

| | |
|-------------------------|------------------|
| 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-2-074-7 改2 |
| 提出年月日 | 2020年8月21日 |

V-2-2-別添 1-2-7 サブドレンピットの耐震性についての計算書

K7 ① V-2-2-別添 1-2-7 R0

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-2-別添 1-2-7 サブドレンピット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 | 9 |
| 2.4 | 適用規格・基準等 | 11 |
| 3. | サブドレンピット壁の評価 | 12 |
| 3.1 | 地震応答解析による評価 | 12 |
| 3.1.1 | 評価方法 | 12 |
| 3.1.2 | 評価結果 | 12 |
| 3.2 | 応答解析による評価 | 13 |
| 3.2.1 | 評価方針 | 13 |
| 3.2.2 | 荷重及び荷重の組合せ | 15 |
| 3.2.3 | 許容限界 | 16 |
| 3.2.4 | 解析モデル | 17 |
| 3.2.5 | 応力の算出方法 | 18 |
| 3.2.6 | 断面の評価方法 | 19 |
| 3.2.7 | 評価結果 | 20 |
| 4. | サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価 | 21 |
| 4.1 | 評価方針 | 21 |
| 4.2 | 荷重及び荷重の組合せ | 23 |
| 4.2.1 | 荷重 | 23 |
| 4.2.2 | 荷重の組合せ | 24 |
| 4.3 | 許容限界 | 25 |
| 4.4 | 解析モデル | 26 |
| 4.5 | 評価方法 | 27 |
| 4.5.1 | 応力解析方法 | 27 |
| 4.5.2 | 断面の評価方法 | 30 |
| 4.6 | 評価結果 | 31 |
| 参考資料 1. | 本計算書以外のサブドレンピットの耐震性について | 34 |

1. 概要

建屋評価における前提条件を満たすために、7号機地下水排水設備は、建屋の耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有する。

7号機地下水排水設備の評価においては、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針 10.1 建物・構築物」及びV-1-1-9「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、7号機地下水排水設備のうちサブドレンピットが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

2. 基本方針

原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋の地下水排水設備（以下，「地下水排水設備」という。）は，各建屋に対し，その耐震性を確保するため地下水位を建屋基礎スラブ底面レベル以深に維持する機能を有し，基準地震動 S_s に対する機能維持を確認する必要があることから，地下水排水設備を構成するサブドレンピットについて，基準地震動 S_s による地震力に対する評価を実施する。

2.1 位置

地下水排水設備の概略配置を図 2-1 に示す。

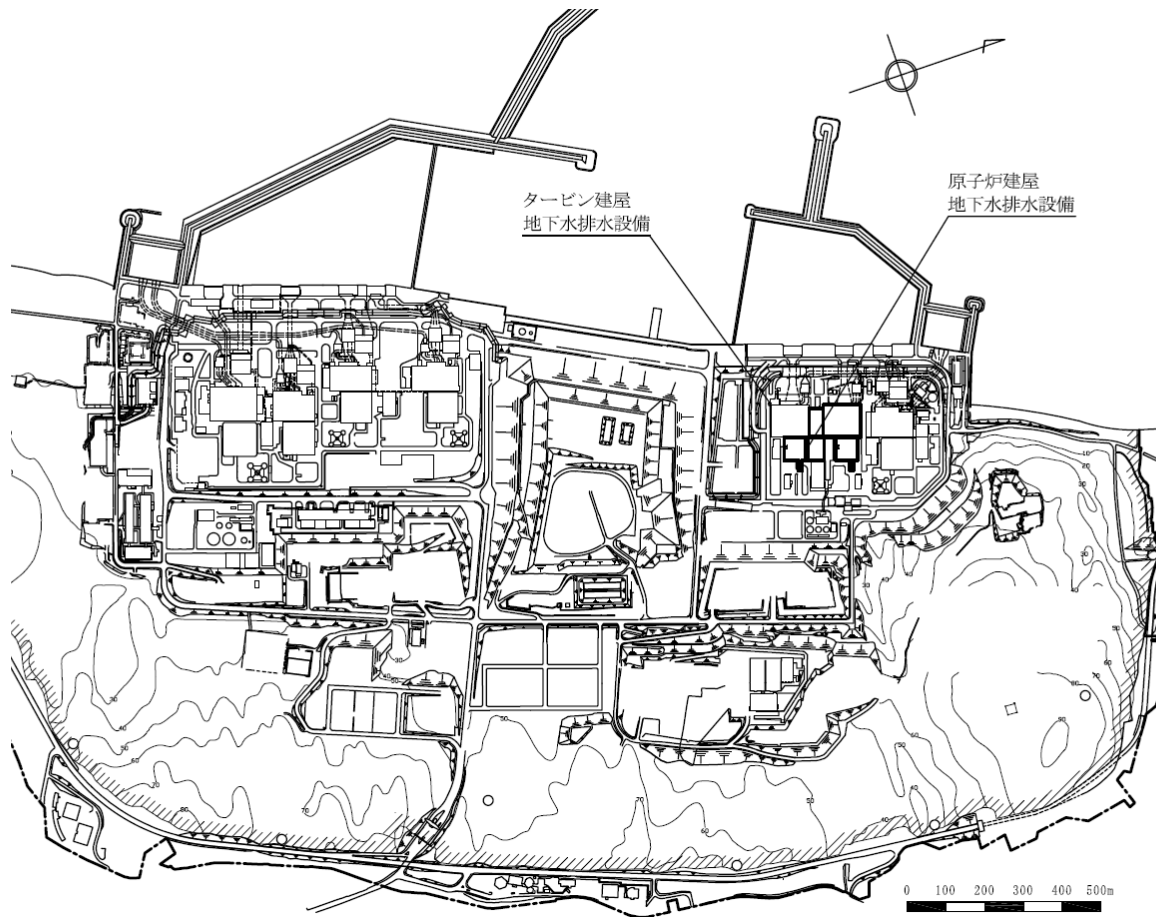


図 2-1 地下水排水設備の概略配置図

2.2 構造概要

原子炉建屋のサブドレンピットは、北側に3箇所、南側に2箇所設置し、原子炉建屋の四方隅角部付近及び北側中央付近に位置する。評価対象とするサブドレンピットは、平面が南北方向2.45m、東西方向5.4m、高さ5.6mの鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である西山層にマンメイドロックを介して設置されている。

タービン建屋のサブドレンピットは、北側に1箇所、南側に2箇所設置し、タービン建屋の四方隅角部付近に位置する。評価対象とするサブドレンピットは、平面が南北方向1.95m、東西方向4.4m、高さ3.4mの鉄筋コンクリート造であり、支持地盤である西山層にマンメイドロックを介して設置されている。

地下水排水設備の評価対象配置図及び概略構成図を図2-2～図2-3に、原子炉建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図2-4に、原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図及び概略平面図を図2-5～図2-6に、タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図を図2-7に、タービン建屋サブドレンピットの概略断面図及び概略平面図を図2-8～図2-9に示す。

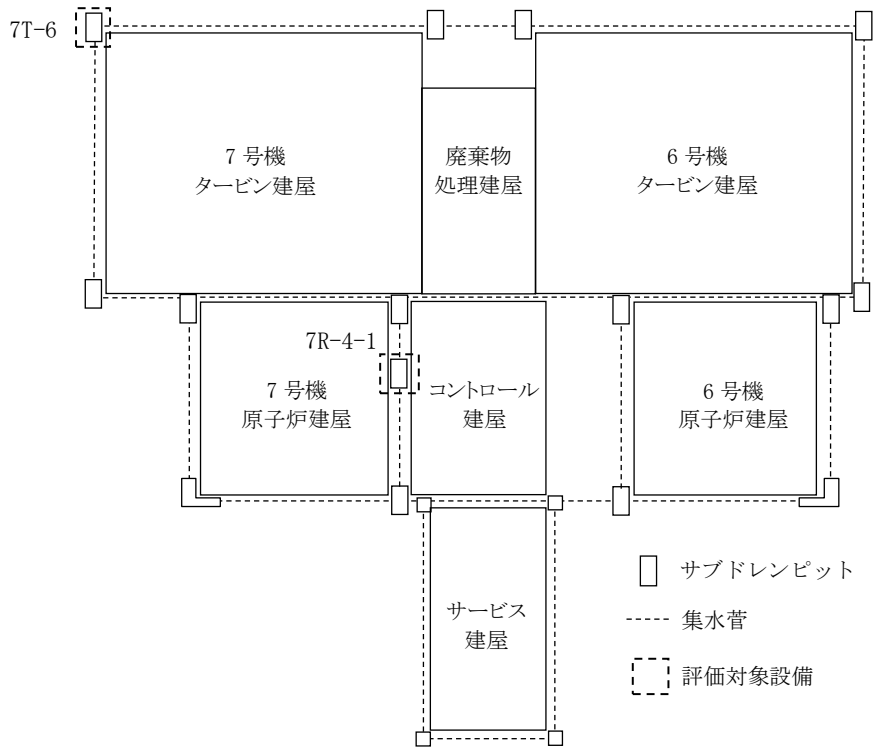


図 2-2 地下水排水設備の評価対象配置図

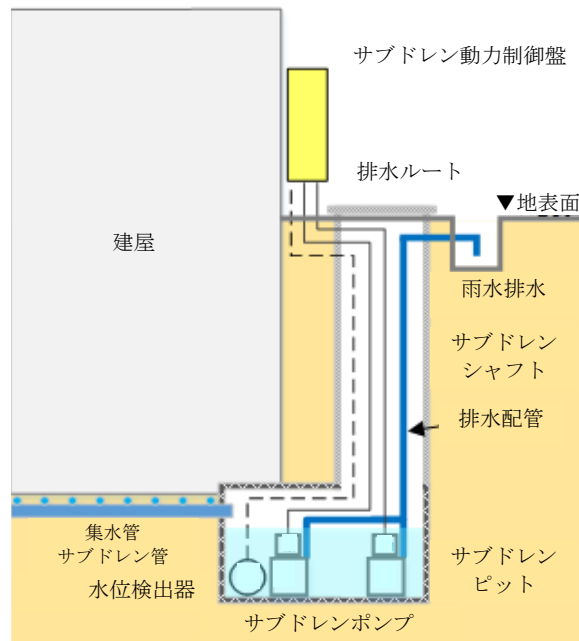
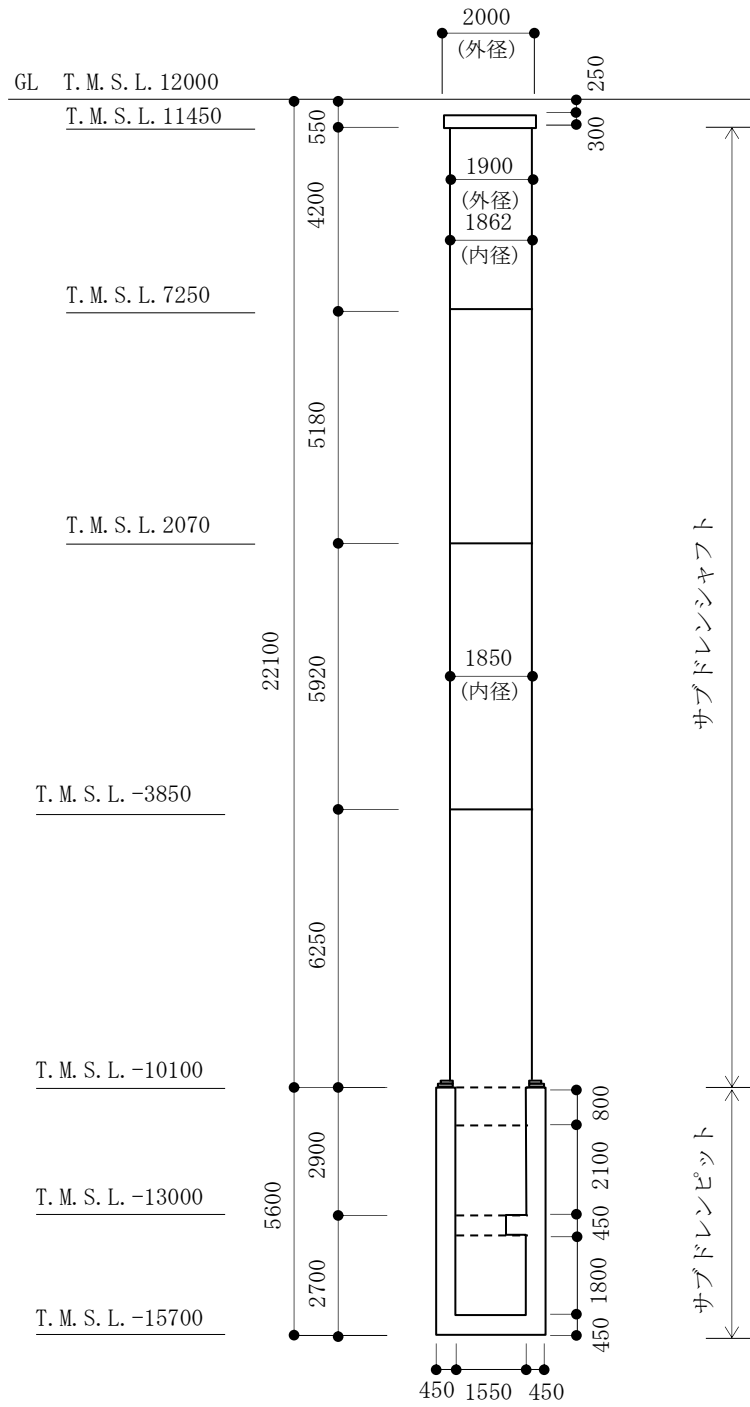
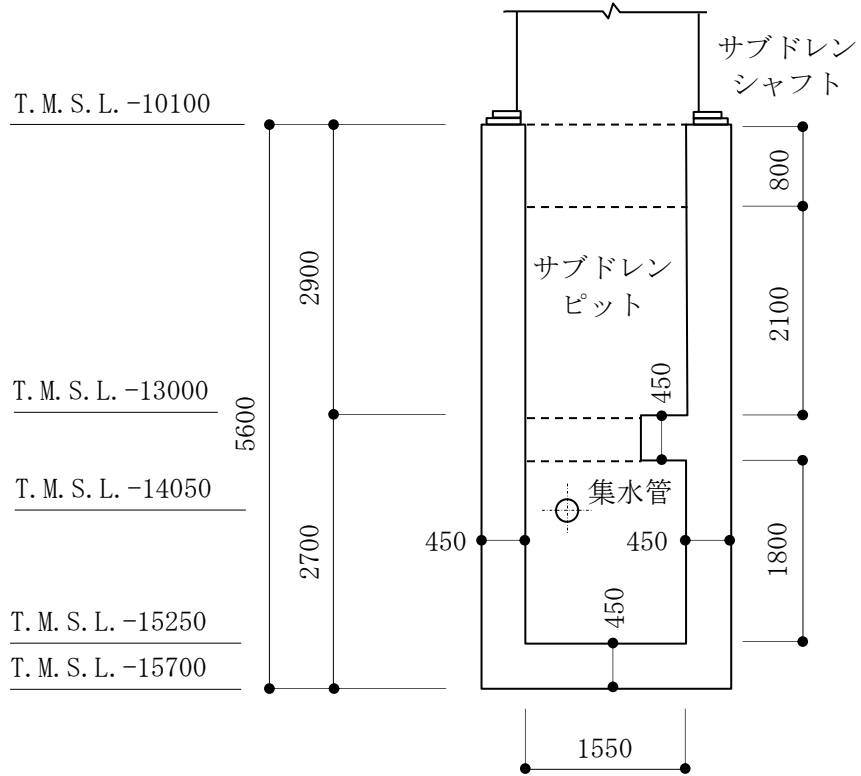


図 2-3 地下水排水設備の概略構成図



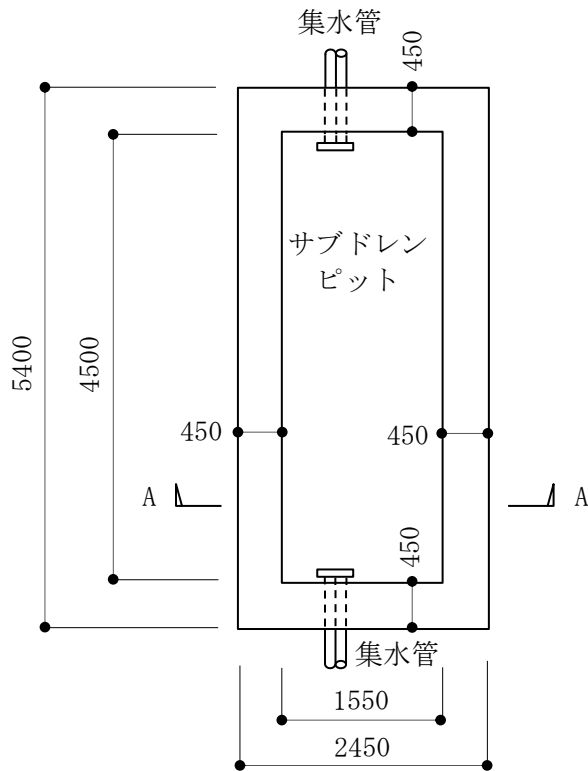
(単位 : mm)

図 2-4 原子炉建屋サブドレンシヤフトの概略断面図



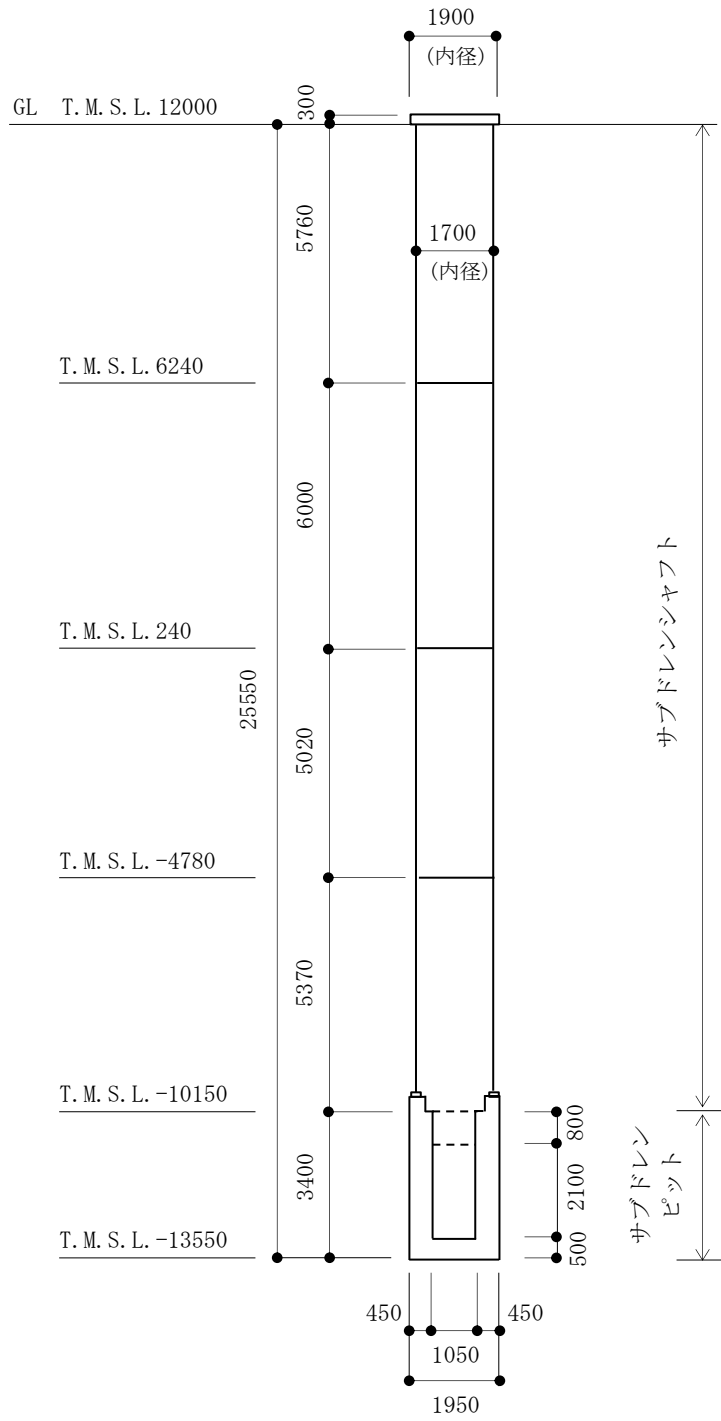
(単位：mm)

図 2-5 原子炉建屋サブドレンピットの概略断面図 (A-A 断面)



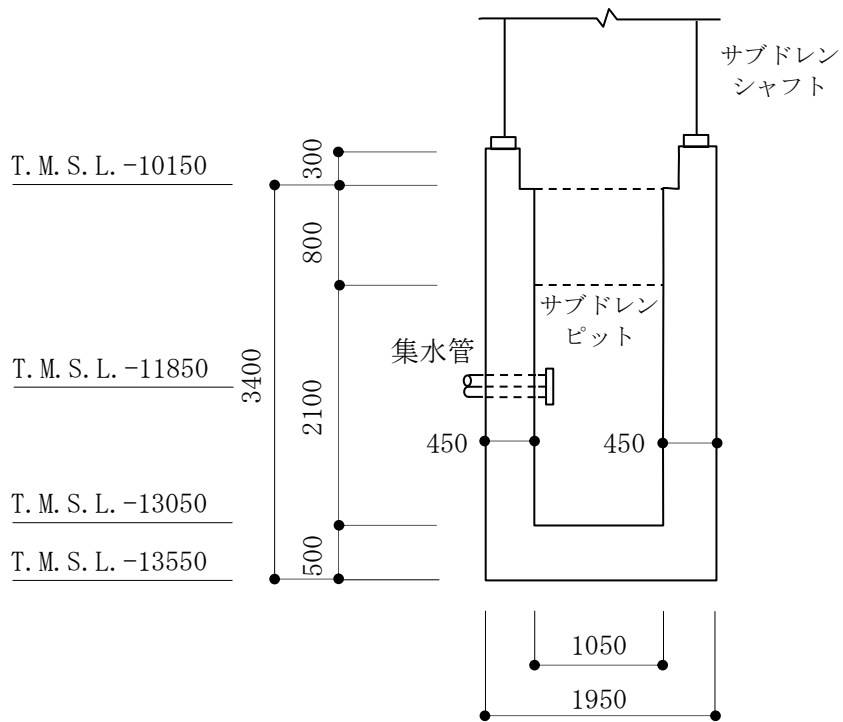
(単位：mm)

図 2-6 原子炉建屋サブドレンピットの概略平面図 (T.M.S.L. -15.25m)



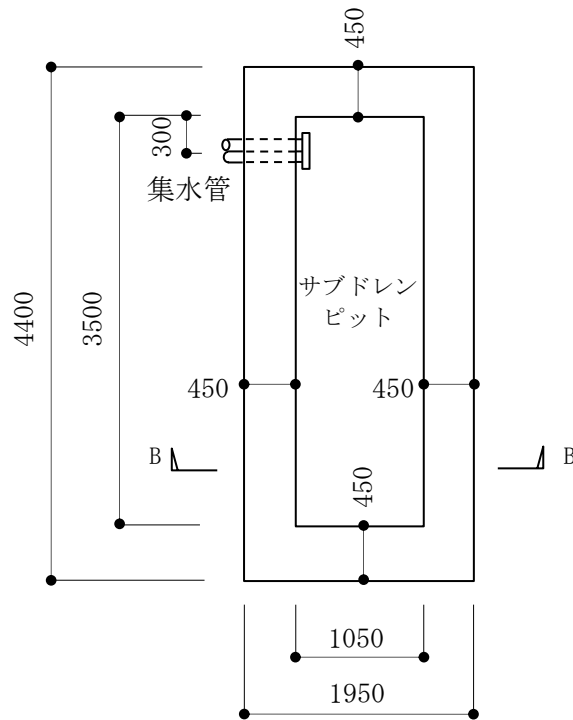
(単位 : mm)

図 2-7 タービン建屋サブドレンシャフトの概略断面図



(単位：mm)

図 2-8 タービン建屋サブドレンピットの概略断面図 (B-B 断面)



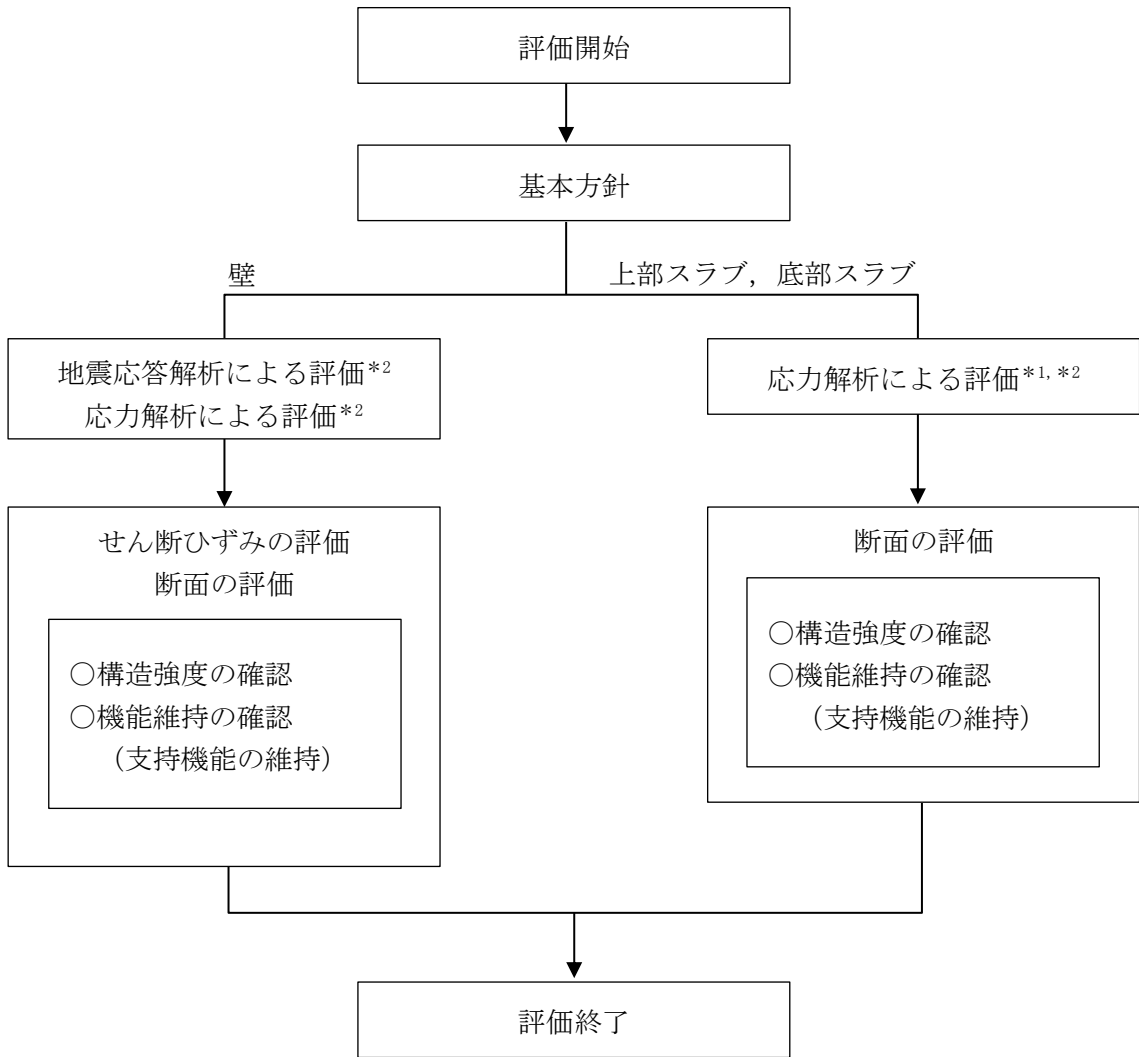
(単位：mm)

図 2-9 タービン建屋サブドレンピットの概略平面図 (T.M.S.L. -13.05m)

2.3 評価方針

サブドレンピットの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては壁を対象にせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては上部スラブ、底部スラブを対象に断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。それぞれの評価は、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえたものとする。評価に当たっては地盤物性の不確かさを考慮する。

サブドレンピットの評価フローを図 2-10 に示す。



注記*1 : V-2-2-別添 1-2-1 「地下水排水設備設置位置の地盤応答」の結果を踏まえた評価を行う。

*2 : V-2-2-別添 1-2-6 「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-10 サブドレンピットの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サブドレンピットの評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・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 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・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)
(以下「RC-N規準」という。)
- ・建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001改訂)

3. サブドレンピット壁の評価

3.1 地震応答解析による評価

3.1.1 評価方法

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、地盤物性の不確かさを考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 最大せん断ひずみ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 | 最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³ |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³ |

3.1.2 評価結果

サブドレンピットの壁について、基準地震動S_sに対し、壁の各高さにおける最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認する。

地盤物性の不確かさを考慮した壁の最大せん断ひずみは、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、原子炉建屋で 0.0615×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) で、タービン建屋で0.0294×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) であり、共に許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認した。

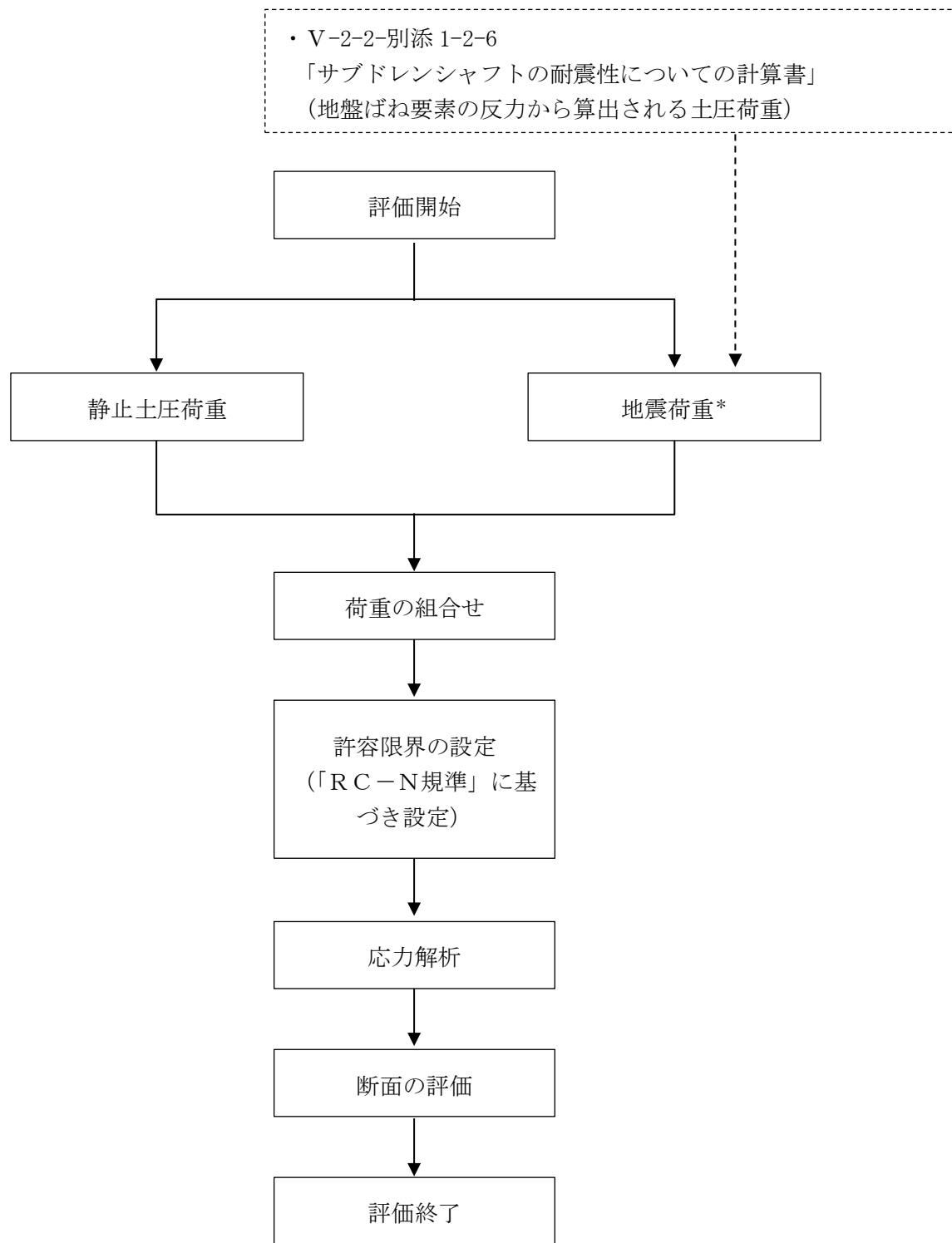
3.2 応力解析による評価

3.2.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の地震力によって発生する応力が、「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。

応力解析による評価フローを図3-1に示す。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 3-1 応力解析による評価フロー

3.2.2 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組合せを用いる。応力解析において考慮する荷重は、土圧荷重とする。

(1) 静止土圧荷重 (P)

静止土圧荷重は、下式により算定する。

$$P = 0.5 \cdot \gamma \cdot h$$

ここで、

P : 地盤ばね要素の支配面積当たりの土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量

新期砂層 16.1 (kN/m³)

古安田層 17.3 (kN/m³)

西山層 17.0 (kN/m³)

h : 地表面からの深さ (m)

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」の結果に基づき、はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析による、サブドレンピット壁のはり要素の節点位置に取付けた地盤ばね要素の反力を、地盤ばね要素の支配面積で除した地震時増分土圧とする。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

| 荷重状態 | 荷重の組合せ |
|--------------------|--------------------|
| S _s 地震時 | P + S _s |

P : 静止土圧荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

3.2.3 許容限界

サブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、地盤物性の不確かさを考慮した地震時土圧による部材の応力度が許容限界を超えないことを確認する。

応答解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-3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3-4及び表3-5に示す。

表3-3 地震応答解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | サブドレン ピット壁 | 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」に基づく短期許容応力度 |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S _s | サブドレン ピット壁 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 |

表3-4 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

| F _c (N/mm ²) | 圧縮 (N/mm ²) | せん断 (N/mm ²) |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| 32.3 | 21.5 | 1.21 |

表3-5 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

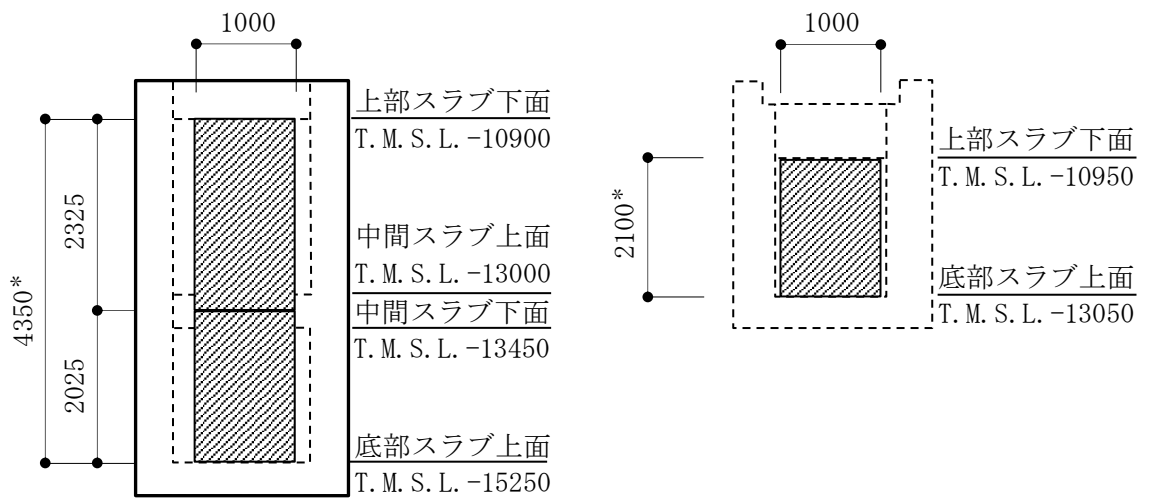
| 材質 | 引張及び圧縮 (N/mm ²) | せん断補強 (N/mm ²) |
|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| SD345* | 345 | 345 |

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

3.2.4 解析モデル

サブドレンピット壁の地震時土圧に対する検討において、上部スラブ及び底部スラブ間についてモデル化する。

解析モデルは、「RC-N規準」に準拠して、サブドレンピット壁の解析モデルを単位幅の1方向版として評価する。なお、原子炉建屋のサブドレンピット壁は、中間スラブ芯位置でピン支持とし、上下で分割をして評価する。サブドレンピット壁の解析モデルを図3-2に示す。



注記* : スラブの内法間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位 : mm)

図3-2 サブドレンピット壁の解析モデル

3.2.5 応力の算出方法

サブドレンピット壁に生じる応力は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として1方向版の両端固定梁に考慮する。

サブドレンピット壁に作用する地震時土圧を表 3-6 に、検討用地震時土圧及び算出したサブドレンピット壁に生じる曲げモーメント及びせん断力を表 3-7 に示す。

表 3-6 (1/2) サブドレンピット壁の地震時土圧 (原子炉建屋)

| 位置 | 地震時増分土圧* (kN/m ²) | 地震時静止土圧 (kN/m ²) | 地震時土圧 (kN/m ²) |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 上部スラブ下面 T. M. S. L. -10900 mm | 80.1 | 193 | 274 |
| 中間スラブ上面 T. M. S. L. -13000 mm | 67.8 | 210 | 278 |
| 中間スラブ下面 T. M. S. L. -13450 mm | 45.4 | 214 | 260 |
| 底部スラブ上面 T. M. S. L. -15250 mm | 68.5 | 230 | 299 |

注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した最大値

表 3-6 (2/2) サブドレンピット壁の地震時土圧 (タービン建屋)

| 位置 | 地震時増分土圧* (kN/m ²) | 地震時静止土圧 (kN/m ²) | 地震時土圧 (kN/m ²) |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 上部スラブ下面 T. M. S. L. -10950 mm | 80.5 | 193 | 274 |
| 底部スラブ上面 T. M. S. L. -13050 mm | 70.9 | 211 | 282 |

注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した最大値

表 3-7 検討用地震時土圧及び応力算定結果

| 建屋 | 検討用 地震時土圧 (kN/m ²) | 曲げモーメント (kN・m) | せん断力 (kN) |
|--------|--------------------------------------|-------------------|--------------|
| 原子炉建屋 | 299 | 142 | 358 |
| タービン建屋 | 282 | 105 | 298 |

3.2.6 断面の評価方法

(1) 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、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

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。)

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

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)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 3-4 に示す値 (N/mm²)

(2) 曲げモーメント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曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 3-5 に示す値 (N/mm²)

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)

3.3.7 評価結果

「3.2.6 断面の評価方法」に基づいたサブドレンピット壁の断面の評価結果を表 3-8 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 3-8 (1/2) サブドレンピット壁の評価結果 (原子炉建屋)

| | |
|--------------------------|----------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | 450×1000 |
| 配筋 | D32@200 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | 142 |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | 419 |
| 検定値 M/M_A | 0.34 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | 358 |
| 許容値 Q_A (kN/m) | 694 |
| 検定値 Q/Q_A | 0.52 |
| 判定 | 可 |

表 3-8 (2/2) サブドレンピット壁の評価結果 (タービン建屋)

| | |
|--------------------------|----------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | 450×1000 |
| 配筋 | D25@200 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | 105 |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | 237 |
| 検定値 M/M_A | 0.45 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | 298 |
| 許容値 Q_A (kN/m) | 614 |
| 検定値 Q/Q_A | 0.49 |
| 判定 | 可 |

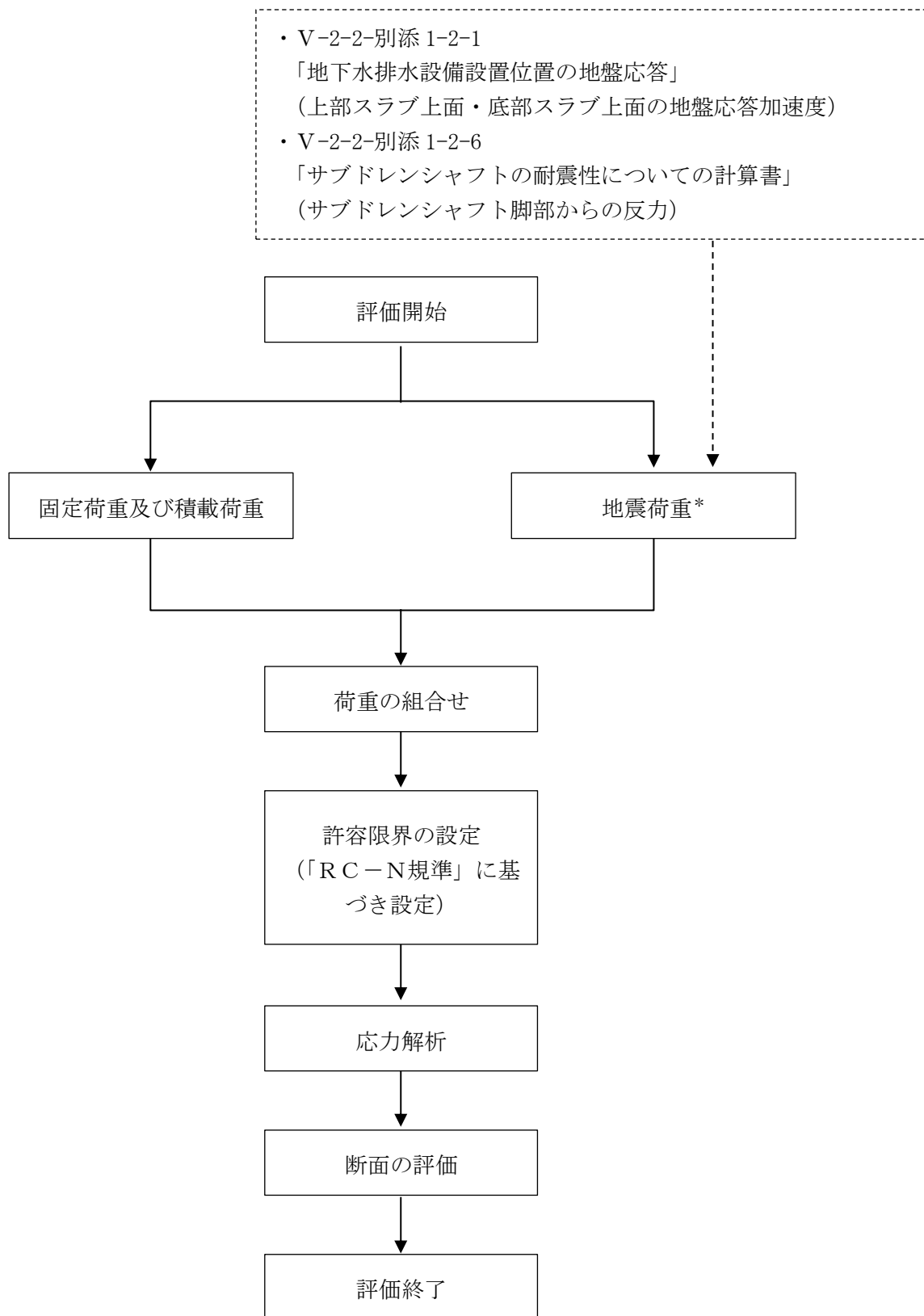
4. サブドレンピット上部スラブ及び底部スラブの評価

4.1 評価方針

評価にあたっては、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」及び、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」による結果を用いて評価する。

地盤物性の不確かさを考慮した水平方向の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。

応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。



注記* : 地盤剛性の $\pm\sigma$ を考慮した地震荷重とする。

図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 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。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重 (G)

応力解析において考慮する固定荷重を表 4-1 に示す。

表 4-1 (1/2) 固定荷重 (G) (原子炉建屋)

| 部位 | 固定荷重 (kN/m ²) |
|-----------|---------------------------|
| 上部スラブ | 408 ^{*1} |
| 底部スラブ | 21.6 ^{*2} |
| 壁 | 43.2 |
| サブドレンシャフト | 12.3 ^{*3} |

注記*1 : 上載土圧を考慮

*2 : 中間スラブ (T.M.S.L. -13.0m) の重量を考慮

*3 : 上蓋の重量を考慮

表 4-1 (2/2) 固定荷重 (G) (タービン建屋)

| 部位 | 固定荷重 (kN/m ²) |
|-----------|---------------------------|
| 上部スラブ | 409 ^{*1} |
| 底部スラブ | 12.0 |
| 壁 | 43.2 |
| サブドレンシャフト | 14.8 ^{*2} |

注記*1 : 上載土圧を考慮

*2 : 上蓋の重量を考慮

(2) 地震荷重 (S s)

鉛直地震力は、基準地震動 S s に対する地盤応答より算定される動的地震力に地盤物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重は、上部スラブ位置及び底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算定される鉛直震度とする。

水平地震力は、サブドレンシャフトの転倒モーメントを、鉛直方向に換算した地震荷重として上部スラブに考慮する。サブドレンシャフトの転倒モーメントは、上部スラブからピット壁を介して壁底部より支持地盤である西山層に直接伝達されるため、底部スラブには考慮しない。転倒モーメントの支持地盤への応力伝達を図 4-2 に、ピット壁底面の圧縮応力度が西山層の極限支持力度に比べ十分小さい関係を表 4-2 に示す。

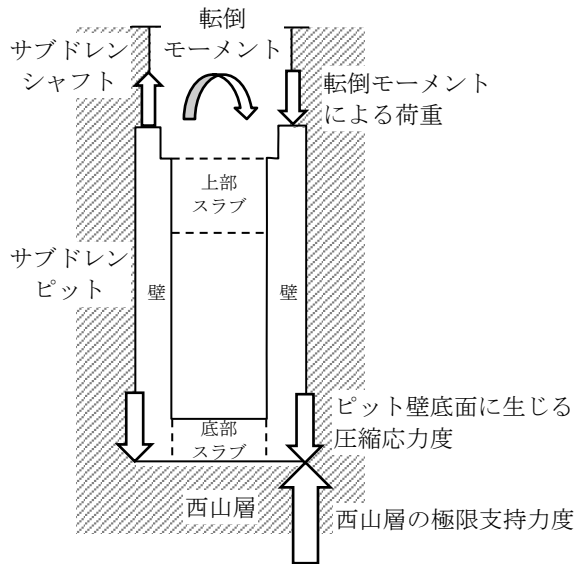


図 4-2 サブドレンシャフトの転倒モーメントの支持地盤への応力伝達概念図

表 4-2 ピット壁底面の圧縮応力度と西山層の極限支持力度の関係

| 建屋 | 転倒モーメントによる圧縮応力度 (kN/m ²) | 鉛直荷重による圧縮応力度*1 (kN/m ²) | 転倒モーメント及び鉛直荷重による圧縮応力度の合計 (kN/m ²) | 許容限界 |
|--------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| | | | | 極限支持力度*2 (kN/m ²) |
| 原子炉建屋 | 691 | 361 | 1052 | 6170 |
| タービン建屋 | 701 | 285 | 986 | |

注記*1 : 壁の長期荷重に底部スラブ位置の鉛直震度を乗じた鉛直荷重を、壁の軸断面積で除した値

*2 : 平成 3 年 8 月 23 日付け 3 資庁第 6675 号にて認可された工事計画の添付資料 IV-2-7-1 「原子炉建屋についての計算書」に基づく。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

| 荷重状態 | 荷重の組合せ |
|--------------------|--------------------|
| S _s 地震時 | G + S _s |

G : 固定荷重

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価におけるサブドレンピットの許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-4 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 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-4 応力解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ | 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」に基づく短期許容応力度 |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S _s | サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 |

表 4-5 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

| F _c (N/mm ²) | 圧縮 (N/mm ²) | せん断 (N/mm ²) |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| 32.3 | 21.5 | 1.21 |

表 4-6 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

| 材質 | 引張及び圧縮 (N/mm ²) | せん断補強 (N/mm ²) |
|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| SD345* | 345 | 345 |

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが現在の規格（SD345）に読み替えた許容応力度を示す。

4.4 解析モデル

上部スラブ及び底部スラブの鉛直地震動に対する検討において、壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

解析モデルは、「RC-N規準」に準拠して、上部スラブの解析モデルを1方向版の両端固定梁として評価する。底部スラブの解析モデルは、四辺支持版として評価する。上部スラブ及び底部スラブの解析モデルを図4-3に示す。



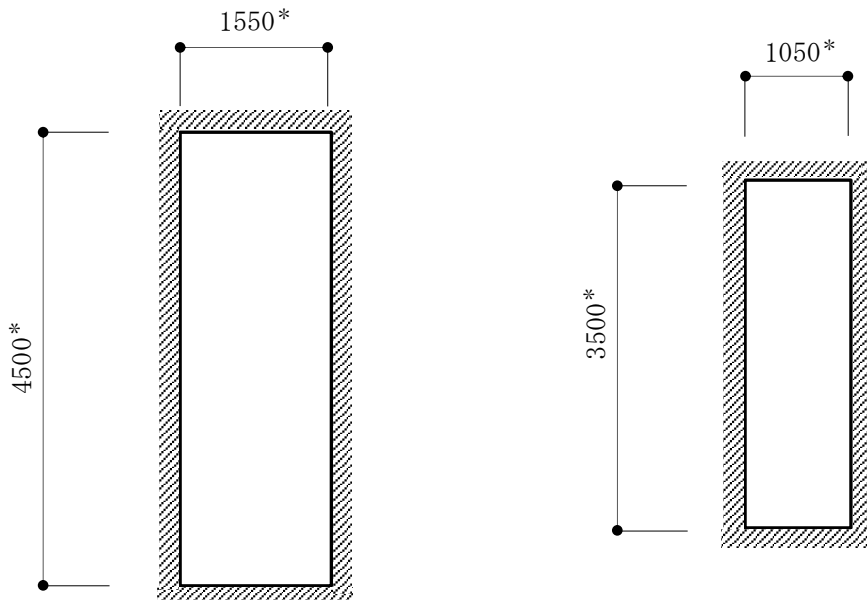
注記* : 壁の壁芯間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位: mm)

図4-3 (1/2) 上部スラブの解析モデル



注記* : 壁の内法間距離を示す。

(原子炉建屋)

(タービン建屋)

(単位: mm)

図4-3 (2/2) 底部スラブの解析モデル

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重ケース

地震荷重は、固定荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、鉛直下向きのみを考慮する。

(2) 応力の算出方法

上部スラブに生じる応力は、サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重によるものと、上部スラブに作用する慣性力によるものを考慮する。サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重による応力は、V-2-2-別添 1-2-6「サブドレンシャフトの耐震性についての計算書」に基づき、はり-地盤ばねモデルによる応答変位法解析結果におけるサブドレンシャフト脚部に生じる曲げモーメントを偶力換算し、床の中央に集中荷重として考慮する。集中荷重を受ける両端固定梁の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

$$M = \frac{P \cdot L}{12}$$

$$Q = \frac{P}{2}$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

L : 検討スパン (壁芯間距離) (mm)

P : 集中荷重 (N)

$$P = M_A / D$$

M_A : サブドレンシャフト脚部に生じる曲げモーメント (N・mm)

D : サブドレンシャフトの外径 (mm)

また、上部スラブに作用する慣性力による応力は、固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。等分布荷重を受ける両端固定梁の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

$$M = \frac{W \cdot L^2}{12} \quad (\text{端部曲げモーメント})$$

$$Q = \frac{W \cdot L}{2} \quad (\text{端部せん断力})$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

L : 検討スパン (壁芯間距離) (mm)

W : 等分布荷重 (N/m)

底部スラブに生じる応力は、上部スラブ、底部スラブ、壁、サブドレンシャフトの固定荷重に対し、V-2-2-別添 1-2-1「地下水排水設備設置位置の地盤応答」に基づき、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。等分布荷重を受ける四辺支持版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

$$M_{x1} = \frac{W_x \cdot L_x^2}{12}$$

$$M_{x2} = \frac{W_x \cdot L_x^2}{18}$$

$$W_x = \frac{L_y^4}{L_x^4 + L_y^4} \cdot W$$

$$Q_x = 0.52 \cdot W \cdot L_x$$

ここで、

M_{x1} : 等分布荷重による部材端部の曲げモーメント (N・mm)

M_{x2} : 等分布荷重による部材中央の曲げモーメント (N・mm)

Q_x : 等分布荷重によるせん断力 (N)

L_x : 短辺方向の検討スパン (壁の内法間距離) (mm)

L_y : 長辺方向の検討スパン (壁の内法間距離) (mm)

W : スラブに作用する等分布荷重 (N/m)

鉛直方向最大応答加速度を表4-7に、算出した上部スラブ及び底部スラブに生じる曲げモーメント及びせん断力を表4-8に示す。

表4-7 (1/2) 地盤応答の鉛直方向最大応答加速度 (原子炉建屋)

| 位置 | 標準地盤*1 (m/s ²) | 標準地盤 + σ *2 (m/s ²) | 標準地盤 - σ *2 (m/s ²) | 最大値 (m/s ²) |
|--|-------------------------------|--|--|----------------------------|
| サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -10100 mm | 5.78 | 5.44 | 6.11 | 6.11 |
| サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -15250 mm | 5.80 | 5.47 | 6.06 | 6.06 |

注記*1 : Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-4, Ss-5, Ss-6, Ss-7, Ss-8の最大値

*2 : Ss-1, Ss-2の最大値

表4-7 (2/2) 地盤応答の鉛直方向最大応答加速度 (タービン建屋)

| 位置 | 標準地盤*1 (m/s ²) | 標準地盤 + σ *2 (m/s ²) | 標準地盤 - σ *2 (m/s ²) | 最大値 (m/s ²) |
|--|-------------------------------|--|--|----------------------------|
| サブドレンピット 上部スラブ上面 T. M. S. L. -10150 mm | 5.78 | 5.44 | 6.11 | 6.11 |
| サブドレンピット 底部スラブ上面 T. M. S. L. -13050 mm | 5.80 | 5.46 | 6.09 | 6.09 |

注記*1 : Ss-1, Ss-2, Ss-3, Ss-4, Ss-5, Ss-6, Ss-7, Ss-8の最大値

*2 : Ss-1, Ss-2の最大値

表4-8 (1/2) 応力算定結果 (原子炉建屋)

| 部位 | 検討用 鉛直震度 | 曲げモーメント (kN・m) | せん断力 (kN) |
|-------|-------------|-------------------|--------------|
| 上部スラブ | 1.63 | 578 | 1350 |
| 底部スラブ | 1.62 | 160 | 653 |

表4-8 (2/2) 応力算定結果 (タービン建屋)

| 部位 | 検討用 鉛直震度 | 曲げモーメント (kN・m) | せん断力 (kN) |
|-------|-------------|-------------------|--------------|
| 上部スラブ | 1.63 | 295 | 931 |
| 底部スラブ | 1.63 | 73.6 | 441 |

4.5.2 断面の評価方法

(1) 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、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_{A1} = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

$$Q_{A2} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_{A1} : 許容面外せん断力 (N)

Q_{A2} : せん断補強筋を考慮した許容面外せん断力 (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)

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。)

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

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)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-5 に示す値 (N/mm²)

$w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

(2) 曲げモーメント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曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm²)

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)

4.6 評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた上部スラブ及び底部スラブの断面の評価結果を表 4-9 及び表 4-10 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 4-9 (1/2) 上部スラブの評価結果 (原子炉建屋)

| | | |
|-----------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | | 800 × 1000 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D32@200 (3970 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@200 × 400 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 578 |
| 許容値 M _A (kN・m/m) | | 838 |
| 検定値 M/M _A | | 0.69 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 1350 |
| 許容値 Q _{A2} (kN/m) | | 1530 |
| 検定値 Q/Q _{A2} | | 0.89 |
| 判定 | | 可 |

表 4-9 (2/2) 上部スラブの評価結果 (タービン建屋)

| | | |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | | 800 × 1000 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | | D25@200 (2535 mm ² /m) |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 295 |
| 許容値 M _A (kN・m/m) | | 535 |
| 検定値 M/M _A | | 0.56 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 931 |
| 許容値 Q _{A1} (kN/m) | | 1480 |
| 検定値 Q/Q _{A1} | | 0.63 |
| 判定 | | 可 |

表 4-10 (1/2) 底部スラブの評価結果 (原子炉建屋)

| | | |
|-----------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | | 450 × 1000 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D32@200 (3970 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@200 × 400 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 160 |
| 許容値 M _A (kN・m/m) | | 419 |
| 検定値 M/M _A | | 0.39 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 653 |
| 許容値 Q _{A2} (kN/m) | | 766 |
| 検定値 Q/Q _{A2} | | 0.86 |
| 判定 | | 可 |

表 4-10 (2/2) 底部スラブの評価結果 (タービン建屋)

| | | |
|-----------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | | 500 × 1000 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D25@200 (2535 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@200 × 200 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 73.6 |
| 許容値 M _A (kN・m/m) | | 306 |
| 検定値 M/M _A | | 0.25 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 441 |
| 許容値 Q _{A2} (kN/m) | | 1020 |
| 検定値 Q/Q _{A2} | | 0.44 |
| 判定 | | 可 |

参考資料 1. 本計算書以外のサブドレンピットの耐震性について

1. 概要

「V-2-1-1 補足_地下水排水設備の機能を期待する範囲について」にて、耐震性を確保としたサブドレンピットのうち、本計算書で評価を実施した 7R-4-1 及び 7T-6 以外のサブドレンピットについて、耐震性が確保されていることの確認を行う。その評価結果により、耐震性を確保し、集水を期待する位置づけのサブドレンピットにおいては、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持し、地震発生後においても集水を可能とした設計であることを確認する。

2. 評価方針

集水を期待するサブドレンピットにおいて、本計算書にて評価を実施した 7R-4-1 及び 7T-6 以外のサブドレンピットについては、網羅性を説明する上で評価が必要な対象を埋設レベル、躯体寸法及び形状等の比較より整理し、評価対象箇所を選定を行う。また、選定箇所の評価を実施することで集水を期待するすべてのサブドレンピットの壁及びスラブについて基準地震動 S_s による地震力に対する健全性を確認する。

サブドレンピットの評価は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」及び本書に基づき、地震応答解析及び応力解析による断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

サブドレンピットの壁に関しては、地震応答解析によるせん断ひずみの評価と応力解析による断面の評価を行う。評価対象箇所を選定については、評価において応力のかかる高さ方向の躯体寸法を比較する。7R-4-1 及び 7T-6 以上の躯体寸法を有する 6R-3, 6R-4 及び 7R-4-2 について評価する必要があり、躯体寸法の最大となる 6R-3 において健全性を確認する。

サブドレンピットのスラブに関しては、応力解析による断面の評価を行う。代表評価箇所を選定については、評価に用いる短辺方向の躯体寸法及びスラブ厚さを比較する。なお、上部スラブについては、サブドレンシャフトの転倒モーメントを鉛直方向に換算した地震荷重を考慮するため、壁芯間距離の躯体寸法を比較し、底部スラブについては、サブドレンピット壁を介して直接地盤へ伝わるため、壁内法間距離の躯体寸法を比較する。7R-4-1 及び 7T-6 以上の躯体寸法及びスラブ厚さを有する 7R-1, 7R-2, 7R-3, 7R-4-2, 7T-5, 7T-7, 6R-3, 6R-4 及び 6T-7 について評価する必要があり、躯体寸法が大きく、スラブ厚さが最も薄いスラブについて健全性を確認する。上部スラブについては、7T-5 及び 6R-3, 底部スラブについては、7R-3 及び 7T-5 を対象とする。

サブドレンピットの評価対象分類を表 2-1, 表 2-2 及び表 2-3 に示す。

表 2-1 サブドレンピットの壁の評価対象分類

| ピットの分類 | 耐震性確認済み ピット | 集水を期待するピット (代表評価箇所の選定) | | |
|---------------|----------------|---------------------------|--------|---|
| 該当ピット | 7R-4-1 7T-6 | 6R-3 6R-4 | 7R-4-2 | 7R-1 , 7R-2, 7R-3, 7T-5, 7T-7, 6R-1, 6T-5, 6T-6, 6T-7 |
| 高さ方向の 躯体寸法 | 2100 mm | 6800mm | 3850mm | 2100mm~1500mm |

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

表 2-2 サブドレンピットの上部スラブの評価対象分類

| ピットの分類 | 耐震性確認済み ピット | | 集水を期待するピット (代表評価箇所の選定) | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | | | 7R-4-1 | 7T-6 | 6R-1 | 7T-5 | 7T-7 6T-7 | 6T-5 | 6T-6 | 7R-1 7R-2 7R-3 | 6R-3 | 7R-4-2 |
| 該当ピット | | | | | | | | | | | | |
| 短辺方向の 躯体寸法 | 2000mm | 1500mm | 1950mm | 3321mm | 2350mm | 1950mm | 1500mm | 2350mm | 2350mm | 2000mm | 1500mm | |
| スラブ厚 | 800mm | | 900mm | 800mm | 800mm | 800mm | 800mm | 600mm | 450mm | 450mm | 450mm | |
| 評価箇所 | — | | 7T-5, 6R-3 | | | | | | | | | |

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

表 2-3 サブドレンピットの底部スラブの評価対象分類

| ピットの分類 | 耐震性確認済み ピット | | 集水を期待するピット (代表評価箇所の選定) | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|----------------------|
| | | | 7R-4-1 | 7T-6 | 6R-1 | 6R-3 | 6R-4 | 7T-5 | 7T-7 6T-7 | 6T-5 | 6T-6 | 7R-1 7R-2 7R-3 |
| 該当ピット | | | | | | | | | | | | |
| 短辺方向の 躯体寸法 | 1550mm | 1050mm | 1500mm | 1900mm | 1050mm | 2871mm | 1900mm | 1500mm | 1050mm | 1900mm | 1550mm | |
| スラブ厚 | 450mm | 500mm | 600mm | 550mm | 550mm | 500mm | 500mm | 500mm | 500mm | 450mm | 450mm | |
| 評価箇所 | — | | 7R-3, 7T-5 | | | | | | | | | |

注 : は選定した代表評価箇所を示す。

3. サブドレンピットの壁の評価

3.1 地震応答解析による評価

3.1.1 評価方法

壁の評価箇所である 6R-3 のサブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における耐震壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 最大せん断ひずみ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 | 最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³ |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³ |

3.1.2 評価結果

6R-3 のサブドレンピットの壁について、基準地震動 S_s に対し、壁の各高さにおける最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認する。

壁の最大せん断ひずみは、0.0631×10⁻³ (NS 方向, S_s-3, 標準地盤-σ) であり、許容限界 (2.0×10⁻³) を超えないことを確認した。

3.2 応力解析による評価

3.2.1 評価方法

壁の評価箇所である 6R-3 のサブドレンピット壁の構造強度及び支持機能については、地震時土圧による部材の応力度が許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価における壁の許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-2 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 3-3 及び表 3-4 に示す。

表 3-2 応力解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 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」に基づく短期許容応力度 |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S _s | サブドレンピット壁 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 |

表 3-3 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

| F _c (N/mm ²) | 圧縮 (N/mm ²) | せん断 (N/mm ²) |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| 23.5 | 15.6 | 1.09 |

表 3-4 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

| 材質 | 引張及び圧縮 (N/mm ²) | せん断補強 (N/mm ²) |
|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| SD345* | 345 | 345 |

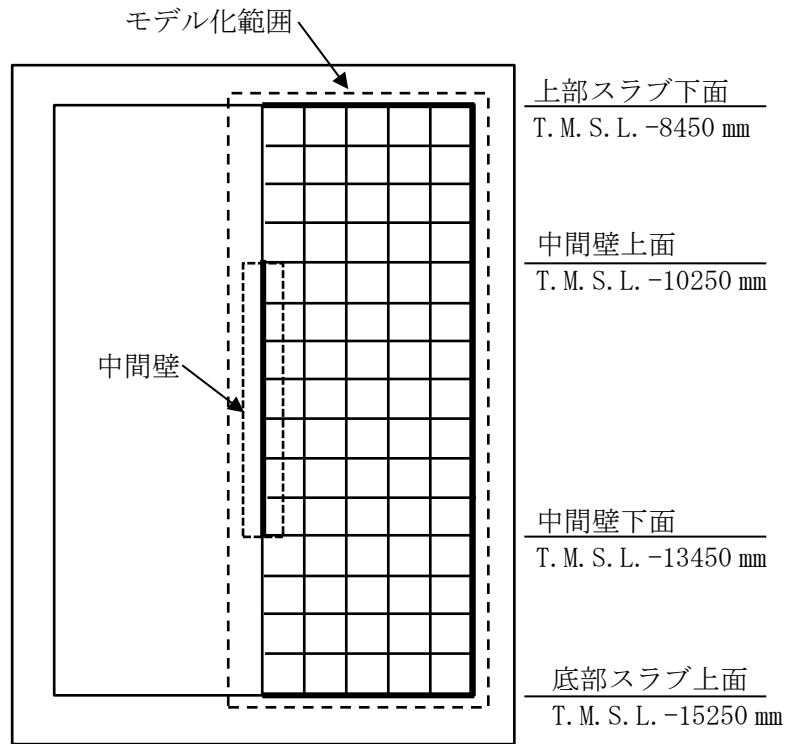
注記* : 建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

3.2.2 解析モデル

6R-3 のサブドレンピット壁の地震時土圧に対する検討において、上部スラブ及び底部スラブ間についてモデル化する。

解析モデルは弾性 FEM モデルとし、壁の構造が対象のため、ハーフモデルとする。モデル周辺の境界条件は、上部スラブ、底部スラブ、壁、中間壁に接する位置を固定とする。6R-3 のサブドレンピット壁の解析モデルを図 3-1 に示す。

解析には解析コード「MSC N a s t r a n」を用いる。



注記 **—** : 境界条件を固定
(単位 : mm)

図 3-1 6R-3 のサブドレンピット壁の解析モデル

3.2.3 応力の算出方法

サブドレンピット壁に生じる応力は、壁の各高さに作用する地震時土圧の最大値を、等分布荷重として考慮する。

3.2.4 断面の評価方法

(1) 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、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

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)

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。)

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

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)

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

(2) 曲げモーメント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曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 3-4 に示す値 (N/mm²)

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)

3.2.5 評価結果

6R-3 のサブドレンピット壁の断面の評価結果を表 3-5 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 3-5 サブドレンピット壁の評価結果 (6R-3)

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) | 450 × 1000 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | D32@200 (3970 mm ² /m) |
| 発生曲げモーメント M (kN・m) | 78.9 |
| 許容値 M_A (kN・m) | 419 |
| 検定値 M/M_A | 0.19 |
| 発生せん断力 Q (kN) | 396 |
| 許容値 Q_A (kN) | 740 |
| 検定値 Q/Q_A | 0.54 |
| 判定 | 可 |

4. サブドレンピットの上部スラブ及び底部スラブの評価

4.1 評価方法

上部スラブの評価箇所である 7T-5, 6R-3 及び底部スラブの評価対象である 7R-3, 7T-5 について、応力解析による評価を行う。

応力解析による評価におけるサブドレンピットの許容限界は、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及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-1 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 4-2 及び表 4-3 に示す。

表 4-1 応力解析による評価における許容限界

| 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 |
|------|---------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| — | 構造強度を有すること | 基準地震動 S s | サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ | 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」に基づく 短期許容応力度 |
| 支持機能 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 S s | サブドレンピット 上部スラブ 底部スラブ | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく 短期許容応力度 |

表 4-2 コンクリートの許容応力度（短期許容応力度）

| F _c (N/mm ²) | 圧縮 (N/mm ²) | せん断 (N/mm ²) |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| 23.5 | 15.6 | 1.09 |

表 4-3 鉄筋の許容応力度（短期許容応力度）

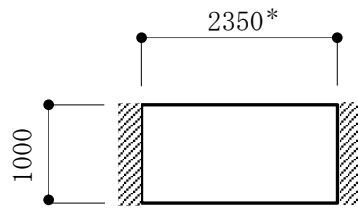
| 材質 | 引張及び圧縮 (N/mm ²) | せん断補強 (N/mm ²) |
|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| SD345* | 345 | 345 |

注記* : 建設当時の鉄筋の種類は SD35 であるが現在の規格 (SD345) に読み替えた許容応力度を示す。

4.2 解析モデル

上部スラブ及び底部スラブの鉛直地震動に対する検討において、壁で囲まれた範囲についてモデル化する。

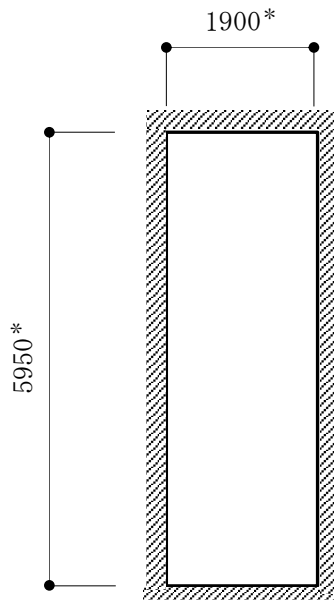
解析モデルは、6R-3 の上部スラブは「RC-N規準」に準拠して、解析モデルを1方向版の両端固定梁として評価する。7R-3 の底部スラブの解析モデルは、四辺支持版として評価する。7T-5 の上部スラブ及び底部スラブの解析モデルは、ピットの形状を考慮し弾性 FEM モデルとし、モデル周辺の境界条件は固定とする。なお、上部スラブは開口を考慮したモデルとする。上部スラブ及び底部スラブの解析モデルを図 4-1～図 4-3 に示す。



注記* : 壁の壁芯間距離を示す。

(単位 : mm)

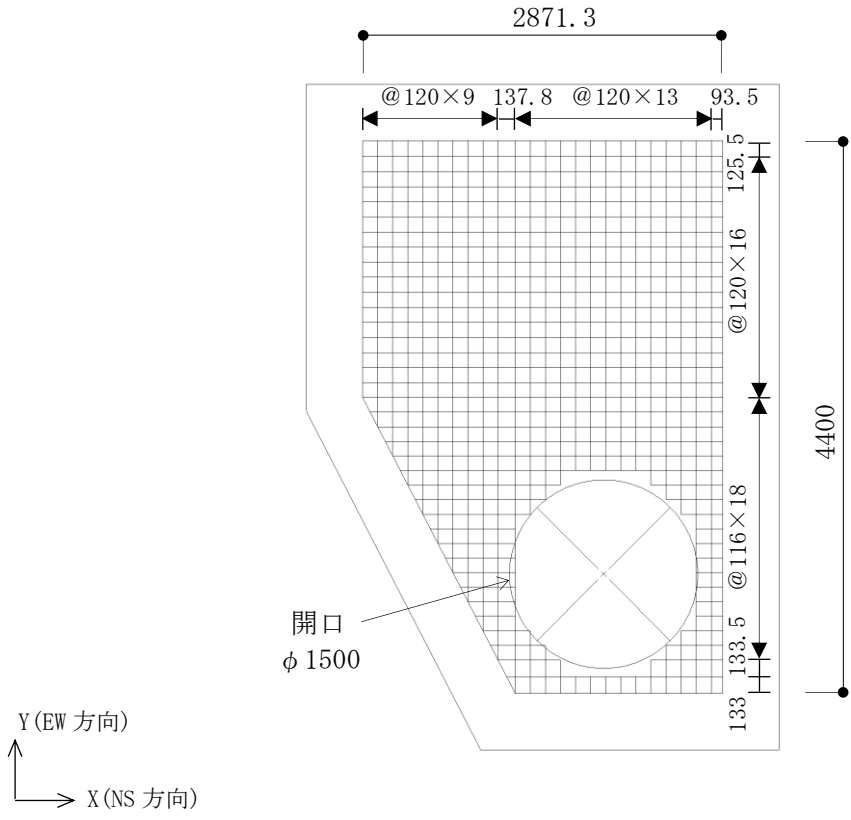
図 4-1 6R-3 の上部スラブの解析モデル



注記* : 壁の内法間距離を示す。

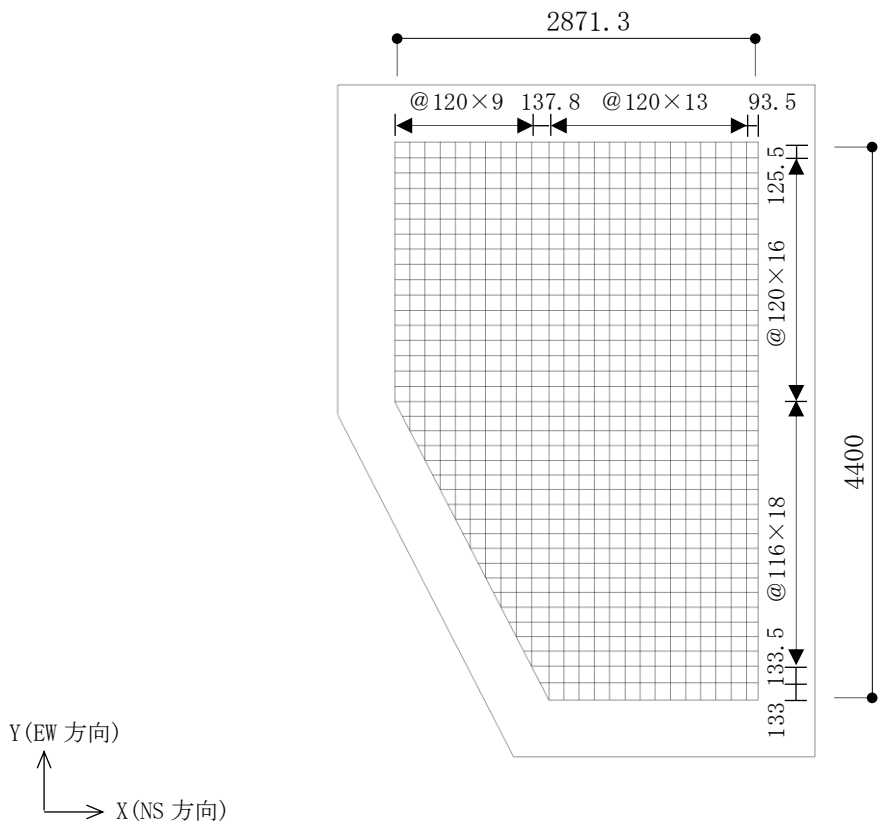
(単位 : mm)

図 4-2 7R-3 の底部スラブの解析モデル



(単位 : mm)

図 4-3 (1/2) 7T-5 の上部スラブの解析モデル



(単位 : mm)

図 4-3 (2/2) 7T-5 の底部スラブの解析モデル

4.3 応力の算出方法

上部スラブに生じる応力は、サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重によるものと、上部スラブに作用する慣性力によるものを考慮する。サブドレンシャフト脚部から伝わる荷重による応力は、サブドレンシャフト脚部に生じる転倒モーメントを偶力換算し、集中荷重として考慮する。また、上部スラブに作用する慣性力による応力は、固定荷重に対し、上部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重として考慮する。

底部スラブに生じる応力は、底部スラブに作用する固定荷重に対し、底部スラブ位置の鉛直方向最大応答加速度より算出した鉛直震度を乗じた鉛直荷重を等分布荷重とする。

弾性FEMモデルによる解析には、解析コード「MSC Nastran」を用いる。

4.4 断面の評価方法

(1) 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、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_{A1} = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

$$Q_{A2} = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w_f \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_{A1} : 許容面外せん断力 (N)

Q_{A2} : せん断補強筋を考慮した許容面外せん断力 (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)

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。)

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

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)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-2 に示す値 (N/mm²)

$w_f \cdot f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比

(2) 曲げモーメント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曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張鉄筋断面積 (mm²)

f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度で、表 4-3 に示す値 (N/mm²)

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)

4.5 評価結果

上部スラブの評価箇所である 7T-5, 6R-3 及び底部スラブの評価箇所である 7R-3, 7T-5 の断面の評価結果を表 4-4 及び表 4-5 に示す。発生値が許容限界値を超えないことを確認した。

表 4-4 (1/2) 上部スラブの評価結果 (7T-5)

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) | 800 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | D25@200 (2535 mm ² /m) |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | 280 |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | 558 |
| 検定値 M/M_A | 0.51 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | 865 |
| 許容値 Q_{A1} (kN/m) | 1540 |
| 検定値 Q/Q_{A1} | 0.57 |
| 判定 | 可 |

表 4-4 (2/2) 上部スラブの評価結果 (6R-3)

| | | |
|------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) | 900 | |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D25@200 (2535 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@600×200 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | 433 | |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | 635 | |
| 検定値 M/M_A | 0.69 | |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | 930 | |
| 許容値 Q_{A2} (kN/m) | 1710 | |
| 検定値 Q/Q_{A2} | 0.55 | |
| 判定 | 可 | |

表 4-5 (1/2) 底部スラブの評価結果 (7R-3)

| | | |
|------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) | | 450 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D29@200 (3210 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@200×400 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 225 |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | | 368 |
| 検定値 M/M_A | | 0.62 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 745 |
| 許容値 Q_{A2} (kN/m) | | 832 |
| 検定値 Q/Q_{A2} | | 0.90 |
| 判定 | | 可 |

表 4-5 (2/2) 底部スラブの評価結果 (7T-5)

| | | |
|------------------------|--------|--------------------------------------|
| 厚さ t (mm) | | 500 |
| 配筋 (鉄筋断面積) | 主筋 | D25@200 (2535 mm ² /m) |
| | せん断補強筋 | D16@200×200 |
| 発生曲げモーメント M (kN・m/m) | | 303 |
| 許容値 M_A (kN・m/m) | | 329 |
| 検定値 M/M_A | | 0.93 |
| 発生せん断力 Q (kN/m) | | 821 |
| 許容値 Q_{A2} (kN/m) | | 1100 |
| 検定値 Q/Q_{A2} | | 0.75 |
| 判定 | | 可 |