

(別紙) 保管場所及びアクセスルートの周辺構造物の現場調査及び図面確認について

## 1. 概要

保管場所及びアクセスルート周辺の構造物について、基準地震動 $S_s$ により倒壊、又は可燃物施設が燃焼した場合に、保管場所及びアクセスルートに対し悪影響を与える可能性があることから、現場調査及び図面確認を実施し、影響評価を行っている。

## 2. 調査対象施設

以下の項目に該当するものを調査対象として抽出する。

### (1) 構造物

建物，鉄塔，タンク等

### (2) 可燃物施設

石油類を貯蔵している施設（車両は除く），タンク，変圧器，ポンペ等

### (3) 薬品関係施設

薬品類を貯蔵している施設（ビン等で貯蔵された少量のものは除く），タンク

### (4) 小規模構造物

道路標識，街灯，配電柱等

## 3. 調査方法

調査方法については以下の手順で実施する。

(1) 現場調査及び図面確認により，発電所内の構造物を全て抽出する。

(2) 2. 調査対象施設に該当する設備を抽出する。

(3) 抽出した調査対象設備について，図面又は実測により，高さ，位置，内容量等の情報を入力する。

## 4. 現場調査実施及び保管場所等変更の時系列について

2013年12月 原子炉設置変更許可申請

2017年9月 現場調査及び図面確認実施

2019年2月 現場調査及び図面確認実施

2019年11月 原子炉設置変更許可時の保管場所及びアクセスルート決定

2020年3月 現場調査及び図面確認実施

2020年5月 第4保管エリア形状変更及びアクセスルート変更

2021年9月 原子炉設置変更許可

2021年12月 第4保管エリア形状変更，現場調査及び図面確認実施

## 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について

### 7.1 他資料において耐震性を確認している周辺構造物

保管場所及びアクセスルートの周辺構造物のうち、緊急時対策所、ガスタービン発電機建物等については、以下の資料において基準地震動  $S_s$  に対する耐震性を有していることを説明している。

- (1) 緊急時対策所の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-12 緊急時対策所の耐震性についての計算書
- (2) ガスタービン発電機建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-17 ガスタービン発電機建物の耐震性についての計算書
- (3) 1号機原子炉建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-11-2-1-1 1号機原子炉建物の耐震性についての計算書
- (4) 1号機廃棄物処理建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-11-2-1-3 1号機廃棄物処理建物の耐震性についての計算書
- (5) 2号機原子炉建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-3 原子炉建物の耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-2-4 原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-9-3-1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-9-3-4 原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書
- (6) 2号機廃棄物処理建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-10 廃棄物処理建物の耐震性についての計算書
- (7) 2号機タービン建物の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-8 タービン建物の耐震性についての計算書
- (8) 2号機排気筒モニタ室の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-11-2-1-6 排気筒モニタ室の耐震性についての計算書
- (9) 統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-6-7-3-3-5 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震性についての計算書
- (10) 輪谷貯水槽（西1）の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書

- (11) 輪谷貯水槽（西 2）の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (12) 輪谷貯水槽（東 1）の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (13) 輪谷貯水槽（東 2）の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (14) ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-10-1-2-3-4 ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書
  
- (15) 1号機復水貯蔵タンクの耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (16) 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-33 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性についての計算書
  
- (17) 第 1 ベントフィルタ格納槽の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-31 第 1 ベントフィルタ格納槽の耐震性についての計算書
  
- (18) B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-2-23 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の耐震性についての計算書
  
- (19) 2号機復水貯蔵タンクの耐震性に関する計算書
  - ・ 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
  
- (20) 2号機補助復水貯蔵タンクの耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (21) 2号機トラス水受入タンクの耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書
  
- (22) 2号機排気筒の耐震性に関する計算書
  - ・ VI-2-2-14 排気筒の耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-2-15 排気筒の基礎の耐震性についての計算書
  - ・ VI-2-7-4 排気筒の耐震性についての計算書

- (23) ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-6-1 ディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備の耐震性についての計算書
- (24) 取水槽除じん機エリア防水壁の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-10-2-8 防水壁の耐震性についての計算書
- (25) 取水槽海水ポンプエリア防護対策設備の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-5 取水槽海水ポンプエリア防護対策設備の耐震性についての計算書
- (26) 取水槽ガントリクレーンの耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-7-14 取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書
- (27) 1号機排気筒の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-2 1号機排気筒の耐震性についての計算書
- (28) 防波壁の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-10-2-3 防波壁の耐震性についての計算書
- (29) 免震重要棟遮蔽壁の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-3 免震重要棟遮蔽壁の耐震性についての計算書
- (30) 非常用ろ過水タンクの耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書
- (31) 3号機復水貯蔵タンクの耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書
- (32) 3号機補助復水貯蔵タンクの耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-別添 2-2 溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書
- (33) 受信用アンテナ（1・2号）の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-6-7-3-4-8 受信用アンテナ（1・2号）の耐震性についての計算書
- (34) 仮設耐震構台の耐震性に関する計算書
- ・ VI-2-11-2-13 仮設耐震構台の耐震性についての計算書

## 7.2 建物・構築物の耐震性評価

### 7.2.1 免震重要棟の耐震性評価

#### (1) 目的

免震重要棟に対し、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析により建物及び免震装置の耐震性能について検討を行い、第1保管エリア等への影響を確認する。

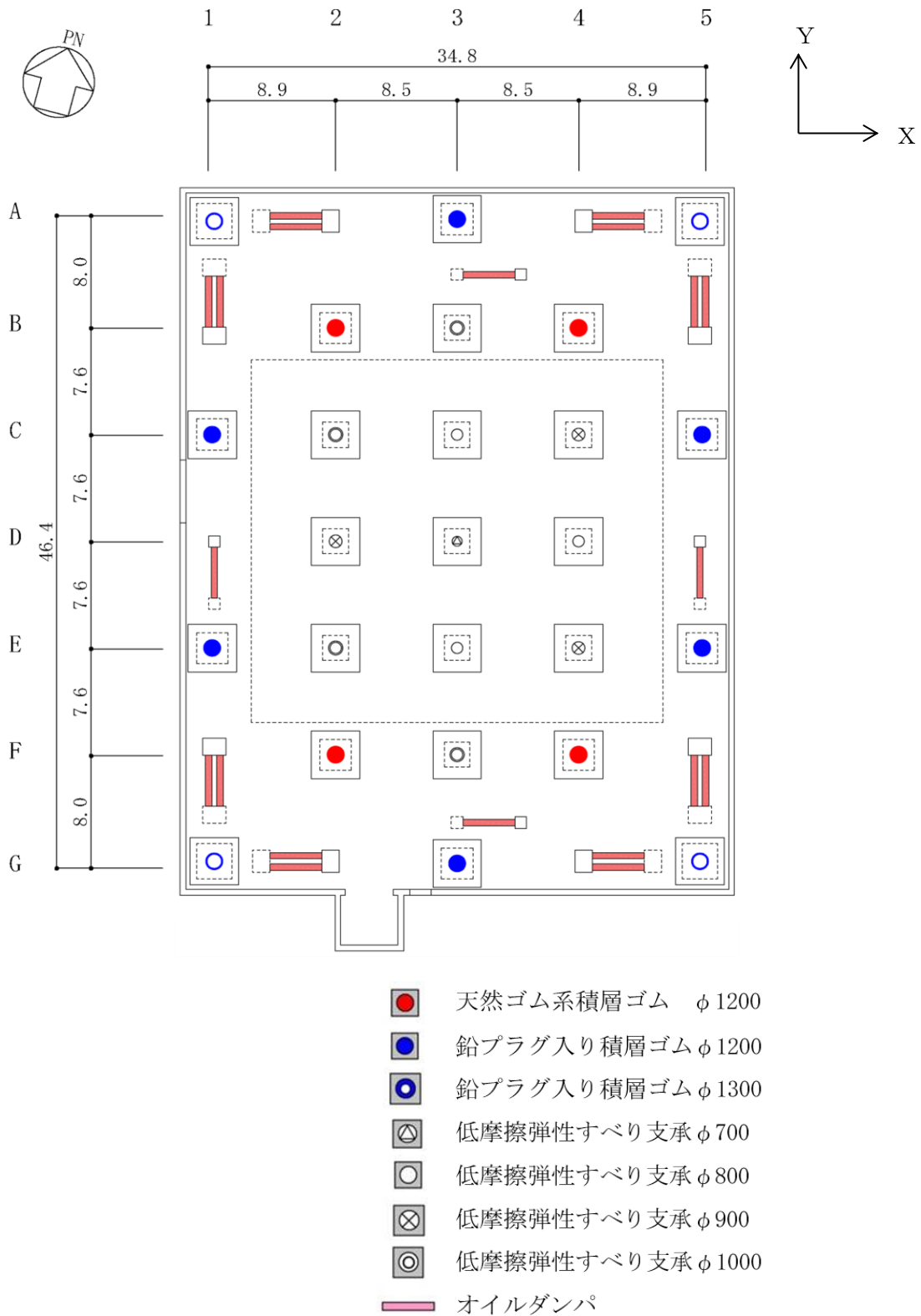
#### (2) 建物概要

建物概要を表 7.2.1-1 に、梁伏図を図 7.2.1-1～図 7.2.1-6 に、断面図を図 7.2.1-7 に示す。検討建物は、上部構造が鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造で、1階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパ）を配置した免震構造である。

平成 25 年の発電用原子炉設置変更許可申請当初、免震重要棟は建物内に緊急時対策所を設置する計画で、緊急時対策所の機能を維持できるよう、免震構造を採用した建物として設置したが、基準地震動  $S_s$  に対する耐震性・気密性確保をより確実にするため、新たに設置する耐震構造の建物内に緊急時対策所を移設することとした。

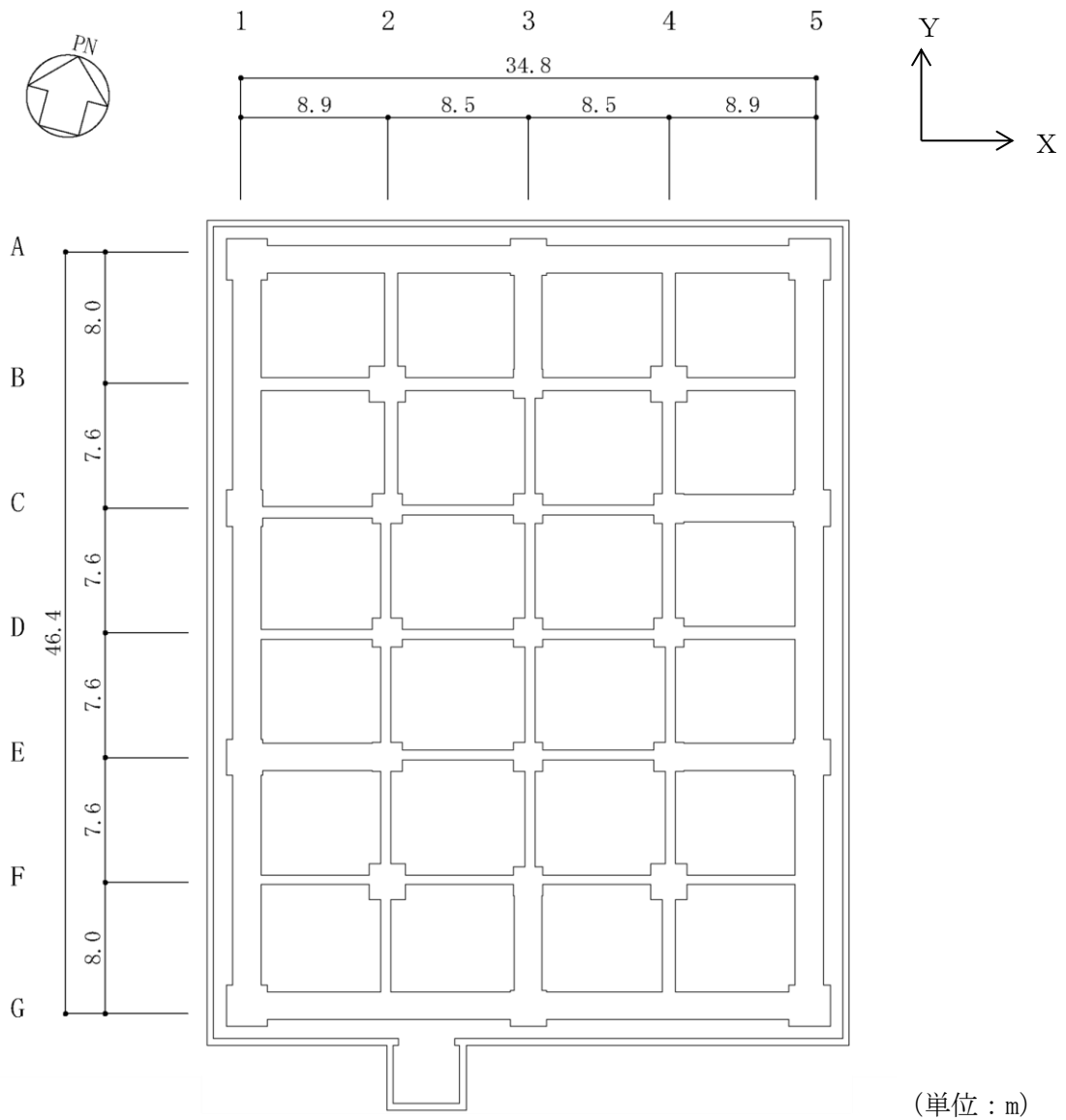
表 7.2.1-1 建物概要

構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）
階数	地上3階
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）
平面形状	34.8m（X方向）×46.4m（Y方向）
高さ	地上高さ 14.15m



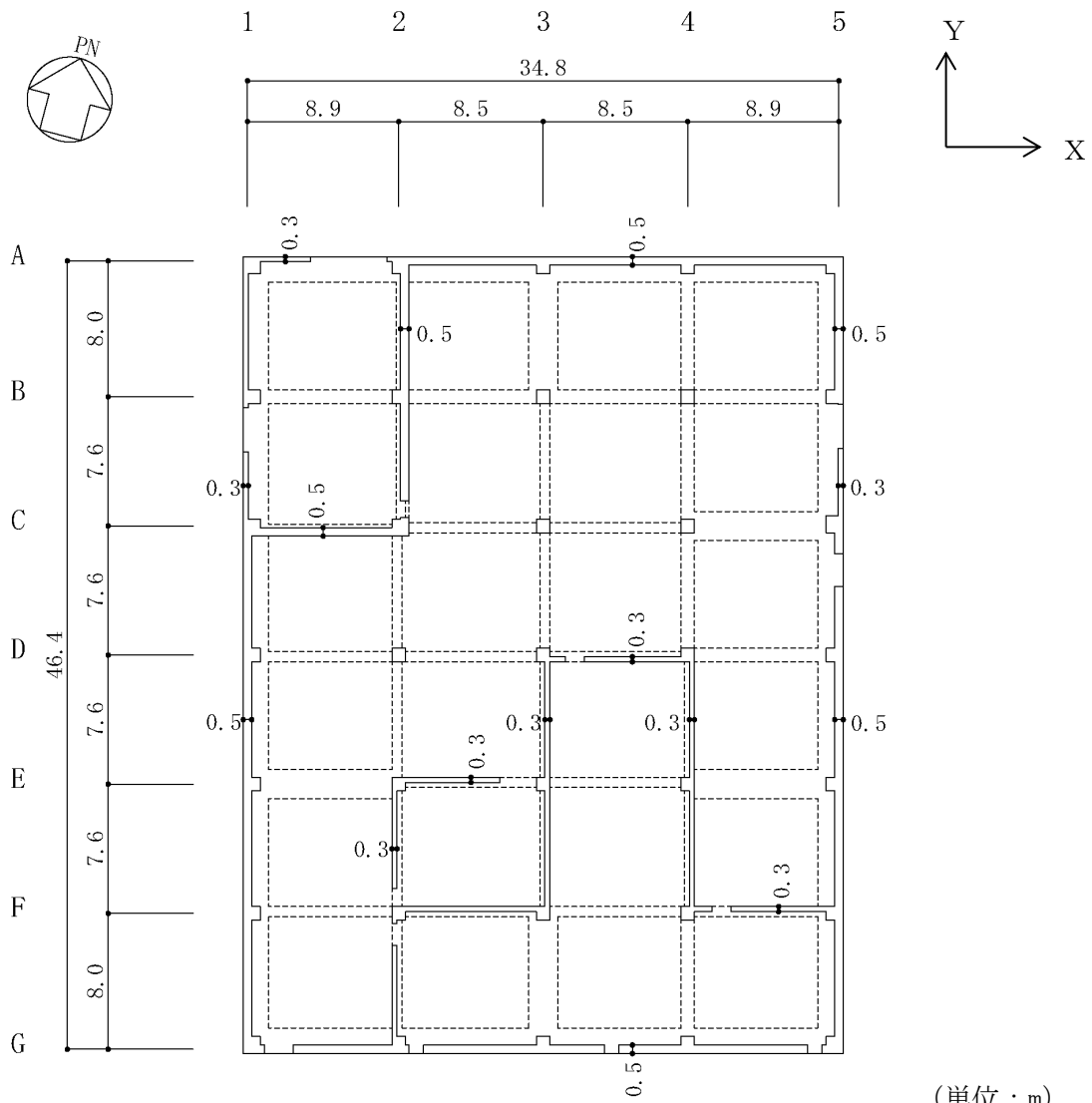
(単位：m)

図 7.2.1-1 免震装置基礎伏図



(単位：m)

図 7.2.1-2 1階ピット伏図



(单位：m)

图 7.2.1-3 1 階梁伏图



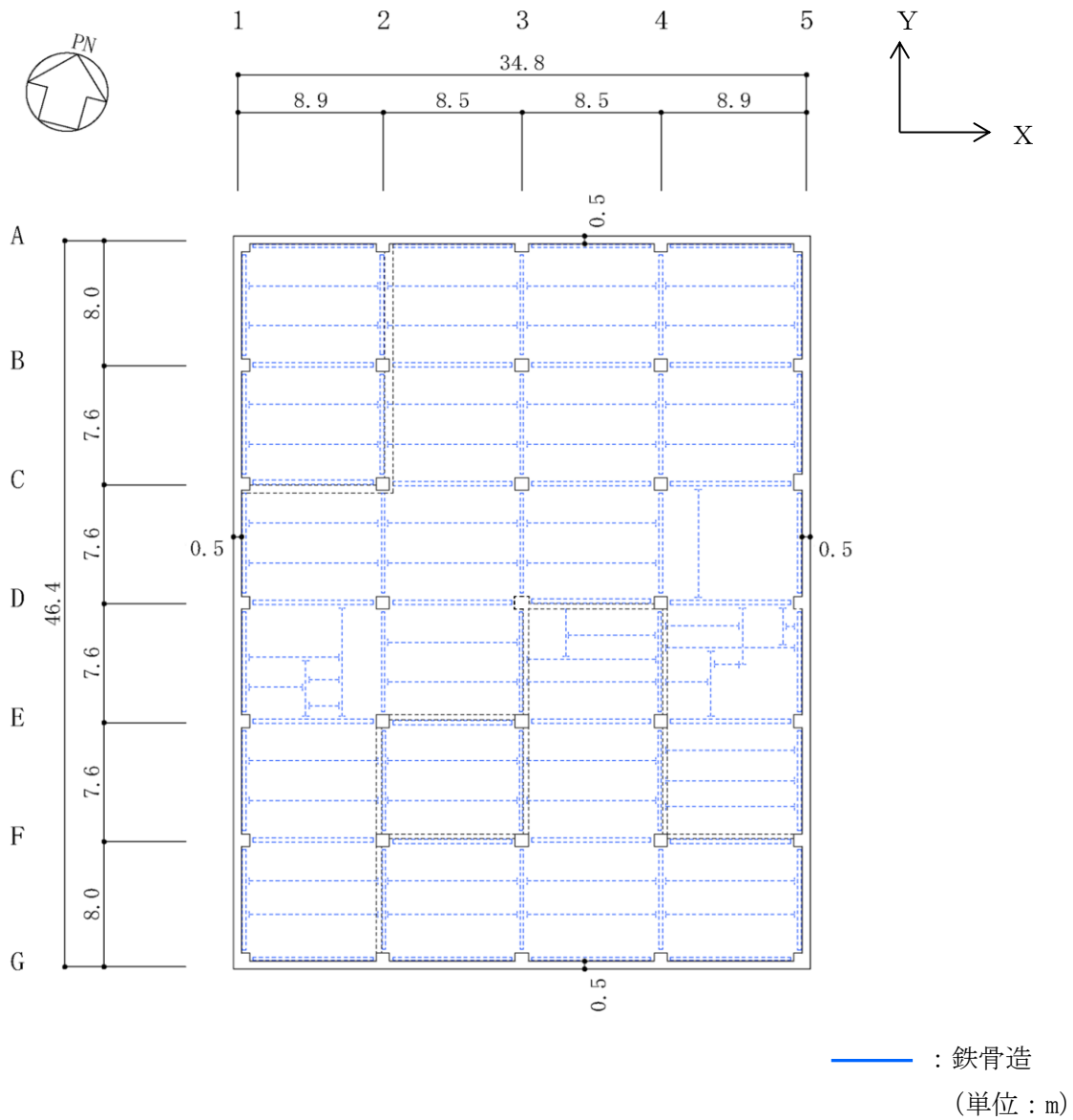


图 7.2.1-4 2 階梁伏図

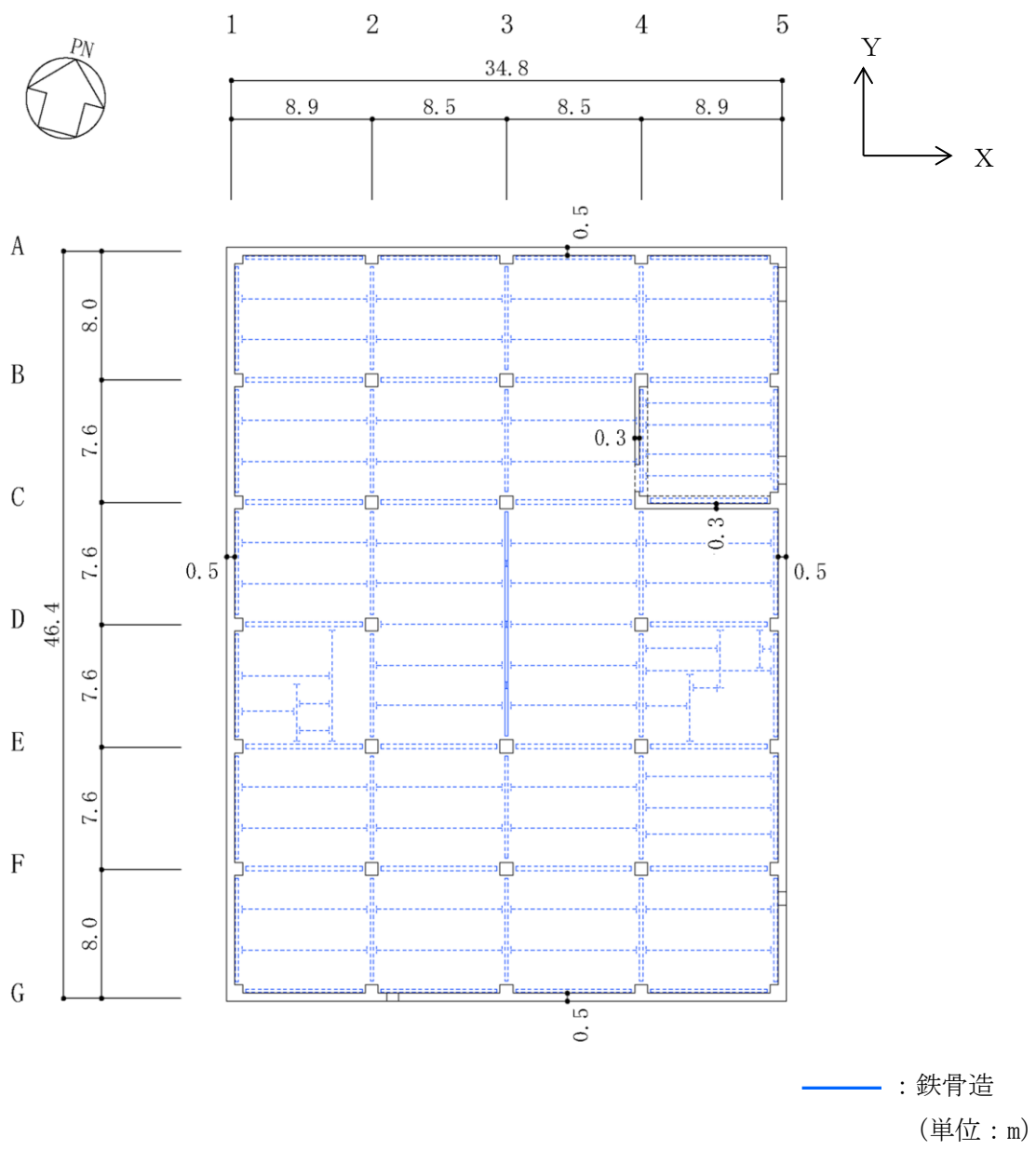


图 7.2.1-5 3 階梁伏図

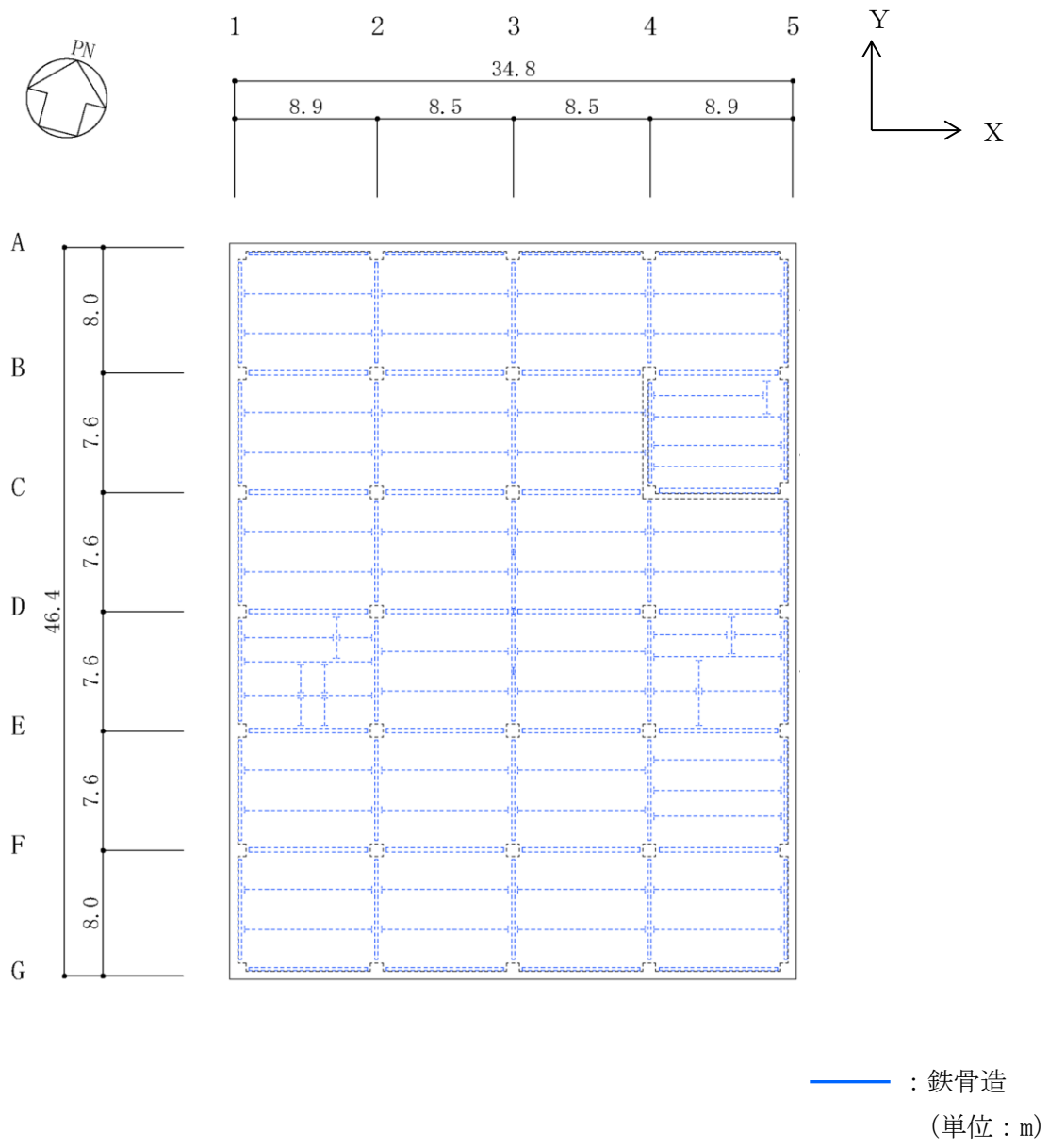
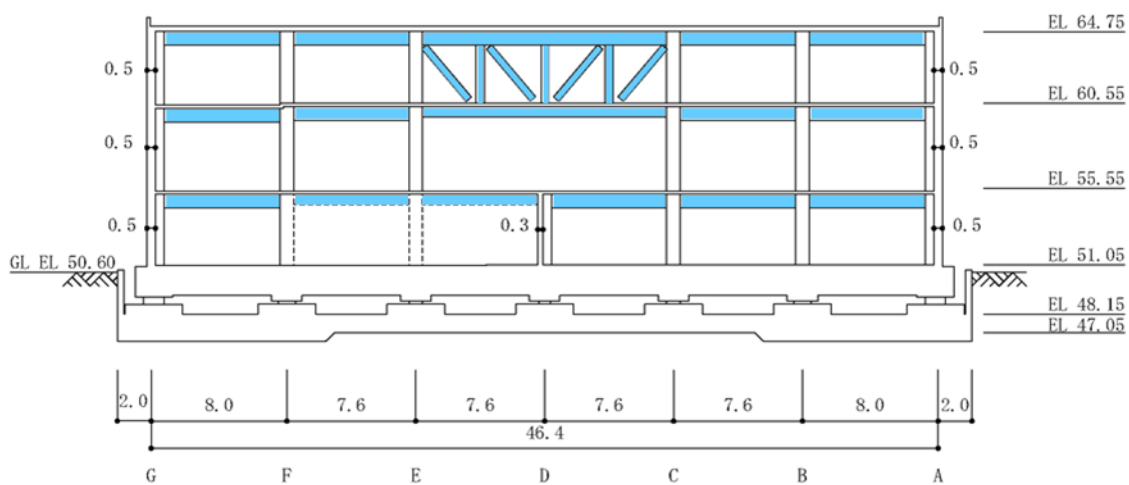
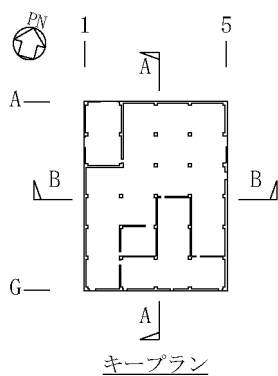
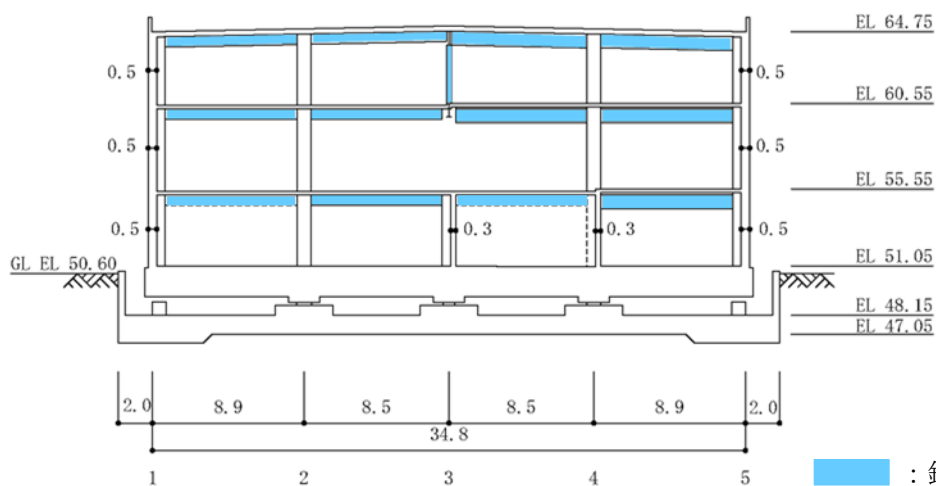


图 7.2.1-6 屋上階梁伏図



(a) A-A断面



■ : 鉄骨造  
(単位 : m)

(b) B-B断面

図 7.2.1-7 断面図

(3) 免震装置概要

本建物に使用している免震装置は、天然ゴム系積層ゴム 4 台、鉛プラグ入り積層ゴム 10 台及び低摩擦弾性すべり支承 11 台の合計 25 台に加え、オイルダンパを X 方向、Y 方向にそれぞれ 10 台、合計 20 台である。免震装置の概要を表 7.2.1-2 に、各免震装置の概要、役割・特徴及び特性を表 7.2.1-3 に示す。

表 7.2.1-2 免震装置の概要

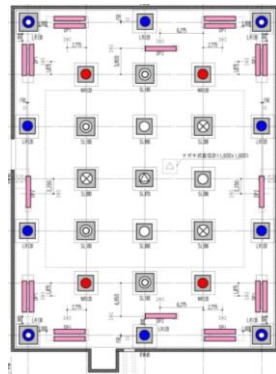
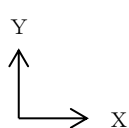
免震装置	ゴム材料 せん断 弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径 (mm)	基数	品番	メーカー
天然ゴム系 積層ゴム	0.392*	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	—	4	NS120G4	ブリヂストン
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385*	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	260	6	LS120G4H	ブリヂストン
	0.385*	丸形	φ 1300mm	252.3mm (8.7×29)	280	4	LT130G4H	ブリヂストン
低摩擦弾性 すべり支承	0.392*	丸形	φ 700mm	39.9mm (5.7×7)	—	1	SP070G4	ブリヂストン
	0.392*	丸形	φ 800mm	39.0mm (6.5×6)	—	3	SP080G4	ブリヂストン
	0.392*	丸形	φ 900mm	41.4mm (6.9×6)	—	3	SP090G4	ブリヂストン
	0.392*	丸形	φ 1000mm	40.0mm (8.0×5)	—	4	SP100G4	ブリヂストン
オイルダンパ	—	—	—	—	—	20	BM250-4C	日立 オートモティブ システムズ

注記\*：20℃での値

表 7.2.1-3 各免震装置の概要、役割・特徴及び特性

免震装置	概要		役割・特徴	特性
天然ゴム系積層ゴム		天然ゴムを使用した積層ゴム 	上部構造からの鉛直荷重を支持し、水平方向の地震の揺れを長周期化する。 減衰性が低く線形性に優れた復元力特性を示す。剛性が低く免震効果が大きい。	水平特性：線形 
鉛プラグ入り積層ゴム		天然ゴム系積層ゴムの中心部に鉛プラグを封入した積層ゴム 	上部構造からの鉛直荷重を支持し、水平方向の地震の揺れを吸収・長周期化する。 「天然ゴム系積層ゴム」部がばね機能を、「鉛プラグ」部が減衰機能を発揮する。剛性が比較的高く小さい水平力に対する変形抑制効果が大きい。	水平特性：修正バイリニア型非線形 
低摩擦弾性すべり支承		天然ゴム系積層ゴムの下部にすべり材 (PTFE 系材料) を装着した「積層ゴム」部分と、SUS 材を主体とする「すべり板」部分により構成された支承 	上部構造からの鉛直荷重 (圧縮側のみ) を支持する。 小変形時には積層ゴムが変形し、変形が増大すると、すべり材とすべり板間ですべりが発生し変形に追従する。	水平特性：バイリニア型非線形 
オイルダンパ		「ピストン」部分と、オイルを充填した「シリンダー」部分により構成されたダンパ 	上部構造からの鉛直荷重は負担せず、水平方向の地震の揺れを減衰させる。 ダンパ内のオイルの流体抵抗により減衰機能を発揮する。	減衰特性：バイリニア型非線形 

注：免震装置の配置は以下のとおり。



- 天然ゴム系積層ゴム φ1200
- 鉛プラグ入り積層ゴム φ1200
- 鉛プラグ入り積層ゴム φ1300
- 低摩擦弾性すべり支承 φ700
- 低摩擦弾性すべり支承 φ800
- 低摩擦弾性すべり支承 φ900
- 低摩擦弾性すべり支承 φ1000
- オイルダンパ

(4) 検討内容

a. 検討方針

免震構造の本建物の倒壊は、免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し、上部構造及び免震装置に対する応答について検討を実施する。

本建物の評価基準値を表 7.2.1-4 に示す。

評価基準値は上部構造については、「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説（（社）日本建築学会，2004 制定）」において、安全限界状態とされる層間変形角値である 1/75 とする。

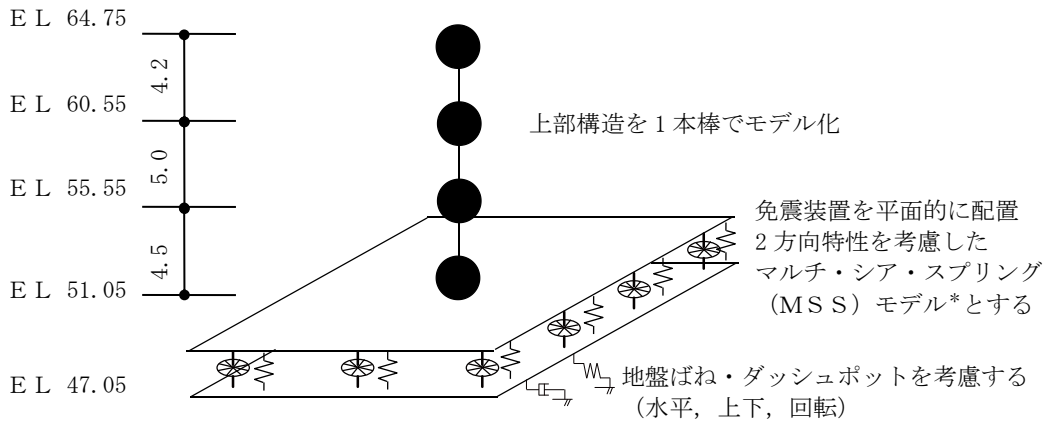
免震装置は「免震構造の試評価例及び試設計例（（独）原子力安全基盤機構，2014）」における設計目標値のせん断ひずみである 166%（標準特性時）及び 250%（特性変動時）とする。

表 7.2.1-4 評価基準値

部位	項目	評価基準値
上部構造	層間変形角	1/75 以下
免震装置	せん断ひずみ	166%以下 (標準特性時)
		250%以下 (特性変動時)

b. 解析モデル

解析モデルを図 7.2.1-8 に示す。



注記\* : 水平面内に非線形特性が同一なばねを等角度 (8 方向) に配置することで, 等方向性と 2 軸連成効果が考慮されるモデル。

(単位 : m)

図 7.2.1-8 解析モデル

(a) 上部構造のモデルの諸元

上部構造の水平方向は弾性の等価せん断型モデルに, 鉛直方向は弾性の軸ばねモデルとしてモデル化する。減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし, 水平方向の減衰定数は免震層直上の 1 階床位置固定時の 1 次固有周期に対して 5%とする。鉛直方向の減衰定数は地盤ばね, 免震装置及び上部構造の連成系鉛直方向 1 次固有周期に対して 5%とする。なお, 水平方向及び鉛直方向の減衰定数の値 5%は, 島根 2 号機の鉄筋コンクリート造の建物で採用されている値である。本建物は免震構造であり, 建物全体としては免震層の減衰効果が支配的であるとともに, 地震時の上部構造の応答は小さく, 層間変形角は評価基準値を大幅に下回っていることから, 上部構造の減衰定数が評価結果に及ぼす影響は小さいと判断した。

解析モデルの諸元を表 7.2.1-5 に示す。



表 7.2.1-5 解析モデルの諸元

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性 (kN/m)		
			X方向	Y方向	Z方向
屋上階	4.2	23904	$5.333 \times 10^7$	$7.466 \times 10^7$	$5.703 \times 10^8$
3階	5.0	27058	$5.158 \times 10^7$	$6.981 \times 10^7$	$4.770 \times 10^8$
2階	4.5	29751	$6.608 \times 10^7$	$8.904 \times 10^7$	$6.210 \times 10^8$
1階		57765			

(b) 免震層のモデルの諸元

イ. 水平ばね要素

免震層の水平ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれモデル化し、その特性を線形ばね及び非線形ばねで評価する。免震装置の特性は、基準温度 20℃に対して 15℃の特性として定めたものとする。

なお、水平方向の減衰特性は履歴減衰のみを考慮し、材料減衰は考慮しない。

(イ) 天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。

$$\text{天然ゴム剛性} : K_r = A_r \cdot G_r / h_r$$

$$\text{天然ゴムせん断弾性率} : G_r = 0.392 \text{N/mm}^2 \text{ (20}^\circ\text{C)}$$

ここで、 $A_r$  : 積層ゴムの断面積、 $h_r$  : ゴム層の総厚さ

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を表 7.2.1-6 及び表 7.2.1-7 に示す。

表 7.2.1-6 天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元 (1 基あたり)

ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層の総厚さ $h_r$ (cm)
0.392 (20℃)	11305	24.0

表 7.2.1-7 天然ゴム系積層ゴムの水平剛性 (1 基あたり)

種類	基数	使用ゴム	水平剛性* $K_r$ (kN/m)
φ 1200	4	G4	$1.87 \times 10^3$

注記\* : 基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値

(ロ) 鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは図 7.2.1-9 に示す修正バイリニア型にモデル化する。

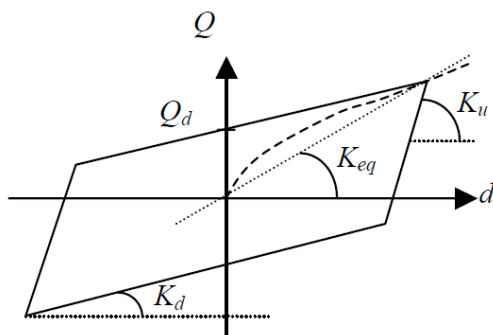


図 7.2.1-9 鉛プラグ入り積層ゴムの特性 (修正バイリニア型履歴)

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を表 7.2.1-8 に示す。

また、表 7.2.1-9 に各免震装置の種々の振幅レベルでの等価水平剛性を示す。

表 7.2.1-8 鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元 (1 基あたり)

種類	ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	鉛プラグの断面積 $A_p$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層の総厚さ $h_r$ (cm)
φ 1200	0.385 (20°C)	10779	531	24.0
φ 1300		12657	616	25.2

表 7.2.1-9 鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性 (1 基あたり)

種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性* (kN/m)		
				d = 2.4cm ( $\gamma = 10\%$ )	d = 24cm ( $\gamma = 100\%$ )	d = 48cm ( $\gamma = 200\%$ )
φ 1200	26	6	G4	$1.860 \times 10^4$	$3.730 \times 10^3$	$2.650 \times 10^3$
φ 1300	28	4		$2.140 \times 10^4$	$4.250 \times 10^3$	$3.010 \times 10^3$

注記\* : 基準温度 20°C に対して、15°C の特性として定めた値

(ハ) 低摩擦弾性すべり支承の特性を表す水平ばね

地震応答解析では、計 11 基の低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ図 7.2.1-10 に示すように、弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し、履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を表 7.2.1-10 に示す。

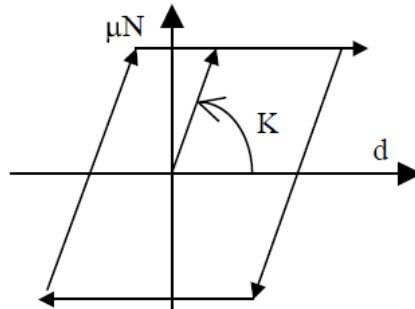


図 7.2.1-10 低摩擦弾性すべり支承に与える非線形特性

表 7.2.1-10 低摩擦弾性すべり支承による免震層水平ばねの諸元 (1 基あたり)

種類	基数	鉛直力 N (kN)	摩擦係数 $\mu$	摩擦力 $\mu \cdot N$ (kN)	弾性剛性* K (kN/m)
φ 700	1	2146	0.015	32.2	$5.06 \times 10^3$
φ 800	3	3286~3405	0.015	49.3~51.1	$6.77 \times 10^3$
φ 900	3	3879~5241	0.015	58.2~78.6	$8.07 \times 10^3$
φ 1000	4	4045~6980	0.015	60.7~104.7	$1.03 \times 10^4$

注記\*：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値

ロ. 減衰要素

減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を表 7.2.1-11 に示す。

表 7.2.1-11 オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元 (1 基あたり)

減衰係数 $C_1$ ( $\text{kN} \cdot \text{s}/\text{cm}$ )	減衰係数 $C_2$ ( $\text{kN} \cdot \text{s}/\text{cm}$ )	リリース 荷重 $F_r$ (kN)	リリース 速度 $V_r$ (m/s)	最大 荷重 $F_{\text{max}}$ (kN)	最大 速度 $V_{\text{max}}$ (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1000	1.50

注：オイルダンパの設計値として定めた値

オイルダンパはX, Y各方向 10 基ずつ, 計 20 基配置する。オイルダンパの特性を図 7.2.1-11 に示す。

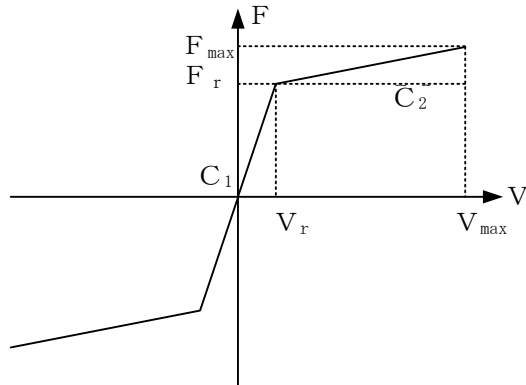


図 7.2.1-11 オイルダンパに与える特性

ハ. 鉛直ばね要素

免震層の鉛直ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ圧縮領域と引張領域が非対称となる非線形ばねでモデル化する。積層ゴムの引張方向の特性は、図 7.2.1-12 に示すようにバイリニア型とし、メーカーが実施した積層ゴムの引張特性試験に基づき、圧縮剛性に係数（面圧 1N/mm<sup>2</sup>相当軸力以下では 1/10、面圧 1N/mm<sup>2</sup>相当軸力を超える場合は 1/50）を乗じて設定した。なお、地震応答解析の結果、免震装置の引張側面圧は最大で 0.30N/mm<sup>2</sup>（S s-D（Y）、剛性最小）であり、1N/mm<sup>2</sup>を超えないことを確認している。各装置の特性を表 7.2.1-12～表 7.2.1-14 に示す。

なお、鉛直方向の減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、減衰定数は地盤ばね、免震装置及び上部構造の連成系鉛直方向 1 次固有周期に対して、メーカーが実施した積層ゴムの鉛直特性試験に基づき 2% とする。

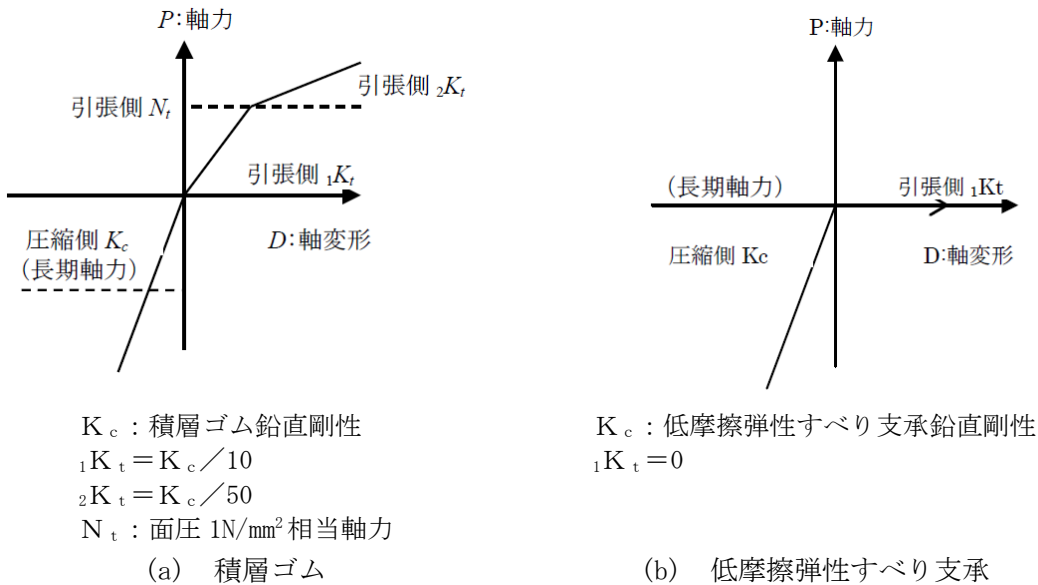


図 7.2.1-12 免震装置鉛直特性設定概要

表 7.2.1-12 天然ゴム系積層ゴムの鉛直特性（1 基あたり）

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
φ 1200	$4.57 \times 10^6$	$4.57 \times 10^5$	$9.14 \times 10^4$	1130.5

表 7.2.1-13 鉛プラグ入り積層ゴムの鉛直特性（1 基あたり）

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
φ 1200	$5.57 \times 10^6$	$5.57 \times 10^5$	$1.11 \times 10^5$	1077.9
φ 1300	$6.21 \times 10^6$	$6.21 \times 10^5$	$1.24 \times 10^5$	1265.7

表 7.2.1-14 低摩擦弾性すべり支承の鉛直特性 (1 基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)	
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_1K_t$
φ 700	$0.85 \times 10^7$	0
φ 800	$1.14 \times 10^7$	
φ 900	$1.40 \times 10^7$	
φ 1000	$1.75 \times 10^7$	

(c) 地盤ばね

建物と地盤の動的相互作用は、建物下部の地盤を等価な水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねとして評価する。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 7.2.1-15 に示す。

表 7.2.1-15 地盤ばね定数及び減衰係数

(a) X 方向

地盤ばね成分	ばね定数	減衰係数
底面・水平	$2.75 \times 10^8$ (kN/m)	$3.74 \times 10^6$ (kN・s/m)
底面・回転	$1.13 \times 10^{11}$ (kN・m/rad)	$1.16 \times 10^6$ (kN・m・s/rad)

(b) Y 方向

地盤ばね成分	ばね定数	減衰係数
底面・水平	$2.68 \times 10^8$ (kN/m)	$3.56 \times 10^6$ (kN・s/m)
底面・回転	$1.64 \times 10^{11}$ (kN・m/rad)	$1.45 \times 10^6$ (kN・m・s/rad)

(c) 鉛直方向

地盤ばね成分	ばね定数	減衰係数
底面・鉛直	$4.98 \times 10^8$ (kN/m)	$8.93 \times 10^6$ (kN・s/m)

(d) 免震装置の特性変動

イ. 天然ゴム系積層ゴム

免震装置のうち、天然ゴム系積層ゴムの剛性（水平及び鉛直）のばらつきに対して表 7.2.1-16 に示す 3 要因を設定した。

表 7.2.1-16 天然ゴム系積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	水平剛性 $K_r$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	0%~+15%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし

ロ. 鉛プラグ入り積層ゴム

免震装置のうち、鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性、降伏荷重特性値及び鉛直剛性のばらつきに対して表 7.2.1-17 に示す 3 要因を設定した。

表 7.2.1-17 鉛プラグ入り積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	降伏後剛性 $K_d$	降伏荷重特性値 $Q_d$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	-10%~0%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	-15%~+14%	変化なし



ハ. 低摩擦弾性すべり支承

免震装置のうち，低摩擦弾性すべり支承の1次剛性，摩擦係数及び鉛直剛性のばらつきに対して表7.2.1-18に示す3要因を設定した。

表7.2.1-18 低摩擦弾性すべり支承のばらつき

ばらつきの要因	1次剛性 $K_1$	摩擦係数 $\mu$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-30%~+30%	-50%~0%	-30%~0%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	変化なし	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	変化なし

ニ. オイルダンパ

免震装置のうち，オイルダンパの減衰係数及びリリーフ荷重のばらつきに対して表7.2.1-19に示す3要因を設定した。

表7.2.1-19 オイルダンパのばらつき

ばらつきの要因	減衰係数 $C$	リリーフ荷重 $F_r$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+10%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	-3%~+3%	-3%~+3%
環境温度 (設計値に対して)	-5%~+5%	-5%~+5%

ホ. 解析条件

天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパについては，標準特性とした場合に加え，ばらつきとして免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組合せについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性が最大，かつ低摩擦弾性すべり支承の摩擦力及び鉛直剛性が最大，かつオイルダンパの減衰係数及びリリーフ荷重が最大となる組合せ並びにその逆の2ケースを考慮する。解析ケースを表7.2.1-20に示す。

表 7.2.1-20 解析ケース一覧

解析 ケース	天然ゴム系 積層ゴム	鉛プラグ入り 積層ゴム	低摩擦弾性 すべり支承	オイルダンパ
剛性 最大	水平剛性 $K_r$ : 1.19 鉛直剛性 $K_v$ : 1.25	降伏後剛性 $K_d$ : 1.19 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.14 鉛直剛性 $K_v$ : 1.20	1次剛性 $K_1$ : 1.44 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.10	減衰係数 $C$ : 1.18 リリーフ荷重 $F_r$ : 1.18
標準 特性時	水平剛性 $K_r$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 1.00 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	1次剛性 $K_1$ : 1.00 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	減衰係数 $C$ : 1.00 リリーフ荷重 $F_r$ : 1.00
剛性 最小	水平剛性 $K_r$ : 0.91 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 0.91 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 0.75 鉛直剛性 $K_v$ : 0.95	1次剛性 $K_1$ : 0.66 摩擦係数 $\mu$ : 0.50 鉛直剛性 $K_v$ : 0.70	減衰係数 $C$ : 0.87 リリーフ荷重 $F_r$ : 0.87

c. 固有値解析結果

水平方向の固有値解析は、上部構造は線形とし、免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について実施した。鉛直方向の固有値解析は水平方向固定条件として実施した。

(a) 水平方向の固有周期

免震層が水平変形  $d = 24\text{cm}$  ( $\gamma = 100\%$ ) 及び  $d = 48\text{cm}$  ( $\gamma = 200\%$ ) における等価剛性をもつ場合の水平方向の固有値解析結果を表 7.2.1-21 及び表 7.2.1-22 に示す。

表 7.2.1-21 水平変形  $d = 24\text{cm}$  ( $\gamma = 100\%$ ) における固有値解析結果

方向	次数	固有周期 (s)	刺激係数*
X方向	1	3.345	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y方向	1	3.344	1.001
	2	0.069	0.008
	3	0.047	0.015

注記\*：最大値を1で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

表 7.2.1-22 水平変形  $d = 48\text{cm}$  ( $\gamma = 200\%$ ) における固有値解析結果

方向	次数	固有周期 (s)	刺激係数*
X方向	1	3.886	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y方向	1	3.886	1.000
	2	0.069	0.009
	3	0.047	0.015

注記\*：最大値を1で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

(b) 鉛直方向の固有周期

水平方向固定条件とした場合の鉛直方向の固有値解析結果を表 7.2.1-23 に示す。

表 7.2.1-23 鉛直方向の固有値解析結果

方向	次数	固有周期 (s)	刺激係数*
Z 方向	1	0.065	1.277
	2	0.023	0.503
	3	0.018	0.233

注記\* : 最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

d. 検討用地震動及び入力地震動

検討用の地震動は、基準地震動  $S_s-D$ 、 $S_s-F1$ 、 $S_s-F2$ 、 $S_s-N1$  及び  $S_s-N2$  のうち、免震重要棟の地盤ばね、免震装置及び上部構造の連成系水平方向 1 次固有周期（免震層の水平変形  $d=24\text{cm}$  ( $\gamma=100\%$ )) における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動  $S_s-D$  とする。基準地震動  $S_s$  の解放基盤表面における加速度応答スペクトル（水平方向）を図 7.2.1-13 に示す。

免震重要棟の地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s-D$  から以下の手順で算定する。まず、解放基盤表面以深の地盤を 1 次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により、EL-215m の入射波を算定する。算定した EL-215m の入射波を建物位置での地盤をモデル化した 1 次元地盤に入力して一次元波動論に基づく評価を行い、建物基礎底面での地盤応答を評価して入力地震動とする。地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値を表 7.2.1-24 に示す。また、建物基礎底面レベルにおけるせん断力及び軸力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を図 7.2.1-14 に、1 次元地盤モデルを図 7.2.1-15 に、基礎底面位置（EL 47.05m）における入力地震動の加速度時歴波形及び加速度応答スペクトルを図 7.2.1-16 及び図 7.2.1-17 に示す。

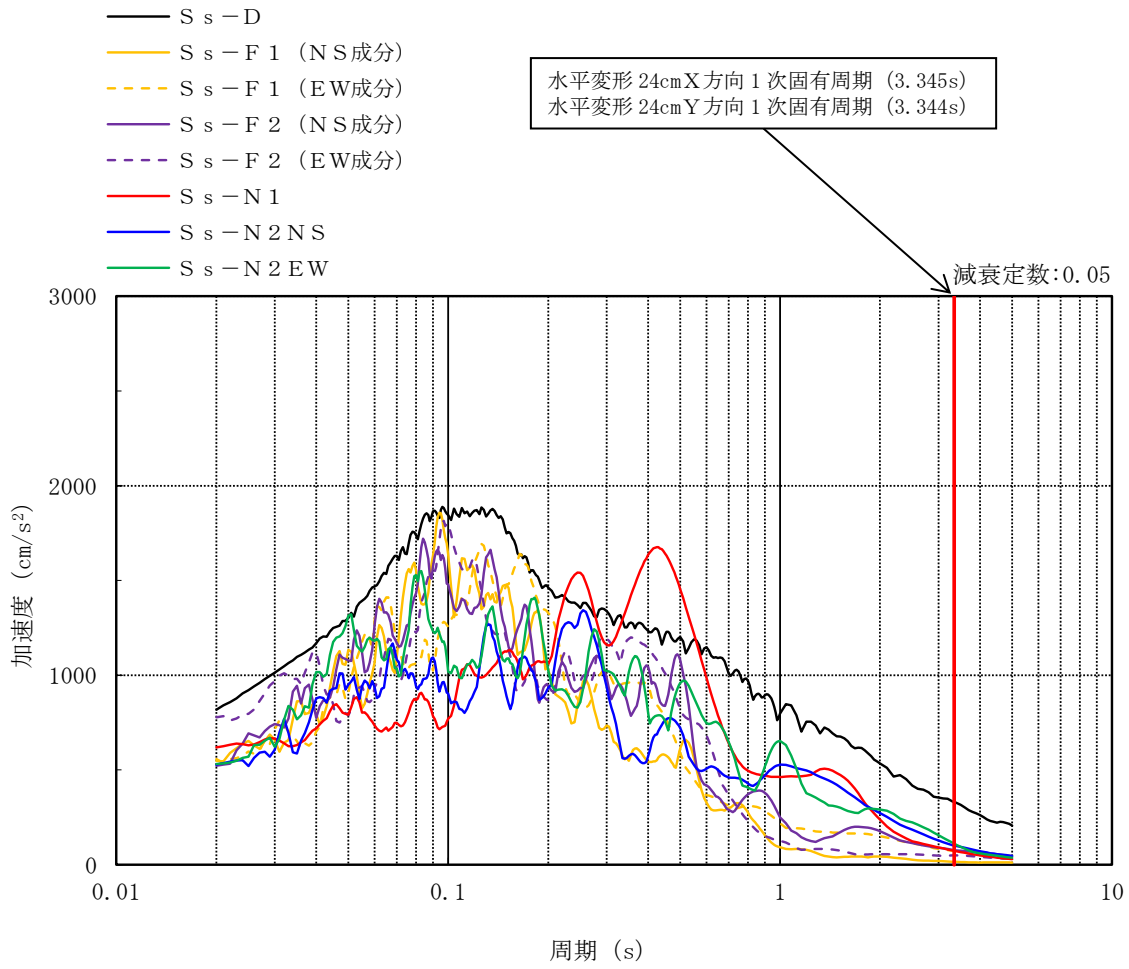


図 7.2.1-13 基準地震動 S<sub>s</sub> の加速度応答スペクトル (水平方向)

表 7.2.1-24 免震重要棟の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値

層番号	S波速度 V <sub>s</sub> (m/s)	P波速度 V <sub>p</sub> (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
岩盤②	900	2100	23.0	0.388	19.0	3
岩盤③	1600	3600	24.5	0.377	64.0	3
岩盤④	1950	4000	24.5	0.344	95.1	3
岩盤⑤	2000	4050	26.0	0.339	105.9	3
岩盤⑥	2350	4950	27.9	0.355	157.9	3

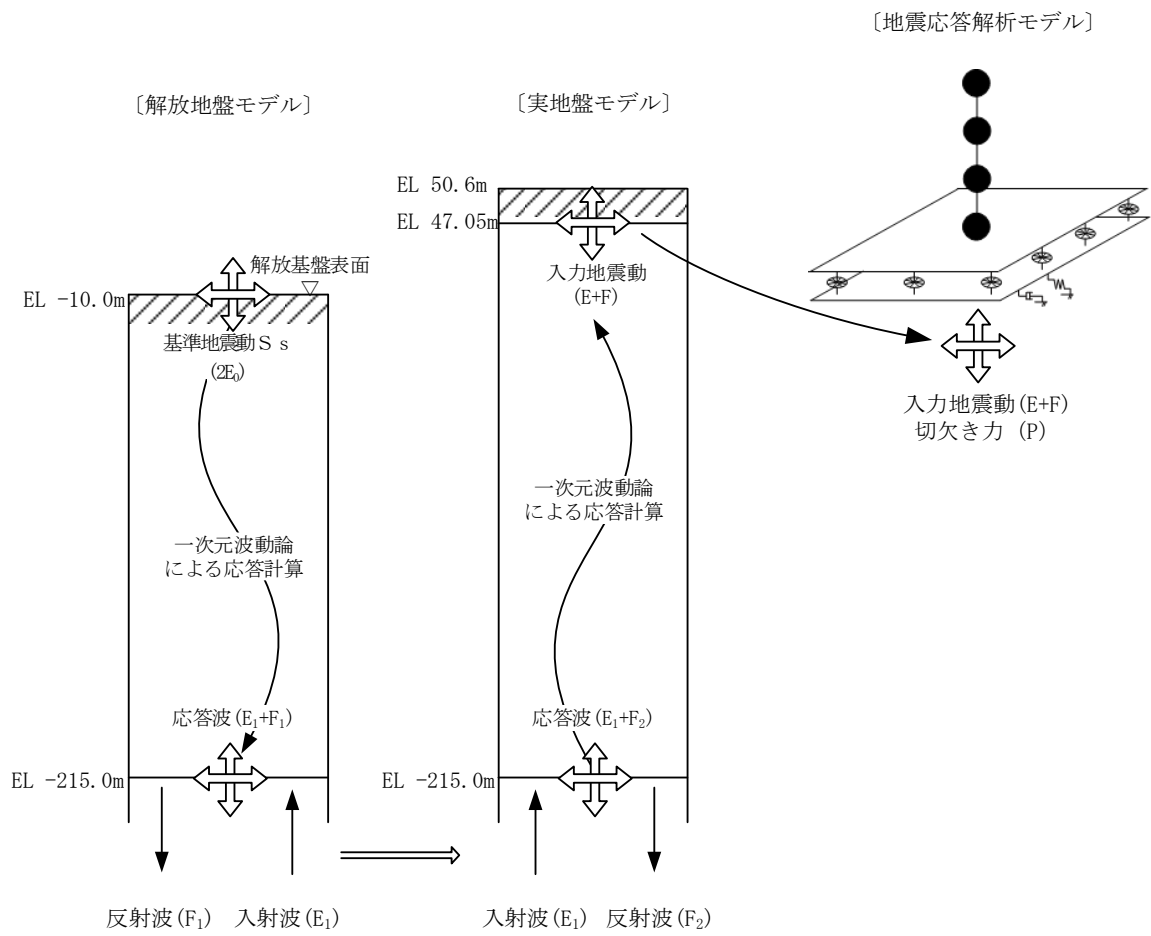


図 7.2.1-14 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図



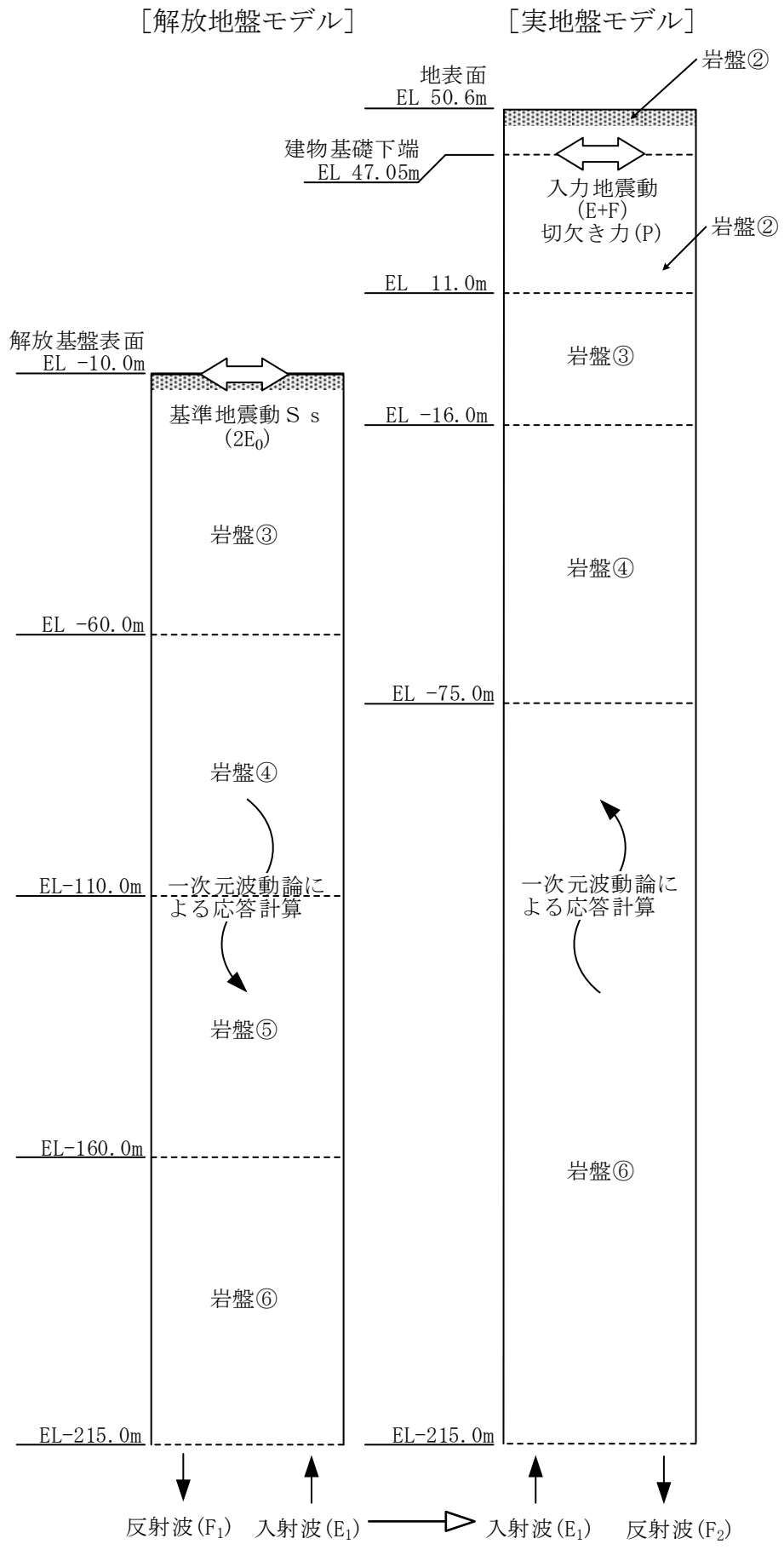


図 7.2.1-15(1) 1次元地盤モデル (水平方向)

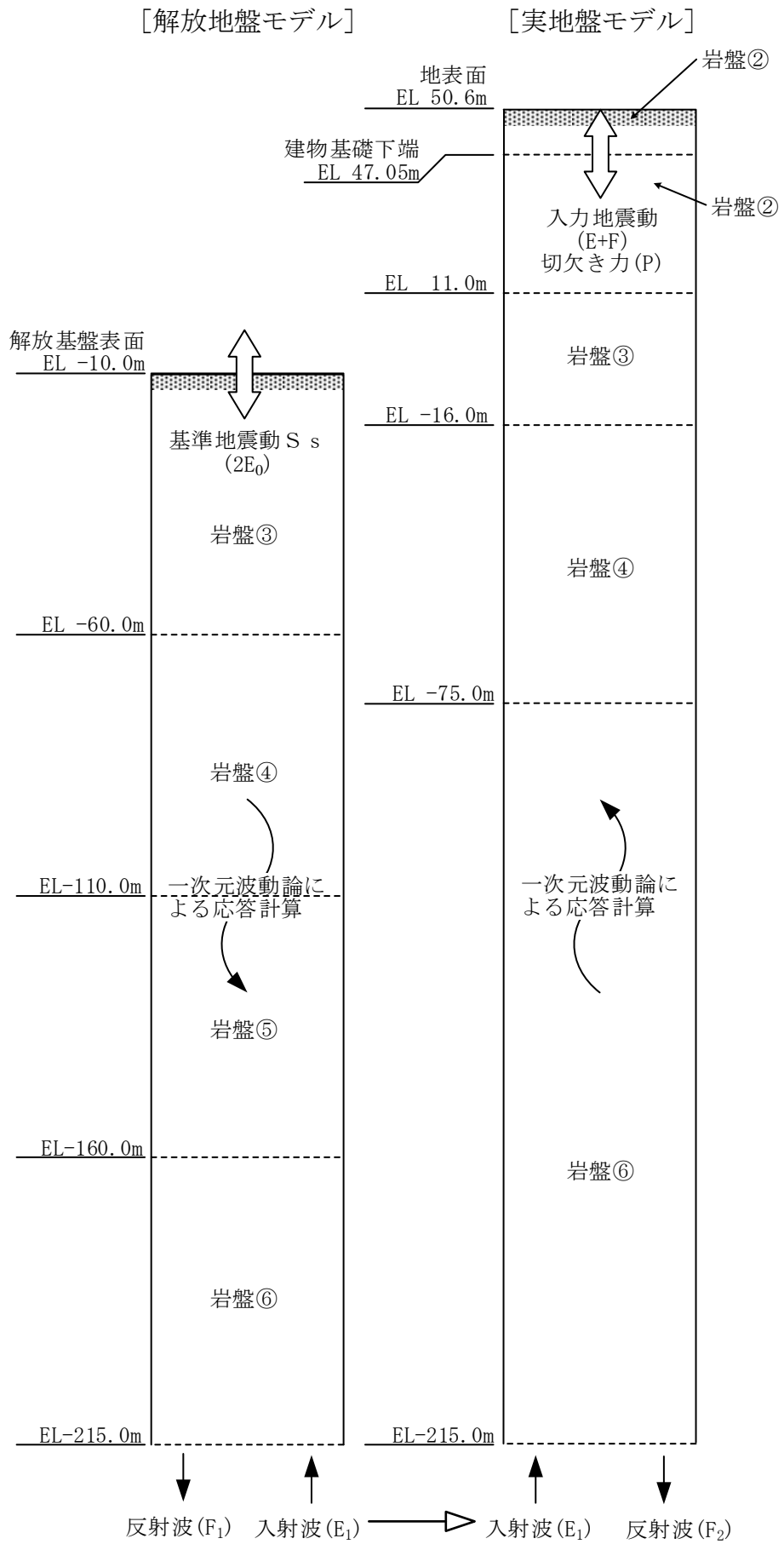
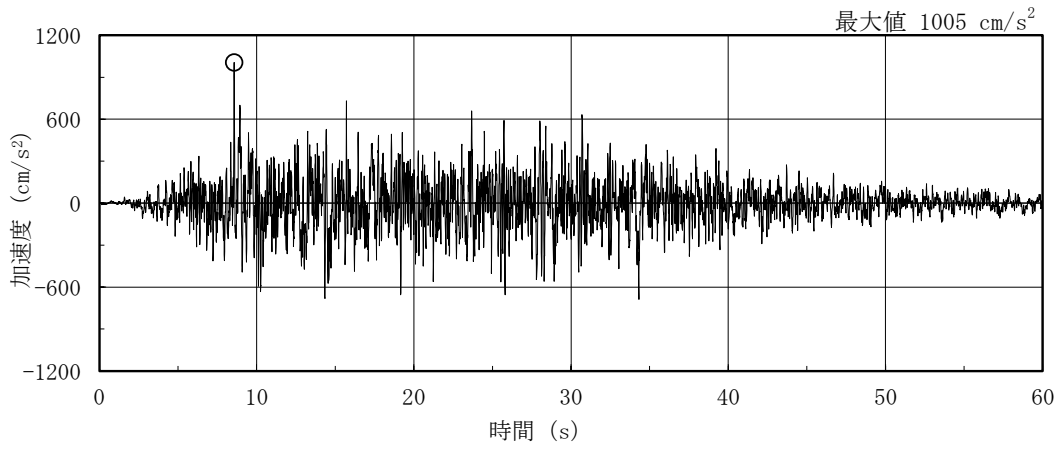
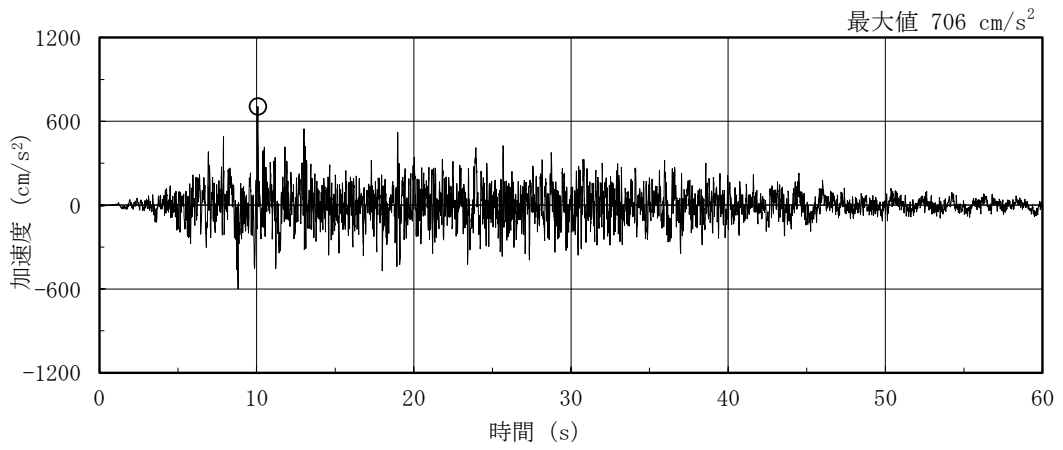


図 7.2.1-15(2) 1次元地盤モデル (鉛直方向)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 7.2.1-16 入力地震動の加速度時刻歴波形 (基準地震動  $S_s - D$ , EL 47.05m)

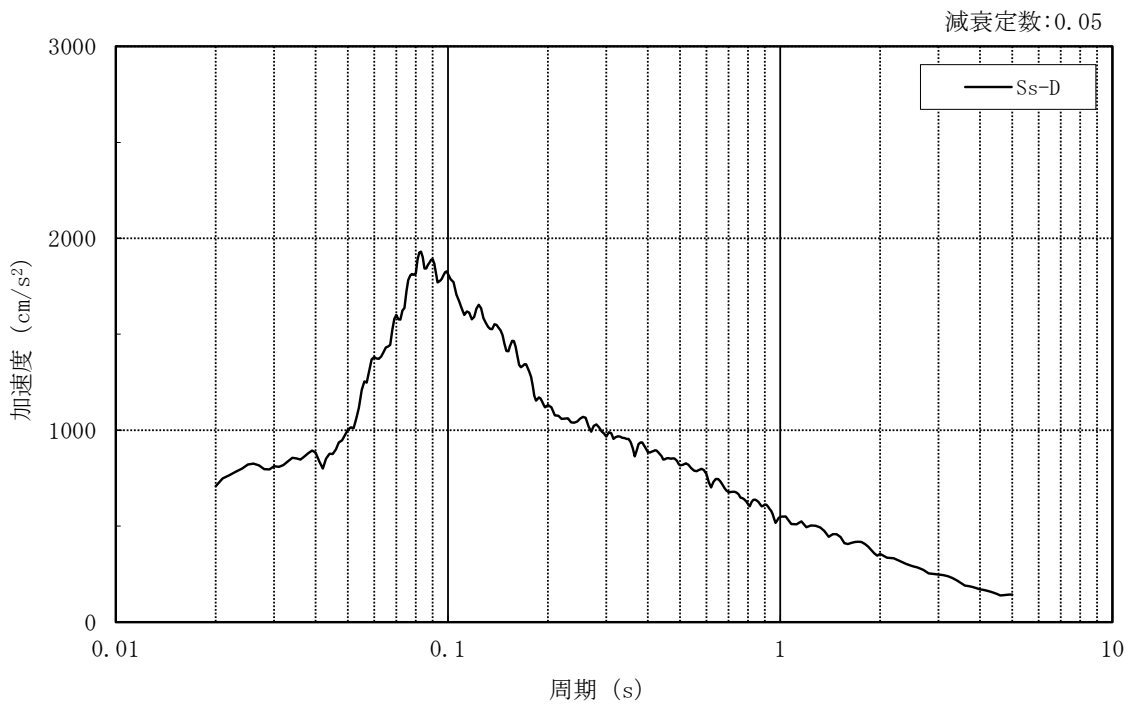
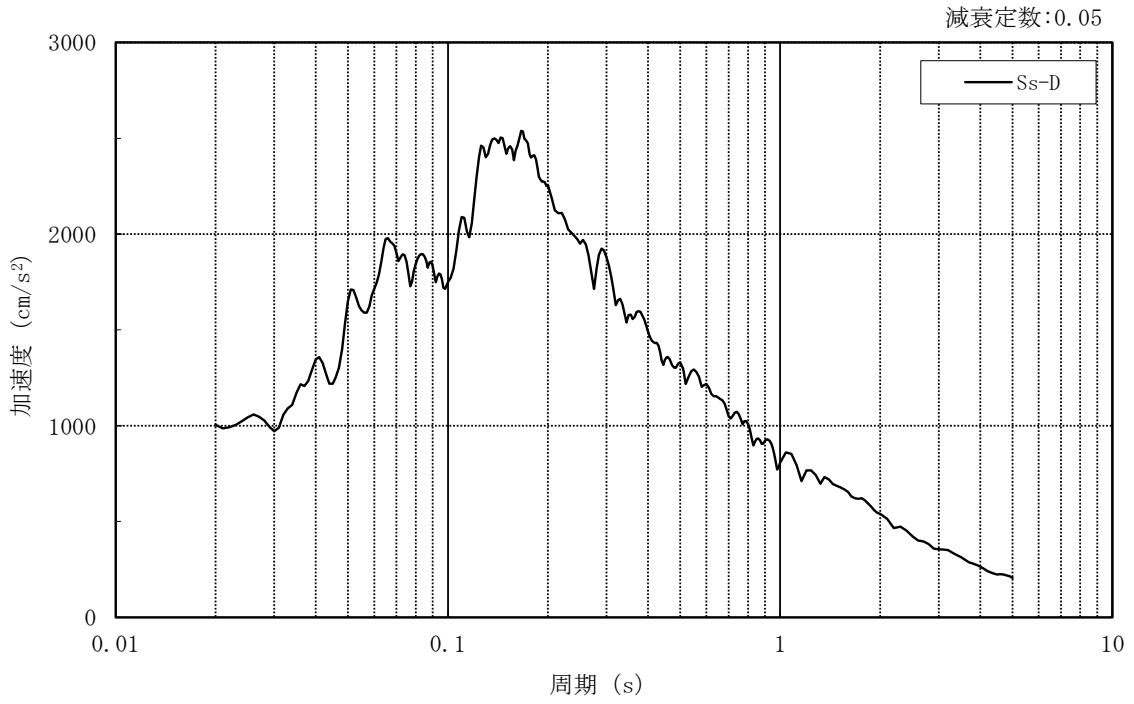


図 7.2.1-17 入力地震動の加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s-D$ , EL 47.05m)

e. 解析ケース

免震装置の特性のばらつきを考慮した全解析ケースを表 7.2.1-25 に示す。

表 7.2.1-25 解析ケース

ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性 のばらつき
		X	Y	Z	
S s - D (X)	S s - D	H <sup>*1</sup>	-	V <sup>*2</sup>	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小
S s - D (Y)		-	H <sup>*1</sup>	V <sup>*2</sup>	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小

注記\*1：基準地震動 S s - D による水平方向の入力地震動

\*2：基準地震動 S s - D による鉛直方向の入力地震動

f. 地震応答解析結果

各解析ケースにおける上部構造層間変形角を表 7.2.1-26 及び表 7.2.1-27 に、免震装置せん断ひずみを表 7.2.1-28 に示す。

表 7.2.1-26 上部構造層間変形角 (X方向)

ケース	階数	標準特性時	特性変動時	
			剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	3 階	1/22838	1/25830	1/23904
	2 階	1/15969	1/17391	1/17194
	1 階	<u>1/15459</u>	1/16031	1/17000

注：下線はX方向の最大層間変形角

表 7.2.1-27 上部構造層間変形角 (Y方向)

ケース	階数	標準特性時	特性変動時	
			剛性最大	剛性最小
S s - D (Y)	3 階	1/35235	1/37400	1/39326
	2 階	1/23969	1/24366	1/27203
	1 階	1/21898	<u>1/21729</u>	1/24496

注：下線はY方向の最大層間変形角

表 7.2.1-28 免震装置せん断ひずみ

ケース	標準特性時	特性変動時	
		剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	<u>131.67%</u>	109.59%	<u>168.34%</u>
S s - D (Y)	131.67%	109.59%	168.34%

注：下線は標準特性時，特性変動時それぞれの最大せん断ひずみ

(5) まとめ

地震応答解析により評価された結果の最大応答値を表 7.2.1-29 に示す。

保管場所への影響の観点からは、以下のように評価する。

「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説（（社）日本建築学会，2004 制定）」において，安全限界状態とされる層間変形角は 1/75 である。今回の解析結果による最大層間変形角は，この 1/75 を大幅に下回っている。

また，「免震構造の試評価例及び試設計例（（独）原子力安全基盤機構，2014）」において免震装置の設計目標値であるせん断ひずみは 166%（標準特性時）及び 250%（特性変動時）である。今回の解析結果による免震装置の最大せん断ひずみはこの値を下回っている。

以上のことから，建物は倒壊せず，保管場所への影響はないことを確認した。

表 7.2.1-29 最大応答値一覧

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角 (X方向)	1/15459 ( $S_s - D(X)$ ), 1階, 標準特性時)	1/75
	最大層間変形角 (Y方向)	1/21729 ( $S_s - D(Y)$ ), 1階, 剛性最大)	
免震装置	せん断ひずみ (標準特性時)	132% ( $S_s - D(X)$ )	166%
	せん断ひずみ (特性変動時)	169% ( $S_s - D(X)$ ), 剛性最小)	250%

## 7.2.2 1号機原子炉建物の外装材の耐震性評価

### (1) 概要

本資料は、VI-1-1-7-別添 1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に基づき、「(2) 基本方針」のうち「a. 評価対象」で保管場所及びアクセスルートへの影響を評価するものとして整理した1号機原子炉建物鉄骨造部分の外装材について、地震発生時に外装材が脱落することによって、アクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

### (2) 基本方針

#### a. 評価対象

##### (a) 評価対象の整理

各建物のうち、倒壊しないと判断している建物について、各建物の地上部の外装材を支持する構造及び外装材を表 7.2.2-1 に示す。

鉄筋コンクリート造部分の外装材は、躯体に吹付塗装のため、保管場所及びアクセスルートへの影響がないと評価する。なお、吹付塗装以外の外装材を使用している部分はないことを確認している。

鉄骨造部分については、外装材の保管場所とアクセスルートへの影響を評価する。なお、アクセスルート側に位置しておらず、外装材の脱落を想定しても影響はないと整理した外装材の位置を図 7.2.2-1 に示す。

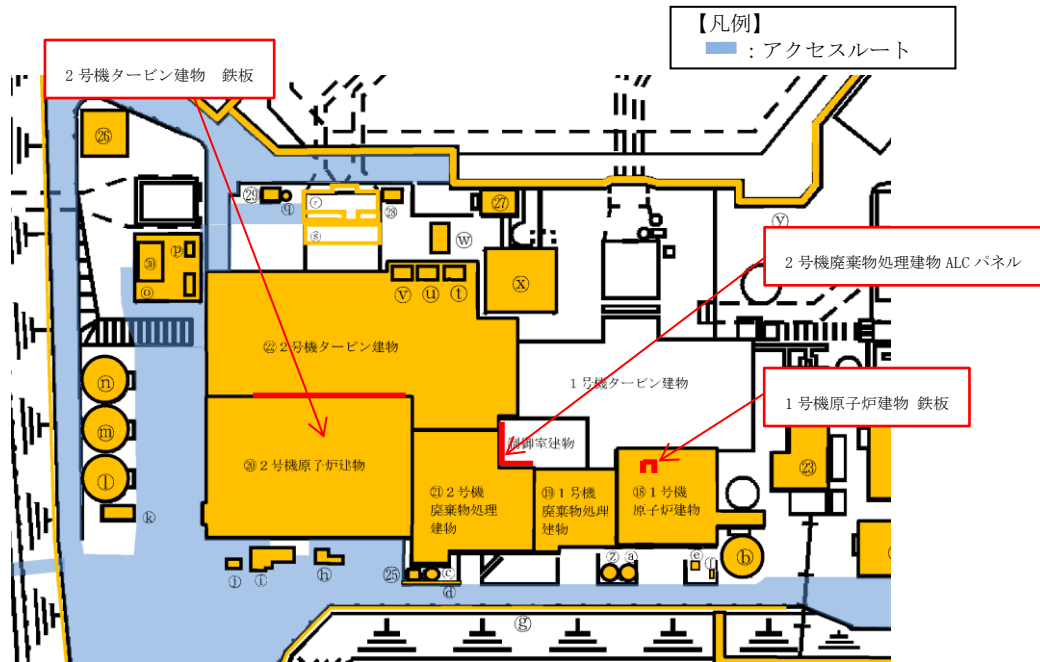
表 7.2.2-1 外装材の使用材料

管理番号*1	建物名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材	影響評価 要否
1	緊急時対策所	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
6	ガスタービン発電機建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
18	1号機原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	複合板（鉄板＋断熱材＋鉄板）	要
		鉄骨造	鉄板	否*2
19	1号機廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
20	2号機原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
21	2号機廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	ALC パネル	否*2
22	2号機タービン建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	鉄板	否*2
30	2号機排気筒モニタ室	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
53	免震重要棟	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否

注記\*1：表 6-1 及び表 6-3 による管理番号を示す。

\*2：アクセスルート側に位置しておらず、外装材の脱落を想定しても影響はない。





管理番号*	建物名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材
18	1号機原子炉建物	鉄骨造	鉄板
21	2号機廃棄物処理建物	鉄骨造	ALCパネル
22	2号機タービン建物	鉄骨造	鉄板

注記\* : 表 6-1 及び表 6-3 による管理番号を示す。

図 7.2.2-1 脱落を想定してもアクセスルートに影響がない外装材

(b) 評価対象

保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物外装材について1号機原子炉建物を対象とする。1号機原子炉建物の位置を図7.2.2-2に示す。

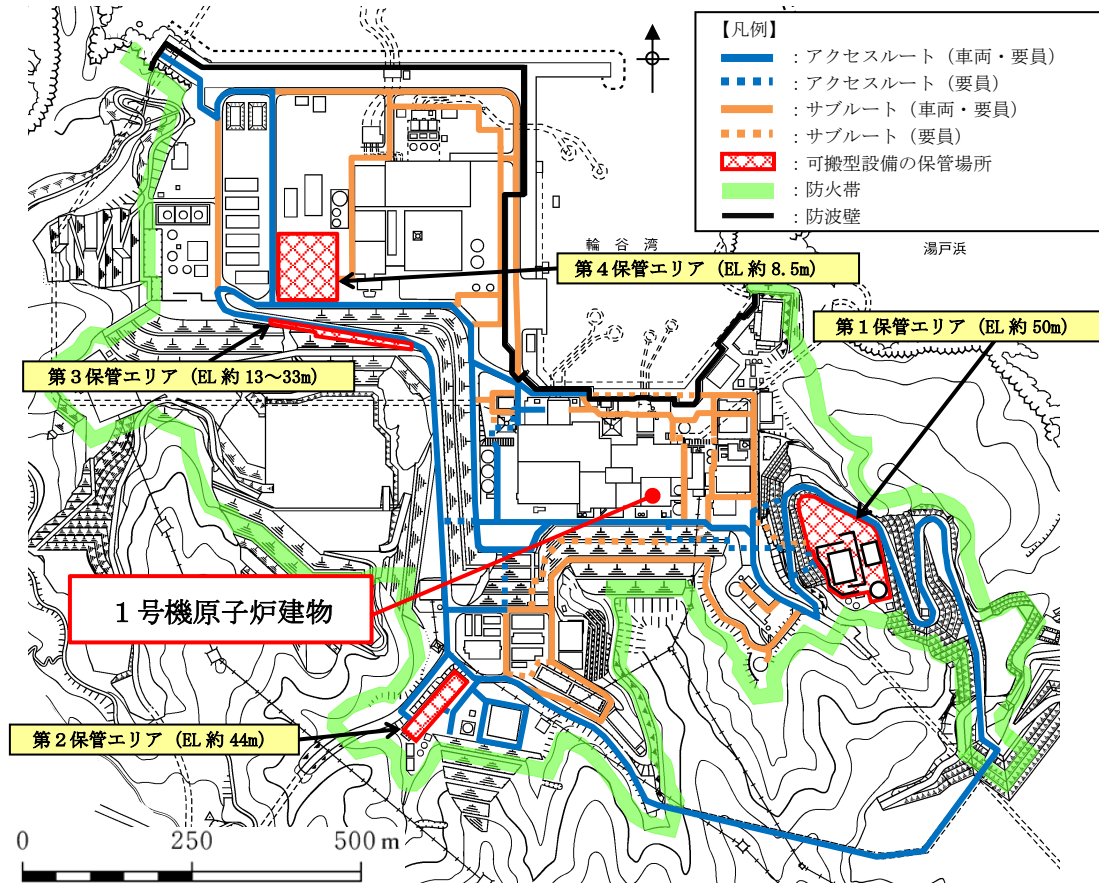


図7.2.2-2 1号機原子炉建物の設置位置

b. 構造概要

1号機原子炉建物は、地上5階、地下1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物である。

1号機原子炉建物の平面は、 $49.01\text{m}^{*1}$ （NS） $\times$  $41.96\text{m}^{*1}$ （EW）であり、3階床面（EL  $31.0\text{m}^{*2}$ ）以上の部分は $31.62\text{m}^{*1}$ （NS） $\times$  $41.96\text{m}^{*1}$ （EW）である。

1号機原子炉建物の概略平面図（EL  $44.0\text{m}^{*2}$ ）を図7.2.2-3に、概略立面図を図7.2.2-4に示す。

建物の構造は、燃料取替床（EL  $44.0\text{m}^{*2}$ ）まで鉄筋コンクリート造であり、その上部は外壁面に外装材を有する鉄骨造である。

外装材は、外側波型鉄板、断熱材及び内側鉄板により構成された複合板であり、取付ボルトにより建物の鉄骨に固定されている。外装材（複合板）の概略構造図を図7.2.2-5に、使用材料を表7.2.2-2に示す。

注記\*1：建物寸法は壁外面寸法とする。

\*2：「EL」は東京湾平均海面（T.P.）を基準としたレベルを示す。



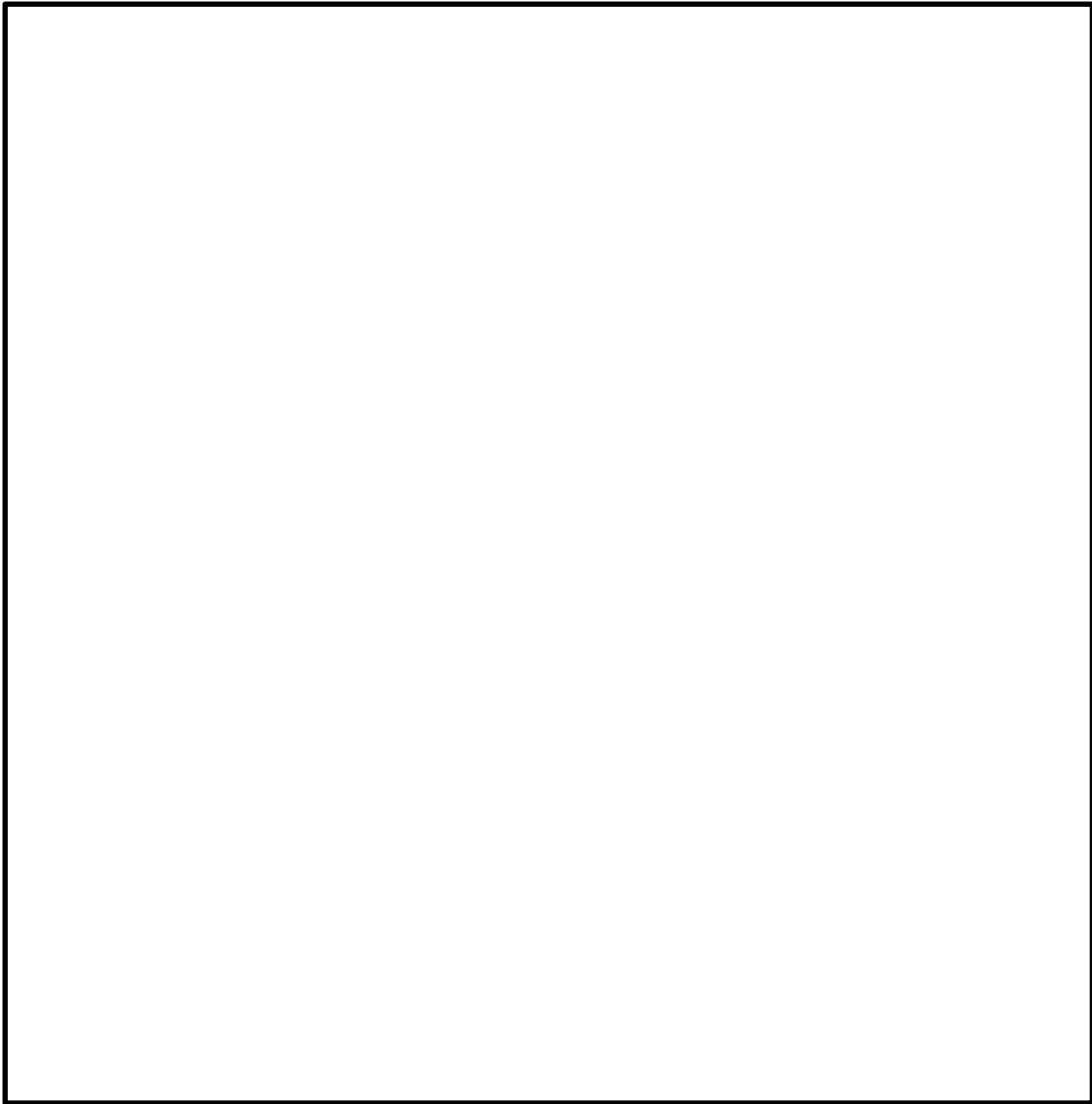


図 7.2.2-5 外装材（複合板）の概略構造図

表 7.2.2-2 外装材の使用材料

部位	材料
外装材 (複合板)	外側波型鉄板：厚さ□mm（冷間圧延鋼板） 断熱材：厚さ□mm 内側鉄板：厚さ□mm
取付ボルト	ステンレスボルト：φ7.5

c. 評価方針

1号機原子炉建物外装材のアクセスルートに対する波及的影響の評価は、以下の方針で行う。

1号機原子炉建物外装材の波及的影響評価においては、基準地震動 $S_s$ に対する評価を行うこととする。したがって、波及的影響評価として、基準地震動 $S_s$ により建物に生じる変形及び外装材に生じる荷重により、外装材が脱落しないことを示す。

d. 適用規格・基準等

適用規格・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
- ・鋼構造設計規準-許容応力度設計法- ((社) 日本建築学会, 2005)
- ・建築工事標準仕様書 J A S S 2 7 乾式外壁工事 ((社) 日本建築学会, 2011)

(3) 耐震評価

a. 評価対象部位及び評価方針

1号機原子炉建物外装材の波及的影響評価において対象とする部位は、燃料取替床より上部の鉄骨造部分に設置された外装材のうちアクセスルートに面する南面の外装材とし、以下の方針に基づき検討を行う。

外装材は、1号機原子炉建物の鉄骨に取付ボルトにより固定されていることから、基準地震動 $S_s$ により建物に生じる外装材面内方向の変形に対して外装材が追従することを確認する。また、基準地震動 $S_s$ により外装材に生じる外装材面外方向の荷重に対し外装材に発生する応力が終局強度に至らないこと並びに基準地震動 $S_s$ により外装材に生じる外装材面外方向及び鉛直方向の荷重に対し取付ボルトに発生する応力が終局強度に至らないことにより、外装材が脱落しないことを確認する。

b. 評価用変形及び荷重

評価用変形及び荷重は、基準地震動 $S_s$ による1号機原子炉建物の変形及び建物の応答加速度により外装材に生じる慣性力とし、VI-2-11-2-1-1「1号機原子炉建物の耐震性についての計算書」に基づき設定する。

設定した評価用変形及び荷重を表7.2.2-3に示す。

表 7.2.2-3 評価用変形及び荷重

変形（変形角）	1/221
水平荷重（慣性力）	評価用震度 $6.0G^{*1}$ × 外装材重量
鉛直荷重（慣性力）	$(1.0G + \text{評価用震度 } 4.0G^{*2})$ × 外装材重量

注記\*1：建物の最大応答加速度(5.4G)を上回る設計震度

\*2：水平荷重評価用震度(6.0G)の2/3倍として設定した設計震度

c. 許容限界

外装材が建物の変形に対して追従することを確認する許容限界は、「建築工事標準仕様書 J A S S 2 7 乾式外壁工事（（社）日本建築学会，2011）」（以下「建築工事標準仕様書 J A S S 2 7 乾式外壁工事」という。）に基づき設定する。

外装材の面外方向及び鉛直方向に生じる慣性力に対して終局強度に至らないことを確認する許容限界について，外装材（複合板）は「J I S G 3 1 4 1 2005 冷間圧延鋼板及び鋼帯」に，また，取付ボルトは「J I S B 1 0 5 4 - 1 2013 耐食ステンレス鋼製締結用部品の機械的性質」及び「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005）」（以下「S規準」という。）に基づき設定する。

設定した許容限界を，表 7.2.2-4 に示す。

表 7.2.2-4 波及的影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	項目	機能維持のための考え方	許容限界
アクセスルートに対する波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S s	変形 (変形角)	外装材が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	・外装材（複合板）*1 層間変形角： 1/100rad*2
		荷重 (慣性力)		・外装材（複合板）*1 曲げ応力度： 180N/mm <sup>2</sup> *3 ・取付ボルト せん断応力度： 121N/mm <sup>2</sup> *3 引張応力度： 210N/mm <sup>2</sup> *3 せん断力を同時に受けるボルトの引張応力度： 210N/mm <sup>2</sup> *3,*4

注記\*1：外装材（複合板）は，外側波型鉄板，断熱材及び内側鉄板により構成しているため，最も外側の外側波型鉄板が強度を負担するものとして設定

\*2：「建築工事標準仕様書 J A S S 2 7 乾式外壁工事」に基づく変形角

\*3：許容限界は終局強度に対し安全余裕を有したのものとして設定することとし，さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*4：「S規準」に基づき次式により設定する。

$$f_{ts} = 1.4f_{t0} - 1.6\tau \quad \text{かつ} \quad f_{ts} \leq f_{t0}$$

$f_{ts}$ ：せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力度

$f_{t0}$ ：ボルトの許容引張応力度

$\tau$ ：ボルトに作用するせん断応力度



d. 評価方法

(a) 変形に対する評価方法

変形に対する評価は「b. 評価用変形及び荷重」で設定した変形（変形角）が、「c. 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

(b) 荷重に対する評価方法

荷重に対する評価は、「b. 評価用変形及び荷重」で設定した荷重（慣性力）により外装材に発生する曲げ応力度並びに取付ボルトに生じる引張応力度及びせん断応力度が「c. 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

外装材に発生する曲げモーメント、取付ボルトに発生する引張荷重、せん断荷重及びこれらにより発生する応力度について、図 7.2.2-6 に示すモデルにより評価し、次式にて算定する。

表 7.2.2-5 に評価条件を示す。

外装材に生じる最大曲げモーメント

$$M_{\max} = M_B = \frac{W_H \cdot L^2}{8}$$

外装材に発生する曲げ応力度

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z}$$

取付ボルトに発生する最大引張荷重

$$T_{\max} = R_B = \frac{5 \cdot W_H \cdot L}{4 \cdot n}$$

取付ボルトに発生する引張応力度

$$\sigma_t = \frac{T_{\max}}{A}$$

取付ボルトに発生する最大せん断荷重

$$Q_{\max} = \frac{W_V \cdot d}{n}$$

取付ボルトに発生するせん断応力度

$$\tau_t = \frac{Q_{\max}}{A}$$

$W_H$  : 水平荷重（慣性力）

$W_V$  : 鉛直荷重（慣性力）

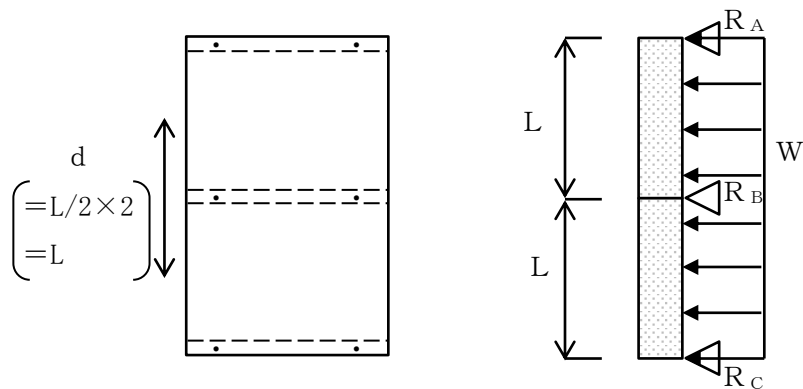
$L$  : 外装材の支点間隔

$Z$  : 外装材（外側波型鉄板）の断面係数

$n$  : 各支持点当りの取付ボルトの本数

$d$  : 取付ボルトの荷重負担幅

$A$  : 取付ボルトの有効断面積



パネル立面図

断面概念図

図 7.2.2-6 2 スパン連続はりモデル図

表 7.2.2-5 1号機原子炉建物外装材の評価条件

項目	記号	値	単位
水平荷重（慣性力）*1	$W_H$	1.5	kN/m
鉛直荷重（慣性力）*2	$W_V$	1.25	kN/m
外装材の支点間隔	$L$	900	mm
外装材（外側波型鉄板）の断面係数*3	$Z$	4170	mm <sup>3</sup>
各支持点当りの取付ボルトの本数	$n$	2	本
取付ボルトの荷重負担幅	$d$	900	mm
取付ボルトの有効断面積*4	$A$	20.1	mm <sup>2</sup>

注記\*1：評価用震度（6.0G）に外装材（複合板）の1枚あたりの単位重量（0.25kN/m）を乗じて算定した値

\*2：評価用震度（5.0G）に外装材（複合板）の1枚あたりの単位重量（0.25kN/m）を乗じて算定した値

\*3：外装材（複合板）は、外側波型鉄板、断熱材及び内側鉄板により構成しているため、最も外側の外側波型鉄板を強度部材として設定

\*4：取付ボルトの径はφ7.5であるが、現行規格として存在しないため、よりボルト径が小さいM6として設定

(4) 評価結果

a. 変形に対する評価結果

変形（変形角）に対する評価結果を表 7.2.2-6 に示す。変形角が許容限界を超えないことを確認した。

表 7.2.2-6 変形に対する評価結果

評価項目	評価結果 (rad)	許容限界 (rad)	検定比
変形角	1/221	1/100	0.46

b. 荷重に対する評価結果

荷重（慣性力）に対する評価結果を表 7.2.2-7 に示す。いずれにおいても許容限界を超えないことを確認した。

表 7.2.2-7 荷重に対する評価結果

評価項目	評価結果 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
外装材の曲げ応力度	36.5	180	0.21
取付ボルトのせん断応力度	28.4	121	0.24
取付ボルトの引張応力度	42.1	210	0.21
せん断力を同時に受ける取付ボルトの引張応力度	42.1	210	0.21

以上より、基準地震動 S<sub>s</sub> 時において、1号機原子炉建物の外装材がアクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

### 7.2.3 建物の外装材以外の部材の耐震性評価

#### (1) 概要

本資料は、VI-1-1-7-別添1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に基づき、「(2) 基本方針」で保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性がある建物の外装材以外の部材として整理した原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉、ガスタービン発電機建物屋外階段、緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーについて、地震発生時にこれらが脱落することによって、保管場所及びアクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

#### (2) 基本方針

##### a. 評価対象

##### (a) 評価対象の整理

外装材以外の部材のうち、落下した場合に保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のあるもので、人力又はホイールローダにより撤去が困難なものを表7.2.3-1に示す。

表 7.2.3-1 外装材以外の部材

管理番号*	建物	外装材以外の部材
1	緊急時対策所	屋外階段
6	ガスタービン発電機建物	屋外階段
20	2号機原子炉建物	1階RCW熱交換器室北側鋼製扉
		機器搬出入口
		建物開口部竜巻防護対策設備
53	免震重要棟	鋼製バルコニー

注記\*：表6-1及び表6-3による管理番号を示す。

(b) 評価対象

保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のある外装材以外の部材について、原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉、ガスタービン発電機建物屋外階段、緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーを評価対象とする。

なお、原子炉建物機器搬出入口及び建物開口部竜巻防護対策設備については、VI-2-9-3-2 「原子炉建物機器搬出入口の耐震性についての計算書」及びVI-2-11-2-6-2 「建物開口部竜巻防護対策設備の耐震性についての計算書」において基準地震動S<sub>s</sub>に対する耐震性を有していることを説明している。

原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉、ガスタービン発電機建物屋外階段、緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーの設置位置を図7.2.3-1に示す。

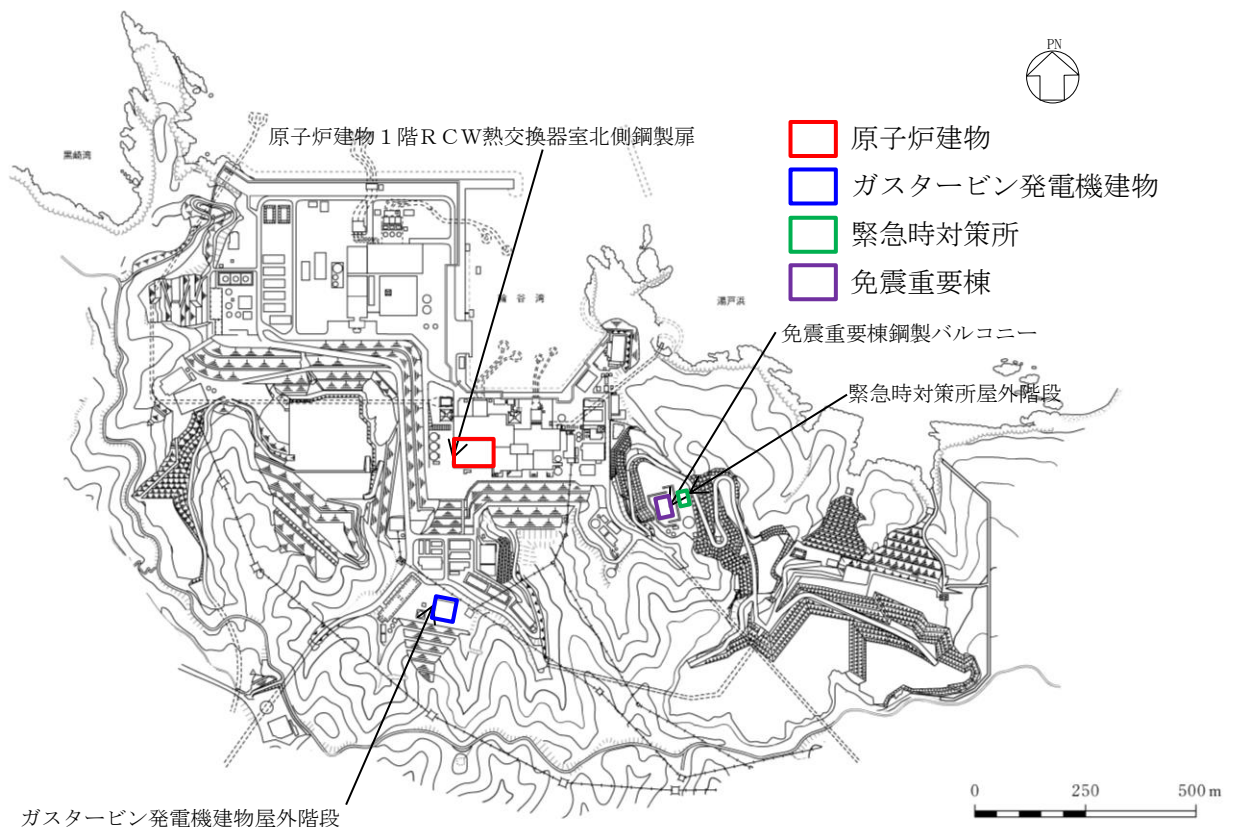


図7.2.3-1 原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉、ガスタービン発電機建物屋外階段、緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーの設置位置

b. 構造概要

(a) 原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉

原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉は、原子炉建物の西側に位置している。

原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉は、片開型の鋼製扉とし、扉に配したカンヌキを扉枠内のカンヌキ受けに差し込み、扉を扉枠と一体化させる構造とする。また、扉と扉枠の接続はヒンジを介する構造とする。原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉の配置図を図7.2.3-2に、概略構造図を図7.2.3-3に、使用材料を表7.2.3-2示す。

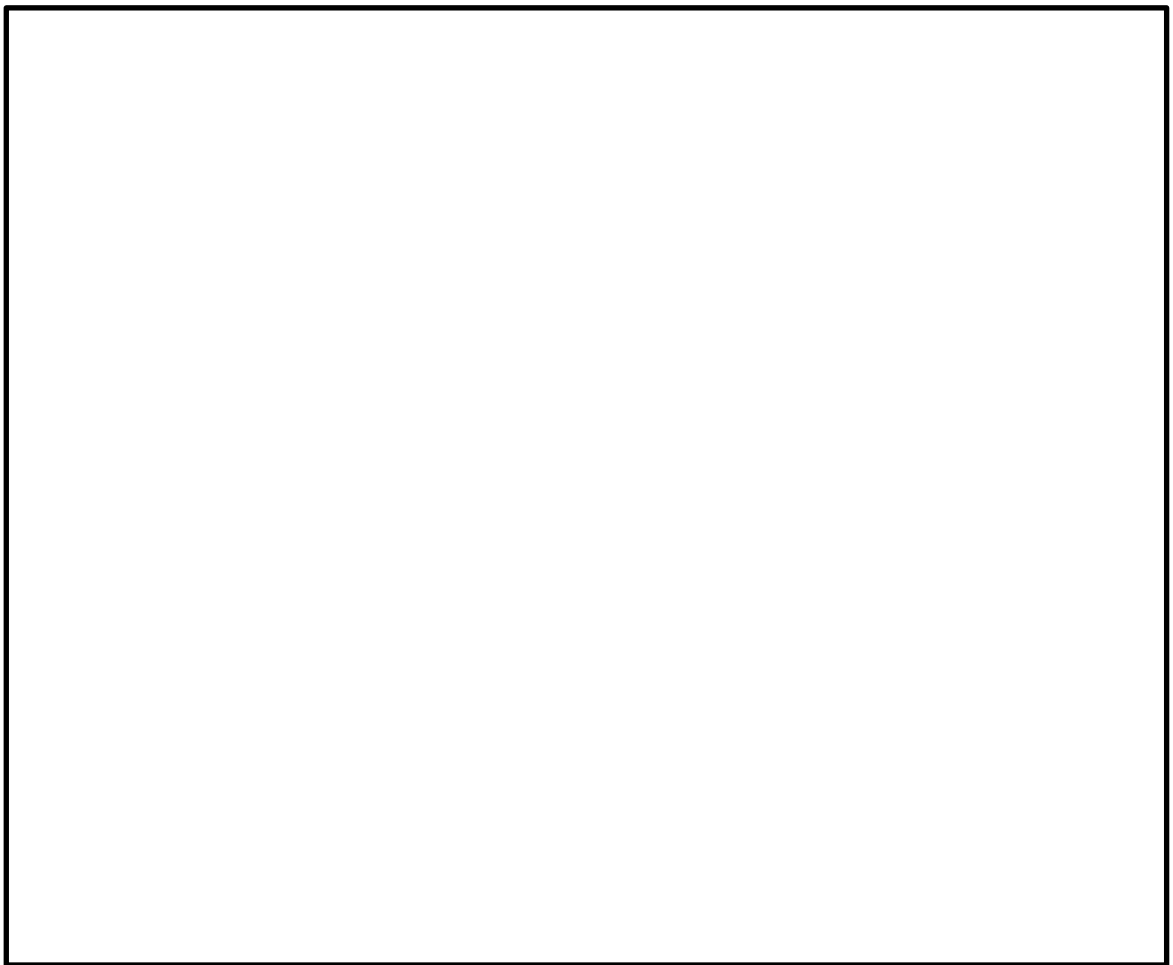


図7.2.3-2 原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉の配置図

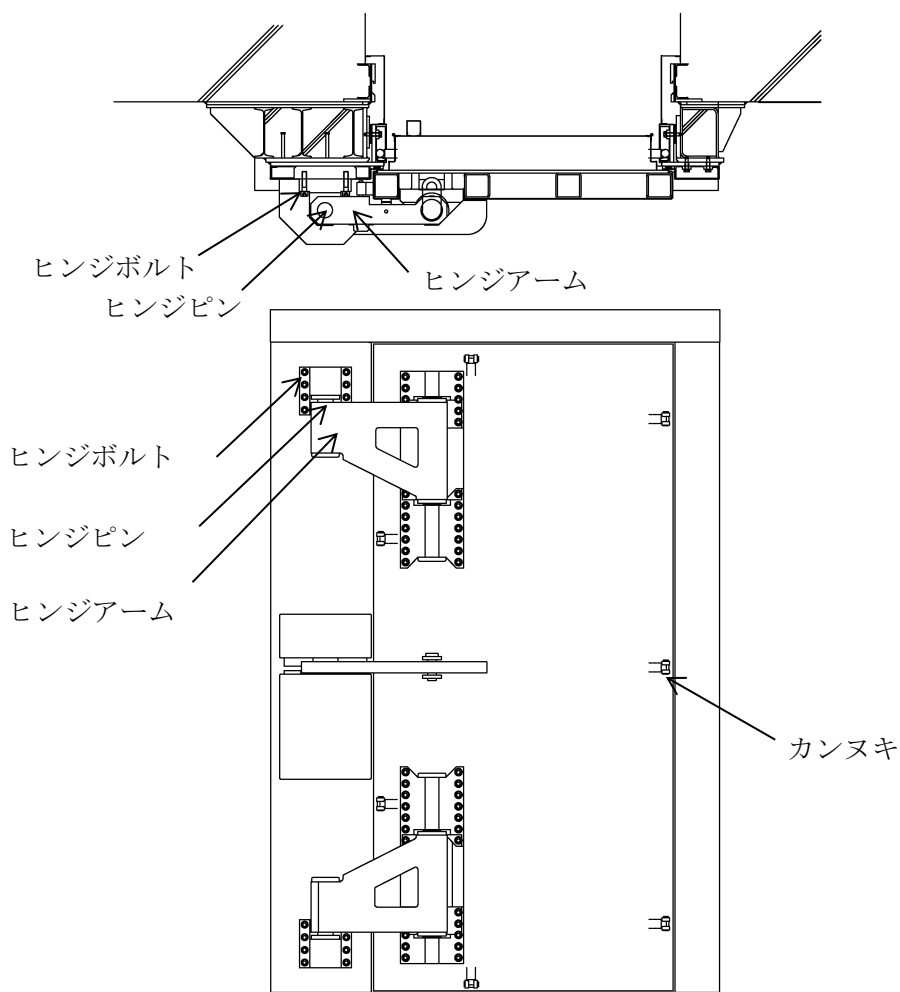


図 7.2.3-3 原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉の概略構造図

表 7.2.3-2 原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉の使用材料

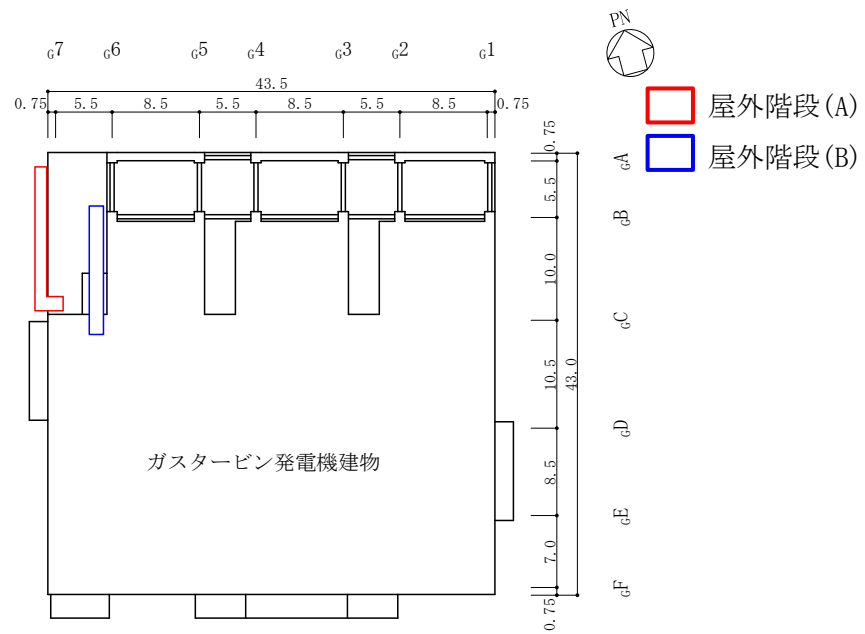
部位		材質	仕様
ヒンジ部	ヒンジアーム	SS400	PL-155×400
	ヒンジピン	S45C	φ 120
	ヒンジボルト	SCM435	M36
カンヌキ部	カンヌキ	S45C	φ 70

(b) ガスタービン発電機建物屋外階段

ガスタービン発電機建物屋外階段は、ガスタービン発電機建物の西側に位置し、EL 47.2m から EL 55.5m 及び EL 55.5m から EL 61.5m への昇降のために、屋外階段(A)及び(B)を設置している。

ガスタービン発電機建物屋外階段の配置図を図 7.2.3-4 に、屋外階段(A)及び(B)の正面図を図 7.2.3-5 及び図 7.2.3-6 に示す。

屋外階段は、ブラケット及びアンカーボルトによりガスタービン発電機建物構造体に固定されており、ブラケットを構造部材、アンカーボルトを定着部材とした構造とする。屋外階段(A)及び(B)の概略構造図を図 7.2.3-7 に、使用材料を表 7.2.3-3 に示す。



(単位:m)

図 7.2.3-4 屋外階段(A)及び(B)の配置図



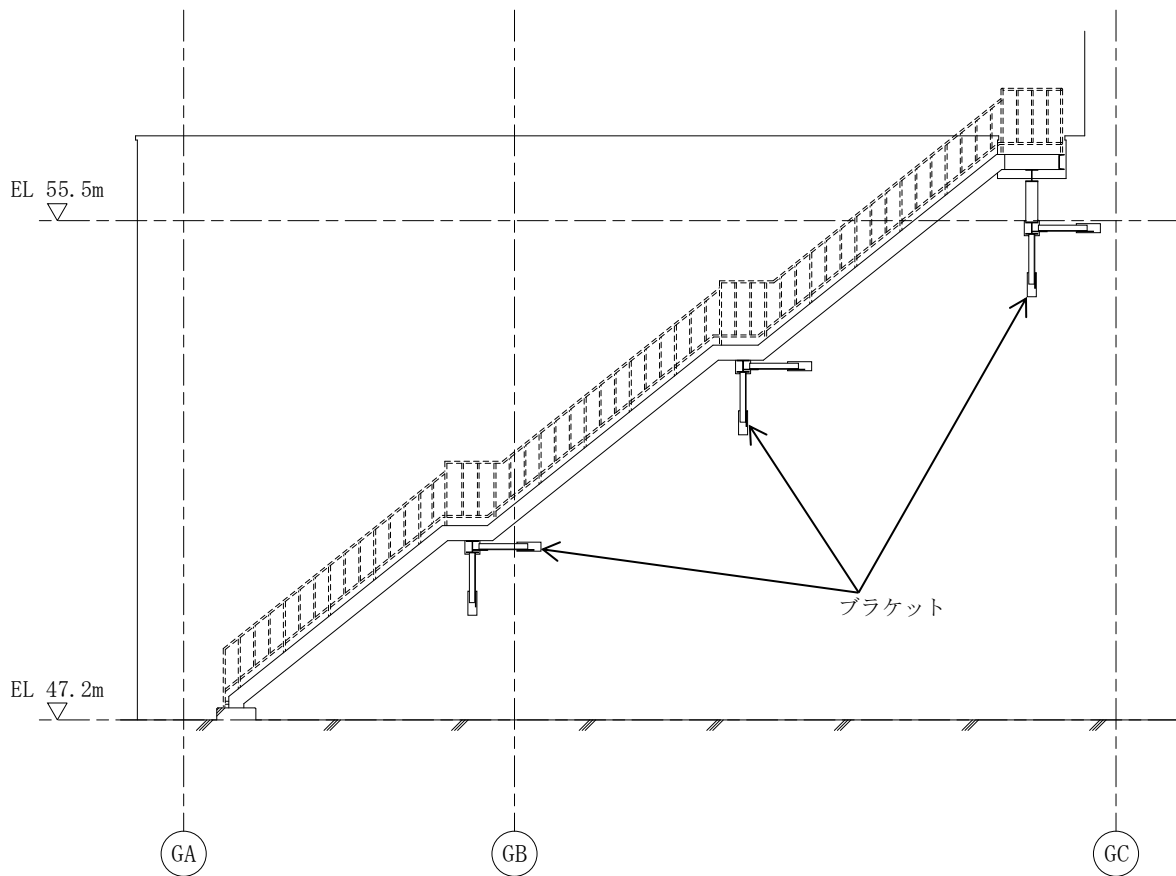


図 7.2.3-5 屋外階段(A)の正面図

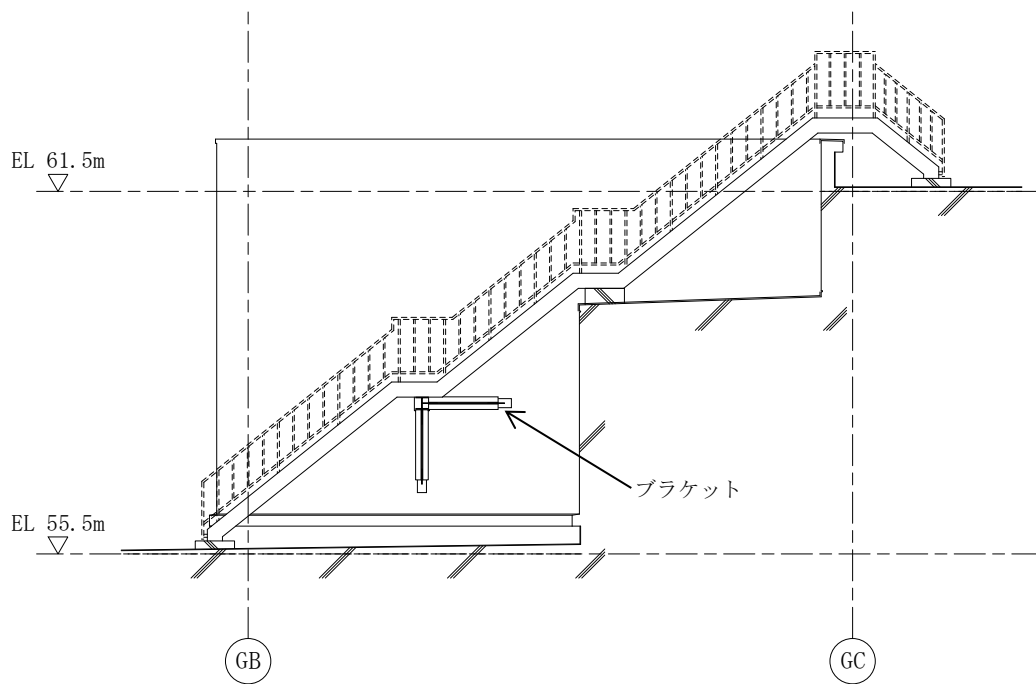
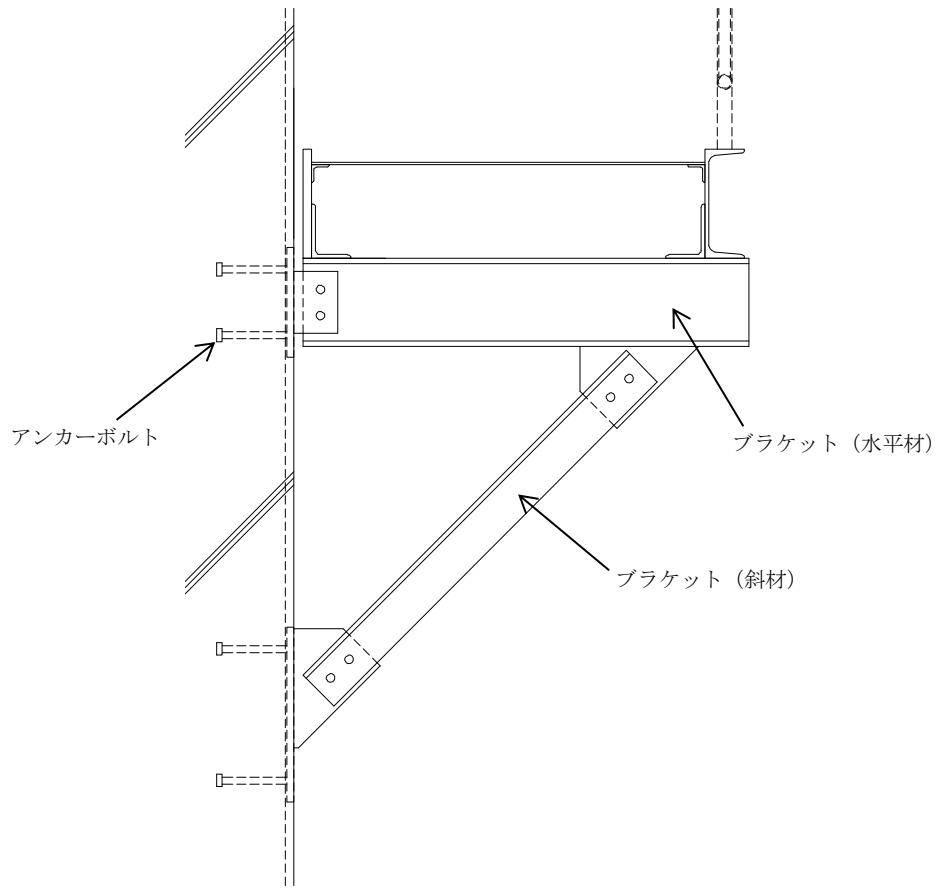
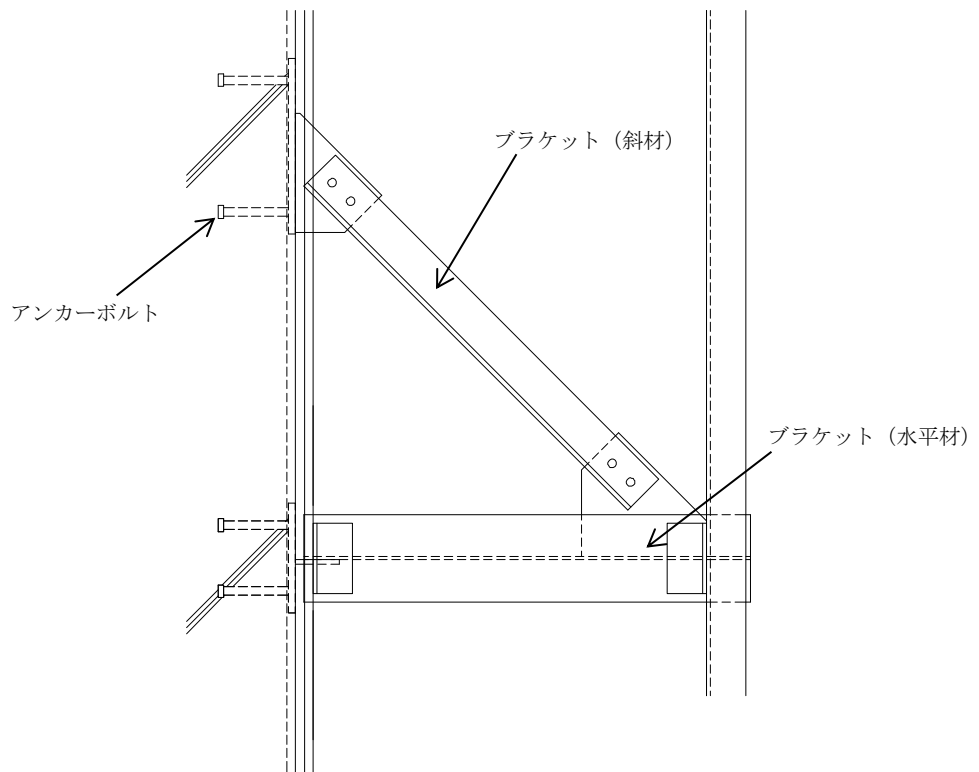


図 7.2.3-6 屋外階段(B)の正面図



(a) 鉛直方向



(b) 水平方向

図 7.2.3-7 屋外階段(A)及び(B)の概略構造図

表 7.2.3-3 屋外階段(A)及び(B)の使用材料

部位	材料
ブラケット (水平材)	H-200×200×8×12 (SS400)
ブラケット (斜材) (屋外階段(A))	L-100×100×10 (SS400)
ブラケット (斜材) (屋外階段(B))	2Ls-100×100×10 (SS400)
アンカーボルト	4-19φ (SS400) 埋込深さ 160mm

(c) 緊急時対策所屋外階段

緊急時対策所屋外階段は、緊急時対策所の東側に位置し、EL 50.0m から EL 56.6m への昇降のために、設置している。

緊急時対策所屋外階段の配置図を図 7.2.3-8 に、屋外階段の正面図を図 7.2.3-9 に示す。

屋外階段は、ブラケット及びアンカーボルトにより緊急時対策所構造体に固定されており、ブラケットを構造部材、アンカーボルトを定着部材とした構造とする。屋外階段の概略構造図を図 7.2.3-10 に、使用材料を表 7.2.3-4 に示す。

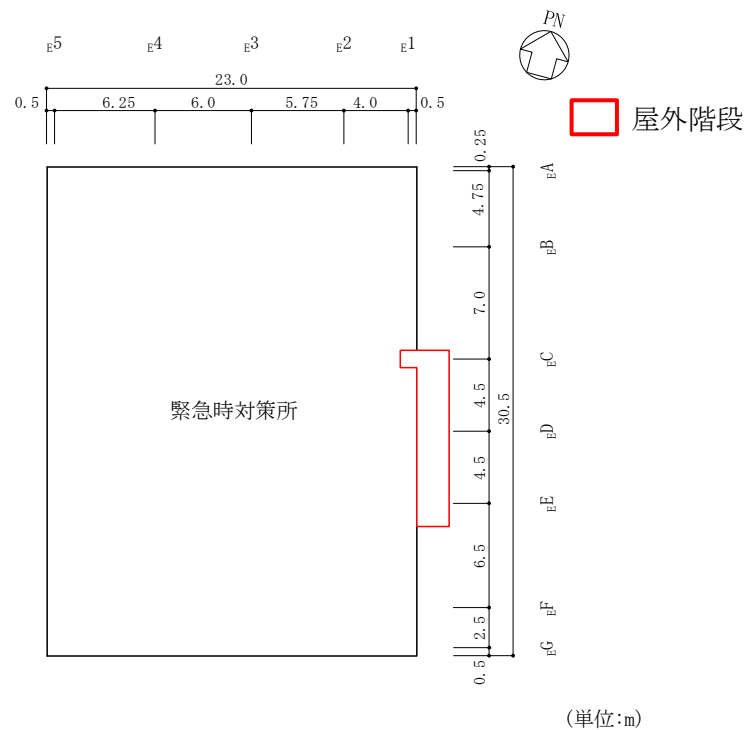


図 7.2.3-8 屋外階段の配置図

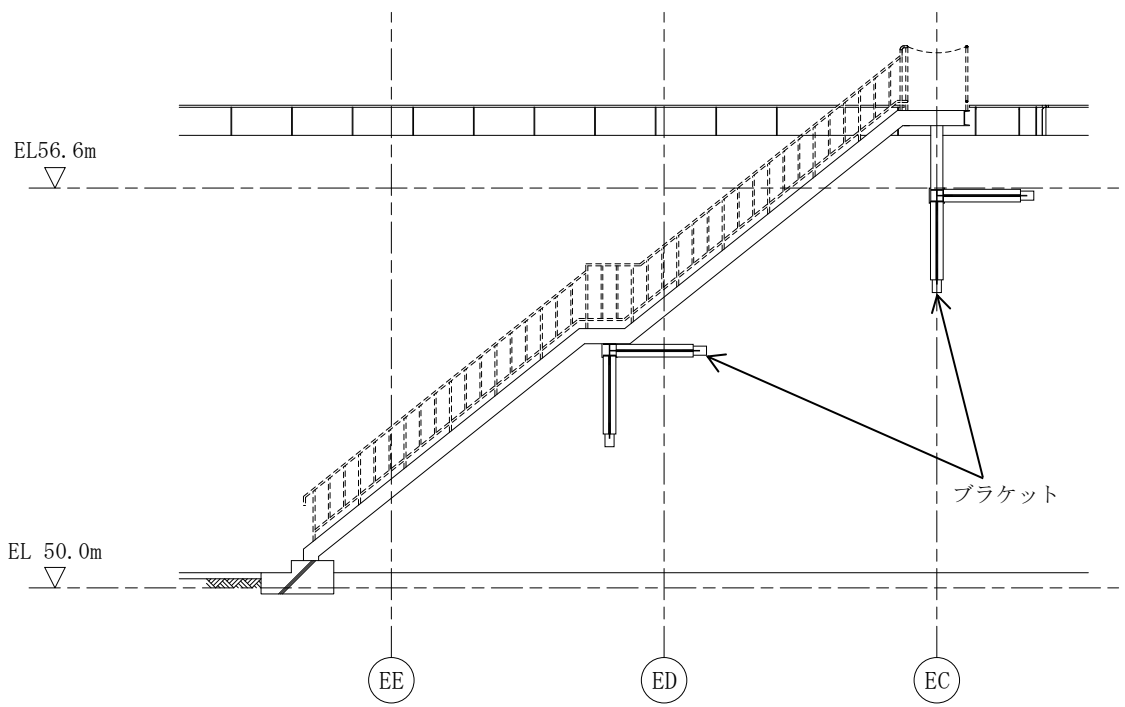
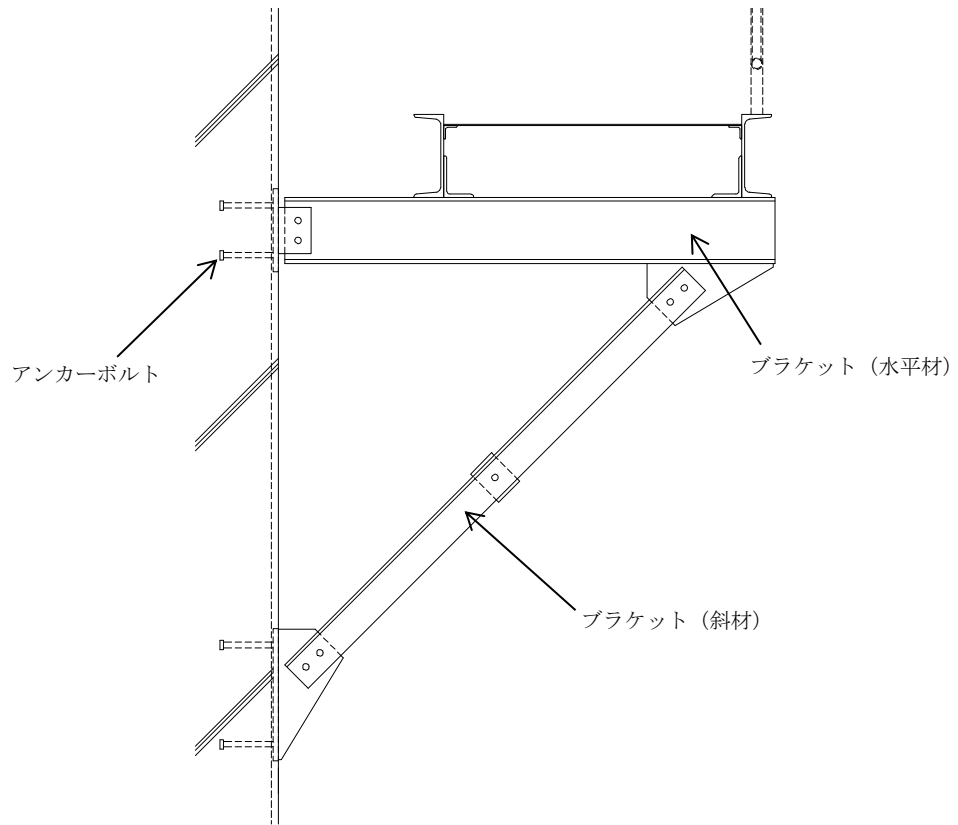
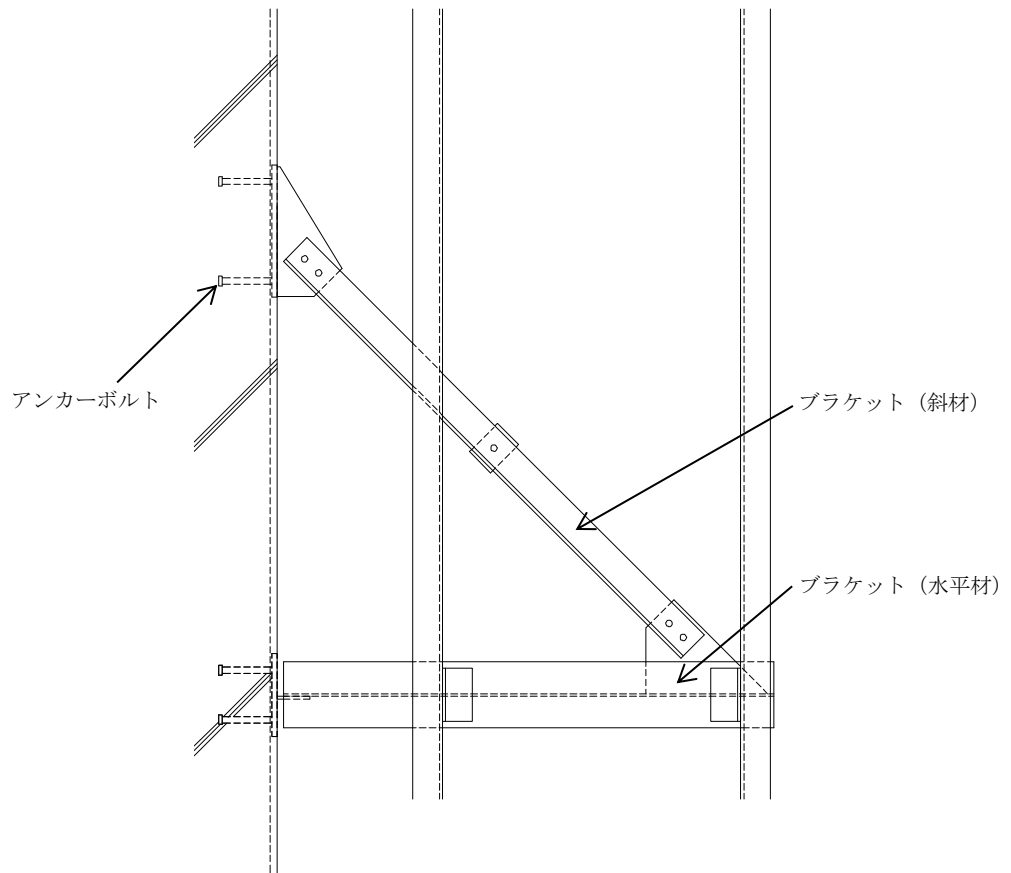


図 7.2.3-9 屋外階段の正面図



(a) 鉛直方向



(b) 水平方向

図 7.2.3-10 屋外階段の概略構造図

表 7.2.3-4 屋外階段の使用材料

部位	材料
ブラケット（水平材）	H-200×200×8×12（SS400）
ブラケット（斜材）	2Ls-100×100×10（SS400）
アンカーボルト	4-19φ（SS400） 埋込深さ 160mm

(d) 免震重要棟鋼製バルコニー

免震重要棟鋼製バルコニーは、免震重要棟の東側に位置している。

免震重要棟鋼製バルコニーの配置図を図 7.2.3-11 に、平面図を図 7.2.3-12 に、立面図を図 7.2.3-13 に示す。

免震重要棟鋼製バルコニーの構造は、鉄骨造である。

免震重要棟鋼製バルコニーは、免震重要棟の建物架構と一体となった大梁、間柱及びアンカーボルトで構成する支持架構と支持架構に接続する小梁、斜材及び水平ブレースによって構成し、大梁及びアンカーボルトにより免震重要棟構造体に固定されている。大梁、小梁、斜材、水平ブレース及び間柱を構造部材、アンカーボルトを定着部材とした構造とする。免震重要棟鋼製バルコニーの支持架構の概略構造図を図 7.2.3-14 に、評価結果において最大検定比となる部材の使用材料を表 7.2.3-5 に示す。

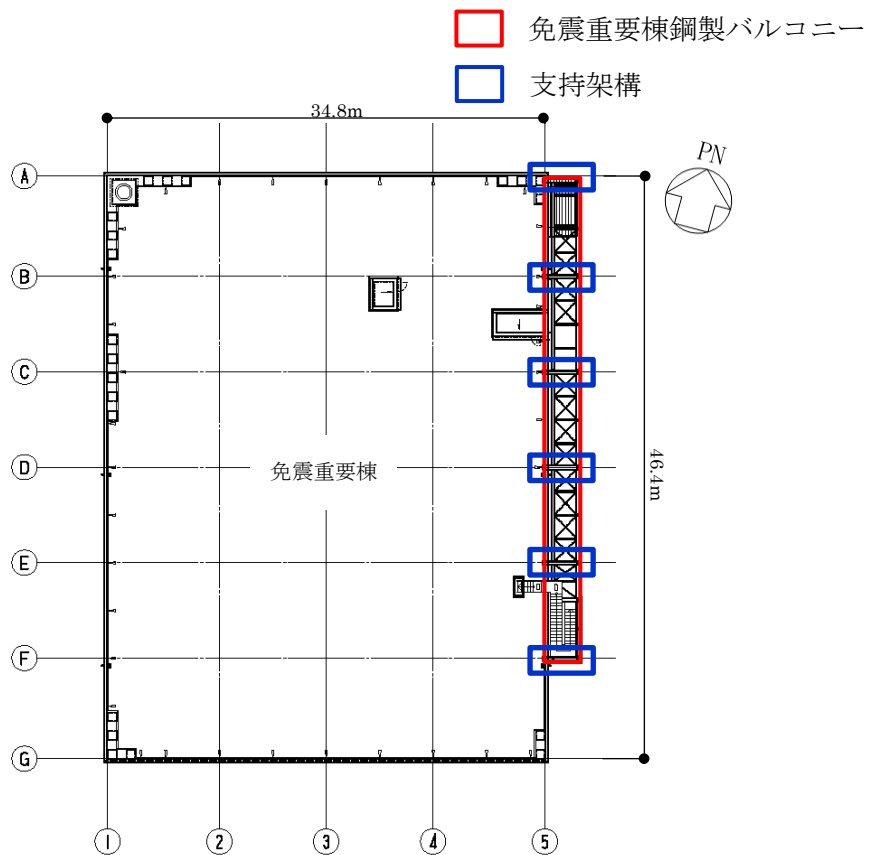


図 7.2.3-11 免震重要棟鋼製バルコニーの配置図



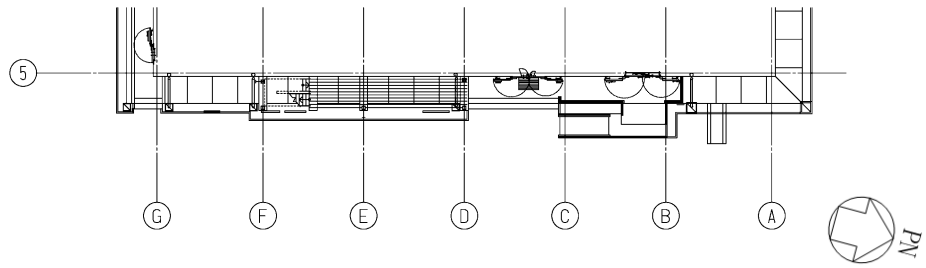


図 7.2.3-12 (1) 免震重要棟鋼製バルコニーの1階平面図

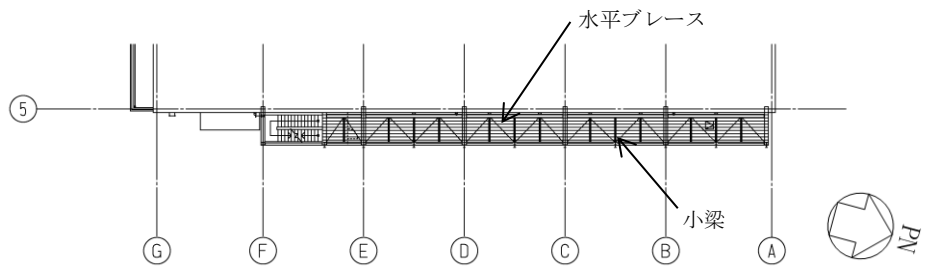


図 7.2.3-12 (2) 免震重要棟鋼製バルコニーの2階平面図

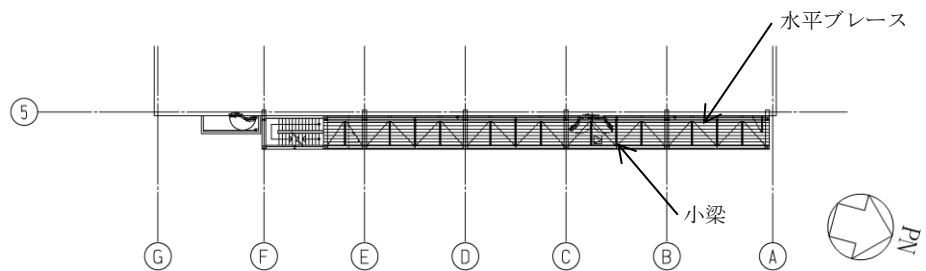


図 7.2.3-12 (3) 免震重要棟鋼製バルコニーの3階平面図

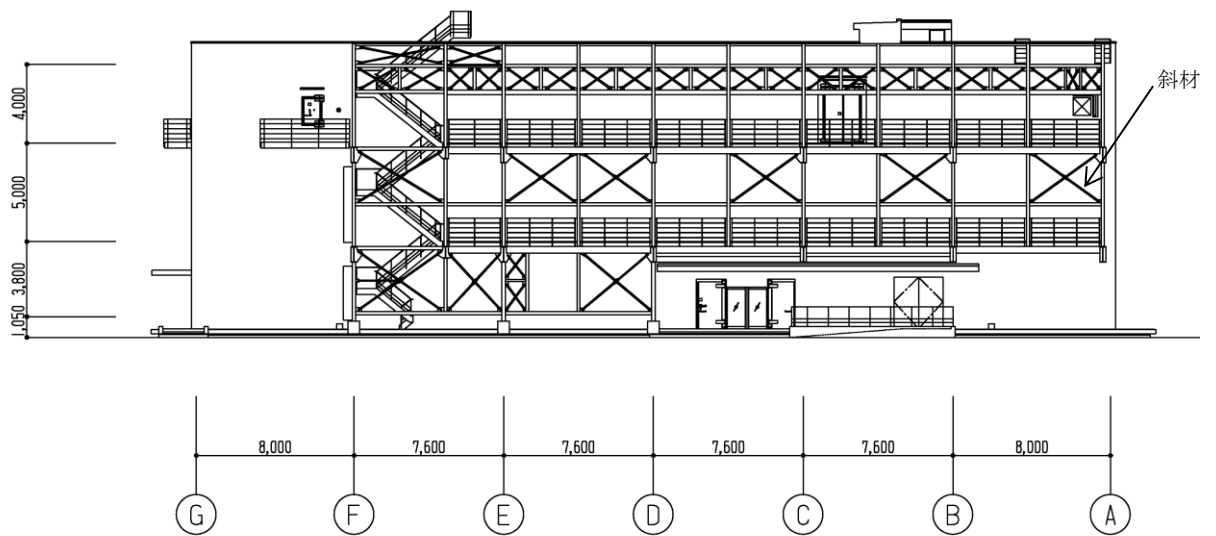


図 7.2.3-13 免震重要棟鋼製バルコニーの立面図

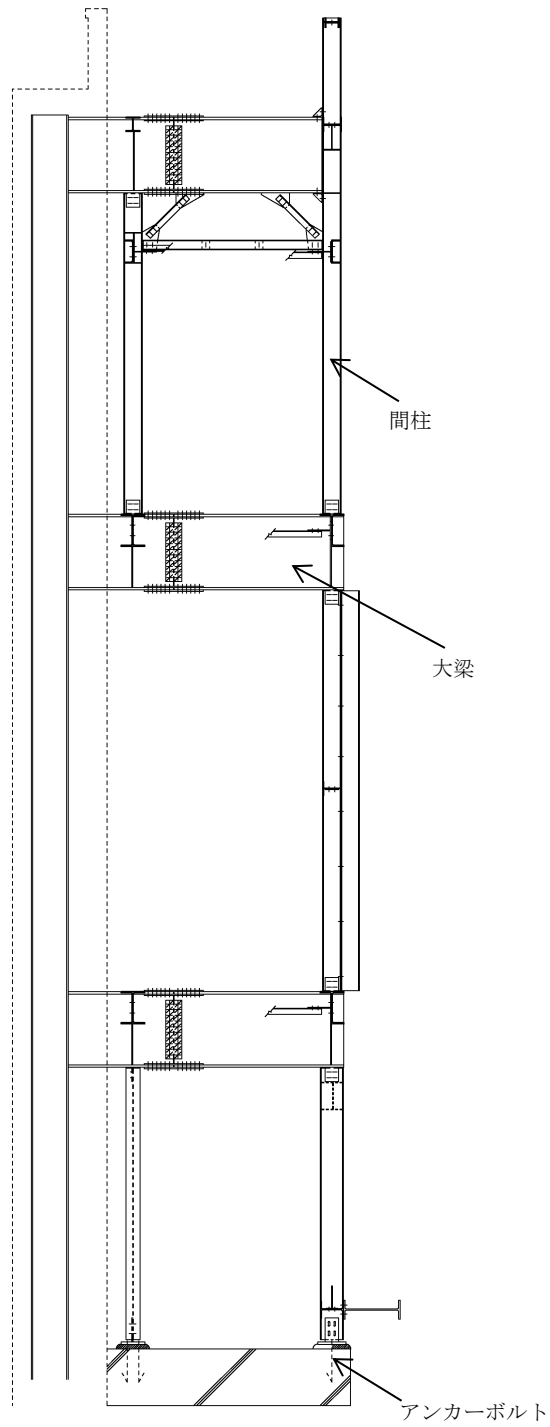


図 7. 2. 3-14 支持架構の概略構造図

表 7.2.3-5 免震重要棟鋼製バルコニーの使用材料

部位	材料
大梁	H-800×300×14×26 (SM490A)
小梁	H-244×175×7×11 (SS400)
間柱	H-194×150×6×9 (SS400)
斜材	L-65×65×6 (SS400)
水平ブレース	L-65×65×6 (SS400)
アンカーボルト	4-M20 (SS400) 埋込深さ 320mm

c. 評価方針

原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室北側鋼製扉，ガスタービン発電機建物屋外階段，緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーの保管場所及びアクセスルートに対する波及的影響評価においては，基準地震動  $S_s$  に対する評価を行うこととする。したがって，波及的影響評価として，基準地震動  $S_s$  により構造部材に生じる応力度により，原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室北側鋼製扉，ガスタービン発電機建物屋外階段，緊急時対策所屋外階段及び免震重要棟鋼製バルコニーが脱落しないことを示す。

d. 適用規格・基準等

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
- ・鋼構造設計規準-許容応力度設計法- ((社) 日本建築学会，2005 改定)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会，2010 改定)
- ・J I S G 4 0 5 1 -2016 機械構造用炭素鋼鋼材
- ・J I S G 4 0 5 3 -2016 機械構造用合金鋼鋼材

(3) 耐震評価

a. 原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉

(a) 評価対象部位及び評価方針

原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉の波及的影響評価において対象とする部位は、構造部材でヒンジ部及びカンヌキ部とし、以下の方針に基づき検討を行う。

原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉は、扉枠に構造部材であるヒンジ部及びカンヌキ部により固定する構造であることから、基準地震動  $S_s$  により構造部材に生じる応力度が許容限界に至らないことにより、原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉が脱落しないことを確認する。

なお、扉枠についてはボルト、アンカーボルトの大半が損傷しない限り転倒・脱落は生じないことから評価対象としないこととする。

(b) 荷重及び荷重の組合せ

原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉の評価において、考慮する評価用荷重を以下に示す。

イ. 常時作用する荷重

常時作用する荷重は、固定荷重として、扉自重を考慮する。

固定荷重を表 7.2.3-6 に示す。

表 7.2.3-6 固定荷重

対象設備	荷重	
原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室 北側鋼製扉	固定荷重 G	114.7kN

ロ. 地震荷重

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による原子炉建物の設置位置における水平及び鉛直最大応答加速度による慣性力とする。設計震度は材料物性の不確かさを考慮したもものとして VI-2-2-2 「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき設定する。

設定した設計震度を表 7.2.3-7 に示す。

表 7.2.3-7 評価用設計震度

対象設備	設計震度	
	水平	鉛直
原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室 北側鋼製扉	1.02	1.28

ハ. 荷重の組合せ

荷重の組合せは VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを下記に示す。

$G + S_s$

G : 固定荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

(c) 許容限界

構造部材であるヒンジ部及びカンヌキ部の許容限界は「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005 改定) (以下「S 規準」という。)」に基づき設定する。

設定した許容限界を, 表 7.2.3-8 に示す。

表 7.2.3-8 波及的影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	項目	機能維持のための考え方	許容限界
アクセスルートに対する波及的影響を及ぼさない	基準地震動 $S_s$	構造部材	原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	S 規準に基づく短期許容応力度*とし, 表 7.2.3-9 に示す。

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

表 7.2.3-9 ヒンジ部及びカンヌキ部の許容限界

材質		許容限界(N/mm <sup>2</sup> )			
		曲げ	引張	圧縮	せん断
SS400	$t \leq 40$	235	235	235	135
	$40 < t \leq 100$	215	215	215	124
	$t > 100$	205	205	205	118
SCM435		651	651	651	375
S45C		345	345	345	199

(d) 評価方法

「(b) 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重により、ヒンジ部及びカンヌキ部に発生する応力度が「(c) 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

イ. 荷重計算方法

(イ) 記号の説明

原子炉建物 1 階 R C W 熱交換器室北側鋼製扉の評価に用いる記号を表 7.2.3-10 に示す。

表 7.2.3-10(1) 評価に用いる記号

項目	記号	定義	単位	
共通	$F_H$	水平地震力	N	
	$F_V$	鉛直地震力	N	
	$C_H$	水平震度	—	
	$C_V$	鉛直震度	—	
	$W_X$	扉体自重	N	
ヒンジ部	共通	$L_j$	ヒンジ間距離	mm
		$L_r$	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体幅方向)	mm
		$L_t$	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体厚方向)	mm
		$R_r$	扉体幅方向自重反力	N
		$R_t$	扉体厚方向自重反力	N
	ヒンジアーム	$A_1$	ヒンジアームの断面積	mm <sup>2</sup>
		$T_1$	ヒンジアームの引張力	N
		$L_1$	ヒンジアームの作用点間距離	mm
		$M_1$	ヒンジアームの曲げモーメント	N・mm
		$Q_1$	ヒンジアームのせん断力	N
		$Z_1$	ヒンジアームの断面係数	mm <sup>3</sup>
		$\sigma_{t1}$	ヒンジアームの引張応力度	N/mm <sup>2</sup>
		$\sigma_{b1}$	ヒンジアームの曲げ応力度	N/mm <sup>2</sup>
		$\sigma_{x1}$	ヒンジアームの組合せ応力度	N/mm <sup>2</sup>
		$\tau_1$	ヒンジアームのせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>

表 7.2.3-10(2) 評価に用いる記号

項目		記号	定義	単位
ヒンジ部	ヒンジ ピン	$A_2$	ヒンジピンの断面積	$\text{mm}^2$
		$A_2'$	ヒンジピンの受圧面積	$\text{mm}^2$
		$L_2$	ヒンジピンの軸支持間距離	mm
		$N_2$	ヒンジピンの圧縮力	N
		$M_2$	ヒンジピンの曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
		$Q_2$	ヒンジピンのせん断力	N
		$Z_2$	ヒンジピンの断面係数	$\text{mm}^3$
		$\sigma_{c2}$	ヒンジピンの圧縮応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$\sigma_{b2}$	ヒンジピンの曲げ応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$\sigma_{x2}$	ヒンジピンの組合せ応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
	$\tau_2$	ヒンジピンのせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$	
	ヒンジ ボルト	$A_{b3}$	ヒンジボルトの断面積	$\text{mm}^2$
		$n_{b3}$	ヒンジボルトの本数	本
		$T_3$	ヒンジボルトの引張力	N
		$Q_3$	ヒンジボルトのせん断力	N
		$\sigma_{t3}$	ヒンジボルトの引張応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$\tau_3$	ヒンジボルトのせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
カンヌキ部	共通	$F_H'$	水平面外方向の慣性力	N
	カンヌキ	$A_4$	カンヌキの断面積	$\text{mm}^2$
		$L_4$	カンヌキの作用点間距離	mm
		$M_4$	カンヌキの曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
		$n$	カンヌキの本数	本
		$Q_4$	カンヌキのせん断力	N
		$Z_4$	カンヌキの断面係数	$\text{mm}^3$
		$\sigma_{b4}$	カンヌキの曲げ応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$\sigma_{x4}$	カンヌキの組合せ応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$
		$\tau_4$	カンヌキのせん断応力度	$\text{N}/\text{mm}^2$



(ロ) ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジアーム、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から、各部材に発生する応力度を算定する。ヒンジ部に生じる荷重を図 7.2.3-15 に示す。

$$F_H = W_X \cdot C_H$$

$$F_V = W_X \cdot C_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

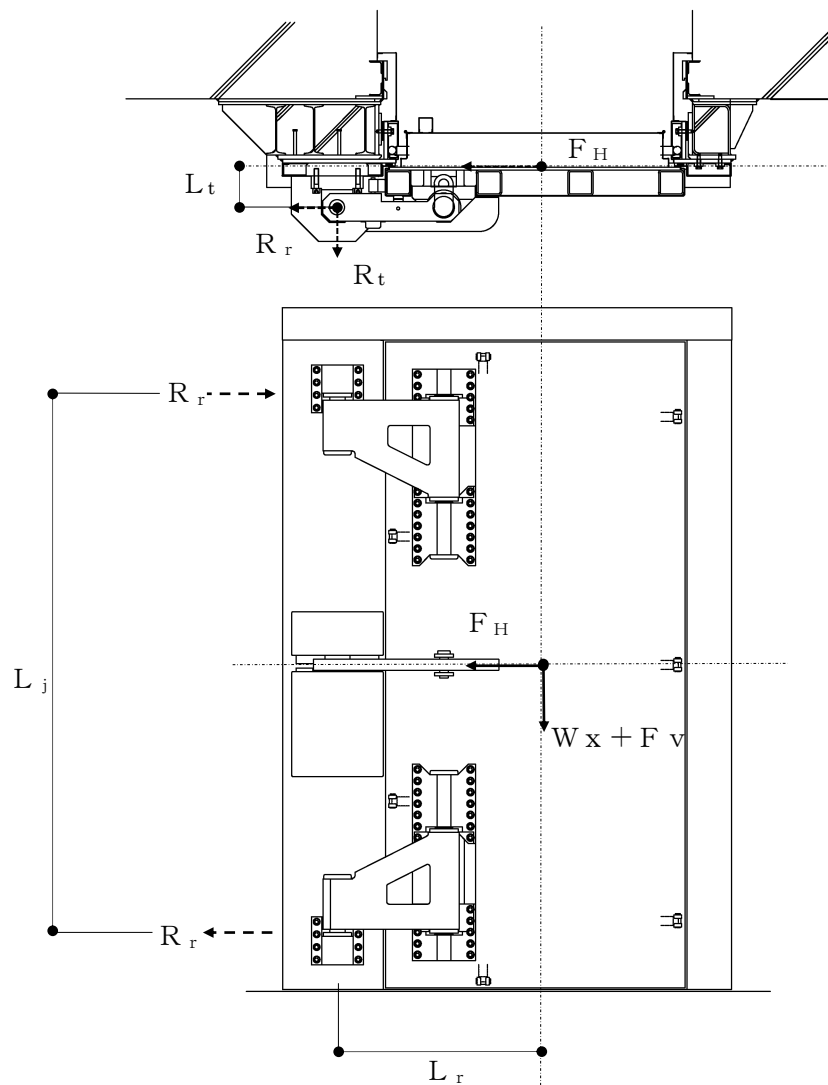


図 7.2.3-15 ヒンジ部に生じる荷重

i. ヒンジアーム

ヒンジアームは、引張応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。図 7.2.3-16 にヒンジアームに生じる荷重を示す。

(i) 引張力

ヒンジアームに生じる引張力及び引張応力度を次式により算定する。

$$T_1 = R_r + \frac{F_H}{2}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

(ii) 曲げモーメント

ヒンジアームに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_1 = (W_x + F_v) \cdot L_1$$

$$\sigma_{b1} = \frac{M_1}{Z_1}$$

(iii) せん断力

ヒンジアームに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_1 = W_x + F_v$$

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

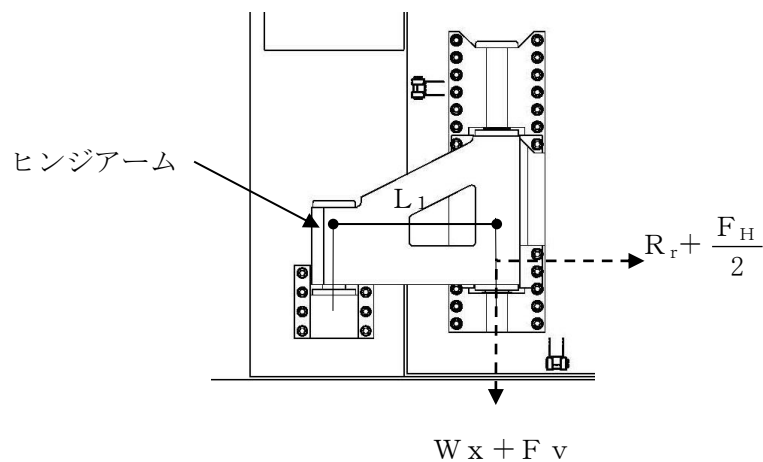


図 7.2.3-16 ヒンジアームに生じる荷重

ii. ヒンジピン

ヒンジピンは、圧縮応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。図 7.2.3-17 にヒンジピンに生じる荷重を示す。

(i) 圧縮力

ヒンジピンに生じる圧縮力及び圧縮応力度を次式により算定する。

$$N_2 = W_x + F_v$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2}$$

(ii) 曲げモーメント

ヒンジピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L_2$$

$$\sigma_{b2} = \frac{M_2}{Z_2}$$

(iii) せん断力

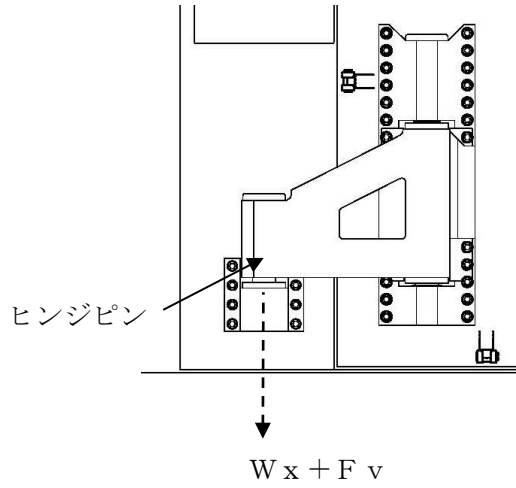
ヒンジピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

下部ヒンジ（扉開放角度 0° 時）

圧縮力の作用状況



下部ヒンジ（扉開放角度 0° 時）

曲げモーメント及びせん断力の作用状況

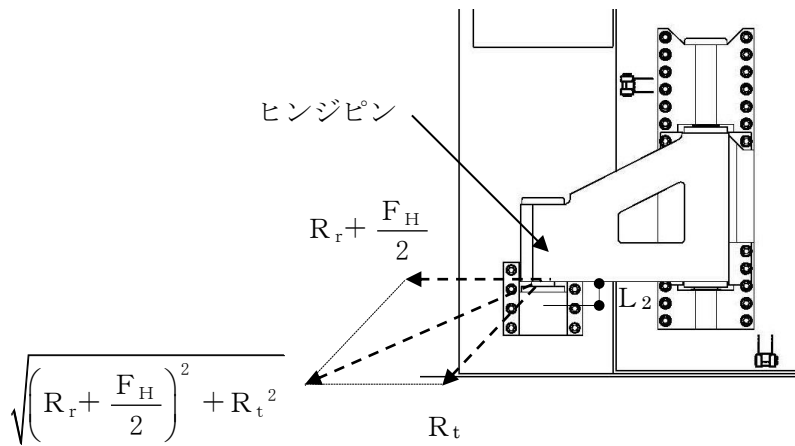


図 7.2.3-17 ヒンジピンに生じる荷重

### iii. ヒンジボルト

ヒンジボルトは、引張応力度及びせん断応力度について評価する。ヒンジボルトに生じる荷重は、扉の開放角度が  $90^\circ$  の時には引張力として作用し、扉の開放角度が  $0^\circ$  の時には、せん断力として作用することから次式により算定する。なお、 $45^\circ$  や  $135^\circ$  等の上記以外の開放状況下においては、ヒンジボルトに生じる引張力とせん断力はそれぞれ  $90^\circ$  開放時の引張力、 $0^\circ$  開放時のせん断力に包絡されるため、開放状況は  $90^\circ$  と  $0^\circ$  を想定するものとする。また、2 か所設置しているヒンジ部のうち、上部のヒンジ部は水平方向の荷重のみ負担するのに対して、下部のヒンジ部は鉛直方向の荷重と水平方向の荷重を負担することから、下部のヒンジボルトを対象に評価する。図 7.2.3-18 に下部のヒンジボルトに生じる荷重を示す。

$$T_3 = Q_3 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_x + F_v)^2}$$

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

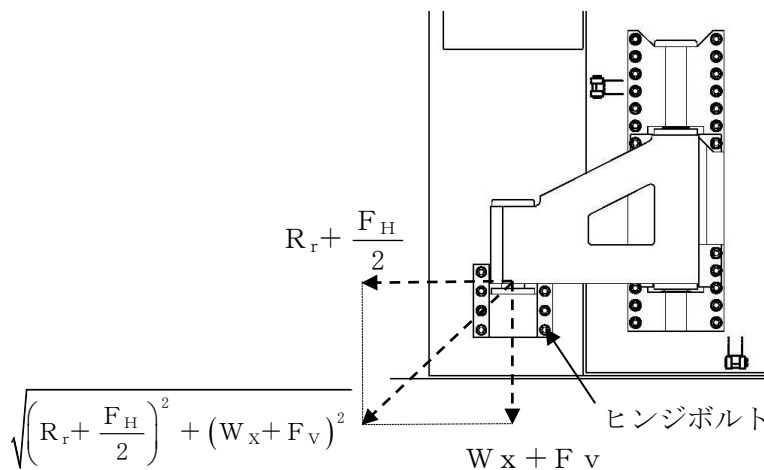


図 7.2.3-18 下部のヒンジボルトに生じる荷重

(ハ) カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキで構成されており、次式により算定する水平地震力から、各部材に発生する荷重を算定する。扉体に生じる荷重を図 7.2.3-19 に、カンヌキ部に生じる荷重を図 7.2.3-20 に示す。

$$F_H' = W_X \cdot C_H$$

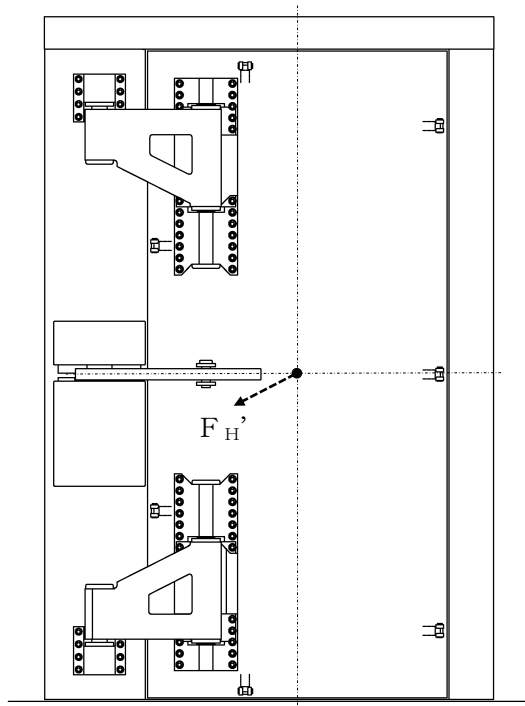


図 7.2.3-19 扉体に生じる荷重

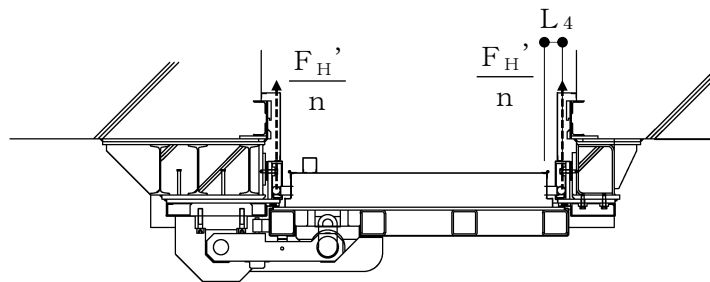


図 7.2.3-20 カンヌキ部に生じる荷重

i. カンヌキ

カンヌキは、曲げ応力度及びせん断応力度の組合せについて評価する。

(i) 曲げモーメント

カンヌキに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_4 = \frac{F_H'}{n} \cdot L_4$$

$$\sigma_{b4} = \frac{M_4}{Z_4}$$

(ii) せん断力

カンヌキに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_4 = \frac{F_H'}{n}$$

$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

ロ. 応力評価

各部材に生じる応力度等が、許容限界以下であることを確認する。

なお、異なる荷重が同時に作用する部材については、荷重の組合せを考慮する。

(イ) ヒンジ部

i. ヒンジアーム

ヒンジアームに生じる引張応力度、曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジアームに生じる引張応力度及び組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

$$\sigma_{x1} = \sqrt{\left(\frac{M_1}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_1}{A_1}\right)^2}$$

ii. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる圧縮応力度、曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ応力度を次式により算定し、ヒンジピンに生じる圧縮応力度及び組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2}$$

$$\sigma_{x2} = \sqrt{\left(\frac{M_2}{Z_2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_2}{A_2}\right)^2}$$

iii. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$



(ロ) カンヌキ部

i. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を次式により算定し，カンヌキに生じる組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{x4} = \sqrt{\left(\frac{M_4}{Z_4}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_4}{A_4}\right)^2}$$

## (e) 計算条件

「(d) 評価方法」に用いる計算条件を表 7.2.3-11 に示す。

表 7.2.3-11 耐震評価に用いる計算条件

評価部位	記号	単位	定義	数値	
共通	$C_H$	—	水平震度	1.02	
	$C_V$	—	鉛直震度	1.28	
	$W_X$	N	扉体自重	114700	
ヒンジ部	共通	$L_j$	mm	ヒンジ間距離	4380
		$L_r$	mm	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体幅方向)	1567.5
		$L_t$	mm	扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体厚方向)	319
	ヒンジ アーム	$A_1$	mm <sup>2</sup>	断面積	62000
		$L_1$	mm	作用点間距離	845
		$Z_1$	mm <sup>3</sup>	断面係数	$4133 \times 10^3$
	ヒンジ ピン	$A_2$	mm <sup>2</sup>	断面積	11310
		$A_2'$	mm <sup>2</sup>	受圧面積	11310
		$L_2$	mm	軸支持間距離	90
		$Z_2$	mm <sup>3</sup>	断面係数	$1696 \times 10^2$
	ヒンジ ボルト	$A_{b3}$	mm <sup>2</sup>	断面積	817
		$n_{b3}$	本	本数	8
	カンヌキ部	カンヌキ	$A_4$	mm <sup>2</sup>	断面積
$L_4$			mm	作用点間距離	140
$n$			本	本数	7
$Z_4$			mm <sup>3</sup>	断面係数	$3367 \times 10$

b. ガスタービン発電機建物屋外階段及び緊急時対策所屋外階段

(a) 評価対象部位及び評価方針

ガスタービン発電機建物屋外階段及び緊急時対策所屋外階段の波及的影響評価において対象とする部位は、構造部材であるブラケット及び定着部材であるアンカーボルトとし、以下の方針に基づき検討を行う。

屋外階段は、構造部材であるブラケットを定着部材であるアンカーボルトにより建物外壁に固定する構造であることから、基準地震動  $S_s$  により構造部材に生じる応力度及び定着部材に生じる応力が許容限界に至らないことにより、屋外階段が脱落しないことを確認する。

(b) 荷重及び荷重の組合せ

屋外階段の評価において、考慮する評価用荷重を以下に示す。

イ. 常時作用する荷重

常時作用する荷重は、固定荷重として、自重を考慮する。

ロ. 積雪荷重

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って考慮することとし、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位、月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施工細則により、積雪深1cmごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

ハ. 荷重の組合せ

荷重の組合せはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを下記に示す。

固定荷重及び積雪荷重を表7.2.3-12に示す。

$$G + S_s + P_s$$

- G : 固定荷重  
 $S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力  
 $P_s$  : 積雪荷重

表 7.2.3-12 固定荷重及び積雪荷重

対象設備	荷重	
	ガスタービン発電機建物屋外階段(A)	固定荷重 G
積雪荷重 $P_s$		0.7kN/m <sup>2</sup>
ガスタービン発電機建物屋外階段(B)	固定荷重 G	14.3kN
	積雪荷重 $P_s$	0.7kN/m <sup>2</sup>
緊急時対策所屋外階段	固定荷重 G	19.7kN
	積雪荷重 $P_s$	0.7kN/m <sup>2</sup>

## ニ. 地震荷重

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  によるガスタービン発電機建物及び緊急時対策所の設置位置における水平及び鉛直最大応答加速度による慣性力とする。設計震度は材料物性の不確かさを考慮したものとしてVI-2-2-16「ガスタービン発電機建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」に基づき設計震度を設定する。

設定した設計震度を表 7.2.3-13 に示す。

表 7.2.3-13 評価用設計震度

対象設備	設計震度	
	水平	鉛直
ガスタービン発電機建物屋外階段(A)	1.43	0.69
ガスタービン発電機建物屋外階段(B)	2.11	0.92
緊急時対策所屋外階段	1.61	0.81

### (c) 許容限界

構造部材であるブラケットの許容限界は「S規準」に基づき設定する。

定着部材であるアンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改訂）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき次式により設定する。

設定した許容限界を表 7.2.3-14 に示す。

表 7.2.3-14 許容限界

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張力 $p_a$	$\min [p_{a1}, p_{a2}]$
許容せん断力 $q_a$	$\min [q_{a1}, q_{a2}, q_{a3}]$
組合せ	$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1$

ただし,

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_c$$

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで,

$p_{a1}$  : アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本あたりの許容引張応力

$p_{a2}$  : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本あたりの許容引張応力

$q_{a1}$  : アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本あたりの許容せん断力

$q_{a2}$  : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本あたりの許容せん断力

$q_{a3}$  : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本あたりの許容せん断力

$s \sigma_{pa}$  : アンカーボルトの引張強度

$c \sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度

$s \sigma_{qa}$  : アンカーボルトのせん断強度

$c \sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度

$s c a$  : アンカーボルトの断面積

$A_c$  : 引張力に対するコーン状破壊面の有効投影面積

$A_{qc}$  : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積

$p$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力

$q$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力

低減係数  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  は, VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」 より, 表 7.2.3-15 に示す。

表 7.2.3-15 低減係数

	$\phi_1$	$\phi_2$
短期荷重用	1.0	2/3

頭付きアンカーボルトの許容引張時の頭部支圧応力度は, コンクリートの支圧強度以下となるようにする。

$$\frac{P_a}{A_0} \leq f_n$$

短期許容せん断力を確保するためのアンカーボルトの有効埋込み長さ  $L_e$  は以下の式を満たすように算定するものとする。

$$s \sigma_{pa} \cdot s_c a \leq_c \sigma_t \cdot A_c$$

$$A_c = \pi \cdot L_e (L_e + D)$$

設定した許容限界を, 表 7.2.3-16 に示す。

表 7.2.3-16 波及的影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	項目	機能維持のための考え方	許容限界
アクセスルートに対する波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S <sub>s</sub>	構造部材	屋外階段が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	S 規準に基づく短期許容応力度*とし、表 7.2.3-17 及び表 7.2.3-18 に示す。
		定着部材		「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく短期許容応力とし、表 7.2.3-19 に示す。

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

表 7.2.3-17 ブラケット（水平材）の許容限界

対象設備	許容曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
ガスタービン発電機建物屋外階段(A)	235*	135
ガスタービン発電機建物屋外階段(B)	235*	135
緊急時対策所屋外階段	235*	135

注記\*：上限値であり、座屈長さ等を勘案して設定する。

表 7.2.3-18 ブラケット（斜材）の許容限界

対象設備	許容圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
ガスタービン発電機建物屋外階段(A)	235*
ガスタービン発電機建物屋外階段(B)	235*
緊急時対策所屋外階段	235*

注記\*：上限値であり、座屈長さ等を勘案して設定する。

表 7.2.3-19 アンカーボルトの許容限界

対象設備	許容引張力 (kN/本)	許容せん断力 (kN/本)
ガスタービン発電機建物屋外階段(A)	32	46
ガスタービン発電機建物屋外階段(B)	32	46
緊急時対策所屋外階段	32	46



(d) 評価方法

「(b) 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重により、ブラケットに発生する応力度及びアンカーボルトに生じる応力が「(c) 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

ブラケット(水平材)は曲げ応力度及びせん断応力度で、ブラケット(斜材)は軸応力度で評価する。

イ. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

$$\sigma_{by} = \frac{M_{Dy}}{Z_y}, \quad \sigma_{bz} = \frac{M_{Dz}}{Z_z}$$

ここで,

$\sigma_{by}$  : 曲げ応力度(強軸曲げ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bz}$  : 曲げ応力度(弱軸曲げ) (N/mm<sup>2</sup>)

$M_{Dy}$  : 曲げモーメント(強軸曲げ) (N・mm)

$M_{Dz}$  : 曲げモーメント(弱軸曲げ) (N・mm)

$Z_y$  : 断面係数(強軸曲げ) (mm<sup>3</sup>)

$Z_z$  : 断面係数(弱軸曲げ) (mm<sup>3</sup>)

ロ. せん断力に対する断面の評価方法

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで,

$\tau$  : せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力(N)

$A_s$  : せん断断面積(mm<sup>2</sup>)

ハ. 軸力に対する断面の評価方法

(圧縮)

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A}$$

ここで,

$\sigma_c$  : 圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$N_c$  : 圧縮軸力(N)

$A$  : 軸断面積(mm<sup>2</sup>)

二. 組合せ応力  
曲げ+せん断

$$\max \left( \frac{\sqrt{\sigma_{by}^2 + 3\tau_y^2}}{f_t}, \frac{\sqrt{\sigma_{bz}^2 + 3\tau_z^2}}{f_t} \right) \leq 1.0$$

注：添字 y, z は要素に与えられた座標軸（y：強軸方向, z：弱軸方向）

ホ. 評価用モデル

ブラケット及びアンカーボルトに発生する応力は、応力解析により算定する。応力解析に用いる解析モデルを図 7.2.3-21～図 7.2.3-23 に示す。解析に使用するコードは、「KANSAS 2」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。解析モデルはブラケット（水平材）を梁要素、ブラケット（斜材）をトラス要素でモデル化し、境界条件は実状に合わせてピン接合とする。

なお、部材の物性値は以下とする。

$$E = 2.05 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$G = 0.79 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、

E：ヤング率

G：せん断弾性係数

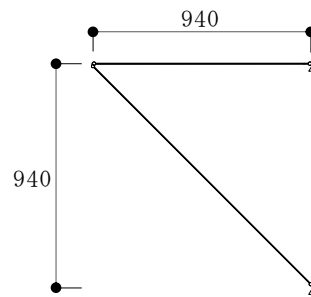


図 7.2.3-21 ガスタービン発電機建物屋外階段(A) ブラケットモデル図

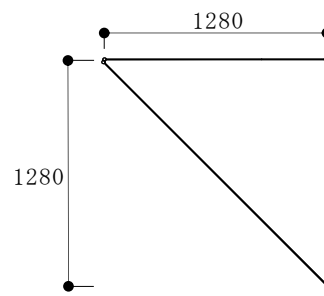


図 7.2.3-22 ガスタービン発電機建物屋外階段(B) ブラケットモデル図

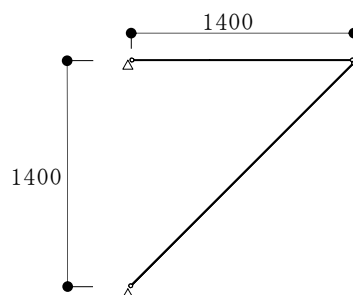


図 7.2.3-23 緊急時対策所屋外階段 ブラケットモデル図

c. 免震重要棟鋼製バルコニー

(a) 評価対象部位及び評価方針

免震重要棟鋼製バルコニーの波及的影響評価において対象とする部位は、構造部材である大梁、小梁、斜材、水平ブレース及び間柱並びに定着部材であるアンカーボルトとし、以下の方針に基づき検討を行う。

免震重要棟鋼製バルコニーは、免震重要棟の建物架構と一体となった大梁及び定着部材であるアンカーボルトにより構造部材を建物外壁に固定する構造であることから、基準地震動  $S_s$  により構造部材に生じる応力度及び定着部材に生じる応力が許容限界に至らないことにより、免震重要棟鋼製バルコニーが脱落しないことを確認する。

(b) 荷重及び荷重の組合せ

免震重要棟鋼製バルコニーの評価において、考慮する評価用荷重を以下に示す。

イ. 常時作用する荷重

常時作用する荷重は、固定荷重として、自重を考慮する。

ロ. 積雪荷重

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って考慮することとし、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位、月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施工細則により、積雪深1cmごとに $20\text{N/m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

ハ. 積載荷重

積載荷重は、設備機器荷重、配管荷重、ケーブル荷重及び仕上げ荷重とする。

## 二. 荷重の組合せ

荷重の組合せはVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを下記に示す。

固定荷重，積雪荷重及び積載荷重を表 7.2.3-20 に示す。

$$G + S_s + P_s + L_L$$

G : 固定荷重

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

$P_s$  : 積雪荷重

$L_L$  : 積載荷重

表 7.2.3-20 固定荷重，積雪荷重及び積載荷重

対象設備	荷重	
	固定荷重 G	94.2kN/m <sup>3</sup>
免震重要棟鋼製バルコニー	積雪荷重 $P_s$	0.7kN/m <sup>2</sup>
	積載荷重 $L_L$	1.00～5.05kN/m <sup>2</sup>

## ホ. 地震荷重

地震荷重は，基準地震動  $S_s$  による免震重要棟鋼製バルコニーの設置位置における水平及び鉛直最大応答加速度による慣性力とし，「7.2.1 免震重要棟の耐震性評価」において行った地震応答解析による免震重要棟の最大応答加速度に基づき設計震度を設定する。なお，水平及び鉛直の地震荷重の組合せはバルコニーを支持する免震重要棟が免震構造であることを踏まえ，水平 2 方向を組合せ係数法（1.0：0.4）で組み合わせたうえで，水平と鉛直を絶対値和法で組み合わせる。

設定した設計震度を表 7.2.3-21 に示す。

表 7.2.3-21 設計震度

	階	水平		鉛直
		NS 方向	EW 方向	UD 方向
最大応答加速度 ( $\text{cm}/\text{s}^2$ )	R 階	262	325	1715
	3 階	208	232	1569
	2 階	165	167	1370
	1 階	—	—	1241
設計震度*	R 階	0.27	0.34	1.75
	3 階	0.22	0.24	1.60
	2 階	0.17	0.18	1.40
	1 階	—	—	1.27

注記\* : 上下階の間に位置する部材には上階の設計震度を用いる。

(c) 許容限界

構造部材である大梁，間柱，小梁，斜材及び水平ブレースの許容限界は「S規準」に基づき設定する。

定着部材であるアンカーボルトの許容限界は短期許容応力とし，「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき設定する。

設定した許容限界を，表 7.2.3-22 に示す。

表 7.2.3-22 波及的影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	項目	機能維持のための考え方	許容限界
アクセスルートに対する波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S <sub>s</sub>	構造部材	免震重要棟鋼製バルコニーが波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	S規準に基づく短期許容応力度*とし，表 7.2.3-23 に示す。
		定着部材		「各種合成構造設計指針・同解説」に基づく短期許容応力とし，表 7.2.3-24 に示す。

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

表 7.2.3-23 構造部材の許容限界

材質		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )			
		圧縮	曲げ	引張	せん断
SS400	t ≤ 40	235*	235*	235	135
SM490A	t ≤ 40	325*	325*	325	187

注記\*：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

表 7.2.3-24 アンカーボルトの許容限界

許容引張力 (kN/本)	許容せん断力 (kN/本)
79	55

(d) 評価方法

「(b) 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重により、構造部材に発生する応力度及びアンカーボルトに生じる応力が「(c) 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

イ. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「S規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所に生じる曲げモーメントによる応力度が、短期許容応力度を超えないことを確認する。

$$\sigma_{by} = \frac{M_{Dy}}{Z_y}, \quad \sigma_{bz} = \frac{M_{Dz}}{Z_z}$$

ここで、

$\sigma_{by}$  : 曲げ応力度 (強軸曲げ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bz}$  : 曲げ応力度 (弱軸曲げ) (N/mm<sup>2</sup>)

$M_{Dy}$  : 曲げモーメント (強軸曲げ) (N・mm)

$M_{Dz}$  : 曲げモーメント (弱軸曲げ) (N・mm)

$Z_y$  : 断面係数 (強軸曲げ) (mm<sup>3</sup>)

$Z_z$  : 断面係数 (弱軸曲げ) (mm<sup>3</sup>)

ロ. せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所に生じるせん断応力度が、短期許容応力度を超えないことを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : せん断力 (N)

$A_s$  : せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

ハ. 軸力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「S規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所に生じる圧縮応力度又は引張応力度が、短期許容応力度を超えないことを確認する。

(圧縮)

$$\sigma_c = \frac{N_c}{A}$$



ここで,

$\sigma_c$  : 圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$N_c$  : 圧縮軸力 (N)

$A$  : 軸断面積 (mm<sup>2</sup>)

(引張)

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A}$$

ここで,

$\sigma_t$  : 引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$N_t$  : 引張軸力 (N)

$A$  : 軸断面積 (mm<sup>2</sup>)

## 二. 組合せ応力

(イ) 軸力(圧縮又は引張) + 曲げ

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_{by}}{f_{by}} + \frac{\sigma_{bz}}{f_{bz}} \leq 1.0$$

ここで,

$f_c$  : 許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{by}$  : 許容曲げ応力度 (強軸) (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{bz}$  : 許容曲げ応力度 (弱軸) (N/mm<sup>2</sup>)

(ロ) 軸力(圧縮又は引張) + 曲げ + せん断

$$\frac{\sqrt{(\max(\sigma_c, \sigma_t) + \sigma_{by} \cdot (H - 2t_f) / H)^2 + 3\tau^2}}{f_t} \leq 1.0$$

ここで,

$H$  : 部材せい (mm)

$t_f$  : フランジ厚 (mm)

注: 添字  $y, z$  は要素に与えられた座標軸 ( $y$  : 強軸方向,  $z$  : 弱軸方向)

#### ホ. 評価モデル

大梁，間柱，小梁，斜材，水平ブレース及びアンカーボルトに発生する応力は，応力解析により算定する。応力解析は，3次元フレームモデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析に使用するコードは，「KANSAS2」である。なお，解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析モデルは，免震重要棟鋼製バルコニーの各部材を線材置換した3次元フレームモデルとする。応力解析に用いる解析モデルを図7.2.3-24に示す。解析モデルは梁及び間柱を梁要素，斜材及びブレース材をトラス要素でモデル化し，境界条件は，大梁の建物側支持部を固定支持とし，そのほかはピン支持とする。

なお，部材の物性値は以下とする。

$$E = 2.05 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$G = 0.79 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで，

E：ヤング率

G：せん断弾性係数

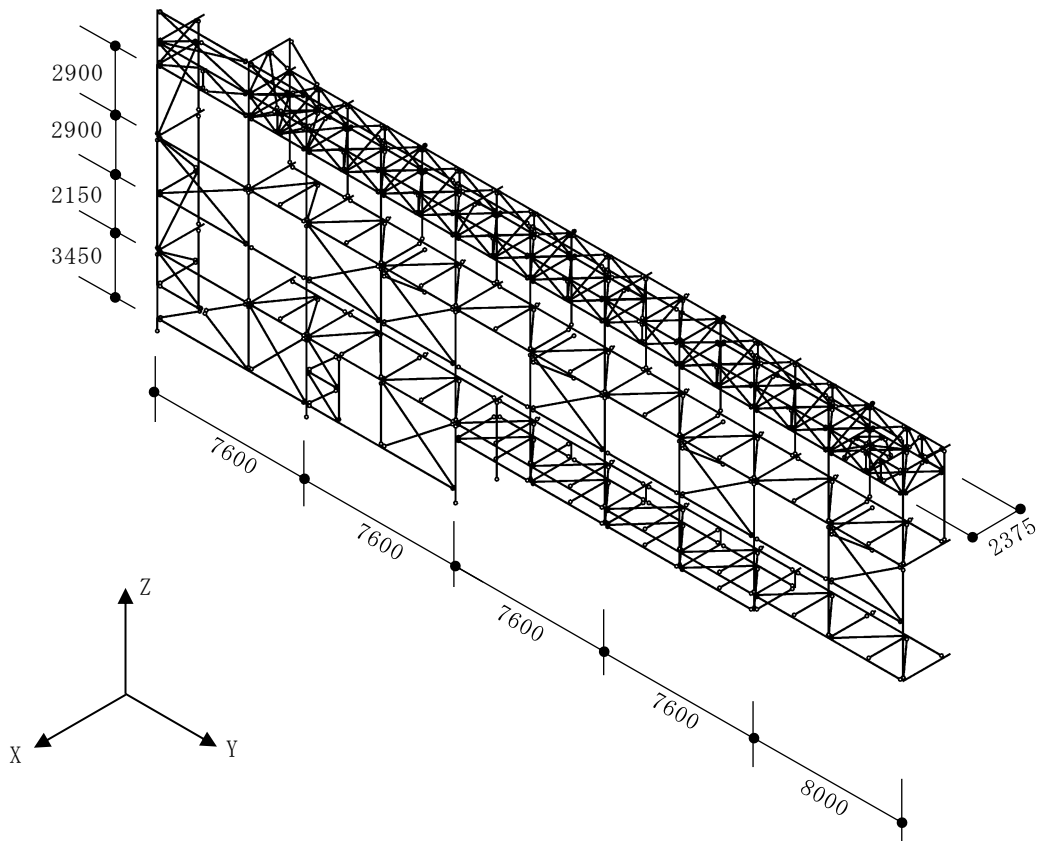


図 7.2.3-24 免震重要棟鋼製バルコニー モデル図

(4) 評価結果

a. 原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉

ヒンジ部及びカンヌキ部に対する評価結果を表7.2.3-25に示す。ヒンジ部及びカンヌキ部に発生する応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 7.2.3-25 ヒンジ部及びカンヌキ部に対する照査

評価対象部位	分類	評価結果 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
ヒンジアーム	引張	3	205	0.02
	曲げ	54	205	0.27
	せん断	5	118	0.05
	組合せ	55	205	0.27
ヒンジピン	圧縮	24	345	0.07
	曲げ	82	345	0.24
	せん断	14	199	0.08
	組合せ	86	345	0.25
ヒンジボルト	引張	24	651	0.04
	せん断	47	375	0.13
カンヌキ	曲げ	70	345	0.21
	せん断	5	199	0.03
	組合せ	71	345	0.21

以上より、基準地震動S<sub>s</sub>時において、原子炉建物1階RCW熱交換器室北側鋼製扉がアクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

b. ガスタービン発電機建物屋外階段及び緊急時対策所屋外階段

各評価対象部位において検定比が最大となる部材について、ブラケットに対する評価結果を表7.2.3-26に、アンカーボルトに対する評価結果を表7.2.3-27に示す。ブラケットに発生する応力度及びアンカーボルトに生じる応力が許容限界以下であることを確認した。

表 7.2.3-26 ブラケットに対する照査

位置	部材	項目	評価結果 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
ガスタービン発電機建物 屋外階段(A)	水平材	曲げ	5	235	0.03
		せん断	14	135	0.11
		組合せ	24	235	0.11
	斜材	軸力(圧縮)	16	210	0.08
ガスタービン発電機建物 屋外階段(B)	水平材	曲げ	34	235	0.15
		せん断	8	135	0.06
		組合せ	34	235	0.15
	斜材	軸力(圧縮)	11	190	0.06
緊急時対策所 屋外階段	水平材	曲げ	38	235	0.17
		せん断	11	135	0.09
		組合せ	38	235	0.17
	斜材	軸力(圧縮)	12	183	0.07

表 7.2.3-27 アンカーボルトに対する照査

位置	項目	評価結果 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	検定比
ガスタービン発電機建物 屋外階段(A)	引張	6	32	0.19
	せん断	5	46	0.11
	組合せ	—	—	0.05
ガスタービン発電機建物 屋外階段(B)	引張	7	32	0.22
	せん断	4	46	0.09
	組合せ	—	—	0.06
緊急時対策所 屋外階段	引張	9	32	0.29
	せん断	4	46	0.09
	組合せ	—	—	0.10

以上より、基準地震動 S<sub>s</sub> 時において、ガスタービン発電機建物屋外階段及び緊急時対策所屋外階段が保管場所及びアクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

c. 免震重要棟鋼製バルコニー

図 7.2.3-25 に示す各部材毎に検定比が最大となる代表部材について、大梁、間柱、小梁、斜材及び水平ブレースに対する評価結果を表 7.2.3-28 に、アンカーボルトに対する評価結果を表 7.2.3-29 に示す。大梁、間柱、小梁、斜材及び水平ブレースに発生する応力度及びアンカーボルトに生じる応力が許容限界以下であることを確認した。

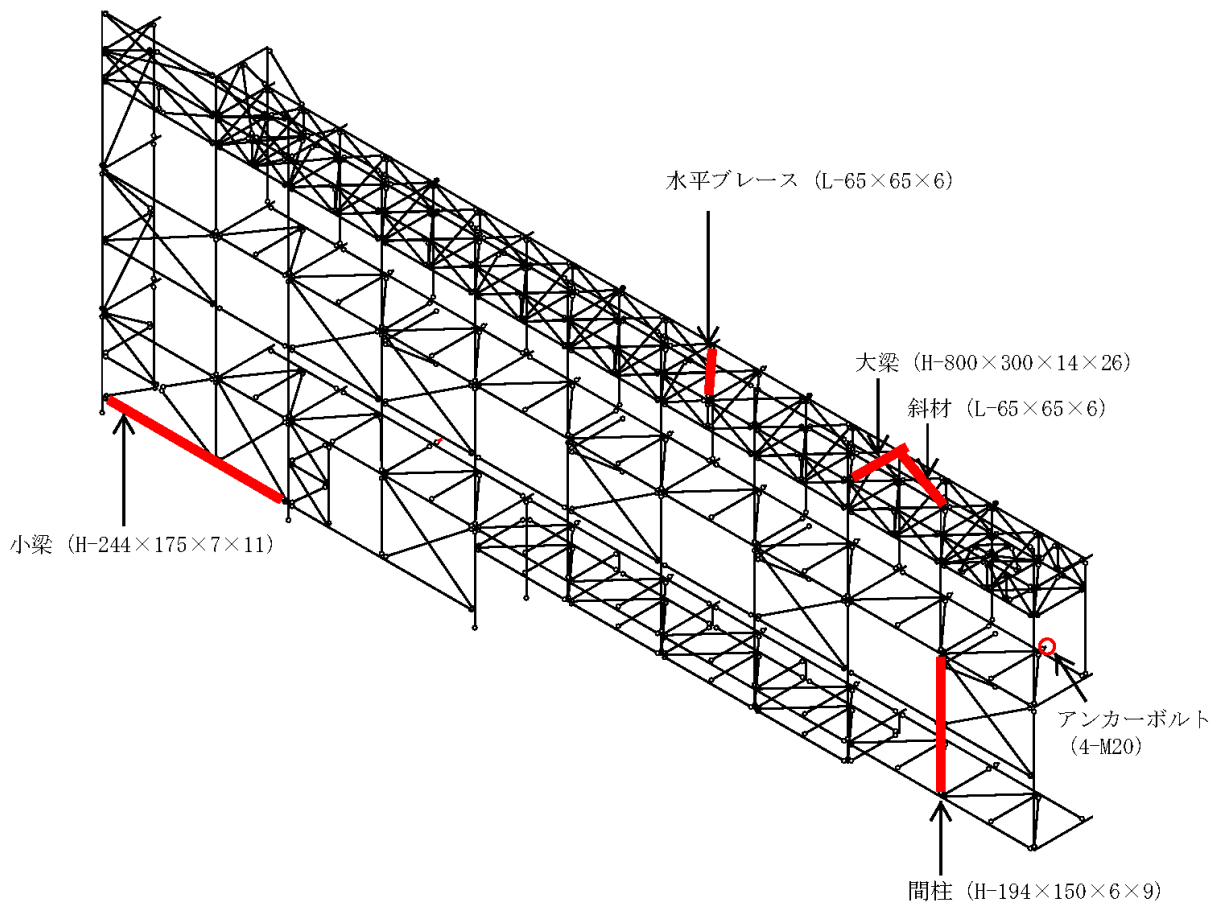


図 7.2.3-25 代表部材位置図

表 7.2.3-28 構造部材に対する照査

部材	項目	評価結果 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
大梁	曲げ (強軸)	27	290	0.10
	曲げ (弱軸)	18	325	0.06
	せん断	16	187	0.09
	組合せ*	—	—	0.16
間柱	軸力 (圧縮)	27	179	0.16
	曲げ (強軸)	30	190	0.16
	せん断	19	135	0.15
	組合せ*	—	—	0.32
小梁	軸力 (引張)	1	235	0.01
	曲げ (強軸)	6	153	0.04
	曲げ (弱軸)	89	235	0.38
	組合せ*	—	—	0.43
斜材	軸力 (引張)	143	235	0.61
水平ブレース	軸力 (圧縮)	5	28	0.18

注記\* : 組合せの検定比は、①軸力(圧縮又は引張)+曲げ、②軸力(圧縮又は引張)+曲げ+せん断の組合せの2つのうち大きいほうを記載している。

表 7.2.3-29 アンカーボルトに対する照査

項目	評価結果 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	検定比
引張	55	79	0.70
せん断	19	55	0.35
組合せ	—	—	0.60

以上より、基準地震動 S<sub>s</sub> 時において、免震重要棟鋼製バルコニーが保管場所及びアクセスルートに対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

## 7.2.4 第二輪谷トンネルの耐震性評価

### (1) 概要

第二輪谷トンネルは、緊急時対策所及び保管場所から目的地（保管場所、作業場所（2号炉周辺、淡水、海水取水場所等）、原子炉建物入口）への屋外アクセスルートであるため、基準地震動 $S_s$ による地震動に対して耐震評価を実施し、屋外アクセスルートの通行性を確認する。

### (2) 基本方針

#### a. 位置

第二輪谷トンネルの位置を図7.2.4-1に示す。

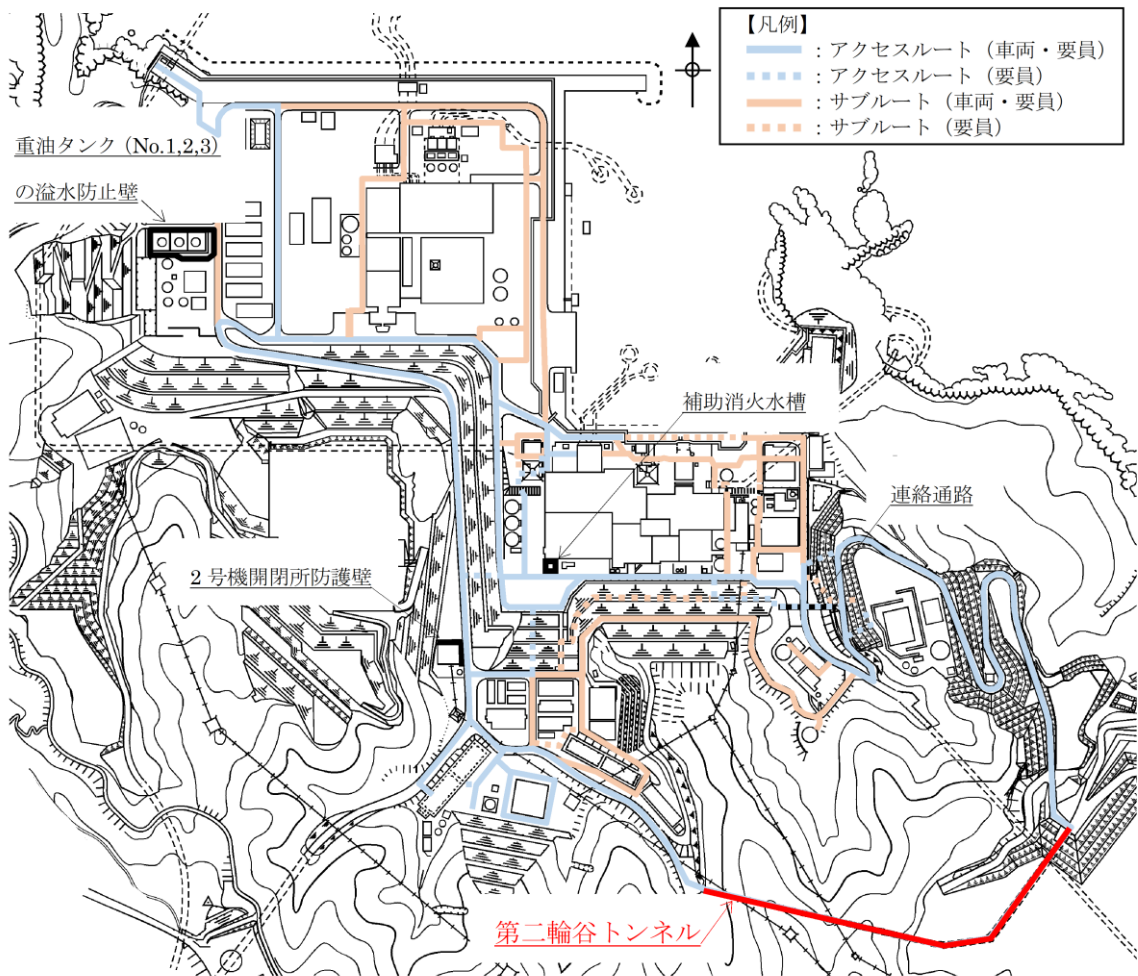


図7.2.4-1 第二輪谷トンネルの設置位置

b. 構造概要

屋外のアクセスルートとして使用する第二輪谷トンネルは、内空幅約 9m、内空高さ約 7m、延長約 575m（トンネル部：約 335m、アーチカルバート部：240m）の鉄筋コンクリート造の道路トンネルであり、岩盤又は埋戻土内に設置している。また、トンネル部については既設覆工コンクリートを内巻するように覆工コンクリートを打設している。

第二輪谷トンネルの概略平面図を図 7.2.4-2 に、概略断面図を図 7.2.4-3 に、概略配筋図を図 7.2.4-4 に示す。

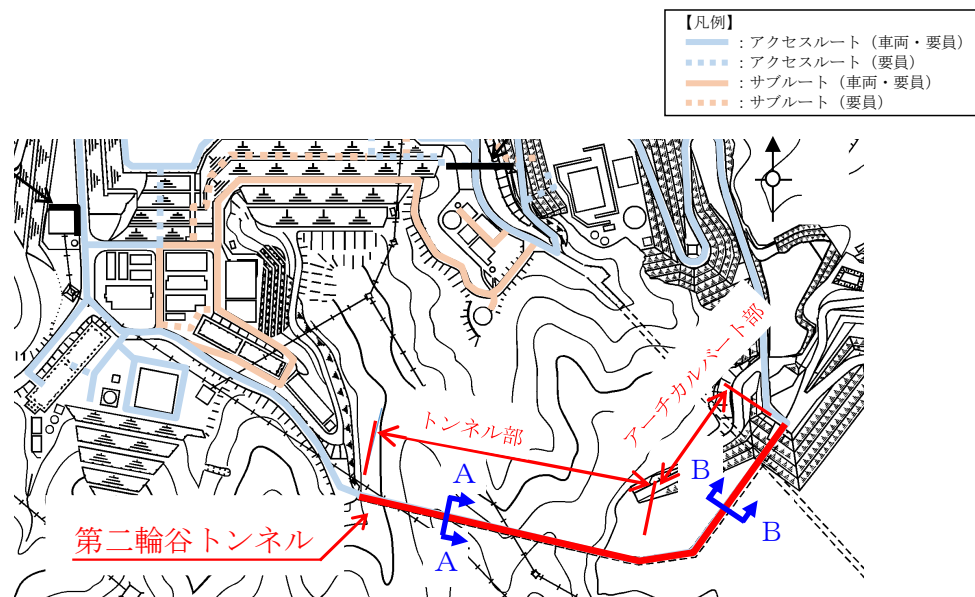


図 7.2.4-2 第二輪谷トンネルの概略平面図

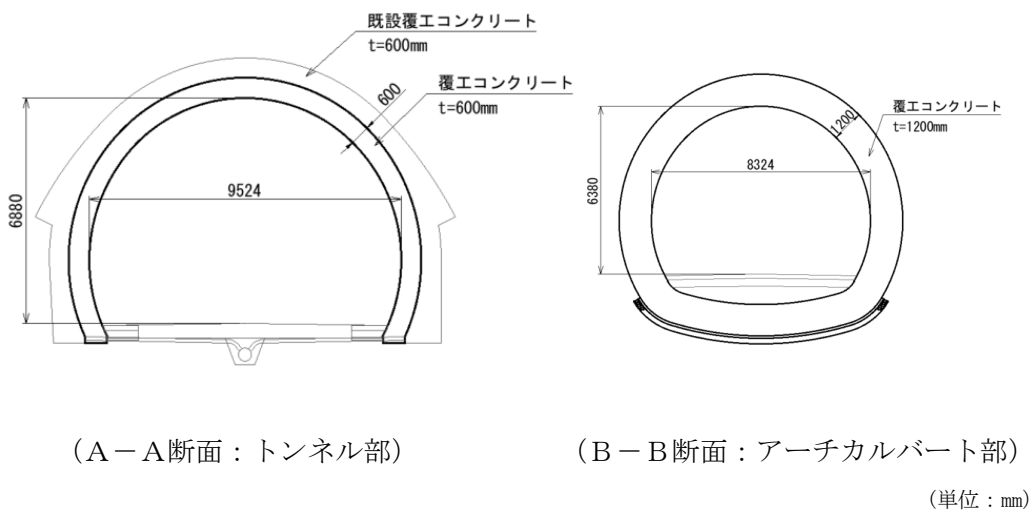
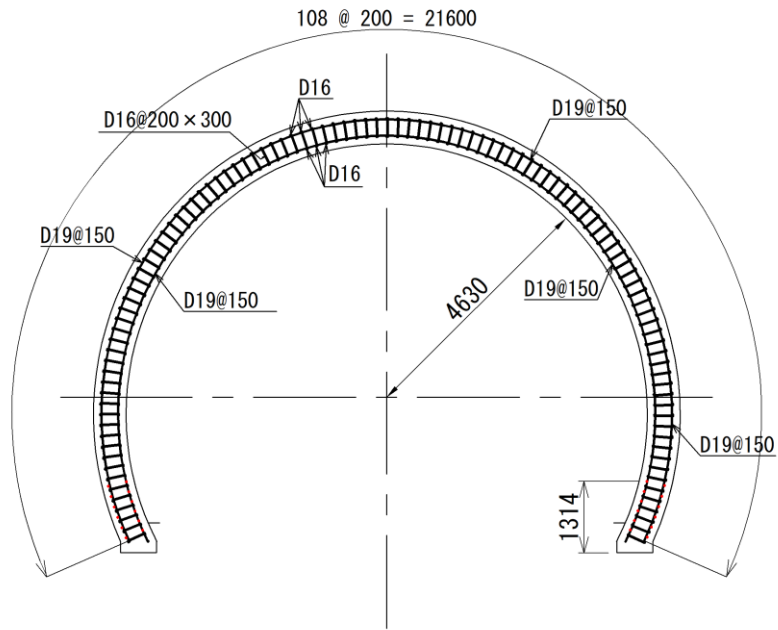


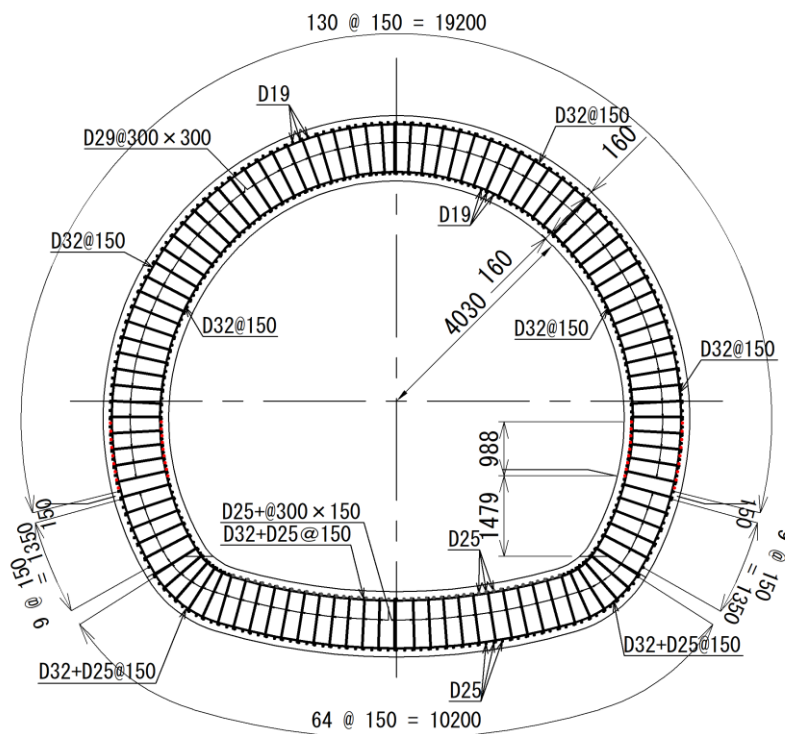
図 7.2.4-3 第二輪谷トンネルの概略断面図





(単位 : mm)

図 7.2.4-4(1) 第二輪谷トンネルの概略配筋図 (A-A断面, トンネル部)



(単位 : mm)

図 7.2.4-4(2) 第二輪谷トンネルの概略配筋図  
(B-B断面, アーチカルバート部)

c. 評価方針

第二輪谷トンネルの耐震評価は、基準地震動  $S_s$  (6波) による地震力に対して通行性を確保するため、構造部材の健全性評価、アクセスルートの通行性に影響を及ぼさないための確認として残留変形量の評価及び埋戻土内に設置しているアーチカルバート部の基礎地盤の支持性能評価を実施する。

第二輪谷トンネルの耐震評価フローを図 7.2.4-5 に示す。

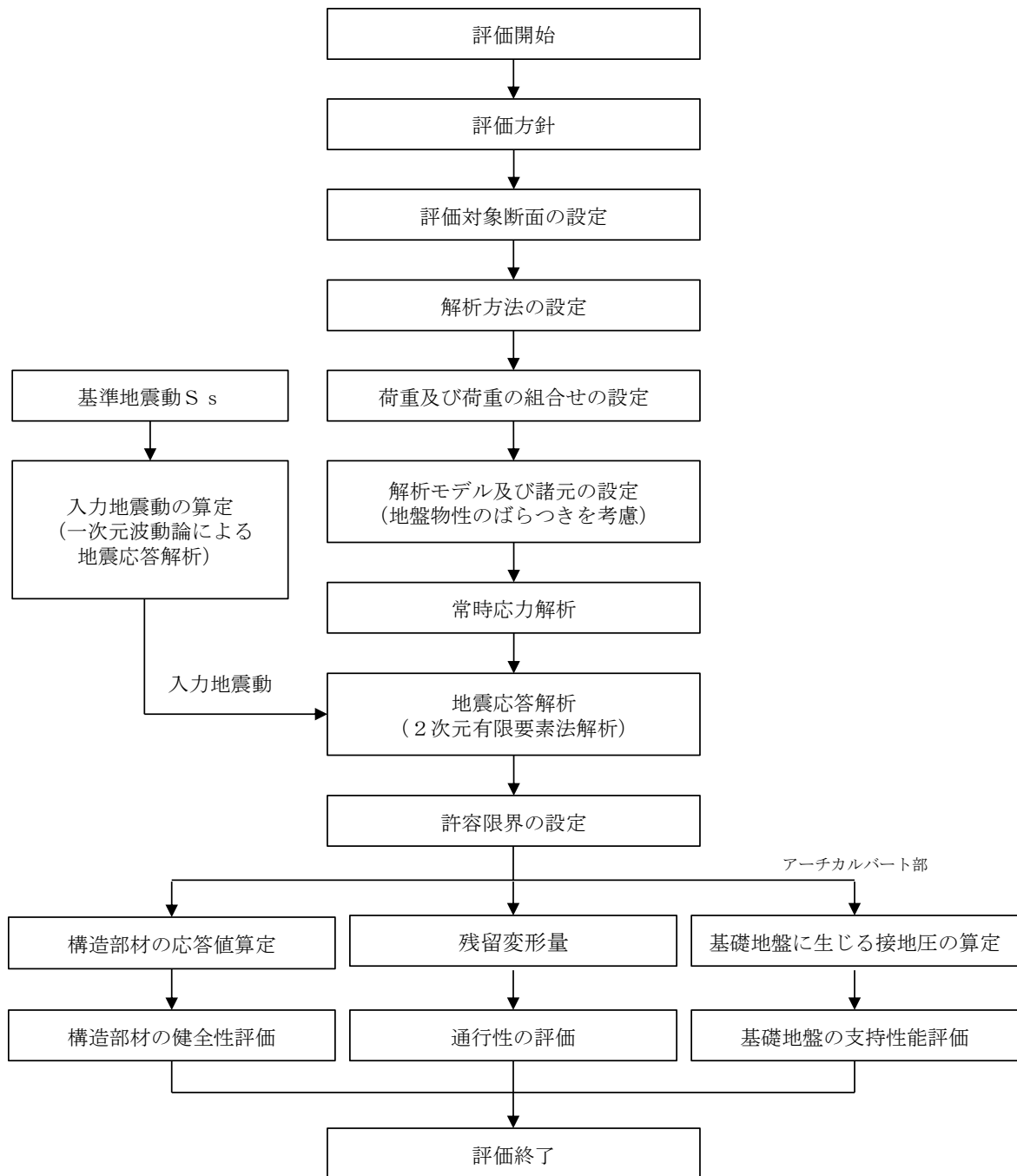


図 7.2.4-5 第二輪谷トンネルの耐震評価フロー

(3) 耐震評価

a. 評価対象断面及び評価対象部位

評価対象断面は、構造の安定性に支配的な弱軸方向である横断方向（軸方向に対して直交する断面）とし、トンネル部の区間については、最も土被りが厚い位置、アーチカルバート部の区間については、最も直下の盛土層厚が厚い位置とし、全断面を評価対象部位とする。

なお、アーチカルバート部坑口上部の埋戻土については、「2. 保管場所及びアクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面のすべり安定性評価について」において、グループD（盛土斜面，法尻標高 EL 88m）の斜面の一部として抽出されており、当該斜面は安定性を有することを確認している。

第二輪谷トンネルの評価対象断面図を図 7.2.4-6 に示す。

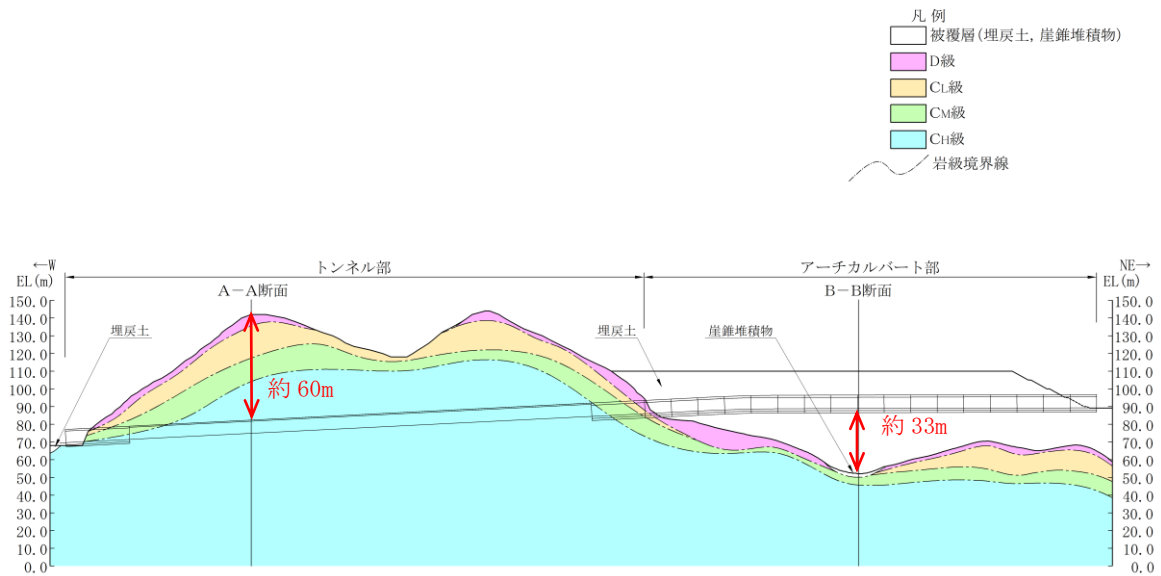
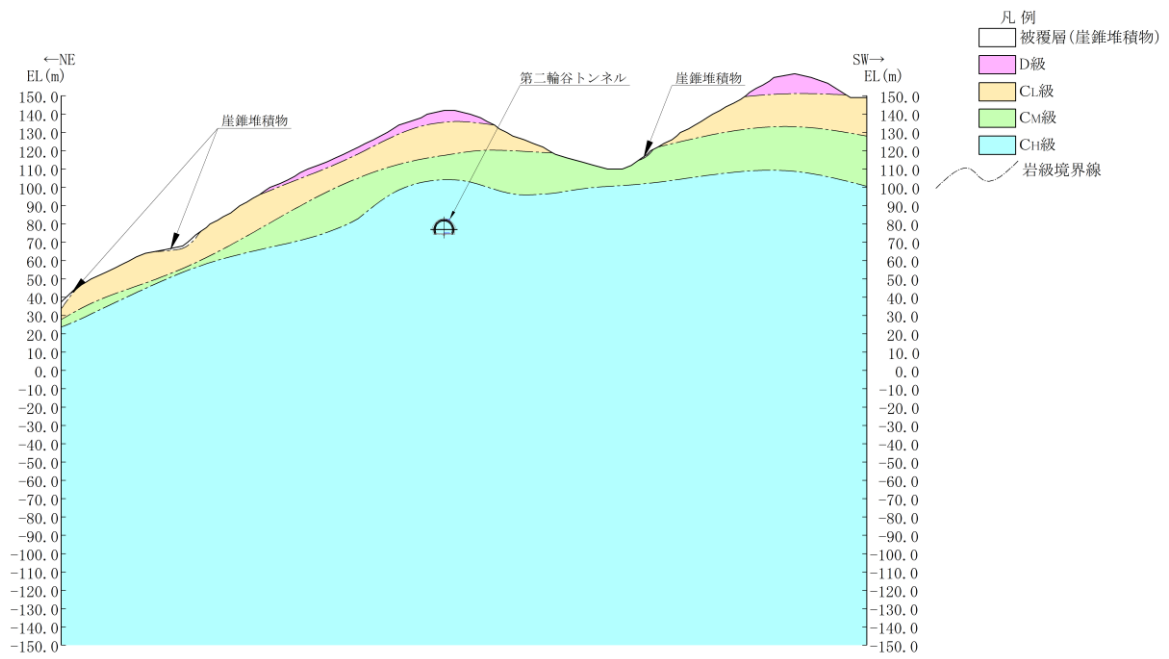
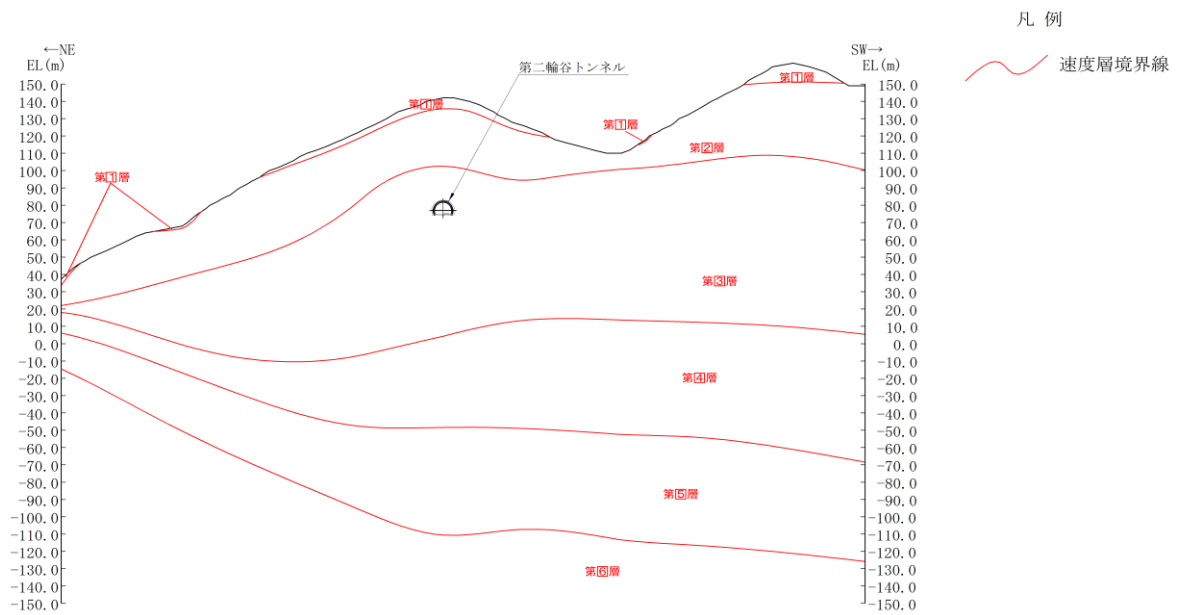


図 7.2.4-6 (1) 評価対象断面図（評価対象断面位置（縦断面））

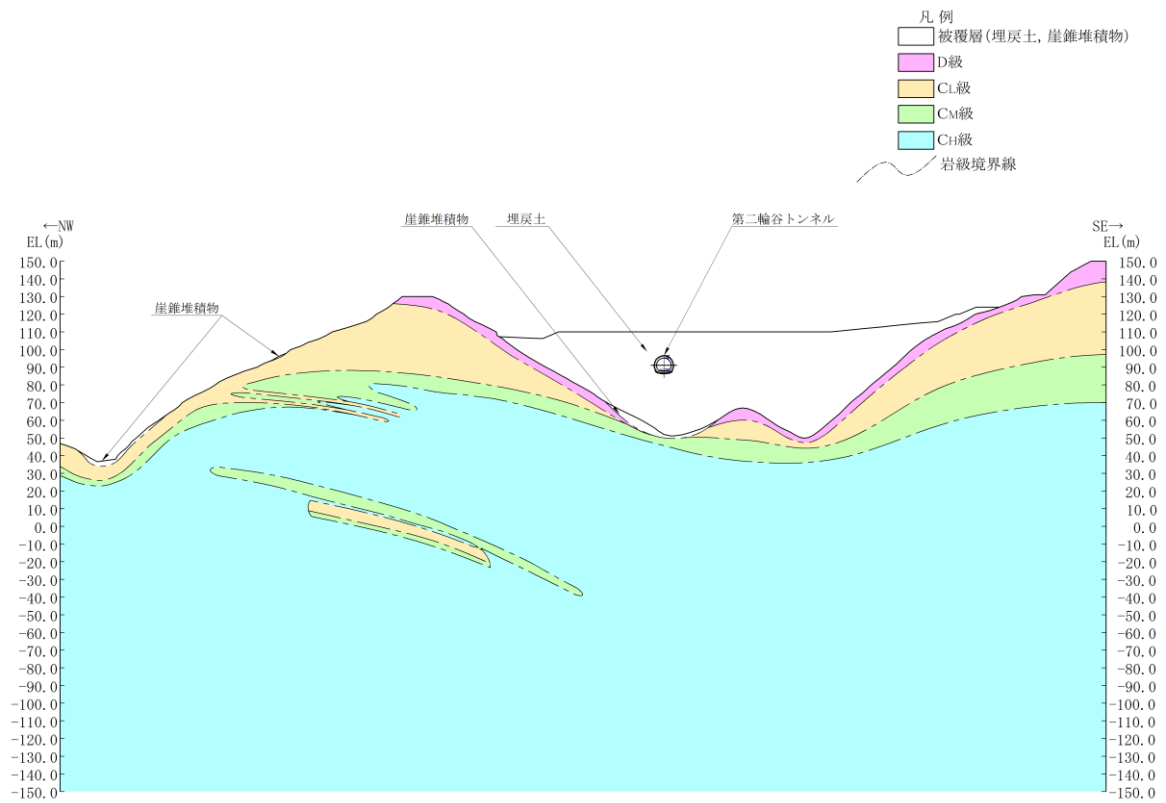


(岩級図)

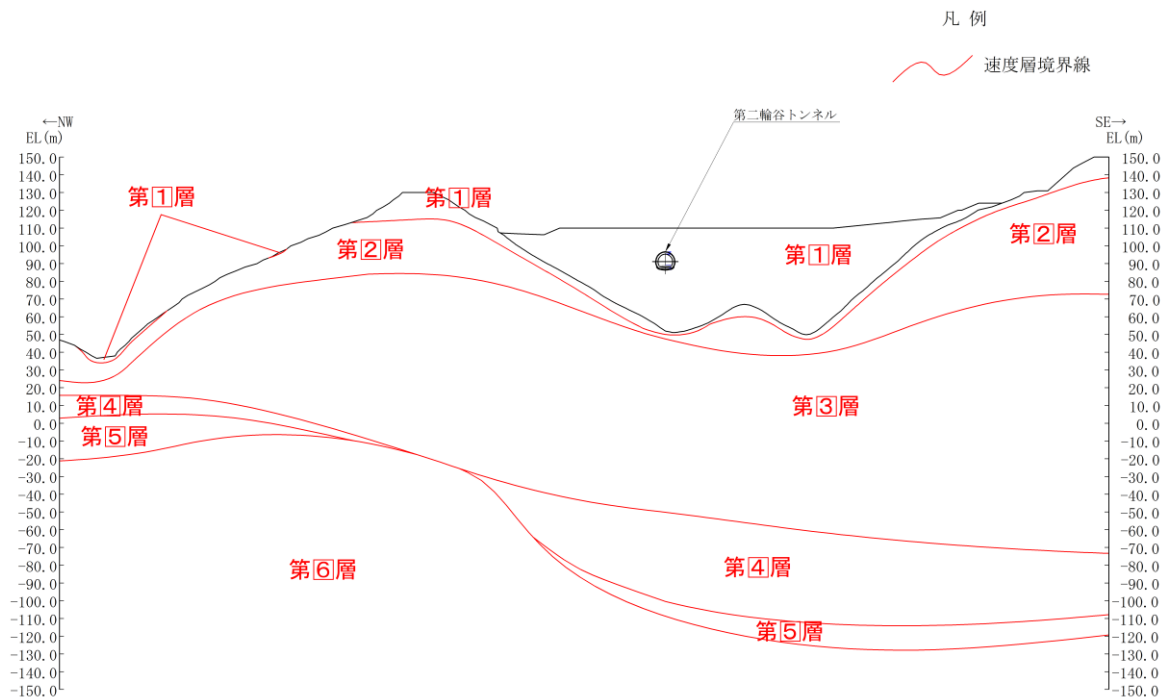


(速度層区分図)

図 7.2.4-6 (2) 評価対象断面図 (A-A断面: トンネル部)



(岩級図)



(速度層区分図)

図 7.2.4-6 (3) 評価対象断面図 (B-B断面: アーチカルバート部)

b. 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表 7.2.4-1 に示す。

表 7.2.4-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>s</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P<sub>s</sub> : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

c. 許容限界

第二輪谷トンネルの耐震評価における許容限界を表 7.2.4-2 に示す。

表 7.2.4-2 第二輪谷トンネルの耐震評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部材	機能維持のための考え方	許容限界
屋外のアクセスルートを確保すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	鉄筋コンクリート	発生する応力が許容限界を超えないことを確認	曲げ耐力
				せん断耐力*1
		発生する残留変形量が通行性に影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	可搬型設備 (車両) が通行可能 : 段差 15cm	
		基礎地盤 (アーチカルバート部)	発生する接地圧が許容限界を超えないことを確認	極限支持力度 2.1N/mm <sup>2</sup> (埋戻土) *2

注記\*1 : 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 (2005年6月土木学会 原子力土木委員会)

\*2 : 各アーチカルバート部における平板載荷試験結果 (平板載荷試験の概略平面位置図を図 7.2.4-7 に示す。)

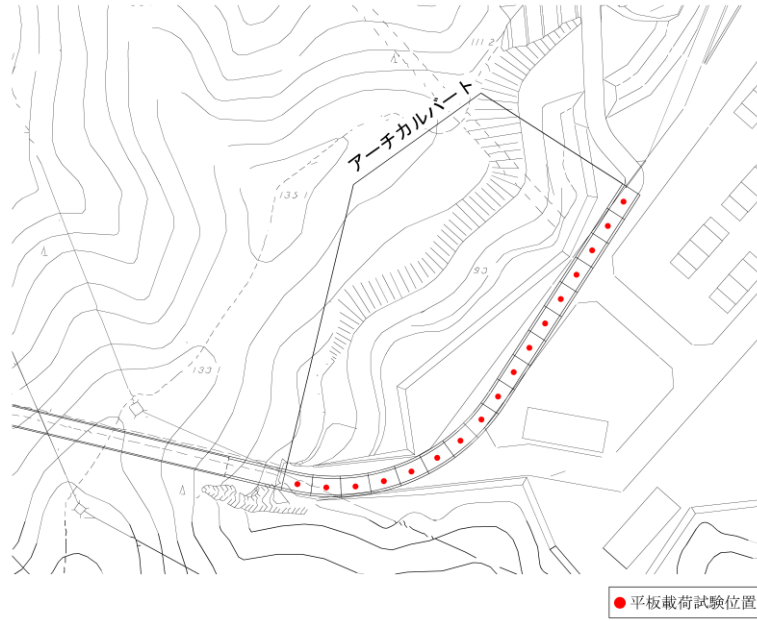


図 7.2.4-7 平板载荷試験の概略平面位置図

d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 7.2.4-3 に、使用材料の物性値を表 7.2.4-4 に示す。

表 7.2.4-3 構造物の使用材料

材 料		仕 様
構造物 (トンネル部)	コンクリート	設計基準強度 30.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
構造物 (アーチカルバート部)	コンクリート	設計基準強度 30.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345

表 7.2.4-4 使用材料の物性値

材 料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.8×10 <sup>4</sup>	24.0	0.2



#### e. 入力地震動及び地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。また、構造物の設置方向を考慮し、方向性を有する基準地震動 ( $S_s - F1$  及び  $F2$ ) は角度補正を実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる 2次元動的有限要素法により、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。地下水位は構造物の底版下端より十分低いことから、解析手法は全応力解析（解析コード「TDAPⅢ」）とする。

構造部材については、非線形はり要素でモデル化することとし、 $M-\phi$  関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、修正武田モデルを適用し、コンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお、アーチカルバート部の解析モデル中の埋戻土の物性値について、適用性の確認結果を参考資料1に示す。

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。当該断面の一部は、浸透流解析の解析領域外の部分であるが、地下水位は浸透流解析モデル境界の分水嶺地点が最も高くなり、分水嶺地点における地下水位は EL 40m 以下であり、構造物下端（約 EL 70m）より十分低く岩盤内となる。また、「2.4.2.3 才津谷土捨場盛土斜面」において、2次元浸透流解析の結果では、才津谷土捨場盛土斜面の地下水位は EL 42m となる。したがって、耐震評価においては地下水を考慮しない。なお、才津谷土捨場盛土斜面の直下に位置する沢筋には、暗渠排水管を設置しており、地下水位の上昇を抑制している。

地震応答解析モデル範囲については、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人日本電気協会 電気技術基準調査委員会）」を参考に、モデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の 1.5 倍～2 倍以上とする。また、地形による影響を確認するため、山頂が解析モデル範囲に含まれるよう設定した。

第二輪谷トンネル（トンネル部）の解析モデルを図 7.2.4-8 に、第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）の解析モデルを図 7.2.4-9 に示す。

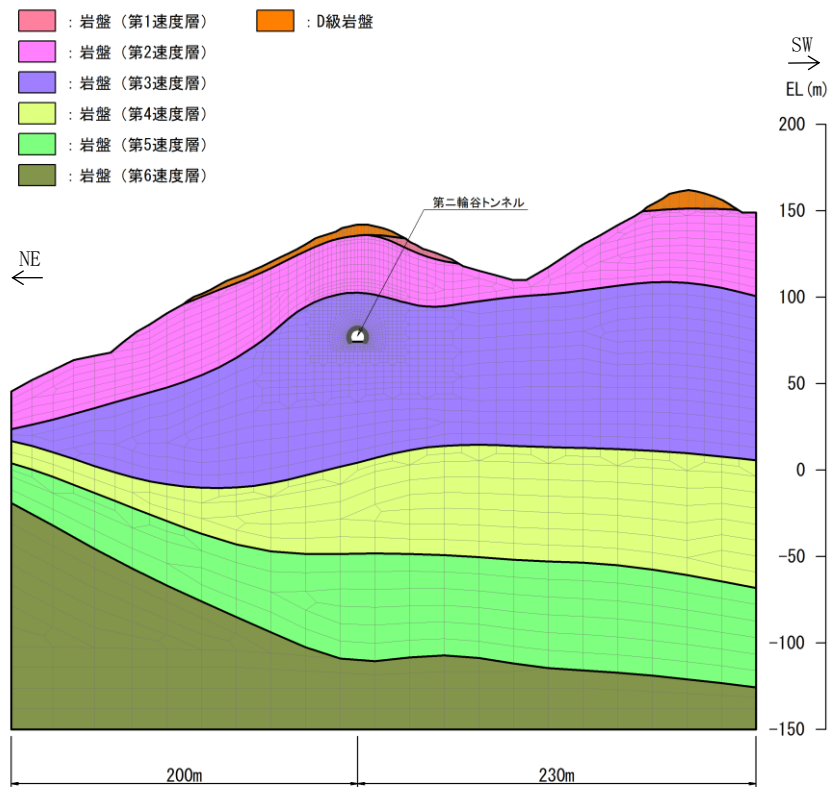


図 7. 2. 4-8 第二輪谷トンネル (トンネル部) の解析モデル

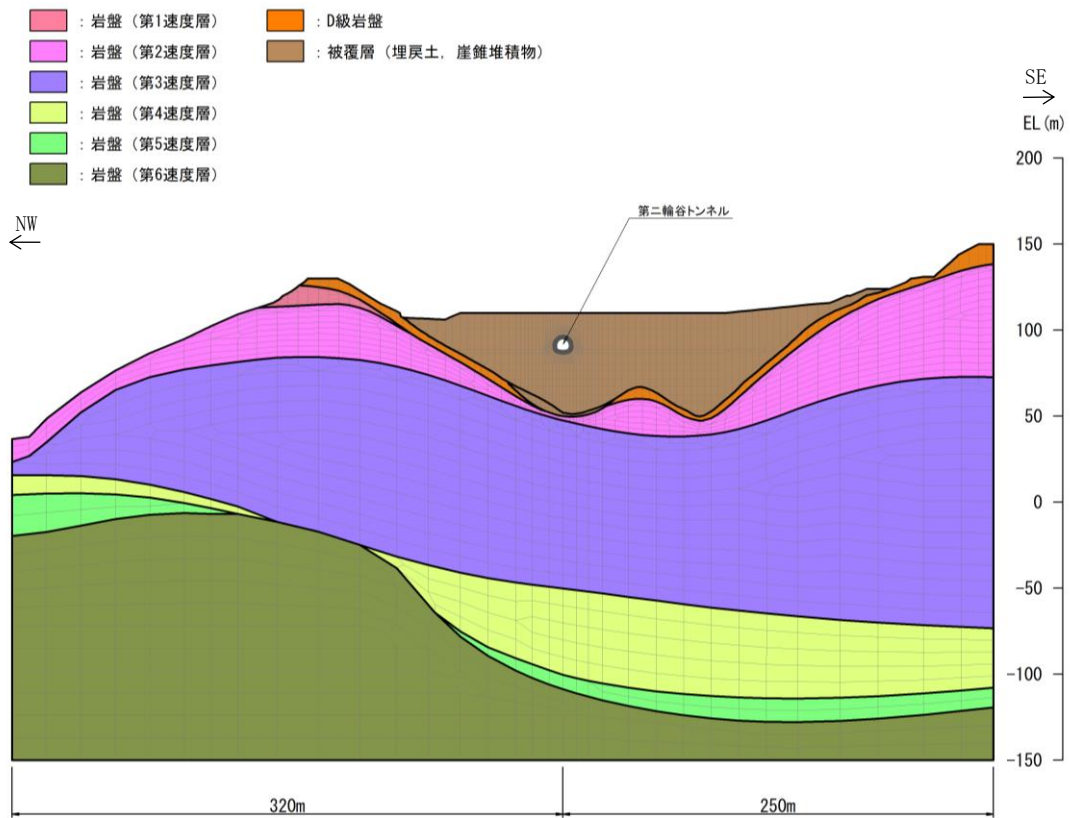


図 7.2.4-9 第二輪谷トンネル (アーチカルバート部) の解析モデル

#### (4) 評価方法

評価対象部材の耐震評価は、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査を行う。併せて、残留変形量に対する評価を行い、許容限界以下であることを確認する。

#### (5) 評価結果

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 7.2.4-5 に、照査値最大時の断面力図を図 7.2.4-10 に示す。せん断破壊に対する最大照査値を表 7.2.4-6 に、照査値最大時の断面力図を図 7.2.4-11 に示す。曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査値が許容限界以下であることを確認した。

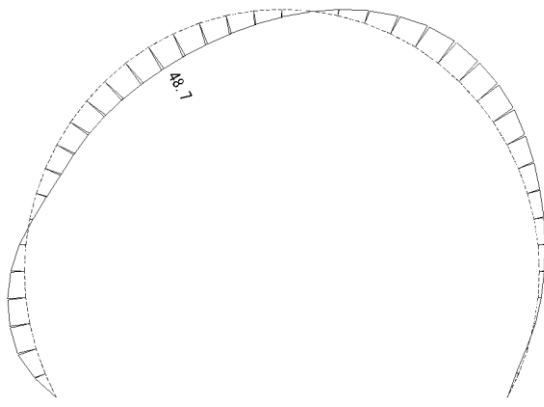
また、残留変形図を図 7.2.4-12 に示す。トンネル部における鉛直変形量は約 0.3cm、アーチカルバート部における鉛直変形量は約 0.7cm であり、可搬型設備（車両）の通行に支障をきたす段差（15cm）は発生しないことを確認した。なお、鉛直変形量が、各カルバートにおいて発生するものと仮定した場合も、鉛直変形量は約 1.4cm であり、可搬型設備（車両）の通行に支障をきたす段差（15cm）は発生しないことを確認した。

アーチカルバート部の基礎地盤の支持性能評価結果を表 7.2.4-7 に示す。基礎地盤は、基準地震動  $S_s$  に対し、支持性能を有することを確認した。

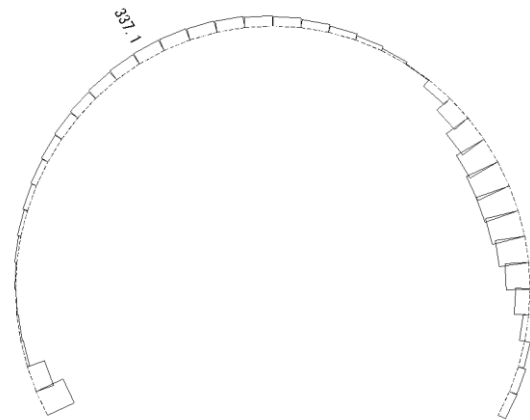
表 7.2.4-5(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (トンネル部)

部位	地震動	照査用 曲げモーメント $M_d^*$ (kN・m)	軸力 (kN)	終局曲げ モーメント $M_u^*$ (kN・m)	照査値 $M_d/M_u$
トンネル部	S s - N 1	-51	-354	-233	0.22

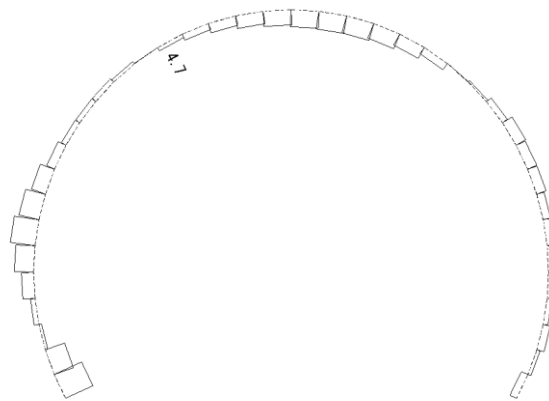
注記\* : 照査用曲げモーメント $M_d$  = 発生曲げモーメント $M$  × 構造解析係数  $\gamma_a$  (=1.05)



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN)



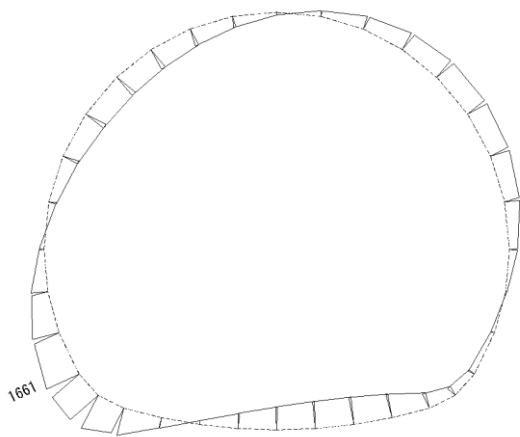
(c) せん断力 (kN)

図 7.2.4-10(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力図  
(トンネル部, S s - N 1)

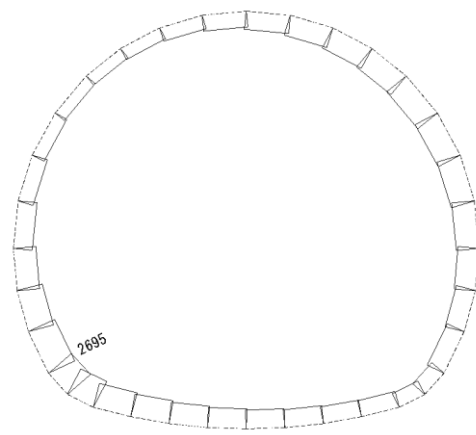
表 7.2.4-5(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (アーチカルバート部)

部位	地震動	照査用 曲げモーメント $M_d^*$ (kN・m)	軸力 (kN)	終局曲げ モーメント $M_u^*$ (kN・m)	照査値 $M_d/M_u$
アーチカルバート部	S s - N 1	1744	2829	2927	0.60

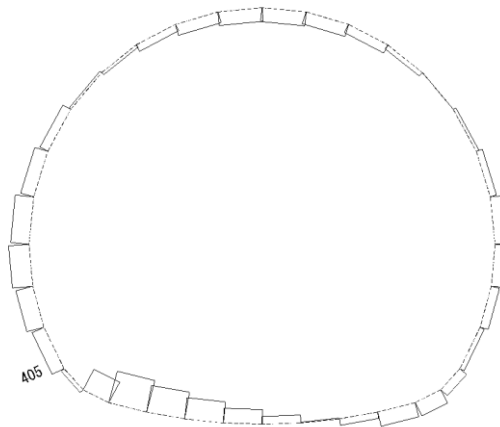
注記\* : 照査用曲げモーメント $M_d =$ 発生曲げモーメント $M \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN)



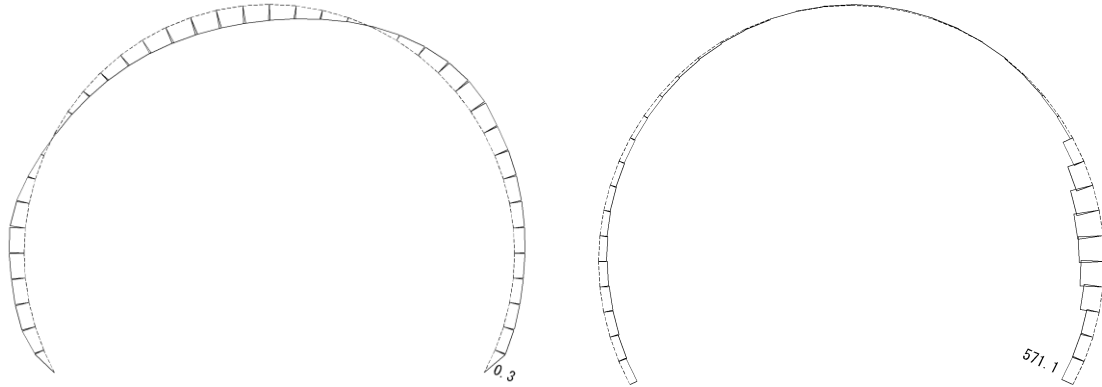
(c) せん断力 (kN)

図 7.2.4-10(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力図 (アーチカルバート部, S s - N 1)

表 7.2.4-6(1) せん断破壊に対する最大照査値（トンネル部）

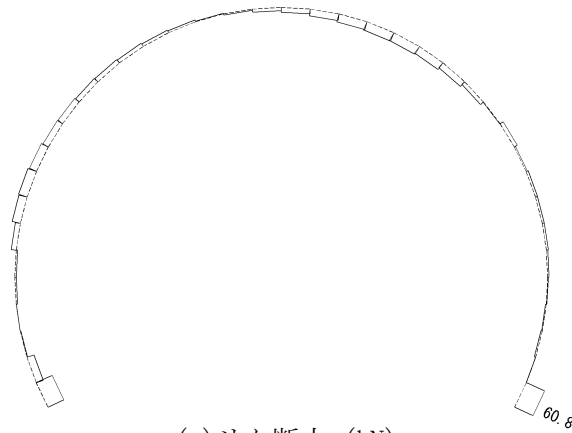
地震動	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
S s - N 1	64	649	0.10

注記\*：照査用せん断力 $V_d$ =発生せん断力 $V$ ×構造解析係数 $\gamma_a$ (=1.05)



(a) 曲げモーメント (kN・m)

(b) 軸力 (kN)



(c) せん断力 (kN)

図 7.2.4-11(1) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図（トンネル部，S s - N 1）

表 7.2.4-6(2) せん断破壊に対する最大照査値 (アーチカルバート部)

地震動	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
S s - D	1434	3851	0.38

注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$

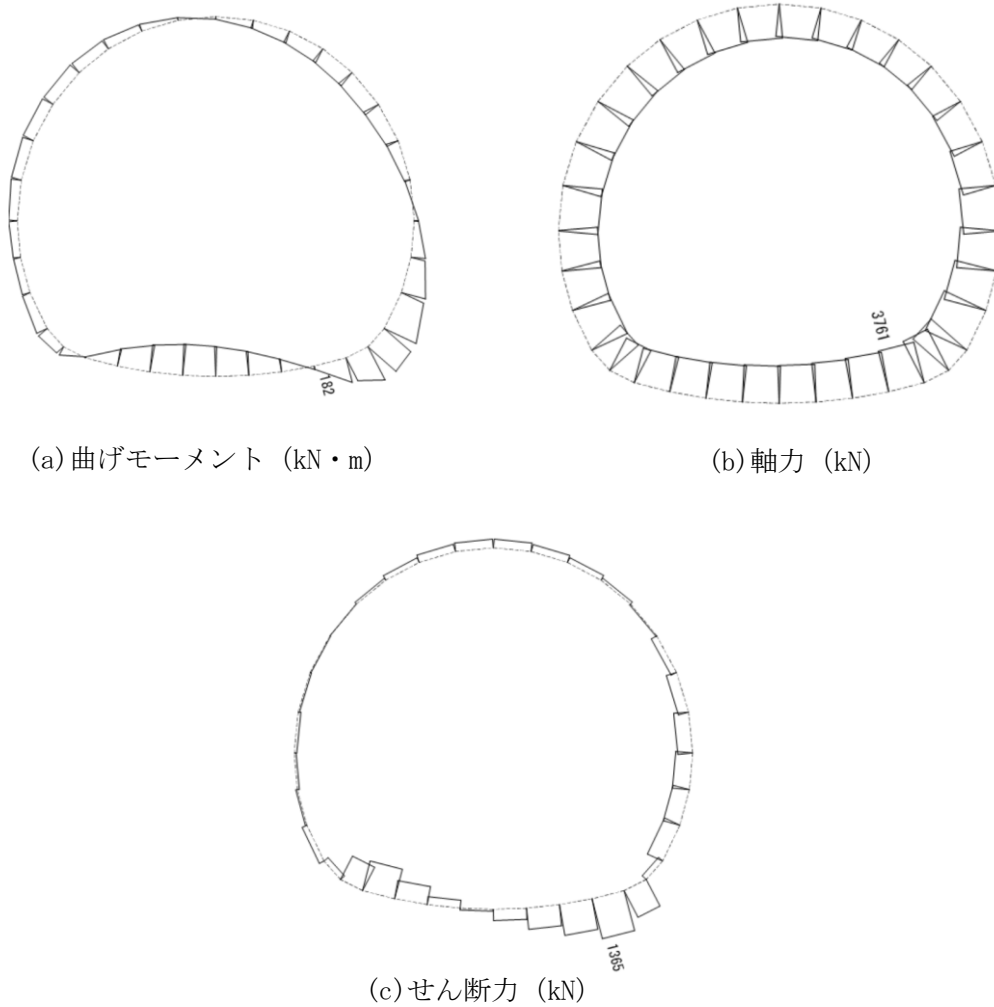


図 7.2.4-11 (2) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図  
(アーチカルバート部, S s - D)



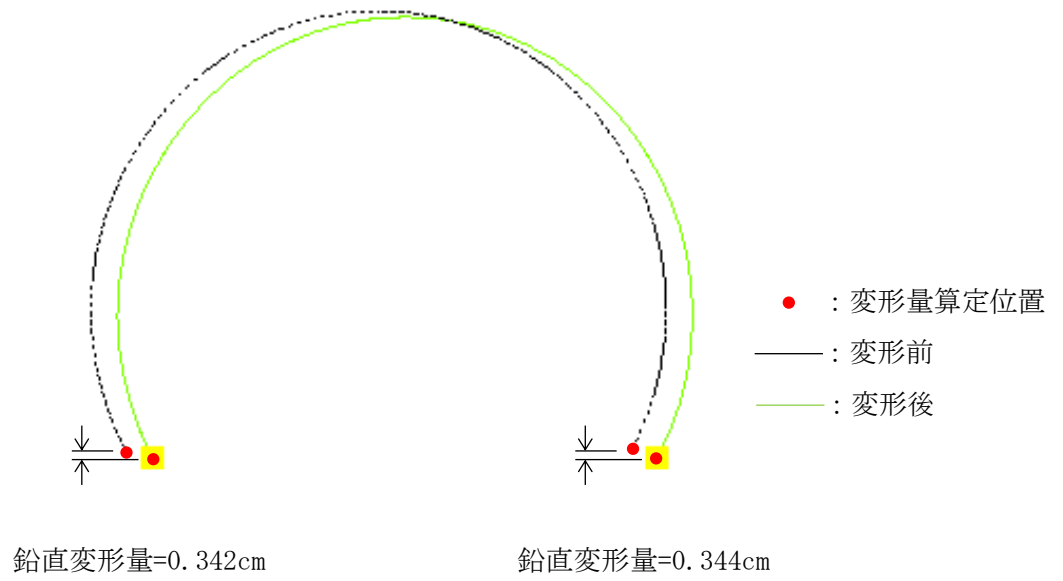


図 7.2.4-12(1) 残留変形図 (トンネル部)

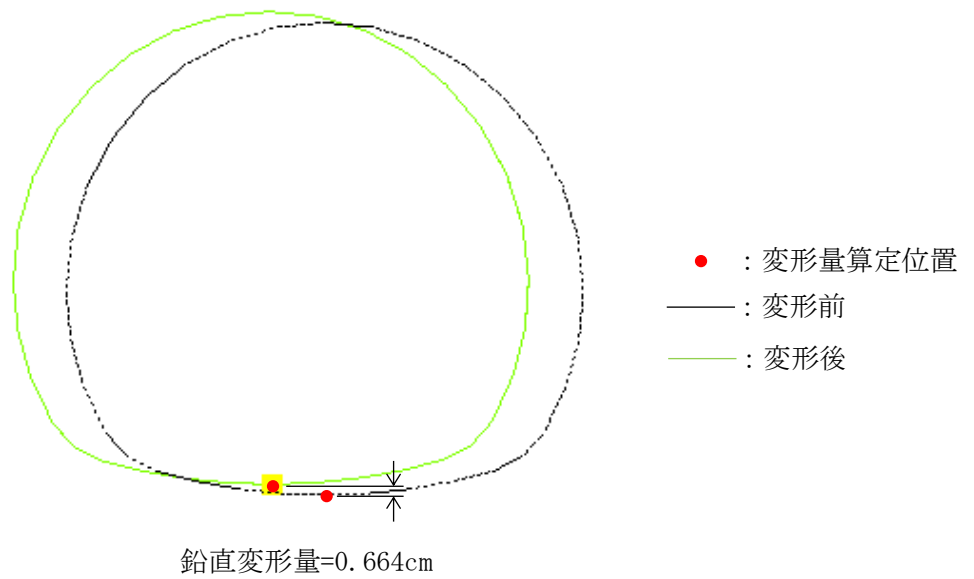


図 7.2.4-12 (2) 残留変形図 (アーチカルバート部)

表 7.2.4-7 基礎地盤の支持性能評価結果

部位	地震動	最大接地圧 $R_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
アーチカル バート部	S s - F 1	1.9	2.1	0.91

参考資料1 第二輪谷トンネルの耐震評価に用いる埋戻土の物性値の適用性について

1. 概要

第二輪谷トンネルの耐震評価に用いる埋戻土の物性値の適用性について、施工方法及び使用材料の観点から確認する。

第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）の解析モデル作成位置の地質断面図（岩相）を図1に示す。

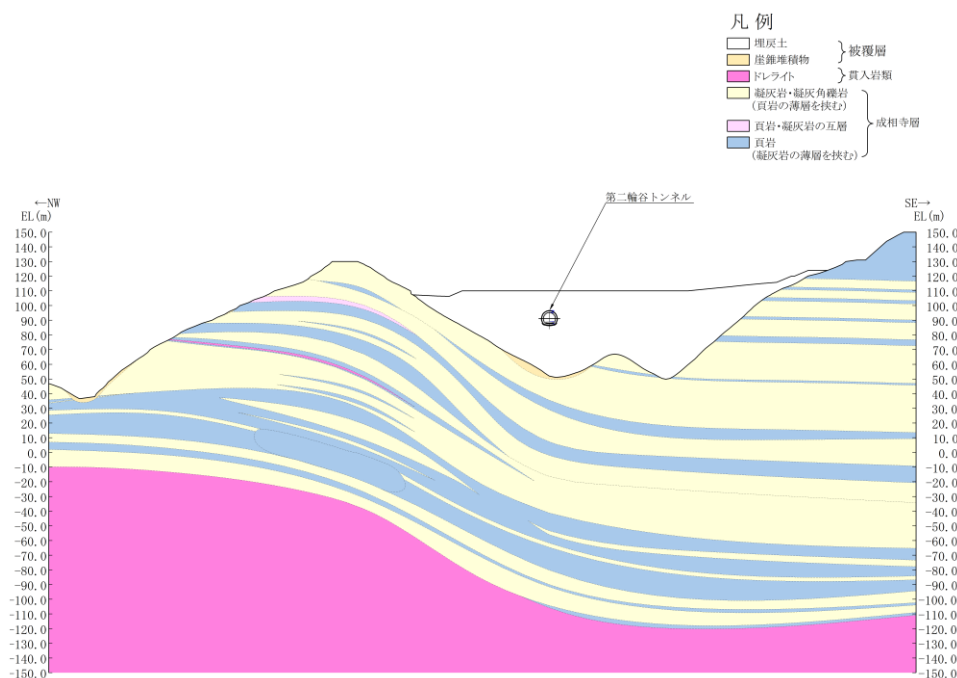


図1 地質断面図（岩相）

2. 施工方法

建設時の造成工事で実施した2号機、3号機及び第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）の埋戻土の施工方法（使用機械、撒き出し厚及び転圧回数）の比較を表1に示す。第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）の施工方法は、発電所構内（2号機及び3号機）における施工方法と概ね同等であることを確認した。

表1 施工方法の比較

施工場所		2号機	3号機	第二輪谷トンネル アーチカルバート部
施工 方法	使用機械	振動ローラー (10t~20t)	振動ローラー (11.4t)	振動ローラー (11.4t 及び 20t)
	撒き出し厚	1m 以下	0.5m 以下	1m 以下
	転圧回数	4~6 回	6 回	4~6 回

### 3. 使用材料

島根原子力発電所の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成される。

第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）は、主に3号機エリアの掘削に伴い発生した掘削ズリにより盛土を行った。

埋立及び盛土範囲の概念図を図2に示す。

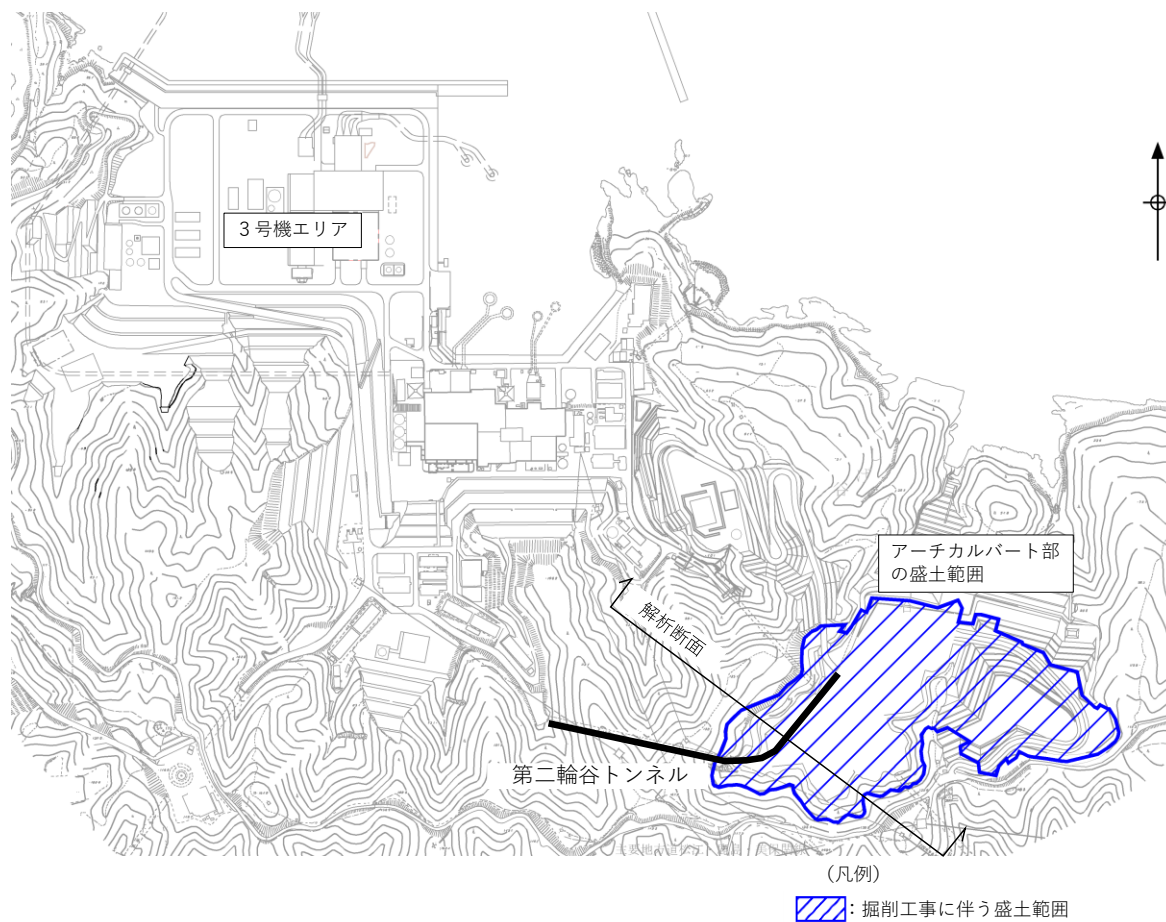


図2 埋立及び盛土範囲の概念図

#### 4. まとめ

第二輪谷トンネル（アーチカルバート部）の埋戻土の施工方法及び使用材料から比較した結果、第二輪谷トンネルの耐震評価において、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載している埋戻土の物性値を適用することは妥当であることを確認した。

## 7.2.5 連絡通路の耐震性評価

### (1) 概要

連絡通路は、土石流が発生した場合でも、緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに要員が移動できるよう、土石流の影響を受けないアクセスルート（要員）を管理事務所2号館南東の位置に確保するために設置する。本設備について、基準地震動 $S_s$ による地震動に対して耐震評価を実施し、屋外アクセスルートの通行性を確認する。島根原子力発電所構内の土石流危険区域を図7.2.5-1に示す。

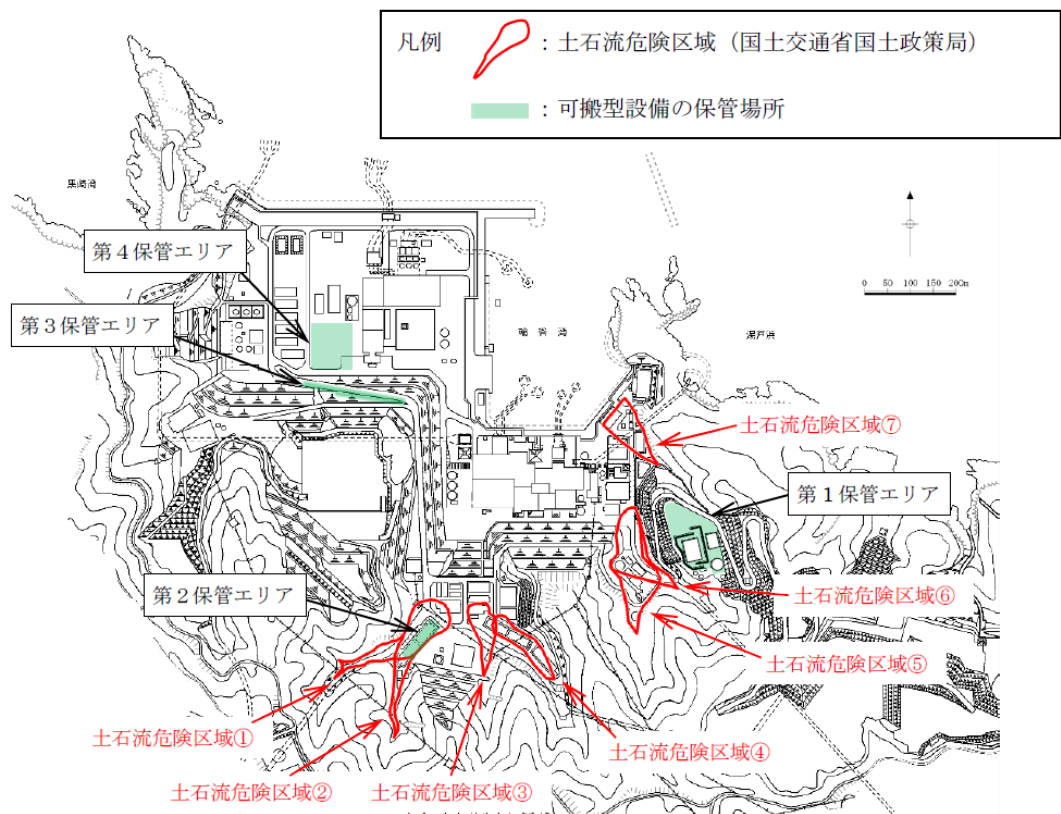


図 7.2.5-1 土石流危険区域

(2) 基本方針

a. 位置

連絡通路の位置を図 7.2.5-2 に示す。

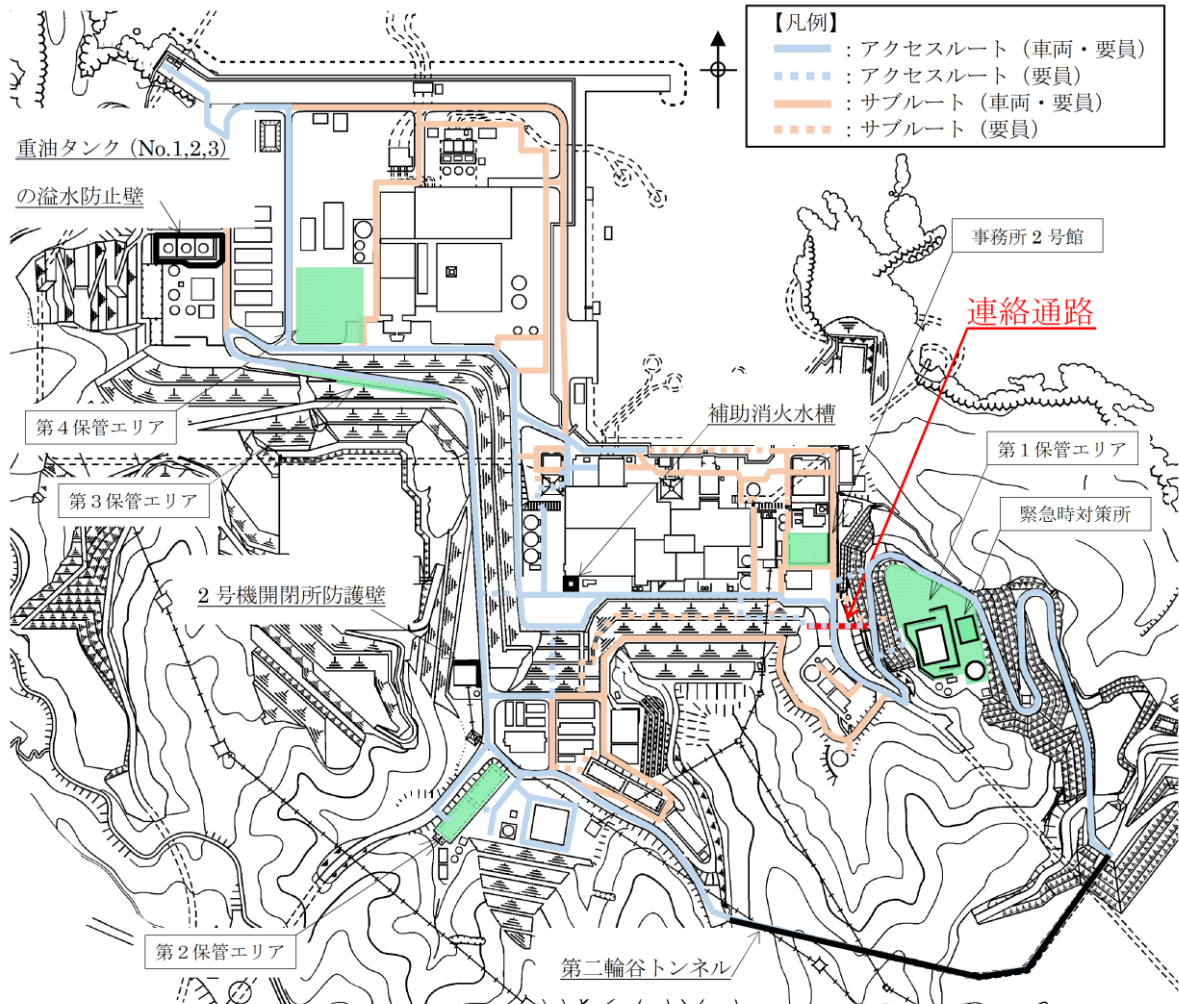


図 7.2.5-2 連絡通路の設置位置

b. 構造概要

連絡通路は、幅約 2m、高さ約 2.3m、延長約 86m の鉄筋コンクリート造で構成された地中及び地上構造物であり、東西両端部には、地上に要員の出入口となるペントハウスを設置している。斜面部（ペントハウスを含む）では岩盤に直接、平坦部では改良地盤を介して岩盤に設置されている。

連絡通路の概略平面図を図 7.2.5-3 に、概略断面図を図 7.2.5-4 に、ペントハウスの概略断面図を図 7.2.5-5 に示す。概略配筋図を図 7.2.5-6 に示す。

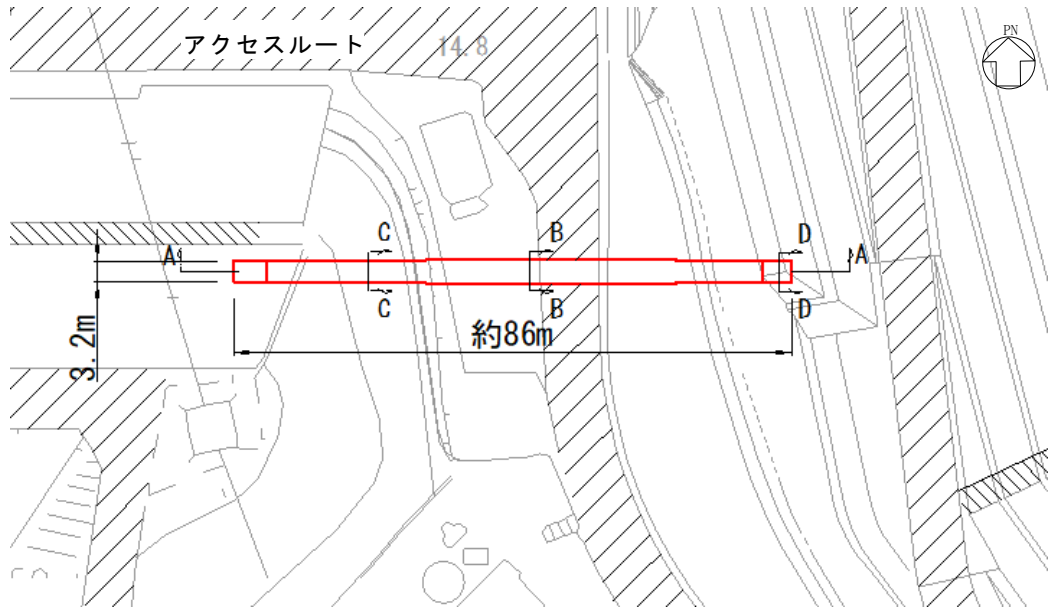
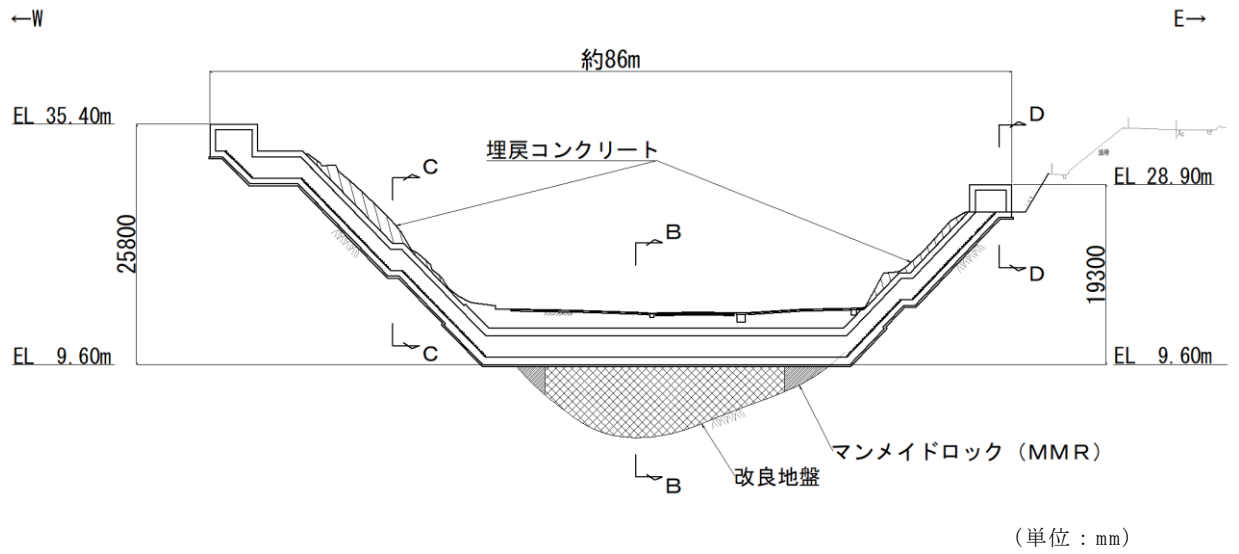


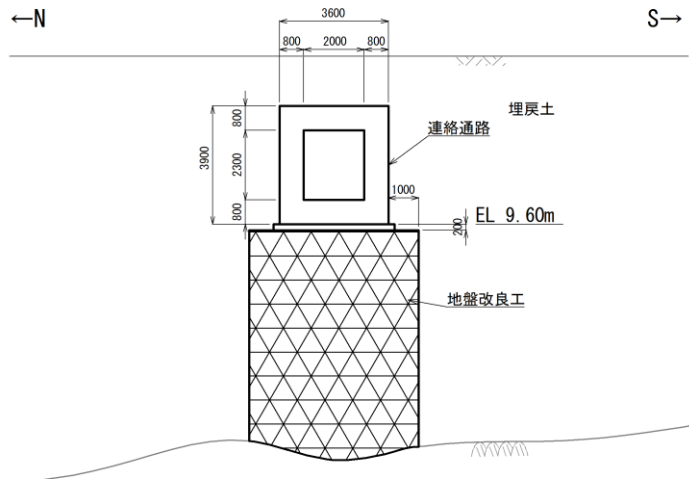
図 7.2.5-3 連絡通路の概略平面図



(A-A断面)

図 7.2.5-4(1) 連絡通路の概略断面図

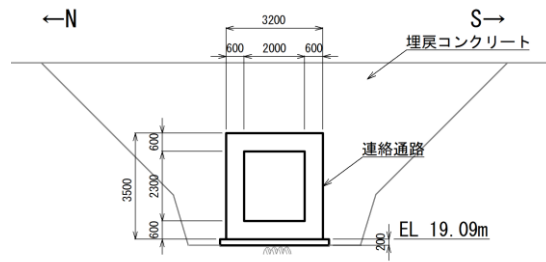




(単位：mm)

(平坦部：B-B断面)

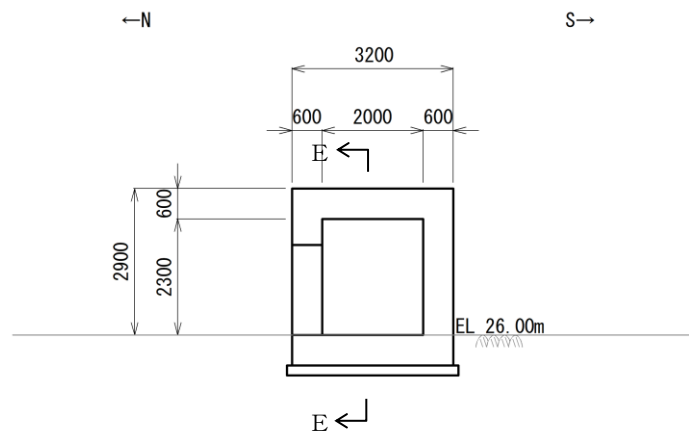
図 7.2.5-4(2) 連絡通路の概略断面図



(単位：mm)

(斜面部：C-C断面)

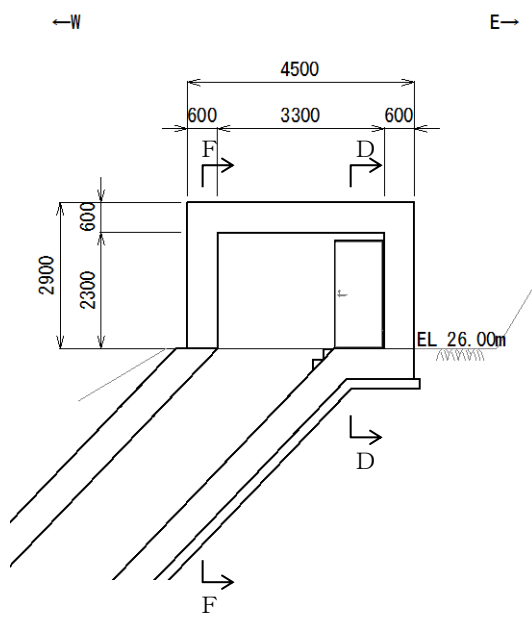
図 7.2.5-4(3) 連絡通路の概略断面図



(単位：mm)

(D-D断面)

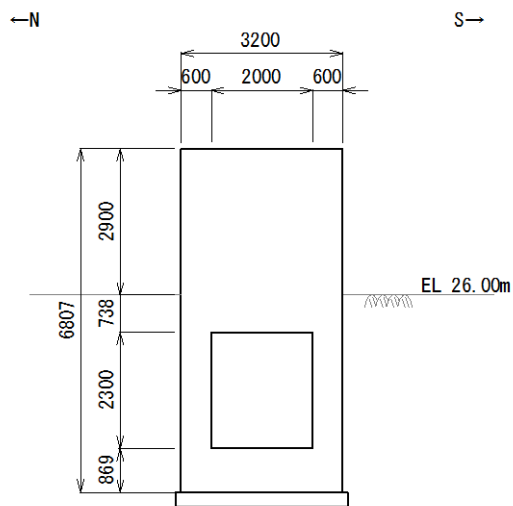
図 7.2.5-5(1) ペントハウスの概略断面図



(単位 : mm)

(E-E断面)

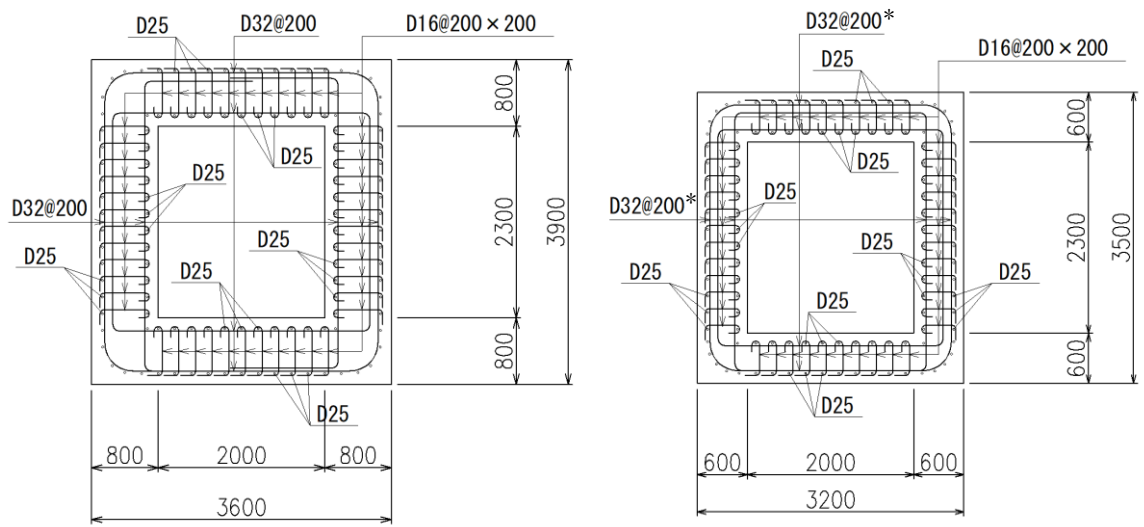
図 7.2.5-5(2) ペントハウスの概略断面図



(単位 : mm)

(評価対象断面 : F-F断面)

図 7.2.5-5(3) ペントハウスの概略断面図



(単位：mm)

注記\*：ペントハウスはD25

(平坦部)

(斜面部)

図 7.2.5-6 連絡通路の概略配筋図

c. 評価方針

連絡通路の耐震評価は、基準地震動  $S_s$ （6波）による地震力に対してアクセスルートの確保を確認するため、構造部材の健全性評価及びアクセスルートの通行性に影響を及ぼさないための確認として残留変形量の評価を実施する。

連絡通路の耐震評価フローを図 7.2.5-7 に示す。

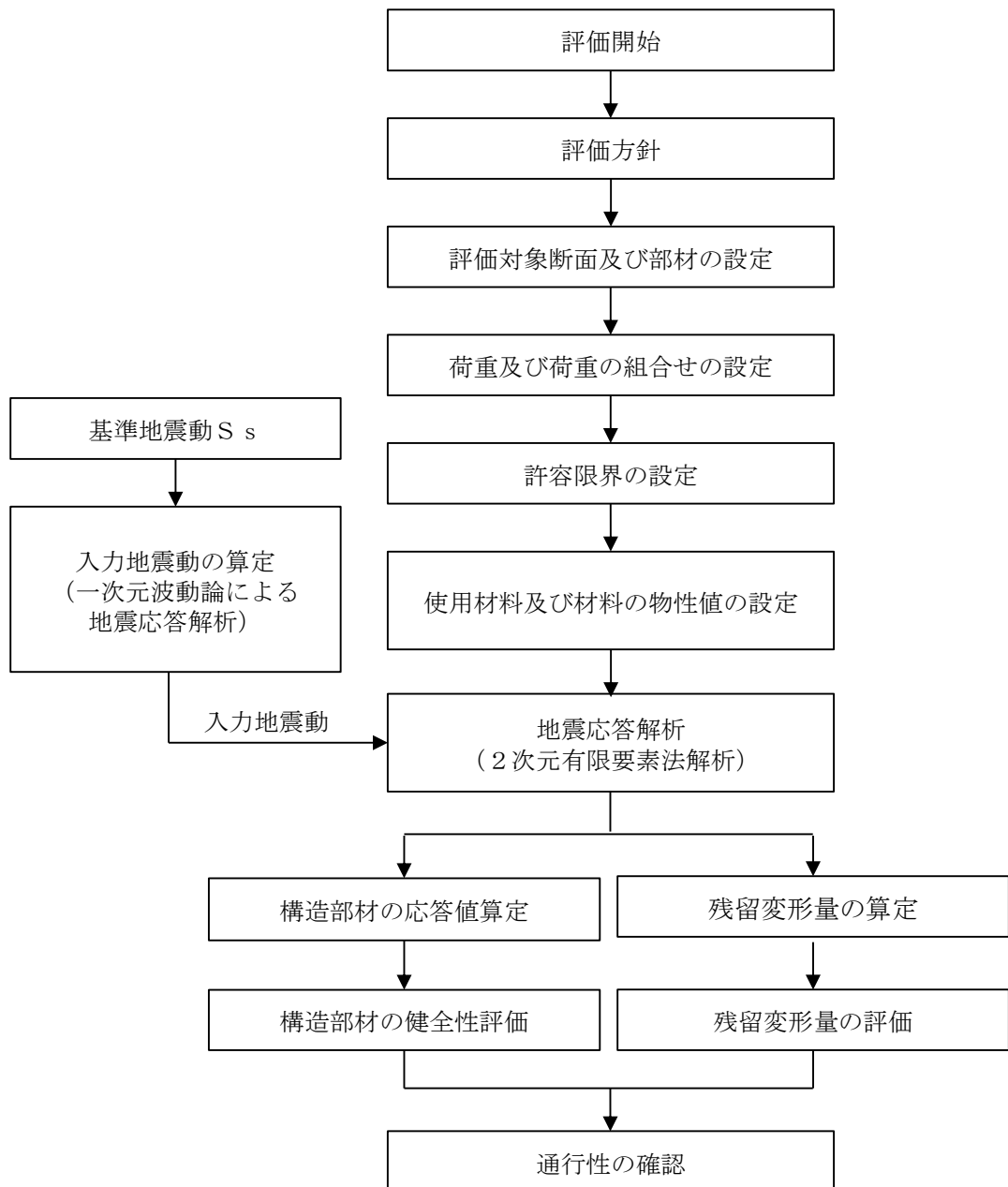


図 7.2.5-7 連絡通路の耐震評価フロー

(3) 耐震評価

a. 評価対象断面及び部材の設定

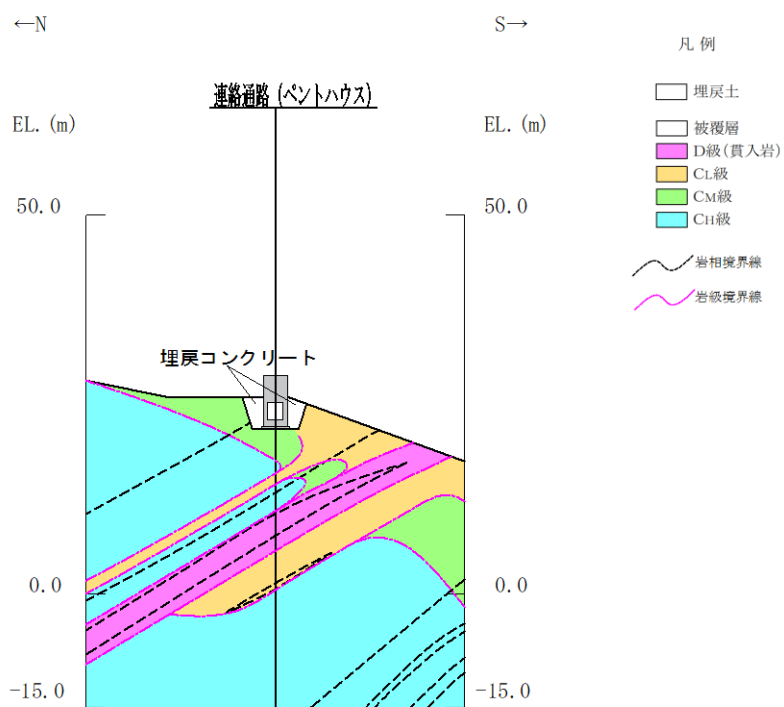
評価対象断面は、構造の安定性に支配的な弱軸方向である横断方向（軸方向に対して直交する断面）とし、平坦部及び斜面部それぞれから選定する。

斜面部については、東側斜面部は第2速度層が分布し、西側斜面部は第3速度層が主に分布しており、第2速度層が分布する東側斜面部において地震時の応答値がより大きくなると考えられることから、東側斜面部から評価対象断面を抽出する。東側斜面部のうち、構造物の内空面積が最も大きくなるペントハウス境界部を評価対象断面とする。

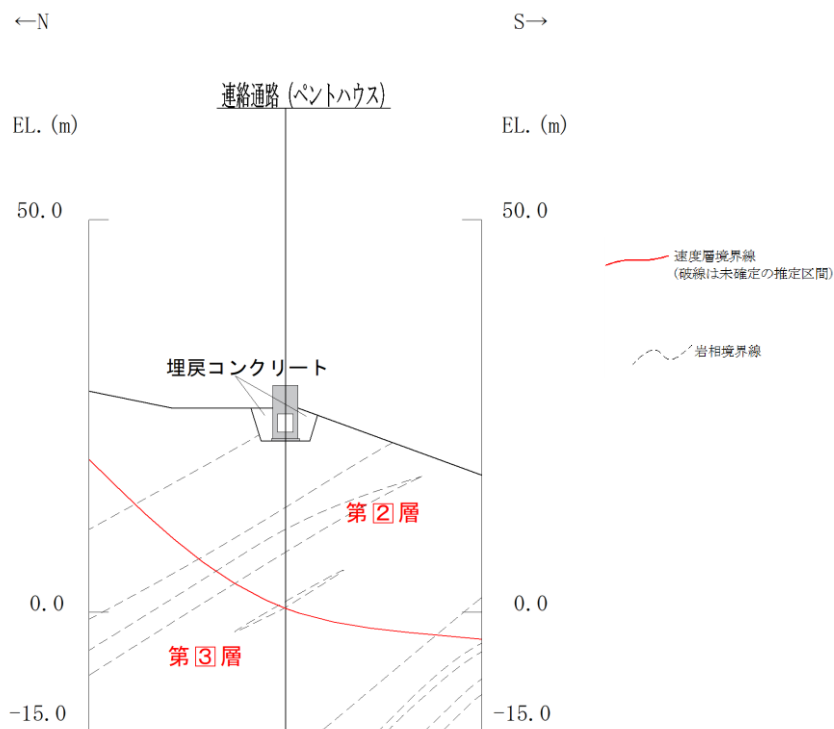
平坦部については、地盤の応答の影響を最も受けると考えられる改良地盤厚さ最大部を評価対象断面とする。

評価対象部材は、要員のアクセスルート確保の観点から頂版、側壁及び底版とする。

連絡通路の評価対象断面図を図7.2.5-8に示す。



(岩級図)



(速度層区分図)

図 7.2.5-8(1) 評価対象断面図 (斜面部)

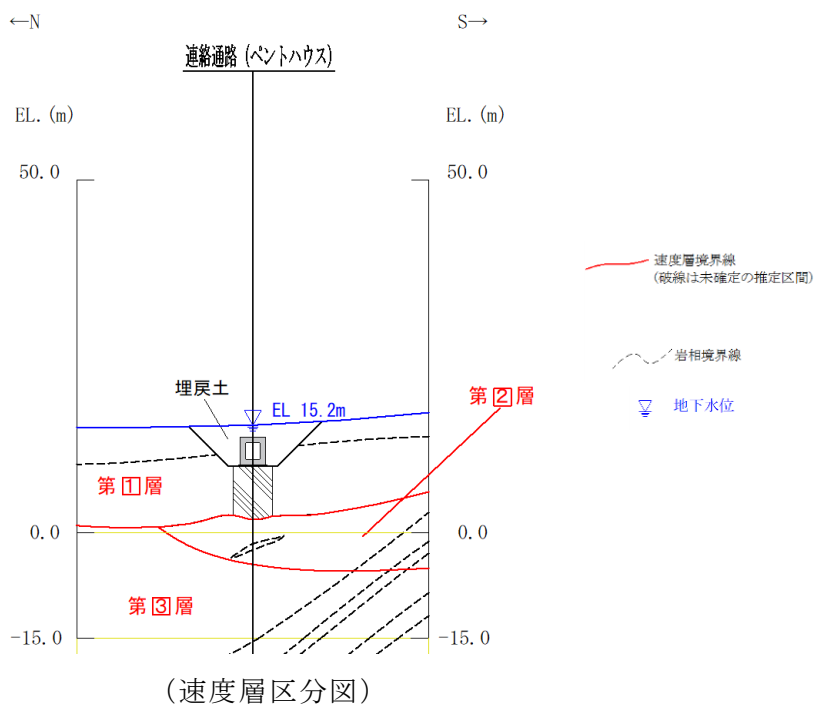
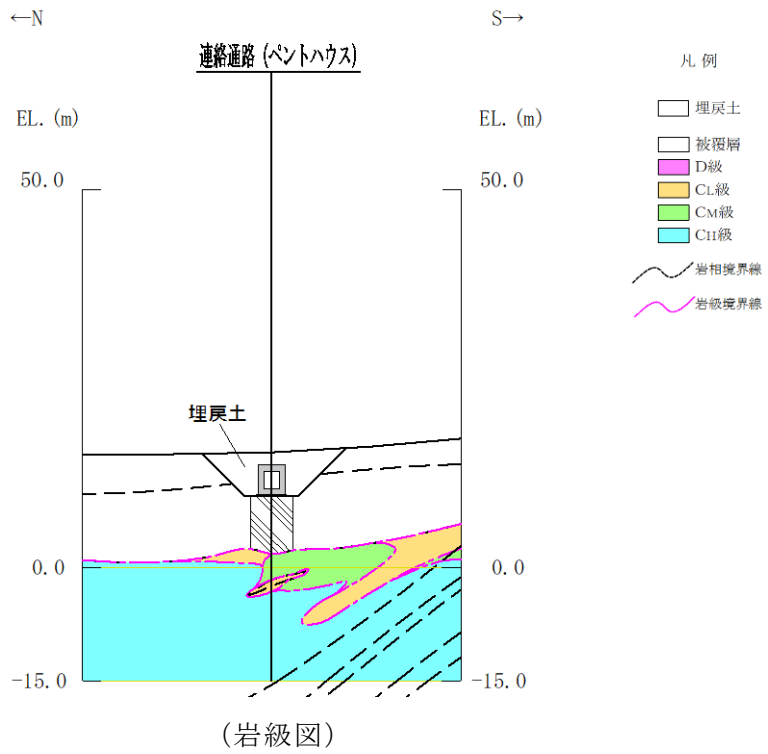


図 7. 2. 5-8 (2) 評価対象断面図 (平坦部)

b. 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表7.2.5-1に、土石流堆積荷重の概念図を図7.2.5-9に示す。

表7.2.5-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>s</sub> + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub> + P <sub>Ed</sub>

G : 固定荷重

P<sub>s</sub> : 積雪荷重

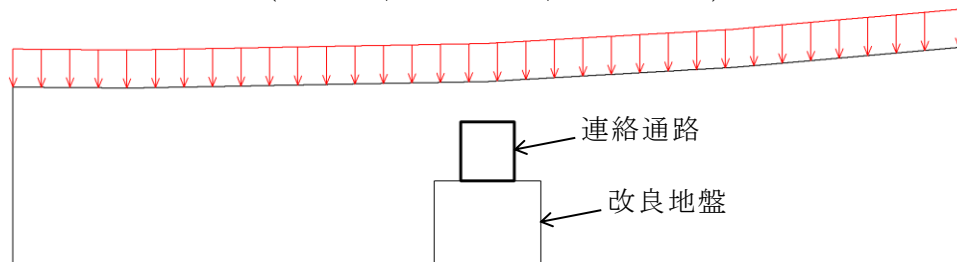
P<sub>k</sub> : 風荷重 (斜面部のみ考慮する。)

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

P<sub>Ed</sub> : 土石流堆積荷重 (平坦部のみ考慮する。)

土石流堆積荷重

$$(17.28\text{kN/m}^2 = 15.29\text{kN/m}^3 \times 1.13\text{m}^*)$$



注記\* : NS2-補-018-01「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料」に示される土石流危険区域⑤及び⑥から同時に流出した土石流が堆積するものとして、土砂の堆積高さを算出

図7.2.5-9 土石流堆積荷重の概念図



c. 許容限界

連絡通路の評価における許容限界を表 7.2.5-2 に示す。

表 7.2.5-2 連絡通路の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部材	機能維持のための考え方	許容限界
屋外のアクセスルートを確保すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	頂版, 側壁及び 底版	発生するひずみ, 層間変形角及び応力 が許容限界を超えないことを確認	(斜面部) 圧縮縁コンクリートひずみ 1.0% (10000 $\mu$ ) (平坦部) 層間変形角 1/100
				せん断耐力*
		連絡通路	発生する残留変形量が通行性に影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	要員が通行可能

注記\* : 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 (2005年6月 土木学会 原子力土木委員会)

評価対象部材のせん断力に対する許容限界

棒部材式

$$V_{y d} = V_{c d} + V_{s d}$$

ここで、 $V_{y d}$  : せん断耐力

$V_{c d}$  : コンクリートが分担するせん断耐力

$V_{s d}$  : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{v c d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{v c d} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{c d}} \quad \text{ただし、} f_{v c d} > 0.72 (\text{N/mm}^2) \quad \text{となる場合は}$$

$$f_{v c d} = 0.72 (\text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d [\text{m}]) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \quad \text{となる場合は} \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \quad \text{となる場合は} \beta_p = 1.5$$

$$\begin{aligned} \beta_n &= 1 + M_o / M_d \quad (N_d \geq 0) & \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \quad \text{となる場合は} \beta_n = 2.0 \\ &= 1 + 2M_o / M_d \quad (N_d < 0) & \text{ただし、} \beta_n < 0 \quad \text{となる場合は} \beta_n = 0 \end{aligned}$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{保守的に} \beta_a = 1.0 \quad \text{とする。}$$

ここで、 $f'_{c d}$  : コンクリート圧縮強度の設計用値 ( $\text{N/mm}^2$ ) で設計基準強度  $f'_{c k}$  を材料係数  $\gamma_{m c}$  除したもの

$$p_v : \text{引張鉄筋比} \quad p_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

$A_s$  : 引張側鋼材の断面積

$b_w$  : 部材の有効幅

$d$  : 部材の有効高さ

$N'_d$  : 設計軸圧縮力

$M_d$  : 設計曲げモーメント

$M_o$  :  $M_d$  に対する引張縁において、軸力方向によって発生する応力を打ち消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)  $M_o = N'_d \cdot D / 6$

$D$  : 断面高さ

$a/d$  : せん断スパン比

$\gamma_{b c}$  : 部材係数

$\gamma_{m c}$  : 材料係数

$$V_{s d} = \left\{ A_w f_{w y d} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \right\} z / \gamma_{b s}$$

- ここで、 $A_w$  : 区間  $s$  におけるせん断補強鉄筋の総断面積  
 $f_{w y d}$  : せん断補強鉄筋の降伏強度を  $\gamma_{m s}$  で除したもので、 $400\text{N}/\text{mm}^2$  以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値  $f'_{ck}$  が  $60\text{N}/\text{mm}^2$  以上のときは  $800\text{N}/\text{mm}^2$  以下とする。  
 $\alpha$  : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度  
 $s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔  
 $z$  : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で  $d/1.15$  とする。  
 $\gamma_{b s}$  : 部材係数  
 $\gamma_{m s}$  : 材料係数

d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 7.2.5-3 に、使用材料の物性値を表 7.2.5-4 に示す。

表 7.2.5-3 使用材料

種 類	仕 様
鉄筋	SD345
コンクリート	設計基準強度 $f'_{ck}=24.0 (\text{kN}/\text{m}^2)$

表 7.2.5-4 材料の物性値

材料	ヤング係数 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	$2.50 \times 10^4$	24.0	0.2

e. 入力地震動及び地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法により、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。斜面部は、地下水位が構造物の底版下端より十分低いことから、解析手法は全応力解析（解析コード「TDA P III」）とする。平坦部は、地下水位以が高いことから、解析手法は有効応力解析（解析コード「FLIP」）とする。

斜面部は、構造部材については、ファイバーモデルでモデル化する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。D級岩盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正GHEモデル）を用いて非線形性を考慮する。解析モデルを図7.2.5-10に示す。なお、ペントハウスの面内壁については、保守的にモデル化しない。

平坦部は、構造部材については、非線形はり要素でモデル化することとし、 $M-\phi$  関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、修正武田モデルを適用し、コンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。構造物直下の地盤改良はMMRとしてモデル化する。また、埋戻土及び砂礫層は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。解析モデルを図7.2.5-10に示す。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、斜面部は、地下水位が構造物下端より十分低いため考慮しない。また、平坦部の設計地下水位は地表面に設定する。

- : 岩盤 (第2速度層)
- : D級岩盤
- : 構造物
- : 岩盤 (第3速度層)
- : 置換コンクリート

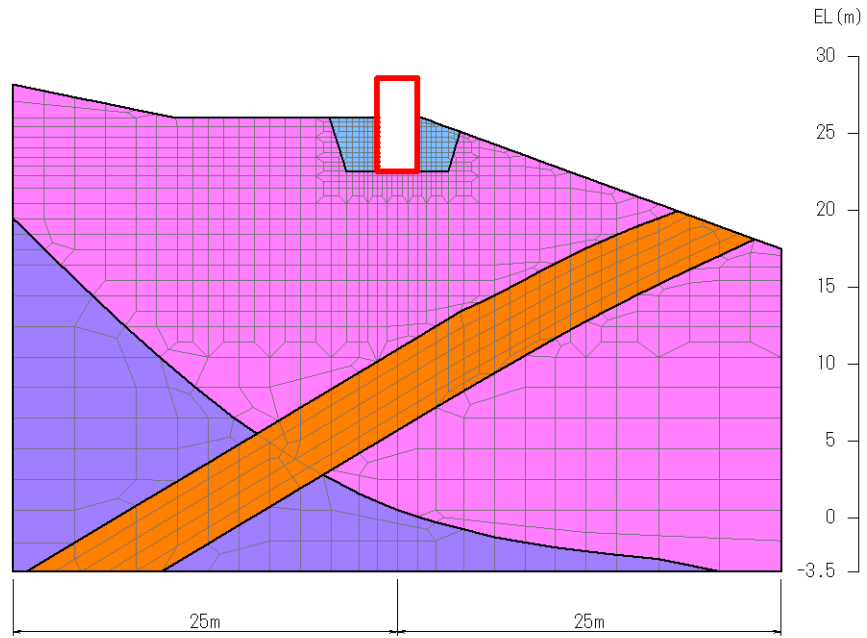


図 7.2.5-10(1) 斜面部の解析モデル

- : 岩盤 (第2速度層)
- : 埋戻土 (掘削ズリ)
- : 構造物
- : 岩盤 (第3速度層)
- : 砂礫層
- : 改良地盤⑤

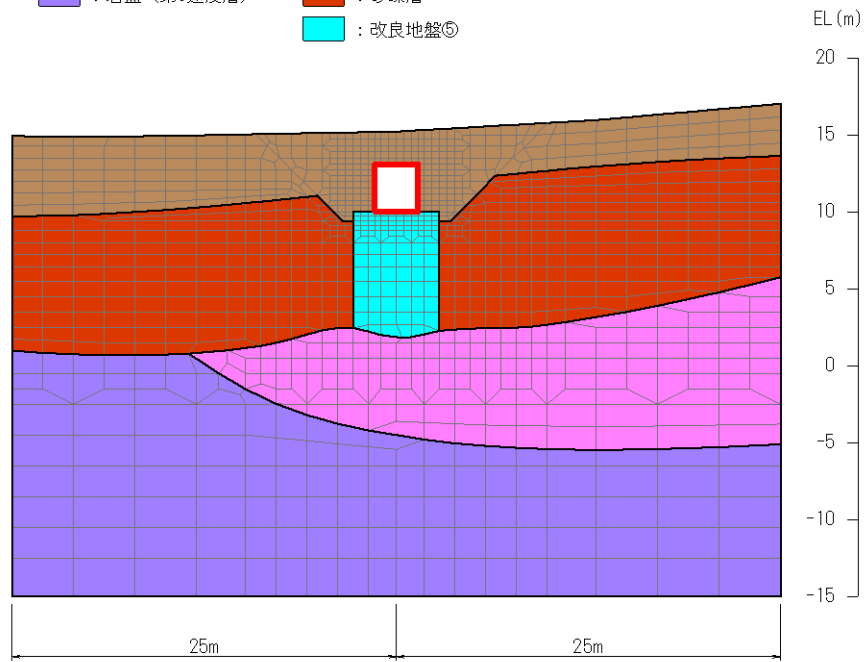


図7.2.5-10(2) 平坦部の解析モデル

(4) 評価方法

評価対象部材の耐震評価は、連絡通路（頂版，側壁及び底版）については、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査を行う。併せて、残留変形量に対する評価を行い、要員の通行に支障をきたさない段差量であることを確認する。

(5) 評価結果

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 7.2.5-5 に、圧縮縁コンクリートひずみの時刻歴波形及び最大圧縮縁コンクリートひずみ発生位置を図 7.2.5-11 に、層間変形角の時刻歴波形を図 7.2.5-12 に示す。

また、せん断破壊に対する最大照査値を表 7.2.5-6 に、照査値最大時の断面力図を図 7.2.5-13 に、残留変形図を図 7.2.5-14 に示す。評価対象部位については、許容限界以下であること確認し、変形量については、斜面部は約 0.5cm，平坦部は約 0.8cm であり、要員の通行に支障をきたす段差は発生しないことを確認した。

表7.2.5-5(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（斜面部）

地震動	照査用ひずみ $\epsilon_d^*$	限界ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
S s - D	225 $\mu$	10000 $\mu$	0.03

注記\*：照査用ひずみ  $\epsilon_d =$  発生ひずみ  $\epsilon \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.20)$

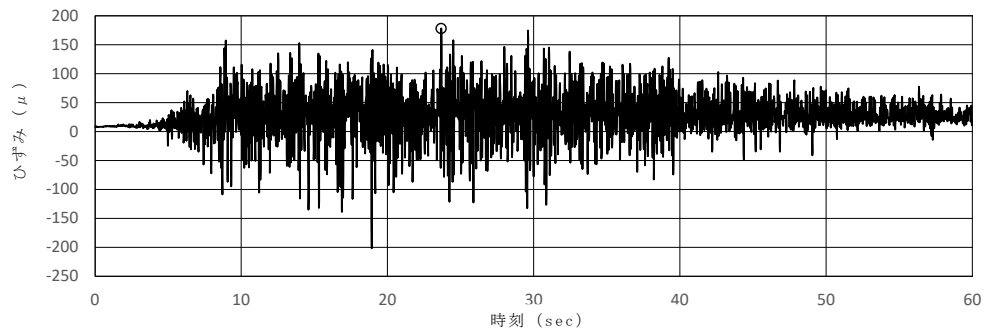


図 7.2.5-11(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査が最も厳しくなる地震動（S s - D）の圧縮縁コンクリートひずみの時刻歴波形

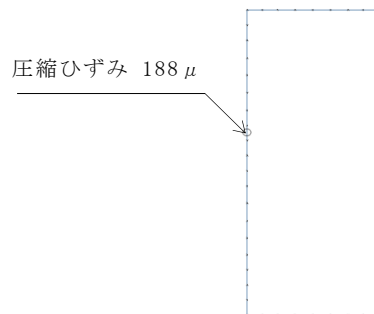


図 7.2.5-11(2) 最大圧縮縁コンクリートひずみ発生位置

表7.2.5-5(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（平坦部）

地震動	照査用 層間変形角 $R_d^*$	限界 層間変形角 $R_u^*$	照査値 $R_d/R_u$
S s - N 2 (N S)	$2.047 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-2}$	0.03

注記\*：照査用層間変形角  $R_d =$  発生層間変形角  $R \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.20)$

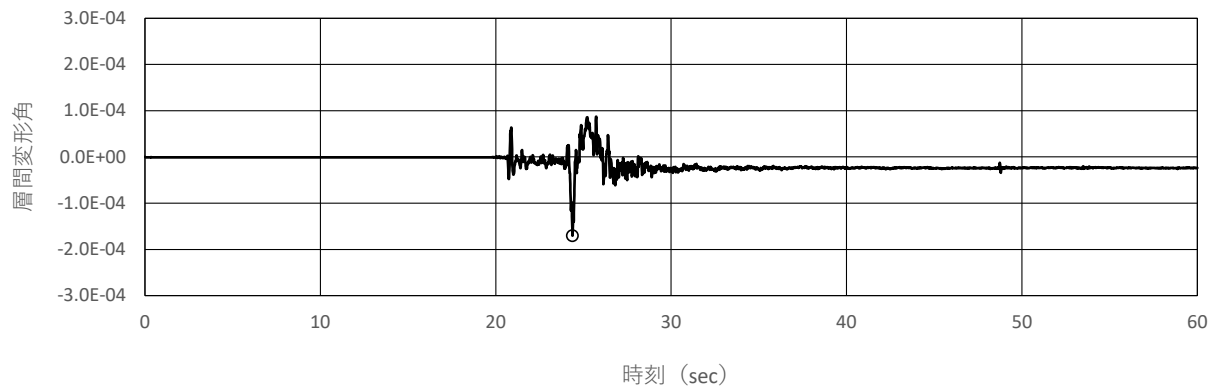


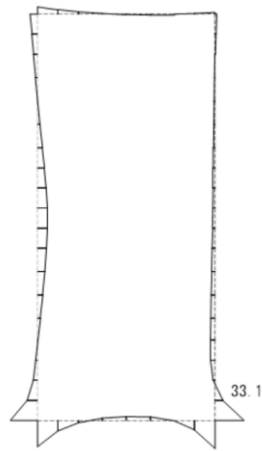
図 7.2.5-12 曲げ・軸力系の破壊に対する照査が最も厳しくなる地震動  
(S s - N 2 (N S)) の層間変形角の時刻歴波形（平坦部）



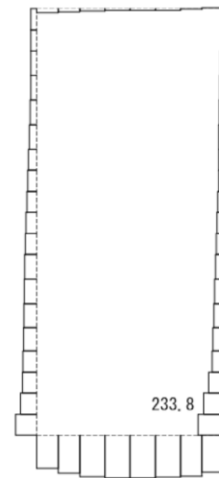
表 7.2.5-6(1) せん断破壊に対する最大照査値 (斜面部)

地震動	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
S s - D	149	826	0.19

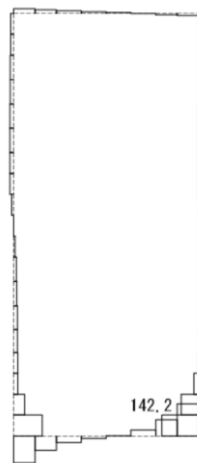
注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN)



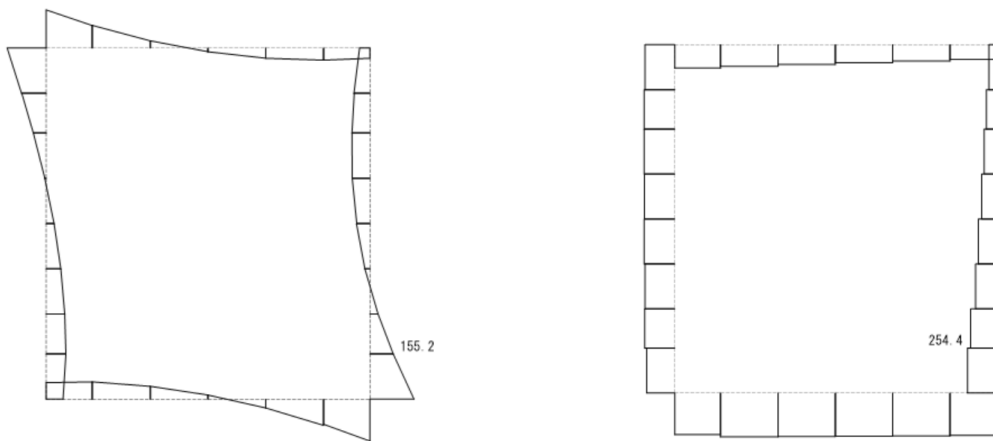
(c) せん断力 (kN)

図 7.2.5-13(1) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (斜面部) (S s - D)

表 7.2.5-6(2) せん断破壊に対する最大照査値 (平坦部)

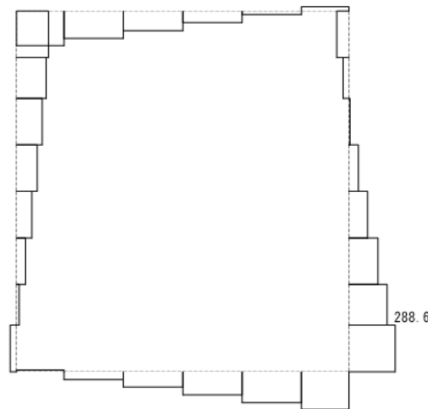
地震動	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
S s - N 2 (N S)	303	1135	0.27

注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$



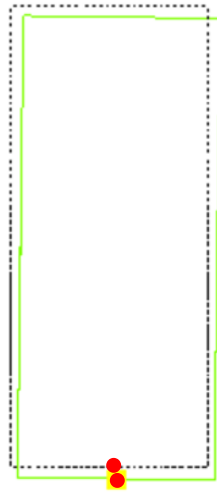
(a) 曲げモーメント (kN・m)

(b) 軸力 (kN)



(c) せん断力 (kN)

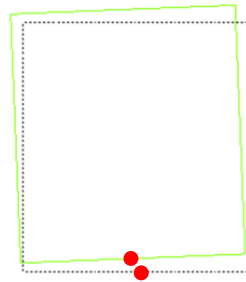
図 7.2.5-13(2) せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図 (平坦部) (S s - D)



- : 变形量算定位置
- : 变形前
- : 变形後

鉛直变形量 = 0.491cm

図 7.2.5-14(1) 残留变形図 (斜面部)



- : 变形量算定位置
- : 变形前
- : 变形後

鉛直变形量 = 0.805cm

図 7.2.5-14(2) 残留变形図 (平坦部)

## 7.2.6 2号機開閉所防護壁の耐震性評価

### (1) 概要

2号機開閉所防護壁は、アクセスルートへ近接した位置に設置した壁状の鋼構造物であり、地震時のアクセスルートへの影響を評価する必要があることから、基準地震動 $S_s$ による地震動に対して耐震評価を実施し、屋外アクセスルートに影響を及ぼさないことを確認する。

### (2) 基本方針

#### a. 位置

2号機開閉所防護壁の位置を図7.2.6-1に示す。

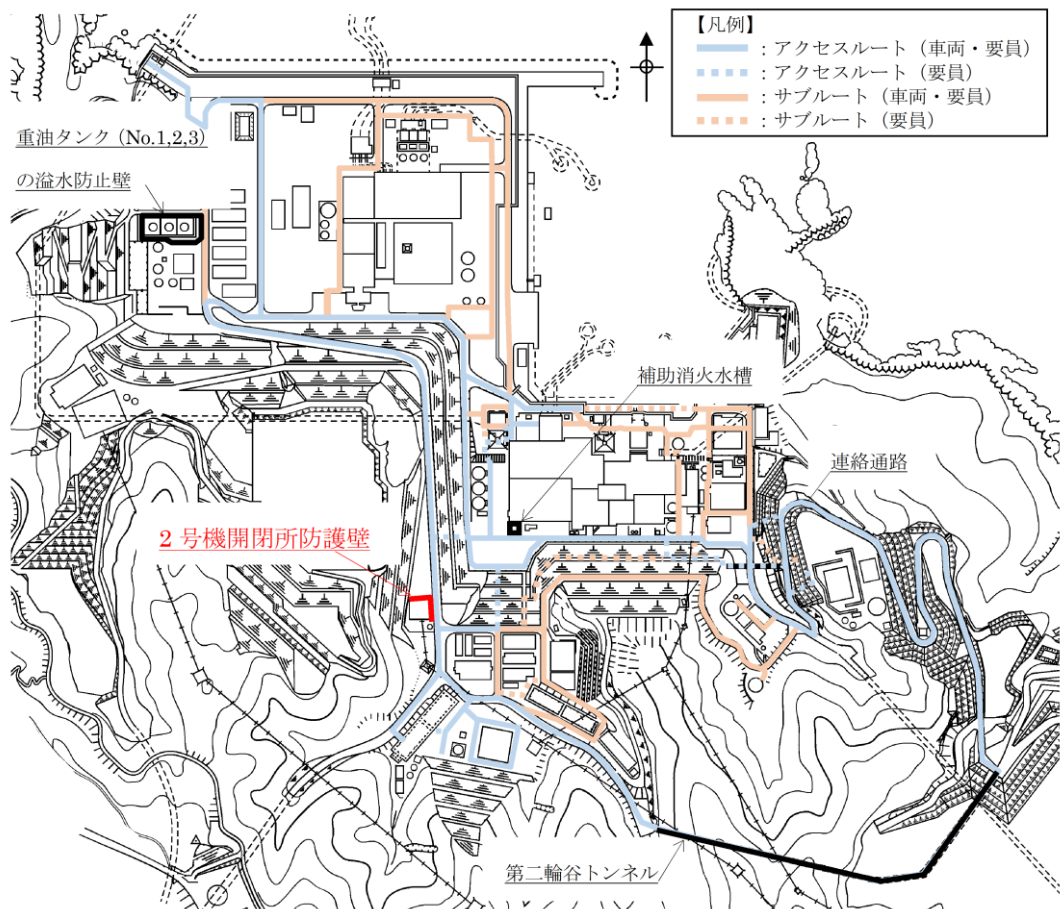
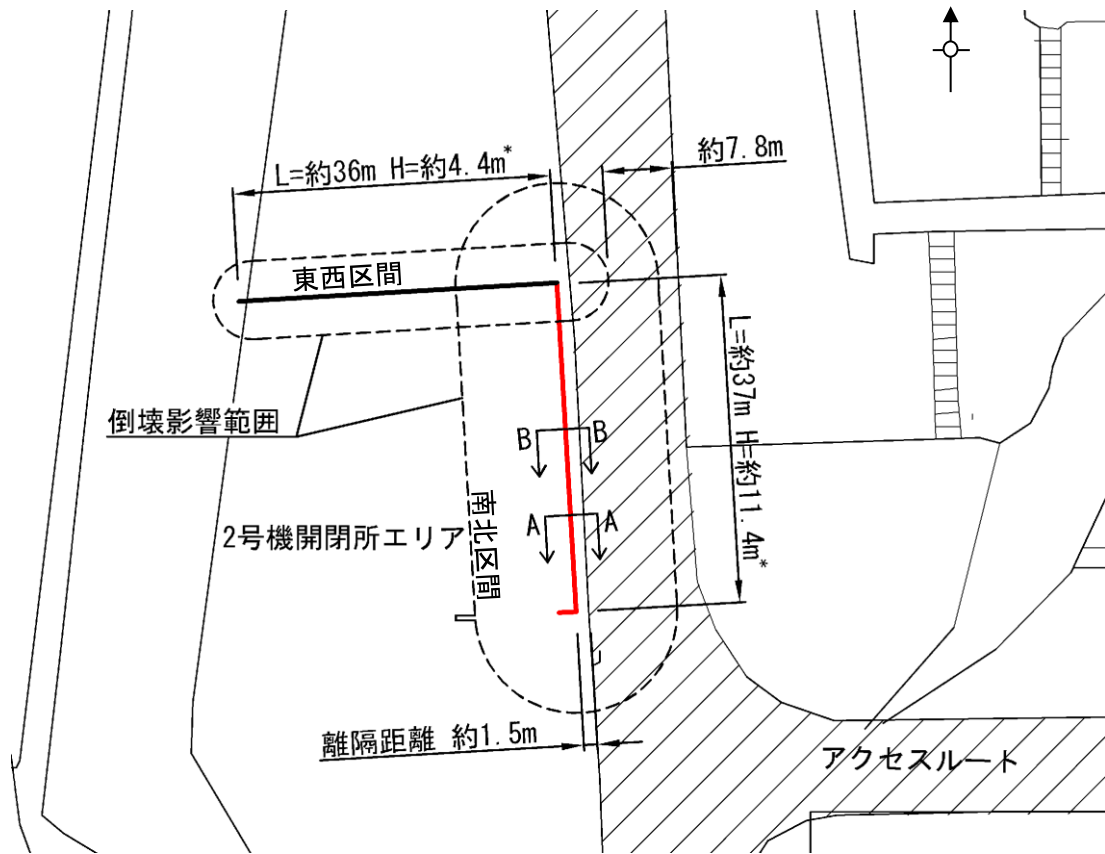


図7.2.6-1 2号機開閉所防護壁の設置位置

#### b. 構造概要

屋外のアクセスルートに近接している2号機開閉所防護壁は、南北区間の高さは7.0m、東西区間の高さは15.5m（地上部高さは、南北区間約11.4m、東西区間約4.4m）、総延長約73m（南北区間約37m、東西区間約36m）の支柱、鋼板等で構成された鋼製壁であり、岩盤又はマンメイドロックを介して岩盤に設置している。

2号機開閉所防護壁の概略平面図を図7.2.6-2に、概略正面図を図7.2.6-3に、概略断面図を図7.2.6-4に示す。



注記\*：地上部高さを示す。

図 7.2.6-2 2号機開閉所防護壁の概略平面図

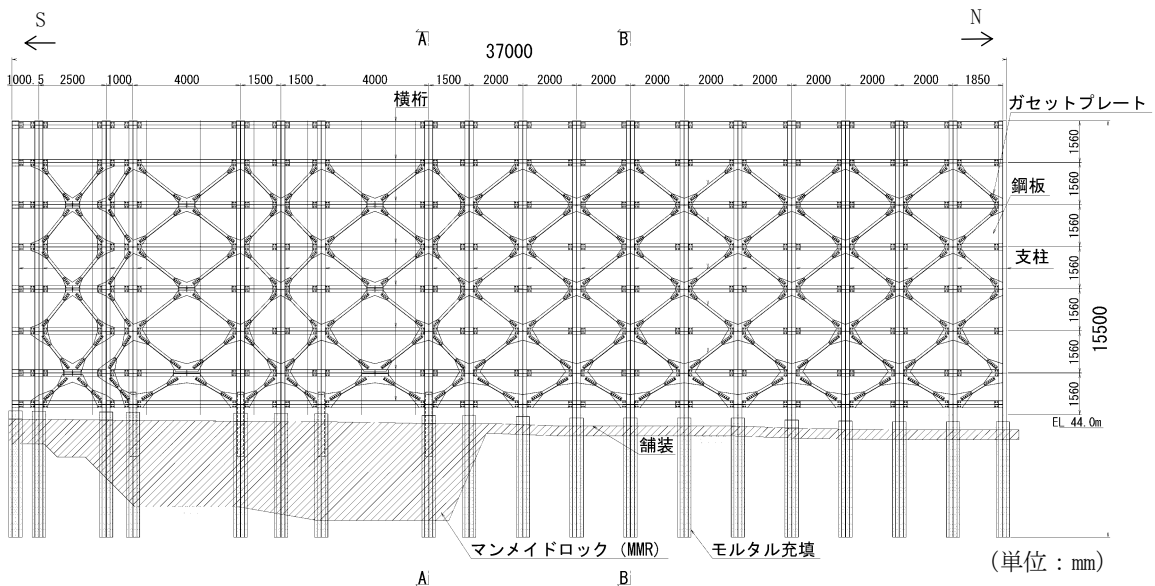
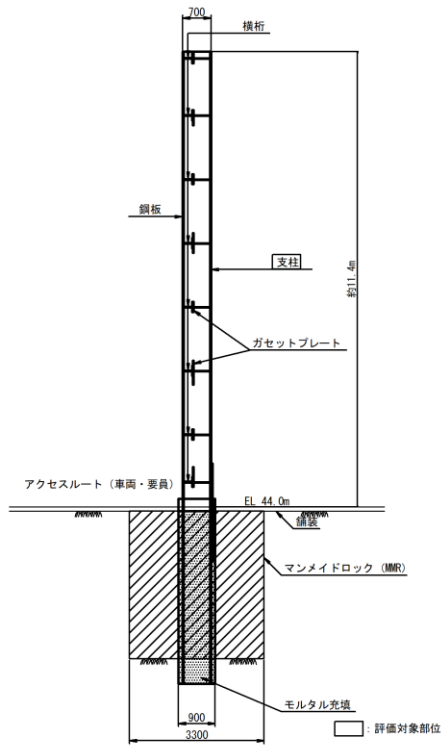
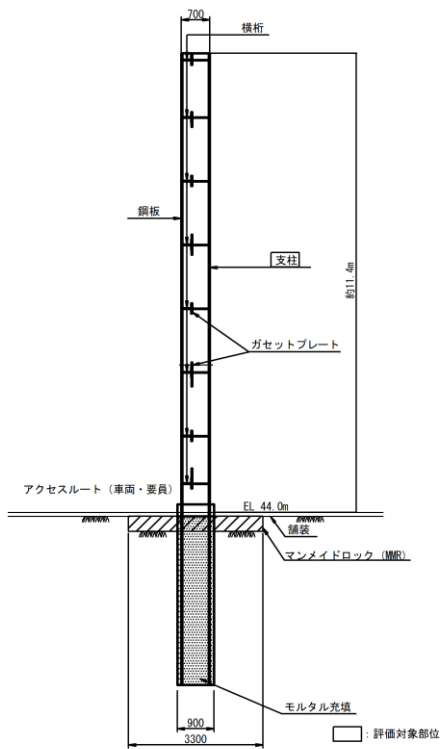


図 7.2.6-3 2号機開閉所防護壁の概略正面図  
(南北区間)



(単位：mm)

(A-A断面)



(単位：mm)

(B-B断面)

図 7.2.6-4 2号機開閉所防護壁の概略断面図

c. 評価方針

2号機開閉所防護壁の耐震評価は、基準地震動 $S_s$ （6波）による地震力に対して倒壊に至らないことを確認するため、支柱について応力度照査を実施する。

2号機開閉所防護壁の耐震評価フローを図7.2.6-5に示す。

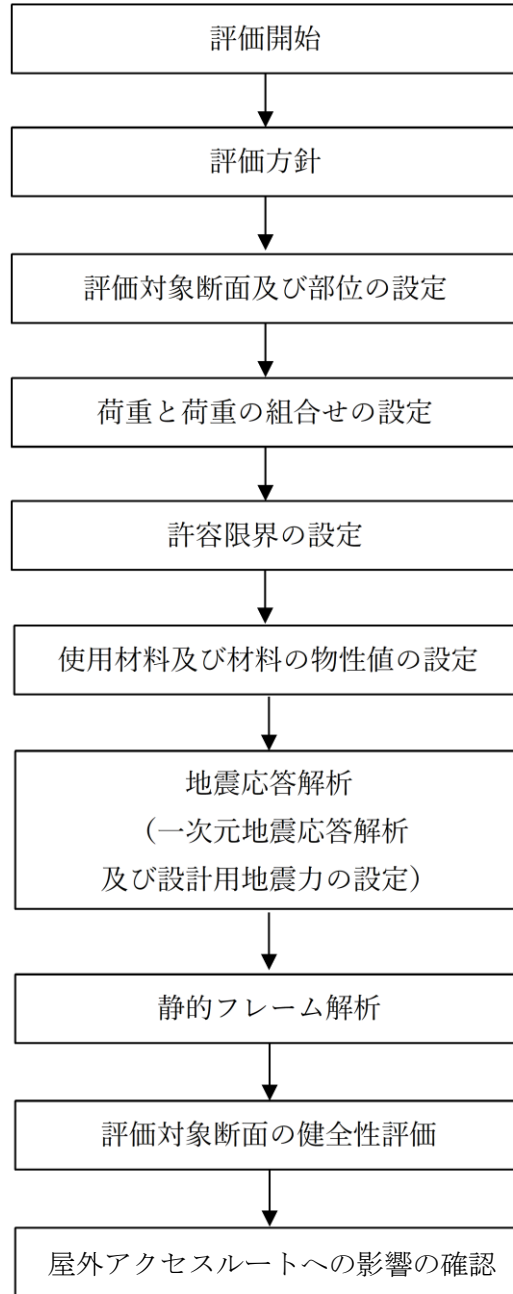


図 7.2.6-5 2号機開閉所防護壁の耐震評価フロー

(3) 耐震評価

a. 評価対象断面及び評価対象部位

評価対象断面は、2号機開閉所防護壁のうち、地震時の倒壊影響範囲を想定した場合、アクセスルートとして必要な幅員が確保できない南北区間を評価対象とし、基礎構造が同一であるため、最も支柱間隔が広く分担荷重が大きくなるA-A断面とする。評価対象部位については、アクセスルート側への倒壊を評価する観点から支柱とする。なお、東西区間については、倒壊影響範囲を想定した場合、アクセスルートの通行性が確保可能であることから評価対象としない。

2号機開閉所防護壁の評価対象断面図及び評価対象部位を図7.2.6-6に示す。

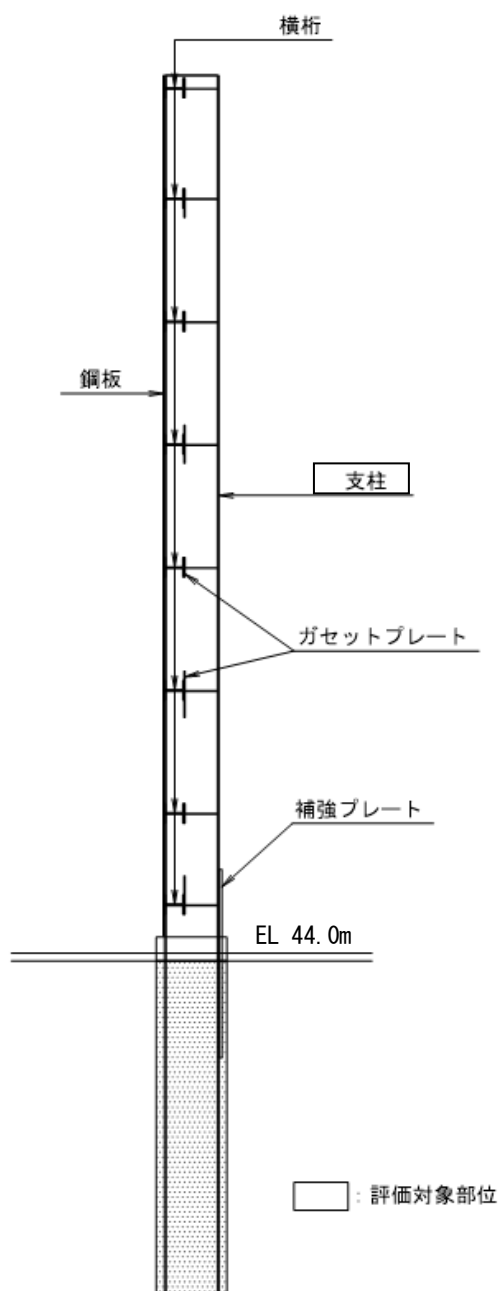


図7.2.6-6 評価対象断面図及び評価対象部位 (A-A断面)



b. 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表 7.2.6-1 に示す。

表 7.2.6-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重 (横桁等)

P<sub>k</sub> : 風荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

c. 許容限界

2号機開閉所防護壁の評価における支柱の許容限界を表 7.2.6-2 に示す。

表 7.2.6-2 2号機開閉所防護壁の評価における許容限界

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
屋外のアクセスルートを確保すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	支柱	発生する応力 (曲げ軸力, せん断力) が許容限界を超えないことを確認	短期許容曲げ 圧縮応力度 別途算出*1
				短期許容せん断 応力度*2 158N/mm <sup>2</sup>

注記\*1: 「評価対象部位の曲げ軸力に対する許容限界」に示す。

\*2: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成 24 年 3 月 (日本道路協会)

評価対象部位 (支柱) の曲げ軸力に対する許容限界は, 「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成 24 年 3 月 (日本道路協会)」に基づき, 以下の式にて算出する。

(a) 軸方向力が圧縮の場合

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy}\alpha_y} + \frac{\sigma_{bcz}}{\sigma_{bao}\alpha_z} \leq 1$$

$$\sigma_c + \frac{\sigma_{bcy}}{\alpha_y} + \frac{\sigma_{bcz}}{\alpha_z} \leq \sigma_{cal}$$

$\sigma_t, \sigma_c$  : それぞれ照査する断面に作用する軸方向力による引張及び  
圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bcy}, \sigma_{bcz}$  : それぞれ強軸及び弱軸まわりに作用する曲げモーメン  
トによる曲げ圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{caz}$  : 弱軸まわりの許容軸方向圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bagy}$  : 局部座屈を考慮しない強軸まわりの許容曲げ圧縮応力度  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{bao}$  : 局部座屈を考慮しない許容曲げ圧縮応力度の上限値  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{cal}$  : 局部座屈に対する許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha_y, \alpha_z$  : それぞれ強軸及び弱軸まわりの付加曲げモーメントの  
影響を考慮するための係数。ただし、有限変位理論によって断  
面力を算出する場合には 1 とする。

$$\alpha_y = 1 - \frac{\sigma_c}{0.8\sigma_{ey}}$$

$$\alpha_z = 1 - \frac{\sigma_c}{0.8\sigma_{ez}}$$

$\sigma_{ey}, \sigma_{ez}$  : それぞれ強軸及び弱軸まわりのオイラー座屈応力度  
(N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{ey} = \pi^2 E / (l/\gamma_y)^2$$

$$\sigma_{ez} = \pi^2 E / (l/\gamma_z)^2$$

$l$  : 有効座屈長 (mm)

$\gamma_y, \gamma_z$  : それぞれ強軸及び弱軸まわりの断面二次半径 (mm)

$E$  : 鋼材のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 7.2.6-3 に、使用材料の物性値を表 7.2.6-4 に示す。

表 7.2.6-3 使用材料

種 類	仕 様
横桁	H-250×250×9×14
鋼板	PL-12
支柱	SM490
ガセットプレート	PL-16
補強プレート	PL-36

表 7.2.6-4 材料の物性値

種 類	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
横桁	-	77.0
鋼板	2.0×10 <sup>5</sup>	77.0
支柱	2.0×10 <sup>5</sup>	77.0
ガセットプレート	-	77.0
補強プレート	2.0×10 <sup>5</sup>	77.0

e. 地震応答解析及び設計用地震力

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により 2 号機開閉所防護壁の地表面位置で評価したものをを用いる。(解析コード「SHAKE」)

設計用地震力の設定については、構造物の固有周期が 0.05s 未満の場合は、剛構造と判断し、1 次元地震応答解析結果から得られる加速度応答加速度スペクトルに対し、0.05s の加速度応答を設計用地震力として設定する。一方、0.05s 以上の場合は、加速度応答スペクトルに±10% 拡張した拡張スペクトルに対して、固有周期を考慮した加速度応答を設計用地震力として設定する。

1 次元地震応答解析の地盤モデルを図 7.2.6-7 に、固有周期の算出結果を表 7.2.6-5 に、設計用床応答スペクトルを図 7.2.6-8 に、設計用地震力を表 7.2.6-6 に示す。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。

[地下構造モデル]

[2号機開閉所防護壁  
位置の地盤モデル]

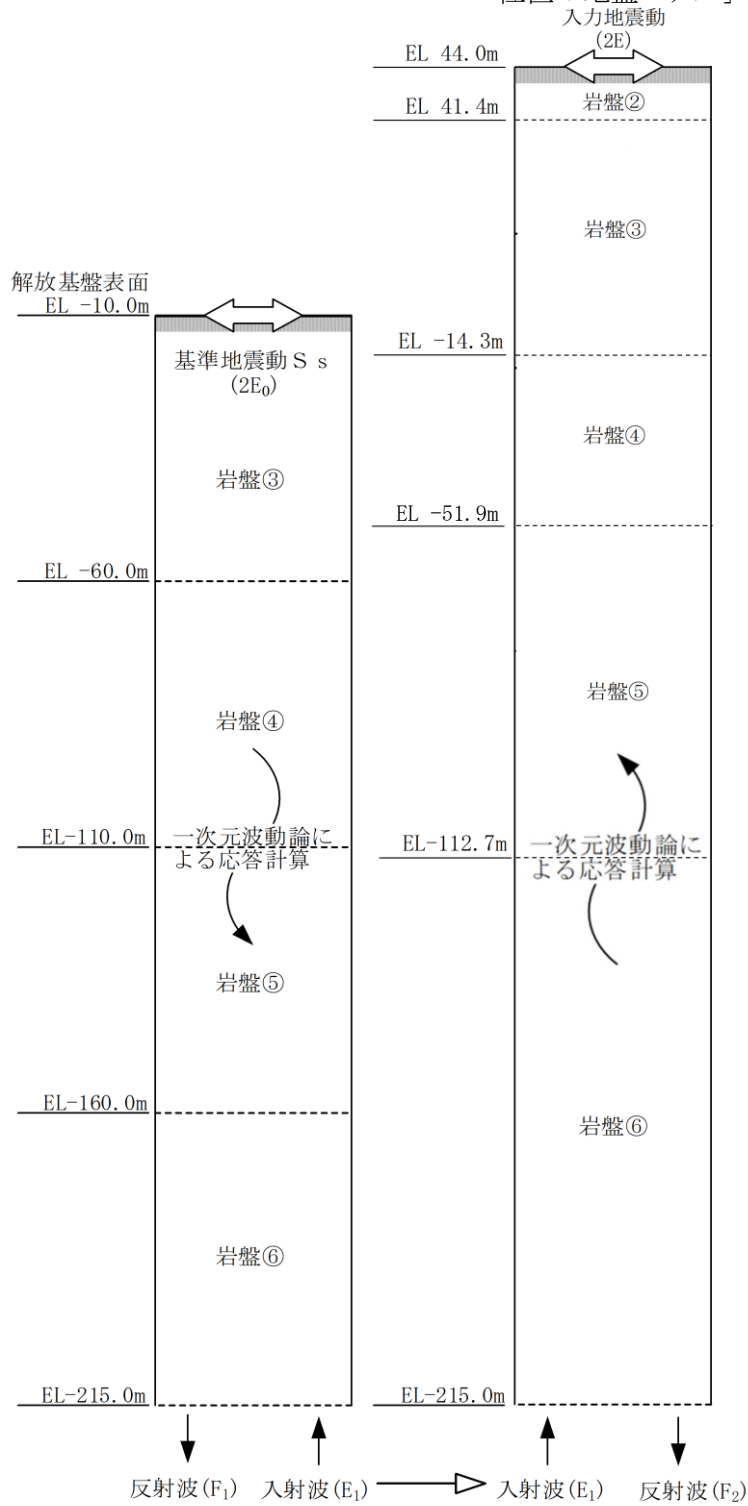
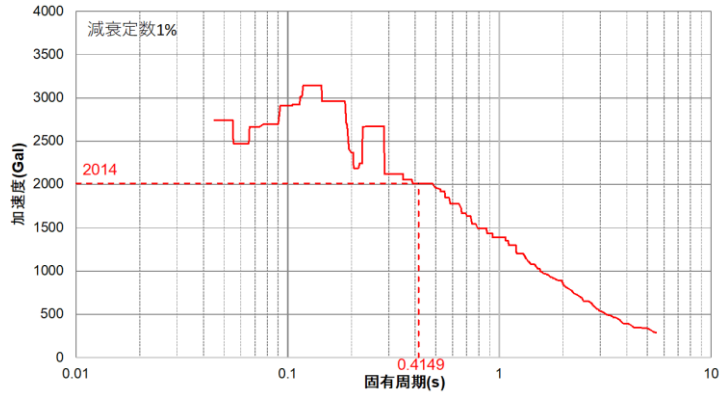


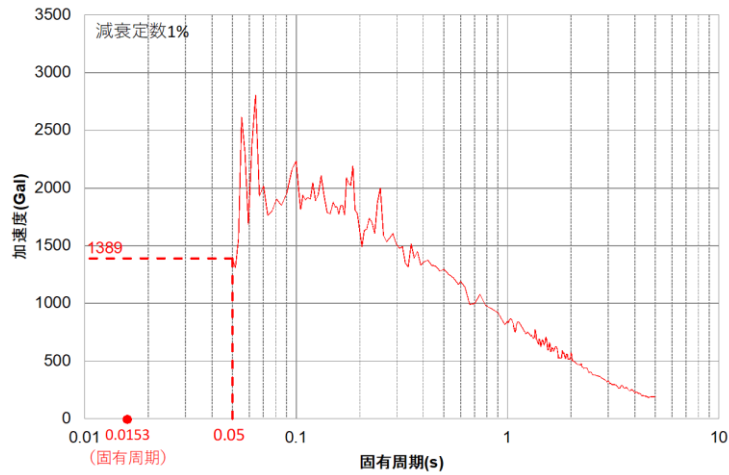
図 7.2.6-7 1次元地震応答解析用地盤モデル

表 7.2.6-5 固有周期の算出結果

項目	単位	数値	
		水平方向	鉛直方向
固有周期	s	0.4149	0.0153



(水平方向\*1)



(鉛直方向\*2)

図 7.2.6-8 設計用床応答スペクトル

注記\*1：水平方向の固有周期 0.05s 以上であるため、加速度応答スペクトルに ±10% 拡幅した拡幅スペクトル

\*2：鉛直方向の固有周期 0.05s 未満であるため、固有周期 0.05s の加速度を採用

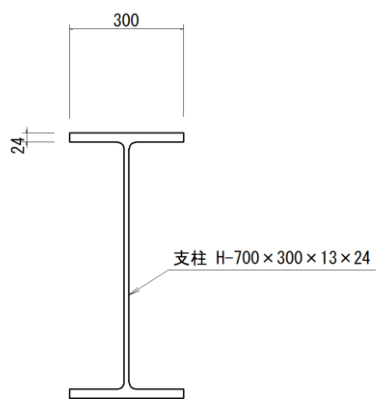
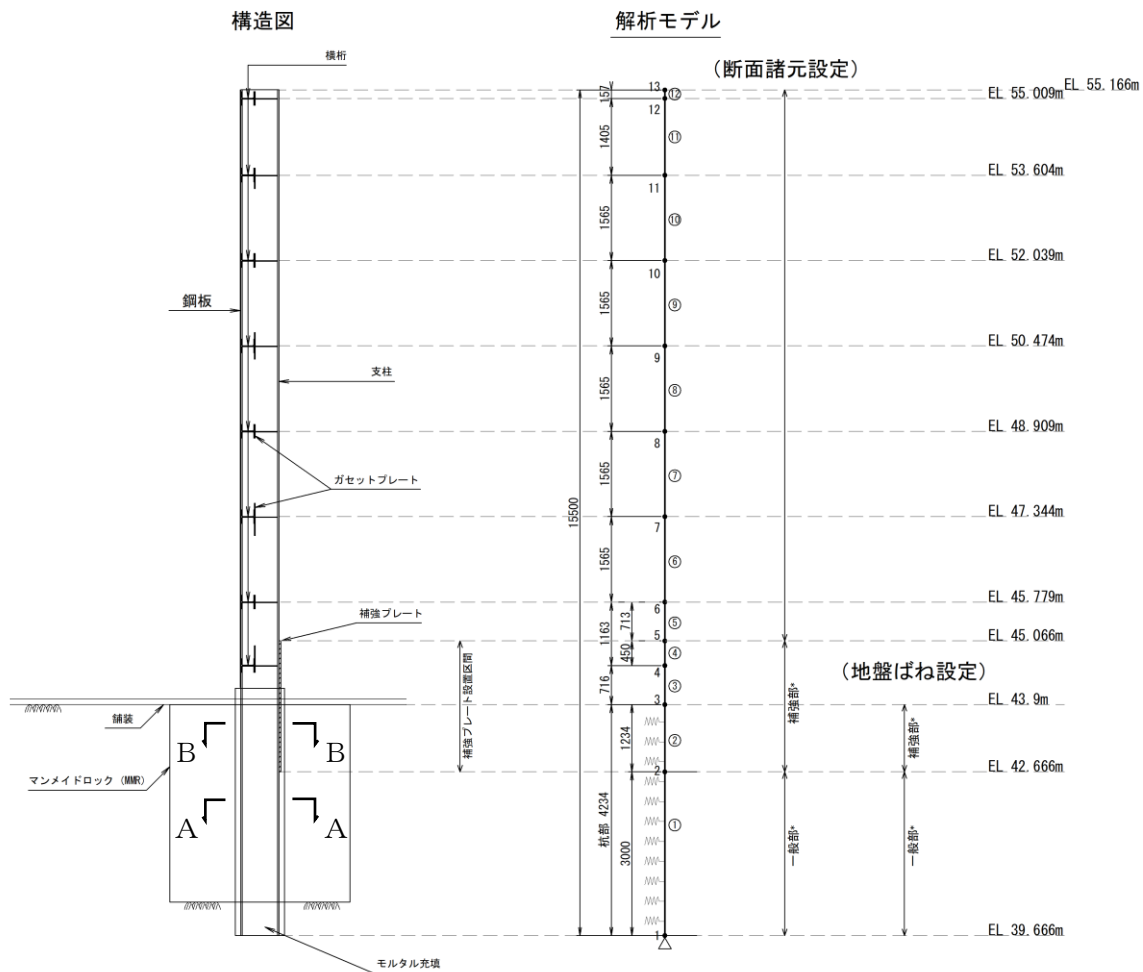
表 7.2.6-6 2号機開閉所防護壁の設計用地震力

対象構造物	設計用地震力	
	水平 $K_H$	鉛直 $K_V$
2号機開閉所防護壁	2.05	1.42

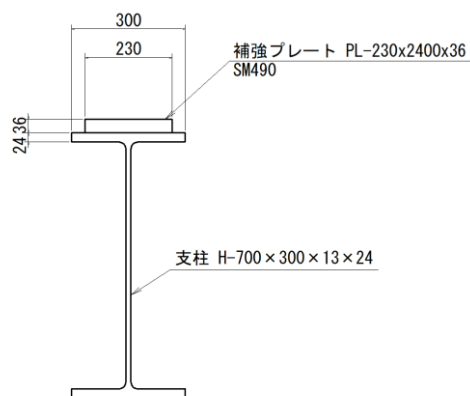
f. 静的フレーム解析

支柱の解析モデルは、支柱を線形はり要素、地盤を線形ばね要素としたはりーばねモデルによる線形解析とする。なお、断面諸元及び地盤ばね（水平方向）の設定において、補強プレートを設置している範囲は補強部とし、設置していない範囲は一般部とする。補強プレートは「道路橋示方書・同解説（Ⅱ鋼橋編）（日本道路協会 平成24年3月）」に基づき、支柱のフランジに重ね合わせて連続すみ肉溶接している。そのため、補強部の断面2次モーメント算定時には補強プレートの部材厚及び幅を、断面積算定時には補強プレートの断面積を考慮している。

支柱の解析モデルを図7.2.6-9に、断面諸元及び地盤ばね定数（水平方向）を表7.2.6-7に示す。



一般部 (A-A断面)



補強部 (B-B断面)

(単位: mm)

注記\*: 断面諸元及び地盤ばね定数の設定において考慮する2区間を示す。

図 7.2.6-9 支柱の解析モデル

表 7.2.6-7(1) 断面諸元

	断面諸元	
	断面 2 次モーメント	断面積
補強部	$2.80 \times 10^{-3} (\text{m}^4)$	$3.14 \times 10^{-2} (\text{m}^2)$
一般部	$1.97 \times 10^{-3} (\text{m}^4)$	$2.32 \times 10^{-2} (\text{m}^2)$

表 7.2.6-7(2) 地盤ばね定数 (水平方向)

	ばね定数	
	常時	地震時
補強部	$8.56 \times 10^5 (\text{kN}/\text{m}^2)$	$1.72 \times 10^6 (\text{kN}/\text{m}^2)$
一般部	$8.87 \times 10^5 (\text{kN}/\text{m}^2)$	$1.78 \times 10^6 (\text{kN}/\text{m}^2)$

(4) 評価方法

評価対象部位の耐震評価は、支柱について、曲げ及びせん断力の応力度照査を行い、許容限界以下であることを確認する。

(5) 評価結果

支柱の曲げ圧縮及びせん断力に対する照査値を表 7.2.6-8 に、断面力（曲げ及びせん断）を図 7.2.6-10 に示す。評価対象部位の発生力は、許容限界以下であり、2号機開閉所防護壁が基準地震動  $S_s$  による地震力に対して倒壊に至らないことを確認した。

表 7.2.6-8(1/2) 曲げ圧縮に対する照査値

部材	発生断面力		照査値
	曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )	軸力 ( $\text{kN}$ )	
支柱	854.9	183.3	0.55

表 7.2.6-8(2/2) せん断力に対する照査値

部材	発生応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	短期許容 せん断応力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	照査値
支柱	64	158	0.41



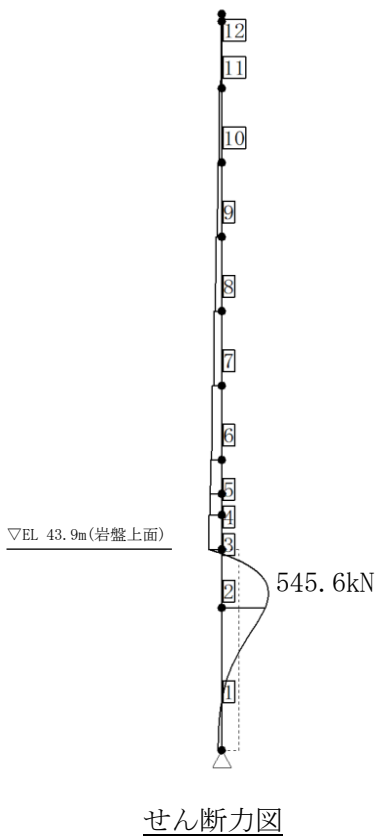
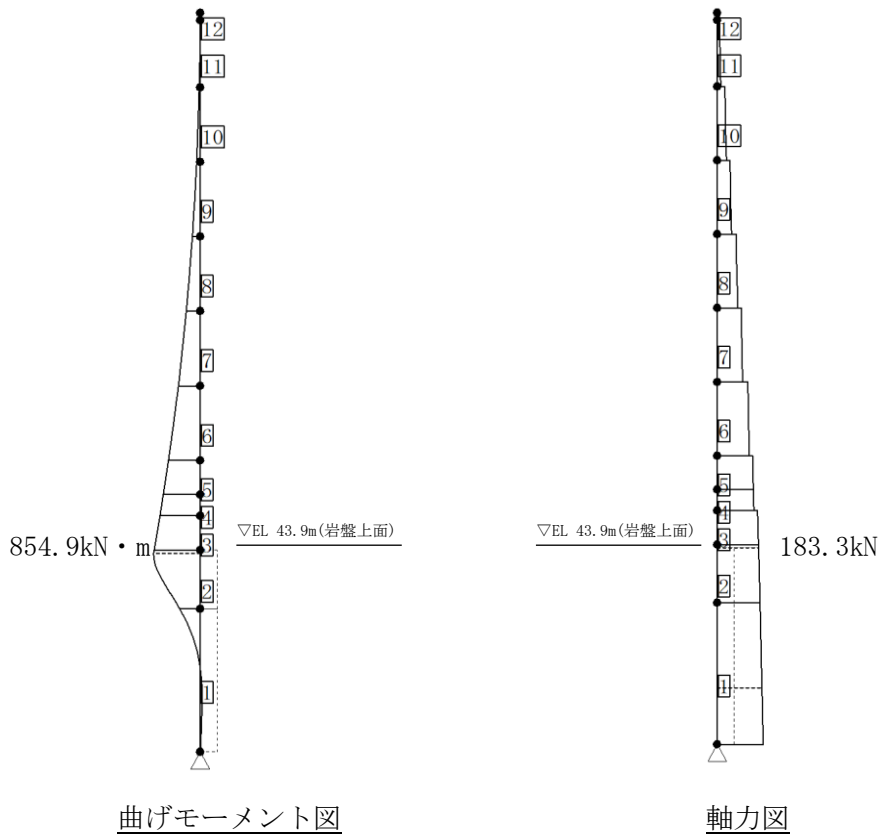


図 7.2.6-10 断面力図

## 7.2.7 補助消火水槽の耐震性評価

### (1) 概要

補助消火水槽の地上部は、アクセスルートへ近接した位置に設置した鉄筋コンクリート造の構造物であり、地震時のアクセスルートへの影響を評価する必要があることから、基準地震動  $S_s$  による地震動に対して耐震評価を実施し、屋外アクセスルートに影響を及ぼさないことを確認する。

### (2) 基本方針

#### a. 位置

補助消火水槽の設置位置図を図 7.2.7-1 に示す。

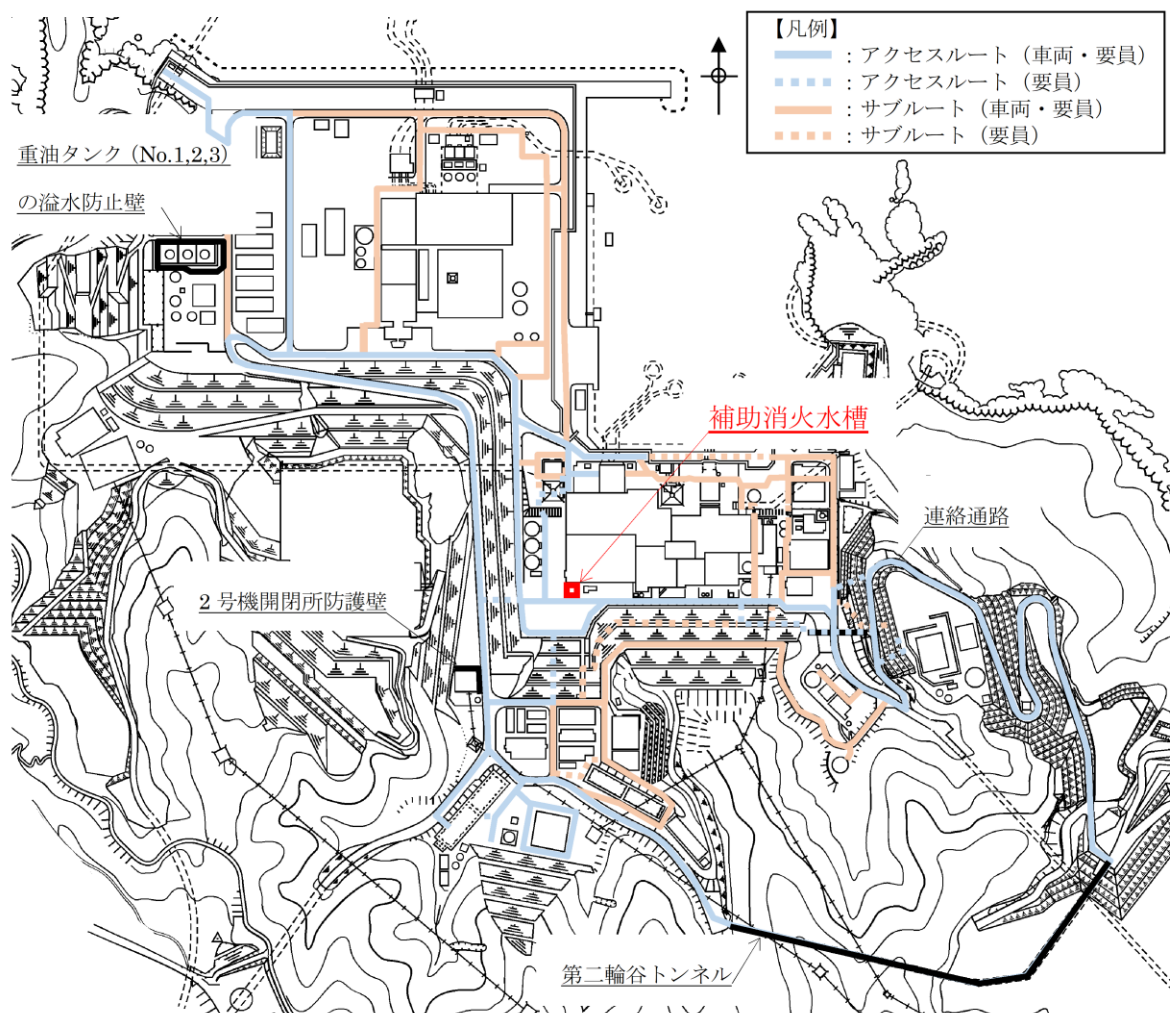


図 7.2.7-1 補助消火水槽の設置位置図

b. 構造概要

屋外のアクセスルートに近接している補助消火水槽は、幅 12.6m（東西方向）× 14.9m（南北方向）、高さ約 20.9mの鉄筋コンクリート造の地中（一部地上部を含む）構造物であり、マンメイドロックを介して岩盤に設置されている。

また、地上部は、幅 5.8m（東西方向）×3.2m（南北方向）、高さ約 3.6mのペントハウスがアクセスルートの周辺構造物として存在する。

補助消火水槽の概略平面図を図 7.2.7-2 に、概略断面図を図 7.2.7-3 に、地上部の概略配筋図を図 7.2.7-4 に示す。

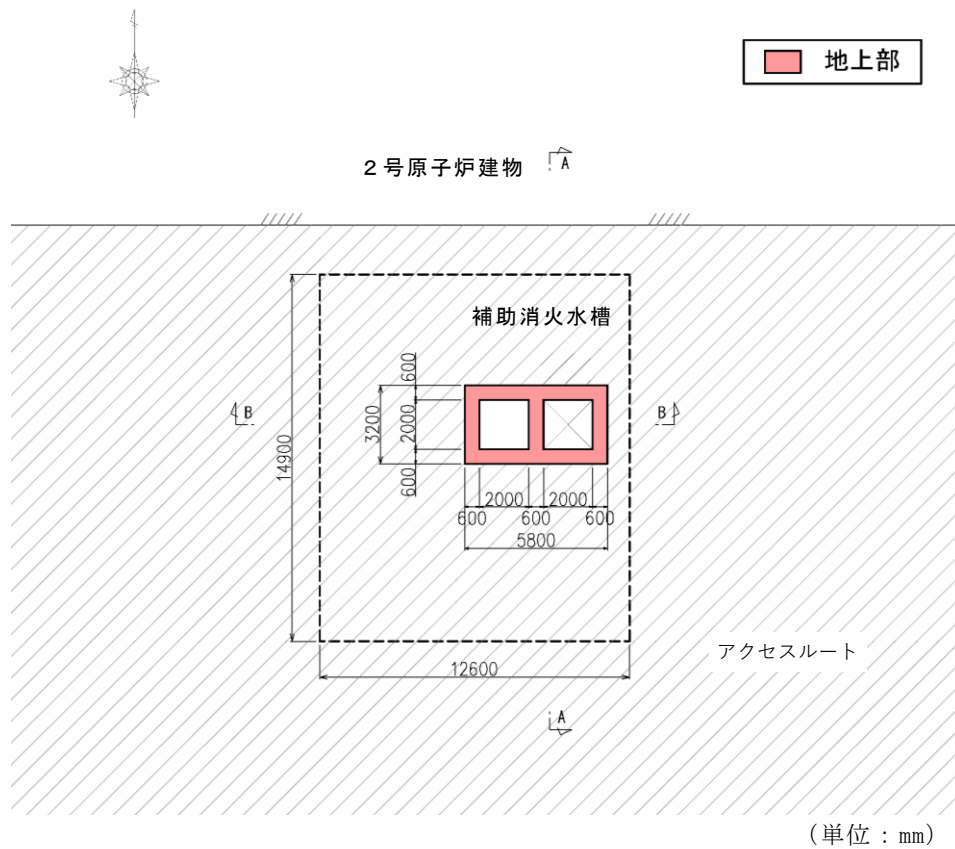
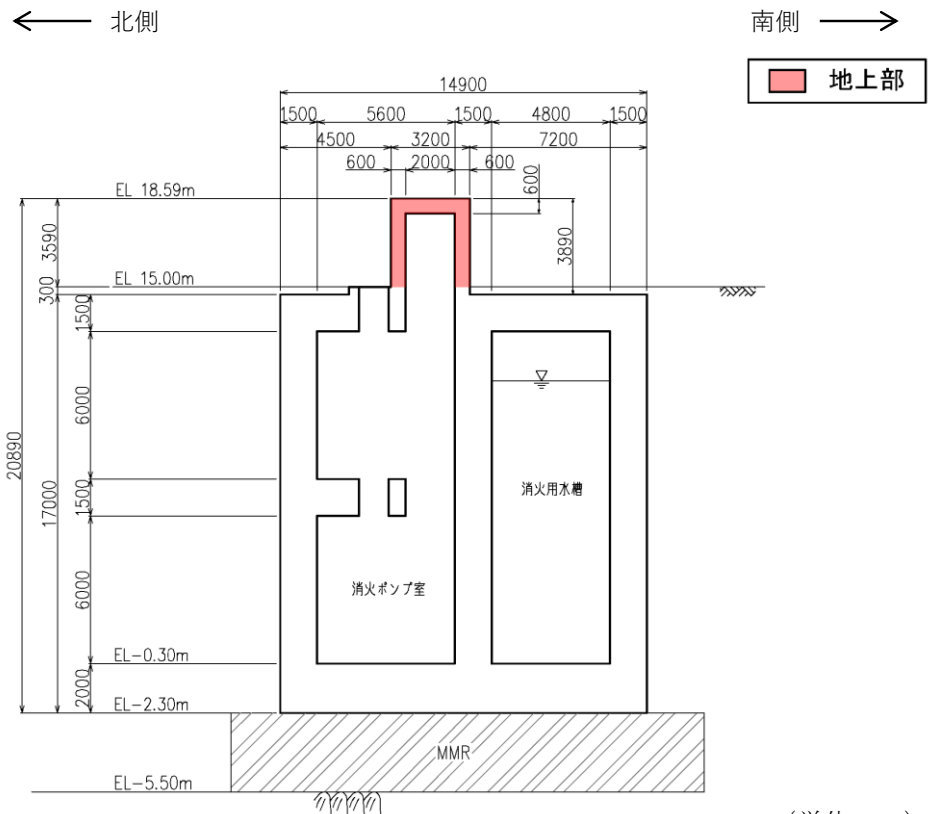
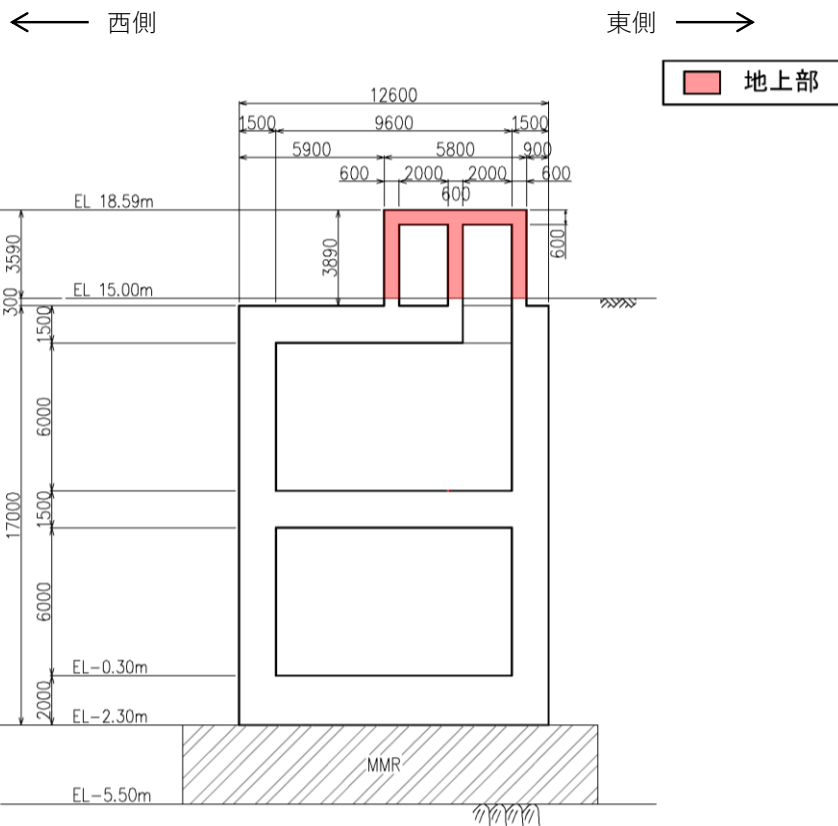


図 7.2.7-2 補助消火水槽の概略平面図



(単位：mm)

(A-A断面)



(単位：mm)

(B-B断面)

図 7.2.7-3 補助消火水槽の概略断面図

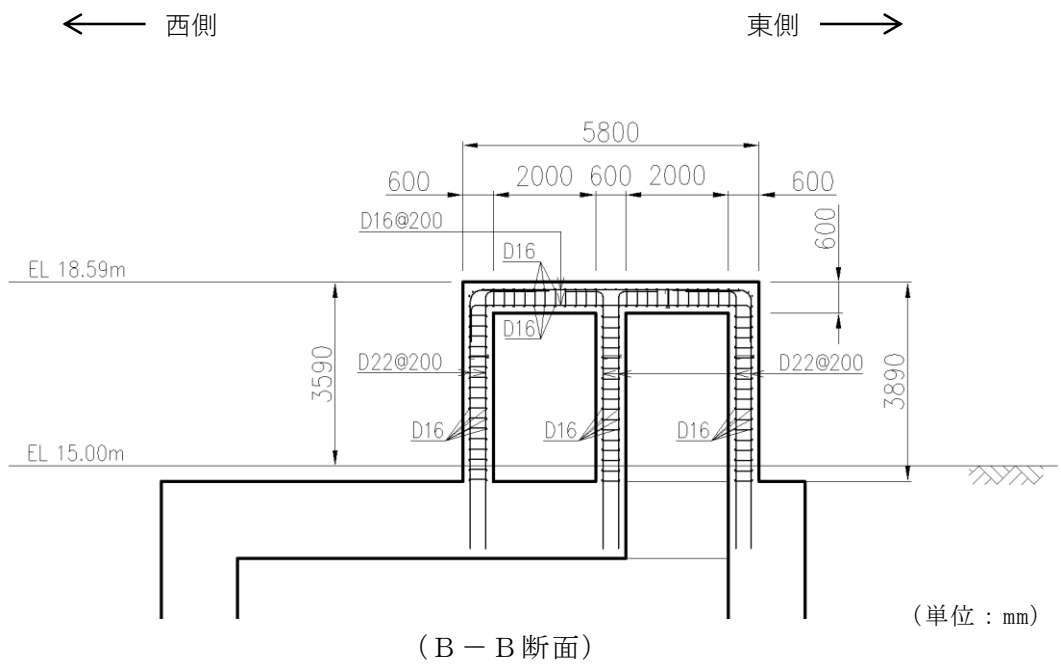
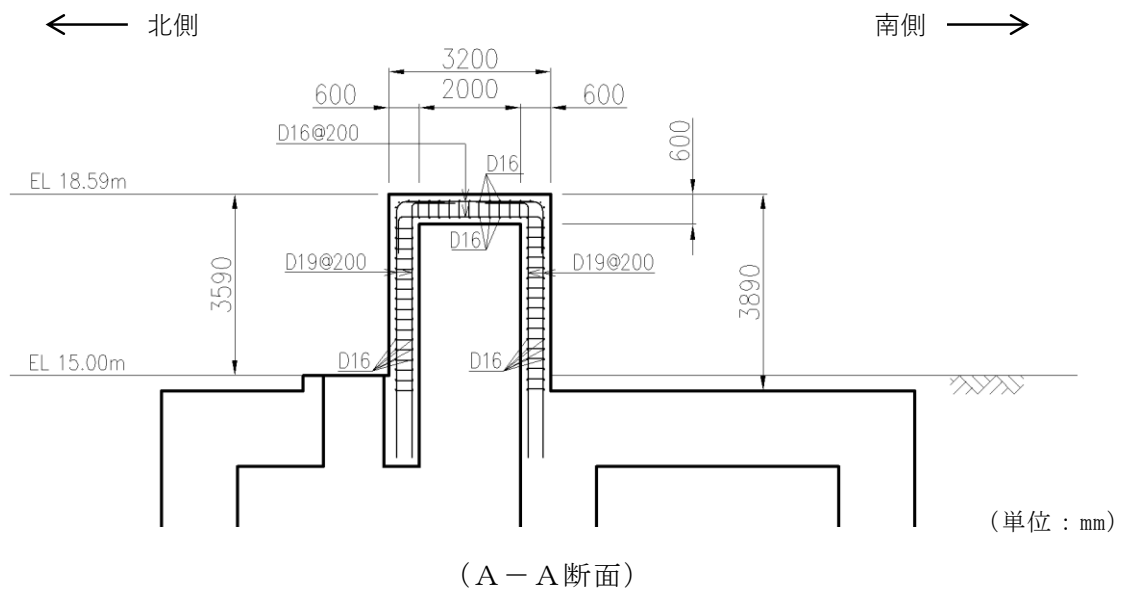


図 7.2.7-4 補助消火水槽（地上部）の概略配筋図

c. 評価方針

補助消火水槽の耐震評価は、倒壊時にアクセスルートへの影響が考えられる地上部の各部材について、基準地震動  $S_s$ （6波）に対して一次元地震応答解析により算定した設計用地震力に対して倒壊に至らないことを確認するため、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を実施する。

補助消火水槽の耐震評価フローを図 7.2.7-5 に示す。

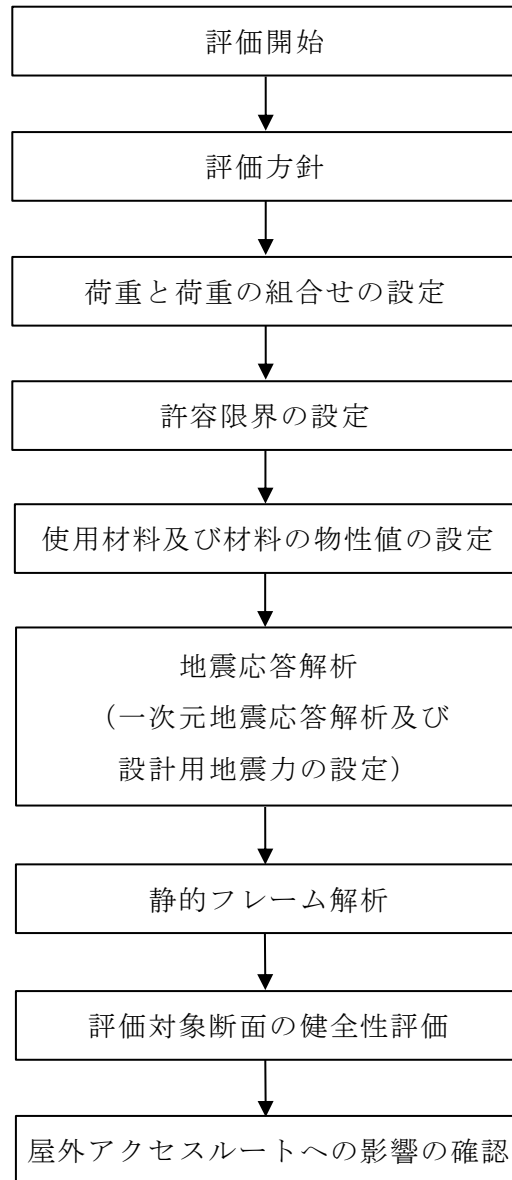


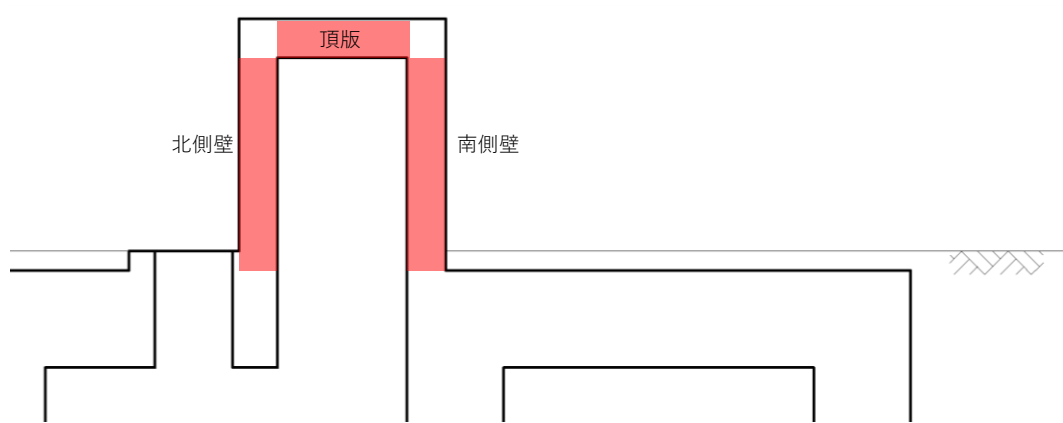
図 7.2.7-5 補助消火水槽の耐震評価フロー

(3) 耐震評価

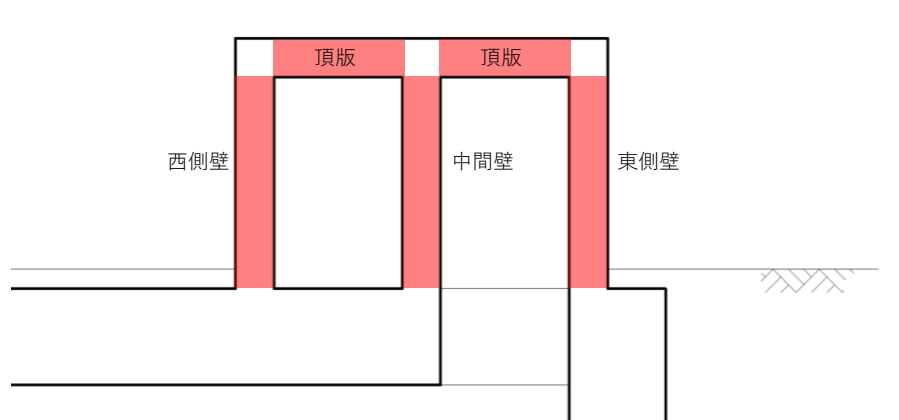
a. 評価対象断面及び評価対象部材

補助消火水槽のアクセスルート側への倒壊を評価する観点から、評価対象断面は、地上部を含む直交する2断面とする。評価対象部材は、補助消火水槽の地上部を構成する側壁、中間壁、及び頂版とする。

補助消火水槽の評価対象断面図及び評価対象部材を図 7.2.7-6 に示す。



(A-A断面)



(B-B断面)

図 7.2.7-6 評価対象断面図及び評価対象部材

b. 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表 7.2.7-1 に示す。

表 7.2.7-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S <sub>s</sub> )	G + P <sub>s</sub> + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P<sub>s</sub> : 積雪荷重

P<sub>k</sub> : 風荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

c. 許容限界

補助消火水槽の各構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「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 (2005年6月 土木学会 原子力土木委員会)」に基づき、限界ひずみ (圧縮縁コンクリートひずみ 1.0% (10000 $\mu$ )) とする。構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

補助消火水槽の評価における許容限界を表 7.2.7-2 に示す。

表 7.2.7-2 補助消火水槽の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部材	機能維持のための考え方	許容限界
屋外のアクセスルートを保すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	側壁, 中間壁, 及び頂版	発生するひずみ及び応力が許容限界を超えないことを確認	圧縮縁コンクリートひずみ 1.0% (10000 $\mu$ )
				せん断耐力*

注記\* : 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 (2005年6月 土木学会 原子力土木委員会) の棒部材式で求まるせん断耐力とする。



d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 7.2.7-3 に、使用材料の物性値を表 7.2.7-4 に示す。

表 7.2.7-3 使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 18.0N/mm <sup>2</sup>

表 7.2.7-4 使用材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
構造物	2.50×10 <sup>4</sup>	24.0* <sup>1</sup>	0.2
MMR	2.20×10 <sup>4</sup>	22.6* <sup>2</sup>	

注記\*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

\*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

e. 地震応答解析及び設計用地震力

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地表面位置で評価したものをを用いる。補助消火水槽周辺には、設計地下水位以深の液状化対象層が存在するため、1次元地震応答解析における順応答解析は、有効応力解析（解析コード「FLIP」）とする。なお、補助消火水槽の地中部については、地表部の加速度応答を保守的に評価するため、埋戻土でモデル化する。

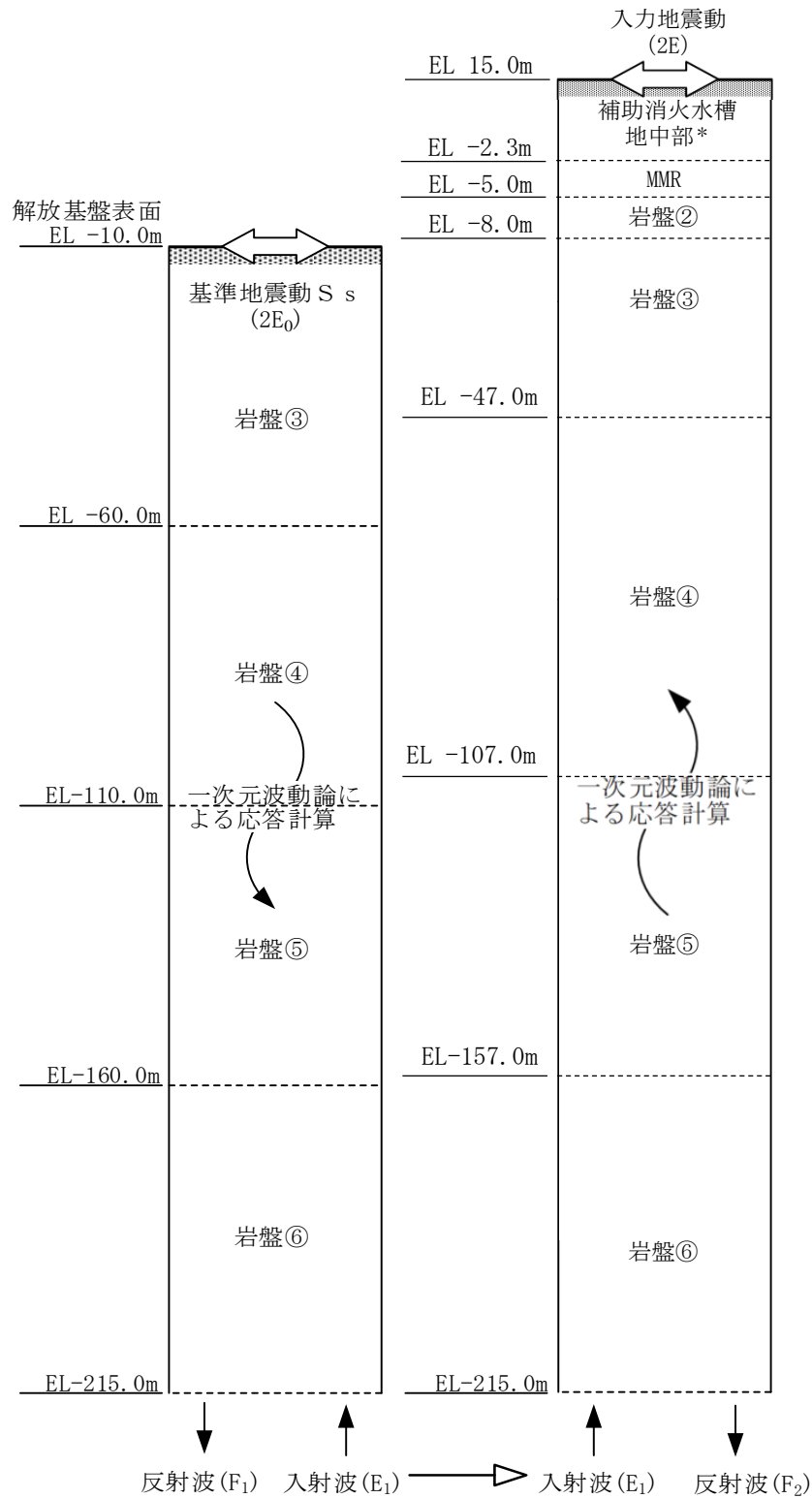
1次元地震応答解析の地盤モデルを図 7.2.7-7 に示す。

1次元地震応答解析による地表面位置における最大応答加速度を表 7.2.7-5 に示す。これに基づき保守的に設定した設計震度を表 7.2.7-6 に示す。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、地表面（EL 15.0m）に設定する。

[地下構造モデル]

[補助消火水槽位置  
の地盤モデル]



注記\*：補助消火水槽の地中部は地表部の加速度応答を保守的に評価するため、埋戻土でモデル化する。

図 7.2.7-7 1次元地震応答解析用地盤モデル

表 7.2.7-5 地表面位置における最大応答加速度

地震動	最大応答加速度 (Gal)	
	水平	鉛直
S <sub>s</sub> -D	780	1243*
S <sub>s</sub> -N1	998*	954
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	643	898
S <sub>s</sub> -N2 (EW)	814	912
S <sub>s</sub> -F1 (NS)	920	853
S <sub>s</sub> -F1 (EW)	598	861
S <sub>s</sub> -F2 (NS)	983	786
S <sub>s</sub> -F2 (EW)	790	760

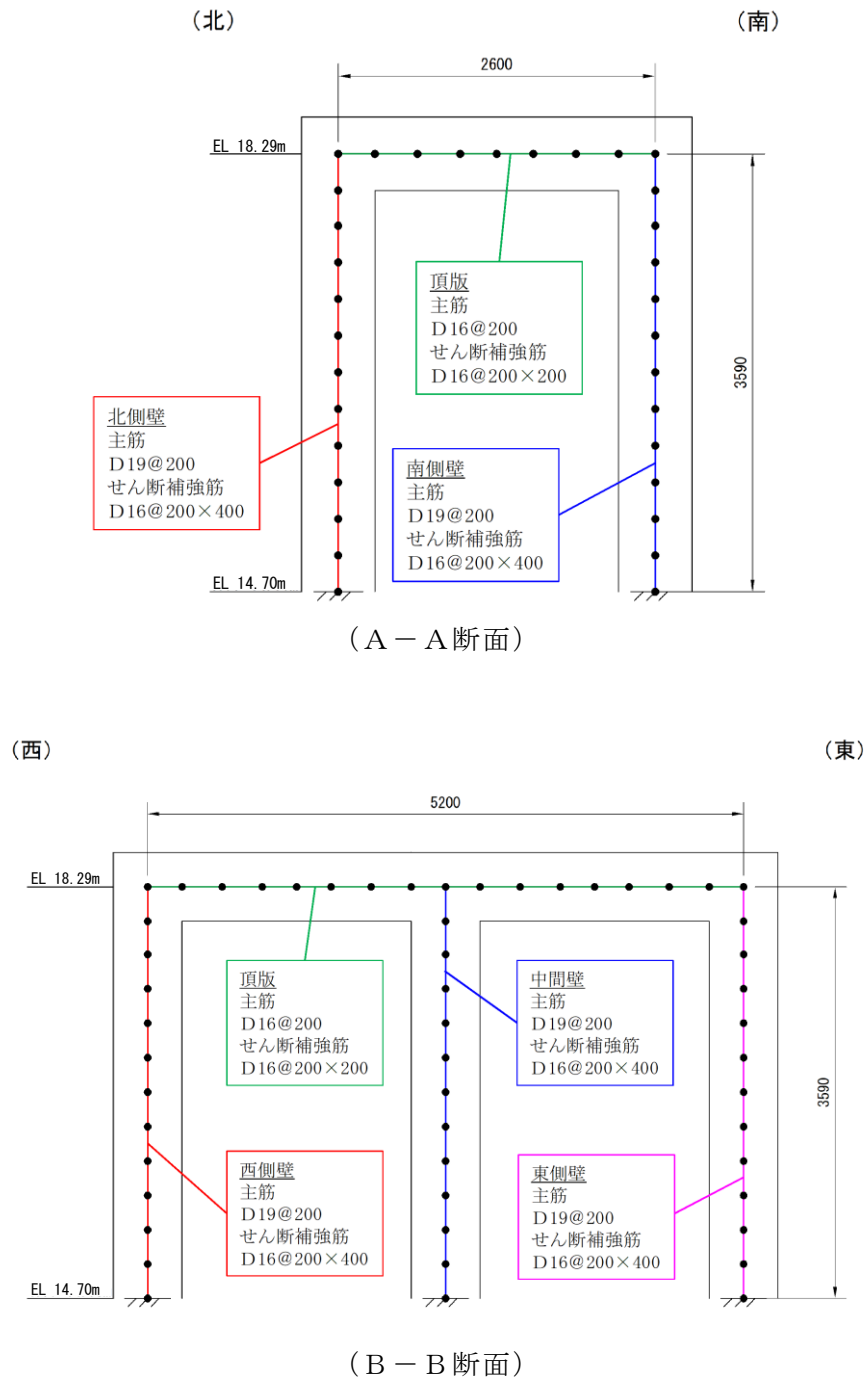
注記\* : 全ケースのうち最大値を示す。

表 7.2.7-6 補助消火水槽の設計用地震力

対象構造物	設計震度	
	水平 K <sub>H</sub>	鉛直 K <sub>V</sub>
補助消火水槽	1.2	1.5

f. 静的フレーム解析

補助消火水槽は、部材図心軸を軸心としたはり要素でモデル化し、2次元フレーム解析により耐震評価を行う。2次元フレーム解析モデルを図7.2.7-8に示す。



(単位：mm)

図 7.2.7-8 2次元フレーム解析モデル図

(4) 評価方法

評価対象部材の耐震評価は，地上部を構成する側壁，中間壁及び頂板について，曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を行い，許容限界以下であることを確認する。

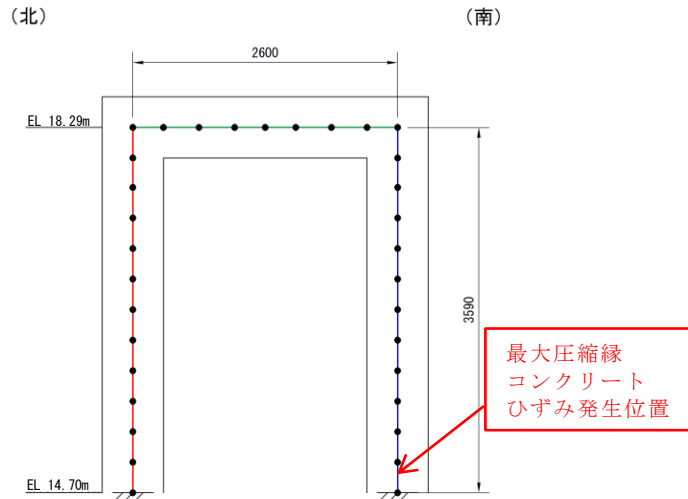
(5) 評価結果

曲げ・軸力系破壊に対する照査値を表 7.2.7-7 に，最大圧縮縁コンクリートひずみ発生位置を図 7.2.7-9 に，せん断破壊に対する照査値を表 7.2.7-8 に，発生断面力を図 7.2.7-10 に示す。評価対象部材の発生力は，許容限界以下であり，補助消火水槽の地上部が基準地震動  $S_s$  による地震力に対して倒壊に至らないことを確認した。

表 7.2.7-7(1) 曲げ・軸力系破壊に対する照査値 (A-A断面)

断面	照査用ひずみ $\epsilon_d^*$	限界ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
A-A	346 $\mu$	10000 $\mu$	0.04

注記\* : 照査用ひずみ  $\epsilon_d =$  発生ひずみ  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.20)$



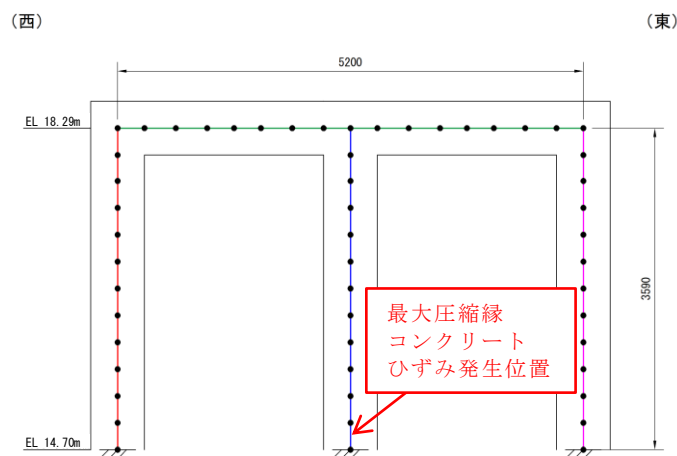
(単位 : mm)

図 7.2.7-9(1) 最大圧縮縁コンクリートひずみ発生位置 (A-A断面)

表 7.2.7-7(2) 曲げ・軸力系破壊に対する照査値 (B-B断面)

断面	照査用ひずみ $\epsilon_d^*$	限界ひずみ $\epsilon_R$	照査値 $\epsilon_d / \epsilon_R$
B-B	353 $\mu$	10000 $\mu$	0.04

注記\* : 照査用ひずみ  $\epsilon_d =$  発生ひずみ  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.20)$



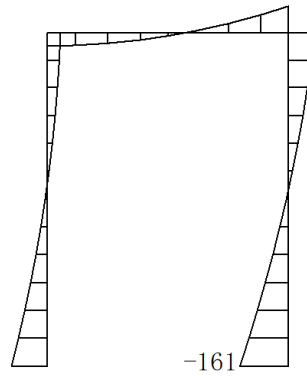
(単位 : mm)

図 7.2.7-9(2) 最大圧縮縁コンクリートひずみ発生位置 (B-B断面)

表 7.2.7-8(1) せん断破壊に対する照査値 (A-A断面)

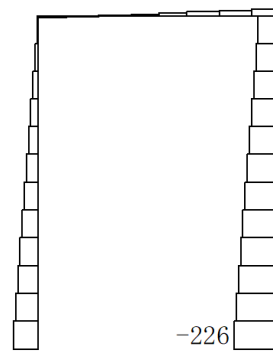
断面	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
A-A	104	479	0.22

注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$



(a) 曲げモーメント図

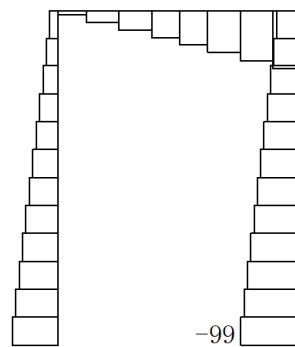
(単位 : kN · m)



(b) 軸力図

(+ : 引張)  
(- : 圧縮)

(単位 : kN)



(c) せん断力図

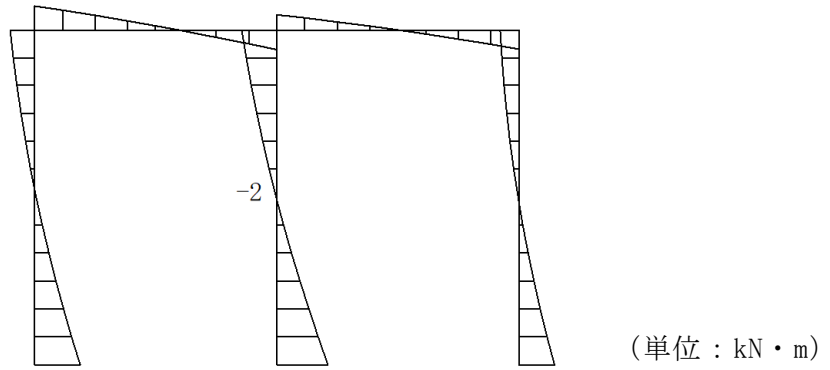
(単位 : kN)

図 7.2.7-10(1) 断面力図 (A-A断面)

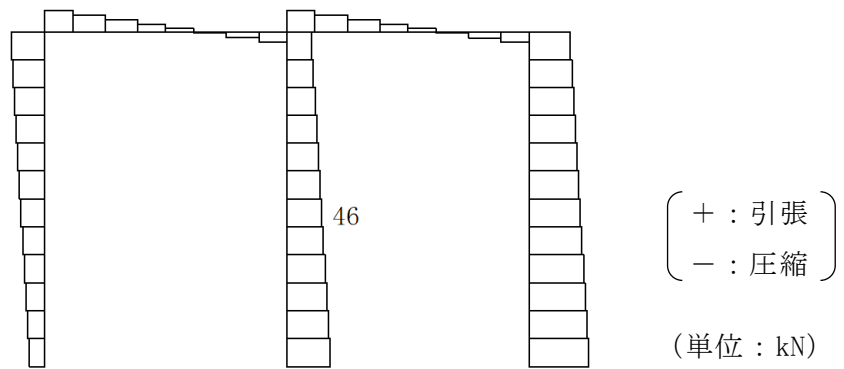
表 7.2.7-8(2) せん断破壊に対する照査値 (B-B断面)

断面	照査用 せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
B-B	86	305	0.29

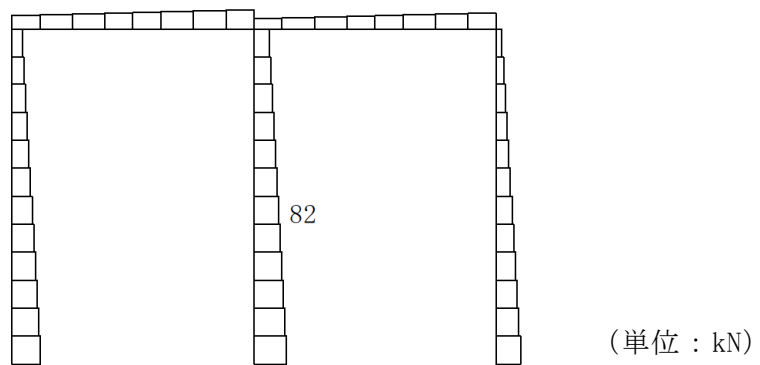
注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 7.2.7-10(2) 断面力図 (B-B断面)



## 7.2.8 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震性評価

### (1) 概要

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁は、地震時に漏えいした重油による火災発生時において、溢水防止壁内に貯留することで、地震時に期待するアクセスルートからの離隔距離を確保する必要があることから、基準地震動  $S_s$  による地震動に対して耐震評価を実施する。なお、万一、アクセスルートに影響のある火災が発生した場合には、迂回する。また、自衛消防隊による消火活動を実施する。

### (2) 基本方針

#### a. 位置

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の位置を図 7.2.8-1 に示す。

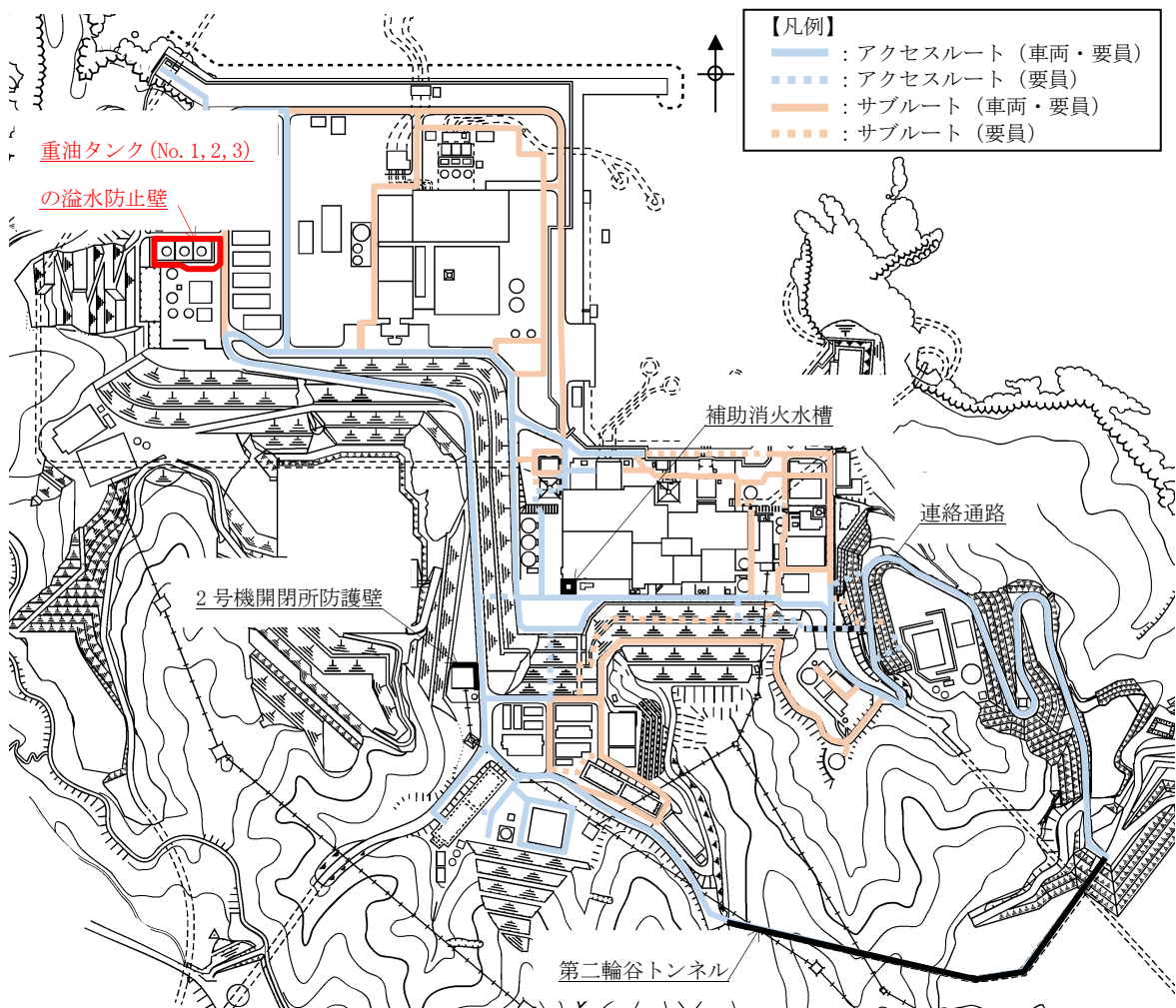
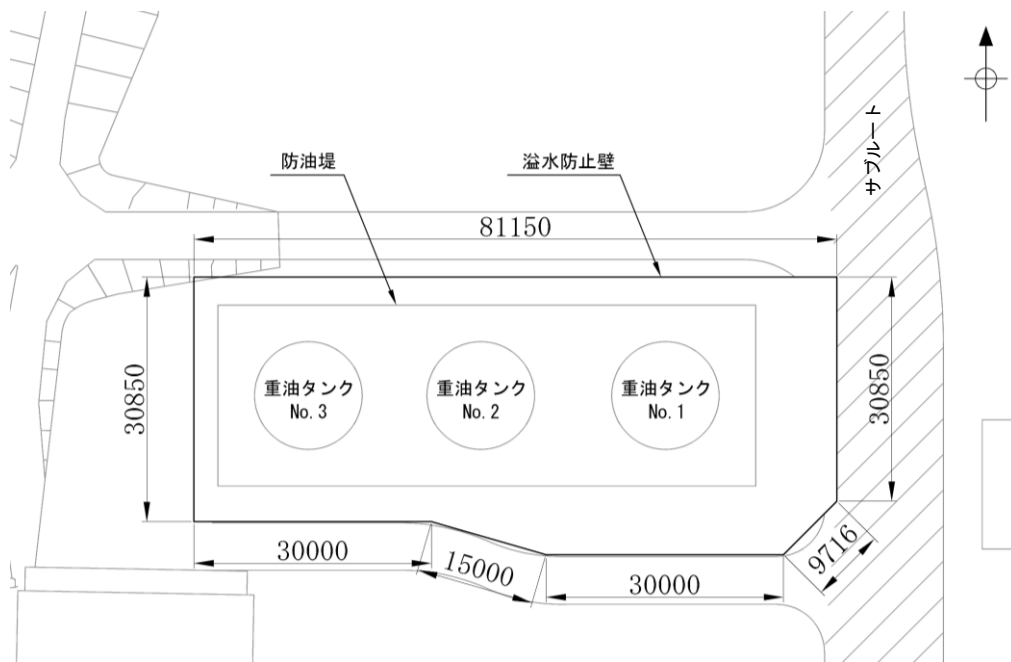


図 7.2.8-1 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の設置位置

b. 構造概要

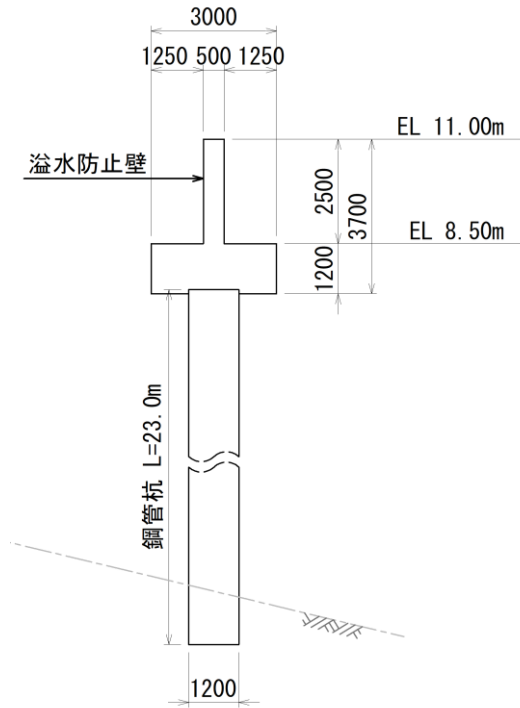
屋外のサブルートに近接している重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁は、高さ約 2.5m の溢水防止壁、フーチング及び鋼管杭で構成された鉄筋コンクリート製壁であり、鋼管杭を介して岩盤に設置している。

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の概略平面図を図 7.2.8-2 に、概略断面図を図 7.2.8-3 に、概略配筋図を図 7.2.8-4 に、止水目地の概略断面図を図 7.2.8-5 に示す。



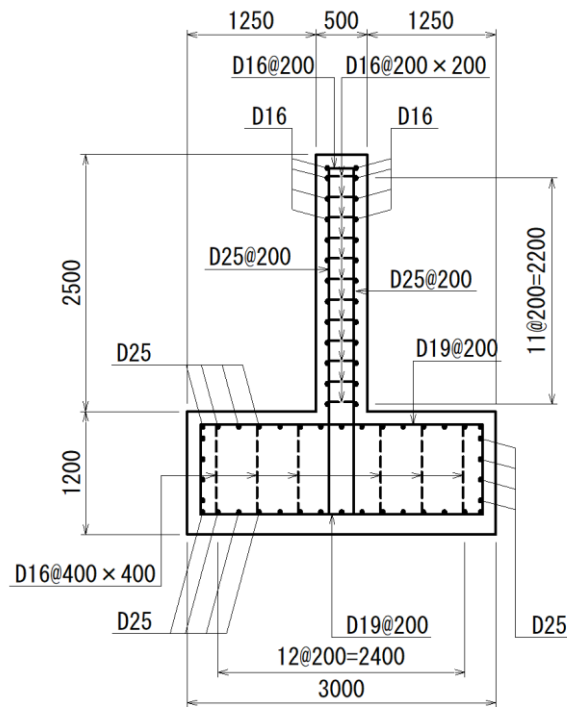
(単位：mm)

図 7.2.8-2 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の概略平面図



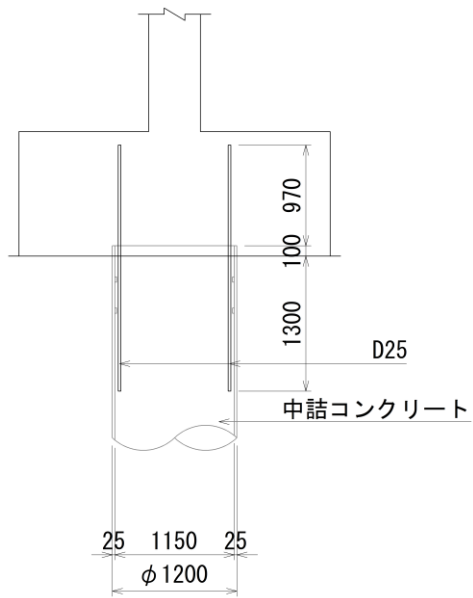
(単位：mm)

図 7.2.8-3 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の概略断面図



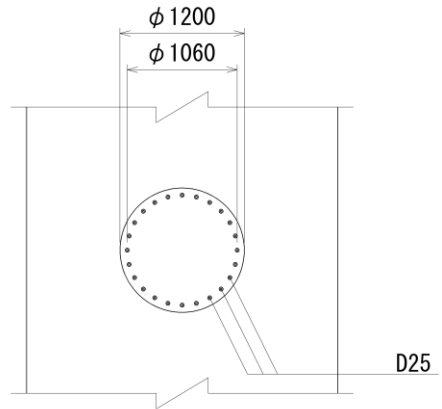
(単位：mm)

図 7.2.8-4(1) 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の概略配筋図



(単位：mm)

(断面図)



(単位：mm)

(平面図)

図 7.2.8-4(2) 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の概略配筋図 (杭頭補強筋)

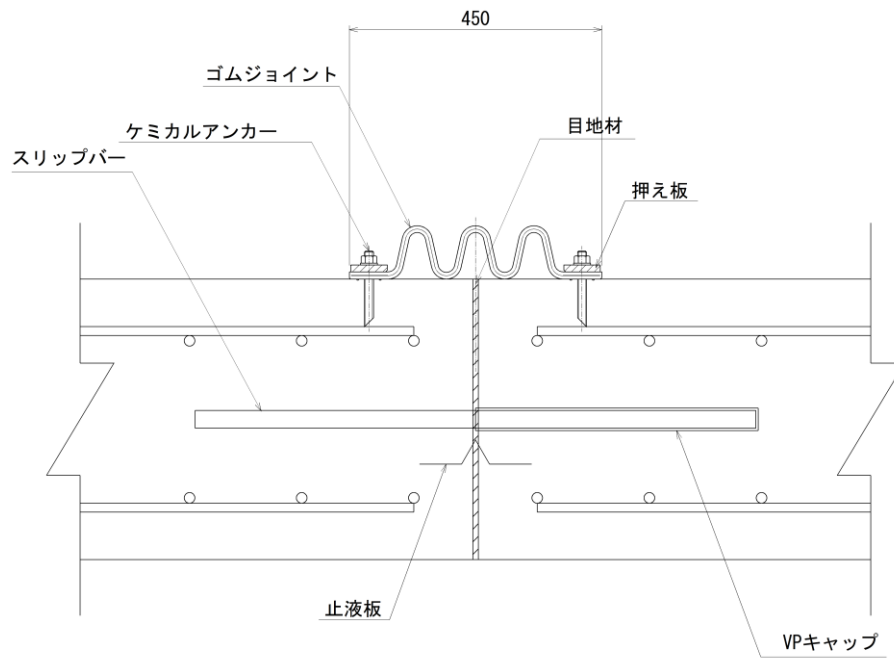


図 7.2.8-5 止水目地の概略断面図

c. 評価方針

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震評価は、基準地震動  $S_s$  (6波) による地震力に対して、重油を溢水防止壁内に貯留する観点から、構造部材の健全性評価及び残留変位量評価を実施する。

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震評価フローを図 7.2.8-6 に示す。

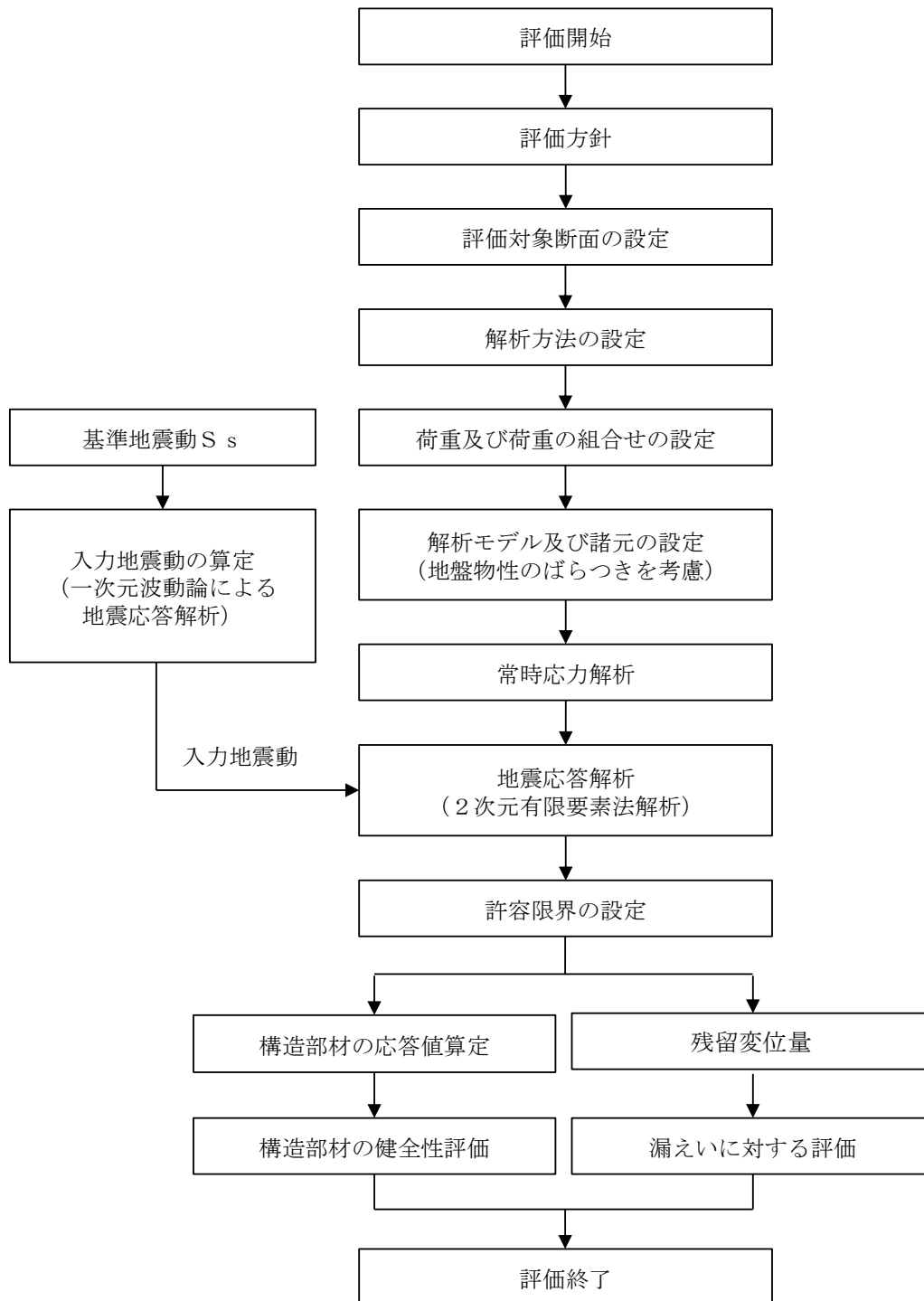


図 7.2.8-6 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震評価フロー

(3) 耐震評価

a. 評価対象断面及び評価対象部位

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁のうち、地震時に重油タンクから漏えいした重油による火災発生時において、溢水防止壁内に貯留する観点から評価対象とする範囲は全周である。

地質断面図より構造物の応答に影響を及ぼすと考えられる埋戻土が北東方向傾斜で分布しており北東部の鋼管杭が長くなること、及び重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の南端部と西端部を比較した際に、南端部の方が埋戻土が厚くなり鋼管杭が長くなることから評価対象断面をA-A断面とする。断面位置図を図 7.2.8-7 に地質断面図を図 7.2.8-8 に示す。

評価対象部位については、溢水防止壁内に重油を貯留する観点から壁、フーチング及び鋼管杭とする。評価対象部位を図 7.2.8-9 に示す。

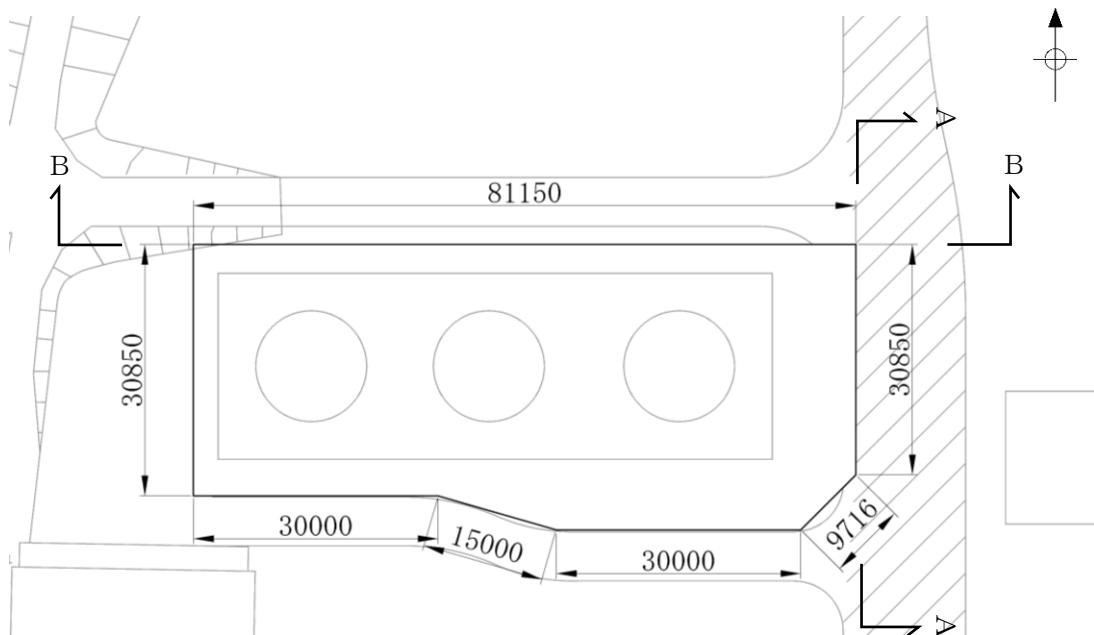


図 7.2.8-7 断面位置図

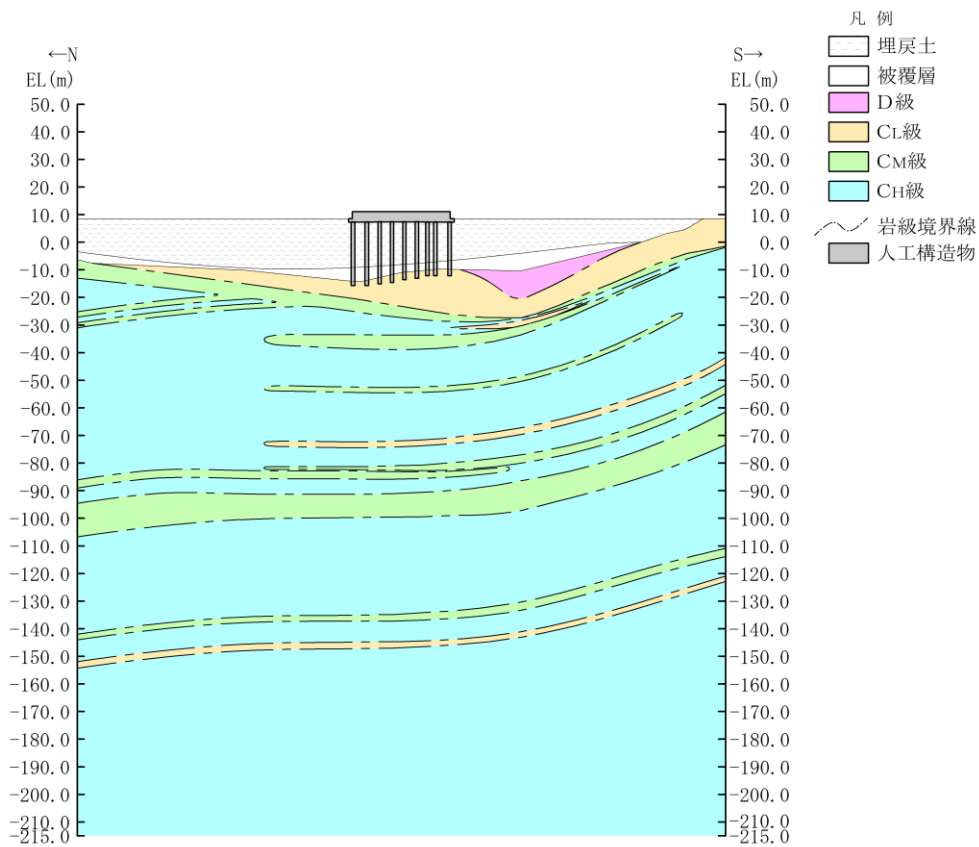


图 7.2.8-8(1) 地質断面図 (岩級図, 南北方向 (A-A断面))

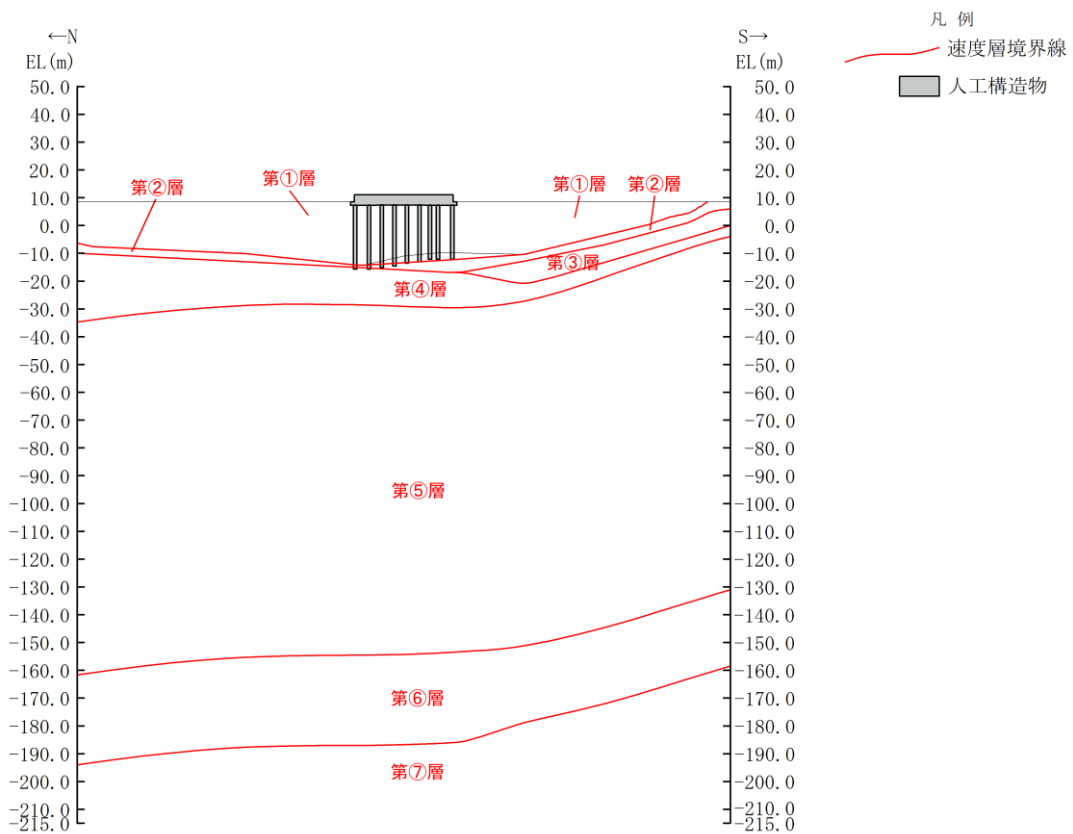


图 7.2.8-8(2) 地質断面図 (速度層区分図, 南北方向 (A-A断面))

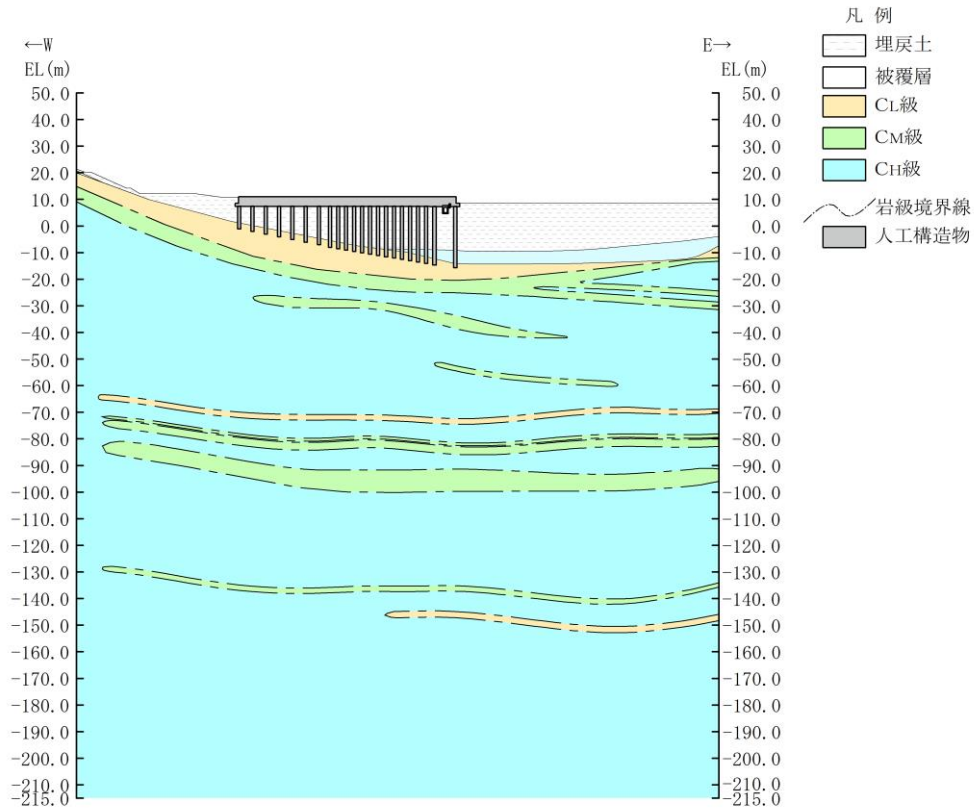


图 7.2.8—8(3) 地質断面图 (岩級图, 東西方向 (B—B 断面))

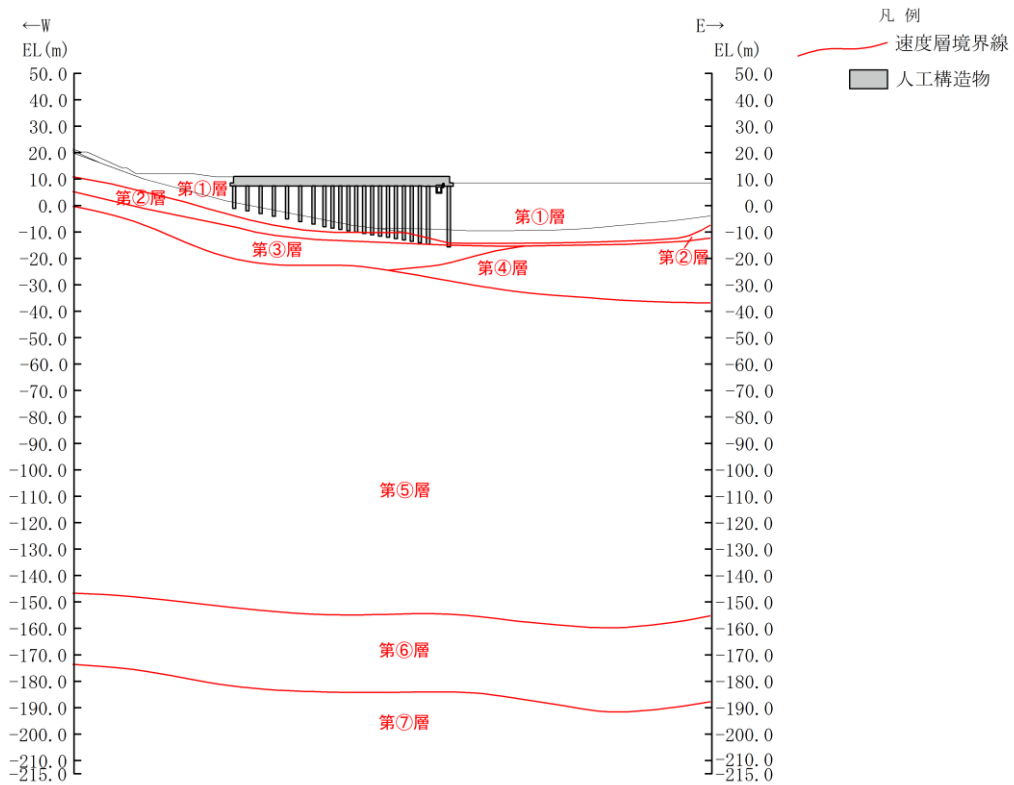


图 7.2.8—8(4) 地質断面图 (速度層区分图, 東西方向 (B—B 断面))



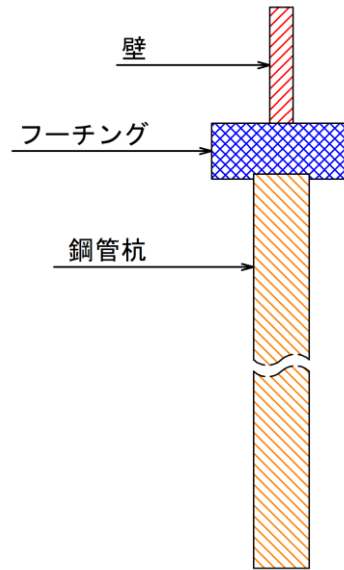


図 7.2.8-9 評価対象部位

b. 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重の組合せを表 7.2.8-1 に示す。

表 7.2.8-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S s)	$G + P_s + P_k + S s$

G : 固定荷重

$P_s$  : 積雪荷重

$P_k$  : 風荷重

S s : 地震荷重 (基準地震動 S s)

c. 許容限界

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震評価における許容限界を表 7. 2. 8—2 に示す。

表 7. 2. 8—2 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の耐震評価における許容限界

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
重油を溢水防止壁内に貯留する。	基準地震動 $S_s$	壁・フーチング	発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度*1
				せん断耐力*2
			残留変位量の2倍が許容限界を超えないことを確認	ゴムジョイントの許容変位：200mm*3
		杭頭部	鋼管杭結合部に作用する押抜きせん断応力と支圧応力が許容限界以下であることを確認	押抜きせん断応力度*2 支圧応力度*2
		鋼管杭	発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界を超えないことを確認	降伏モーメント（曲げ） 降伏応力度（せん断）

注記\*1：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）

\*2：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（2005年6月 土木学会 原子力土木委員会）

\*3：メーカーカタログ値

d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 7.2.8-3 に、使用材料の物性値を表 7.2.8-4 に示す。

表 7.2.8-3 構造物の使用材料

部 材	材 料	仕 様
壁・フーチング	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 $f'_{ck}=24.0$ (kN/m <sup>2</sup> )
鋼管杭	鋼管杭	SKK490, $\phi$ 1200, L=23m

表 7.2.8-4 使用材料の物性値

部 材	材 料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比
壁・フーチング	鉄筋コンクリート	$2.5 \times 10^4$	24.0	0.2
鋼管杭	鋼管杭	$2.0 \times 10^5$	77.0	0.3

e. 入力地震動及び地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。また、構造物の設置方向を考慮し、方向性を有する基準地震動 ( $S_s - F1$  及び  $F2$ ) は断面方向に応じた検討を実施し、角度補正は行わない。

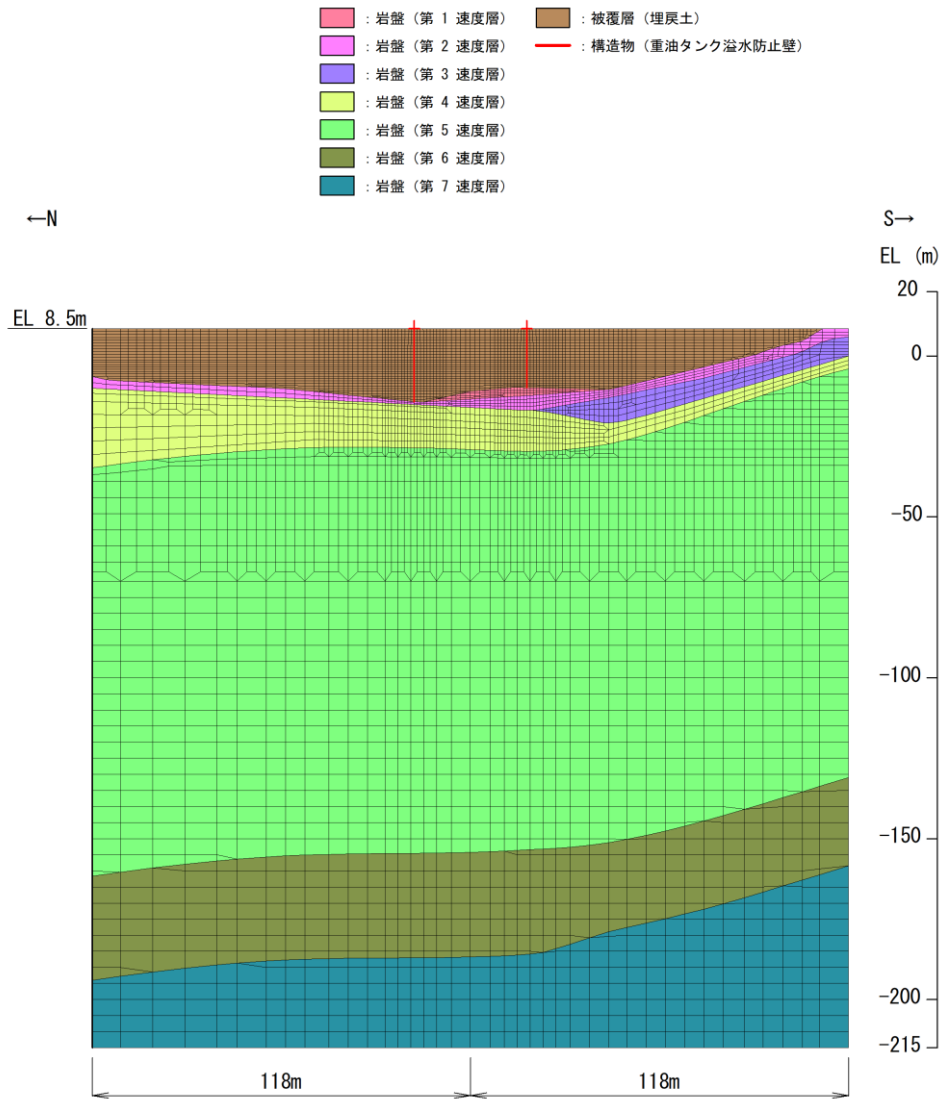
地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元動的有限要素法により、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。解析手法は、重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁側方に地下水位以深の液状化対象層が広範囲に分布するため、「有効応力解析」(解析コード「FLIP」)を選定する。

解析モデルは、図 7.2.8-8(1)及び(2)に示すA-A断面の位置で、当該断面の南北両端部の鋼管杭に溢水防止壁を投影して作成する。

構造部材については、線形はり要素でモデル化し、鋼管杭と埋戻土との間には、地震時に鋼管杭の間を埋戻土がすり抜ける効果を考慮するため、杭-地盤相互作用バネ要素でモデル化する。また、岩盤は線形の平面ひずみ要素で、埋戻土は地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でそれぞれモデル化する。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。

重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の解析モデルを図 7.2.8-10 に示す。



注：A-A断面の位置で北側及び南側端部の鋼管杭に溢水防止壁を投影してモデル化

図 7.2.8-10 (1) 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の解析モデル (全体図)  
(南北断面 (A-A断面))

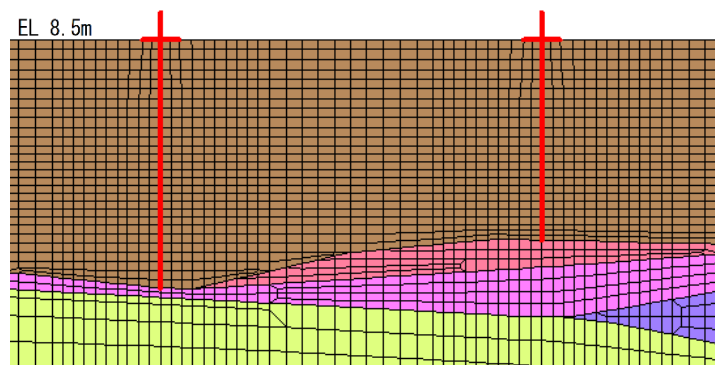


図 7.2.8-10 (2) 重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁の解析モデル (拡大図)  
(南北断面 (A-A断面))

#### (4) 評価方法

評価対象部材の耐震評価のうち壁、フーチング、杭頭部及び鋼管杭は、地震応答解析に基づいて算定した発生応力が表 7.2.8-2 で設定した許容限界を満足することを確認する。また、漏えいに対する評価においては、地震応答解析に基づいて算定した残留変位量が、目地を挟んだ各壁、フーチングで発生するものと保守的に仮定し、残留変位量の2倍の値が、表 7.2.8-2 で設定した許容限界を満足することを確認する。残留変位量は、図 7.2.8-11 に示すとおり、**溢水防止壁のうち壁の頂部とフーチング底版中心の相対変位量とする。**評価にあたっては、北側及び南側の溢水防止壁のうち、照査値が厳しくなる溢水防止壁の結果を示す。

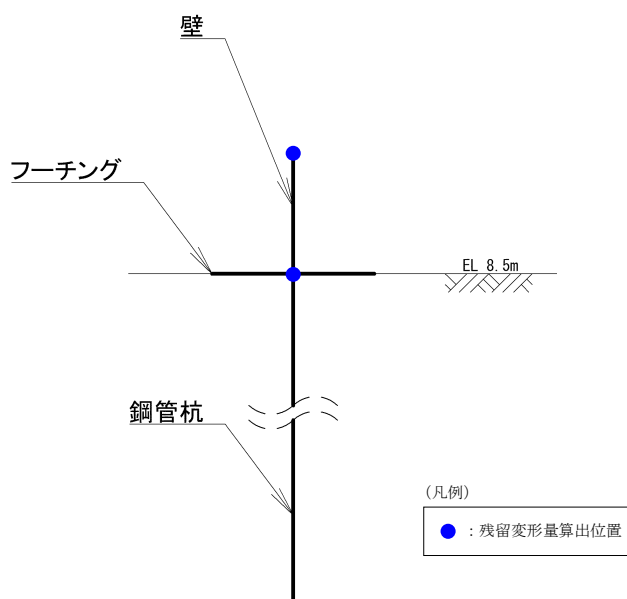


図 7.2.8-11 残留変形量の算出位置

(5) 評価結果

a. 壁及びフーチング

壁及びフーチングの鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 7.2.8-5 に、せん断破壊に対する最大照査値を表 7.2.8-6 に示す。

曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査値が許容限界以下であることを確認した。

また、漏えいに対する評価の照査結果を表 7.2.8-7 に示す。

残留変位量の 2 倍の値が、許容限界以下であることを確認した。

表 7.2.8-5(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, コンクリート)

評価対象部位	地震動	軸力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	発生応力度 $\sigma'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 $\sigma'_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
壁	S s - D	506.7	378.5	2.2	13.5	0.17
フーチング	S s - D	-66.13	-651.5	0.7	13.5	0.06

表 7.2.8-5(2) 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面, 主筋)

評価対象部位	地震動	軸力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	発生応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
壁	S s - D	506.7	378.5	45.1	294	0.16
フーチング	S s - D	-513.5	-555.8	67.9	294	0.24

表 7.2.8-6 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

評価対象部位	地震動	照査用せん断力 $V_d^*$ (kN)	せん断耐力 $V_{yd}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{yd}$
壁	S s - N 2 (EW)	239	5361	0.05
フーチング	S s - D	-537	3094	0.18

注記\* : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a (=1.05)$

表 7.2.8-7 漏えいの評価に対する照査 (A-A断面)

地震動	残留変位量 $\times 2$ (mm)	許容限界 (mm)	照査値
S s - D	118	200	0.59



b. 杭頭部

杭頭部の水平押抜きせん断応力と水平支圧応力の最大照査値を表 7.2.8-8 に示す。

杭頭部に作用する水平押抜きせん断応力と水平支圧応力の照査値が許容限界以下であることを確認した。

表 7.2.8-8(1) 水平押抜きせん断応力に対する最大照査値 (A-A断面)

評価対象部位	地震動	押抜きせん断 応力度 $\tau_h$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容押抜き せん断応力度 $\tau_{ha}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_h / \tau_{ha}$
杭頭部	S s - N 1	0.25	0.90	0.28

表 7.2.8-8(2) 水平支圧応力に対する最大照査値 (A-A断面)

評価対象部位	地震動	水平支圧応力度 $\sigma_{ch}$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容支圧 応力度 $\sigma_{ba}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_{ch} / \sigma_{ba}$
杭頭部	S s - N 1	6.86	10.80	0.64

c. 鋼管杭

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 7.2.8-9 に示す。

また、せん断破壊に対する最大照査値を表 7.2.8-10 に示す。

曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査値が許容限界以下であることを確認した。

表 7.2.8-9 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (A-A断面)

地震動	発生曲げ モーメント M (kN・m)	降伏曲げ モーメント M <sub>y</sub> (kN・m)	照査値 M/M <sub>y</sub>
S <sub>s</sub> -N2 (NS)	-7435	15320	0.49

表 7.2.8-10 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (A-A断面)

地震動	発生せん断 応力度 τ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 τ <sub>y d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 τ <sub>s</sub> /τ <sub>y d</sub>
S <sub>s</sub> -D	15	182	0.09

### 7.3 機器・配管の耐震性評価

#### 7.3.1 第2予備変圧器の耐震性評価

##### (1) 概要

島根原子力発電所の第2-66kV開閉所で使用する第2予備変圧器は油入変圧器であり、本体部のタンクと放熱器内に絶縁油が内包されており、地震によりタンク若しくは放熱器が損傷した場合、絶縁油が流出する可能性がある。

本資料は、第2予備変圧器が、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、十分な耐震性を有することにより、屋外のアクセスルートに火災による影響がないことを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

##### (2) 一般事項

###### a. 対象機器

第2予備変圧器の仕様を表7.3.1-1に示す。

表 7.3.1-1 第2予備変圧器の仕様

機器名	定格容量(MVA)	定格電圧(kV)
第2予備変圧器	25	69/6.9

###### b. 構造計画

第2予備変圧器の構造計画を表7.3.1-2及び表7.3.1-3に示す。

表 7.3.3.1-2 構造計画 (変圧器本体)


計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>基礎に埋込ベースが埋め込まれており、その上に変圧器本体が据え付けられている。変圧器本体はタンクと鉄心、巻線で構成された構造物（以下、「中身構造物」という）で構成されており、タンクに中身構造物が格納されている。タンクと中身構造物は振れ止め金具で固定されている。変圧器本体と埋込ベースが基礎耐震金具で溶接にて固定されている。</p>	<p>25MVA 変圧器</p>	

表 7.3.1-3 構造計画（付属設備）

計画の概要		概略系統図
構造概要	主体構造	
<p>放熱器とコンサベータが配管で変圧器本体に連結されている。連結部及びフランジとの接続については溶接にて固定されている。また、避圧弁取付配管及び衝撃油圧継電器取付配管が変圧器本体に接続されている。接続部については、溶接にて固定されている。</p>	<p>25MVA 変圧器</p>	

c. 評価方針

第2予備変圧器の地震時における健全性の確認は、「(2) b. 構造計画」にて示す第2予備変圧器の部位を踏まえ「(3) 評価部位」にて設定する箇所において、「(4) 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「(5) 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

第2予備変圧器の耐震評価フローを図7.3.1-1に示す。

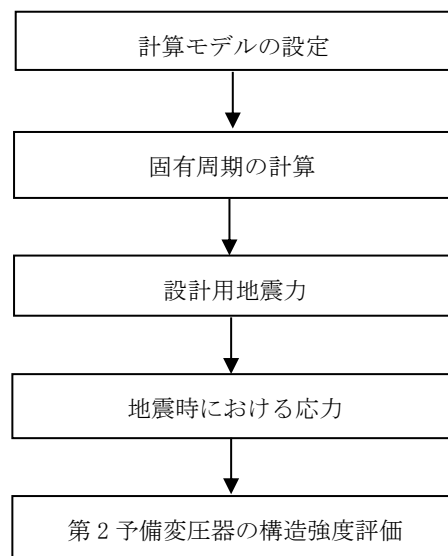


図7.3.1-1 第2予備変圧器の耐震評価フロー

d. 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (a) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG 4601・補-1984」という。)
- (b) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会) (以下「JEAG 4601-1987」という。)
- (c) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (d) 変電所等における電気設備の耐震設計指針 (JEAG 5003-2010) (以下「JEAG 5003-2010」という。)
- (e) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

e. 記号の説明

表 7.3.1-4 に記号の説明を示す。

表 7.3.1-4 記号の説明 (1/2)

記号	記号の説明	単位
A	基礎耐震金具溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s i</sub>	有効せん断断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
A <sub>i</sub>	断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	タンク断面の縦幅	mm
b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub>	タンク断面の横幅	mm
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>0</sub>	管の外径	mm
E <sub>i</sub>	縦弾性係数* <sup>1</sup>	MPa
F <sub>b</sub>	基礎耐震金具 1 個に作用する引抜荷重	N
F <sub>HX</sub>	基礎耐震金具 1 個に作用する水平荷重	N
F*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
f <sub>s</sub> *	許容せん断応力	MPa
G <sub>i</sub>	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h	変圧器重心高さ	mm
h <sub>i</sub>	機器全体重心高さ* <sup>1</sup>	mm
i <sub>1</sub>	形状係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値	—
i <sub>2</sub>	形状係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.0 のいずれか大きい方の値	—
I <sub>i</sub>	断面二次モーメント* <sup>1</sup>	mm <sup>4</sup>
k <sub>i</sub>	ばね定数* <sup>1</sup>	N/mm
k <sub>x i</sub>	形状係数* <sup>1</sup>	—
L <sub>1</sub>	変圧器重心と基礎耐震金具の間隔	mm
L <sub>2</sub>	基礎耐震金具間隔	mm
M <sub>a</sub>	管の機械的荷重 (自重その他の長期的荷重に限る。) により生じるモーメント	N・mm
M <sub>b</sub>	管の機械的荷重 (地震を含めた短期的荷重) により生じるモーメント	N・mm
M <sub>b</sub> *	地震による慣性力により生じるモーメントの全振幅	N・mm

表 7.3.1-4 記号の説明 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$M_c$	地震による相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
$m_i$	質量*1	kg
$N$	基礎耐震金具員数	—
$P$	地震と組合せるべき運転状態における圧力	MPa
$S_n$	一次+二次応力	MPa
$S_{p r m}$	一次応力	MPa
$T$	固有周期	s
$t$	管の厚さ	mm
$W$	変圧器本体質量	kg
$\pi$	円周率	—
$\nu_i$	ポアソン比*1	—
$\sigma$	引張力により発生するせん断応力	MPa
$\tau$	せん断力により発生するせん断応力	MPa
$\tau_c$	溶接部に生じるせん断応力	MPa

注記\*1：添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 2$ ：タンク

$i = 3$ ：中身構造物



f. 数値の丸め方

表示する数値の丸め方は表 7.3.1-5 に示すとおりである。

表 7.3.1-5 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
せん断弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>1</sup>
ばね定数	N/mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>1</sup>
形状係数	—	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>1</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
発生応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>2</sup>	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*1：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### (3) 評価部位

第 2 予備変圧器の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる基礎耐震金具及び絶縁油配管について実施する。評価部位の選定の考え方を以下に示し、第 2 予備変圧器の耐震評価部位については、表 7.3.1-2 及び表 7.3.1-3 構造計画の概略構造図に示す。

#### a. 変圧器本体の評価部位

変圧器本体は、絶縁油を内包するタンクに接合された基礎耐震金具が基礎に定着する構造となっている。構造強度上の最弱部となる基礎耐震金具が地震により損傷した場合、変圧器本体が滑動、転倒することでタンクが損傷し、内包された絶縁油が流出するおそれがある。

また、J E A G 5 0 0 3-2010 において、「変圧器本体を基礎に固定する基礎ボルトが破断し本体が滑動しないよう、基礎ボルトの強度を十分に確保し得る施工上の注意が必要である」と示されている。

以上のことから、変圧器本体の評価部位は基礎耐震金具を選定する。

#### b. 付属設備の評価部位

付属設備は、絶縁油を内包する放熱器及びコンサベータが変圧器本体の梁を介して共用構造となっており、これらが変圧器本体と配管で連結される構造となっている。また、変圧器本体に絶縁油を内包する避圧弁取付配管及び衝撃油圧継電器取付配管が接続される構造となっている。これらの付属設備が損傷した場合、内包する絶縁油が流出するおそれがある。

付属設備のうち、放熱器及びコンサベータは剛性が大きく、十分な耐震性を有していると考えられるが、配管はこれらと比較して剛性が小さく、構造強度上の最弱部となると考えられる。

以上のことから、付属設備の評価部位は絶縁油を内包する配管(以下「絶縁油配管」という。)を選定する。

(4) 固有周期

a. 基礎耐震金具

(a) 固有周期の計算方法

計算モデルの考え方を以下に示す。

- イ. 変圧器本体は中身構造物がタンクの中に格納されている構造となっており、中身構造物とタンクは振れ止め金具により結合している。
- ロ. 変圧器本体は基礎に埋め込まれている埋込ベースと基礎耐震金具によって溶接にて固定されている。
- ハ. 各部の質量は重心に集中するものとする。
- ニ. 水平方向については中身構造物とタンクが振れ止め金具により結合され、基礎が固定されていることから、図 7.3.1-2(a)に示す2質点系の振動モデルとして考える（J E A G 4 6 0 1-1987「立形ポンプ」準用）。
- ホ. 鉛直方向については中身構造物とタンクが振れ止め金具により結合されているが、振れ止め金具の剛性が水平方向と比較して低いことから、中身構造物とタンクを個別で考え、図 7.3.1-2(b)に示す1質点系の振動モデルとして考える。

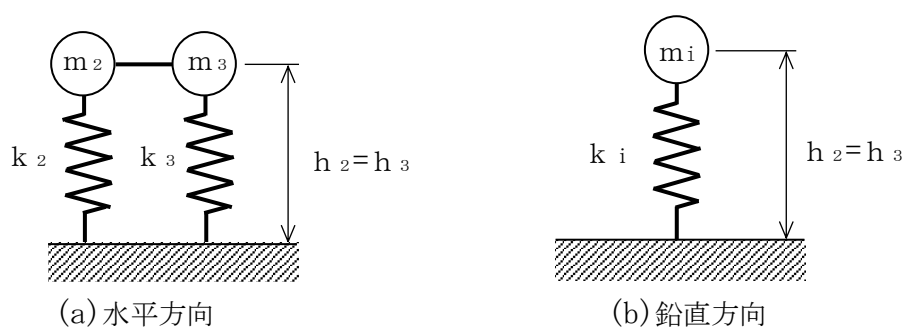


図 7.3.1-2 固有周期の計算モデル

水平方向の固有周期は図 7.3.1-2(a)のモデルとなることから、次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_2 + m_3}{10^3 \cdot (k_2 + k_3)}}$$

ここで、水平方向のばね定数  $k_i$  は次式による値とする。

$$k_i = \frac{1}{\frac{h_i^3}{3 \cdot E_i \cdot I_i} + \frac{h_i}{G_i \cdot A_{s i}}}$$

なお、せん断弾性係数  $G_i$  は次式による値とする。

$$G_i = \frac{E_i}{2 \cdot (1 + \nu_i)}$$

また、有効せん断断面積  $A_{s i}$  は次式による値とする。

$$A_{s i} = \frac{A_i}{k_{x i}}$$

形状係数  $k_{x i}$  は次式による値とする。

$$k_{x 2} = \frac{3 \cdot (a_2 \cdot b_2^2 - a_1 \cdot b_1^2) \cdot (a_2 \cdot b_2 - a_1 \cdot b_1)}{2 \cdot (a_2 \cdot b_2^3 - a_1 \cdot b_1^3) \cdot (a_2 - a_1)} \quad (X \text{ 方向})$$

$$k_{x 2} = \frac{3 \cdot (b_2 \cdot a_2^2 - b_1 \cdot a_1^2) \cdot (b_2 \cdot a_2 - b_1 \cdot a_1)}{2 \cdot (b_2 \cdot a_2^3 - b_1 \cdot a_1^3) \cdot (b_2 - b_1)} \quad (Y \text{ 方向})$$

$$k_{x 3} = \frac{4}{3}$$

このとき、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ は、図 7.3.1-3 に次式による値とする。

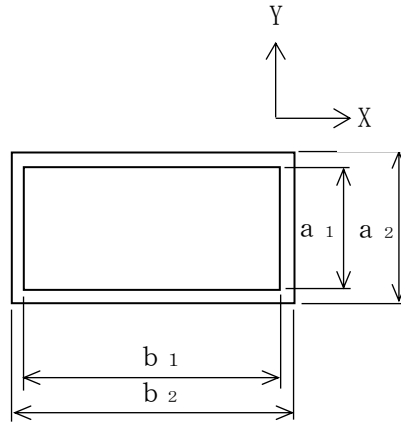


図 7.3.1-3 タンク断面

鉛直方向の固有周期は図 7.3.1-2(b) のモデルとなることから、次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_i}{10^3 \cdot k_i}}$$

ここで、鉛直方向のばね定数  $k_i$  は次式による値とする。

$$k_i = \frac{1}{\frac{h_i}{E_i \cdot A_i}}$$

(b) 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、添付資料(1)「基礎耐震金具強度計算」に示す。

(c) 固有周期の計算結果

基礎耐震金具の固有周期の計算結果を表 7.3.1-6 に示す。計算の結果、1次固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 7.3.1-6 1次固有周期 (基礎耐震金具) (単位 : s)

X 方向	Y 方向	鉛直方向	
		タンク	中身構造物

b. 絶縁油配管

絶縁油配管の固有周期の計算は、三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。なお、解析コードは「H I S A P」を使用し、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。固有周期の計算に用いる計算条件は、「(5) 構造強度評価」に示す。

固有周期の計算結果を表 7.3.1-7 に示す。計算の結果、1次固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 7.3.1-7 1次固有周期（絶縁油配管）（単位：s）

部位	1次固有周期
放熱器連結配管	
コンサベータ連結配管	
避圧弁取付配管	
衝撃油圧継電器取付配管	

注：許容応力の発生応力に対する裕度が最小となるコンサベータ連結配管を代表として振動モード図を図 7.3.1-4 に示す。

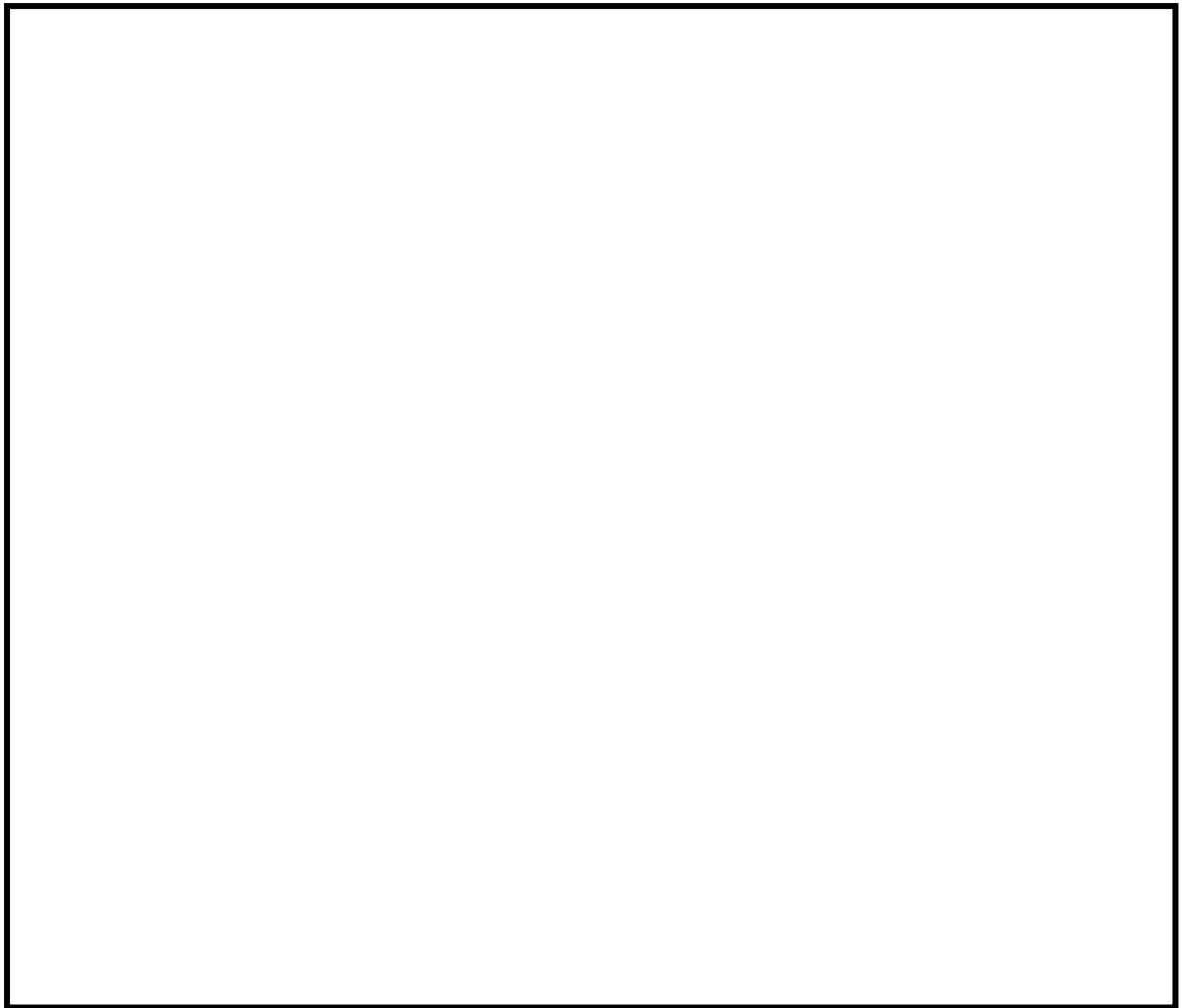


図 7.3.1-4 振動モード図(コンサベータ連結配管)

(5) 構造強度評価

a. 入力地震動

基準地震動 S s 5 波 (S s - D, N 1, N 2, F 1, F 2) のうち, 第 2-66kV 開閉所基礎底面 (EL 44.2m) における水平及び鉛直方向の最大加速度がいずれも最大である S s - D 波を入力地震動とする。

S s - D 波の最大加速度を表 7.3.1-8 に, 基準地震動 S s 5 波の最大加速度を添付資料 (2) 「第 2-66kV 開閉所における基準地震動 S s 5 波の最大加速度」に示す。

表 7.3.1-8 第 2-66kV 開閉所基礎底面 (EL 44.2m) の最大加速度

地震動	加振方向	最大応答加速度 (Gal)
S s - D	水平	
	鉛直	

b. 評価方針

- (a) 変圧器本体の固有周期 (水平, 鉛直方向) 及び絶縁油配管の 1 次固有周期は 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認したことから, 静的評価を実施する。
- (b) 静的評価においては, 設計震度 (S s - D 波の最大加速度の 1.2 倍の値) を用いて地震力を計算する。
- (c) 耐震評価にあたっては, J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に基づく応力評価を実施し, 発生応力が許容応力以下であることを確認する。

c. 基礎耐震金具の構造強度評価

(a) 発生応力の計算方法

溶接部の応力は, 図 7.3.1-5 に示す基礎耐震金具の構造を考慮し, 図 7.3.1-6 及び図 7.3.1-7 に示す計算モデルを用いて, 以下に示す計算式により, 引張力及びせん断力により発生するせん断応力を計算する。

イ. 短辺転倒方向の引張力により発生するせん断応力

計算モデル (短辺方向転倒) 図 7.3.1-6 の場合の (イ) を支点とした基礎耐震金具 1 個に作用する引抜荷重 (引張力) F b は次式で求める。

$$F_b = \frac{C_H \cdot g \cdot W \cdot h - (1 - C_V) \cdot g \cdot W \cdot L_1}{\frac{N}{2} \cdot L_2}$$



引張力により発生するせん断応力

$$\sigma = \frac{F_b}{A}$$

- ロ. 長辺転倒方向の引張力により発生するせん断応力  
計算モデル（長辺方向転倒）図 7.3.1-7 の場合の（ウ）を支点とした基礎耐  
震金具 1 個に作用する引抜荷重（引張力） $F_b$  は次式で求める。

$$F_b = \frac{C_H \cdot g \cdot W \cdot h - (1 - C_V) \cdot g \cdot W \cdot L_1}{\frac{N}{2} \cdot L_2}$$

引張力により発生するせん断応力

$$\sigma = \frac{F_b}{A}$$

- ハ. せん断力により発生するせん断応力  
基礎耐震金具 1 個に作用する水平荷重  $F_{HX}$  は次式で求める。

$$F_{HX} = \frac{C_H \cdot g \cdot W}{N}$$

せん断力により発生するせん断応力

$$\tau = \frac{F_{HX}}{A}$$

- ニ. 溶接部に生じるせん断応力

溶接部に生じるせん断応力  $\tau_c$  は、次式で求める。

$$\tau_c = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

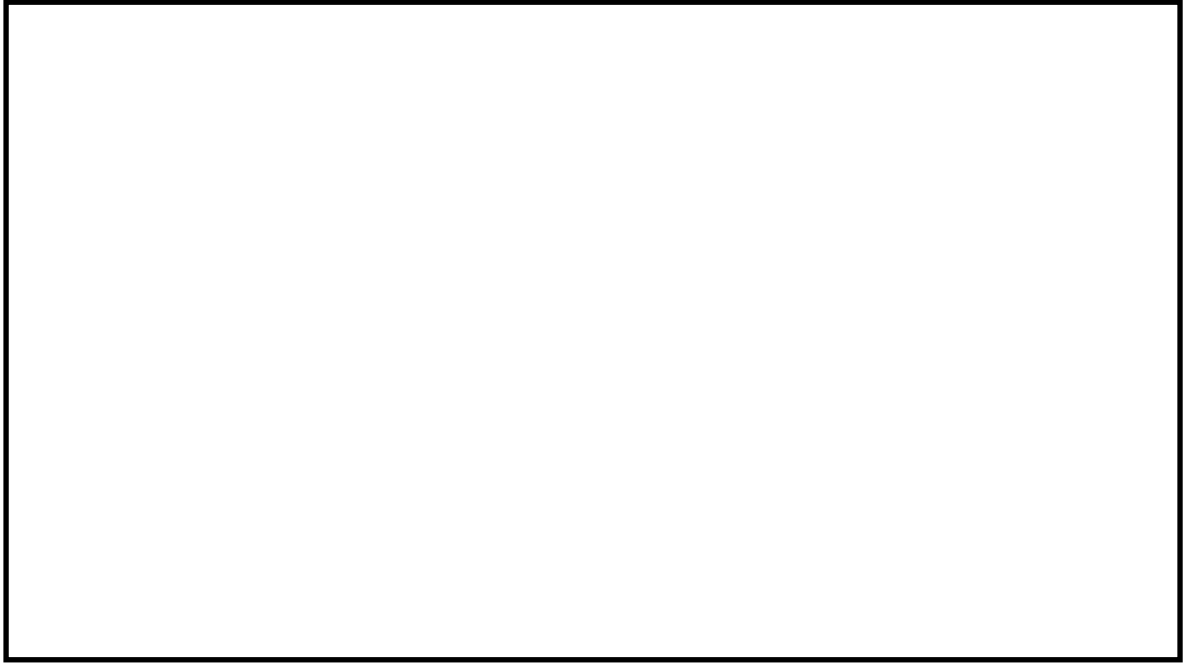
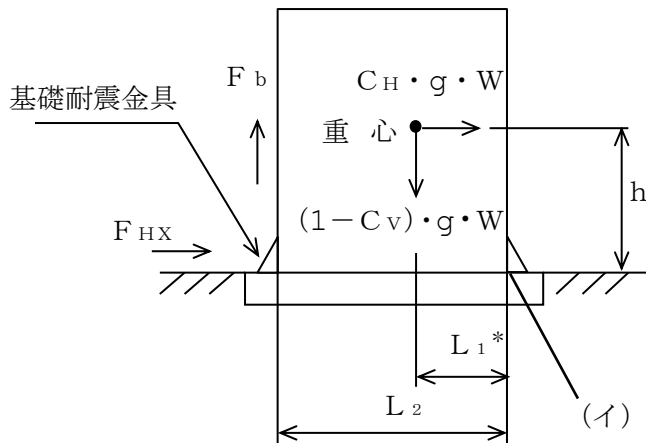
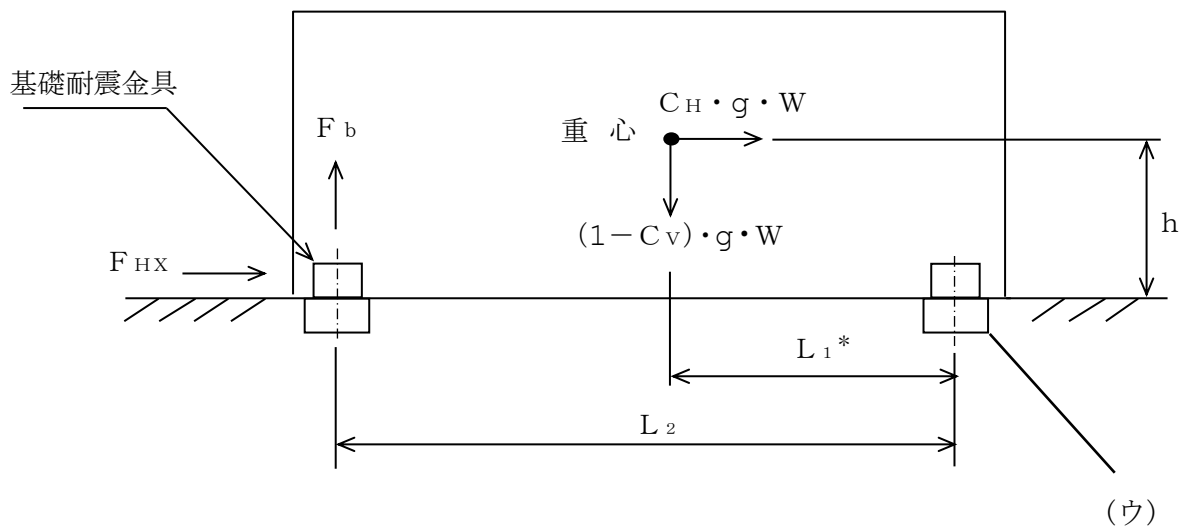


图 7.3.1-5 基礎耐震金具詳細図



注記\* :  $L_1$ の寸法は重心が偏心していることから2通り存在する。鉛直方向加速度の向きは $C_V \leq 1$ より下向きとなるため、 $F_b$ が最大となるように $L_1$ は小さい数値を用いる。

図 7.3.1-6 計算モデル (短辺方向転倒)



注記\* :  $L_1$ の寸法は重心が偏心していることから2通り存在する。鉛直方向加速度の向きは $C_V \leq 1$ より下向きとなるため、 $F_b$ が最大となるように $L_1$ は小さい数値を用いる。

図 7.3.1-7 計算モデル (長辺方向転倒)

(b) 溶接部の応力評価

溶接部に生じるせん断応力は、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に基づき、表 7.3.1-9 に示す許容せん断応力以下であること。

表 7.3.1-9 許容せん断応力の算出式

許容せん断応力	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
$1.5 \cdot f_s^*$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

(c) 評価結果

基礎耐震金具溶接部の発生応力は許容応力以下であり、健全性に問題がないことを確認した。なお、表 7.3.1-10 は、許容応力の発生応力に対する裕度が最小となる短辺方向転倒条件の計算結果を代表として示す。

計算結果詳細を添付資料(1)「基礎耐震金具強度計算」に示す。

表 7.3.1-10 基礎耐震金具溶接部の発生応力及び許容応力

応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
せん断	31	160

d. 絶縁油配管の構造強度評価

(a) 評価方法

絶縁油配管の構造強度評価は、「(4) a. (a) 固有周期の計算方法」に基づき作成した解析モデルによる地震応答解析を行い、得られたモーメント等を用いて J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に基づく応力評価を実施する。

応力評価は、一次応力評価及び一次+二次応力評価を実施し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。発生応力及び許容応力の計算方法を表 7.3.1-11 に示す。

表 7.3.1-11 絶縁油配管の発生応力及び許容応力の計算方法

機器等の区分	許容応力状態	応力分類	発生応力	許容応力
クラス3管	IVAS	一次応力	$S_{p r m} = \frac{P \cdot D_o}{4 \cdot t} + \frac{0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b)}{Z}$	0.9 · S <sub>u</sub>
		一次+二次応力	$S_n = \frac{0.75 \cdot i_1 \cdot M_b^* + i_2 \cdot M_c}{Z}$	2 · S <sub>y</sub>

(b) 解析モデル

地震応答解析に使用する解析モデル図を図 7.3.1-8 に示す。なお、解析モデル図は、許容応力の発生応力に対する裕度が最小となるコンサベータ連結配管を代表として示す。

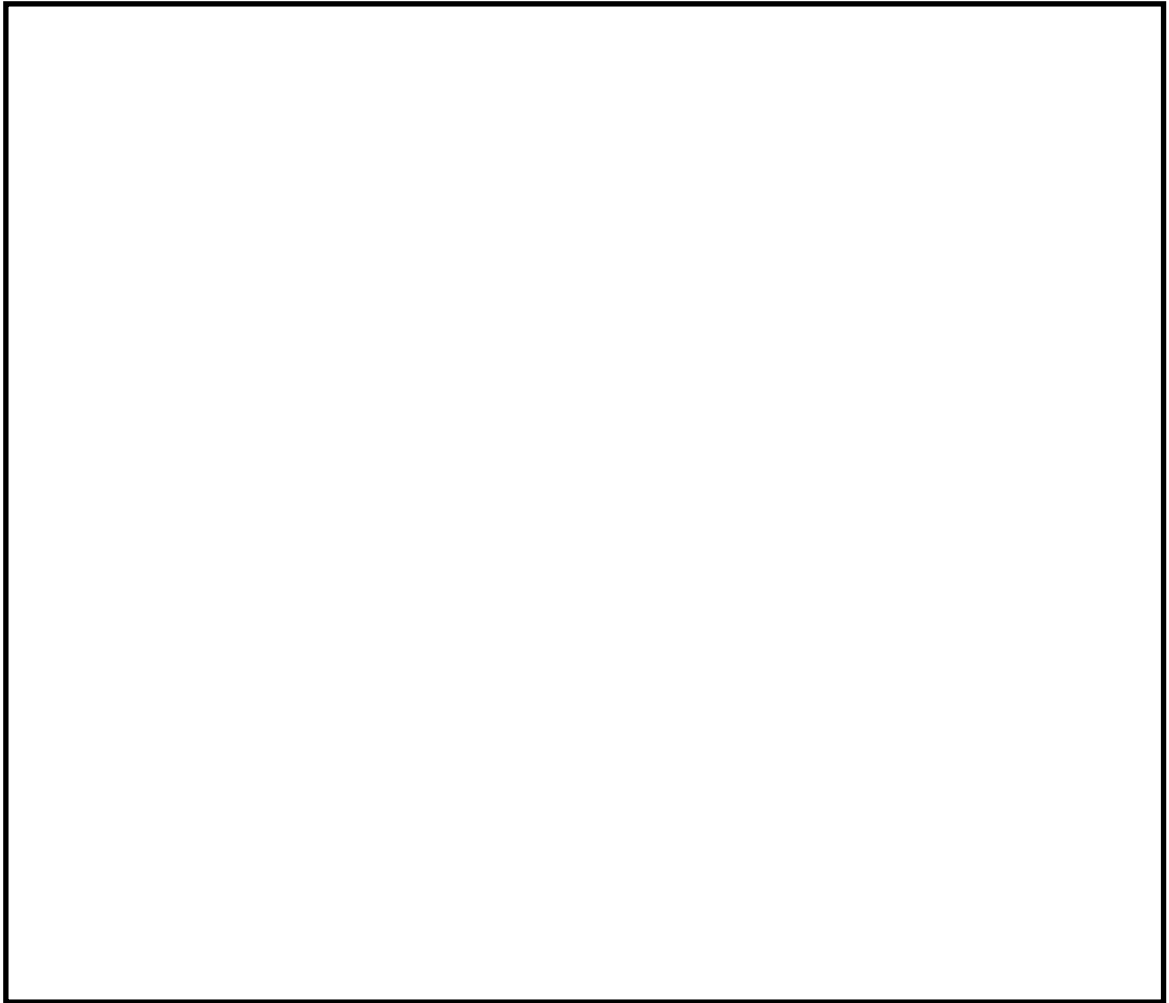


図 7.3.1-8 解析モデル図(コンサベータ連結配管)

(c) 評価条件

評価に当たって考慮する荷重の組合せや設計条件等の計算条件を表 7.3.1-12～表 7.3.1-15 に示す。なお、表 7.3.1-13 の設計条件は、許容応力の発生応力に対する裕度が最小となるコンサベータ連結配管を代表として示す。

表 7.3.1-12 荷重の組合せ及び許容応力状態

評価部位	機器等の区分	荷重の組合せ*	許容応力状態
絶縁油配管	クラス3管	P + D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記\*：Pは内圧，Dは死荷重，S<sub>s</sub>は基準地震動S<sub>s</sub>による慣性力を示す。

表 7.3.1-13 設計条件

評価部位	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)
コンサベータ 連結配管	大気圧	95	60.5

厚さ(mm)	材料	縦弾性係数 (MPa)	弁部の質量 (kg)
3.8	SS400	198400	

表 7.3.1-14 材料及び許容応力

評価部位	材料	最高使用温度 (°C)	設計降伏点 S <sub>y</sub> (MPa)	設計引張強さ S <sub>u</sub> (MPa)
絶縁油配管	SS400	95	223	374

表 7.3.1-15 設計用地震力

評価部位	地震動	設計震度*	
		水平方向	鉛直方向
絶縁油配管	S <sub>s</sub> -D		

注記\*：最大加速度を1.2倍した震度を示す。

(d) 評価結果

表 7.3.1-16 に示すとおり，絶縁油配管の一次応力評価及び一次＋二次応力評価における発生応力は許容応力以下であり，健全性に問題がないことを確認した。

表 7.3.1-16 絶縁油配管の構造強度評価結果

評価部位	一次応力評価			一次＋二次応力評価		
	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度
放熱器連結配管	2	336	168.00	1	446	446.00
コンサベータ 連結配管	13	336	25.84	19	446	23.47
避圧弁取付配管	11	336	30.54	18	446	24.77
衝撃油圧継電器 取付配管	4	336	84.00	6	446	74.33



基礎耐震金具強度計算

1. 固有周期計算 (タンクと中身構造物連結)

タンク			中身構造物		
縦弾性係数 $E_2$ (MPa)	せん断弾性 係数 $G_2$ (MPa)	ポアソン比 $\nu_2$	縦弾性係数 $E_3$ (MPa)	せん断弾性 係数 $G_3$ (MPa)	ポアソン比 $\nu_3$
198000	76200	0.3	122000	44500	0.37

タンク断面寸法(mm)				変圧器本体 質量 $W = m_2$ + $m_3$ (kg)	中身質量 $m_3$ (kg)	重心高さ $h_2, h_3$ (mm)
外側		内側				
X方向 $b_2$	Y方向 $a_2$	X方向 $b_1$	Y方向 $a_1$			

タンク						
タンク断面積 $A_2$ ( $\text{mm}^2$ )	形状係数 $k_{x2}$		有効せん断断面積 $A_{s2}$ ( $\text{mm}^2$ )		断面二次モーメント $I_2$ ( $\text{mm}^4$ )	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向

中身構造物			
中身構造物 断面積 $A_3$ ( $\text{mm}^2$ )	有効せん断 断面積 $A_{s3}$ ( $\text{mm}^2$ )	断面二次モーメント $I_3$ ( $\text{mm}^4$ )	
		X方向	Y方向

ばね定数 $k$ (N/mm)					
X方向		Y方向		鉛直方向	
$k_2$	$k_3$	$k_2$	$k_3$	$k_2$	$k_3$

1次固有周期 T (s)			
X方向	Y方向	鉛直方向	
		タンク	中身構造物

## 2. 基礎耐震金具強度計算

### (1) 変圧器短辺方向

地震動	震度		重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )	変圧器本体 質量W (kg)	重心高さ h (mm)	基礎耐震 金具員数 N(全数)
	水平方向 C <sub>H</sub>	鉛直方向 C <sub>V</sub>				
S <sub>s</sub> -D			9.80665			

L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	溶接部有効 断面積 A (mm <sup>2</sup> )

引抜荷重 F <sub>b</sub> (N)	水平荷重 F <sub>HX</sub> (N)

発生応力 (MPa)			許容応力 (MPa)
せん断 σ	せん断 τ	せん断 τ <sub>c</sub>	せん断
26	16	31	160

(2) 変圧器長辺方向

地震動	震度		重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )	変圧器本体 質量W (kg)	重心高さ h (mm)	基礎耐震 金具員数 N(全数)
	水平方向 C <sub>H</sub>	鉛直方向 C <sub>V</sub>				
S <sub>s</sub> -D			9.80665			

L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	溶接部有効 断面積 A (mm <sup>2</sup> )

引抜荷重 F <sub>b</sub> (N)	水平荷重 F <sub>HX</sub> (N)

発生応力 (MPa)			許容応力 (MPa)
せん断 σ	せん断 τ	せん断 τ <sub>c</sub>	せん断
19	16	25	160

第2-66kV開閉所における基準地震動S<sub>s</sub>5波の最大加速度

1. 最大加速度

地震波			最大加速度 (Gal)
第2-66kV開閉所  EL 44.2m	S <sub>s</sub> -D	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -N1	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -N2 (NS)	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -N2 (EW)	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -F1 (NS)	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -F1 (EW)	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -F2 (NS)	水平	
		鉛直	
	S <sub>s</sub> -F2 (EW)	水平	
		鉛直	

2. 加速度時刻歴波形 (S<sub>s</sub>-D)

水平方向及び鉛直方向の最大加速度がいずれも最大となるS<sub>s</sub>-D波の加速度時刻歴波形を参考として以下に示す。



### 7.3.2 重油移送配管（防波壁乗り越え箇所）の耐震性評価

#### (1) 概要

本資料は、重油移送配管（防波壁乗り越え箇所）が、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、十分な耐震性を有することにより、屋外のアクセスルートに火災による影響がないことを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

#### a. 管

当該計算書記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を(4)b.(c)に記載する。


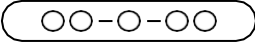

#### b. 支持構造物

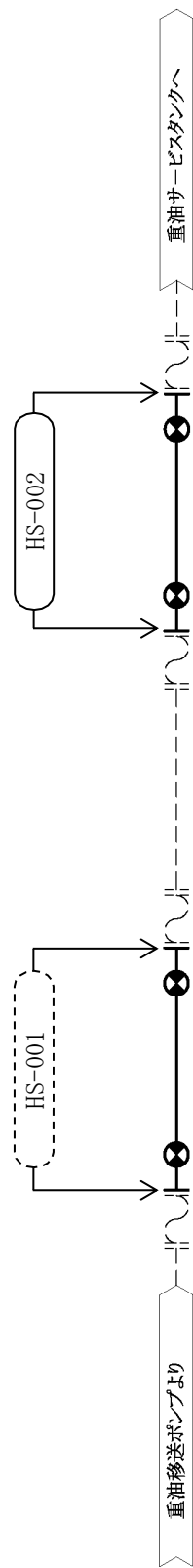
当該計算書記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(2) 概略系統図及び鳥瞰図

a. 概略系統図

表 7.3.2-1 概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	当該計算書記載範囲の管
 (破線)	当該計算書記載範囲外の管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
DB3	クラス 3 管
DB4	クラス 4 管
SA2	重大事故等クラス 2 管
SA3	重大事故等クラス 3 管
DB1/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管
DB2/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管
DB3/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管
DB4/SA2	重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管
	フレキシブルホース


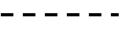


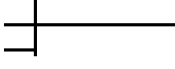
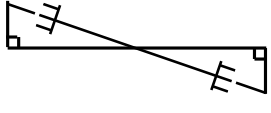
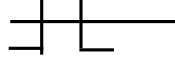
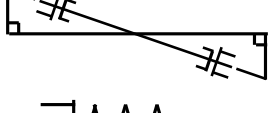

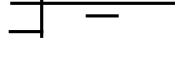
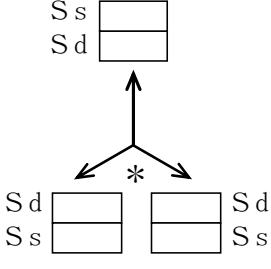


[注] 太線範囲の管クラス：ー

図 7.3.2-1 所内蒸気系概略系統図

b. 鳥瞰図

表 7.3.2-2 鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	当該計算書記載範囲の管
 (破線)	当該計算書記載範囲外の管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm)</p> <p>(*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)</p> <p>注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>



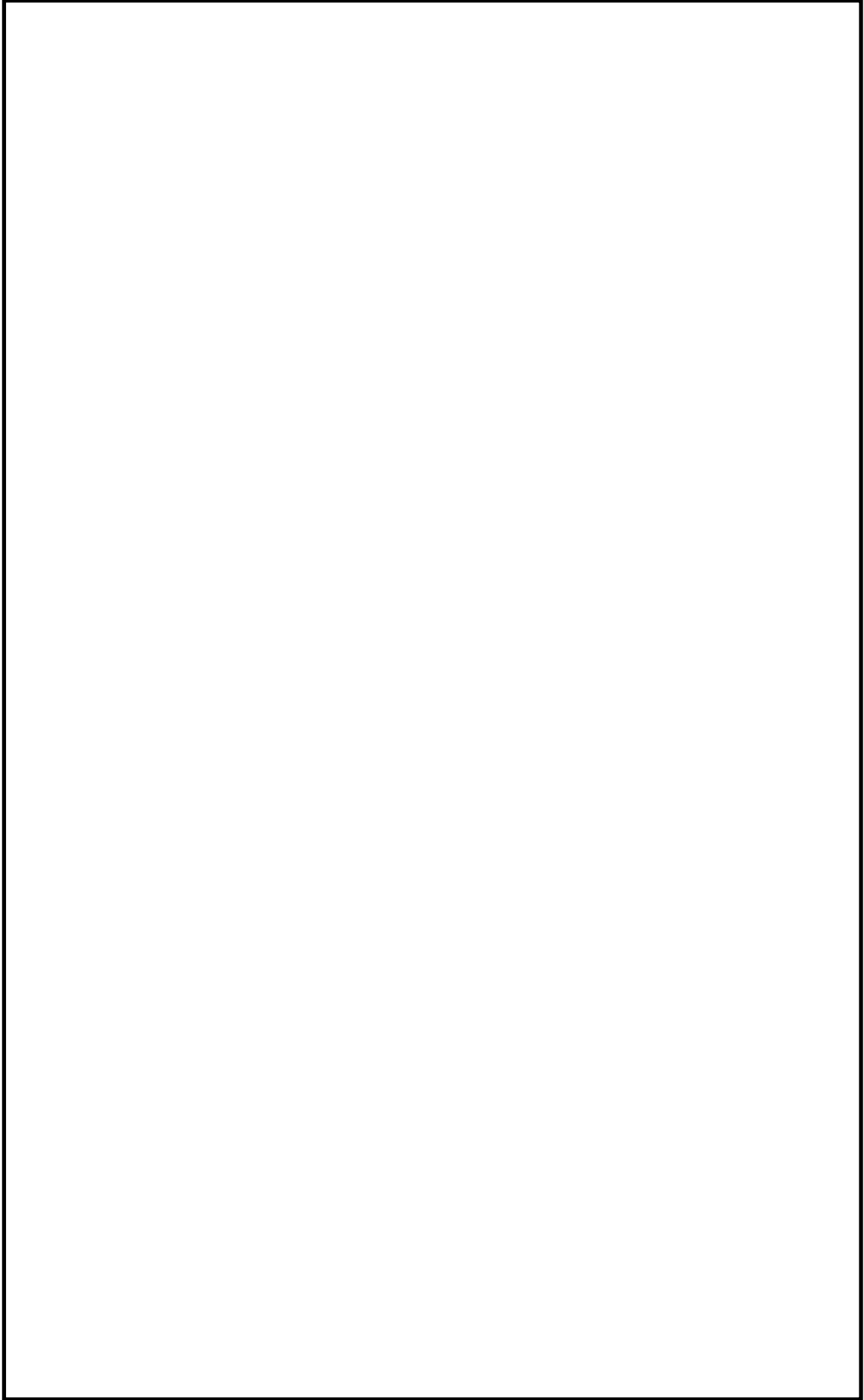


図 7.3.2-2 所内蒸気系鳥瞰図

(3) 計算条件

a. 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「MSAP」を使用し、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。

b. 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を表 7.3.2-3 に示す。

表 7.3.2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,*4	許容応力状態*5
その他 発電用原子炉の 附属施設	補助ボイラー	所内蒸気系	—	—	—	C	I <sub>L</sub> +S <sub>S</sub> II <sub>L</sub> +S <sub>S</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設/防止(DB拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態V<sub>A</sub>Sは許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し，許容応力状態IV<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

c. 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

表 7.3.2-4 設計条件 (1/2)

鳥 瞰 図 HS-002

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	501 ~ 504	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.65	66
		Ⅴ <sub>A</sub> S	—	—

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	501 ~ 504	76.3	5.2	STPG370	C	200000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HS-002

質量	対応する評価点
—	—

フランジ部等の質量

鳥 瞰 図 HS-002

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	501, 504

弁部の質量

鳥 瞰 図 HS-002

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
—	—	—	—

表 7.3.2-4 設計条件 (2/2)

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HS-002

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
—	—	—	—

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HS-002

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						

d. 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を表 7.3.2-5 に示す。

表 7.3.2-5 最高使用温度での許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S <sub>m</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S
STPG370	66	—	189	357	—

e. 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を表 7.3.2-6 に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき策定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。

表 7.3.2-6 設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
HS-002	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	EL 15.0m	—	—	—

(4) 解析結果及び評価

a. 固有周期及び設計震度

表 7.3.2-7 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HS-002

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次	0.049	—	—	—
動的震度*3,*4		7.68	7.68	4.41

注記\*1:固有周期が 0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上 0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が 0.050s 未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2:設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

\*3:設計用震度 I (基準地震動 S s)

\*4:最大応答加速度を 1.2 倍した震度

b. 代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、図 7.3.2-3 に示す。

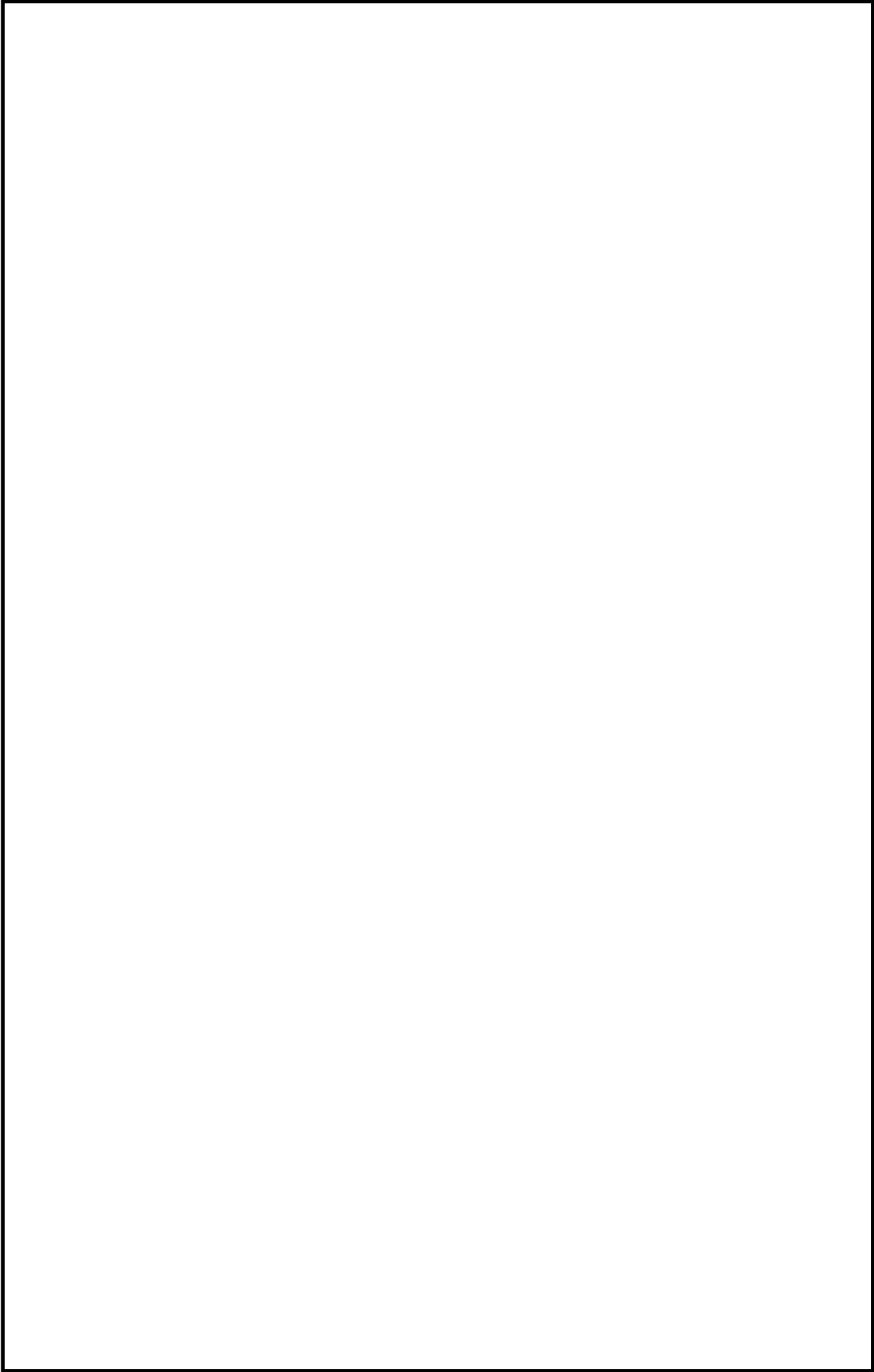


图 7.3.2-3 代表的振動モード図 (1 次)

b. 評価結果

(a) 管の応力評価結果

表 7.3.2-8 に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

表 7.3.2-8 最大応力及び疲労累積係数

クラス 2 以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価 疲労累積係数 U S s
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
IV <sub>A</sub> S	一次応力 S p r m (0.9・S u)	HS-002	810	40	321	—
	一次＋二次応力 S n (2・S y)	HS-002	810	74	379	—



(b) 支持構造物評価結果

表 7.3.2-9 及び表 7.3.2-10 に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

表 7.3.2-9 支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
—	メカニカルスナップ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—
—	オイルスナップ	—			—	—
—	ロッドストレイント	—			—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—
—	リジットハンガ	—			—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

表 7.3.2-10 支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果			
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	許容 応力 (MPa)		
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>				
E-812	アンカ	アンカバンド	SS400	66	3.0	2.6	2.7	0.1	0.1	0.1	0.1	組合せ	18	282
E-809	レストレイント	Uバンド	SS400	66	2.2	3.1	2.1	—	—	—	—	組合せ	31	282

(c) 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。表 7.3.2-11 に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

表 7.3.2-11 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

クラス 2 以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ A S										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	HS-001	801	40	321	8.02	—	801	73	379	5.19	—	—
2	HS-002	810	40	321	8.02	○	810	74	379	5.12	—	○

### 7.3.3 送電鉄塔他の耐震性評価

通信用無線鉄塔，66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No.2 鉄塔，第2-66kV 開閉所屋外鉄構の耐震性評価は「1. 送電鉄塔他の影響評価について」に示す。

8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物の位置を図8-1に示す。

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物を評価対象として、不等沈下、浮き上がり及び地中埋設構造物の損壊による影響評価を行い、通行性に影響を及ぼすものと評価された箇所には、段差緩和対策等を実施する。ここでは、地中埋設構造物を対象とした不等沈下、浮き上がり、損壊による影響評価及び対策の設計内容について説明する。

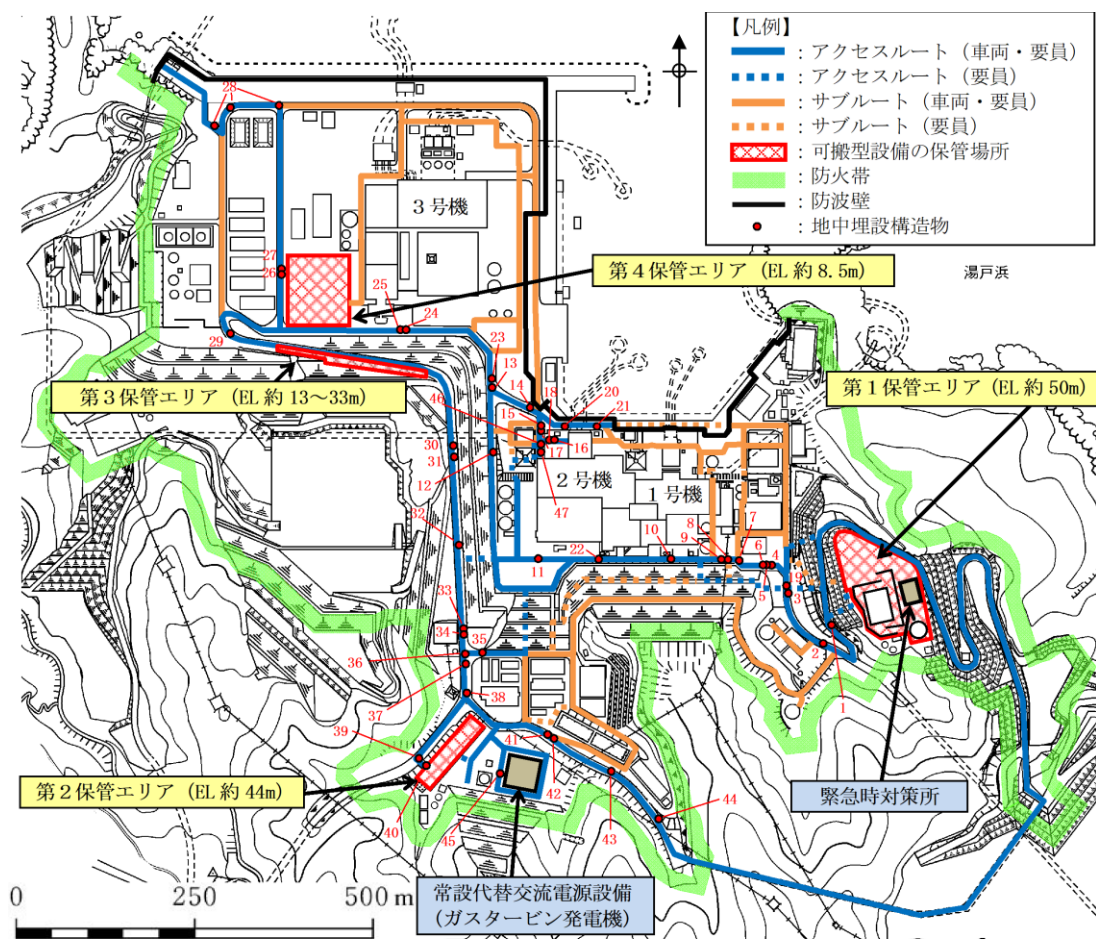


図8-1 アクセスルート下の地中埋設構造物の位置

## 8.1 液状化及び揺すり込みによる不等沈下，液状化に伴う浮き上がり

### (1) 不等沈下（地中埋設構造物等と埋戻土との境界部）

#### a. 評価方法

地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価については，保管場所における影響評価と同様に，液状化及び揺すり込みによる不等沈下によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

評価の対象とする位置については，図 8-1 に示すアクセスルート下の地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界位置を網羅的に選定する。

通行性への影響評価では，保管場所と同様に，液状化による沈下量及び揺すり込みによる沈下量の合計値を算定し，地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部で生じる相対沈下量が評価基準以下となることを評価する。なお，浮き上がり対策（カウンターウエイト）実施箇所については，それらを考慮して沈下量を算定する。評価基準については，保管場所と同様に，可搬型設備が徐行により走行可能な段差量 15cm とする。

通行性への影響評価に用いる地下水位については，3次元浸透流解析結果に基づいて設定する。ただし，液状化による沈下量及び揺すり込みによる沈下量の算出においては，ともに地層厚さの 3.5% として算定されるため，地下水位の設定による沈下量への影響はない。

評価基準を満足しない箇所については，図 8-2 に示すような段差緩和対策をあらかじめ実施することにより，液状化及び揺すり込みによる不等沈下が通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。

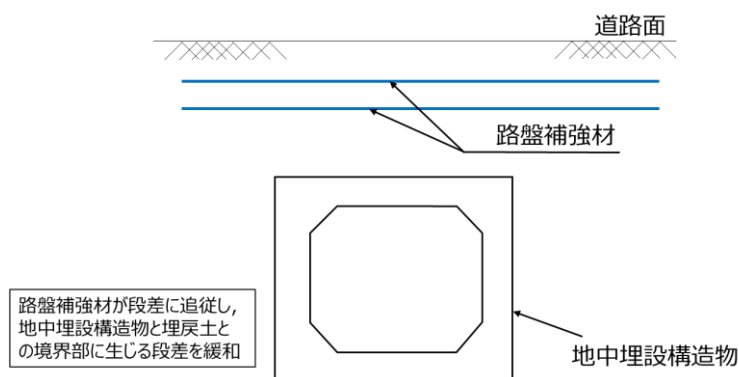


図 8-2 段差緩和対策の概念図

b. 評価結果

地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果を表 8-1 に、通し番号 40 輪谷貯水槽（西 1/西 2）アクセススロープ（東側）の相対沈下量の算出根拠を図 8-3 に、影響評価概念図を表 8-2 に示す。

評価の結果、算定した相対沈下量が評価基準を満足しない箇所を抽出し、あらかじめ段差緩和対策を実施することにより、すべての箇所において「問題ない」と評価し、不等沈下が当該箇所の通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。段差緩和対策実施箇所を図 8-4 に示す。

表 8-1 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における  
不等沈下による影響評価結果

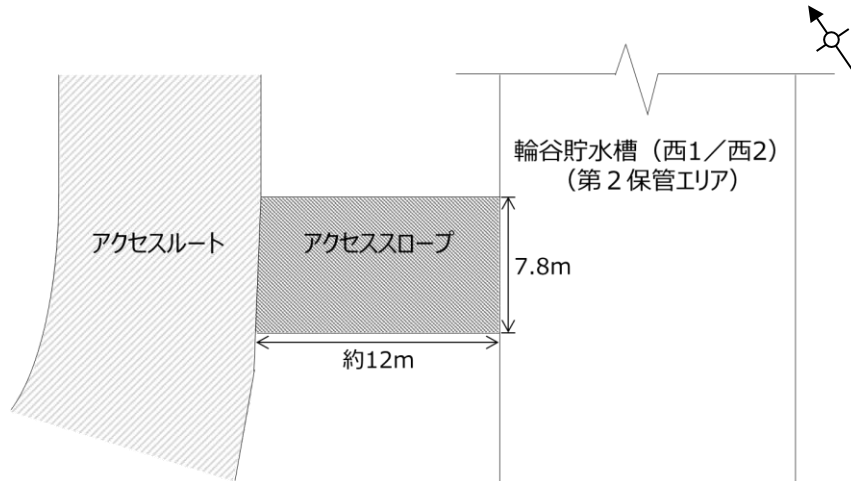
  : 段差緩和対策を実施する箇所

通し番号	名称	路面高	構造物 上端	基礎 下端	基礎、MMR含 む構造物高 (構造物上端 -基礎下端)	相対沈下量 (基礎、MMR含 む構造物高 ×0.035)	車両通行可否 0.15m以下:○	評価判定
		EL(m)	EL(m)	EL(m)	(m)	(m)		
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	28.33	28.33	26.01	2.32	0.09	○	問題なし
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	22.43	22.43	21.38	1.05	0.04	○	問題なし
3	1号機南側盛土部地盤改良部*1	16.30	16.30	0.80	15.50	0.55	○	問題なし
4	東側ケーブル等迂回ダクト	15.20	14.07	11.35	2.72	0.10	○	問題なし
5	消火配管ダクト	15.00	15.00	12.80	2.20	0.08	○	問題なし
6	ケーブルダクト	15.00	15.00	13.45	1.55	0.06	○	問題なし
7	ケーブルダクト	15.00	14.70	12.90	1.80	0.07	○	問題なし
8	西側配管等迂回ダクト	15.00	15.00	12.05	2.95	0.11	○	問題なし
9	ケーブルダクト	15.00	14.00	11.40	2.60	0.10	○	問題なし
10	復水配管	15.00	14.90	13.55	1.35	0.05	○	問題なし
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	15.05	15.05	12.55	2.50	0.09	○	問題なし
12	0Fケーブルダクト	8.50	7.50	4.45	3.05	0.11	○	問題なし
13	排水路	8.50	5.95	3.98	1.97	0.07	○	問題なし
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	8.50	7.53	4.92	2.61	0.10	○	問題なし
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	8.50	2.88	1.78	1.10	0.04	○	問題なし
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	8.50	3.14	2.04	1.10	0.04	○	問題なし
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)*2	8.50	1.00	-4.00	0.00	0.00	○	問題なし
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)*2	8.50	-1.85	-6.85	0.00	0.00	○	問題なし
19	連絡通路(地下部)*1	15.68	13.50	1.74	11.76	0.42	○	問題なし
20	2号機取水槽地盤改良部 (西側)*1	8.50	8.50	-5.00	13.50	0.48	○	問題なし
21	2号機取水槽地盤改良部 (東側)*1	8.50	8.50	-5.00	13.50	0.48	○	問題なし
22	仮設耐震構台 (橋台) (東側)	15.00	15.00	12.71	2.29	0.09	○	問題なし
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	8.50	7.54	4.45	3.09	0.11	○	問題なし
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	8.50	7.05	2.88	4.17	0.15	○	問題なし
25	500kVケーブルダクト	8.50	6.25	3.08	3.17	0.12	○	問題なし
26	宇中中連絡ダクト*1	8.50	7.20	2.48	4.72	0.17	○	問題なし
27	旧2号機放水口*1	8.50	6.00	-5.00	11.00	0.39	○	問題なし
28	重油移送配管ダクト	8.50	8.50	7.00	1.50	0.06	○	問題なし
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	9.60	8.40	4.23	4.17	0.15	○	問題なし
30	上水配管横断ダクト	36.31	35.89	32.89	3.00	0.11	○	問題なし
31	排水路	38.00	36.85	34.05	2.80	0.10	○	問題なし
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	43.18	43.18	41.88	1.30	0.05	○	問題なし
33	0Fケーブルダクト	44.00	43.00	40.10	2.90	0.11	○	問題なし
34	制御ケーブルダクト	44.00	43.73	41.80	1.93	0.07	○	問題なし
35	排水路	44.00	43.60	42.30	1.30	0.05	○	問題なし
36	GTG電路MMR部	44.30	44.30	41.70	2.60	0.10	○	問題なし
37	U-600横断側溝	44.00	44.00	42.90	1.10	0.04	○	問題なし
38	排水路	44.00	43.40	40.75	2.65	0.10	○	問題なし
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	53.50	53.50	52.37	1.13	0.04	○	問題なし
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)*3	53.30	47.70	34.40	13.30	(0.47)	0.15	問題なし
		53.30	43.39	34.40	8.99	(0.32)		問題なし
41	重圧管	46.51	46.26	45.19	1.07	0.04	○	問題なし
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	46.90	46.90	45.55	1.35	0.05	○	問題なし
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	55.55	55.55	52.55	3.00	0.11	○	問題なし
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	65.80	65.80	63.70	2.10	0.08	○	問題なし
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)	47.25	47.25	44.70	2.55	0.09	○	問題なし
46	屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽)*2	8.50	5.70	-4.00	1.30	0.05	○	問題なし
47	屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒)	8.50	8.20	5.70	2.50	0.09	○	問題なし

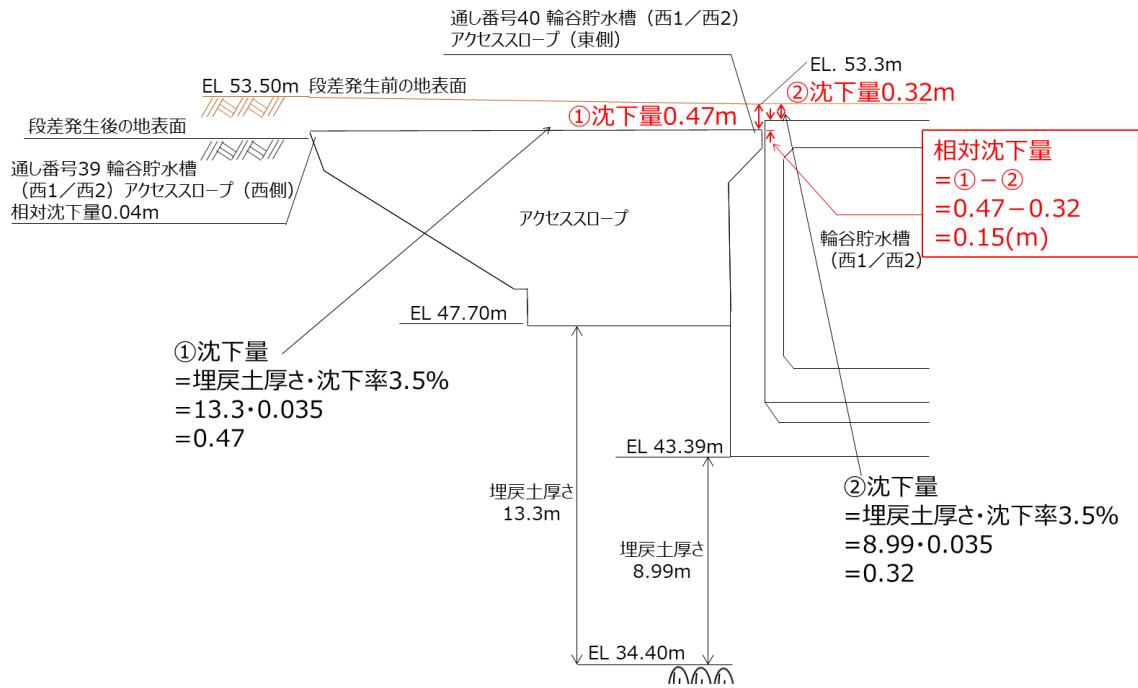
注記\*1: 段差 (相対沈下量) が15cmを超えるため、あらかじめ不等沈下対策を実施することにより、不等沈下が通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。

\*2: 地盤改良を考慮した埋戻土層厚より算出した相対沈下量を示す。

\*3: アクセススロープの沈下量 (上段) 及び輪谷貯水槽 (西1/西2) の沈下量 (下段) の相対沈下量を示す。



(平面図)



(断面図)

図 8-3 通し番号 40 輪谷貯水槽 (西 1/西 2) アクセススロープ (東側)  
における段差発生後の概念図



表 8-2(1) 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界における  
不等沈下による影響評価概念図

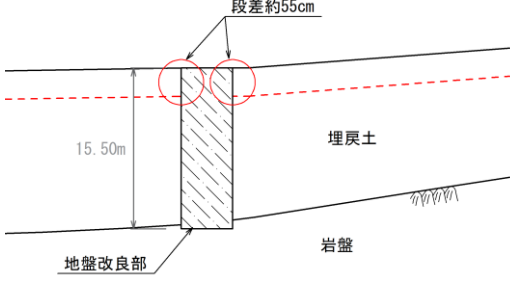
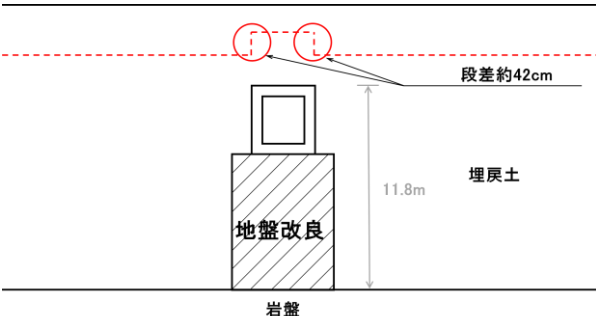
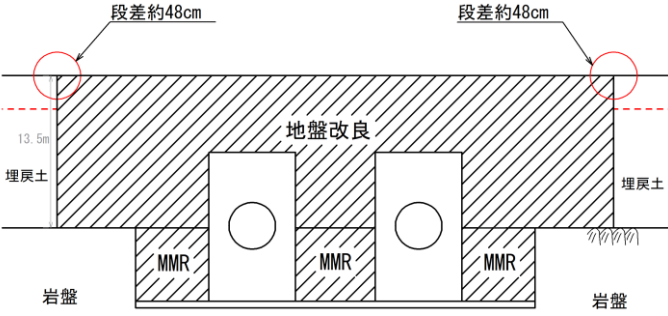
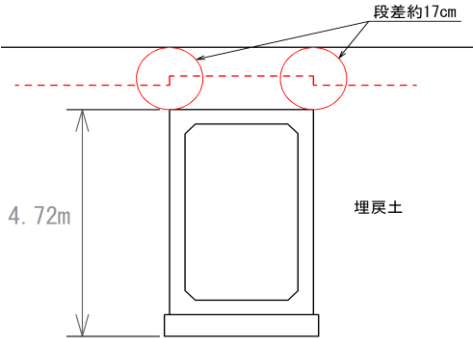
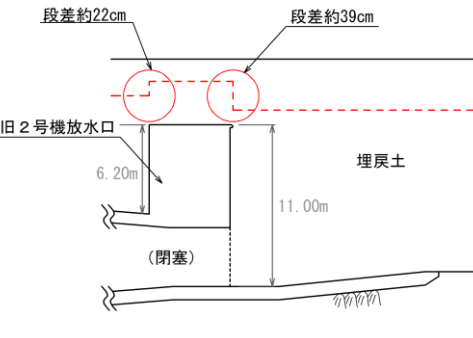
通し番号	地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部	
<p>3. 1号機南側盛土部 地盤改良部</p>	<p>評価結果</p>	 <p>・埋戻土の沈下により、約 55cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。</p>
<p>19. 連絡通路 (地下部)</p>	<p>評価結果</p>	 <p>・埋戻土の沈下により、約 42cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。</p>
<p>20. 2号機取水槽 地盤改良部 (西側)</p> <p>21. 2号機取水槽 地盤改良部 (東側)</p>	<p>評価結果</p>	 <p>・埋戻土の沈下により、約 48cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。</p>

表 8-2(2) 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界における  
不等沈下による影響評価概念図

通し番号	地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部	
<p>26. 宇中中連絡 ダクト</p>	 <p>段差約17cm</p> <p>4.72m</p> <p>埋戻土</p> <p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋戻土の沈下により、約17cmの段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。</li> </ul>	
<p>27. 旧2号機放水口</p>	 <p>段差約22cm</p> <p>段差約39cm</p> <p>旧2号機放水口</p> <p>6.20m</p> <p>埋戻土</p> <p>11.00m</p> <p>(閉塞)</p> <p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋戻土の沈下により、約39cm及び約22cmの段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。</li> </ul>	

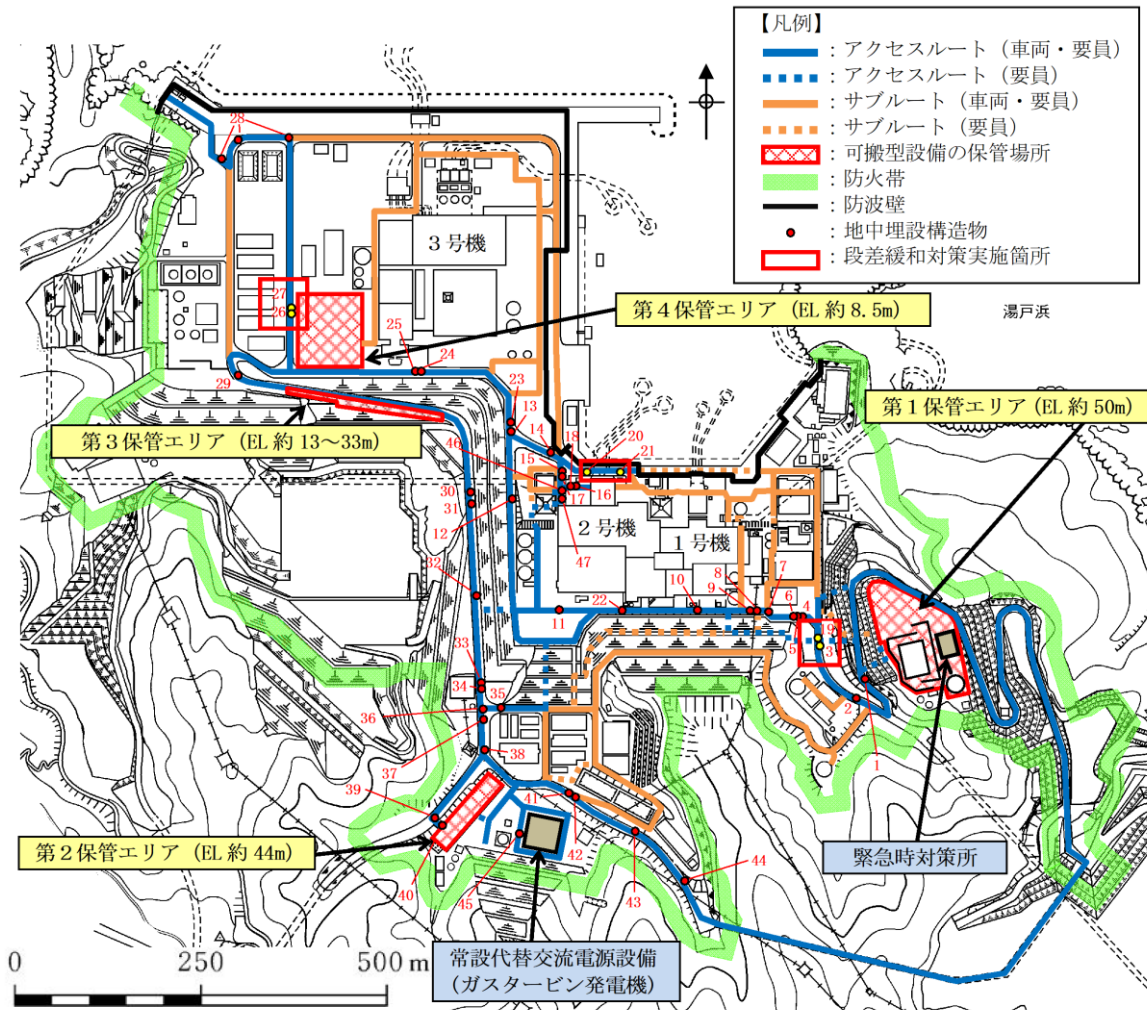


図8-4 段差緩和対策実施箇所 (地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界)

(2) 不等沈下（岩盤と埋戻土との境界部）

a. 評価方法

岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価については、岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。通行性への影響評価では、アクセスルートの直下における岩盤と埋戻土の断面形状から不等沈下による相対沈下量及び傾斜を確認することで、通行性に与える影響を評価する。評価基準については、可搬型設備が徐行により走行可能な段差量15cm及び登坂可能な勾配15%とする。

岩盤と埋戻土との境界部の断面形状は、表8-3又は表8-4に大別される。表8-3は、岩盤を法面整形して掘削した際の断面形状であり、岩盤の勾配は1:0.3~1:0.7程度である。また、表8-4は、土留め壁を設置して掘削した際の断面形状であり、岩盤の勾配は90°である。

表8-3 岩盤と埋戻土との境界部の断面  
(岩盤を法面に整形して掘削した際の断面形状)

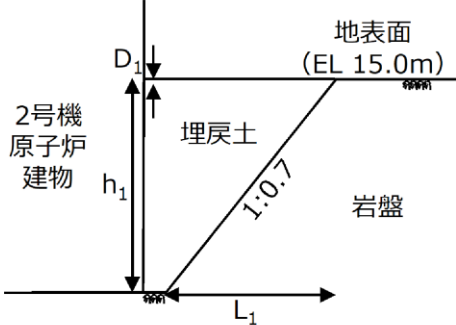
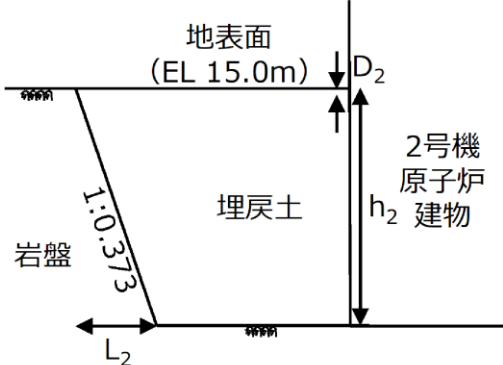
通し番号	岩盤と埋戻土との境界部（岩盤に勾配を設けて掘削した箇所）
1. 2号機原子炉建物 南側	
2. 2号機原子炉建物 西側	

表 8-4 岩盤と埋戻土との境界部の断面（土留め壁を設置して掘削した際の断面形状）

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部
3. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部（放水 槽側）	
4. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部（取水 槽側）	

b. 評価結果

岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果を表 8-5 に示す。評価の結果、表 8-5(1)については、断面形状から局所的な段差は発生せず、傾斜が評価基準値 15%以下となる。また、表 8-5(2)については、算定した相対沈下量が評価基準値 15cm 以下となるため「問題なし」と評価し、不等沈下が当該箇所の通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。

表8-5(1) 岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果

通し番号	名称	掘削勾配	h	L	D	傾斜	評価判定
			(m)	(m)	( $h \times 0.035$ )	( $D \div L$ )	
1	2号機原子炉建物南側	1:0.7	19.7	13.8	0.69	5.0	問題なし
2	2号機原子炉建物西側	1:0.373	19.7	7.3	0.69	9.5	問題なし

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部（岩盤に勾配を設けて掘削した箇所）	
1. 2号機原子炉建物南側		
	評価結果	<p>・埋戻土の沈下により，約 5.0%の傾斜発生が想定されるが，可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。</p>
2. 2号機原子炉建物西側		
	評価結果	<p>・埋戻土の沈下により，約 9.5%の傾斜発生が想定されるが，可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。</p>

表8-5(2) 岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果

通し番号	名称	路面高	埋戻土 下端	埋戻土 層厚	相対沈下量 (埋戻土層厚 ×0.035)	評価判定
		EL(m)	EL(m)	(m)	(m)	
3	2号機循環水排水路建設時土留め部 (放水槽側)	8.50	7.00	1.50	0.06	問題なし
4	2号機循環水排水路建設時土留め部 (取水槽側)	8.50	7.00	1.50	0.06	問題なし

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部	
3. 2号機循環水排水路建設時土留め部 (放水槽側)		
	評価結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋戻土の沈下により、約 6cm の段差発生が想定されるが、可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。</li> </ul>
4. 2号機循環水排水路建設時土留め部 (取水槽側)		
	評価結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋戻土の沈下により、約6cmの段差発生が想定されるが、可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。</li> </ul>

### (3) 液状化に伴う浮き上がり

#### a. 評価方法

液状化に伴う浮き上がりによる影響評価については、保管場所と同様に、アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物を対象とした液状化に伴う浮き上がりによるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

浮き上がり評価対象構造物の抽出は、地中埋設構造物下端よりも地下水位が高い箇所（条件①）に該当しない地中埋設構造物は揚圧力が発生しないため評価対象外とする。また、内空を有する構造物（条件②）に該当しない地中埋設構造物については浮き上がり抵抗力が大きいいため評価対象外とする。

抽出された評価対象とする地中埋設構造物は揚圧力と抵抗力から浮き上がりに対する安全率を算定し、算定した浮き上がりに対する安全率が評価基準以上となることを評価する。評価基準は、保管場所と同様に、浮き上がりに対する安全率が 1.0 とする。

地下水位については、保管場所と同様に、3次元浸透流解析結果に基づいて設定する。また、浮き上がりが想定される地中埋設構造物については、揚圧力に対する浮き上がり抵抗力の不足分を補うため、図 8-5 に示すような浮き上がり対策を実施する。

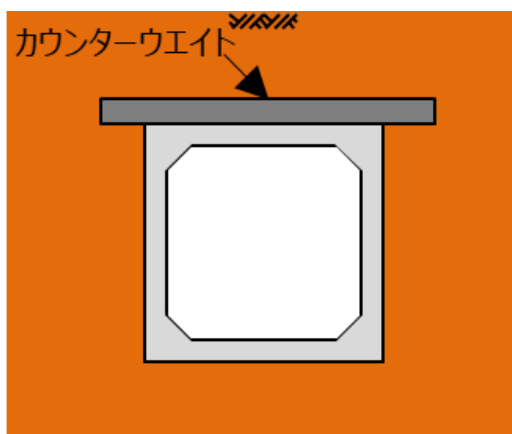


図 8-5 浮き上がり対策の概念図

#### b. 評価結果

液状化に伴う浮き上がりによる影響評価結果について、評価対象とする地中埋設構造物を抽出した結果を表 8-6 に、通行性への影響評価結果を表 8-7 に示す。

評価の結果、浮き上がりに対する安全率が評価基準を満足しない箇所を抽出し、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより、すべての箇所において「問題ない」と評価し、浮き上がりが通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。浮き上がり対策実施箇所を図 8-6 に示す。

なお、浮き上がり対策を実施した箇所については、「8.1(1) 不等沈下（地中埋設構造物と埋戻土等との境界部）」において、対策を考慮して相対沈下量を算定している。



表 8-6 浮き上がり評価対象構造物の抽出結果

条件① 地中埋設構造物下端よりも地下水位が高い構造物

条件② 内空を有する構造物

(凡例)

- : 条件に該当する場合
- : 条件に該当しない場合
- : 浮き上がり評価対象

通し番号	名称	条件①	条件②	基礎田端	地下水位
				EL(m)	EL(m)
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	○	26.01	17.26
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	○	21.38	17.10
3	1号機南側盛土部地盤改良部	○	—	0.80	—*
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	○	11.35	8.36
5	消火配管ダクト	—	○	12.80	8.03
6	ケーブルダクト	—	○	13.45	8.03
7	ケーブルダクト	—	○	12.90	11.42
8	西側配管等迂回ダクト	—	○	12.05	11.77
9	ケーブルダクト	—	○	11.40	10.21
10	復水配管	—	○	13.55	9.25
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	○	○	12.55	15.05
12	OFケーブルダクト	○	○	4.45	5.35
13	排水路	○	○	3.98	5.88
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	—	○	4.92	3.25
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	○	○	1.78	3.42
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	○	○	2.04	3.40
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	○	○	-4.00	3.42
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	○	○	-6.85	3.41
19	連絡通路 (地下部)	○	○	1.74	12.40
20	2号機取水槽地盤改良部 (西側)	○	—	-5.00	—*
21	2号機取水槽地盤改良部 (東側)	○	—	-5.00	—*
22	仮設耐震構台 (橋台) (東側)	○	—	12.61	—*
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	○	○	4.45	5.84
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	○	○	2.88	7.34
25	500kVケーブルダクト	○	○	3.08	7.47
26	宇中中連絡ダクト	○	○	2.48	7.09
27	旧2号機放水口	○	—	-5.00	—*
28	重油移送配管ダクト	—	○	7.00	6.93
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	○	○	4.23	7.68
30	上水配管横断ダクト	—	○	32.89	11.78
31	排水路	—	○	34.05	9.36
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	—	○	41.88	16.84
33	OFケーブルダクト	—	○	40.10	19.46
34	制御ケーブルダクト	—	○	41.80	19.46
35	排水路	—	○	42.30	19.17
36	GTG電路MMR部	○	—	41.70	—*
37	U-600横断側溝	—	—	42.90	20.16
38	排水路	—	○	40.75	20.62
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	○	—	52.37	—*
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	○	—	34.40	—*
41	重圧管	—	○	45.19	21.31
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	—	○	45.55	21.31
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	○	—	52.55	—*
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	○	—	63.70	—*
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	—	○	44.70	23.59
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	○	-4.00	5.20
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	—	○	5.70	3.46

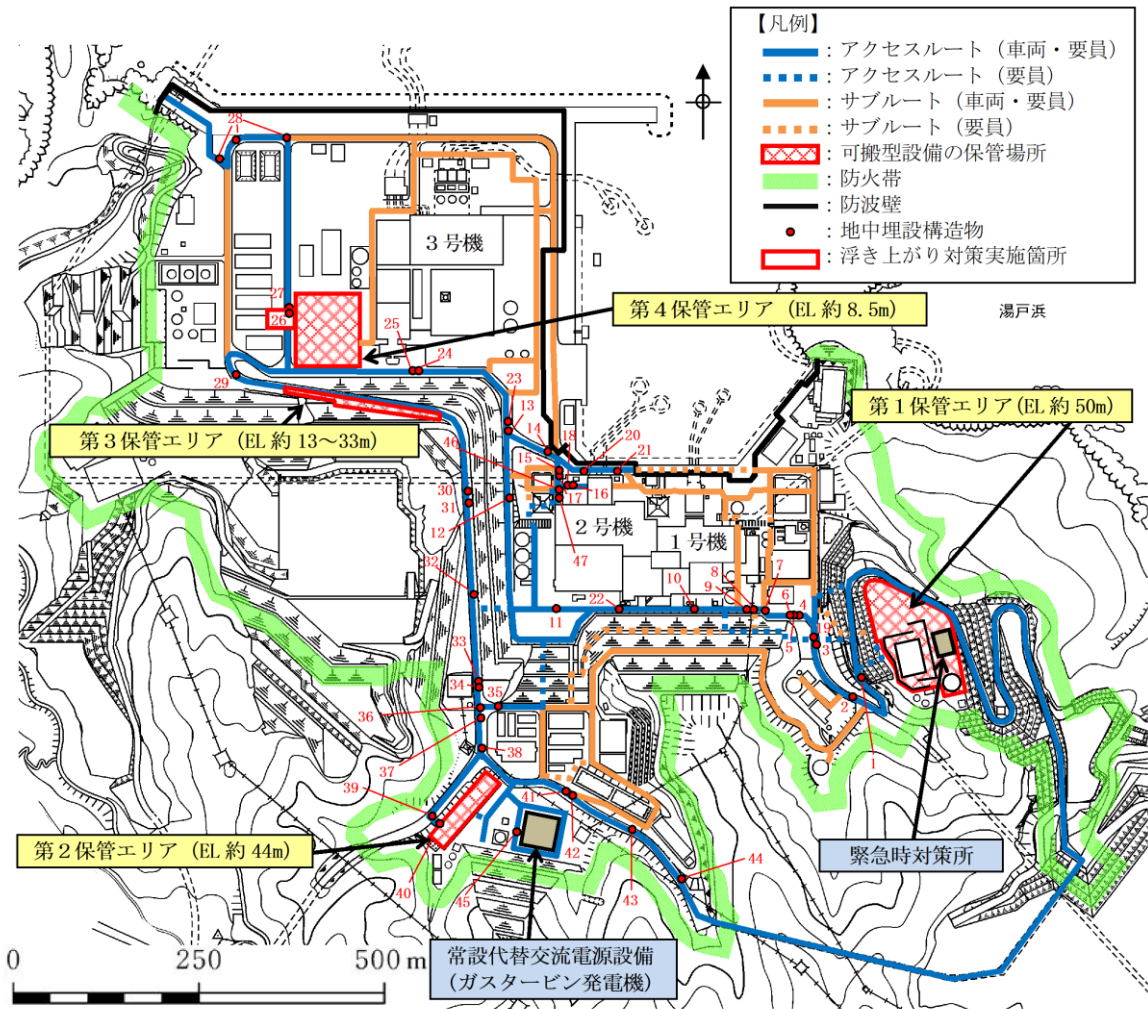
注記\*: 条件②より内空が無いため、浮き上がり評価の対象から除く。

表 8-7 液状化に伴う浮き上がりによる影響評価結果

: 浮き上がり対策を実施する箇所

通し番号	名称	揚圧力 (kN/m)	浮き上がり 抵抗力 (kN/m)	安全率	評価基準	評価結果
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	23	37	1.60	1.0	問題なし
12	OFケーブルダクト	23	163	7.08		問題なし
13	排水路	64	114	1.78		問題なし
15	除じん機洗浄水排水管（北側）	15	109	7.26		問題なし
16	除じん機洗浄水排水管（南側）	15	104	6.93		問題なし
17	2号機循環水排水路（放水槽側）	818	3,555	4.34		問題なし
18	2号機循環水排水路（取水槽側）	567	3,129	5.51		問題なし
19	連絡通路(地下部)	102	348	3.41		問題なし
23	光ケーブルダクト (No. 24ダクト)	61	94	1.54		問題なし
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	147	211	1.43		問題なし
25	500kVケーブルダクト	86	196	2.27		問題なし
26	宇中中連絡ダクト*	268	376	1.40		問題なし
29	光ケーブルダクト (No. 21ダクト)	148	217	1.46		問題なし
46	屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）	276	700	2.53		問題なし

注記\* : 安全率が評価基準値の1.0を下回るため、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより浮き上がりが通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。



可搬型設備の保管場所および屋外アクセスルート図

図 8-6 浮き上がり対策実施箇所

## 8.2 地中埋設構造物の損壊

### (1) 評価方法

地中埋設構造物の損壊による影響評価については、地中埋設構造物の損壊によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物の位置を図8-1に示す。

地中埋設構造物のうち、以下の条件①、②に該当する構造物については、損壊は発生しないため評価対象外とする。また、条件③、④に該当する構造物については、損壊を想定した場合においても地表面への影響が小さく、可搬型設備が通行不可となる15cm以上の段差が発生しないと考えられるため評価対象外とする。抽出した地中埋設構造物に対しては、損壊を仮定し、車両の通行性を確保するため損壊対策を実施する。

条件① 基準地震動 $S_s$ の地震力に対して機能維持する設計がされた構造物

条件② 地盤改良体等の内空のない構造物

条件③ 外周をコンクリート等で巻き立てられ補強された構造物

条件④ 内空(D)に対し十分な土被り厚さ(6D以上)を有している管路


(2) 評価結果

図 8-1 に示す地中埋設構造物の損壊による影響評価結果を表 8-8 に示す。

地中埋設構造物の損壊による影響評価箇所として抽出した箇所のうち、条件①～④に該当しない箇所について地中埋設構造物の損壊を仮定し、図 8-7 に示すとおり H 形鋼敷設による事前の対策により車両通行性を確保する。なお、条件③、④に該当する構造物の断面図を表 8-9 に示す。詳細については「8.4 (3) 損壊対策の設計」に示す。

表 8-8 地中埋設構造物の損壊による影響評価結果

条件①：基準地震動Ssに対して機能維持する設計がされた構造物  
 条件②：地盤改良体等の内空のない構造物  
 条件③：外周をコンクリート等で巻き立てられ補強された構造物  
 条件④：内空(D)に対し十分な土被り厚さ(6D以上)を有している管路

(凡例)  
 ○：条件に該当する場合  
 —：条件に該当しない場合  
：損壊の評価対象

通し番号	名称	条件①	条件②	条件③	条件④
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	—	—	—
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	—	—	—
3	1号機南側盛土部地盤改良部	—	○	—	—
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	—	—	—
5	消火配管ダクト	—	—	—	—
6	ケーブルダクト	—	—	—	—
7	ケーブルダクト	—	—	—	—
8	西側配管等迂回ダクト	—	—	—	—
9	ケーブルダクト	—	—	—	—
10	復水配管	—	—	—	—
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	—	—	—	—
12	0Fケーブルダクト	—	—	—	—
13	排水路	—	—	—	—
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	—	—	—	—
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	—	—	—	○
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	—	—	—	○
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	—	—	○	—
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	—	—	○	—
19	連絡通路 (地下部)	○	—	—	—
20	2号機取水槽地盤改良部 (西側)	○	—	—	—
21	2号機取水槽地盤改良部 (東側)	○	—	—	—
22	仮設耐震構台 (橋台) (東側)	○	—	—	—
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	—	—	—	—
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	—	—	—	—
25	500kVケーブルダクト	—	—	—	—
26	宇中連絡ダクト	—	—	—	—
27	旧2号機放水口	—	○	—	—
28	重油移送配管ダクト	—	—	—	—
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	—	—	—	—
30	上水配管横断ダクト	—	—	—	—
31	排水路	—	—	—	—
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	—	—	—	—
33	0Fケーブルダクト	—	—	—	—
34	制御ケーブルダクト	—	—	○	—
35	排水路	—	—	○	—
36	GTG電路MMR部	—	○	—	—
37	U-600横断側溝	—	○	—	—
38	排水路	—	—	—	—
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	—	○	—	—
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	—	○	—	—
41	重圧管	—	—	○	—
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	—	—	—	—
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	—	○	—	—
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	—	○	—	—
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	○	—	—	—
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	—	—	—
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	○	—	—	—

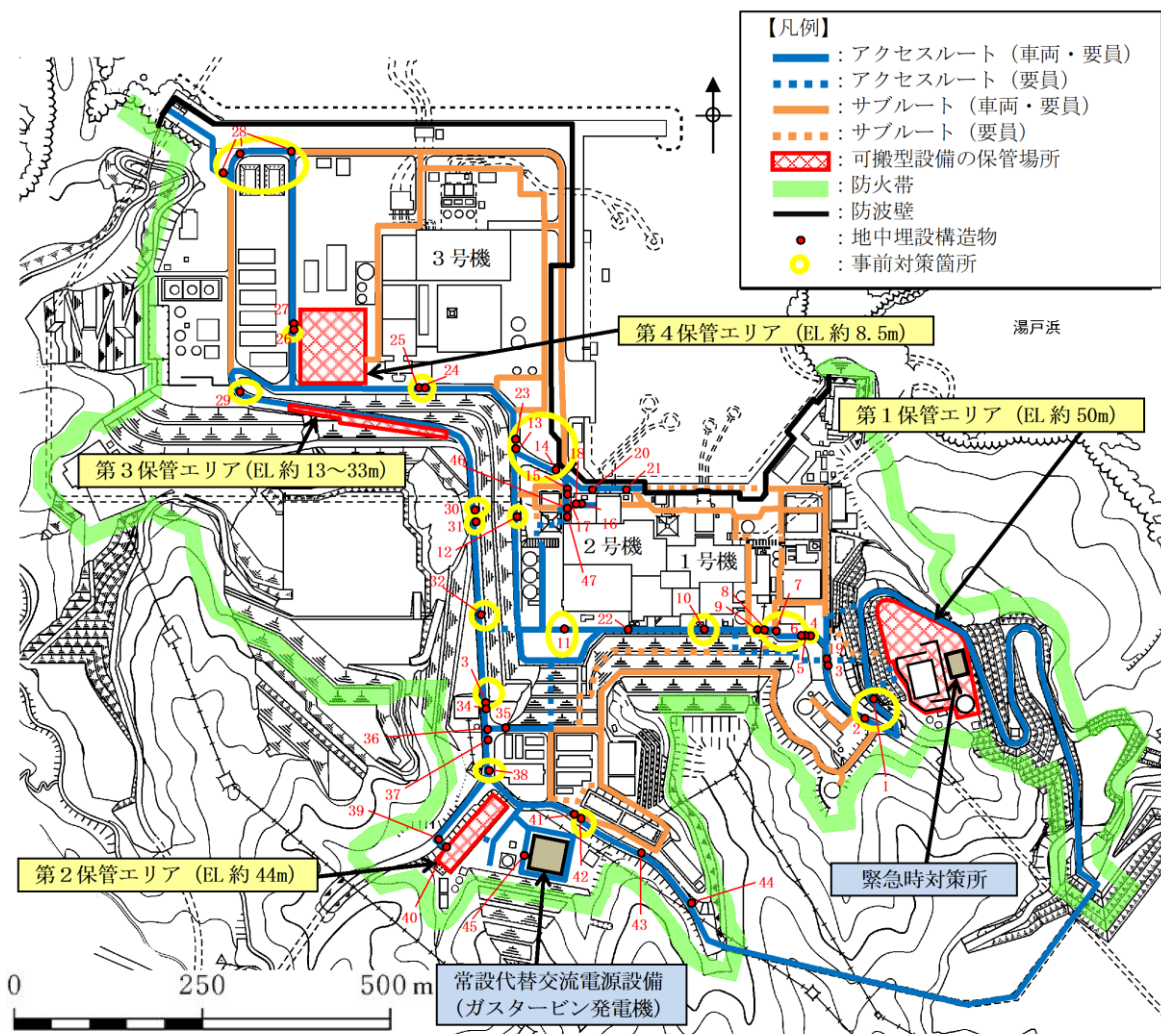


図 8-7 地中埋設構造物の損壊対策を実施する箇所

表 8-9(1) 条件③, ④に該当する構造物の断面図

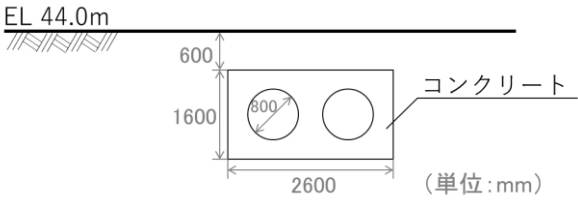
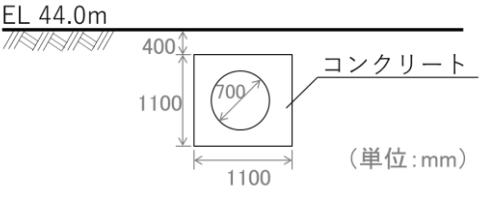
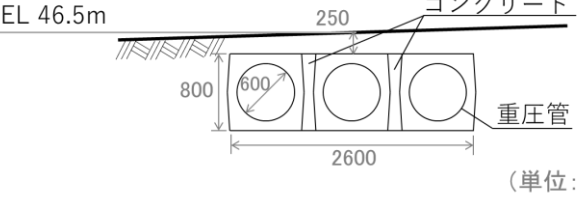
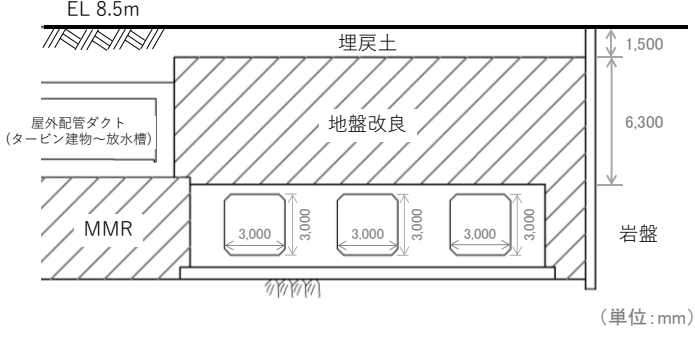
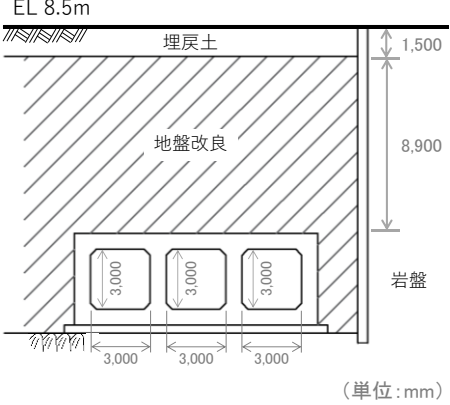
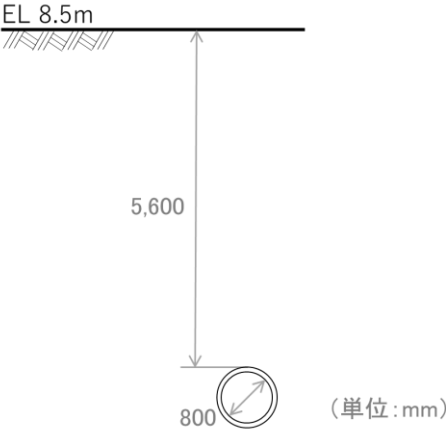
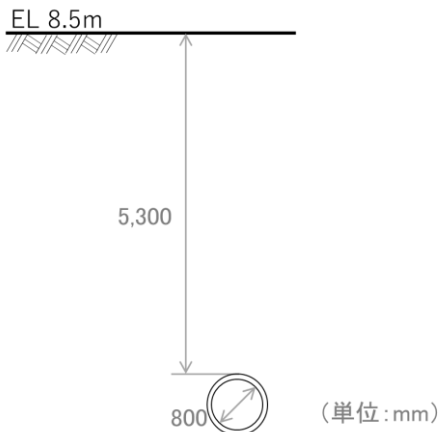
条件	通し番号	地中埋設構造物の断面図
③	34 制御ケーブル ダクト	
	35 排水路	
	41 重圧管	
	17 2号機循環水 排水路 (放水槽側)	
	18 2号機循環水 排水路 (放水槽側)	



表 8-9(2) 条件③, ④に該当する構造物の断面図

条件	通し番号	地中埋設構造物の断面図
④	15 除じん機洗 浄水排水管 (北側)	 <p>EL 8.5m</p> <p>5,600</p> <p>800 (単位: mm)</p>
④	16 除じん機洗 浄水排水管 (南側)	 <p>EL 8.5m</p> <p>5,300</p> <p>800 (単位: mm)</p>

### 8.3 段差緩和対策等の整理

これまでの評価結果を踏まえ、段差緩和対策、浮き上がり対策及び損壊対策の実施箇所について整理した結果を表 8-10 に、対策の実施箇所を図 8-8 に、対策の概念図を図 8-9 に示す。

また、段差緩和対策等の詳細については、「8.4 段差緩和対策等の設計」に示す。

なお、段差緩和対策、浮き上がり対策及び損壊対策については、複数箇所実施するため、段差量が最大となる箇所（通し番号 3 1号機南側盛土部地盤改良部）、液状化に伴う浮き上がり対策を実施する箇所（通し番号 26 宇中中連絡ダクト）及び地中埋設構造物の内空幅が最大となる箇所（通し番号 29 光ケーブルダクト（No. 21 ダクト））の設計例を代表に示し、他の対策箇所についても同様の設計を行う。

表 8-10(1) 段差緩和対策等を実施する箇所  
(地中埋設構造物等と埋戻土との境界部)

条件①：液状化及び揺すり込みによる不等沈下により15cmを超える段差発生が想定される箇所

条件②：液状化に伴う浮き上がりが想定される箇所

条件③：地中埋設構造物の損壊による段差発生が想定される箇所

通し番号	名称	条件①	条件②	条件③	対策の種類
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	—	○	H形鋼
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	—	○	H形鋼
3	1号機南側盛土部地盤改良部 <sup>*1</sup>	○	—	—	路盤補強材
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	—	○	H形鋼
5	消火配管ダクト	—	—	○	H形鋼
6	ケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
7	ケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
8	西側配管等迂回ダクト	—	—	○	H形鋼
9	ケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
10	復水配管	—	—	○	H形鋼
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	—	—	○	H形鋼
12	OFケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
13	排水路	—	—	○	H形鋼
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	—	—	○	H形鋼
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	—	—	—	
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	—	—	—	
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	—	—	—	
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	—	—	—	
19	連絡通路(地下部)	○	—	—	路盤補強材
20	2号機取水槽地盤改良部 (西側)	○	—	—	路盤補強材
21	2号機取水槽地盤改良部 (東側)	○	—	—	路盤補強材
22	仮設耐震構台 (橋台) (東側)	—	—	—	
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	—	—	○	H形鋼
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	—	—	○	H形鋼
25	500kVケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
26	宇中中連絡ダクト	○	○	○	路盤補強材, 浮き上がり対策工, H形鋼 <sup>*2</sup>
27	旧2号機放水口	○	—	—	路盤補強材
28	重油移送配管ダクト	—	—	○	H形鋼
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト) <sup>*3</sup>	—	—	○	H形鋼
30	上水配管横断ダクト	—	—	○	H形鋼
31	排水路	—	—	○	H形鋼
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	—	—	○	H形鋼
33	OFケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
34	制御ケーブルダクト	—	—	—	
35	排水路	—	—	—	
36	GTC電路MMR部	—	—	—	
37	U-600横断側溝	—	—	—	
38	排水路	—	—	○	H形鋼
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	—	—	—	
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	—	—	—	
41	重圧管	—	—	—	
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	—	—	○	H形鋼
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	—	—	—	
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	—	—	—	
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	—	—	—	
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	—	—	路盤補強材
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	—	—	—	

注記\*1：8.4(1) 段差緩和対策の設計で示す代表構造物

\*2：H形鋼は浮き上がり対策工を兼用する

\*3：8.4(3) 損壊対策の設計で示す代表構造物

表 8-10(2) 段差緩和対策等を実施する箇所（岩盤と埋戻土との境界部）

条件①：液状化及び揺すり込みによる不等沈下により15cmを超える段差発生が想定される箇所  
 条件②：液状化に伴う浮き上がりが想定される箇所  
 条件③：地中埋設構造物の損壊による段差発生が想定される箇所

通し番号	名称	条件①	条件②	条件③	対策の種類
1	2号機原子炉建物南側	—	—	—	
2	2号機原子炉建物西側	—	—	—	
3	2号機循環水排水路建設時土留め部(放水槽側)	—	—	—	
4	2号機循環水排水路建設時土留め部(取水槽側)	—	—	—	

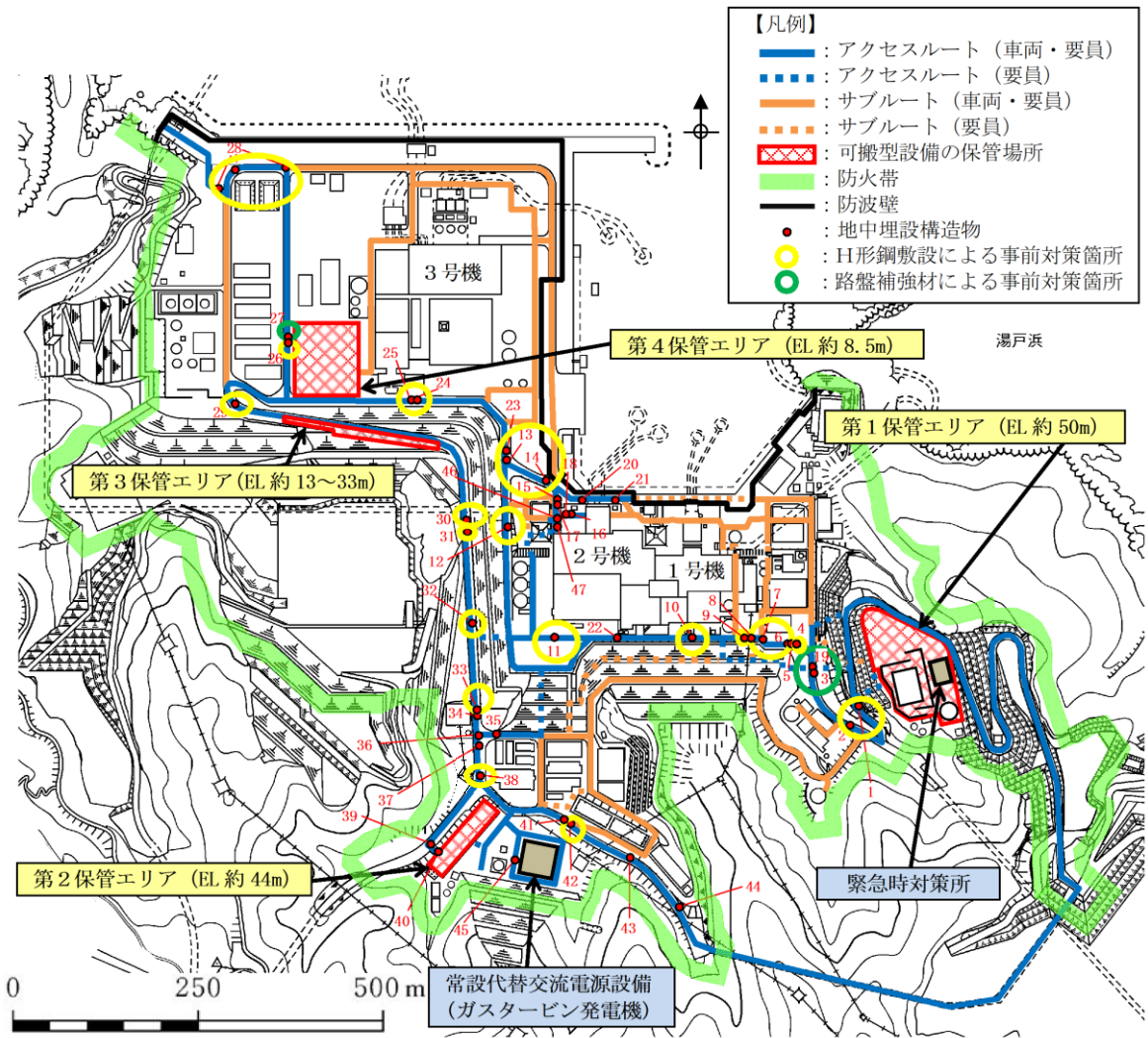
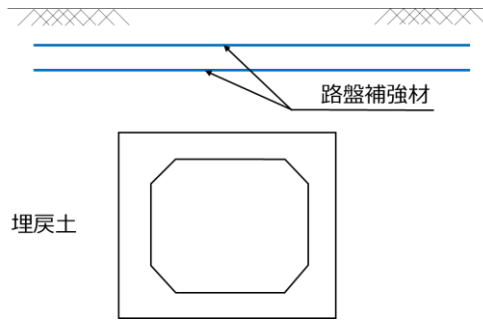
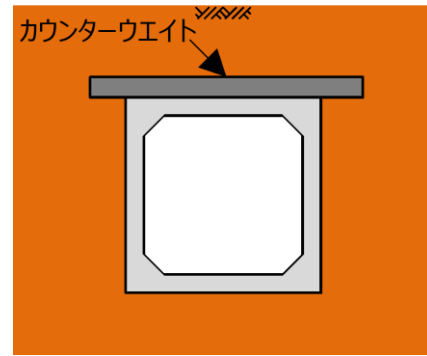


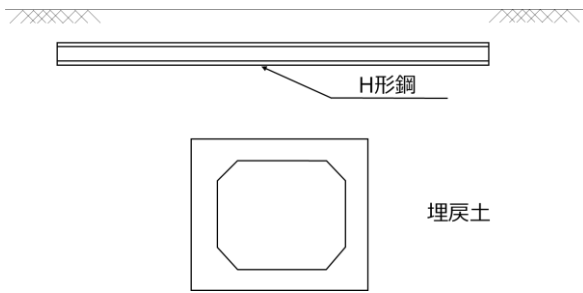
図 8-8 段差緩和対策等の実施箇所



段差緩和対策（路盤補強材）



浮き上がり対策（カウンターウェイト）



損壊対策（H形鋼）

図 8-9 段差緩和対策等の概念図

## 8.4 段差緩和対策等の設計

### (1) 段差緩和対策の設計

路盤補強材敷設による事前の段差緩和対策は、地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部及び岩盤と埋戻土との境界部において液状化及び揺すり込みによる不等沈下により局所的な段差が発生した場合に、路面下に敷設した路盤補強材が滑らかに変形することによって地表面の連続性を確保し、段差を緩和することで車両通行性を確保するものである。

段差緩和対策の設計は、段差発生後に車両が通行することを想定し、路盤補強材へ作用する引張力 ( $\Sigma T_0$ ) が、路盤補強材の許容引張力 ( $T_{max}$ ) を下回ることを確認する。ここでは、段差量が最大の55cmとなる箇所（通し番号3 1号機南側盛土部地盤改良部）の設計例を代表に示し、他の段差緩和対策箇所についても同様の設計を行う。

a. 構造概念

補強材敷設による事前の段差緩和対策は、屋外のアクセスルートにおける段差発生状況と類似した条件で実施した実物大実験\*（以下「実物大実験」という。）の実験結果をもとに、路盤工に路盤補強材（高強度ジオテキスタイル）2枚を挟み込む構造とする。実物大実験の走行状況及び段差緩和対策の概念図を図8-10に示す。



注記\*：石垣 勉，尾本 志展，太田 秀樹：アスファルト舗装の地震対策型段差抑制工法に関する実物大実験，第29回日本道路会議，2011  
図8-10 路盤補強材（高強度ジオテキスタイル）の概念図

b. 評価条件

実物大実験の結果をもとに、路盤補強材に作用する引張力を算定し、路盤補強材の許容引張力と比較を行う。なお、路盤補強材の許容引張力は製品基準強度である185kN/mとする。

(a) 段差発生時に路盤補強材に発生する引張力 ( $T_G$ )

実物大実験によると、不等沈下に対する段差抑制工法の性能確認として、図8-11のような走行試験を実施し、段差量55cmの状態において車両通行性を確認している。また、構造安全性の確認として、段差発生時の路盤補強材に発生した引張力を測定し、段差量55cmの最大引張力が67kN/mであることが確認されている。

一方で、島根原子力発電所のアクセスルート周辺の地中埋設構造物のうち、最も大きい段差が発生する箇所は1号機南側盛土部地盤改良部であり、実験条件と同規模の段差量55cmである。以上のことから実物大実験の最大引張力67kN/mを島根原子力発電所の段差緩和対策で適用できるものとする。なお、実物大実験では4枚の路盤補強材を敷設しているが、2枚にした場合、作用する引張力は2倍になると想定されることから、 $T_G=134\text{kN/m}$ を用いる。

(b) 車両走行により路盤補強材に発生する引張力 ( $\Delta T_G$ )

実物大実験での不等沈下後における路面状況は、図8-11に示すように、滑らかな曲線上に変形している。ここで、路盤補強材の変曲点により路盤補強材に発生する引張力  $\Delta T_G$  は下式により算定する。



$$\Delta T_G = (W \cdot W_1 \cdot \sin \theta) / N \dots \dots \dots (8.6)$$

ここで、

$\Delta T_G$  : 車両走行により路盤補強材に発生する引張力(kN/m)

$W$  : 路盤補強材上面位置の輪荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$W_1$  : 路盤補強材上面位置における輪荷重の載荷面延長(m)

$\theta$  : 路盤補強材の変曲点における垂線と鉛直線のなす角  
(図8-12 参照)

$N$  : 路盤補強材の枚数(=2枚)

$$W = W_0 / (n \cdot (W_1 \cdot W_b)) \dots \dots \dots (8.7)$$

ここで、

$W_0$  : 車両の軸重量(kN)

$n$  : 車軸数

$W_b$  : 路盤補強材上面位置における輪荷重の載荷面幅(m)

$$W_1 = l_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) \dots \dots \dots (8.8)$$

ここで、

$l_0$  : 「道路橋示方書・同解説 I 共通編(日本道路協会, 平成14年3月)」  
における, T 荷重の載荷面延長(m)

$h$  : 路面から路盤補強材上面までの厚さ(m)

$\theta_b$  : 「道路土工 擁壁工指針(日本道路協会 平成24年3月)」におけ  
る荷重の分散角度(°)

$$W_b = b_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) \dots \dots \dots (8.9)$$

ここで、

$b_0$  : 「道路橋示方書・同解説 I 共通編(日本道路協会, 平成14年3月)」  
における, T 荷重の載荷面幅(m)

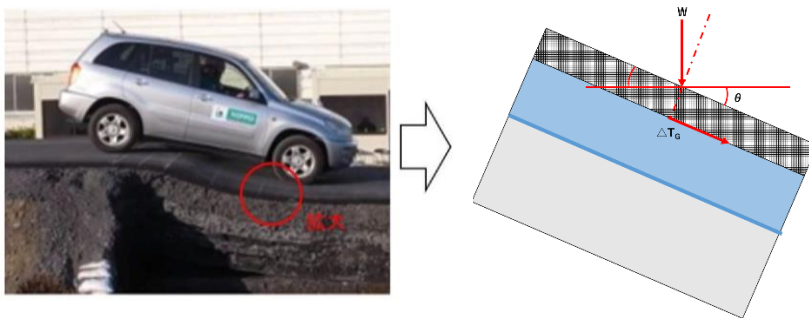
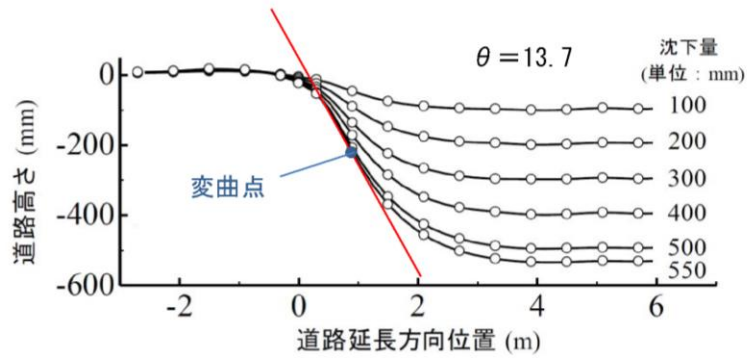


図 8-11 車両走行時に発生する引張力の考え方



アスファルト舗装の地震対策型段差抑制工法に関する実物大実験（石垣ら，2012年）に加筆

図 8-12 路盤補強材の変曲点における垂線と鉛直線のなす角

走行車両は、走行時における車両総重量が最も大きい、移動式代替熱交換設備とし、後軸重量（3軸）から路盤補強材上面における載荷重を算出する。移動式代替熱交換設備の仕様を図 8-13 に、主要な可搬型設備の軸重量を表 8-11 に、輪荷重の算出イメージを図 8-14 に示す。

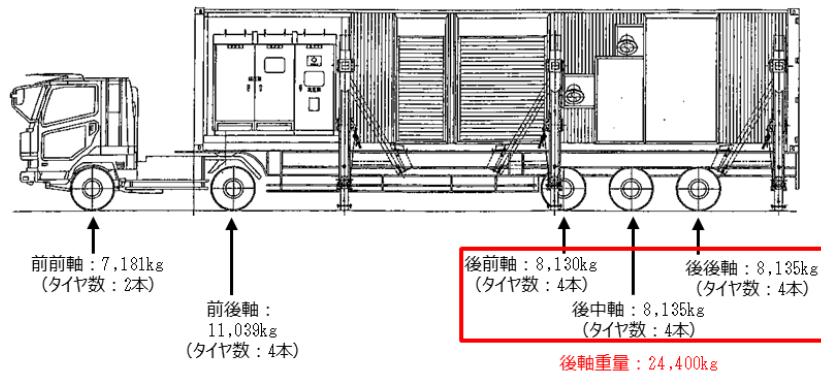
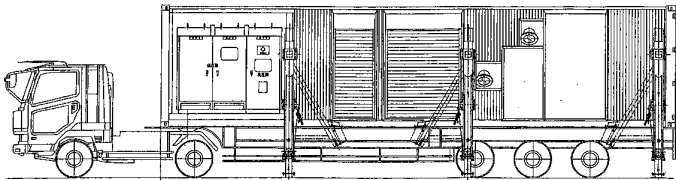
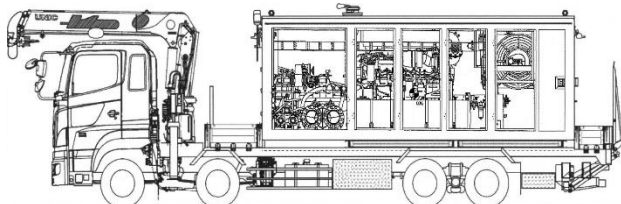
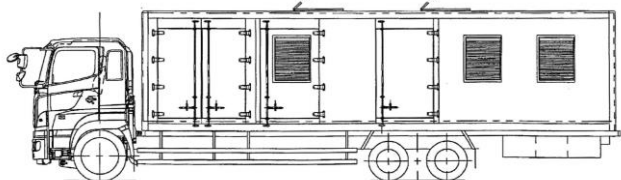
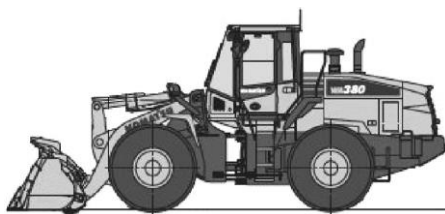
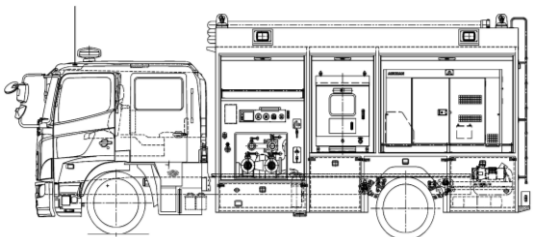


図 8-13 移動式代替熱交換設備の仕様

表 8-11 主要な可搬型設備の軸重量

車両	総重量 (kg)	軸重量(kg)	
		前軸 合計	後軸 合計
移動式代替熱交換設備	42,620	18,220	24,400
			
大型送水ポンプ車	24,950	9,410	15,540
			
可搬式窒素供給装置	21,330	6,145	15,185
			
ホイールローダ	17,900	8,350	9,550
			
大量送水車	12,735	5,370	7,365
			

□ : 評価に用いる軸重量

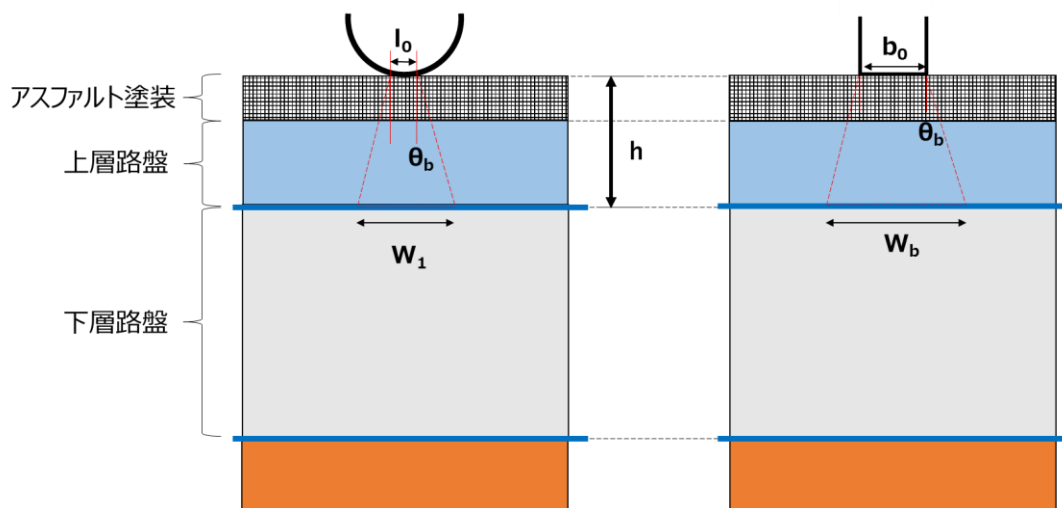


図 8-14 輪荷重のイメージ図

c. 評価結果

評価の結果、路盤補強材へ作用する引張力( $\Sigma T_G$ )は、路盤補強材の製品基準強度である許容引張力( $T_{max}$ )を十分に下回っていることを確認した。

$$W_1 = l_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) = 0.2 + 2 \cdot (0.30 \cdot \tan 30^\circ) = 0.5 \text{ [m]}$$

$$W_b = b_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) = 0.5 + 2 \cdot (0.30 \cdot \tan 30^\circ) = 0.8 \text{ [m]}$$

$$W = W_0 / (n \cdot (W_1 \cdot W_b)) = ((24400 / 1000) \cdot 9.80665) / (3 \cdot 0.5 \cdot 0.8) = 199.4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\Delta T_G = (W \cdot W_1 \cdot \sin \theta) / N = 199.4 \cdot 0.5 \cdot 0.237 / 2 = 11.8 \text{ [kN/m]}$$

$$\begin{aligned} \therefore \Sigma T_G &= T_G + \Delta T_G = 134 + 11.8 \\ &= 145.8 \text{ [kN/m]} < T_{max} = 185 \text{ [kN/m]} \end{aligned}$$

以上より、あらかじめ路盤補強材による段差緩和対策を実施することにより、液状化及び揺すり込みによる沈下が、当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

(2) 浮き上がり対策の設計

液状化に伴う浮き上がりが想定される地中埋設構造物（通し番号 26 宇中中連絡ダクト）に実施する浮き上がり対策の設計について示す。なお、対象箇所は段差緩和対策及び損壊対策の実施箇所となっている。

液状化に伴う地中埋設構造物の浮き上がりについては、「土木学会：トンネル標準示方書，2006」の「液状化時の浮上りに関する力のつり合い」に関する照査式に基づき評価し，評価基準値の 1.0 を上回らないことを確認する。（図 8-15 参照）

なお，本評価では保守的に上載土のせん断抵抗（ $Q_S$ ）及び構造物側面の摩擦抵抗（ $Q_B$ ）を考慮しない。

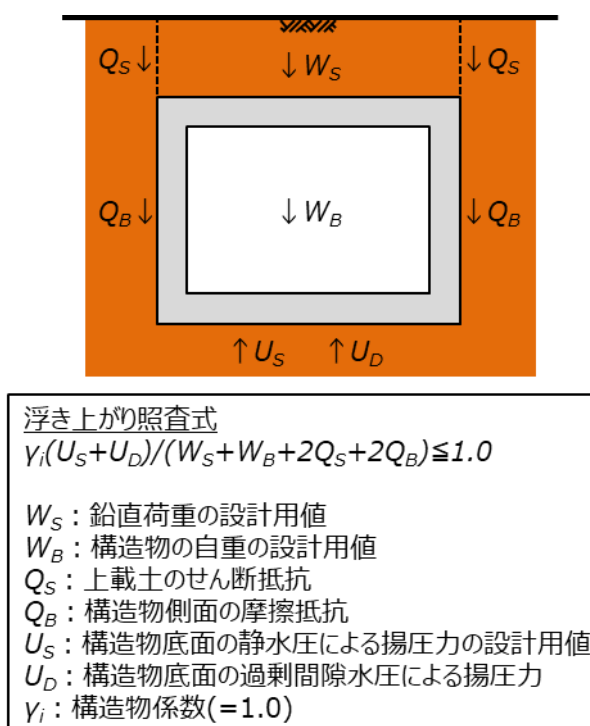


図 8-15 浮き上がり照査方法（土木学会：トンネル標準示方書，2006）

a. 構造概念

浮き上がり対策は、揚圧力と抵抗力から浮き上がりに対する安全率が1.0以上となるよう、揚圧力（U）と浮き上がり抵抗力（W）の差分である不足抵抗力（ $\Delta W$ ）を、損壊対策であるH形鋼による付加抵抗力により確保する。

浮き上がり対策の概念図を図8-16に示す。なお、H形鋼の平面図のイメージを図8-17に示す。

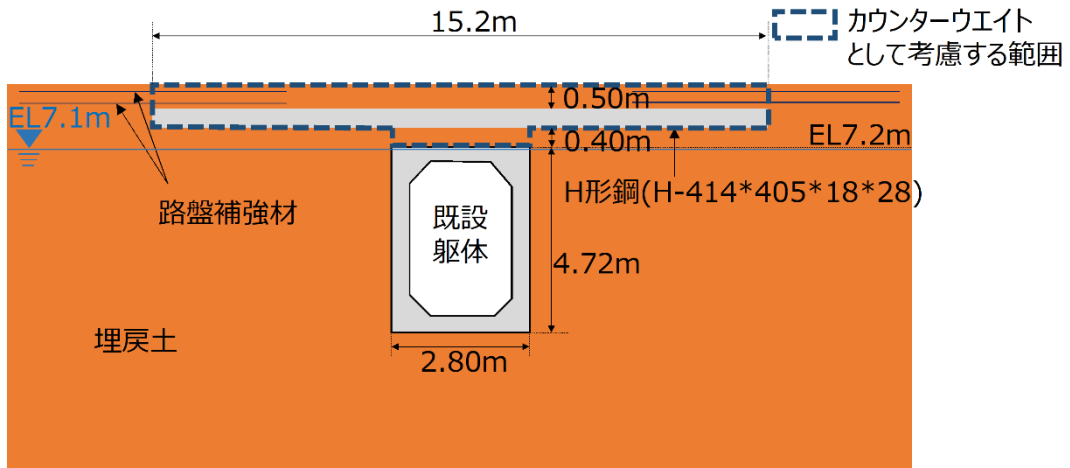
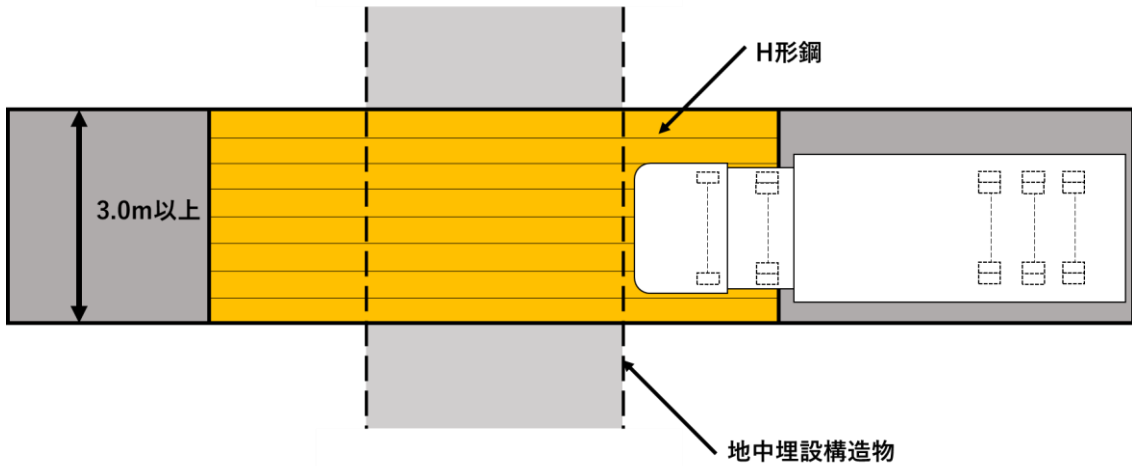


図8-16 浮き上がり対策の概念図



注：損壊対策のイメージ図であるが、浮き上がり対策のイメージ図として流用  
H形鋼は地中に設置する。

図8-17 H形鋼の平面図のイメージ

b. 評価条件

浮き上がり評価の評価条件を以下に示す。

(a) 荷重・重量

表 8-12 に浮き上がり評価において考慮する荷重・重量を示す。

表 8-12 荷重・重量に関する評価条件

種別	単位体積重量	備考
地下水	10.1 (kN/m <sup>3</sup> )	保守的に海水の値を用いる
埋戻土	19.6 (kN/m <sup>3</sup> )	
飽和単位体積重量	20.7 (kN/m <sup>3</sup> )	
H形鋼	78.6 (kN/m <sup>3</sup> )	損壊対策 (H形鋼) の重量を考慮する

(b) 地下水位

EL 7.1m (3次元浸透流解析結果に基づいて設定)

c. 評価結果

不足抵抗力 ( $\Delta W$ ) 及び浮き上がり対策後の抵抗力の算出結果を表 8-13 に示す。評価の結果、浮き上がり対策後の抵抗力が揚圧力を上回り、安全率が 1.0 以上であることを確認した。揚圧力、抵抗力の概念図及び計算プロセスに用いる各寸法等を図 8-18 に示す。

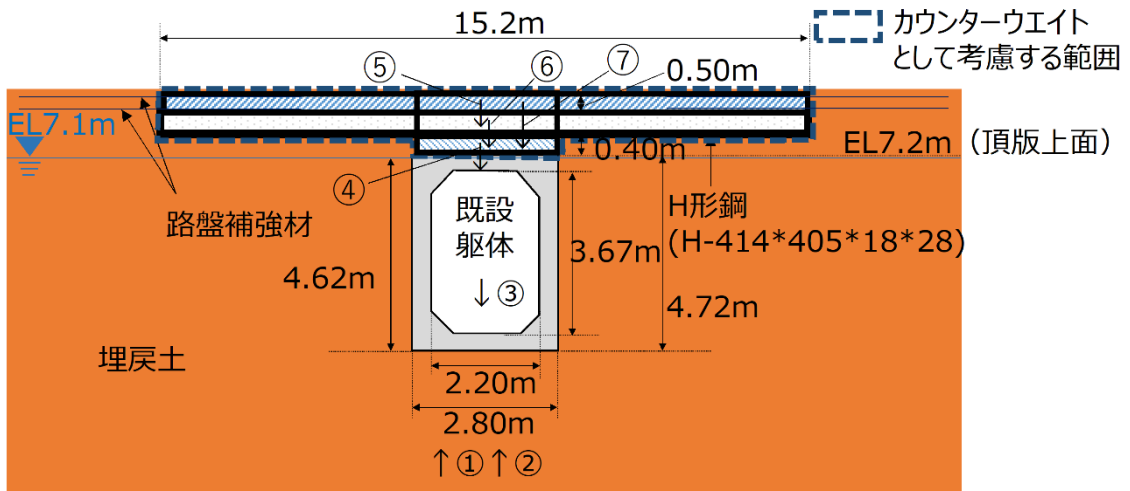


図 8-18 揚圧力、抵抗力の概念図及び計算プロセスに用いる各寸法

【揚圧力の計算】

既設躯体に発生する静水圧と過剰間隙水圧による揚圧力を考慮する。

①既設躯体への静水圧による揚圧力

躯体面積

$$= \text{既設躯体の高さ} \cdot \text{既設躯体の幅}$$

$$= 4.62 \cdot 2.8$$

$$= 12.94 [\text{m}^2]$$

既設躯体への静水圧による揚圧力

$$= \text{躯体面積} \cdot \text{水の単位体積重量}$$

$$= 12.94 \cdot 10.10$$

$$= 130.70 [\text{kN/m}]$$

②既設躯体への過剰間隙水圧による揚圧力

$$= \text{躯体面積} \cdot (\text{飽和単位体積重量} - \text{水の単位体積重量})$$

$$= 12.94 \cdot (20.7 - 10.10) = 137.17 [\text{kN/m}]$$

・既設躯体に発生する揚圧力 (①+②)

$$130.70 [\text{kN/m}] + 137.17 [\text{kN/m}] = 267.87 [\text{kN/m}] \approx 268 [\text{kN/m}]$$



### 【抵抗力の計算】

既設躯体の自重や埋戻土の鉛直荷重，損壊対策のH形鋼の自重による揚圧力に対する抵抗力を考慮する。

#### ③既設躯体の自重

地中埋設構造物面積

$$= \text{既設躯体幅} \cdot \text{既設躯体高さ} - \text{内空幅} \cdot \text{内空高さ}$$

$$= 2.8 \cdot 4.72 - 2.2 \cdot 3.67 = 5.14 [\text{m}^2]$$

既設躯体の自重

$$= \text{地中埋設構造物面積} \cdot \text{コンクリートの単位体積重量}$$

$$= 5.14 \cdot 24.0 = 123.36 [\text{kN/m}]$$

#### ④既設躯体とH形鋼までの埋戻土鉛直荷重

地中埋設構造物からH形鋼までの埋戻土面積

$$= \text{既設躯体幅} \cdot \text{既設躯体からH形鋼までの距離}$$

$$= 2.8 \cdot 0.386$$

$$= 1.081 [\text{m}^2]$$

既設躯体とH形鋼までの埋戻土鉛直荷重

$$= \text{地中埋設構造物からH形鋼までの埋戻土面積} \cdot \text{埋戻土の単位体積重量}$$

$$= 1.081 \cdot 19.6 = 21.18 [\text{kN/m}]$$

#### ⑤H形鋼と地表の間の埋戻土鉛直荷重

H形鋼から地表までの埋戻土面積

$$= \text{スパン長} \cdot \text{H形鋼から地表までの距離}$$

$$= 15.2 \cdot 0.5$$

$$= 7.6 [\text{m}^2]$$

H形鋼と地表の間の埋戻土鉛直荷重

$$= \text{H形鋼から地表までの埋戻土面積} \cdot \text{埋戻土の単位体積重量}$$

$$= 7.6 \cdot 19.6$$

$$= 148.96 [\text{kN/m}]$$

#### ⑥H形鋼の自重

H形鋼単位質量：232[kg/m]

桁長の質量

$$= \text{H形鋼単位質量} \cdot \text{スパン長}$$

$$= 232 [\text{kg/m}] \cdot 15.2 [\text{m}]$$

$$= 3526.4 [\text{kg}]$$

$$= 34.58 [\text{kN}]$$

単位奥行き長さあたりに設置できるH形鋼の本数

$$= \text{単位奥行き長さ} / \text{H形鋼の横幅の規格}$$

$$= 1 [\text{m}] / 0.405 [\text{m}]$$

$$= 2.4 [\text{本/m}]$$

地中埋設構造物の上に設置できるH形鋼の単位奥行き長さあたりの荷重

$$= \text{桁長 (15.2m) の質量} \cdot \text{単位奥行き長さあたりに設置できるH形鋼の本数}$$

$$= 34.58 [\text{kN/本}] \cdot 2.4 [\text{本/m}]$$

$$= 82.99 [\text{kN/m}]$$

・ 対策後の浮き上がり抵抗力 (③+④+⑤+⑥)

$$123.36 [\text{kN/m}] + 21.18 [\text{kN/m}] + 148.96 [\text{kN/m}] + 82.99 [\text{kN/m}]$$

$$= 376.49 [\text{kN/m}] \approx 376 [\text{kN/m}]$$

表 8-13 浮き上がり対策後の抵抗力の算出結果

評価対象 構造物	揚圧力(U) (kN/m)	浮き上がり 抵抗力(W) (kN/m)	安全率 (W)/(U)
既設躯体 + H形鋼 + 埋戻土	268	376	1.40

以上より、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより、液状化に伴う浮き上がりが当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

### (3) 損壊対策の設計

#### a. 構造概念

損壊を想定する地中埋設構造物については、損壊対策として事前にH形鋼を敷設することにより、車両通行に影響を与えないよう対策を実施する。

ここでは、内空幅が最大となる箇所（通し番号29 光ケーブルダクト（No. 21ダクト））の設計例を代表に示し、他の損壊対策箇所についても同様の設計を行う。

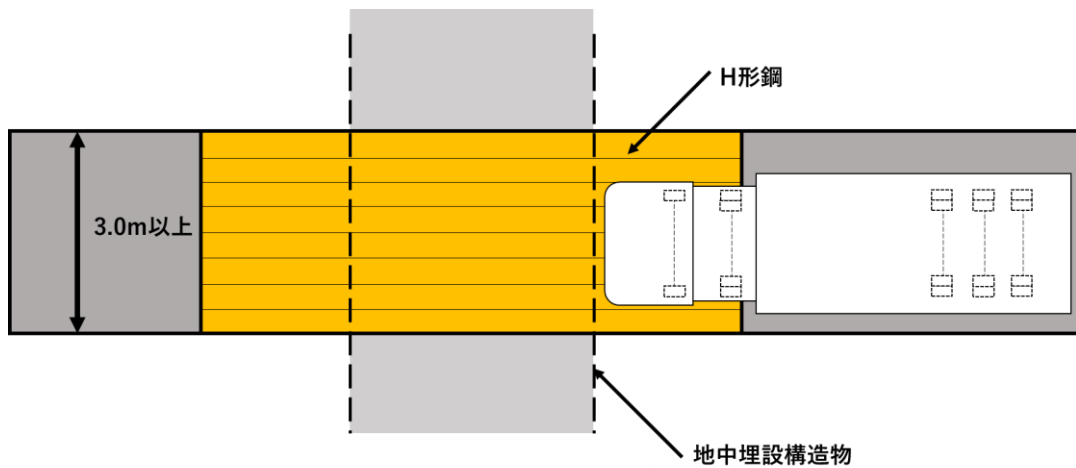
地中埋設構造物の内空寸法等一覧を表8-14に、損壊対策（H形鋼）のイメージを図8-19に示す。

表 8-14 地中埋設構造物の内空寸法等一覧

通し番号	名称	内空幅 (mm)	内空高 (mm)	頂版厚 (mm)	側壁厚 (mm)	土被り厚 (mm)	損壊対策の有 無
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	1,500	1,745	255	200	0	○
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	1,080	604	130	200	0	○
3	1号機南側盛土部地盤改良部*1	—	—	—	—	0	—
4	東側ケーブル等迂回ダクト	1,500	2,000	200	200	1,150	○
5	消火配管ダクト	2,300	1,800	0	180	0	○
6	ケーブルダクト	1,400	1,100	0	250	0	○
7	ケーブルダクト	1,500	1,200	200	200	300	○
8	西側配管等迂回ダクト	2,000	2,000	200	200	250	○
9	ケーブルダクト	1,500	2,000	200	200	1,000	○
10	復水配管	700	850	150	200	100	○
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	3,500	1,800	200	300	0	○
12	0Fケーブルダクト	2,000	2,000	450	450	1,000	○
13	排水路	1,500	1,500	150	150	2,550	○
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	2,100	2,010	200	200	973	○
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	800	800	66	66	5,616	—
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	800	800	66	66	5,362	—
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	3,000	3,000	800	1,700	7,500	○
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	3,000	3,000	800	800	10,350	○
19	連絡通路 (地下部)	2,000	2,300	800	800	1,500	—
20	2号機取水槽地盤改良部 (西側)	4,300	4,300	4,700	1,700	7,100	—
21	2号機取水槽地盤改良部 (東側)	4,300	4,300	4,700	1,700	7,100	—
22	仮設耐震構台 (橋台) (東側)	—	—	—	—	0	—
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	2,100	2,415	200	200	980	○
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	3,000	3,300	350	300	1,450	○
25	500kVケーブルダクト	2,300	2,400	300	250	2,250	○
26	宇中中連絡ダクト	2,200	3,150	300	300	1,300	○
27	旧2号機放水口	—	—	—	—	2,500	—
28	重油移送配管ダクト	1,300	945	255	200	0	○
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)*2	3,800	3,450	300	300	1,600	○
30	上水配管横断ダクト	1,800	2,200	300	350	420	○
31	排水路	1,500	2,300	150	150	1,150	○
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	800	569	131	200	0	○
33	0Fケーブルダクト	1,700	1,700	500	500	1,000	○
34	制御ケーブルダクト	2,600	800	600	300	600	—
35	排水路	700	700	200	200	400	—
36	GTG電路MMR部	—	—	—	—	0	—
37	U-600横断側溝	—	—	—	—	0	—
38	排水路	1,500	1,750	350	350	600	○
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	—	—	—	—	0	—
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	—	—	—	—	0	—
41	重圧管	600	600	100	100	250	—
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	800	569	131	250	0	○
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	—	—	—	—	0	—
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	—	—	—	—	0	—
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	1,800	1,150	50	500	2,800	—
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	5,800	3,000	800	900	0	—
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	3,000	2,000	500	600	500	—

注記\*1: 8.4(1) 段差緩和対策の設計で示す構造物

\*2: 損壊対策を実施する構造物のうち, 8.4(3) 損壊対策の設計で示す構造物



注：H形鋼は地中に設置する。

図8-19 H形鋼の敷設イメージ

b. 評価条件

損壊対策は、地中埋設構造物が損壊した状態を想定してスパン長を設定し、可搬型設備の通行時にH形鋼に作用する曲げ応力度、せん断応力度、たわみ量、地盤の最大接地圧が評価基準値を下回ることを確認する。

各評価値は、単純はりモデルにて算定し、解析コード「Engineer's Studio 面内」を使用する。

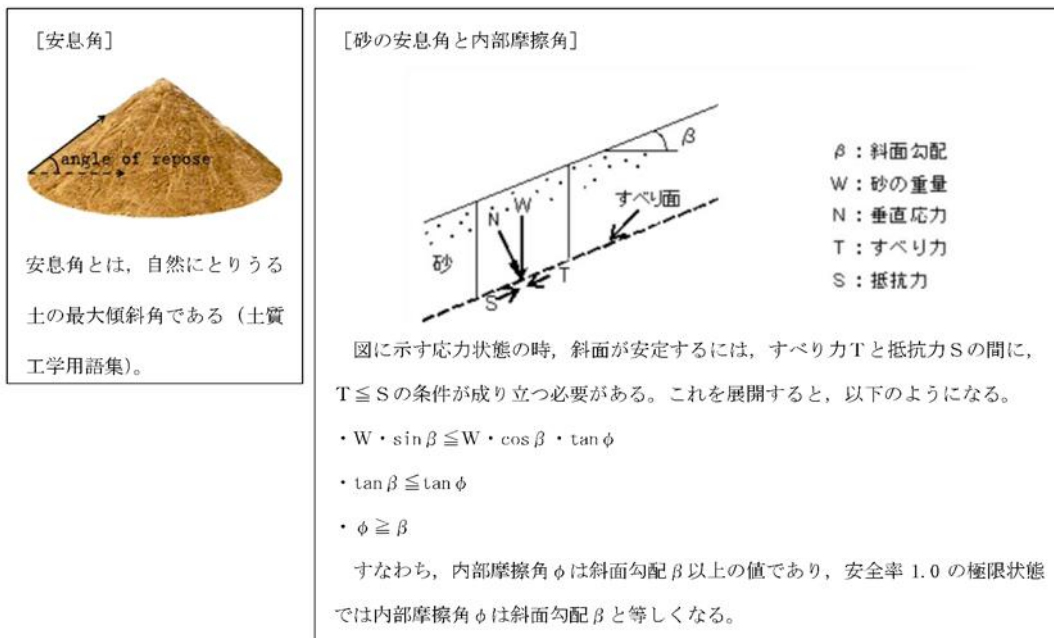
(a) スパン長の設定

地中埋設構造物の損壊により陥没が発生すると考えられる範囲は、地中埋設構造物底版より主働崩壊角 $60^\circ$ で想定し、さらに地表面付近の地震時の緩みを考慮してH形鋼のスパン長を設定する。スパン長設定の概念図を図8-20に示す。

H形鋼のスパン長を設定する手順は以下のとおりである。

- ①地中埋設構造物底版より主働崩壊角 $60^\circ$ で沈下範囲を想定
- ②地中埋設構造物の損壊による沈下量を算定（地中埋設構造物が損壊した場合、地中埋設構造物上の土砂が損壊構造物内に流入し、流入した土砂の体積分だけ沈下するものと想定）
- ③地中埋設構造物の損壊により沈下した場合、損壊構造物の左右に法面が発生するが、法尻から $30^\circ$ （盛土の安息角\*）の範囲は支持地盤への影響がある範囲と想定
- ④上記③により想定した影響範囲の端部より、1mの余裕を考慮した位置をH形鋼の支持点としスパン長を設定

注記\*：下図に示す安息角と内部摩擦角の関係より、安全率1.0の状態では、内部摩擦角は斜面勾配と等しくなることから、盛土の内部摩擦角 $30^\circ$ を安息角として設定している。



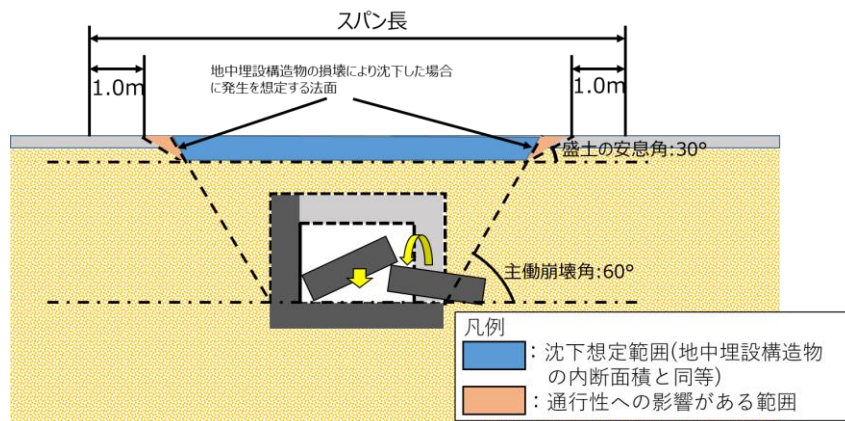


図8-20 スパン長設定の概念図

(b) 構造

光ケーブルダクト (No. 21ダクト) における損壊対策の構造を図8-21に示す。

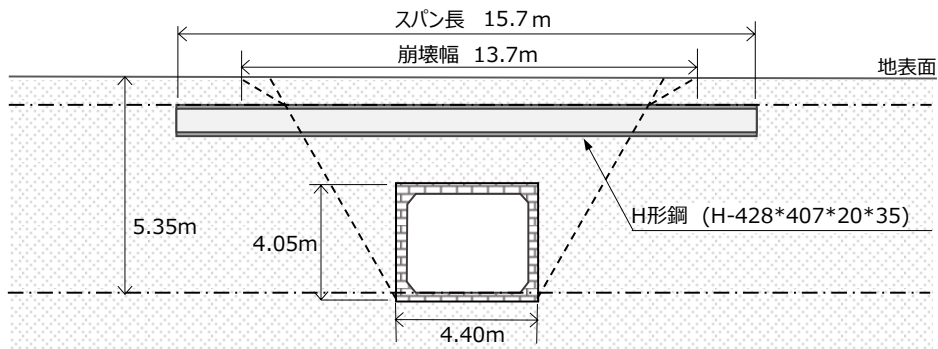


図8-21 光ケーブルダクト (No. 21ダクト) におけるH形鋼敷設の構造図

(c) 評価条件

- ・ H形鋼 SM490
- ・ 仕様 H-428・407・20・35, 腐食代 1mm 考慮
- ・ スパン長  $L = 15.7$  [m]

(d) 荷重条件 (構造物奥行き 1m あたり)

イ. 死荷重 (w)

・ H形鋼重量

$$w_1 = 2.775 \text{ kN/m} \cdot \text{本} \cdot 2.5 \text{ 本} = 6.9382 \text{ [kN/m]}$$

$$(\text{H形鋼 1 本あたり} : 0.283 \text{ t/m} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 = 2.775 \text{ [kN/m} \cdot \text{本]})$$

・ 路盤荷重 (砕石 t = 0.1 m)

$$w_2 = 19.61 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1.9613 \text{ [kN/m]}$$

・ 舗装荷重 (鉄筋コンクリート t = 0.2 m)

$$w_3 = 23.045 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 4.6091 \text{ [kN/m]}$$

・ 死荷重

$$w = w_1 + w_2 + w_3$$

$$= 6.9382 \text{ kN/m} + 1.9613 \text{ kN/m} + 4.6091 \text{ kN/m} = 13.5086 \text{ [kN/m]}$$

$$\approx 13.509 \text{ [kN/m]}$$

ロ. 車両荷重 (P)

車両荷重は、車両総重量が最も大きい移動式代替熱交換設備を対象車両とする。

構造物奥行き 1m あたりで評価することから、輪重量 (片側) を車両荷重として評価を行う。

車両荷重の設定については、「道路橋示方書・同解説 I 共通編 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき衝撃係数を考慮する。



$$i = 20 / (50 + L)$$

ここで,

i : 衝撃係数

L : スパン長 (m)

$$\text{衝撃係数 } i = 20 / (50 + 15.7) = 0.3044$$

$$\text{前前輪荷重 } P_1 = 3.5905 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 45.929 \text{ [kN]}$$

$$\text{前後輪荷重 } P_2 = 5.5195 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 70.605 \text{ [kN]}$$

$$\text{後前輪重量 } P_3 = 4.0650 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 51.999 \text{ [kN]}$$

$$\text{後中輪重量 } P_4 = 4.0675 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 52.031 \text{ [kN]}$$

$$\text{後後輪重量 } P_5 = 4.0675 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 52.031 \text{ [kN]}$$

#### ハ. 荷重図

H形鋼の上に可搬型設備が通過する過程においてH形鋼に発生する曲げモーメントが最大となる場合の荷重図を図8-22に、せん断力が最大となる場合の荷重図を図8-23に示す。

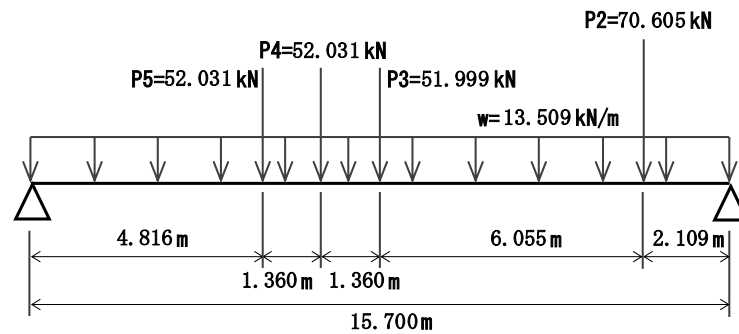


図8-22 H形鋼に発生する曲げモーメントが最大となる場合の荷重図

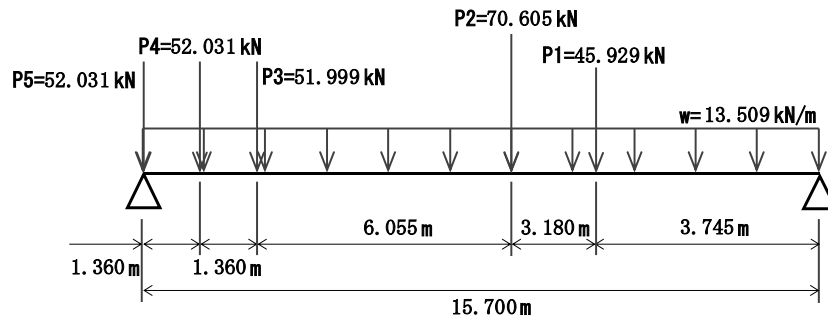


図8-23 H形鋼に発生するせん断力及び支点反力が最大となる場合の荷重図

c. 評価結果

損壊対策の評価結果を表8-15に示す。

(a) 曲げ応力度

$$\begin{aligned} \text{最大発生曲げモーメント} & M_{\max} = 9.882 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ \text{H形鋼の断面係数} & Z = 1.2964 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \\ \text{最大曲げ応力度} & \sigma_{\max} = M_{\max} / Z = 76.3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(b) せん断応力度

$$\begin{aligned} \text{最大発生せん断力} & S_{\max} = 2.91 \cdot 10^5 \text{ N} \\ \text{H形鋼の断面一次モーメント} & G = 7.7989 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\ \text{H形鋼の断面二次モーメント} & I = 2.761 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\ \text{H形鋼のウェブ幅} & t = 18 \text{ mm} \\ \text{最大せん断応力度} & \tau_{\max} = S_{\max} \cdot G / (I \cdot t) = 45.7 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(c) たわみ量

$$\text{最大たわみ量} \quad \delta_{\max} = 21.7 \text{ mm}$$

(d) 地盤反力度

$$\begin{aligned} \text{最大支点反力} & Q_{\max} = 2.91 \cdot 10^5 \text{ N} \\ \text{H形鋼のフランジ幅 (単位奥行き幅)} & t = 1000 \text{ mm} \\ \text{H形鋼の接地延長} & L = 1000 \text{ mm} \\ \text{地盤反力度} & R = Q_{\max} / (t \cdot L) = 0.291 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

以上より、あらかじめH形鋼による損壊対策を実施することにより、損壊が当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

表8-15 評価結果

検討項目	評価値	評価基準値	判定
H形鋼の曲げ応力度	76.3 N/mm <sup>2</sup>	181.4 N/mm <sup>2</sup> *1	OK
H形鋼のせん断応力度	45.7 N/mm <sup>2</sup>	102.9 N/mm <sup>2</sup> *1	OK
H形鋼のたわみ量	21.7mm	26.1mm*1	OK
地盤の最大接地圧	0.291 N/mm <sup>2</sup>	0.80 N/mm <sup>2</sup> *2 (0.87 N/mm <sup>2</sup> ) *3	OK

注記\*1：H形鋼に関する評価基準値は、「道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編（日本道路協会，平成14年3月）」に基づき設定する。

\*2：埋戻土の極限支持力1.2N/mm<sup>2</sup>に基づき，短期許容応力度を算定

\*3：「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（日本道路協会，平成24年3月）」の支持力式（以下「支持力式」という。）に基づき算定した参考値（参考資料1及び参考資料2参照）

参考資料1 H形鋼支持地盤の支持力評価基準値について

1. 支持力の評価基準値の考え方

「道路橋示方書・同解説 IV下部構造物編（日本道路協会，平成8年12月）」によると，基礎構造物により地表面に荷重が作用した際の地中応力の分布範囲について図1-1のとおり示されており，分散角度 $\theta$ は一般的に $30^\circ \sim 35^\circ$ とされている。

地中埋設構造物が損壊した場合，構造物内空に埋戻土が落ち込むことにより地表面付近に小規模な法面が発生すると考えられるが，当該法面とH形鋼を支持することによる地中応力の分布範囲が干渉しないよう，崩壊形状の法肩から1mの余裕を考慮した位置をH鋼の支持点として，スパン長を設定する。（図1-2及び図1-3に示す。）

以上より，当該支持点の支持力評価基準値として，島根原子力発電所の埋戻土で実施した平板載荷試験結果（極限支持力 $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ ）に基づく短期許容応力度 $0.8\text{N}/\text{mm}^2$ を設定する。

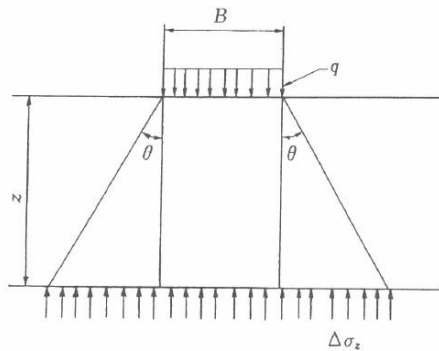


図1-1 地中応力の分布

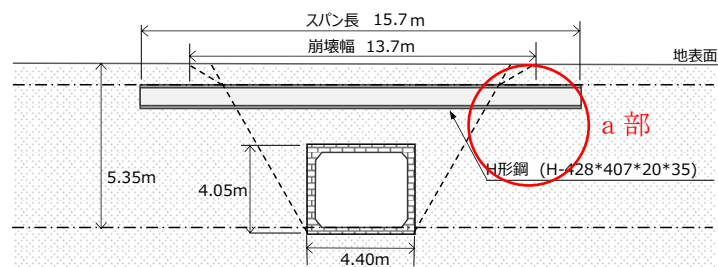
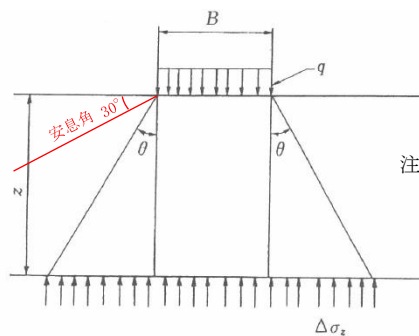


図1-2 光ケーブルダクト（No. 21ダクト）におけるH形鋼敷設の構造図  
及び支持点付近の地中応力影響範囲



注：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（日本道路協会，平成8年12月）に，赤線で一部加筆

図1-3 a部詳細図

2. 支持力式による算定結果について

支持力式を用いて支持力評価を実施したところ、地盤の最大接地圧（発生値：0.291 N/mm<sup>2</sup>）に対して十分な安全率を有していることを確認した。

・支持力式を用いた極限支持力  $q_d$  の算定

$$q_d = \alpha \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

$$= 1.3 \cdot 20.0 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 30.1 + \frac{1}{2} \cdot 0.6 \cdot 19.0 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 1.0 \text{ [m]} \cdot 15.7 + 19.0 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0 \text{ [m]} \cdot 18.4 = 782.60 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 89.49 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 0 \text{ [kN/m}^2\text{]} = 872.09 \text{ [kN/m}^2\text{]} = 0.872 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

ここで、

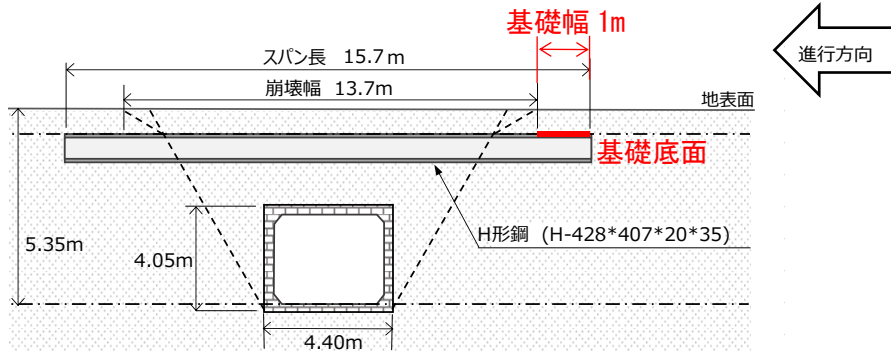
- $q_d$  : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- $c$  : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_1$  : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。
- $\gamma_2$  : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
ただし、地下水位以下では水中単位体積重量とする。
- $\alpha, \beta$  : 基礎底面の形状係数
- $B$  : 基礎幅 (m)
- $D_f$  : 基礎の有効根入れ深さ (m)
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : 支持力係数

基礎底面地盤の極限支持力度の算定において設定した、基礎底面の形状係数について、表2-1及び図2-1に、支持力係数について図2-2に示す。H形鋼を支持することによる地中応力の分布を考慮した基礎底面の形状については、図2-1のとおり、可搬型設備による損壊対策工への影響範囲（基礎幅1m、奥行き1m）を考慮し、正方形とした。

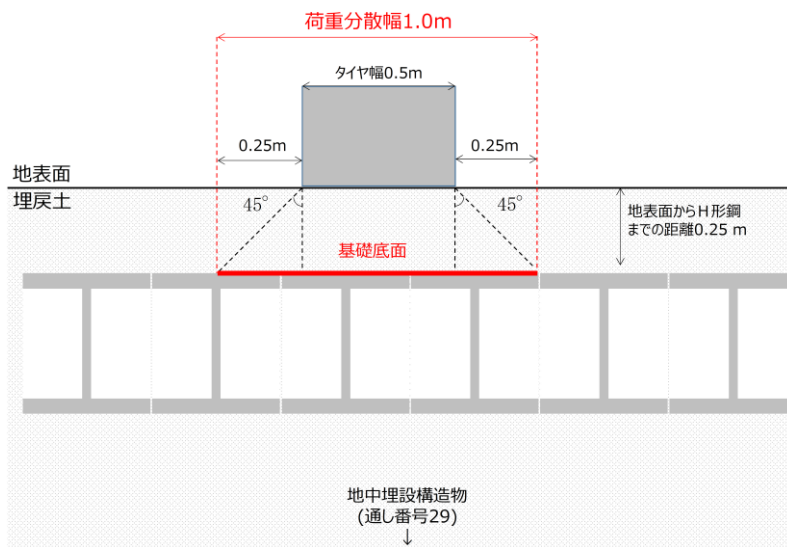
表2-1 基礎底面の形状係数

基礎底面の形状 形状係数	帯 状	正方形, 円形	長方形, 小判形
$\alpha$	1.0	1.3	$1 + 0.3 \frac{B}{D}$
$\beta$	1.0	0.6	$1 - 0.4 \frac{B}{D}$

$D$ : ケーソン前面幅(m),  $B$ : ケーソン側面幅(m)  
ただし、 $B/D > 1$  の場合、 $B/D = 1$  とする。

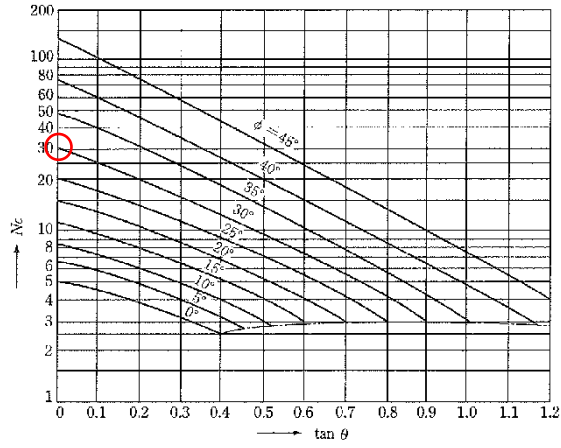


横断方向長さ

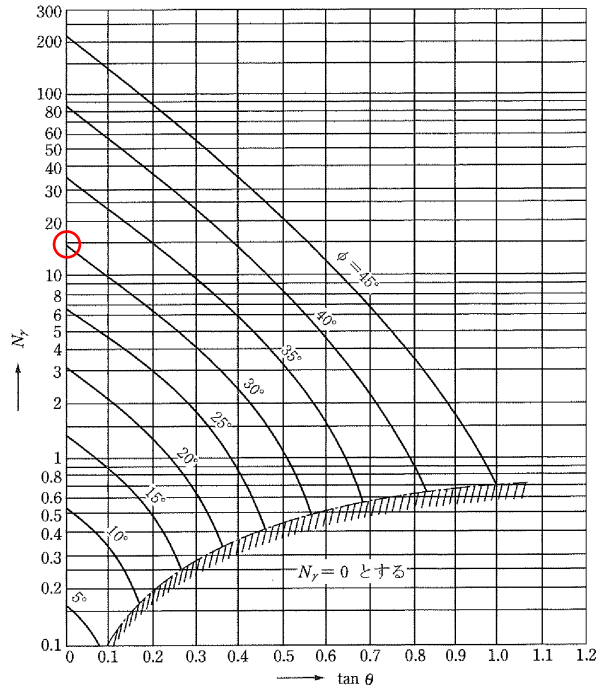


進行方向長さ

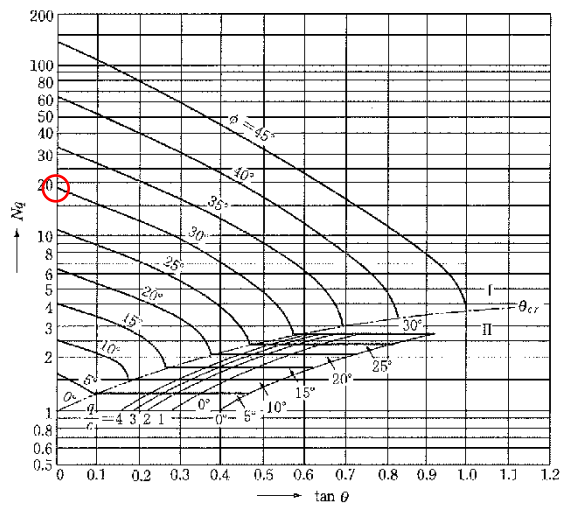
図2-1 基礎底面の形状



(支持力係数 $N_c$ を求めるグラフ)



(支持力係数 $N_\gamma$ を求めるグラフ)



(支持力係数 $N_q$ を求めるグラフ)

図2-2 支持力係数 $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ について

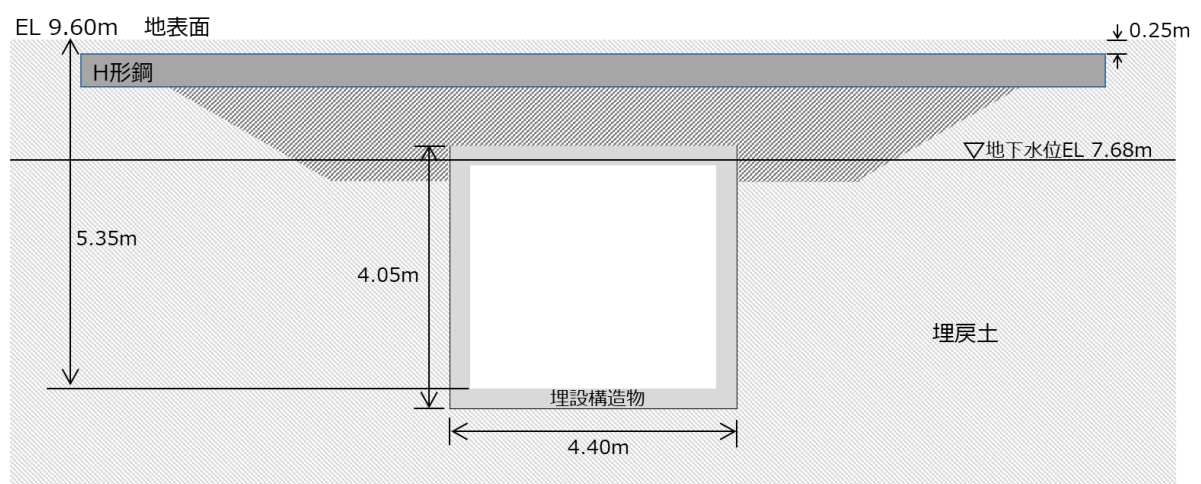
## 参考資料2 H形鋼の支持地盤の安定性の確認について

### 1. 確認方法

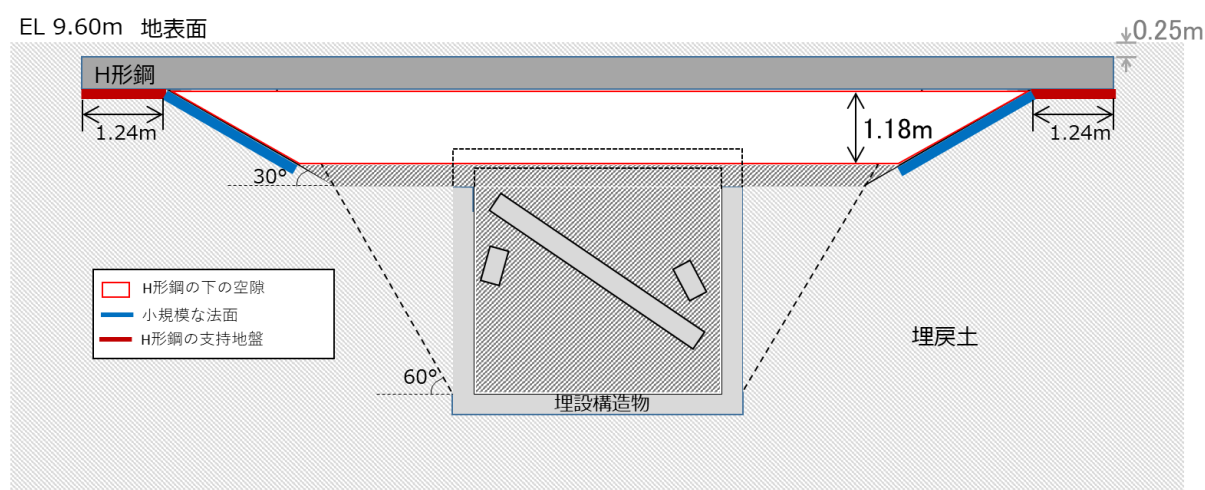
地中埋設構造物が損壊した場合、内空に埋戻土が落ち込むことにより、H形鋼の支持地盤の下に空隙ができるとともに、小規模な法面が発生すると考えられる。

ここでは、地中埋設構造物損壊後に発生するH形鋼の支持地盤について、内空幅が最大となる通し番号29 光ケーブルダクト (No. 21 ダクト) を対象に、地耐力に対する安定性の確認として、H形鋼の上を可搬型設備が走行する際のすべり安定性を確認する。

地中埋設構造物の損壊前後の地盤形状を図1-1に示す。



(損壊前)



(損壊後)

図1-1 地中埋設構造物損壊前後の地盤形状

## 2. 解析条件

すべり安定性の評価において設定する地盤の物性値及び荷重一覧を表 2-1 及び表 2-2 に、解析モデルの概要図を図 2-1 に示す。構内道路の埋戻土は十分に転圧、締固めされていることを踏まえ、地盤の物性値は、慣用値及びVI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載している物性値を参照する。また、上載荷重として可搬型設備（車両）及びH形鋼等を考慮するが、可搬型設備の車両位置については本章「8.3(3)損壊対策の設計」に示す、H形鋼に発生する支点反力が最大となる位置とする。

地下水位は、3次元浸透流解析結果に基づいて、EL 7.68m に設定する。評価基準値は、屋外のアクセスルート周辺斜面と同様に安全率 1.0 以上とする。

なお、すべり安全率の算定には、解析コード「COSTANA」を使用する。

表 2-1 解析モデルにおける地盤の物性値

地盤	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )	せん断抵抗角(°)	粘着力(kN/m <sup>2</sup> )
埋戻土	20.0	30	20

表 2-2 評価対象のH形鋼の支持地盤における荷重一覧

	等分布荷重(kN/m)
可搬型設備	148.5
H形鋼及び舗装等	85.3



図 2-1 解析モデルの概要図



### 3. 評価結果

すべり安定性の評価結果を図 3-1 及び表 3-1 に示す。埋設構造物の損壊に伴い、構造物内空に埋戻土が落ち込むことにより発生するH形鋼の支持地盤について、可搬型設備の通行性に対して影響がないことを確認した。

また、通し番号 29 光ケーブルダクト (No.21 ダクト) 以外の損壊対策を行う全箇所において、H形鋼のスパン長は、可搬型設備の通行性に対して影響がないよう、想定した影響範囲の地表面の端部より 1m以上の支持地盤を確保して設定しており、これにより安定性を確保する。なお、実施工においては、舗装厚を考慮してH形鋼を埋設するため、埋設構造物の損壊後においても十分なH形鋼の支持地盤が形成される。

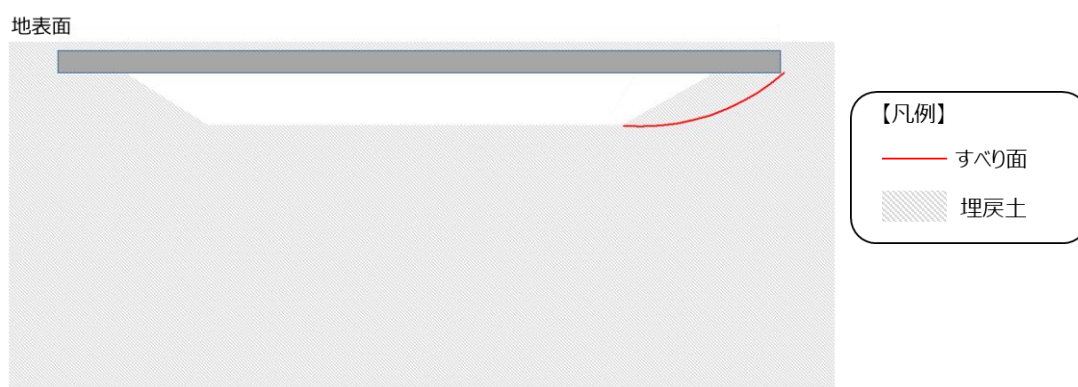


図 3-1 すべり面形状

表 3-1 すべり安全率

評価対象構造物		すべり安全率
通し番号 29 光ケーブルダクト (No. 21 ダクト)	支持地盤 : 1.24m	1.36
	支持地盤 : 1.00m	1.19*

注記\* : 通し番号 29 光ケーブルダクト (No.21 ダクト) は、支持地盤 1.24m を確保するが、参考として支持地盤が 1.00m の場合の結果を記載。

## 8.5 車両通行性能の検証

### (1) 概要

表 8-16 に示す可搬型設備を対象として、15cm 段差の通行性及び段差通行後の健全性について検証を行った。

表 8-16 可搬型設備

通し番号	設備名称
1	移動式代替熱交換設備
2	高圧発電機車
3	大量送水車
4	大型送水ポンプ車
5	可搬式窒素供給装置
6	第 1 ベントフィルタ出口水素濃度
7	タンクローリ
8	ホイールローダ
9	放水砲

### (2) 検証結果

#### a. 15cm 段差の通行性

表 8-16 に示す各設備について、15cm 段差の通行が可能であることを確認した。

#### b. 段差通行後の健全性

表 8-16 に示す各設備について、15cm 段差通行後の健全性確認として、各設備の機能に応じた確認を実施し、設備が問題なく動作することを確認した。

15cm 段差通行後の健全性確認方法と確認結果を、表 8-17 に示す。

表 8-17 15 cm段差通行後の健全性確認方法及び結果

設備名称	確認事項
移動式代替熱交換設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、除熱機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
高圧発電機車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、発電機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
大量送水車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、送水機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
大型送水ポンプ車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、送水機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
可搬式窒素供給装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、窒素供給機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
第1ベントフィルタ出口 水素濃度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、水素濃度測定機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
タンクローリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、給油機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
ホイールローダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・起動実験を行い、がれき撤去等アクセスルート確保に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>
放水砲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。</li> <li>・放水試験を行い、放水機能に問題がないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、けん引等による自走機能に問題がないことを確認した。</li> </ul>

## 9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について

### 9.1 概要

液状化に伴う側方流動による影響評価については、アクセスルートを対象とした有効応力解析を行い、アクセスルートの通行性への影響を評価する。

### 9.2 評価方法

液状化に伴う側方流動による影響評価については、水際線よりおおむね100mの範囲に位置し、埋戻土の層厚、範囲等を考慮して選定したアクセスルートを対象とした有効応力解析を行い、アクセスルートの通行性への影響を評価する。

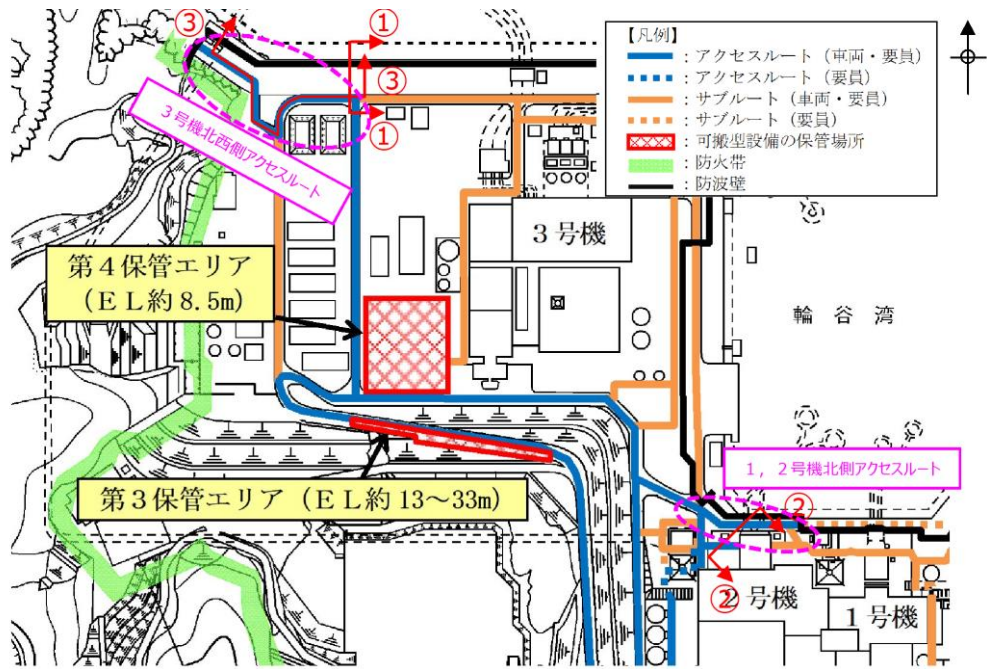
海岸付近のアクセスルート横断面を図9-1に示す。3号機北西側アクセスルート(①-①断面)は、1, 2号機北側アクセスルート(②-②断面)と比較して埋戻土層厚が厚いことから、液状化に伴う側方流動の影響が大きい。また、1, 2号機北側アクセスルート(②-②断面)は防波壁(多重鋼管杭式擁壁)に近接しており、液状化に伴う側方流動が抑制される。

また、図9-2に示す3号機北西側におけるアクセスルート(縦断面)と図9-3の3号機北西側における防波壁(波返重力擁壁)(縦断面)に示す(③-③断面)は、岩盤面の傾斜に伴い埋戻土の層厚が変化する区間1(埋戻層厚:約0.9~23.5m)と、岩盤面がおおむね水平で埋戻土の層厚が同等に最も厚い、区間2(埋戻層厚:約22.0~24.7m)に分類されるが、区間2は、a-a断面に示すように、アクセスルート北側における岩盤面が深く、防波壁背面の埋戻土及び砂礫層が厚く堆積しており、側方流動の影響が大きいと想定される。なお、(③-③断面)全区間の岩盤面の傾斜は最大1:0.7程度であり、地下水位を地表面とした場合の液状化及び揺すり込みによる傾斜は最大5%程度のため、許容値15%を下回る。

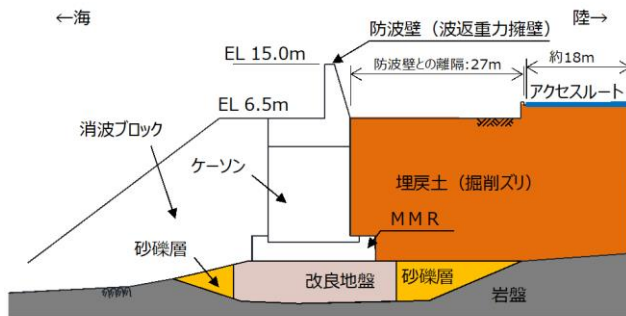
以上を踏まえ、評価対象として水際線から約40m離れた3号機北西側アクセスルート(①-①断面)を選定する。

通行性への影響評価については、評価対象に対して2次元有効応力解析に基づく検討を実施する。2次元有効応力解析には、解析コード「FLIP」を使用する。

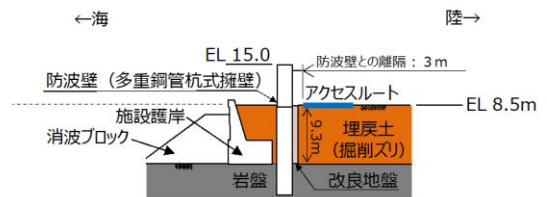
なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要「FLIP」に示す。



全体平面図



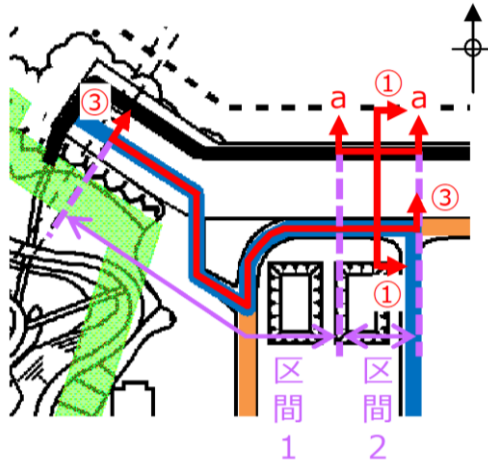
①-①断面 3号機北西側アクセスルート横断面\*



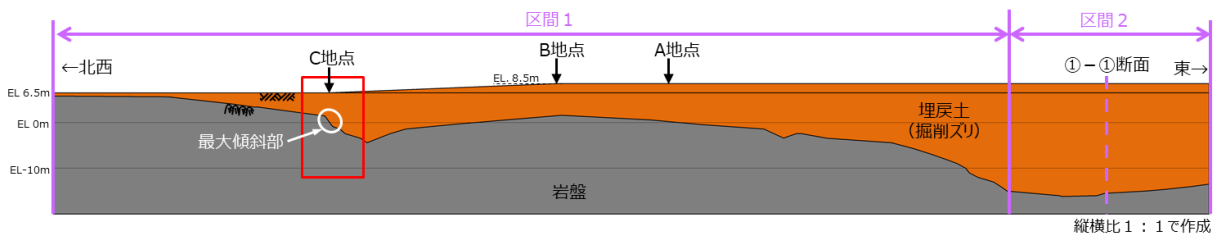
②-②断面 1, 2号機北側アクセスルート横断面\*

注記\*: 両横断面を同縮尺で作図

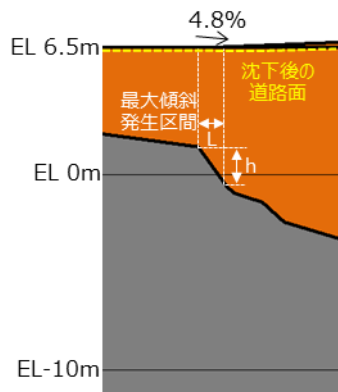
図9-1 海岸付近のアクセスルート横断面



3号機北西側アクセスルート拡大図



③-③断面



最大傾斜発生区間における最大傾斜量

$$\text{相対沈下量} : D = h \cdot \text{沈下率} = (7.09 - 5.09) \cdot 0.035 = 0.07(\text{m})$$

$$\text{不等沈下による傾斜} : S = D \div L \cdot 100 = 0.07 \div 1.47 \cdot 100 \approx 4.8(\%)$$

図 9-2 3号機北西側におけるアクセスルート (縦断図)

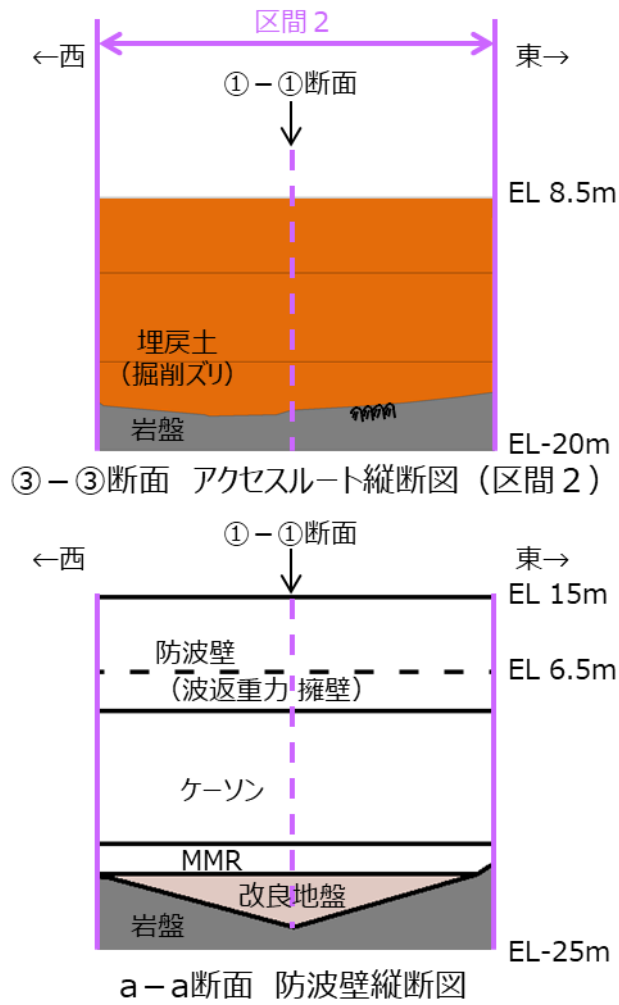


図 9-3 3号機北西側における防波壁 (波返重力擁壁) (縦断図)

### 9.3 解析方法

#### 9.3.1 入力地震動

入力地震動は、基準地震動 $S_s$ を解析モデル下端（EL -50m）まで引き上げた波形を用いる。

なお、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動（ $S_s-D$ 、 $S_s-F1$ 、 $S_s-F2$ ）においては、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平最大加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、検討用地震動は $S_s-D$ を基本とする。

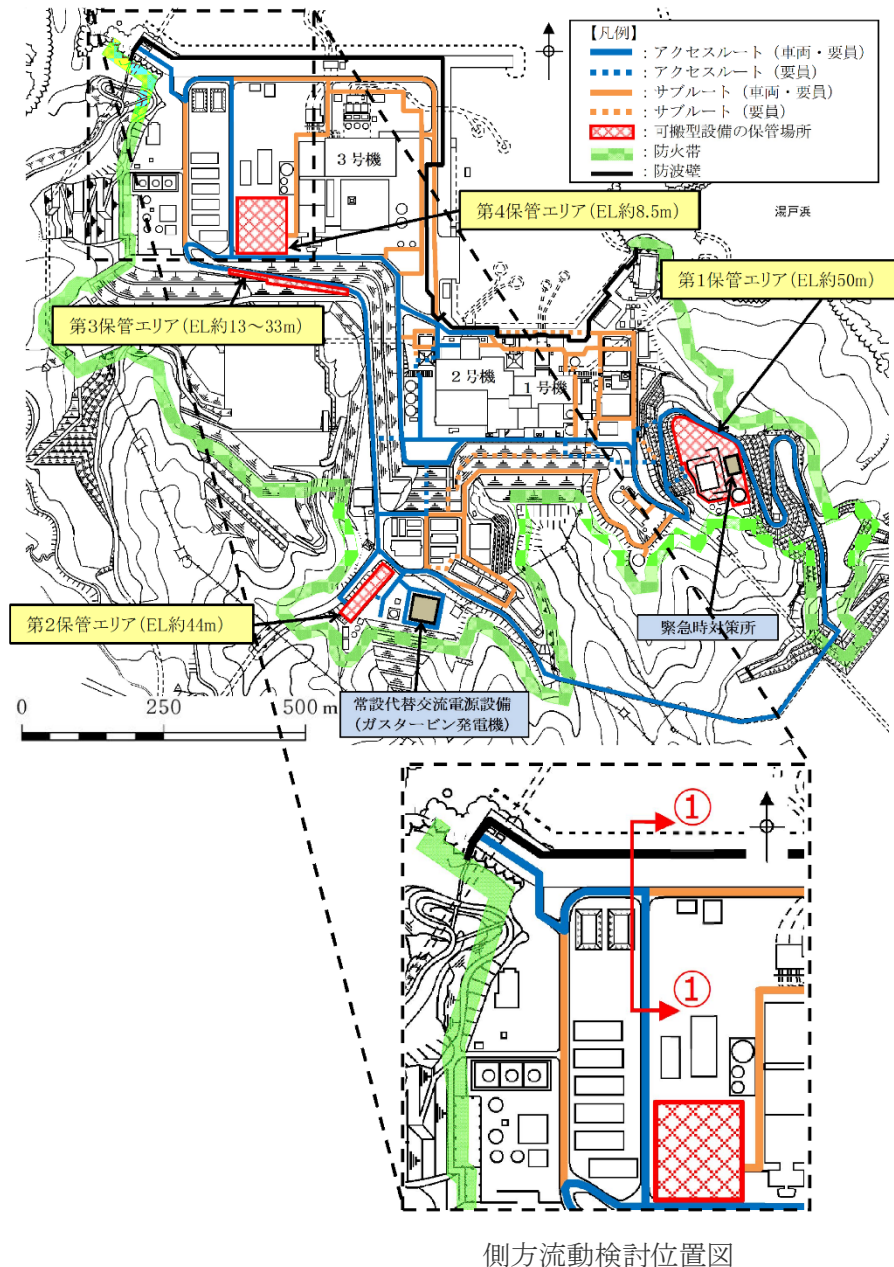
また、地下水位を海水面とした検討ケースについては、念のため震源を特定せず策定する地震動である $S_s-N1$ 、 $S_s-N2$ （NS）及び $S_s-N2$ （EW）に対しても評価を実施し、側方流動に支配的な地震動を確認した上で、地下水位を地表面とした検討ケースで評価を実施する。



### 9.3.2 解析モデル及び諸元

#### (1) 解析モデル

側方流動検討箇所的位置図を図9-4に、地質断面図を図9-5に、解析モデル図を図9-6に示す。なお、解析モデルは、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」で設定している防波壁（波返重力擁壁）の地震応答解析モデル（②-②断面）を用いる。



側方流動検討位置図

図9-4 側方流動検討箇所の位置図

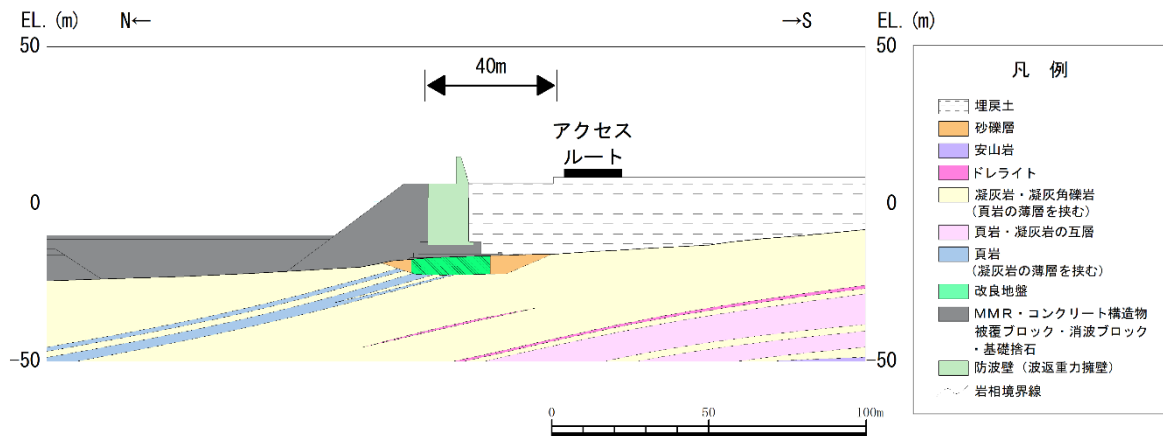


図 9-5 側方流動検討箇所地質断面図

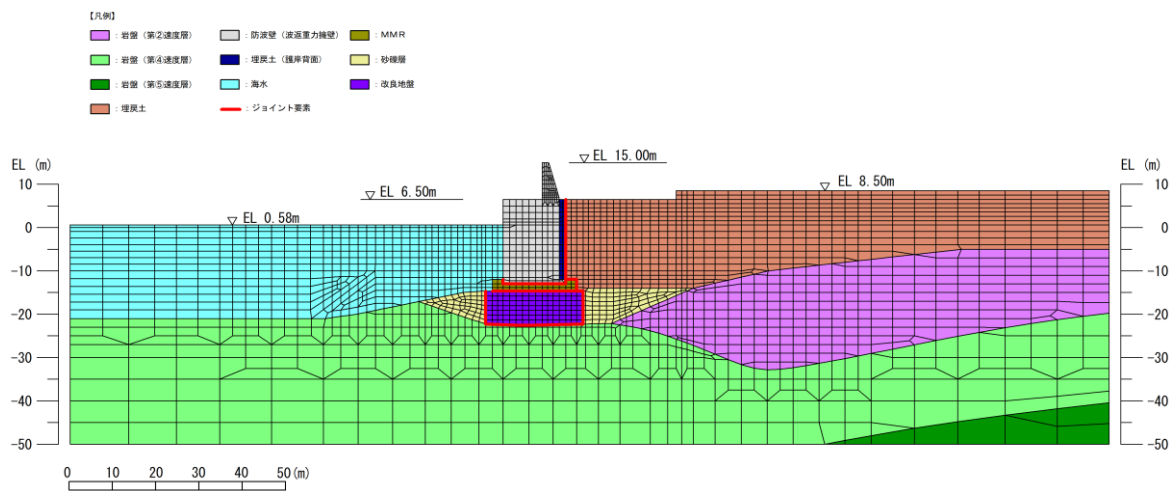
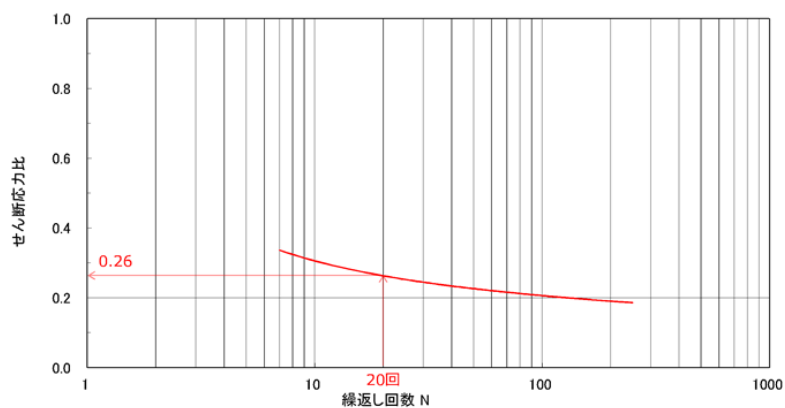


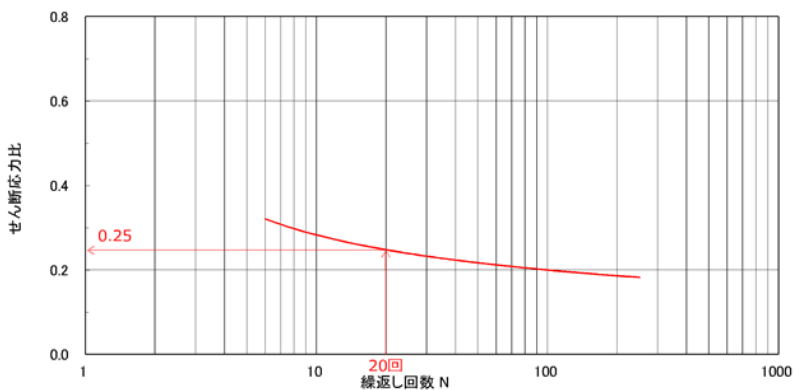
図 9-6 解析モデル図

## (2) 地盤物性値

解析用地盤物性値はVI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定し、当該箇所に液状化対象層として分布する埋戻土及び砂礫層については液状化に伴う側方流動を考慮できるよう図9-7に示すとおり液状化パラメータを設定する。



埋戻土（掘削）



砂礫層

図9-7 液状化パラメータ

## (3) 地下水位

側方流動の評価における地下水位については、海水面を朔望平均干潮位EL 0.58mとして設定するが、3次元浸透流解析結果を踏まえ、保守的に地表面とした場合の検討についても実施する。

#### 9.4 評価結果

液状化に伴う側方流動による影響評価結果を図9-8に示す。

評価の結果、アクセスルート（約18m）のうち南側の4mは一様に沈下しており、北側へ向けて緩やかに傾斜しているが、南側における鉛直方向の相対変形量は10cmと小さく、側方流動による段差評価への影響はない。

以上のことから、3号機北西側アクセスルート位置において、側方流動による残留鉛直変位量は小さく段差等も生じていないことから、側方流動が通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。

また、海岸付近のアクセスルートは、第4保管エリアから2号機放水接合槽へのシルトフェンスの車両運搬時に使用するが、万一、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じた場合は、段差復旧用の砕石等を用いて重機により仮復旧を行う。仮復旧できない場合には、緊急時対策要員7名にて人力により運搬\*する。

注記\*：2号機放水接合槽と輪谷湾へのシルトフェンス設置作業の想定時間は、13時間であり、シルトフェンスの設置完了目安である手順着手後24時間に対して、時間的に余裕がある。また、2号機放水接合槽までのシルトフェンスの運搬は、車両を用いて行うが、通行に支障が生じた場合でも、上記時間余裕内で緊急時対策要員7名の人力による運搬も可能である。

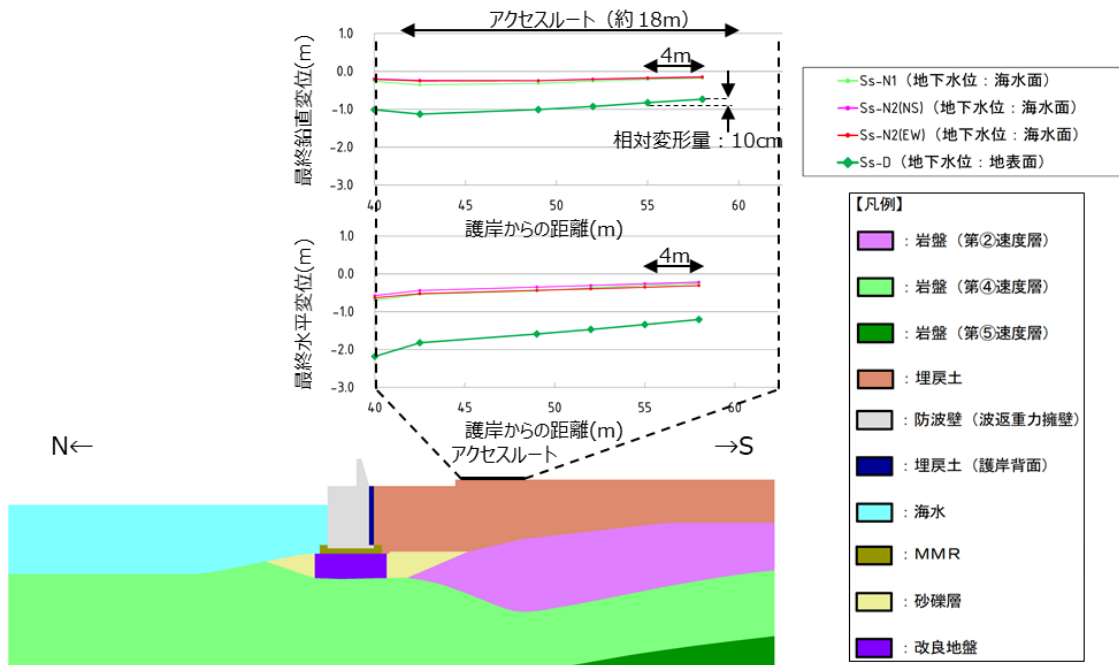


図9-8 液状化に伴う側方流動による影響評価結果

## 10. 屋内のアクセスマートの設定について

アクセスマートは、重大事故等時において必要となる現場活動場所まで外部事象を想定しても移動が可能であり、また、移動時間を考慮しても要求される時間までに必要な措置を完了させることが重要である。外部事象のうち一番厳しい事象は地震であり、地震起因による火災、溢水、全交流動力電源の喪失を考慮してもアクセスマート性に与える影響がないことを確認し設定する。

### 10.1 アクセスマート設定における考慮事項

屋内での各階層におけるアクセスマートを選定する場合、地震随伴火災のおそれがある油内包機器又は水素内包機器、地震随伴溢水を考慮しても移動可能なアクセスマートをあらかじめ設定する。

- ・火災発生時にアクセスマート性が阻害された場合は、迂回路を使用する。
- ・原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の各階層を移動するルートは、地震、火災等の被害により、アクセスマート性が阻害された場合は、影響の小さいルートを使用し操作場所までアクセスマートする。
- ・地震随伴溢水については、アクセスマートの溢水水位を評価した上で影響を受ける可能性がある場合は、必要な措置を講じる。

### 10.2 アクセスマートの成立性

技術的能力 1.1～1.19 で整備した重大事故等時において期待する手順について、外部事象による影響を考慮しても屋内に設定したアクセスマートを通行できることを確認した。その結果を表 10-1「技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧」に整理する。

また、移動経路については、図 10-1「屋内アクセスマート図」に示す。図 10-1 に記した「①～⑪」は、表 10-1「技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧」のアクセスマートに記載のある数字と関連づけがなされている。

なお、表 10-2 に、図 10-1 の操作対象箇所における操作対象機器、操作項目等を示す。

### 10.3 屋外のアクセスマートとの関係

重大事故等時は屋内での活動はもとより、可搬型設備の屋外での設置作業との連携が重要である。そこで、重大事故等対処設備を使用する場合には、緊急時対策要員（現場要員）の潜在場所から現場に向かう。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(1/13)

条文	対応手段	操作・作業場所			
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>	
1.1	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための手順等	代替制御挿入機能による制御棒緊急挿入	○		
		原子炉再循環ポンプ停止による原子炉出力抑制	○		
		自動減圧系の起動阻止スイッチによる原子炉出力急上昇防止	○		
		ほう酸水注入	○		
1.2	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等	原子炉隔離時冷却系による発電用原子炉の冷却	○		
		高圧炉心スプレイ系による発電用原子炉の冷却	○		
		高圧原子炉代替注水系の中央制御室からの操作による発電用原子炉の冷却	○		
		高圧原子炉代替注水系の現場操作による発電用原子炉の冷却		原子炉圧力容器の水位、圧力を確認 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】 高圧原子炉代替注水ポンプ現場起動 【中央制御室→〔4〕階段 B②〕→〔2-1〕→〔2〕階段 B①〕→〔1-2〕→〔1-1〕→〔1〕階段 B④〕→〔4-3〕】	
		原子炉隔離時冷却系の現場操作による発電用原子炉の冷却		原子炉圧力容器の水位、圧力を確認 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】 原子炉隔離時冷却ポンプ現場起動 【中央制御室→〔4〕階段 B①〕→〔1-2〕→〔1-1〕→〔1〕階段 B④〕→〔4-3〕】	
		高圧原子炉代替注水系（中央制御室起動時）の監視計器	○		
1.3	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための手順等	減圧の自動化			
		手動操作による減圧（逃がし安全弁）	○		
		可搬型直流電源設備による逃がし安全弁機能回復	○	原子炉圧力容器の圧力を確認 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】 主蒸気逃がし安全弁電源切替 【中央制御室→〔4-10〕】	
		主蒸気逃がし安全弁用蓄電池（補助盤室）による逃がし安全弁機能回復	○	原子炉圧力容器の圧力を確認 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】 主蒸気逃がし安全弁用蓄電池の接続 【屋外 A→〔4〕階段 D⑤〕→〔5〕階段 H⑦〕→〔7〕階段 F④〕→〔4-10〕】	
		逃がし安全弁窒素ガス供給系による窒素ガス確保	○	逃がし安全弁用駆動源確保 A 系ポンペを切替える場合 【中央制御室→〔4〕階段 F⑤〕→〔5-6〕】 B 系ポンペを切替える場合 【中央制御室→〔4〕階段 F⑦〕→〔7〕階段 H⑤〕→〔5-1〕】	
		逃がし安全弁の背圧対策	○	窒素ガス供給圧力調整による背圧対策 【屋外 A→〔4〕階段 D⑤〕→〔5〕階段 H⑦〕→〔7〕階段 F⑤〕→〔5-5〕→〔5〕階段 F④〕→〔4〕階段 E⑤〕→〔5-2〕】	
	発電用原子炉の減圧	○			

注記\*1：屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(2/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセスルート	屋外のアクセスルート <sup>*1</sup>
1.3	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための手順等	○	A-RHR注水弁(MV222-5A)の場合 【中央制御室→(4)階段F⑥→[⑥-1]→(6)階段F④→(4)階段E⑤→(5)梯子A④→[4-5]】 B-RHR注水弁(MV222-5B)の場合 【中央制御室→(4)階段F⑤→[⑤-13]→(5)階段F④→(4)階段E⑤→[⑤-16]】 C-RHR注水弁(MV222-5C)の場合 【中央制御室→(4)階段F⑤→[⑤-13]→(5)階段F④→(4)階段E⑤→[⑤-16]】 LPCS注水弁(MV223-2)の場合 【中央制御室→(4)階段F⑥→[⑥-1]→(6)階段F④→[④-8]】	/
	原子炉建物原子炉棟の圧力上昇抑制及び環境改善		/	
1.4	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための手順等	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(4)階段F⑦→[⑦-3]】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
	低圧原子炉代替注水系(可搬型)による発電用原子炉の冷却	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(4)階段F⑦→[⑦-3]→[⑦-4]】 全交流動力電源が喪失で低圧原子炉代替注水系(A)注入配管使用の場合 【中央制御室→[④-5]→[④-7]】 全交流動力電源が喪失で低圧原子炉代替注水系(B)注入配管使用の場合 【中央制御室→(4)階段E⑤→[⑤-16]】	
	低圧原子炉代替注水系(可搬型)による発電用原子炉の冷却 (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【中央制御室→(4)階段E⑤→[⑤-16]】 【屋外E→(4)階段S②→(2)階段Q①→(1)階段L④→[④-21]】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
	常設代替交流電源設備による残留熱除去系(低圧注水モード)の復旧	○	/	/
	常設代替交流電源設備による低圧炉心スプレイ系の復旧	○	/	/
	常設代替交流電源設備による残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)の復旧	○	A-RHRの場合 【中央制御室→(4)階段F⑤→[⑤-21]】 B-RHRの場合 【中央制御室→(4)階段F②→[②-4]】	/
	残留熱除去系(低圧注水モード)による発電用原子炉の冷却	○	/	/
	低圧炉心スプレイ系による発電用原子炉の冷却	○	/	/
	残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)による発電用原子炉からの除熱	○	A-RHRの場合 【中央制御室→(4)階段F⑤→[⑤-21]】 B-RHRの場合 【中央制御室→(4)階段F②→[②-4]】	/
1.5	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための手順等	○	/	/
	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(4)階段F⑦→[⑦-3]→[⑦-4]】	/
	格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスバージ	○	/	緊急時対策所→第4保管エリア
	格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスバージ(原子炉建物付属棟西側扉を使用した場合)	○	【屋外A→[④-24]】	緊急時対策所→第4保管エリア

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震随伴火災及び地震随伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(3/13)

条文	対応手段	操作・作業場所			
		中央	屋内のアクセスルート	屋外のアクセスルート <sup>*1</sup>	
1.5	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための手順等	格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスバージ (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【屋外F→(2)階段R(1)→(1)階段D(4)→[4-24]】	緊急時対策所→第4保管エリア
		格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱(現場操作)	○	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱 ウェットウェルベントの場合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-2]→(7)階段H(5)→(5)階段D(4)→[4-2]→(4)階段D(5)→(5)階段E(4)→中央制御室】 ドライウェルベントの場合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-2]→(7)階段H(5)→[5-17]→(5)階段E(4)→中央制御室】	
		原子炉補機代替冷却系による除熱	○	原子炉補機代替冷却系による補機冷却水確保補機冷却水系A系使用の場合 【中央制御室→(4)階段E(5)→(5)階段C(7)→[7-5]】 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→(7)階段F(6)→[6-1]→(6)階段F(5)→[5-21]→(5)階段F(2)→(2)階段G(1)→[1-3]→(1)階段G(2)→[2-2]→(2)階段L(5)→[5-3]→(5)階段H(7)→(7)階段F(4)→(4)階段I(5)→[5-19]】 【屋外A→[4-9]→[4-1]】 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→(7)階段F(5)→[5-9]】 補機冷却水系B系使用の場合 【中央制御室→(4)階段E(5)→(5)階段C(7)→[7-5]】 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-4]→(7)階段F(5)→[5-13]→(5)階段F(2)→[2-4]→(2)階段G(1)→[1-4]→(1)階段G(2)→[2-3]→(2)階段L(5)→[5-4]→(5)階段H(7)→(7)階段F(4)→(4)階段I(5)→[5-20]】 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→(7)階段F(2)→(2)階段G(4)→[4-6]】 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→(7)階段F(5)→[5-12]】	緊急時対策所→第1保管エリア又は第4保管エリア
		原子炉補機代替冷却系による除熱 (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【中央制御室→(4)階段E(5)→(5)階段C(7)→[7-5]】 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→(7)階段F(6)→[6-1]→(6)階段F(5)→[5-21]→(5)階段F(2)→(2)階段G(1)→[1-3]→(1)階段G(2)→[2-2]→(2)階段L(5)→[5-3]→(5)階段H(7)→(7)階段F(4)→(4)階段I(5)→[5-19]】 【屋外F→(2)階段R(1)→(1)階段D(4)→[4-22]→[4-9]→[4-1]】	緊急時対策所→第1保管エリア又は第4保管エリア
1.6	原子炉格納容器内の冷却等のための手順等	格納容器代替スプレイ系(常設)による原子炉格納容器内へのスプレイ	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]】	

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震随伴火災及び地震随伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。



表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(4/13)

条文	対応手段	操作・作業場所			
		中央	屋内のアクセスルート	屋外のアクセスルート <sup>*1</sup>	
1.6	原子炉格納容器内の冷却等のための手順等	格納容器代替スプレイ系（可搬型）による原子炉格納容器内へのスプレイ（淡水/海水）	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-3〕】 全交流動力電源が喪失でA-格納容器代替スプレイ系スプレイ配管使用の場合 【中央制御室→(④)階段 E⑤→〔⑤-14〕】 非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-4〕】 全交流動力電源が喪失でB-格納容器代替スプレイ系スプレイ配管使用の場合 【中央制御室→(④)階段 E⑤→〔⑤-15〕】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		格納容器代替スプレイ系（可搬型）による原子炉格納容器内へのスプレイ（淡水/海水） （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> ）	○	【中央制御室→(④)階段 E⑤→〔⑤-15〕】 【屋外 E→(④)階段 S②→(②)階段 Q①→(①)階段 L④→〔④-21〕】 非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-4〕】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		常設代替交流電源設備による残留熱除去系（サブプレッション・プール水冷却モード）の復旧	○		
		残留熱除去系（サブプレッション・プール水冷却モード）によるサブプレッション・プール水の除熱	○		
1.7	原子炉格納容器の過圧破損を防止するための手順等	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-3〕→〔⑦-4〕】	
		格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスノージ	○		緊急時対策所→第4保管エリア
		格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスノージ （原子炉建物付属棟西側扉を使用した場合）	○	【屋外 A→〔④-24〕】	緊急時対策所→第4保管エリア
		格納容器フィルタベント停止後の窒素ガスノージ （故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> ）	○	【屋外 F→(②)階段 R①→(①)階段 D④→〔④-24〕】	緊急時対策所→第4保管エリア
		格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱（現場操作）	○	格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱ウェットウェルベントの場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-2〕→(⑦)階段 H⑤→(⑤)階段 D④→〔④-2〕→(④)階段 D⑤→(⑤)階段 E④→中央制御室】 ドライウェルベントの場合 【中央制御室→(④)階段 F⑦→〔⑦-2〕→(⑦)階段 H⑤→〔⑤-17〕→(⑤)階段 E④→中央制御室】	
不活性ガス（窒素ガス）による系統内の置換	○		緊急時対策所→第4保管エリア		

注記\*1：屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2：本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震随伴火災及び地震随伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(5/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.7 原子炉格納 容器の過圧 破損を防止 するための 手順等	残留熱代替除去系による 原子炉格納容器内の減圧及び除熱	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→[7-4]】 補機冷却水確保 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-4]→ (7)階段F(5)→[5-13]→(5)階段F(2)→[2-4]→ (2)階段G(1)→[1-4]→(1)階段G(2)→[2-3]→ (2)階段L(5)→[5-4]→(5)階段H(7)→ (7)階段F(4)→(4)階段I(5)→[5-20]】 原子炉建物西側接続口を使用する場合 【屋外A→[4-4]→(4)階段D(5)→[5-3]→ (5)階段D(4)→[4-4]→(4)階段D(5)→[5-3]】 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→ (7)階段F(5)→[5-9]】 原子炉建物南側接続口を使用する場合 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→ (7)階段F(2)→(2)階段G(4)→[4-6]】 【屋外A→(4)階段D(5)→(5)階段H(7)→ (7)階段F(5)→[5-12]】	緊急時対策所→第1保管エ リア又は第4保管エリア
	残留熱代替除去系による 原子炉格納容器内の減圧及び除熱 (故意による大型航空機の衝突その他 テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-4]→ (7)階段F(5)→[5-13]→(5)階段F(2)→[2-4]→ (2)階段G(1)→[1-4]→(1)階段G(2)→[2-3]→ (2)階段L(5)→[5-23]→[5-4]→(5)階段H(7)→ (7)階段F(4)→(4)階段I(5)→[5-20]】 【屋外F→(2)階段R(1)→(1)階段D(4)→[4-22]→ [4-4]→(4)階段D(5)→[5-3]→(5)階段D(4)→ [4-4]→(4)階段D(5)→[5-3]】	緊急時対策所→第1保管エ リア又は第4保管エリア
1.8 原子炉格納 容器下部の 溶融炉心を 冷却するた めの手順等	ペDESTAL代替注水系(常設) による原子炉格納容器下部への注水	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→[7-4]】	
	ペDESTAL代替注水系(可搬型) による原子炉格納容器下部への注水	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-4]】	緊急時対策所→第2保管エ リア又は第3保管エリア
	格納容器代替スプレイ系(可搬型) による原子炉格納容器下部への注水	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→[7-4]】	緊急時対策所→第2保管エ リア又は第3保管エリア
	ペDESTAL代替注水系(可搬型) による原子炉格納容器下部への注水 (故意による大型航空機の衝突その他 テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-4]】 【屋外E→(4)階段S(2)→(2)階段Q(1)→ (1)階段L(4)→[4-23]】	緊急時対策所→第2保管エ リア又は第3保管エリア
	低圧原子炉代替注水系(常設) による原子炉圧力容器への注水	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]】	
	低圧原子炉代替注水系(可搬型) による原子炉圧力容器への注水	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場 合 【中央制御室→(4)階段F(7)→[7-3]→[7-4]】	緊急時対策所→第2保管エ リア又は第3保管エリア
	低圧原子炉代替注水系(可搬型) による原子炉圧力容器への注水 (故意による大型航空機の衝突その他 テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【屋外E→(4)階段S(2)→(2)階段Q(1)→ (1)階段L(4)→[4-21]】	緊急時対策所→第2保管エ リア又は第3保管エリア
	ほう酸水注入系による原子炉圧力容器 へのほう酸水注入	○		
1.9 水素爆発に よる原子炉 格納容器の 破損を防止 するための 手順等	原子炉格納容器内不活性化による 原子炉格納容器水素爆発防止	○		緊急時対策所→第4保管エ リア

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震に伴火災及び地震に伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(6/13)

条文	対応手段	操作・作業場所			
		中央	屋内のアクセスルート	屋外のアクセスルート <sup>*1</sup>	
1.9	水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための手順等	原子炉格納容器内不活性化による原子炉格納容器水素爆発防止 (原子炉建物付属棟西側扉を使用した場合)	○	【屋外A→[④-24]】	緊急時対策所→第4保管エリア
		原子炉格納容器内不活性化による原子炉格納容器水素爆発防止 (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	【屋外F→(②階段R①)→(①階段D④)→[④-24]】	緊急時対策所→第4保管エリア
		格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の水素ガス及び酸素ガスの排出	○	非常用コントロールセンタ切替盤が使用不可な場合 【中央制御室→(④階段F⑦)→[⑦-3]→[⑦-4]】	
		可搬式窒素供給装置による格納容器フィルタベント系の不活性化	○		緊急時対策所→第4保管エリア
		水素濃度及び酸素濃度の監視	○		
1.10	水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための手順等	静的触媒式水素処理装置による水素濃度抑制			
		原子炉建物内の水素濃度監視	○		
1.11	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等	燃料プールのスプレイ系(常設スプレイヘッダ)による燃料プールへの注水	○		緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		燃料プールのスプレイ系(可搬型スプレインズル)による燃料プールへの注水	○	燃料プールのスプレイ系(可搬型スプレインズル)による燃料プール注水系構成 原子炉棟南側扉からの接続の場合 【屋外C→[④-14]→(④階段C⑤)→(⑤階段B⑧)→[⑧-1]】 原子炉棟西側扉からの接続の場合 【屋外B→[④-14]→(④階段A⑧)→[⑧-2]】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		燃料プールのスプレイ系(常設スプレイヘッダ)による燃料プールへのスプレイ	○		緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		燃料プールのスプレイ系(可搬型スプレインズル)による燃料プールへのスプレイ	○	燃料プールのスプレイ系(可搬型スプレインズル)による燃料プールのスプレイ系構成 原子炉棟南側扉からの接続の場合 【屋外C→[④-14]→(④階段C⑤)→(⑤階段B⑧)→[⑧-1]】 原子炉棟西側扉からの接続の場合 【屋外B→[④-14]→(④階段A⑧)→[⑧-2]】	緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
		燃料プールの状態監視			
		燃料プール監視カメラ用冷却設備起動	○	燃料プール監視カメラ用冷却設備起動 【中央制御室→(④階段F⑦)→[⑦-1]】	
		燃料プール冷却系復旧による燃料プール除熱	○		
1.12	発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための手順等	大型送水ポンプ車及び放水砲による大気への放射性物質の拡散抑制			緊急時対策所→第4保管エリア
		放射性物質吸着材による海洋への放射性物質の拡散抑制			緊急時対策所→第4保管エリア
		シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制			緊急時対策所→第4保管エリア
		大型送水ポンプ車及び放水砲による航空機燃料火災への泡消火			緊急時対策所→第4保管エリア

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震随伴火災及び地震随伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(7/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.13 重大事故等の収束に必要な水となる水の供給手順等	輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした大量送水車による送水			緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
	海を水源とした大量送水車及び大型送水ポンプ車又は大量送水車（2台）による送水			緊急時対策所→第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア又は第4保管エリア
	輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした大量送水車による 低圧原子炉代替注水槽への補給			緊急時対策所→第2保管エリア又は第3保管エリア
	海を水源とした大量送水車及び大型送水ポンプ車又は大量送水車（2台）による 低圧原子炉代替注水槽への補給			緊急時対策所→第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア又は第4保管エリア
	大型送水ポンプ車又は大量送水車による輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への海水補給			緊急時対策所→第1保管エリア又は第4保管エリア
	原子炉隔離時冷却系及び高圧炉心スプレイ系の水源切替え	○		
	低圧原子炉代替注水槽へ補給する水源の切替え			
	輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）へ補給する水源の切替え			
	輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）から海への切替え			
	外部水源から内部水源への切替え（外部水源（低圧原子炉代替注水槽）から内部水源（サブプレッション・チェンバへの切替え））	○		
	1.14 電源の確保に関する手順等	常設代替交流電源設備による給電（M/C C系及びD系受電）	○	常設代替交流電源設備による M/C C系及びM/C D系受電 【中央制御室→〔4-12〕→〔4階段 J3〕→〔3-2〕→〔3階段 J4〕→〔4階段 F5〕→〔5-11〕→〔5-10〕→〔5-8〕→〔5-7〕】
可搬型代替交流電源設備による給電（高圧発電機車接続プラグ収納箱（原子炉建物西側）に接続し、M/C C系又はM/C D系を受電する場合）		○	可搬型代替交流電源設備による M/C C系及びM/C D系受電 M/C C系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4階段 F5〕→〔5-8〕→〔5-7〕→〔5-21〕】 【屋外A→〔4階段 D5〕→〔5階段 H7〕→〔7階段 F5〕→〔5-9〕】 M/C D系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4階段 J3〕→〔3-2〕→〔3階段 J4〕→〔4階段 F5〕→〔5-11〕→〔5-10〕→〔5階段 F2〕→〔2-4〕】 【屋外A→〔4階段 D5〕→〔5階段 H7〕→〔7階段 F5〕→〔5-12〕】	緊急時対策所→第1保管エリア又は第4保管エリア

注記\*1：屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(8/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.14 電源の確保に関する手順等	可搬型代替交流電源設備による給電 (高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物南側)に接続し、 M/C C 系又はM/C D 系を受電する場合)	○	可搬型代替交流電源設備による M/C C 系及びM/C D 系受電 M/C C 系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4〕階段 F⑤→〔5-8〕→ 〔5-7〕→〔5-21〕】 【屋外 A→〔4〕階段 D⑤→〔5〕階段 H⑦→ 〔7〕階段 F⑤→〔5-9〕】 M/C D 系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4〕階段 J③→〔3-2〕→ 〔3〕階段 J④→〔4〕階段 F⑤→〔5-11〕→〔5-10〕→ 〔5〕階段 F②→〔2-4〕】 【屋外 A→〔4〕階段 D⑤→〔5〕階段 H⑦→ 〔7〕階段 F⑤→〔5-12〕】	緊急時対策所→第 1 保管エ リア又は第 4 保管エリア
	可搬型代替交流電源設備による給電 (緊急用メタクラ接続プラグ盤(ガスタ ービン建物)に接続し、M/C C 系又は M/C D 系を受電する場合) (故意による大型航空機の衝突その他 テロリズムによる影響がある場合 <sup>*2</sup> )	○	可搬型代替交流電源設備による M/C C 系及びM/C D 系受電 M/C C 系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4〕階段 F⑤→〔5-8〕→ 〔5-7〕→〔5-21〕】 【屋外 D→〔9〕階段 P⑩→〔11-1〕】 M/C D 系受電の場合 【中央制御室→〔4-12〕→〔4〕階段 J③→〔3-2〕→ 〔3〕階段 J④→〔4〕階段 F⑤→〔5-11〕→〔5-10〕→ 〔5〕階段 F②→〔2-4〕】 【屋外 D→〔9〕階段 P⑩→〔11-1〕】	緊急時対策所→第 1 保管エ リア又は第 4 保管エリア
	所内常設蓄電式直流電源設備及び常設 代替直流電源設備による給電 (直流蓄電池からの給電)	○	B-115V 系蓄電池による給電の確認 【中央制御室→〔4〕階段 J③→〔3-2〕】 B1-115V 系蓄電池(SA) による給電の確認 【中央制御室→〔4〕階段 J③→〔3-1〕】 SA 用 115V 系蓄電池による給電の確認 【中央制御室→〔4〕階段 J③→〔3-1〕】	
	所内常設蓄電式直流電源設備による 給電 (B-115V 系蓄電池 から B1-115V 系蓄電 池(SA)への受電切替え)	○	B-115V 系蓄電池 から B1-115V 系蓄電池(SA) への受電切替え 【中央制御室→〔4-10〕→〔4〕階段 J③→〔3-3〕→ 〔3-2〕→〔3-1〕】	
	常設直流電源喪失時の 遮断器用制御電源確保 (SA 用 115V 系蓄電池による B-115V 系直流通受電)	○	SA 用 115V 系蓄電池による B-115V 系直流通受電 【中央制御室→〔4-10〕→〔4〕階段 J③→〔3-2〕→ 〔3-1〕】	
	常設直流電源喪失時の 遮断器用制御電源確保 (非常用直流電源喪失時の A-115V 系直流通受電)	○	非常用直流電源喪失時の A-115V 系直流通受電 【中央制御室→〔4-12〕】	
	代替交流電源設備による 所内蓄電式直流電源設備への給電 (A-115V 系充電器盤の受電)	○	A-115V 系充電器盤受電 【中央制御室→〔4〕階段 I⑤→〔5-22〕→〔5-18〕→ 〔5〕階段 I④→〔4-12〕】	
	代替交流電源設備による 所内蓄電式直流電源設備への給電 (B-115V 系充電器盤の受電)	○	B-115V 系充電器盤受電 【中央制御室→〔4〕階段 I⑤→〔5-22〕→〔5-18〕→ 〔5〕階段 I④→〔4〕階段 J③→〔3-2〕】	
	代替交流電源設備による 所内蓄電式直流電源設備への給電 (B1-115V 系充電器盤(SA)の受電)	○	B1-115V 系充電器盤(SA)受電 【中央制御室→〔4〕階段 I⑤→〔5-22〕→〔5-18〕→ 〔5〕階段 I④→〔4〕階段 J③→〔3-2〕→〔3-1〕】	
代替交流電源設備による 所内蓄電式直流電源設備への給電 (SA 用 115V 系充電器盤の受電)	○	SA 用 115V 系充電器盤受電 【中央制御室→〔4〕階段 I⑤→〔5-22〕→〔5-18〕→ 〔5〕階段 I④→〔4〕階段 J③→〔3-2〕→〔3-1〕】		

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震随伴火災及び地震随伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(9/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.14 電源の確保に関する手順等	代替交流電源設備による 所内蓄電式直流電源設備への給電 (230V 系充電器盤(RCIC)の受電)	○	230V 系充電器盤(RCIC)受電 【中央制御室→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→ (⑤階段 I④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-3]】	
	中央制御室監視計器 C 系及び D 系 の復旧	○	A-計装用 C/C の受電 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-7]→ (⑤階段 F④)→[④-12]】 B-計装用 C/C の受電 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-10]→ (⑤階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]】	
	可搬型直流電源設備による給電 (高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物西側) 経由による BI-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電)	○	可搬型直流電源設備による BI-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電 M/C C 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→ (⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→ (⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→ [③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→ [③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-9]→(⑤階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F⑥)→[⑥-1]】 M/C D 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→ (⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→ (⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→ [③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→ [③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-12]→(⑤階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-13]】	緊急時対策所→第 1 保管エ リア又は第 4 保管エリア
	可搬型直流電源設備による給電 (高圧発電機車接続プラグ収納箱 (原子炉建物南側) 経由による BI-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電)	○	可搬型直流電源設備による BI-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電 M/C C 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→ (⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→ (⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→ [③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→[③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-9]→(⑤階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F⑥)→[⑥-1]】 M/C D 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→ (⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→ (⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→ [③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→ [③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-12]→(⑤階段 F⑦)→[⑦-6]→ (⑦階段 F⑤)→[⑤-13]】	緊急時対策所→第 1 保管エ リア又は第 4 保管エリア

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(10/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.14 電源の確保に関する手順等	可搬型直流電源設備による給電 (緊急用メタクラ接続ブラグ盤(ガスタービン建物) 経由による B1-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電) (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合*)	○	可搬型直流電源設備による B1-115V 系充電器盤(SA), SA 用 115V 系充電器盤, 230V 系充電器盤(常用)の受電 M/C C 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→(⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→(⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→(⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→[③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→[⑦-6]→(⑦階段 F⑥)→[⑥-1]】 【屋外 D→(⑨階段 P⑩)→[⑩-1]】 M/C D 系受電の場合 【中央制御室→(④階段 F⑤)→[⑤-13]→(⑤階段 F④)→(④階段 I⑤)→[⑤-22]→[⑤-18]→(⑤階段 I④)→(④階段 F⑦)→[⑦-6]→(⑦階段 F④)→(④階段 J③)→[③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-1]→[③-2]→[③-3]→[③-2]→[③-3]】 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→[⑦-6]→(⑦階段 F⑤)→[⑤-13]】 【屋外 D→(⑨階段 P⑩)→[⑩-1]】	緊急時対策所→第 1 保管エリア又は第 4 保管エリア
	常設代替交流電源設備による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタへの給電	○	常設代替交流電源設備による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタの受電 【中央制御室→(④階段 F⑦)→[⑦-3]→[⑦-4]】	
	可搬型代替交流電源設備 (高圧発電機車接続ブラグ収納箱(原子炉建物西側)に接続)による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタへの給電	○	可搬型代替交流電源設備による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタの受電 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→(⑦階段 F⑤)→[⑤-9]→[⑤-12]→(⑦階段 F⑤)→[⑦-3]→[⑦-4]】	緊急時対策所→第 1 保管エリア又は第 4 保管エリア
	可搬型代替交流電源設備 (高圧発電機車接続ブラグ収納箱(原子炉建物南側)に接続)による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタへの給電	○	可搬型代替交流電源設備による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタの受電 【屋外 A→(④階段 D⑤)→(⑤階段 H⑦)→(⑦階段 F⑤)→[⑤-9]→[⑤-12]→(⑦階段 F⑤)→[⑦-3]→[⑦-4]】	緊急時対策所→第 1 保管エリア又は第 4 保管エリア
	可搬型代替交流電源設備 (緊急用メタクラ接続ブラグ盤(ガスタービン建物)に接続)による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタへの給電 (故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響がある場合*)	○	可搬型代替交流電源設備による SA ロードセンタ及び SA コントロールセンタの受電 【屋外 D→(⑨階段 P⑩)→[⑩-1]】	緊急時対策所→第 1 保管エリア又は第 4 保管エリア
	燃料補給設備による給油 (ガスタービン発電機用軽油タンクからタンクローリへの補給)			緊急時対策所→第 3 保管エリア
	燃料補給設備による給油 (非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等からタンクローリへの補給)			緊急時対策所→第 3 保管エリア
	燃料補給設備による給油 (タンクローリによる給油対象設備への給油)			緊急時対策所→第 3 保管エリア
	非常用交流電源設備による給電 (設計基準拡張)	○		
	非常用直流電源設備による給電 (設計基準拡張)			
非常用直流電源設備による給電 (設計基準拡張) (不要な負荷の切離し操作)		【中央制御室→[④-12]】		

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

\*2: 本手段におけるアクセスルートは故意による大型航空機の衝突その他テロリズムによる影響を考慮した場合に使用するルートとして設定する。なお、起因事象が地震ではないことから、転倒物、地震震伴火災及び地震震伴溢水の影響はなく、アクセスに支障はない。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧 (11/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.15 事故時の計装に関する手順等	計器の故障 (他チャンネルによる計測 代替パラメータによる推定)	○		
	計器の計測範囲を超えた場合 (他チャンネルによる 計測代替パラメータによる推定, 可搬型計測器による計測)	○	可搬型計測器による計測 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】	
	計測に必要な電源の喪失 (設計基準事故対処設備と重大事故等 対処設備を兼用する計装設備への 給電)	○	【中央制御室→〔4-10〕】	
	計測に必要な電源の喪失 (可搬型計測器による計測)	○	可搬型計測器による計測 【中央制御室→〔4-11〕→〔4-10〕】	
	重大事故時のパラメータを記録する 手順 (安全パラメータ表示システム (SPDS) による記録)			
	重大事故時のパラメータを記録する 手順 (可搬型計測器の記録)	○		
1.16 原子炉制御室の居住性等に関する手順等	中央制御室空調換気系設備の運転手順 等 (中央制御室換気系系統隔離運転 の実施手順)	○		
	中央制御室空調換気系設備の運転手順 等 (炉心損傷の判断時の中央制御室換気 系加圧運転の実施手順)	○	中央制御室非常用再循環処理装置による 加圧運転への切替え 【中央制御室→〔4〕階段 I〔5〕→〔5〕-18】	
	中央制御室空調換気系設備の運転手順 等(中央制御室換気系系統隔離運転停 止時の加圧運転の実施手順)	○	中央制御室非常用再循環処理装置による 加圧運転への切替え 【中央制御室→〔4〕階段 I〔5〕→〔5〕-18】	
	中央制御室待避室の準備手順 (中央制御室待避室正圧化装置(空気ポン プ)による加圧準備操作)	○	中央制御室待避室の準備手順 【中央制御室→〔4-16〕→〔4-17〕→〔4-20〕→ 〔4-18〕→〔4-19〕→〔4-15〕】	
	中央制御室の照明を確保する手順	○		
	中央制御室の酸素及び二酸化炭素の 濃度測定と濃度管理手順	○		
	中央制御室待避室の照明を確保する 手順	○		
	中央制御室待避室の酸素及び 二酸化炭素の濃度測定と濃度管理手順	○		
	中央制御室待避室での プラントパラメータ監視装置による プラントパラメータ等の監視手順	○		
	その他の放射線防護対策等に関する 手順等	○		
	チェンジングエリアの設営及び 運用手順		チェンジングエリアの設営 【第1チェックポイント→〔2〕階段 N〔4〕→〔4-13〕】	
	非常用ガス処理系による運転員等の 被ばく防止手順 (非常用ガス処理系起動手順)	○		
	非常用ガス処理系による運転員等の 被ばく防止手順 (非常用ガス処理系停止手順)	○		
	非常用ガス処理系による 運転員等の被ばく防止手順 (原子炉建物ブローアウトパネル部の 閉止手順)	○	現場での原子炉建物燃料取替格ブローアウト パネル閉止装置の閉止手順 原子炉棟西側扉を使用する場合 【屋外 B→〔4〕階段 A〔8〕→〔8-3〕→〔8-4〕】 原子炉棟南側扉を使用する場合 【屋外 C→〔4〕階段 A〔8〕→〔8-3〕→〔8-4〕】	

注記\*1: 屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。



表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(12/13)

条文	対応手段	操作・作業場所		
		中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.17 監視測定等 に関する手 順等	可搬式モニタリング・ポストによる 放射線量の測定及び代替測定			緊急時対策所→第1保管エ リア又は第4保管エリア
	放射能測定装置による空気中の 放射性物質の濃度の代替測定			
	放射能測定装置による空気中の 放射性物質の濃度の測定			
	放射能測定装置による水中の 放射性物質の濃度の測定			
	放射能測定装置による土壌中の 放射性物質の濃度の測定			
	海上モニタリング			緊急時対策所→第1保管エ リア又は第4保管エリア
	モニタリング・ポストの バックグラウンド低減対策			
	可搬式モニタリング・ポストの バックグラウンド低減対策			
	放射性物質の濃度の測定時の バックグラウンド低減対策			
	敷地外でのモニタリングにおける 他の機関との連携体制			
	可搬式気象観測装置による 気象観測項目の代替測定			緊急時対策所→第1保管エ リア
	1.18 緊急時対策 所の居住性 等に関する 手順等	緊急時対策所立ち上げの手順 (緊急時対策所空気浄化装置運転手順)		
緊急時対策所立ち上げの手順 (緊急時対策所内の酸素濃度及び 二酸化炭素濃度の測定手順)				
緊急時対策所立ち上げの手順 (緊急時対策所内を加圧するために 必要な設備による空気供給準備手順)				
緊急時対策所立ち上げの手順 (緊急時対策所可搬式エリア放射線 モニタ設置手順)				
放射線防護等に関する手順等 (緊急時対策所内を加圧するために 必要な設備への切替手順)				
放射線防護等に関する手順等 (緊急時対策所空気浄化装置への 切替手順)				
必要な指示及び通信連絡に関する手順 等 (データ伝送設備(発電所内)による プラントパラメータ等の伝送状態確認 手順)				
必要な指示及び通信連絡に関する手順 等(対策の検討に必要な資料の整備)				
要員の収容に係る手順等 (放射線管理用資機材の維持管理等)				
要員の収容に係る手順等 (放管エリアの運用について)				
要員の収容に係る手順等 (緊急時対策所空気浄化装置の 待機側への切替手順)				
代替電源設備からの給電手順 (緊急時対策所用発電機準備手順)				緊急時対策所→第1保管エ リア
代替電源設備からの給電手順 (緊急時対策所用発電機起動手順)				緊急時対策所→第1保管エ リア
代替電源設備からの給電手順 (緊急時対策所用発電機の切替手順)				緊急時対策所→第1保管エ リア
代替電源設備からの給電手順 (緊急時対策所用発電機燃料タンク への燃料給油手順)				緊急時対策所→第1保管エ リア

注記\*1：屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

表 10-1 技術的能力における対応手順と操作・作業場所一覧(13/13)

条文		対応手段	操作・作業場所		
			中央	屋内のアクセス ルート	屋外のアクセス ルート <sup>*1</sup>
1.18	緊急時対策所の居住性等に関する手順等	代替電源設備からの給電手順 (緊急時対策所用発電機の 並列運転手順)	/	/	緊急時対策所→第1保管エリア
1.19	通信連絡に関する手順等	発電所内の通信連絡	○	/	/

注記\*1：屋外のアクセスルートは、緊急時対策所から保管場所までの移動ルートを記す。

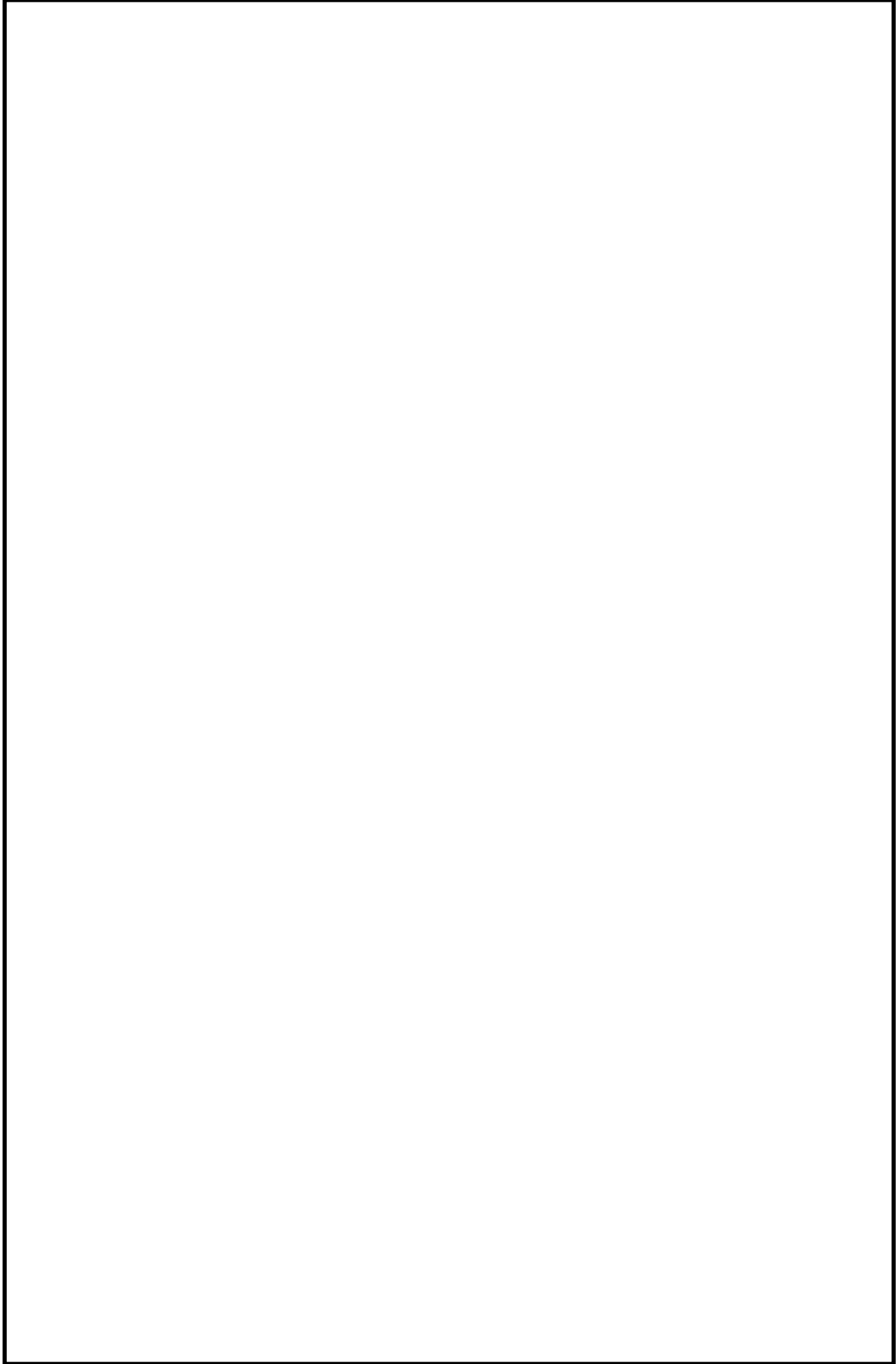


図 10-1-1 屋内アクセスルート図①

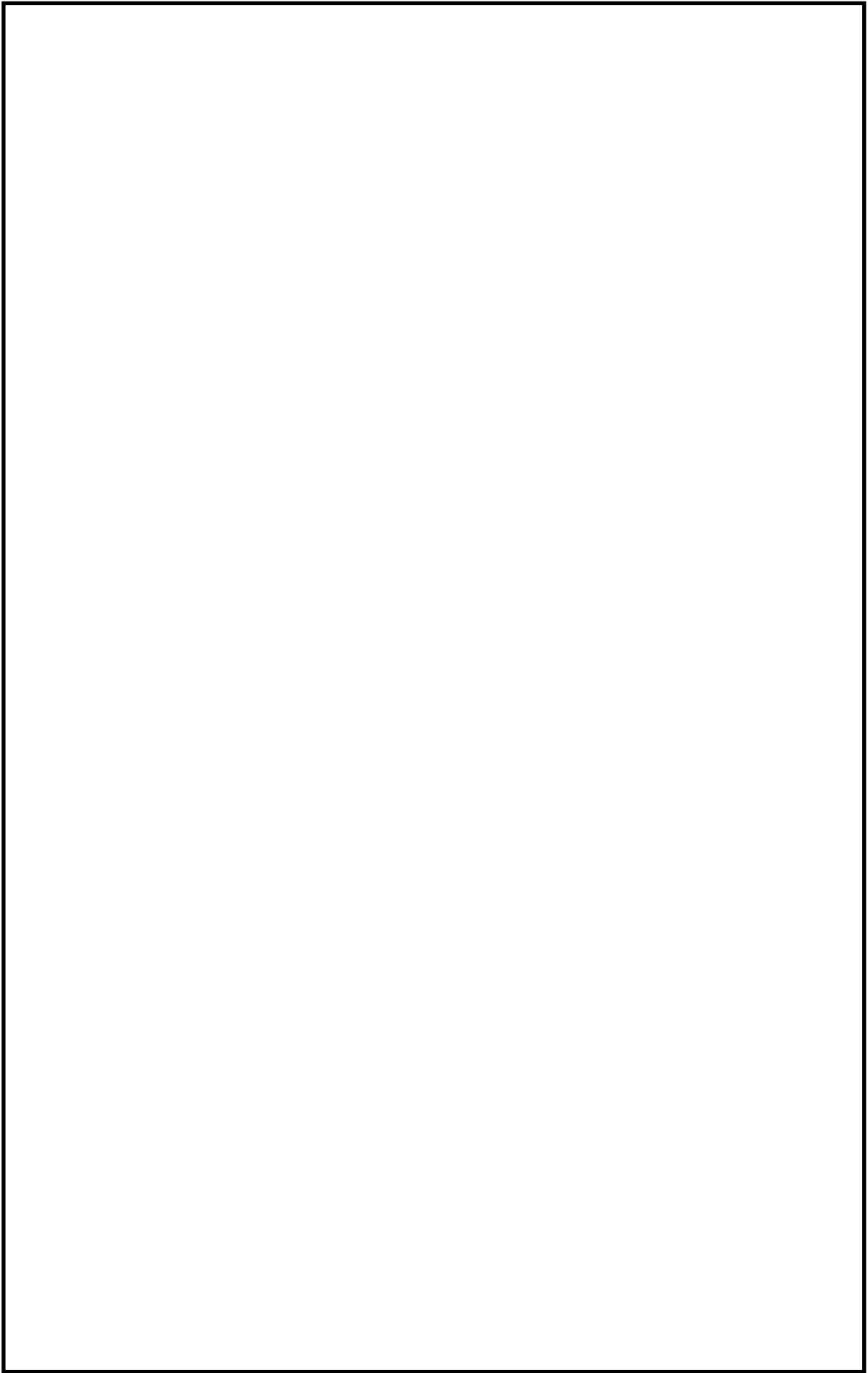


図10-1 屋内アクセスルート図②

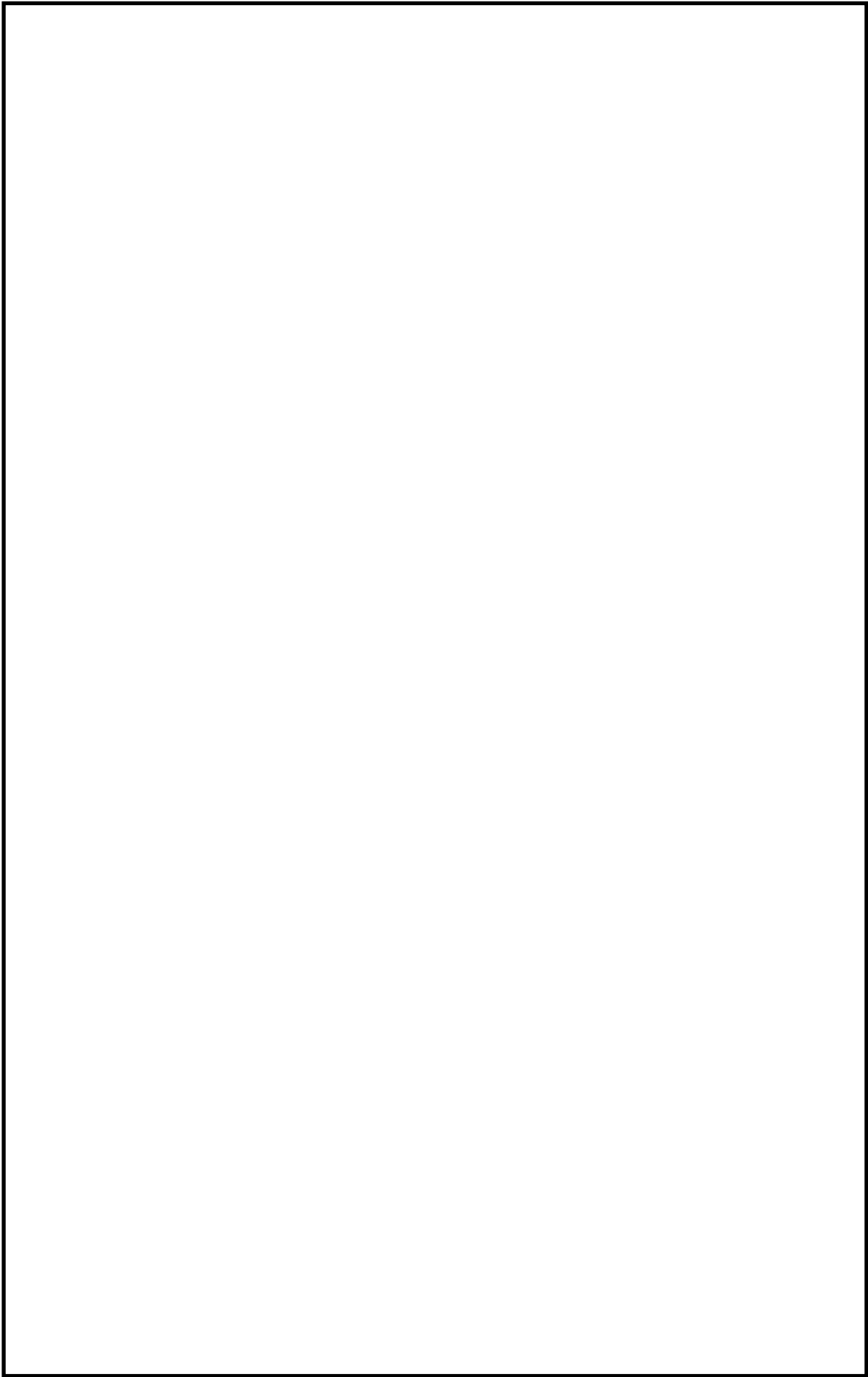


図 10-1 屋内アクセスルート図③

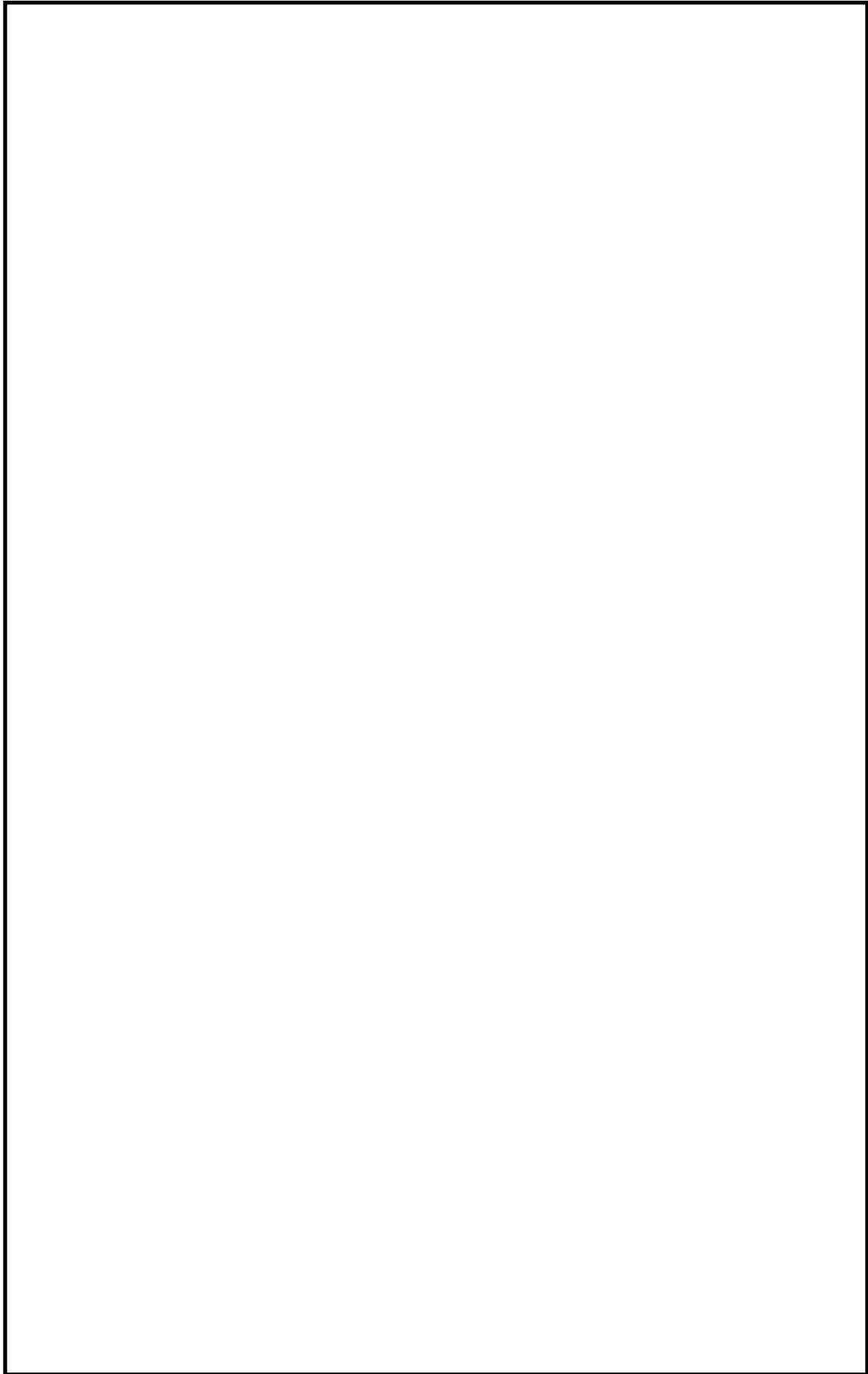


図 10-1 屋内アクセスルート図④

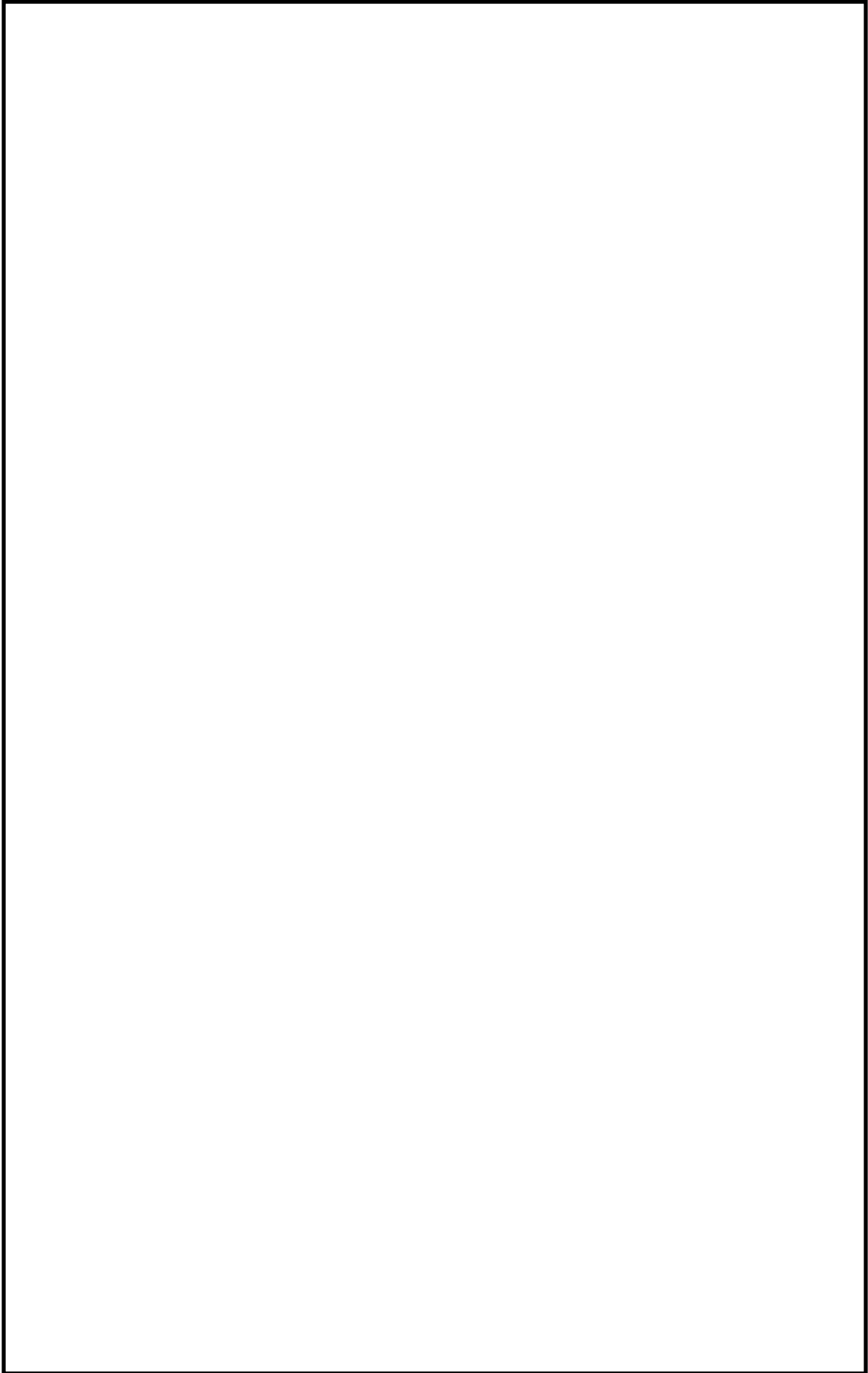


図 10-1 屋内アクセスルート図⑤

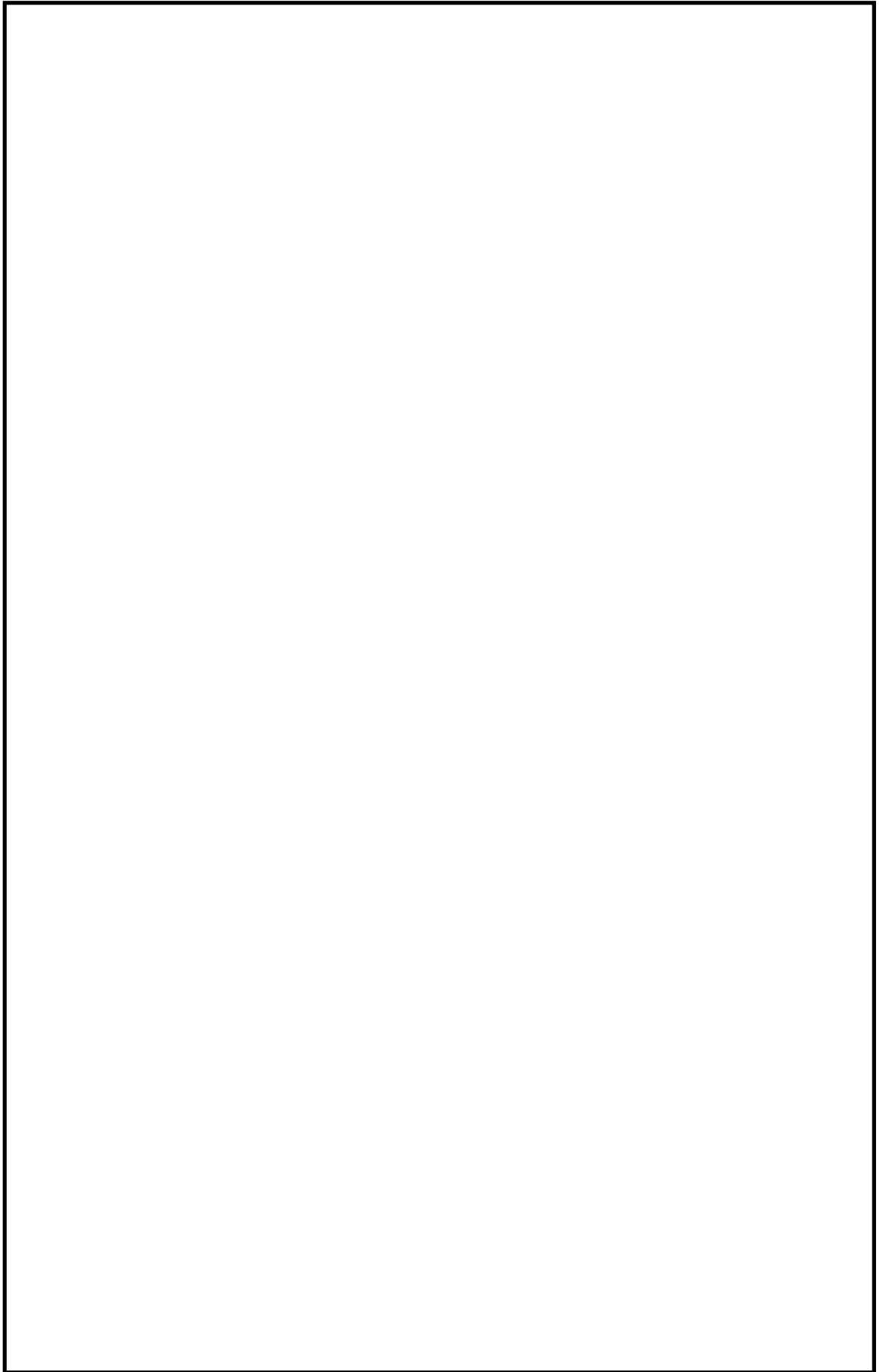


図 10-1-1 屋内アクセスルート図⑥



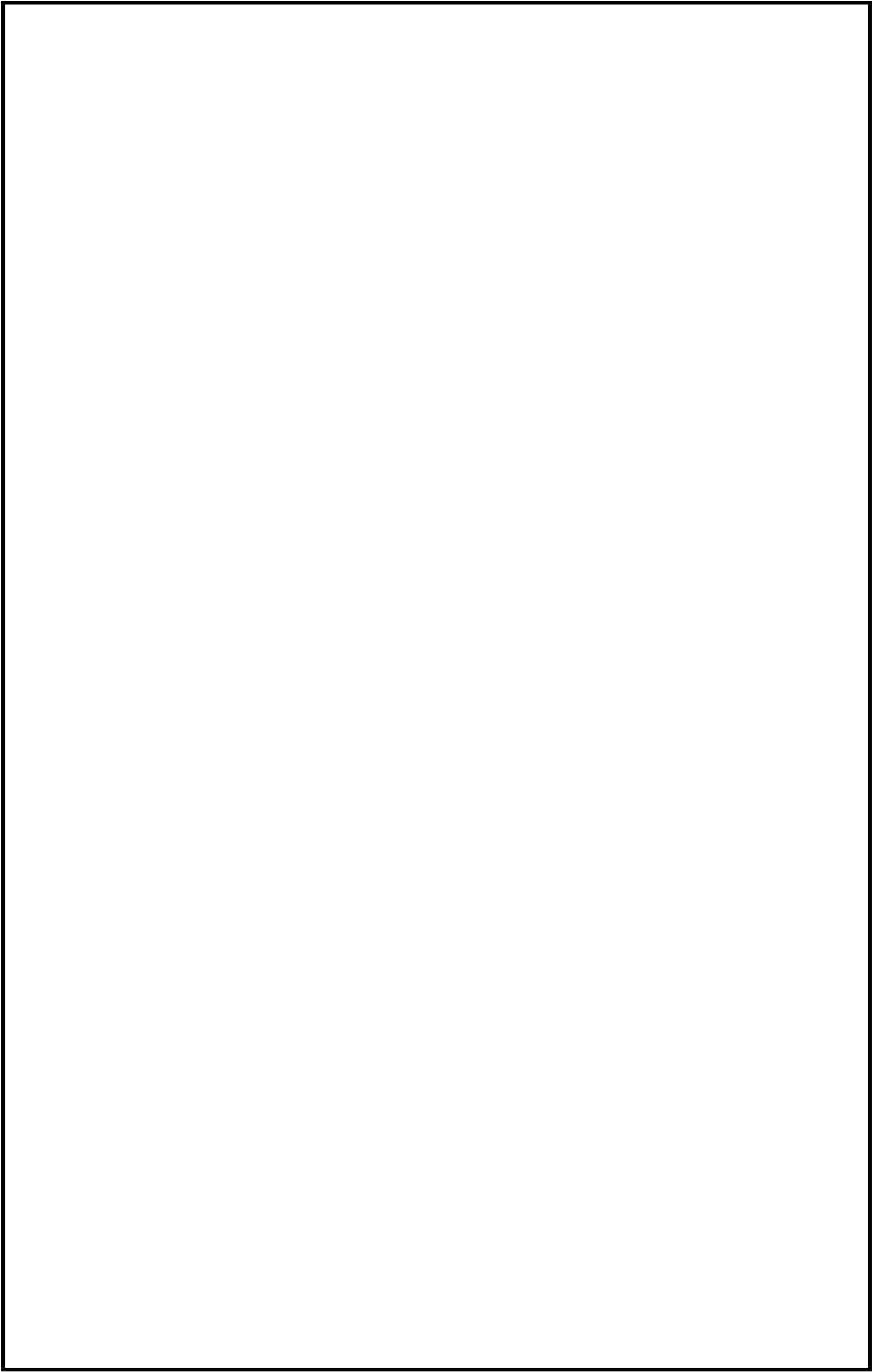


図 10-1 屋内アクセスルート図⑦

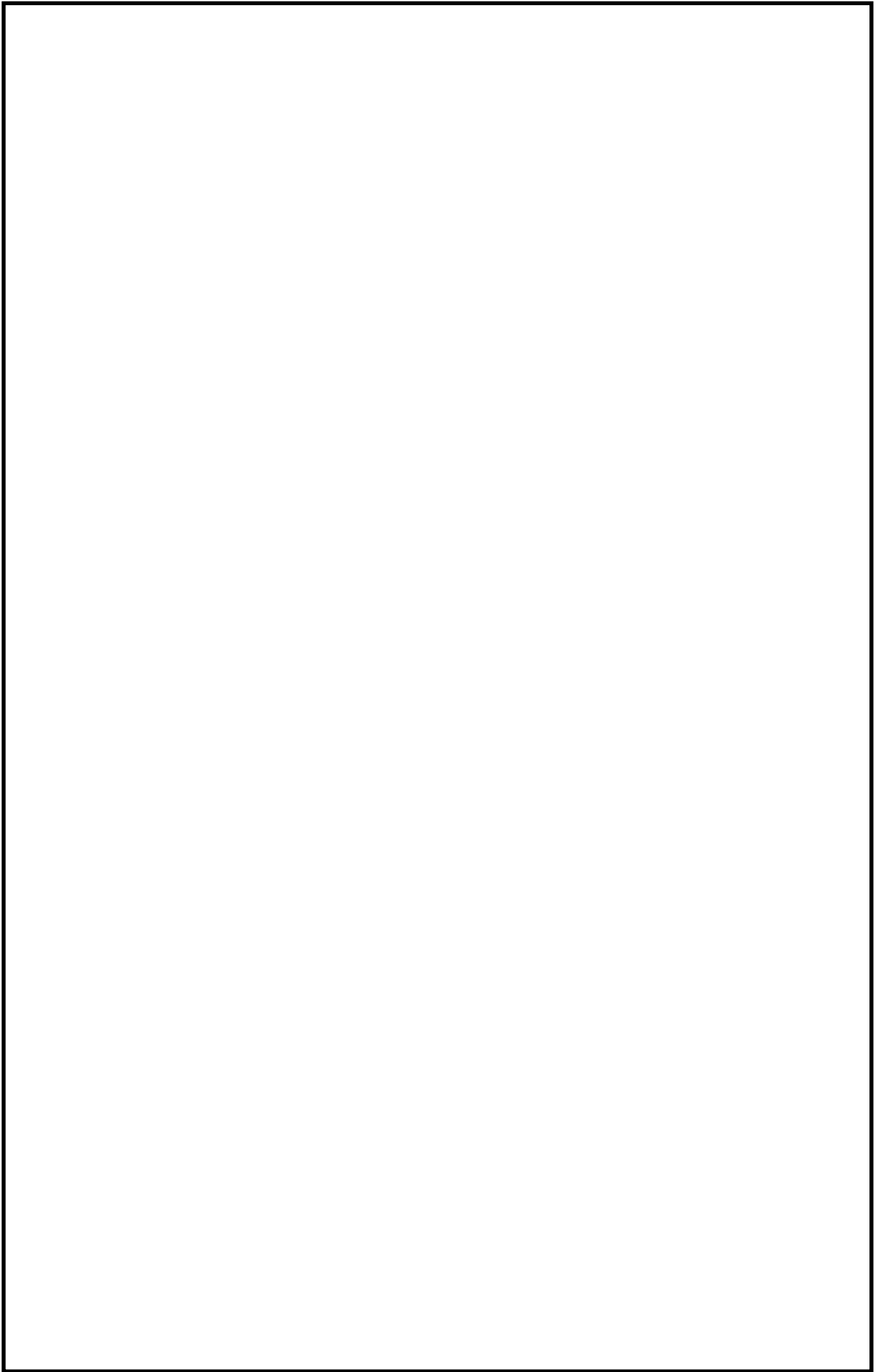
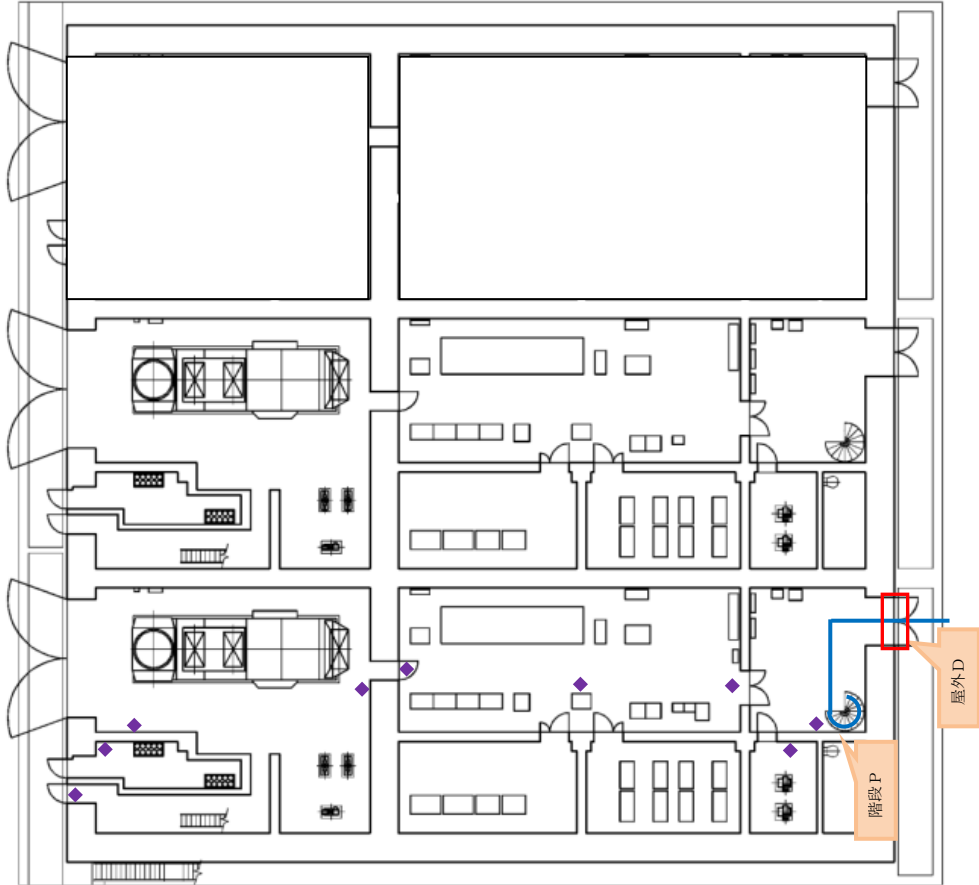
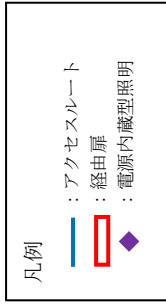


図 10-1-1 屋内アクセスルート図⑧



ガスタービン発電機建物 1 F L  
E.L. 47500

図 10-1 屋内アクセスルート図⑨

凡例  
 — : アクセスルート  
 ◆ : 電源内蔵型照明

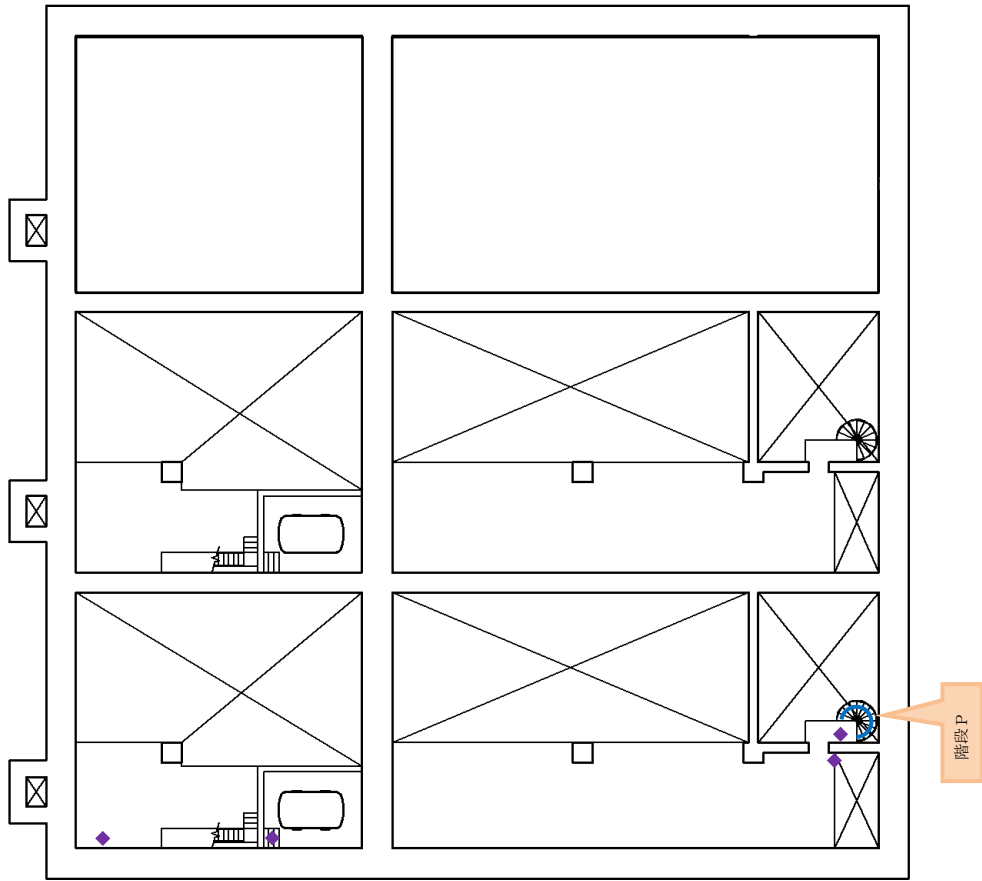


図 10-1 屋内アクセスルート図⑩

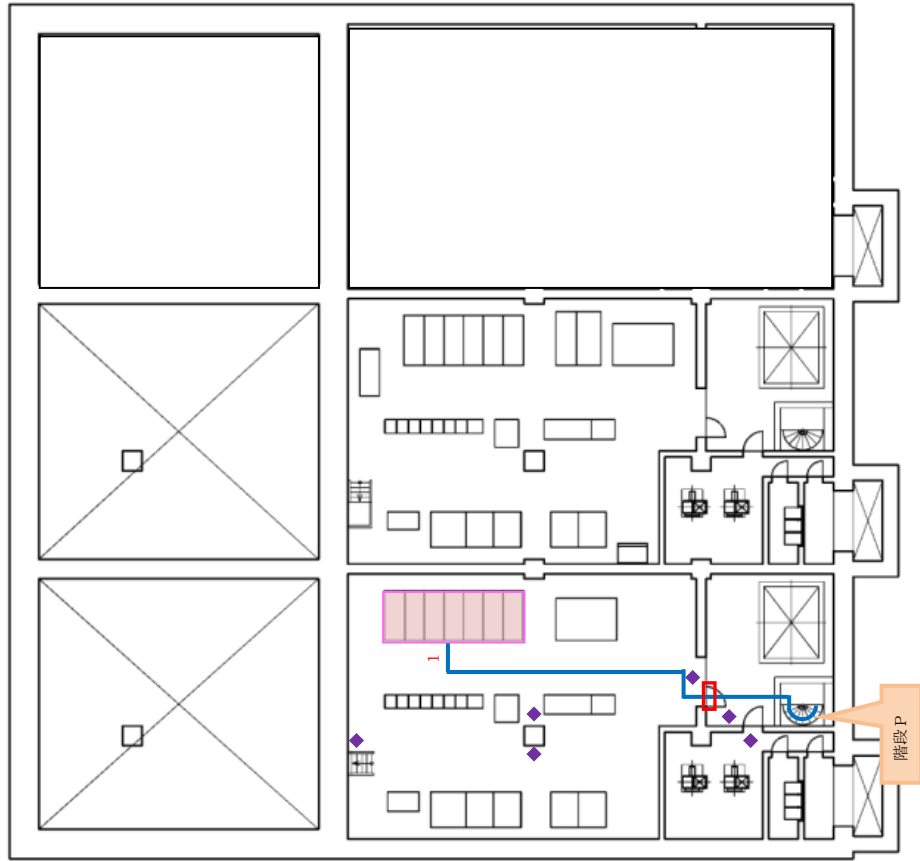
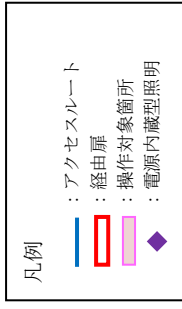


図10-1 屋内アクセスルート図①

表 10-2 操作対象機器一覧(1/2)

①-1	高圧原子炉代替注水系	①-2	原子炉隔離時冷却系
①-3	RCW A-DEG 冷却水入口弁(V214-35A)	①-4	RCW B-DEG 冷却水入口弁(V214-35B)
②-1	HPAC 注水弁(MV2B1-4)	②-2	A-RCW 常用補機冷却水入口切替弁(MV214-1A)
②-3	B-RCW 常用補機冷却水入口切替弁(MV214-1B)	②-4	D1-R/B-C/C
③-1	B1-115V 系充電器盤(SA) B1-115V 系直流盤(SA) SA 用 115V 系充電器盤	③-2	B-115V 系直流盤, B-115V 系充電器盤 B-計装 C/C, B-計装分電盤, B-計装用 CVCF B1-115V 系充電器盤電源切替盤 SA 用 115V 系充電器盤電源切替盤 230V 系充電器盤(常用) 電源切替盤 230V 系直流盤(RCIC)
③-3	230V 系充電器盤(RCIC), 230V 系充電器盤(常用) 230V 系直流盤(常用), B-非常用直流電灯盤		
④-1	RCW A-AHEF 戻り配管止め弁(V214-53)	④-2	NGC N <sub>2</sub> トーラス出口隔離弁遠隔手動操作機構
④-3	蒸気外側隔離弁(MV221-21)	④-4	RCW B-AHEF 西側供給配管止め弁(V214-3) AHEF B-西側供給配管止め弁(V2C1-5)
④-5	A-RHR 注水弁(MV222-5A)	④-6	AHEF-B 戻り配管止め弁(V2C1-3B)
④-7	FLSR 注水隔離弁(MV2B2-4)	④-8	LPCS 注水弁(MV223-2)
④-9	RCW A-AHEF 供給配管止め弁(V214-52)	④-10	主蒸気逃がし安全弁電源切替盤 主蒸気逃がし安全弁用蓄電池(補助盤室) A, B-自動減圧継電器盤, 重大事故変換器盤 A, B-原子炉プロセス計測盤 B-中央分電盤, 切替スイッチ(計器給電源) HPCS トリップ設定器盤 ドライウエル水位計/ベダスタル水位計継電器盤
④-11	可搬型計測器	④-12	A-115V 系直流盤, A-115V 系充電器盤 A-計装 C/C, A-計装分電盤, A-計装用 CVCF 一般計装分電盤
④-13	チェンジングエリア	④-14	可搬型スプレイノズル・ホース
④-15	1次減圧弁(A) 入口弁(V2F7-10A) 1次減圧弁(B) 入口弁(V2F7-10B)	④-16	空気ボンベラック(1) 出口止め弁(V2F7-1)
④-17	空気ボンベラック(2) 出口止め弁(V2F7-2)	④-18	空気ボンベラック(3) 出口止め弁(V2F7-3)
④-19	空気ボンベラック(4) 出口止め弁(V2F7-4)	④-20	空気ボンベラック(5) 出口止め弁(V2F7-5)
④-21	低圧原子炉代替注水系(可搬型) 接続口(建物内) FLSR 可搬式設備 B-注水ライン止め弁(V2B2-103B) 格納容器代替スプレイ系(可搬型) 接続口(建物内) ACSS B-注水ライン止め弁(V2B5-2B)	④-22	原子炉補機代替冷却系接続口(建物内)
④-23	ベダスタル代替注水系(可搬型) 接続口(建物内) APFS B-注水ライン止め弁(V2B6-2B)		
④-24	格納容器フィルタベント系窒素ガス供給用接続口(建物内) 窒素ガス代替注入系サブプレッション・チェンバ側供給用接続口(建物内) 窒素ガス代替注入系ドライウエル側供給用接続口(建物内) FCVS 建物内窒素ガス補給元弁(V2B3-88) ANI 建物内代替窒素供給ライン元弁(D/W 側)(V2C2-6) ANI 建物内代替窒素供給ライン元弁(S/C 側)(V2C2-16)		
⑤-1	ADS 窒素ガスポンペ(B系)	⑤-2	B-窒素ガス供給装置出口減圧弁(CV227-1B)
⑤-3	A-RCW 常用補機冷却水出口切替弁(MV214-3A) A-RCW サージタンク出口弁(V214-67A) RCW B-AHEF 西側戻り配管止め弁(V214-4) AHEF B-西側戻り配管止め弁(V2C1-6)	⑤-4	B-RCW 常用補機冷却水出口切替弁(MV214-3B)
⑤-5	A-窒素ガス供給装置出口減圧弁(CV227-1A)	⑤-6	ADS 窒素ガスポンペ(A系)
⑤-7	C-L/C	⑤-8	C-M/C
⑤-9	メタクラ切替盤	⑤-10	D-L/C
⑤-11	D-M/C	⑤-12	メタクラ切替盤
⑤-13	D2-R/B-C/C, D3-R/B-C/C	⑤-14	A-RHR ドライウエル第1スプレイ弁(MV222-3A) A-RHR ドライウエル第2スプレイ弁(MV222-4A)
⑤-15	B-RHR ドライウエル第1スプレイ弁(MV222-3B) B-RHR ドライウエル第2スプレイ弁(MV222-4B)	⑤-16	B-RHR 注水弁(MV222-5B) C-RHR 注水弁(MV222-5C)
⑤-17	NGC N <sub>2</sub> ドライウエル出口隔離弁 遠隔手動操作機構	⑤-18	制御室給気外側隔離ダンパ(CV264-17) 制御室給気内側隔離ダンパ(CV264-18)
⑤-19	RCW A-中央制御室冷凍機入口弁(V214-20A)	⑤-20	RCW B-中央制御室冷凍機入口弁(V214-20B)
⑤-21	C1-R/B-C/C	⑤-22	制御室排気内側隔離ダンパ(AV264-5) 制御室排気外側隔離ダンパ(AV264-6)
⑤-23	B-RCW サージタンク出口弁(V214-67B)		
⑥-1	C2-R/B-C/C, C3-R/B-C/C		

表 10-2 操作対象機器一覧(2/2)

⑦-1	燃料プール監視カメラ用冷却設備	⑦-2	NGC 非常用ガス処理入口隔離弁, NGC 非常用ガス処理入口隔離弁バイパス弁 遠隔手動操作機構
⑦-3	SA 電源切替盤 A	⑦-4	SA 電源切替盤 B
⑦-5	RCW A-FPC 熱交冷却水入口弁 (V214-38A) RCW B-FPC 熱交冷却水入口弁 (V214-38B)	⑦-6	SA2-C/C
⑧-1	可搬型スプレィノズル・ホース設置箇所	⑧-2	可搬型スプレィノズル・ホース設置箇所
⑧-3	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止 装置	⑧-4	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止 装置
⑩-1	緊急用メタクラ		

11. 屋内のアクセスルート確保のための対策について

11.1 アクセスルート上の機器等の転倒防止処置等確認結果

アクセスルート上の機器等の転倒防止処置等確認結果及び転倒防止処置の例を以下の表 11-1、図 11-1 及び図 11-2 に示す。

表 11-1 機器等の転倒防止対策確認結果(1/2)

項目	設置箇所	評価結果	評価結果	
棚・ラック等	原子炉建物南西エリア ・手摺	原子炉建物 原子炉棟 4 階 E L 42.8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 1 参照)	○
	原子炉建物北通路 ・手摺	原子炉建物 附属棟 3 階 E L 34.8m	・転倒した場合、通行可能な通路幅が確保できないため、アクセスルートに影響を与えない箇所へ移動する	○
	原子炉建物北通路 ・資機材保管箱	原子炉建物 附属棟 3 階 E L 34.8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 2 参照)	○
	原子炉棟排風機室 ・資機材保管庫	原子炉建物 附属棟 2 階 E L 23.8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○
	西側 PCV ペネトレーション室前 ・資機材	原子炉建物 原子炉棟 2 階 E L 23.8m	・転倒した場合、通行可能な通路幅が確保できないため撤去する	○
	A-非常用電気室 ・資機材保管庫	原子炉建物 附属棟 2 階 E L 23.8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○
	B-非常用電気室 ・踏み台	原子炉建物 附属棟 2 階 E L 23.8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 1 参照)	○



表 11-1 機器等の転倒防止対策確認結果 (2/2)

項目		設置箇所	評価結果	評価結果
ボンベ	A-事故時 サンプリング室 ・窒素ガスボンベ	原子炉建物 附属棟 1 階 E L 15. 3m	・アクセスルートに影響を与えない箇所へ移動することによりアクセス性に問題なし	○
棚・ラック等	原子炉建物南東エリア ・清掃用具保管庫	原子炉建物 原子炉棟 1 階 E L 15. 3m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○
	原子炉建物南東エリア ・踏み台	原子炉建物 附属棟地下 1 階 E L 8. 8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 1 参照)	○
	原子炉建物北東エリア ・点検資機材	原子炉建物 原子炉棟地下 1 階 E L 8. 8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 1 参照)	○
	中央制御室非常用再循環送風機室 ・資機材保管棚	廃棄物処理建物 2 階 E L 22. 1m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○
	補助盤室連絡通路 ・資機材保管庫	廃棄物処理建物 1 階 E L 16. 9m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○
	充電器室 ・踏み台	廃棄物処理建物 地下中 1 階 E L 12. 3m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 1 参照)	○
	制御室建物北西エリア ・ロッカー	制御室建物 2 階 E L 8. 8m	・転倒防止対策を実施 ・転倒した場合でも通行可能な通路幅が確保可能なためアクセス性に問題なし (転倒防止処置例は写真 3 参照)	○

	設置物の外観	転倒防止対策
棚・ラック等 (写真1)		
棚・ラック等 (写真2)		
棚・ラック等 (写真3)		

図 11-1 転倒防止対策

	移動前	移動後
窒素ガスポンベ		

図 11-2 窒素ガスポンベ移動状況

島根原子力発電所の屋内設置物（常置品，仮置資機材）については，地震等による転倒によって，重大事故等対応の障害になることを防止するため，常置品，仮置資機材の設置に対する運用，管理を社内規程に基づき実施する。

12. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所について

可搬型設備の保管場所については、VI-1-1-7-別添1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」のうち「2.1 保管場所の基本方針」に示すとおり、地震、津波その他の自然現象及び外部人為事象による影響を考慮し、位置的分散を図り複数箇所に分散して保管を行う。

対象となる可搬型設備を表 12-1 に、屋外の可搬型設備の保管場所を図 12-1 に示す。

表 12-1 可搬型設備一覧表(1/4)

No.	設備名称	保管場所
1	ホイールローダ	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
2	タンクローリ	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
3	大量送水車	第1保管エリア 第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
4	高圧発電機車	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
5	移動式代替熱交換設備	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
6	大型送水ポンプ車	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
7	可搬式窒素供給装置	第1保管エリア 第4保管エリア
8	第1 ベントフィルタ出口水素濃度	第1保管エリア 第4保管エリア
9	放水砲	第1保管エリア 第4保管エリア
10	泡消火薬剤容器	第1保管エリア 第4保管エリア
11	緊急時対策所用発電機	第1保管エリア 第4保管エリア
12	放射性物質吸着材	第1保管エリア 第4保管エリア
13	シルトフェンス	第1保管エリア 第4保管エリア
14	可搬式モニタリングポスト	第1保管エリア 第4保管エリア
15	可搬式気象観測装置	第1保管エリア 第4保管エリア
16	小型船舶	第1保管エリア 第4保管エリア
17	大量送水車 入口ライン取水用 10m ホース	第1保管エリア 第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
18	大量送水車 入口ライン取水用 10m 吸水管	第1保管エリア 第4保管エリア
19	大量送水車 出口ライン送水用 50m, 10m, 5m, 1m ホース	第1保管エリア 第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア

表 12-1 可搬型設備一覧表(2/4)

No.	設備名称	保管場所
20	大量送水車 出口ライン送水用 20m, 5m, 2m, 1m ホース	第1保管エリア 第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
21	大量送水車 出口ライン送水用 20m ホース	第1保管エリア 第2保管エリア
22	大量送水車 出口ライン送水用 10m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
23	可搬型ストレーナ	第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
24	可搬型スプレイノズル	原子炉建物
25	大型送水ポンプ車 入口ライン取水用 20m, 5m, 1m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
26	大型送水ポンプ車 出口ライン送水用 50m, 5m, 2m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
27	大型送水ポンプ車 出口ライン送水用 15m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
28	大型送水ポンプ車 出口ライン送水用 10m, 5m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
29	大型送水ポンプ車 出口ライン送水用 1m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
30	移動式代替熱交換設備 入口ライン戻り用 5m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
31	移動式代替熱交換設備 出口ライン供給用 5m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
32	移動式代替熱交換設備ストレーナ	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
33	可搬式窒素供給装置用 10m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア タービン建物
34	可搬式窒素供給装置用 20m ホース	タービン建物
35	可搬式窒素供給装置用 2m ホース	タービン建物
36	タンクローリ 給油用 7m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
37	タンクローリ 給油用 20m, 7m ホース	第1保管エリア 第4保管エリア
38	タンクローリ 送油用 20m ホース	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア
39	逃がし安全弁用窒素ガスボンベ	原子炉建物

表 12-1 可搬型設備一覧表(3/4)

No.	設備名称	保管場所
40	中央制御室待避室正圧化装置（空気ボンベ）	廃棄物処理建物
41	空気供給装置連結管	廃棄物処理建物
42	空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）	第1保管エリア 第4保管エリア
43	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管～ 空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口	第1保管エリア 第4保管エリア
44	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口～ フレキシブルチューブ接続口（上流側）	第1保管エリア 第4保管エリア
45	空気ボンベ加圧設備用 1.5m フレキシブルチューブ	第1保管エリア 第4保管エリア
46	フレキシブルチューブ接続口（下流側）～ 建物加圧空気配管接続口（上流側）	第1保管エリア 第4保管エリア
47	空気ボンベ加圧設備用 2.3m フレキシブルホース	第1保管エリア 第4保管エリア
48	緊急時対策所空気浄化送風機	第1保管エリア 第4保管エリア
49	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	第1保管エリア 第4保管エリア
50	緊急時対策所空気浄化装置用 2.5m, 1.5m 可搬型ダクト	第1保管エリア 第4保管エリア
51	可搬ケーブル	第1保管エリア
52	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池（補助盤室）	廃棄物処理建物
53	可搬型計測器	廃棄物処理建物 緊急時対策所
54	GM汚染サーベイメータ	緊急時対策所
55	NaIシンチレーションサーベイメータ	緊急時対策所
56	$\alpha$ ・ $\beta$ 線サーベイメータ	緊急時対策所
57	電離箱サーベイメータ	緊急時対策所
58	可搬式ダスト・よう素サンプラ	緊急時対策所
59	可搬式エリア放射線モニタ	緊急時対策所
60	酸素濃度計	緊急時対策所 制御室建物
61	二酸化炭素濃度計	緊急時対策所 制御室建物

表 12-1 可搬型設備一覧表(4/4)

No.	設備名称	保管場所
62	LEDライト（三脚タイプ）	制御室建物
63	プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）	制御室建物
64	有線式通信設備（有線式通信機）	廃棄物処理建物
65	衛星電話設備（携帯型）	緊急時対策所
66	無線通信設備（携帯型）	緊急時対策所



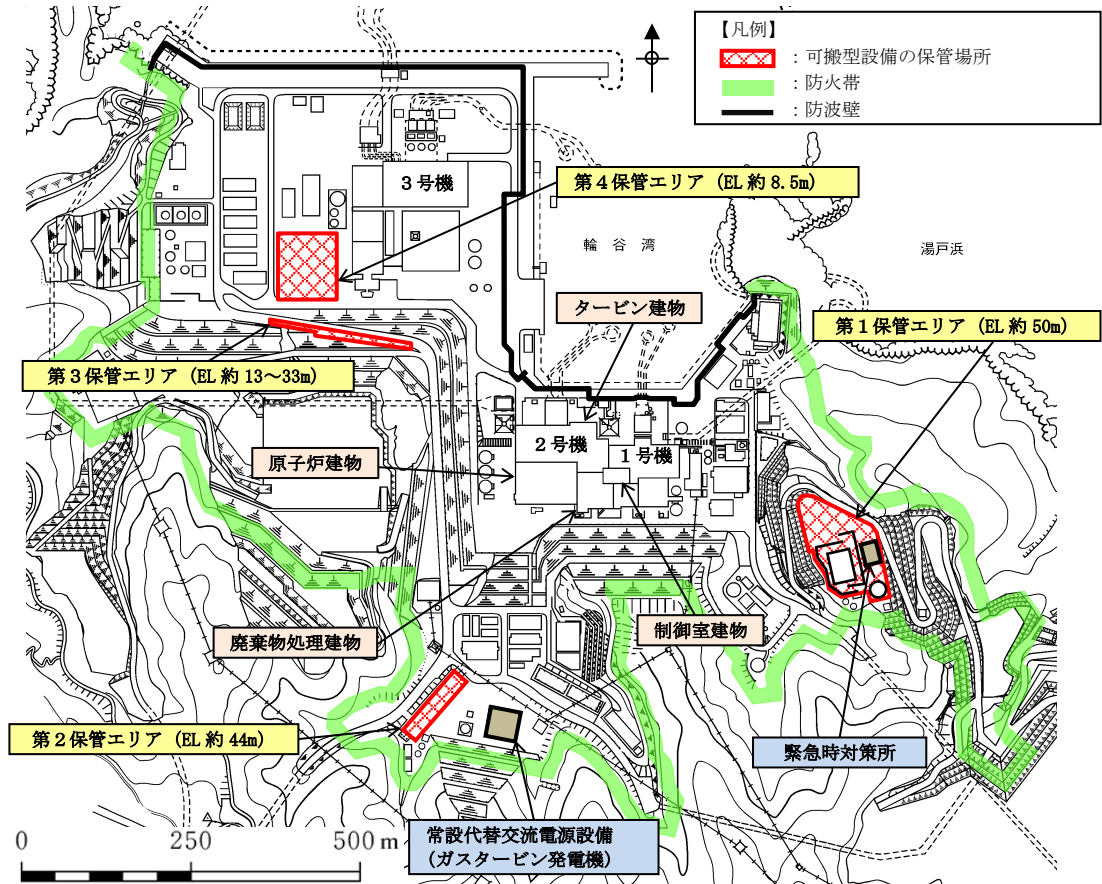


図 12-1 屋外の可搬型設備の保管場所

### 13. 森林火災時における屋外のアクセスルートへの影響について

森林火災が発生し発電所構内へ延焼するおそれがある場合は、構内道路の一部を防火帯として機能させる。その際には、防火帯内の車両を規制し、防火帯内から車両がない状態を確立する。

森林火災発生時のアクセスルートは図 13-1 のとおりである。アクセスルートが防火帯に近接している箇所についても、空地を確保しているため、森林火災時の輻射影響を評価したところ、最大でも  $1.6\text{kW/m}^2$  \*<sup>1</sup>程度であり、車両等の通行に影響を及ぼすことはないことを確認している。

よって、森林火災が発生した場合においても、アクセスルートは通行が可能である。

保管場所及びアクセスルートの位置関係を図 13-1 に示す。

アクセスルートとして設定している第二輪谷トンネル内は、防火帯の外側に位置するが、地上部ではなくトンネル区間となっている。火災による熱の影響は、地中深くなるにしたがって温度は低下するため、トンネル区間が位置するところでは、森林火災による熱的影響を受けるおそれはない。なお、トンネル区間の出入口部\*<sup>2</sup>は、防火帯の内側に設置しており、森林火災による熱的影響を受けるおそれはない。トンネル区間の概要図を図 13-2 に示す。

また、飛び火の影響については、防火帯を設置することで森林火災による飛び火が保管場所へ延焼するおそれはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近に予防散水を行い、万一の飛び火による影響を防止する。予防散水は、消火栓、防火水槽等から化学消防自動車等を用いて実施する。

図 13-3 に敷地内の屋外消火栓及び防火水槽の配置を示す。

注記\*1：人が長時間さらされても苦痛を感じない強度（出典：石油コンビナートの防災アセスメント指針）

\*2：第二輪谷トンネルの出入口における斜面の安定性評価については、アクセスルート周辺斜面の安定性評価において説明している。

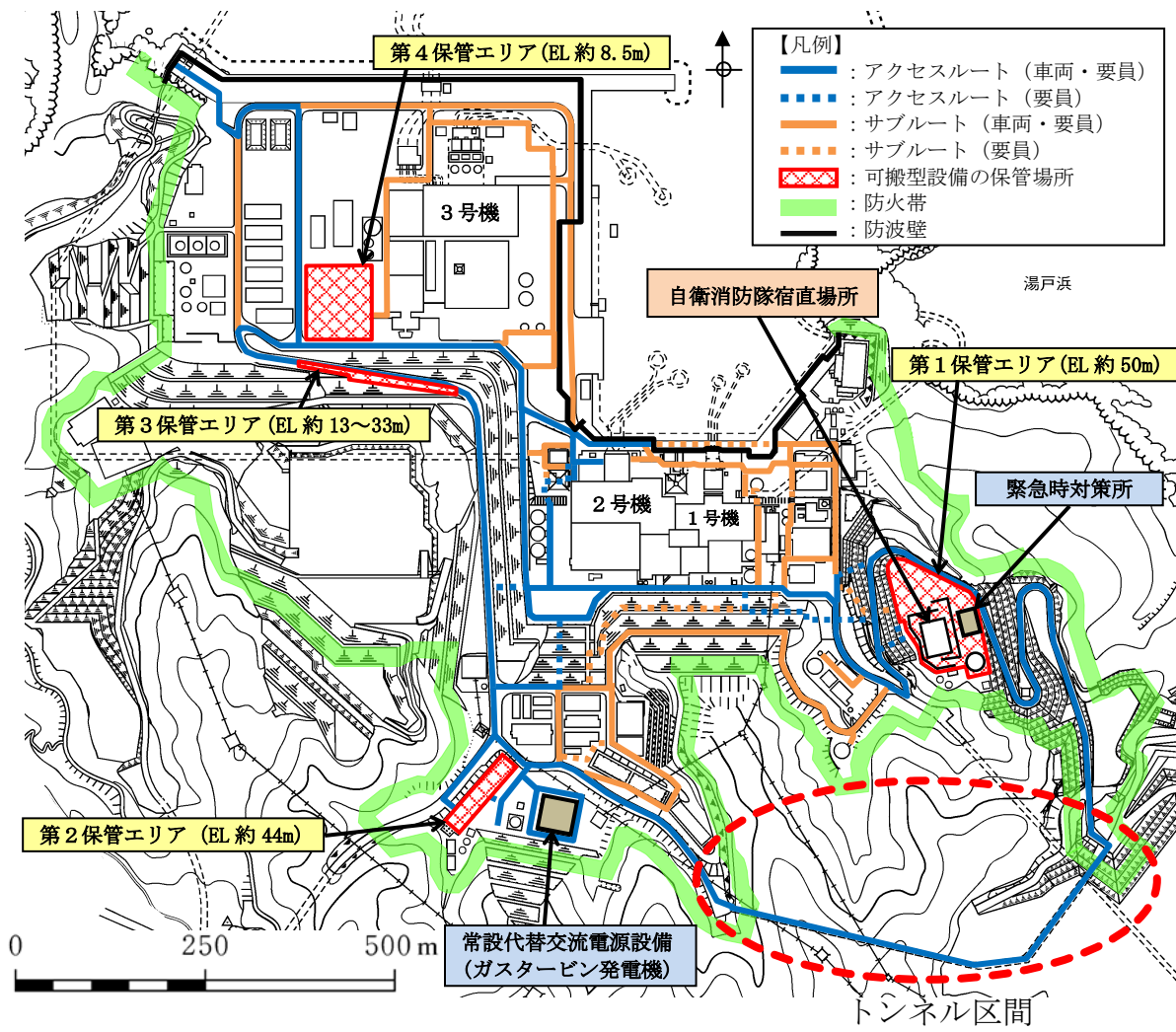
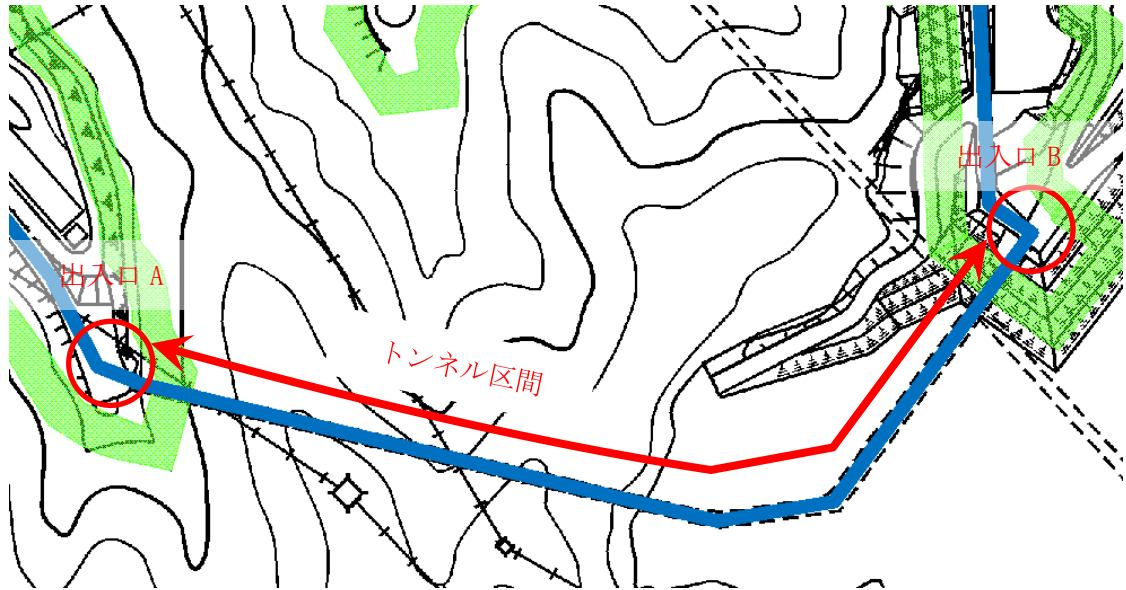
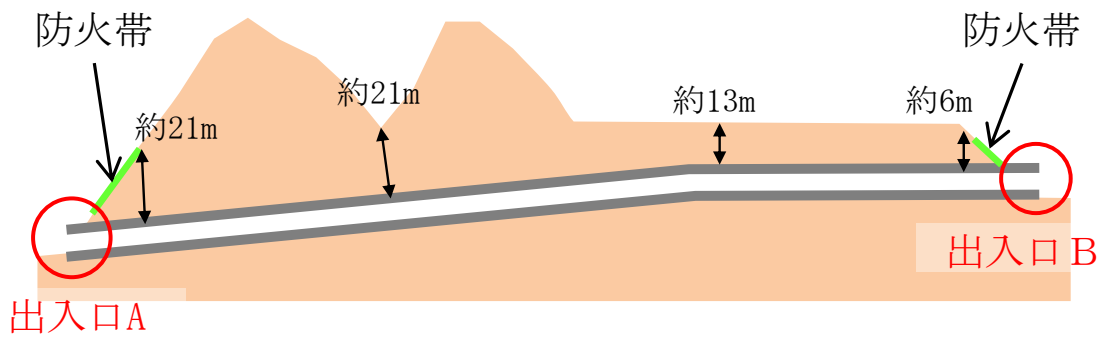


図 13-1 防火帯と保管場所及びアクセスルートの位置



トンネル区間拡大図



トンネル区間\*1断面図



出入口 A\*3 (写真)



出入口 B\*3 (写真)

注記\*1: 火災による熱の影響は、地中深くになるにしたがって温度は低下する\*2。

トンネル区間は、地中に埋設されており、火災による熱的影響を受けない。

\*2: (参考文献) 一般社団法人 日本森林学会 「山火事と地域環境」 (森林科学 24 1998.10)

\*3: トンネルの出入口部は、防火帯 (約21m) の内側に設置

図 13-2 防火帯外側のトンネル区間

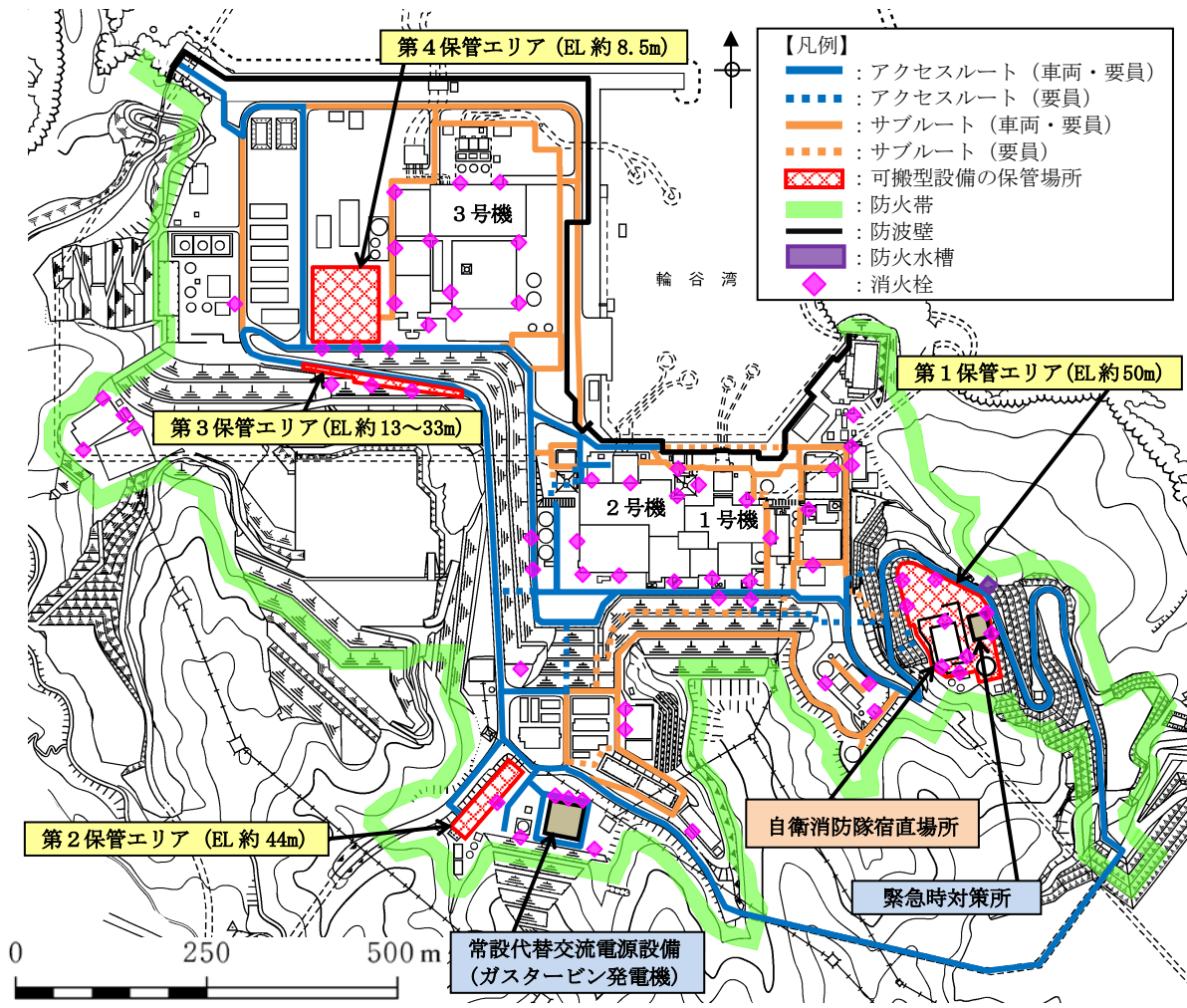


図 13-3 屋外消火栓及び防火水槽の配置図

#### 14. 土石流による影響評価について

国土交通省国土政策局が公開する「国土数値情報 土砂災害危険箇所データ」の記載に基づくと、図 14-1 のとおり島根原子力発電所構内の土石流危険区域は7箇所である。

第2保管エリア及び一部のアクセスルートが土石流危険区域の範囲に含まれているが、屋外に配置している可搬型設備は複数箇所にそれぞれ離隔して分散配置しているため、影響を受けない。アクセスルートは、複数確保しているアクセスルートが使用可能であるためアクセス性に影響はない。なお、屋内のアクセスルートについては、原子炉建物等が影響を受ける範囲にないため、影響はない。詳細は以下のとおり。

##### (1) 土石流が発生した場合の対応方針

土石流が発生し第2保管エリア及び一部のアクセスルート<sup>\*1</sup>に影響が及んだ場合は、土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）を使用し、サブルート<sup>\*2</sup>は使用しない。緊急時対策要員は、緊急時対策所からアクセスルート（要員）を用いて、徒歩で土石流の影響を受けるおそれのない第3及び第4保管エリアに移動した上で、保管されている可搬型設備を用いて、重大事故等の対応を実施する。

土石流が発生した際の土砂撤去作業は、要員の安全確保の観点から、発生後すぐに行うことは困難であると想定されるため、重大事故等の対応上、土砂撤去作業によるアクセスルート<sup>\*1</sup>の復旧には期待しない。

土砂撤去作業は、二次災害の発生を防止するため、天候や現場状況の確認を行った上で実施する。

注記\*1：図 14-1 の土石流危険区域①～⑥が掛かる範囲のアクセスルート

\*2：地震及び津波時に期待しないルートであり、地震及び津波その他の自然現象の影響評価対象外

##### (2) 土石流が発生した場合の重大事故等の対応内容

土石流の影響を考慮し、全ての土石流危険区域で、同時に土石流が発生した場合においても、以下のとおり重大事故等の対応が可能である。また、土石流が発生した場合の重大事故等の対応を図 14-2 に示す。

###### a. アクセスルートの確保

- アクセスルートは、想定される自然現象、原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）、溢水及び火災を想定しても、速やかに運搬、移動に支障をきたすことのないよう、複数のアクセスルートを確保することとしており、想定される自然現象のうち土石流に対しては、複数のアクセスルートのうち土石流の影響を受けないアクセスルートを少なくとも1ルート確保する。
- 土石流が発生した場合でも、緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに要員が移動できるよう、土石流の影響を受けないアクセスルート（要員）を管理事務所2号館南東の位置に確保する（図 14-3）。なお、移動に際して、サブルートの使用は期待しない。

- ・万一の送電線垂れ下がり時においても要員が移動できるよう、アクセスルート（要員）を管理事務所2号館南西の位置に確保する（図14-3）。
- ・確保するアクセスルート（要員）である連絡通路の耐震性評価は「NS2-補-020-2 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について」に示す。

b. 可搬型設備の確保

- ・可搬型設備は、常設重大事故等対処設備と異なる場所に、2セットを分散配置して保管することとしており、想定される自然現象のうち土石流に対しては、分散配置する2セットのうちいずれか1セットは、土石流の影響を受けない保管場所に配置する。
- ・2n設備は、2セットのうち1セットを土石流の影響を受けない第3又は第4保管エリアに配置する。
- ・n設備\*は、nを土石流の影響を受けない第4保管エリアに配置する。

注記\*：緊急時対策所関連設備（緊急時対策所用発電機，空気ポンベ加圧設備（空気ポンベ），緊急時対策所空気浄化送風機，緊急時対策所空気浄化フィルタユニット）及び可搬式気象観測装置は、n設備を第1保管エリアに保管する。

c. 原子炉注水等に使用する水源の確保

- ・代替淡水源である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）並びにその周辺が土石流に覆われ、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした注水ができなくなることから、海を水源（海水取水箇所：非常用取水設備（2号機取水槽））とした注水を実施する。
- ・緊急時対策要員は、緊急時対策所から土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）及び1，2号機原子炉建物南側を経由したルートを用いて、第3及び第4保管エリアに移動し、第3及び第4保管エリアに保管する大量送水車及びホース展張車を用いて、海（海水取水箇所：非常用取水設備（2号機取水槽））を水源として、原子炉，燃料プールに海水を注水する。なお、重大事故等の発生時においては海水による注水を実施するが、重大事故等の一連の対策を講じたところで、淡水水源（自主対策設備である非常用ろ過水タンク等）への注水に切り替える。

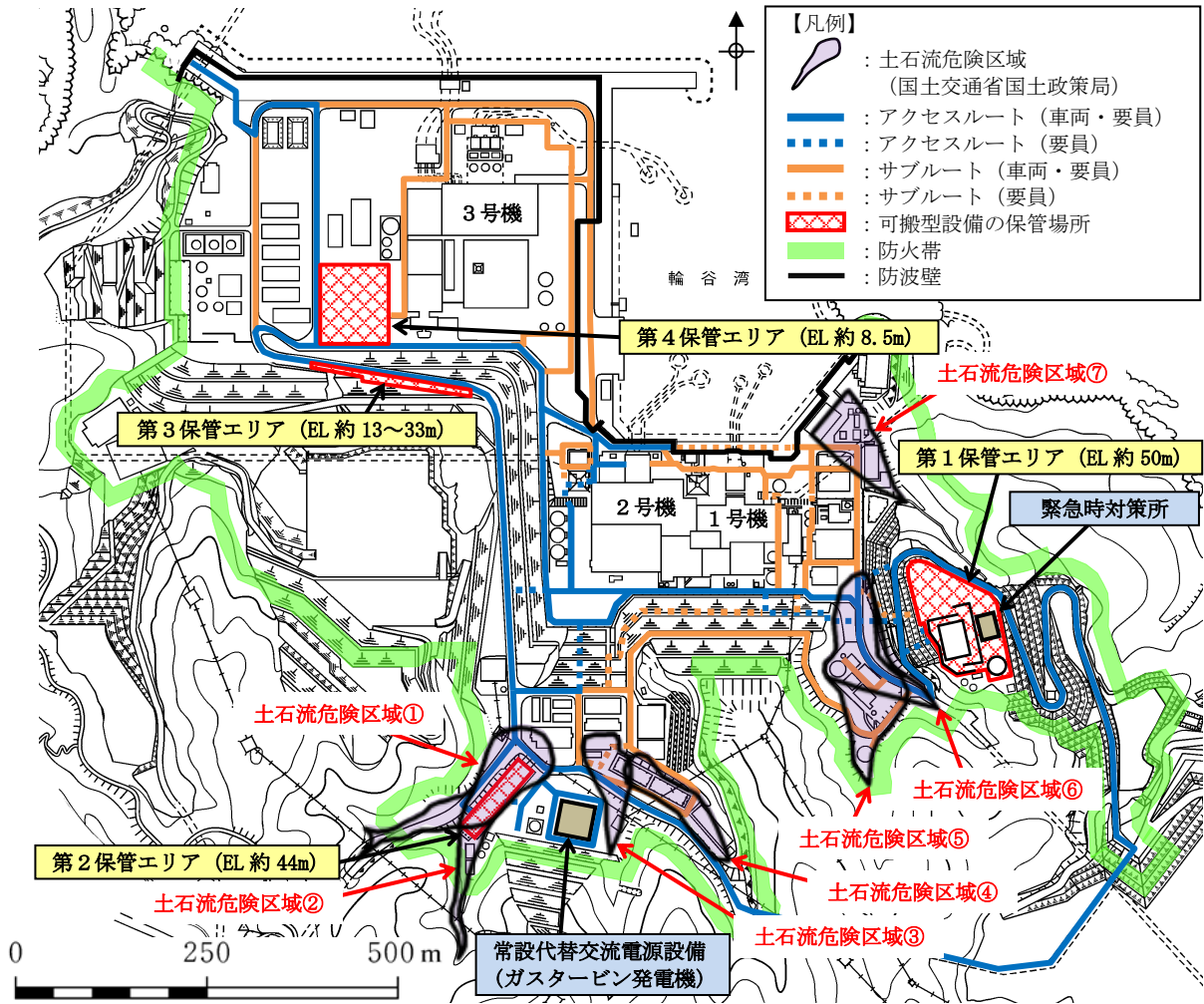
d. 可搬型設備への燃料補給手段の確保

- ・ガスタービン発電機用軽油タンクの周辺が土石流に覆われ、タンクローリが寄り付けずガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料補給ができなくなることから、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した可搬型設備への燃料補給を実施する。
- ・緊急時対策要員は、緊急時対策所から土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）及び1，2号機原子炉建物南側を経由したルートを用いて、第3及

び第4保管エリアに移動し、第3及び第4保管エリアに保管するタンクローリを用いて、EL約15m及びEL約8.5mの非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等からの燃料抜取りを実施し、大量送水車等の可搬型設備に定期的に燃料補給を実施する。



第4保管エリア【EL約8.5m】	第1保管エリア【EL約50m】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：3台</li> <li>・大量送水車：2台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：2台</li> <li>・可搬式窒素供給装置：1台</li> <li>・第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台</li> <li>・シルトフェンス（2号機放水接合槽用）：約20m</li> <li>・シルトフェンス（輪谷湾用）：約320m</li> <li>・小型船舶：1隻</li> <li>・放射性物質吸着材：3組</li> <li>・放水砲：1台</li> <li>・泡消火薬剤容器：5個</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・可搬式モニタリング・ポスト：6台</li> <li>・可搬式気象観測装置：1台</li> <li>・緊急時対策所用発電機：2台</li> <li>・空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）：30本</li> <li>・緊急時対策所空気浄化送風機：1台</li> <li>・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：1台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：3台</li> <li>・大量送水車：1台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：1台</li> <li>・可搬式窒素供給装置：1台</li> <li>・第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台</li> <li>・シルトフェンス（2号機放水接合槽用）：約20m</li> <li>・シルトフェンス（輪谷湾用）：約360m</li> <li>・小型船舶：1隻</li> <li>・放射性物質吸着材：1組</li> <li>・放水砲：1台</li> <li>・泡消火薬剤容器：1個</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・可搬式モニタリング・ポスト：6台</li> <li>・可搬式気象観測装置：1台</li> <li>・緊急時対策所用発電機：2台</li> <li>・空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）：510本</li> <li>・緊急時対策所空気浄化送風機：2台</li> <li>・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：2台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>



第3保管エリア【EL約13~33m】	第2保管エリア【EL約44m】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：1台</li> <li>・大量送水車：1台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：1台</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大量送水車：1台</li> </ul>

注：サブルートは、地震及び津波時には期待しない。  
各保管エリアには、可搬型設備を記載。

図14-1 土石流危険区域図及び各保管場所に配備する可搬型設備

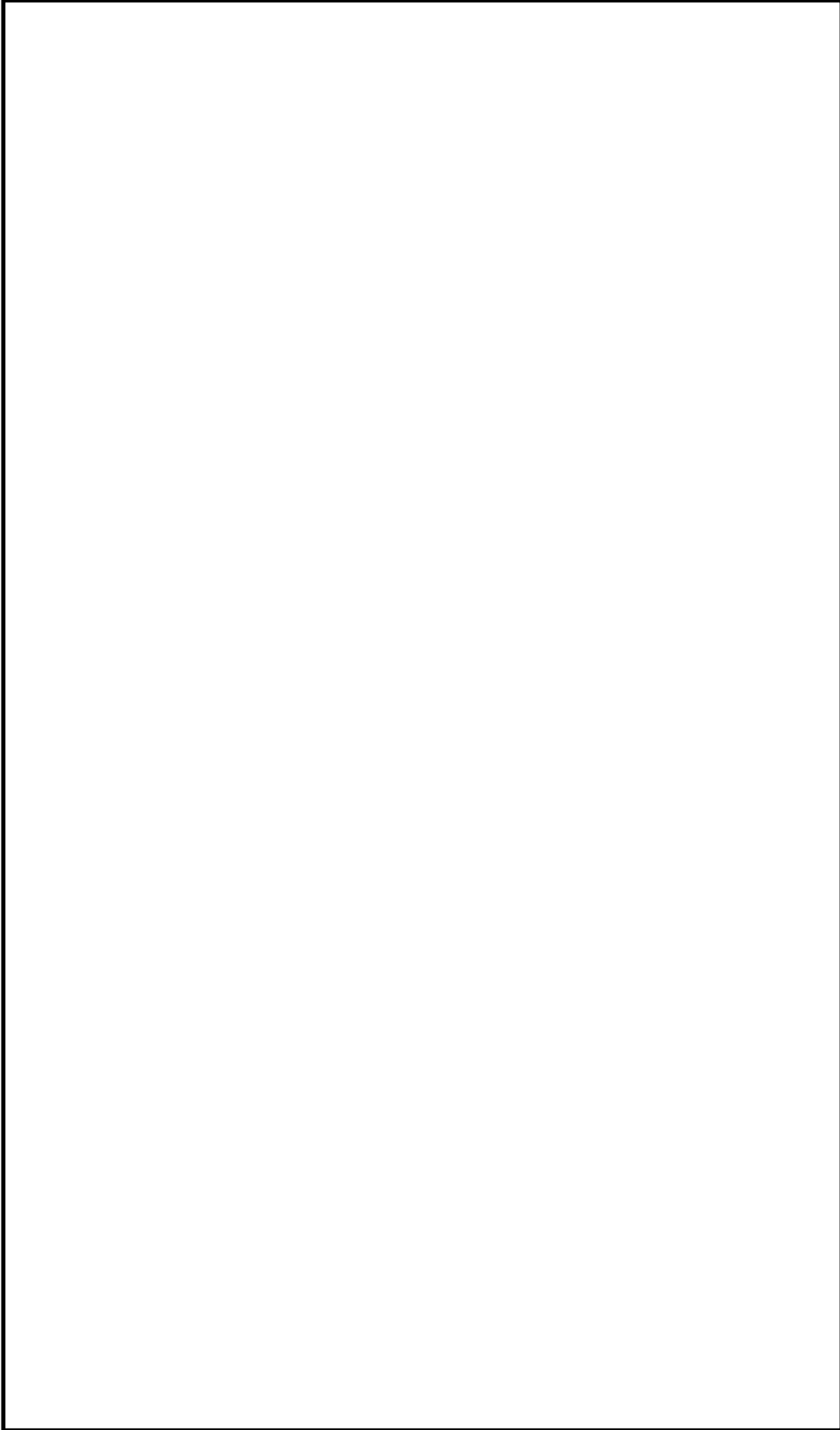


図 14-2 土石流が発生した場合の重大事故等の対応

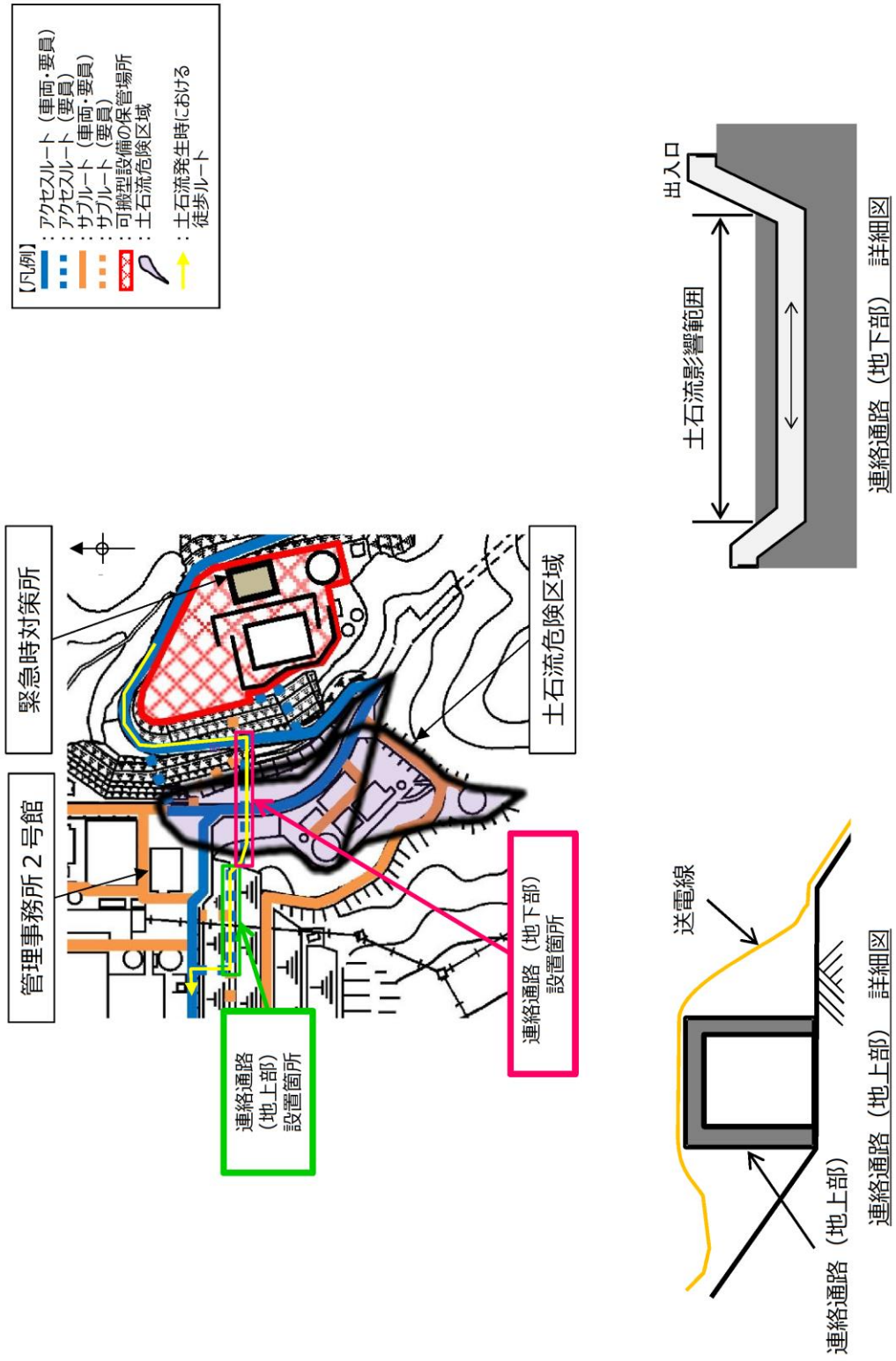


図 14-3 土石流及び送電線垂れ下がりによる影響を受けないアクセシブルート (要員)

(3) 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

a. 海水注水切替え等における土石流対応にあたっての流れ

土石流対応にあたっての流れを以下に示す。なお、土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容を表 14-1 に示す。

- ① 発電所構内雨量計により、1 時間雨量が 60mm 以上を確認した場合には、警戒体制を構築し、発電所施設への監視を強化する。なお、発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考にする。
- ② 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西 1/西 2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合には、土石流危険区域内のアクセスルート等への立入制限及び代替淡水源（輪谷貯水槽（西 1/西 2））から海を水源とする原子炉等への注水への切替え等の手順を講じることを決定・実施する。

表 14-1 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

	警戒体制の構築（監視強化）	海水注水切替え等の決定・実施
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考に、発電所構内雨量計による1時間雨量が60mm以上を確認した場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1/西2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合*</li> </ul>
通常時	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。</li> <li>■ 重大事故等発生時において、以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海を水源とした原子炉等への注水とすること。</li> <li>・ 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給とすること。</li> </ul> </li> </ul>
重大事故等発生時	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。</li> <li>■ 以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 代替淡水源から海を水源とする原子炉等への注水に切り替えること。</li> <li>・ ガスタービン発電機用軽油タンクから非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給に切り替えること。</li> </ul> </li> </ul>

注記\*：作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1/西2）周辺）の土石流発生が確認されていない状況においても、発電所構内の状況、防災気象情報（警戒レベル相当情報）及び発電所構内雨量計による計測値を参考に、あらかじめ海水注水切替え等の事前準備を実施する、並びに人的被害の予防の観点で、海水注水切替え等を決定・実施する場合があります。

(4) 海水注水切替えの決定・実施を判断するための土石流発生の確認方法

作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1/西2）周辺）の土石流危険区域①、②に対しての土石流発生の確認は、構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により実施する。具体的な確認方法を以下に示す。

a. 構内監視カメラによる確認

構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）により、土石流発生状況を確認する。

なお、構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の耐震性評価はVI-2-別添5-1 「代替淡水源を監視するための設備の耐震計算の方針」、VI-2-別添5-2 「代替淡水源を監視するための設備の耐震性についての計算書」及びVI-2-別添5-3 「代替淡水源を監視するための設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

b. 現場による目視確認（構内監視カメラ以外の確認）

発電所構内の降雨状況により警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化するが、通常時及び重大事故等発生時共に、定期的な現場パトロールを行い、土石流発生状況を確認する。

可搬型設備の運転状況確認や、可搬型設備への定期的な燃料補給作業を実施するため、現場作業員による目視確認により、土石流発生状況を確認する。

c. 事象発生確認後の連絡体制

土石流が発生するおそれがある状況においては、既に警戒体制を構築し監視強化を行っており、発電所構内の施設状況を適宜連絡することとしていることから、土石流発生を確認した後、遅滞なく、緊急時対策本部において、海水注水切替えの決定・実施を判断可能である。

(5) 土石流の影響を受けない参集ルート

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートは、通常の一矢入口及び本谷入口を通過するルートに加え迂回ルートを確認している。

一矢入口及び本谷入口を通過するルートは、発電所構内の土石流危険区域の範囲内に含まれているため、土石流の影響を受けて通行できないおそれがあるが、土石流の影響を受けるおそれのない迂回ルート（宇中入口、宇中谷入口、内カネ谷入口）により、発電所構内に参集する。

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートを、図 14-4 に示す。

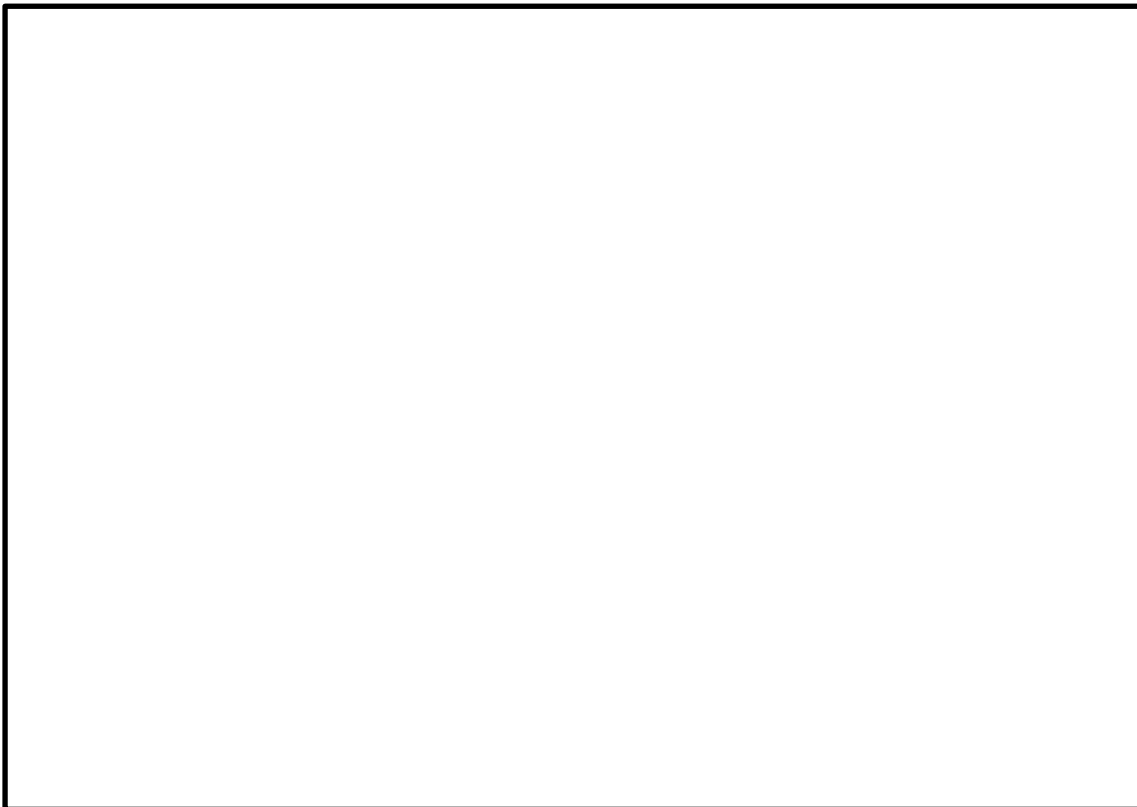


図 14-4 発電所敷地外から発電所構内への参集ルート及び緊急時対策所へのアクセスルート

## 15. 主要変圧器の火災発生防止対策について

### (1) 概要

アクセスルートに影響を与えるおそれのある被害要因のうち、周辺タンク等の損壊に伴う被害事象としている可燃物施設の損壊による通行性への影響評価結果における主要変圧器の火災発生防止対策について説明する。

### (2) 火災発生防止対策について

地盤の沈下による相対変位に起因する主要変圧器の損傷及び変圧器内の絶縁油の漏えいに伴う変圧器火災の発生防止対策として、以下の対策を実施している。

- ① 2, 3号機の変圧器\*は、基礎が岩盤又は地盤改良土に設置されていることから地盤の沈下による相対変位は想定されない。
- ② 2, 3号機の変圧器\*には排油溜めが設置されており、各排油溜めは、各変圧器の保有油量の全量を貯留するだけの容量を確保している。防油堤内に漏えいした絶縁油は防油堤地下の排油溜めに流下するため火災発生の可能性は極めて小さい。
- ③ 予備変圧器及び1号機起動変圧器には防油堤が設置されており、漏えいした絶縁油は防油堤内に全量貯留可能である。防油堤の損壊も考えられるが、周囲の地下ダクト内に流下するため火災発生の可能性は極めて小さい。  
また、予備変圧器及び1号機起動変圧器は、絶縁母線フレキシブル導体部の絶縁処理による火災の発生防止対策を実施している。
- ④ 変圧器にはそれぞれ水噴霧消火設備又は消火栓が設置されている。水源タンクや消火ポンプの損傷により消火ができない場合は、自衛消防隊による消火活動を実施し、被害の拡大を防止する。また、各変圧器は保護継電器にて保護されており、電気回路故障時の事故拡大防止対策を実施している。

注記\*：2号機主変圧器，2号機所内変圧器，2号機起動変圧器，3号機主変圧器，3号機所内変圧器，3号機補助変圧器



## 16. 屋外タンク等からの溢水影響評価について

### 16.1 溢水伝播挙動評価

地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、保管場所及びアクセスルートの通行性並びに作業実施への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る評価条件を保守的に設定した上で、溢水伝播挙動評価を実施している。

溢水伝播挙動評価の詳細については、「NS2-補-015 工事計画に係る補足説明資料（発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書）」にて示す。

#### (1) 評価の条件

- ・輪谷貯水槽（東1／東2）は基準地震動  $S_s$  によって生じるスロッシングによる溢水量（時刻歴）を模擬する。
- ・2号機復水貯蔵タンク、2号機補助復水貯蔵タンク及び2号機トラス水受入タンクからの溢水は、タンクに接続されているすべての配管の完全全周破断を想定した溢水量（時刻歴）を模擬する。
- ・その他溢水源となるタンクは、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。
- ・3号機ろ過水タンク、3号機純水タンク及び消火用水タンクから第4保管エリアまでの伝播経路上の高さ2m程度の壁（防波壁設置前に設置した防水壁）は評価モデルに考慮しない。
- ・構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。
- ・掘削箇所への溢水の流入については、溢水が流入することによって浸水深は低くなるため考慮しない。
- ・評価点は、保管場所及びアクセスルートの通行性並びに作業実施への影響を確認する観点から、これらの代表箇所を選定する。

#### (2) 評価結果

溢水伝播挙動評価による評価の結果として得られた溢水伝播挙動を図16-1に示す。また、浸水深の時系列データの抽出地点を図16-2に、抽出地点毎の浸水深の時系列データを図16-3～図16-12に示す。

##### a. 2号機への影響について

評価の結果、2号機原子炉建物南側の可搬型設備接続口付近（図16-3 地点①）では、タンクからの溢水後、最大で約13cmの浸水深となること、また、同建物西側の可搬型設備接続口付近（図16-4 地点②）では、最大で約15cmの浸水深となることから、徒歩可能な浸水深30cm以下\*1及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深22cm（可搬型設備の機関排気口高さの最低値）以下となり、作業実施に影響はない。

##### b. 保管場所への影響について

第1～3保管エリアについては、最大浸水深が約0cmであり、可搬型設備の機関排気口高さより低いため、可搬型設備に影響はない。

第4保管エリアについては、可搬型設備の機関排気口高さの最低値22cmに対し、最大浸水深が約20cmであり、可搬型設備の機関排気口高さより低いため、可搬型設備に影響はない。機関排気口高さは、最大浸水深に対し余裕が小さいが、最大浸水深となる溢水は、第4保管エリア近傍にある大型タンク（3号機ろ過水タンク、3号機純水タンク及び消火用水タンク）からの溢水の影響が支配的であるため、「16.1(1) 評価の条件」に示す条件を踏まえると以下のとおり溢水影響軽減効果を考慮していないことから実現象における溢水水位は、溢水伝播挙動評価の最大浸水深よりも低くなると考えられる。第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動を図16-13に示す。

- ・大型タンク（3号機ろ過水タンク、3号機純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない2m程度の壁がある。実現象においてこの壁は、溢水の伝播を阻害する。なお、当該壁が損壊することを想定した場合においても、がれきにより溢水の伝播を阻害する。
- ・大型タンク（3号機ろ過水タンク、3号機純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない敷地内に設けられた排水路がある。実現象においてタンクからの溢水は、この排水路を通じて北側の排水設備へ向けて流下する。

#### c. 作業の成立性

屋外タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、最大約65cmの浸水深となるルート上（図16-9 地点⑦）であっても敷地形状により管理事務所東側道路からEL約8.5mエリアへ向けて流下するため、事象発生10分以降の最大浸水深は約19cmとなり、徒歩可能な浸水深30cm以下\*1及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深22cm（可搬型設備の機関排気口高さの最低値）以下となることから、アクセスルートの通行性への影響はない。

EL約8.5mエリア上の2号機取水槽北側アクセスルート（海水取水箇所周辺）（図16-11 地点⑨）及び8.5m盤アクセスルート（図16-12 地点⑩）での最大浸水深は各々約24cm、約35cmとなり、徒歩可能な浸水深30cm以下及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深22cm（可搬型設備の機関排気口高さの最低値）を一時的に超えるが、事故対応時には、水位低下後に要員及び可搬型設備が通行するため、アクセスルートの通行性への影響はない\*2。

可搬型設備接続口付近を含むその他の抽出地点においては常に可搬型設備がアクセス可能な浸水深であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。

なお、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生が想定されるが、迂回又は重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はない。また、溢水流路に人員が

いる場合も想定されるが、安全を最優先し、溢水流路から待避することにより、人身への影響はない。さらに、2号機復水貯蔵タンク等からの溢水による放射線被ばくが想定されるが、被ばく線量は $4.7 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ 程度であり、緊急時の被ばく線量限度(100mSv)に対し十分な作業時間を確保できることからアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。(別紙1参照)

屋外タンクからの溢水による保管場所及びアクセスルート並びに作業実施に対する影響評価結果まとめを表16-1に示す。

また、設置変更許可申請時の溢水伝播挙動評価と工事計画認可申請(補正)時の溢水伝播挙動評価(設工認評価)の比較について参考資料に示す。

注記\*1: 徒歩可能な浸水深は、建物の浸水時における歩行可能な水深が、「地下空間における浸水対策ガイドライン(平成14年3月28日国土交通省)」において、歩行困難水深及び水圧でドアが開かなくなる水深から30cm以下と設定されていることより、屋外においても同値と設定

注記\*2: 地点⑨及び地点⑩の通行は、緊急時対策所を起点として要員が徒歩で保管場所(第3及び第4保管エリア)に移動後の通行を想定しており、表16-2に示すとおり要員及び車両が通行するのは事象発生約50分(地震発生後の状況判断等の時間を含む)後となる。表16-2、図16-11及び図16-12より、要員及び可搬型設備が通行する時間において、屋外タンク等の溢水伝播による当該地点の浸水深の結果が最も厳しくなるのは約50分後に通行する大量送水車であるが、地点⑨及び地点⑩における事象発生50分以降の最大浸水深は各々約16cm、約15cmとなり、徒歩可能な浸水深30cm以下及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深22cm(可搬型設備の機関排気口高さの最低値)以下であるため、アクセスルートの通行性への影響はない。

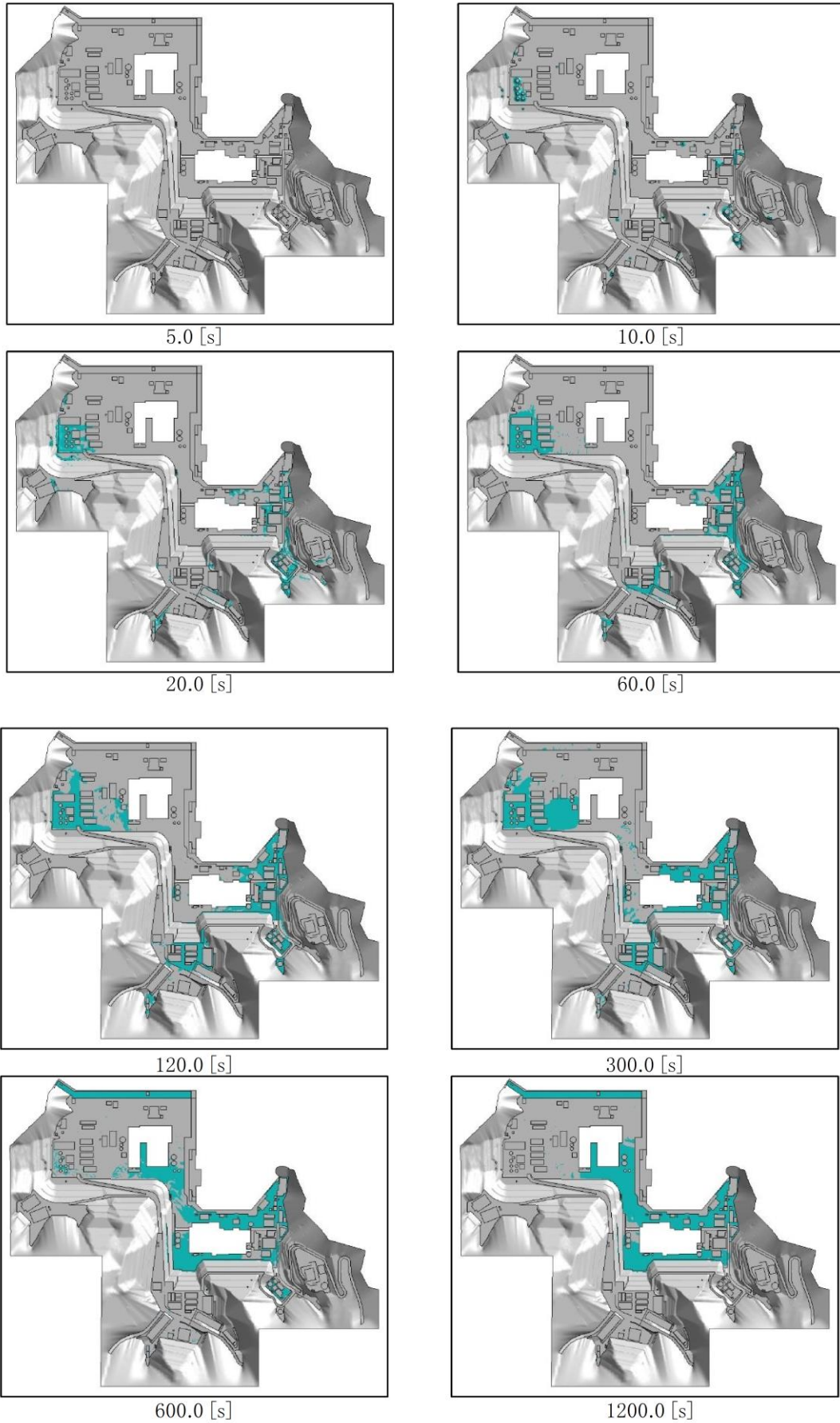
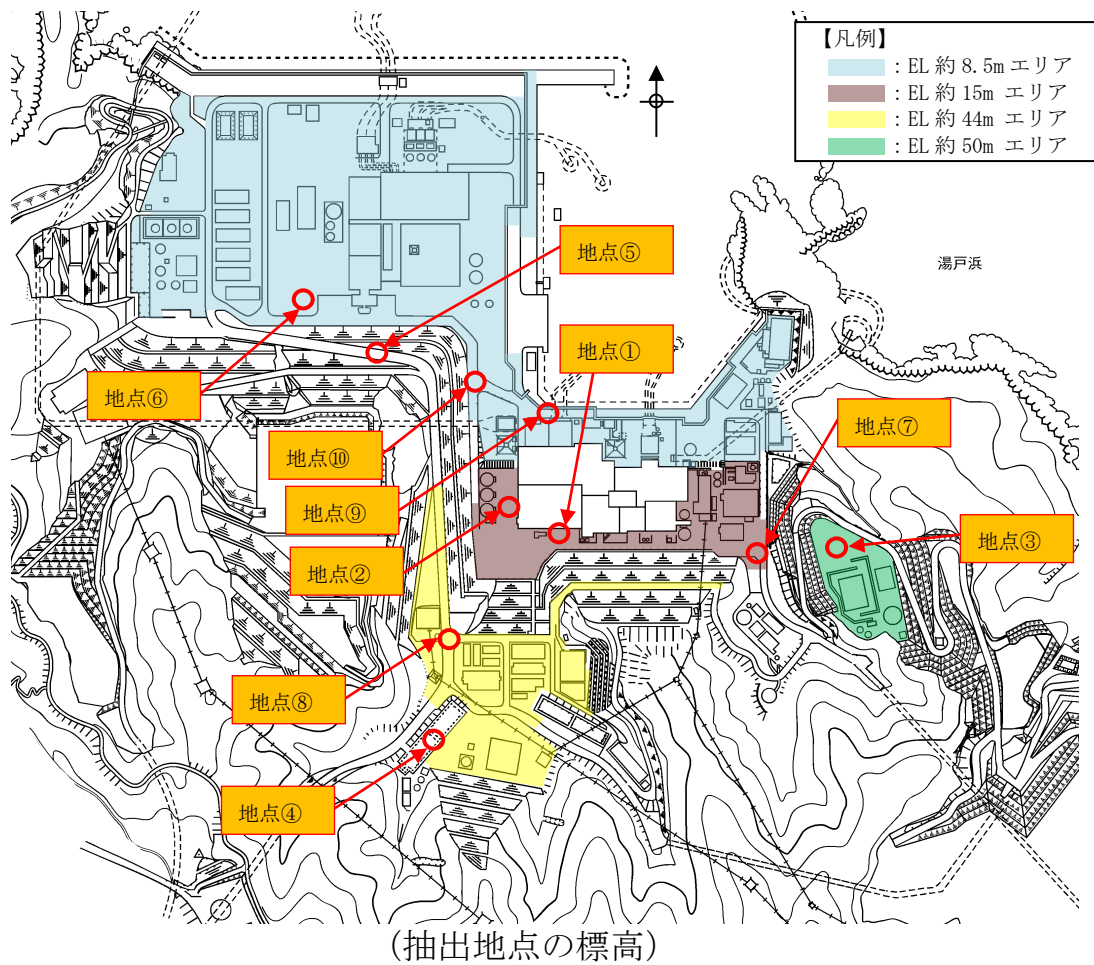


図 16-1 屋外タンクの溢水伝播挙動



抽出地点		標高
地点①	2号機原子炉建物南側接続口周辺	EL 約 15m
地点②	2号機原子炉建物西側接続口周辺	EL 約 15m
地点③	第1保管エリア	EL 約 50m
地点④	第2保管エリア	EL 約 53.3m
地点⑤	第3保管エリア	EL 約 31m
地点⑥	第4保管エリア	EL 約 8.5m
地点⑦	15m 盤アクセスルート	EL 約 15m
地点⑧	44m 盤アクセスルート	EL 約 44m
地点⑨	2号機取水槽北側アクセスルート (海水取水箇所周辺)	EL 約 8.5m
地点⑩	8.5m 盤アクセスルート	EL 約 8.5m

図 16-2 浸水深の時系列データの抽出地点

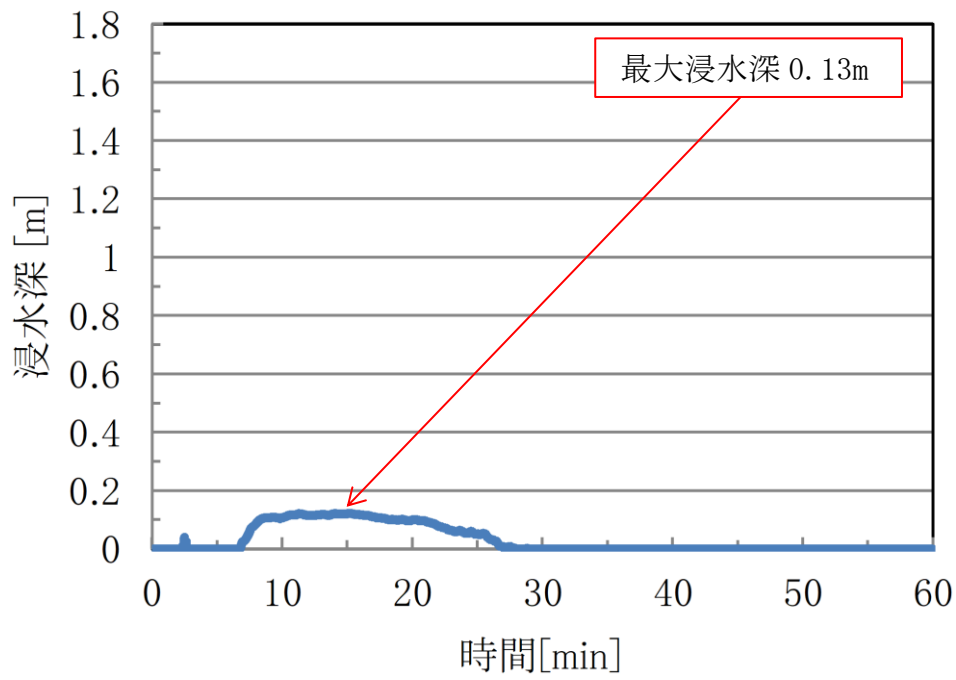


図 16-3 浸水深の時系列データ (地点①)

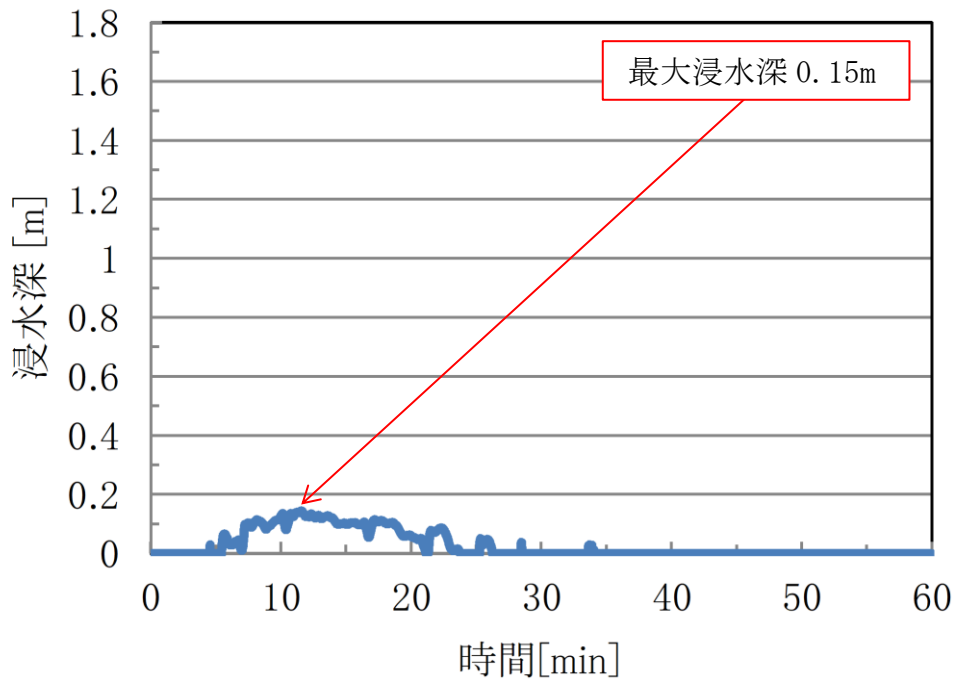


図 16-4 浸水深の時系列データ (地点②)

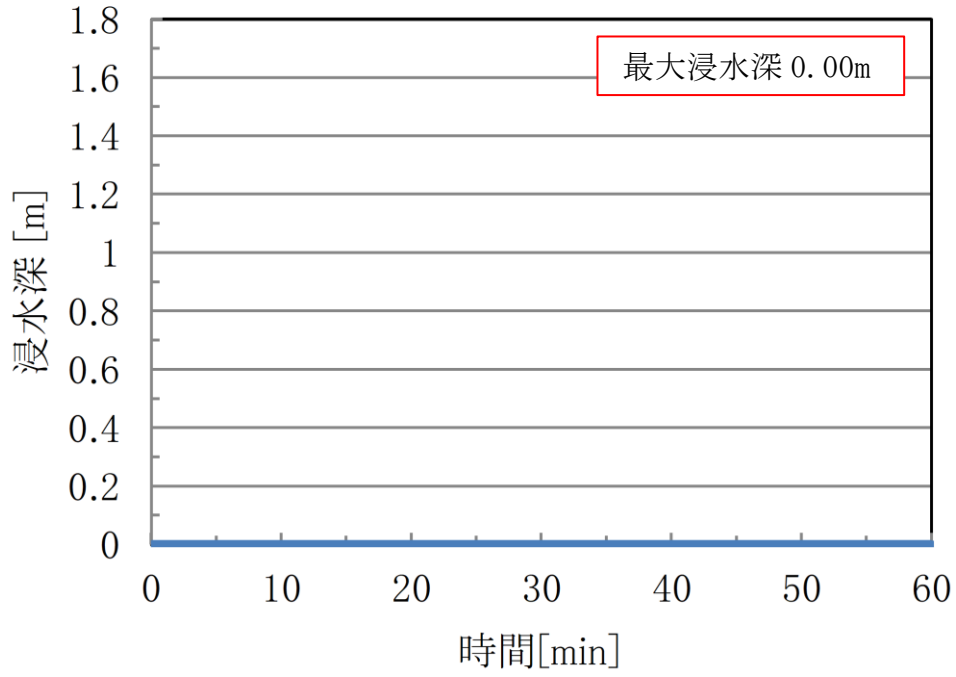


図 16-5 浸水深の時系列データ (地点③)

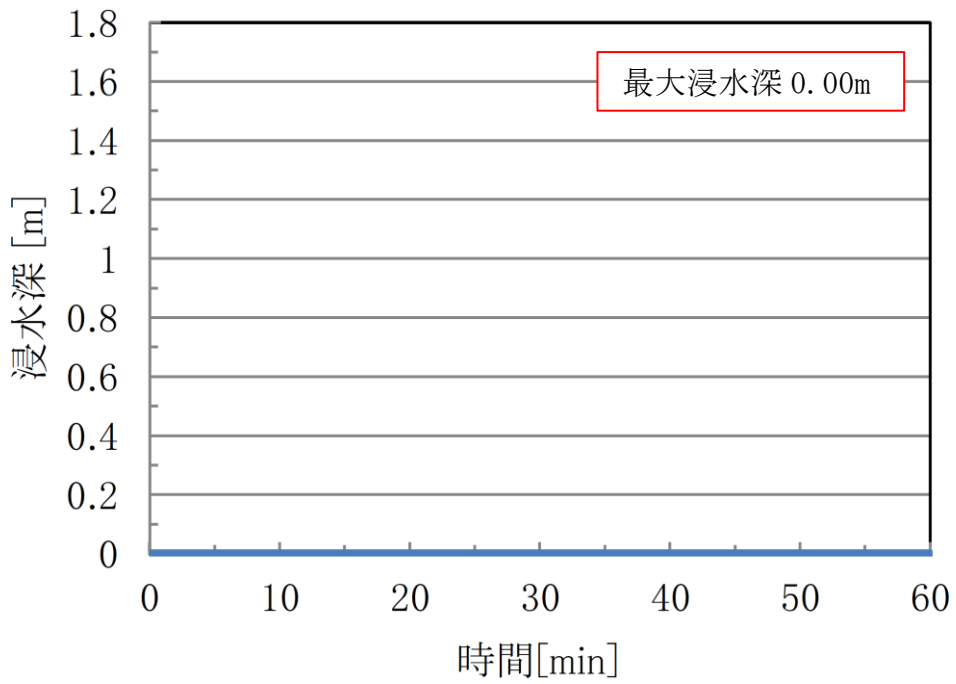


図 16-6 浸水深の時系列データ (地点④)

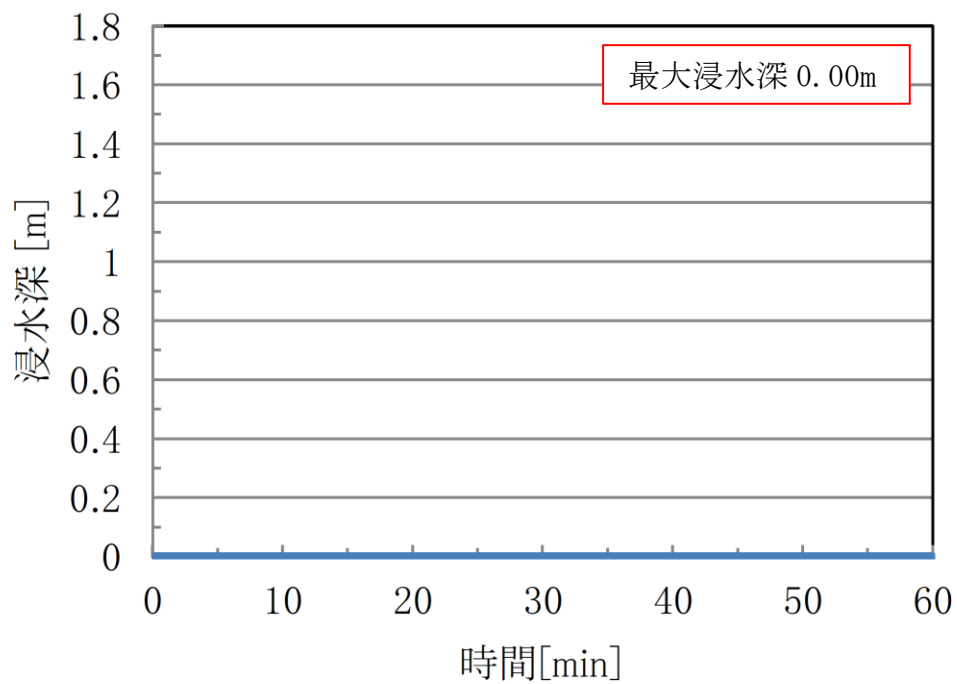


図 16-7 浸水深の時系列データ (地点⑤)

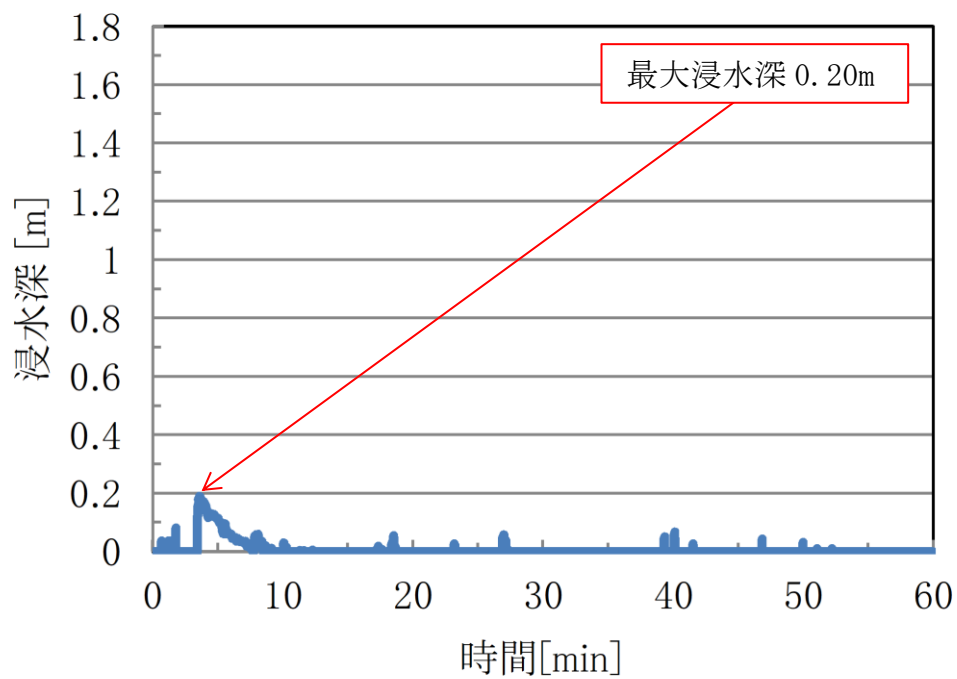


図 16-8 浸水深の時系列データ (地点⑥)



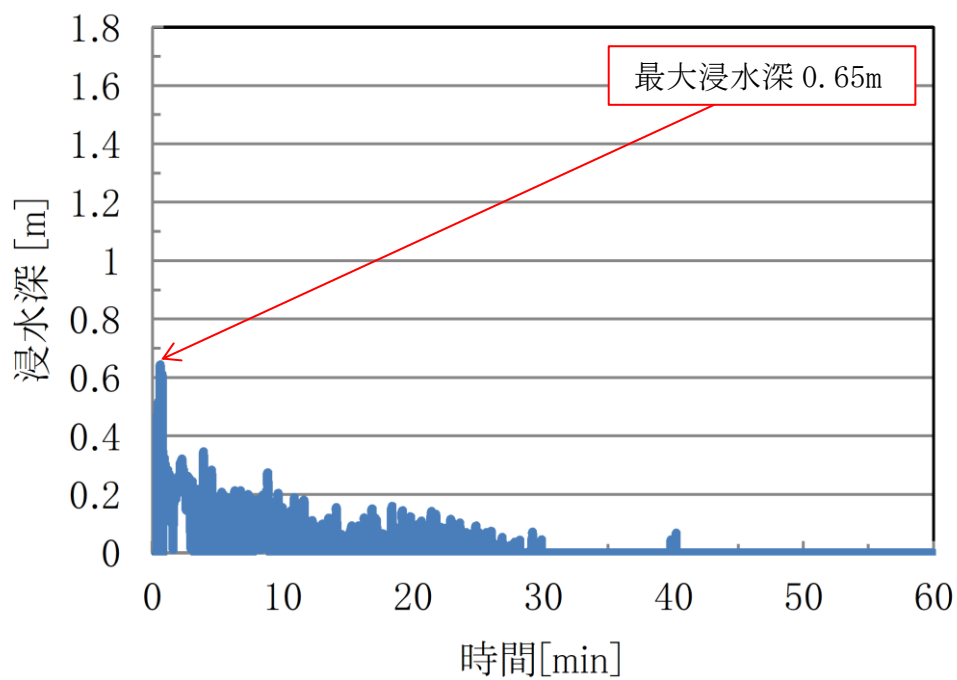


図 16-9 浸水深の時系列データ (地点⑦)

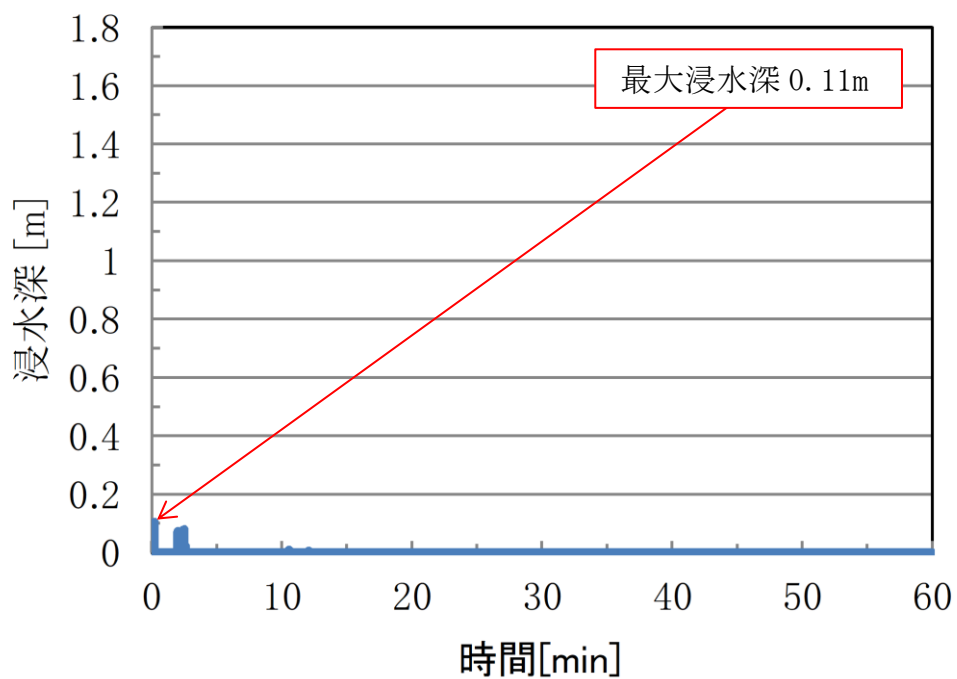


図 16-10 浸水深の時系列データ (地点⑧)

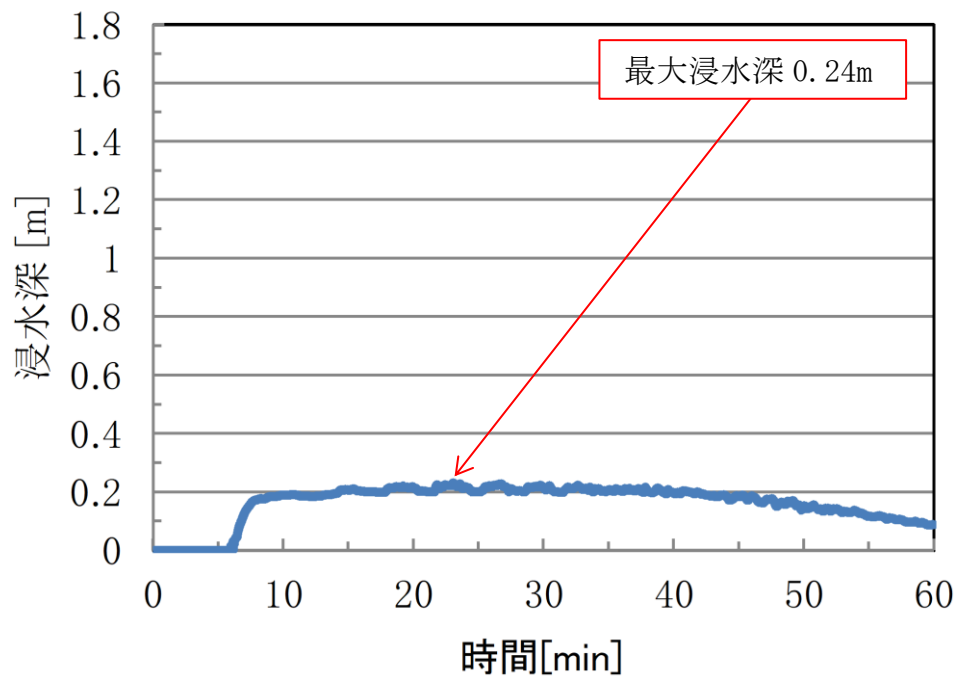


図 16-11 浸水深の時系列データ (地点⑨)

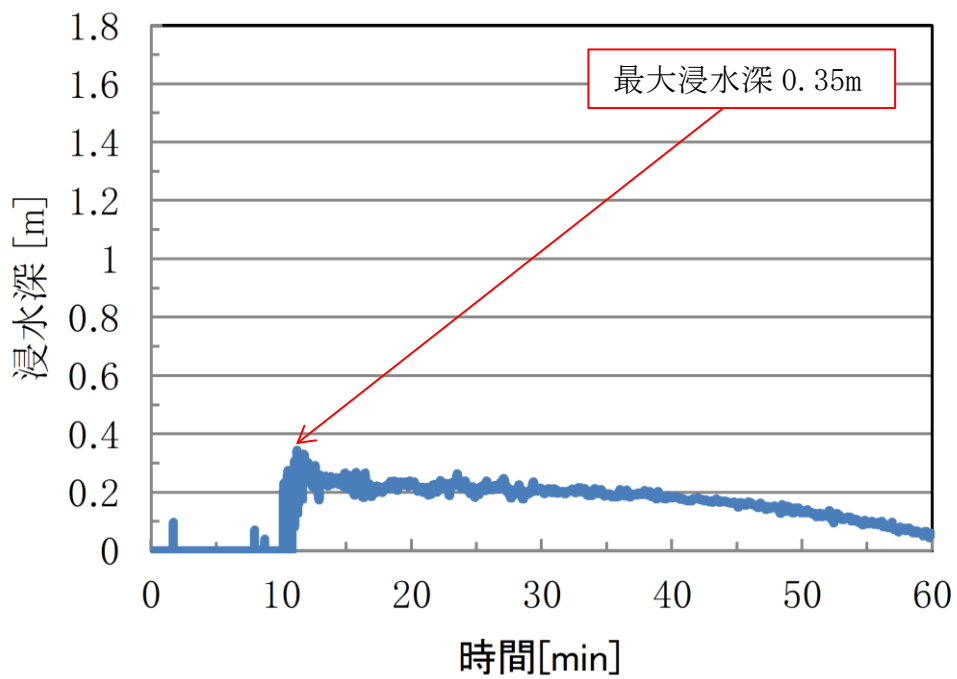


図 16-12 浸水深の時系列データ (地点⑩)



図 16-13 第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動

表 16-1 保管場所及びアクセスルートに対する影響評価結果まとめ(1/2)

抽出地点		標高	影響評価結果*
地点① (図 16-3)	2号機原子炉建物 南側接続口周辺	EL 約 15m	最大浸水深は約 13cm となり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、作業実施に影響はない。
地点② (図 16-4)	2号機原子炉建物 西側接続口周辺	EL 約 15m	最大浸水深は約 15cm となり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、作業実施に影響はない。
地点③ (図 16-5)	第 1 保管エリア	EL 約 50m	エリア内の最大浸水深は約 0cm となり、可搬型設備の機関排気口高さより低く、可搬型設備に影響はない。
地点④ (図 16-6)	第 2 保管エリア	EL 約 53.3m	密閉式貯水槽上部であり、周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約 0cm となり、可搬型設備の機関排気口高さより低く、可搬型設備に影響はない。
地点⑤ (図 16-7)	第 3 保管エリア	EL 約 31m	周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約 0cm となり、可搬型設備の機関排気口高さより低く、可搬型設備に影響はない。
地点⑥ (図 16-8)	第 4 保管エリア	EL 約 8.5m	エリア内の最大浸水深は約 20cm となり、可搬型設備の機関排気口高さより低く、可搬型設備に影響はない。
地点⑦ (図 16-9)	15m 盤 アクセスルート	EL 約 15m	最大浸水深は約 65cm となるが、敷地形状により管理事務所東側道路から EL 約 8.5m エリアへ向けて流下するため、事象発生 10 分以降の最大浸水深は約 19cm であり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。
地点⑧ (図 16-10)	44m 盤 アクセスルート	EL 約 44m	最大浸水深は約 11cm となり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。

表 16-1 保管場所及びアクセスルートに対する影響評価結果まとめ(2/2)

抽出地点		標高	影響評価結果*
地点⑨ (図 16-11)	2号機取水槽北側 アクセスルート (海水取水箇所周辺)	EL 約 8.5m	最大浸水深は約 24cm となり、可搬型設備がアクセス可能な浸水深を一時的に超えるが、可搬型設備が通過する事象発生 50 分以降の最大浸水深は約 16cm であり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。
地点⑩ (図 16-12)	8.5m 盤 アクセスルート	EL 約 8.5m	最大浸水深は約 35cm となり、可搬型設備がアクセス可能な浸水深を一時的に超えるが、可搬型設備が通過する事象発生 50 分以降の最大浸水深は約 15cm であり、徒歩及び可搬型設備がアクセス可能な浸水深以下となることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。

注記\*：可搬型設備がアクセス可能な浸水深は、可搬型設備の機関排気口高さの最低値 22cm 以下と設定している。

徒歩可能な浸水深は、建物の浸水時における歩行可能な水深が、「地下空間における浸水対策ガイドライン（平成 14 年 3 月 28 日 国土交通省）」において、歩行困難水深及び水圧でドアが開かなくなる水深から 30cm 以下と設定されていることより、屋外においても同値と設定している。

表 16-2 可搬型重大事故等対処設備の機関吸気口高さ，機関排気口高さ  
及び地下水の浸水想定範囲通過時間

設備名	機関吸気口 高さ*1(cm)	機関排気口 高さ*1(cm)	地点⑨及び地点⑩ の通過時間
高圧発電機車	113	22	約65分後
大量送水車	95	25	約 50 分後
移動式代替熱交換設備	223	25	約 65 分後
可搬式窒素供給装置	212	27	約 11 時間後
大型送水ポンプ車	211	30	約 65 分後
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	90	24	約 15 時間後
タンクローリ	76	25	約 60 分後
ホイールローダ	45*2		約 65 分後

注記\*1：機関吸気口高さ及び機関排気口高さは地上面からの測定結果（実測値）

同一可搬型設備名で複数の車種がある場合には最低値を記載

\*2：ホイールローダについては，最低地上高さを記載（実測値）

## 放射性物質内包水が溢水した場合の線量影響評価

2号機の復水貯蔵タンク、補助復水貯蔵タンク及びトーラス水受入タンク（以下「復水貯蔵タンク等」という）から放射性物質内包水が溢水した場合の線量影響は、復水貯蔵タンク等のタンク水の放射能濃度及び溢水伝播挙動評価の浸水深に、「External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and soil FGR-12 EPA-402-R-93-081. (1993) Table III. 3」に記載されている地表面濃度から実効線量率への換算係数を乗じることで評価する。

復水貯蔵タンク等のタンク水の放射能濃度及び溢水伝播挙動評価の浸水深を表1に示すとおり設定した場合の線量影響は  $4.7 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$  程度となる。

$$H_g = C_w \cdot D_w \cdot K_g \cdot 3600 \cdot 1000$$

ここで、

$H_g$  : 実効線量率 (mSv/h)

$C_w$  : 復水貯蔵タンク等のタンク水の放射能濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$D_w$  : 水深 (m)

$K_g$  : 換算係数 (Sv/(Bq · s /m<sup>2</sup>))

表1 復水貯蔵タンク等からの放射性物質を内包する溢水の線量影響評価条件

項目	評価条件	選定理由
$C_w$ 復水貯蔵タンク等の タンク水の放射能濃度	<input type="text"/> Bq/m <sup>3</sup>	復水貯蔵タンク水及び補助復水貯蔵タンク水の放射能濃度の管理値（上限値）を設定 トーラス水受入タンク水は管理値がないことから、過去の水質データが <input type="text"/> Bq/m <sup>3</sup> より小さいことを確認
$D_w$ 水深	0.15m	復水貯蔵タンク等からの溢水は敷地に広がり、放射性物質内包水を含まない屋外タンクからの溢水と混合することで放射能濃度は低下するため、復水貯蔵タンク等近傍の抽出地点における溢水伝播挙動評価に基づく浸水深を選定
$K_g$ 換算係数	$2.35 \times 10^{-15} \text{Sv}/(\text{Bq} \cdot \text{s}/\text{m}^2)$	主要放射性核種を Co-60 とし、換算係数を「External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and soil FGR-12 EPA-402-R-93-081. (1993) Table III. 3」から選定

屋外のアクセスルートの影響評価のうち  
屋外タンク等からの溢水評価における溢水伝播挙動評価の比較

1. はじめに

屋外のアクセスルートの影響評価のうち、屋外タンク等からの溢水評価における溢水伝播挙動評価について、工事計画認可申請（補正）時の評価（以下「工認評価」という。）では、設置変更許可申請時の評価（以下「設置許可評価」という。）から2号機の復水貯蔵タンク、補助復水貯蔵タンク及びトールス水受入タンク（以下「復水貯蔵タンク等」という。）を溢水水源として追加する等の変更を行ったことから、設置許可評価と工認評価を比較し、工認評価の結果について考察する。

2. 設置許可評価と工認評価の溢水伝播挙動評価条件の違い

2.1 溢水源とする屋外タンク

復水貯蔵タンク等を溢水源として追加した。復水貯蔵タンク等のモデル化位置を図1に示す。

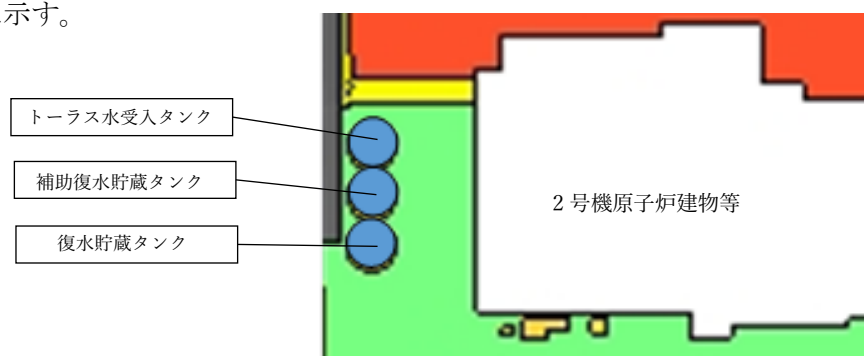


図1 復水貯蔵タンク等のモデル化位置

2.2 溢水源のモデル化

設置許可評価では輪谷貯水槽（東側）及び沈砂池は天端位置（EL49.8m）を下端としてモデル化していたが、工認評価では輪谷貯水槽（東側）のモデル化位置を44m盤に下げ、現実に則したモデルに変更した\*。輪谷貯水槽（東側）のモデル化位置を図2に示す。なお、沈砂池のモデルに変更はない。

注記\*：屋外タンク等からの土石流による溢水評価に合わせモデルを見直したもの。

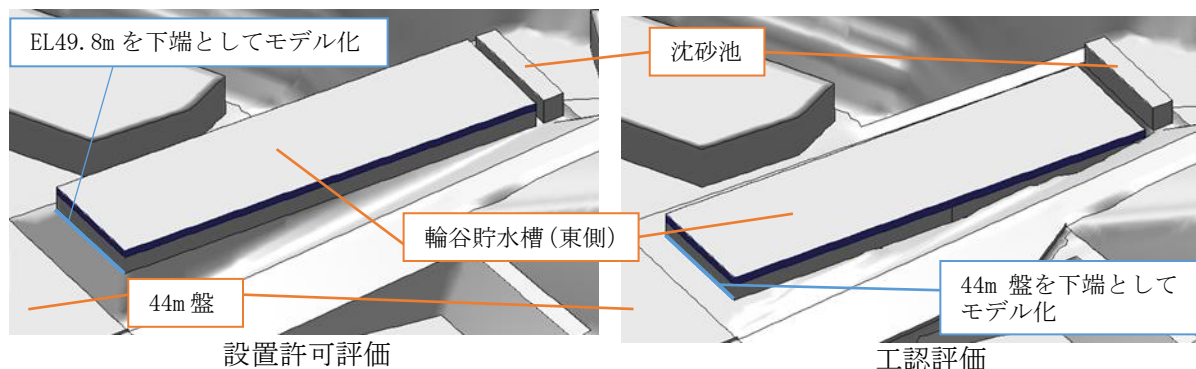


図2 輪谷貯水槽（東側）のモデル化位置



## 2.3 敷地形状

### (1) 原子炉建物大物搬入口

設置許可評価では原子炉建物大物搬入口を原子炉建物西側外壁からの突出部としてモデル化していたが、工認評価では実態に合わせ突出部を削除したモデルに変更した。原子炉建物大物搬入口のモデルを図3に示す。

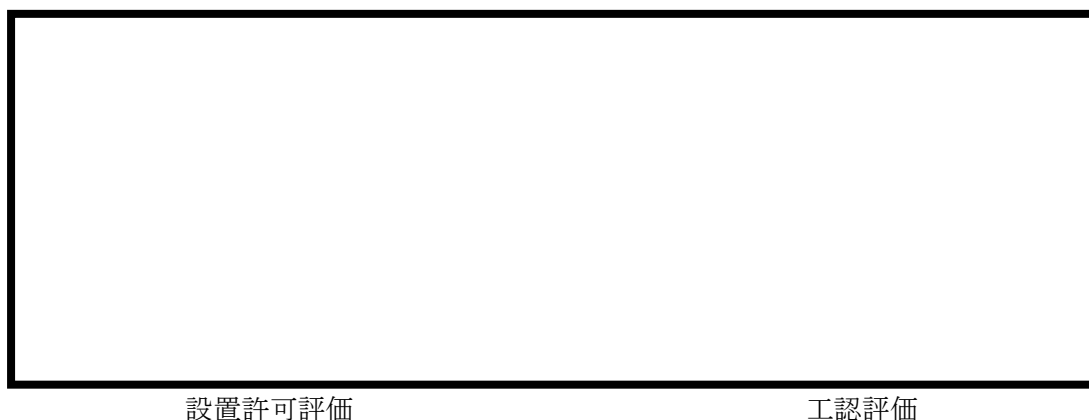


図3 原子炉建物大物搬入口のモデル

### (2) コンクリートブロック

設置許可評価では、ガスタービン発電機建物付近に存在するコンクリートブロックが一部モデルに反映されていなかったため、工認評価では未反映のコンクリートブロックのモデル化をした。コンクリートブロックのモデルを図4に示す。

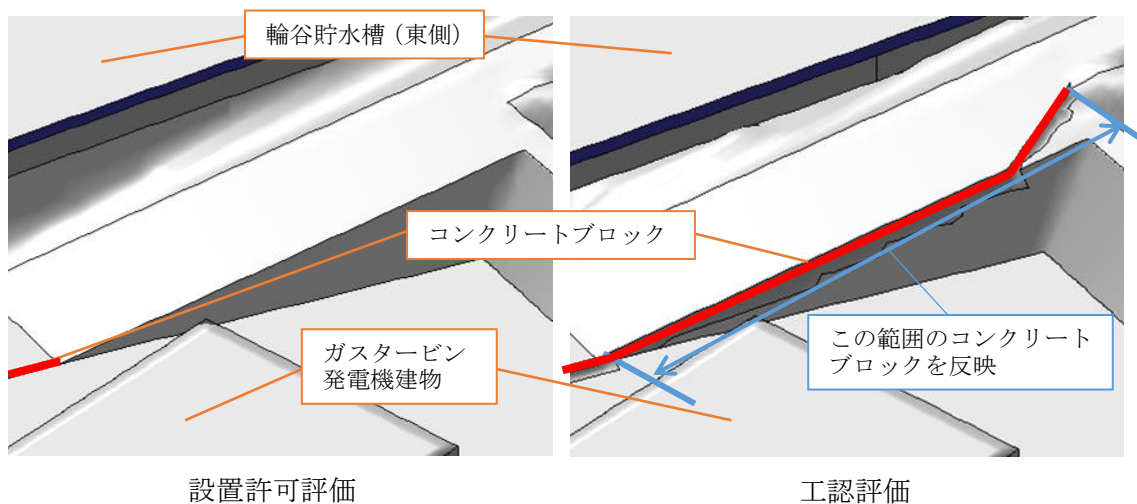


図4 コンクリートブロックのモデル

## 2.4 解析の時間刻み

時間刻みは 0.1 秒を基本に解析を実施しているが、流体解析時の発散を防止するために、時間刻みを変更（小さく）する必要がある。工認評価では設置許可評価に比べて全体的に時間刻みを小さくした。設置許可評価と工認評価の時間刻みについて表 1 に示す。

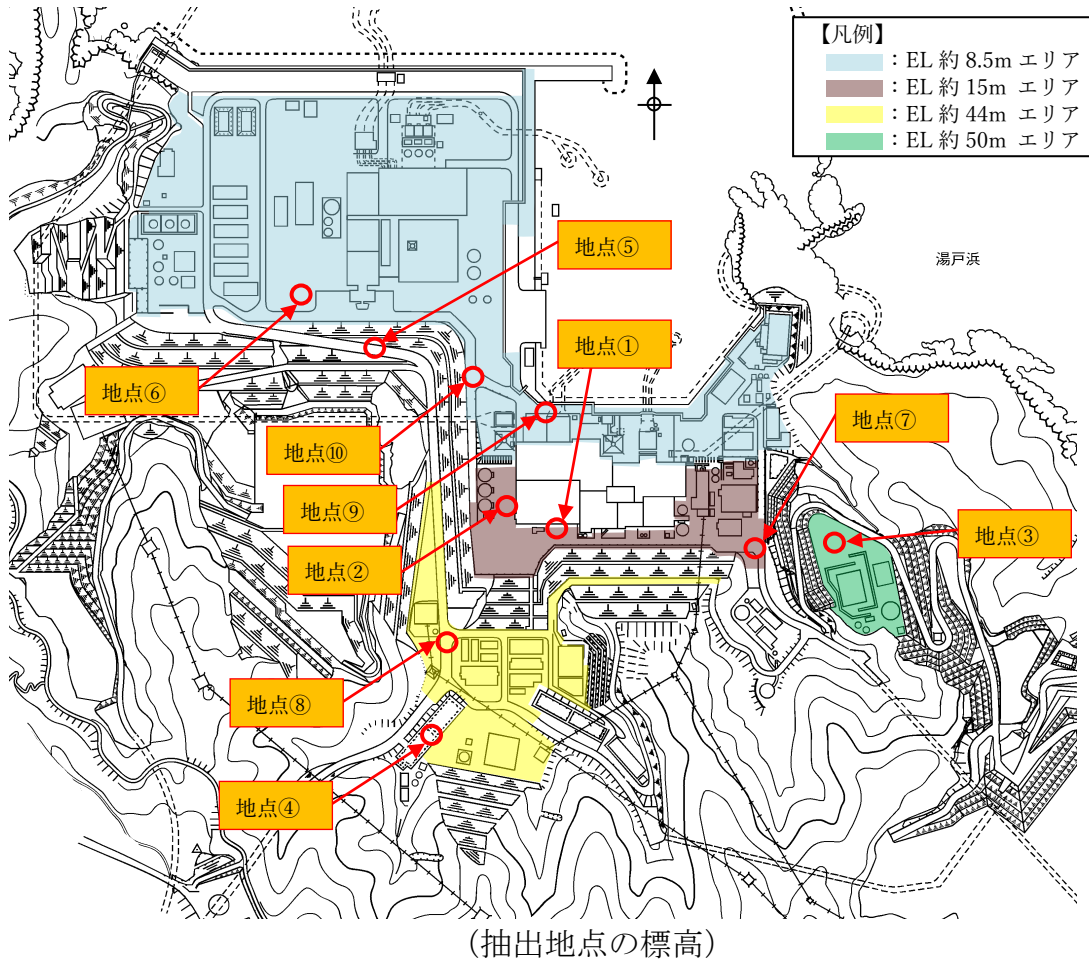
表 1 設置許可評価と工認評価の時間刻み

設置許可評価			工認評価		
時間範囲 (s)		時間刻み (s)	時間範囲 (s)		時間刻み (s)
0	20	0.1	0	2200	0.05
20	25	0.01	2200	3130	0.1
25	3600	0.1	3130	3600	0.05

### 3. 結果比較

#### 3.1 最大浸水深及び浸水深の時系列データの抽出地点

最大浸水深及び浸水深の時系列データの抽出地点を図5に示す。



抽出地点		標高
地点①	2号機原子炉建物南側接続口周辺	EL 約 15m
地点②	2号機原子炉建物西側接続口周辺	EL 約 15m
地点③	第1保管エリア	EL 約 50m
地点④	第2保管エリア	EL 約 53.3m
地点⑤	第3保管エリア	EL 約 31m
地点⑥	第4保管エリア	EL 約 8.5m
地点⑦	15m 盤アクセスルート	EL 約 15m
地点⑧	44m 盤アクセスルート	EL 約 44m
地点⑨	2号機取水槽北側アクセスルート (海水取水箇所周辺)	EL 約 8.5m
地点⑩	8.5m 盤アクセスルート	EL 約 8.5m

図5 最大浸水深及び浸水深の時系列データの抽出地点

### 3.2 最大浸水深の比較

設置許可評価と工認評価の最大浸水深の比較を表2に示す。地点①、⑥、⑦、⑧は設置許可評価から最大浸水深が低下した。

表2 最大浸水深の比較

抽出地点	標高	最大浸水深 (m)		設置許可評価から最大浸水深が低下した地点*	
		工認評価	設置許可評価		
地点①	2号機原子炉建物南側接続口周辺	EL 約 15m	0.13	0.18	○
地点②	2号機原子炉建物西側接続口周辺	EL 約 15m	0.15	0.00	—
地点③	第1保管エリア	EL 約 50m	0.00	0.00	—
地点④	第2保管エリア	EL 約 53.3m	0.00	0.00	—
地点⑤	第3保管エリア	EL 約 31m	0.00	0.00	—
地点⑥	第4保管エリア	EL 約 8.5m	0.20	0.21	○
地点⑦	15m 盤アクセスルート	EL 約 15m	0.65	0.93	○
地点⑧	44m 盤アクセスルート	EL 約 44m	0.11	0.19	○
地点⑨	2号機取水槽北側アクセスルート (海水取水箇所周辺)	EL 約 8.5m	0.24	0.21	—
地点⑩	8.5m 盤アクセスルート	EL 約 8.5m	0.35	0.19	—

注記\* : 「○」: 設置許可評価から工認評価で最大浸水深が低下した場合

「—」: 設置許可評価から工認評価で最大浸水深が低下していない場合

### 3.3 浸水深の時系列データの比較

浸水深の時系列データの比較を図6に示す。

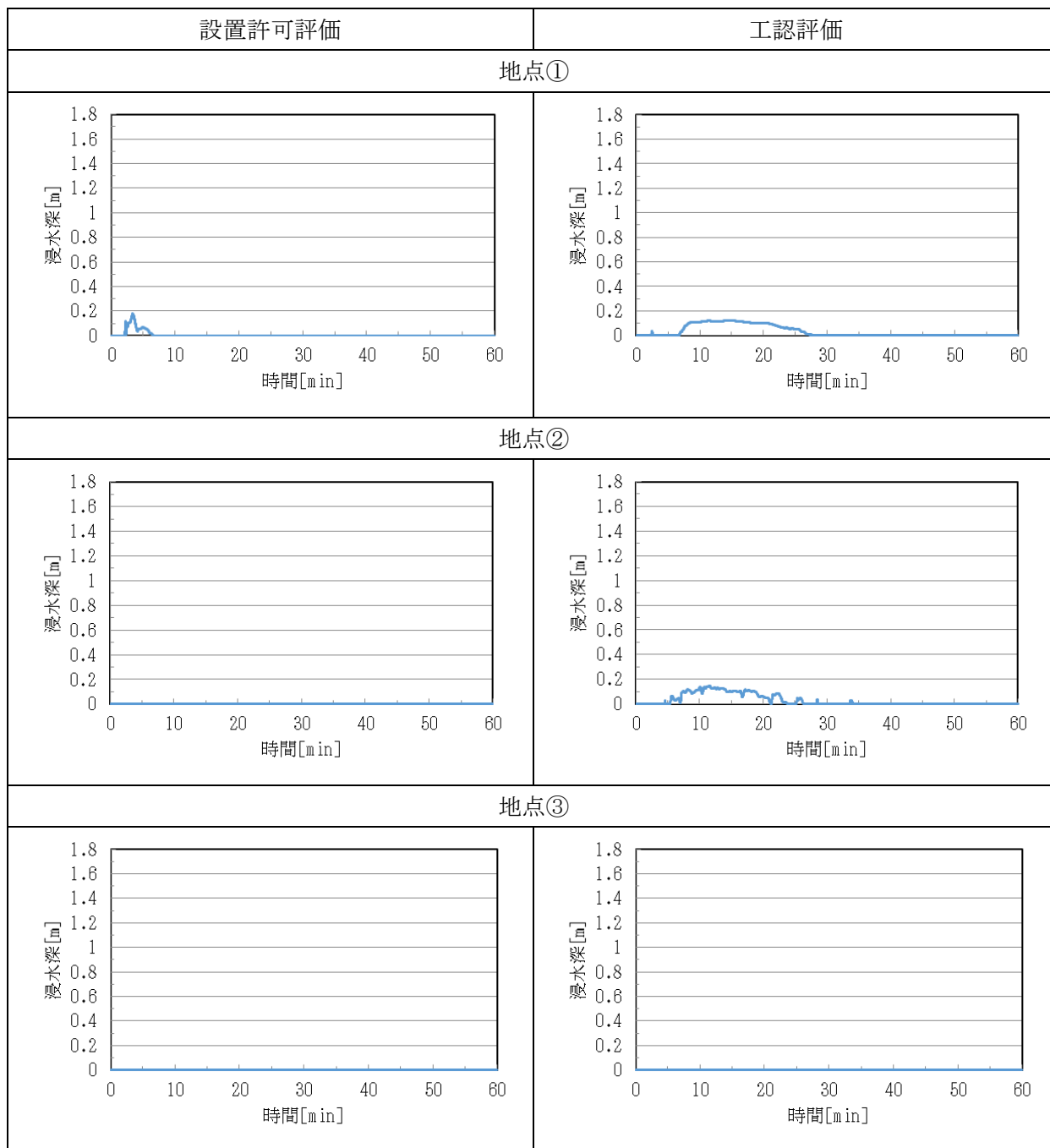


図6 浸水深の時系列データの比較 (その1)

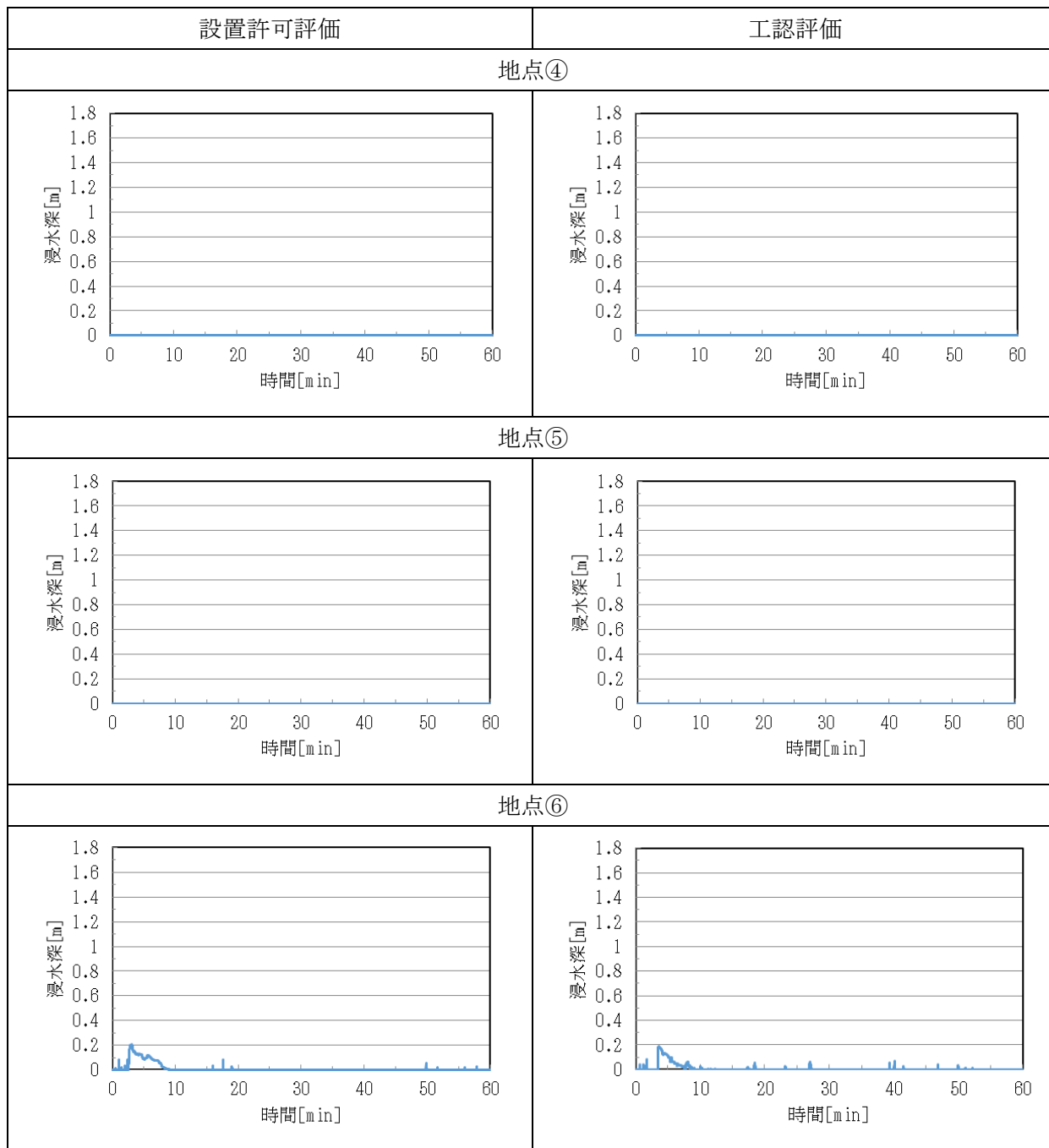


図6 浸水深の時系列データの比較 (その2)

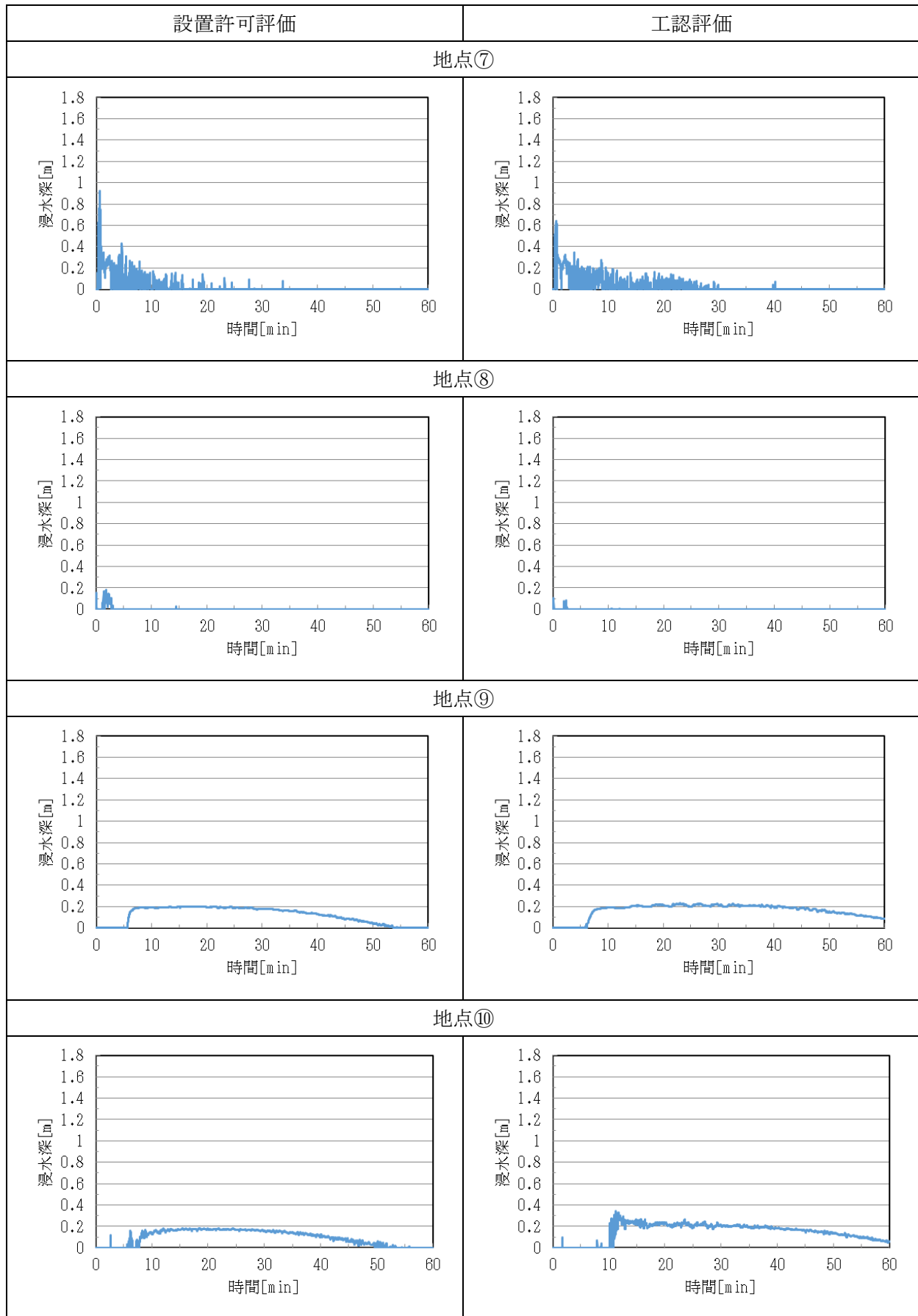


図6 浸水深の時系列データの比較 (その3)

### 3.4 溢水伝播挙動の比較

溢水伝播挙動の比較を図7に示す。

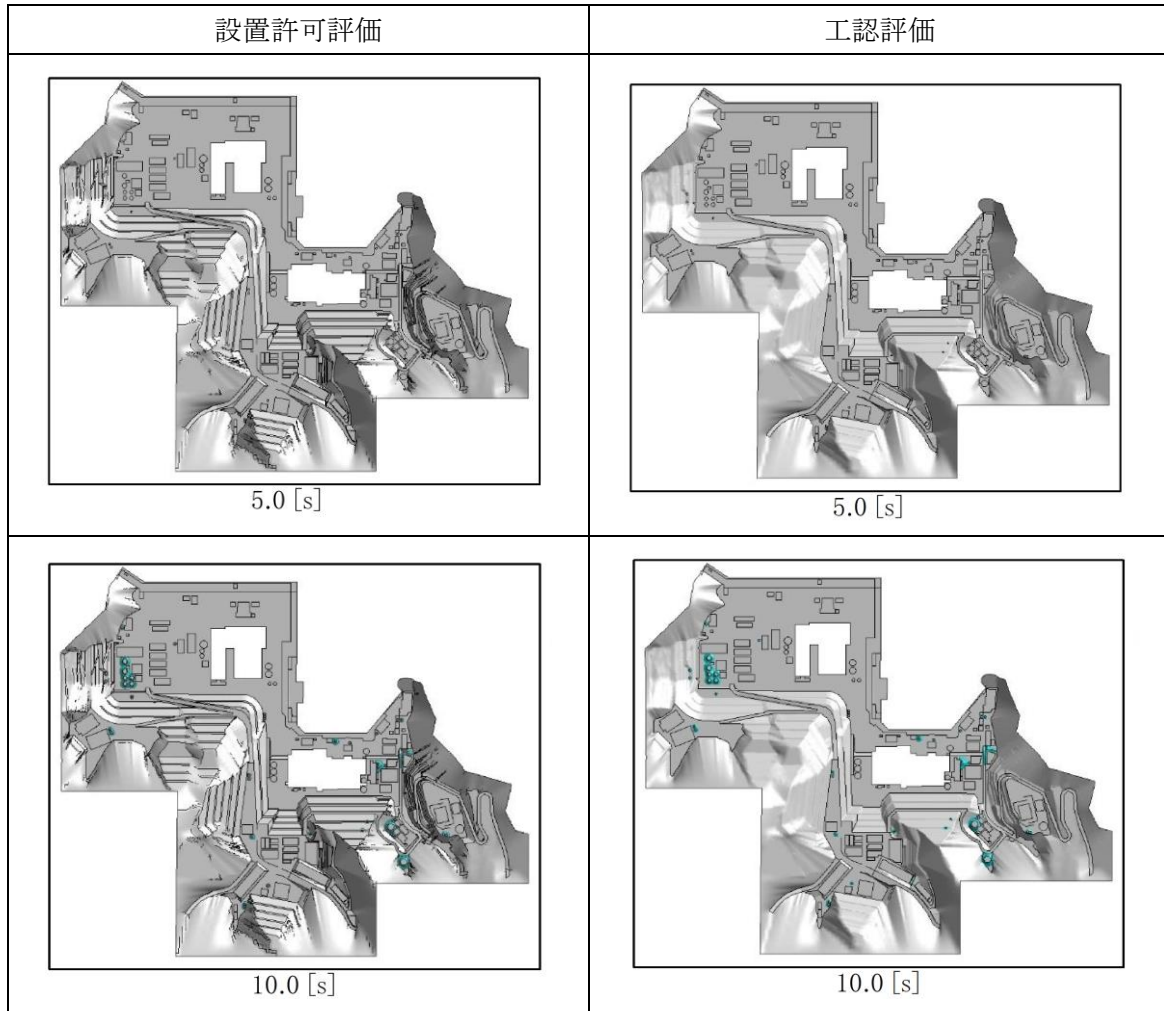


図7 溢水伝播挙動の比較 (その1)



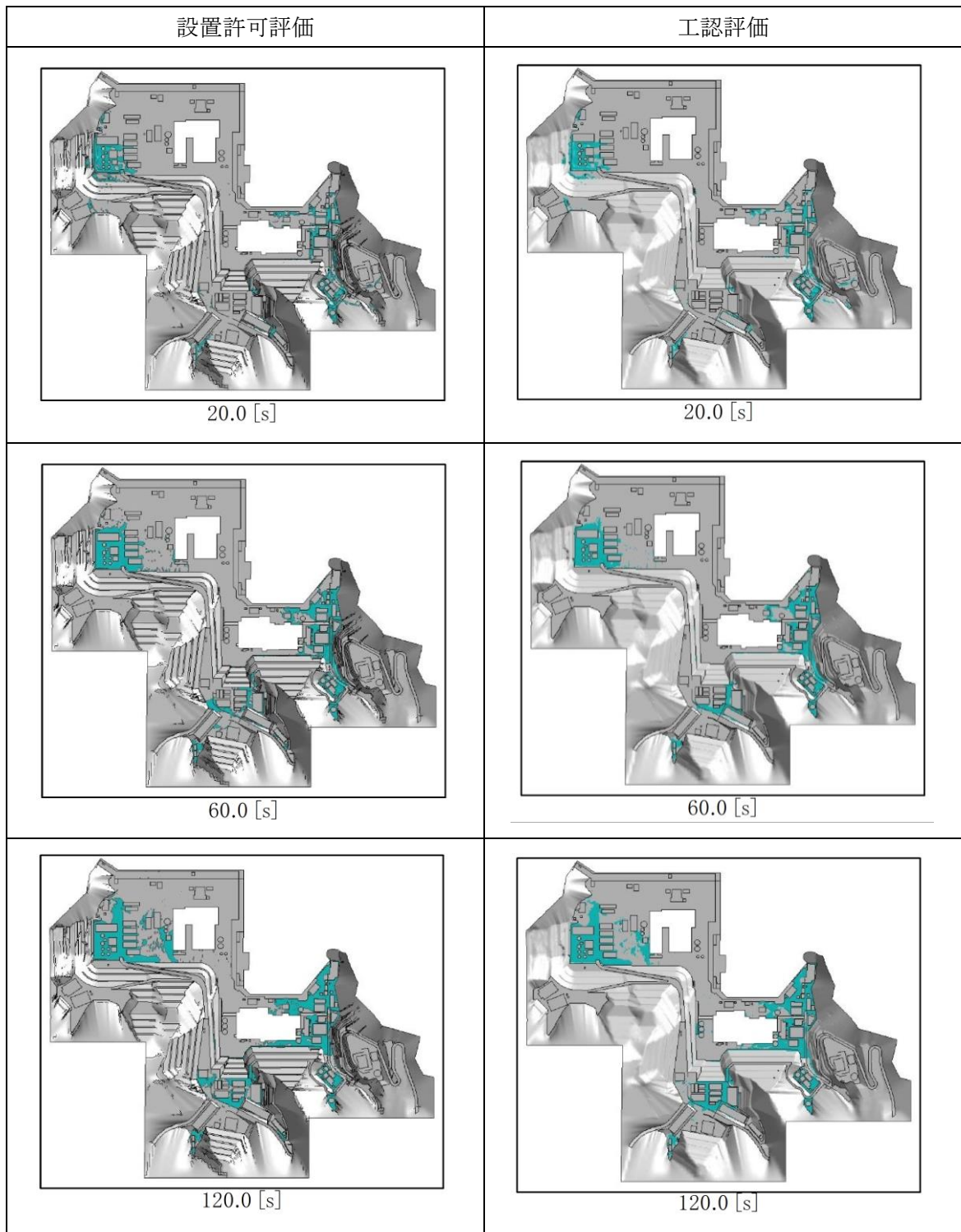


図7 溢水伝播挙動の比較 (その2)

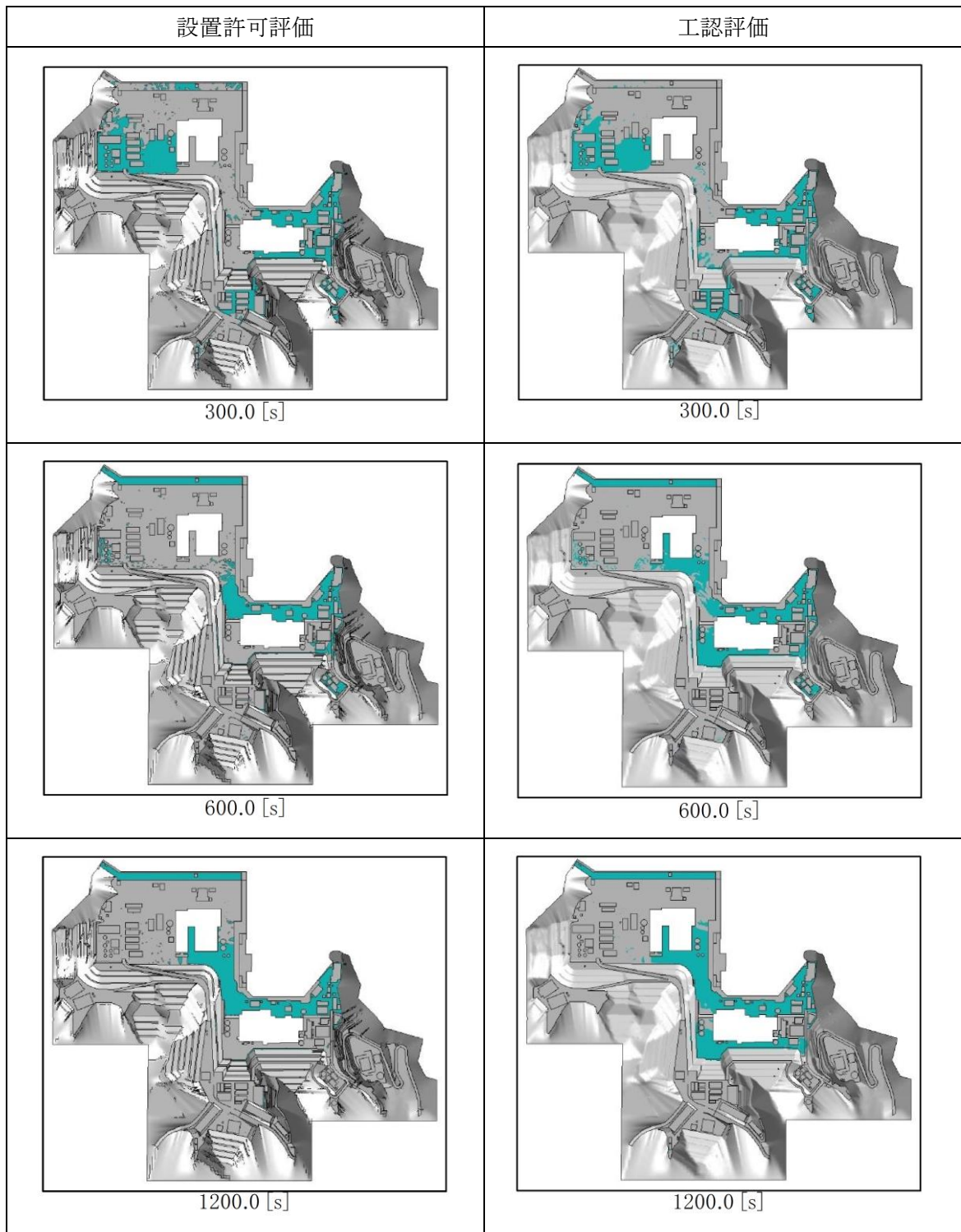


図7 溢水伝播挙動の比較 (その3)

#### 4. 比較結果に対する考察

ここでは、工認評価で復水貯蔵タンク等を溢水源として追加したにもかかわらず、最大浸水深が低下した地点について原因を考察する。

##### (1) 地点①, ⑥, ⑦

図5に示す地点①, ⑥, ⑦の設置許可評価と工認評価の浸水深の時系列データを図8に示す。地点①, ⑥, ⑦では最大浸水深の低下が確認できるが、これらの変化は時間刻みを設置許可評価と工認評価で変更したためであると考えられる。

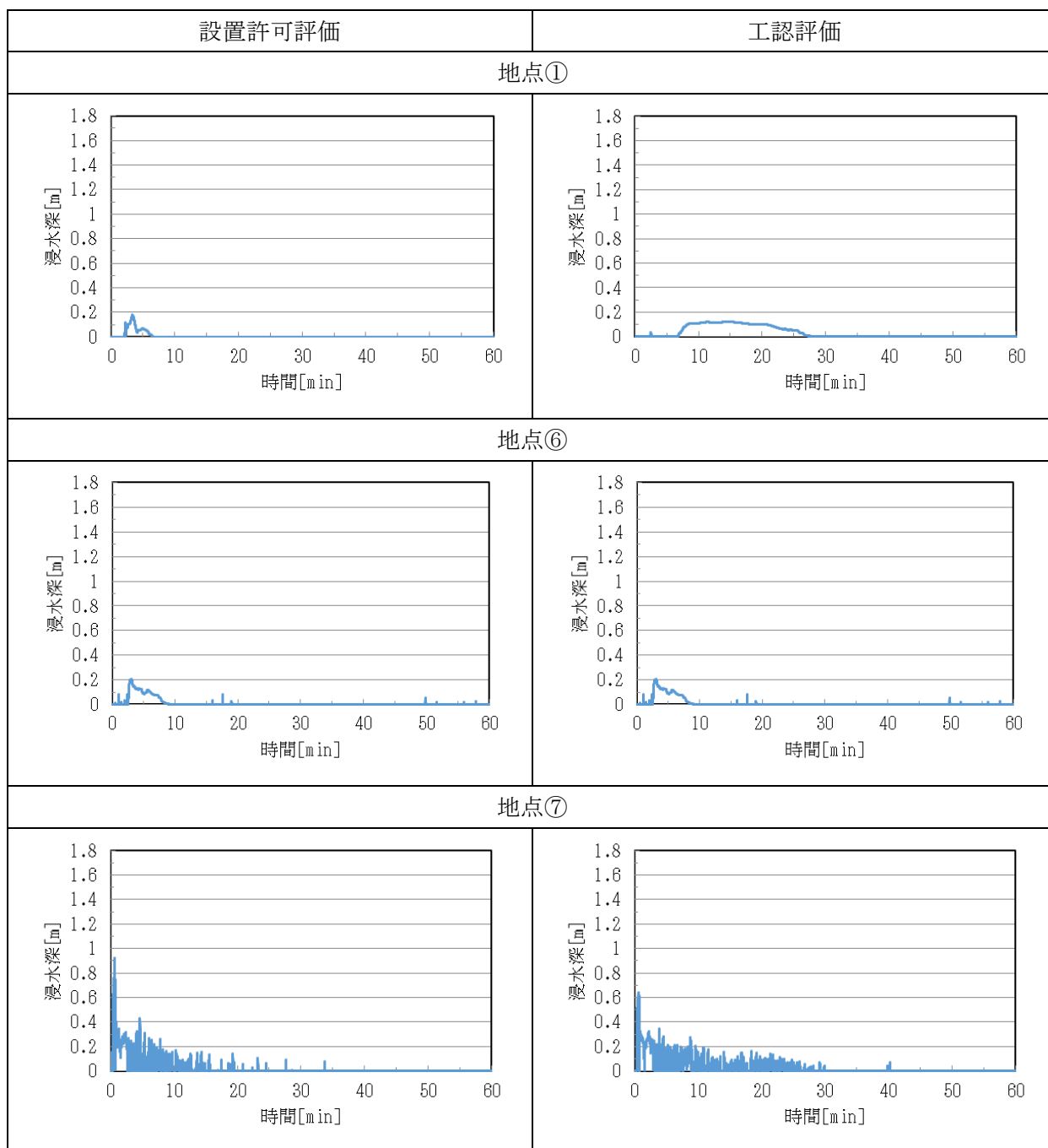


図8 地点①, ⑥, ⑦の浸水深の時系列データ

地点①，⑥，⑦の最大浸水深の時刻を表 3，設置許可評価と工認評価の時間刻みについて表 4 に示す。

表 3，4 より，最大浸水深を解析していた時間帯の時間刻みは，地点①，⑥，⑦共に設置許可評価より工認評価の方が小さいことから，より精緻な結果となったと考えられる。

表 3 最大浸水深の時刻

最大浸水深の時刻		
地点	設置許可評価	工認評価
地点①	3 分付近	15 分付近
地点⑥	3 分付近	3 分付近
地点⑦	37.5 秒	37 秒

表 4 設置許可評価と工認評価の時間刻み

設置許可評価			工認評価		
時間範囲 (s)		時間刻み (s)	時間範囲 (s)		時間刻み (s)
0	20	0.1	0	2200	0.05
20	25	0.01	2200	3130	0.1
25	3600	0.1	3130	3600	0.05

(2) 地点⑧

図5に示す地点⑧の設置許可評価と工認評価の浸水深の時系列データを図9に示す。地点⑧では最大浸水深の低下が確認できるが、この変化は時間刻みを設置許可評価と工認評価で変更したこと及び輪谷貯水槽（東側）のモデル化位置の変更によるものと考えられる。

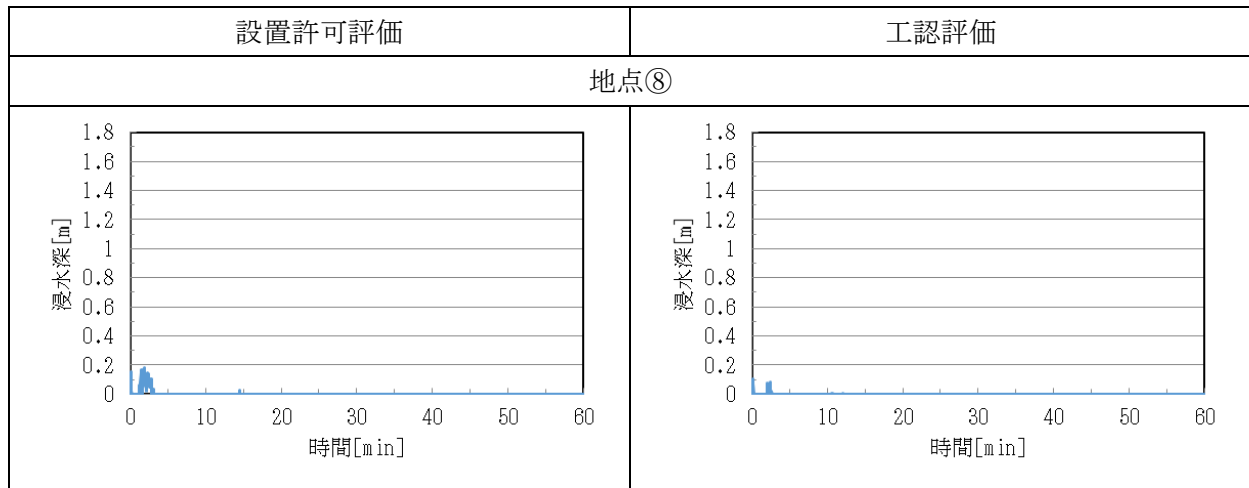


図9 地点⑧の浸水深の時系列データ

図9の浸水深の時系列データを拡大したものを図10に示す。図10より溢水は12秒付近と2分付近に到達していることが確認できる。12秒付近の浸水深は抽出地点⑧付近にある碍子水洗タンクによる影響であり、2分付近の浸水深は輪谷貯水槽（東側）による影響であると考えられる。溢水伝播挙動評価における碍子水洗タンク及び輪谷貯水槽（東側）の配置図を図11に示す。

設置許可評価と工認評価のどちらも12秒付近と2分付近の浸水深は低下している。12秒付近の浸水深の低下は時間刻みを設置許可評価と工認評価で変更したためであると考えられる。また、2分付近の浸水深の低下は輪谷貯水槽（東側）のモデル化位置を44m盤に下げたことで地点⑧への伝播する溢水量が減少したためであると考えられる。地点⑧付近の伝播挙動を図12に示す。

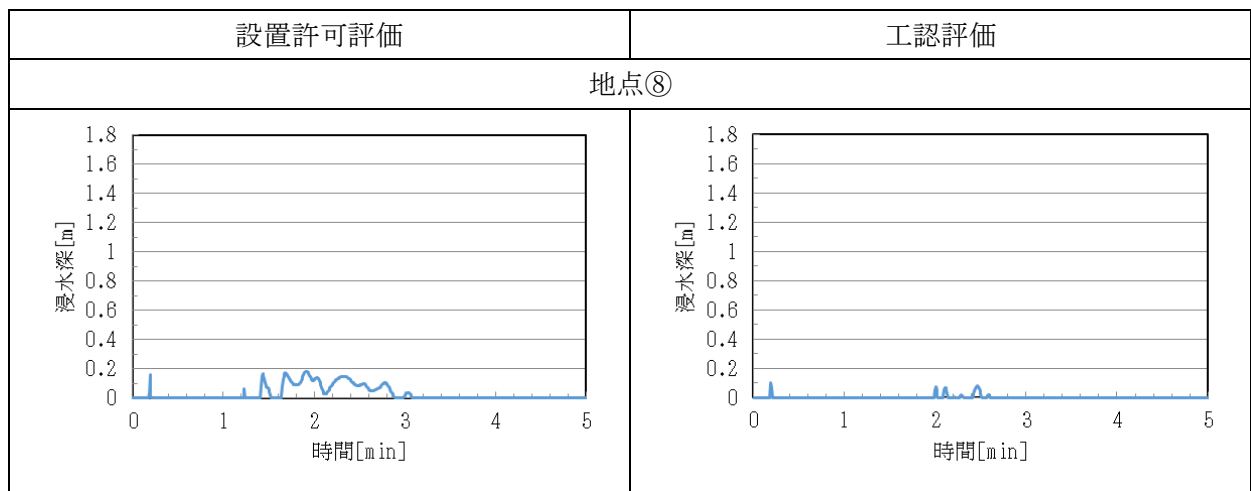


図10 地点⑧の浸水深の時系列データ（拡大）



図11 碍子水洗タンク及び輪谷貯水槽（東側）の配置図

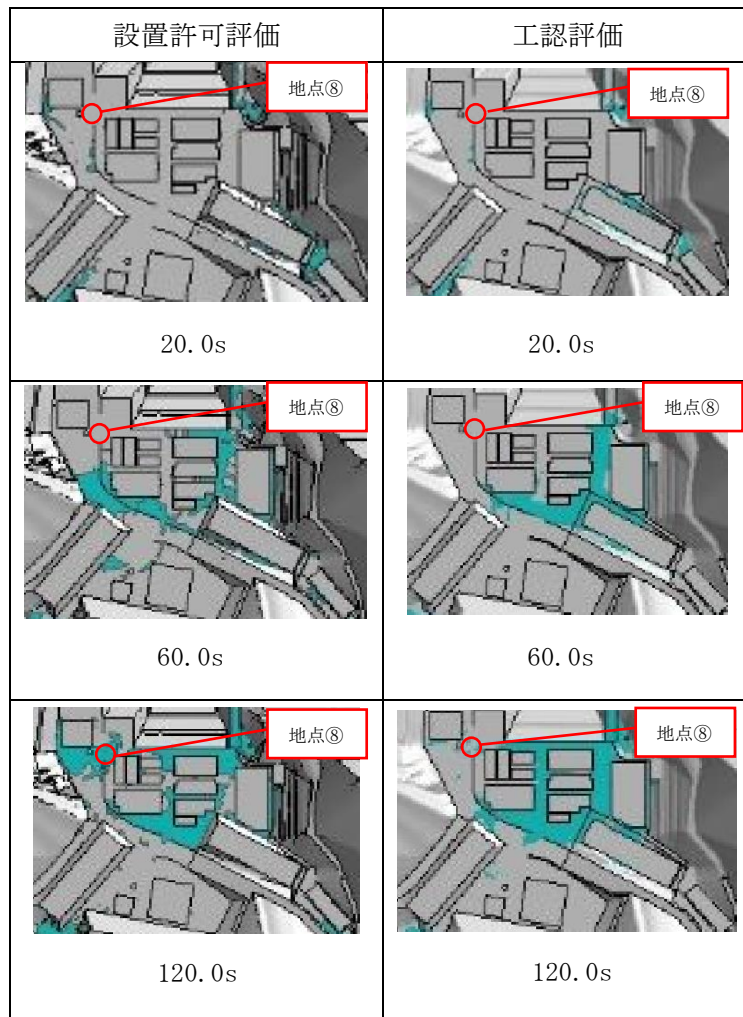


図 12 地点⑧付近の伝播挙動

## 17. 第4保管エリアの変更に伴う影響について

### (1) はじめに

第4保管エリアについては、島根原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）における補足説明資料（以下「設置許可まとめ資料」という。）から形状を変更している。以下に、第4保管エリアの変更内容とその影響について整理する。

### (2) 変更内容

変更前の第4保管エリアにおいて、埋戻土上に配置する予備及び自主対策設備が可搬型設備に近接していることから、離隔距離の更なる裕度確保を目的に、第4保管エリアの拡張を行い、当該拡張部に一部の予備及び自主対策設備を配置することとした。第4保管エリアの形状変更の前後図を図17-1に、可搬型設備の配置を図17-2に示す。

拡張部は埋戻土であり一部の予備及び自主対策設備を配置するが、岩盤部に配置する可搬型設備や第4保管エリア周辺のアksesルートに対して十分な離隔距離の確保が可能であることから、重大事故等対応の作業成立性に影響はない。また、作業成立性上期待している可搬型設備は変更前後共に全て岩盤上に配置していることから、重大事故等対応の作業成立性に影響はない。

また、コンクリート置換部については、変更前は第4保管エリアの境界に沿って設定していたが、第4保管エリアの拡張に伴い埋戻土の範囲も西側に拡張したことから、コンクリート置換部を岩盤部に隣接し車両の動線としても問題ない位置に変更した。

コンクリート置換部の範囲は、幅約4m、延長約20mとする。また、その範囲内にある埋戻土は全てコンクリートに置換し、岩着させることから地震時においても不等沈下等による局所的な段差は発生せず可搬型設備の通行性に対して影響を及ぼさない構造とする。コンクリート置換部の概要図を図17-3に示す。

なお、可搬型設備について一部の数量変更となっており、その内訳及び変更理由を表17-1に示す。



表 17-1 可搬型設備の数量変更内訳及び変更理由

凡例	設備名称	変更前 数量	変更後 数量	変更理由
■	②300A ホース* <sup>1</sup>	3 (コンテナ数)	8 (コンテナ数)	敷設時の作業性を考慮し、重大事故等対処設備分だけではなく、自主対策設備分のホース、エルボ等についてもコンテナ保管に変更したことに加え、コンテナ保管時のエルボの配置間隔を広げることに変更したことから、コンテナ数が増加した。
■	③シルトフェンス 運搬車及びシルトフェンス* <sup>1</sup>	2 (コンテナ数)	0 (コンテナ数)	シルトフェンスを搭載するコンテナを車両積載せずに保管することとしていたが、第4保管エリア内のスペースを確保するために、車両積載保管(シルトフェンス運搬車1台につきコンテナ1台を積載。)に変更した。
		2 (車両数)	2 (車両数)	
■	⑤緊急時対策所用 資機材* <sup>1</sup>	0* <sup>2</sup> (コンテナ数)	1* <sup>2</sup> (コンテナ数)	緊急時対策所用発電機等の設置に必要な可搬型ダクト等の資機材を各設備近傍に保管することとしていたが、運搬時の作業性を考慮してまとめて保管することとしたため、コンテナが必要となった。

注記\*1：コンテナ保管

\*2：変更前は可搬型ダクト等の資機材を各設備近傍に分散して保管していたため、図 17-2 の変更前には個別に図示していなかったが、運搬時の作業性を考慮して、コンテナ1台にまとめて保管することとし、新たに緊急時対策所用資機材としてコンテナ1台分を追加で図示した。

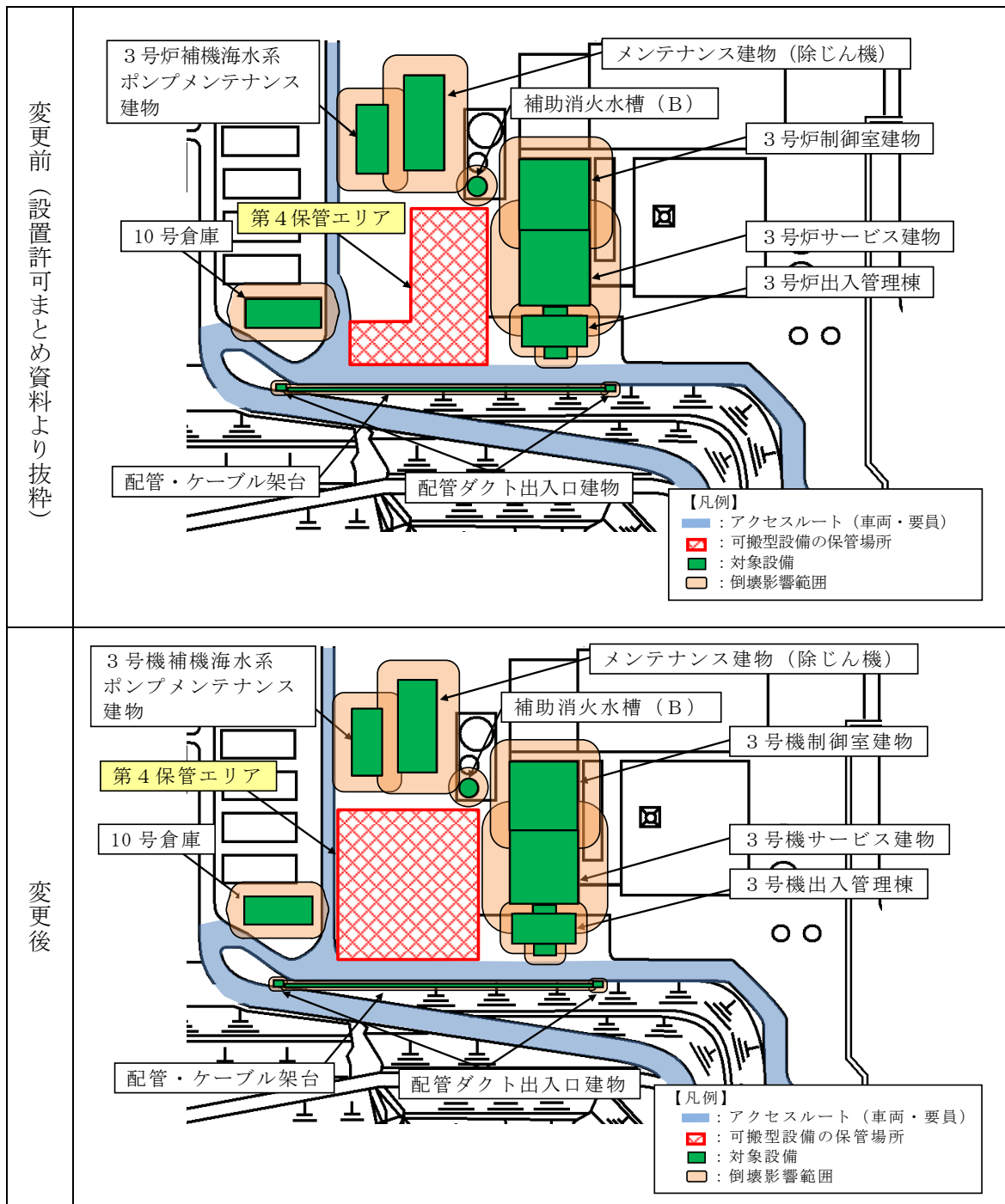
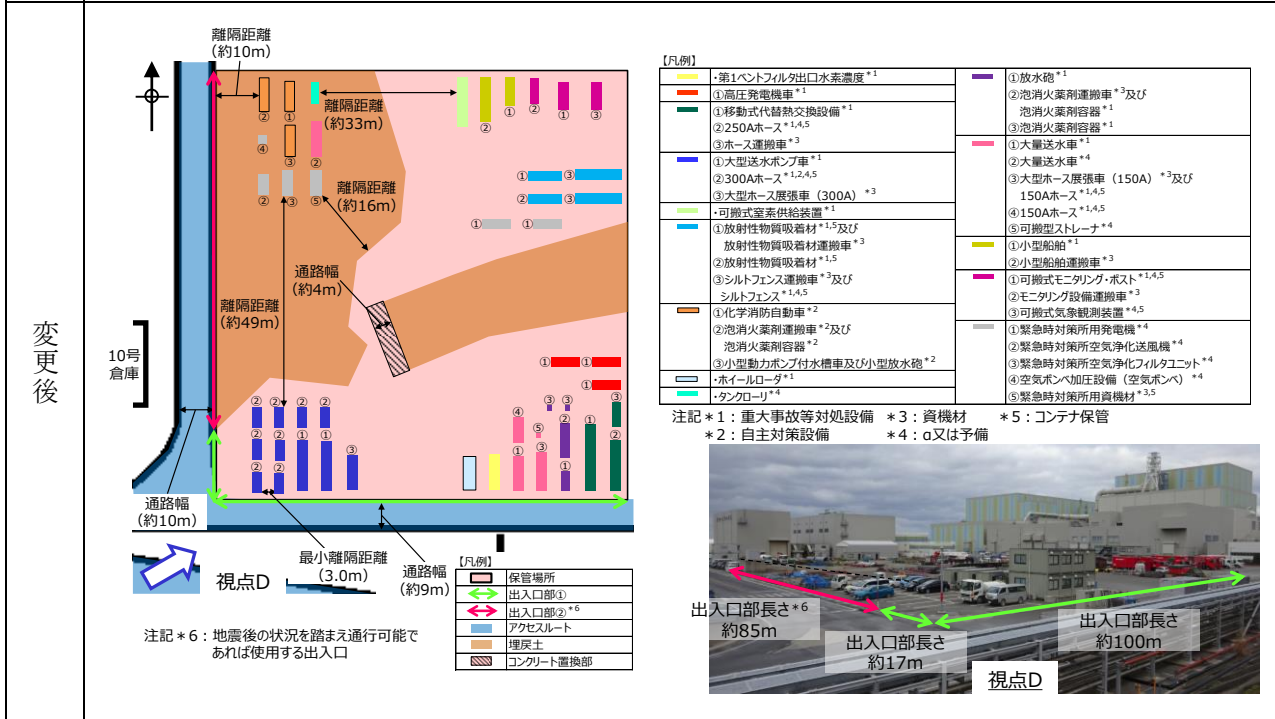
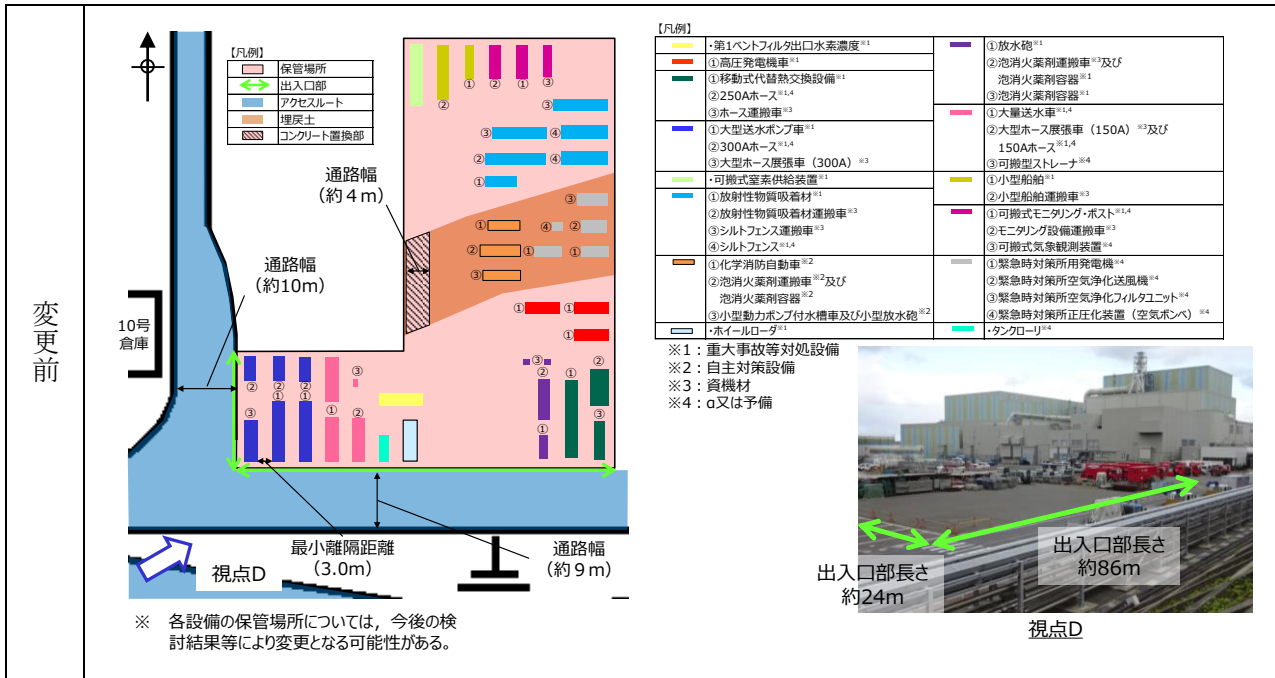


図 17-1 第4保管エリアの形状変更(周辺構造物の配置図 第4保管エリア)



(備考) 変更前の第4保管エリア西側の通路は、第4保管エリア西側の建物(10号倉庫)位置を基準に10号倉庫の倒壊影響範囲を考慮して通路を東側に拡張して必要な道路幅を確保していたが、第4保管エリア形状変更に伴う現地調査の際に、10号倉庫の位置が図と現場で相違しており、実際より西側にあることが判明したため、変更後は、10号倉庫を西側に移動するよう修正を行い、倒壊影響範囲を考慮しても通路も拡張する必要がなくなったことから、通路幅及び第4保管エリア西側境界を修正した。また、第4保管エリア南側の通路幅についても、西側の通路と比べ広く記載されていたため、修正を行った。(通路幅約9mは変わらず)

図 17-2 第4保管エリアにおける可搬型設備の配置

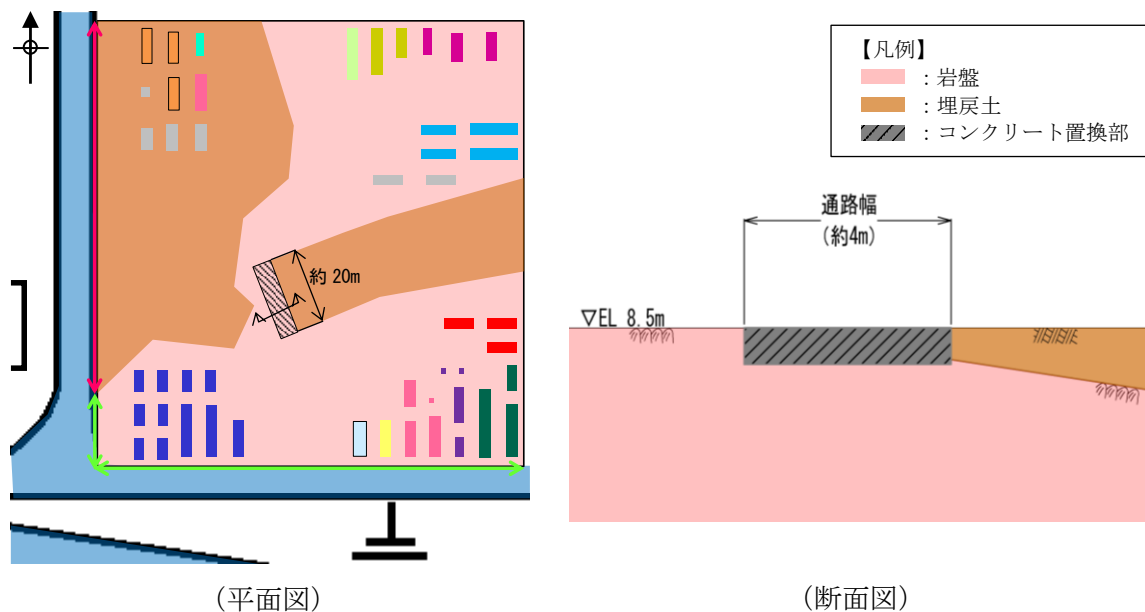


図 17-3 コンクリート置換部 概要図

(3) 影響評価

a. 保管場所に対する影響評価

VI-1-1-7-別添 1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」にて抽出した、第 4 保管エリアに対する被害要因について影響評価を行う。影響評価結果を表 17-2 に示す。

また、変更後に問題なしとした被害要因①②⑥の影響評価を以下に示す。

表 17-2 第 4 保管エリアの形状変更に伴う第 4 保管エリアへの影響評価比較結果

被害要因	変更前	変更後
①周辺構造物の倒壊 (建物, 鉄塔等)	問題なし	問題なし
②周辺タンク等の損壊	問題なし	問題なし
③周辺斜面の崩壊	該当なし	該当なし
④敷地下斜面のすべり	該当なし	該当なし
⑤液状化及び揺すり込みによる不等沈下・ 傾斜, 液状化に伴う浮き上がり	該当なし	該当なし*
⑥地盤支持力の不足	問題なし	問題なし
⑦地中埋設構造物の損壊	該当なし	該当なし*

注記\* : 変更後の第 4 保管エリアには一部埋戻土が存在するが、重大事故等対応に用いる可搬型設備 (予備を除く。) は全て岩盤上に保管する。(図 17-2 参照)  
また、保管場所に地中埋設構造物は存在しない。

b. 被害要因①②⑥の影響評価

①周辺構造物の倒壊（建物，鉄塔等）及び②周辺タンク等の損壊

第4保管エリア周辺には，倒壊及び損壊により影響を及ぼすおそれのある構造物，タンク等が存在しないことを確認し，「問題なし」と評価した。また，保管場所が設定した周辺構造物の倒壊影響範囲に含まれないことを確認し，「問題なし」と評価した。

周辺構造物の配置図を図17-1に，周辺タンク等の配置図を図17-4に示す。

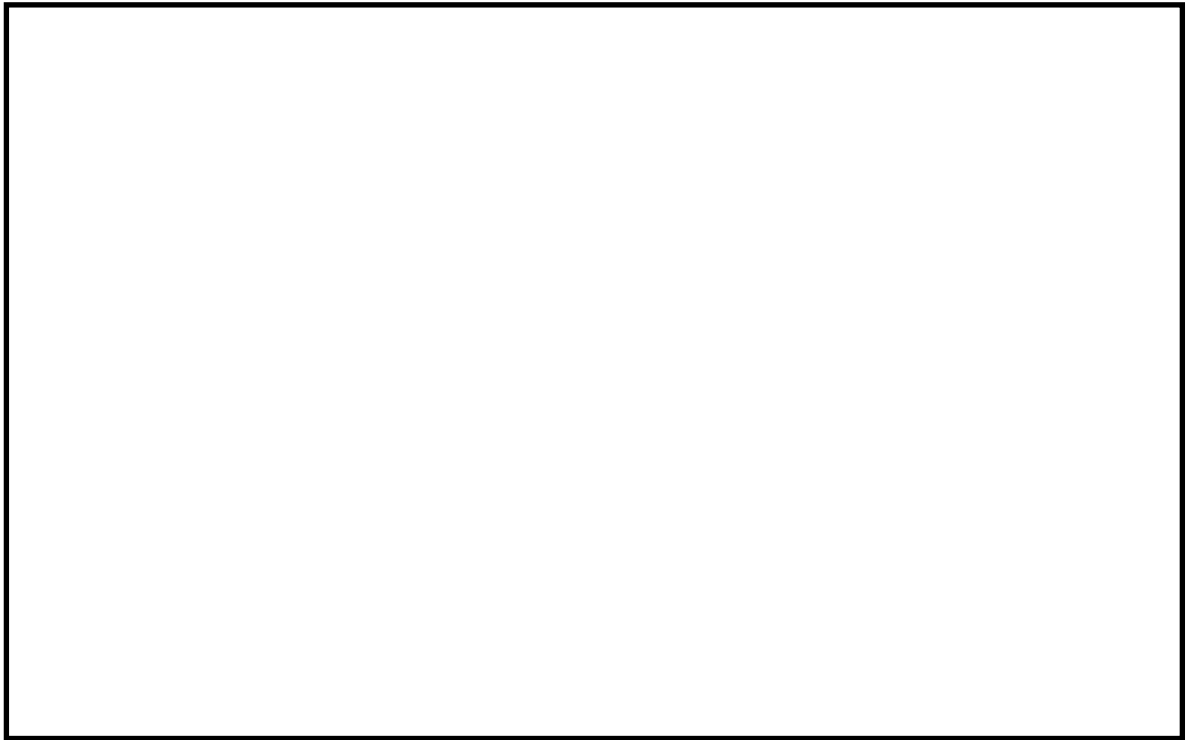


図17-4 周辺タンク等の配置図 第4保管エリア

⑥地盤支持力の不足

変更後の保管エリアには一部埋戻土が存在するが，重大事故等対応に用いる可搬型設備（予備を除く。）は全て岩盤上に保管することから，「問題なし」と評価した。（図17-2参照）

## 18. 重油移送配管の経路変更に伴う影響について

### (1) はじめに

重油移送配管については、設置許可まとめ資料から重油移送配管の経路を変更している。以下に、重油移送配管の変更内容とその影響について整理する。

### (2) 変更内容

重油タンク (No. 2, 3) \*<sup>1</sup>から A, B 重油サービスタンクへ重油を移送する重油移送配管は防波壁内側壁面に設置することとしていたが、重油が万が一漏えいした場合における地上部アクセスルートへの影響を考慮並びに海洋への流出防止の観点から、大部分を地下ダクト内設置に変更した。なお、1, 2号機取水槽周辺に2箇所の防波壁乗り越え箇所があるが、当該部分は基準地震動  $S_s$  により損壊しない設計とし、「NS2-補-020-2 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について」に示している。

重油移送配管の経路変更について図 18-1 に示す。

注記\*1：重油タンク (No. 2, 3) は1, 2号機の補助ボイラ用である。

なお、重油タンク (No. 1) は3号機の補助ボイラ用である。

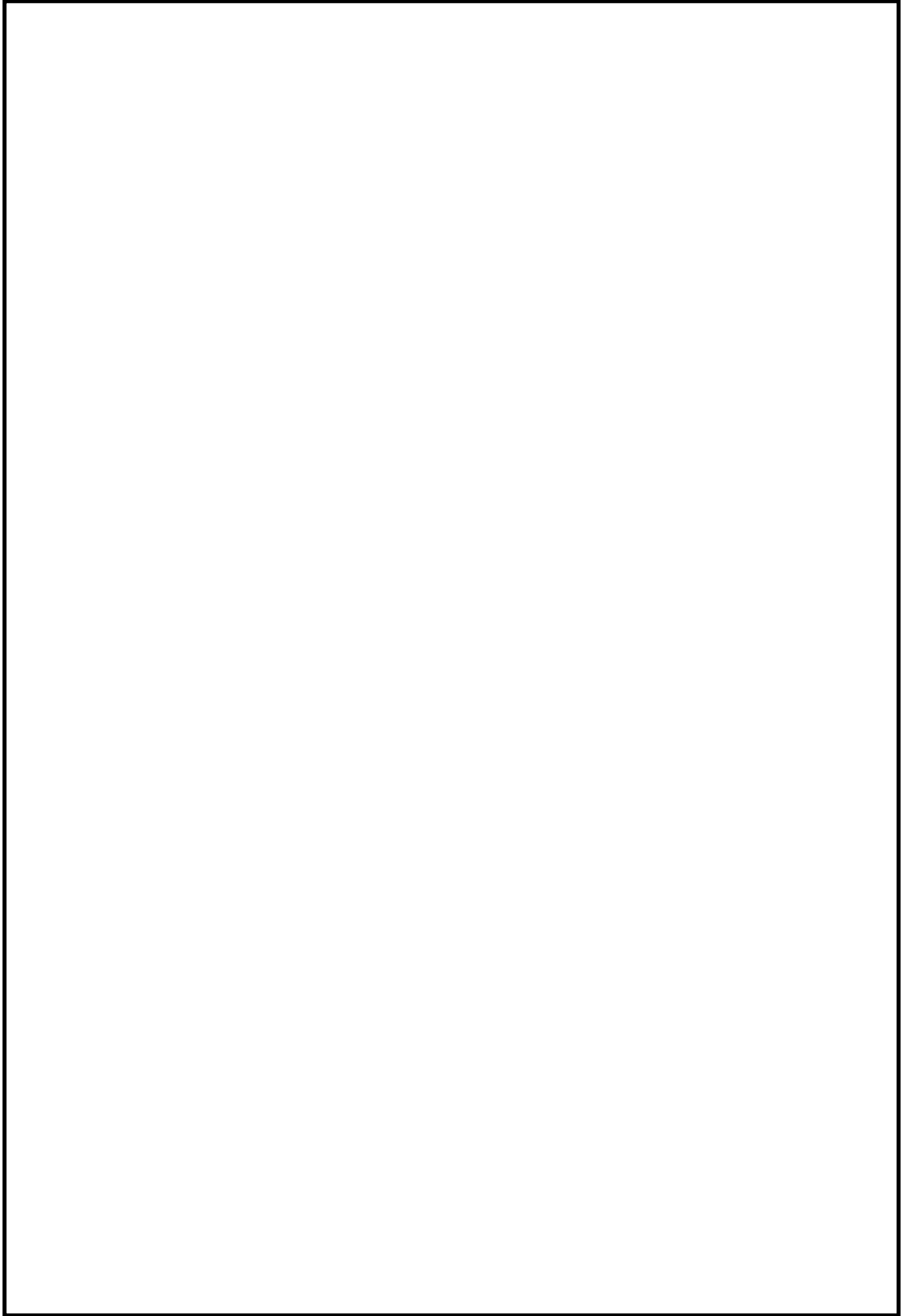


図 18-1 重油移送配管の経路変更について(1/2)

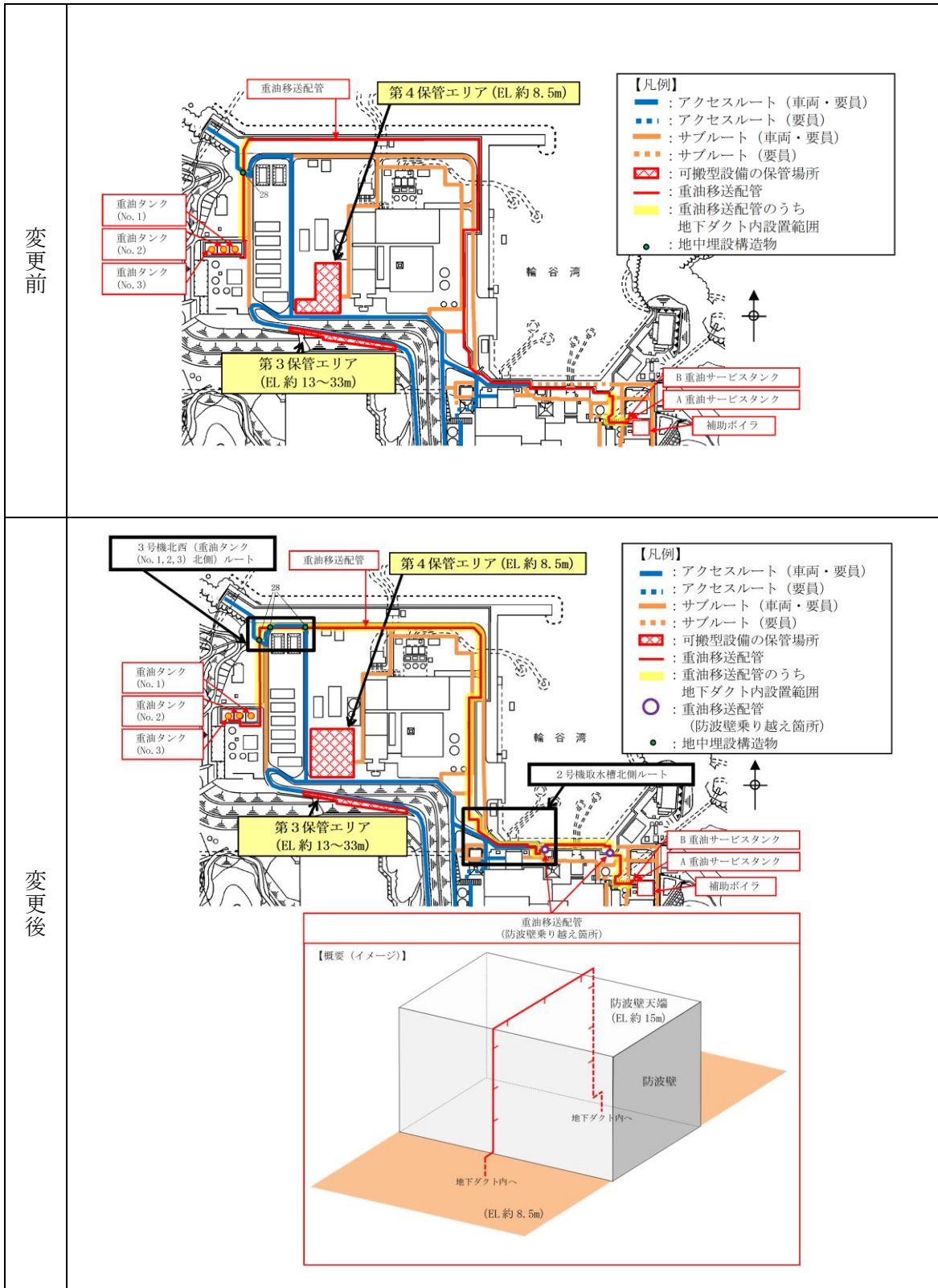


図 18-1 重油移送配管の経路変更について (2/2)



(3) 影響評価

a. 屋外のアクセスルートに対する影響評価

VI-1-1-7-別添 1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」にて抽出した、アクセスルートに対する被害要因について影響評価を行う。影響評価比較結果を表 18-1 に示す。

また、変更後に問題なしとした被害要因②⑤⑦の影響評価を以下に示す。

表 18-1 重油移送配管の経路変更に伴うアクセスルートへの影響評価比較結果

被害要因	変更前	変更後
①周辺建造物の倒壊 (建物, 鉄塔等)	該当なし	該当なし
②周辺タンク等の損壊	問題なし	問題なし
③周辺斜面の崩壊	該当なし	該当なし
④道路面のすべり	該当なし	該当なし
⑤液状化及び揺すり込みによる不等沈下等, 側方流動, 液状化に伴う浮き上がり	問題なし	問題なし
⑥地盤支持力の不足	—	—
⑦地中埋設建造物の損壊	問題なし	問題なし

b. 被害要因②⑤⑦の影響評価

②周辺タンク等の損壊

重油移送配管の経路変更後における可燃物施設漏えい時被害想定を表 18-2 に示す。変更後においてもアクセスルートに影響がないことから、「問題なし」と評価する。

なお、重油移送配管（防波壁乗り越え箇所）の耐震性評価は「NS2-補-020-2 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺建造物の耐震性評価について」に示している。

表 18-2 可燃物施設漏えい時被害想定

No.	設備名称	被害想定	対応内容
3	重油移送配管 (防波壁乗り越え箇所)	・なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重油移送配管のうち1, 2号機取水槽周辺に位置する2箇所の防波壁乗り越え箇所は基準地震動Ssにより破損しないため、火災は発生しない。</li> <li>・万一、火災が発生した場合には、迂回*3する。また、自衛消防隊による消火活動を実施する。</li> </ul>
19	重油移送配管	・基準地震動Ssにより配管が破損し、漏えいした重油による火災発生のおそれ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下ダクト内設置であり、地上部のアクセスルート*2への影響はない。</li> <li>・万一、火災が発生した場合には、迂回*3する。また、自衛消防隊による消火活動を実施する。</li> </ul>

注記\*2：地下ダクト内に設置する重油移送配管周辺に位置する地上部のアクセスルートは、図18-1(2/2)に示す3号機北西（重油タンク（No. 1, 2, 3）北側）ルート及び2号機取水槽北側ルートである。

\*3：3号機北西（重油タンク（No. 1, 2, 3）北側）ルート及び2号機取水槽北側ルートは、重油タンク（No. 1, 2, 3）に隣接するサブルートや1号機側のサブルート等の使用可能な屋外アクセスルートを使用し迂回する。

⑤液状化及び揺すり込みによる不等沈下等，側方流動，液状化に伴う浮き上がり

重油移送配管ダクトの経路変更後，アクセスルート下を横断する評価対象となる箇所は図18-1(2/2)に示すとおり1箇所から3箇所となるが，横断する地下ダクトの断面形状は同一であり，VI-1-1-7-別添1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」において，液状化及び揺すり込みによる不等沈下等，側方流動，液状化に伴う浮き上がりの評価が厳しくなるように最も地下水位が高い断面で代表して検討しているため，「問題なし」と評価する。

⑦地中埋設構造物の損壊

重油移送配管ダクトの経路変更後アクセスルート下を横断する評価対象となる箇所は図18-1(2/2)に示すとおり1箇所から3箇所となるが，横断する地下ダクトの断面形状は同一である。地中埋設構造物の損壊については，VI-1-1-7-別添1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」において，H形鋼の敷設による損壊対策を実施することにより，車両通行性に影響がないことを確認しているため，「問題なし」と評価する。

19. 防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工による屋外のアクセスルートへの影響について

衝突荷重を考慮する津波防護施設のうち防波壁通路防波扉は、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しない構造へ変更する。当該変更に伴い、防波壁通路防波扉周辺に設定している屋外のアクセスルート及びサブルートへの影響並びに技術的能力 1.1～1.19 で整備した重大事故等時において期待する手順への影響について以下のとおり整理した。

防波壁通路防波扉の位置図を図 19-1 に、防波壁通路防波扉の概要図を図 19-2～**図 19-5** に示す。

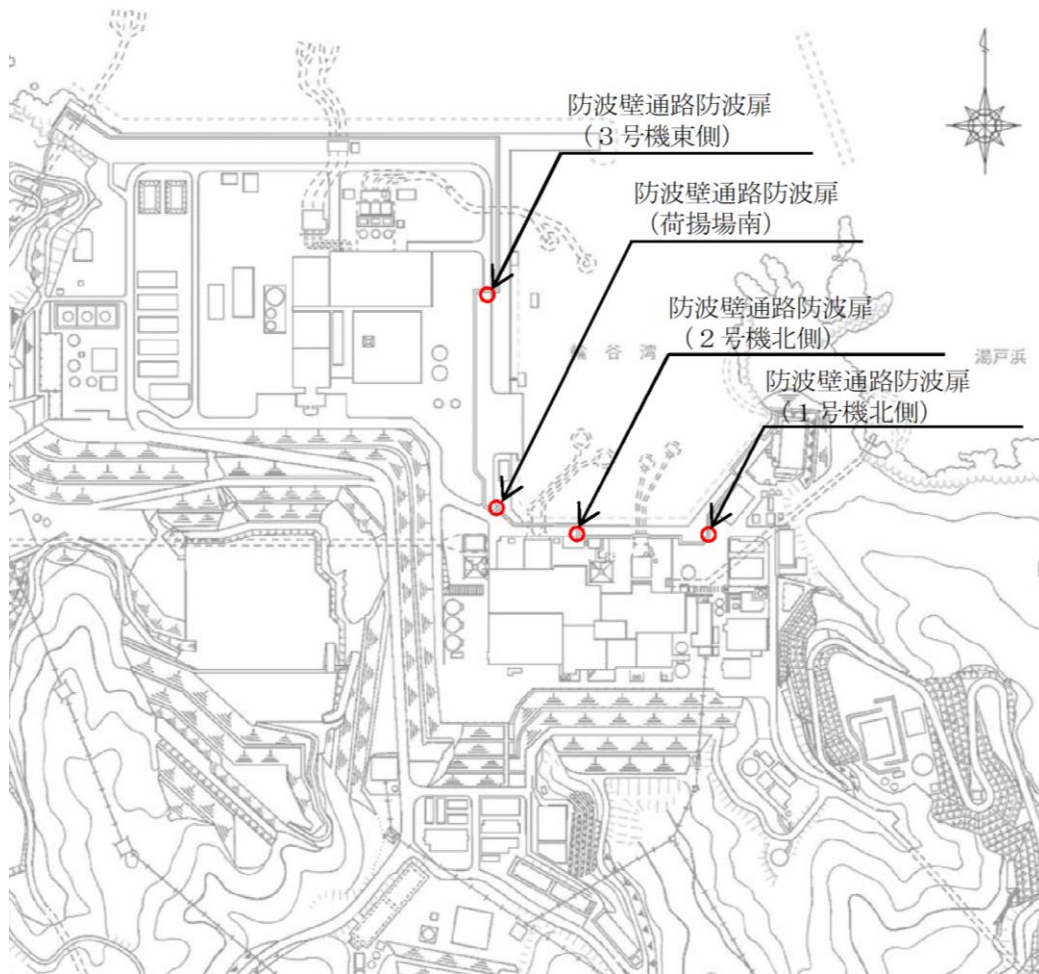
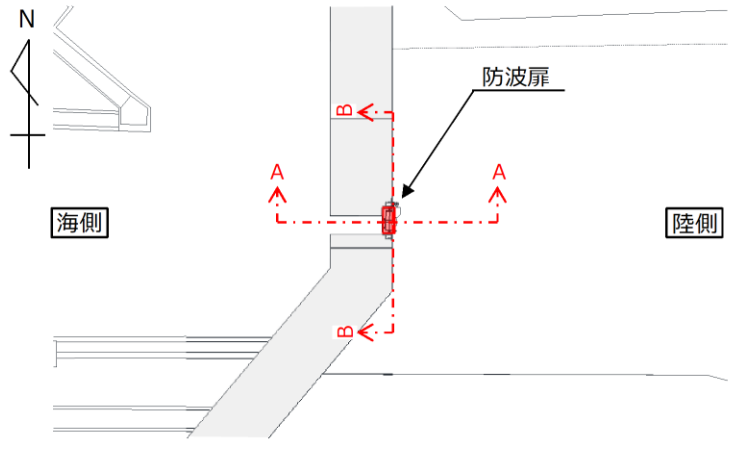
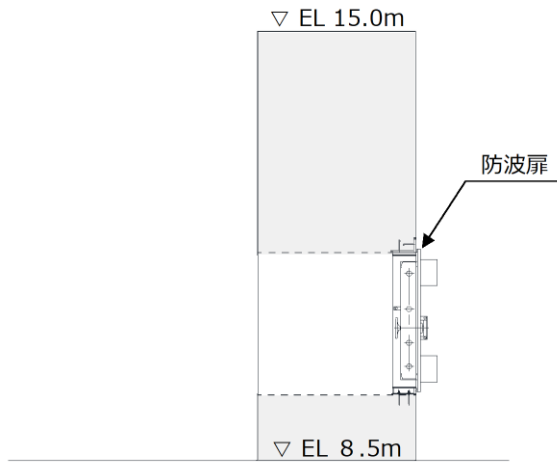


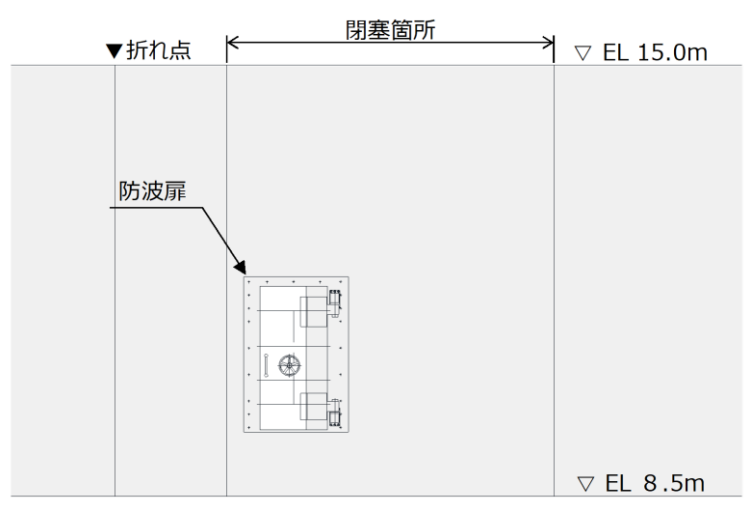
図 19-1 防波壁通路防波扉 位置図



平面图

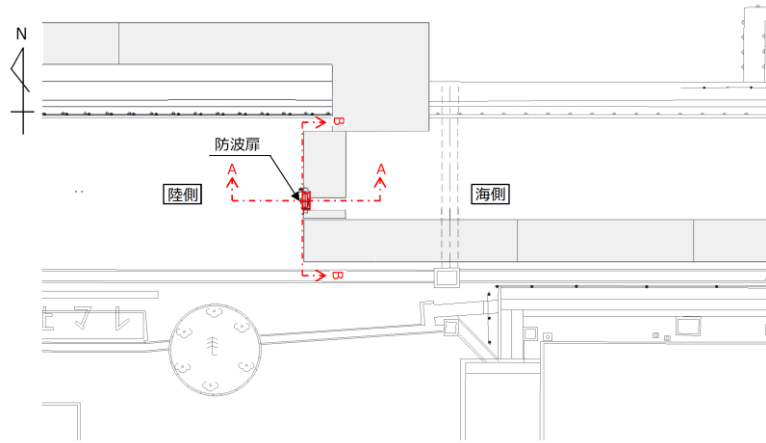


A-A断面图

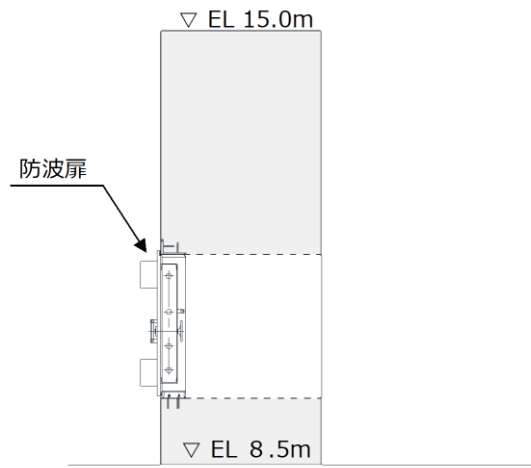


B-B断面图

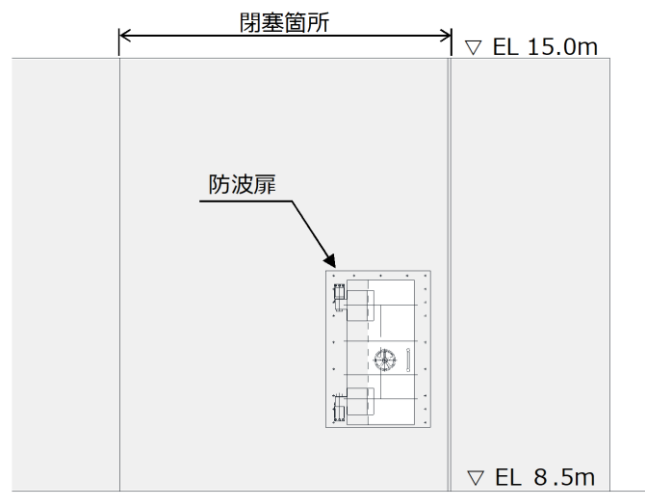
图 19-2 防波壁通路防波扉 (1号機北側) 概要图



平面图



A-A断面图



B-B断面图

图 19-3 防波壁通路防波扉（2号機北側） 概要图

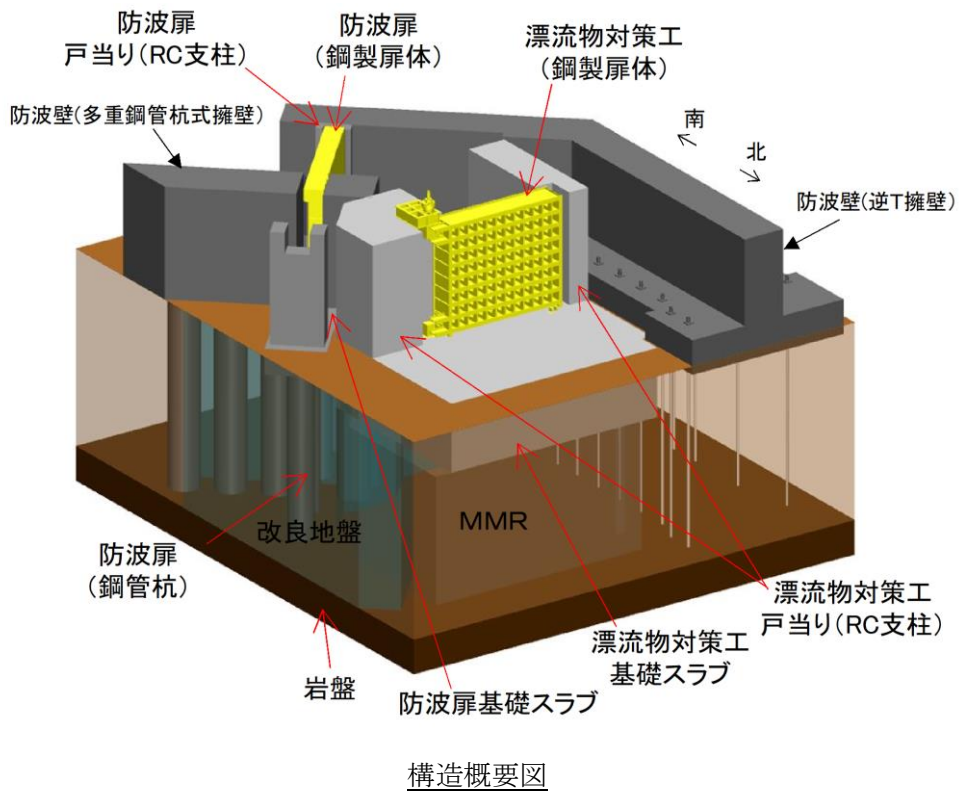
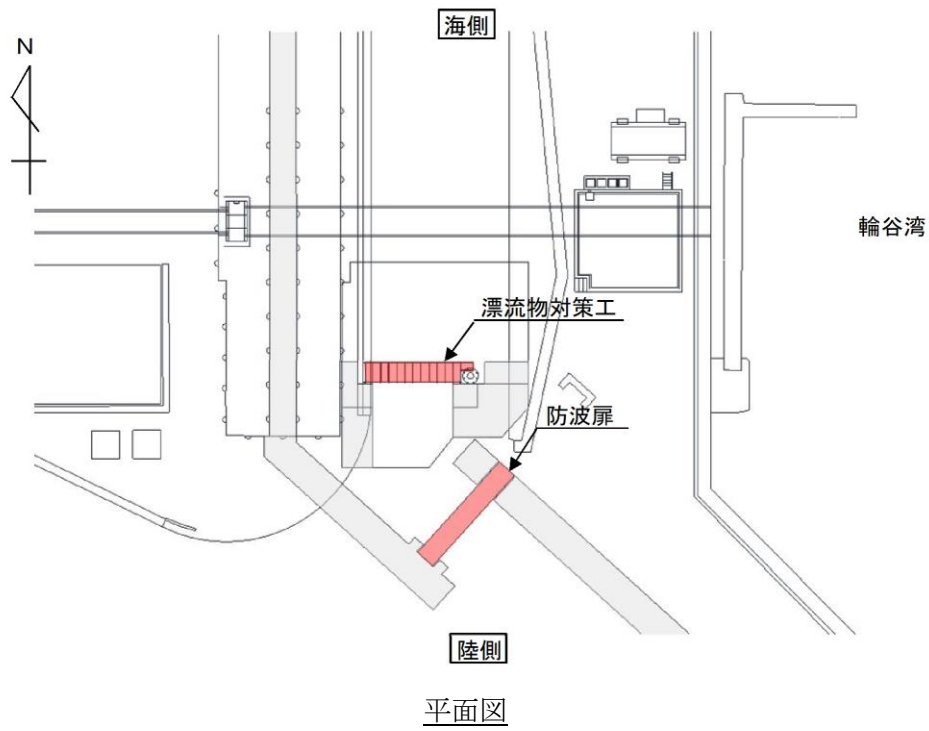
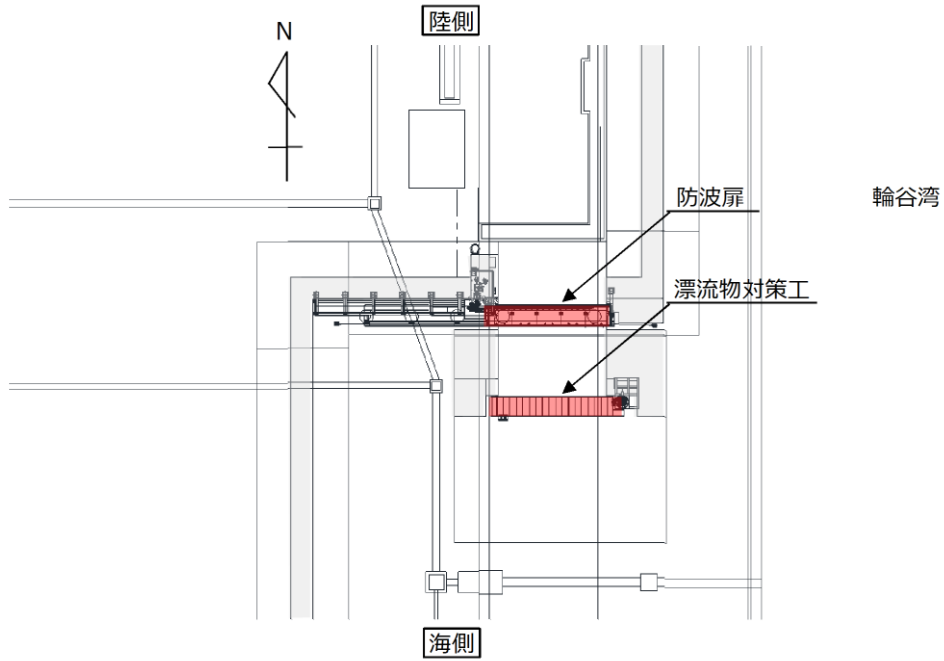
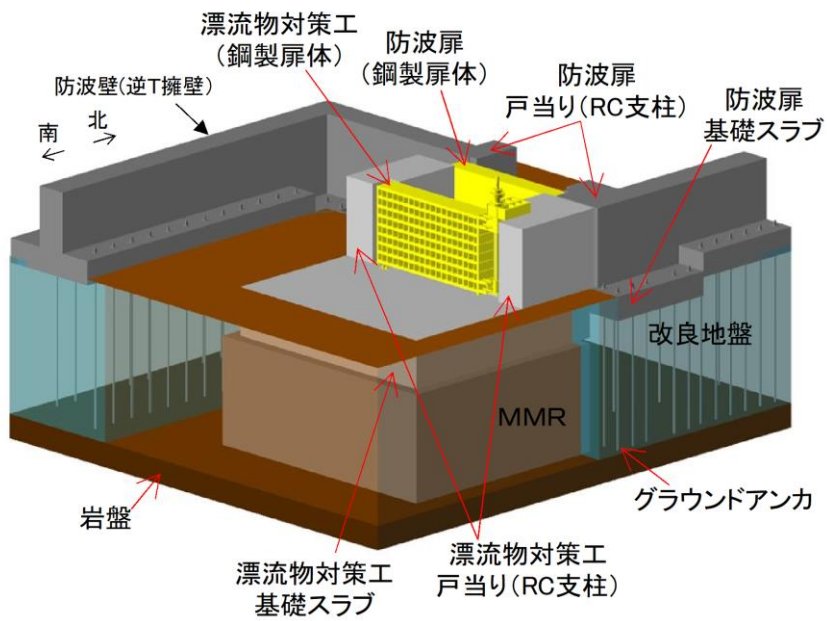


図 19-4 防波壁通路防波扉（荷揚場南） 概要図



平面図



構造概要図

図 19-5 防波壁通路防波扉 (3号機東側) 概要図

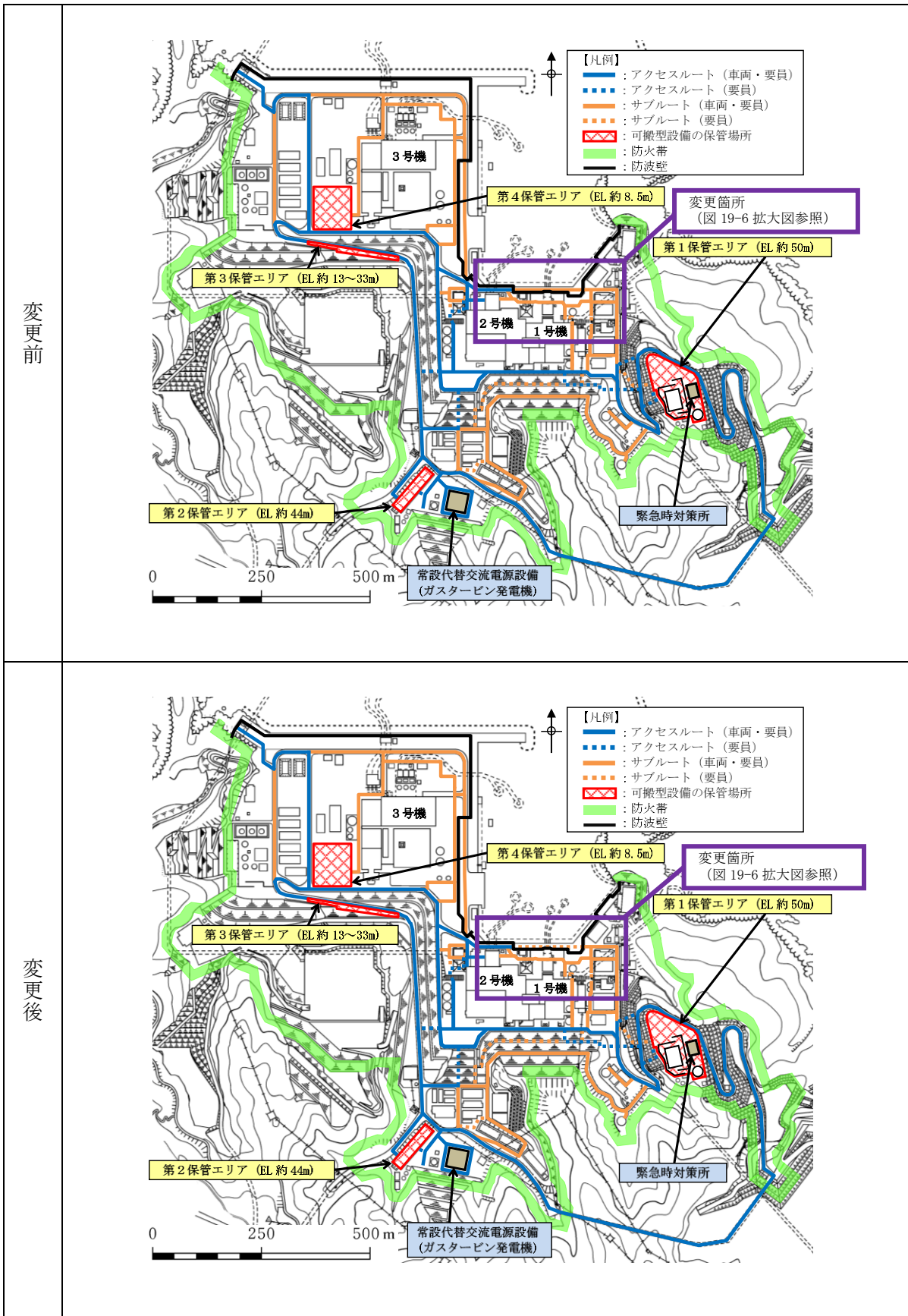
(1) 屋外のアクセスルート等への影響

1号機北側及び2号機北側の防波壁通路防波扉について、車両が通行可能な仕様から要員のみ通行可能な仕様に変更する。これに伴い、防波壁外側の1号機取水槽北側のサブルート（車両・要員）において車両が通行できなくなることから、サブルート（要員）に変更する。

3号機東側及び荷揚場南の防波壁通路防波扉は海側に漂流物対策工を設置するが、漂流物対策工は開閉可能かつ車両及び要員の通行が可能であることから、ルート種別の変更はない。

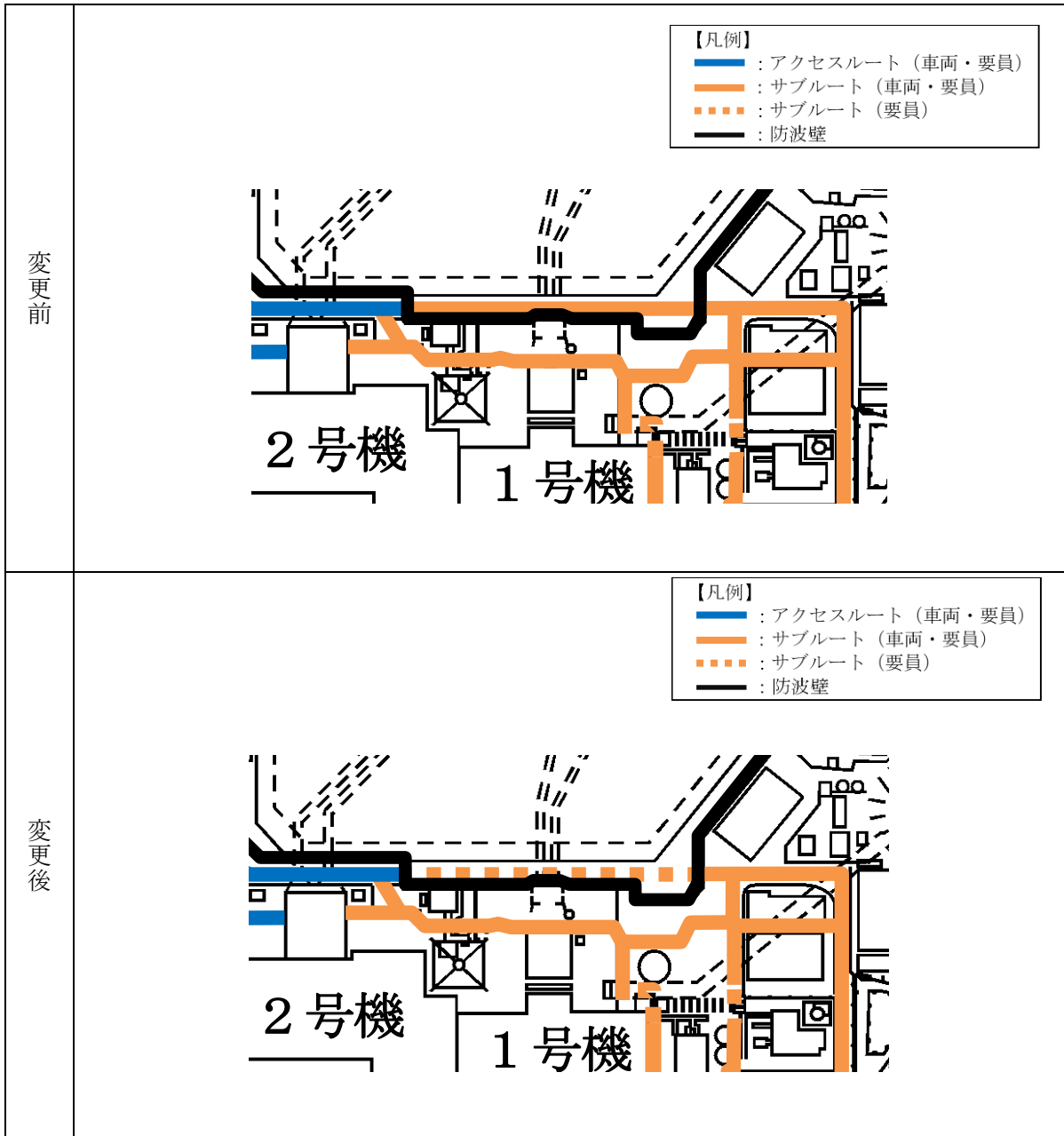
保管場所及びアクセスルート図の変更前後図を図19-6に示す。





(全体図)

図 19-6 保管場所及びアクセスルート図の変更前後図(1/2)



(拡大図)

図 19-6 保管場所及びアクセスルート図の変更前後図(2/2)

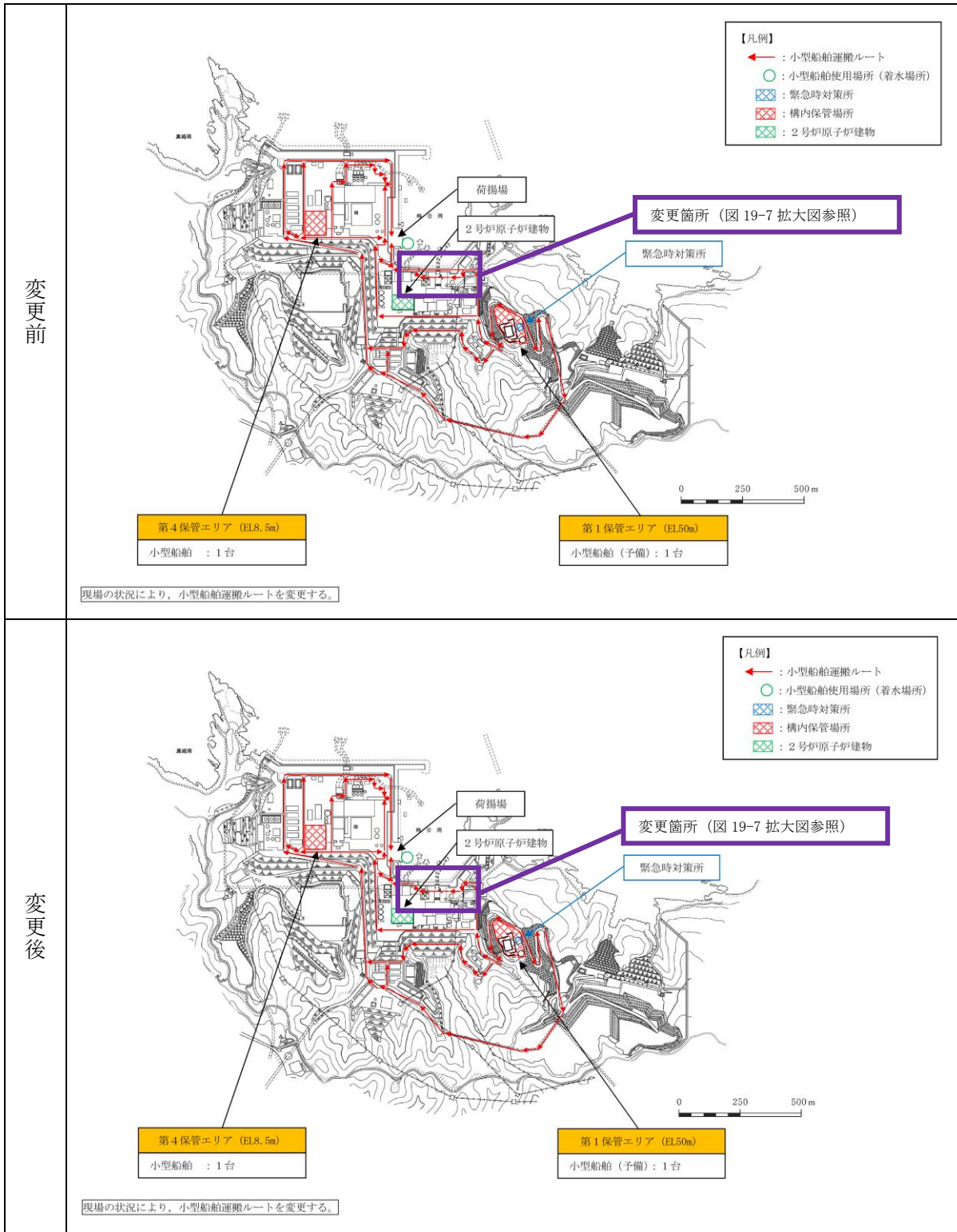
(2) 重大事故等時において期待する手順への影響

a. 防波壁通路防波扉 (1号機北側及び2号機北側)

重大事故等対応手順のうち技術的能力 1.12「シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制」及び技術的能力 1.17「海上モニタリング」において、小型船舶運搬ルートに1号機取水槽北側のサブルートを設定している。

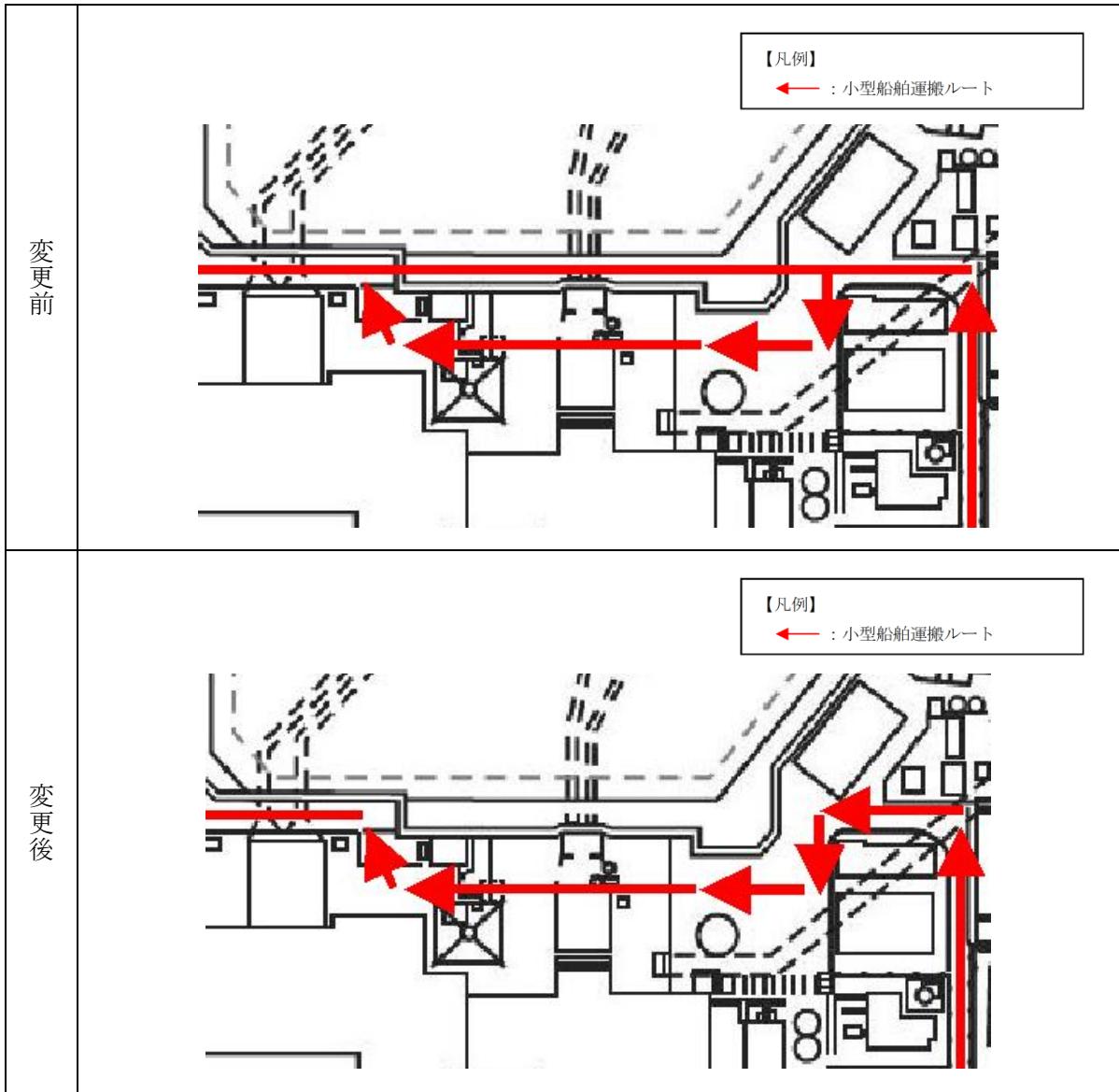
サブルート (車両・要員) からサブルート (要員) に変更することから、小型船舶運搬ルートに設定しないよう変更するが、小型船舶運搬ルートはその他複数のルートを確認していることから作業に関する通行性に影響はない。

小型船舶の保管場所及び運搬ルートの変更前後図を図 19-7 に示す。



(全体図)

図 19-7 小型船舶の保管場所及び運搬ルートの変更前後図(1/2)



(拡大図)

図 19-7 小型船舶の保管場所及び運搬ルートの変更前後図(2/2)

b. 防波壁通路防波扉（3号機東側及び荷揚場南）

重大事故等対応手順のうち技術的能力 1.12「シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制」においてシルトフェンス等の運搬及び設置作業を、技術的能力 1.17「海上モニタリング」において小型船舶等の運搬及び移動作業を荷揚場周辺において実施するが、防波壁通路防波扉の海側に設置する漂流物対策工は開閉可能かつ車両及び要員の通行が可能であることから、車両及び要員の通行性に影響はない。

また、現在考慮している防波扉の開作業（緊急時対策要員 1 名の手動操作による開作業の場合約 30 分）に加えて漂流物対策工の開作業（緊急時対策要員 1 名の手動操作による開作業の場合約 20 分）を考慮しても、想定時間に対して十分余裕があり、現在確保している緊急時対策要員数で想定時間内に作業可能であることから、追加の緊急時対策要員は不要である。漂流物対策工の開作業考慮に伴う緊急時対策要員数及び所要時間の変更前後表を表 19-1 に示す。

表 19-1 漂流物対策工の開作業考慮に伴う緊急時対策要員数及び所要時間の変更前後表

手順	作業内容	確認項目	変更前	変更後
技術的能力 1.12 「シルトフェンス による海洋への放射 性物質の拡散抑 制」	シルトフェン ス等の運搬及 び設置作業	緊急時対策要員数	7名	7名
		所要時間目安	10時間程度	10時間20分 程度
		想定時間	24時間以内	
技術的能力 1.17 「海上モニタリン グ」	小型船舶等の 運搬及び移動 作業	緊急時対策要員数	3名	3名
		所要時間目安	4時間程度	4時間20分 程度
		想定時間	5時間20分以内	

20. 可燃物施設火災時の影響評価方法について

周辺タンク等の損壊のうち可燃物施設の損壊について、保管場所及び屋外のアクセスルート周辺の可燃物施設火災時の影響範囲を図 20-1 に、火災影響範囲の算出・評価方法を以下に示す。

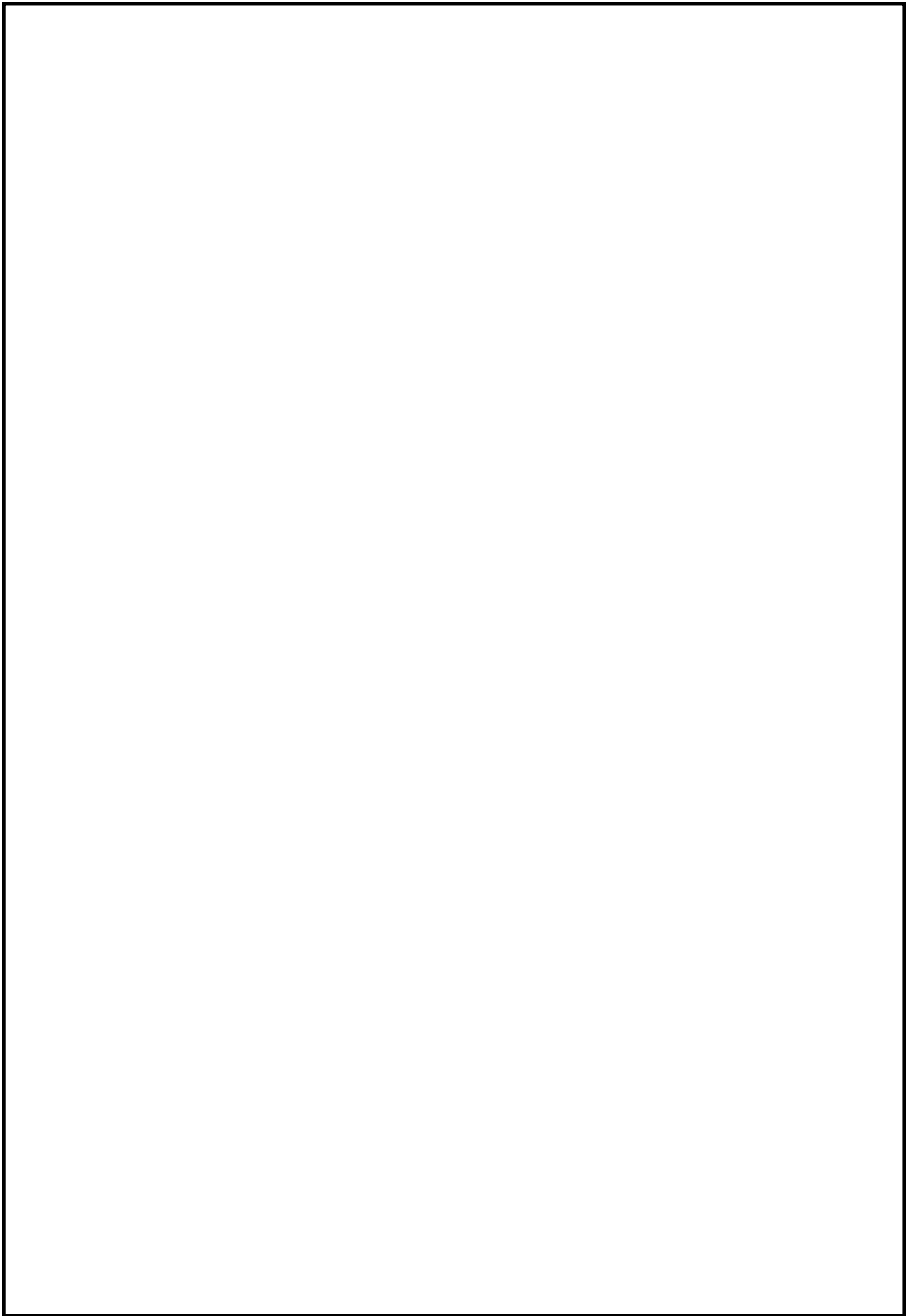


図 20-1 可燃物施設火災時の影響範囲\*

注記\*：放射熱強度  $1.6\text{kW/m}^2$  については，石油コンビナートの防災アセスメント指針より引用

(1) 影響評価方法

火災を想定する施設の保管場所及び屋外のアクセスルートへの影響評価として簡易評価（防油堤又は溢水防止壁内の全面火災を想定\*）を実施した。

注記\*：防油堤又は溢水防止壁が設置されており、漏えいした重油は防油堤又は溢水防止壁内に全量貯留可能である。基準地震動  $S_s$  により防油堤又は溢水防止壁の損壊も考えられるが、防油堤地下の排油溜めに流下、周囲の地下ダクト内に流下する又は屋外のアクセスルート方向に向かわない排水路に流下することから屋外のアクセスルートへの影響はないが、「防油堤内に全量貯留状態」における火災評価を行い、屋外のアクセスルートに影響がないことを確認する。

a. 火災源からの放射熱強度の算出

各可燃物施設について、火災が発生した場合の保管場所及び屋外のアクセスルートにおける作業及び通行の有効性を確認するため、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」を基に火災の影響範囲を算出した。

算出方法及び算定結果は以下のとおり。

(a) 形態係数の算出

火災源を円筒火炎モデルと仮定し、火災源からの受熱面が受け取る放射熱量の割合に関連する形態係数  $\Phi$  を算出する。

$$\Phi(L) = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = \frac{H}{R} = 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

ただし、 $H$ ：火炎高さ[m]， $R$ ：火炎底面半径[m]， $L$ ：離隔距離[m]

油火災において任意の位置における放射熱強度を計算により求めるには、囲いと同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍（ $m=H/R=3$ ）の円筒火炎モデルを採用する。

なお、燃焼半径は以下の式から算出する。（図 20-2）

$$R = \sqrt{S/\pi}$$

$R$ ：燃焼半径[m]， $S$ ：燃料タンク防油堤面積[m<sup>2</sup>]



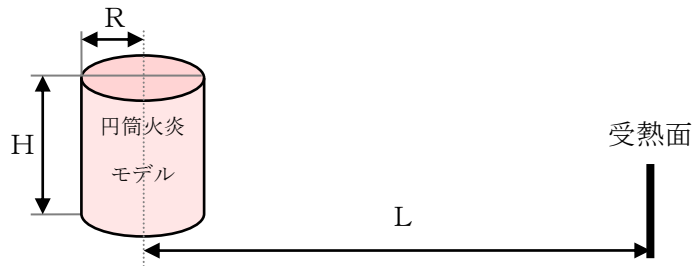


図 20-2 円筒火炎モデルと受熱面の関係

出典：「石油コンビナートの防災アセスメント指針」

(b) 放射熱強度の算出

火災源の放射発散度  $R_f$  と形態係数  $\Phi$  から、受熱面の放射熱強度  $E$  を算出する。

$$E = R_f \cdot \Phi$$

$E$  : 放射熱強度 [ $W/m^2$ ],  $R_f$  : 放射発散度 [ $W/m^2$ ],  $\Phi$  : 形態係数 [-] (表 20-1)

液面火災では、火炎面積の直径が 10m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し放射発散度は低減する。

放射発散度の低減率  $r$  と燃焼容器直径  $D$  の関係は次式で算出する。

$$r = \exp(-0.06D)$$

ただし、 $r=0.3$  程度を下限とする。

表 20-1 主な可燃物の放射発散度

可燃性液体	放射発散度 ( $kW/m^2$ )	可燃性液体	放射発散度 ( $kW/m^2$ )
カフジ原油	41	メタノール	9.8
ガソリン・ナフサ	58	エタノール	12
灯油	50	LNG (メタン)	76
軽油	42	エチレン	134
重油	23	プロパン	74
ベンゼン	62	プロピレン	73
n-ヘキサン	85	n-ブタン	83

出典：「石油コンビナートの防災アセスメント指針」

(c) 離隔距離と放射熱強度との関係

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に記載の放射熱強度とその影響を以下の表 20-2 に示す。

表 20-2 放射熱の影響

放射熱強度		状況および説明	出典
(kW/m <sup>2</sup> )	(kcal/m <sup>2</sup> h)		
0.9	800	太陽（真夏）放射熱強度	*1)
1.3	1,080	人が長時間暴露されても安全な強度	*2)
1.6	1,400	長時間さらされても苦痛を感じない強度	*5)
2.3	2,000	露出人体に対する危険範囲（接近可能） 1 分間以内で痛みを感じる強度 <b>現指針（平成 13 年）に示されている液面火災の基準値</b>	*3)
2.4	2,050	地震時の市街地大火に対する避難計画で用いられる許容限界	*4)
4.0	3,400	20 秒で痛みを感じる強度。皮膚に水疱を生じる場合があるが、致死率 0%	*5)
4.6	4,000	10～20 秒で苦痛を感じる強度 古い木板が長時間受熱すると引火する強度 フレアスタック直下での熱量規制（高圧ガス保安法他）	*2)
8.1	7,000	10～20 秒で火傷となる強度	*2)
9.5	8,200	8 秒で痛みの限界に達し、20 秒で第 2 度の火傷（赤く斑点ができ水疱が生じる）を負う	*5)
11.6	10,000	<b>現指針（平成 13 年）に示されているファイヤーボールの基準値（ファイヤーボールの継続時間は概ね数秒以下と考えられることによる）</b>	*3)
11.6～	10,000～	約 15 分間に木材繊維などが発火する強度	*2)
12.5	10,800	木片が引火する、あるいはプラスチックチューブが溶ける最小エネルギー	*5)
25.0	21,500	長時間暴露により木片が自然発火する最小エネルギー	*5)
37.5	32,300	プロセス機器に被害を与えるのに十分な強度	*5)

\*1) 理科年表

\*2) 高圧ガス保安協会：コンビナート保安・防災技術指針（1974）

\*3) 消防庁特殊災害室：石油コンビナートの防災アセスメント指針（2001）

\*4) 長谷見雄二, 重川希志依: 火災時における人間の耐放射限界について, 日本火災学会論文集, Vol.31, No.1(1981)

\*5) Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques, ed.P.J.Kayes. Washington, DC: Office of Environmental and Scientific Affairs, World Bank. (1985)

出典：「石油コンビナートの防災アセスメント指針」

「長時間さらされても苦痛を感じない強度」である 1.6kW/m<sup>2</sup>を採用する。

なお、2、3号機の変圧器及び重油タンク（No. 1, No. 2, No. 3）はそれぞれ隣接して設置されていることから、それぞれの可燃物施設について同時に火災が発生した場合の保管場所及び屋外のアクセスルートに対する影響について、火災の影響範囲を算定し評価する。

(2) 影響評価結果

各可燃物施設からの放射熱強度を表 20-3 及び表 20-4 に示す。

保管場所及び屋外のアクセスルートは各可燃物施設の「長時間さらされても苦痛を感じない強度」である  $1.6\text{kW/m}^2$  の範囲に対して十分な離隔距離を有しており、可搬型設備の保管及び屋外のアクセスルートでの作業、通行に影響はない。

表 20-3 離隔距離と放射熱強度の関係（防油堤全面火災の場合）

変圧器	放射熱強度が $1.6\text{kW/m}^2$ となる火炎の中心からの距離 (m)	防油堤から屋外のアクセスルートまでの距離 (m)	防油堤から保管場所までの距離 (m)
予備変圧器* <sup>1</sup>	約 12	約 58	—
1号機 起動変圧器* <sup>1</sup>	約 17	約 97	—
2号機 主変圧器* <sup>1</sup> 所内変圧器* <sup>1</sup> 起動変圧器* <sup>1</sup>	約 32	約 37* <sup>2</sup>	—
3号機 補助変圧器* <sup>1</sup> 主変圧器* <sup>1</sup> 所内変圧器* <sup>1</sup>	約 32	約 65* <sup>2</sup>	約 62* <sup>2</sup>

注記\*1：絶縁油の放射発散度は物性の近い重油の値を使用して算出

\*2：各施設のうち屋外のアクセスルートに一番近い2号機主変圧器及び保管場所並びに屋外のアクセスルートに一番近い3号機補助変圧器の防油堤からの距離を記載

表 20-4 離隔距離と放射熱強度の関係（防油堤又は溢水防止壁全面火災の場合）

タンク	放射熱強度が $1.6\text{kW/m}^2$ となる火炎の中心からの距離 (m)	防油堤又は溢水防止壁から屋外のアクセスルートまでの距離 (m)	防油堤又は溢水防止壁から保管場所までの距離 (m)
重油タンク (No. 1)	約 61	約 82* <sup>1</sup>	約 95* <sup>1</sup>
重油タンク (No. 2)			
重油タンク (No. 3)			
補助ボイラ サービスタンク	約 7	約 66	約 114
OFケーブルタンク	約 13	約 14* <sup>2</sup>	—

注記\*1：重油タンクのうち保管場所及び屋外のアクセスルートに一番近い重油タンク (No. 1) の溢水防止壁からの距離を記載

\*2：OFケーブルタンクのうち屋外のアクセスルートに一番近い防油堤からの距離を記載

21. 安全対策工事に伴う西側工事エリア周辺の屋外のアクセスルートへの影響について

(1) はじめに

島根2号機構内では、第3系統直流電源設備設置工事等の安全対策工事を実施しており、そのうち2号機タービン建物及び原子炉建物の西側に位置する工事エリア（以下「西側工事エリア」という。）には屋外のアクセスルート及び可搬型設備の接続口が位置している。

西側工事エリアを考慮しても重大事故等対応時に必要な屋外のアクセスルート（作業エリア）が確保可能かどうか整理した。

西側工事エリアの設置場所を図21-1に示す。

なお、2号機原子炉建物南側に位置する工事エリアにも屋外のアクセスルート及び可搬型設備の接続口が位置しているが、可搬型設備の配置、接続作業を実施するエリアについては通行不能とならないように仮設耐震構台を設置することから、屋外のアクセスルート及び可搬型設備の配置への影響はない。

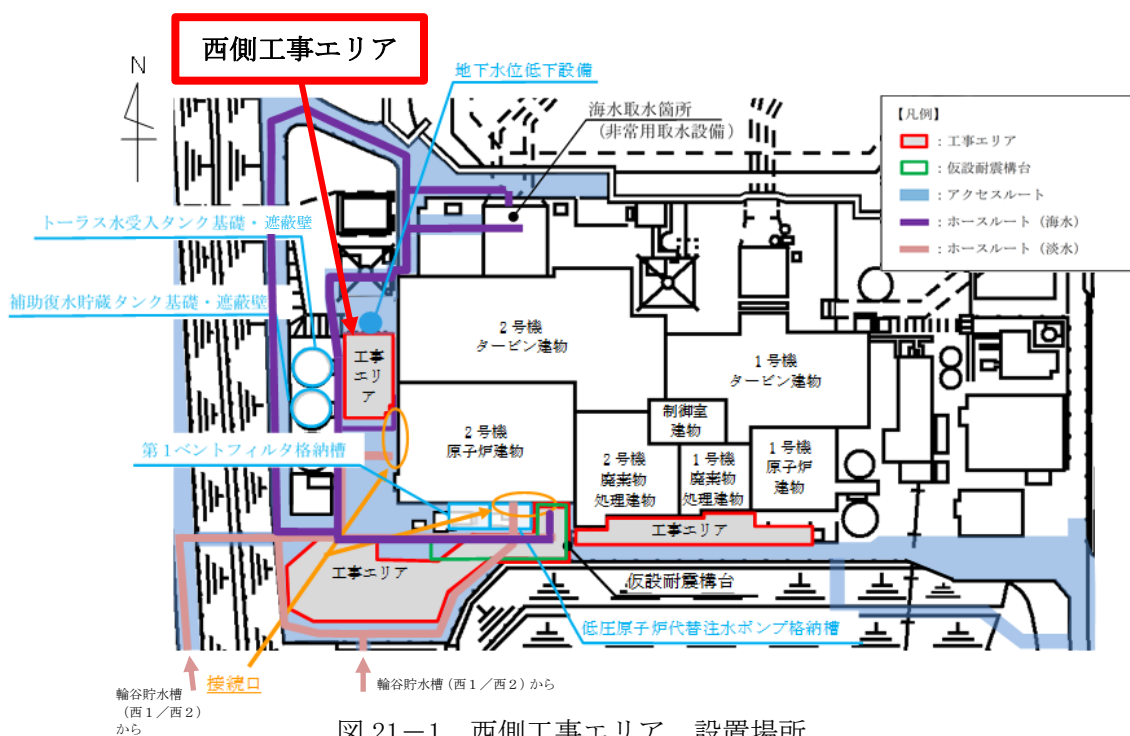


図 21-1 西側工事エリア 設置場所

(2) 屋外のアクセスルートへの影響

西側工事エリア周辺の屋外のアクセスルートにおいては、海を水源とした送水手順における車両及び緊急時対策要員の通行並びにホース敷設作業が想定される。

西側工事エリアが通行できない状況においても、西側工事エリアと2号機トラス水受入タンク及び2号機補助復水貯蔵タンク間には通路幅として約3m以上を確保しており、車両及び緊急時対策要員の通行並びにホース敷設作業は可能であることから、屋外のアクセスルートへの影響はない。なお、海を水源とした送水手順における西側工事エ

リア周辺のホース敷設ルートは、安全対策工事による変更がないため、ホース敷設作業への影響はない。

海を水源とした送水手順におけるホース敷設ルートを図 21-2 に示す。

また、代替淡水源（輪谷貯水槽（西 1 / 西 2））を水源とした送水手順における緊急時対策要員の通行及びホース敷設作業については、図 21-1 に示すとおり西側工事エリア周辺を通行しないことから影響はない。

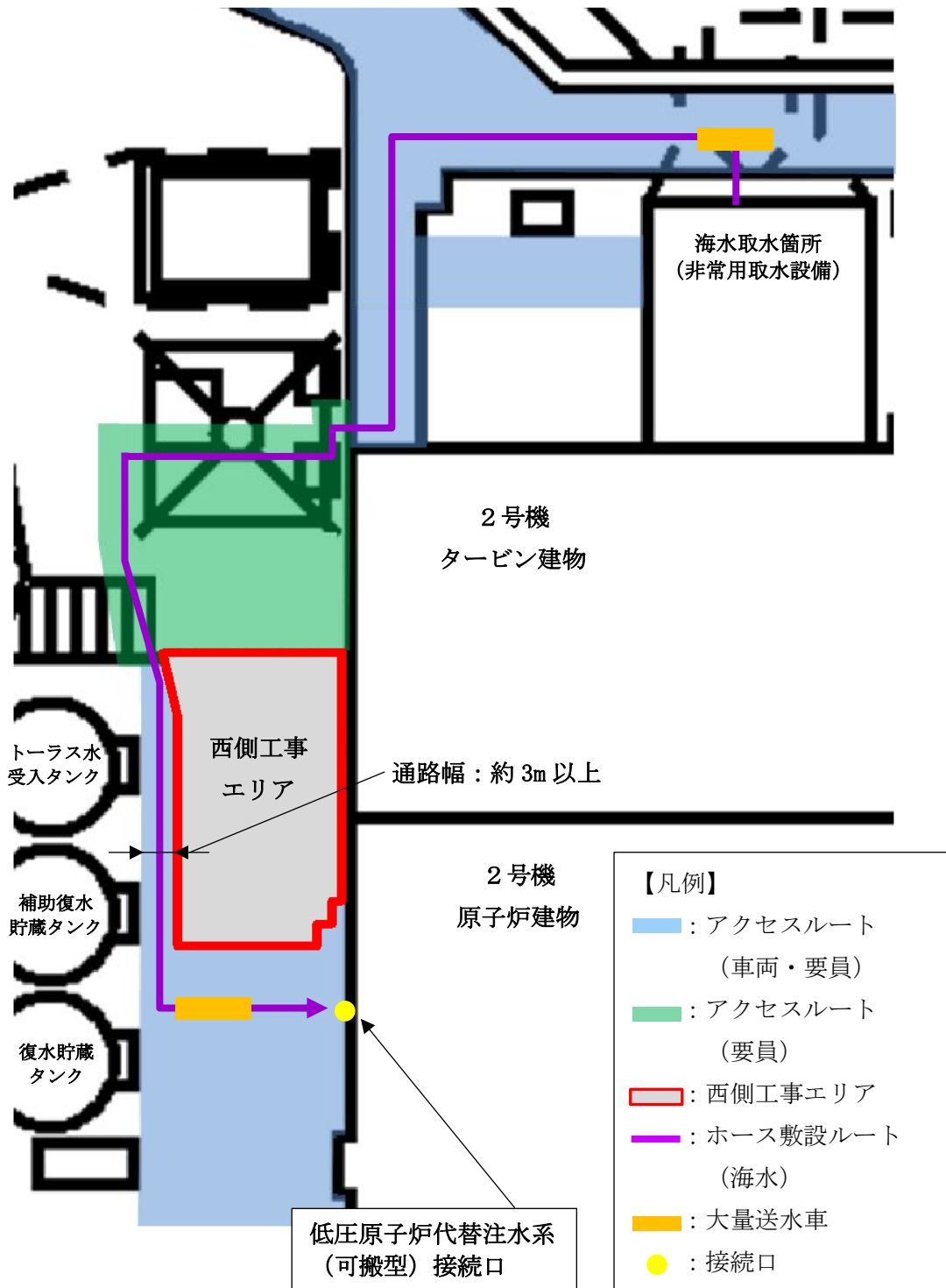


図 21-2 海を水源とした送水手順におけるホース敷設ルート

(例：2号機原子炉建物西側の低圧原子炉代替注水系（可搬型）接続口に接続する場合)

(3) 可搬型設備の接続口周辺の可搬型設備の配置への影響

西側工事エリア周辺には可搬型設備の接続口が位置しているため、西側工事エリアが通行できない状況においても、可搬型設備の接続口へのホース及びケーブル接続が可能か、周辺への可搬型設備の配置が可能か確認した。

可搬型設備の配置に当たっては、有効性評価シナリオのうち、可搬型設備の配置数が最も多いシナリオ（雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損））を選択し、可搬型設備の配置が可能であること、ホース及びケーブル敷設が可能であることを確認した。配置条件を表 21-1 に、可搬型設備の配置図を図 21-3 に示す。

なお、西側工事エリア内には原子炉補機代替冷却系接続口（戻り側）が位置しているが、西側工事エリアの範囲内に掛からないよう配管を南側に延長する形で設計していることから、ホース接続に影響はない。

また、当該有効性評価シナリオにおいて使用しない可搬型代替交流電源設備である高圧発電機車についても、**図 21-3 に示す可搬型設備と同様に西側工事エリア南側のエリア**にて配置及びケーブル敷設が可能である。

表 21-1 作業成立性の配置条件

項目	条件						
有効性評価シナリオ	雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）						
配置する可搬型設備*	<table border="0"> <tr> <td>大量送水車：1台</td> <td>可搬式窒素供給装置：1台</td> </tr> <tr> <td>移動式代替熱交換設備：1台</td> <td>第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台</td> </tr> <tr> <td>大型送水ポンプ車：1台</td> <td>タンクローリ：1台</td> </tr> </table>	大量送水車：1台	可搬式窒素供給装置：1台	移動式代替熱交換設備：1台	第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台	大型送水ポンプ車：1台	タンクローリ：1台
大量送水車：1台	可搬式窒素供給装置：1台						
移動式代替熱交換設備：1台	第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台						
大型送水ポンプ車：1台	タンクローリ：1台						
接続口使用箇所	2号機原子炉建物西側						
取水箇所	淡水：輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2） 海水：非常用取水設備（2号機取水槽）						
ホース敷設前に配置する可搬型設備	<table border="0"> <tr> <td>移動式代替熱交換設備：1台</td> <td>可搬式窒素供給装置：1台</td> </tr> <tr> <td></td> <td>第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台</td> </tr> </table>	移動式代替熱交換設備：1台	可搬式窒素供給装置：1台		第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台		
移動式代替熱交換設備：1台	可搬式窒素供給装置：1台						
	第1ベントフィルタ出口水素濃度：1台						

注記\*：大量送水車は輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）、大型送水ポンプ車は非常用取水設備（2号機取水槽）周辺に配置するため、図 21-3 に記載していない。

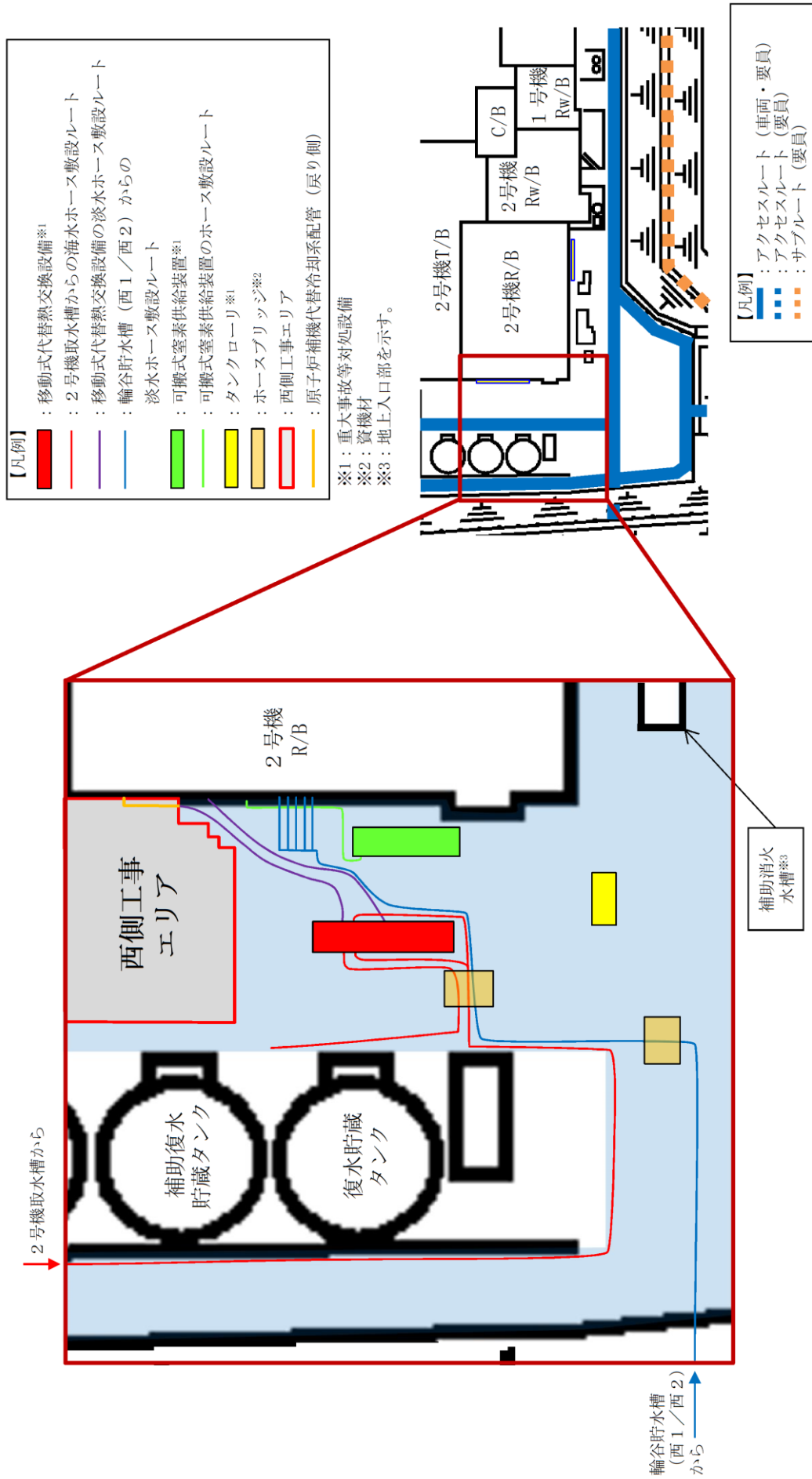


図 21-3 2号機原子炉建物西側における可搬型設備の配置図

核物質防護設備の安全設備及び重大事故等対処設備への  
波及的影響の防止について



## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 基本方針 .....	1
2.1 波及的影響の防止について .....	1
2.1.1 地震 .....	1
2.1.2 火災 .....	1
2.1.3 溢水 .....	2
2.1.4 竜巻 .....	2
2.1.5 津波 .....	2
2.1.6 積雪・火山 .....	2

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第9条及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に基づく発電用原子炉施設への人の不法な接近等の防止に係る核物質防護設備（以下「防護設備」という。）の安全施設及び重大事故等対処設備への波及的影響の防止について補足説明する。

## 2. 基本方針

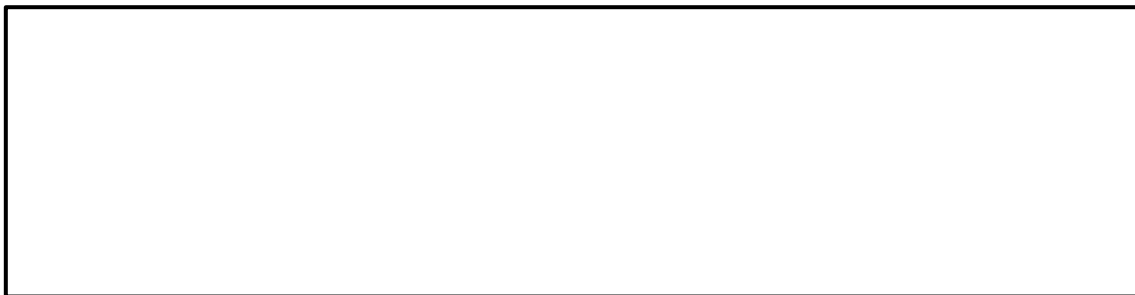
### 2.1 波及的影響の防止について

安全施設及び重大事故等対処設備は、地震、火災、溢水及びその他の自然現象並びに外部人為事象による他設備の損傷等に伴う波及的影響により、発電用原子炉施設としての安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないよう措置を講じた設計とする。

このため、防護設備は、基本的に建物の外周等に設置し、防護設備が損傷、倒壊等した場合においても、安全施設及び重大事故等対処設備に影響を与えないよう原則、離隔距離をとることとする。

また、防護上、安全施設及び重大事故等対処設備に近接して防護設備を設置する場合もあるため、損傷、倒壊等の起因事象となる可能性のある地震、火災、溢水、竜巻、津波、積雪及び火山に対する防護設備の波及的影響について、以下のとおり評価する。（添付－1）

#### 2.1.1 地震



#### 2.1.2 火災

火災区域、区画に設置する防護設備は、安全施設及び重大事故等対処設備との系統分離対策を実施し、内部火災影響評価等で適切に評価しているので、安全施設及び重大事故等対処設備に影響を及ぼすことはない。

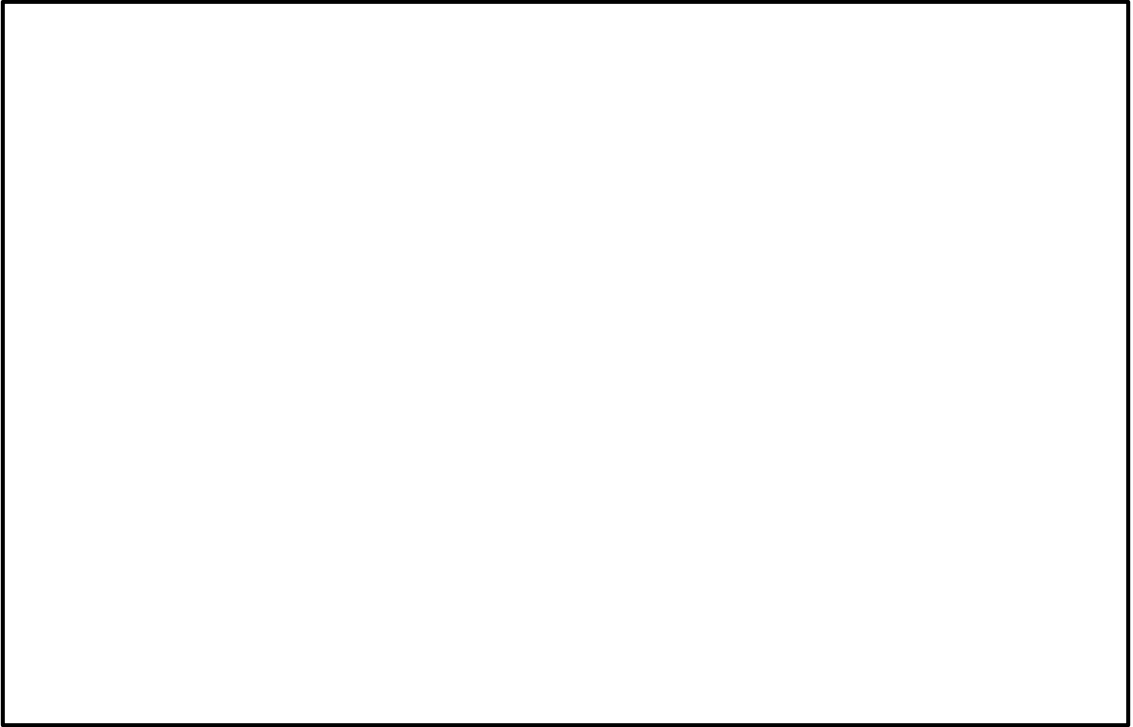
また、外部火災対策の防火帯内については、延焼防止効果に影響を与えるような大型の可燃物を含む機器は、原則、設置しないこととする。



### 2.1.3 溢水



### 2.1.4 竜巻

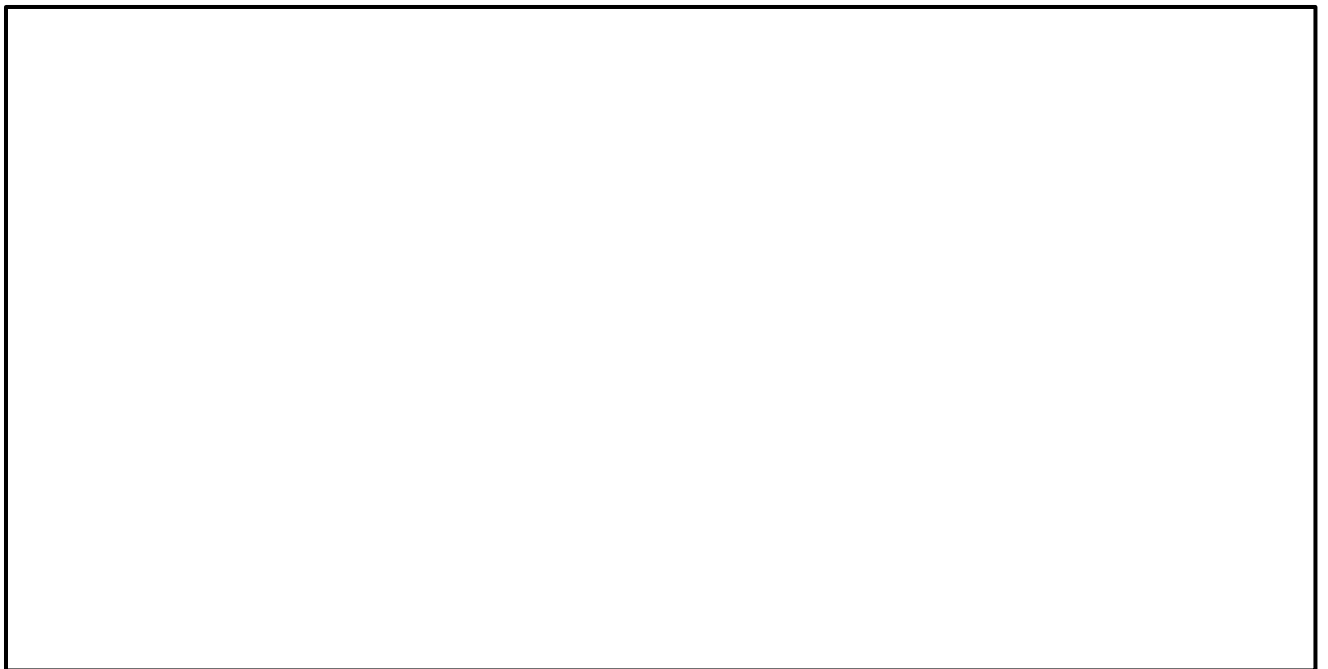
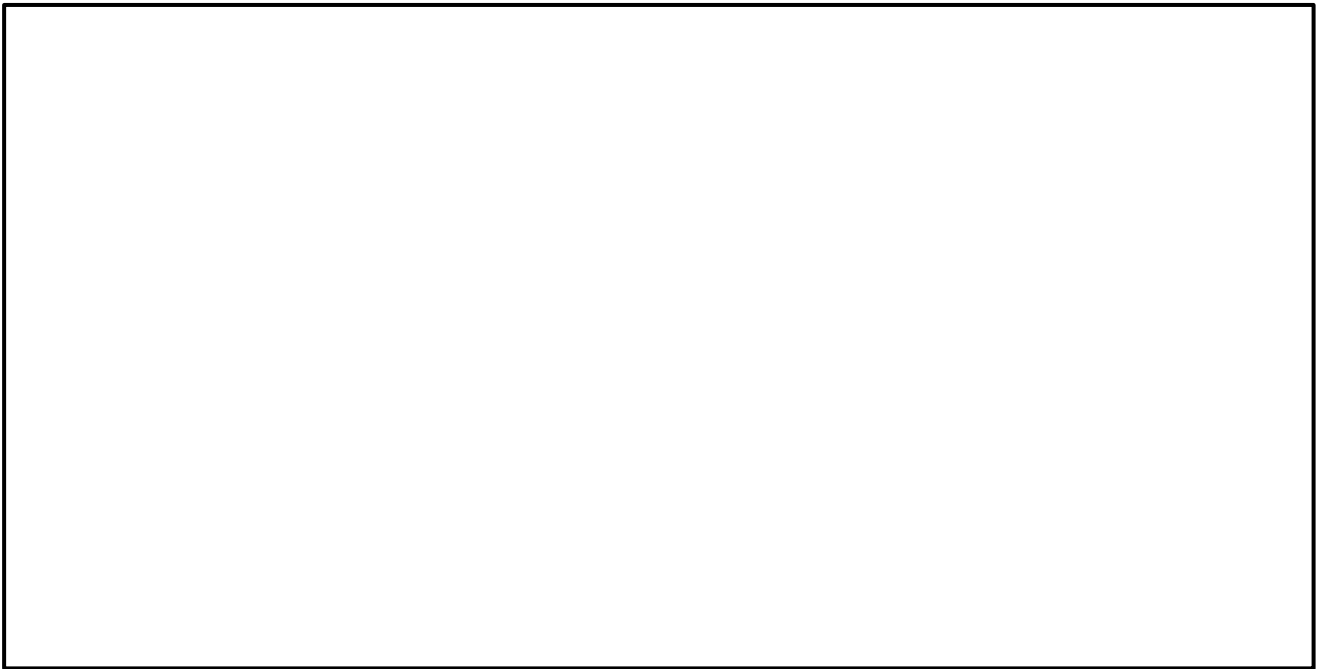


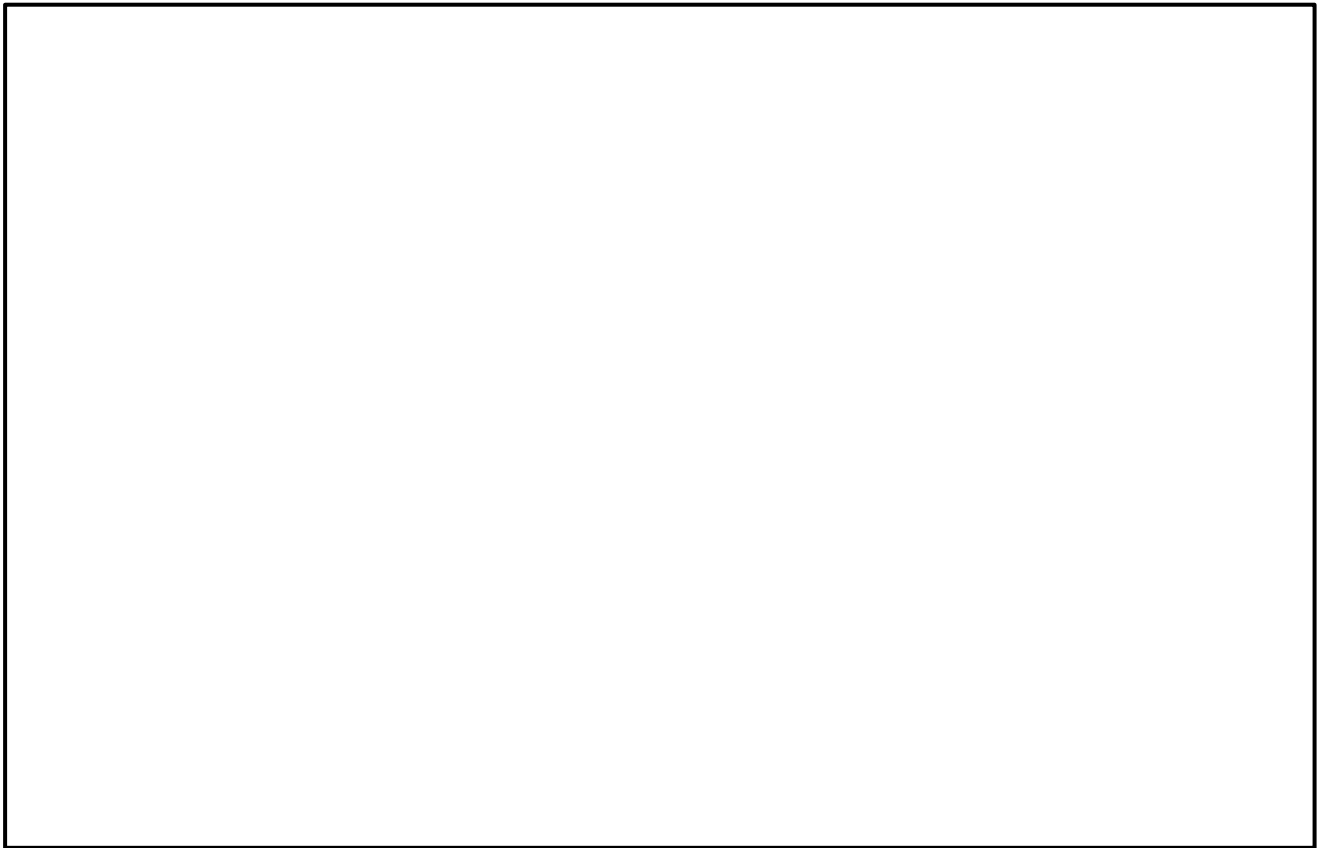
### 2.1.5 津波

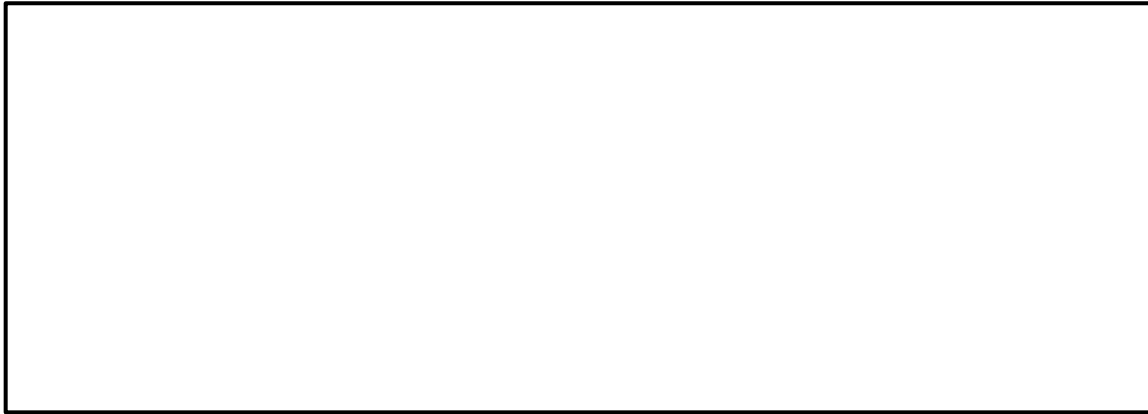


### 2.1.6 積雪・火山

屋外の防護設備については、荷重の影響を受けにくい構造であるため、損傷等することなく安全施設及び重大事故等対処設備に影響を及ぼすことはない。







核物質防護設備の波及的影響の防止について

損傷、倒壊等の起因事象となる可能性のある地震、火災、溢水、竜巻、津波、積雪及び火山に対する防護設備の波及的影響の防止について以下に示す。

種類	機器・設備	地震	火災	溢水	竜巻	津波	積雪・火山

## ブローアウトパネル関連設備の設計方針に係る補足説明資料



## 目次

4-1	ブローアウトパネル関連設備の要求機能について	4-1-1
4-2	ブローアウトパネルの配置と構造について	4-2-1
4-3	クリップ引張試験について	4-3-1
4-4	ブローアウトパネルの開放機能を担保する設計条件について	4-4-1
4-5	原子炉建物内側ブローアウトパネルの配置と構造について	4-5-1
4-6	クリップ破損時の他設備への影響について	4-6-1
4-7	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル取付枠内での物理的な干渉について	4-7-1
4-8	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの飛出し挙動について	4-8-1
4-9	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開放時の他設備への影響について	4-9-1
4-10	ブローアウトパネルの保全管理について	4-10-1
4-11	ブローアウトパネル機能確認試験要領について	4-11-1
4-12	ブローアウトパネル機能確認試験結果について	4-12-1
4-13	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開放時の設計基準事故被ばく評価への影響について	4-13-1
4-14	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の配置と構造について	4-14-1
4-15	原子炉建物内の圧力解析について	4-15-1
4-16	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の技術基準規則第五十四条への適合性について	4-16-1
4-17	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の保全管理について	4-17-1
4-18	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験要領について	4-18-1
4-19	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験結果について	4-19-1
4-20	原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル強制開放装置（自主対策設備）の配置と構造について	4-20-1
4-21	ブローアウトパネル関連設備の先行電力との差異について	4-21-1

## ブローアウトパネル関連設備の要求機能について

## 1. はじめに

ブローアウトパネル関連設備（原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）、原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MSトンネル室BOP」という。）、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）及び原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル強制開放装置（以下「オペフロBOP強制開放装置」という。））について、技術基準上の主な要求事項及び設計方針を要求機能ごとに整理した。また、オペフロBOP及びMSトンネル室BOPに対するブローアウトパネル閉止装置の設置要否について整理した。

## 2. オペフロBOPの要求事項及び設計方針

## (1) 開放機能

オペフロBOPは、主蒸気管破断（以下「MSLBA」という。）を想定した場合の放出蒸気による圧力から原子炉建物や原子炉格納容器等を防護するため、放出蒸気を建物外に放出することを目的に設置されている。このため、建物の内外差圧により自動的に開放する機能が必要である。（技術基準規則 第12条 溢水等による損傷の防止）

設計基準対象施設であるオペフロBOPは、待機状態（閉状態）にて、基準地震動 $S_s$ により開放機能を損なわないようにする必要があるため、基準地震動 $S_s$ に対する耐震健全性（建物躯体の健全性）を確保する設計とする。また、設計竜巻により開放機能を損なわないようにする必要があるが、設計竜巻は、その発生頻度が非常に小さく、設計基準事故との重畳は、判断基準の目安となる $10^{-7}$ 回/年を下回り十分小さいこと、プラント運転中又は停止中の設計竜巻を想定してもプラント停止及び冷却に必要な設備は確保でき原子炉安全に影響しないことから、安全上支障のない期間に補修が可能な設計とすることで安全機能を損なわない設計とする。

重大事故等対処設備であるオペフロBOPは、格納容器バイパス（以下「ISLOCA」という。）発生を想定した場合の発生箇所を隔離するための操作等の活動ができるよう、所定の時間内に原子炉建物原子炉棟（以下「原子炉棟」という。）の圧力及び温度を低下させるため、確実に開放する必要がある。（技術基準規則 第61条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備）

ISLOCA発生時においては、原子炉格納容器外かつ原子炉棟で低圧設計部が破断することを想定しているため、原子炉棟で瞬時に減圧沸騰して大量の水蒸気が発生する。このため、原子炉棟の圧力が急上昇するが、外気との差圧（設計圧力6.9kPa以下）で原子炉建物燃料取替階に設置したオペフロBOPが自動的に開放し、原子炉棟内を減圧する設計とする。

また、開放したオペフロBOPの開口面（全面）を経由して外気と熱交換が行われることにより原子炉棟内でも人力でISLOCA発生箇所を隔離するための隔離弁が操作可能となる。なお、ISLOCA発生時には、基本的に中央制御室で隔離弁を閉操作するが、万が一中央制御室から操作できない場合には、現場で隔離弁を操作することとしている。

重大事故等対処設備であるオペフロBOPは、待機状態（閉状態）にて、基準地震動 $S_s$ により開放機能を損なわないようにする必要があるため、基準地震動 $S_s$ に対する耐震健全性（建物躯体の健全性）を確保する設計とする。

## (2) 二次格納施設のバウンダリ機能

オペフロBOPは、上記(1)の開放機能を満足させるため、原子炉棟外壁に設置されており、原子炉棟の壁の一部となることから、二次格納施設のバウンダリとしての機能維持が必要である。（技術基準規則 第38条 原子炉制御室等及び第44条 原子炉格納施設）

このため、設計基準対象施設であるオペフロBOPは、待機状態（閉状態）にて、基準地震動 $S_s$ により二次格納施設としてのバウンダリ機能を損なわないようにする必要があるが、その一方で、地震動により開放しないように設計する場合、本来の差圧による開放機能を阻害する可能性がある。この2つの要求機能を考慮した結果、二次格納施設のバウンダリ機能維持に対しては、オペフロBOPの設置目的である差圧による開放機能を阻害しない範囲で耐震性を確保する設計とする。具体的には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）によれば、基準地震動 $S_2$ （ $S_s$ 相当）と運転状態IV（設計基準事故）の組合せは不要であるが、基準地震動 $S_1$ （ $S_d$ 相当）と運転状態IV（設計基準事故）の荷重の組合せは必要とされていることを踏まえ、オペフロBOPは二次格納施設としてのバウンダリ機能を有することから、長期にわたり事象が継続した場合も考慮し、弾性設計用地震動 $S_d$ で開放しない設計とする。設計竜巻については、その最大気圧低下量がオペフロBOP開放の設計差圧より大きく、設計竜巻の気圧差により開放の可能性を否定できないが、設計竜巻の発生頻度は非常に小さく、設計基準事故との重畳は、判断基準の目安となる $10^{-7}$ 回／年を下回り十分小さいこと、プラント運転中又は停止中の設計竜巻を想定してもプラント停止及び冷却に必要な設備は確保でき原子炉安全に影響しない。このため、万一、地震や竜巻により開放し、安全上支障のない期間に復旧できず、二次格納施設としてのバウンダリ機能が維持できない場合には、安全な状態に移行（運転中は冷温停止へ移行、停止中は炉心変更時又は原子炉棟で照射された燃料に係る作業の停止）することを保安規定に定める。

### 3. MSトンネル室BOPの要求事項及び設計方針

#### (1) 開放機能

MSトンネル室BOPは、MSLBAを想定した場合の放出蒸気による圧力から原子炉建物や原子炉格納容器等を防護するため、放出蒸気を建物外に放出することを目的に設置されている。このため、主蒸気管トンネル室（以下「MSトンネル室」という。）内外の差圧（設計圧力12.26kPa以下）により自動的に開放する機能が必要である。（技術基準規則 第12条 溢水等による損傷の防止）

設計基準対象施設であるMSトンネル室BOPは、待機状態（閉状態）にて、基準地震動  $S_s$  により開放機能を損なわないようにする必要があるため、基準地震動  $S_s$  に対する耐震健全性（建物躯体の健全性）を確保する設計とする。

#### (2) 二次格納施設のバウンダリ機能

MSトンネル室BOPは、上記(1)の開放機能を満足させるため、原子炉棟のMSトンネル室に設置されており、原子炉棟の壁の一部となるMSトンネル室BOPについては、二次格納施設のバウンダリとしての機能維持が必要である。（技術基準規則 第38条 原子炉制御室等、第44条 原子炉格納施設及び第74条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備）

このため、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備であるMSトンネル室BOPは、待機状態（閉状態）にて、基準地震動  $S_s$  により二次格納施設としてのバウンダリ機能を損なわないようにする必要があるが、その一方で、地震動により開放しないように設計する場合、本来の差圧による開放機能を阻害する可能性がある。この2つの要求機能を考慮した結果、二次格納施設のバウンダリ機能維持に対しては、MSトンネル室BOPの設置目的である差圧による開放機能を阻害しない範囲で耐震性を確保する設計とする。具体的には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）によれば、基準地震動  $S_2$ （ $S_s$ 相当）と運転状態IV（設計基準事故）の組合せは不要であるが、基準地震動  $S_1$ （ $S_d$ 相当）と運転状態IV（設計基準事故）の荷重の組合せは必要とされていることを踏まえ、MSトンネル室BOPは二次格納施設としてのバウンダリ機能を有することから、長期にわたり事象が継続した場合も考慮し、弾性設計用地震動  $S_d$  で開放しない設計とすることで要求機能を満足する。

なお、MSトンネル室BOPはラプチャーパネルであり、その構造上オペフロBOPに比べ地震時の影響が小さく、基準地震動  $S_s$  での二次格納施設のバウンダリ機能維持を考慮した場合でも、規定の設計開放圧力での開放機能を阻害することは無いため、基準地震動  $S_s$  で開放しない設計とする。（開放機能と地震動の関係性に関する設計詳細については、補足4-4「ブローアウトパネルの開放機能を担保する設計条件について」にて説明）

#### 4. BOP閉止装置の要求事項及び設計方針

##### (1) 閉止機能

技術基準第74条（運転員が原子炉制御室にとどまるための設備）の解釈では、「原子炉制御室の居住性を確保するために原子炉建屋に設置されたブローアウトパネルを閉止する必要がある場合は、容易かつ確実に閉止操作ができること。また、ブローアウトパネルは、現場において人力による操作が可能なものとする。」が要求されている。

島根原子力発電所第2号機のオペフロBOPは、開放後、炉心損傷に至る事故が発生した場合には、作業員の被ばく防止の観点から再閉止操作を行うことが困難であるため、技術基準第74条要求に適合させるためにBOP閉止装置を設置する。

このため、重大事故等対処設備であるBOP閉止装置は、待機状態（開状態）にて、基準地震動  $S_s$  により閉止機能を損なわないようにする必要があることから、基準地震動  $S_s$  に対する耐震健全性を確保する設計とする。

##### (2) 二次格納施設のバウンダリ機能

BOP閉止装置は、オペフロBOPに代わって原子炉棟の壁の一部となることから、二次格納施設のバウンダリとしての機能（原子炉棟の気密性能確保）が必要である。

一方、BOP閉止装置の閉機能維持が必要な状況とは、基準地震動  $S_s$  によりオペフロBOPが開放し、更に重大事故に至った場合である。技術基準第74条（運転員が原子炉制御室にとどまるための設備）では、7日間で100mSvを超えないことが要求されており、7日間で想定する地震動は、設置許可基準規則第39条（地震による損傷の防止）で整理するSA発生後の最大荷重の組合せの考え方を踏まえ、BOP閉止装置が閉状態で組み合わせるべき地震動は弾性設計用地震動  $S_d$  であるが、長期の閉止機能維持を考慮して基準地震動  $S_s$  とする。

このため、重大事故等対処設備であるBOP閉止装置は、待機状態（開状態）にて、基準地震動  $S_s$  により閉止機能を損なわないようにする必要があることから、基準地震動  $S_s$  に対する耐震健全性を確保する設計とする。

#### 5. オペフロBOP強制開放装置（自主対策設備）への要求事項

オペフロBOP強制開放装置は、仮に、重大事故等時に静的触媒式水素処理装置、格納容器フィルタベント系により原子炉建物内の水素濃度が低下しなかった場合に、原子炉建物内の水素濃度低減を目的にブローアウトパネルを強制的に開放する必要がある場合に用いる自主対策設備であるため、強制開放装置の損傷が安全上重要な他設備に波及的影響を及ぼさないようにする必要がある。

## 6. ブローアウトパネル関連設備に要求される機能の整理

表6にブローアウトパネル関連設備に要求される機能ごとに考慮する事象の組合せを整理した結果を示す。

## 7. オペフロBOP及びMSトンネル室BOPに対するブローアウトパネル閉止装置の設置要否

表7にブローアウトパネル開放要因を踏まえBOP閉止装置の設置要否を整理した結果を示す。

オペフロBOPについては、弾性設計用地震動 $S_d$ を超える地震動で開放の可能性があることから、開放後、炉心損傷に至る事故が発生した場合には、作業員の被ばく防止の観点から再閉止操作を行うことが困難であるため、技術基準第74条要求への適合を考慮しBOP閉止装置を設置する。

一方、MSトンネル室BOPは、3. (2)のとおり基準地震動 $S_s$ では開放しない設計とするため、重大事故等時において開放することがないことからBOP閉止装置は設置しない。

表6 ブローアウトパネル関連設備に要求される機能の整理

ブローアウト パネル 関連設備	要求機能	設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
		5条 地震	7条 竜巻 (差圧)	7条 竜巻 (飛来物)	50条 地震	54条 竜巻 (差圧)	54条 竜巻 (飛来物)
オペフロ BOP	開放機能 (MSLBA) (12条)	○ (S s)	○ プラント停 止にて対応	○ 竜巻防護ネ ットで対応	—	—	—
	開放機能 (ISLOCA) (12条)	—	—	—	○ (S s)	—	—
	バウンダリ機能 (建物気密性) (38条, 44条)	○ (S d)	○ プラント停 止にて対応	○ 竜巻防護ネ ットで対応	—	—	—
MS トンネル室 BOP	開放機能 (MSLBA) (12条)	○ (S s)	—	—	—	—	—
	バウンダリ機能 (建物気密性) (38条, 44条)	○ (S d)	—	—	○*1 (S d)	—	—
BOP 閉止装置 (SA 緩和設備)	閉止機能 (74条)	—	—	—	○ (S s)	○ (影響なし)	—*2
	バウンダリ機能 (74条)	—	—	—	○ (S s)	—*3	—*3

注記 \*1: MSトンネル室BOPは、基準地震動S sでも閉維持が可能な設計とした場合でも、開放機能として規定の開放圧力で開放できる構造であることから、基準地震動S sで閉維持可能な設計とする。

\*2: BOP閉止装置は、SA緩和設備であるため共通要因故障としての考慮は不要

\*3: SA後の閉止状態での設計竜巻は、事象の重ね合わせの頻度から組み合わせ不要

表7 ブローアウトパネルの開放要因及び閉止の必要性検討

開放箇所	開放要因		開放可能性	閉止の必要性検討*1	閉止装置の 要否	
オペフロ BOP	自然現象	地震	有 (S <sub>d</sub> を超える地震動で開放)	S <sub>s</sub> 相当までの本震による全炉心損傷頻度の累積は $3.3 \times 10^{-7}$ /炉年*2であり、地震によるオペフロ BOP の開放が考えられ、炉心損傷に至る事故が発生した場合には、作業員の被ばく防止の観点からオペフロ BOP を再閉止操作を行うことが困難であるため、閉止装置にて閉止する設計とする。	要	
		竜巻	有 (設計竜巻の差圧以下で開放)	外部電源喪失が考えられる竜巻の年超過発生頻度(約 $10^{-4}$ /年)及び外部電源喪失が発生した場合の条件付炉心損傷確率( $7.8 \times 10^{-7}$ )*3が極めて低いことから、開放しても原子炉制御室の居住性を確保するためにオペフロ BOP の閉止が必要となる可能性は極めて低い。	否	
		上記以外	無	津波及び地滑り・土石流に対し、影響を受けない場所に設置している。 風(台風)については、荷重として作用するものの開放には至らない。 積雪、火山の影響に対し、荷重を受けにくい構造である。 凍結、降水、落雷、生物学的事象、森林火災は、荷重として作用する事象ではない。	否	
	運転時の異常な過渡事象		無	建物内圧力が上昇しない	否	
	設計基準事故	主蒸気管破断	有 (設計で考慮)	主蒸気管破断については、レベル1 P S A 学会標準に基づき、発生頻度、プラントの影響等の観点から、リスク評価上の重要性は低いと考え、炉心損傷へ至る可能性のある評価対象から除外する。	否	
		上記以外	無	建物内圧力が上昇しない	否	
	重大事故等	ISLOCA	有 (設計で考慮)	ISLOCA の炉心損傷頻度( $3.3 \times 10^{-9}$ /炉年)*4は十分低いことから、原子炉制御室の居住性を確保するためにオペフロ BOP の閉止が必要となる可能性は極めて低い。	否	
		上記以外	無	建物内圧力が上昇しない	否	
	MS トン ネル室 BOP	自然現象	地震	無	S <sub>s</sub> 機能維持であるため開放しない	否
			上記以外	無	建物内に設置されているため影響は受けない	否
運転時の異常な過渡事象		無	建物内圧力が上昇しない	否		
設計基準事故		主蒸気管破断	有 (設計で考慮)	主蒸気管破断については、レベル1 P S A 学会標準に基づき、発生頻度、プラントの影響等の観点から、リスク評価上の重要性は低いと考え、炉心損傷へ至る可能性のある評価対象から除外する。	否	
		上記以外	無	建物内圧力が上昇しない	否	
重大事故等		ISLOCA	無	ISLOCA 時の流路にならない	否	
		上記以外	無	建物内圧力が上昇しない	否	

注記\*1：閉止必要性検討にあたっては、「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 4601・補-1984)」のスクリーニング基準である $10^{-7}$ /炉年を参考にした。

\*2：設置許可審査時の補足説明資料「EP-060(補)改90 島根原子力発電所2号炉 重大事故等対処設備について」39条 地震による損傷の防止 39-4 重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震の組合せについて

\*3：設置許可審査時の補足説明資料「EP-060(補)改90 島根原子力発電所2号炉 重大事故等対処設備について」46条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備 46-13 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルについて

\*4：設置許可審査時の資料「EP-015改78 島根原子力発電所2号炉 重大事故等対策の有効性評価」付録1 事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンス等の選定について



ブローアウトパネルの配置と構造について

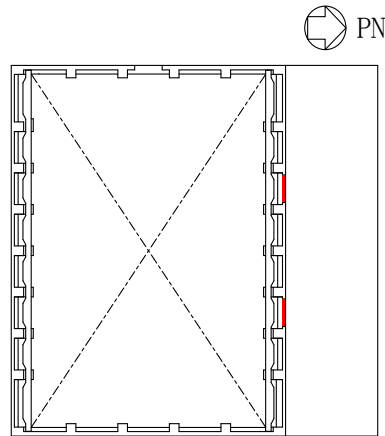
1. 燃料取替階ブローアウトパネルの配置について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）は，原子炉建物原子炉棟の外壁に合計 2 箇所設置する。

オペフロ BOP の配置について表 1-1 と図 1-1 に示す。

表 1-1 オペフロ BOP の配置について

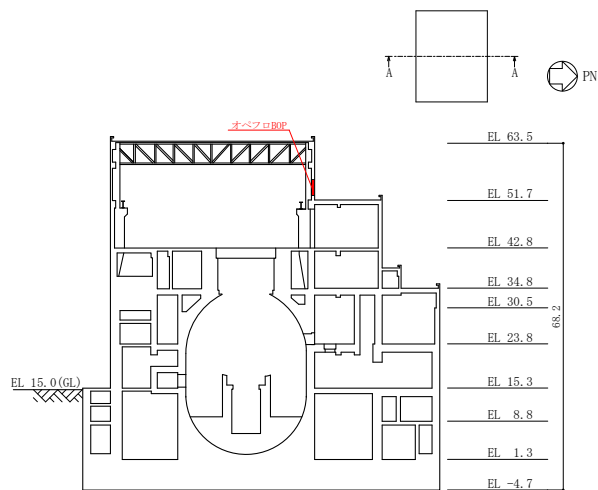
設置階	配置	備考
原子炉建物原子炉棟地上 4 階中間床	北側の壁面に 2 箇所	



原子炉建物地上 4 階中間床 概略平面図

■ : (オペフロ BOP 2 箇所)

図 1-1 (1) オペフロ BOP 配置図



断面図 (A-A 断面) (単位: m)

図 1-1 (2) オペフロ BOP 配置図

2. オペフロ BOP の構造について

オペフロ BOP は、厚さ約  mm のクリップと呼ばれる装置 20 個で原子炉建物原子炉棟外壁に設置されており、原子炉格納容器の設計上の最高使用外圧 13.7kPa に対し、3.43kPa 以下で開放するように設計されている。パネル寸法と現状のクリップ数を表 2-1 に、構造概要を図 2-1 に示す。

現在、クリップはパネル 1 枚あたり 20 個（幅 85mm）が設置されているが、新規規制基準対応として、機能要求を確保するための設計圧力の引上げ及び確実に設計圧力で開放させる観点からクリップ形状及び数の最適化を図り、クリップはオペフロ BOP 1 枚あたり 16 個（幅約 140 mm を 16 個）とし、6.9kPa 以下で開放する設計とする。

なお、引上げた設計圧力（6.9kPa 以下）は、オペフロ BOP 開放機能に期待している事故（MSLBA, ISLOCA）の際に、原子炉建物原子炉棟内の圧力が原子炉格納容器の設計上の最高使用外圧 13.7kPa を超えないよう考慮することに加え、弾性設計用地震動 S d で開放しない機能が成立する圧力として設定する。

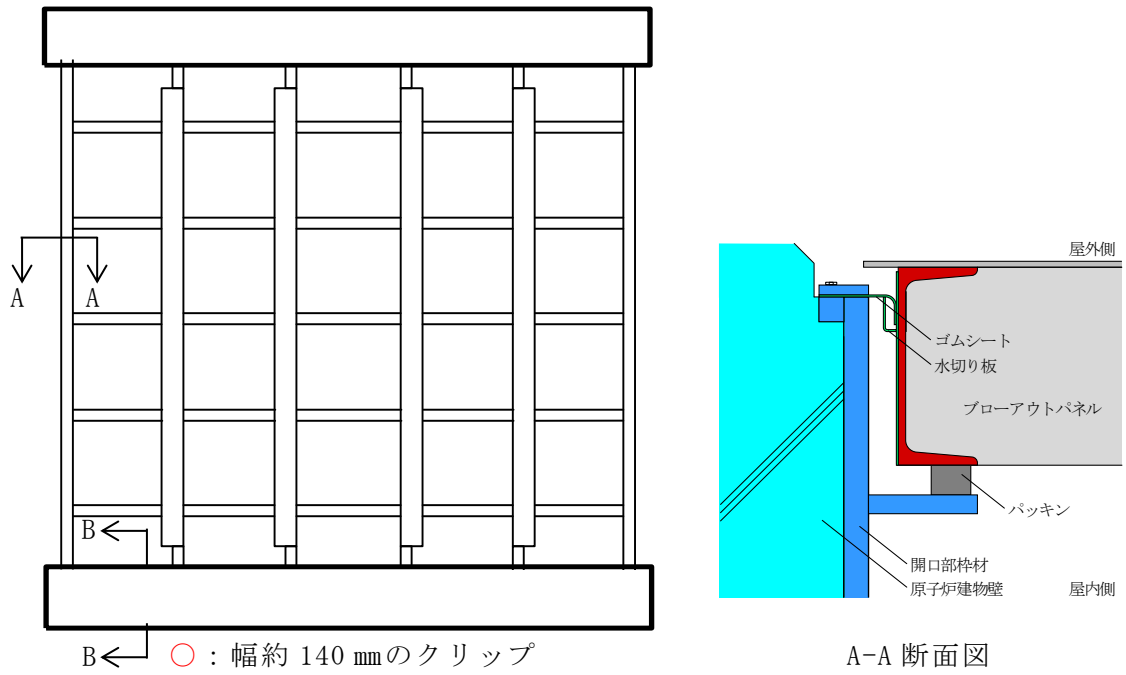
オペフロ BOP は、このクリップだけで建物躯体側の枠材に固定され、パネル下部には、パネル移動時（開放時）の摩擦による抗力を低減するためのすべり材が設置されている。また、パネルと躯体の間隙にはパッキンが設置され、原子炉建物原子炉棟の二次格納施設としてのバウンダリ機能を確保する設計としている。

オペフロ BOP は、内圧によりパネル本体が外側に押され、このクリップが外れ、更に内圧により外側に押されて開放する構造であり、オペフロ BOP は、電源や空気源に頼ることなく、静的、かつ圧力上昇に対して確実に開放できる仕組みとして、クリップ構造が採用されており、この開放機構は、既設系統設備でも採用実績のある破壊板（ラプチャーディスク）と同様の考え方（差圧により部材を破壊）であり、構造が単純であることから、信頼性が高いものである。

表 2-1 オペフロ BOP の主要仕様

設置場所		寸法	材質	クリップ数
4 階 中間床	北壁面 2 箇所	3940 mm × 3920mm	SS400 SUS304	幅 140mm 16 個 (幅 85mm 20 個)

クリップ数の ( ) 個数は、変更前の個数



○ : 新規制基準対応としてクリップ形状等を最適化した後のクリップ位置

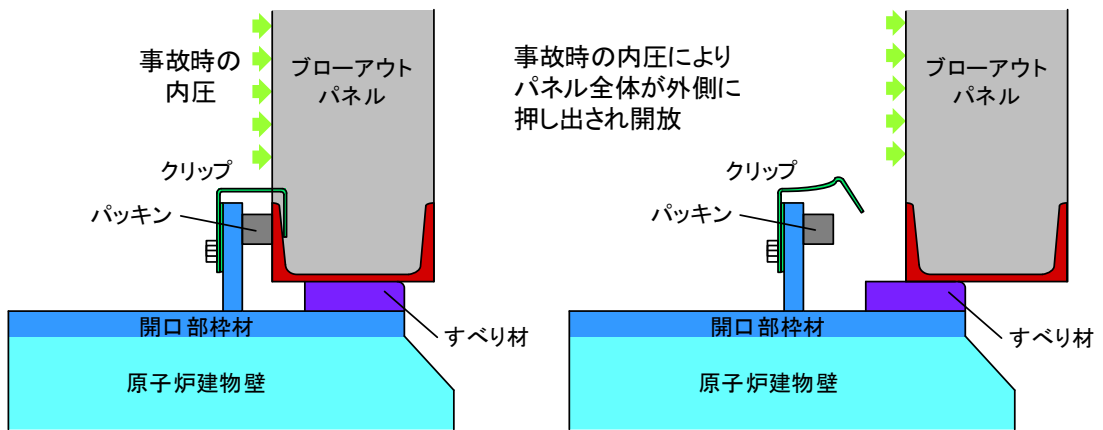


図 2-1 オペフロ BOP の構造と作動原理

### 3. オペフロ BOP が開放するための条件の整理

建物内圧力によるクリップの変形及びパネルの開放時の具体的な流れを図 3-1 に示す。パネルを規定差圧で開放させるためには、パネルの開放に対する抗力(下記①～②)を規定差圧による開放荷重より小さく設定する必要がある。また、オペフロ BOP への要求機能(二次格納施設としてのバウンダリ機能)から、弾性設計用地震動  $S_d$  では開放しない設計とする必要がある。

以上より、オペフロ BOP に要求される機能を満たすための条件は以下のとおりであり、本条件を満足するように設計する。

$$\begin{array}{ccccc} \text{弾性設計用地震動 } S_d < & \text{パネルの開放に必要な荷重} < & \text{建物内圧力による荷重} \\ \text{(④)} & \text{(パネルの開放時の抗力)} & \text{(③)} \\ & \text{(①+②)} & \end{array}$$

ここで、

#### ①クリップを変形させる荷重×クリップ個数

- ・クリップを変形させるための荷重はクリップ試験の結果を踏まえて保守的に設定
- ・クリップ個数は弾性設計用地震動  $S_d$ 、クリップ試験結果を踏まえて設定

#### ②パネルとすべり材部の摩擦力

- ・パネルと躯体の摩擦力を低減させるため、パネル及び躯体にステンレス製のすべり材を2箇所設置
- ・すべり材間の摩擦係数

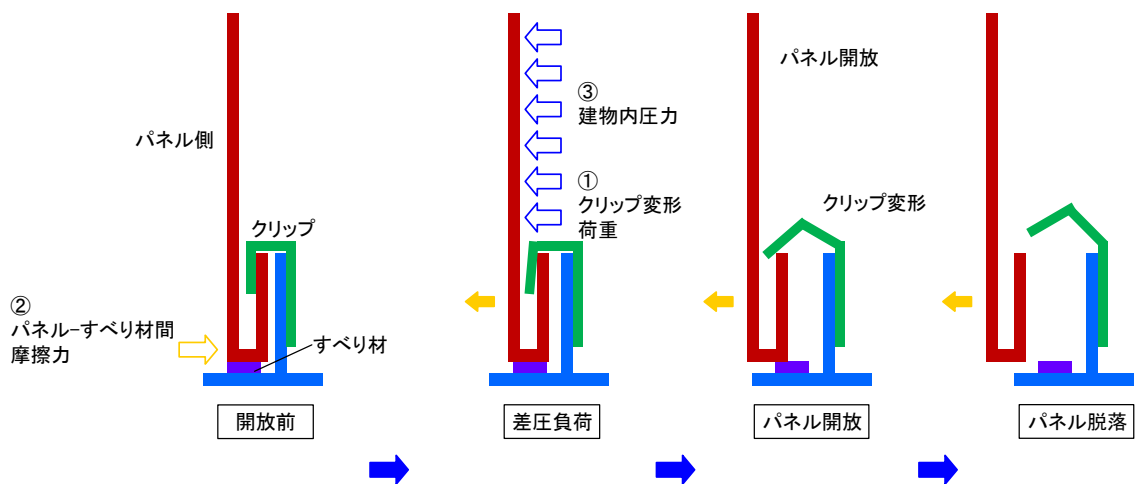


図 3-1 オペフロ BOP 開放のメカニズム

4. オペフロ BOP の開放の検知について

オペフロ BOP の開放を検知し，プラント停止や燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置による開口部の閉止等の対応措置を速やかに実施するため，個々のオペフロ BOP の開放を検知するリミットスイッチを設置し，中央制御室で状態を把握可能な設計とする。

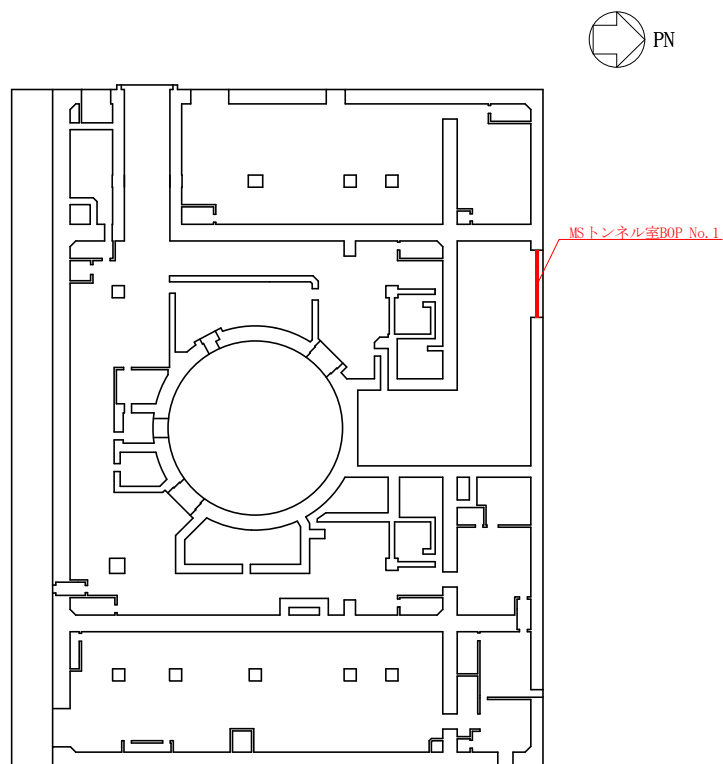
5. 主蒸気管トンネル室ブローアウトパネルの配置について

原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）は，主蒸気管トンネル室（以下「MS トンネル室」という。）のタービン建物側等，二次格納施設境界壁 3 箇所合計 71 枚設置する。

MS トンネル室 BOP の配置について表 5-1 と図 5-1 に示す。

表 5-1 MS トンネル室 BOP の配置について

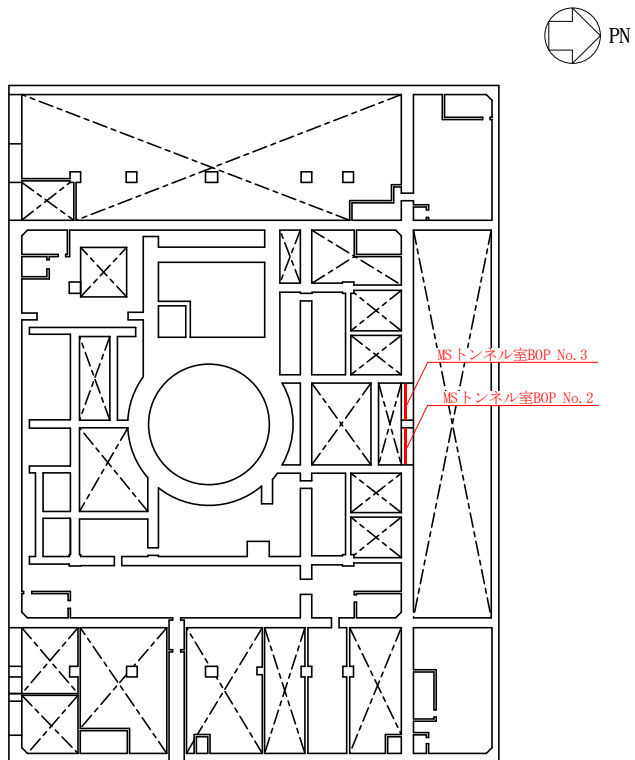
設置階	配置	備考
原子炉建物原子 炉棟地上 1 階及 び 2 階中間床	壁面に 71 枚	BOP No. 1 29 枚 BOP No. 2 18 枚 BOP No. 3 24 枚



原子炉建物地上 1 階 概略平面図

— : (MS トンネル室 BOP 29 枚)

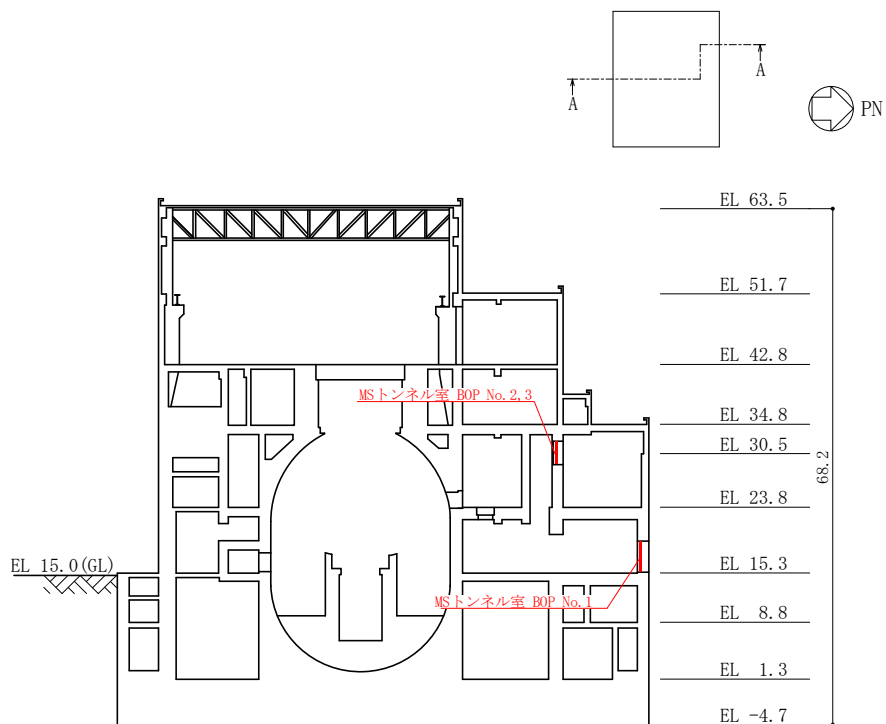
図 5-1(1) MS トンネル室 BOP 配置図



原子炉建物地上2階中間床 概略平面図

— : (MSトンネル室 BOP 42枚)

図5-1(2) MSトンネル室BOP配置図



断面図 (A-A断面) (単位: m)

図5-1(3) MSトンネル室BOP配置図

6. MS トンネル室 BOP の構造について

MS トンネル室 BOP は、ラプチャーパネルで MS トンネル室のタービン建物側等、二次格納施設境界壁に設置されており、原子炉格納容器の設計上の最高使用外圧 13.7kPa に対し、5.89kPa 以上、9.81kPa 以下で開放するように設計されている。また、MS トンネル室 BOP については ISLOCA 時において開放しない設計とすることから、新規制基準対応によるオペフロ BOP の設計圧力の引上げに伴い、7.36kPa 以上、12.26kPa 以下へ開放圧力を引上げる。なお、オペフロ BOP 及び MS トンネル室 BOP の開放圧力を変更した条件で、主蒸気管破断事故時の原子炉建物原子炉棟内圧力解析を実施し、原子炉格納容器の設計上の最高使用外圧 13.7kPa は上回らないことを確認している。

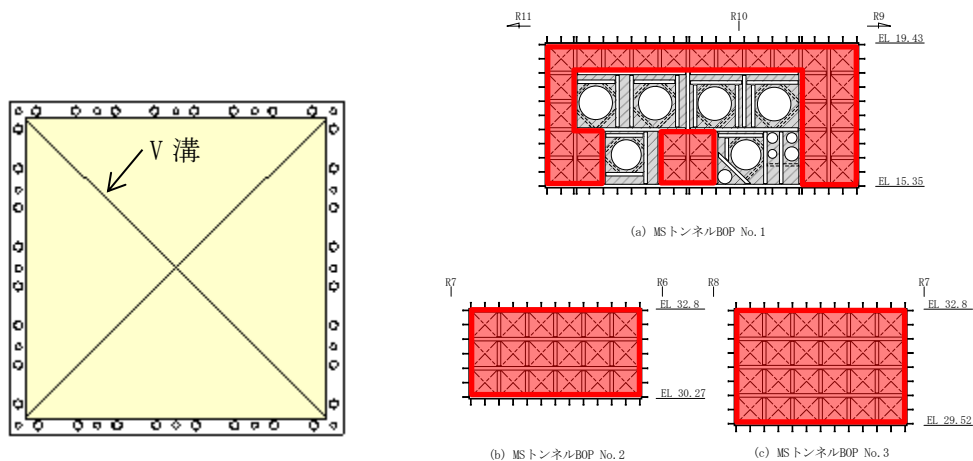
パネル寸法とパネル数を表 6-1 に、構造概要を図 6-1 に示す。

MS トンネル室 BOP は、ラプチャーパネルと枠部で建物躯体に固定されている。また、原子炉建物原子炉棟の二次格納施設としてのバウンダリ機能を確保する設計としている。

MS トンネル室 BOP は、内圧によりパネル本体が外側に押され、ラプチャーパネルに設置されている V 溝からパネルが開放し、最終的に完全に開放する構造である。

表 6-1 MS トンネル室 BOP の主要仕様

設置場所		寸法	材質
1 階及び2階中間床	壁面に 71 箇所	780 mm × 780mm	A1050P



ラプチャーパネル

■ : MS トンネル室 BOP

MS トンネル室 概略立面図

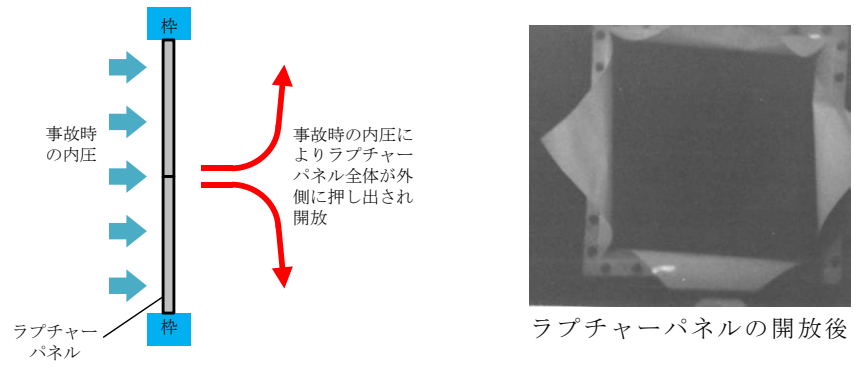


図 6-1 MS トンネル室 BOP の構造と作動原理



## 7. MS トンネル室 BOP の開放について

MS トンネル室 BOP はラプチャーパネルを採用しており、専用の動力を必要とせず、受圧面に規定の圧力が加われば破裂し開放する。主蒸気管が破断した場合には、原子炉建物原子炉棟主蒸気管トンネル室内に蒸気が噴出し規定の圧力が加わったラプチャーパネルから破裂・開放していくことになる。

仮に、事象の初期（蒸気が伝播しラプチャーパネルに初めて到達する段階）に全数のラプチャーパネルが破裂・開放しなかったとしても、その後の蒸気の継続的供給により、室内の圧力が上昇し受圧面に規定の圧力が加われば、未開放ラプチャーパネルが破裂することになる。また、事象の規模が小さく全数のラプチャーパネルが破損せず、かつ、主蒸気管トンネル室内の圧力が規定の開放圧力まで上昇しなければ、それ以上のラプチャーパネルの破裂・開放は発生しない。

設計基準事故の事故解析（環境への放射性物質の異常な放出）で対象としている主蒸気管破断事故においては、主蒸気管 1 ラインの破断を考慮しており、主蒸気隔離弁完全閉止までは、室内に蒸気は供給され続ける。仮に、未開放のラプチャーパネルがあったとしても、その後の圧力上昇により未開放の状態を維持することは困難である。

## 竜巻防護ネットによる流路への影響について

## 1. 目的

オペフロ BOP 外側には、竜巻による飛来物の侵入を防ぐことを目的として、竜巻防護ネットを設置している。本資料では、竜巻防護ネットの設置により、主蒸気管破断事故時の蒸気排出及びインターフェイスシステム LOCA（以下「ISLOCA」という。）時の建物内換気への影響を評価する。

## 2. 評価の方針

オペフロ BOP での圧力損失と竜巻防護ネットによる圧力損失を比較し、竜巻防護ネットによる圧力損失が十分に小さいことを確認することで、竜巻防護ネットによる影響が有意でないことを確認する。

## 3. 評価に関連する設備の概要

## 3.1 オペフロ BOP 及び竜巻防護ネットの位置関係

竜巻防護ネットは、図 3-1 に示すとおり、オペフロ BOP の外側に支持構造物により支持されており、主蒸気管破断事故時、ISLOCA 時の蒸气流路の一部となる。

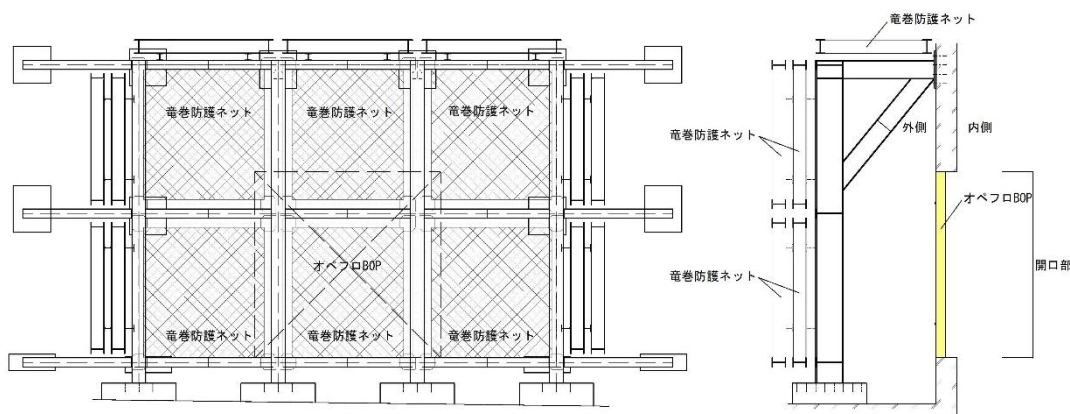


図 3-1 オペフロ BOP と竜巻防護ネットの概要

## 3.2 オペフロ BOP の開口面積

オペフロ BOP の開口面積 ( $S_1$ ) は、 $14.2\text{m}^2$  (縦  $3.76\text{m}$  × 横  $3.78\text{m}$ ) である (図 3-2 参照)。

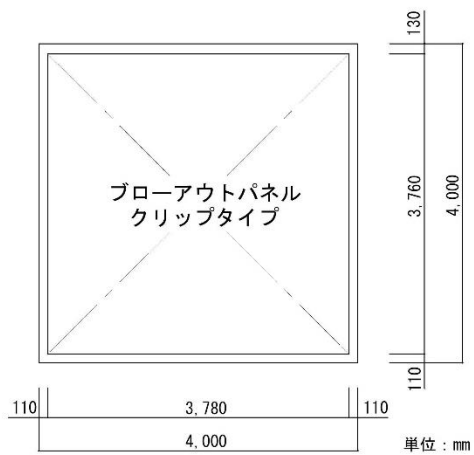


図 3-2 オペフロ BOP の寸法

### 3.3 竜巻防護ネット通過時の流路面積

竜巻防護ネットとオペフロ BOP との間には、約 2.0m の離隔がある。ネットは前面、上面及び側面に張っており、下面は開口となっている（図 3-3 参照）。

竜巻防護ネットのネット部及び下面部を足し合わせ、面積を求めると約 128.44m<sup>2</sup> となる。

（参考）竜巻防護ネット（ネット部） $S_2$ ：約 107.74m<sup>2</sup>

竜巻防護ネット（下面部） $S_3$ ：約 20.7m<sup>2</sup>

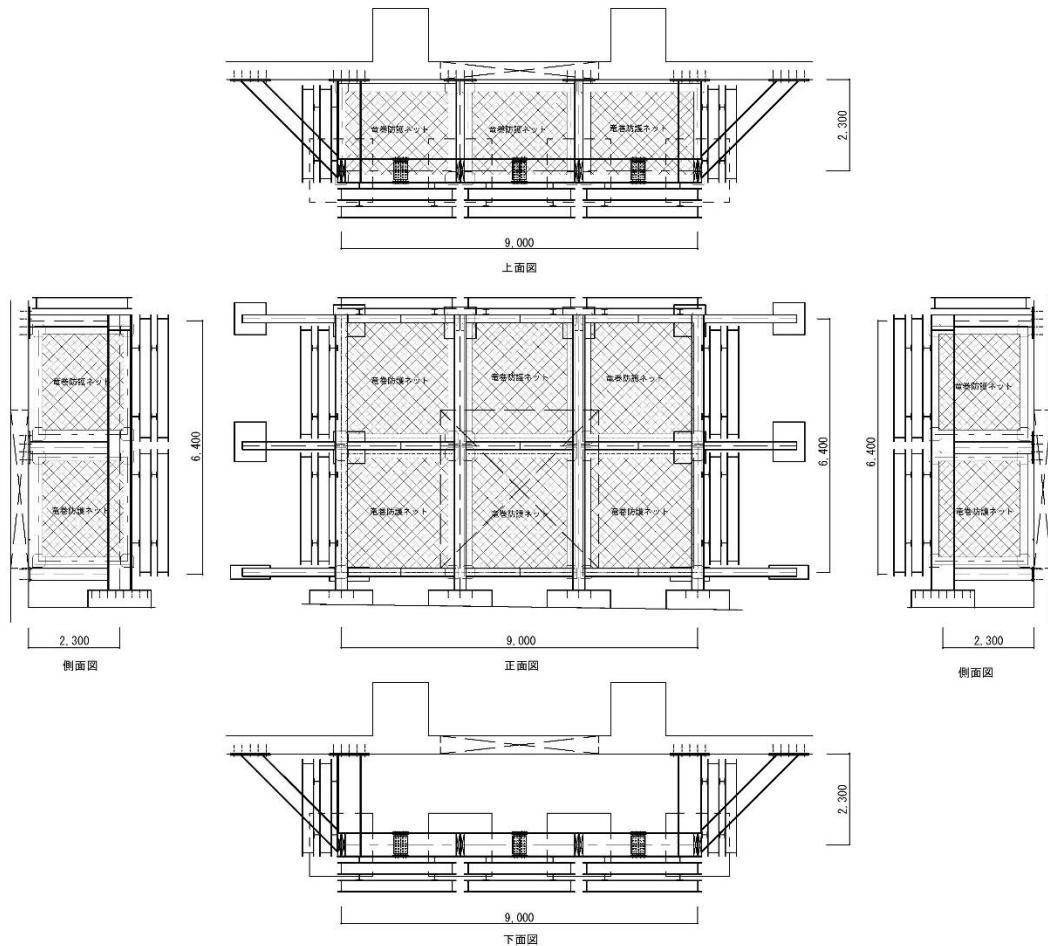


図 3-3 竜巻防護ネット

### 3.4 竜巻防護ネットの開口率

竜巻防護ネット（ネット部）の開口率は  である。

#### 4. 影響評価

##### 4.1 オペフロ BOP 通過時の圧損係数

オペフロ BOP を流路が通過する際には、流路は急縮小し、その後急拡大するため、Handbook of Hydraulic Resistance<sup>(1)</sup>に示されているオリフィスの実験相関式が適用できると考えられる。

図 4-1 に示すオリフィスの実験相関式を用いてオペフロ BOP における圧損係数を算出した結果、オペフロ BOP 単独での上記通過時の圧損係数 ( $\zeta_1$ ) は、となる。

$$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{F_0}{F_1}\right)^{0.75} + \left(1 - \frac{F_0}{F_2}\right)^2 + \tau \left(1 - \frac{F_0}{F_1}\right)^{0.375} \left(1 - \frac{F_0}{F_2}\right)$$

$$\tau = (2.4 - \bar{\ell}) \times 10^{-\varphi(\bar{\ell})} \geq 0, \bar{\ell} = \frac{\ell}{D_h}, \varphi(\bar{\ell}) = 0.25 + \frac{0.535\bar{\ell}^8}{0.05 + \bar{\ell}^8}$$

$$D_h = \sqrt{F_0}$$

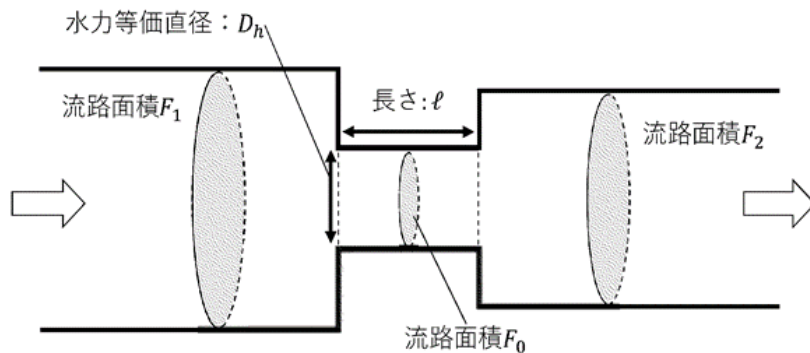


図 4-1 オリフィスの実験相関式中に用いるパラメータの関係図

##### 4.2 竜巻防護ネット通過時の圧損係数

竜巻防護ネット通過時の圧損係数は、Handbook of Hydraulic Resistance<sup>(1)</sup>に示されている金属製棒状素線によるネット構造の圧損係数計算式を参照し算出する（図 4-2、図 4-3 参照）。

$$Re = \frac{w_0 \delta_m}{\nu} \geq 400$$

$$\zeta_{wir} = \frac{\Delta p}{\frac{\rho w_1^2}{2}}$$

$$= 1.3(1 - \bar{f}) + \left(\frac{1}{\bar{f}} - 1\right)^2$$

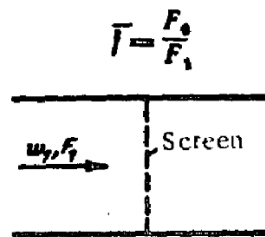


図 4-2 金属製棒状素線によるネット構造の圧損係数計算式

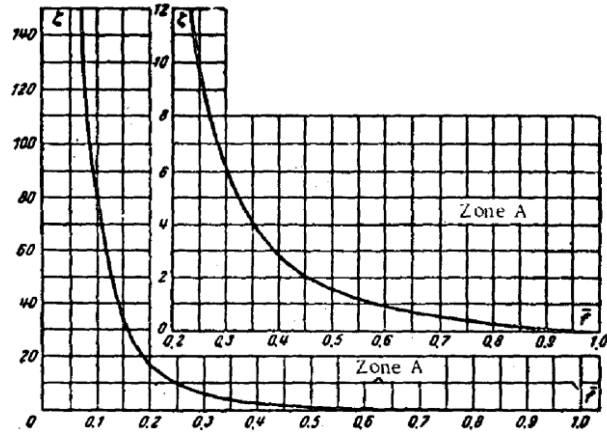


図 4-3 金属製棒状素線によるネット構造の開口率と圧損係数の関係

(1) 竜巻防護ネット

竜巻防護ネットの開口率は  であり，図 4-2 の式に当てはめて算出すると，竜巻防護ネット通過時の圧損係数 ( $\zeta_2$ ) は  となる。

4.3 オペフロ BOP 及び竜巻防護ネット通過時の流速

オペフロ BOP，竜巻防護ネット通過時の流速比を求める。

$V_1$  : オペフロ BOP 通過時の流速

$V_2$  : 竜巻防護ネット（ネット部）通過時の流速

竜巻防護ネット通過時の流速を 1 とした場合のオペフロ BOP 及び竜巻防護ネット通過時の流速比は，

$$V_1 = (V_2 \times S_2) / S_1 \text{ より，}$$

$$V_1 : V_2 = \text{} : 1 \text{ となる。}$$

4.4 オペフロ BOP と竜巻防護ネットの圧力損失比

圧力損失は，圧損係数と流量の 2 乗の積で求まることから，以下の式が成り立つ。

$$\text{圧力損失比} = (\zeta_2 \times V_2^2) / (\zeta_1 \times V_1^2)$$

上記の計算式を求めると，圧力損失比は約 0.014 となり，オペフロ BOP 単独での通過時の圧力損失に対して竜巻防護ネット通過時の圧力損失の影響は 1%程度となる。

5. まとめ

竜巻防護ネット設置による影響評価を実施した。竜巻防護ネットを設置した場合の主蒸気管破断時の流速での圧力損失は，従来（設置前）と比較しても 1%程度の増加であることが確認された。主蒸気管破断事故は，数秒で建物内圧力が上昇し，BOP 開放とともに，さらに数秒

で圧力が大気圧に静定する事象である。竜巻防護ネットにより圧力の最大値と大気圧に静定するまでの時間が若干増加することも考えられるが、1%程度の圧力損失上昇であれば、事故時の挙動に有意な変化をもたらすものではないと考える。

また、ISLOCA 時の流速は主蒸気管破断事故時の流速より小さいため、主蒸気管破断時と比較し、さらに圧力損失が小さくなる結果となると考えられ、換気的能力に与える影響は小さいと考えられる。

## 6. 参考文献

- (1) I.E. Idelchik, Handbook of Hydraulic Resistance, the U.S. Atomic Energy Commission and the National Science Foundation, Washington, D.C.

## ISLOCA 時の MS トンネル室 BOP への影響について

## 1. 目的

ISLOCA により原子炉建物原子炉棟内の圧力が上昇した際の MS トンネル室 BOP への影響（開放の有無）を確認する。

## 2. ISLOCA 時の蒸気伝播の流れ

ISLOCA 時の蒸気伝播の流れを示した概略図を示す（図 2-1）。ISLOCA 発生時には、残留熱除去系（以下「RHR」という。）(A) ポンプ室及び RHR (A) 熱交換器室・弁室から放出された蒸気が機器ハッチ等の開口部を經由し、原子炉建物原子炉棟内の各フロアの圧力が上昇する。R/B4F の圧力がオペフロ BOP 開放設定圧力に達すると、オペフロ BOP が開放し蒸気が環境中に放出されることにより、原子炉建物原子炉棟内の圧力は低下する。

各フロアの圧力は、配管破断箇所から下流にいくにつれ、流路の圧損による影響から低くなっていく。また、オペフロ BOP 開放後には、蒸気が環境中に放出されるため、オペフロ BOP が開放する直前で MS トンネル室 BOP の圧力は最大になると考えられる。

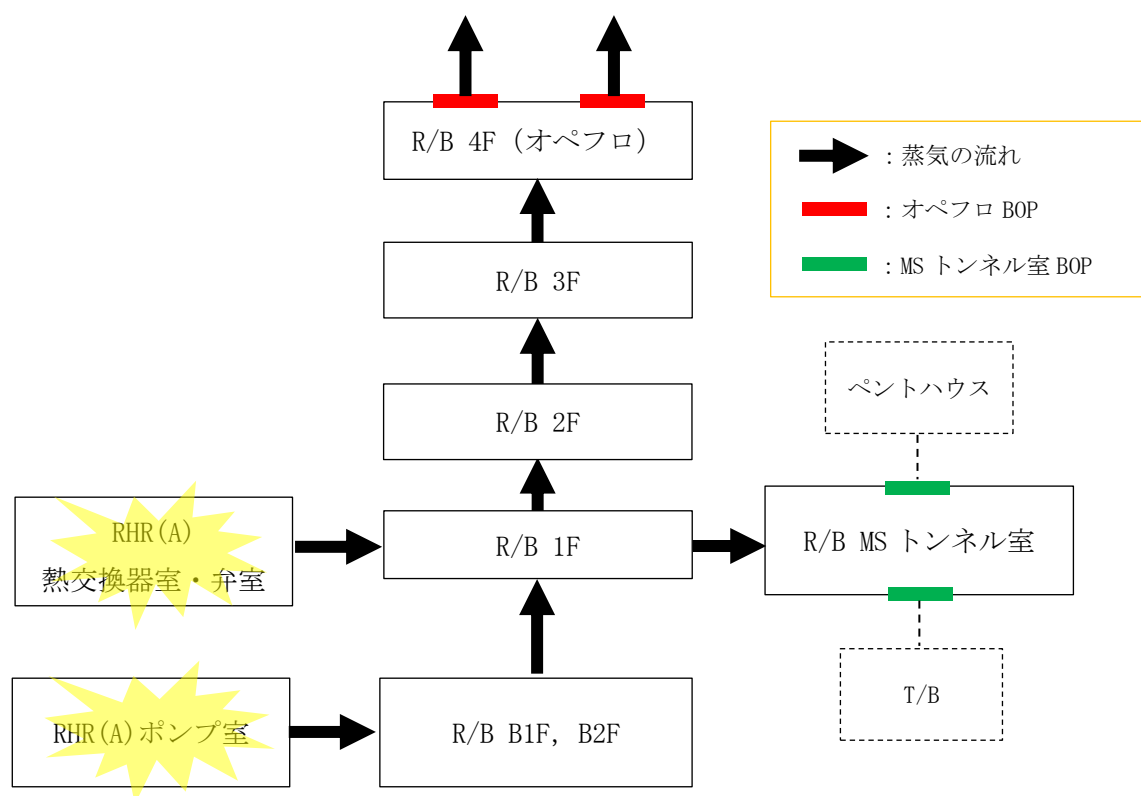


図 2-1 ISLOCA 時における蒸気伝播の概略図



### 3. 評価の方針

ISLOCA 時に MS トンネル室 BOP に加わる圧力と MS トンネル室 BOP の開放設定圧力を比較し、ISLOCA 時に MS トンネル室 BOP に加わる圧力が開放設定圧力を上回らないことを確認する。なお、R/B MS トンネル室の R/B 1F と接する面にも、ブローアウトパネルが設置されているが、原子炉棟のバウンダリではないため、ここでは考慮せずに評価を行う。

ISLOCA 時に MS トンネル室 BOP に加わる圧力は、R/B 1F での圧力から R/B MS トンネル室までの流路圧損（図 3-1 中の  $\Delta P_4$ ）を差し引いた値になると考えられるが、本評価では保守的に  $\Delta P_4$  の圧力低下に期待せず、R/B 1F における圧力と同等とみなす。

R/B 1F における圧力の最大値は、オペフロ BOP の開放設定圧力に R/B 1F から R/B 4F までの流路圧損（図 3-1 中の  $\Delta P_1$ 、 $\Delta P_2$ 、 $\Delta P_3$ ）を加えた値になるため、この値が MS トンネル室 BOP の開放設定圧力に到達しないことを確認する。なお、ISLOCA により放出された蒸気は各フロアで分岐や蒸気凝縮等により、破断点より放出された蒸気流量より小さくなると考えられるが、本評価では保守的に破断点から放出された蒸気流量の全量が R/B 1F から R/B 4F にかけて流れることを想定する。その際の蒸気流量としては、設置許可時の ISLOCA の条件を参考にし、破断時に発生する流量の時刻歴における最大値を用いて流路の圧損（ $\Delta P_1$ 、 $\Delta P_2$ 、 $\Delta P_3$ ）を算出する。なお、蒸気流量に換算する際には、保守的に密度を小さくするために 100℃、1 気圧における蒸気を用いる。

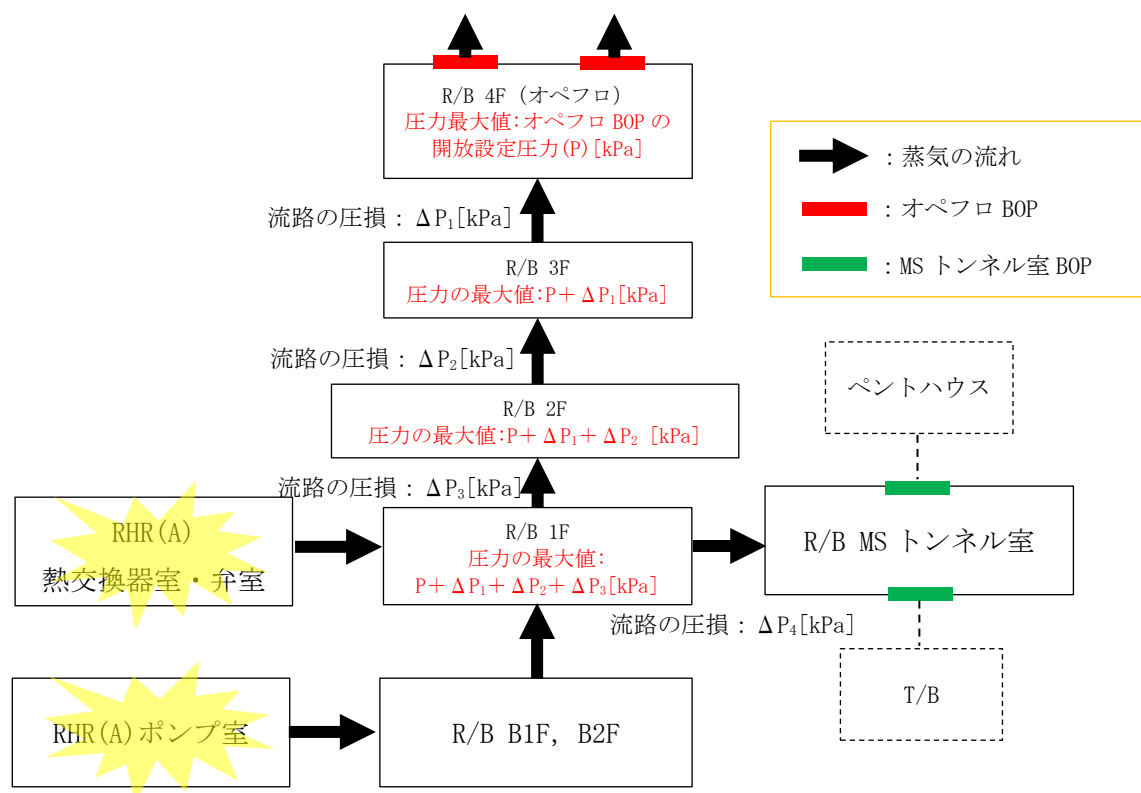


図 3-1 ISLOCA 時における蒸気伝播の概略図（説明付）

#### 4. 評価条件

##### 4.1 オペフロ BOP の開放設定圧力

オペフロ BOP は、内外圧差が 6.9kPa 以下で開放する設計となっている。オペフロ BOP の開放試験では、～kPa で開放する結果を得られているが、本検討では、保守的に MS トンネル室 BOP に加わる圧力が高くなるよう、開放設定圧力を 6.9kPa として評価を行う。

##### 4.2 MS トンネル室 BOP の開放設定圧力

MS トンネル室 BOP は、ラプチャーパネルを採用している。MS トンネル室 BOP の開放設定圧力としては、設計における開放設計圧力 9.81kPa±2.45kPa より、保守的に開放しやすい条件となるよう下限値の 7.36kPa と設定する。

##### 4.3 流路の圧損係数

###### 4.3.1 R/B 1F～R/B 4F (オペフロ) 通過時における圧損係数 ( $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ )

式(1)に示すオリフィスの実験相関図を用いて R/B 1F～R/B 4F 通過時における圧損係数を算出した。

$$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{F_0}{F_1}\right)^{0.75} + \left(1 - \frac{F_0}{F_2}\right)^2 + \tau \left(1 - \frac{F_0}{F_1}\right)^{0.375} \left(1 - \frac{F_0}{F_2}\right)$$

$$\tau = (2.4 - \bar{\ell}) \times 10^{-\varphi(\bar{\ell})} \geq 0, \bar{\ell} = \frac{\ell}{D_h}, \varphi(\bar{\ell}) = 0.25 + \frac{0.535\bar{\ell}^8}{0.05 + \bar{\ell}^8} \quad (1)$$

$$D_h = \sqrt{F_0}$$

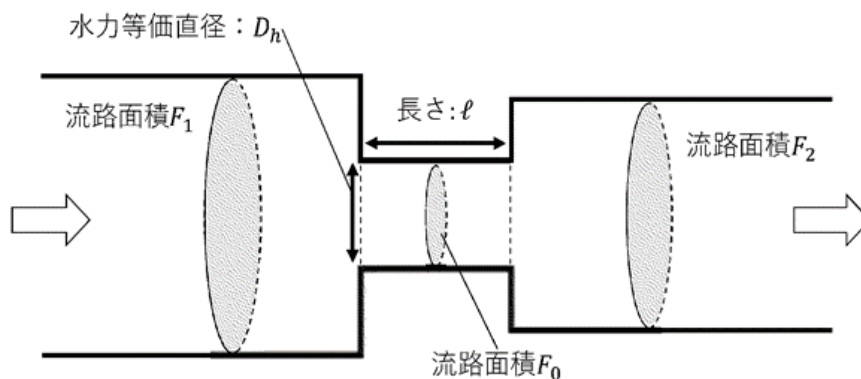


図 4-1 オリフィスの概念図

$F_0$  は、R/B 1F～R/B 4F の流路となる機器ハッチの開口面積 (39 m<sup>2</sup>) を設定する。また、保守的に圧損係数が大きくなるよう、 $F_1, F_2$  は無限大とし、 $\ell$  は 0m として算出する。以上より、R/B 1F～R/B 4F 通過時の圧損係数は、それぞれ 2.9 となる。

#### 4.4 流路の圧損係数

表 4-1 評価条件まとめ

分類	項目	記号	値	単位	備考
BOP 設定圧力	オペフロ BOP 開放設定圧力		6.9	kPa	設計値
	MS トンネル室 BOP 開放設定圧力		7.36	kPa	下限値で設定
R/B 3F～	流路面積	A <sub>1</sub>	39	m <sup>2</sup>	
R/B 4F	圧損係数	ζ <sub>1</sub>	2.9		
	蒸気流速	V <sub>1</sub>	4.3	m/s	V <sub>1</sub> =W/ρ/A <sub>1</sub>
R/B 2F～	流路面積	A <sub>2</sub>	39	m <sup>2</sup>	
R/B 3F	圧損係数	ζ <sub>2</sub>	2.9		
	蒸気流速	V <sub>2</sub>	4.3	m/s	V <sub>2</sub> =W/ρ/A <sub>2</sub>
R/B 1F～	流路面積	A <sub>3</sub>	39	m <sup>2</sup>	
R/B 2F	圧損係数	ζ <sub>3</sub>	2.9		
	蒸気流速	V <sub>3</sub>	4.3	m/s	V <sub>3</sub> =W/ρ/A <sub>3</sub>
蒸気流量	最大蒸気流量	W	100	kg/s	設置許可時の ISLOCA の条件を参考にし、保守的に 100kg/s と設定
蒸気条件	蒸気温度		100	℃	保守的に 100℃と設定
	蒸気密度計算用圧力		101325	Pa	保守的に 1 気圧と設定
	蒸気密度	ρ	0.597578	kg/m <sup>3</sup>	

#### 5. 影響評価

ISLOCA 時の R/B 1F における最大の圧力は、以下の式により求められる。

$$R/B 1F \text{ における圧力 [kPa]} = \text{オペフロ BOP 開放設定圧力} + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$\Delta P_1$  : R/B 3F～R/B 4F 通過時に生じる圧損

$\Delta P_2$  : R/B 2F～R/B 3F 通過時に生じる圧損

$\Delta P_3$  : R/B 1F～R/B 2F 通過時に生じる圧損

$$\Delta P_1 = (\zeta_1 \times \rho \times V_1^2) / 2 \quad \doteq \quad 0.016 \text{ kPa}$$

$$\Delta P_2 = (\zeta_2 \times \rho \times V_2^2) / 2 \quad \doteq \quad 0.016 \text{ kPa}$$

$$\Delta P_3 = (\zeta_3 \times \rho \times V_3^2) / 2 \quad \doteq \quad 0.016 \text{ kPa}$$

したがって、R/B 1F における圧力は、6.95kPa 程度となり、MS トンネル室 BOP の開放設定圧力 (7.36kPa) を上回らないことから、ISLOCA 時に MS トンネル室 BOP は開放しない。

## クリップ引張試験について

## 1. 目的

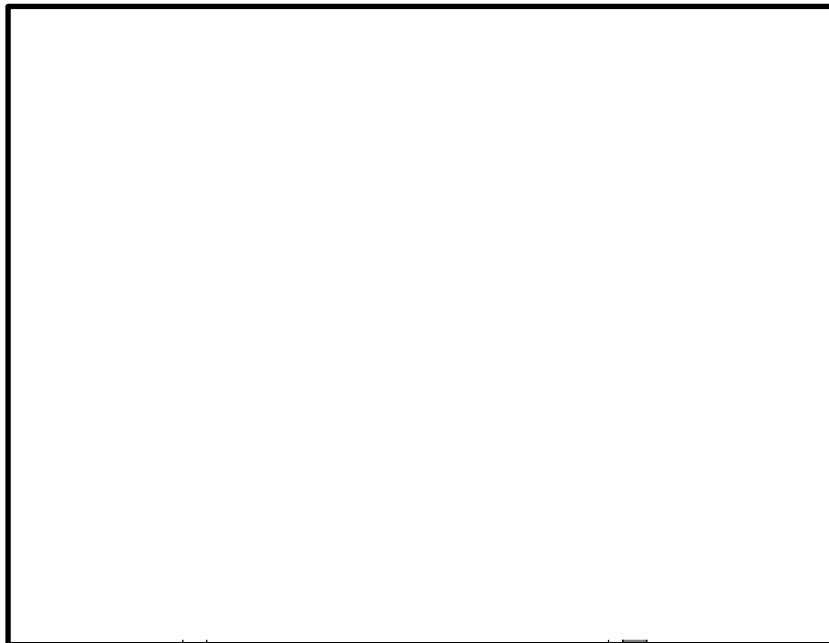
クリップは原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル(以下「オペフロ BOP」という。)を建物躯体に固定するとともに,オペフロ BOP の開放圧力を決定する主要な部品である。このため,設計差圧(6.9kPa)以下でパネルが確実に開放し,弾性設計用地震動 S d では開放しないことを設計上担保するため,クリップ単体での開放試験を実施する。

## 2. 試験方法

試験は,クリップ取付部を模擬した鋼材に試験体としてのクリップを取り付け,引張試験機にて鋼材を引っ張ることにより,クリップに付加される荷重,変位等を測定した。

図 2-1 にクリップの引張試験概要図を示す。試験条件は以下のとおり。

- ・引張試験機：オートグラフ試験機
- ・制御方式：変位制御（引張速度 2 mm/min）



- ◆引張試験内容  
クリップ単体を引張試験にてパネルの水平方向の荷重を模擬する
- 【測定項目】
- ①試験荷重
  - ②クリップ変位
- 【測定結果の評価】
- クリップの最大荷重と変位の試験結果より,クリップの作動時におけるばらつきを検証する
- パネルが設定差圧にて確実に開放するための管理項目を検証する
- 【クリップの管理項目】
- ①材質
  - ②形状
  - ③クリップの寸法(板厚,幅)
  - ④取付方法と取付寸法

図 2-1 クリップの引張試験概要図

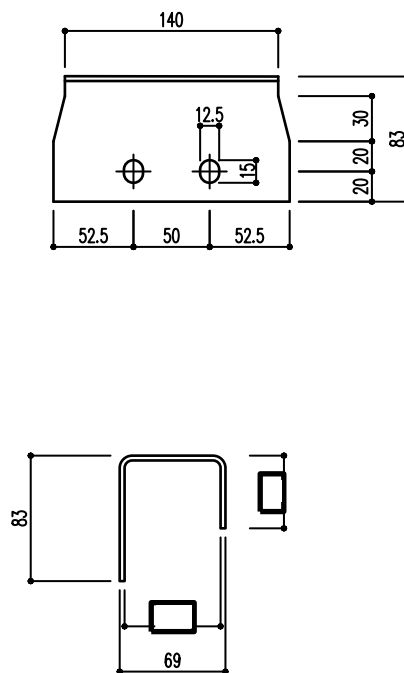
### 3. 試験結果

#### (1) 基本試験での試験体仕様

オペフロ BOP を躯体に固定しているクリップの特性を把握し、クリップ数を確定させるため、実際に使用するクリップ単体の開放試験を実施した。クリップは1種類（幅約140mm）とし、開放試験を実施した。試験確認項目、目的及び具体的な仕様を表3-1に、試験用クリップ形状を図3-1に、試験体寸法測定箇所を図3-2に、試験用クリップ一覧を表3-2に示す。

表 3-1 試験確認項目、目的及び具体的な仕様

項目	目的	具体的な仕様
材質	—	SUS304
板厚	—	□ mm
幅 (a)	クリップ幅と強度の関係確認	約 140 mm
掛り寸法 (c)	—	□ mm
曲げ加工後のクリップ幅 (b)	—	69 mm



幅約 140mm クリップ

図 3-1 試験用クリップ形状（正面図・断面図）

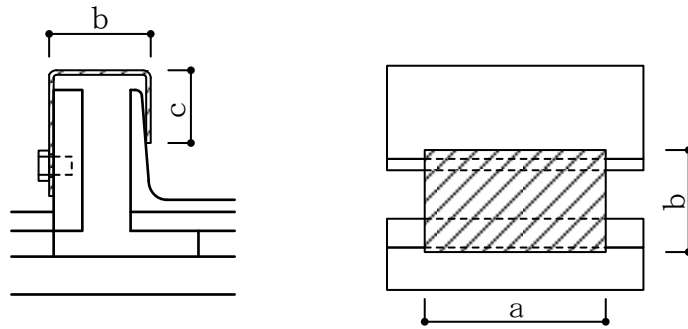


図 3-2 試験体寸法測定箇所

表 3-2 試験用クリップ一覧

試験体 NO	材質	板厚	幅 (a)	掛り寸法 (c)	曲げ加工後幅 (b)	形状	変位速度	試験体数
試験体 1	SUS304*	□mm	約 140mm	□mm	69mm	既設と同じ	2mm/分	30

注記\* : オーステナイト系ステンレス鋼

(2) 試験結果及び考察

試験結果を表 3-3 に、クリップの荷重・変位の関係を図 3-3 に示す。

クリップ幅約 140mm の最大耐力の平均値は  N, 標準偏差  $\sigma$  は  N であった。  
 なお, 標準偏差については

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$s$ : 標準偏差,  $n$ : 試験回数,  $x_i$ : 試験データ,  $\bar{x}$ : 試験データの平均値により算定した。

クリップ数の決定にあたっては, 弾性設計用地震動 S d による地震荷重で開放しない必要があることから, クリップ 1 個が開放するための必要荷重は, 保守的に標準偏差の 3 倍を見込み, 1 個当たり  N とした。また, クリップは約  mm 引っ張られるとクリップ取付部から外れる(クリップは開放の抵抗とならない)ことを確認した。

表 3-3 実機用クリップ試験結果

耐力 (試験体数は 30 個)		クリップ幅約 140mm
		荷重 (N)
最大耐力	平均値	<input type="text"/>
	最大値	<input type="text"/>
	最小値	<input type="text"/>
標準偏差 $\sigma$		<input type="text"/>
最大耐力 (平均) + 3 $\sigma$		<input type="text"/>
最小耐力 (平均) - 3 $\sigma$		<input type="text"/>



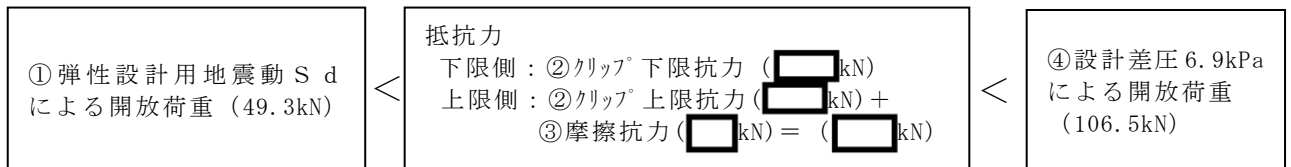
図 3-3 クリップの荷重・変位の関係



## ブローアウトパネルの開放機能を担保する設計条件について

## 1. 燃料取替階ブローアウトパネル

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）の満たすべき開放条件について整理した。オペフロ BOP を開放させるために満たすべき条件は以下のとおりであり，抵抗力（②クリップ抗力，③パネル移動時の摩擦力による抗力の合計）が，④差圧による荷重以下（6.9kPa 以下）の条件を満足する必要がある。また，二次格納施設としての原子炉建物原子炉棟のバウンダリ機能確保の観点から，①弾性設計用地震動 S d で開放しないように設計する。



各項目の考え方，根拠は以下のとおり。

## (1) 基本パラメータ・条件

オペフロ BOP の重量は，2000 kg として評価する。

弾性設計用地震動 S d の加速度は，ブローアウトパネル設置位置より高く，地震加速度が大きい原子炉建物原子炉棟屋上階（EL 63.5m）での最大応答加速度に保守性を考慮した 2.51G を用いて評価する。なお，オペフロ BOP の固有振動数は，実機大モックアップ試験装置で固有振動数を測定しており，1次固有振動数は約  Hz である。

## (2) 設計差圧 6.9kPa 時の開放荷重 (④)

設計差圧以下でパネルを開放させるため，設計差圧 6.9kPa とする。オペフロ BOP に 6.9kPa が付加する場合の荷重として約 106.5kN と評価する。

## (3) 弾性設計用地震動 S d による開放荷重 (①)

弾性設計用地震動 S d による地震力としては，約 49.3kN (2000 kg × 2.51G × 9.80665m/s<sup>2</sup>=49229N) とする。

## (4) クリップの個数と配置 (②下限側)

クリップ仕様は，新規制基準対応に伴い引き上げた設計差圧及びブローアウトパネルの芯材等との干渉回避を考慮したクリップ配置や設置可能個数を踏まえて，既存の 85 mm 幅クリップからクリップ 1 個当りの抗力が大きく，個数を少なくすることでクリ

リップ配置の自由度が大きい 140 mm幅リップへ見直し、リップの抗力算定に使用するリップ荷重は、リップ（幅約 140 mm）を用いて求めた。

リップ個数は、30 個のリップ試験結果から得られた平均値  $\square$  N/個によるリップ荷重にて弾性設計用地震動  $S_d$  による開放荷重約 49.3kN（下限側）と設計差圧による開放荷重 106.5kN（上限側）の概ね中間付近の組合せとすることで、双方の開放荷重に対して同程度の裕度が確保できることから、16 個とした。下限側開放荷重は、30 個のリップ試験結果から、保守的に  $\square$  N/個（幅約 140mm のリップ開放試験での平均値  $-3\sigma$ ） $\times 16$  個 = 約  $\square$  kN と評価した。

なお、リップはオペフロ BOP の上部が先行して開放するように配置する方針とする。パネル移動時にパネル下側は摩擦力が発生するが、パネル上側には摩擦力が発生しないため、リップの抵抗を上下で  $\square$  で上部が先行して開放する。

つまり、リップは  $\square$  個（幅約 140mm）とし、合計 16 個とする。

#### (5) 摩擦力（摩擦係数）（③）

摩擦力算定に用いる摩擦係数は静止摩擦係数  $\square$  を採用して設計する。なお、オペフロ BOP 移動時に生じる摩擦による抗力についても、保守的に  $\square$  を採用して設計する。この場合の摩擦による抗力は約  $\square$  kN ( $2000 \text{ kg} \times \square \times 9.80665 \text{ m/s}^2 = \square \text{ N}$ ) と評価した。

#### (6) まとめ

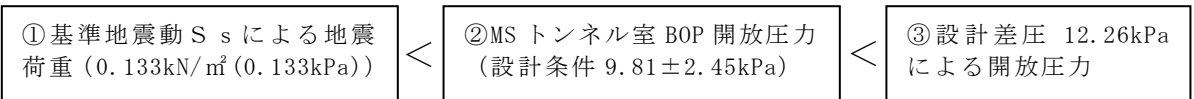
以上より、 $S_d$  による地震荷重は約 49.3kN、リップのみの抗力は約  $\square$  kN となり（②下限側）、リップ抗力等を保守的に見積もっても弾性設計用地震動  $S_d$  による地震荷重を十分に上回り、条件を満足できることを確認した。

また、リップ試験の結果から、リップの最大耐力は、幅約 140mm のリップ開放試験での平均値  $+3\sigma$  は約  $\square$  N であるため、リップ 16 個で約  $\square$  kN となる（②上限側）。そのため、リップ抗力 + 摩擦による抗力の合計は約  $\square$  kN（約  $\square$  kN + 約  $\square$  kN）となり、設計差圧 6.9kPa 時の開放荷重約 106.5kN を下回るため、上限側の条件を満足できることを確認した。

このため、リップ開放試験での平均値  $+3\sigma$  または  $-3\sigma$  を考慮したとしても、弾性設計用地震動  $S_d$  及び設計差圧 6.9kPa 時の開放荷重約 106.5kN に対して、14%程度（約 15kN 程度）の十分な余裕を有しており、ブローアウトパネルの機能は確保される。

## 2. 主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル

原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）の満たすべき開放条件について整理した。MS トンネル室 BOP を開放させるために満足すべき条件は以下のとおりであり、MS トンネル室 BOP の開放圧力が設計差圧以下（12.26kPa 以下）となる必要がある。また、二次格納施設としての原子炉建物原子炉棟のバウンダリ機能確保の観点から、基準地震動  $S_s$  で開放しないように設計する。



各項目の考え方、根拠は以下のとおり。

### (1) 基本パラメータ・条件

MS トンネル室 BOP の重量は、0.54 kg/m<sup>2</sup> として評価する。

基準地震動  $S_s$  の加速度は、ブローアウトパネル設置階及びその上階の値のうち大きい方での設計用床応答スペクトル ( $S_s$ ) より得られる応答水平震度に保守性を考慮して設定した震度 25G を用いて評価する。

### (2) 設計差圧 12.26 kPa 時の開放圧力 (③)

設計差圧以下で MS トンネル室 BOP を開放させるため、設計差圧 12.26kPa とする。

### (3) 基準地震動 $S_s$ による開放荷重 (①)

基準地震動  $S_s$  による地震力は、約 0.133kN/m<sup>2</sup> (0.54 kg/m<sup>2</sup> × 25G × 9.80665 m/s<sup>2</sup> = 132.389N/m<sup>2</sup> (0.133kPa)) とする。なお、MS トンネル室 BOP の固有振動数は、固有値解析により算出し、枠部の 1 次固有振動数は No.1 約 [ ] Hz, No.2 約 [ ] Hz 及び No.3 約 [ ] Hz となる。また、ラプチャーパネルの 1 次固有振動数は加振試験の結果、約 [ ] Hz ~ [ ] Hz である。このため、ラプチャーパネルの固有振動数を考慮して設計用床応答スペクトル ( $S_s$ ) を用いて地震力を算出する。

### (4) MS トンネル室 BOP の開放圧力 (②)

破裂試験の結果、破裂圧力は 9.23kPa ~ 10.30kPa であり、設計条件 9.81kPa ± 2.45kPa (7.36kPa ~ 12.26kPa) を満足していることを確認した。

### (5) まとめ

以上より、 $S_s$  による地震荷重は約 0.133kN/m<sup>2</sup> (0.133kPa) , MS トンネル室 BOP の開放圧力が 9.23kPa ~ 10.30kPa であり、下限側の条件を満足できることを確認した。

また、MS トンネル室 BOP の開放圧力は 9.23kPa ~ 10.30kPa, 設計差圧は 12.26kPa であり、上限側の条件を満足できることを確認した。

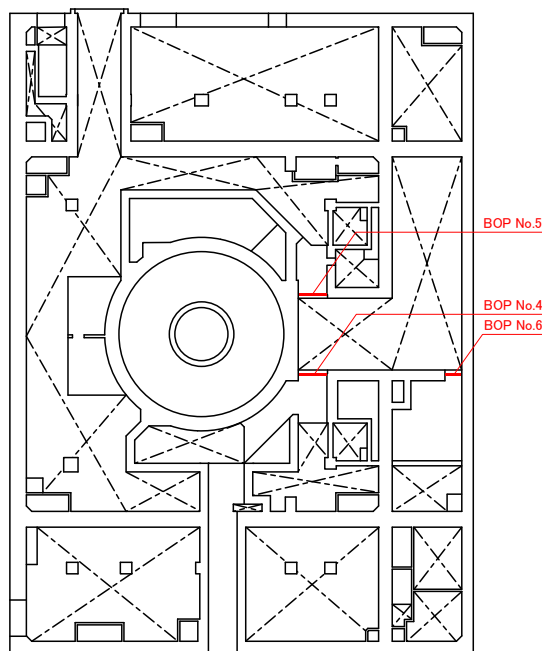
## 原子炉建物内側ブローアウトパネルの配置と構造について

## 1. 原子炉建物内側ブローアウトパネルの配置について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル及び原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）以外に，原子炉棟内のブローアウトパネルとして主蒸気管トンネル室（以下「MS トンネル室」という。）の壁面 3 箇所原子炉建物内側ブローアウトパネルが合計 42 枚設置されている。原子炉建物内側ブローアウトパネルの配置について，主要仕様を表 1-1 に，配置を図 1-1 に示す。

表 1-1 原子炉建物内側ブローアウトパネルの主要仕様

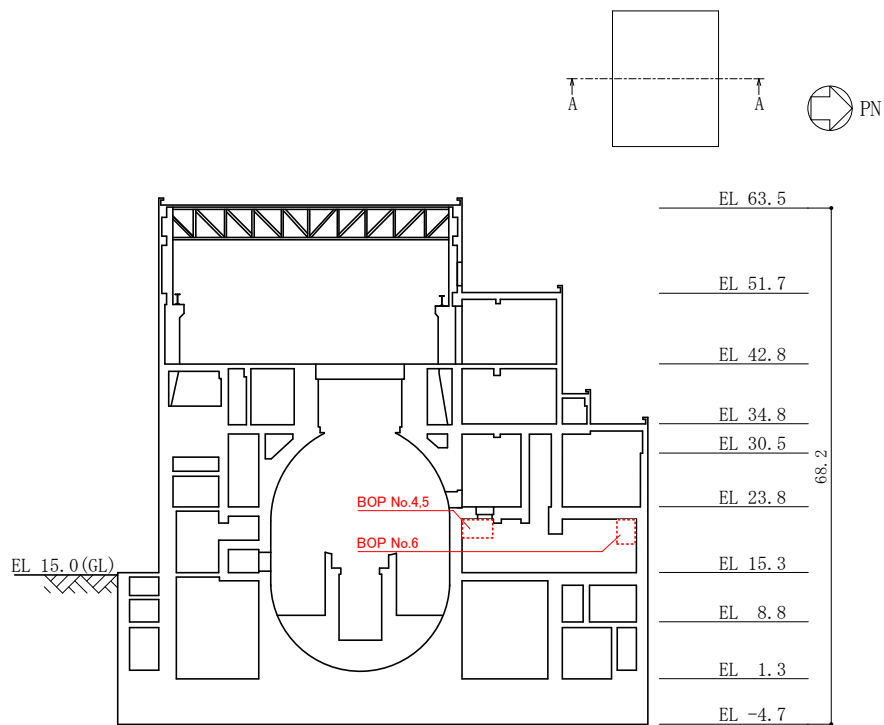
設置場所		寸法	材質	備考
1 階中間床	壁面に 42 枚	780mm×780mm	A1050P	BOP No.4 15 枚 BOP No.5 15 枚 BOP No.6 12 枚



原子炉建物地上 1 階中間床 概略平面図)

■ : (MS トンネル室 BOP 42 枚)

図 1-1(1) 原子炉建物内側ブローアウトパネル配置図

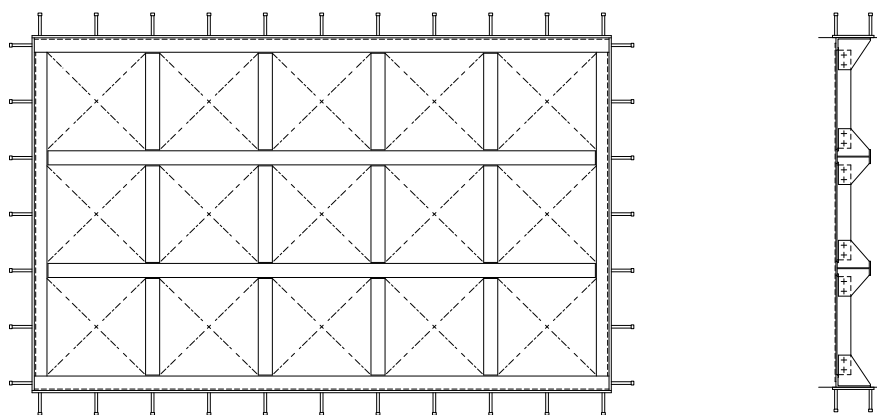


断面図（A-A断面） (単位：m)

図 1-1(2) 原子炉建物内側ブローアウトパネル配置図

2. 原子炉建物内側ブローアウトパネルの構造について

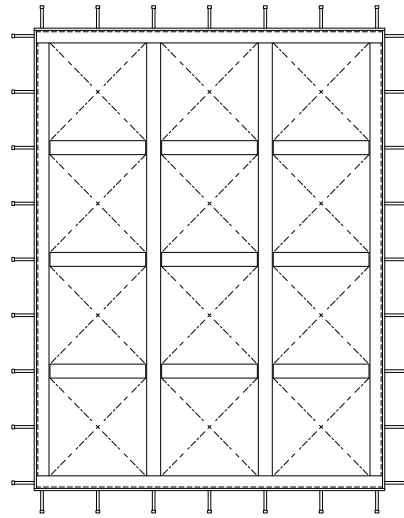
原子炉建物内側ブローアウトパネルは、MS トンネル室 BOP と同じ構造でラプチャーパネル及びラプチャーパネルを MS トンネル室壁面内に設置する枠部により構成されており、差圧のみで自動開放し、MS トンネル室での漏えい蒸気を原子炉棟内に放出するように設計されている。図 2-1 に原子炉建物内側ブローアウトパネルの構造を示す。



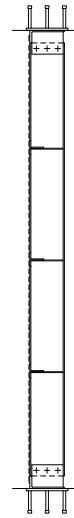
a) 正面図

b) 側面図

図 2-1 (1) 原子炉建物内側ブローアウトパネルの構造 (No. 4, No. 5 立面図)



a) 正面図



b) 側面図

図 2-1 (2) 原子炉建物内側ブローアウトパネルの構造 (No. 6 立面図)

3. 原子炉建物内側ブローアウトパネルの開放荷重について

原子炉建物内側ブローアウトパネルは、MS トンネル室 BOP と同じ内外差圧（設計差圧 12.26kPa 以下）で開放する構造である。

## クリップ破損時の他設備への影響について

## 1. 概要

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）のクリップは、ボルトにて躯体側に固定する設計（実機用クリップ試験も模擬して固定）としており、容易に脱落することはないが、オペフロ BOP の開放時に、クリップが脱落した場合を想定し、この影響について検討し、燃料取替階に設置されている設備への影響がないことを確認した。

## 2. 評価結果

オペフロ BOP より建物内側には、BOP 閉止装置が設置されており、クリップが脱落した場合でも、BOP 閉止装置架台内に留まるため、BOP 閉止装置及び燃料取替階床面に設置されている設備へ影響を及ぼすことはない。なお、クリップが脱落した場合の落下範囲については、「建築基準法施行規則の一部改正等の施行について（技術的助言）」（平成 20 年 4 月 1 日国土交通省）において、建築物の外部の外装仕上げ材等の落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を当該壁の高さの概ね 2 分の 1 の水平面内としていることに基づき設定している。BOP 閉止装置架台図を図 2-1 に示す。

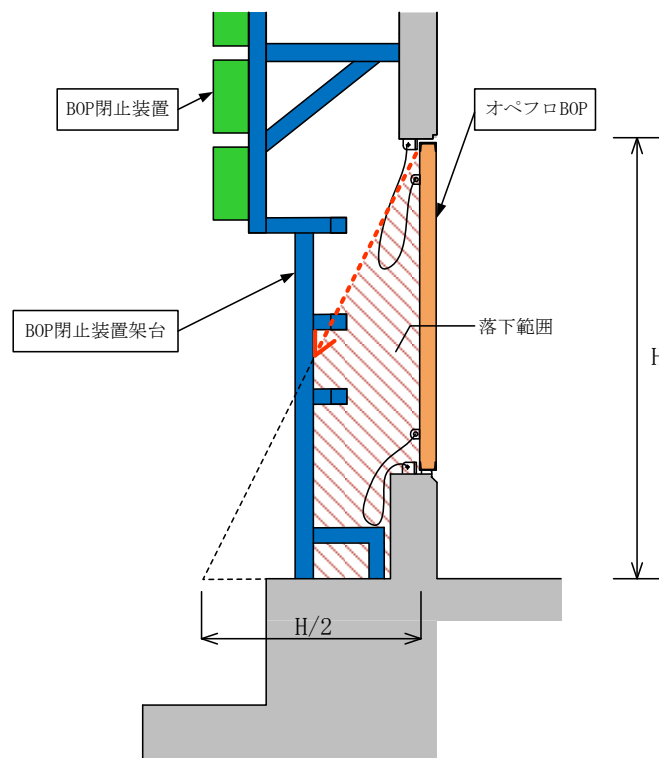


図 2-1 BOP 閉止装置架台図（断面図）

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル取付枠内での物理的な干渉について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）の傾き等が発生した場合、パネル本体が取付枠に物理的に干渉し、移動が拘束される可能性について評価した。その結果、本体の寸法と取付枠の寸法との関係より上端、下端、若しくは左端（又は右端）を固定した状態でも、上端、若しくは右端（又は左端）は、取付枠に干渉せずに開放することを確認した。

具体的には、パネル設置状態での取付枠との隙間は、上部 50 mm、下部及び左右 30mm であり、開放時のパネルの移動を保守的に 0 mm（パネル下部若しくは側面が移動量なしで開放する）とした場合でのパネルの倒れこみを考慮しても、パネルと取付枠間には上部で約 46 mm（水切り金物を考慮した場合は約 17mm）、左右で約 25mm（水切り金物を考慮した場合は約 14mm）の隙間を有した状態であり、パネルは取付枠に干渉せず開放に影響はない。この状況を図 1-1 に示す。なお、パネルの寸法公差は、保守的に J I S による普通公差とした場合でも ±4mm 範囲であり、この分を考慮しても取付枠とパネルの隙間は、上部で約 42mm、左右で約 21mm 確保されることから開放に影響はない。

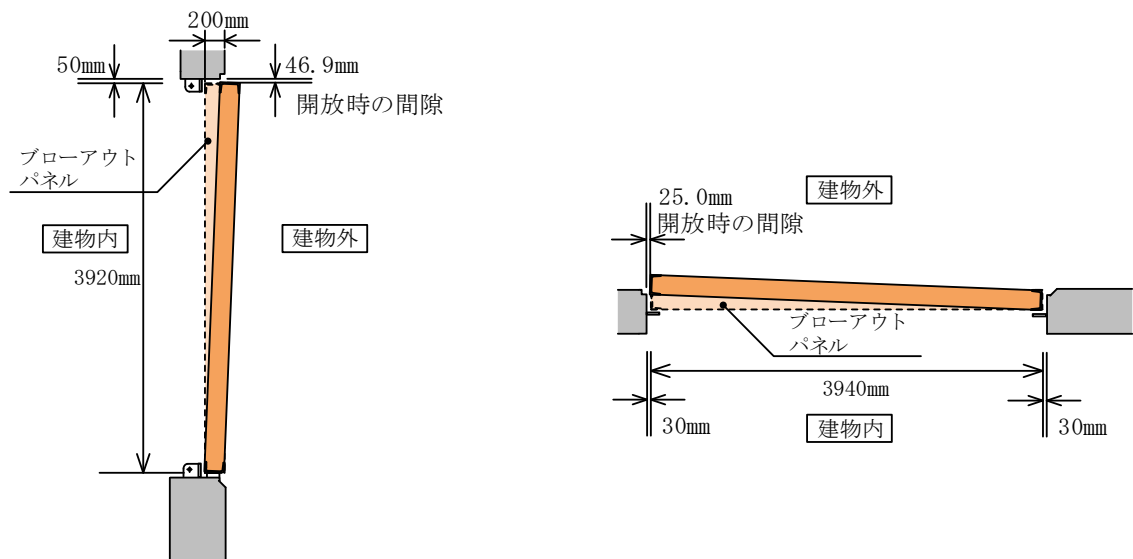


図 1-1 原子炉建物 BOP 開放時の縦・横断面図



## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの飛出し挙動について

## 1. 目的

原子炉建物地上4階中間床の原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）が、設計差圧（6.9kPa 以下）を受け、飛び出した際の挙動を検討した。

## 2. 検討条件

オペフロ BOP 周辺の概要図を図 2-1 に、評価に用いる寸法条件を表 2-1 に示す。オペフロ BOP の上部・下部の建物内側には飛散防止チェーンが設置され、オペフロ BOP の下端は取付け枠に設置されたすべり材により鉛直方向に支持されている。

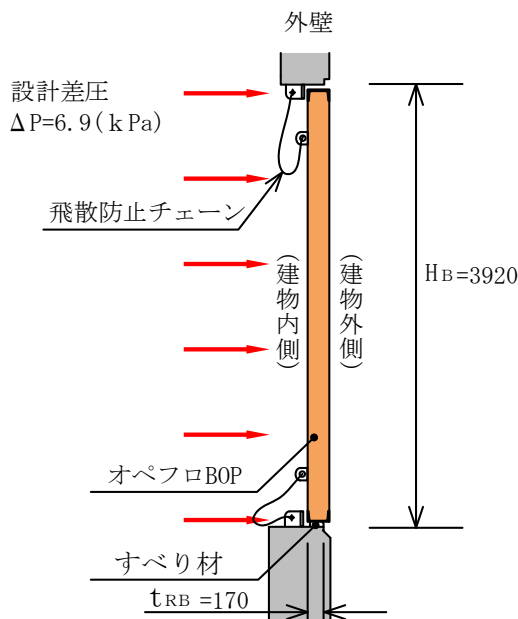


図 2-1 オペフロ BOP 概略図

表 2-1 寸法条件

BOP	幅 $B_B$	(mm)	3940
	高さ $H_B$	(mm)	3920
	質量 $m_B$	(kg)	2000
建物 (すべり材)	幅 $t_{RB}$	(mm)	170

## 3. 飛出し挙動

図 3-1 にオペフロ BOP 飛出し挙動時の概略図及び検討モデル図を示す。オペフロ BOP は、設計差圧  $\Delta P$  を受けてクリップが外れた後、下端の接触面には摩擦が生じ、オペフロ BOP の上端と下端の移動速度は異なることとなるが、その差は微小であり、ほぼ垂直状態で移動することを確認する。

図 3-1 のモデル図に示すとおり、オペフロ BOP の下端がすべり材の外縁に達した際の上端との移動量の差である  $dx_T$  を算出することにより、オペフロ BOP の状態を確認する。

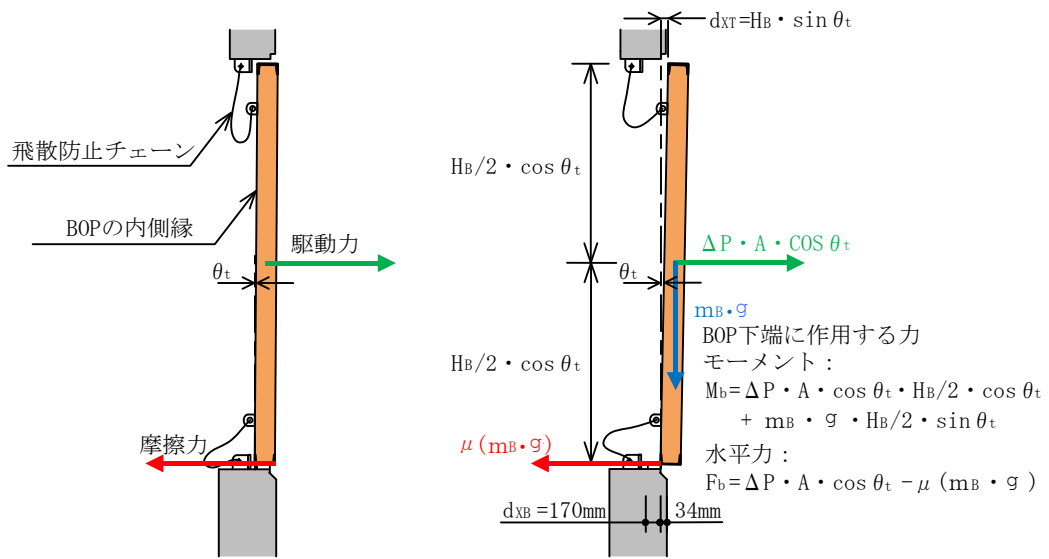


図 3-1 オペフロ BOP 飛出し挙動時の概略図及び検討モデル図

- (1) 下端を中心とする回転時の慣性モーメント (I) は、次式により求める。

$$I = \frac{m_B \times H_B^2}{3}$$

- (2) オペフロ BOP の回転に関する運動方程式は、次式のとおりである。

$$I \cdot \ddot{\theta}_t = \Delta P \cdot A \cdot \cos \theta_t \times \frac{H_B}{2} \cos \theta_t + m_B \cdot g \times \frac{H_B}{2} \sin \theta_t$$

ここで、 $\ddot{\theta}_t$  : BOP の時刻 t における角加速度

$\theta_t$  : BOP の時刻 t における回転角

A : BOP の面積 ( $B_B \times H_B$ )

g : 重力加速度

- (3) オペフロ BOP の並進に関する運動方程式は、次式のとおりである。

$$m_B \cdot \ddot{x}_t = \Delta P \cdot A \cdot \cos \theta_t - \mu \cdot m_B \cdot g$$

ここで、 $\ddot{x}_t$  : BOP の水平加速度

$\mu$  : 摩擦係数 (= )

クリップが外れた瞬間を  $t=0$  とすると、初期条件  $\theta=0$  より、初期角加速度  $\ddot{\theta}_0$  及び初期並進加速度  $\ddot{x}_0$  が算出できる。また、初期角速度  $\dot{\theta}_0=0$ 、初期並進速度  $\dot{x}_0=0$  である。

次に、任意の時刻 t から微小時間  $\Delta t$  後のオペフロ BOP の傾き角度の増加分  $\Delta \theta_t$  は、以下のとおりとなる。

$$\Delta \theta_t = \dot{\theta}_t \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \ddot{\theta}_t \cdot \Delta t^2$$

$$\text{ここで, } \dot{\theta}_t = \dot{\theta}_{t-\Delta t} + \ddot{\theta}_{t-\Delta t} \cdot \Delta t$$

同様に、任意の時刻  $t$  から微小時間  $\Delta t$  後のオペフロ BOP の下端の移動量の増分  $\Delta x_t$  は以下のとおりとなる。

$$\Delta x_t = \dot{x}_t \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \ddot{x}_t \cdot \Delta t^2$$

$$\text{ここで, } \dot{x}_t = \dot{x}_{t-\Delta t} + \ddot{x}_{t-\Delta t} \cdot \Delta t$$

これらの関係を用いて、オペフロ BOP の下端がすべり材端部まで移動 ( $d_{xB}=170 \text{ mm}$ ) するまでの時間  $t$  を求めると、

$$t = 0.082 \text{ (s)}$$

となり、このときの傾きと上端の変位は、

$$\theta = 0.0686 \text{ (rad)} \quad (= 3.9^\circ)$$

$$d_{xT} = 269 \text{ (mm)}$$

である。

また、下端ブローアウトパネルの下端の速度は  $4.1 \text{ m/s}$  であることから、 $0.01$  秒後には外壁の外縁に到達する。

#### 4. 検討結果

以上の検討により、オペフロ BOP は、クリップが開放したのち、パネルの上端が建物外側にやや傾斜するものの、ほぼ垂直状態で移動し、外壁外縁から飛び出すことを確認した。

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開放時の他設備への影響について

## 1. 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルと原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の配置について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）は屋外方向に開放する設計としており，屋外方向には建物開口部竜巻防護対策設備（以下「竜巻防護ネット」という。）が設置されているが，オペフロ BOP に設置している落下防止チェーンを竜巻防護ネットに接触しない長さとする事から，竜巻防護ネットに干渉することはない。

また，原子炉棟内については，原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP 閉止装置」という。）が設置されているがオペフロ BOP に設置している落下防止チェーンは，下部よりも上部を長くしているため，パネルは上部が外側へ倒れこむ開放状態となること及びパネルが屋外の屋根スラブに接触しない設計としていることから，パネルが屋内に倒れこむことはなく，BOP 閉止装置に干渉することはない。配置の関係を図 1-1 に示す。

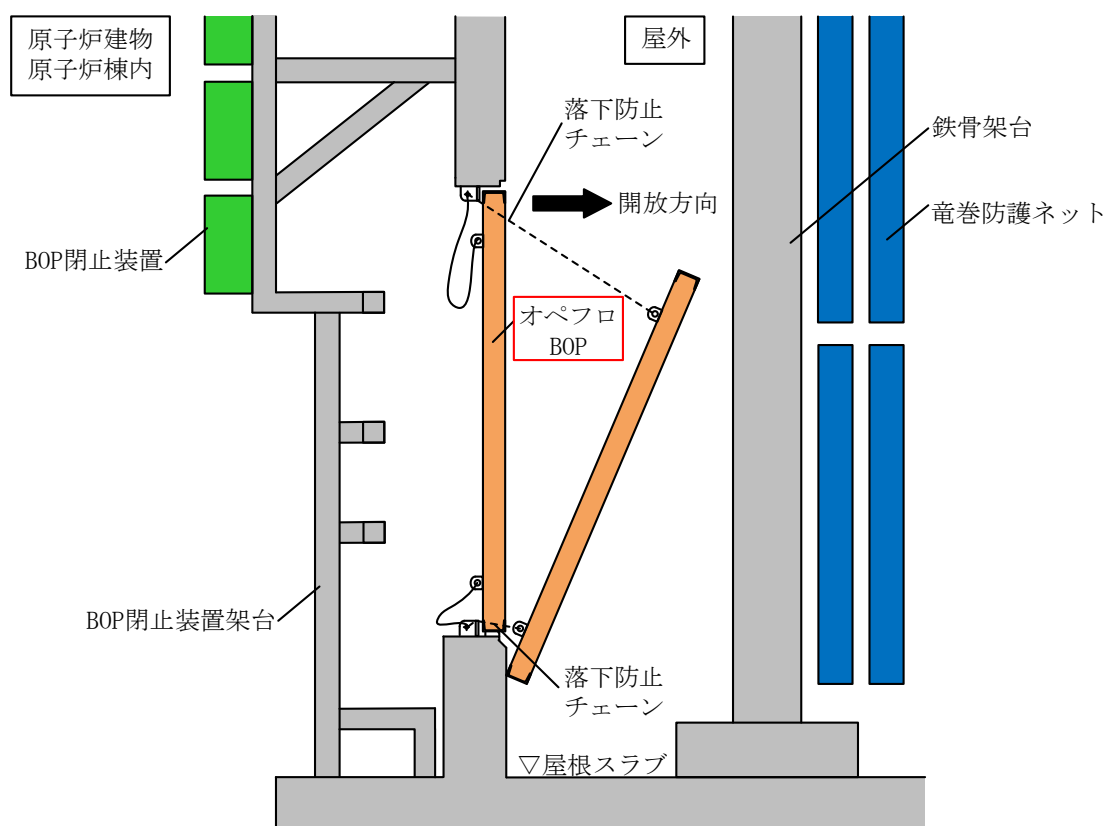


図 1-1 オペフロ BOP と BOP 閉止装置及び竜巻防護ネットの配置関係

## ブローアウトパネルの保安全管理について

## 1. 燃料取替階ブローアウトパネルの保安全管理について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）は、要求される機能（設計差圧 6.9kPa 以下での開放機能及び弾性設計用地震動  $S_d$  で開放しない機能を含む原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁の一部としてのバウンダリ機能）を担保するため、適切に保安全管理することが必要である。

計画中の保安全管理（案）は、表 1-1 のとおりである。なお、点検周期については、今後、要素試験や産業界実績を踏まえ決定し、保全計画に反映していく。

表 1-1 オペフロ BOP の保安全管理（案）

区分	必要な機能	目的	管理項目	実施内容
保守 管理	開放機能	開放機能確保	パネル本体部・枠部の劣化状況	・変形、損傷の有無、発錆状況の確認、塗装劣化状態の確認
			クリップの劣化状況	・変形、損傷の有無、クリップ取付状態の確認、発錆状況の確認
	気密性能	気密性能確保	気密性能（建物）	・原子炉棟気密性能検査にて、原子炉棟としての気密性能が確保されることを確認
	構造健全性	構造健全性確認	外観目視点検	・構造・機能に影響を及ぼすような損傷、異常のないことを目視にて確認

2. 主蒸気管トンネル室ブローアウトパネルの保全管理について

原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）は、要求される機能（設計差圧 12.26kPa 以下での開放機能及び弾性設計用地震動 S d で開放しない機能を含む原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁の一部としてのバウンダリ機能）を担保するため、適切に保全管理することが必要である。

計画中の保全管理（案）は、表 2-1 のとおりである。なお、点検周期については、今後、要素試験や産業界実績を踏まえ決定し、保全計画に反映していく。

表 2-1 MS トンネル室 BOP の保全管理（案）

区分	必要な機能	目的	管理項目	実施内容
保守 管理	開放機能	開放機能確保	ラプチャーパネル・枠部の劣化状況	・変形、損傷の有無、発錆状況の確認、塗装劣化状態の確認
	気密性能	気密性能確保	気密性能（建物）	・原子炉棟気密性能検査にて、原子炉棟としての気密性能が確保されることを確認
	構造健全性	構造健全性確認	外観目視点検	・構造・機能に影響を及ぼすような損傷、異常のないことを目視にて確認

## ブローアウトパネル機能確認試験要領について

## 1. 目的

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）及び主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）の機能を確認するため、実機規模の試験体を用いた開放試験を行い、機能維持確認を実施する。

## 2. オペフロ BOP

## 2.1 試験場所

試験装置等を設置し新たに試験会場として設定

## 2.2 試験項目

- (1) 作動確認 : オペフロ BOP の開機能確認
- (2) 閉維持確認 : オペフロ BOP の耐震性能の確認

オペフロ BOP（取付け枠及び新たに設計したクリップを含む）を設置した実機大のモックアップ試験体を製作し、設計作動圧の 6.9kPa 以下で確実に開放されることを確認するため、油圧ジャッキを用いた加力による開放試験を実施する。

また、オペフロ BOP の耐震性能を確認する。

本試験での確認事項を以下に示す。

## 【作動確認】

- ① オペフロ BOP の開放動作の確認
- ② オペフロ BOP の開放荷重の確認
- ③ クリップ脱落荷重の確認\*

## 【閉維持確認】

- ① 固有周期測定
- ② オペフロ BOP が S d 相当荷重で開放しないこと（パネルの荷重曲線より評価）

注記\*：クリップがオペフロ BOP に取り付けられた溝形鋼から完全に外れて荷重を負担しなくなった時点をクリップ脱落とする。また、クリップのひずみ計測などから判断し、その時の荷重を確認する。図 2-1 にクリップの固定状態及び脱落状態を示す。



図 2-1 クリップの固定状態及び脱落状態



### 3. オペフロ BOP 試験概要

#### 3.1 試験場所概要

モックアップ試験は、オペフロ BOP 及び取付け枠を模擬した試験用架構を現地で製作し実施する。図 3-1 に試験場の配置図を示す。

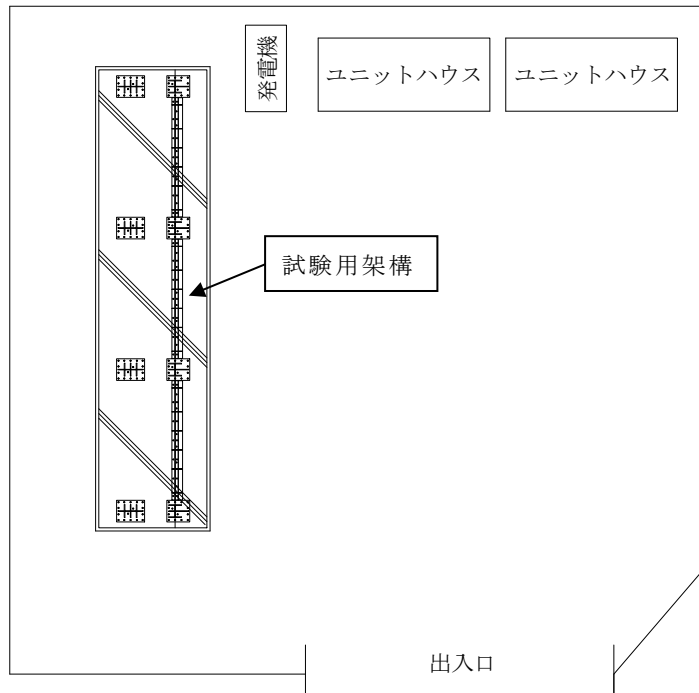


図 3-1 試験場配置図（平面図）

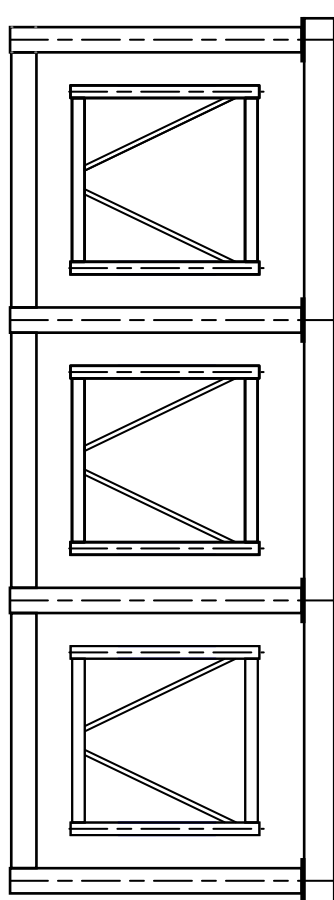
#### 3.2 試験装置概要

試験装置は、実機を模擬したオペフロ BOP、加力装置及び躯体を再現するオペフロ BOP 取付け部と加力装置取付け部を一体化した取付け架台で構成する。図 3-2 に試験で使用するオペフロ BOP 及び取付け架台の概略図を示す。

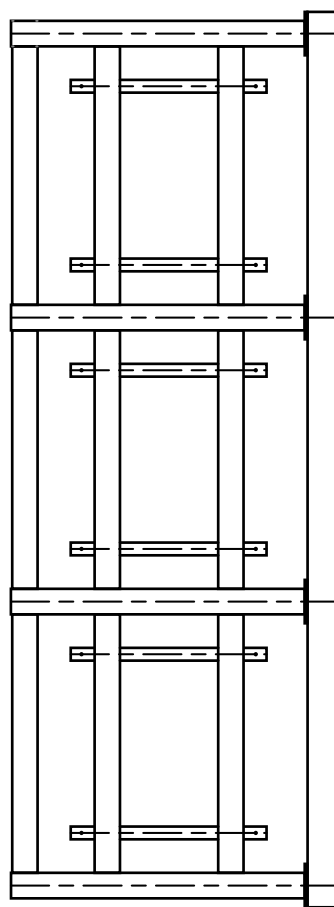
オペフロ BOP は実機に取り付けられているオペフロ BOP を模擬して実施する。サイズは約 3.94m×約 3.92m、重量は約 2t である。なお、オペフロ BOP は 3 体製作する。

取付け枠は四方を鉄筋コンクリート造の原子炉建物開口部を再現した鉄骨架構により支持する。パネルとの接触により摩擦の影響を強く受ける取付け枠下部は実機同様にすべり材を設ける。また、パネル周囲の雨水浸入を防止する部材（水切り板及びゴムシート）についても実機同様に設ける。

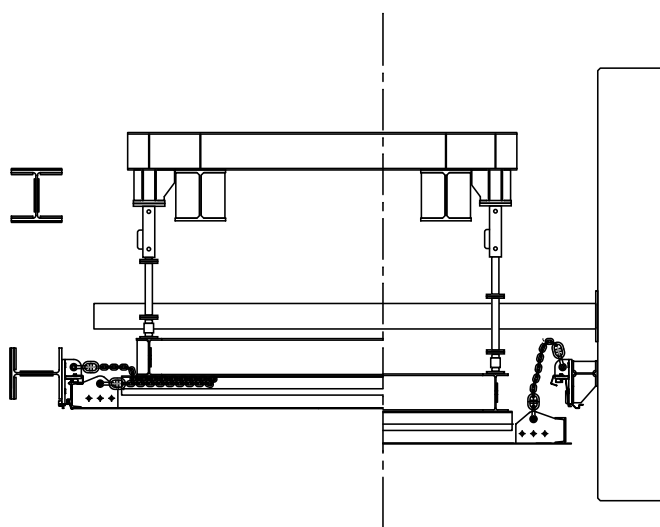
オペフロ BOP 試験体は実機と同様に脱落時の倒れ込みおよび損傷を抑制するため、8 本のチェーンを介して BOP 試験体裏面（屋内側）と試験用架構と連結する。



パネル及び押し出し梁図



試験用架構図



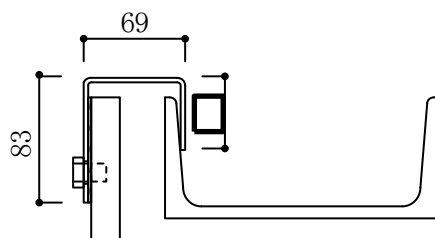
側面図

図 3-2 オペフロ BOP 及び取り付け架台の概略立面図

### 3.3 オペフロ BOP の架台への取付け方法

オペフロ BOP は、試験装置架台（実機では躯体）に取り付けられた鋼製の取付け枠材と、オペフロ BOP に取り付けられた溝形鋼をクリップで挟むことにより固定する。クリップを取り付け可能な箇所は上部  個，下部  個（幅約 140mm）の計 16 箇所とする。

クリップの形状および溝形鋼への取付け位置を図 3-3 に示す。クリップの材質は SUS304 とし，形状は図 3-3 に示すように，クリップ幅約 140 mm，厚み約 69 mm，溝形鋼への掛り代約  mm とし，M12 ボルトにより取付け枠材の 19mm プレートに取付ける。



取付け枠材（PL-19）パネル本体鉄骨（溝形鋼）

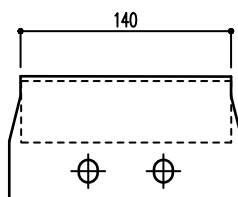


図 3-3 クリップ形状及び取付け位置図（正面図・断面図）

### 3.4 固有周期測定方法

オペフロ BOP 試験体に加速度計を取り付け、オペフロ BOP の固有振動数をハンマーによる打撃，又は常時微動計測により測定し固有周期を求める。

注：地盤は常に僅かに揺れており，この微振動を常時微動という。常時微動は，風や波浪などの自然現象や，交通機関，工場の機械などの人工的振動など不特定多数の原因により励起される。この常時微動で地盤や構造物の振動特性を推定することができる。

#### 試験概要

##### (1) 計測方法

###### a. ハンマーによる打撃

オペフロ BOP 試験体中央部に設置した加速度計の傍をゴムハンマー (1.175 kg) で打撃し，加速度を計測する。

###### b. 常時微動計測

オペフロ BOP 試験体中央部に設置した加速度計により常時微動により励起された加速度を計測する。

##### (2) 計測機器

計測機器の取付け位置を図 3-4 に示す。

###### a. 加速度計

メーカー名称：, 型番名称：

###### b. アンプ

メーカー名称：, 型番名称：

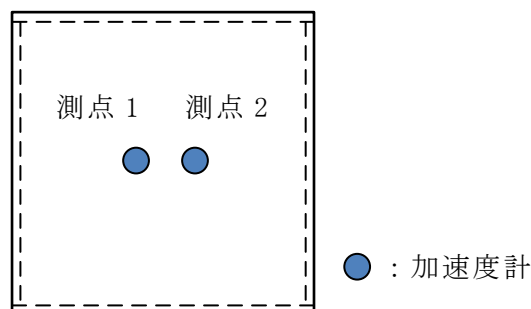


図 3-4 計測機器取付け位置図 (立面図)

#### 4. オペフロ BOP の加力方法

##### 4.1 試験機器構成及び加力方法概要

本試験に使用する機器の配置及び構成の概念図を図 4-1 に示す。

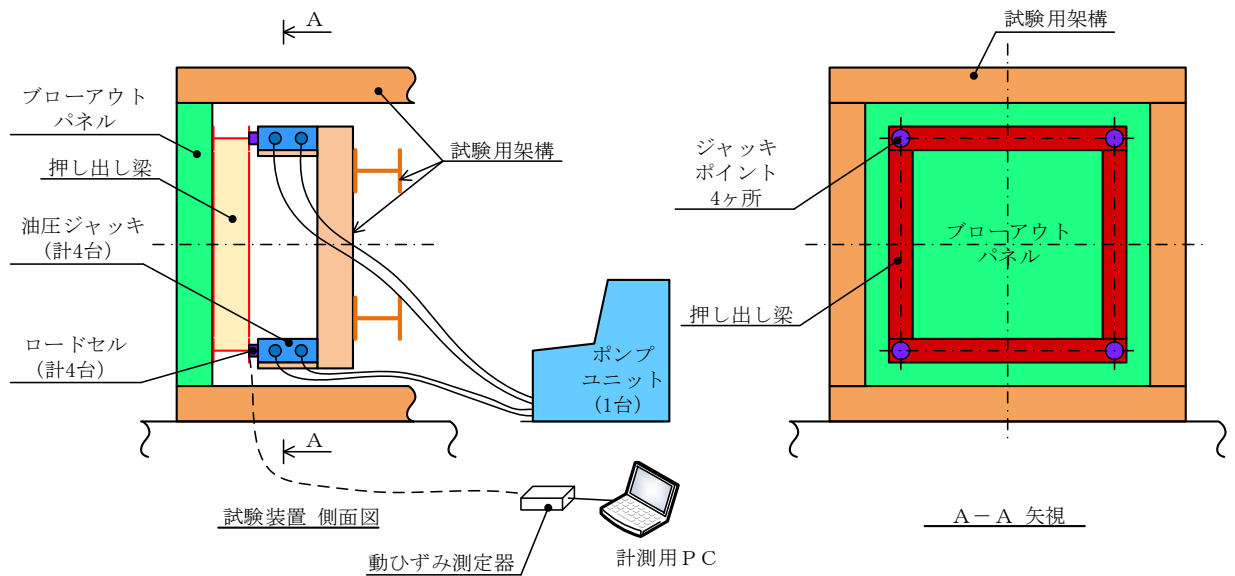


図 4-1 試験機器配置及び構成概念図

試験用架構にオペフロ BOP1 面を取り付ける。オペフロ BOP 試験体背面に「押し出し梁」を接触させ、その「押し出し梁」を 4 台の油圧ジャッキを使用して押し出すことによりオペフロ BOP を加力する。「押し出し梁」はオペフロ BOP 試験体に対して独立しておりオペフロ BOP の開放条件に影響を与えないものとする。

油圧ジャッキの反力は試験用架構で受ける構造とする。また、各油圧ジャッキのパネル側にはロードセルを取り付け、各油圧ジャッキから試験体への負荷を測定する。各ロードセルはロードセルモニタにて出力を抽出・変換し、それぞれの出力は計測用 PC で記録する。試験体は 3 体製作する。試験体仕様を表 4-1 に示す。

表 4-1 試験体仕様（試験体 1～3）

製造	鹿島建設株式会社
型式	実機パネル模擬
概算質量	2000 kg
数量	各 1 面
サイズ	幅 3940 mm×高さ 3920 mm
クリップ取付け箇所	16 箇所

#### 4.2 加力仕様

オペフロ BOP を押し出し梁により加力するために、複動型油圧ジャッキ 4 台を使用する。ジャッキは 1 台のポンプユニットから加圧する。当該ポンプユニットは、4 台のジャッキへの吐出油圧を一定とすることで、一定の加重にて作動を制御する。

加力方法概要図を図 4-2 に、押し出し梁の支持装置を図 4-3 に示す。油圧ジャッキ及びポンプユニットの仕様を表 4-2, 表 4-3 に示す。

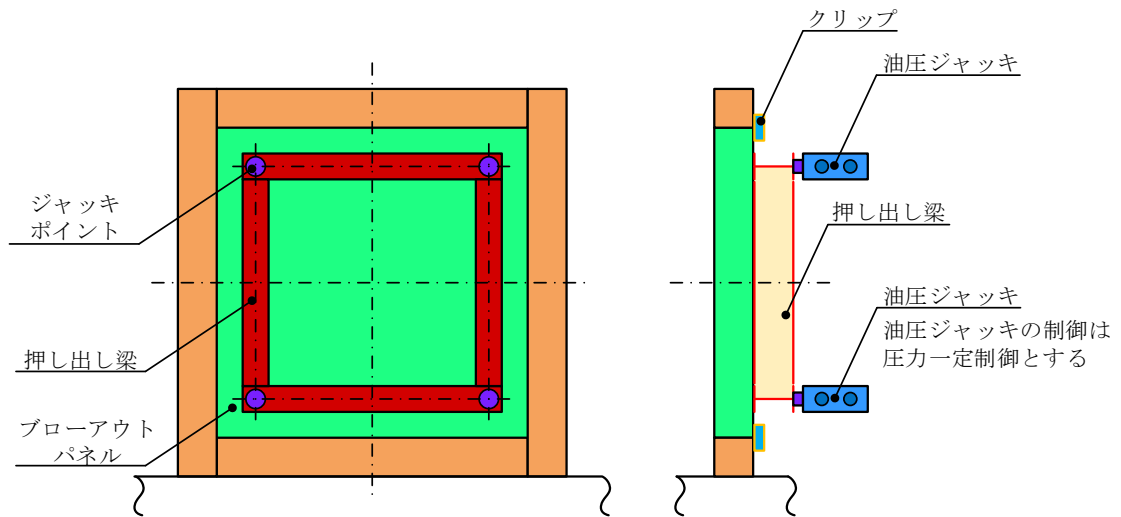


図 4-2 加力方法概要立面図

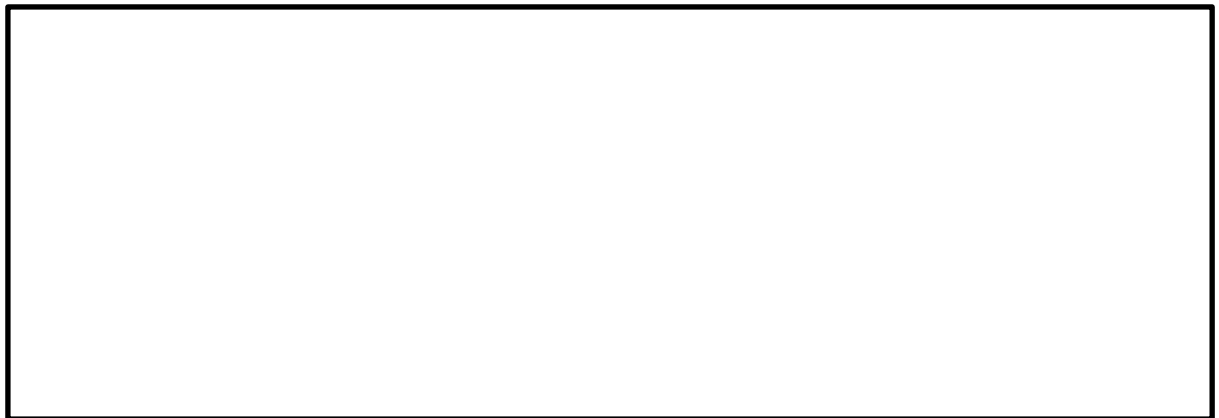


図 4-3 押し出し梁と支持装置の概要断面図

表 4-2 油圧ジャッキ仕様

製造メーカー	[Redacted]
型 式	[Redacted]
能力 (1 台あたり)	[Redacted]
使用数量	4 台
ストローク (最大)	[Redacted]
伸長速度 (理論値)	[Redacted]

表 4-3 ポンプユニット仕様

製造メーカー	[REDACTED]
型 式	[REDACTED]
吐出量	[REDACTED]
使用数量	1 台
電 源	[REDACTED]
電動機	[REDACTED]
質 量	[REDACTED]



### 4.3 オペフロ BOP 試験方法

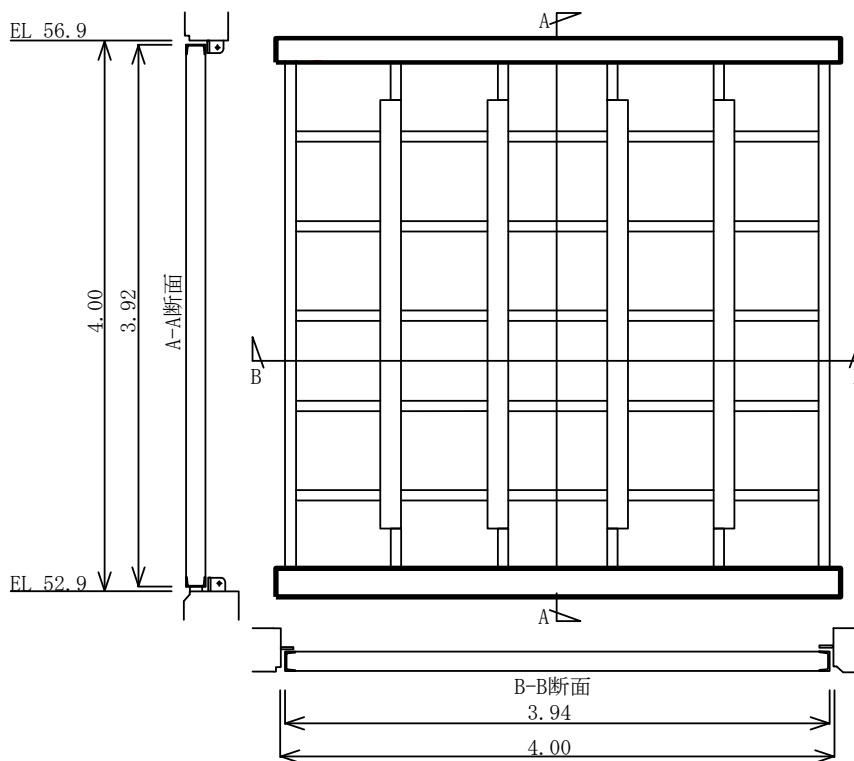
#### (1) 試験手順

モックアップ試験は3ケース実施した。試験ケースを表4-4に示す。

いずれの試験体もクリップ配置は上部  個，下部  個（幅約 140mm）の計 16 箇所とする。これは，現状で予想されるパネル下部の摩擦，クリップ 1 個あたりの耐力から，S d 地震時には開放せず，かつ，設定差圧の 6.9kPa 以下にて確実に開放するように設計された配置である。クリップ取付け位置を図4-4に示す。また，試験体 2，3 は，試験体 1 と同条件にて再現性を確認する。

表 4-4 試験ケース

	クリップの配置 及び個数		クリップ形状，取付け寸法			備考
	上	下	幅	内寸法	掛かり代	
試験体 1	<input type="checkbox"/> 個	<input type="checkbox"/> 個	約 140 mm	<input type="checkbox"/> mm	<input type="checkbox"/> mm	
試験体 2	<input type="checkbox"/> 個	<input type="checkbox"/> 個	約 140 mm	<input type="checkbox"/> mm	<input type="checkbox"/> mm	
試験体 3	<input type="checkbox"/> 個	<input type="checkbox"/> 個	約 140 mm	<input type="checkbox"/> mm	<input type="checkbox"/> mm	



○：幅約 140mm のクリップ

図 4-4 クリップ取付け位置図（立面図）

#### 4.4 測定内容及び方法

##### (1) 測定内容

各油圧ジャッキ負荷，変位

##### (2) 測定方法

各油圧ジャッキに1台ずつ配置したロードセルを使用する。その他の測定項目と連動し，時刻歴測定とする。

計測項目は，ジャッキによる加力荷重4点（上記，ロードセルより取得），ブローアウトパネルの変位4点（加力位置近傍の変位）及びクリップのひずみ4点（上下の両側，図4-5参照）並びに試験時の開放状況を動画撮影する。荷重，変位及びひずみ計測の機器構成を図4-6に示す。加力が短時間で終了する試験のため，動的な計測システムを用い，サンプリング時間は   秒程度とする。

計測機器等仕様を表4-5に示す。

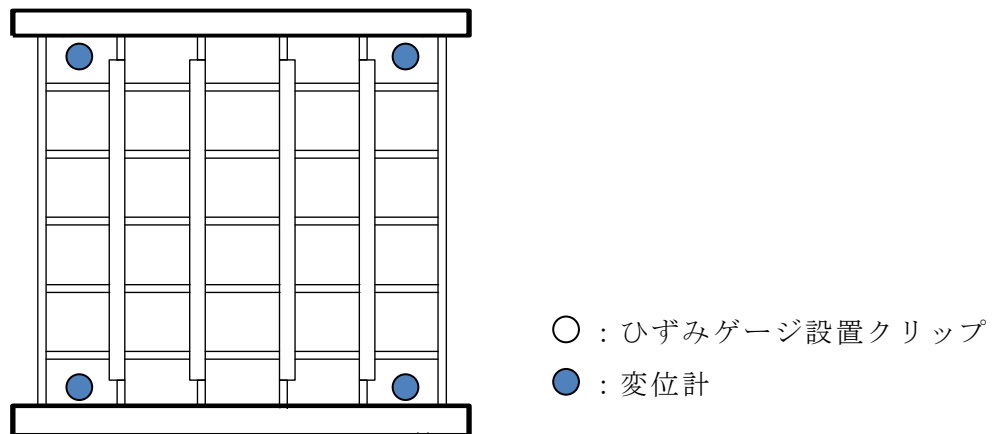


図4-5 計測器取付け位置図（立面図）

表4-5 計測機器等仕様

No.	機器名	員数	メーカー	型番
1	電動ポンプユニット			
2	複動型油圧ジャッキ			
3	ロードセル			
4	レーザ変位計			
5	動ひずみ測定器			
6	ひずみゲージ			
7	計測用PC			

注：ケーブル等の付属品は省略

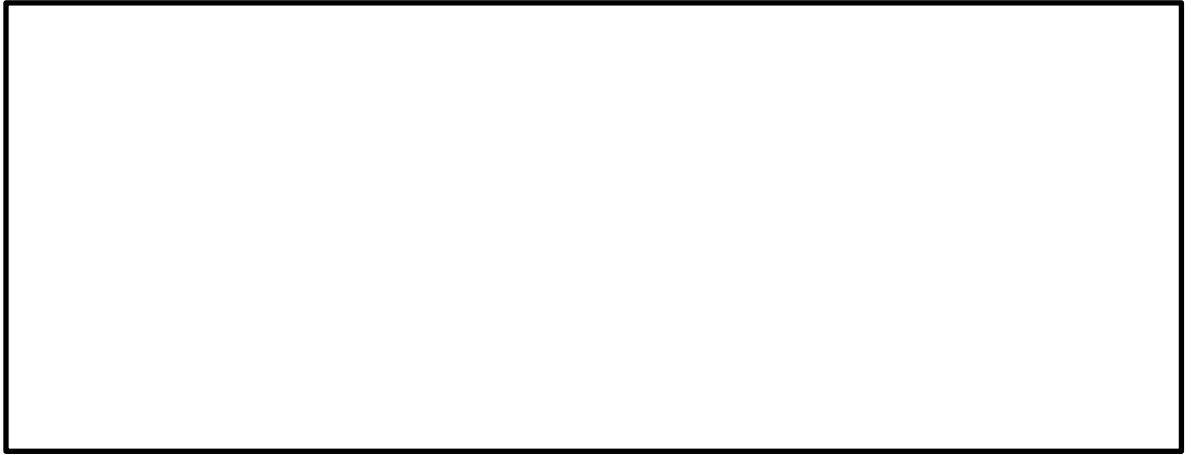


図 4-6 計測システム構成

(3) 確認項目

開放試験における確認項目を以下に示すとともに、オペフロ BOP の開放時の荷重と変位及び他の抗力との関係を求める。

開放試験にて得られる記録値とこの関係から、オペフロ BOP の耐震性能を確認する。

- ・ ジャッキ荷重 - 変位関係 (グラフ)
- ・ オペフロ BOP の開放荷重
- ・ クリップの脱落時荷重

(4) 判定基準

【作動確認】

オペフロ BOP が設計差圧 (6.9 kPa 以下) の圧力にて開放すること

【閉維持確認】

オペフロ BOP の開放時の荷重が S d 荷重相当値 (約 49.3 kN) 以上であること

## 5. MS トンネル室 BOP

### 5.1 試験場所

#### 【作動確認】

場 所：株式会社 ブイテックス 東海工場

#### 【閉維持確認】

場 所：清水建設株式会社 技術研究所 先端地震防災研究棟

### 5.2 試験項目

- (1) 作動確認 : MS トンネル室 BOP の開機能確認
- (2) 閉維持確認 : MS トンネル室 BOP の耐震性能の確認

MS トンネル室 BOP 及びその取付け枠を設置した実機大のモックアップ試験体を製作し、設計作動圧の 12.26kPa 以下で確実に開放されることを確認するため、圧縮空気による破裂試験を実施する。

さらに、加振試験により、MS トンネル室 BOP の耐震性能を確認する。

本試験での確認事項を以下に示す。

#### 【作動確認】

- ①MS トンネル室 BOP の破裂圧力の確認

#### 【閉維持確認】

- ①MS トンネル室 BOP が基準地震動  $S_s$  相当荷重で開放しないことの確認

## 6. MS トンネル室 BOP 作動確認試験概要

### 6.1 試験装置概要

試験装置は、実機を模擬した MS トンネル室 BOP（ラプチャーパネル及びラプチャーパネル取付け部）と温度調整用のヒーターを取り付けた破裂試験装置で構成する。図 6-1 に試験で使用する MS トンネル室 BOP 及び破裂試験装置の概略図を示す。

MS トンネル室 BOP のサイズは 780mm×780mm、比重は約  $2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  である。

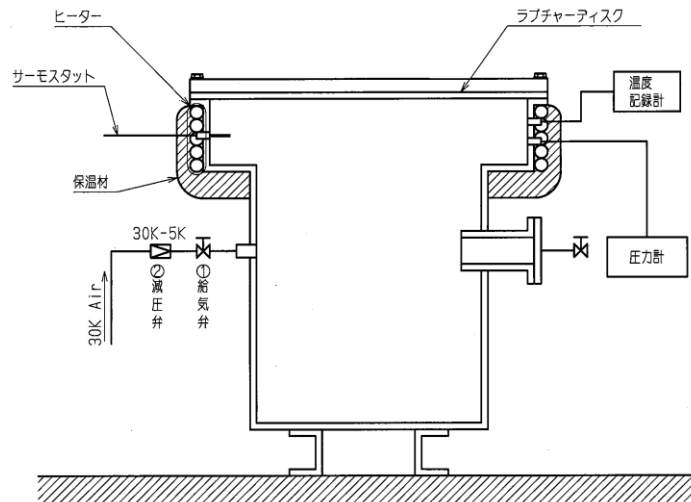


図 6-1 MS トンネル室 BOP 及び破裂試験装置の概略断面図

### 6.2 MS トンネル室 BOP 試験方法

#### (1) 試験手順

MS トンネル室 BOP を破裂試験装置に組み込み、破裂試験装置の上部をヒーターで加熱し、温度を調整する。

所定温度に到達してから 20 分以上保持後、給気弁を開き、圧縮空気を装置内へ送り、破裂時の圧力を確認する。

#### (2) 確認項目

MS トンネル室 BOP 破裂時の圧力。

#### (3) 判定基準

MS トンネル室 BOP が設計差圧（12.26kPa 以下）の圧力にて開放すること。

## 7. MS トンネル室 BOP 閉維持確認試験概要

### 7.1 試験場所概要

閉維持確認試験は、加振試験用枠体に固定した MS トンネル室 BOP を振動台上に設置し実施する。図 7-1 に試験場の配置図を示す。

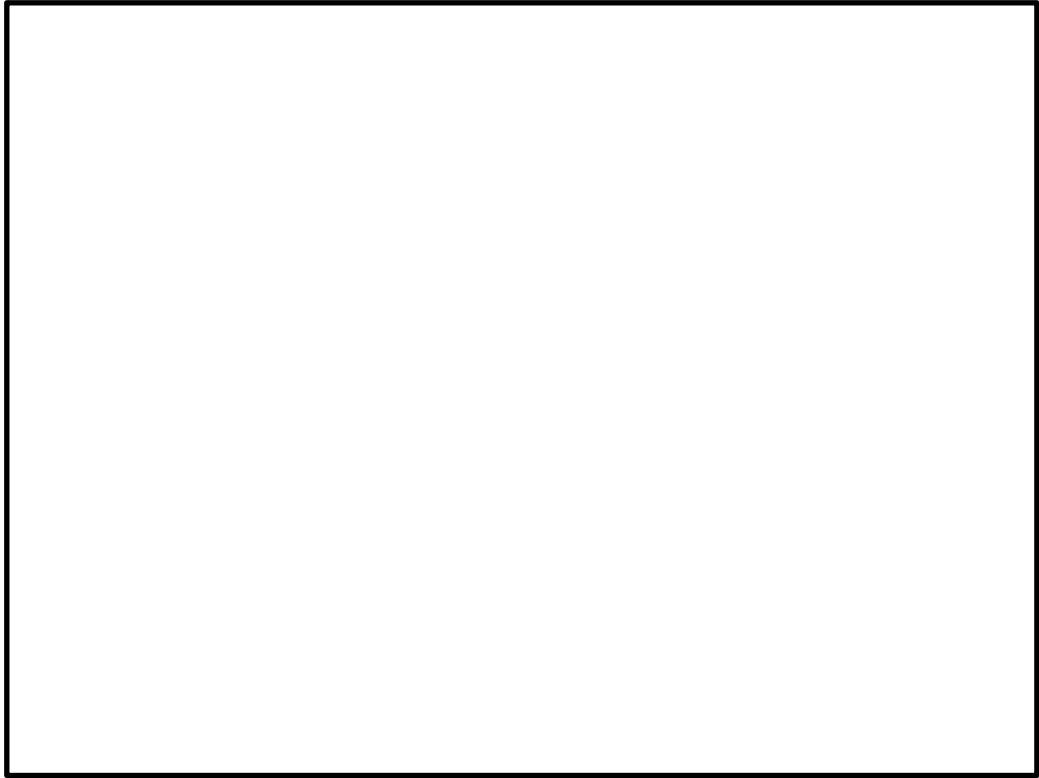


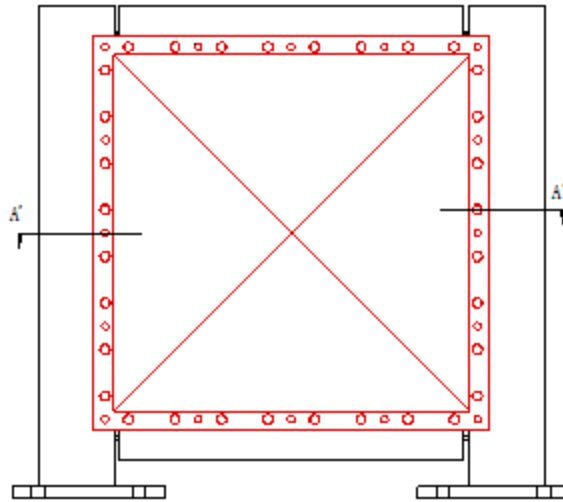
図 7-1 試験場配置図（平面図）

### 7.2 試験装置概要

図 7-2 に試験で使用する MS トンネル室 BOP 及び加振試験用枠体の概略図を示す。

MS トンネル室 BOP のサイズは 780mm×780mm，比重は約  $2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$  である。実機の枠と同様に剛構造とした加振試験用枠体は H 形鋼により構成されており，加振試験用枠体を振動台に固定し，ボルトによって MS トンネル室 BOP を加振試験用枠体に固定する。この時の MS トンネル室 BOP の仕様及び取付け方法は実機と同様とする。

なお，試験体の MS トンネル室 BOP は 3 体製作し，それぞれに対し同一の試験を実施する。



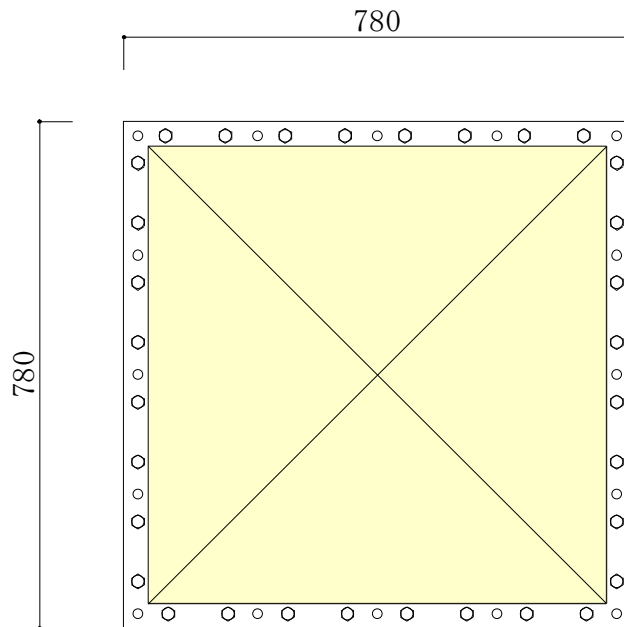
加振試験用枠体

(MS トンネル室 BOP 取付け時)



加振試験用枠体

(A-A 断面図)



MS トンネル室 BOP (立面図)

図 7-2 MS トンネル室 BOP 及び加振試験用枠体の概略図



(1) 試験機器構成

本試験に使用する試験体の仕様を表 7-1 に示す。

表 7-1 試験体仕様表

製 造	清水建設株式会社
型 式	実機パネル模擬
比 重	約 $2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ (アルミ)
数 量	3 枚
サイズ	幅 780 mm × 高さ 780 mm

(2) 振動台の仕様

本試験に使用する振動台の仕様を表 7-2 に示す。

表 7-2 振動台仕様

項 目	仕 様
振動台寸法	7m (X 方向) × 7m (Y 方向)
加振方向	3 軸
最大搭載質量	70t
最大加速度 (10t 積載時)	水平 : 3.7G, 鉛直 : 4.2G

7.3 試験ケース

MS トンネル室 BOP の加振試験による耐震性能確認を行う。なお、加振試験は X, Y, Z 方向の 3 方向同時加振にて実施する。試験ケースを表 7-3 に示す。

表 7-3 試験ケース

加振波	加振方向	備考
模擬地震波	XYZ方向 (3方向同時)	S s 地震相当

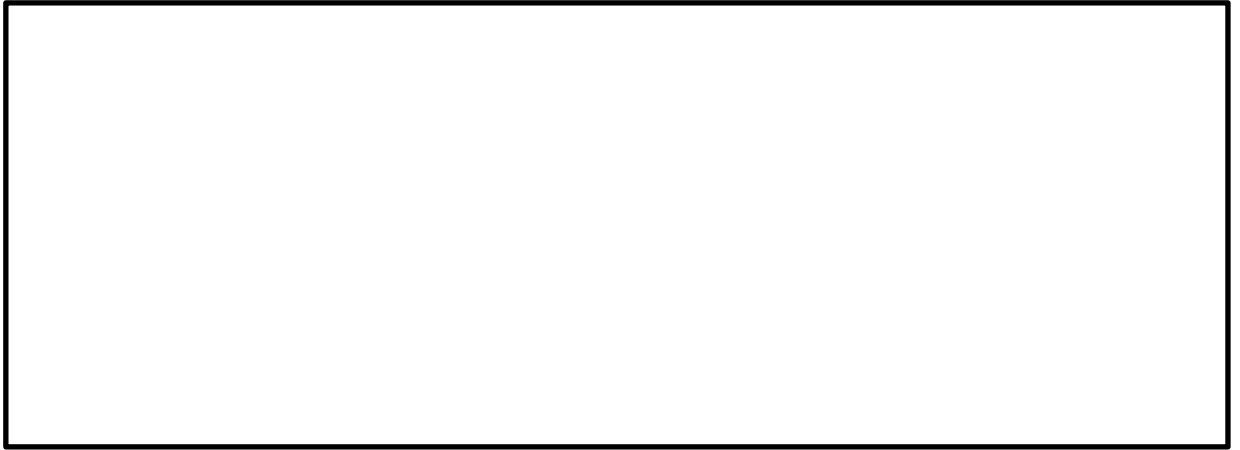
7.4 加振波

(1) MS トンネル室 BOP の基準地震動 S s 加振波

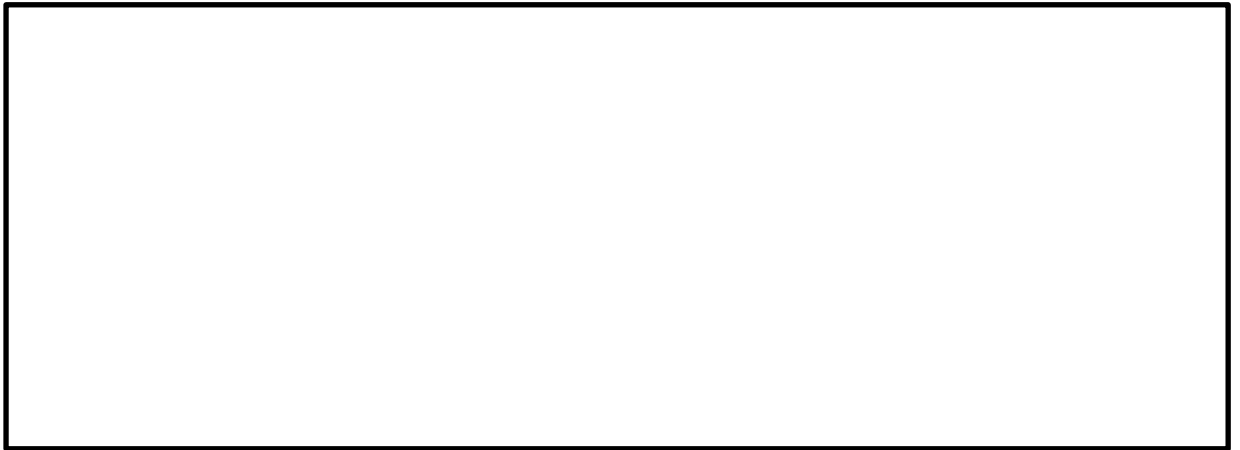
加振試験用の模擬地震波は以下のとおりとする。VI-2「耐震性に関する説明書」のうち VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき複数の基準地震動 S s の設計用床応答スペクトル I (原子炉建物 EL ) を包絡する模擬地震波の時刻歴波形、床応答スペクトルを図 7-3, 図 7-4 に示す。

- ・ MS トンネル室 BOP の設置高さを含む上下の原子炉建物 EL

- ・ 基準地震動 S s 5 波及び建物影響評価を考慮するばらつきケースを包絡
- ・ MS トンネル室 BOP (ラプチャーパネル) は枠にボルト固定しているが、ラプチャーパネルは薄いアルミニウム板の単一材料であるため、加振目標の包絡スペクトルはボルト接合よりも減衰が小さいものとして減衰定数  % で設定



(1) 水平 (N S) 方向

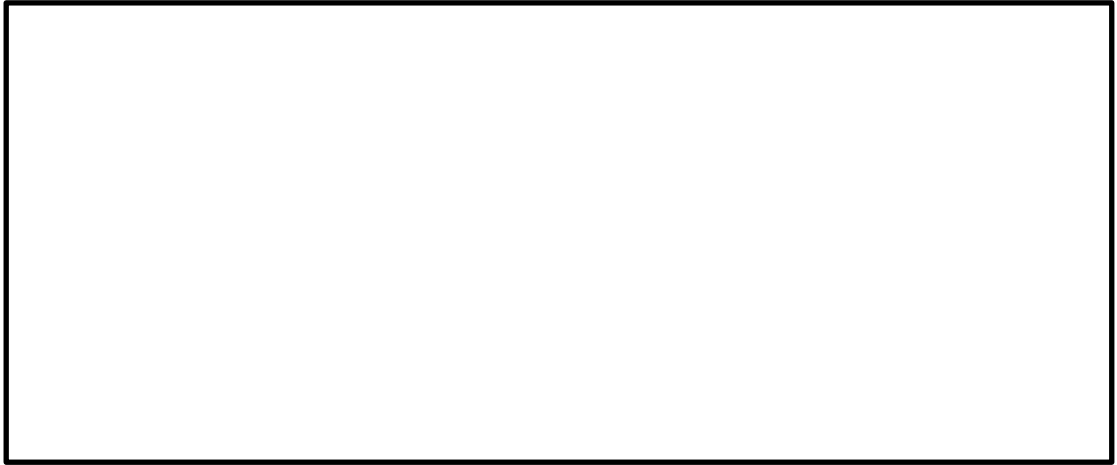


(2) 水平 (E W) 方向

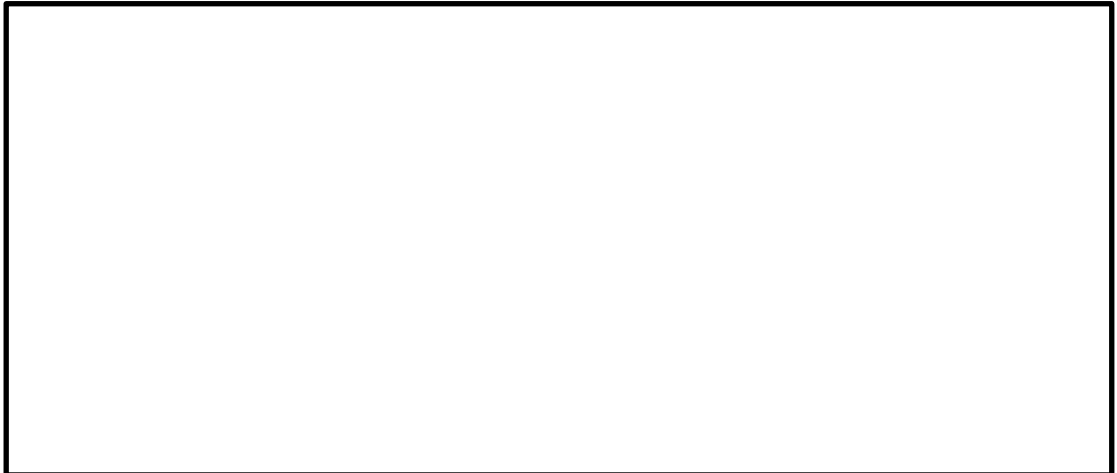


(3) 鉛直方向

図 7-3 模擬地震波の時刻歴波形



(1) 水平 (N S) 方向



(2) 水平 (E W) 方向



(3) 鉛直方向

図 7-4 模擬地震波の応答スペクトル

### 7.5 MS トンネル室 BOP の加振方法

MS トンネル室 BOP 試験体を，基準地震動  $S_s$  相当の加振波によって加振し，MS トンネル室 BOP が開放しないことを確認する。

#### (1) 試験概要

加振試験用枠体に固定した MS トンネル室 BOP を振動台に設置し，表 7-3 に示す加振波で加振し，試験後，MS トンネル室 BOP スリット部の亀裂の有無を目視により確認する。

### 7.6 計測機器

計測機器の取付け位置を図 7-5 に示す。

#### a. 加速度計

メーカー名称：  ， 型番名称：   
設置場所：加振試験用枠体脚部

メーカー名称：  ， 型番名称：   
設置場所：MS トンネル室 BOP 中央部

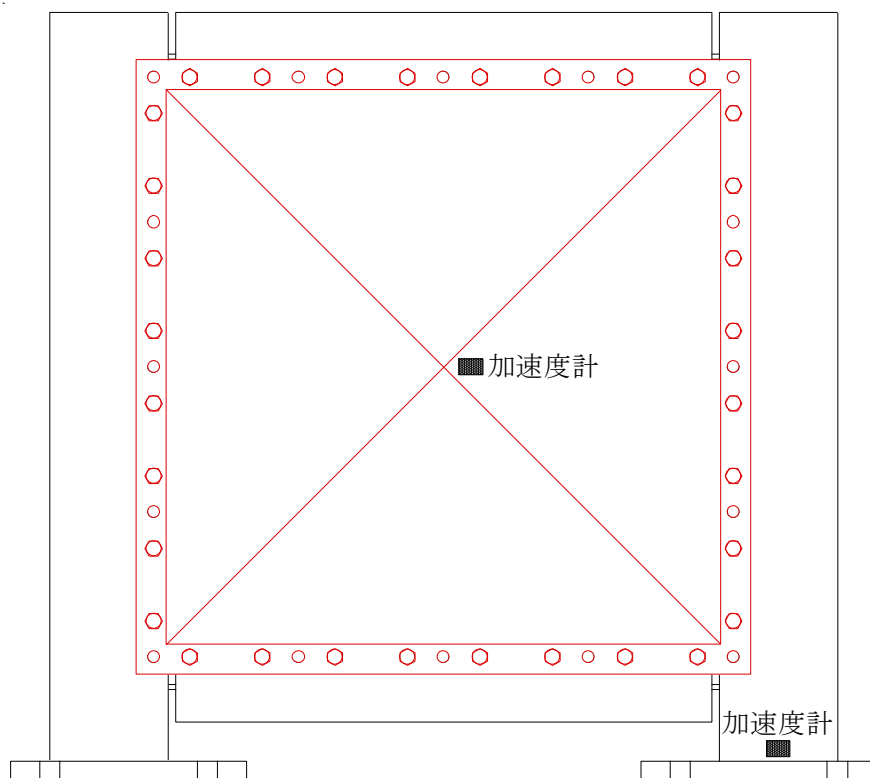


図 7-5 計測機器取付け位置図（立面図）

(1) 測定内容

加速度，亀裂の有無

(2) 測定方法

図 7-5 に示す位置に加速度計を取付け，加振時の加速度を時刻歴で測定し，サンプリング時間は，秒程度とする。

(3) 確認項目

本試験における確認項目を以下に示す。

- ・各加振波における MS トンネル室 BOP の加速度
- ・MS トンネル室 BOP の開放の有無

(4) 判定基準

本試験における判定基準を以下に示す。

- ・MS トンネル室 BOP の開放荷重 ( $7.36\text{kN/m}^2$ ) 以下であること。
- ・亀裂が生じていないこと。

## ブローアウトパネル機能確認試験結果について

試験要領書に従って実施した試験結果は以下のとおり。

## 1. 燃料取替階ブローアウトパネル固有値確認結果

ハンマーによる打撃及び常時微動による原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロ BOP」という。）中央付近の2測点の加速度波形から高速フーリエ変換により算定したフーリエスペクトルを図1-1に、格子状（水平7列×鉛直6列）に配置した全42測点の計測波形による1次、2次振動モード図を図1-2に示す。フーリエスペクトルの  Hz 及び  Hz 近傍に振動数方向に幅をもった大きなピークがあり、この振動数の振動モード図において中央付近が大きく振れるモード及び中央付近を節としてほぼ逆対象に振れるモードとなっていることから、それぞれが1次振動数、2次振動数である。なお、1次モードより低振動数側等に見られる鋭いピークは、試験場所周辺の振動等の外乱によるノイズである。



図1-1 オペフロ BOP の固有振動数測定結果



図1-2 オペフロ BOP の振動モード図

## 2. オペフロBOP作動確認結果

### (1) 開放機能確認結果

設計条件としたクリップ数 16 個（幅約 140mm）の実機大モックアップ試験体に対して、4 体の油圧ジャッキによる開放試験を実施し、オペフロ BOP が設計条件（差圧 6.9kPa 以下）の荷重にて開放することを確認した（試験体 1）。同条件にて再試験を実施し再現性を確認した（試験体 2,3）。試験結果を表 2-1 に、各油圧ジャッキの反力（オペフロ BOP の抗力）を図 2-1 から図 2-6 に示す。

表 2-1 オペフロ BOP の開放荷重試験結果

項目	試験日	測定値 (kN)	許容値 (kN) (6.9kPa 相当値)	判定	備考 相当する差圧値 (kPa)
試験体 1	2021/8/23	<input type="text"/>	106.5	○	<input type="text"/>
試験体 2	2021/8/24	<input type="text"/>		○	<input type="text"/>
試験体 3	2021/8/25	<input type="text"/>		○	<input type="text"/>



試験体 1

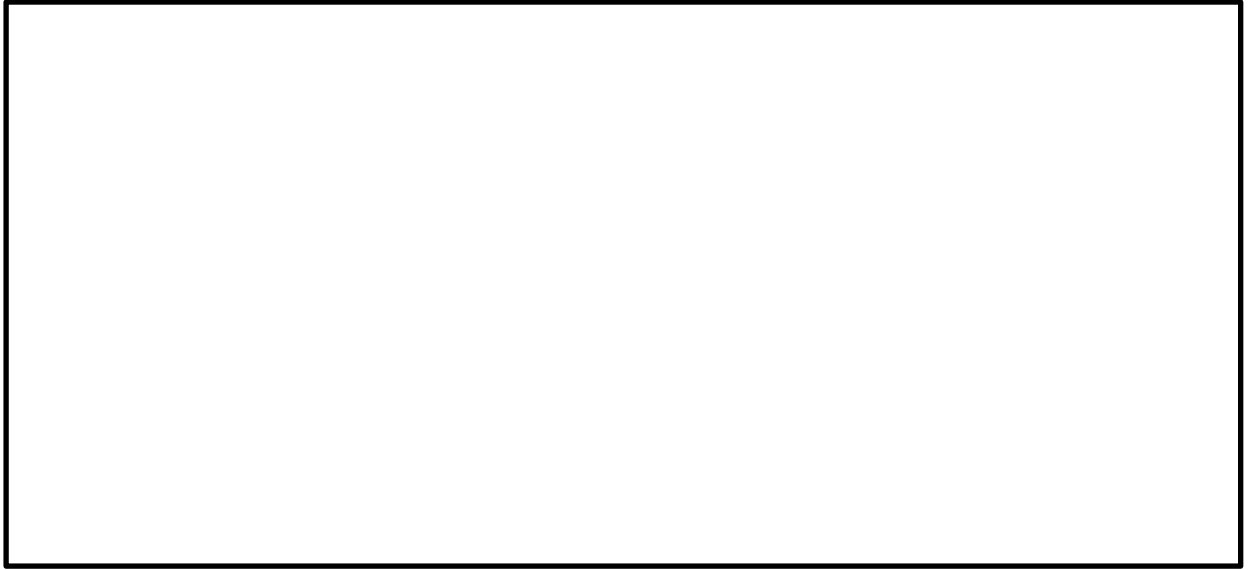


図 2-1 油圧ジャッキの荷重合計と変位図

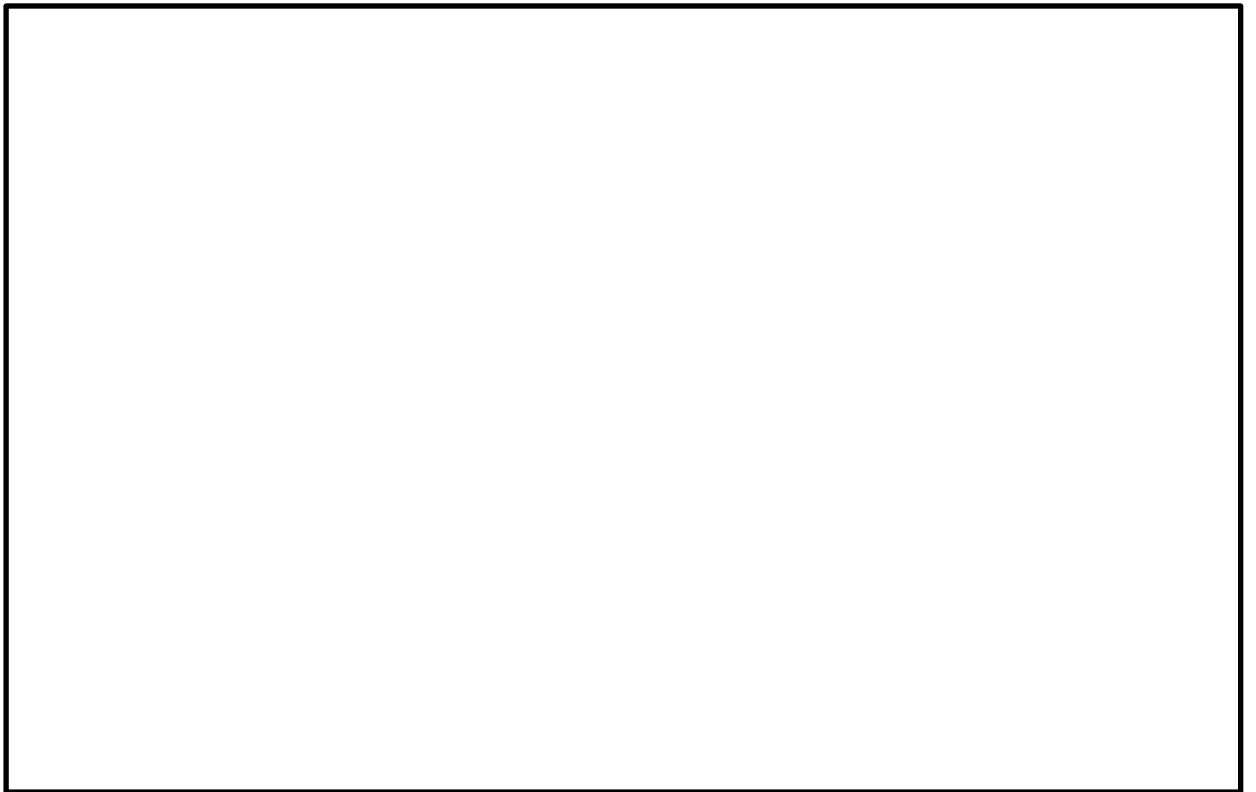


図 2-2 各油圧ジャッキの荷重と変位測定結果 (試験体 1)

試験体 2

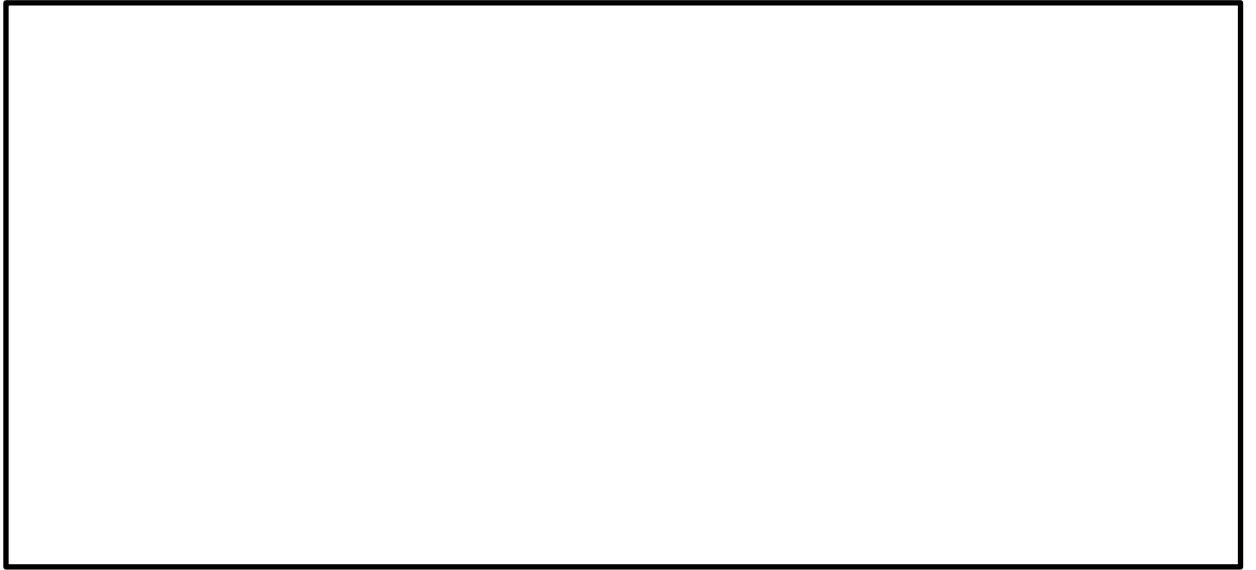


図 2-3 油圧ジャッキの荷重合計と変位図

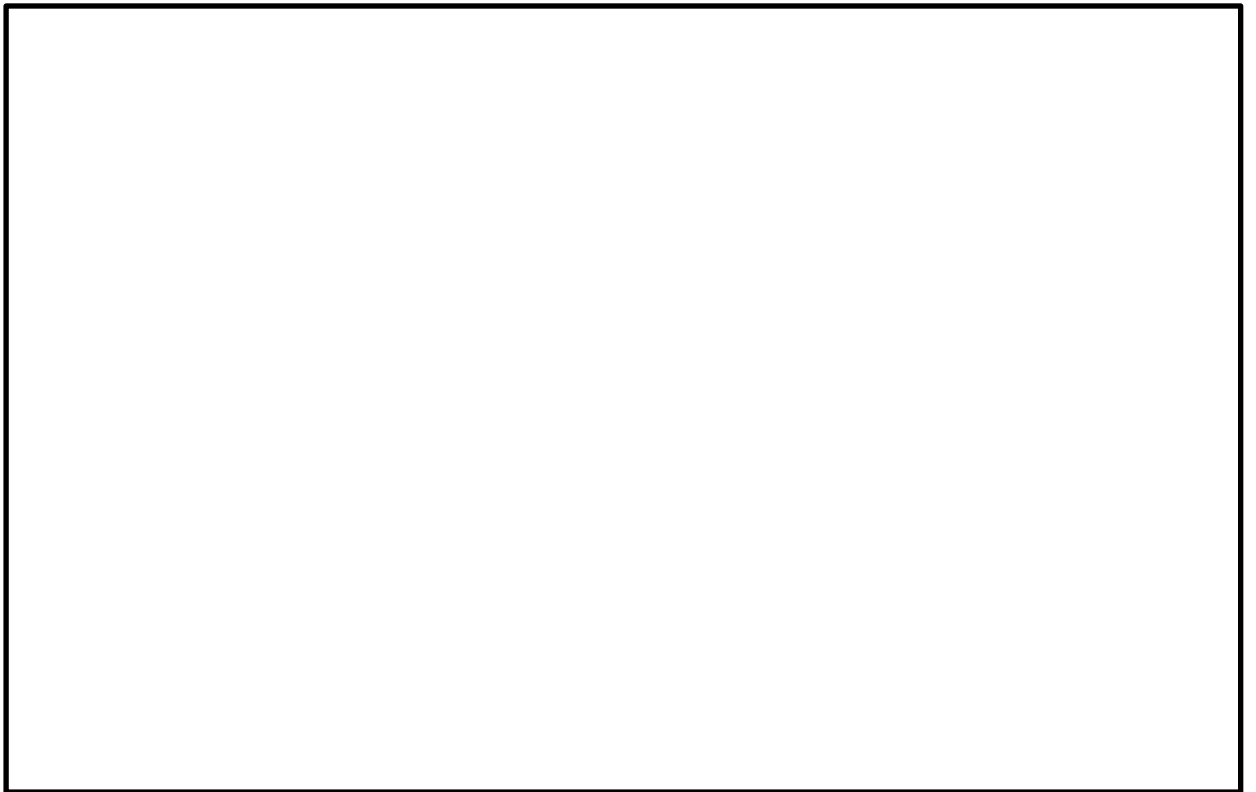


図 2-4 各油圧ジャッキの荷重と変位測定結果（試験体 2）

試験体 3



図 2-5 油圧ジャッキの荷重合計と変位図

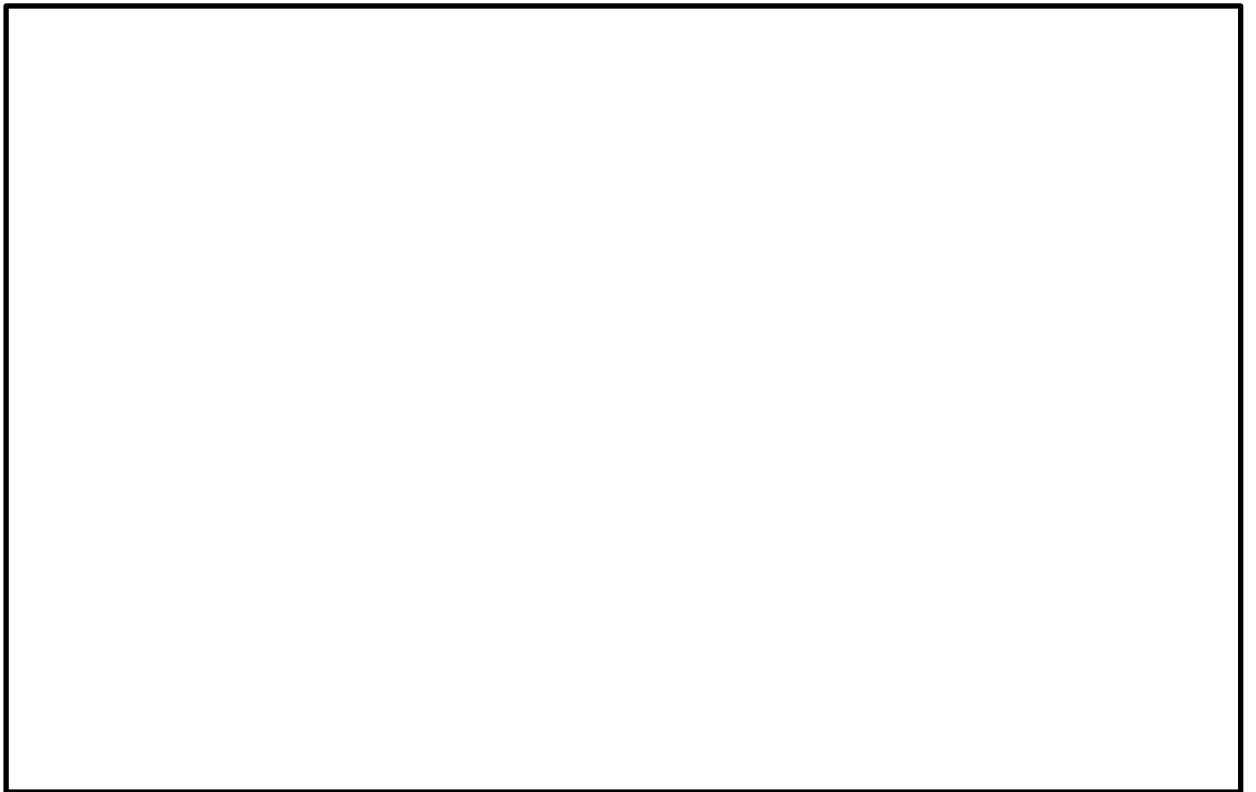


図 2-6 各油圧ジャッキの荷重と変位測定結果（試験体 3）

(2) 閉維持確認結果

(1)開放機能確認結果より、オペフロ BOP の開放荷重は S d 荷重相当値 (約 49.3kN) 以上であることを確認した。評価結果を表 2-2 に示す。

S d 相当荷重値約 49.3kN の根拠は、以下のとおり。

オペフロ BOP 重量 : 約 2000 kg

オペフロ BOP 設置場所 (EL 52.9 m) 応答水平震度 : 2.51\*

注記\* : 最大応答加速度に保守性を考慮した震度

S d 相当荷重値 :  $2000 \text{ kg} \times 9.80665 \text{ m/s}^2 \times 2.51G = 49229 \text{ N} \approx 49.3 \text{ kN}$

表 2-2 オペフロ BOP の耐震性能確認結果

項目	試験日	測定値 (kN)	判定値 (kN) (S d 荷重相当)	判定
試験体 1	2021/8/23	<input type="text"/>	49.3	○
試験体 2	2021/8/24	<input type="text"/>		○
試験体 3	2021/8/25	<input type="text"/>		○

3. 実機大モックアップ試験の開放挙動に関する考察

実機大モックアップ試験では、上部及び下部クリップの開放による最大荷重に到達した後、取付け枠からパネルが完全に脱落することを確認している。

ジャッキ荷重は上下左右で同程度の荷重値となっており、パネルを均等に載荷することができている。

なお、下部のみに摩擦荷重が作用するため、上部が先行して開放し、取付け枠からパネル本体が完全に脱落することを確認している。

#### 4. 主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル作動確認結果

##### (1) 開放機能確認結果

試験装置に設置した原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MSトンネル室BOP」という。）に対して、加圧による破裂試験を実施し、MSトンネル室BOPが設計差圧（12.26 kPa以下）の圧力にて開放することを確認した。試験結果を表4-1に示す。

表4-1 MSトンネル室BOPの破裂試験結果

項目	試験日	測定値 (kPa)	許容値 (kPa)	判定
試験体1	2021/3/11	9.23	12.26	○
試験体2		10.16		○
試験体3		10.30		○

(2) 閉維持確認結果

ブローアウトパネル設置位置での設計用床応答スペクトル I (S s) より得られる応答水平震度に保守性を考慮して設定した震度から算出した S s 荷重は 0.133kN/m<sup>2</sup>, 加振試験による S s 荷重の測定値は [ ]kN/m<sup>2</sup>~[ ]kN/m<sup>2</sup>であり, MS トンネル室 BOP の開放荷重 (7.36kN/m<sup>2</sup>) 以下であることを確認した。

評価結果を表 4-2 に示す。

ここで, S s 地震相当の模擬地震波による加振試験において, 試験体脚部に設置した加速度計の計測記録が目標値 (S s 包絡条件) を上回ることを確認した。表 4-3 に最大加速度値, 図 4-1 に加速度応答スペクトルの計測結果を示す。目標応答を計測結果が一部下回っているが, ランダム波加振により, ラプチャーパネル中央に設置した加速度計で計測した 1 次固有周期は [ ]Hz (約 [ ]秒), 試験体 2 で [ ]Hz (約 [ ]秒), 試験体 3 で [ ]Hz (約 [ ]秒) であることから, 固有振動数帯での計測結果は, 目標応答を上回っていることを確認した。なお, 固有周期のばらつきについては, ラプチャーパネルの表面に施された切欠き加工 (V 溝) の加工精度の影響によるものと推察される。

表 4-2 MS トンネル室 BOP の耐震性能確認結果 (S s)

項目	試験日	①算定値*1 (kN/m <sup>2</sup> )	②測定値*2 (kN/m <sup>2</sup> )	③設計開放荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	判定 (①<③) (②<③)
試験体1	2021/5/11	0.133	[ ]	7.36	○
試験体2	2021/5/12		[ ]		○
試験体3	2021/6/17		[ ]		○

注記\*1: 設計用床応答スペクトル I (S s) を考慮して算出した S s 相当荷重

\*2: 加振試験による測定値 (加速度) に基づく S s 相当荷重

表 4-3 MS トンネル室 BOP の加振試験結果（試験体脚部最大加速度）

(a) 試験体 1

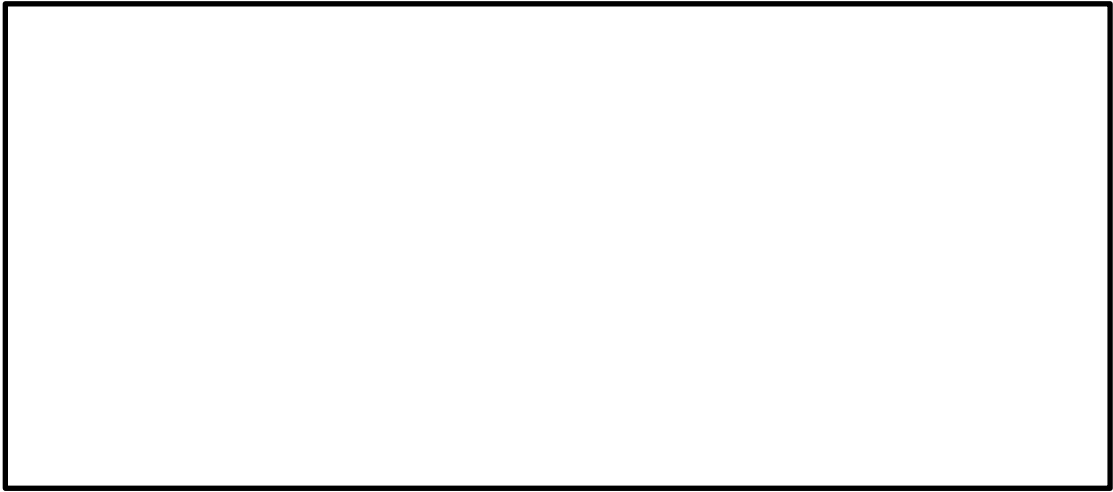
方向	① S s 包絡条件 (m/s <sup>2</sup> )	② 計測結果 (m/s <sup>2</sup> )	判定 (① < ②)
面外方向			○
面内方向			○
上下方向			○

(b) 試験体 2

方向	① S s 包絡条件 (m/s <sup>2</sup> )	② 計測結果 (m/s <sup>2</sup> )	判定 (① < ②)
面外方向			○
面内方向			○
上下方向			○

(c) 試験体 3

方向	① S s 包絡条件 (m/s <sup>2</sup> )	② 計測結果 (m/s <sup>2</sup> )	判定 (① < ②)
面外方向			○
面内方向			○
上下方向			○



(a) 面外 (NS) 方向



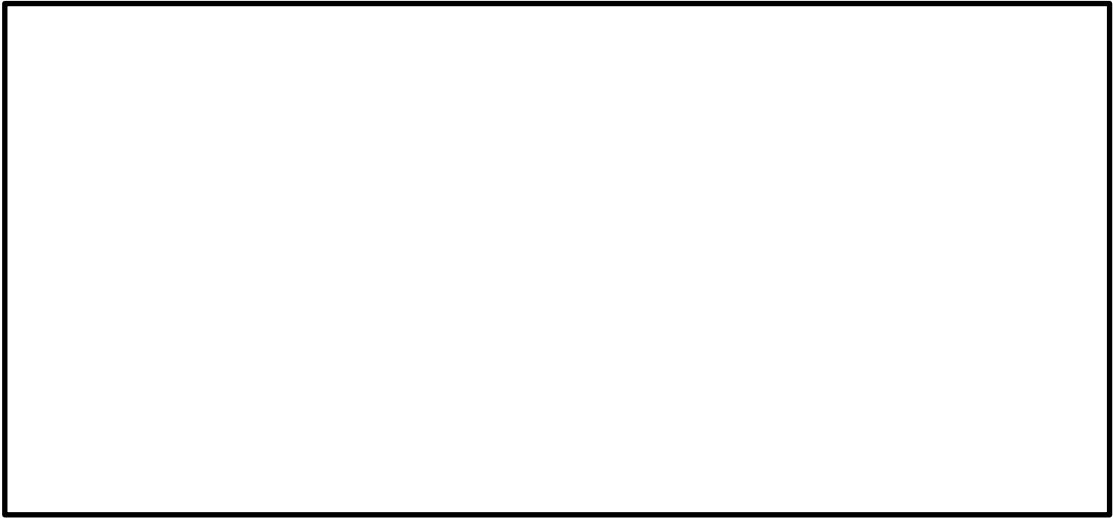
(b) 面内 (EW) 方向



(c) 上下方向

図 4-1(1) MS トンネル室 BOP の加振試験結果  
(試験体脚部加速度応答スペクトル, 試験体 1)





(a) 面外 (NS) 方向



(b) 面内 (EW) 方向

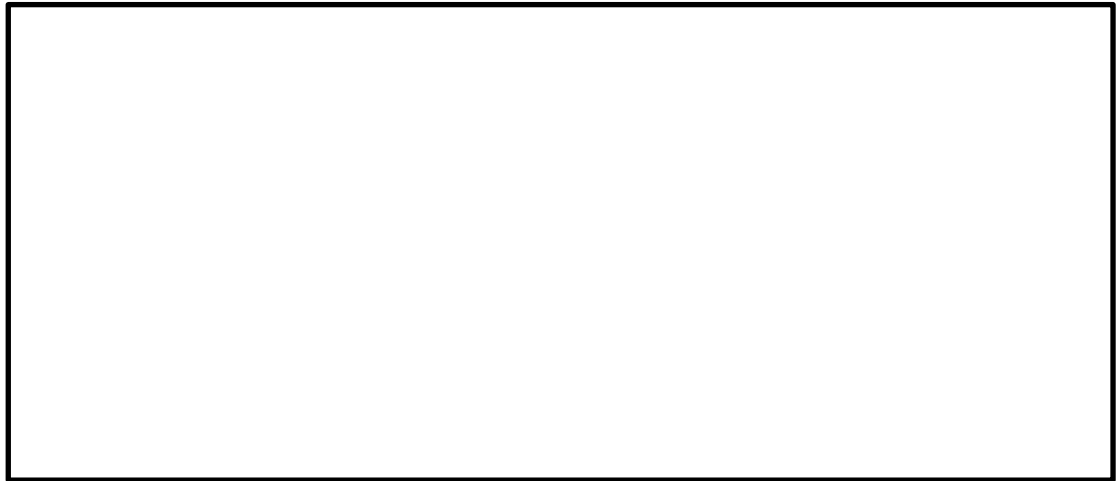


(c) 上下方向

図 4-1(2) MS トンネル室 BOP の加振試験結果  
(試験体脚部加速度応答スペクトル, 試験体 2)



(a) 面外 (NS) 方向



(b) 面内 (EW) 方向



(c) 上下方向

図 4-1(3) MS トンネル室 BOP の加振試験結果  
(試験体脚部加速度応答スペクトル, 試験体 3)

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開放時の設計基準事故被ばく評価への影響について

## 1. 概要

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）は、二次格納施設のバウンダリとしての機能を有しているため、弾性設計用地震動 $S_d$ で開放しない設計としている。このため、設計基準事故事象のうち、二次格納施設バウンダリ機能の健全性を前提としている事故事象に対して、これら事象との組合せを考慮し、弾性設計用地震動 $S_d$ を超える地震にてオペフロBOPが開放した場合の公衆への被ばく影響を確認する。

設計基準事故のうち「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」では、放射性物質は非常用ガス処理系で処理された後、排気筒から放出される想定としているが、オペフロBOPが開放した場合は、二次格納施設の負圧維持ができなくなり、オペフロBOP開放部から直接大気中に放射性物質が放出される可能性がある。

本評価では事故発生から30日\*後以降に地震によりオペフロBOPが開放されると想定した時の設計基準事故時の被ばく評価への影響について以下のとおり確認した。

注記\*：設計基準事故の発生確率を $10^{-3}$ /年、弾性設計用地震 $S_d$ の発生確率を $10^{-3}$ /年、重畳を考慮すべき基準を $10^{-7}$ /年（航空機落下，J E A G 4 6 0 1）とし、重畳を考慮すべき時期として $10^{-7}/(10^{-3} \times 10^{-3}) = 0.1$ 年（約36.5日）から30日を仮定

## 2. 放出量評価

事故発生から30日後までは、設置許可申請書添付書類十に記載される評価に基づき放出量評価を行い、事故発生30日後からは非常用ガス処理系を経由せずにオペフロBOPから直接大気に放射性物質が放出されると仮定し、非常用ガス処理系によるよう素除去効果及び換気率を見込まずに、放射性物質が地上放出されるものとして放出量を評価する。

評価対象事象は、非常用ガス処理系に期待しており、オペフロBOPの開放によって影響が生じる「原子炉冷却材喪失」を選定する。具体的な放出量評価方法については別紙1に示す。

なお、燃料集合体の落下の放出率は、別紙1の別図1に示すように約20日でほぼゼロであり、事故発生から30日後以降のオペフロBOP開放の影響はない。

放出量の評価結果を表2-1に示す。

表2-1 原子炉冷却材喪失時の放出量の評価結果

項目	評価期間	原子炉冷却材喪失	
		希ガス ( $\gamma$ 線実効エネルギー 0.5MeV換算値) (Bq)	よう素 (I-131等価量-小児実効 線量係数換算値) (Bq)
設置許可申請書における放出量	無限期間	約 $6.7 \times 10^{11}$	約 $3.7 \times 10^7$
オペフロ BOP 開放を 想定した放出量	事故発生から 30 日後まで*	約 $6.5 \times 10^{11}$	約 $3.4 \times 10^7$
	事故発生から 30 日後以降*	約 $2.0 \times 10^{10}$	約 $9.4 \times 10^9$
	合計	約 $6.7 \times 10^{11}$	約 $9.4 \times 10^9$

注記\*：オペフロBOP開放は事故発生から720時間後を想定し、その前後で評価期間を分けている。

3. 大気拡散条件

大気拡散評価は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき行う。

事故発生から30日後までは排気筒放出、30日後以降は地上放出を想定し大気拡散評価を行う。また、オペフロBOPが開放した場合は原子炉建物から瞬時に放出するものとし、実効放出継続時間は1時間とする。

大気拡散条件の評価結果を表3-1に示す。

表3-1 原子炉冷却材喪失時の相対濃度及び相対線量の評価結果

項目		放出位置	実効放出 継続時間 (h)	相対濃度/相対線量		評価方位
設置許可申請書における 拡散条件		非常用ガス 処理系 排気管	24	D/Q (Gy/Bq)	$1.5 \times 10^{-19}$	SW
			24	$\chi$ /Q (s/m <sup>3</sup> )	$2.7 \times 10^{-6}$	
オペフロ BOP 開放を 想定した 拡散条件	事故発生 から 30 日 後まで*	非常用ガス 処理系 排気管	24	D/Q (Gy/Bq)	$9.0 \times 10^{-20}$	NW
			24	$\chi$ /Q (s/m <sup>3</sup> )	$1.5 \times 10^{-6}$	
	事故発生 から 30 日 後以降*	原子炉建物 (地上放出)	1	D/Q (Gy/Bq)	$2.1 \times 10^{-18}$	
			1	$\chi$ /Q (s/m <sup>3</sup> )	$3.5 \times 10^{-4}$	

注記\*：オペフロBOP開放は事故発生から720時間後を想定し、その前後で評価期間を分けている。

#### 4. 被ばく評価結果

オペフロBOPが開放した場合の設計基準事故時の被ばく評価結果を表4-1に示す。

オペフロBOP開放を考慮した評価結果は、設計基準事故の基準である5mSvを十分に下回る結果となっており、設計基準事故に係る被ばく評価の結論に影響はない。

なお、設置許可申請補本文十号に記載されている設計基準事故で最も線量が高くなる燃料集合体の落下の線量（約 $8.0 \times 10^{-2}$ mSv）と比べても低い値となっていることを確認している。

表4-1 原子炉冷却材喪失時の被ばく評価結果

項目		実効線量(mSv)	
設置許可申請書添付書類十記載値	希ガス	約 $1.0 \times 10^{-4}$	
	よう素	約 $9.4 \times 10^{-7}$	
	直接・スカイシャイン線*1	約 $3.1 \times 10^{-7}$	
	合計	約 $1.0 \times 10^{-4}$	
オペフロ BOP 開放を想定した場合	事故発生から 30 日後まで*2	希ガス	約 $5.8 \times 10^{-5}$
		よう素	約 $4.9 \times 10^{-7}$
	事故発生から 30 日後以降*2	希ガス	約 $4.2 \times 10^{-5}$
		よう素	約 $3.1 \times 10^{-2}$
	直接・スカイシャイン線*1		約 $3.1 \times 10^{-7}$
	合計		約 $3.1 \times 10^{-2}$

注記\*1：オペフロBOP開放後は原子炉建物原子炉棟内の放射性物質は大気中へ放出されるため、原子炉建物からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線はなくなるが本評価においては考慮しない。

\*2：オペフロBOP開放は事故発生から720時間後を想定し、その前後で評価期間を分けている。

## オペフロBOPの開放を考慮した放出量評価について

「燃料集合体の落下」及び「原子炉冷却材喪失」の放出量評価においては非常用ガス処理系によるよう素除去効果及び換気率を考慮して式①及び式②により放出量評価を行っている。

オペフロBOPが開放した場合には、非常用ガス処理系によるよう素除去効果及び換気率が期待できなくなる。このため、別表1及び別表2に示す条件の違いを考慮してオペフロBOP開放後の放出量を評価した。

## 1. 燃料集合体の落下

燃料集合体の落下におけるオペフロBOP開放前の放出量は式①により求める。オペフロBOP開放後の放出量は別表1に示す条件の違いを考慮して放出量を評価する。

ただし、燃料集合体の落下の放出率は別図1に示すように約20日で $\approx 0$ であり、事故発生から30日後以降のオペフロBOP開放の影響はない。

$$Q_i = \frac{\lambda_{LSGTS} \cdot (1 - f_{SGTS}) \cdot \frac{F}{DF} \cdot Q_p^i}{\lambda_R^i + \lambda_{LSGTS}} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

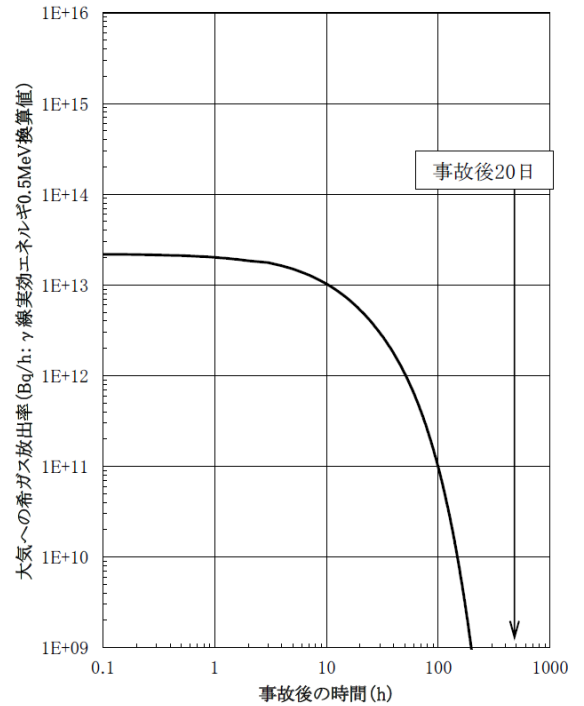
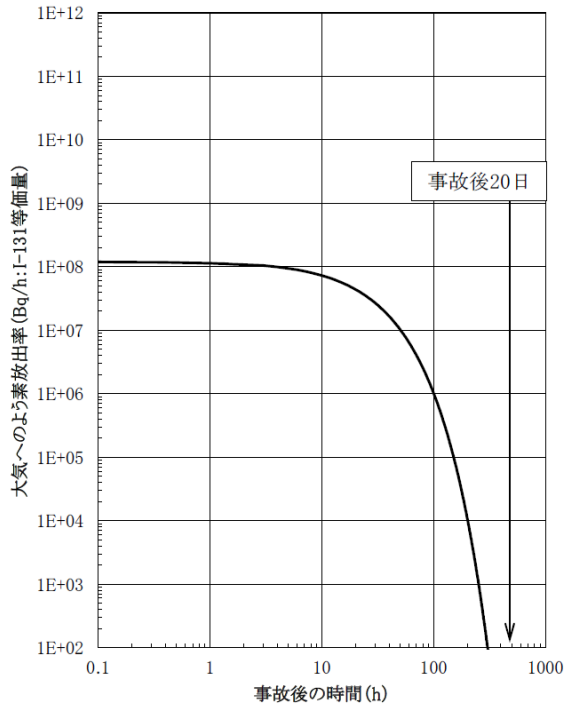
- $Q_i$  : 大気中の放出される核分裂生成物の放出量 (Bq)  
 $Q_p^i$  : 事故直前に燃料ギャップ部に存在する核分裂生成物の量 (Bq)  
 $F$  : 核分裂生成物の存在割合  

希ガス	: F=1
有機よう素	: F=全よう素中の有機よう素の割合
無機よう素	: F=全よう素中の無機よう素の割合

 $DF$  : 無機よう素のプール水による除去係数 (DF=500)  
 (希ガス及び有機よう素はDF=1)  
 $\lambda_{LSGTS}$  : 非常用ガス処理系による原子炉建物内の換気率 ( $d^{-1}$ )  
 $f_{SGTS}$  : 非常用ガス処理系フィルタのよう素除去効率 (-)  
 $\lambda_R^i$  : 各種iの崩壊定数 ( $d^{-1}$ )

別表1 燃料集合体の落下時の非常用ガス処理系の評価条件

	設置許可申請書添付書類十における評価条件	オペフロ BOP 開放を考慮した場合の評価条件
$F$	希ガス $F=100\%$ 有機よう素 $F=1\%$ 無機よう素 $F=99\%$	同左
$DF$	希ガス $DF=1$ 有機よう素 $DF=1$ 無機よう素 $DF=500$	同左
$\lambda_{LSGTS}$	1 回/d	無限大
$f_{SGTS}$	99.97%	0%
$\lambda_R^i$	(例) 希ガス (Xe-133) : $0.131 (d^{-1})$ よう素 (I-131) : $0.086 (d^{-1})$	同左



別図1 燃料集合体の落下時におけるよう素及び希ガスの放出率の時間推移





別表2 原子炉冷却材喪失時の非常用ガス処理系等の評価条件

	設置許可申請書添付書類十	オペフロ BOP の開放を考慮した場合の評価条件
$C_W^i$	$1.4 \times 10^3$ Bq/g (I-131)	同左
$M$	200 t	同左
$q_f^i$	$3.7 \times 10^{13}$ Bq (I-131)	同左
$g$	希ガス $g = 100\%$ 有機よう素 $g = 4\%$ 無機よう素 $g = 96\%$	同左
$F_2$	50%	同左
$V_A$	12600 m <sup>3</sup>	同左
$V_W$	2800 m <sup>3</sup>	同左
$P$	無機よう素 $P = 100$	同左
$\lambda_{LPCV}$	0.5%/d	同左
$\lambda_{LSGTS}$	1 回/d	無限大
$f_{SGTS}$	99.97%	0%
$\lambda_R^i$	(例) 希ガス (Xe-133) : 0.131 (d <sup>-1</sup> ) よう素 (I-131) : 0.086 (d <sup>-1</sup> )	同左

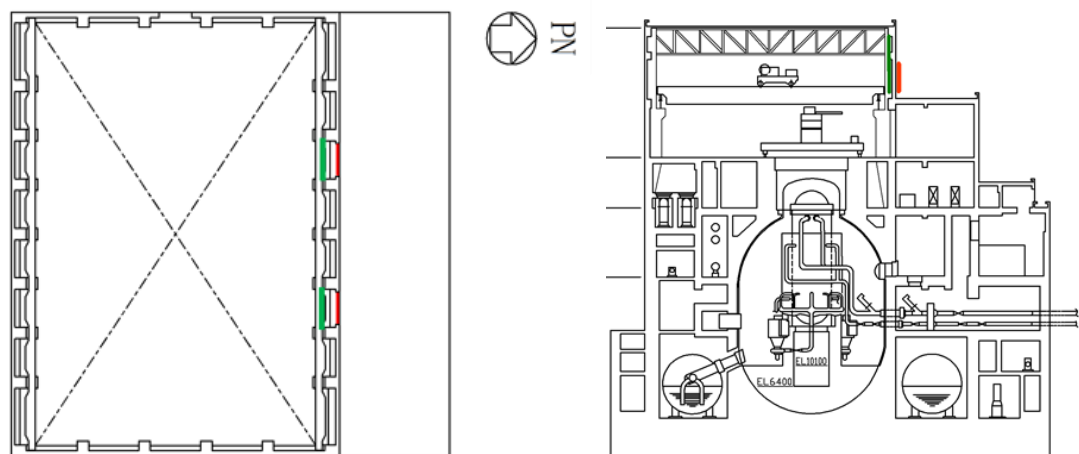
## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の配置と構造について

## 1. 概要

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）は、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則及び規則の解釈の第74条で要求される設備であり、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルが開放した状態において、炉心の著しい損傷が発生した場合に中央制御室にとどまる運転員を過度の被ばくから防護するため、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルが開放した後の躯体の開口部を閉止し、原子炉建物原子炉棟の放射性物質の閉じ込め機能を確保するために設置する。

## 2. 設置位置及び個数

BOP閉止装置は、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開口部2箇所に対して原子炉建物原子炉棟4階内壁面に計48台（1箇所あたりダンパ24台）設置する。概略平面図を図2-1に示す。



原子炉建物地上4階中間床 概略平面図

原子炉建物原子炉棟断面図

■ : (オペフロ BOP2 箇所)

■ : (BOP 閉止装置 2 箇所)

図2-1 原子炉建物原子炉棟地上4階 概略平面図

### 3. BOP閉止装置の構造

BOP閉止装置は、アクチュエータの回転をシャフトに伝達することで羽根の開閉が可能な構造としており、リミットスイッチにより羽根の開閉状態を中央制御室にて確認できる構造としている。

羽根は、補強リブにてシャフトとボルト締結された構造としており、閉止状態においては、羽根に取り付けられているパッキンをケーシングに押し付けることにより高い気密性を確保する構造としている。

なお、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルが開放する際に、BOP閉止装置は干渉しない構造とする。

図3-1にBOP閉止装置の構造概要図（2連ダンパを例とする）を、図3-2に駆動概要図を、図3-3にBOP閉止装置を含めた関連設備の設置概要図を示す。

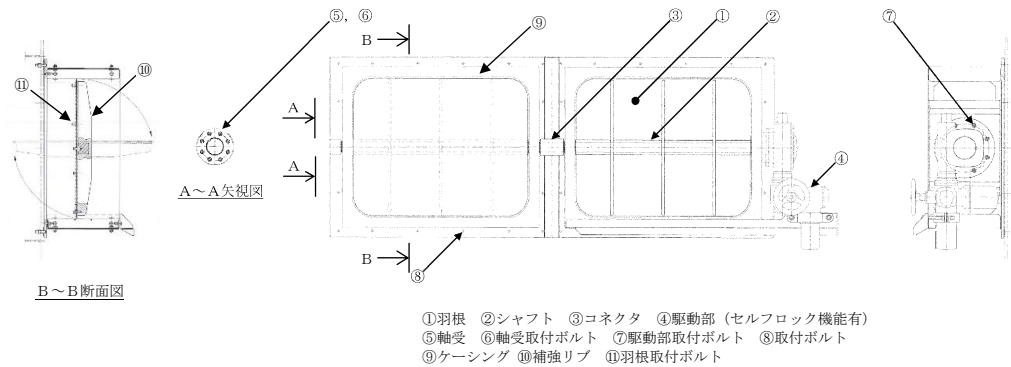


図3-1 BOP閉止装置（2連ダンパ）の構造概要図



図3-2 BOP閉止装置の駆動概要図（左：閉止，右：開放）

○駆動機構について

- ・羽根の動作は，シャフトに接続されているアクチュエータが駆動することで閉止又は開放する。

○手動操作について

- ・アクチュエータに取付けられている手動ハンドルを操作することで，シャフトを人力で回転させ開閉動作が可能。



図3-3 BOP閉止装置の設置概要図

## 原子炉建物内の圧力解析について

## 1. はじめに

島根原子力発電所第2号機の原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）は、原子炉建物原子炉棟内の原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）への蒸气流路上に設置する。このため、待機時の羽根開状態において、主蒸気管破断等が発生した際に、オペフロBOPの開放機能に影響を及ぼさないよう、蒸気を建物外へ放出するために必要な流路を確保する必要がある。

上記を踏まえ、主蒸気管破断事故時における原子炉建物内圧力解析を実施し、原子炉格納容器の設計外圧未満となることを確認することで、BOP閉止装置の設置が、オペフロBOPの開放機能に影響を及ぼさないことを確認する。

なお、重大事故等対策の有効性評価において、インターフェイスシステムLOCAとして残留熱除去系熱交換器フランジ部及び残留熱除去系計器の破断を想定しているが、破断面積は主蒸気管破断事故と比較し非常に小さく、主蒸気管破断事故に評価は包絡される。また、BOP閉止装置の設置による重大事故等時の原子炉建物内の設備の環境条件へ影響はない。

## 2. 解析方法

## (1) 解析コード

汎用熱流動解析コードGOTHIC (Ver. 8.1)

## (2) 想定事象

主蒸気管破断事故 (MSLBA)

## (3) 解析条件・解析モデル

解析条件 : 事故時の冷却材流出量については、設置許可申請書添付書類十主蒸気管破断事故解析結果を包絡する条件を用いる。その他の解析条件は表2-1のとおり。

解析モデル : 図2-1のとおり。流路圧損について、区画間の流路圧損に加え、BOP閉止装置による圧損を考慮したモデルとした。

表2-1 解析条件

No.	項目	解析条件	備考
1	初期条件 (1)温度 (2)圧力 (3)湿度	10℃ 大気圧 相対湿度 100%	通常運転時の環境使用温度の最低値を設定
2	空間容積	原子炉建物地上 4 階 : 41300m <sup>3</sup> 原子炉建物地上 3 階 : 5920m <sup>3</sup> 原子炉建物地上 2 階 : 5190m <sup>3</sup> 原子炉建物地上 1 階 : 8240m <sup>3</sup> 原子炉建物地下 1 階・地下 2 階 (トールラス室) : 4410m <sup>3</sup> MS トンネル室 : 2682m <sup>3</sup> ペントハウス : 3223m <sup>3</sup> T/B : 24580m <sup>3</sup> PCV シェルギャップ : 41m <sup>3</sup>	空間容積は、躯体分、機器配管分を差し引いた値
3	流路面積 (1)BOP  (2)区画間面積	オペフロ BOP : 20.97m <sup>2</sup> (13.98m <sup>2</sup> × 2 枚を保守的に 1.5 枚の面積として評価) MS トンネル室 BOP1 : 20.58m <sup>2</sup> MS トンネル室 BOP2 : 20.58m <sup>2</sup> MS トンネル室 BOP3 : 14.21m <sup>2</sup> ペントハウス BOP : 30.02m <sup>2</sup> タービン建物 BOP : 40.365m <sup>2</sup>  原子炉建物地上 4 階-3 階 : 39m <sup>2</sup> 原子炉建物地上 3 階-2 階 : 39m <sup>2</sup> 原子炉建物地上 2 階-1 階 : 39m <sup>2</sup> 原子炉建物地上 1 階-地下 1 階・地下 2 階 : 3.24m <sup>2</sup> MS トンネル室 2 階-1 階 : 27m <sup>2</sup> ペントハウス 3 階-2 階 : 20.24m <sup>2</sup> PCV シェルギャップ-地上 2 階 : 0.173m <sup>2</sup> PCV シェルギャップ-地上 1 階 : 1.912m <sup>2</sup> PCV シェルギャップ-地下 1 階 : 0.749m <sup>2</sup> T/B 地下 1 階~2 階-吹き抜け : 71.02m <sup>2</sup>	BOP 閉止装置による圧損はオペフロ BOP 開口部で考慮
4	BOP 開放圧力 (差圧)	オペフロ BOP : 6.9kPa  MS トンネル室 BOP1 : 12.26kPa  MS トンネル室 BOP2 : 12.26kPa  MS トンネル室 BOP3 : 12.26kPa  ペントハウス BOP : 3.5kPa  タービン建物 BOP : 3.5kPa	ISLOCA 時及び MSLBA 時等に屋外へ開放  MSLBA 時に原子炉建物地上 1 階側へ開放  MSLBA 時にペントハウス側へ開放  MSLBA 時にタービン建物側へ開放  MSLBA 時に屋外へ開放  MSLBA 時に屋外へ開放

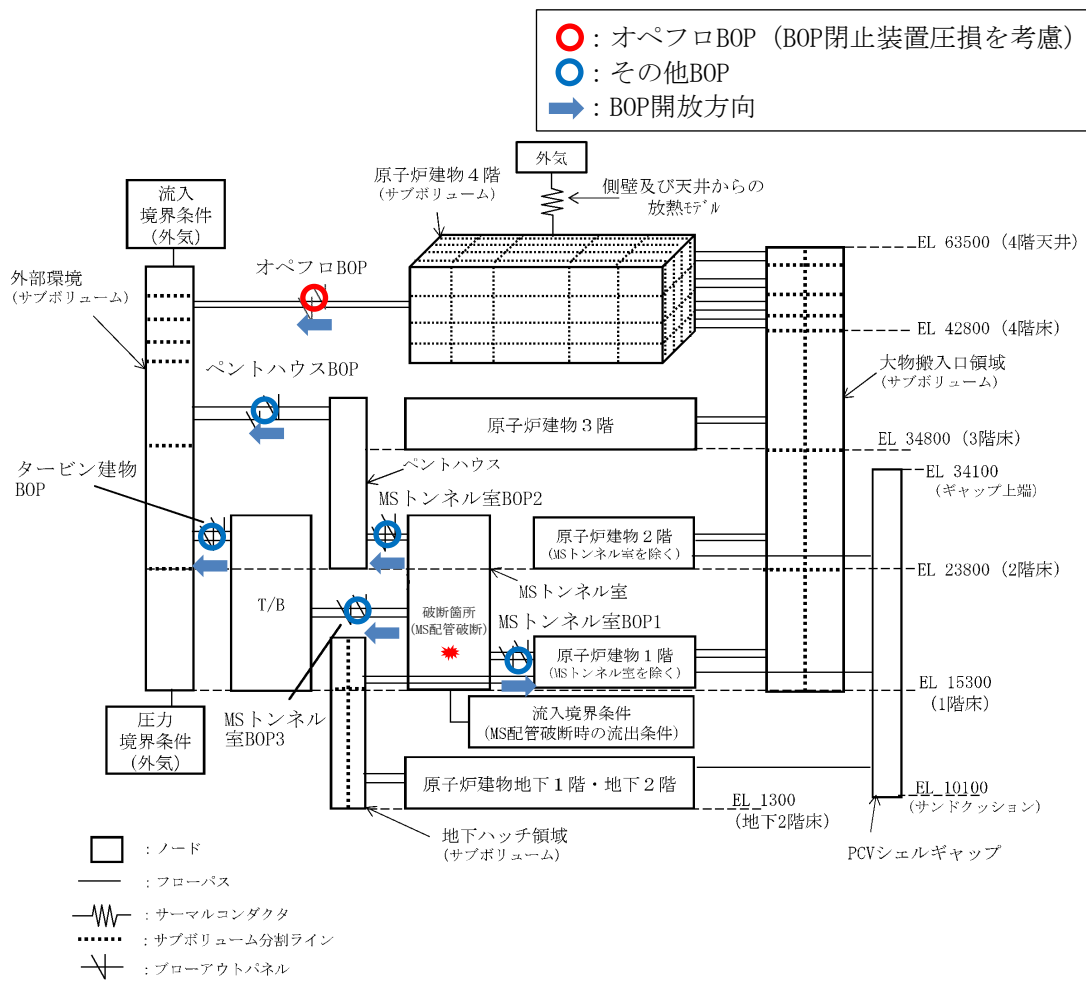


図2-1 解析モデル

### 3. 解析結果

解析結果を図3-1に示す。主蒸気管破断事故時において、原子炉格納容器外側に作用する圧力の最大値は13.5kPa[gage]となり、原子炉格納容器の設計外圧（13.7kPa[gage]）以下であることを確認した。この結果より、BOP閉止装置の設置が、オペフロBOPの開放機能に影響を及ぼさないことを確認した。

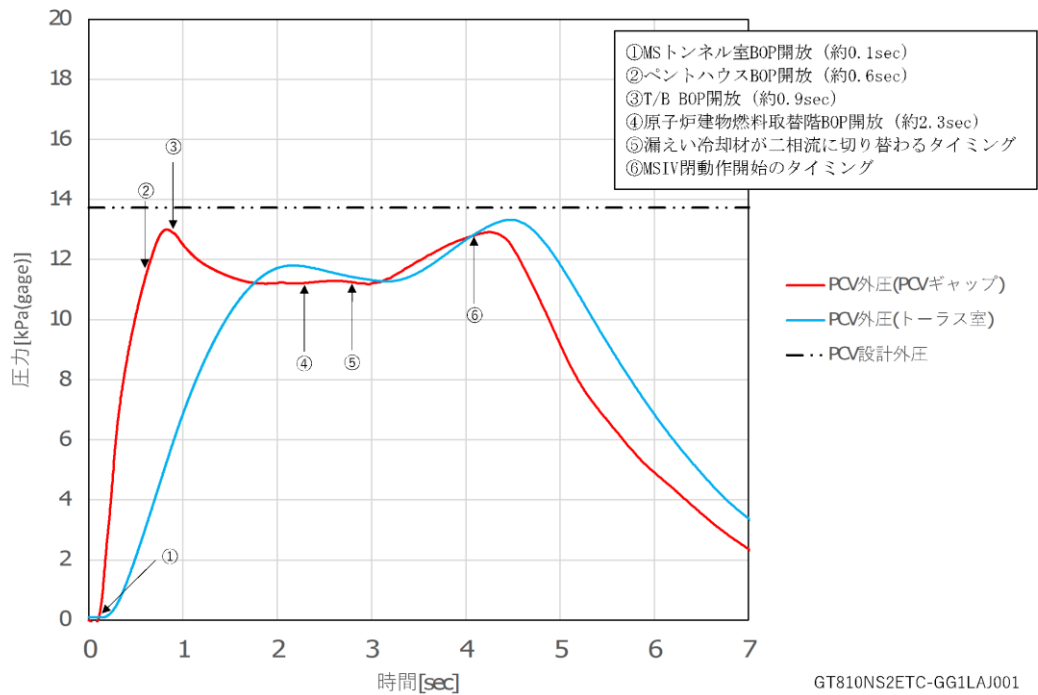


図3-1 主蒸気管破断時に原子炉格納容器外側に作用する圧力



原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の技術基準規則第五十四条への  
適合性について

1. 技術基準規則第五十四条への適合性について

(1) 環境条件（技術基準規則第五十四条第一項第一号）

a. 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重その他の使用条件において，重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮するものであること。

b. 適合性

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）は，屋内に設置するが，重大事故等時に原子炉建物原子炉棟内の気密性を確保するために閉止する設備であることから，その機能を期待される重大事故等時における屋外又は原子炉建物原子炉棟内の環境条件を考慮している。

(2) 操作性（技術基準規則第五十四条第一項第二号）

a. 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できるものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は，中央制御室の操作盤のスイッチで遠隔による開閉が可能な設計とするとともに，現場においても人力により開閉操作が可能な設計としている。

(3) 試験検査（技術基準規則第五十四条第一項第三号）

a. 要求事項

健全性及び能力を確認するため，発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は，原子炉の運転中又は停止中に構造健全性のため外観検査が可能な設計としている。また，BOP閉止装置は，原子炉の停止中に機能・性能検査として動作状態の確認が可能な設計としている。

試験検査内容を表1-1示す。

表1-1 BOP閉止装置の試験検査内容

必要な機能	検査内容
気密性能	パッキンの外観点検により気密性能に影響を及ぼす劣化がないことを確認する。
動作性能	BOP閉止装置を電動による遠隔操作及び現場での手動操作により開閉が可能なことを確認する。
構造健全性	外観目視検査によるBOP閉止装置構成部品の健全性を確認する。

(4) 切替えの容易性（技術基準規則第五十四条第一項第四号）

a. 要求事項

本来の用途以外の用途として重大事故等に対処するために使用する設備にあつては、通常時に使用する系統から速やかに切り替えられる機能を備えるものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は、本来の用途以外の用途として使用しない設計としている。

(5) 悪影響の防止（技術基準規則第五十四条第一項第五号）

a. 要求事項

工場等内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は、他の設備から独立して使用が可能であり、他の設備に悪影響を及ぼさない設計としている。また、BOP閉止装置の開閉動作が他の設備に悪影響を及ぼさない設計としている。

(6) 設置場所（技術基準規則第五十四条第一項第六号）

a. 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において重大事故等対処設備の操作及び復旧作業を行うことができるよう、放射線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講じたものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は、原子炉建物原子炉棟の壁面（屋内）に設置し、重大事故等時において放射線量が高くなるおそれの少ない中央制御室から操作が可能な設計としている。

(7) 容量（技術基準規則第五十四条第二項第一号）

a. 要求事項

想定される重大事故等の収束に必要な容量を有するものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開口部2箇所に対して原子炉建物原子炉棟4階内壁面に計48台（開口部1箇所あたりダンパ24台）設置する。なお、

BOP閉止装置は、重大事故等時において中央制御室の運転員の居住性を確保するために必要な気密性能を有していること。

(8) 共用の禁止（技術基準規則第五十四条第二項第二号）

a. 要求事項

二以上の発電用原子炉施設において共用するものでないこと。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合であって、同一の工場等内の他の発電用原子炉施設に対して悪影響を及ぼさない場合は、この限りでない。

b. 適合性

BOP閉止装置は二以上の発電用原子炉施設において共用しない設計としている。

(9) 設計基準事故対処設備との多様性（技術基準規則第五十四条第二項第三号）

a. 要求事項

常設重大事故防止設備は、共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。

b. 適合性

BOP閉止装置は、常設重大事故緩和設備であるため、多様性を考慮する必要はない。

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の保安全管理について

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）の保全内容（案）は表1-1のとおり。なお、点検周期については、今後、試験や産業界実績を踏まえ決定し、保全計画に反映していく。

表1-1 BOP閉止装置の保安全管理（案）

区分	必要な機能	目的	管理項目	実施内容
保安全管理	動作性能	羽根の開閉機能確保	動作試験	・あらかじめ定めた施設定期検査時に、羽根の開閉試験（電動及び手動）にて確認
	気密性能	シール健全性確保	気密性能試験（建物）	・あらかじめ定めた施設定期検査時に、BOP閉止装置を閉状態とし、原子炉建物原子炉棟気密性能検査と同様の手法で気密性能試験を実施
			外観目視（シール部）	・構造健全性確認検査として、シール部に異常がないことを目視にて確認
			パッキン取替	・定期的な交換
構造健全性	構造健全性確認	外観目視試験	・構造・機能に影響を及ぼすような損傷、異常のないことを目視にて確認	

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験要領について

## 1. 目的

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP閉止装置」という。）に要求される機能を確認するため、実機規模の試験体を用いた加振試験を行い、重大事故等時におけるBOP閉止装置の機能維持確認を実施する。

## 2. 試験場所

場 所：鹿島建設株式会社 技術研究所 西調布実験場

## 3. 試験項目

## 3.1 BOP閉止装置に要求される機能について

BOP閉止装置は、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）が開放状態で炉心損傷が発生した場合に、運転員等の中央制御室での居住性確保のため、オペフロBOPの開放部を速やかに閉止し、原子炉建物気密性を維持することが求められる。具体的には下記の機能が求められる。

- ・ 地震後においても、容易かつ確実に閉止でき、また現場において人力による操作できる動作性を確保し、原子炉建物原子炉棟を負圧に維持できる気密性を確保していること。
- ・ 開放したオペフロBOPを復旧するまでの期間においてBOP閉止装置を使用するため、重大事故後、一定期間内に想定される地震が発生した場合においても、原子炉建物原子炉棟を負圧に維持できる気密性を確保していること。

## 3.2 加振条件

- (1) 基準適合性を確認するための加振（基準地震動  $S_s$  に基づき設定した加振波による加振）

BOP閉止装置の設置位置（最も高所の設置位置）における基準地震動  $S_s^*$  に対する設計用震度を上回るように設定された加振波を用いて加振を行う。

注記\*：閉止状態のBOP閉止装置は、オペフロBOPと同等の弾性設計用地震動  $S_d$  による荷重が作用した場合の気密性確保が求められるが、耐震裕度を確保するため、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した加振波を用いて加振を行う。

(2) BOP閉止装置の耐震裕度を確認するための加振（振動台性能限界加振波による加振）

BOP閉止装置の耐震裕度を確認するため、振動台の性能限界（基準地震動 $S_s$ の $\alpha$ 倍相当\*）での加振波を用いて加振を行う。

注記\*：振動台を動かす油量等の制限により数値が上下する可能性がある。

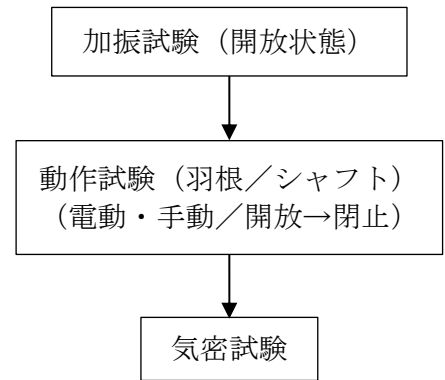
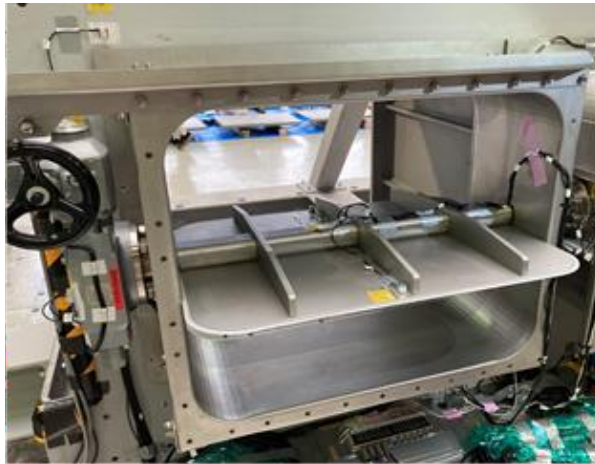
### 3.3 試験項目

基準地震動  $S_s$  に基づき設定した加振波及び振動台性能限界加振波による加振を行い、BOP閉止装置に要求される機能が確保されていることを確認する。

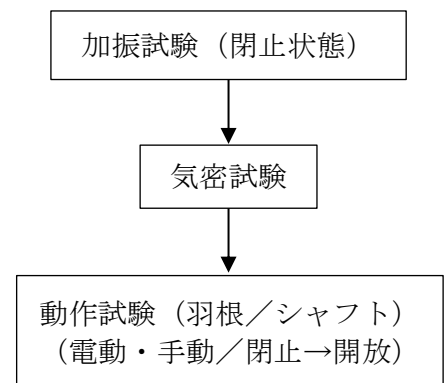
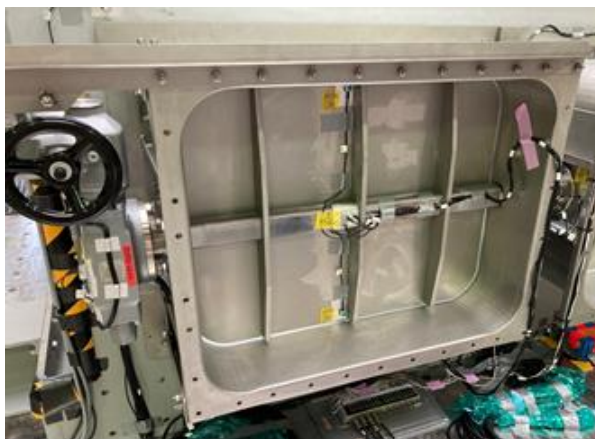
- ・加振後の動作確認 : BOP閉止装置が開放状態又は閉止状態において、加振後の羽根本体およびシャフトの作動性が確保されていることを確認する。
- ・加振後の気密性能試験 : BOP閉止装置が開放状態又は閉止状態において、加振後の気密性を確保していることを確認する。

図3-1に試験治具概念図を示す。

#### 【羽根開放状態】



#### 【羽根閉止状態】



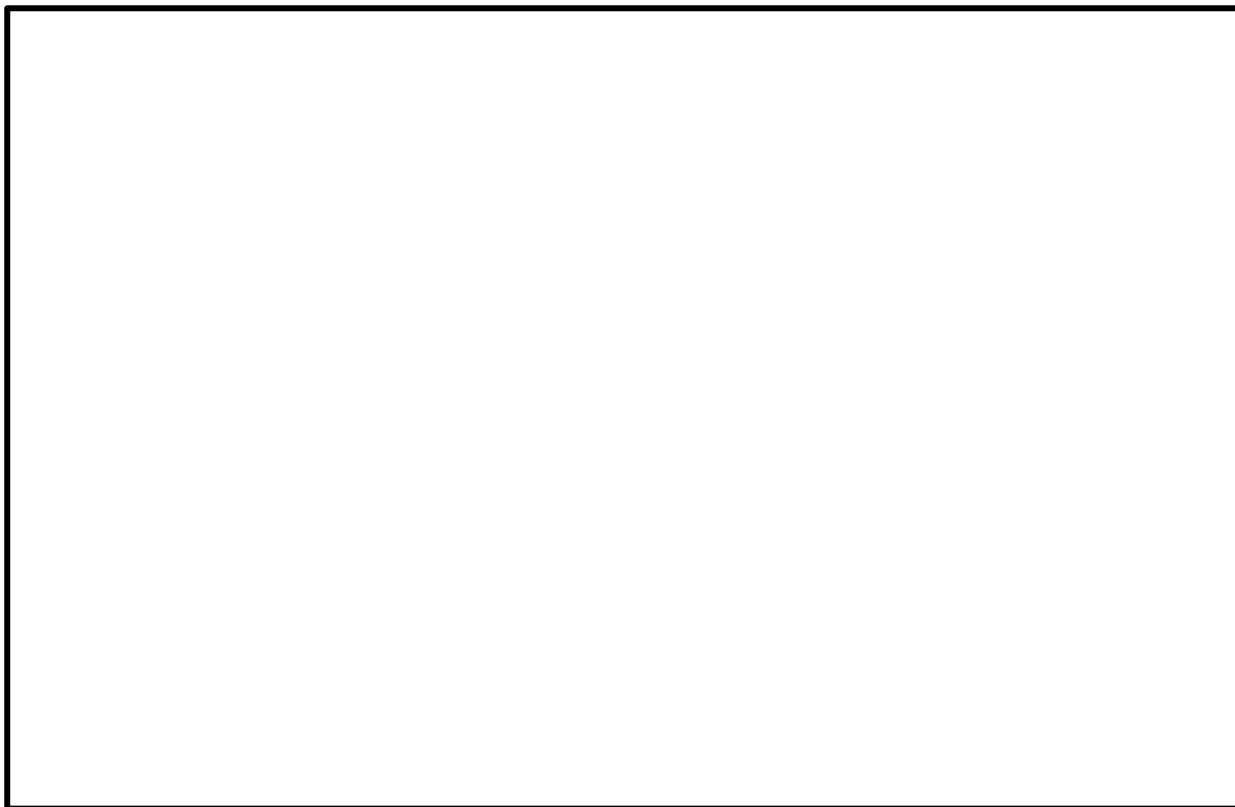


図3-1 試験治具概念図



## 4 加振試験

### 4.1 加振装置（三次元振動台）の概要

#### (1) 鹿島建設株式会社 技術研究所 西調布実験場

振動台の上に試験体を設置し、X、Y、Z方向の単軸加振を実施する。表4-1に振動台の仕様、図4-1に三次元振動台の概要図を示す。

表4-1 三次元振動台の仕様

テーブル	大きさ	5 m × 7 m
	重量	380 kN
搭載荷重	定格	600 kN
	最大	1000 kN
加振力	水平	2171 kN
	上下	3880 kN
最大加速度 (定格搭載時)	水平	± 2 g
	上下	± 2 g
最大速度	水平	± 2.0 m/s
	上下	± 1.0 m/s
最大変位	水平	X ± 0.5 m
		Y ± 0.7 m
	上下	Z ± 0.3 m
加振振動数範囲	DC ~ 50 Hz	
加振方式	電気・油圧サーボ方式	
制御方式	デジタル TVC 方式	

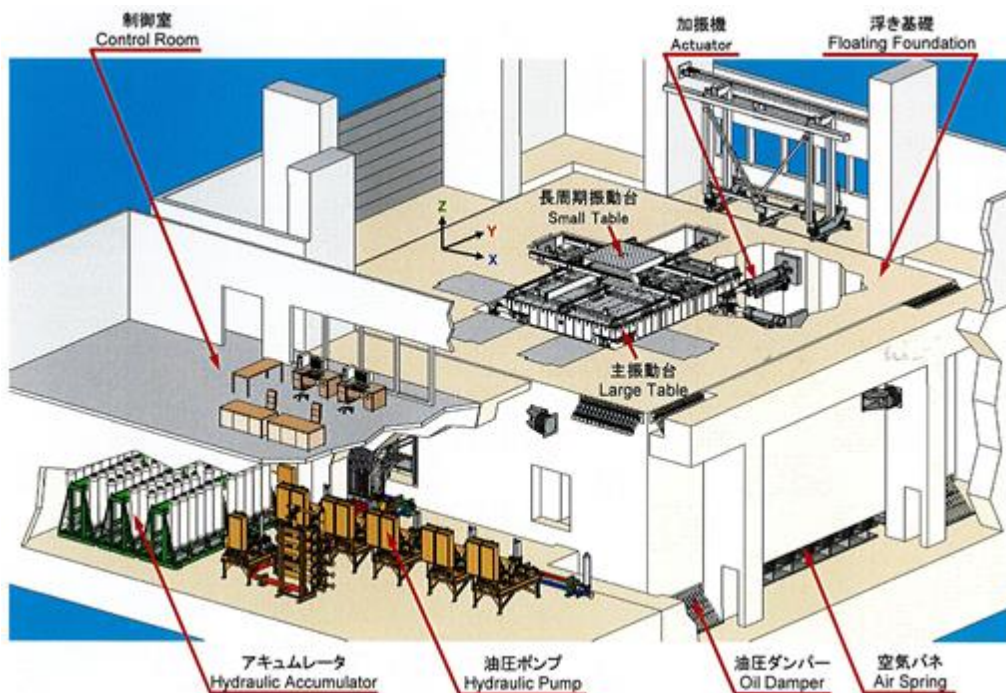


図4-1 三次元振動台の概要図（出典元：鹿島建設（株）技術研究所パンフレット）

#### 4.2 加振波

加振試験用の模擬地震波は以下のとおりとする。VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき作成した設計用床応答スペクトル I を包絡する模擬地震波の時刻歴波形を図4-2、応答スペクトルを図4-3に示す。

- ・最大加速度及び応答スペクトルはBOP閉止装置の設置高さより上方の原子炉建物 EL 63.5 mの床応答に基づき設定
- ・応答スペクトルは、基準地震動  $S_s$  の設計用床応答スペクトル I を上回るように設定

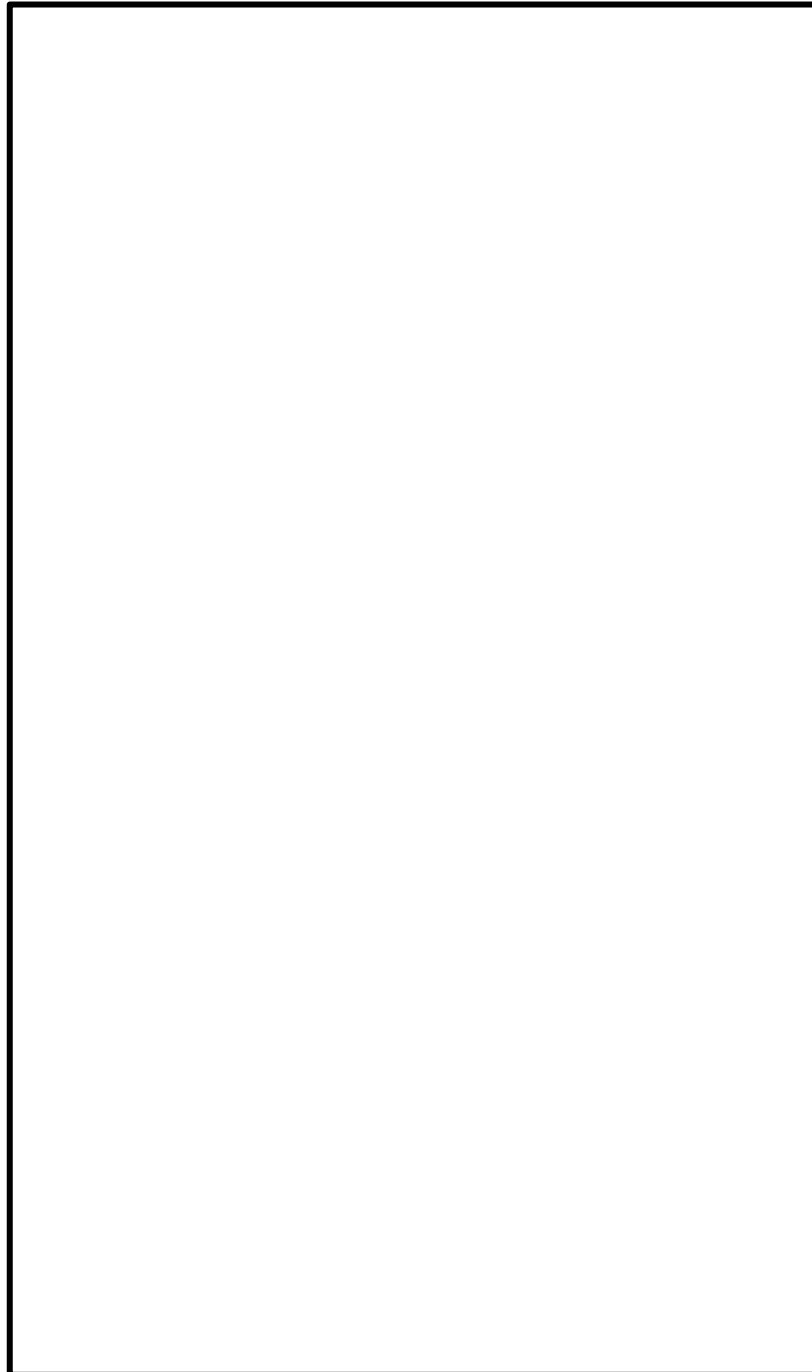


図4-2 模擬地震波の時刻歴波形

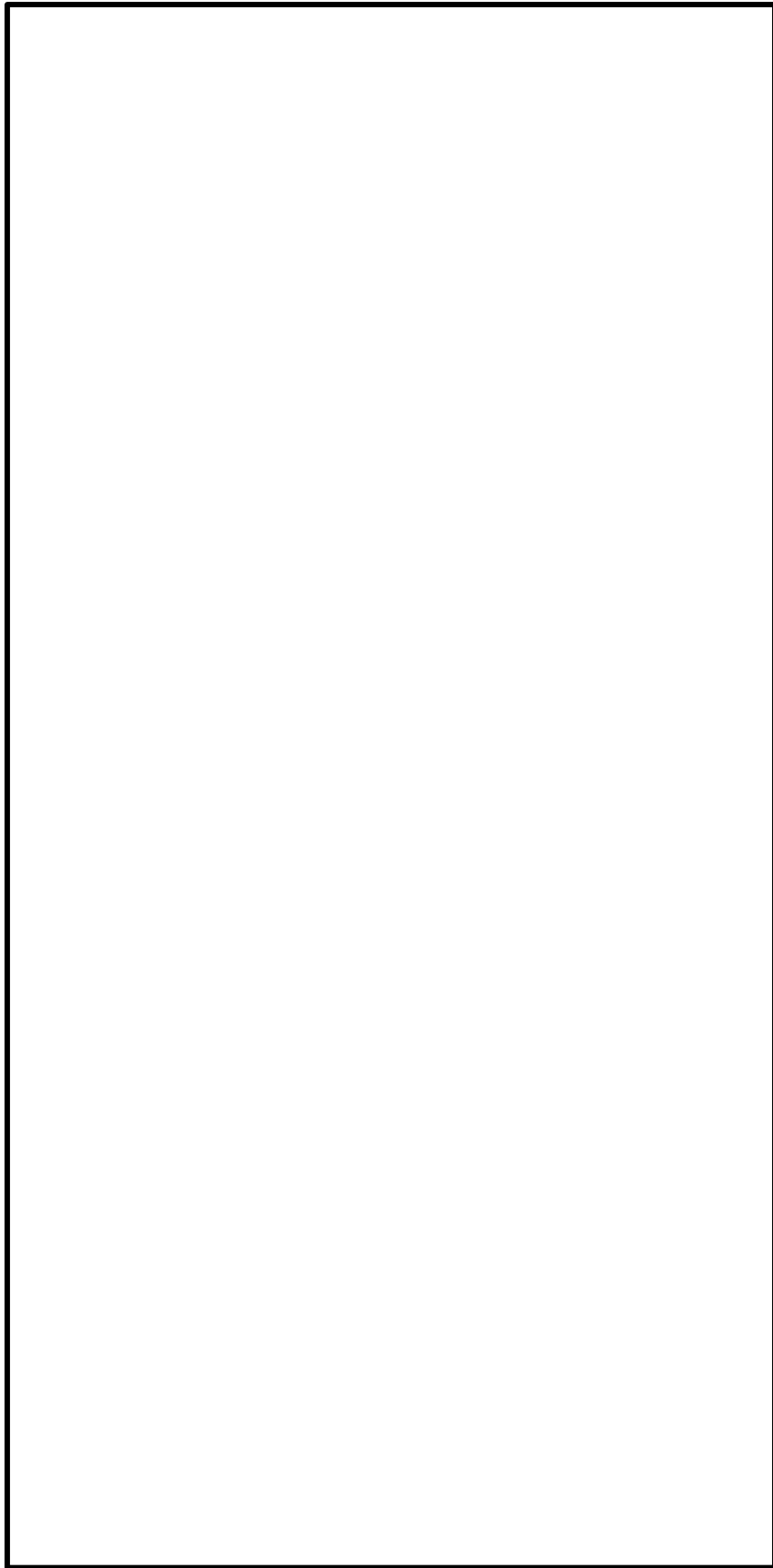


図4-3 模擬地震波の応答スペクトル

#### 4.3 加振試験項目及び内容

加振試験の項目，概要は以下のとおりである。各試験項目，加振波等を表4-2に示す。

##### (1) 計測系確認試験

計測機器の動作確認を行うために，入力加速度 $2\text{m/s}^2$ の正弦波により各方向の単軸加振を行う。

##### (2) 振動特性把握試験

試験体の共振振動数を確認するため，Hz～Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波を用いて，各方向の単軸加振を行う。

##### (3) 地震波加振試験

「4.2 加振波」にて設定した模擬地震波を用いて，X, Y, Z方向の単軸加振にて，地震波加振試験を実施する。島根2号機は，目標とする加振レベルが高いこと及び試験装置の加振限界から3方向（X, Y, Z）各方向の単軸加振試験を実施する。地震波加振試験の入力レベルは，図4-2及び図4-3に示す模擬地震波の0.5倍，1.0倍及び $\alpha$ 倍（振動台の加振限界）とする。振動台の加振限界における加振波の入力倍率（ $\alpha$ ）については，模擬地震波の入力レベル1.0倍の振動台応答の実績から，X(NS)=1.15倍，Y(EW)=1.20倍，Z(UD)=1.25倍とする。また，BOP閉止装置の3次元応答の確認を目的として，模擬地震波の0.5倍でのX, Y, Z方向の単軸加振及び3方向（X, Y, Z）同時の3次元加振試験を実施し，単軸加振試験の妥当性を確認する。

表4-2 2連ダンパ（開） 試験項目一覧（1/4）

No.	試験項目	入力波	加振方向	入力加速度 入力倍率
1	計測系確認試験	正弦波（ <input type="text"/> Hz）	X	2m/s <sup>2</sup>
2			Y	
3			Z	
4	振動特性把握試験	ランダム波*1	X	6m/s <sup>2</sup>
5			Y	
6			Z	
7	地震波加振試験 (3次元応答確認)	模擬地震波 NS*2	X	0.50 倍
8		模擬地震波 EW*2	Y	0.50 倍
9		模擬地震波 UD*2	Z	0.50 倍
10		模擬地震波 NS, EW, UD*2	X, Y, Z	0.50 倍
11	地震波加振試験 (基準適合性, 耐震裕度確認)	模擬地震波 NS*2	X	1.00 倍 1.15 倍
12		模擬地震波 EW*2	Y	1.00 倍 1.20 倍
13		模擬地震波 UD*2	Z	1.00 倍 1.25 倍

注記\*1:  Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波

\*2: 水平, 鉛直方向毎に基準地震動 S s の設計用床応答スペクトル I を包絡する模擬地震波を作成して加振

表4-2 2連ダンパ（閉） 試験項目一覧（2/4）

No.	試験項目	入力波	加振方向	入力加速度 入力倍率
1	計測系確認試験	正弦波（ <input type="text"/> Hz）	X	2m/s <sup>2</sup>
2			Y	
3			Z	
4	振動特性把握試験	ランダム波*1	X	6m/s <sup>2</sup>
5			Y	
6			Z	
7	地震波加振試験 （3次元応答確認）	模擬地震波 NS*2	X	0.50 倍
8		模擬地震波 EW*2	Y	0.50 倍
9		模擬地震波 UD*2	Z	0.50 倍
10		模擬地震波 NS, EW, UD*2	X, Y, Z	0.50 倍
11	地震波加振試験 （基準適合性，耐震裕度確認）	模擬地震波 NS*2	X	1.00 倍 1.15 倍
12		模擬地震波 EW*2	Y	1.00 倍 1.20 倍
13		模擬地震波 UD*2	Z	1.00 倍 1.25 倍

注記\*1： Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波

\*2：水平，鉛直方向毎に基準地震動 S<sub>s</sub> の設計用床応答スペクトル I を包絡する模擬地震波を作成して加振

表4-2 3連ダンパ（開） 試験項目一覧（3/4）

No.	試験項目	入力波	加振方向	入力加速度 入力倍率
1	計測系確認試験	正弦波（ <input type="text"/> Hz）	X	2m/s <sup>2</sup>
2			Y	
3			Z	
4	振動特性把握試験	ランダム波*1	X	6m/s <sup>2</sup>
5			Y	
6			Z	
7	地震波加振試験 （3次元応答確認）	模擬地震波 NS*2	X	0.50 倍
8		模擬地震波 EW*2	Y	0.50 倍
9		模擬地震波 UD*2	Z	0.50 倍
10		模擬地震波 NS, EW, UD*2	X, Y, Z	0.50 倍
11	地震波加振試験 （基準適合性，耐震裕度確認）	模擬地震波 NS*2	X	1.00 倍 1.15 倍
12		模擬地震波 EW*2	Y	1.00 倍 1.20 倍
13		模擬地震波 UD*2	Z	1.00 倍 1.25 倍

注記\*1： Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波

\*2：水平，鉛直方向毎に基準地震動 S s の設計用床応答スペクトル I を包絡する模擬地震波を作成して加振

表4-2 3連ダンパ（閉） 試験項目一覧（4/4）

No.	試験項目	入力波	加振方向	入力加速度 入力倍率
1	計測系確認試験	正弦波 ( <input type="text"/> Hz)	X	2m/s <sup>2</sup>
2			Y	
3			Z	
4	振動特性把握試験	ランダム波*1	X	6m/s <sup>2</sup>
5			Y	
6			Z	
7	地震波加振試験 (3次元応答確認)	模擬地震波 NS*2	X	0.50 倍
8		模擬地震波 EW*2	Y	0.50 倍
9		模擬地震波 UD*2	Z	0.50 倍
10		模擬地震波 NS, EW, UD*2	X, Y, Z	0.50 倍
11	地震波加振試験 (基準適合性, 耐震裕度確認)	模擬地震波 NS*2	X	1.00 倍 1.15 倍
12		模擬地震波 EW*2	Y	1.00 倍 1.20 倍
13		模擬地震波 UD*2	Z	1.00 倍 1.25 倍

注記\*1:  Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波

\*2: 水平, 鉛直方向毎に基準地震動 S s の設計用床応答スペクトル I を包絡する模擬地震波を作成して加振



#### 4.4 計測要領

##### (1) 計測項目

試験体の主要な挙動を評価するための項目を計測する。計測項目を表4-3に示す。

表4-3 計測項目

項目	計測点
加速度	<ul style="list-style-type: none"><li>・振動台</li><li>・支持架台</li><li>・羽根</li><li>・ケーシング</li><li>・ギアボックス</li><li>・アクチュエータ</li><li>・リミットスイッチ</li><li>・羽根回転軸</li><li>・羽根回転軸継手</li></ul>
ひずみ	<ul style="list-style-type: none"><li>・ケーシング</li><li>・羽根</li><li>・羽根回転軸</li><li>・羽根回転軸継手</li></ul>

##### (2) 計測位置

計測点は、試験体の主要な挙動を評価できる位置に設置する。表4-4に計測項目の一覧表を示す。なお、振動台座標系 (X, Y, Z) と計測座標系 (X, Y, Z) は、羽根開、閉のいずれの状態においても一致している。

###### ① 加速度

図4-4から図4-6に加速度計の設置位置を示す。

###### ② ひずみ

図4-7, 図4-8にひずみゲージの設置位置を示す。

##### (3) 測定計器

試験に使用する測定計器を表4-5に示す。

表4-4 2連ダンパ 計測項目の一覧表 (1/2)

No.	項目	記号	計測位置	備考
1	加速度	A1X	振動台 (中央)	<ul style="list-style-type: none"> <li>振動台上加速度を計測</li> <li>設計用床応答スペクトルI以上で加振試験が実施されたことの確認が目的</li> </ul>
2		A1Y		
3		A1Z		
4		A2Y	振動台 (搬入口側)	
5		A2Z		
6		A3X		
7		A3Z	振動台 (制御室側)	
8		A5X		
9		A5Y		
10		A5Z	ダンパ支持架台 中央 下端	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパ支持架上加速度を計測</li> <li>ダンパ支持架台の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>
11		A6X	ダンパ支持架台 アクチュエータ側	
12		A6Z	中央高さ	
14		A7X	ダンパ支持架台	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパ支持架上加速度を計測</li> <li>ダンパ支持架台の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>
15		A7Y	アクチュエータの反対側	
16		A7Z	中央高さ	
17		A8X	ダンパ支持架台 上端	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパ支持架上加速度を計測</li> <li>ダンパ支持架台の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>
18		A9X	ダンパ支持架台 中央 上端	
19	A9Y			
20	A9Z	ダンパ支持架台 上端	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパ支持架上加速度を計測</li> <li>ダンパ支持架台の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>	
21	A10X	アクチュエータの反対側		
22	A11X	上端		
23	A11Y	ダンパケーシング 羽根端部	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダンパケーシングの振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>	
24	A11Z			
25	A12X			
26	A12Y	ダンパケーシング (シャフト高さ)		
27	A12Z			
28	A13X			
29	A13Y	ギアボックス		
30	A13Z			
31	A14X			
32	A14Y	アクチュエータ中間部		
33	A14Z			
34	A15X			
35	A15Y	モーター		
36	A15Z			
37	A16X			
38	A16Y	アクチュエータ頂部		
39	A16Z			
40	A17X			
41	A17Y	リミットスイッチ		
42	A17Z			

No.	項目	記号	計測位置	備考
43	加速度	A18X	羽根回転軸継手部 (第1/第2羽根)	<ul style="list-style-type: none"> <li>羽根回転軸の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>
44		A18Y		
45		A18Z		
46		A19X	羽根回転軸先端	
47		A19Y		
48		A19Z		
49		A21X	第1羽根 (弁体) 中央リブ付根	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1羽根の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>
50		A21Y		
51		A21Z		
52		A22X	第1羽根 (弁体) 中央上端部・補強リブ付根	
53	A23X	第1羽根 (弁体) 中央下端部・補強リブ付根		
54	A24X	第2羽根 (弁体) 中央リブ付根		
55	A24Y	第2羽根 (弁体) 中央上端部・補強リブ付根	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2羽根の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>	
56	A24Z			
57	A25X			
58	A26X	第2羽根 (弁体) 中央上端部・補強リブ付根		
59	A30X	第1羽根		
60	A30Y	ダンパケーシング 羽根端部		
61	A30Z	第1羽根	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1羽根の振動特性, 地震応答の確認が目的</li> </ul>	
62	S1	ダンパケーシング 固定部		
63	S2	ダンパケーシング 固定部		
64	ひずみ	S4	第1羽根端部 補強リブ中間	<ul style="list-style-type: none"> <li>加振時のダンパケーシング, 開閉機構の変形の確認が目的</li> </ul>
65		S5	羽根回転軸継手部 (第1/第2羽根)	
66		S7	第1羽根シャフト近傍	
67	S8	ケーシング回転軸先端近傍		

表4-4 3連ダンパ 計測項目の一覧表 (2/2)

No.	項目	記号	計測位置	備考
1	加速度	A1X	振動台 (中央)	・ 振動台上加速度を計測 ・ 設計用床応答スペクトル I 以上で 加振試験が実施されたことの確認が 目的
2		A1Y		
3		A1Z		
4		A2Y	振動台 (縦入口側)	
5		A2Z		
6		A2X		
7		A3X	振動台 (制御室側)	
8		A3Z		
9		A3Y		
10		A5Z	ダンパ支持架台 中央 下端	・ ダンパ支持架台上加速度を計測 ・ ダンパ支持架台の振動特性, 地震 応答の確認が目的
11		A6Y		
12		A6Z		
13		A7X	ダンパ支持架台 アクチュエータ側 中央高さ	・ ダンパ支持架上加速度を計測 ・ ダンパ支持架台の振動特性, 地震 応答の確認が目的
14		A7Y		
15		A7Z		
16		A7Z	ダンパ支持架台 中央高さ	
17		A8X		
18	A9X			
19	A9Y	ダンパ支持架台 中央 上端	・ ダンパ支持架上加速度を計測 ・ ダンパ支持架台の振動特性, 地震 応答の確認が目的	
20	A9Z			
21	A10X			
22	加速度	A10X	アクチュエータの反対側 上端	・ ダンパケーシングの振動特性, 地 震応答の確認が目的
23		A11X	ダンパケーシング (シャフト高さ)	
24		A11Z		
25		A12Y		
26		A12Y	ダンパケーシング 上端	
27		A12Z		
28		A13X	ギアボックス	
29	A13Y			
30	A13Z			
31	A14X	アクチュエータ中間部		
32	A14Y			
33	A14Z			
34	A15X	モーター		
35	A15Y			
36	A15Z			
37	A16Y	アクチュエータ頂部	・ 駆動装置および付属機器の振動特 性, 地震応答の確認が目的	
38	A16Z			
39	A16X			
40	A17X	リミットスイッチ		
41	A17Y			
42	A17Z			

No.	項目	記号	計測位置	備考
43	加速度	A18X	羽根回転軸継手部 (第1/第2羽根)	・ 羽根回転軸の振動特性, 地震応答 の確認が目的
44		A18Y		
45		A18Z		
46		A19X	羽根回転軸継手部 (第2/第3羽根)	
47		A19Y		
48		A19Z		
49		A20X	羽根回転軸先端	
50		A20Y		
51		A20Z		
52		A21X	第1羽根 (弁体) 中央リップ付根	・ 第1羽根の振動特性, 地震応答の 確認が目的
53		A21Y		
54		A21Z		
55		A22X	第1羽根 (弁体) 中央上端部・補強リップ付根 第1羽根 (弁体) 中央下端部・補強リップ付根	
56		A23X		
57		A24X		
58		A24Y	第2羽根 (弁体) 中央リップ付根	・ 第2羽根の振動特性, 地震応答の 確認が目的
59		A24Z		
60	A25X			
61	A26X	第2羽根 (弁体) 中央上端部・補強リップ付根 第2羽根 (弁体) 中央下端部・補強リップ付根		
62	A27X			
63	A27Y			
64	A27Z	第3羽根 (弁体) 中央リップ付根	・ 第3羽根の振動特性, 地震応答の 確認が目的	
65	A28X			
66	A29X			
67	A30Z	第1羽根 ダンパケーシング 上端	・ 第1羽根の振動特性, 地震応答の 確認が目的	
68	S1	第1羽根 ダンパケーシング 固定部	ひずみ	
69	S2	第2羽根 ダンパケーシング 固定部		
70	S3	第3羽根 ダンパケーシング 固定部		
71	S4	第2羽根端部 補強リップ中間		
72	S5	羽根回転軸継手部 (第1/第2羽根)		
73	S6	羽根回転軸継手部 (第2/第3羽根)		
74	S7	第2羽根シャフト近傍		
75	S8	第3羽根 ダンパケーシング回転軸近傍		

表4-5 測定計測器一覧表

No.	用途	計測器名称	メーカー (型式)	仕様
1	動作確認 (変圧器電圧値測定)	デジタルクラ ンプメータ		
2	動作確認 (開閉試験, 気密試験 保持時間測定)	ストップウォ ッチ		
3		面積流量計		
4	気密試験	バージメータ		
5		質量流量計		
6	加振試験	加速度計		
7		ひずみゲージ		

注記\* :

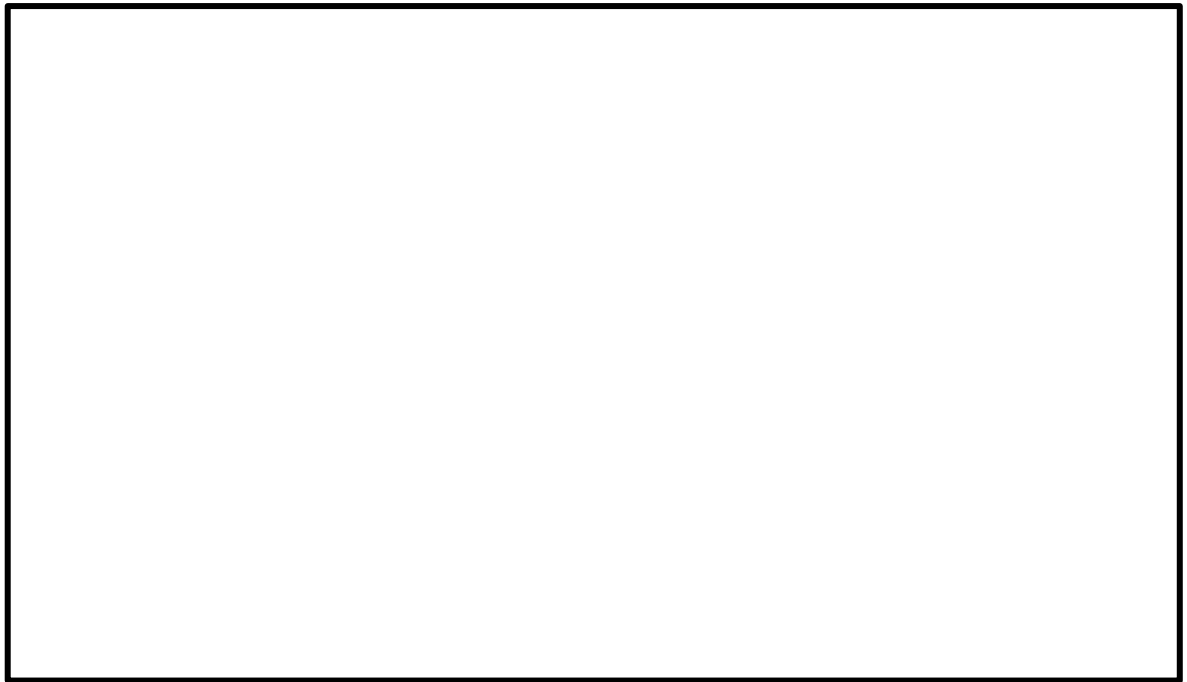


図4-4 加速度計の設置位置（振動台，支持架台）



図4-5 加速度計の設置位置（2連ダンパ）

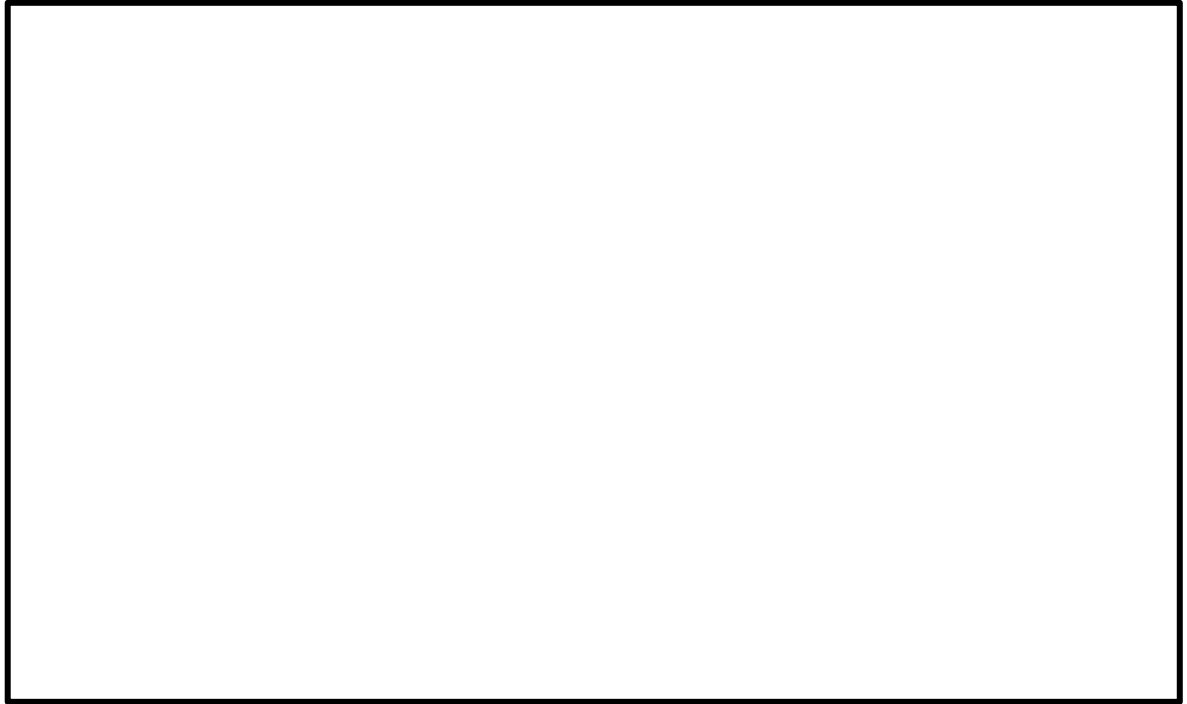


図4-6 加速度計の設置位置 (3連ダンパ)

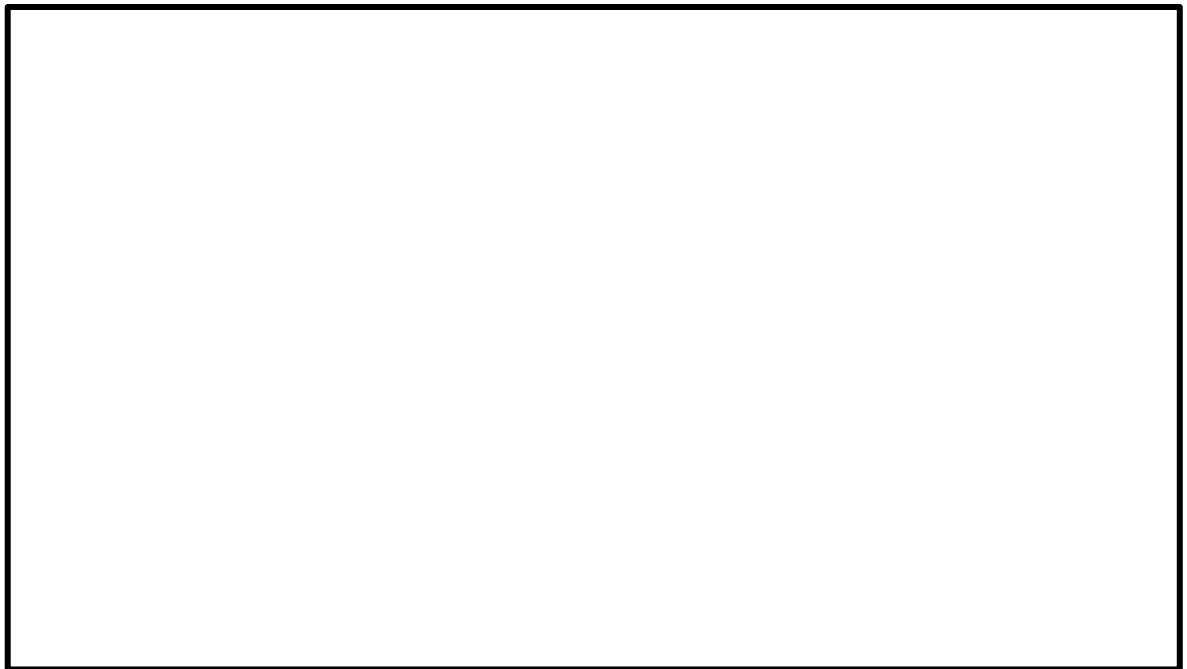


図4-7 ひずみゲージの設置位置 (2連ダンパ)

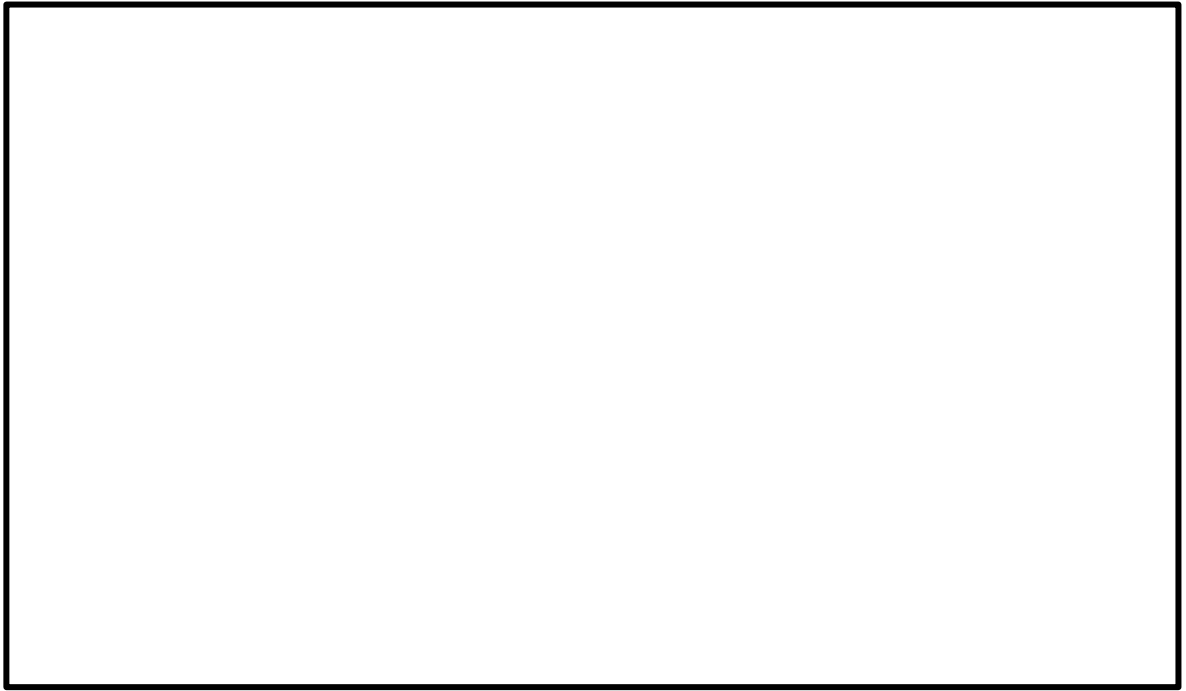


図4-8 ひずみゲージの設置位置 (3連ダンパ)

## 5 試験要領

### 5.1 試験手順

試験体を振動台に搭載し、下記の手順で加振及び加振後の動作試験、気密性能試験を実施する。

#### 【BOP閉止装置の羽根開放状態における加振試験（2連，3連ダンパ）】

- (1) 加振試験の準備として、センサ（加速度計及びひずみゲージ）が所定の位置に設置されていることを確認する。また、測定計器の仕様が適切であることを確認する。
- (2) 計測系確認試験を以下の手順で実施する。
  - ① BOP閉止装置の羽根が開放状態であることを確認する。
  - ② 試験体の共振振動数より十分に離れた低振動数（ Hz）にて、加速度振幅 $2\text{m/s}^2$ の連続正弦波でX, Y, Z方向の単軸加振を行う。
  - ③ 各加速度計の振幅レベルと位相関係から、極性の確認とセンサ出力の異常の有無を確認する。
- (3) 振動特性把握試験を以下の手順で実施する。
  - ① BOP閉止装置の羽根が開放状態であることを確認する。
  - ②  Hz～ Hzの振動数範囲でフーリエスペクトル一定となるランダム波を用いて、ランダム波の継続時間は約64秒、最大入力加速度は $6\text{m/s}^2$ とし、X, Y, Z方向の単軸加振を行う。
  - ③ 試験体の固有振動数を測定し、入力波の主要な振動数成分の範囲における固有振動数の有無を確認する。
- (4) 地震波加振試験（0.5倍及び1.0倍）を以下の手順で実施する。
  - ① BOP閉止装置の羽根が開放状態であることを確認する。
  - ② 模擬地震波にて、入力レベル0.5倍及び1.0倍でX, Y, Z方向の単軸加振を行う。
  - ③ 加振後、採取データを確認する。
  - ④ 取付及び外観確認を実施する。
- (5) 地震波加振試験（ $\alpha$ 倍）を以下の手順で実施する。
  - (4) ①～④と同じ。ただし、下記に読み替える。
    - ・入力レベルをX(NS)=1.15倍, Y(EW)=1.20倍, Z(UD)=1.25倍

#### 【BOP閉止装置の羽根閉止状態における加振試験（2連，3連ダンパ）】

BOP閉止装置の羽根を閉止状態とし、加振試験を実施する。試験内容については、5.1

(1)～(5)と同様である。



## 5.2 気密性能試験について

### (1) 気密性能試験

A S T M E 283-4 (Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen) に準じた装置を用いて実施する。送風機により試験容器内へ空気を給気することにより試験体前後に圧力差を生じさせ、試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。

図5-1に気密性能試験装置図を示す。

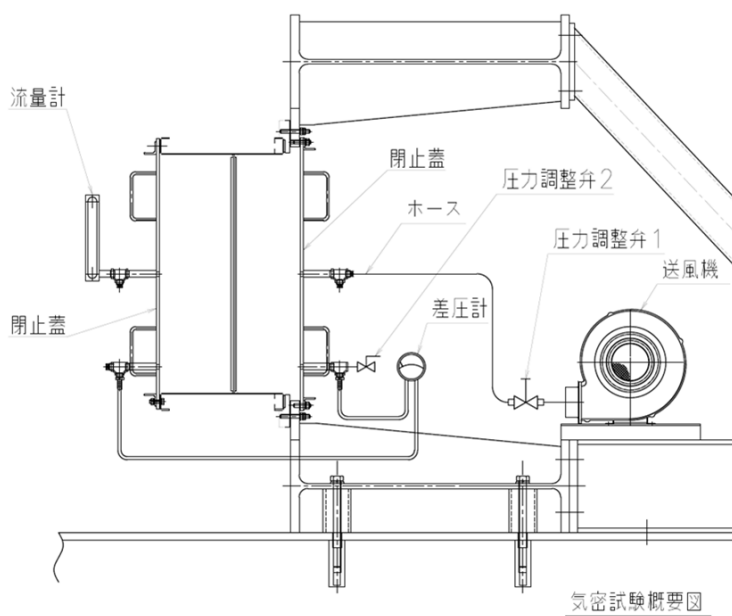


図5-1 気密性能試験装置図

試験手順は、「J I S A 1516 (建具の気密性試験方法) 6.3 試験手順」に準じて (ただし、予備加圧後の開閉確認は省略する。), 予備加圧を圧力500Pa×3回実施し、圧力差  Pa,  Pa,  Pa,  Pa,  Pa,  Pa,  Paと上げ,  Pa,  Pa,  Pa,  Paと下げていく (保持時間2分)。通気方向は1方向 (加圧) とする。(図5-2 差圧試験線図)



図5-2 差圧試験線図

試験により得られた試験体を通過した空気量  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) を、標準状態 ( $20^\circ\text{C}$ ,  $1013\text{hPa}$ ) に換算し、ダンパの流路面積 ( $\text{m}^2$ ) で除すことにより、単位面積当たり、1時間当たりの通気量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ) として算出する。

$$q = Q' / A$$

ここで、

$q$  : 通気量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ )

$A$  : ダンパの流路面積 ( $\text{m}^2$ )

$Q'$  : 通過した空気量 ( $20^\circ\text{C}$ ,  $1013\text{hPa}$ ) ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$$Q' = Q \times \frac{P}{1013} \times \frac{273 + 20}{273 + T}$$

$P$  : 試験容器内の気圧 ( $\text{hPa}$ )

$T$  : 試験時の空気温度 ( $^\circ\text{C}$ )

## (2) 判定基準

差圧  $63 \text{ Pa}$ 時の漏えい量が、許容漏えい量 (  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ) 以下であること。ダンパ寸法と流路面積を図5-3に示す。

なお、流量計単位  $\text{L}/\text{min}$  から  $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  への換算は以下による。

[単位換算式]  $X = V \div A \times 60 \div 1000$

X : 漏えい量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ )

V : 流量計読み値 (L/min)

1 [h] = 60 (min)

1 [ $\text{m}^3$ ] = 1000 (L)

A : ダンパの流路面積 (= ) ( $\text{m}^2$ )

ダンパの流路面積Aの算出方法を以下に示す。上記 [単位換算式] より、流路面積Aが小さくなった場合に漏えい量Xが大きい値として算出され、判定をする上で保守的となることから、流路面積Aは小数点第二位以下を切り捨てて算出した。

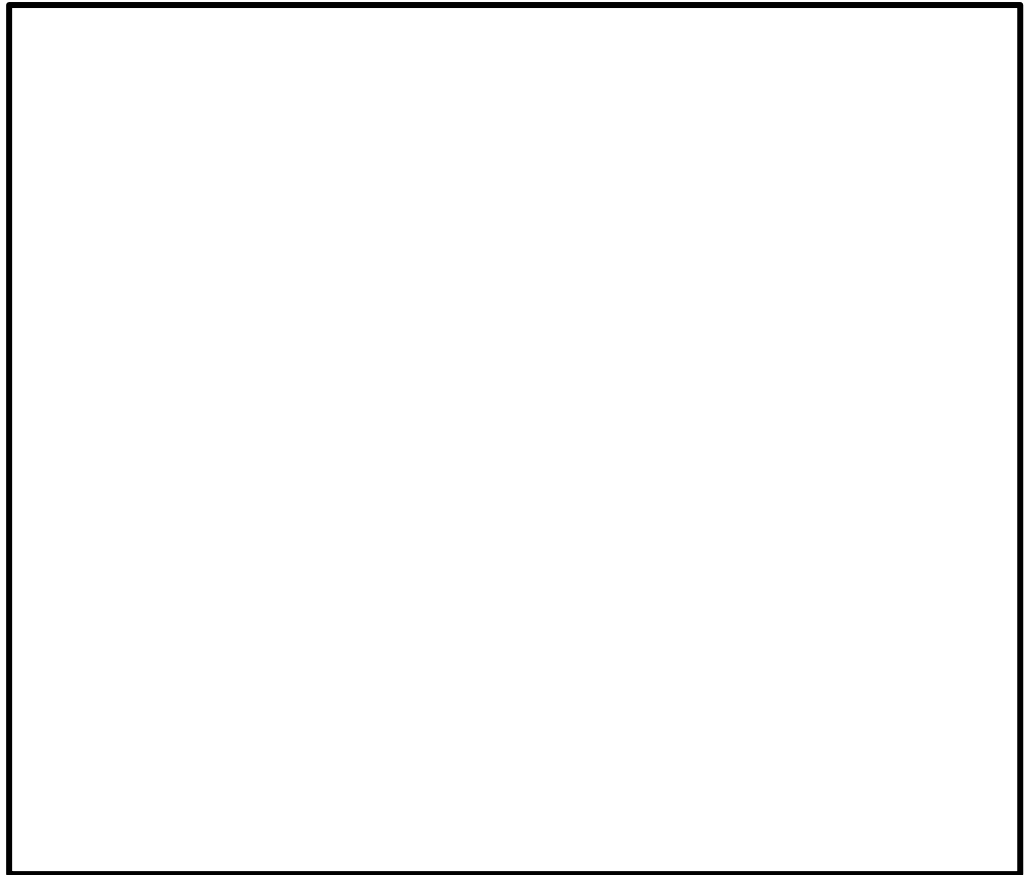


図5-3 ダンパ寸法と流路面積



### 5.3 動作試験について

#### (1) 動作試験

##### 【電動動作確認】

操作箱のスイッチで全閉操作・全開操作を行い、リミットスイッチにて羽根が全閉位置・全開位置で自動停止することを確認する。なお、開閉の動作時間は、操作箱のスイッチ操作から、羽根が全開位置・全閉位置となるまでの時間とする。併せて仮設電源盤の電圧値および参考として開動作・閉動作の時間、電流値を測定する。

##### 【手動動作確認】

ハンドルを回し、開閉がスムーズに行えることを確認し、ハンドルが回らなくなったときに羽根が全閉位置・全開位置にあることを確認する。図5-4に手動操作の概念図を示す。



図5-4 手動操作の概念図

#### (2) 判定基準

##### 【電動動作確認】

- ・電動駆動により開閉できること。
- ・リミットスイッチにて羽根が全閉位置・全開位置にて自動停止すること。
- ・変圧器出口側の電圧を測定し、定格電圧値440V以下であること。

(動作試験時の動作時間および電流値は、動作不具合が発生した場合に、原因特定するための参考情報として取得する。)

##### 【手動動作確認】

- ・開閉時に引っ掛かりがなく、スムーズに行えること。

## 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置の機能確認試験結果について

## 1. 試験結果

「試験要領」に基づき実施した試験結果概要を以下の表1-1に示す。

表1-1 試験結果概要 (1/2)

No.	試験項目	試験体状態	目的	結果
1	計測系確認試験	2連ダンパ (開)	計測機器の動作確認	異常なし
2		2連ダンパ (閉)		異常なし
3		3連ダンパ (開)		異常なし
4		3連ダンパ (閉)		異常なし
5	振動特性把握試験	2連ダンパ (開)	試験体の共振振動数確認	共振点なし
6		2連ダンパ (閉)		共振点なし
7		3連ダンパ (開)		共振点なし
8		3連ダンパ (閉)		共振点なし

表1-1 試験結果概要 (2/2)

No.	試験項目	試験体状態	目的	結果
9	地震波加振試験 (入力レベル 1.0 倍)	2 連ダンパ (開)	基準適合性確認	異常なし
10		2 連ダンパ (閉)		異常なし
11		3 連ダンパ (開)		異常なし
12		3 連ダンパ (閉)		異常なし
13	地震波加振試験 (入力レベル $\alpha$ 倍)	2 連ダンパ (開)	耐震裕度確認	異常なし
14		2 連ダンパ (閉)		異常なし
15		3 連ダンパ (開)		異常なし
16		3 連ダンパ (閉)		異常なし
17	気密性能試験	2 連ダンパ (開)	機能維持確認 (加振後の気密性能確認)	異常なし
18		2 連ダンパ (閉)		異常なし
19		3 連ダンパ (開)		異常なし
20		3 連ダンパ (閉)		異常なし
21	動作試験	2 連ダンパ (開)	機能維持確認 (電動及び手動での羽 根開閉確認)	異常なし
22		2 連ダンパ (閉)		異常なし
23		3 連ダンパ (開)		異常なし
24		3 連ダンパ (閉)		異常なし

2. 計測系確認試験結果（2連ダンパ，3連ダンパ）

2連ダンパ，3連ダンパ共に，計測機器の動作確認のため，試験体の共振振動数より十分に離れた低振動数（ Hz）にて，加速度振幅 $2\text{m/s}^2$ の連続正弦波でX, Y, Z方向の単軸加振を行った。各加速度計の振幅レベルと位相関係から，極性の確認を行うとともに，センサ出力の異常が無いことを確認した。

3. 振動特性把握試験結果（2連ダンパ，3連ダンパ）

主要な加速度計測点として，2連ダンパについては第1羽根（弁体）中央リブ付根（記号：A21），3連ダンパについては第2羽根（弁体）中央リブ付根（記号：A24）の振動台（中央）（記号：A1）に対する伝達関数を図3-1～3-2に示す。2連ダンパ，3連ダンパ共に，各方向においてランダム波の入力振動数範囲である Hzまで緩やかに応答倍率が増加するものの，明確な共振点は確認されなかった。

本結果から，2，3連ダンパの固有振動数は Hz以上であり，十分剛な構造であることを確認した。

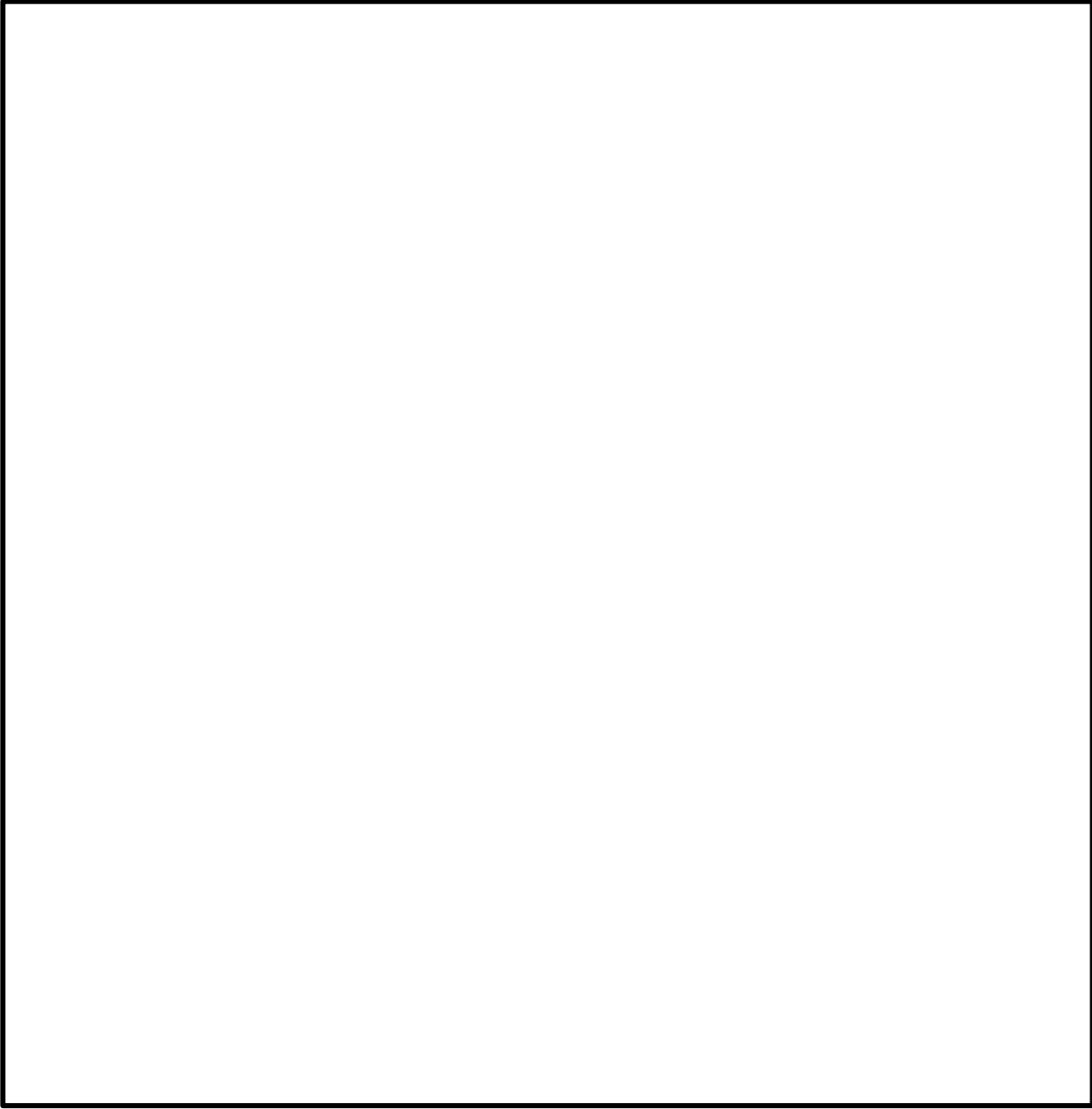


図3-1 振動特性把握試験結果 2連ダンパ



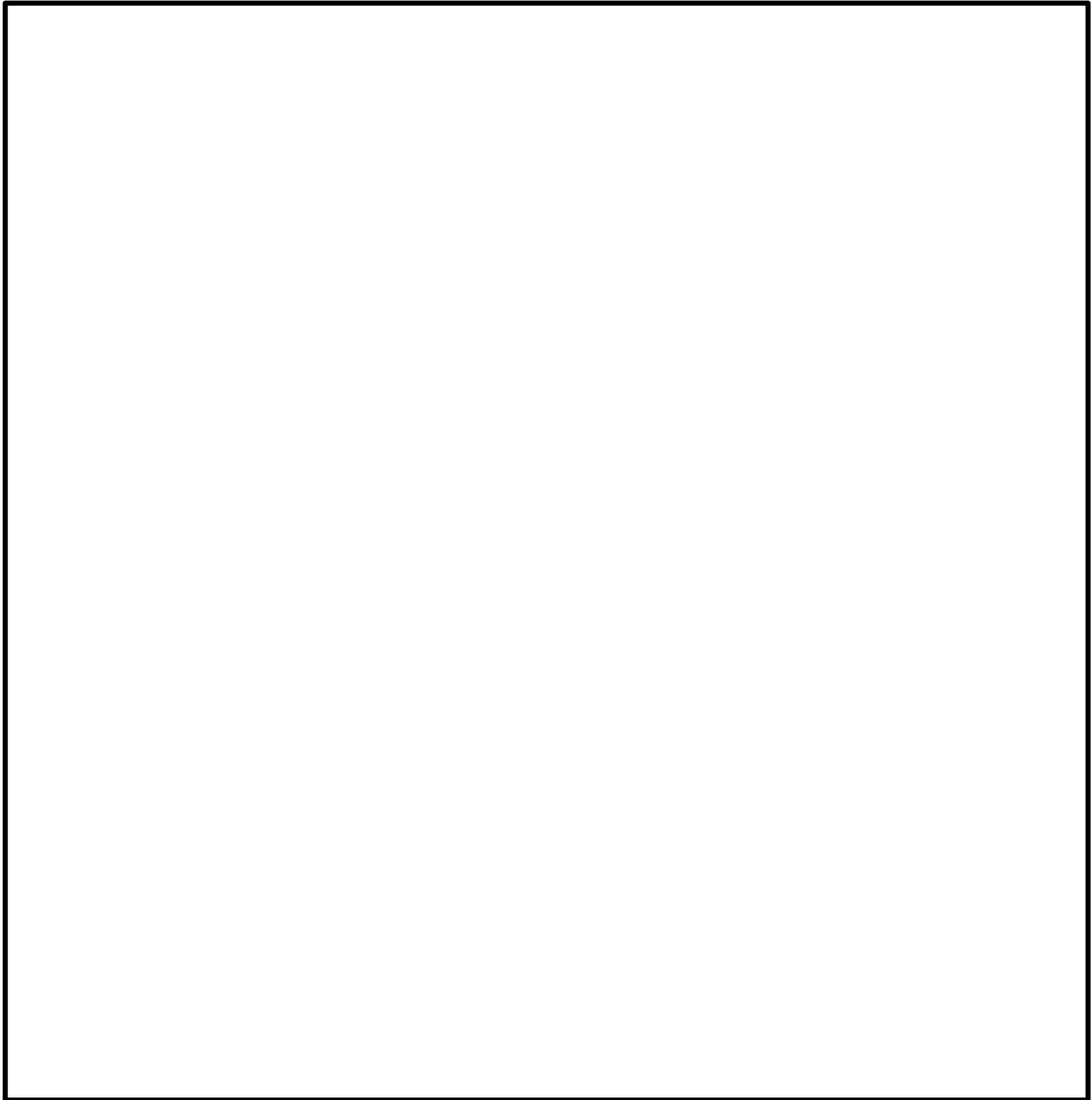


図3-2 振動特性把握試験結果 3連ダンパ

4. 地震波加振試験結果（2連ダンパ，3連ダンパ）

2連ダンパについて，振動台限界となる $\alpha$ 倍地震波加振時の最大加速度及び加速度応答スペクトルと設計用震度 I 及び設計用床応答スペクトル I の比較を実施した結果，加振実績の振動台最大加速度は設計用震度 I を上回った。また，加振実績はほぼ全ての振動数域で設計用床応答スペクトル I を上回ることを確認した。

3連ダンパについて，振動台限界となる $\alpha$ 倍地震波加振時の最大加速度及び加速度応答スペクトルと設計用震度 I 及び設計用床応答スペクトル I の比較を実施した結果，加振実績の振動台最大加速度は設計用震度 I を上回った。また，加振実績はほぼ全ての振動数域で設計用床応答スペクトル I を上回ることを確認した。

最大加速度の比較を表4-1，応答スペクトルの比較を図4-1～4-4に示す。

表4-1 地震波加振試験結果（2連ダンパ，3連ダンパ）

試験対象	開閉状態	方向	設計用震度 I ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) (基準地震動 $S_s$ )	加振実績 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	判定結果
2連ダンパ	開	X			○
		Y			○
		Z			○
	閉	X			○
		Y			○
		Z			○
3連ダンパ	開	X			○
		Y			○
		Z			○
	閉	X	○		
		Y	○		
		Z	○		

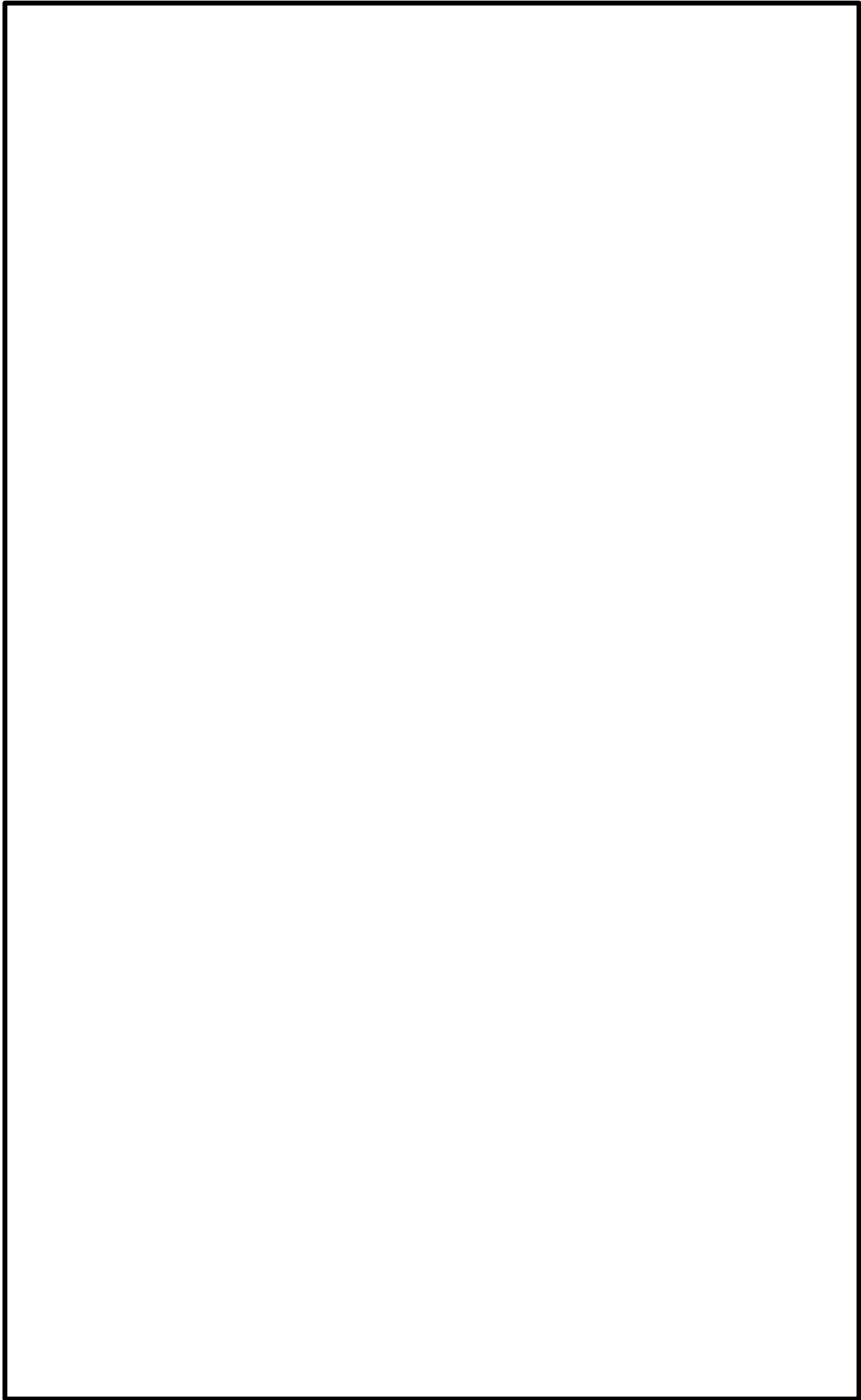


図4-1 地震波加振試験結果（2連ダンパ（開）） 加速度応答スペクトルの比較

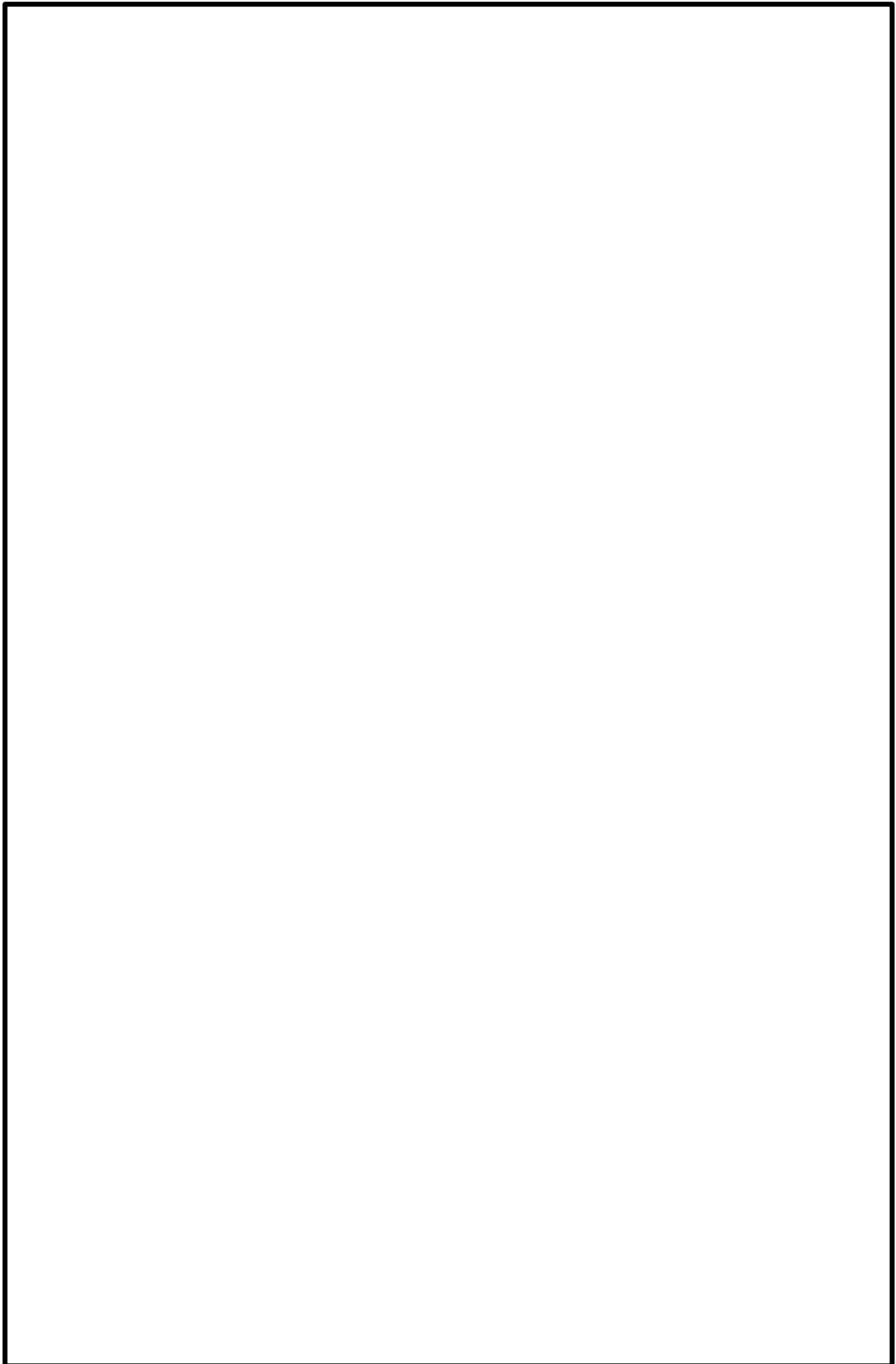


図4-2 地震波加振試験結果（2連ダンパ（閉）） 加速度応答スペクトルの比較

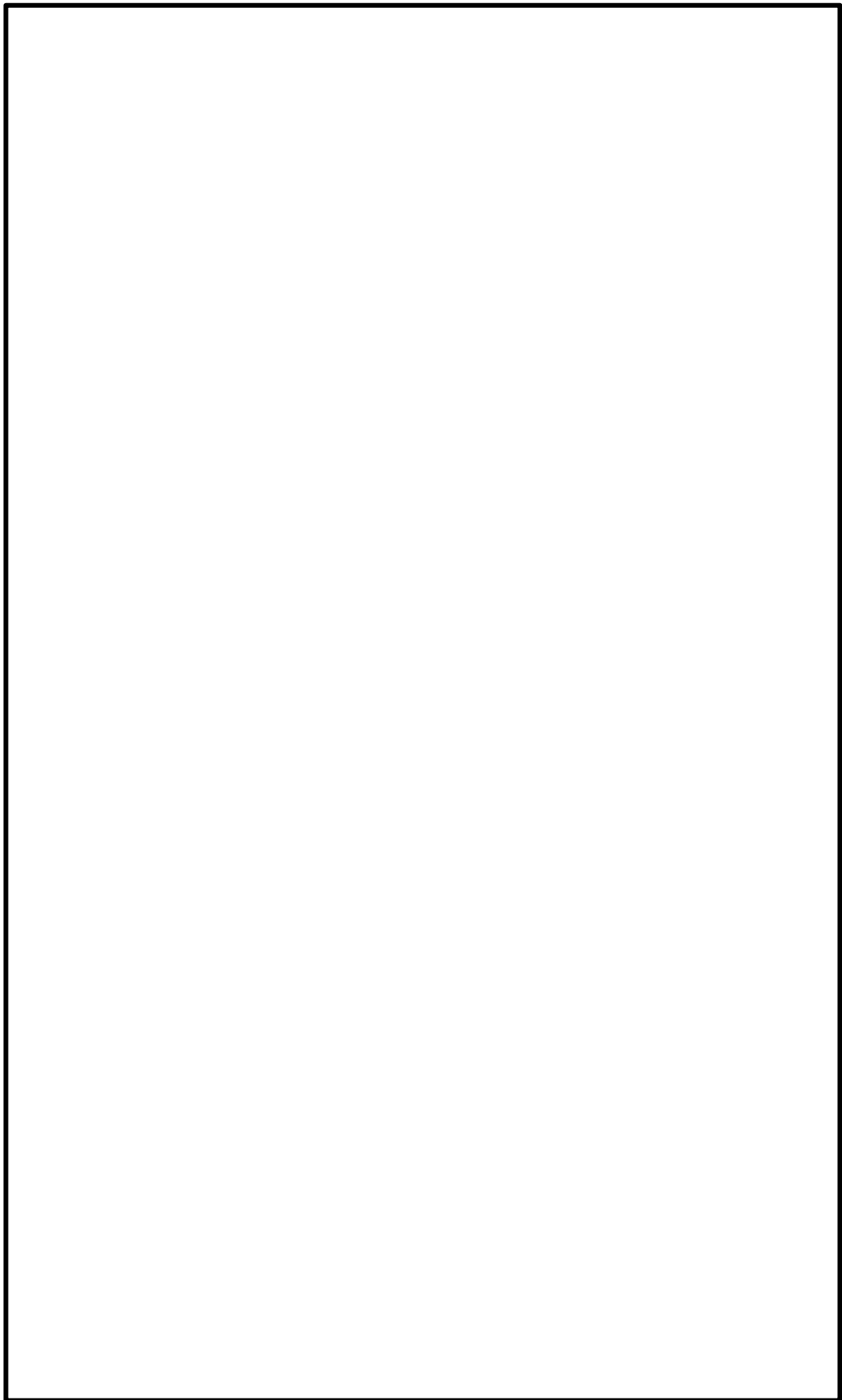


図4-3 地震波加振試験結果 (3連ダンパ (開)) 加速度応答スペクトルの比較

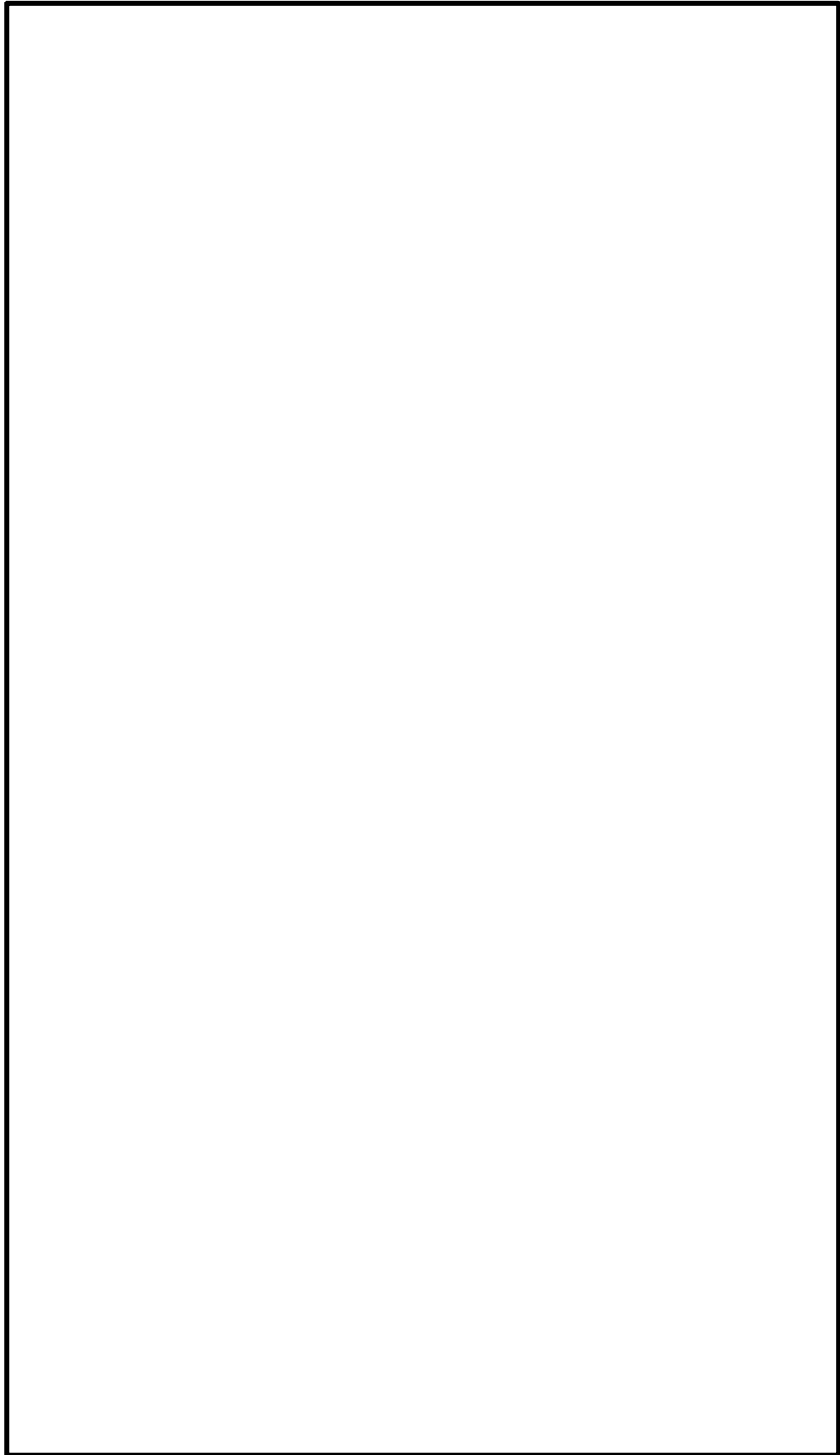


図4-4 地震波加振試験結果 (3連ダンパ (閉) ) 加速度応答スペクトルの比較

主要な加速度計測点として、2連ダンパについては第1羽根（弁体）中央リブ付根（記号：A21）、3連ダンパについては第2羽根（弁体）中央リブ付根（記号：A24）の最大加速度と振動台（中央）（記号：A1）の最大加速度の関係を図4-5～図4-8に示す。加振方向以外の応答が小さく応答軸が明確であることが確認された。また、入力レベル0.50倍の3方向（X, Y, Z）同時の3軸加振試験結果からも単軸加振と3方向（X, Y, Z）同時の3次元加振試験での顕著な差がないことが確認された。本結果から、3次元加振試験と単軸加振試験は同等な試験方法であり、島根2号機BOP閉止装置の加振試験として、単軸で加振試験を実施することは妥当であることを確認した。

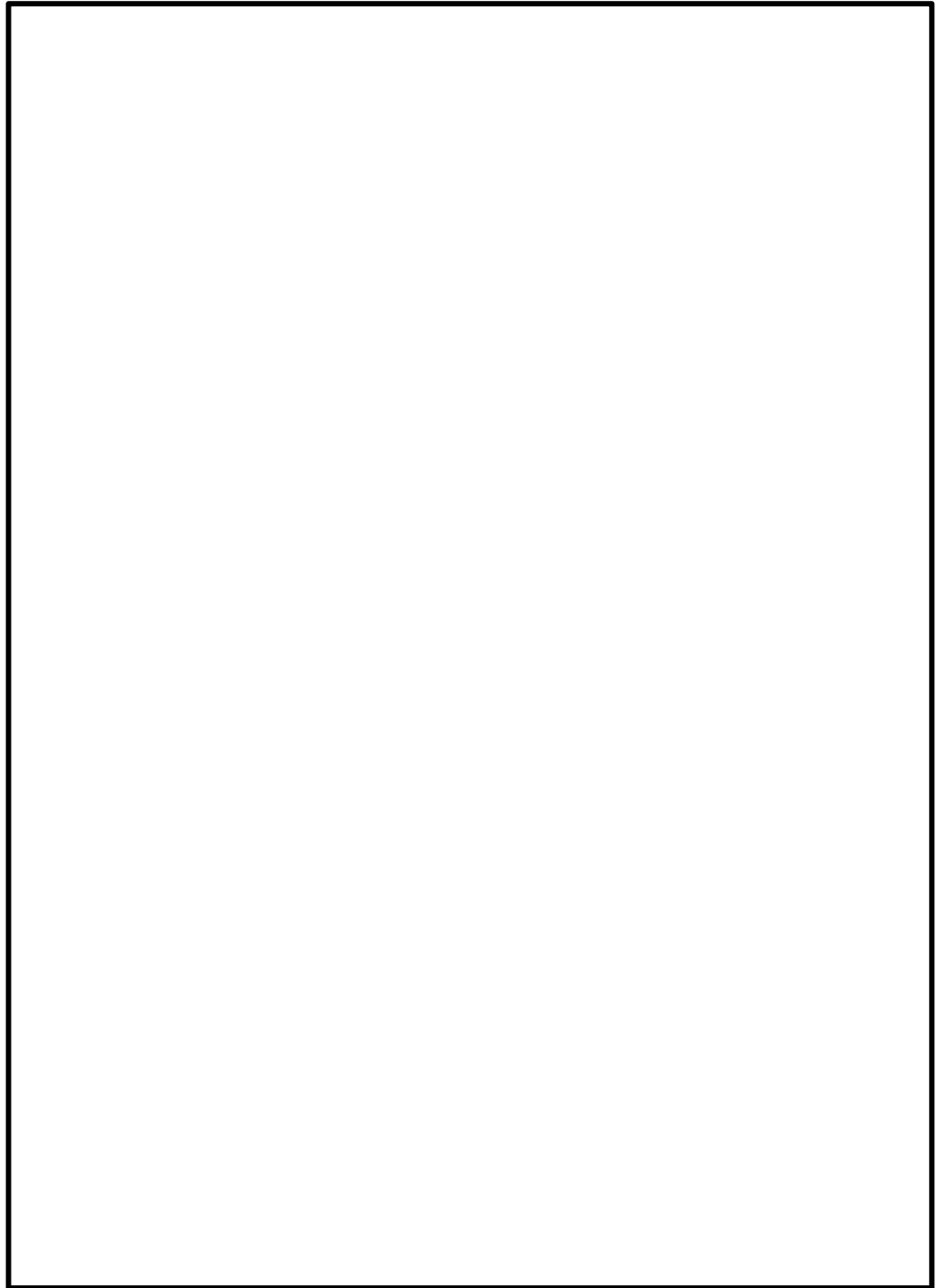


図4-5 2連ダンパ（開）地震波加振時の代表点最大加速度



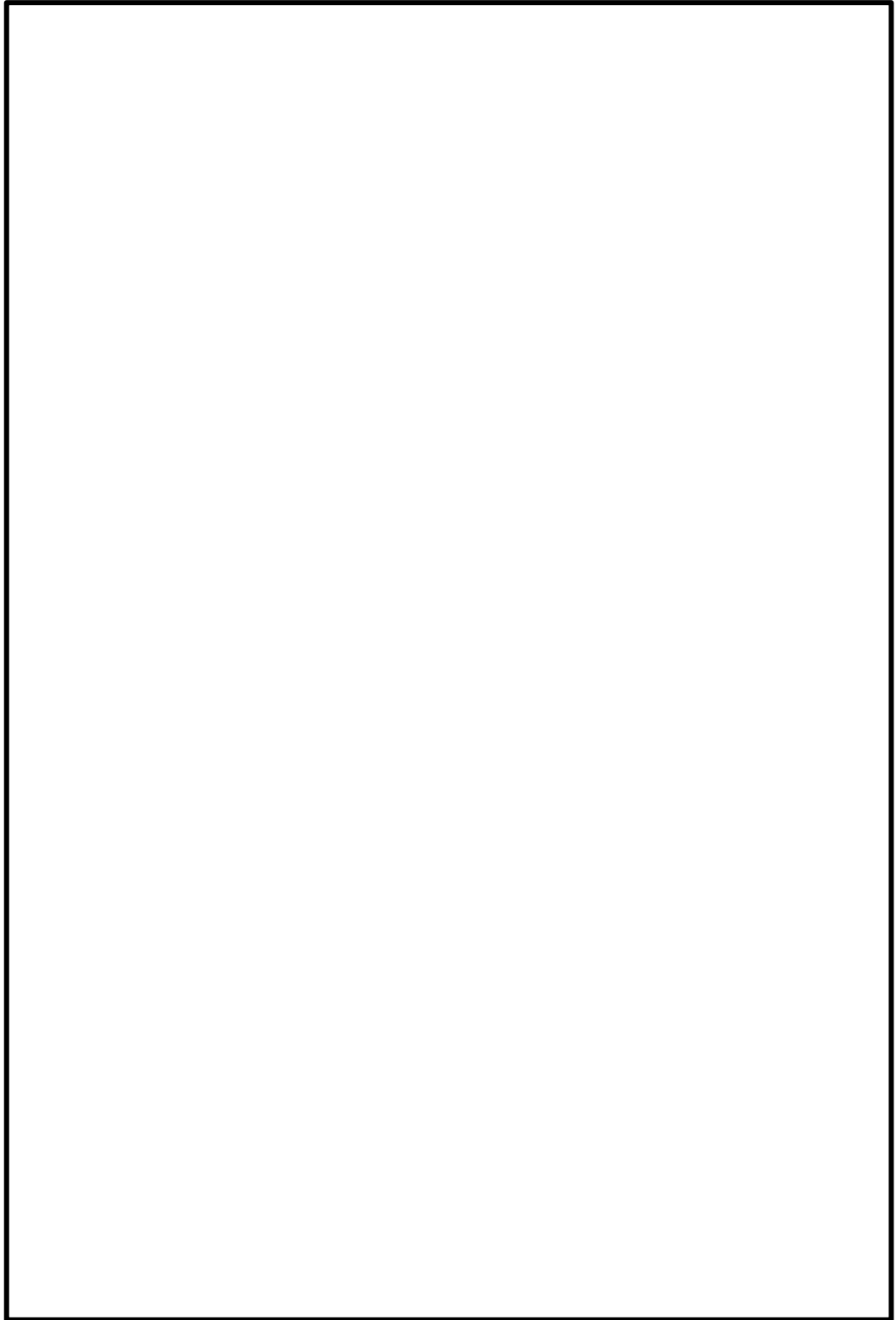


図4-6 2連ダンパ（閉）地震波加振時の代表点最大加速度

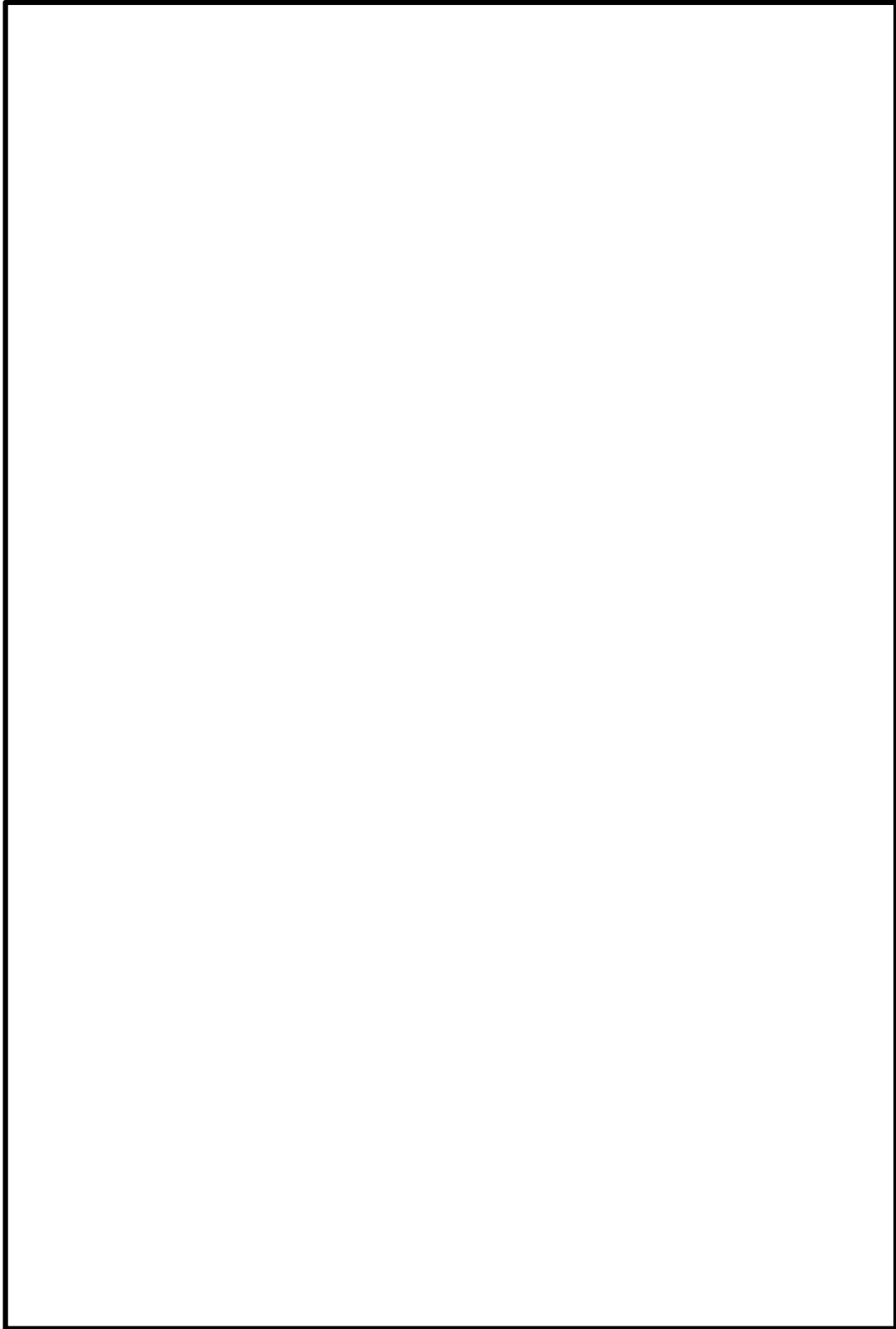


図4-7 3連ダンパ（開）地震波加振時の代表点最大加速度

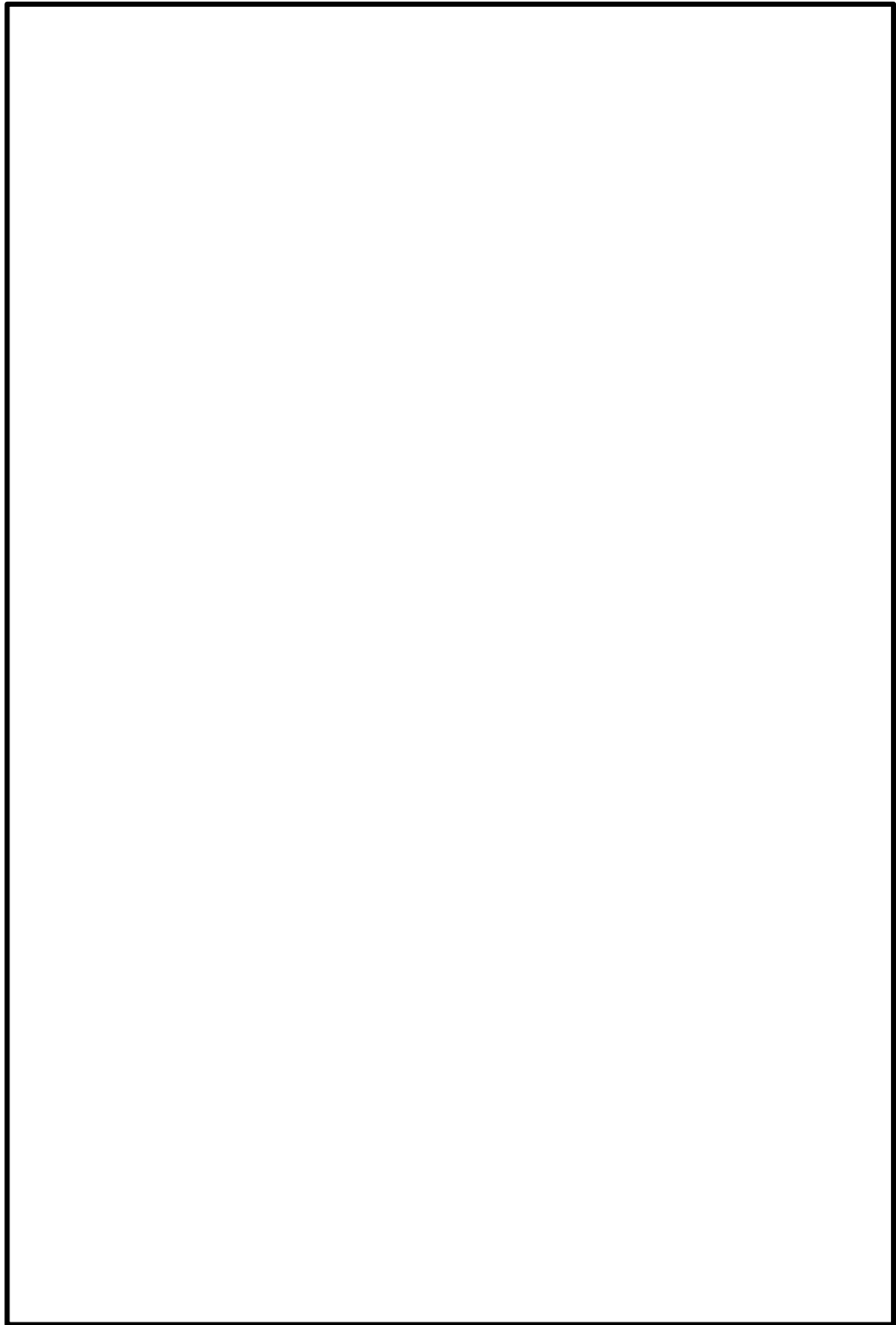


図4-8 3連ダンパ（閉）地震波加振時の代表点最大加速度

## 5. 健全性確認結果

### 5.1 気密性能試験結果

気密性能試験の初期状態及び加振後については表5-1に示す。加振後の漏えい量も十分に小さく、原子炉建物燃料取替階のブローアウトパネル部に適用し、既設原子炉建物のインリーク量を考慮した場合でも、原子炉建物としての気密性能（負圧）は十分に確保できることを確認した。ここで、漏えい量についてはダンパ1台毎に確認しており  $\square$   $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 未満～ $\square$   $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ とばらつきがあるが、加振後の漏えい量は加振前の漏えい量と比較して増加あるいは減少しているもの（例：ダンパ2Bでは、加振倍率1.0倍及び羽根開状態で加振した場合の漏えい量が増加していたが、加振倍率 $\alpha$ 倍及び羽根開状態で加振した場合の漏えい量は減少していた。）が混在しており、一定の傾向は確認できない事から、漏えい量のばらつきは加振に起因するものではなく、加振前又は気密性能試験前に行う開閉動作によって、パッキンの圧着状態が変わるために発生したものとする。なお、許容漏えい量（ $\square$   $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ）に対して非常に少ない範囲でのばらつきであり問題はないと考える。シール方法の概要については図5-1に示す。

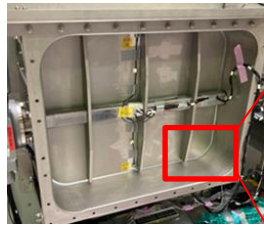
表5-1 加振後の気密性能試験

試験対象	加振倍率	加振時の羽根開閉状態	ダンパ*2	通気量@63Pa ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ )	加振による通気量の増減	備考	
2連ダンパ 事前確認	—	—	2A		—	加振前に羽根を閉止して試験	
			2B		—		
2連ダンパ	1.0倍	開	2A		変化なし	加振後に羽根を閉止し試験	
			2B		通気量増加		
		閉	2A		変化なし		羽根閉止状態での加振後に試験
			2B		通気量増加		
	$\alpha$ 倍*1	開	2A		通気量増加	加振後に羽根を閉止し試験	
			2B		通気量減少		
		閉	2A		変化なし		羽根閉止状態での加振後に試験
			2B		通気量増加		
3連ダンパ 事前確認	—	—	3A		—	加振前に羽根を閉止して試験	
			3B		—		
			3C		—		
3連ダンパ	1.0倍	開	3A		変化なし	加振後に羽根を閉止し試験	
			3B	通気量増加			
			3C	通気量増加			
		閉	3A	変化なし	羽根閉止状態での加振後に試験		
			3B	通気量減少			
			3C	通気量増加			
	$\alpha$ 倍*1	開	3A	変化なし	加振後に羽根を閉止し試験		
			3B	変化なし			
			3C	通気量増加			
		閉	3A	変化なし	羽根閉止状態での加振後に試験		
			3B	通気量減少			
			3C	通気量増加			

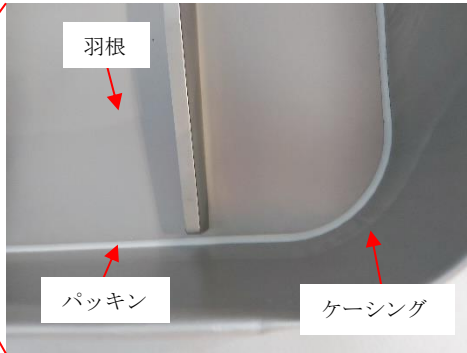
注記\*1：入力倍率( $\alpha$ )については、模擬地震波の入力レベル1.0倍の振動台応答の実績から、X(NS)=1.15倍、Y(EW)=1.20倍、Z(UD)=1.25倍

\*2：ダンパ1台毎に漏えい量を確認しているため、表中は2連ダンパは2A/2B、3連ダンパは3A/3B/3Cとダンパ1台毎の表記とする。

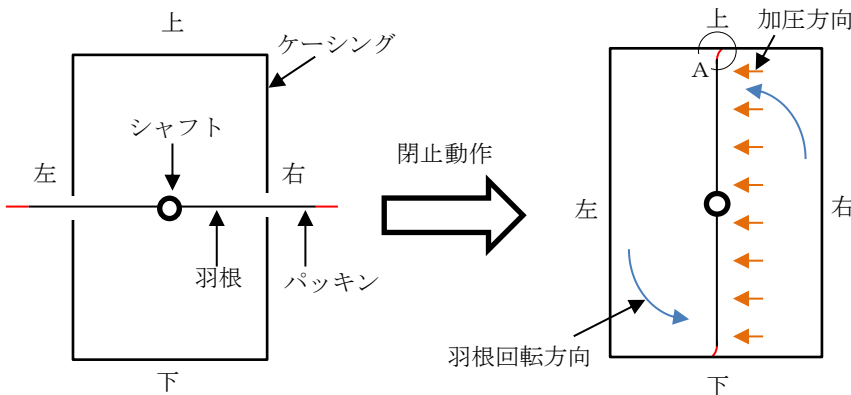
\*3：流量計の検出限界未満の漏えい量



(ダンパ閉止時断面概要の「左」からみた写真)



羽根の淵に取り付けられたパッキン（シリコンタイプ）が、羽根を閉めることでケーシングに押し付けられる構造。パッキンは柔軟性があり、閉止の都度、同じようにはケーシングに圧着されず、漏えい量にばらつきはあるものの、許容漏れ量に比べれば非常に小さく問題はない。



ダンパ開放時断面概要

ダンパ閉止時断面概要

左：建物屋内側  
右：建物屋外側（加圧側）

羽根の回転により閉止してシールするため、上下のパッキンでケーシングへの押し付けられ方が対称関係となるが、左右は全面開口の構造であり、上下どちらかのみには圧力が加わることはなく、ダンパの加圧側の全面に均一に圧力が加わるため、気密性に影響はない。



A部拡大図

ケーシングと羽根のクリアランス  $\square$ mm に対して羽根以降のパッキン長さは  $\square$ mm となっているため、 $\square$ mm 分の潰れ代を有しており、ケーシングと面タッチする構造となっている。  
また、左記の構造で気密試験を実施し、過度な漏えいが発生しないことを確認している。

羽根高さ： $\square$ mm  
ケーシング開口高さ： $\square$ mm  
パッキン高さ： $\square$ mm

図5-1 シール方法の概要

<原子炉建物としての負圧達成について>

今回の BOP 閉止装置（ダンパ）単体での気密性能試験結果から、本装置を原子炉建物燃料取替階のブローアウトパネル部に設置した場合の原子炉建物の負圧達成可否について評価した結果、非常用ガス処理系定格容量（4400m<sup>3</sup>/h/台）は、推定インリーク量 [ ] m<sup>3</sup>/h を十分に上回るため、非常用ガス処理系にて 63Pa 以上の負圧達成可能である。

・既設原子炉建物原子炉棟の推定インリーク量：約 2035m<sup>3</sup>/h（63Pa 時の漏えい量）

・BOP 閉止装置（ダンパ）の合計台数：48 台

・BOP 閉止装置（ダンパ）48 台設置時の推定インリーク量：

[ ] m<sup>2</sup>×48 台×[ ] m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>≒[ ] m<sup>3</sup>/h（63Pa 時の漏えい量）

・非常用ガス処理系定格容量：4400m<sup>3</sup>/h/台（63Pa 時の通気量）

・BOP 閉止装置設置を含めた原子炉建物原子炉棟の推定漏えい量：2035m<sup>3</sup>/h + [ ] m<sup>3</sup>/h = [ ] m<sup>3</sup>/h（63Pa 時の漏えい量） < 4400m<sup>3</sup>/h/台（63Pa 時の通気量）（非常用ガス処理系定格容量）

仮に気密性能試験上の判定基準としている許容漏えい量 [ ] m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>がダンパ 1 台あたりから漏えいした場合を想定しても、[ ] m<sup>2</sup>×48 台×[ ] m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>≒[ ] m<sup>3</sup>/h（63Pa 時の漏えい量）となり、原子炉建物原子炉棟の推定漏えい量 2035m<sup>3</sup>/h と足し合わせても [ ] m<sup>3</sup>/h であり、非常用ガス処理系定格風量 4400m<sup>3</sup>/h/台（63Pa 時の通気量）を大きく下回っており、原子炉建物原子炉棟は負圧に保たれることから余裕のある許容漏えい量を設定している。

## 5.2 動作試験結果

動作試験の結果を表5-2、表5-3に示す。操作箱のスイッチで全閉操作・全開操作を行い、リミットスイッチにて羽根が全閉位置・全開位置で問題なく自動停止することを確認した。

表5-2 加振後の動作試験（開閉動作）

試験対象	加振倍率	開閉状態	試験結果		判定
			手動操作	電動操作	
事前確認	—	開放→閉止 閉止→開放	異常なし	異常なし	合格
2連ダンパ	1.0倍	開放→閉止	異常なし	異常なし	合格
		閉止→開放	異常なし	異常なし	合格
	$\alpha$ 倍*	開放→閉止	異常なし	異常なし	合格
		閉止→開放	異常なし	異常なし	合格
事前確認	—	開放→閉止 閉止→開放	異常なし	異常なし	合格
3連ダンパ	1.0倍	開放→閉止	異常なし	異常なし	合格
		閉止→開放	異常なし	異常なし	合格
	$\alpha$ 倍*	開放→閉止	異常なし	異常なし	合格
		閉止→開放	異常なし	異常なし	合格

注記\*：入力倍率（ $\alpha$ ）については、模擬地震波の入力レベル1.0倍の振動台応答の実績から、X(NS)=1.15倍、Y(EW)=1.20倍、Z(UD)=1.25倍

表5-3 加振後の動作試験（動作時間および電流値）

試験対象	加振倍率	開閉状態	電動操作（参考値）*2	
			時間（秒）	電流値（A）
事前確認	—	開放→閉止	45.53	0.7
2連ダンパ	1.0倍	開放→閉止	45.36	0.7
		閉止→開放	45.28	0.7
	$\alpha$ 倍*1	開放→閉止	45.30	0.7
		閉止→開放	45.36	0.7
事前確認	—	開放→閉止	47.21	0.7
3連ダンパ	1.0倍	開放→閉止	46.96	0.7
		閉止→開放	47.19	0.7
	$\alpha$ 倍*1	開放→閉止	47.05	0.7
		閉止→開放	46.96	0.7

注記\*1：入力倍率（ $\alpha$ ）については、模擬地震波の入力レベル1.0倍の振動台応答の実績から、X(NS)=1.15倍、Y(EW)=1.20倍、Z(UD)=1.25倍

\*2：動作試験時の動作時間および電流値は、動作不具合が発生した場合に原因特定するための参考情報として取得した。

### 5.3 外観目視点検結果

実施した加振試験後の点検結果を表5-4に示す。基準地震動  $S_s$  を包絡する加振でも設備に損傷はなく、ひずみ測定による有意なひずみも確認されなかったことから、健全であることを確認した。

表 5-4 BOP 閉止装置加振試験後の外観点検結果

試験条件		外観目視点検結果			
加振条件	開閉状態	羽根 (パッキン含む)	シャフト	ケーシング	その他
$S_s$ 包絡波	開	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	閉	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし



原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル強制開放装置（自主対策設備）  
の配置と構造について

1. 概要

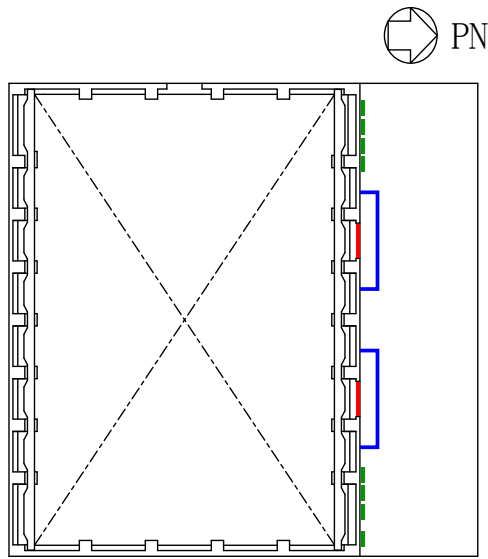
原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル強制開放装置（以下「オペフロ BOP 強制開放装置」という。）は、重大事故等時に静的触媒式水素処理装置、格納容器フィルタベント系により原子炉建物内の水素濃度が低下しなかった場合に強制的に開放させるために設置する。本設備は、自主対策設備として設置する。

2. 設置位置及び設備概要

オペフロ BOP 強制開放装置は、レバーブロック、ワイヤーロープ（以下「治具」という。）にて構成されており、通常時、接続用補助ワイヤーロープはオペフロ BOP 外面の上下段接続部にて固定され、その他治具（ワイヤーロープ、レバーブロック）は、原子炉建物地上 4 階中間床の建物外壁面に据え付けられた保管箱に収納されている。オペフロ BOP の強制開放時には、まず、接続用補助ワイヤーロープを下段接続部（4 箇所）から取り外し、保管箱から取り出したワイヤーロープと接続する。その後、レバーブロックによりワイヤーロープを緊張することでオペフロ BOP を開放する。また、現地開放作業には最小人員 3 名を想定し、それぞれのレバーブロックを順次操作する。

なお、下段接続部（4 箇所）にもワイヤーロープを接続し、上下段接続部（計 8 箇所）をレバーブロックにより緊張することが可能な構造とする。

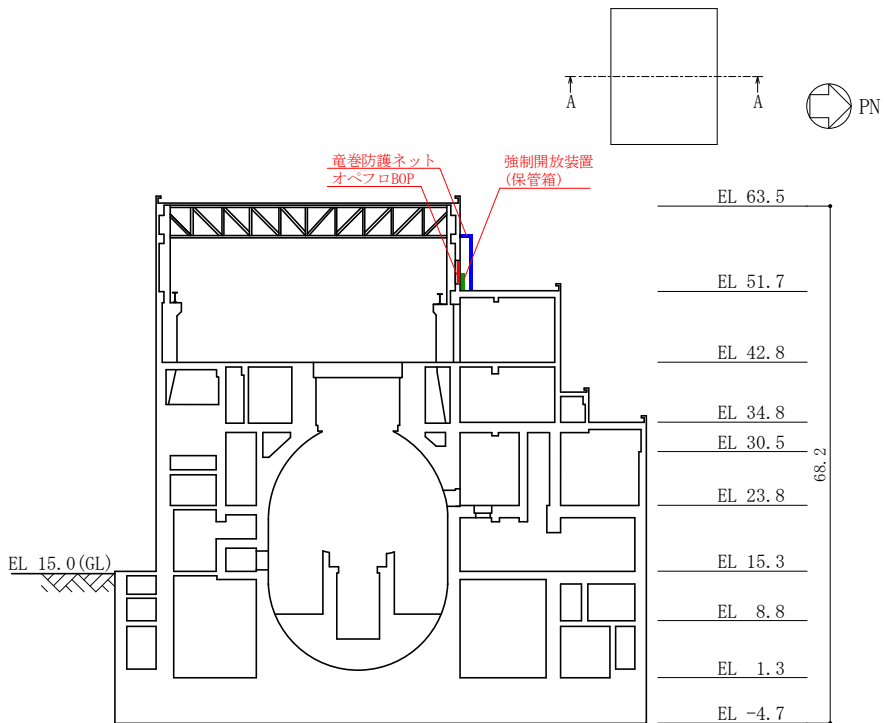
設置位置を図 2-1 に、強制開放装置概要を図 2-2 に示す。



原子炉建物地上4階中間床 概略平面図

- : オペフロ BOP
- : 竜巻防護ネット
- : 強制開放装置 (保管箱)

図 2-1(1) オペフロ BOP 強制開放装置設置位置図



断面図 (A-A 断面) (単位: m)

図 2-1(2) オペフロ BOP 強制開放装置設置位置図

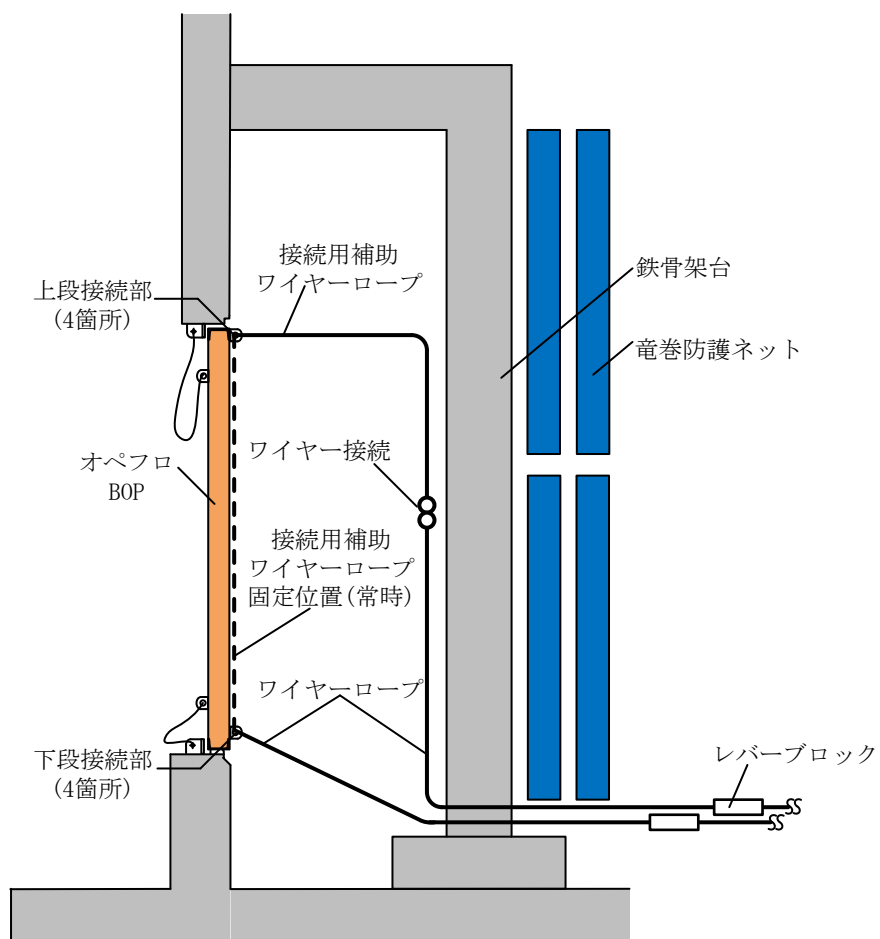


図 2-2 オペフロ BOP 強制開放装置概要図

## ブローアウトパネル関連設備の先行電力との差異について

## 1. 概要

ブローアウトパネル（以下「BOP」という。）関連設備の先行電力との差異について説明する。

## 2. BOP 関連設備の構成比較

BOP 関連設備の構成比較について表 2-1 に示す。

表 2-1 BOP 関連設備の構成比較

東海第二	柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の有無
原子炉建屋外側 BOP	燃料取替床 BOP	原子炉建屋 BOP	原子炉建物燃料取替階 BOP	無
—	主蒸気配管トンネル室 BOP	—	原子炉建物主蒸気管トンネル室 BOP	有
BOP 閉止装置	燃料取替床 BOP 閉止装置	原子炉建屋 BOP 閉止装置	原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置	無
BOP 強制開放装置（自主対策設備）	燃料取替床 BOP 強制開放装置（自主対策設備）	—	原子炉建物燃料取替階 BOP 強制開放装置（自主対策設備）*	有

注記 \*：重大事故等時に静的触媒式水素処理装置，格納容器フィルタベント系により原子炉建物内の水素濃度が低下しなかった場合に，強制的に開放する設備（「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 68 条「原子炉建屋等の水素爆発を防止するための設備」）である。

## 2.1 差異箇所の詳細について










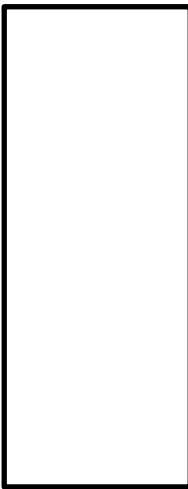
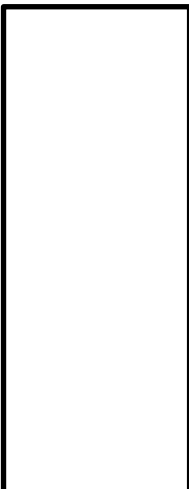


柏崎刈羽 7 号機及び島根 2 号機には主蒸気管トンネル室に BOP が設置されているが，東海第二及び女川 2 号機には設置されていない。東海第二と女川 2 号機では，主蒸気管破断事故時に発生する蒸気を全て原子炉建物から屋外へ通ずる BOP により，原子炉建物外へ逃がす設計としているが，柏崎刈羽 7 号機と島根 2 号機は原子炉建物燃料取替階から屋外へ通ずる BOP に加えて主蒸気管トンネル室からタービン建物等へ通ずる BOP により，主蒸気管破断事故時に発生する蒸気を原子炉建物外へ逃がす設計としていることから，相違しているものである。

また，島根 2 号機の原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置は，屋内に設置されており，原子炉建物燃料取替階 BOP の開放状態によらず閉止動作が可能な設計のため，東海第二および柏崎刈羽 7 号機と同じ目的での強制開放装置は設置していない。

3. 原子炉建物燃料取替階 BOP の詳細設計に関する比較

先行電力で設置されている原子炉建屋 BOP 等と島根 2 号機で設置する原子炉建物燃料取替階 BOP の設備詳細比較を表 3-1 に示す。

表 3-1 原子炉建物燃料取替階 BOP の設備詳細比較

項目	東海第二	柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の有無
パネル枚数				2 枚	有
設計差圧				6.9kPa	有
材料				SS400, SUS304	有
作動方式				クリップ式 個数：16 個 (幅約 140 mm ／パネル)  材質：SUS304 幅：約 140 mm 厚さ：約  mm	有
すべり台, 車輪	無	すべり台*1	車輪	すべり材*1	有
コーキング 有無	パネル 4 辺を シール材によ りコーキング	パネル上部及 び左右に水切 り板を設置 し、その周辺 3 辺をコーキ ング	パネル上下部 及び左右に水 切り板を設置 し、コーキン グはしない	パネル上下部 及び左右に水 切り板及びゴ ムシート*2を設 置し、コーキ ングはしない。	有

注記 \*1：「すべり台」と「すべり材」の設置目的（摩擦力の低減）及び構造は同様

\*2：ゴムシートはパネル下部には設置しない。

### 3.1 差異箇所の詳細について

#### (1) パネル枚数及び設計差圧について

パネルの枚数及び設計差圧については、主蒸気管破断事故等が発生した際に、原子炉格納容器の外側に作用する圧力が設計外圧以下となるよう、プラント毎に設定しているため、相違しているものである。

#### (2) 作動方式について

□では□としているが、島根2号機では□及び□と同様にクリップ式としている。

クリップの個数については、弾性設計用地震動による地震力や設計差圧を考慮してクリップを左右対称に上部□個（幅約140mm）、下部□個（幅約140mm）としている。

クリップ材質については□では材質を□としているが、耐食性の向上を目的として島根2号機では□と同様にSUS304としている。

#### (3) すべり台、車輪について

パネルと躯体の摩擦力を低減させるため、柏崎刈羽7号機と同様にパネル及び躯体にステンレス製のすべり材を設置している。

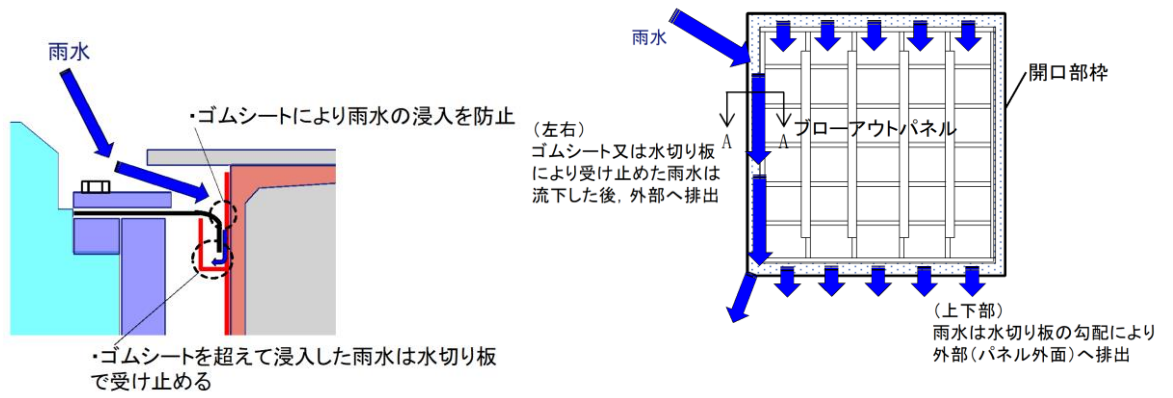
#### (4) コーキングについて

パネル周囲と躯体との隙間の雨水浸入の防止処置について東海第二及び柏崎刈羽7号機では、シール材によるコーキングとしているが、島根2号機ではコーキングに変えて女川2号機と同様に水切り板を設置することとしている。パネル上部及び左右の隙間は、パネルに固定した水切り板と開口部枠に固定したゴムシートを組み合わせ、雨水浸入を防止する構造とする。下部のパネルと水切り板の隙間は、屋外に向けて下向きに開放しているため、降下する雨水は浸入し難いこと、激しい吹き付けにより浸入した場合にも、雨水は隙間内で水切り板上に降下し外部へ排出されることから、ゴムシートは設置せず開口部枠に固定した水切り板のみで雨水浸入を防止する構造とする。

水切り板及びゴムシートはそれぞれパネル又は開口部枠の一方のみに固定し、水切り板とゴムシートはお互いを接着等によりつなぐものでないため、開放時、パネルには水切り板及びゴムシートの付着や摩擦による抗力は発生せず、パネルの開放挙動に影響するものではない。

また、パネルと枠との隙間には気密性を確保するためパッキンを設置しているが、パッキンは枠側にのみ接着固定されるため、開放時、パネルにはパッキンの付着や摩擦による抗力は発生せずパネルの開放挙動への影響はない。水切り板、ゴムシート及びパッキンの設置状況概要を図3-1に示す。





雨水排水概要（雨水浸入防止）  
（A-A 断面）

雨水排水概要（雨水の流れ）

図 3-1(2) 水切り板、ゴムシート及びパッキンの設置状況概要



#### 4. クリップ引張試験に関する比較

先行電力で実施されているクリップ引張試験と島根2号機で実施しているクリップ引張試験の比較を表4-1に示す。

表4-1 クリップ引張試験の比較

項目	東海第二	柏崎7号	女川2号*	島根2号	差異の有無
試験方法	オートグラフ試験機 変位制御（引張速度 1 mm/min） [ ]変位： 変位計にて測定 ひずみ：ひずみゲージにて測定	オートグラフ試験機 変位制御（引張速度 2 mm/min） [ ]変位： 変位計にて測定 ひずみ：ひずみゲージにて測定	定速型万能試験機 変位制御（载荷速度 5 mm/min） [ ]変位：変位計にて測定	オートグラフ試験機 変位制御（引張速度 2mm/min） クリップ変位： 変位計にて測定	有
試験体数	30 体	幅約 75 mm:3 体 幅約 37.5 mm:3 体	15 体	30 体	有

注記 \*：女川2号機は、[ ]

#### 4.1 差異箇所の詳細について

##### (1) 試験方法について

[ ]であるため曲げ試験を実施しているが、島根2号機は[ ]と[ ]と同じクリップ式であるため引張試験を実施している。

##### (2) 試験体数について

試験体数は島根2号機では、ばらつきを考慮して30体としている。

## 5. 原子炉建物燃料取替階 BOP の試験に関する比較

先行電力で実施されている BOP の開放確認試験と島根 2 号機で実施した原子炉建物燃料取替階 BOP の開放確認試験に関する比較を表 5-1 に示す。

表 5-1 原子炉建物燃料取替階 BOP の開放確認試験比較

項目	東海第二	柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の有無
試験装置	油圧ジャッキ 4 体にて加力	油圧ジャッキ 4 体にて加力	油圧ジャッキ 4 体にて加力	油圧ジャッキ 4 体にて加力	無
試験回数	2 回	3 回	3 回	3 回	有
試験体数	3 体	3 体	3 体	3 体	無
試験用パネル	実機に設置されているパネルのうち、最大の物と同一	実機と同一	実機と同一	実機と同一	有
動作確認	目視にて開放を確認	目視にて開放を確認	目視にて開放を確認	目視にて開放を確認	無

### 5.1 差異箇所の詳細について

#### (1) 試験回数について

東海第二では、開放試験の 1 回とその再現性を確認するための 1 回の合計 2 回としている。島根 2 号機では柏崎刈羽 7 号機及び女川 2 号機と同様に 3 回の試験を実施している。

#### (2) 試験用パネルについて

東海第二では、実機に設置されているパネルサイズが数種類あり、そのうちの最大のものを採用しているのに対して、島根 2 号機ではパネルサイズが 1 種類であることから実機と同一としている。

6. 原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の設計に関する比較

先行電力で設置されている BOP 閉止装置と島根 2 号機で設置する原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の設計比較を表 6-1 に示す。

表 6-1 原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の設備設計比較

項目	東海第二	柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の有無
方式	スライド扉方式		扉方式	ダンパ方式	有
設置場所	屋外		屋内	屋内	有
閉維持機構	門			ウォームギアによるセルフロック	有
作動方式	電動（手動）			電動（手動）	無
手動操作方式	ワイヤー	クランクハンドル	レンチ	ハンドル	有

6.1 差異箇所の詳細について

(1) 方式及び設置場所について

東海第二及び柏崎 7 号機では屋外にスライド扉方式の BOP 閉止装置を設置するが、島根 2 号機は女川 2 号機と同様に原子炉建物原子炉棟内の BOP への蒸気流路上に設置する。設置にあたっては、BOP の開放機能へ悪影響を及ぼさないよう、蒸気流路の確保に対する考慮に加え、欧州の原子力発電所（EPR）にて原子炉格納容器のパウンダリに使用されているダンパをベースとしたダンパ方式の BOP 閉止装置とした。

EPR では LOCA 等の事故時においてダンパを開放させることに対し、BOP 閉止装置は SA 時にダンパを閉止させるため開閉動作方向に相違はあるものの、事故時環境において動作機能を期待しているという共通点から、当該ダンパを BOP 閉止装置設計のベースとすることは妥当と考えており、BOP 閉止装置として、島根 2 号機における事故時環境にて閉止動作及び気密性能が維持されるよう設計している。島根 2 号機の原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の概要を図 6-1 に示す。

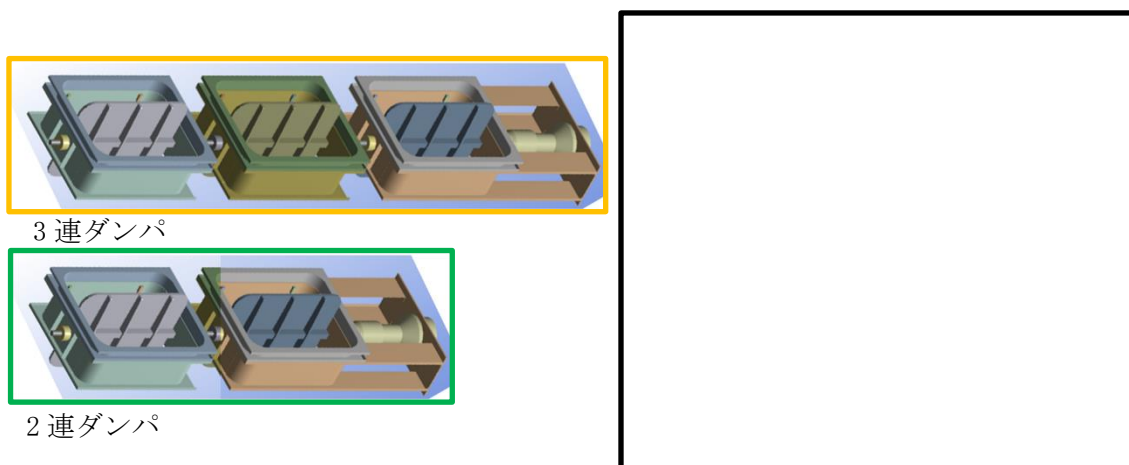


図 6-1 原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の概要図

## (2) 閉維持機構について

先行電力では、BOP 閉止装置を閉止後に扉に対して門を挿入することにより、閉状態を維持する設計としている。一方で、島根2号機の原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置は、駆動機構にあるウォームギアによりセルフロックがかかる設計となっている。構造の概要を図6-2に示す。

島根2号機の基準地震動S<sub>s</sub>相当による加振試験の際も、このセルフロックによって加振中にダンパが開方向へ動くことなく、閉維持されていたことを目視で確認している。

ネジ型の歯があるウォームが回転することで、かみ合っているウォームホイールが従動する仕組み。逆にウォームホイールから駆動させてウォームを従動させることは、摩擦の関係により出来ない構造となる（セルフロック）。

島根2号のBOP閉止装置の場合、ウォームが電動又は手動により回転させる軸で、ウォームホイール側がダンパの軸となる。このため、地震等でダンパへ開方向の力が加わったとしてもセルフロックにより開放しない。

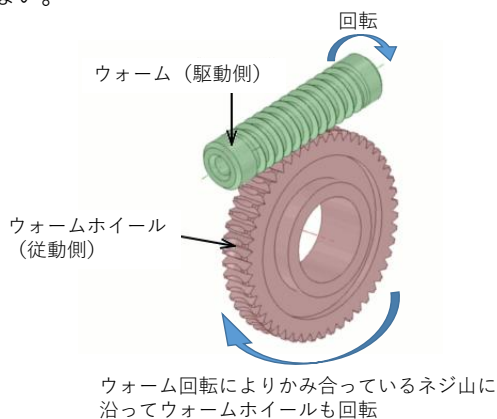


図1 ウォームギア通常動作

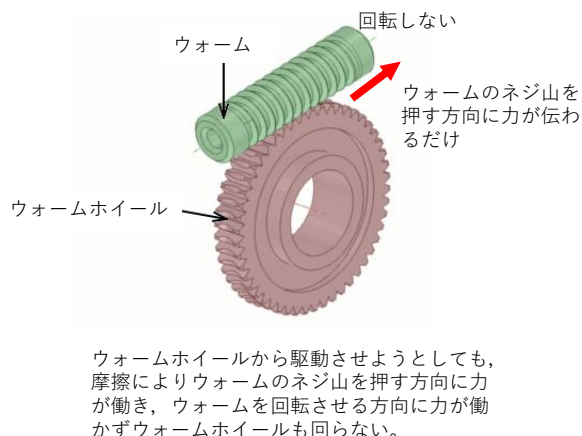


図2 セルフロック状態

図6-2 ウォームギアによるセルフロックの概要

## (3) 手動操作方式について

東海第二では BOP 閉止装置近傍にアクセスが難しいことからワイヤーを用いた遠隔操作による手動操作方式としているが、島根2号機は柏崎7号機及び女川2号機と同様に、BOP 閉止装置の近傍へアクセスし、アクチュエータ（以下「駆動部」という。）に設置されたハンドルにて操作する手動操作方式としている。BOP 閉止装置のハンドル設置箇所を図6-3に示す。



図 6-3 BOP 閉止装置のハンドルの設置位置

ハンドルを使用した手動による閉止操作時間は駆動部 1 つあたり約 2 分/人で実施可能な設計としている。オペフロ BOP1 箇所あたりに取り付けられる BOP 閉止装置のハンドルは 10 個（2 連ダンパ 6 台及び 3 連ダンパ 4 台の駆動部毎に設置）であることから、想定される手動操作時間は約 20 分/人となる。

BOP 閉止装置の手動による閉止操作は、現場へのアクセス 1 時間を含め、オペフロ BOP1 箇所あたり緊急時対策要員 2 名で 2 時間以内に対応することとしており、オペフロ BOP 1 箇所あたりの閉操作に約 20 分/人を要しても問題ない。

オペフロ BOP1 箇所あたりの BOP 閉止装置手動操作による閉止時間を図 6-4 に示す。

必要な要員と作業項目		経過時間 (分)												備考	
		20	40	60	80	100	120	140	180	200	220	240	260		
手順の項目	要員(数)	120分 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル部の閉止完了 (1箇所あたり)													
原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル部の閉止手順 (現場での原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル部の閉止)	緊急時対策要員	2	移動			▽									
			原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル閉止装置操作												

図 6-4 オペフロ BOP1 箇所あたりの BOP 閉止装置手動操作による閉止時間

7. 原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の加振試験・気密性能試験に関する比較

先行電力で実施されている BOP 閉止装置の加振試験及び気密性能試験と島根 2 号機で実施した原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の加振試験及び気密性能試験に関する比較を表 7-1 に示す。

表 7-1 原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の加振試験・気密性能試験比較

項目	東海第二 柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の 有無
試験装置	3 次元振動台 (兵庫耐震工学研究センター)	3 次元振動台 (清水建設株式会社 技術研究所 先端耐震防災研究棟)	3 次元振動台 (鹿島建設株式会社 技術研究所 西調布実験場)	有
加振波	①BOP 閉止装置設置高さより上方の床応答 ②建屋影響等のばらつきを包絡	①最大加速度は BOP 閉止装置と同程度の設置高さ, 床応答スペクトルは BOP 閉止装置設置高さより上方の床応答 ②建屋影響評価等のばらつきを包絡	①BOP 閉止装置設置高さより上方の床応答 ②建物影響評価等のばらつきを包絡	有
振動特性把握試験	実施	実施	実施	無
加振試験方法 (開状態)	【3 次元加振】 ①扉開状態加振後に扉閉動作 ②扉閉状態で気密性能試験 ③扉開動作・閉動作	【3 次元加振】 ①扉開状態加振後に扉閉動作 ②扉閉状態で気密性能試験 ③扉開動作・閉動作	【単軸加振】 ①羽根開状態加振後に羽根閉動作 ②羽根閉状態で気密性能試験 ③羽根開動作・閉動作	有
加振試験方法 (閉状態)	【3 次元加振】 ①扉閉状態加振 ②気密性能試験 ③扉開動作・閉動作	【3 次元加振】 ①扉閉状態加振 ②気密性能試験 ③扉開動作・閉動作	【単軸加振】 ①羽根閉状態加振 ②気密性能試験 ③羽根開動作・閉動作	有
加速度測定箇所	①振動台 ②支持架台 ③扉 ④駆動装置	①振動台 ②支持架台 ③扉 ④駆動装置	①振動台 ②支持架台 ③ダンパ ④駆動装置	無
ひずみ測定箇所	①プッシュローラ ②レール ③チェーン ④門周辺	—	①ダンパケーシング ②羽根 ③ダンパ連結継手	有

項目	東海第二 柏崎7号	女川2号	島根2号	差異の 有無
加振後の 作動確認 (電動)	・扉の開閉, 門の引抜/挿入を確認 ・電動機の電流値, 扉及び門の動作時間を測定	・扉の開閉, 門の引抜/挿入を確認 ・電動機の電流値, 扉及び門の動作時間を測定	・ダンパの開閉を確認 ・電動機の電流値, ダンパ動作時間を測定	有
加振後の 作動確認 (手動)	・扉の開閉, 門の引抜/挿入を確認	・扉の開閉, 門の引抜/挿入を確認	・ダンパの開閉を確認	有
加振後の 気密性能 試験方法	・ASTM E283-4 に準じた装置を用いる。 ・排風機により試験容器内の空気を排出することにより試験体前後に圧力差を生じさせ, 試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。	・ASTM E283-4 に準じた装置を用いる。 ・排風機により試験容器内の空気を排出することにより試験体前後に圧力差を生じさせ, 試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。	・ASTM E283-4 に準じた装置を用いる。 ・送風機により設置架台とダンパ間の空間を加圧することによりダンパ前後に圧力差を生じさせ, ダンパのシール部から漏えいする通気量を測定する。	有

## 7.1 差異箇所の詳細について

### (1) 試験装置について

島根2号機は試験体重量等を考慮した結果, 先行電力と異なる鹿島建設株式会社 技術研究所 西調布実験場の試験装置を用いて加振試験を実施している。

### (2) 加振波について

東海第二, 柏崎7号機及び島根2号機はBOP閉止装置の設置高さより上方の床応答を目標として設定している。女川2号機のBOP閉止装置は設置高さより上方の床応答を目標とした場合, 振動台性能の制約から加振試験が不可能であったことから, 支持架台の応答増幅を考慮して設計用震度を超えるように加振波を設定している。

### (3) 加振試験方法について

東海第二, 柏崎7号機及び女川2号機は, 3方向(X, Y, Z)同時の3次元加振試験を実施している。島根2号機は, 目標とする加振レベルが高いこと及び試験装置の加振限界から3方向(X, Y, Z)各方向の単軸加振試験を実施している。BOP閉止装置の機能確認試験結果に示すとおり, 島根2号機のBOP閉止装置は剛構造であり, かつ応答軸が明確であることから, 3次元加振試験と単軸加振試験は同等な試験方法である。

(4) ひずみ測定箇所について

6.1 項で先述のとおり，BOP 閉止装置の方式が異なり，島根 2 号機の原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の構造上，ひずみの発生が考えられる位置にひずみゲージを設置している。

(5) 加振後の作動確認について

6.1 項で先述のとおり，島根 2 号機は原子炉建物燃料取替階 BOP 閉止装置の閉維持機構に門を用いていないため，ダンパの作動確認に関するもののみとなる。

(6) 加振後の気密性能試験方法について

先行電力の排風機によって試験装置内を負圧とする方法と異なり，島根 2 号機は「J I S A 1516 (建具の気密性試験方法)」に示されている試験構成が加圧式であることに倣い，試験装置内を送風機によって加圧する方法を採用している。なお，図 7-1 に示すとおり，当該試験は試験体前後に発生させた圧力差による漏えい量を測定するものであり，試験体に対して加圧する方向（現場取付状態で屋外から屋内方向）及び試験圧力を試験体前後の差圧で管理することに先行電力との相違はなく，試験結果の妥当性に影響を与えるものではない。

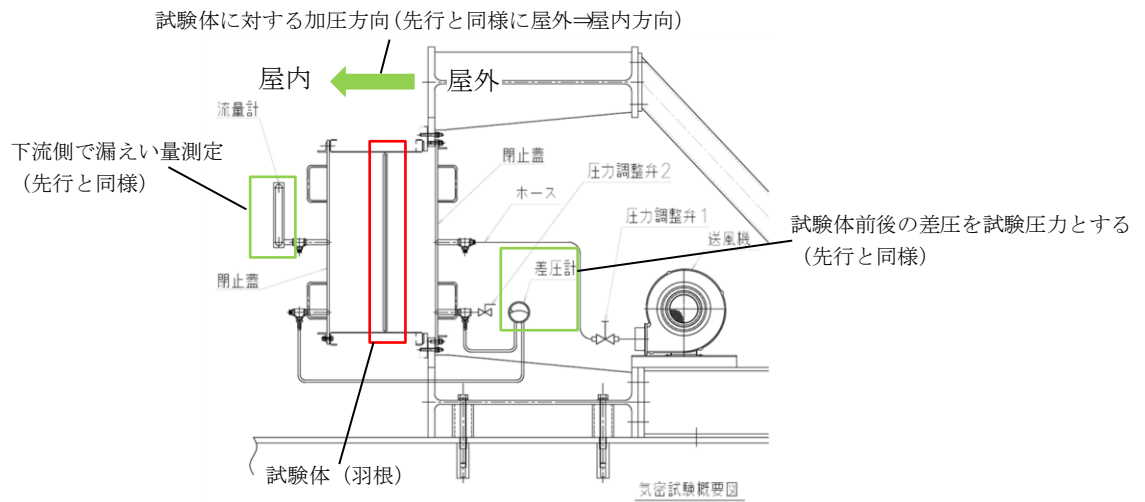


図 7-1 気密性能試験装置図



## 8. 原子炉建物燃料取替階 BOP 強制開放装置（自主対策設備）に関する比較

先行電力で実施されている BOP 強制開放装置と島根 2 号機で設置されている原子炉建物燃料取替階 BOP 強制開放装置に関する比較を表 8-1 に示す。

表 8-1 強制開放装置の仕様比較

項目	東海第二	柏崎 7 号	女川 2 号	島根 2 号	差異の有無
作動方式	油圧	電動駆動	—	手動	有
設置場所	屋内	屋外	—	屋外	有

### 8.1 差異箇所の詳細について

#### (1) 作動方式について

島根 2 号機は、全交流動力電源喪失時に操作ができ、かつ、通常時の誤動作防止を考慮し、レバースロック及びワイヤーロープ等の開放治具を用いた手動方式による設計としている。

なお、本装置は、重大事故等対処設備である静的触媒式水素処理装置及び格納容器ベントにより水素の処理又は排出を行っても原子炉建物内の水素濃度が低下しない場合に、オペフロ BOP を開放し、原子炉建物内の水素を排出することを目的として設置している。

#### (2) 設置場所について

島根 2 号機の開放治具は、通常時は原子炉建物屋外外壁の保管箱に収納する設計としている。