

補足-027-09 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	1
1.1 可搬型重大事故等対処設備の評価対象設備	1
2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動	10
2.1 概要	10
2.2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所	11
2.3 保管場所の入力地震動の算定	13
2.4 保管場所のFRSの算定	33
2.5 設計用FRSの作成	33
2.6 加振台のFRSの妥当性確認	35
3. 車両型設備の耐震評価	48
3.1 車両型設備の固縛装置（固定材）	48
3.2 評価手順	48
3.3 評価条件	50
3.4 加振試験	53
3.5 構造強度評価	62
3.6 機能維持評価	70
3.7 波及的影響評価	72
3.8 保守性及び不確実さの全体的なバランス	79
4. 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	92
4.1 概要	92
4.2 車両型設備の耐震評価	92
4.3 結論	94
5. 車両型設備の仕様	97
6. 加振試験における車両型設備の傾き角計測方法	99
6.1 概要	99
6.2 計測方法	99
7. その他設備の耐震評価	100
7.1 その他設備の加振試験	100
7.2 加振試験後の機能維持確認	113
別紙1 車両型設備の固有振動数の算出方法	122
別紙2 車両型設備の減衰定数の算出方法	124
別紙3 保管エリアにおける地盤の振動特性について	126
別紙4 計算機プログラム（解析コード）の概要・mk__FRS	157

1. 概要

本補足説明資料は、VI-1-1-7「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の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VI-2-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

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おそ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おそれはないが、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
ホイールローダ	<p>本設備は、一般車両と比較して重心が十分に低く、バケットを接地した状態で保管することから、地震により転倒するおそれはない。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おそれはない。</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、重心が低いいため、構造的に転倒するおそれはない。また、ステンレス製の配管を鉄製の土台に取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てい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
可搬型スプレインズル	<p>保管時は、安定した床面に保管する。 本設備は、単純な構造であり、仮に転倒したとしても必要な機能を喪失することはない。</p>	
泡消火薬剤容器	<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てい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
放射性物質吸着材	<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>	
シルトフェンス	<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>	

表 1-1 耐震計算書に記載してい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>ホース, 管等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大量送水車入口ライン取水用 10m ホース ・大量送水車入口ライン取水用 10m 吸水管 ・大量送水車出口ライン送水用 50m, 10m, 5m, 1m ホース ・大量送水車出口ライン送水用 20m, 5m, 2m, 1m ホース ・大量送水車出口ライン送水用 20m ホース ・大量送水車出口ライン送水用 10m ホース ・大型送水ポンプ車入口ライン取水用 20m, 5m, 1m ホース ・大型送水ポンプ車出口ライン送水用 50m, 5m, 2m ホース ・大型送水ポンプ車出口ライン送水用 15m ホース ・大型送水ポンプ車出口ライン送水用 10m, 5m ホース ・大型送水ポンプ車出口ライン送水用 1m ホース ・移動式代替熱交換設備入口ライン戻り用 5m ホース ・移動式代替熱交換設備出口ライン供給用 5m ホース ・可搬型ストレーナ 	<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>ホース保管時の例</p>

表 1-1 耐震計算書に記載してい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
<ul style="list-style-type: none"> ・可搬式窒素供給装置用 10m ホース ・可搬式窒素供給装置用 20m ホース ・可搬式窒素供給装置用 2m ホース ・タンクローリ給油用 20m, 7m ホース ・タンクローリ送油用 20m ホース ・タンクローリ給油用 7m ホース ・窒素ガスボンベ連結管～窒素ガスボンベ連結管接続口 ・空気供給装置連結管 ・空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管～空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口 ・空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口～フレキシブルチューブ接続口（上流側） ・空気ボンベ加圧設備用 1.5m フレキシブルチューブ ・フレキシブルチューブ接続口（下流側）～建物加圧空気配管接続口（上流側） ・空気ボンベ加圧設備用 2.3m フレキシブルホース ・緊急時対策所空気浄化装置用 2.5m, 1.5m 可搬型ダクト ・可搬ケーブル 	<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>	<div data-bbox="1429 363 1998 791" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1599 802 1827 831">ホース展張時の例</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行う。

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。

車両型設備及びその他設備の耐震評価においては、タンクローリ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次元震動台、株式会社MTI 運送環境実証実験施設、IMV株式会社 東京テストラボ 上野原サイト 大阪テストラボ、オリオン機械株式会社 本社、東急建設株式会社 技術研究所、エア・ウォーター防災株式会社 振動試験センター及び長尾産業株式会社 東海試験センターの加振台（以下「加振台」という。）を用いることにより、全ての車両型設備及びその他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 加振台の仕様 (1/9)

(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)

加振台の大きさ		20000mm×15000mm
最大搭載質量		1200t
最大加速度	水平	9m/s ²
	鉛直	15m/s ²
対象設備		タンクローリ（タイプⅠ） タンクローリ（タイプⅡ） 大量送水車 高圧発電機車（タイプⅠ） 高圧発電機車（タイプⅡ） 移動式代替熱交換設備 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用） 大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用） 可搬式窒素供給装置 緊急時対策所用発電機 第1ベントフィルタ出口水素濃度

表 1-2 加振台の仕様 (2/9)
 (株式会社MTI 運送環境実証実験施設)

加振台の大きさ		2600mm×6200mm
最大搭載質量		20t
最大加速度	水平	20m/s ²
	鉛直	29m/s ²
対象設備		可搬式エリア放射線モニタ 可搬式モニタリングポスト GM汚染サーベイメータ NaIシンチレーションサーベイメータ α・β線サーベイメータ 電離箱サーベイメータ 有線式通信設備 (廃棄物処理建物) 可搬式ダスト・よう素サンプラ 可搬式気象観測装置

表 1-2 加振台の仕様 (3/9)
 (IMV株式会社 東京テストラボ 上野原サイト)

加振台の大きさ		1500mm×1500mm
最大搭載質量		2t
最大加速度		1000m/s ²
対象設備		可搬型計測器 可搬型計測器 (予備)

表 1-2 加振台の仕様 (4/9)
 (IMV株式会社 東京テストラボ 上野原サイト)

加振台の大きさ		1950mm×1950mm
最大搭載質量		2t
最大加速度		700m/s ² rms
対象設備		データ表示装置

表 1-2 加振台の仕様 (5/9)

(オリオン機械株式会社 本社)

加振台の大きさ	1500mm×1500mm
最大搭載質量	0.5t
最大加速度	44.1m/s ²
対象設備	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池

表 1-2 加振台の仕様 (6/9)

(東急建設株式会社 技術研究所)

加振台の大きさ	4000mm×4000mm	
最大搭載質量	50t	
最大加速度	水平	(X) 9.8m/s ² (Y) 8.3m/s ²
	鉛直	8.3m/s ²
対象設備	小型船舶	

表 1-2 加振台の仕様 (7/9)

(エア・ウォーター防災株式会社 振動試験センター)

加振台の大きさ	2500mm×2500mm	
最大搭載質量	2.5t	
最大加速度	水平	(X) 45.1m/s ² (Y) 58.8m/s ²
	鉛直	28.4m/s ²
対象設備	酸素濃度計 (緊急時対策所) 二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型)	

表 1-2 加振台の仕様 (8/9)

(IMV株式会社 大阪テストラボ)

加振台の大きさ	1500mm×1500mm
最大搭載質量	1t
最大加速度	(正弦波) 1000m/s ² (ランダム波) 700m/s ² rms
対象設備	LEDライト (三脚タイプ) プラントパラメータ監視装置 (予備) 酸素濃度計 (中央制御室) 二酸化炭素濃度計 (中央制御室)

表 1-2 加振台の仕様 (9/9)
(長尾産業株式会社 東海試験センター)

加振台の大きさ	(水平用) 800mm×800mm (垂直用) 630mm×630mm
最大搭載質量	0.4t
最大加速度	1250m/s ²
対象設備	有線式通信設備 (中央制御室待避室) プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室) 酸素濃度計 (中央制御室待避室) 二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)

2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動

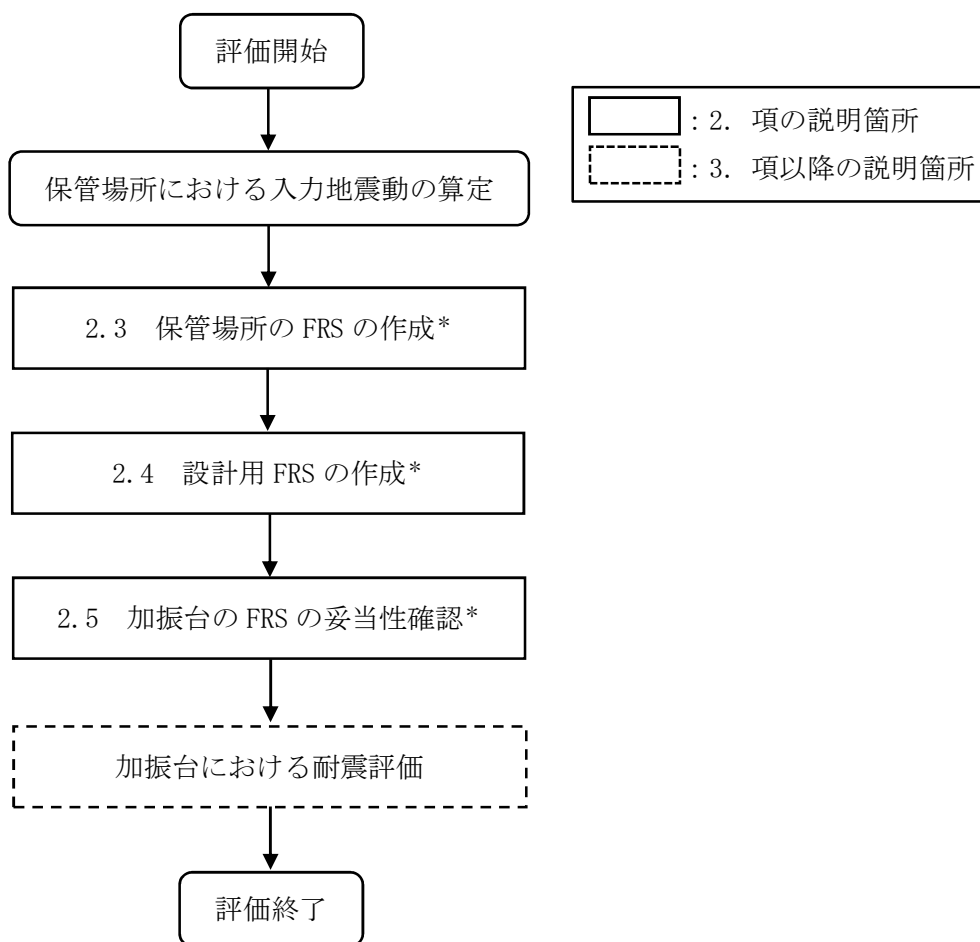
2.1 概要

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スペクトル (以下「FRS」という。) の妥当性を確認するために、「設計用 FRS 作成のための可搬型重大事故等対処設備の保管場所における地表面の入力地震動 (以下「保管場所における入力地震動」という。) の算定」、「保管場所の加速度応答スペクトル (以下「保管場所の FRS」という。) 及び設計用 FRS* の作成」並びに「加振台の FRS の作成」の妥当性について示す。

なお、原子炉建物、制御室建物、廃棄物処理建物及び緊急対策所については VI-2-1-7「設計用応答スペクトルの作成方針」に示す。

注記*：設計用 FRS については、「2.5 設計用 FRS の作成」に示す。



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場所

可搬型重大事故等対処設備の保管場所は位置的分散を考慮し、以下に示す 4 箇所とする。可搬型重大事故等対処設備保管場所の位置図を図 2-2 に示す。

- ・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



図 2-2 可搬型重大事故等対処設備保管場所 位置図

2.3 保管場所の入力地震動の算定

2.3.1 保管場所における入力地震動の算定方針

保管場所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、各保管場所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、一次元波動理論により行う。解析コードは「SHAKE」，「microSHAKE/3D」を使用する。

第2保管エリアにおける地盤及び構造物の地震応答解析は2次元FEM解析により行う。なお，解放基盤表面から地震応答解析モデル入力位置（EL -215m）までの引戻しは，一次元波動論により行う。解析コードは「SHAKE」及び「TDAPⅢ」を使用する。

保管場所における入力地震動の算定フローを図2-3に示す。

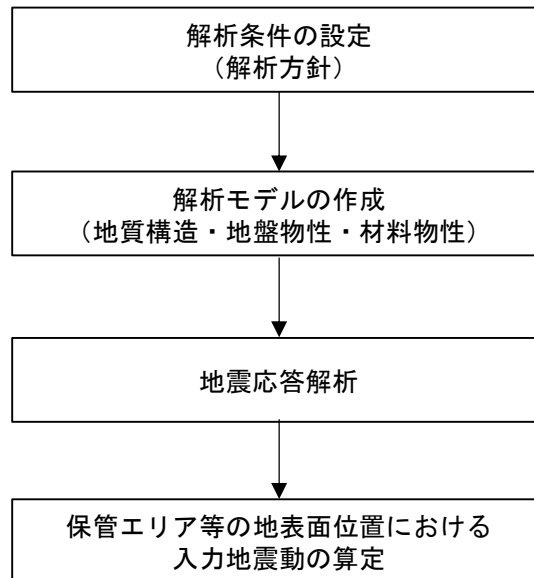


図2-3 保管エリアにおける入力地震動の算定フロー図

2.3.2 解析条件の設定

(1) 地盤の解析用物性値

保管場所における地震応答解析に用いる解析用物性値及び地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値を表 2-1、表 2-2 に示す。

VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、第 1、第 2、第 3 保管エリアには 1、2 号機エリアの解析用物性値及び地下構造モデルを、第 4 保管エリアには 3 号機エリアの解析用物性値及び地下構造モデルを用いる。保管場所等の位置及び地盤の種別について図 2-4 に示す。

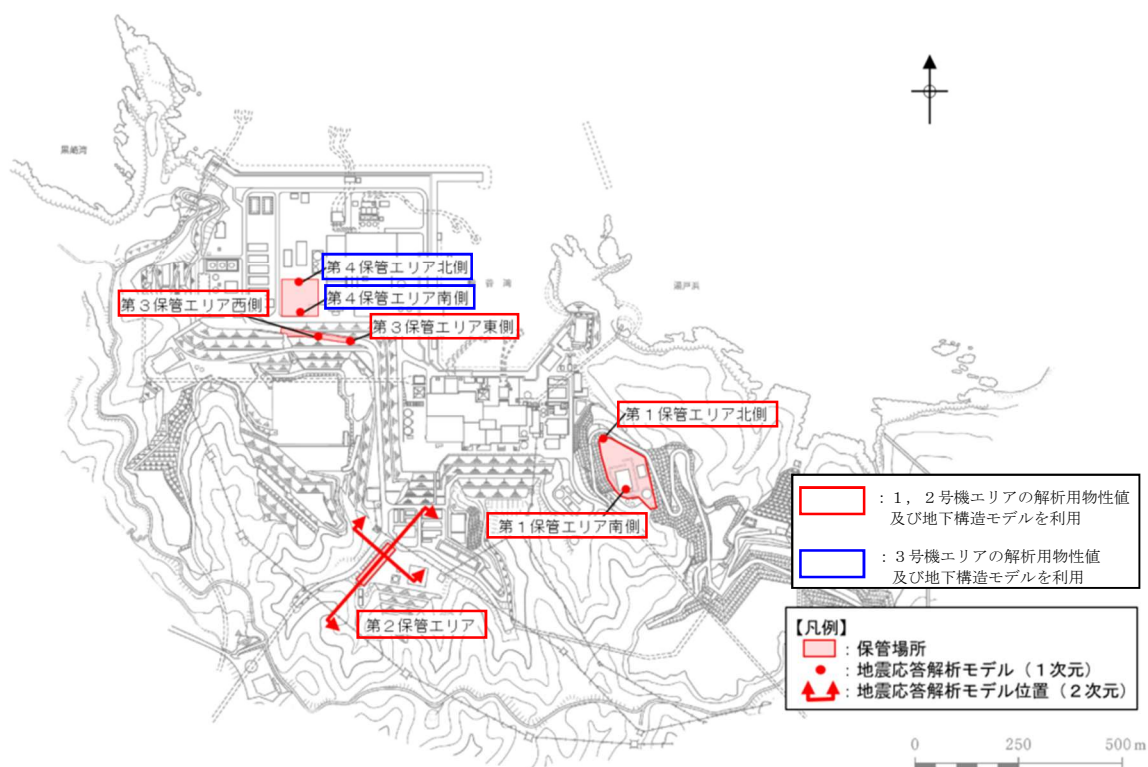


図 2-4 保管エリアの位置及び地盤の解析用物性値

表 2-1 地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値（第 1，第 2，第 3 保管エリア）

速度層	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.80	0.25	20.6	0.446
②層	2.10	0.90	23.0	0.388
③層	3.60	1.60	24.5	0.377
④層	4.00	1.95	24.5	0.344
⑤層	4.05	2.00	26.0	0.339
⑥層	4.95	2.35	27.9	0.355

表 2-2 地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値（第 4 保管エリア）

速度層	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.52	0.27	22.4	0.45
②層	1.71	0.62	23.3	0.42
③層	2.27	0.96	23.4	0.39
④層	3.24	1.52	24.5	0.36
⑤層	3.86	1.90	25.2	0.34
⑥層	4.15	2.10	24.4	0.33
⑦層	3.80	1.77	25.1	0.36

(2) 地下水位

第1保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアにおける地震応答解析に用いる地下水位は、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周辺斜面の評価と同様に地表面に設定する。

第2保管エリアにおける地震応答解析に用いる地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における3次元浸透流解析の結果を用いて、地下水位を設定する。

各保管場所における地下水位の設定を表2-3に示す。

表2-3 各保管エリアにおける地下水位の設定

対象		地下水位
第1保管エリア	北側	EL 50m
	南側	EL 50m
第2保管エリア	短辺方向断面	EL 25.2m
	長辺方向断面	EL 25.2m
第3保管エリア	西側	EL 25m
	東側	EL 33m
第4保管エリア	北側	EL 8.5m
	南側	EL 8.5m

(3) 使用材料及び材料の物性値

第2保管エリアである輪谷貯水槽（西側）の使用材料を表2-4に、材料の物性値を表2-5に示す。

表2-4 使用材料

材料		仕様
輪谷貯水槽（西側）	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345

表2-5 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
輪谷貯水槽（西側）	2.5×10 ⁴	24.0*	0.2

注記*：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

(4) 基準地震動 S_s

保管場所等における地震応答解析に用いる基準地震動 S_s は、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、各保管場所において、周辺の地質構造を考慮して作成する。第2保管エリアは淡水貯水槽上に設定されており、地盤及び構造物をモデル化する。なお、貯水槽の内部貯留水は、固定水としてモデル化する。

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を図2-5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位置を図2-6、図2-8、図2-10及び図2-12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速度層の分布に着目し、保管場所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を図2-7、図2-9、図2-11及び図2-13に示す。

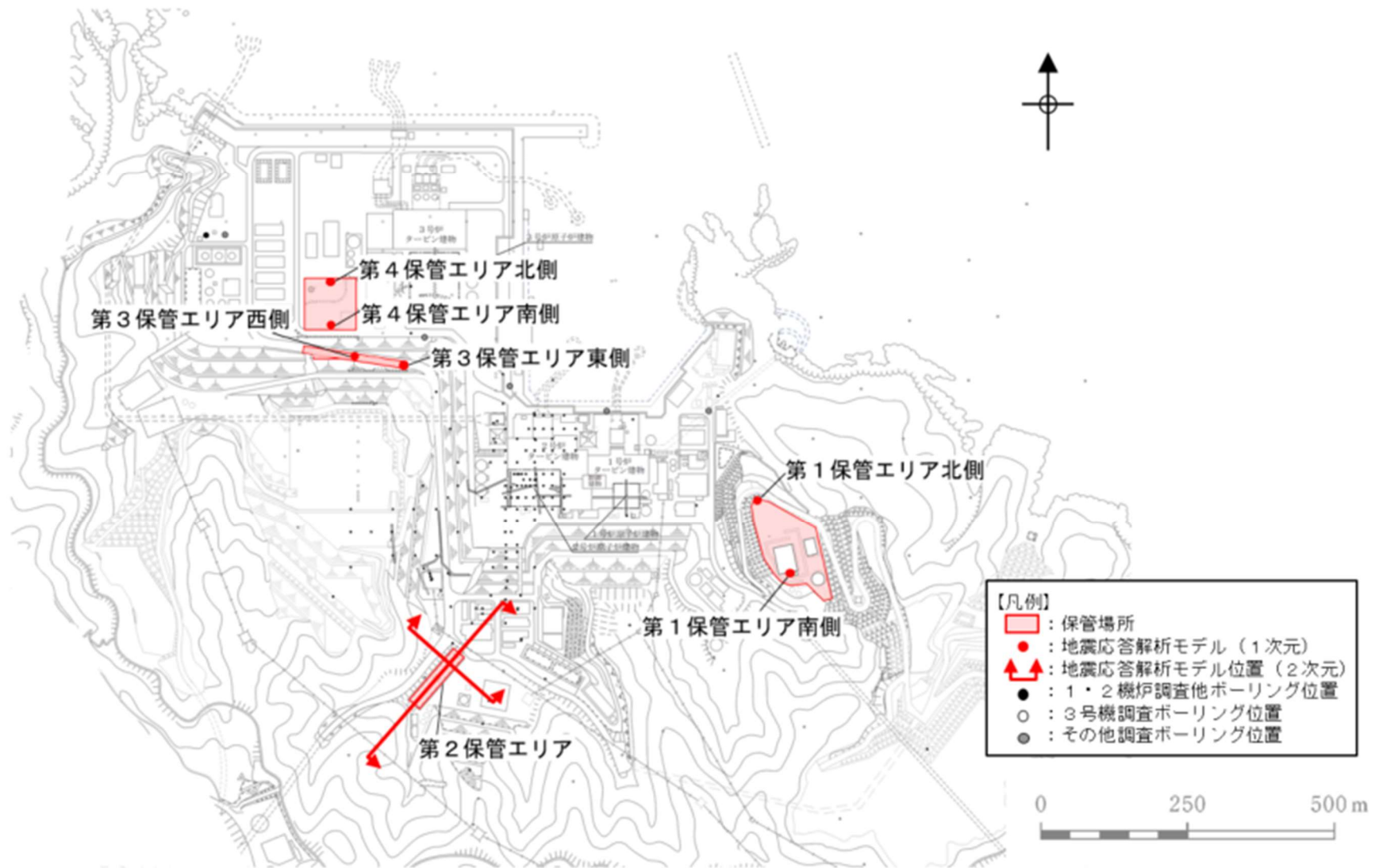
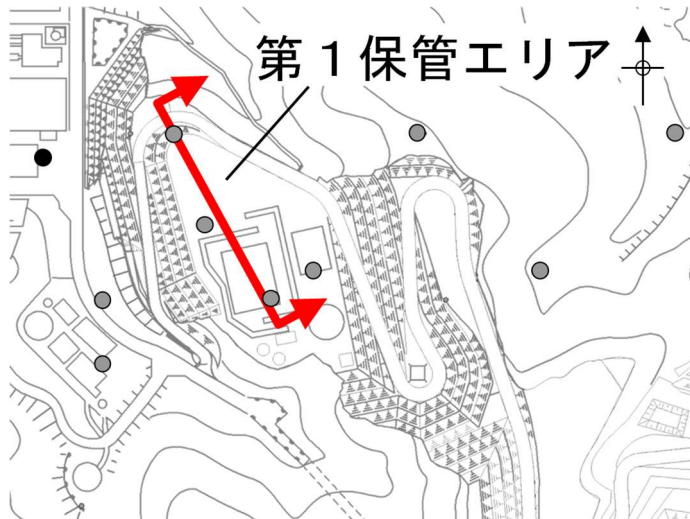


図2-5 地震応答解析モデル作成位置



- 【凡例】**
- : 地質断面図位置
 - : 1・2号機調査他ボーリング位置
 - : その他調査ボーリング位置

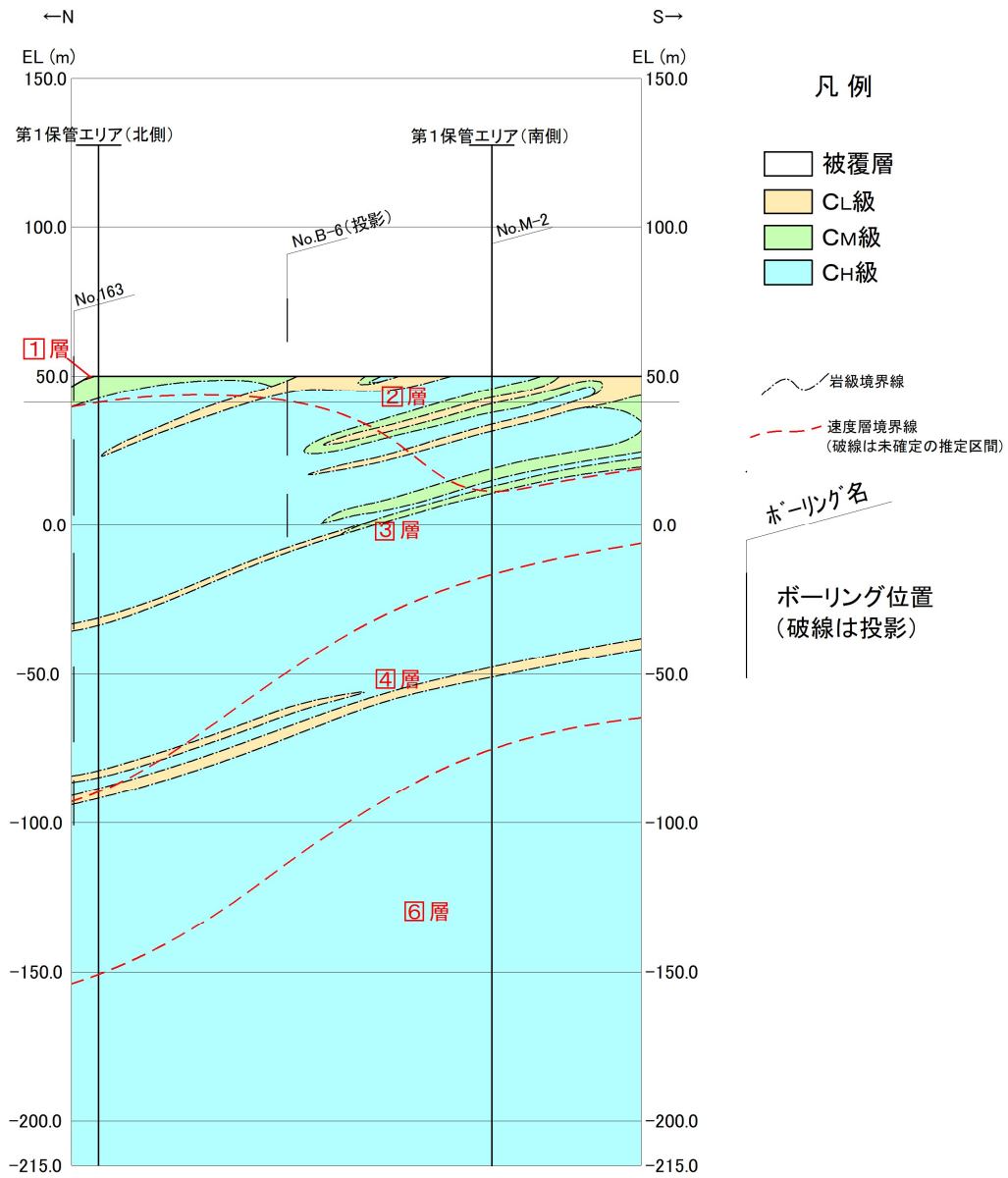


図 2-6 第1保管エリアの地質断面図

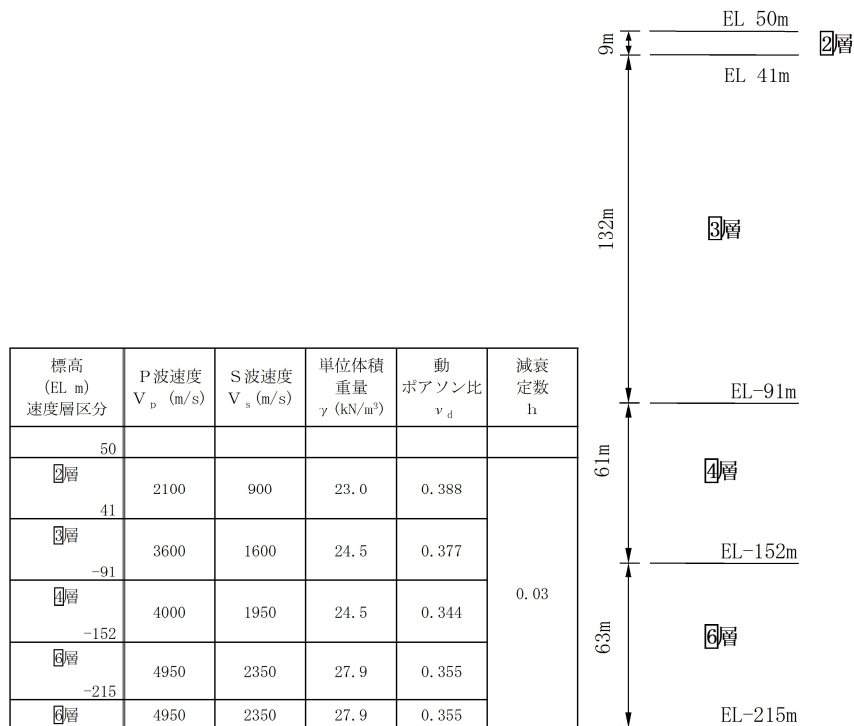


図 2-7(1) 第 1 保管エリア (北側) の地盤応答解析モデル

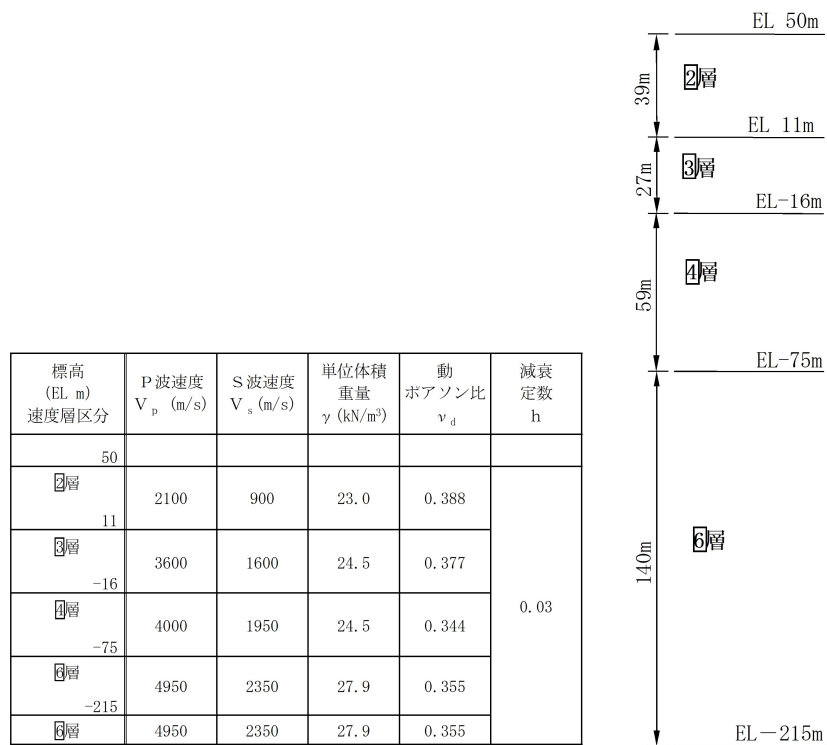


図 2-7(2) 第 1 保管エリア (南側) の地盤応答解析モデル

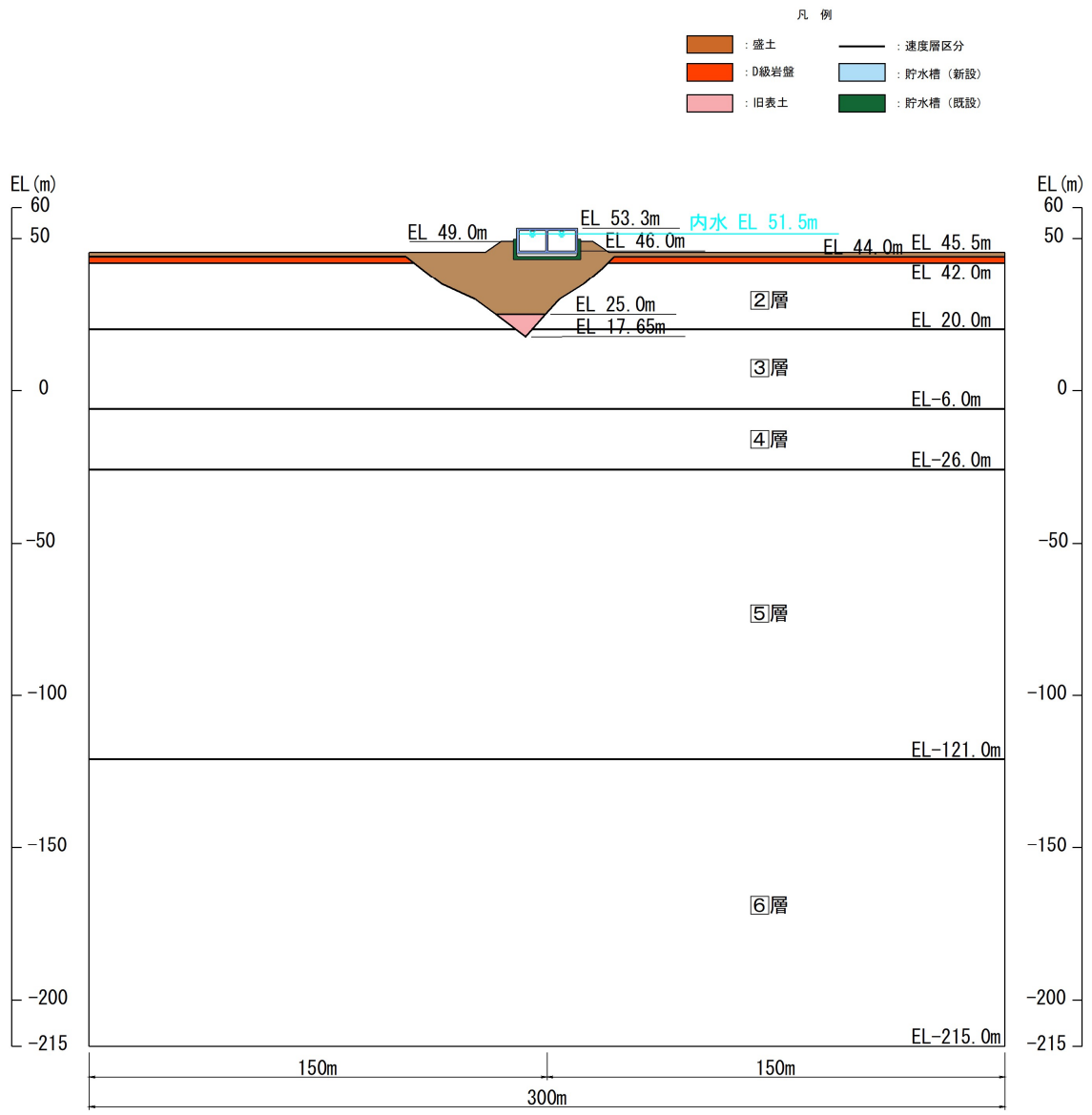


図 2-8(1) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) の地質断面図

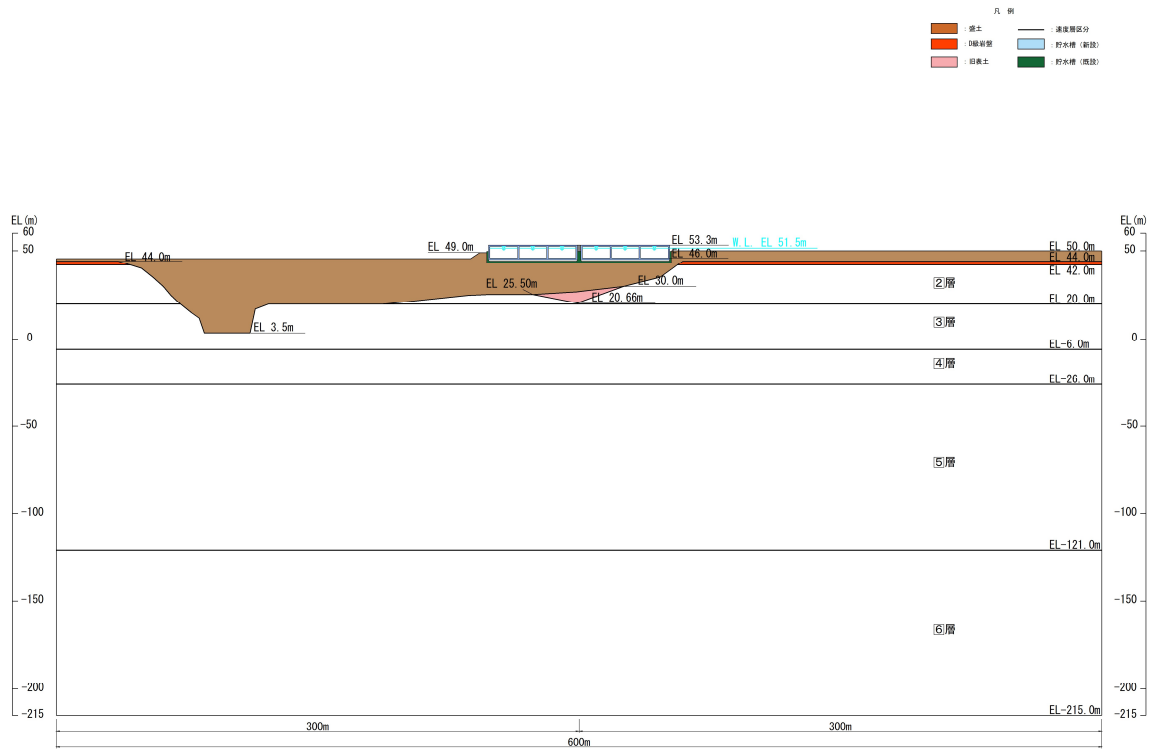


図 2-8(2) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) の地質断面図

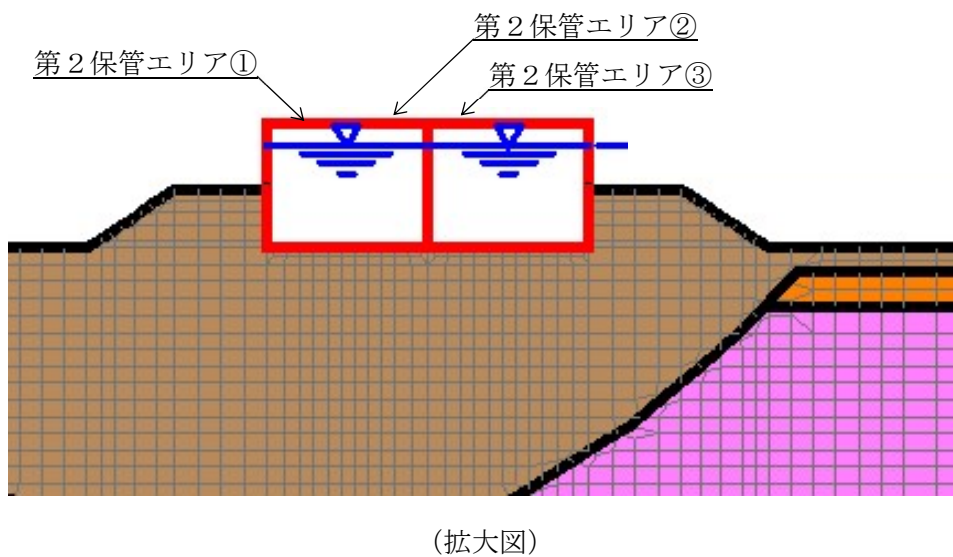
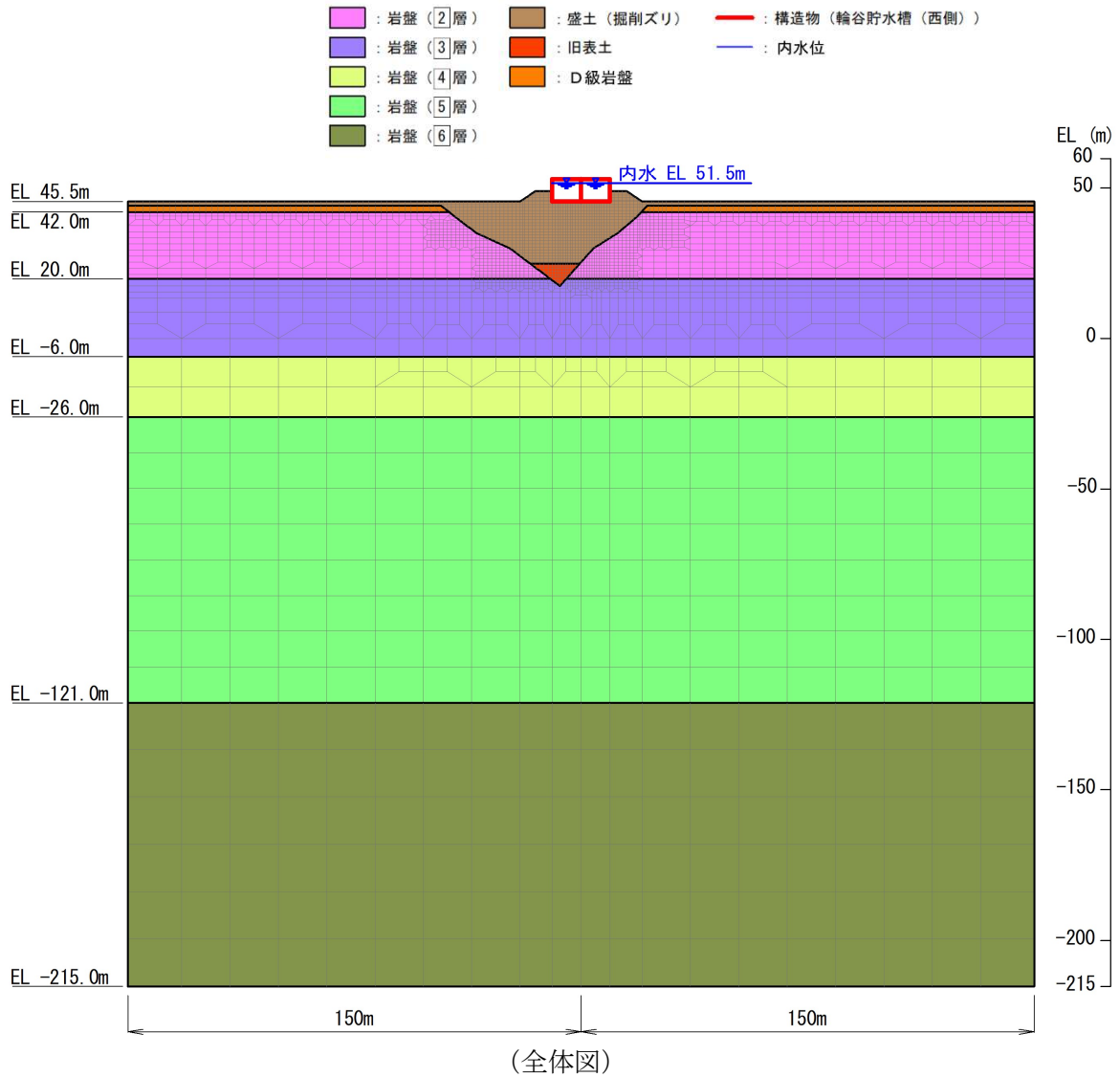
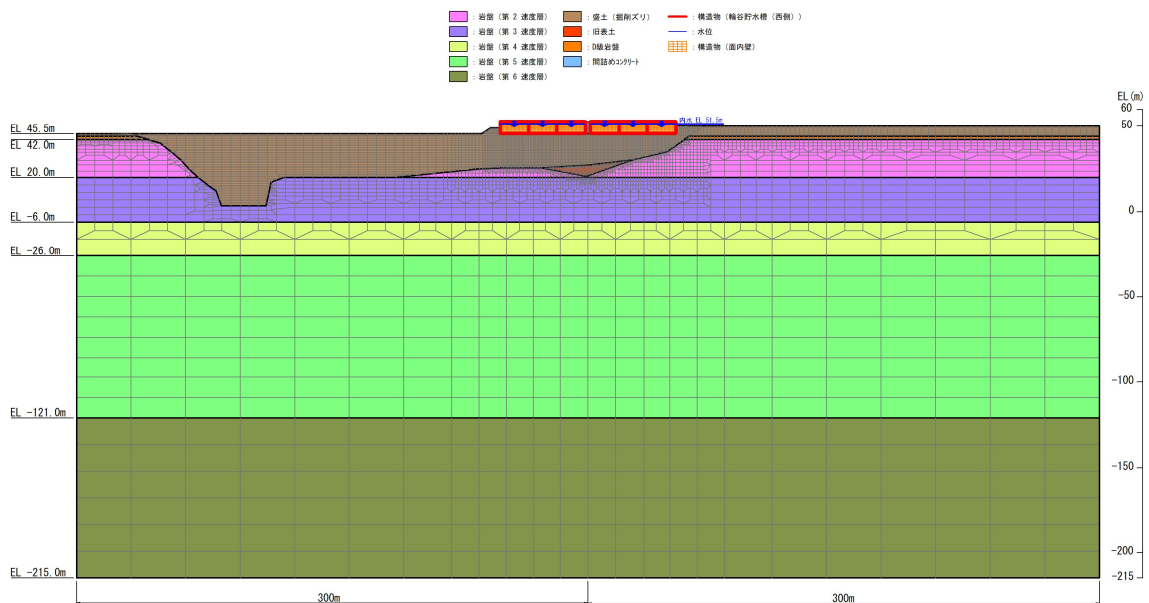
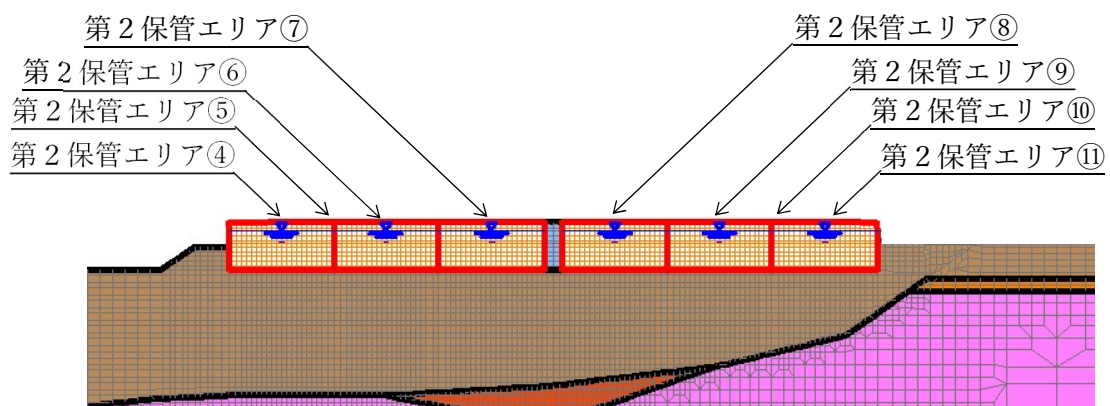


図 2-9(1) 第2保管エリア (短辺方向断面) の地震応答解析モデル



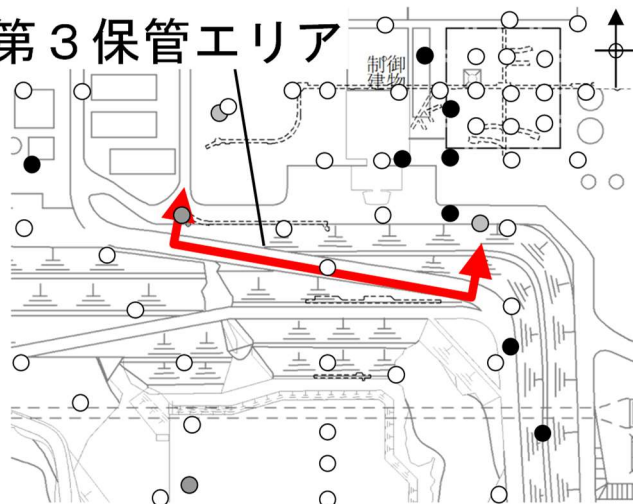
(全体図)



(拡大図)

図 2-9(2) 第2保管エリア (長編方向断面) の地震応答解析モデル

第3保管エリア



- 【凡例】**
- ↔ : 地質断面図位置
 - : 1・2号機調査他
ボーリング位置
 - : 3号機調査他ボーリング位置
 - : その他調査ボーリング位置
 - : オフセットVSP探査起振点

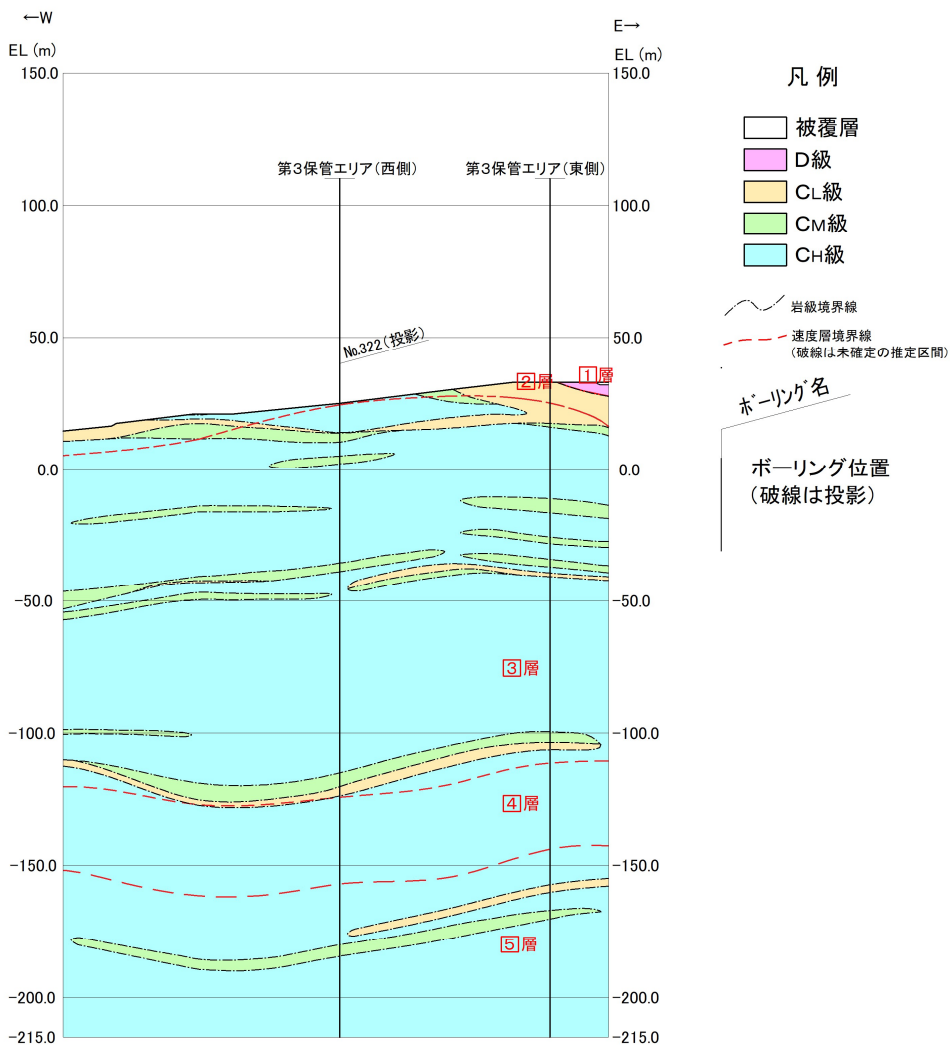


図 2-10 第3保管エリアの地質断面図

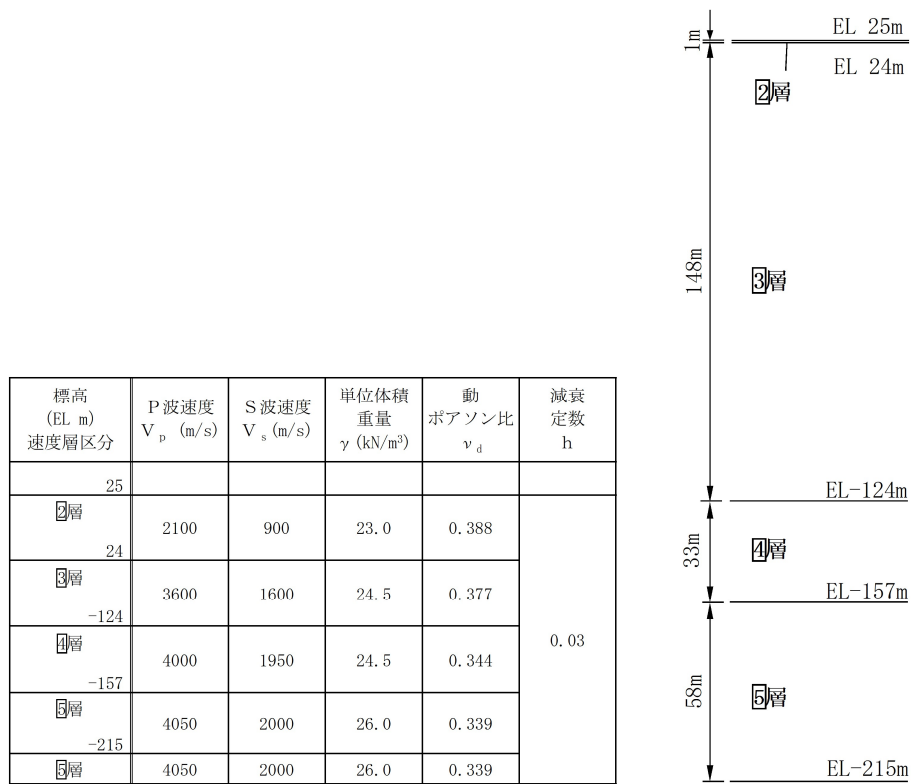


図 2-11(1) 第 3 保管エリア (西側) の地盤応答解析モデル

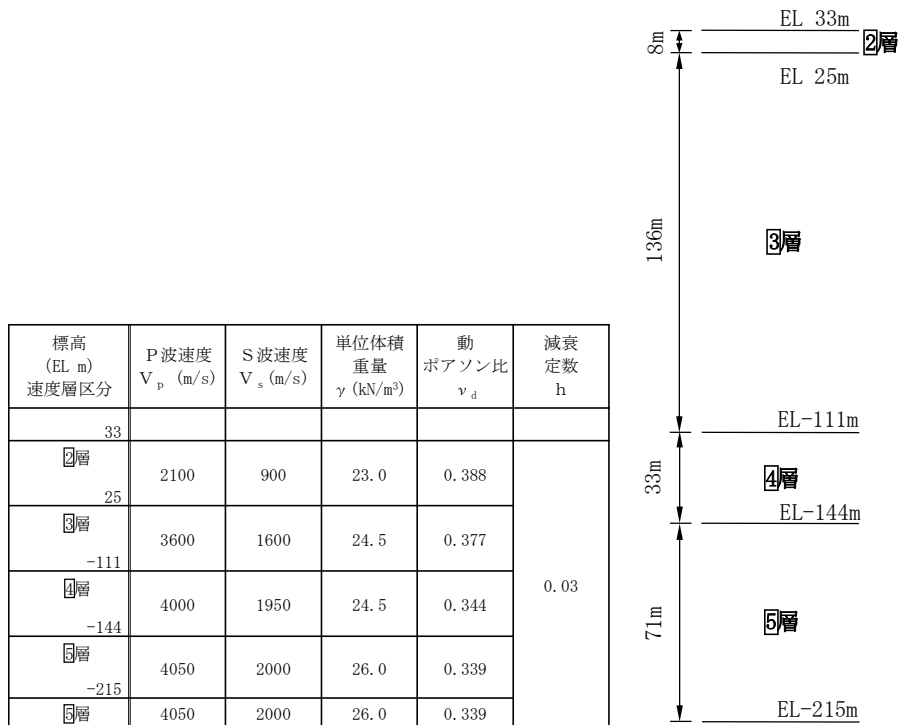
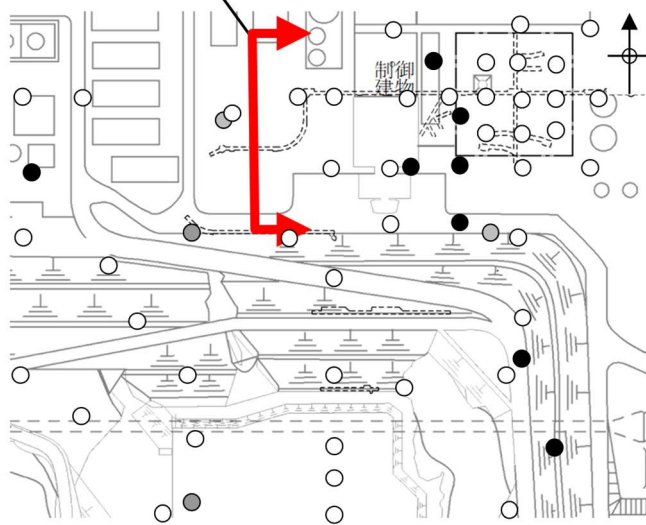


図 2-11(2) 第 3 保管エリア (東側) の地盤応答解析モデル

第4保管エリア



- 【凡例】**
- : 地質断面図位置
 - : 1・2号機調査他ボーリング位置
 - : 3号機調査他ボーリング位置
 - : その他調査ボーリング位置
 - : オフセットVSP探査起振点

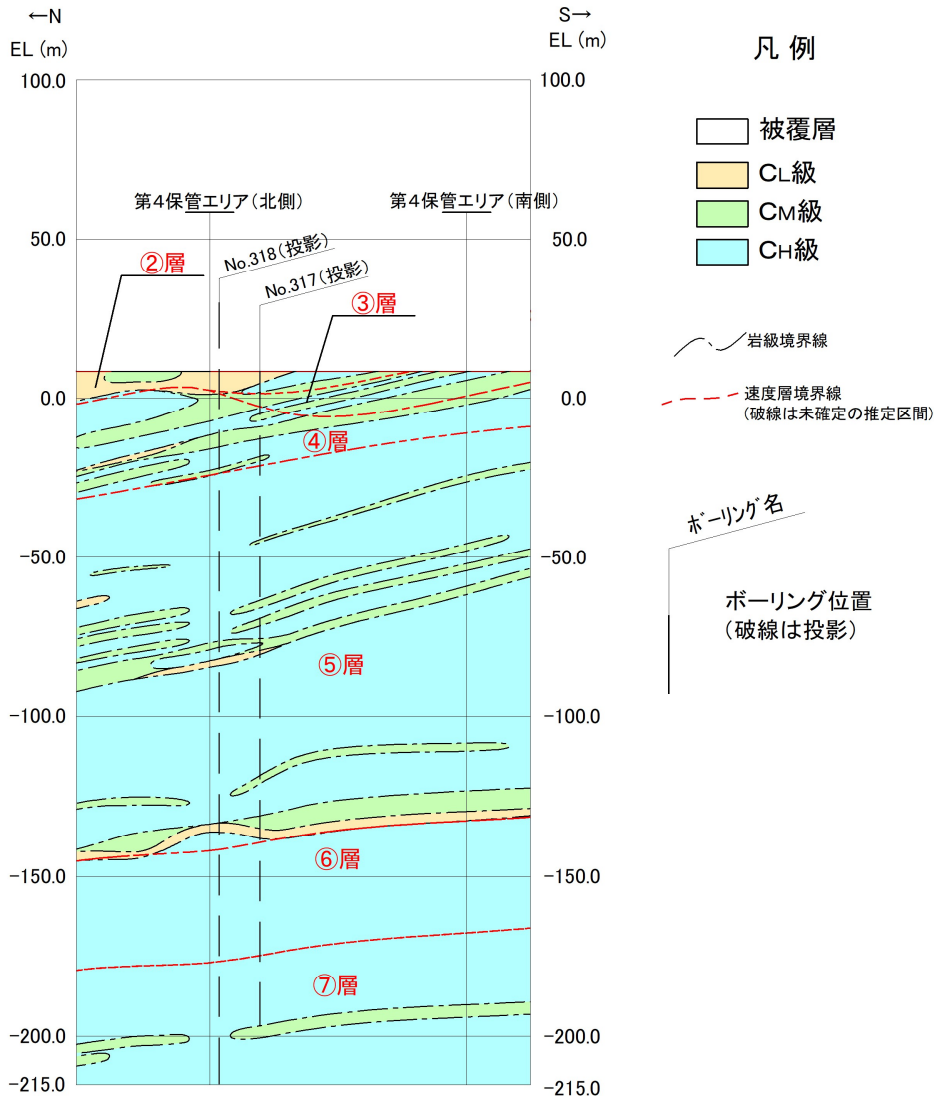


図 2-12 第4保管エリアの地質断面図

標高 (EL m) 速度層区分	P波速度 V_p (m/s)	S波速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	動 ポアソン比 ν_d	減衰 定数 h
8.5					
②層 2	1710	620	23.3	0.42	0.03
④層 -24	3240	1520	24.5	0.36	
⑤層 -142	3860	1900	25.2	0.34	
⑥層 -177	4150	2100	24.4	0.33	
⑦層 -215	3800	1770	25.1	0.36	
⑦層	3800	1770	25.1	0.36	

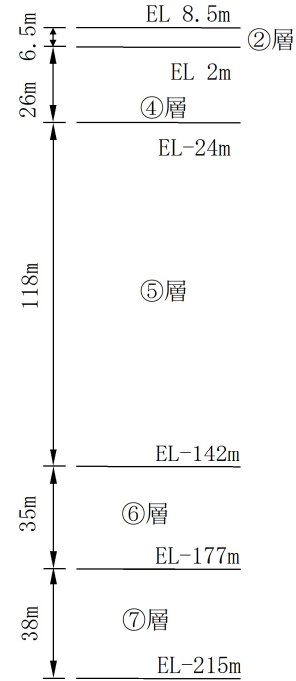


図 2-13(1) 第 4 保管エリア (北側) の地盤応答解析モデル

標高 (EL m) 速度層区分	P波速度 V_p (m/s)	S波速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	動 ポアソン比 ν_d	減衰 定数 h
8.5					
③層 1	2270	960	23.4	0.39	0.03
④層 -11	3240	1520	24.5	0.36	
⑤層 -133	3860	1900	25.2	0.34	
⑥層 -168	4150	2100	24.4	0.33	
⑦層 -215	3800	1770	25.1	0.36	
⑦層	3800	1770	25.1	0.36	

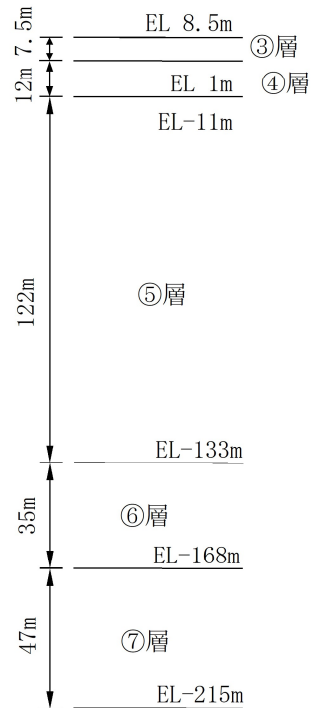


図 2-13(2) 第 4 保管エリア (南側) の地盤応答解析モデル

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、一次元波動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、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2-6に地下構造モデルを示す。なお、第1、第2、第3保管エリアには1、2号機エリアの地下構造モデルを、第4保管エリアには3号機エリアの地下構造モデルを用いる。

入力地震動算定の概念図を図2-14に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」、*「microSHAKE/3D」*及び「TDAPⅢ」を使用する。

表2-6(1) 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル
(1, 2号機エリア)

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.80	0.25	20.6	0.446
②層	2.10	0.90	23.0	0.388
③層	3.60	1.60	24.5	0.377
④層	4.00	1.95	24.5	0.344
⑤層	4.05	2.00	26.0	0.339
⑥層	4.95	2.35	27.9	0.355

表2-6(2) 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル
(3号機エリア)

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.52	0.27	22.4	0.45
②層	1.71	0.62	23.3	0.42
③層	2.27	0.96	23.4	0.39
④層	3.24	1.52	24.5	0.36
⑤層	3.86	1.90	25.2	0.34
⑥層	4.15	2.10	24.4	0.33
⑦層	3.80	1.77	25.1	0.36

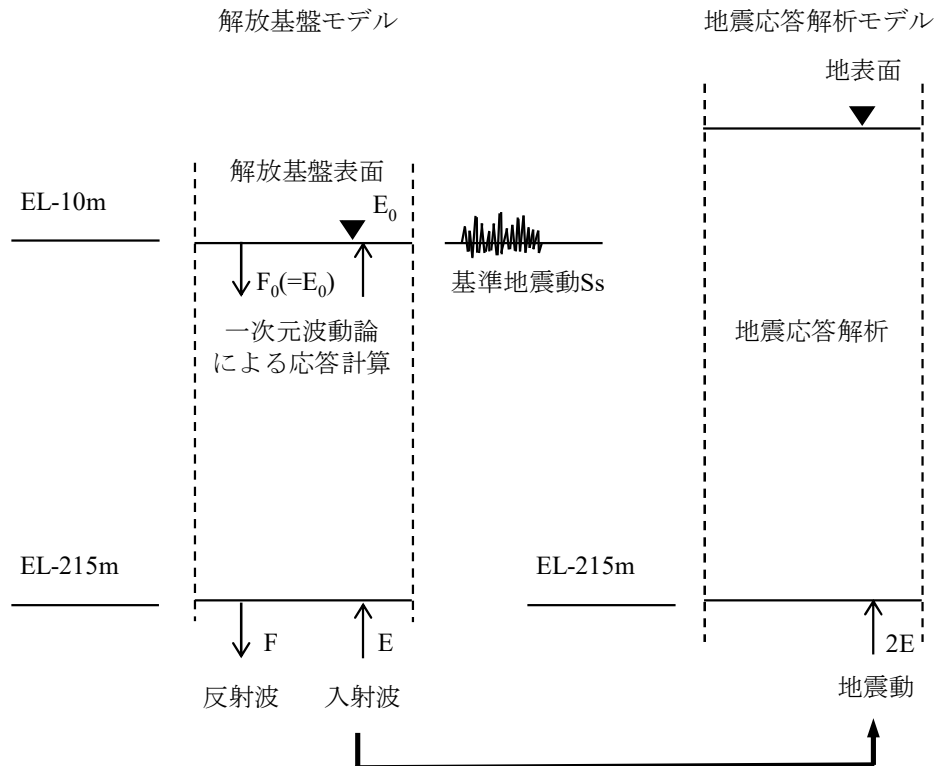


図 2-14 地震応答解析に用いる地震動算定の概念図

2.3.5 地震応答解析における解析ケース

保管場所における入力地震動の算定においては、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表2-7に示す解析ケースを設定する。

第1保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアは主としてC_M級岩盤、C_H級岩盤が分布し、これらの地盤が地震時に保管場所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、これらの岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮した入力地震動を算定する。

第2保管エリアは主として埋戻土が分布し、地震時に保管場所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、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮した入力地震動を算定する。

表2-7 地震応答解析における解析ケース

解析ケース		第1保管エリア, 第3保管エリア及び 第4保管エリア	第2保管エリア
		地盤物性（岩盤） (G _d ：動せん断弾性係数)	地盤物性（埋戻土） (G ₀ ：初期せん断弾性係数)
解析 ケース	ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
	ケース②	平均値+1σ	平均値+1σ
	ケース③	平均値-1σ	平均値-1σ

2.4 保管場所の FRS の算定

保管場所における入力地震動の解析ケースより、保管場所の FRS を作成する。

保管場所の FRS に用いる減衰定数は、各保管場所に保管する車両型設備の減衰定数を考慮し設定する。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、主要なモードのうち最も低いもので高圧発電機車の約 11.9%で、それ以外の車両型設備はより高減衰となるため、上述の文献のうち最も保守側の値となる国土交通省の国土技術政策総合研究所資料 第 180 号資料の減衰定数（減衰比）の約 10%を基に、値のばらつきを考慮した保守的な評価となるよう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政策総合研究所資料第 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 保管場所の FRS の算定」において作成した各保管場所の 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保管場所の FRS を包絡する FRS を設計用 FRS としている。第 1 保管エリア南側（水平方向）における設計用 FRS の作成例について図 2-15 に示す。なお、第 1 保管エリアは、第 1 保管エリア北側と南側の設計用 FRS を包絡したものを設計用 FRS としている。また、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 保管エリア及び第 4 保管エリアにおける水平方向及び鉛直方向の設計用 FRS を図 2-16 に示す。

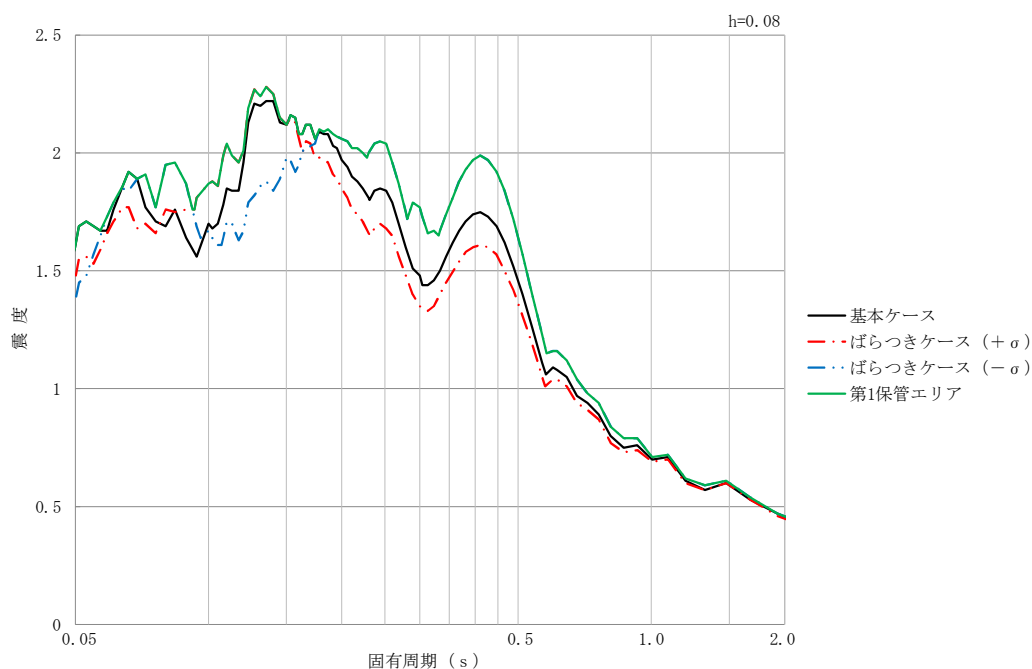


図 2-15 設計用 FRS（基準地震動 S s）の作成例（第 1 保管エリア南側（水平方向））

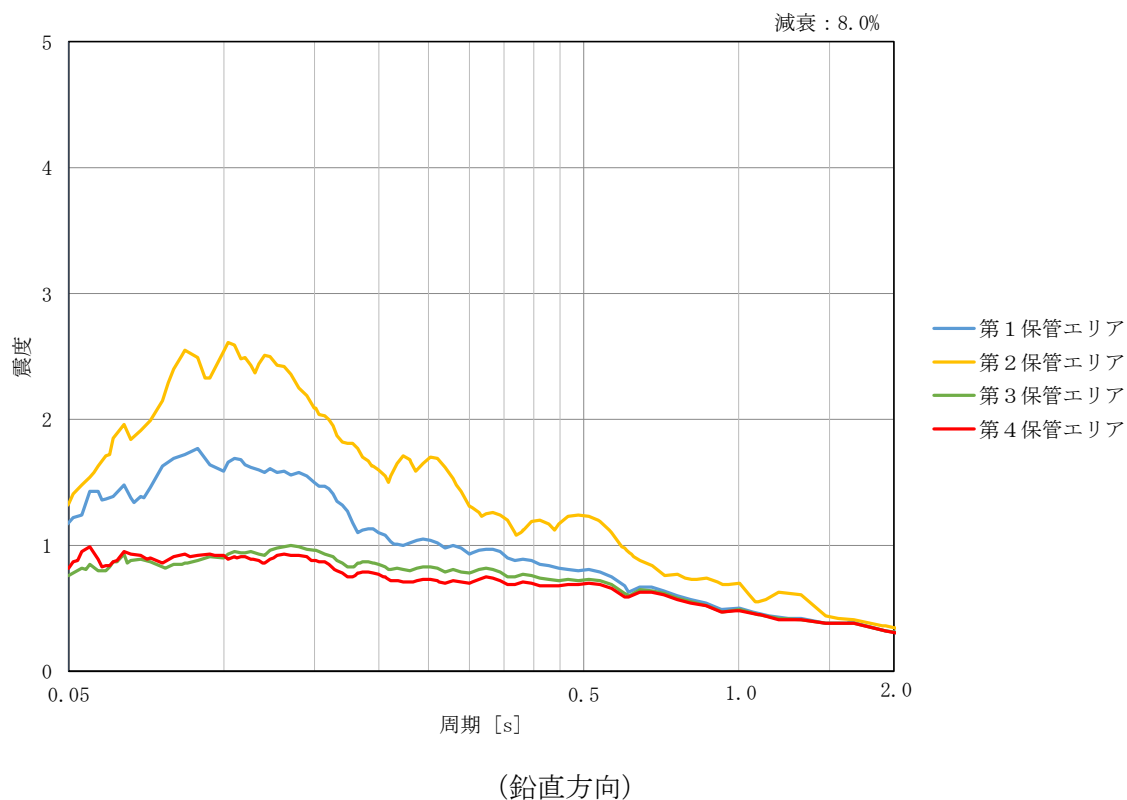
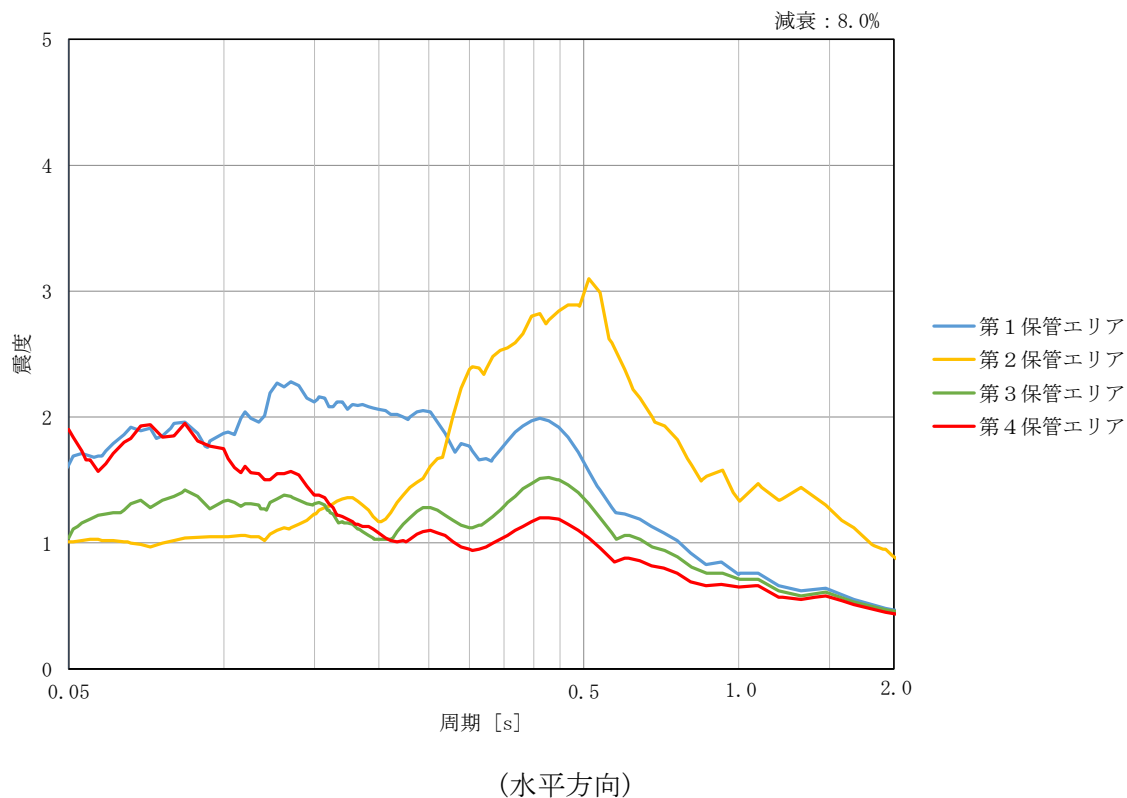


図 2-16 水平方向及び鉛直方向の設計用 FRS (基準地震動 S s)

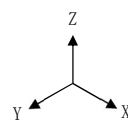
2.6 加振台のFRSの妥当性確認

車両型設備について、加振台のFRSと保管場所における設計用FRS(基本ケース、ばらつきケースの包絡)の比較を図2-17～図2-28に示す。

図2-5のとおり、加振台のFRSは、保管場所における設計用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が保管場所における設計用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。車両型設備の固有周期における設計用FRSに対する加振台のFRSの裕度についても図2-17～図2-28に示す。

凡例

- 加振台のFRS (タンクローリ(タイプ I))
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第1保管エリアにおける設計用



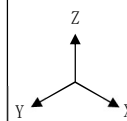
対象設備	タンクローリ(タイプ I)		
保管場所	第1保管エリア(EL 50.0m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		0.725s	2.47
Y 方向 (走行軸方向)		1.000s	1.92
Z 方向 (鉛直方向)		0.500s	2.40
		0.347s	3.93

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-17 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (タンクローリ(タイプ I))

凡例

- 加振台のFRS (タンクローリ (タイプII))
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第3保管エリアにおける設計用FRS
- 第1保管エリアにおける設計用FRS
- 第4保管エリアにおける設計用FRS

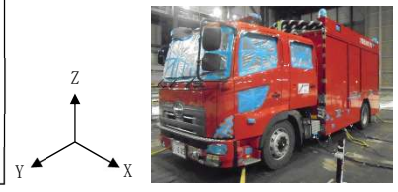


対象設備	タンクローリ (タイプII)		
保管場所	第1保管エリア (EL 50.0m), 第3保管エリア (EL 25.0m), 第3保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		0.725s	1.21
		0.222s	1.23
		0.182s	1.33
Y 方向 (走行軸方向)		1.000s	1.28
Z 方向 (鉛直方向)		0.500s	1.27
		0.242s	1.17

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-18 加振台のFRS と設計用FRS との比較 (タンクローリ (タイプII))

凡例	<p>— 加振台のFRS (大量送水車)</p> <p>— 第1保管エリアにおける設計用FRS</p> <p>- - - 計測された設備の固有周期</p> <p>— 第3保管エリアにおける設計用FRS</p> <p>— 第4保管エリアにおける設計用FRS</p>
----	---

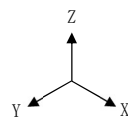


対象設備	大量送水車		
保管場所	第1保管エリア (EL 50.0m), 第3保管エリア (EL 25.0m), 第4保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X方向 (走行軸直角方向)		0.725s	1.14
		0.319s	1.28
Y方向 (走行軸方向)		0.571s	1.25
Z方向 (鉛直方向)		0.347s	1.15
		0.296s	1.18

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-19 加振台のFRS と設計用FRS との比較 (大量送水車)

凡例	
—	加振台の FRS (大量送水車)
- - - -	計測された設備の固有周期
—	第2 保管エリアにおける設計用 FRS



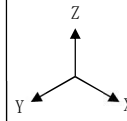
対象設備	大量送水車		
保管場所	第2 保管エリア (EL 52.9m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		0.725s	1.71
		0.319s	4.92
Y 方向 (走行軸方向)		0.571s	1.09
Z 方向 (鉛直方向)		0.347s	1.37
		0.296s	1.40

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-20 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (大量送水車)

凡例

- 加振台の FRS (高圧発電機車(タイプ I))
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第 3 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 1 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 4 保管エリアにおける設計用 FRS



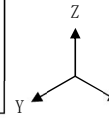
対象設備	高圧発電機車(タイプ I)		
保管場所	第 1 保管エリア (EL 50.0m), 第 3 保管エリア (EL 25.0m), 第 4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.000s	1.52
		0.308s	2.21
Y 方向 (走行軸方向)		1.333s	1.44
Z 方向 (鉛直方向)		0.347s	1.59

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-21 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (高圧発電機車(タイプ I))

凡例

- 加振台の FRS (高圧発電機車(タイプ II))
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第 3 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 1 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 4 保管エリアにおける設計用 FRS



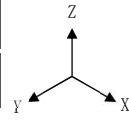
対象設備	高圧発電機車(タイプ II)		
保管場所	第 1 保管エリア (EL 50.0m), 第 3 保管エリア (EL 25.0m), 第 4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.000s	1.52
		0.296s	2.16
Y 方向 (走行軸方向)		1.333s	1.44
Z 方向 (鉛直方向)		0.364s	1.51

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-22 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (高圧発電機車(タイプ II))

凡例

- 加振台の FRS (移動式代替熱交換設備)
- 計測された設備の固有周期
- 第 3 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 1 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 4 保管エリアにおける設計用 FRS



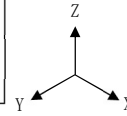
対象設備	移動式代替熱交換設備		
保管場所	第 1 保管エリア (EL 50.0m), 第 3 保管エリア (EL 25.0m), 第 4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.136s	1.19
		0.667s	1.20
		0.469s	1.15
		0.296s	1.23
		0.258s	1.14
Y 方向 (走行軸方向)		0.725s	1.29
		0.267s	1.40
Z 方向 (鉛直方向)		0.347s	1.22
		0.286s	1.26

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-23 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (移動式代替熱交換設備)

凡例




- 加振台の FRS (大型送水ポンプ車(原子炉補機代替冷却系用))
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第 3 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 1 保管エリアにおける設計用 FRS
- 第 4 保管エリアにおける設計用 FRS

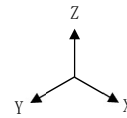


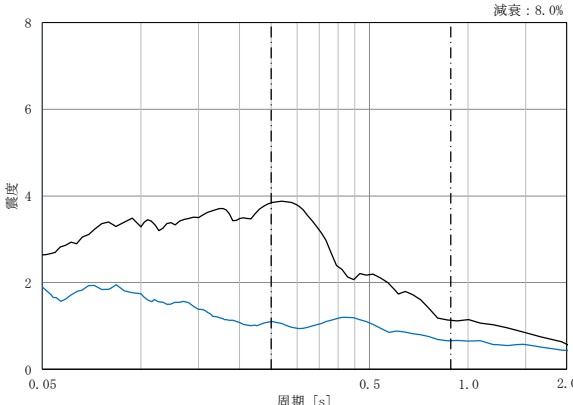
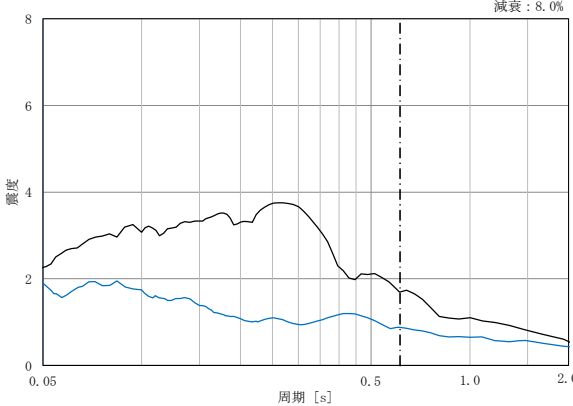
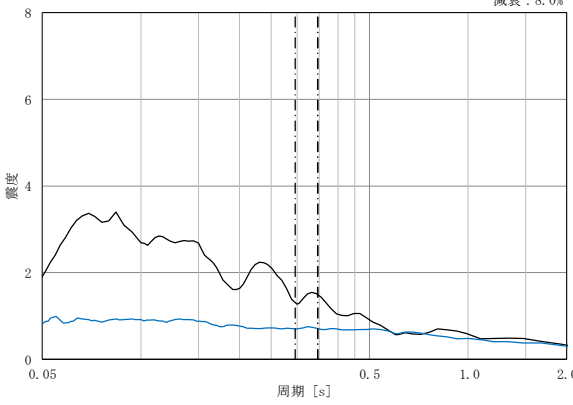
対象設備	大型送水ポンプ車(原子炉補機代替冷却系用)		
保管場所	第 1 保管エリア (EL 50.0m), 第 3 保管エリア (EL 25.0m), 第 4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		0.885s	1.35
		0.250s	1.87
Y 方向 (走行軸方向)		0.613s	1.39
		0.347s	1.59
Z 方向 (鉛直方向)		0.296s	1.37

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-24 加振台の FRS と設計用 FRS との比較(大型送水ポンプ車(原子炉補機代替冷却系用))

凡例	
	加振台のFRS (大型送水ポンプ車(原子炉建物放水設備用))
	計測された設備の固有周期
	第4保管エリアにおける設計用FRS



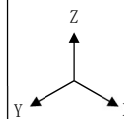
対象設備	大型送水ポンプ車(原子炉建物放水設備用)		
保管場所	第4保管エリア(EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		0.885s	1.70
		0.250s	3.50
Y 方向 (走行軸方向)		0.613s	1.93
		0.347s	2.08
Z 方向 (鉛直方向)		0.296s	1.84

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-25 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (大型送水ポンプ車(原子炉建物放水設備用))

凡例

- 加振台のFRS (可搬式窒素供給装置)
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第1保管エリアにおける設計用FRS — 第4保管エリアにおける設計用FRS



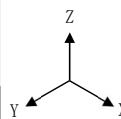
対象設備	可搬式窒素供給装置		
保管場所	第1保管エリア (EL 50.0m), 第4保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.136s	1.44
		0.347s	1.84
Y 方向 (走行軸方向)		0.380s	1.34
Z 方向 (鉛直方向)		0.885s	1.26
		0.532s	1.00

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-26 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (可搬式窒素供給装置)

凡例

- 加振台の FRS (緊急時対策所用発電機)
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第 1 保管エリアにおける設計用 FRS — 第 4 保管エリアにおける設計用 FRS



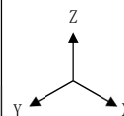
対象設備	緊急時対策所用発電機		
保管場所	第 1 保管エリア (EL 50.0m), 第 4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.136s	1.31
		0.444s	1.23
		0.267s	1.31
		0.216s	1.32
Y 方向 (走行軸方向)		1.333s	1.50
Z 方向 (鉛直方向)		0.469s	1.43
		0.347s	1.30

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-27 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (緊急時対策所用発電機)

凡例

- 加振台のFRS (第1 ベントフィルタ出口水素濃度)
- - - - 計測された設備の固有周期
- 第1 保管エリアにおける設計用 FRS — 第4 保管エリアにおける設計用 FRS



対象設備	第1 ベントフィルタ出口水素濃度		
保管場所	第1 保管エリア (EL 50.0m), 第4 保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度*
X 方向 (走行軸直角方向)		1.136s	1.44
		0.308s	2.18
Y 方向 (走行軸方向)		1.136s	1.40
		0.308s	1.40
Z 方向 (鉛直方向)		0.500s	1.11
		0.347s	1.61

注記* : 最も小さい裕度の値を記載

図 2-28 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (第1 ベントフィルタ出口水素濃度)

3. 車両型設備の耐震評価

3.1 車両型設備の固縛装置（固定材）

島根2号機の屋外の重大事故等対象設備に、竜巻により飛散して外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に影響を与えるものはないことから、島根2号機の外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備を防護するための車両型設備への固縛は不要である。

一方、保管場所のうち第3保管エリア及び第4保管エリアは島根3号機から近い位置にあることから、同エリアに保管する車両型設備については、島根3号機の外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備を防護するための固縛等を実施する計画である。よって、同エリアの基礎には、固縛装置（連結材）の取付けができる固定材（基礎部含む）を設置する。固定材は、図3-1に示すとおり、ベースプレートとロータリーアイボルトで構成され、基礎部は固定材と基礎を定着する接着系アンカーボルト及び基礎で構成されている。固定材は、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、固定材にタイヤが干渉しないようタイヤ設置位置より低く設置し、鋼製蓋を設置する。

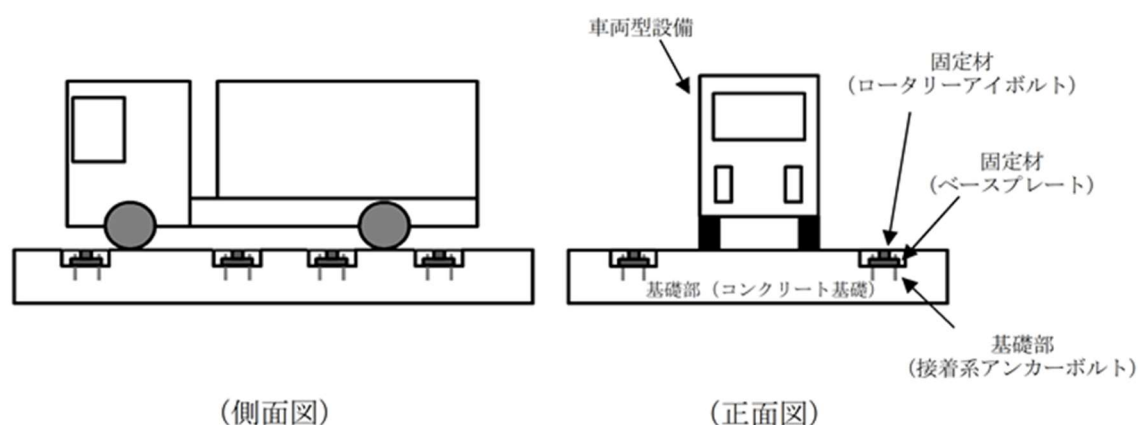


図3-1 固定材の構造概要

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。

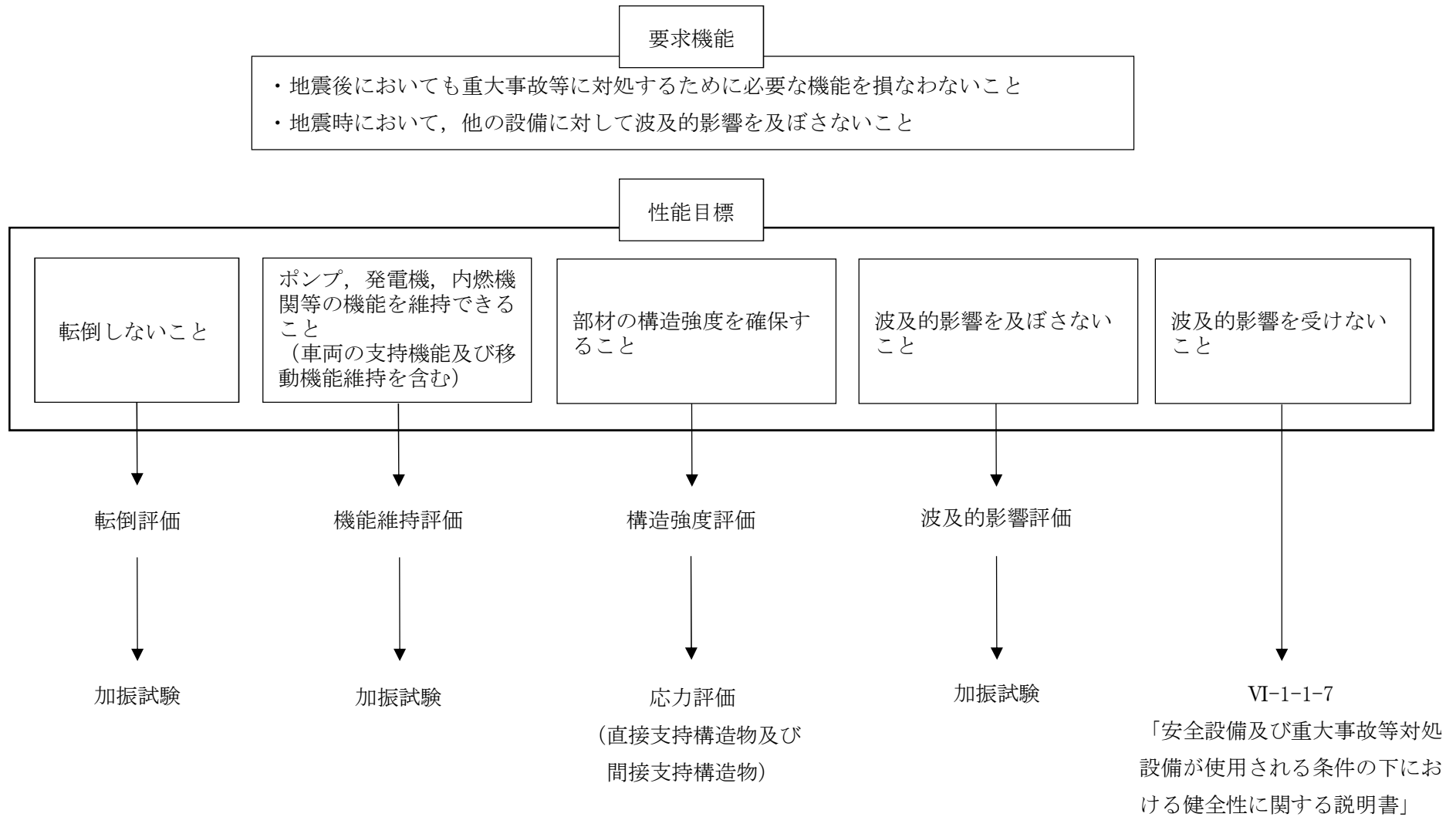


図 3-2 評価体系図

3.3 評価条件

VI-1-1-3-1「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風荷重及び積雪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積の大きな移動式代替熱交換設備を対象に、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を以下に示す。

(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、453.6kNと算出される。

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

ここで、 m ：質量 (30,431kg)

C_H ：水平方向（走行軸直角方向）の評価用震度 (1.52)

g ：重力加速度 (9.80665m/s²)

(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V0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）に定められた松江市の基準風速30m/sと設定する。風速30m/s時に生じる風荷重 W_w [kN]は、以下の式により、43.1kNと算出される。

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

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

ρ : 空気密度 (1.226kg/m³)

G : ガスト影響係数 (1.0)

C : 風力係数 (1.2) *

A : 受圧面積 (65.03m²)

V : 風速 (30m/s)

注記* : 建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数

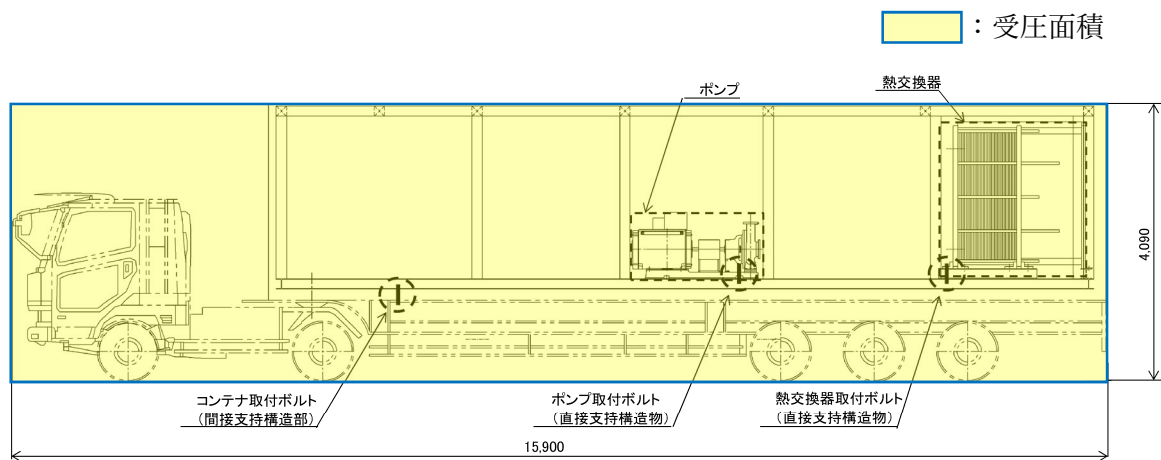


図 3-3 受圧面積 (移動式代替熱交換設備) (単位 : mm)

(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(43.1kN)は、地震荷重(453.6kN)の10%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、19%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。

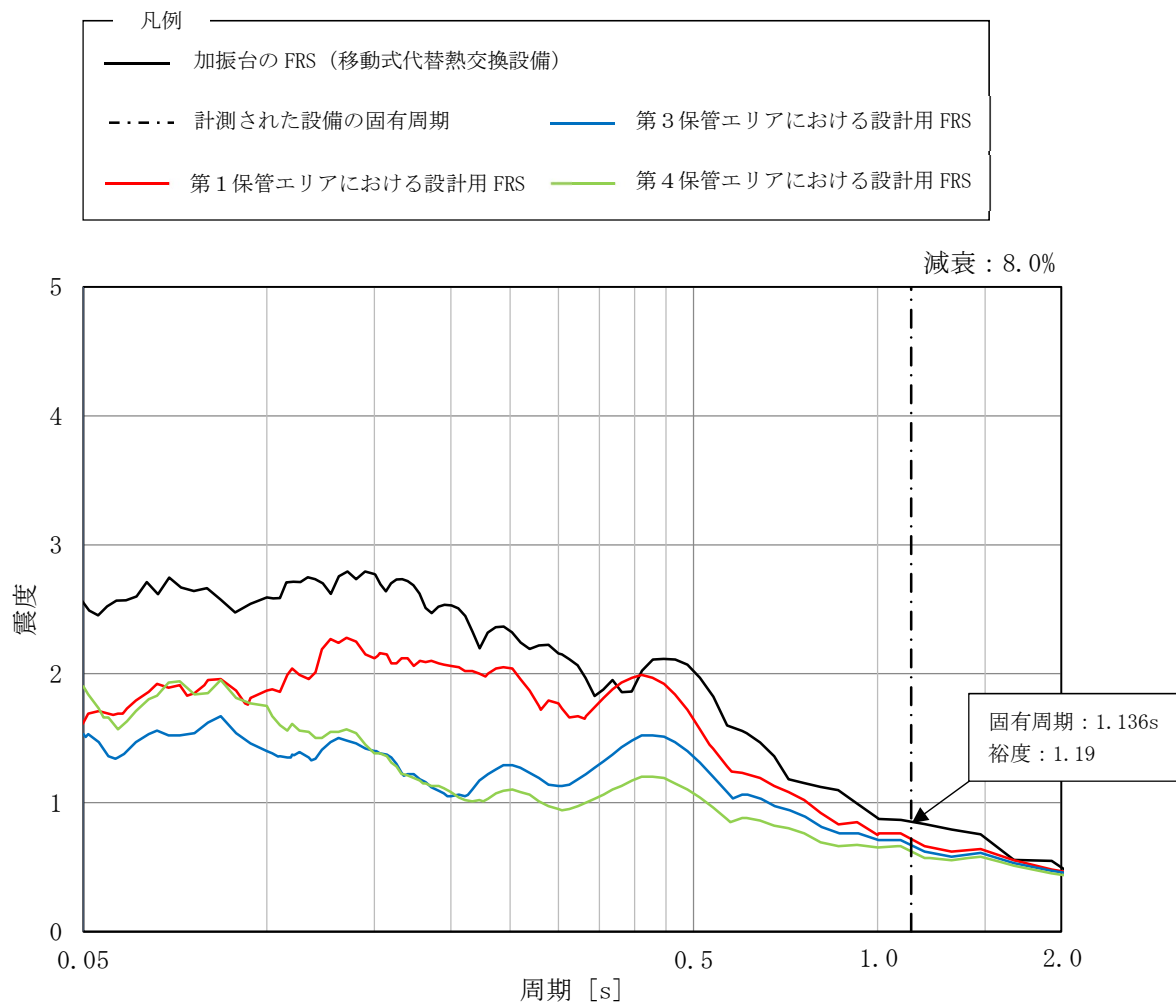


図3-4 加振台のFRSと設計用FRS(基準地震動 S_s)の比較

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、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、第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアのS_s-D～S_s-N2の地震動を用いて、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき作成する設計用床応答スペクトルをおおむね上回るよう作成したランダム波とする。

- ・加振方向：「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）又は「水平（走行軸方向）＋水平（走行軸直角方向）＋鉛直」（3軸加振）とする。

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、タンクローリ（タイプⅠ）、タンクローリ（タイプⅡ）、移動式代替熱交換設備及び緊急時対策所用発電機については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（高圧発電機車（タイプⅠ））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、転倒評価及び機能維持評価に用いる加振台の最大加速度並びに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。

表 3-1 車両型設備の加振試験に係る試験条件 (1/2)

設備名称	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
タンクローリ (タイプⅠ)	ランダム波	2軸加振* ¹	無	有* ³	アスファルト	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
タンクローリ (タイプⅡ)	ランダム波	2軸加振* ¹	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
大量送水車	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
高圧発電機車 (タイプⅠ)	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
高圧発電機車 (タイプⅡ)	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
移動式代替熱交換設備	ランダム波	2軸加振* ¹	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
大型送水ポンプ車 (原子 炉補機代替冷却系用)	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
大型送水ポンプ車 (原子 炉建物放水設備用)	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用

注記*1: 「水平 (走行軸方向) + 鉛直」 及び 「水平 (走行軸直角方向) + 鉛直」 による加振

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

*3: 加振時に車両型設備が振動台から転倒することを防止するための固縛装置であり、変位を拘束しないよう連結材 (サイドロープ) の余長を十分に設けているため保管時の条件と同等である。

表 3-1 車両型設備の加振試験に係る試験条件 (2/2)

設備名称	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
可搬式窒素供給装置	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
緊急時対策所用発電機	ランダム波	2軸加振* ¹	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用
第1ベントフィルタ出口 水素濃度	ランダム波	3軸加振* ²	無	有* ³	アスファルト/ コンクリート	アスファルト (乾燥状態)	サイドブレー キ使用	サイドブレー キ使用

注記*1:「水平(走行軸方向)+鉛直」及び「水平(走行軸直角方向)+鉛直」による加振

*2:「水平(走行軸方向)+水平(走行軸直角方向)+鉛直」による加振

*3:加振時に車両型設備が振動台から転倒することを防止するための固縛装置であり、変位を拘束しないよう連結材(サイドロープ)の余長を十分に設けているため保管時の条件と同等である。



図 3-5 試験構成(タンクローリ (タイプ I)) (1/10)



図 3-5 試験構成(タンクローリ (タイプ II)) (2/10)



図 3-5 試験構成（大量送水車）（3/10）



図 3-5 試験構成（高圧発電機車（タイプ I））（4/10）



図 3-5 試験構成 (高圧発電機車 (タイプ II)) (5/10)



図 3-5 試験構成 (移動式代替熱交換設備) (6/10)



図 3-5 試験構成(大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系及び原子炉建物放水設備用))
(7/10)



図 3-5 試験構成(可搬式窒素供給装置) (8/10)



図 3-5 試験構成（緊急時対策所用発電機）（9/10）



図 3-5 試験構成（第1 ベントフィルタ出口水素濃度）（10/10）

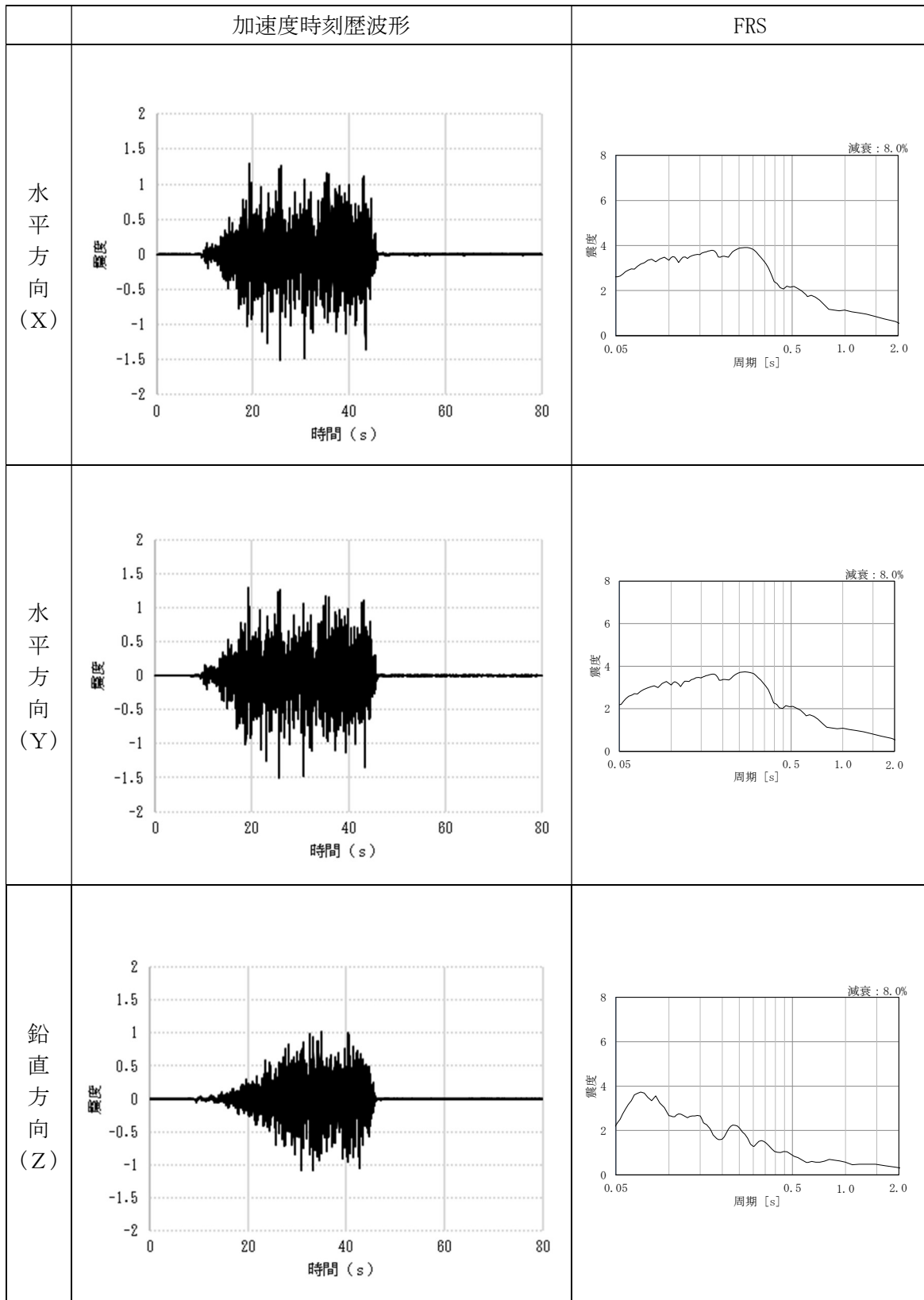


図 3-6 加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例（高圧発電機車（タイプ I））

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が規定されている。

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。

タンクローリーのタンクは、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。タンクローリーは、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、タンクの転倒モーメントであり、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 3-2 及び図 3-7～図 3-16 に示す。

b. 間接支持構造物

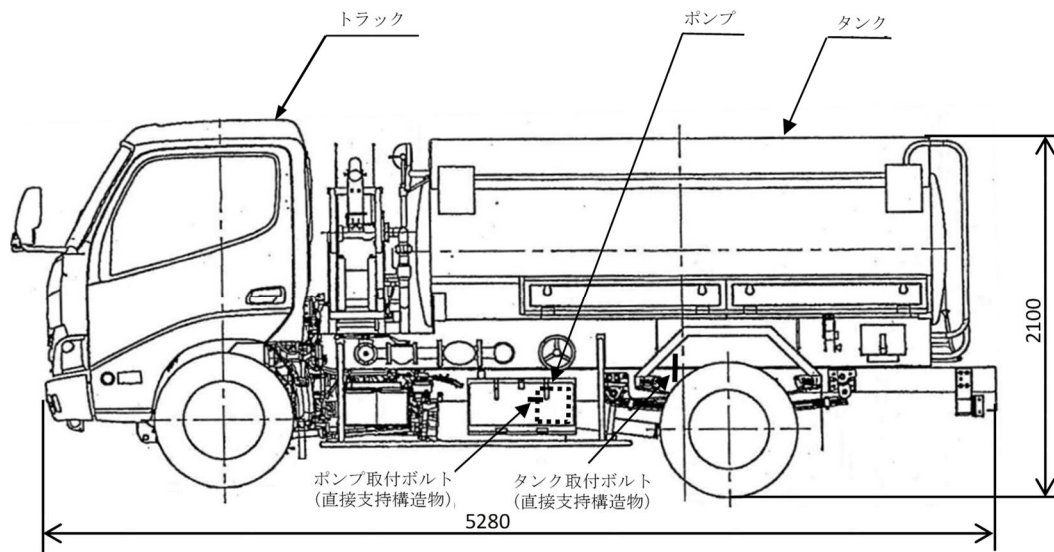
地震動は、移動機能を担う車両部の車輪、サスペンション、車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルト等へ伝播し、ポンプ、発電機、内燃機関等へ地震荷重が伝わることから、車両部のうち主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち、断面積の最も小さいコンテナ取付ボルトを評価部位とする。各設備の具体的な評価部位を表 3-2 及び図 3-7～図 3-16 に示す。

(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けを行うなど継続して管理を行うこととしている。

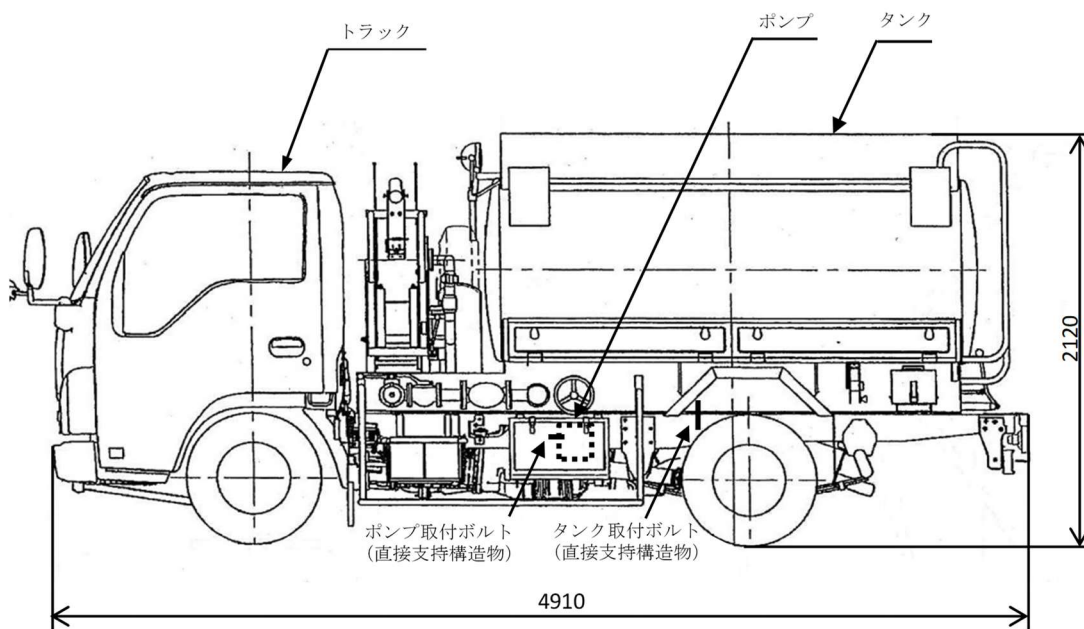
表 3-2 車両型設備の直接支持構造物及び間接支持構造物評価部位

設備名称	評価部位		図
	直接支持構造物	間接支持構造物	
タンクローリ (タイプⅠ)	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	図 3-7
タンクローリ (タイプⅡ)	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	図 3-8
大量送水車	ポンプ取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-9
高圧発電機車 (タイプⅠ)	発電機／内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-10
高圧発電機車 (タイプⅡ)	発電機／内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-11
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト ポンプ取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-12
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	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 3-13
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	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 3-13
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付 ボルト 空気圧縮機取付ボルト 昇圧機取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-14
緊急時対策所用発電機	発電機／内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-15
第 1 ベントフィルタ出口 水素濃度	分析計ラック取付 ボルト サンプルポンプラック 取付ボルト チラーユニット取付 ボルト 制御盤取付ボルト	コンテナ取付ボルト	図 3-16



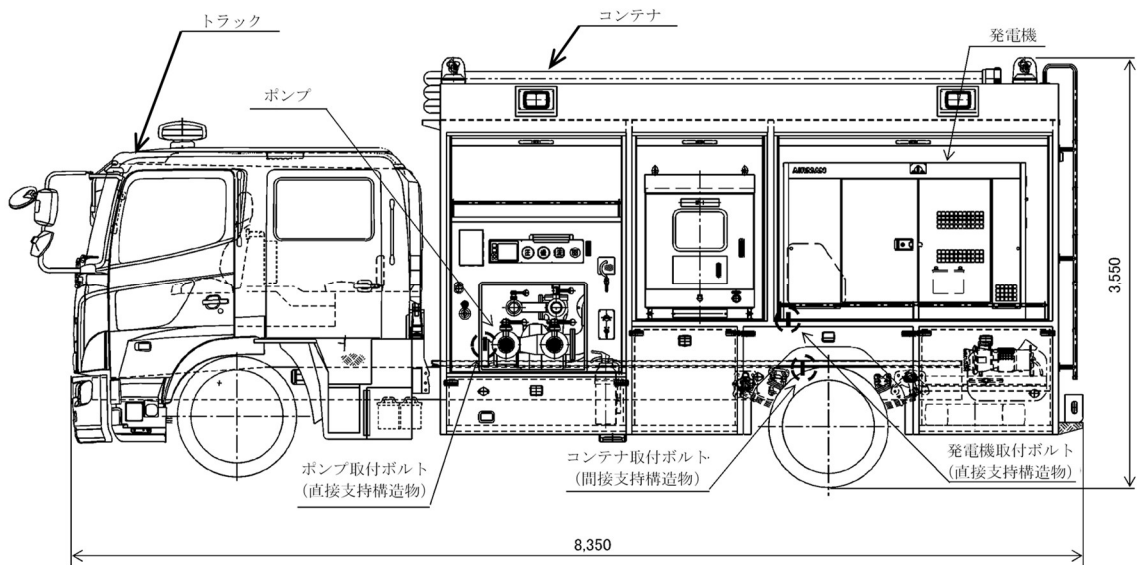
単位：mm

図 3-7 タンクローリ (タイプ I) の評価部位概略図



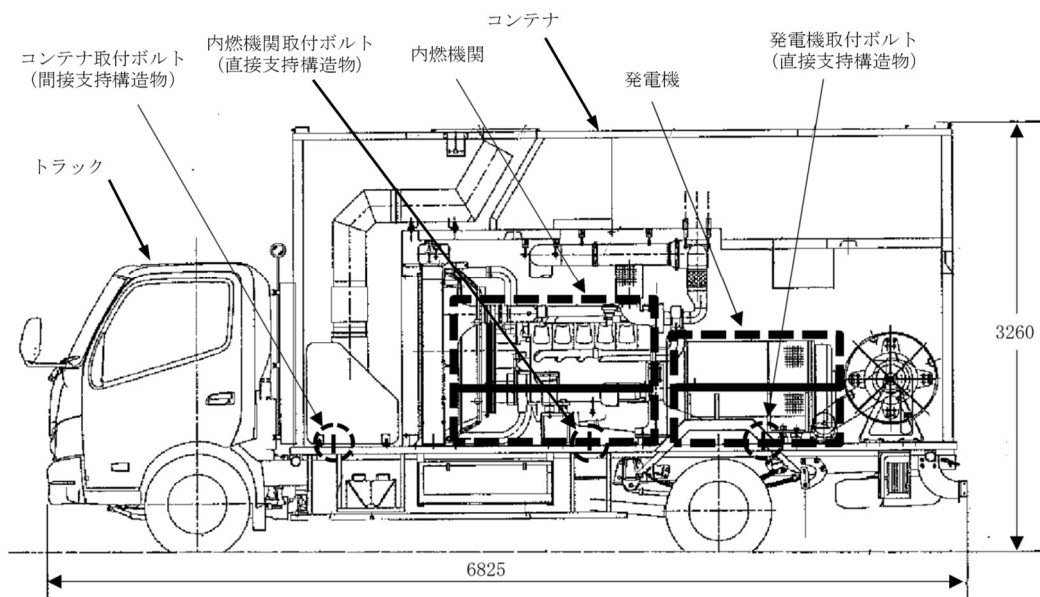
単位：mm

図 3-8 タンクローリ (タイプ II) の評価部位概略図



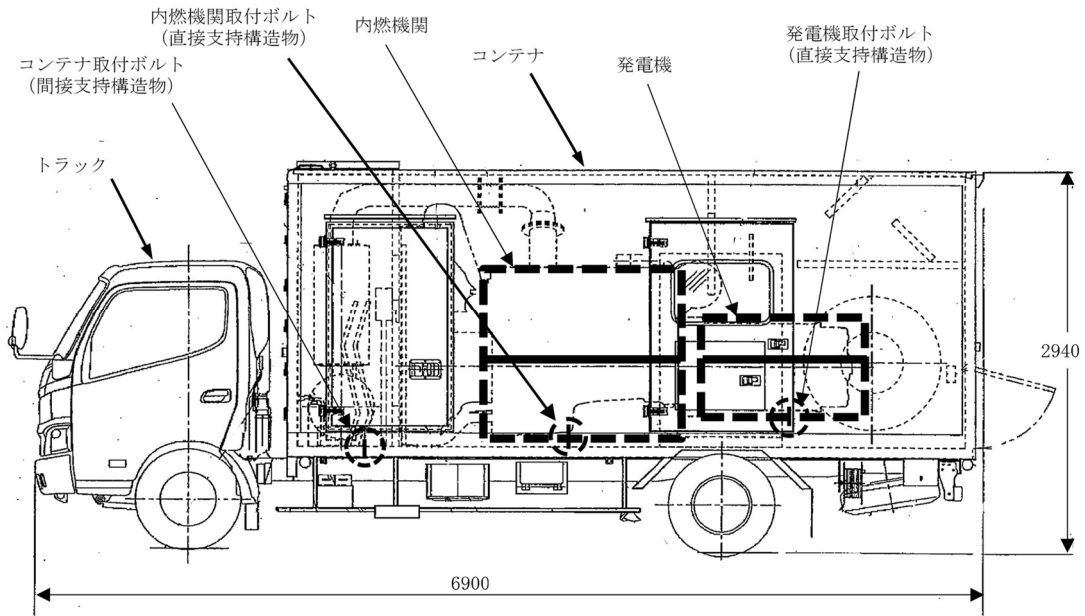
単位：mm

図 3-9 大量送水車の評価部位概略図



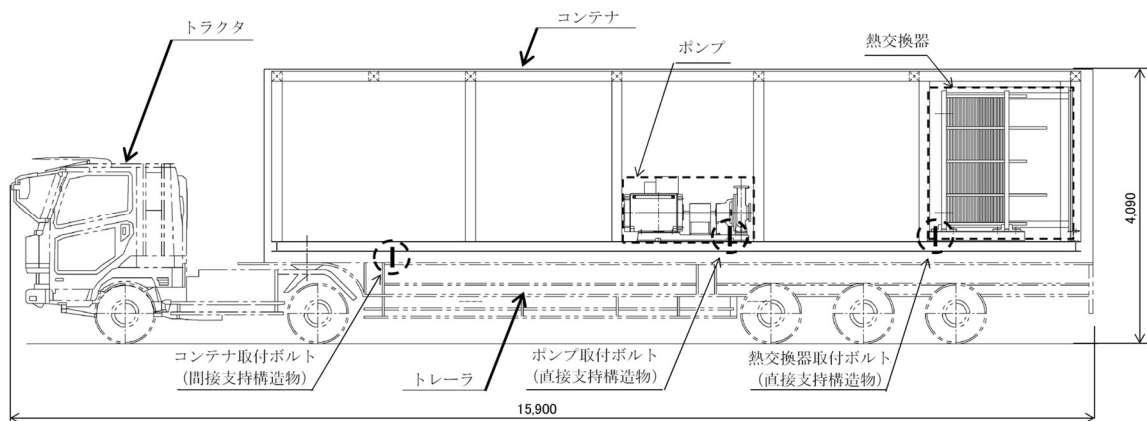
単位：mm

図 3-10 高圧発電機車（タイプ I）の評価部位概略図



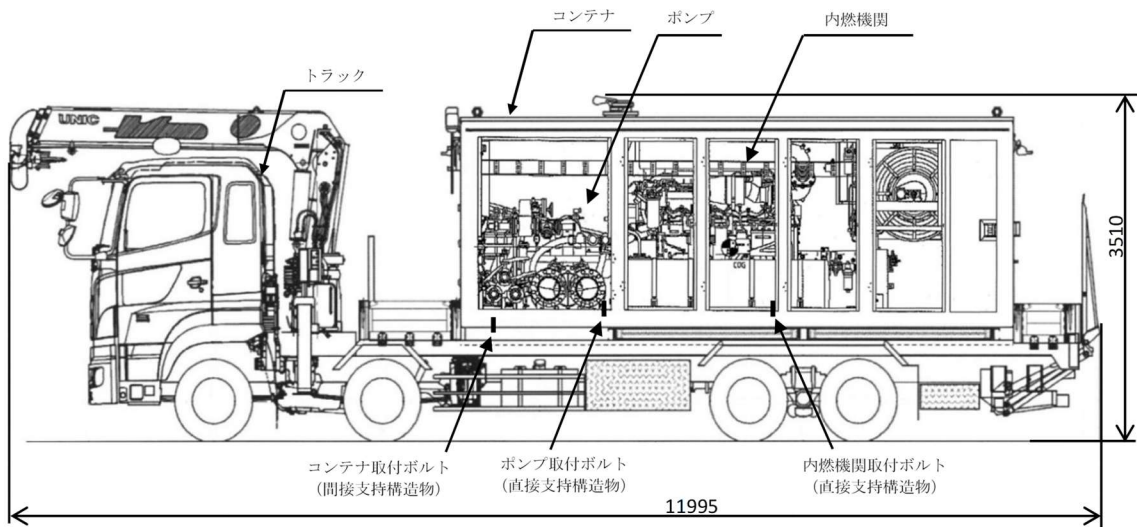
単位：mm

図 3-11 高圧発電機車（タイプⅡ）の評価部位概略図



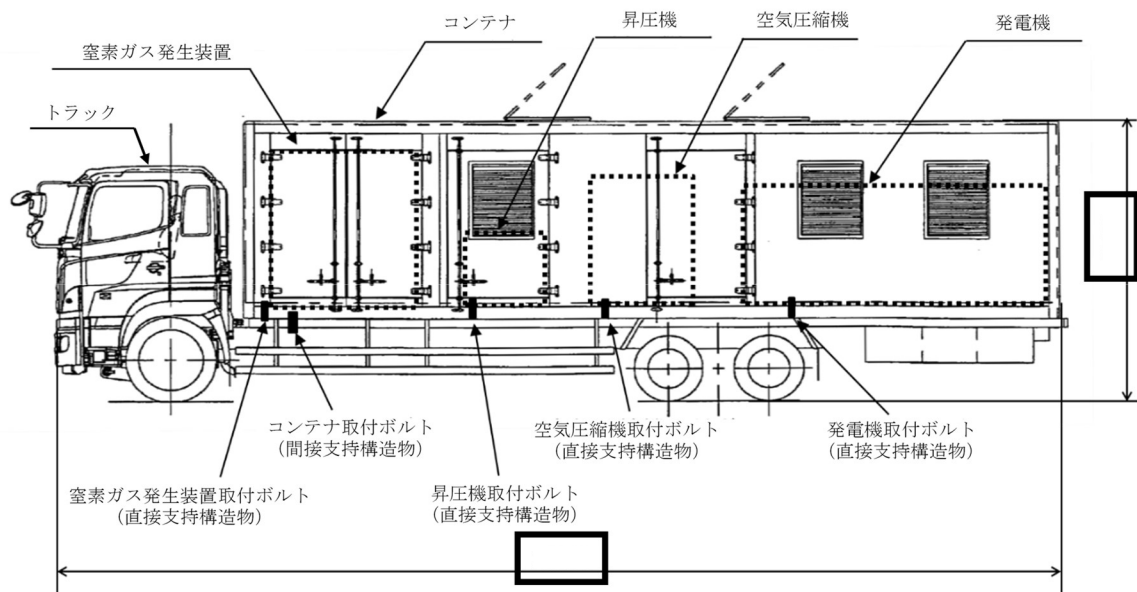
単位：mm

図 3-12 移動式代替熱交換設備の評価部位概略図



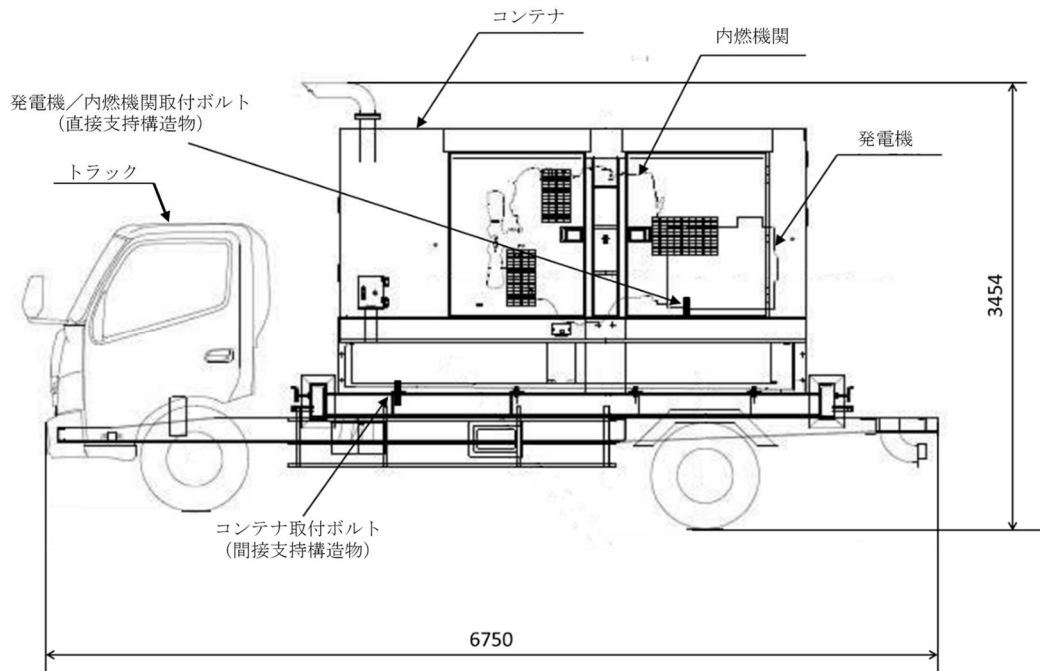
単位：mm

図 3-13 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用及び原子炉建物放水設備用）の評価部位概略図



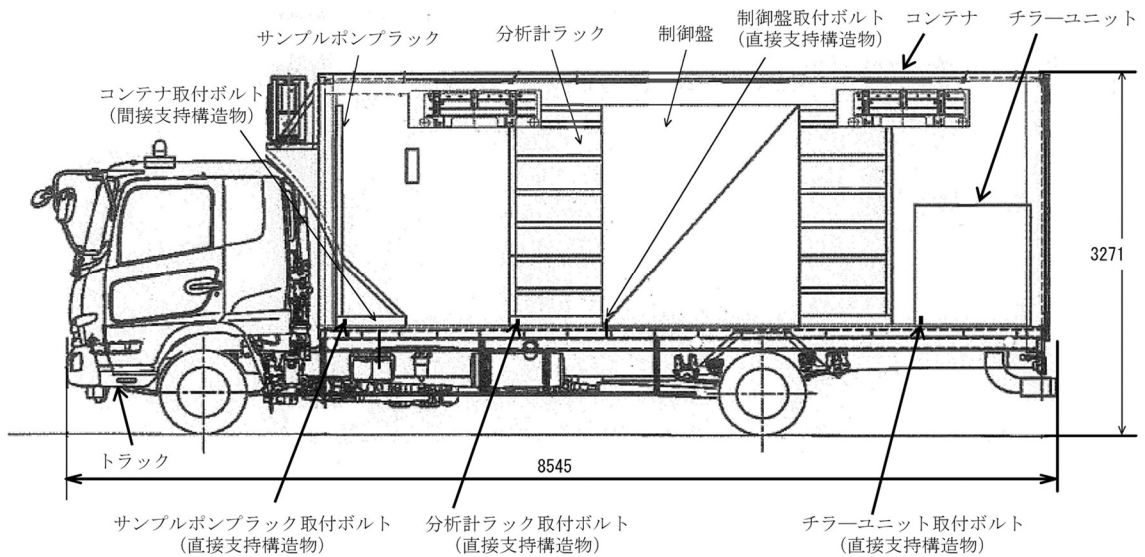
単位：mm

図 3-14 可搬式窒素供給装置の評価部位概略図



単位：mm

図 3-15 緊急時対策所用発電機の評価部位概略図



単位：mm

図 3-16 第 1 ベントフィルタ出口水素濃度の評価部位概略図

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 3-3 に示す。

表 3-3 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
タンクローリ (タイプⅠ)	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、給油機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
タンクローリ (タイプⅡ)	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、給油機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
大量送水車	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、送水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
高圧発電機車 (タイプⅠ)	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、発電機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
高圧発電機車 (タイプⅡ)	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、発電機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
移動式代替熱交換設備	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。

表 3-3 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
<p>大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、送水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
<p>大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、送水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
<p>可搬式窒素供給装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、窒素供給機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
<p>緊急時対策所用発電機</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、発電機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
<p>第1ベントフィルタ出口水素 濃度</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、転倒していないことを確認した。 ・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。 ・起動試験により、水素濃度測定機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。

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に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、他の設備との接触、衝突等が生じない設計とする。

(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 3-4 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 3-4 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 3-5 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 3-5 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 3-4 波及的影響評価結果（走行軸方向）（1/2）

（単位：mm）

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
タンクローリ（タイプⅠ）	第1保管エリア	2580	—	2580	2900	○
タンクローリ（タイプⅡ）	第1保管エリア 第4保管エリア	2390	—	2390	2700	○
	第3保管エリア	2390	—	2390	2600*3	○
大量送水車	第1保管エリア 第4保管エリア	410	—	410	700	○
	第3保管エリア	410	—	410	500*3	○
	第2保管エリア	410	—	410	700	○
高圧発電機車（タイプⅠ）	第1保管エリア 第4保管エリア	230	—	230	500	○
	第3保管エリア	230	—	230	500*3	○
高圧発電機車（タイプⅡ）	第1保管エリア 第4保管エリア	60	—	60	400	○
	第3保管エリア	60	—	60	500*3	○

注記*1：地震による走行軸方向への傾きは極めて小さいため、走行軸方向への傾きによる変位量は考慮しない。

*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

*3：車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

表 3-4 波及的影響評価結果（走行軸方向）（2/2）

（単位：mm）

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
移動式代替熱交換設備	第1保管エリア 第4保管エリア	510	—	510	800	○
	第3保管エリア	510	—	510	1000*3	○
大型送水ポンプ車 （原子炉補機代替冷却系用）	第1保管エリア 第4保管エリア	190	—	190	500	○
	第3保管エリア	190	—	190	500*3	○
大型送水ポンプ車 （原子炉建物放水設備用）	第4保管エリア	190	—	190	500	○
可搬式窒素供給装置	第1保管エリア 第4保管エリア	0	—	0	300	○
緊急時対策所用発電機	第1保管エリア 第4保管エリア	1570	—	1570	1900	○
第1ベントフィルタ出口水素 濃度	第1保管エリア 第4保管エリア	270	—	270	600	○

注記*1：地震による走行軸方向への傾きは極めて小さいため、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

*3：車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

表 3-5 波及的影響評価結果（走行軸直角方向）（1/2）

（単位：mm）

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*1 （走行軸直角方向）	評価 結果
タンクローリ（タイプⅠ）	第1保管エリア	680	544	1224	1500	○
タンクローリ（タイプⅡ）	第1保管エリア 第4保管エリア	1100	369	1469	1800	○
	第3保管エリア	1100	—*2	1100	2300*3	○
大量送水車	第1保管エリア 第4保管エリア	470	495	965	1300	○
	第3保管エリア	470	—*2	470	1200*3	○
	第2保管エリア	710	495	1205	1500	○
高圧発電機車（タイプⅠ）	第1保管エリア 第4保管エリア	60	678	738	1000	○
	第3保管エリア	60	—*2	60	1200*3	○
高圧発電機車（タイプⅡ）	第1保管エリア 第4保管エリア	230	662	892	1200	○
	第3保管エリア	230	—*2	230	1200*3	○

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

*2：第3保管エリアの車両は隣接する設備が無いため、傾きによる変位量は考慮しない。

*3：車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

表 3-5 波及的影響評価結果（走行軸直角方向）（2/2）

（単位：mm）

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*1 （走行軸直角方向）	評価 結果
移動式代替熱交換設備	第1保管エリア 第4保管エリア	1000	921	1921	2200	○
	第3保管エリア	1000	—*2	1000	1100*3	○
大型送水ポンプ車 （原子炉補機代替冷却系用）	第1保管エリア 第4保管エリア	0	730	730	1000	○
	第3保管エリア	0	—*2	0	1200*3	○
大型送水ポンプ車 （原子炉建物放水設備用）	第4保管エリア	0	730	730	1000	○
可搬式窒素供給装置	第1保管エリア 第4保管エリア	200	657	857	1200	○
緊急時対策所用発電機	第1保管エリア 第4保管エリア	890	1125	2015	2300	○
第1ベントフィルタ出口水素 濃度	第1保管エリア 第4保管エリア	270	681	951	1300	○

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

*2：第3保管エリアの車両は隣接する設備が無い場合、傾きによる変位量は考慮しない。

*3：車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

実際の車両型設備の配置に必要な間隔については、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が、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

加振台表面はアスファルトで構成されており、実際の保管場所はアスファルト又はコンクリートである。アスファルトとコンクリートの摩擦係数は同等であるため、路面材料の相違による影響はない。

(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持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溶けないような凍結）のおそれはなく、降雪に伴う凍結が発生するおそれのある場合にも、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

加振試験時において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いとしては、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にくい。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型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バランス

(1) 保守性及び不確実さの全体的なバランスの検討方針

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。）の全体的なバランス（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要因の抽出
- b. 保守性及び不確実さ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の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、上記の要素分類にあ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 3-6 に示す。表 3-6 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 3-6 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や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 3-7 に示す。

- ・同じ保守性及び不確実さ要因であっても、その保守性や不確実さの影響は、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、保守性や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や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」に分類した。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、以降の検討の対象外とした。

d. 保守性及び不確実さ要因の定量化

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3-7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3-7にて、保守性及び不確実さの影響度が「相対的に影響が大きい」（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。

各分類の位置付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、その上で更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合うもの。

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 3-8～表 3-11 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 3-8～表 3-11 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 3-6 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・評価での取扱いの概要	保守性の要因	不確実さの要因	工認及び J E A G 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	・「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） （タンクローリー（タイプⅠ及びタイプⅡ）、移動式代替熱交換設備、緊急時対策所用発電機） ・「水平（走行軸方向）＋水平（走行軸直角方向）＋鉛直」（3軸加振） （高圧発電機車（タイプⅠ及びタイプⅡ）、可搬式窒素供給装置、第1ベントフィルタ出口水素濃度、大型送水ポンプ車、大量送水車）	—	—	○	
		試験回数	当該設備の保管場所全ての設計用 FRS を、車両型設備の固有周期で包絡させた加振波で、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	当該設備の保管場所全ての設計用 FRS を、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。
	試験体及び諸元	試験体	実機と同一の車両型設備を使用	—	—	○	
		試験環境	一部の設備について、実機保管場所（コンクリート上）と異なるアスファルト上に設置して加振試験を実施している。	—	○	●	
構造強度評価	荷重の組合せ及び許容限界	許容限界	J E A G 4 6 0 1 のその他の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 のポンプ等のボルト応力評価方法を適用	○	—	○	
	設計用地震力（加速度）	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。	○	—	○	
		応答加速度	加振試験で得られた評価設備頂部の応答を設備重心位置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。
		設計用加速度	評価設備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、評価では評価設備頂部の応答を使用	—	○	○	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 3-6 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・評価での取扱いの概要	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を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機能が維持されていることを直接的に確認するため、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項目はない。)	—	—	—	
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組み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 3-7 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	○	○	○	—	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。【○】	—	—
			変位	—	—	—	○	同上【△】	—	—
			すべり量	—	—	—	○	同上【△】	—	—
	試験体及び諸元	b. 試験環境	変位	—	—	—	○	—	一部の設備について、実機保管場所（コンクリート上）と異なるアスファルト上に設置して加振試験を実施しており、実機保管場所では変位量が増加する可能性がある。【-】	コンクリートとアスファルトの摩擦係数は同等（共に 1.0～0.5（乾燥）*）であるため、影響は有意でない。
すべり量			—	—	—	○	—	同上【-】	同上	
構造強度評価	設計用地震力 (加速度)	c. 応答加速度	加速度	—	○	—	—	加振試験で得られた評価設備頂部の応答加速度を、評価上は、設備重心位置での応答と仮定することによる保守性がある。【△】	—	—
		d. 設計用加速度	加速度	—	○	—	—	評価設備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。【○】	—	—
		e. 誘発上下動	加速度	—	○	—	—	—	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、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。【-】	構造強度評価においては、評価設備頂部で計測を実施していることから、影響は優位でない。
転倒評価	(該当なし)	—	—	—	—	—	—	—	—	
機能維持評価	(該当なし)	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記*：市原薫(1967)，路面の滑り抵抗に関する実験的研究，京都大学

表 3-7 保守性・不確実さ要因の分析及び影響が有意でない不確実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・不確実さ要因	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	不確実さ [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	f. 配置間隔の設定方法	変位	—	—	—	○	車両型設備同士がぶつかる方向に同時にすべり及び傾きが発生することは考えにくい が、車両型設備の実際の配置間隔として、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。 【○】	—	—
			すべり量	—	—	—	○			
	設計用地震力 (加速度・変位・すべり量)	g. 最大変位量の算出方法	変位	—	—	—	○	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。【△】	—	—
			すべり量	—	—	—	○			

表 3-8 構造強度評価に関連する保守性・不確かさ要因

		保守性と不確かさ要因*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	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
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。【○】	
		c. 設置床での応答加速度	—	加振試験で得られた評価設備頂部の応答加速度を、評価上は、設備重心位置での応答と仮定することによる保守性がある。【△】	
		d. 設計用加速度	—	評価設備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】		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」、「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く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 3-7 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 3-7 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-9 転倒評価に関連する保守性・不確かさ要因

		保守性と不確かさ要因*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	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
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。【○】
	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く転倒評価について、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 3-7 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 3-7 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-10 機能維持評価に関連する保守性・不確かさ要因

		保守性と不確かさ要因*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	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
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。【○】	
	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】		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く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 3-7 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 3-7 における「保守性」欄の記号を表している。

表 3-11 波及的影響評価に関連する保守性・不確かさ要因

		保守性と不確かさ要因*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	(該当なし)	—	—	
	定性的な確認のみの不確かさ要因	(該当なし)	—	—	
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。【○】	
		f. 配置間隔の設定方法	—	車両型設備同士がぶつかる方向に同時にすべり及び傾きが発生す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。【○】	
		g. 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】		波及的影響評価は、評価に用いる設計用地震力（変位・すべり量）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」、「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く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 3-7 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 3-7 における「保守性」欄の記号を表している。

4. 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

4.1 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 $S_s - N1$ を除き 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。

4.2 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の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の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 4-1 のとおりである。

表 4-1 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	S s - D	約 60	約 35
	S s - F 1	約 81	
	S s - F 2	約 81	
	S s - N 1	約 20	
	S s - N 2	約 60	

- 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、継続時間の影響はないと考える。
- 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、継続時間の影響はないと考える。
- 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、継続時間の影響はないと考える。
- 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、継続時間の影響はないと考えられる。「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 4-1 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 4-2 に示す。図 4-2 より、「傾きによる変位量」の最大値は、水平方向（軸直角方向）の最大加速度発生とほぼ同時刻で発生していることから「傾きによる変位量」は、水平方向（軸直角方向）の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った値）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実さに対して、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ないと考える。

4.3 結論

S s 地震波（S s - N 1 を除く）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。

計測時刻	高圧発電機車（タイプ I）の加振試験の動画データ
(加振開始) 13:02:17	
13:02:37	
13:02:57	
(加振終了) 13:03:17	

図 4-1 加振試験において確認された車両型設備の挙動の例

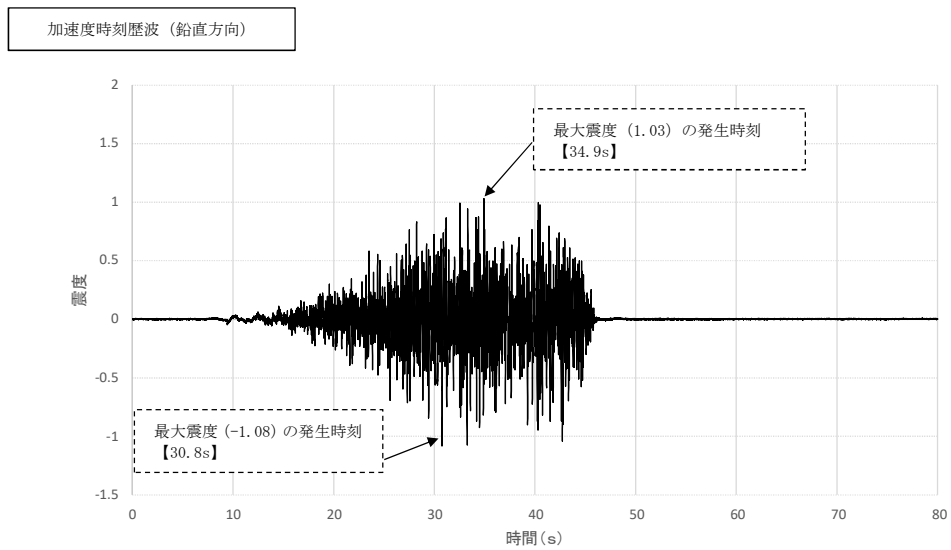
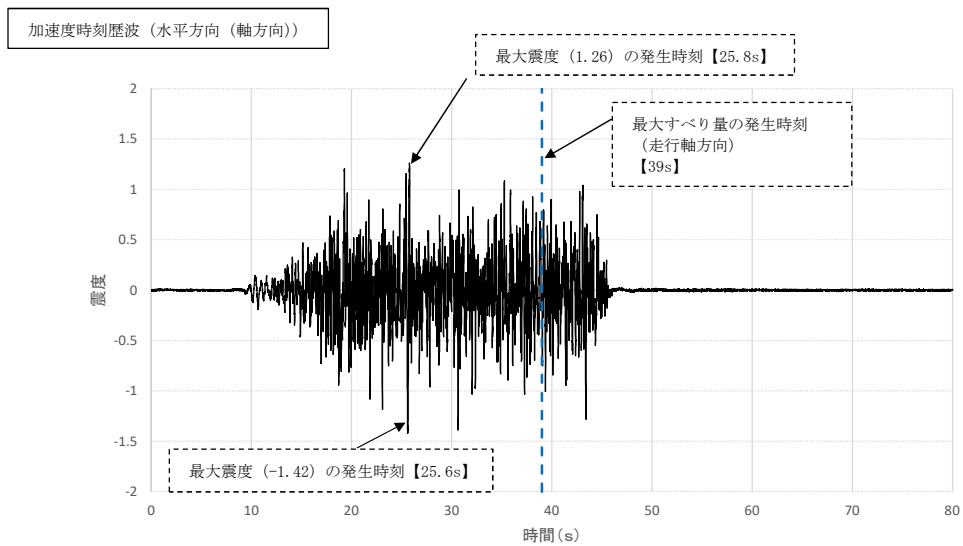
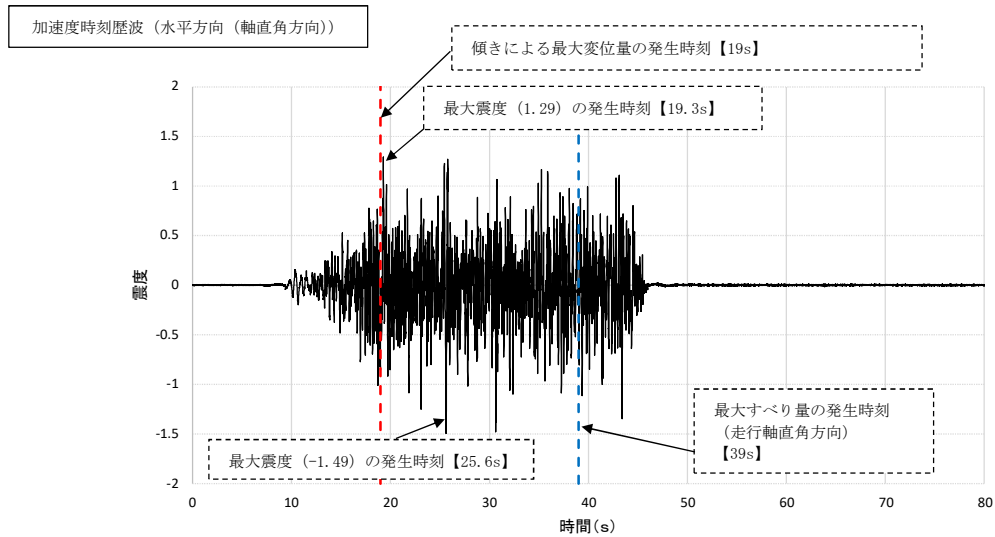


図 4-2 加振試験に用いた加振波（加振台上での計測データ）の加速度時刻歴波形の例

5. 車両型設備の仕様

加振試験に使用した車両型設備の仕様を表 5-1 に示す。

表 5-1 車両型設備の仕様 (1/2)

設備名称	車両仕様*	設備仕様
タンクローリ (タイプ I)	型式：トラック 全長：5280mm 全幅：1880mm 高さ：2100mm 重量：3560kg	タンク容量：3000ℓ/個
タンクローリ (タイプ II)	型式：トラック 全長：4910mm 全幅：1870mm 高さ：2120mm 重量：3480kg	タンク容量：3000ℓ/個
大量送水車	型式：トラック 全長：8350mm 全幅：2490mm 高さ：3550mm 重量：12350kg	容量：168m ³ /h/個 吐出圧力：0.85MPa
高圧発電機車 (タイプ I)	型式：トラック 全長：6825mm 全幅：2150mm 高さ：3260mm 重量：7570kg	容量：500kVA/個 電圧：6600V 周波数：60Hz
高圧発電機車 (タイプ II)	型式：トラック 全長：6900mm 全幅：2225mm 高さ：2940mm 重量：7740kg	容量：500kVA/個 電圧：6600V 周波数：60Hz
移動式代替熱交換設備	型式：トラクタ・ トレーラ 全長：15900mm 全幅：2490mm 高さ：4090mm 重量：42471kg	容量：11.5MW/個

表 5-1 車両型設備の仕様 (2/2)

設備名称	車両仕様*	設備仕様
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	型式：トラック 全長：11995mm 全幅：2495mm 高さ：3510mm 重量：24840kg	容量：1800m ³ /h/個 吐出圧力：1.20MPa
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	型式：トラック 全長：11995mm 全幅：2495mm 高さ：3510mm 重量：24840kg	容量：1800m ³ /h/個 吐出圧力：1.20MPa
可搬式窒素供給装置	型式：トラック 全長： <input type="text"/> mm 全幅： <input type="text"/> mm 高さ： <input type="text"/> mm 重量：22010kg	容量：100m ³ /h/個 [normal] (窒素純度 99.9%) 吐出圧力：0.9MPa
緊急時対策所用発電機	型式：トラック 全長：6750mm 全幅：2063mm 高さ：3454mm 重量：8205kg	容量：220kVA/個 電圧：210V 周波数：60Hz
第1ベントフィルタ出口水素濃度	型式：トラック 全長：8545mm 全幅：2410mm 高さ：3271mm 重量：7950kg	—

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。

6. 加振試験における車両型設備の傾き角計測方法

6.1 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。

6.2 計測方法

波及的影響評価に用いる車両型設備の傾きについては、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り出し、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、高圧発電機車（タイプ I）の最大傾き角の計測結果を図 6-1 に示す。



図 6-1 高圧発電機車（タイプ I）の最大傾き角の計測結果

7. その他設備の耐震評価

7.1 その他設備の加振試験

(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、以下に示す加振波による加振試験を行い、スリング等が健全であり加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度を確認する。

GM汚染サーベイメータ、NaIシンチレーションサーベイメータ、 $\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ及び電離箱サーベイメータを保管する収納箱を例として、保管状態及び試験状態を図7-1に示す。

- ・加振波：VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」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計用床応答スペクトルをおおむね上回るように作成したランダム波又は各保管場所の最大応答加速度（1.0ZPA）を上回る加速度の正弦波
- ・加振方向：【ランダム波】
「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」
「水平単独2方向及び鉛直単独」
【正弦波】
「水平単独2方向及び鉛直単独」

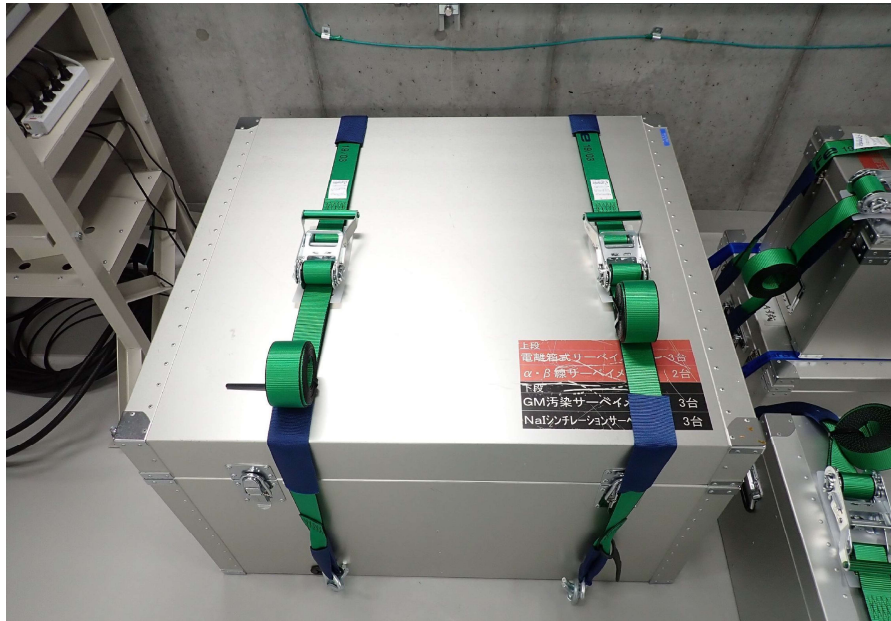
(2) 減衰定数

屋内及び屋外に保管するその他設備の減衰定数は、J E A G 4 6 0 1に記載のある「溶接構造物」等を準用し水平及び鉛直ともに1.0%として、加振台のFRS及び設計用FRSを作成した。

(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7-1に示すとともに、水平方向及び鉛直方向の加振台のFRS(出力)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)を比較した結果を図7-2～図7-9に示す。

加振試験時における加振台上での積載重量の違いにより、加振台のFRS(出力)にばらつきは見られるものの、おおむね同様の形状の出力が得られ、設計用FRS(標準ケース、ばらつきケース包絡)をおおむね上回っていることを確認した。その他設備の固有周期における設計用FRSに対する加振台のFRSの裕度についても図7-2～図7-9に示す。なお、固有周期が0.05秒以下の設備については、加振台の最大応答加速度と保管場所の最大応答加速度を比較し、裕度を算出した。



(保管状態)



(試験状態)

図 7-1 収納箱 (GM汚染サーベイメータ, NaIシンチレーションサーベイメータ, $\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ及び電離箱サーベイメータ) の保管状態及び試験状態

表 7-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向（1/3）

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
可搬式エリア放射線モニタ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-5
可搬式モニタリングポスト	第 1 保管エリア EL 50.0m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-3
	第 4 保管エリア EL 8.5m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-4
GM汚染サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-5
Na I シンチレーションサーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-5
$\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-5
電離箱サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-5
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-2
有線式通信設備（廃棄物処理建物）	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ランダム波	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」	図 7-2
有線式通信設備（中央制御室待避室）	制御室建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—

表 7-1 対象設備，保管場所，加振波の種類及び加振方向 (2/3)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
可搬型計測器	廃棄物処理建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—
可搬型計測器 (予備)	緊急時対策所 EL 50.25m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—
可搬式ダスト・よう素サンプラ	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-5
可搬式気象観測装置	第 1 保管エリア EL 50.0m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-3
	第 4 保管エリア EL 8.5m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-4
小型船舶	第 1 保管エリア EL 50.0m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-3
	第 4 保管エリア EL 8.5m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-4
酸素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)＋水平(左右方向)＋鉛直」	図 7-6 図 7-7
酸素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ランダム波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	図 7-8 図 7-9
酸素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—

表 7-1 対象設備, 保管場所, 加振波の種類及び加振方向 (3/3)

設備名称	保管場所	加振波の種類	加振方向	図
二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)+水平(左右方向)+鉛直」	図 7-6 図 7-7
二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ランダム波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	図 7-8 図 7-9
二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—
プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—
プラントパラメータ監視装置 (予備)	制御室建物 EL 16.9m	ランダム波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	図 7-8 図 7-9
LEDライト (三脚タイプ)	制御室建物 EL 16.9m	正弦波	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」	—
無線通信設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)+水平(左右方向)+鉛直」	図 7-6 図 7-7
衛星電話設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)+水平(左右方向)+鉛直」	図 7-6 図 7-7
データ表示装置	緊急時対策所 EL 50.25m	ランダム波	「水平(前後方向)+水平(左右方向)+鉛直」	図 7-6 図 7-7

凡例

- 加振台の FRS (主蒸気逃がし安全弁用蓄電池)
- 加振台の FRS (有線式通信設備 (廃棄物処理建物))
- 廃棄物処理建物 (EL 16.9m) における設計用 FRS
- - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池, 有線式通信設備 (廃棄物処理建物)		
保管場所	廃棄物処理建物 (EL 16.9m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		主蒸気逃がし安全弁用蓄電池 0.055s	2.35
		有線式通信設備 (廃棄物処理建物) 0.05s 以下	2.54
NS 方向		主蒸気逃がし安全弁用蓄電池 0.05s 以下	3.41
		有線式通信設備 (廃棄物処理建物) 0.05s 以下	2.16
鉛直方向		主蒸気逃がし安全弁用蓄電池 0.05s 以下	1.95
		有線式通信設備 (廃棄物処理建物) 0.05s 以下	2.22

図 7-2 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (廃棄物処理建物 (EL 16.9m))

凡例

- 加振台の FRS (小型船舶)
- 加振台の FRS (可搬式モニタリングポスト)
- 加振台の FRS (可搬式気象観測装置)
- 第1保管エリア (EL 50.0m)における設計用 FRS
- - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	小型船舶, 可搬式モニタリングポスト, 可搬式気象観測装置		
保管場所	第1保管エリア (EL 50.0m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		小型船舶 (船首)	1.96
		小型船舶 (船尾)	1.90
		小型船舶 (エンジン)	1.58
		可搬式モニタリングポスト	1.89
		可搬式気象観測装置	1.88
NS 方向		小型船舶 (船首)	1.85
		小型船舶 (船尾)	1.54
		小型船舶 (エンジン)	2.14
		可搬式モニタリングポスト	1.20
		可搬式気象観測装置	1.38
鉛直方向		小型船舶 (船首)	1.88
		小型船舶 (船尾及び重心)	1.77
		小型船舶 (エンジン)	2.02
		可搬式モニタリングポスト	3.40
		可搬式気象観測装置	3.24

図 7-3 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (第1保管エリア (EL 50.0m))

凡例

- 加振台のFRS (小型船舶)
- 加振台のFRS (可搬式モニタリングポスト)
- 加振台のFRS (可搬式気象観測装置)
- 第4保管エリア (EL 8.5m)における設計用FRS
- - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	小型船舶, 可搬式モニタリングポスト, 可搬式気象観測装置		
保管場所	第4保管エリア (EL 8.5m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		小型船舶 (船首) 0.100s	1.99
		小型船舶 (船尾) 0.077s	1.86
		小型船舶 (エンジン) 0.167s	2.77
		可搬式モニタリングポスト 0.05s 以下	2.18
		可搬式気象観測装置 0.05s 以下	2.17
NS 方向		小型船舶 (船首) 0.091s	1.78
		小型船舶 (船尾) 0.056s	1.58
		小型船舶 (エンジン) 0.200s	3.90
		可搬式モニタリングポスト 0.059s	1.22
		可搬式気象観測装置 0.065s	1.51
鉛直方向		小型船舶 (船首) 0.071s	3.18
		小型船舶 (船尾 及び重心) 0.05s 以下	2.74
		小型船舶 (エンジン) 0.100s	3.79
		可搬式モニタリングポスト 0.05s 以下	5.24
		可搬式気象観測装置 0.05s 以下	5.00

図7-4 加振台のFRS と設計用FRS との比較 (第4保管エリア (EL 8.5m))

凡例

- 加振台の FRS (可搬式ダスト・よう素サンプラ)
- 加振台の FRS (NaIシンチレーションサーベイメータ他)
- 加振台の FRS (可搬式エア放射線モニタ)
- 緊急時対策所(資機材室)(EL 50.25m)における設計用 FRS
- - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	可搬式ダスト・よう素サンプラ, NaIシンチレーションサーベイメータ他(GM汚染サーベイメータ, 電離箱サーベイメータ, $\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータを含む), 可搬式エア放射線モニタ		
保管場所	緊急時対策所(資機材室)(EL 50.25m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		可搬式ダスト・よう素サンプラ 0.05s 以下	2.83
		NaIシンチレーションサーベイメータ他 0.05s 以下	2.09
		可搬式エア放射線モニタ 0.05s 以下	2.13
NS 方向		可搬式ダスト・よう素サンプラ 0.05s 以下	2.73
		NaIシンチレーションサーベイメータ他 0.05s 以下	1.71
		可搬式エア放射線モニタ 0.05s 以下	1.74
鉛直方向		可搬式ダスト・よう素サンプラ 0.074s	2.13
		NaIシンチレーションサーベイメータ他 0.05s 以下	1.80
		可搬式エア放射線モニタ 0.05s 以下	1.79

図 7-5 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (緊急時対策所(資機材室)(EL 50.25m))

凡例

- 加振台の FRS (二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 及び酸素濃度計 (緊急時対策所))
- 加振台の FRS (無線通信設備 (携帯型) 及び衛星電話設備 (携帯型))
- 加振台の FRS (データ表示装置)
- 緊急時対策所 (対策本部) における設計用 FRS - - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所), 酸素濃度計 (緊急時対策所), 無線通信設備 (携帯型), 衛星電話設備 (携帯型), データ表示装置		
保管場所	緊急時対策所 (対策本部) (EL 50.25m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 酸素濃度計 (緊急時対策所) 0.05s 以下	2.52
		無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型) 0.05s 以下	2.14
		データ表示装置 0.110s	2.04
NS 方向		二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 酸素濃度計 (緊急時対策所) 0.096s	2.15
		無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型) 0.102s	2.25
		データ表示装置 0.058s	1.78
鉛直方向		二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 酸素濃度計 (緊急時対策所) 0.05s 以下	3.51
		無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型) 0.05s 以下	3.13
		データ表示装置 0.05s 以下	2.91

図 7-6 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (緊急時対策所 (対策本部) (EL 50.25m))

(設計用条件 I EW⇔加振試験条件 X, 設計用条件 I NS⇔加振試験条件 Y)

凡例

- 加振台の FRS (二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 及び酸素濃度計 (緊急時対策所))
- 加振台の FRS (無線通信設備 (携帯型) 及び衛星電話設備 (携帯型))
- 加振台の FRS (データ表示装置)
- 緊急時対策所 (対策本部) における設計用 FRS - - - - 計測された設備の固有周期

対象設備	二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所), 酸素濃度計 (緊急時対策所), 無線通信設備 (携帯型), 衛星電話設備 (携帯型), データ表示装置		
保管場所	緊急時対策所 (対策本部) (EL 50.25m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 酸素濃度計 (緊急時対策所) 0.096s	2.36
		無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型) 0.102s	2.24
		データ表示装置 0.058s	2.08
NS 方向		二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所) 酸素濃度計 (緊急時対策所) 0.05s 以下	2.48
		無線通信設備 (携帯型) 衛星電話設備 (携帯型) 0.05s 以下	2.10
		データ表示装置 0.110s	1.81
鉛直方向	図 7-6 の鉛直方向と同様		



図 7-7 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (緊急時対策所 (対策本部) (EL 50.25m))
(設計用条件 I NS ⇔ 加振試験条件 X, 設計用条件 I EW ⇔ 加振試験条件 Y)

凡例

- 加振台の FRS(二酸化炭素濃度計(中央制御室), 酸素濃度計(中央制御室)及びプラントパラメータ監視装置(予備))
- 中央制御室における設計用 FRS

対象設備	二酸化炭素濃度計(中央制御室), 酸素濃度計(中央制御室), プラントパラメータ監視装置(予備)		
保管場所	中央制御室(EL 16.90m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		二酸化炭素濃度計 (中央制御室) 酸素濃度計 (中央制御室) プラントパラメータ監視装置 (予備) 0.05s 以下	2.86
NS 方向		二酸化炭素濃度計 (中央制御室) 酸素濃度計 (中央制御室) プラントパラメータ監視装置 (予備) 0.05s 以下	1.96
鉛直方向		二酸化炭素濃度計 (中央制御室) 酸素濃度計 (中央制御室) プラントパラメータ監視装置 (予備) 0.05s 以下	1.59

図 7-8 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (中央制御室(EL 16.90m))
 (設計用条件 I EW⇔加振試験条件 X, 設計用条件 I NS⇔加振試験条件 Y)

凡例
 加振台の FRS (二酸化炭素濃度計 (中央制御室), 酸素濃度計 (中央制御室) 及びプラントパラメータ監視装置 (予備))
 中央制御室における設計用 FRS

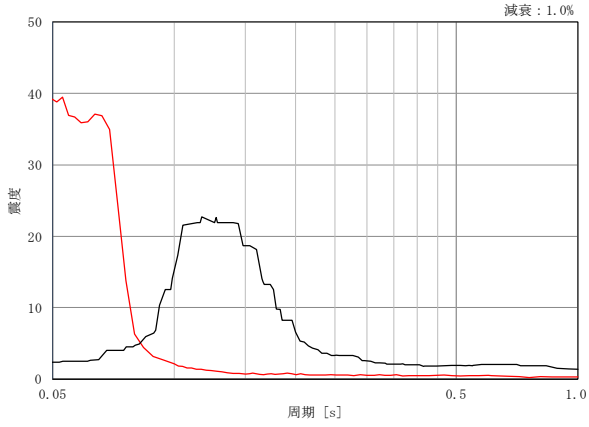
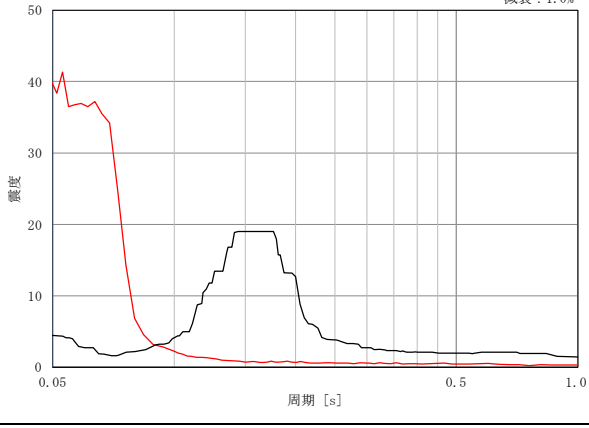
対象設備	二酸化炭素濃度計 (中央制御室), 酸素濃度計 (中央制御室), プラントパラメータ監視装置 (予備)		
保管場所	中央制御室 (EL 16.90m)		
方向	FRS	固有周期	裕度
EW 方向		二酸化炭素濃度計 (中央制御室) 酸素濃度計 (中央制御室) プラントパラメータ監視装置 (予備) 0.05s 以下	3.03
NS 方向		二酸化炭素濃度計 (中央制御室) 酸素濃度計 (中央制御室) プラントパラメータ監視装置 (予備) 0.05s 以下	1.85
鉛直方向	図 7-8 の鉛直方向と同様		

図 7-9 加振台の FRS と設計用 FRS との比較 (中央制御室 (EL 16.90m))
 (設計用条件 I NS ⇔ 加振試験条件 X, 設計用条件 I EW ⇔ 加振試験条件 Y)

7.2 加振試験後の機能維持確認

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 7-2 に示す。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (1/9)

設備名称	保管方法	確認事項
可搬式エリア放射線モニタ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射線量の計測が可能なことを確認した。
可搬式モニタリングポスト	コンテナ内拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、コンテナに使用している基礎ボルト及び拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射線量の計測が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (2/9)

設備名称	保管方法	確認事項
GM汚染サーベイメータ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射性物質濃度の計測が可能なことを確認した。
Na I シンチレーションサーベイメータ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射性物質濃度の計測が可能なことを確認した。
α ・ β 線サーベイメータ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射性物質濃度の計測が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (3/9)

設備名称	保管方法	確認事項
電離箱サーベイメータ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、放射性物質濃度の計測が可能なことを確認した。
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	本体拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、本体の拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、負荷に給電が可能なことを確認した。
有線式通信設備(廃棄物処理建物)	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (4/9)

設備名称	保管方法	確認事項
有線式通信設備(中央制御室待避室)	筐体固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。
可搬型計測器	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、電力供給ができ、出力を計測できることを確認した。
可搬型計測器 (予備)	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、電力供給ができ、出力を計測できることを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (5/9)

設備名称	保管方法	確認事項
可搬式気象観測装置	コンテナ内拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、コンテナに使用している基礎ボルト及び拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、気象条件の計測が可能なことを確認した。
可搬式ダスト・よう素サンプラ	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、本体の拘束に使用している基礎ボルトが健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、空気中の放射性物質の採取が可能なことを確認した。
小型船舶	架台拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、架台に使用している基礎ボルト及び拘束に使用しているスリング等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、水上での走行が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (6/9)

設備名称	保管方法	確認事項
酸素濃度計（緊急時対策所）	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、酸素濃度の計測が可能なことを確認した。
酸素濃度計（中央制御室）	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、酸素濃度の計測が可能なことを確認した。
酸素濃度計（中央制御室待避室）	筐体固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、酸素濃度の計測が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (7/9)

設備名称	保管方法	確認事項
二酸化炭素濃度計（緊急時対策所）	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、二酸化炭素濃度の計測が可能なことを確認した。
二酸化炭素濃度計（中央制御室）	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、二酸化炭素濃度の計測が可能なことを確認した。
二酸化炭素濃度計（中央制御室待避室）	筐体固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、二酸化炭素濃度の計測が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (8/9)

設備名称	保管方法	確認事項
プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	筐体固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり，転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により，正常に動作することを確認した。
プラントパラメータ監視装置 (予備)	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により，ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり，転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により，正常に動作することを確認した。
LEDライト (三脚タイプ)	収納箱拘束保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により，収納箱の拘束に使用しているスリング等が健全であり，転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により，照明の点灯が可能なことを確認した。

表 7-2 加振試験後の機能維持確認方法と結果 (9/9)

設備名称	保管方法	確認事項
無線通信設備 (携帯型)	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。
衛星電話設備 (携帯型)	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、発信・着信ができ、通話が可能なことを確認した。
データ表示装置	ラック固縛保管	<ul style="list-style-type: none"> ・加振試験により、ラックに使用している基礎ボルト及び固縛に使用しているラッシングベルト等が健全であり、転倒していないことを確認した。 ・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がないことを確認した。 ・起動試験により、正常に動作することを確認した。

車両型設備の固有振動数の算出方法

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算出方法について説明する。

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、加振台上加速度及び車両型設備の応答加速度を計測する。計測された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。

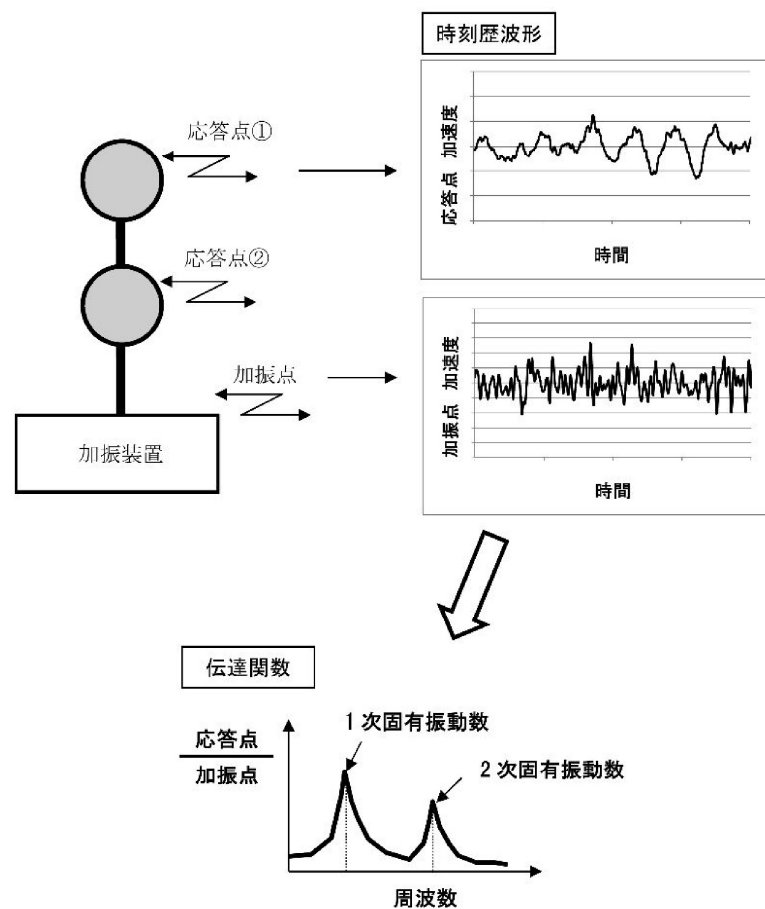


図1 固有振動数算出の概念図

3. 車両型設備の固有振動数

車両型設備のうち緊急時対策所用発電機を例として、加振試験により得られた振動特性結果を図2（横軸（Frequency[Hz]）のプロット間隔は0.125Hz）に示す。

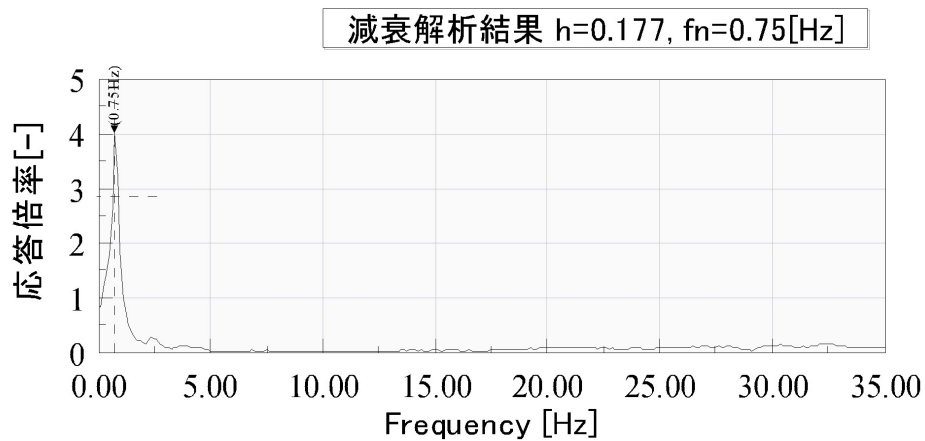


図2 振動特性結果（緊急時対策所用発電機）

車両型設備の減衰定数の算出方法

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、応答倍率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算出方法について説明する。

2. 減衰定数の算出方法

ハーフパワー法とは、縦軸を応答倍率、横軸を振動数とした場合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 Δf で示される。ハーフパワー法の概念図を図 1 に示す。

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

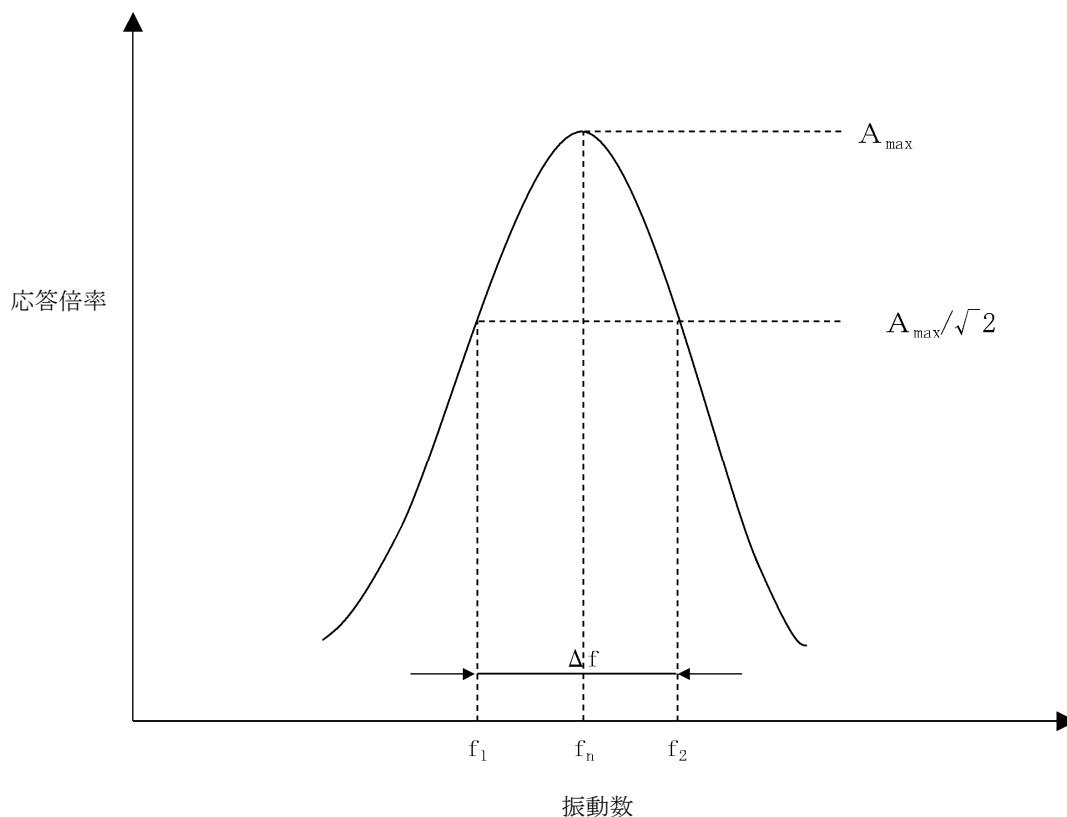


図 1 ハーフパワー法の概念図

3. 車両型設備の減衰定数

車両型設備のうち緊急時対策所用発電機を例として、減衰定数 h を算出すると、以下のとおり約 18% と算出される。また、加振試験により得られた振動特性結果を図 2（横軸 (Frequency [Hz]) のプロット間隔は 0.125Hz) に示す。

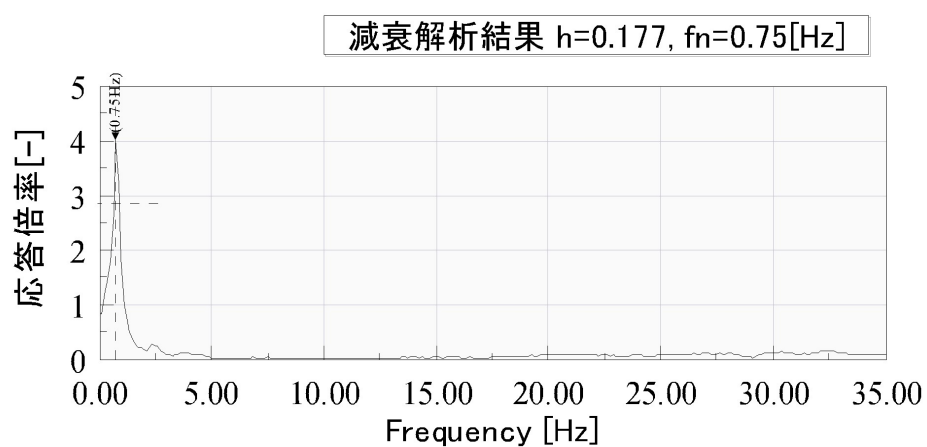


図 2 振動特性結果（緊急時対策所用発電機）

保管エリアにおける地盤の振動特性について

1. 保管エリアの最大応答

本資料は、図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2～図8に示す。

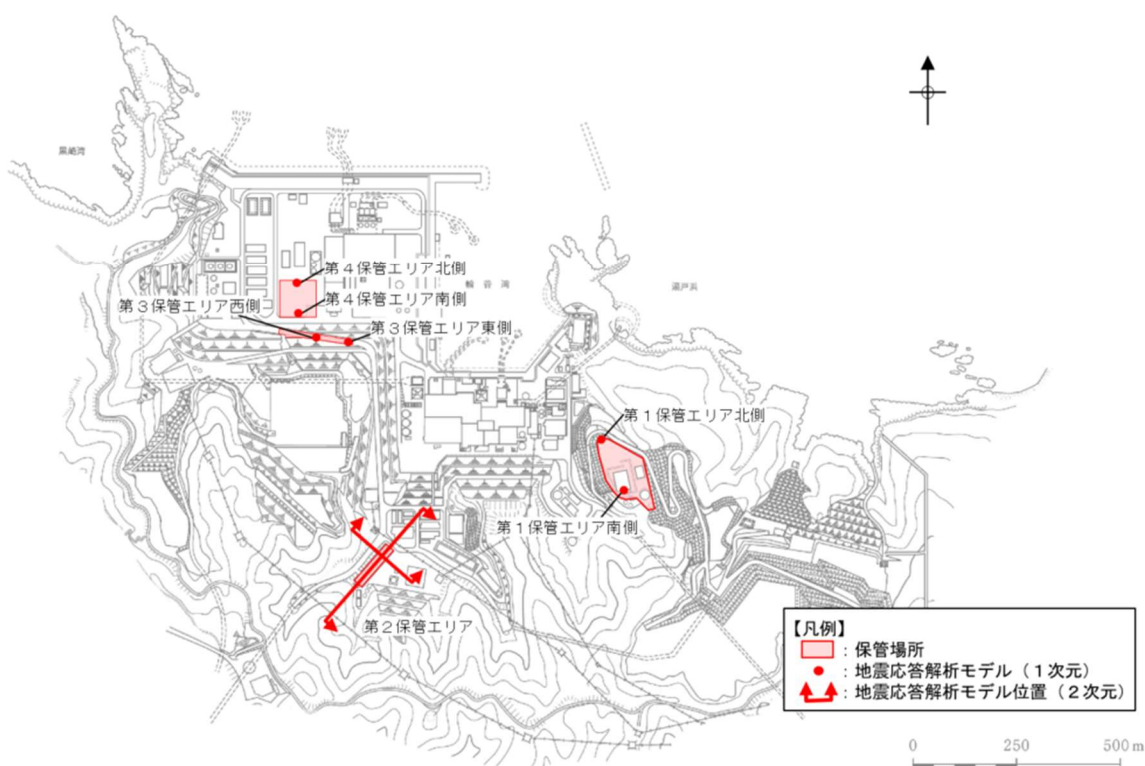


図1 保管エリアの位置図

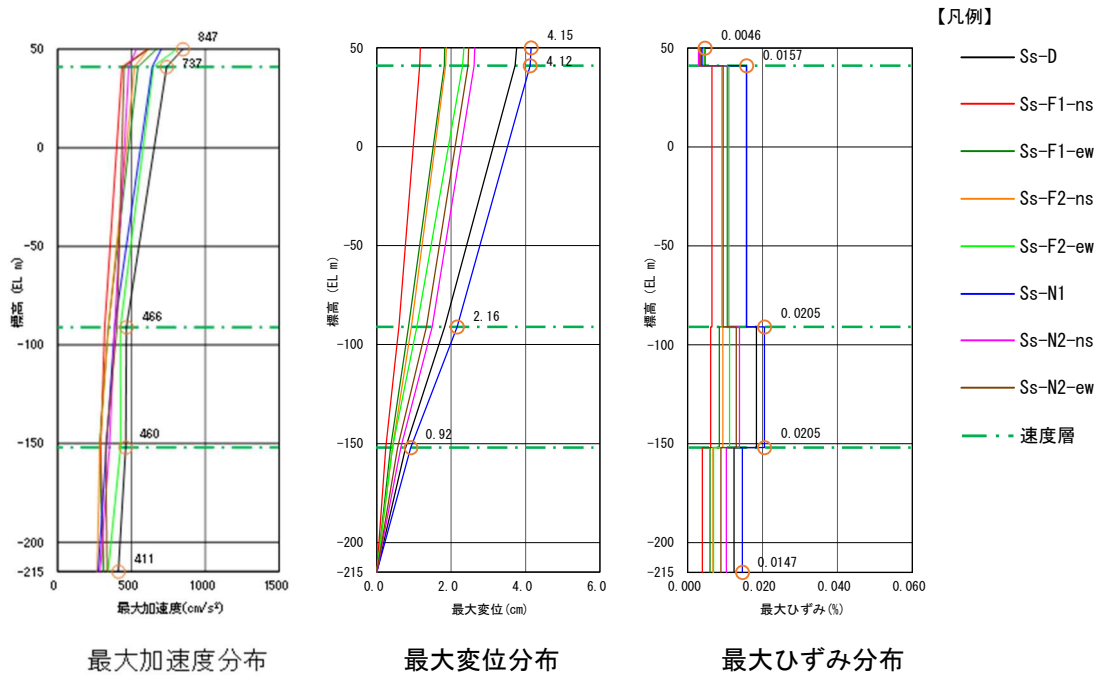


図 2(1) 第 1 保管エリア北側 (水平方向)

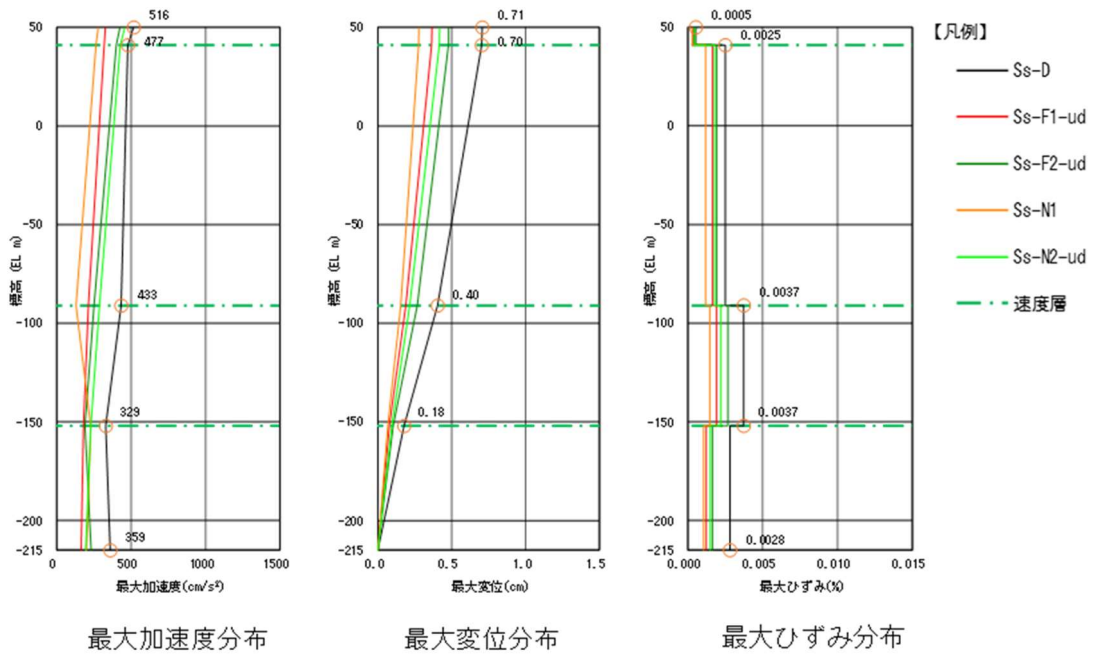


図 2(2) 第 1 保管エリア北側 (鉛直方向)

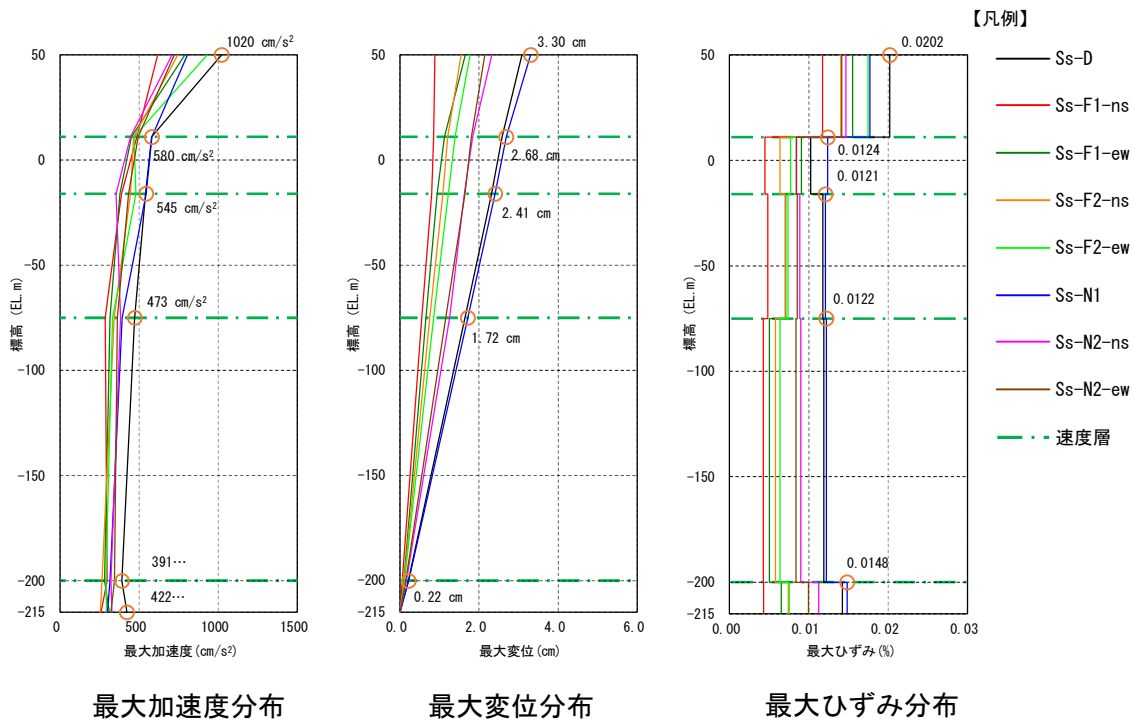


図 3(1) 第 1 保管エリア南側（水平方向）

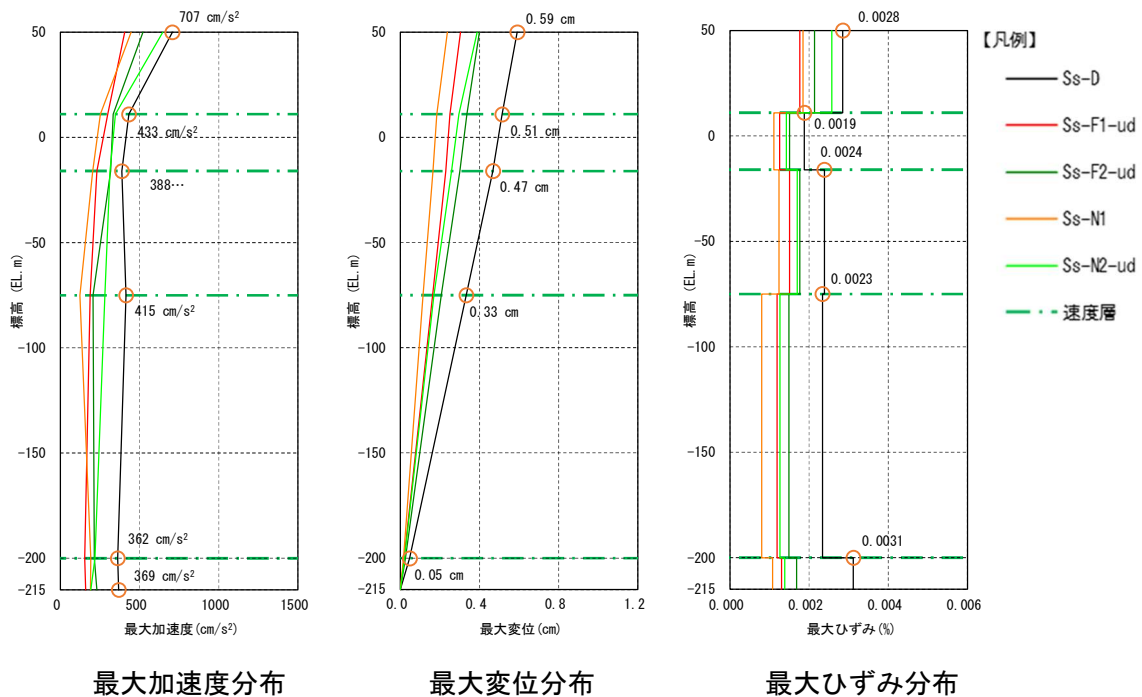
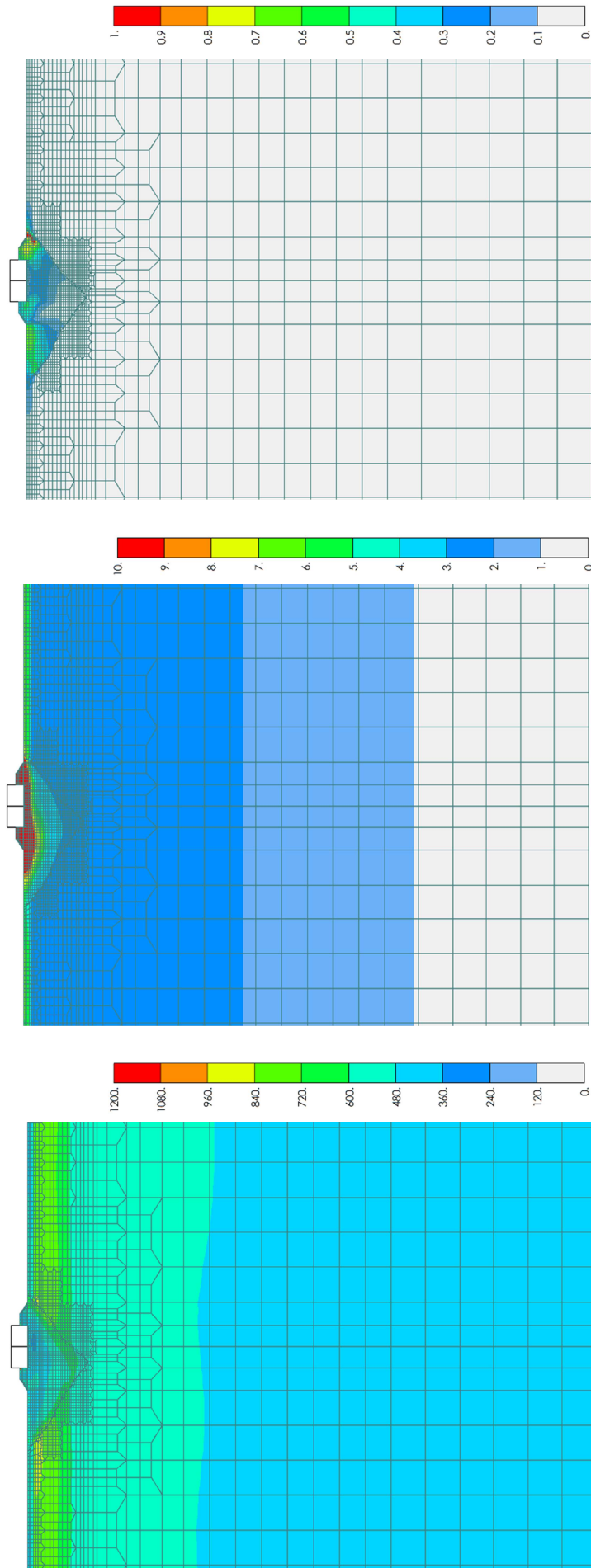


図 3(2) 第 1 保管エリア南側（鉛直方向）



最大加速度分布

最大値 : 2336.98 cm/s^2

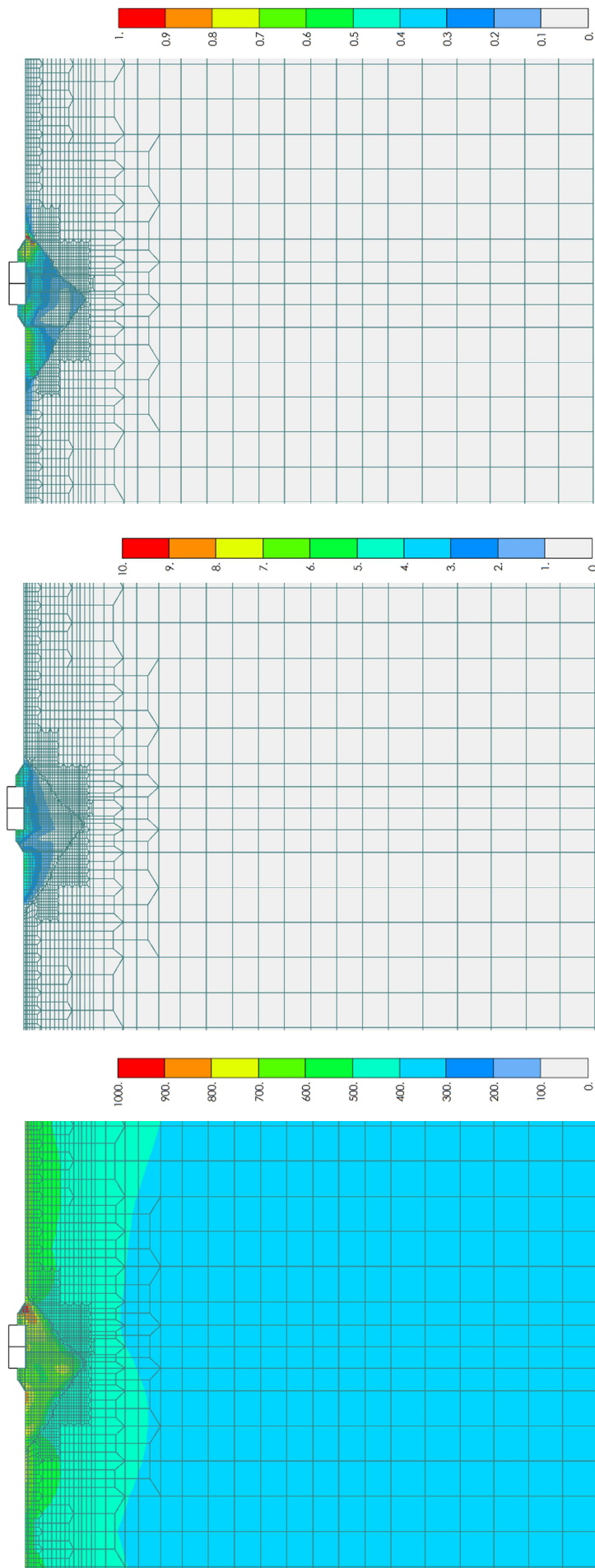
最大変位分布

最大値 : 15.92 cm

最大ひずみ分布

最大値 : 1.63%

図 4(1) 第2保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - D) 水平応答



最大加速度分布

最大値：1022.54cm/s²

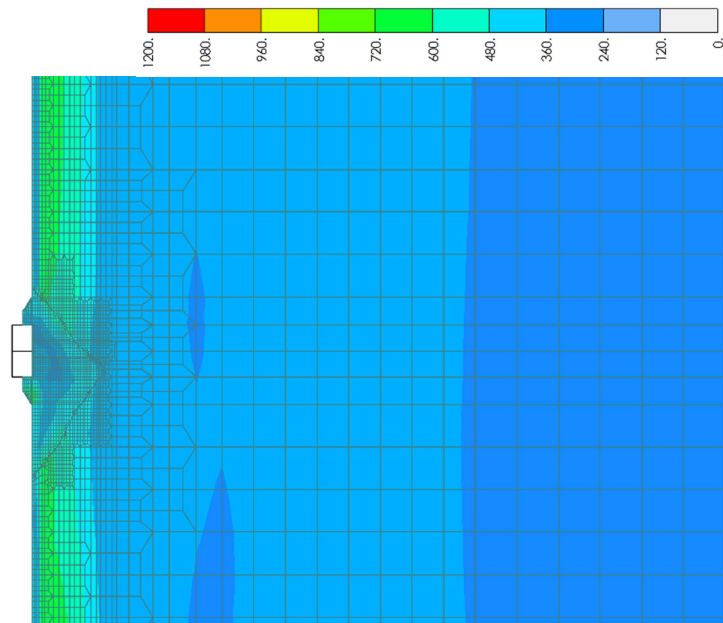
最大変位分布

最大値：6.26 cm

最大ひずみ分布

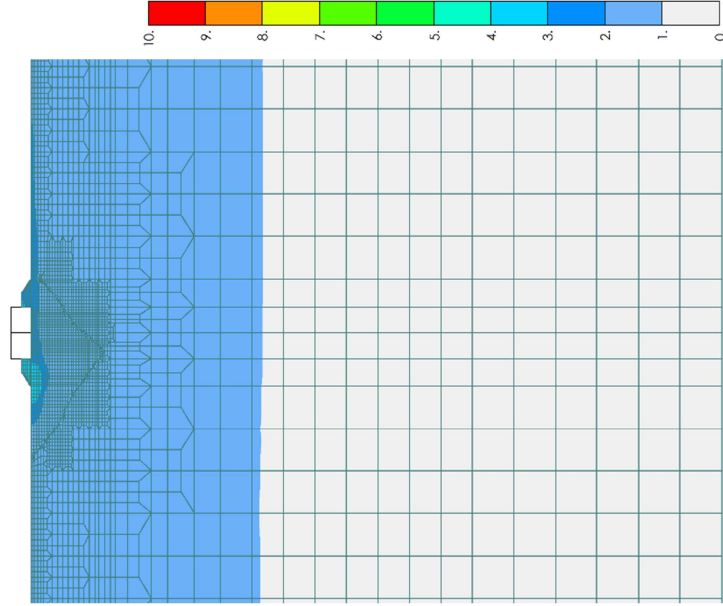
最大値：1.45%

図 4(2) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - D) 鉛直応答



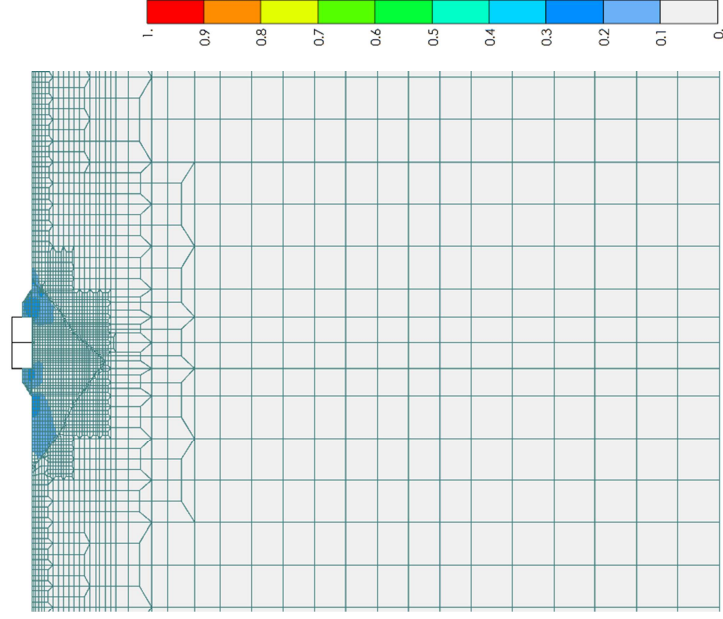
最大加速度分布

最大値：1541.77cm/s²



最大変位分布

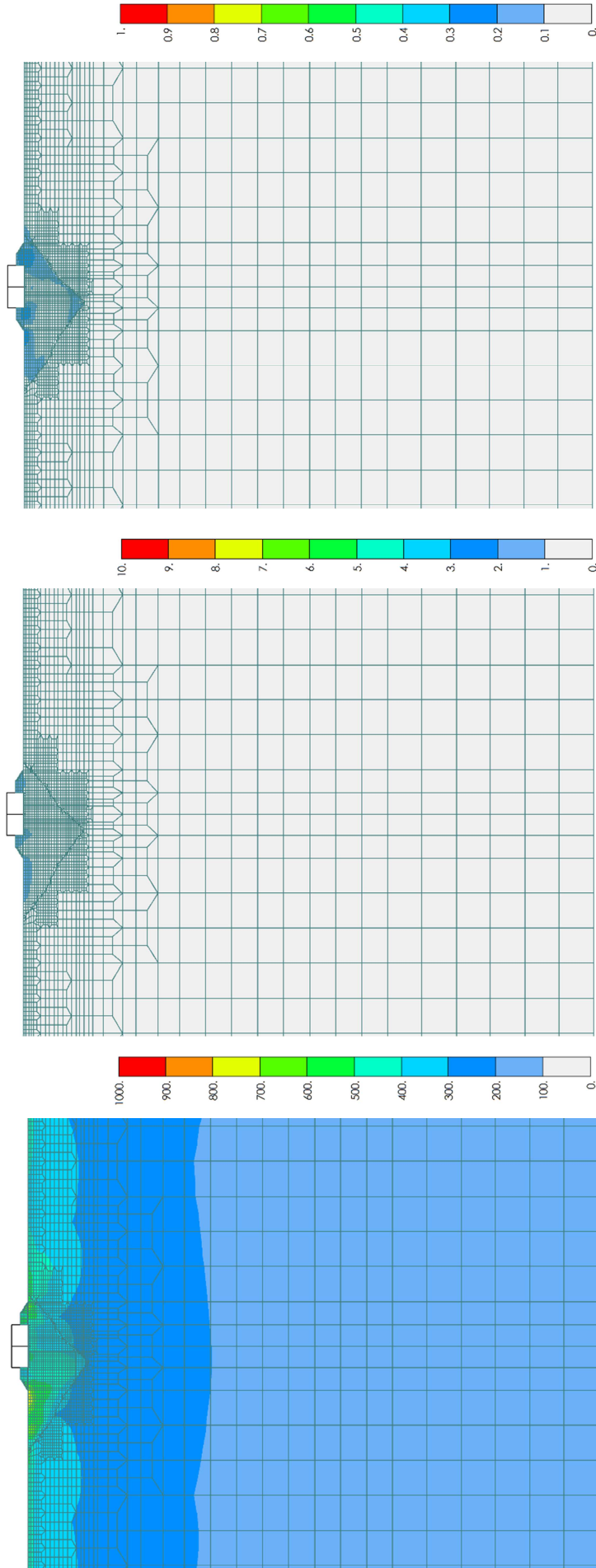
最大値：5.79 cm



最大ひずみ分布

最大値：0.47%

図 4 (3) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - F₁) 水平応答

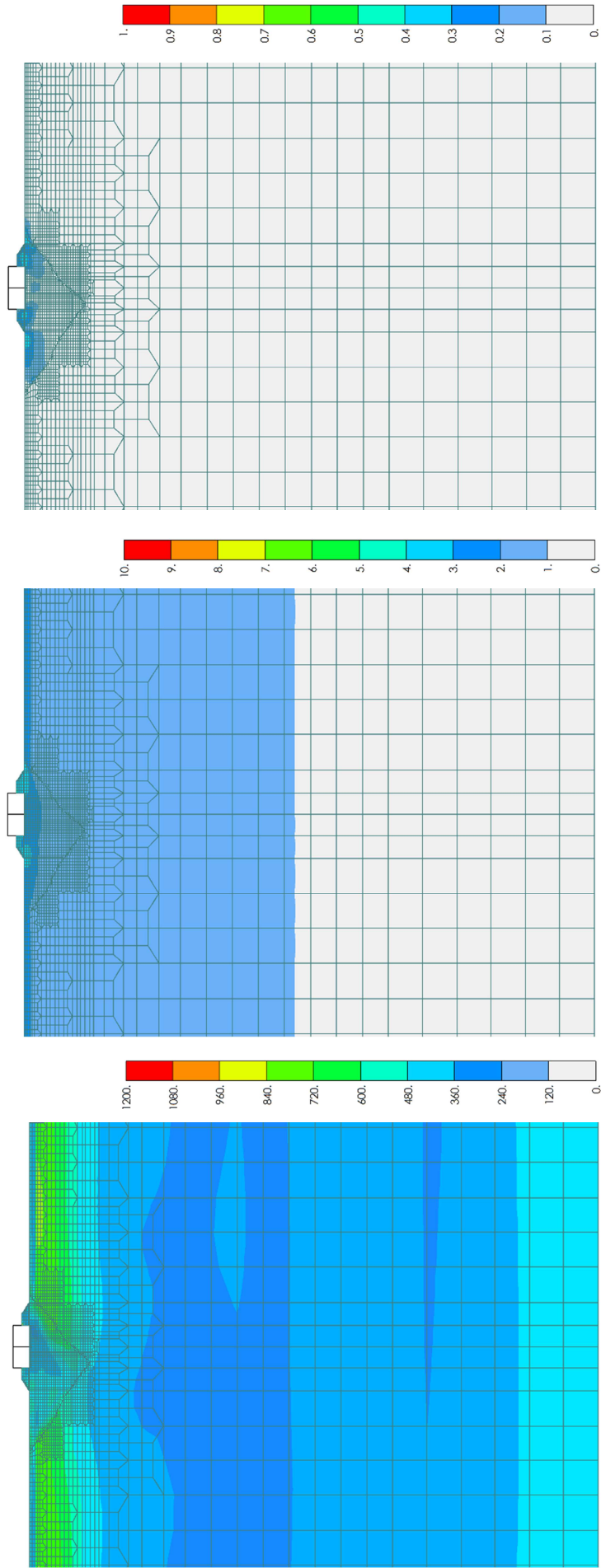


最大加速度分布
 最大値：817.37cm/s²

最大変位分布
 最大値：1.91 cm

最大ひずみ分布
 最大値：0.36%

図 4(4) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - F₁) 鉛直応答



最大加速度分布

最大値：1847.89cm/s²

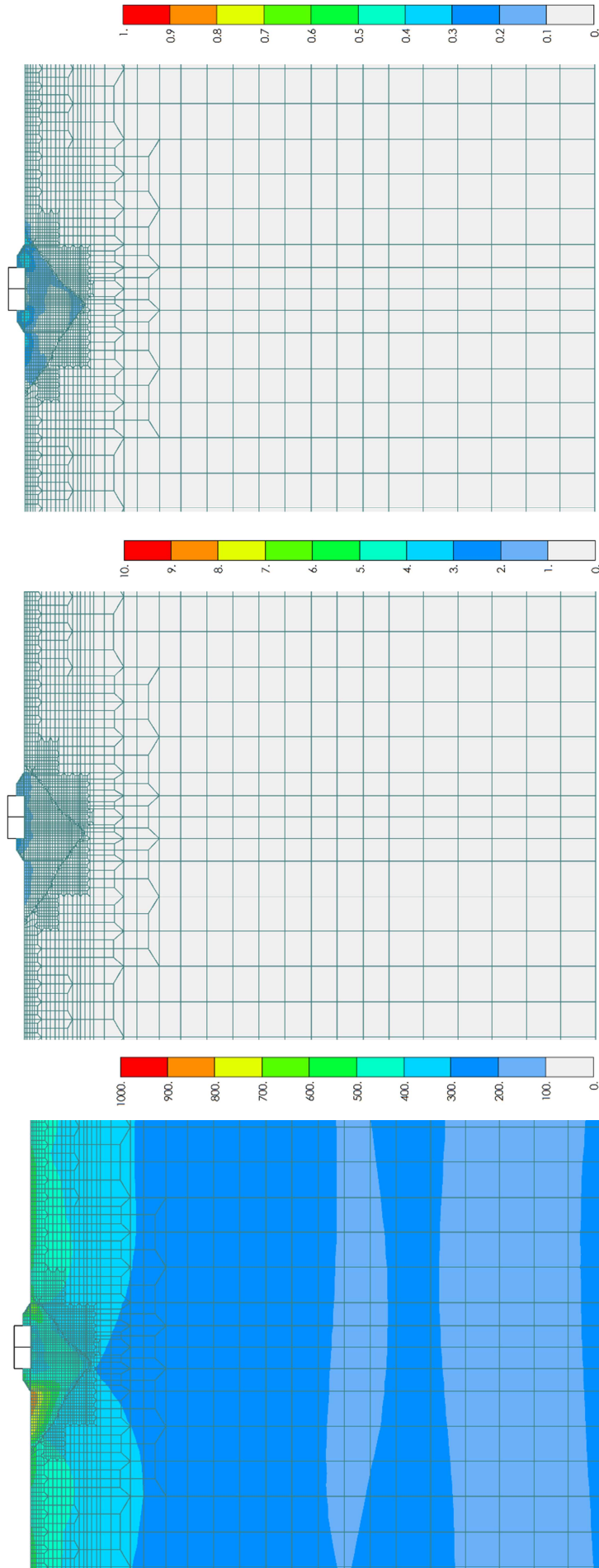
最大変位分布

最大値：6.04 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.59%

図 4(5) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S_s-F₂) 水平応答



最大加速度分布

最大値：904.65cm/s²

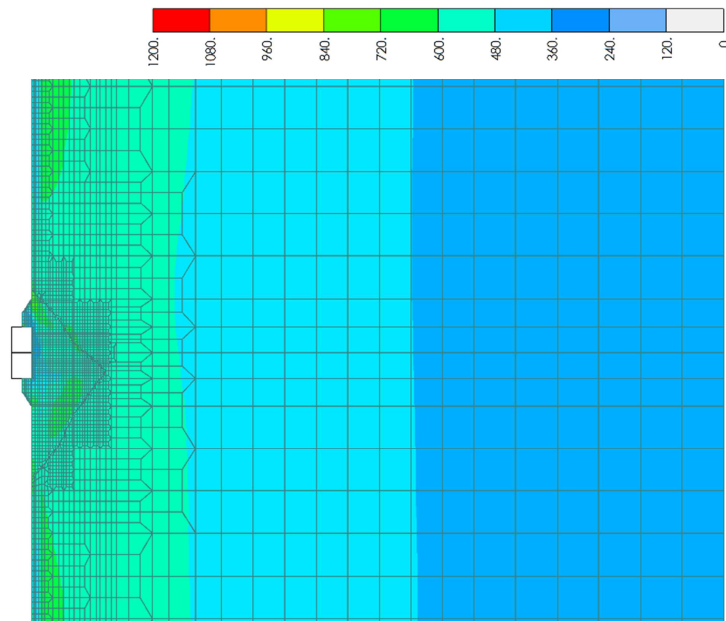
最大変位分布

最大値：2.41 cm

最大ひびきみ分布

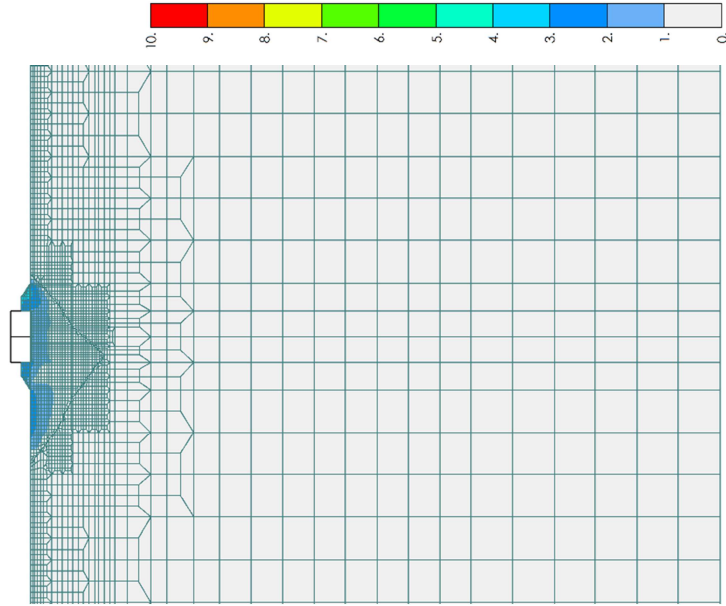
最大値：0.47%

図 4(6) 第2保管エリア（短辺方向断面）における最大応答（S s - F₂）鉛直応答



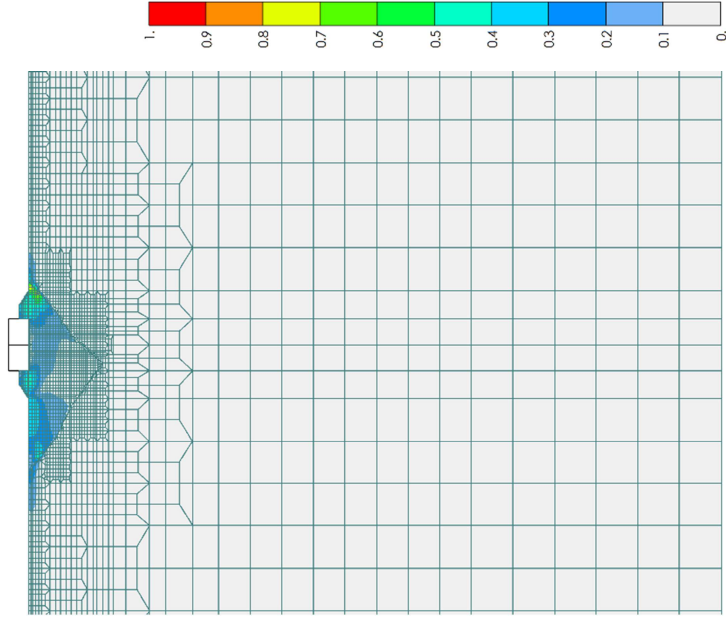
最大加速度分布

最大値：1577.75cm/s²



最大変位分布

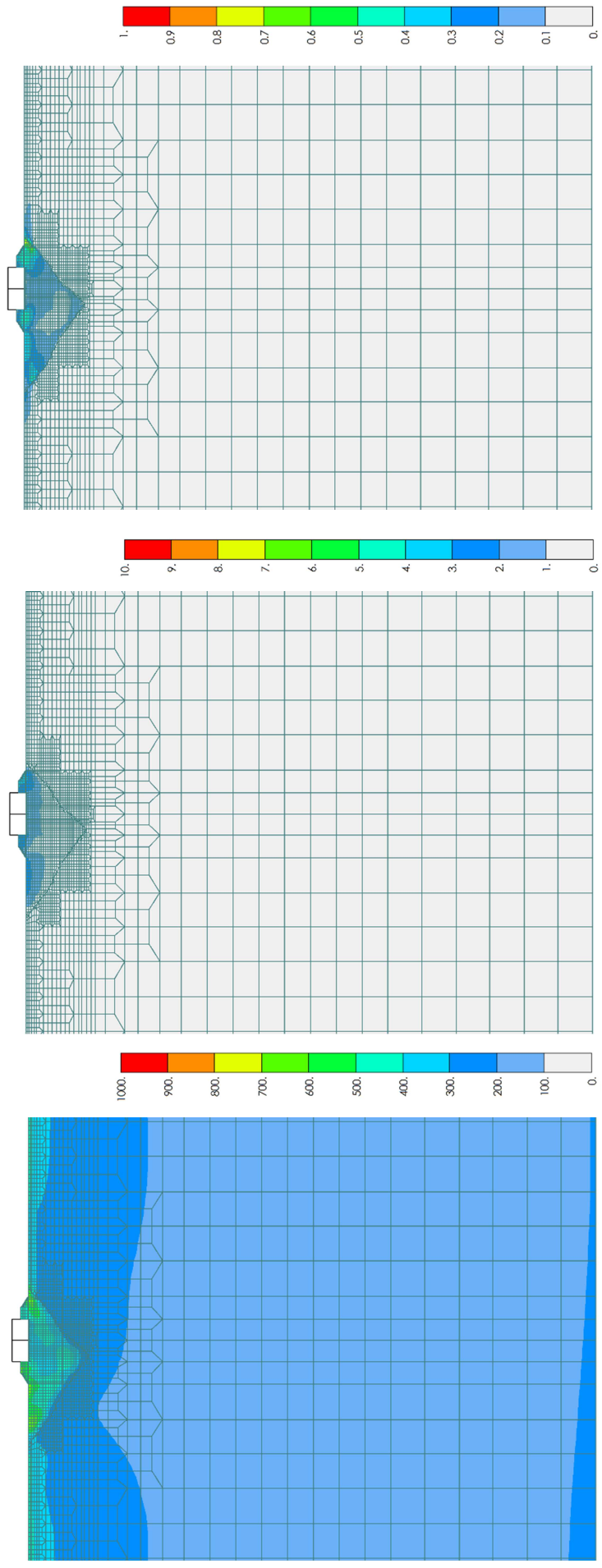
最大値：13.33 cm



最大ひずみ分布

最大値：1.14%

図 4 (7) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - N₁) 水平応答

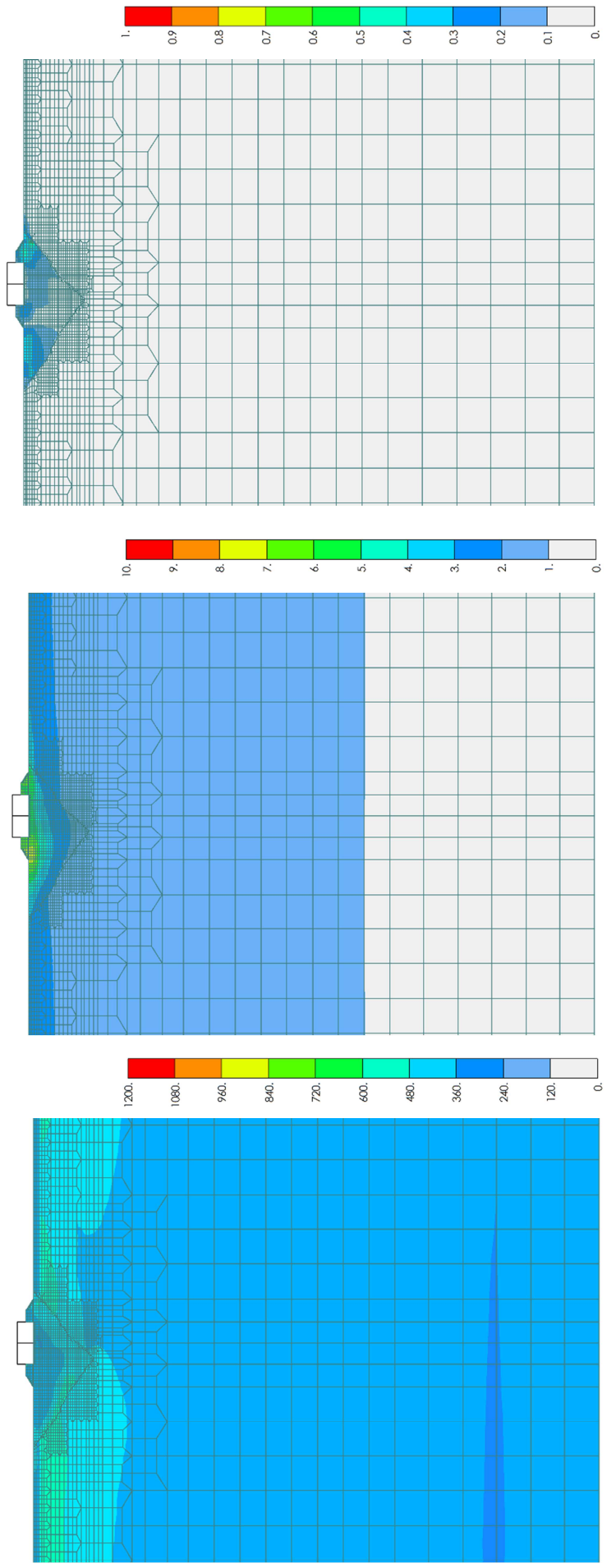


最大加速度分布
 最大値：681.59cm/s²

最大変位分布
 最大値：3.37 cm

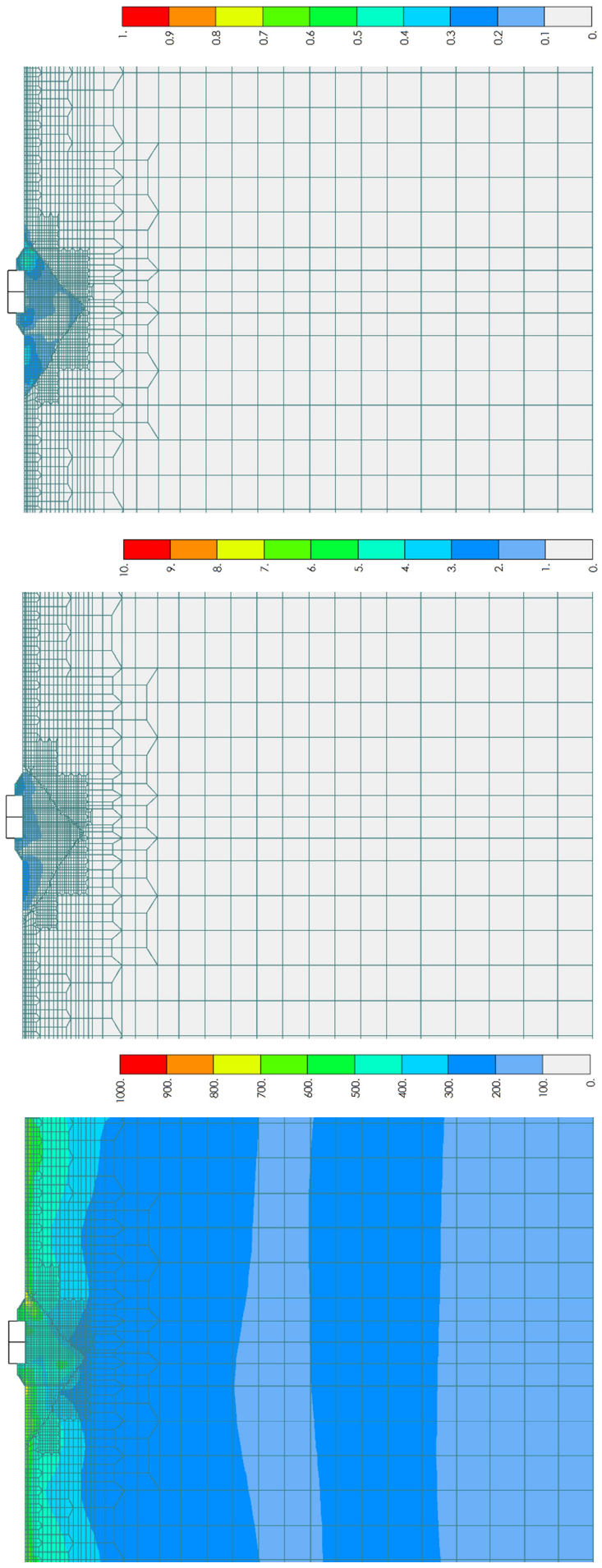
最大ひずみ分布
 最大値：0.99%

図 4(8) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S_s-N₁) 鉛直応答



最大加速度分布 最大変位分布 最大ひずみ分布
 最大値：1072.24cm/s² 最大値：8.12 cm 最大値：0.91%

図 4 (9) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S_s - N₂(N S)) 水平応答

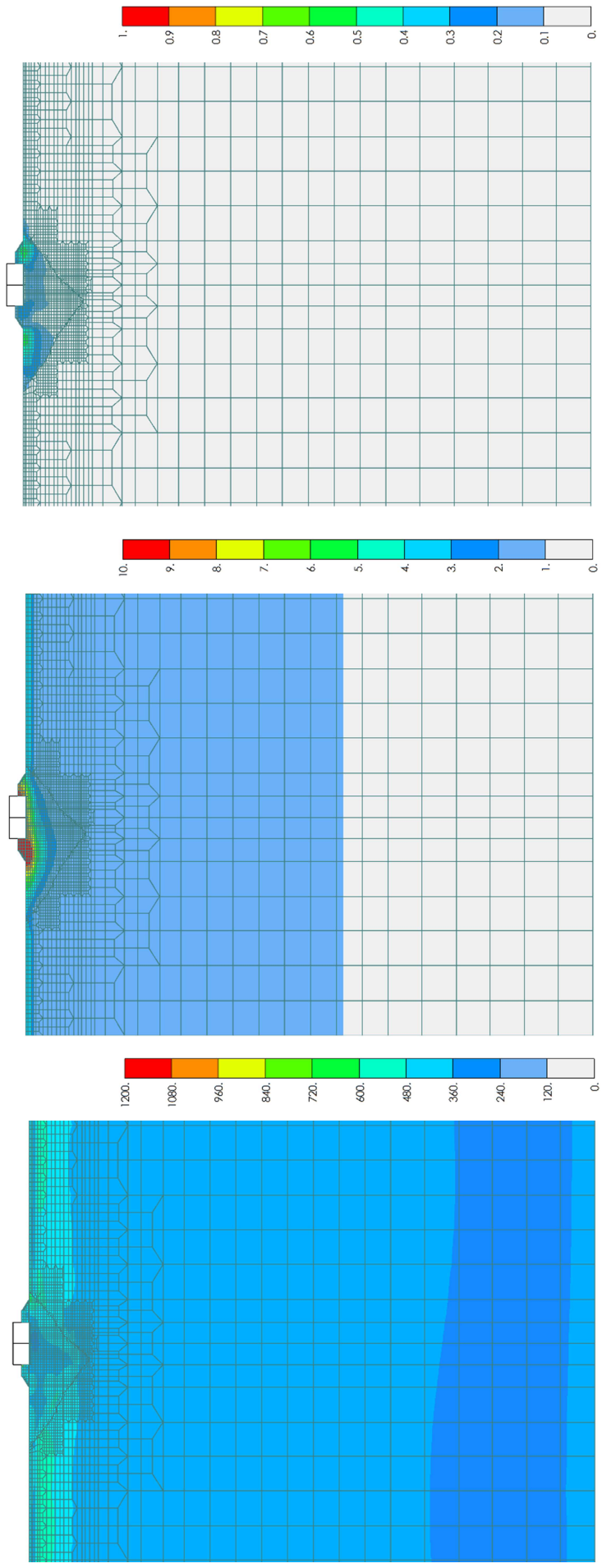


最大加速度分布
 最大値：805.03cm/s²

最大変位分布
 最大値：3.09 cm

最大ひびきみ分布
 最大値：0.76%

図 4(10) 第2保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - N₂(N S)) 鉛直応答

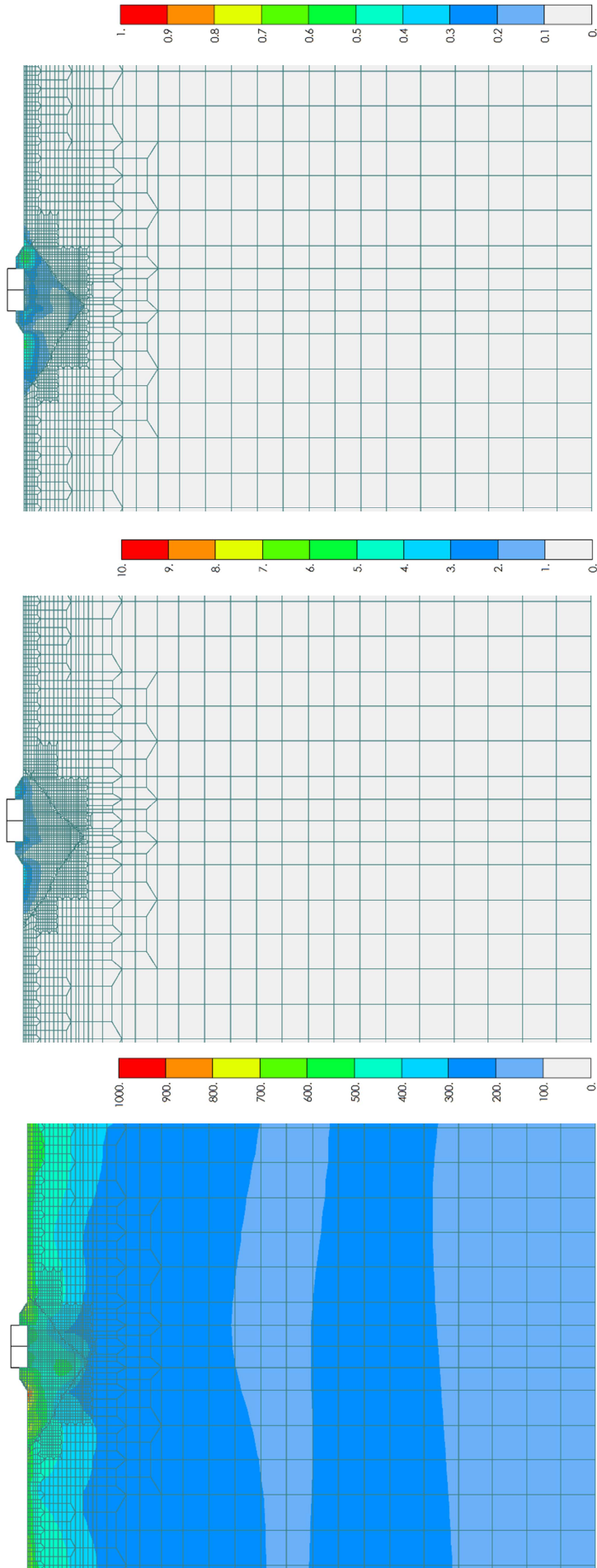


最大加速度分布
 最大値：1738.03cm/s².

最大変位分布
 最大値：12.51 cm

最大ひずみ分布
 最大値：0.65%

図 4(11) 第2保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S_s - N₂(EW)) 水平応答



最大加速度分布

最大値：912.60cm/s²

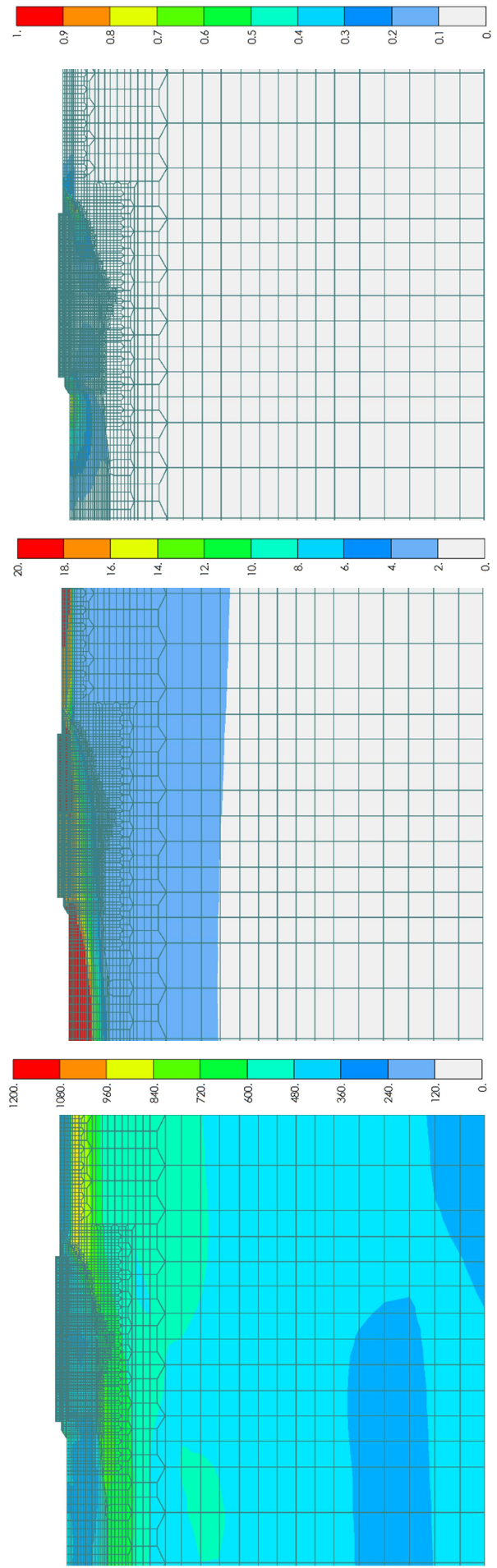
最大変位分布

最大値：3.89 cm

最大ひびきみ分布

最大値：0.58%

図 4 (12) 第 2 保管エリア (短辺方向断面) における最大応答 (S s - N₂(E.W)) 鉛直応答

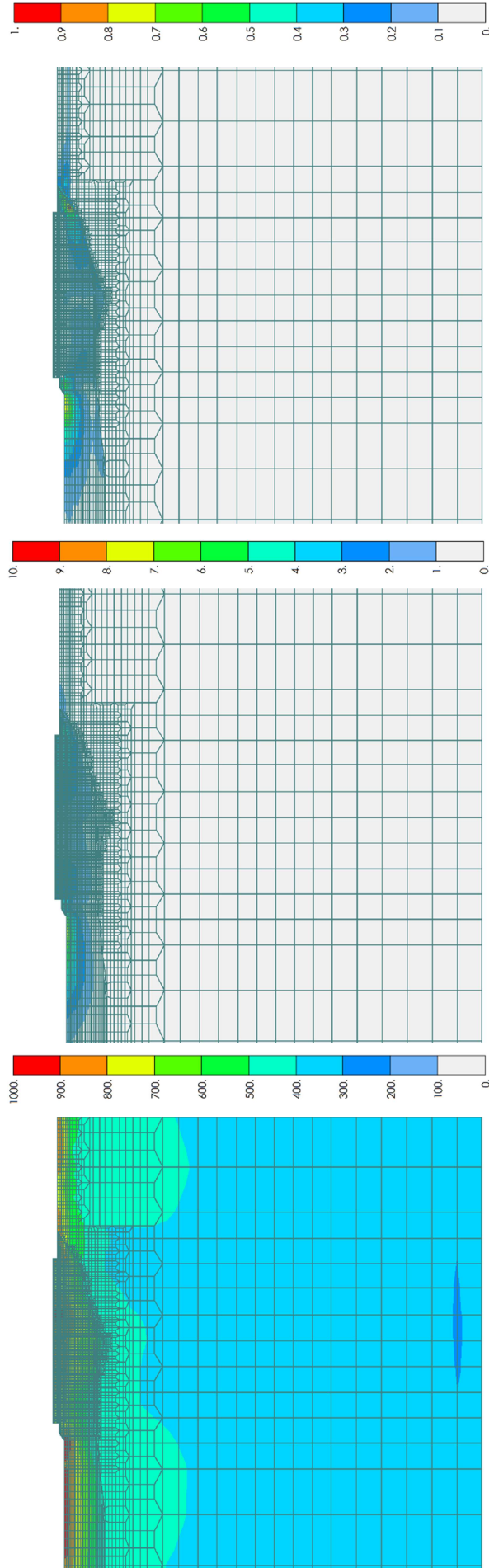


最大加速度分布
 最大値：2241.93cm/s²

最大変位分布
 最大値：37.64 cm

最大ひずみ分布
 最大値：1.49%

図 4 (13) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S_{s-D}) 水平応答



最大加速度分布

最大値：1107.06cm/s²

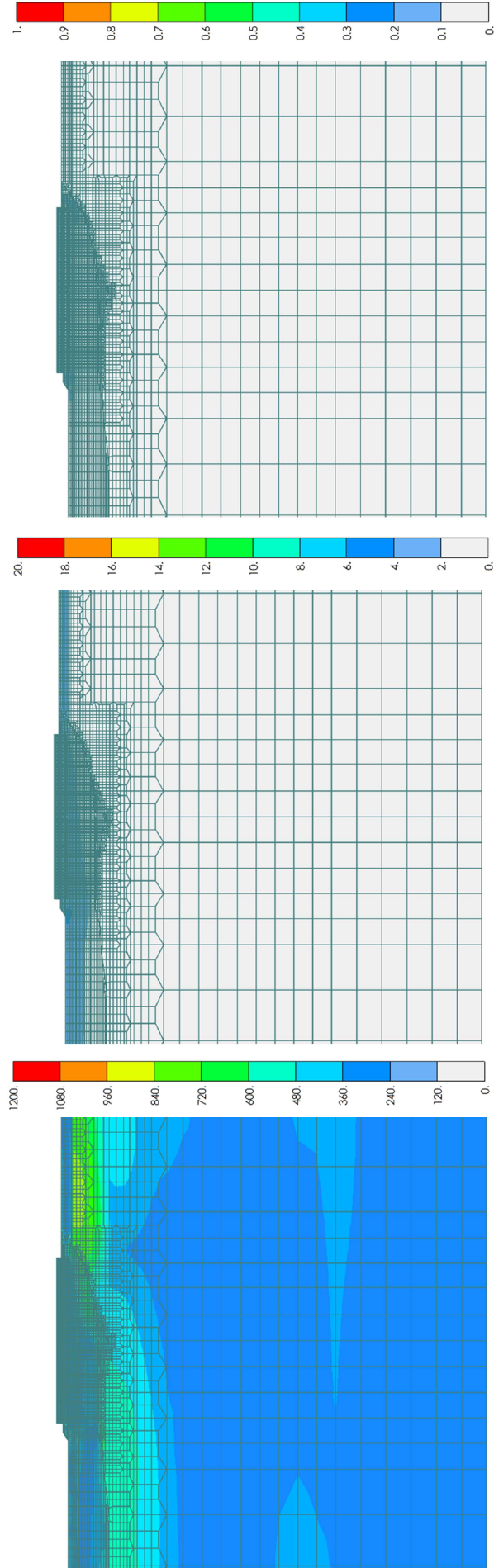
最大変位分布

最大値：7.96 cm

最大ひずみ分布

最大値：1.18%

図4(14) 第2保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - D) 鉛直応答

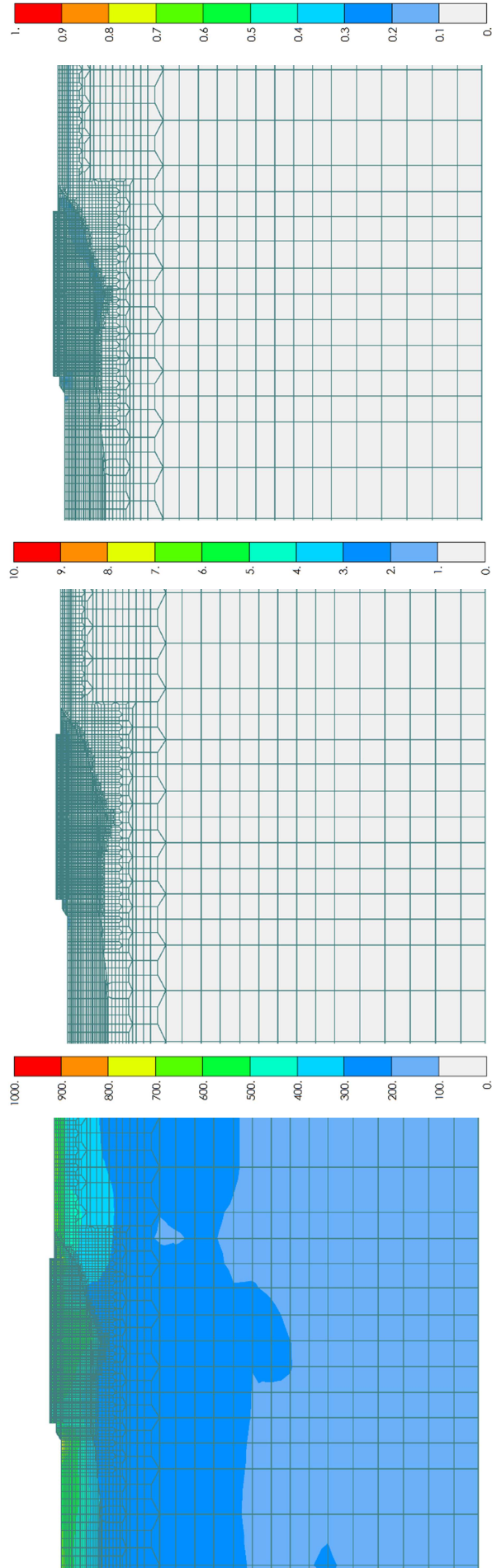


最大加速度分布
 最大値：849.38cm/s²

最大変位分布
 最大値：4.23 cm

最大ひずみ分布
 最大値：0.36%

図 4(15) 第2保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S_s-F₁) 水平応答



最大加速度分布

最大値：1019.30cm/s²

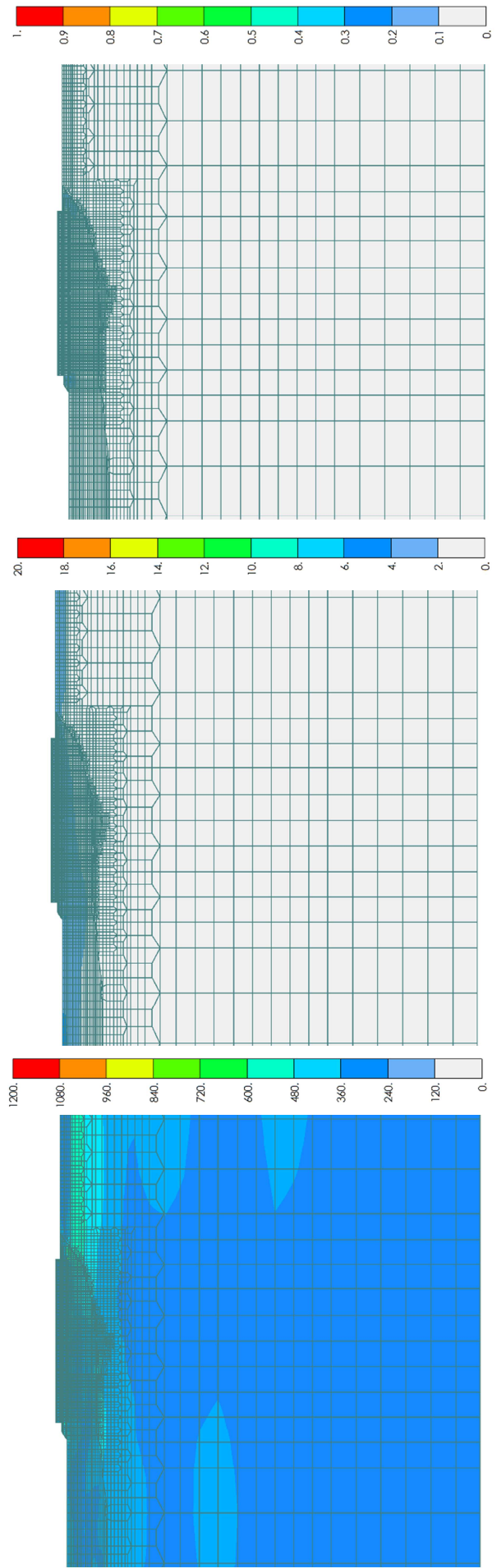
最大変位分布

最大値：1.40 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.29%

図 4 (16) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - F₁) 鉛直応答



最大加速度分布

最大値：2502.34cm/s²

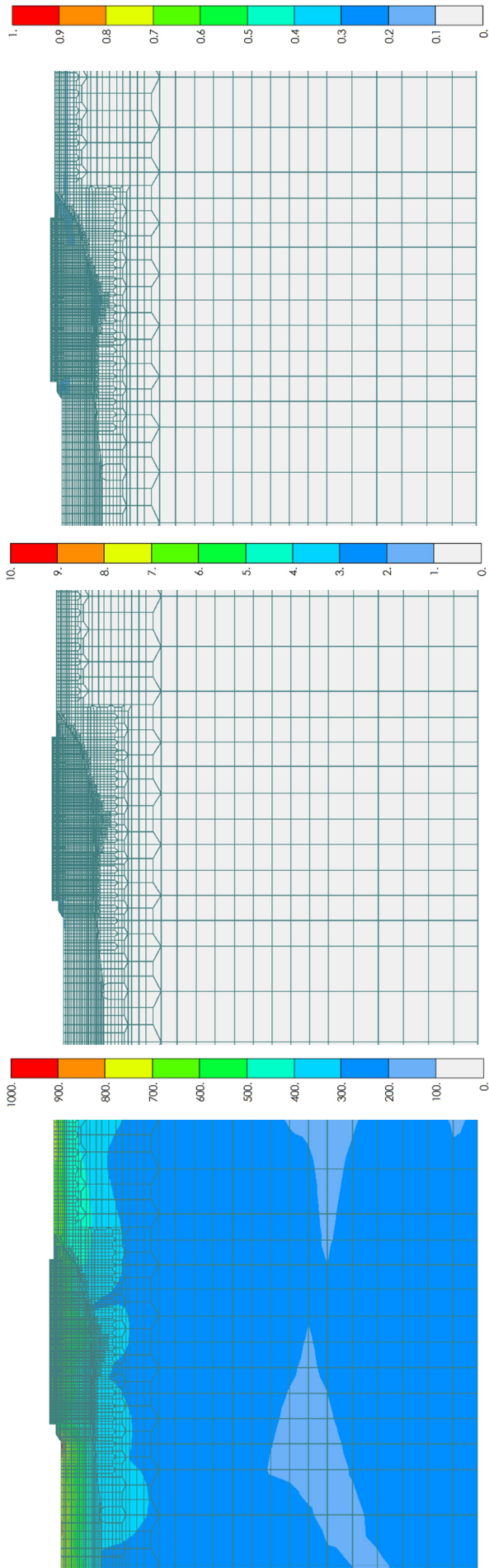
最大変位分布

最大値：4.28 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.29%

図 4(17) 第2保管エリア（長辺方向断面）における最大応答（S s - F₂） 水平芯答

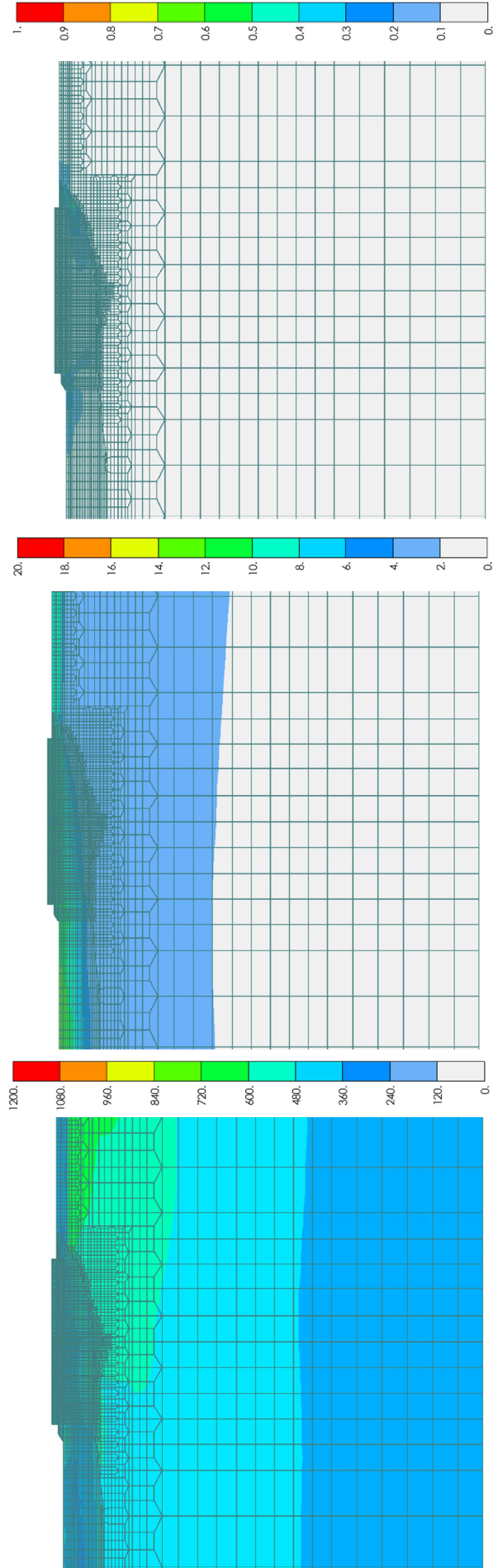


最大加速度分布
 最大値：1191.65cm/s²

最大変位分布
 最大値：1.73 cm

最大ひずみ分布
 最大値：0.25%

図 4(18) 第2保管エリア（長辺方向断面）における最大応答（S s - F₂）鉛直応答



最大加速度分布

最大値：836.15cm/s²

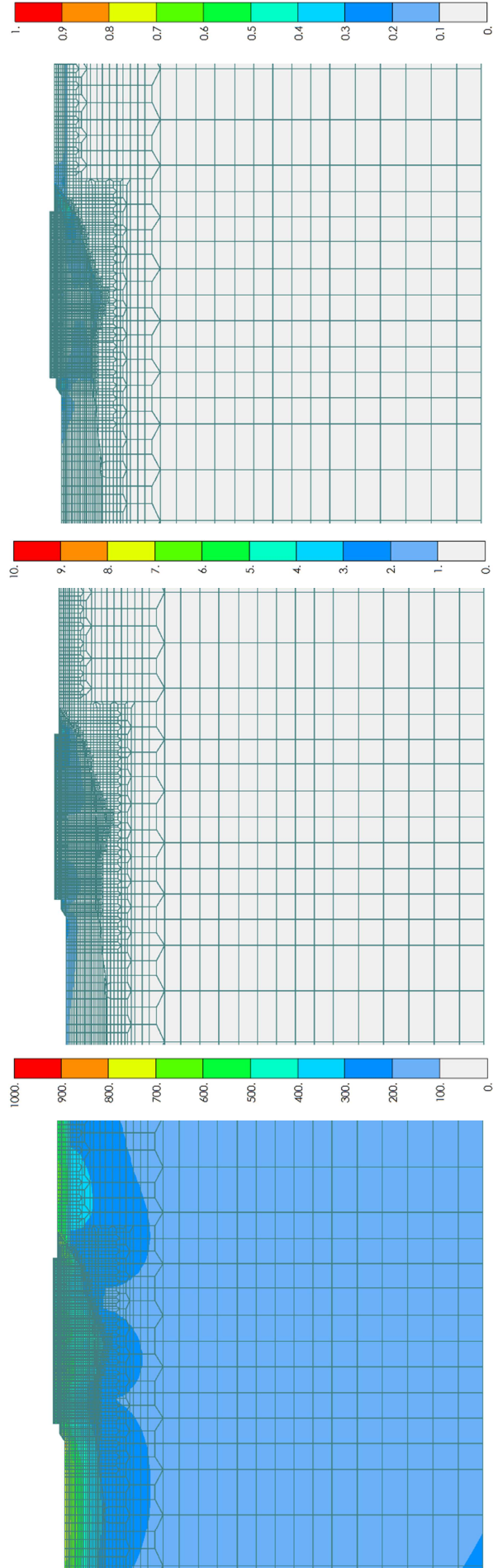
最大変位分布

最大値：16.70 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.96%

図 4 (19) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - N₁) 水平応答



最大加速度分布

最大値：1056.56cm/s²

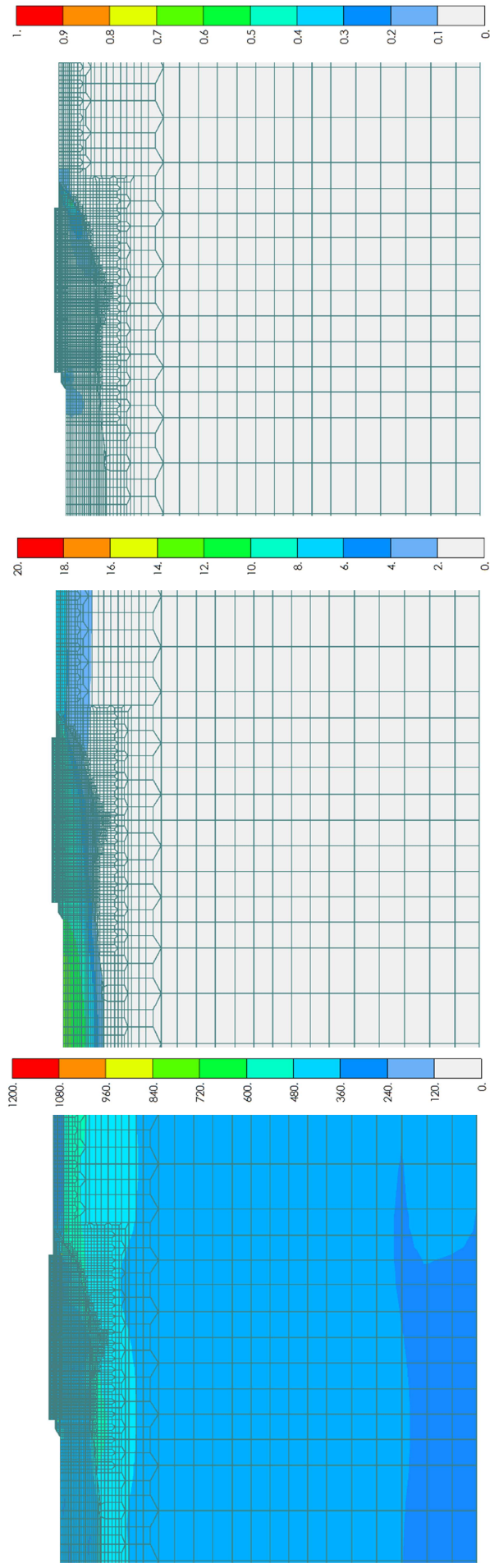
最大変位分布

最大値：4.88 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.73%

図 4(20) 第2保管エリア（長辺方向断面）における最大応答（ S_{ss-N_1} ）鉛直応答



最大加速度分布

最大値：1500.98cm/s²

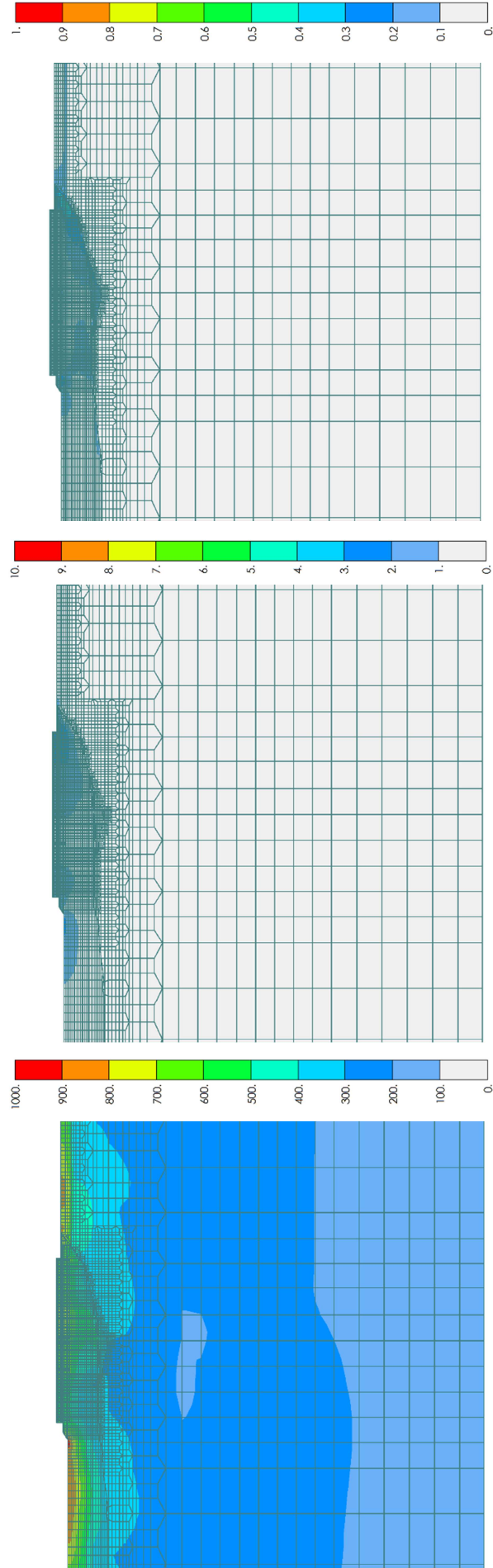
最大変位分布

最大値：12.60 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.82%

図 4 (21) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - N₂(N S)) 水平応答



最大加速度分布

最大値：1524.43cm/s²

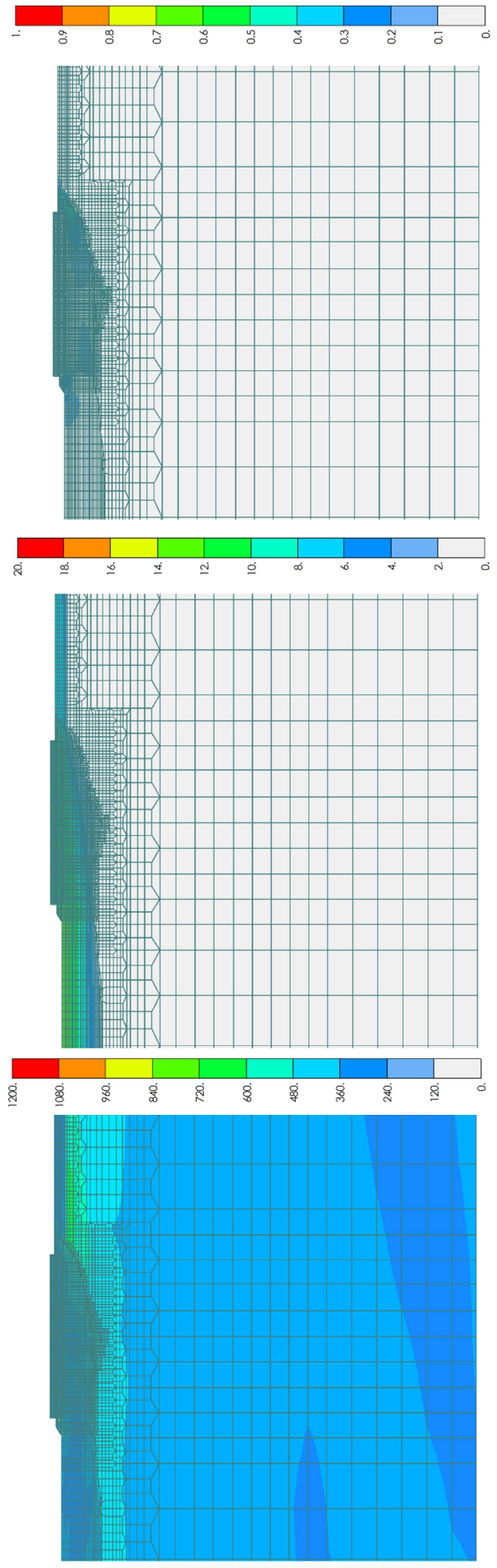
最大変位分布

最大値：4.63 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.63%

図 4 (22) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - N₂(N S)) 鉛直応答



最大加速度分布

最大値：1296.57cm/s²

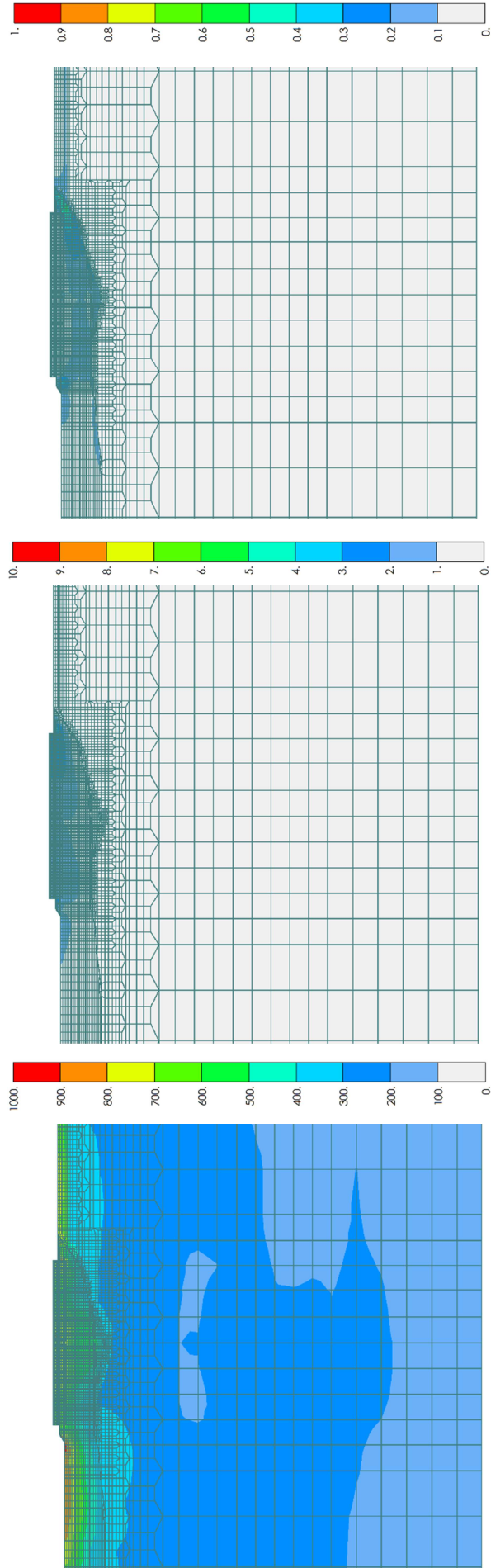
最大変位分布

最大値：14.28 cm

最大ひびきみ分布

最大値：0.87%

図 4 (23) 第2保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S s - N₂(EW)) 水平応答



最大加速度分布

最大値：969.25cm/s²

最大変位分布

最大値：3.95 cm

最大ひずみ分布

最大値：0.72%

図 4 (24) 第 2 保管エリア (長辺方向断面) における最大応答 (S_s - N₂(E-W)) 鉛直応答

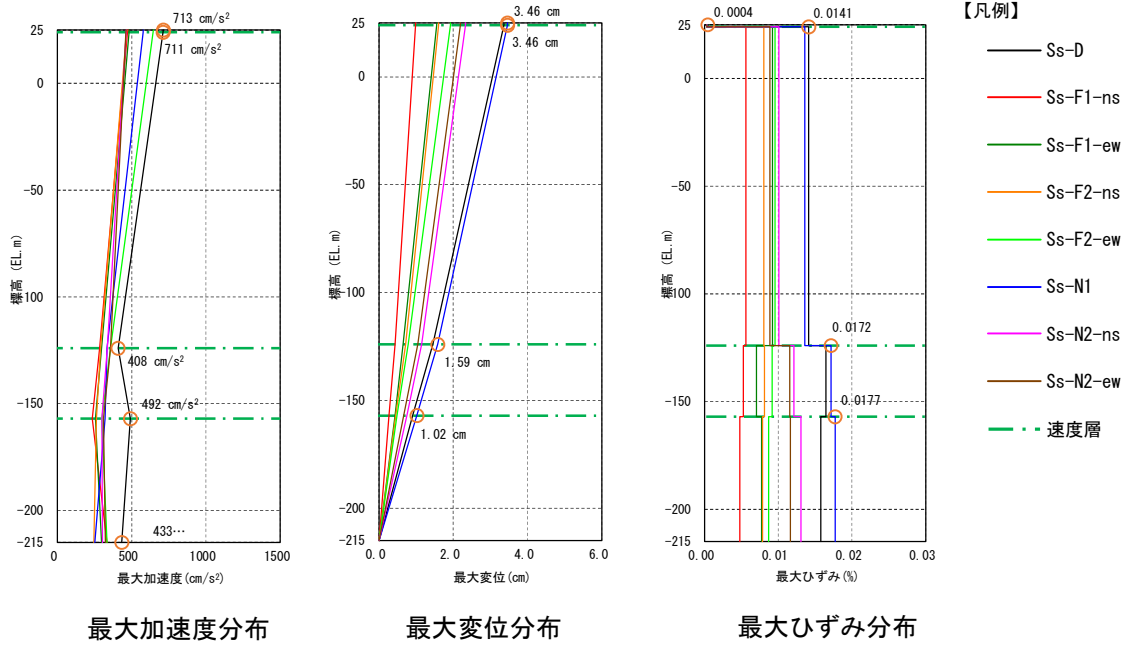


図 5(1) 第 3 保管エリア西側 (水平方向)

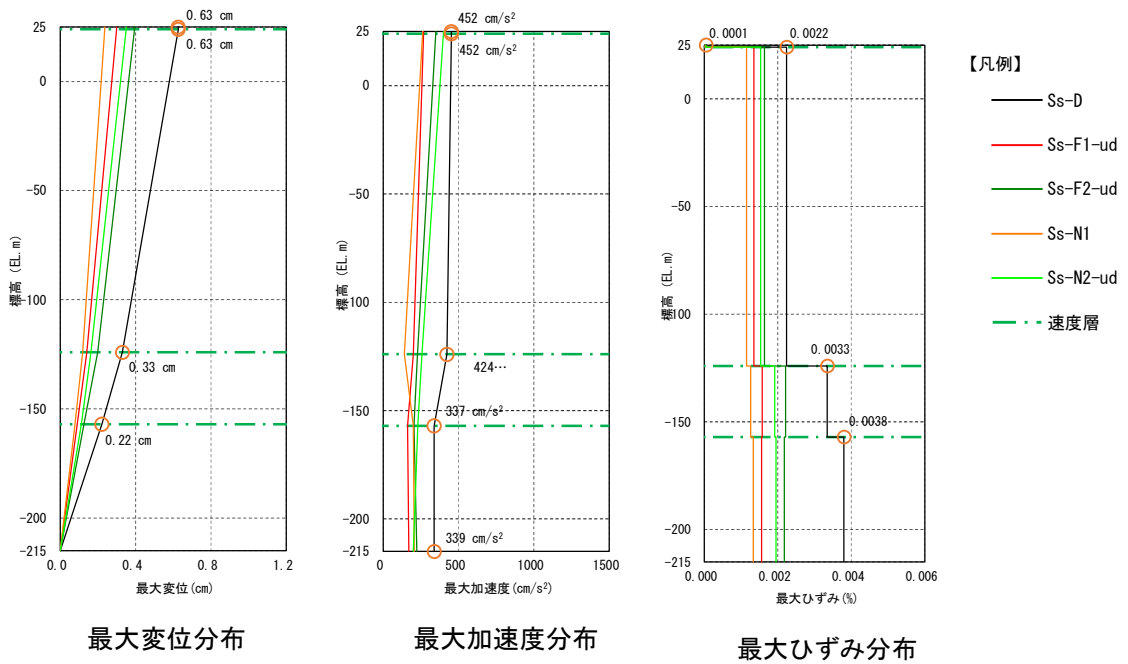


図 5(2) 第 3 保管エリア西側 (鉛直方向)

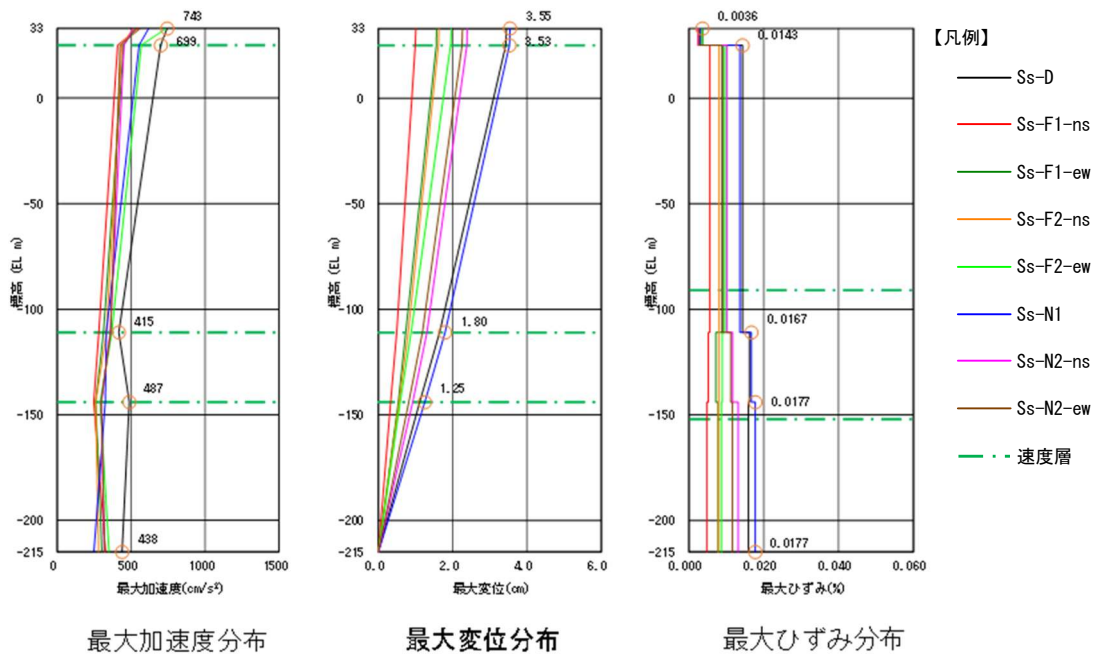


図 6(1) 第 3 保管エリア東側 (水平方向)

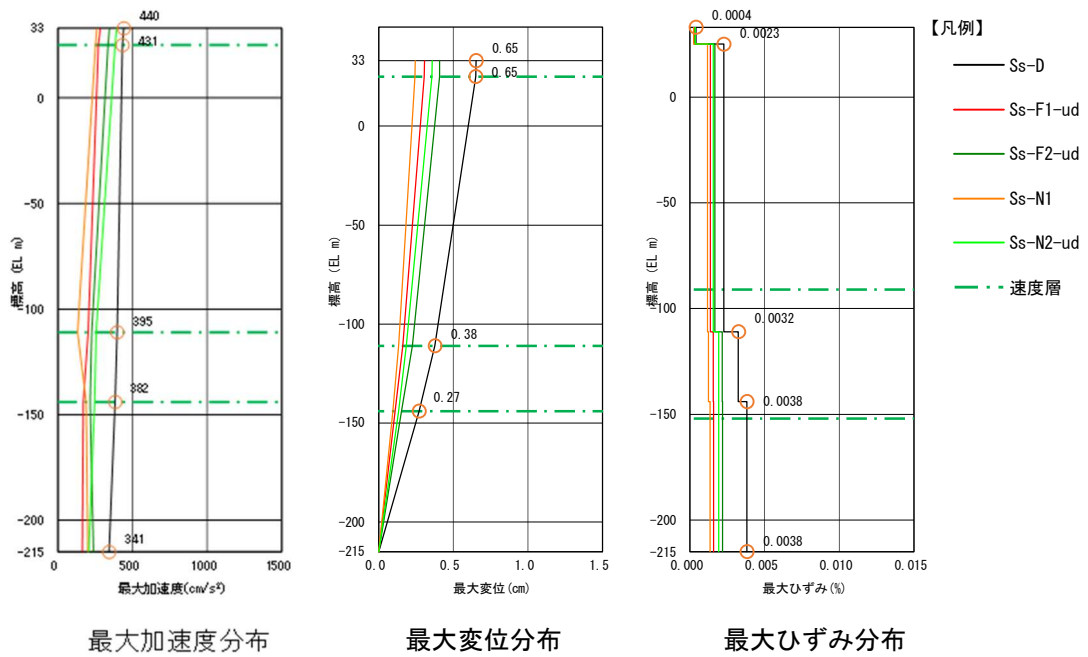


図 6(2) 第 3 保管エリア東側 (鉛直方向)

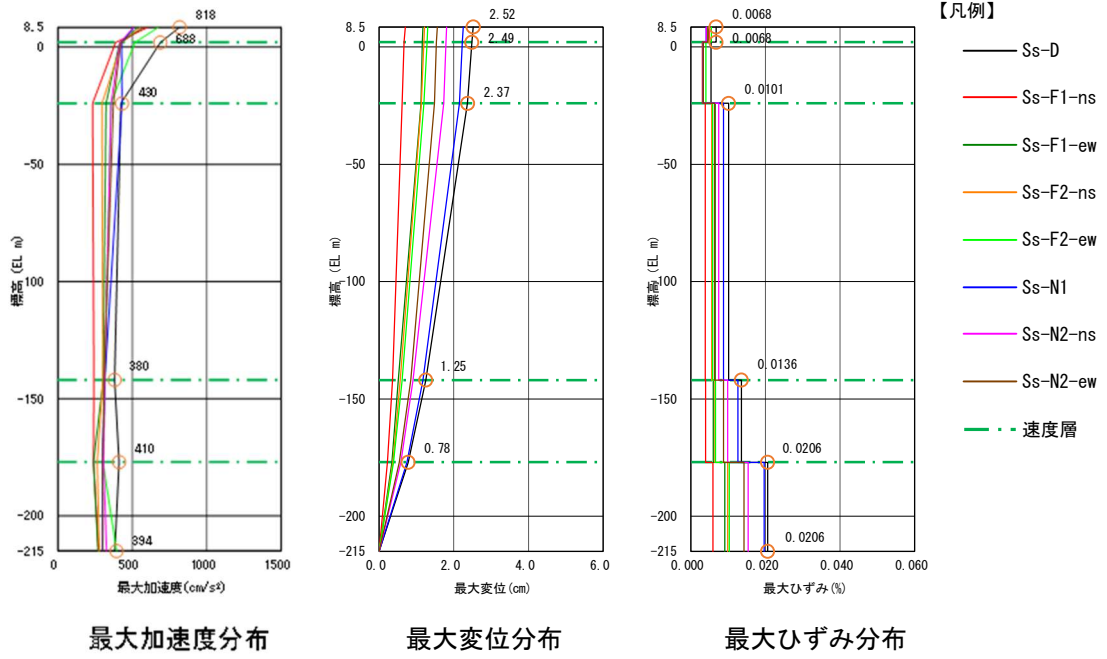


図 7(1) 第 4 保管エリア北側 (水平方向)

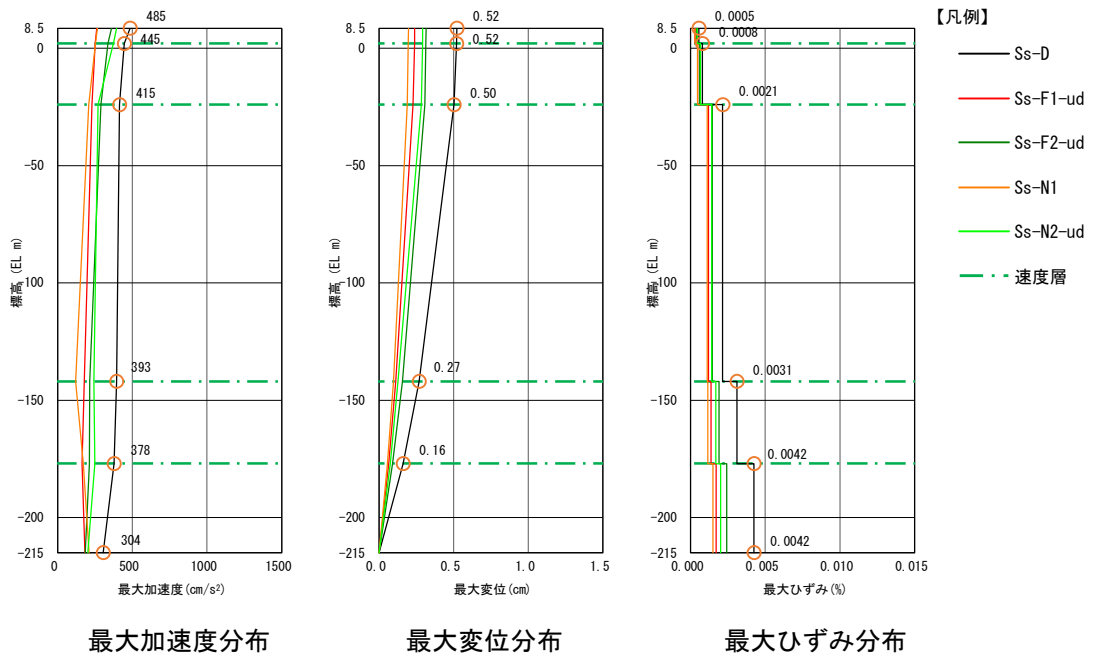


図 7(2) 第 4 保管エリア北側 (鉛直方向)

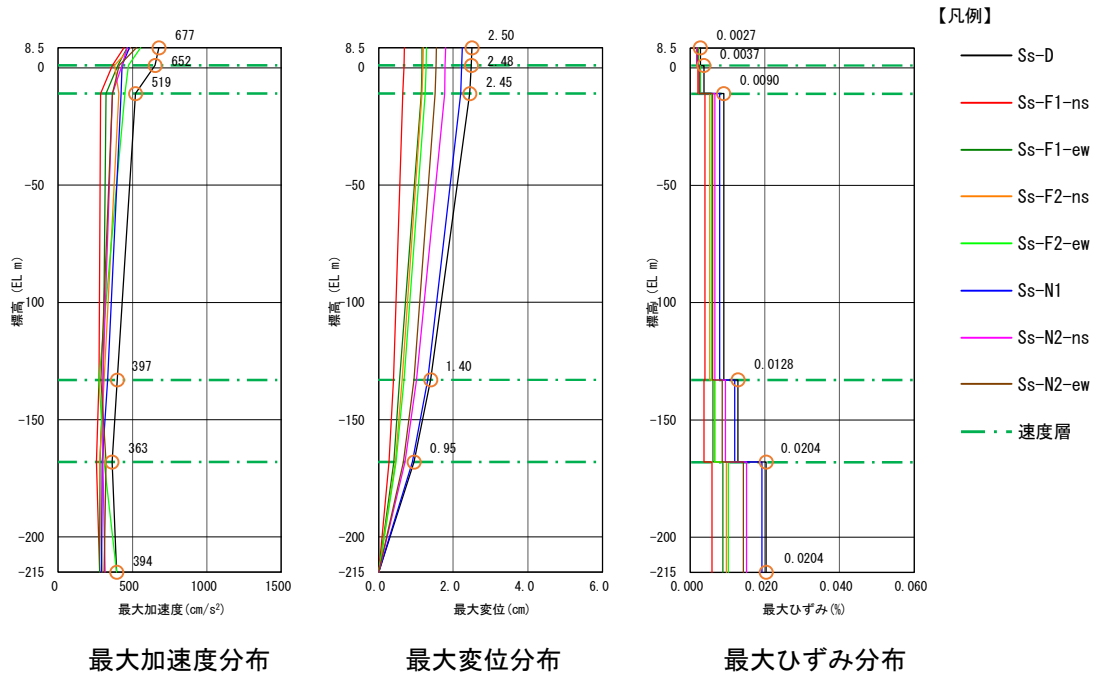


図 8(1) 第 4 保管エリア南側 (水平方向)

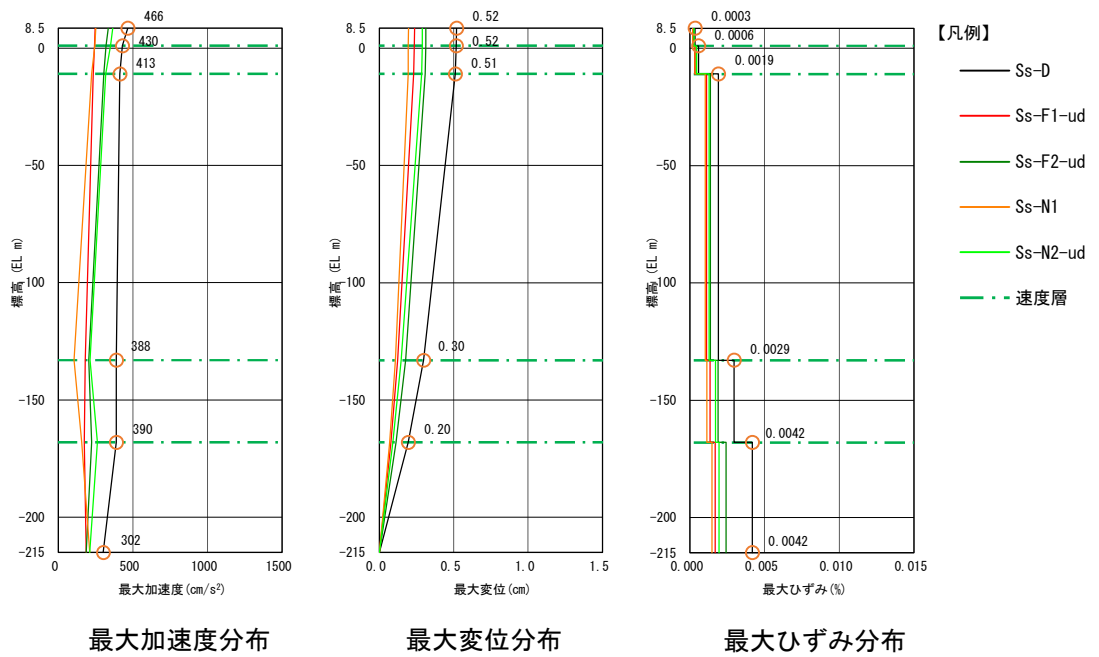


図 8(2) 第 4 保管エリア南側 (鉛直方向)

計算機プログラム（解析コード）の概要・mk_FRS

1. はじめに

本資料は、補足-027-09「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」において使用した計算機プログラム（解析コード）mk_FRSについて説明するものである。

解析コードの概要を以降に記載する。

2. 解析コードの概要

2.1 mk_FRS Ver. 8.4

コード名 項目	mk_FRS
使用目的	床応答スペクトルの作成
開発機関	中電技術コンサルタント株式会社
開発時期	2022年
使用したバージョン	Ver. 8.4
コードの概要	<p>本解析コードは、耐震設計に使用する床応答スペクトルを作成することを目的としており、加速度応答時刻歴から応答スペクトルを計算する機能、複数の応答スペクトルの包絡値を求める機能及び応答スペクトルの拡張機能を有する。</p>
検証(Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・別解析コードISCEFによる応答スペクトルと本解析コードで作成した応答スペクトルを比較し、一致していることを確認している。 ・包絡機能については、手計算により包絡した床応答スペクトルと、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認している。 ・拡張機能については、手計算により拡張した床応答スペクトルと、本解析コードで作成した算出値を比較し、一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、動作環境を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の工事計画認可申請で使用する機能は応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期ごとに算定し、別解析コードISCEFと本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。 ・応答スペクトルを作成する際、入力とする加速度応答時刻歴の時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。 ・加速度応答時刻歴の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1-1987に従っており、妥当性に問題ない。 ・今回の工事計画認可申請における床応答スペクトル、加速度応答時刻歴に対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

3. 解析手法

3.1 一般事項

本書は、建物・構築物の地震応答解析から算出される加速度応答時刻歴から応答スペクトルを作成する解析コードである mk_FRS (以下「本解析コード」という。)の説明資料である。

本解析コードは、一定の固有周期及び減衰定数を有する 1 質点系の与えられた加速度応答時刻歴に対する最大応答加速度を計算し、応答スペクトルを求める。また、応答スペクトルの周期軸方向の拡幅及び複数の応答スペクトルの包絡値を求めて、床応答スペクトルの作成を行う。

3.2 解析コードの特徴

解析コードの主な特徴を以下に示す。

- ・ 加速度応答時刻歴から固有周期及び減衰定数に応じた応答スペクトルの算出
(最大応答加速度の計算においては、1自由度系(1質点)の運動方程式の解を数値積分法により求める。本解析コードでは、数値積分法としてニガム法を用いる。)
- ・ 周期軸方向の拡幅及び複数の応答スペクトルを包絡した床応答スペクトルの作成

3.3 解析手法

質点の相対変位を x 、固有円振動数を ω 、減衰定数を h 、地動の加速度時刻歴を $\ddot{y}(t)$ としたとき、系の運動方程式は、

$$\ddot{x} + 2 \cdot h \cdot \omega \cdot \dot{x} + \omega^2 \cdot x = -\ddot{y}(t) \quad (3.1)$$

と表される。 t は一定時間間隔 Δt ごとに与えられて、 \ddot{y}_i と \ddot{y}_{i+1} の間を直線によって補間し、 t_i を原点とする区間 $t_i \sim t_{i+1}$ 内の局所的な時間を τ 、 $\Delta \ddot{y} = \ddot{y}_{i+1} - \ddot{y}_i$ とすれば、

$$\ddot{y}(t) = \frac{\Delta \ddot{y}}{\Delta t} \cdot \tau + \ddot{y}_i \quad 0 \leq \tau \leq \Delta t$$

と表される。(3.1)式は区間的に

$$\ddot{x}(\tau) + 2 \cdot h \cdot \omega \cdot \dot{x}(\tau) + \omega^2 \cdot x(\tau) = -\frac{\Delta \ddot{y}}{\Delta t} \cdot \tau - \ddot{y}_i \quad 0 \leq \tau \leq \Delta t$$

となる。

この非同時微分方程式を解いて、区間のはじめ時刻 t_i における初期条件

$$\tau = 0 : x = x_i, \quad \dot{x} = \dot{x}_i$$

を与えれば、区間の終わり $\tau = \Delta t$ (時刻 $t_{i+1} = t_i + \Delta t$)における相対変位応答及び相対速度応答は次のような形で求まる。

$$x_{i+1} = A_{11} \cdot x_i + A_{12} \cdot \dot{x}_i + B_{11} \cdot \ddot{y}_i + B_{12} \cdot \ddot{y}_{i+1} \quad (3.2)$$

$$\dot{x}_{i+1} = A_{21} \cdot x_i + A_{22} \cdot \dot{x}_i + B_{21} \cdot \ddot{y}_i + B_{22} \cdot \ddot{y}_{i+1}$$

ここで、 A, B は $\omega, h, \Delta t$ が定まれば一意に定まる係数である。 x_{i+1}, \dot{x}_{i+1} が定まれば、絶対加速度応答は(3.1)式より

$$(\ddot{x}+\ddot{y})_{i+1} = -(2 \cdot h \cdot \omega \cdot \dot{x}_{i+1} + \omega^2 \cdot x_{i+1}) \quad (3.3)$$

によって求められる。したがって、 $t=0$ における応答の初期値

$$x_1 = 0$$

$$\dot{x}_1 = -\ddot{y}_1 \cdot \Delta t$$

$$(\ddot{x}+\ddot{y})_1 = 2 \cdot h \cdot \omega \cdot \ddot{y}_1 \cdot \Delta t$$

を与えれば、後は(3.2)式と(3.3)式によって応答値が算出される。

3.4 解析フローチャート

本解析コードを用いて行う解析フローチャートを図3.4-1に示す。

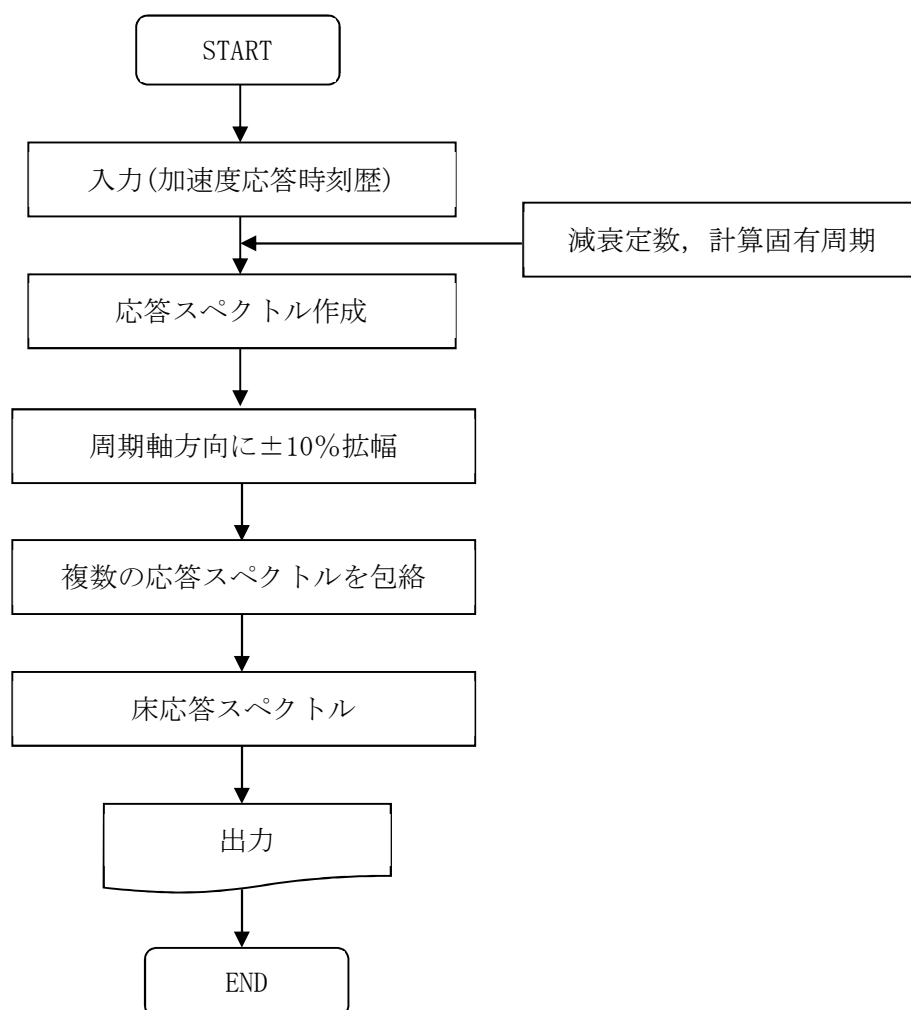


図3.4-1 解析コード「mk_FRS」を用いた解析フローチャート

3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

3.5.1 検証

(1) 応答スペクトル作成機能

別解析コードISCEFによる応答スペクトルと本解析コードで作成した応答スペクトルを比較することで、本解析コードの検証を行った。

検証に用いた加速度応答時刻歴を図3.5-1に示す。また、別解析コードと本解析コードで作成した応答スペクトルを比較したものを図3.5-2に示す。図3.5-2より、本解析コードの結果は、別解析コードの結果と、よく一致していることが分かる。

(2) 包絡機能

本解析コードの包絡機能は、2つの応答スペクトルをプロットした図を確認して選定した手計算値と、本解析コードで作成した算出値の比較により検証した。図3.5-3に本解析コードによる包絡結果を示すように、正しく包絡されていることが分かる。

(3) 拡幅機能

本解析コードの拡幅機能は、2つの応答スペクトルをプロットした図を確認して選定した手計算値と、本解析コードで作成した算出値の比較により検証した。図3.5-4に本解析コードによる拡幅結果を示すように、正しく拡幅されていることが分かる。

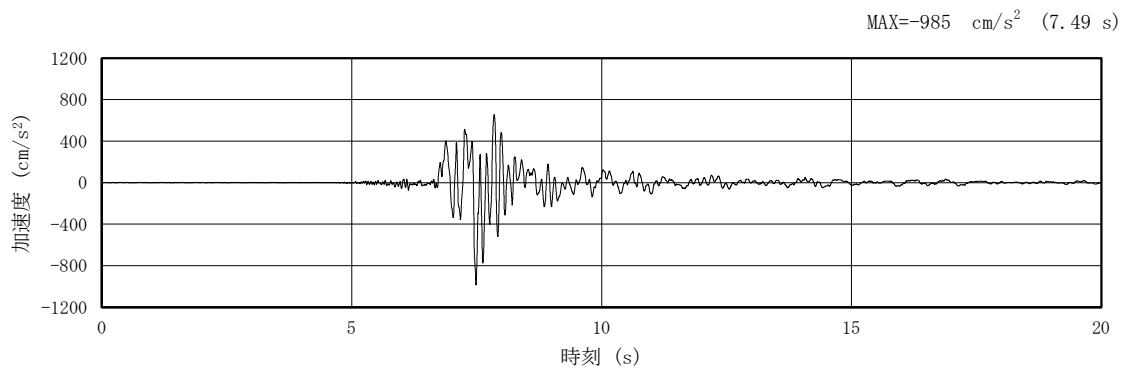


図3.5-1 検証に用いた加速度応答時刻歴の波形

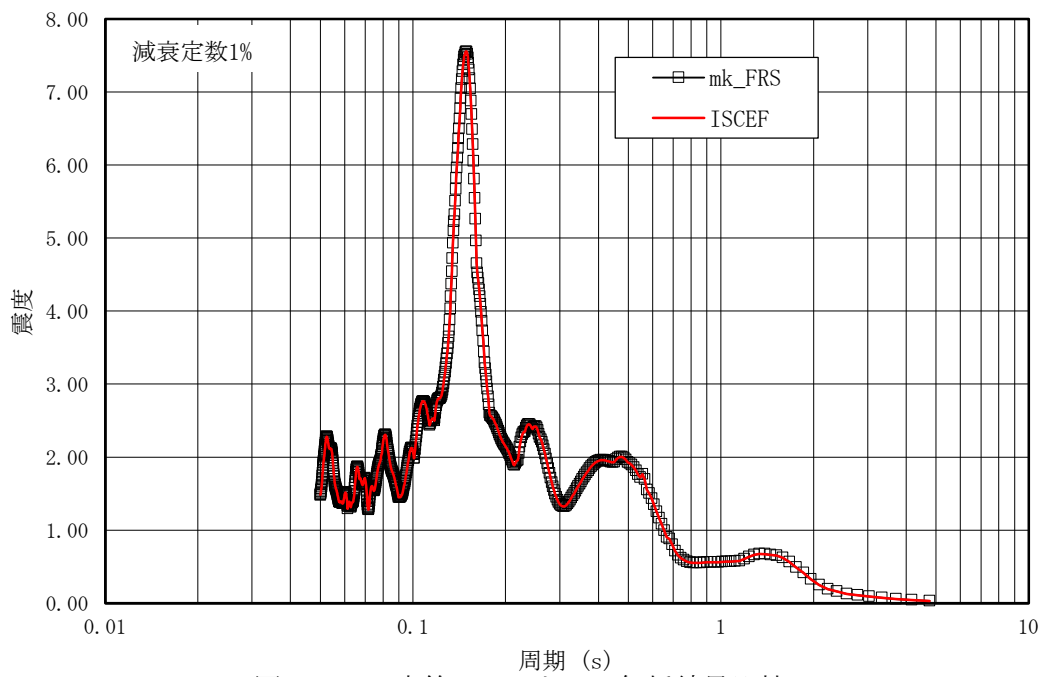


図3.5-2 応答スペクトルの解析結果比較

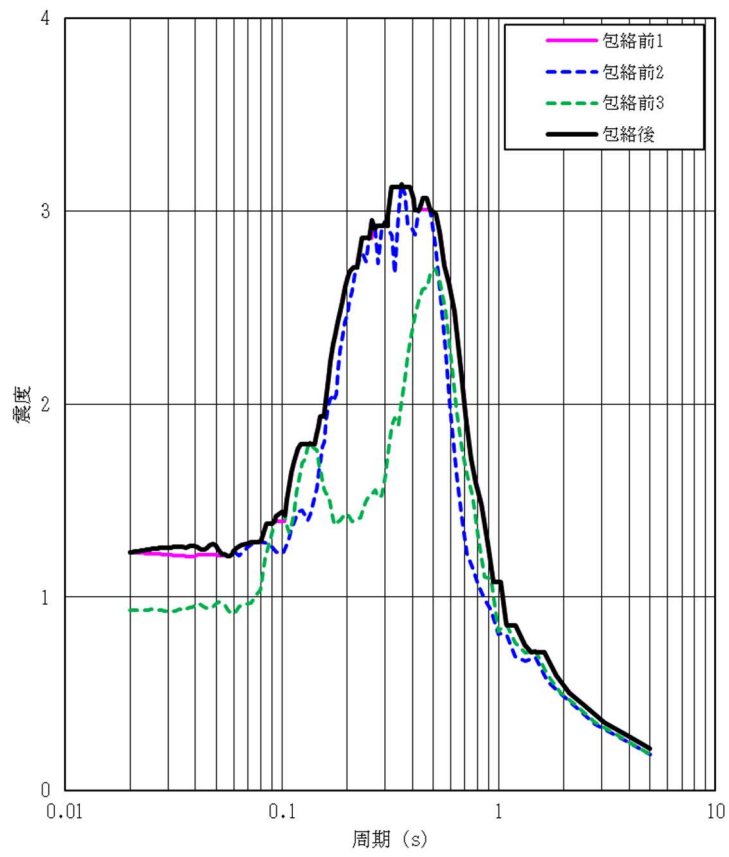


图3.5-3 包絡結果

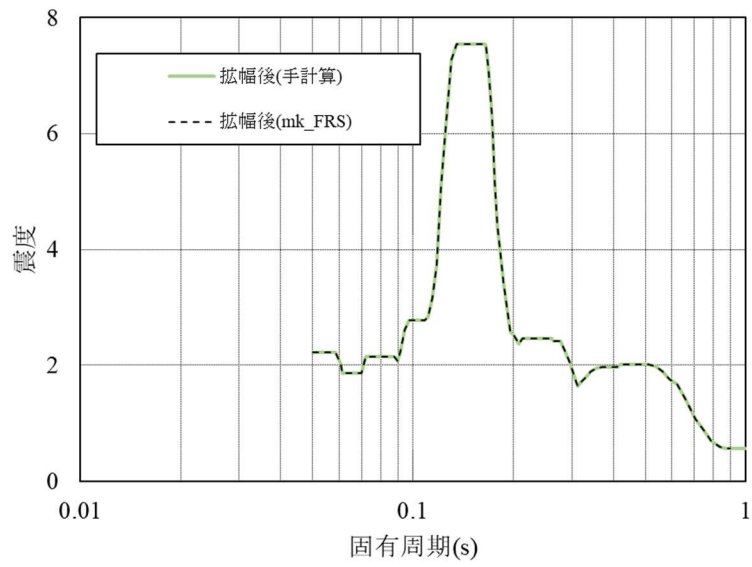


图3.5-4 放幅結果

3.5.2 妥当性確認

本解析コードの妥当性確認内容は、以下のとおりである。

- 今回の工事計画認可申請で使用する機能は、応答スペクトルの作成機能であるため、同一の入力条件に対する1自由度系の最大応答加速度を固有周期ごとに算定し、別解析コードであるISCEFと本解析コードの結果を比較することで、妥当性を確認している。
- 応答スペクトルを作成する際、入力とする加速度応答時刻歴の時間刻み幅、データの形式は、上述の妥当性を確認している範囲内での使用であることを確認している。
- 加速度応答時刻歴の時間刻み、固有周期計算間隔はJ E A G 4 6 0 1 -1987に従っており、妥当性に問題ない。
- 今回の工事計画認可申請における床応答スペクトル、加速度応答時刻歴に対し、使用用途及び方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

3.5.3 評価結果

3.5.1及び3.5.2より、本解析コードを使用目的に示す床応答スペクトルの作成に用いることは妥当である。