

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

| | |
|-------------------------|-------------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | KK7 添-2-036-25 改2 |
| 提出年月日 | 2020年7月1日 |

V-2-5-5-1-2 復水貯蔵槽の耐震性についての計算書

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-5-5-1-2 復水貯蔵槽の耐震性についての計算書

目 次

| | |
|------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 基本方針 | 2 |
| 2.1 位置 | 2 |
| 2.2 構造概要 | 3 |
| 2.3 評価方針 | 6 |
| 2.4 適用規格・基準等 | 8 |
| 3. 応力解析による評価方法 | 9 |
| 3.1 評価対象部位及び評価方針 | 9 |
| 3.2 荷重及び荷重の組合せ | 10 |
| 3.2.1 荷重 | 10 |
| 3.2.2 荷重の組合せ | 16 |
| 3.3 許容限界 | 17 |
| 3.4 解析モデル及び諸元 | 18 |
| 3.4.1 モデル化の基本方針 | 18 |
| 3.4.2 解析諸元 | 21 |
| 3.5 評価方法 | 22 |
| 3.5.1 応力解析方法 | 22 |
| 3.5.2 断面の評価方法 | 25 |
| 4. 応力解析による評価結果 | 27 |

1. 概要

本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、復水貯蔵槽の地震時の構造強度の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価により行う。

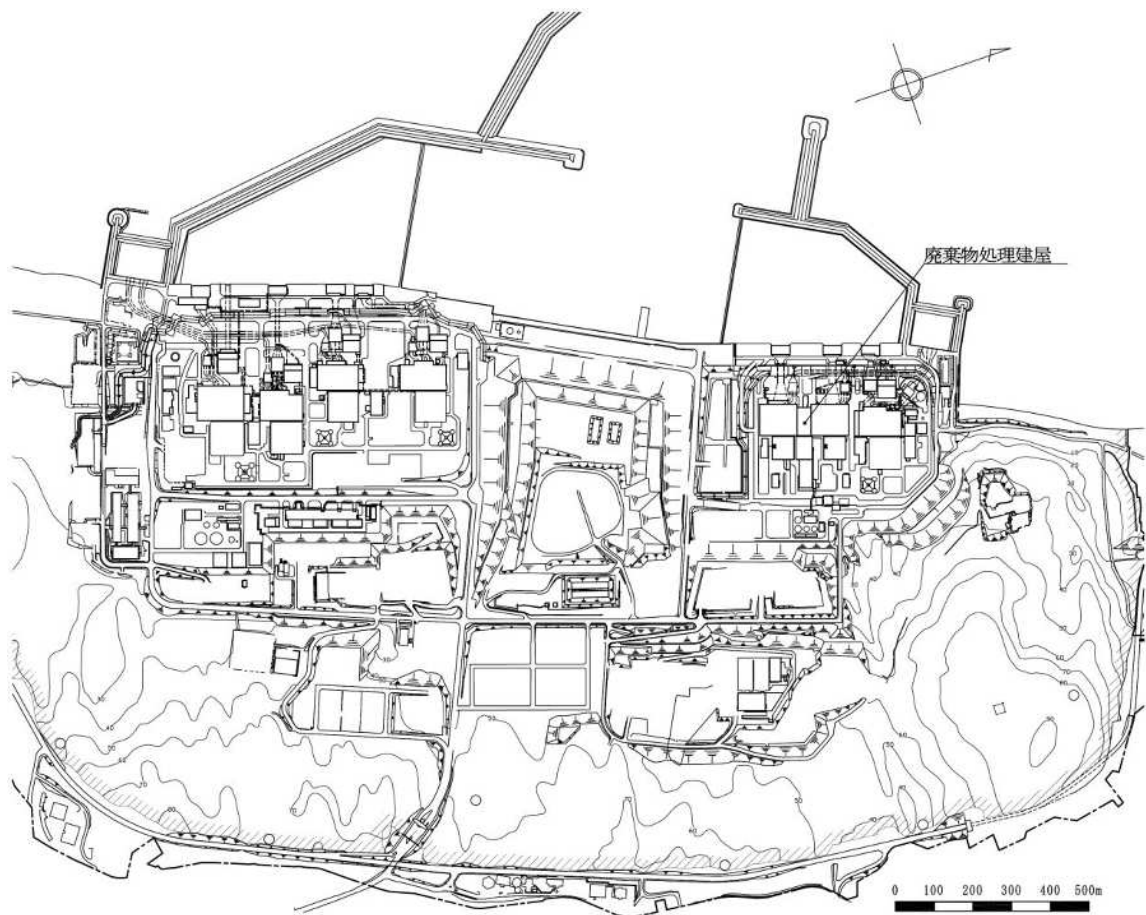
復水貯蔵槽は、設計基準対象施設においては「Bクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

復水貯蔵槽は廃棄物処理建屋の一部を構成している。復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋の設置位置を図 2-1 に示す。



K7 ① V-2-5-5-1-2 R0

図 2-1 復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋の設置位置

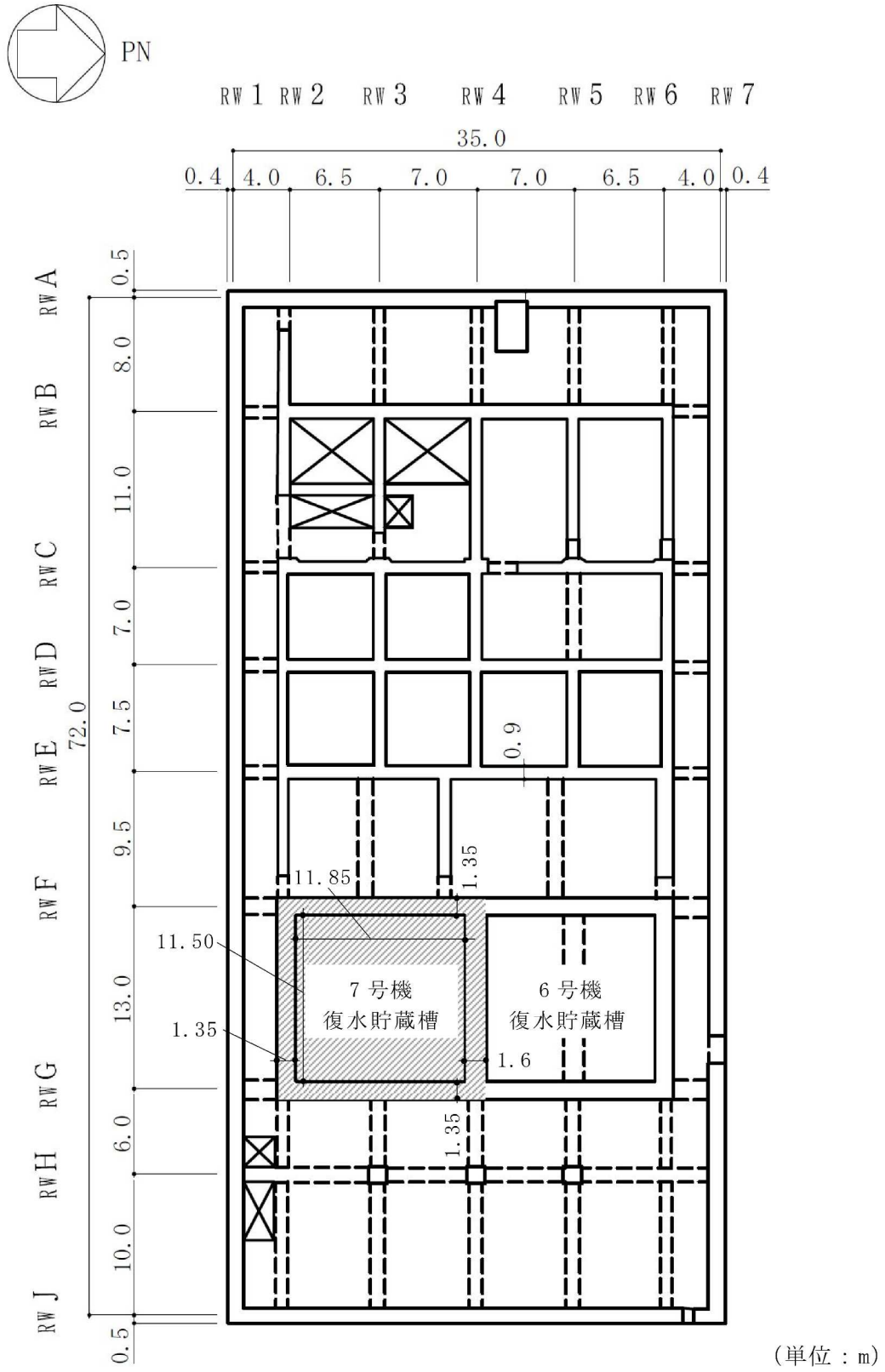
2.2 構造概要

復水貯蔵槽は、廃棄物処理建屋の T.M.S.L. * -1.1m ～T.M.S.L. 16.1m に位置し、鉄筋コンクリート造により主要構造体を構成する。復水貯蔵槽底面及び壁面はステンレス鋼でライニングされており（以下「鋼製ライナ」という。）、鋼製ライナは耐漏洩機能を、鉄筋コンクリート部分は支持機能を有する。内包寸法は、 11.85m （NS 方向） $\times 11.50\text{m}$ （EW 方向）であり、廃棄物処理建屋と床スラブ及び壁を介して接続している。復水貯蔵槽を構成する壁の厚さは 0.9m ～ 1.6m 、底面スラブの厚さは 1.5m である。

復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

注記*：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

K7 ① V-2-5-5-1-1-2 R0



(単位：m)

図 2-2 復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋の概略平面図 (B2F, T.M.S.L. -1.1m)

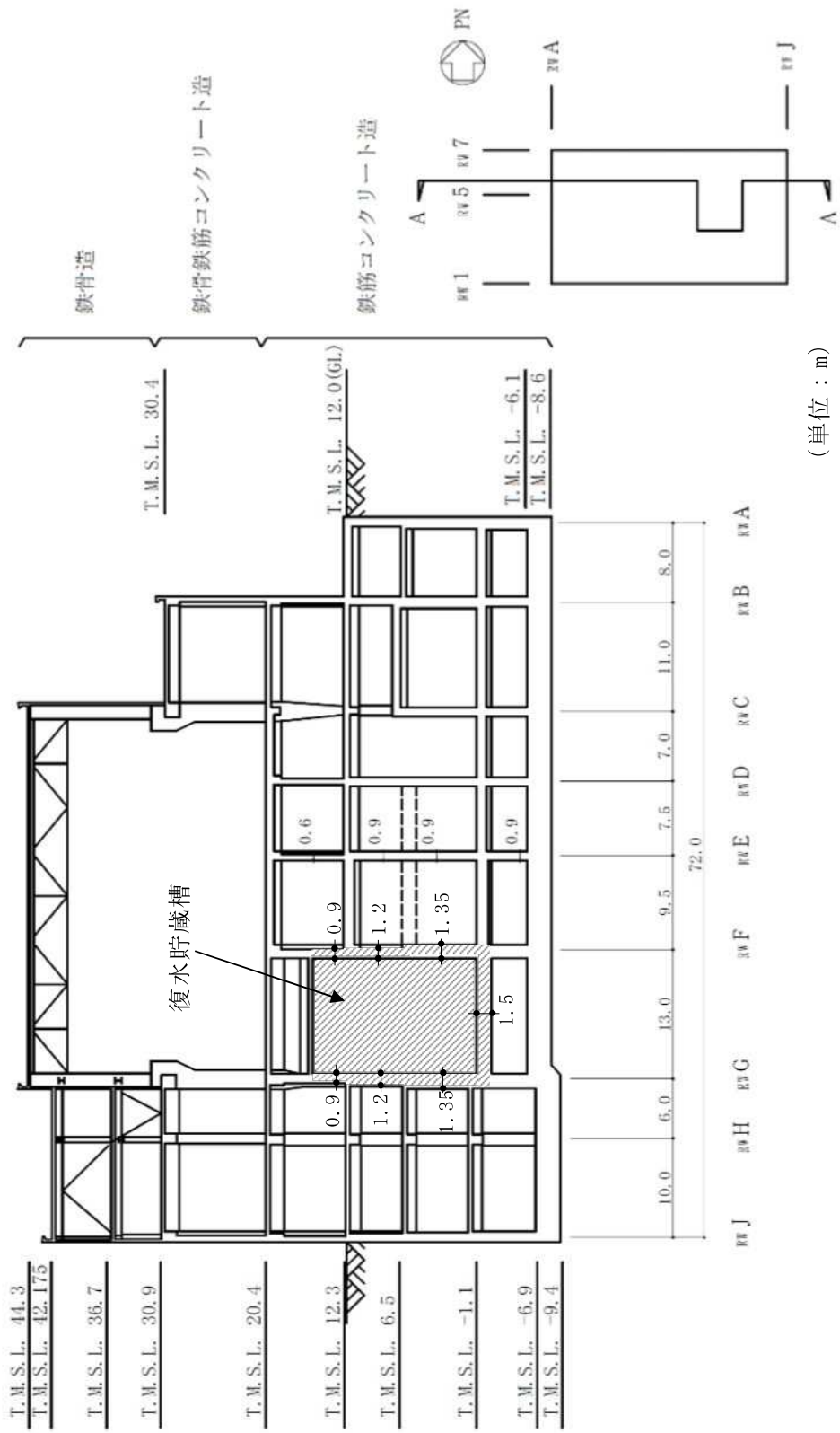


図 2-3 復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋の概略断面図

2.3 評価方針

復水貯蔵槽は、設計基準対象施設においては「Bクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

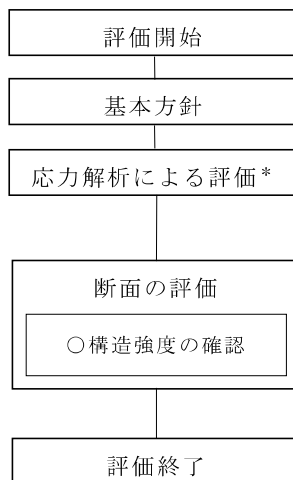
復水貯蔵槽の重大事故等対処施設の評価においては、基準地震動 S_s による地震力（以下「 S_s 地震時」という。）に対する評価を行うこととし、評価はV-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。復水貯蔵槽の評価は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、応力解析による評価において断面の評価を行うことで、復水貯蔵槽の地震時の構造強度の確認を行う。評価にあたっては、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。なお、復水貯蔵槽の地震時の構造強度の確認には、地震応答解析による評価においてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価が必要であるが、復水貯蔵槽が廃棄物処理建屋の一部であることを踏まえ、復水貯蔵槽を含む廃棄物処理建屋全体としての評価結果をV-2-2-12「廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書」に示すこととする。

なお、復水貯蔵槽の「Bクラスの施設」としての分類に応じた静的地震力に対する評価については、平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画の添付資料「IV-2-2-2 廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）による。

図 2-4 に復水貯蔵槽の評価フローを示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 検討ケース | コンクリート 剛性 | 地盤剛性 |
|---|--|---|
| ①ケース 1 (工認モデル) | 実強度 (43.1N/mm ²) | 標準地盤 |
| ②ケース 2 (建屋剛性 + σ , 地盤剛性 + σ) | 実強度 + σ (46.0N/mm ²) | 標準地盤 + σ (新期砂層 + 13%, 古安田層 + 25%, 西山層 + 10%) |
| ③ケース 3 (建屋剛性 - σ , 地盤剛性 - σ) | 実強度 - σ (40.2N/mm ²) | 標準地盤 - σ (新期砂層 - 13%, 古安田層 - 25%, 西山層 - 10%) |
| ④ケース 4 (建屋剛性コア平均) | 実強度 (コア平均) (55.7N/mm ²) | 標準地盤 |
| ⑤ケース 5 (建屋剛性 - 2 σ) | 実強度 - 2 σ (37.2N/mm ²) | 標準地盤 |



注記*：V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図2-4 復水貯蔵槽の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999改定)
- ・ 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制定) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 応力解析による評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

復水貯蔵槽の応力解析による評価対象部位は、復水貯蔵槽を構成する壁及び底面スラブとし、S s地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

S s地震時に対する評価は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析にあたっては、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」及び既工認による荷重を用いて、荷重の組合せを行う。また、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮する。図3-1に応力解析による評価フローを示す。

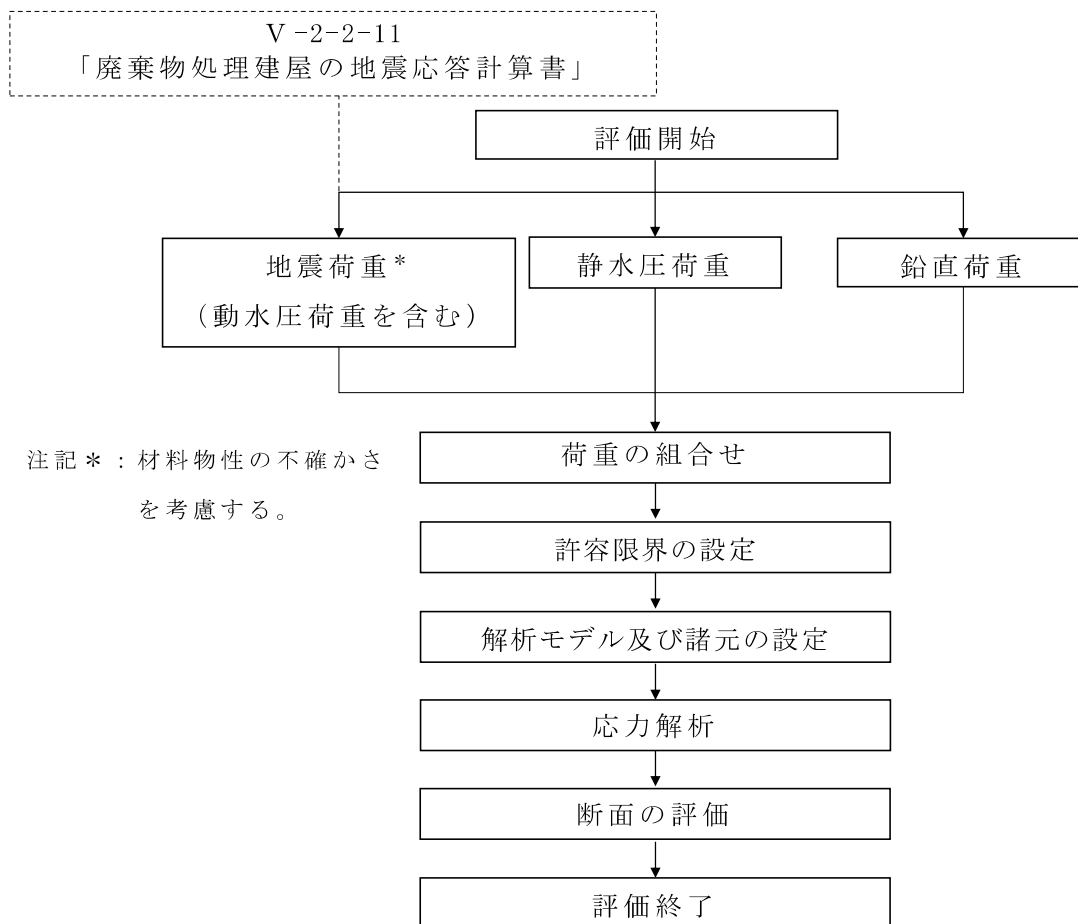


図3-1 応力解析による評価フロー

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重

(1) 鉛直荷重 (V L)

鉛直荷重として、固定荷重、機器荷重、配管荷重、積載荷重及び積雪荷重を、既工認に基づき考慮する。なお、積雪量は 170cm とし、地震荷重と組み合わせるため、その 0.35 倍の積雪荷重を考慮する。

(2) 地震荷重

a. S s 地震荷重 (S s)

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 S s に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び鉛直震度より設定する。地震荷重を表 3-1 及び表 3-2 に示す。また、地震応答解析モデルを図 3-2 に示す。

表 3-1 水平地震荷重

(a) NS 方向 (最大応答せん断力)

| 部材番号 | ($\times 10^3 \text{kN}$) |
|------|-----------------------------|
| 1 | 81.6 |
| 2 | 30.6 |
| 3 | 116 |
| 4 | 118 |
| 5 | 56.0 |
| 6 | 254 |
| 7 | 372 |
| 8 | 490 |
| 9 | 617 |

(b) EW 方向 (最大応答せん断力)

| 部材番号 | ($\times 10^3 \text{kN}$) |
|------|-----------------------------|
| 1 | 84.6 |
| 2 | 6.19 |
| 3 | 109 |
| 4 | 122 |
| 5 | 26.5 |
| 6 | 266 |
| 7 | 424 |
| 8 | 592 |
| 9 | 778 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した値を示す。

(c) NS 方向 (最大応答曲げモーメント)

| 部材番号 | ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$) |
|------|--|
| 1 | 5.13 6.34 |
| 2 | 1.97 4.70 |
| 3 | 10.4 12.1 |
| 4 | 17.7 22.8 |
| 5 | 6.22 11.1 |
| 6 | 34.6 52.1 |
| 7 | 56.3 73.6 |
| 8 | 77.3 110 |
| 9 | 111 140 |

(d) EW 方向 (最大応答曲げモーメント)

| 部材番号 | ($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$) |
|------|--|
| 1 | 5.98 7.16 |
| 2 | 6.16 6.21 |
| 3 | 7.67 10.3 |
| 4 | 11.5 18.4 |
| 5 | 6.43 6.53 |
| 6 | 41.1 58.0 |
| 7 | 67.0 85.0 |
| 8 | 93.7 129 |
| 9 | 137 169 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した値を示す。

表 3-2 鉛直地震荷重

| T. M. S. L. (m) | 鉛直震度 |
|--------------------|------|
| -1.1~16.1 | 0.97 |

注：復水貯蔵槽が位置する T. M. S. L. -1.1~T. M. S. L. 16.1 における鉛直震度の値は部材番号 8~6 の最大値を採用しており、この値は材料物性の不確かさを考慮した値である。

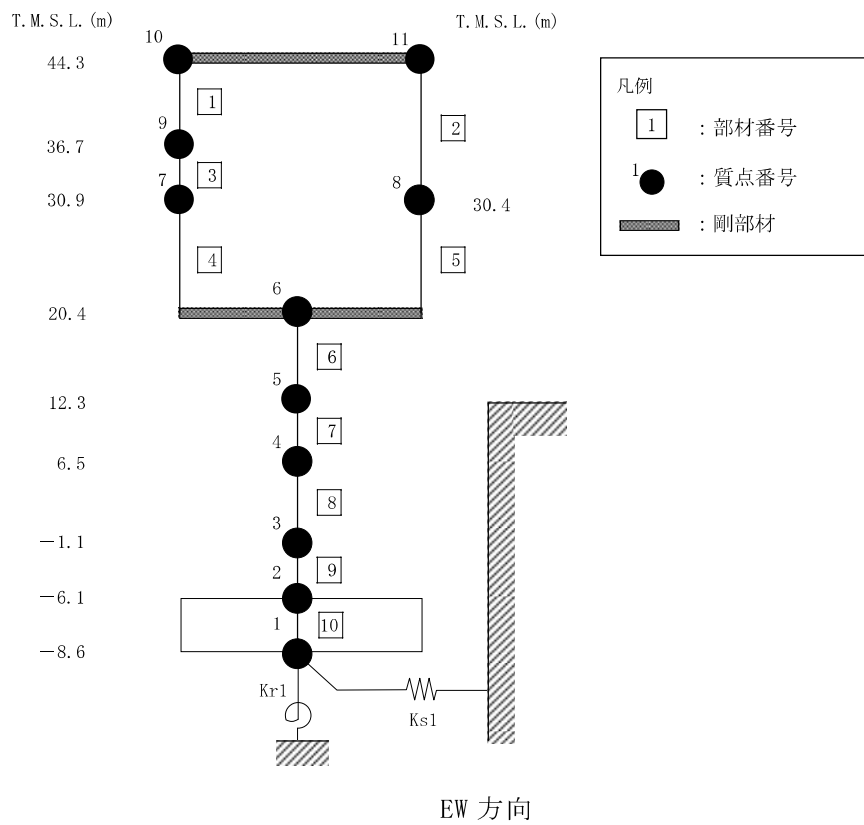
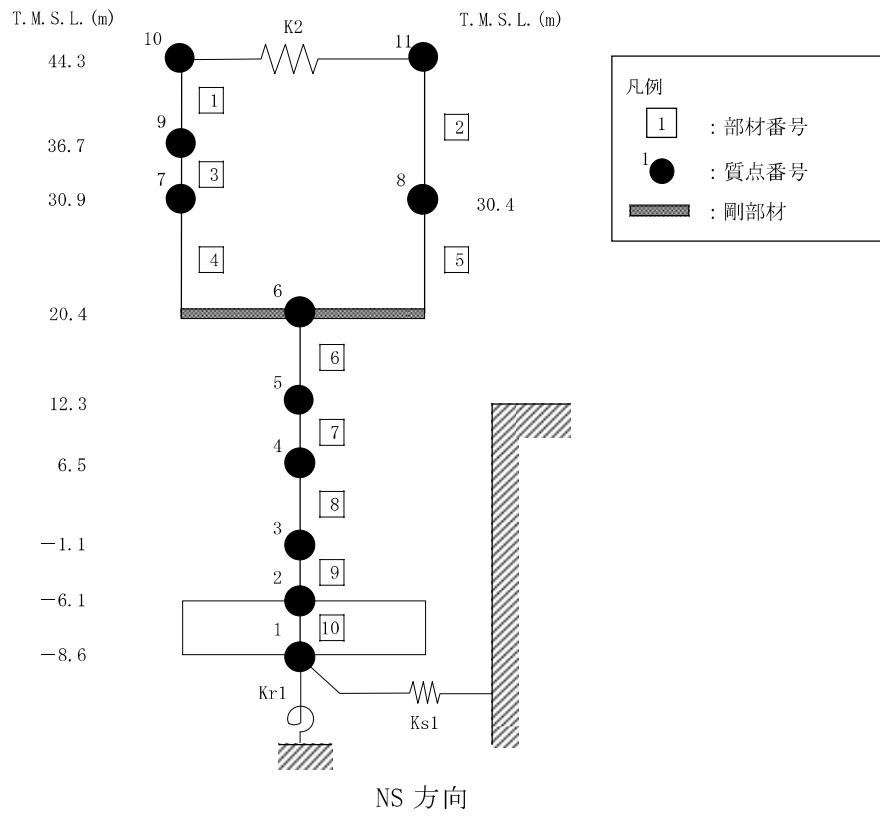


図 3-2 地震応答解析モデル (水平方向)

b. 動水圧荷重 (H d)

動水圧荷重は、「J E A G 4 6 0 1 -1987」における Housner 理論に基づき、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」に示す基準地震動 S_s による地震応答解析結果から衝撃圧及び揺動圧を算定する。動水圧荷重を図 3-3 に示す。

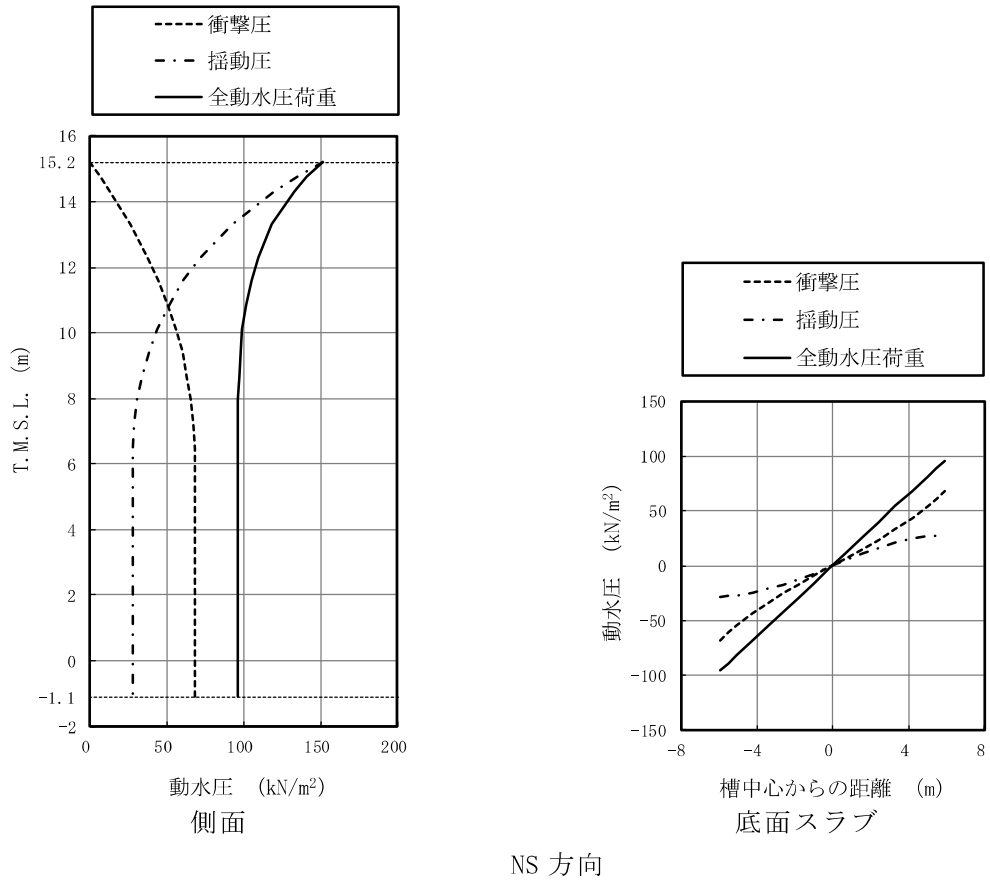
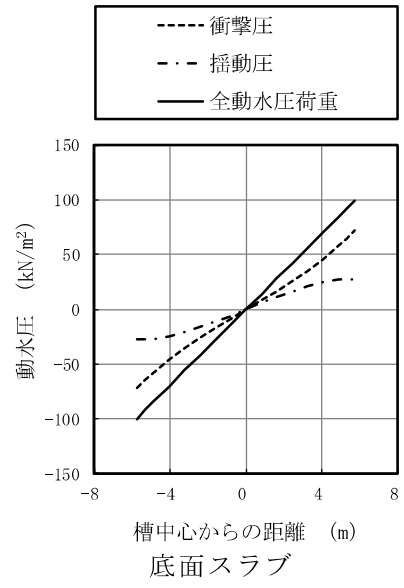
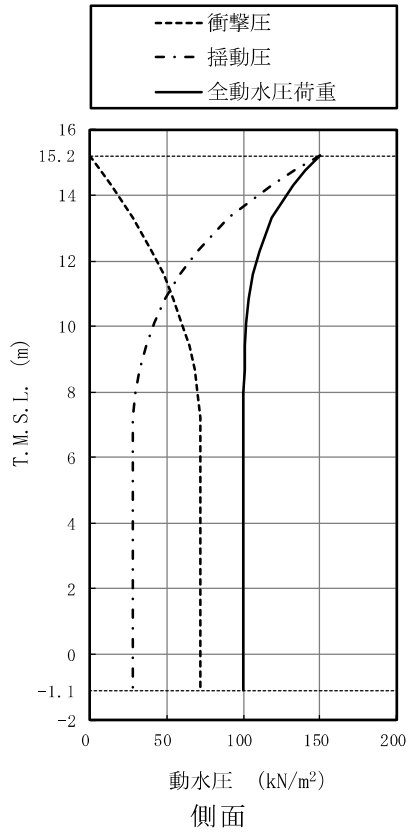


図 3-3 動水圧荷重 (1/2)



EW 方向

図 3-3 動水圧荷重 (2/2)

(3) 静水圧荷重 (H s)

静水圧荷重について、水位は T. M. S. L. 15.2m とし、図 3-4 のとおり設定する。
 底面スラブには T. M. S. L. -1.1m における静水圧荷重 176kN/m² を鉛直下方向に設定する。

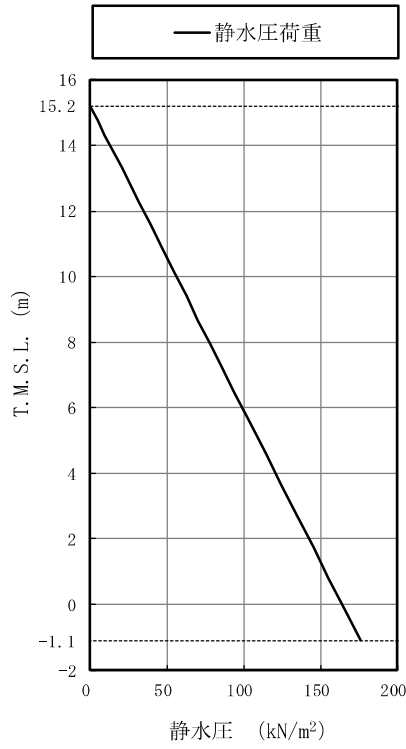


図 3-4 静水圧荷重

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---------|-----------------------|
| S s 地震時 | V L + S s + H s + H d |

V L : 鉛直荷重

S s : S s 地震荷重

H s : 静水圧荷重

H d : 動水圧荷重

3.3 許容限界

応力解析による評価における復水貯蔵槽の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限の方針に基づき、表3-4のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-5及び表3-6に示す。

表3-4 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界(評価基準値) |
|------|------------|-------------------------|--------------|-------------------------------------|------------------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | 壁及び 底面スラブ | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」 における 短期許容応力度* |

注記*：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

表3-5 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

| 設計基準強度 F _c | 圧縮 | せん断 |
|--------------------------|------|------|
| 32.3 | 21.5 | 1.21 |

表3-6 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

| 種別 | 引張及び圧縮 | 面外せん断補強 |
|-------------------|--------|---------|
| SD35 (SD345相当) | 345 | 345 |

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

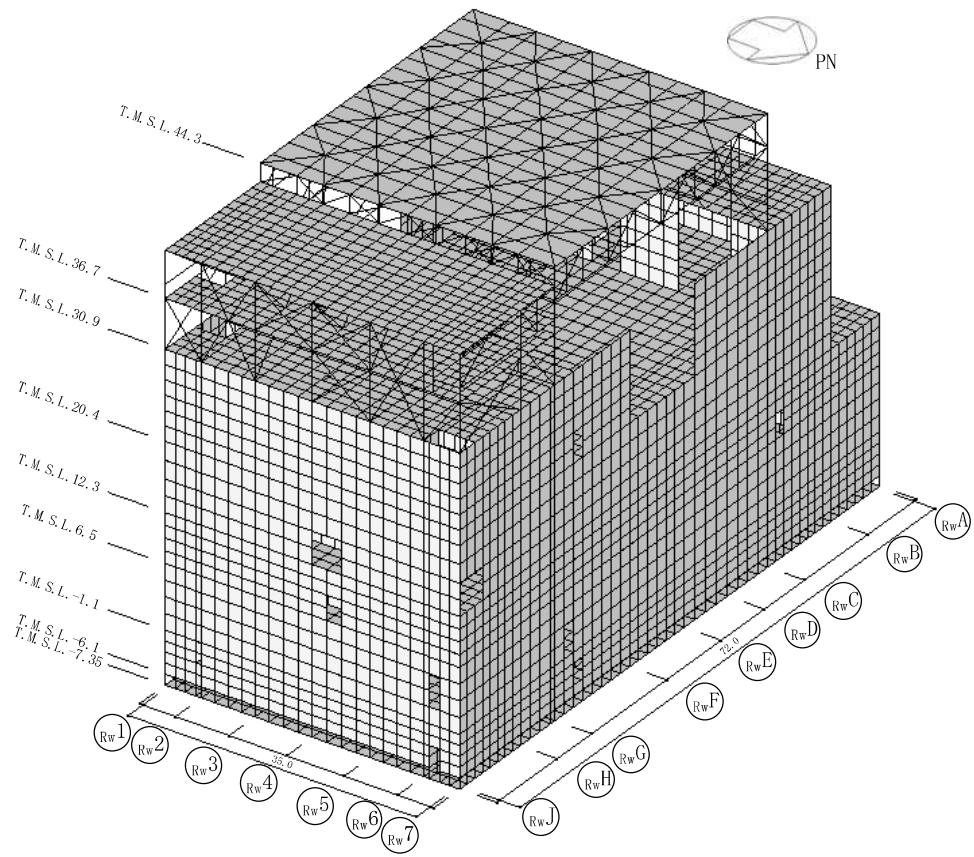
解析モデルは、復水貯蔵槽の周辺構造の剛性を考慮するために、廃棄物処理建屋全体をモデル化する。解析モデルを図 3-5 に示す。

(2) 使用要素

復水貯蔵槽を構成する壁及び底面スラブを含む建屋の壁及びスラブについてはシェル要素とし、柱及びはりはり要素とする。解析モデルの節点数は 15483、要素数は 22215 である。

(3) 境界条件

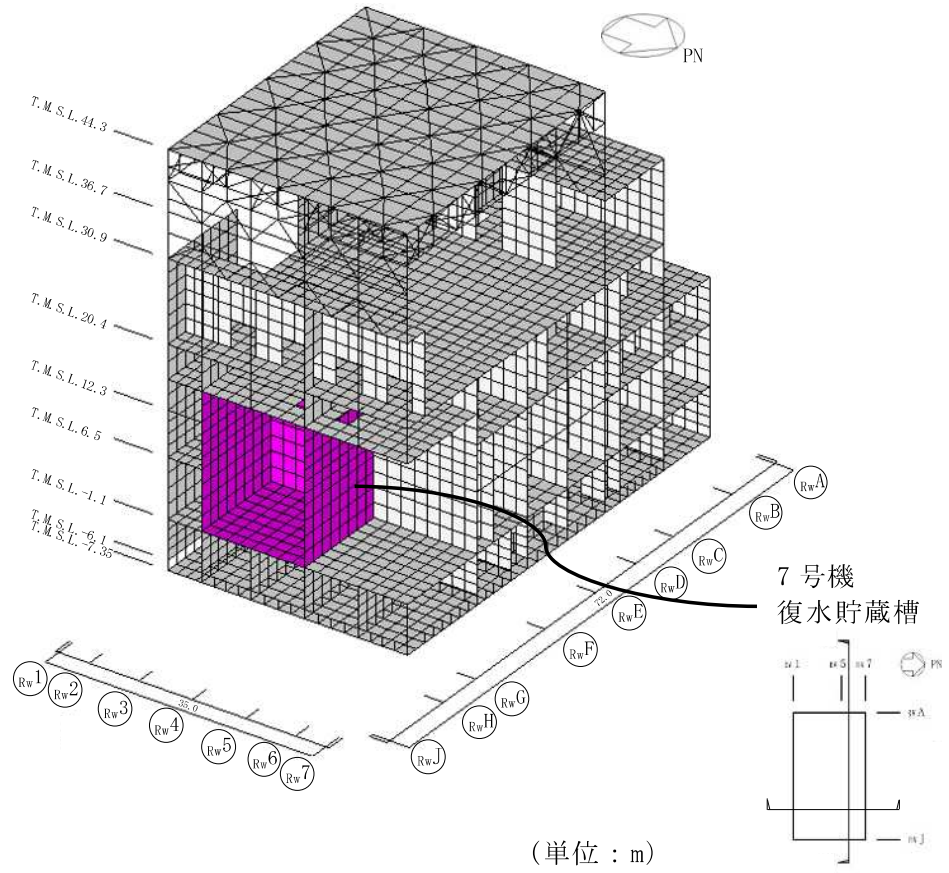
復水貯蔵槽を内包する廃棄物処理建屋の基礎スラブ底面に、V-2-2-11「廃棄物処理建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。



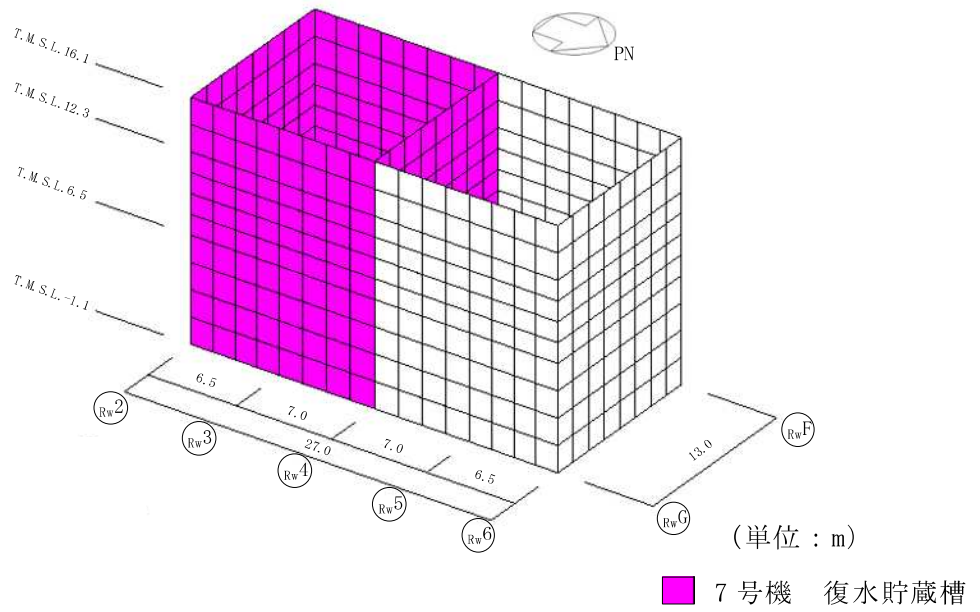
(単位：m)

(a) 廃棄物処理建屋の全体鳥瞰図

図 3-5 解析モデル (1/2)



(b) 廃棄物処理建屋の断面鳥瞰図



(c) 復水貯蔵槽部分の鳥瞰図

図 3-5 解析モデル (2/2)

3.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 3-7 及び表 3-8 に示す。

表 3-7 コンクリートの物性値

| 諸元 | 物性値 |
|-------------------------------|--------------------------|
| ヤング係数 (N/mm ²) | 2.88 × 10 ⁴ * |
| ポアソン比 | 0.2 |

注記* : 剛性はコンクリートの実強度 (43.1N/mm²) に基づく。

表 3-8 鉄筋の物性値

| 諸元 | 物性値 |
|-------------------------------|------------------------|
| 鋼材種 | SD35 (SD345 相当) |
| ヤング係数 (N/mm ²) | 2.05 × 10 ⁵ |

3.5 評価方法

3.5.1 応力解析方法

復水貯蔵槽について、 S_s 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

S_s 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

- V_L : 鉛直荷重
- $S_{s_{SN}}$: 水平地震荷重 (S→N 方向)
- $S_{s_{NS}}$: 水平地震荷重 (N→S 方向)
- $S_{s_{WE}}$: 水平地震荷重 (W→E 方向)
- $S_{s_{EW}}$: 水平地震荷重 (E→W 方向)
- K_v : 鉛直震度
- $H_{s_{SL}}$: 静水圧荷重 (スラブ)
- $H_{s_{WA}}$: 静水圧荷重 (壁)
- $H_{d_{SN}}$: 動水圧荷重 (S→N 方向)
- $H_{d_{NS}}$: 動水圧荷重 (N→S 方向)
- $H_{d_{WE}}$: 動水圧荷重 (W→E 方向)
- $H_{d_{EW}}$: 動水圧荷重 (E→W 方向)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-9 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008 ((社) 日本電気協会)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は 1.0 と 0.4) を用いるものとする。なお、誘発上下動を考慮しない組合せ係数法が保守的な評価となることを確認しているため、復水貯蔵槽の応力解析においては、誘発上下動を考慮しないこととした。

表 3-9 荷重の組合せケース

| ケース No. | 水平 : 鉛直 | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース |
|---------|-----------|------|--|
| 1 | 1.0 : 0.4 | 下向き | $(1.0 + 0.4K_v) V L + S s_{SN}$ $+ (1.0 + 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{SN}$ |
| 2 | | 上向き | $(1.0 - 0.4K_v) V L + S s_{SN}$ $+ (1.0 - 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{SN}$ |
| 3 | | 下向き | $(1.0 + 0.4K_v) V L + S s_{NS}$ $+ (1.0 + 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{NS}$ |
| 4 | | 上向き | $(1.0 - 0.4K_v) V L + S s_{NS}$ $+ (1.0 - 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{NS}$ |
| 5 | | 下向き | $(1.0 + 0.4K_v) V L + S s_{WE}$ $+ (1.0 + 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{WE}$ |
| 6 | | 上向き | $(1.0 - 0.4K_v) V L + S s_{WE}$ $+ (1.0 - 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{WE}$ |
| 7 | | 下向き | $(1.0 + 0.4K_v) V L + S s_{EW}$ $+ (1.0 + 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{EW}$ |
| 8 | | 上向き | $(1.0 - 0.4K_v) V L + S s_{EW}$ $+ (1.0 - 0.4K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + H d_{EW}$ |
| 9 | 0.4 : 1.0 | 下向き | $(1.0 + K_v) V L + 0.4 S s_{SN}$ $+ (1.0 + K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{SN}$ |
| 10 | | 上向き | $(1.0 - K_v) V L + 0.4 S s_{SN}$ $+ (1.0 - K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{SN}$ |
| 11 | | 下向き | $(1.0 + K_v) V L + 0.4 S s_{NS}$ $+ (1.0 + K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{NS}$ |
| 12 | | 上向き | $(1.0 - K_v) V L + 0.4 S s_{NS}$ $+ (1.0 - K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{NS}$ |
| 13 | | 下向き | $(1.0 + K_v) V L + 0.4 S s_{WE}$ $+ (1.0 + K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{WE}$ |
| 14 | | 上向き | $(1.0 - K_v) V L + 0.4 S s_{WE}$ $+ (1.0 - K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{WE}$ |
| 15 | | 下向き | $(1.0 + K_v) V L + 0.4 S s_{EW}$ $+ (1.0 + K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{EW}$ |
| 16 | | 上向き | $(1.0 - K_v) V L + 0.4 S s_{EW}$ $+ (1.0 - K_v) H s_{SL} + H s_{WA} + 0.4 H d_{EW}$ |

(3) 荷重の入力方法

a. S s 地震荷重

水平地震力については，各階のせん断力及び曲げモーメントを各床レベルに面荷重又は節点荷重として入力する。

鉛直地震力については，基準地震動 S s に対する地震応答解析により求まる最大応答軸力から地震時の鉛直震度を求め，FEM モデルの常時の鉛直荷重及び復水貯蔵槽の底面スラブに作用する静水圧荷重に荷重係数として乗じる。なお，常時の鉛直荷重は単位体積重量，面荷重として入力する。

b. 静水圧荷重及び動水圧荷重

図 3-3 及び図 3-4 に示す静水圧荷重及び動水圧荷重を，壁及び底面スラブに面荷重として入力する。

c. S s 地震荷重，静水圧荷重及び動水圧荷重以外の荷重

S s 地震荷重，静水圧荷重及び動水圧荷重以外の荷重については，FEM モデルの各節点又は各要素に，節点荷重又は面荷重として入力する。

3.5.2 断面の評価方法

(1) 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する断面の評価方法

各断面は、鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として評価し、評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量と、面内せん断力による必要鉄筋量の和が設計配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力及び曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量(A_t)を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量(A_s)により、下式によって算定する。ただし、面内せん断力に対しては、コンクリートの許容応力を超えなければ必要鉄筋量を加算しない。

$$A = A_t + A_s / 2$$

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 3-5 に示す値 (N/mm²)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸力が 2N/mm² を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

$w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 3-6 に示す値 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm²)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

4. 応力解析による評価結果

復水貯蔵槽の配筋一覧を表 4-1～表 4-3 に，配筋領域図を図 4-1～図 4-5 に示す。
断面の評価結果を記載する要素を，以下のとおり選定する。

軸力，曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価並びに面外せん断力に対する評価については，発生値に対する許容限界の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

評価結果を表 4-4 に，最大値発生位置を図 4-6～図 4-8 に示す。

S s 地震時において，軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量と面内せん断力による必要鉄筋量の和が設計配筋量を超えないこと並びに面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 4-1 復水貯蔵槽の配筋 (壁)

| 部位 | 通り芯 | レベル T. M. S. L. (m) | 板厚 (m) | 配筋 | | 断面積 (mm ² /m) |
|------|--|------------------------|-----------|---------|---------|-----------------------------|
| | | | | 1 段目 | 2 段目 | |
| 領域 A | R _w F 通り壁 | 12.3~16.1 | 0.90 | D29@200 | D29@200 | 6420 |
| 領域 B | R _w G 通り壁 R _w 2 通り壁 | 6.5~12.3 | 1.20 | D32@200 | D32@200 | 7940 |
| 領域 C | R _w 6 通り壁 | -1.1~6.5 | 1.35 | D35@200 | D35@200 | 9570 |
| 領域 D | R _w 4 通り壁 | -1.1~16.1 | 1.60 | D38@200 | D38@200 | 11400 |

注：配筋は縦筋，横筋，内側，外側とも

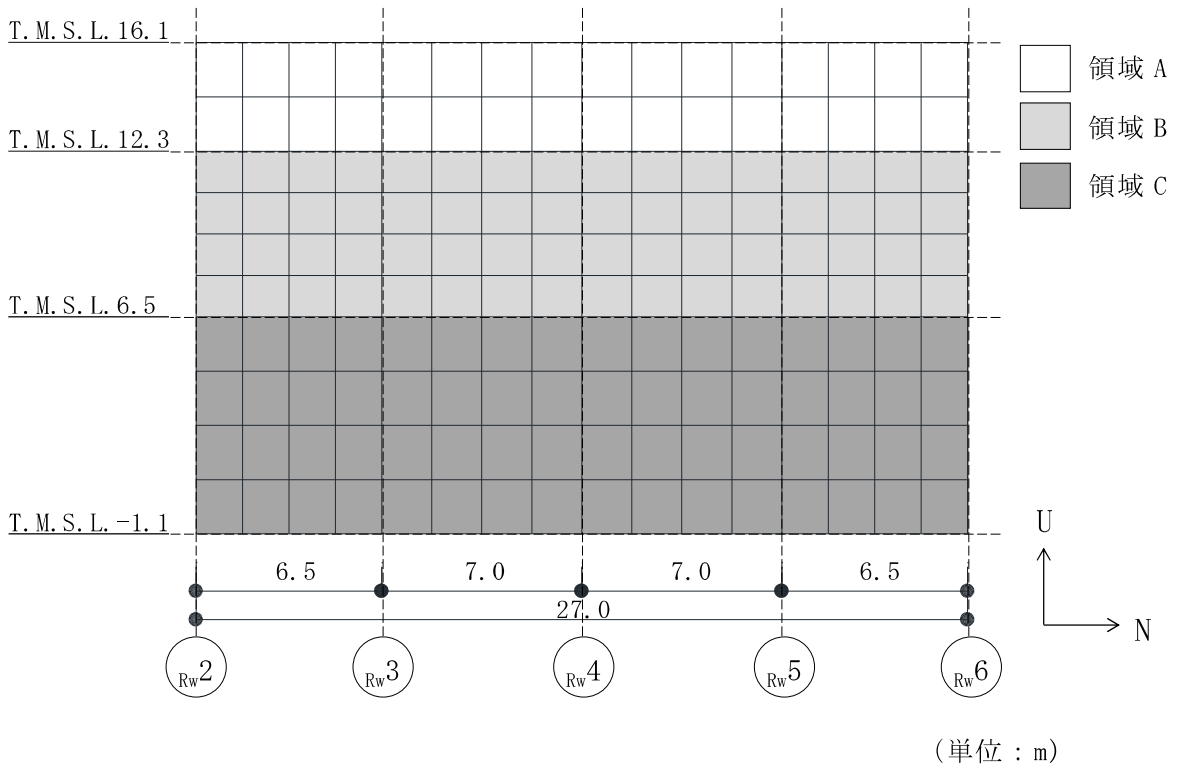


図 4-1 復水貯蔵槽の配筋領域図 (RwF 通り壁, RwG 通り壁)

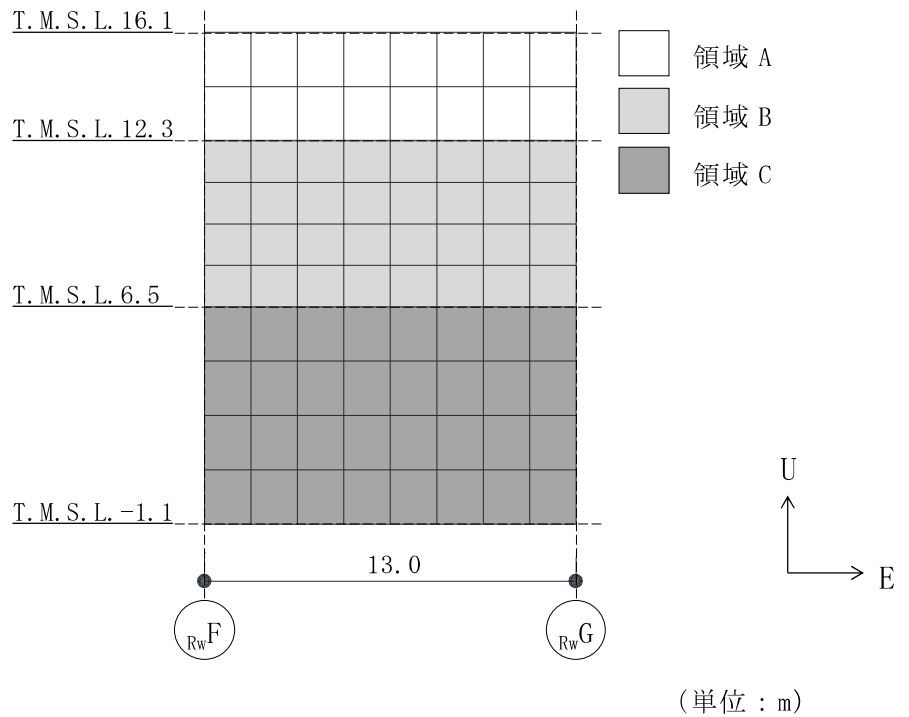
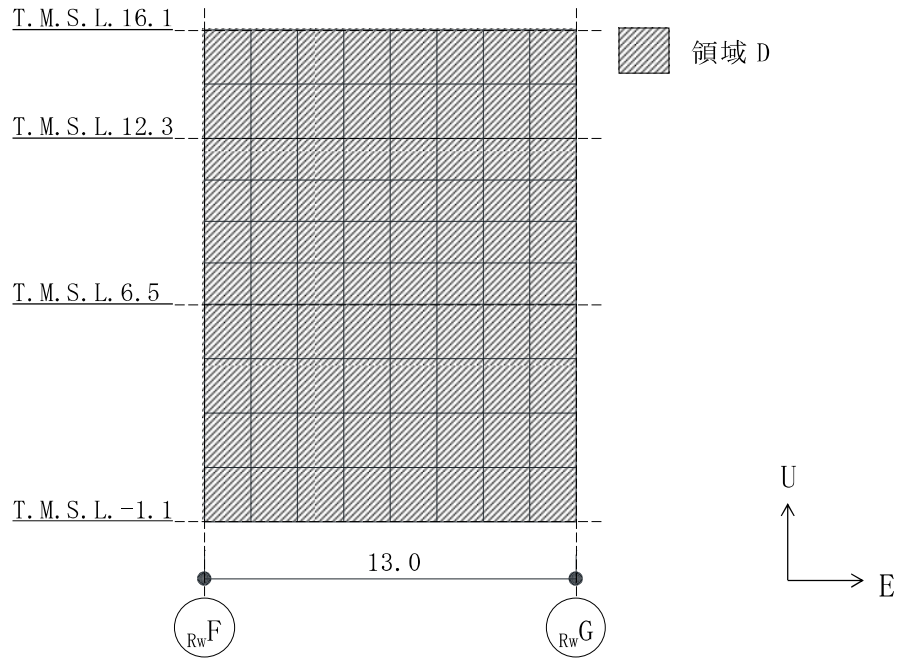


図 4-2 復水貯蔵槽の配筋領域図 (Rw2 通り壁, Rw6 通り壁)



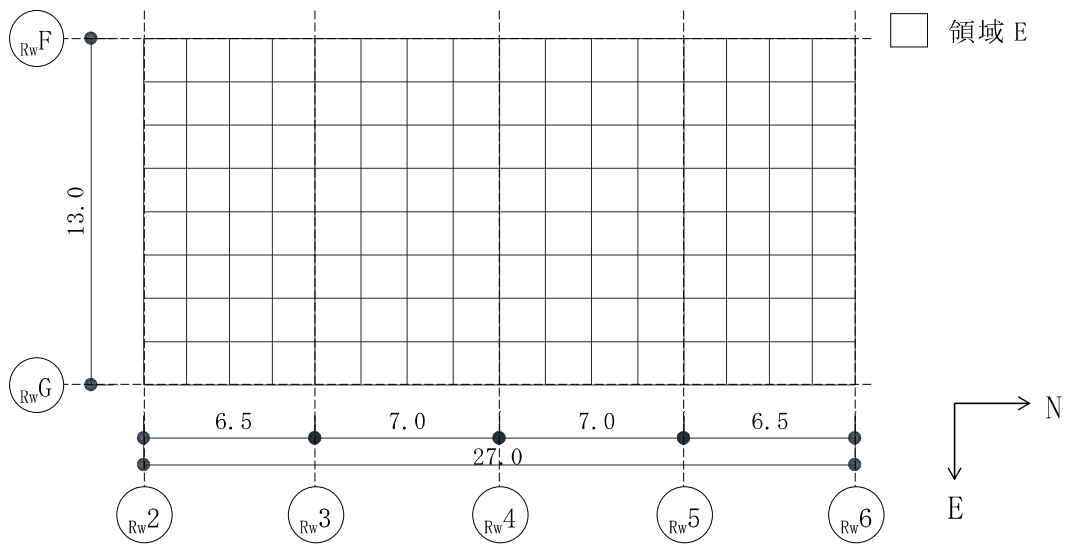
(単位 : m)

図 4-3 復水貯蔵槽の配筋領域図 (R_w4 通り壁)

表 4-2 復水貯蔵槽の配筋（底面スラブ，主筋）

| 部位 | 板厚 (m) | 配筋 | | 断面積 (mm ² /m) |
|------|-----------|---------|---------|-----------------------------|
| | | 1 段目 | 2 段目 | |
| 領域 E | 1.50 | D35@200 | D35@200 | 9570 |

注：配筋は上ば筋，下ば筋，NS 方向，EW 方向とも

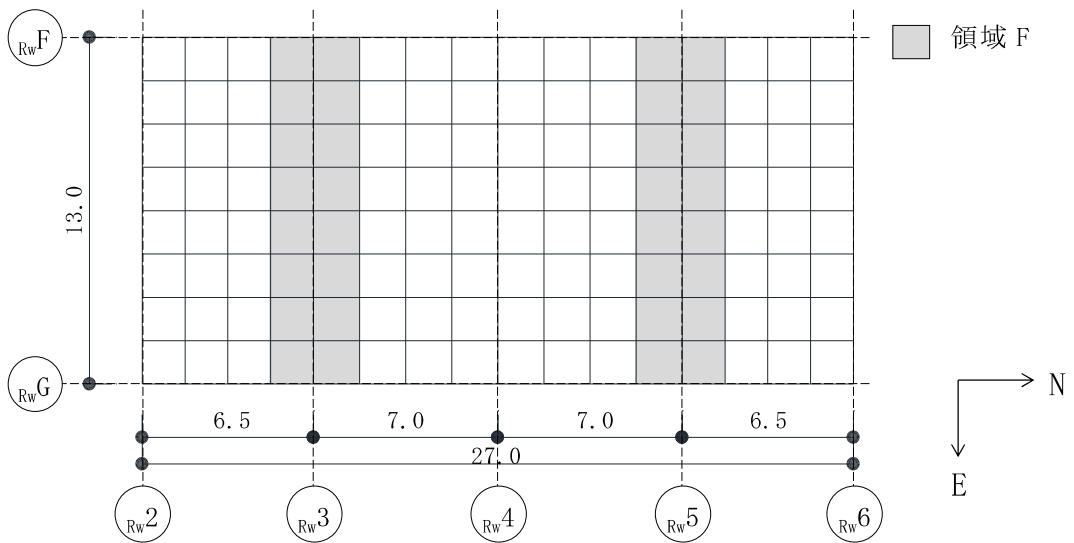


(単位：m)

図 4-4 復水貯蔵槽の配筋領域図（底面スラブ，主筋）

表 4-3 復水貯蔵槽の配筋（底面スラブ，せん断補強筋）

| 部位 | 鉄筋 | ピッチ | 断面積 (mm ² /m) |
|------|-----|-----------|-----------------------------|
| 領域 F | D19 | @200×@400 | 3588 |



(単位：m)

図 4-5 復水貯蔵槽の配筋領域図（底面スラブ，せん断補強筋）

表 4-4 評価結果

| 項目 | | 方向 | 評価項目 | 要素番号 | 組合せケース | 解析結果 | 許容限界 |
|-----------------------------------|-----------|----|-------------------------------|-------|--------|------|------|
| 軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力 | 壁 | 縦 | 必要鉄筋量 (mm ² /m) | 22759 | 2 | 8527 | 9570 |
| | | 横 | | 22822 | 2 | 9208 | 9570 |
| | 底面 スラブ | NS | | 10734 | 1 | 4452 | 9570 |
| | | EW | | 10803 | 5 | 5483 | 9570 |
| 面外せん断力 (kN/m) | 壁 | 縦 | 面外せん断力 (kN/m) | 22483 | 7 | 588 | 1665 |
| | | 横 | | 22468 | 7 | 1177 | 2305 |
| | 底面 スラブ | NS | | 10710 | 1 | 1371 | 2881 |
| | | EW | | 10638 | 7 | 1143 | 2881 |

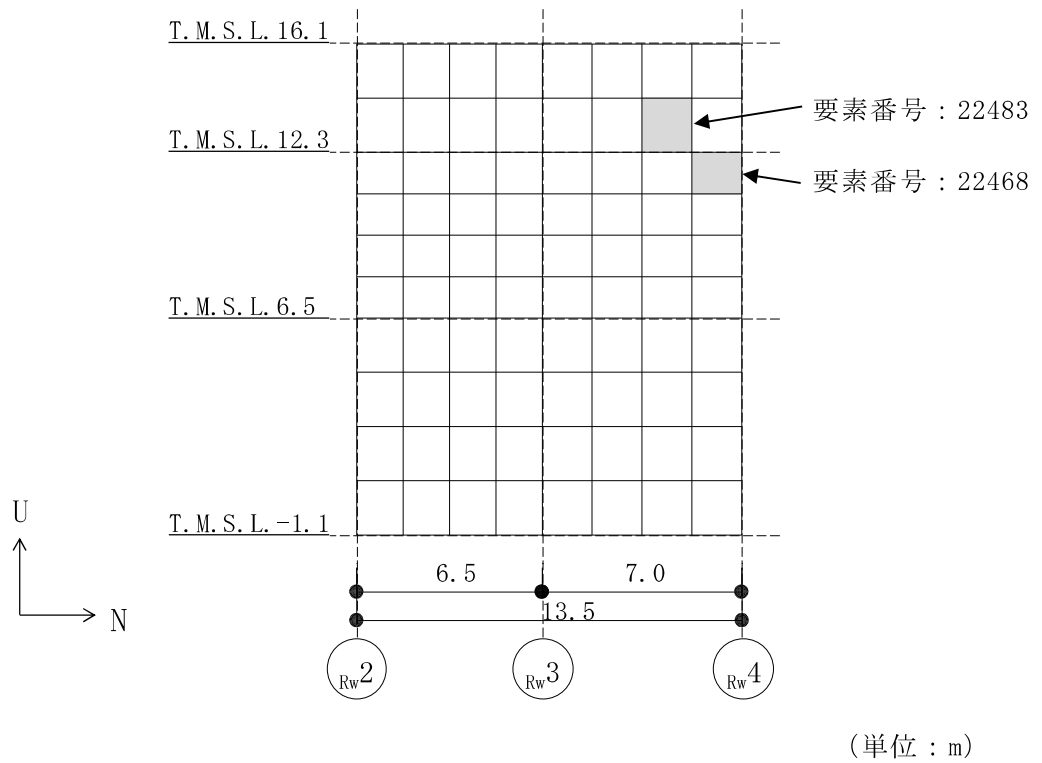


図 4-6 最大値発生位置 (R_wF 通り壁)

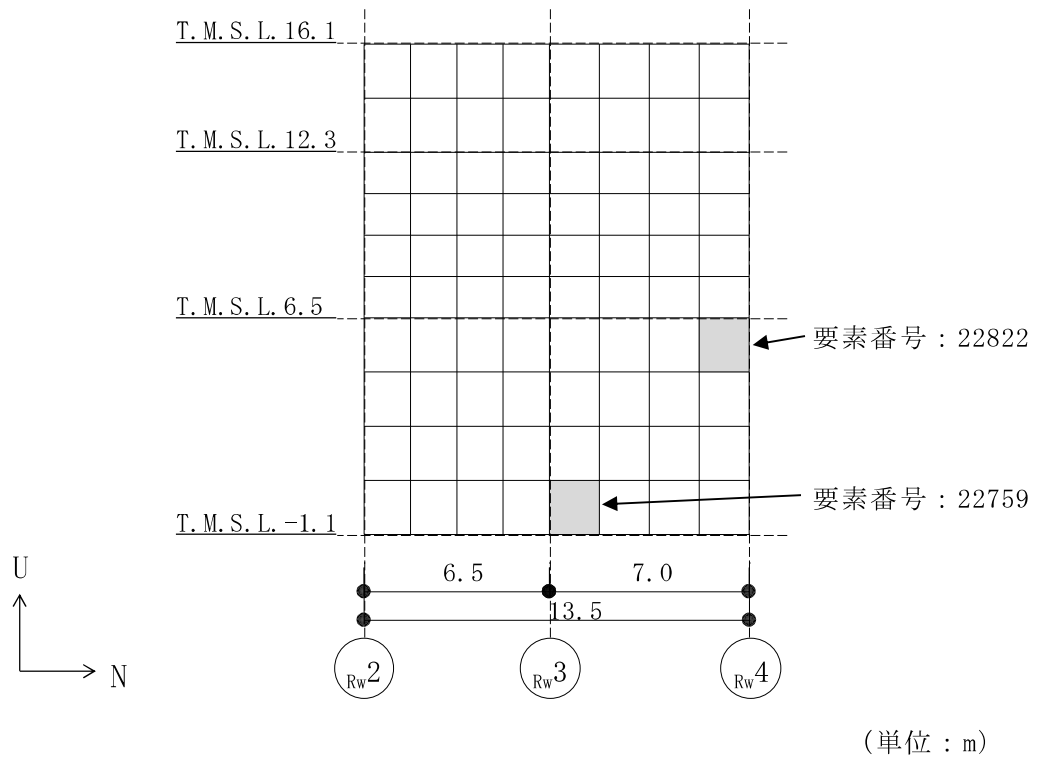


図 4-7 最大値発生位置 (R_wG 通り壁)

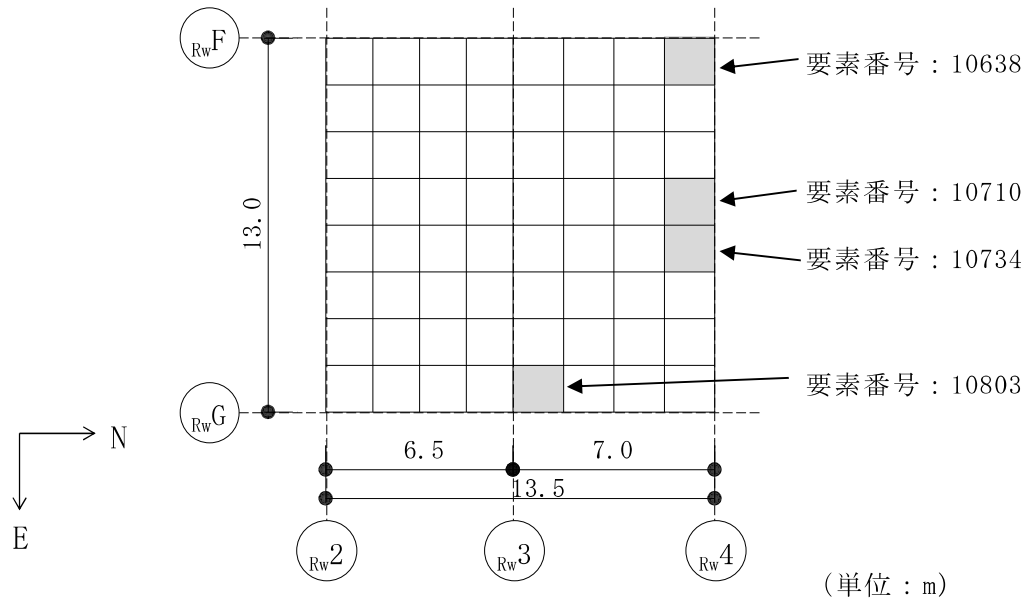


図 4-8 最大値発生位置 (底面スラブ)

別紙 13 MSC NASTRAN

1. 使用状況一覧

| 使用添付書類 | | バージョン |
|-------------|---------------------|-----------------|
| V-2-2-6 | タービン建屋の耐震性についての計算書 | Ver. 2012. 1. 0 |
| V-2-2-12 | 廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書 | Ver. 2012. 1. 0 |
| V-2-5-5-1-2 | 復水貯蔵槽の耐震性についての計算書 | Ver. 2012. 1. 0 |

2. 解析コードの概要

2.1 MSC NASTRAN Ver. 2012.1.0

| 項目 \ コード名 | MSC NASTRAN |
|---|---|
| 使用目的 | 3次元有限要素法による応力解析（弾性） 有限要素法による応力解析 |
| 開発機関 | MSC Software Corporation |
| 開発時期 | 1971年（一般商業用リリース） |
| 使用したバージョン | Ver. 2012.1.0 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは、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、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p> |
| 検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation） | <p>本解析コードは、タービン建屋他の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）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・等分布面荷重を作用させた平板の最大変位について、本解析コードで応力解析を行った解析解と、S. Timoshenkoの理論式による理論解を比較し、解析解と理論解が概ね一致していることを確認した。 ・材料力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法による応力解析を行い、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た。 ・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）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認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、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等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。・応力解析に対して、一般産業界において、全世界 40 ヶ国、約 4,000 件の多数のプロジェクトの解析で使用実績のある M I D A S を用いた解析解と、本解析コードによる解析解を比較したベンチマーキングを行った結果、双方の解が概ね一致していることを確認した。・原子力産業界において、日本原燃株式会社の「ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設に係る設計及び工事」で、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設（M O X 燃料加工施設）のうち燃料加工建屋に対する応力解析に本解析コードが使用された実績がある。・検証の体系と今回の工事計画認可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。・今回の工事計画認可申請において、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。・検証の内容のとおり、応力解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 |
|--|--|