

添説建 3-IV. 付 6-7 表 東側サイディングの諸元

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|-----------------|--------------|---------------|----|
| 耐力 | σ_y | MPa | |
| 引張強さ | σ_u | MPa | |
| 破断伸び | ϵ_u | | |
| ヤング率 | E | MPa | |
| 塑性変形ヤング率 | E_p | MPa | |
| 柱 | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 柱の断面二次モーメント | I_b | mm^4 | |
| 柱の断面係数 | Z_b | mm^3 | |
| 柱の長さ | L_b | mm | |
| 間柱 | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 間柱の断面二次モーメント | I_b | mm^4 | |
| 間柱の断面係数 | Z_b | mm^3 | |
| 間柱の長さ | L_b | mm | |
| 梁（弱軸方向） | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 梁の断面二次モーメント（弱軸） | I_d | mm^4 | |
| 梁の断面係数（弱軸） | Z_d | mm^3 | |
| 梁の長さ | L_d | mm | |

添説建 3-IV. 付 6-8 表 サイディング（東側）が吸収するエネルギー

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|----------------|---|-----|----|
| 飛来物質量（プレハブ） | m | kg | |
| 飛来物速度 | v0 | m/s | |
| 衝突角度 | deg | deg | |
| 飛来物速度 | $v=v0 \times \sin(\text{deg})$ | m/s | |
| プレハブ剛性（車体剛性相当） | $Kv=588 \cdot m$ | N/m | |
| 飛来物変形量 | δv | m | |
| 柱到達歪 | ε | | |
| 間柱到達歪 | ε | | |
| 梁到達歪 | ε | | |
| 柱たわみ | δb | m | |
| 間柱たわみ | δc | m | |
| 梁たわみ | δd | m | |
| 柱変形エネルギー | Eeb | J | |
| 間柱変形エネルギー | Eec | J | |
| 梁変形エネルギー | Eed | J | |
| 柱寄与本数 | nb | 本 | |
| 間柱寄与本数 | nc | 本 | |
| 梁寄与本数 | nd | 本 | |
| 変形エネルギー（全寄与部材） | $Ees=nb \times Eeb+nc \times Eec+nd \times Eed$ | J | |

添説建 3-IV. 付 6-9 表 サイディングの吸収エネルギーとプレハブの運動エネルギーの比較

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|---|---------------|----|----|
| サイディング変形エネルギー | Ees | J | |
| 飛来物変形エネルギー | Eev | J | |
| 全変形エネルギー | $Eet=Ees+Eev$ | J | |
| 飛来物運動エネルギー | Ek | J | |
| 評価 | $Eet > Ek$ | | |
| サイディングの鉄骨による合計吸収エネルギー（全変形エネルギー）は飛来物運動エネルギーより大きい | | | |

塑性を考慮した梁（柱）の変形エネルギー評価手法

ここでは、塑性まで考慮した場合の梁が担うことのできる変形エネルギーの評価手法を示す。

1. 応力歪線図のモデル化例

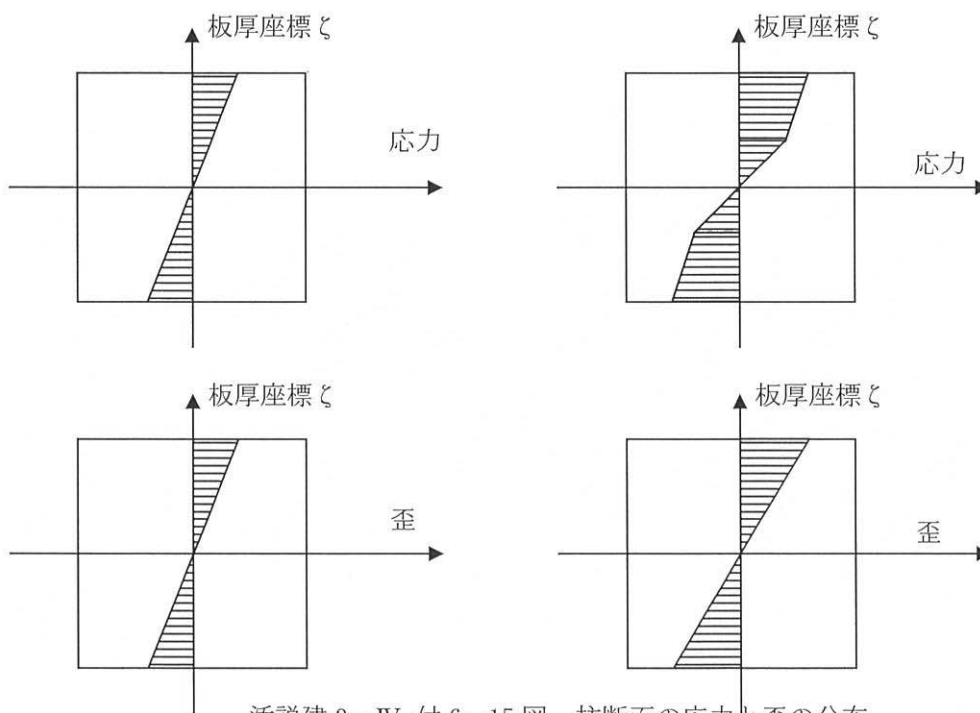
応力歪線図は概略とし添説建 3-IV. 付 6-14 図に示す通りモデル化する。



添説建 3-IV. 付 6-14 図 応力歪線図のモデル化

2. 梁断面の応力分布とモーメント

梁断面が破断する直前の柱断面が担うことのできるモーメントは断面内のモーメントを積分することで求められる。柱断面の応力と歪の分布を添説建 3-IV. 付 6-15 図に示す。



添説建 3-IV. 付 6-15 図 柱断面の応力と歪の分布

応力歪線図の模式図から応力と歪の関係式を以下の通り示す。

$$\sigma = \begin{cases} E\varepsilon & \varepsilon \leq \varepsilon_y \\ \sigma_y + E_p(\varepsilon - \varepsilon_y) & \varepsilon > \varepsilon_y \end{cases} \quad (1)$$

ここで

σ : 応力

σ_y : 耐力 (N/mm² とする)

ε : 歪

ε_y : 弾性限界歪

E : ヤング率 (N/mm² とする)

E_p : 弾性限界を超えた歪における応力-歪線図の傾き (以後、塑性ヤング率という)

$$E_p = \frac{\sigma_u - \sigma_y}{\varepsilon_u - \varepsilon_y} \quad (2)$$

Σ_u : 引張強さ (N/mm² とする)

E_u : 破断伸び (% とする)

柱の断面の板厚方向 (曲げ方向) の座標をととする。

断面内の歪の分布は線形であるとして、

$$\varepsilon = \alpha \zeta \quad (3)$$

ここで板厚を h とすると、

$$\alpha = \frac{2\varepsilon_m}{h} \quad (4)$$

ε_m : 断面内最大歪

とする。

また、断面の ζ 座標上で応力が耐力に到達するときの値を

$$\zeta_y = \frac{\varepsilon_y}{\alpha} \quad (5)$$

とする。

断面内のモーメントを計算する。

計算は矩形断面を前提に評価するので、板幅を b とすると、任意の形状の断面に対し、断面二次モーメント I が与えられているとして、

$$b = \frac{12I}{h^3} \quad (6)$$

である。

断面内モーメントは

$$\begin{aligned}
 M &= 2b \int_0^{h/2} \sigma(\zeta) \cdot \zeta \cdot d\zeta \\
 &= 2b \left[\int_0^{\zeta_y} \alpha E \cdot \zeta^2 \cdot d\zeta + \int_{\zeta_y}^{h/2} \{\sigma_y + E_p \alpha(\zeta - \zeta_y)\} \zeta \cdot d\zeta \right] \\
 &= 2b \left\{ \left[\frac{\alpha E \cdot \zeta^3}{3} \right]_0^{\zeta_y} + \left[\frac{\sigma_y \zeta^2}{2} \right]_{\zeta_y}^{h/2} + \left[\frac{\alpha E_p \zeta^3}{3} \right]_{\zeta_y}^{h/2} - \left[\frac{\alpha E_p \zeta_y \zeta^2}{2} \right]_{\zeta_y}^{h/2} \right\} \\
 &= b \left\{ \frac{2\alpha E \cdot \zeta_y^3}{3} + \frac{\sigma_y h^2}{4} - \sigma_y \zeta_y^2 + \frac{\alpha E_p h^3}{12} - \frac{2\alpha E_p \zeta_y^3}{3} - \frac{\alpha E_p \zeta_y h^2}{4} + \alpha E_p \zeta_y^3 \right\} \quad (7)
 \end{aligned}$$

3. モーメントからたわみ、荷重、変形エネルギーの計算手順

梁に作用するたわみの分布は弾性るときと同様線形であるとする。

梁に作用するモーメントと荷重の関係は

$$M = \frac{FL}{\beta} \quad (\text{両端支持の場合、梁の中央に荷重が作用するとして } \beta = 4) \quad (8)$$

となる。

ここで

L : 梁の長さ

F : 梁の荷重 (両端支持の場合は梁の中央に作用する)

たわみは

$$\delta = \frac{FL^3}{\gamma EI} \quad (\text{両端支持の場合 梁中央の荷重に対して } \gamma = 48) \quad (9)$$

となる。

以上を用いて計算の手順を以下に示す。

① 梁に作用するたわみ δ を仮定する

② たわみから仮想荷重 F_i を求める（以下、“仮想”とは塑性を無視して線形として評価したものを意味する）

$$F_i = \frac{\delta \gamma EI}{L^3} \quad (10)$$

③ 仮想荷重から仮想モーメント M_i を求める

$$M_i = \frac{F_i L}{\beta} \quad (11)$$

④ 仮想モーメントから仮想応力 σ_i を求める。

$$\sigma_i = \frac{M_i}{Z} \quad (12)$$

ここで Z は断面係数

⑤ 仮想応力から断面内最大歪 ε_m を求める。

$$\varepsilon_m = \frac{\sigma_i}{E} \quad (13)$$

⑥ 表面最大歪から断面内歪傾き α を求める

$$\alpha = \frac{2\varepsilon_m}{h} \quad (14)$$

⑦ この α を用いて(10)式に代入し、実際に作用するモーメント M を求める。

⑧ モーメント M から実際に作用する荷重 F を求める。

$$F = \frac{\beta M}{L} \quad (15)$$

⑨ たわみ δ_u に到達するまでの変形エネルギー E_e を計算する。

$$E_e = \int_0^{\delta_u} F \cdot \delta \cdot d\delta \quad (16)$$

この計算手法により、任意の歪に対してたわみ、荷重の関係が計算できる。また、変形エネルギーについては、たわみを少しずつ変化させ、数値積分（台形公式）することにより求める。

V. 第1廃棄物処理所前室 竜巻防護設計計算書

1. 第1廃棄物処理所前室の概要

1.1. 位置

第1廃棄物処理所前室の設置位置を図イ建-1-1「敷地内建物配置図」に示す。
設置場所は敷地内中央の東側に位置し、最も近い民家や公道から約135m以上離れている。

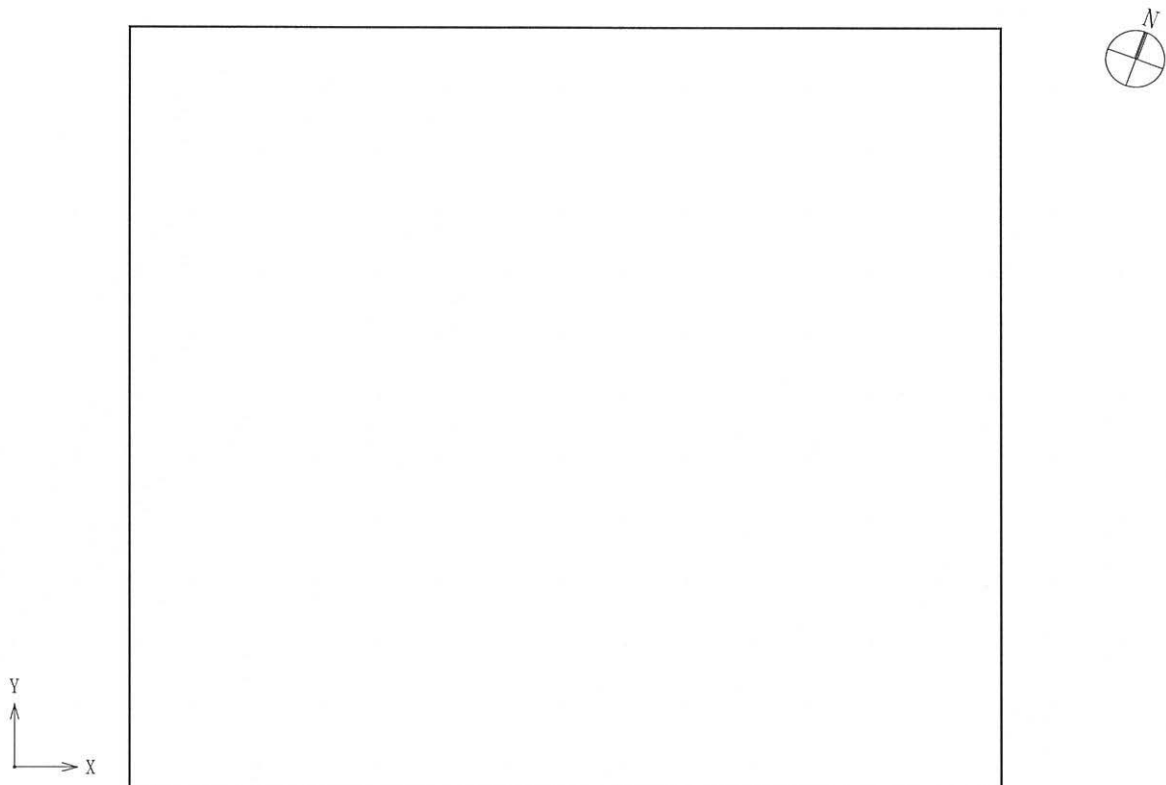
1.2. 建物の概要

第1廃棄物処理所前室は平屋建ての鉄筋コンクリート造（RC造）であり、平面形状は、約4.1m×5.715m、高さ約4.9mの整形な新設建物である。

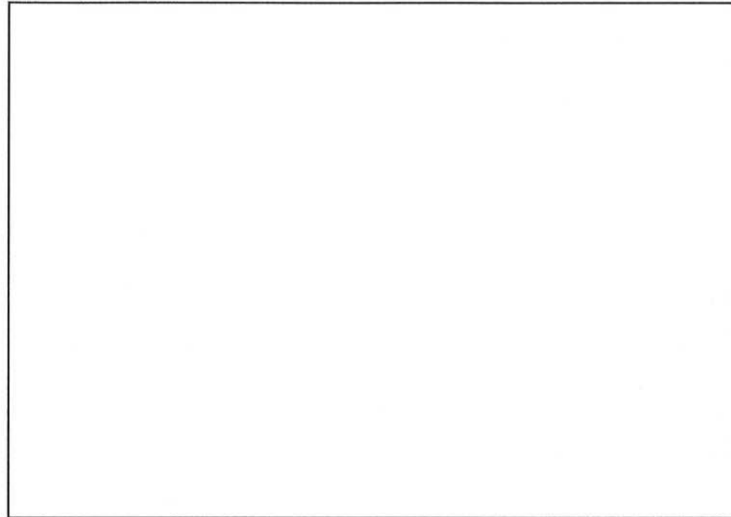
開口部としては、鉄扉を設置している。

屋根伏図、立面図、断面図を添説建3-V.1.2-1図～添説建3-V.1.2-3図に示す。

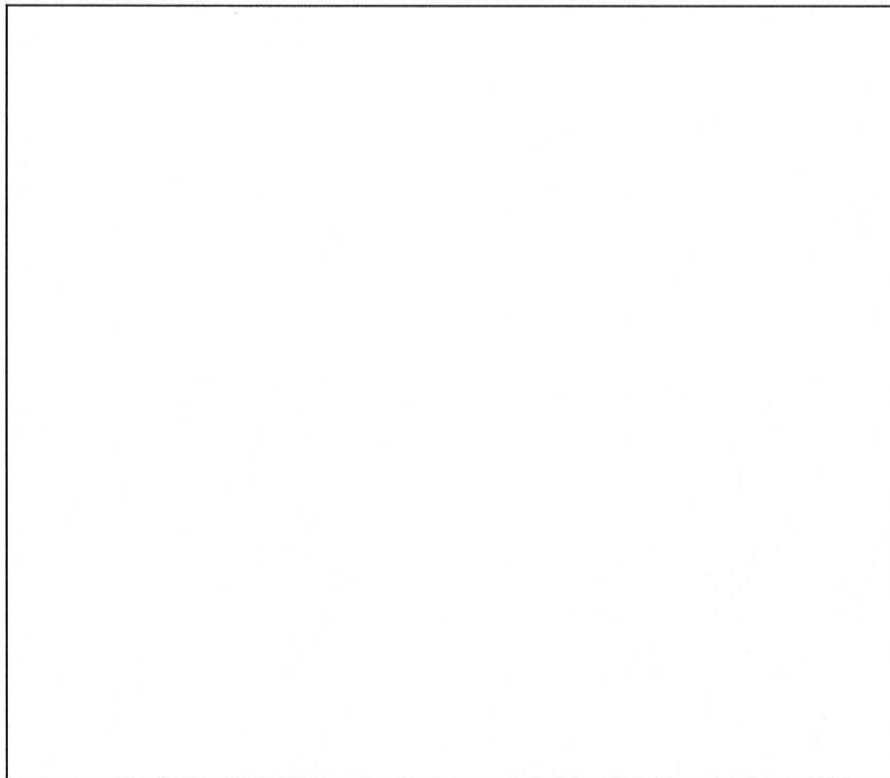
注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



添説建3-V.1.2-1図 屋根伏図



添説建 3-V.1.2-2 図 立面図

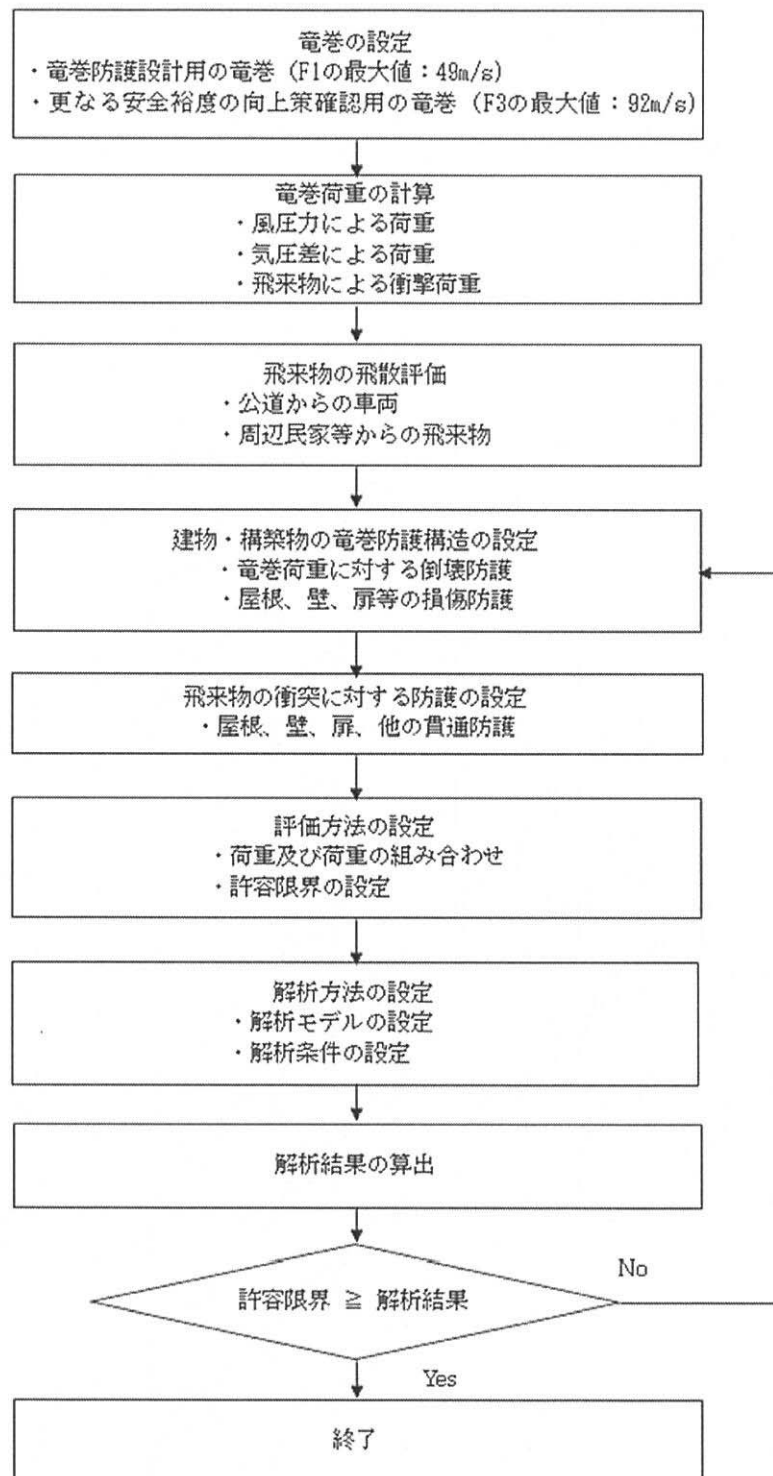


添説建 3-V.1.2-3 図 断面図

1.3. 設計方針

竜巻防護設計の方針に従い、竜巻は風速を藤田スケール F1 の最大風速 49m/s とし、構造強度評価「建物に作用する竜巻荷重と保有水平耐力との比較」、局部評価「屋根、壁、鉄扉等に作用する荷重と強度との比較」を実施する。なお、敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、F3 の最大風速 92m/s で同様の評価を実施する。建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建 3-V.1.3-1 図に示す。



添説建 3-V.1.3-1 図 建物・構築物の竜巻防護設計フロー概要

2. 竜巻荷重の計算

2.1. 建物の構造強度評価に用いる竜巻荷重の計算

構造強度評価は、「建物の保有水平耐力と同建物に作用する気圧差による荷重」と「気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重」との比較で行う。この評価により、第1廃棄物処理所前室が竜巻により倒壊することが無いことを確認する。

(1) 竜巻荷重の計算

気圧差による荷重 W_{T1} 、気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重 W_{T2} は以下の式で計算し、荷重の大きい方を採用する。また、F3 竜巻荷重についても同様に計算する。

$$W_{T1} = w_p \times A_L$$

$$W_{T2} = (C_{WU} \times q \times A_U - C_{WL} \times q \times A_L) + 1 / 2 \times w_p \times A_L$$

ここで

A_U : 風上側面積

A_L : 風下側面積

w_p : 竜巻による気圧差による荷重

C_{WU} : 風上側風力係数

C_{WL} : 風下側風力係数

q : 設計用速度圧

速度圧、気圧差による荷重の計算式と各パラメータを下記に示す。

$$q = 1 / 2 \times \rho \times V_D^2$$

$$w_p = \rho \times V_m^2$$

ここで

ρ : 空気密度 = 1.22 kg/m³

V_D : F1 竜巻最大風速 = 49 m/s、F3 竜巻最大風速 = 92 m/s

V_m : F1 竜巻の最大接線風速 = 42 m/s、F3 竜巻の最大接線風速 = 78 m/s

(2) 風力係数

壁等の風力係数を添説建 3-V.2.1-1 表に示す。風下側の風力係数 C_{WL} は、風向方向の建物寸法 D と風向に直交する方向の建物寸法 B の比で整理されるが、保守的に絶対値が大きい -0.5 を用いて評価する。

添説建 3-V.2.1-1 表 壁等の風力係数 C_w (正が圧縮、負が引張)

| | | 風力係数 |
|--------------|-----------|-------|
| 風上側 C_{WU} | | 0.80 |
| 風下側 C_{WL} | D/B 比 ≤ 1 | -0.50 |
| | D/B 比 > 1 | -0.35 |

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

2.2. 局部評価に用いる竜巻荷重の計算

(1) 荷重計算方法

荷重計算方法を以下に示す。局部評価用のF1竜巻荷重は、壁、鉄扉については w_{T1} と w_{T2_w} の大きい方、屋根については w_{T1} と w_{T2_r} の大きい方とする。

1) 壁、鉄扉

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_w} = \begin{cases} C_{WU} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q \geq -w_p \text{ の場合} \\ C_{WL} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q < -w_p \text{ の場合} \end{cases}$$

2) 屋根

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_r} = C_R \times q + 1 / 2 \times w_p$$

(2) 風力係数

壁、鉄扉の風力係数は添説建3-V.2.1-1表に示す通りである。なお、風下側は、保守的に絶対値が大きい-0.5を用いて評価する。

屋根の風力係数を添説建3-V.2.2-1表に示す。屋根に作用する荷重は、風上側の屋根端部からの距離 R_b で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-1.2を用いて評価する。

添説建3-V.2.2-1表 屋根の風力係数 C_R (屋根健全時 正が圧縮、負が引張)

| | 風力係数 |
|--------------------------|-------|
| $R_b \leq 0.50B$ | -1.20 |
| $0.50B < R_b \leq 1.50B$ | -0.60 |
| $R_b > 1.50B$ | -0.20 |

R_b : 風上側の屋根端部からの距離

B : 風向に直交する方向の建物寸法

3. 建物健全性の評価結果

3.1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書—建 2 V. 第 1 廃棄物処理所前室 耐震計算書」の X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3-V.3.1-1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3-V.3.1-1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価

| | 保有水平耐力 (kN) | F1 竜巻荷重 (kN) ※1 | 検定比 | 評価 |
|----------------|-------------|-----------------|-----|----|
| X 方向 (東西方向) | | | | ○ |
| Y 方向 (南北方向) | | | | ○ |

※1：添付説明書—建 3-V 付録 2 参照

3.2. 屋根、壁、鉄扉の局部評価

短期許容荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3-V.3.2-1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3-V.3.2-1 表 局部評価

| | 単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa) | 単位面積当りの F1 竜巻荷重 (Pa) | 検定比 | 評価 |
|------------|---------------------------|----------------------------|-----|----|
| 屋根 (RC 屋根) | | | | ○ |
| 壁 (RC 壁) | | | | ○ |
| 鉄扉 | | | | ○ |

※1：添付説明書—建 3-V 付録 5 参照

(ただし、屋根については、F1 竜巻荷重が屋根固定荷重 (5810 N/m²) 以下であり、浮き上がり力は生じないことから検討を省略する)

※2：添付説明書—建 3-IX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書—建 3-V 付録 4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F1 竜巻荷重に対する短期許容荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F1 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、短期許容荷重は載荷されている F1 竜巻荷重を検定比で割り戻す (短期許容荷重=F1 竜巻荷重/検定比) ことで算出した。

3.3. 飛来物の飛散による壁、屋根の衝撃評価結果

電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて飛来物の飛散評価を行う。TONBOS で解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル (DBT-77 モデル) を適用する。F1 竜巻での評価結果を添説建 3-V. 3.3-1 表に示す。

評価の結果、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が \square m であるが、最も近い民家や公道から第 1 廃棄物処理所前室までは 135m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の衝撃評価は不要である。

添説建 3-V. 3.3-1 表 F1 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F1)

| | |
|--------|----------|
| 最大風速 | 49 (m/s) |
| 最大接線風速 | 42 (m/s) |
| 移動速度 | 7 (m/s) |

| 品名 | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | 設置高さ (m) | 質量 (kg) | 空力パラメータ (m^2/kg) | 最大水平速度 (m/s) | 最大鉛直速度 (m/s) | 運動エネルギー (水平) (kJ) | 運動エネルギー (鉛直) (kJ) | 最大飛散距離 (m) | 最大飛散高さ (m) |
|--------------|--------|-------|--------|----------|---------|----------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 鋼製材 | | | | | | | | | | | | |
| 鋼製パイプ | | | | | | | | | | | | |
| 乗用車 (ワゴン) | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 1 | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 2 | | | | | | | | | | | | |
| 軽トラック | | | | | | | | | | | | |
| 4 t トラック | | | | | | | | | | | | |
| 15t トラック | | | | | | | | | | | | |
| バス (路線バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| バス (観光バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (小) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (中) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (大) | | | | | | | | | | | | |

4. 更なる安全裕度の向上策の確認

4. 1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建 2 V. 第 1 廃棄物処理所前室 耐震計算書」の X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3ーV. 4. 1ー1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3ーV. 4. 1ー1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価

| | 保有水平耐力 (kN) | F3 竜巻荷重 (kN) ※1 | 検定比 | 評価 |
|----------------|-------------|-----------------|-----|----|
| X 方向 (東西方向) | | | | ○ |
| Y 方向 (南北方向) | | | | ○ |

※1：添付説明書ー建 3ーV 付録 3 参照

4. 2. 屋根、壁、鉄扉の局部評価

終局耐力荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3ーV. 4. 2ー1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して、部分的に塑性変形が発生する可能性はあるが、終局耐力内であり、健全である。

F3 竜巻荷重は、隣接する第 1 廃棄物処理所の屋根折板が損傷し開口するため、気圧差は発生しないものとして算出した。

添説建 3ーV. 4. 2ー1 表 局部評価

| | 単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa) | 単位面積当りの F3 竜巻荷重 (Pa) | 検定比 | 評価 |
|------------|---------------------------|----------------------------|-----|----|
| 屋根 (RC 屋根) | | | | ○ |
| 壁 (RC 壁) | | | | ○ |
| 鉄扉 | | | | ○ |

※1：添付説明書ー建 3ーV 付録 5 参照 (屋根については固定荷重を考慮した値)

※2：添付説明書ー建 3ーIX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書ー建 3ーV 付録 4 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F3 竜巻荷重に対する終局耐力荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F3 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、終局耐力荷重は載荷されている F3 竜巻荷重を検定比で割り戻す (終局耐力荷重=F3 竜巻荷重/検定比) ことで算出した。

4.3. 飛来物の飛散による壁、屋根の衝撃評価結果

F1 竜巻と同様に F3 竜巻での飛来物評価を実施する。F3 竜巻での評価結果を添説建 3-V.4.3-1 表に示す。

敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

評価対象とする飛来物は、敷地境界の公道を走行中の車両は防護フェンスで防護することから対象外とし、飛散距離約 135m 以上の軽自動車 2、軽トラック、プレハブ物置（小、中、大）の中で飛散距離、飛散高さが最も大きく、運動エネルギーの大きい軽トラック、プレハブ物置（大）とする。

評価の結果、壁^{※1}、屋根^{※1}、鉄扉^{※2}は飛来物の衝撃に対し、健全である。

※1：添付説明書－建 3-V 付録 6 参照

※2：添付説明書－建 3-IX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

添説建 3-V.4.3-1 表 F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F3)

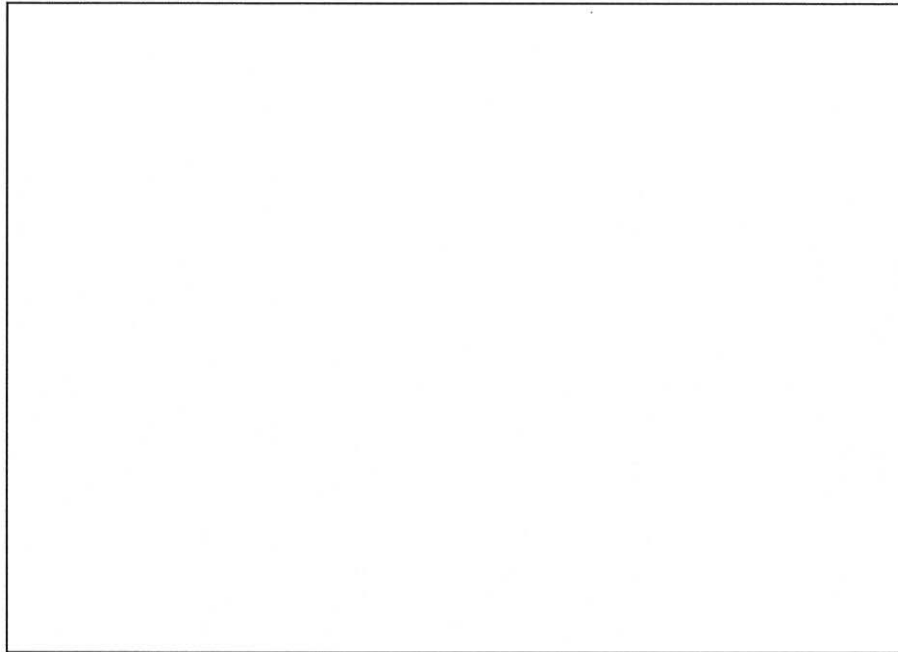
| | |
|--------|----------|
| 最大風速 | 92 (m/s) |
| 最大接線風速 | 78 (m/s) |
| 移動速度 | 14 (m/s) |

| 品名 | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | 設置高さ (m) | 質量 (kg) | 空力係数 ^{ラマーカ} (m ² /kg) | 最大水平速度 (m/s) | 最大鉛直速度 (m/s) | 運動エネルギー (水平) (kJ) | 運動エネルギー (鉛直) (kJ) | 最大飛散距離 (m) | 最大飛散高さ (m) |
|--------------|--------|-------|--------|----------|---------|---|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 鋼製材 | | | | | | | | | | | | |
| 鋼製パイプ | | | | | | | | | | | | |
| 乗用車 (ワゴン) | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 1 | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 2 | | | | | | | | | | | | |
| 軽トラック | | | | | | | | | | | | |
| 4 t トラック | | | | | | | | | | | | |
| 15t トラック | | | | | | | | | | | | |
| バス (路線バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| バス (観光バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (小) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (中) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (大) | | | | | | | | | | | | |

見付面積の算出方法について

見付面積 (A_p, A_{IF}) の算出にあたり、高さ方向の寸法はパラペットなどの上端部から一律 200mm を加算して裕度を確保する。また、X 方向、Y 方向の寸法は、X 方向は通り芯から、Y 方向は柱芯から両側に一律 1500mm を加算して裕度を確保する。

X 方向（東西方向）の見付面積



添説建 3—V. 付 1—1 図 X 方向見付面積

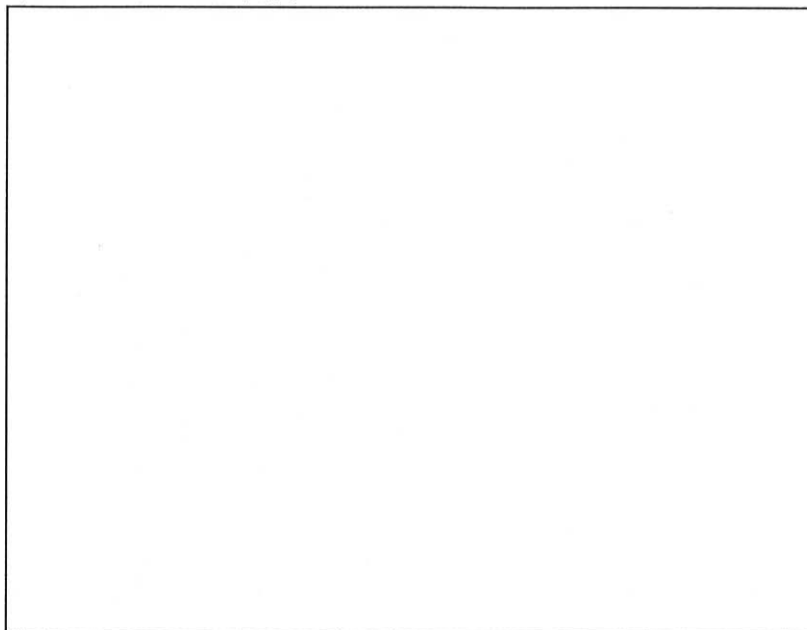
$$\begin{aligned}
 a &= \text{壁幅} + \text{両側幅裕度} \\
 &= \boxed{} \text{ m} \\
 b &= \text{パラペット高さ} + \text{高さ裕度} \\
 &= \boxed{} \text{ m} \\
 c &= (\text{1階壁高さ} + 150) / 2 \\
 &= \boxed{} \text{ m}
 \end{aligned}$$

各階見付面積

パラペット $A_p = a \times b = \boxed{} \text{ m}^2$

壁 $A_{IF} = a \times c = \boxed{} \text{ m}^2$

Y 方向（南北方向）の見付面積



添説建 3-V. 付 1-2 図 Y 方向見付面積

a = 柱芯間 + 両側幅裕度

= m

b = パラペット高さ + 高さ裕度

= m

c = (1 階壁高さ + 150) / 2

= m

各階見付面積

パラペット $A_p = a \times b =$ m^2

壁 $A_{1F} = a \times c =$ m^2

「添説建 3-V. 3.1-1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3-V. 付 2-1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|--|
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | q×A×C (kN) | Ww (kN) | ΔP×A (kN) | Wp (kN) | W _{T1} =Wp (kN) | W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN) |
| 1 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

添説建 3-V. 付 2-2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|--|
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | q×A×C (kN) | Ww (kN) | ΔP×A (kN) | Wp (kN) | W _{T1} =Wp (kN) | W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN) |
| 1 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-V 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値

第 1 廃棄物処理所前室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において、気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP = (Pa) → (Pa) として計算に使用
- ・風圧力による荷重：q = (Pa) → (Pa) として計算に使用

「添説建 3—V. 4. 1—1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3—V. 付 3—1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|--|
| | | A ※1 (m ²) | C (—) | q×A×C (kN) | Ww (kN) | ΔP×A (kN) | Wp (kN) | W _{T1} =Wp (kN) | W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN) |
| 1 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

添説建 3—V. 付 3—2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|--|
| | | A ※1 (m ²) | C (—) | q×A×C (kN) | Ww (kN) | ΔP×A (kN) | Wp (kN) | W _{T1} =Wp (kN) | W _{T2} =Ww+ 0.5×Wp (kN) |
| 1 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—V 付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値

第 1 廃棄物処理所前室の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において、気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重： $\Delta P = \square$ (Pa) (気圧差荷重 \square)
- ・風圧力による荷重： $q = \square$ (Pa) → \square (Pa) として計算に使用

1. 「添説建3－V.3.2－1表 局部評価」のF1竜巻荷重の算出方法について

添説建3－V.付4－1表 F1竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|-------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1.22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 49 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 42 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 1465 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | -2152 |

添説建3－V.付4－2表 F1竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|-------------|---------------|-------|-------|
| 風力係数（壁・鉄扉等） | C_w — | 0.8 | -0.5 |
| 風力係数（屋根） | C_R — | -1.2 | |
| 気圧差荷重 | W_p (Pa) | -2152 | |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} (Pa) | ※ | |
| | W_{T2} (Pa) | — | -1808 |
| 屋根への荷重 | W_{T1} (Pa) | -2152 | |
| | W_{T2} (Pa) | ※ | |

注)・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重

2. 「添説建3－V.4.2－1表 局部評価」のF3竜巻荷重の算出方法について

添説建3－V.付4－3表 F3竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1.22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 92 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 78 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 5163 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | 0 |

添説建3－V.付4－4表 F3竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|-------------|---------------|------|------|
| 風力係数（壁・鉄扉等） | C_w — | 0.8 | -0.5 |
| 風力係数（屋根） | C_R — | -1.2 | |
| 気圧差荷重 | W_p (Pa) | 0 | |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} (Pa) | 0 | |
| | W_{T2} (Pa) | ※ | |
| 屋根への荷重 | W_{T1} (Pa) | 0 | |
| | W_{T2} (Pa) | ※ | |

注)・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重

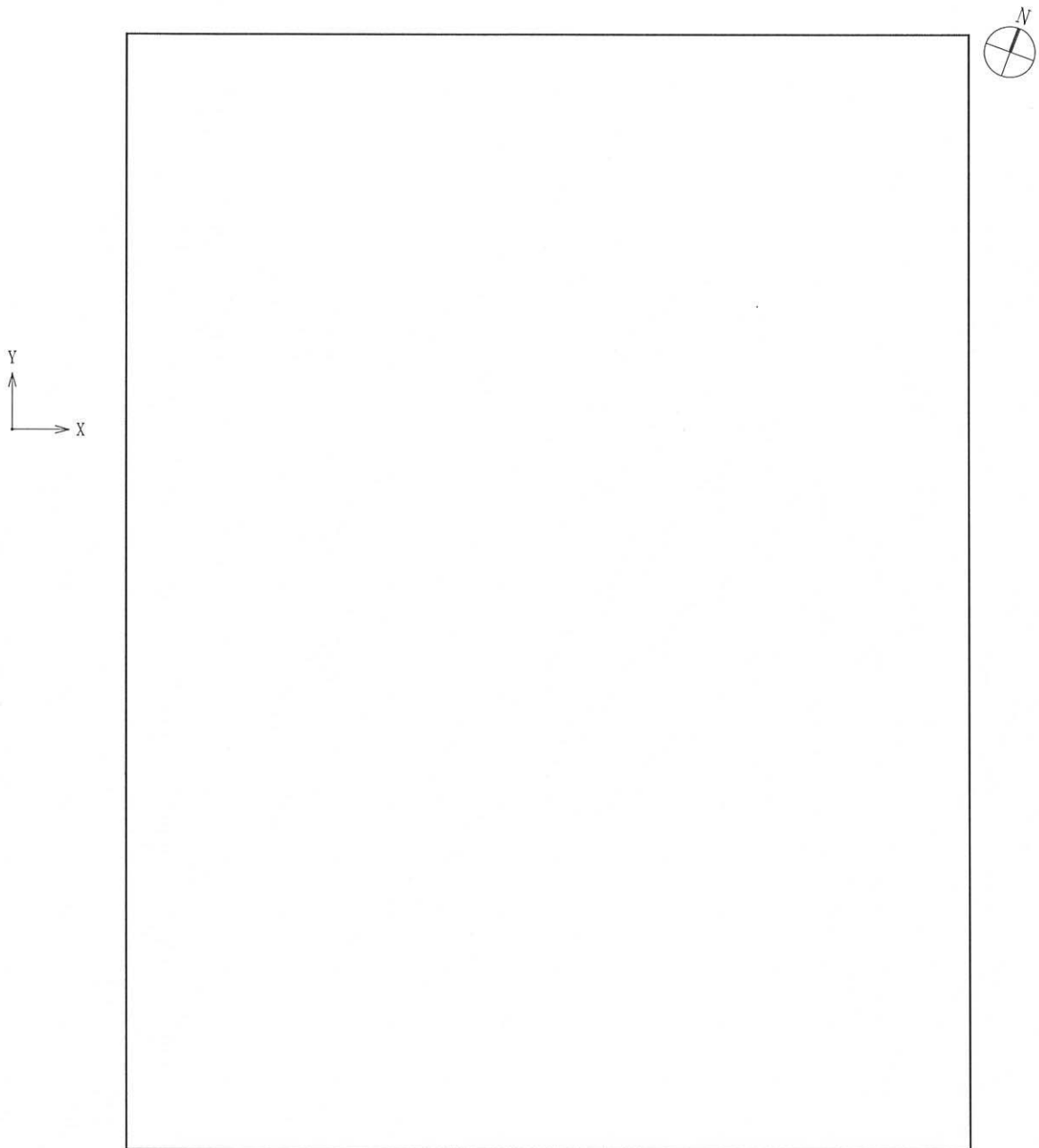
竜巻に対する局所評価用の竜巻許容荷重の計算に関する説明書

建物の損傷防護の観点から、局部評価として建物の屋根、壁とそれらを支持する構造二次部材について評価を行う。

1. 屋根、壁の評価位置と評価モデルについて

第 1 廃棄物処理所前室の屋根及び壁は鉄筋コンクリート造であり、検討対象を添説建 3ーV. 付 5ー1 図～添説建 3ーV. 付 5ー2 図に示す。

スラブは内法寸法で評価する。



添説建 3ーV. 付 5ー2 図 壁検討対象

2. 竜巻許容荷重の考え方

2.1. RC 屋根

屋根スラブは F1 竜巻時に作用する最大曲げモーメントが短期許容曲げモーメント以下、F3 竜巻時は終局曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、屋根スラブは日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（以下「RC 規準」と略記）に基づき評価する。

2.2. RC 壁

壁スラブは F1 竜巻時に作用する最大曲げモーメントが短期許容曲げモーメント以下、F3 竜巻時は終局曲げ耐力以下であることを確認する。確認にあたり、壁スラブは「RC 規準」に基づき評価する。

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

3. 竜巻許容荷重の算出

3.1. 荷重

屋根に作用する竜巻荷重は負圧で評価するため、屋根の固定荷重の値は切り捨てとする。

(1) 屋根固定荷重

屋根スラブ (S1)

単位体積重量 γ_{RC} (N/m³) :
厚さ t (m) :
単位面積重量 w_{RC1} (N/m²) : $\gamma_{RC} \times t =$
仕上げ荷重 w_{RC2} (N/m²) :
検討用固定荷重 w_{RC} (N/m²) : $w_{RC1} + w_{RC2} =$

(2) 竜巻荷重

添説建 3-V. 付 5-1 表に示す。

添説建 3-V. 付 5-1 表 竜巻荷重 (添付説明書一建 3-V 付録 4 より)

| 竜巻荷重 | 屋根 | 壁 |
|---|----|---|
| F1 竜巻荷重 (短期) w_{F1} (N/m ²) | | |
| F3 竜巻荷重 (終局) w_{F3} (N/m ²) | | |

3.2. 使用材料と許容値

(1) コンクリート

設計基準強度 $F_c = 24$ N/mm²

(2) 鉄筋

使用材料 :
短期許容引張応力度 : $f_t =$ N/mm²
降伏応力度 : $\sigma_y =$ N/mm²

3. 3. 屋根の検討

添説建 3-V. 付 5-2 表に竜巻荷重と屋根固定荷重の比較を示す。F1 竜巻荷重は屋根固定荷重以下であり、浮き上がり力は生じないため検討を省略する。F3 竜巻荷重は屋根固定荷重を上回り、浮き上がり力が生じるため、屋根スラブについて検討する。

添説建 3-V. 付 5-2 表 竜巻荷重と固定荷重の比較

| F1 竜巻荷重 (N/m ²) | 屋根固定荷重 (N/m ²) | F3 竜巻荷重 (N/m ²) |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | |

(1) 屋根スラブ (S1)

1) 計算諸条件

長辺スパン長 L(m) :

短辺スパン長 B(m) :

単位面積当り竜巻荷重 w_{F3} (kN/m²) :

屋根スラブ諸元

厚さ t(mm) :

単位面積当り固定荷重 w_{RC} (kN/m²) :

配筋

上端筋 主筋 :

配力筋 :

下端筋 主筋 :

配力筋 :

1 本当り断面積 (mm²) :

(mm²) :

鉄筋 ()

短期許容引張応力度 f_t (N/mm²) :

降伏応力度 σ_y (N/mm²) :

支持条件 : 4 辺固定

着目方向 : 短辺方向

単位面積当り荷重 w (kN/m²) : $w_{F3} - w_{RC} =$

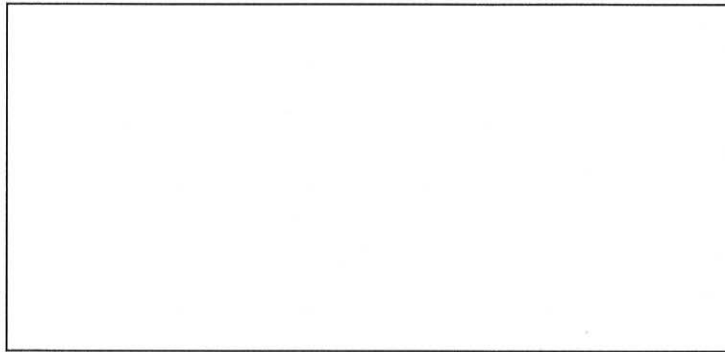
2) 短辺方向（端部）の検討結果

この位置の計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $t - d_t =$

引張鉄筋断面積（スラブ 1m 幅当り） a_t (mm²/m) : $1000 / 200 \times A_{D10}$
 $=$
 $=$



屋根スラブ断面（端部）

最大曲げモーメント M （スラブ 1m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 12 \times \{ L^4 / (B^4 + L^4) \} \times w \times B^2$$

$$=$$
 kN・m/m

終局曲げ耐力 M_u （スラブ 1m 幅当り）は、RC 規準（解 8.21）式より

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d =$$
 kN・m/m

最大曲げモーメント M と終局曲げ耐力 M_u の検定比

$$R_1 = M / M_u =$$
 < 1.0 OK

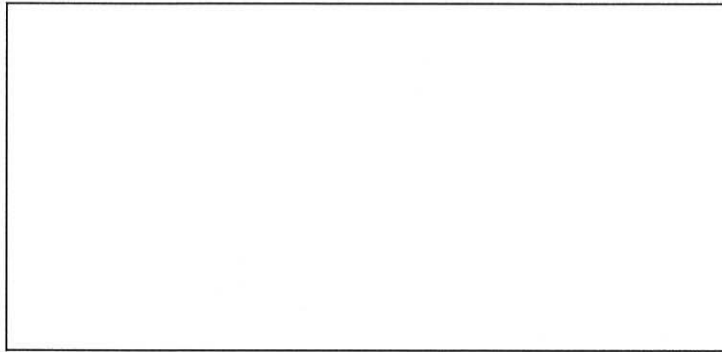
3) 短辺方向（中央）の検討結果

この位置の計算条件は以下の通り。

引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) :

有効せい d (mm) : $t - d_t =$

引張鉄筋断面積（スラブ 1m 幅当り） a_t (mm²/m) : $1000 / 200 \times (A_{D10} + A_{D13}) / 2$
 =
 =



屋根スラブ断面（中央）

最大曲げモーメント M （スラブ 1m 幅当り）は、RC 規準（10.1）式より

$$M = 1 / 18 \times \{ L^4 / (B^4 + L^4) \} \times w \times B^2$$

= kN・m/m

終局曲げ耐力 M_u （スラブ 1m 幅当り）は、RC 規準（解 8.21）式より

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d =$$
 kN・m/m

最大曲げモーメント M と終局曲げ耐力 M_u の検定比

$$R_2 = M / M_u =$$
 < 1.0 OK

(2) 屋根の単位面積当りの終局耐力荷重（屋根固定荷重を考慮した値）

最大検定比 $R_{max} = \max(R_1, R_2) = \max(\text{>}) =$

屋根の単位面積当りの終局耐力荷重（屋根固定荷重を考慮した値）は

$$w_u = w_{F3} / R_{max} =$$
 N/m²

以上より、対象 F3 竜巻荷重（終局）に対して、屋根は健全である。

3. 4. 壁の検討

(1) 壁スラブ (SW20)

1) 寸法諸元、パネル支持条件

水平スパン長 (パネル長) L (m) :

鉛直スパン長 (パネル幅) B (m) :

単位面積当り F1 竜巻荷重 w_{F1} (kN/m²) :

単位面積当り F3 竜巻荷重 w_{F3} (kN/m²) :

壁スラブ諸元

厚さ t (mm) :

配筋

縦筋 :

横筋 :

1 本当り断面積 (mm²) :

(mm²) :

鉄筋

短期許容引張応力度 f_t (N/mm²) :

降伏応力度 σ_y (N/mm²) :

支持条件 : 4 辺固定

2) 検討結果

曲げモーメントが最大となる端部にて検討を行う。

a) F1 竜巻

| | | |
|---|---|---|
| 引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) | : | <input type="text"/> |
| 有効せい d (mm) | : | <input type="text"/> |
| 応力中心距離 j (mm) | : | <input type="text"/> |
| 引張鉄筋断面積 (1m 幅当り) a_t (mm ² /m) | : | $1000 / 200 \times (A_{D10} + A_{D13}) / 2$ |
| | = | <input type="text"/> |

最大曲げモーメント M (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (10.1) 式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F1} \times B^2$$

$$= \text{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

短期許容曲げモーメント M_a (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (13.1) 式より

$$M_a = a_t \times f_t \times j = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

最大曲げモーメント M と短期許容曲げモーメント M_a の検定比

$$R_a = M / M_a = \text{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

b) F3 竜巻

| | | |
|---|---|---|
| 引張側表面より引張側鉄筋中心までの距離 d_t (mm) | : | <input type="text"/> |
| 有効せい d (mm) | : | $t - d_t = \text{}$ |
| 引張鉄筋断面積 (1m 幅当り) a_t (mm ² /m) | : | $1000 / 200 \times (A_{D10} + A_{D13}) / 2$ |
| | = | <input type="text"/> |

最大曲げモーメント M (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (10.1) 式より

$$M = 1 / 12 \times \{L^4 / (B^4 + L^4)\} \times w_{F3} \times B^2$$

$$= \text{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

終局曲げ耐力 M_u (壁 1m 幅当り) は、RC 規準 (解 8.21) 式より

$$M_u = 0.9 \times a_t \times \sigma_y \times d = \text{} \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

最大曲げモーメント M と終局曲げ耐力 M_u の検定比

$$R_u = M / M_u = \text{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

(2) 壁の単位面積当りの短期許容荷重、終局耐力荷重

| | | |
|-------------------------------|----------------------|------------------|
| 短期許容荷重 $w_a = w_{F1} / R_a =$ | <input type="text"/> | N/m ² |
| 終局耐力荷重 $w_u = w_{F3} / R_u =$ | <input type="text"/> | N/m ² |

以上より、対象 F1 竜巻荷重 (短期)、F3 竜巻荷重 (終局) に対して、壁は健全である。

スラブへの飛来物衝撃評価

F3 竜巻による飛来物が第 1 廃棄物処理所前室に衝突した場合の評価を以下に示す。評価対象となる飛来物は 4. 3. 項に示す通り軽トラック、プレハブ物置（大）である。F3 竜巻で、軽トラック、プレハブ物置（大）が飛散した際の壁スラブの貫通限界厚さの計算を添説建 3ーV. 付 6ー1 表、添説建 3ーV. 付 6ー2 表に、屋根スラブの貫通限界厚さの計算を添説建 3ーV. 付 6ー3 表、添説建 3ーV. 付 6ー4 表に、評価結果を添説建 3ーV. 付 6ー5 表に示す。なお、第 1 廃棄物処理所前室に使用されているコンクリート強度は $F_c=24.0\text{N/mm}^2$ だが、保守的に $F_c=20.6\text{N/mm}^2$ として評価する。

評価の結果、壁、屋根ともに貫通限界厚さに対し、スラブ厚さの方が厚いことから、飛来物の衝撃に対し、健全である。

添説建 3ーV. 付 6ー1 表 飛来物（軽トラック）による RC 壁損傷評価（水平）

| | 項目 | 単位 | 軽トラック | in、lb系換算値 |
|-----------------|------------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 飛来物諸元 | 飛来物重量 | W | kgf | |
| | 飛来物高さ | h | m | |
| | 飛来物幅 | w | m | |
| | 飛来物面積 | A | cm ² | |
| | 等価直径 | $D=\sqrt{4A/\pi}$ | cm | |
| | 飛来物衝突速度 | V | m/s | |
| RC造 (コンクリート) | コンクリート強度 | F_c | N/mm^2 | |
| | 先端形状係数 | N | | |
| | 飛来物低減係数 | α_c | | |
| | 飛来物低減係数 | α_p | | |
| | $180/\sqrt{F_c}$ | K | $\sqrt{\text{mm/N}}$ | |
| | 貫入深さ | X_c | cm | |
| | コンクリート貫通限界厚さ | t_p | cm | |

添説建 3-V. 付 6-2 表 飛来物（プレハブ物置（大））による RC 壁損傷評価（水平）

| | 項目 | 単位 | プレハブ物置（大） | in、lb系換算値 |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 飛来物諸元 | 飛来物重量 | W | kgf | |
| | 飛来物高さ | h | m | |
| | 飛来物幅 | w | m | |
| | 飛来物面積 | A | cm ² | |
| | 等価直径 | $D=\sqrt{4A/\pi}$ | cm | |
| | 飛来物衝突速度 | V | m/s | |
| RC造 (コンクリート) | コンクリート強度 | Fc | N/mm ² | |
| | 先端形状係数 | N | | |
| | 飛来物低減係数 | αc | | |
| | 飛来物低減係数 | αp | | |
| | $180/\sqrt{Fc}$ | K | $\sqrt{\text{mm/N}}$ | |
| | 貫入深さ | Xc | cm | |
| | コンクリート貫通限界厚さ | tp | cm | |

添説建 3-V. 付 6-3 表 飛来物（軽トラック）による RC 屋根損傷評価（鉛直）

| | 項目 | 単位 | 軽トラック | in、lb系換算値 |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 飛来物諸元 | 飛来物重量 | W | kgf | |
| | 飛来物高さ | h | m | |
| | 飛来物幅 | w | m | |
| | 飛来物面積 | A | cm ² | |
| | 等価直径 | $D=\sqrt{4A/\pi}$ | cm | |
| | 飛来物衝突速度 | V | m/s | |
| RC造 (コンクリート) | コンクリート強度 | Fc | N/mm ² | |
| | 先端形状係数 | N | | |
| | 飛来物低減係数 | αc | | |
| | 飛来物低減係数 | αp | | |
| | $180/\sqrt{Fc}$ | K | $\sqrt{\text{mm/N}}$ | |
| | 貫入深さ | Xc | cm | |
| | コンクリート貫通限界厚さ | tp | cm | |

添説建 3-V. 付 6-4 表 飛来物（プレハブ物置（大））による RC 屋根損傷評価（鉛直）

| | 項目 | 単位 | プレハブ物置（大） | in、lb系換算値 |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 飛来物諸元 | 飛来物重量 | W | kgf | |
| | 飛来物高さ | h | m | |
| | 飛来物幅 | w | m | |
| | 飛来物面積 | A | cm ² | |
| | 等価直径 | $D=\sqrt{4A/\pi}$ | cm | |
| | 飛来物衝突速度 | V | m/s | |
| RC造 (コンクリート) | コンクリート強度 | Fc | N/mm ² | |
| | 先端形状係数 | N | | |
| | 飛来物低減係数 | αc | | |
| | 飛来物低減係数 | αp | | |
| | $180/\sqrt{Fc}$ | K | $\sqrt{\text{mm/N}}$ | |
| | 貫入深さ | Xc | cm | |
| | コンクリート貫通限界厚さ | tp | cm | |

添説建 3-V. 付 6-5 表 評価結果

| 位置 | 貫通限界厚さ (cm) | スラブ厚さ (cm) | 評価 |
|----|-------------|------------|----|
| 壁 | 16.1 | | ○ |
| 屋根 | 4.1 | | ○ |

※1：添説建 3-V. 付 5-2 図 参照

※2：添説建 3-V. 付 5-1 図 参照

VI. 第 2 廃棄物処理所 竜巻防護設計計算書

1. 第 2 廃棄物処理所の概要

1. 1. 位置

第 2 廃棄物処理所の設置位置を図イ建-1-1「敷地内建物配置図」に示す。

設置場所は敷地内中央の北側に位置し、最も近い民家や公道から約 156m 以上離れている。

1. 2. 建物の概要

第 2 廃棄物処理所は、建物本体と渡り廊下で構成されている。

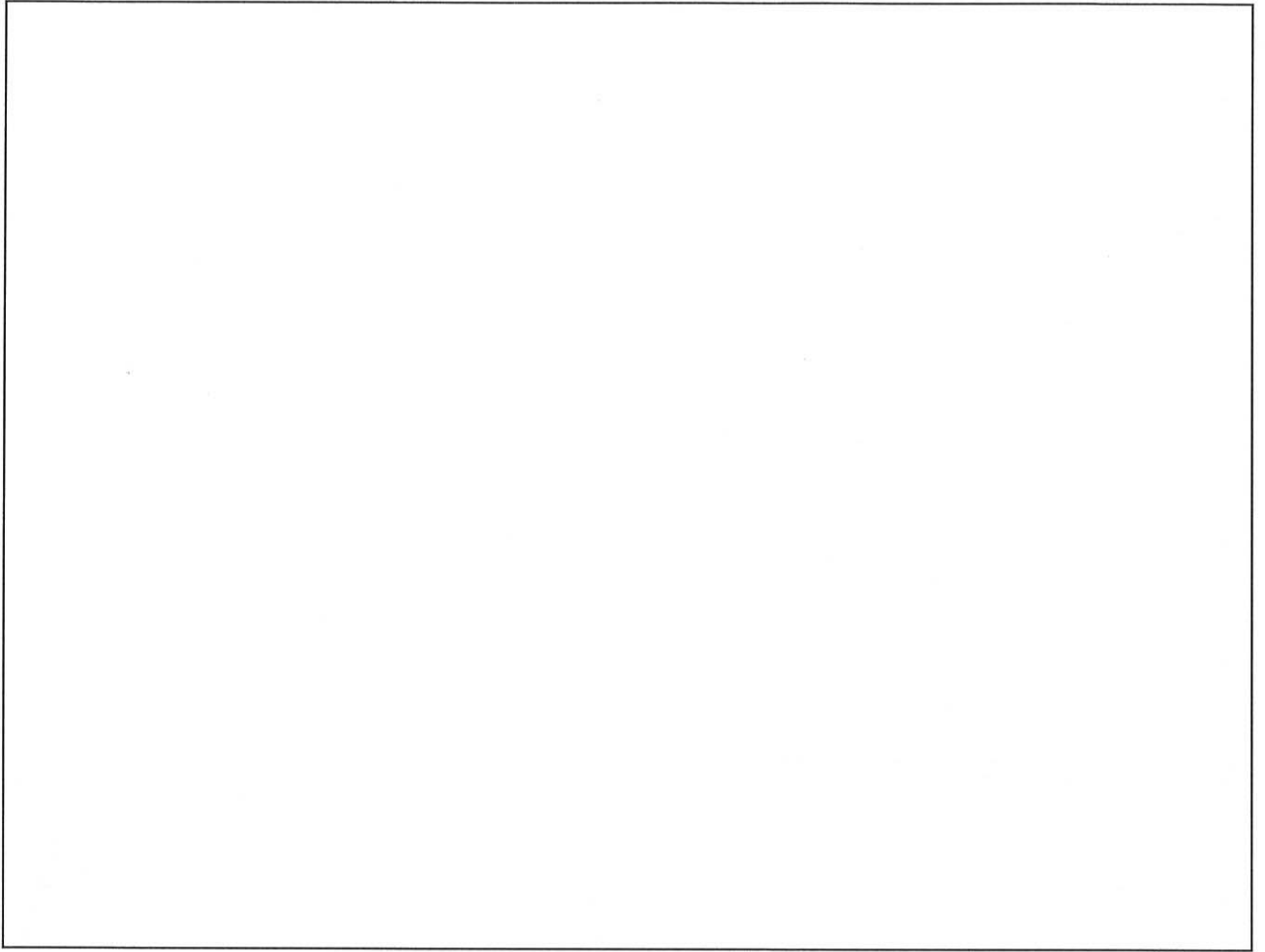
建物本体は地上 2 階建て（一部 2 層吹き抜け）の鉄骨造（S 造）であり、平面形状は、約 14.0m × 18.0m、高さ約 9.5m の整形な建物である。

渡り廊下は建物本体の南北に 2 箇所あり、どちらも平屋建ての鉄骨造（S 造）である。平面形状は、約 4.5m × 3.5m、高さ約 5.0m の整形な建物であり、建物本体とは構造上一体となっている。

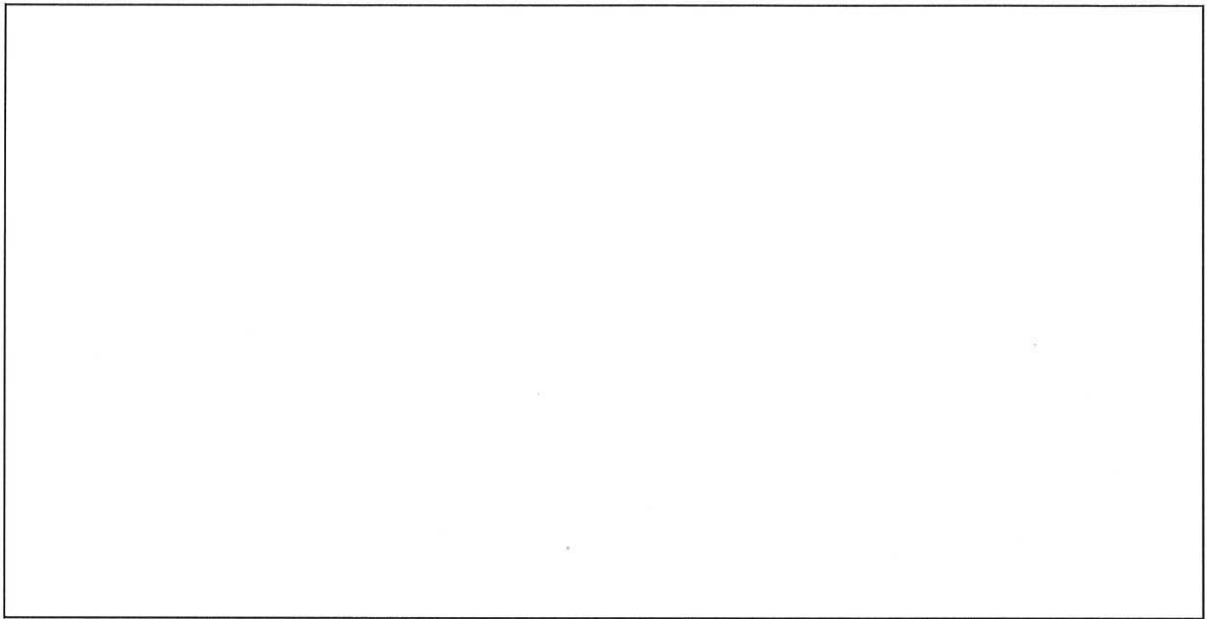
開口部としては鉄扉、外気導入カバーを設置している。

本建物の屋根伏図、立面図、断面図を添説建 3-VI. 1. 2-1 図～添説建 3-VI. 1. 2-3 図に示す。

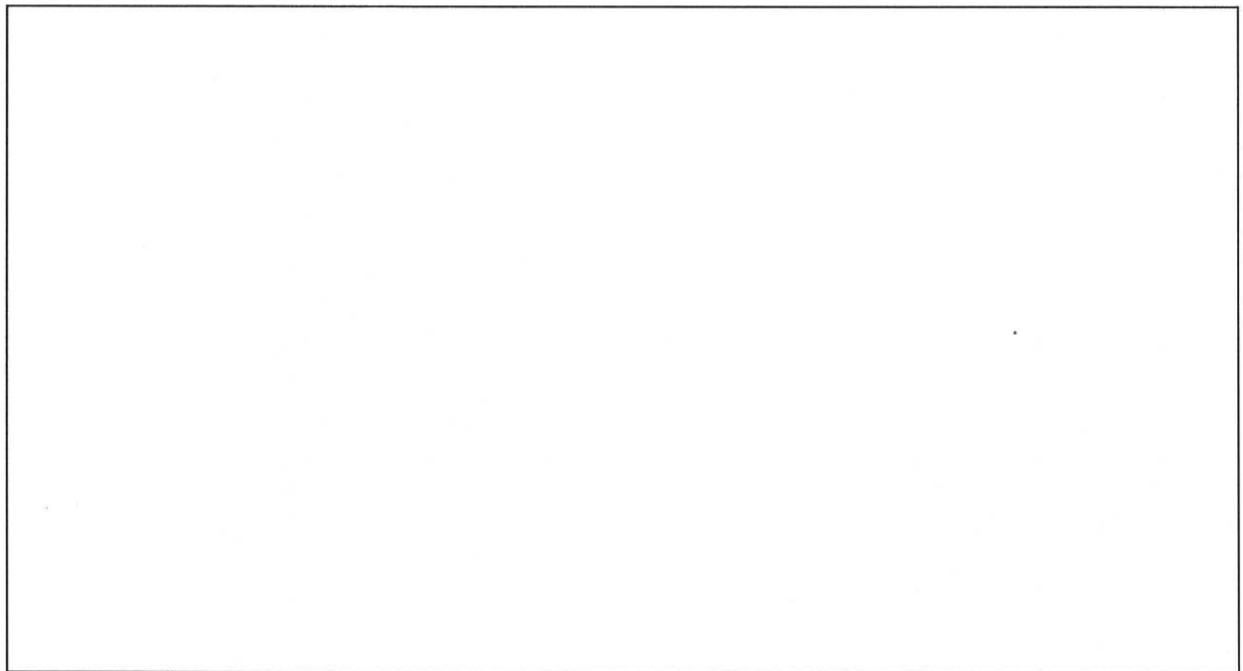
注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VI. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VI. 1. 2-1 図 屋根伏図



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VI. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VI. 1. 2-2 図 立面図



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VI. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VI. 1. 2-3 図 断面図

1.3. 設計方針

竜巻防護設計の方針に従い、竜巻は風速を藤田スケール F1 の最大風速 49m/s とし、構造強度評価「建物に作用する竜巻荷重と保有水平耐力との比較」、局部評価「屋根、壁、鉄扉等に作用する荷重と強度との比較」を実施する。なお、敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

また、更なる安全裕度の向上策の確認として、F3 の最大風速 92m/s で同様の評価を実施する。建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建 3-VI. 1.3-1 図に示す。

1.4. 補強内容

本建物における竜巻に対する補強部位を添説建 3-VI. 1.4-1 表に示す。

添説建 3-VI. 1.4-1 表 竜巻に対する補強部位

| 項目 | | F1 竜巻 | F3 竜巻 |
|--------------|----------|-------|-------|
| 保有水平耐力評価 | | — | — |
| 局部 評価 | 建物本体屋根 | — | — 注1 |
| | 渡り廊下屋根 | — | — 注2 |
| | 建物本体壁 ※1 | ○ | ○ |
| | 渡り廊下壁 ※1 | ○ | ○ |
| | 鉄扉 ※2 | ○ | ○ |
| | 外気導入カバー | — | — |
| 建物本体飛来物防護 ※3 | | — 注3 | ○ 注1 |
| 渡り廊下飛来物防護 ※3 | | — 注3 | — 注2 |

○：補強あり —：補強なし

※1：既設壁残置し、サイディング壁の追設で補強

※2：既設鉄扉の補強または既設鉄扉を撤去し、鉄扉を新設
アルミ窓は鋼板で閉塞する。

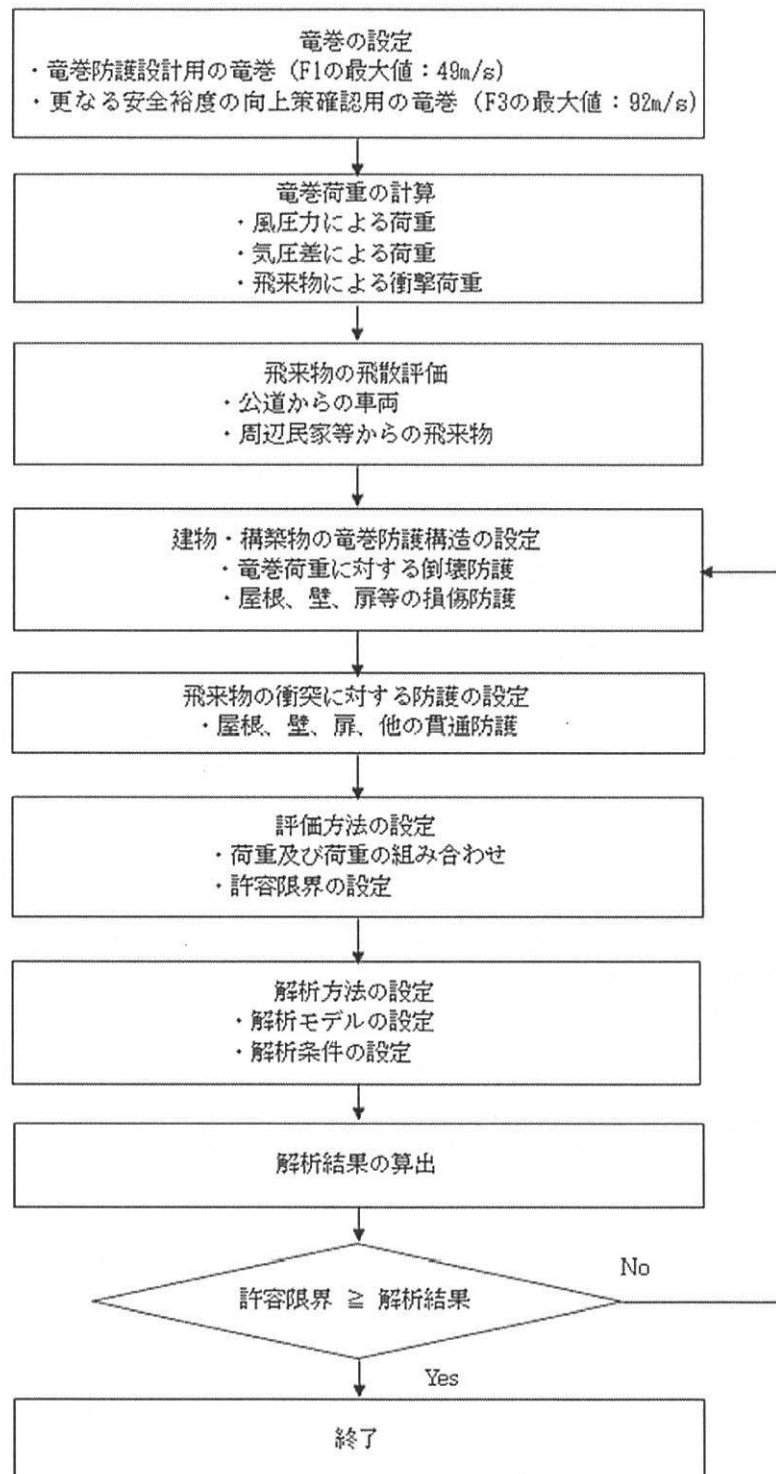
※3：飛散防止用防護ネットの設置

なお、竜巻防護ライン上の換気扇 or ガラリ、外気導入カバー及びダクトは飛来物として影響を及ぼさないように固縛を実施する。

注1：F3 竜巻に耐えることができないため、屋根下に飛散防止用防護ネットを設置し、屋内の設備・機器の屋外への飛散防止及び飛来物防護を行う。

注2：F3 竜巻に耐えることができないが、内部に飛散物は無く、かつ飛来物の飛来方向に対して建物の背面に位置するため飛散防止用防護ネットは設置しない。

注3：F1 竜巻では、屋根が健全でありかつ当該建物に影響する飛来物はないことから、F1 竜巻での飛来物防護のための補強は無い。



添説建 3-VI. 1. 3-1 図 建物・構築物の竜巻防護設計フロー概要

2. 竜巻荷重の計算

2.1. 建物の構造強度評価に用いる竜巻荷重の計算

構造強度評価は、「建物の保有水平耐力と同建物に作用する気圧差による荷重」と「気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重」との比較で行う。この評価により、第2 廃棄物処理所が竜巻により倒壊することが無いことを確認する。

(1) 竜巻荷重の計算

気圧差による荷重 W_{T1} 、気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重 W_{T2} は以下の式で計算し、荷重の大きい方を採用する。また、F3 竜巻荷重についても同様に計算する。

$$W_{T1} = w_p \times A_L$$

$$W_{T2} = (C_{WU} \times q \times A_U - C_{WL} \times q \times A_L) + 1 / 2 \times w_p \times A_L$$

ここで

A_U : 風上側面積

A_L : 風下側面積

w_p : 竜巻による気圧差による荷重

C_{WU} : 風上側風力係数

C_{WL} : 風下側風力係数

q : 設計用速度圧

速度圧、気圧差による荷重の計算式と各パラメータを下記に示す。

$$q = 1 / 2 \times \rho \times V_D^2$$

$$w_p = \rho \times V_m^2$$

ここで

ρ : 空気密度 = 1.22 kg/m³

V_D : F1 竜巻最大風速 = 49 m/s、F3 竜巻最大風速 = 92 m/s

V_m : F1 竜巻の最大接線風速 = 42 m/s、F3 竜巻の最大接線風速 = 78 m/s

(2) 風力係数

壁等の風力係数を添説建 3-VI. 2. 1-1 表に示す。風下側の風力係数 C_{WL} は、風向方向の建物寸法 D と風向に直交する方向の建物寸法 B の比で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-0.5 を用いて評価する。

添説建 3-VI. 2. 1-1 表 壁等の風力係数 C_W (正が圧縮、負が引張)

| | | 風力係数 |
|--------------|-----------|-------|
| 風上側 C_{WU} | | 0.80 |
| 風下側 C_{WL} | D/B 比 ≤ 1 | -0.50 |
| | D/B 比 > 1 | -0.35 |

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

2.2. 局部評価に用いる竜巻荷重の計算

(1) 荷重計算方法

荷重計算方法を以下に示す。局部評価用の F1 竜巻荷重は、壁、鉄扉、外気導入カバーについては w_{T1} と w_{T2_w} の大きい方、屋根については w_{T1} と w_{T2_r} の大きい方とする。

1) 壁、鉄扉、外気導入カバー

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_w} = \begin{cases} C_{WU} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q \geq -w_p \text{ の場合} \\ C_{WL} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{WU} + C_{WL}) \times q < -w_p \text{ の場合} \end{cases}$$

2) 屋根

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_r} = C_R \times q + 1 / 2 \times w_p$$

(2) 風力係数

壁、鉄扉、外気導入カバーの風力係数は添説建 3-VI. 2. 1-1 表に示す通りである。なお、風下側は、保守的に絶対値が大きい-0.5 を用いて評価する。

屋根の風力係数を添説建 3-VI. 2. 2-1 表に示す。屋根に作用する荷重は、風上側の屋根端部からの距離 R_b で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-1.2 を用いて評価する。

添説建 3-VI. 2. 2-1 表 屋根の風力係数 C_R (屋根健全時 正が圧縮、負が引張)

| | 風力係数 |
|--------------------------|-------|
| $R_b \leq 0.50B$ | -1.20 |
| $0.50B < R_b \leq 1.50B$ | -0.60 |
| $R_b > 1.50B$ | -0.20 |

R_b : 風上側の屋根端部からの距離

B : 風向に直交する方向の建物寸法

3. 建物健全性の評価結果

3. 1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書一建 2 VI. 第 2 廃棄物処理所 耐震計算書」の X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3-VI. 3. 1-1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3-VI. 3. 1-1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価

| | 保有水平耐力 (kN) | F1 竜巻荷重 (kN) ※1 | 検定比 | 評価 |
|----------------|-------------|-----------------|-----|----|
| X 方向 (南北方向) | | | | ○ |
| Y 方向 (東西方向) | | | | ○ |

※1：添付説明書一建 3-VI付録 2 参照

3. 2. 屋根、壁、鉄扉、外気導入カバーの局部評価

短期許容荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3-VI. 3. 2-1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3-VI. 3. 2-1 表 局部評価

| | 単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa) | 単位面積当りの F1 竜巻荷重 (Pa) | 検定比 | 評価 |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-----|----|
| 建物本体屋根 (ALC 屋根) | | | | ○ |
| 渡り廊下屋根 (ALC 屋根) | | | | ○ |
| 建物本体壁 (既設壁) | | | | ○ |
| 渡り廊下壁 (既設壁) | | | | ○ |
| 鉄扉 | | | | ○ |
| 外気導入カバー | | | | ○ |

※1：添付説明書一建 3-VI付録 5 参照 (屋根については固定荷重を考慮した値)

※2：添付説明書一建 3-IX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書一建 3-VI付録 7 参照

※4：添付説明書一建 3-VI付録 4 参照

※5：添付説明書一建 3-VI付録 5 参照 (建物本体の検討に包絡されるため省略)

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F1 竜巻荷重に対する短期許容荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F1 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、短期許容荷重は載荷されている F1 竜巻荷重を検定比で割り戻す (短期許容荷重=F1 竜巻荷重/検定比) ことで算出した。

3.3. 飛来物の飛散による壁、屋根の衝撃評価結果

電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて飛来物の飛散評価を行う。TONBOS で解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル (DBT-77 モデル) を適用する。F1 竜巻での評価結果を添説建 3-VI. 3.3-1 表に示す。

評価の結果、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が m であるが、最も近い民家や公道から第 2 廃棄物処理所までは 156m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物は無いことから、建物の壁、屋根の衝撃評価は不要である。

添説建 3-VI. 3.3-1 表 F1 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F1)

| | |
|--------|----------|
| 最大風速 | 49 (m/s) |
| 最大接線風速 | 42 (m/s) |
| 移動速度 | 7 (m/s) |

| 品名 | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | 設置高さ (m) | 質量 (kg) | 空力係数 (m ² /kg) | 最大水平速度 (m/s) | 最大鉛直速度 (m/s) | 運動エネルギー (水平) (kJ) | 運動エネルギー (鉛直) (kJ) | 最大飛散距離 (m) | 最大飛散高さ (m) |
|--------------|--------|-------|--------|----------|---------|---------------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 鋼製材 | | | | | | | | | | | | |
| 鋼製パイプ | | | | | | | | | | | | |
| 乗用車 (ワゴン) | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 1 | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 2 | | | | | | | | | | | | |
| 軽トラック | | | | | | | | | | | | |
| 4 t トラック | | | | | | | | | | | | |
| 15t トラック | | | | | | | | | | | | |
| バス (路線バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| バス (観光バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (小) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (中) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (大) | | | | | | | | | | | | |

4. 更なる安全裕度の向上策の確認

4.1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建 2 VI. 第 2 廃棄物処理所 耐震計算書」の X 方向、Y 方向それぞれについて正負加力 2 ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3ーVI. 4. 1ー1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力は、F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3ーVI. 4. 1ー1 表 保有水平耐力と F3 竜巻荷重の比較評価

| | 保有水平耐力 (kN) | F3 竜巻荷重 (kN) ※1 | 検定比 | 評価 |
|----------------|-------------|-----------------|-----|----|
| X 方向 (南北方向) | | | | ○ |
| Y 方向 (東西方向) | | | | ○ |

※1：添付説明書ー建 3ーVI付録 3 参照

4.2. 壁、鉄扉の局部評価

終局耐力荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3-VI.4.2-1 表に示す。評価の結果、各部の強度は F3 竜巻荷重を上回っており、F3 竜巻荷重に対して、部分的に塑性変形が発生する可能性はあるが、終局耐力内であり、健全である。

第 2 廃棄物処理所の屋根は F3 竜巻荷重による損傷を許容するため評価は省略する。また、損傷により開口するため、気圧差は発生しないものとして竜巻荷重を算出した。

添説建 3-VI.4.2-1 表 局部評価

| | 単位面積当りの 終局耐力荷重 (Pa) | 単位面積当りの F3 竜巻荷重 (Pa) | 検定比 | 評価 |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-----|----|
| 建物本体壁 (サイディング壁) | | | | ○ |
| 渡り廊下壁 (サイディング壁) | | | | ○ |
| 鉄扉 | | | | ○ |
| 外気導入カバー | | | | ○ |

※1：添付説明書一建 3-VI付録 5 参照

※2：添付説明書一建 3-IX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

※3：添付説明書一建 3-VI付録 4 参照

※4：添付説明書一建 3-VI付録 7 参照

※5：添付説明書一建 3-VI付録 5 参照 (建物本体の検討に包絡されるため省略)

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F3 竜巻荷重に対する終局耐力荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F3 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、終局耐力荷重は載荷されている F3 竜巻荷重を検定比で割り戻す (終局耐力荷重=F3 竜巻荷重/検定比) ことで算出した。

4. 3. 飛来物の飛散による壁、屋根の衝撃評価結果

F1 竜巻と同様に F3 竜巻での飛来物評価を実施する。F3 竜巻での評価結果を添説建 3-VI. 4. 3-1 表に示す。

敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とする。

評価対象とする飛来物は、敷地境界の公道を走行中の車両は防護フェンスで防護することから対象外とし、飛散距離約 156m 以上の軽トラック、プレハブ物置（小、中、大）の中で飛散距離、飛散高さが最も大きく、運動エネルギーの大きいプレハブ物置（大）とする。

評価の結果、壁^{※1}、鉄扉^{※2}は飛来物の衝撃に対し、健全である。

※1：添付説明書-建 3-VI付録 6 参照

※2：添付説明書-建 3-IX. 工場棟及び付属建物鉄扉説明書 参照

添説建 3-VI. 4. 3-1 表 F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F3)

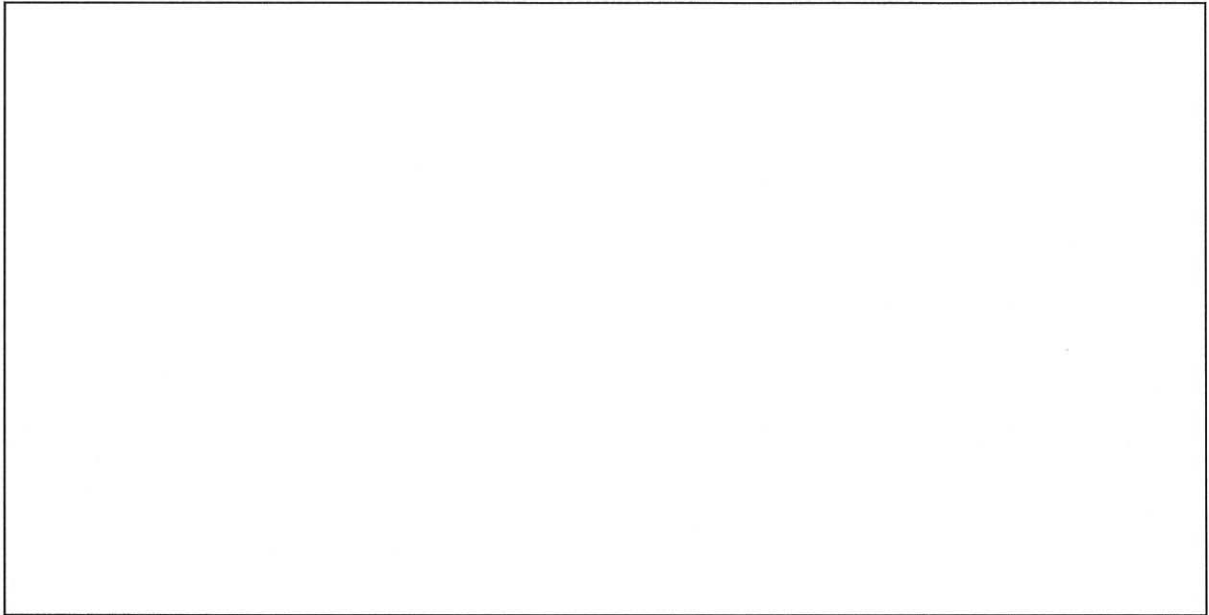
| | |
|--------|----------|
| 最大風速 | 92 (m/s) |
| 最大接線風速 | 78 (m/s) |
| 移動速度 | 14 (m/s) |

| 品名 | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | 設置高さ (m) | 質量 (kg) | 空力係数 (m ² /kg) | 最大水平速度 (m/s) | 最大鉛直速度 (m/s) | 運動エネルギー (水平) (kJ) | 運動エネルギー (鉛直) (kJ) | 最大飛散距離 (m) | 最大飛散高さ (m) |
|--------------|--------|-------|--------|----------|---------|---------------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 鋼製材 | | | | | | | | | | | | |
| 鋼製パイプ | | | | | | | | | | | | |
| 乗用車 (ワゴン) | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 1 | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 2 | | | | | | | | | | | | |
| 軽トラック | | | | | | | | | | | | |
| 4 t トラック | | | | | | | | | | | | |
| 15t トラック | | | | | | | | | | | | |
| バス (路線バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| バス (観光バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (小) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (中) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (大) | | | | | | | | | | | | |

見付面積の算出方法について

見付面積 (A_p 、 A_{2F} 、 A_{1F}) の算出にあたり、高さ方向の寸法は、パラペットなどの上端部から一律 200mm を加算して裕度を確保する。また、建物本体の X 方向、Y 方向の寸法は、通り芯から両側に一律 1500mm を加算して裕度を確保する。

X 方向（南北方向）の見付面積



添説建 3ーVI. 付 1ー1 図 X 方向見付面積

$a = \text{壁幅} + \text{両側幅裕度} =$ m

$b = \text{パラペット高さ} + \text{高さ裕度} =$ m

$c = 2 \text{階壁高さ} /$ m

$d = 2 \text{階壁高さ} / 2 + (1 \text{階壁高さ} + 300) / 2 =$ m

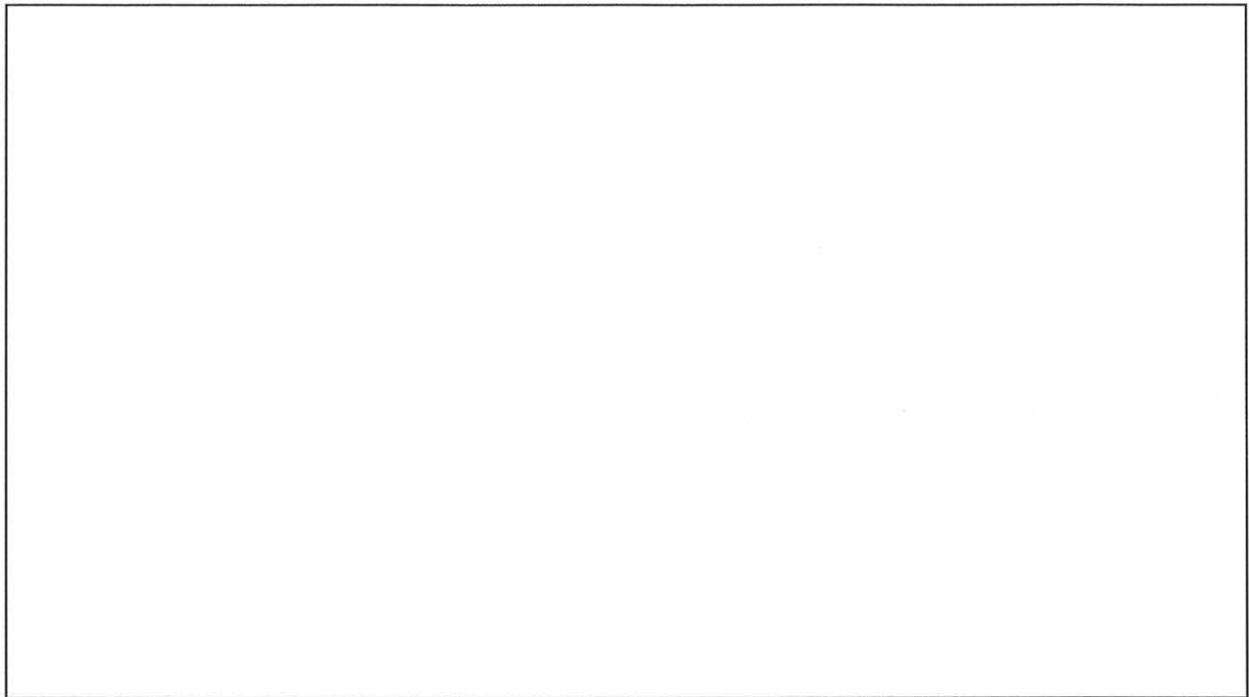
各階見付面積

2階：パラペット $A_p = a \times b =$ m^2

壁 $A_{2F} = a \times c =$ m^2

1階：壁 $A_{1F} = a \times d =$ m^2

Y 方向（東西方向）の見付面積



添説建 3-VI. 付 1-2 図 Y 方向見付面積

a = 壁幅 + 両側幅裕度 = m

b = 壁幅 + 両側幅裕度 = m

c = パラペット高さ + 高さ裕度 = m

d = 2 階壁高さ / 2 = m

e = 2 階壁高さ / 2 + (1 階壁高さ + 300) / 2 = m

f = 渡り廊下高さ + 高さ裕度 - (1 階壁高さ + 300) / 2

=

= m

各階見付面積

2 階： パラペット $A_p = a \times c =$ m^2

壁 $A_{2F} = a \times d =$ m^2

1 階： 壁 $A_{1F} = a \times e + (b - a) \times f$

=

= m^2

「添説建 3—VI. 3. 1—1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3—VI. 付 2—1 表 X 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|------------------------|--------------|------------------------|---|---|
| | | A ※1 (m ²) | C (—) | q×A×C (kN) | W _w (kN) | ΔP×A (kN) | W _p (kN) | W _{T1} =W _p (kN) | W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN) |
| 2 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

添説建 3—VI. 付 2—2 表 Y 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|---------------|------------------------|--------------|------------------------|---|---|
| | | A ※1 (m ²) | C (—) | q×A×C (kN) | W _w (kN) | ΔP×A (kN) | W _p (kN) | W _{T1} =W _p (kN) | W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN) |
| 2 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

※1：見付面積は、添付説明書—建 3—VI付録 1 による。

※2：風上 0.8 と風下 0.5 の合計値

第 2 廃棄物処理所の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において、気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とした。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重：ΔP = (Pa) → (Pa) として計算に使用
- ・風圧力による荷重：q = (Pa) → (Pa) として計算に使用

「添説建3-VI.4.1-1表 保有水平耐力とF3竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重(層せん断力)の算出方法について

添説建3-VI.付3-1表 X方向(南北方向)の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | | | | | | | $W_{T1}=W_p$ | $W_{T2}=W_w+0.5 \times W_p$ |
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | $q \times A \times C$ (kN) | W_w (kN) | $\Delta P \times A$ (kN) | W_p (kN) | $W_{T1}=W_p$ (kN) | $W_{T2}=W_w+0.5 \times W_p$ (kN) |
| 2 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

添説建3-VI.付3-2表 Y方向(東西方向)の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|-------|---------------------------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | | | | | | | $W_{T1}=W_p$ | $W_{T2}=W_w+0.5 \times W_p$ |
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | $q \times A \times C$ (kN) | W_w (kN) | $\Delta P \times A$ (kN) | W_p (kN) | $W_{T1}=W_p$ (kN) | $W_{T2}=W_w+0.5 \times W_p$ (kN) |
| 2 | パラペット | | | | | | | | |
| | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

※1: 見付面積は、添付説明書一建3-VI付録1による。

※2: 風上0.8と風下0.5の合計値

第2廃棄物処理所の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において、気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重: $\Delta P = \square$ (Pa) (気圧差荷重 \square)
- ・風圧力による荷重: $q = \square$ (Pa) \rightarrow \square (Pa) として計算に使用

1. 「添説建 3—VI. 3. 2—1 表 局部評価」の F1 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3—VI. 付 4—1 表 F1 竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|-------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1. 22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 49 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 42 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 1465 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | -2152 |

添説建 3—VI. 付 4—2 表 F1 竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|--------------|----------|------|-------|
| 風力係数 (壁・鉄扉等) | C_w | — | 0. 8 |
| 風力係数 (屋根) | C_R | — | -1. 2 |
| 気圧差荷重 | W_p | (Pa) | -2152 |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} | (Pa) | |
| | W_{T2} | (Pa) | — |
| 屋根への荷重 | W_{T1} | (Pa) | -2152 |
| | W_{T2} | (Pa) | |

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重

2. 「添説建 3—VI. 4. 2—1 表 局部評価」の F3 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3—VI. 付 4—3 表 F3 竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|-------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1. 22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 92 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 78 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 5163 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | 0 |

添説建 3—VI. 付 4—4 表 F3 竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|--------------|----------|------|-------|
| 風力係数 (壁・鉄扉等) | C_w | — | 0. 8 |
| 風力係数 (屋根) | C_R | — | -1. 2 |
| 気圧差荷重 | W_p | (Pa) | 0 |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} | (Pa) | 0 |
| | W_{T2} | (Pa) | |
| 屋根への荷重 | W_{T1} | (Pa) | 0 |
| | W_{T2} | (Pa) | — |

注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重

3. 「添説建 3-VI. 3. 2-1 表 局部評価」の F1 竜巻荷重の算出方法について
(外気導入カバー等の外壁への設置物の評価荷重)

添説建 3-VI. 付 4-5 表 F1 竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|-------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1.22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 49 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 42 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 1465 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | -2152 |

添説建 3-VI. 付 4-6 表 F1 竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|--------------|----------|------|-------|
| 風力係数 (壁・鉄扉等) | C_w | — | 0.8 |
| 風力係数 (屋根) | C_R | — | -1.2 |
| 気圧差荷重 | W_p | (Pa) | — |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} | (Pa) | — |
| | W_{T2} | (Pa) | ※ |
| 屋根への荷重 | W_{T1} | (Pa) | — |
| | W_{T2} | (Pa) | -1758 |

- 注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重
 ・外気導入カバーの側面はオープン構造であり、気圧差荷重は作用しない

竜巻に対する局所評価用の竜巻許容荷重の計算に関する説明書

建物の損傷防護の観点から、局部評価として建物の屋根、壁とそれらを支持する構造二次部材について評価を行う。

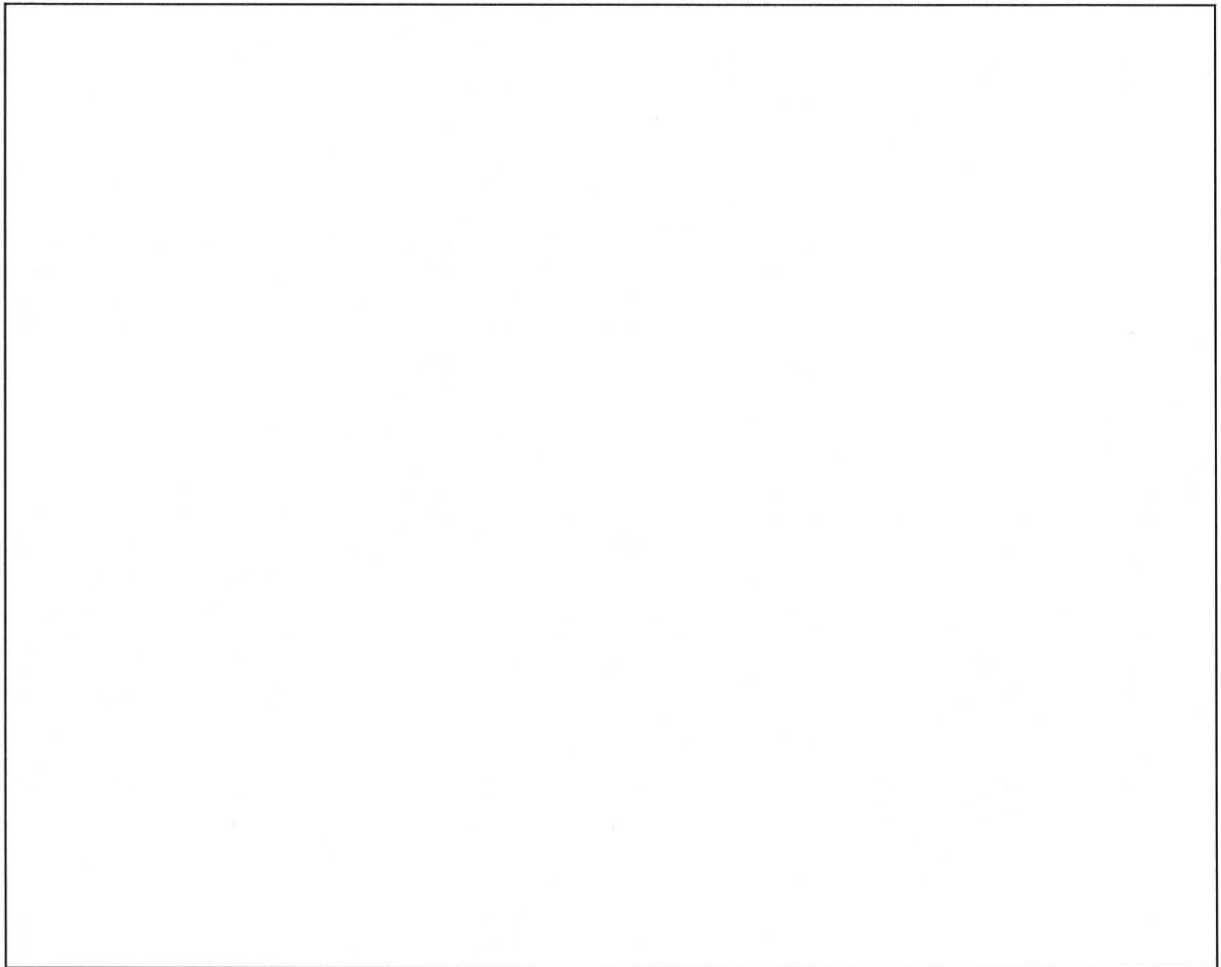
1. 屋根、壁の評価位置と評価モデルについて

建物本体の屋根は ALC 板屋根であり、代表する ALC 板、鉄骨小梁を検討対象とする。壁はサイディング壁を追設することで補強を施しており、F1 竜巻に対して代表する既設壁、既設受け材（水平梁）を検討対象とし、F3 竜巻に対して代表するサイディング材、胴縁、受け材（水平梁）を検討対象とする。

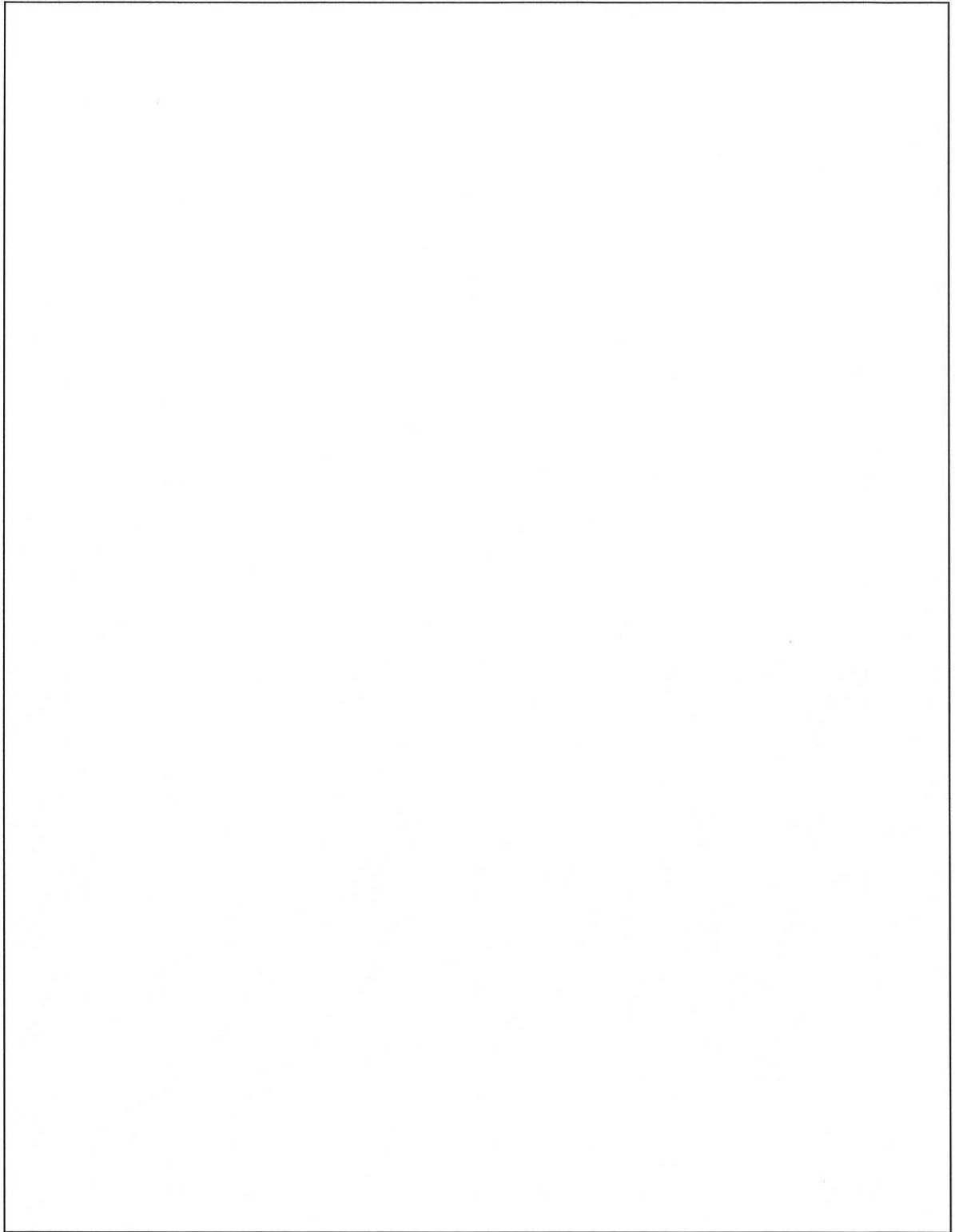
渡り廊下の屋根は ALC 板屋根であり、F1 竜巻に対して検討を行う。壁はサイディング壁を追設することで補強を施しており、代表するサイディング材、胴縁を検討対象とする。

検討対象を添説建 3—VI. 付 5—1 図～添説建 3—VI. 付 5—3 図に示す。

評価位置の選定にあたっては、各屋根、壁毎に、それらを構成する各種部材に対して断面形式、サイズ、支持スパン長等を考慮して代表部材を抽出し、それら代表部材のうち最も厳しい評価結果となった部材箇所を「評価位置」として設定した。



添説建 3—VI. 付 5—1 図 建物本体屋根検討対象



添説建 3-VI. 付 5-2 図 建物本体壁検討対象

添説建 3-VI. 付 5-3 図 建物本体壁検討対象

2. 竜巻許容荷重の考え方

2.1. ALC 板屋根

ALC 板は ALC 協会「ALC パネル構造設計指針・同解説」（以下「ALC 指針」と略記）に基づいた一般的に使用されているメーカー資料を参照して既設 ALC 板の検討を行う。検討では、F1 竜巻荷重に対して最大支持スパンが許容支持スパン以下であることを確認する。また、鉄骨小梁は F1 竜巻時に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。確認にあたり、鉄骨小梁は日本建築学会「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」（以下「S 規準」と略記）に基づき評価する。

2.2. 既設壁

既設壁は F1 竜巻荷重に対して最大支持スパンが許容支持スパン以下であることをメーカー資料を参照して確認する。また、受け材は F1 竜巻荷重及び自重により作用する最大曲げモーメントと短期許容曲げモーメントのそれぞれの検定比の合計値が 1.0 以下であることを確認する。確認にあたり、受け材は「S 規準」に基づき評価する。

2.3. サイディング壁

サイディング材は F3 竜巻時に作用する最大曲げモーメントが終局曲げ耐力以下であることを確認する。また、胴縁、受け材は F3 竜巻荷重及び自重により作用する最大曲げモーメントと終局曲げ耐力のそれぞれの検定比の合計値が 1.0 以下であることを確認する。確認にあたり、胴縁、受け材は「S 規準」に基づき評価する。

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

3. 竜巻許容荷重の算出

3.1. 荷重

(1) 屋根固定荷重

屋根に作用する竜巻荷重は負圧で評価するため、屋根の固定荷重の値は切り捨てとする。

ALC板

単位体積重量 γ_{ALC} (kg/m³) : (ALC 指針による)
厚さ t_{ALC} (m) :
重力加速度 g (m/s²) :
単位面積重量 w_{ALC1} (N/m²) : $\gamma_{ALC} \times g \times t_{ALC} =$
仕上げ荷重 w_{ALC2} (N/m²) :
検討用固定荷重 w_{ALC} (N/m²) : $w_{ALC1} + w_{ALC2} =$

鉄骨小梁 (B2)

使用部材
部材単位長さ重量 M_{ALC} (kg/m) : (JIS G3192)
重力加速度 g (m/s²) :
検討用固定荷重 w_{ALCB} (N/m) : $M_{ALC} \times g =$

(2) 壁固定荷重

1) 既設壁

繊維混入けい酸カルシウム板

単位面積重量 w_{C1} (N/m²) :
仕上げ荷重 w_{C2} (N/m²) :
検討用固定荷重 w_C (N/m²) : $w_{C1} + w_{C2} =$

受け材 (HG1)

使用部材
部材単位長さ重量 M_G (kg/m) : (JIS G3192)
重力加速度 g (m/s²) :
検討用固定荷重 w_G (N/m) : $M_G \times g =$

2) サイディング壁

サイディング材

単位面積重量 w_{W1} (N/m²) :
仕上げ重量 w_{W2} (N/m²) :
検討用固定荷重 w_W (N/m²) : $w_{W1} + w_{W2} =$

(3) 竜巻荷重

添説建 3-VI. 付 5-1 表に示す。

添説建 3-VI. 付 5-1 表 竜巻荷重 (添付説明書-建 3-VI付録 4 より)

| 竜巻種類 | 屋根 | 壁 |
|---|----|---|
| F1 竜巻荷重 (短期) w_{F1} (N/m ²) | | |
| F3 竜巻荷重 (終局) w_{F3} (N/m ²) | | |

※1 : F1 竜巻荷重に対する評価のみとする。

3. 2. 使用材料と許容値

(1) 鉄骨

使用材料 : 建設時設計図書より 、
JIS G3101 - 1995 での読み替えに従って として取り扱う。
基準強度 : $F = \text{ N/mm}^2$

(2) 鉄骨接合部

使用材料 : 建設時設計図書より
許容せん断力 : 一面摩擦時 kN/本 (長期)、 kN/本 (短期) (S 規準より)

(3) ALC 板

使用材料 : 厚さ mm
設計基準強度 : 同等品のメーカー資料に記載された許容荷重を使用する。

(4) 既設壁材

使用材料 : 厚さ mm
設計強度 : メーカー資料に記載された許容荷重を使用する。

(5) サイディング材

使用材料 : 厚さ mm
設計基準強度 : 同等品のメーカー資料に記載された許容荷重を使用する。

3.3. 建物本体 屋根の検討

F1 竜巻荷重（短期）に対する評価を行う。

(1) ALC 板

最大支持スパン L_{max} (mm) :

厚さ t_{ALC} (mm) :

単位面積当り固定荷重 w_{ALC2} (N/m²) : (ALC 板自重は考慮しない)

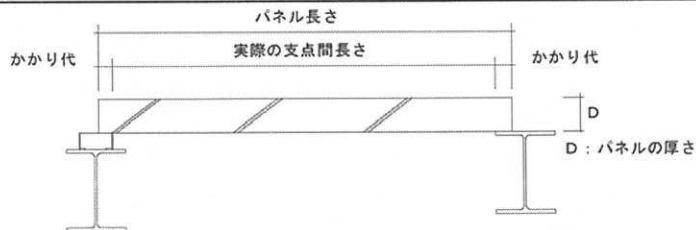
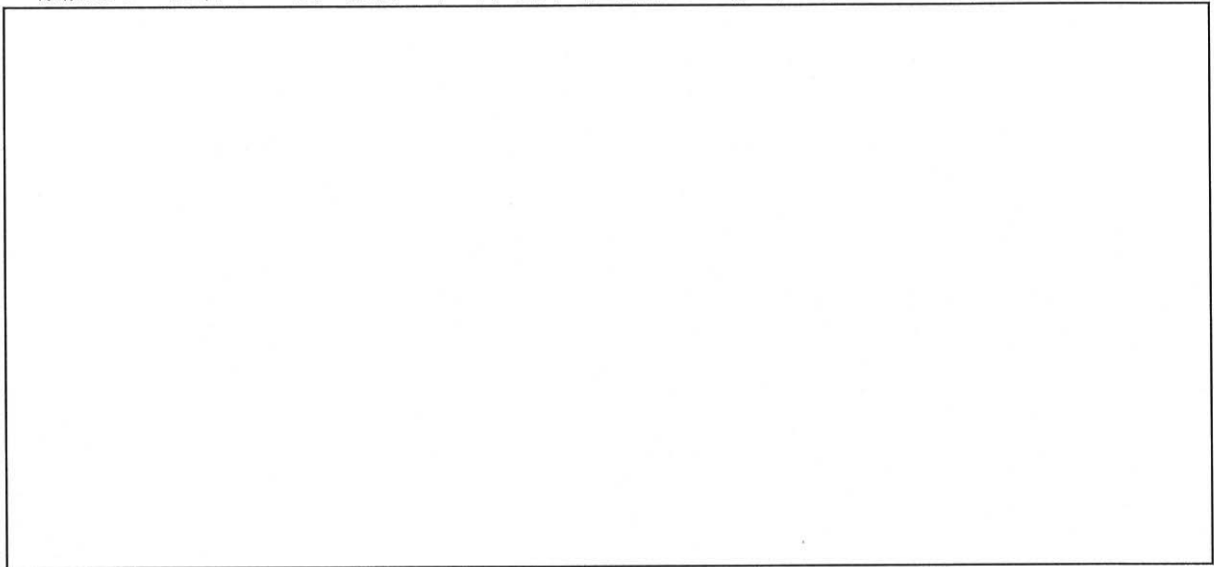
単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m²) :

単位面積当り荷重 w (N/m²) : $w_{F1} - w_{ALC2} =$

許容支持スパン L_a (mm) : (添説建 3-VI. 付 5-2 表より)

支持スパン検定比 R_1 : $(L_{max} / L_a)^2 =$ < 1.0 OK

添説建 3-VI. 付 5-2 表 屋根パネル厚さ別「設計荷重-最大長さ」対応表 (メーカー資料※1)



※1: メーカー資料については、三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

(2) 鉄骨小梁 (B2)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m)

圧縮フランジの支点間距離 L_b (m)

ALC板単位面積当り固定荷重 w_{ALC} (N/m²)

単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m²)

鉄骨小梁諸元

使用部材

高さ h (mm)

幅 b (mm)

フランジ厚さ t_f (mm)

圧縮フランジ断面積 A_f (mm²)

断面係数 (強軸) Z_x (cm³)

横座屈断面二次半径 i (cm)

単位長さ当り固定荷重 W_{ALCB} (N/m)

鉄骨小梁の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 B_b (m)

屋根固定荷重 W_R (N/m)

竜巻荷重 W_{F1} (N/m)

鉄骨小梁分担荷重 W (N/m)

高力ボルト

一面摩擦許容せん断力 (短期) Q_a (kN/本)

ボルト本数 n_b (本)



$b \times t_f =$



$: 3.0$

$: w_{ALC} \times B_b =$

$: w_{F1} \times B_b =$

$: w_{F1} - w_{ALC} - w_{ALCB} =$



2) 曲げ応力度

支間中央曲げモーメント

$$M = 1 / 8 \times W \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_b = M / Z_x = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

平成 13 年国土交通省告示第 1024 号 第 1 項 第三号 ハ 表 1 より、

$$f_{b1} = F \times \left\{ (2 / 3) - (4 / 15) \times (L_b / i)^2 / (C \times \Lambda^2) \right\} \times 1.5$$

ここに、

C : 次の式によって計算した修正係数

(2.3 を超える場合には 2.3 とし、補剛区間内の曲げモーメントが M_1 より大きい場合には 1 とする。)

$$C = 1.75 + 1.05 \times (M_2 / M_1) + 0.3 \times (M_2 / M_1)^2$$

$$= 1.75 \text{ (曲げモーメントが単曲率となり、} M_2=0 \text{ より } M_2/M_1=0\text{)}$$

$$\text{限界細長比 } \Lambda = 1500 / \sqrt{(F / 1.5)} = \boxed{}$$

$$f_{b2} = 89000 / (L_b \times h / A_f) \times 1.5$$

$$f_b = \max(f_{b1}, f_{b2})$$

$$f_{b1} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{b2} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$f_b = \max\{\boxed{}, \boxed{}\} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{検定比 } R_2 = \sigma_b / f_b = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

3) せん断力

$$\text{両端支点上せん断力 } Q = W \times L / 2 = \boxed{} \text{ kN}$$

$$\text{検定比 } R_3 = Q / (n_b \times Q_a) = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

(3) 屋根の単位面積当りの短期許容荷重 (屋根固定荷重を考慮した値)

$$\text{最大検定比 } R_{\max} = \max(R_1, R_2, R_3)$$

$$= \max\{\boxed{}, \boxed{}, \boxed{}\} = \boxed{}$$

屋根の単位面積当りの短期許容荷重 (屋根固定荷重を考慮した値) は

$$w_a = w_{F1} / R_{\max} = \boxed{} \text{ N/m}^2$$

以上より、対象 F1 竜巻荷重 (短期) に対して、建物本体 屋根は健全である。

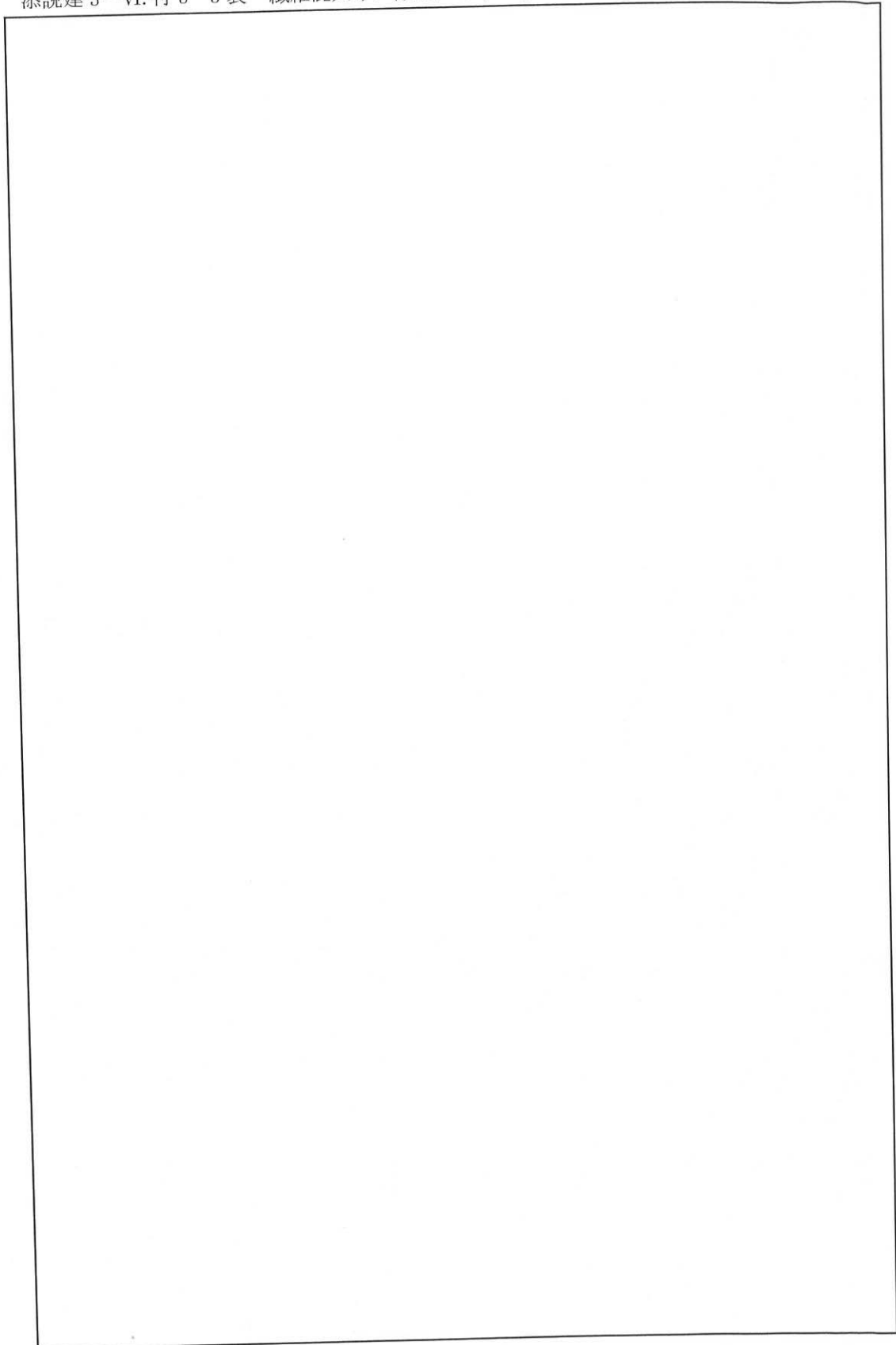
3.4. 建物本体 壁の検討

壁の検討にあたっては、建物内側から外側に作用する F1 竜巻荷重に対して既設壁が抵抗し、建物外側から内側に作用する F3 竜巻荷重に対してサイディング壁が抵抗するものとする。各壁の検討結果を以下に示す。

(1) 既設壁

| | | |
|---|---|---|
| 最大支持スパン L_{max} (mm) | : | <input type="text"/> |
| 厚さ t_c (mm) | : | <input type="text"/> |
| 単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m ²) | : | <input type="text"/> |
| 許容支持スパン L_a (mm) | : | <input type="text"/> (添説建 3-VI. 付 5-3 表より) |
| 支持スパン検定比 R_4 | : | $(L_{max} / L_a)^2 =$ <input type="text"/> < 1.0 OK |

添説建 3-VI. 付 5-3 表 繊維混入けい酸カルシウム板 許容スパン (メーカー資料^{※1})



※1 : メーカー資料については、三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

(2) 既設受け材 (HG1)

1) 計算諸条件

| | | |
|---|---|--|
| 支持スパン長 L (m) | : | <input type="text"/> |
| 圧縮フランジの支点間距離 L_b (m) | : | <input type="text"/> |
| 既設壁単位面積当り固定荷重 w_c (N/m ²) | : | <input type="text"/> |
| 単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m ²) | : | <input type="text"/> |
| 受け材諸元 | | |
| 使用部材 <input type="text"/> | | |
| 高さ h (mm) | : | <input type="text"/> |
| 幅 b (mm) | : | <input type="text"/> |
| フランジ厚さ t_f (mm) | : | <input type="text"/> |
| 圧縮フランジの断面積 A_f (mm ²) | : | $b \times t_f =$ <input type="text"/> |
| 断面係数 (強軸) Z_x (cm ³) | : | <input type="text"/> |
| 断面係数 (弱軸) Z_y (cm ³) | : | <input type="text"/> |
| 横座屈断面二次半径 i (cm) | : | <input type="text"/> |
| 単位長さ当り固定荷重 W_c (N/m) | : | <input type="text"/> |
| 受け材の分担する単位長さ当り荷重 | | |
| 荷重分担幅 P (m) | : | <input type="text"/> |
| 壁固定荷重 W_c (N/m) | : | $w_c \times P =$ <input type="text"/> |
| 竜巻荷重 w_{F1} (N/m) | : | $w_{F1} \times P =$ <input type="text"/> |

2) 検討結果

強軸

支間中央曲げモーメント

$$M_x = 1 / 8 \times W_{F1} \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{bx} = M_x / Z_x = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

平成 13 年国土交通省告示第 1024 号 第 1 項 第三号 ハ 表 1 より、

$$f_{b1} = F \times \{ (2 / 3) - (4 / 15) \times (L_b / i)^2 / (C \times \Lambda^2) \} \times 1.5$$

ここに、

C: 次の式によって計算した修正係数

(2.3 を超える場合には 2.3 とし、補剛区間内の曲げモーメントが M_1 より大きい場

合には 1 とする。)

$$C = 1.75 + 1.05 \times (M_2 / M_1) + 0.3 \times (M_2 / M_1)^2 = 1.00$$

$$\text{限界細長比 } \Lambda = 1500 / \sqrt{F / 1.5} = \boxed{}$$

$$f_{b2} = \boxed{} / (L_b \times h / A_f) \times 1.5$$

$$f_b = \max(f_{b1}, f_{b2})$$

$$f_{b1} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{b2} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$f_b = \max(\boxed{}) = \boxed{} \rightarrow f_b \leq F \text{ より } f_{bx} = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_x = \sigma_{bx} / f_{bx} = \boxed{}$$

弱軸

支間中央曲げモーメント

$$M_y = 1 / 8 \times (W_c + W_e) \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{by} = M_y / Z_y = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

$$f_{by} = F = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_y = \sigma_{by} / f_{by} = \boxed{}$$

組合せ検定比

$$R_5 = R_x + R_y = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

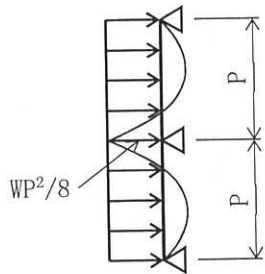
(3) サイディング材

1) 計算諸条件

| | | | |
|---|---|----------------------|-----------|
| 胴縁ピッチ P_{max} (mm) | : | <input type="text"/> | |
| 厚さ t_s (mm) | : | <input type="text"/> | |
| 断面二次モーメント I_x (cm ⁴ /m) | : | <input type="text"/> | (正曲げ、負曲げ) |
| 断面係数 Z_x (cm ³ /m) | : | <input type="text"/> | (正曲げ、負曲げ) |
| 許容曲げ応力度 f_b (N/cm ²) | : | <input type="text"/> | |
| 単位面積当り竜巻荷重 w_{F3} (N/m ²) | : | <input type="text"/> | |
| 単位長さ当り竜巻荷重 W_{F3} (N/cm/m) | : | <input type="text"/> | |

2) 検討結果

胴縁許容スパン



$$W_{F3} \times P_a^2 / (8 \times Z_x) = f_b \text{ より}$$

$$P_a = \sqrt{f_b \times 8 \times Z_x / W_{F3}} = \text{ cm}$$

検定比

$$R_6 = (P_{max} / P_a)^2 = \text{} < 1.0 \text{ OK}$$

(4) 胴縁 (NGIR)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m)

サイディング材単位面積当り固定荷重 w_w (N/m²)

単位面積当り竜巻荷重 w_{F3} (N/m²)

胴縁諸元

使用部材

高さ h (mm)

幅 b (mm)

圧縮フランジの断面積 A_f (mm²)

断面係数 (強軸) Z_x (cm³)

断面係数 (弱軸) Z_y (cm³)

胴縁の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 P (m)

壁固定荷重 W_w (N/m)

竜巻荷重 W_{F3} (N/m)

:

:

:

:

:

:

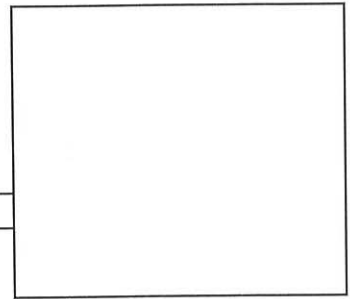
:

:

:

: $w_w \times P =$

: $w_{F3} \times P =$



2) 検討結果

強軸

支間中央曲げモーメント

$$M_x = 1 / 8 \times W_{F3} \times L^2 = \text{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{bx} = M_x / Z_x = \text{} \text{ N/mm}^2$$

降伏曲げ応力度

$$\sigma_{yx} = 89000 / (L \times h / A_f) \times 1.5 = \text{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_x = \sigma_{bx} / \sigma_{yx} = \text{}$$

弱軸

支間中央曲げモーメント

$$M_y = 1 / 8 \times W_w \times L^2 = \text{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{by} = M_y / Z_y = \text{} \text{ N/mm}^2$$

降伏曲げ応力度

$$\sigma_{yy} = 1.1 \times F = \text{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_y = \sigma_{by} / f_b = \text{}$$

組合せ検定比

$$R_7 = R_x + R_y = \text{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

(5) 受け材 (NHG1)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m)

: []
:
:

圧縮フランジの支点間距離 L_b (m)

単位面積当り竜巻荷重 w_{F3} (N/m²)

受け材諸元

使用部材 []

高さ h (mm)

幅 b (mm)

フランジ厚さ t_f (mm)

圧縮フランジの断面積 A_f (mm²)

断面係数 (強軸) Z_x (cm³)

断面係数 (弱軸) Z_y (cm³)

横座屈断面二次半径 i (cm)

: []
:
:

: $b \times t_f =$ []

: []
:
:

受け材の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 P (m)

竜巻荷重 W_{F3} (N/m)

: []

: $W_{F3} \times P =$ []

2) 検討結果

支間中央曲げモーメント

$M = 1 / 8 \times W_{F3} \times L^2 =$ [] N·m

曲げ応力度

$\sigma_b = M_x / Z_x =$ [] N/mm²

短期許容曲げ応力度

$f_b = F =$ [] N/mm²

検定比

$R_g = \sigma_b / f_b =$ []

(6) 壁の単位面積当りの短期許容荷重、終局耐力荷重

最大検定比 $R_{amax} = \max(R_4, R_5) = \max$ []

$R_{umax} = \max(R_6, R_7, R_8) = \max$ []

短期許容荷重 $w_a = W_{F1} / R_{amax} =$ [] N/m²

終局耐力荷重 $w_u = W_{F3} / R_{umax} =$ [] N/m²

以上より、対象 F1 竜巻荷重 (短期)、F3 竜巻荷重 (終局) に対して、建物本体 壁は健全である。

3.5. 渡り廊下 屋根の検討

渡り廊下屋根の ALC 板は、F1 竜巻荷重に対する評価となるが建物本体屋根の ALC 板と同一材であり、最大支持スパンが建物本体屋根より短いため検討を省略する。

3.6. 渡り廊下 壁の検討

(1) 既設壁

渡り廊下既設壁は、F1 竜巻荷重に対する評価となるが建物本体既設壁と同一材であり、最大支持スパンが建物本体既設壁より短いため検討を省略する。

(2) サイディング壁

渡り廊下サイディング壁は、F3 竜巻荷重に対する評価となるが建物本体サイディング壁と同一材であり、胴縁ピッチも同一であるため検討を省略する。また、胴縁についても最大支持スパンが建物本体サイディング壁より短いため検討を省略する。

第 2 廃棄物処理所 東側 サイディングへの飛来物衝撃評価

F3 竜巻による飛来物が第 2 廃棄物処理所東側の壁（サイディングで補強）に衝突した場合の評価を以下に示す。なお、評価手法は事業許可の（添五）別添ト-14-2 に則って評価する。

1. 想定される飛来物

「添説建 3ーVI. 4. 3ー1 表・F3 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果」より、F3 竜巻で第 2 廃棄物処理所東側に想定される飛来物は、軽トラック及びプレハブ物置（大）（以下、「プレハブ」と略記）である。

このうち、運動エネルギーが大きいプレハブを検討対象とし、諸元を添説建 3ーVI. 付 6ー1 表に示す。

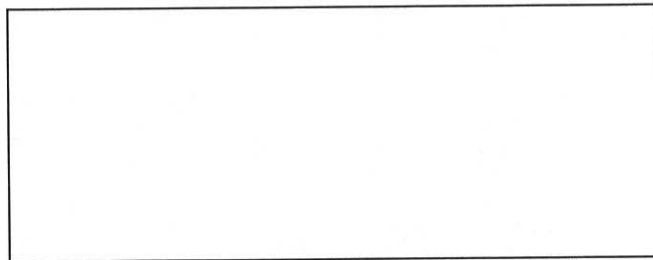
添説建 3ーVI. 付 6ー1 表 想定飛来物の諸元

| 飛来物 | 質量(kg) | 最大水平速度(m/s) | 最大飛散高さ(m) | 出典 |
|------|--------|-------------|-----------|-------------|
| プレハブ | | | | 事業許可：別添ト-12 |

2. 第 2 廃棄物処理所東側の壁に対する評価

第 2 廃棄物処理所東側の壁はサイディングにより補強する。このサイディングにより飛来物の運動エネルギーが吸収できることを確認する。

サイディングは胴縁、受け材の梁、柱によって格子状に組み込まれたものである。エネルギー吸収に寄与するとしたサイディングの鉄骨についての諸元を添説建 3ーVI. 付 6ー2 表に、また設置状況を添説建 3ーVI. 付 6ー1 図に示す。



添説建 3ーVI. 付 6ー1 図 東側の構造（立面図）

サイディングの構造を構成する梁、柱及び間柱のそれぞれのたわみに対する荷重と変形エネルギーを添説建 3ーVI. 付 6ー2 図～添説建 3ーVI. 付 6ー4 図に示す。

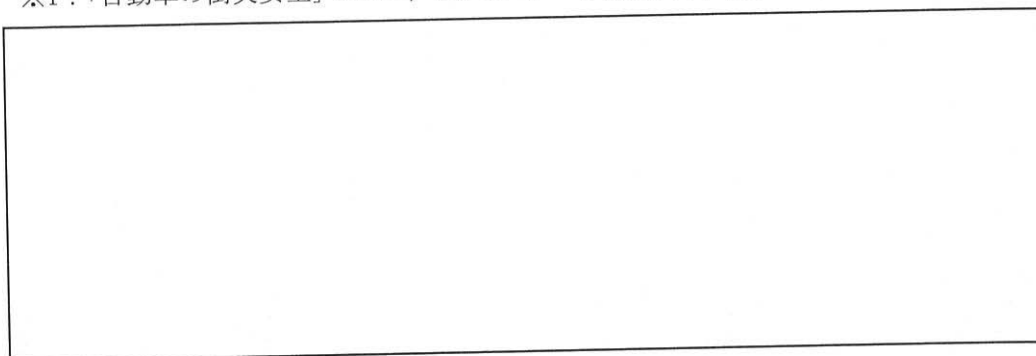
なお、サイディングのエネルギー吸収を考える範囲の鉄骨は、梁 1 本、柱 6 本である。中央の柱以外の 5 本は平均してエネルギー吸収に寄与するとし、エネルギー吸収に寄与する柱の本数は、中央の柱 1 本、他の柱 2.5 本の合計 3.5 本として評価する。

飛来物の経路については、飛来物は非常に浅い角度で衝突すると考えられる。これを添説建 3-VI. 付 6-5 図に示す。ここでは保守的にこの角度を 20° として、飛来物の衝突角度による衝撃エネルギーの減少を考慮する。

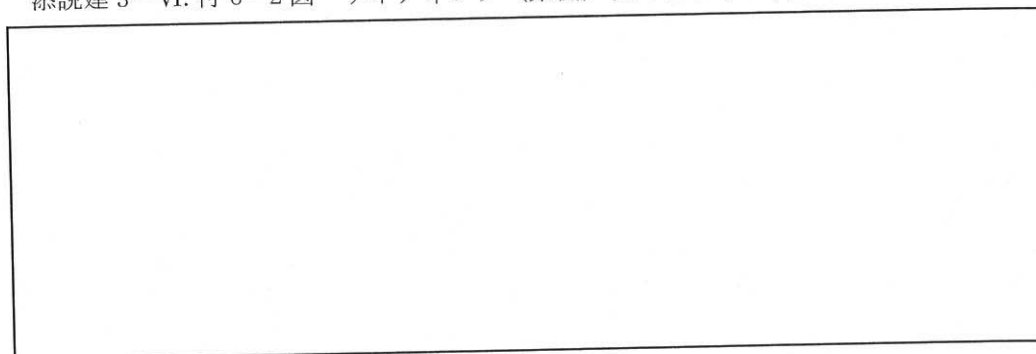
プレハブは自動車に比べて十分に柔な構造であるが、プレハブの剛性は保守的に自動車と同様に文献^{※1}に基づき衝撃時変形が 0.5m 程度あるものとし、この変形によるエネルギー吸収も考慮する。

このように評価した結果を、添説建 3-VI. 付 6-3 表～添説建 3-VI. 付 6-4 表に示す。評価結果より、サイディングの鉄骨による吸収エネルギーは、想定される飛来物である軽トラ及びプレハブの運動エネルギーを上回っており、飛来物を防護できる。

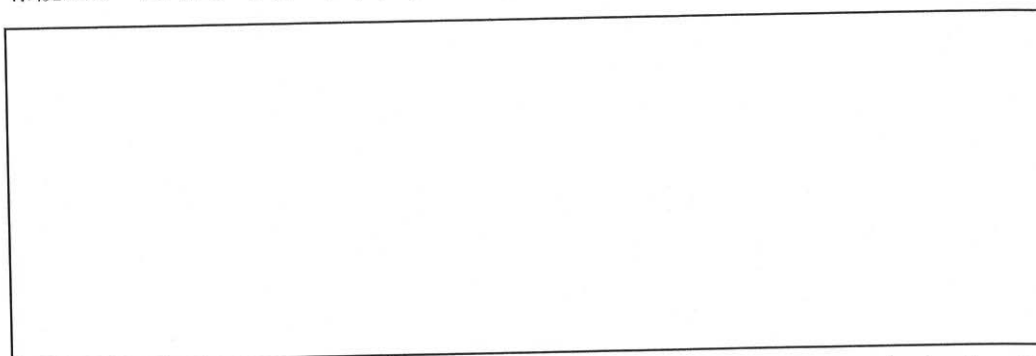
※1：「自動車の衝突安全」2012年2月29日 名古屋大学出版会 著者 水野幸治



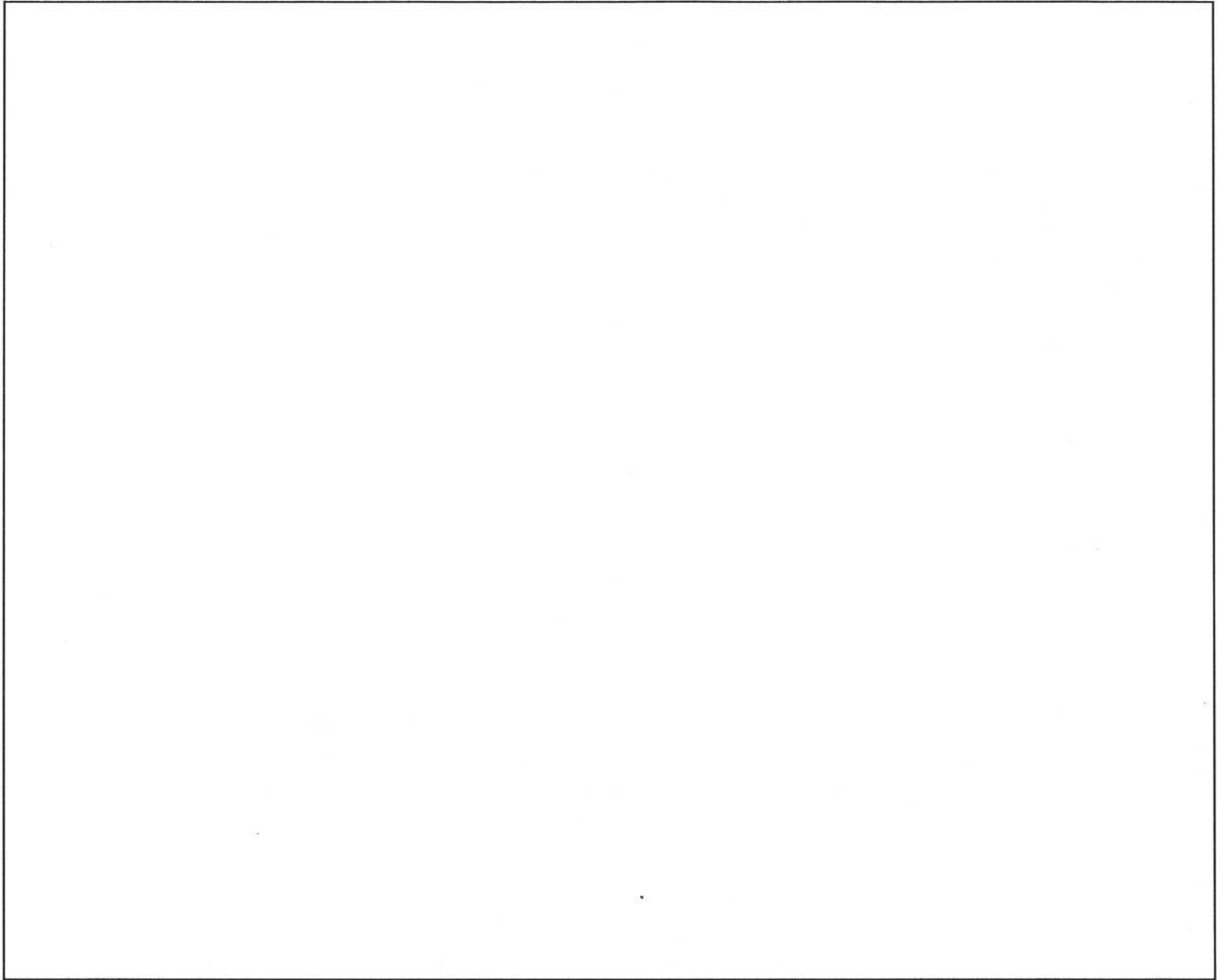
添説建 3-VI. 付 6-2 図 サイディング（東側）柱のたわみと荷重及び変形エネルギー



添説建 3-VI. 付 6-3 図 サイディング（東側）間柱のたわみと荷重及び変形エネルギー



添説建 3-VI. 付 6-4 図 サイディング（東側）梁のたわみと荷重及び変形エネルギー



添説建 3-VI. 付 6-5 図 第 2 廃棄物処理所東側の飛来物が想定される壁位置

添説建 3-VI. 付 6-2 表 サイディングの諸元

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----|
| 耐力 | σ_y | MPa | |
| 引張強さ | σ_u | MPa | |
| 破断伸び | ε_u | | |
| ヤング率 | E | MPa | |
| 塑性変形ヤング率 | E_p | MPa | |
| 柱 <input type="text"/> | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 柱の断面二次モーメント | Ib | mm ⁴ | |
| 柱の断面係数 | Zb | mm ³ | |
| 柱の長さ | Lb | mm | |
| 間柱 <input type="text"/> | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 間柱の断面二次モーメント | Ib | mm ⁴ | |
| 間柱の断面係数 | Zb | mm ³ | |
| 間柱の長さ | Lb | mm | |
| 梁 (弱軸方向) <input type="text"/> | H | mm | |
| | B | mm | |
| | t1 | mm | |
| | t2 | mm | |
| | h2 | mm | |
| | h1 | mm | |
| | b2 | mm | |
| | b1 | mm | |
| 梁の断面二次モーメント (弱軸) | I _d | mm ⁴ | |
| 梁の断面係数 (弱軸) | Z _d | mm ³ | |
| 梁の長さ | L _d | mm | |

添説建 3-VI. 付 6-3 表 サイディングが吸収するエネルギー

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|-----------------|---|-----|----|
| 飛来物質量 (プレハブ) | m | kg | |
| 飛来物速度 | v0 | m/s | |
| 衝突角度 | deg | deg | |
| 飛来物速度 | $v=v0 \times \sin(\text{deg})$ | m/s | |
| プレハブ剛性 (車体剛性相当) | $Kv=588 \cdot m$ | N/m | |
| 飛来物変形量 | δv | m | |
| 柱到達歪 | ϵ | | |
| 間柱到達歪 | ϵ | | |
| 梁到達歪 | ϵ | | |
| 柱たわみ | δb | m | |
| 間柱たわみ | δc | m | |
| 梁たわみ | δd | m | |
| 柱変形エネルギー | Eeb | J | |
| 間柱変形エネルギー | Eec | J | |
| 梁変形エネルギー | Eed | J | |
| 柱寄与本数 | nb | 本 | |
| 間柱寄与本数 | nc | 本 | |
| 梁寄与本数 | nd | 本 | |
| 変形エネルギー (全寄与部材) | $Ees=nb \times Eeb+nc \times Eec+nd \times Eed$ | J | |

添説建 3-VI. 付 6-4 表 サイディングの吸収エネルギーとプレハブの運動エネルギーの比較

| | 記号 | 単位 | 数値 |
|---|---------------|----|----|
| サイディング変形エネルギー | Ees | J | |
| 飛来物変形エネルギー | Eev | J | |
| 全変形エネルギー | $Eet=Ees+Eev$ | J | |
| 飛来物運動エネルギー | Ek | J | |
| 評価 | $Eet > Ek$ | | |
| サイディングの鉄骨による合計吸収エネルギー (全変形エネルギー) は飛来物運動エネルギーより大きい | | | |

(補足)

塑性を考慮した梁（柱）の変形エネルギー評価手法

ここでは、塑性まで考慮した場合の梁が担うことのできる変形エネルギーの評価手法を示す。

1. 応力歪線図のモデル化例

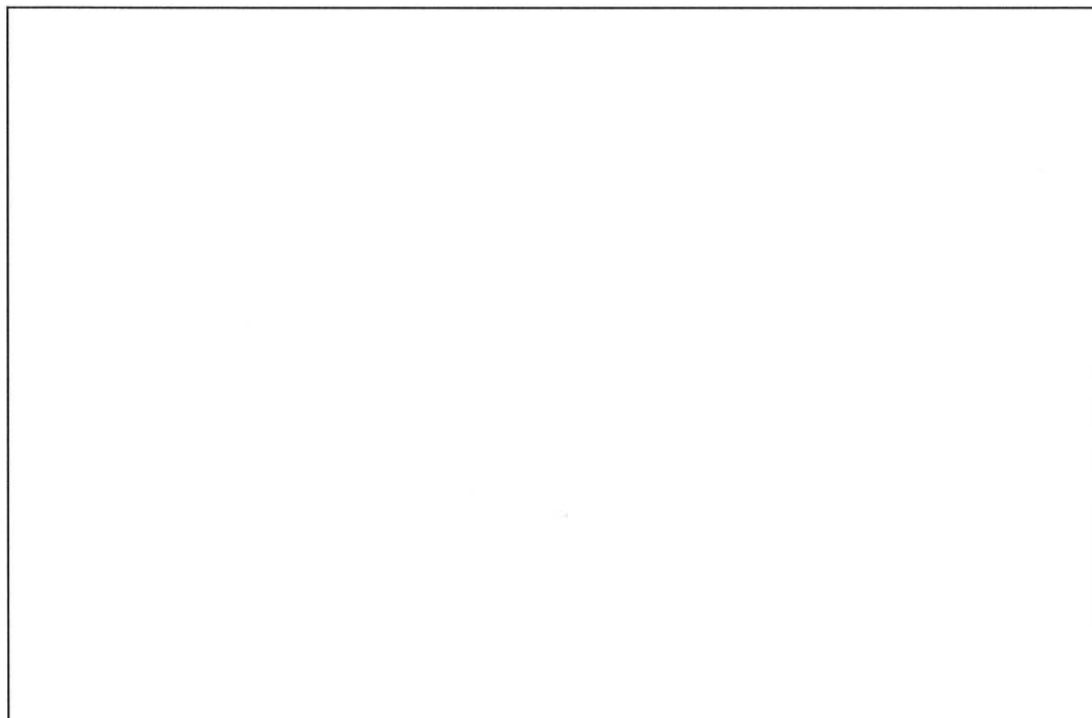
応力歪線図は概略として添説建 3-VI. 付 6-6 図に示す通りモデル化する。



添説建 3-VI. 付 6-6 図 応力歪線図のモデル化

2. 梁断面の応力分布とモーメント

梁断面が破断する直前の柱断面が担うことのできるモーメントは断面内のモーメントを積分することで求められる。柱断面の応力と歪の分布を添説建 3-VI. 付 6-7 図に示す。



添説建 3-VI. 付 6-7 図 柱断面の応力と歪の分布

応力歪線図の模式図から応力と歪の関係式を以下の通り示す。

$$\sigma = \begin{cases} E\varepsilon & \varepsilon \leq \varepsilon_y \\ \sigma_y + E_p(\varepsilon - \varepsilon_y) & \varepsilon > \varepsilon_y \end{cases} \quad (1)$$

ここで

σ : 応力

σ_y : 耐力 (N/mm² とする)

ε : 歪

ε_y : 弾性限界歪

E : ヤング率 (N/mm² とする)

E_p : 弾性限界を超えた歪における応力-歪線図の傾き (以後、塑性ヤング率という)

$$E_p = \frac{\sigma_u - \sigma_y}{\varepsilon_u - \varepsilon_y} \quad (2)$$

σ_u : 引張強さ (N/mm² とする)

ε_u : 破断伸び (% とする)

柱の断面の板厚方向 (曲げ方向) の座標を ζ とする。

断面内の歪の分布は線形であるとして、

$$\varepsilon = \alpha \zeta \quad (3)$$

ここで板厚を h とすると、

$$\alpha = \frac{2\varepsilon_m}{h} \quad (4)$$

ε_m : 断面内最大歪

とする。

また、断面の ζ 座標上で応力が耐力に到達するときの値を

$$\zeta_y = \frac{\varepsilon_y}{\alpha} \quad (5)$$

とする。

断面内のモーメントを計算する。

計算は矩形断面を前提に評価するので、板幅を b とすると、任意の形状の断面に対し、断面二次モーメント I が与えられているとして、

$$b = \frac{12I}{h^3} \quad (6)$$

である。

断面内モーメントは

$$\begin{aligned}
 M &= 2b \int_0^{h/2} \sigma(\zeta) \cdot \zeta \cdot d\zeta \\
 &= 2b \left[\int_0^{\zeta_y} \alpha E \cdot \zeta^2 \cdot d\zeta + \int_{\zeta_y}^{h/2} \{\sigma_y + E_p \alpha (\zeta - \zeta_y)\} \zeta \cdot d\zeta \right] \\
 &= 2b \left\{ \left[\frac{\alpha E \cdot \zeta^3}{3} \right]_0^{\zeta_y} + \left[\frac{\sigma_y \zeta^2}{2} \right]_{\zeta_y}^{h/2} + \left[\frac{\alpha E_p \zeta^3}{3} \right]_{\zeta_y}^{h/2} - \left[\frac{\alpha E_p \zeta_y \zeta^2}{2} \right]_{\zeta_y}^{h/2} \right\} \\
 &= b \left\{ \frac{2\alpha E \cdot \zeta_y^3}{3} + \frac{\sigma_y h^2}{4} - \sigma_y \zeta_y^2 + \frac{\alpha E_p h^3}{12} - \frac{2\alpha E_p \zeta_y^3}{3} - \frac{\alpha E_p \zeta_y h^2}{4} + \alpha E_p \zeta_y^3 \right\} \quad (7)
 \end{aligned}$$

3. モーメントからたわみ、荷重、変形エネルギーの計算手順

梁に作用するたわみの分布は弾性るときと同様線形であるとする。

梁に作用するモーメントと荷重の関係は

$$M = \frac{FL}{\beta} \quad (\text{両端支持の場合、梁の中央に荷重が作用するとして } \beta = 4) \quad (8)$$

となる。

ここで

L : 梁の長さ

F : 梁の荷重 (両端支持の場合は梁の中央に作用する)

たわみは

$$\delta = \frac{FL^3}{\gamma EI} \quad (\text{両端支持の場合 梁中央の荷重に対して } \gamma = 48) \quad (9)$$

となる。

以上を用いて計算の手順を以下に示す。

- ① 梁に作用するたわみ δ を仮定する
- ② たわみから仮想荷重 F_i を求める（以下、“仮想”とは塑性を無視して線形として評価したものを意味する）

$$F_i = \frac{\delta \gamma EI}{L^3} \quad (10)$$

- ③ 仮想荷重から仮想モーメント M_i を求める

$$M_i = \frac{F_i L}{\beta} \quad (11)$$

- ④ 仮想モーメントから仮想応力 σ_i を求める。

$$\sigma_i = \frac{M_i}{Z} \quad (12)$$

ここで Z は断面係数

- ⑤ 仮想応力から断面内最大歪 ε_m を求める。

$$\varepsilon_m = \frac{\sigma_i}{E} \quad (13)$$

- ⑥ 表面最大歪から断面内歪傾き α を求める

$$\alpha = \frac{2\varepsilon_m}{h} \quad (14)$$

- ⑦ この α を用いて(10)式に代入し、実際に作用するモーメント M を求める。

- ⑧ モーメント M から実際に作用する荷重 F を求める。

$$F = \frac{\beta M}{L} \quad (15)$$

- ⑨ たわみ δ_u に到達するまでの変形エネルギー E_e を計算する。

$$E_e = \int_0^{\delta_u} F \cdot \delta \cdot d\delta \quad (16)$$

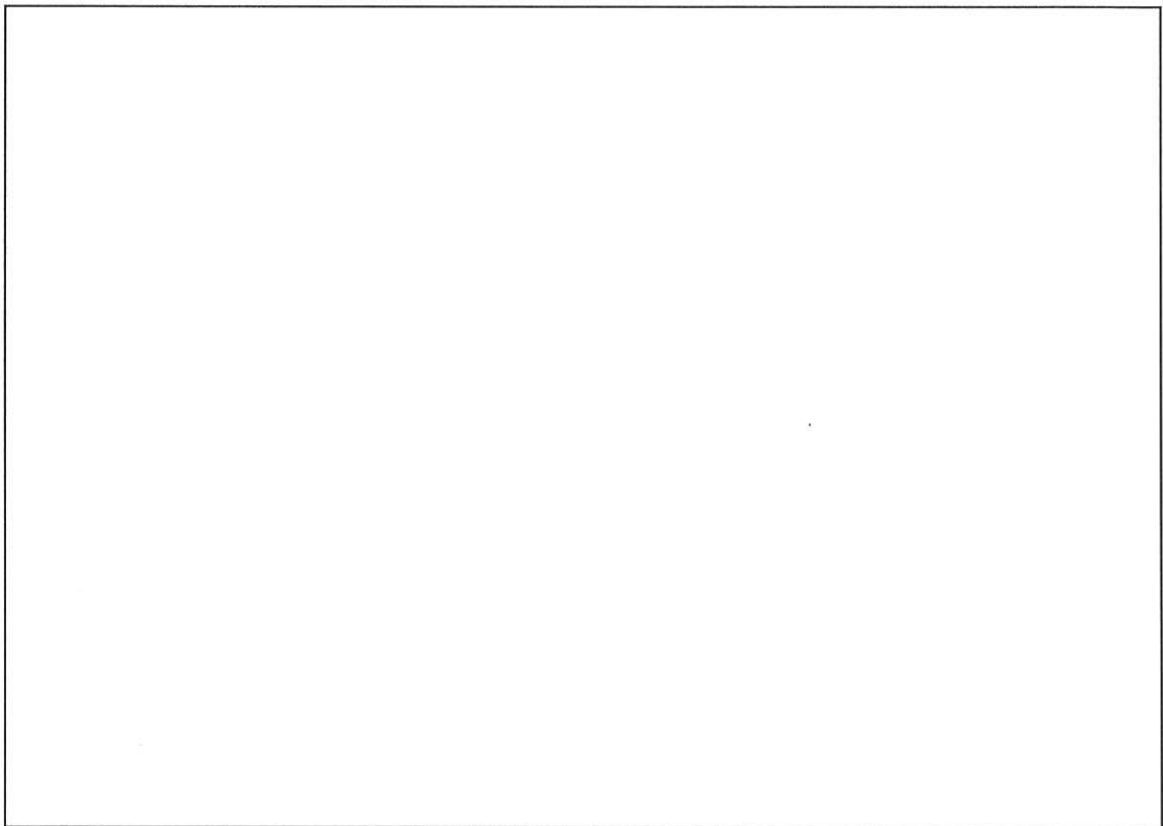
この計算手法により、任意の歪に対してたわみ、荷重の関係が計算できる。また、変形エネルギーについては、たわみを少しずつ変化させ、数値積分（台形公式）することにより求める。

第 2 廃棄物処理所 外気導入カバーの竜巻に対する強度計算書

1. 概要

第 2 廃棄物処理所の換気用外気導入口に設置する外気導入カバーは、添説建 3ーVI. 付 7ー1 図に示す構造となっている。この内、ラーメン構造の一部を構成する。カバー部 について竜巻に対する強度検討を行い、F1 竜巻荷重に対し健全であり、F3 竜巻荷重時に飛散しないことを確認する。

なお、竜巻強度検討は、外気導入カバー部を支持する 12 本の束材下端（△印）にて建物構造から支持されているものとして検討を行う。



添説建 3ーVI. 付 7ー1 図 外気導入カバー図

(1) 荷重条件

竜巻荷重

F1 竜巻荷重 w_1 (N/m²) :

F3 竜巻荷重 w_3 (N/m²) :

(2) 評価モデル

1) 受圧版

プレート $t =$ mm ($F_y =$ N/mm²)

4 辺固定板モデル

2) 小梁

アングル ($F_y =$ N/mm²)

両端固定の梁モデル

F_y : ステンレス鋼材 の基準強度 (N/mm²)

(3) 評価結果要約

受圧版と小梁の竜巻荷重に対する検定結果を添説建 3-VI. 付 7-1 表に示す。

添説建 3-VI. 付 7-1 表 竜巻荷重に対する各構造部位の検定比表

| 構造部材 | F1 竜巻 | F3 竜巻 |
|------|-------|-------|
| 受圧版 | | |
| 小梁 | | |

以上より、第 2 廃棄物処理所の外気導入カバーは、F1 竜巻荷重に対して健全であり、F3 竜巻荷重時に飛散しないことを確認した。

単位面積当りの許容荷重（検定比 1.0 相当の竜巻荷重）は、検定比の最も厳しい値から算定し、次の値となる。

F1 竜巻荷重での短期許容荷重 : (Pa) (=)

F3 竜巻荷重での終局耐力荷重 : (Pa) (=)

以下に各構造部位の強度検討結果の詳細を示す。

(4) 適用基準

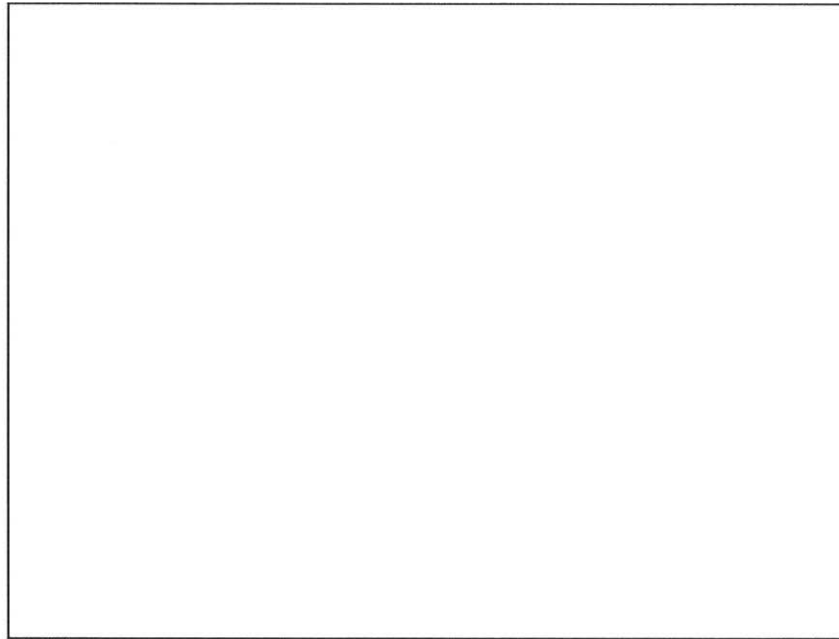
鋼構造設計規準 —許容応力度設計法— (日本建築学会) (以下「S 規準」と略記)

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会) (以下「RC 規準」と略記)

2. 受圧板の検討

受圧板の最大曲げモーメントに対する検討結果は以下の通りとなる。

| | | |
|---|---|--------|
| 短辺長 L_x (m) | : | |
| 長辺長 L_y (m) | : | |
| 単位幅 b (mm/m) | : | |
| 板厚 t (mm) | : | |
| 単位幅 b 当り断面係数 Z (mm ³ /m) | : | |
| 単位幅 b 当り塑性断面係数 Z_p (mm ³ /m) | : | |
| 支持条件 | : | 4 辺固定板 |



添説建 3-VI. 付 7-2 図 受圧板の検討対象パネル

3. 小梁の検討

小梁による門型ラーメン構造を両端固定の梁モデルとして検討する。

小梁が負担する荷重範囲とモーメント図を添説建 3-VI. 付 7-3 図に示す。

小梁の諸元

フランジ幅 h (mm) :

板厚 t (mm) :

断面積 A (mm²) :

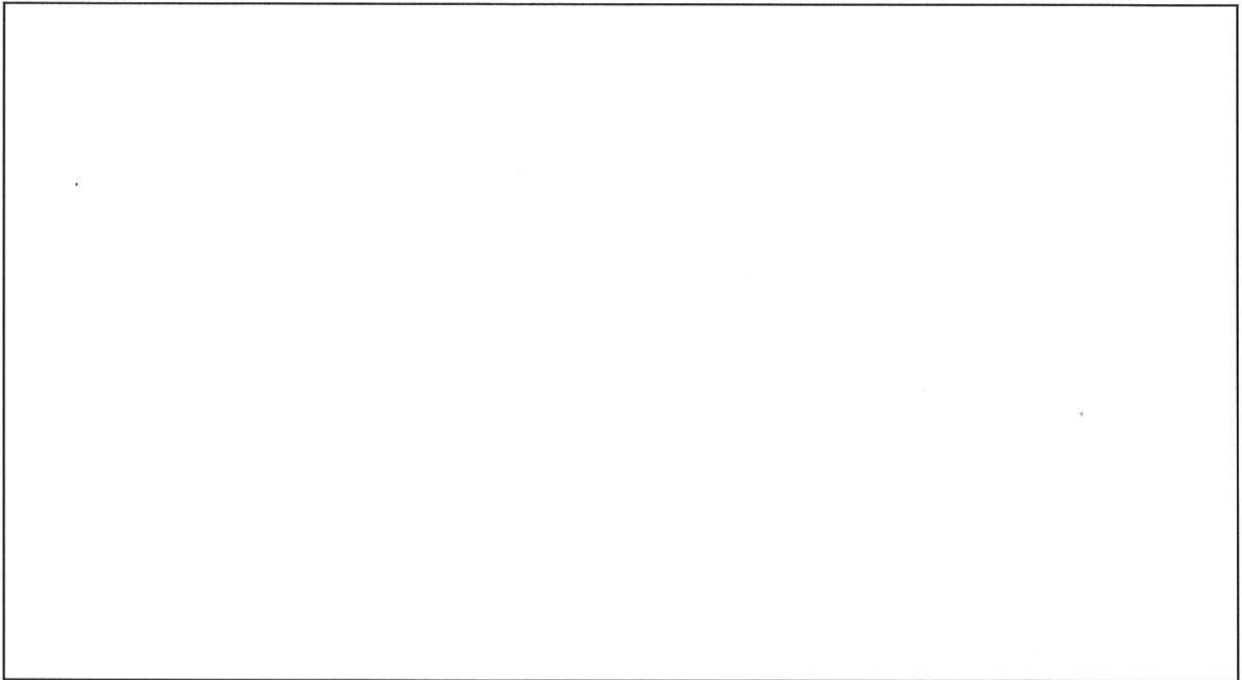
断面係数 Z (mm³) :

塑性断面係数 Z_p (mm³) :

スパン長さ L (m) :

荷重負担幅 b_1 (m) :

$$: A / 2 \times (h / 2 - t / 2) =$$



添説建 3-VI. 付 7-3 図 小梁の荷重負担範囲と曲げモーメント図

F1 竜巻

小梁の単位長さ当りの荷重 W_{F1}

$$W_{F1} = w_1 \times b_1 = \boxed{} \text{ N/m}$$

最大曲げモーメント M_{F12}

$$M_{F12} = 1 / 12 \times W_{F1} \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

短期許容曲げモーメント M_{a2}

$$M_{a2} = F_y \times Z = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

最大曲げモーメント M_{F12} の短期許容曲げモーメント M_{a2} に対する検定比

$$R_{F12} = M_{F12} / M_{a2} = \boxed{} < 1.0 \text{ OK}$$

小梁は F1 竜巻荷重に対して、短期許容曲げモーメント内である。

F3 竜巻

小梁の単位長さ当りの荷重 W_{F3}

$$W_{F3} = w_3 \times b_1 = \boxed{} \text{ N/m}$$

最大曲げモーメント M_{F32}

$$M_{F32} = 1 / 12 \times W_{F3} \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

終局曲げ耐力 (=全塑性モーメント) M_{u2}

$$M_{u2} = F_y \times Z_p = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m/m}$$

最大曲げモーメント M_{F32} の終局曲げ耐力 M_{u2} に対する検定比

$$R_{F32} = M_{F32} / M_{u2} = \boxed{} < 1.0 \text{ OK}$$

小梁は F3 竜巻荷重に対して、終局曲げ耐力内である。

VII. 第 3 廃棄物倉庫 竜巻防護設計計算書

1. 第 3 廃棄物倉庫の概要

1. 1. 位置

第 3 廃棄物倉庫の設置位置を図イ建-1-1「敷地内建物配置図」に示す。
設置場所は敷地内中央に位置し、最も近い民家や公道から約 200m 以上離れている。

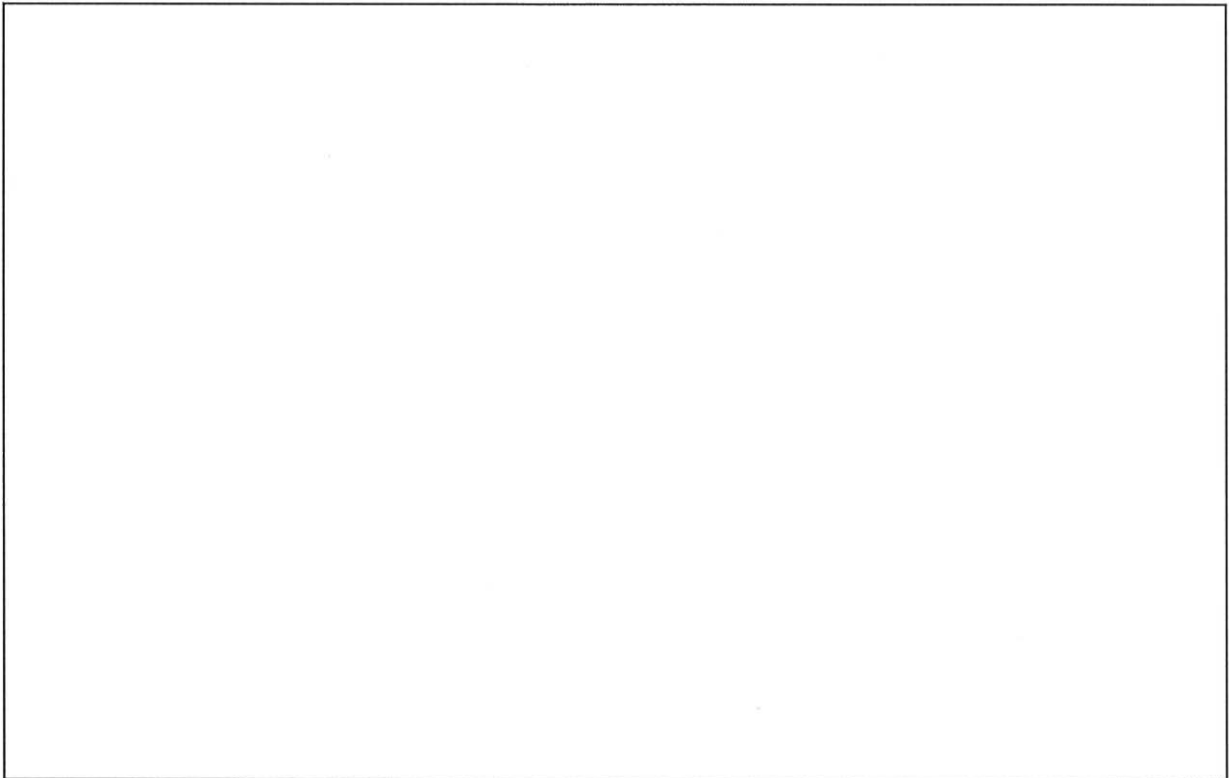
1. 2. 建物の概要

第 3 廃棄物倉庫は平屋建ての鉄骨造 (S 造) であり、平面形状は、約 32. 4m×16. 2m、高さ約 7. 69m の整形な建物である。

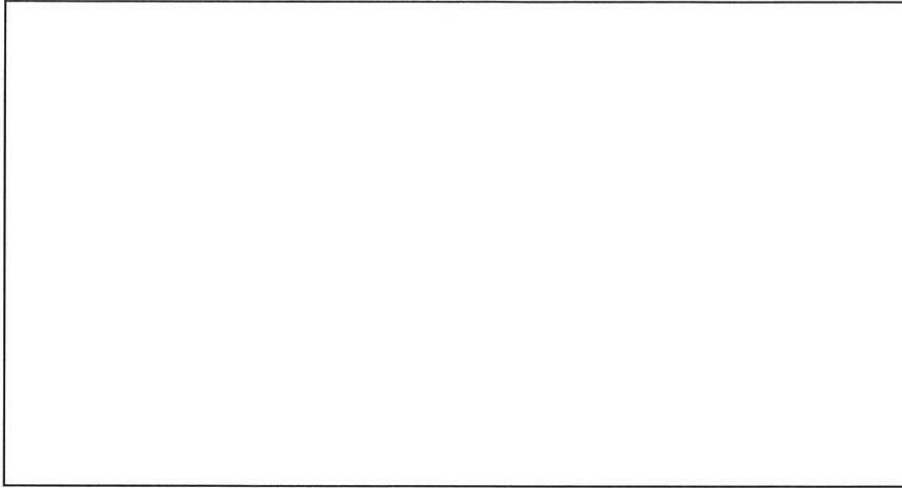
開口部としては鉄扉、シャッターを設置している。

本建物の屋根伏図、立面図、断面図を添説建 3-VII. 1. 2-1 図～添説建 3-VII. 1. 2-3 図に示す。

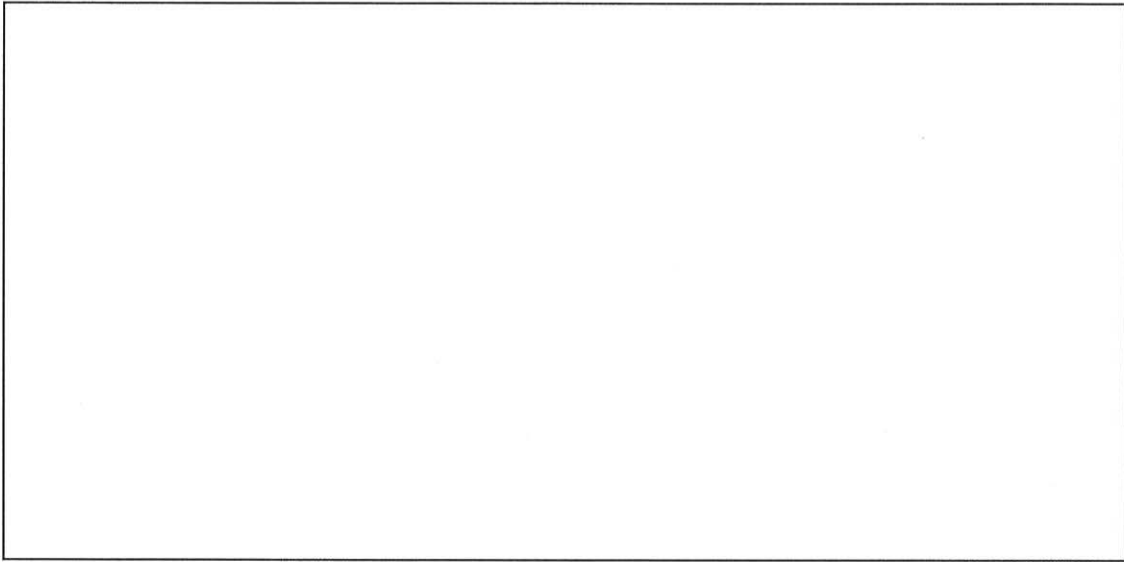
注) 添付説明書の図に示す寸法の単位は、特記以外ミリメートルとする。



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VII. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VII. 1. 2-1 図 屋根伏図



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VII. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VII. 1. 2-2 図 立面図



注) 図に示す※の番号は「添説建 3-VII. 1. 4-1 表 竜巻に対する補強部位」と対応する。
添説建 3-VII. 1. 2-3 図 断面図

1.3. 設計方針

竜巻防護設計の方針に従い、竜巻は風速を藤田スケール F1 の最大風速 49m/s とし、構造強度評価「建物に作用する竜巻荷重と保有水平耐力との比較」、局部評価「屋根、壁、鉄扉等に作用する荷重と強度との比較」を実施する。なお、敷地内の飛来物は、加工施設に影響の無い距離まで離すことや固縛等を行うので対象外とし、評価対象は敷地外から想定される飛来物とするが、飛来物の飛散評価の結果、本建物まで到達する飛来物はないことから、飛来物防護の検討は不要である。

また、本来であれば、更なる安全裕度の向上策の確認として、F3 の最大風速 92m/s で、同様の評価を実施するが、第3 廃棄物倉庫は F3 防護区画外のため F1 のみの評価とする。

建物、構築物の竜巻防護設計フローの概要を添説建 3-VII. 1.3-1 図に示す。

1.4. 補強内容

本建物における竜巻に対する補強部位を添説建 3-VII. 1.4-1 表に示す。

添説建 3-VII. 1.4-1 表 竜巻に対する補強部位

| 項目 | | F1 竜巻 | F3 竜巻 |
|----------|----------|-------|-------|
| 保有水平耐力評価 | | — | — |
| 局部 評価 | 屋根 ※1 | ○ | — |
| | 壁 ※2 | ○ | — |
| | 鉄扉 ※3 | ○ | — |
| | シャッター ※4 | ○ | — |

○：補強あり —：補強なし

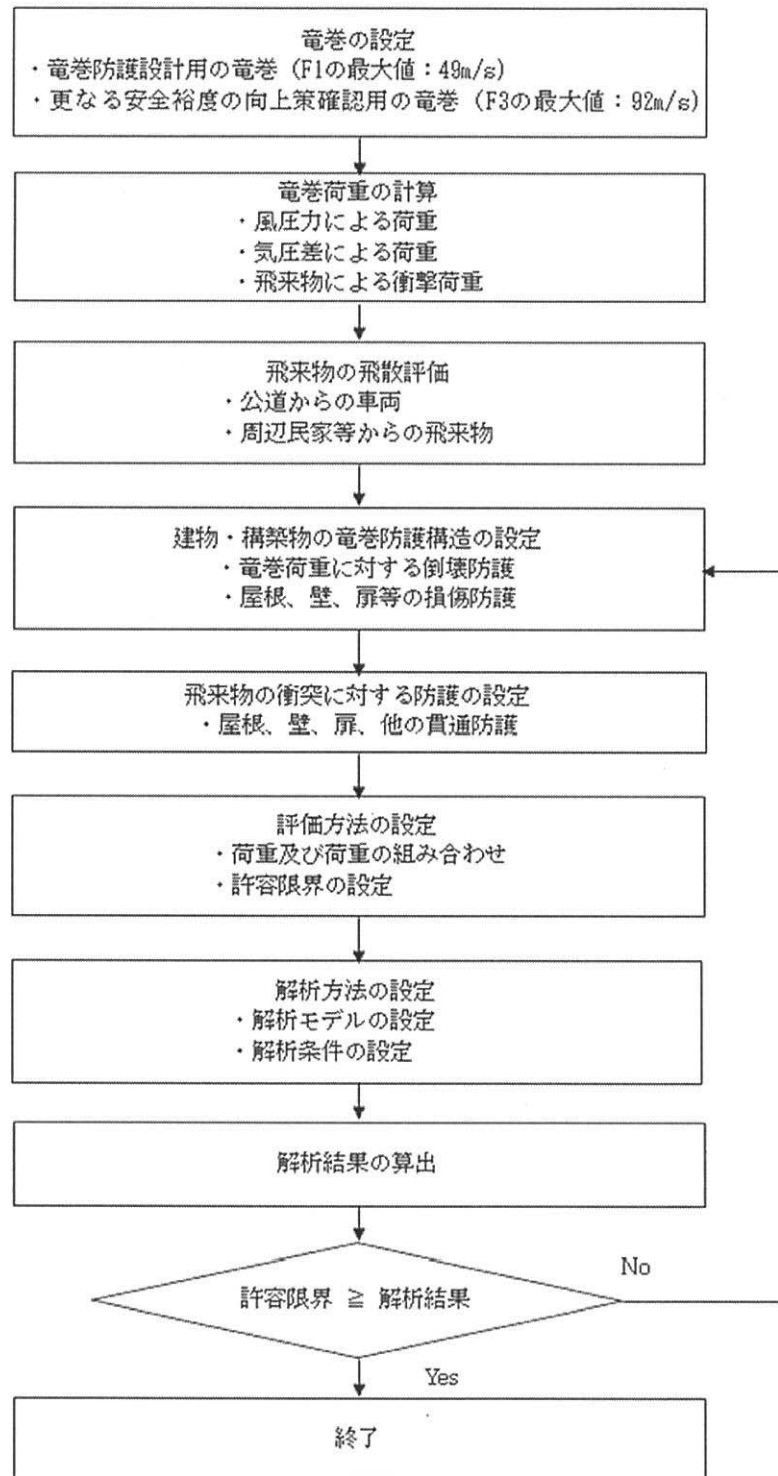
※1：既設屋根鋼板を高強度折板に交換することで補強

※2：既設壁を撤去し、サイディング材に交換することで補強

※3：既設鉄扉の補強

※4：新しいシャッターに交換することで補強

なお、ドラム缶は F3 竜巻による飛来物として影響を及ぼさないように固縛を実施する。



添説建 3-VII. 1. 3-1 図 建物・構築物の竜巻防護設計フロー概要

2. 竜巻荷重の計算

2.1. 建物の構造強度評価に用いる竜巻荷重の計算

構造強度評価は、「建物の保有水平耐力と同建物に作用する気圧差による荷重」と「気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重」との比較で行う。この評価により、第3廃棄物倉庫が竜巻により倒壊することが無いことを確認する。

(1) 竜巻荷重の計算

気圧差による荷重 W_{T1} 、気圧差による荷重と風圧力による荷重を組合わせた荷重 W_{T2} は以下の式で計算し、荷重の大きい方を採用する。

$$W_{T1} = w_p \times A_L$$

$$W_{T2} = (C_{WU} \times q \times A_U - C_{WL} \times q \times A_L) + 1 / 2 \times w_p \times A_L$$

ここで

A_U : 風上側面積

A_L : 風下側面積

w_p : 竜巻による気圧差による荷重

C_{WU} : 風上側風力係数

C_{WL} : 風下側風力係数

q : 設計用速度圧

速度圧、気圧差による荷重の計算式と各パラメータを下記に示す。

$$q = 1 / 2 \times \rho \times V_D^2$$

$$w_p = \rho \times V_m^2$$

ここで

ρ : 空気密度 = 1.22 kg/m³

V_D : F1 竜巻最大風速 = 49 m/s、F3 竜巻最大風速 = 92 m/s

V_m : F1 竜巻の最大接線風速 = 42 m/s、F3 竜巻の最大接線風速 = 78 m/s

(2) 風力係数

壁等の風力係数を添説建 3-VII. 2. 1-1 表に示す。風下側の風力係数 C_{WL} は、風向方向の建物寸法 D と風向に直交する方向の建物寸法 B の比で整理されるが、保守的に絶対値が大きい -0.5 を用いて評価する。

添説建 3-VII. 2. 1-1 表 壁等の風力係数 C_W (正が圧縮、負が引張)

| | | 風力係数 |
|--------------|-----------|-------|
| 風上側 C_{WU} | | 0.80 |
| 風下側 C_{WL} | D/B 比 ≤ 1 | -0.50 |
| | D/B 比 > 1 | -0.35 |

D : 風向方向の建物寸法

B : 風向に直交する方向の建物寸法

2.2. 局部評価に用いる竜巻荷重の計算

(1) 荷重計算方法

荷重計算方法を以下に示す。局部評価用の F1 竜巻荷重は、壁、鉄扉、シャッタについては w_{T1} と w_{T2_w} の大きい方、屋根については w_{T1} と w_{T2_r} の大きい方とする。

1) 壁、鉄扉、シャッタ

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_w} = \begin{cases} C_{wu} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{wu} + C_{wl}) \times q \geq -w_p \text{ の場合} \\ C_{wl} \times q + 1 / 2 \times w_p & (C_{wu} + C_{wl}) \times q < -w_p \text{ の場合} \end{cases}$$

2) 屋根

$$w_{T1} = w_p$$

$$w_{T2_r} = C_r \times q + 1 / 2 \times w_p$$

(2) 風力係数

壁、鉄扉、シャッタの風力係数は添説建 3-VII. 2. 1-1 表に示す通りである。なお、風下側は、保守的に絶対値が大きい-0.5 を用いて評価する。

屋根の風力係数を添説建 3-VII. 2. 2-1 表に示す。屋根に作用する荷重は、風上側の屋根端部からの距離 R_b で整理されるが、保守的に絶対値が大きい-1.2 を用いて評価する。

添説建 3-VII. 2. 2-1 表 屋根の風力係数 C_r (屋根健全時 正が圧縮、負が引張)

| | 風力係数 |
|--------------------------|-------|
| $R_b \leq 0.50B$ | -1.20 |
| $0.50B < R_b \leq 1.50B$ | -0.60 |
| $R_b > 1.50B$ | -0.20 |

R_b : 風上側の屋根端部からの距離

B : 風向に直交する方向の建物寸法

3. 建物健全性の評価結果

3.1. 建物の構造強度評価

建物に作用する水平方向の竜巻荷重と保有水平耐力を比較することで構造強度評価を行う。保有水平耐力は、「添付説明書ー建2 VII. 第3 廃棄物倉庫 耐震計算書」のX方向、Y方向それぞれについて正負加力2ケースのうち小さい方の値を用いる。

保有水平耐力と竜巻荷重の比較結果を添説建 3ーVII. 3.1ー1 表に示す。評価の結果、保有水平耐力はF1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して建物は健全である。

添説建 3ーVII. 3.1ー1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価

| | 保有水平耐力 (kN) | F1 竜巻荷重 (kN) ※1 | 検定比 | 評価 |
|----------------|-------------|-----------------|-----|----|
| X 方向 (東西方向) | | | | ○ |
| Y 方向 (南北方向) | | | | ○ |

※1：添付説明書ー建 3ーVII付録 2 参照

3.2. 屋根、壁、鉄扉、シャッタの局部評価

短期許容荷重と竜巻荷重とを比較した局部評価結果を添説建 3ーVII. 3.2ー1 表に示す。評価の結果、各部の強度はF1 竜巻荷重を上回っており、F1 竜巻荷重に対して健全である。

添説建 3ーVII. 3.2ー1 表 局部評価

| | 単位面積当りの 短期許容荷重 (Pa) | 単位面積当りの F1 竜巻荷重 (Pa) | 検定比 | 評価 |
|-------------|---------------------------|----------------------------|-----|----|
| 屋根 (折板屋根) | | | | ○ |
| 壁 (サイディング壁) | | | | ○ |
| 鉄扉 | | | | ○ |
| シャッタ | | | | ○ |

※1：添付説明書ー建 3ーVII付録 4 参照 (屋根については固定荷重を考慮した値)

※2：添付説明書ー建 3ーIX. 工場棟及び附属建物鉄扉説明書 参照

※3：メーカー仕様による

※4：添付説明書ー建 3ーVII付録 3 参照

注) 表記の検定比は、建物の外殻を構成する屋根、外壁、建具等の各部における F1 竜巻荷重に対する短期許容荷重の比の最大値を示す。ただし、構成各部の評価の過程において、検定比が F1 竜巻荷重時の発生応力度に対する許容応力度で計算されている場合は、短期許容荷重は載荷されている F1 竜巻荷重を検定比で割り戻す (短期許容荷重=F1 竜巻荷重/検定比) ことで算出した。

3.3. 飛来物の飛散による壁、屋根の衝撃評価結果

電力中央研究所が開発した竜巻飛来物解析コード「TONBOS」を用いて飛来物の飛散評価を行う。TONBOS で解析する際の竜巻風速場にはフジタモデル (DBT-77 モデル) を適用する。F1 竜巻での評価結果を添説建 3-VII. 3.3-1 表に示す。

評価の結果、最大飛散距離はプレハブ物置 (大) が \square m であるが、最も近い民家や公道から第 3 廃棄物倉庫までは 200m 以上離れており、同建物まで到達する飛来物はないことから、建物の壁、屋根の衝撃評価は不要である。

添説建 3-VII. 3.3-1 表 F1 竜巻での敷地外からの飛来物評価結果

竜巻条件 (F1)

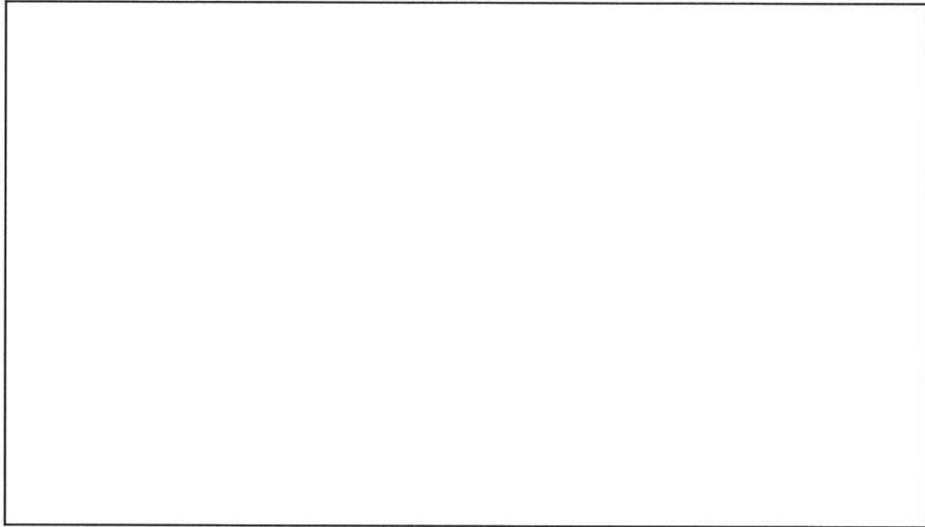
| | |
|--------|----------|
| 最大風速 | 49 (m/s) |
| 最大接線風速 | 42 (m/s) |
| 移動速度 | 7 (m/s) |

| 品名 | 長さ (m) | 幅 (m) | 高さ (m) | 設置高さ (m) | 質量 (kg) | 空力パラメータ (m ² /kg) | 最大水平速度 (m/s) | 最大鉛直速度 (m/s) | 運動エネルギー (水平) (kJ) | 運動エネルギー (鉛直) (kJ) | 最大飛散距離 (m) | 最大飛散高さ (m) |
|--------------|--------|-------|--------|----------|---------|------------------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
| 鋼製材 | | | | | | | | | | | | |
| 鋼製パイプ | | | | | | | | | | | | |
| 乗用車 (ワゴン) | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 1 | | | | | | | | | | | | |
| 軽自動車 2 | | | | | | | | | | | | |
| 軽トラック | | | | | | | | | | | | |
| 4 t トラック | | | | | | | | | | | | |
| 15t トラック | | | | | | | | | | | | |
| バス (路線バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| バス (観光バスタイプ) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (小) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (中) | | | | | | | | | | | | |
| プレハブ物置 (大) | | | | | | | | | | | | |

見付面積の算出方法について

見付面積 (A_{IF}) の算出にあたり、高さ方向の寸法は母屋などの上端部から一律 200mm を加算して裕度を確保する。また、X 方向、Y 方向の寸法は、通り芯から両側に一律 200mm を加算して裕度を確保する。

X 方向（東西方向）の見付面積



添説建 3—VII. 付 1—1 図 X 方向見付面積

$a =$ 壁幅 + 両側幅裕度

$=$ m

$b =$ 水上母屋天端高さ - 腰壁高さ + 高さ裕度

$=$ m

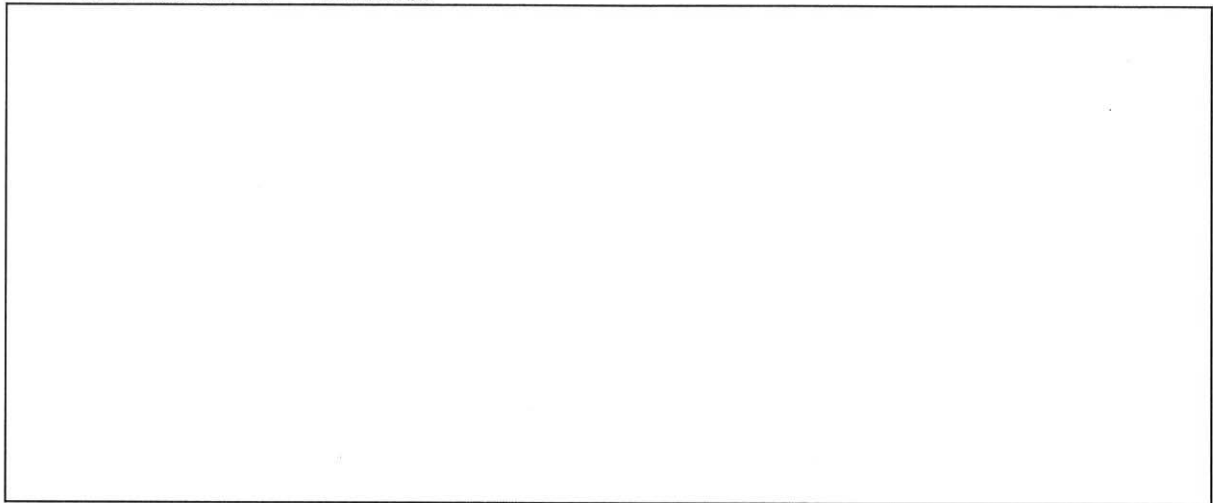
$R =$

各階見付面積

壁 $A_{IF} =$ 総荷重負担面積 \times 建屋荷重負担比率

$= a \times b \times R =$ m^2

Y方向（南北方向）の見付面積



添説建3-VII.付1-2図 Y方向見付面積

a = 壁幅 + 両側幅裕度

= m

b = 水上母屋天端高さ（壁面高さ） - 腰壁高さ + 高さ裕度

= m

R =

各階見付面積

壁 $A_{1F} = \text{総荷重負担面積} \times \text{建屋荷重負担比率}$

= $a \times b \times R =$ m^2

「添説建 3-VII. 3. 1-1 表 保有水平耐力と F1 竜巻荷重の比較評価」の竜巻荷重（層せん断力）の算出方法について

添説建 3-VII. 付 2-1 表 X 方向（東西方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|------|---------------------------|----------|---------------|------------------------|--------------|------------------------|---|---|
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | q×A×C (kN) | W _w (kN) | ΔP×A (kN) | W _p (kN) | W _{T1} =W _p (kN) | W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN) |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

添説建 3-VII. 付 2-2 表 Y 方向（南北方向）の水平方向の竜巻荷重

| 階 | 算定位置 | 見付面積 | 風力係数 | 風圧力による荷重 | 風圧力による層せん断力 | 気圧差による荷重 | 気圧差による層せん断力 | 層せん断力の組み合わせ荷重 | |
|---|------|---------------------------|----------|---------------|------------------------|--------------|------------------------|---|---|
| | | A ※1 (m ²) | C (-) | q×A×C (kN) | W _w (kN) | ΔP×A (kN) | W _p (kN) | W _{T1} =W _p (kN) | W _{T2} =W _w + 0.5×W _p (kN) |
| 1 | 風上 | | | | | | | | |
| | 風下 | | | | | | | | |

※1：見付面積は、添付説明書一建 3-VII付録 1 による。

第 3 廃棄物倉庫の保有水平耐力との比較評価に用いる竜巻荷重による水平方向の層せん断力算出において、気圧低下による荷重と風圧力による荷重は下記の値とする。

「I. 竜巻防護設計の基本方針」の「2. 竜巻荷重の算定」より、

- ・気圧低下による荷重： ΔP = (Pa) → (Pa) として計算に使用
- ・風圧力による荷重： q = (Pa) → (Pa) として計算に使用

1. 「添説建 3－VII. 3. 2－1 表 局部評価」の F1 竜巻荷重の算出方法について

添説建 3－VII. 付 3－1 表 F1 竜巻の特性値

| | | | |
|-----------|------------------|----------------------|-------|
| 空気密度 | ρ | (kg/m ³) | 1.22 |
| 竜巻最大風速 | V_D | (m/s) | 49 |
| 竜巻接線風速 | V_m | (m/s) | 42 |
| 速度圧 | q | (Pa) | 1465 |
| 気圧低下による荷重 | ΔP_{max} | (Pa) | -2152 |

添説建 3－VII. 付 3－2 表 F1 竜巻の局部評価用荷重の算定

| 風の方向 | | 風上 | 風下 |
|-------------|----------|------|-------|
| 風力係数（壁・鉄扉等） | C_W | — | 0.8 |
| 風力係数（屋根） | C_R | — | -1.2 |
| 気圧差荷重 | W_p | (Pa) | -2152 |
| 壁・鉄扉等への荷重 | W_{T1} | (Pa) | |
| | W_{T2} | (Pa) | — |
| 屋根への荷重 | W_{T1} | (Pa) | -2152 |
| | W_{T2} | (Pa) | |

- 注) ・建物外殻への荷重が外側から内側に作用する場合は正、その逆が負
 ・※印の値が評価で使用した荷重

竜巻に対する局所評価用の竜巻許容荷重の計算に関する説明書

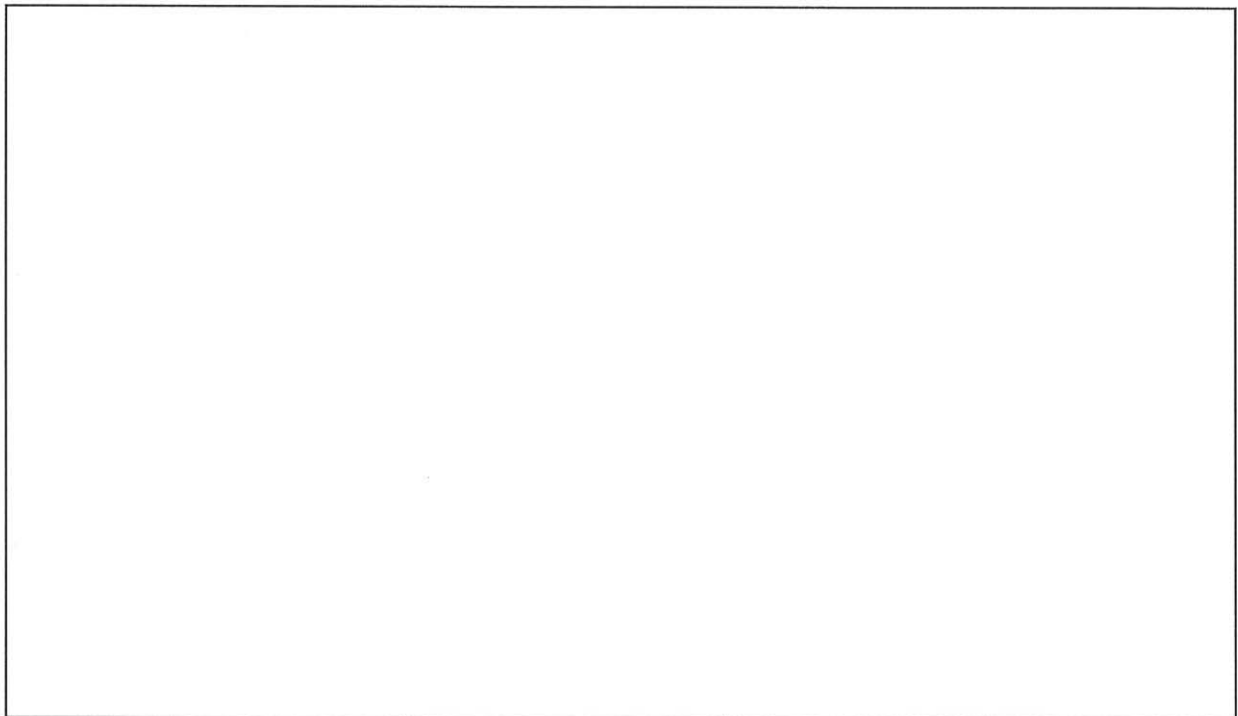
建物の損傷防護の観点から、局部評価として建物の屋根、壁とそれらを支持する構造二次部材について評価を行う。

1. 屋根、壁の評価位置と評価モデルについて

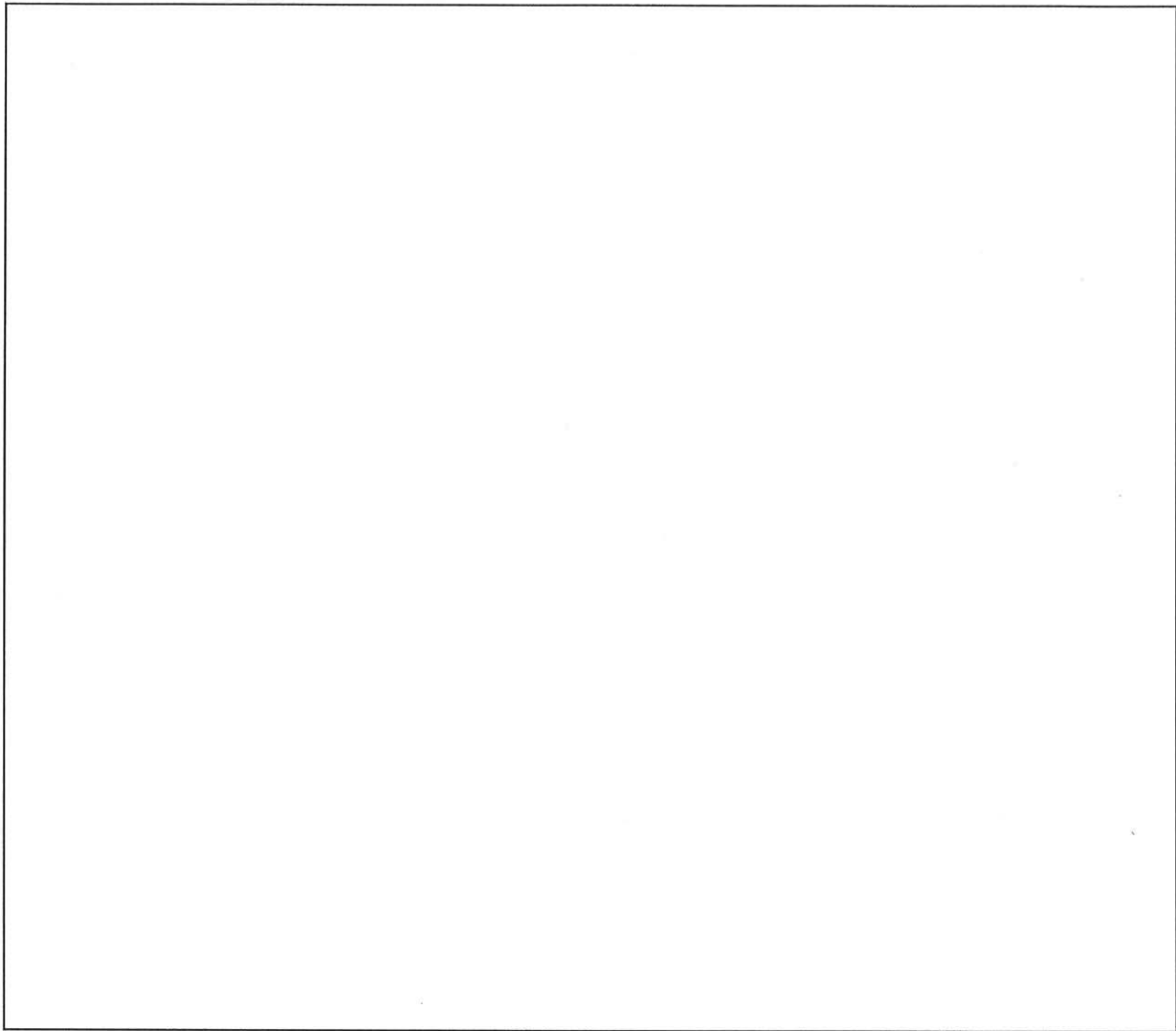
第 3 廃棄物倉庫の屋根は高強度折板に交換することで補強を施しており、代表する折板、母屋を検討対象とする。壁はサイディング壁に交換することで補強を施しており、代表するサイディング材、胴縁、受け材（水平梁）を検討対象とする。

検討対象を添説建 3－VII. 付 4－1 図～添説建 3－VII. 付 4－2 図に示す。

評価位置の選定にあたっては、屋根、壁毎に、それらを構成する各種部材に対して断面形式、サイズ、支持スパン長等を考慮して代表部材を抽出し、それら代表部材のうち最も厳しい評価結果となった部材箇所を「評価位置」として設定した。



添説建 3－VII. 付 4－1 図 屋根検討対象



添説建 3-VII. 付 4-2 図 壁検討対象

2. 竜巻許容荷重の考え方

2.1. 折板屋根

折板はメーカー資料より最大支持スパンが許容スパン以下であることを確認する。また、母屋は F1 竜巻時に作用する最大曲げ応力度が短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。確認にあたり、母屋は日本建築学会「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」（以下「S 規準」と略記）に基づき評価する。

2.2. サイディング壁

サイディング材は F1 竜巻時に作用する最大曲げモーメントがメーカー資料による許容荷重以下であることを確認する。また、胴縁、受け材は F1 竜巻荷重及び自重により作用する最大曲げモーメントと短期許容曲げモーメントのそれぞれの検定比の合計値が 1.0 以下であることを確認する。確認にあたり、胴縁、受け材は「S 規準」に基づき評価する。

第 3 廃棄物倉庫は、F3 防護対象ではないため F1 竜巻に対してのみ評価する。

以上の評価により安全機能を損なわないことを確認する。

3. 竜巻許容荷重の算出

3.1. 荷重

(1) 屋根固定荷重

屋根に作用する竜巻荷重は負圧で評価するため、屋根の固定荷重の値は切り捨てとする。

折板

$$\begin{aligned} \text{単位面積重量 } w_{R1} \text{ (N/m}^2\text{)} & : \boxed{} \\ \text{仕上げ重量 } w_{R2} \text{ (N/m}^2\text{)} & : \boxed{} \\ \text{検討用固定荷重 } w_R \text{ (N/m}^2\text{)} & : w_{R1} + w_{R2} = \boxed{} \end{aligned}$$

母屋 (NPR)

$$\begin{aligned} \text{使用部材 } & \boxed{} \\ \text{部材単位長さ重量 } M_{B1} \text{ (kg/m)} & : \boxed{} \\ \text{重力加速度 } g \text{ (m/s}^2\text{)} & : \boxed{} \\ \text{検討用固定荷重 } W_{B1} \text{ (N/m)} & : M_{B1} \times g = \boxed{} \end{aligned}$$

(2) 壁固定荷重

$$\begin{aligned} \text{サイディング材単位重量 } w_{W1} \text{ (N/m}^2\text{)} & : \boxed{} \\ \text{仕上げ荷重 } w_{W2} \text{ (N/m}^2\text{)} & : \boxed{} \\ \text{検討用固定荷重 } w_W \text{ (N/m}^2\text{)} & : w_{W1} + w_{W2} = \boxed{} \end{aligned}$$

(3) 竜巻荷重

添説建 3-VII. 付 4-1 表に示す。

添説建 3-VII. 付 4-1 表 竜巻荷重 (添付説明書一建 3-VII付録 3 より)

| 竜巻荷重 | 屋根 | 壁 |
|--|----|---|
| F1 竜巻荷重(短期) w_{F1} (N/m ²) | | |

3.2. 使用材料と許容値

(1) 鉄骨

使用材料 : 建設時設計図書より
JIS G3101 - 1995 での読み替えに従って として取り扱う。
基準強度 : $F = \text{ N/mm}^2$

(2) 鉄骨接合部

使用材料 : 建設時設計図書より
許容せん断力 : 一面摩擦時 kN/本 (長期)、 kN/本 (短期) (S 規準より)

(3) 折板

使用材料 : (t = mm) 同等品
設計基準強度 : 同等品のメーカー資料に記載された許容荷重を使用する。

3.3. 屋根の検討

F1 竜巻荷重 (短期) に対する評価を行う。

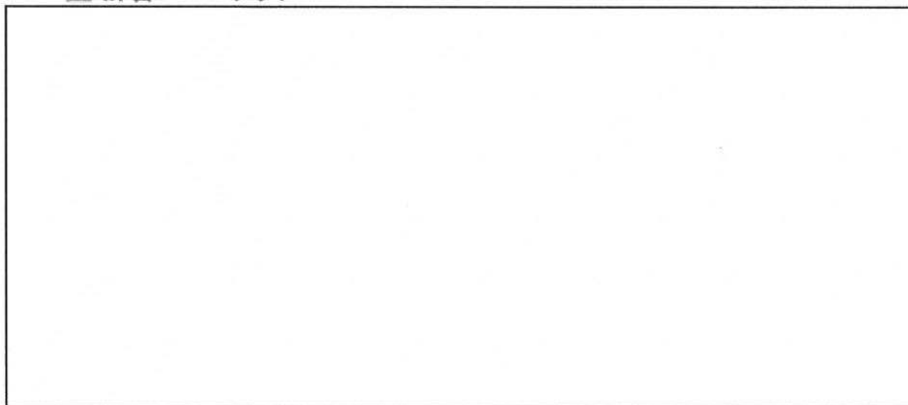
(1) 折板

折板の最大支持スパン (設計値) とメーカー資料の許容支持スパンを比較する。
メーカー資料については、三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

使用する折板 (t = mm) 同等品
竜巻荷重 w_{F1} (N/m²) : →
最大支持スパン長 L_{max} (m) :
許容支持スパン長 L_a (m) : (添説建 3-VII. 付 4-3 図より)

検定比 $R_1 = (L_{max} / L_a)^2 = \text{} < 1.0$ OK

■ 許容スパングラフ



添説建 3-VII. 付 4-3 図 許容スパン (メーカー資料)

(2) 母屋 (NPR)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m) :
圧縮フランジの支点間距離 L_b (m) :
折板単位面積当り固定荷重 w_R (N/m²) :
単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m²) :

母屋諸元

使用部材

高さ h (mm) :
幅 b (mm) :
フランジ厚さ t_f (mm) :

圧縮フランジ断面積 A_f (mm²) : $b \times t_f =$

断面係数 (強軸) Z_x (cm³) :

単位長さ当り固定荷重 w_{B1} (N/m) :

母屋の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 B_b (m) :

屋根固定荷重 w_R (N/m) : $w_R \times B_b =$

竜巻荷重 w_{F1} (N/m) : $w_{F1} \times B_b =$

母屋分担荷重 W (N/m) : $w_{F1} - w_R - w_{B1} =$

高力ボルト

一面摩擦許容せん断力 (短期) Q_a (kN/本) :

ボルト本数 n_b (本) :

2) 曲げ応力度

支間中央曲げモーメント

$$M = 1 / 8 \times W \times L^2 = \boxed{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_b = M / Z_x = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

平成 13 年国土交通省告示第 1024 号 第 1 項 第三号 ハ 表 1 より、

$$f_b = 89000 / (L_b \times h / A_f) \times 1.5$$

$$= \boxed{}$$

$$= \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{検定比 } R_2 = \sigma_b / f_b = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

3) せん断力

$$\text{両端支点上せん断力 } Q = W \times L / 2 = \boxed{} \text{ kN}$$

$$\text{検定比 } R_3 = Q / (n_b \times Q_a) = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

(3) 屋根の単位面積当りの短期許容荷重（屋根固定荷重を考慮した値）

$$\text{最大検定比 } R_{\max} = \max(R_1, R_2, R_3) = \max \boxed{}$$

屋根の単位面積当りの短期許容荷重（屋根固定荷重を考慮した値）は

$$w_a = w_{F1} / R_{\max} = \boxed{} \text{ N/m}^2$$

以上より、対象 F1 竜巻荷重（短期）に対して、屋根は健全である。

3.4. 壁の検討

F1 竜巻時（短期）に対する評価を行う。

(1) サイディング材

| | | | |
|---|---|---|------------------------|
| 胴縁ピッチ P_{max} (mm) | : | □ | (添説建 3-VII. 付 4-2 表より) |
| 厚さ t_s (mm) | : | | |
| 許容荷重 w_a (N/m ²) | : | | |
| 単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m ²) | : | | |

添説建 3-VII. 付 4-2 表 サイディング材 許容荷重（メーカー資料※1）

| |
|--|
| |
|--|

※1：メーカー資料については、三菱原子燃料株式会社にて確認、保証したものである。

検定比

保守的に考えて、許容荷重（胴縁ピッチ 910）と竜巻荷重との比較で検定比を算出する。

$$R_4 = w_{F1} / w_a = \boxed{} < 1.0 \quad \text{OK}$$

(2) 胴縁 (NGIR)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m)

サイディング材単位面積当り固定荷重 w_w (N/m²)

単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m²)

胴縁諸元

使用部材

断面係数 (強軸) Z_x (cm³)

断面係数 (弱軸) Z_y (cm³)

胴縁の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 P (m)

壁固定荷重 W_w (N/m)

竜巻荷重 W_{F1} (N/m)

:
:
:
:

:
:

:

: $w_w \times P =$

: $w_{F1} \times P =$

2) 検討結果

強軸

支間中央曲げモーメント

$M_x = 1 / 8 \times W_{F1} \times L^2 =$ N・m

曲げ応力度

$\sigma_{bx} = M_x / Z_x =$ N/mm²

短期許容曲げ応力度

$f_{bx} = F =$ N/mm²

検定比

$R_x = \sigma_{bx} / f_{bx} =$

弱軸

支間中央曲げモーメント

$M_y = 1 / 8 \times W_w \times L^2 =$ N・m

曲げ応力度

$\sigma_{by} = M_y / Z_y =$ N/mm²

短期許容曲げ応力度

$f_{by} = F =$ N/mm²

検定比

$R_y = \sigma_{by} / f_{by} =$

組合せ検定比

$R_s = R_x + R_y =$ < 1.0 OK

(3) 受け材 (NSB1)

1) 計算諸条件

支持スパン長 L (m) :

サイディング材単位面積当り固定荷重 w_w (N/m²) :

単位面積当り竜巻荷重 w_{F1} (N/m²) :

受け材諸元

使用部材

断面係数 (強軸) Z_x (cm³) :

断面係数 (弱軸) Z_y (cm³) :

受け材の分担する単位長さ当り荷重

荷重分担幅 P (m) :

壁固定荷重 W_w (N/m) : $w_w \times P =$

竜巻荷重 W_{F1} (N/m) : $w_{F1} \times P =$

間柱負担高さ H (m) :

間柱からの壁固定荷重分反力 R_w (N) : $W_w \times H =$

間柱からの竜巻荷重分反力 R_{F1} (N) : $W_{F1} \times H =$

2) 検討結果

強軸

支間中央曲げモーメント

$$M_x = 1 / 4 \times R_{F1} \times L = \text{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{bx} = M_x / Z_x = \text{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

$$f_{bx} = F = \text{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_x = \sigma_{bx} / f_{bx} = \text{}$$

弱軸

支間中央曲げモーメント

$$M_y = 1 / 4 \times R_w \times L = \text{} \text{ N}\cdot\text{m}$$

曲げ応力度

$$\sigma_{by} = M_y / Z_y = \text{} \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度

$$f_{by} = F = \text{} \text{ N/mm}^2$$

検定比

$$R_y = \sigma_{by} / f_{by} = \text{}$$

組合せ検定比

$$R_s = R_x + R_y = \text{} < 1.0 \quad \text{OK}$$