第3.1-4表 ターンバックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
ターンバックル	112.9 ^{*1}	130.2	0.87

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

(c) シャックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-5表に示す。

発生荷重は、シャックルの許容限界を下回っている。

第3.1-5表 シャックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
シャックル	112.9 ^{*1}	156.8	0.73

注記 *1：ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2：検定比=発生荷重/許容限界(小数第三位を切上げ)

c. 接続治具(固定部)

(a) 隅角部固定ボルト

接続治具(固定部)のうち、隅角部固定ボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-6表に示す。ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、隅角部固定ボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比*1 (-)
AT01-49	68.1	65	334	0.20
AS01-03	100.9	98	334	0.30
AS04	100.3	97	334	0.30
AS05-06	102.2	99	334	0.30
AS07-10	104.5	101	334	0.31
AS11-17	94.7	91	334	0.28
AS18-20	100.9	98	334	0.30
AS21	109.4	107	334	0.33
AS22-24	102.2	99	334	0.30
AS25	109.4	107	334	0.33
AS26-28	101.5	98	334	0.30
AN01-04	100.9	98	334	0.30
AN05-07	102.2	99	334	0.30
AN08-11	104.5	101	334	0.31
AN12-18	94.7	91	334	0.28
AN19-21	100.9	98	334	0.30
AN22	109.4	107	334	0.33
AN23-24	102.2	99	334	0.30
AN25	109.4	107	334	0.33
AN26-28	101.5	98	334	0.30

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-6表 接続治具(固定部)(隅角部固定ボルト)の評価結果(2/2)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AE01-03	111.2	108	334	0.33
AE04-06	112.6	110	334	0.33
AE07-10	110.3	107	334	0.33
AE11-17	104.2	101	334	0.31
AE18	111.0	108	334	0.33
AE19-20	111.2	108	334	0.33
AE21	111.0	108	334	0.33
AE22	109.0	106	334	0.32
AE23-24	112.6	110	334	0.33
AE25	109.0	106	334	0.32
AE26-28	112.9	110	334	0.33
AW01-02	109.2	106	334	0.32
AW03-06	110.3	107	334	0.33
AW07-13	104.2	101	334	0.31
AW14	111.0	108	334	0.33
AW15	111.2	108	334	0.33
AW16	111.2	108	334	0.33
AW17	111.2	108	334	0.33
AW18	111.0	108	334	0.33
AW19	109.0	106	334	0.32
AW20-22	112.6	110	334	0.33
AW23	109.0	106	334	0.32
AW24-26	112.9	110	334	0.33
AHW01-02	111.2	108	334	0.33

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

接続冶具(固定部)のうち、取付プレート(支持架構設置)の竜巻発生時の評価結果を第3.1-7表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、取付プレート(支持架構設置)の許容限界を下回っている。

第3.1-7表 接続冶具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AT01-49	68.1	28	187	0.15
AS01-03	100.9	41	187	0.22
AS05-06	102.2	42	187	0.23
AS07-10	104.5	43	187	0.23
AS11-17	94.7	39	187	0.21
AS18-20	100.9	41	187	0.22
AS21	109.4	45	187	0.25
AS22-24	102.2	42	187	0.23
AS25	109.4	45	187	0.25
AS26-28	101.5	42	187	0.23
AN01-04	100.9	41	187	0.22
AN05-07	102.2	42	187	0.23
AN08-11	104.5	43	187	0.23
AN12-18	94.7	39	187	0.21
AN19-21	100.9	41	187	0.22
AN22	109.4	45	187	0.25
AN23-24	102.2	42	187	0.23
AN25	109.4	45	187	0.25
AN26-28	101.5	42	187	0.23

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-7表 接続治具(固定部)(取付プレート(支持架構設置))の評価結果(2/2)

(つづき)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力比* ¹ (-)
AE01-03	111.2	46	187	0.25
AE04-06	112.6	46	187	0.25
AE07-10	110.3	45	187	0.25
AE11-17	104.2	43	187	0.23
AE18	111.0	46	187	0.25
AE19-20	111.2	46	187	0.25
AE21	111.0	46	187	0.25
AE22	109.0	45	187	0.25
AE23-24	112.6	46	187	0.25
AE25	109.0	45	187	0.25
AE26-28	112.9	46	187	0.25
AW01-02	109.2	45	187	0.25
AW03-06	110.3	45	187	0.25
AW07-13	104.2	43	187	0.23
AW14	111.0	46	187	0.25
AW15	111.2	46	187	0.25
AW16	111.2	46	187	0.25
AW17	111.2	46	187	0.25
AW18	111.0	46	187	0.25
AW19	109.0	45	187	0.25
AW20-22	112.6	46	187	0.25
AW23	109.0	45	187	0.25
AW24-26	112.9	46	187	0.25
AHW01-02	111.2	46	187	0.25

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

ロ. 鋼製枠設置

接続治具(固定部)のうち, 取付プレート(鋼製枠設置)の竜巻発生時の評価結果を第3.1-8表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は, 取付プレート(鋼製枠設置)の許容限界を下回っている。

第3.1-8表 接続治具(固定部)(取付プレート(鋼製枠設置))の評価結果

No.	T_1' (kN)	発生応力(MPa)		許容限界(MPa)		応力比*1(-)	
		溶接部	プレート	溶接部	プレート	溶接部	プレート
AS04	100.3	55	80	135	135	0.41	0.60

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

d. 接続部

ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-9表に示す。

発生応力は、取付ボルト及び押さえボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(1/2)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比 ^{*1} (-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AT01-49	183	422	727	727	0.26	0.59
AS01-03	245	638	727	727	0.34	0.88
AS05-06	248	646	727	727	0.35	0.89
AS07-10	258	659	727	727	0.36	0.91
AS11-17	226	598	727	727	0.32	0.83
AS18-20	438	638	727	727	0.61	0.88
AS21	477	690	727	727	0.66	0.95
AS22-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AS25	477	690	727	727	0.66	0.95
AS26-28	437	640	727	727	0.61	0.89
AN01-04	245	638	727	727	0.34	0.88
AN05-07	248	646	727	727	0.35	0.89
AN08-11	258	659	727	727	0.36	0.91
AN12-18	226	598	727	727	0.32	0.83
AN19-21	438	638	727	727	0.61	0.88
AN22	477	690	727	727	0.66	0.95
AN23-24	442	646	727	727	0.61	0.89
AN25	477	690	727	727	0.66	0.95
AN26-28	437	640	727	727	0.61	0.89

注記 *1: 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(2/2)
(つづき)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力比*1 (-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
AE01-03	271	701	727	727	0.38	0.97
AE04-06	275	710	727	727	0.38	0.98
AE07-10	270	696	727	727	0.38	0.96
AE11-17	249	656	727	727	0.35	0.91
AE18	485	698	727	727	0.67	0.97
AE19-20	486	701	727	727	0.67	0.97
AE21	485	698	727	727	0.67	0.97
AE22	475	685	727	727	0.66	0.95
AE23-24	491	710	727	727	0.68	0.98
AE25	475	685	727	727	0.66	0.95
AE26-28	492	711	727	727	0.68	0.98
AW01-02	264	689	727	727	0.37	0.95
AW03-06	270	696	727	727	0.38	0.96
AW07-13	249	656	727	727	0.35	0.91
AW14	485	698	727	727	0.67	0.97
AW15	486	701	727	727	0.67	0.97
AW16	486	701	727	727	0.67	0.97
AW17	486	701	727	727	0.67	0.97
AW18	485	698	727	727	0.67	0.97
AW19	475	685	727	727	0.66	0.95
AW20-22	491	710	727	727	0.68	0.98
AW23	475	685	727	727	0.66	0.95
AW24-26	492	711	727	727	0.68	0.98
AHW01-02	271	701	727	727	0.38	0.97

注記 *1 : 応力比=発生応力/許容限界(小数第三位を切上げ)

(3) たわみ評価

竜巻発生時の評価結果を第3.1-10表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物の衝突によるネット全体の最大たわみ量(δ_t')は、防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離(L_{min})を下回っている。

第3.1-10表 たわみ評価結果(1/2)

No.	最大たわみ量 δ_t' (m)	最小離隔距離 L_{min} (m)	検定比 ^{*1} (-)
AT01-49	1.85	2.97	0.63
AS01-03	2.22	5.92	0.38
AS04	2.30	5.92	0.39
AS05-06	2.22	4.86	0.46
AS07-10	2.24	6.10	0.37
AS11-17	2.25	5.17	0.44
AS18-20	2.22	5.16	0.44
AS21	2.01	4.09	0.50
AS22-24	2.22	4.09	0.55
AS25	2.01	4.09	0.50
AS26-28	2.24	5.33	0.43
AN01-04	2.22	5.92	0.38
AN05-07	2.22	4.86	0.46
AN08-11	2.24	19.45	0.12
AN12-18	2.25	5.17	0.44
AN19-21	2.22	5.16	0.44
AN22	2.01	4.09	0.50
AN23-24	2.22	4.09	0.55
AN25	2.01	4.09	0.50
AN26-28	2.24	18.68	0.12

注記 *1: 検定比= δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

第3.1-10表 たわみ評価結果(2/2)

(つづき)

No.	最大たわみ量 δ_t' (m)	最小離隔距離 L_{min} (m)	検定比*1 (-)
AE01-03	1.94	4.05	0.48
AE04-06	1.94	3.38	0.58
AE07-10	2.04	17.20	0.12
AE11-17	1.96	6.20	0.32
AE18	1.89	3.28	0.58
AE19-20	1.94	3.28	0.60
AE21	1.89	3.28	0.58
AE22	1.92	2.62	0.74
AE23-24	1.94	2.62	0.75
AE25	1.92	2.62	0.74
AE26-28	1.96	16.44	0.12
AW01-02	1.94	3.38	0.58
AW03-06	2.04	4.22	0.49
AW07-13	1.96	6.20	0.32
AW14	1.89	3.28	0.58
AW15	1.94	3.28	0.60
AW16	1.94	3.28	0.60
AW17	1.94	3.28	0.60
AW18	1.89	3.28	0.58
AW19	1.92	2.62	0.74
AW20-22	1.94	2.62	0.75
AW23	1.92	2.62	0.74
AW24-26	1.96	3.46	0.57
AHW01-02	1.94	8.60	0.23

注記 *1 : 検定比 = δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

3.2 防護板(鋼材)の強度評価結果

(1) 貫通評価

鋼板の貫通評価結果を第3.2-1表に示す。

鋼板の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が鋼板を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 鋼板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
鋼板 (補助防護板含む)	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第3.2-2表に示す。

解析結果よりボルトが2本以上破断せずに残るため、鋼板は脱落しないことを確認した。

第3.2-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	32	12	2
	②	40(手前側) 56(奥側)	32(手前側) 8(奥側)	2

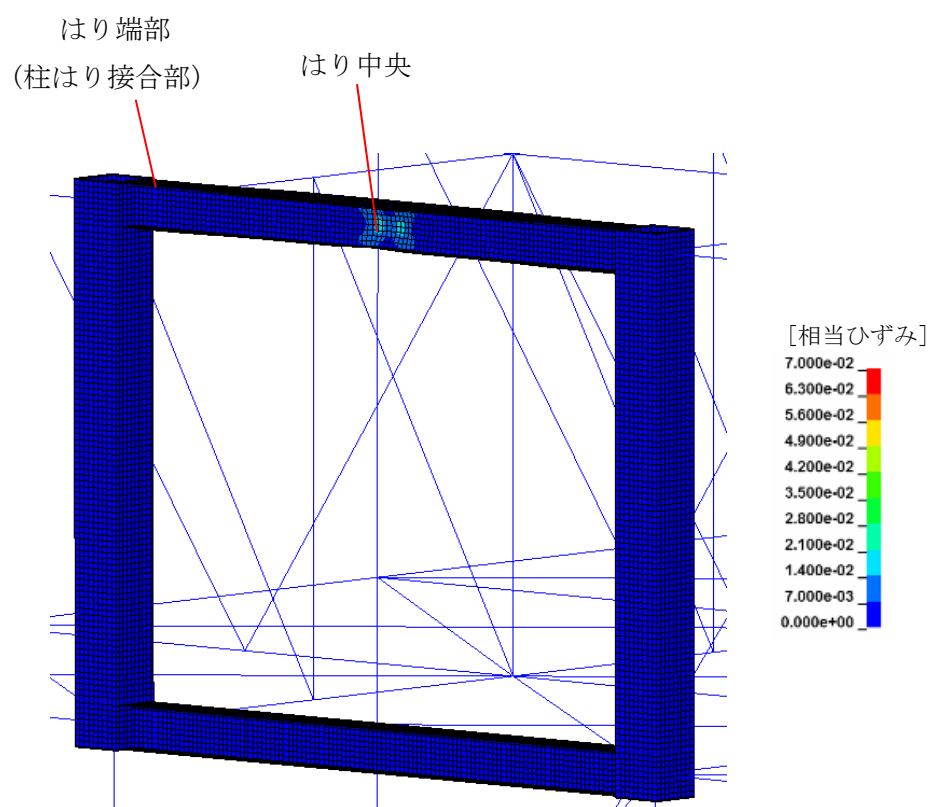
3.3 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

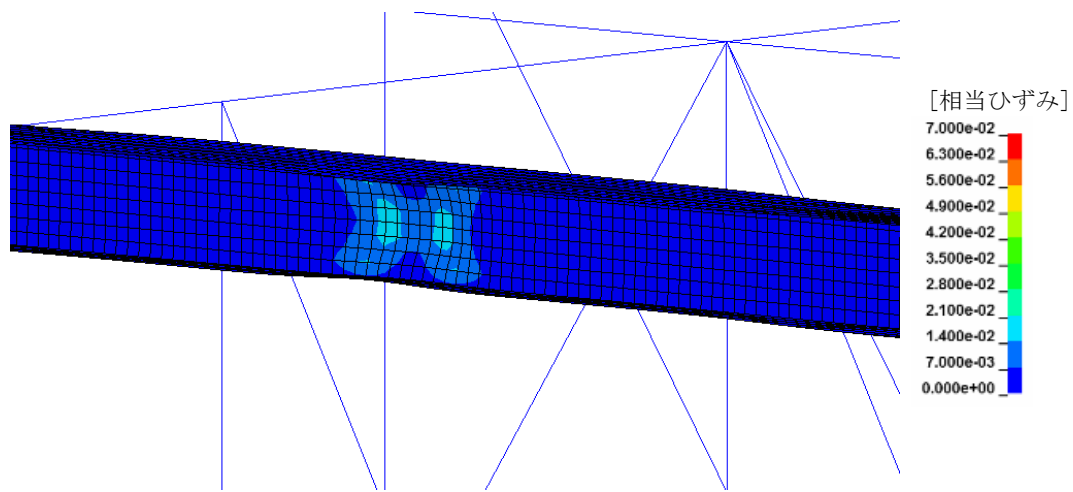
飛来物が飛来物防護ネットから離れる直前の衝突位置拡大図を第3.3-1図及び飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻での衝突位置拡大図を第3.3-2図に示す。

評価結果は支持架構のはり中央は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。



第3.3-1図 衝突位置拡大図
(飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻)



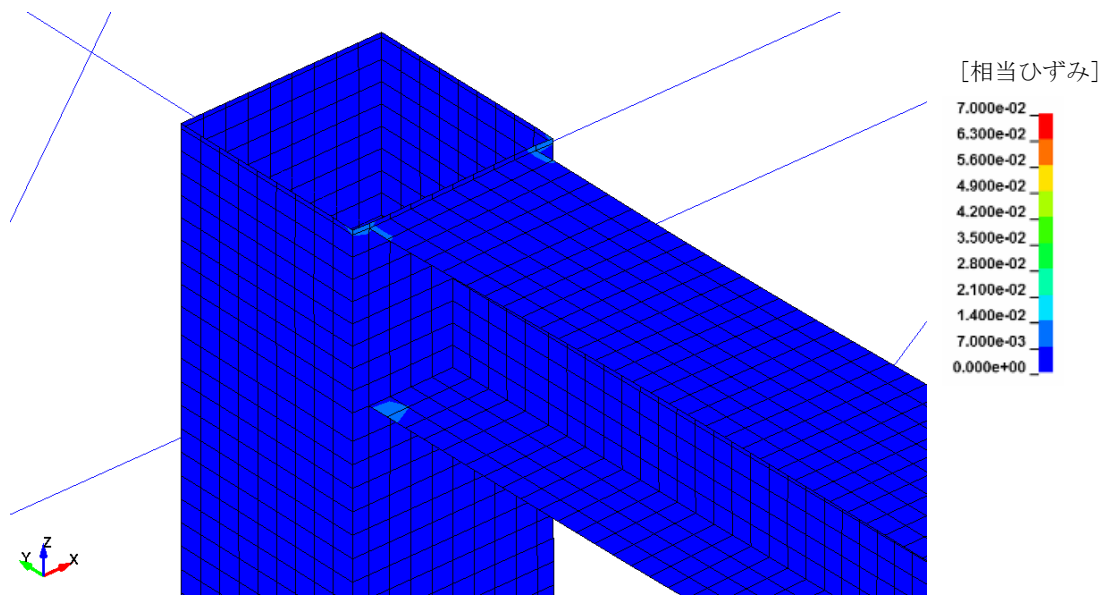
第3. 3-2図 衝突位置拡大図

(2) 波及的影響評価

a. 脱落評価

飛来物防護ネットの部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻でのはり端部(柱はり接合部)拡大図を第3. 3-3図に示す。

評価結果，支持架構のはり端部は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず，部材は脱落しないことから，飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。



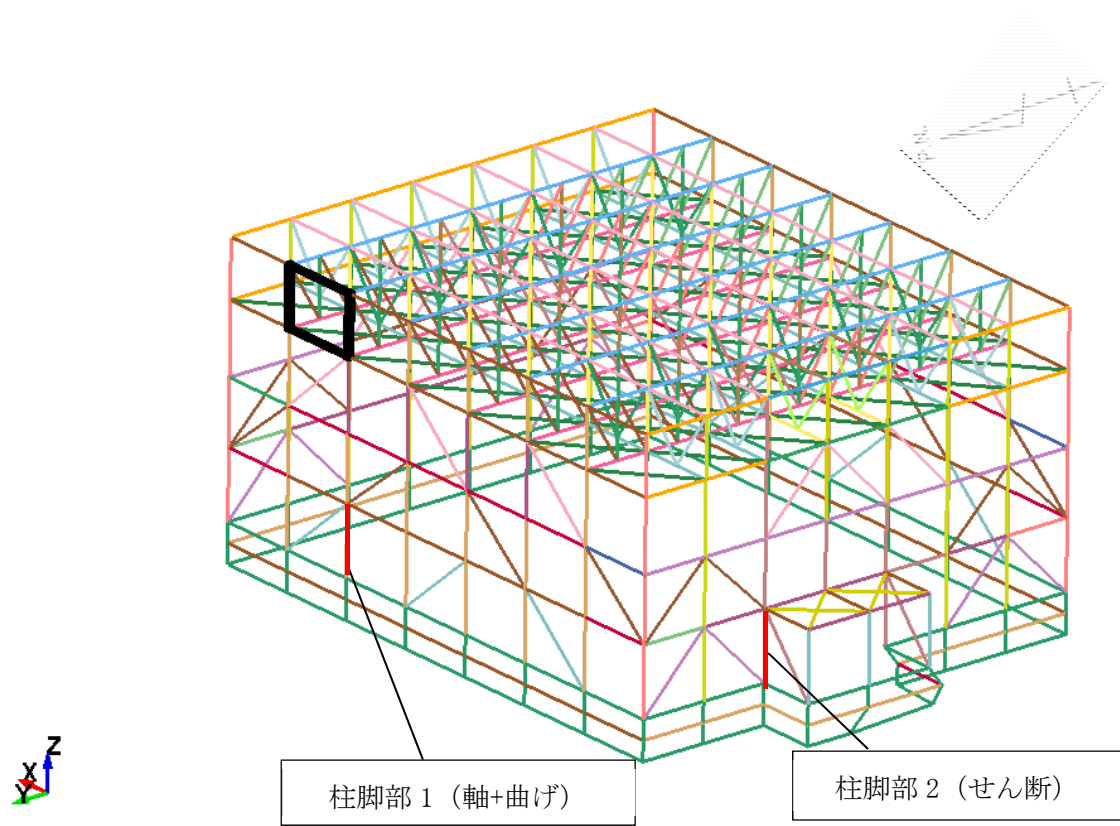
第3.3-3図 はり端部(柱はり接合部)拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護ネットの支持架構全体の転倒評価結果を第3.3-1表に示す。また、最大応力比の発生箇所を第3.3-4図に示す。
 評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.3-1表 支持架構全体の転倒評価結果

対象	部 材		応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比
飛来物防護ネット	支持架構	柱脚部1	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t =$ 357	—
			圧 縮	$\sigma_c =$ 20.9	$f_c =$ 199	0.11
			曲 げ	$\sigma_{bx} =$ 161.53	$f_{bx} =$ 357	0.46
				$\sigma_{by} =$ 3.19	$f_{by} =$ 357	0.01
			せ ん 断	$\tau_s =$ 14.62	$f_s =$ 206	0.08
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比) 0.58	(許容値) 1.00	0.58
		柱脚部2	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t =$ 357	—
			圧 縮	$\sigma_c =$ 31.12	$f_c =$ 199	0.16
			曲 げ	$\sigma_{bx} =$ 37.69	$f_{bx} =$ 357	0.11
				$\sigma_{by} =$ 4.95	$f_{by} =$ 357	0.02
			せ ん 断	$\tau_s =$ 27.1	$f_s =$ 206	0.14
			組合せ(引張+曲げ)	(応力比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力比) 0.29	(許容値) 1.00	0.29



第3.3-4図 飛来物防護ネットの最大応力比の発生箇所

VI-1-1-1-2-4-2-2-
2-3

飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 評価条件	2
2.1 荷重条件	2
2.2 防護ネットの評価条件	3
2.3 防護板（鋼材）の評価条件	13
2.4 支持架構の評価条件	16
2.5 支持架構の評価モデル	17
2.6 整流板の評価条件	20
3. 強度評価結果	24
3.1 防護ネットの強度評価結果	24
3.2 防護板（鋼材）の強度評価結果	40
3.3 支持架構の強度評価結果	41
3.4 整流板の強度評価結果	46

1. 概要

本計算書は、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B）の強度評価について、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

なお、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔B）は、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）とミラー構造となっており、評価結果は同じであることから、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）を代表に結果を示すこととする。

2. 評価条件

2.1 荷重条件

風圧力による荷重の算定条件を第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 風圧力による荷重の算定条件

部材	C* ¹ (-)	A _w * ⁴ (m ²)	
		NS方向	EW方向
支持架構 (座屈拘束ブレース以外)	2.1	1,579.6	1,671.6
支持架構 (座屈拘束ブレース) * ³	1.2	66.7	67.2
防護板(鋼材)	1.2	229.9	721.1
防護ネット	1.4	490.1	502.4

注記 * 1 : NS方向, EW方向共に同じ値

* 2 : EW方向に考慮するべき防護板(鋼材)は無い

* 3 : 柱やはりの幅は取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板を考慮して設定する。また, 柱やはりに取付けている防護板(鋼材)及び補助防護板の受圧面積は支持架構(座屈拘束ブレース以外)に含める。

* 4 : 防護ネット(補助防護板含む), 防護板(鋼材), 支持架構部材の交差部では受圧面積を重複させている。

2.2 防護ネットの評価条件

(1) ネット

a. ネット仕様

ネット仕様として，電中研報告書等を参照し，引張試験に用いたネットの仕様を第2.2-1表に示す。

第2.2-1表 ネットの諸元

項目	記号	仕様		備考
		主ネット	補助ネット	
ネット材料	-	SWG F-4 (JIS G 3548)		-
ネット目合い寸法	-	50mm	40mm	電中研報告書 による
ネット1目合いの対角寸法	a	$50 \times \sqrt{2} =$ 70.7mm	$50 \times \sqrt{2} =$ 56.6mm	
ネット1目合いの破断変位	a _s	17.6mm	13.9mm	
ネット素線の直径	-	4mm	4mm	
ネット1目合いの破断荷重	F _{bm}	15.1kN	17.2kN	
ネット1目合いの等価剛性	K	858kN/m	1,239kN/m	
衝突箇所周辺の ネットの1枚当たりの交点数	n ₁	16個	20個	
ネットの素線の引張強度	-	1,400N/mm ² 以上	1,400 N/mm ² 以上	
破断時たわみ角	θ _{max}	36.8deg	36.6deg	
ネットの単位面積あたりの質量	-	4.6kg/m ²	5.7kg/m ²	メーカーの標準 的な値
ネットの充実率	φ	0.39 (3枚* ²)		(計算値* ¹)

$$\text{注記 *1: } \phi = 1 - \left(\frac{\left(\frac{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 50\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2} \right)^2}{\frac{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm})^2}{(\text{ネット目合い寸法: } 40\text{mm} + \text{ネット素線径: } 4\text{mm})^2}} \right)$$

*2: 補助ネットを含む。

- b. ネット構成
 ネットの構成を第2.2-2表及び第2.2-1図に示す。

第2.2-2表 ネットの構成(1/2)

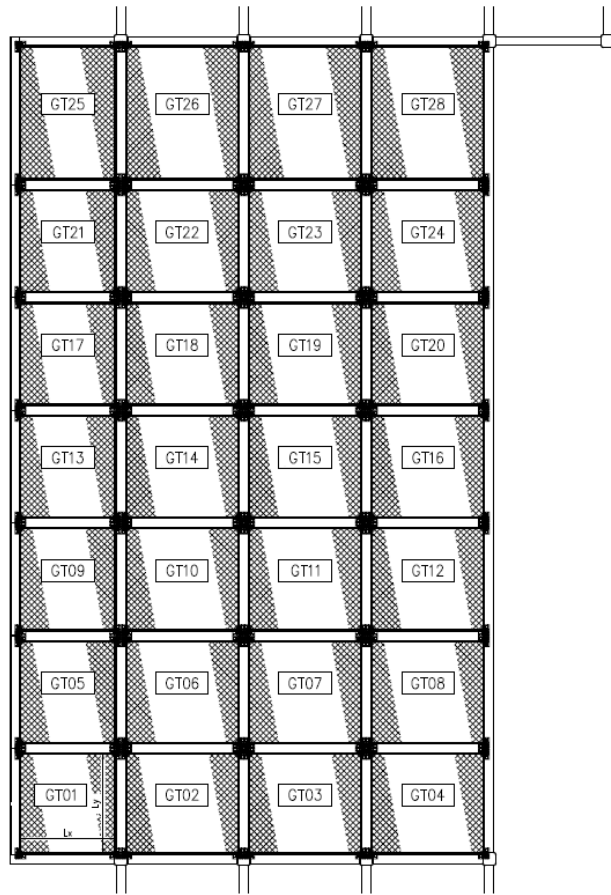
No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
GT01	4.373	×	4.173	2枚 (1枚)
GT02-04	4.923	×	4.373	
GT05	4.473	×	4.173	
GT06-08	4.923	×	4.473	
GT09	4.473	×	4.173	
GT10-12	4.923	×	4.473	
GT13	4.473	×	4.173	
GT14-16	4.923	×	4.473	
GT17	4.473	×	4.173	
GT18-20	4.923	×	4.473	
GT21	4.473	×	4.173	
GT22-24	4.923	×	4.473	
GT25	5.848	×	4.173	
GT26-28	5.848	×	4.923	
GW01-05	4.473	×	3.480	
GW06-10	4.473	×	3.673	
GW11-15	4.473	×	3.480	
GS01	4.923	×	3.435	
GS02	4.940	×	3.815	
GS03	4.923	×	3.673	
GS04-06	4.923	×	3.180	

() 内は補助ネット枚数

第2.2-2表 ネットの構成(2/2)

No.	ネットサイズ(m)			ネット枚数 n
	Lx	×	Ly	
GS07	4.130	×	3.280	2枚 (1枚)
GS08	4.130	×	3.080	
GS09	4.615	×	3.673	
GN01-02	4.535	×	3.480	
GN03	4.148	×	3.480	
GN04-05	4.535	×	3.673	
GN06	7.380	×	4.148	
GN07-08	4.535	×	3.180	
GE01	4.960	×	3.415	
GE02	4.920	×	3.715	
GE03	7.265	×	3.773	
GSW01	4.380	×	2.900	
GNW01	6.298	×	3.415	
GNW02	6.298	×	3.715	
GNW03	5.760	×	2.880	

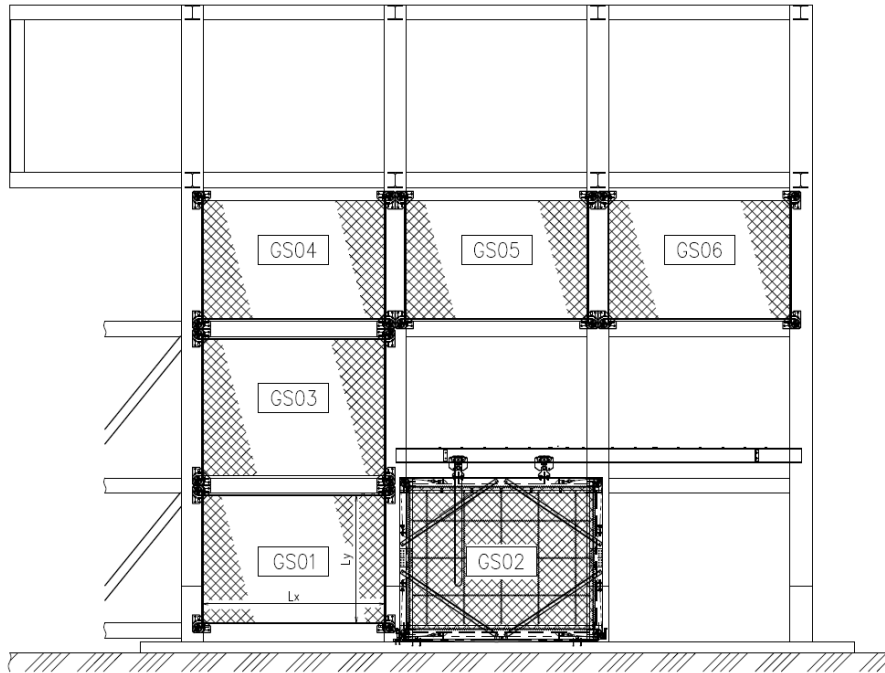
() 内は補助ネット枚数



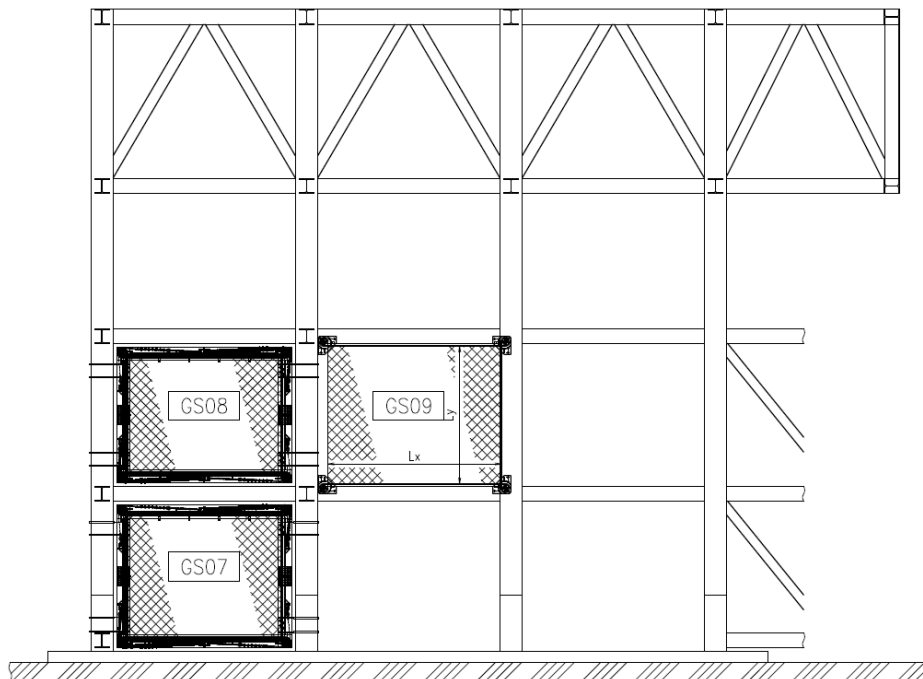
第 2.2-1 図 ネット割付展開図（天面）（1/7）



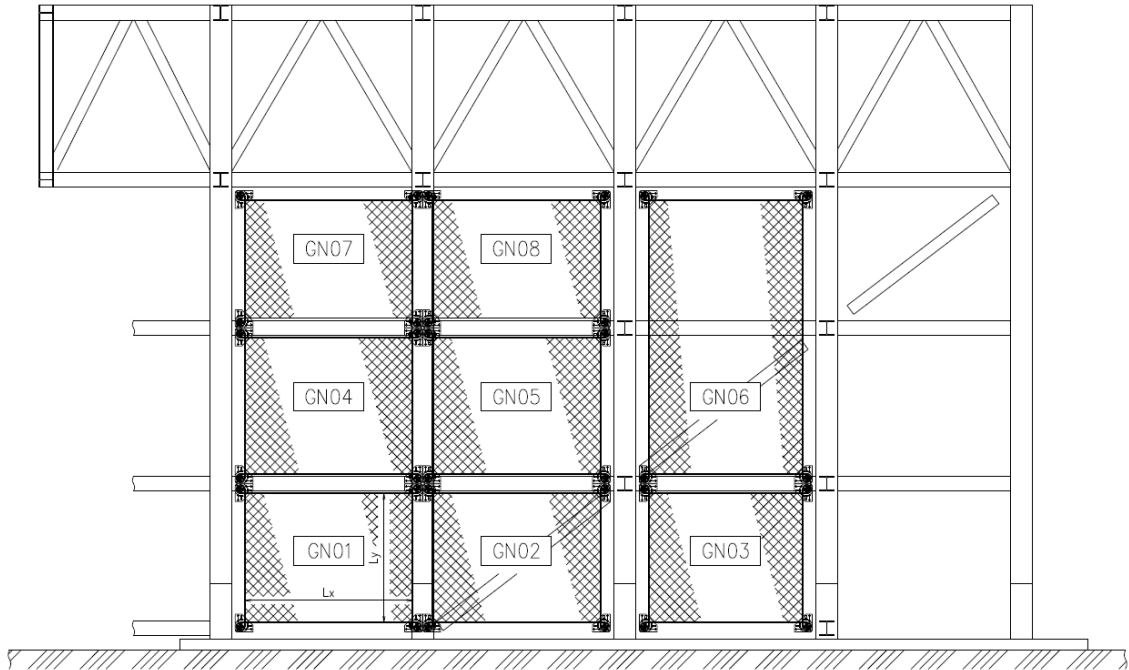
第 2.2-1 図 ネット割付展開図（西側外面）（2/7）



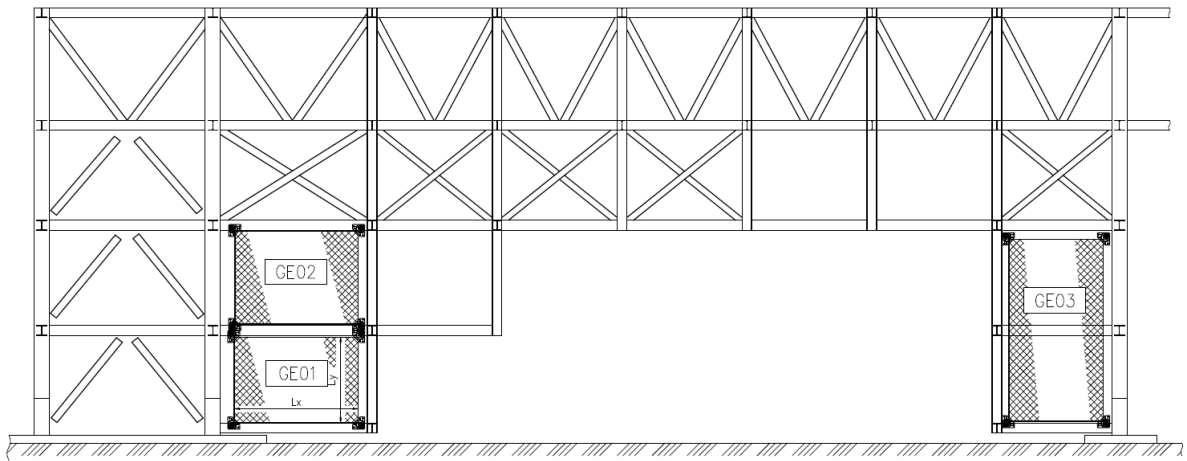
第 2.2-1 図 ネット割付展開図 (南側外面) (3/7)



第 2.2-1 図 ネット割付展開図 (南側内面) (4/7)



第 2.2-1 図 ネット割付展開図（北側内面）（5/7）



第 2.2-1 図 ネット割付展開図（東側内面）（6/7）



第 2.2-1 図 ネット割付展開図 (斜め部) (7/7)

- (2) ワイヤロープ及び接続治具（支持部）
評価における条件を以下に示す。

- a. ワイヤロープ
ワイヤロープの仕様を第2.2-3表に示す。

第2.2-3表 ワイヤロープの仕様

評価対象部位	仕様	径	破断荷重 F_{bw} (kN)	ワイヤグリップ効率 C_c
ワイヤロープ	7×7	φ16	165* ¹	0.8* ²

注記 *1：JIS G 3549の破断強度

*2：JIS B 2809及び（社）日本道路協会「小規模吊橋指針・同解説」

- b. ターンバックル
ターンバックルの仕様を第2.2-4表に示す。

第2.2-4表 ターンバックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
ターンバックル	86.8	130.2

- c. シャックル
シャックルの仕様を第2.2-5表に示す。

第2.2-5表 シャックルの仕様

評価対象部位	規格値 (kN)	許容限界 (kN)
シャックル	78.4	156.8

(3) 接続治具（固定部）

a. 接続治具（固定部）

評価における条件を以下に示す。

(a) 隅角部固定ボルト

隅角部固定ボルトの評価条件を第2.2-6表に示す。

第2.2-6表 隅角部固定ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	材質	ボルト本数 n_2
隅角部固定ボルト	M27	強度区分8.8	3本

(b) 取付プレート

イ. 支持架構設置

取付プレート（支持架構設置）の評価条件を第2.2-7表に示す。

第2.2-7表 取付プレート（支持架構設置）の評価条件

評価対象部位	材質	取付け孔位置寸法		取付け孔径 ϕd_1 (mm)	板厚 t_2 (mm)
		L_{p1} (mm)	L_{p2} (mm)		
取付プレート	SN490B	75.4	55	33	32

ロ. 鋼製枠設置

取付プレート（鋼製枠設置）の評価条件を第2.2-8表に示す。

第2.2-8表 取付プレート（鋼製枠設置）の評価条件

評価対象項目	材質	プレート長さ		取付け孔位置寸法 L_{p5} (mm)	面取り長さ L (mm)	取付け孔径 ϕd_2 (mm)	板厚 t_3 (mm)	溶接脚長 S_w (mm)
		L_{p3} (mm)	L_{p4} (mm)					
取付プレート	SS400	-	-	45	-	33	22	-
溶接部	SS400* ¹	100	130	-	25	-	-	9

注記 *1：母材である取付プレートの材質

- b. ネット取付金物等
 ネット取付金物等の評価条件を第2.2-9表に示す。

第2.2-9表 ネット取付金物等の評価条件

評価対象項目	ボルト径	材質	モーメント支点からの距離		取付け面から保持管中心までの距離H (mm)	評価対象の取付ボルト本数 n_3 (本)
			ボルトまで L_1 (mm)	保持管中心まで L_2 (mm)		
取付ボルト	M24	強度区分10.9	180.3	245.5	106.5	2
押さえボルト	M27		-※	-※	-※	-※

※押さえボルトには、モーメントによる荷重は作用しないため、対象外

2.3 防護板（鋼材）の評価条件

(1) 波及的影響評価

飛来物の衝突により鋼板の変形によって取付ボルトが破断し、鋼板が脱落しないことを確認するため、取付ボルトが許容限界未満であることを確認する。具体的には、鋼板に対する飛来物による衝撃荷重は、衝突位置部近傍のボルトに荷重が集中し塑性変形及び破断することが考えられるため、鋼板とボルトをモデル化し、ボルトの変形、破断を考慮した衝突解析にて許容限界を満足することを確認する。

a. 評価モデル

計算においては、鋼板をシェル要素で、取付ボルトはビーム要素でモデル化し、解析コード「LS-DYNA (R. 7. 1. 2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA (R. 7. 1. 2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

波及的影響評価の対象となる防護板(鋼材)の仕様を第2.3-1表、評価モデルを第2.3-1図に示す。

b. 材料モデル

材料モデルでは、取付ボルトの破断荷重を設定し、破断荷重を超えた取付ボルトは消去することにより取付ボルトの破断を表現する。

また、飛来物は保守的に破断荷重を超えても要素が消去しないものとする。

鋼板、取付ボルト及び飛来物に使用する鋼材の材料定数を第2.3-2表に示す。

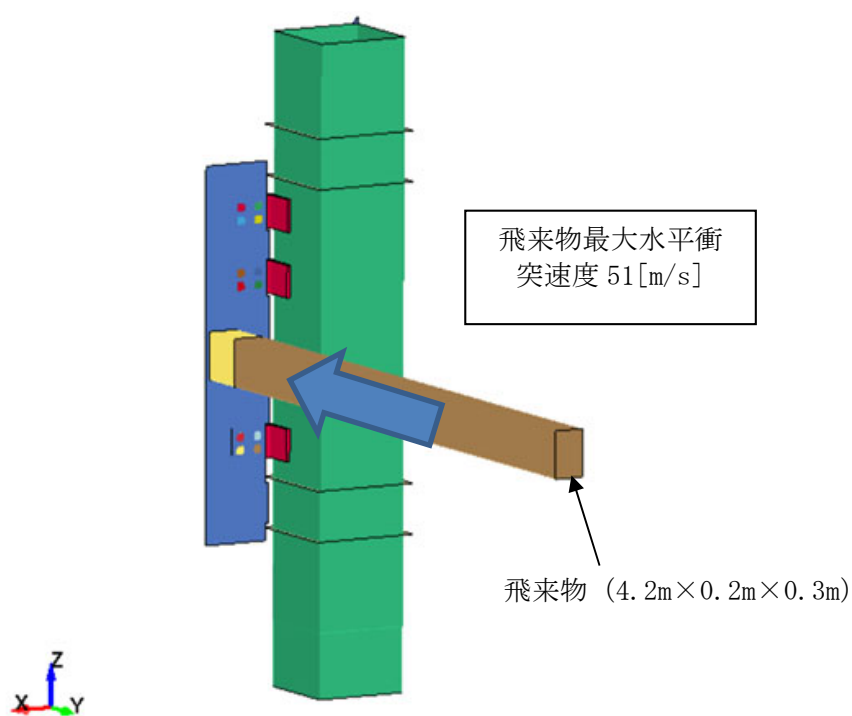
材料定数は、JIS及び「鋼構造設計規準」に基づき設定し、JIS規格値を使用することで実機より降伏しやすい評価とする。

第2.3-1表 防護板(鋼材)の評価に用いる条件

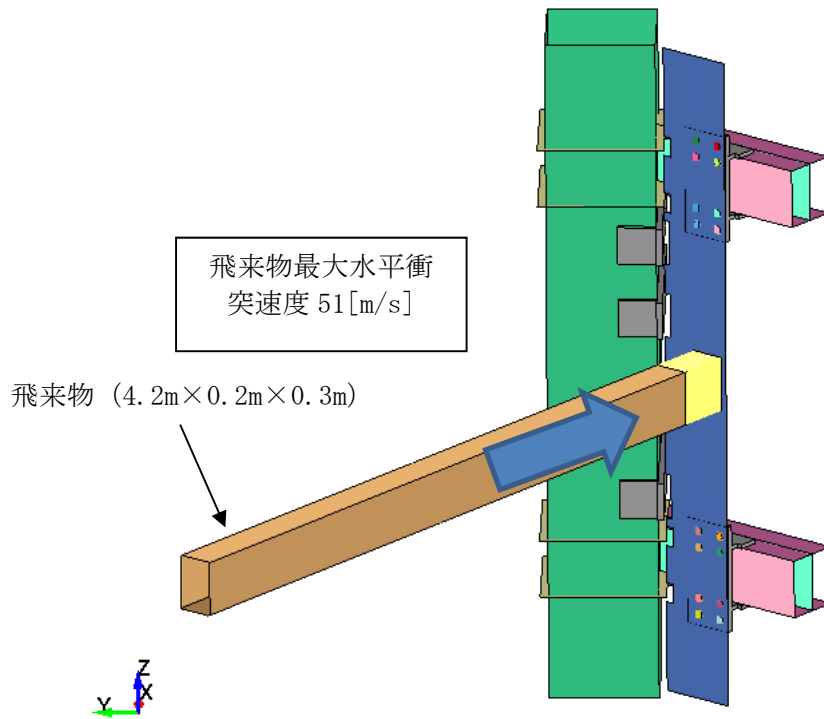
評価ケース	防護板(鋼材)の支持方法	飛来物速度(m/s)	防護板サイズ(mm)	全数(本)	取付ボルト径	取付ボルト引張強さSu(MPa)	取付ボルト有効断面積A _b (mm ²)
①	1辺で支持	51 (水平衝突)	400×2, 500	12	24	830	353
②	相対する2辺以上で支持	51 (水平衝突)	400×3, 500	16	24	830	353

第2.3-2表 材料定数

部材	材質	降伏応力 σ_y (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)	接線係数 E' (MPa)	ポアソン比
鋼板	SUS304	205	1.95×10^5	1, 350	0.3
取付ボルト	強度区分8.8	660	2.05×10^5	1, 410	0.3
飛来物	SN490B	325	2.05×10^5	1, 380	0.3



第2.3-1図(1/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース①)



第 2.3-1 図(2/2) 取付ボルト評価用の解析モデル図(ケース②)

2.4 支持架構の評価条件

支持架構の評価対象となる部材の仕様を第2.4-1表から第2.4-3表、評価に用いる材料物性値を第2.4-4表、許容限界を第2.4-5表に示す。

第2.4-1表 飛来物防護ネットの貫通評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり中央	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-2表 飛来物防護ネットの脱落評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	はり端部 (柱はり接合部)	H-400×400×13×21	SN490B

第2.4-3表 飛来物防護ネットの転倒評価対象部位

対象		仕 様 (mm)	材 質
支持架構	柱脚部1	□-600×600×32	G385
	柱脚部2	□-600×600×32	G385

第2.4-4表 材料定数

部材	材料	縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比
支持架構	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3
	G385		
飛来物	SN490B	2.05×10 ⁵	0.3

第2.4-5表 使用材料の許容限界

部材	材料	基準強度F (MPa)	備考
支持架構	SN490B	325	短期応力の許容応力度を1.1倍した値を許容限界として設定
	G385	385	
飛来物	SN490B	325	

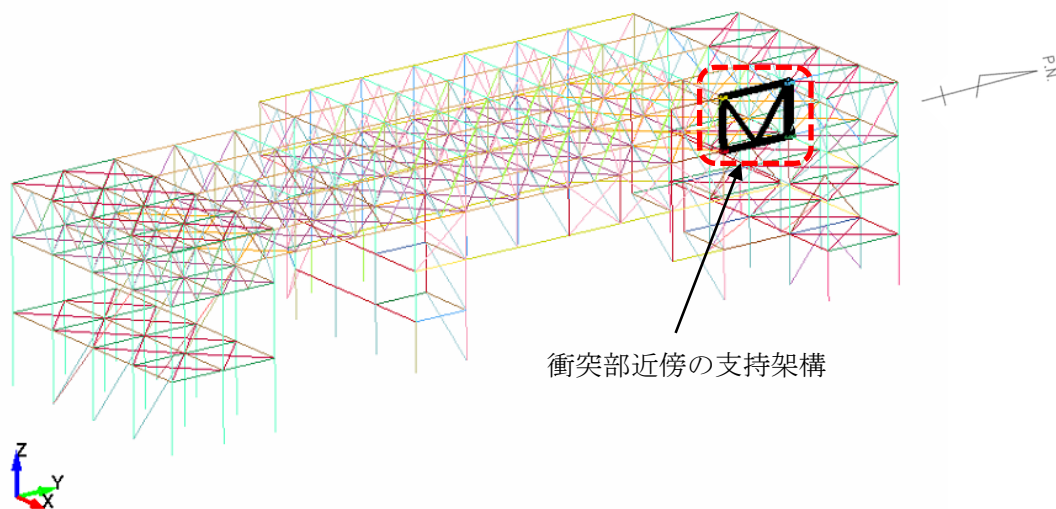
2.5 支持架構の評価モデル

(1) 評価モデル

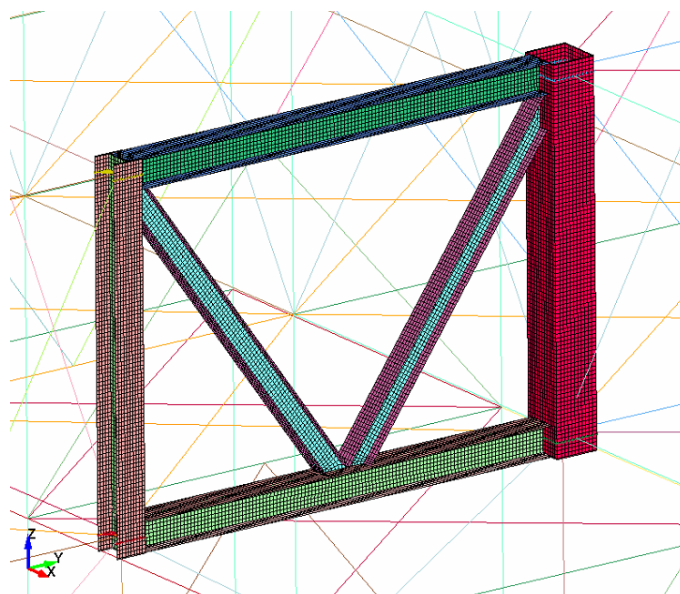
支持架構の評価モデルについては、支持架構全体を三次元フレームモデルによりモデル化し、解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」を用いて評価を実施する。

なお、評価に用いる解析コード「LS-DYNA(R.7.1.2)」の検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

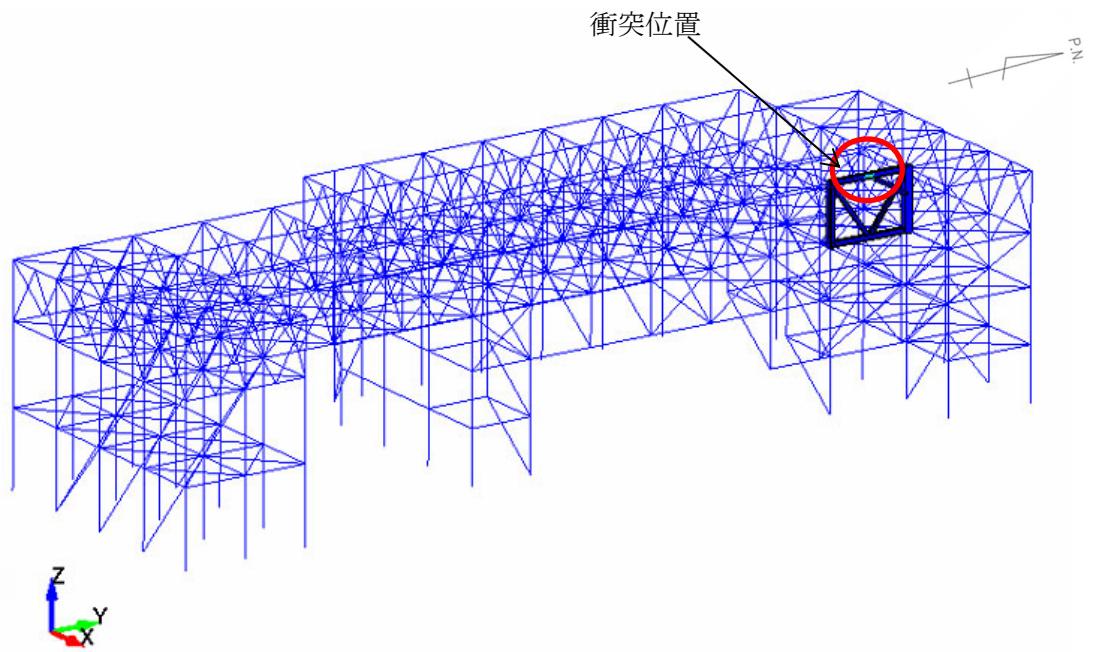
評価モデルを第2.5-1図に示す。また、「VI-1-1-1-2-4-1-2 竜巻防護対策設備の強度計算の方針」に基づき、飛来物の衝突位置を第2.5-2図に示す。



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(1/2)



第2.5-1図 飛来物防護ネットの評価モデル図(2/2)



第2.5-2図 飛来物衝突位置図

(2) 材料モデル

材料モデルでは、支持架構の破断ひずみを設定し、破断ひずみを超えた要素は消去することにより部材の破壊を表現する。鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、鋼材の材料モデルにおける折れ点の強度は、JISの規格値（降伏応力、引張強さ）の下限値に対してNEI07-13に従って動的増加率を乗じた値とする。動的増加率はNEI07-13に基づき、降伏応力1.29、引張強さ1.10とする。

また、飛来物は保守的に破断ひずみを超えても要素が消去しないものとし、破断ひずみはNEI07-13に従い0.14/TF（多軸性係数）とする。ここで、多軸性係数について、支持架構部材はTF = 2、飛来物はTF = 1とする。

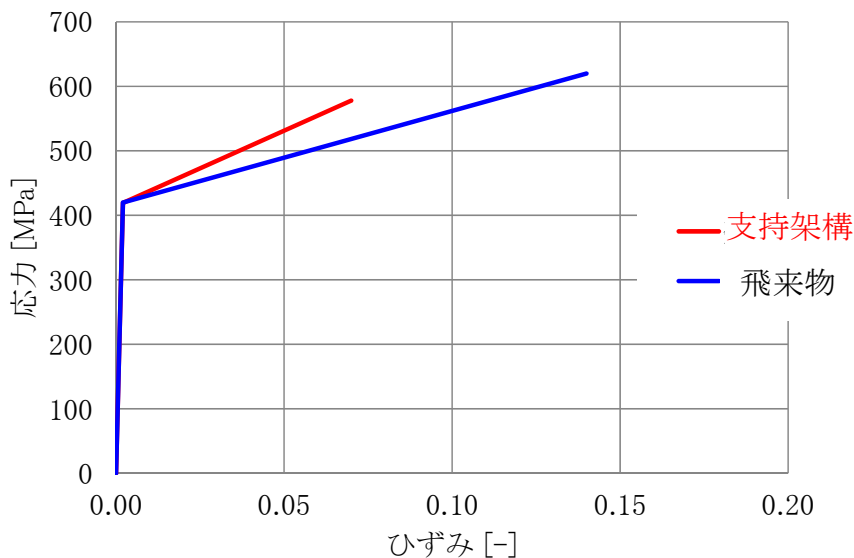
材料モデルの降伏応力及び引張強さの強度を第2.5-1表、材料モデルにおける破断ひずみを第2.5-2表、支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図を第2.5-3図に示す。

第2.5-1表 材料モデルの降伏応力及び引張強さ(単位：MPa)

種別	材質	規格値		材料モデル	
		降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
支持架構	SN490B	325	490	419	578
飛来物	SN490B	325	490	420	620

第2.5-2表 材料モデルにおける破断ひずみ

種別	材質	破断ひずみ
支持架構	SN490B	0.07



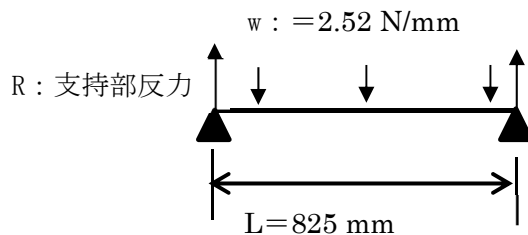
第2.5-3図 支持架構及び飛来物の応力-ひずみ線図

2.6 整流板の評価条件

(1) 評価条件

a. 整流板(本体)取付ボルト

整流板(本体)取付ボルトの評価モデルを第2.6-3図、整流板(本体)取付ボルトの評価条件を第2.6-2表に示す。整流板(本体)は梁モデルとし、風圧力による荷重が等分布に作用するものとして評価を行う。



第2.6-3図 整流板(本体)取付ボルト荷重算出モデル

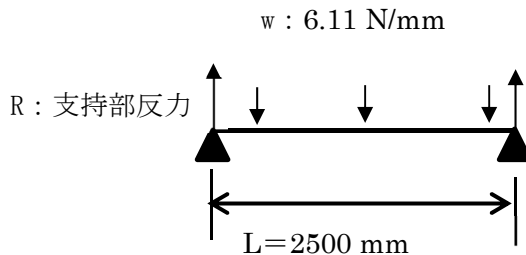
第2.6-2表 整流板(本体)取付ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	許容限界 (kN)	ボルト本数
整流板(本体)取付ボルト	M6	3.68 ^{*1}	1本

注記 *1: ボルトの引抜試験荷重×0.6した値

b. 整流板取付部材接続ボルト

整流板取付部材接続ボルトの評価モデルを第2.6-4図、整流板取付部材接続ボルトの評価条件を第2.6-3表に示す。整流板取付部材は梁モデルとし、風圧力による荷重が等分布に作用するものとして評価を行う。



第2.6-4図 整流板取付部材接続ボルト荷重算出モデル

第2.6-3表 整流板取付部材接続ボルトの評価条件

評価対象部位	ボルト径	許容限界 (kN)	ボルト本数
整流板取付部材接続ボルト	M16	21 ^{*1}	2本

注記 *1: 短期応力の許容応力度を許容限界として設定

3. 強度評価結果

3.1 防護ネットの強度評価結果

(1) 吸収エネルギー評価

竜巻発生時の吸収エネルギー評価結果を第3.1-1表に示す。

すべてのネットにおいて、作用する全エネルギー(E_t)は、ネットの限界吸収エネルギー(E_{max}')を下回っている。

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(1/2)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比 ^{*1} (-)
GT01	82	278	0.30
GT02-04	83	322	0.26
GT05	82	282	0.30
GT06-08	84	331	0.26
GT09	82	282	0.30
GT10-12	84	331	0.26
GT13	82	282	0.30
GT14-16	84	331	0.26
GT17	82	282	0.30
GT18-20	84	331	0.26
GT21	82	282	0.30
GT22-24	84	331	0.26
GT25	86	372	0.24
GT26-28	87	427	0.21
GW01-05	182	240	0.76
GW06-10	182	249	0.74
GW11-15	182	240	0.76
GS01	183	244	0.75
GS02	184	287	0.65
GS03	184	275	0.67
GS04-06	183	226	0.81

注記 *1 : 検定比 = E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

第3.1-1表 吸収エネルギー評価結果(2/2)

No.	E_t (kJ)	E_{max}' (kJ)	検定比* ¹ (-)
GS07	180	196	0.92
GS08	180	199	0.91
GS09	183	257	0.72
GN01-02	182	243	0.75
GN03	181	224	0.81
GN04-05	182	252	0.73
GN06	198	435	0.46
GN07-08	181	206	0.88
GE01	183	244	0.75
GE02	184	262	0.71
GE03	195	421	0.47
GSW01	181	205	0.89
GNW01	188	311	0.61
GNW02	190	335	0.57
GNW03	185	242	0.77

注記 *1: 検定比 = E_t/E_{max}' (小数第三位を切上げ)

(2) 破断評価

a. ネット

竜巻発生時の局部貫通（衝撃荷重）評価結果を第3.1-2表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物の衝撃荷重(F_a')は、ネットの許容荷重(F_n)を下回っている。

第3.1-2表 局部貫通（衝撃荷重）評価結果(1/2)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比 ^{*1} (-)
GT01	229.7	783	0.30
GT02-04	213.3	783	0.28
GT05	225.0	783	0.29
GT06-08	217.5	783	0.28
GT09	225.0	783	0.29
GT10-12	217.5	783	0.28
GT13	225.0	783	0.29
GT14-16	217.5	783	0.28
GT17	225.0	783	0.29
GT18-20	217.5	783	0.28
GT21	225.0	783	0.29
GT22-24	217.5	783	0.28
GT25	192.1	783	0.25
GT26-28	200.6	783	0.26
GW01-05	387.8	783	0.50
GW06-10	391.2	783	0.50
GW11-15	387.8	783	0.50
GS01	355.1	783	0.46
GS02	370.9	783	0.48
GS03	368.4	783	0.48
GS04-06	348.0	783	0.45

注記 *1: 検定比 = F_a' / F_n' (小数第三位を切上げ)

第3.1-2表 局部貫通（衝撃荷重）評価結果(2/2)

No.	F_a' (kN)	F_n' (kN)	検定比 ^{*1} (-)
GS07	394.1	783	0.51
GS08	395.7	783	0.51
GS09	384.1	783	0.50
GN01-02	383.5	783	0.49
GN03	408.7	783	0.53
GN04-05	386.8	783	0.50
GN06	292.7	783	0.38
GN07-08	365.3	783	0.47
GE01	352.5	783	0.46
GE02	364.0	783	0.47
GE03	291.5	783	0.38
GSW01	378.0	783	0.49
GNW01	301.8	783	0.39
GNW02	310.5	783	0.40
GNW03	305.5	783	0.40

注記 *1：検定比 = F_a' / F_n' (小数第三位を切上げ)

b. ワイヤロープ及び接続治具（支持部）

(a) ワイヤロープ

竜巻発生時の評価結果を第3.1-3表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重 (T_1') は、ワイヤロープの許容荷重 (P) を下回っている。

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	P (kN)	検定比*1 (-)
GT01	73.4	132	0.56
GT02-04	70.0	132	0.54
GT05	72.1	132	0.55
GT06-08	71.8	132	0.55
GT09	72.1	132	0.55
GT10-12	71.8	132	0.55
GT13	72.1	132	0.55
GT14-16	71.8	132	0.55
GT17	72.1	132	0.55
GT18-20	71.8	132	0.55
GT21	72.1	132	0.55
GT22-24	71.8	132	0.55
GT25	64.6	132	0.49
GT26-28	69.3	132	0.53
GW01-05	103.2	132	0.79
GW06-10	104.7	132	0.80
GW11-15	103.2	132	0.79
GS01	94.6	132	0.72
GS02	101.8	132	0.78
GS03	100.3	132	0.76
GS04-06	91.5	132	0.70

注記 *1：検定比 = T_1' / P (小数第三位を切上げ)

第3.1-3表 ワイヤロープ評価結果(2/2)

No.	T ₁ ' (kN)	P (kN)	検定比* ¹ (-)
GS07	101.2	132	0.77
GS08	101.9	132	0.78
GS09	103.4	132	0.79
GN01-02	102.2	132	0.78
GN03	107.5	132	0.82
GN04-05	103.7	132	0.79
GN06	85.7	132	0.65
GN07-08	94.6	132	0.72
GE01	94.0	132	0.72
GE02	98.3	132	0.75
GE03	85.1	132	0.65
GSW01	97.8	132	0.75
GNW01	83.7	132	0.64
GNW02	87.2	132	0.67
GNW03	81.2	132	0.62

注記 *1: 検定比 = T₁' / P (小数第三位を切上げ)

(b) ターンバックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-4表に示す。

発生荷重は、ターンバックルの許容限界を下回っている。

第3.1-4表 ターンバックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
ターンバックル	107.5 ^{*1}	130.2	0.83

注記 *1: ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2: 検定比 = 発生荷重/許容限界 (小数第三位を切上げ)

(c) シャックル

竜巻発生時の評価結果を第3.1-5表に示す。

発生荷重は、シャックルの許容限界を下回っている。

第3.1-5表 シャックルの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*2} (-)
シャックル	107.5 ^{*1}	156.8	0.69

注記 *1: ワイヤロープ張力が最大である T_1' の値を示す。

*2: 検定比 = 発生荷重/許容限界 (小数第三位を切上げ)

c. 接続冶具（固定部）

(a) 隅角部固定ボルト

接続冶具（固定部）のうち，隅角部固定ボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-6表に示す。ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は，隅角部固定ボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-6表 接続冶具（固定部）（隅角部固定ボルト）の評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力度比 ^{*1} (-)
GT01	73.4	71	334	0.22
GT02-04	70.0	67	334	0.21
GT05	72.1	69	334	0.21
GT06-08	71.8	69	334	0.21
GT09	72.1	69	334	0.21
GT10-12	71.8	69	334	0.21
GT13	72.1	69	334	0.21
GT14-16	71.8	69	334	0.21
GT17	72.1	69	334	0.21
GT18-20	71.8	69	334	0.21
GT21	72.1	69	334	0.21
GT22-24	71.8	69	334	0.21
GT25	64.6	62	334	0.19
GT26-28	69.3	67	334	0.21
GW01-05	103.2	100	334	0.30
GW06-10	104.7	101	334	0.31
GW11-15	103.2	100	334	0.30
GS01	94.6	91	334	0.28
GS02	101.8	98	334	0.30
GS03	100.3	97	334	0.30
GS04-06	91.5	87	334	0.27

注記 *1：応力度比 = 発生応力/許容限界（小数第三位を切上げ）

第3.1-6表 接続治具（固定部）（隅角部固定ボルト）の評価結果(2/2)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力度比 ^{*1} (-)
GS07	101.2	97	334	0.30
GS08	101.9	98	334	0.30
GS09	103.4	100	334	0.30
GN01-02	102.2	99	334	0.30
GN03	107.5	104	334	0.32
GN04-05	103.7	100	334	0.30
GN06	85.7	82	334	0.25
GN07-08	94.6	91	334	0.28
GE01	94.0	90	334	0.27
GE02	98.3	95	334	0.29
GE03	85.1	81	334	0.25
GSW01	97.8	94	334	0.29
GNW01	83.7	80	334	0.24
GNW02	87.2	83	334	0.25
GNW03	81.2	77	334	0.24

注記 *1：応力度比 = 発生応力/許容限界（小数第三位を切上げ）

(b) 取付プレート

(ア) 支持架構設置

接続治具（固定部）のうち、取付プレート（支持架構設置）の竜巻発生時の評価結果を第3.1-7表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、取付プレート（支持架構設置）の許容限界を下回っている。

第3.1-7表 接続治具（固定部）（取付プレート（支持架構設置））の評価結果(1/2)

No.	T_1' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力度比* ¹ (-)
GT01	73.4	30	187	0.17
GT02-04	70.0	29	187	0.16
GT05	72.1	30	187	0.17
GT06-08	71.8	30	187	0.17
GT09	72.1	30	187	0.17
GT10-12	71.8	30	187	0.17
GT13	72.1	30	187	0.17
GT14-16	71.8	30	187	0.17
GT17	72.1	30	187	0.17
GT18-20	71.8	30	187	0.17
GT21	72.1	30	187	0.17
GT22-24	71.8	30	187	0.17
GT25	64.6	27	187	0.15
GT26-28	69.3	29	187	0.16
GW01-05	103.2	42	187	0.23
GW06-10	104.7	43	187	0.23
GW11-15	103.2	42	187	0.23
GS01	94.6	39	187	0.21
GS03	100.3	41	187	0.22
GS04-06	91.5	38	187	0.21

注記 *1：応力度比 = 発生応力/許容限界（小数第三位を切上げ）

第3.1-7表 接続冶具（固定部）（取付プレート（支持架構設置））の評価結果(2/2)

No.	T ₁ ' (kN)	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	応力度比* ¹ (-)
GS09	103.4	42	187	0.23
GN01-02	102.2	42	187	0.23
GN03	107.5	44	187	0.24
GN04-05	103.7	43	187	0.23
GN06	85.7	35	187	0.19
GN07-08	94.6	39	187	0.21
GE01	94.0	39	187	0.21
GE02	98.3	40	187	0.22
GE03	85.1	35	187	0.19
GNW01	83.7	34	187	0.19
GNW02	87.2	36	187	0.20

注記 *1：応力度比 = 発生応力/許容限界（小数第三位を切上げ）

(イ) 鋼製枠設置

接続治具（固定部）のうち、取付プレート（鋼製枠設置）の竜巻発生時の評価結果を第3.1-8表に示す。

ワイヤロープが負担する荷重(T_1')による発生応力は、取付プレート（鋼製枠設置）の許容限界を下回っている。

第3.1-8表 接続治具（固定部）（取付プレート（鋼製枠設置））の評価結果

No.	T_1' (kN)	発生応力(MPa)		許容限界(MPa)		応力度比 ^{*1} (-)	
		溶接部	プレート	溶接部	プレート	溶接部	プレート
GS02	101.8	56	82	135	135	0.42	0.61
GS07	101.2	56	81	135	135	0.42	0.60
GS08	101.9	56	82	135	135	0.42	0.61
GSW01	97.8	54	78	135	135	0.40	0.58
GNW03	81.2	45	65	135	135	0.34	0.49

注記 *1：応力度比 = 発生応力/許容限界（小数第三位を切上げ）

d. 接続部

ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの竜巻発生時の評価結果を第3.1-9表に示す。

発生応力は、取付ボルト及び押さえボルトの許容限界を下回っている。

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(1/2)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力度比 ^{*1} (-)	
	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト	取付ボルト	押さえボルト
GT01	196	455	727	727	0.27	0.63
GT02-04	188	434	727	727	0.26	0.60
GT05	193	447	727	727	0.27	0.62
GT06-08	193	445	727	727	0.27	0.62
GT09	193	447	727	727	0.27	0.62
GT10-12	193	445	727	727	0.27	0.62
GT13	193	447	727	727	0.27	0.62
GT14-16	193	445	727	727	0.27	0.62
GT17	193	447	727	727	0.27	0.62
GT18-20	193	445	727	727	0.27	0.62
GT21	193	447	727	727	0.27	0.62
GT22-24	193	445	727	727	0.27	0.62
GT25	171	402	727	727	0.24	0.56
GT26-28	187	430	727	727	0.26	0.60
GW01-05	242	651	727	727	0.34	0.90
GW06-10	247	660	727	727	0.34	0.91
GW11-15	242	651	727	727	0.34	0.90
GS01	221	597	727	727	0.31	0.83
GS03	237	634	727	727	0.33	0.88
GS04-06	210	578	727	727	0.29	0.80

注記 *1: 応力度比 = 発生応力/許容限界 (小数第三位を切上げ)

第3.1-9表 ネット取付金物等のうち取付ボルト及び押さえボルトの評価結果(2/2)

No.	発生応力 (MPa)		許容限界 (MPa)		応力度比 ^{*1} (-)	
	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト	取付 ボルト	押さえ ボルト
GS09	452	652	727	727	0.63	0.90
GN01-02	449	645	727	727	0.62	0.89
GN03	474	677	727	727	0.66	0.94
GN04-05	455	654	727	727	0.63	0.90
GN06	369	545	727	727	0.51	0.75
GN07-08	414	596	727	727	0.57	0.82
GE01	410	593	727	727	0.57	0.82
GE02	428	619	727	727	0.59	0.86
GE03	367	543	727	727	0.51	0.75
GNW01	194	531	727	727	0.27	0.74
GNW02	205	553	727	727	0.29	0.77

注記 *1 : 応力度比 = 発生応力/許容限界 (小数第三位を切上げ)

(3) たわみ評価

竜巻発生時の評価結果を第3.1-10表に示す。

すべてのネットにおいて、飛来物の衝突によるネット全体の最大たわみ量(δ_t')は、防護ネットと竜巻防護対象施設の最小離隔距離(L_{min})を下回っている。

第3.1-10表 たわみ評価結果(1/2)

No.	最大たわみ量 δ_t' (m)	最小離隔距離 L_{min} (m)	検定比 ^{*1} (-)
GT01	1.55	2.97	0.53
GT02-04	1.68	2.97	0.57
GT05	1.58	2.97	0.54
GT06-08	1.68	2.97	0.57
GT09	1.58	2.97	0.54
GT10-12	1.68	2.97	0.57
GT13	1.58	2.97	0.54
GT14-16	1.68	2.97	0.57
GT17	1.58	2.97	0.54
GT18-20	1.68	2.97	0.57
GT21	1.58	2.97	0.54
GT22-24	1.68	2.97	0.57
GT25	1.88	2.97	0.64
GT26-28	1.90	2.97	0.64
GW01-05	1.90	2.54	0.75
GW06-10	1.90	2.26	0.85
GW11-15	1.90	2.32	0.82
GS01	2.06	2.69	0.77
GS02	2.03	2.69	0.76
GS03	2.03	2.80	0.73
GS04-06	2.07	5.11	0.41

注記 *1: 検定比 = δ_t' / L_{min} (小数第三位を切上げ)

第3.1-10表 たわみ評価結果(2/2)

No.	最大たわみ量 δ_t' (m)	最小離隔距離 L_{\min} (m)	検定比 ^{*1} (-)
GS07	1.83	3.39	0.54
GS08	1.82	2.95	0.62
GS09	1.94	2.95	0.66
GN01-02	1.92	6.32	0.31
GN03	1.81	6.32	0.29
GN04-05	1.92	6.41	0.30
GN06	2.70	6.41	0.43
GN07-08	1.96	6.67	0.30
GE01	2.07	9.81	0.22
GE02	2.05	10.13	0.21
GE03	2.65	10.13	0.27
GSW01	1.89	3.88	0.49
GNW01	2.44	3.23	0.76
GNW02	2.43	2.60	0.94
GNW03	2.33	2.59	0.90

注記 *1: 検定比 = δ_t' / L_{\min} (小数第三位を切上げ)

3.2 防護板（鋼材）の強度評価結果

(1) 貫通評価

防護板（鋼材）の貫通評価結果を第3.2-1表に示す。

防護板（鋼材）の設計板厚は、許容限界板厚を上回っており、飛来物が防護板（鋼材）を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

第3.2-1表 防護板の強度評価結果

評価対象部位	許容限界板厚 (mm)	設計板厚 (mm)
防護板（鋼材） （補助防護板含む）	8.2	9.0

(2) 波及的影響評価

取付ボルトの強度評価結果を第5.2-2表に示す。

ボルトが2本以上破断せずに残るため、防護板（鋼材）は脱落しないことから健全である。

第5.2-2表 取付ボルトの強度評価結果

評価対象部位	評価ケース	全数 (本)	残存数 (本)	必要残存数 (本)
取付ボルト	①	12	8	2
	②	16	16	2

3.3 支持架構の強度評価結果

(1) 貫通評価

飛来物が飛来物防護ネットから離れる直前の衝突位置拡大図を第3.3-1図及び飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻での衝突位置拡大図を第3.3-2図に示す。

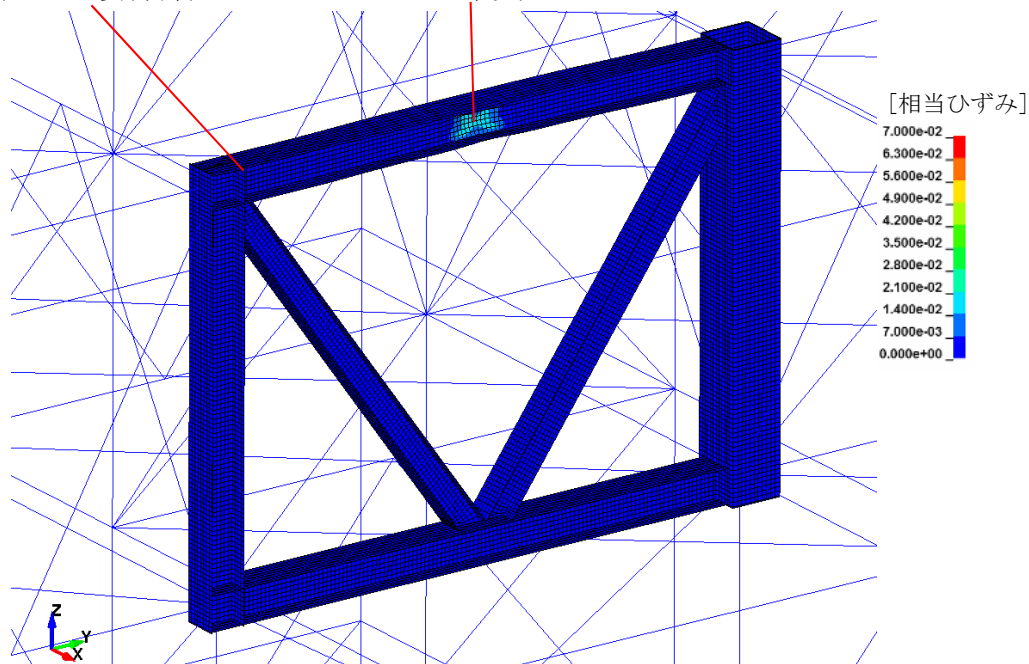
評価結果、支持架構のはり中央は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、飛来物は評価対象部位を貫通しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。

また、変形量も微小な範囲に留まっており、支持架構の構造健全性には影響ないと判断できることから、倒壊評価は実施しない。

はり端部

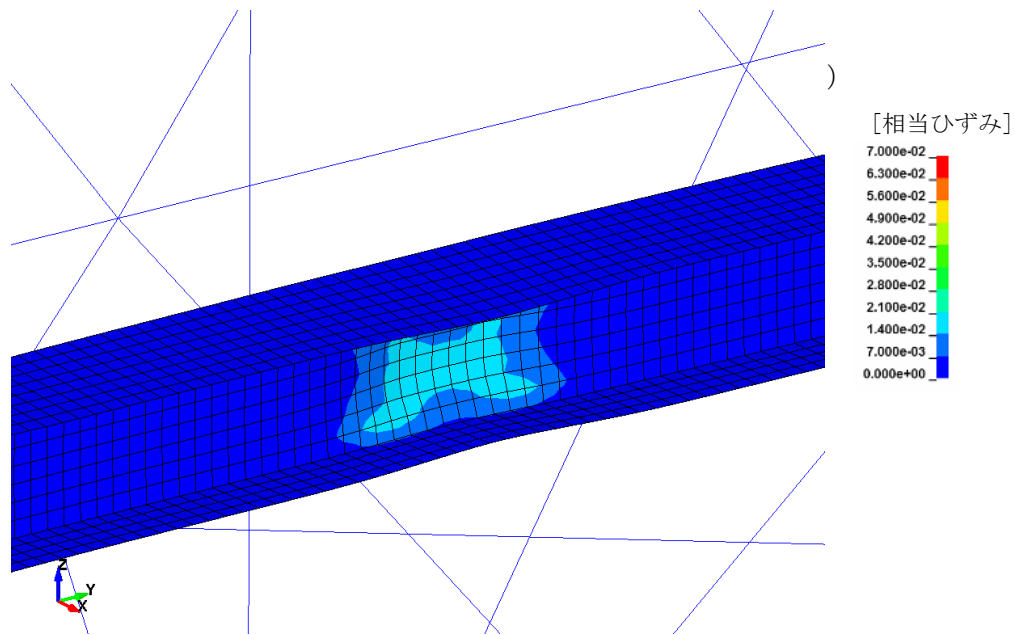
(柱はり接合部)

はり中央



第3.3-1図 衝突位置拡大図

(飛来物防護ネットに最大ひずみが発生する時刻)



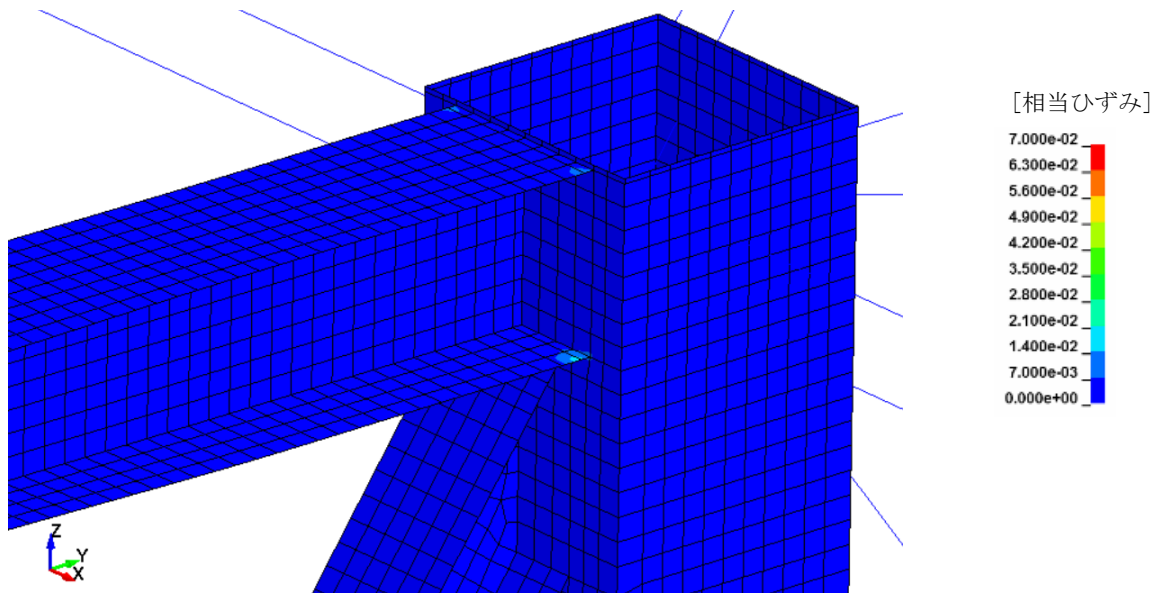
第3.3-2図 衝突位置拡大図

(2) 波及的評価

a. 脱落評価

飛来物防護ネットの部材の接続部に最大ひずみが発生する時刻でのはり端部(柱はり接合部)拡大図を第3.3-3図に示す。

評価結果、支持架構のはり端部は破断ひずみを超え消去する要素は発生しておらず、部材は脱落しないことから、飛来物による衝撃荷重に対して十分な構造強度を有している。



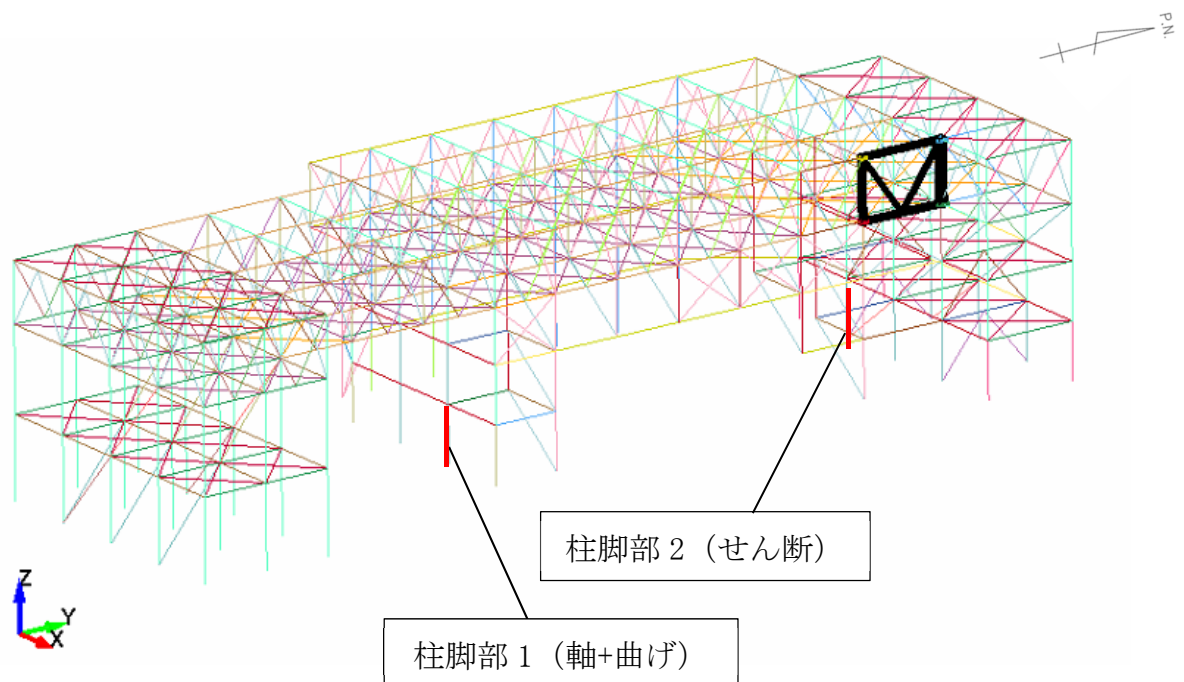
第3.3-3図 はり端部(柱はり接合部)拡大図

b. 転倒評価

飛来物防護ネットの支持架構全体の転倒評価結果を第3.3-1表に示す。また、最大応力度比の発生箇所を第3.3-4図に示す。
 評価結果が許容限界を超えないことから、支持架構全体は、十分な構造強度を有している。

第3.3-1表 支持架構全体の転倒評価結果

対象	部 材		応力度	発生応力度 (MPa)	許容応力度 (MPa)	応力度比
飛来物防護ネット	支持架構	柱脚部1	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t =$ 423	—
			圧 縮	$\sigma_c =$ 18.17	$f_c =$ 408	0.05
			曲 げ	$\sigma_{bx} =$ 33.07	$f_{bx} =$ 423	0.08
				$\sigma_{by} =$ 77.59	$f_{by} =$ 423	0.19
			せ ん 断	$\tau_s =$ 8.29	$f_s =$ 244	0.04
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.32	(許容値) 1.00	0.32
		柱脚部2	引 張	$\sigma_t =$ —	$f_t =$ 423	—
			圧 縮	$\sigma_c =$ 27.60	$f_c =$ 408	0.07
			曲 げ	$\sigma_{bx} =$ 4.40	$f_{bx} =$ 423	0.02
				$\sigma_{by} =$ 63.05	$f_{by} =$ 423	0.15
			せ ん 断	$\tau_s =$ 34.75	$f_s =$ 244	0.15
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.24	(許容値) 1.00	0.24



第3.3-4図 飛来物防護ネットの最大応力度比の発生箇所

3.4 整流板の強度評価結果

a. 整流板(本体)取付ボルト

整流板(本体)取付ボルトの評価結果を第3.4-1表に示す。

第3.4-2表 整流板(本体)取付ボルトの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*1} (-)
整流板(本体)取付ボルト	2.08	3.68	0.57

注記 *1: 検定比 = 発生荷重/許容限界 (小数第三位を切上げ)

b. 整流板取付部材接続ボルト

整流板取付部材接続ボルトの評価結果を第3.4-2表に示す。

第3.4-2表 整流板取付部材接続ボルトの評価結果

評価対象部位	発生荷重 (kN)	許容限界 (kN)	検定比 ^{*1} (-)
整流板取付部材接続ボルト	3.82	21	0.19

注記 *1: 検定比 = 発生荷重/許容限界 (小数第三位を切上げ)

VI-1-1-1-2-4-2-3
屋外の重大事故等対処設備の固縛に
関する強度計算書

1. 概要 1

2. 評価条件及び評価結果 1

1. 概要

本計算書は、屋外の重大事故等対処設備の固縛装置及び固定装置の構造強度評価について、添付書類「VI-1-1-1-2-4-1-3 屋外の重大事故等対処設備の固縛に関する強度計算の方針」に基づき算出した結果を示す。

2. 評価条件及び評価結果

2.1 固縛装置の評価条件及び評価結果

固縛装置の評価条件及び評価結果を別紙 1 から別紙 10 に示す。

2.2 固定装置の評価条件及び評価結果

固定装置の評価条件及び評価結果を別紙 11 から別紙 14 に示す。

別紙 1

可搬型中型移送ポンプ運搬車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	9.220
固縛対象設備の幅	W	m	2.490
固縛対象設備の高さ	H	m	3.460
固縛対象設備の重量	m	kg	12540
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.615
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	22.958
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	31.901
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	69.4
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	55.5
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	39.5

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	590
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.915
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	53.0
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	7.8
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	52.6

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	7.119
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	8.638
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	23.7
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	63.1
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	233.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	749.3
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	599.3
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	1149.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	1313.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	164.6	250	1.51

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リ ンクボルト	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	164.6	735.5	4.46

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	19672.6	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
98.4	2955.0	2.34

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	27.0	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
16.5	42.5	0.283	1.0	2.57

* 最小裕度のみ記載

別紙 2-1

運搬車の
固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	9.315
固縛対象設備の幅	W	m	2.480
固縛対象設備の高さ	H	m	2.980
固縛対象設備の重量	m	kg	6150
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	7.390
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	23.101
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	27.759
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	50.7
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	41.1
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	29.4

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	300
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.925
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	41.7
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	8.3
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	41.0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.338
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.576
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	A_α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	74.3
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	54.1
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	203.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	447.8
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	289.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	702.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	670.4

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	105.7	250	2.36

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	105.7	735.5	6.95

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	12231.4	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
61.2	2955.0	3.78

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	17.2	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
9.9	42.5	0.108	1.0	4.27

* 最小裕度のみ記載

別紙 2-2

運搬車の
固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	9.325
固縛対象設備の幅	W	m	2.320
固縛対象設備の高さ	H	m	2.960
固縛対象設備の重量	m	kg	5930
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	6.867
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	21.634
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	27.602
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	50.7
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	41.3
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	29.1

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	300
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	1.0
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	41.0
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	11.4
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	39.7

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.196
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.522
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	A_α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	$A D$	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	mm	170
へりあき寸法	C	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	71.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	50.3
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	202.0
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	448.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	287.9
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	701.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	672.3

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	106.9	250	2.33

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	106.9	735.5	6.88

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	12231.7	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
61.7	2955.0	3.73

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	17.3	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
10.1	42.5	0.112	1.0	4.20

* 最小裕度のみ記載

別紙 3-1

ホース展張車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	8.460
固縛対象設備の幅	W	m	2.490
固縛対象設備の高さ	H	m	3.250
固縛対象設備の重量	m	kg	10420
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.093
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	21.065
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	27.495
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	66.9
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	53.1
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	38.6

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.930
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	30.9
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	4.9
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	30.6

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.474
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.558
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	$A \alpha$	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	$A D$	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	28.8
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	59.2
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	201.3
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	445.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	251.3
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	719.7
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	635.6

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	140.1	250	1.78

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	140.1	735.5	5.24

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート の強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。
アンカープレート に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレート の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	15128.9	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
75.7	2955.0	3.04

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。
アンカーボルト に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	21.8	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
15.1	73.6	15.1	42.5	2.81

* 最小裕度のみ記載

別紙 3-2

ホース展張車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	8.90
固縛対象設備の幅	W	m	2.490
固縛対象設備の高さ	H	m	3.490
固縛対象設備の重量	m	kg	11750
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.690
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	22.161
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	31.061
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	68.0
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	54.1
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	38.8

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.915
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	32.4
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	10.7
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	30.8

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.714
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.798
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	$A \alpha$	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	$A D$	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	27.9
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	63.6
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	227.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	463.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	264.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	742.3
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	683.4

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	138.5	250	1.80

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	135.5	735.5	5.31

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	15136.5	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
75.7	2955.0	3.04

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	21.7	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
14.7	42.5	0.205	1.0	2.89

* 最小裕度のみ記載

別紙 3-3

ホース展張車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	8.390
固縛対象設備の幅	W	m	2.490
固縛対象設備の高さ	H	m	3.280
固縛対象設備の重量	m	kg	11970
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.167
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	20.891
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	27.519
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	71.8
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	56.8
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	41.4

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	900
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.915
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	60.3
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	10.7
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	59.7

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	7.127
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	8.974
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	C	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	13.40
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	59.8
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	201.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	854.7
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	755.9
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	1308.0
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	1555.8

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	179.2	250	1.39

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	179.2	735.5	4.10

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート の強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。
アンカープレート に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレート の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	21414.6	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
107.1	2955.0	2.15

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。
アンカーボルト に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	28.9	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
19.5	42.5	0.363	1.0	2.17

* 最小裕度のみ記載

別紙 4

軽油用タンクローリーの 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	6.70
固縛対象設備の幅	W	m	2.20
固縛対象設備の高さ	H	m	2.470
固縛対象設備の重量	m	kg	4530
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	5.434
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	14.74
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	16.55
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	54.8
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	43.2
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	32.4

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	870
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	1.060
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	57.2
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	9.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	56.7

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.157
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	8.114
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	H	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	40.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	39.8
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	121.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	485.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	586.8
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	903.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	973.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	115.8	250	2.15

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (側面方向 浮き上がり)	115.8	735.5	6.35

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	13871.3	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
69.4	2955.0	3.32

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	18.9	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
12.2	42.5	0.147	1.0	3.48

* 最小裕度のみ記載

別紙 5-1

大型移送ポンプ車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	11.580
固縛対象設備の幅	W	m	2.495
固縛対象設備の高さ	H	m	3.520
固縛対象設備の重量	m	kg	23290
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.782
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	28.892
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	40.762
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	70.3
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	47.9

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.913
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	35.4
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	18.3
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	30.8

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.634
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.753
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	64.3
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	298.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(正面)	P_i	kN	610.0
固縛対象設備に作用する動的荷重(側面)	P_i	kN	382.1

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向)	125.5	250	1.99

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リ ンクボルト	動的荷重 (横滑り)	125.5	735.5	5.86

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり時)	11772.9	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
58.9	2955.0	3.91

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	16.8	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
12.8	42.5	0.136	1.0	3.32

* 最小裕度のみ記載

別紙 5-2

大型移送ポンプ車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	11.995
固縛対象設備の幅	W	m	2.495
固縛対象設備の高さ	H	m	3.510
固縛対象設備の重量	m	kg	24870
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.757
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	29.928
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	42.102
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	72.0
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	48.8

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.915
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	35.1
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	17.9
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	30.8

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.624
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.743
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	64.1
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	308.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(正面)	P_i	kN	625.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(側面)	P_i	kN	396.0

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	128.4	250	1.94

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リ ンクボルト	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	128.4	735.5	5.72

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上り時)	12112.8	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
60.6	2955.0	3.80

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	17.3	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
13.2	42.5	0.143	1.0	3.21

* 最小裕度のみ記載

別紙 5-3

大型移送ポンプ車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	12.690
固縛対象設備の幅	W	m	2.495
固縛対象設備の高さ	H	m	3.530
固縛対象設備の重量	m	kg	24830
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.807
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	31.662
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	44.796
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	70.5
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	47.3

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.915
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	35.1
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	17.9
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	30.8

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A_{RP}	mm^2	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E_{RP}	N/mm^2	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L_{RP1}	m	6.644
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L_{RP2}	m	7.763
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n_1	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n_2	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	A_α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	L	mm	170
へりあき寸法	C	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	64.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	327.9
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	626.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	396.8

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向)	128.6	250	1.94

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リ ンクボルト	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	128.6	735.5	5.71

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上り時)	12129.8	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
60.7	2955.0	3.79

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 横滑り時)	17.3	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
13.2	42.5	0.143	1.0	3.21

* 最小裕度のみ記載

別紙 6

監視測定用運搬車の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	6.320
固縛対象設備の幅	W	m	2.180
固縛対象設備の高さ	H	m	2.260
固縛対象設備の重量	m	kg	3140
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	4.927
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	13.778
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	14.283
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	48.2
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	37.9
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	28.8

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	5
固縛装置の設計余長	X	mm	150
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	1.070
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	30.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	10.8
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	28.7

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	5.302
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	6.544
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	A_α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	Mm	22
アンカーボルトの頭部直径	$A D$	Mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	Mm	170
へりあき寸法	c	Mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	45.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	36.1
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	104.6
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	279.7
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	144.8
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：正面)	P_i	kN	452.5
固縛対象設備に作用する動的荷重(浮き上がり：側面)	P_i	kN	341.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	89.2	250	2.80

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	89.2	735.5	8.24

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート の強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレート の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	9593.4	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
48.0	2955.0	4.80

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	動的荷重 (正面方向 浮き上がり)	13.8	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
9.6	42.5	0.086	1.0	4.42

* 最小裕度のみ記載

別紙 7 - 1

けん引車の固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	3.410
固縛対象設備の幅	W	m	1.445
固縛対象設備の高さ	H	m	1.940
固縛対象設備の重量	m	kg	4360
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	2.8033
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	4.92745
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	6.6154
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	64.0
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	50.5

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	3
固縛装置の設計余長	X	mm	0
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	1437.5
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	1.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	1.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A_{RP}	mm^2	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E_{RP}	N/mm^2	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L_{RP1}	m	4.673
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L_{RP2}	m	6.111
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n_1	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n_2	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	$A \alpha$	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	$A D$	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	mm	350
へりあき寸法	C	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	-
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	20.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	48.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	2.9
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	4.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	16.2	250	15.43

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	16.2	735.5	45.40

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレートの強度評価結果を第2.2.2-1表に示す。
アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2.2-1表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	1108.0	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
5.6	2955.0	41.57

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.3-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.3-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	1.8	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
2.1	42.5	0.003	1.0	20.23

* 最小裕度のみ記載

別紙 7 - 2

けん引車の固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	3.410
固縛対象設備の幅	W	m	1.445
固縛対象設備の高さ	H	m	1.940
固縛対象設備の重量	m	kg	4360
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	2.8033
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	4.9275
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	6.6154
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	64.0
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	50.5

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	3
固縛装置の設計余長	X	mm	0
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	1437.5
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	1.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	1.5
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	4.673
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	6.111
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	550
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d_t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	接着系アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	$A \alpha$	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	30
アンカーボルトの埋込み長さ	$A L$	mm	350
へりあき寸法	C	mm	400
へりあき寸法及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数	α_1	—	0.81
	α_2	—	0.81
	α_3	—	1
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	-
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	20.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	48.4
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：正面)	P_i	kN	2.9
固縛対象設備に作用する動的荷重(横滑り：側面)	P_i	kN	4.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	16.2	250	15.43

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	16.2	735.5	45.40

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート の強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。
アンカープレート に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレート の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	横滑り荷重 (側面方向 浮き上がり)	1108.0	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
5.6	2955.0	41.57

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。
アンカーボルト に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
接着系 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	1.8	163.2

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
2.1	127.9	0.001	1.0	60.9

* 最小裕度のみ記載

別紙 8

ホイールローダの 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	7.710
固縛対象設備の幅	W	m	2.690
固縛対象設備の高さ	H	m	3.280
固縛対象設備の重量	m	kg	14020
固縛対象設備と路面の静摩擦係数	μ_s	—	0.44
固縛対象設備と路面の動摩擦係数	μ_d	—	0.29
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	8.823
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	20.740
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	25.289
固縛対象設備が浮き上がりを開始する風速	$V_{SAS,F}$	m/s	—
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(正面)	$V_{SAS,S}$	m/s	61.2
固縛対象設備が横滑りを開始する風速(側面)	$V_{SAS,S}$	m/s	46.3

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	4
固縛装置の設計余長	X	mm	0
固縛対象設備と固縛装置(アンカー点)のオフセット量	L_{OF}	m	0.815
浮き上がり時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V1}	°	20.3
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_{V2}	°	20.3
横滑り時に固縛装置の連結材(サイドロープ)と定着面となす角度	θ_H	°	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A _{RP}	mm ²	380.13
高強度繊維ロープの弾性係数	E _{RP}	N/mm ²	15785
高強度繊維ロープの長さ(側面方向)	L _{RP1}	m	6.389
高強度繊維ロープの長さ(正面方向)	L _{RP2}	m	7.258
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n ₁	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 フレノ・リンクボルトの評価条件

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 フレノ・リンクボルトの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	フレノ・リンクボルト	A-48L

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのフレノ・リンクボルトの配置数	n ₂	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうち、アンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	_B B	mm	550
アンカープレートの厚さ	_t t	mm	36
アンカープレートの板厚芯からフレノ・リンクボルト芯までの高さ	h	mm	132
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L ₁	mm	400
アンカープレート端部から引張側のアンカーボルト芯までの距離	d _t	mm	475
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n ₂	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	8
引張側アンカーボルトの本数	n'	本	3
アンカーボルトのネジ部における断面積の低減を考慮した係数	_A α	—	0.75
アンカーボルトの呼び径	_A d _a	mm	22
アンカーボルトの頭部直径	_A D	mm	35
アンカーボルトの埋込長さ	_A L	mm	170
へりあき寸法	c	mm	400
コンクリートの設計基準強度	F _C	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_v	kN	—
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	64.6
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	185.1
固縛対象設備に作用する動的荷重(正面)	P_i	kN	8.2
固縛対象設備に作用する動的荷重(側面)	P_i	kN	13.5

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 4.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向)	49.4	250	5.06

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 フレノ・リンクボルトの評価結果

固定材のうち、フレノ・リンクボルトの強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

フレノ・リンクボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 フレノ・リンクボルトの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
フレノ・リンクボルト	横滑り荷重 (側面方向)	49.4	735.5	14.88

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
アンカー プレート	横滑り荷重 (側面方向)	4766.8	46064.7

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
23.9	2955.0	9.66

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向)	7.1	73.6

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
5.8	42.5	0.028	1.0	7.32

* 最小裕度のみ記載

別紙 9-1

可搬型放水砲の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	3.8
固縛対象設備の幅	W	m	2.2
固縛対象設備の高さ	H	m	2.088
固縛対象設備の重量	m	kg	2200
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	4.594
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	7.943
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	8.360

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	2
固縛装置の設計余長	X	mm	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A_{RP}	mm^2	153.9
高強度繊維ロープの弾性係数	E_{RP}	N/ mm^2	15785
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n_1	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 シャックルの評価条件

固定材のうち、シャックルの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 シャックルの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	シャックル	SD22

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのシャックルの配置数	n_2	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうちアンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	300
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	22
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	200
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	4
引張側アンカーボルトの本数	N'	本	2
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	19
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	32
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	170
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	27.2
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	58.1
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	33.6

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	52.8	78.7	1.49

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 シャックルの評価結果

固定材のうち、シャックルの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

シャックルに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 シャックルの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
シャックル	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	52.8	203.9	3.86

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した

。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)		許容限界 (kN・mm)	
		X	Y	X	Y
アンカー プレート	横滑り荷重 (正面方向 横滑り)	855.4	2124.0	8530.5	8530.5

せん断力 (kN)		許容限界 (kN)		裕度*
X	Y	X	Y	
26.4	26.4	895.5	895.5	4.0

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	13.2	66.63

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
19.201	46.64	0.21	1.0	2.4

* 最小裕度のみ記載

別紙 9 - 2

可搬型放水砲の 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	3.8
固縛対象設備の幅	W	m	2.2
固縛対象設備の高さ	H	m	2.088
固縛対象設備の重量	m	kg	2200
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m ²	4.594
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m ²	7.987
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m ²	8.415

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	2
固縛装置の設計余長	X	mm	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A_{RP}	mm ²	153.9
高強度繊維ロープの弾性係数	E_{RP}	N/mm ²	15785
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n_1	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 シャックルの評価条件

固定材のうち、シャックルの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 シャックルの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	シャックル	SD22

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのシャックルの配置数	n_2	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうちアンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	300
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	22
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	200
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	4
引張側アンカーボルトの本数	N'	本	2
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	19
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	32
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	170
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	27.4
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	58.5
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	33.6

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	53.1	78.7	1.48

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 シャックルの評価結果

固定材のうち、シャックルの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

シャックルに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 シャックルの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
シャックル	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	53.1	203.9	3.84

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した

。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)		許容限界 (kN・mm)	
		X	Y	X	Y
アンカー プレート	横滑り荷重 (正面方向 横滑り)	861.9	2139.0	8530.5	8530.5

せん断力 (kN)		許容限界 (kN)		裕度*
X	Y	X	Y	
26.6	26.6	895.5	895.5	4.0

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	13.3	66.63

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
19.327	46.64	0.21	1.0	2.4

* 最小裕度のみ記載

別紙 10

ホースコンテナの 固縛装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固縛対象設備の評価条件

固縛対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固縛対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	4.91
固縛対象設備の幅	W	m	2.29
固縛対象設備の高さ	H	m	2.16
固縛対象設備の重量	m	kg	1625
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	4.946
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	10.606
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	11.244

1.2 固縛装置の評価条件

固縛装置の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 固縛装置の評価条件

項目	記号	単位	数値
固縛装置の設置箇所数	N	箇所	2
固縛装置の設計余長	X	mm	0

1.3 連結材の評価条件

連結材の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 連結材の評価条件

項目	記号	単位	数値
高強度繊維ロープの有効断面積	A_{RP}	mm^2	153.9
高強度繊維ロープの弾性係数	E_{RP}	N/ mm^2	15785
固縛装置 1 箇所あたりの固定材の配置数	n_1	個	2

1.4 固定材の評価条件

1.4.1 シャックルの評価条件

固定材のうち、シャックルの評価条件を第 1.4.1-1 表に示す。

第 1.4.1-1 表 シャックルの評価条件

評価対象	仕様	型式
固定材	シャックル	SD22

項目	記号	単位	数値
固縛装置 1 箇所あたりのシャックルの配置数	n_2	個	2

1.4.2 アンカープレートの評価条件

固定材のうちアンカープレートの評価条件を第 1.4.2-1 表に示す。

第 1.4.2-1 表 アンカープレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	アンカープレート	SS400

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカープレートの幅	b_B	mm	300
アンカープレートの厚さ	b_t	mm	22
両端のアンカーボルトの芯間距離アンカープレートの幅	L_1	mm	200
固縛装置 1 箇所あたりのアンカープレートの配置数	n_2	個	2

1.5 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.5-1 表に示す。

第 1.5-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

(つづき)

項目	記号	単位	数値
鋼材の基準強度	F	N/mm ²	235
アンカーボルト本数	n	本	4
引張側アンカーボルトの本数	N'	本	2
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	19
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	32
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	170
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.6 固縛対象設備に作用する荷重

固縛対象設備に作用する荷重を第 1.6-1 表に示す。

第 1.6-1 表 固縛対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固縛対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	46.6
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(側面)	P_H	kN	77.6
固縛対象設備に作用する横滑り荷重(正面)	P_H	kN	36.2

2. 評価結果

2.1 連結材の評価結果

連結材の強度評価結果を第 2.1-1 表に示す。

連結材に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1-1 表 連結材の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
連結材	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	61.0	78.7	1.29

2.2 固定材の評価結果

2.2.1 シャックルの評価結果

固定材のうち、シャックルの強度評価結果を第 2.2.1-1 表に示す。

シャックルに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2.1-1 表 シャックルの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	作用荷重 (kN)	許容限界 (kN)	裕度
シャックル	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	61.0	203.9	3.34

2.2.2 アンカープレートの評価結果

固定材のうち、アンカープレート強度評価結果を第 2.2.2-1 表に示す。

アンカープレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した

。

第 2.2.2-1 表 アンカープレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	曲げモーメント (kN・mm)		許容限界 (kN・mm)	
		X	Y	X	Y
アンカー プレート	横滑り荷重 (正面方向 横滑り)	2543.7	2595.0	8530.5	8530.5

せん断力 (kN)		許容限界 (kN)		裕度*
X	Y	X	Y	
32.8	32.8	895.5	895.5	3.3

* 最小裕度のみ記載

2.3 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.3-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	横滑り荷重 (側面方向 横滑り)	16.4	66.63

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
24.03	46.64	0.33	1.0	4.1

* 最小裕度のみ記載

別紙 11

可搬型発電機の固定装置 の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	2.730
固縛対象設備の幅	W	m	1.050
固縛対象設備の高さ	H	m	1.312
固縛対象設備の重量	m	kg	3262
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	3.582
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	1.378
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	2.867

1.2 固定材の評価条件

1.2.1 取付ボルト①の評価条件

固定材のうち、取付ボルト①の評価条件を第 1.2.1-1 表に示す。

第 1.2.1-1 表 取付ボルト①の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト①	SS400

項目	記号	単位	数値
取付ボルト①本数	N_1	本	8
取付ボルト①の呼び断面積	${}_1A_e$	mm^2	314
長辺面方向の取付ボルト①ピッチ	L_1	m	2.59
短辺面方向の取付ボルト①ピッチ	W_1	m	1.15
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_l n_1$	本	4
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_w n_1$	本	2

1.2.2 ベースプレートの評価条件

固定材のうち，ベースプレートの評価条件を第 1.2.2-1 表に示す。

第 1.2.2-1 表 ベースプレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	ベースプレート	SS400

項目	記号	単位	数値
ベースプレートの長さ	L_B	mm	3300
ベースプレートの幅	W_B	mm	2250
ベースプレートの厚さ	t	mm	22
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(短辺面方向)	W_R	mm	425
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(長辺面方向)	L_R	mm	205

1.3 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	14
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	3.00
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	2.00
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	6
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	3
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	20
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	60
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	388
へりあき寸法	c	mm	675
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm^2	30

1.4 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.4-1 表に示す。

第 1.4-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	26.2

2. 評価結果

2.1 固定材の評価結果

2.1.1 取付ボルト①の評価結果

固定材のうち、取付ボルト①の強度評価結果を第 2.1.1-1 表に示す。

取付ボルト①に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.1-1 表 取付ボルト①の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト①	長辺面方向の風荷重	5.9	65.9

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
3.3	33.5	10.2

* 最小裕度のみ記載

2.1.2 ベースプレートの評価結果

固定材のうち、ベースプレートの強度評価結果を第 2.1.2-1 表に示す。
ベースプレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.2-1 表 ベースプレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
ベース プレート	短辺面方向の風荷重	5759.1	42653.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
13.6	6716.0	7.4

* 最小裕度のみ記載

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.2-1 表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	長辺面方向の風荷重	2.3	58.8

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
1.9	41.1	0.004	1.0	21.9

* 最小裕度のみ記載

別紙 12－1

可搬型空気圧縮機の 固定装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	2.175
固縛対象設備の幅	W	m	1.200
固縛対象設備の高さ	H	m	1.272
固縛対象設備の重量	m	kg	2310
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	2.767
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	1.526
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	2.610

1.2 固定材の評価条件

1.2.1 取付ボルト①の評価条件

固定材のうち、取付ボルト①の評価条件を第 1.2.1-1 表に示す。

第 1.2.1-1 表 取付ボルト①の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト①	SS400

項目	記号	単位	数値
取付ボルト①本数	N_1	本	8
取付ボルト①の呼び断面積	${}_1A_e$	mm^2	201
長辺面方向の取付ボルト①ピッチ	L_1	m	1.916
短辺面方向の取付ボルト①ピッチ	W_1	m	1.320
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_l n_1$	本	4
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_w n_1$	本	2

1.2.2 ベースプレートの評価条件

固定材のうち，ベースプレートの評価条件を第 1.2.2-1 表に示す。

第 1.2.2-1 表 ベースプレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	ベースプレート	SS400

項目	記号	単位	数値
ベースプレートの長さ	L_B	mm	2700
ベースプレートの幅	W_B	mm	2250
ベースプレートの厚さ	t	mm	22
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(短辺面方向)	W_R	mm	359.5
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(長辺面方向)	L_R	mm	247

1.3 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	14
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	2.40
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	2.00
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	6
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	3
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	20
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	60
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	388
へりあき寸法	c	mm	1160
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm^2	30

1.4 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.4-1 表に示す。

第 1.4-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	20.2

2. 評価結果

2.1 固定材の評価結果

2.1.1 取付ボルト①の評価結果

固定材のうち、取付ボルト①の強度評価結果を第 2.1.1-1 表に示す。

取付ボルト①に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.1-1 表 取付ボルト①の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト①	短辺面方向の風荷重	4.9	42.2

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
2.6	21.5	7.1

* 最小裕度のみ記載

2.1.2 ベースプレートの評価結果

固定材のうち、ベースプレートの強度評価結果を第 2.1.2-1 表に示す。
ベースプレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.2-1 表 ベースプレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
ベース プレート	短辺面方向の風荷重	3908.2	42653.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
10.9	6716.0	10.9

* 最小裕度のみ記載

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.2-1 表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	短辺面方向の風荷重	2.6	58.8

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
1.5	41.1	0.004	1.0	22.9

* 最小裕度のみ記載

別紙 12－2

可搬型空気圧縮機の 固定装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	1.570
固縛対象設備の幅	W	m	0.875
固縛対象設備の高さ	H	m	1.072
固縛対象設備の重量	m	kg	1600
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	1.683
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	0.938
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	1.374

1.2 固定材の評価条件

1.2.1 取付ボルト①の評価条件

固定材のうち、取付ボルト①の評価条件を第 1.2.1-1 表に示す。

第 1.2.1-1 表 取付ボルト①の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト①	SS400

項目	記号	単位	数値
取付ボルト①本数	N_1	本	8
取付ボルト①の呼び断面積	${}_1A_e$	mm^2	201
長辺面方向の取付ボルト①ピッチ	L_1	m	1.440
短辺面方向の取付ボルト①ピッチ	W_1	m	1.000
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_l n_1$	本	4
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	${}_w n_1$	本	2

1.2.2 ベースプレートの評価条件

固定材のうち，ベースプレートの評価条件を第 1.2.2-1 表に示す。

第 1.2.2-1 表 ベースプレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	ベースプレート	SS400

項目	記号	単位	数値
ベースプレートの長さ	L_B	mm	2700
ベースプレートの幅	W_B	mm	1900
ベースプレートの厚さ	t	mm	22
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(短辺面方向)	W_R	mm	300
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(長辺面方向)	L_R	mm	80

1.3 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	頭付アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	16
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	1.60
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	1.60
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	6
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	4
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	20
アンカーボルトの頭部直径	D	mm	60
アンカーボルトの埋込長さ	L_e	mm	388
へりあき寸法	c	mm	320
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm^2	30

1.4 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.4-1 表に示す。

第 1.4-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_V	kN	—
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	12.3

2. 評価結果

2.1 固定材の評価結果

2.1.1 取付ボルト①の評価結果

固定材のうち、取付ボルト①の強度評価結果を第 2.1.1-1 表に示す。

取付ボルト①に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.1-1 表 取付ボルト①の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト①	短辺面方向の風荷重	2.8	42.2

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
1.5	21.5	11.1

* 最小裕度のみ記載

2.1.2 ベースプレートの評価結果

固定材のうち、ベースプレートの強度評価結果を第 2.1.2-1 表に示す。
ベースプレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.2-1 表 ベースプレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
ベース プレート	長辺面方向の風荷重	1946.7	36018.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
6.5	5671.0	18.5

* 最小裕度のみ記載

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.2-1 表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	短辺面方向の風荷重	1.3	58.8

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
0.76	41.1	0.00①	1.0	46.2

* 最小裕度のみ記載

別紙 13－1

可搬型中型移送ポンプの 固定装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	4.750
固縛対象設備の幅	W	m	2.360
固縛対象設備の高さ	H	m	2.292
固縛対象設備の重量	m	kg	5990
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	10.887
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	5.409
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	11.210

1.2 固定材の評価条件

1.2.1 取付ボルト①の評価条件

固定材のうち、取付ボルト①の評価条件を第 1.2.1-1 表に示す。

第 1.2.1-1 表 取付ボルト①の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト①	SCM435

項目	記号	単位	数値
取付ボルト①の呼び断面積	A_{Ae}	mm^2	201.0
取付ボルト①本数	N_1	本	24
長辺面方向の取付ボルト①ピッチ	L_1	m	3.34
短辺面方向の取付ボルト①ピッチ	W_1	m	1.21
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	l_n1	本	6
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	w_n1	本	4

1.2.2 取付ボルト②の評価条件

固定材のうち、取付ボルト②の評価条件を第 1.2.2-1 表に示す。

第 1.2.2-1 表 取付ボルト②の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト②	SCM435

項目	記号	単位	数値
取付ボルト②の呼び断面積	A_{Ae}	mm ²	314.0
取付ボルト②本数	N_2	本	24
長辺面方向の取付ボルト②ピッチ	L_2	m	3.23
短辺面方向の取付ボルト②ピッチ	W_2	m	1.06
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト②本数	l_{N2}	本	12

1.2.2 ベースプレートの評価条件

固定材のうち、ベースプレートの評価条件を第 1.2.2-1 表に示す。

第 1.2.2-1 表 ベースプレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	ベースプレート	SS400

項目	記号	単位	数値
ベースプレートの長さ	L_B	mm	4800
ベースプレートの幅	W_B	mm	1200
ベースプレートの厚さ	t	mm	22
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(短辺面方向)	W_{bp}	mm	149.5
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(長辺面方向)	L_{bp}	mm	305.0

1.3 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	接着系アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	32
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	3.80
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	1.00
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	8
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	4
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	16
アンカーボルトの埋込長さ	L	mm	130
へりあき寸法	c	mm	400
へりあき寸法及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数	α_1	—	1
	α_2	—	1
	α_3	—	1
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.4 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.4-1 表に示す。

第 1.4-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_v	kN	5.5
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	80.0

2. 評価結果

2.1 固定材の評価結果

2.1.1 取付ボルト①の評価結果

固定材のうち、取付ボルト①の強度評価結果を第 2.1.1-1 表に示す。

取付ボルト①に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.1-1 表 取付ボルト①の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト①	長辺面方向の風荷重	25.4	98.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
3.3	50.2	3.8

* 最小裕度のみ記載

2.1.2 取付ボルト②の評価結果

固定材のうち、取付ボルト②の強度評価結果を第 2.1.2-1 表に示す。
取付ボルト②に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.2-1 表 取付ボルト②の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト②	長辺面方向の風荷重	6.7	153.2

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
14.8	78.5	5.3

* 最小裕度のみ記載

2.1.3 ベースプレートの評価結果

固定材のうち、ベースプレートの強度評価結果を第2.1.3-1表に示す。
ベースプレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.1.3-1表 ベースプレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
ベース プレート	長辺面方向の風荷重	19679.5	90992.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
131.6	14327.5	4.6

* 最小裕度のみ記載

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第2.2-1表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第2.2-1表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	長辺面方向の風荷重	16.5	36.8

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
2.5	25.8	0.209	1.0	2.2

* 最小裕度のみ記載

別紙 13－2

可搬型中型移送ポンプの 固定装置の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	4.750
固縛対象設備の幅	W	m	2.360
固縛対象設備の高さ	H	m	2.292
固縛対象設備の重量	m	kg	6090
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	10.887
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	5.409
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	11.210

1.2 固定材の評価条件

1.2.1 取付ボルト①の評価条件

固定材のうち、取付ボルト①の評価条件を第 1.2.1-1 表に示す。

第 1.2.1-1 表 取付ボルト①の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト①	SCM435

項目	記号	単位	数値
取付ボルト①の呼び断面積	A_{Ae}	mm^2	201.0
取付ボルト①本数	N_1	本	24
長辺面方向の取付ボルト①ピッチ	L_1	m	3.34
短辺面方向の取付ボルト①ピッチ	W_1	m	1.21
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	l_n1	本	6
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト①本数	w_n1	本	4

1.2.2 取付ボルト②の評価条件

固定材のうち、取付ボルト②の評価条件を第1.2.2-1表に示す。

第1.2.2-1表 取付ボルト②の評価条件

評価対象	材質
取付ボルト②	SCM435

項目	記号	単位	数値
取付ボルト②の呼び断面積	A_{Ae}	mm ²	314.0
取付ボルト②本数	N_2	本	24
長辺面方向の取付ボルト②ピッチ	L_2	m	3.23
短辺面方向の取付ボルト②ピッチ	W_2	m	1.06
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側の取付ボルト②本数	l_{N2}	本	12

1.2.2 ベースプレートの評価条件

固定材のうち、ベースプレートの評価条件を第1.2.2-1表に示す。

第1.2.2-1表 ベースプレートの評価条件

評価対象	評価対象部位	材質
固定材	ベースプレート	SS400

項目	記号	単位	数値
ベースプレートの長さ	L_B	mm	4800
ベースプレートの幅	W_B	mm	1200
ベースプレートの厚さ	t	mm	22
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(短辺面方向)	W_{bp}	mm	149.5
アンカーボルト芯から取付ボルト①芯までの距離(長辺面方向)	L_{bp}	mm	305.0

1.3 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	接着系アンカーボルト	SS400

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	32
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	3.80
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	1.00
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	8
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	4
アンカーボルトの呼び径	d_a	mm	16
アンカーボルトの埋込長さ	L	mm	130
へりあき寸法	c	mm	400
へりあき寸法及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数	α_1	—	1
	α_2	—	1
	α_3	—	1
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.4 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.4-1 表に示す。

第 1.4-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_v	kN	4.5
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	80.0

2. 評価結果

2.1 固定材の評価結果

2.1.1 取付ボルト①の評価結果

固定材のうち、取付ボルト①の強度評価結果を第 2.1.1-1 表に示す。

取付ボルト①に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.1-1 表 取付ボルト①の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト①	長辺面方向の風荷重	25.4	98.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
3.3	50.2	3.8

* 最小裕度のみ記載

2.1.2 取付ボルト②の評価結果

固定材のうち、取付ボルト②の強度評価結果を第 2.1.2-1 表に示す。
取付ボルト②に作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.2-1 表 取付ボルト②の強度評価結果

評価対象	作用荷重	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
取付ボルト②	長辺面方向の風荷重	6.7	153.2

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
14.8	78.5	5.3

* 最小裕度のみ記載

2.1.3 ベースプレートの評価結果

固定材のうち、ベースプレートの強度評価結果を第 2.1.3-1 表に示す。
ベースプレートに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.1.3-1 表 ベースプレートの強度評価結果

評価対象	作用荷重	曲げモーメント (kN・mm)	許容限界 (kN・mm)
ベース プレート	長辺面方向の風荷重	19642.9	90992.0

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	裕度*
131.4	14327.5	4.6

* 最小裕度のみ記載

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.2-1 表に示す。
アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
頭付 アンカーボルト	長辺面方向の風荷重	16.5	36.8

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
2.5	25.8	0.208	1.0	2.2

* 最小裕度のみ記載

別紙 14

収納コンテナの固定装置 の強度計算書

1. 評価条件

1.1 固定対象設備の評価条件

固定対象設備の評価条件を第 1.1-1 表に示す。

第 1.1-1 表 固定対象設備の評価条件

項目	記号	単位	数値
最大風速	V_D	m/s	100
ガスト影響係数	G	—	1.0
建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	C	—	1.2
固縛対象設備の長さ	L	m	6.058
固縛対象設備の幅	W	m	2.438
固縛対象設備の高さ	H	m	2.591
固縛対象設備の重量	m	kg	3300
固縛対象設備の形状に応じた抗力係数	C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}	—	2.0
固縛対象設備の各面の見付面積	A_1	m^2	15.696
固縛対象設備の各面の見付面積	A_2	m^2	6.317
固縛対象設備の各面の見付面積	A_3	m^2	14.769

1.2 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

基礎部(アンカーボルト)の評価条件を第 1.2-1 表に示す。

第 1.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の評価条件

評価対象	仕様	材質
基礎部 (アンカーボルト)	接着系アンカーボルト	SCM435

項目	記号	単位	数値
アンカーボルト本数	N_a	本	4
長辺面方向のアンカーボルトピッチ	L_a	m	5.99
短辺面方向のアンカーボルトピッチ	W_a	m	2.02
長辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$l n_a$	本	2
短辺面方向からの風荷重に抵抗する引張側のアンカーボルト本数	$w n_a$	本	2
アンカーボルトの呼び径	$A d_a$	mm	24
アンカーボルトの埋込長さ	$A L$	mm	247

(つづき)

項目	記号	単位	数値
へりあき寸法	c	mm	400
へりあき寸法及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数	α_1	—	1
	α_2	—	1
	α_3	—	1
コンクリートの設計基準強度	F_c	N/mm ²	30

1.3 固定対象設備に作用する荷重

固定対象設備に作用する荷重を第 1.3-1 表に示す。

第 1.3-1 表 固定対象設備に作用する荷重

項目	記号	単位	数値
固定対象設備に作用する浮き上がり荷重	P_v	kN	52.7
固定対象設備に作用する横滑り荷重	P_H	kN	114.9

2. 評価結果

2.2 基礎部(アンカーボルト)の評価結果

基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果を第 2.2-1 表に示す。

アンカーボルトに作用する荷重が許容限界を超えないことを確認した。

第 2.2-1 表 基礎部(アンカーボルト)の強度評価結果

評価対象	作用荷重 ケース	引張応力 (kN)	許容限界 (kN)
接着系 アンカーボルト	長辺面方向の風荷重	86.8	104

せん断力 (kN)	許容限界 (kN)	引張力 + せん断力	許容限界	裕度*
28.8	100	0.778	1.0	1.19

* 最小裕度のみ記載

VI-1-1-1-2-5

計算機プログラム(解析コード)の概要

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-2-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. はじめに	1
別紙 1 TONBOS	2
別紙 2 MSC NASTRAN	5
別紙 3 LS-DYNA	7
別紙 4 NX Nastran 12	
別紙 5 NUPP4	15
別紙 6 MD NASTRAN	18

1. はじめに

本資料は、「VI-1-1-1-2 竜巻への配慮に関する説明書」において使用した解析コードについて説明するものである。

「VI-1-1-1-2 竜巻への配慮に関する説明書」において使用した解析コードの使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

別紙1 TONBOS

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-1-1 -2-2	竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定	Ver. 3

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	TONBOS
開発機関	一般財団法人 電力中央研究所
開発時期	2013年
使用したバージョン	Ver. 3
使用目的	竜巻による飛来物の速度及び飛散距離等の評価
コードの概要	<p>TONBOS（以下「本解析コード」という。）は、一般財団法人電力中央研究所にて開発・保守されているプログラムである。</p> <p>空気中の物体が受ける抗力による運動を計算することで、竜巻による風速場の中での飛来物の飛散軌跡を評価することができる解析コードであり、飛来物の速度、飛散距離等の算出が可能である。</p> <p>仮定する風速場として、資機材等では、鉛直方向には構造が変化しないランキン渦とし、車両では、地面付近の風速場をよく表現できているフジタモデルDBT-77(DBT:Design Basis Tornado)とする。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <p>(1) ランキン渦</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simiu and Scanlan*¹による解析結果と同じ条件下で、竜巻風速場での飛散軌跡の解析を実施し、概ね一致した結果を得られた。 <p>(2) フジタモデル</p> <ul style="list-style-type: none"> • 車両の飛散解析においてフジタスケールの各スケールに対応する被災状況と概ね一致した結果が得られた。 • パイプ飛散解析において、Grand Gulf原子力発電所への竜巻襲来事例と概ね一致した結果が得られた。 • 車両の飛散解析において、佐呂間竜巻での車両飛散事例と概ね一致した結果を得られた。

(つづき)

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">• 本解析コードは、竜巻により発生する飛来物の速度、飛散距離等の評価を目的に開発されたコードであり、使用目的が一致している。• 九州電力株式会社の玄海原子力発電所の工事計画認可申請において、本申請と同じ使用目的(ランキン渦)での実績を有することを確認している。• 日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、本申請と同じ使用目的(フジタモデル)での実績を有することを確認している。• 本申請において使用するバージョンは、九州電力株式会社の玄海原子力発電所の工事計画認可申請にて使用しているもの (Ver. 1) と異なるが、バージョンアップに伴う変更点は、解析機能の拡張に関するものである。これはランキン渦、フジタモデルともに共通の変更点であり、日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、本解析コード (Ver. 3) の使用実績があることを確認しているため、解析機能の拡張が解析結果の妥当性に影響を与えるものではない。• 開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。• 評価は妥当性を確認している範囲内で行うようにしている。
--	---

注記 *1: Simiu, E. and Scanlan, R. H., Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, August 1996.

別紙2 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

建設工認

使用添付書類		バージョン
VI-1-1-1 -2-4-2- 1-2-1-1	安全冷却水 B 冷却塔の強度計算書	Ver. 2008.0.4
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>1-2-1-2</u>	<u>安全冷却水 A 冷却塔の強度計算書</u>	<u>Ver. 2008.0.4</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>1-2-1-3</u>	<u>冷却塔 A, B の強度計算書</u>	<u>Ver. 2008.0.4</u>

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008.0.4
使用目的	3次元有限要素法による応力解析
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> MSC NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。 適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。 数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは、安全冷却水B冷却塔の3次元有限要素法による応力解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本原子力発電株式会社の東海第二発電所の工事計画認可申請において、使用済燃料乾式貯蔵建屋の静的応力解析及び動的応力解析に本解析コードが使用された実績がある。 検証の体系と今回申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって解析機能の妥当性も確認できる。 今回の申請において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 本解析コードの適用制限として使用要素数があるが、使用した要素数は適用制限以下であり、本申請における使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

別紙3 LS-DYNA

1. 使用状況一覧

施設変更設工認

	使用添付書類	バージョン
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-1-1-1</u>	建物の強度計算書	<u>R6.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-1-2-1</u>	北換気筒の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-2-3-2</u>	ディーゼル発電機の排気消音器の強度計算書	<u>R6.1.1</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-1</u>	飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A)の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-2</u>	飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B)の強度計算書	<u>R7.1.2</u>

建設工認

	使用添付書類	バージョン
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-1-1-1</u>	建物の強度計算書	<u>R6.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-1-2-1</u>	主排気筒の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-1-2-2</u>	北換気筒の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-1-2-2-2</u>	安全冷却水 A 冷却塔の配管の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-1</u>	飛来物防護板（前処理建屋の安全蒸気系設置室）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-2</u>	飛来物防護板（精製建屋 非常用所内電源システム及び計測制御システム施設設置室 A, B）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-3</u>	飛来物防護板（制御建屋 中央制御室換気設備設置室）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-4</u>	飛来物防護板（第1ガラス固化体貯蔵建屋 床面走行クレーン 遮蔽容器設置室）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-5</u>	飛来物防護板（非常用電源建屋 第2非常用ディーゼル発電機及び非常用所内電源システム設置室 A 北ブロック, A 南ブロック, B 北ブロック, B 南ブロック）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-6</u>	飛来物防護板（冷却塔接続 屋外設備）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-7</u>	飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-8</u>	飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-9</u>	飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書	<u>R8.0.0</u>
<u>VI-1-1-1-2-4</u> <u>-2-2-1-10</u>	飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の強度計算書	<u>R8.0.0</u>

	使用添付書類	バージョン
VI-1-1-1-2-4 -2-2-2-1	飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の強度計算書	R7.1.2
VI-1-1-1-2-4 -2-2-2-2	飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>
VI-1-1-1-2-4 -2-2-2-3	飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B）の強度計算書	<u>R7.1.2</u>

2. 解析コード概要

項目 \ コード名	LS-DYNA
開発機関	Livermore Software Technology Corporation
開発時期	1987 年
使用したバージョン	<u>R6.1.1, R6.1.2, R7.1.2, R8.0.0</u>
使用目的	竜巻による飛来物の衝突に対する構造物の健全性評価
コードの概要	<p>LS-DYNA（以下「本解析コード」という。）は Lawrence Livermore 研究所により開発・公開された陽解法有限要素法 DYNA3D を基に開発された構造解析汎用コードである。機械・土木・建築その他広範な分野に及ぶ要素群、非線形モデルを多数サポートしており、自動車、航空宇宙、機会、建築、土木などの様々な分野において多くの利用実績があり、陽的時間積分を用いていることから、衝突問題など短時間の動的現象のシミュレーションに適している。また、大変形の非線形問題への適用が容易である点に特徴がある。</p>
検証 (Verification)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 開発機構がマニュアルにおいて提示している 3次元有限要素法による衝突解析に関する例題解析を実施し、解析結果が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。 はりの衝撃曲げ、平板の衝撃曲げ、応力波伝播に関する検証解析を実施し、解析結果と理論解が一致することを確認している。

項目	コード名 LS-DYNA
妥当性確認 (Validation)	<p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 関西電力株式会社の高浜発電所(1号機)の工事計画認可申請において、竜巻飛来物防護対策設備及び防護対象設備を内包する建屋の建具の3次元有限要素法による衝突解析に本解析コードが使用された実績がある。 ・ 今回の申請において使用するバージョンのうち R7.1.2, R8.0.0 は、他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・ <u>本工事計画において使用するバージョンのうち R6.1.1, R6.1.2 は、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。</u> ・ 本解析コードは、自動車、航空宇宙、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・ 本解析コードは、航空機が不時着した際の衝撃評価として、航空機のフレームの変形や接続部のリベットの破断評価を実施し、落下試験の破壊モードを再現できることが確認されている。 ・ 開発機関が提示するマニュアルにより、本解析コードの適正な用途、適用範囲を確認している。 ・ 設工認申請で行う要素（はり要素、シェル要素、ソリッド要素）による動的解析（衝突解析）の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

別紙4 NX Nastran

1. 使用状況一覧

建設工認

使用添付書類		バージョン
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-7</u>	<u>飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）の強度計算書</u>	<u>Ver. 7.1</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-8</u>	<u>飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）の強度計算書</u>	<u>Ver. 7.1</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-9</u>	<u>飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）の強度計算書</u>	<u>Ver. 7.1</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-10</u>	<u>飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の強度計算書</u>	<u>Ver. 7.1</u>

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	<u>NX Nastran</u>
開発機関	<u>Siemens PLM(Product Lifecycle Management) Software Inc.</u>
開発時期	<u>1971年 (The MacNeal-Schwendler Corporation) 2005年 (Siemens PLM Software Inc.)</u>
使用したバージョン	<u>Ver. 7.1</u>
使用目的	<u>3次元有限要素法による固有値解析, 応力解析</u>
コードの概要	<p><u>NX Nastran (以下「本解析コード」という。) は, 航空機の機体強度解析を目的として The MacNeal-Schwendler Corporation により開発され, Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり, MSC NASTRAN と同じ機能を持つ。</u></p> <p><u>適用モデル (主にはり要素, シェル要素, ソリッド要素) に対して, 静的解析 (線形, 非線形), 動的解析 (過渡応答解析, 周波数応答解析), 固有値解析, 伝熱解析 (温度分布解析), 熱応力解析, 線形座屈解析等の機能を有している。</u></p> <p><u>数多くの研究機関や企業において, 航空宇宙, 自動車, 造船, 機械, 建築, 土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</u></p>

(つづき)

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は次のとおりである。 ・ <u>構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による固有値解析、応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。</u> ・ <u>本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</u></p> <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。 ・ <u>関西電力株式会社高浜発電所一号機において、使用済み燃料ピット竜巻飛来物防護対策設備の3次元有限要素法による固有値解析、応力解析に本解析コードが使用された実績がある。</u> ・ <u>本申請において使用するバージョンは、上記の先行施設にて使用しているものと同じであることを確認している。</u> ・ <u>上述の検証の内容のとおり、本申請における使用目的と整合した検証として、3次元有限要素法による固有値解析、応力解析に対して本解析コードと理論解との比較を実施し、本解析コードが理論解と同等の解を与えることを確認していることから、本解析コードを本申請における3次元有限要素法による固有値解析、応力解析に使用することは妥当である。</u></p>
--	---

別紙5 NUPP4

1. 使用状況一覧

施設変更設工認

<u>使用添付書類</u>		<u>バージョン</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>1-1-1-1</u>	<u>建物の強度計算書</u>	<u>Ver. 1.4.9</u>

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	NUPP4
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1967年
使用したバージョン	Ver. 1.4.9
使用目的	固有値解析, 地震応答解析
コードの概要	<p>NUPP4 (以下, 「本解析コード」という。) は, 原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによる解析計算機コードである。</p> <p>静荷重 (節点荷重) 及び動荷重 (節点加振力, 地震入力) を, 扱うことができる。</p> <p>地震応答解析は, 線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うほか, 線形解析を周波数領域で行うことが可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。 ・ 本解析コードの計算機能が適正であることは, 後述する妥当性確認の中で確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について, 動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>・</p> <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。 ・ 本解析コードの前バージョンである NUPP 及び NUPP-II (以下, 「前バージョン」という。) は, 日本国内の原子力施設における建築物の地震応答解析において数多くの工事計画認可申請に使用されており, 十分な使用実績がある。本解析コードは使用計算機 (OS) の変更に伴うカスタマイズを施したものであり解析に係る部分は前バージョンから変更していないため, 前バージョン同様, 信頼性があると判断できる。 ・ 本解析コードの前バージョンである NUPP-II は, 中国電力株式会社の『「島根原子力発電所第3号機」の既工事計画認可申請添付資料IV-2-3「原子炉格納容器及び原子炉建物の地震応答計算書」(平成17年12月22日認可)』において, 原子炉建物の地震応答計算書の解析に使用された実績がある。 ・ 本解析コードによる固有値解析, 弾性地震応答解析については, (財)原子力工学試験センターの報告書*1 による解析結果と概ね一致することを確認している。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>本解析コードによる弾塑性地震応答解析については、(財)原子力発電技術機構の報告書*2 による解析結果と概ね一致することを確認している。</u> <u>本申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。</u>
--	--

注記 *1：質点系モデルの線形動的解析プログラムの作成 成果報告書 昭和 56 年 7 月
(財)原子力工学試験センター 原子力安全解析所

*2：質点系モデル解析コード SANLUM の保守に関する報告書 平成 10 年 3 月(財)
原子力発電技術機構 原子力安全解析所

別紙6 MD NASTRAN

1. 使用状況一覧

施設変更設工認

<u>使用添付書類</u>		<u>バージョン</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>1-2-1-1</u>	<u>安全冷却水冷却塔 A, B の強度計算書</u>	<u>Version</u> <u>2011.1.0</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-1</u>	<u>飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A)の強度計算書</u>	<u>Version</u> <u>2011.1.0</u>
<u>VI-1-1-1</u> <u>-2-4-2-</u> <u>2-1-2</u>	<u>飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B)の強度計算書</u>	<u>Version</u> <u>2011.1.0</u>

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	MD NASTRAN
開発機関	MSC. Software Corporation
開発時期	2006 年
使用したバージョン	Version 2011.1.0
使用目的	3次元有限要素法(シェル又ははり要素)による固有値解析, 応力解析
コードの概要	MD NASTRAN(以下「本解析コード」という。)は, 世界で圧倒的なシェアを持つ汎用構造解析プログラムのスタンダードである。航空宇宙, 自動車, 造船, 機械, 建築, 土木などの様々な分野の構造解析に広く利用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは, 分離建屋の抽出塔, 第1洗浄塔, 第2洗浄塔, プルトニウム分配塔, ウラン洗浄塔及びT B P洗浄塔, 及び高レベル廃液ガラス固化建屋の迷路板(冷却空気入口シャフト側), セル内クーラ, 冷却コイル(高レベル廃液混合槽, アルカリ濃縮廃液中和槽, 供給液槽, 供給槽及び廃ガス洗浄器内の設置), 通風管, 収納管, ガラス熔融炉, 安全冷水冷却器における3次元有限要素法(シェル又ははり要素)による固有値解析及び応力解析に使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証は, 以下のとおり実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について, 3次元有限要素法(シェルモデル又ははりモデル)による固有値解析及び応力解析を行い, 解析解が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 本解析コードの適用環境について, 開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

(つづき)

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。</u>• <u>日本原子力発電株式会社東海第二発電所の工事計画認可申請において、原子炉建屋内の設備の3次元有限要素法(シェルモデル又ははりモデル)による応力解析に使用された実績がある。</u>• <u>本申請において使用するバージョンは、使用実績のものとは異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。</u>• <u>開発機関が提示するマニュアルにより、本申請で使用する3次元有限要素法(シェル又ははり要素)による固有値解析、応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。</u>• <u>本申請で使用するバージョンは、理論解と対応可能な簡易モデルについて、理論計算と解析結果の対比による解析結果の妥当性を確認している。</u>• <u>本申請における構造に対し使用する要素、3次元有限要素法(シェル又ははり要素)による固有値解析、応力解析の用途、適用範囲が上述の妥当性確認範囲であることを確認している。</u>
--	---

VI-1-1-1-3

外部火災への配慮に関する説明書

目 次

- VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針
- VI-1-1-1-3-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定
- VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針
 - VI-1-1-1-3-3-1
外部火災への配慮が必要な施設の許容温度及び許容応力の設定根拠
- VI-1-1-1-3-4 外部火災防護における評価結果
- VI-1-1-1-3-5 二次的影響（ばい煙及び有毒ガス）に対する設計

VI-1-1-1-3-1

外部火災への配慮に関する基本方針

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」による。

VI-1-1-1-3-2

外部火災の影響を考慮する施設の選
定

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-3-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定」による。

VI-1-1-1-3-3

外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 設計方針	1
3. 評価方針	5
3.1 評価の対象施設	5
3.1.1 外部火災の影響を考慮する施設	5
3.1.2 重大事故等対処設備	7
3.2 評価の基本方針	9
3.2.1 評価の分類	9
4. 許容温度及び許容応力	11
4.1 許容温度	11
4.1.1 外部火災の影響を考慮する施設	11
4.1.2 重大事故等対処設備	14
4.2 許容応力	14
4.2.1 外部火災の影響を考慮する施設	14
5. 影響評価	15
5.1 森林火災に対する熱影響評価	15
5.2 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する熱影響評価	27
5.2.1 石油備蓄基地火災に対する熱影響評価	27
5.2.2 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対する熱影響評価	37
5.2.3 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災に対する熱影響評価	38
5.2.4 敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対する影響評価	44
5.3 航空機墜落による火災の熱影響評価	48
5.4 航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳の影響評価	75
5.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等への火災及び爆発に対する影響評価	77

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に従い、「VI-1-1-1-3-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定」において選定した外部火災の影響を考慮する施設に対する外部火災防護における設計方針及び評価方針について説明するものである。

また、「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示す重大事故等対処設備に対する設計方針」に基づく評価方針についても説明する。

2. 設計方針

外部火災の影響を考慮する施設は、外部火災に対して、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に示すとおり、以下の設計方針とする。

(1) 森林火災に対する設計方針

森林火災からの輻射強度の影響を考慮した場合においても、外部火災防護対象施設を収納する建屋は、防火帯の外縁(火炎側)から危険距離を上回る離隔距離の確保により、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

安全冷却水系の冷却塔等の屋外に設置する外部火災防護対象施設(以下「屋外の外部火災防護対象施設」という。)は、防火帯の外縁(火炎側)から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、安全機能を損なわない設計とする。施設の温度が、冷却水出口温度の最大運転温度等の安全機能を維持するために必要な温度域の上限(以下「屋外の外部火災防護対象施設の許容温度」という。)となる離隔距離を危険距離とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、支持構造物である架構等に鋼材を用い熱伝導、放熱性に優れた設計とした上で、外部火災防護対象施設等の許容温度以上となるよう設計し、外部火災防護対象施設等と同程度に防火帯の外縁(火炎側)から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

竜巻防護対策設備の鋼板の飛来物防護板等(以下「飛来物防護板等」という。)を設置する建屋内の外部火災防護対象施設については、飛来物防護板等の温度上昇を考慮しても、施設の温度を外部火災防護対象施設の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、防火帯の外縁(火炎側)から危険距離を上回る離隔距離を確保することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

(2) 石油備蓄基地火災に対する設計方針

石油備蓄基地火災に対し、外部火災防護対象施設を収納する建屋は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

建屋の外気取入口から空気を取り込む設備である非常用ディーゼル発電機は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、安全機能を損なわない設計とする。外気取入口から流入する空気の温度が、非常用ディーゼル発電機の設計上の最高使用温度となる離隔距離を危険距離とする。

屋外の外部火災防護対象施設は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、輻射強度に基づき算出した施設の温度を屋外の外部火災防護対象施設の許容温度以下とし、安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、支持構造物である架構等に鋼材を用い熱伝導、放熱性に優れた設計とした上で、外部火災防護対象施設等の許容温度以上となるよう設計し、外部火災防護対象施設等と同程度に危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

飛来物防護板等を設置する建屋内の外部火災防護対象施設については、飛来物防護板等の温度上昇を考慮しても、施設の温度を外部火災防護対象施設の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

(3) 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対する設計方針

石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対し、外部火災防護対象施設を収納する建屋は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、建屋の外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設については、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、輻射強度に基づき算出した施設の温度を屋外の外部火災防護対象施設の許容温度以下とし、安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、支持構造物である架構等に鋼材を用い熱伝導、放熱性に優れた設計とした上で、外部火災防護対象施設等の許容温度以上となるよう設計し、外部火災防護対象施設等と同程度に危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

飛来物防護板等を設置する建屋内の外部火災防護対象施設については、飛来物防護板等の温度上昇を考慮しても、施設の温度を外部火災防護対象施設の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋については、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、使用済

燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

(4) 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発に対する設計方針

敷地内の危険物貯蔵施設等の火災に対し、外部火災防護対象施設を収納する建屋は、それぞれの敷地内の危険物貯蔵施設に対し危険距離を上回る離隔距離を確保することで、輻射強度に基づき算出した建屋の外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、輻射強度に基づき算出した施設の温度を屋外の外部火災防護対象施設の許容温度以下とし、安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、支持構造物である架構等に鋼材を用い熱伝導、放熱性に優れた設計とした上で、外部火災防護対象施設等の許容温度以上となるよう設計し、外部火災防護対象施設等と同程度に危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

飛来物防護板等を設置する建屋内の外部火災防護対象施設については、飛来物防護板等の温度上昇を考慮しても、施設の温度を外部火災防護対象施設の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、火災源から危険距離を上回る離隔距離を確保することで、外壁表面温度をコンクリートの許容温度以下とし、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対し、ガス爆発の爆風圧が0.01MPaとなる危険限界距離を求め、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

また、敷地内の危険物貯蔵施設等に隣接し、危険限界距離を上回る離隔距離を確保できない外部火災防護対象施設を収納する建屋は、爆風圧に対して、建屋外壁の発生応力を短期許容応力度以下とし、コンクリートの構造強度を確保することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(5) 航空機墜落による火災に対する設計方針

航空機墜落による火災に対し、外部火災防護対象施設を収納する建屋の外壁及び建屋内の温度上昇により建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能及び建屋外壁が要求される機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設については、輻射強度に基づき算出した施設の温度を、屋外の外部火災防護対象施設の許容温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

屋外の外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆又は遮熱板の対策を講ずることにより安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、支持構造物である架構等の必要な部材に、耐火被覆又は遮熱板の防護対策を講じることにより、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

飛来物防護板等を設置する建屋内の外部火災防護対象施設については、飛来物防護板等の温度上昇を考慮しても、施設の温度を外部火災防護対象施設の性能維持に必要な温度以下とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがある場合には、飛来物防護板等に対し、耐火被覆又は遮熱板の対策を講ずることにより安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋については、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外壁を、構造強度を維持するために必要な温度以下とすることにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を及ぼさない設計とする。

- (6) 航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳に対する設計方針
航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳に対し、ガス爆発の爆風圧が0.01MPaとなる危険限界距離を求め、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで、外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、危険限界距離を上回る離隔距離を確保することで、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

また、敷地内の危険物貯蔵施設等に隣接し、危険限界距離を上回る離隔距離を確保できない外部火災防護対象施設を収納する建屋は、爆風圧に対して、建屋外壁の発生応力を短期許容応力度以下とし、コンクリートの構造強度を確保することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

- (7) 再処理施設の危険物貯蔵施設等への火災及び爆発に対する影響

再処理施設の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発を防止する設計とする。また、再処理施設の危険物貯蔵施設等は、近隣の産業施設の爆発の影響を想定しても、危険限界距離以上の離隔距離を確保する設計とする。

上記設計方針に従ったものであることを、「3. 評価方針」に基づき評価を行い、確認する。

(8) 外部火災によるばい煙に対する設計方針

外部火災による二次的影響のうち、ばい煙に対し、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に示すとおり、再処理施設の建屋の換気空調等については、ばい煙の侵入に対して、フィルタを設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙が侵入したとしてもばい煙が流路に溜まりにくい構造とし、ばい煙により閉塞しない設計とする。

(9) 外部火災による有毒ガス煙に対する設計方針

外部火災による二次的影響のうち、有毒ガスに対し、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に示すとおり、有毒ガスによる影響については、運転員の作業環境を確保するため中央制御室換気設備等の連絡口との外気取入れを遮断し制御室内空気を再循環する設計とする。

ばい煙及び有毒ガスに対する具体的な設計については「VI-1-1-1-3-5 二次的影響(ばい煙及び有毒ガス)に対する設計」に示す。

3. 評価方針

3.1 評価の対象施設

外部火災の影響評価の対象施設(以下「評価対象施設」という。)は、「VI-1-1-1-3-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定」において選定した外部火災の直接的影響を考慮する施設を外部火災の影響を評価する施設(以下「評価対象施設」という。)とする。

また、「VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示した設計方針に基づき重大事故等対処等を評価対象施設とする。

3.1.1 外部火災の影響を考慮する施設

外部火災の影響を考慮する施設のうち、外部火災の直接的影響を考慮する施設は以下のとおり。

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

- ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- ・ウラン脱硝建屋
- ・ウラン酸化物貯蔵建屋
- ・ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- ・第1ガラス固化体貯蔵建屋
- ・制御建屋
- ・非常用電源建屋
- ・主排気筒管理建屋

- (2) 建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設
- ・ 第1非常用ディーゼル発電機
 - ・ 第2非常用ディーゼル発電機
- (3) 屋外の外部火災防護対象施設
- ・ 前処理建屋
 - ・ 分離建屋
 - ・ 精製建屋
 - ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
 - ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋
 - ・ 安全冷却水系冷却塔A, B
 - ・ 安全冷却水A, B冷却塔
 - ・ 冷却塔A, B
 - ・ 安全冷却水系膨張槽
 - ・ 安全冷却水系
(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B及び安全冷却水系膨張槽周りの配管)
 - ・ 安全冷却水系膨張槽水位計
 - ・ 主排気筒
 - ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備
 - ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備
 - ・ 前処理建屋換気設備
 - ・ 分離建屋換気設備
 - ・ 精製建屋換気設備
 - ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備
 - ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備
- 上記に示す屋外の外部火災防護対象施設のうち、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋塔槽類廃ガス処理設備、高レベル廃液ガラス固化建屋塔槽類廃ガス処理設備、前処理建屋換気設備、分離建屋換気設備、精製建屋換気設備、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備及び高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備を合わせて「主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト」という。
- (4) 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
- a. 飛来物防護ネット
- ・ 飛来物防護ネット（使用済燃料の受入れ施設用 安全冷却水系冷却塔A, B）
 - ・ 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B）
 - ・ 飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B）

- b. 飛来物防護板
 - ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）
 - ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）
 - ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）
 - ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）
 - ・飛来物防護板（冷却塔接続 屋外設備）
- (5) 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設
 - ・第2非常用ディーゼル発電機
 - ・安全蒸気系
 - ・前処理建屋 非常用所内電源系統
 - ・前処理建屋 計測制御設備
- (6) 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
 - ・使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫
- (7) 屋外の再処理施設の危険物貯蔵施設等
 - a. ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所
 - b. ボイラ用燃料貯蔵所
 - c. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所
 - d. 低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫
 - e. ボイラ建屋ボンベ置場
 - f. 精製建屋ボンベ庫
 - g. 還元ガス製造建屋

3.1.2 重大事故等対処設備

- (1) 重大事故等対象設備を収納する建屋等
 - ・使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
 - ・前処理建屋
 - ・分離建屋
 - ・精製建屋
 - ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
 - ・高レベル廃液ガラス固化建屋
 - ・制御建屋
 - ・非常用電源建屋
 - ・主排気筒管理建屋
 - ・第1保管庫・貯水所
 - ・第2保管庫・貯水所
 - ・緊急時対策建屋

(2) 屋外の常設重大事故等対処設備

- ・ 主排気筒
- ・ 前処理建屋換気設備
- ・ 分離建屋換気設備
- ・ 精製建屋換気設備
- ・ ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋換気設備
- ・ 高レベル廃液ガラス固化建屋換気設備

(3) 建屋等内の施設で外気を取り込む重大事故等対処設備

- ・ 緊急時対策建屋用発電機

(4) 屋外の可搬型重大事故等対処設備

- ・ 大型移送ポンプ車
- ・ ホース展張車
- ・ 運搬車
- ・ 可搬型中型移送ポンプ運搬車
- ・ 軽油用タンクローリ
- ・ 燃料補給用可搬型ホース
- ・ ホイールローダ
- ・ 可搬型中型移送ポンプ
- ・ 可搬型放水砲
- ・ けん引車
- ・ 可搬型空気圧縮機
- ・ 可搬型発電機
- ・ 監視測定用運搬車
- ・ 可搬型建屋外ホース
- ・ 可搬型建屋内ホース
- ・ 可搬型排水受槽
- ・ 可搬型汚濁水拡散防止フェンス
- ・ 放射性物質吸着材
- ・ 可搬型デミスタ
- ・ 可搬型フィルタ
- ・ 可搬型配管
- ・ 可搬型ダクト
- ・ 可搬型スプレイヘッド

(5) 重大事故等対処設備及びそれらを収納する建屋等に対して波及的影響を及ぼし得る施設

- ・ 飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り）

- ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外）
- ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外）
- ・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）

3.2 評価の基本方針

評価は、「3.1 評価の対象施設」に示す評価対象施設に対して、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に従い評価する。

また、重大事故等対処設備に対して「VI-1-1-4-2-1 重大事故等対処設備の設計方針」に示した設計方針を達成するため、外部火災に対する評価を実施する。

3.2.1 評価の分類

外部火災としては、外部火災ガイドを参考として、森林火災、石油備蓄基地火災、石油備蓄基地火災と森林火災の重畳、敷地内の危険物貯蔵施設等の火災、敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発、航空機墜落による火災及び航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳を対象とする。また、再処理施設の危険物貯蔵施設等への熱影響については、森林火災、近隣の産業施設の火災及び爆発を対象とする。

評価対象施設は、「3.1 評価の対象施設」で示す外部火災の影響を考慮する施設、重大事故等対処設備及び再処理施設の危険物貯蔵施設等であるが、外部火災の分類ごとに条件の厳しい評価対象施設を選定し、代表で評価を行う。

敷地内の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発については、敷地内の危険物貯蔵施設等のうち、評価対象施設への影響が最も厳しいものを火災源及び爆発源として想定する。

さらに、敷地内の危険物貯蔵施設等が外部火災により、外部火災防護対象施設、重大事故等対処設備及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋に影響を与えないことを確認するため、再処理施設の危険物貯蔵施設等に対する熱影響を評価する。

再処理施設の危険物貯蔵施設等に対する影響評価の際に考慮する外部火災は森林火災並びに近隣の産業施設の火災及び爆発とする。想定する火災及び爆発と影響評価を行う危険物貯蔵施設等については、第3.2.1-1表に示す火災及び爆発に対して評価する。

第3.2.1-1表 森林火災並びに近隣の産業施設の火災及び爆発における影響評価の対象となる再処理施設の危険物貯蔵施設等

分類	再処理施設の危険物貯蔵施設等	貯蔵物	離隔距離 (m)
森林火災	ボイラ用燃料貯蔵所* ¹	重油	168
	精製建屋ボンベ庫	水素	230
	ボイラ建屋ボンベ置場	プロパン	347
近隣の産業施設の火災* ²	ボイラ用燃料貯蔵所* ¹	重油	1500
	ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン	1500
近隣の産業施設の爆発* ³	還元ガス製造建屋	水素	217
	低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン	224

注記 *1: 再処理施設の重油タンクのうち、防火帯又は石油備蓄基地から最短となる重油タンクを選定している。

*2: 水素ガスを内包する精製建屋ボンベ庫、還元ガス製造建屋LPGボンベ庫は、石油備蓄基地との間に建屋があり、石油備蓄基地火災に対して受熱面を有していないため、評価対象施設にしない。

*3: MOX燃料加工施設の第1高压ガストレーラ庫

4. 許容温度及び許容応力

評価対象施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度及び許容応力は以下に示す。その設定根拠は「VI-1-1-1-3-3-1 外部火災への配慮が必要な施設の許容温度及び許容応力の設定根拠」に示す。

4.1 許容温度

4.1.1 外部火災の影響を考慮する施設

外部火災の影響を考慮する施設のうち、外部火災の直接影響を考慮する施設の許容温度について以下に示す。

- (1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

火災時における短期温度上昇を考慮した場合においても、コンクリートの圧縮強度が維持される温度200℃を許容温度とする。

- (2) 建屋内で外気を取り込む外部火災防護対象施設

室内の外気取入れの設計基準である40℃を許容温度とする。

- (3) 屋外の外部火災防護対象施設

屋外の外部火災防護対象施設は、系統構成を踏まえて評価することをから、評価分類を踏まえて許容温度を設定する。

a. 安全冷却水系(再処理設備本体用)

屋外の外部火災防護対象施設のうち、安全冷却水系(再処理設備本体用)の系統構成に関連する安全冷却水A,B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水A,B冷却塔周りの配管)が、火災時においても、冷却機能を損なわないこととして、以下に示す冷却水の最高使用温度、機能を維持するために必要な部材の最高使用温度及び支持架構の構造強度を維持する温度を許容温度とする。

(a) 冷却水の最高使用温度：■℃

(b) 機能を維持するために必要な部材の最高使用温度

イ. 管束及び配管

・ チューブサポート、管束フレーム：■℃

ロ. ファン駆動部

・ ファンブレード：■℃

・ 減速機：■℃

・ 原動機：停止時：■℃，運転時：■℃

ハ. その他部材

・ ファンリング、ファンリングサポート、コモンベッド、ケーブルトレイ：■℃

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

鋼材：325℃

b. 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)

屋外の外部火災防護対象施設のうち、安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の系統構成に関連する冷却塔A,B及び安全冷却水系(冷却塔A,B周りの配管)が、火災時においても、冷却機能を損なわないこととして、以下に示す冷却水の最高使用温度、機能を維持するために必要な部位の最高使用温度及び支持架構の構造強度を維持する温度を許容温度とする。

(a) 冷却水の最高使用温度：60℃

(b) 機能を維持するために必要な部材の最高使用温度

イ. 管束及び配管

・ チューブサポート、管束フレーム：325℃

ロ. ファン駆動部

・ ファンブレード：208℃

・ 減速機：100℃

・ 原動機：停止時：95℃，運転時：60℃

ハ. その他部材

- ・ ファンリング, ファンリングサポート, コモンベッド, ケーブルトレイ : 325°C

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

鋼材 : 325°C

c. 安全冷却水系 (使用済受入れ・貯蔵設備用)

屋外の外部火災防護対象施設のうち, 安全冷却水系 (使用済受入れ・貯蔵設備用) の系統構成に関連する安全冷却水系冷却塔A, B及び安全冷却水系 (安全冷却水系冷却塔A, B周りの配管) が, 火災時においても, 冷却機能を損なわないこととして, 以下に示す冷却水の最高使用温度, 機能を維持するために必要な部位の最高使用温度及び支持架構の構造強度を維持する温度を許容温度とする。

また, 安全冷却水系 (使用済受入れ・貯蔵設備用) には, 屋外の外部火災防護対象施設の膨張槽及び液位計が設置されていることから, これらの機能が維持できる温度を許容温度とする。

(a) 冷却水の最高使用温度 : 60°C

(b) 機能を維持するために必要な部材の最高使用温度

イ. 管束及び配管

- ・ チューブサポート : 325°C

ロ. ファン駆動部

- ・ ファンリング : 208°C

ハ. その他部材

- ・ 電線管 : 325°C

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

鋼材 : 325°C

d. 安全冷却水系膨張槽

- ・ 安全冷却水系 (使用済受入れ・貯蔵設備用) の冷却水の最高使用温度に包絡される。

e. 安全冷却水系膨張槽水位計

- ・ 冷却水の沸点 : 100°C

f. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

- ・ 支持架構の構造強度を維持する温度 : 325°C

(4) 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については, 施設を構成する部材について, 一時的に強度が低下しても, 構造を維持することで, 倒壊等により波及的影響を及ぼさない温度450°Cを許容温度とする。

(5) 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

a. 第2非常用ディーゼル発電機

軸受け温度：200℃

(6) 再処理施設の危険物貯蔵施設等

以下の敷地内の危険物貯蔵施設等が内包する危険物等について、危険物等の種別ごとに発火点温度を許容温度とする。

a. ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の貯蔵物である重油の発火点温度約240℃を許容温度として設定する。

b. ボイラ用燃料貯蔵所

上記a. と同じ。

c. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所

上記a. と同じ。

d. 低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫

プロパンガスの貯蔵容器の貯蔵物であるプロパンの発火点温度である405℃を許容温度として設定する。

e. ボイラ建屋ボンベ置場

上記d. と同じ。

f. 精製建屋ボンベ庫

水素ガスの貯蔵容器の貯蔵物である水素の発火点温度である571.2℃を許容温度として設定する。

g. 還元ガス製造建屋

上記f. と同じ。

4.1.2 重大事故等対処設備

(1) 重大事故等対処設備を収納する建屋等

火災時における短期温度上昇を考慮した場合においても、コンクリートの圧縮強度が維持される温度200℃を許容温度とする。

(2) 屋外の重大事故等対処設備

・主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

支持架構の構造強度を維持する温度：325℃

(3) 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

・可搬型重大事故等対処設備については、許容温度以下とするため、輻射強度1.6kW/m²以下とすることで、許容温度を満たす設計とする。

4.2 許容応力

4.2.1 外部火災の影響を考慮する施設

外部火災の影響を考慮する施設のうち、外部火災の影響を考慮する施設の許容

応力について以下に示す。

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

敷地内の危険物貯蔵施設等に隣接する精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の建屋外壁は以下を許容応力とする。

・ 曲げモーメント : 1,800kN・m

・ せん断応力 : 1,100kN

5. 影響評価

5.1 森林火災に対する熱影響評価

(1) 輻射強度の算出

a. 評価方針

事業指定(変更許可)申請書において示すとおり、防火帯外縁における最も火災影響の大きくなる火炎(反応強度:750kW/m²)を評価対象の最短となる位置に配置して、その解析において火炎最前線に到達した火炎を横一列に並べ、すべての火炎から評価対象施設が受ける輻射強度を算出する。

ただし、屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備の森林火災に対する影響評価においては、事業指定(変更許可)申請書において示したそれぞれの結果を使用し、防火帯外縁に到達した火炎から、外部保管エリア1、外部保管エリア2及び建屋近傍の保管場所を代表する評価地点が受ける輻射強度を算出する。

輻射強度算出、温度評価及び危険距離算出の流れを第5.1-1図、算出に用いる評価指標とその内容を第5.1-1表、評価対象施設と防火帯の位置関係を第5.1-2図にそれぞれ示す。

外部保管エリア1、外部保管エリア2及び建屋近傍の保管場所を代表する評価地点の位置を第5.1-3図に示す。

また、再処理施設の危険物貯蔵施設等の貯蔵容器の内部温度の算出は「5.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等の火災の発生防止の影響評価」に示す。

b. 評価条件

(a) 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎輻射強度が発する地点が同じ高さにあると仮定し最短距離にて算出する。

(b) 森林火災の火炎は、円筒火炎モデルを使用する。火炎の高さは燃焼半径の3倍とし、燃焼半径から円筒火炎モデルの数を算出する。円筒火炎モデル数は、火炎最前線の火炎のメッシュ*1毎に設定する。

注記 *1: 植生データの最小単位(=10m)を火炎のメッシュとする。

(c) 評価対象施設への熱影響が厳しくなるよう、火炎最前線の火炎から最大火炎輻射強度となる火炎を評価対象施設から最短となるように配置し、火炎最前線の到達した火炎を横一列に並べ、全ての火炎からの火炎輻射強度を考慮する。森林火災

における円筒火炎モデルの概要を第5.1-3図に示す。

- (d) 円筒火炎モデルの燃焼の考え方は、ある地点の燃焼完了後に隣へ移動する解析であり、隣へ移動した後は燃焼していた地点の可燃物を燃焼しつくしていることから、消炎するものとする。また、メッシュの燃焼途中での移動は考慮しない。
- (e) 気象条件は無風状態とする。

ただし、上記評価条件のうち、屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備の森林火災に対する影響評価における評価条件(c)は、以下のとおりとする。

- (c) 発火点毎に、火炎が防火帯外縁に到達したメッシュに(b)にて算出した数の円筒火炎モデルをメッシュ上で評価地点の距離が最短になる位置に重なってあるものとして、全ての円筒火炎モデルからの火炎輻射強度を考慮する。火炎が防火帯外縁に到達したメッシュの円筒火炎モデルから評価地点への概念図を第5.1-5図に示す。

c. 評価方法

外部火災ガイドを参考として、FARSITEによる解析結果を用い、評価対象施設への輻射強度を算出する。

(a) 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃料半径
H	m	火炎長
F	-	円筒火炎モデル数
W	m	メッシュ幅
ϕ_i	-	各円筒火炎モデルの形態係数
L	m	各円筒火炎モデルから評価対象施設までの離隔距離
E	W/m ²	メッシュごとの輻射強度の合計
R _f	W/m ²	火炎輻射発散度
ϕ_t	-	各円筒火炎モデルの形態係数の合計値

(b) 燃焼半径の算出

燃焼半径Rを式5.1-1により算出する。

$$R = \frac{H}{3} \dots (\text{式5.1-1})$$

(出典：外部火災ガイド)

(c) 円筒火炎モデル数の算出

火炎が到達したメッシュごとに円筒火炎モデル数Fを次式のとおり算出する。

$$F = \frac{W}{2R} \quad \dots \text{(式5.1-2)}$$

(出典：外部火災ガイド)

- (d) 各円筒火炎モデルの形態係数の算出

円筒火炎モデルの形態係数 ϕ_i を式5.1-3により算出する。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad \dots \text{(式5.1-3)}$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} = 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1 + n)^2 + m^2$, $B = (1 - n)^2 + m^2$

(出典：外部火災ガイド)

各円筒火炎モデルの形態係数を合計した値として形態係数 ϕ_t を次式のとおり算出する。円筒火炎モデルを第5.1-4図に示す。

$$\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} \dots \dots + \phi_{i+x}) \quad \dots \text{(式5.1-4)}$$

ただし、 $i, (i+1), (i+2), \dots, (i+x)$ の円筒火炎モデル数の合計はF個とする。

(出典：外部火災ガイド)

- (e) 輻射強度の算出

火炎最前線に到達した各メッシュの火炎輻射発散度 R_f から受熱面の輻射強度を式5.1-5により算出する。

$$E = R_f \cdot \phi_t \quad \dots \text{(式5.1-5)}$$

(出典：外部火災ガイド)

- (2) 熱影響評価

- a. 評価方針

防火帯外縁から評価対象施設の建屋までの離隔距離が危険距離以上であること並びに建屋及び屋外の評価対象施設が許容温度以下となることを確認する。

- b. 評価方法

- (a) 記号の説明

外部火災防護対象施設を収納する建屋, 外部火災防護対象施設となる建屋, 重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
E	W/m^2	メッシュ毎の輻射強度の合計
T	$^{\circ}C$	評価対象施設の外壁表面温度
T_0	$^{\circ}C$	評価対象施設の外壁の初期温度
t	s	燃焼時間
x	m	外壁表面からの深さ
α	m^2/s	温度伝導率
λ	$W/(m \cdot K)$	コンクリート熱伝導率
ρ	kg/m^3	コンクリート密度
c	$J/(kg \cdot K)$	コンクリート比熱

屋外の外部火災防護対象施設の安全冷却水系（再処理設備本体用、第2非常用ディーゼル発電機用及び使用済燃料受入れ・貯蔵設備用）の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
ΔT_2	K	火炎からの輻射による冷却水の出口温度上昇
A	m^2	1ベイ当たりの配管表面積 (側部板にて直接輻射が当たらない伝熱管を除いた、 冷却水配管の表面積)
G	kg/s	1ベイ当たりの冷却水の質量流量
c_p	J/kg/K	冷却水の比熱

- (b) 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
防火帯から最も距離の近い建屋である第1保管庫・貯蔵所を評価対象施設とし、
森林火災からの輻射強度による建屋の外壁表面温度の上昇を評価する。また、外壁
表面温度がコンクリートの許容温度である200℃以下となる離隔距離を危険距離と
して算出し、防火帯外縁から評価対象施設までの離隔距離が危険距離以上であるこ
とを評価する。

また、天井スラブの評価については、天井への輻射の入射角が浅く垂直外壁面に比べて天井スラブへの輻射強度が低いことから垂直外壁面の評価に包絡される。

受熱面の輻射強度Eから、コンクリートの外壁表面温度Tを算出する。外壁表面温度を算出する際は、コンクリート内部に向かう伝熱を考慮する。評価対象施設の建屋の外壁厚さは0.5m以上あり、半無限固体における熱流束一定の近似解析として式5.1-6を用いる。

$$T = T_o + \frac{2 \cdot E \cdot \sqrt{\alpha \cdot t}}{\lambda} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot \alpha \cdot t}\right) - \frac{x}{2 \cdot \sqrt{\alpha \cdot t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{\alpha \cdot t}}\right) \right] \quad \cdots \text{(式5.1-6)}$$

ただし、 $\alpha = \lambda / (\rho \times c)$

$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$ ($\operatorname{erf}(x)$: 誤差関数)

(出典: 「伝熱工学資料」(1986年10月20日 改訂第4版 日本機械学会)(以下「伝熱工学資料 改訂第4版」という。))

評価に当たっては、厳しい評価となるように外壁表面からの対流及び輻射放熱は考慮せず、火炎からの輻射のエネルギーは全て建屋内面に向かう評価モデルとする。したがって、最高温度の位置は外壁表面($x=0\text{m}$)となる。そこで式5.1-6の x をゼロとして、外壁の最高温度を以下の式5.1-7により算出する。

$$T = T_o + \frac{2 \cdot E \cdot \sqrt{\alpha \cdot t}}{\sqrt{\pi \lambda}} \quad \cdots \text{(式5.1-7)}$$

(出典: 伝熱工学資料 改訂第4版)

危険距離は形態係数 ϕ 、火炎長 H 、及び燃焼半径 R を用いて、式5.1-3を用いて算出する。形態係数 ϕ は式5.1-7より算出する外壁表面温度 T が 200°C となる輻射強度 E を用いて、式5.1-5から算出する。

(c) 屋外の外部火災防護対象施設及び常設重大事故等対処設備

イ. 安全冷却水系(再処理設備本体用、第2非常用ディーゼル発電機用及び使用済燃料受入れ施設用)

安全冷却水B冷却塔に加え、防火帯から最も距離の近いである、安全冷却水系冷却塔A、安全冷却水A冷却塔、冷却塔B及び安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A、安全冷却水A、B冷却塔、冷却塔B及び安全冷却水B冷却塔周りの配管)については、安全機能を維持する上で最も低い許容温度となる冷却水の冷却塔出口温度上昇を確認することで、危険距離を上回る離隔距離が確保されており、安全機能を損なわないことを確認する。冷却水温度への熱影響評価の計算モデルを第5.1-5図に示す。

また、冷却水については、系統への影響を考慮し、流体の温度上昇を以下の式5.1-8に基づき算出する。

$$\Delta T_2 = \frac{E \times A}{c_p \times G} \quad \cdots \text{(式5.1-8)}$$

(出典: 「伝熱工学資料」(2009年5月20日 改訂第5版 日本機械学会)(以下「伝熱工学資料改訂第5版」という。))

なお、安全冷却水系冷却塔Aは屋外に安全冷却水系膨張槽が設置されているが、膨張槽は冷却水配管と常時接続していることから、冷却塔の冷却水の評価に包絡される。

また、安全冷却水系膨張槽水位計は、基本的に遮熱板の内側に設置され、間接

的に受熱すること、また、水位監視の機能維持のためには冷却水が沸騰しない温度（100℃）以下とする必要があるが、これは安全冷却水系冷却塔の冷却水の許容温度に比べ高いことから、冷却塔の冷却水の評価に包絡される。

ロ. 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては、支持構造を維持することで安全機能を維持することが可能であり、第1保管庫・貯水所の許容温度200℃に対し、許容温度が325℃と許容温度が高く、防火帯外縁からの離隔距離は第1保管庫・貯水所75mに対し、185mと長いことから、「(a) 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる外壁を有する建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋」の評価に包絡される。

(d) 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

安全冷却水系(再処理設備本体用)に波及的影響を及ぼし得る施設は、飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 A, B)があり、支持構造物である架構等が鋼材であり、安全冷却水系(再処理設備本体用)の冷却水の最高使用温度■℃に対し、許容温度が450℃と許容温度が高く、離隔距離は同程度であることから、屋外の外部火災防護対象施設の評価に包絡される。

安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)に波及的影響を及ぼし得る施設は、飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔)があり、安全冷却水系(再処理設備本体用)の冷却水の許容温度60℃に対し、許容温度が450℃と許容温度が高く、離隔距離は同程度であることから、屋外の外部火災防護対象施設の評価に包絡される。

安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)に波及的影響を及ぼし得る施設は、飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設用冷却塔)があり、安全冷却水系(再処理設備本体用)の冷却水の許容温度60℃に対し、許容温度が450℃と許容温度が高く、離隔距離は同程度であることから、屋外の外部火災防護対象施設の評価に包絡される。

主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに波及的影響を及ぼし得る施設は、以下の飛来物防護板があり、第1保管庫・貯水所の許容温度200℃に対し、許容温度が450℃と許容温度が高く、防火帯外縁からの離隔距離は第1保管庫・貯水所75mに対し、185mと長いことから、外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる外壁を有する建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の評価に包絡される。

- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)

・飛来物防護板（主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）

・飛来物防護板（冷却塔接続 屋外設備）

(e) 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

飛来物防護板等の温度上昇に対する外部火災防護対象施設への熱影響については、飛来物防護板等と外部火災防護対象施設の離隔距離は、どの火災源においても変わらないことから、温度上昇が最も高い事象により評価は包絡される。防火帯の外縁(火炎側)からの離隔距離を考慮すると、建屋直近を想定する航空機墜落火災が最も厳しい条件となることは明らかであることから、「5.3(4) h. 飛来物防護板等から影響を受ける施設」の評価に包絡される。

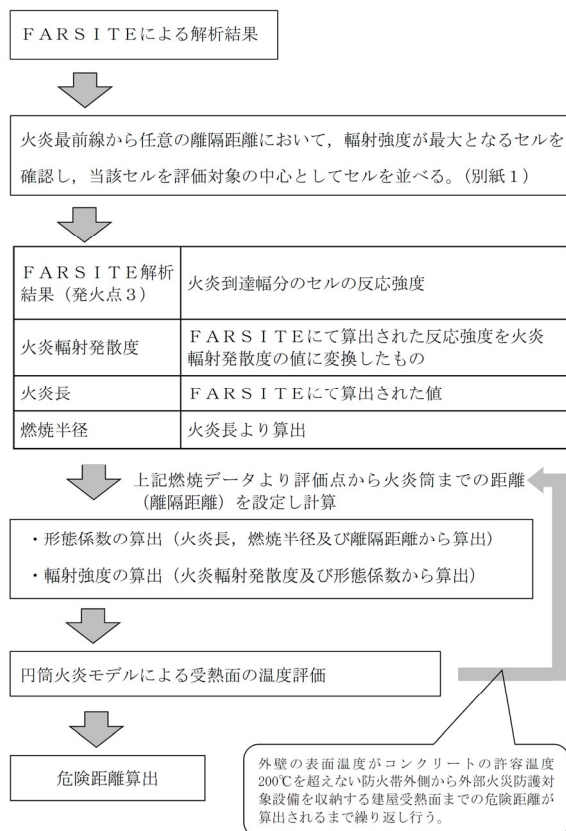
(f) 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備は、事業指定（変更許可）申請書において示した、発火地点の想定毎に、解析で得られた防火帯外縁に到達した火炎と評価地点の離隔距離を考慮し、式5.1-5に基づき各メッシュの輻射強度を算出する。

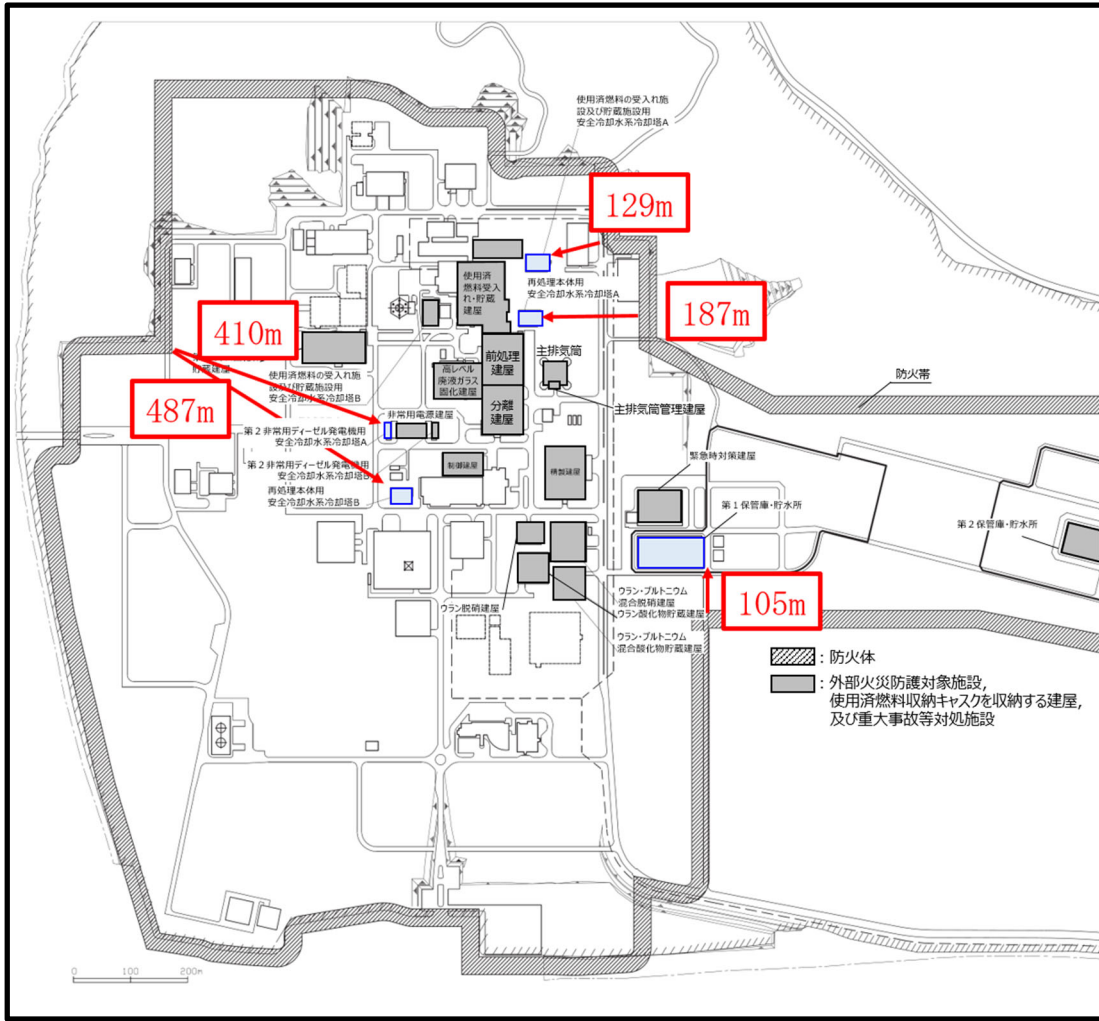
各メッシュの輻射強度は、保守的に同時に防火帯外縁全体が燃えているとして合計し、評価地点の輻射強度が1.6kW/m²以下であることを確認する。

第5.1-1表 評価指標について

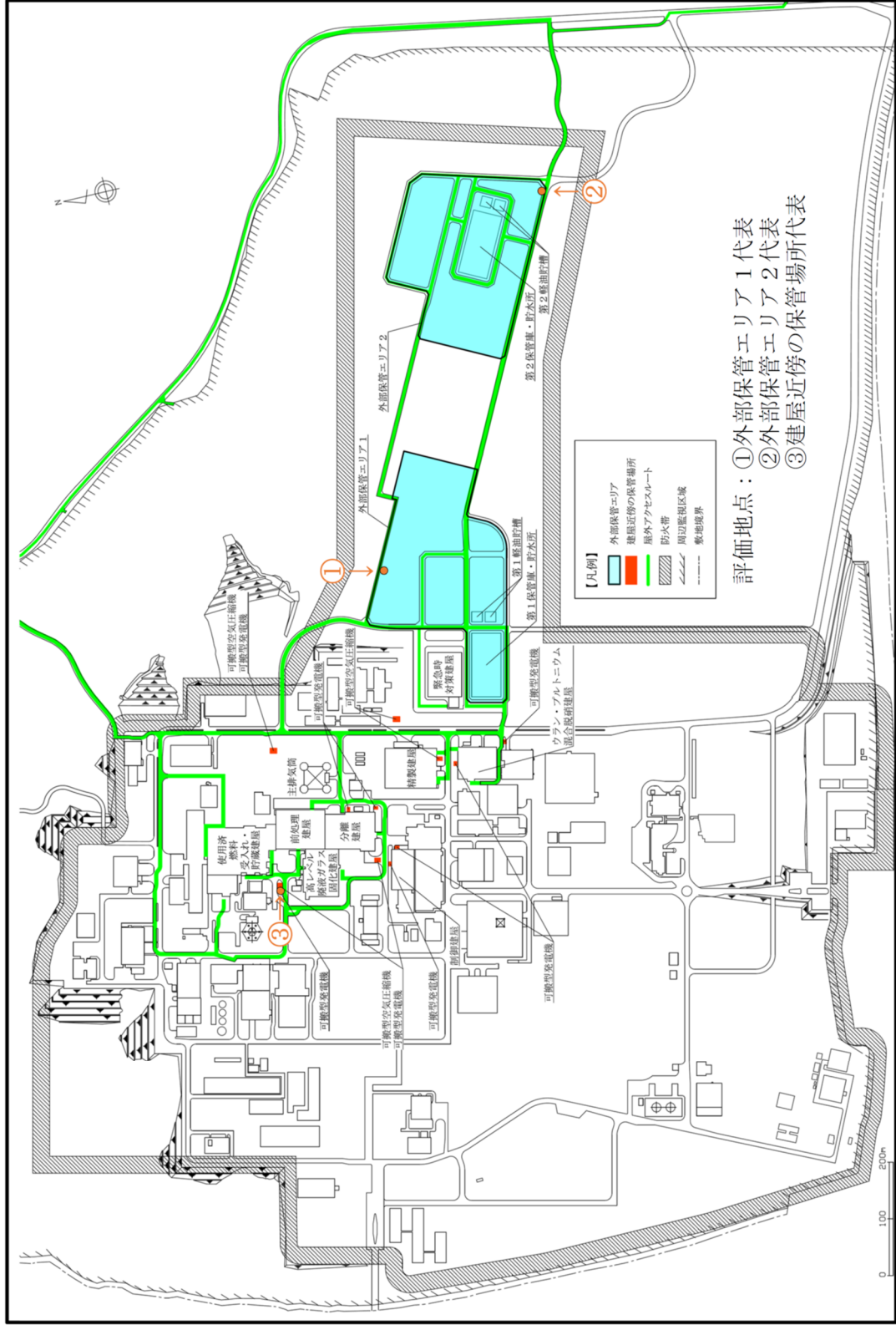
評価指標	内容
反応強度 (kW/m ²)	単位面積当たりの熱放出速度であり、火炎輻射強度の根拠となる火災規模。火炎輻射強度の算出に使用する。(FARSITEの解析で算出された値)
火炎長 (m)	反応強度が最大位置の火炎の高さ。円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。(FARSITEの解析で算出された値)
火炎輻射強度 (kW/m ²)	反応強度に米国NFPAの係数0.377を乗じて算出され、円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出に使用する。
燃焼半径 (m)	火炎長さに基づき算出され、円筒火炎モデルの形態係数の算出に使用する。
火炎到達幅 (m)	防火帯外縁に到達した火炎の数×火炎幅(10m) (FARSITEの解析で算出された値)
形態係数	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる定数
危険距離 (m)	外壁表面温度がコンクリートの圧縮強度が維持できる温度である200℃となる距離



第5.1-1図 輻射強度の算出の流れ



第5.1-2図 評価対象施設と防火帯の位置関係



第5.1-3図 屋外保管場所の森林火災からの放射強度の評価地点の位置

① 火災最前線上で最も影響度が大きいメッシュ **11** を抽出する。



凡例

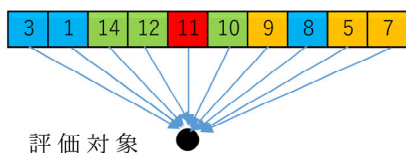
- : 最も影響度が大きいメッシュ
- : 2番目に影響度が大きいメッシュ
- : 3番目に影響度が大きいメッシュ
- : 4番目に影響度が大きいメッシュ
- : 火災が未到達のメッシュ

枠内の数字は、メッシュの並びに基づいて連番にて与える番号

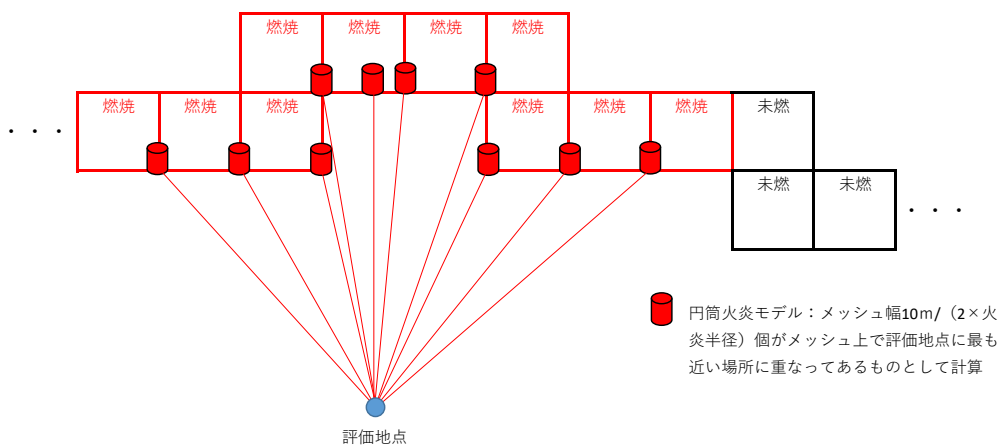
② **11** を中心に火災最前線を展開する。



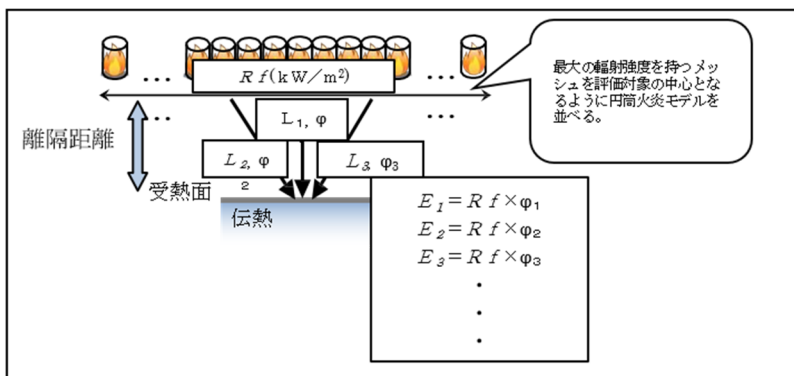
③ 未到達メッシュを除いて詰め、メッシュ毎の輻射強度から温度上昇値を算出する。



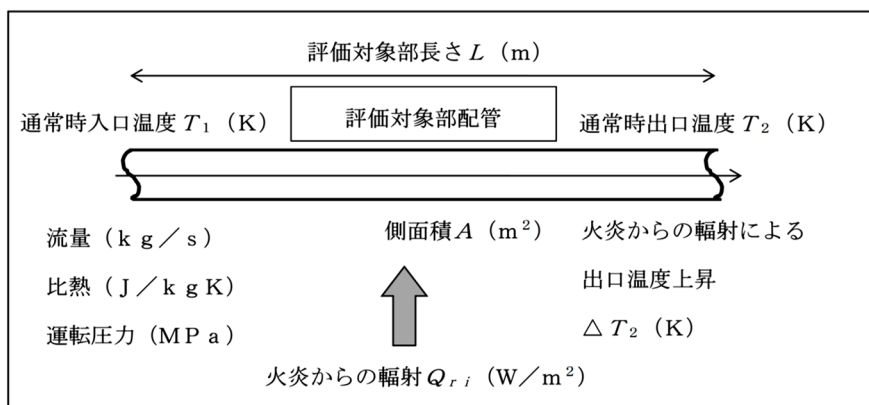
第5.1-4図 円筒火炎モデルの概要



第5.1-5図 火炎到達メッシュの円筒火炎モデルから評価地点への概念図



第5.1-6図 円筒火炎モデル



第5.1-7図 冷却水温度への熱影響評価の計算モデル

5.2 近隣の産業施設の火災及び爆発に対する熱影響評価

近隣の産業施設の火災及び爆発については、石油備蓄基地の火災、敷地内の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発並びに石油備蓄基地の火災と森林火災の重畳について影響評価を行う。

5.2.1 石油備蓄基地火災に対する熱影響評価

(1) 評価方針

石油備蓄基地の火災については、敷地西方向約0.9km離れた場所に存在する、51基の原油貯蔵タンク(約11.1万 m^3 /基)の原油全てが防油堤内に流出した全面火災を想定する。評価は、評価対象施設の建屋は、算出した輻射強度がコンクリートの許容温度となる危険輻射強度以下であることを確認する。屋外の評価対象施設は代表部位が許容温度以下となることを確認する。

非常用ディーゼル発電機については、石油備蓄基地火災に最も近い第2非常用ディーゼル発電機を代表施設とし、建屋の外気取入れ口から室内に流入する空気の温度が石油備蓄基地火災の熱影響によって上昇したとしても室内温度の最高温度以下となることを確認する。

屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備については、屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所のうち、外部保管エリアの保管場所及び建屋近傍の保管場所において石油備蓄基地に最も近い地点を評価地点として、算出した輻射強度が1.6 kW/m^2 以下となることを確認する。

また、敷地内の危険物貯蔵施設等の貯蔵物の温度の算出は「5.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等の火災の発生防止の影響評価」に示す。

(2) 評価条件

- a. 気象条件は無風状態とする。
- b. 石油備蓄基地に配置している51基の原油貯蔵タンク(約11.1万 m^3 /基)の原油全てが原油貯蔵タンクから防油堤内に流出した全面火災を想定し、原油貯蔵タンクから流出した石油類は全て防油堤内に留まるものとする。
- c. 火災は原油貯蔵タンク9基(3列×3行)又は6基(2列×3行)を1単位とした円筒火災モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とする。円筒火災モデルの概念図を第5.2.1-1図に示す。
- d. 原油貯蔵タンクは、燃焼半径が大きく、燃焼時に空気供給が不足し、大量の黒煙が発生するため、輻射発散度の低減率(0.3)を考慮する。

(出典：消防庁特殊災害室 石油コンビナートの防災アセスメント指針,平成25年3月)(以下「石油コンビナートの防災アセスメント指針」という。)

(3) 評価方法

石油備蓄基地火災については、原油貯蔵タンクの貯蔵量、原油貯蔵タンクから評価対象施設の受熱面までの距離等から評価対象施設で受ける輻射強度を求めるとともに、その輻射強度が建屋外壁の許容温度に達する危険輻射強度を算出する。屋外の評価対象施設は、代表部位の温度を算出する。

屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備の評価については、屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所のうち、外部保管エリアの保管場所及び建屋近傍の保管場所において石油備蓄基地に最も近い地点を評価地点として、原油貯蔵タンクから評価地点までの距離等から、評価地点で受ける輻射強度を求め、1.6 kW/m²以下となることを確認する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃料半径
w	m	防油堤3基分の縦幅 (160m×3=480m)
d	m	防油堤3基分の横幅又は2基分の横幅 (160m×3=480m又は160m×2=320m)
φ	-	形態係数
H	m	火炎の高さ
L	m	燃焼面(円筒火災底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離
E	W/m ²	輻射強度
Rf	W/m ²	輻射発散度

外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
Q_{ri}	W/m^2	火炎からの輻射(危険輻射強度)
Q_{ro}	W/m^2	大気への輻射放熱
Q_h	W/m^2	熱伝達による大気への放熱
Q_{sun}	W/m^2	太陽光入射：400W/m ²
σ	$W/m^2/K^4$	ステファン-ボルツマン定数
T_c	K	壁面温度(許容温度)
T_a	K	大気側温度
ε_c	-	壁面の輻射率
x	m	外壁表面からの深さ
F_{ca}	-	壁面からの大気への形態係数
h	$W/m^2/K$	熱伝達係数
T_{amb}	K	外気温度
Nu	-	ヌセルト数
Ra	-	レイリー数
Gr	-	グラスホフ数
Pr	-	プラントル数*1
ν	m^2/s	大気の動粘性係数*1
λ	$W/m/K$	大気の熱伝導率*1
T_r	K	代表温度
β	$1/K$	体膨張係数
L_w	m	評価対象壁面高さ
g	m/s^2	重力加速度

注記 *1：「伝熱工学資料 改訂第4版」に基づく代表温度 T_r における値に線形補間する。

建屋内で外気を取り込む外部火災防護対象施設の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
Q	W	熱伝達熱流
C_p	$J/kg/K$	比熱
A	m^2	伝熱面積
h	$W/m^2/K$	熱伝達係数
T_w	K	建屋外壁及びフードの温度
T_a	K	外気温度
T_f	K	火炎からの輻射による温度
ΔT	K	熱伝達による温度上昇
Nu	-	ヌセルト数
Re	-	レイノズル数
U	m/s	空気平均流速
ρ	kg/m^3	空気密度
T	K	膜温度

b. 燃焼半径の算出

原油貯蔵タンクは、隣接するタンクと防油堤を共有しているものが複数あることから、現実的な底面積の設定として、原油貯蔵タンク9基(3列×3行)又は6基(2列×3行)を1単位として円筒形にモデル化し、円筒火災相互の輻射遮蔽効果は無視する。また、防油堤の大きさは航空写真から概算で原油貯蔵タンク1基あたり縦幅及び横幅ともに160mと設定し、外部火災ガイドを参考に燃焼半径Rは式5.2.1-1より算出する。円筒火災モデルを第5.2.1-1図に示す。

$$R = \sqrt{\frac{W \cdot d}{\pi}} \dots (\text{式5.2.1-1})$$

(出典：外部火災ガイド)

c. 輻射強度の算出

外部火災ガイドを参考として、各円筒火災からの形態係数 ϕ_i を式5.2.1-2により求める。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \dots (\text{式5.2.1-2})$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} = 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

(出典：外部火災ガイド)

ϕ_i ($i = 1 \sim 6$) : 第5.2.1-1図に示した各円筒火災の形態係数

ここで、求めた各円筒火災の形態係数から、輻射強度を式5.2.1-3により算出する。

$$E = \sum_{i=1}^6 (\phi_i \cdot R_f \cdot r) \cdots \text{(式5.2.1-3)}$$

(出典：外部火災ガイド)

ϕ_i ($i=1\sim6$)：第5.2.1-1図に示した各円筒火災の形態係数

ここで、輻射発散度 R_f は油種により決まるものであり、外部火災ガイドを参考として、カフジ原油の値を採用し、 41kW/m^2 と設定する。

また、大規模な石油備蓄基地火災を想定するため、火災輻射発散度の低減率($r=0.3$)を考慮する。

(出典：石油コンビナートの防災アセスメント指針)

- d. 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋，重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の危険輻射強度の算出方法

石油備蓄基地から最も近い建屋である第1ガラス固化体貯蔵建屋を評価対象施設とし，外壁が許容温度(200℃)に達する際の危険輻射強度を，放熱量と入熱量の定常計算を用いて式5.2.1-4により算出する。第5.2-2図に，危険輻射強度の計算モデルを示す。

また，天井スラブの評価については，天井への輻射の入射角が浅く垂直外壁面に比べて天井スラブへの輻射強度が低いことから垂直外壁面の評価に包絡される。

$$Q_{sun} + Q_{ri} = Q_{ro} + Q_h \cdots \text{(式5.2.1-4)}$$

大気への輻射放熱 Q_{ro} は単位体積当たりの平面から無限平面への輻射として，式5.2.1-5により計算する。

$$Q_{ro} = \sigma (T_c^4 - T_a^4) / \left(\frac{1-\epsilon_c}{\epsilon_c} + \frac{1}{F_{ca}} \right) \cdots \text{(式5.2.1-5)}$$

(出典：伝熱工学資料改訂第5版)

熱伝達による放熱量 Q_h は鉛直平板まわりの自然対流熱伝達として，式5.2.1-6から式5.2.1-13式により算出する。

$$Q_h = h(T_c - T_{amb}) \cdots \text{(式5.2.1-6)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

$$h = (Nu \times \lambda) / L \cdots \text{(式5.2.1-7)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

ヌセルト数Nuは、算出したレイリー数Raの値により層流又は乱流の式を用いて算出する。

鉛直平板まわりの層流下における自然対流熱伝達時のヌセルト数Nuは式5.2.1-8により算出する。

$$Nu = \frac{4}{3} C_1 \times Ra^{1/4} \quad (10^4 \leq Ra \leq 4 \times 10^9 \sim 3 \times 10^{10}) \quad \dots \text{(式5.2.1-8)}$$

$$\text{ただし } C_1 = \frac{3}{4} \left(\frac{Pr}{2.4 + 4.9\sqrt{Pr} + 5Pr} \right)^{1/4}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

鉛直平板まわりの乱流下における自然対流熱伝達時のヌセルト数Nuは式5.2.1-9により算出する。

鉛直平板まわりの乱流下における自然対流熱伝達時のヌセルト数Nuは実験によって±20%程度の差異があることから、右辺第一項にて安全側に0.0035を引いている。

$$Nu = (0.0185 - 0.0035) Ra^{2/5} \quad (10^{10} \leq Ra) \quad \dots \text{(式5.2.1-9)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

Ra < 10¹⁰では、層流の式を使用。

3 × 10¹⁰ < Raでは、乱流の式を使用。10¹⁰ ≤ Ra ≤ 3 × 10¹⁰では、厳しい評価となるように小さい側を使用する。

$$Ra = Pr \times Gr \quad \dots \text{(式5.2.1-10)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

$$Gr = g\beta(T_c - T_{amb}) L_w^3 / \nu^2 \quad \dots \text{(式5.2.1-11)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

$$\beta = 1/T_{amb} \quad \dots \text{(式5.2.1-12)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

代表温度は空気を理想気体とみなし、式5.2.1-13を使用して算出する。気体の場合には温度差が500K程度あっても本式を適用できる。

$$T_r = T_c - 0.38 \times (T_c - T_{amb}) \quad \dots \text{(式5.2.1-13)}$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

(熱伝導率、プラントル数及び動粘性係数算出のための代表温度とする。)

- e. 建屋内で外気を取り込む外部火災防護対象施設及び常設重大事故等対処設備
第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機及び緊急時対策
建屋の非常用電源は建屋内に設置し、建屋の外気取入れ口から室内へ空気を取り込み、その空気をディーゼル発電機に取り込む設計としている。

そのため、石油備蓄基地火災で最も厳しい評価となる第1非常用ディーゼル発電機を収納する建屋の外気取入れ口付近の建屋外壁の温度を保守的に各火災で最も高い温度となる150℃まで上昇した一番厳しい状態を想定し、かつ外気は建屋外壁に沿って上昇するもののみが取り込まれるとして評価を行う。

建屋外壁及びフードからの熱伝達による室内の温度 T_I を式5.2.1-14により算出する。

$$T_I = T_a + \Delta T \cdots (\text{式5.2.1-14})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

流入空気の温度上昇 ΔT については、流入する空気の温度上昇として以下の式5.2.1-15に基づき算出する。

$$\Delta T = \frac{Q}{G \times c_p} \cdots (\text{式5.2.1-15})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

熱伝達による外壁からの放熱量 Q は鉛直平板まわりの自然対流熱伝達として、式5.2.1-16から式5.2.1-13式により算出する。

$$Q = Ah(T_w - T_a) \cdots (\text{式5.2.1-16})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

$$h = (Nu \times \lambda) / L \cdots (\text{式5.2.1-17})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

評価が厳しくなる乱流を想定し、式5.2.1-18によりヌセルト数を求める。

$$Nu = 0.037 P_r^{\frac{1}{4}} Re^{\frac{4}{5}} \cdots (\text{式5.2.1-18})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

レイノルズ数は、床面からの給気口までの高さを代表長さとし、式5.2.1-19により求める。

$$Re = \frac{U \times L}{\nu} \cdots (\text{式5.2.1-19})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

代表温度は空気を理想気体とみなし、式5.2.1-20を使用して算出する。気体の場合には温度差が140K程度あっても本式を適用できる。

$$T_r = \frac{T_a + T_w}{2} \cdots (\text{式5.2.1-20})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

- f. 屋外の外部火災防護対象施設及び常設重大事故等対処設備の温度の算出方法
- (a) 安全冷却水系(再処理設備本体用、第2非常用ディーゼル発電機用及び使用済燃料受入れ施設用)

石油備蓄基地から最も距離の近いである、安全冷却水系冷却塔B、安全冷却

水B冷却塔，冷却塔A及び安全冷却水系（安全冷却水系冷却塔B，安全冷却水B冷却塔，冷却塔A及び安全冷却水系膨張槽周りの配管）を代表施設として評価する。

評価については，5.1(2)b.(b)イ.と同様に評価する。

(b) 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

5.1(2)b.(b)ロ.と同様に評価する。

g. 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

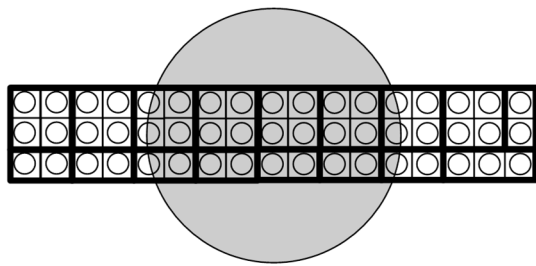
5.1(2)b.(c)と同様に屋外の外部火災防護対象施設の評価に包絡される。

h. 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

石油備蓄基地火災からの離隔距離を考慮すると，建屋直近を想定する航空機墜落火災が最も厳しい条件となることは明らかであることから，「5.3(4) h. 飛来物防護板等から影響を受ける施設」の評価に包絡される。

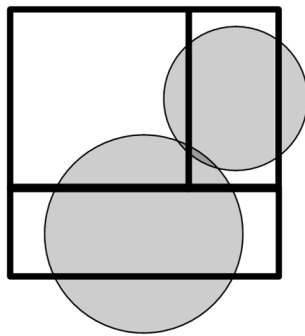
i. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

外部保管エリアの保管場所及び建屋近傍の保管場所において，第5.2.1-2図に示す石油備蓄基地に最も近い地点を評価地点として，原油貯蔵タンクから評価地点までの距離等から，評価地点で受ける輻射強度を求め，1.6 kW/m²以下となることを確認する。



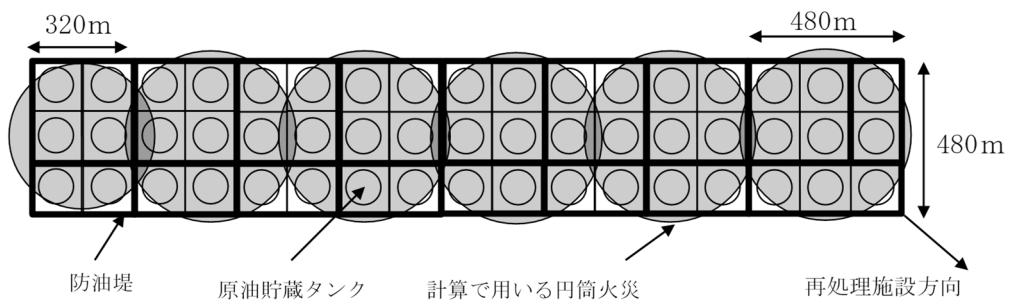
想定する防油堤内火災の燃焼形態とモデルの燃焼形態の乖離が大きく、非現実的な円筒火災モデルとなる。

<全防油堤の面積を一つの円筒火災モデルとする場合>



3列1行や2行1列で設置された防油堤については、想定する防油堤内火災の燃焼形態との間に乖離がある。

<防油堤単位で円筒火災モデルとする場合>



第5.2.1-1図 円筒火災モデルの概念図

5.2.2 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対する熱影響評価

(1) 評価方針

石油備蓄基地火災においては、防油堤外部へ延焼する可能性は低いですが、外部火災ガイドを参考として、石油備蓄基地周辺の森林へ飛び火することにより評価対象施設へ迫る場合を想定し、石油備蓄基地火災と森林火災の重畳を想定する。評価は、この重畳火災による評価対象施設の建屋の外壁表面温度を算出し、許容温度以下となることを確認する。

(2) 評価条件

石油備蓄基地火災については、「5.2.1(2) 評価条件」と同じである。

森林火災については、「5.1(1) 輻射強度の算出」と同じである。

(3) 評価方法

石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳による影響評価は、火炎からの輻射強度による評価対象施設の建屋の外壁表面温度及び屋外の評価対象施設の温度を算出する。

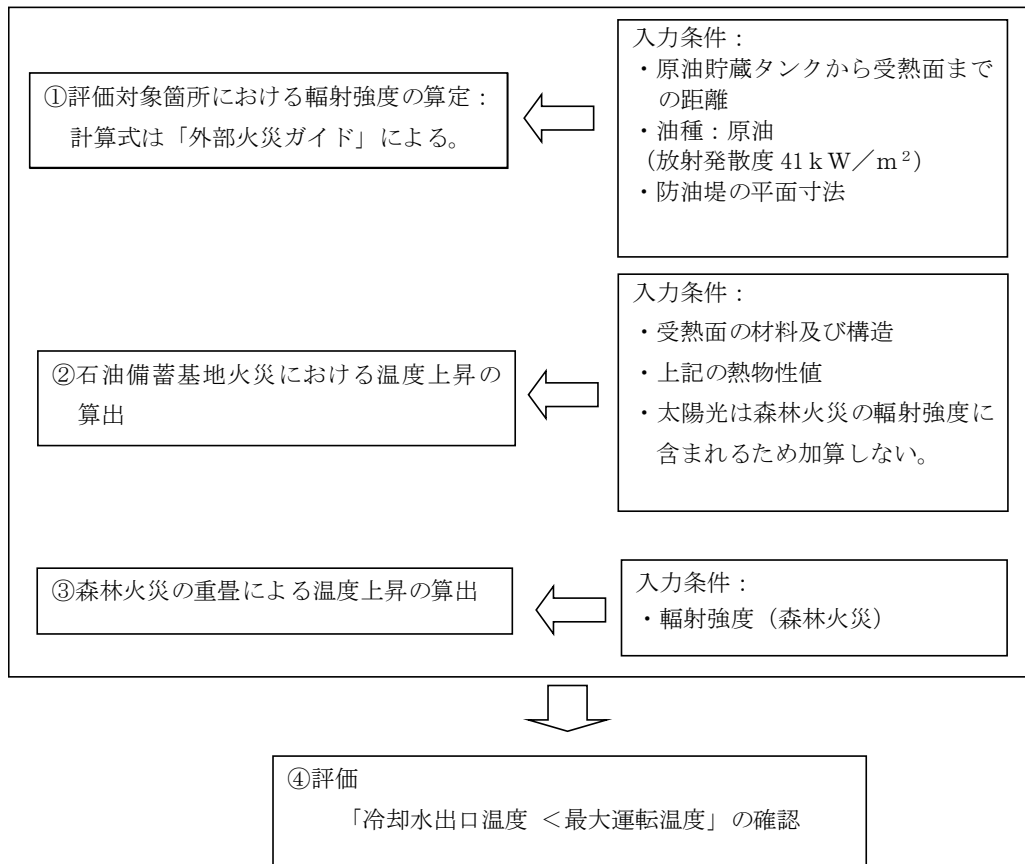
石油備蓄基地火災については、「5.2.1(3) 計算方法」に対し、森林火災の中で太陽輻射を考慮することから、火炎からの輻射強度のみとする。

森林火災については、「5.1(2) 熱影響評価」と同じである。

石油備蓄基地火災と森林火災の重畳については、評価対象施設に対し、石油備蓄基地火災の熱影響評価で算出した温度と森林火災の熱影響評価で算出した温度を加え、算出する。

検討手順を第5.2.2-1図に示す。

評価対象施設については、森林火災及び石油備蓄基地火災において厳しい評価となるものを対象とする。建屋については、使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫とし、屋外の外部火災防護対象施設としては、安全冷却水B冷却塔、安全冷却水系冷却塔A、冷却塔Aを対象とする。



第5.2.2-1図 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳評価に関する検討手順

5.2.3 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災に対する熱影響評価

(1) 評価方針

敷地内の危険物貯蔵施設等の火災については、敷地内の危険物貯蔵施設等における危険物の貯蔵量、敷地内における施設の配置状況及び離隔距離を考慮し、貯蔵量が多く、評価対象施設に近い、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所、ボイラ用燃料貯蔵所、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所に設置する重油タンクの火災を想定する。

評価は、火災源からの熱影響による評価対象施設の建屋外壁及び屋外の評価対象施設の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

屋外の可搬型重大事故等対処設備の評価については、屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所における火災源からの輻射強度が1.6 kW/m²以下となることを確認する。

敷地内の危険物貯蔵施設等を第5.2.3-1表に、危険物貯蔵施設等の配置状況を第

5.2.3-1図に示す。

なお、技術開発研究所に設置する重油貯槽並びにユーティリティ建屋及び第2ユーティリティ建屋に設置する受電変圧器(絶縁油)は、他の敷地内の危険物貯蔵施設等と比較し危険物等の貯蔵量が少なく、評価対象までの距離が離れていることから、技術開発研究所に設置する重油貯槽並びにユーティリティ建屋及び第2ユーティリティ建屋に設置する受電変圧器(絶縁油)の火災による影響は、他の敷地内の危険物貯蔵施設等の火災による影響に包絡されるため、上記にて想定するボイラ用燃料受入れ・貯蔵所において火災を想定して熱影響を評価する。

地下の敷地内の危険物貯蔵施設等は、「危険物の規則に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」に適合するため地表面で火災が発生する可能性は低いうえ、タンクのマンホールを含め地上部に露出しない構造であり、地上で発生する火災からの輻射熱を受けない構造とすることから外部火災源から除外する。

(2) 評価条件

- a. 気象条件は無風状態とする。
- b. 敷地内の危険物貯蔵施設等の危険物の貯蔵量は、危険物施設として許可された危険物の貯蔵容量を超えない運用上の最大貯蔵量とする。
- c. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、タンク位置から外部火災防護対象施設等までの直線距離とする。
- d. タンク内の重油全てがタンクから防油堤内に流出した全面火災を想定し、タンクから流出した重油は全て防油堤内に留まるものとする。
- e. 火災は円筒火災モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とする。想定する円筒火災モデルを第5.2.3-2図に示す。
- f. 輻射発散度の低減は考慮しない。

(3) 評価方法

敷地内の危険物貯蔵施設等の火災については、防油堤面積から求める燃焼半径、重油の貯蔵量及び燃焼速度から、防油堤内における重油の燃焼継続時間を設定する。その燃焼継続時間、輻射強度等を用いて、評価対象施設の建屋は外壁表面温度を算出する。屋外の評価対象施設は、代表部位の温度を算出する。

屋外の可搬型重大事故等対処設備の評価については、危険物貯蔵施設火災からの輻射強度が 1.6kW/m^2 となる範囲を算出し、屋外の可搬型重大事故等対処設備の保管場所が輻射強度 1.6kW/m^2 となる範囲内にはないことを確認する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
w	m	防油堤の幅
d	m	防油堤の奥行
ϕ	-	形態係数
L	m	燃焼面(円筒火炎底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離
H	m	火炎の高さ
E	W/m ²	輻射強度
Rf	W/m ²	輻射発散度

b. 燃焼半径の算出

外部火災ガイドを参考として、燃焼半径Rは式5.2.3-1より算出する。

$$R = \sqrt{\frac{W \cdot d}{\pi}} \dots (\text{式5.2.3-1})$$

(出典：外部火災ガイド)

c. 輻射強度の算出

火炎からの輻射強度を算出するに当たっては、外部火災ガイドを参考として、形態係数 ϕ を式5.2.3-2により算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \dots (\text{式5.2.3-2})$$

ただし、 $m = \frac{H}{R} = 3$, $n = \frac{L}{R}$, $A = (1+n)^2 + m^2$, $B = (1-n)^2 + m^2$

(出典：外部火災ガイド)

ここで、求めた形態係数から、外部火災ガイドを参考として、輻射強度Eを以下の式5.2.3-3により算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \dots (\text{式5.2.3-3})$$

(出典：外部火災ガイド)

ここで、輻射発散度Rfは外部火災ガイドを参考として、重油の値23kW/m²と設定する。

d. 燃焼継続時間の算定

外部火災ガイドを参考として、燃焼時間tを式5.2.3-4により算出する。

$$t = \frac{V}{\pi \cdot R^2 \cdot v} \dots (\text{式5.2.3-4})$$

(出典：外部火災ガイド)

- e. 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋，重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外壁表面温度の算出方法

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所に最も近いウラン酸化物貯蔵建屋，ボイラ用燃料貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所から最も近い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋を評価対象施設とし，外壁表面温度を，周囲への放熱を考慮しない式を用いて算出する。外壁表面温度の算出方法は「5.1(2)b.(a) 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる外壁を有する建屋，重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋」と同様である。

また，天井スラブの評価については，天井への輻射の入射角が浅く垂直外壁面に比べて天井スラブへの輻射強度が低いことから垂直外壁面の評価に包絡される。

- f. 屋外の外部火災防護対象施設及び常設重大事故等対処設備の温度の算出方法
(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用，第2非常用ディーゼル発電機用及び使用済燃料受入れ施設用)

第5.2.3-2表に示す，ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所，ボイラ用燃料貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所に最も近い外部火災防護対象施設を評価対象施設とする。

評価については，5.1(2)b.(b)イ.と同様に評価する。

- (b) 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト
5.1(2)b.(b)ロ.と同様に評価する。

- g. 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
5.1(2)b.(c)と同様に屋外の外部火災防護対象施設の評価に包絡される。
h. 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設
敷地内の危険物貯蔵施設からの離隔距離を考慮すると，建屋直近を想定する航空機墜落火災が最も厳しい条件となることは明らかであることから，「5.3(4) h. 飛来物防護板等から影響を受ける施設」の評価に包絡される。
i. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

外部保管エリアの保管場所及び建屋近傍の保管場所において，ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所，ボイラ用燃料貯蔵所，ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所に設置する重油タンクの火災からの輻射強度が 1.6kW/m^2 となる範囲を算出し，屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所が輻射強度 1.6kW/m^2 となる範囲内にはないことを確認する。

第5.2.3-1表 敷地内に存在する危険物貯蔵施設等

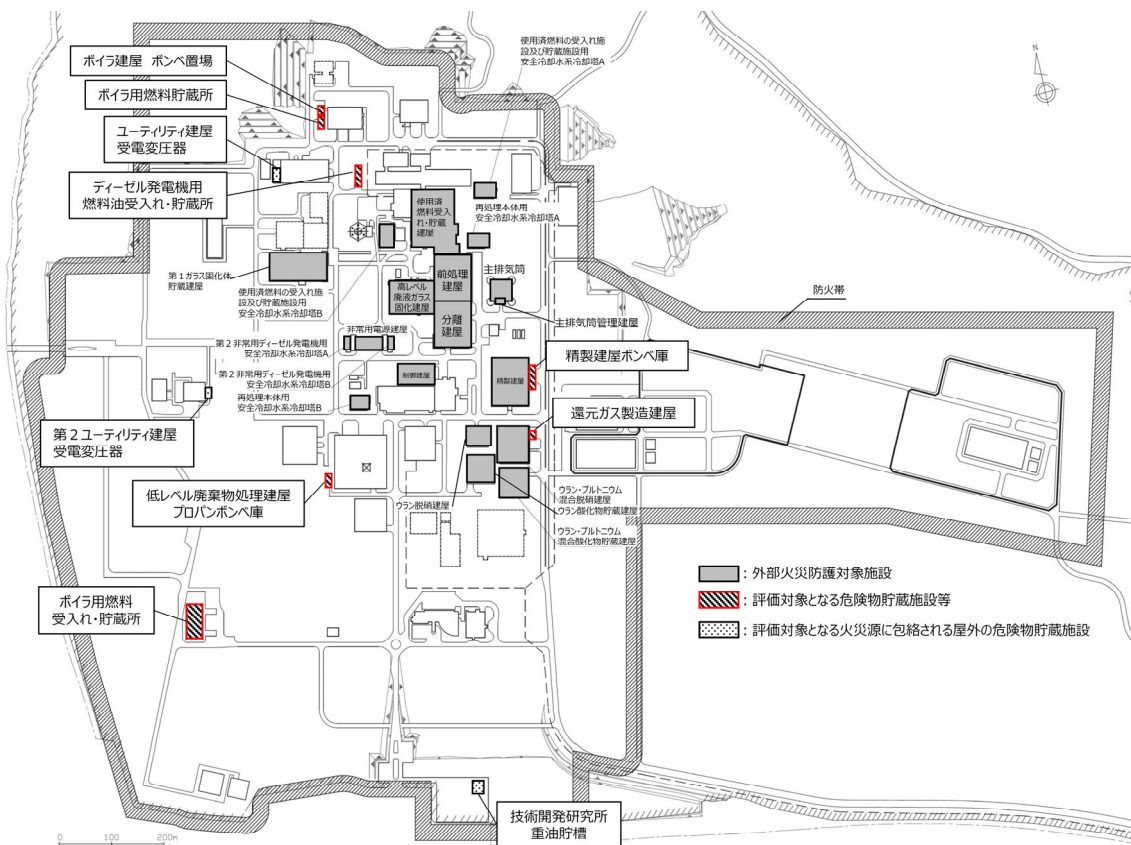
敷地内の危険物タンク等	貯蔵物
ボイラ用燃料貯蔵所	重油
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所* ¹	重油
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所* ¹	重油
技術開発研究所重油貯槽	重油
精製建屋ボンベ庫	水素
還元ガス製造建屋	水素
第1高压ガストレーラ庫* ²	水素
LPGボンベ庫* ²	LPガス
ボイラ建屋 ボンベ置場	プロパン
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパン
ユーティリティ建屋 受電変圧器	絶縁油
第2ユーティリティ建屋 受電変圧器	絶縁油

注記 *1： MOX燃料加工施設及び廃棄物管理施設と共用

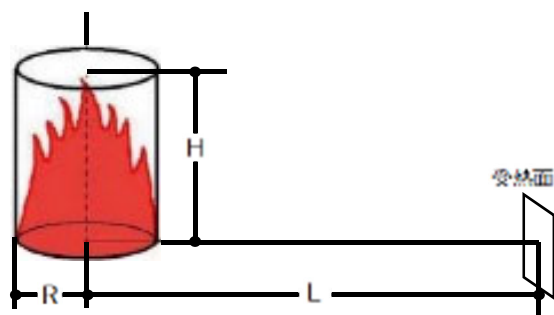
*2： MOX燃料加工施設の危険物貯蔵施設等

第5.2.3-2表 火災源に最も近い外部火災防護対象施設

火災源	最も近い屋外の外部火災防護対象施設
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	ウラン酸化物貯蔵建屋
	安全冷却水B冷却塔
	安全冷却水系冷却塔B
	冷却塔A
ボイラ用燃料貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
	安全冷却水B冷却塔
	安全冷却水系冷却塔B
	冷却塔A
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
	安全冷却水B冷却塔
	安全冷却水系冷却塔B
	冷却塔A



第5.2.3-1図 危険物貯蔵施設等の配置状況



第5.2.3-2図 想定する円筒火炎モデル

5.2.4 敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対する影響評価

(1) 評価方針

敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発については危険物の貯蔵量等を勘案して、再処理施設の精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋における水素ガスボンベ、ボイラ建屋 ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫のプロパンボンベ並びに再処理施設以外の危険物貯蔵施設として、MOX燃料加工施設の第1高圧ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫の爆発を想定する。評価は、爆発源ごとに、評価対象施設へのガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる距離である危険限界距離を算出し、その危険限界距離を上回る離隔距離が確保されていることを評価する。

また、評価対象施設が危険限界距離を上回る離隔距離を確保できていれば、その周辺は、人体に対して影響を与えない程度の爆風圧となることから、周辺施設が波及的影響を受けることは考えにくいことから、波及的影響の評価は、外部火災防護対象施設の評価に包絡される。

敷地内の危険物貯蔵施設等の配置状況を第5.2.4-1図に示す。

(2) 評価条件

- a. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう爆発源から外部火災の影響を考慮する外部火災防護対象施設までの直線距離とする。
- b. 爆発源は燃料を満載した状態を想定する。
- c. 敷地内の危険物貯蔵施設等の高圧ガス漏えい及び引火による爆発を想定する。
- d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 評価方法

爆発源のガスの種類及び貯蔵量から貯蔵設備のW値を求める。その貯蔵設備のW値を用いて、ガス爆発の爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる距離である危険限界距離を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
V	m ³	燃料量
ρ	kg/m ²	ガス密度
W	-	設備定数
X	m	危険限界距離
λ	m・kg ^{-1/3}	換算距離(14.4)
K	W/m ²	ガス定数 水素ガス：2,860,000 プロパンガス：888,000(100℃以上)
P	kgf/cm ²	爆風圧
M	N・m	曲げモーメント
Q	N	せん断力
w	N/m	爆風圧による荷重
l	m	支持スパン

b. 貯蔵設備のW値の算出

外部火災ガイドを参考とし、設備定数(W)は敷地内の危険物貯蔵施設等の貯蔵能力(単位t)の平方根の数値(貯蔵能力が1t未満のものにあつては、貯蔵能力(単位t)の数値)を用いる。必要な場合は、体積Vと密度ρから、貯蔵能力(単位t)を求める。貯蔵設備のW値を次式のとおり算出する。

$$m = V \cdot \rho$$

$$m \geq 1t \text{ の場合 } W = \sqrt{m} \cdots \text{(式5.2.4-1)}$$

$$m < 1t \text{ の場合 } W = m \cdots \text{(式5.2.4-2)}$$

V:体積, ρ:密度, m:危険物質量

(出典:外部火災ガイド)

c. 危険限界距離の算出

外部火災ガイドを参考とし、式5.2.4-3より危険限界距離を算出する。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \cdot W} \cdots \text{(式5.2.4-3)}$$

(出典:外部火災ガイド)

(4) 危険限界距離を確保できない施設における健全性評価

精製建屋ボンベ庫に対し精製建屋が隣接しており、還元ガス製造建屋に対しウラン・プルトニウム混合脱硝建屋が隣接するよう設置する設計としている。

これらの収納するガスボンベの爆発によって発生する爆風圧から隣接する建屋外壁の評価対象部にかかる曲げモーメント及びせん断応力を算出し、建屋外壁の

許容応力以下であることを確認する。

評価においては、保守的に対象外壁の支持状況に応じてはり部材とみなして評価を実施する。

爆風圧については、式5.2.4-3より換算距離を算出する。

石油コンビナートの防災アセスメント指針を参考に、換算距離は、爆風圧0.65 kgf/cm²以下の場合、式5.2.4-4により爆風圧を算出する。

$$P \geq 0.65$$

$$\lambda = 3.2781P^{-0.48551} \dots \text{(式5.2.4-4)}$$

(出典：石油コンビナートの防災アセスメント指針)

算出した爆風圧から、はり部材の等分布荷重状態における最大曲げモーメントを式5.2.4-5により算出する。

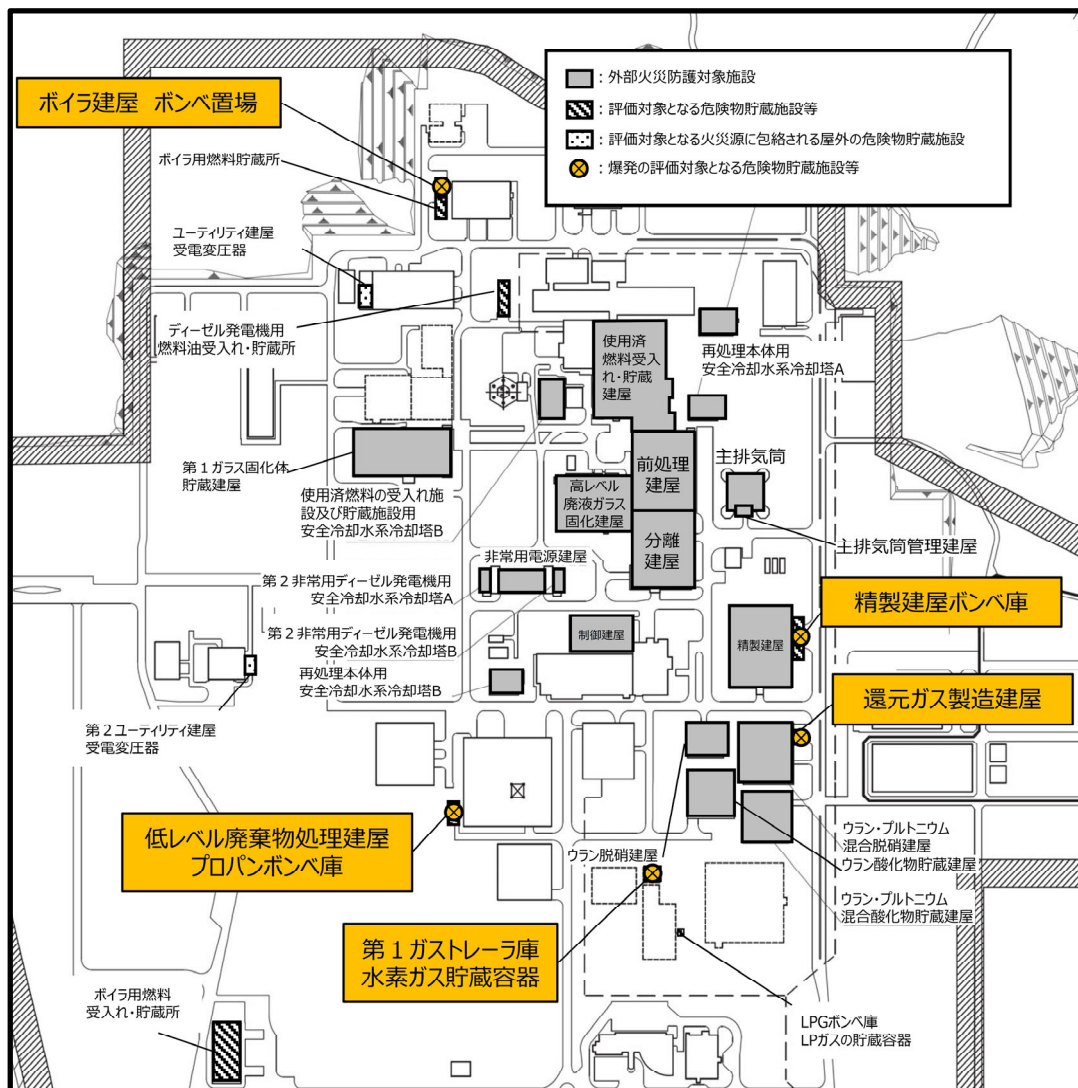
$$M = \frac{wl^2}{8} \dots \text{(式5.2.4-5)}$$

(出典：機械工学便覧A基礎編，B応用編)

算出した爆風圧から、はり部材の等分布荷重状態における最大せん断応力を式5.2.4-6により算出する。

$$Q = \frac{wl}{2} \dots \text{(式5.2.4-6)}$$

(出典：機械工学便覧A基礎編，B応用編)



第5.2.4-1図 評価対象施設と敷地内の危険物貯蔵施設(爆発源)の位置関係

5.3 航空機墜落による火災の熱影響評価

(1) 評価方針

航空機墜落による火災の対象航空機は、落下事故の分類を踏まえ、以下の航空機の落下事故における航空機を選定する。

自衛隊機又は米軍機の落下事故として、燃料積載量が最大の自衛隊機であるKC-767を選定する。また、再処理施設の南方向約10kmに三沢対地訓練区域があり、自衛隊機及び米軍機が訓練を行っている。このため、当社による調査結果から、三沢対地訓練区域を訓練飛行中の自衛隊機又は米軍機として、自衛隊機のF-2及び米軍機のF-16を選定する。さらに、今後訓練飛行を行う主要な航空機となる可能性のあるF-35についても選定する。対象航空機の燃料積載量を第5.3-1表に示す。

選定した対象航空機の燃焼面積及び燃料積載量を考慮して、対象航空機ごとに評価対象施設の受熱面における輻射強度及び燃焼時間を算出する。そのうち、熱影響が厳しい航空機を熱影響評価の対象航空機とする。

評価対象施設の建屋は、航空機墜落による火災について建屋外壁温度及び建屋内の温度上昇を算出し、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと又は使用済燃料収納キャスクに波及的破損を及ぼさないことを確認する。

また、この航空機墜落火災の輻射強度による外部火災防護対象施設を収納する建屋の外壁の表面温度が、許容温度を超えてコンクリートの強度低下によるひび割れ等があっても、外壁に要求される機能を損なわないことを確認し、建屋内壁の温度上昇が、建屋内の外部火災防護対象施設に影響を及ぼさないことを確認する。

屋外の評価対象施設は、航空機墜落による火災について安全機能を損なうおそれのある部位の温度上昇を算出し、安全機能を損なわないことを確認し、周辺施設からの波及的影響がないことを確認する。

評価対象施設が、飛来物防護板等から影響を受ける場合は、航空機墜落による火災による温度上昇を考慮し、その輻射強度により安全機能を維持することを確認する。

航空機墜落火災により、安全機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆及び遮熱板の対策が必要となる範囲を確認する。

(2) 評価条件

- a. 熱影響評価の対象航空機は選定した航空機のうち、火災が終了するまでの燃焼継続時間が最も長く、外部火災防護対象施設への熱影響が厳しくなる機種とする。
- b. 航空機は、燃料を満載した状態を想定する。
- c. 航空機墜落地点は、建屋外壁等の評価対象施設への影響が厳しい地点とする。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定する。
- e. 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- f. 円筒モデルの円筒の底面積は、航空機の機体投影面積とする。
- g. 輻射強度の算出にあたり、気象条件は無風状態とする。

(3) 航空機墜落地点

再処理施設は放射性物質を取り扱う建屋が多く、面的に広く分布していることから、航空機墜落地点は建屋等の直近とし、離隔距離を想定しない航空機墜落による火災としてとらえ、評価対象施設の直近での航空機墜落による火災を想定する。

(4) 評価方法

熱影響評価の対象航空機の機体投影面積から求める燃焼半径及び燃料量により燃焼継続時間を求め、その燃焼継続時間及び輻射強度を用いて建屋外壁温度及び建屋内の温度上昇並びに屋外の評価対象施設の温度を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
A	m	熱影響評価の対象航空機の投影面積(燃焼面積)
ϕ	-	円筒火炎モデルの形態係数
L	m	離隔距離
H	m	火炎高さ
E	W/m ²	火災の影響による輻射強度
Rf	W/m ²	輻射発散度
Es	W/m ²	太陽の影響による輻射強度
t	s	燃焼継続時間
V	m ³	燃料積載量
T	°C	評価点温度

外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外壁表面温度及び建屋内面の温度上昇の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
ν	m/s	燃焼速度
T	°C	外壁の表面温度
x	m	外壁表面からの深さ
T ₀	°C	初期温度
α	m ² /s	温度伝導率
λ	W/m/K	コンクリート熱伝導率
ρ	kg/m ³	コンクリート密度
c	J/kg/K	コンクリート比熱

冷却塔の温度の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
T	K	評価点温度
T_a	K	雰囲気温度
T_p	K	ファンリング, 遮熱板の温度
A	m^2	単位面積, 対象部位の熱授受の面積
R_f	W/m^2	輻射発散度
ϕ	—	形態係数
E_s	W/m^2	太陽の輻射発散度
Q_{ro}	W	大気への輻射放熱
Q_h	W	熱伝達による大気への放熱
h	$W/m^2/K$	熱伝達率
Q_{rad}	W	ファンリング, 遮熱板からの輻射
σ	$W/m^2/K^4$	ステファン・ボルツマン定数
F_p	—	ファンリング, 遮熱板の輻射熱の形態係数
Q_c	W	物体内への熱伝導
λ	$W/m/K$	評価点の部材の熱伝導率
Δx	m	評価点の部材の厚み
Q	W	熱の授受量(輻射入熱, 放熱, 熱伝導)
Δt	S	時間刻み
ρ	kg/m^3	評価点の部材の密度
c_p	$J/kg/K$	評価点の部材の比熱(定圧)
V	m^3	評価点の部材の体積

安全冷却水系膨張槽水位計の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
T	K	評価対象の温度
T_0	K	評価対象の初期温度
E	W/m^2	輻射発散度
A	m^2	面積
t	s	燃焼時間
ρ_h	kg/m^3	冷却水の密度
c_{ph}	$J/kg/K$	冷却水の比熱
V_h	m^3	冷却水の体積
ρ_s	kg/m^3	配管材の密度
c_{ps}	$J/kg/K$	配管材の比熱
V_s	m^3	配管材の体積

飛来物防護板から影響を受ける外部火災防護対象施設の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
σ	$W/m^2/K^4$	ステファン・ボルツマン定数
T_i	K	軸受部温度
ε_1	-	炭素鋼輻射率
ε_2	-	炭素鋼輻射率
F	-	形態係数
D_1	m	防護板を正方形面とした場合の辺の長さ
D_2	m	軸受部受熱部を正方形面とした場合の辺の長さ
L	m	防護板から軸受部受熱部までの長さ
A_i	m^2	軸受部受熱面積
q	W/m^2	輻射熱流束
t	s	燃焼継続時間
M	Kg	軸受部質量
c	$J/kg/K$	軸受部の比熱

必要離隔距離の算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
Ta	℃	外気温度
h	W/m ² /K	熱伝達率
Qr	W	火炎からの輻射熱伝達
E	W/m ²	輻射強度
A	m ²	対象鋼板の面積(=1単位面積)
Qt	W	裏面での対流熱伝達
h	W/m ² /K	熱伝達率(=12.5)
Ta	℃	周囲雰囲気温度(=37外気温)
Tc(i)	℃	平板の温度
i	-	節点(=1~N)
Q	W	区分区間への熱量
λc	W/m/K	鋼板の熱伝導率
Lc	m	区分区間
V	m ³	区分区間の体積
dt	s	時間刻み(=0.01)
ρc	kg/m ³	鋼板の密度
cc	J/kg/K	鋼板の比熱
N	-	節点数
Tc(i)new	℃	時間経過後の平板の温度

b. 燃焼半径の算出

燃焼半径Rは式5.3-1より算出する。

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \dots \text{(式5.3-1)}$$

(出典：外部火災ガイド)

c. 輻射強度の算出

火炎からの輻射強度を算出するに当たっては、外部火災ガイドを参考として、形態係数を式5.3-2により算出することを基本とするが、評価対象部位の設置位置並びに火炎－評価対象部位間の遮蔽物及びそれらの形状によっては、評価対象部位ごとに個別に形態係数を算出することとする。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

…(式5.3-2)

ただし、

$$m = \frac{H}{R} = 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

(出典：外部火災ガイド)

ここで、求めた形態係数 ϕ から、輻射強度 E を以下の式5.3-3により算出する。

$$E = R_f \times \phi + E_s \cdots (\text{式5.3-3})$$

(出典：外部火災ガイド)

輻射発散度 R_f は外部火災ガイドを参考として、輻射発散度を 58 kW/m^2 と設定する。

また、太陽光の入射 E_s として 0.4 kW/m^2 を加算する。

d. 燃焼継続時間

燃焼継続時間 t は、式5.3-4より算出する。

$$t = \frac{V}{A \cdot v} \cdots (\text{式5.3-4})$$

(出典：外部火災ガイド)

燃焼速度 v については、「日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.」に基づき、油面降下速度 $8.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ とする。

燃焼範囲 A は航空機の機体投影面積を文献の図面から設定し、KC-767は $1,500 \text{ m}^2$, F-2は 110 m^2 , F-16は 90 m^2 , F-35は 110 m^2 とする。

燃料積載量 V は、第5.3.5-1表からKC-767は 145.1 m^3 , F-2は 10.4 m^3 , F-16は 9.8 m^3 , F-35は 10.8 m^3 とする。

これらから、燃焼継続時間 t が最も長く、評価対象施設への熱影響が厳しくなるF-16を熱影響評価の対象航空機とする。

e. 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外壁表面温度及び建屋内面の温度上昇の算出方法

航空機墜落火災については建屋の直近を想定することから、全ての建屋を評価対象施設とし、外壁表面温度及び建屋内面の温度上昇は、外壁厚さは薄いものでも0.2mあることから、半無限固体における熱流束一定の近似解析として周囲への放熱を考慮しない以下の式5.3-5を用いて算出し、外壁の温度上昇により建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと及び建屋外壁が要求される機能を損なわないことを確認する。円筒火災モデルの概要を第5.3-1図に示す。

$$T = T_0 + \frac{2 \cdot E \cdot \sqrt{\alpha t}}{\lambda} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4\rho \cdot \alpha \cdot t}\right) - \frac{x}{2 \cdot \sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{\alpha t}}\right) \right] \cdots (\text{式5.3-5})$$

ただし、 $\alpha = \lambda / (\rho \times c)$

(出典:伝熱工学資料 改訂第4 版)

また、天井スラブの評価については、天井への輻射の入射角が浅く、最も低い主排気筒管理建屋は、飛来物防護板で囲まれており、それ以外の建屋は低い建屋でも8.8m以上に天井があり、垂直外壁面に対し、輻射が半分以下となることから垂直外壁面の評価に包絡される。

f. 屋外の外部火災防護対象施設の温度の算出方法

航空機墜落火災については周辺施設を含め、屋外の外部火災防護対象施設の至近となる位置の火災を想定することから、代表部位の評価により他の部位の評価を包絡できない可能性があるため、屋外の外部火災防護対象施設の安全機能を維持するために必要な部位を全て評価対象部位として選定し、個別の熱影響評価により安全機能を損なわないことを確認する。

また、屋外の外部火災防護対象施設の評価対象部位が安全機能を損なうおそれがある場合は、耐火被覆又は遮熱板により防護する設計とする。

耐火被覆により防護する評価対象部位については、「i. 必要離隔距離の算出」において、許容温度以下となる離隔距離を評価し、離隔距離に応じて耐火被覆を施工することを確認する。

遮熱板により防護する評価対象部位については、遮熱板の設置により、許容温度以下となることを個別の熱影響評価で確認する。

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水系(再処理設備本体用)の評価対象部位を第5.3-2表に示す。

「i. 必要離隔距離の算出」の評価結果に基づく耐火被覆の施工範囲及び遮熱板の構造図は、「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.2.2.2-1図 安全冷却水冷却塔()の構造図、第2.5.1.1.1.1-1図 安全冷却水冷却塔()の構造図に示す。

イ. 冷却水温度の評価

5.1(2)b.(b)イ.と同様とする。

ロ. チューブサポート

チューブサポートは、火炎からの直接輻射を上面が受けることを考慮し、この輻射強度に基づきチューブサポートの温度上昇を評価する。

チューブサポートの周囲にはルーバが設置されており、輻射を直接受けるものではないが、ルーバの板厚及び隙間に対し、保守的な評価となるよう直接輻射を受けるものとして評価する。

チューブサポートが受ける輻射影響を第5.3-2図に示す。

火炎からチューブサポートへの直接輻射の形態係数の算出は、ファンブレー

ドの円筒火炎に対して水平受熱面を考慮した形態係数は、式5.3-6に基づき算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi} \left\{ \tan^{-1} \sqrt{\frac{n+1}{n-1}} - \frac{n^2-1+m^2}{\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] \right\} \cdots (式5.3-6)$$

ただし、

$$m = \frac{H}{R}, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

(出典：C.J.H. van den Bosch, R.A.P.M Weterings, Methods for the calculation of physical effects, Appendix 6.1-3, 式6.A.10)

チューブサポートは、式5.3-3に基づき上面の火炎からの入熱Eを算出する。

チューブサポートの放熱は、輻射及び対流放熱を考慮し、式5.3-7により算出する。

$$Q_{ro} + Q_h = h(T - T_a) \cdot A \cdots (式5.3-7)$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

なお、hは、空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧第14版より、一般的な放熱量の最小値17W/m²/Kを考慮する。

式5.3-3及び式5.3-7式に基づき、上下面から放熱することを考慮し、熱の受熱量Qは式5.3-8により求める。

$$Q = [R_f \cdot \phi + E_s - 2h(T - T_a)] \cdot A \cdots (式5.3-8)$$

温度評価に当たっては、チューブサポートを単位面積当たりの一質点系で考慮し、一次元の熱伝導計算である式5.3-9により算出する。

$$\rho \times c_p \times V \times \frac{dT}{dt} = Q \cdots (式5.3-9)$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

燃焼継続時間における温度上昇を評価するため、式5.3-9を陽解法により時間刻みΔtごとの時間進行の式とした式5.3-10により、燃焼後の温度を評価する。

$$T_{(t+\Delta t)} = T_{(t)} + \frac{Q \times \Delta t}{\rho \times c_p \times V} \cdots (式5.3-10)$$

ハ. ファンブレード

ファンブレードの周囲には耐火被覆を施工したファンリングがあることから、ファンリングの温度上昇による二次輻射を考慮する。また、ファンブレードの下面は、火炎からの直接輻射が見込まれることから、この輻射強度に基づきファンブレードの温度上昇を評価する。

ファンブレードが受ける輻射影響を第5.3-5図に示す。

火炎からファンブレードへの直接輻射の形態係数の算出は、円筒火炎に対して水平受熱面を考慮した形態係数の式5.3-6を用いる。

なお、ファンリングの温度については、保守的にファンリングの許容温度 \blacksquare °Cと同じ温度とし、ファンリングからファンブレードへの熱影響の考慮に当たっては、実際にはファンリングの温度上昇は火炎側のみに生じるものの、保守的にファンリング全周からの二次輻射を考慮するものとする。

ファンリングからファンブレードへの二次輻射は保守的に全ての輻射影響を受けるとし、形態係数の算出は、円筒内面と円盤面の形態係数の算出式を用いる。円筒内面と円盤面の形態係数の算出モデル及び算出式を第5.3-7図に示す。

ファンブレードは下面から火災からの入熱Eを考慮し、式5.3-3に対し太陽光を除き算出する。

また、ファンリングの温度上昇による影響は厳しい評価となるよう、ファンブレード側の温度を考慮せず、 $T=0$ として式5.3-11により算出する。

$$Q_{rad} = \sigma F_D (T_D^4) A \cdots (\text{式5.3-11})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

ファンブレードの放熱は、輻射及び対流放熱を考慮し、式5.3-12により算出する。

$$Q_{ro} + Q_h = h(T - T_a) \cdot A \cdots (\text{式5.3-12})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

なお、 h は、空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧第14版より、一般的な放熱量の最小値 $17\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$ を考慮する。

ファンブレードの材質のFRPは熱伝導率が小さいことから、ファンブレードの厚み方向の熱伝導を考慮し、熱伝導率による熱の移動は、式5.3-13により算出する。

$$Q_c = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot (T_i - T_{i+1}) \cdot A \cdots (\text{式5.3-13})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第5版)

式5.3-3及び式5.3-11から式5.3-13に基づき、上面の熱授受量 Q_u 、内部の熱授受量 Q_{in} 及び下面の熱授受量 Q_d は式5.3-14から式5.3-16により求める。

$i=1$ (下表面熱授受量)

$$Q_d = R_f \cdot \emptyset \cdot A + Q_{rad} - (Q_{ro1} + Q_{h1} + Q_{c1}) \cdots (\text{式5.3-14})$$

$i=2 \sim N-1$ (内部熱授受量)

$$Q_{in} = Q_{ci-1} - Q_{ci} \cdots (\text{式5.3-15})$$

$i=N$ (上表面熱授受量)

$$Q_u = Q_{rad} + Q_{cN-1} - (Q_{roN} + Q_{hN}) \cdots (\text{式5.3-16})$$

温度評価に当たっては、「ロ. チューブサポート」と同様に式5.3-10を用いる。

二. 減速機

減速機については、火炎からの直接輻射の影響に対し、遮蔽板による防護を実

施する。そのため、周辺設備であるファンリング及び遮熱板の温度上昇による輻射強度に対する減速機の温度上昇を評価する。

減速機が受ける輻射影響を第5.3-9図に示す。

火炎から遮熱板への直接輻射の形態係数の算出は、5.3(4)c.と同様とする。なお、火炎からファンリングへの直接輻射の形態係数については、ファンリングの温度は、評価結果を用いるのではなく、保守的に鋼材の許容温度325℃に設定し、輻射を受けることとする。

ファンリングから遮熱板への二次輻射の形態係数の算出は、ファンリングに遮熱板が囲われる形となることから、評価が厳しくなるよう遮熱板とファンリングが最も近い位置を起点として、二重円筒の形態係数の評価式を用いる。二重円筒の形態係数の算出モデル及び算出式を第5.3-11図に示す。

遮熱板から減速機への形態係数は、保守的に遮熱板からの輻射を全て減速機が受けるものとして1とする。

遮熱板への入熱Eについては、火炎温度TFを1500℃として耐火被覆表面を考慮した輻射強度を式5.3-17により算出する。

$$E = (R_f \cdot F_D + E_s) \cdot (T_F^4 - T_a^4) / (T_F^4 - T_a^4) \cdots \text{(式5.3-17)}$$

ファンリングの温度上昇による影響、遮熱板の放熱、遮熱板の耐火被覆及び鋼板内の熱伝導については、「ハ. ファンブレード」に対しファンリングと塗装面の温度差を考慮し、式5.3-11から式5.3-13に基づき、遮熱板の火炎側の表面の熱授受量 Q_{su} 、内部の熱授受量 Q_{in} 及び裏面の熱授受量 Q_{ba} は式5.3-18から式5.3-21により求める。

なお、hは、空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧第14版より、一般的な対流成分の放熱量の最小値12W/m²/Kを考慮する。

i=1(火炎側の表面熱授受量)

$$Q_{su} = E \cdot A + Q_{rad} - Q_{c1} \cdots \text{(式5.3-18)}$$

i=2~N-1(耐火被覆・鋼板の内部熱授受量)

$$Q_{in} = Q_{ci-1} - Q_{ci} \cdots \text{(式5.3-19)}$$

i=N(裏面の熱授受量)

$$Q_{ba} = Q_{cN-1} - (Q_{roN} + Q_{hN}) \cdots \text{(式5.3-20)}$$

減速機の熱授受量Qは、式5.3-21により求める。

$$Q = Q_{roN} - h(T_{RE} - T_a)A \cdots \text{(式5.3-21)}$$

温度評価に当たっては、「ロ. チューブサポート」と同様に式5.3-10を用いる。

ホ. 原動機

原動機については、火炎からの直接輻射の影響に対し、遮蔽板による防護を実施する。

原動機が受ける輻射影響を第5.3-12図に示す。

火炎からの直接輻射を遮熱板が受け、遮熱板の温度が上昇した場合の原動機の温度が上昇を評価する。

なお、原動機については、ファンリングの外周側に設置されていることから、保守的にファンリングによる遮熱効果は無視するとともに、太陽輻射を考慮する。

火炎から遮熱板への直接輻射の形態係数の算出は、5.3(4)c.と同様とする。

遮熱板から原動機への形態係数は、保守的に遮熱板からの輻射を全て原動機が受けるものとして1とする。

遮熱板から原動機への受熱量 Q は、「ハ. 減速機」と同様に式5.3-20により求める。

温度評価に当たっては、「ロ. チューブサポート」と同様に式5.3-9を用いる。

(b) 安全冷却水系（非常用ディーゼル発電機用）

安全冷却水系（非常用ディーゼル発電機用）の評価対象部位を第5.3-2表に示す。

「i. 必要離隔距離の算出」の評価結果に基づく耐火被覆の施工範囲及び遮熱板の構造図は、「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.2.2.2-2図 冷却塔（8111A-C20）の構造図、第2.5.7.2.2.2-3図 冷却塔（8111B-C20）の構造図に示す。

イ. 冷却水温度の評価

5.1(2)b.(b)イ.と同様とする。

ロ. チューブサポート

5.3(4)f.(a)ロ.と同様に評価する。

ハ. ファンブレード

5.3(4)f.(a)ハ.と同様に評価する。

ニ. 減速機

5.3(4)f.(a)ニ.と同様に評価する。

ホ. 原動機

5.3(4)f.(a)ホ.と同様に評価する。

(c) 安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）

安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）の評価対象部位を第5.3-2表に示す。

「i. 必要離隔距離の算出」の評価結果に基づく耐火被覆の施工範囲及び遮熱板の構造図は、2022年12月26日付け2022再工技発第50号にて申請した設工認申請書の「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.2.2.2-1図 安全冷却水系冷却塔(7183-C74)の構造図、第2.5.7.2.2.2-2図 安全冷却水系冷却塔(7183-C75)の構造図に示す。

イ. 冷却水温度の評価

5.1(2)b.(b)イ.と同様とする。

ロ. チューブサポート

5.3(4)f. (a) ロ. と同様に、チューブサポートは、冷却水配管等の上部に設置されることから、火炎からの直接輻射を上面が受けることを考慮し、この輻射強度に基づきチューブサポートの温度上昇を評価する。

チューブサポートの周囲にはルーバが設置されており、輻射を直接受けるものではないが、ルーバの板厚及び隙間に対し、保守的な評価となるよう直接輻射を受けるものとして評価する。

安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）の冷却塔については、ルーバとチューブサポートの間にスチームヒータが設置されていることから、hは、空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧第14版より、一般的な対流成分の放熱量の最小値12W/m²/Kを考慮する。

設置環境から、放熱は上側のみの放熱を考慮する。温度評価に当たっては、表面の入放熱が釣り合う温度から以下の通り評価する。

$$T = T_a + E/h \cdots (\text{式}5.3-22)$$

ハ. ファンリング

安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）のファンリングについては、周囲に遮熱板を設置し、直接輻射を受けない構造としている。また、ファンブレード、減速機及び減速機は、そのファンリングに囲われる構造としている。そのため、周辺設備である遮熱板の温度上昇によるファンリングの温度上昇を評価する。

ファンリングが受ける輻射影響を第5.3-4図に示す。

火炎から遮熱板への直接輻射の形態係数の算出は、5.3(4)c. と同様とする。

遮熱板からファンリングへの二次輻射の形態係数の算出は、遮熱板にファンリングが囲まれる形となることから、評価が厳しくなるよう遮熱板とファンリングが最も近い位置により評価する。

遮熱板への入熱Eについては、5.3(4)f. (a) ニ. 減速機」と同様に評価する。

温度評価に当たっては、「5.3(4)f. (a) ロ. チューブサポート」と同様に式5.3-9を用いる。

(d) 安全冷却水系膨張槽

安全冷却水系膨張槽は、安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）の頂部に設置され外殻からの離隔距離があり、タンク中に保有する冷却水の熱容量が大きく、常時、安全冷却水の膨張・収縮を吸収し、配管を通る冷却水と熱交換をしていることから、安全冷却水系（使用済燃料受入れ施設用）の冷却水の評価に包絡される。

(e) 安全冷却水系膨張槽水位計

安全冷却水系膨張槽水位計については、冷却水配管、ダイヤフラム、差圧伝送器

等があり，その中で許容温度が最も低い冷却水配管について評価する。安全冷却水系膨張槽水位計の冷却水配管は，火災からの入熱Eは，5.3(4)c.により算出する。

安全冷却水系膨張槽水位計の冷却水配管には断熱材が取り付けられているが，保守的にこれを考慮せず評価を行う。

安全冷却水系膨張槽水位計の冷却水の温度上昇は以下の式により算出する。

$$T = T_0 + \frac{E \times A \times t}{\rho_h \times c_{ph} \times V_h + \rho_s \times c_{ps} \times V_s} \dots \text{(式5.3-23)}$$

(f) 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては，支持構造を維持することで安全機能を維持することが可能であり，支持架構及び主排気筒本体に耐火被覆を施工する。

また，主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては，耐火被覆を施工した飛来物防護板により防護する。

「i. 必要離隔距離の算出」の評価結果に基づく耐火被覆の施工範囲及び飛来物防護板の構造図は，「VI-2-5 構造図」の第2.5.5.1.5-1図 主排気筒の構造図に示す。

g. 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

航空機墜落火災については周辺施設を含め，屋外の外部火災防護対象施設の至近となる位置の火災を想定することから，周辺施設の許容温度が外部火災防護対象施設よりも高くても，外部火災防護対象施設よりも近い位置で輻射にさらされ，許容温度を超える可能性があることから，個別の熱影響評価により安全機能を損なわないことを確認する。

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については，破損又は落下等の影響により，外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼすおそれがある部材を抽出し，外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼすおそれがある部材について，耐火被覆により防護する設計とする。

耐火被覆により防護する部材については，「i. 必要離隔距離の算出」において，許容温度以下となる離隔距離を評価し，離隔距離に応じて耐火被覆を施工することを確認する。

安全冷却水系(再処理設備本体用A,B)に波及的影響を及ぼし得る施設は，飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B)があり，施工対象部材については，第5.3-5表 安全冷却水系(再処理設備本体用A,B)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材に示す。

耐火被覆の施工範囲については，「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.3.4-1図 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A)の構造図，第2.5.1.2.1-1図

飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B)の構造図に示す。

安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)に波及的影響を及ぼし得る施設は、飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔)があり、施工対象部材については、第5.3-6表 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材に示す。

耐火被覆の施工範囲については、2022年12月26日付け2022再工技発第50号にて申請した設工認申請書の「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.3.4-2図 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A)の構造図、第2.5.7.3.4-3図 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔B)の構造図に示す。

安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)に波及的影響を及ぼし得る施設は、飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設用冷却塔)があり、施工対象部材については、第5.3-7表 安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材に示す。

耐火被覆の施工範囲については、「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.3.4-1図 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A)の構造図、第2.5.7.3.4-2図 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔B)の構造図に示す。

主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに波及的影響を及ぼし得る施設は、以下の飛来物防護板があり、施工対象部材については、第5.3-8表 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに波及的影響を及ぼすおそれがある部材に示す。

- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- ・飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
- ・飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)

耐火被覆の施工範囲については、「VI-2-5 構造図」の第2.5.7.3.4-4図 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)の構造図から第2.5.7.3.4-7図 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の構造図に示す。

h. 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設のうち、開口部が最も大きい第2非常用ディーゼル発電機を代表施設として評価する。

開口部に設置される飛来物防護板等については、平板と扉の開閉機構により構成

されるが、保守的に平板部のみを考慮し評価する。平板及び評価対象の温度評価は、
「5.3(4) i. 必要離隔距離の算出」に基づき評価を行う。

飛来物防護板から評価対象部位への輻射Qは式5.3-24及び式5.3-25に基づき評価する。

$$Q = \frac{\sigma(T_d^4 - T_s^4)}{\frac{1 - \epsilon_{CS}}{\epsilon_{CS} A_1} + \frac{1}{A_2 F} + \frac{1 - \epsilon_{CS}}{\epsilon_{CS} A_2}} \dots \text{(式5.3-24)}$$

(出典：伝熱工学資料改訂第5版)

平行平面に対する形態係数は式5.3-25により求める。

$$F = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{A}{\sqrt{1+A^2}} \tan^{-1} \frac{B}{\sqrt{1+A^2}} + \frac{B}{\sqrt{1+B^2}} \tan^{-1} \frac{A}{\sqrt{1+B^2}} \right\} \dots \text{(式5.3-25)}$$

i. 必要離隔距離の算出

必要離隔距離の算出にあたり、保守的な評価を行うため、輻射を最も受けやすく、密度及び比熱が小さい平板の中炭素鋼により評価する。

任意の距離に応じた輻射強度を考慮し、部材の材質及び板厚ごとに式5.3-26から式5.3-36に基づき、許容温度を下回る離隔距離を算出する。

計算モデルを第5.3-14図に示す。輻射を受ける平板の温度は、一次元熱伝導として非定常計算する。区分区間ごとに温度節点を設定する。区分区間は温度一様とし、時間変化をステップ計算にて計算する。時間変化は差分式(陽解法)にて計算する。

$$Q_r = E \cdot A \dots \text{(式5.3-26)}$$

(対流熱伝達)

$$Q_t = h \cdot A \cdot (T_c(N) - T_a) \dots \text{(式5.3-27)}$$

(出典：日本機械学会 伝熱工学資料 改訂第5版 p.23 対流熱伝達)

空気調和衛生工学便覧 第14版 1基礎篇 環境・エネルギー評価第17章に記載される外表面熱伝達率を設定。

(平板の温度)

i=1(表面温度)

$$Q = Q_r - \lambda c / L_c \cdot A \cdot (T_c(1) - T_c(2)) \dots \text{(式5.3-28)}$$

$$V = L_c / 2 \cdot A \dots \text{(式5.3-29)}$$

$$T_c(1)_{\text{new}} = T_c(1) + dt \cdot Q / (\rho c \cdot cc \cdot V) \dots \text{(式5.3-30)}$$

i=2~N-1(内部温度)

$$Q = \lambda c / L_c \cdot A \cdot (T_c(i-1) - T_c(i)) - \lambda c / L_c \cdot A \cdot (T_c(i) - T_c(i+1)) \dots \text{(式5.3-31)}$$

$$V = L_c \cdot A \dots \text{(式5.3-32)}$$

$$T_c(i)_{\text{new}} = T_c(i) + dt \cdot Q / (\rho c \cdot cc \cdot V) \dots \text{(式5.3-33)}$$

i=N(裏面温度)

$$Q = \lambda c / Lc \cdot A \cdot (Tc(N-1) - Tc(N)) - Qt \dots (\text{式}5.3-34)$$

$$V = Lc / 2 \cdot A \dots (\text{式}5.3-35)$$

$$Tc(N)_{\text{new}} = Tc(N) + dt \cdot Q / (\rho c \cdot cc \cdot V) \dots (\text{式}5.3-36)$$

第5.3-1表 航空機の燃料積載量

対象航空機	燃料積載量 (m ³)
KC-767	145.1 ^{*1}
F-2	10.4 ^{*2, *3}
F-16	9.8 ^{*3, *4}
F-35	10.8 ^{*3, *5}

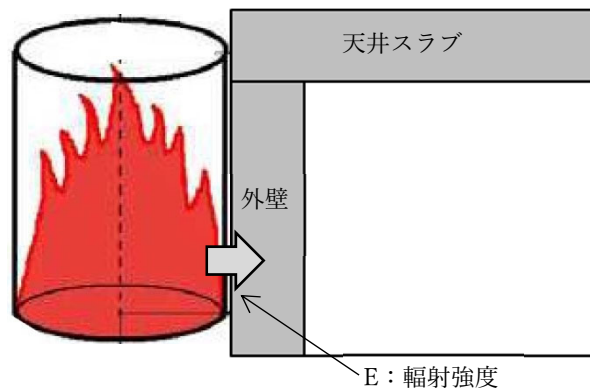
注記 *1: 佐瀬亨, 航空情報 特別編集 世界航空年鑑2018-2019 年版, せきれい社, 2019.

*2: Paul.Jackson. ed. Jane's All the World's Aircraft 1997-98. Jane's Information Group, 1997.

*3: NASA. "Analysis of NASA JP-4 Fire Tests Data and Development of a Simple Fire Model". NASA Contractor Report. 1980, CR-159209.

*4: John.W.R.Taylor. ed. Jane's All the World's Aircraft 1987-88. Jane's Publishing Company Limited, 1987.

*5: Paul, Jackson. Jane's All The World's Aircraft: Development & Production 2017-2018. HIS Markit, 2017.



第5.3-1図 円筒火災モデルの概要

第5.3-2表 安全冷却水系(再処理設備本体用)の評価対象部位と防護対策

部位	評価対象	防護対策
冷却水	冷却水	— *1
管束・配管	チューブサポート	— *1
	管束フレーム, ボルト類	耐火被覆
ファン駆動部	ファンリング	耐火被覆
	ファンブレード	— *1
	減速機	遮熱板 *2
	原動機	遮熱板 *2
	ファンリングサポート, ボルト類, コモンベット, ケーブルトレイ	耐火被覆
支持架構	主柱, 床はり, 機械台はり, 立面ブレース, 水平ブ レース, 基礎ボルト	耐火被覆

注記 *1: 評価により安全機能を損なわないことを確認する。

*2: 受熱面側に耐火被覆を施工する。

第5.3-3表 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の評価対象部位と防護対策

部位	評価対象	防護対策
冷却水	冷却水	— *1
管束・配管	チューブサポート	— *1
	管束フレーム, ボルト類	耐火被覆
ファン駆動部	ファンリング	耐火被覆
	ファンブレード	— *1
	減速機	遮熱板 *2
	原動機	遮熱板 *2
	ファンリングサポート, ボルト類, コモンベット, ケーブルトレイ	耐火被覆
支持架構	主柱, 床はり, 機械台はり, 立面ブレース, 水平ブ レース, 基礎ボルト	耐火被覆

注記 *1: 評価により安全機能を損なわないことを確認する。

*2: 受熱面側に耐火被覆を施工する。

第5.3-4表 安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)の評価対象部位と防護対策

部位	評価対象	防護対策
冷却水	冷却水	— *1
管束・配管	管束支持	— *1
	管束フレーム, ボルト類	耐火被覆
ファン駆動部	ファンリング	遮熱板 *2
	ファンブレード	— *3
	減速機	— *3
	原動機	— *3
	ファンリングサポート, ボルト類, コモンベット, ケーブルトレイ	— *3
支持架構	主柱, 床はり, 機械台はり, 立面ブレース, 水平ブレース, 基礎ボルト	耐火被覆

注記 *1: 評価により安全機能を損なわないことを確認する。

*2: 受熱面側に耐火被覆を施工する。

*3: 遮熱板に囲まれたファンリングにより防護する。

第5.3-5表 安全冷却水系(再処理設備本体用)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材

施設	部材	外部火災防護対象施設への影響	耐火被覆
飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔)	支持架構	倒壊及び脱落により安全冷却水系(再処理設備本体用)を損傷させるおそれがある。	対象
	防護ネット	単位面積当たりの重量が15kg/m ² と小さく, 防護ネットは支持架構の開口よりも大きいことから, 脱落により安全冷却水系(再処理設備本体用)を損傷させるおそれはない。	対象外
	補助防護板	脱落により安全冷却水系(再処理設備本体用)を損傷させるおそれがある。	天板を対象*1
	防護板		天板を対象*1

注記 *1: 設置状況を考慮し, 脱落により, 外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがあるものとして抽された天板を施工対象とする。

第5.3-6表 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材

施設	部材	外部火災防護対象施設への影響	耐火被覆
飛来物防護ネット (再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔)	支持架構	倒壊及び脱落により安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)を損傷させるおそれがある。	対象
	防護ネット	単位面積当たりの重量が15kg/m ² と小さく、防護ネットは支持架構の開口よりも大きいことから、脱落により安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)を損傷させるおそれはない。	対象外
	補助防護板	脱落により安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)を損傷させるおそれがある。	天板を対象*1
	防護板		天板を対象*1

注記 *1: 設置状況を考慮し、脱落により、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがあるものとして抽された天板を施工対象とする。

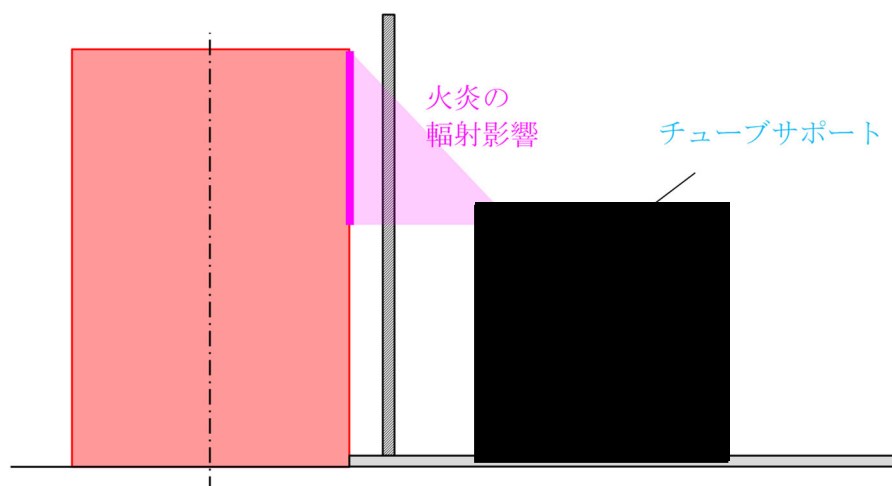
第5.3-7表 安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)に波及的影響を及ぼすおそれがある部材

施設	部材	外部火災防護対象施設への影響	耐火被覆
飛来物防護ネット (使用済燃料の受入れ施設用安全冷却水系冷却塔)	支持架構	倒壊及び脱落により安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)を損傷させるおそれがある。	対象
	防護ネット	単位面積当たりの重量が15kg/m ² と小さく、防護ネットは支持架構の開口よりも大きいことから、脱落により安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)を損傷させるおそれはない。	対象外
	補助防護板	脱落により安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用)を損傷させるおそれがある。	天板を対象*1
	防護板		天板を対象*1

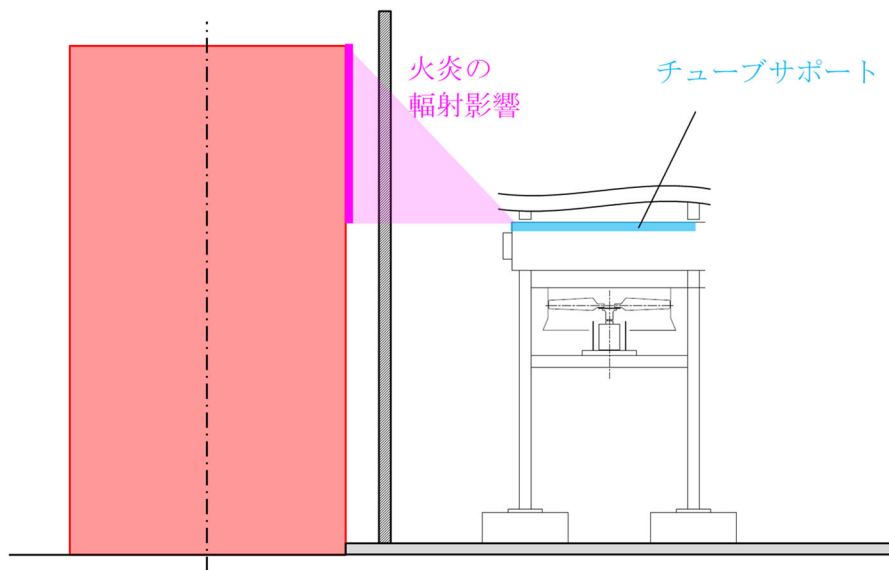
注記 *1: 設置状況を考慮し、脱落により、外部火災防護対象施設の安全機能を損なうおそれがあるものとして抽された天板を施工対象とする。

第5.3-8表 主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトに波及的影響を及ぼすおそれがある部材

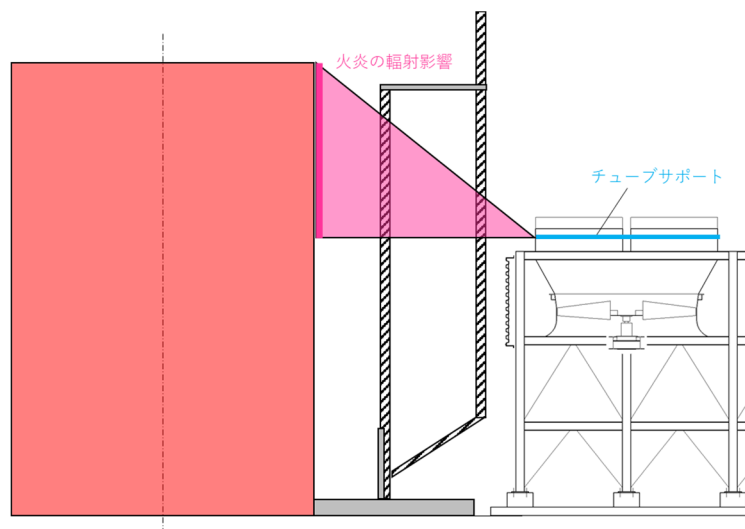
施設	部材	外部火災防護対象施設への影響	耐火被覆
飛来物防護板	支持架構	倒壊及び脱落により主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトを損傷させるおそれがある。	対象
	飛来物防護板	脱落により主排気筒及び主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトを損傷させるおそれがある。	対象



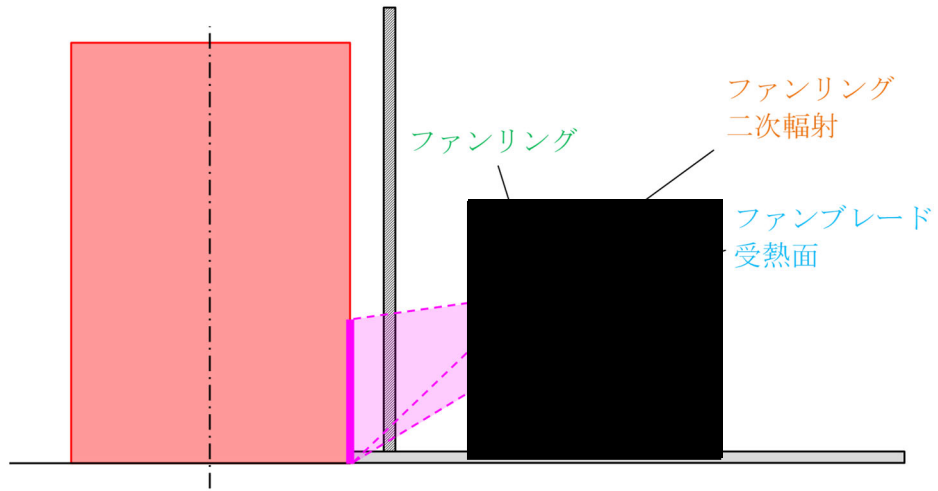
第5.3-2図 チューブサポートが受ける輻射熱(安全冷却水系(再処理設備本体用))



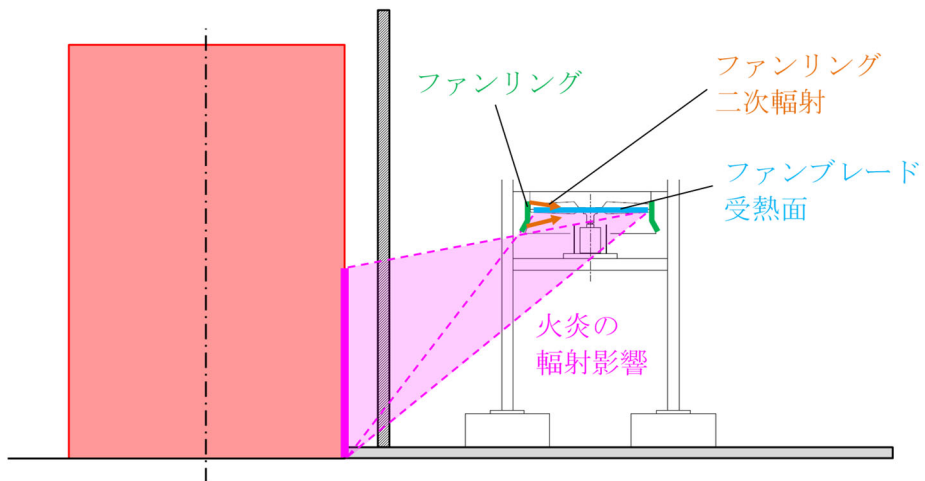
第5.3-3図 チューブサポートが受ける輻射熱(安全冷却水系(非常用ディーゼル発電機用))



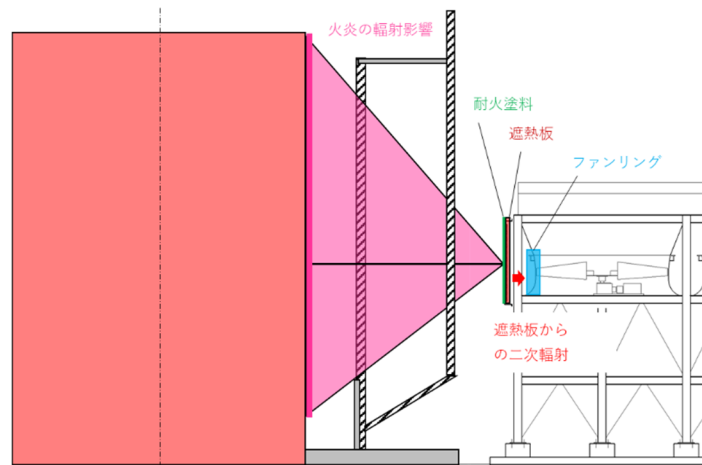
第5.3-4図 チューブサポートが受ける輻射熱(安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用))



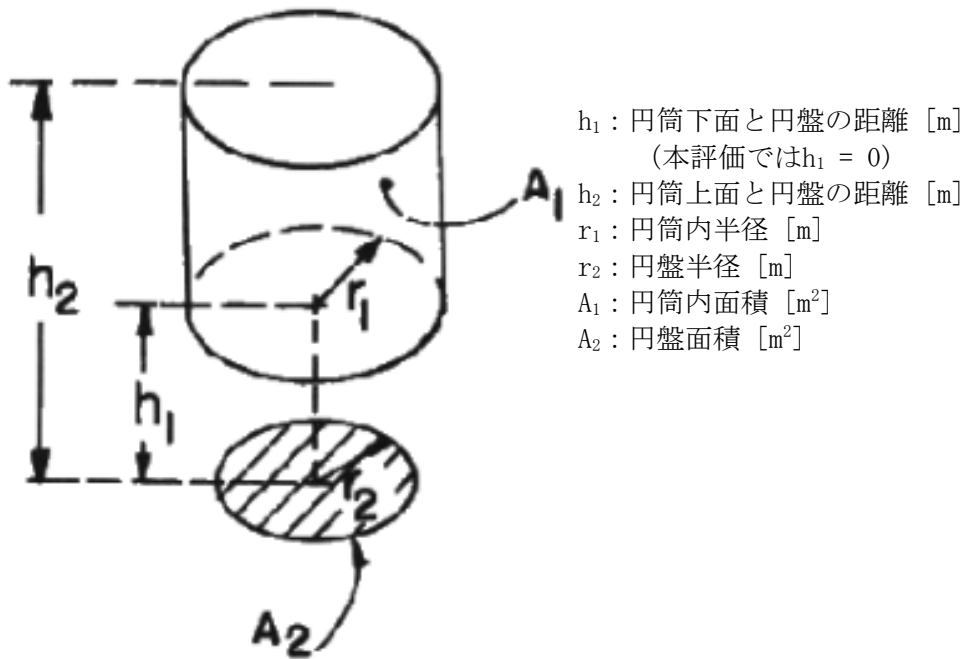
第5.3-5図 ファンが受ける輻射熱(安全冷却水系(再処理設備本体用))



第5.3-6図 ファンが受ける輻射熱(安全冷却水系(非常用ディーゼル発電機用))



第5.3-7図 ファンリングが受ける輻射熱(安全冷却水系(使用済燃料の受入れ施設用))



$$F_{1-2} = \frac{1}{4R(H_2 - H_1)} \left[(X_1 - X_2) - (X_1^2 - 4R^2)^{1/2} + (X_2^2 - 4R^2)^{1/2} \right]$$

ただし,

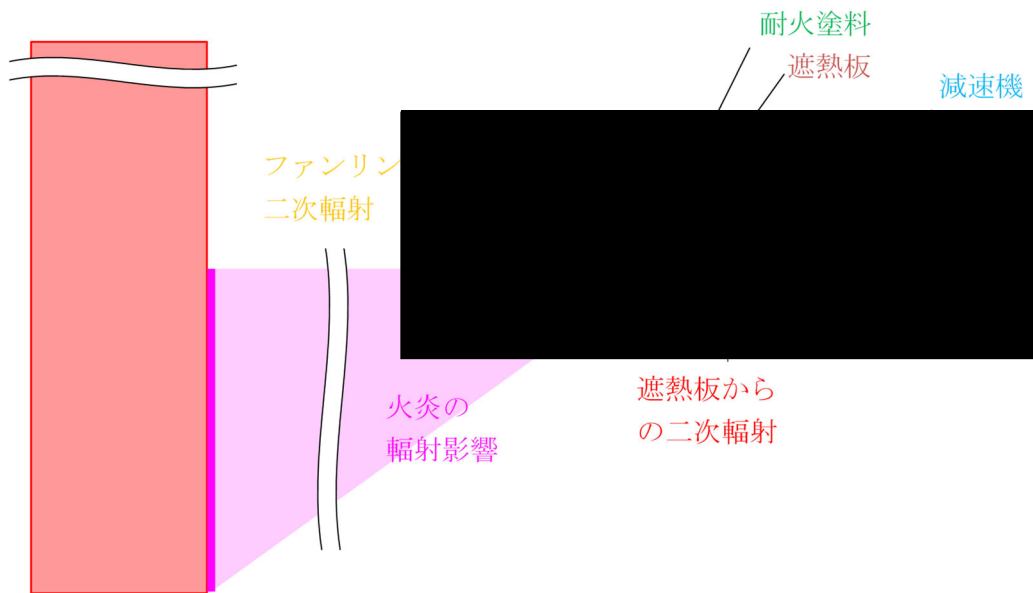
$$R = r_1/r_2 \quad H_1 = h_1/r_2 \quad H_2 = h_2/r_2 \quad X = H^2 + R^2 + 1$$

円盤(ブレード)を基準とする形態係数は次式である。

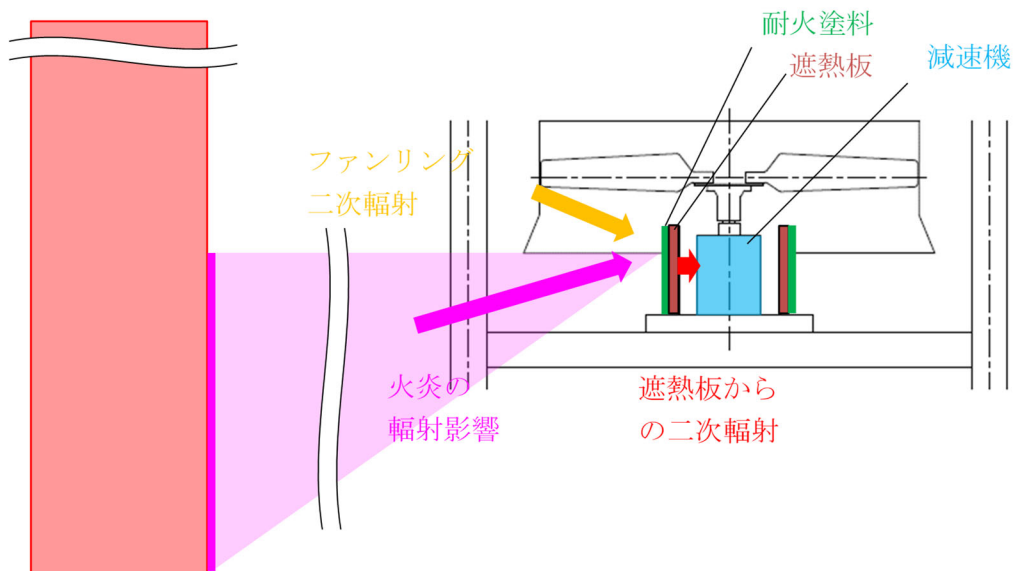
$$F_{21} = F_{12} \frac{A_1}{A_2}$$

(出典: John R. Howell, A Catalog of Radiation Heat Transfer Configuration Factors, 3rd Edition)

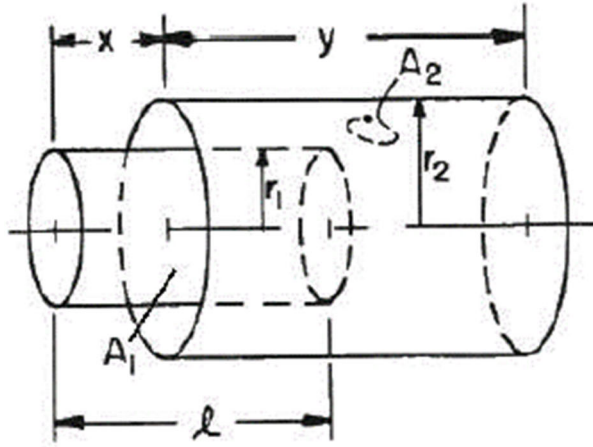
第5.3-8図 円盤(ファンブレード)を基準とする形態係数



第5.3-9図 減速機が受ける輻射熱(安全冷却水系(再処理設備本体用))



第5.3-10図 減速機が受ける輻射熱(安全冷却水系(非常用ディーゼル発電機用))



- A_1 : 内筒の外表面積 [m²]
- A_2 : 外筒の内表面積 [m²]
- l : 内筒の高さ [m]
- r_1 : 内筒の外半径 [m]
- r_2 : 外筒の内半径 [m]
- x : 内筒の突出し高さ [m]
- y : 外筒の高さ [m]

$$X=x/r_2 \quad Y=y/r_2 \quad L = \frac{l}{r_2} \quad R=r_1/r_2$$

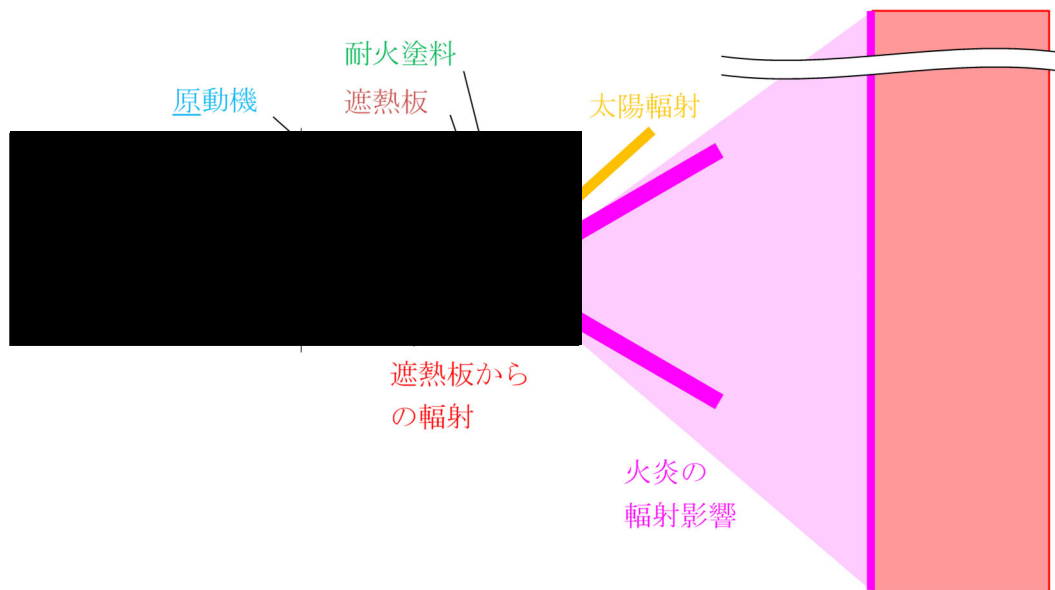
$$A_\xi = \xi^2 + R^2 - 1 \quad B_\xi = \xi^2 - R^2 + 1$$

$$F_\xi = \frac{B_\xi}{8R\xi} + \frac{1}{2\pi} \left\{ \cos^{-1} \frac{A_\xi}{B_\xi} - \frac{1}{2\xi} \left[\frac{(A_\xi + 2)^2}{R^2} - 4 \right]^{1/2} \cos^{-1} \frac{A_\xi R}{B_\xi} - \frac{A_\xi}{2\xi R} \sin^{-1} R \right\}$$

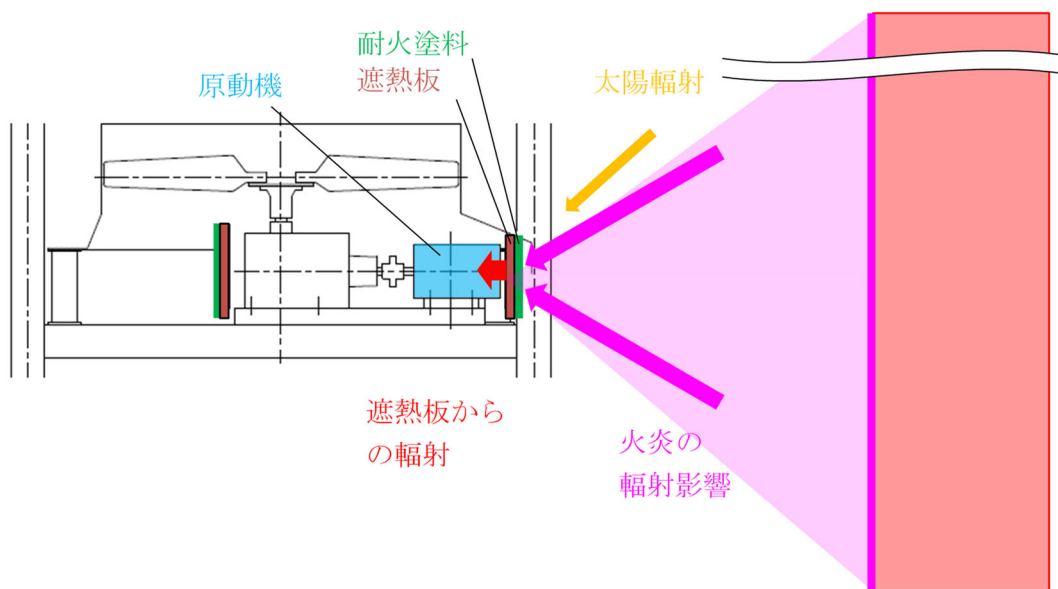
$$F_{1-2} = \frac{X}{L} \cdot F_X + \frac{L-X}{L} \cdot (1 - F_{L-X}) + \frac{Y+X-L}{L} \cdot F_{Y+X-L} - \frac{X+Y}{L} \cdot F_{X+Y}$$

(出典 : John R. Howell, A Catalog of Radiation Heat Transfer Configuration Factors, 3rd Edition)

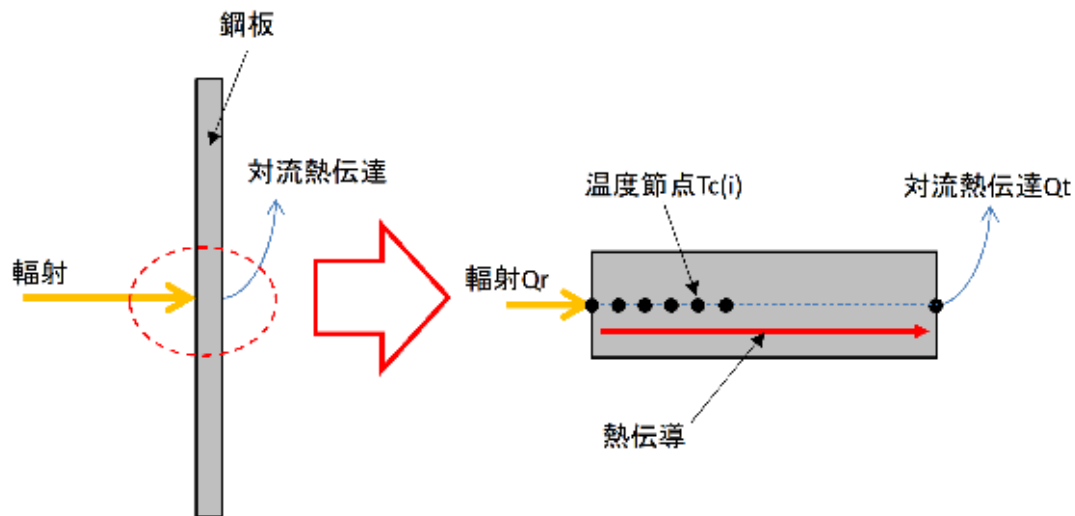
第5.3-11図 二重円筒の形態係数



第5.3-12図 原動機が受ける輻射熱(安全冷却水系(再処理設備本体用))



第5.3-13図 原動機が受ける輻射熱(安全冷却水系(非常用ディーゼル発電機用))



第5.3-14図 必要離隔距離の計算モデル

5.4 航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳の影響評価

(1) 評価方針

航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発については、再処理施設の精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋における水素ガスボンベ、ボイラ建屋ボンベ置場及び低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫のプロパンボンベ並びに再処理施設以外の危険物貯蔵施設として、MOX燃料加工施設の第1高压ガストレーラ庫及びLPGボンベ庫の爆発を想定する。評価は、「5.2.4 (1) 評価方針」と同様に行う。

(2) 評価条件

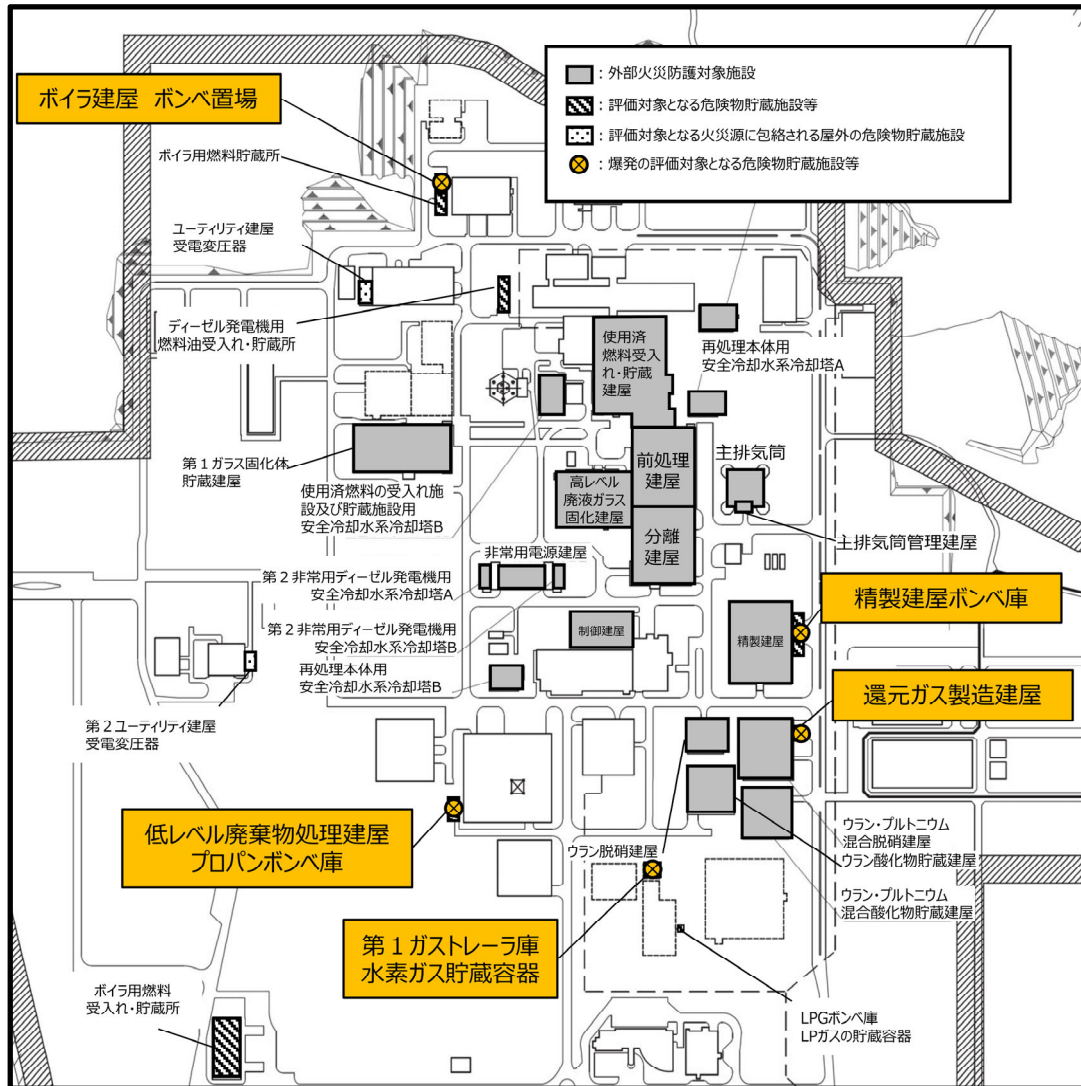
航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳については、「5.2.4 (2) 評価条件」と同じである。

(3) 評価方法

航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳については、「5.2.4 (3) 評価方法」と同じである。

(4) 危険限界距離を確保できない施設における健全性評価

危険限界距離を確保できない施設における健全性評価については、「5.2.4 (4) 危険限界距離を確保できない施設における健全性評価」と同様とする。



第5.4-1図 評価対象施設と敷地内の危険物貯蔵施設等(爆発源)の位置関係

5.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等への火災及び爆発に対する影響評価

(1) 森林火災に対する熱影響評価

a. 評価方針

ボイラ用燃料貯蔵所の重油タンク，精製建屋ボンベ庫の水素ガスボンベ並びにボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベの内部温度を算出し，算出される内部温度を危険物貯蔵物等の許容温度以下とすることで，再処理施設の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発を防止し，外部火災防護対象施設等へ影響を与えないことを評価する。

b. 評価条件

評価条件は，5.1(1)と同様とする。

重油タンクへの影響評価算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
E	W/m ²	輻射強度
T	°C	重油の温度
T_o	°C	初期温度
T_s	°C	タンク内表面に位置する重油の温度
t	s	燃焼時間
χ	m	タンク内表面の重油の深さ
α	m ² /s	温度伝導率
λ	W/m/K	重油の熱伝導率
ρ	kg/m ³	重油の密度
c	J/kg/K	重油の比熱

水素ガスのボンベ及びプロパンボンベへの影響評価算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
E	W/m^2	輻射強度
T	$^{\circ}C$	容器内温度
T_0	$^{\circ}C$	初期温度
t	s	燃焼時間
V	m^3	体積
ρ_p	kg/m^3	貯蔵物密度
C_{pp}	$J/kg/K$	貯蔵物比熱
ρ_s	kg/m^3	容器材密度
C_{ps}	$J/kg/K$	容器材比熱
D_i	m	ボンベ内径
D_0	m	ボンベ外径
e	m	ボンベ最小板厚
h	m	ボンベ円筒高さ

c. 評価方法

(a) 重油タンクへの熱影響評価方法

重油タンクは屋外に設置され、一方向から熱影響を受ける。ここでは、厳しい評価となるようにタンクの構造材を無視し、大気への放熱を考慮しない貯蔵物への熱計算を実施し、その温度が許容温度以下であることを確認する。温度評価は、熱流束一定の半無限固体の熱伝導に関する以下の式5.5.1-1に基づき算出する。

$$T=T_0+\frac{2\times E\times\sqrt{\alpha\times t}}{\lambda}\times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\times\exp\left(-\frac{\chi^2}{4\times\alpha\times t}\right)-\frac{\chi}{2\times\sqrt{\alpha\times t}}\operatorname{erfc}\left(\frac{\chi}{2\times\sqrt{\alpha\times t}}\right)\right]$$

…(式5.5.1-1)

ただし、 $\alpha = \lambda/(\rho \times c)$

$\operatorname{erfc}(\chi)=1-\operatorname{erf}(\chi)$ ($\operatorname{erf}(\chi)$: 誤差関数)

(出典:「伝熱工学資料」(1986年10月20日 改訂第4版 日本機械学会)(以下「伝熱工学資料 改訂第4版」という。)

評価に当っては、厳しい評価となるようにタンク最表面からの対流及び輻射放熱は考慮しないため、火炎からの輻射エネルギーは全て重油内面に向かう評価モデルとする。そうすると、最高温度の位置はタンク内表面となり上式の χ に0を適用できる。

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \times \sqrt{\alpha \times t}}{\sqrt{\pi} \lambda} \dots (\text{式5.5.1-2})$$

(出典：伝熱工学資料 改訂第4版)

(b) 水素ボンベ及びプロパンボンベへの熱影響評価

水素ボンベ及びプロパンボンベについては、屋内に設置され、外壁から熱影響を受ける。評価に際しては、厳しい評価となるように外壁を考慮せず、一定の熱流束を与え、ボンベ内部温度を評価し、貯蔵物の温度が許容温度以下となることを確認する。

一定の熱流束を与えた容器内の温度評価については「伝熱工学資料 改訂第5版」を参考に受ける熱量と熱容量の関係から、以下の式5.5.1-3を使用して実施する。

$$T = T_0 + \frac{E \cdot t \left(\frac{\pi \cdot D_0 \cdot h}{2} + \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \right)}{\rho_p \cdot c_{pp} \cdot V + \rho_s \cdot c_{ps} \left\{ \frac{(D_0^2 - D_i^2) \pi \cdot h}{4} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} \cdot e \right\}} \dots (\text{式5.5.1-3})$$

(2) 石油備蓄基地火災に対する熱影響評価

a. 評価方針

ボイラ用燃料貯蔵所の重油タンク及びボイラ建屋 ボンベ置場のプロパンボンベが受ける火災からの輻射強度に基づき、重油タンク及びプロパンガスボンベの表面での放熱量と入熱量の関係から、表面温度を算出し、算出した表面温度を危険物貯蔵施設等の許容温度以下とすることで、再処理施設の危険物貯蔵施設等の火災及び爆発を防止し、外部火災防護対象施設等へ影響を与えないことを評価する。

b. 評価条件

評価条件5.2(2)「評価条件」と同様とする。

重油タンクへの影響評価算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
Q_{ri}	W/m ²	火災からの輻射
Q_{ro}	W/m ²	大気への輻射放熱
Q_h	W/m ²	熱伝達による大気への放熱
Q_{sun}	W/m ²	太陽光入射：400W/m ²
T_c	K	表面温度
T_a	K	大気側温度
h	W/m ² /K	熱伝達係数

プロパンボンベへの影響評価算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
Q_{rad}	W/m ²	建屋内面から容器表面への輻射
Q_{cnv}	W/m ²	熱伝達による放熱
σ	W/m ² /K ⁴	ステファン-ボルツマン定数
T_c	K	建屋内面温度
T_w	K	容器表面温度
T_b	K	室内温度
ε_w	-	容器表面の輻射率
h	W/m ² /K	熱伝達係数
Nu	-	ヌセルト数
Ra	-	レイリー数
Gr	-	グラスホフ数
Pr	-	プラントル数* ¹
ν	m ² /s	大気の動粘性係数* ¹
λ	W/m/K	大気の熱伝導率* ¹
T_r	K	代表温度
β	1/K	体膨張係数
L_w	m	評価対象高さ
g	m/s ²	重力加速度

注記 *1: 「伝熱工学資料 改訂第4版」に基づく代表温度 T_r における値に線形補間する。

c. 評価方法

(a) 重油タンク表面温度評価方法

重油タンクは、屋外に設置されるため、建屋外壁と同様に、火災の影響を直接受けることとなる。したがって、建屋外壁と同様の定常計算を実施する。第5.5.2-1図に、温度上昇の計算モデルを示す。具体的には、石油備蓄基地火災における火災からの輻射入熱及び(5.5.2-1)式を基に放熱量と入熱量の関係が成立する際の評価対象表面温度を算出する。算出された評価対象表面温度が、貯蔵物の許容温度以下であることを確認する。

$$Q_{sun} + Q_{ri} = Q_{ro} + Q_h \cdots (式5.5.2-1)$$

大気への輻射放熱及び熱伝達による大気への放熱量は式(5.5.2-2)により計算した。

$$Q_{ro} + Q_h = h(T_c - T_a) \cdots (式5.5.2-2)$$

(出典:伝熱工学資料 改訂第4版)

熱伝達係数 h は、空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧第14版より、

一般的な放熱量の最小値 $17\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$ を考慮する。

(b) プロパンボンベの評価方法

プロパンボンベは屋内に設置されるため、ボンベの設置される建屋外面まで及び建屋内面からボンベ表面までの2段階の定常計算を実施する。厳しい評価となるように外壁での熱伝導を考慮せず、建屋外面温度と建屋内面温度が同じであるとして、定常計算を実施する。温度上昇の計算モデルを第5.5.2-2図及び第5.5.2-3図に示す。

ここで、ボンベについても、放熱量と入熱量の関係が成立する際の評価対象表面温度を算出する。算出された評価対象表面温度が、貯蔵物の許容温度以下であることを確認する。

イ. 建屋外面までの評価

建屋外面までの評価については、「5.5 (2)c. (a) 重油タンクへの熱影響評価方法」と同一の評価式を用いる。

ロ. 建屋内面からボンベ表面までの評価

入熱と放熱の関係は、次式に示す。

$$Q_{\text{rad}} - Q_{\text{cnv}} = 0 \cdots (\text{式} 5.5.2-3)$$

建屋内面からボンベ表面までの輻射 Q_{rad} は、次式に示す。

$$Q_{\text{rad}} = \varepsilon_w \sigma (T_c^4 - T_w^4) \cdots (\text{式} 5.5.2-4)$$

(出典:伝熱工学資料 改訂第4版)

熱伝達による放熱量 Q_{cnv} は、鉛直平板まわりの自然対流熱伝達として、(式5.5.2-5)から(式5.5.2-12)により算出する。

$$Q_{\text{rad}} = h(T_w - T_b) \cdots (\text{式} 5.5.2-5)$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

$$h = \frac{\text{Nu} \times \lambda}{L} \cdots (\text{式} 5.5.2-6)$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

ヌセルト数 Nu は、算出したレイリー数 Ra の値により層流又は乱流の式を用いて算出する。

鉛直平板まわりの乱流下における自然対流熱時のヌセルト数は、式5.5.2-7により算出する。

$$\text{Nu} = \frac{4}{3} C_1 \times \text{Ra}^{1/4} \quad 10^4 \leq \text{Ra} \leq 4 \times 10^9 \sim 3 \times 10^{10} \cdots (\text{式} 5.5.2-7)$$

$$\text{ただし } C_1 = \frac{3}{4} \left(\frac{\text{Pr}}{2.4 + 4.9\sqrt{\text{Pr}} + 5\text{Pr}} \right)^{1/4}$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

鉛直平板まわりの乱流下における自然対流熱伝達時のヌセルト数 Nu は式5.5-

8により算出する。

鉛直平板まわりの乱流下における自然対流熱伝達時のヌセルト数Nuは実験によって±20%程度の差異があることが知られていることから、右辺第一項にて安全側に0.0035を引いている。

$$Nu=(0.0185-0.0035)Ra^{2/5} \quad 10^{10} \leq Ra \cdots (\text{式5.5.2-8})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

$Ra < 10^{10}$ では、層流の式を使用する。また、 $3 \times 10^{10} < Ra$ では、乱流の式を使用する。

$10^{10} \leq Ra \leq 3 \times 10^{10}$ では、厳しい評価となるように小さい側を使用する。

$$Ra = Pr \times Gr \cdots (\text{式5.5.2-9})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

$$Gr = g \cdot \beta (T_w - T_b) L^3 / \nu^2 \cdots (\text{式5.5.2-10})$$

(伝熱工学資料 改訂第4版)

$$\beta = 1 / T_b \cdots (\text{式5.5.2-11})$$

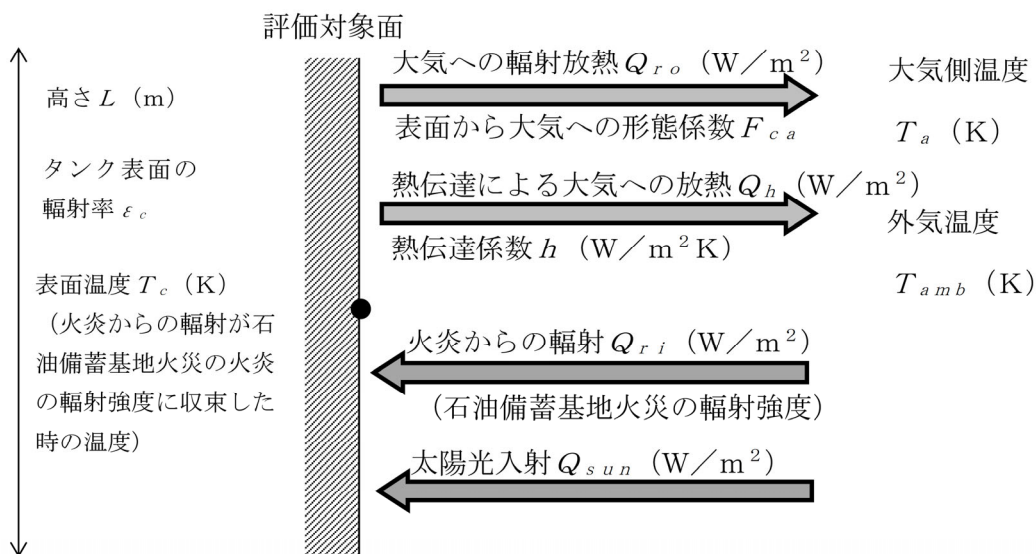
(伝熱工学資料 改訂第4版)

代表温度は空気を理想気体とみなし、式5.5.2-12を使用して算出する。気体の場合には温度差が500K程度あっても本式を適用できる。

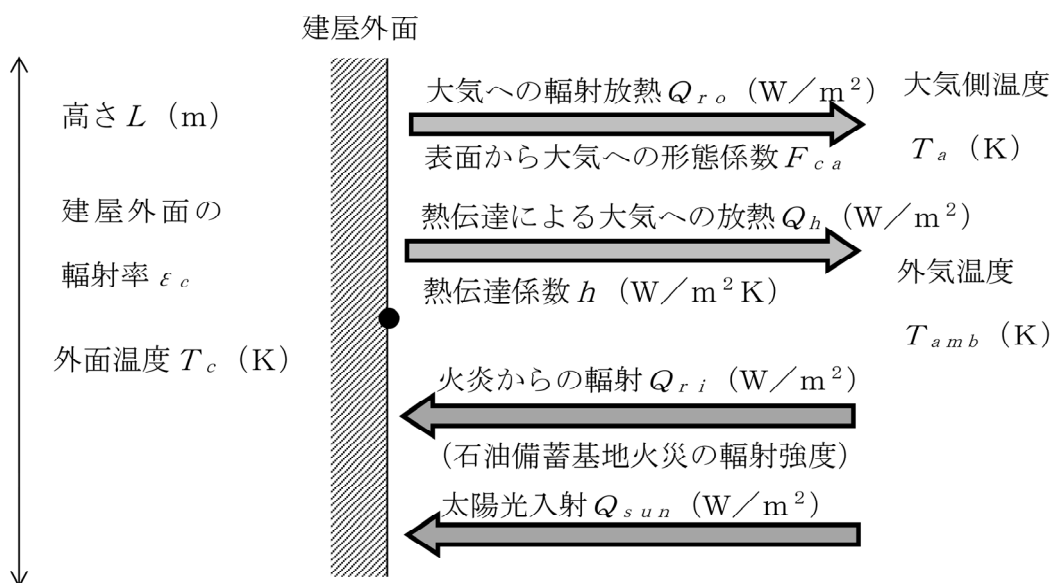
$$T_r = T_w - 0.38 \times (T_w - T_b) \cdots (\text{式5.5.2-12})$$

(熱伝導率、プラントル数、動粘性係数算出時の代表温度とする。)

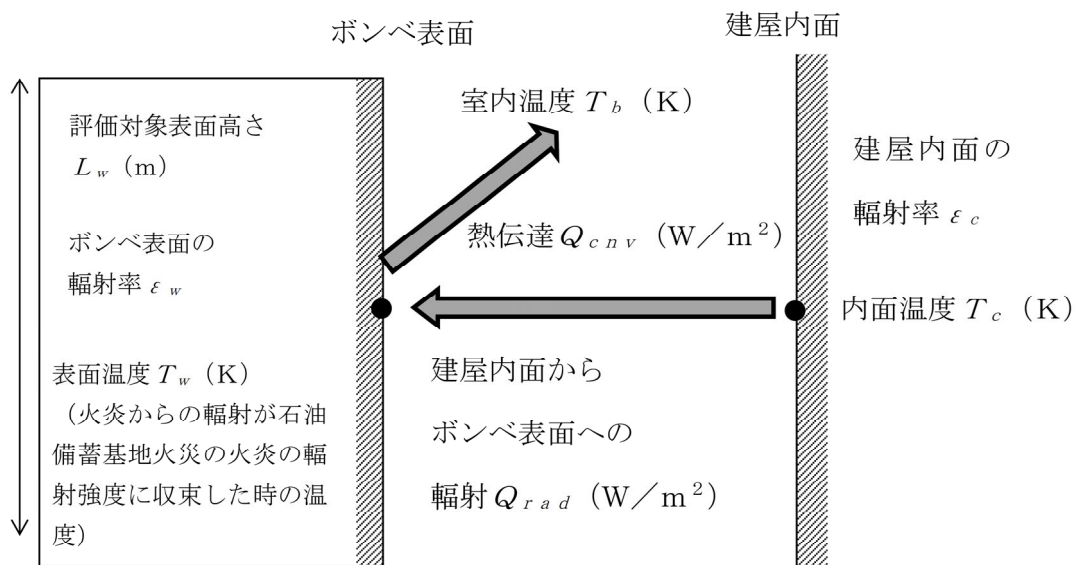
(伝熱工学資料 改訂第4版)



第5.5.2-1図 温度上昇の評価モデル(重油タンク)



第5.5.2-2図 温度上昇の評価モデル(ボンベ収納建屋)



第5.5.2-3図 温度上表評価モデル(ポンベ)

(3) 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳に対する熱影響評価

a. 評価方針

石油備蓄基地火災と森林火災の輻射熱量及び離隔距離を考慮し、石油備蓄基地火災と森林火災から受ける輻射強度が大きくなる再処理施設の危険物貯蔵施設等への評価を実施する。

石油備蓄基地火災の定常評価にて算出する温度を、森林火災の評価で用いる非常定常評価の初期温度として設定して温度を算出する。算出した温度が許容温度以下であることを確認する。

b. 評価条件

石油備蓄基地火災については、「5.5 (2) b. 評価条件」と同じである。

森林火災については、「5.5 (1) b. 評価条件」と同じである。

c. 評価方法

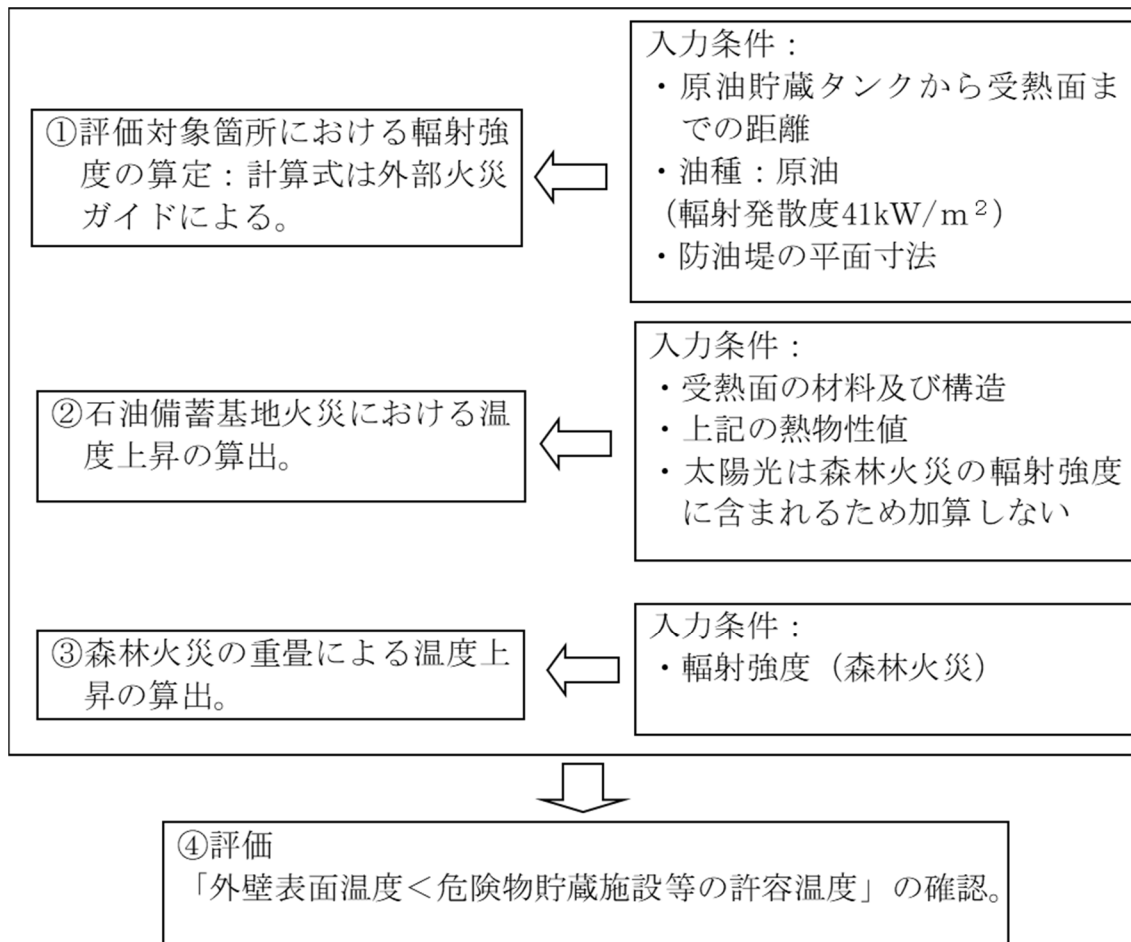
石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳による影響評価は、火災からの輻射強度による評価対象温度を算出する。

石油備蓄基地火災については、「5.5 (2) c. 評価方法」と同じである。

森林火災については、「5.5 (1) c. 評価方法」と同じである。

温度上昇の評価は、石油備蓄基地火災の熱影響評価で算出した温度に、森林火災の熱影響評価で算出した温度を加え、算出する。

検討手順を第5.5.3-1図に示す。



第5.5.3-1図 石油備蓄基地火災及び森林火災の重畳評価に関する検討手順

(4) 近隣の産業施設の爆発

a. 評価方針

再処理施設の危険物貯蔵施設等は、MOX燃料加工施設の第1高压ガストレーラ庫に対して危険限界距離以上の離隔距離を確保していることを確認し、評価対象施設へ影響を与えないことを評価する。

b. 評価条件

再処理施設の危険物貯蔵施設への影響評価算出に用いる記号とその単位及び定義を以下に示す。

記号	単位	定義
X	m	危険限界距離
λ	$\text{m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$	換算距離：14.4
K	-	ガス定数 水素ガス：2860000 プロパンガス：888000 (100°C以上)
W	-	設備定数

c. 評価方法

第1高压ガストレーラ庫について、式5.5.4-1より危険限界距離を算出する。

$$X = 0.04\lambda \cdot \sqrt[3]{K \cdot W} \quad \dots (\text{式}5.5.4-1)$$

(出典：外部火災ガイド)

VI-1-1-1-3-3-1

外部火災への配慮が必要な施設の許容温度及び許容応力の設定根拠

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-3-3-1 外部火災への配慮が必要な施設の許容温度及び許容応力の設定根拠」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 許容温度の設定根拠	1
2.1 外部火災の影響を考慮する施設	1
2.2 重大事故等対処設備	8
3. 許容応力の設定根拠	8
3.1 外部火災の影響を考慮する施設	8
4. 参考文献	10

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-3-1 外部火災への配慮に関する基本方針」及び「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」に従い、外部火災の影響を考慮する施設が、外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度及び許容応力の設定根拠について説明するものである。

2. 許容温度の設定根拠

2.1 外部火災の影響を考慮する施設

- (1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

外部火災防護対象施設を収納する建屋及び使用済燃料収納キャスクを保管する建屋については、火災時における短期温度上昇を考慮した場合においても、建屋の外壁表面において、コンクリートの圧縮強度が維持される温度(200℃)^[1]を満足することで、建屋構造を維持し、内部の機器に影響を及ぼすことはない。

また、外部火災防護対象施設の外壁については、放射性物質の閉じ込め機能を維持する必要があるが、建屋の外壁表面で許容温度以下とすることができれば外壁の機能に影響は無い。

建屋の外壁表面が許容温度以上となる場合は、個別に外壁内部の温度及び許容温度以下となる範囲で建屋の構造が維持されることを確認する。

- (2) 建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設

建屋内の施設で外気を取り込む外部火災防護対象施設については、一般的な電気設備の許容温度は40℃程度とされおり、当社の電源盤室等の空調設計もそれ以下となるよう設計している。

空調の作動によって、それ以上の外気温にも対応することができるが、ここでは空調の設計基準である40℃を許容温度とする。

- (3) 屋外の外部火災防護対象施設

屋外の外部火災防護対象施設については、火災源との離隔距離が確保されている場合は、安全機能を維持するために必要な部位の中で最も許容温度が低い部位の温度上昇が軽微であれば、それよりも許容温度が高い部位が安全機能を維持できることは明らかであることから、最も許容温度が低い部位を評価し、熱影響により安全機能を損なわないことを確認する。

ただし、火災源との離隔距離を想定しない火災については、個別の熱影響評価により安全機能を損なわないことを確認する。

- a. 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水系(再処理設備本体用)の系統構成に関連する安全冷却水A,B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水A,B冷却塔周りの配管)の安全機能を維持する

維持する温度」に基づき [redacted] °Cを許容温度とする。

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

支持架構については主に鋼材で構成されており、鋼材の強度が維持される温度325°Cを許容温度とする。

一般的に、鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが、その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方、文献^{[2][3]}によると、鋼材の高温時における有効降伏応力度は以下の式により近似され、第2.1-1図のように表される。

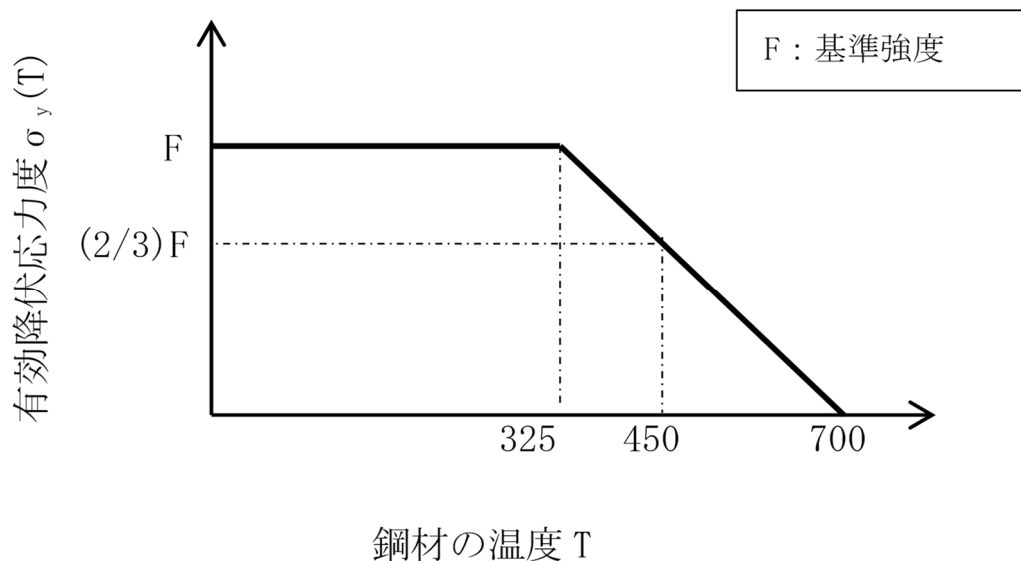
$$\sigma_y(T) = \begin{cases} F & T \leq 325 \\ F \cdot \left(\frac{700-T}{375}\right) & 325 < T < 700 \end{cases} \cdots (\text{式2.1-1})$$

(出典:財団法人日本建築センター 建築火災のメカニズムと火災安全設計 p.154 鋼材の高温耐力)

鋼材の評価にあたり、航空機墜落火災と組み合わせるべき荷重を、発生頻度が極めて小さい地震及び竜巻による荷重を除き、自重、風荷重、積雪荷重とした。これら重畳する荷重に対して、第2.1-1図のように鋼材の有効降伏応力度が低下した場合においても、外部火災防護対象施設が耐え得る設計とする。

外部火災防護対象施設を構成する鋼材の許容温度については、その施設の重要度を考慮し、航空機墜落火災においても強度が低下しない設計とし、第2.1-1図より、有効降伏応力度が常温時と変わらない325°Cを許容温度として設定した。

なお、発電用原子力設備規格 設計・建設規格^[4]において鋼材の制限温度を350°Cとしており、安全上重要な施設の支持機能を期待する鋼材の許容温度を325°Cとすることは、この制限温度を踏まえも妥当であると判断している。



第2.1-1図 鋼材の高温時の有効降伏応力度

b. 安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）

安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）の系統構成に関連する冷却塔A, B及び安全冷却水系（安全冷却水A, B冷却塔周りの配管）の安全機能を維持するため、冷却水温度への熱影響、機能を維持するために必要な部位への熱影響及び支持構造を維持するために必要な鋼材への熱影響により安全機能を損なわないことを確認する必要がある、以下に示す温度を許容温度とする。

(a) 冷却水温度の最高使用温度

外部火災による短期的な温度上昇に対し、冷却水温度は、非常用ディーゼル発電機運転時の冷却を維持することで、安全機能を維持することを確認する。冷却機能を維持する温度は、安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）の最高使用温度は「V-1 主な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」に示すとおり 60°C であり、この温度を許容温度とする。

・安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）： 60°C

(b) 機能を維持するために必要な部位の最高使用温度

イ. 管束及び配管

管束及び配管については、冷却水による冷却の影響を受けるため、著しい温度上昇は無いと考えられることから、冷却水のチューブサポート、管束フレーム及び管束取付けボルトを評価対象とする。

チューブサポート及び管束フレームは、伝熱管を支持する役割を担っていることから、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づ

き、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。なお、管束取付けボルトについては、管束フレームの評価に包絡される。

ロ. ファン駆動部

ファン駆動部については、減速機、原動機、ファン及びその他部材を評価対象とする。

・ファンブレードについては、構成する材料のうち、最も耐久温度が低い樹脂材である。メーカーに確認した結果、最高使用温度は208℃であり、これを許容温度とする。

・減速機については、構成する部品のうち、最も耐久温度が低い部材はオイルパッキンである。オイルパッキンの素材であるニトリルゴムについて、メーカーに確認した結果、最高使用温度は100℃であり、これを許容温度とする。

・原動機については、構成する部品のうち、最も耐久温度が低い部材は、軸受けである。メーカー設計図書に基づき最高使用温度である95℃を許容温度とする。また、原動機運転時は、短期的な温度上昇に対し、巻き線の冷却に必要な周囲の温度は60℃であり、これを許容温度とする。

ハ. その他部材

その他部材については、ファンリング、ファンリングサポート、コモンベッド及びケーブルトレイを対象とし、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

支持架構については、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。

c. 安全冷却水系（使用済受入れ・貯蔵設備用）

安全冷却水系（使用済受入れ・貯蔵設備用）の系統構成に関連する安全冷却水系冷却塔A、B及び安全冷却水系（安全冷却水系冷却塔A、B周りの配管）の安全機能を維持するため、冷却水温度への熱影響、機能を維持するために必要な部位への熱影響及び支持構造を維持するために必要な鋼材への熱影響により安全機能を損なわないことを確認する必要がある、以下に示す温度を許容温度とする。

また、安全冷却水系（使用済受入れ・貯蔵設備用）には、屋外の外部火災防護対象施設の膨張槽及び液位計が設置されていることから、これらの機能が維持できる温度を許容温度とする。

(a) 冷却水温度の最高使用温度

外部火災による短期的な温度上昇に対し、冷却水温度は、非常用ディーゼル発電機運転時の冷却を維持することで、安全機能を維持することを確認する。冷却機能を維持する温度は、安全冷却水系（使用済受入れ・貯蔵設備用）の最

高使用温度は「V-1 主な容器及び管の耐圧強度及び耐食性に関する設計の基本方針」に示すとおり60℃であり、この温度を許容温度とする。

・安全冷却水系（使用済受入れ・貯蔵設備用）：60℃

(b) 機能を維持するために必要な部位の最高使用温度

イ. 管束及び配管

管束及び配管については、冷却水による冷却の影響を受けるため、著しい温度上昇は無いと考えられることから、冷却水のチューブサポート、管束フレーム及び管束取付けボルトを評価対象とする。

チューブサポート及び管束フレームは、伝熱管を支持する役割を担っていることから、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。なお、管束取付けボルトについては、管束フレームの評価に包絡される。

ロ. ファン駆動部

ファン駆動部については、ファンリングにより、減速機、原動機、ファン及びその他部材が囲われ、他の安全機能を維持するために必要な部位に輻射が直接当たらない設計としている。ファンリングの温度を許容温度以下にすることで、この内側の施設を防護できることから、これを評価対象とする。

ファンリングについては、構成する材料のうち、最も耐久温度が低い樹脂材である。メーカーに確認した結果、最高使用温度は208℃であり、これを許容温度とする。

ハ. その他部材

その他部材については、ファンリング、ファンリングサポート、コモンベッド及びケーブルトレイを対象とし、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。

(c) 支持架構の構造強度を維持する温度

支持架構については、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。

d. 安全冷却水系膨張槽

安全冷却水系冷却塔A,Bに設置される膨張槽については、冷却水配管と常時接続していることから、安全冷却水系冷却塔A,Bの冷却水の評価に包絡される。

e. 安全冷却水系膨張槽水位計

安全冷却水系膨張槽水位計中の冷却水については、水位監視に影響がないよう水の沸騰する温度である100℃を許容温度とする。

f. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては、構造を維持するこ

とで、排気の流路を確保し、安全機能を維持することができる。

よって、主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては、「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」に基づき、鋼材の強度が維持される325℃を許容温度とする。

(4) 外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については、一時的に強度が低下しても構造を維持することで倒壊、転倒及び脱落により波及的影響を及ぼさない温度を許容温度とする。構造を維持する温度として、屋外の外部火災防護対象施設の「2.1(2)(c) 支持架構の構造強度を維持する温度」を踏まえ、第2.1-1図より以下の考えから、鋼材の有効降伏応力度が2/3まで低下した際の鋼材温度である450℃を許容温度とした。

- ・外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、航空機墜落火災時に機能維持を求められる施設ではないため、構造を維持する鋼材強度を維持することが要求事項であること。
- ・航空機墜落火災発生時において、考慮すべき荷重を踏まえると、有効降伏応力度は1/3程度に低下しても、構造は維持できることから、保守性を考慮し、有効降伏応力度の低下は2/3まで許容する設計とした。
- ・外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については、防護板に使用されるステンレス鋼も含まれる。防護板は脱落の防止を考慮するものであるが、炭素鋼と同様に有効降伏応力度が2/3まで低下する温度は、発電用原子力設備規格 設計・建設規格^[4]に基づき評価した結果、525℃であることから、炭素鋼と合わせ450℃を許容温度とする。

(5) 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

飛来物防護板から影響を受ける外部火災防護対象施設のうち、最も開口部の大きい第2非常用ディーゼルを代表施設として評価する。第2非常用ディーゼル発電機の構成する部品のうち、最も耐久温度が低い部材は、軸受けである。メーカー設計図書に基づき最高使用温度である200℃を許容温度とする。

(6) 敷地内の危険物貯蔵施設等

敷地内の危険物貯蔵施設等に内包される危険物等が森林火災や近隣の産業施設による火災により発火し、外部火災から防護すべき施設へ影響を及ぼさないことを評価する。危険物等が発火する温度については、引火点と発火点があるが、危険物貯蔵施設等に内包された危険物等が直接火災源と接近することはないことから発火点を許容温度とする。

a. ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所に貯蔵されるA重油の発火点温度については新石油事典^[5] 安全データシート^[6]から240℃を許容温度として設定する。

- b. ボイラ用燃料貯蔵所
ボイラ用燃料貯蔵所に貯蔵されるA重油の発火点温度については、上記a. と同じである。
- c. ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所に貯蔵されるA重油の発火点温度については、上記a. と同じである。
- d. 低レベル廃棄物処理建屋プロパンボンベ庫
再処理施設における水素の発火点温度については文献^[7]から571.2℃を許容温度として設定する。
- e. ボイラ建屋ボンベ置場
上記d. と同じ。
- f. 精製建屋ボンベ庫
再処理施設におけるプロパンの発火点温度については文献^[8]から405℃を許容温度として設定する。
- g. 還元ガス製造建屋
上記f. と同じ。

2.2 重大事故等対処設備

(1) 重大事故等対処施設を収納する建屋

重大事故等対処施設を収納する建屋については、「2.1(1)外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋」と同様に，コンクリートの圧縮強度が維持される温度200℃を許容温度とする。

(2) 屋外の重大事故等対処施設

屋外の重大事故等対処施設である主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトについては，外部火災防護対象施設でもあることから，「2.1(3) f. 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト」と同様である。

(3) 可搬型重大事故等対処施設

可搬型重大事故等対処施設については，石油コンビナートの防災アセスメント指針^[9]において，人が長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度である1.6kW/m²以下とすることで，許容温度を満たす設計とする。

3. 許容応力の設定根拠

3.1 外部火災の影響を考慮する施設

(1) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

外部火災防護対象施設を収納する建屋のうち，爆発に対し危険限界距離を確保できない建屋については，許容される曲げモーメント及びせん断応力を以下のと

おり評価する。

許容曲げモーメントについては、鉄筋量と鉄筋の許容引張応力度から、式3.1-1から許容曲げモーメントを求める。

$$M_a = A \times f_t \times j \dots \text{(式3.1-1)}$$

M_a : 許容曲げモーメント (N・m)

A : 鉄筋量 (mm²)

f_t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

j : 応力中心間距離 (mm)

許容曲げモーメントについては、鉄筋量と鉄筋の許容引張応力度から、式3.1-1から許容曲げモーメントを求める。

$$Q_a = f_c \times b \times j \dots \text{(式3.1-2)}$$

Q_a : 許容せん断力 (N)

f_c : コンクリート許容せん断応力度 (N/mm²)

b : 梁幅 (mm)

j : 応力中心間距離 (mm)

敷地内の危険物貯蔵施設の爆発から離隔距離を確保できない精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の評価条件を第3.1-1表及び第3.1-2表に示す。

以上より、精製建屋及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋共に許容される曲げモーメント及びせん断応力は、十桁以下を切り捨て、以下を許容応力とする。

許容曲げモーメント : 1,800k N・m

せん断力 : 1,100kN

第3.1-1表 精製建屋の評価条件

項目	記号	単位	数値
スパン	l	m	8.2
梁幅	b	m	1.0
配筋	—	—	S D345 D38@200
外壁厚さ	—	mm	1,200
鉄筋量	A	mm ²	5,700
鉄筋の許容引張応力度	f_t	N/mm ²	345
応力中心間距離	j	mm	945
コンクリート許容せん断応力度	f_s	N/mm ²	1.18

第3.1-2表 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の評価条件

項目	記号	単位	数値
スパン	l	m	8.0
梁幅	b	m	1.0
配筋	—	—	S D 345 D 38@200
外壁厚さ	—	mm	1,200
鉄筋量	A	mm ²	5,700
鉄筋の許容引張応力度	f_t	N/mm ²	345
応力中心間距離	j	mm	945
コンクリート許容せん断応力度	f_s	N/mm ²	1.18

4. 参考文献

- (1) 安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
- (2) 2001年版 耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説
- (3) 建築火災のメカニズムと火災安全設計, 日本建築センター
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格, 一般社団法人日本機械学会
- (5) 新石油事典 初版 (1982年11月20日), 石油学会
- (6) ENEOS 安全データシート
- (7) 東邦アセチレン. 圧縮水素, 化学物質等安全データシート
- (8) 鈴商総合ガスセンター. 液化石油ガス. 製品安全データシート
- (9) 消防庁特殊災害室 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成25年3月

VI-1-1-1-3-4

外部火災防護における評価結果

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-3-4 外部火災防護における評価結果」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 外部火災による熱影響評価	1
2.1 森林火災に対する熱影響評価	1
2.2 近隣の産業施設の火災に対する熱影響評価	6
2.2.1 石油備蓄基地火災に対する熱影響評価	6
2.2.2 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対する熱影響評価	11
2.2.3 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災に対する熱影響評価	18
2.2.4 敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対する影響評価	29
2.3 航空機墜落による火災の熱影響評価	32
2.3.1 航空機墜落による火災に対する熱影響評価	33
2.4 航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳の影響評価	60
2.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等への影響の評価	63
2.5.1 森林火災に対する熱影響評価	63
2.5.2 近隣の産業施設の火災に対する熱影響評価	66
2.5.3 森林火災と近隣の産業施設の火災の重畳に対する影響評価	68
2.5.4 近隣の産業施設の爆発に対する影響評価	69

1. 概要

本資料は、評価対象施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価条件及び評価結果について説明するものである。

評価対象施設の健全性を確認するための評価は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」に従って行う。

2. 外部火災による熱影響評価

2.1 森林火災に対する熱影響評価

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋，重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

防火帯に最も近い第1保管庫・貯蔵所を評価対象施設とし，外壁に対する森林火災による熱影響評価の評価条件を第2.1-1表に，評価結果を第2.1-2表及び第2.1-3表に示す。

評価対象施設は，危険距離を上回る離隔距離を確保していること及び外壁表面温度は71℃となり許容温度以下となることを確認した。

外部火災防護対象施設を収納する建屋及び外部火災防護対象施設となる建屋については，評価対象施設よりも長い離隔距離を有しており，外部火災防護対象施設が安全機能を損なうおそれはない。

上記以外の重大事故等対処設備を収納する建屋等については，評価対象施設よりも長い離隔距離を有しており，重大事故等対処設備が必要な機能を損なうおそれはない。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋についても，評価対象施設よりも長い離隔距離を有しており，使用済燃料収納キャスクに波及的破損を及ぼすおそれはない。

第2.1-1表 第1保管庫・貯蔵所を対象とした熱影響評価の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
外壁表面温度 (許容温度)	T	°C	200	—
外壁の初期温度	T_0	°C	50	初期温度は、評価が厳しくなるように、建屋内最高温度及び外気温度を踏まえ設定。
コンクリート 熱伝導率	λ	W/(m·K)	1.74	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート密度	ρ	kg/m ³	2150	遮蔽設計の最小値
コンクリート比熱	c	J/(kg·K)	963	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.

注記 ※：各メッシュの火炎長 H 、円筒火炎モデル数 f 及び火炎放射発散度 Rf はFARSITEの解析結果による。

第2.1-2表 危険距離

評価対象施設	危険距離 (m)	離隔距離 (m)
第1保管庫・貯蔵所	23	105

第2.1-3表 外壁表面温度

評価対象施設	外壁表面温度 (°C)	許容温度 (°C)
第1保管庫・貯蔵所	71	200

b. 屋外の外部火災防護対象施設

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水 B 冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔周りの配管)に対する森林火災の評価条件及び評価結果を第2.1-4表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は■■■■°Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は■■°Cであり、■■■■°C温度上昇したとしても、安全冷却水系(再処理設備本体用)の最高使用温度■■°Cを超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.1-4表 熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	487	防火帯外縁からの最短距離。評価にあたり、最大の火炎輻射強度となるメッシュを横一列に配置し、解析により確認した到達した火炎を直線に並べ評価する。
火炎長	H	m	※	—
火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	※	—
円筒火炎モデル数	f	—	※	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.292	FARSITEの解析結果のうち、事業指定（変更許可）を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
流量	G	m ³ /h	■	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■	—

注記 ※：各メッシュの火炎長H、円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

評価対象となる安全冷却水A冷却塔及び安全冷却水系（安全冷却水A冷却塔周りの配管）に対する森林火災の評価条件及び評価結果を第2.1-5表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は \blacksquare °Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は \blacksquare °Cであり、 \blacksquare °C温度上昇したとしても、安全冷却水系（再処理設備本体用）の最高使用温度 \blacksquare °Cを超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.1-5表 熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	187	防火帯外縁からの最短距離。評価にあたり、最大の火炎輻射強度となるメッシュを横一列に配置し、解析により確認した到達した火炎を直線に並べ評価する。
火炎長	H	m	※	—
火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	※	—
円筒火炎モデル数	f	—	※	—
輻射強度	E	kW/m ²	1.195	FARSITEの解析結果のうち、事業指定（変更許可）を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
流量	G	m ³ /h	\blacksquare	設計値より9ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	\blacksquare	安全冷却水A冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	\blacksquare	設計値より屋外配管及び9ベイの受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	\blacksquare	安全冷却水A冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	\blacksquare	—

注記 ※：各メッシュの火炎長H、円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

(b) 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)

評価対象となる冷却塔B及び安全冷却水系(冷却塔B周りの配管)に対する森林火災の評価条件及び評価結果を第2.1-6表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は0.08℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は46.5℃であり、0.08℃温度上昇したとしても、安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の最高使用温度60℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.1-6表 熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	410	防火帯外縁からの最短距離。評価にあたり、最大の火炎輻射強度となるメッシュを横一列に配置し、解析により確認した到達した火炎を直線に並べ評価する。
火炎長	H	m	※	—
火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	※	—
円筒火炎モデル数	f	—	※	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.379	FARSITEの解析結果のうち、事業指定(変更許可)を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
流量	G	m ³ /h	111	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Bは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ペイの受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Bは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	0.08	—

注記 ※：各メッシュの火炎長H、円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

c. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

外部保管エリア1, 外部保管エリア2及び建屋近傍の保管場所を代表する評価地点の森林火災からの輻射強度の算出結果を第2.1-8表に示す。

各評価地点の森林火災からの輻射強度は1.6 kW/m²以下であり, 防火帯外側の森林火災は屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備に影響しない。

第2.1-8表 森林火災からの輻射強度の算出結果

評価地点*1		①外部保管エリア 1代表	②外部保管エリア 2代表	③建屋近傍の保管 場所代表
輻射強度 (kW/m ²)	発火点1	0.06	0.03	0.19
	発火点2	0.04	0.03	0.03
	発火点3	0.12	0.04	0.43

*1: 評価地点の位置は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」の第5.1-3図を参照。

2.2 近隣の産業施設の火災に対する熱影響評価

2.2.1 石油備蓄基地火災に対する熱影響評価

敷地周辺10km範囲内に存在する近隣の産業施設として、石油備蓄基地(敷地西方向0.9km)の火災を想定する。

a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋, 外部火災防護対象施設となる建屋, 重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
評価対象施設に対する石油備蓄基地火災の熱影響の評価条件を第2.2.1-1表に, 評価結果を第2.2.1-2表に示す。

評価対象施設の危険輻射強度は2.1kW/m²となり, 第1ガラス固化体貯蔵建屋の建屋外壁が受ける石油備蓄基地火災からの輻射強度は, その危険輻射強度を下回ることを確認した。

第2.2.1-1表 評価対象施設の危険輻射強度計算に関する評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
燃焼面の中心から受熱面までの距離	L	m	1450	燃焼面の中心から受熱面までの距離については、石油備蓄基地から第1ガラス固化体建屋までの最短距離を記載しているが、評価においては6つの円筒火炎モデル($i=1\sim6$)の中心座標を設定した。各円筒火炎モデルの L は以下の通り。 L1 : 1778m L5 : 3559m L2 : 2201m L6 : 3964m L3 : 2644m L4 : 3098m
燃焼半径	R	m	270.8	燃焼半径については、円筒火炎モデルのうち、最も大きい円筒火炎モデルの燃焼半径を記載しているが、評価においては6つの円筒火炎モデル($i=1\sim6$)の燃焼半径を設定した。各円筒火炎モデルの R は以下の通り。 R1~R5 : 270.8m R6 : 221.1m
太陽光入射	Q_{sun}	W/m ²	400	IAEA. IAEA安全基準 IAEA放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂1. 2008.
ステファン-ボルツマン定数	σ	W/(m ² ·K ⁴)	5.670×10^{-8}	国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊(2013-11-30)
壁面温度 (許容温度)	T_c	°C*1	200	安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
大気側温度	T_a	°C*1*2	37	計算においては、絶対温度に換算。「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
外気温度	T_{amb}			
壁面の輻射率	ϵ_c	—	0.9	壁面に関してはコンクリートに関する記載値0.94に対し厳しい評価となるように0.9とする。(日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.)
壁面からの大気への形態係数	F_{ca}	—	0.8	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から厳しい評価となるように0.8とする。
評価対象壁面高さ	L_w	m	6.42	冷却空気入口シャフトの高さを基準に設定した。
重力加速度	g	m/s ²	9.807	国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊(2013-11-30)
プラントル数	Pr	—	0.715	プラントル数 Pr , 大気の動粘性係数 ν 及び大気の熱伝導率 λ は、日本機械学会 伝熱工学資料 改訂第4版の記載値
大気の動粘性係数	ν	m ² /s	2.565×10^{-5}	を代表温度 T_r における値に線形補間し設定した。
大気の熱伝導率	λ	W/(m·K)	0.0326	

第2.2.1-2表 石油備蓄基地火災における熱影響評価結果

評価対象施設	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	輻射強度 (kW/m ²)	危険輻射 強度 (kW/m ²)
第1 ガラス固化体 貯蔵建屋	1450	1.6	2.1

b. 建屋内で外気を取り込む外部火災防護対象施設

評価対象施設に対する石油備蓄基地火災の熱影響の評価条件を第2.2.1-3表に、評価結果を第2.2.1-4表に示す。

第1 非常用ディーゼル発電機については、「2.2.2 a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋」の評価結果から、保守的に建屋温度を150℃としたとしても、外気取入れは38.0℃となることから、安全機能を損なうおそれはない。

第2.2.1-3表 評価対象施設の危険輻射強度計算に関する評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
壁面及びフード温度	T_w	℃	150	「2.2.2 a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋、重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋」の評価結果から、保守的に設定した。
大気側温度	T_a	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
受熱面	A	m ²	27.9	設計値より設定。
比熱	C_p	J/kg/K	※	伝熱工学便覧第4版の「空気の定圧比熱」を線形補間。

第2.2.1-4表 石油備蓄基地火災における熱影響評価結果

評価対象施設	外壁表面温度 (℃)	空気の温度 (℃)	許容温度 (℃)
第1 非常用 ディーゼル発電機	150	38	40

c. 屋外の外部火災防護対象施設

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)に対する石油備蓄基地火災の評価条件及び評価結果を第2.2.1-5表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は■■■■℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は■■℃であり■■■■℃温度上昇したとしても安全冷却水系（再処理設備本体用）の最高使用温度■■℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.1-5表 熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L ₁	m	1996	原油貯蔵タンク9基又は6基を囲う防潮堤を1単位として円筒火炎モデルを想定し、それぞれの円筒火炎モデルの中心から安全冷却水系（再処理設備本体用）の最短距離。
	L ₂	m	2394	
	L ₃	m	2818	
	L ₄	m	3258	
	L ₅	m	3708	
	L ₆	m	4088	
燃焼半径	R ₁	m	270.8	R ₁ ～R ₅ は石油備蓄基地の防油堤（480m×480m）の面積、R ₆ は防油堤（320m×480m）の面積から半径に換算。
	R ₂	m	270.8	
	R ₃	m	270.8	
	R ₄	m	270.8	
	R ₅	m	270.8	
	R ₆	m	221.1	
輻射発散度	Rf	W/m ²	41	—
低減率	r	—	0.3	—
輻射強度	E	kW/m ²	1.32	—
流量	G	m ³ /h	■■■	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■■■■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■■■	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c _p	J/kg/K	■■■■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	■■■	—

(b) 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)

冷却塔A及び安全冷却水系(冷却塔A周りの配管)に対する石油備蓄基地火災の評価条件及び評価結果を第2.2.1-6表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は0.25℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は46.5℃であり、0.25℃温度上昇したとしても安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の最高使用温度60℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.1-6表 熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L ₁	m	1972	原油貯蔵タンク9基又は6基を囲う防油堤を1単位として円筒火炎モデルを想定し、それぞれの円筒火炎モデルの中心から安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の最短距離。
	L ₂	m	2384	
	L ₃	m	2818	
	L ₄	m	3265	
	L ₅	m	3720	
	L ₆	m	4103	
燃焼半径	R ₁	m	270.8	R ₁ ~R ₅ は石油備蓄基地の防油堤(480m×480m)の面積、R ₆ は防油堤(320m×480m)の面積から半径に換算。
	R ₂	m	270.8	
	R ₃	m	270.8	
	R ₄	m	270.8	
	R ₅	m	270.8	
	R ₆	m	221.1	
輻射発散度	R _f	W/m ²	41	—
低減率	r	—	0.3	—
輻射強度	E	kW/m ²	1.33	—
流量	G	m ³ /h	111	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカ仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c _p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカ仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	0.25	—

d. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

外部保管エリアの保管場所及び建屋近傍の保管場所のうち石油備蓄基地に最も近い地点を評価地点とし、石油備蓄基地火災からの輻射強度を評価した結果を第2.2.1-8表に示す。

各評価地点の石油備蓄基地火災からの輻射強度は1.6 kW/m²以下であり、屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備に影響しない。

第2.2.1-8表 石油備蓄基地からの輻射強度の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	①外部保管エリアの保管場所代表*1	②建屋近傍の保管場所代表*1	備考
離隔距離	L ₁	m	2502	1994	原油貯蔵タンク9基又は6基を囲う防油堤を1単位として円筒火炎モデルを想定し、それぞれの円筒火炎モデルの中心から評価地点までの最短距離。
	L ₂	m	2925	2423	
	L ₃	m	3363	2868	
	L ₄	m	3811	3323	
	L ₅	m	4266	3784	
	L ₆	m	4649	4172	
燃焼半径	R ₁	m	270.8	270.8	R ₁ ~R ₅ は石油備蓄基地の防油堤(480m×480m)の面積、R ₆ は防油堤(320m×480m)の面積から半径に換算。
	R ₂	m	270.8	270.8	
	R ₃	m	270.8	270.8	
	R ₄	m	270.8	270.8	
	R ₅	m	270.8	270.8	
	R ₆	m	221.1	221.1	
輻射発散度	Rf	kW/m ²	41	41	—
低減率	r	—	0.3	0.3	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.92	1.30	—

注記 *1： 評価地点の位置は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設的设计方針及び評価方針」の第5.2.1-2図を参照。

2.2.2 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳に対する熱影響評価

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋、外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

評価対象施設である使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫に対する石油備蓄基地火災と森林火災の重畳による熱影響評価の評価条件を第2.2.2-1表に、評価結果を第2.2.2-2表に示す。

評価対象施設の外壁表面温度は149℃となり、許容温度以下となることを確認した。

第2.2.2-1表 評価対象施設の熱影響評価に関する評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
燃焼面の中心から受熱面までの距離	L	m	1760	燃焼面の中心から受熱面までの距離については、石油備蓄基地から第1ガラス固化体建屋までの最短距離を記載しているが、評価においては6つの円筒火炎モデル($i=1\sim6$)の中心座標を設定した。各円筒火炎モデルのLは以下の通り。 L1: 2024m L5: 3854m L2: 2469m L6: 4245m L3: 2925m L4: 3387m
燃焼半径	R	m	270.8	燃焼半径については、円筒火炎モデルのうち、最も大きい円筒火炎モデルの燃焼半径を記載しているが、評価においては6つの円筒火炎モデル($i=1\sim6$)の燃焼半径を設定した。各円筒火炎モデルのRは以下の通り。 R1~R5: 270.8m R6: 221.1m
太陽光入射	Q_{sun}	W/m ²	400	IAEA. IAEA安全基準 IAEA放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂1. 2008.
ステファン-ボルツマン定数	σ	W/(m ² ·K ⁴)	5.670×10^{-8}	国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊(2013-11-30)
壁面温度 (許容温度)	T_c	°C*1	200	安部武雄ほか. “高温度における高強度コンクリートの力学特性に関する基礎的研究”. 日本建築学会構造系論文集 第515号. 日本建築学会, 1999.
大気側温度	T_a	°C*1*2	37	計算においては、絶対温度に換算。「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
外気温度	T_{amb}			
壁面の輻射率	ϵ_c	—	0.9	壁面に関してはコンクリートに関する記載値0.94に対し厳しい評価となるように0.9とする。(日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第4版. 1986.)
壁面からの大気への形態係数	F_{ca}	—	0.8	石油備蓄基地火災において算出される形態係数から厳しい評価となるように0.8とする。
評価対象壁面高さ	L_w	m	10.2	設計値により設定。
重力加速度	g	m/s ²	9.807	国立天文台. 平成26年 理科年表 第87冊(2013-11-30)
プラントル数	Pr	—	0.716	プラントル数Pr, 大気の動粘性係数 ν 及び大気の熱伝導率 λ は、日本機械学会 伝熱工学資料 改訂第4版の記載値を代表温度Trにおける値に線形補間し設定した。
大気の動粘性係数	ν	m ² /s	2.304×10^{-5}	
大気の熱伝導率	λ	W/(m·K)	0.031	
森林火災による外壁温度上昇値	ΔT	°C	15.4	—

第2.2.2-2表 石油備蓄基地火災と森林火災の重畳における熱影響評価結果

評価対象施設	石油備蓄基地からの 離隔距離(m)	外壁表面温度 (°C)	コンクリート 許容温度(°C)
使用済燃料収納使用済燃料 輸送容器保管庫	1760	149	200

b. 屋外の外部火災防護対象施設

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)に対する石油備蓄基地火災と森林火災の重畳の評価条件を第2.2.2-3表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は■■■■°Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は■■■■°Cであり■■■■°C温度上昇したとしても安全冷却水系(再処理設備本体用)の最高使用温度■■■■°Cを超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.2-3表 安全冷却水系(再処理設備本体用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果(1/2)

項目	記号	単位	数値	備考	
森林火災	離隔距離	L	m	487	防火帯外縁からの最短距離。評価にあたり、最大の火炎輻射強度となるメッシュを配置し、解析により確認した到達した火炎を直線に並べ評価する。
	火炎長	H	m	※	—
	火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	※	—
	円筒火炎モデル数	f	—	※	—
	輻射強度	E	kW/m ²	0.292	FARSITEの解析結果のうち、事業指定(変更許可)を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
石油備蓄基地火災	離隔距離	L ₁	m	1996	原油貯蔵タンク9基又は6基を囲う防潮堤を1単位として円筒火炎モデルを想定し、それぞれの円筒火炎モデルの中心から安全冷却水系(再処理設備本体用)の最短距離。
		L ₂	m	2394	
		L ₃	m	2818	
		L ₄	m	3258	
		L ₅	m	3708	
		L ₆	m	4088	
	燃焼半径	R ₁	m	270.8	R1～R5は石油備蓄基地の防油堤(480m×480m)の面積、R6は防油堤(320m×480m)の面積から半径に換算。
		R ₂	m	270.8	
		R ₃	m	270.8	
		R ₄	m	270.8	
		R ₅	m	270.8	
		R ₆	m	221.1	
	輻射発散度	Rf	kW/m ²	41	—
	低減率	r	—	0.3	—
輻射強度	E	kW/m ²	1.32	—	

注記 ※：各メッシュの火炎長H、円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

第2.2.2-3表 安全冷却水系(再処理設備本体用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果(2/2)

項目	記号	単位	数値	備考
流量	G	m ³ /h	■	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■	設計値より1ペイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■	—

(b) 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)

冷却塔A及び安全冷却水系(冷却塔A周りの配管)に対する石油備蓄基地火災と森林火災の重畳の評価条件及び評価結果を第2.2.1-4表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は0.32℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は46.5℃であり、0.32℃温度上昇したとしても安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の最高使用温度60℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.2-4表 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果(1/2)

項目	記号	単位	数値	備考	
森林火災	離隔距離	L	m	410	防火帯外縁からの最短距離。評価にあたり、最大の火炎輻射強度となるメッシュを配置し、解析により確認した到達した火炎を直線に並べ評価する。
	火炎長	H	m	※	—
	火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	※	—
	円筒火炎モデル数	f	—	※	—
	輻射強度	E	kW/m ²	0.351	FARSITEの解析結果のうち、事業指定(変更許可)を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
石油備蓄基地火災	離隔距離	L ₁	m	1972	原油貯蔵タンク9基又は6基を囲う防油堤を1単位として円筒火炎モデルを想定し、それぞれの円筒火炎モデルの中心から安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)の最短距離。
		L ₂	m	2384	
		L ₃	m	2818	
		L ₄	m	3265	
		L ₅	m	3720	
		L ₆	m	4103	
	燃焼半径	R ₁	m	270.8	R1~R5は石油備蓄基地の防油堤(480m×480m)の面積、R6は防油堤(320m×480m)の面積から半径に換算。
		R ₂	m	270.8	
		R ₃	m	270.8	
		R ₄	m	270.8	
		R ₅	m	270.8	
		R ₆	m	221.1	
	輻射発散度	Rf	kW/m ²	41	—
	低減率	r	—	0.3	—
輻射強度	E	kW/m ²	1.33	—	

注記 ※: 各メッシュの火炎長H、円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

第2.2.2-4表 安全冷却水系(第2非常用ディーゼル発電機用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果(2/2)

項目	記号	単位	数値	備考
流量	G	m ³ /h	111	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカ仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカ仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	0.32	—

2.2.3 敷地内の危険物貯蔵施設等の火災に対する熱影響評価

危険物貯蔵施設等の火災の評価は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」の「4.2.3敷地内の危険物貯蔵施設等による熱影響評価」で選定した危険物貯蔵施設を第2.2.3-1表に示す。

第 2.2.3-1 表 火災源となる危険物与蔵施設等

重油タンク	防油堤幅*1 (m)	防油堤奥行*1 (m)	貯蔵量*1 (m ³)
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	31.6	65	4,327
ボイラ用燃料貯蔵所	11	22	300
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	10	31	200

注記 *1：設計値より設定。

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋，重大事故等対処設備を収納する建屋等及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対し最も近いウラン酸化物貯蔵建屋，ボイラ用燃料貯蔵所及びディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対し最も近い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋が火災から受ける輻射強度に対する熱影響の評価条件及び評価結果を第2.2.3-2表から第2.2.3-7表に示す。

ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対し最も近いウラン酸化物貯蔵建屋の外壁表面温度は65℃，ボイラ用燃料貯蔵所の火災に対し最も近い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の外壁表面温度は61℃，ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対し最も近い使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の外壁表面温度は91℃となり，許容温度以下となることを確認した。

第2.2.3-2表 ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対するウラン酸化物貯蔵建屋を対象とした熱影響評価の評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
初期温度	T_0	50	°C	初期温度は、評価が厳しくなるように、屋内最高温度及び外気温度を踏まえ設定。
輻射強度	E	0.088	kW/m ²	-
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/(m・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート比熱	c	963	J/(kg・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート密度	ρ	2150	kg/m ³	遮蔽設計の最小値
燃焼面(円筒火災底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離	L	580	m	-
燃焼速度	v	0.28×10^{-4}	m/s	消防庁特殊災害室 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成 25 年 3 月

第2.2.3-3表 評価対象施設への熱影響評価結果

評価対象施設	貯蔵所からの離隔距離 (m)	外壁表面温度 (°C)	コンクリート許容温度 (°C)
ウラン酸化物貯蔵建屋	580	65	200

第2.2.3-4表 ボイラ用燃料貯蔵所の火災に対する使用済燃料受入れ・貯蔵建屋を対象とした熱影響評価の評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
初期温度	T_0	50	℃	初期温度は、評価が厳しくなるように、屋内最高温度及び外気温度を踏まえ設定。
輻射強度	E	0.079	kW/m ²	-
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/(m・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート比熱	c	963	J/(kg・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート密度	ρ	2150	kg/m ³	遮蔽設計の最小値
燃焼面(円筒火災底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離	L	211	m	-
燃焼速度	v	0.28×10^{-4}	m/s	消防庁特殊災害室 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成 25 年 3 月

第2.2.3-5表 評価対象施設への熱影響評価結果

評価対象施設	貯蔵所からの離隔距離(m)	外壁表面温度(℃)	コンクリート許容温度(℃)
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	211	61	200

第 2.2.3-6 表 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対する使用済燃料受入れ・貯蔵建屋を対象とした熱影響評価の評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
初期温度	T_0	50	°C	初期温度は、評価が厳しくなるように、屋内最高温度及び外気温度を踏まえ設定。
輻射強度	E	0.45	kW/m ²	-
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/(m・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート比熱	c	963	J/(kg・K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート密度	ρ	2150	kg/m ³	遮蔽設計の最小値
燃焼面(円筒火災底面)の中心から受熱面(評価点)までの距離	L	104	m	-
燃焼速度	v	0.28×10^{-4}	m/s	消防庁特殊災害室 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成 25 年 3 月

第 2.2.3-7 表 評価対象施設への熱影響評価結果

評価対象施設	貯蔵所からの 離隔距離 (m)	外壁表面温度 (°C)	コンクリート 許容温度(°C)
使用済燃料受入れ・貯蔵 建屋	104	91	200

b. 屋外の外部火災防護対象施設

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)に対する危険物貯蔵施設等の火災の評価条件及び評価結果を第2.2.3-8表から第2.2.3-10表に示す。

輻射による冷却水の温度上昇は、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所は■■■■℃、ボイラ用燃料貯蔵所は■■■■℃、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所は■■■■℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は■■■■℃であり、危険物貯蔵施設等の火災が発生した場合の温度上昇が最大でも■■■■℃とごくわずかで、安全冷却水系(再処理設備本体用)の最高使用温度■■■■℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.3-8表 ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対する安全冷却水系(再処理設備本体用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	494	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火災モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	25.6	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.123	—
流量	G	m ³ /h	■■■■	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■■■■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■■■■	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■■■■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	■■■■	—

第 2.2.3-9 表 ボイラ用燃料貯蔵所の火災に対する安全冷却水系(再処理設備本体用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	513	ボイラ用燃料貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火炎モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	8.8	ボイラ用燃料貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.013	—
流量	G	m ³ /h	■	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■	設計値より1ペイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■	—

第 2.2.3-10 表 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対する安全冷却水系
(再処理設備本体用)を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	415	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火炎モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	9.9	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.027	—
流量	G	m ³ /h	■	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■	設計値より1ペイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2)凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■	—

(b) 安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）

冷却塔A及び安全冷却水系（冷却塔A周りの配管）に対する危険物貯蔵施設等の火災の評価条件及び評価結果を第2.2.3-11表から第2.2.3-13表に示す。輻射による冷却水の温度上昇は、ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所は0.02℃、ボイラ用燃料貯蔵所は0.01℃、ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所は0.01℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は46.5℃であり、危険物貯蔵施設等の火災が発生した場合の温度上昇が最大でも0.02℃とごくわずかで、安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）の最高使用温度60℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第2.2.3-11表 ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の火災に対する安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	581	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火炎モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	25.6	ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.088	—
流量	G	m ³ /h	110	設計値より1ベイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ベイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	0.02	—

第 2.2.3-12 表 ボイラ用燃料貯蔵所の火災に対する安全冷却水系（第 2 非常用ディーゼル発電機用）を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	401	ボイラ用燃料貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火炎モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	8.8	ボイラ用燃料貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.022	—
流量	G	m ³ /h	110	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ペイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	0.01	—

第 2.2.3-13 表 ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の火災に対する安全冷却水系
(第 2 非常用ディーゼル発電機用) を対象とした熱影響評価の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
離隔距離	L	m	303	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の防油堤の面積に応じた円筒火炎モデルを想定し、その中心からの離隔距離。一の位を切り捨てた値で評価。
燃焼半径	R	m	9.9	ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所の防油堤の面積から半径に換算。
火炎輻射発散度	Rf	kW/m ²	23	—
輻射強度	E	kW/m ²	0.05	—
流量	G	m ³ /h	110	設計値より1ペイ分の流量を設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	22.0	設計値より1ペイ分の受熱面を設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	0.01	—

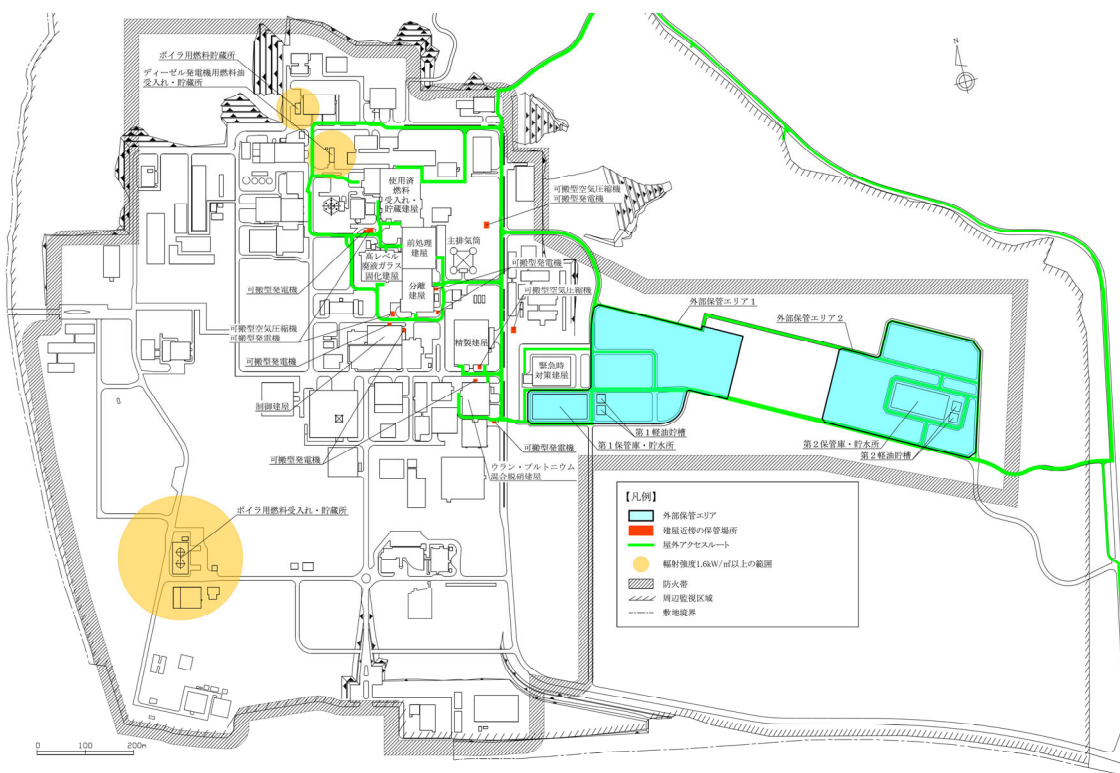
c. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備

「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」の「4.2.3 敷地内の危険物貯蔵施設等による熱影響評価」で選定した危険物貯蔵施設の火災からの放射強度が 1.6kW/m^2 以上となる範囲を第2.2.3-17表及び第2.2.3-1図に示す。

屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所は約 1.6kW/m^2 以下であり、屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備に影響しない。

第2.2.3-17表 危険物貯蔵施設火災からの放射強度が 1.6kW/m^2 となる距離

施設名称	放射強度が 1.6kW/m^2 となる距離
ボイラ用燃料受入れ・貯蔵所	129m
ボイラ用燃料貯蔵所	44m
ディーゼル発電機用燃料油受入れ・貯蔵所	50m



第2.2.3-1図 危険物貯蔵施設火災からの影響範囲と屋外保管場所の位置

2.2.4 敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発に対する影響評価

a. 危険限界距離の評価

危険物貯蔵施設等の爆発の評価は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」の「4.2.4敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発」で選定した以下を対象とする。

- ・ボイラ建屋 ボンベ置場
- ・低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫
- ・精製建屋ボンベ庫
- ・還元ガス製造建屋

ボイラ建屋 ボンベ置場、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及び精製建屋ボンベ庫の爆発による危険限界距離の評価条件を第2.2.4-1表から第2.2.4-4表に、危険限界距離の評価結果を第2.2.4-5表に示す。

第2.2.4-1表 ボイラ建屋 ボンベ置場の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	—	0.15	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.2.4-2表 低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	—	(2.975) ^{0.5}	ガス質量が1t以上のため、平方根の値を用いる。

第2.2.4-3表 精製建屋ボンベ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.056	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.2.4-4表 還元ガス製造建屋の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.025	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.2.4-5表 第1高压ガストレーラ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
水素の定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.304	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.2.4-6表 危険限界距離の評価結果

危険物貯蔵施設等	至近の外部火災防護対象施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	30	537
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋*1		118
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	67	132
精製建屋ボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	32	310
	ウラン・プルトニウム混合脱 硝建屋*2		90
還元ガス製造建屋	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	24	315
	精製建屋*2		50
第1 高压ガストレーラ庫	ウラン酸化物貯蔵建屋	55	68

注記 *1： 当該の危険物貯蔵施設等との離隔距離が最も短い評価対象施設

*2： 当該の危険物貯蔵施設等との離隔距離が最も短い施設は危険限界距離以上の離隔距離を確保できないことから、離隔距離が2番目に短い施設を記載する。

爆発による爆風圧が人体に対して影響を与えない0.01MPaとなる距離を評価した結果、危険限界距離以上の離隔距離が確保されており、安全冷却水系(再処理設備本体用)に該当する安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)の安全機能に影響がないことを確認した。

以上のことから、爆発源に最も近い評価対象施設を評価した結果、各爆発源からの危険限界距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

よって、再処理施設の外部火災防護対象施設等については、危険限界距離を上

回る離隔距離を確保できており、安全機能を損なうおそれはない。

また、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は波及的破損を及ぼすおそれはなく、重大事故等対処設備については必要な機能を損なうおそれはない。

b. 危険限界距離を確保できない施設の評価

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設に隣接しており、危険限界距離の確保はできない。そのため、設計対処施設については、爆発によって発生する爆風圧に対して健全性を維持する設計とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。評価結果を第2.2.4-7表に示す。

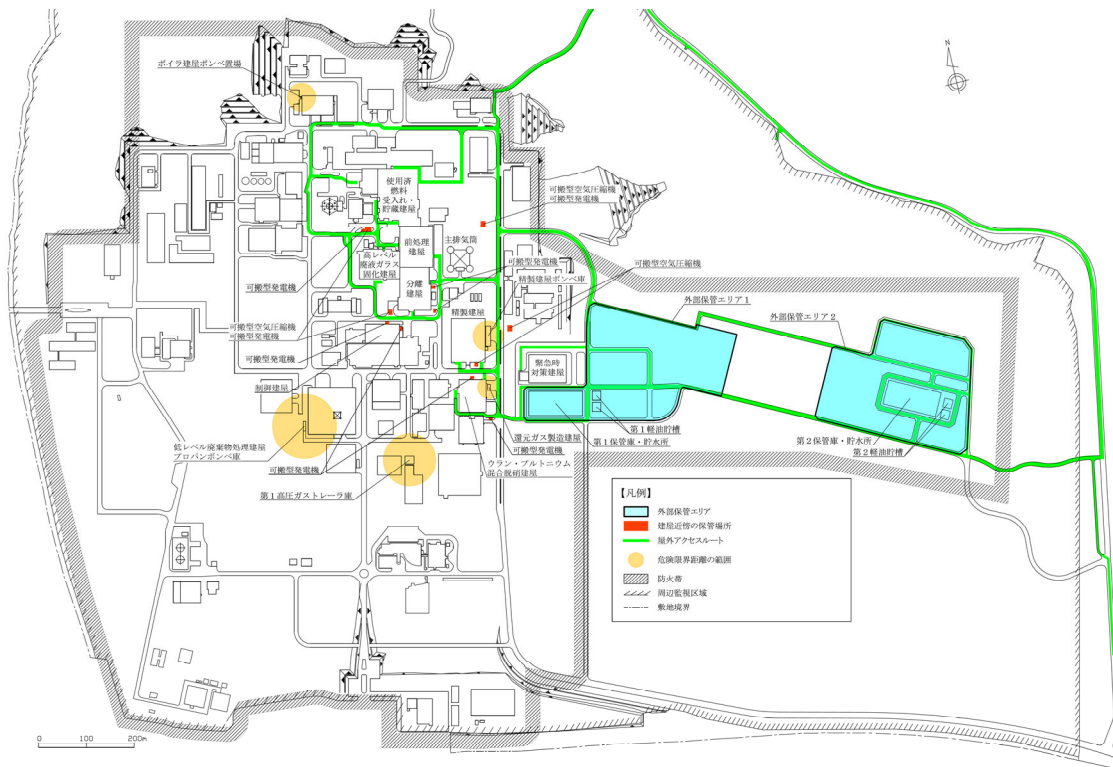
第2.2.4-7表 爆風圧に対する評価結果

危険物貯蔵施設等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)	曲げモーメント (k N・m)	せん断力 (k N)
精製建屋ボンベ庫	精製建屋	1,200	580	1,800	1,100
還元ガス製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	950	480	1,800	1,100

c. 屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備の評価

第2.2.4-6表に示す危険限界距離の範囲と屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所との位置関係を第2.2.4-1図に示す。

屋外可搬型重大事故等対処設備の保管場所は、危険物貯蔵施設等から危険限界距離を上回る離隔距離が確保されており、危険物貯蔵施設等の爆発は屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備に影響しない。



第 2.2.4-1 図 屋外保管場所と危険物貯蔵施設等爆発の危険限界距離範囲の位置

2.3 航空機墜落による火災の熱影響評価

対象航空機の航空機墜落による火災時の燃焼継続時間を第2.3-1表に示す。燃焼継続時間が長く、外部火災防護対象施設への熱影響が厳しいF-16を熱影響評価の対象航空機とする。

燃焼半径は、F-16の燃焼面積を円の面積とした時の半径5.4mとして評価する。

第 2.3-1 表 熱影響評価の対象航空機

対象航空機	燃焼面積 A(m ²)	燃料積載量 V(m ³)	燃焼速度 (m/s)	燃焼継続時間 (s)
KC-767	約 1,500	145.1	8.0 × 10 ⁻⁵ *1	約 1,200
F-2	約 110	10.4		約 1,200
F-16	約 90	9.8		約 1,400
F-35	約 110	10.8		約 1,300

注記 *1: 日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.

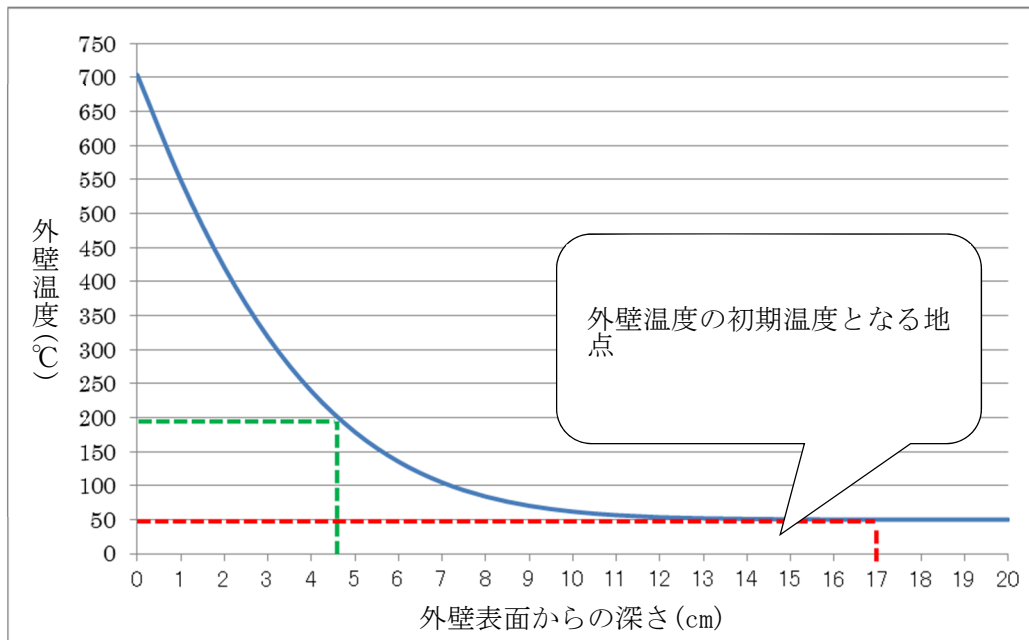
2.3.1 航空機墜落による火災に対する熱影響評価

- a. 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

航空機墜落による火災時の評価対象施設への評価条件を第2.3.1-1表に，評価結果を第2.3.1-1図に示す。

第2.3.1-1表 外部火災防護対象施設を収納する建屋，外部火災防護対象施設となる建屋及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外壁を対象とした影響評価の評価条件

項目	記号	数値	単位	備考
初期温度	T_0	50	°C	—
燃焼時間	t	1400	s	—
燃焼速度	v	8.0×10^{-5}	m/s	日本火災学会編. 火災便覧 新版, 共立出版, 1984.
輻射発散度	Rf	58.0	kW/m ²	—
形態係数	ϕ	0.5	—	離隔距離 L を燃焼半径 R にした場合の収束値。
太陽光入射	E_s	0.4	kW/m ²	IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂 1. 2008.
燃料積載量	V	9.8	m ²	<ul style="list-style-type: none"> • NASA. “Analysis of NASA JP-4 Fire Tests Data and Development of a Simple Fire Model”. NASA Contractor Report. 1980, CR-159209. • John. W. R. Taylor. ed. Jane’s All the World’s Aircraft 1987-88. Jane’s Publishing Company Limited, 1987.
燃焼面積	A	90	m ²	ボーイング社ホームページ資料. 767 Airplane Characteristics for Airport Planning.
コンクリート熱伝導率	λ	1.74	W/(m·K)	日本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.
コンクリート密度	ρ	2150	kg/m ³	遮蔽設計の最小値
コンクリート比熱	c	963	J/(kg·K)	本建築学会. 原子炉建屋構造設計指針 同解説. 1988.



第2.3-1図 評価対象施設の外壁温度の評価結果

評価の結果、外壁表面より約17cmで初期温度(50°C)となり、入熱による影響がなくなる。外部火災防護対象施設を収納する建屋の外壁厚は0.2m以上であることから、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能は損なわれない。

外部火災防護対象施設となる建屋の外壁厚は0.4m以上であることから、外壁の安全機能を損なうものではない。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は0.8m以上であることから、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えることはない。

また、内部温度は外壁表面から深さ約5cmの領域においてはコンクリートの許容温度200°C以上となる。

日本建築学会「建物の火災診断および補修・補強方法指針・同解説」及び「構造材料の耐火性ガイドブック」を参考に鉄筋コンクリートの影響を想定すると、外壁の表層部分のコンクリートひび割れ、外壁表面から深さ約5cm未満までのコンクリート強度低下が想定される。また、鉄筋では受熱温度が500~600°C以下であれば加熱冷却後の残存強度は受熱前強度と同等であるとされていることに対し、鉄筋位置は表面から5cm以上内側(設計かぶり厚さ：外壁6cm、屋根5cm)にあることから、建屋外壁が要求される機能を損なわない。

b. 屋外の外部火災防護対象施設

(a) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水B冷却塔周りの配管)に対する航空機墜落による火災の評価結果は以下の通り。

イ. 冷却水温度

輻射による冷却水の温度上昇は■■°Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は■■°Cであり、■■°C温度上昇したとしても安全冷却水系(再処理設備本体用)の最高使用温度■■°C

を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第 2.3.1-2 表 冷却水温度の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	ϕ	—	0.074	火炎に近い配管を代表距離として、ベイ配置に合わせ5等分し、外郭からの離隔距離により算出した形態係数の平均値。
輻射強度	E	kW/m ²	4.7	—
流量	G	m ³ /h	■	設計値より設定。
比重	ρ	kg/m ³	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	■	設計値より設定。
比熱	c_p	J/kg/K	■	安全冷却水B冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■	—

ロ. チューブサポート

チューブサポートの評価条件及び評価結果を第2.3.1-3表に示す。

第2.3.1-3表 チューブサポートの評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	ϕ	—	0.086	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	—
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学便覧第14版より，一般的な放熱量の最小値を設定。
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度	T _a	°C	37	
密度	ρ	kg/m ³	■	伝熱工学資料改訂第5版，p.284，■
比熱	c _p	J/kg/K	■	■ 300Kの値。
部材の厚み	V	m	■	設計値。
許容温度	—	°C	■	—
温度	T	°C	■	—

チューブサポートの温度上昇を評価した結果，温度は■°Cであり，許容温度■°C以下となることを確認した。

ハ、ファンブレード

ファンの評価条件及び評価結果を第2.3.1-4表に示す。

第2.3.1-4表 ファンの評価条件及び評価結果

パラメータ		記号	単位	値	備考
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	火炎ブレード (下面)	ϕ	—	0.021	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (上面)	ϕ	—	0.175	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (下面)	ϕ	—	0.245	
放熱の熱伝達率		H	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度		T _a	°C	37	
ファンブレード (FRP)	密度	ρ	kg/m ³	■	化学工学会, 改訂六版 化学工学便覧, p.1294, 表28・1。
	比熱	c _p	J/kg/K	■	
	熱伝導率	λ	W/m/K	■	
	厚み	V	m	■	設計値。
	許容温度	—	°C	■	—
	評価結果	T	°C	■	—

ファンブレードの温度上昇を評価した結果、温度は■°Cであり、許容温度■°C以下となることを確認した。

二. 減速機

減速機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-5-1表、第2.3.1-5-2表に示す。

第 2.3.1-5-1 表 減速機の評価条件及び評価結果

パラメータ		記号	単位	値	備考
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—
形態係数	火炎—遮熱板	ϕ	—	0.121	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリング—遮熱板	ϕ	—	0.318	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	遮熱板—減速機	ϕ	—	1	—
放熱の熱伝達率		h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度		T _a	°C	37	
火炎の温度		T _F	°C	1500	—
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	温度変化で与える 表 2.3.1-5-2 断熱材の熱物性値。
	比熱	c _p	J/kg/K		
	熱伝導率	λ	W/m/K		
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6	
	厚み	V	m	0.005	板厚 6mm に対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を 5mm とした。
減速機	重量	m	kg	■	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, ■ 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	■	
	入・放熱面積	A	m ²	■	受熱面となる面積。
	許容温度	—	°C	■	—
	評価結果	T	°C	■	—

第 2.3.1-5-2 表 断熱材*1 の熱物性値

温度 T	密度 ρd	比熱 cd	熱伝導率 λ *2
[°C]	[g/cm ³]	[kJ/kg/K]	[W/m/K]
100	0.25	0.858	—
200	0.25	0.959	—
400	0.25	1.083	0.10
600	0.25	1.153	0.14
800	0.25	1.198	0.20
1000	0.25	1.227	0.26

注記 *1: ニチアス ファインフレックスBIOボード 5625-A。

*2: 400°C未満は0.10W/m/Kを設定。

減速機の温度上昇を評価した結果、減速機の温度は■■°Cであり、許容温度■■°C以下となることを確認した。

ホ. 原動機

原動機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-6表に示す。

第2.3.1-6表 原動機の評価条件

パラメータ		記号	単位	値	備考	
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—	
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—	
形態係数	火炎－遮熱板	ϕ	—	0.199	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。	
	遮熱板－減速機	ϕ	—	1	—	
放熱の熱伝達率	停止中	h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
	運転中	h	W/m ² /K	14 (遮熱板)	伝熱工学資料改訂第5版, p.28, 式(10), (13)から, 風速7.16m/s, 代表長L=0.5mを用いて算出。	
		h	W/m ² /K	21 (原動機)	伝熱学(理工学社), p.173, 式(7・328)から, 風速7.16m/s, 代表径d=0.5mを用いて算出。	
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度		T _a	°C	37		
火炎の温度		T _F	°C	1500	—	
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス BIO ボード 5625-A。 表2.3.1-5-2 断熱材の熱物性値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える		
	熱伝導率	λ	W/m/K			
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6		
	厚み	V	m	0.005	板厚6mmに対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を5mmとした。	
原動機	重量	m	kg	■	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, ■ ■ 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	■		
	入・放熱面積		A	m ²	■	受熱面となる面積。
	許容温度	停止中	—	°C	■	—
		運転中	—	°C	■	—
	評価結果	停止中	T	°C	■	—
運転中		°C		■	—	

原動機の温度上昇を評価した結果、原動機の温度は停止中■■°C、運転中■■°Cであり、停止中の許容温度■■°C、運転中の許容温度■■°C以下となることを確認した。

(b) 安全冷却水系(再処理設備本体用)

安全冷却水A冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水A冷却塔周りの配管)に対する航空機墜落による火災の評価結果は以下の通り。

イ. 冷却水温度

輻射による冷却水の温度上昇は■■°Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は■■°Cであり、■■°C温度上昇したとしても安全冷却水系(再処理設備本体用)の最高使用温度■■°Cを超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第 2.3.1-7 表 形態係数、輻射強度及び受熱面積の評価条件

	形態係数 (-)	輻射強度 (kW/m ²)	受熱面 (m ²)
冷却塔内	0.074	4,692	170
地上 (a)	0.236	14,088	21
地上 (b)	0.218	13,044	6
地上 (c)	0.161	9,738	23
鉛直管 1	0.107	6,606	52
屋上水平管	0.048	3,184	27
鉛直管 2	0.030	2,140	23

第 2.3.1-8 表 冷却水温度の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
流量	G	m ³ /h	■■	設計値より設定。
比重	ρ	kg/m ³	■■	安全冷却水A冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
比熱	c_p	J/kg/K	■■	安全冷却水A冷却塔は凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	■■	—

ロ. チューブサポート

チューブサポートの評価条件及び評価結果を第2.3.1-9表に示す。

第2.3.1-9表 チューブサポートの評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	ϕ	—	0.083	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	—
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版より, 一般的な放熱量の最小値を設定。
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度	T _a	°C	37	
密度	ρ	kg/m ³	■	伝熱工学資料改訂第5版, p. 284, ■
比熱	c _p	J/kg/K	■	■ 300Kの値。
部材の厚み	V	m	■	設計値。
許容温度	—	°C	■	—
温度	T	°C	■	—

チューブサポートの温度上昇を評価した結果, 温度は■°Cであり, 許容温度■°C以下となることを確認した。

ハ. ファンブレード

ファンの評価条件及び評価結果を第2.3.1-10表に示す。

第2.3.1-10表 ファンの評価条件及び評価結果

パラメータ	記号	単位	値	備考	
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—	
形態係数	火炎ブレード (下面)	ϕ	—	0.021	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (上面)	ϕ	—	0.175	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (下面)	ϕ	—	0.245	
放熱の熱伝達率	H	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度	T _a	°C	37		
ファンブレード (FRP)	密度	ρ	kg/m ³	■	化学工学会, 改訂六版 化学工学便覧, p.1294, 表28・1。
	比熱	c _p	J/kg/K	■	
	熱伝導率	λ	W/m/K	■	
	厚み	V	m	■	設計値。
	許容温度	—	°C	■	—
	評価結果	T	°C	■	—

ファンブレードの温度上昇を評価した結果, 温度は■°Cであり, 許容温度■°C以下となることを確認した。

二. 減速機

減速機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-11表, 第2.3.1-5-2表に示す。

第2.3.1-11表 減速機の評価条件及び評価結果

パラメータ		記号	単位	値	備考
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—
形態係数	火炎—遮熱板	ϕ	—	0.117	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリング—遮熱板	ϕ	—	0.313	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	遮熱板—減速機	ϕ	—	1	—
放熱の熱伝達率		h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度		T _a	°C	37	
火炎の温度		T _f	°C	1500	—
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス B10 ボード 5625-A。 第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	
	熱伝導率	λ	W/m/K		
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6	
	厚み	V	m	0.005	板厚 6mm に対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を 5mm とした。
減速機	重量	m	kg	■	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, ■ 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	■	
	入・放熱面積	A	m ²	■	受熱面となる面積。
	許容温度	—	°C	■	—
	評価結果	T	°C	■	—

減速機の温度上昇を評価した結果, 減速機の温度は■°Cであり, 許容温度■°C以下となることを確認した。

ホ. 原動機

原動機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-12表に示す。

第2.3.1-12表 原動機の評価条件

パラメータ		記号	単位	値	備考	
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—	
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—	
形態係数	火炎－遮熱板	ϕ	—	0.202	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。	
	遮熱板－減速機	ϕ	—	1	—	
放熱の熱伝達率	停止中	h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
	運転中	h	W/m ² /K	14 (遮熱板)	伝熱工学資料改訂第5版, p.28, 式(10), (13)から, 風速7.16m/s, 代表長L=0.5mを用いて算出。	
		h	W/m ² /K	21 (原動機)	伝熱学(理工学社), p.173, 式(7・328)から, 風速7.16m/s, 代表径d=0.5mを用いて算出。	
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度		T _a	°C	37		
火炎の温度		T _F	°C	1500	—	
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス BIO ボード 5625-A。	
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。	
	熱伝導率	λ	W/m/K			
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6		
	厚み	V	m	0.005	板厚6mmに対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を5mmとした。	
原動機	重量	m	kg	■	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, ■	
	比熱	c _p	J/kg/K	■	■ 300Kの値。	
	入・放熱面積	A	m ²	■	受熱面となる面積。	
	許容温度	停止中	—	°C	■	—
		運転中	—	°C	■	—
	評価結果	停止中	T	°C	■	—
運転中		°C		■	—	

原動機の温度上昇を評価した結果、原動機の温度は停止中 \blacksquare °C、運転中 \blacksquare °Cであり、停止中の許容温度 \blacksquare °C、運転中の許容温度 \blacksquare °C以下となることを確認した。

(c) 安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）

冷却塔A及び安全冷却水系（冷却塔A周りの配管）に対する航空機墜落による火災の評価結果は以下の通り。

イ. 冷却水温度

輻射による冷却水の温度上昇は1.0°Cである。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37°Cとした場合の冷却水温度は46.5°Cであり、1.0°C温度上昇したとしても安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）の最高使用温度60°Cを超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第 2.3.1-13 表 冷却水温度の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	ϕ	—	0.148	火炎に近い配管を代表距離として、ベイ配置に合わせ5等分し、外郭からの離隔距離により算出した形態係数の平均値。
輻射強度	E	kW/m ²	9.0	—
流量	G	m ³ /h	442	設計値より設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	50	設計値より設定。
比熱	c_p	J/kg/K	3,700	冷却塔Aは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	°C	1.0	—

ロ. チューブサポート

チューブサポートの評価条件及び評価結果を第2.3.1-14表に示す。

第2.3.1-14表 チューブサポートの評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	φ	—	0.166	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	—
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版より, 一般的な放熱量の最小値を設定。
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度	T _a	°C	37	
密度	ρ	kg/m ³	7850	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300Kの値。
比熱	c _p	J/kg/K	473	
部材の厚み	V	m	0.0113	設計値。
許容温度	—	°C	325	—
温度	T	°C	238	—

チューブサポートの温度上昇を評価した結果、温度は238°Cであり、許容温度325°C以下となることを確認した。

ハ. ファンブレード

ファンの評価条件及び評価結果を第2.3.1-15表に示す。

第2.3.1-15表 ファンの評価条件及び評価結果

パラメータ	記号	単位	値	備考	
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—	
形態係数	火炎ブレード (下面)	ϕ	—	0.038	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (上面)	ϕ	—	0.131	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (下面)	ϕ	—	0.290	
放熱の熱伝達率	H	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度	T _a	°C	37		
ファンブレード (FRP)	密度	ρ	kg/m ³	1800	化学工学会, 改訂六版 化学工学便覧, p.1294, 表28・1。
	比熱	c _p	J/kg/K	1050	
	熱伝導率	λ	W/m/K	0.19	
	厚み	V	m	0.02	設計値。
	許容温度	—	°C	208	—
	評価結果	T	°C	196	—

ファンブレードの温度上昇を評価した結果, 温度は196°Cであり, 許容温度208°C以下となることを確認した。

二. 減速機

減速機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-16表、第2.3.1-5-2表に示す。

第2.3.1-16表 減速機の評価条件及び評価結果

パラメータ		記号	単位	値	備考
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—
形態係数	火炎－遮熱板	ϕ	—	0.173	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリング－遮熱板	ϕ	—	0.276	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	遮熱板－減速機	ϕ	—	1	—
放熱の熱伝達率		h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。
初期温度		T ₀	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度		T _a	℃	37	
火炎の温度		T _f	℃	1500	—
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス BIO ボード 5625-A。 第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	
	熱伝導率	λ	W/m/K		
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6	
	厚み	V	m	0.005	板厚 6mm に対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を 5mm とした。
減速機	重量	m	kg	290	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	入・放熱面積	A	m ²	1.62	受熱面となる面積。
	許容温度	—	℃	100	—
	評価結果	T	℃	68	—

減速機の温度上昇を評価した結果, 減速機の温度は68℃であり, 許容温度100℃以下となることを確認した。

ホ. 原動機

原動機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-17表に示す。

第2.3.1-17表 原動機の評価条件

パラメータ		記号	単位	値	備考	
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—	
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—	
形態係数	火炎－遮熱板	ϕ	—	0.252	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。	
	遮熱板－減速機	ϕ	—	1	—	
放熱の熱伝達率	停止中	h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
	運転中	h	W/m ² /K	17 (遮熱板)	伝熱工学資料改訂第5版, p.28, 式(10), (13)から, 風速7.16m/s, 代表長L=0.5mを用いて算出。	
		h	W/m ² /K	22 (原動機)	伝熱学(理工学社), p.173, 式(7・328)から, 風速7.16m/s, 代表径d=0.5mを用いて算出。	
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度		T _a	°C	37		
火炎の温度		T _F	°C	1500	—	
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス BIO ボード 5625-A。	
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。	
	熱伝導率	λ	W/m/K			
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6		
	厚み	V	m	0.005	板厚6mmに対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を5mmとした。	
原動機	重量	m	kg	132	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	入・放熱面積		A	m ²	0.48	受熱面となる面積。
	許容温度	停止中	—	°C	95	—
		運転中	—	°C	60	—
	評価結果	停止中	T	°C	60	—
運転中		°C		58	—	

原動機の温度上昇を評価した結果、原動機の温度は停止中60℃、運転中58℃であり、停止中の許容温度95℃、運転中の許容温度60℃以下となることを確認した。

(d) 安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）

冷却塔B及び安全冷却水系（冷却塔B周りの配管）に対する航空機墜落による火災の評価結果は以下の通り。

イ. 冷却水温度

輻射による冷却水の温度上昇は0.9℃である。一方、実際の伝熱面積を考慮し、仮に外気温度を37℃とした場合の冷却水温度は46.5℃であり、0.9℃温度上昇したとしても安全冷却水系（第2非常用ディーゼル発電機用）の最高使用温度60℃を超えることはなく、安全機能に影響を与えることはない。

第 2. 3. 1-18 表 冷却水温度の評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	φ	—	0.136	火炎に近い配管を代表距離として、ベイ配置に合わせ5等分し、外郭からの離隔距離により算出した形態係数の平均値。
輻射強度	E	kW/m ²	8.29	—
流量	G	m ³ /h	442	設計値より設定。
比重	ρ	kg/m ³	1,040	冷却塔Bは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比重の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比重を設定し、評価においては質量流量に換算。
受熱面	A	m ²	50	設計値より設定。
比熱	c _p	J/kg/K	3,700	冷却塔Bは凍結防止のために、不凍液を含んだ冷却水を使用しており、メーカー仕様における不凍液の使用濃度と比熱の関係から「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(2) 凍結」に対応する不凍液の濃度45%における冷却水の比熱を設定。
温度上昇	ΔT	℃	0.9	—

ロ. チューブサポート

チューブサポートの評価条件及び評価結果を第2.3.1-19表に示す。

第2.3.1-19表 チューブサポートの評価条件及び評価結果

項目	記号	単位	数値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
形態係数	ϕ	—	0.131	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	—
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会，空気調和・衛生工学便覧第14版より，一般的な放熱量の最小値を設定。
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。
雰囲気温度	T _a	°C	37	
密度	ρ	kg/m ³	7850	伝熱工学資料改訂第5版，p.284，中炭素鋼 300Kの値。
比熱	c _p	J/kg/K	473	
部材の厚み	V	m	0.0113	設計値。
許容温度	—	°C	325	—
温度	T	°C	197	—

チューブサポートの温度上昇を評価した結果，温度は197°Cであり，許容温度325°C以下となることを確認した。

ハ. ファンブレード

ファンの評価条件及び評価結果を第2.3.1-20表に示す。

第2.3.1-20表 ファンの評価条件及び評価結果

パラメータ	記号	単位	値	備考	
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—	
形態係数	火炎ブレード (下面)	ϕ	—	0.026	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (上面)	ϕ	—	0.131	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリングブレード (下面)	ϕ	—	0.290	
放熱の熱伝達率	H	W/m ² /K	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度	T _a	°C	37		
ファンブレード (FRP)	密度	ρ	kg/m ³	1800	化学工学会, 改訂六版 化学工学便覧, p.1294, 表28・1。
	比熱	c _p	J/kg/K	1050	
	熱伝導率	λ	W/m/K	0.19	
	厚み	V	m	0.02	設計値。
	許容温度	—	°C	208	—
	評価結果	T	°C	172	—

ファンブレードの温度上昇を評価した結果、温度は172°Cであり、許容温度208°C以下となることを確認した。

二. 減速機

減速機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-21表、第2.3.1-5-2表に示す。

第2.3.1-21表 減速機の評価条件及び評価結果

パラメータ	記号	単位	値	備考	
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—	
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	—	
形態係数	火炎—遮熱板	ϕ	—	0.138	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。
	ファンリング—遮熱板	ϕ	—	0.276	ファンリングからの離隔距離により算出した形態係数。
	遮熱板—減速機	ϕ	—	1	—
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
初期温度	T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度	T _a	°C	37		
火炎の温度	T _F	°C	1500	—	
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス B10 ボード 5625-A。 第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	
	熱伝導率	λ	W/m/K		
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6	
	厚み	V	m	0.005	板厚 6mm に対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を 5mm とした。
減速機	重量	m	kg	290	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300K の値。
	比熱	c _p	J/kg/K	473	
	入・放熱面積	A	m ²	1.62	受熱面となる面積。
	許容温度	—	°C	100	—
	評価結果	T	°C	66	—

減速機の温度上昇を評価した結果, 減速機の温度は66°Cであり, 許容温度100°C以下となることを確認した。

ホ. 原動機

原動機の評価条件及び評価結果を第2.3.1-22表に示す。

第2.3.1-22表 原動機の評価条件

パラメータ		記号	単位	値	備考	
輻射発散度		Rf	kW/m ²	58	—	
太陽の輻射強度		Es	kW/m ²	0.4	—	
形態係数	火炎－遮熱板	ϕ	—	0.252	外郭からの離隔距離により算出した形態係数。	
	遮熱板－減速機	ϕ	—	1	—	
放熱の熱伝達率	停止中	h	W/m ² /K	12	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版, p.402, 表17・19, 「対流」の最小値。	
	運転中	h	W/m ² /K	17 (遮熱板)	伝熱工学資料改訂第5版, p.28, 式(10), (13)から, 風速7.16m/s, 代表長L=0.5mを用いて算出。	
		h	W/m ² /K	22 (原動機)	伝熱学(理工学社), p.173, 式(7・328)から, 風速7.16m/s, 代表径d=0.5mを用いて算出。	
初期温度		T ₀	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3)高温」に示す設計外気温を設定した。	
雰囲気温度		T _a	°C	37		
火炎の温度		T _F	°C	1500	—	
耐火被覆	密度	ρ	kg/m ³	250	ニチアス ファインフレックス BIO ボード 5625-A。	
	比熱	c _p	J/kg/K	温度変化で与える	第2.3.1-5-2表 断熱材の熱物性値。	
	熱伝導率	λ	W/m/K			
遮熱板	密度	ρ	kg/m ³	7,860	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 軟鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	熱伝導率	λ	W/m/K	51.6		
	厚み	V	m	0.005	板厚6mmに対して公差を考慮し, その下限値を丸めた, 必要最小厚さとして板厚を5mmとした。	
原動機	重量	m	kg	132	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300Kの値。	
	比熱	c _p	J/kg/K	473		
	入・放熱面積		A	m ²	0.48	受熱面となる面積。
	許容温度	停止中	—	°C	95	—
		運転中	—	°C	60	—
	評価結果	停止中	T	°C	60	—
運転中		°C		58	—	

原動機の温度上昇を評価した結果、原動機の温度は停止中60℃、運転中58℃であり、停止中の許容温度95℃、運転中の許容温度60℃以下となることを確認した。

c. 飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設

飛来物防護板等から影響を受ける外部火災防護対象施設のうち、開口部が最も大きい第2非常用ディーゼル発電機の評価条件を第2.3.1-26表、評価結果を第2.3.1-27表に示す。

温度上昇を評価した結果、軸受部の温度は42.6℃であり、許容温度200℃以下となることを確認した。

第2.3.1-26表 評価条件

パラメータ	記号	単位	値	備考	
ステファンボルツマン定数	σ	W/m ² ·K ⁴	5.670 ×10 ⁻⁸	国立天文台.平成26年 理科年表 第87冊 (2013-11-30)	
飛来物防護板等	面積	A ₁	m ²	42.15	設計値により設定。
	厚さ	Dd	m	0.03905	設計値 40mm の公称値の下限值。
	密度	ρ_{cs}	kg/m ³	7,850	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300K の値。
	比熱	C _{ρ_{cs}}	J/kg/K	473	
	輻射率	ϵ_{cs}	—	0.56	伝熱工学資料 改訂第4版。
	初期温度	T _{d0}	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
軸受け部	面積	A ₂	m ²	1.31	設計値により設定。
	厚さ	Ds	m	0.025	設計値により設定。
	密度	ρ_{cs}	kg/m ³	7,850	伝熱工学資料改訂第5版, p.284, 中炭素鋼 300K の値。
	比熱	C _{ρ_{cs}}	J/kg/K	473	
	輻射率	ϵ_{cs}	—	0.56	伝熱工学資料 改訂第4版。
	初期温度	T _{s0}	℃	38	室内設計温度により設定。
加熱時間	t	s	1400	F-16 燃焼時間	

第2.3.1-27表 評価結果

評価対象	軸受部温度 (℃)	許容温度 (℃)
第2非常用ディーゼル発電機A, B	42.6	200

d. 必要離隔距離の結果

外部火災防護対象施設及び外部火災防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設に必要となる離隔距離の評価結果は以下の通り。

必要離隔距離の評価条件を第2.3.1-28表、代表的な鋼材の板厚を第2.3.1-29表、炭素鋼の物性値及びステンレス鋼の物性値を第2.3.1-30表、第2.3.1-31表に示す。

評価結果は第2.3.1-32表に示す。

第 2.3.1-28 表 必要離隔距離の評価条件

パラメータ	記号	単位	値	備考
輻射発散度	Rf	kW/m ²	58	—
太陽の輻射強度	Es	kW/m ²	0.4	IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書(No. TS-G-1.1). 改訂 1. 2008.。
輻射強度	E	kW/m ²	—	評価する離隔距離に応じて設定。
放熱の熱伝達率	h	W/m ² /K	12.5	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第 14 版より, 一般的な放熱量の最小値 17kW/m ² /K に対し設計余裕を考慮し設定。
大気温度	Ta	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(3) 高温」に示す設計外気温を設定した。
初期温度	Tc ₀	℃	50	外気温に対し, 余裕を見込んだ初期温度とした。

第 2.3.1-29 表 支持構造物の部材の条件

項目	条件	備考
形状	平板	保守的に平板と設定
材質	炭素鋼(低炭素鋼), ステンレス鋼(SUS304)	炭素鋼は, 密度及び比熱が小さい中炭素鋼として設定する。
板厚 (炭素鋼) [mm]	36, 28, 22, 19, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 6.5, 6.4, 6, 4.5, 3.91, 3.9, 3.2, 2.3, 2.11, 1.2	屋外の外部火災防護対象施設及び竜巻防護対策設備を構成する部材を調査した結果から設定。
板厚(ステン レス鋼) [mm]	20, 16, 12, 9	

第 2.3.1-30 表 炭素鋼の物性値^{*1*2}

温度 [K]	密度 [kg/m ³]	比熱 [kJ/kg/K]	熱伝導率 [W/m/K]
300	7,850	0.473	51.5
500	7,800	0.520	47.2
800	7,700	0.665	36.8

注記 *1: 伝熱工学資料 改訂第5版, p284の中炭素鋼。
*2: 上記以外の物性は, 近似曲線により補間する。

第 2.3.1-31 表 ステンレス鋼の物性値^{*1*2}

温度 [K]	密度 [kg/m ³]	比熱 [kJ/kg/K]	熱伝導率 [W/m/K]
300	7,920	0.499	16.0
400	7,890	0.511	16.5
600	7,810	0.556	19.0
800	7,730	0.620	22.5
1,000	7,640	0.644	25.7

注記 *1: 伝熱工学資料 改訂第5版, p285のSUS304。
*2: 上記以外の物性は, 近似曲線により補間する。

第2.3.1-32表 炭素鋼及びステンレス鋼の必要離隔距離の評価結果

材料	板厚 (mm)	必要離隔距離(m)	
		屋外に設置する 外部火災防護対象施設	波及的影響を 及ぼし得る施設
炭素鋼	36	1	-
	28	2	-
	22	4	1
	19	5	1
	15	7	3
	14	7	3
	13	8	4
	12	9	4
	11	9	5
	10	-	6
	9	11	7
	8	13	8
	6.5	15	9
	6.4	15	9
	6	15	10
	4.5	18	12
	3.91	19	13
	3.9	19	13
	3.2	21	15
	2.3	23	17
2.11	23	17	
1.2	25	19	
ステン レス鋼	20	/	1
	16		2
	12		4
	9		7

2.4 航空機墜落による火災と敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発の重畳の影響評価

a. 危険限界距離の評価

危険物貯蔵施設等の爆発の評価は、「VI-1-1-1-3-3 外部火災への配慮が必要な施設の設計方針及び評価方針」の「4.2.4敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発」で選定した以下を対象とする。

- ・ボイラ建屋 ボンベ置場
- ・低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫
- ・精製建屋ボンベ庫
- ・還元ガス製造建屋

ボイラ建屋 ボンベ置場、低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫及び精製建屋ボンベ庫の爆発による危険限界距離の評価条件を第2.4-1表～第2.4-5表に、危険限界距離の評価結果を第2.4-6表に示す。

第2.4-1表 ボイラ建屋 ボンベ置場の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	Λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	—	0.15	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.4-2表 低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	Λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	888,000 (100℃以上の値)	—
設備定数	W	—	(2.975) ^{0.5}	ガス質量が1t以上のため、平方根の値を用いる。

第2.4-3表 精製建屋ボンベ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	Λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.056	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.4-4表 還元ガス製造建屋の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	Λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
プロパンの定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.025	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.4-5表 第1高压ガストレーラ庫の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
換算距離	λ	m/kg ^{1/3}	14.4	—
水素の定数	K	—	2,860,000	—
設備定数	W	—	0.304	ボンベの貯蔵能力から換算。

第2.4-6表 危険限界距離の評価結果

危険物貯蔵施設等	至近の外部火災防護対象施設	危険限界距離 (m)	離隔距離 (m)
ボイラ建屋 ボンベ置場	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	30	537
	<u>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋</u> *1		<u>118</u>
低レベル廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	67	132
精製建屋ボンベ庫	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	32	310
	<u>ウラン・プルトニウム混合脱 硝建屋</u> *2		<u>90</u>
還元ガス製造建屋	再処理設備本体用 安全冷却水B冷却塔	24	315
	<u>精製建屋</u> *2		<u>50</u>
<u>第1高压ガストレーラ庫</u>	<u>ウラン酸化物貯蔵建屋</u>	<u>55</u>	<u>68</u>

注記 *1： 当該の危険物貯蔵施設等との離隔距離が最も短い評価対象施設

*2： 当該の危険物貯蔵施設等との離隔距離が最も短い施設は危険限界距離以上の離隔距離を確保できないことから、離隔距離が2番目に短い施設を記載する。

爆発による爆風圧が人体に対して影響を与えない 0.01MPa となる距離を評価した結果、危険限界距離以上の離隔距離が確保されており、安全冷却水系(再処理設備本体用)に該当する安全冷却水 B 冷却塔及び安全冷却水系(安全冷却水 B 冷却塔周りの配管)の安全機能に影響がないことを確認した。

以上のことから、爆発源に最も近い評価対象施設を評価した結果、各爆発源からの危険限界距離を上回る離隔距離を確保していることを確認した。

よって、再処理施設の外部火災防護対象施設等については、危険限界距離を上回る離隔距離を確保できており、安全機能を損なうおそれはない。

また、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は波及的破損を及ぼすおそれはなく、重大事故等対処設備については必要な機能を損なうおそれはない。

b. 危険限界距離を確保できない施設の評価

精製建屋ボンベ庫及び還元ガス製造建屋については、設計対処施設に隣接しており、危険限界距離の確保はできない。そのため、設計対処施設については、爆発によって発生する爆風圧に対して健全性を維持する設計とすることで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

第2.4-7表 爆風圧に対する評価結果

危険物貯蔵施設等	至近の建屋	爆風圧による荷重		許容応力	
		曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
精製建屋ボンベ庫	精製建屋	1,200	580	1,800	1,100
還元ガス製造建屋	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	950	480	1,800	1,100

2.5 再処理施設の危険物貯蔵施設等への影響の評価

2.5.1 森林火災に対する熱影響評価

ボイラ用燃料貯蔵所に対する森林火災による熱影響評価の評価条件を第 2.5.1-1 表に、精製建屋ボンベ庫に対する森林火災による熱影響評価の評価条件を第 2.5.1-2 表に、ボイラ建屋ボンベ置場に対する森林火災による熱影響評価の評価条件を第 2.5.1-3 表に、評価結果を第 2.5.1-4 表に示す。

ボイラ用燃料貯蔵所は、表面温度は 94.2℃となり許容温度以下となることを確認した。

精製建屋ボンベ庫は、内部温度は 41.8℃となり許容温度以下となることを確認した。

ボイラ建屋ボンベ置場は、内部温度は 62℃となり許容温度以下となることを確認した。

第 2.5.1-1 表 ボイラ用燃料貯蔵所を対象とした熱影響評価の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
初期温度	T_0	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3) 高温」に示す理由から 37℃と設定した。
輻射強度	E	kW/m^2	1.4 (森林火災)	FARSITE の解析結果のうち、事業指定(変更許可)を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度 750kW/m^2 となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
重油密度	ρ	kg/m^3	820	JX 日鉱日石エネルギー. ENEOS A 重油. 安全データシート. 2012-12-10.。
重油比熱	c	J/kg/K	1,700	JX 日鉱日石エネルギー. “第4 編第1 章第3 節 石油の性質”. JX 日鉱日石エネルギー株式会社ホームページ. http://www.noe.jx-group.co.jp/binran/part04/chapter01/section03.html . (参照 2014-09-18).。
重油熱伝導率	λ	W/m/K	0.109	潤滑油, スピンドル油及び変圧器油の値から各油について, 200℃に外挿した値の最小値。

注記 ※ : 各メッシュの火炎長H, 円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

第 2.5.1-2 表 精製建屋ボンベ庫に対する森林火災による熱影響評価の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
初期温度	T_0	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3)高温」に示す理由から 37°C と設定した。
輻射強度	E	kW/m ²	0.89 (森林火災)	FARSITE の解析結果のうち、事業指定（変更許可）を受けた最も火炎影響の大きくなる火炎が反応強度 750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
貯蔵物密度	ρ_p	kg/m ³	0.0899	長倉三郎, 井口洋夫, 江沢洋, 岩村秀, 佐藤文隆, 久保亮五編. 理化学辞典. 第 5 番, 岩波書店, 1998.。
貯蔵物比熱	c_{pp}	J/kg/K	10,160	日本機械学会編. 機械工学便覧 基礎編 $\alpha 5$ 熱工学. 2006.。
貯蔵物体積	V	ℓ	47	設計値。
ボンベ容器材	—	—	クロムモリブデン鋼	—
ボンベ容器材密度	ρ_s	kg/m ³	7,780	日本機械学会. 伝熱工学資料 改定第 4 版. 1969.。
ボンベ容器材比熱	c_{ps}	J/kg/K	406	設計値。
ボンベ最小板厚	E	mm	8.7	設計値。
ボンベ円筒長さ	H	mm	1,380	設計値。
ボンベ内径	D_i	mm	214.6	設計値。
ボンベ外径	D_o	mm	232	設計値。

注記 ※：各メッシュの火炎長H, 円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

第 2.5.1-3 表 ボイラ建屋ボンベ置場に対する森林火災による熱影響評価の評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
初期温度	T_0	°C	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3)高温」に示す理由から 37°C と設定した。
輻射強度	E	kW/m ²	0.89 (森林火災)	FARSITE の解析結果のうち、事業指定（変更許可）を受けた最も火災影響の大きくなる火災が反応強度 750kW/m ² となる解析結果から求めた防火帯外縁全ての円筒火炎モデルの合計値。
貯蔵物密度	ρ_p	kg/m ³	1.895	鈴商総合ガスセンター. 液化石油ガス. 製品安全データシート. 2000-12-3.。
貯蔵物比熱	c_{pp}	J/kg/K	1,667	日本 LP ガス協会. “LP ガスの概要 LP ガスの性質”. 日本 LP ガス協会ホームページ. http://www.j-lpgas.gr.jp/intr/seishitsu.html . (参照 2014-09-16).。
貯蔵物体積	V	ℓ	117.5	設計値。
ボンベ容器材	—	—	クロムモリブデン鋼	—
ボンベ容器材密度	ρ_s	kg/m ³	7,780	日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第 4 版. 1986.。
ボンベ容器材比熱	c_{ps}	J/kg/K	406	日本機械学会. 伝熱工学資料 改訂第 4 版. 1986.。
ボンベ最小板厚	e	mm	2.45	設計値。
ボンベ円筒長さ	h	mm	1,391	設計値。
ボンベ内径	D_i	mm	368	設計値。
ボンベ外径	D_o	mm	372.9	設計値。

注記 ※：各メッシュの火炎長H，円筒火炎モデル数f及び火炎輻射発散度RfはFARSITEの解析結果による。

第 2.5.1-4 表 防火帯外側から最短となる施設への評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災	ボイラ用燃料貯蔵所	重油	94.2°C	240°C
	精製建屋ボンベ庫	水素	41.8°C	571.2°C
	ボイラ建屋ボンベ置場	プロパン	62°C	405°C

2.5.2 近隣の産業施設の火災に対する熱影響評価

ボイラ用燃料貯蔵所に対する石油備蓄基地火災による熱影響評価の評価条件を第2.5.2-1表に、ボイラ建屋 ボンベ置場に対する石油備蓄基地火災による熱影響評価の評価条件を第2.5.2-2表に、評価結果を第2.5.2-3表に示す。

ボイラ用燃料貯蔵所は、表面温度は204.2℃となり許容温度以下となることを確認した。

ボイラ建屋 ボンベ置場は、内部温度は150.6℃となり許容温度以下となることを確認した。

第2.5.2-1表 ボイラ用燃料貯蔵所の表面温度評価における評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
太陽光入射	Q_{sun}	kW/m^2	0.4	IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂1.2008.。
タンクが受ける 輻射強度	Q_{ri}	kW/m^2	1.5	石油備蓄基地からボイラ用燃料貯蔵所までの離隔距離を考慮した輻射強度。
大気側温度	T_a	℃	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3) 高温」に示す理由から37℃と設定した。
熱伝達率	h	$\text{W/m}^2/\text{K}$	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版より, 一般的な放熱量の最小値を設定する。

第 2.5.2-2 表 ボイラ建屋 ボンベ置場の表面温度評価における評価条件

項目	記号	単位	数値	備考
ステファーン-ボルツマン定数	σ	$W/m^2/K^4$	5.670×10^{-8}	—
重力加速度	g	m/s^2	9.807	国立天文台.平成 26 年 理科年表 第 87 冊.2013-11-30.。
大気側温度	T_a	$^{\circ}C$	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3) 高温」に示す理由から 37 $^{\circ}C$ と設定した。
太陽光入射	Q_{sun}	kW/m^2	0.4	IAEA. IAEA 安全基準 IAEA 放射性物質安全輸送規則のための助言文書 (No. TS-G-1.1). 改訂1.2008.日本機械学会編.機械工学便覧 基礎編 $\alpha 5$ 熱工学.2006.。
ボイラ建屋 ボンベ置場が 受ける輻射強度	Q_{ri}	kW/m^2	1.5	石油備蓄基地からボイラ建屋ボンベ置場までの離隔距離を考慮した輻射強度。
室内温度	T_b	$^{\circ}C$	37	「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.4.1(3) 高温」に示す理由から 37 $^{\circ}C$ と設定した。
ボイラ建屋 ボンベ置場の 評価対象表面高さ	L_w	m	1.391	設計値。
ボンベ表面の 輻射率	ϵ_w	—	0.9	塗料の場合の0.7~0.9に対し最大とする。 日本機械学会.伝熱工学資料 改訂第4版.1986.。
熱伝達率	h	$W/m^2/K$	17	空気調和・衛生工学会, 空気調和・衛生工学便覧第14版より, 一般的な放熱量の最小値を設定する。
大気の熱伝導率	λ	$W/(m \cdot K)$	0.0307	プラントル数 Pr , 大気の動粘性係数 ν 及び大気の熱伝導率 λ は, 日本機械学会 伝熱工学資料 改訂第4版の記載値を代表温度 T_r における値に線形補間し設定した。
プラントル数	Pr	-	0.7165	
大気の動粘性係数	ν	m^2/s	2.25×10^{-5}	

第 2.5.2-3 表 石油備蓄基地から最短となる施設への評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
石油備蓄基地火災	ボイラ用燃料貯蔵所	重油	147.0℃	240℃
	ボイラ建屋ボンベ置場	プロパン	125.6℃	405℃

2.5.3 森林火災と近隣の産業施設の火災の重畳に対する影響評価

ボイラ用燃料貯蔵所に対する森林火災による熱影響評価結果の評価条件は「2.5.1 森林火災に対する熱影響評価」の第 2.5.1-1 表と同じである。ボイラ建屋ボンベ置場に対する森林火災による熱影響評価結果の評価条件は「2.5.1 森林火災に対する熱影響評価」の第 2.5.1-1 表と同じである。

ボイラ用燃料貯蔵所に対する石油備蓄基地火災による熱影響評価の評価条件は「2.5.2 近隣の産業施設の火災に対する熱影響評価」の第 2.5.2-1 表と同じである。ボイラ建屋ボンベ置場に対する石油備蓄基地火災による熱影響評価の評価条件は同項目の第 2.5.2-2 表と同じである。

ボイラ用燃料貯蔵所及びボイラ建屋ボンベ置場に対する森林火災と近隣の産業施設の火災の重畳における熱影響評価結果は第 2.5.3-1 表に示す。

ボイラ用燃料貯蔵所は、表面温度が 204.2℃となり許容温度以下となることを確認した。

ボイラ建屋ボンベ置場は、表面温度が 150.6℃となり許容温度以下となることを確認した。

第 2.5.3-1 表 森林火災と石油備蓄基地火災の重畳時の温度評価結果

事象	評価対象	貯蔵物	表面温度又は内部温度	許容温度
森林火災と石油備蓄基地火災の重畳	ボイラ用燃料貯蔵所	重油	204.2℃	240℃
	ボイラ建屋ボンベ置場	プロパン	150.6℃	405℃

2.5.4 近隣の産業施設の爆発に対する影響評価

敷地内の危険物貯蔵施設等の爆発についての条件を第2.5.4-1表に、評価結果を第2.5.4-2表に示す。

以上より、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないことを確認した。

第2.5.4-1表 MOX燃料加工施設の第1高圧ガストレーラ庫の評価条件

項目	記号	数値	単位
換算距離	λ	14.4	m/kg ^{1/3}
水素の定数	K	2,860,000	—
設備定数	W	0.304	—

第2.5.4-2表 MOX燃料加工施設の第1高圧ガストレーラ庫の危険限界距離の評価結果

危険物貯蔵施設等	危険限界距離 (m)
第1高圧ガストレーラ庫	55

MOX燃料加工施設の第1高圧ガストレーラ庫から55mの範囲に敷地内の危険物貯蔵施設等はないことから、近隣の産業施設の爆発により影響を受ける敷地内の危険物貯蔵施設はないことを確認した。

VI-1-1-1-3-5

二次的影響（ばい煙及び有毒ガス）に
対する設計

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 二次的影響（ばい煙）に対する設計.....	1
2.1 外気を取り込む空調系統（室内の空気を取り込む機器含む）	1
2.2 外気を直接設備内に取り込む機器.....	8
3. 二次的影響（有毒ガス）に対する設計.....	9

1. 概要

本資料は、二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスによる外部火災の二次的影響を考慮する施設への影響を及ぼさない設計とすることを説明するものである。

2. 二次的影響（ばい煙）に対する設計

2.1 外気を取り込む空調系統（室内の空気を取り込む機器含む）

(1) 前処理建屋の換気設備の給気系

前処理建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■%（JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法）のプレフィルタ（重量法）及び捕集率■%（平均 $0.3\mu\text{m}$ DOPテスト）の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■%以上（JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法）中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-1：前処理建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
前処理建屋	管理区域	プレフィルタ	効率■%以上（重量法）
		粒子フィルタ	■%以上（平均 $0.3\mu\text{m}$ DOPテスト）
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 比色法

(2) 分離建屋の換気設備の給気系

分離建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■%（JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法）のプレフィルタ（重量法）及び捕集率■%（平均 $0.3\mu\text{m}$ DOPテスト）の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■%（JIS Z 8901試験用粉体11種 光散乱積算法）中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設

の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-2：分離建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
分離建屋	管理区域	プレフィルタ	効率82%以上（重量法）
		粒子フィルタ	95%以上（平均 0.3 μm DOPテスト）
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 光散乱積算法

(3) 精製建屋の換気設備の給気系

精製建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■%（JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法）のプレフィルタ（重量法）及び捕集率■%（平均 0.3 μm DOPテスト）の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■%（JIS Z 8901試験用粉体11種 光散乱積算法）中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-3：精製建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
精製建屋	管理区域	プレフィルタ	効率■%以上（重量法）
		粒子フィルタ	■%以上（平均 0.3 μm DOPテスト）
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 光散乱積算法

(4) ウラン脱硝建屋の換気設備の給気系

ウラン脱硝建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率82%（JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法）のプレフィルタ（重量法）及び捕集率95%（平均

0.3 μm DOPテスト) の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、当該建屋については、非管理区域に外部火災防護対象施設はない。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-4：ウラン脱硝建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
ウラン脱硝建屋	管理区域	プレフィルタ	効率 82%以上 (重量法)
		粒子フィルタ	95%以上 (平均 0.3 μm DOP テスト)

(5) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の換気設備の給気系

ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率■% (平均 0.3 μm DOPテスト) の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■% (JIS Z 8901試験用粉体11種 光散乱積算法) 中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-5：ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	管理区域	プレフィルタ	効率 ■%以上 (重量法)
		粒子フィルタ	■%以上 (平均 0.3 μm DOP テスト)
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 光散乱積算法

(6) ウラン・プルトニウム酸化物貯蔵建屋の換気設備の給気系

ウラン・プルトニウム酸化物貯蔵建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフ

フィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■% (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) の中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、当該建屋については、非管理区域に外部火災防護対象施設はない。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-6：ウラン・プルトニウム酸化物貯蔵建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
ウラン・プルトニウム酸化物貯蔵建屋	管理区域	プレフィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 比色法

(7) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の換気設備の給気系

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率■% (平均 $0.3\mu\text{m}$ DOPテスト) の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■%以上 (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) 中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-7：ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	管理区域	プレフィルタ	効率■%以上 (重量法)
		粒子フィルタ	■%以上 (平均 $0.3\mu\text{m}$ DOPテスト)
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 比色法

(8) 高レベル廃液ガラス固化建屋の換気設備の給気系

高レベル廃液ガラス固化建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率■% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率■% (平均 0.3 μm DOPテスト) の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災防護対象施設を設置している非管理区域については、捕集率■%以上 (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) 中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-8 : 高レベル廃液ガラス固化建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
高レベル廃液ガラス固化建屋	管理区域	プレフィルタ	効率■%以上 (重量法)
		粒子フィルタ	■%以上 (平均 0.3 μm DOPテスト)
	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 比色法

(9) 第1ガラス固化体貯蔵建屋の換気設備の給気系

第1ガラス固化体貯蔵建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している管理区域については、捕集率82% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率95% (平均 0.3 μm DOPテスト) の粒子フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、当該建屋については、非管理区域に外部火災防護対象施設はない。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-9：第 1 ガラス固化体貯蔵建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
第 1 ガラス固化体貯蔵建屋	管理区域	プレフィルタ	効率 82%以上 (重量法)
		粒子フィルタ	95%以上 (平均 0.3 μm DOP テスト)

(10) 制御建屋の換気設備の給気系

制御建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している部屋については、捕集率82% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

中央制御室については、捕集率82% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率99.97% (平均0.15 μm DOPテスト) のHEPAフィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、中央制御室は、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内の空気を再循環することでばい煙の侵入を防止する設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-10：制御建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
制御建屋	非管理区域	プレフィルタ	効率 82%以上 (重量法)

(11) 非常用電源建屋の換気設備の給気系

非常用電源建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している部屋については、捕集率85% (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) の中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-11：非常用電源建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
非常用電源建屋	非管理区域	中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 比色法

(12) 主排気筒管理建屋の換気設備の給気系

主排気筒管理建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

外部火災防護対象施設を設置している部屋については、捕集率捕集率85% (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) の中性能フィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、出口流量を監視することで検知可能である。

表 2.1-12：主排気筒管理建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
主排気筒管理建屋	非管理区域	プレフィルタ	効率 82%以上 (重量法)
		中性能フィルタ	JIS Z 8901 試験用粉体 11 種 光散乱積算法

(13) 緊急時対策建屋の換気設備の給気系

緊急時対策建屋の換気設備の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

重大事故等対処設備を設置している部屋については、捕集率捕集率82% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

緊急時対策所については、捕集率82% (JIS Z 8901試験用粉体11種 重量法) のプレフィルタ (重量法) 及び捕集率99.97% (平均0.15 μ m DOPテスト) のHEPAフィルタを設置し、外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙の侵入を防止することで、重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

また、緊急時対策所は、緊急時対策建屋換気設備の外気との連絡口を遮断し、緊急時対策所内の空気を再循環することでばい煙の侵入を防止する設計とする。

また、ばい煙によるフィルタの閉塞については、フィルタ差圧を監視することで検知可能である。

表 2.1-13：緊急時対策建屋 JIS B 9908 エアフィルタ試験性能

建屋	区域	フィルタ名	備考
緊急時対策建屋	非管理区域	プレフィルタ	効率 82%以上 (重量法)

2.2 外気を直接設備内に取り込む機器

(1) 第2非常用ディーゼル発電機

第2非常用ディーゼル発電機の給気口には $8\mu\text{m}$ 程度の粒子に対し、捕集率95～99%以上のステンレス製ワイヤーネットを設置しており、大きな粒径のばい煙粒子は捕獲される。

このステンレス製ワイヤーネットを通過した粒子径数 μm ～数十 μm 程度のばい煙が過給機及び空気冷却器に侵入するが、機器の間隔をばい煙に比べて十分大きくすることで、閉塞に至ることを防止する設計とする。

また、シリンダ及びピストン間隙まで到達したばい煙に対しては、シリンダ及びピストンをばい煙粒子に比べ硬度を硬くすることにより、ばい煙粒子による摩擦の発生を防止することで、安全機能を損なわない設計とする。

なお、通常運転時はシリンダ内には燃料油の燃焼に伴うばい煙が発生しているが、定期的な点検において、ばい煙によるシリンダへの不具合は認められない。

(2) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

安全圧縮空気系の空気圧縮機の吸気口には捕集率■%以上のステンレス製ワイヤーネットを設置しており、大きな粒径のばい煙粒子は捕獲される。

捕集率■%以上 (JIS Z 8901試験用粉体11種 比色法) の中性能フィルタを設置し、主に $1\mu\text{m}$ 以上のばい煙の侵入を防止する設計とする。

このフィルタを通過した粒子径数 $1\mu\text{m}$ 以下のばい煙が空気圧縮機に侵入するが、機器の間隔をばい煙に比べて十分大きくすることで、閉塞に至ることを防止する設計とする。

(3) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

ガラス固化体貯蔵設備は、間接自然空冷貯蔵方式により、貯蔵するガラス固化体からの崩壊熱を利用して、冷却空気入口シャフトから外気を取り入れ、外部火災防護対象施設である収納管及び通風管で形成する円循環路を上昇しながらガラス固化体を冷却し、冷却空気出口シャフトより排出する設計とする。

外気とともに流路にばい煙が流入するが、流路の最小隙間をばい煙に比べて十分大きくすることで、閉塞に至ることを防止する設計とする。

(4) 緊急時対策建屋用発電機

緊急時対策建屋用発電機の給気口にはエアフィルタを設置しており、大きな粒径のばい煙粒子は捕獲される。

エアフィルタを通過した粒子径数 μm ～数十 μm 程度のばい煙が過給機及び空気

冷却器に侵入するが、機器の間隔をばい煙に比べて十分大きくすることで、閉塞に至ることを防止する設計とする。

また、シリンダ及びピストン間隙まで到達したばい煙に対しては、シリンダ及びピストンをばい煙粒子に比べ硬度を硬くすることにより、ばい煙粒子による摩擦の発生を防止することで、安全機能を損なわない設計とする。

3. 二次的影響（有毒ガス）に対する設計

制御建屋の中央制御室は、運転員の居住性を確保するため、有毒ガスの侵入を防止できるよう、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御建屋の中央制御室内の空気を再循環する措置を講ずる設計とする。

再循環については、制御建屋の中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響を考慮する。これにより、再処理事業所内において有毒ガスが発生した場合においても、再循環する措置を講ずることで制御建屋の中央制御室の居住性を損なわない設計とする。

緊急時対策建屋の緊急時対策所は、必要な支持を行う要員の居住性を確保するため、有毒ガスの侵入を防止できるよう、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、緊急時対策建屋の緊急時対策所の空気を再循環する措置を講ずる設計とする。

VI-1-1-1-4

火山への配慮に関する説明書

VI-1-1-1-4-1

火山への配慮に関する基本方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 火山防護に関する基本方針	1
2.1 基本方針	1
2.1.1 降下火砕物防護対象施設及び設計方針	1
2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性	2
2.1.3 荷重の組合せ及び許容限界	2
2.1.4 降下火砕物の影響に対する防護対策方針	5
2.2 準拠規格	11

1. 概要

本資料は、再処理施設の火山に対する防護設計が「再処理施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規則」という。)第八条に適合することを説明するものである。

2. 火山防護に関する基本方針

2.1 基本方針

安全機能を有する施設は、想定される火山事象により、降下火砕物が発生した場合においても、安全機能を損なわないことを目的とし、技術基準規則に適合するように設計する。

想定される火山事象は、再処理施設の運用期間中において再処理施設の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として、事業指定(変更許可)を受けた「降下火砕物」であり、降下火砕物の影響を受ける場合においても、その安全機能を有する施設が安全機能を損なわない設計とする。

また、「VI-1-1-1-1 自然現象等への配慮に関する説明書」の「4.1(5) 積雪」の設計に従って、火山事象と同様に施設に堆積する積雪の影響について確認する。確認結果については、本資料に示す。

2.1.1 降下火砕物防護対象施設及び設計方針

降下火砕物から防護する施設(以下「降下火砕物防護対象施設」という。)としては、安全評価上その機能を期待する建物・構築物、系統及び機器を漏れなく抽出する観点から、安全上重要な機能を有する建物・構築物、系統及び機器を対象とする。

降下火砕物防護対象施設及びそれらを収納する建屋(以下「降下火砕物防護対象施設等」という。)は、降下火砕物の影響に対し、機械的強度を有すること等により、降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設は、以下のように分類できる。

- ・ 建屋内の降下火砕物防護対象施設
- ・ 降下火砕物を含む空気の流れとなる降下火砕物防護対象施設
- ・ 外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設
- ・ 屋外の降下火砕物防護対象施設

また、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせるおそれがある施設(以下「降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」という。)の影響を考慮した設計とする。

降下火砕物防護対象施設等以外の安全機能を有する施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修理を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

また、上記の施設に対する損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること及び安全上支障のない期間での修理を行うことを保安規定に定めて、管理する。

なお、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、使用済燃料収納キャスクが再処理施設内に一時的に保管されることを踏まえ、降下火砕物により使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性

敷地において考慮する火山事象として、事業指定(変更許可)を受けた層厚55cm、密度 1.3g/cm^3 (湿潤状態)の降下火砕物を設計条件として設定する。その特性値を第2.1.2-1表に示す。

また、設計上考慮すべき降下火砕物の特性は、以下のとおりである。

- ・火山ガラス片及び鉱物結晶片からなる。ただし、砂よりもろく硬度が低い。
- ・亜硫酸ガス、硫化水素、ふっ化水素等の毒性及び腐食性のある火山ガス成分が附着している。ただし、直ちに金属腐食を生じさせることはない。

第2.1.2-1表 降下火砕物の特性値

層厚(cm)	密度(湿潤) (g/cm^3)
55	1.3

2.1.3 荷重の組合せ及び許容限界

降下火砕物に対する防護設計を行うために、降下火砕物防護対象施設に作用する荷重として、降下火砕物を湿潤状態とした場合における荷重、個々の施設に常時作用する荷重、運転時荷重及び火山と同時に発生し得る自然現象による荷重を組み合わせた設計荷重(火山)を設定する。

また、火山と同時に発生し得る自然現象による荷重については、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」を踏まえ、風(台風)及び積雪による荷重を考慮する。

構造物への荷重に対しては、降下火砕物による荷重とその他の荷重の組合せを考慮して構造強度評価を行い、その結果がそれぞれ定める許容限界以下となるよう設計する。

建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の降下から30日以内に降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定めて、管理することで、降下火砕物による荷重を短期に生じる荷重とする。

設備については、機能設計上の性能目標を満足するように、おおむね弾性状態に留まることを許容限界とする。

また、建物・構築物については、機能設計上の性能目標を満足するように建屋を

構成する部位ごとに応じた許容限界を設定する。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については、当該施設の倒壊又は転倒により、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼさないように、施設を構成する部位ごとに応じた許容限界を設定する。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重

常時作用する荷重としては、持続的に生じる荷重である固定荷重及び積載荷重を考慮する。

また、降下火砕物が堆積し、除灰運用が必要な部材については、除灰時の人員荷重として、「建築構造設計基準の資料(国土交通省 平成27年版)」における「屋上(通常人が使用しない場合)」の床版計算用積載荷重における $980\text{N}/\text{m}^2$ を包絡するように $1,000\text{N}/\text{m}^2$ を荷重として考慮する。

b. 降下火砕物の堆積による荷重

降下火砕物の堆積による荷重としては、湿潤状態の降下火砕物が堆積した場合の荷重を考慮することとし、湿潤密度 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ の降下火砕物が 55cm 堆積した場合の荷重とする。ただし、この荷重は短期荷重とする。

降下火砕物は、水平部に堆積するものとし、施設の形状を踏まえて堆積面積を設定し、荷重を算出する。

c. 運転時荷重

運転時荷重としては、配管にかかる内圧等とする。

d. 積雪荷重

積雪荷重としては、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」で示す自然現象の組合せに従って垂直積雪量 150cm を考慮することとし、積雪量 1cm ごとに $30\text{N}/\text{m}^2$ が作用する。ただし、この荷重は短期荷重とする。

また、積雪荷重は水平部に堆積するものとし、施設の形状を踏まえて堆積面積を設定し、荷重を算出する。

e. 風荷重

風荷重としては、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」で示す自然現象の組合せに従って、建築基準法施行令第87条及び平成12年建設省告示第1454号に基づき、基準風速 $34\text{m}/\text{s}$ を考慮する。ただし、この荷重は短期荷重とする。

また、風荷重は、設備の形状により変化するため、設備の部位ごとに異なる。そのため、各設備及び評価対象部位に対して厳しくなる方向からの風を想定し、各設備ごとに荷重を設定する。

(2) 荷重の組合せ

- a. 降下火砕物の影響を考慮する施設における荷重の組合せとしては、設計に用いる常時作用する荷重、降下火砕物の堆積による荷重、運転時荷重、積雪荷重及び風荷重を適切に考慮する。
- b. 積雪荷重及び風荷重との組合せについては、降下火砕物による荷重の継続時間が長く、積雪荷重の継続時間も長いことから、3つの荷重が同時に発生する場合を考慮する。
- c. 設計に用いる降下火砕物の堆積による荷重、積雪荷重及び風荷重については、対象とする施設の設置場所及びその他の環境条件によって設定する。
- d. 常時作用する荷重、積雪荷重、風荷重及び運転時荷重については、組み合わせることで降下火砕物の堆積による荷重の抗力となる場合には、保守的に組合せないことを基本とする。

なお、「VI-1-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「2.2 組合せ」に記載のとおり、地震については、地震(基準地震動)の震源と火山とは十分な距離があることから、独立事象として扱い、各々の発生頻度が十分小さいこと、火山性地震については、火山は敷地から十分な距離があることから、火山性地震とこれに関連する事象による影響はないと判断し、地震との組合せは考慮しない。

設計に用いる降下火砕物の堆積による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せを考慮した荷重の算出については、「VI-1-1-1-4-4-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。

(3) 許容限界

設計荷重(火山)に対する許容限界は、「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG460 1-1987」((社)日本電気協会)等の安全上適切と認められる規格、基準等で妥当性が確認されている値を用いて、降下火砕物が堆積する期間を考慮し設定する。

「VI-1-1-1-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「3.2 影響因子を考慮した施設分類」において選定する構造物への静的負荷を考慮する施設のうち、建屋については、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能又は使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない機能に加え、前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋及び高レベル廃液ガラス固化建屋は放射性物質の閉じ込め機能を維持できるよう、建屋を構成する部位ごとに応じた許容限界を設定する。

屋外の降下火砕物防護対象施設のうち、構築物及び機器については、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するように、設備を構成する材料がおおむね弾性状態に留まることを基本とする。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については、当該施設の倒壊又は転倒により、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼ

さないように、施設を構成する部位ごとに応じた許容限界を設定する。

許容限界の詳細については、「VI-1-1-1-4-4-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。

2.1.4 降下火砕物の影響に対する防護対策方針

「2.1.1 降下火砕物防護対象施設及び設計方針」にて設定した降下火砕物防護対象施設について、設計荷重(火山)を踏まえた降下火砕物防護設計を実施する。

降下火砕物防護設計として、設計荷重(火山)に対する影響評価を実施することから、降下火砕物の影響を考慮する施設を選定する。

降下火砕物の影響を考慮する施設の選定については、「VI-1-1-1-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」に示す。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(改正 令和元年12月18日 原規技発第1912182号 原子力規制委員会)を参考に対象とした降下火砕物による直接的影響及び間接的影響に対して、降下火砕物の影響を考慮する施設は、「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」を踏まえ、安全機能を損なわないことを目的として、適切な防護措置を講じる。

降下火砕物の影響を考慮する施設において、考慮する直接的影響因子が異なることから、降下火砕物の影響を考慮する施設ごとに影響因子との組合せを行う。

なお、「水質汚染」については、再処理施設には取水が必要となる降下火砕物防護対象施設がないため、「水質汚染」の影響を考慮する施設はない。

降下火砕物の影響を考慮する施設は、上記の影響因子との組合せを考慮し、「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」にて設定している降下火砕物に対する降下火砕物防護設計を実施する。

降下火砕物防護設計にあたっては「2.1.3 荷重の組合せ及び許容限界」に示すとおり、火山と同時に発生し得る自然現象が与える影響を踏まえ、風(台風)及び積雪による荷重を考慮する。

降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連については、「VI-1-1-1-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。

(1) 直接的影響に対する設計方針

a. 構造物への静的負荷に対する設計方針

建屋内の降下火砕物防護対象施設は、設計荷重(火山)に対して構造健全性を維持する建屋内に設置することにより、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、降下火砕物が堆積しやすい構造及び配置状況の場合には設計荷重(火山)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

安全冷却水系の冷却塔等の屋外の降下火砕物防護対象施設(以下「屋外の降下

火砕物防護対象施設」という。)は、降下火砕物が堆積しやすい構造及び配置状況の場合には設計荷重(火山)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、屋外の降下火砕物防護対象施設である安全冷却水系の冷却塔は、冷却ファンを作動し上方に空気を流すことにより降下火砕物が堆積し難い構造とする。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、降下火砕物が堆積しやすい構造及び配置状況の場合には設計荷重(火山)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、降下火砕物が堆積しやすい構造及び配置状況の場合には設計荷重(火山)に対して、構造強度評価を実施し、構造健全性を維持することにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

降下火砕物の荷重は湿潤状態の $7150\text{N}/\text{m}^2$ とする。なお、積雪単独の堆積荷重は $5700\text{N}/\text{m}^2$ (積雪量：190cm)であるため、積雪の設計は火山の設計に包絡される。

詳細な設計方針については「VI-1-1-1-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。

b. 構造物への粒子の衝突に対する設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、構造物への降下火砕物の粒子の衝突の影響により、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の降下火砕物防護対象施設は、構造物への降下火砕物の粒子の衝突の影響により、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、構造物への降下火砕物の粒子の衝突の影響により、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、構造物への降下火砕物の粒子の衝突の影響により、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

なお、降下火砕物は微小な鉱物結晶で、砂よりも硬度が低い特性を持つことから、降下火砕物の粒子の衝突の影響は、「VI-1-1-1-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針」に示す竜巻で設定する飛来物の影響に包絡される。

c. 閉塞に対する設計方針

建屋内の降下火砕物防護対象施設及び降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設は、降下火砕物を含む空気による流路の閉塞の影響に対して降下火砕物が侵入し難い設計とすることにより、安全機能を損なわない設

計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造とする。

降下火砕物が取り込まれたとしても、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設である気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系等にフィルタを設置し、設備内部及び建屋内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

さらに、非常用ディーゼル発電機の給気系等は、降下火砕物用フィルタの追加設置等のさらなる降下火砕物対策を実施できるよう設計する。

降下火砕物がフィルタに付着した場合でもフィルタの交換又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

なお、降下火砕物防護対象施設を収納する建屋の外気取入口及び排気口は、降下火砕物の層厚と積雪深の組合せに対して閉塞しない位置に設置することで、降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

ガラス固化体貯蔵設備の収納管、通風管等で構成する貯蔵ピットの冷却空気流路は、貯蔵ピットの下部に空間を設けることにより冷却空気流路が閉塞し難い構造とする。

また、点検用の開口部より吸引による除灰が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

屋外の降下火砕物防護対象施設である主排気筒は、降下火砕物の侵入による閉塞の影響に対して降下火砕物が侵入し難い設計とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

主排気筒は、排気の吹き上げにより降下火砕物が侵入し難い構造とする。また、降下火砕物が主排気筒内に侵入した場合でも、異物の除去が可能な構造とすること及び異物の溜まる空間を設けることにより閉塞し難い構造とする。

d. 磨耗に対する設計方針

建屋内の降下火砕物防護対象施設、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設及び屋外に設置される降下火砕物防護対象施設は、降下火砕物による磨耗の影響に対して降下火砕物が侵入し難い設計及び摩耗し難い設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造とする。

降下火砕物が取り込まれたとしても、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設である気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系等にフィルタを設置し、設備内部及び建屋内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

さらに、非常用ディーゼル発電機の給気系等は、降下火砕物用フィルタの追加設置等のさらなる降下火砕物対策を実施できるよう設計する。

降下火砕物がフィルタに付着した場合でもフィルタの交換又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により磨耗しない設計とする。

屋外の降下火砕物防護対象施設である安全冷却水系の冷却塔の冷却ファンの回転軸部は、冷却空気を上方に流すこと等により降下火砕物が侵入し難い構造とする。

なお、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設及び屋外の降下火砕物防護対象施設は、摺動部に降下火砕物が侵入したとしても、降下火砕物に対して磨耗し難い材料を使用することにより、安全機能を損なわない設計とする。

e. 腐食に対する設計方針

(a) 建造物の化学的影響(腐食)

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、降下火砕物に含まれる腐食性のあるガスによる化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の降下火砕物防護対象施設は、降下火砕物に含まれる腐食性のあるガスによる化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、降下火砕物に含まれる腐食性のあるガスによる化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、降下火砕物に含まれる腐食性のあるガスによる化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、外壁塗装及び屋上防水を実施することにより、短期での腐食が発生しない設計とすることで、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

屋外の降下火砕物防護対象施設は、塗装若しくは腐食し難い金属の使用又は外壁塗装及び屋上防水により、短期での腐食が発生しない設計とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設は、塗装若しくは腐食し難い金属の使用又は外壁塗装及び屋上防水により、短期での腐食が発生しない設計とすることで、周辺の降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼさない設計とする。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、外壁塗装及び屋上防水を実施することにより、短期での腐食が発生しない設計とすることで、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない設計とする。

また、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(b) 換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系に対する化学的影響(腐食)

建屋内の降下火砕物防護対象施設及び降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設は、降下火砕物に含まれる腐食性のあるガスによる化学的影響(腐食)に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造とする。

降下火砕物が取り込まれたとしても、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設である気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系等にフィルタを設置し、設備内部及び建屋内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設は、塗装、腐食し難い金属の使用又は防食処理により、短期での腐食が発生しない設計とすることで、安全機能を損なわない設計とする。

また、降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

f. 敷地周辺の大気汚染に対する設計方針

中央制御室は、降下火砕物による大気汚染により、中央制御室内の居住性を損なわない設計とする。

制御建屋中央制御室換気設備を収納する制御建屋等は、外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造とする。

制御建屋中央制御室換気設備の給気系等にフィルタを設置し、制御室内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、外気との連絡口を遮断し、中央制御室内の空気を再循環できる設計とする。

連絡口を遮断し再循環を行う措置並びに再循環時における中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響を考慮した措置を講ずることを保安規定に定めて、管理する。

また、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室については、運転員への影響を防止するため、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、制御室内の空気を再循環できる設計とする。

連絡口を遮断し再循環の措置を講ずることを保安規定に定めて、管理する。

g. 絶縁低下に対する設計方針

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、降下火砕物による絶縁低下の影響により、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、外気取入口に防雪フードを設け、降下火砕物が侵入し難い構造とする。

降下火砕物を取り込まれたとしても、降下火砕物を含む空気の流路となる気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系等にフィルタを設置し、建屋内部に降下火砕物が侵入し難い設計とすることにより、外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設である計測制御設備の制御盤等の安全機能を損なわない設計とする。

(2) 間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響である7日間の外部電源喪失及び敷地内外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、再処理施設の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続できるよう、非常用ディーゼル発電機の燃料を貯蔵する設備及び移送する設備は降下火砕物の影響を受けないよう設置することにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全上重要な施設へ7日間の電力を供給する措置を講ずることを保安規定に定めて、管理する。

降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連及び詳細な設計方針については、「VI-1-1-1-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」に示す。

(3) 必要な機能を損なわないための運用上の措置

火山に関する設計条件等に係る新知見の収集及び火山に関する防護措置との組合せにより安全機能を損なわないための運用上の措置として、以下を保安規定に定めて、管理する。

- ・定期的に新知見の確認を行い、新知見を得られた場合に評価すること
- ・火山活動のモニタリングを行い、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認すること
- ・降下火砕物が長期的に堆積しないよう当該施設に堆積する降下火砕物の除去を適切に行うこと
- ・降灰時には、冷却塔に降下火砕物が堆積しないよう、冷却塔のルーバが開状態の

場合は、冷却ファンを作動させる措置を講ずること

- ・降灰時には、降下火砕物による閉塞及び磨耗を防止するために、換気設備の給気系の停止又はフィルタの交換若しくは清掃を行うこと
- ・降下火砕物によりガラス固化体貯蔵設備の冷却空気流路が閉塞しないよう必要に応じて貯蔵ピットの点検用の開口部より吸引による除灰を行うこと
- ・降灰時には、非常用ディーゼル発電機の給気系等に対するフィルタの追加設置等を行うこと
- ・堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うこと
- ・敷地周辺の大気汚染による影響を防止するため、制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、中央制御室内の空気の再循環を行い、再循環時には、中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響を考慮した措置を講ずること
- ・敷地周辺の大気汚染による影響を防止するため、必要に応じて外気との連絡口を遮断し、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設の制御室内の空気の再循環を行う措置を講ずること
- ・外部電源喪失及び敷地内外での交通の途絶によるアクセス制限事象による影響を防止するため、安全上重要な施設へ7日間の電力を供給する措置を講ずること

2.2 準拠規格

準拠する規格、基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令・同告示
- (2) 青森県建築基準法施行細則(昭和36年2月9日青森県規則第20号)
- (3) 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 2005)
- (4) 建築物荷重指針・同解説((社)日本建築学会, 2004)
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- (8) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格JSME S NC1-2005/2007((社)日本電気協会)
- (9) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所 2015)
- (10) 原子力発電所の火山影響評価ガイド(改正 令和元年12月18日 原規技発第1912182号 原子力規制委員会)
- (11) 各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会 2010改定)
- (12) 鋼構造接合部設計指針(日本建築学会 2012改定)
- (13) SCSS-H97 鉄骨構造標準接合部 H形鋼編(鉄骨構造標準接合部委員会)

- (14) 建築物荷重指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2015)
- (15) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会 2010改定)
- (16) 容器構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010改定 (第三次))
- (17) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会 1999改定)
- (18) 煙突構造設計指針 (日本建築学会 2007制定)
- (19) 煙突構造設計施工指針 (日本建築センター 1982年版)

VI-1-1-1-4-2

降下火砕物の影響を考慮する施設の
選定

今回の申請に係る本説明は、令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」に同じである。

VI-1-1-1-4-3

降下火碎物の影響を考慮する施設の
設計方針

令和4年12月21日付け原規規発第2212213号にて認可を受けた設工認申請書の「VI-1-1-1-4-3 降下火碎物の影響を考慮する施設的设计方針」から、今回申請で追加又は変更する箇所を下線で示す。

目 次

ページ

1. 概要	1
2. 設計の基本方針	1
3. 施設分類	2
3.1 降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連	2
3.2 影響因子を考慮した施設分類	8
4. 要求機能及び性能目標	12
4.1 構造物への静的負荷を考慮する施設	12
4.2 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設	17
4.3 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設	18
4.4 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設	20
4.5 敷地周辺の大気汚染を考慮する施設	25
4.6 電気系及び計測制御系における絶縁低下を考慮する施設	26
4.7 間接的影響を考慮する施設	28
5. 機能設計	29
5.1 構造物への静的負荷を考慮する施設	29
5.2 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設	33
5.3 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設	34
5.4 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設	36
5.5 敷地周辺の大気汚染を考慮する施設	42
5.6 電気系及び計測制御系における絶縁低下を考慮する施設	43
5.7 間接的影響を考慮する施設	45
6. 構造概要	47

1. 概要

本資料は、「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」に示す降下火砕物の影響に対する設計方針を踏まえて、降下火砕物の影響を考慮する施設の影響因子との組合せ、施設分類、要求機能及び性能目標を明確にし、各施設分類の機能設計に関する設計方針について説明するものである。

2. 設計の基本方針

再処理施設に影響を与える可能性がある火山事象の発生により、「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」にて設定している降下火砕物防護対象施設がその安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を考慮する施設の設計を行う。

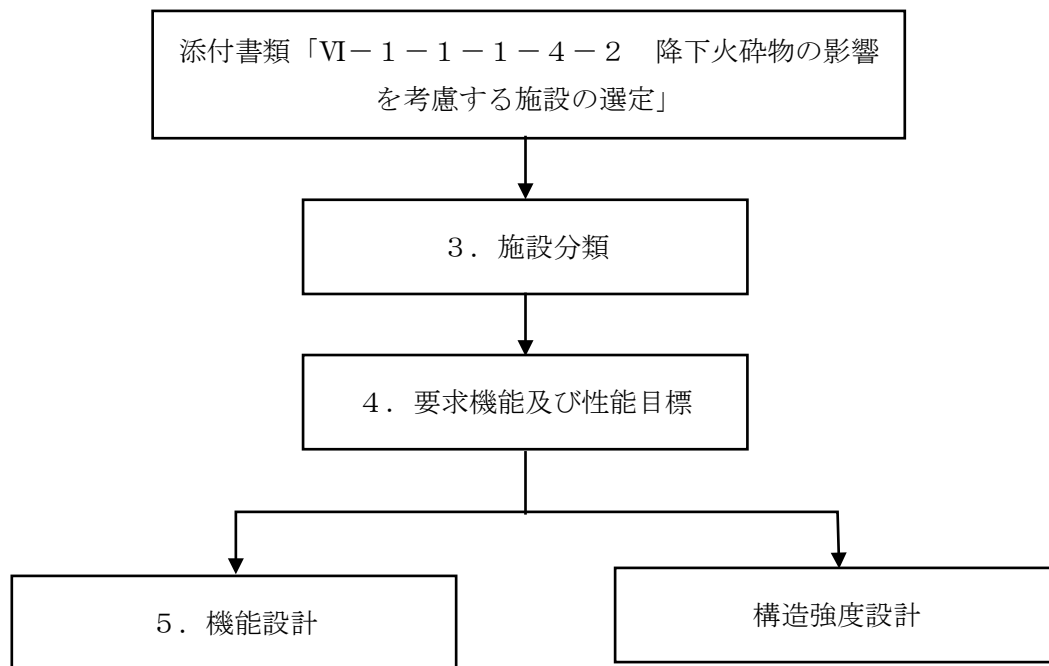
降下火砕物の影響を考慮する施設は、「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」にて設定している降下火砕物に対して、その機能が維持できる設計とする。

降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に当たっては、「VI-1-1-1-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」にて選定している施設を踏まえて、影響因子ごとに施設を分類する。その施設分類及び「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」にて設定している火山防護設計の目的を踏まえて、施設分類ごとに要求機能を整理するとともに、施設ごとに機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を定める。

降下火砕物の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するため、施設分類ごとに各機能の設計方針を示す。

なお、降下火砕物の影響を考慮する施設が構造強度設計上の性能目標を達成するための構造強度の設計方針等については、「VI-1-1-1-4-4-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示し、強度計算の方法及び結果については、「VI-1-1-1-4-4-2 火山への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

降下火砕物の影響を考慮する施設の設計フローを第2.-1図に示す。



注：フロー中の番号は本資料での記載事項の章を示す。
 なお、構造強度設計については、「VI-1-1-1-4-4-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す。

第2.-1図 施設的设计フロー

3. 施設分類

「VI-1-1-1-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」で選定した降下火砕物の影響を考慮する施設において、考慮する直接的影響因子が異なることから、降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連について整理した上で、直接的影響及び間接的影響に対する各施設分類を以下に示す。

3.1 降下火砕物の影響を考慮する施設と影響因子との関連

設計にて考慮すべき直接的影響因子については、降下火砕物の特徴から以下のものが考えられる。

降下火砕物はマグマ噴出時に粉碎、急冷したガラス片及び鉱物結晶片からなる粒子であり、堆積することによる荷重並びに粒子の衝突や施設への取り込みによる閉塞、磨耗、降下火砕物には亜硫酸ガス、硫化水素、フッ化水素等の火山ガス成分が付着しているため、施設への接触による腐食及び施設への取り込みによる大気汚染が考えられる。

さらに、降下火砕物は水に濡れると導電性を生じるため、絶縁低下が考えられる。

これらの直接的影響因子を踏まえ、間接的影響を考慮する施設以外の降下火砕物の影響を考慮する施設の形状及び機能に応じて、影響因子を設定する。

(1) 構造物への静的負荷

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、降下火砕物防護対象施設を収納する建屋、屋外の降下火砕物防護対象施設、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋については、降下火砕物の堆積に対して、降下火砕物が堆積しやすい構造及び設置状況の場合には静的負荷による影響を考慮するため、構造物への静的負荷を影響因子として設定する。

(2) 構造物への粒子の衝突

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、降下火砕物防護対象施設を収納する建屋、屋外の降下火砕物防護対象施設、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋については、粒子の衝突による影響を考慮するため、構造物への粒子の衝突を影響因子として設定する。

なお、粒子の衝撃荷重による影響は、竜巻で設定する飛来物の影響に包絡されるため、竜巻防護に対する設計によって構造健全性を確保する。

(3) 閉塞

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設及び屋外の降下火砕物防護対象施設については、閉塞による影響を考慮するため、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を影響因子として設定する。

(4) 磨耗

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設及び屋外の降下火砕物防護対象施設については、磨耗による影響を考慮するため、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を影響因子として設定する。

(5) 腐食

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、降下火砕物防護対象施設を収納する建屋、降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設、屋外の降下火砕物防護対象施設、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設及び使用済燃料収納キャスクを収納する建屋については、腐食による影響を考慮するため、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を影響因子として設定する。

(6) 敷地周辺の大気汚染

制御建屋中央制御室及び使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室については、大気汚染による影響を考慮するため、敷地周辺の大気汚染を影響因子として設定する。

(7) 絶縁低下

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設については、絶縁低下による影響を考慮するため、絶縁低下を影響因子として設定する。

降下火砕物の影響を考慮する施設の特性を踏まえて必要な設計項目を選定した結果

を第3.1-1表に示す。

その結果を踏まえ、間接的影響を考慮する施設を含めた施設の分類を「3.2 影響因子を考慮した施設分類」に示す。

第3.1-1表 降下火砕物の影響を考慮する施設(間接的影響を考慮する施設を除く。)と影響因子の組合せ(1/3)

施設		影響因子		直接的影響の要因				
		構造物への静的負荷	構造物への粒子の衝突	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食	敷地周辺の大気汚染	電気系及び計測制御系の絶縁低下
降下火砕物防護対象施設を収納する建屋	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○	○	—	—	○	—	—
	ウラン脱硝建屋	○	○	—	—	○	—	—
	ウラン酸化物貯蔵建屋	○	○	—	—	○	—	—
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	○	○	—	—	○	—	—
	第1ガラス固化体貯蔵建屋	○	○	—	—	○	—	—
	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	○	○	—	—	○	—	—
	ハル・エンドピース貯蔵建屋	○	○	—	—	○	—	—
	制御建屋	○	○	—	—	○	—	—
	分析建屋	○	○	—	—	○	—	—
	非常用電源建屋	○	○	—	—	○	—	—
	主排気筒管理建屋	*1	○	—	—	○	—	—
降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設	制御建屋中央制御室換気設備	*2	*2	○	○	○	○	○
	ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管	*2	*2	○	—	○	*3	—
	第1非常用ディーゼル発電機	*2	*2	○	○	○	*3	—
	第2非常用ディーゼル発電機	*2	*2	○	○	○	*3	—
	安全圧縮空気系の空気圧縮機	*2	*2	○	○	○	*3	—
	気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系	*2	*2	○	○	○	*3	○
	非管理区域換気空調設備の給気系	*2	*2	○	○	○	*3	○
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備	*2	*2	○	○	○	○	○
降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)	*2	*2	○	○	○	○	○	

影響因子に対する個別評価を実施：○ 影響因子に対する個別評価不要：—

注記：*1：降下火砕物が堆積し難い構造又は周辺施設の配置状況から降下火砕物が堆積し難い状況のため考慮不要。

*2：建屋により影響を無視できるため考慮不要。

*3：居住環境の維持に必要なため考慮不要。

*4：制御建屋中央制御室換気設備、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系及び使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備から建屋内部に降下火砕物が取り込まれることによる影響を考慮。

第3.1-1表 降下火砕物の影響を考慮する施設(間接的影響を考慮する施設を除く。)と影響因子の組合せ(2/3)

施設		直接的影響の要因						
		構造物への静的負荷	構造物への粒子の衝突	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食	敷地周辺の大气汚染	電気系及び計測制御系の絶縁低下
取り込み機構を有する降下火砕物防護対象施設	計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤	*2	*2	*4	*4	*4	*3	*4
	安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤	*2	*2	*4	*4	*4	*3	*4
	非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤	*2	*2	*4	*4	*4	*3	*4
	放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤	*2	*2	*4	*4	*4	*3	*4
屋外の降下火砕物防護対象施設	前処理建屋	○	○	—	—	○	—	—
	分離建屋	○	○	—	—	○	—	—
	精製建屋	○	○	—	—	○	—	—
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	○	○	—	—	○	—	—
	高レベル廃液ガラス固化建屋	○	○	—	—	○	—	—
	安全冷却水系冷却塔 A, B	○	○	—	○	○	—	—
	安全冷却水 A, B 冷却塔	○	○	—	○	○	—	—
	冷却塔 A, B	○	○	—	○	○	—	—
	安全冷却水系膨張槽 A, B	○	○	—	—	○	—	—
	安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔 A, B, 安全冷却水 A, B 冷却塔, 冷却塔 A, B 及び安全冷却水系膨張槽 A, B 周りの配管)	*1	○	—	—	○	—	—
	安全冷却水系膨張槽液位計 A, B	*1	○	—	—	○	—	—
主排気筒	○	○	○	—	○	—	—	
主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト	*1	○	—	—	○	—	—	

影響因子に対する個別評価を実施：○ 影響因子に対する個別評価不要：—

注記：*1：降下火砕物が堆積し難い構造又は周辺施設の配置状況から降下火砕物が堆積し難い状況のため考慮不要。

*2：建屋により影響を無視できるため考慮不要。

*3：居住環境の維持に必要がないため考慮不要。

*4：制御建屋中央制御室換気設備、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系及び使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備から建屋内部に降下火砕物が取り込まれることによる影響を考慮。

第3.1-1表 降下火砕物の影響を考慮する施設(間接的影響を考慮する施設を除く。)と影響因子の組合せ(3/3)

施設		直接的影響の要因						
		構造物への静的負荷	構造物への粒子の衝突	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗	構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食	敷地周辺の大气汚染	電気系及び計測制御系の絶縁低下
波 下 火 砕 物 防 護 を 及 ぼ し 得 る 施 設 等 に 対 し	飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設用 安全冷却水系冷却塔 A, B)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護ネット(再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 A, B)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A, B)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)	○	○	-	-	○	-	-
	飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)	○	○	-	-	○	-	-
	北換気筒	○	○	-	-	○	-	-
使用済燃料収納する建屋	使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫	○	○	-	-	○	-	-

影響因子に対する個別評価を実施：○ 影響因子に対する個別評価不要：-

- 注記：*1：降下火砕物が堆積し難い構造又は周辺施設の配置状況から降下火砕物が堆積し難い状況のため考慮不要。
 *2：建屋により影響を無視できるため考慮不要。
 *3：居住環境の維持に必要なため考慮不要。
 *4：制御建屋中央制御室換気設備，気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系，非管理区域換気空調設備の給気系及び使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備から建屋内部に降下火砕物が取り込まれることによる影響を考慮。

3.2 影響因子を考慮した施設分類

降下火砕物により直接的影響を考慮する施設及び間接的影響を考慮する施設に対する各施設の分類を以下のとおりとする。

(1) 構造物への静的負荷を考慮する施設

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋

- (a) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- (b) ウラン脱硝建屋
- (c) ウラン酸化物貯蔵建屋
- (d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- (e) 第1ガラス固化体貯蔵建屋
- (f) チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
- (g) ハル・エンドピース貯蔵建屋
- (h) 制御建屋
- (i) 分析建屋
- (j) 非常用電源建屋

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

- (a) 前処理建屋
- (b) 分離建屋
- (c) 精製建屋
- (d) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- (e) 高レベル廃液ガラス固化建屋
- (f) 安全冷却水系冷却塔A, B
- (g) 安全冷却水A, B冷却塔
- (h) 冷却塔A, B
- (i) 安全冷却水系膨張槽A, B
- (j) 主排気筒

c. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

- (a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- (b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- (c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)
- (d) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- (e) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- (f) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- (g) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)

- (h) 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)
- (i) 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
- (j) 北換気筒
- d. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
 - (a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫
- (2) 構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設
 - a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
 - (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管
 - (c) 第1非常用ディーゼル発電機
 - (d) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (e) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
 - (f) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
 - (g) 非管理区域換気空調設備の給気系
 - (h) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (i) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
 - b. 屋外の降下火砕物防護対象施設
 - (a) 主排気筒
- (3) 構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設
 - a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
 - (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) 第1非常用ディーゼル発電機
 - (c) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
 - (e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
 - (f) 非管理区域換気空調設備の給気系
 - (g) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (h) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
 - b. 屋外の降下火砕物防護対象施設
 - (a) 安全冷却水系冷却塔A, B
 - (b) 安全冷却水A, B冷却塔
 - (c) 冷却塔A, B
- (4) 構造物, 換気系, 電気系, 計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設

- a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋
 - (a) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
 - (b) ウラン脱硝建屋
 - (c) ウラン酸化物貯蔵建屋
 - (d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
 - (e) 第1ガラス固化体貯蔵建屋
 - (f) チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
 - (g) ハル・エンドピース貯蔵建屋
 - (h) 制御建屋
 - (i) 分析建屋
 - (j) 非常用電源建屋
 - (k) 主排気筒管理建屋
- b. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
 - (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管
 - (c) 第1非常用ディーゼル発電機
 - (d) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (e) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
 - (f) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
 - (g) 非管理区域換気空調設備の給気系
 - (h) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (i) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
- c. 屋外の降下火砕物防護対象施設
 - (a) 前処理建屋
 - (b) 分離建屋
 - (c) 精製建屋
 - (d) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
 - (e) 高レベル廃液ガラス固化建屋
 - (f) 安全冷却水系冷却塔A, B
 - (g) 安全冷却水A, B冷却塔
 - (h) 冷却塔A, B
 - (i) 安全冷却水系膨張槽A, B
 - (j) 安全冷却水系((f), (g), (h)及び(i)周りの配管)
 - (k) 安全冷却水系膨張槽液位計A, B
 - (l) 主排気筒
 - (m) 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

- d. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
 - (a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (d) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
 - (e) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
 - (f) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
 - (g) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
 - (h) 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)
 - (i) 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
 - (j) 北換気筒
- e. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
 - (a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫
- (5) 敷地周辺の大気汚染を考慮する施設
 - a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
 - (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (c) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
- (6) 電気系及び計測制御系の絶縁低下を考慮する施設
 - a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
 - (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
 - (c) 非管理区域換気空調設備の給気系
 - (d) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (e) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
 - b. 外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設
 - (a) 計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤
 - (b) 安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤
 - (c) 非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤
 - (d) 放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤
- (7) 間接的影響を考慮する施設
 - a. 電気設備(ディーゼル発電機)
 - (a) 第1非常用ディーゼル発電機

- (b) 重油タンク
- (c) 燃料移送ポンプ
- (d) 第2非常用ディーゼル発電機
- (e) 燃料油貯蔵タンク
- (f) 燃料油移送ポンプ

4. 要求機能及び性能目標

火山事象の発生に伴い、降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわないよう火山防護設計を行う施設を「3. 施設分類」において、構造物への静的負荷を考慮する施設、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設、構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設、敷地周辺の大気汚染を考慮する施設、絶縁低下を考慮する施設及び間接的影響を考慮する施設に分類している。

これらを踏まえ、施設分類ごとに要求機能を整理するとともに、機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を設定する。

4.1 構造物への静的負荷を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋

- (a) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
- (b) ウラン脱硝建屋
- (c) ウラン酸化物貯蔵建屋
- (d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
- (e) 第1ガラス固化体貯蔵建屋
- (f) チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
- (g) ハル・エンドピース貯蔵建屋
- (h) 制御建屋
- (i) 分析建屋
- (j) 非常用電源建屋

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

- (a) 前処理建屋
- (b) 分離建屋
- (c) 精製建屋
- (d) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
- (e) 高レベル廃液ガラス固化建屋
- (f) 安全冷却水系冷却塔A, B
- (g) 安全冷却水A, B冷却塔

- (h) 冷却塔A, B
 - (i) 安全冷却水系膨張槽A, B
 - (j) 主排気筒
 - c. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
 - (a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)
 - (d) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
 - (e) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
 - (f) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
 - (g) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
 - (h) 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)
 - (i) 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
 - (j) 北換気筒
 - d. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋
 - (a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫
- (2) 要求機能
- 構造物への静的負荷を考慮する施設のうち建物は、設計荷重(火山)を考慮した場合においても、降下火砕物防護対象施設が要求される機能を損なわないよう、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物の堆積による荷重が作用することを防止すること及び使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えないことが要求される。また、放射性物質の閉じ込め機能を有する建屋はその機能に影響を与えないことが要求される。
- 構造物への静的負荷を考慮するその他の施設は、設計荷重(火山)を考慮した場合においても、その安全機能を損なわないこと又は降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことが要求される。
- (3) 性能目標
- a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋
- 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(火山)に対し、建屋内に降下火砕物防護対象施設を収納し、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。
- 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。
- b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋

前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋は，設計荷重(火山)に対し，放射性物質の閉じ込め機能及び建屋内に降下火砕物防護対象施設を収納し，建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋は，設計荷重(火山)に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(b) 安全冷却水系冷却塔A, B

安全冷却水系冷却塔A, Bは，設計荷重(火山)に対し，冷却塔の冷却機能を維持することにより，崩壊熱除去及び第1非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また，安全冷却水系冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち，脱落及び転倒により，冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは，設計荷重(火山)に対し，機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bは，設計荷重(火山)に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，コンクリート基礎に支持架構を基礎ボルトで固定するとともに，冷却機能の維持に必要な機器を支持架構に固定し，通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

また，安全冷却水系冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち，脱落及び転倒により，冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは，設計荷重(火山)に対し，機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(c) 安全冷却水A, B冷却塔

安全冷却水A, B冷却塔は，設計荷重(火山)に対し，冷却塔の冷却機能を維持することにより，崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また，安全冷却水A, B冷却塔を構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち，脱落及び転倒により，冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは，設計荷重(火山)に対し，機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

安全冷却水A, B冷却塔は，設計荷重(火山)に対し，降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して，コンクリート基礎に支持架構を基礎ボルトで固定するとともに，冷却機能の維持に必要な機器を支持架構に固定し，通水する冷却水を冷却する機能を

維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

また、安全冷却水A,B冷却塔を構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、設計荷重(火山)に対し、機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(d) 冷却塔A, B

冷却塔A, Bは、設計荷重(火山)に対し、冷却塔の冷却機能を維持することにより、第2非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また、冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、設計荷重(火山)に対し、機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

冷却塔A, Bは、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、コンクリート基礎に支持架構を基礎ボルトで固定するとともに、冷却機能の維持に必要な機器を支持架構に固定し、通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

また、冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、設計荷重(火山)に対し、機械的影響を及ぼさない強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(e) 安全冷却水系膨張槽A, B

安全冷却水系膨張槽A, Bは、設計荷重(火山)に対し、構造健全性を維持することにより、安全冷却水系膨張槽の液位を測定する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

安全冷却水系膨張槽A, Bは、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、安全冷却水系冷却塔A, Bの支持架構に取り付けボルトで固定し、安全冷却水系冷却塔A, Bに通水する冷却水を冷却する機能を維持可能な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

(f) 主排気筒

主排気筒は、設計荷重(火山)に対し、放射性気体廃棄物の放出の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

主排気筒は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材の構造健全性を維持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

c. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,

B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないよう、倒壊を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室))は、設計荷重(火山)に対し、波及的影響を与えないよう、倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

(c) 北換気筒

北換気筒は、設計荷重(火山)に対し、降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

北換気筒は、設計荷重(火山)に対し、波及的影響を与えないよう、倒壊、転倒及

び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

d. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

(a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は、設計荷重(火山)に対し、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は、設計荷重(火山)に対し、波及的破損を与えないよう、倒壊、転倒及び脱落を生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

4.2 構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

(b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

(c) 第1非常用ディーゼル発電機

(d) 第2非常用ディーゼル発電機

(e) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

(f) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系

(g) 非管理区域換気空調設備の給気系

(h) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

(i) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 主排気筒

(2) 要求機能

構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設は、想定する降下火砕物に対し、その安全性を損なうおそれがないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物の制御建屋中央制御室換気設備への侵入を低減させることにより、換気の機能を維持すること及び制御建屋中央制御室内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、制御建屋中央制御室内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、想定する降下火砕物による閉塞に

対し、貯蔵ピットの下部に空間を設け冷却空気流路が閉塞し難い構造とすることにより、ガラス固化体の崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物のディーゼル機関への侵入を低減することにより、電源供給の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物の空気圧縮機への侵入を低減することにより、安全圧縮空気の供給の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物の気体廃棄物の廃棄施設の換気設備への降下火砕物の侵入を低減させることにより、建屋内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(f) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物の使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備への降下火砕物の侵入を低減させることにより、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(g) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、外気を下方向から吸い込む構造の防雪フードの設置により降下火砕物の侵入を低減させること並びに降下火砕物の層厚、積雪深及びその組合せに対して防雪フードの下端を閉塞しない位置に設置することによって、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 主排気筒

主排気筒は、想定する降下火砕物による閉塞に対し、降下火砕物の主排気筒への侵入を防止すること並びに主排気筒内に侵入した場合でも、異物の除去が可能な構造とすること及び異物の溜まる空間を有することにより、放射性気体廃棄物の放出の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

4.3 構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

- (a) 制御建屋中央制御室換気設備
- (b) 第1非常用ディーゼル発電機
- (c) 第2非常用ディーゼル発電機
- (d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
- (e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
- (f) 非管理区域換気空調設備の給気系
- (g) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
- (h) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

- (a) 安全冷却水系冷却塔A, B
- (b) 安全冷却水A, B冷却塔
- (c) 冷却塔A, B

(2) 要求機能

構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設は、想定する降下火砕物に対し、その安全機能を損なうおそれがないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による磨耗に対し、降下火砕物の摺動部への侵入を低減させることにより換気の機能を維持すること及び制御建屋中央制御室内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、制御建屋中央制御室内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による磨耗に対し、降下火砕物の摺動部への侵入を低減させること及び摩耗し難い材料を使用することにより、電源供給の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、想定する降下火砕物による磨耗に対し、降下火砕物の摺動部への侵入を低減させること及び摩耗し難い材料を使用することにより、安全圧縮空気の供給の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(d) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系，非管理区域換気空調設備の給気系は，想定する降下火砕物による磨耗に対し，建屋内への降下火砕物の侵入を低減させることにより，建屋内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(e) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は，想定する降下火砕物による磨耗に対し，使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室内への降下火砕物の侵入を低減させることにより，使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(f) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は，想定する降下火砕物による磨耗に対し，建屋内への降下火砕物の侵入を低減させることにより，建屋内の降下火砕物防護対象施設の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 安全冷却水系冷却塔A, B

安全冷却水系冷却塔A, Bは，想定する降下火砕物による磨耗に対し，降下火砕物の摺動部への侵入を低減させること及び降下火砕物を考慮して摺動部に耐磨耗性をもたせることにより，崩壊熱除去及び第1非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) 安全冷却水A, B冷却塔

安全冷却水A, B冷却塔は，想定する降下火砕物による磨耗に対し，降下火砕物の摺動部への侵入を低減させること及び降下火砕物を考慮して摺動部に耐磨耗性をもたせることにより，崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 冷却塔A, B

冷却塔A, Bは，想定する降下火砕物による磨耗に対し，降下火砕物の摺動部への侵入を低減させること及び降下火砕物を考慮して摺動部に耐磨耗性をもたせることにより，第2非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

4.4 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋

(a) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋

(b) ウラン脱硝建屋

(c) ウラン酸化物貯蔵建屋

- (d) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
 - (e) 第1ガラス固化体貯蔵建屋
 - (f) チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋
 - (g) ハル・エンドピース貯蔵建屋
 - (h) 制御建屋
 - (i) 分析建屋
 - (j) 非常用電源建屋
 - (k) 主排気筒管理建屋
- b. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設
- (a) 制御建屋中央制御室換気設備
 - (b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管
 - (c) 第1非常用ディーゼル発電機
 - (d) 第2非常用ディーゼル発電機
 - (e) 安全圧縮空気系の空気圧縮機
 - (f) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系
 - (g) 非管理区域換気空調設備の給気系
 - (h) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備
 - (i) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)
- c. 屋外の降下火砕物防護対象施設
- (a) 前処理建屋
 - (b) 分離建屋
 - (c) 精製建屋
 - (d) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋
 - (e) 高レベル廃液ガラス固化建屋
 - (f) 安全冷却水系冷却塔A, B
 - (g) 安全冷却水A, B冷却塔
 - (h) 冷却塔A, B
 - (i) 安全冷却水系膨張槽A, B
 - (j) 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B及び安全冷却水系膨張槽A, B周りの配管)
 - (k) 安全冷却水系膨張槽液位計A, B
 - (l) 主排気筒
 - (m) 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト
- d. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
- (a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B)

- (b) 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B)
- (c) 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)
- (d) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)
- (e) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)
- (f) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)
- (g) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)
- (h) 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)
- (i) 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)
- (j) 北換気筒

e. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

- (a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫

(2) 要求機能

構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設は、想定する降下火砕物に対し、その安全機能を損なわないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、想定する降下火砕物による腐食に対し、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

b. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、制御建屋中央制御室の換気の機能を維持すること及び制御建屋中央制御室の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を機能設計上の性能目標とする。

(b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、ガラス固化体の崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、外部電源喪失時に安全上重要な施設に電源を供給する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性

を持たせることにより、安全上重要な施設に圧縮空気を供給する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

- (e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系
気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系
は、想定する降下火砕物による腐食に対し、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

- (f) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

- (g) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、想定する降下火砕物による腐食に対し、降下火砕物の侵入を低減させることにより、建屋内の降下火砕物防護対象施設の安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

c. 屋外の降下火砕物防護対象施設

- (a) 前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、想定する降下火砕物による腐食に対し、放射性物質の閉じ込め機能及び建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

- (b) 安全冷却水系冷却塔A, B

安全冷却水系冷却塔A, Bは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、崩壊熱除去及び第1非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また、安全冷却水系冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

- (c) 安全冷却水A, B冷却塔

安全冷却水A, B冷却塔は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、崩壊熱除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また、安全冷却水A, B冷却塔を構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及

ぼし得るものは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

(d) 冷却塔A,B

冷却塔A,Bは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、第2非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

また、冷却塔A,Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、機械的影響を及ぼさないことを機能設計上の性能目標とする。

(e) 安全冷却水系膨張槽A,B

安全冷却水系膨張槽A,Bは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、安全冷却水系冷却塔A,Bの水量を確保する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(f) 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A,B,安全冷却水A,B冷却塔,冷却塔A,B及び安全冷却水系膨張槽A,B周りの配管)

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A,B,安全冷却水A,B冷却塔,冷却塔A,B及び安全冷却水系膨張槽A,B周りの配管)は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、内部流体を送水する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(g) 安全冷却水系膨張槽液位計A,B

安全冷却水系膨張槽液位計A,Bは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、安全冷却水系膨張槽の液位を測定する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(h) 主排気筒

主排気筒は、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、放射性気体廃棄物の放出の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(i) 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクト

主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトは、想定する降下火砕物による腐食に対し、耐食性を持たせることにより、放射性気体廃棄物の放出の機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

d. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)は, 想定する降下火砕物による腐食に対し, 耐食性を持たせることにより, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

(b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)は, 想定する降下火砕物による腐食に対し, 耐食性を持たせることにより, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

(c) 北換気筒

北換気筒は, 想定する降下火砕物による腐食に対し, 耐食性を持たせることにより, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えないことを機能設計上の性能目標とする。

e. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

(a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は, 想定する降下火砕物による腐食に対し, 使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

4.5 敷地周辺の大気汚染を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

(b) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

(c) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

(2) 要求機能

敷地周辺の大気汚染を考慮する施設は, 想定する降下火砕物に対し, 中央制御室及び

制御室内の居住性を損なわないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、中央制御室への降下火砕物の侵入を低減させることにより、換気又は空調管理することで機器の運転に必要な温度条件の維持、居住性の維持を図る機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、制御室への降下火砕物の侵入を低減させることにより、換気又は空調管理することで機器の運転に必要な温度条件の維持、居住性の維持を図る機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、降下火砕物の侵入を低減させることにより、中央制御室及び制御室内の居住性の維持を図る機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

4.6 電気系及び計測制御系における絶縁低下を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

(b) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系

(c) 非管理区域換気空調設備の給気系

(d) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

(e) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

b. 外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設

(a) 計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤

(b) 安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤

(c) 非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤

(d) 放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤

(2) 要求機能

電気系及び計装制御系の絶縁低下を考慮する施設は、想定する降下火砕物に対し、その安全機能を損なうおそれがないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、制御建屋中央制御室換気設備に設置したフィルタによる盤内への降下火砕物の侵入の低減により、安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

(b) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系に設置したフィルタによる盤内への降下火砕物の侵入の低減により、安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

(c) 非管理区域換気空調設備の給気系

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、非管理区域換気空調設備の給気系に設置したフィルタによる盤内への降下火砕物の侵入の低減により、安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

(d) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備に設置したフィルタによる盤内への降下火砕物の侵入の低減により、安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

(e) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)

外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)による降下火砕物の侵入の低減による盤内への降下火砕物の侵入の低減により、安全機能を損なわないことを機能設計上の性能目標とする。

b. 外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設

(a) 計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤

計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、盤内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、必要なパラメータを想定される範囲内に制御する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) 安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤

安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤は、想定する降下火砕

物による絶縁低下に対し、盤内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、必要なパラメータを想定される範囲内に制御する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤

非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、盤内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、電力の供給を継続する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(d) 放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤

放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤は、想定する降下火砕物による絶縁低下に対し、盤内への降下火砕物の侵入を低減させることにより、放射性物質の濃度を監視する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

4.7 間接的影響を考慮する施設

(1) 施設

a. 電気設備(ディーゼル発電機)

(a) 第1非常用ディーゼル発電機

(b) 重油タンク

(c) 燃料移送ポンプ

(d) 第2非常用ディーゼル発電機

(e) 燃料油貯蔵タンク

(f) 燃料油移送ポンプ

(2) 要求機能

間接的影響を考慮する施設は、想定する降下火砕物に対し、再処理施設の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続できるよう、非常用ディーゼル発電機の燃料を貯蔵する設備及び移送する設備の安全機能を損なわないことが要求される。

(3) 性能目標

a. 電気設備(ディーゼル発電機)

(a) 第1非常用ディーゼル発電機

第1非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、7日間の電源供給が継続できるよう給電する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(b) 重油タンク

重油タンクは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、第1非常用ディーゼル発電機に7日間の燃料供給が継続できる機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(c) 燃料移送ポンプ

燃料移送ポンプは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の

影響を受けない配置にすることにより、第1非常用ディーゼル発電機に7日間の燃料供給が継続できる機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(d) 第2非常用ディーゼル発電機

第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、7日間の電源供給が継続できるように給電する機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(e) 燃料油貯蔵タンク

燃料油貯蔵タンクは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、第2非常用ディーゼル発電機に7日間の燃料供給が継続できる機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

(f) 燃料油移送ポンプ

燃料油移送ポンプは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、第2非常用ディーゼル発電機に7日間の燃料供給が継続できる機能を維持することを機能設計上の性能目標とする。

5. 機能設計

「VI-1-1-1-4-1 火山への配慮に関する基本方針」で設定している降下火砕物特性に対し、「4. 要求機能及び性能目標」で設定している降下火砕物の影響を考慮する施設の機能設計上の性能目標を達成するために、各施設の機能設計の方針を定める。

5.1 構造物への静的負荷を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、設計荷重(火山)に対し、建屋の構造健全性を維持することで、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去する。

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋の設計方針

前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。
前処理建屋、分離建屋、精製建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベ

ル廃液ガラス固化建屋は、設計荷重(火山)に対し、建屋の構造健全性を維持することで、放射性物質の閉じ込め機能及び建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去する。

(b) 安全冷却水系冷却塔A, Bの設計方針

安全冷却水系冷却塔A, Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bは、設計荷重(火山)に対し、冷却塔の冷却機能を維持することで、崩壊熱除去及び第1ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持する設計とする。

また、安全冷却水系冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び転倒しない強度を有する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去する。

(c) 安全冷却水A, B冷却塔の設計方針

安全冷却水A, B冷却塔は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水A, B冷却塔は、設計荷重(火山)に対し、冷却塔の冷却機能を維持することで、崩壊熱除去の機能を維持する設計とする。

また、安全冷却水A, B冷却塔を構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び転倒しない強度を有する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去する。

(d) 冷却塔A, Bの設計方針

冷却塔A, Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

冷却塔A, Bは、設計荷重(火山)に対し、冷却塔の冷却機能を維持することで、第2非常用ディーゼル発電機で発生する熱の除去の機能を維持する設計とする。

また、冷却塔A, Bを構成する機器(冷却機能の維持に必要な機器を除く)のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、脱落及び転倒しない強度を有する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去

する。

(e) 安全冷却水系膨張槽A, Bの設計方針

安全冷却水系膨張槽A, Bは, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

安全冷却水系膨張槽A, Bは, 設計荷重(火山)に対し, 構造健全性を維持することで, 崩壊熱除去の機能を維持する設計とする。

また, 安全冷却水系膨張槽A, Bが脱落及び転倒しない強度を有する設計とし, 波及的影響を与えない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために, 降下火砕物を適切に除去する。

(f) 主排気筒の設計方針

主排気筒は, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

主排気筒は, 設計荷重(火山)に対し, 主排気筒の構造健全性を維持することで, 気体廃棄物の放出の機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために, 降下火砕物を適切に除去する。

c. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)の設計方針

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)は, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A, B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A, B)は, 設計荷重(火山)に対し, 倒壊を生じない設計とすることで, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために, 降下火砕物を適切に除去する。

(b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物

防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)の設計方針

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)の設計方針は, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)の設計方針は, 設計荷重(火山)に対し, 倒壊及び脱落を生じない設計とすることで, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために, 降下火砕物を適切に除去する。

(c) 北換気筒の設計方針

北換気筒は, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

北換気筒は, 設計荷重(火山)に対し, 倒壊を生じない設計とすることで, 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を与えない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために, 降下火砕物を適切に除去する。

d. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

(a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫の設計方針

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は, 「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために, 以下の設計方針とする。

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は, 設計荷重(火山)に対し, 建屋の構造健全性を維持することで, 使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない機能を維持する設計とする。

降下火砕物の堆積による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去する。

5.2 構造物，換気系，電気系，計測制御系及び安全圧縮空気系における閉塞を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備の設計方針

制御建屋中央制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し中央制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管の設計方針

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、貯蔵ピットの下部に空間を設けることにより冷却空気流路が閉塞し難い構造とする。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機，第2非常用ディーゼル発電機の設計方針

第1非常用ディーゼル発電機，第2非常用ディーゼル発電機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

第1非常用ディーゼル発電機，第2非常用ディーゼル発電機は、給気系にフィルタを設置しディーゼル機関内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機の設計方針

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、給気系にフィルタを設置し空気圧縮機内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系，非管理区域換気空調設備の給気系の設計方針

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備，非管理区域換気空調設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備，非管理区域換気空調設備は、給気系にフィル

タを設置し建屋内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(f) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の設計方針

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(g) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、外気を下方向から吸い込む構造となるよう防雪フードを設け、上方から降下してくる降下火砕物が侵入し難い構造とする。

なお、閉塞対策の設計においては、降下火砕物の堆積に加えて積雪の影響も考慮した防雪フードの下端位置とすることで、降下火砕物の層厚、積雪深及びその組合せに対して閉塞することのない設計とする。

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 主排気筒の設計方針

主排気筒は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.2(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

主排気筒は、排気の吹き上げにより降下火砕物が侵入し難い構造とする。また、降下火砕物が主排気筒内に侵入した場合でも、異物の除去が可能な構造とすること及び異物の溜まる空間を設けることにより閉塞し難い構造とする。

5.3 構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における磨耗を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備の設計方針

制御建屋中央制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し中央制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(b) 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機の設計方針

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、「4. 要求機能及

び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、給気系にフィルタを設置しディーゼル機関内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(c) 安全圧縮空気系の空気圧縮機の設計方針

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、給気系にフィルタを設置し空気圧縮機内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(d) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系の設計方針

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、給気系にフィルタを設置し建屋内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(e) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の設計方針

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(f) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、外気を下方向から吸い込む構造となるよう防雪フードを設け、上方から降下してくる降下火砕物が侵入し難い構造とする。

b. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 安全冷却水系冷却塔A,Bの設計方針

安全冷却水系冷却塔A,Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系冷却塔A,Bは、想定する降下火砕物による磨耗に対し、冷却空気を

上方に流すこと及びファン駆動部の原動機及び減速機を開口部がない全閉構造とすることで摺動部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。また、摺動部に磨耗し難い材料を使用することで磨耗し難い設計とする。

(b) 安全冷却水A,B冷却塔の設計方針

安全冷却水A,B冷却塔は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水A,B冷却塔は、想定する降下火砕物による磨耗に対し、XXXXXXXXXXとすることで摺動部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。また、摺動部に磨耗し難い材料を使用することで磨耗し難い設計とする。

(c) 冷却塔A,Bの設計方針

冷却塔A,Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.3(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

冷却塔A,Bは、想定する降下火砕物による磨耗に対し、冷却空気を上方に流すこと及びファン駆動部の原動機及び減速機を開口部がない全閉構造とすることで摺動部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。また、摺動部に磨耗し難い材料を使用することで磨耗し難い設計とする。

5.4 構造物、換気系、電気系、計測制御系及び安全圧縮空気系における腐食を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋は、想定する降下火砕物による腐食に対し、建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持するため、外壁塗装及び屋上防水を実施することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

b. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備の設計方針

制御建屋中央制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装又

は腐食し難い金属を使用することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、制御建屋中央制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し中央制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(b) ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管の設計方針

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

ガラス固化体貯蔵設備の収納管及び通風管は、想定する降下火砕物による腐食に対し、防食処理した金属を使用することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

(c) 第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機の設計方針

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装又は腐食し難い金属を使用することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、第1非常用ディーゼル発電機、第2非常用ディーゼル発電機は、給気系にフィルタを設置しディーゼル機関内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(d) 安全圧縮空気系の空気圧縮機の設計方針

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全圧縮空気系の空気圧縮機は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装又は腐食し難い金属を使用することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、安全圧縮空気系の空気圧縮機は、給気系にフィルタを設置し空気圧縮機内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(e) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系の設計方針

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装又は腐食し難い金属を使用することで、降下火砕物に

よる化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、気体廃棄物の廃棄施設の換気設備は、給気系にフィルタを設置し建屋内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(f) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の設計方針

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、想定する降下火砕物による腐食に対し、塗装又は腐食し難い金属を使用することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(g) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、外気を下方向から吸い込む構造となるよう防雪フードを設け、上方から降下してくる降下火砕物が侵入し難い構造とする。

c. 屋外の降下火砕物防護対象施設

(a) 前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋の設計方針

前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

前処理建屋，分離建屋，精製建屋，ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋，高レベル廃液ガラス固化建屋は、想定する降下火砕物による腐食に対し、放射性物質の閉じ込め機能及び建屋内の降下火砕物防護対象施設に降下火砕物を接触させない機能を維持するため、外壁塗装及び屋上防水を実施することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(b) 安全冷却水系冷却塔A,Bの設計方針

安全冷却水系冷却塔A,Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とす

る。

安全冷却水系冷却塔A, Bは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

安全冷却水系冷却塔A, Bを構成する機器（冷却機能の維持に必要な機器を除く）のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(c) 安全冷却水A, B冷却塔の設計方針

安全冷却水A, B冷却塔は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水A, B冷却塔は、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

安全冷却水A, B冷却塔を構成する機器（冷却機能の維持に必要な機器を除く）のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(d) 冷却塔A, Bの設計方針

冷却塔A, Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

冷却塔A, Bは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

冷却塔A, Bを構成する機器（冷却機能の維持に必要な機器を除く）のうち、脱落及び転倒により、冷却機能の維持に必要な機器に機械的影響を及ぼし得るものは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(e) 安全冷却水系膨張槽A, Bの設計方針

安全冷却水系膨張槽A, Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目

標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系膨張槽A, Bは、塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(f) 安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B及び安全冷却水系膨張槽A, B周りの配管)の設計方針

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B及び安全冷却水系膨張槽A, B周りの配管)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3)性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系(安全冷却水系冷却塔A, B, 安全冷却水A, B冷却塔, 冷却塔A, B及び安全冷却水系膨張槽A, B周りの配管)は、塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(g) 安全冷却水系膨張槽液位計A, Bの設計方針

安全冷却水系膨張槽液位計A, Bは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3)性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全冷却水系膨張槽液位計A, Bは、塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(h) 主排気筒の設計方針

主排気筒は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3)性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

主排気筒は、塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(i) 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの設計方針

主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトは、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

d. 降下火砕物防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

(a) 飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)の設計方針

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

飛来物防護ネット(使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔A,B), 飛来物防護ネット(第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A,B)は、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(b) 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)の設計方針

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外), 飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外), 飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備), 飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気

系設置室)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 主排気筒周り)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 分離建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 精製建屋屋外)、飛来物防護板(主排気筒接続用 屋外配管及び屋外ダクト 高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)、飛来物防護板(冷却塔接続 屋外設備)、飛来物防護板(前処理建屋 安全蒸気系設置室)は、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

(c) 北換気筒の設計方針

北換気筒は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

北換気筒は、腐食し難い金属の使用又は塗装を実施することで短期での腐食が発生しない設計とする。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

e. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

(a) 使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫の設計方針

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.4(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫は、想定する降下火砕物による腐食に対し、使用済燃料収納キャスクに波及的破損を与えない機能を維持するため、外壁塗装及び屋上防水を実施することで、降下火砕物による化学的腐食により短期的な影響を受けることはない。

また、堆積した降下火砕物の除去後に点検し、必要に応じて修理を行うこと並びに日常的な保守及び修理を行うことにより、長期的な腐食が進展しない設計とする。

5.5 敷地周辺の大気汚染を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備の設計方針

制御建屋中央制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.5(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、給気系にフィルタを設置し、中央制御室内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

制御建屋中央制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、中央制御室内の空気を再循環する措置を講ずることができる設計とする。

(b) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の設計方針

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.5(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、給気系にフィルタを設置し、制御室内部に降下火砕物が侵入し難い設計とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の外気との連絡口を遮断し、制御室内の空気を再循環する措置を講ずることができる設計とする。

(c) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.5(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、想定する降下火砕物による大気汚染に対し、外気を下方向から吸い込む構造となるよう防雪フードを設け、上方から降下してくる降下火砕物が侵入し難い構造とする。

5.6 電気系及び計測制御系における絶縁低下を考慮する施設

(1) 施設

a. 降下火砕物を含む空気の流路となる降下火砕物防護対象施設

(a) 制御建屋中央制御室換気設備の設計方針

制御建屋中央制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

制御建屋中央制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し中央制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(b) 気体廃棄物の廃棄施設の換気設備の給気系、非管理区域換気空調設備の給気系の設計方針

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達

成するために、以下の設計方針とする。

気体廃棄物の廃棄施設の換気設備、非管理区域換気空調設備は、給気系にフィルタを設置し建屋内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(c) 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備の設計方針

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋制御室換気設備は、給気系にフィルタを設置し制御室内部に降下火砕物が侵入し難い構造とする。

(d) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)の設計方針

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

降下火砕物防護対象施設を収納する建屋(外気取入口)は、外気を下方向から吸い込む構造となるよう防雪フードを設け、上方から降下してくる降下火砕物が侵入し難い構造とする。

b. 外気から取り入れた建屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する降下火砕物防護対象施設

(a) 計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤の設計方針

計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

計測制御設備のうち空気を取り込む機構を有する制御盤は、設置する室の換気空調設備の外気取入口にフィルタを設置することで降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

(b) 安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤の設計方針

安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

安全保護回路を収納し空気を取り込む機構を有する制御盤は、設置する室の換気空調設備の外気取入口にフィルタを設置することで降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

(c) 非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤の設計方針

非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

非常用所内電源系統のうち空気を取り込む機構を有する電気盤は、設置する室の換気空調設備の外気取入口にフィルタを設置することで降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

(d) 放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤の設計方針

放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.6(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

放射線監視設備のうち空気を取り込む機構を有する監視盤は、設置する室の換気空調設備の外気取入口にフィルタを設置することで降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

5.7 間接的影響を考慮する施設

(1) 施設

a. 電気設備(ディーゼル発電機)

(a) 第1非常用ディーゼル発電機の設計方針

第1非常用ディーゼル発電機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

第1非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、非常用母線へ7日間の電源供給が継続できるよう給電する機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない建屋内に設置する設計とする。

(b) 重油タンクの設計方針

重油タンクは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

重油タンクは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、第1非常用ディーゼル発電機への燃料の供給が7日間継続できる機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない地下に設置する設計とする。

(c) 燃料移送ポンプの設計方針

燃料移送ポンプは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

燃料移送ポンプは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、重油タンクから第1非常用ディーゼル発電機に供給する機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない建屋内に設置する設計とする。

(d) 第2非常用ディーゼル発電機の設計方針

第2非常用ディーゼル発電機は、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

第2非常用ディーゼル発電機は、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、非常用母線へ7日間の電源供給が継続できるよう給電する機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない建屋内に設置する設計とする。

(e) 燃料油貯蔵タンクの設計方針

燃料油貯蔵タンクは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

燃料油貯蔵タンクは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、第2非常用ディーゼル発電機への燃料の供給が7日間継続できる機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない地下に設置する設計とする。

(f) 燃料油移送ポンプの設計方針

燃料移送ポンプは、「4. 要求機能及び性能目標」の「4.7(3) 性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

燃料移送ポンプは、想定する降下火砕物による間接的影響に対し、降下火砕物の影響を受けない配置にすることにより、燃料油貯蔵タンクから第2非常用ディーゼル発電機に供給する機能を維持するため、降下火砕物の影響を受けない建屋内に設置する設計とする。

6. 構造概要

(1) 降下火砕物防護対象施設を収納する建屋

a. 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の構造概要

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋は、地下3階、地上3階建で、主体構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。平面規模は主要部分で121.50m(NS)×79.75m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端から37.90mである。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の貯蔵プール壁、外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の構造計画を第6.-1表に示す。

第6.-1表 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の構造計画

施設名称	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	地下3階，地上3階建て，主体構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a)NS 方向 (単位：m)</p>	
<p>(b)EW 方向 (単位：m)</p> <p>使用済燃料受入れ・貯蔵建屋 概略断面図</p>		

b. ウラン脱硝建屋の構造概要

ウラン脱硝建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

ウラン脱硝建屋は、地下1階、地上5階建で、主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で38.60m(NS)×40.60m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端から38.20mである。

ウラン脱硝建屋の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

ウラン脱硝建屋の構造計画を第6.-2表に示す。

第6.-2表 ウラン脱硝建屋の構造計画

施設名称	ウラン脱硝建屋	
<p>【位置】 ウラン脱硝建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a) NS 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
	<p>(b) EW 方向</p> <p>(単位：m)</p>	
<p>ウラン脱硝建屋 概略断面図</p>		

c. ウラン酸化物貯蔵建屋の構造概要

ウラン酸化物貯蔵建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

ウラン酸化物貯蔵建屋は、地下2階，地上2階建で，主体構造は鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）である。平面規模は主要部分で53.40m(NS)×52.80m(EW)であり，建屋の高さは基礎スラブ下端から29.90mである。

ウラン酸化物貯蔵建屋の主要耐震要素は，鉄筋コンクリート造の外壁及び一部の内壁である。また，基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

ウラン酸化物貯蔵建屋の構造計画を第6.-3表に示す。

第6.-3表 ウラン酸化物貯蔵建屋の構造計画

施設名称	ウラン酸化物貯蔵建屋	
<p>【位置】 ウラン酸化物貯蔵は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造)である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a) NS 方向</p>	
	<p>(b) EW 方向</p>	
<p>ウラン酸化物貯蔵建屋 概略断面図</p>		

d. ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の構造概要

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋は、地下4階、地上1階建で、主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で55.70m(NS)×51.50m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端から34.30mである。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の構造計画を第6.-4表に示す。

第6.-4表 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の構造計画

施設名称	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造である。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図	<p>(a) NS 方向 (単位：m)</p>	
	<p>(b) EW 方向 (単位：m)</p>	
<p>ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 概略断面図</p>		

e. 第1ガラス固化体貯蔵建屋の構造概要

第1ガラス固化体貯蔵建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

第1ガラス固化体貯蔵建屋は、地下2階、地上1階建で、主体構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)で、一部にシャフト部を有する。平面規模は主要部分で47.00m(NS)×111.20m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端からシャフト部の頂部で58.50mである。

第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の貯蔵区画壁、外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

第1ガラス固化体貯蔵建屋の構造計画を第6.-5表に示す。

第6.-5表 第1ガラス固化体貯蔵建屋の構造計画

施設名称	第1ガラス固化体貯蔵建屋	
<p>【位置】</p> <p>第1ガラス固化体貯蔵建屋は、屋外に設置する設計としている。</p>		
計画の概要	主要構造	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)で、一部にシャフト部を有する。
	支持構造	基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。
説明図		
	<p>(a) NS 方向 (単位：m)</p> <p>(b) EW 方向 (単位：m)</p> <p>第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟 概略断面図</p>	

f. チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋の構造概要

チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋は、「5. 機能設計」で設定している設計方針を踏まえ、以下の構造とする。

チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋は、地下1階、地上2階建で、主体構造は鉄筋コンクリート造である。平面規模は主要部分で61.00m(NS)×60.875m(EW)であり、建屋の高さは基礎スラブ下端から35.27mである。

チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋の主要耐震要素は、鉄筋コンクリート造の貯蔵室壁、外壁及び一部の内壁である。また、基礎スラブはマンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋の構造計画を第6.-6表に示す。