

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 島根原子力発電所第2号機 審査資料 |                   |
| 資料番号              | NS2-添 3-013-17改01 |
| 提出年月日             | 2023年1月30日        |

VI-3-別添 1-13-5 復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度計算書

2023年1月

中国電力株式会社

## 目 次

|                |    |
|----------------|----|
| 1. 概要          | 1  |
| 2. 基本方針        | 2  |
| 2.1 位置         | 2  |
| 2.2 構造概要       | 4  |
| 2.3 評価方針       | 5  |
| 2.4 適用規格・基準等   | 7  |
| 3. 強度評価方法      | 8  |
| 3.1 評価対象部位     | 8  |
| 3.2 荷重及び荷重の組合せ | 8  |
| 3.2.1 荷重の設定    | 8  |
| 3.2.2 荷重の組合せ   | 11 |
| 3.3 許容限界       | 12 |
| 3.4 評価方法       | 13 |
| 4. 評価条件        | 14 |
| 5. 強度評価結果      | 15 |

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、波及的影響を及ぼす可能性がある施設である復水貯蔵タンク遮蔽壁が、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻より防護すべき施設の安全機能を損なわないように、竜巻より防護すべき施設を内包するB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽に対して、機械的な波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

## 2. 基本方針

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえ、復水貯蔵タンク遮蔽壁の「2.1 位置」，「2.2 構造概要」，「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

### 2.1 位置

復水貯蔵タンク遮蔽壁は，VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり，屋外に設置する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の設置位置を図 2-1 に示す。



復水貯蔵タンク遮蔽壁

図 2-1(1) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の配置図

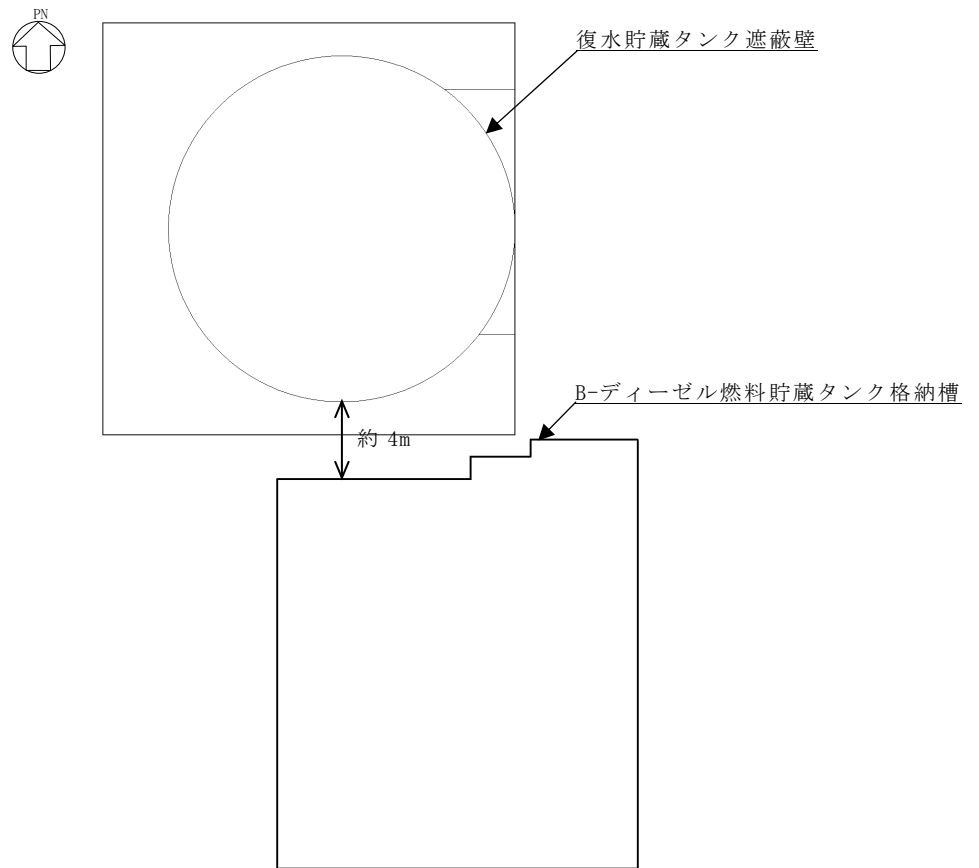


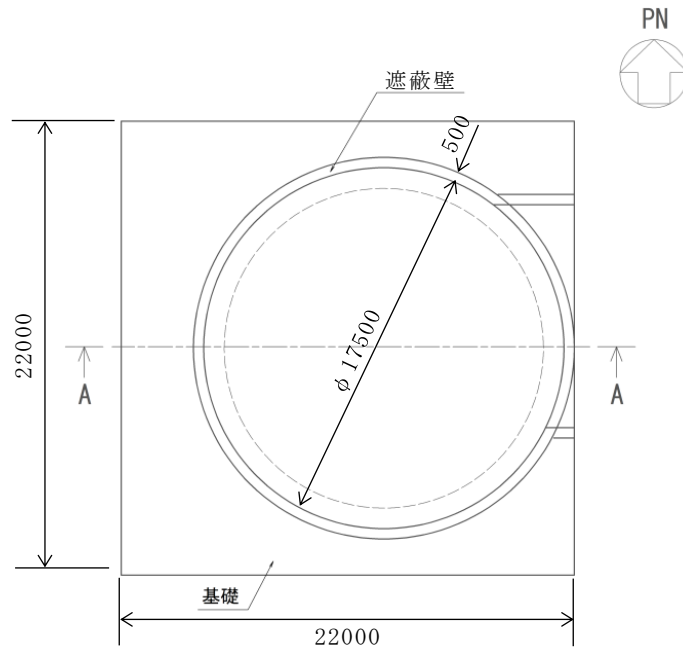
図 2-1(2) 復水貯蔵タンク 遮蔽壁の配置図 (詳細図)

## 2.2 構造概要

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画とする。

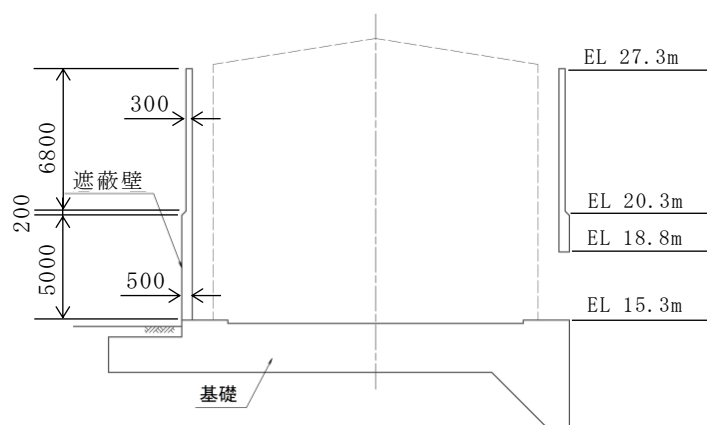
復水貯蔵タンク遮蔽壁は、鉄筋コンクリート造であり、荷重は遮蔽壁に作用し、基礎へ伝達する構造である。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図を図 2-2 に示す。



(単位：mm)

図 2-2(1) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図(平面図)



(単位：mm)

図 2-2(2) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図(A-A断面図)

### 2.3 評価方針

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」を踏まえ、復水貯蔵タンク遮蔽壁が竜巻より防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、その構造躯体である遮蔽壁を評価対象部位とする。具体的には、復水貯蔵タンク遮蔽壁の構造強度評価については、復水貯蔵タンク遮蔽壁の構造を踏まえ、設計荷重が復水貯蔵タンク遮蔽壁に作用した場合に、遮蔽壁に作用する応力が「3.3 許容限界」に示す許容値を下回ることを確認する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価フローを図 2-3 に示す。

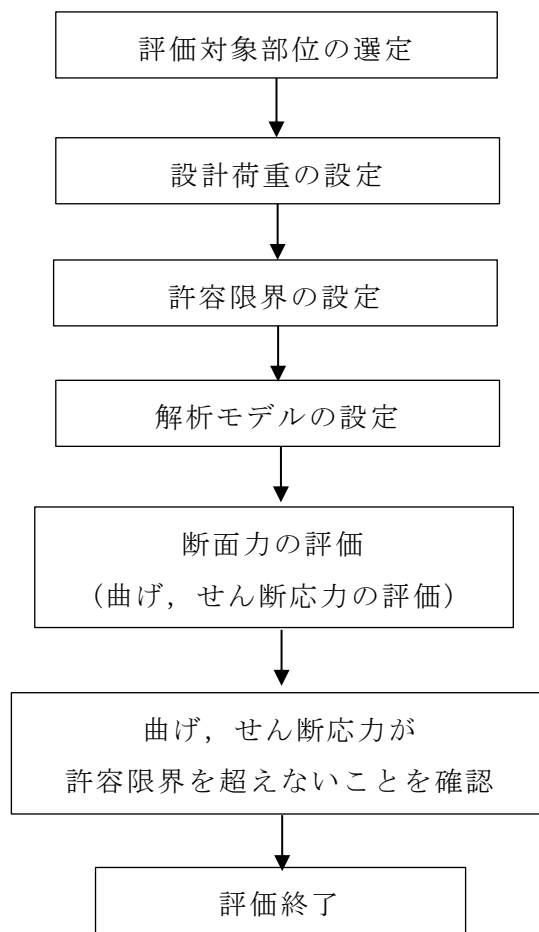


図 2-3 強度評価フロー



#### 2.4 適用規格・基準等

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価に用いる規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ コンクリート標準示方書 構造性能照査編（土木学会，2002年制定）
- ・ 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）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年制定）
- ・ 建築物荷重指針・同解説（（社）日本建築学会，2004年改定）

### 3. 強度評価方法

#### 3.1 評価対象部位

復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価対象部位は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示す評価基準を踏まえ遮蔽壁とする。

また、「2.3 評価方針」に示したとおり、遮蔽壁は設計飛来物の衝突を考慮することから、衝突位置は、健全時において風圧力（「3.2 荷重及び荷重の組合せ」で示す設計竜巻による荷重 $W_w$ ）を作用させた際に、復水貯蔵タンク遮蔽壁全体のせん断力及び曲げモーメントが最大となる遮蔽壁頂部とする。

#### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」を踏まえて設定する。

##### 3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。荷重の算定に用いる竜巻の特性値を表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の算定に用いる竜巻の特性値

| 最大風速<br>$V_D$<br>(m/s) | 移動速度<br>$V_T$<br>(m/s) | 最大接線<br>風速<br>$V_{Rm}$<br>(m/s) | 最大気圧<br>低下量<br>$\Delta P_{max}$<br>(N/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|--|
| 92                     | 14                     | 78                              | 7500   |

(1) 常時作用する荷重 ( $F_d$ )

常時作用する荷重は、遮蔽壁及び基礎自重の他に、付属設備の重量を考慮する。

(2) 風圧力による荷重 ( $W_w$ )

風圧力による荷重は、「建築基準法・同施行令」及び「建築物荷重指針・同解説」( (社) 日本建築学会, 2004年改定) に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、 $q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$

$W_w$  : 風圧力による荷重 (N)

$q$  : 設計用速度圧 (N/m<sup>2</sup>)

$G$  : ガスト影響係数

$C$  : 風力係数

$A$  : 遮蔽壁の見付面積 (m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$V_D$  : 最大風速 (m/s)

風圧力による荷重 $W_w$ が作用する方向は、竜巻より防護すべき施設を内包するB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽への倒壊を想定し、南向きとする。

ここで風力係数 $C$ は、「平12建告第1454号」に基づき、遮蔽壁は煙突その他の円筒形の構造物として $C = 0.7 \cdot k_z$  ( $k_z = 1.0$ ) とする。

(3) 設計飛来物による衝撃荷重 ( $W_M$ )

設計飛来物による衝撃荷重は、力学における標準式により、次式のとおり算出する。

$$W_M = m \cdot V / \Delta t = m \cdot V^2 / L_1$$

ここで、

$W_M$  : 設計飛来物による衝撃荷重 (N)

$m$  : 設計飛来物質量 (kg)

$V$  : 設計飛来物の衝突速度 (水平) (m/s)

$\Delta t$  : 設計飛来物と被衝突体の接触時間 (s)

$L_1$  : 設計飛来物の最も短い辺の全長 (m)

表 3-2 に示す諸元の設計飛来物の衝突に伴う荷重とする。

なお、設計飛来物による衝撃荷重による荷重 $W_M$ が作用する方向は、竜巻より防護すべき施設を内包する B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽への倒壊を想定し、南向きとする。

表 3-2 設計飛来物の諸元

| 設計飛来物 | 設計飛来物質量<br>$m$ (kg) | 設計飛来物の<br>衝突速度 (水平)<br>$V$ (m/s) | 設計飛来物の<br>最も短い辺の全長<br>$L_1$ (m) |
|-------|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 鋼製材   | 135                 | 51                               | 0.2                             |

### 3.2.2 荷重の組合せ

設計竜巻による複合荷重 $W_T$  ( $W_{T1}$ ,  $W_{T2}$ ) は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す式に従い、算出する。

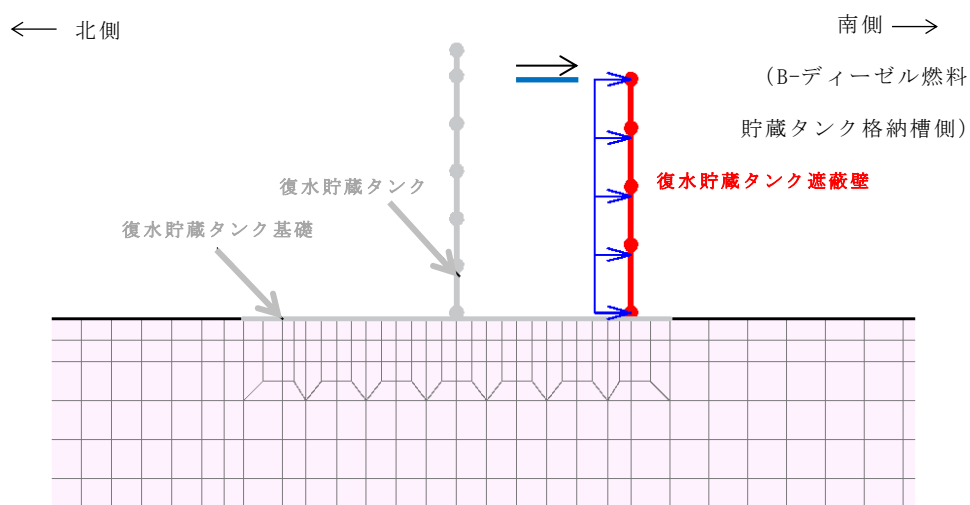
$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

なお、復水貯蔵タンク遮蔽壁は大気中に開かれており、復水貯蔵タンク遮蔽壁内外に気圧差が生じない構造であるため、気圧差による荷重は考慮しない ( $W_P = 0$ )。したがって、設計竜巻による複合荷重 $W_T$ は $W_{T1} = 0$  となり、 $W_{T2} = W_W + W_M$ とし、南向きの荷重に対して、常時作用する荷重 ( $F_d$ ) を考慮した設計荷重を用いて検討を実施する。

また、「3.1 評価対象部位」に示したとおり、設計飛来物の衝突を考慮する箇所については、遮蔽壁の頂部とし、設計飛来物は南向きに衝突するものとする。

設計飛来物の衝突を考慮する箇所及び複合荷重の作用方向を図 3-2 に示す。



→: 風圧力による風荷重作用方向      →: 設計飛来物 (鋼製材)

→: 設計飛来物の衝突方向

図 3-2 設計飛来物の衝突を考慮する箇所及び複合荷重の作用方向

### 3.3 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.1 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮して設定する。

遮蔽壁は、構造強度を確保するための十分な余裕を持った許容限界として「コンクリート標準示方書 構造性能照査編（土木学会，2002年制定）」に基づく設計断面耐力を許容限界とし、2次元FEMモデルによる評価において、評価対象部位の発生応力が許容限界を超えないことを確認する。遮蔽壁における許容限界を表3-3～表3-5のとおり設定する。

表3-3 遮蔽壁の評価における許容限界

| 機能設計上の性能目標                 | 部位         | 機能維持のための考え方                                 | 許容限界（評価基準値）                          |
|----------------------------|------------|---|--------------------------------------|
| B-ディーゼル燃料貯蔵タンクに波及的影響を及ぼさない | 復水貯蔵タンク遮蔽壁 | 曲げ，せん断応力が構造物全体としての構造強度を確認のための許容限界を超えないことを確認 | 「コンクリート標準示方書(2002)」に基づく短期許容応力度以下とする。 |

表3-4 遮蔽壁の評価における許容限界（コンクリート）

| 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> | 許容曲げ圧縮応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 許容せん断圧縮応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 23.5                     | 13.2                              | 0.66                               |

表3-5 遮蔽壁の評価における許容限界（鉄筋）

| 種別    | 短期許容引張応力度 |
|-------|-----------|
| SD345 | 294       |

### 3.4 評価方法

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」を踏まえて、2次元FEMモデルでモデル化し静的解析を実施する。

静的解析には、解析コード「TDAPⅢ」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

復水貯蔵タンク遮蔽壁は線形はり要素でモデル化する。復水貯蔵タンク遮蔽壁の静的解析モデルを図3-3に示す。なお、評価用モデルについては、VI-2-11-2-12「復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書」に示す解析モデルを用いる。

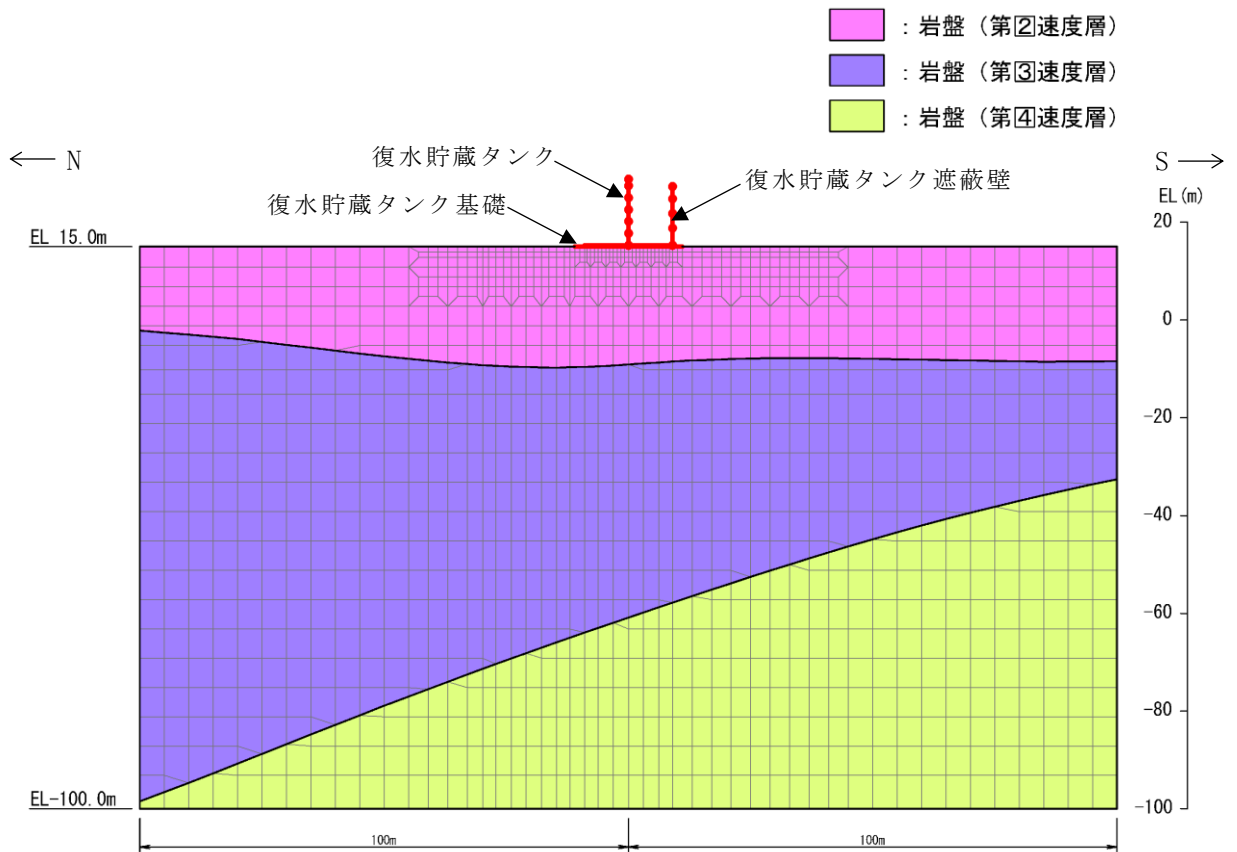


図3-3 復水貯蔵タンク遮蔽壁の解析モデル(N S方向)

## 4. 評価条件

## (1) 使用材料及び風圧力の算定

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件として、評価対象部位の材料定数を表 4-1 に、風圧力による荷重 $W_w$ の算出に必要な条件を表 4-2 に、設計荷重を表 4-3 に示す。

表 4-1 評価対象部位の材料定数（遮蔽壁）

| 設計基準強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比 | 減衰定数 |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|------|
| 23.5                           | $2.48 \times 10^7$            | 0.2   | 0.05 |

表 4-2 風圧力による荷重 $W_w$ の算出に必要な条件

| 最大風速<br>$V_D$<br>(m/s) | 空気密度<br>$\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | ガスト影響係数<br>G | 構造物の高さ<br>H<br>(m) | 設計用速度圧<br>q<br>(N/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|--|--------------|--------------------|------------------------------------|
| 92                     | 1.226                                  | 1.0          | 12.0               | 5188                               |

表 4-3 設計荷重

| 記号    | 定義           | 数値                         | 単位                          |
|-------|--------------|----------------------------|-----------------------------|
| $F_d$ | 常時作用する荷重     | 固定荷重*                      | 24.000<br>kN/m <sup>3</sup> |
|       |              | 積雪荷重                       | 0.700<br>kN/m <sup>2</sup>  |
| $W_w$ | 風圧力による荷重     | 3.632<br>kN/m <sup>2</sup> |                             |
| $W_M$ | 設計飛来物による衝撃荷重 | 95.135<br>kN/m             |                             |

注記\*：固定荷重は遮蔽壁躯体の単位体積重量を示す。



5. 強度評価結果

「3.4 評価方法」に基づいた復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価結果を表 5-1 に、断面力図を図 5-1 に示す。

遮蔽壁について、許容値を満足していることを確認した。

表 5-1 評価結果

| 評価対象部位 | 評価項目   |                    | 発生応力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------|--------|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| 遮蔽壁    | 曲げ     | コンクリートの<br>曲げ圧縮応力度 | 0.5                          | 13.2                         |
|        |        | 鉄筋の<br>曲げ引張応力度     | 1.0                          | 294                          |
|        | せん断応力度 |                    | 0.34                         | 0.66                         |

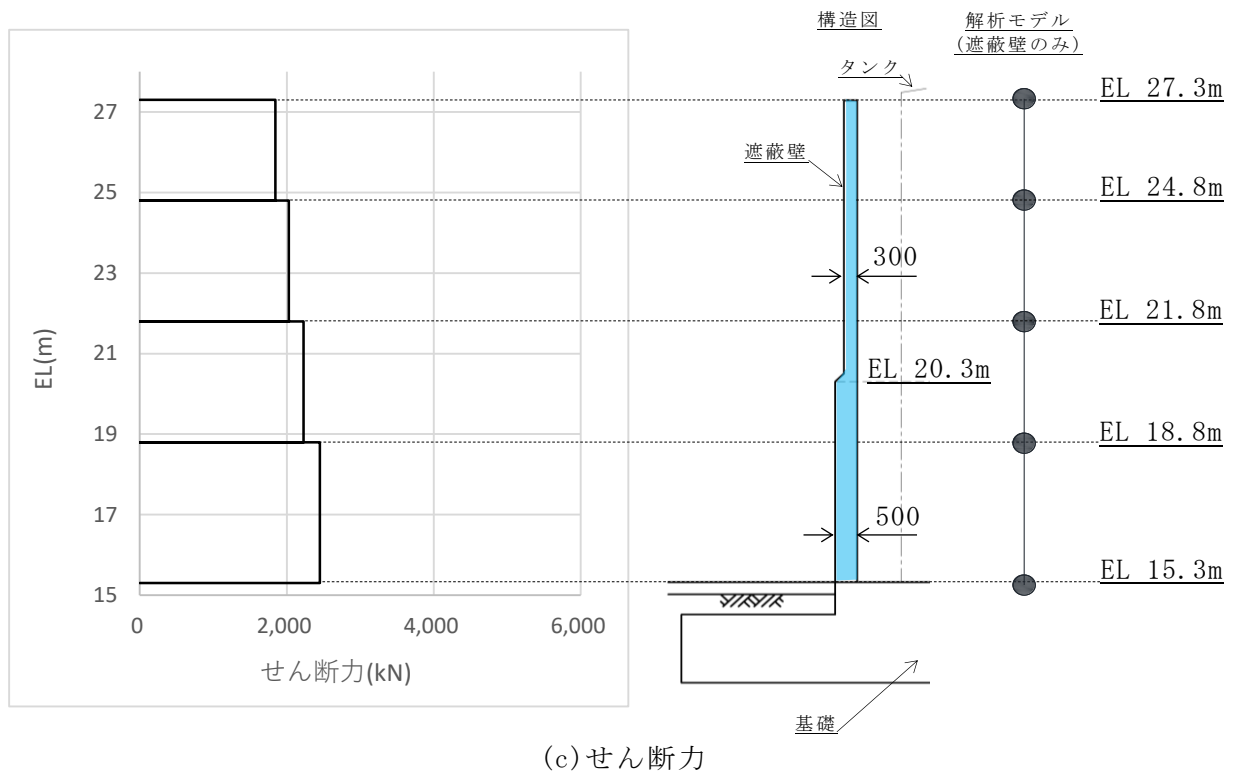
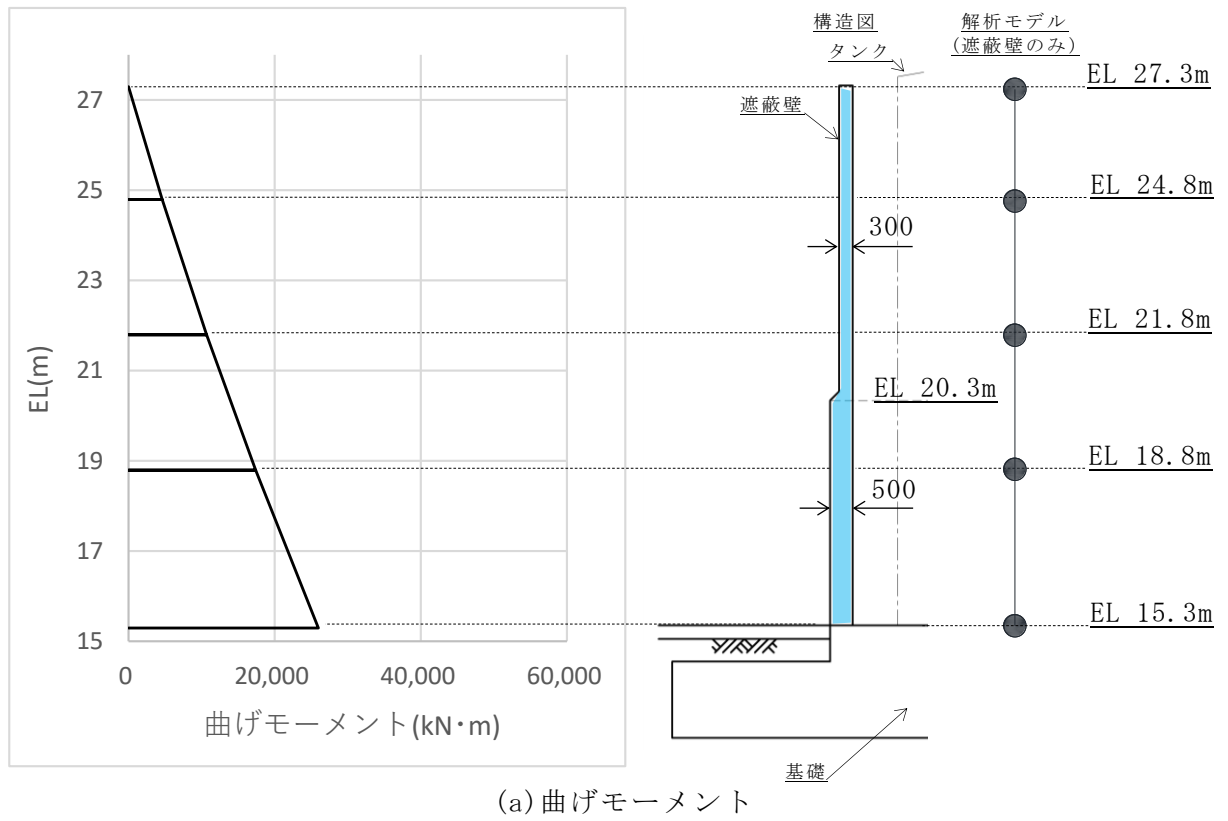


図 5-1 断面力図