

本資料のうち、枠囲みの内容は  
商業機密の観点から公開できま  
せん。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-23_改2
提出年月日	2021年8月30日

補足-600-23 可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明  
書に関する補足説明資料

## 目次

1.	概要	補 1-1
1.1	可搬型重大事故等対処設備の評価対象設備について	補 1-1
2.	可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動	補 2-1
2.1	概要	補 2-1
2.2	可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等	補 2-2
2.3	保管エリア等における入力地震動の算定	補 2-4
2.4	地震応答 FRS の算定	補 2-34
2.5	設計用 FRS の作成	補 2-34
2.5	加振台の FRS の妥当性	補 2-36
3.	車両型設備の耐震評価について	補 3-1
3.1	車両型設備の固縛装置について	補 3-1
3.2	評価手順	補 3-2
3.3	評価条件	補 3-4
3.4	加振試験	補 3-7
3.5	構造強度評価	補 3-13
3.6	機能維持評価	補 3-25
3.7	波及的影響評価	補 3-28
3.8	保守性・不確実さの全体的な釣り合いについて	補 3-33
4.	地震時に固縛装置を展張させないための余長の設定方法について	補 4-1
4.1	概要	補 4-1
4.2	余長の定義	補 4-1
4.3	余長の設定	補 4-2
5.	車両型設備とアンカープレートとの位置関係について	補 5-1
5.1	概要	補 5-1
5.2	車両型設備とアンカープレートとの位置関係	補 5-1
6.	地震波の継続時間の差が車両型設備の耐震評価に与える影響について	補 6-1
6.1	概要	補 6-1
6.2	車両型設備の耐震評価	補 6-1
6.3	結論	補 6-4
7.	車両型設備の仕様について	補 7-1
8.	加振試験における車両型設備の傾き角の計測方法について	補 8-1
8.1	概要	補 8-1
8.2	計測方法	補 8-1

9. 設計用 FRS に対する車両型設備の加振試験における加振波 FRS の裕度について……	補 9-1
9.1 概要……	補 9-1
9.2 裕度の整理結果……	補 9-1
10. その他設備の耐震評価について……	補 10-1
10.1 その他設備の加振試験について……	補 10-1
10.2 加振試験後の機能維持確認について……	補 10-12

別紙 1 車両型設備の固有振動数の測定結果

別紙 2 車両型設備の減衰定数の測定結果

別紙 3 保管エリア等における地盤特性について

## 1. 概要

本補足説明資料は、添付書類「VI-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「別添 2 可搬型重大事故等対処設備の設計方針」にて設定する耐震設計上の重大事故等対処施設に設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動  $S_s$  による地震力において必要な機能を損なわないことを確認するための耐震計算方法について説明する添付書類「VI-2 耐震性に関する説明書」の「別添 3 可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書」について補足するものである。

### 1.1 可搬型重大事故等対処設備の評価対象設備について

可搬型重大事故等対処設備は、地震に対して、地震時の転倒やすべりによる悪影響防止及び地震後の機能維持を図れるよう、必要に応じて地震に対する転倒防止、固縛等の措置を講じる設計としている。

このため、可搬型重大事故等対処設備のうち、転倒により必要な機能を喪失する恐れがあるものに対して、転倒評価を行うとともに機能維持評価を行う。

なお、ホース等の耐震計算書に記載していない設備に関しては、地震により転倒しても損傷の恐れはないが、適切に転倒防止、固縛等の措置を講じることにより、悪影響防止を図る。ホース等の耐震計算書に記載していない設備の評価結果について表 1-1 に示す。

表 1-1 耐震計算書に記載していない設備の評価結果 (1/5)

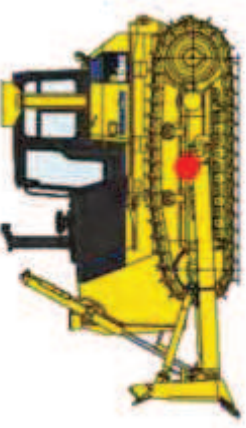

設備名称	地震により機能喪失しない理由	補足説明図
ブルドーザ	<p>本設備は、一般車両と比較して重心が十分に低いことから、地震により転倒する恐れはない。また整備されていない地面での使用を想定して設計された設備であり、もともと衝撃に強い構造であることから、地震により機能喪失する恐れはない。</p>	 <p>● : 重心位置</p>
バックホウ	<p>本設備は、一般車両と比較して重心が十分に低く、ブーム・アームを下げた状態で保管することから、地震により転倒する恐れはない。また整備されていない地面での使用を想定して設計された設備であり、もともと衝撃に強い構造であることから、地震により機能喪失する恐れはない。</p>	 <p>● : 重心位置</p>

表 1-1 耐震計算書に記載しない設備の評価結果 (2/5)

設備名称	地震により機能喪失しない理由	補足説明図
スプレインノズル	<p>保管時は、安定した床面に保管する。</p> <p>本設備は、仮に転倒したとしても動力を有しない単純構造であり、致命的な損傷が生じることはなく、必要な機能を喪失することはない。</p>	
放水砲	<p>保管時は、車輪を輪留めで固定し保管する。</p> <p>本設備は、重心が低いため、構造的に転倒する恐れはない。また、ステンレス製の配管を鉄製の土台に取り付けた頑丈かつ簡易な構造であり、回転体や動力も有しないことから、地震により放水に必要な機能を喪失することはない。</p>	

表 1-1 耐震計算書に記載しない設備の評価結果 (3/5)

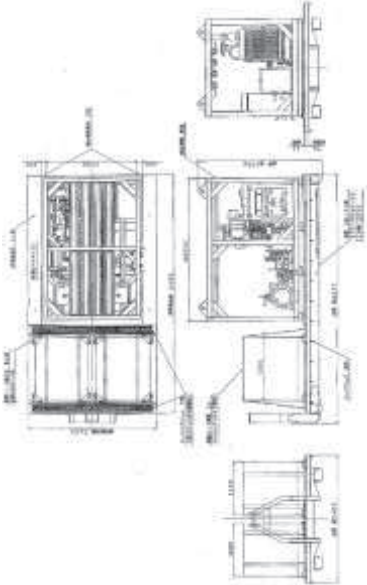
設備名称	地震により機能喪失しない理由	補足説明図
<p>泡消火薬剤混合装置</p>	<p>航空機燃料火災時に使用するものであり、地震後に使用する設備ではない。</p>	

表 1-1 耐震計算書に記載しない設備の評価結果 (4/5)

設備名称	地震により機能喪失しない理由	補足説明図
<p>シルトフェンス</p>	<p>保管時は、専用のコンテナ内に収納して保管する。本設備は、仮に転倒したとしても動力を有しない単純構造であり、さらに強靱なコンテナに収納されていることから、致命的な損傷が生じることはなく、必要な機能を喪失することは無い。</p>	 <p>コンテナ</p>  <p>シルトフェンス (展張前)</p>  <p>シルトフェンス (展張後)</p>



表 1-1 耐震計算書に記載しない設備の評価結果 (5/5)

設備名称	地震により機能喪失しない理由	補足説明図
<p>ホース, 管等</p> <p>取水用ホース (250A : 5m, 10m, 20m)</p> <p>送水用ホース (300A : 2m, 5m, 10m, 20m, 50m)</p> <p>送水用ホース (150A : 1m, 2m, 5m, 10m, 20m)</p> <p>スプレイ用ホース (65A : 20m)</p> <p>送水用ホース (65A : 20m)</p> <p>窒素供給用ホース (50A : 5m)</p> <p>耐熱ホース (300A : 2m, 5m, 10m)</p> <p>耐熱ホース (201A : 5m, 10m)</p> <p>代替高圧窒素ガス供給用フレキシブルホース (Φ 32.9 : 6m, 8m)</p> <p>軽油払出用ホース (外径 63mm : 2m)</p> <p>給油用ホース (20A : 7m)</p> <p>給油用ホース (φ 25 : 50m)</p> <p>恒設配管取合接続管</p> <p>除熱用ヘッド</p> <p>窒素供給用ヘッド</p> <p>可搬型窒素ガス供給装置接続管</p> <p>注水用ヘッド</p> <p>可搬型ストレーナー</p> <p>連結管</p>	<p>転倒により損傷するようなものではなく、地震による転倒に対し、機能喪失しない。</p>	 <p>例. 燃料プール代替注水系主配管 (送水用ホース) (展開前)</p>  <p>例. 燃料プール代替注水系主配管 (送水用ホース) (展開後)</p>

耐震評価に当たっては、転倒により必要な機能を喪失するおそれがある設備に対して転倒評価を実施する。

また、設備ごとの要求機能を整理し、性能目標に応じた耐震評価（構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価）を行う。

構造強度評価については、性能目標に応じて評価部位を選定して強度評価を行う。

また、機能維持評価については、性能目標に応じて動的及び電氣的機能維持評価並びに支持機能及び移動機能維持機能評価を行う。

波及的影響評価については、当該設備のすべり及び傾きにより、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

なお、車両型設備の耐震評価においては、大容量送水ポンプ（タイプⅠ）等の大型構造物を搭載可能な能力を有した国立研究開発法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターの3次元振動台及び国立研究開発法人 土木研究所 つくば中央研究所の加振台（以下、「加振台」という。）を用いることにより、全ての車両型設備を加振試験にて評価している。加振台の仕様を表 1-2 に示す。

表 1-2(1) 加振台の仕様

（国立研究開発法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター）

振動台の大きさ		20000mm×15000mm
最大搭載質量		1200t
最大加速度	水平	9m/s <sup>2</sup>
	鉛直	15m/s <sup>2</sup>
対象車両		大容量送水ポンプ（タイプⅠ） 大容量送水ポンプ（タイプⅡ） 電源車 電源車（緊急時対策所用） 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット 可搬型窒素ガス供給装置 ホース延長回収車

表 1-2(2) 加振台の仕様

（国立研究開発法人 土木研究所 つくば中央研究所）

振動台の大きさ		8000mm×8000mm
最大搭載質量		300t
最大加速度	水平	19.6m/s <sup>2</sup>
	鉛直	9.8m/s <sup>2</sup>
対象車両		タンクローリ

## 2. 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動

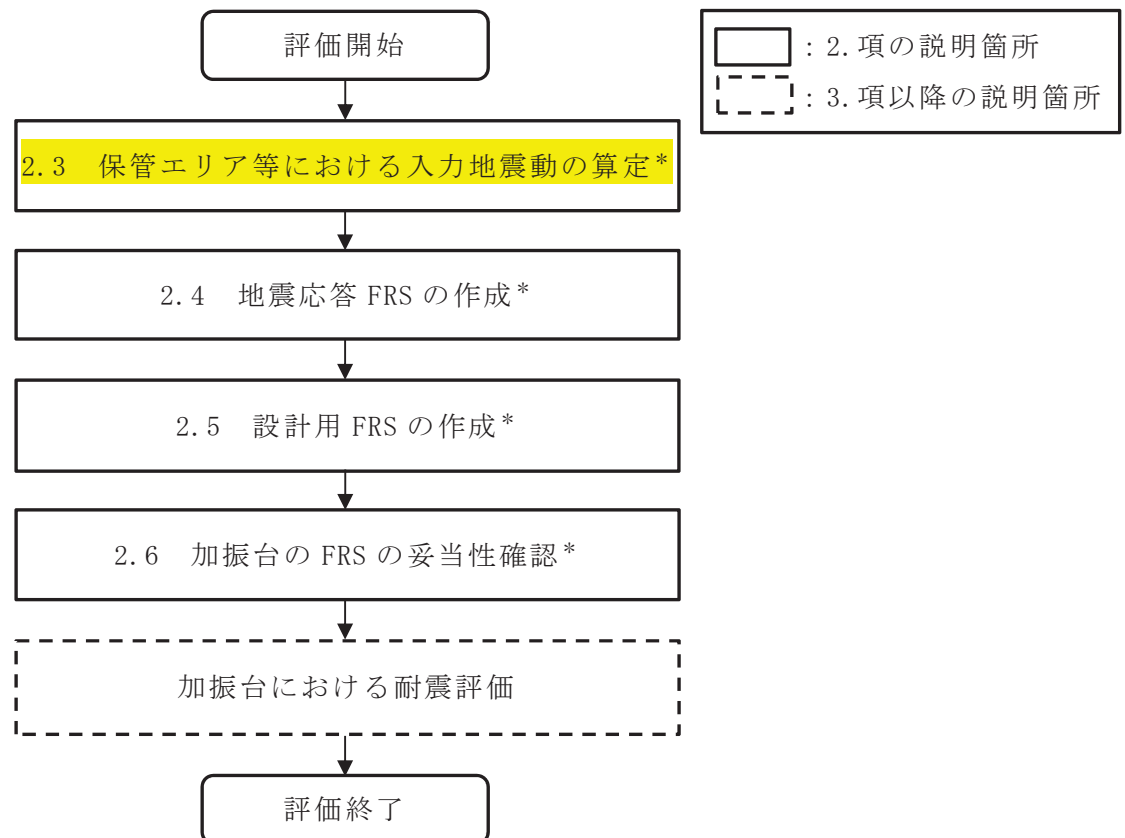
### 2.1 概要

可搬型重大事故等対処設備の加振試験による耐震評価フローを図 2-1 に示す。

ここでは、加振試験における加振台の床応答曲線（以下「FRS」という。）の妥当性を確認するために、可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における地表面の入力地震動（以下「保管エリア等における入力地震動」という。）の算定、加速度応答スペクトル（以下「地震応答 FRS」という。）及び設計用 FRS<sup>\*1</sup>の作成並びに加振台の FRS の妥当性について示す。

なお、原子炉建屋、制御建屋における入力地震動の算定については、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

**\*1：設計用 FRS については「2.5 設計用 FRS の作成」に示すとおり。**



注記\*：フロー中の番号は本資料での記載箇所

図 2-1 可搬型重大事故等対処設備の加振試験による耐震評価フロー

## 2.2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等

可搬型重大事故等対処設備は、位置的分散を考慮し、以下に示す箇所に保管する。

可搬型重大事故等対処設備保管エリア等の位置図を図 2-2 に示す。

- ①：第 1 保管エリア
- ②：第 2 保管エリア
- ③：第 3 保管エリア
- ④：第 4 保管エリア
- ⑤：緊急時対策建屋北側

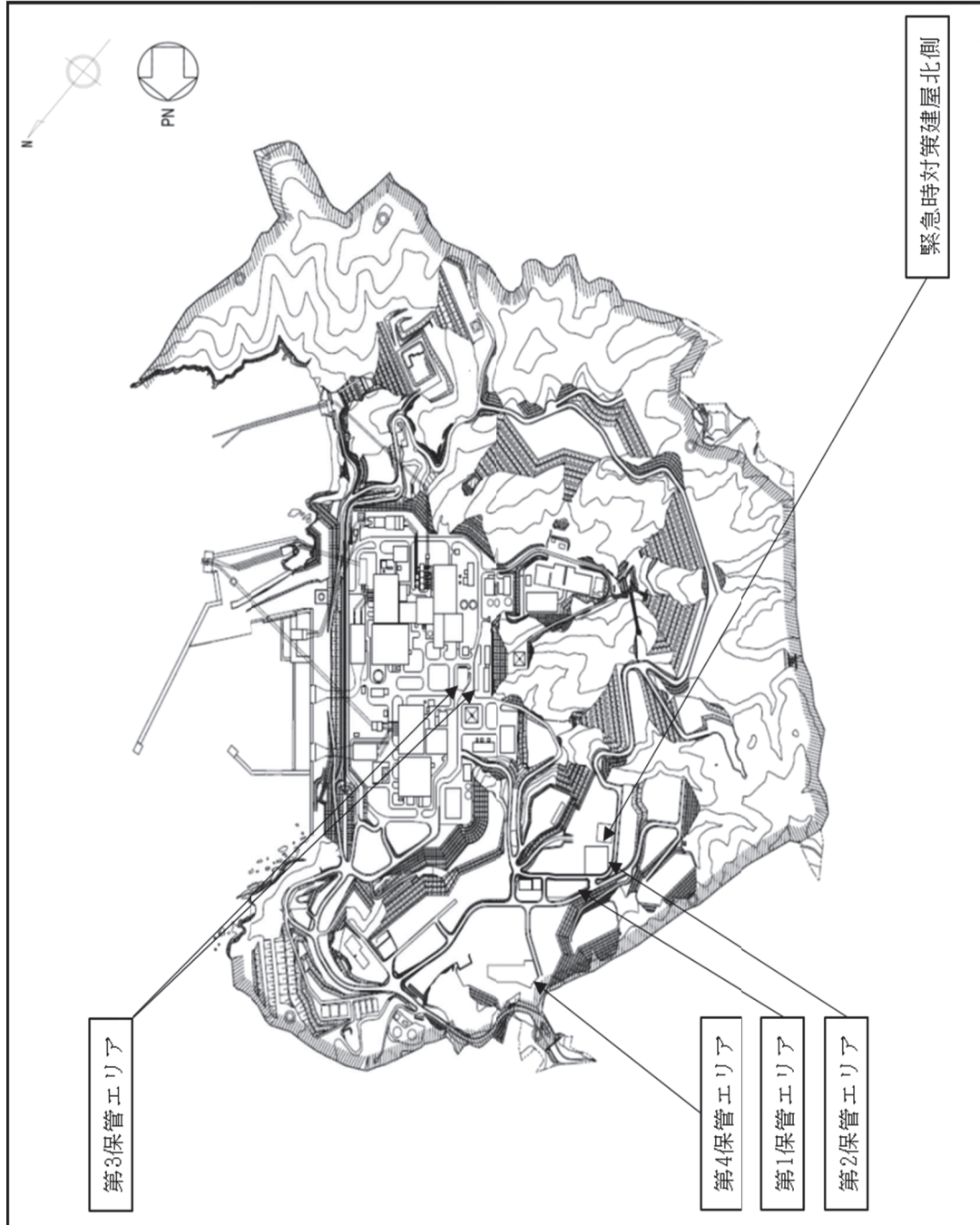


図 2-2 可搬型重大事故等対処設備保管エリア等の位置

## 2.3 保管エリア等における入力地震動の算定

### 2.3.1 保管エリア等における入力地震動の算定方針

保管エリア等における入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を基に、各保管エリア等における地震応答解析により算定する。基準地震動  $S_s$  は添付書類「VI-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」による。

第1, 第3, 第4 保管エリアにおける地盤の地震応答解析は、一次元重複反射理論により行う。解析コードは「SHAKE Ver1.6」及び「microSHAKE/3D Ver2.3.3」を使用する。

第2 保管エリアは淡水貯水槽上に設定されており、地盤及び構造物の地震応答解析は二次元 FEM 解析により行う。解析コードは「SuperFLUSH/2D Ver.6.1」を使用する。

緊急時対策建屋北側における地盤の地震応答解析は、一次元重複反射理論により行う。解析コードは「SHAKE Ver1.6」を使用する。

保管エリア等における入力地震動の算定フローを図 2.3.1-1 に示す。

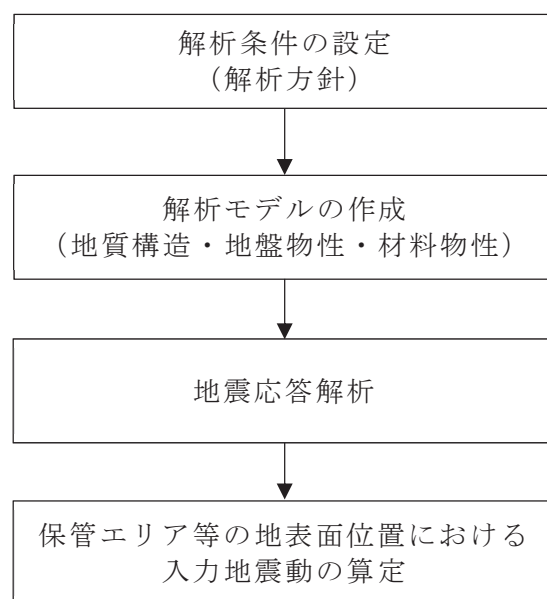


図 2.3.1-1 保管エリア等における入力地震動の算定フロー図

## 2.3.2 解析条件の設定

### (1) 地盤の解析用物性値

保管エリア等における地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値を表 2.3.2-1～表 2.3.2-4 に、地盤の解析用物性値の設定根拠を表 2.3.2-5～表 2.3.2-8 に示す。

第 1, 第 2, 第 4 保管エリア及び緊急時対策建屋北側には牧の浜部層の解析用物性値を、第 3 保管エリアには狐崎部層の解析用物性値を用いる。

表 2.3.2-1(1) 地盤の解析用物性値(狐崎部層)

岩種・岩級	物理特性		強度特性				変形特性			
	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	静的・動的特性		静的特性		動的特性		減衰定数 h	
			内部摩擦角 $\phi$ (°)	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$		
B級	砂岩	26.4	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.25	表2.3.2-1(2) 参照	0.03	
	頁岩	26.9	1.58	46.0	$1.36\sigma^{0.62}$	2,160	0.28		0.03	
	礫岩	28.7	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.31		0.03	
C <sub>H</sub> 級	砂岩	26.2	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.24		0.03	
	頁岩	26.6	1.58	46.0	$1.36\sigma^{0.62}$	2,160	0.25		0.03	
	礫岩	28.0	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.29		0.03	
C <sub>M</sub> 級	砂岩	25.2	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
	頁岩	25.8	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.20		0.03	
	礫岩	25.2	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
C <sub>L</sub> 級	砂岩	24.1	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	400	0.31		0.03	
	頁岩	24.1	0.44	27.0	$0.58\sigma^{0.31}$	400	0.31		0.03	
	礫岩	24.1	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	400	0.31		0.03	
D級	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38	$G_0 = 255.4\sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 =$ $1/(1+119\gamma^{0.63})$	h = 0.085 $\gamma$ / (0.00026 + $\gamma$ ) + 0.028	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12\sigma^{0.21}$	39	0.38			
	礫岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38			



表 2.3.2-1(2) 地盤の解析用物性値(狐崎部層)

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断弾性係数 $G_d(N/mm^2)$	動ポアソン比 $\nu_d$
B級 及び C <sub>H</sub> 級	砂岩	第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.9 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.2 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.5 \times 10^3$	0.35
	頁岩	第2速度層	$1.6 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$6.0 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.5 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.7 \times 10^3$	0.35
	ひん岩	第3速度層	$6.4 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$14.2 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$17.6 \times 10^3$	0.35
	C <sub>M</sub> 級	砂岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$
第2速度層			$1.5 \times 10^3$	0.44
第3速度層			$5.7 \times 10^3$	0.40
第4速度層			$12.7 \times 10^3$	0.36
第5速度層			$15.8 \times 10^3$	0.35
頁岩		第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.9 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$13.0 \times 10^3$	0.36
		第5速度層	$16.2 \times 10^3$	0.35
ひん岩		第2速度層	$1.5 \times 10^3$	0.44
		第3速度層	$5.7 \times 10^3$	0.40
		第4速度層	$12.7 \times 10^3$	0.36
C <sub>L</sub> 級	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48	
	第2速度層	$1.4 \times 10^3$	0.44	
	第3速度層	$5.5 \times 10^3$	0.40	
D級	第1速度層	表 2.3.2-1(1) 参照	0.48	
	第2速度層		0.44	

表 2.3.2-2(1) 地盤の解析用物性値(牧の浜部層)

岩種・岩級	物理特性 単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	強度特性				変形特性		
		静的・動的特性		静的特性		動的特性		減衰定数 $h$
		せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動ポアソン比 $\nu_d$	
B級	砂岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	4,100	0.21	表2.3.2-2(2)参照	0.03
	頁岩	1.25	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	3,700	0.23		0.03
	ひん岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	2,800	0.18		0.03
C <sub>H</sub> 級	砂岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	1,900	0.19		0.03
	頁岩	1.25	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	1,900	0.22		0.03
	ひん岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	1,900	0.18		0.03
C <sub>M</sub> 級	砂岩	0.78	50.0	$1.09\sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03
	頁岩	0.76	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	1,500	0.21		0.03
	ひん岩	0.78	50.0	$1.09\sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03
C <sub>L</sub> 級	砂岩	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03
	頁岩	0.44	27.0	$0.58\sigma^{0.31}$	180	0.26		0.03
	ひん岩	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03
D級	砂岩	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38	$h = 0.085\gamma / (0.00026 + \gamma) + 0.028$	
	頁岩	0.10	24.0	$0.12\sigma^{0.21}$	39	0.38		
	ひん岩	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38		

表 2.3.2-2(2) 地盤の解析用物性値(牧の浜部層)

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断弾性係数 $G_d(N/mm^2)$	動ポアソン比 $\nu_d$
B級 及び C <sub>H</sub> 級	砂岩	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	頁岩	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	ひん岩	第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
	C <sub>M</sub> 級	砂岩	第1速度層	$0.2 \times 10^3$
第2速度層			$1.2 \times 10^3$	0.45
第3速度層			$4.7 \times 10^3$	0.41
第4速度層			$11.5 \times 10^3$	0.34
第5速度層			$16.8 \times 10^3$	0.33
頁岩		第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48
		第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
		第5速度層	$16.8 \times 10^3$	0.33
ひん岩		第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45
		第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41
		第4速度層	$11.5 \times 10^3$	0.34
C <sub>L</sub> 級	第1速度層	$0.2 \times 10^3$	0.48	
	第2速度層	$1.2 \times 10^3$	0.45	
	第3速度層	$4.7 \times 10^3$	0.41	
D級	第1速度層	表 2.3.2-2(1) 参照	0.48	
	第2速度層		0.45	

表 2.3.2-3 地盤の解析用物性値(盛土ほか)

岩種・岩級	強度特性										変形特性			
	物理特性					静的・動的特性					静的特性		動的特性	
	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比 $\nu_s$	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	動ポアソン比 $\nu_d$	減衰定数 $h$				
盛土	20.6	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$	$198 \sigma^{0.60}$	0.40	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)^*$	0.48	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$				
旧表土	19.0	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$	$302 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00087)$	0.46	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$				
断層 及びシーム	18.6	0.067	22.2	—	$0.067 + \sigma \tan 22.2^\circ$	圧縮方向 $124.5 \sigma^{0.90}$ せん断方向 $44.43 \sigma^{0.90}$	0.40	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0012)^*$	0.46	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089(\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$				
セメント改良土	21.6	0.65	44.3	0.46	$0.21 + \sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00085)$	0.36	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$				
改良地盤	20.6	1.39	22.1	0.65	$0.51 + \sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00136)$	0.35	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$				
背面補強工	24.0	—									0.2	0.05		
置換コンクリート	22.5	—									0.2	0.05		

注記\*: 残存剛性率 ( $G_d/G_0$ ) が小さい領域は次式で補間

$$G_0 = E_s / 2(1 + \nu_s), G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m), \gamma_m = \tau_t / G_0$$

表 2.3.2-4 地盤の解析用物性値（マンメイドロック）

	物理特性	強度特性				変形特性			
	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	残留強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)
マンメイドロック（既設） (f' ck=15.6 N/mm <sup>2</sup> )	22.6	3.12	-*	1.43	-*	20590	8579	0.2	3
マンメイドロック（新設） (f' ck=21.0 N/mm <sup>2</sup> )	22.5	4.20	-*	1.75	-*	23500	9792	0.2	3

注記\*：内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

表 2.3.2-5 地盤の解析用物性値の設定根拠(狐崎部層)

岩種・岩級	物理特性	強度特性		変形特性	
		静的・動的特性	静的特性	動的特性	動的特性
B級 及び C <sub>II</sub> 級	密度試験	ブロックせん断試験* 摩擦抵抗試験*	岩盤変形試験*	砂岩と同じ値	PS検層
			岩盤変形試験*		
			砂岩と同じ値		
C <sub>III</sub> 級	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	砂岩と同じ値	PS検層
			砂岩と同じ値		
			砂岩と同じ値		
C <sub>I</sub> 級	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	砂岩と同じ値	PS検層
			砂岩と同じ値		
			砂岩と同じ値		
D級	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	砂岩と同じ値	繰返し三軸試験
			砂岩と同じ値		
			砂岩と同じ値		
D級	換算値	換算値	換算値	砂岩と同じ値	繰返し三軸試験
			換算値		
			換算値		
D級	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	換算値	砂岩と同じ値	繰返し三軸試験
			換算値		
			換算値		

注記\* : B級については、C<sub>III</sub>級と同じ値を用いる。

表 2.3.3.2-6 地盤の解析用物性値の設定根拠(牧の浜部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性		変形特性	
			静的・動的的特性	静的特性	動的的特性	
B級	砂岩	密度試験 C <sub>H</sub> 級と同じ値	C <sub>H</sub> 級と同じ値	換算値	PS 検層	
	頁岩					
	ひん岩					
C <sub>H</sub> 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	PS 検層	
	頁岩			砂岩と同じ値		
	ひん岩			砂岩と同じ値		
C <sub>M</sub> 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	PS 検層	
	頁岩			岩盤変形試験		
	ひん岩			砂岩と同じ値		
C <sub>L</sub> 級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	PS 検層	
	頁岩			砂岩と同じ値		
	ひん岩			砂岩と同じ値		
D級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	PS 検層	繰返し三軸試験
	頁岩			換算値		
	ひん岩			砂岩と同じ値		

表 2.3.2-7 地盤の解析用物性値の設定根拠(盛土(ほか))

岩種・岩級	物理特性	強度特性		変形特性	
		静的・動的的特性	静的特性	静的特性	動的特性
盛土	現場密度試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	繰返し三軸試験
旧表土	密度試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	繰返し三軸試験
断層及びびシーム	密度試験	単純せん断試験	単純せん断試験	単純せん断試験	繰返し単純せん断試験
セメント改良土	現場密度試験	三軸圧縮試験 岩石の引張強さ試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	PS 検層 繰返し三軸試験
改良地盤	密度試験	三軸圧縮試験 岩石の引張強さ試験	三軸圧縮試験	平板載荷試験	PS 検層 繰返し三軸試験
背面補強工 置換コンクリート					

コンクリート標準示方書 構造性能照査編

表 2.3.2-8 地盤の解析用物性値の設定根拠(マンメイドロロック)

	物理特性	強度特性			変形特性		
		せん断強度 $\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断剛性 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)
マンメイドロロック (既設) ( $f'_{ck}=15.6$ N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) 文献に基づき 設定*1	文献に基づき設定*2 ( $\tau_0=1/5f'_{ck}$ )	文献に基づき設定*1 ( $\sigma_t=0.23f'_{ck}^{2/3}$ )	文献に基づき 設定*1	ヤング係数と ポアソン比の 関係より算出	文献に基づき 設定*1	岩盤と同じ値
マンメイドロロック (新設) ( $f'_{ck}=21.0$ N/mm <sup>2</sup> )	文献に基づき 設定*1	文献に基づき設定*2 ( $\tau_0=1/5f'_{ck}$ )	文献に基づき設定*1 ( $\sigma_t=0.23f'_{ck}^{2/3}$ )	文献に基づき 設定*1	ヤング係数と ポアソン比の 関係より算出	文献に基づき 設定*1	岩盤と同じ値

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

\*2: コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編 土木学会 2013年



(2) 地下水位

保管エリアにおける地震応答解析に用いる地下水位は、添付書類「VI-1-1-6-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」に基づき設定する。

緊急時対策建屋北側における地震応答解析に用いる地下水位は、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示す緊急時対策建屋と同様に設定する。

各保管エリア等における地下水位の設定を表 2.3.2-9 に示す。

表 2.3.2-9 各保管エリア等における地下水位の設定

対象	地震応答解析モデルの位置	地下水位* (m)
第 1 保管エリア	①	0. P. +61. 73 (地表面)
	②	0. P. +61. 77 (地表面)
	③	0. P. +61. 69 (地表面)
第 2 保管エリア	NS 方向	0. P. +62. 00 (地表面)
	EW 方向	0. P. +62. 00 (地表面)
第 3 保管エリア	①	0. P. +14. 80 (地表面)
	②	0. P. +14. 80 (地表面)
第 4 保管エリア	①	0. P. +62. 00 (地表面)
	②	0. P. +62. 00 (地表面)
緊急時対策建屋北側	—	0. P. +62. 00 (地表面)

注記\*：2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動を考慮すると、表記値より一様に約 1m 沈下。以後の記載についても同様。

(3) 使用材料及び材料の物性値

第2保管エリアである淡水貯水槽における使用材料及び地震応答解析に必要な材料の物性値を、表2.3.2-10に示す。

表2.3.2-10 使用材料及び材料の物性値\*1

	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )
普通 コンクリート Fc=24	2.27×10 <sup>4</sup> *2	0.945×10 <sup>4</sup> *2	0.2	23*3
鉄筋	2.05×10 <sup>5</sup>	—	—	—

注記\*1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2010改定）

$$*2: E = 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{23}{24}\right)^2 \times \left(\frac{24}{60}\right)^{\frac{1}{3}} = 22669 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow 2.27 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$G = \frac{3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{23}{24}\right)^2 \times \left(\frac{24}{60}\right)^{\frac{1}{3}}}{2(1+0.2)} = 9445.4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 0.945 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

\*3：鉄筋コンクリートの場合は24とする。

(4) 基準地震動 S s

保管エリア等における地震応答解析に用いる基準地震動 S s は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動 S s 及び弾性設計用地震動 S d の策定概要」に基づき、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動 S s を用いる。

### 2.3.3 地震応答解析モデルの作成

地震応答解析モデルは、各保管エリア等において、周辺の地質構造を考慮して作成する。なお、第2保管エリアは淡水貯水槽上に設定されており、地盤及び構造物をモデル化する。

地震応答解析モデルは、評価対象地点近傍のボーリング調査等の結果に基づき作成した地質断面図を基に作成する。敷地内で実施したボーリング調査位置及び各保管エリア等の地質断面図位置を図2.3.3-1に、地質断面図及び地質断面図作成にあたり参照したボーリング調査の代表位置を図2.3.3-2～2.3.3-6に示す。なお、代表位置におけるボーリング柱状図は「補足-600-1 地盤の支持性能について」に示す。

第1, 3, 4保管エリアについては、作成した地質断面図を基に、地表面加速度に影響を及ぼす岩盤、速度層の分布及びマンメイドロック（以下「MMR」という。）に着目し、保管エリアごとに地震応答解析モデルの作成位置を選定する。

第2保管エリア及び緊急時対策建屋北側については、作成した地質断面図を基に地震応答解析モデルを作成する。

地震応答解析モデルの作成位置を図2.3.3-7に、地震応答解析モデルを図2.3.3-8～図2.3.3-12及び表2.3.3-1～表2.3.3-2に示す。

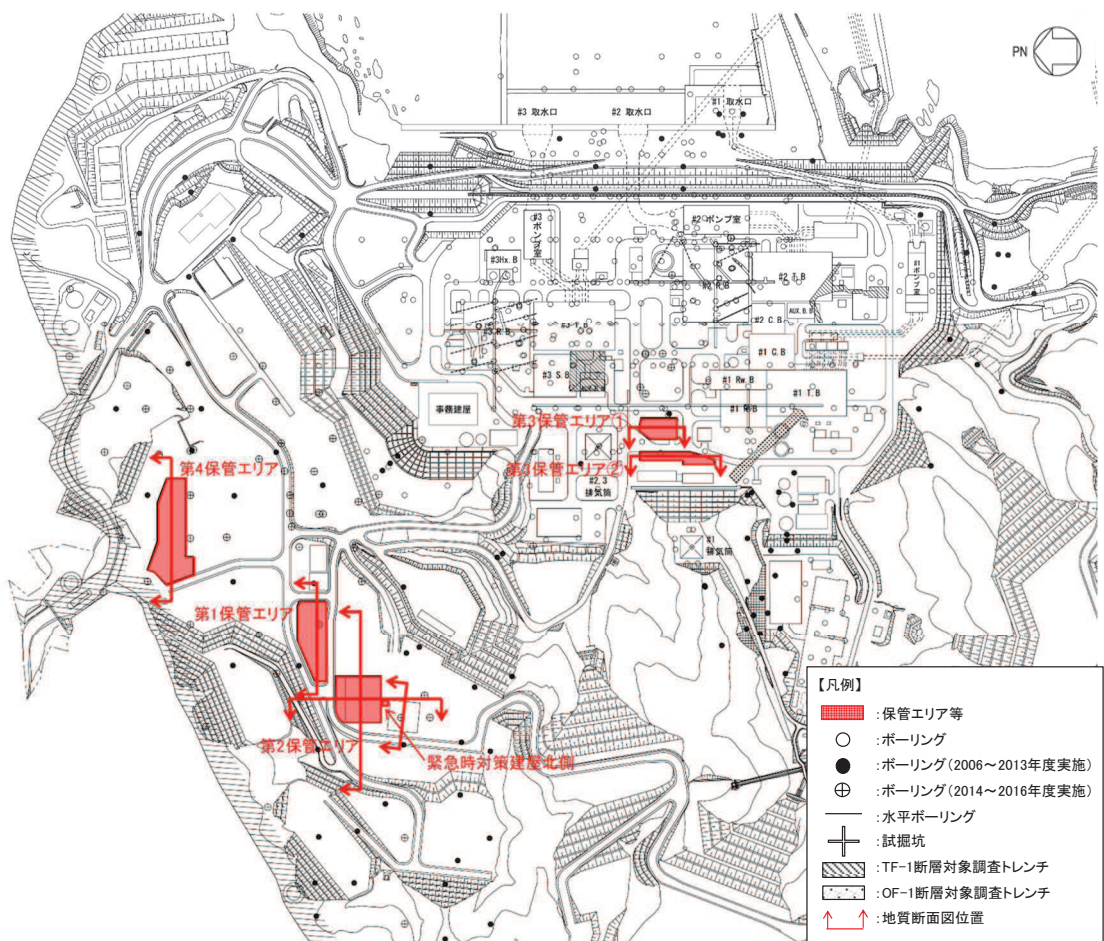


図 2.3.3-1 ボーリング調査位置及び地質断面図位置

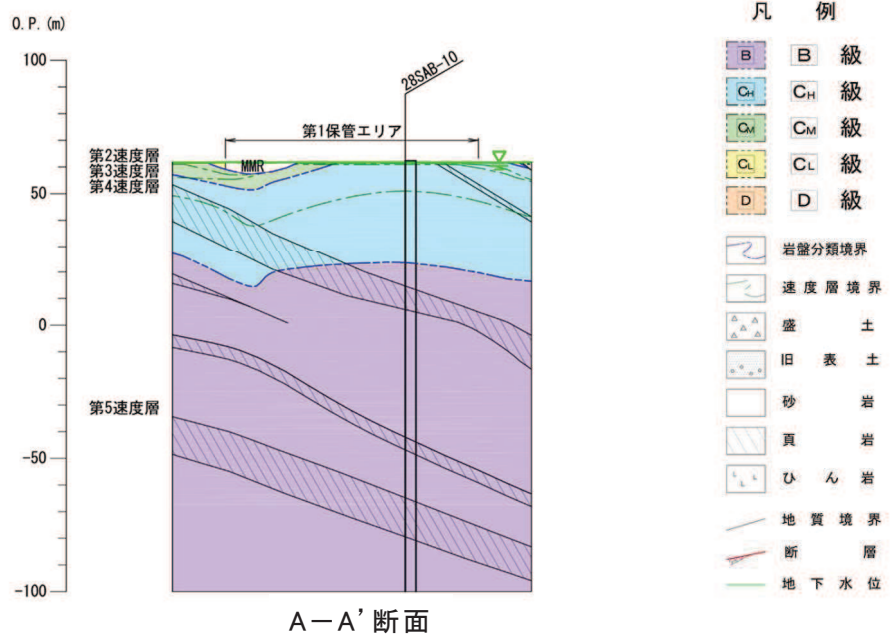
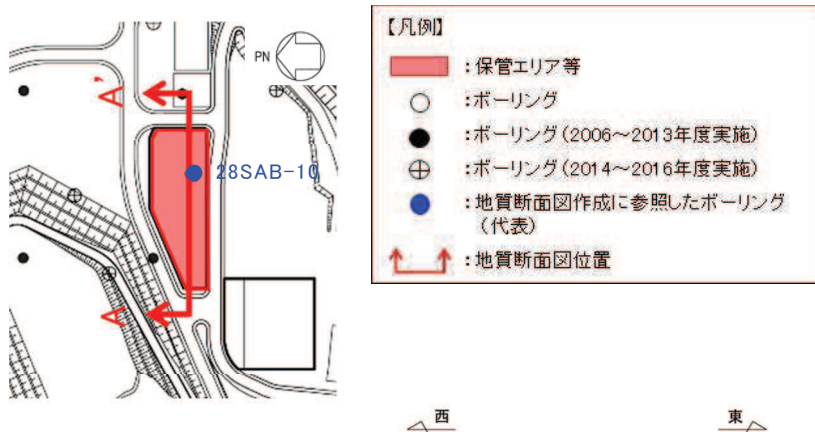
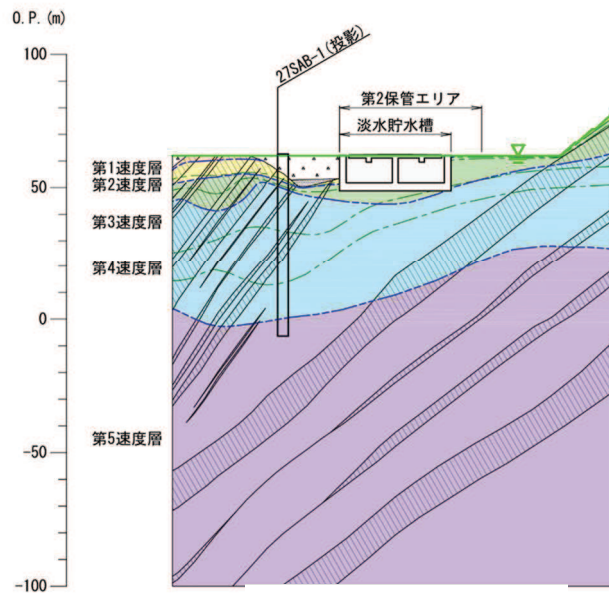
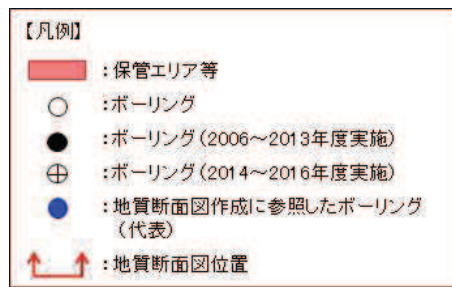
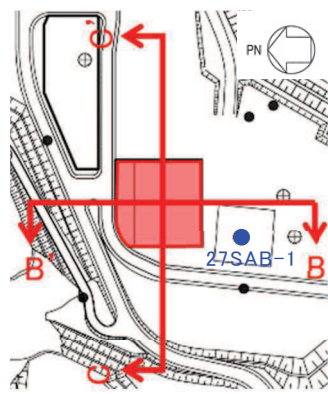
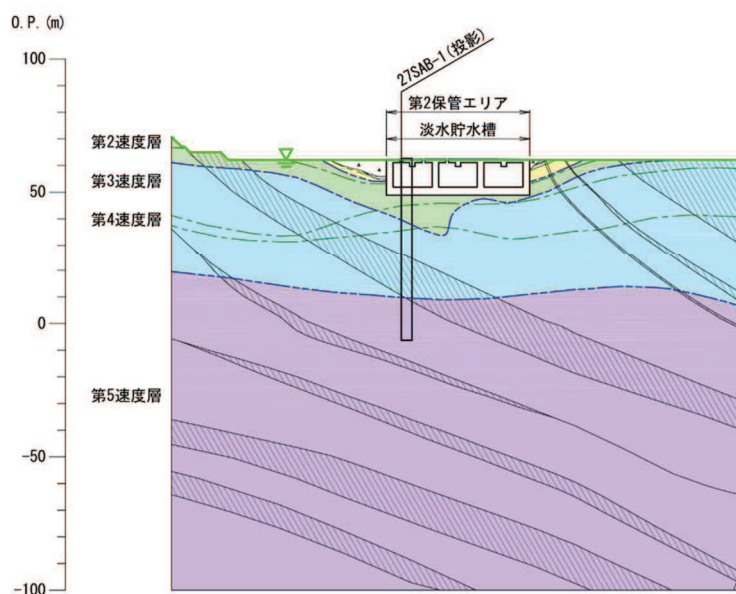


図 2.3.3-2 第1保管エリアの地質断面図



B-B' 断面 (NS 方向)



C-C' 断面 (EW 方向)



図 2.3.3-3 第 2 保管エリアの地質断面図

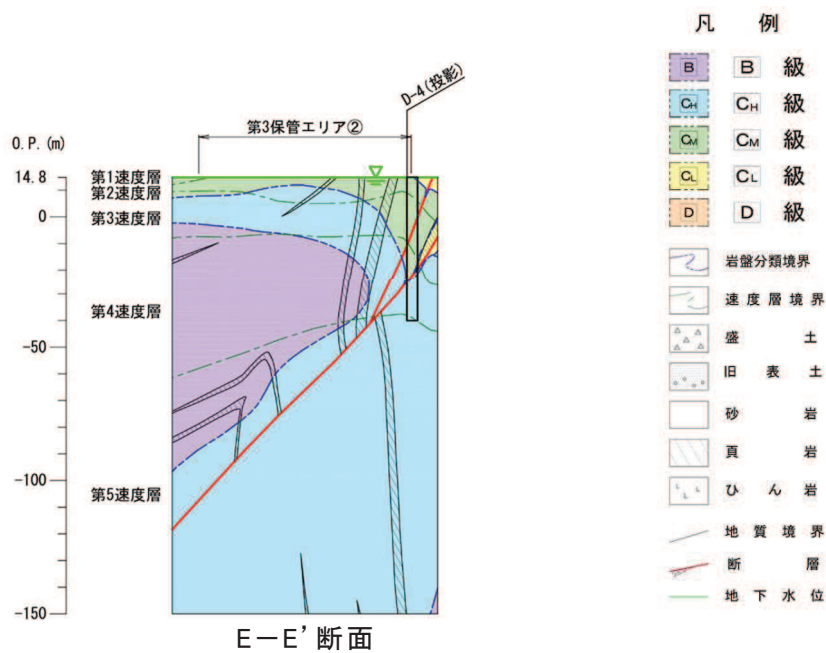
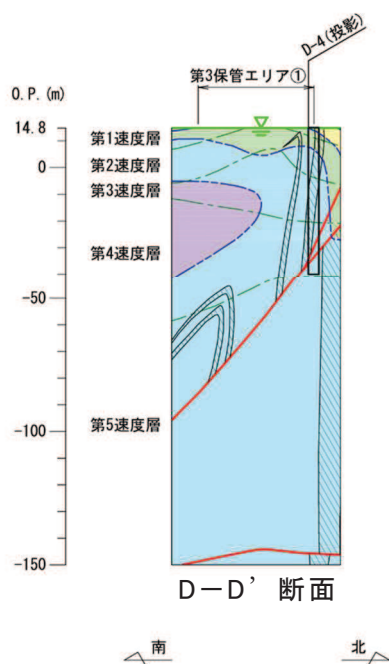
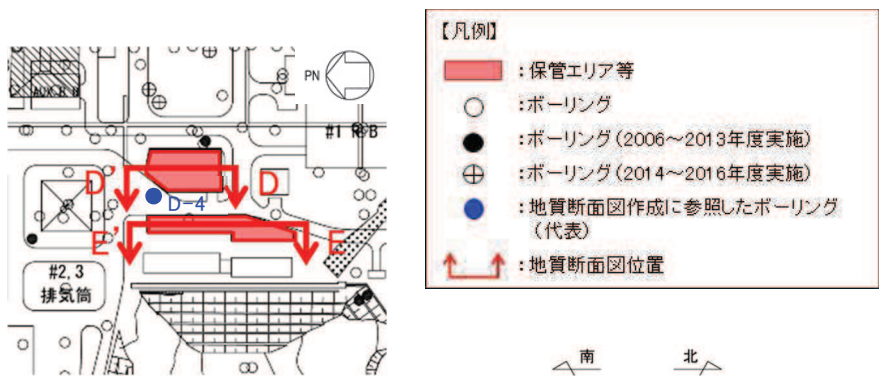


図 2.3.3-4 第3保管エリアの地質断面図

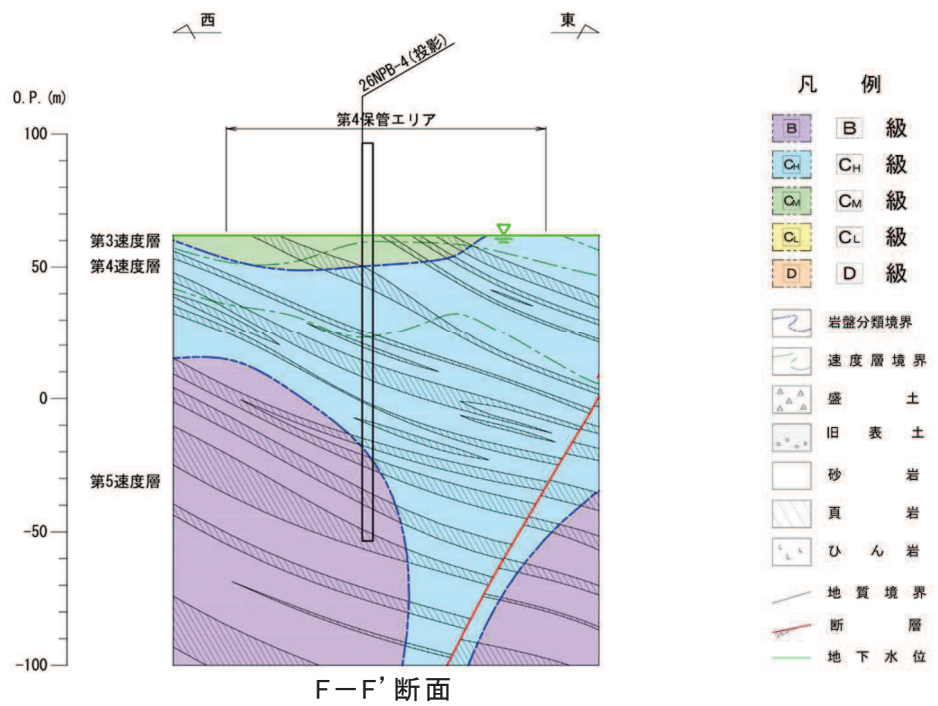
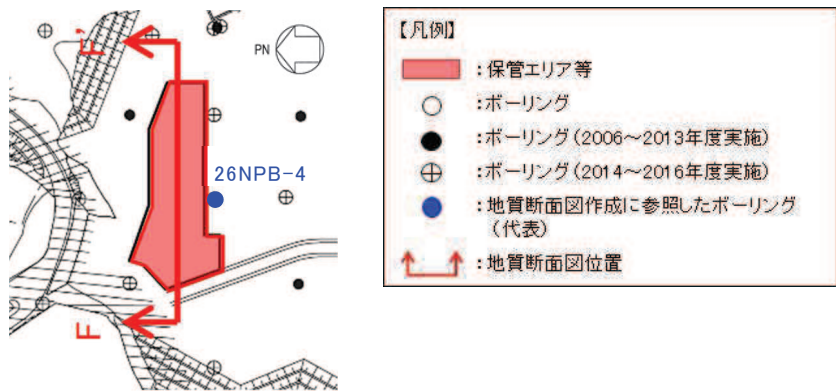


図 2.3.3-5 第4保管エリアの地質断面図

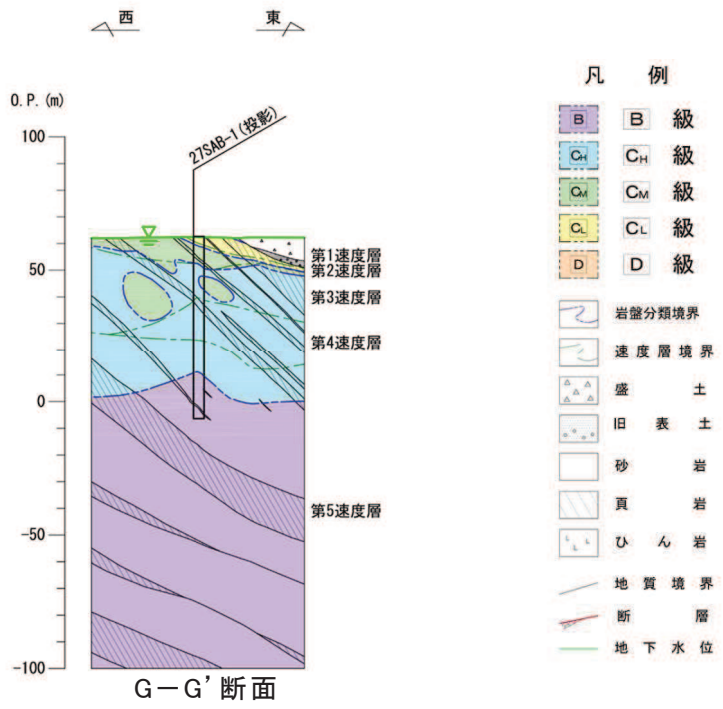
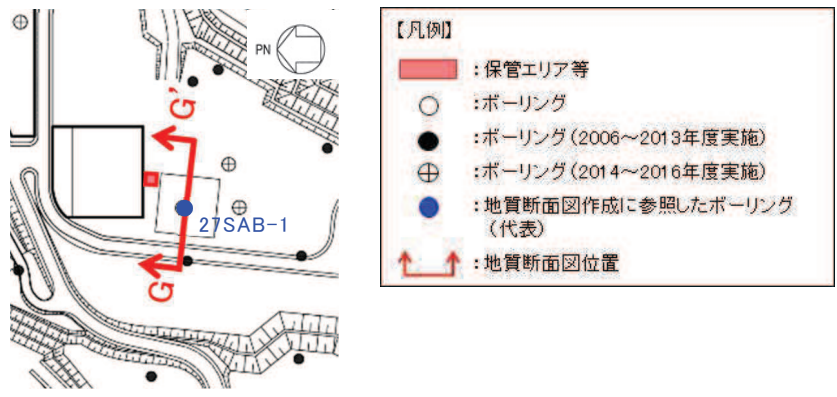


図 2.3.3-6 緊急時対策建屋北側の地質断面図



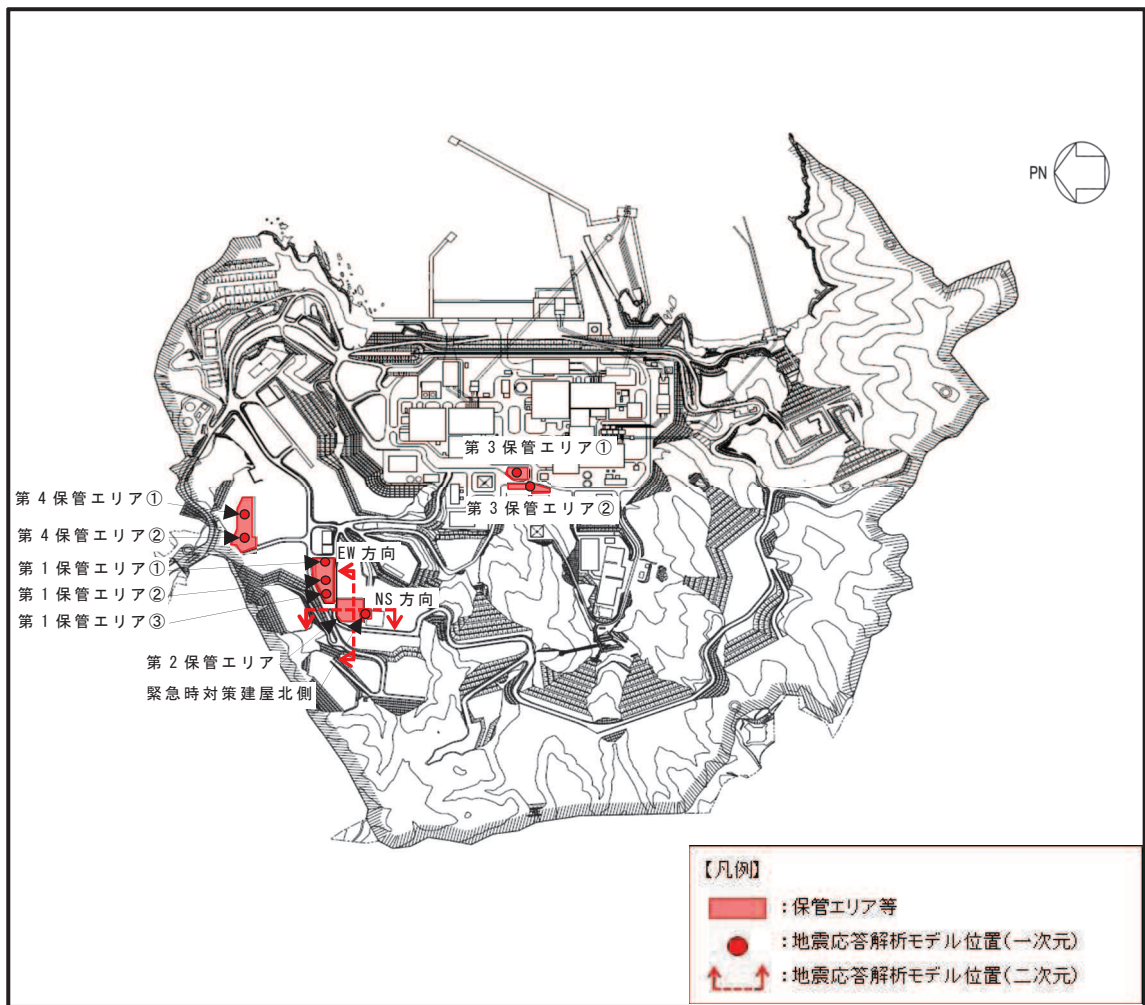
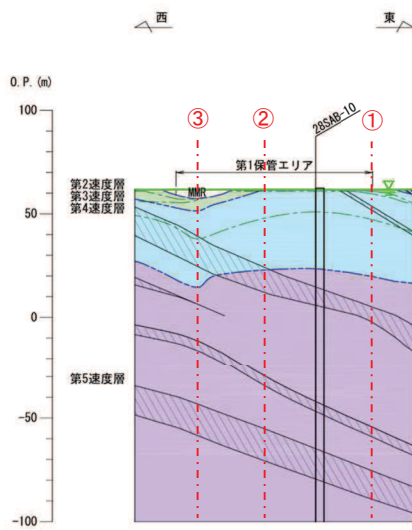


図 2.3.3-7 地震応答解析モデルの作成位置



第1保管エリア③

第1保管エリア②

第1保管エリア①

【地質区分】 【標高】

【地質区分】 【標高】

【地質区分】 【標高】

第2速度層 O.P.+ 61.69m  
 第3速度層 O.P.+ 57.38m  
 O.P.+ 57.18m  
 第4速度層 O.P.+ 56.37m  
 O.P.+ 51.44m  
 第5速度層 O.P.+ 37.99m  
 O.P.+ 14.58m

第1速度層 O.P.+ 61.77m  
 第2速度層 O.P.+ 61.54m  
 第3速度層 O.P.+ 61.28m  
 O.P.+ 60.90m  
 第4速度層 O.P.+ 49.63m  
 第5速度層 O.P.+ 23.34m

第1速度層 O.P.+ 61.73m  
 第2速度層 O.P.+ 61.50m  
 第3速度層 O.P.+ 60.87m  
 O.P.+ 59.64m  
 第4速度層 O.P.+ 47.16m  
 第5速度層 O.P.+ 19.73m

第5速度層

第5速度層

第5速度層

O.P.-200.00m

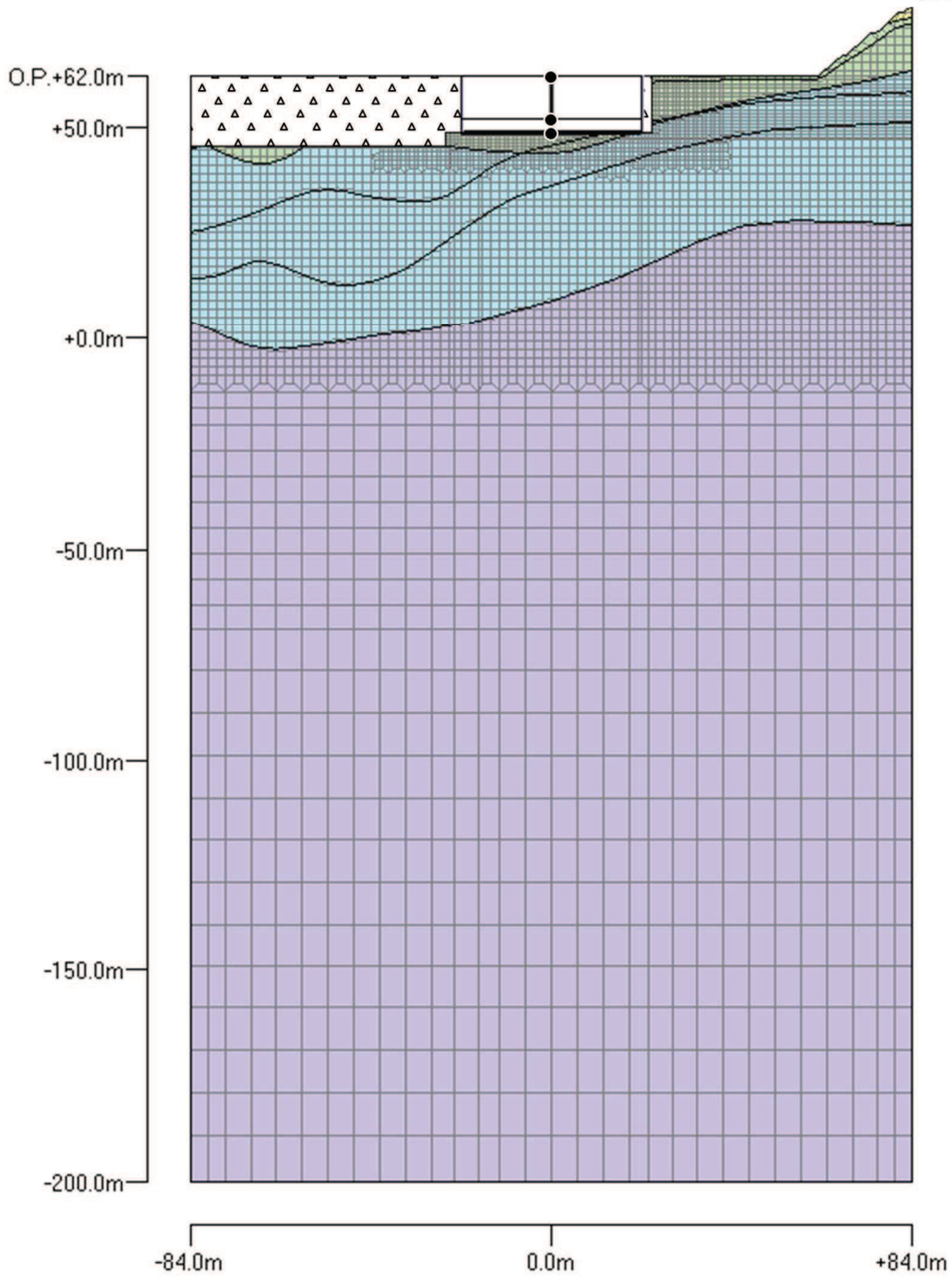
O.P.-200.00m

O.P.-200.00m

- 凡例
- 【岩盤分類】
- B B 級
  - C<sub>H</sub> C<sub>H</sub> 級
  - C<sub>M</sub> C<sub>M</sub> 級
  - C<sub>L</sub> C<sub>L</sub> 級
  - D D 級
- 岩盤分類境界  
 速度層境界  
 盛土  
 旧表土  
 マンメイドロック  
 地下水位

図 2.3.3-8 第1保管エリアの地震応答解析モデル（一次元）

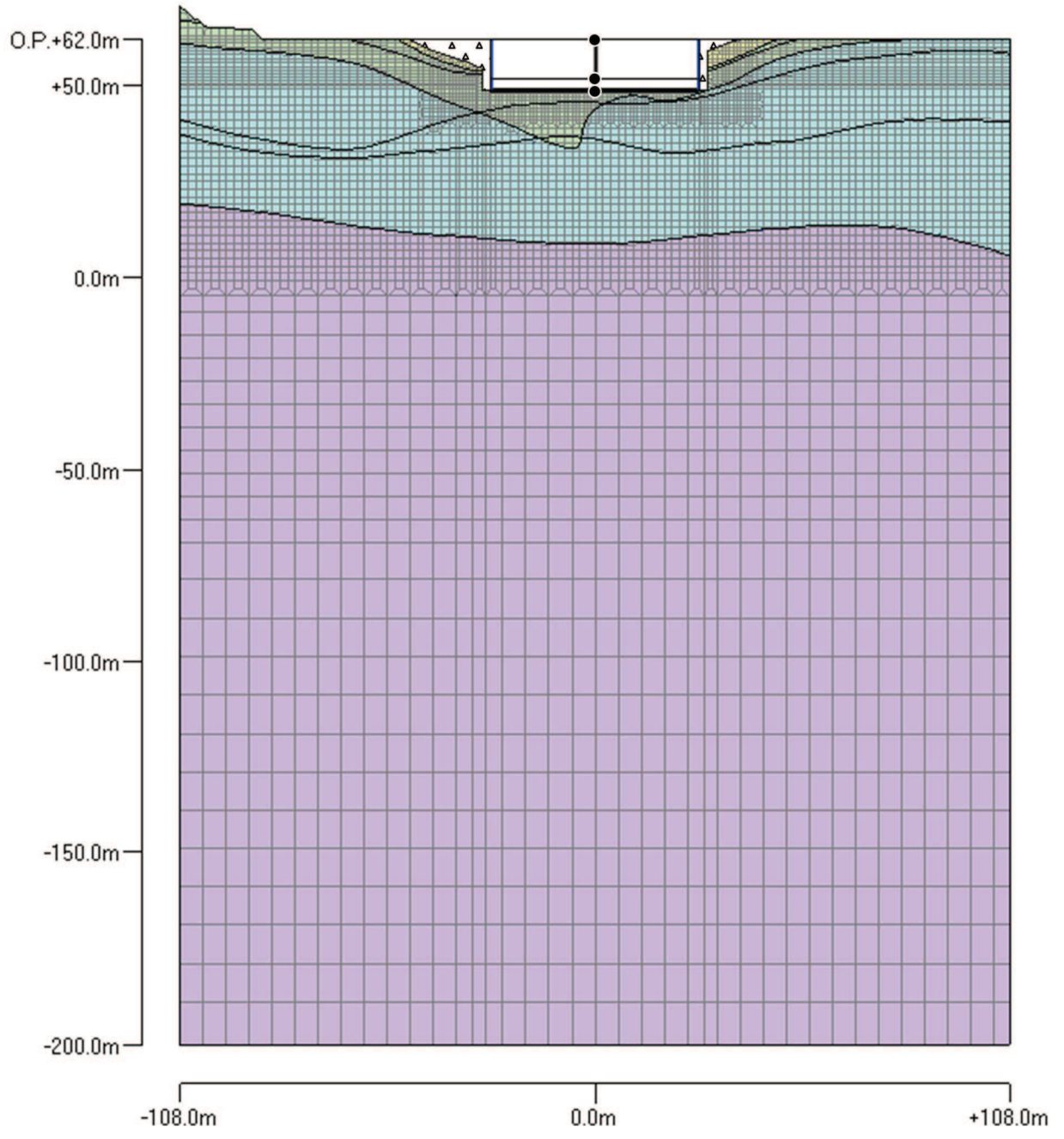
〈岩級〉	〈速度層〉	〈凡例〉
CL級	第2速度層	■
CM級	第2速度層	■
	第3速度層	■
	第4速度層	■
CH級	第3速度層	■
	第4速度層	■
	第5速度層	■
B級	第5速度層	■
盛土	-	▲



(1) NS 方向

図 2.3.3-9(1) 第 2 保管エリアの地震応答解析モデル (二次元)

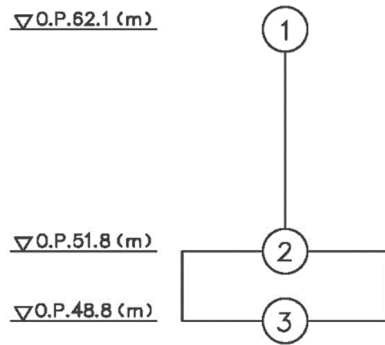
〈岩級〉	〈速度層〉	〈凡例〉
CL級	第2速度層	黄色
CM級	第2速度層	緑色
	第3速度層	緑色
	第4速度層	緑色
	第5速度層	緑色
CH級	第3速度層	青色
	第4速度層	青色
	第5速度層	青色
B級	第5速度層	紫色
盛土	-	点状凡例



(2) EW 方向

図 2.3.3-9(2) 第2保管エリアの地震応答解析モデル (二次元)

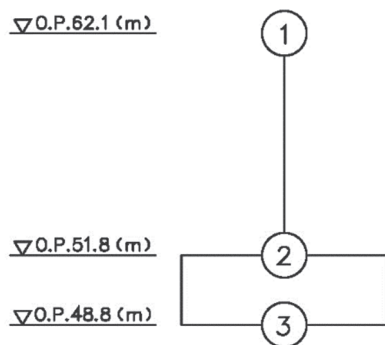
表 2.3.3-1 第2保管エリアの地震応答解析モデル（質点系）諸元（NS方向）



質点番号	重量 W (kN)	回転慣性 I <sub>g</sub> ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	断面2次 モーメント I ( $\times 10^2 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 AS ( $\text{m}^2$ )
1	215960	320.3		
2	252930	376.4	1095.1	405.0
3	81650	120.2	3334.0	2268.0

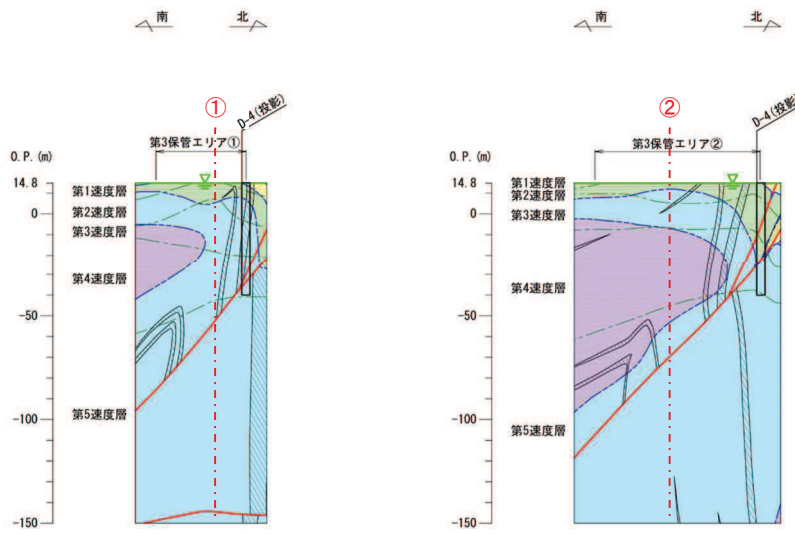
- ・基礎スラブ：42.0m（NS）×54.0m（EW）
- ・総重量：550540（524760）kN

表 2.3.3-2 第2保管エリアの地震応答解析モデル（質点系）諸元（EW方向）



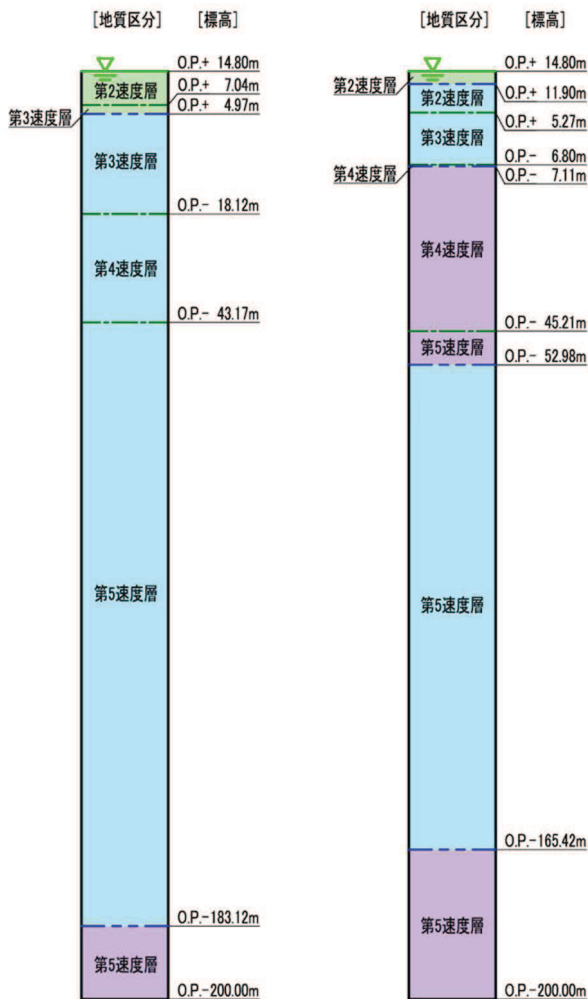
質点番号	重量 W (kN)	回転慣性 I <sub>g</sub> ( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$ )	断面2次 モーメント I ( $\times 10^2 \text{m}^4$ )	せん断 断面積 AS ( $\text{m}^2$ )
1	215960	527.7		
2	252930	619.2	1576.6	388.8
3	81650	198.6	5511.2	2268.0

- ・基礎スラブ：42.0m（NS）×54.0m（EW）
- ・総重量：550540（524760）(kN)



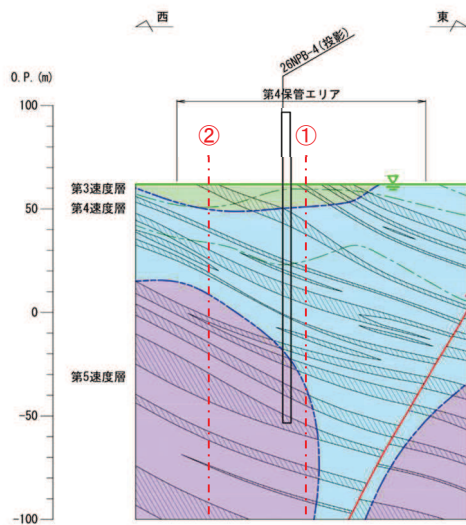
第3保管エリア①

第3保管エリア②

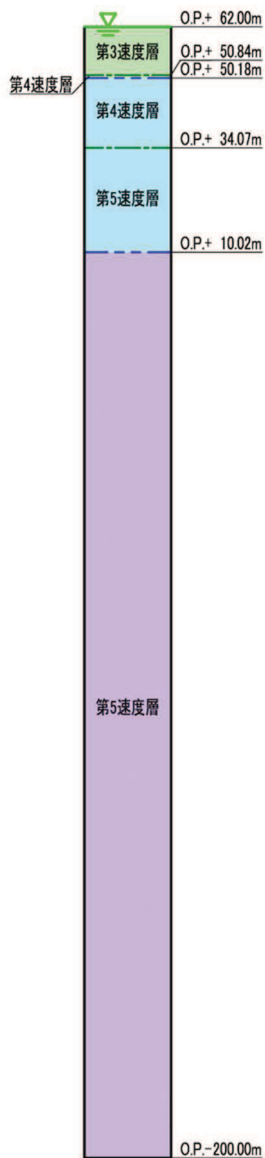


- 凡例
- [岩盤分類]
- B B 級
  - C<sub>H</sub> C<sub>H</sub> 級
  - C<sub>M</sub> C<sub>M</sub> 級
  - C<sub>L</sub> C<sub>L</sub> 級
  - D D 級
- 岩盤分類境界  
 速度層境界  
△ 盛土  
■ 旧表土  
■ マンメイドロック  
 地下水位

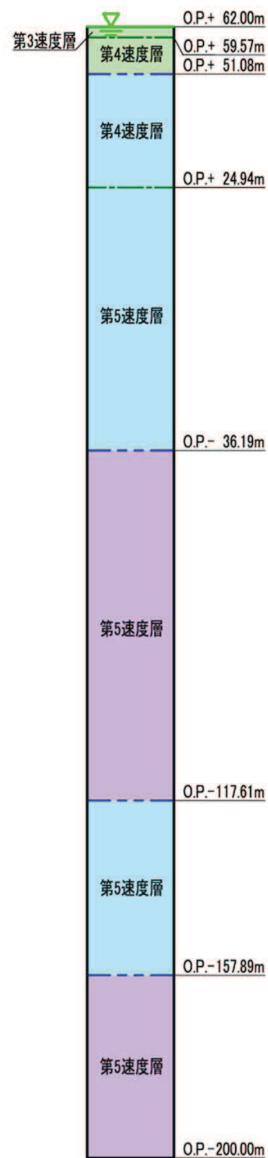
図 2.3.3-10 第3保管エリアの地震応答解析モデル（一次元）



第 4 保管エリア②  
[地質区分] [標高]



第 4 保管エリア①  
[地質区分] [標高]



- 凡例  
[岩盤分類]
- B 級
  - C<sub>H</sub> 級
  - C<sub>M</sub> 級
  - C<sub>L</sub> 級
  - D 級
  - 岩盤分類境界
  - 速度層境界
  - 盛土
  - 旧表土
  - マンメイドロック
  - 地下水位

図 2.3.3-11 第 4 保管エリアの地震応答解析モデル（一次元）

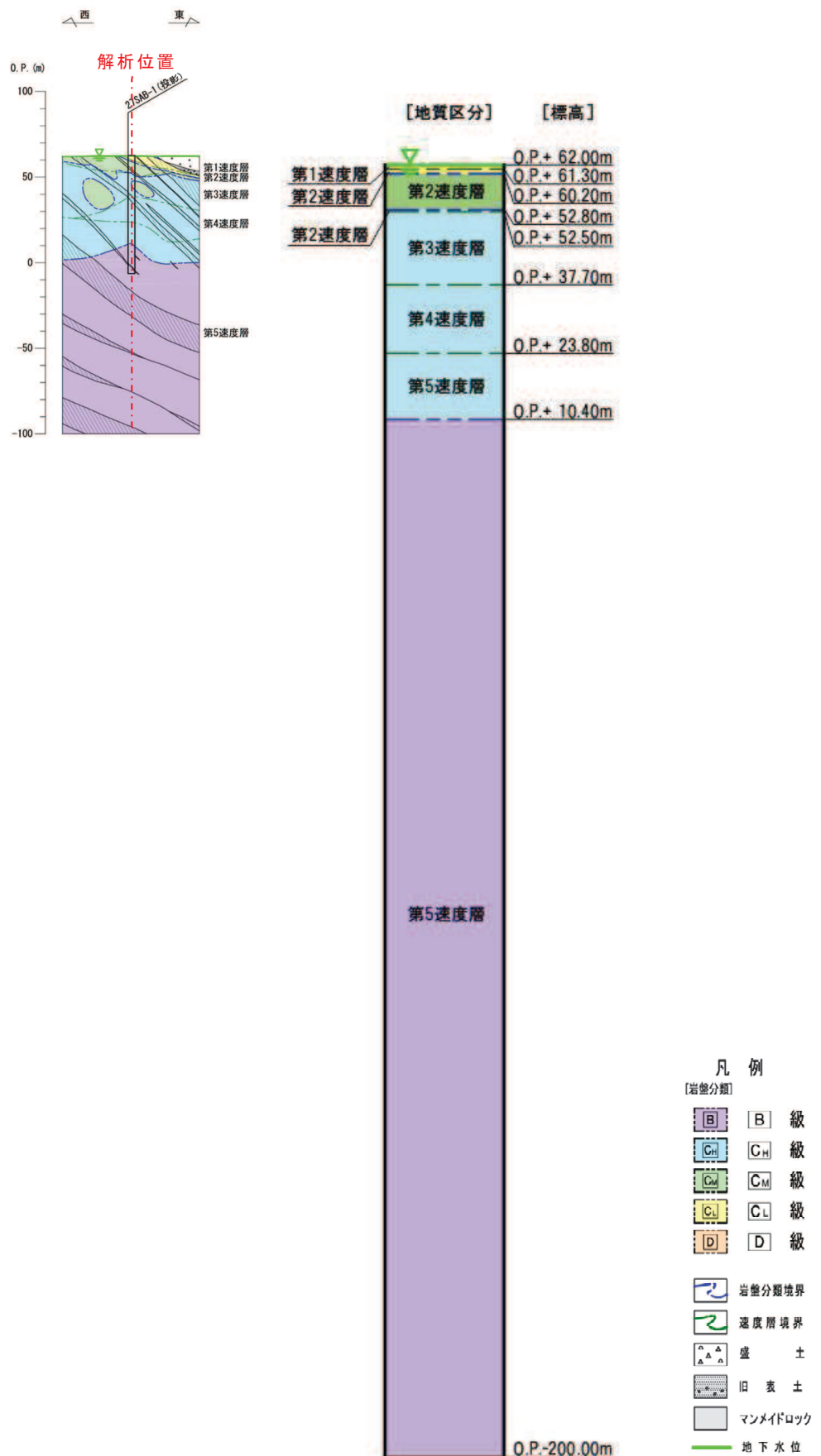


図 2.3.3-12 緊急時対策建屋北側の地震応答解析モデル（一次元）



### 2.3.4 地震応答解析に用いる地震動

地震応答解析に用いる地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を、一次元重複反射理論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

なお、地震応答解析に用いる地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に記載の地下構造モデルを用いる。表 2.3.4-1 に地下構造モデルを示す。なお、第1, 第2, 第4保管エリア及び緊急時対策建屋北側には牧の浜部層の地下構造モデルを、第3保管エリアには狐崎部層の地下構造モデルを用いる。

地震応答解析に用いる地震動算定の概念図を図 2.3.4-1 に示す。地震応答解析に用いる地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver1.6」及び「microSHAKE/3D Ver2.3.3」を使用する。

表 2.3.4-1 地下構造モデル

地層	狐崎部層		牧の浜部層	
標高	解放基盤表面～0. P. -200m		解放基盤表面～0. P. -200m	
P 波速度 $V_p$ (m/s)	0. P. -14. 1m～-25. 0m	3420	0. P. -14. 1m～-27. 0m	3380
	0. P. -25. 0m～-80. 0m	4700	0. P. -27. 0m～-50. 0m	4380
	0. P. -80. 0m～-200. 0m	5130	0. P. -50. 0m～-200. 0m	5060
S 波速度 $V_s$ (m/s)	0. P. -14. 1m～-25. 0m	1300	0. P. -14. 1m～-27. 0m	1360
	0. P. -25. 0m～-80. 0m	2150	0. P. -27. 0m～-50. 0m	2040
	0. P. -80. 0m～-200. 0m	2440	0. P. -50. 0m～-200. 0m	2520
動ポアソン比 $\nu_d$	0. P. -14. 1m～-25. 0m	0. 42	0. P. -14. 1m～-27. 0m	0. 40
	0. P. -25. 0m～-80. 0m	0. 37	0. P. -27. 0m～-50. 0m	0. 36
	0. P. -80. 0m～-200. 0m	0. 35	0. P. -50. 0m～-200. 0m	0. 34
単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	0. P. -14. 1m～-25. 0m	23. 8	0. P. -14. 1m～-27. 0m	26. 1
	0. P. -25. 0m～-80. 0m	24. 6	0. P. -27. 0m～-50. 0m	26. 4
	0. P. -80. 0m～-200. 0m	25. 0	0. P. -50. 0m～-200. 0m	26. 5
減衰定数 $h$ (%)	0. P. -14. 1m～-25. 0m	3	0. P. -14. 1m～-27. 0m	3
	0. P. -25. 0m～-80. 0m		0. P. -27. 0m～-50. 0m	
	0. P. -80. 0m～-200. 0m		0. P. -50. 0m～-200. 0m	

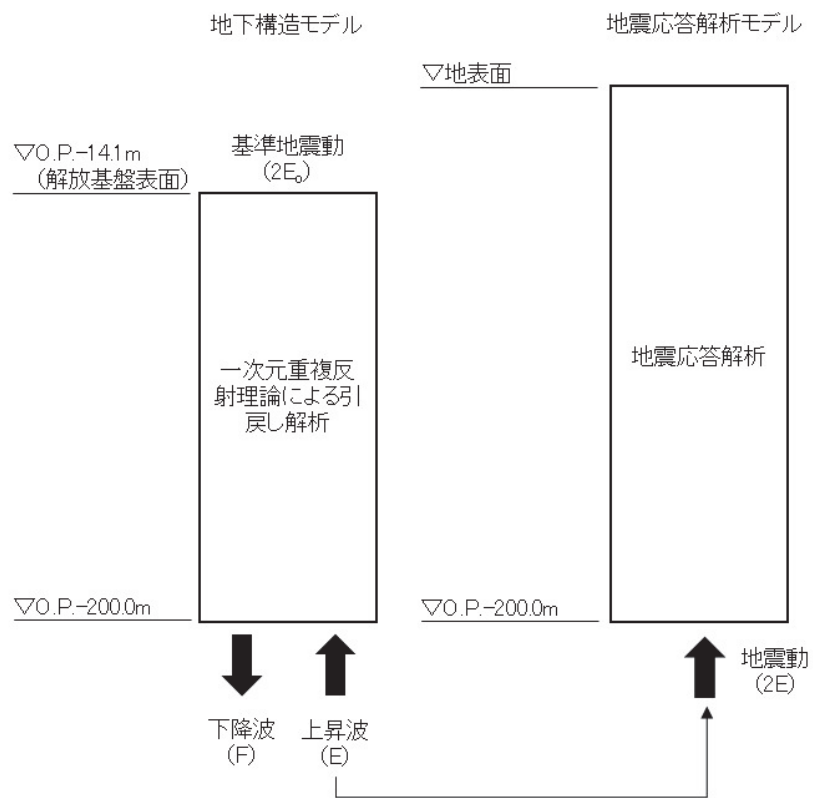


図 2.3.4-1 地震応答解析に用いる地震動算定の概念図

### 2.3.5 地震応答解析における解析ケース

保管エリア等における入力地震動の算定においては、地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 2.3.5-1 に示す解析ケースを設定する。

保管エリア等は主として  $C_M$  級岩盤、 $C_H$  級岩盤、 $B$  級岩盤が分布し、これらの地盤が地震時に保管エリア等における入力地震動に影響を与えると判断されることから、これらの物性のばらつきを考慮した入力地震動を算定する。なお、第2保管エリア直下の淡水貯水槽は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して応答が弾性範囲となるように設計しており、新設の建屋であることから、躯体にひび割れが発生することによる顕著な剛性低下は発生しづらいと考えられる。

表 2.3.5-1 解析ケース

解析ケース	材料物性 ( $E_0$ : ヤング係数)	地盤物性 ( $G_d$ : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値
ケース②		平均値+1 $\sigma$
ケース③		平均値-1 $\sigma$

## 2.4 地震応答 FRS の算定

保管エリア等における入力地震動の解析ケースより、地震応答 FRS を作成する。

地震応答 FRS に用いる減衰定数は、保管エリア等に保管する設備ごとの減衰定数を考慮し設定する。ここでは、代表として車両型設備に対する地震応答 FRS の作成について記載する。

車両型設備の減衰定数は J E A G 4 6 0 1 に規定はなく、減衰機構が複雑であり、様々な文献に複数の減衰定数\*に関する記載がある。これらの文献によると、車両構造の設備は高い減衰が期待できる。

FRS は、高減衰になるほど滑らかになるとともに、車両全体の加速度が小さくなる傾向があり、加振試験により確認した車両型設備の減衰定数は、最も低いものでもホース延長回収車の約 10% で、それ以外の車両型設備はより高減衰となるため、上述の文献を参考に、車両型設備の減衰定数は 8% と設定している。

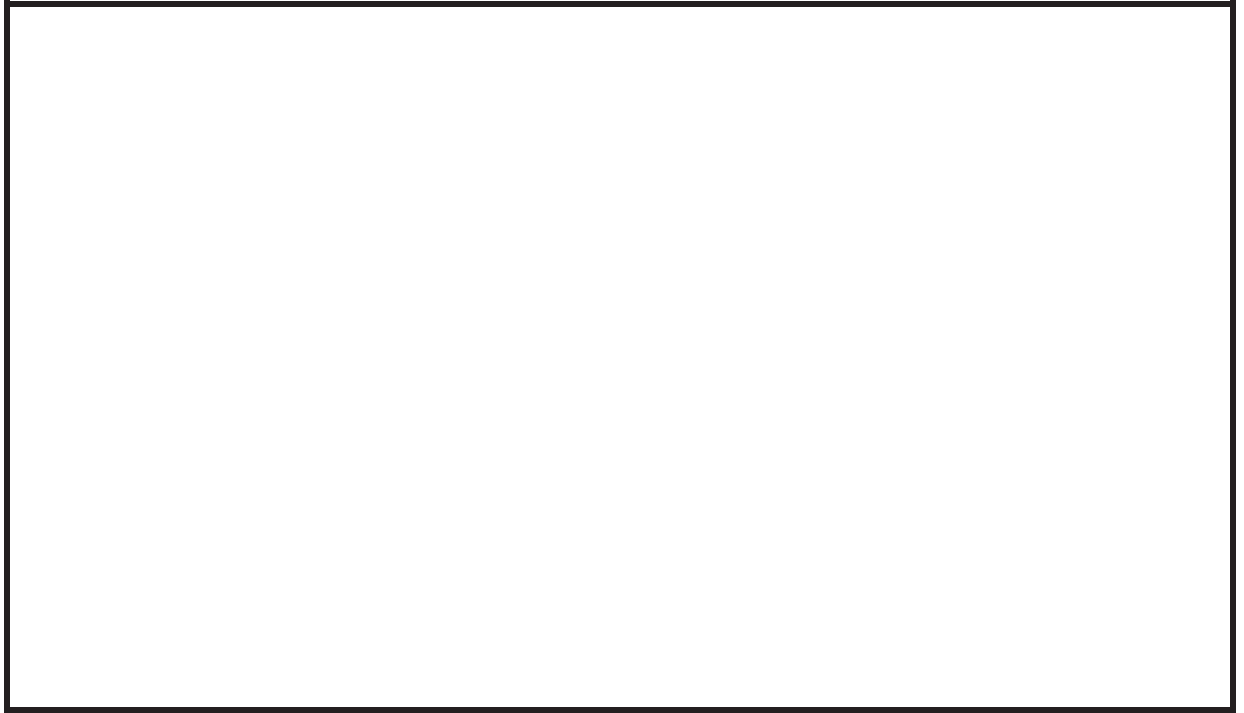
注記\*：自動車技術ハンドブックによると減衰定数は 20%～80%

国土交通省の国土技術製作総合研究所資料第 180 号「大型車の振動特性が橋梁に及ぼす影響に関する研究（Ⅱ）」によると減衰定数は 10%以上

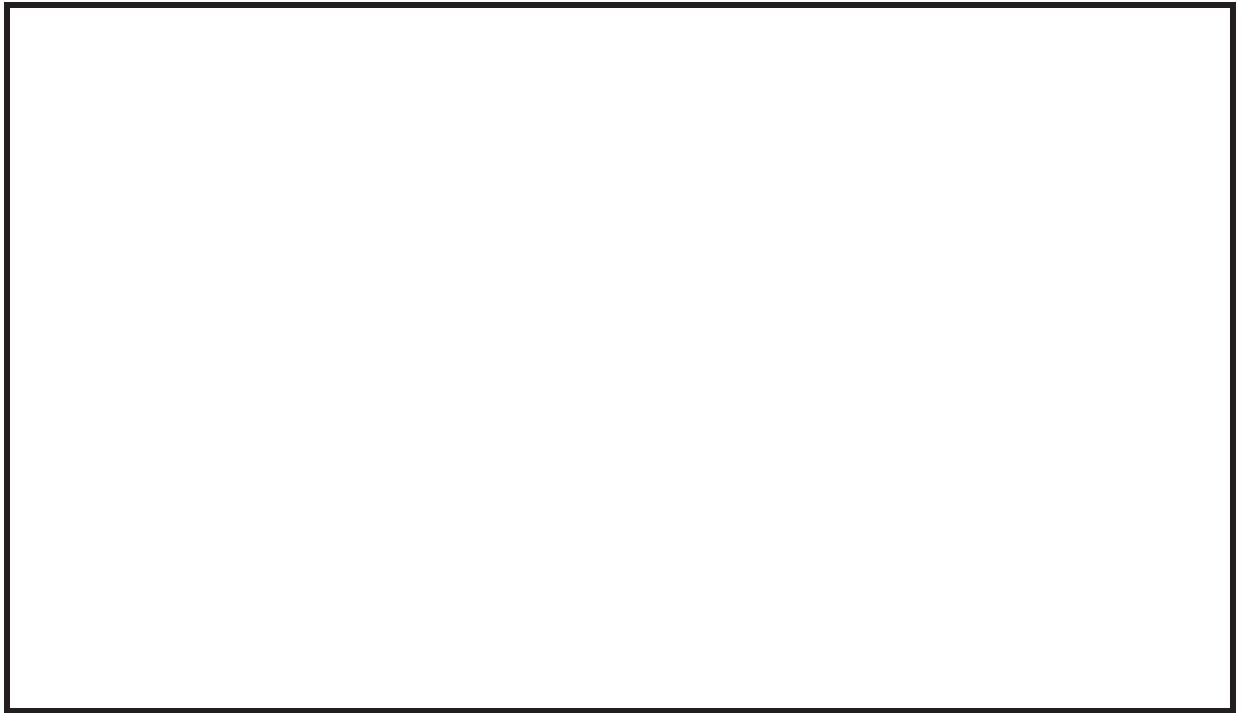
## 2.5 設計用 FRS の作成

「2.4 地震応答 FRS の算定」において作成した各保管エリア等の地震応答 FRS に対して、機器の固有周期のずれ等の影響を考慮し、周期軸方向に±10%の拡幅した FRS と、地盤物性の不確かさを考慮した地震応答解析に基づく地震応答 FRS を包絡する FRS を設計用 FRS としている。

車両型設備を保管する第 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、緊急時対策建屋北側における水平方向及び鉛直方向の設計用 FRS を図 2-3 に示す。



(水平方向)



(鉛直方向)

図 2-3 水平方向及び鉛直方向の設計用 FRS

## 2.6 加振台の FRS の妥当性確認

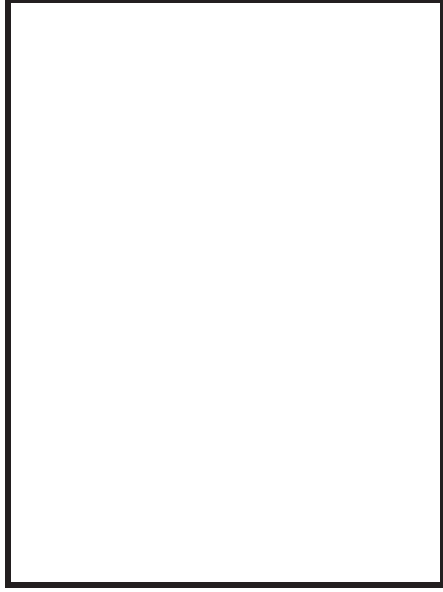
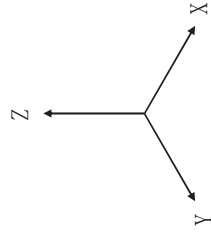
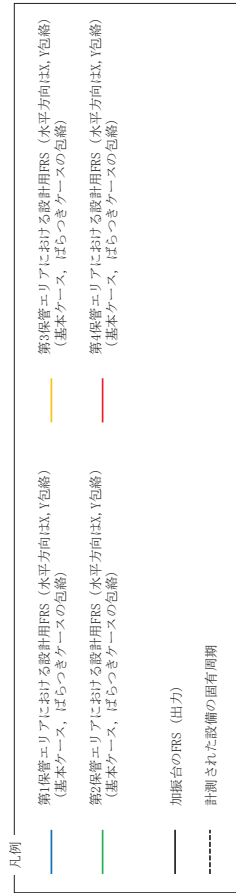
車両型設備について、加振台の FRS と保管エリア等における設計用 FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）の比較を図 2-4 に示す。

図 2-4 のとおり、加振台の FRS は、保管エリア等設計用 FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）をおおむね全周期帯において包絡している、又は一部の周期帯で包絡できない範囲が存在するものの、各車両型設備の固有周期においては、加振台の FRS が保管エリア等における設計用 FRS（基本ケース、ばらつきケースの包絡）を上回っていることを確認した。

設備名称：大容量送水ポンプ（タイプI）

保管場所：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



X 方向（走行軸直角方向）

Y 方向（走行軸方向）

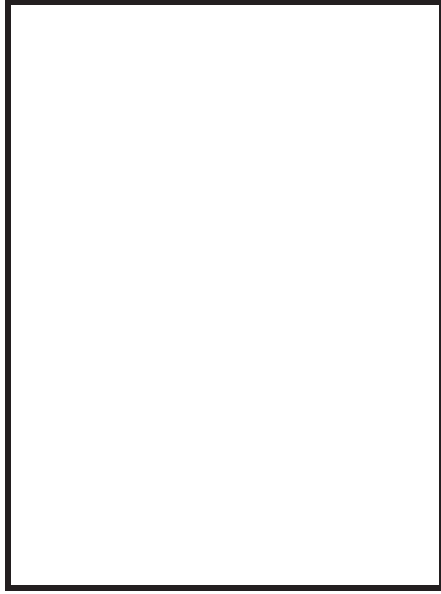
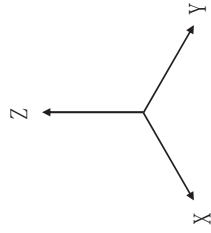
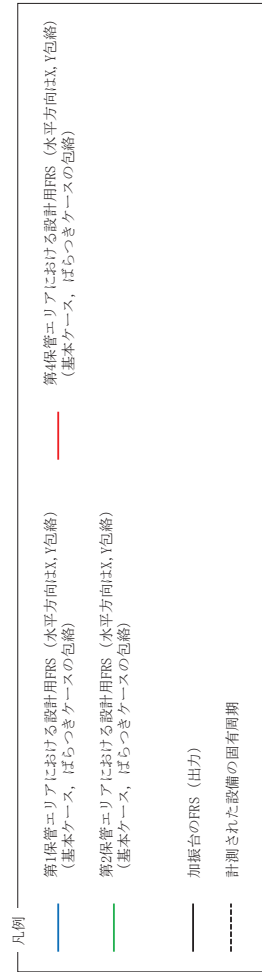
Z 方向（鉛直方向）



図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較（1/8）

設備名称：大容量送水ポンプ（タイプII）

保管場所：第1保管エリア，第2保管エリア，第4保管エリア



X 方向（走行軸直角方向）

Y 方向（走行軸方向）

Z 方向（鉛直方向）

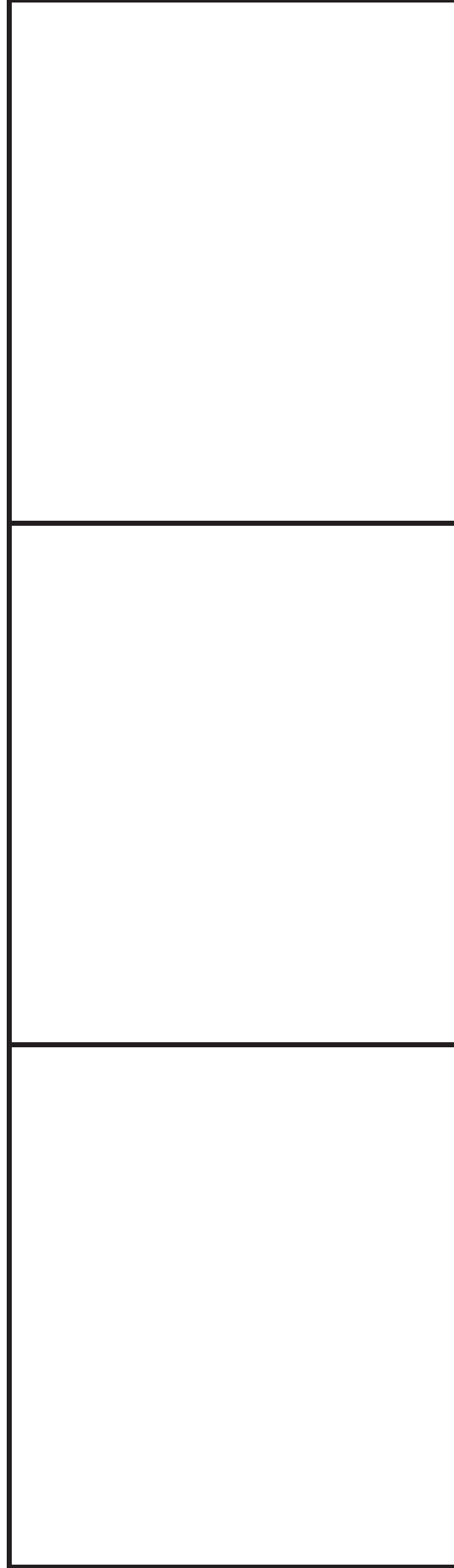
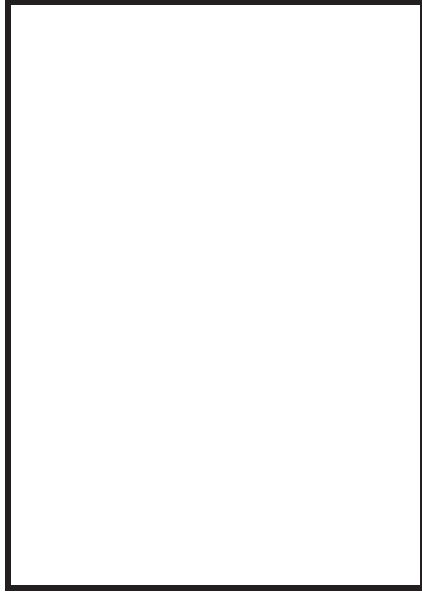
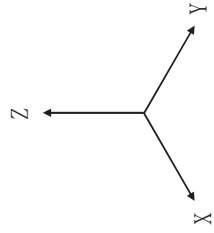
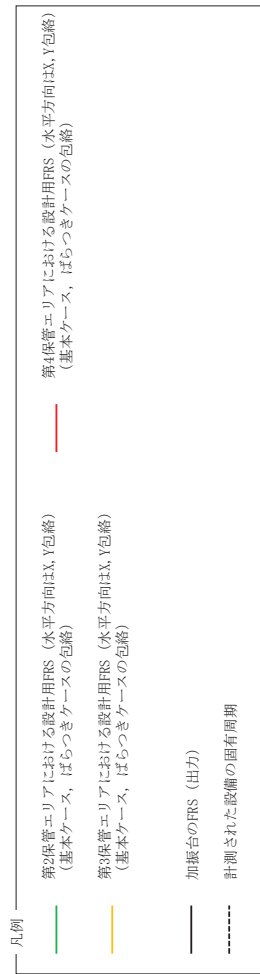


図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較（2/8）



設備名称：電源車

保管場所：第2保管エリア、第3保管エリア、第4保管エリア



X 方向 (走行軸直角方向)

Y 方向 (走行軸方向)

Z 方向 (鉛直方向)

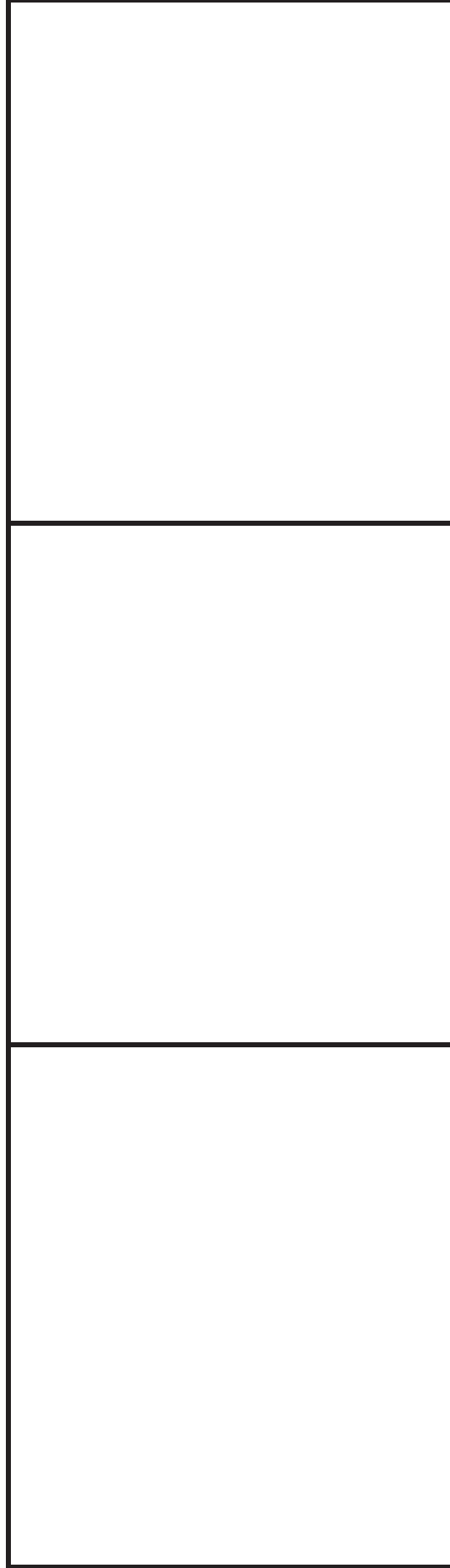
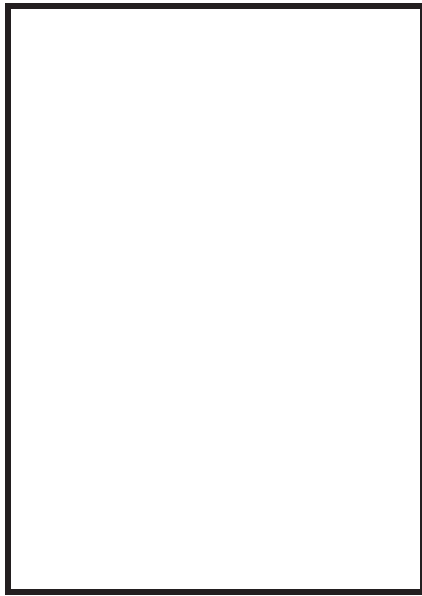
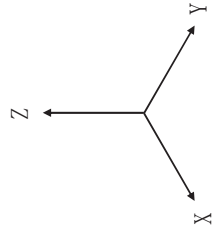
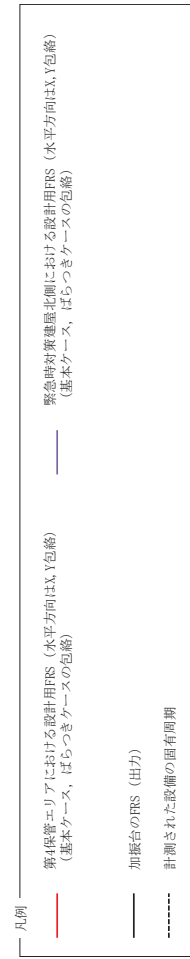


図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (3/8)

設備名称：電源車（緊急時対策所用）

保管場所：第4保管エリア，緊急時対策建屋所北側



X 方向（走行軸直角方向）

Y 方向（走行軸方向）

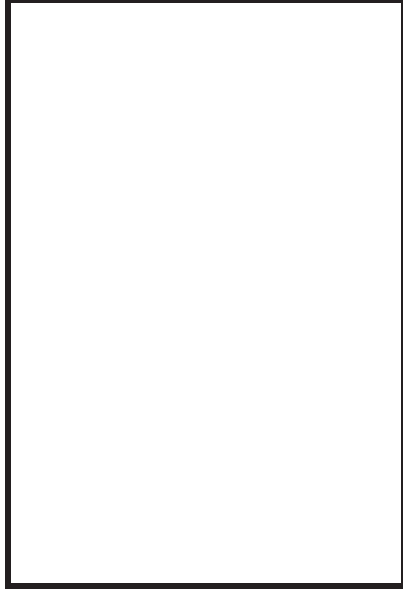
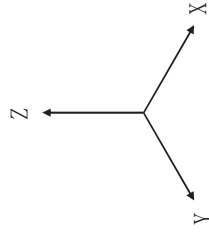
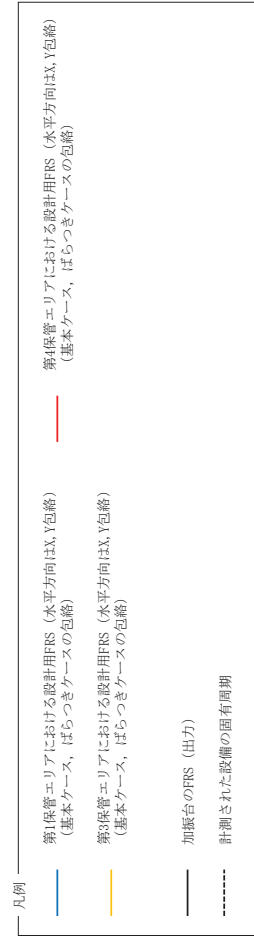
Z 方向（鉛直方向）



図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較（4/8）

設備名称：原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット

保管場所：第1保管エリア，第3保管エリア，第4保管エリア



X 方向 (走行軸直角方向)

Y 方向 (走行軸方向)

Z 方向 (鉛直方向)

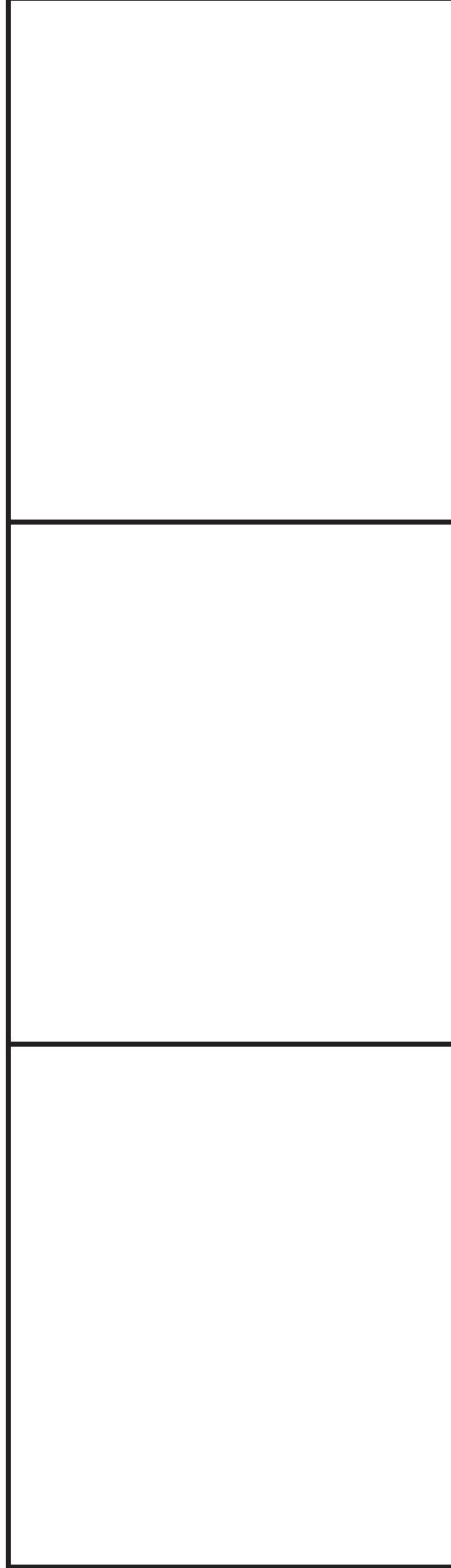
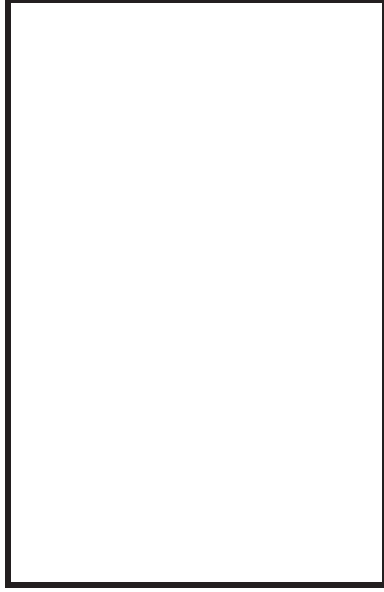
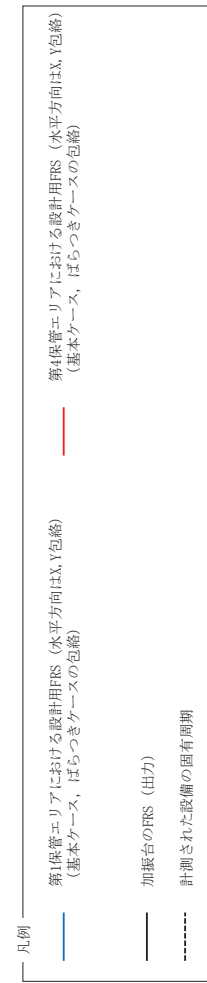


図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (5/8)

設備名称：可搬型窒素ガス供給装置

保管場所：第1保管エリア，第4保管エリア



X 方向（走行軸直角方向）

Y 方向（走行軸方向）

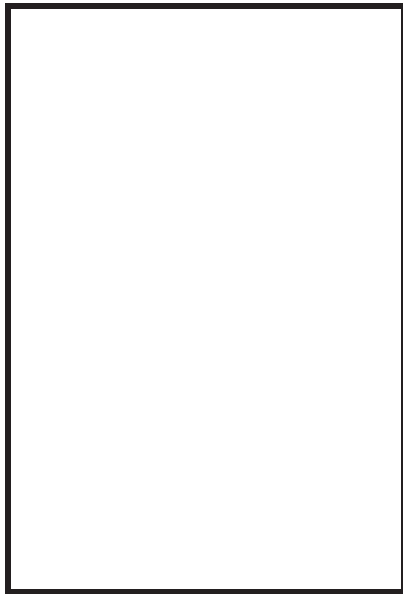
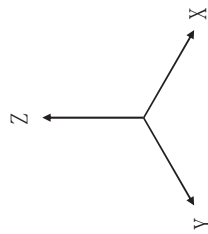
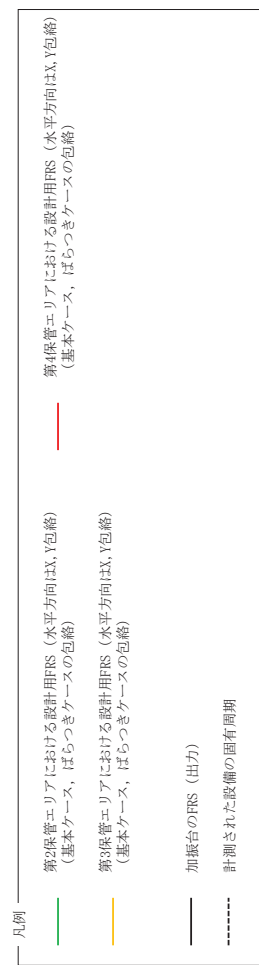
Z 方向（鉛直方向）



図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較（6/8）

設備名称：ホース延長回収車

保管場所：第2保管エリア、第3保管エリア、第4保管エリア



X 方向 (走行軸直角方向)

Y 方向 (走行軸方向)

Z 方向 (鉛直方向)

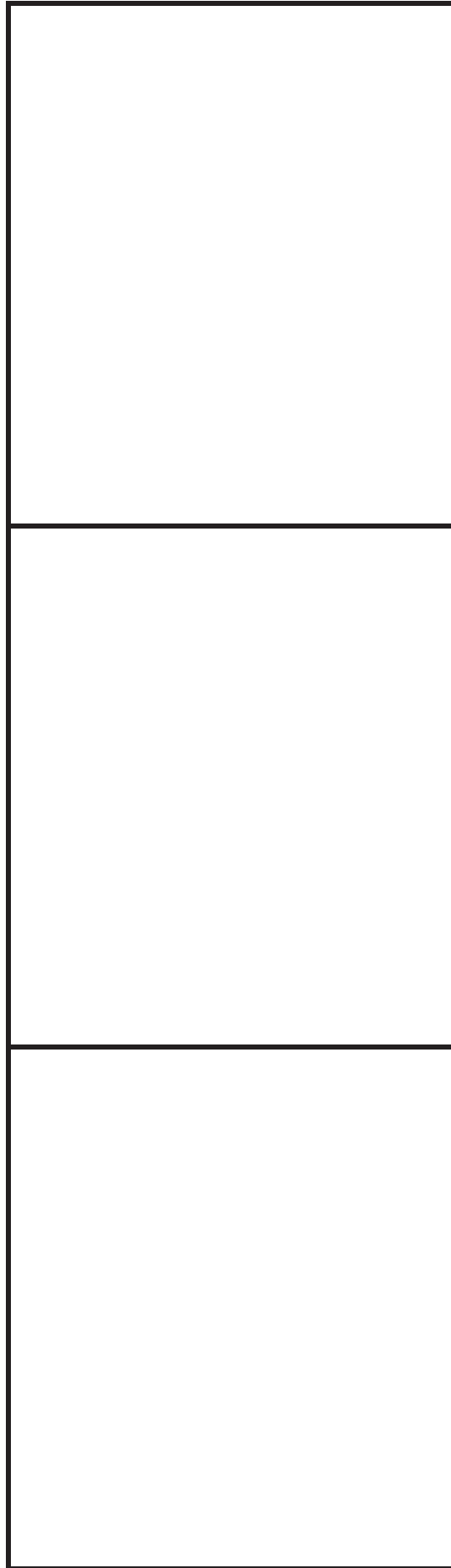
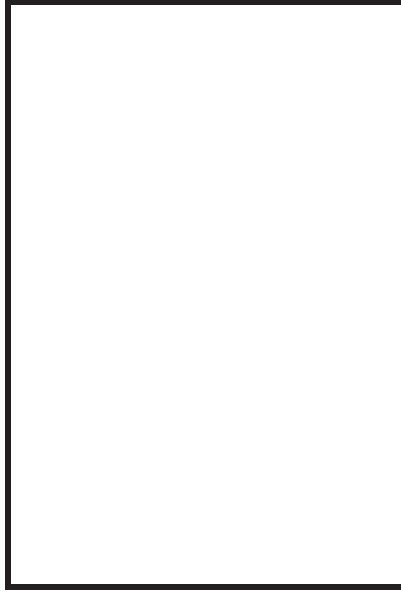
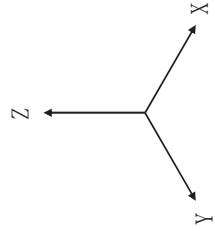
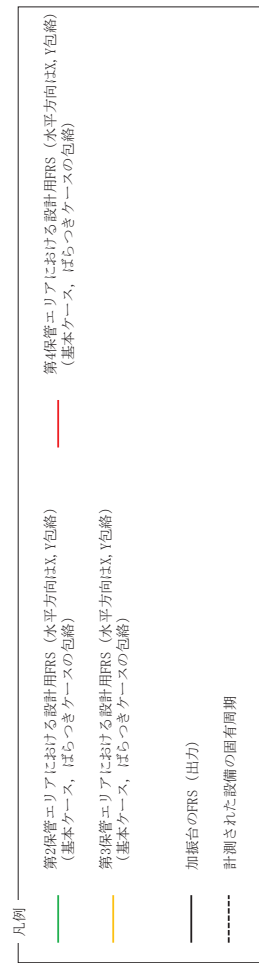


図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (7/8)

設備名称：タンクローリ

保管場所：第2保管エリア，第3保管エリア，第4保管エリア



X 方向 (走行軸直角方向)

Y 方向 (走行軸方向)

Z 方向 (鉛直方向)



図 2-4 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (8/8)

### 3. 車両型設備の耐震評価について

#### 3.1 車両型設備の固縛装置について

第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア、第4保管エリア及び緊急時対策建屋北側に保管する車両型設備は、竜巻襲来時に飛散し、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼすことを防止するため、固縛装置を設置する。固縛装置は、「連結材」と連結材を固定するための「固定材」及び「基礎部」から構成される。図3-1に固縛装置の構造概要を示す。

「連結材」は、車両型設備を胴巻きにするメインロープと固定材との取り合いとなるサイドロープで構成され、材質は高強度繊維ロープを使用している。サイドロープは、車両型設備の特徴であるサスペンションの耐震性（振動抑制効果）を損なわないよう余長を持たせている。「固定材」は、アンカープレートとフレノ・リンクボルトで構成され、「基礎部」は固定材と基礎を定着するアンカーボルトとスラブコンクリートで構成されている。

なお、固縛装置を車両型設備に設置する場合、地震時の車両型設備の移動等の挙動により固縛装置が作用して、車両型設備の重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与えることのないように、以下の設計とする。

- ・固縛装置の連結材（ロープ）の余長を十分に設けることにより地震時に作用させない設計とする。ここで、十分な余長とは、地震に伴う車両型設備のすべり及び傾きによる変位が生じた場合でも、固縛装置が展張しない余長のことを示す。

固縛装置は、竜巻対策として設置することを目的としており、その設計方針、構造計画等の詳細については、添付書類「VI-1-1-2-3 竜巻への配慮に関する説明書」に、竜巻対策としての固縛装置の強度計算の基本方針については、添付書類「VI-3-別添 1-3 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算の方針」に、固縛装置の強度計算の方法及び結果については、添付書類「VI-3-別添 1-3-1 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算書」に示す。

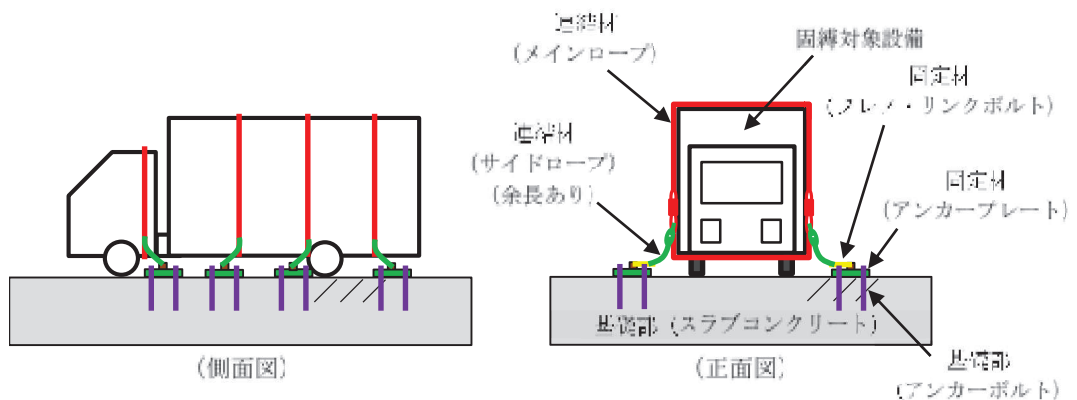


図3-1 固縛装置の構造概要

### 3.2 評価手順

車両型設備の評価に当たっては、車両型設備に要求される機能を踏まえ、必要となる性能目標を設定し、評価方法及び評価内容を決定する。評価に関する概要を表した評価体系図を図 3-2 に示す。



要求機能

- ・地震後においても重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないこと
- ・地震時において、他の設備に波及的影響を及ぼさないこと

性能目標

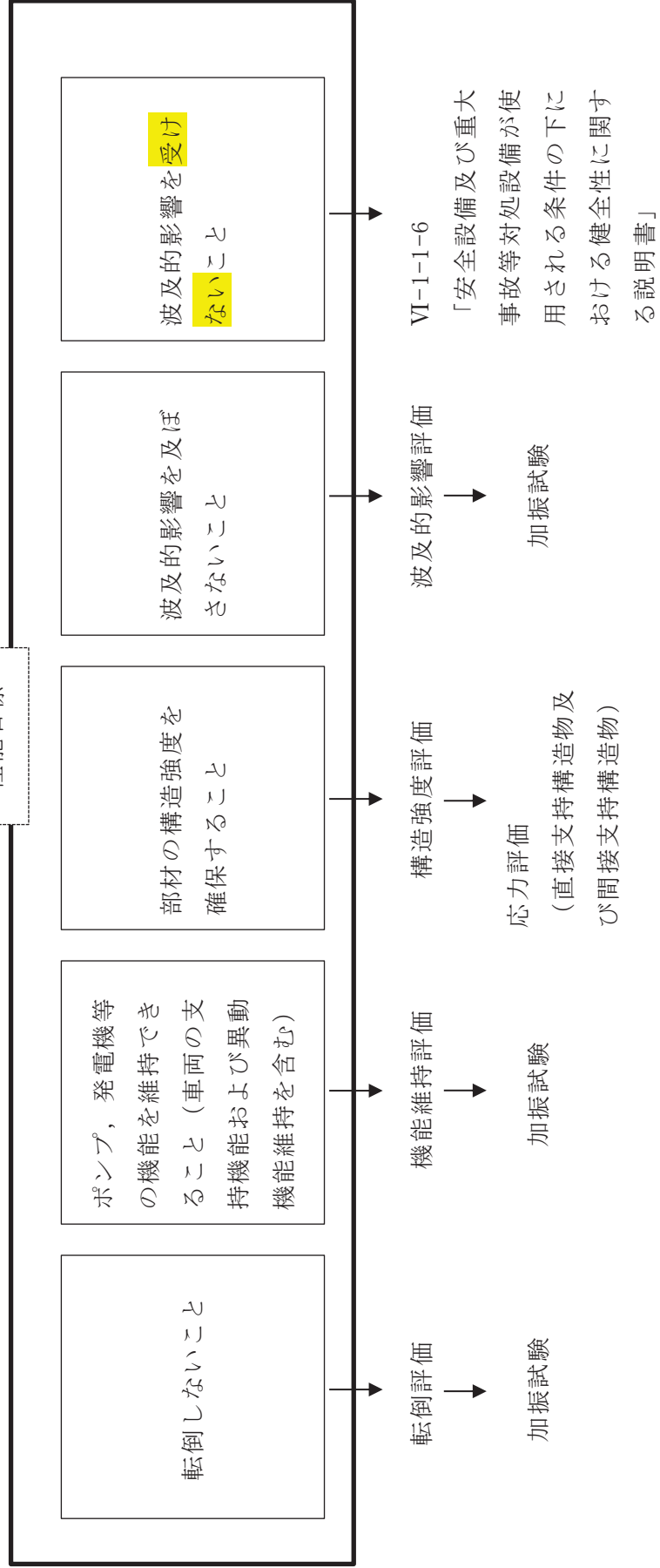


図 3-2 詳細体系図

### 3.3 評価条件

添付書類「VI-1-1-2-1 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説明書」に基づき、車両型設備の地震力に対する積雪荷重及び風荷重の影響について評価する。

#### (1) 概要

車両型設備は、建物・構築物のような風を一面に受ける構造と異なり、風は車両の隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また、受圧面積が相対的に小さいこと及びポンプ、発電機、内燃機関等の重量物が積載され車両重量が大きいことから、風荷重による影響は軽微であると考えられる。また、耐震評価においては、各保管場所の入力地震動をおおむね上回っている加振波に基づく評価部位頂部の加速度を用いているため、これらの地震動による地震力より大きな地震力で評価している。よって、風荷重については、この加振試験が持つ保守性の中に含まれていると考えられる。また、積雪については、除雪することとしていることから、積雪荷重については考慮しない。

ここでは、参考までに最も受圧面の大きな可搬型窒素ガス供給装置を対象に、風荷重の影響について評価を行う。評価内容及び評価結果は以下に示す。

#### (2) 地震荷重の算出

評価に用いる評価部位頂部（コンテナ頂部）の加速度から算出される水平方向の地震荷重 $W_G$  [kN] は、以下の式により、601.1kN と算出される。

$$W_G = \frac{m \cdot C_H \cdot g}{1000}$$

ここで、 $m$ ：質量（30,801kg）

$C_H$ ：水平方向の評価用震度（1.99）

$g$ ：重力加速度（9.80665m/s<sup>2</sup>）

#### (3) 風荷重の算出

風荷重の算出においては、隙間の吹き抜け等を考慮せず、図 3-3 に示すとおり、受圧面積を簡易に設定し、保守的に算出する。

地震荷重に対し考慮する風荷重について、その算出に用いる風速は、「Eの数値を算出する方法並びに $V_0$ 及び風力係数の数値を定める件」（平成12年5月31日建設省告示第1454号）に定められた石巻市及び女川町の基準風速30m/sと設定する。風速30m/s時に生じる風荷重 $W_w$  [kN] は、次の式により、40.3kNと算出される。

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

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

$\rho$  : 空気密度 (1.226kg/m<sup>3</sup>)

$G$  : ガスト影響係数 (1.0)

$C$  : 風力係数 (1.2) \*

$A$  : 受圧面積 (60.76m<sup>2</sup>)

$V$  : 風速 (30m/s)

注記 \* : 添付書類「VI-3-別添 1-3-1 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算書」において、屋外の重大事故等対処設備に対する竜巻による風荷重の評価に使用している風力係数であり、「日本鋼構造協会 1997年 構造物の耐風工学」に基づく。



図 3-3 受圧面積 (可搬型窒素ガス供給装置) (単位 : mm)

(4) 地震荷重と風荷重の比較

保守的な条件で算出した風荷重（40.3kN）は，地震荷重（601.1kN）の7%未満であり，十分小さいと言える。また，図 3-4 に示すとおり，設備の 1 次固有周期では，加振台の FRS が設計用 FRS に対し，56%程度上回ることから，風荷重の影響は，この加振試験が持つ保守性に包絡される。



図 3-4 加振台の FRS と設計用 FRS の比較

### 3.4 加振試験

#### (1) 試験方法

車両型設備を図 3-5 に示すように加振台に設置し、以下に示す加振波による加振試験を行い、評価部位頂部の最大応答加速度、加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度及び車両型設備の最大変位量を確認する。

また、加振試験に係る試験条件について表 3-1 に示す。

- ・加振波：入力地震動は、添付書類「VI-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の  $S_s - D1$  ～  $S_s - N1$  の地震動を用いて、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設計用床応答曲線をおおむね上回るよう作成したランダム波とする。加振試験の入力地震動は、全ての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有周期帯において上回り、かつ周期全体としておおむね上回るように設定する。
- ・加振方向：「水平（走行軸方向）＋鉛直」及び「水平（走行直角方向）＋鉛直」（2 軸加振）又は「水平（走行軸方向）＋水平（走行直角方向）＋鉛直」（3 軸加振）

加振波の最大加速度と振動台の制限加速度の関係上、2 軸加振及び 3 軸加振の使い分けを行うこととし、大容量送水ポンプ（タイプ II）、電源車、電源車（緊急時対策所用）、可搬型窒素ガス供給装置及びホース回収延長車については 2 軸加振を実施し、その他の車両型設備については、3 軸加振を実施する。

加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例を、図 3-6 に示す。

#### (2) 試験結果

(1) 項の加振波で加振試験を実施し、試験時に、構造強度評価の設計用加速度を算出するために用いる評価部位頂部の最大応答加速度、転倒評価に用いる転倒の有無、機能維持評価に用いる加振台の最大加速度及び波及的影響評価に用いる車両型設備の最大変位量を計測した。

また、加振試験後に、車両型設備が転倒していないこと、動的及び電氣的機能並びに支持機能及び移動機能が維持されていることを確認した。なお、加振試験時における車両型設備の振動挙動については、いずれの車両においても走行軸直角方向加振時の左右の揺れが主であり、その他特異な挙動を示していないことを確認した。

表 3-1 車両型設備の加振試験に係る試験条件について

車両名称	加振波	加振方向	固縛装置		路面状況		車両状態	
			保管時	加振時	保管時	加振時	保管時	加振時
大容量送水ポンプ (タイプⅠ)	ランダム波	3軸加振*1	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
大容量送水ポンプ (タイプⅡ)	ランダム波	2軸加振*2	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
電源車	ランダム波	2軸加振*2	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
電源車 (緊急時対策所用)	ランダム波	2軸加振*2	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
原子炉補機代替冷却水系 熱交換器ユニット	ランダム波	3軸加振*1	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
可搬型窒素ガス供給装置	ランダム波	2軸加振*2	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
ホース延長回収車	ランダム波	2軸加振*2	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用
タンクローリ	ランダム波	3軸加振*1	有	無*3	コンクリート (乾燥状態)	コンクリート	サイドブレー キー使用	サイドブレー キー使用

注記\*1:「水平（走行軸方向）+水平（走行直角方向）+鉛直」による加振

\*2:「水平（走行軸方向）+鉛直」及び「水平（走行直角方向）+鉛直」による加振

\*3: 固縛装置の連結材（サイドロープ）の余長を十分に設けることにより，地震時に連結材（サイドロープ）が展張しない設計と  
 することから，固縛装置を模擬しない

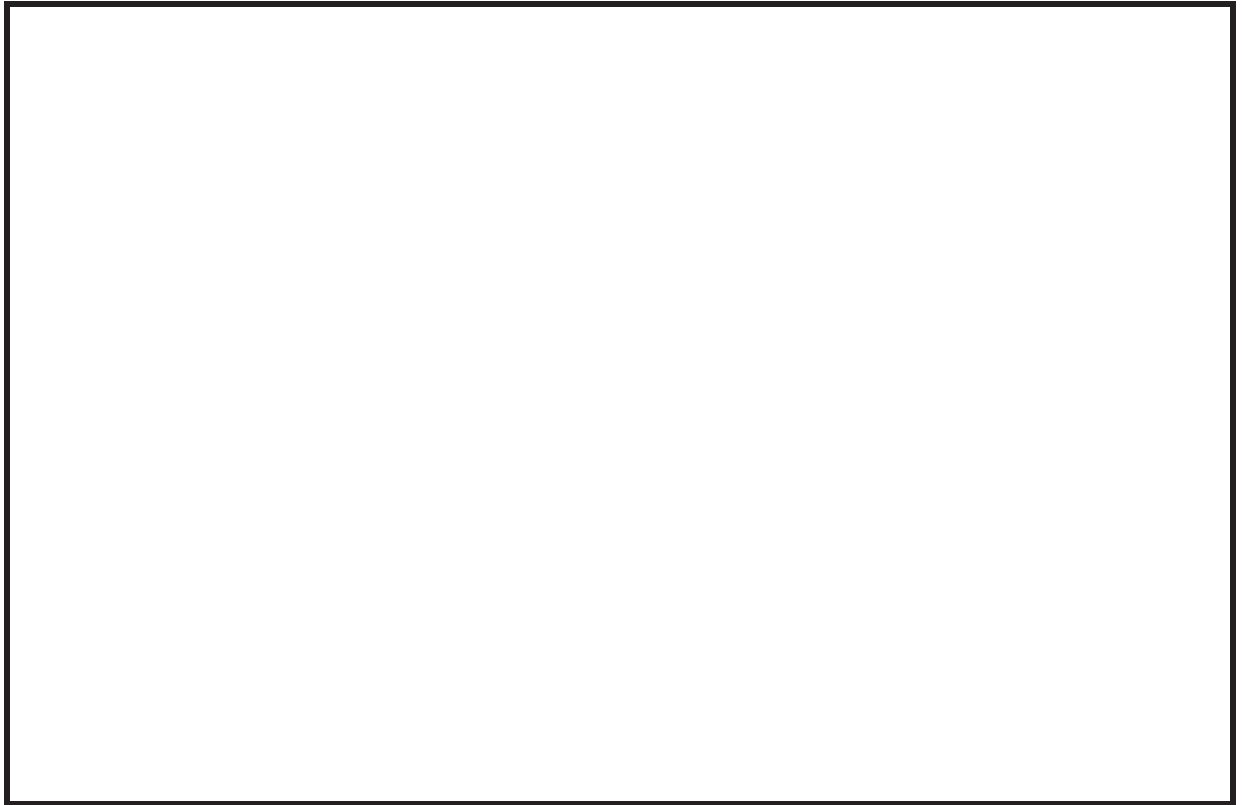


図 3-5 試験構成 (1/8) 大容量送水ポンプ (タイプ I)

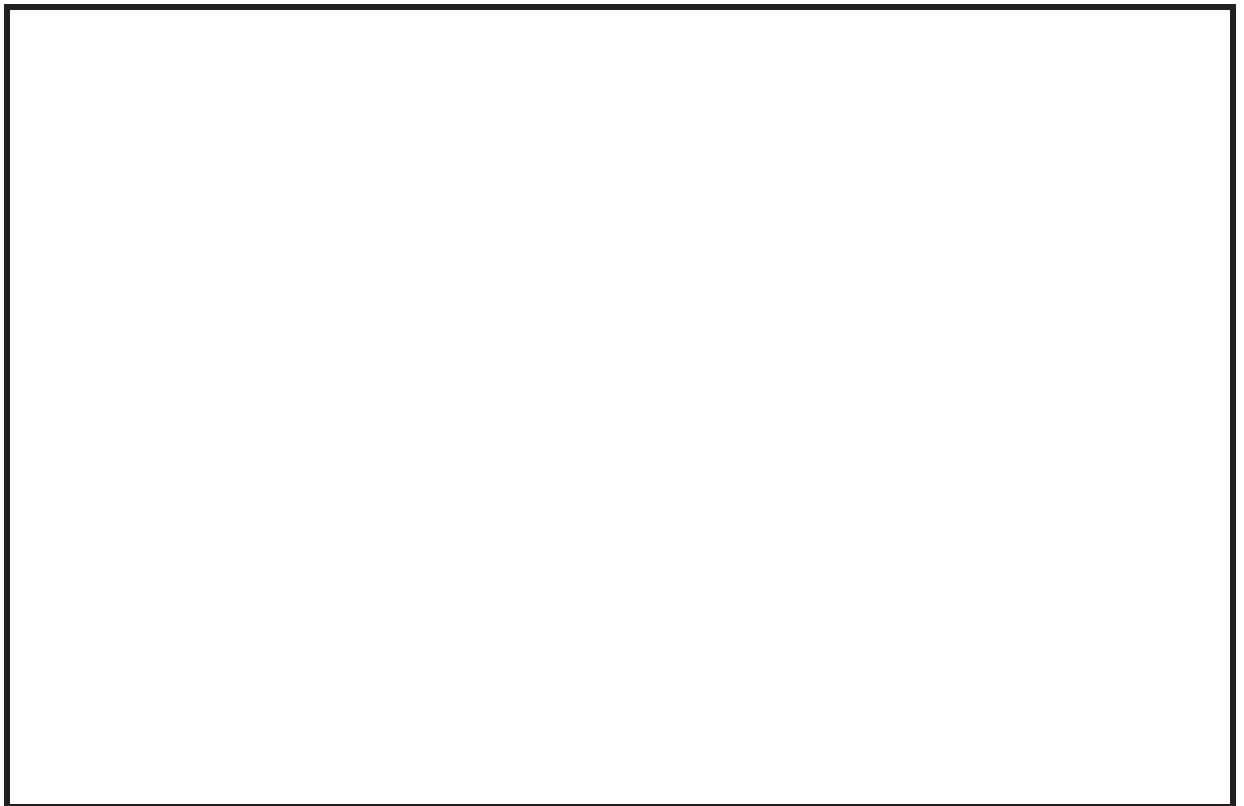


図 3-5 試験構成 (2/8) 大容量送水ポンプ (タイプ II)

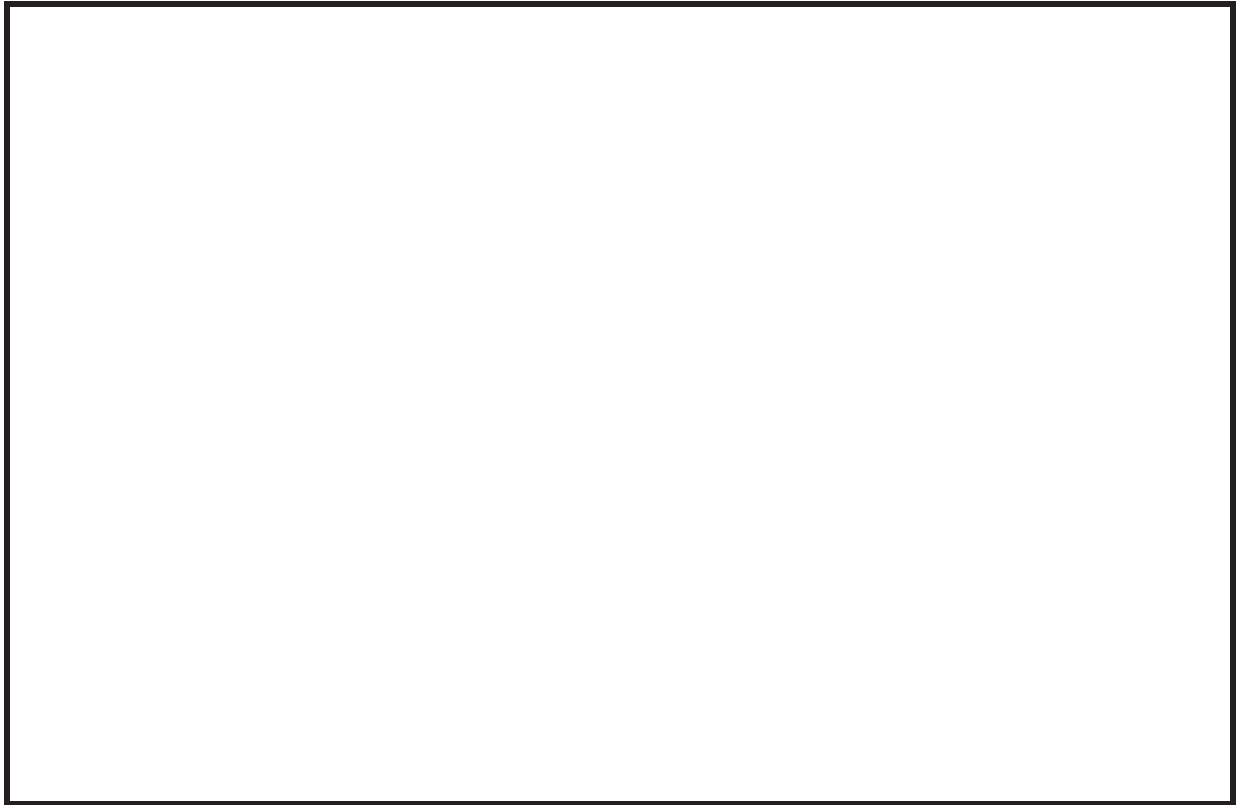


図 3-5 試験構成 (3/8) 電源車

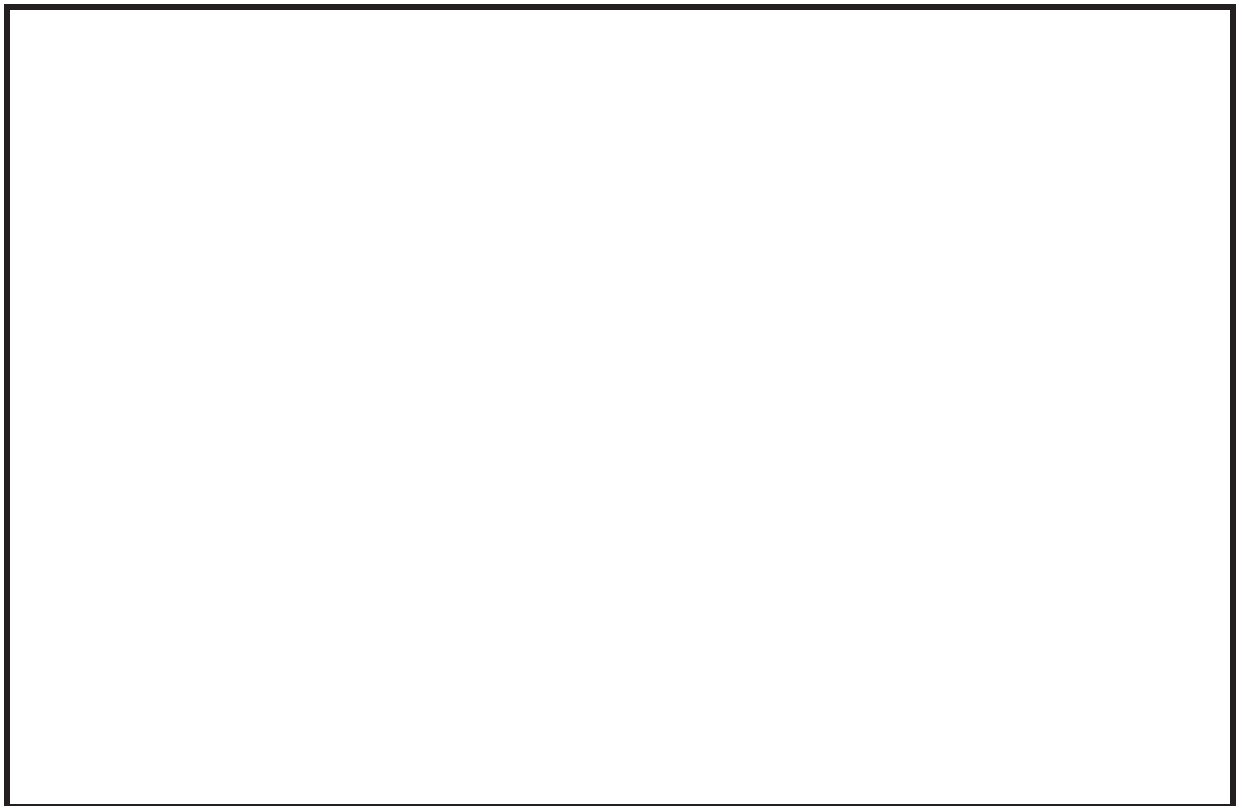


図 3-5 試験構成 (4/8) 電源車 (緊急時対策所用)



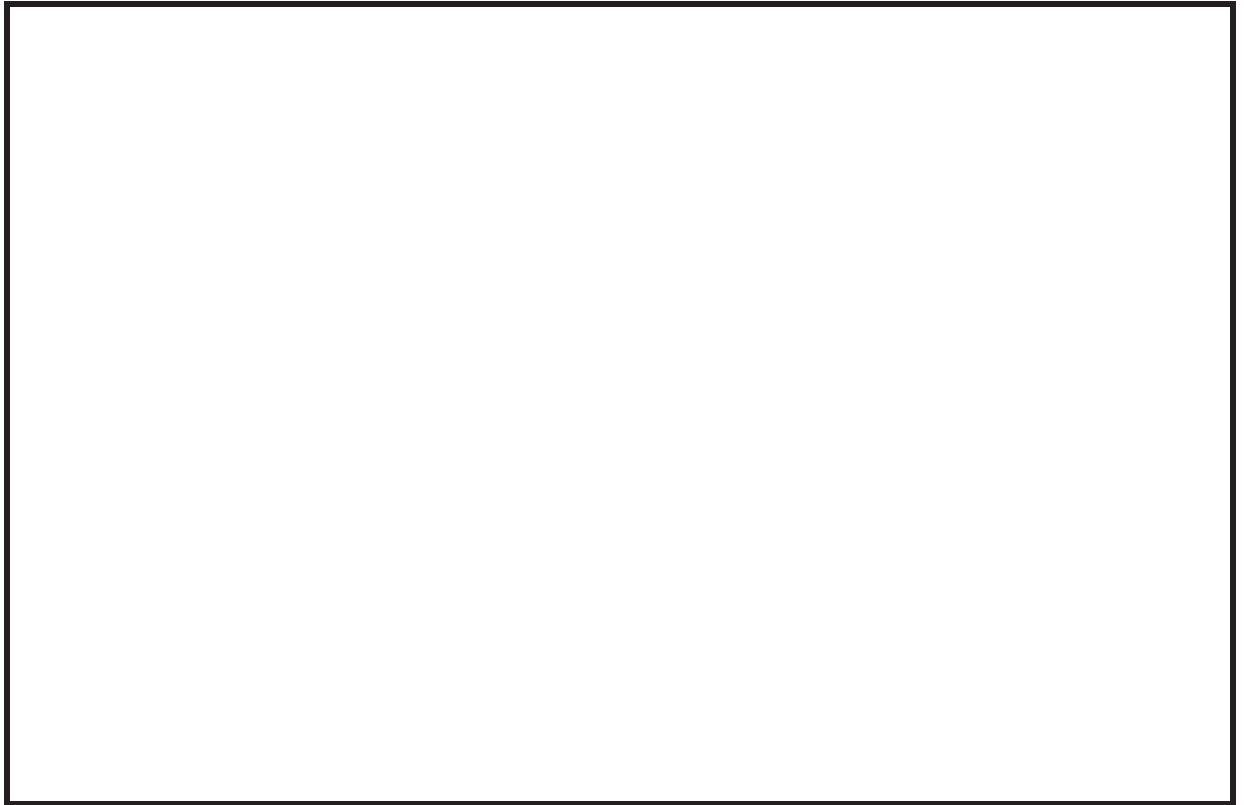


図 3-5 試験構成 (5/8) 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット

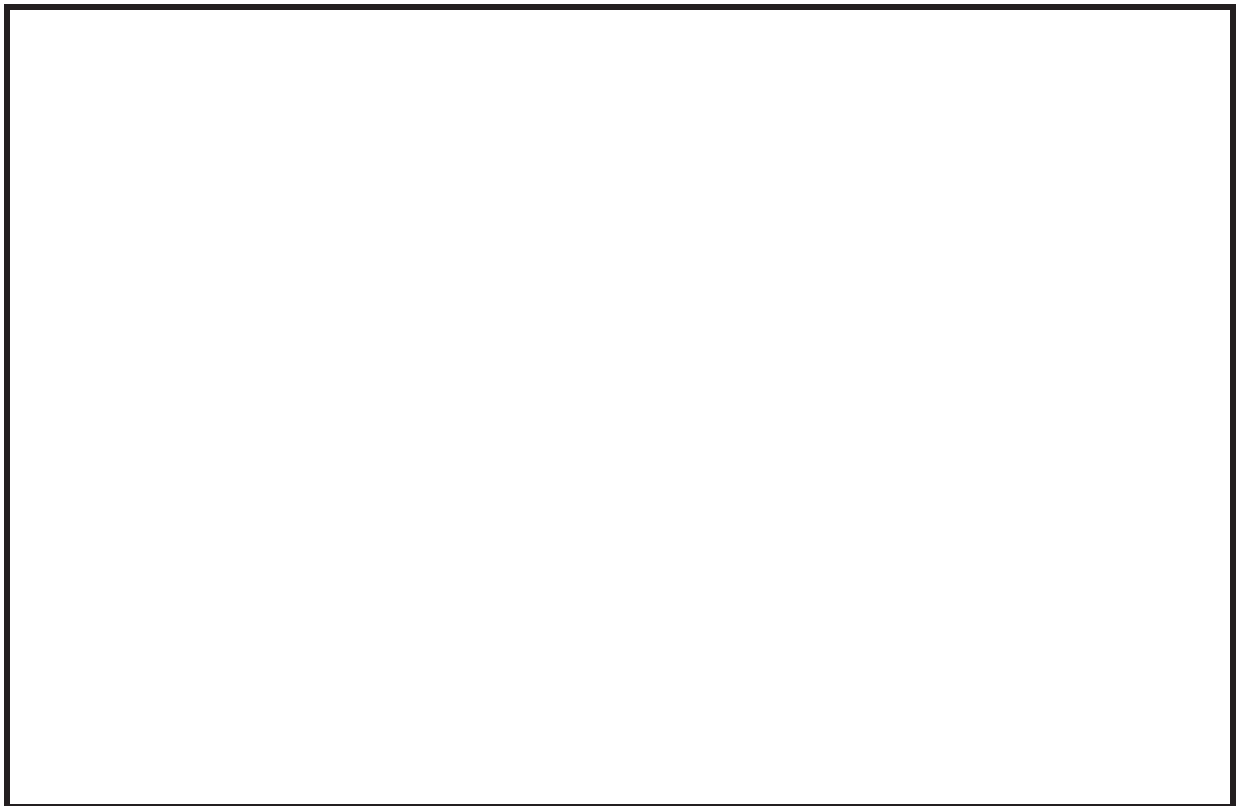


図 3-5 試験構成 (6/8) 可搬型窒素ガス供給装置

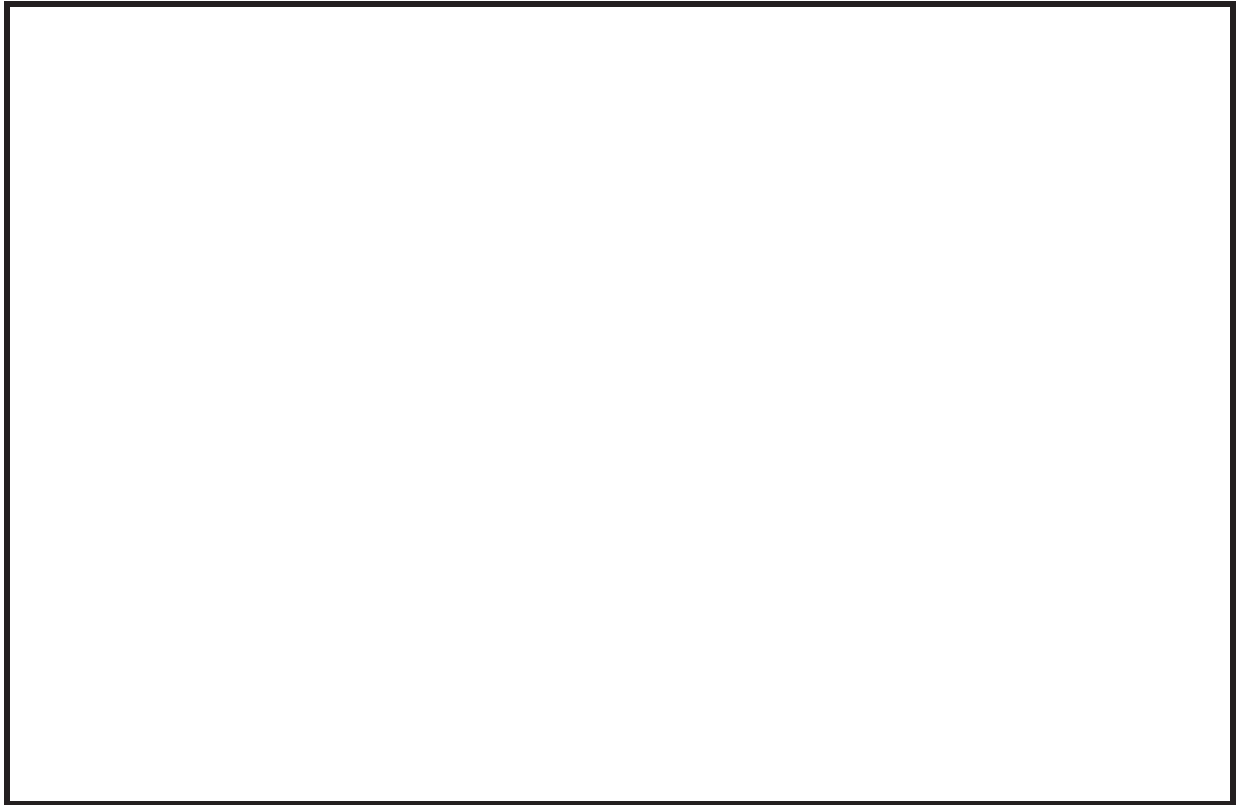


図 3-5 試験構成 (7/8) ホース延長回収車

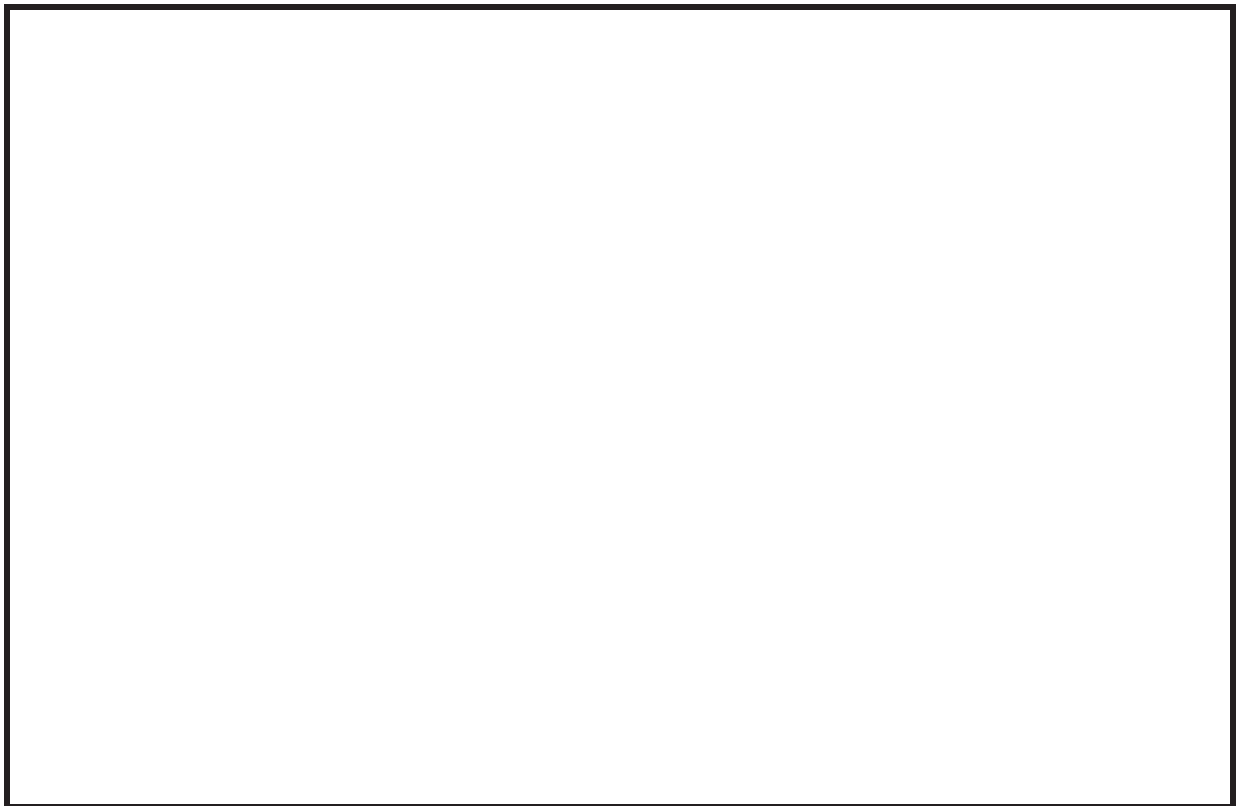


図 3-5 試験構成 (8/8) タンクローリ

	加速度時刻歴波形	FRS
水平方向 (X)		
水平方向 (Y)		
鉛直方向 (Z)		

図 3-6 加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例

### 3.5 構造強度評価

#### (1) 基本方針

可搬型重大事故等対処設備のうち、車両型設備に積載されている主要機器であるポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルト（直接支持構造物）及び直接支持構造物を支持するコンテナ取付ボルト（間接支持構造物）を対象とし、地震時における構造強度評価を実施する。また、評価のうち許容応力の算出及び耐震計算については、J E A G 4 6 0 1に基づき実施する。

#### (2) 評価部位

可搬型重大事故等対処設備の構造強度評価対象としては、主たる機能を有するポンプ、発電機、内燃機関等の機器本体、機器本体を支持する直接支持構造物である取付ボルト、機器本体を積載している間接支持構造物である車両部の車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトが対象となる。

##### a. 機器本体，直接支持構造物

可搬型重大事故等対処設備の構造強度評価対象は、J E A G 4 6 0 1における評価部位の選定の考え方を踏まえて、評価部位を選定する。機器本体であるポンプ、発電機、内燃機関等は、剛構造の設備であることから、構造強度評価対象として取付ボルトが評価対象となる旨規定されている。

可搬型重大事故等対処設備のポンプ、発電機、内燃機関等の取付ボルトの取付方法は、既設発電所設備と同様、ボルト構造による締結であり、ポンプケーシングやシリンダブロックは起動時の内圧に耐え、発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造の設計となっている。以上のことから、その設備構造を勘案し評価部位は取付ボルトとする。

タンクローリのタンクは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり、十分な強度を有した設計である。タンクローリは、保管時においてタンクが空の状態であり、地震時に考慮すべき荷重は、地震荷重によるタンク自重によるモーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに作用することからタンク取付ボルトを評価部位とする。

したがって、車両型設備の構造強度評価部位は、各設備の直接支持構造物である取付ボルトとする。

各設備の具体的な評価部位を表 3-1 及び図 3-7～図 3-17 に示す。

##### b. 間接支持構造物

地震時の地震動は、移動機能を担う車両部の車輪、サスペンション、車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトへ伝播し、ポンプ、発電機、内燃機関等へ地震荷重が伝わることから、車両部のうち主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場

合に影響が大きい部位である車両フレーム，コンテナ台板，コンテナ取付ボルトのうち，断面積の最も小さなコンテナ取付ボルトを評価部位とする。

各設備の具体的な評価部位を表 3-1 及び図 3-7～図 3-17 に示す。

表 3-1 車両型設備の直接支持構造物及び間接支持構造物 評価部位

設備名称	評価部位		図
	直接支持構造物	間接支持構造物	
大容量送水ポンプ (タイプⅠ)	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-7
大容量送水ポンプ (タイプⅡ)	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-8
電源車	発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-9
電源車 (緊急時対策所用)	発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-10
原子炉補機代替 冷却水系熱交換器 ユニット	熱交換器取付ボルト ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	—	図 3-11
可搬型窒素ガス 供給装置	窒素ガス分離装置取付ボルト 空気圧縮機取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-12
ホース延長回収車	マルチリフト取付ボルト (上部／下部)	—	図 3-13
タンクローリ	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	図 3-14

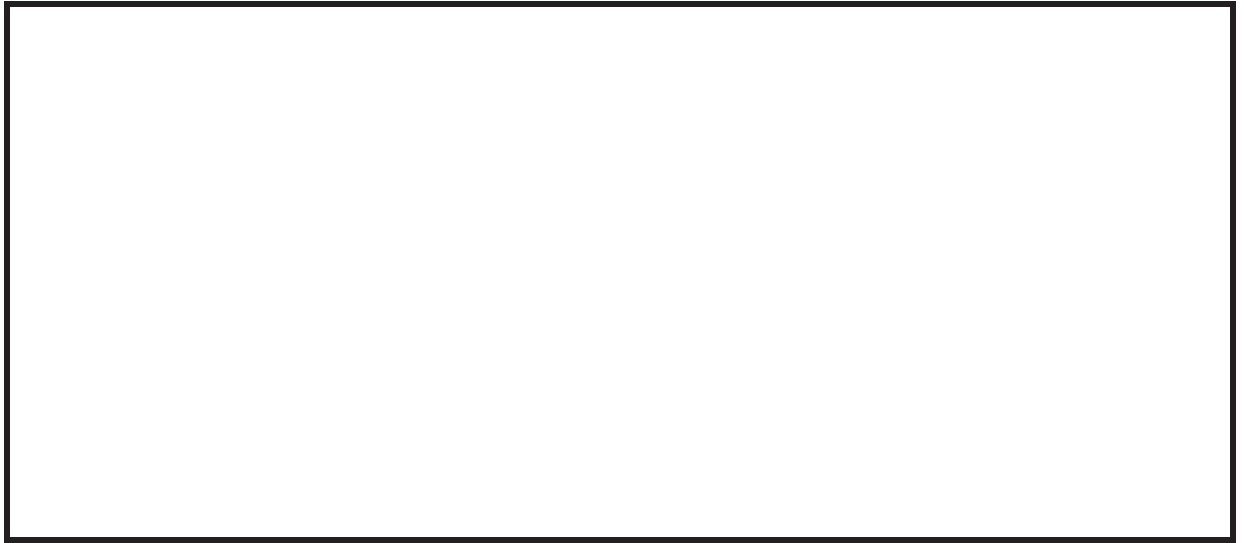


図 3-7 大容量送水ポンプ（タイプ I）の評価部位概略図(1/3)



図 3-7 大容量送水ポンプ（タイプ I）の評価部位概略図(2/3)



図 3-7 大容量送水ポンプ（タイプ I）の評価部位概略図(3/3)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

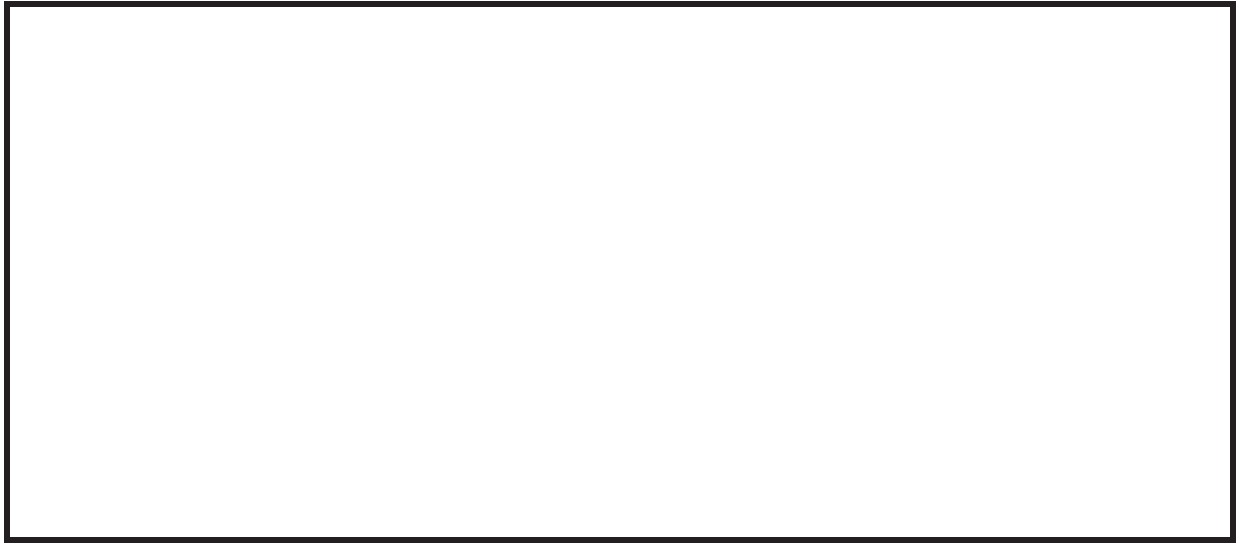


図 3-8 大容量送水ポンプ（タイプⅡ）の評価部位概略図(1/3)



図 3-8 大容量送水ポンプ（タイプⅡ）の評価部位概略図(2/3)



図 3-8 大容量送水ポンプ（タイプⅡ）の評価部位概略図(3/3)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



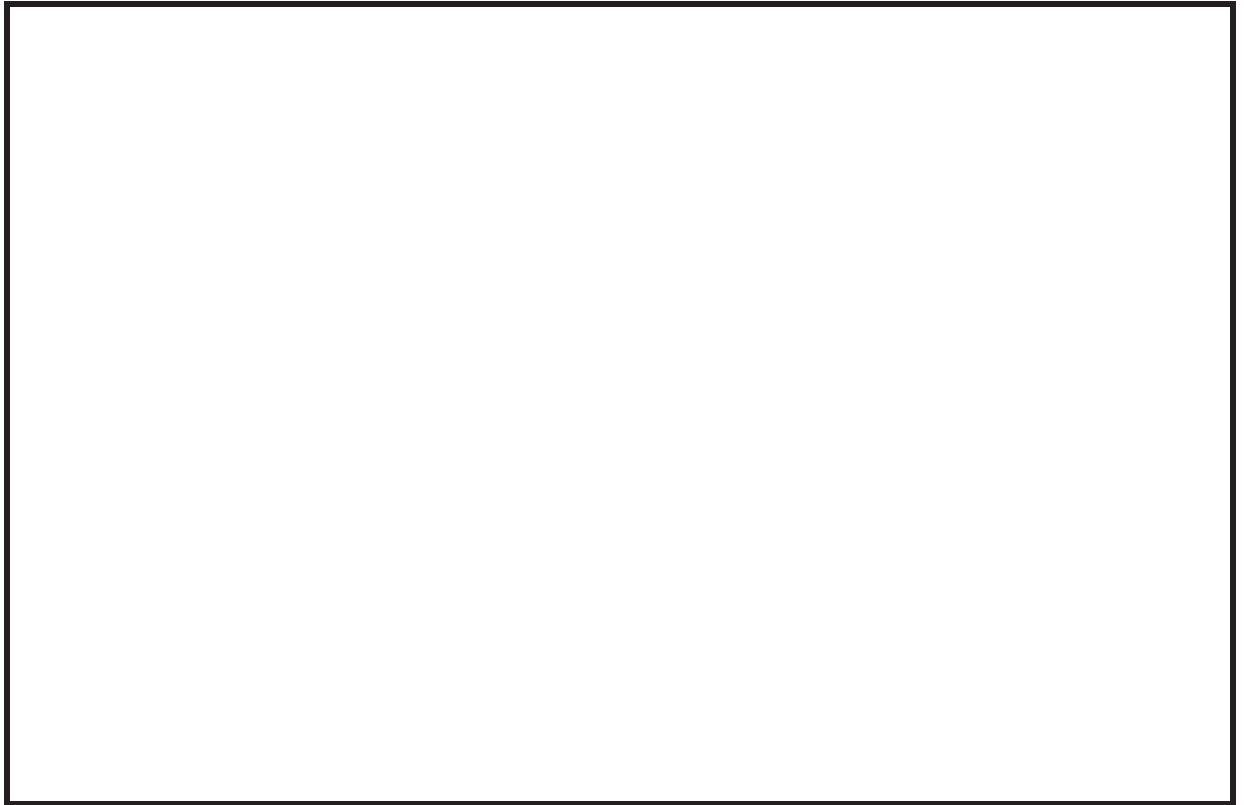


図 3-9 電源車の評価部位概略図 (1/2)

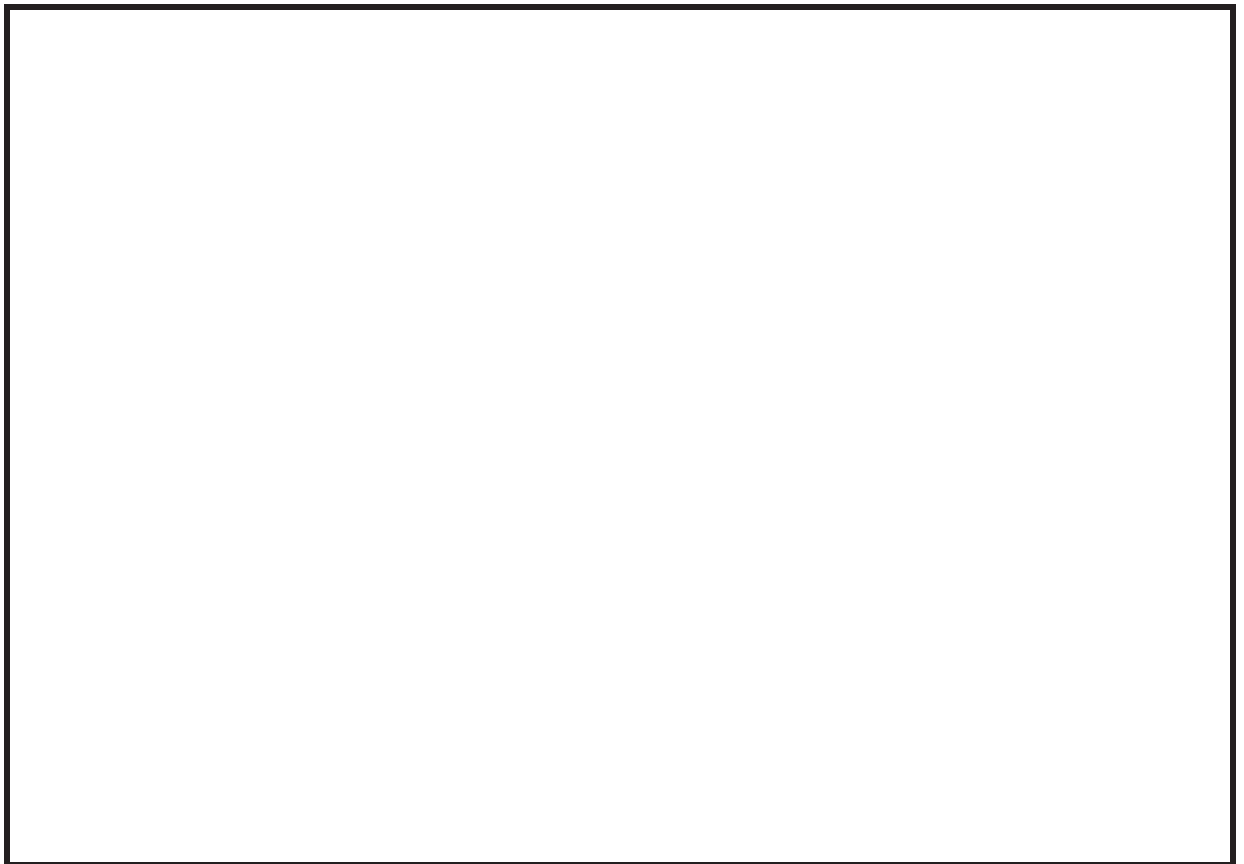


図 3-9 電源車の評価部位概略図 (2/2)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

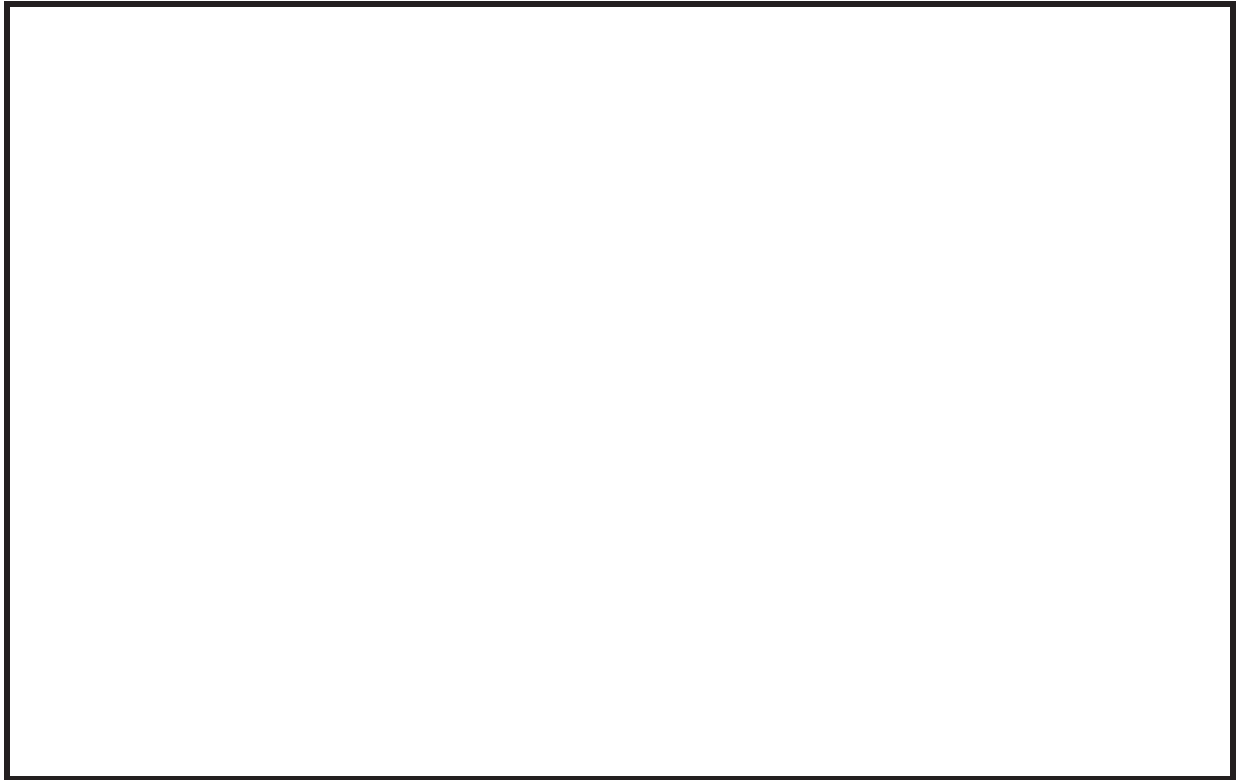


図 3-10 電源車（緊急時対策所用）の評価部位概略図（1/2）

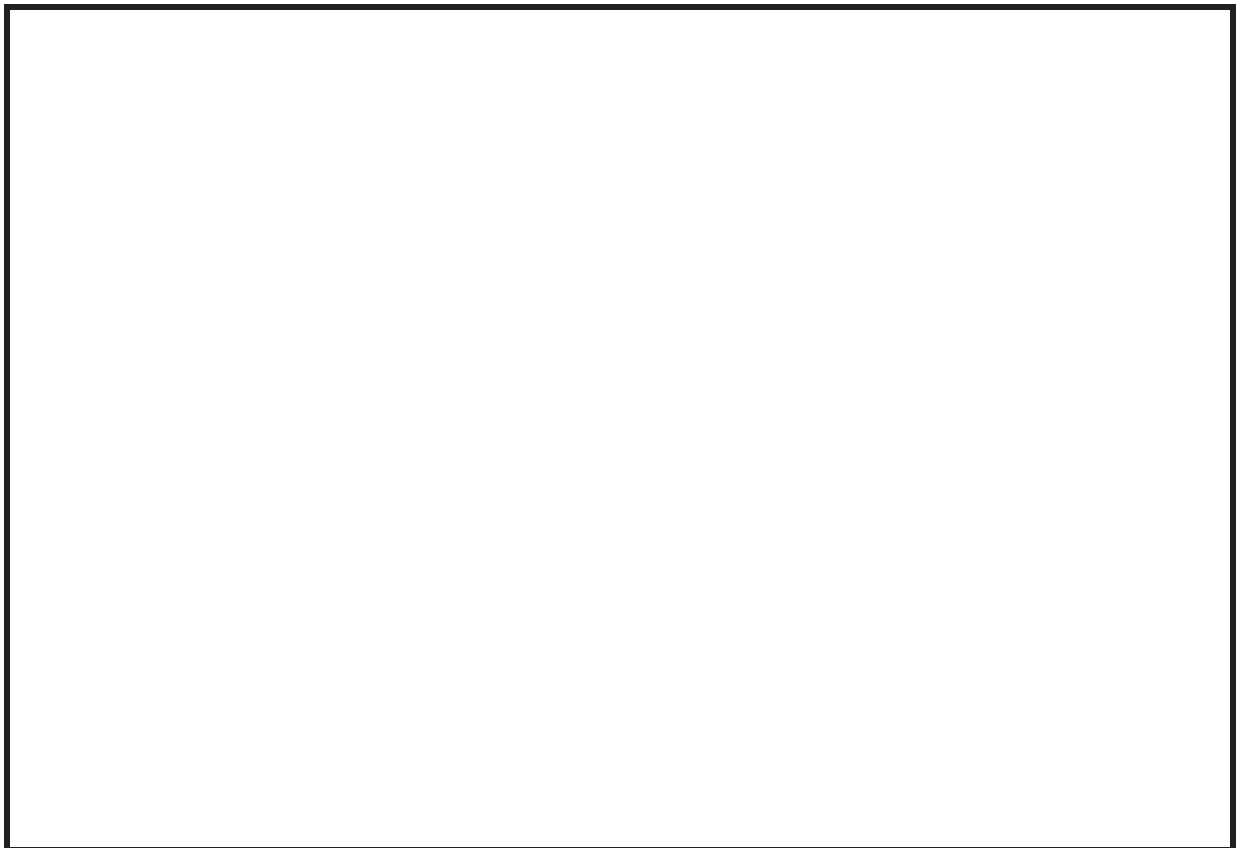


図 3-10 電源車（緊急時対策所用）の評価部位概略図（2/2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 3-11 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニットの評価部位概略図 (1/3)



図 3-11 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニットの評価部位概略図 (2/3)

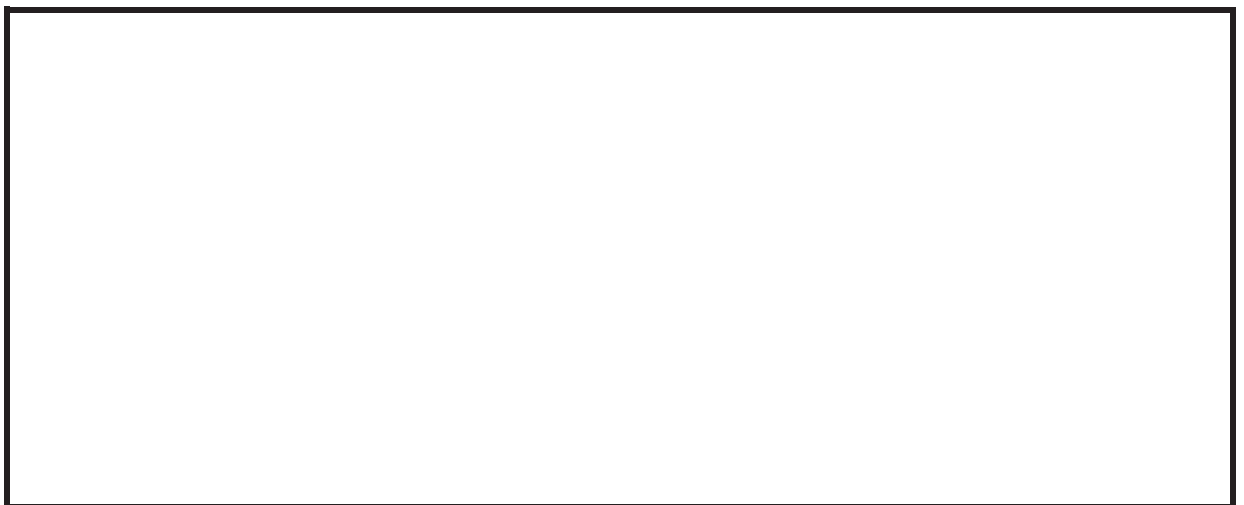


図 3-11 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニットの評価部位概略図 (3/3)

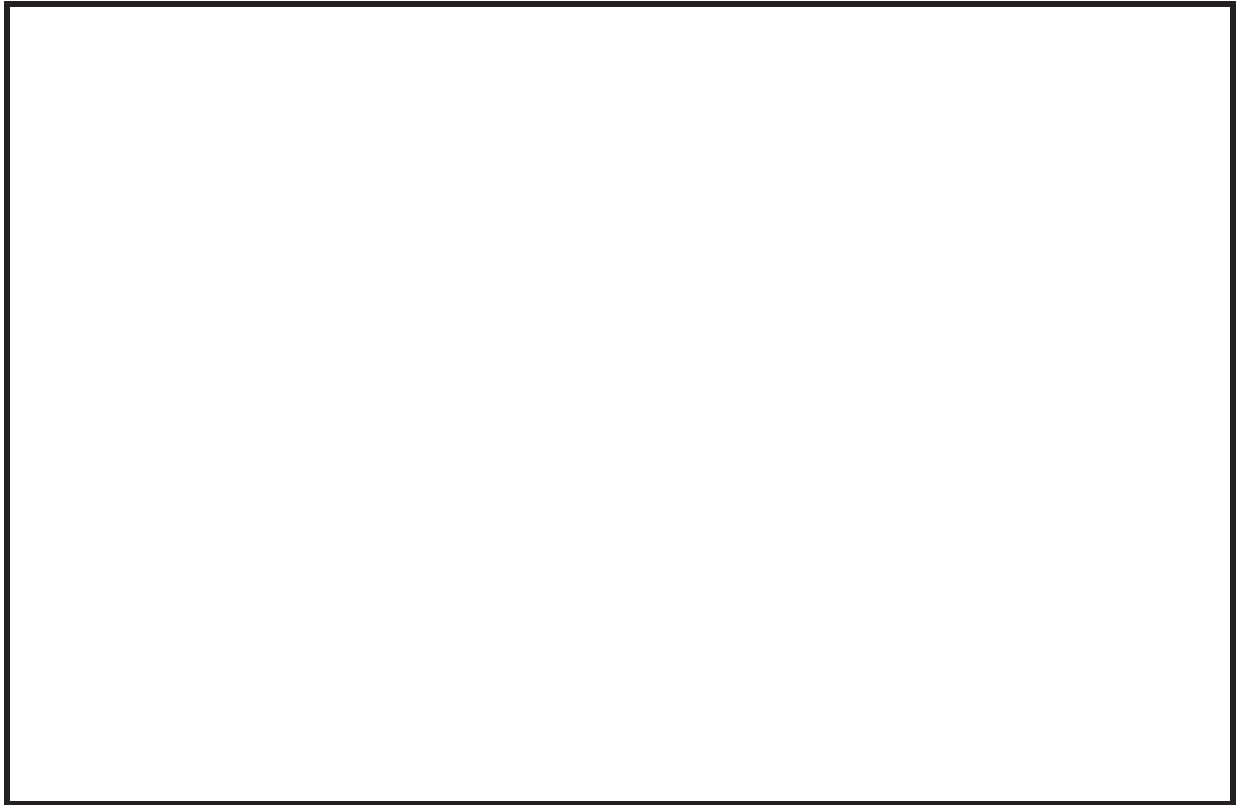


図 3-12 可搬型窒素ガス供給装置の評価部位概略図 (1/4)

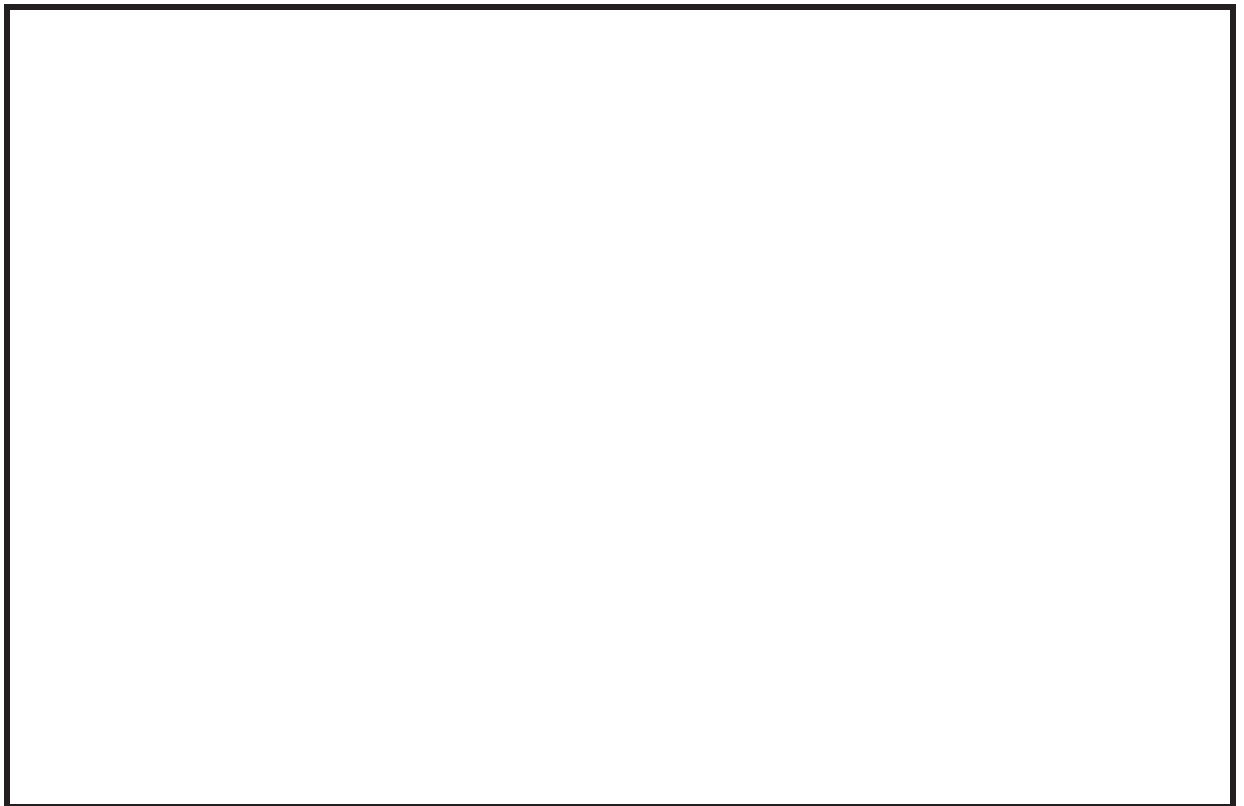


図 3-12 可搬型窒素ガス供給装置の評価部位概略図 (2/4)

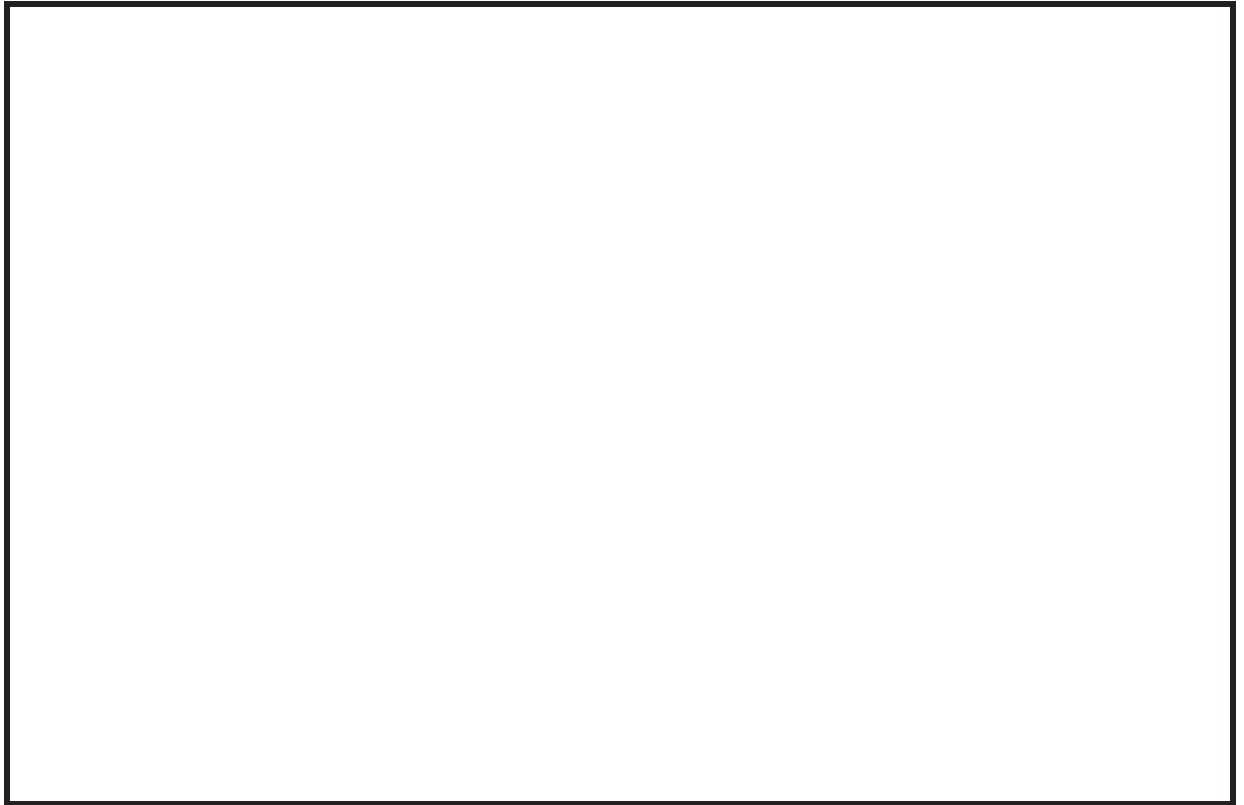


図 3-12 可搬型窒素ガス供給装置の評価部位概略図 (3/4)

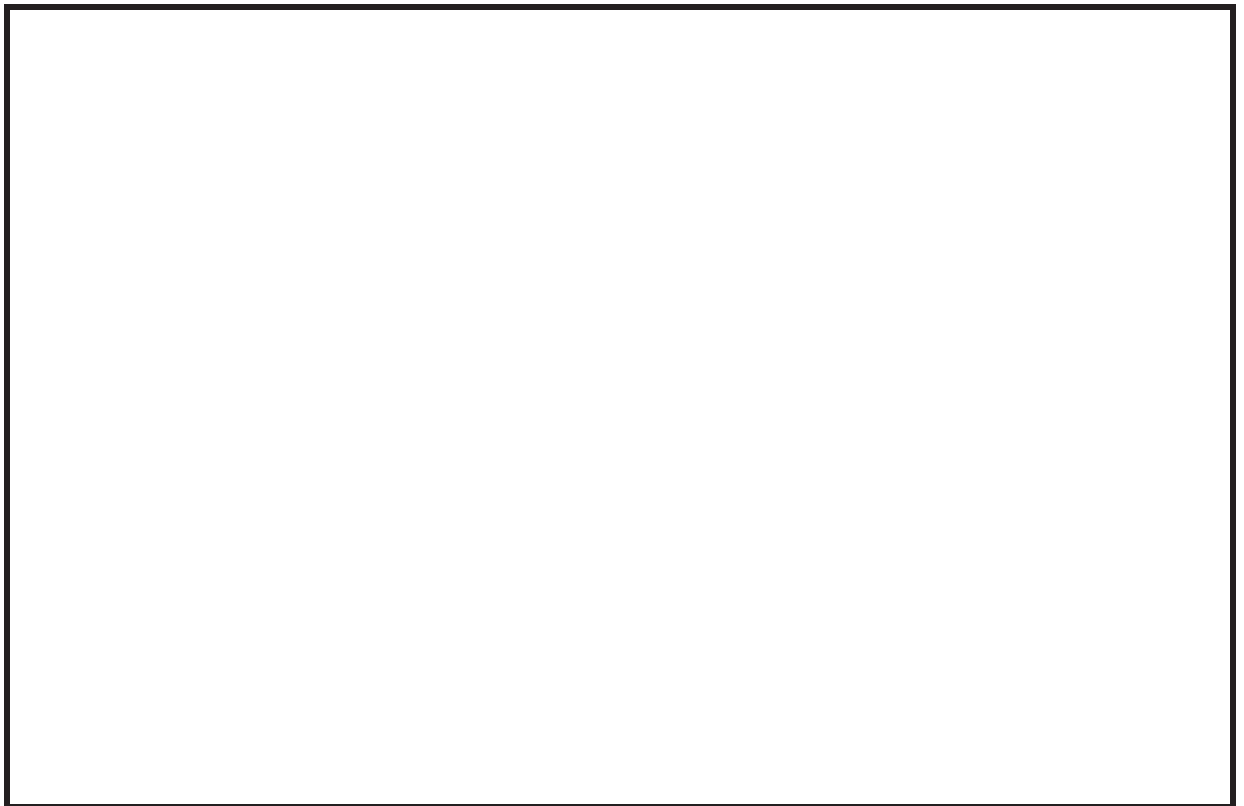


図 3-12 可搬型窒素ガス供給装置の評価部位概略図 (4/4)

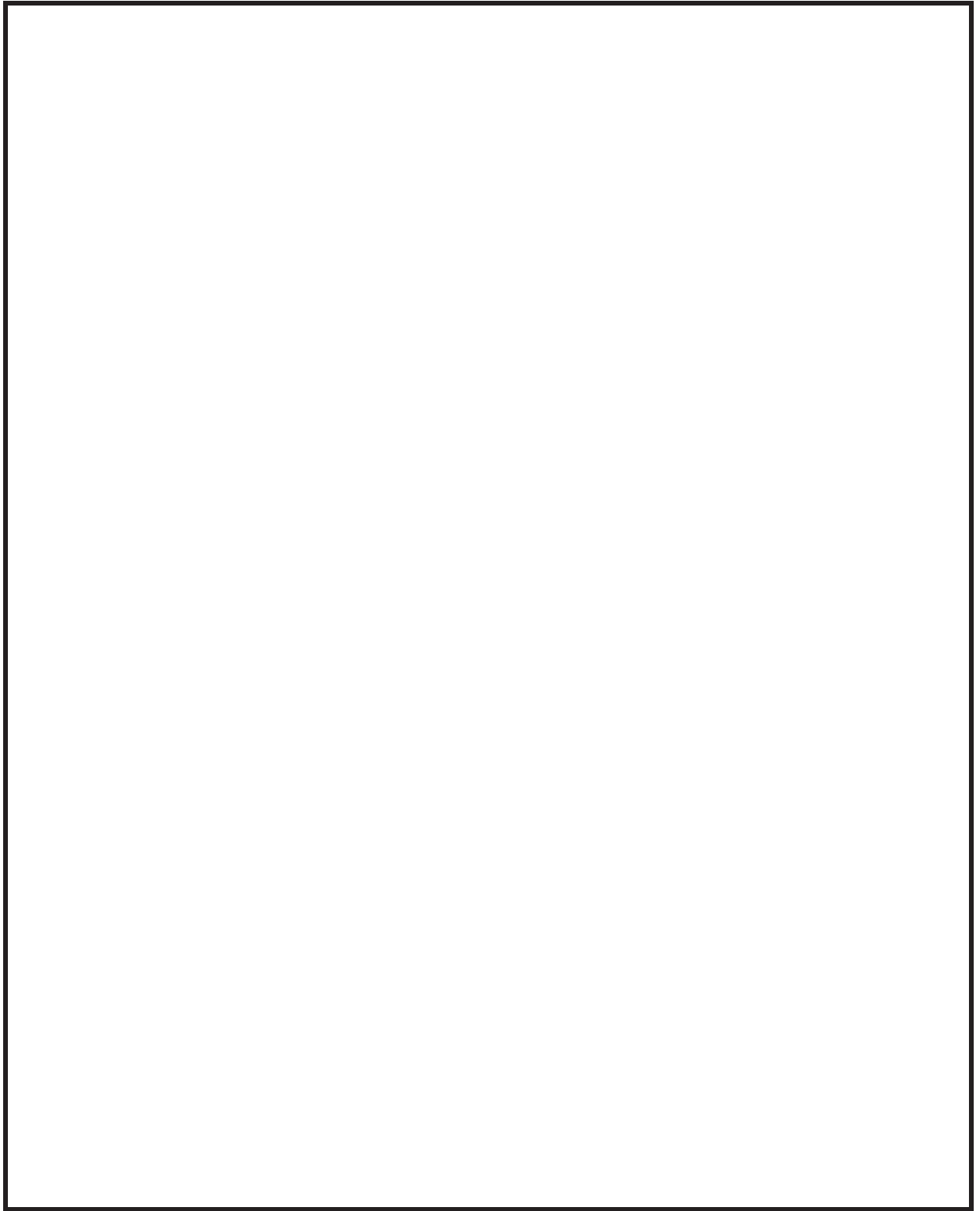


図 3-13 ホース延長回収車の評価部位概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

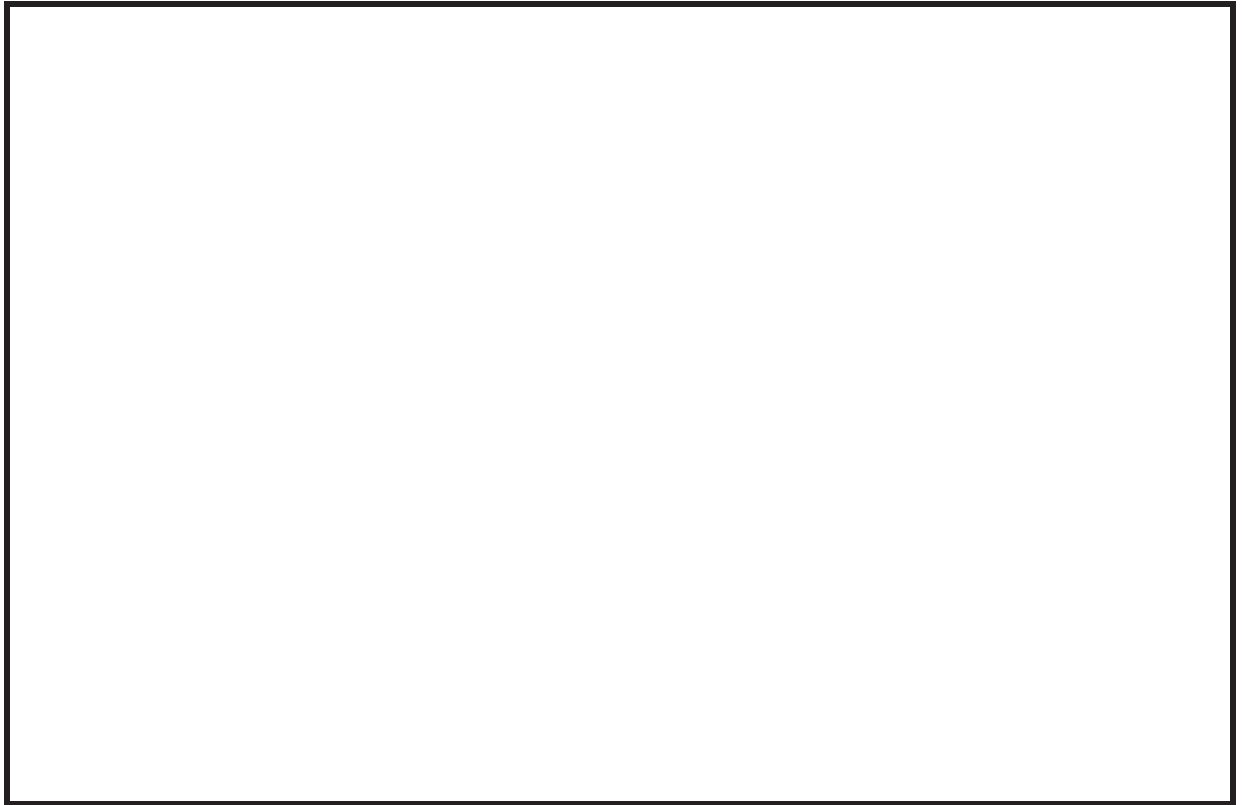


図 3-14 タンクローリの評価部位概略図 (1/2)



図 3-14 タンクローリの評価部位概略図 (2/2)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### (3) 取付ボルトの締結状態

車両型設備の耐震評価のうち構造強度評価の評価部位は、取付ボルトを対象として選定している。取付ボルトは、納入メーカーにてトルク管理をしていることから、剛に締結されているため機器の支持機能を十分に発揮することができる。また、ボルト締結状態の管理については、可能な限り通常のパトロール及び起動試験による目視の確認を行うとともに、分解点検による取外しを行う場合等については、適切なトルクでの締付を行うなど継続して管理を行うこととしている。

## 3.6 機能維持評価

可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備は、加振試験後の機能維持確認として、各設備の機能に応じた試験を実施し、設備が問題なく動作することを確認している。

加振試験後の機能維持確認方法と結果を、表 3-2 に示す。



表 3-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (1/2)

設備名称	確認事項
大容量送水ポンプ (タイプ I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、送水機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>
大容量送水ポンプ (タイプ II)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、送水機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>
電源車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、発電機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>
電源車 (緊急時対策所用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、発電機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>

表 3-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (2/2)

設備名称	確認事項
原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後により、転倒していないことを確認した。</li> <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>
可搬型窒素ガス供給装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・性能試験により、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>
ホース延長回収車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、コンテナ着脱機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>
タンクローリ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験により、転倒していないことを確認した。</li> <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ないことを確認した。</li> <li>・起動試験により、給油機能に問題ないことを確認した。</li> <li>・走行試験により、自走機能に問題ないことを確認した。</li> </ul>

### 3.7 波及的影響評価

#### (1) 基本方針

地震時における波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響として考慮すべき項目としては、地震に伴う車両のすべり及び傾きによる干渉がある。このため波及的影響評価においては、地震時のすべり量及び傾き角より算出した変位量を評価し、本評価結果に基づき、車両型設備 1 台当たりの離隔距離を適切に設定することにより、他の設備のと接触、衝突等が生じない設計とする。

また、評価対象となる設備は、第 1 保管エリア、第 2 保管エリア、第 3 保管エリア、第 4 保管エリア及び緊急時対策建屋（北側）に保管される車両型設備であり、各保管エリアに保管される車両型設備は、竜巻による飛散防止の観点から、固縛措置を講じる設計とする。このため、地震に伴う車両のすべり及び傾きが生じても、竜巻対策としての固縛装置の干渉がないよう、固縛装置は適正な余長を設ける設計とする。

#### (2) 評価方法

加振試験にて得られたすべり量及び傾き角により算出した車両型設備の最大変位量が、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して必要な離隔距離未満であることを確認する。

#### (3) 評価結果

波及的影響評価として評価した走行軸方向の車両型設備の最大変位量と走行軸直角方向の車両型設備の最大変位量については、設定した離隔距離（許容限界）未満であることを確認した。

##### a. 走行軸方向

表 3-3 に各車両型設備の走行軸方向に関する評価結果を示す。表 3-3 より、走行軸方向の車両型設備の最大変位量は、設定した離隔距離（許容限界）未満であることを確認した。

##### b. 走行軸直角方向

表 3-4 に各車両型設備の走行軸直角方向に関する評価結果を示す。表 3-4 より、走行軸直角方向の車両型設備の最大変位量は、設定した離隔距離（許容限界）未満であることを確認した。

表 3-3 波及的影響評価結果（走行軸方向）

設備名称	保管場所	すべり量	傾きによる変位量*1	車両の最大変位量 (走行軸方向)	許容限界*2 (走行軸方向)	評価結果
大容量送水ポンプ (タイプⅠ)	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	330	—	330	1000	○
大容量送水ポンプ (タイプⅡ)	第1保管エリア 第2保管エリア 第4保管エリア	260	—	260	1000	○
電源車	第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア	190	—	190	1000	○
電源車 (緊急時対策所用)	緊急時対策所北側 第4保管エリア	190	—	190	1000	○
原子炉補機代替冷却 水系熱交換器ユニット	第1保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア	390	—	390	1000	○
可搬型窒素ガス供給 装置	第1保管エリア 第4保管エリア	130	—	130	1000	○
ホース延長回収車	第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア	130	—	130	1000	○
タンクローリ	第2保管エリア 第3保管エリア 第4保管エリア	587	—	587	1000	○

注記\*1：地震による走行軸方向への傾きはほとんど無視できるため、走行軸方向への傾きによる変位量は評価しない。

\*2：加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

表 3-4 波及的影響評価結果（走行軸直角方向）

設備名称	保管場所	すべり量	傾きによる 変位量	車両の最大変位量 (走行軸直角方向)	許容限界 <sup>*1</sup> (走行軸直角方向)	評価結果
大容量送水ポンプ (タイプⅠ)	第1保管エリア	110	428	538	1500	○
	第2保管エリア					
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
大容量送水ポンプ (タイプⅡ)	第1保管エリア	570	497	1067	1500	○
	第2保管エリア					
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
電源車	第2保管エリア	200	516	716	1500	○
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
	緊急時対策所北側 第4保管エリア					
電源車 (緊急時対策所用)	第1保管エリア	200	516	716	1500	○
	第2保管エリア					
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
原子炉補機代替冷却 水系熱交換器ユ ニット	第1保管エリア	190	182	372	1500	○
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
	第2保管エリア					
可搬型窒素ガス供 給装置	第1保管エリア	110	461	571	1500	○
	第4保管エリア					
	第2保管エリア					
	第3保管エリア					
ホース延長回収車	第4保管エリア	290	229	519	1500	○
	第2保管エリア					
	第3保管エリア					
	第1保管エリア					
タンクローリ	第2保管エリア	357	337	694	1500	○
	第3保管エリア					
	第4保管エリア					
	第1保管エリア					

注記\*1：加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

実際の車両型設備の配置に必要となる間隔については、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする。

なお、地震に伴うすべり及び傾きを、双方が同時に接近する方向に生じる可能性はほとんどないため、各々の離隔距離（許容限界）を単純に加算して決定する必要はない。

ただし、最終的に環境条件（摩擦係数）の変動等を考慮し、保守性を持たせるため、上記の離隔距離（許容限界）を確保する。

#### (4) 加振台と実際の保管場所との環境条件の相違による影響

##### a. 環境条件比較

実測値とした加振台と実際の保管場所の条件には、路面材料、路面状況等、種々の相違が考えられる。

##### (a) 路面材料

加振試験は実際の保管場所と同様にコンクリートにて実施しており、路面材料の相違はない。

##### (b) 路面状況

加振台は乾燥状態であるが、屋外設置の設備に関しては気象等の影響により路面状況が変化する。乾燥面と湿潤面を比較すると湿潤面の方が摩擦係数は低下し、凍結した路面であればさらに摩擦係数が低下する。一般的に摩擦係数の低下に伴いすべり量は大きくなるが、実際の車両型設備の配置の際には、車両型設備ごとに設定した離隔距離を合算した離隔距離以上で配置すること、離隔距離は車両型設備の最大変位量に対し余裕をもった値を設定していること、及び車両型設備が同時に接近する方向に移動する可能性は低いことから、十分な保守性を確保している。また、著しく摩擦係数の低下が想定されるような以下の場合については、路面状況を維持する対応をとることから、路面状況の差が波及的影響評価の結果に与える影響は軽微である。

砂の細粒子等の異物が舗装路面に散乱している場合等については、発電所内の運用管理（保管場所のパトロール等）において、必要に応じて清掃・除去を行うため、考慮対象外とする。

凍結に関しては、舗装した保管場所にて水溜まりなどが発生しないよう、良好な排水ができる設計としていることから、降雨後に気温が低下し氷点下になったとしても、良好な排水により摩擦係数に影響を与えるような凍結（ある程度厚みを持った凍結面であって、すべりに伴い重量物である車両型設備が載ることにより圧力を与えても表面しか解けないような凍結）の恐れはなく、降雪に伴う凍結が発生する恐れのある場合にも、凍結防止剤の散布等を行い、対策を講じることとしているため、凍結については考慮対象外とする。

(c) 保管時のブレーキ力

加振試験時には実際の保管状態を模擬するため、車両のサイドブレーキを使用した状態で試験を実施しているが、車両型設備の走行軸方向の移動に対してブレーキ力が作用するため、サイドブレーキには車両型設備の走行軸方向のすべり量を低減させる効果があると考えられる。

そのため、停車時におけるサイドブレーキの取扱としては、車両ごとのマニュアルに従い必要な引きしろ分動作させることで十分なブレーキ力を与え、定期的な保守点検時においても状態の確認を行うとともに、必要により調整を行う。

また、サイドブレーキの点検は、法定点検項目の一つとして車両ごとに定められた点検間隔で実施するものであるため、それぞれの保守点検の間隔中における劣化は生じ難い。なお、加振試験時に用いた地震動は、保管場所の地震動をおおむね上回る加速度とし、さらに試験によって得られた最も大きなすべり量を車両設備ごとに適用しており、相当の保守性を有していることから、仮に保守点検の間隔中にブレーキ力のばらつきや劣化が生じたとしても、その保守性の中に含まれるものとする。

### 3.8 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いについて

#### (1) 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いの検討方針

車両型設備の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さ（非保守性を含む。以下、同様。）の全体的な釣り合い（以下、「トータルバランス」という。）の検討は以下の手順により実施する。

- a. 保守性及び不確実さの要因の抽出
- b. 保守性及び不確実さの要因のスクリーニング
- c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析
- d. 各要因の保守性及び不確実さの定量化
- e. 保守性及び不確実さのトータルバランスの検討

#### a. 保守性及び不確実さの要因の抽出

車両型設備の耐震設計及び評価の各段階に含まれる保守性及び不確実さの要因となり得る項目を抽出する。

基準地震動  $S_s$  による地震力に対する車両型設備の機能維持の評価は、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価の各段階に分けて実施されるが、これらの評価は車両型設備の加振試験結果を用いて実施される。

したがって、保守性及び不確実さの要因の抽出に当たっては、車両型設備の耐震設計及び評価を以下の各段階に分けて検討する。

- ① 加振試験
- ② 構造強度評価
- ③ 転倒評価
- ④ 機能維持評価
- ⑤ 波及的影響評価

なお、「① 加振試験の検討対象範囲は、試験結果を出す段階までとし、これらの結果を用いた評価における評価手法そのものや評価条件の設定に含まれる保守性及び不確実さの要因はそれぞれ「② 構造強度評価」から「⑤ 波及的影響評価」の中で抽出する。

上記の各段階を基本的に以下の要素に分割し、要素ごとに試験及び評価結果へ影響を与える可能性のある要因、即ち、保守性及び不確実さ要因を抽出する。

- ・手法（試験方法、評価方法）
- ・入力条件（設計用地震力）
- ・評価モデル及び評価条件（試験体及び諸元、荷重の組合せ及び許容限界）

なお、各評価の特性を踏まえ、上記の要素分類に当てはまらない評価要素があれば必要に応じて当該要素を追加する。



b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング

「a. 保守性及び不確実さ要因の抽出」により抽出された保守性及び不確実さの要因，特に不確実さに関連する要因について，他の設備の耐震評価における工認（今回工認において妥当性確認済みの項目を含む）やJ E A G 4 6 0 1と同様の取り扱いを行っている場合は，当該要因が評価結果に与える不確実さはないと考え，以降の検討の対象外とする。

c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

「b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング」までに抽出された保守性及び不確実さの各要因について，保守性及び不確実さそれぞれの観点で車両型設備の耐震評価に及ぼす影響を定性的に分析する。

d. 各要因の保守性及び不確実さの定量化

保守性及び不確実さの各要因について，その保守性や不確実さが定量化可能なものについて，その定量化を行う。

e. 保守性及び不確実さのトータルバランスの検討

「構造強度評価」，「転倒評価」，「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに，評価に関連する不確実さ要因を抽出し，不確実さ要因に対して，同要因が有する保守性や他の要因の保守性により，当該不確実さによる非保守性が包絡されることを確認する。

以上までの検討を基に，「構造強度評価」，「転倒評価」，「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに，評価全体として保守性が確保されていることを確認する。

(2) 検討結果

a. 保守性及び不確実さ要因の抽出結果

保守性及び不確実さ要因の抽出結果を表 3-5 に示す。表 3-5 では，当該項目が保守性の要因と不確実さの要因のいずれに該当するかを併せて示している。

b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング結果

「a. 保守性及び不確実さ要因の抽出結果」で抽出された項目の保守性及び不確実さ要因について，工認やJ E A G 4 6 0 1での適用実績の有無を表 3-5 に併せて示す。

また，「実績あり」（凡例：○）の場合は，下記「c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析」以降の検討の対象外としたが，その場合であっても，

車両型設備の耐震評価上において保守性及び不確実さの観点で重要な場合や評価結果に影響が大きいと考えられる場合は、検討対象として追加した。

c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

「b. 保守性及び不確実さ要因のスクリーニング結果」までに抽出された保守性及び不確実さ要因に関し、その影響に対する定性的な検討を以下の要領で行った。検討結果については、表 3-6 に示す。

- ・同じ保守性及び不確実さ要因であっても、その保守性及び不確実さの影響は、耐震評価にて使用する応答値の項目（加速度・変位・すべり量）ごとに異なる。したがって、これらの項目ごとに、保守性及び不確実さが与える影響を定性的に分析した。
- ・車両型設備の耐震評価は、「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に分けられる。各評価において使用する応答値の項目が異なるため、各評価で使用する応答値を整理した。
- ・以上の整理を踏まえて、保守性及び不確実さに関する各要因が各応答値に与える保守性及び不確実さの内容を整理した。
- ・また、当該要因が評価上与える相対的な影響度を定性的に検討し、「相対的に影響が大きい」、「相対的に影響が小さい」及び「影響が有意でない」の3種類に分類した。

ここで、定量的あるいは定性的に評価結果に与える影響がおおむね 10%を超えると判断される場合は「相対的に影響が大きい」分類した。また、影響が数%程度以下と判断される場合は「影響が有意でない」に分類した。なお、「影響が有意でない」項目については、以降の検討対象外とした。

d. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析

保守性及び不確実さ要因について、その影響が定量化可能なものは定量化し、その結果を上記「c. 選定された各要因に関する保守性及び不確実さの分析」の影響度合い分類結果に反映した。

e. 保守性及び不確実さのトータルバランスの検討

「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」の評価ごとに、表 3-6 の検討結果を以下の要領で整理することにより各評価が全体として保守性を有していることを確認した。

まず、表 3-6 にて、保守性及び不確実さの影響度が「相対的に大きい」（凡例：【○】）又は「相対的に影響が小さい」（凡例：【△】）要因を抽出した。

抽出した各要因を，その不確実さの内容と不確実さに対する対応から，「不確実さの残る要因」，「保守性の残る要因」及び「保守性と不確実さが同等である要因」に分類した。

各分類の位置づけは以下のとおりである。

「不確実さの残る要因」：当該要因の不確実さが，当該要因自身の保守性もしくは当該要因の不確実さに直接的に関連する他の要因が有する保守性により完全に包絡できないもの。

「保守性の残る要因」：当該要因の保守性が，当該要因自身の不確実さもしくは当該要因の保守性に直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し，その上でさらに保守性が残存するもの。

「保守性と不確実さが同等である要因」：当該要因の不確実さと，当該要因自身の保守性もしくは当該要因の不確実さに直接的に関連する他の要因における保守性がほぼ同等で相殺しあうもの。

なお，「不確実さの残る要因」は，さらに「保守性を有する直接的な対応のない不確実さ要因」と「定性的な確認のみの不確実さ要因」に分類する。後者としては，定性的な検討において，不確実さの程度，保守性の程度あるいはその両者が不明確であるために不確実さの残存を否定できないものを抽出した。

「保守性の残る要因」は，「未適用の保守性要因」と「保守性の残存する保守性要因」に分類する。前者は，当該要因に不確実さがなく，かつ，当該要因に直接的に関連する他の要因における不確実さもないものである。後者は，当該要因自身の不確実さもしくは当該要因に直接的に関連する他の要因における不確実さを包絡し，その上でさらに保守性が残存するものである。

「保守性と不確実さが同等である要因」は，「設計にて対応済みの要因」と「定性的に確認した要因」に分類する。前者は，当該要因の不確実さに対し設計上の対応で保守性が担保されるものである。後者は，当該要因の不確実さに対して特段設計上の対応は行っていないが，当該要因の持つ性質から当該要因の不確実さに対する保守性が確認されるものである。

以上に基づく各評価に対する抽出及び分析結果を表 3-7～表 3-10 に示す。

上記各分類のうち，「不確実さの残る要因」と「保守性の残る要因」を総合的に分析することにより，各評価全体として保守性が確保されていることを確認した。確認結果を表 3-7～表 3-10 の「総合評価」欄に示す。

以上の検討の結果，車両型設備の耐震設計及び評価全体として，各種不確実さを包絡する適切な保守性を有することを確認した。

表 3-5 保守性及び不確実さ要因抽出結果 (1/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さを有する項目	車両型設備の設計・評価での取扱の概要	保守性の要因	不確実さの要因	工認及び JEAG での実績の有無 (○：実績あり, ●：実績なし)	備考	
加振試験	試験方法	加振方向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「水平 (走行軸方向) + 鉛直」及び「水平 (走行軸直角方向) + 鉛直」(2 軸加振) (大容量送水ポンプ (タイプ II), 電源車, 電源車 (緊急時対策所用), 可搬型窒素ガス供給装置及びホース回収延長車)</li> <li>・「水平 (走行軸方向) + 水平 (走行軸直角方向) + 鉛直」(3 軸加振) (大容量送水ポンプ (タイプ I), 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット, タンクローリ)</li> </ul>	-	-	○		
		試験回数	当該設備の各保管場所における設計用 FRS を各車両型設備の固有周期で包絡された加振波で, 2 軸加振設備は 2 回, 3 軸加振設備は 1 回加振	-	○	○		
	設計用地震力 (加速度・変位・すべり量)	加振試験入力波	当該設備の各保管場所全ての設計用 FRS を各車両型設備の固有周期で包絡させたランダム波を使用	○	○	○	実績はあるが, 保守性の観点で重要であるため除外しない。	
		試験体	実機と同一の車両型設備を使用	-	-	○		
	試験体及び諸元	試験環境	実施機保管場所と同等のコンクリート上に設置	-	-	○		
		荷重の組合せ及び許容限界	許容限界	J E A G 4 6 0 1 のその他支持構造物の許容値を適用	○	-	○	
	評価方法		ボルト応力評価方法	J E A G 4 6 0 1 のボルト等のボルト応力評価方法を適用	○	-	○	
		構造強度評価	FRS 拡張	FRS 拡張	加振試験入力波作成の際に, 拡張を考慮した FRS を用いている。	○	-	○
	設置床での応答加速度			加振試験で得られた評価部位頂部での応答を設置床での応答としている。	○	-	○	実績はあるが, 保守性の観点で重要であるため除外しない。
	設計用地震力 (加速度)		評価部位頂部の最大応答加速度に対し, 更に 1.2 倍したものを設計用加速度としている。	○	-	○	実績はあるが, 保守性の観点で重要であるため除外しない。	
誘発上下動	ローリング (走行軸回りの回転)・ロッキング (タイヤの浮上りを伴う走行軸回りの回転) 挙動により車両型設備端部で鉛直方向へ応答が発生し得るが, 評価では評価部位頂部での応答を使用		-	○	○	実績はあるが, 不確実さの観点で重要であるため除外しない。		

表 3-5 保守性及び不確実さ要因抽出結果 (2/2)

設計・評価段階	設計・評価要素	保守性・不確実さを有する項目	車両型設備の設計・評価での取扱の概要	保守性の要因	不確実さの要因	工認及び JEAG での実績の有無 (○：実績あり, ●：実績なし)	備考
転倒評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(加振試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	-	-	-	
	評価方法	(該当なし)	(加振試験にて直接的に転倒の有無を確認するため、評価方法の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	-	-	-	
	設計用地震力 (加速度)	(該当なし)	(上記「加振試験」での当該項目と同様であり、転倒評価として新規に該当する項目はない。)	-	-	-	
機能維持評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(加振試験にて試験後に機能が維持されていること直接的に確認するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	-	-	-	
	評価方法	(該当なし)	(加振試験にて試験後に確認するため、評価方法の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	-	-	-	
	設計用地震力 (加速度)	(該当なし)	(上記「加振試験」での当該項目と同様であり、機能維持評価として新規に該当する要素はない。)	-	-	-	
波及的影響評価	荷重の組合せ及び許容限界	(該当なし)	(発電所における敷地の制限、可搬型重大事故等対処設備の作業性及び運用性を踏まえ設定するため、荷重の組合せ及び許容限界の観点で保守性及び不確実さに該当する要素はない。)	-	-	-	
	評価方法	配置間隔の設定方法	車両型設備の配置間隔として、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする設計とする。	○	-	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。
	設計用地震力 (変位・すべり量)	最大変位量の算出方法	加振試験で得られたすべり量の最大値と傾きによる変位量の最大値を合わせた場合の影響評価を実施する。	○	-	○	実績はあるが、保守性の観点で重要であるため除外しない。

表 3-6 保守性・不確かさ要因の分析及び影響が有意でない不確かさのスクリーニング (1/2)

設計・評価 段階	設計・評価 要素	保守性・ 不確かさ 要因	影響項目	評価との対応				保守性 [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小	不確かさ [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【-】：影響が有意でない	影響が有 意でない 理由
				転倒 評価	構造 強度 評価	機能 維持 評価	波及的 影響 評価			
加振試験	設計用地震力 (加速度・変 位・すべり量)	a. 加振試験 入力波	加速度	○	○	○	-	-	-	-
			変位 すべり量	-	-	-	○	○	-	-
構造強度評 価	設計用地震力 (加速度)	b. 設置床で の応答加速 度  c. 設計用加 速度	加速度	-	○	-	-	-	-	-
			加振試験で得られた評価部 位頂部での最大応答加速度 を、評価上は、より低い位 置である設備設置床での応 答と仮定することによる保 守性がある。【△】	-	-	-	-	-	-	-
			評価部位頂部の最大応答加 速度に対し、更に1.2倍し たものを設計用加速度とし ている。【○】	-	○	-	-	-	-	-
転倒評価 機能維持評 価	(該当なし) (該当なし)	d. 誘発上下 動	加速度	-	○	-	-	-	-	構造強度 評価にお いては、 評価部位 頂部で計 測を実施 している ことから、 影響は 有意で ない。
			-	-	-	-	-	-	水平・鉛直方向の地震に伴 い発生するローリング(走 行軸回りの回転)やロッギ ング(タイヤの浮き上がり を伴う走行軸回りの回転) 拳動により、重心位置から 離れた箇所では、誘発上下 動が発生し、鉛直応答が増 加する可能性がある。 【-】	

表 3-6 保守性・不確かさ要因の分析及び影響が有意でない不確かさのスクリーニング (2/2)

設計・評価 段階	設計・評価 要素	保守性・ 不確かさ 要因	影響項目	評価との対応				保守性 [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小	不確かさ [凡例] 【○】：相対的に影響度大 【△】：相対的に影響度小 【－】：影響が有意でない	影響が有 意でない 理由
				転倒 評価	構造 強度 評価	機能 維持 評価	波及的 影響 評価			
波及的影 響 評価	評価方法	e. 配置間隔 の設定	変位	－	－	－	○	－	－	
			すべり量	－	－	－	○			
	設計用地震力 (変位・すべり 量)	f. 最大変位 量の算出方 法	変位	－	－	－	○	－	－	
			すべり量	－	－	－	○			



表 3-7 構造強度評価に関連する保守性・不確実さ要因

保守性・不確実さ要因*1		不確実さ	不確実さに対する対応（保守性）*2	備考
不確実さの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確実さ要因	—	—	
	定性的な確認のみの不確実さ要因	—	—	
保守性の残る要因	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%～20%程度）となる。【○】
		b. 設置床での応答加速度	—	加振試験で得られた評価部位頂部での最大応答加速度を、評価上は、より低い位置である設備設置床での応答と仮定することによる保守性がある。【△】
		c. 設計用加速度	—	評価部位頂部の最大応答加速度に対し、更に1.2倍したものを設計用加速度としている。【○】
保守性と不確実さが同等である要因	保守性の残存する保守性要因	—	—	
	設計にて対応済みの要因	—	—	
	定性的に確認した要因	—	—	
【総合評価】		構造強度評価は、評価に用いる設計用地震力（加速度）として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確実さはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」、「設置床での応答加速度」及び「設計用加速度」がある。以上より、加振試験結果に基づき構造強度評価について、評価全体として保守性が確保されている。		

注記\*1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確実さ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

\*2：【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-8 転倒評価に関連する保守性・不確かさ要因

保守性を有する直接的な対応の要因		保守性・不確かさ要因*1	不確かさ	不確かさに対する対応（保守性）*2	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応の要因	(該当なし)	—	—	
保守性の残る要因	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%～20%程度）となる。【○】	
	保守性の残存する保守性要因	(該当なし)	—	—	
保守性と不確かさが同等である要因	設計にて対応済みの要因	(該当なし)	—	—	
	定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
【総合評価】		転倒評価は、評価に用いる設計用地震力（加速度）として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確かさはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」がある。 以上より、加振試験結果に基づき転倒評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記\*1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

\*2：【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-9 機能維持評価に関連する保守性・不確かさ要因

	保守性・不確かさ要因*1	不確かさ	不確かさに対する対応（保守性）*2	備考
不確かさの残る要因	保守性を有する直接的な対応のない不確かさ要因	—	—	
保守性の残る要因	定性的な確認のみの不確かさ要因	—	—	
	未適用の保守性要因	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%～20%程度）となる。【○】	
	保守性の残存する保守性要因	—	—	
保守性と不確かさが同等である要因	設計にて対応済みの要因	—	—	
	定性的に確認した要因	—	—	
【総合評価】	機能維持評価は、評価に用いる設計用地震力（加速度）として実機の加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確かさはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」がある。 以上より、加振試験結果に基づき機能維持評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記\*1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確かさ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

\*2：【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-10 波及的影響評価に関連する保守性・不確実さ要因

保守性を有する直接的な対応のみの不確実さ要因		保守性・不確実さ要因*1	不確実さ	不確実さに対する対応（保守性）*2	備考
不確実さの残る要因	保守性を有する直接的な対応のみの不確実さ要因	(該当なし)	—	—	
保守性の残る要因	定性的な確認のみの不確実さ要因	(該当なし)	—	—	
	未適用の保守性要因	a. 加振試験入力波	—	加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%～20%程度）となる。【○】	
		e. 配置間隔の設定方法	—	車両型設備重子がぶつかると同時にすべり及び傾きが発生することは考えにくい。隣り合う設備の配置間隔として、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする設計により保守性がある。【○】	
		f. 最大変位量の算出方法	—	加振試験で得られたすべり量の最大値と傾きによる変位量の最大値は、同時に発生する可能性は低く、その両方の値を用いて算出する最大変位量はある程度の保守性を有している。【△】	
保守性と不確実さが同等である要因	保守性の残存する保守性要因	(該当なし)	—	—	
	設計にて対応済みの要因	(該当なし)	—	—	
	定性的に確認した要因	(該当なし)	—	—	
【総合評価】		波及的影響評価は、評価に用いている設計用地震力（変位・すべり量）として実機に加振試験での計測値を直接用いているため有意な不確実さはない。 一方、未適用の保守性要因として「加振試験入力波」、「配置間隔の設定方法」及び「最大変位量の算出方法」がある。 以上より、加振試験結果に基づき波及的影響評価について、評価全体として保守性が確保されている。			

注記\*1：先頭の記号及び要因名称は、表 3-6 における「保守性・不確実さ要因」欄の記号及び要因名称と同じものを用いている。

\*2：【】内の記号は、表 3-6 における「保守性」欄の記号を表している。

#### 4. 地震時に固縛装置を展張させないための余長の設定方法について

##### 4.1 概要

車両型設備の耐震計算においては、竜巻対策としての固縛装置を設置しない状態で加振試験を行った結果を用いて耐震評価をする。このため、当該設備については、加振試験の条件に合わせて、展張しない十分な余長を有した固縛装置を設置する方針としている。ここでは、固縛装置を展張させないための余長の設定方法について説明する。

##### 4.2 余長の定義

固縛装置の設計余長は、図 4-1 に示すように、車両型設備が走行軸直角方向へ横すべりして連結材（サイドロープ）を展張させた場合において、車両型設備が初期位置から横すべりした水平距離として定義している。以降は、本設計方法に基づく設計余長を「余長」と呼ぶこととする。

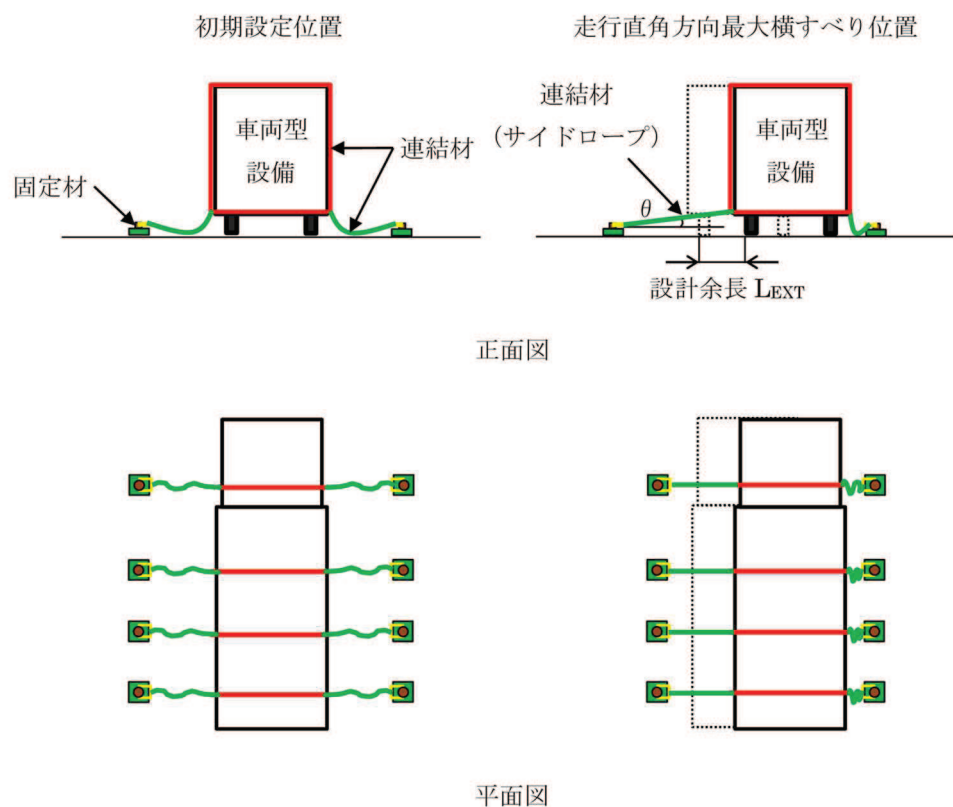


図 4-1 固縛装置の概要図

### 4.3 余長の設定

固縛装置の余長は、車両型設備の最大変位量を基に、以下の計算式を用いて設定する。余長の計算に用いる寸法を図 4-2 に、余長の計算結果および設定値を表 4-1 に示す。

なお、加振試験により計測された最大変位量については、走行軸直角方向の最大すべり量、走行軸方向の最大すべり量、傾きによる最大浮き上がり量が、全て同時刻に発生したものではないことから、本計算式を基に設定する余長には保守性が含まれている。

$$L_{EXT} = L_{MAX} \cdot \cos \theta - l_X$$

$$L_{MAX} = \sqrt{(L_X + l_X)^2 + L_Y^2 + L_Z^2}$$

$L_{EXT}$  : 固縛装置を展張させないために必要な余長（この長さ以上の余長を確保）

$L_{MAX}$  : 固縛装置を展張させないために必要な固定材設置予定位置から連結材（サイドロープ）先端までの必要最大長さ

$L_X$  : 車両型設備の初期位置から車両型設備の走行軸直角方向の最大すべり位置までの距離

$L_Y$  : 車両型設備の初期位置から車両型設備の走行軸方向の最大すべり位置までの距離

$L_Z$  : 固定材設置予定高さから車両型設備の傾きによる最大浮き上がり高さまでの距離

$l_X$  : オフセット量（固定材設置予定位置から車両型設備の初期位置までの距離）

$\theta$  : 車両型設備が初期位置から走行軸直角方向に横すべりして固縛装置が展張したときの連結材（サイドロープ）と地面が有する角度（図 4-1 に記載の  $\theta$ ）

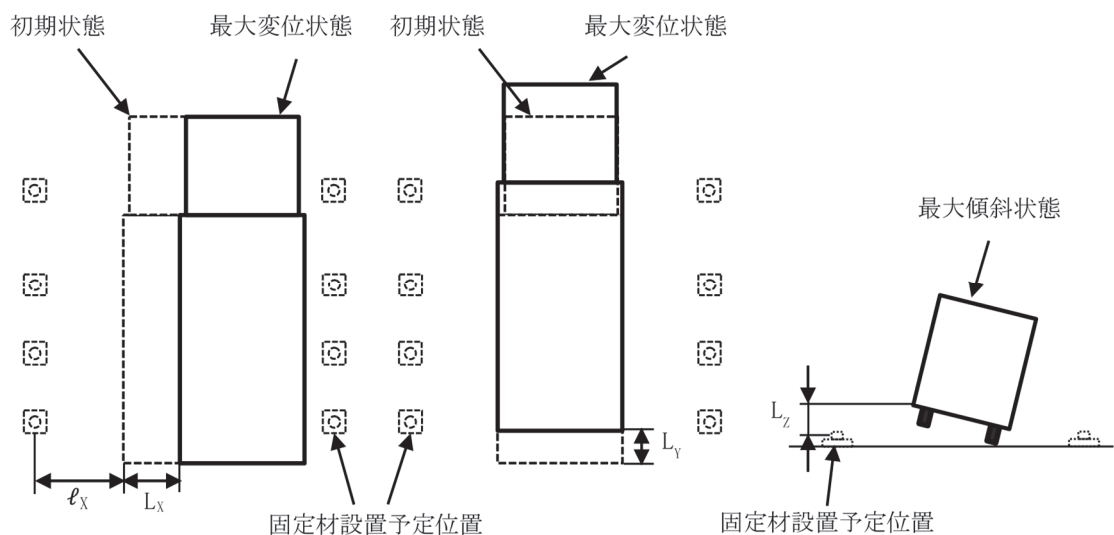


図 4-2 固縛装置の余長の計算に用いる寸法

表 4-1 余長の計算結果

車両型設備名称	L <sub>x</sub> (mm)	L <sub>y</sub> (mm)	L <sub>z</sub> (mm)	φ <sub>x</sub> (mm)	L <sub>MAX</sub> (mm)	θ (°)	L <sub>EXT</sub> (mm)	余長 (mm)
大容量送水ポンプ(タイプⅠ)	110	330	452.3	1002.5	1245.5	6.9	233.8	300
大容量送水ポンプ(タイプⅡ)	570	120	494.8	1002.5	1652.9	5.2	643.5	700
電源車	200	190	528.0	1150	1462.0	5.9	304.2	400
電源車(緊急時対策所用)	200	190	528.0	1150	1462.0	5.9	304.2	400
原子炉補機代替冷却水系 熱交換器ユニット	190	390	280.4	1005	1287.9	6.7	274.1	300
可搬型窒素ガス供給装置	110	130	998.2	1002.5	1500.3	27.8	324.3	600
ホース延長回収車	290	120	323.5	1005	1340.2	6.4	326.7	400
タンクローリ	357	587	427.6	1150	1672.9	5.2	516.1	600

## 5. 車両型設備とアンカープレートとの位置関係について

### 5.1 概要

固縛装置を用いる車両型設備については、固縛装置を取付けずに加振試験を行っていることから、加振試験時の車両型設備の挙動と固縛装置の固定材（アンカープレート）との干渉の確認が取れていない。仮に干渉（タイヤとアンカープレートが接触）した場合においても設備の損傷は考えにくいものの、加振試験結果と実際の車両型設備の設置位置におけるアンカープレートとの位置関係について説明する。

### 5.2 車両型設備とアンカープレートとの位置関係

車両型設備の端部からアンカープレート端部までの距離（離隔距離）は、車両型設備の走行軸直角方向の最大すべり量以上となるように設定する。



## 6. 地震波の継続時間の差が車両型設備の耐震評価に与える影響について

### 6.1 概要

基準地震動  $S_s$  による車両型設備の保管場所の地震応答波（以下「 $S_s$ 地震波」という。）と加振試験における加振波（以下「加振波」という。）を比較すると、最大加速度は加振波の方が大きいですが、継続時間は  $S_s$  地震波の方が長い結果となっている。加振波は車両型設備の固有周期を考慮し、長周期側に卓越した地震波としており、加振台の能力制限により継続時間を短くせざるを得ないものであるため、 $S_s$  地震波と加振波の継続時間の差が、加振試験を基にした車両型設備の耐震評価に与える影響について検討し、評価に問題がないことを確認する。

### 6.2 車両型設備の耐震評価

#### (1) 車両型設備に対する評価項目

車両型設備に対して実施した耐震評価項目は以下のとおりである。

- ①構造強度評価
- ②転倒評価
- ③機能維持評価
- ④波及的影響評価

#### (2) 各評価項目に対する継続時間の影響の有無の検討

加振試験については、車両型設備の保管場所の設計用 FRS をおおむね上回るように設定した入力地震動を用いて実施しており、車両型設備に対して  $S_s$  地震波よりも保守的な加速度が付与された試験となっている。前項で整理した各評価項目はいずれも加速度に依存する評価項目であることから、加速度に着目した評価としては、保守的な結果となるものとする。一方、 $S_s$  地震波と加振波の継続時間の差の影響の有無については、評価項目によって異なるものとする。そこで、各評価項目に対して、以下のとおり継続時間影響について検討した。なお、 $S_s$  地震波と加振波の継続時間については、表 6-1 のとおりである。

表 6-1 S s 地震波と加振波の継続時間

保管場所	基準地震動	S s 地震波 (s)	加振波 (s)
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 緊急時対策建屋北側	S s - D 1	約 137	
	S s - D 2	約 72	
	S s - D 3	約 69	
	S s - F 1	約 180	
	S s - F 2	約 180	
	S s - F 3	約 48	
	S s - N 1	約 20	

- ①構造強度評価は、加振試験で計測した車両型設備の最大応答加速度を用いた評価を行うものであり、構造的な損傷は慣性力の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。
- ②転倒評価は、計測した加振台の最大加速度が保管場所の最大応答加速度を上回っていることを確認するものであり、転倒の有無は最大加速度の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。
- ③機能維持評価は、計測した加振台の最大加速度が保管場所の最大応答加速度を上回っていることを確認するものであり、機能維持に係る部位の強度は最大加速度の影響が支配的となることから、継続時間の影響は無いと考える。
- ④波及的影響評価は、加振試験で計測した「すべり量」と「傾きによる変位量」の合算値から最大変位量を求め、許容限界に収まっていることを確認するものである。

このうち、「傾きによる変位量」については、加振試験時の加振力に関連が強く、継続時間の影響は無いと考えられる。「すべり量」についても、車両型設備にかかる加振力が、設置面との静止摩擦力以上になった場合の移動量であることから、加振力の大きさに依存すると考えられる。なお、「すべり量」については、地震時の車両型設備の移動量の蓄積によるものであるため、地震波の継続時間により差が生じる可能性はあるものの、地震荷重は交番荷重であり、同じ方向にすべり続けることは考えにくく、実際の加振試験においても車両型設備が行き来する挙動が確認されていることから、影響は小さいと考えられる。

加振試験において確認された車両型設備の挙動の例を図 6-1 に示す。

また、加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例を図 6-2 に示す。

図 6-2 より、「傾きによる変位量」の最大値は、鉛直上向きの最大加速度発生後、時間遅れで発生していることが確認でき、この時間遅れは、車両型設備が鉛直上向きの加振力により突き上げられ、傾きが最大となるまでに要する時間と考えられる。よって、「傾きによる変位量」は、加振力との関連が強いものであると考えられる。なお、車両型設備は、サスペンションのようなばね構造を有するものであり、設備ごとの機構の違いにより、「傾きによる変位量」と加振力の関連の強さは異なるものとする。また、「すべり量」と「傾きによる変位量」の最大値は、同時に発生していないことが確認できる。

加振試験で得られたすべり量と傾きによる変位量の最大値は、同時に発生する可能性は低いですが、その両方の単純和として最大変位量を算出しており、また、車両型設備がぶつかる方向に同時にすべり及び傾きが生じることは考えにくいですが、車両型設備の実際の配置間隔は、隣り合う設備の離隔距離（最大変位量に対し余裕を持つ

た値)の合算値以上とした設計としていることから、波及的影響評価は保守性を有している。

以上のことから、地震波の継続時間の不確かさに対して、波及的影響評価が保守性を有していることから、S s地震波と加振波の継続時間の差が耐震評価結果に与える影響は無いと考える。

### 6.3 結論

S s地震波の継続時間が加振波に対して長いことから、地震波の継続時間が加振試験に基づく耐震評価に与える影響について検討した。その結果、S s地震波と加振波の継続時間の差は、加振試験に基づく耐震評価に影響を与えないことを確認した。

計測時間	大容量送水車（タイプ I）の加振試験の動画データ
13:01:58 (加振開始)	
13:02:18	
13:02:38	
13:02:57	

図 6-1 加振試験において確認された車両型設備の挙動の例

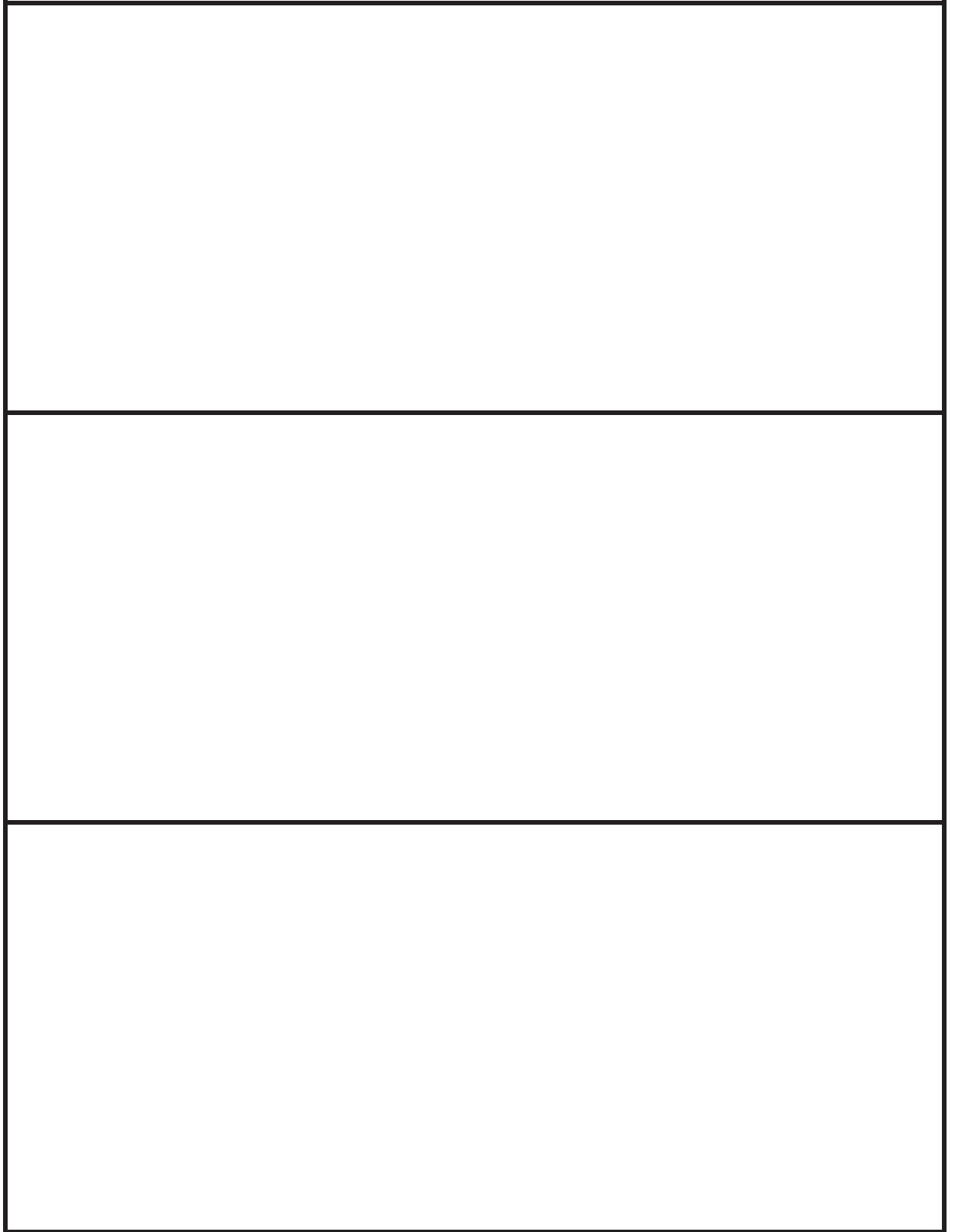


図 6-2 加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例

7. 車両型設備の仕様について

加振試験に使用した車両型設備の仕様を表 7-1 に示す。なお、固縛装置の連結材（サイドロープ）の余長を十分に設けることにより、地震時に連結材（サイドロープ）が展張しない設計とすることから、固縛装置を模擬しない条件で加振試験を実施している。

表 7-1 車両型設備の仕様

設備名称	車両仕様*	設備仕様
大容量送水ポンプ（タイプⅠ）	型式：トラック 全長：12750 mm 全幅：2495 mm 高さ：3510 mm 重量：22640 kg	容量：1440m <sup>3</sup> /h/個 吐出圧力：1.2MPa
大容量送水ポンプ（タイプⅡ）	型式：トラック 全長：12750 mm 全幅：2495 mm 高さ：3570 mm 重量：24210 kg	容量：1800m <sup>3</sup> /h/個 吐出圧力：1.2MPa
電源車	型式：トラック 全長：6900 mm 全幅：2200 mm 高さ：2970 mm 重量：7880 kg	容量：400kVA 電圧：6900kV 周波数：50Hz
電源車（緊急時対策所用）	型式：トラック 全長：6900 mm 全幅：2200 mm 高さ：2970 mm 重量：7880 kg	容量：400kVA 電圧：6900kV 周波数：50Hz
原子炉補機代替冷却水系 熱交換器ユニット	型式：トラック・ トレーラ 全長：15915 mm 全幅：2490 mm 高さ：3475 mm 重量：35120 kg	容量：20.0MW/台
可搬型窒素ガス供給装置	型式：トラック・ トレーラ 全長：16070 mm 全幅：2495 mm 高さ：3781 mm 重量：30801 kg	容量：220m <sup>3</sup> /h/個 [normal] (窒素純度 99%) 吐出圧力：427KPa
ホース延長回収車	型式：トラック 全長：8380 mm 全幅：2490 mm 高さ：3280 mm 重量：10620 kg	—
タンクローリ	型式：トラック 全長：5920 mm 全幅：2200 mm 高さ：2420 mm 重量：4370 kg	タンク容量：4.0 kL

注記\*：全長、全幅、高さ及び重量については、車両型設備ごとに個体差があるため、記載値は概略値を示す。

## 8. 加振試験における車両型設備の傾き角計測方法について

### 8.1 概要

波及的影響評価に用いる車両型設備の傾き角の計測方法を、以下に整理する。

### 8.2 計測方法

波及的影響評価に用いる車両型設備の傾き角については、加振試験中の車両型設備の挙動を撮影した動画の中から、最大傾き角となる時刻の静止画像を取出し、水平面からコンテナ下端までの角度を計測している。

車両型設備の傾き角を計測した例として大容量送水ポンプ（タイプ I）の最大傾き角の計測結果を図 8-1 に示す。

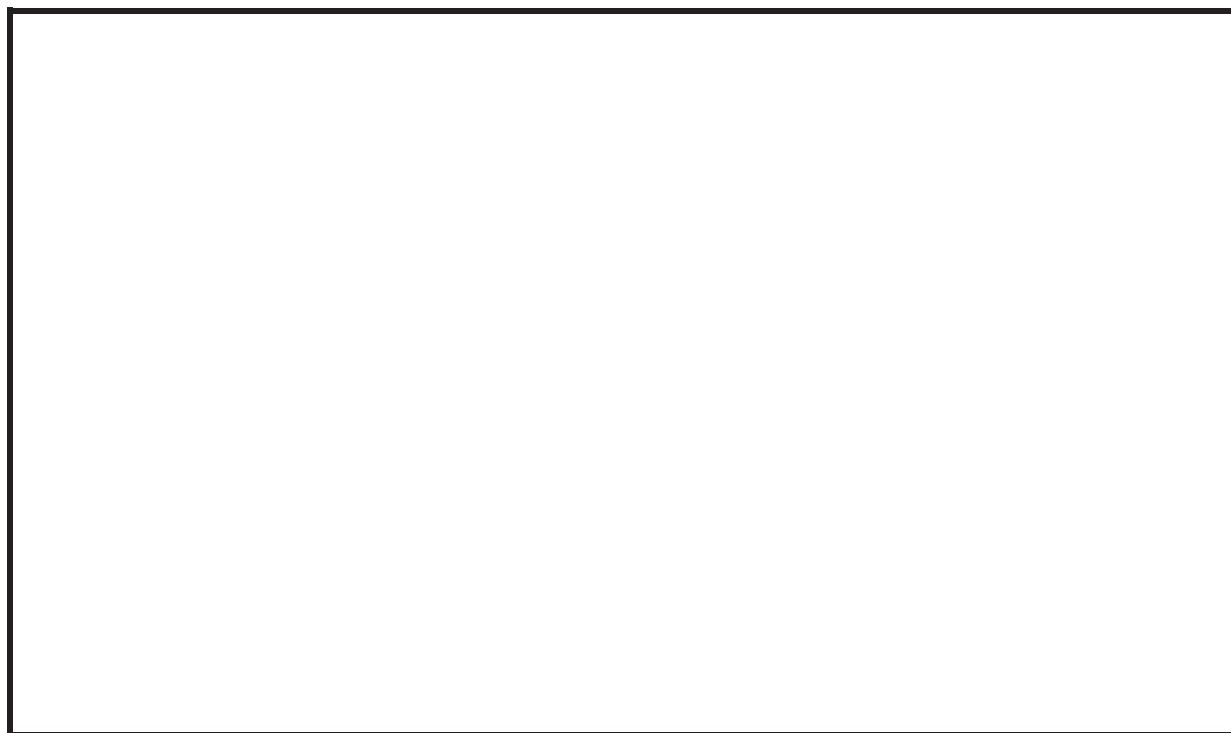


図 8-1 大容量送水ポンプ（タイプ 1）の最大傾き角の計測結果



## 9. 設計用 FRS に対する車両型設備の加振試験における加振波 FRS 裕度について

### 9.1 概要

「3.8 保守性及び不確実さの全体的な釣り合いについて」において、「加振試験入力波は、設計用 FRS をおおむね上回るよう設定したものであり、地震により設備が受ける加速度よりも保守的な値（設備の固有周期により異なるが、数%~20%程度）となる。」と記載している。ここでは、当該記載の根拠として、車両型設備の固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度について、以下に示す。

### 9.2 裕度の整理結果

車両型設備の走行軸直角方向、走行軸方向及び鉛直方向について、車両型設備ごとの固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度を図 9-1~図 9-8 に記載する。

凡例			
—	第1保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	—	第3保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
—	第2保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	—	第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
—	加振台のFRS (出力)		
--	計測された設備の固有周期		

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-1 大容量送水ポンプ (タイプ I)

凡例	
— 第1保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	— 第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
— 第2保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	
— 加振台のFRS (出力)	
--- 計測された設備の固有周期	

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-2 大容量送水ポンプ (タイプ II)

凡例	
— 第2保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	— 第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
— 第3保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	
— 加振台のFRS (出力)	
--- 計測された設備の固有周期	

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-3 電源車

\* : タイヤが動いたため参考扱い。

凡例	
— 第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	— 緊急時対策建屋北側における設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
— 加振台のFRS (出力)	
--- 計測された設備の固有周期	

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-4 電源車 (緊急時対策所用)

\* : タイヤが動いたため参考扱い。

凡例	
— (Blue line)	第1保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
— (Yellow line)	第3保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
— (Black line)	加振台のFRS (出力)
--- (Dashed line)	計測された設備の固有周期
— (Red line)	第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-5 原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

凡例	
— 第1保管エリアにおける設計用FRS（水平方向はX, Y包絡） （基本ケース、ばらつきケースの包絡）	— 第4保管エリアにおける設計用FRS（水平方向はX, Y包絡） （基本ケース、ばらつきケースの包絡）
— 加振台のFRS（出力）	
-- 計測された設備の固有周期	

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-6 可搬型窒素ガス供給装置

凡例	第2保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)
	第3保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	
	加振台のFRS (出力)	
	計測された設備の固有周期	

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-7 ホース延長回収車



凡例	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 第2保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)</li> <li>— 第3保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)</li> <li>— 加振台のFRS (出力)</li> <li>--- 計測された設備の固有周期</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 第4保管エリアにおける設計用FRS (水平方向はX, Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)</li> </ul>
----	--	---

方向	FRS	固有周期 (s)	裕度
走行軸直角方向 (X)			
走行軸方向 (Y)			
鉛直方向 (Z)			

図 9-8 タンクローリ

## 10. その他設備の耐震評価について

### 10.1 その他設備の加振試験について

#### (1) 試験方法

その他設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、以下に示すランダム波又は正弦波若しくはサインビート波を入力地震動として加振試験を行い、スリング等が有効に機能することで、加振試験後に転倒していないこと及び加振台の最大加速度を確認する。

可搬型計測器を例として、保管状態及び試験状態を図 10-1 に示す。

- ・加振波：添付資料「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」及び「VI-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の基準地震動  $S_s$  に基づき作成する設備評価用床応答曲線を包絡するよう作成したランダム波又は各保管場所の最大応答加速度 (ZPA) を上回る加速度の正弦波若しくはサインビート波とする。

- ・加振方向：【ランダム波】

「水平（前後方向）＋鉛直」及び「水平（左右方向）＋鉛直」

【正弦波，サインビート波】

「水平単独 2 方向及び鉛直単独」

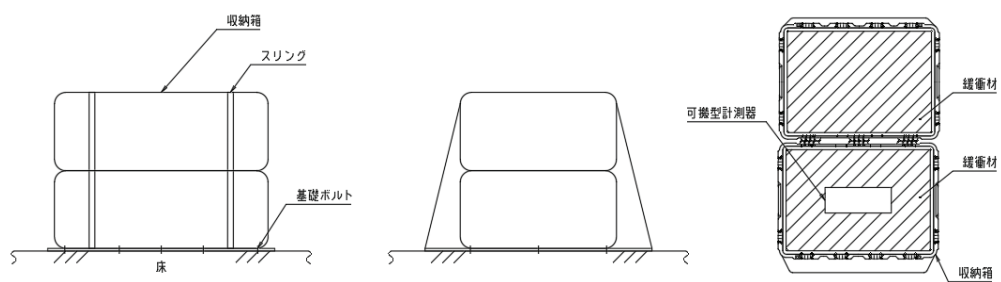
#### (2) 減衰定数

屋外に保管するその他設備のうち小型船舶については、減衰定数を加振試験結果より約 0.5%前後であることから 0.5%と設定している。

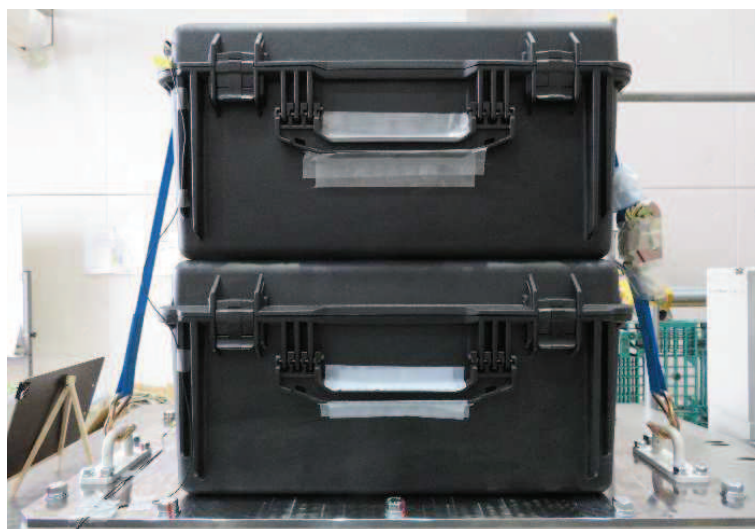
#### (3) 試験結果

対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向について，表 10-1 に示す。

小型船舶については，加振波の FRS と保管場所における設計用 FRS（標準ケース，ばらつきケースの包絡）を比較した結果，設計用 FRS を包絡していることを確認した。加振波の FRS と設計用 FRS を図 10-2 に示す。その他のその他設備については，加振台の最大加速度と保管場所の最大応答加速度比較した結果，加振台の最大加速度が保管場所の最大応答加速度を上回っていることが確認できた。加振台の最大加速度と保管場所の最大応答加速度を表 10-2 に示す。



(保管状態)



(試験状態)

図 10-1 可搬型計測器の保管状態及び試験状態

表 10-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向（1/2）

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向
緊急時対策所可搬型エリアモニタ	緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
可搬型モニタリングポスト	第 1 保管エリア 第 2 保管エリア 第 4 保管エリア 緊急時対策建屋	サインビート波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
可搬型ダスト・よう素サンブラ	緊急時対策建屋（地下 1 階）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
γ線サーベイメータ	緊急時対策建屋（地下 1 階）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
β線サーベイメータ	緊急時対策建屋（地下 1 階）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
α線サーベイメータ	緊急時対策建屋（地下 1 階）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
電離箱サーベイメータ	緊急時対策建屋（地下 1 階）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
代替気象観測設備	第 2 保管エリア 第 4 保管エリア	サインビート波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
可搬型計測器	制御建屋（中央制御室） 緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
酸素濃度計（中央制御室用）	制御建屋（中央制御室）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
酸素濃度計（緊急時対策所用）	緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
二酸化炭素濃度計（中央制御室用）	制御建屋（中央制御室）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
二酸化炭素濃度計（緊急時対策所用）	緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄電池	制御建屋（地上 2 階）	サインビート波	水平単独 2 方向及び鉛直単独

表 10-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向（2/2）

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向
衛星電話設備（携帯型）	制御建屋（中央制御室） 緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
無線連絡設備（携帯型）	制御建屋（中央制御室） 緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
携行型通話装置	制御建屋（中央制御室） 緊急時対策建屋（緊急時対策所）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
可搬型照明（SA）	制御建屋（中央制御室）	正弦波	水平単独 2 方向及び鉛直単独
小型船舶	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	ランダム波	水平（前後方向）＋鉛直及び 水平（左右方向）＋鉛直

凡例	
— 第1保管エリアにおける設計用FRS(水平方向はX,Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	— 加振台のFRS(出力)
— 第4保管エリアにおける設計用FRS(水平方向はX,Y包絡) (基本ケース, ばらつきケースの包絡)	- - 計測された設備の固有周期

方向	FRS	固有周期
X 方向		
Y 方向		
Z 方向		

注記\* : 計測された船外機の固有周期 (最小値)

図 10-2 加振台のFRS と設計用FRS の比較

表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (1/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度	
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		
緊急時対策所可搬型 エリアモニタ	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (前後)	0.74	3.73	
		水平 (左右)	0.74	3.70	
		鉛直	0.63	2.72	
可搬型モニタリングポスト	第 1 保管エリア	水平 (前後)	0.81	2.47	
		水平 (左右)	0.81	2.42	
		鉛直	0.57	1.24	
	第 2 保管エリア	水平 (前後)	1.33	2.47	
		水平 (左右)	1.33	2.42	
		鉛直	0.68	1.24	
	第 4 保管エリア	水平 (前後)	0.92	2.47	
		水平 (左右)	0.92	2.42	
		鉛直	0.59	1.24	
	緊急時対策建屋	緊急時対策建屋	水平 (前後)	2.02	3.25
			水平 (左右)	2.02	3.26
			鉛直	1.24	2.13

表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (2/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
可搬型ダスト・よう素サンブラ	緊急時対策建屋 (地下1階)	水平 (前後)	1.01	3.69
		水平 (左右)	1.01	3.76
		鉛直	0.73	2.73
$\gamma$ 線サーベイメータ	緊急時対策建屋 (地下1階)	水平 (前後)	1.01	3.73
		水平 (左右)	1.01	3.70
		鉛直	0.73	2.72
$\beta$ 線サーベイメータ	緊急時対策建屋 (地下1階)	水平 (前後)	1.01	3.73
		水平 (左右)	1.01	3.70
		鉛直	0.73	2.72
$\alpha$ 線サーベイメータ	緊急時対策建屋 (地下1階)	水平 (前後)	1.01	3.73
		水平 (左右)	1.01	3.70
		鉛直	0.73	2.72
電離箱サーベイメータ	緊急時対策建屋 (地下1階)	水平 (前後)	1.01	3.73
		水平 (左右)	1.01	3.70
		鉛直	0.73	2.72



表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (3/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
代替気象観測設備	第2保管エリア	水平 (前後)	1.33	2.56
		水平 (左右)	1.33	2.59
	鉛直	0.68	1.37	
	第4保管エリア	水平 (前後)	0.92	2.56
		水平 (左右)	0.92	2.59
	鉛直	0.59	1.37	
可搬型計測器	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
	鉛直	1.67	2.72	
	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (前後)	0.74	3.73
		水平 (左右)	0.74	3.70
	鉛直	0.63	2.72	

表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (4/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
酸素濃度計 (中央制御室用)	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
酸素濃度計 (緊急時対策所用)	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	鉛直	1.67	2.72
		水平 (前後)	0.74	3.73
		水平 (左右)	0.74	3.70
		鉛直	0.63	2.72
二酸化炭素濃度計 (中央制御室用)	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
		鉛直	1.67	2.72
		水平 (前後)	0.74	3.73
酸素濃度計 (緊急時対策所用)	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (左右)	0.74	3.70
		鉛直	0.63	2.72
主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄電池	制御建屋 (地上2階)	水平 (前後)	1.90	3.16
		水平 (左右)	1.90	3.50
		鉛直	1.44	2.57
		鉛直	1.44	2.57

表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (5/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
衛星電話設備 (携帯型)	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
	鉛直	1.67	2.72	
	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (前後)	0.74	3.73
		水平 (左右)	0.74	3.70
	鉛直	0.63	2.72	
無線連絡設備 (携帯型)	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
	鉛直	1.67	2.72	
	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (前後)	0.74	3.73
		水平 (左右)	0.74	3.70
	鉛直	0.63	2.72	

表 10-2 保管場所の最大応答加速度と加振台の最大加速度の比較 (6/6)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の 最大応答 加速度	加振台の 最大加速度
			( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
携行型通話装置	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.73
		水平 (左右)	2.32	3.70
	鉛直	1.67	2.72	
	緊急時対策建屋 (緊急時対策所)	水平 (前後)	0.74	3.73
		水平 (左右)	0.74	3.70
		鉛直	0.63	2.72
可搬型照明 (SA)	制御建屋 (中央制御室)	水平 (前後)	2.32	3.68
		水平 (左右)	2.32	3.70
	鉛直	1.67	2.73	

## 10.2 加振試験後の機能維持確認について

可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備は，加振試験後の機能維持確認として，各設備の機能に応じた試験を実施し，設備が問題なく動作することを確認している。

加振試験後の機能維持確認方法と結果を，表 10-3 に示す。

表 10-3 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (1/4)

設備名称	保管方法	確認事項
緊急時対策所可搬型 エリアモニタ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・起動試験により，計測機能に問題が無いことを確認した。</li> </ul>
可搬型モニタリングポスト	収納箱 架台固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，固定金具が健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作及び警報が正常に動作することを確認した。</li> <li>・各定数が設定でき，線量当量率の指示値が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>
	本体固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，可搬型モニタリングポストと固縛に使用しているスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作及び警報が正常に動作することを確認した。</li> <li>・各定数が設定でき，線量当量率の指示値が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>
可搬型ダスト・よう素サンプラ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作が正常に動作することを確認した。</li> <li>・流量が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>

表 10-3 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (2/4)

設備名称	保管方法	確認事項
γ線サーベイメータ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作が正常に動作することを確認した。</li> <li>・線量当量率及び吸収線量率の指示値が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>
β線サーベイメータ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作が正常に動作することを確認した。</li> <li>・計数率の指示値及び機器効率が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>
α線サーベイメータ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作が正常に動作することを確認した。</li> <li>・計数率の指示値及び機器効率が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>
電離箱サーベイメータ	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により，収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり，転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い，著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作が正常に動作することを確認した。</li> <li>・線量当量率の指示値が基準範囲内であることを確認した。</li> </ul>

表 10-3 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (3/4)

設備名称	保管方法	確認事項
代替気象観測設備	収納箱 架台固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、架台と固定金具が健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・各動作及び警報が正常に動作することを確認した。</li> </ul>
可搬型計測器	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用しているスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・電流、熱電対、測温抵抗体の測定ができることを確認した。</li> </ul>
酸素濃度計（中央制御室用） 酸素濃度計（緊急時対策所用）	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・酸素濃度の測定ができることを確認した。</li> </ul>
二酸化炭素濃度計（中央制御室用） 二酸化炭素濃度計（緊急時対策所用）	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・二酸化炭素濃度の測定ができることを確認した。</li> </ul>
主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄電池	本体固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、固定金具が健全であり、逃がし安全弁用可搬型蓄電池が転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・直流出力ができ、負荷に電力を供給可能なことを確認した。</li> </ul>



表 10-3 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (4/4)

設備名称	保管方法	確認事項
衛星電話設備 (携帯型)	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。</li> </ul>
無線連絡設備 (携帯型)	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。</li> </ul>
携行型通話装置	収納箱固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、収納箱の固縛に使用したスリングが健全であり、転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。</li> </ul>
可搬型照明 (SA)	本体固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、固定金具が健全であり、可搬型照明 (SA) が転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・可搬型照明 (SA) を動作させ、正常に点灯することを確認した。</li> </ul>
小型船舶	本体固縛	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験後の外観点検により、固縛に使用したスリング及び支持構造物が健全であり、小型船舶が転倒していないことを確認した。</li> <li>・外観点検を行い、著しい損傷がないことを確認した。</li> <li>・水上での走行に問題がないことを確認した。</li> </ul>

## 車両型設備の固有振動数の測定結果

### 1. 概要

車両型設備の固有振動数は、対象となる車両型設備を加振し、入力及び出力（加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度）を同時に計測して、伝達関数（入力と出力の関係を示す関数）を算出することで求めることができる。ここでは、車両型設備の固有振動数の測定結果について説明する。

### 2. 固有振動数の算出方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、ランダム波を加振台に入力することで、加振台上の加速度及び車両型設備の応答加速度を計測する。計測する加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度をフーリエ変換し、それらの比をとり伝達関数を算出する。その結果を用いて、車両型設備の固有振動数を求める。固有振動数の算出イメージを図1に示す。

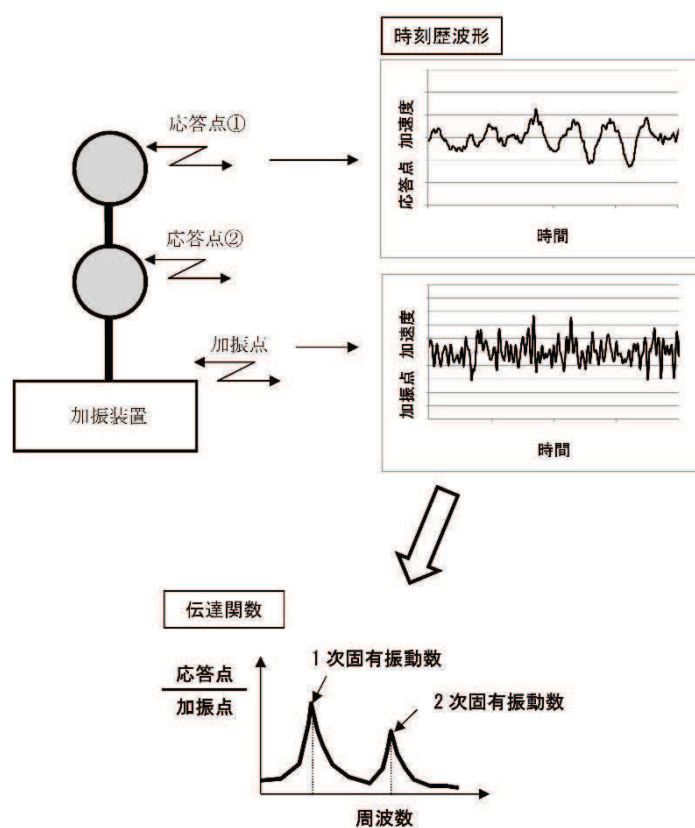


図1 固有振動数の算出概念図

3. 車両型設備の固有振動数

車両型設備のうちホース延長回収車を例として，加振試験により得られた振動特性結果を図 2 に示す。

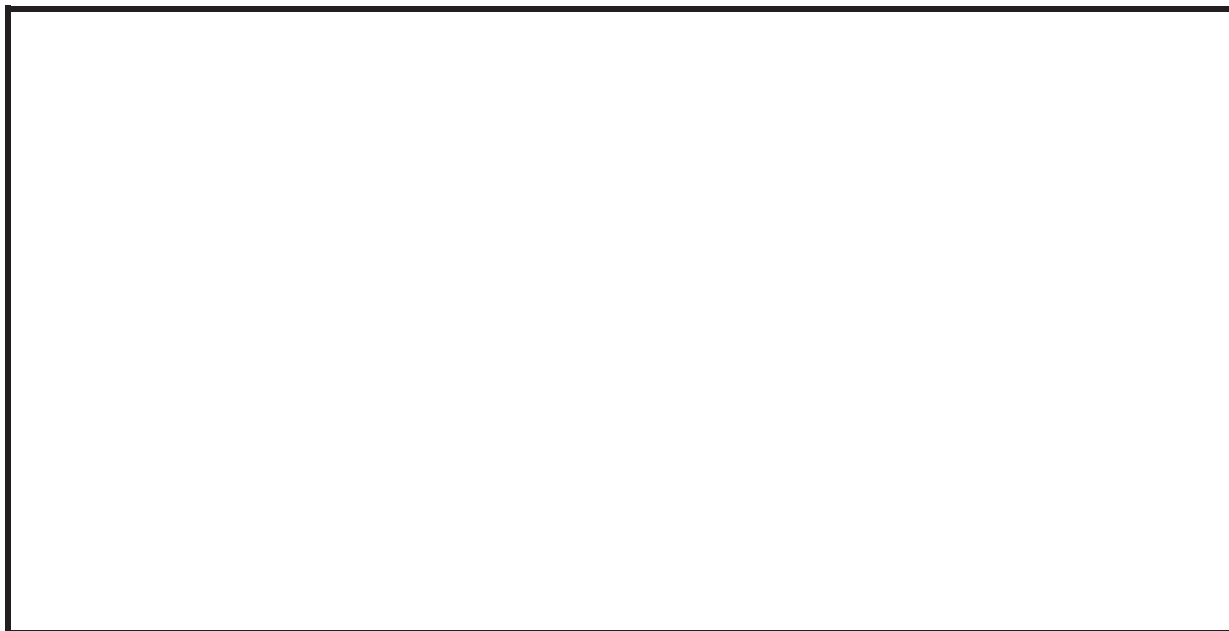


図 2 振動特性（ホース延長回収車）

## 車両型設備の減衰定数の測定結果

### 1. 概要

車両型設備の減衰定数は、対象となる車両型設備を加振し、入力及び出力（加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度）を同時に計測して、伝達関数（入力と出力の関係を示す関数）からハーフパワー法にて求めることができる。ここでは、車両型設備の減衰定数の測定結果について説明する。

### 2. 減衰定数の算出方法

ハーフパワー法とは、応答曲線のピークに着目して振動系の減衰を近似的に求める方法であり、最大応答点  $A_{\max}$  を示す振動数を  $f_n$ 、 $A_{\max}/\sqrt{2}$  を示す振動数を  $f_1$ 、 $f_2$  とすると、減衰定数  $h$  は、以下の式のとおり  $f_n$  と 2 点 ( $f_1$ ,  $f_2$ ) の振動数幅  $\Delta f$  で示される。ハーフパワー法概念図を図 1 に示す。

$$h = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta f}{f_n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_2 - f_1}{f_n}$$

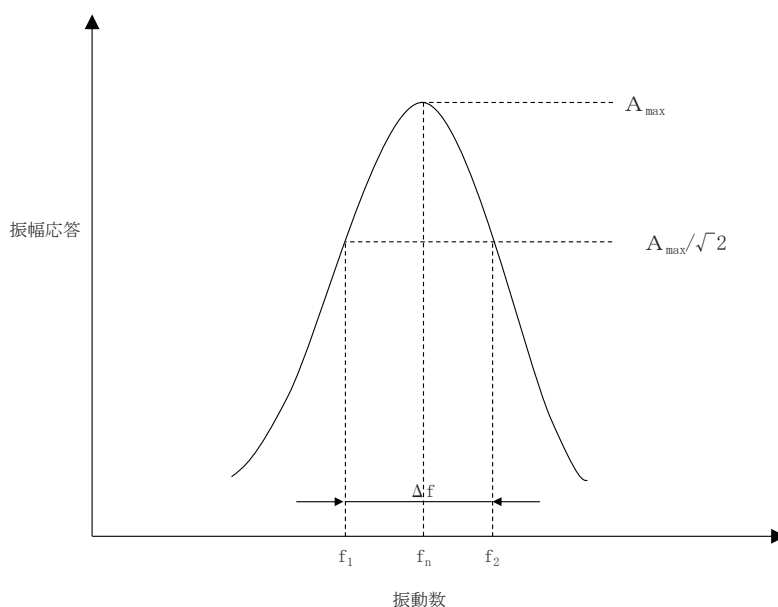


図 1 ハーフパワー法

### 3. 車両型設備の減衰定数

車両型設備のうちホース延長回収車を例として、加振試験により得られた振動特性結果を図 2 に示す。

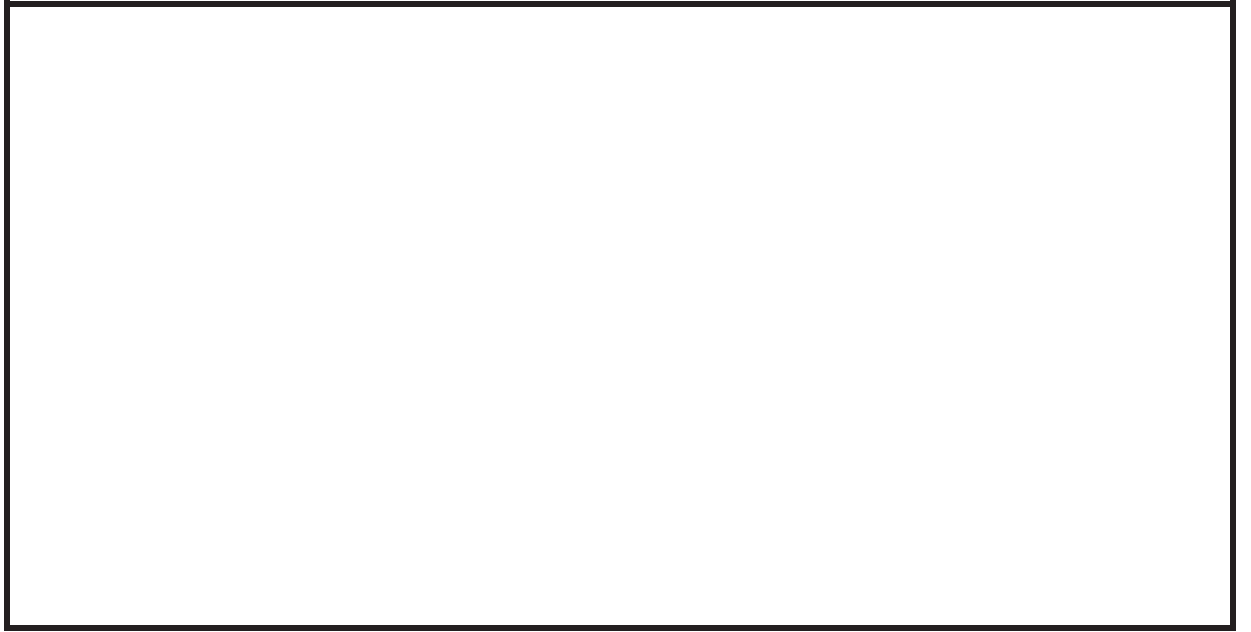


図 2 振動特性（ホース延長回収車）

## 保管エリア等における地盤の振動特性について

## 1. 保管エリア等の最大応答

本資料は、図 1-1 に示す保管エリア等における地盤の振動特性として、保管エリア等の地震応答解析モデルの解析ケース①（基本ケース）における最大加速度分布図、最大変位分布図及び最大ひずみ分布図を示すものである。

地震応答解析により算出された、保管エリア等の最大加速度分布図、最大変位分布図及び最大ひずみ分布図を図 1-2～1-11 に示す。

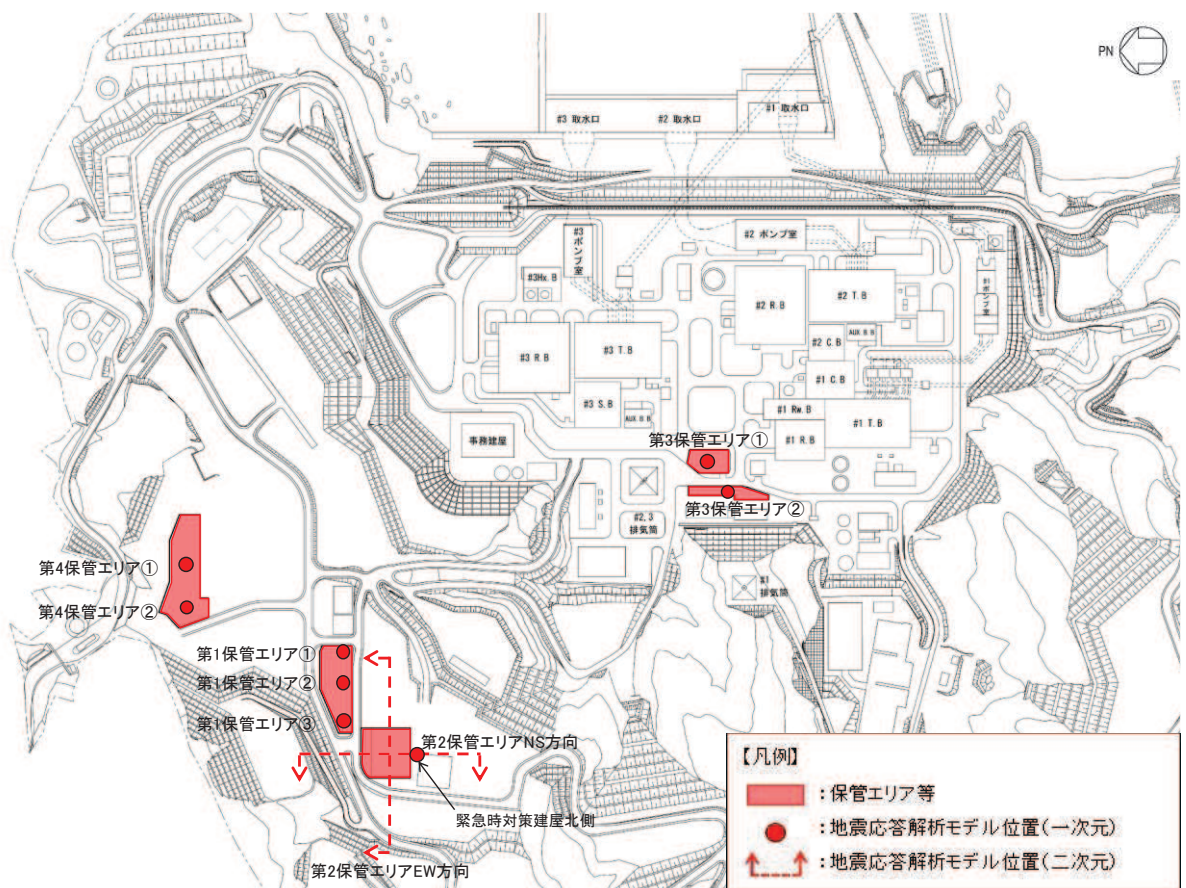


図 1-1 保管エリア等の位置図

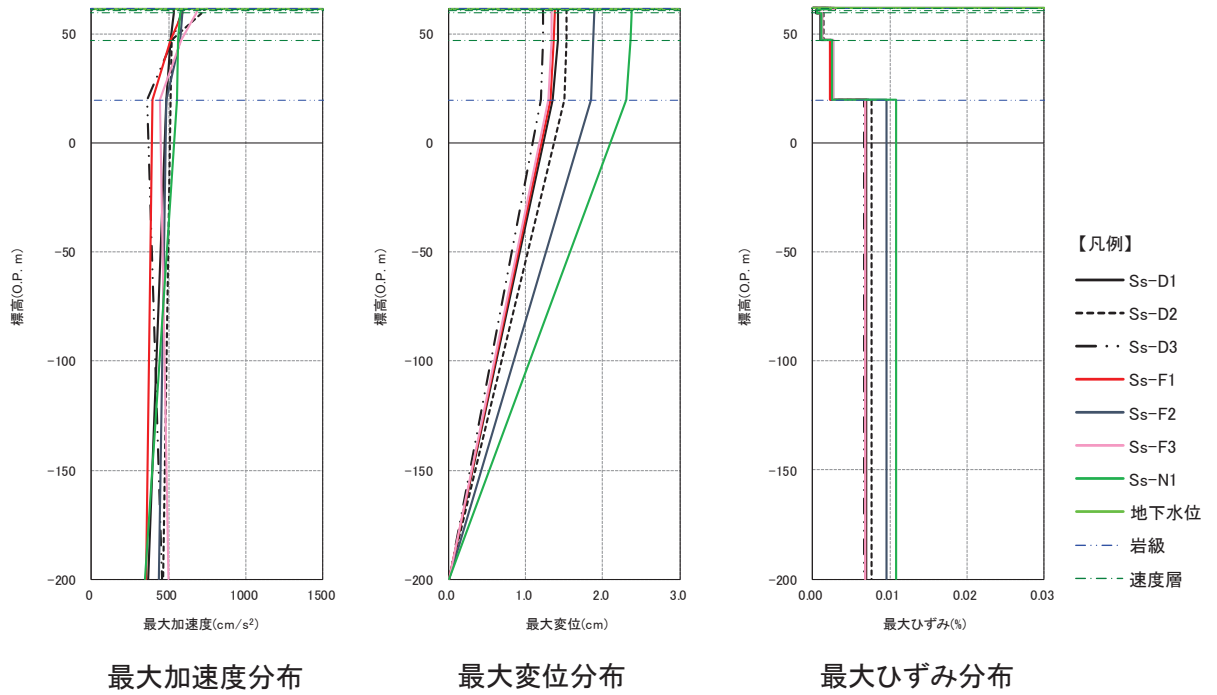


図 1-2(1) 第 1 保管エリア① (水平方向)

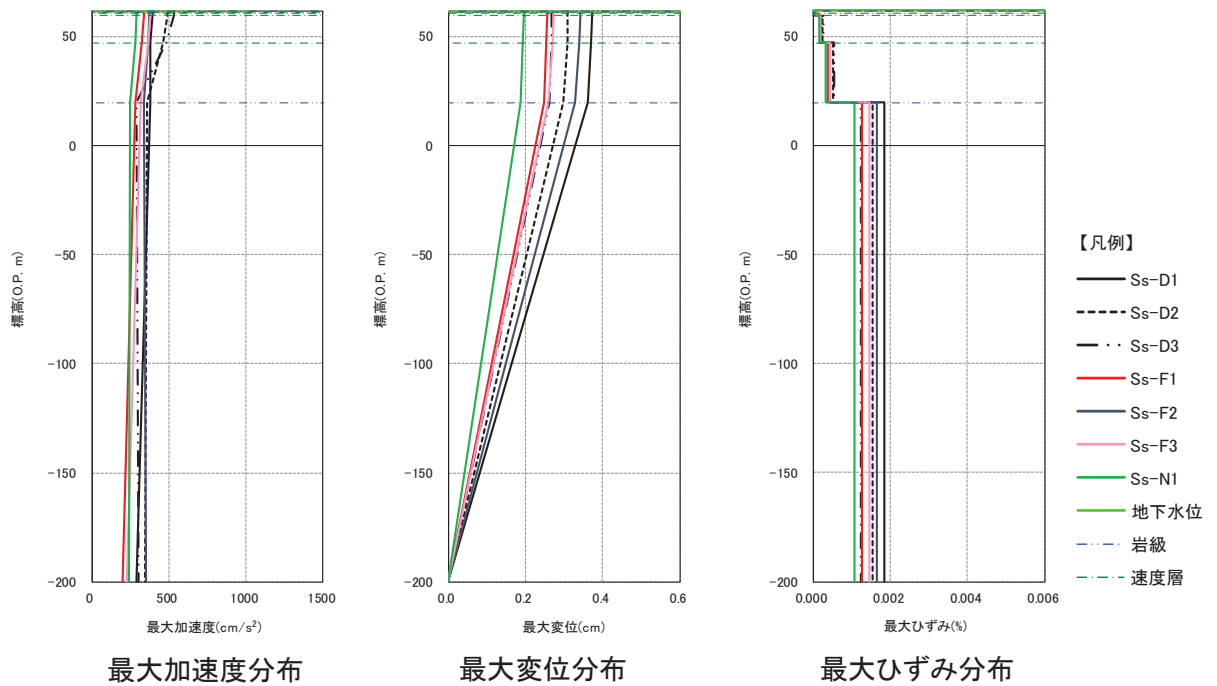


図 1-2(2) 第 1 保管エリア① (鉛直方向)

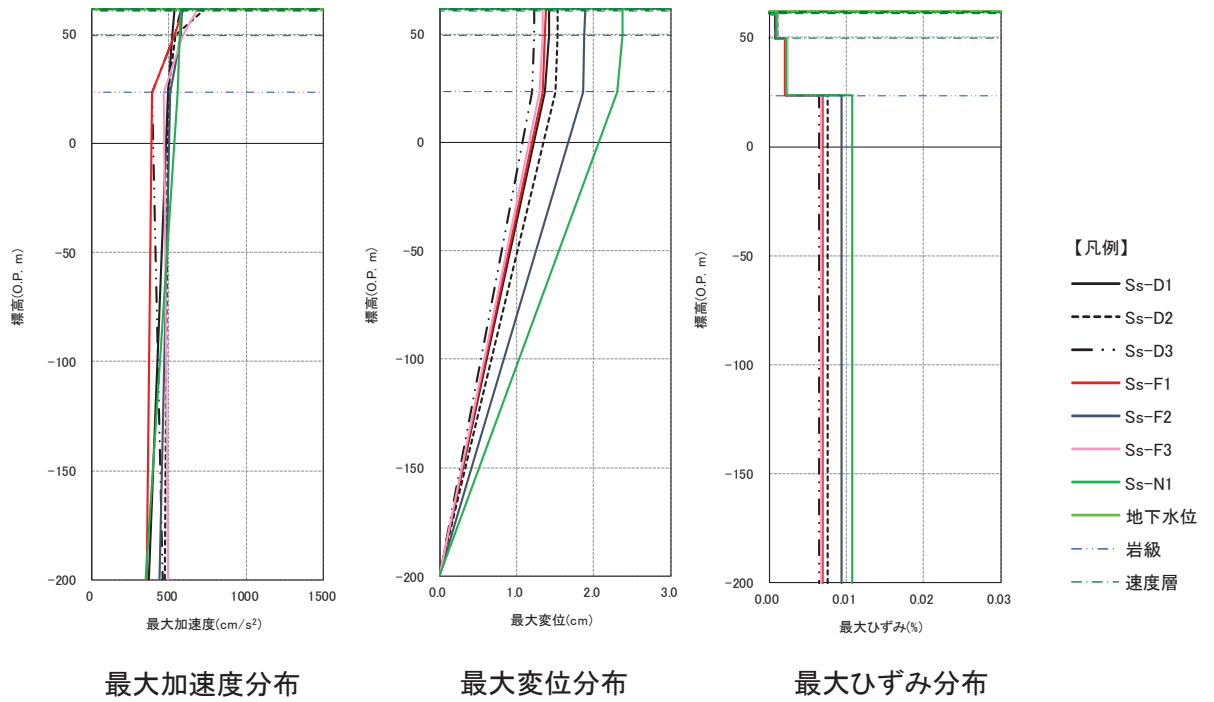


図 1-3(1) 第 1 保管エリア② (水平方向)

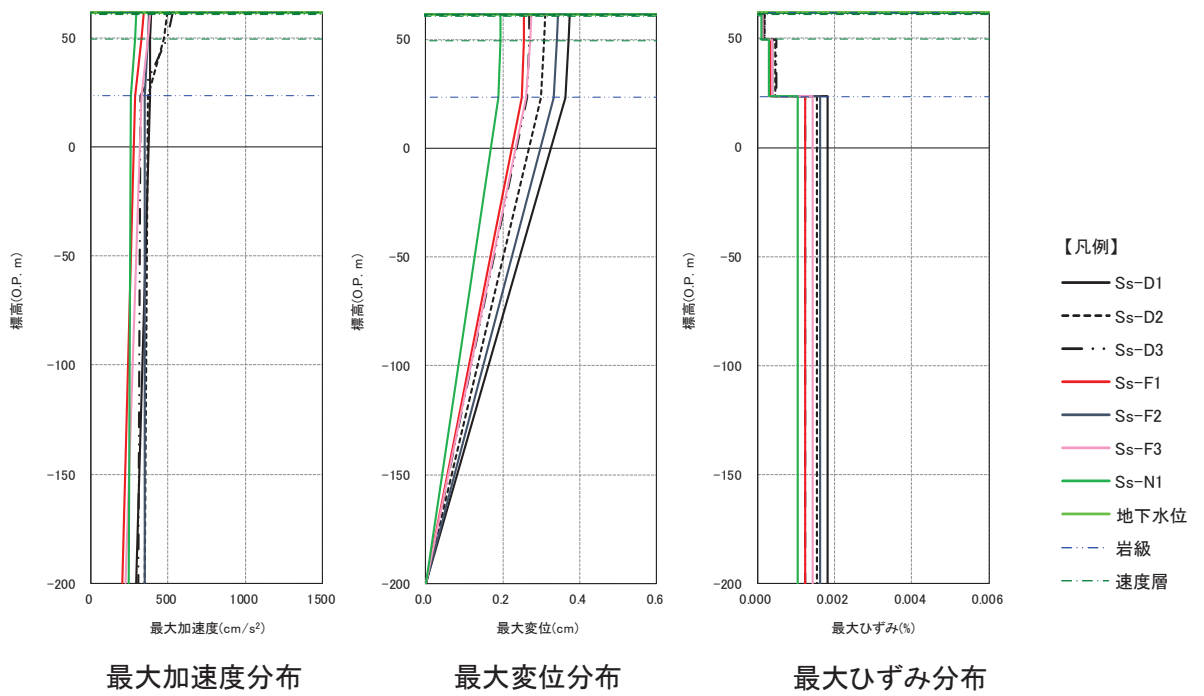


図 1-3(2) 第 1 保管エリア② (鉛直方向)



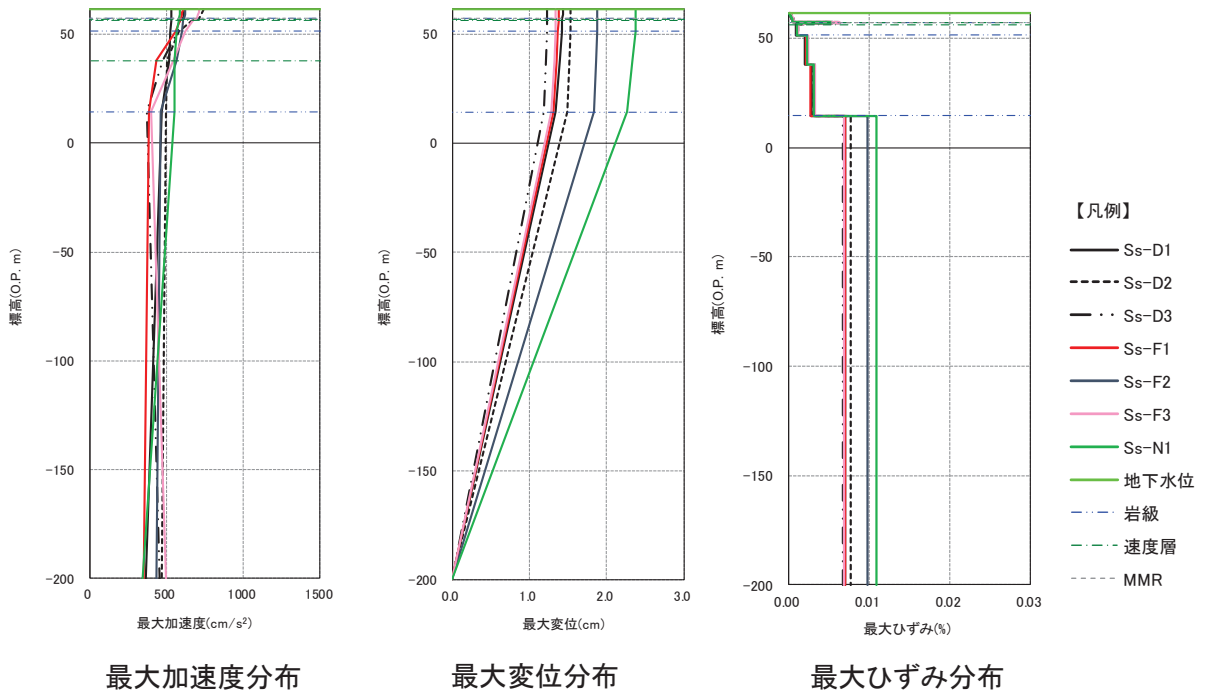


図 1-4(1) 第 1 保管エリア③ (水平方向)

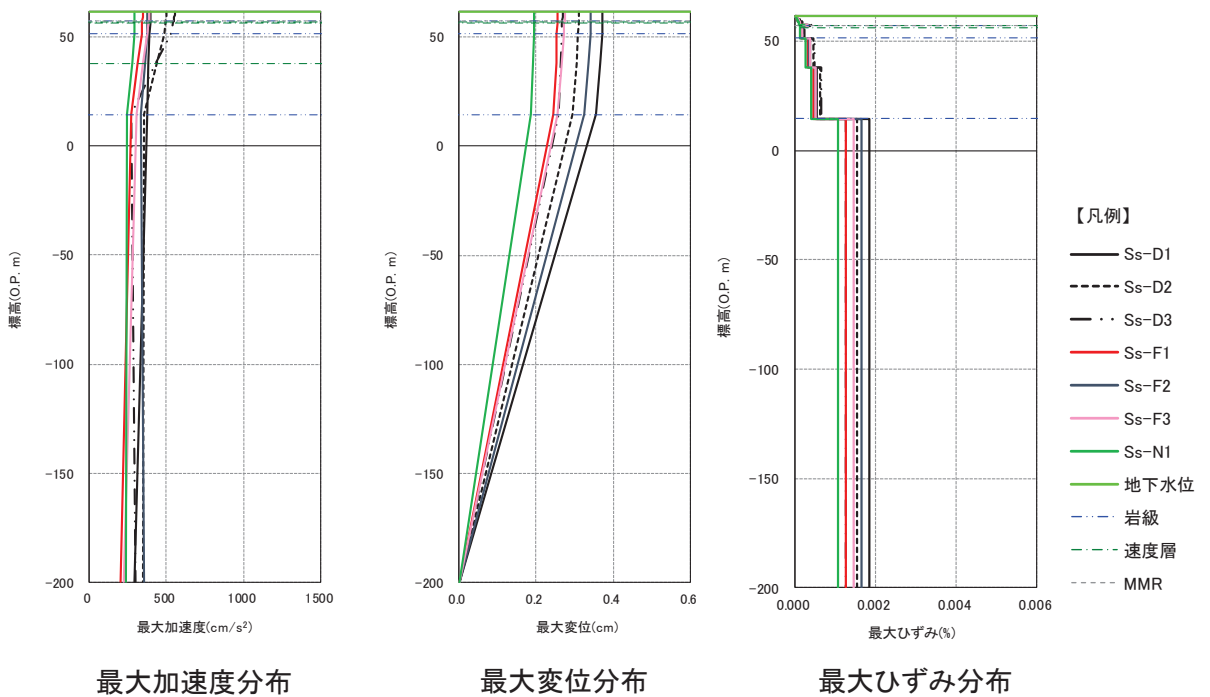


図 1-4(2) 第 1 保管エリア③ (鉛直方向)

追而

図 1-5 第 2 保管エリア (NS 方向) における最大応答

追而

図 1-6 第 2 保管エリア (EW 方向) における最大応答

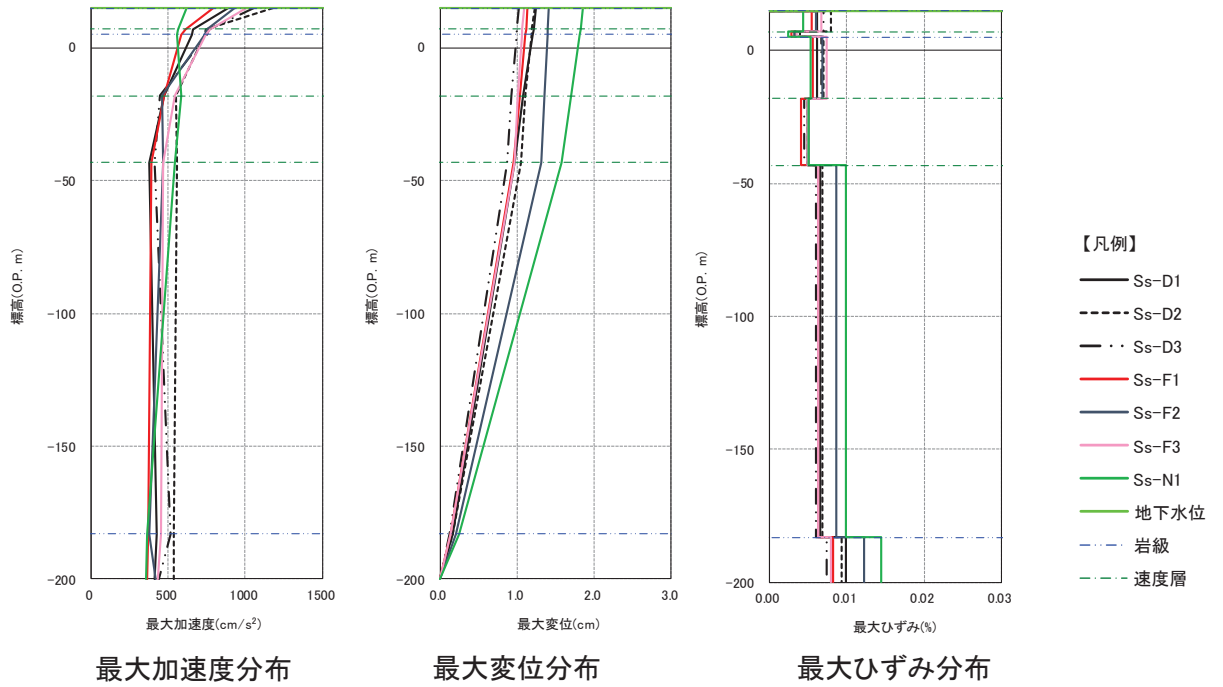


図 1-7(1) 第 3 保管エリア① (水平方向)

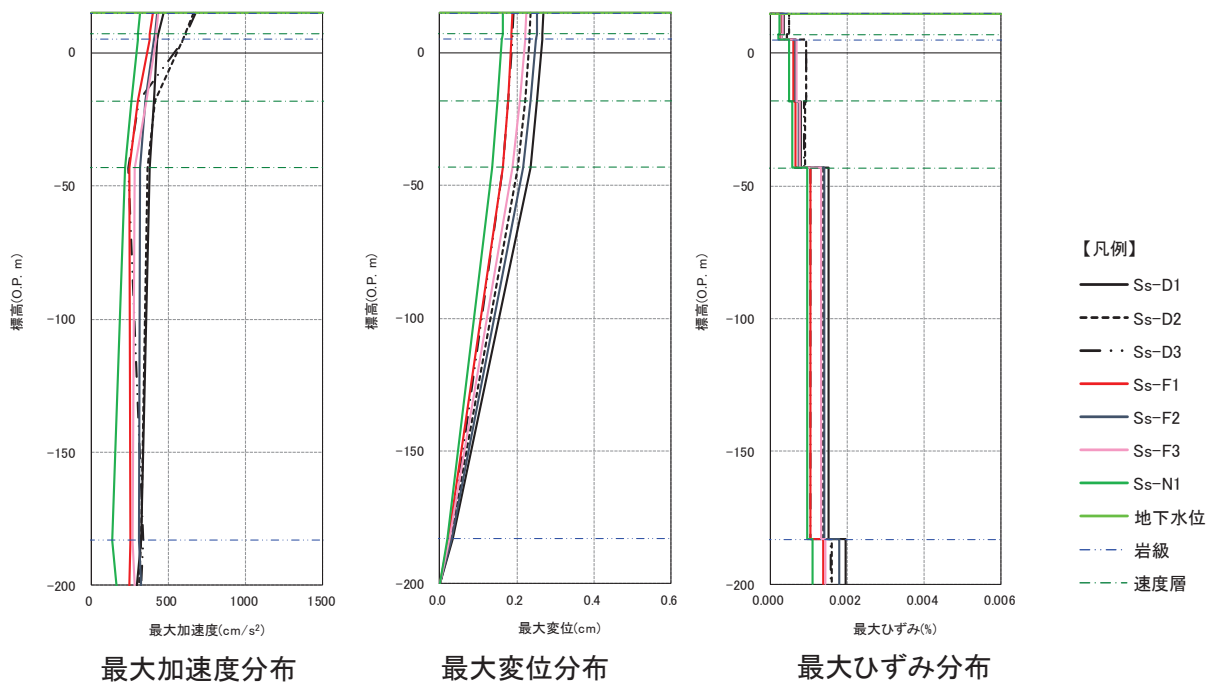


図 1-7(2) 第 3 保管エリア① (鉛直方向)

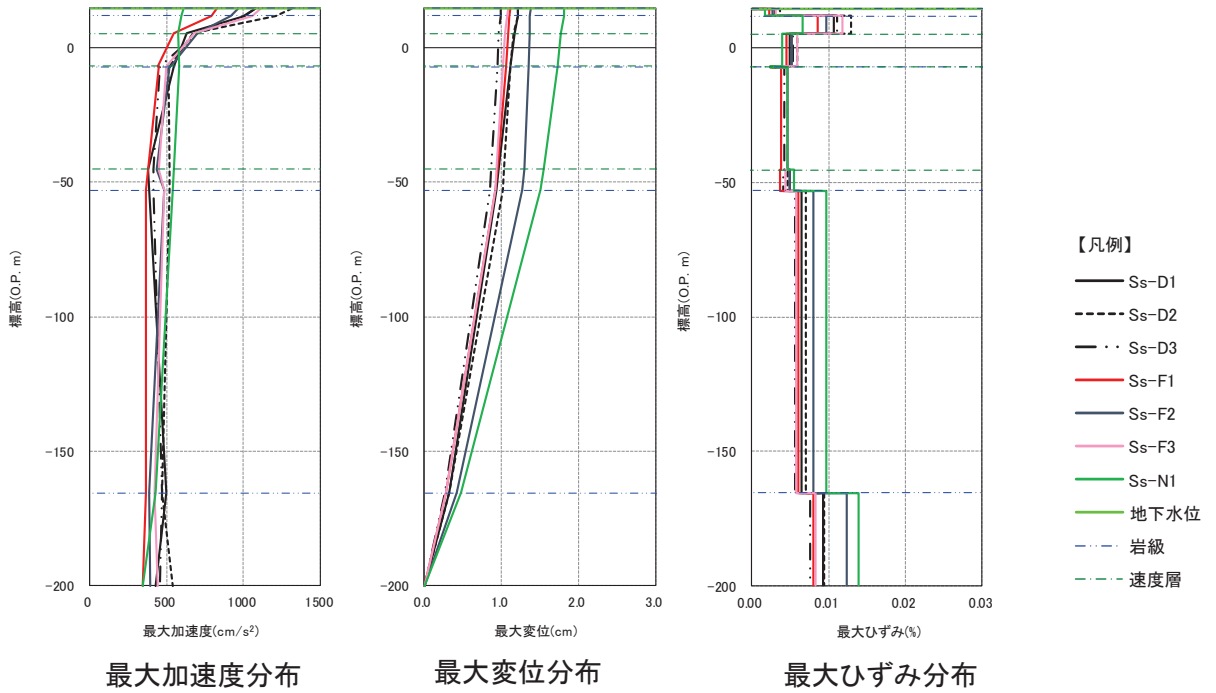


図 1-8(1) 第 3 保管エリア② (水平方向)

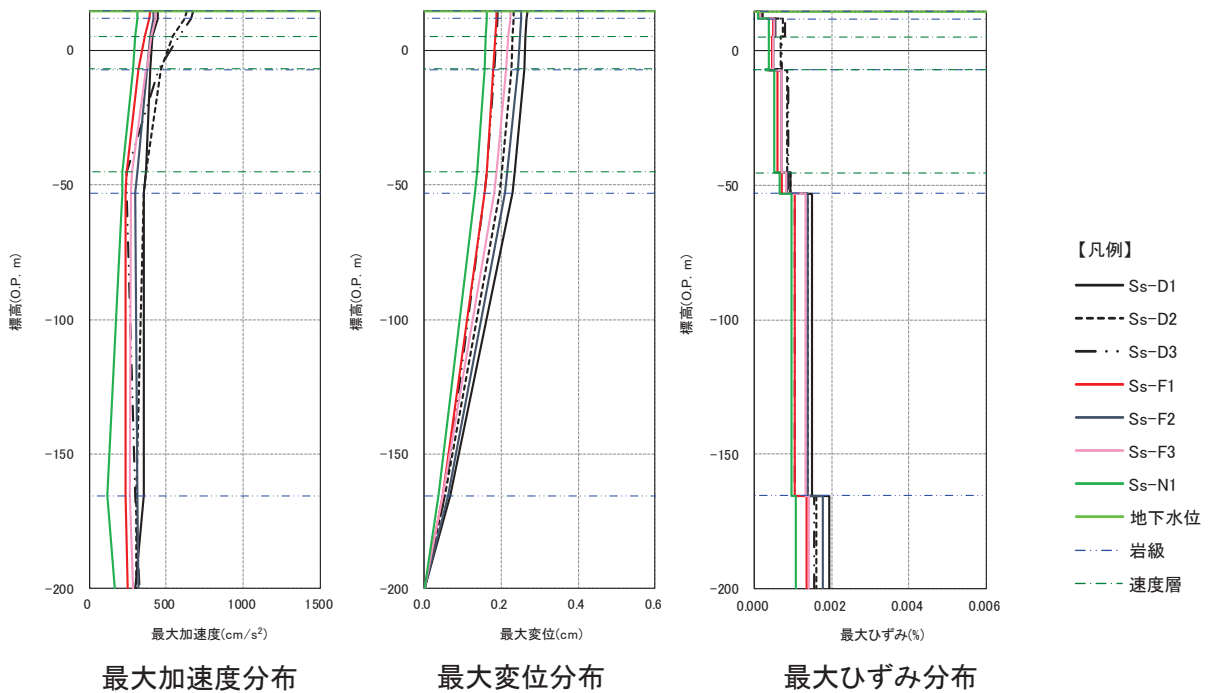


図 1-8(2) 第 3 保管エリア② (鉛直方向)

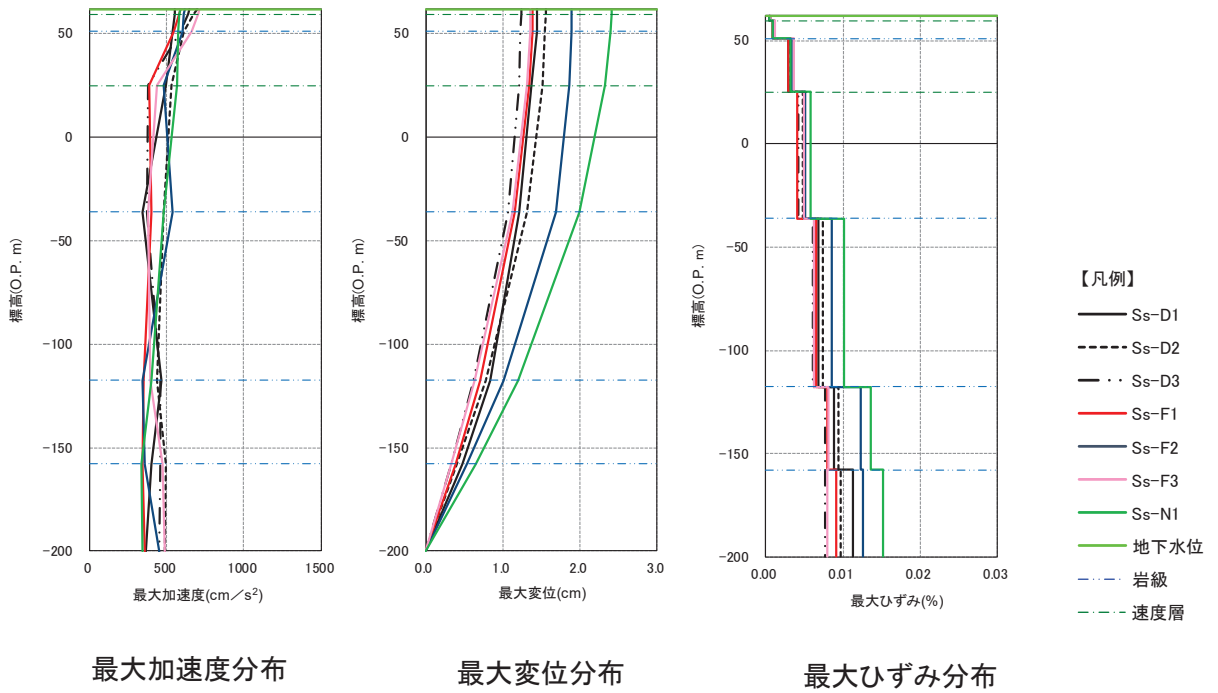


図 1-9(1) 第 4 保管エリア① (水平方向)

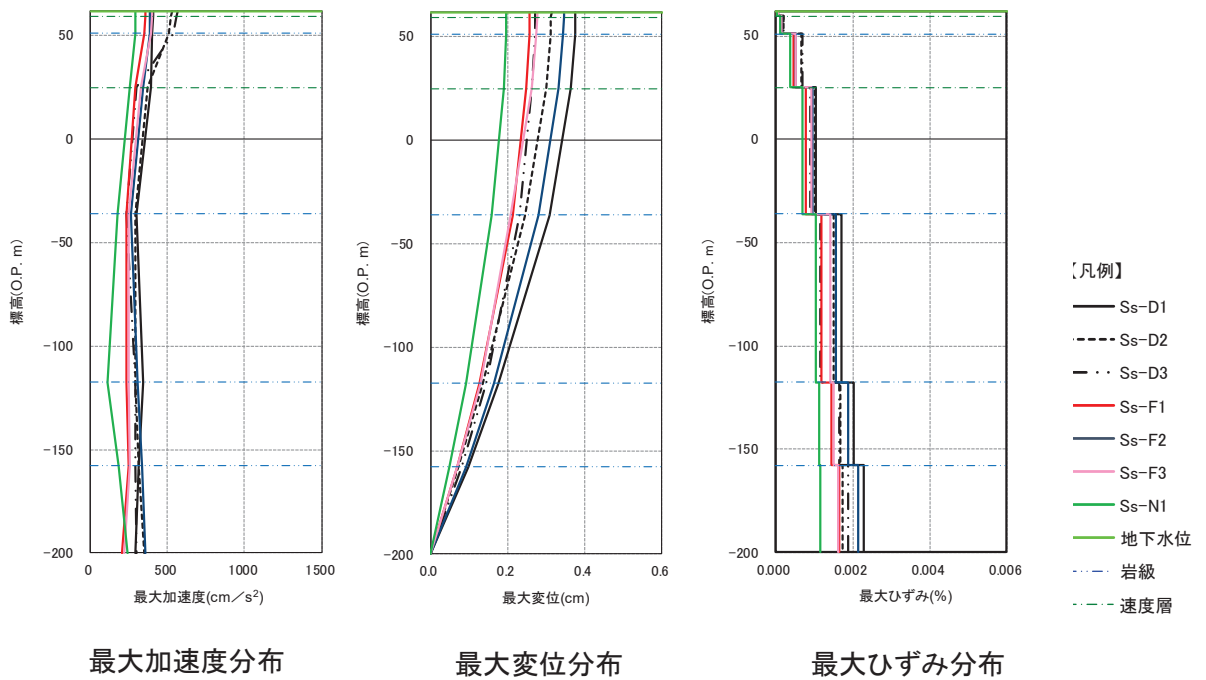


図 1-9(2) 第 4 保管エリア① (鉛直方向)

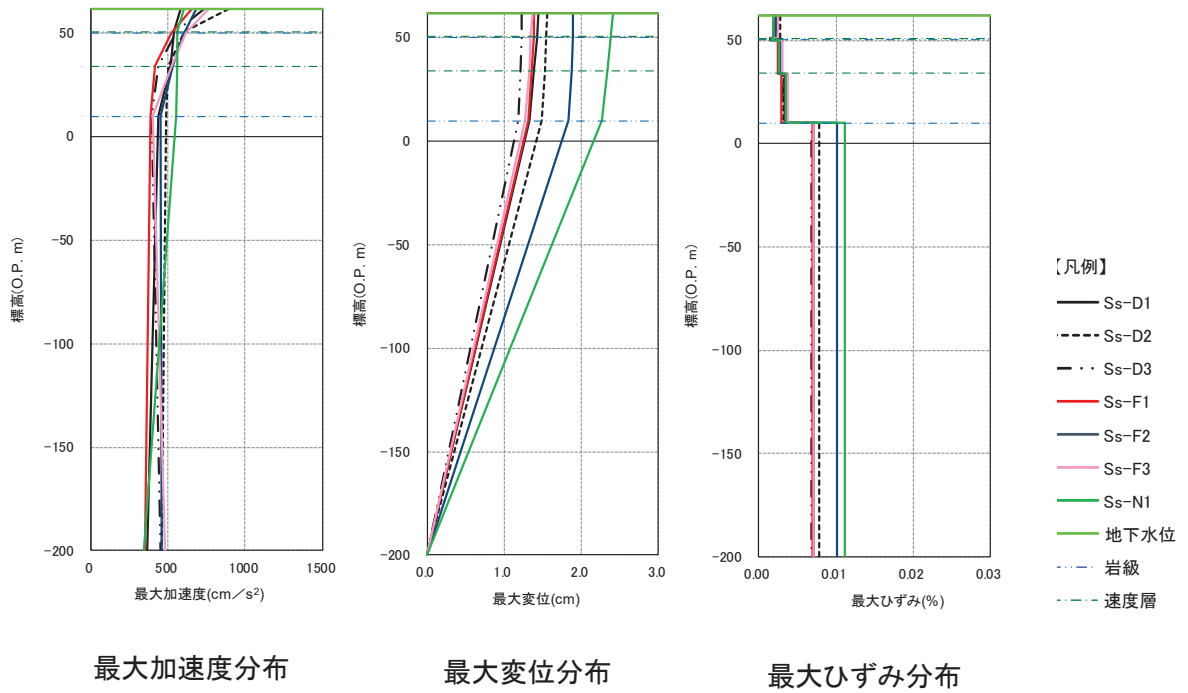


図 1-10(1) 第 4 保管エリア② (水平方向)

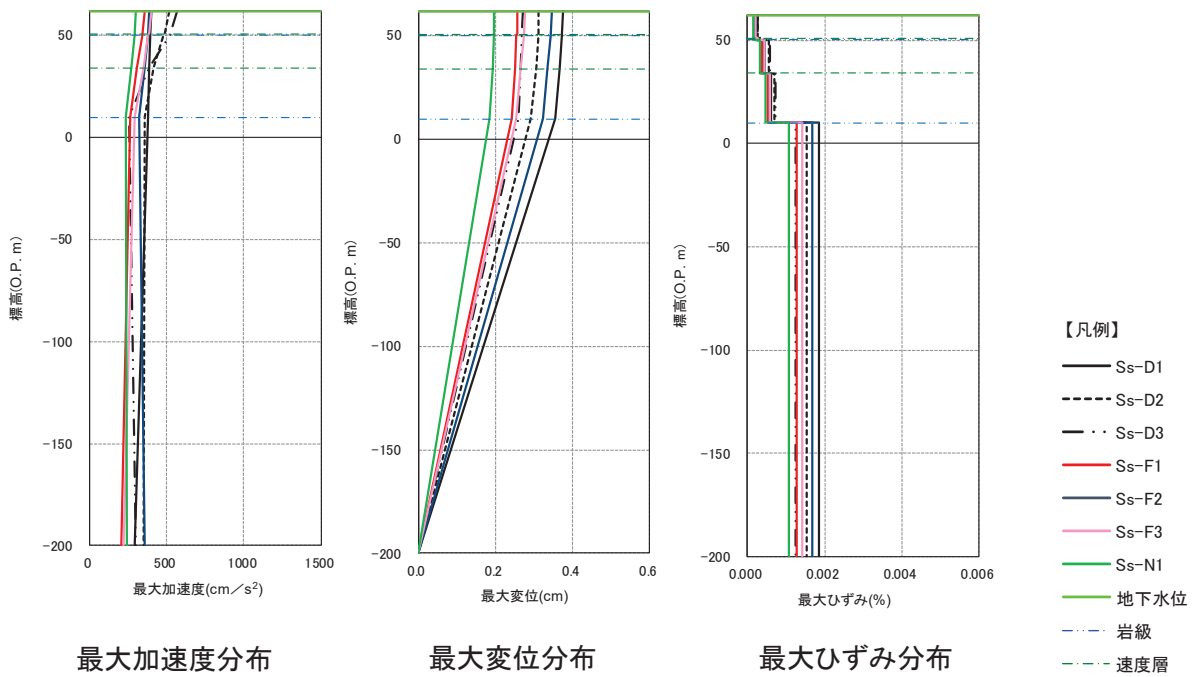


図 1-10(2) 第 4 保管エリア② (鉛直方向)

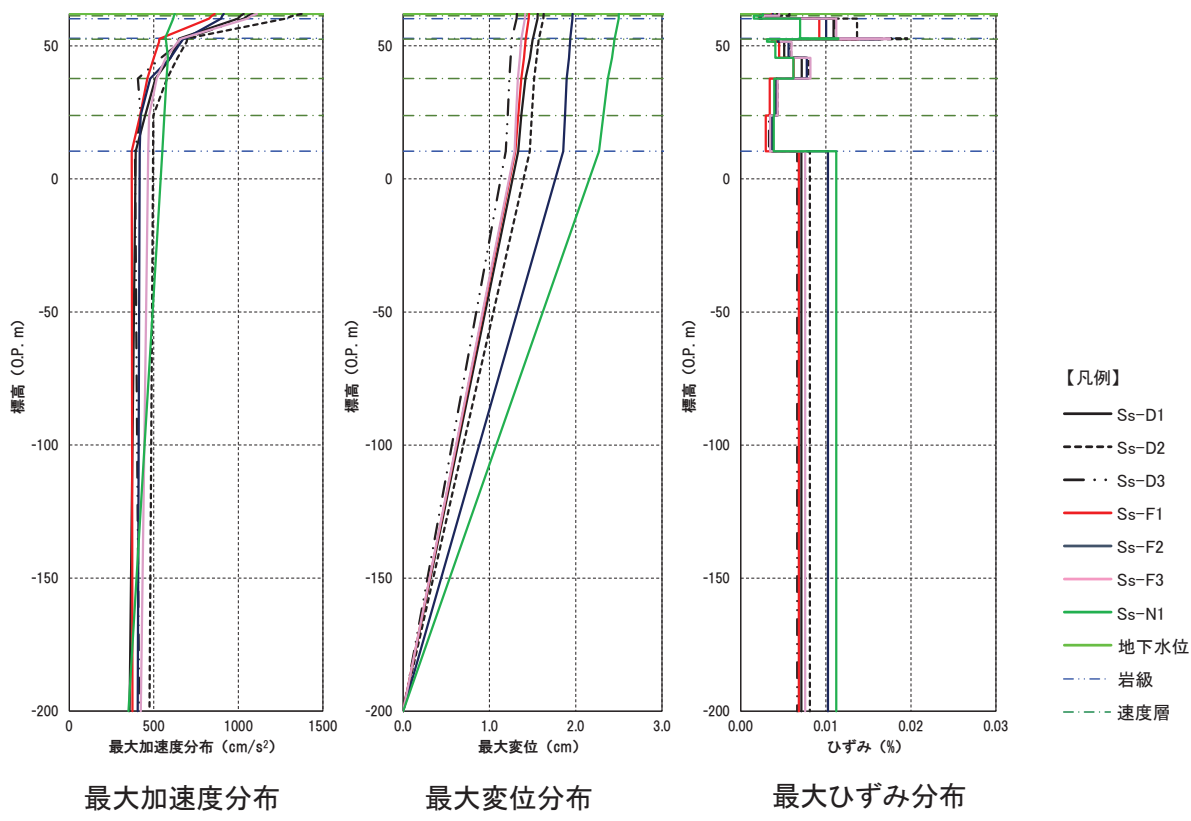


図 1-11 (1) 緊急時対策建屋北側地盤 (水平方向)

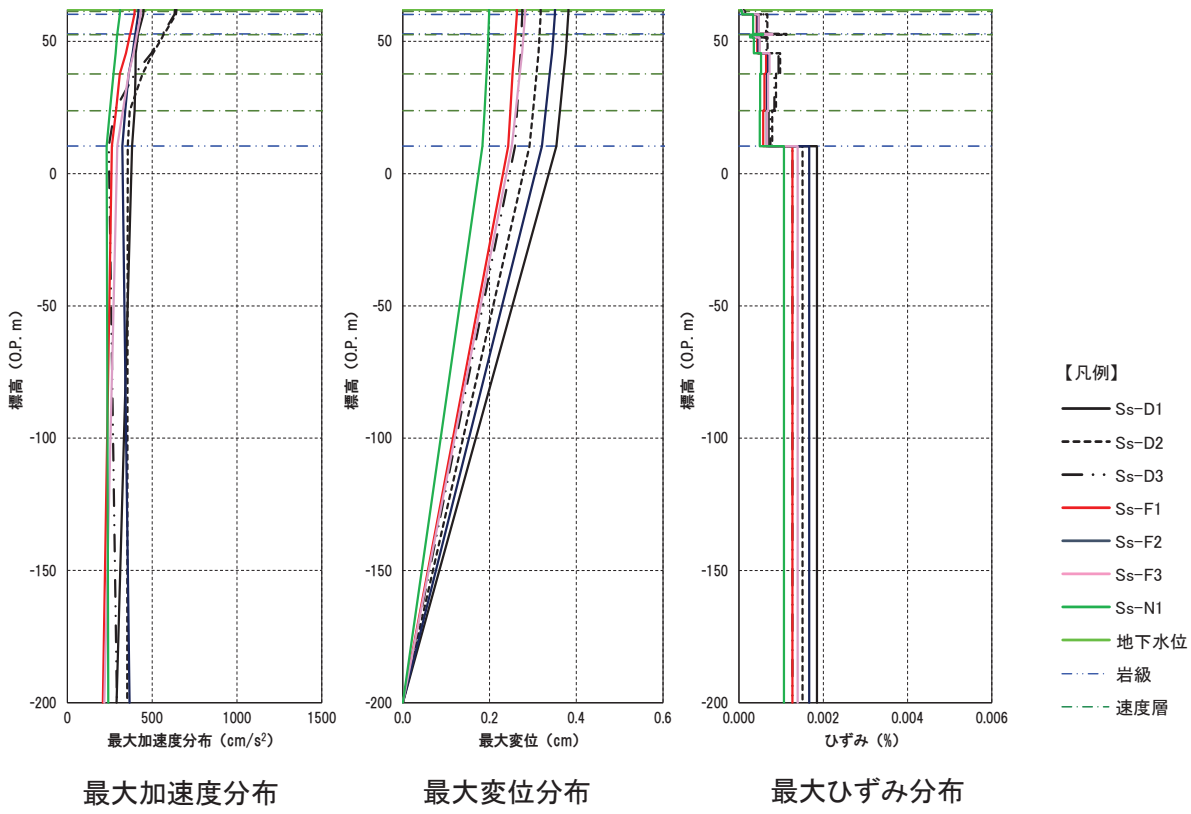


図 1-11 (2) 緊急時対策建屋北側地盤 (鉛直方向)



## 2. 第2保管エリア周辺表層を改良土にした場合の影響検討

第2保管エリア直下の淡水貯水槽の周辺地盤については、設備が地震等の影響で沈下することがないように、セメント改良土による表層地盤の埋戻を行っている。一方で第2保管エリアにおける入力地震動評価においては、保守的な評価となるように表層の物性を原地盤である盛土のままとしている。

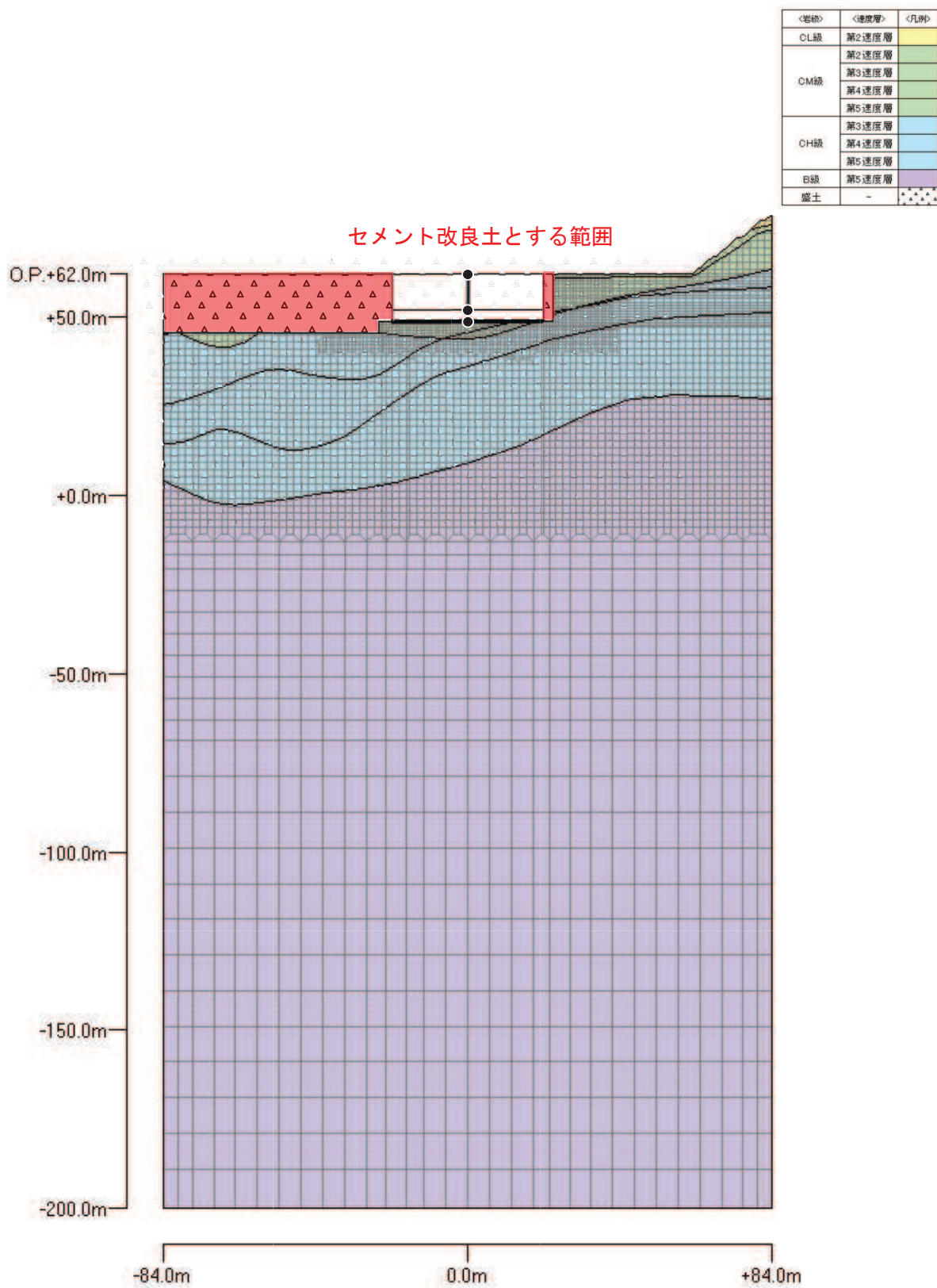
ここでは第2保管エリアの基本ケースについて表層地盤をセメント改良土とした場合の地震応答解析を行い、その影響を確認する。検討においては、最大加速度が最も大きくすべての周期帯においても大きな応答を生じさせる基準地震動 $S_s-D2$ を用いた。検討に用いる物性値を表2-1に、セメント改良土とする範囲を図2-1に、基準地震動 $S_s-D2$ の加速度時刻歴波形を図2-2に示す。

基準地震動 $S_s-D2$ を入力した解析結果について、第2保管エリアの加速度応答スペクトルを図2-3に示す。表層を盛土からセメント改良土としたケースについて、EW方向の地震応答解析モデルにおける水平応答で、周期0.04秒～0.07秒付近に増幅が見られるが、この周期に固有周期をもつ機器はないことを確認しており、また加振台FRSはさらなる裕度を持っていることから、機器の設計条件に対する影響のないことを確認した。

表 2-1 地盤の解析用物性値 (盛土(ほか))

岩種・岩級	物理特性		強度特性					変形特性			
	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	静的・動的特性			静的特性		動的特性		動ポアソン比	減衰定数	
		せん断強度 $\tau_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	引張強度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	残留強度 $\tau_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	静ポアソン比	動せん断弾性係数 $G_d$ (N/mm <sup>2</sup> )			
盛土	20.6	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$	$198 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)^*$	0.48	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$ $\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$	
旧表土	19.0	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$	$302 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00087)$	0.46	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089 (\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$	
断層 及びシーム	18.6	0.067	22.2	—	$0.067 + \sigma \tan 22.2^\circ$	圧縮方向 $124.5 \sigma^{0.90}$ せん断方向 $44.43 \sigma^{0.90}$	0.40	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0012)^*$	0.46	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$	
セメント改良土	21.6	0.65	44.3	0.46	$0.21 + \sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00085)$	0.36	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$	
改良地盤	20.6	1.39	22.1	0.65	$0.51 + \sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00136)$	0.35		
背面補強工	24.0			—		28,000	0.2	11,667	0.2	0.05	
置換コンクリート	22.5										

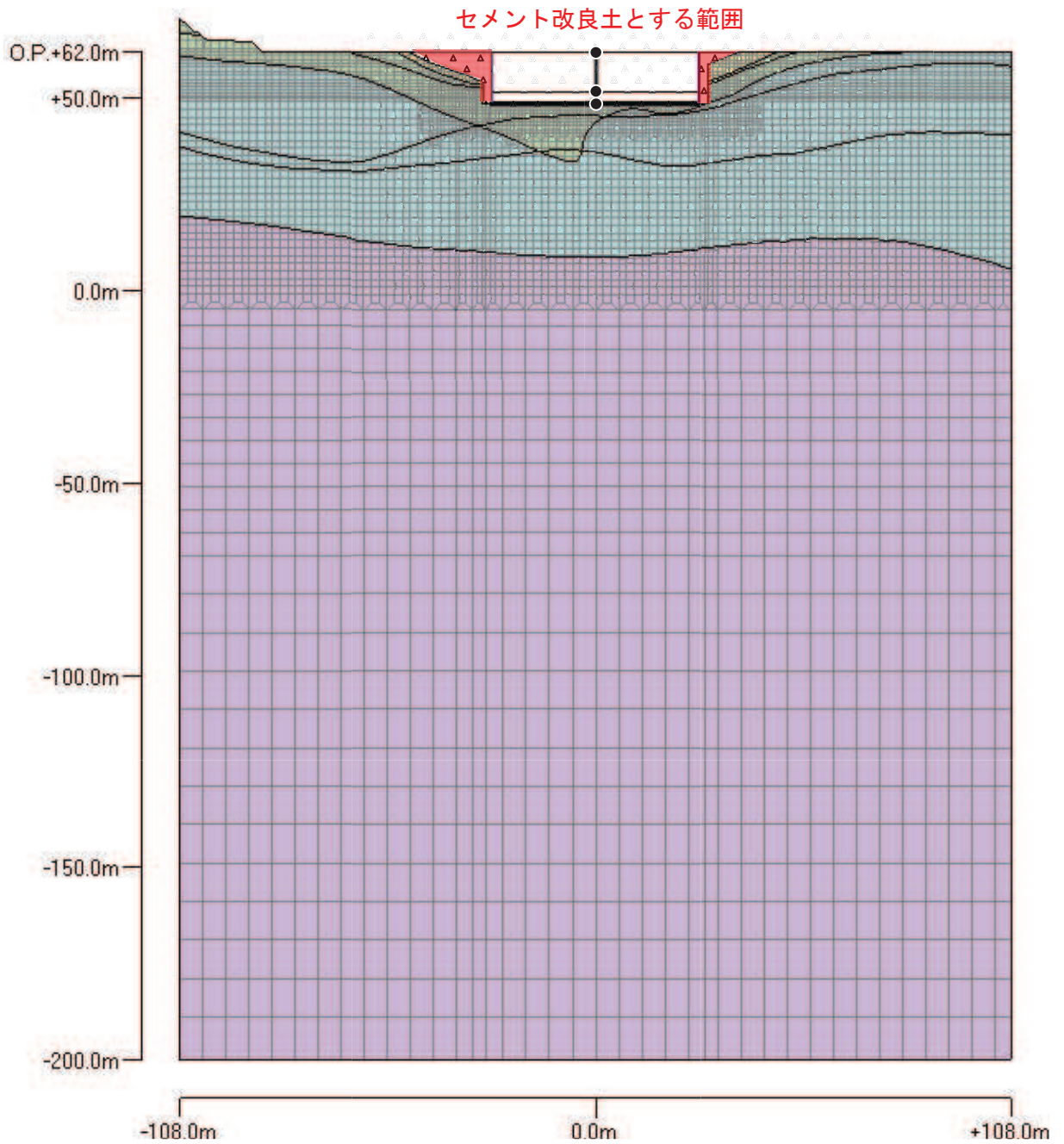
注記\*: 残存剛性率 ( $G_d/G_0$ ) が小さい領域は次式で補間  
 $G_0 = E_s / 2(1 + \nu_s)$ ,  $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m)$ ,  $\gamma_m = \tau_r / G_0$



(1) NS方向

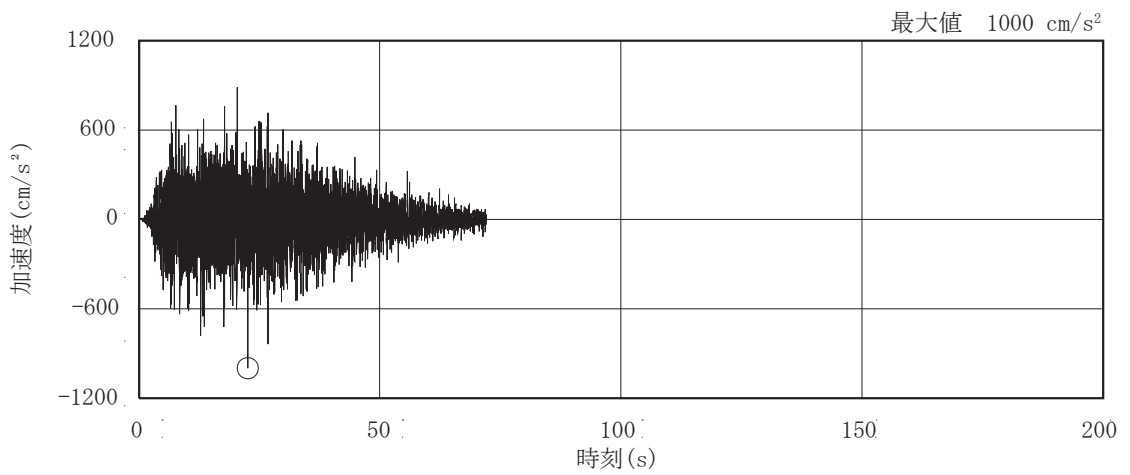
図 2-1 (1) 第 2 保管エリアの地震応答解析モデル (二次元)

<岩種>	<速度層>	<凡例>
CL級	第2速度層	黄色
CM級	第2速度層	緑色
	第3速度層	緑色
	第4速度層	緑色
CH級	第3速度層	青色
	第4速度層	青色
	第5速度層	青色
B級	第5速度層	紫色
盛土	-	点状模様

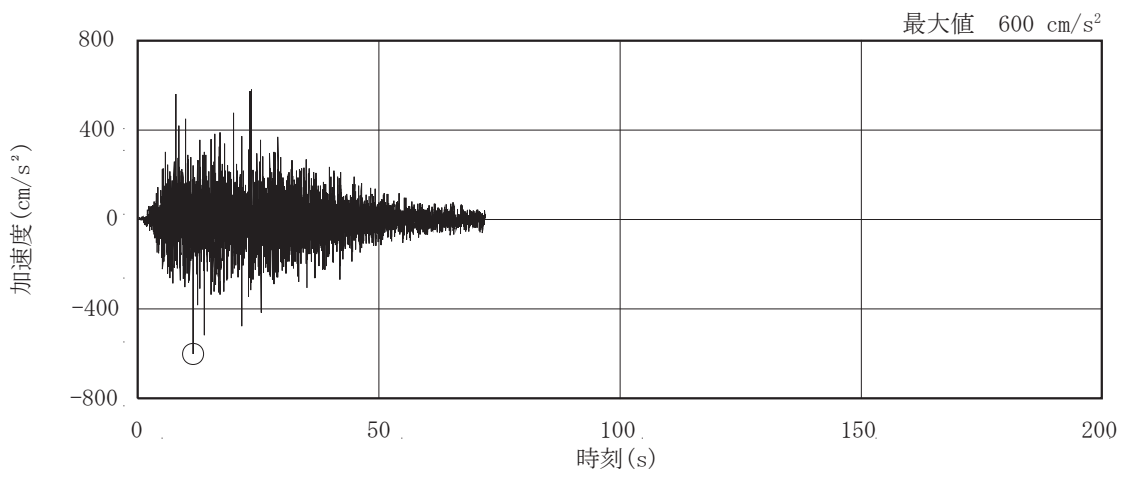


(2) EW 方向

図 2-1 (2) 第 2 保管エリアの地震応答解析モデル (二次元)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 2-2 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s - D 2)



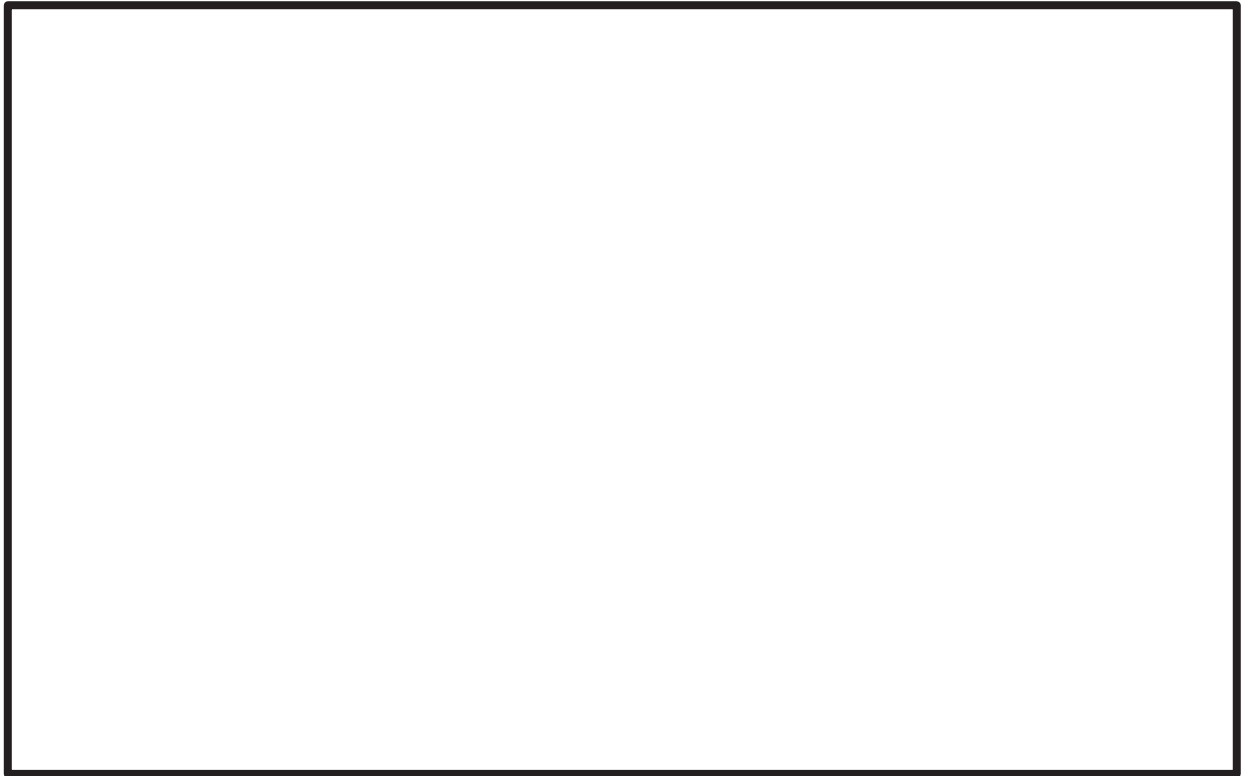
(a) 水平応答



(b) 鉛直応答

図 2-3(1) 第 2 保管エリアの加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s - D 2$ , NS 方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(a) 水平応答



(b) 鉛直応答

図 2-3(2) 第 2 保管エリアの加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s - D 2$ , EW 方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 第2保管エリアの入力地震動算定に用いた淡水貯水槽の地震応答解析モデル作成の概要

#### 3.1 概要

本資料では、第2保管エリアの入力地震動算定に用いた淡水貯水槽の地震応答解析モデル作成の概要を示す。



### 3.2 基本方針

#### 3.2.1 位置

淡水貯水槽の設置位置を図 3-1 に示す。

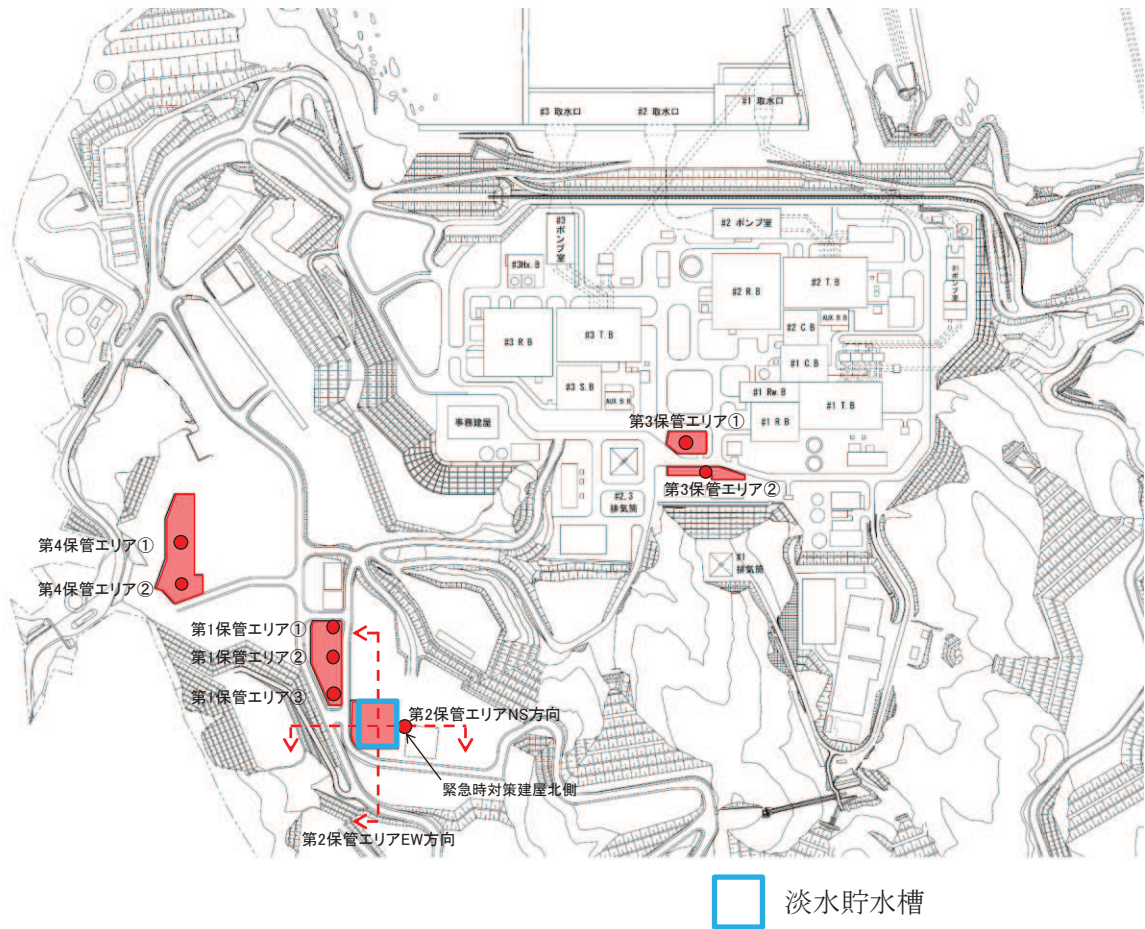


図 3-1 淡水貯水槽の設置位置

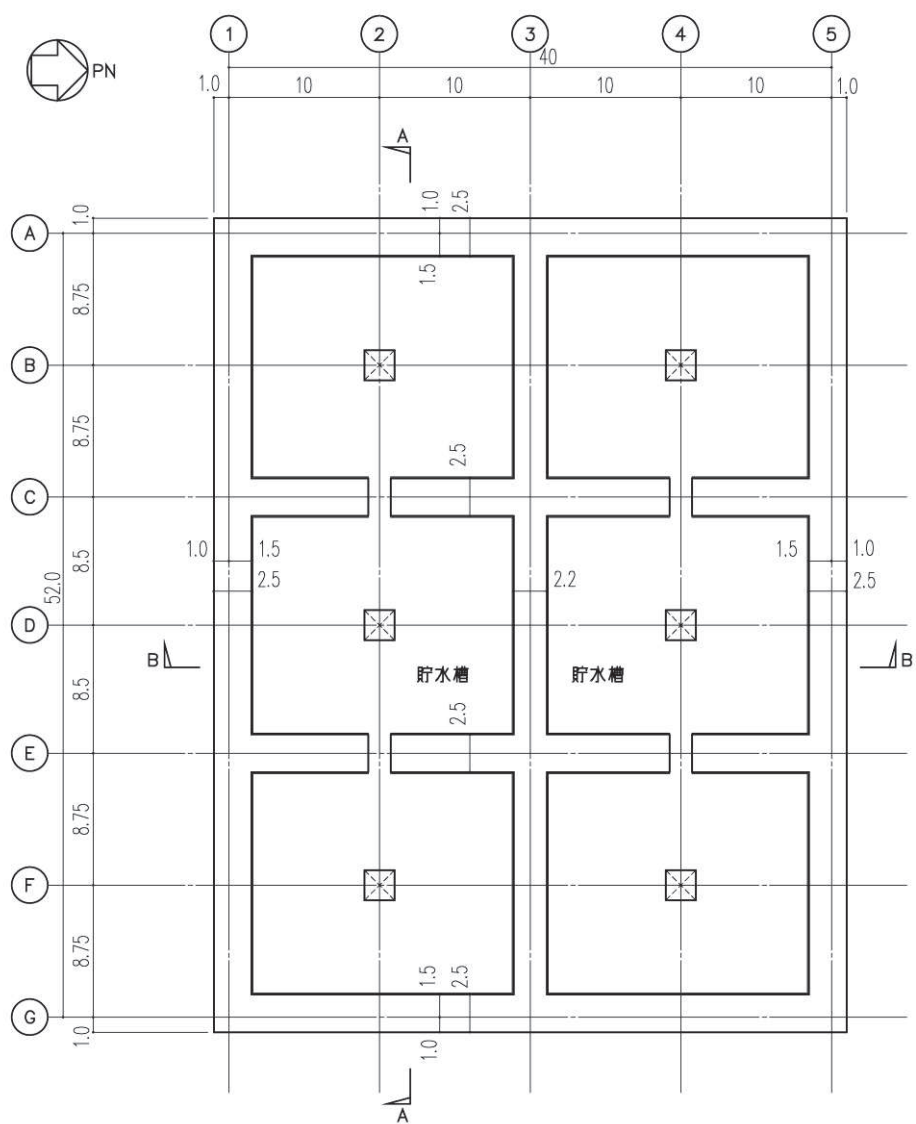
### 3.2.2 構造概要

淡水貯水槽は、女川原子力発電所第3号機原子炉建屋西側の高台に位置する地中構造物である。

主要構造は鉄筋コンクリート造、平面形状は長辺方向（EW方向）が54.0m、短辺方向（NS方向）が42.0mの長方形を成しており、基礎底面からの高さは約13.3mである。躯体の基礎は厚さ3mの堅固な基礎版であり、岩盤上に直接設置されている。

また、淡水貯水槽は、ポンプの吸込のための最低水深60cmを除いた有効貯水量が5,000m<sup>3</sup>の2つの貯水槽によって構成され、合計の有効貯水量は10,000m<sup>3</sup>である。

淡水貯水槽の概略平面図及び概略断面図を図3-2及び図3-3に示す。図3-3には質点の集約イメージを合わせて示す。



(単位：m)

図 3-2 淡水貯水槽の概略平面図 (O.P. 51.8m)

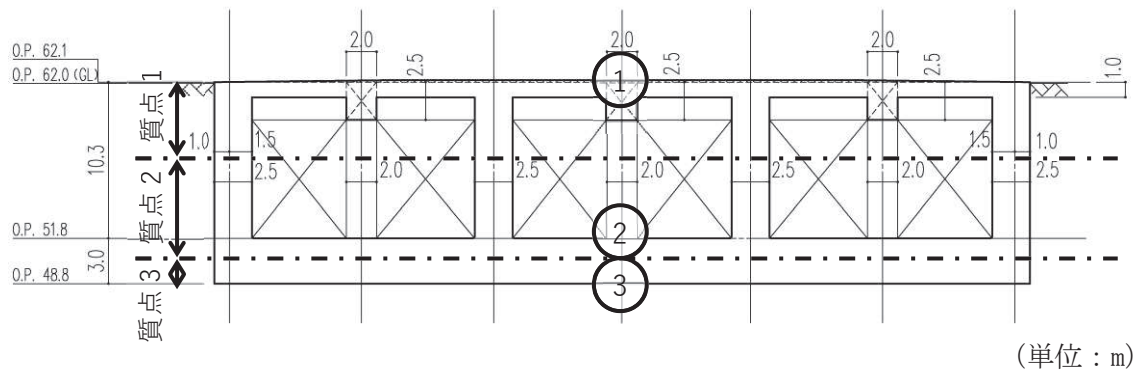


図 3-3 (1) 淡水貯水槽の概略断面図 (A-A 断面 EW 方向)

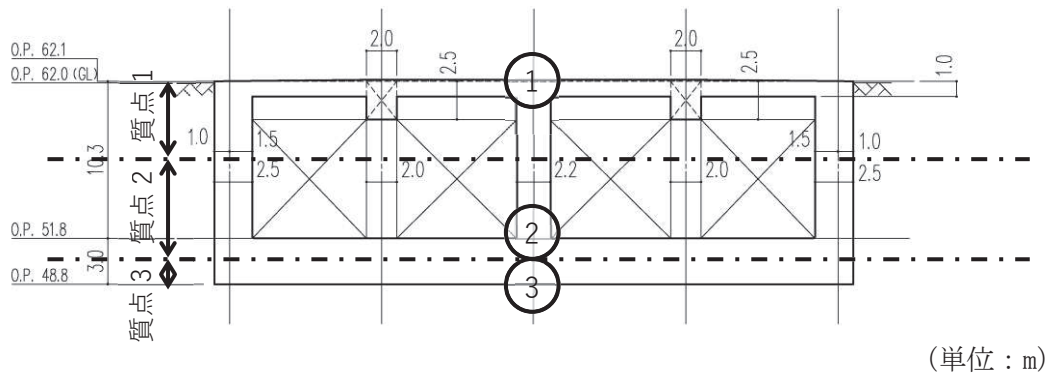


図 3-3 (2) 淡水貯水槽の概略断面図 (B-B 断面 NS 方向)

### 3.2.3 解析方針

淡水貯水槽の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

## 3.3 解析方法

### 3.3.1 設計に用いる地震動

淡水貯水槽の地震応答解析モデルは、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。この連成モデルへの入力地震動は、水平方向については、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に示す基準地震動  $S_s$ （水平動）から、3号機原子炉建屋底面位置（O.P. -14.1m）に規定した解放基盤表面の地震動を一次元地盤モデルにより O.P. -200m 基盤波を算定し建屋地盤連成モデルへ入力する。鉛直方向については、基準地震動  $S_s$ （鉛直動）から、3号機原子炉建屋底面位置（O.P. -14.1m）に規定した解放基盤表面の地震動を一次元地盤モデルにより O.P. -200m 基盤波を算定し建屋地盤連成モデルへ入力する。

### 3.3.2 地震応答解析モデルの作成

地震応答解析モデルは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。

淡水貯水槽は地中構造物であり慣性力に比べ地盤の変形の影響を大きく受けるため、地震応答解析モデルは二次元 FEM 地盤モデルとする。

モデル化にあたっては、建屋諸元を単位幅（1m 幅）に換算して用いる。使用材料及び地震応答解析に必要な材料定数を、表 3-1 に示す。

表 3-1 材料の諸定数

	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )
普通 コンクリート Fc=24	2.27×10 <sup>4</sup> *2	0.945×10 <sup>4</sup> *2	0.2	23*3
鉄筋	2.05×10 <sup>5</sup>	—	—	—

注記\*1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2010 改定）

$$*2 : E = 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{23}{24}\right)^2 \times \left(\frac{24}{60}\right)^{\frac{1}{3}} = 22669 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow 2.27 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$G = \frac{3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{23}{24}\right)^2 \times \left(\frac{24}{60}\right)^{\frac{1}{3}}}{2(1+0.2)} = 9445.4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 0.945 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

\*3：鉄筋コンクリートの場合は 24 とする。

### 3.3.3 地盤のモデル化

淡水貯水槽における二次元 FEM 地盤モデル作成の概要を以下に示す。

- (1) 地盤モデルの奥行幅は単位幅（1m）とする。
- (2) 地盤モデル化範囲の水平領域は、淡水貯水槽両側共  $1.5B_x$ （ $B_x$ ：基礎スラブ水平方向幅）とし、鉛直領域は、 $2.0B_x$ を目安とする。 $2.0B_x$ 以深はB級第5速度層に該当する安定した地盤のため、地盤モデルの下端は、O.P.-200mに設定する。
- (3) 地盤のモデル化にあたっては、実際の地層断面図に基づく層境界を反映する。
- (4) 粘性境界に用いる粘性ダンパーの係数は次式により算定する。

$$C_v = \rho V_p A \quad (\text{側面及び底面地盤境界})$$

$$C_s = \rho V_s A \quad (\text{側面, 底面及び面外地盤境界})$$

ここに、

- $\rho$  : 地盤の密度
- $V_p$  : 地盤の P 波速度
- $V_s$  : 地盤の S 波速度
- $A$  : 各ダンパーの支配面積

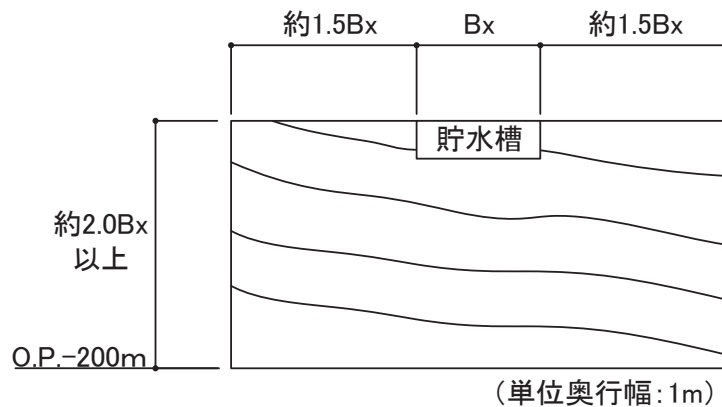


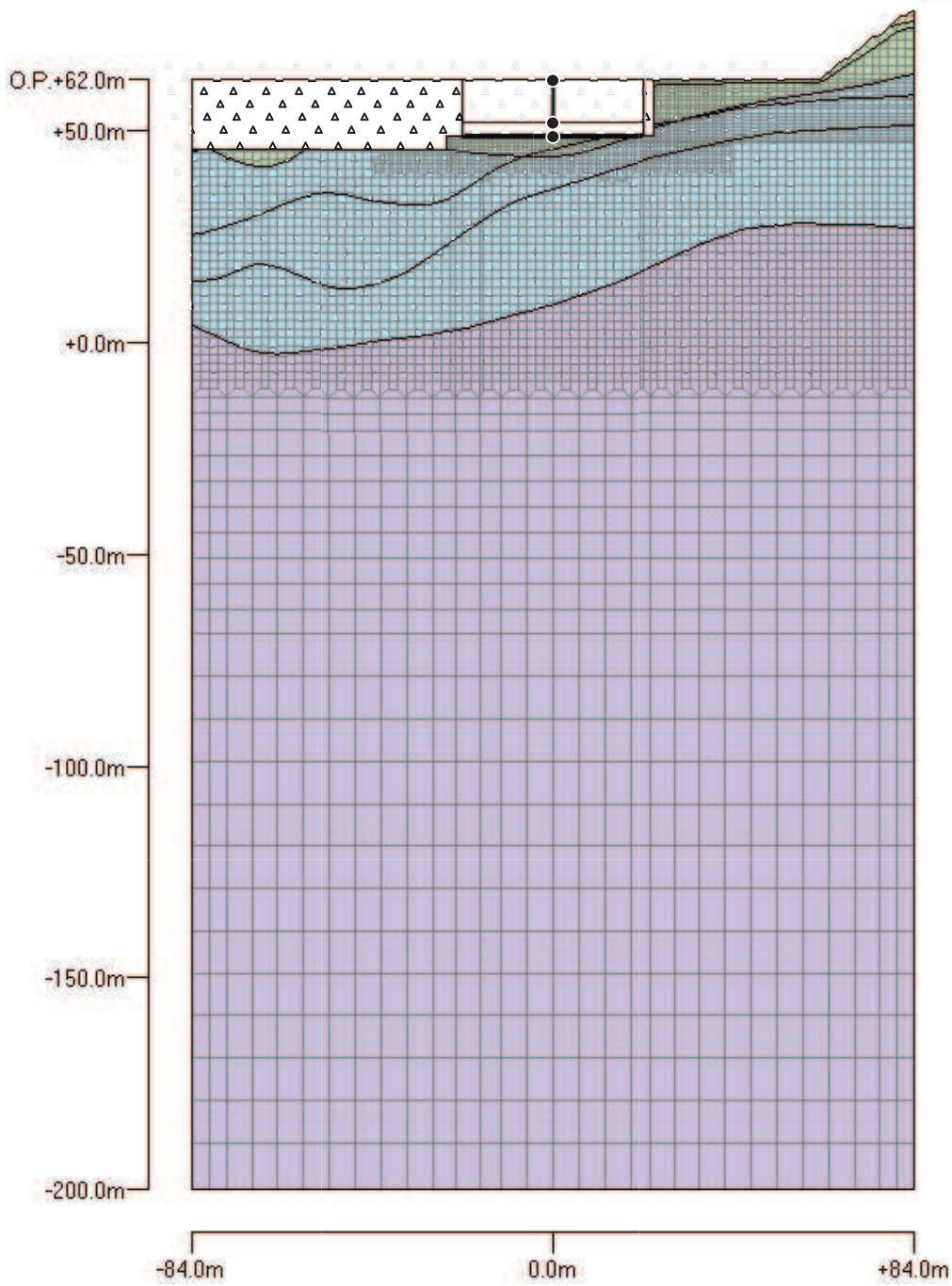
図 3-4 地盤の FEM モデル化範囲

#### 3.3.4 地震応答解析モデル

作成した淡水貯水槽の二次元 FEM モデルモデルを図 3-5 に，淡水貯水槽と地盤の境界条件を図 3-6，図 3-7 に示す。



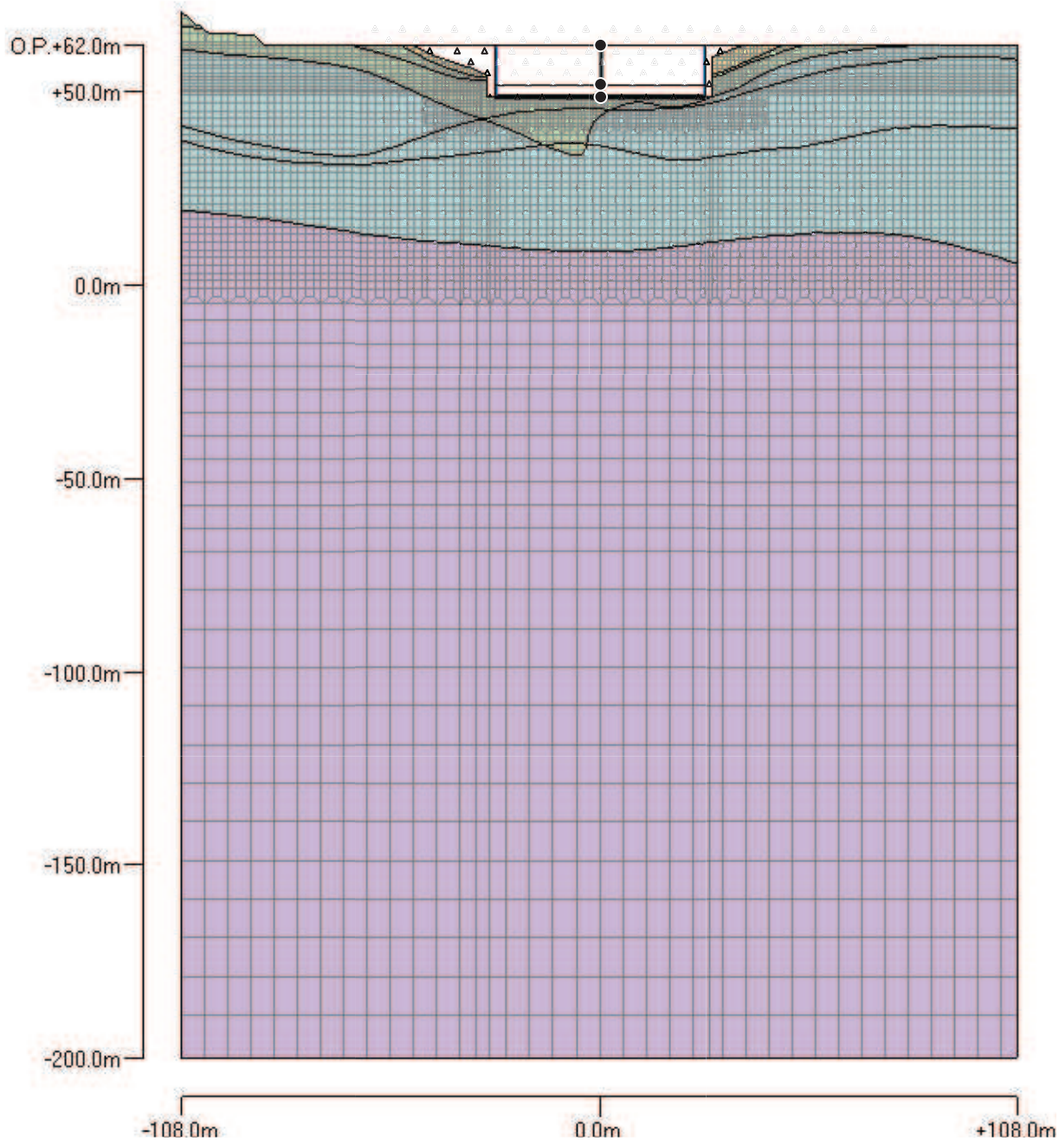
〈岩級〉	〈速度層〉	〈凡例〉
OL級	第2速度層	■
CM級	第2速度層	■
	第3速度層	■
	第4速度層	■
	第5速度層	■
CH級	第3速度層	■
	第4速度層	■
	第5速度層	■
B級	第5速度層	■
盛土	-	▲



(1) NS 方向

図 3-5 (1) 二次元 FEM 地盤モデル

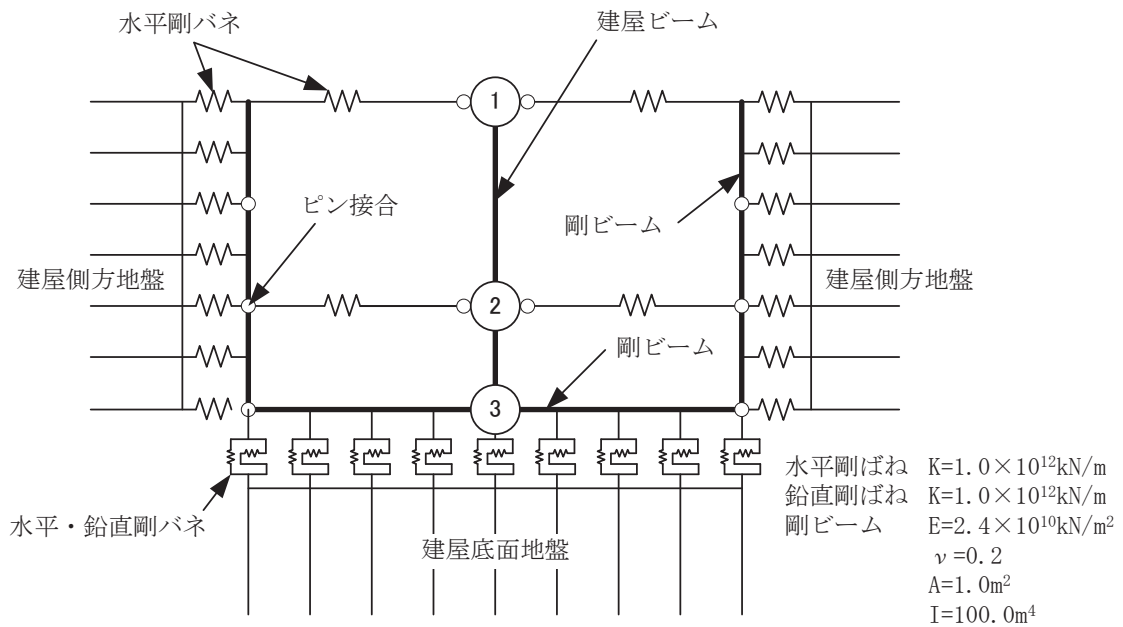
<岩級>	<速度層>	<凡例>
CL級	第2速度層	■
CM級	第2速度層	■
	第3速度層	■
	第4速度層	■
CH級	第3速度層	■
	第4速度層	■
	第5速度層	■
B級	第5速度層	■
盛土	-	■



(2) EW方向

図 3-5 (2) 二次元 FEM 地盤モデル

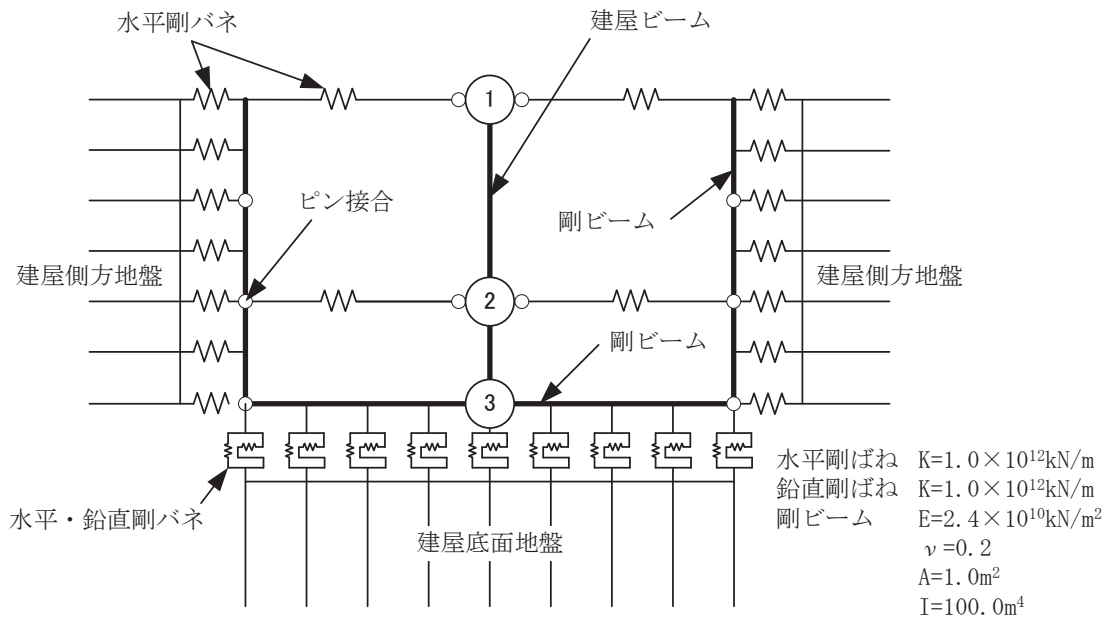
質点番号	重量 W (kN)	回転慣性 I <sub>g</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m <sup>2</sup> )	断面 2 次モーメント I (×10 <sup>2</sup> m <sup>4</sup> )	せん断断面積 AS (m <sup>2</sup> )
1	3999.3	5.931	20.280	7.500
			61.741	42.000
2	4683.9	6.970		
3	1512.0	2.226		



(1) NS 方向

図 3-6 (1) 淡水貯水槽と地盤の境界条件

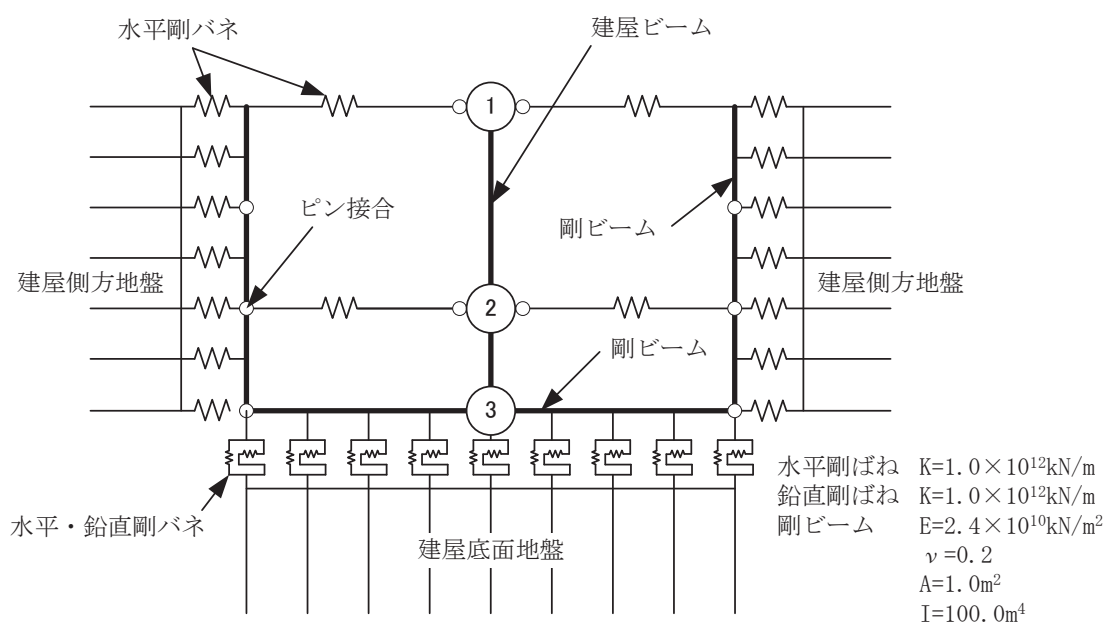
質点番号	重量 W (kN)	回転慣性 I <sub>g</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m <sup>2</sup> )	断面 2 次モーメント I (×10 <sup>2</sup> m <sup>4</sup> )	せん断断面積 AS (m <sup>2</sup> )
1	5141.9	12.564	37.538	9.257
2	6022.1	14.743	131.219	54.000
3	1944.0	4.729		



(2) EW 方向

図 3-6 (2) 淡水貯水槽と地盤の境界条件

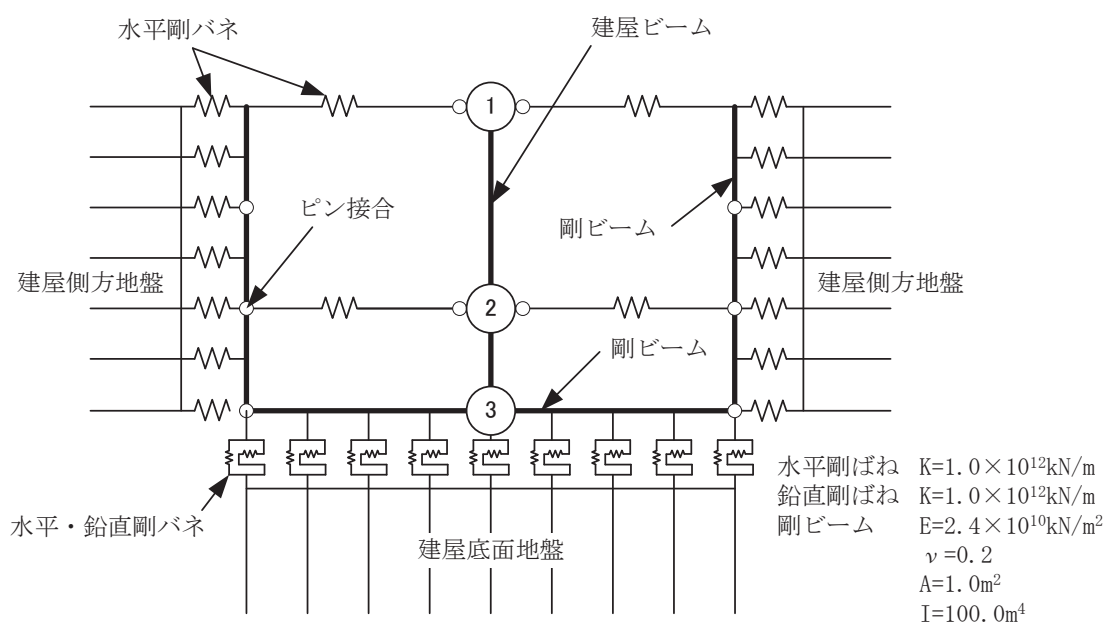
質点番号	重量 W (kN)	軸断面積 $A_N$ (㎡)
1	2934.6	13.811
		42.000
2	5748.5	42.000
3	1512.0	



(1) NS 方向

図 3-7 (1) 淡水貯水槽と地盤の境界条件

質点番号	重量 W (kN)	軸断面積 $A_N$ (mf)
1	3773.1	17.757
		54.000
2	7391.0	
3	1944.0	



(2) EW 方向

図 3-7 (2) 淡水貯水槽と地盤の境界条件