

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-15 改1
提出年月日	平成29年6月13日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

(補足説明資料)

平成29年6月
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第4条：地震による損傷の防止

目 次

- 1-1 既工認との手法の相違点の整理について（設置変更許可申請段階での整理）
- 1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- (1-3 応力解析における弾塑性解析の適用)
- 1-4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 1-5 機器・配管系における手法の変更点について
- 1-6 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 1-7 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について
- 1-8 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について
- 1-9 地震により発生する応力を考慮した燃料被覆管の応力評価について

- 2-1 ダイヤフラムフロアの耐震クラスについて
- 2-2 第4条（地震による損傷の防止）における説明方針

下線部：今回提出範囲

1-1 既工認との手法の相違点の整理について(設置変更許可申請段階での整理)

1. はじめに

本資料は、設置変更許可審査段階におけるプラントの耐震成立性確認を目的として、今後提出する東海第二発電所の補正工認（以下「今回工認」という。）で採用する予定の評価手法のうち、当該発電所の既工認（以下「既工認」という。）の評価手法と相違があり、他社のプラントの既工認（以下「他プラント既工認」という。）で採用実績のないものを網羅的に整理する方針について示すものである。

2. 整理方針

(1) 整理対象

プラントの耐震成立性を確認するための重要な耐震Sクラス設備、耐震Sクラス設備に波及的影響を及ぼす恐れのある設備及び耐震Sクラス設備を支持する施設を対象とする。

(2) 整理方針

既工認の手法と今回工認の手法の差異を整理するとともに、他プラント既工認での採用実績の有無を整理する。これらから、既工認又は他プラント既工認での採用実績がないものを抽出する。

さらに、東海第二発電所は、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987 等の規格基準制定前に建設されたプラントであることを踏まえ、既工認の手法と今回工認の手法に相違が無くても、規格基準に沿った手法で耐震評価がされているかを確認する。なお抽出された設備において、他プラント既工認での適用実績がない場合は、適用例のない手法として整理する。

(3) 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フローについて、第1図に示すとともに、整理フローの検討内容を下記に示す。

① 既工認と今回工認との比較のための整理

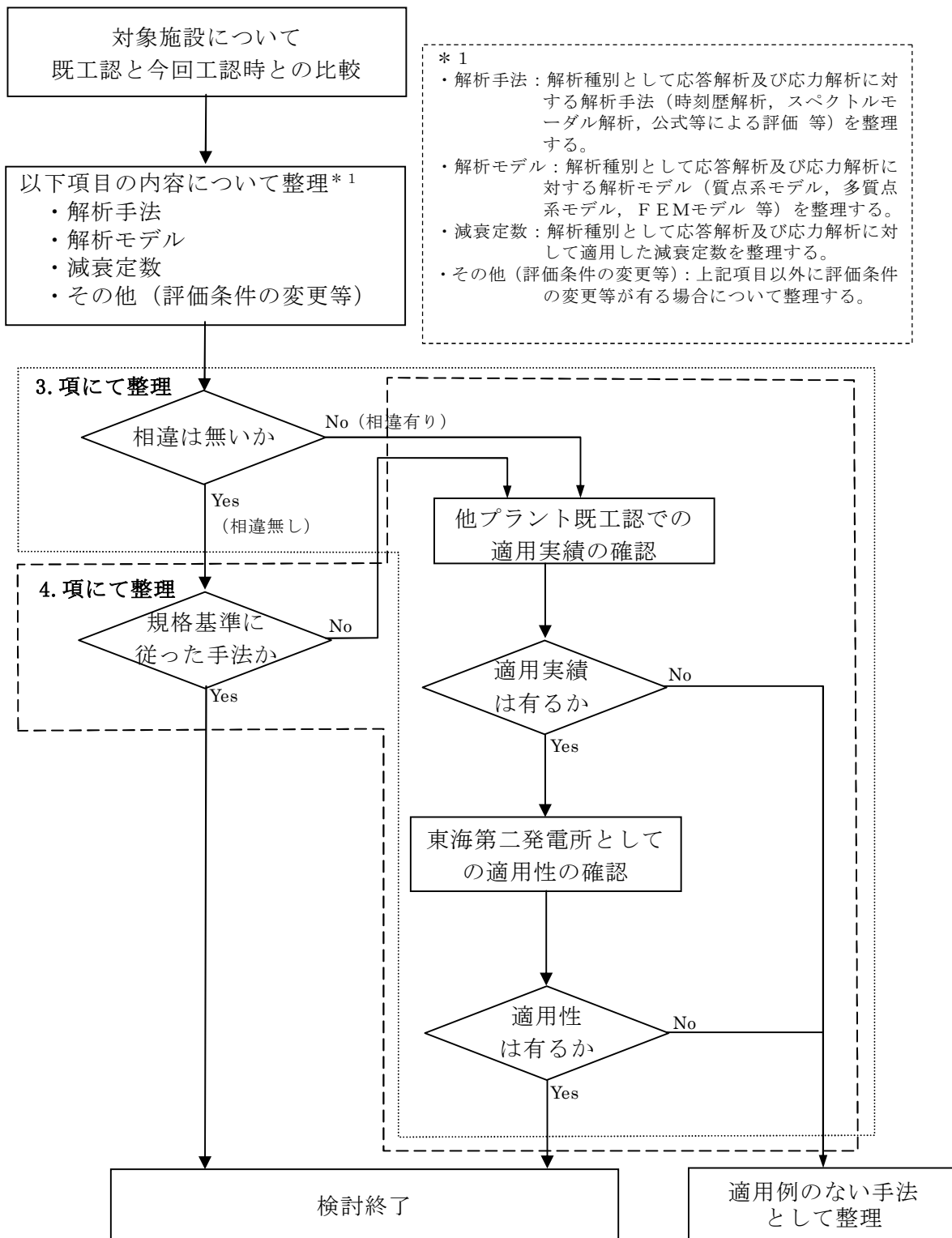
整理対象として抽出した設備について、既工認と今回工認時との比較を行うために、解析手法、解析モデル、減衰定数及びその他（評価条件の変更等）に対して、既工認の手法及び今回工認の手法について設備ごとに内容を整理する。

② 既工認と今回工認との整理結果から適用例の無い手法の抽出

整理内容について、既工認の手法と今回工認の手法とに相違が有れば、他プラントの既工認での適用実績の確認を行う。適用実績が無い場合は、適用例の無い手法として整理する。他プラントの既工認での適用実績がある場合においても東海第二発電所として適用性を確認し、適用性が無い場合には適用例の無い手法として整理する。

③ 規格基準に沿った手法であることの確認

既工認の手法と今回工認の手法とに相違が無いことが確認された場合においても、今回工認の手法が規格基準に沿った手法であることを確認する。規格基準に沿った手法でない場合においては、②の手順に従って適用例の無い手法として整理するかを判断する。



第 1 図 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

3. 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理結果

第1図の相違点の整理フローに基づき、既工認の手法と今回工認の手法の比較を行うために、解析手法、解析モデル、減衰定数及びその他（評価条件の変更等）の相違点について、設備ごとに整理した。整理した結果として建物・構築物を別表1に、屋外重要土木構造物を別表2に、機器・配管系を別表3に示す。

既工認の手法と今回工認の手法に相違が有ったものについては、建物・構築物、屋外重要土木構造物、機器・配管系ごとにその適用性等を以下**補足説明資料**にて示す。

【建物・構築物】

1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

1-3 応力解析における弾塑性解析の適用

【屋外重要土木構造物】

1-4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について

【機器・配管系】

1-5 機器・配管系における手法の変更点について

上記の結果、建物・構築物及び屋外重要土木構造物については、既工認の手法と今回工認の手法との比較において全ての施設に対して相違有り（既工認と異なる手法）と整理された。

一方で機器・配管系の一部施設については、既工認の手法と今回工認の手法との比較において相違無し（既工認と同じ手法）と整理されたため、当該施設に対して4.項にて規格基準に沿った手法かの確認を行う。

4. 今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いる施設に対する規格基準に沿った手法かの確認

機器・配管系において、今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いると整理された施設に対して、規格基準に沿った手法であることの確認を第 4-1 表に記載するとともに、以下のとおり整理した。

(1) 原子炉圧力容器スタビライザ

評価に用いる手法は、大型機器系連成解析モデルを用いた地震応答解析結果から得られる原子炉圧力容器スタビライザの各部材に発生する荷重に対して、荷重が受け持つ部材の断面積から応力を算出する一般的な材料力学の計算式であり、許認可実績を有する手法である。

(2) 建設工認以降に設置又は取り替えた設備

建設以降に設置又は取り替えた設備として、使用済燃料貯蔵ラック、使用済燃料乾式貯蔵容器及び放射線モニタについては、設置又は取替時の工事計画認可申請において、JEAG4601-1987 等に基づく耐震計算を実施しており、今回工認でも同様の評価を実施する計画である。

(3) ポンプ、タンク類の一般機器

ポンプ、タンク類の一般機器については、既工認では JEAG4601-1987 等に則っていない計算式にて応力算出を実施していたが、今回工認においては、各構造タイプに応じて JEAG4601-1987 等に基づく規格基準に従った手法で評価を実施する。

以上のとおり、機器・配管系における評価対象設備において規格基準に沿った手法の適用等の採用により、適用例のない手法と整理されるものが無いことが確認できた。

5. まとめ

設置変更許可審査段階における既工認との手法の相違点の検討として、東海第二発電所の今回工認で採用する予定の評価手法において、他プラント既工認で採用実績を有する手法を採用すること、また現行の規格基準に沿った手法を採用することを確認した。

第4-1表 機器・配管系における今回工認に用いる手法の適用性の整理

4. 項 の項目	規格基準に沿った手法 であるのか等の確認	対象設備
(1)	荷重が受け持つ部材の断面積から応力を算出する一般的な材料力学の計算式であり，許認可実績を有する手法で評価を実施する。	原子炉圧力容器スタビライザ
(2)	既工認の手法が，設置又は取替により JEAG4601-1987 等に従った手法で実施しているため，今回工認においても同様の手法で評価を実施する。	使用済燃料貯蔵ラック 使用済燃料乾式貯蔵容器 放射線モニタ
(3)	既工認は，独自の規格計算式により評価を実施しているが，今回工認においては JEAG4601-1987 のその他機器（ポンプ，ブローア類）の評価法に基づき評価を実施する。	原子炉隔離時冷却系ポンプ 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン 残留熱除去系海水ストレーナ 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ ほう酸水注入系ポンプ 放射線モニタ 中央制御室換気系送風機 中央制御室非常用排風機 中央制御室換気系フィルタユニット 非常用ガス再循環系排風機非常用ガス再循環系フィルタトレイン 非常用ガス処理系排風機 非常用ガス処理系フィルタトレイン 再結合装置 ディーゼル機関 発電機 その他電源装置 (交流電源装置，蓄電池)
	既工認は，独自の規格計算式により評価を実施しているが，今回工認においては JEAG4601-1987 の平底たて置円筒形の評価法に基づき評価を実施する。	ほう酸水貯蔵タンク
	既工認は，独自の規格計算式により評価を実施しているが，今回工認においては JEAG4601-1987 の電気計装機器の構造健全性評価法に基づき評価を実施する。	電気盤 (ベンチ盤，直立盤，現場盤)

別表1 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表（建物・構築物）

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既工認と今回工認時との比較												備考 (左欄にて比較した自 プラント既工認)	他プラントを含めた既工認での適用例				既工認と今回工認の手法 に相違					
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)				備考 (※1) ○：共通適用例あり □：個別適用例あり ×：適用例なし	内容	参照した設備名称	減衰定数の実績 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能であること の理由も記載)						
	相違内容			相違内容			相違内容			相違内容													
	工認	解析種別	内容	工認	解析種別	方向	内容	工認	解析種別	方向	内容	工認							内容				
耐震壁	○	既工認	応答解析	時刻歴応答解析	●	既工認	応答解析	水平	【建物モデル】 水平：1軸多質点系モデル 鉛直：応答解析を実施せず 【相互作用】 SRモデル ○水平方向 基礎底面：Timoshenko, Barkan等の式に基づき底 面ばね（水平、回転）を評価	○	既工認	応答解析	水平	コンクリート：5% 基礎底面ばね：5%	●	既工認	・線形解析	建設工認 第1回 添付書類III-1-4「原子 炉建屋の地震応答計算 書」	同じ設備及び高浜 3, 4号機を参照	-	-		
																						今回工認	応答解析
	●	既工認	応力解析	静的応力解析	●	既工認	応力解析	水平	2次元フレームモデル	-	-	-	既工認	-	-	-	-	既工認	-	建設工認 第1回 添付書類III-5「原子炉 建屋の強度計算書」	同じ設備及び川内 1, 2号機を参照	-	-
○	既工認	応力解析	原子炉建屋の地震応答解析結果 を用いた静的応力解析	●	既工認	応力解析	水平	3次元FEMモデル（構造的にほぼ対称であることか ら半分のみをモデル化）	-	-	-	既工認	-	-	○	-	既工認	・線形解析	建設工認 第1回 添付書類III-3-3-14 「原子炉格納容器底部 コンクリートマット強 度計算書」	同じ設備及び高浜 3, 4号機を参照	-	-	
																							今回工認
●	既工認	-	-	●	既工認	-	-	-	-	-	-	既工認	-	-	-	-	既工認	-	記載なし	高浜3, 4号機を参照	-	-	
																							今回工認
耐震壁	○	既工認	応答解析	時刻歴応答解析	●	既工認	応答解析	水平	【建物モデル】 水平：1軸多質点系モデル 鉛直：応答解析を実施せず 【相互作用】 SRモデル ○水平方向 基礎底面：3次元薄層要素法による杭と地盤のイ ンピーダンス（水平、回転）を近似法により評価	○	既工認	応答解析	水平	コンクリート：5% 基礎底面ばね：3次元薄層 要素法により杭と地盤の インピーダンスを求め、 JAG4601-1991の近似法で 評価	●	既工認	・線形解析	発管発第63号 添付書類IV-2-3「使用 済燃料乾式貯蔵建屋の 耐震性についての計算 書」	同じ設備及び高浜 3, 4号機を参照	-	-		
																						今回工認	応答解析
	○	既工認	応力解析	静的応力解析	○	既工認	応力解析	水平	3次元FEMモデル	-	-	-	既工認	-	-	○	既工認	・線形解析	発管発第63号 添付書類IV-2-3「使用 済燃料乾式貯蔵建屋の 耐震性についての計算 書」	同じ設備を参照	-	-	
																							今回工認
○	既工認	応力解析	静的応力解析	○	既工認	応力解析	水平	3次元FEMモデル	-	-	-	既工認	-	-	○	既工認	・線形解析	発管発第63号 添付書類IV-2-3「使用 済燃料乾式貯蔵建屋の 耐震性についての計算 書」	同じ設備を参照	-	-		
																						今回工認	応力解析

別表2 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表（屋外重要土木構造物）

(※1) 共通適用あり：規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既工認と今回工認時との比較														備考 (左欄にて比較した自 プラント既工認)	他プラントを含めた既工認での適用例				既工認と今回工認の手法 に相違				
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析他)				解析モデル				減衰定数				その他 (評価条件の変更等)			内容	参照した設備名称	減衰定数の実績 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能であることの 理由も記載)						
	○：同じ ●：異なる -：該当なし	相違内容			○：同じ ●：異なる -：該当なし	相違内容			○：同じ ●：異なる -：該当なし	相違内容			○：同じ ●：異なる -：該当なし	相違内容										
		工認	解析種別	内容		工認	解析種別	方向		内容	工認	解析種別		方向					内容		工認	内容		
耐震Sクラス施設の間接支持構造物	取水構造物	●	既工認	応答解析	時刻歴モーダル解析	●	既工認	応答解析	水平	質点系モデル	●	既工認	応答解析	水平	コンクリート：5%	●	既工認	許容応力度法	建設工認 第7回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備にかかわる耐震設 計の基本方針」 添付資料Ⅲ-3-1「残留 熱除去系海水系ポンプ の基礎に関する説明 書」	○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	(解析手法) 解析手法は、高浜3,4号機工認で共通 適用例がある。 (解析モデル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で共 通適用例がある。 (減衰定数) ・線形での減衰定数は、高浜3,4号機 工認で共通適用例がある。 ・履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合の減衰定数については、 柏崎6,7号機で共通適用例(審査中) がある。	(高浜3,4号機) 海水ポンプ室等 (柏崎6,7号機) スクリーン室等	○	-
	屋外二重管	(応答解析) ● (応力解析) ○	既工認	応答解析	波動理論	(応答解析) ● (応力解析) -	既工認	応答解析	水平	地質データに基づく地盤モデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既工認	応答解析	水平	-	○	既工認	許容応力度法	建設工認 第8回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針」 添付資料Ⅲ-2-4「屋外 海水配水管用外管の 耐震性についての計算 書」	○：共通適用あり ○：個別適用あり ○：適用例なし	(解析手法) 解析手法は、高浜3,4号機工認で共通 適用例がある。 (解析モデル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で共 通適用例がある。 (減衰定数) ・線形での減衰定数は、高浜3,4号機 工認で共通適用例がある。 ・履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合の減衰定数については、 柏崎6,7号機で共通適用例(審査中) がある。	(高浜3,4号機) 海水ポンプ室等 (柏崎6,7号機) スクリーン室等	○	-

別表3(1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した白 プラント既工事)	備考 (※1) ○：共通適用あり ●：個別適用あり ×：適用可能であること の理由も記載	既設工と今回工事の手法 に相違		
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモード解析, 時刻歴解析他)				解析モデル				減衰定数							その他 (評価条件の変更等)	
	既設	今回	相違内容	内容	既設	今回	相違内容	内容	既設	今回	相違内容	内容				既設	今回
シユラウド	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 1.0K	既設工	解析コード:ASSAL	建設工事 第2回 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 構造物の耐震性につ いての計算書	(解析手法) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-	
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	FEMモデル			応力解析	水平 -						応力解析
	今回工事	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	-				
		応力解析	公式等による評価			応力解析	FEMモデル			応力解析	水平 -						
	シユラウドサポート	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 1.0K	既設工	解析コード:ASSAL	建設工事 第2回 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 構造物の耐震性につ いての計算書	(解析モデル) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	FEMモデル			応力解析	水平 -					
今回工事		応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	解析コード:ASSAL				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	FEMモデル			応力解析	水平 -						
上部構造体		既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 1.0K	既設工	-	建設工事 第2回 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 構造物の耐震性につ いての計算書	(解析モデル) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-
			応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -					
	今回工事	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	-				
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -						
	中心支持体	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 1.0K	既設工	-	建設工事 第2回 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 構造物の耐震性につ いての計算書	(解析モデル) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-
			応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -					
今回工事		応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	-				
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -						
燃料支持金具		既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 -	既設工	-		(解析手法) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-
			応力解析	-			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -					
	今回工事	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	-				
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -						
	別添機室内管	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平 1.0K	既設工	-	建設工事 第2回 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 添付書第11-2-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 構造物の耐震性につ いての計算書	(解析モデル) 応答解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○ 応力解析:○ 時刻歴解析:○ 公式等による評価: ○	-
			応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -					
今回工事		応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	今回工事	応答解析	水平 1.0K	今回工事	-				
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 -			応力解析	鉛直 -						

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様がもたらす適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工現時との比較												備考 (左欄にて比較した旧プラント既工)	備考 (※1) ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	既設工と今回工の手法 に相違				
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時刻歴解析等)				解析モデル				減衰定数							その他 (評価条件の変更等)			
	既設工	今回工	相違内容	備考	既設工	今回工	相違内容	備考	既設工	今回工	相違内容	備考				既設工	今回工	相違内容	備考
円筒形	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	既設工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	既設工	水平	1.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	今回工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	今回工	水平	1.0%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
下盤	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	既設工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	既設工	水平	1.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	今回工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	今回工	水平	1.0%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
新増設動力機器 ハウジング貫通部	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	既設工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	既設工	水平	1.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	今回工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	今回工	水平	1.0%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
中位子並列 ハウジング貫通部	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	既設工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	既設工	水平	1.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ○	今回工	水平	多質点系モデル(大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ●	今回工	水平	1.0%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
可給排水出口ノズル (N1)	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析(配管応力)	(応答解析) ○	既設工	水平	1次元はりモデル	(応答解析) ●	既設工	水平	0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	スペクトルモデル解析(配管応力)	(応答解析) ○	今回工	水平	1次元はりモデル	(応答解析) ●	今回工	水平	2.5%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
可給排水入口ノズル (N2)	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析(配管応力)	(応答解析) ○	既設工	水平	1次元はりモデル	(応答解析) ●	既設工	水平	0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEMA	(減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	
	今回工	応答解析	スペクトルモデル解析(配管応力)	(応答解析) ○	今回工	水平	1次元はりモデル	(応答解析) ●	今回工	水平	2.5%	●	今回工	解析コード: ASHSIG	(減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○	○	-		
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価			垂直	-			垂直	-			垂直				-	

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等に基づき適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した自 プラント既設工)	他プラントを含めた既設工での適用例	既設工と今回工事の手法 に相違	
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時歴解析等)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)						
	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容				
蒸気出口ノズル (N3)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第2-2「蒸気 出口ノズルの強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				
給水ノズル (N4)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 2.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第1-2「給水 ノズルの強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				
蒸気中心スプレインノズル (N5A)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第2-10「中 心スプレインノズル(N5) の強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				
蒸気中心スプレインノズル (N5B)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 1.0%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第2-10「中 心スプレインノズル(N5) の強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				
蒸気水ノズル (N17)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第2-13「蒸 気水ノズルの強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				
上置スプレインノズル (N6)	既設工 ○ (応答解析) ○ (応力解析)	応答解析	スペクトルモデル解析(配管反力)	○ (応答解析) ○ (応力解析)	既設工	水平 1次元はりモデル	○ (応答解析) ● (応力解析)	既設工	水平 0.5%	●	既設工	解析コード: ASSAL, FEM	建設工事 第17回 添付書類第1-1「中継 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類第2-14「上 置スプレインノズル (N6)の強度計算書」	○ (減衰定数) ○ (応答解析) ○ (その他) ○ (解析コード)	○	-
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工事	水平 FEMモデル		今回工事	水平 -			今回工事				

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 例適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した白 プラント既設)	他プラントを含めた既設工での適用例	既設工と今回工事の手法 に相違					
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻解析等)			解析モデル			減衰定義			その他 (評価条件の変更等)										
	工種	解析種別	相違内容	工種	解析種別	方向	相違内容	工種	解析種別	方向	内容	工種				内容				
																	○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし
ペントノズル (N7)	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	既設工	応答解析	水平	0.5%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工事 第11回 設計書第1-1-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 設計書第1-2-1「ペ ントノズル(N7)の強度 計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	解析コード: ASHSIG	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
ジェットポンプ計測管 兼送風ノズル (N8)	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	既設工	応答解析	水平	0.5%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工事 第11回 設計書第1-1-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 設計書第1-2-1「ジ ェットポンプ計測 管ノズル(N8)の強度 計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	解析コード: ASHSIG	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
凝集ボイラー及び炉心送 風計測ノズル (N10)	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	既設工	応答解析	水平	0.5%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工事 第11回 設計書第1-1-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 設計書第1-2-1「凝 集ボイラー及び炉心 送風計測ノズル(N10)の強度 計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	解析コード: ASHSIG	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
円筒型計測ノズル (N11, N12, N16)	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	既設工	応答解析	水平	0.5%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工事 第11回 設計書第1-1-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 設計書第1-2-1「円 筒型計測ノズル(N11, N12, N16)の強度 計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	解析コード: ASHSIG	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
ドレンノズル (N15)	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	既設工	応答解析	水平	0.5%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工事 第11回 設計書第1-1-1「申請 取組に係る耐震設計方 針」 設計書第1-2-1「ド レンノズル(N15)の強度 計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	解析コード: ASHSIG	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	FEM解析及び公式等による評価		応力解析	鉛直	3次元はりモデル		応力解析	鉛直	-									
ブラケット類	既設工	応答解析	時刻解析	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	-	建設工事 第11回 設計書第1-2-2「ス タビライザブラケット の強度計算書」	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し				
		応力解析	公式等による評価		応力解析	鉛直	-		応力解析	鉛直	-									
	今回工事	応答解析	時刻解析	今回工事	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	今回工事	応答解析	水平	1.0%						今回工事	-	○：構造上の差異なし ●：構造上の差異あり ×：適用可能であることの 理由も記載	-：相違有り ○：相違無し
		応力解析	公式等による評価		応力解析	鉛直	-		応力解析	鉛直	-									

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表 (機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基きプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手続。 個別適用あり：プラント別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手続。

評価対象設備	既設工と今回工時との比較														備考 (右欄にて比較した白 プラント既設工)	内容	参照した設備名称	既設工と今回工の手法 に相違		
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻履歴解析)				解析モデル				減衰定数				その他 (評価条件の変更等)							
	既設 工	解析種別	評価内容		既設 工	解析種別	評価内容		既設 工	解析種別	評価内容		今回 工	解析種別					評価内容	
			○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし			○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし												
支持スカーフ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻履歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	解析コード: ASSAL, FEMR	建設工第11回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「下層 区と支持スカーフの強 度計算書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○ 解析コード: ○	-	
		今回工	応答解析	FEM解析及び公式等による評価		今回工	応答解析	水平	FEMモデル		今回工	応答解析	水平	-		今回工				解析コード: ASHSD1
原子炉圧力容器基礎ポルト	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻履歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	-	建設工第7回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「原子 炉圧力容器基礎ポルト の耐震性についての計 算書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○	-	
		今回工	応答解析	公式等による評価		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-		今回工				-
原子炉圧力容器 スタビライザ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻履歴解析	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	-	建設工第11回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「ス タビライザの強度計算 書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○	-	
		今回工	応答解析	公式等による評価		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-		今回工				-
格納容器 スタビライザ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻履歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	-	建設工第11回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「ス タビライザの強度計算 書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○	-	
		今回工	応答解析	公式等による評価		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-		今回工				-
新設移動機構ハウジン グ支持金具	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻履歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	既設工	-	建設工第11回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「新 設移動機構ハウジン グ支持金具の強度計算 書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○	-	
		今回工	応答解析	公式等による評価		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-		今回工				-
蒸気発生器・ほう筒水注入 配管	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	不明	既設工	解析コード: EASC0社 構造解析コード	建設工第11回 添付書第1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2「印 配管およびスパー ジェの耐震性につ いての計算書」	(減衰定数) ○ (その他) ○ 解析コード: ○	-	
		今回工	応答解析	公式等による評価		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-		今回工				解析コード: NSTRAN

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表 (機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に添ったプラントの仕様等に基づき適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法
 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事との比較												備考 (注) 比較した自 プラント(既設)	備考 (注1) ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	備考 (注) ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能であることの 見出し記載)	既設工と今回工事の手法 に相違
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析法)			解析モデル			検証定数			その他 (評価条件の変更等)						
	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容				
異相機機器	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析 時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 L値	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「炉心 構造物の耐震性につ いての計算書」	○	-	
		今回	応答解析 時刻歴解析		今回	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)		今回	応答解析 水平 L値							
圧水炉冷却系及びスタンド パイプ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析 時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 L値	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「炉心 構造物の耐震性につ いての計算書」	○	-	
		今回	応答解析 時刻歴解析		今回	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)		今回	応答解析 水平 L値							
シュワブヘッド	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析 時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 L値	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「炉心 構造物の耐震性につ いての計算書」	○	-	
		今回	応答解析 時刻歴解析		今回	応答解析 多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)		今回	応答解析 水平 L値							
ジェットポンプ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点モデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 -	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-6 「ジェットポンプの耐 震性についての計算 書」	○	-	
		今回	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		今回	応答解析 多質点モデル		今回	応答解析 水平 -							
給水スパーヂャ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点モデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 -	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-5「炉内 配管およびスパーヂャ の耐震性についての計 算書」	○	-	
		今回	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		今回	応答解析 多質点モデル		今回	応答解析 水平 -							
炉心スプレインスパーヂャ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 多質点モデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析 水平 -	-	-	-	建設工 第1回 添付書第1-2-1「申請 段階に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-5「炉内 配管およびスパーヂャ の耐震性についての計 算書」	○	-	
		今回	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		今回	応答解析 多質点モデル		今回	応答解析 水平 -							

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(注1) 異種鋼材あり：規格・基準等に基きプラントの仕等により適用が確認されたプラント共通の適用例がある千位 例)適用あり：プラント個別に適用が確認されたプラント個別の適用例がある千位

評価対象設備	既設工と今回工時との比較												備考 (注)にて比較した自 プラント(既設)	他プラントを含めた既設工での適用例			既設工と今回工時の手法 に相違
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時刻履歴解析)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)				内容	適用した設備名称	減衰定数の実績 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能なことこの 項目も記載)	
	既設	今回	内容	既設	今回	内容	既設	今回	内容	既設	今回	内容					
燃料供給系配管(原子炉圧力容器内)	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-		既設工	応答解析	水平	-		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	-		今回工	応答解析	水平	-							
炉心スプレッド配管(原子炉圧力容器内)	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点モデル		既設工	応答解析	水平	不明		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	多質点モデル		今回工	応答解析	水平	不明							
蒸気発生器・圧入配管(原子炉圧力容器内)	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル		既設工	応答解析	水平	不明		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	多質点系モデル		今回工	応答解析	水平	不明							
中性子計測室内	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル		既設工	応答解析	水平	不明		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	多質点系モデル		今回工	応答解析	水平	不明							
圧力容器	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル(大型複雑系連成解析モデル)		既設工	応答解析	水平	不明		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	多質点系モデル(大型複雑系連成解析モデル)		今回工	応答解析	水平	不明							
アンカ	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル(大型複雑系連成解析モデル)		既設工	応答解析	水平	不明		既設工	-	-	-	-	○
		今回工	応答解析	水平	多質点系モデル(大型複雑系連成解析モデル)		今回工	応答解析	水平	不明							

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある場合 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある場合

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (※1) ○：共通適用あり ●：個別適用あり ×：適用例なし	既設工と今回工事の手法 に相違 -：相違あり ○：相違なし	
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時刻解析等)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)					
	工種	解析種別	内容	工種	解析種別	内容	工種	解析種別	内容	工種	内容	内容			
															相違内容
使用済燃料貯蔵ラック	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	水平	シェルモデル	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	水平	L/E	発注書第24号 添付書第2-1「炉建設計算に係る耐震設計の基本方針」 添付書第2-2「使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書」	-	○
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			鉛直	シェルモデル			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	水平	シェルモデル	水平	L/E							
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	鉛直	シェルモデル	鉛直	-							
使用済燃料乾式貯蔵容器	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	水平	シェルモデル	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	水平	-	発注書第15号 添付書第IV-2-1「炉建設計算に係る耐震設計の基本方針」 添付書第IV-2-2「使用済燃料乾式貯蔵容器の耐震計算書」	-	○
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価			鉛直	シェルモデル			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	水平	シェルモデル	水平	-							
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	鉛直	シェルモデル	鉛直	-							
燃料取扱機	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	発注書第18号 添付書第IV-2-1「炉建設計算に係る耐震設計の基本方針」 添付書第IV-2-2「燃料取扱機構造の耐震性についての計算書」	-	-
			応力解析	公式等による評価			鉛直	-			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析	水平	はりモデル	水平	L/E							
			応力解析	公式等による評価	鉛直	はりモデル	鉛直	L/E							
原子炉建屋クレーン	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	発注書第21号 添付書第IV-2-1「炉建設計算に係る耐震設計の基本方針」 添付書第IV-2-2「原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書」	-	-
			応力解析	公式等による評価			鉛直	-			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	時刻解析	水平	多質点モデル	水平	L/E							
			応力解析	公式等による評価	鉛直	多質点モデル	鉛直	L/E							
使用済燃料乾式貯蔵施設天井クレーン	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	水平	-	発注書第23号 添付書第IV-2-1「炉建設計算に係る耐震設計の基本方針」 添付書第IV-2-2「天井クレーンの耐震性についての計算書」	-	-
			応力解析	公式等による評価			鉛直	-			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	時刻解析	水平	多質点モデル	水平	L/E							
			応力解析	公式等による評価	鉛直	多質点モデル	鉛直	L/E							
原子炉冷却システム配管	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) -	既設工	水平	-	-	-	-
			応力解析	-			鉛直	-			鉛直	-			
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	水平	-	水平	-							
			応力解析	公式等による評価	鉛直	-	鉛直	-							

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表 (機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通項目あり：屋外・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設DBと今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した白 プラント既設)	(※1) ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	内容	参照した設備名称	既設DBと今回工事の手法 に相違			
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時系列解析他)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)										
	工種	解析種別	内容	工種	解析種別	方向	内容	工種	解析種別	方向	内容	工種						内容		
																			○：同じ ●：異なる -：該当なし	○：同じ ●：異なる -：該当なし
主蒸気系 主蒸気ポンプ 減圧兼冷却用システム	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	-	-	-	-		
			応力解析	公式等による評価			既設DB	応力解析	水平			-	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価			今回工事	応答解析	水平			-	今回工事	応答解析					水平	-
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析	水平			-	今回工事	応力解析					水平	-
残留熱除去系熱交換機	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	-	-	-	-		
			応力解析	公式等による評価			既設DB	応力解析	水平			-	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	スペクトルモデル解析			今回工事	応答解析	水平			多点モデル	今回工事	応答解析					水平	1.0%
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析	水平			-	今回工事	応力解析					水平	-
残留熱除去系ポンプ	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	-	-	-	-		
			応力解析	公式等による評価			既設DB	応力解析	水平			-	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	スペクトルモデル解析			今回工事	応答解析	水平			多点モデル	今回工事	応答解析					水平	1.0%
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析	水平			-	今回工事	応力解析					水平	-
残留熱除去系ストレート	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	-	-	-	-		
			応力解析	FEM解析			既設DB	応力解析	水平			シェルモデル	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価			今回工事	応答解析	水平			ビームモデル	今回工事	応答解析					水平	1.0%
			応力解析	FEM解析			今回工事	応力解析	水平			シェルモデル	今回工事	応力解析					水平	-
高圧中心スプレイ系ポンプ	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	多点モデル	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	1.0%	-	-	-	-		
			応力解析	公式等による評価			既設DB	応力解析	水平			-	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	スペクトルモデル解析			今回工事	応答解析	水平			多点モデル	今回工事	応答解析					水平	1.0%
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析	水平			-	今回工事	応力解析					水平	-
高圧中心スプレイ系ストレート	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	(応答解析) (応力解析)	既設DB	応答解析	水平	-	-	-	-	-		
			応力解析	FEM解析			既設DB	応力解析	水平			シェルモデル	既設DB	応力解析					水平	-
			応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価			今回工事	応答解析	水平			ビームモデル	今回工事	応答解析					水平	1.0%
			応力解析	FEM解析			今回工事	応力解析	水平			シェルモデル	今回工事	応力解析					水平	-

別表3(1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある場合。 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある場合。

評価対象設備	既設工と今回工時との比較												備考 (左欄にて比較した白 プラント既設工)	適用例 (X1) ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	内容	参照した規格名称	既設定義の実績 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能なこととの 注も記載)	既設工と今回工時の手法 に相違 -：相違有り ○：相違無し				
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析等)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)												
	工種	解析種別	内容	工種	解析種別	方向	内容	工種	解析種別	方向	内容	工種							内容			
圧縮機スプレッドポンプ	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	多質点モデル	既設工	応答解析	水平	-	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「既設 圧縮機スプレッドポンプ の耐震性についての計 算書」	○			○					
		応力解析	公式等による評価				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	多質点モデル	今回工	応答解析	水平	L値										
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	多質点モデル	今回工	応答解析	鉛直	L値										
圧縮機スプレッドポンプ	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「既設 圧縮機スプレッドポンプ の耐震性についての計 算書」	○			○					
		応力解析	FEM解析				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	ビームモデル	今回工	応答解析	水平	L値										
		応力解析	FEM解析	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	ビームモデル	今回工	応答解析	鉛直	L値										
原子炉駆動炉冷却ポンプ	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「原子 炉駆動炉冷却ポンプの 耐震性についての計 算書」				○					
		応力解析	公式等による評価				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	今回工	応答解析	水平	-										
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	-	今回工	応答解析	鉛直	-										
原子炉駆動炉冷却ポンプ駆動用蒸気タービン	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「原子 炉駆動炉冷却ポンプの 耐震性についての計 算書」				○					
		応力解析	公式等による評価				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	今回工	応答解析	水平	-										
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	-	今回工	応答解析	鉛直	-										
脱塩熱除去系海水ポンプ	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	多質点モデル	既設工	応答解析	水平	L値	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「脱 塩熱除去系海水ポンプ の耐震性についての計 算書」	○			○					
		応力解析	公式等による評価				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	多質点モデル	今回工	応答解析	水平	L値										
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	多質点モデル	今回工	応答解析	鉛直	-										
脱塩熱除去系海水ストレーナー	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第3回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計基 本方針」 添付書類第1-2「脱 塩熱除去系海水ポンプ の耐震性についての計 算書」				○					
		応力解析	公式等による評価				水平	-		既設工	応答解析	鉛直						-				
	今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	水平	-	今回工	応答解析	水平	-										
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	(応答解析) ○	(応答解析) ○	鉛直	-	今回工	応答解析	鉛直	-										

別表3(1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・標準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法。個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法。

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した位 プラント既設工)	他プラントを含めた既設工での適用例				
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻解析等)				解析モデル				減衰定数					その他 (評価条件の変更等)				
	工種	解析種別	相違内容		工種	解析種別	相違内容		工種	解析種別	相違内容			工種	内容	内容	内容	内容
			内容	内容			内容	内容			内容	内容						
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 1.0H 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応答解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 多質量モデル	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 1.0H 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
高圧中心スプレイスタージェン発電機用海水ポンプ	既設工	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 1.0H 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応答解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 多質量モデル	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 1.0H 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
高圧中心スプレイスタージェン発電機用海水ストレーナ	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
水圧制御ユニット	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応答解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 多質量モデル 鉛直 多質量モデル	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
海水取水ポンプ	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 - 鉛直 -	既設工	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							
	今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 - 鉛直 -	今回工事	-	-	-	-	-	-
		応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 - 鉛直 -			応力解析	水平 - 鉛直 -							

別表3(1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 長径適用あり: 異種・基礎等に基きプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手続。 既設適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手続。

評価対象設備	既設と今回工事時との比較												備考 (右欄にて比較した白 プラント既設)	白プラントを含む既設での適用例				既設と今回工事の手法 に相違			
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時歴解析他)				解析モデル				減衰定数					その他 (評価条件の変更等)							
	既設	今回	相違内容	備考	既設	今回	相違内容	備考	既設	今回	相違内容	備考		既設	今回	相違内容	備考				
ほう水貯蔵タンク	既設	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	既設	水平	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	-	既設	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	今回	水平	-	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	-	今回	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
送動部設計装置 チューブ	既設	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既設	水平	多点モデル	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	1.0	既設	解析コード: HISSA							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	今回	水平	多点モデル	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	1.0	今回	解析コード: SAP-IV							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
出力領域計装装置 集合体	既設	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	既設	水平	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	-	既設	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	今回	水平	多点モデル	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	1.0	今回	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
ペン字盤	既設	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	既設	水平	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	-	既設	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	今回	水平	-	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	-	今回	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
高圧釜	既設	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	既設	水平	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	-	既設	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	今回	水平	-	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	-	今回	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
現場盤	既設	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	既設	水平	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平	-	既設	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											
	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○	今回	水平	-	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平	-	今回	-							
		応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直			-											

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時の比較												備考 (左欄にて比較した既設プラント既工事) (※1) ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	内容	参照した設備条件	補定数値の欠損 ○：構造上の欠損なし ×：構造上の欠損あり (適用可能であることの理由も記載)	既設工と今回工事の手法に相違	
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時程解析等)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)								
	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容	既設	今回	相違内容						
プロセスモニタリング装置	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	発注書第115号 添付書類1-1「既設設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「放射線管理設備の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							
原子炉建屋放射線モニタ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	発注書第115号 添付書類1-1「既設設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「放射線管理設備の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							
中央制御室換気系送風機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	建設工第115号 添付書類1-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「換気系機器の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							
中央制御室換気系排気機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	建設工第115号 添付書類1-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「換気系機器の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							
中央制御室換気系フィルタユニット	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	建設工第115号 添付書類1-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「換気系機器の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							
原子炉建屋ガス再循環系排気機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	-	建設工第115号 添付書類1-1「申請設備に係る耐震設計の基本方針」 添付書類1-2「非常用ガス再循環系排気機の耐震性についての計算書」			○
		既設工	応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直	-		既設工	-						
	今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							
	今回工	応力解析	公式等による評価	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-							

別表3(1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり; 規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり; プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工との比較												他プラントを含めた既設工での適用例								
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)			備考 (注)にて比較した日 プラント(既設工)	[※1] ○: 共通適用あり □: 個別適用あり ×: 適用例なし	内容	参照した設備名	減衰定数の実績 ○: 構造上の差異なし ×: 構造上の差異あり (適用可能であることの 理由も記載)	既設工と今回工の手法 に相違 -: 相違あり ○: 相違なし			
	既設工	今回工	内容	既設工	今回工	内容	既設工	今回工	内容	既設工	今回工	内容									
																			相違内容	相違内容	相違内容
非常用ガス再循環系フィルタトレイン	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析							水平	-	建設工第11回 設計書第11-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 設計書第11-2「非常 用ガス再循環系フィル タトレインの耐震性につ いての計算書」
			応力解析	公式等による評価			応答解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-							
		今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-						
			応力解析	公式等による評価	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-						
	非常用ガス送風系降機	[応答解析] ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 設計書第11-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 設計書第11-2「非常 用ガス送風系降機 の耐震性についての計 算書」			○		
				応力解析	公式等による評価			応答解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-						
			今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平					-	
				応力解析	公式等による評価	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直					-	
		非常用ガス送風系フィルタトレイン	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 設計書第11-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 設計書第11-2「非常 用ガス送風系フィル タトレインの耐震性につ いての計算書」			○	
					応力解析	公式等による評価			応答解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-					
				今回工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平					-
					応力解析	公式等による評価	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直	-	今回工	応力解析	鉛直					-
ドライウエル			(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	1.0%	建設工第11回 設計書第11-1「耐震 設計の基本方針」 設計書第11-2「原子 炉格納容器強度計算書」	[解析モデル] 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○		-	
					応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	-			応力解析	鉛直	-					
				今回工	応答解析	時刻歴解析	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	今回工	応答解析	水平	1.0%	今回工	応答解析	水平					1.0%
					応力解析	FEM解析及び公式等による評価	応力解析	鉛直	シェルモデル	今回工	応力解析	鉛直	1.0%	今回工	応力解析	鉛直					-
	サブプレッションチェンバ		(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	1.0%	建設工第11回 設計書第11-1「耐震 設計の基本方針」 設計書第11-2「原子 炉格納容器強度計算書」	[解析モデル] 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○		-	
					応力解析	FEM解析及び公式等による評価			応力解析	鉛直	シェルモデル			既設工	応力解析	鉛直					-
				今回工	応答解析	時刻歴解析	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	今回工	応答解析	水平	1.3%	今回工	応答解析	水平					1.3%
					応力解析	FEM解析及び公式等による評価	応力解析	鉛直	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	今回工	応力解析	鉛直	1.3%	今回工	応力解析	鉛直					-
		上部シアラグ及びスクビライザ	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設工	応答解析	水平	1.0%	建設工第11回 設計書第11-1「耐震 設計の基本方針」 設計書第11-2「原子 炉格納容器強度計算書」	[解析手法] 応答解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応答解析: ○ (その他) 解析コード: ○		-	
					応力解析	公式等による評価			応力解析	鉛直	-			既設工	応力解析	鉛直					-
				今回工	応答解析	時刻歴解析	応答解析	水平	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	今回工	応答解析	水平	1.0%	今回工	応答解析	水平					1.0%
					応力解析	FEM解析及び公式等による評価	応力解析	鉛直	多質点系モデル (大型剛性系連成解析モデル)	今回工	応力解析	鉛直	1.0%	今回工	応力解析	鉛直					-

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり; 規格・基準類等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント具種の適用例がある手法 個別適用例あり; プラント個別に適用性が確認されたプラント具種の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較												備考 (注欄にて比較した旧 プラント(既工事))	適用した設備名称 (※1) ○: 共通適用あり □: 個別適用あり ×: 適用例なし	既設工と今回工事の手法 に相違 -: 相違有り ○: 相違無し									
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻歴解析他)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)														
	既設 工事	今回 工事	内容	既設 工事	今回 工事	内容	既設 工事	今回 工事	内容	既設 工事	今回 工事	内容												
下着シアラゲとダイヤブ ラムブケット	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	1.0%	建設工事 第1回 添付書類第1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類第1-2「原子 炉格納容器強度設計算 書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	水平			-	既設 工事	応力解析					水平	-				
		今回 工事	応答解析	時刻歴解析	今回 工事	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	今回 工事	応答解析	水平	1.3%	今回 工事	応答解析					水平	1.3%				
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	今回 工事	応力解析	水平	シェルモデル	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				
扇アンカー部	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設 工事	応答解析	時刻歴解析	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	1.0%	建設工事 第1回 添付書類第1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類第1-2「原子 炉格納容器強度設計算 書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	水平			-	既設 工事	応力解析					鉛直	-				
		今回 工事	応答解析	時刻歴解析	今回 工事	応答解析	水平	多質点系モデル (大型機器系連成解析モデル)	今回 工事	応答解析	水平	1.0%	今回 工事	応答解析					鉛直	1.0%				
			応力解析	公式等による評価	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				
イクイメントハッチ	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	-	建設工事 第1回 添付書類第1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類第1-2「原子 炉格納容器強度設計算 書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	鉛直			-	既設 工事	応力解析					水平	-				
		今回 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析					鉛直	-				
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	今回 工事	応力解析	水平	シェルモデル	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				
パーソナルエアロック	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	-	建設工事 第1回 添付書類第1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類第1-2「原子 炉格納容器強度設計算 書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	鉛直			-	既設 工事	応力解析					水平	-				
		今回 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析					鉛直	-				
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	今回 工事	応力解析	水平	シェルモデル	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				
サブプレッシャントチェンバ アクセスハッチ	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	-	建設工事 第1回 添付書類第1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類第1-2「原子 炉格納容器強度設計算 書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	鉛直			-	既設 工事	応力解析					水平	-				
		今回 工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析	水平	-	今回 工事	応答解析					鉛直	-				
			応力解析	FEM解析及び公式等による評価	今回 工事	応力解析	水平	シェルモデル	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				
配管貫通部	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	スペクトルモーダル解析	(応答解析) ● (応力解析) ●	既設 工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析) -	既設 工事	応答解析	水平	0.5%	建設工事 第2回 添付書類第1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第1-2「格納 容器強度部の耐震性 についての計算書」	(解析手法) 応力解析: ○ (解析モデル) 応答解析: ○ (減衰定数) 応力解析: ○ 応答解析: ○	○	-						
			応力解析	公式等による評価			既設 工事	応力解析	鉛直			-	既設 工事	応力解析					水平	-				
		今回 工事	応答解析	スペクトルモーダル解析	今回 工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	今回 工事	応答解析	水平	0.5%~ 1.0%	今回 工事	応答解析					鉛直	0.5%~ 1.0%				
			応力解析	FEM解析	今回 工事	応力解析	水平	シェルモデル	今回 工事	応力解析	水平	-	今回 工事	応力解析					鉛直	-				

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 既用適用あり：プラント別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時の比較															備考 (左欄にて比較した既設工と今回工事)	適用例 (注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	内容	参照した設備名称	補足 (注2) ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能であることの 注も記載)	既設工と今回工事の手法 に相違 ○：相違あり ○：相違無し		
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時程解析等)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)													
	既設工	今回工事	相違内容	既設工	今回工事	相違内容	既設工	今回工事	相違内容	既設工	今回工事	相違内容	既設工	今回工事	相違内容								
																						解析種別	方向
配管系機器	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	ビームモデル			応答解析	水平	L係			応答解析	水平	L係						応答解析	水平	L係
			応力解析	鉛直	ビームモデル			応力解析	鉛直	L係			応力解析	鉛直	L係								
ダイヤフラムフロア	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質量系モデル(大質量部系連成解析モデル)	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	0.0k	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	既設工	応答解析	水平	—	建設工第5回 添付書類1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類1-2「申請 取組の耐震性についての 計算書」	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	FEMモデル			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—						応答解析	水平	—
			応力解析	鉛直	FEMモデル			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
ベント管	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	多質量系モデル	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	0.0k	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	既設工	応答解析	水平	—	建設工第5回 添付書類1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類1-2「申請 取組の耐震性についての 計算書」	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—						応答解析	水平	—
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
供給管路スプレッド	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	ビームモデル	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	0.5k	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	既設工	応答解析	水平	—	建設工第5回 添付書類1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類1-2「申請 取組の耐震性についての 計算書」	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—						応答解析	水平	—
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
圧力容器	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	既設工	応答解析	水平	—	建設工第5回 添付書類1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類1-2「申請 取組の耐震性についての 計算書」	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—						応答解析	水平	—
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
可溶性ガス濃度計	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平	—	(注1) ○：共通適用あり ○：個別適用あり ×：適用例なし	既設工	応答解析	水平	—	建設工第5回 添付書類1-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類1-2「申請 取組の耐震性についての 計算書」	—	—	—	—			
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								
			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—			応答解析	水平	—						応答解析	水平	—
			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—			応力解析	鉛直	—								

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時の比較												備考 (注)にて比較した日 プラント既設)	[※1] ○：共通適用あり □：個別適用あり ×：適用例なし	内容	参照した設備名称	建設年度 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能であることの 理由も記載)	既設工と今回工事の手法 に相違 -：相違有り ○：相違無し						
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時刻解析法)			解析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の変更等)														
	工種	解析種別	相違内容	工種	解析種別	相違内容	工種	解析種別	相違内容	工種	解析種別	相違内容												
ディーゼル機関	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」											
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析			水平 -	今回工事							応力解析	水平 -				
励振装置	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」	(解析手法) 応力解析：○ 解析モデル：○ 応力解析：○										
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	FEM解析			今回工事	応力解析			水平 FEMモデル 鉛直 FEMモデル	今回工事							応力解析	水平 - 鉛直 -				
燃料油タンク	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」	(解析手法) 応力解析：○ 解析モデル：○ 応力解析：○										
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	FEM解析			今回工事	応力解析			水平 FEMモデル 鉛直 FEMモデル	今回工事							応力解析	水平 - 鉛直 -				
発電機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」											
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析			水平 - 鉛直 -	今回工事							応力解析	水平 - 鉛直 -				
ディーゼル機関	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」											
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	公式等による評価			今回工事	応力解析			水平 - 鉛直 -	今回工事							応力解析	水平 - 鉛直 -				
励振装置	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	水平 -	建設工第13回 添付書類第2-1「申請 取組に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第2-2「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」	(解析手法) 応力解析：○ 解析モデル：○ 応力解析：○										
			応力解析	公式等による評価			既設工	応力解析			水平 -	既設工						応力解析	水平 -					
		今回工事	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回工事	応答解析	水平 -						今回工事	応答解析	水平 -				
			応力解析	FEM解析			今回工事	応力解析			水平 FEMモデル 鉛直 FEMモデル	今回工事							応力解析	水平 - 鉛直 -				

別表3 (1) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち機器の構造強度評価)

(※1) 共通適用あり: 規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工との比較														備考 (右欄にて比較した自 プラント(既設工))	既プラントを含めた既工での適用例					既工と今回工の手法 に相違			
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモーダル解析, 時刻解析等)			解析モデル				減衰定数			その他 (評価条件の変更等)		内容	参照した設備名称		設備定義の実績 ○: 構造上の差異なし ×: 構造上の差異あり (適用可否であることの 見出し記載)								
	○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	相違内容		○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	相違内容			○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	相違内容		○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	相違内容												
		工種	解析種別 内容		工種	解析種別 方向 内容	工種		解析種別 方向 内容	工種		内容					工種	内容						
燃料油タンク	(応答解析) ○ (応力解析) ●	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	既設工	応答解析	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 添付書類第1-2「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第1-3「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」	○: 共通適用あり □: 個別適用あり ×: 適用例なし				○						
			応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直		-	既設工	-												
		今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							今回工	-	-	-	-	-
			応力解析	FEM解析		今回工	応答解析	鉛直		-	今回工	鉛直								-	今回工	-	-	-
発電機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	既設工	応答解析	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 添付書類第1-2「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第1-3「非常 用予備発電装置に関する 耐震計算書」					○						
			応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直		-	既設工	-												
		今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							今回工	-	-	-	-	-
			応力解析	公式等による評価		今回工	応答解析	鉛直		-	今回工	鉛直								-	今回工	-	-	-
バイカル交流電機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	既設工	応答解析	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 添付書類第1-2「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第1-3「その 他の発電設備に関する 耐震計算書」					○						
			応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直		-	既設工	-												
		今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							今回工	-	-	-	-	-
			応力解析	公式等による評価		今回工	応答解析	鉛直		-	今回工	鉛直								-	今回工	-	-	-
蓄電池	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既設工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	既設工	応答解析	水平	-	既設工	応答解析	水平	-	建設工第11回 添付書類第1-2「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類第1-3「その 他の発電設備に関する 耐震計算書」					○						
			応力解析	公式等による評価		既設工	応力解析	鉛直		-	既設工	-												
		今回工	応答解析	各設備の固有周波数に基づく応答加速度による評価	今回工	応答解析	水平	-	今回工	応答解析	水平	-							今回工	-	-	-	-	-
			応力解析	公式等による評価		今回工	応答解析	鉛直		-	今回工	鉛直								-	今回工	-	-	-

別表3(2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある事。 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある事。

評価対象設備	既設と今回工種時との比較												備考 (左欄にて比較した白 プラント既工種)	他プラントを含めた既工種での適用例			最終基準 に準じた手法				
	解析手法 (公式等による評価, スペクトルモデル解析, 時程解析等)						解析モデル							補強 (詳細条件の変更等)	内容	適用した設備名称		既設基準 に準じた手法			
	相違内容						相違内容												相違内容		
	工種	解析種別	内容	○:同じ ●:異なる -:該当なし	工種	解析種別	方向	内容	○:同じ ●:異なる -:該当なし	工種	解析種別	方向							内容	○:同じ ●:異なる -:該当なし	工種
既設建物内の取 組設備及び貯蔵 施設	主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管本体	既工種	応答解析	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	既工種	-	(補強定義) 応答解析:○ (その他) 動的地震力の組合せ: ○	-	
					応答解析	鉛直			-	応答解析	鉛直			-							
					応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平					0.5G~1.0G
					応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直					0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管支持 構造物	既工種	応答解析	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	-	既工種	-	架設発注(4月) 資料2-1-3「既設設備 主配管支持構造物の応力 計算書」	(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析モデル) 応答解析:○ (補強定義) 応答解析:○	-	
				応答解析	鉛直			-	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管本体	既工種	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	0.5G	既工種	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工種 第16回 架設発注(4月)「申請 設備に係る耐震設計方 案」	(補強定義) 応答解析:○ (その他) 動的地震力の組合せ: ○	-	
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管支持 構造物	既工種	応答解析	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	-	既工種	-	架設発注(4月) 資料2-1-3「既設設備 主配管支持構造物の応力 計算書」	(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析モデル) 応答解析:○ (補強定義) 応答解析:○	-	
				応答解析	鉛直			-	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管本体	既工種	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	0.5G	既工種	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工種 第11回 架設発注(4月)「申請 設備に係る耐震設計方 案」	(補強定義) 応答解析:○ (その他) 動的地震力の組合せ: ○	-	
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管支持 構造物	既工種	応答解析	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	-	既工種	-	架設発注(4月) 資料2-1-3「既設設備 主配管支持構造物の応力 計算書」	(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析モデル) 応答解析:○ (補強定義) 応答解析:○	-	
				応答解析	鉛直			-	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管本体	既工種	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	0.5G	既工種	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工種 第11回 架設発注(4月)「申請 設備に係る耐震設計方 案」	(補強定義) 応答解析:○ (その他) 動的地震力の組合せ: ○	-	
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G
主 配 管	燃料プールの冷却水系統	配管支持 構造物	既工種	応答解析	-	(応答解析) ○	既工種	応答解析	水平	-	(応答解析) ●	既工種	応答解析	水平	-	既工種	-	架設発注(4月) 資料2-1-3「既設設備 主配管支持構造物の応力 計算書」	(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析モデル) 応答解析:○ (補強定義) 応答解析:○	-	
				応答解析	鉛直			-	応答解析	鉛直			-								
				応答解析	水平			3次元はりモデル	応答解析	水平			0.5G~1.0G	応答解析	水平						0.5G~1.0G
				応答解析	鉛直			3次元はりモデル	応答解析	鉛直			0.5G~1.0G	応答解析	鉛直						0.5G~1.0G

別表3(2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注)1) 共通適用あり: 規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある事。 個別適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある事。

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較										備考 (注)1) 共通適用あり: 規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある事。 (注)2) 個別適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある事。	他プラントを含めた既設工での適用例	既設設備に 用いた手法											
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時歴解析等)					解析モデル								異状定義		その他 (評価条件の変更等)								
	工種	解析種別	内容	○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	工種	解析種別	方向	内容	○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし				工種	解析種別	方向	内容	○: 同じ ●: 異なる -: 該当なし	工種	内容				
																					内容	内容	内容	
配管系 鉄骨地盤系	配管本体	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	○	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	既設工	応答解析	水平	1.5X	●	既設工	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第15回 部付書第E-2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 部付書第E-2-4「高層 設備に係る耐震設計方 針」 動的地震力の組合せ: SRS法	(異状定義) ○: 応答解析 ○: (その他) ○: 動的地震力の組合せ: ○	○				
			応答解析	公式等による評価			○	既設工	応答解析			水平	-	○								既設工	応答解析	水平
		今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	動的地震力の組合せ: SRS法							
			応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○									今回工事	応答解析
		配管支持構造物	既設工	応答解析	-	○	既設工	応答解析	水平	-	○	既設工	応答解析	水平	-	●	既設工	-						
				応答解析	-			○	既設工	応答解析			水平	-	○									既設工
	今回工事		応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	-							
			応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○										今回工事
	配管系 高圧中心スプレイス		配管本体	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	○	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	既設工	応答解析	水平	0.5X	●	既設工	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第9回 部付書第E-2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 部付書第E-2-4「高層 設備に係る耐震設計方 針」 動的地震力の組合せ: SRS法	(異状定義) ○: 応答解析 ○: (その他) ○: 動的地震力の組合せ: ○	○		
					応答解析	公式等による評価			○	既設工	応答解析			水平	-	○								既設工
		今回工事		応答解析	スペクトルモデル解析	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	動的地震力の組合せ: SRS法						
				応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○									
配管支持構造物		既設工		応答解析	-	○	既設工	応答解析	水平	-	○	既設工	応答解析	水平	-	●	既設工	-						
				応答解析	-			○	既設工	応答解析			水平	-	○									
		今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	-							
			応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○										
		配管系 原子炉隔離時冷却系	配管本体	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	○	既設工	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	既設工	応答解析	水平	0.5X	●	既設工	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第15回 部付書第E-2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 部付書第E-2-4「高層 設備に係る耐震設計方 針」 動的地震力の組合せ: SRS法	(異状定義) ○: 応答解析 ○: (その他) ○: 動的地震力の組合せ: ○	○		
					応答解析	公式等による評価			○	既設工	応答解析			水平	-	○								既設工
今回工事				応答解析	スペクトルモデル解析	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	動的地震力の組合せ: SRS法						
				応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○									
配管支持構造物	既設工			応答解析	-	○	既設工	応答解析	水平	-	○	既設工	応答解析	水平	-	●	既設工	-						
				応答解析	-			○	既設工	応答解析			水平	-	○									
	今回工事		応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	今回工事	応答解析	水平	0.5X~1.0X	●	今回工事	-							
			応答解析	公式等による評価			○	今回工事	応答解析			水平	-	○										

別表3(2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：現場・基礎部等に基づきプラントの非標準により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法
 個別適用あり：プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較										備考 (注)にて比較した日 プラント(既設)	他プラントを含めた既設での適用例		規格基準 に合った手法		
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時系列解析等)					解析モデル						適用定数	その他 (評価条件の変更等)		内容	参照した設備名称
	既設	今回	既設	今回	既設	今回	既設	今回	既設	今回						
主配管 機器熱交換器海水系	配管本体	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 1.5K 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」
	配管支持 構造物	応答解析	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	今回	応答解析	水平 0.5K~1.5K 鉛直 0.5K~1.5K				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」
主配管 高圧中心スプレイン系 用ディーゼル発電機用 海水系	配管本体	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 1.5K 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」
	配管支持 構造物	応答解析	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	今回	応答解析	水平 0.5K~1.5K 鉛直 0.5K~1.5K				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」
主配管 原子炉冷却炉海水系	配管本体	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 1.5K 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」
	配管支持 構造物	応答解析	-	(応答解析) ○	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	(応答解析) ●	既設	応答解析	水平 - 鉛直 -	動的地震力の組合せ: 絶対値和法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」	○: Y.E.S ×: N.O ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討 ○: 適用性を 検討		
		応力解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応答解析) ●	今回	応答解析	水平 0.5K~1.5K 鉛直 0.5K~1.5K				動的地震力の組合せ: S.R.S.法	建設工事 第1回 添付書第1-2-1「申請 図書に係る耐震設計方 針」 添付書第1-2-2「原子 力発電設備内圧配管の 耐震性についての計算 書」

別表3(2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり: 異種・異種等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用範囲がある手法 異種適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用範囲がある手法

評価対象設備	既設工と今回工事時との比較										備考 (左欄にて比較した自 プラント既工事)	他プラントを含めた既工事での適用				規格基準 に当たった手法				
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時系列解析法)					解析モデル						減衰定数		その他 (評価条件の変更等)						
	既工事	今回工事	相違内容	相違内容	相違内容	既工事	今回工事	相違内容	相違内容	相違内容		既工事	今回工事	相違内容	相違内容		内容	適用した設備名称	適用性の有無	適用性の有無
計測制御系統設備	主配管	制御用配管水圧系	○	既工事	応答解析	スペクトルモデル解析	○	既工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	既工事	応答解析	水平	0.5%	動的地震力の組合せ: 絶対値和	建設工事 第14回 附録第2-1-1「中層 階層に接する耐震設計方 針」 附録第2-2-3「耐震 性能評価水圧配管の 耐震性についての計算 書」	○	○
				今回工事	応答解析	公式等による評価	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
	配管支持 構造物	-	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	完全免震474号 資料2-1-3「免震設計 配管支持構造物の応力 計算書」	○	○	
				今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
計測制御系統設備	主配管	ほう気水圧系	○	既工事	応答解析	スペクトルモデル解析	○	既工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	○	既工事	応答解析	水平	0.5%	動的地震力の組合せ: 絶対値和	建設工事 第14回 附録第2-1-1「中層 階層に接する耐震設計方 針」 附録第2-2-3「耐震 性能評価水圧配管の 耐震性についての計算 書」	○	○
				今回工事	応答解析	公式等による評価	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
	配管支持 構造物	-	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	完全免震474号 資料2-1-3「免震設計 配管支持構造物の応力 計算書」	○	○	
				今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
計測制御系統設備	主配管	制御用空気系	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	動的地震力の組合せ: 絶対値和	建設工事 第14回 附録第2-1-1「中層 階層に接する耐震設計方 針」 附録第2-2-3「耐震 性能評価水圧配管の 耐震性についての計算 書」	○	○
				今回工事	応答解析	公式等による評価	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
	配管支持 構造物	-	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	完全免震474号 資料2-1-3「免震設計 配管支持構造物の応力 計算書」	○	○	
				今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
計測制御系統設備	主配管	放射線ドレン移送系	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	動的地震力の組合せ: 絶対値和	建設工事 第14回 附録第2-1-1「中層 階層に接する耐震設計方 針」 附録第2-2-3「耐震 性能評価水圧配管の 耐震性についての計算 書」	○	○
				今回工事	応答解析	公式等による評価	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				
	配管支持 構造物	-	-	既工事	応答解析	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	(応答解析) ○	既工事	応答解析	水平	-	完全免震474号 資料2-1-3「免震設計 配管支持構造物の応力 計算書」	○	○	
				今回工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	(応答解析) ○	今回工事	応答解析	水平	0.5%~1.0%				

別表3(2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり: 設備・基礎等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用項目がある手法
 個別適用あり: プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用項目がある手法

評価対象設備	既設工と今回工時との比較										備考 (左欄にて比較した自 プラント既設工)	既設プラントを含めた既設工での適用例			規格基準 に即した手法				
	解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデルの解析、時刻解析等)					解析モデル						内容	適用した設備名称	適用状況 (○: 共通適用あり □: 個別適用あり ×: 適用なし)					
	既設工	今回工	内容	既設工	今回工	既設工	今回工	内容	既設工	今回工						内容			
配管系	主配管	可燃性ガス再循環系	○	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平 1次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平 1.5E	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○ 動的地震力の組合せ: ○	○	-
					応力解析	公式等による評価			応答解析	水平			応力解析	水平					
	配管支持構造物	既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○	○	-		
			応力解析	-			応答解析	水平			応力解析	水平							
配管系	主配管	非可燃性ガス処理系	○	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平 1次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平 0.5E	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○ 動的地震力の組合せ: ○	○	-
					応力解析	公式等による評価			応答解析	水平			応力解析	水平					
	配管支持構造物	既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○	○	-		
			応力解析	-			応答解析	水平			応力解析	水平							
配管系	主配管	可燃性ガス循環系	○	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平 1次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平 0.5E	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○ 動的地震力の組合せ: ○	○	-
					応力解析	公式等による評価			応答解析	水平			応力解析	水平					
	配管支持構造物	既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○	○	-		
			応力解析	-			応答解析	水平			応力解析	水平							
配管系	主配管	非可燃性ガス系	○	既設工	応答解析	スペクトルモデル解析	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平 1次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平 0.5E	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○ 動的地震力の組合せ: ○	○	-
					応力解析	公式等による評価			応答解析	水平			応力解析	水平					
	配管支持構造物	既設工	応答解析	-	(応答解析) ○ (応力解析)	既設工	応答解析	水平	(応答解析) ● (応力解析)	既設工	応答解析	水平	動的地震力の組合せ: 絶対値法	建設工事 第22回 総務省告示2-1「中層 設備に係る耐震設計方 針」 第4章第2-5「非 圧力ガス配管系配管の 耐震性についての計算 書」	《解析手法》 ○ 《応力定義》 ○ 《その他》 ○	○	-		
			応力解析	-			応答解析	水平			応力解析	水平							

別表3 (2) 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表 (機器・配管系のうち配管系の構造強度評価)

(注1) 共通適用あり：規格・基準等に基づきプラントの仕様等により適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法
 既設適用あり：プラント仕様に基づき適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

評価対象設備				既設工と今回工事時との比較												備考 (左欄にて比較した自 プラント既設工)	他プラントを含めた両工種での適用例				項替基準 に付した手法					
				解析手法 (公式等による評価、スペクトルモデル解析、時刻解析等)						解析モデル							減衰定数		その他 (評価条件の変更等)			内容	参照した数値名称	減衰定数の実値 ○：構造上の差異なし ×：構造上の差異あり (適用可能なこととの 適用も記載)	○：YES ×：NO (適用性を要 しない) -：既設から手法を 変更し他プラントで実 績がある手法	
				既設工		相違内容				既設工		相違内容					既設工		相違内容							工種
				○：同じ ●：異なる -：該当なし	工種	解析種別	方向	内容	○：同じ ●：異なる -：該当なし	工種	解析種別	方向	内容	○：同じ ●：異なる -：該当なし	工種		解析種別	方向	内容	○：同じ ●：異なる -：該当なし		工種	内容			
その他発電機用原 子の目録記載	主 配 管	既設併送系	配管本体	-	既設工	応答解析	-	-	-	-	(応答解析) -	既設工	応答解析	水平	-	-	既設工	応答解析	水平	-	【減衰定数】 応答解析：○ 【その他】 動的伝達力の組合せ： ○	-	-			
						応力解析	-	-	-	-			応答解析	鉛直	-			応答解析	鉛直	-						
						応力解析	-	-	-	-			応答解析	水平	-			応答解析	水平	-						
					今回 工事	応答解析	スペクトルモデル解析	-	-	-	(応答解析) -	今回 工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	-	-	今回 工事	応答解析	水平				0.01~0.05	-	
						応力解析	-	-	-	-			応答解析	鉛直	3次元はりモデル	-			応答解析	鉛直				0.01~0.05	-	
						応力解析	公式等による評価	-	-	-			応答解析	水平	-	-			応答解析	水平				-	-	
	配管支持 構造物	-	-	配管支持 構造物	-	既設工	応答解析	-	-	-	-	(応答解析) -	既設工	応答解析	水平	-	-	既設工	応答解析	水平	-	【減衰定数】 応答解析：○ 【その他】 動的伝達力の組合せ： ○	-	-		
							応力解析	-	-	-	-			応答解析	鉛直	-			応答解析	鉛直	-					
							応力解析	-	-	-	-			応答解析	水平	-			応答解析	水平	-					
						今回 工事	応答解析	スペクトルモデル解析 (配管反力)	-	-	-	(応答解析) -	今回 工事	応答解析	水平	3次元はりモデル	-	-	今回 工事	応答解析	水平				0.01~0.05	-
							応力解析	-	-	-	-			応答解析	鉛直	3次元はりモデル	-			応答解析	鉛直				0.01~0.05	-
							応力解析	公式等による評価	-	-	-			応答解析	水平	-	-			応答解析	水平				-	-

1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

1. はじめに

本資料は、今後申請する東海第二発電所の補正工認（以下「今回工認」という。）に提出する予定の原子炉建屋の地震応答解析について纏めたものである。

まず、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析の結果を踏まえて今回工認に用いる地震応答解析モデルを設定し、次に設定したモデルを用いた基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を示し、原子炉建屋の耐震健全性を説明するものである。

2. 原子炉建屋の概要

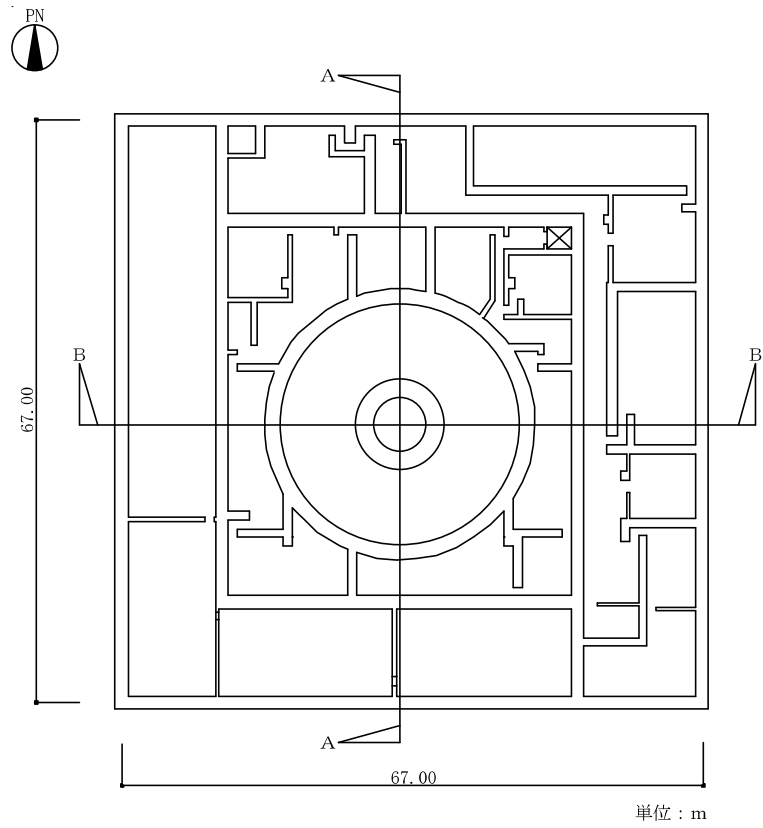
2.1 原子炉建屋の概要

原子炉建屋は、地下2階、地上6階の鉄筋コンクリート造の建物である。

建物の中央部には原子炉格納容器を収納する原子炉棟があり、その周囲に付属棟を配置している。原子炉建屋の概要を第2-1図及び第2-2図に、使用材料を第2-1表に示す。

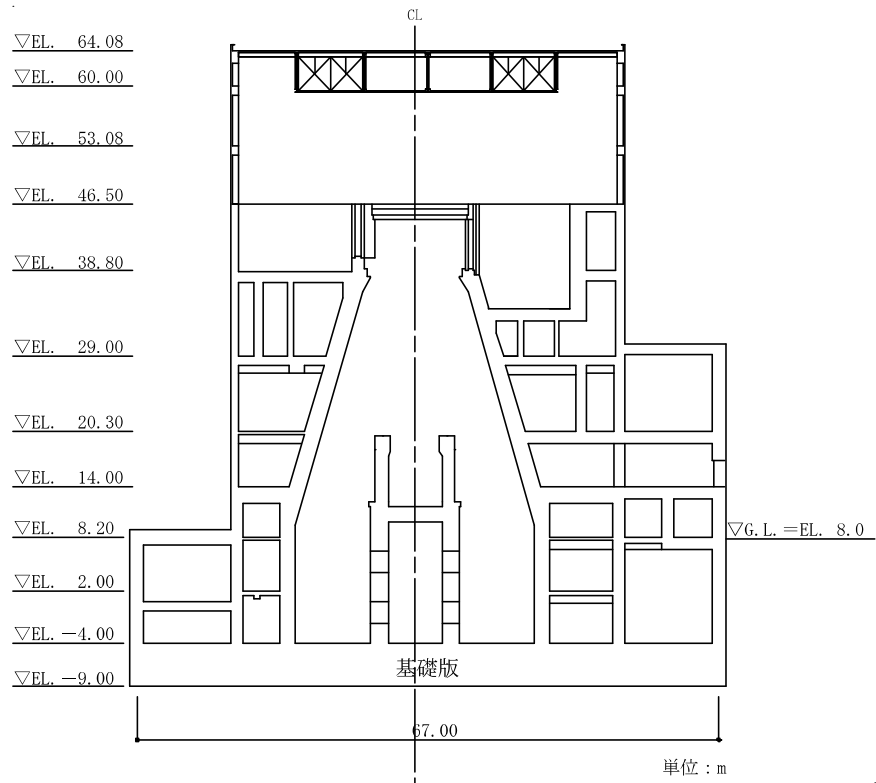
原子炉棟と付属棟とは同一基礎スラブ上に設置した一体構造であり、原子炉建屋の平面は、地下部分は約67 m×約67 m、地上部分は一部を除き約41 m×約44 mの矩形をしている。基礎底面からの高さは約73 mであり、地上高さは約56 mである。

原子炉建屋の基礎は、平面が約67 m×約67 m、厚さ5 mのべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

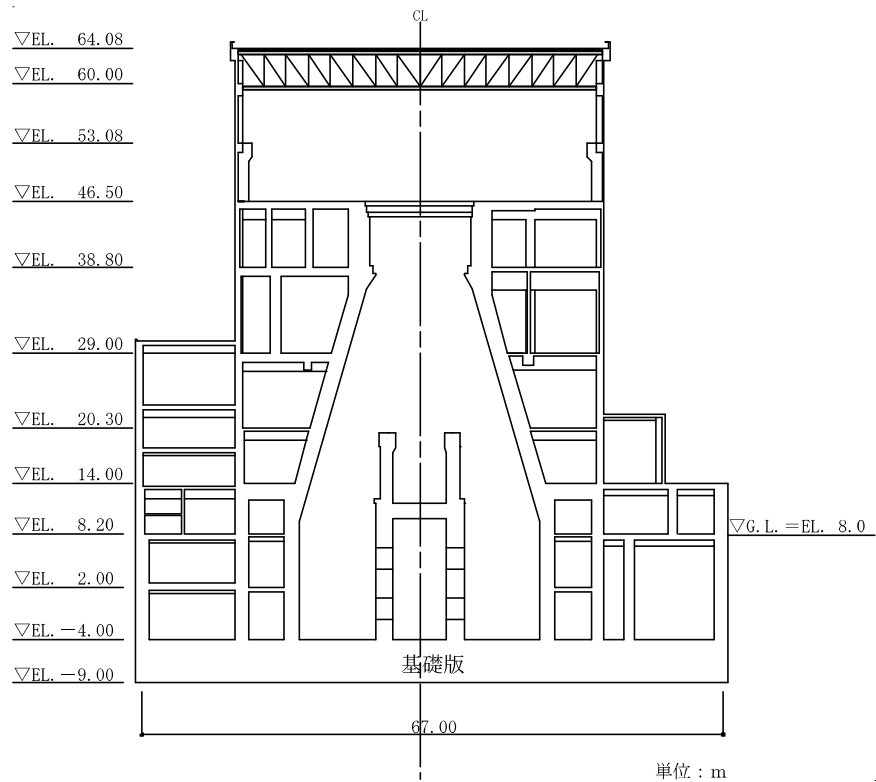


(EL. -4.0 m)

第 2-1 図 原子炉建屋の概要（平面図）



(NS方向, A-A断面)



(EW方向, B-B断面)

第2-2図 原子炉建屋の概要(断面図)

1-2-4

第 2-1 表 原子炉建屋の使用材料^{※1}

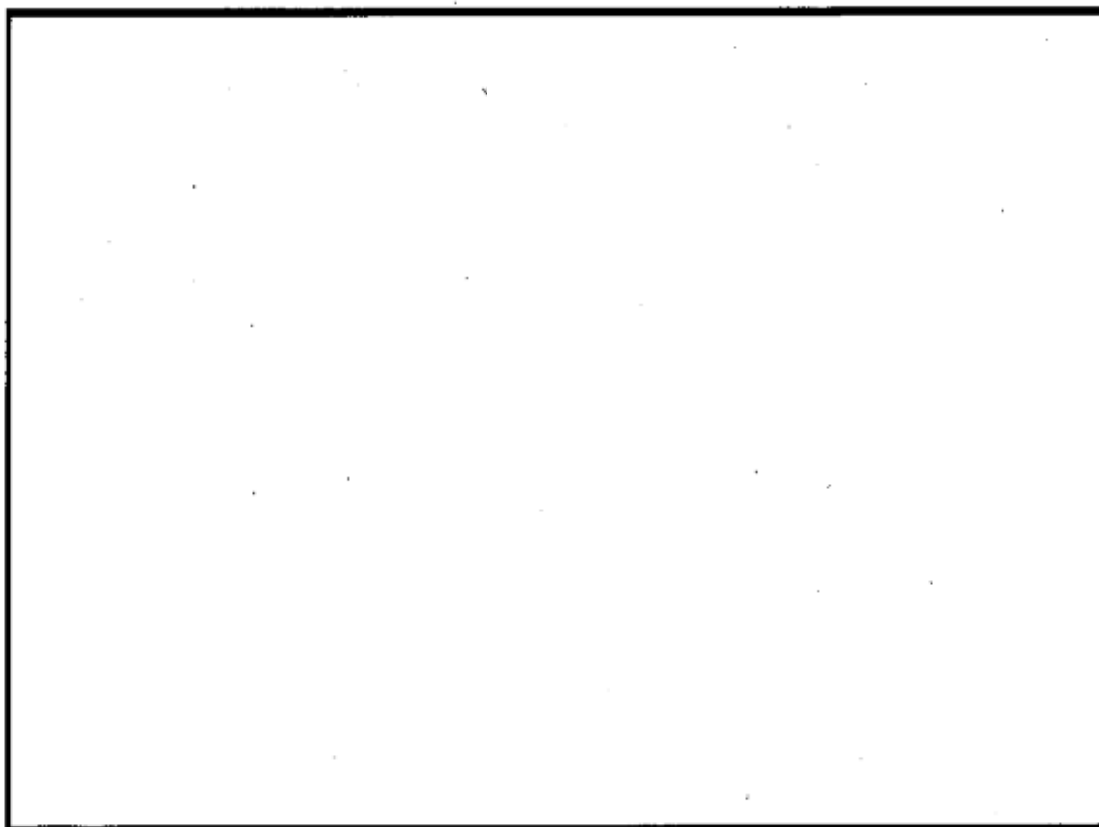
部位	設計基準強度		単位容積 重量 γ kN/m ³	ポアソン比 ν	ヤング係数 E N/mm ²	せん断 弾性係数 G N/mm ²
	F c kgf/cm ²	F c ^{※2} N/mm ²				
建屋	225	22.1	24.0	0.2	2.21×10^4	9.21×10^3
人工岩盤	140	13.7	23.0	0.2	1.88×10^4	7.83×10^3
鋼材	-	-	77.1	0.3	2.05×10^5	7.9×10^4

※1 使用材料については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（1999）」、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）」及び「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（2005）」に準拠した。

※2 F c は 9.80665 m/s^2 を用いて換算した。

2.2 原子炉建屋の位置

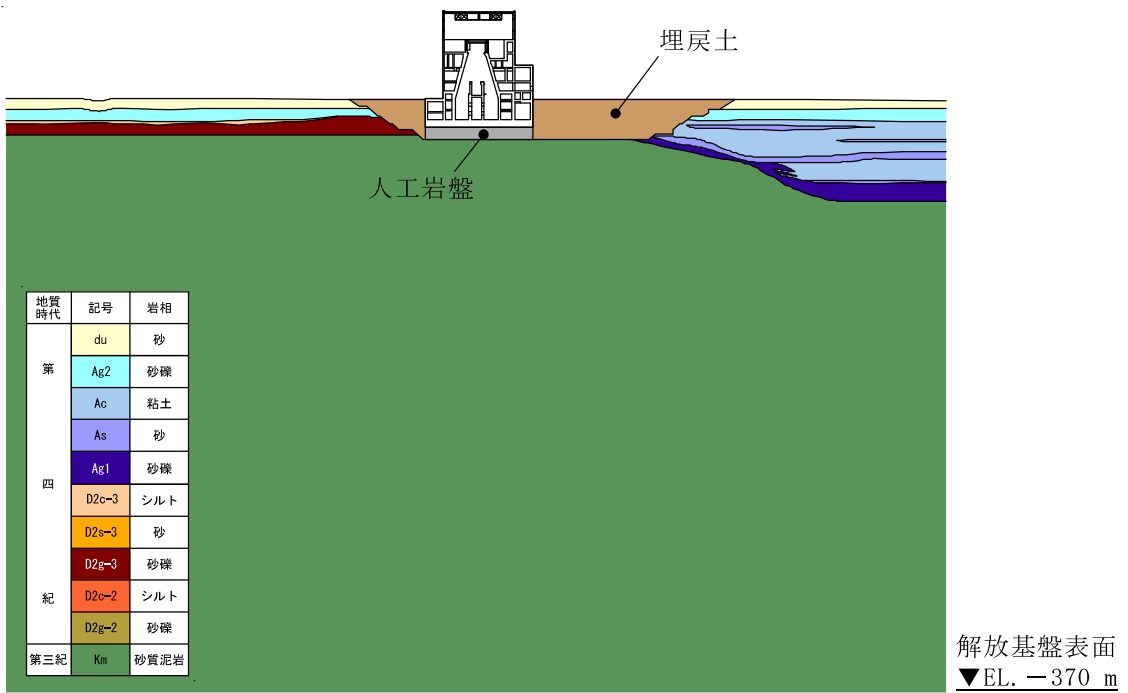
第 2-3 図の構内配置図に原子炉建屋の位置を示す。



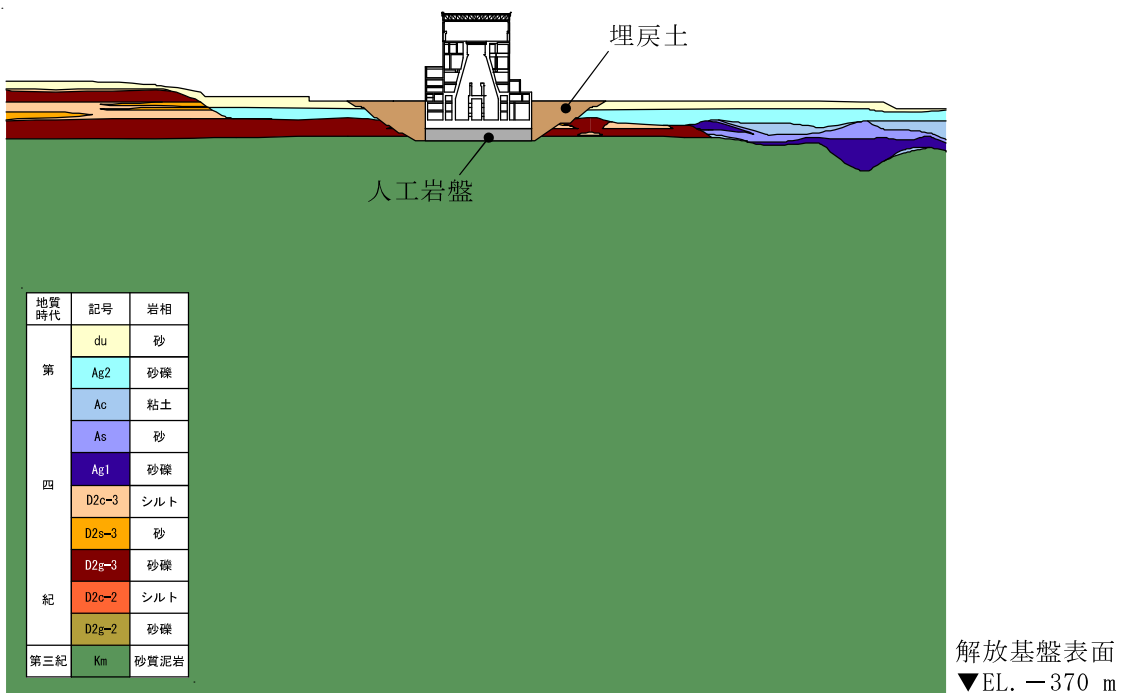
第 2-3 図 構内配置図

2.3 設置地盤の状況

原子炉建屋はコンクリート造の人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。原子炉建屋の設置状況及び埋込み状況を第 2-4 図の原子炉建屋設置地盤断面図に示す。



(N S 方向)



(E W 方向)

第 2-4 図 原子炉建屋設置地盤断面図

3. 原子炉建屋の地震応答解析モデルの設定

3.1 目的

今回工認に用いる原子炉建屋の地震応答解析モデルについて検討する。

東海第二発電所原子炉建屋の基礎はコンクリート造の人工岩盤を介して支持地盤である久米層に設置している。また、原子炉建屋の基礎下端は EL. -9 m であり、地表面 (EL. +8 m) から 17 m 地中に埋め込まれている。

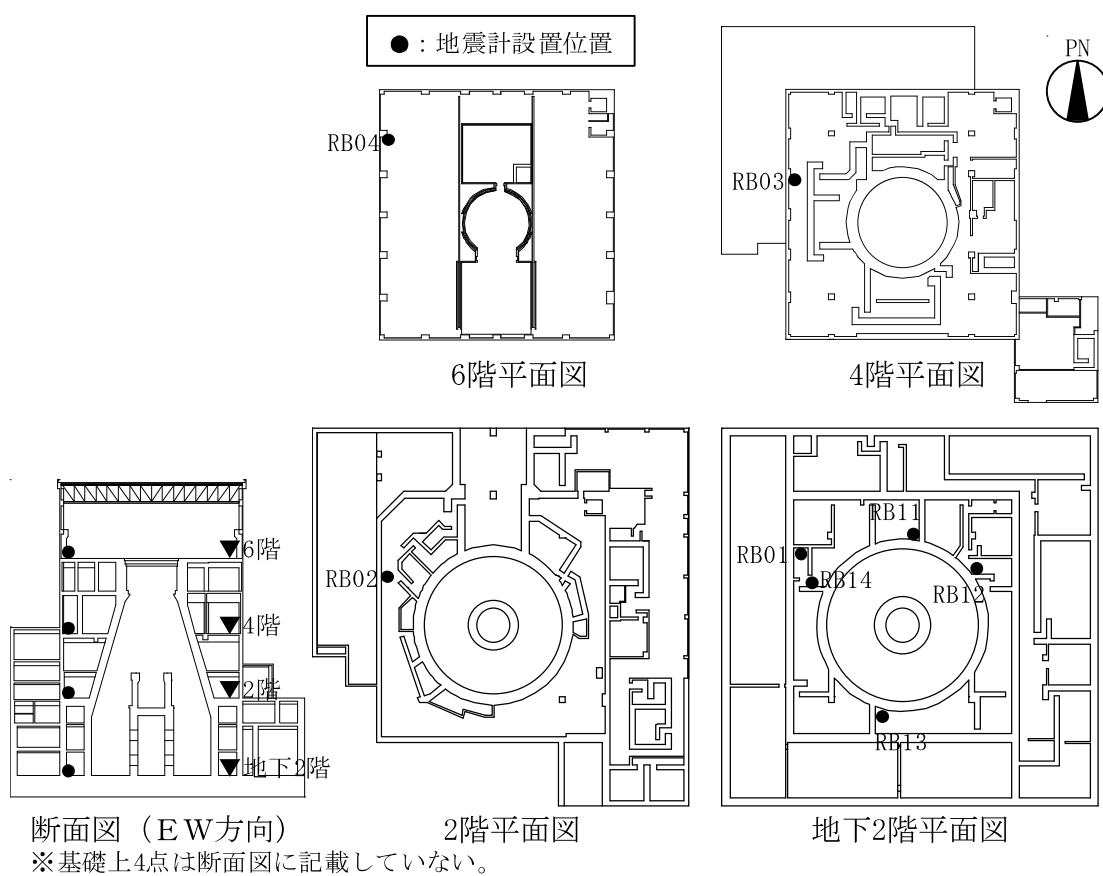
建設当時の工認（以下「既工認」という。）では、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987〔社団法人日本電気協会〕（以下「J E A G 4601-1987」という。）制定前であったため、解放基盤表面という概念がなく、地盤応答解析を介さずに人工岩盤下端に設計波を直接入力していた。そのため人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し、建屋と側面地盤の相互作用は考慮していなかった。

今回工認の地震応答解析モデルを検討するにあたり、「J E A G 4601-1987」及び原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1991 追補版〔社団法人日本電気協会〕（以下「J E A G 4601-1991 追補版」という。）には、基礎底面の人工岩盤のモデル化方法及び側面回転地盤ばねの扱いについて明確に表記されていないため、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）時の観測記録を用いたシミュレーション解析を行い、人工岩盤のモデル化の影響と建屋と側面地盤との相互作用の影響評価を行い、これらの工認上の扱いを検討する。

3.2 原子炉建屋内の地震計設置位置

原子炉建屋には、地震時の基本的な振動性状を把握する目的で偶数階に各階1台の地震計を設置している。また、基礎(地下2階)には更に4台の地震計を設置している。

原子炉建屋の地震計設置位置を第3-1図に示す。



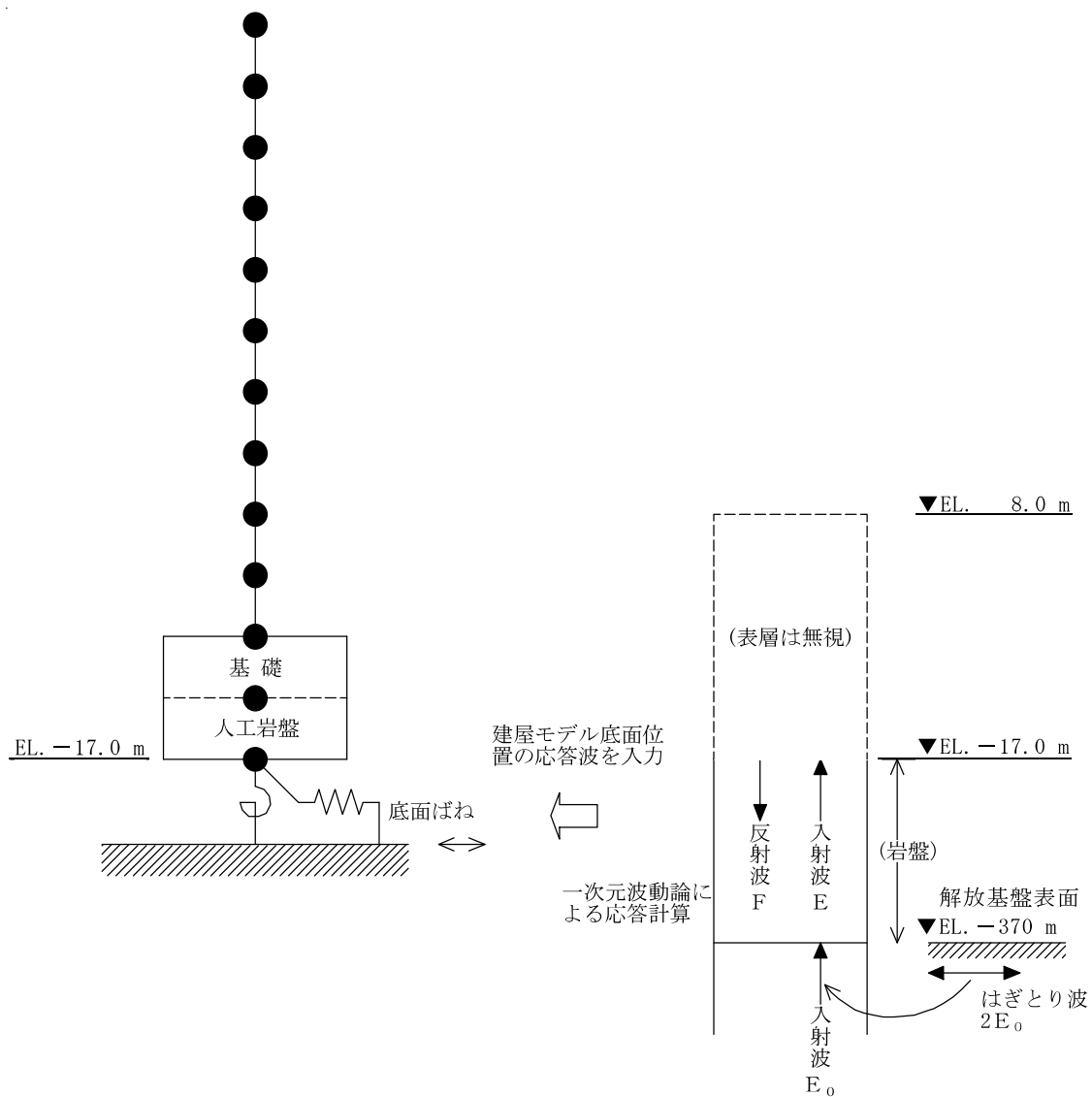
第3-1図 原子炉建屋の地震計設置位置

3.3 建屋—地盤動的相互作用の評価法について

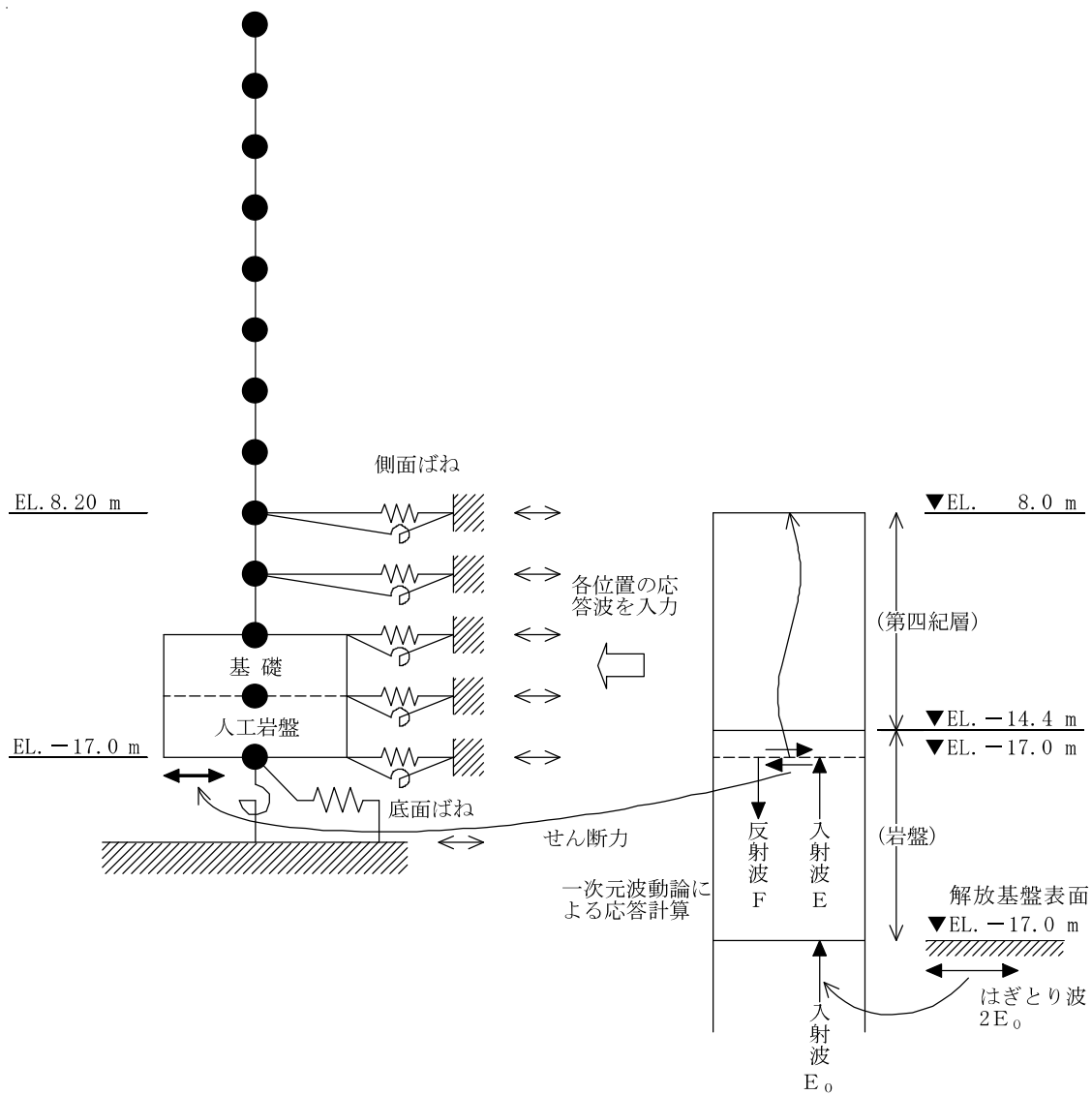
既工認では、埋込み効果を見逃した、スウェイ・ロッキングモデル（以下「SRモデル」という。）として、建屋と地盤の相互作用を考慮している。

本資料では、はじめに、既工認に用いたSRモデルと側面地盤による回転拘束を含む埋込み効果を考慮した埋込みSRモデルを用いて東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析を行い、建屋の振動性状を比較した。解析に用いたSRモデルによる地震応答解析の概要を第3-2図に、埋込みSRモデルによる地震応答解析の概要を第3-3図に示す。

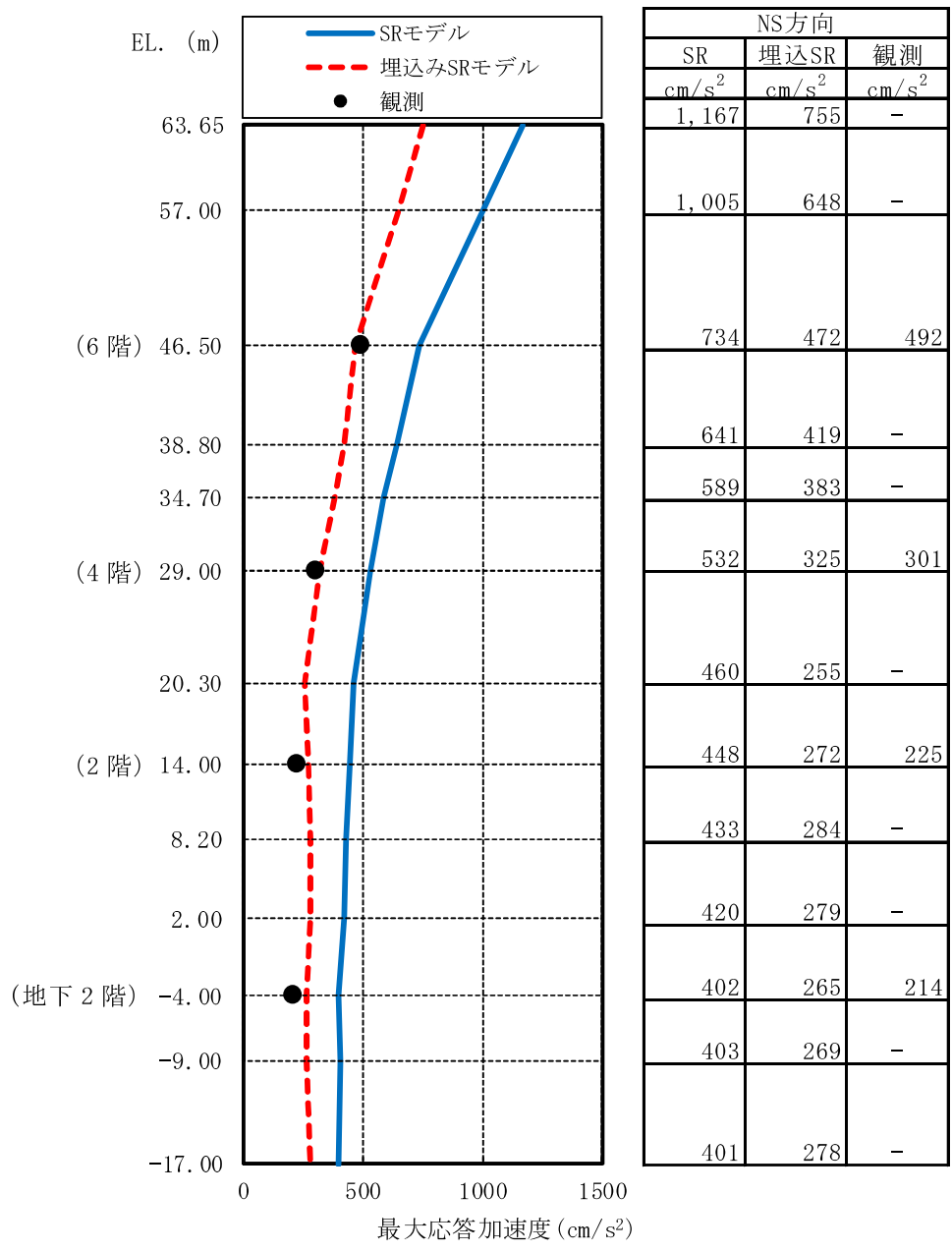
東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として、両者の最大応答加速度分布の比較を第3-4図及び第3-5図に、床応答スペクトルの比較を第3-6図及び第3-7図に示す。これらの解析結果より埋込みSRモデルを用いた方が、SRモデルを用いた場合に比べ、観測記録との整合が改善しており、より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられる。



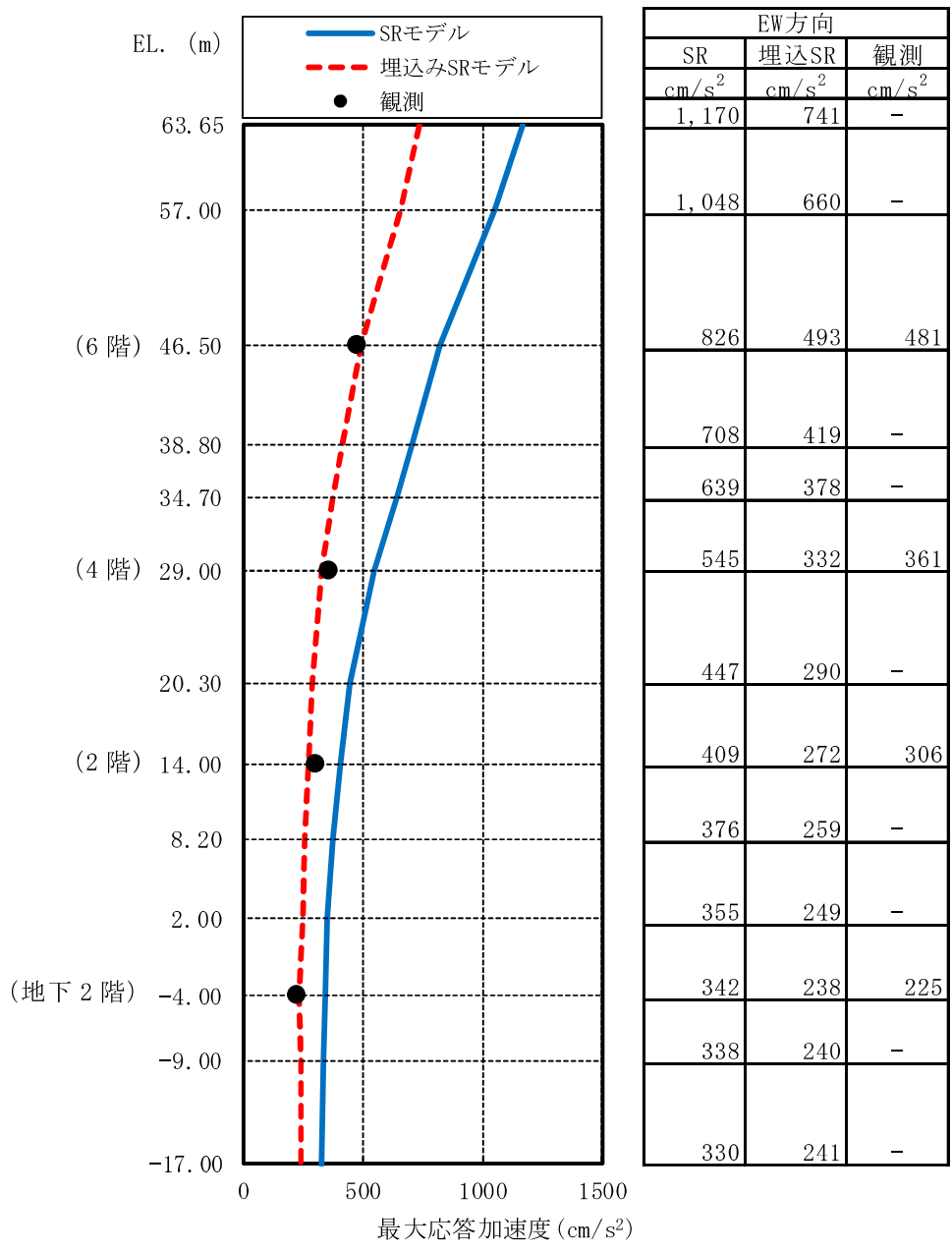
第 3-2 図 SRモデルによる地震応答解析の概要



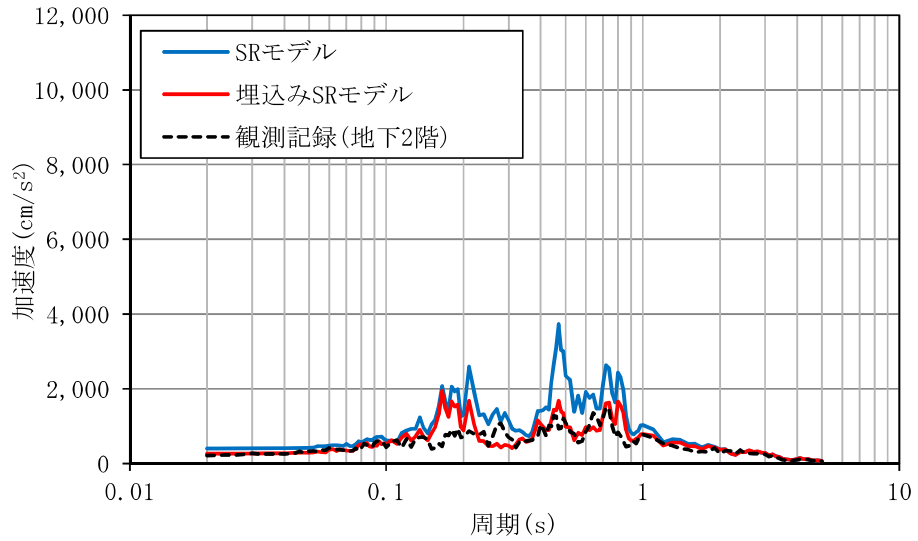
第 3-3 図 埋込みSRモデルによる地震応答解析の概要



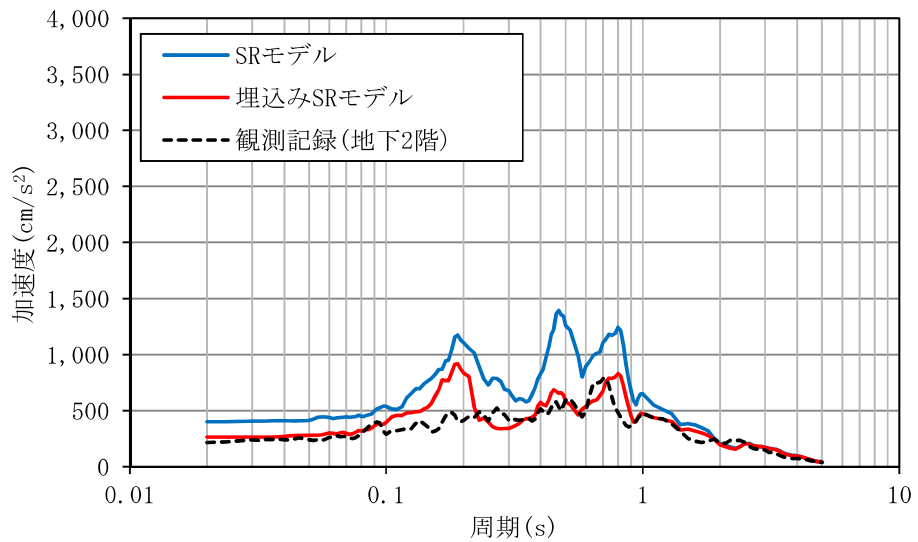
第 3-4 図 最大応答加速度分布の比較 (N S 方向)



第 3-5 図 最大応答加速度分布の比較 (EW方向)



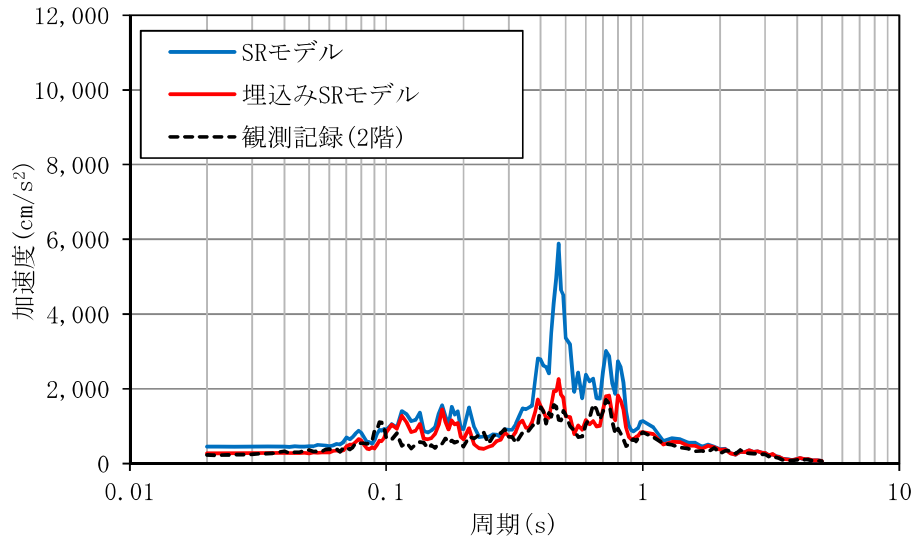
h = 1%



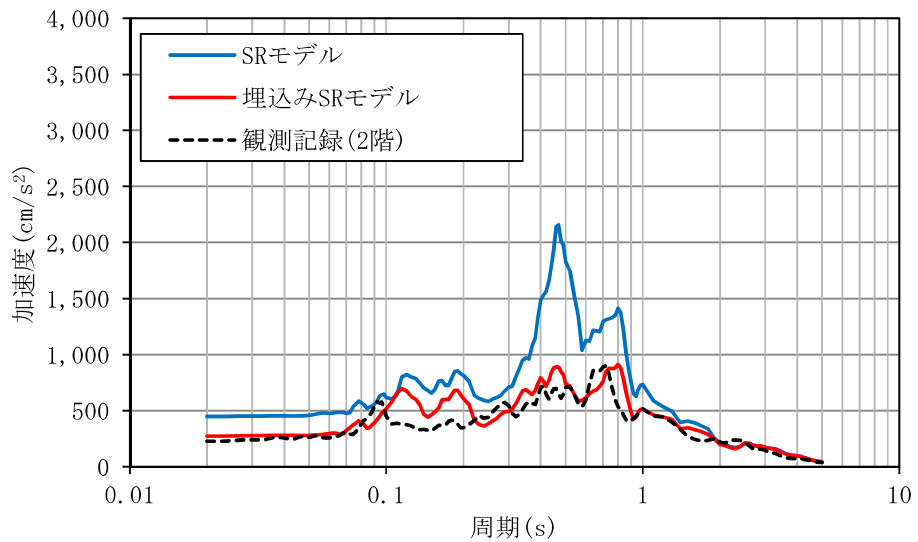
h = 5%

地下 2 階

第 3-6 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



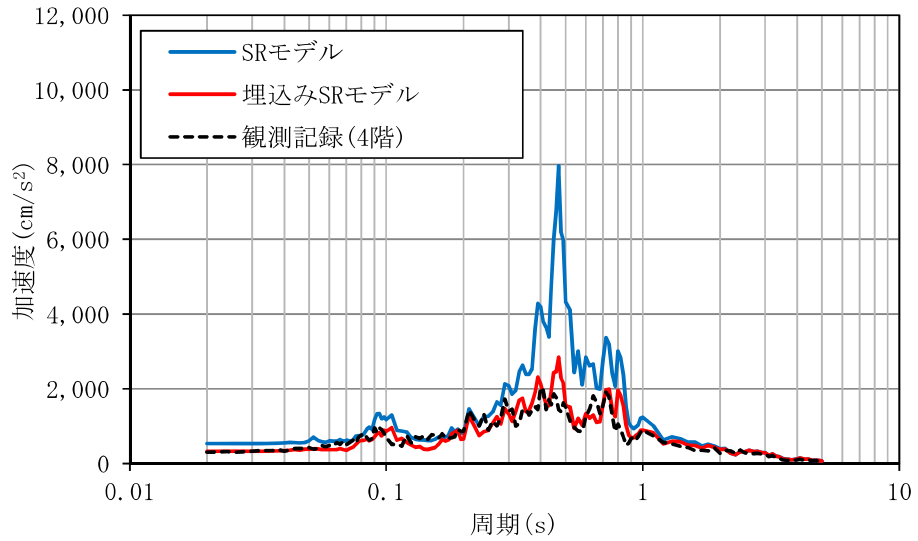
$h = 1\%$



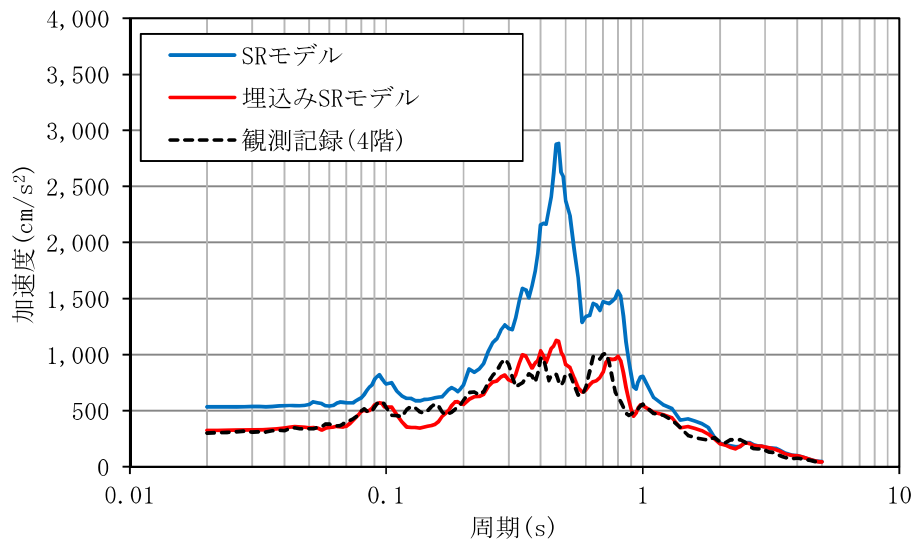
$h = 5\%$

2 階

第 3-6 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



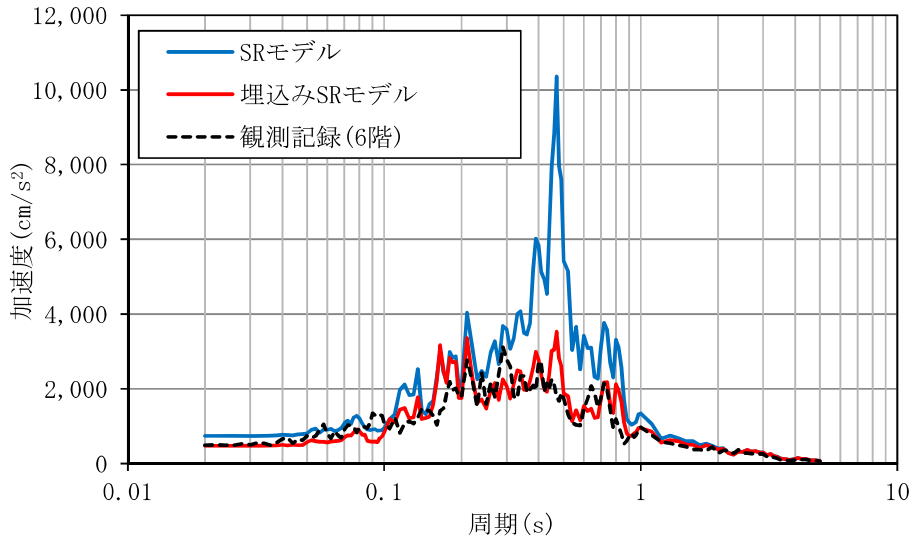
h = 1%



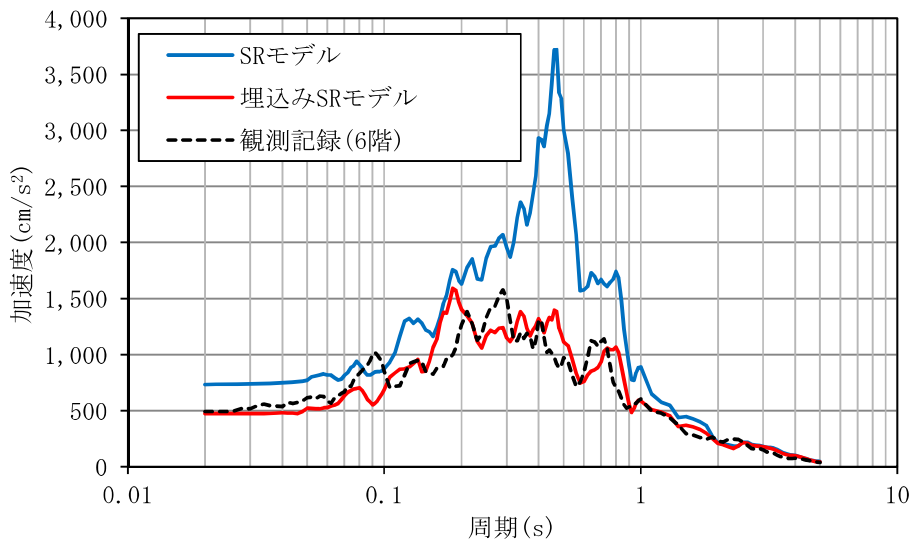
h = 5%

4 階

第 3-6 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



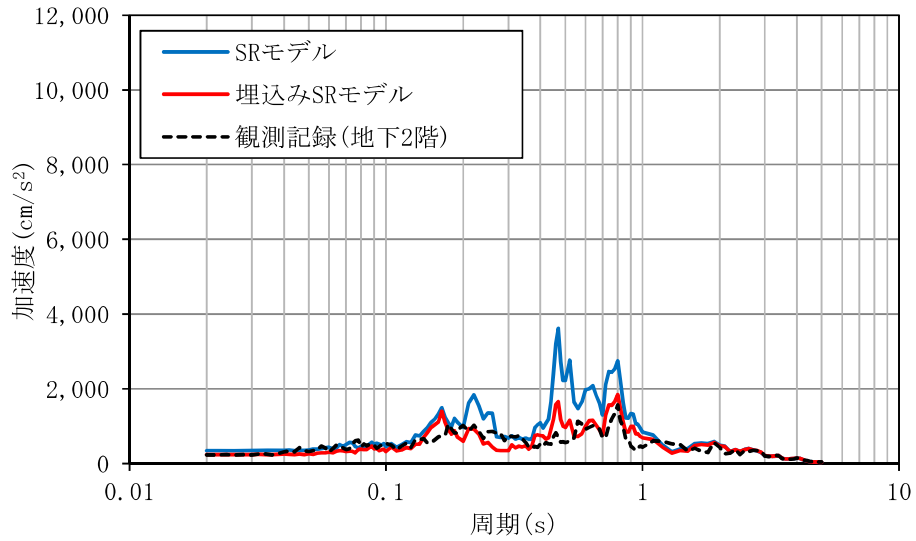
h = 1%



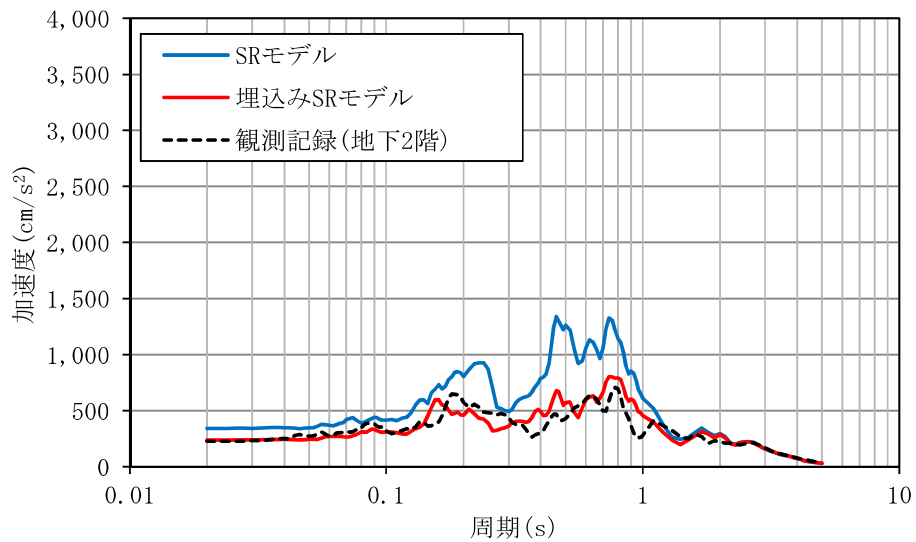
h = 5%

6 階

第 3-6 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



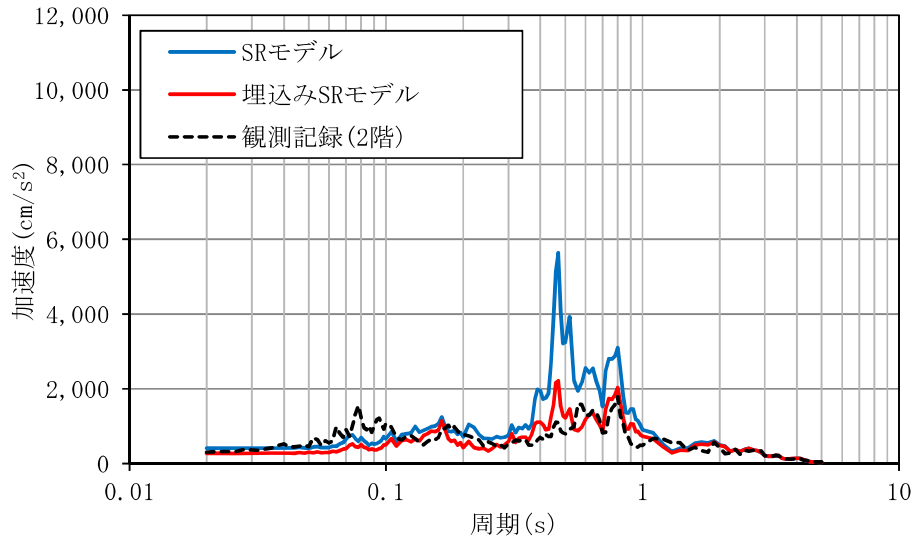
$h = 1\%$



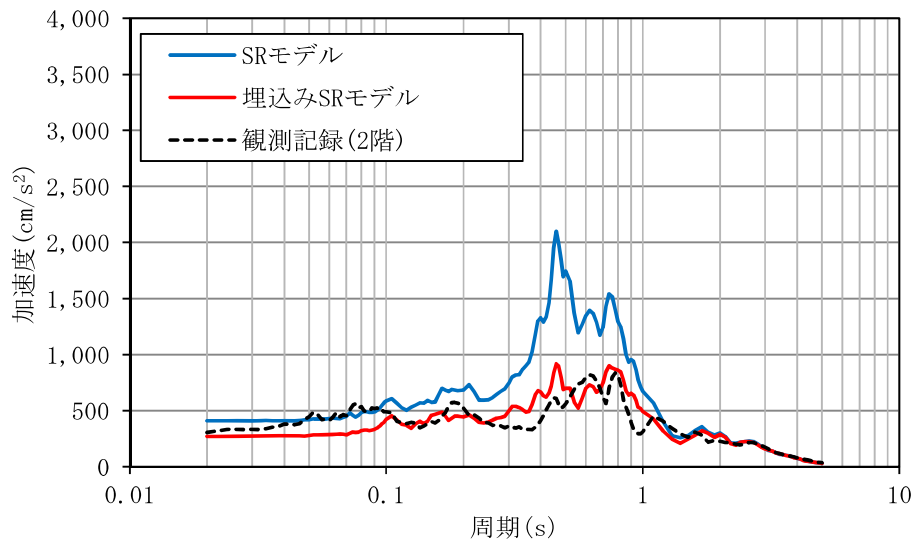
$h = 5\%$

地下 2 階

第 3-7 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



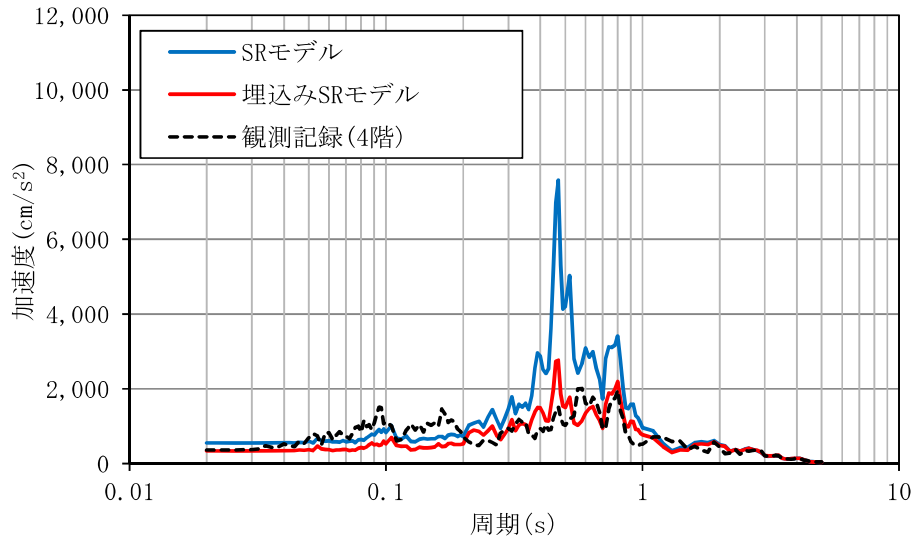
h = 1%



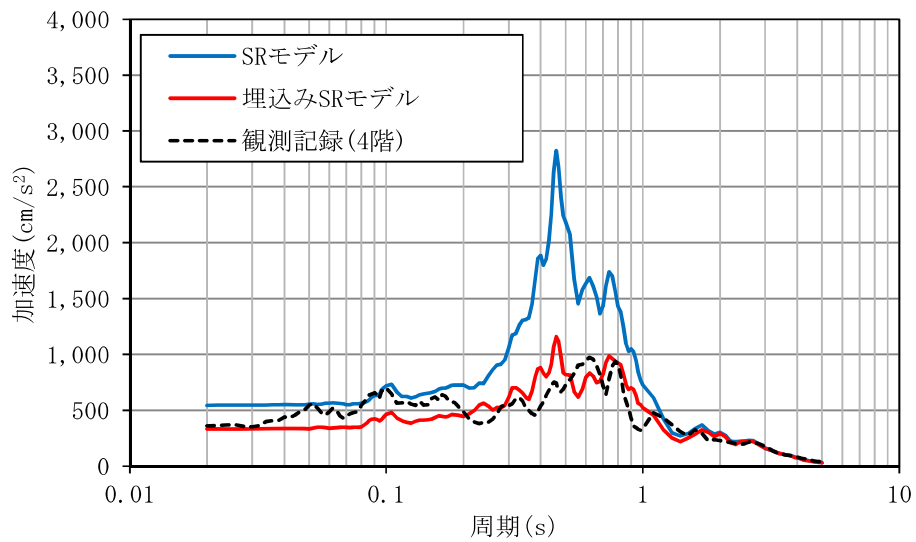
h = 5%

2 階

第 3-7 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



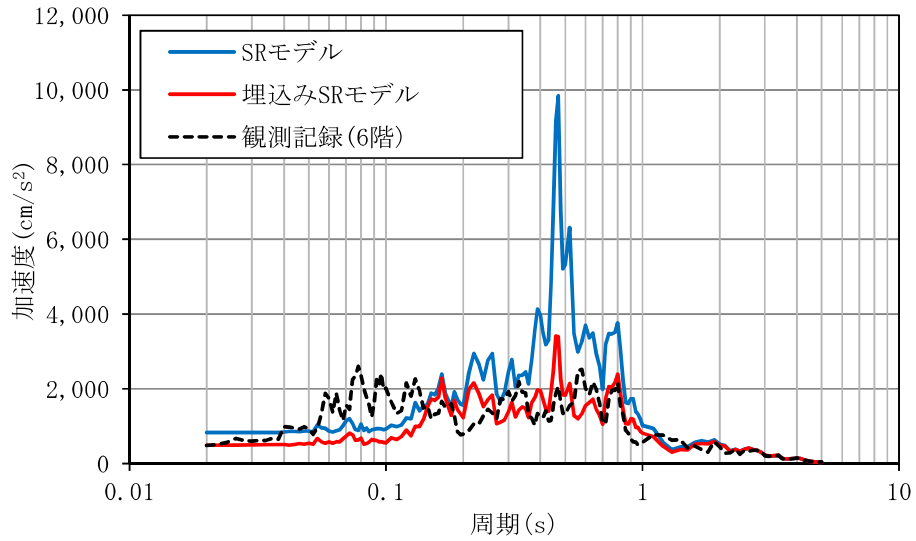
h = 1%



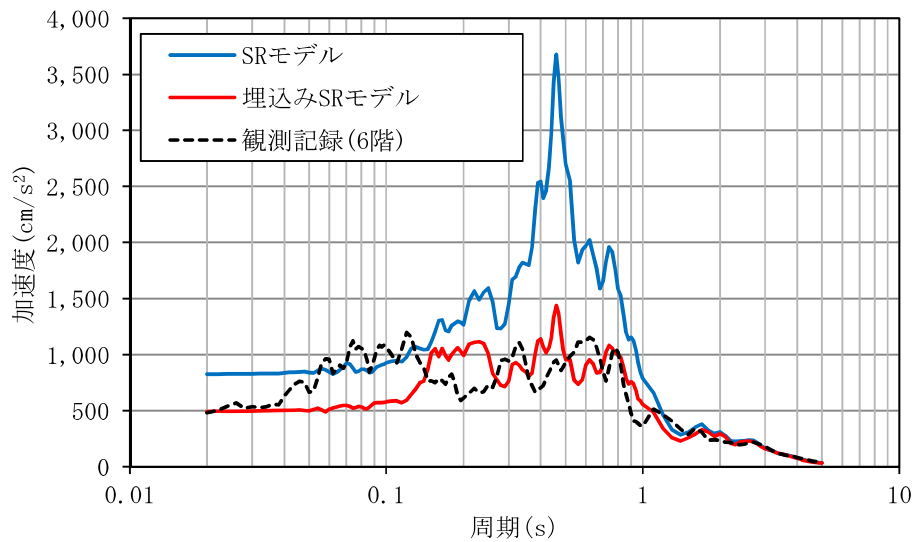
h = 5%

4 階

第 3-7 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



h = 1%



h = 5%

6 階

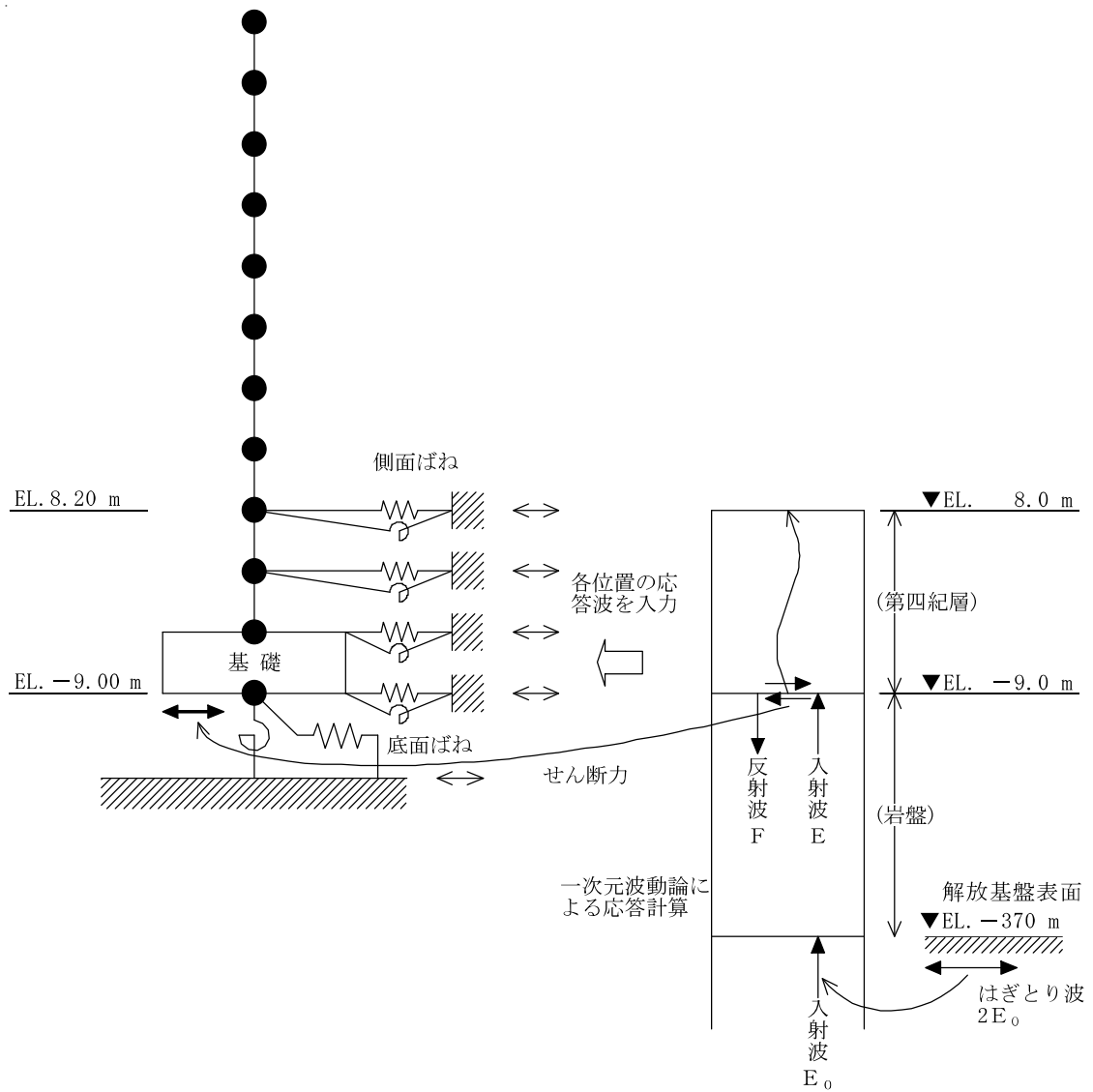
第 3-7 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)

3.4 工認上の人工岩盤のモデル化について

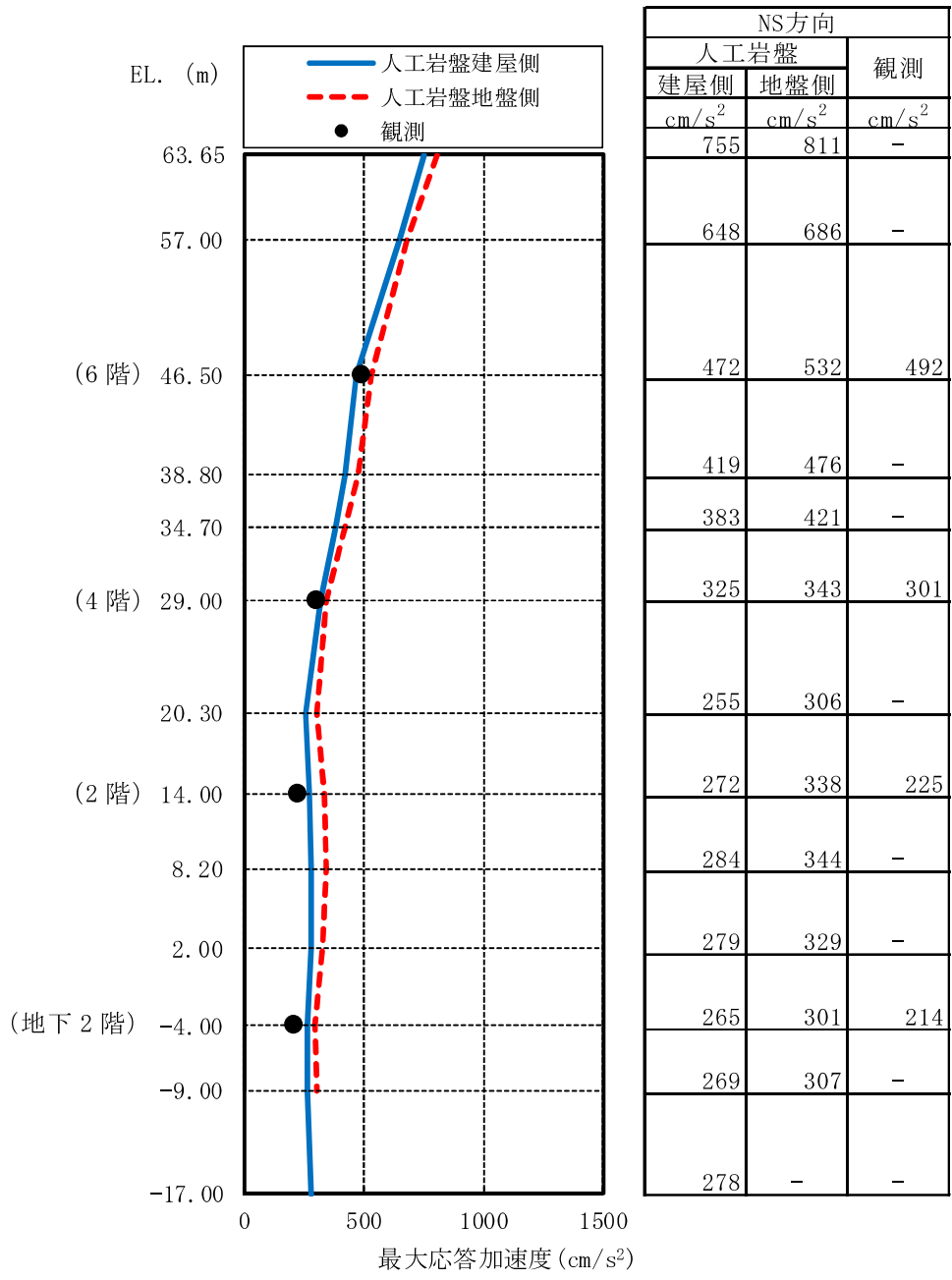
既工認では、人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し、地震応答解析を行っていたが、ここでは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合の建屋応答への影響について検討した。

人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要を第 3-8 図に示す。ここで、基礎底面の地盤ばね及び入力動の算定に用いる地盤モデルは、基礎底面レベルである EL. -9.0 m まで砂質泥岩である久米層の物性と同等として設定した。また、比較検討には、前章にも用いた実状に近い建屋の振動性状を評価できている埋込み S R モデルを用いた。

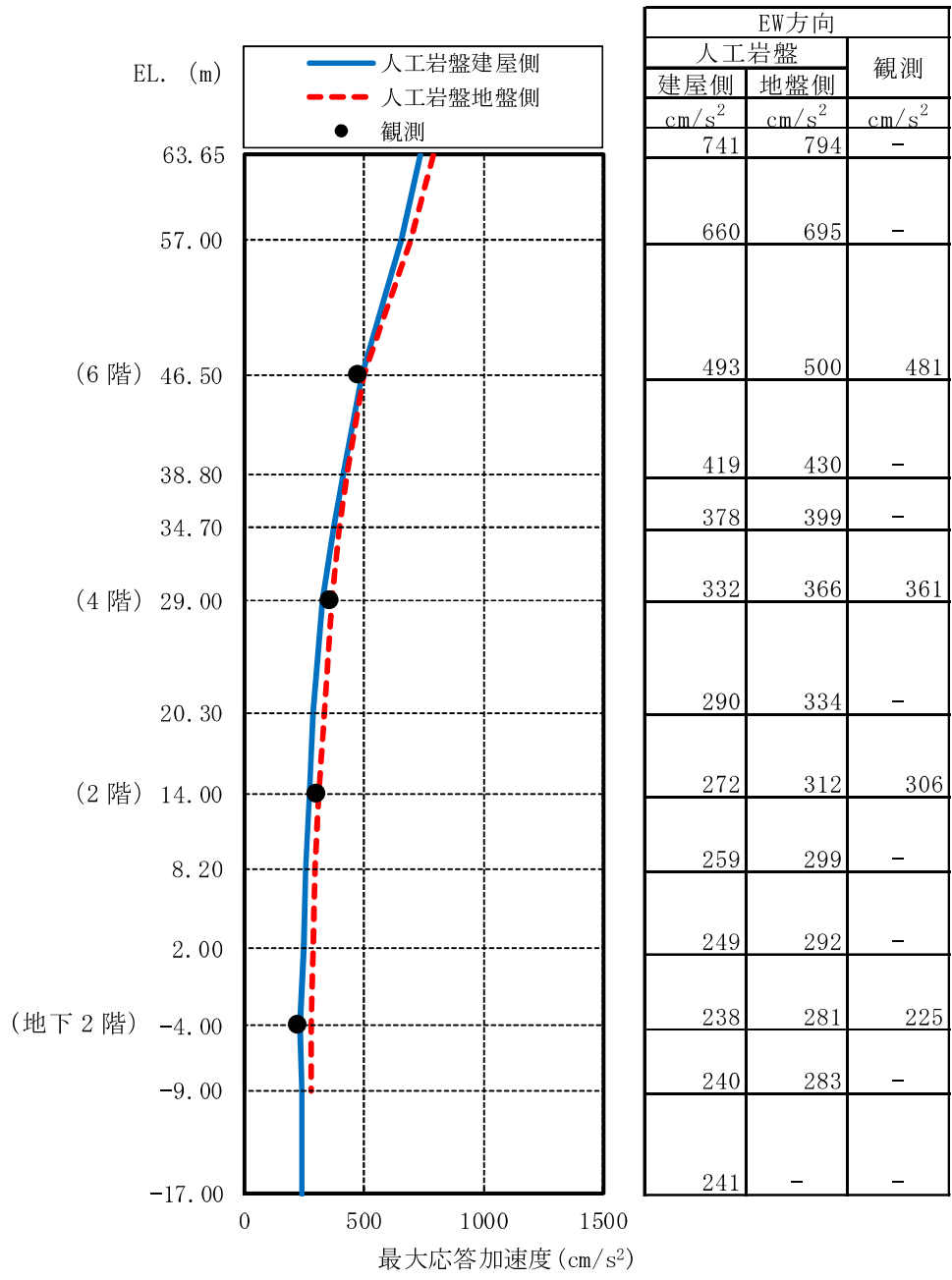
東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を第 3-9 図及び第 3-10 図に、床応答スペクトルの比較を第 3-11 図及び第 3-12 図に示す。人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合は、建屋モデル側にモデル化した場合の応答に比べ、概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。そのため今回の工認では、保守的に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する方針とした。



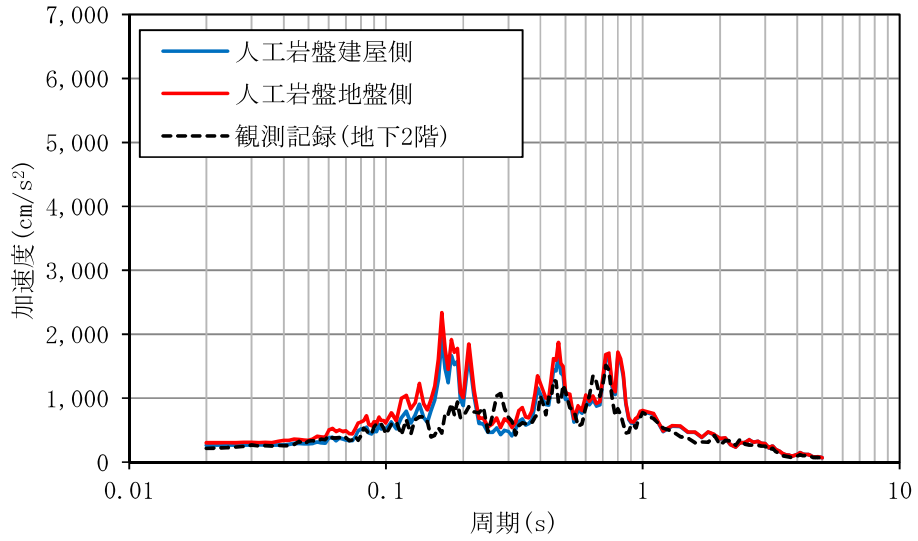
第 3-8 図 人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要



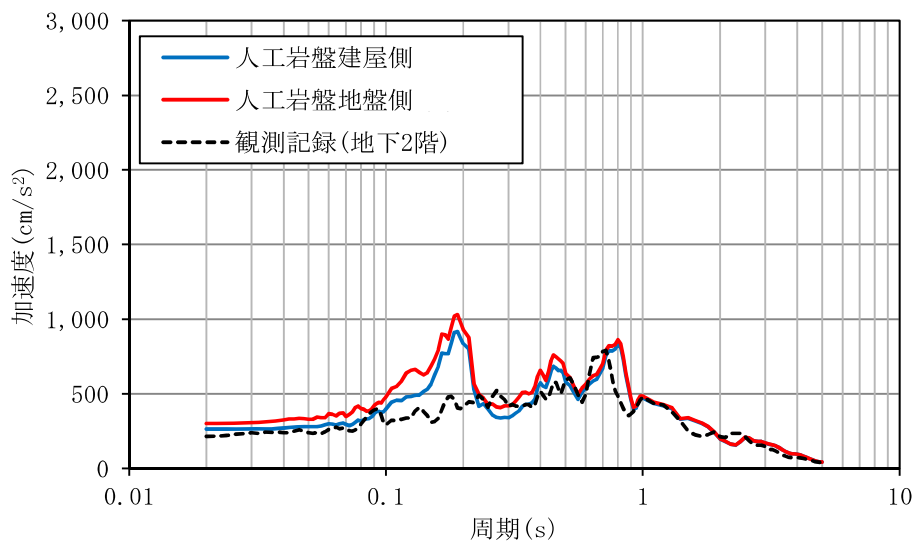
第 3-9 図 最大応答加速度分布の比較 (N S 方向)



第 3-10 図 最大応答加速度分布の比較 (E W方向)



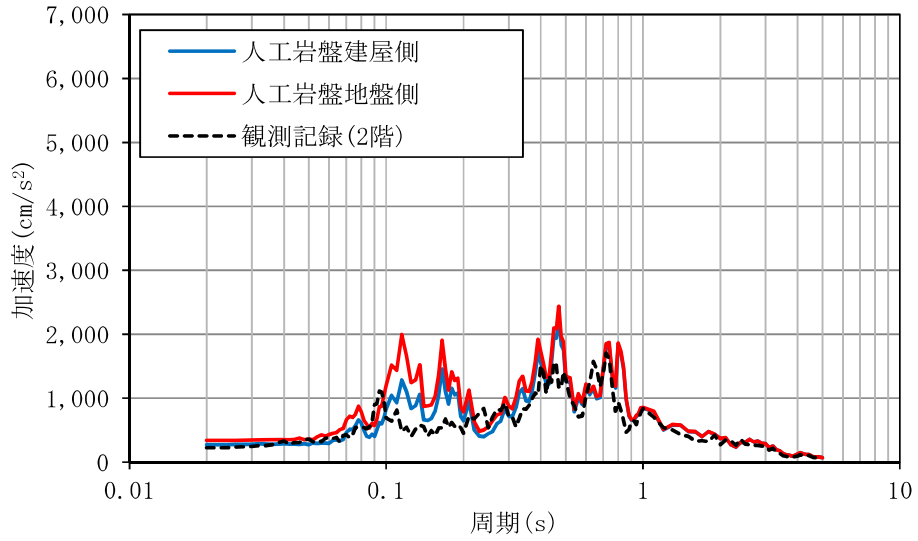
$h = 1\%$



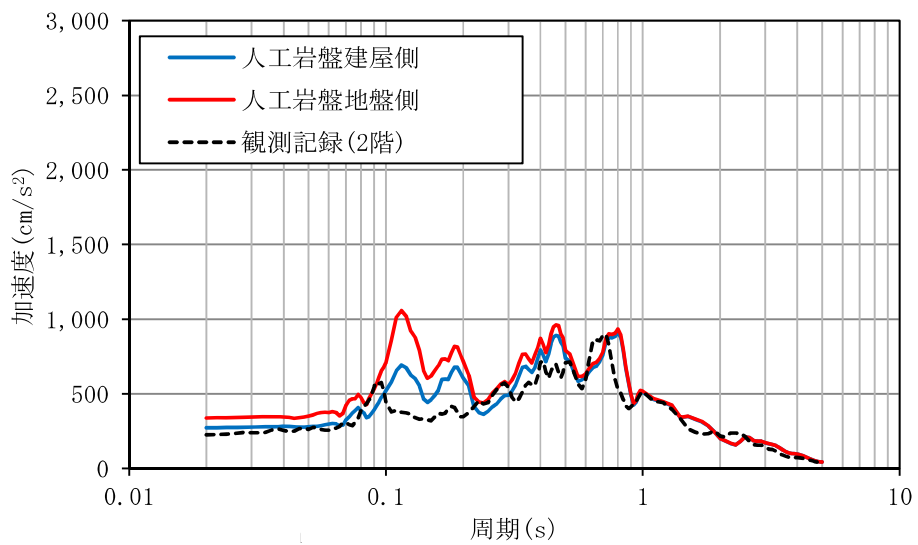
$h = 5\%$

地下 2 階

第 3-11 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



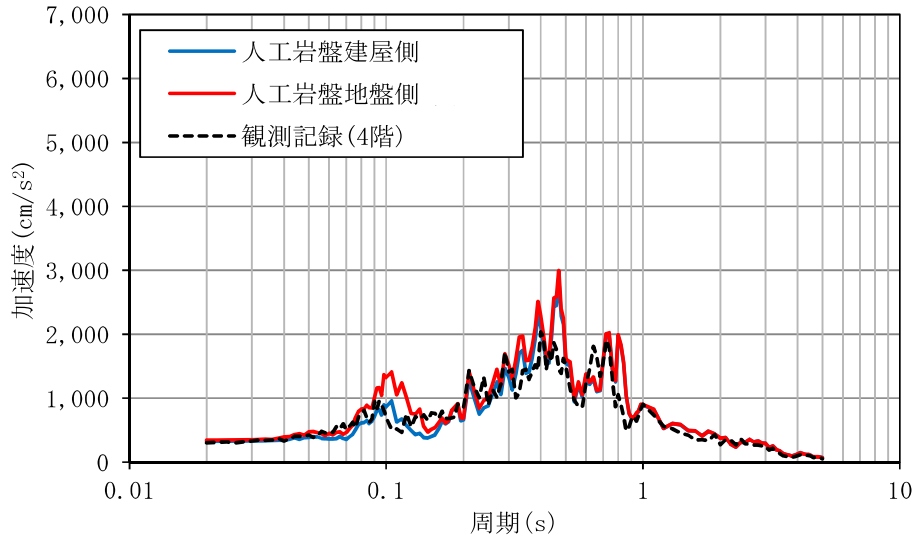
h = 1%



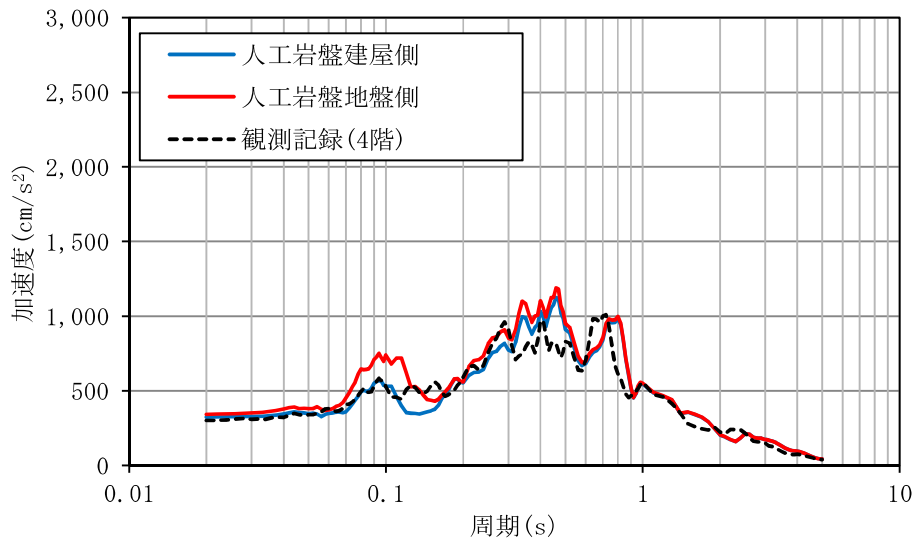
h = 5%

2 階

第 3-11 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



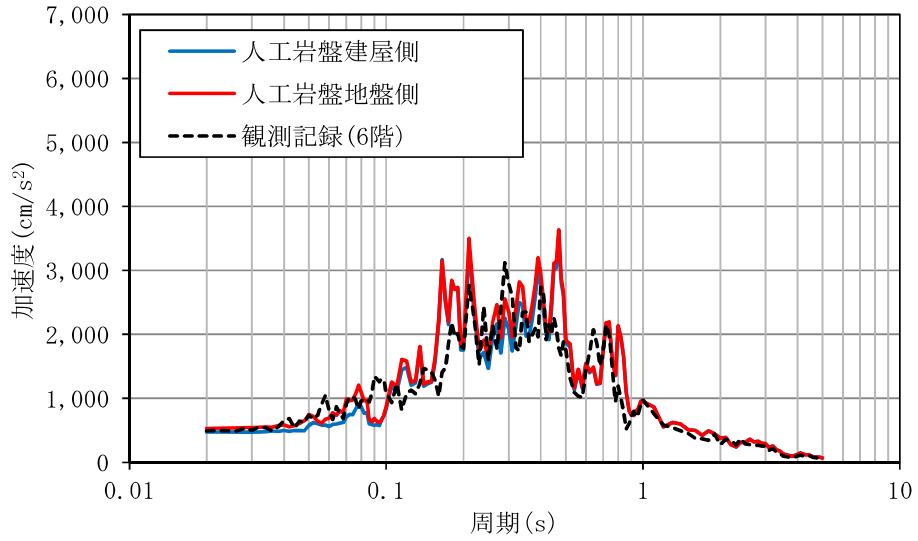
$h = 1\%$



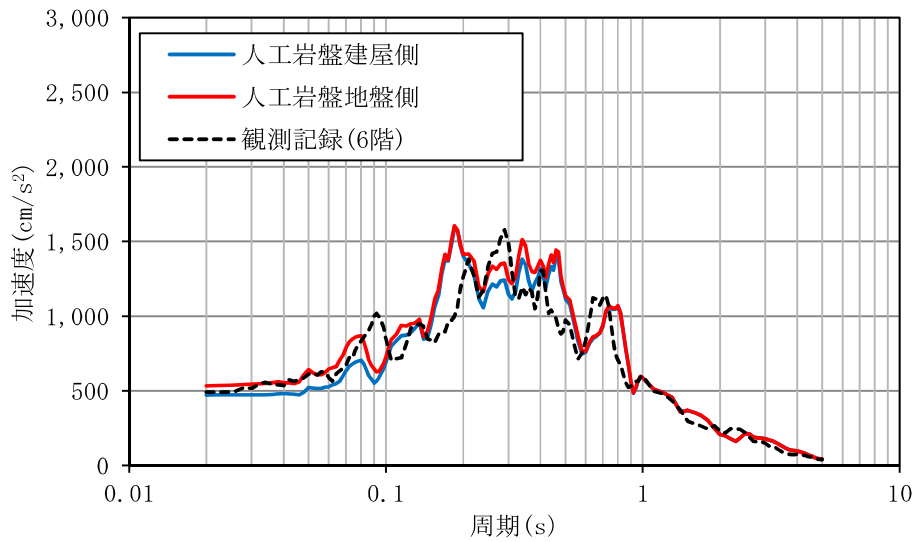
$h = 5\%$

4 階

第 3-11 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



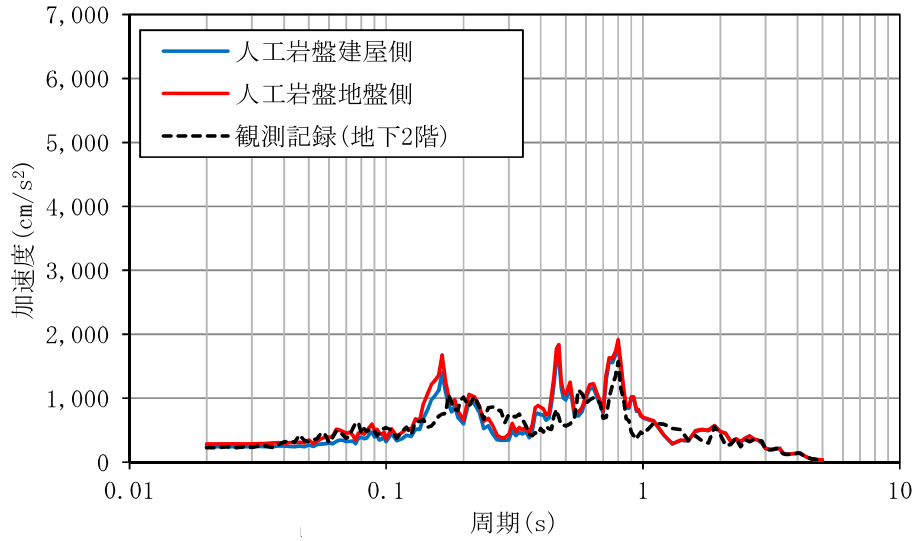
$h = 1\%$



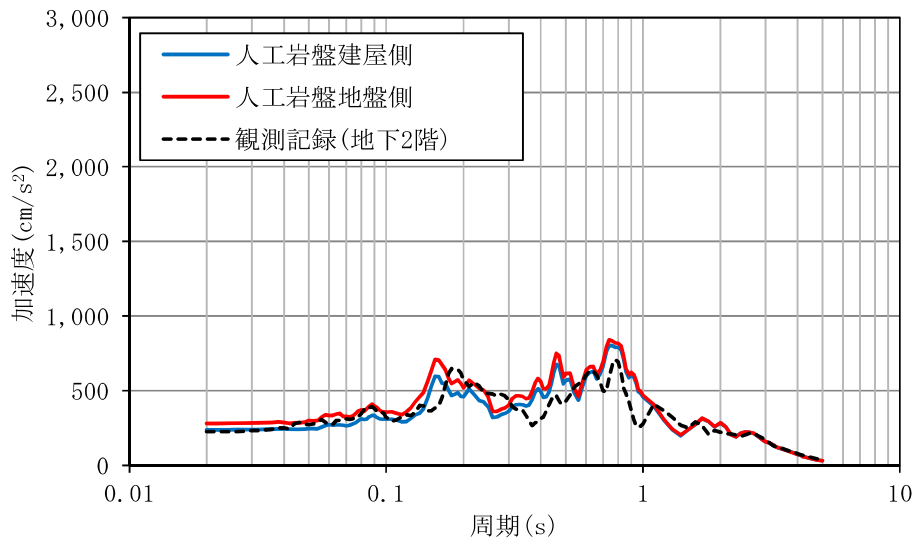
$h = 5\%$

6 階

第 3-11 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



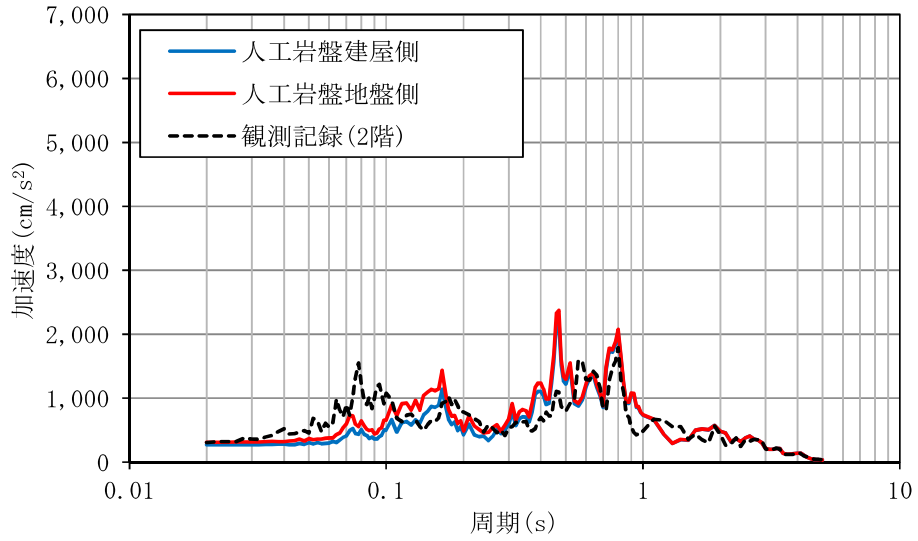
h = 1%



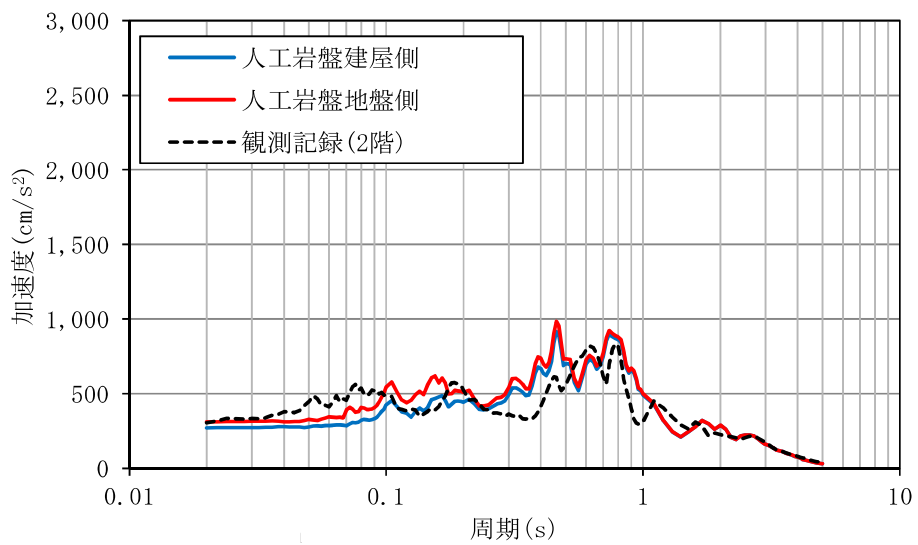
h = 5%

地下 2 階

第 3-12 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



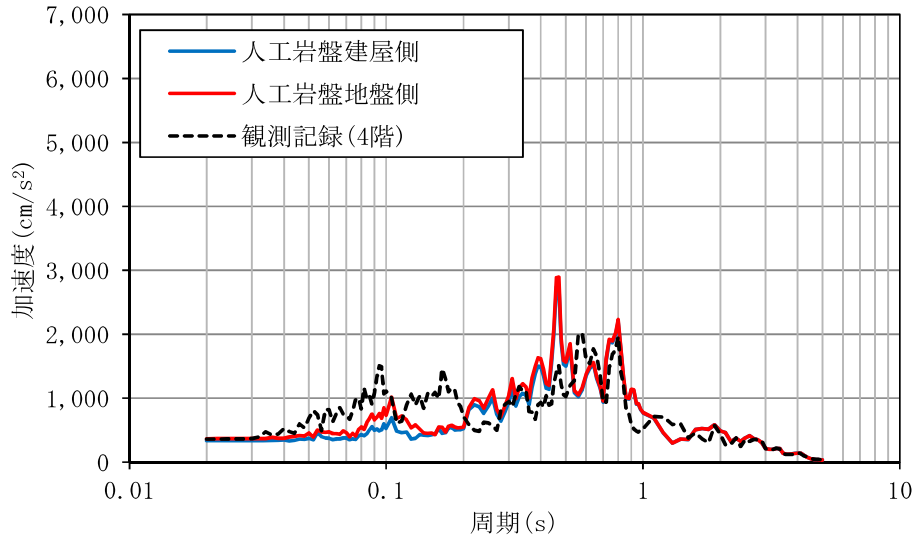
$h = 1\%$



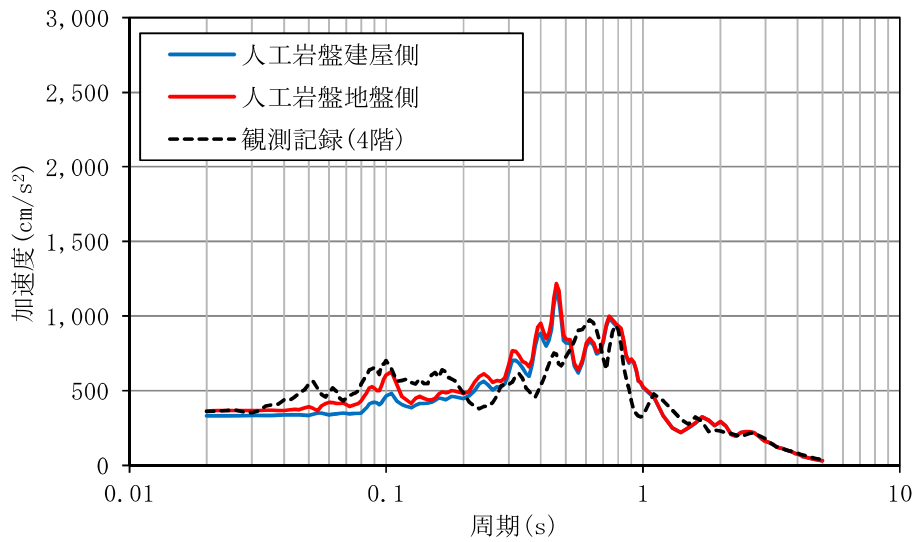
$h = 5\%$

2 階

第 3-12 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



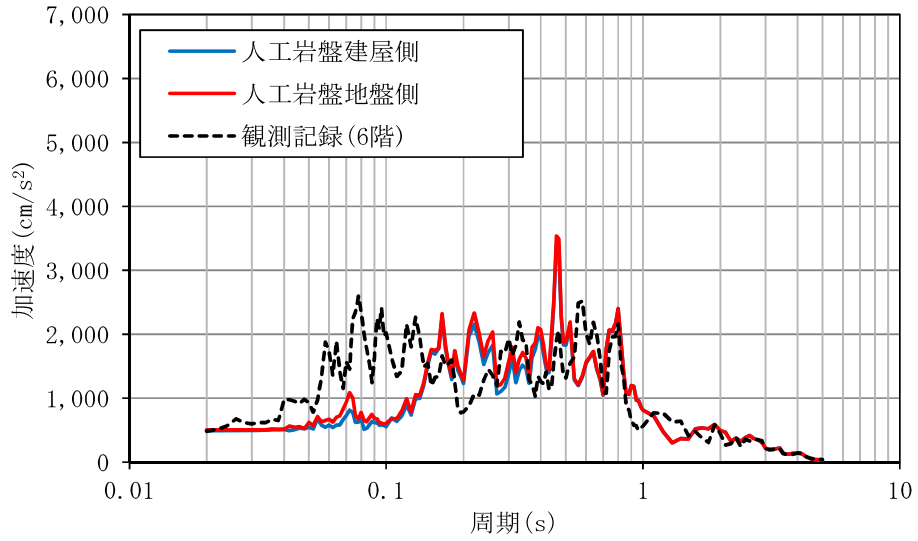
$h = 1\%$



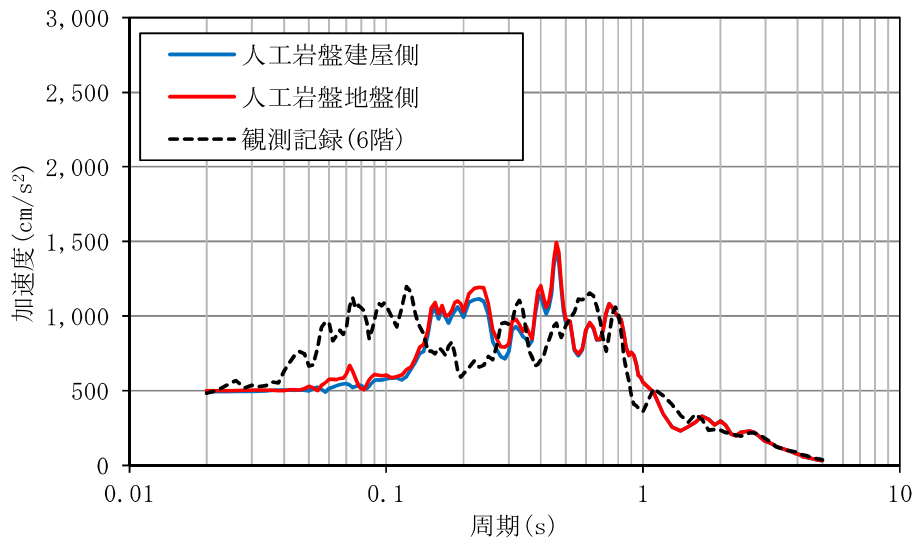
$h = 5\%$

4 階

第 3-12 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



h = 1%



h = 5%

6 階

第 3-12 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)

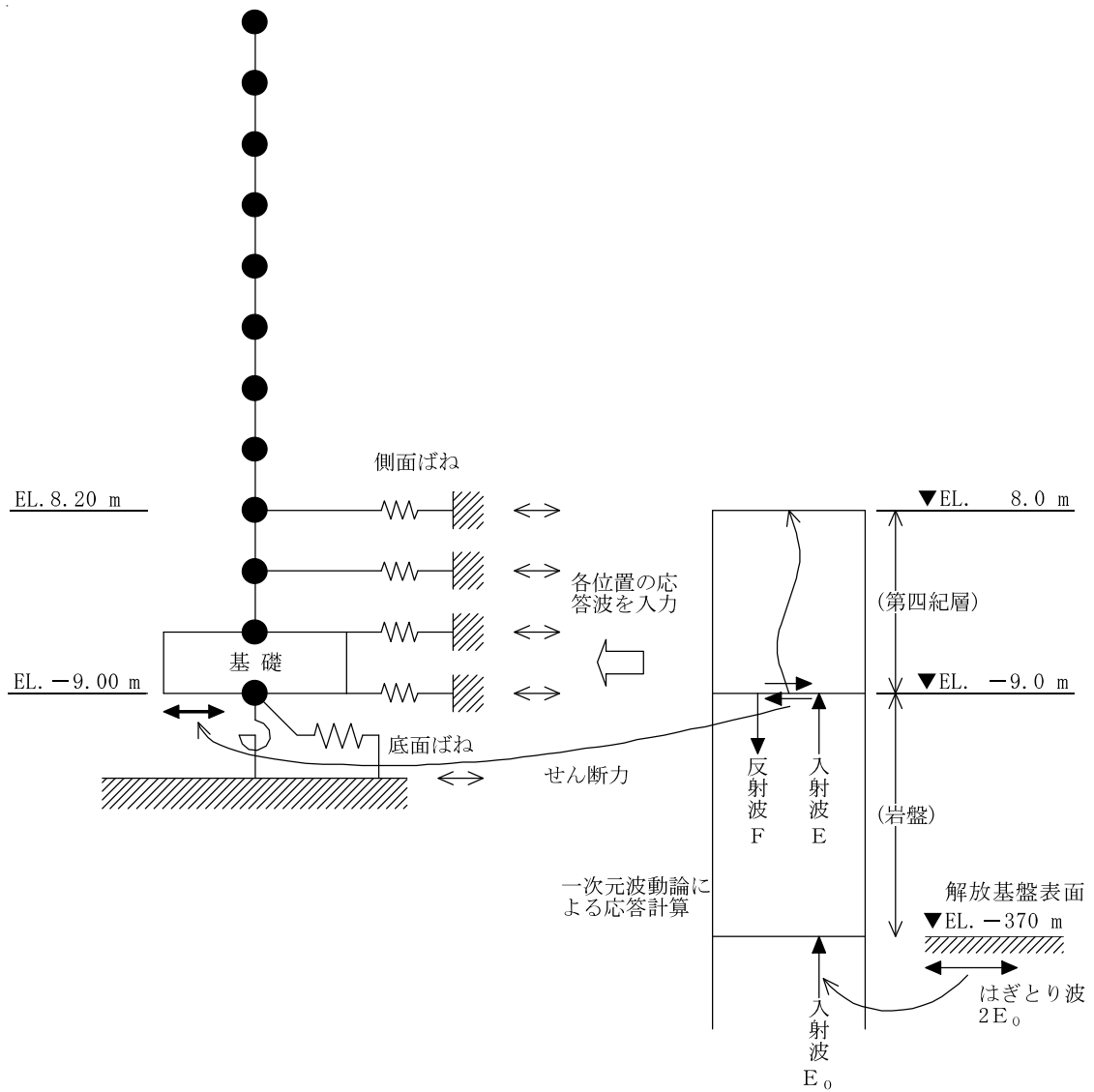
3.5 工認上の側面回転ばねの扱いについて

建屋側面地盤の埋込み効果を考慮するにあたり，側面地盤を水平ばね及び回転ばねとして評価してきた。ここでは，側面回転ばねを考慮しない場合の建屋応答への影響について検討した。

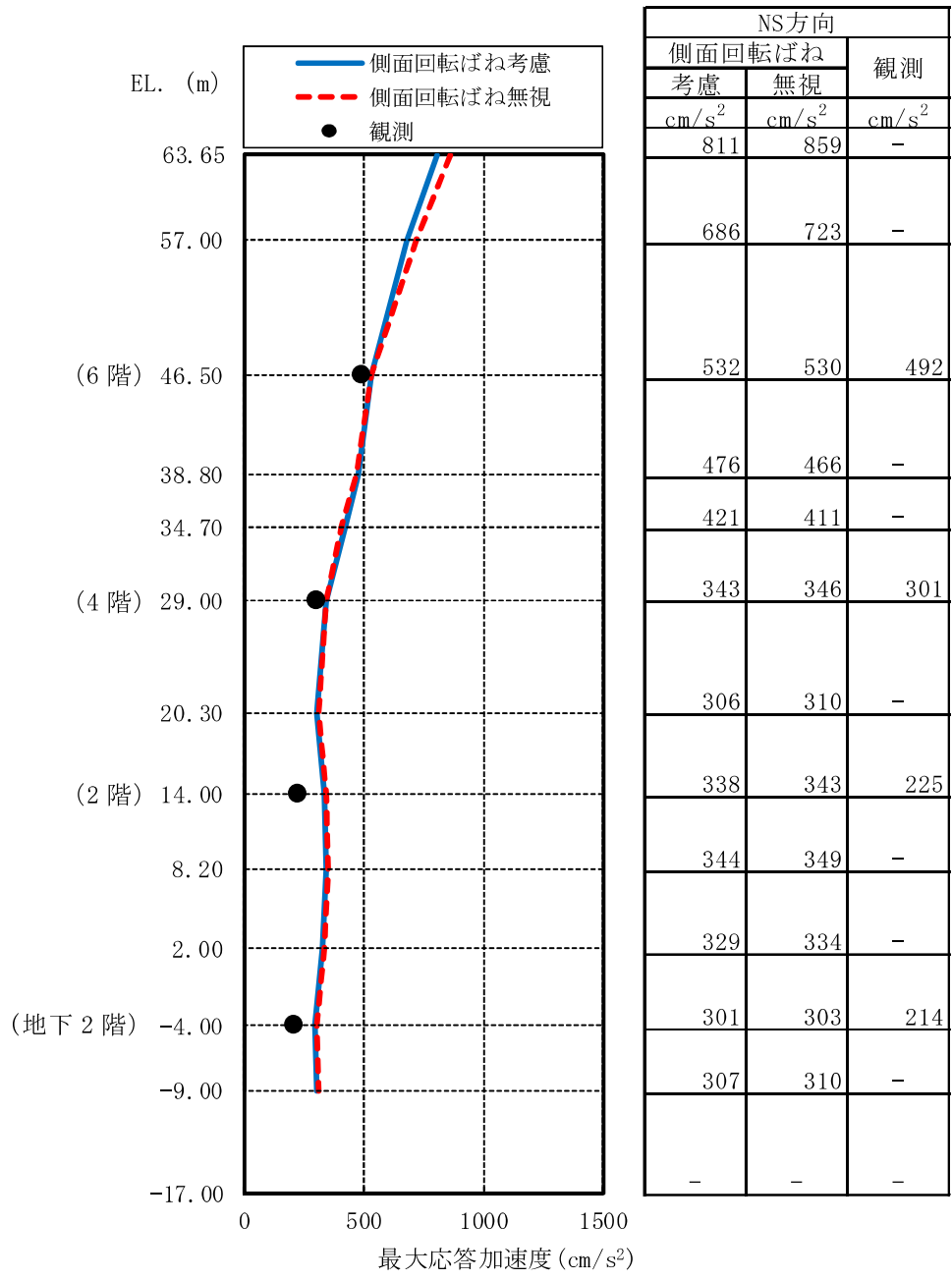
側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要を第 3-13 図に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を第 3-14 図及び第 3-15 図に，床応答スペクトルの比較を第 3-16 図及び第 3-17 図に示す。側面回転ばねを考慮しない場合の解析結果は，側面回転ばねを考慮する場合の応答に比べ，概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。

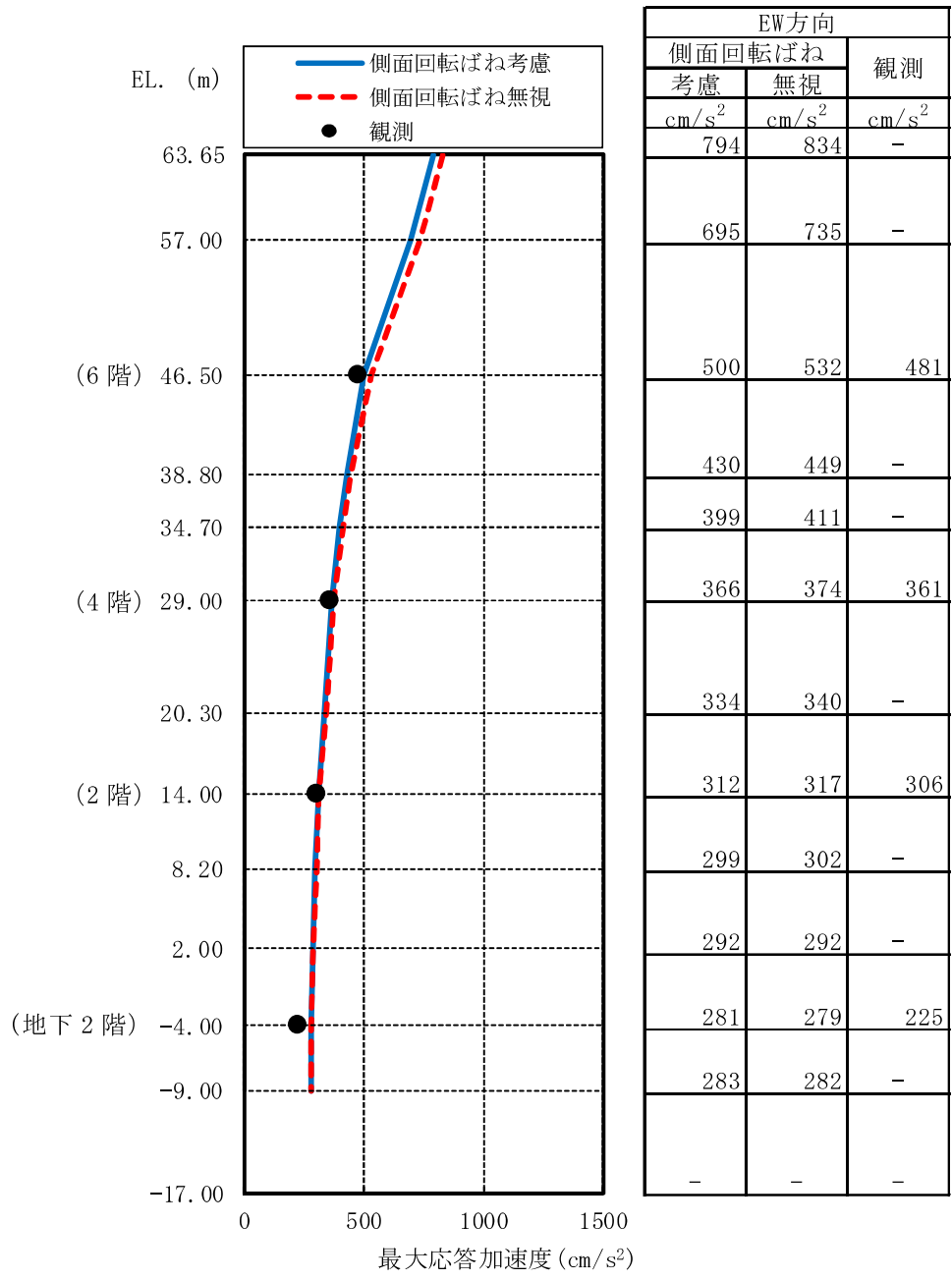
「3.3 建屋—地盤動的相互作用の評価法について」において示したように，埋込み効果として，側面地盤の水平ばね及び回転ばねを考慮した場合に，より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられるが，今回工認において，当プラントでは保守的に側面回転ばねを採用しない方針とした。



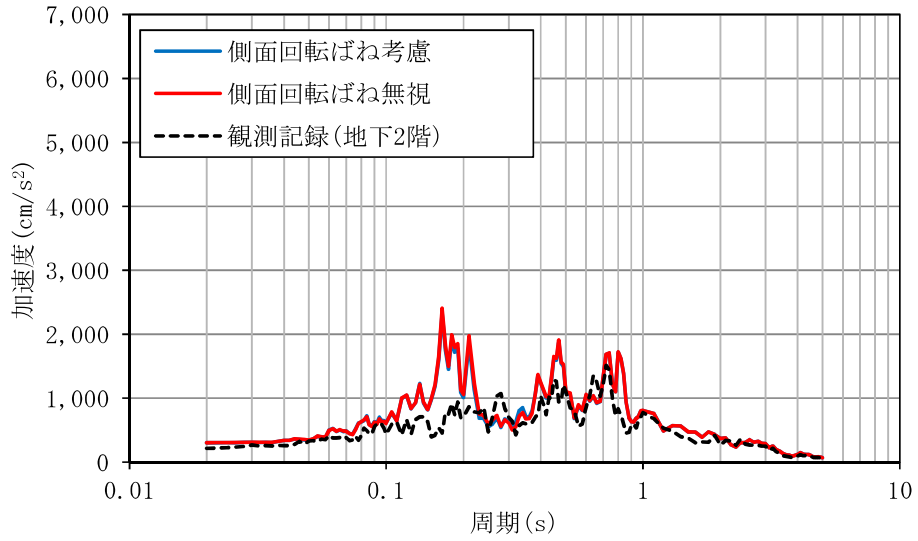
第 3-13 図 側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要



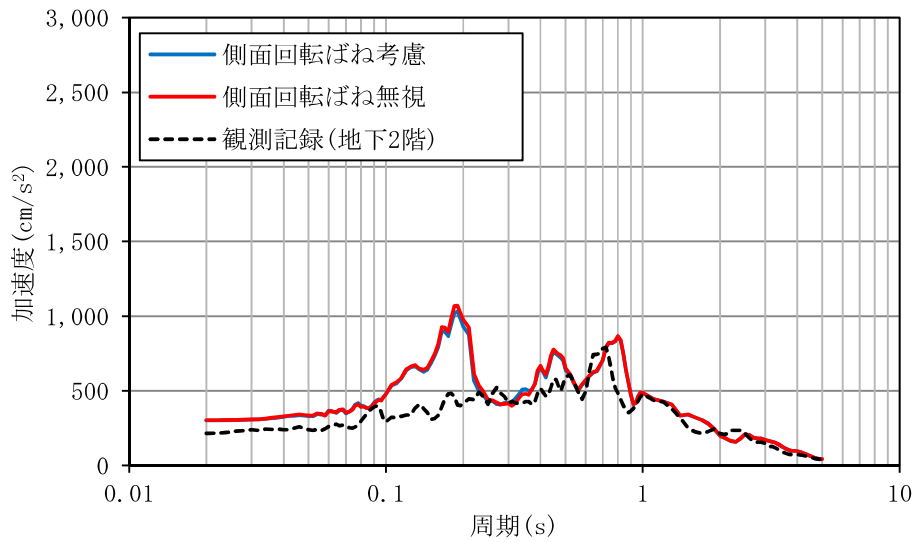
第 3-14 図 最大応答加速度分布の比較 (NS 方向)



第 3-15 図 最大応答加速度分布の比較 (E W方向)



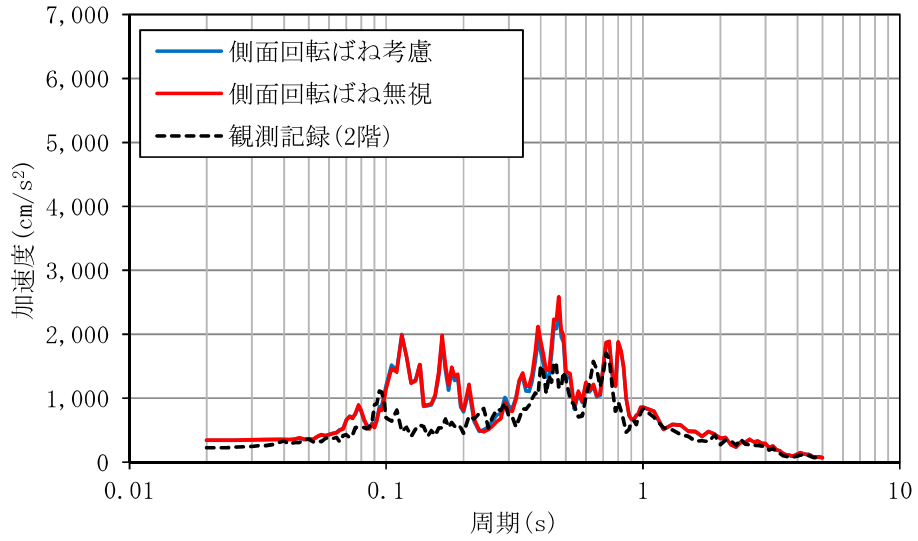
h = 1%



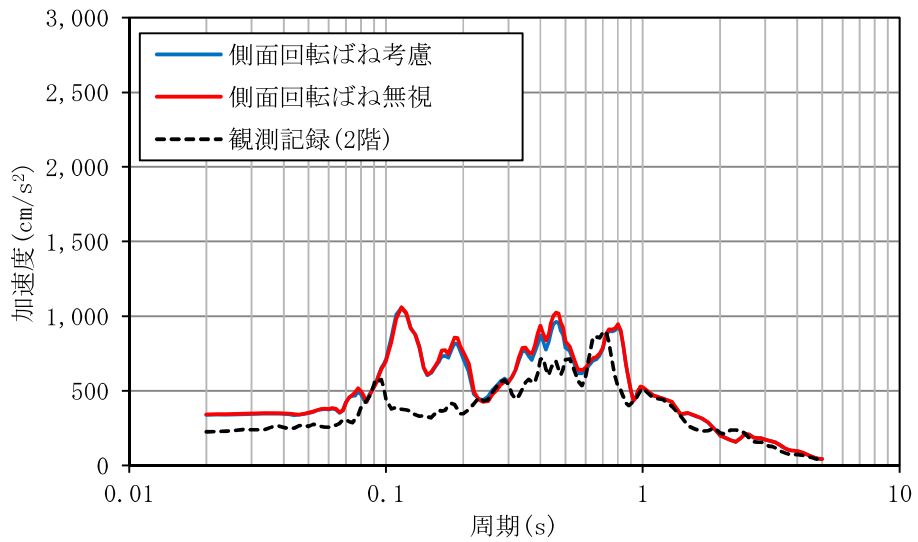
h = 5%

地下 2 階

第 3-16 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



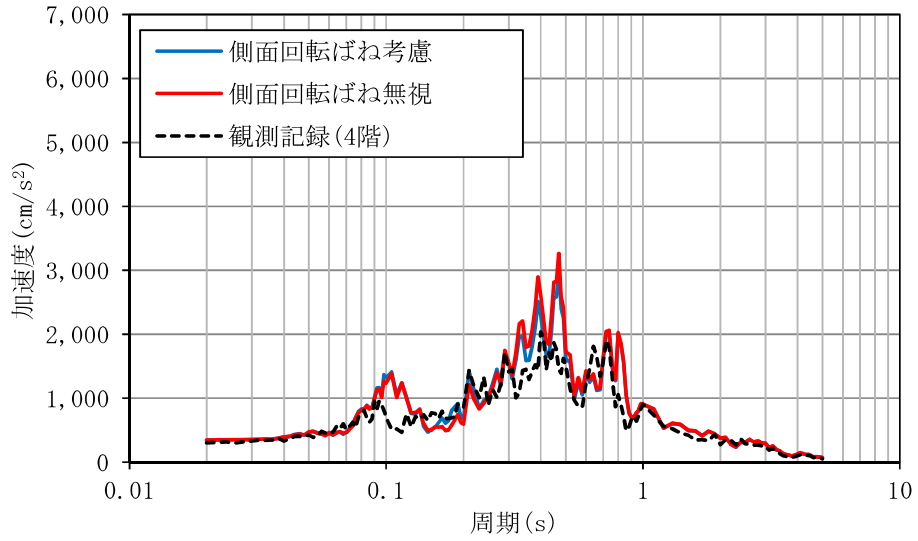
h = 1%



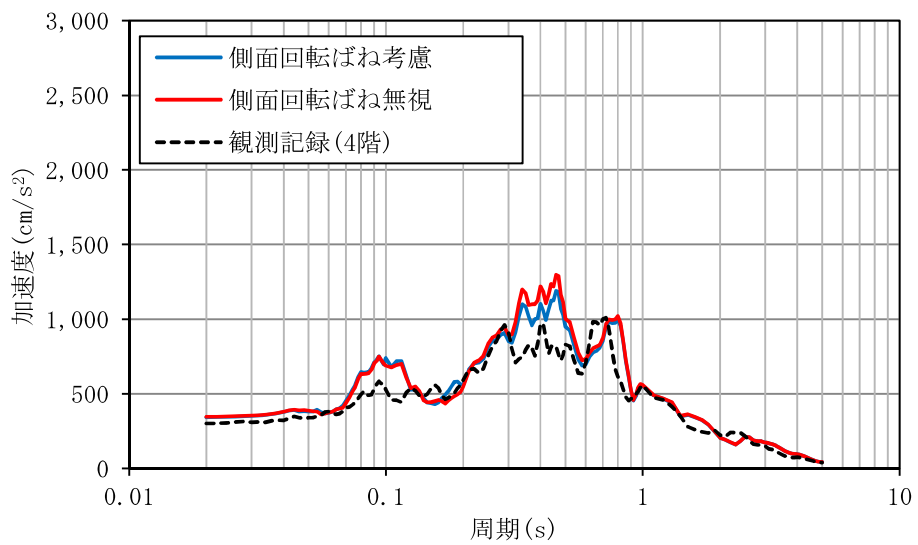
h = 5%

2 階

第 3-16 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



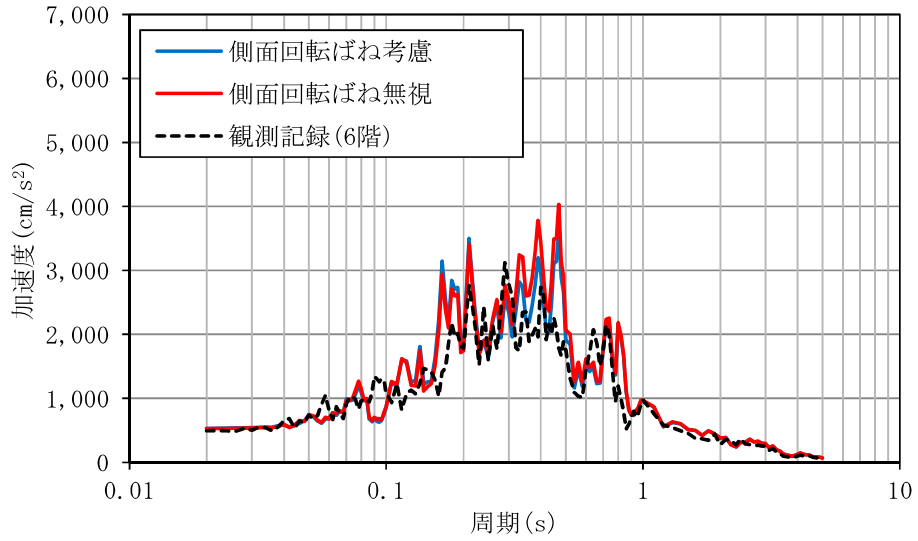
$h = 1\%$



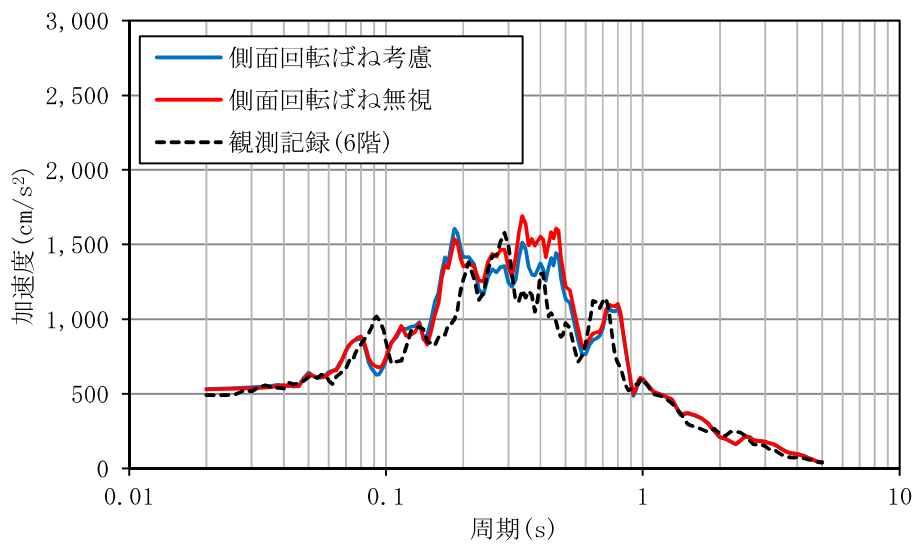
$h = 5\%$

4 階

第 3-16 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



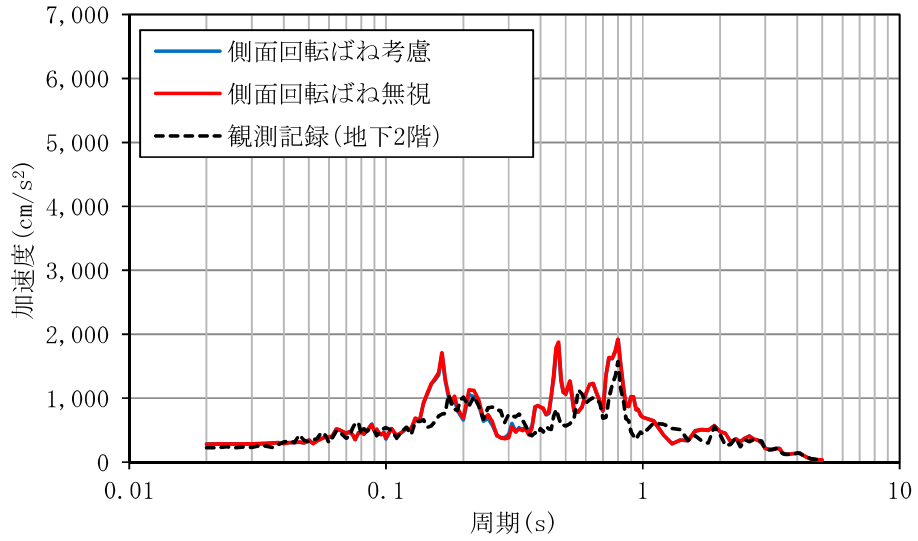
h = 1%



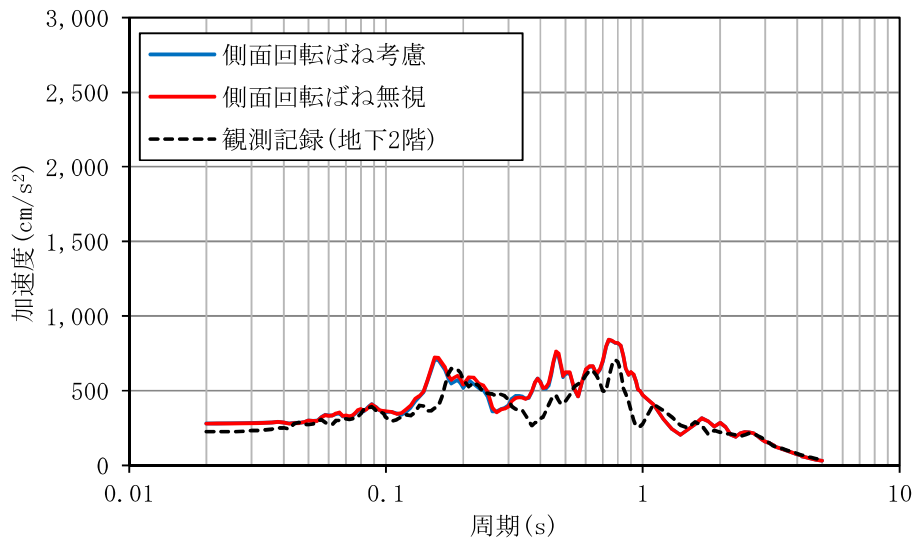
h = 5%

6 階

第 3-16 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (N S 方向)



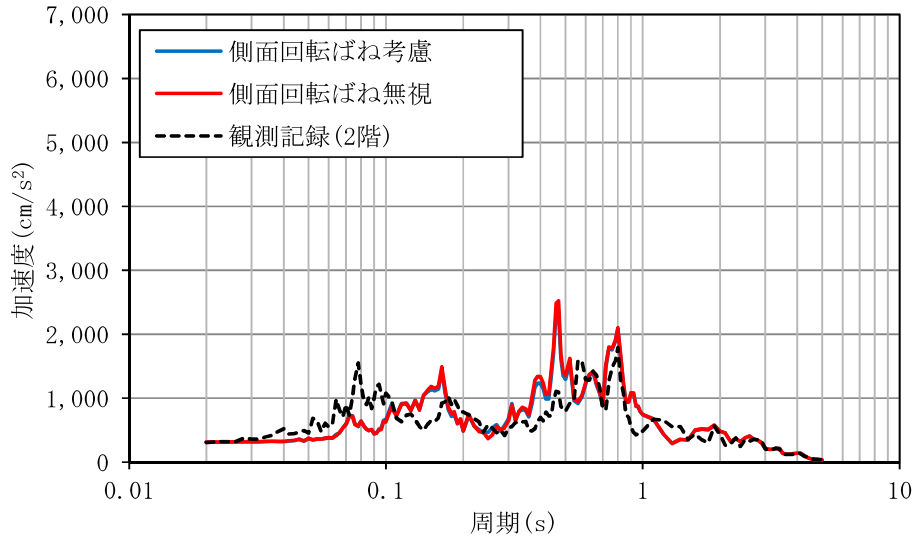
$h = 1\%$



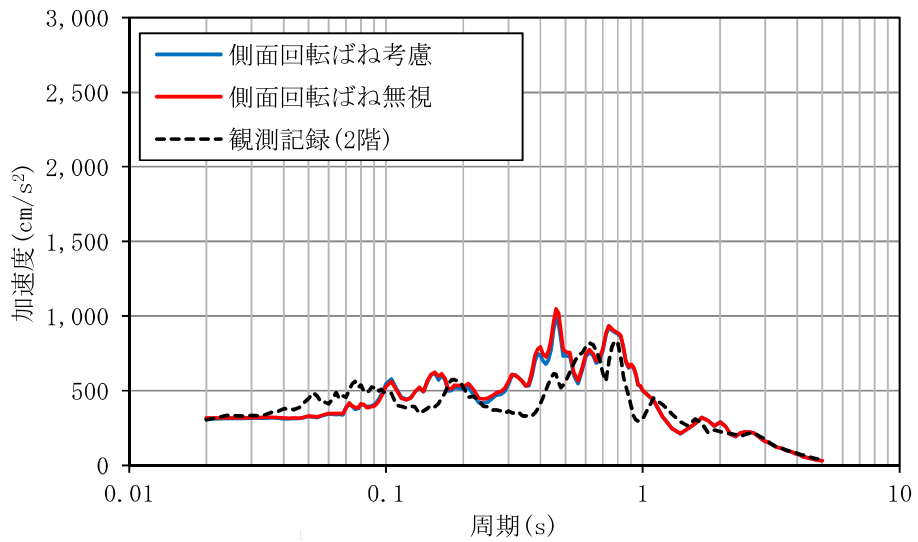
$h = 5\%$

地下 2 階

第 3-17 図 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



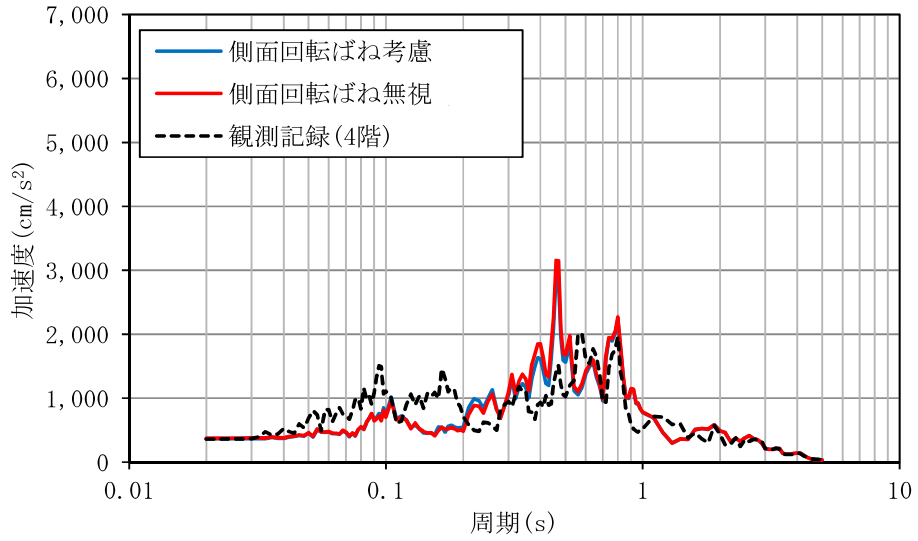
$h = 1\%$



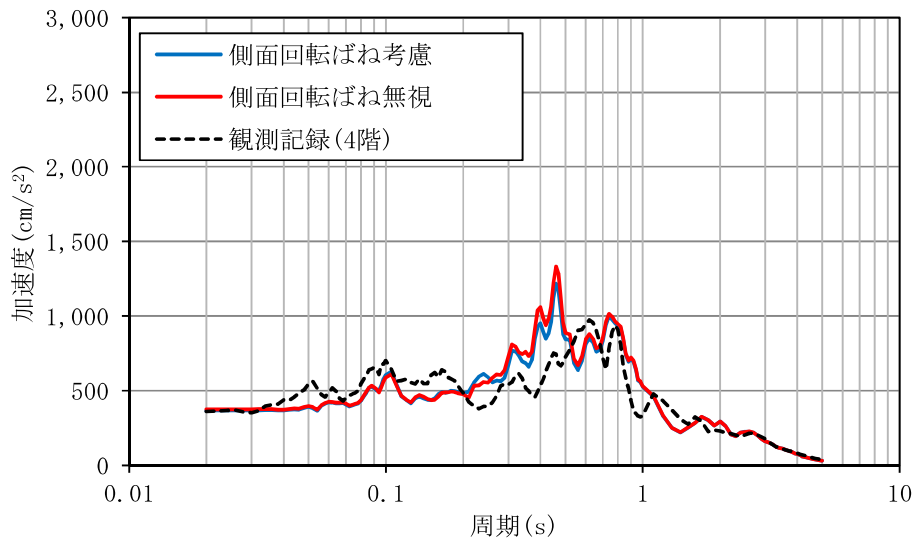
$h = 5\%$

2 階

第 3-17 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



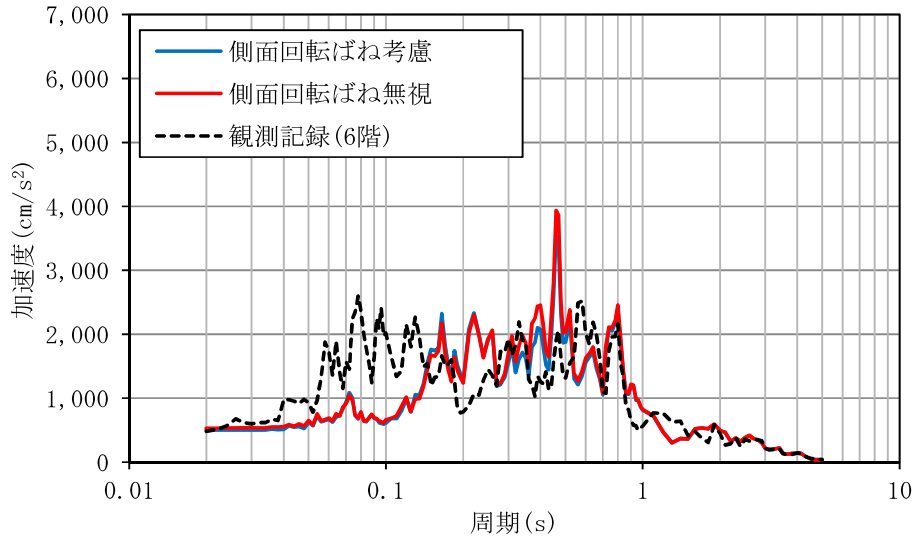
h = 1%



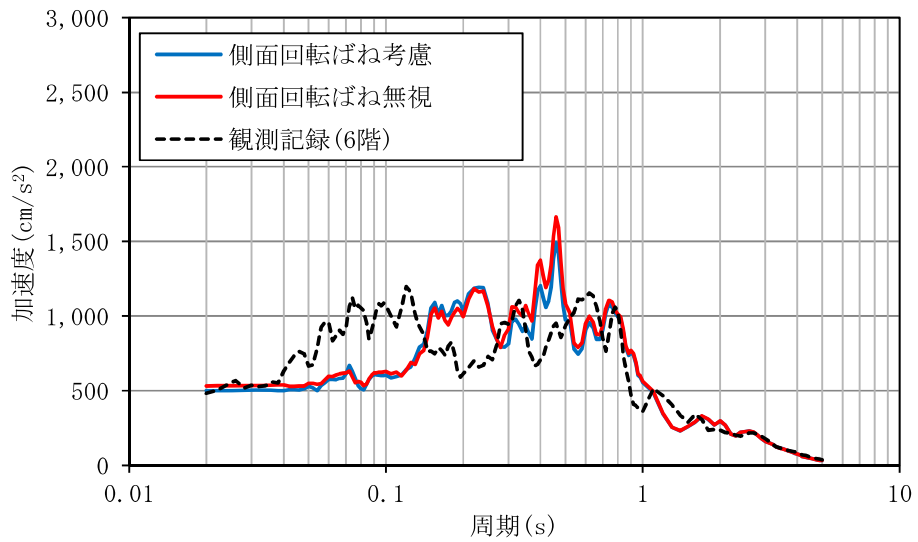
h = 5%

4 階

第 3-17 図 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)



h = 1%



h = 5%

6 階

第 3-17 図 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (E W 方向)

3.6 工認に用いる地震応答解析モデルについて

東海第二発電所原子炉建屋の地震応答解析モデルについて、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果の比較から、人工岩盤のモデル化及び側面回転ばねの工認上の扱いについて検討した。

既工認ではS Rモデルとしていたが、側面地盤の埋込み効果を考慮した埋込みS Rモデルとした場合、より実状に近い建屋の振動性状を評価できることを確認した。また、人工岩盤は岩盤として地盤モデル側にモデル化し、側面回転ばねを考慮しないモデルとする方が、応答を保守側に評価することを確認した。

以上の結果から、今回工認に用いる地震応答解析モデルは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化し、側面回転ばねを考慮しない埋込みS Rモデルとする。

4. 既工認との比較

「3. 原子炉建屋の地震応答解析モデルの設定」で示したように、今回工認において、地震応答解析モデルを一部見直している。地震応答解析モデルの主要な変更点を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 地震応答解析モデルの主要な変更点

項 目	既工認	今回工認
相互作用	S R モデル 地盤ばねは Timoshenko, Barkan 等の式に基づき評 価	埋込み S R モデル 地盤ばねは NOVAK の方法 及び振動アドミッタンス 理論に基づき評価
建屋モデル	線形としてモデル化	せん断及び曲げの非線形 性を考慮
入力地震動	設計用地震動を直接入力	基準地震動 S_s を一次元 波動論により算定

5. 基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価

5.1 評価方針

原子炉建屋の耐震安全性評価は、地震応答解析結果を基に実施する。建屋の耐震安全性については、基準地震動 S_s により耐震壁に生じるせん断ひずみが評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。

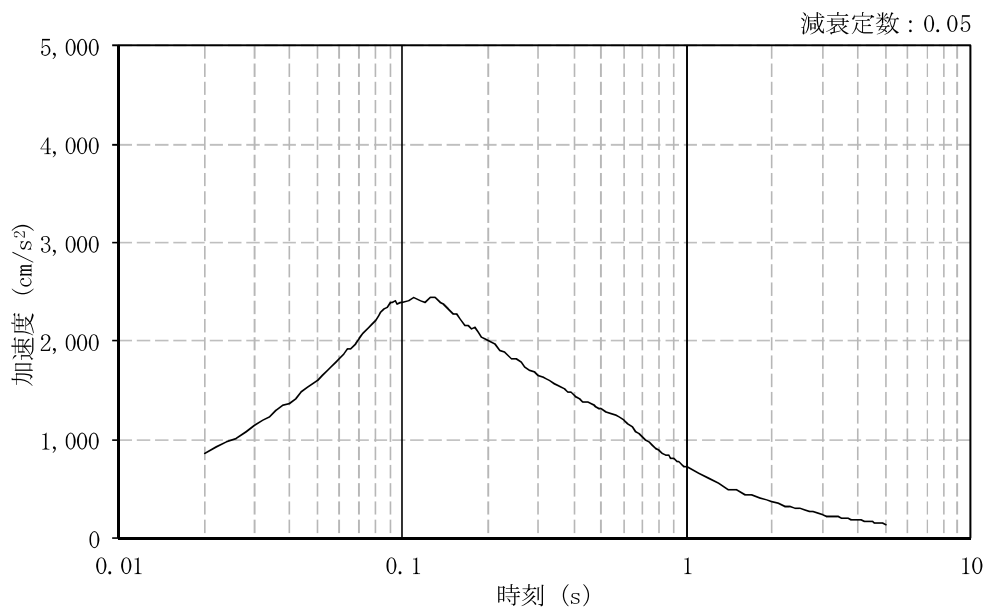
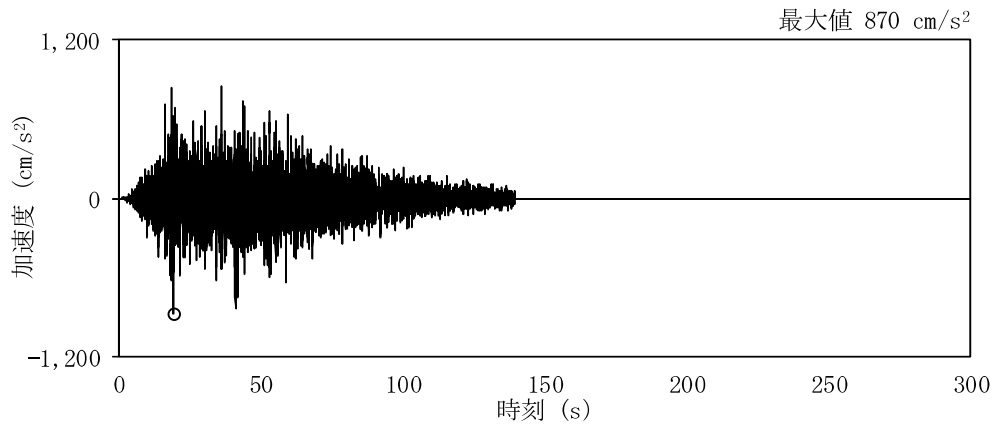
5.2 基準地震動 S_s

原子炉建屋の耐震安全性評価に用いる地震動は解放基盤表面で定義された基準地震動 S_s とする。基準地震動 S_s の一覧を第 5-1 表に示し、加速度波形及び加速度応答スペクトルを第 5-1 図～第 5-8 図に示す。

第 5-1 表 基準地震動 S_s の一覧

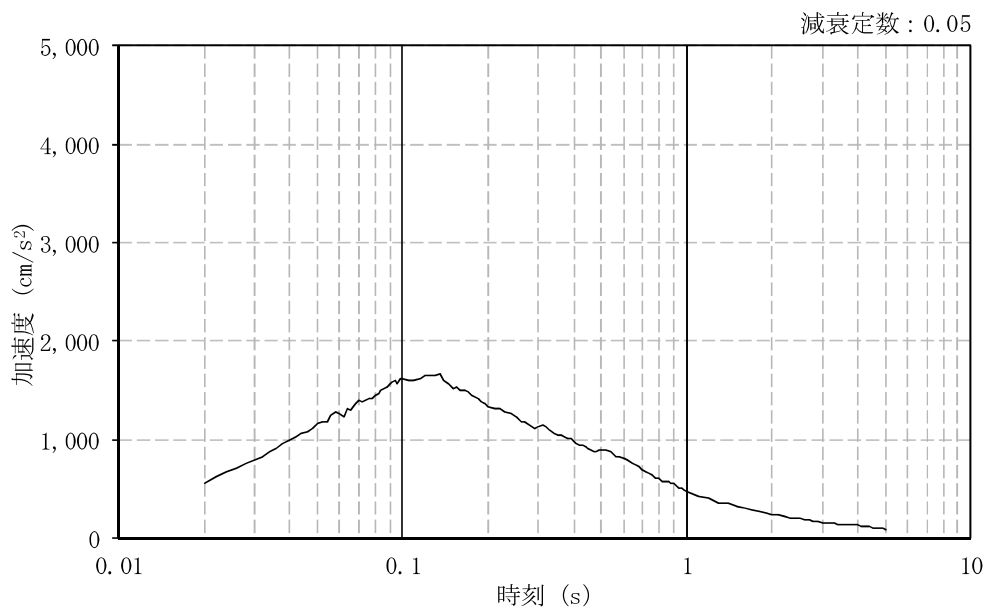
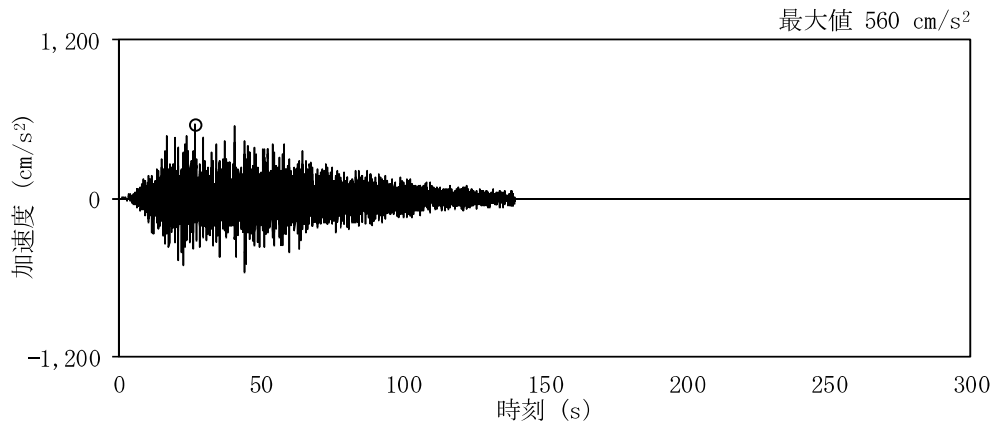
No.	名 称	継続時間 (s)	方 向	加速度最大値 (cm/s^2)
1	$S_s - D 1$	139.28	水平	870
			鉛直	560
2	$S_s - 1 1$	194.03	NS	717
			EW	619
			UD	579
3	$S_s - 1 2$	173.18	NS	871
			EW	626
			UD	602
4	$S_s - 1 3$	179.22	NS	903
			EW	617
			UD	599
5	$S_s - 1 4$	174.46	NS	586
			EW	482
			UD	451
6	$S_s - 2 1$	287.83	NS	901
			EW	887
			UD	620
7	$S_s - 2 2$	287.59	NS	1,009
			EW	874
			UD	736
8	$S_s - 3 1$	20.00	水平	610
			鉛直	280

注：いずれも時間刻みは 0.01 s



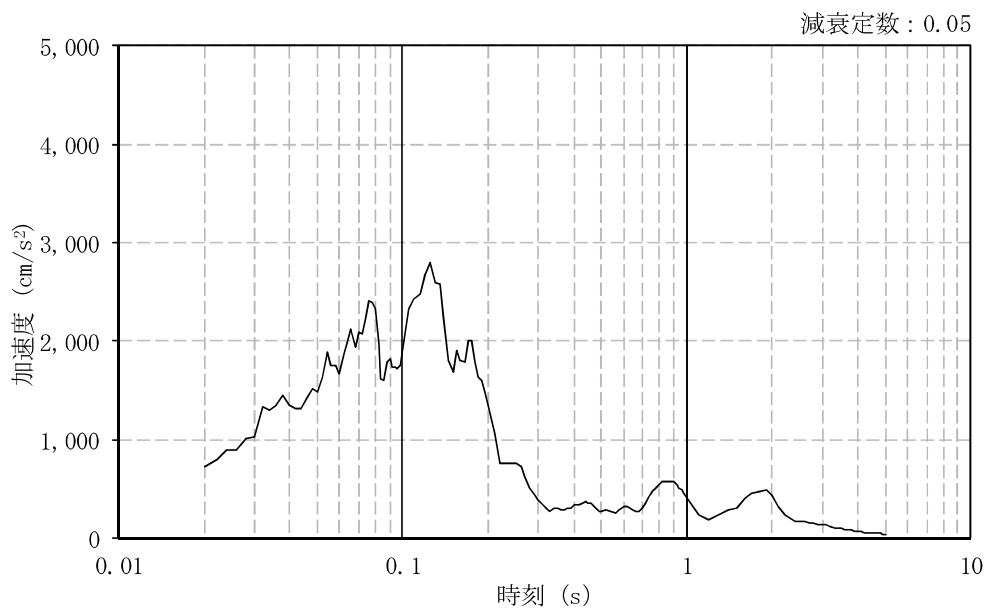
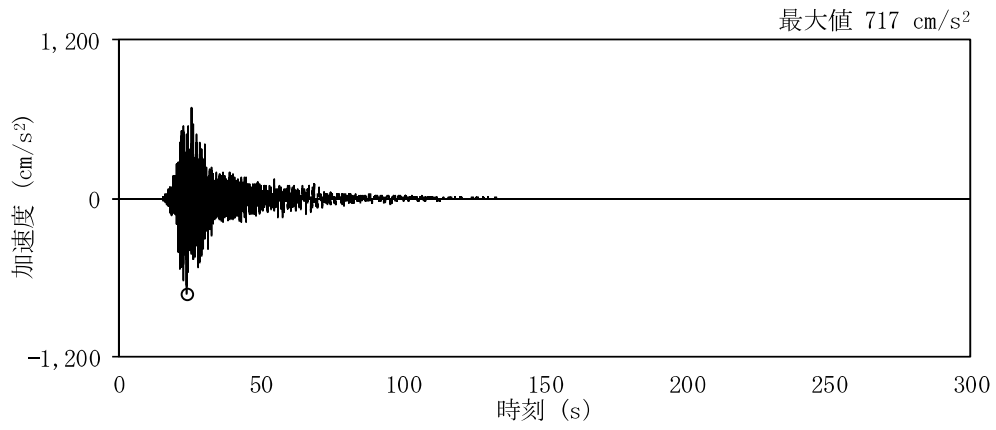
(a) 水平方向

第 5-1 図 (1/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-D1)



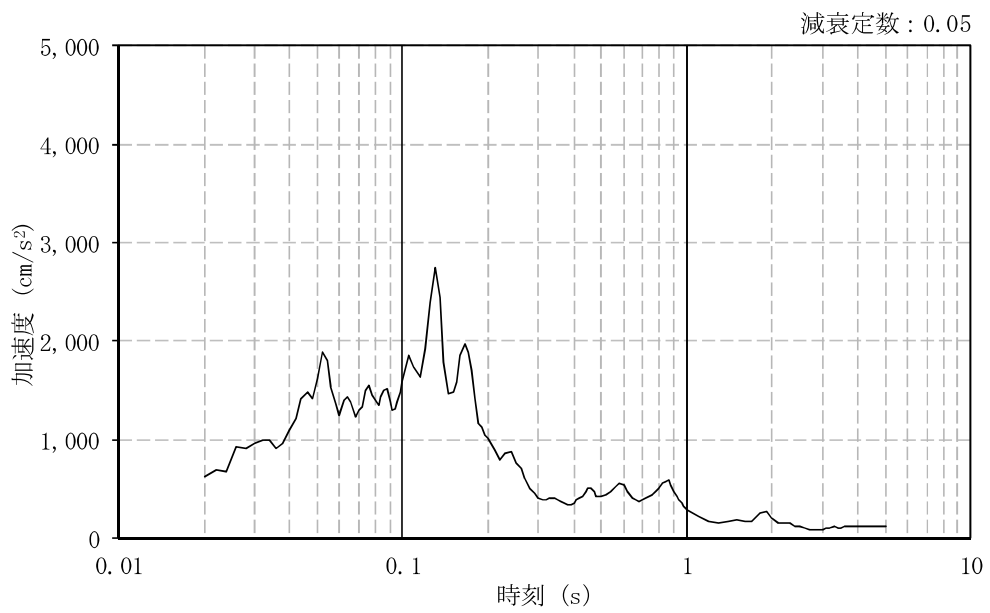
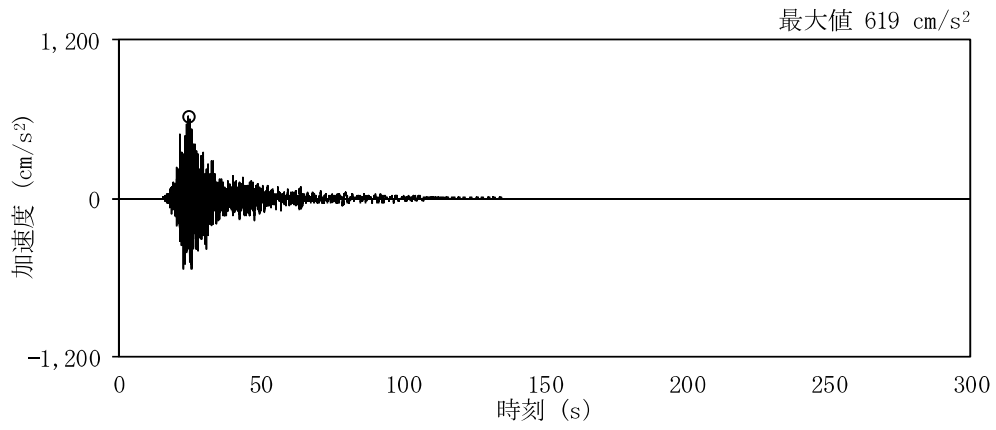
(b) 鉛直方向

第 5-1 図 (2/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-D1)



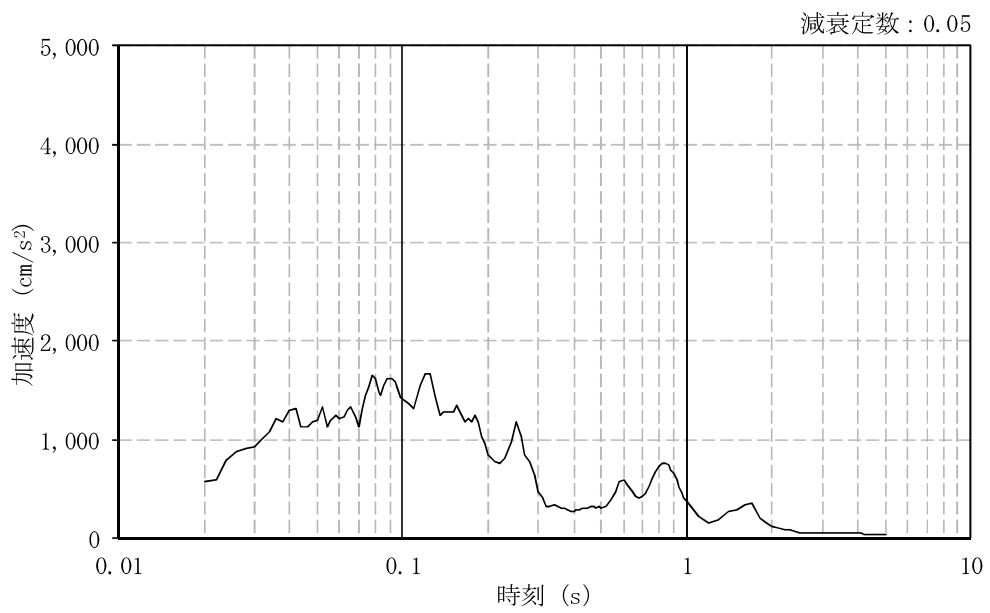
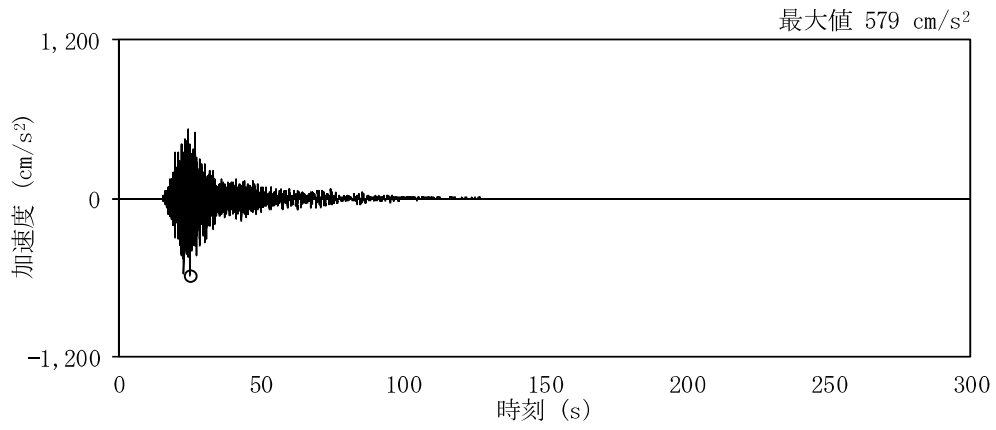
(a) NS方向

第 5-2 図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 1 1)



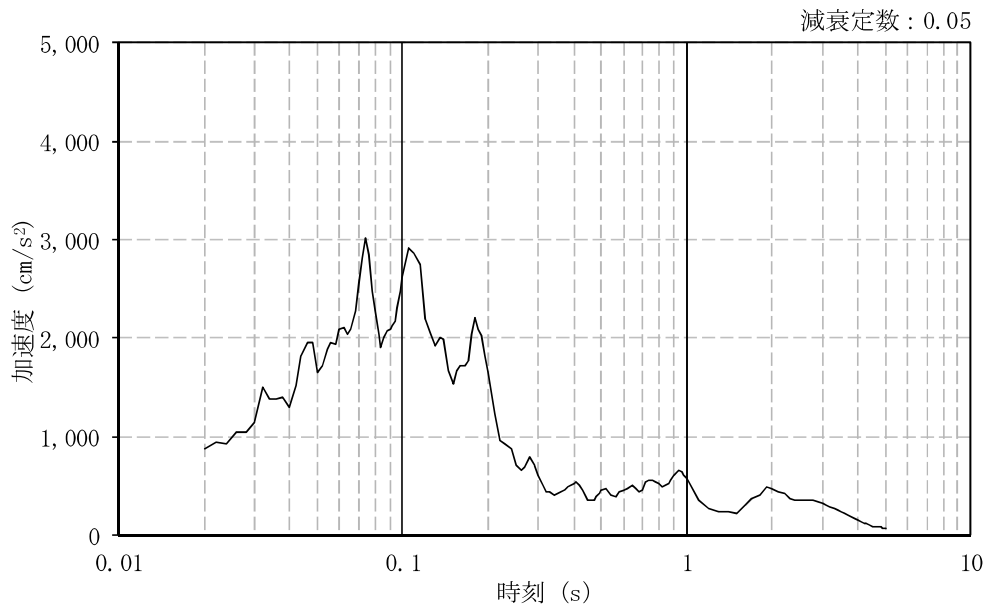
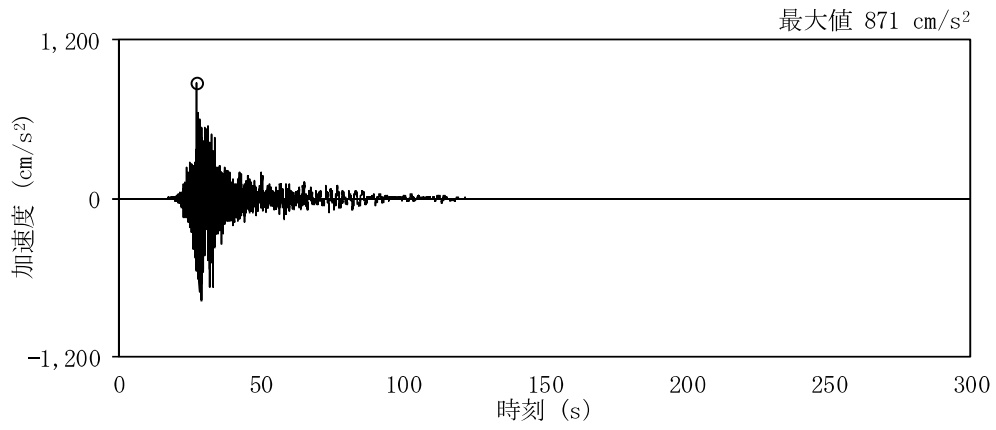
(b) EW方向

第 5-2 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 1 1)



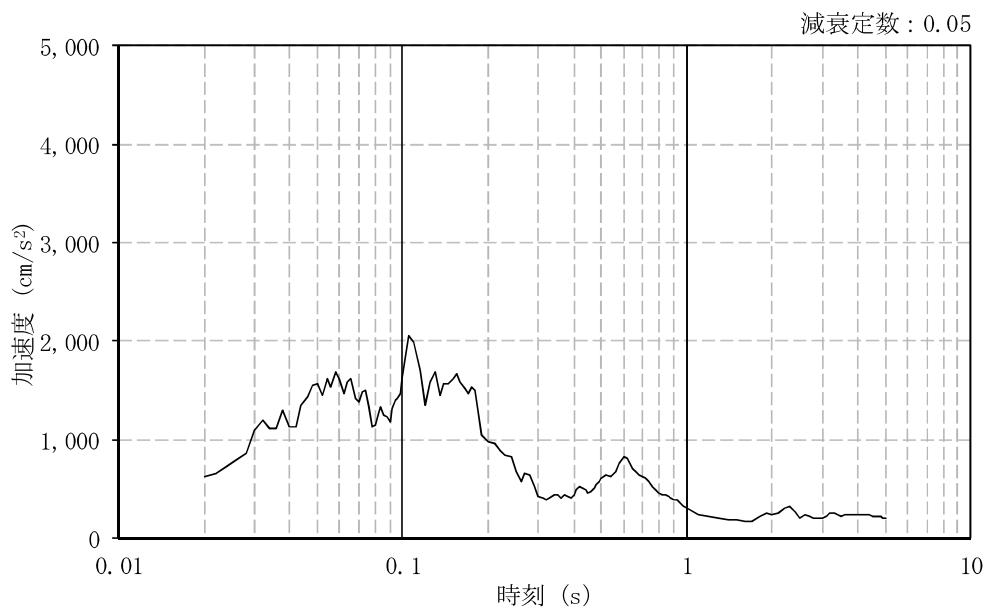
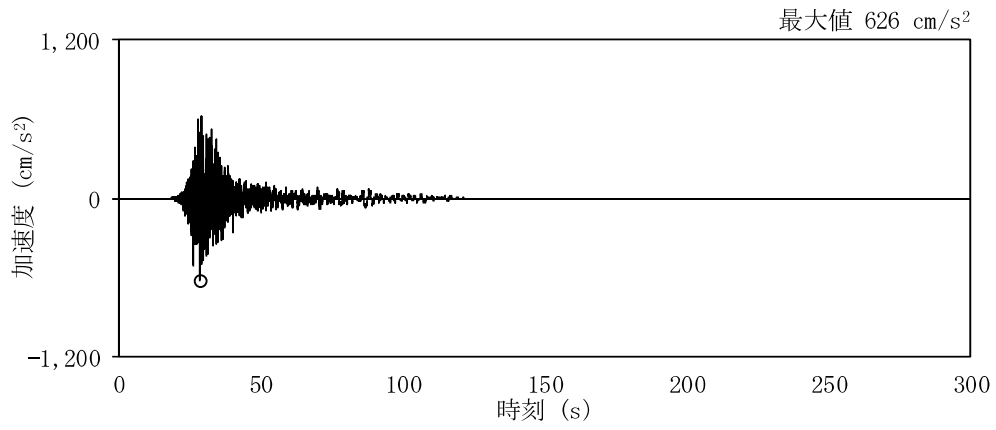
(c) UD方向

第 5-2 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 1 1)



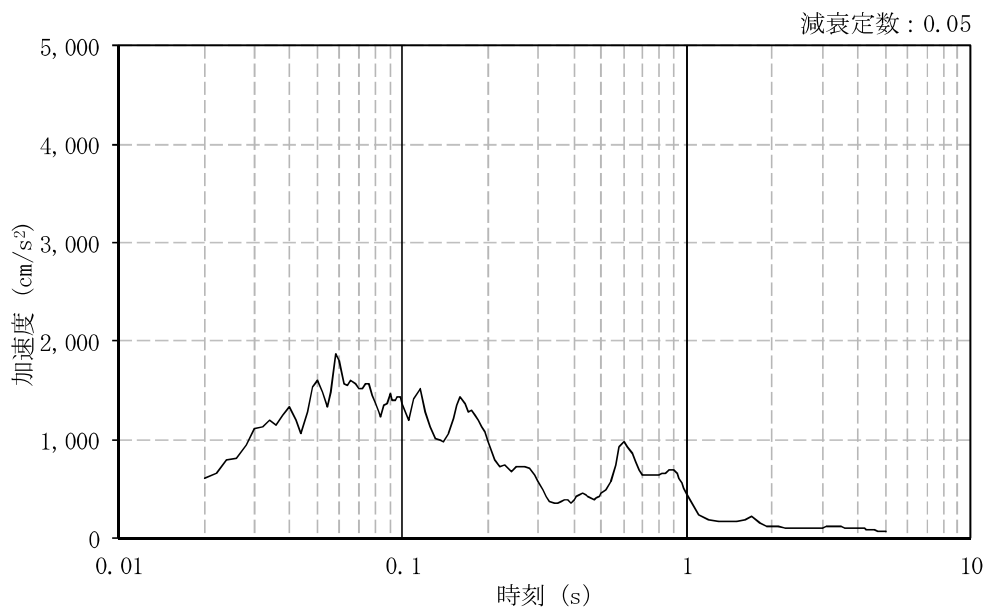
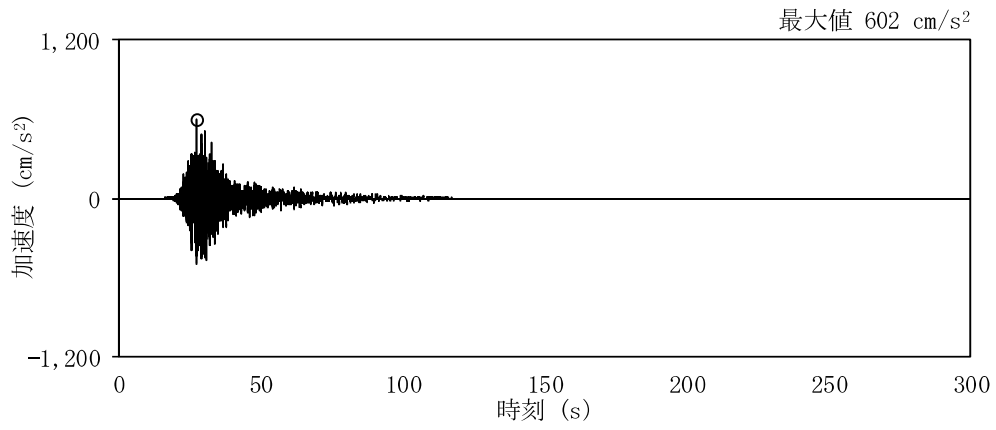
(a) NS方向

第 5-3 図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-12)



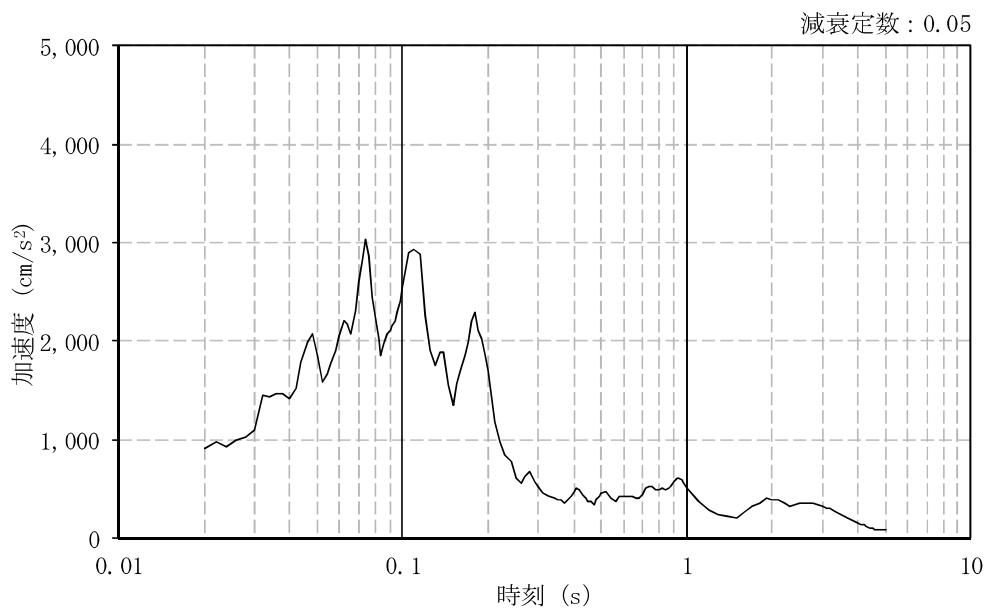
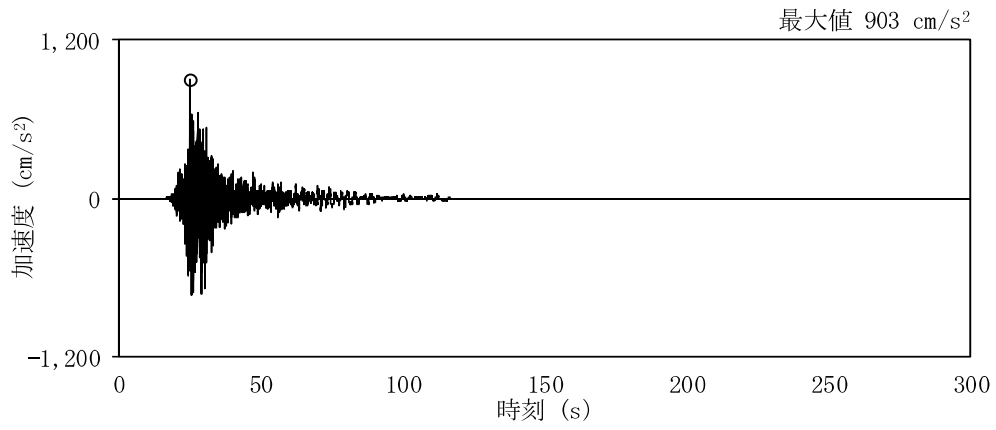
(b) EW方向

第 5-3 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 1 2)



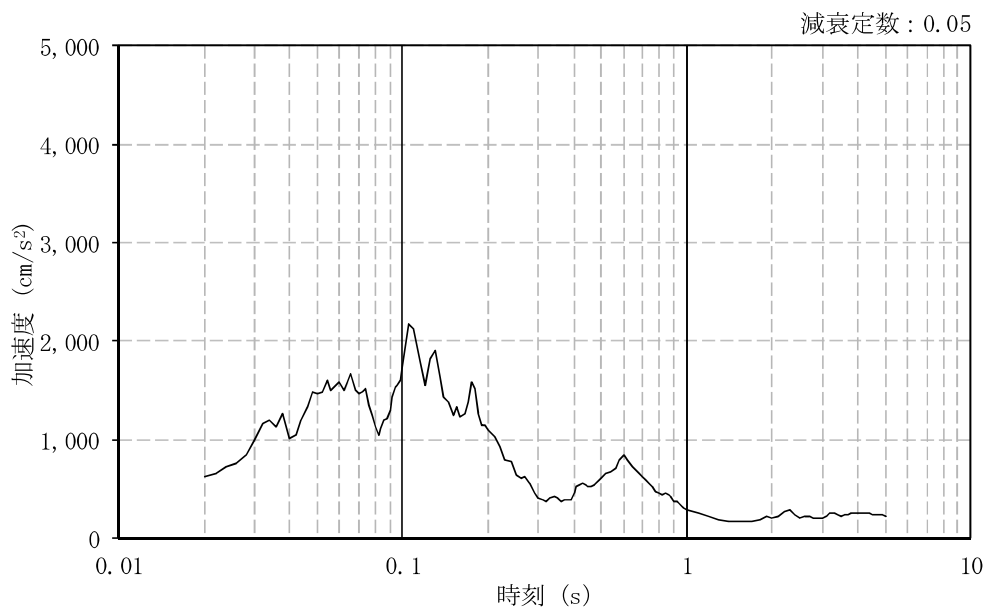
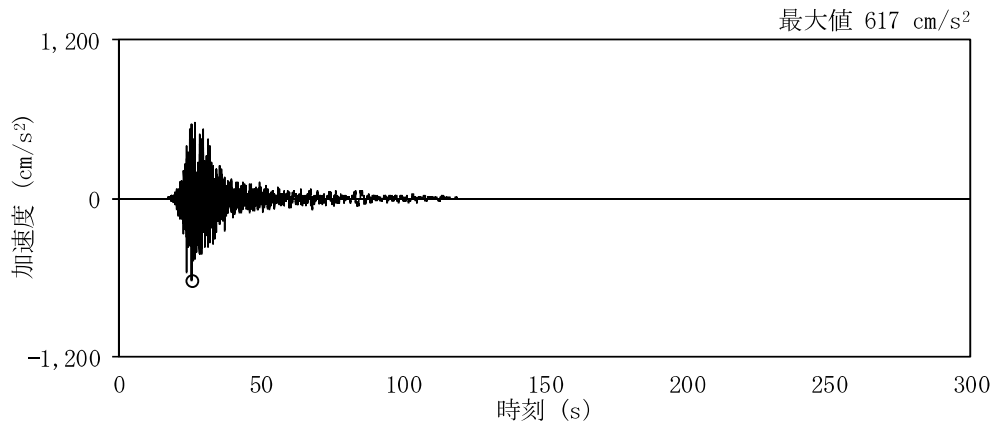
(c) UD方向

第 5-3 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 1 2)



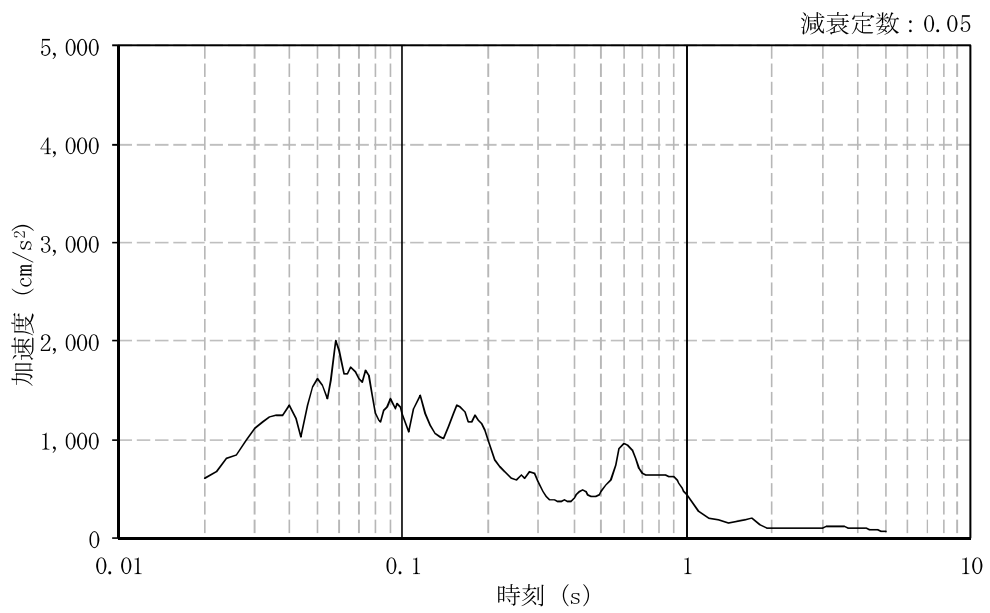
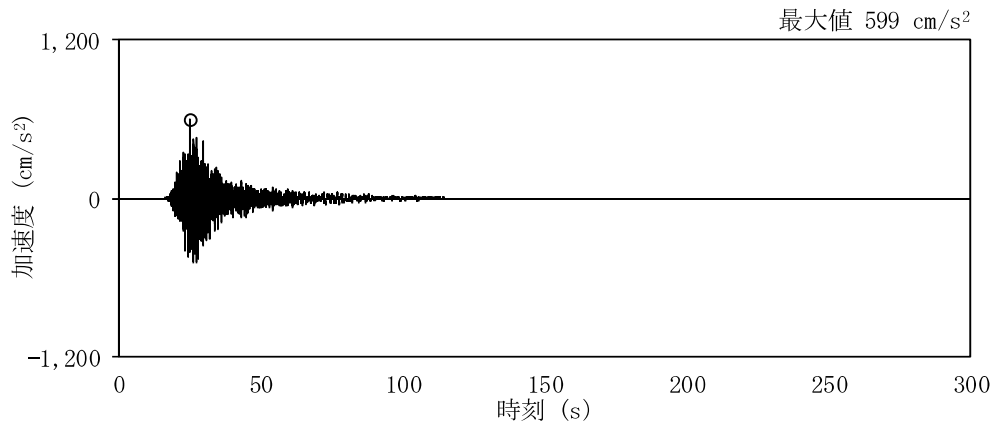
(a) NS方向

第 5-4 図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-13)



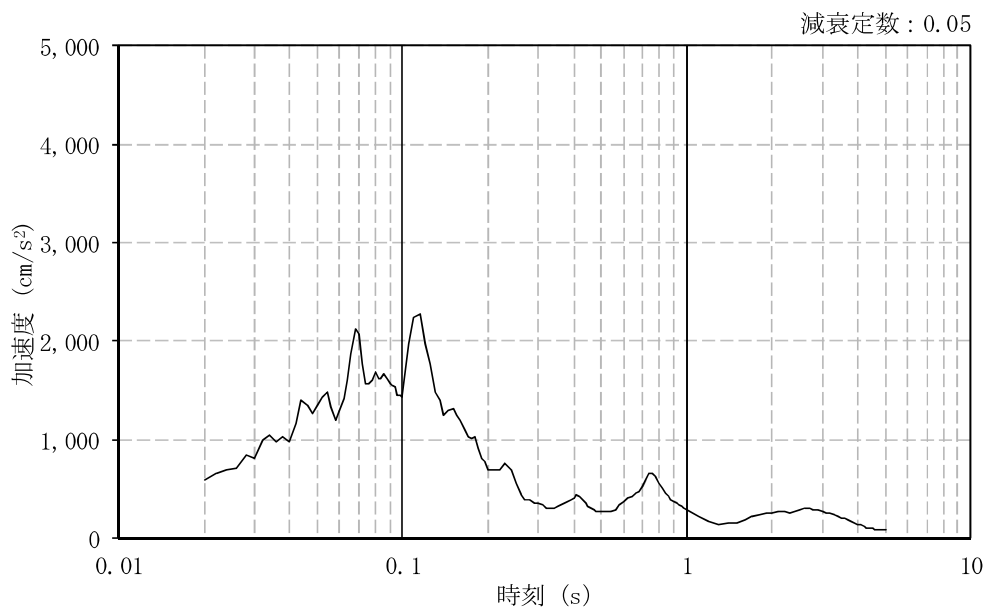
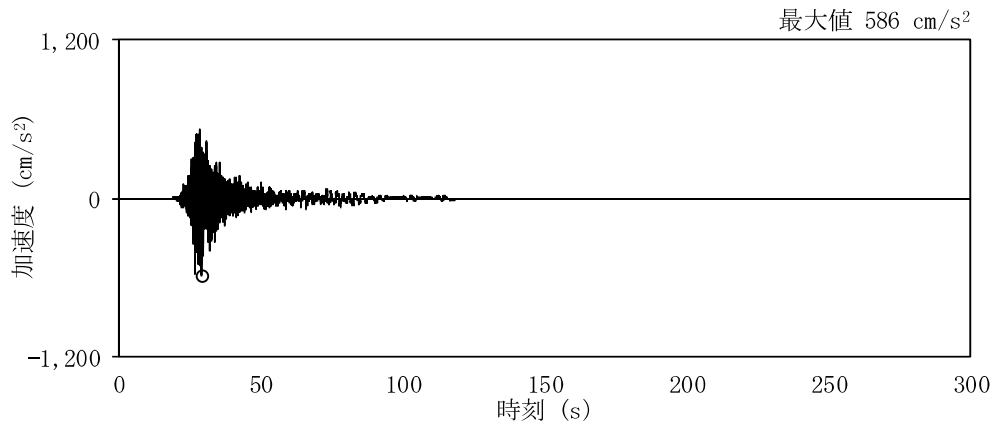
(b) EW方向

第 5-4 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 13)



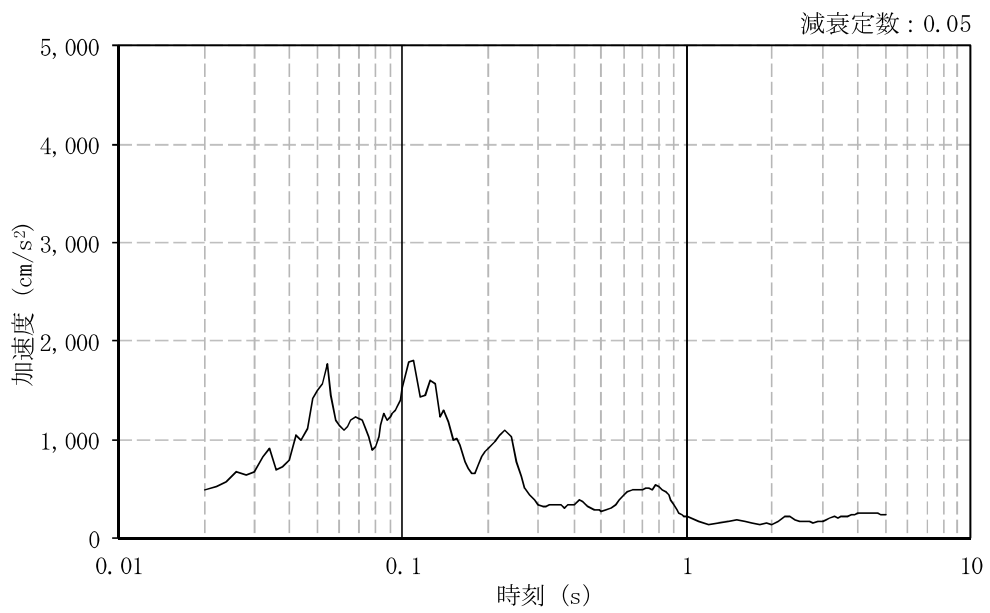
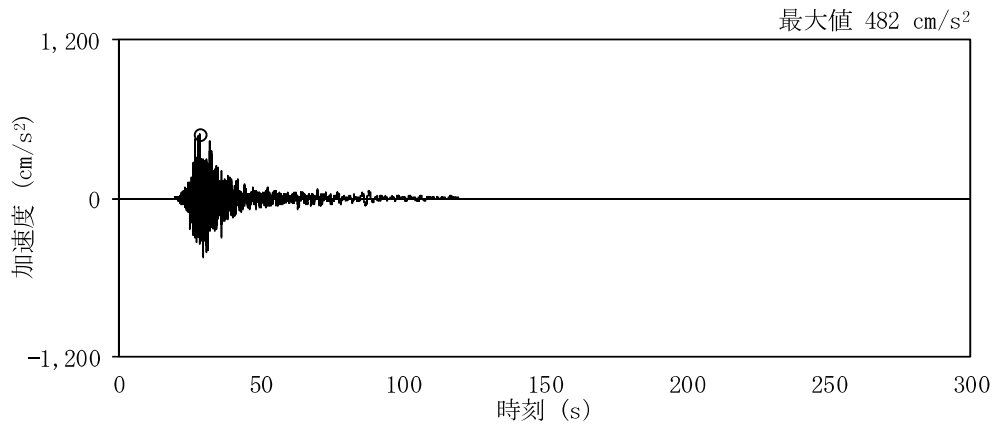
(c) UD方向

第 5-4 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 13)



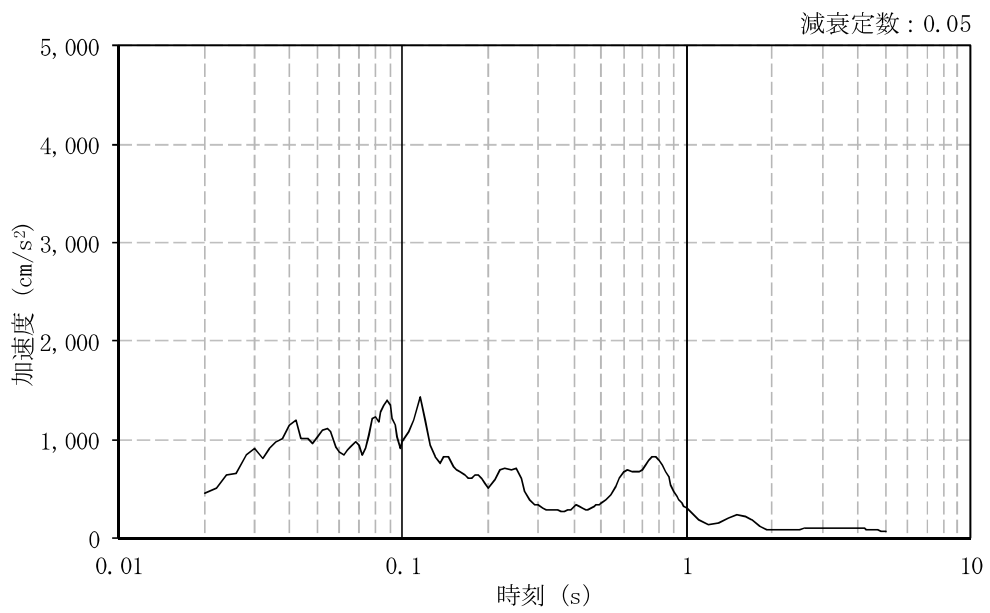
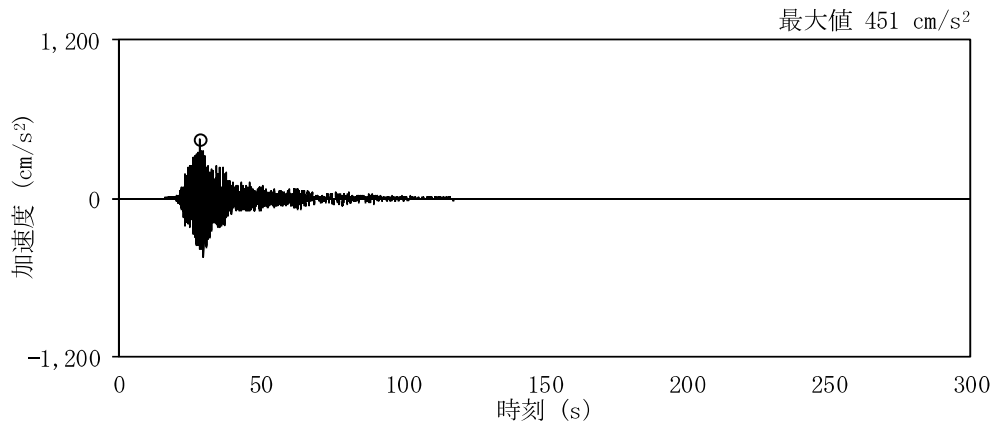
(a) NS方向

第 5-5 図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 14)



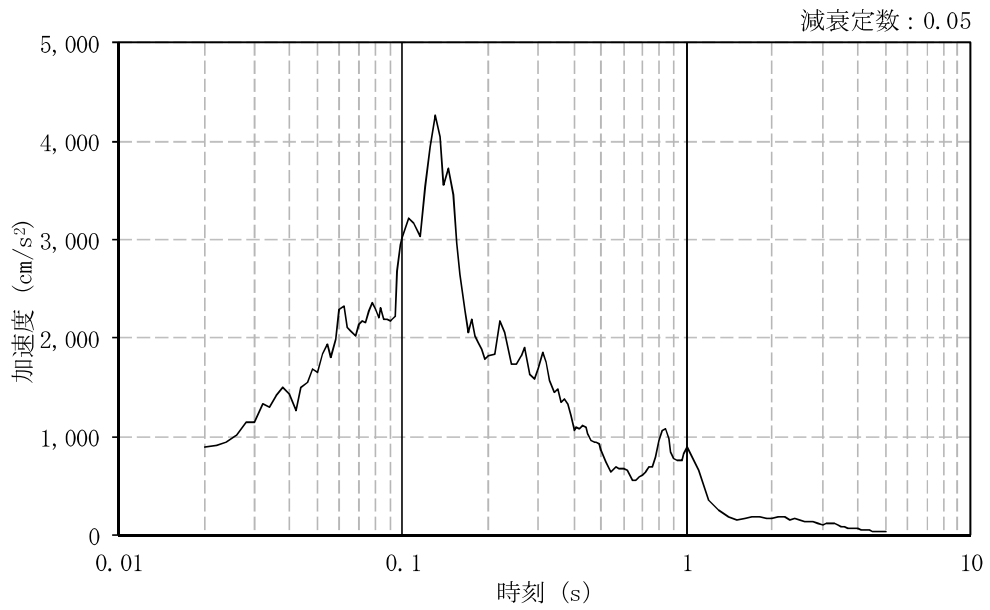
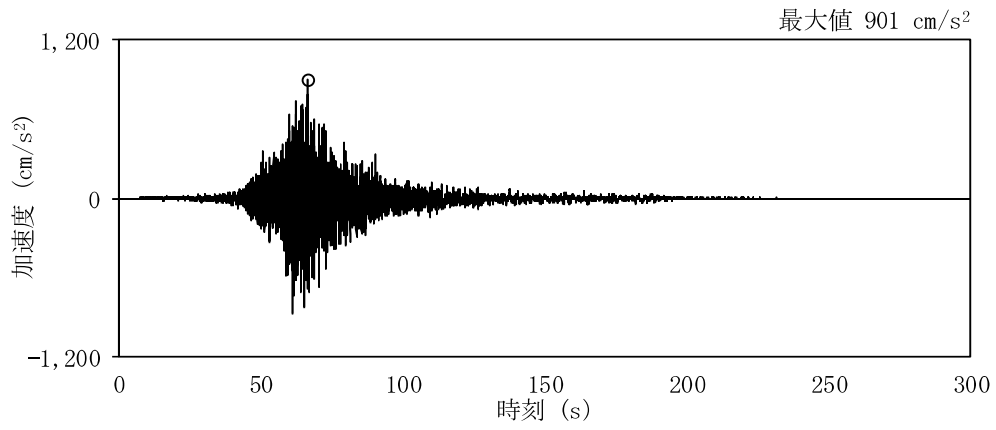
(b) EW方向

第 5-5 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 14)



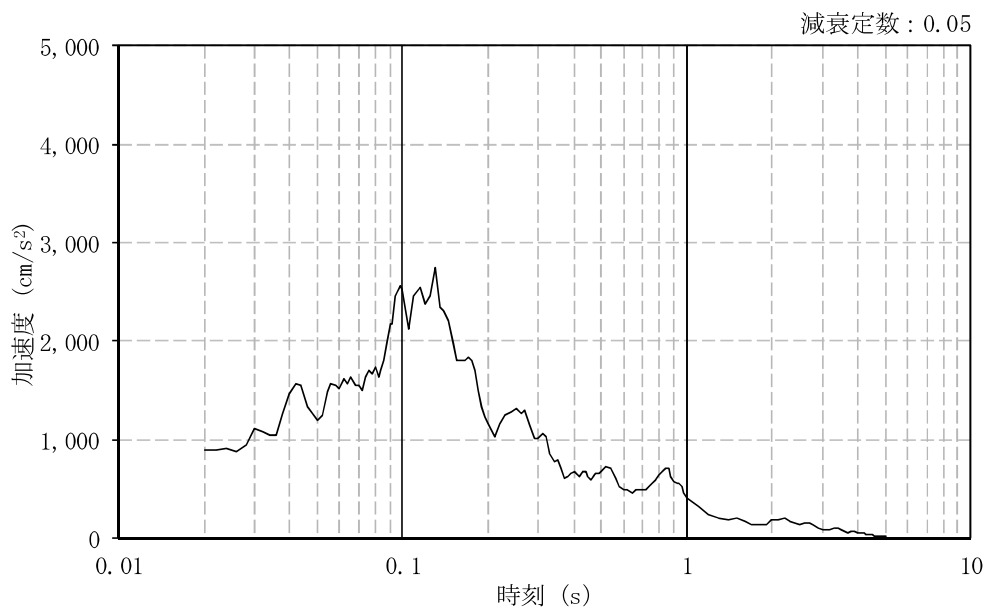
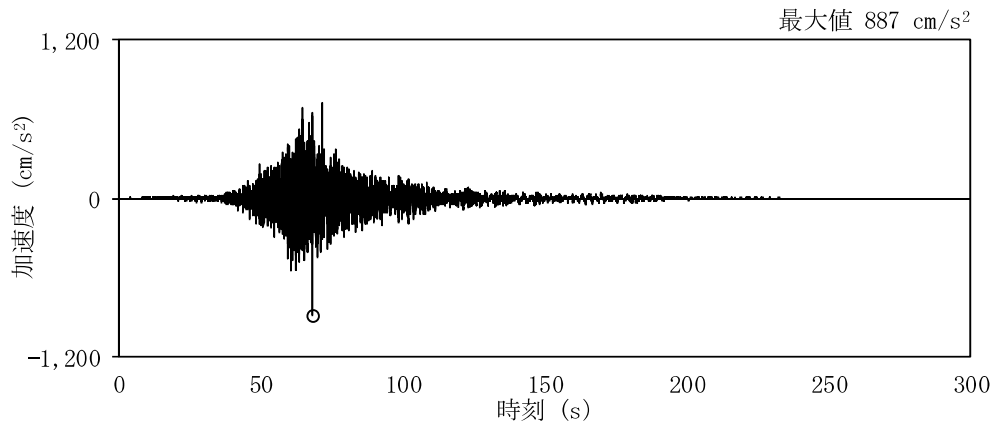
(c) UD方向

第 5-5 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 14)



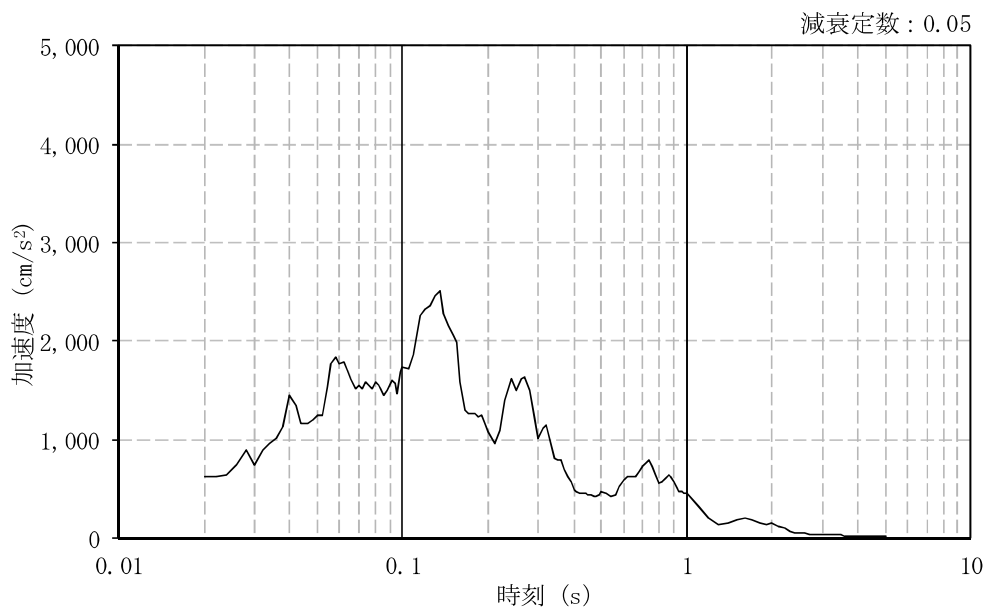
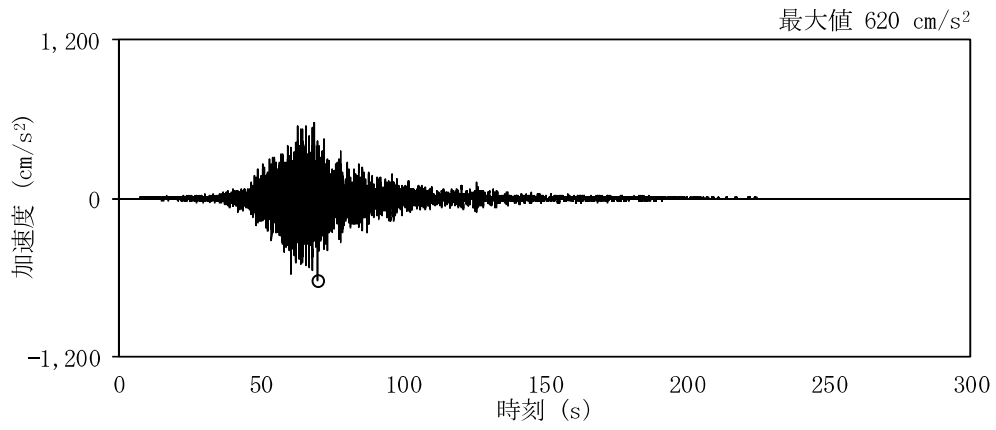
(a) NS方向

第5-6図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-21)



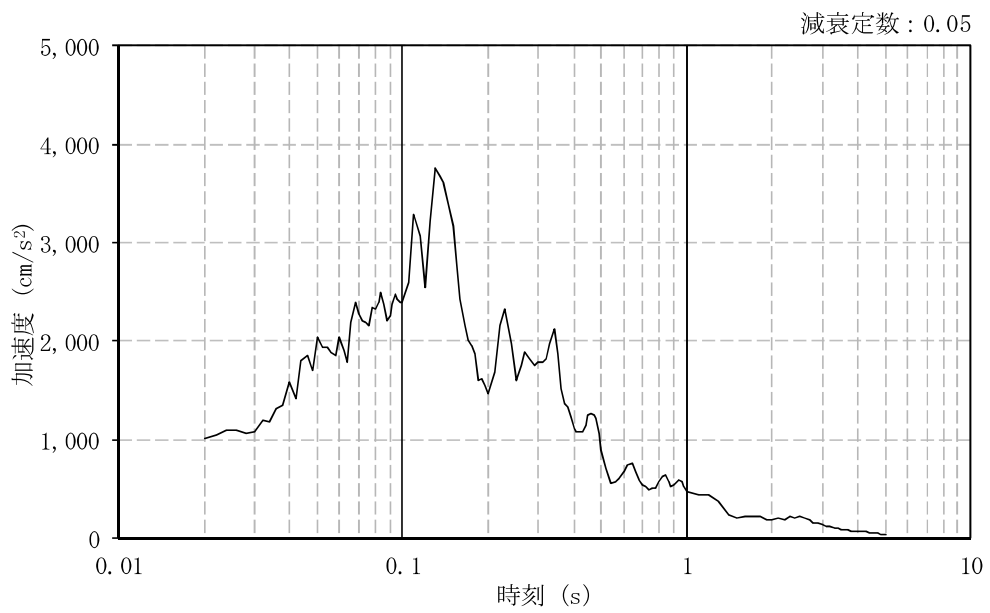
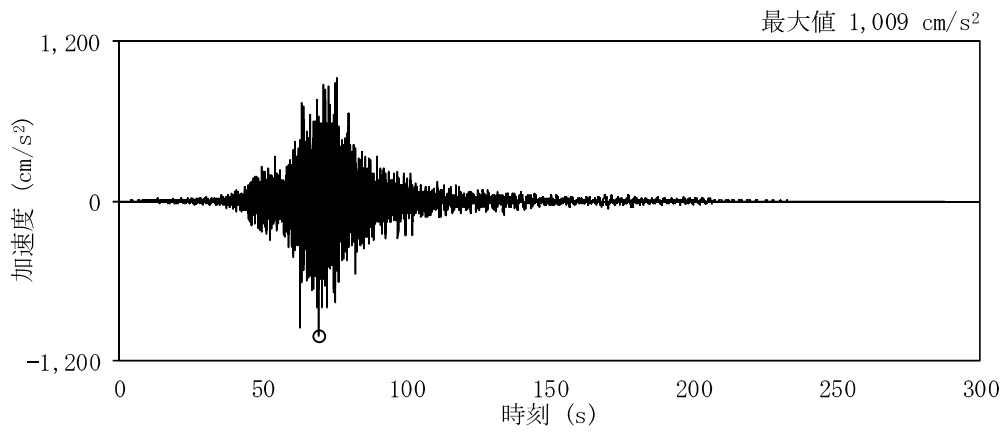
(b) EW方向

第 5-6 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-21)



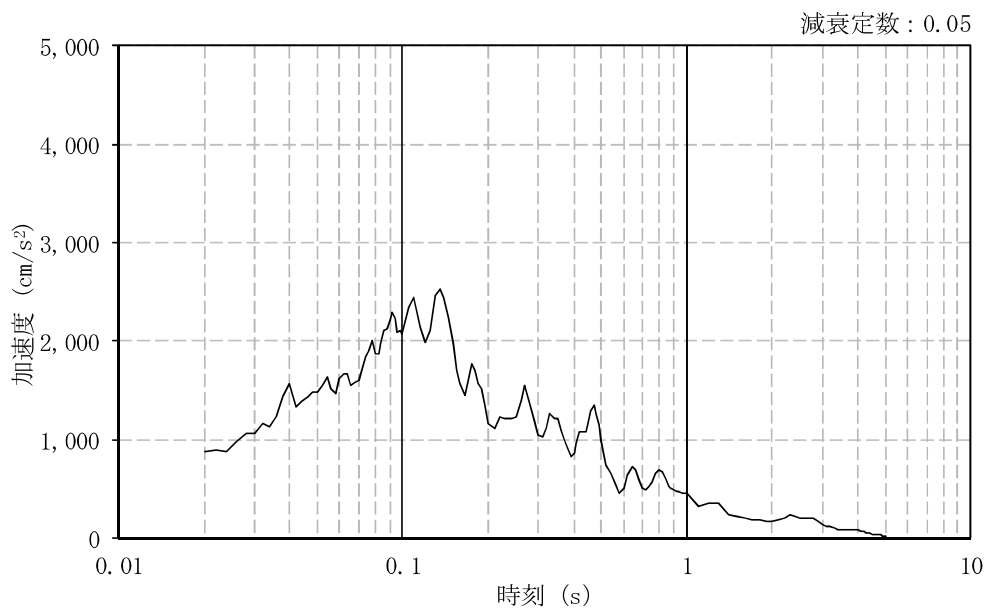
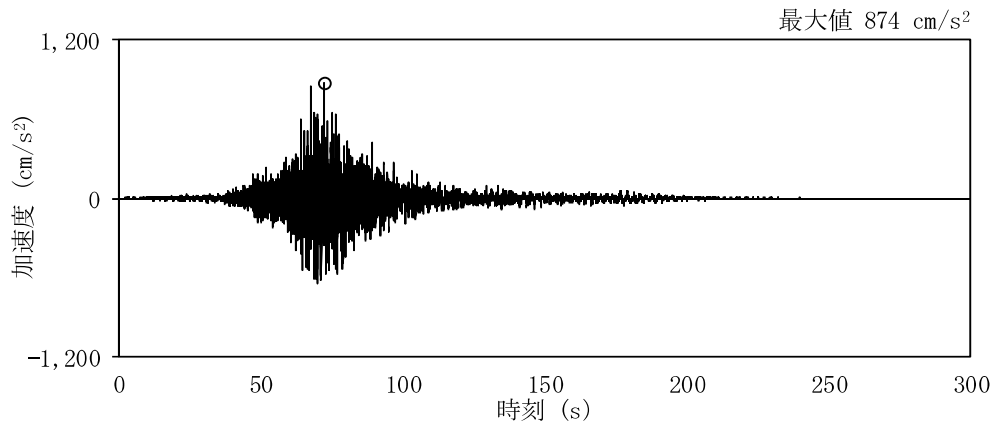
(c) UD方向

第 5-6 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-21)



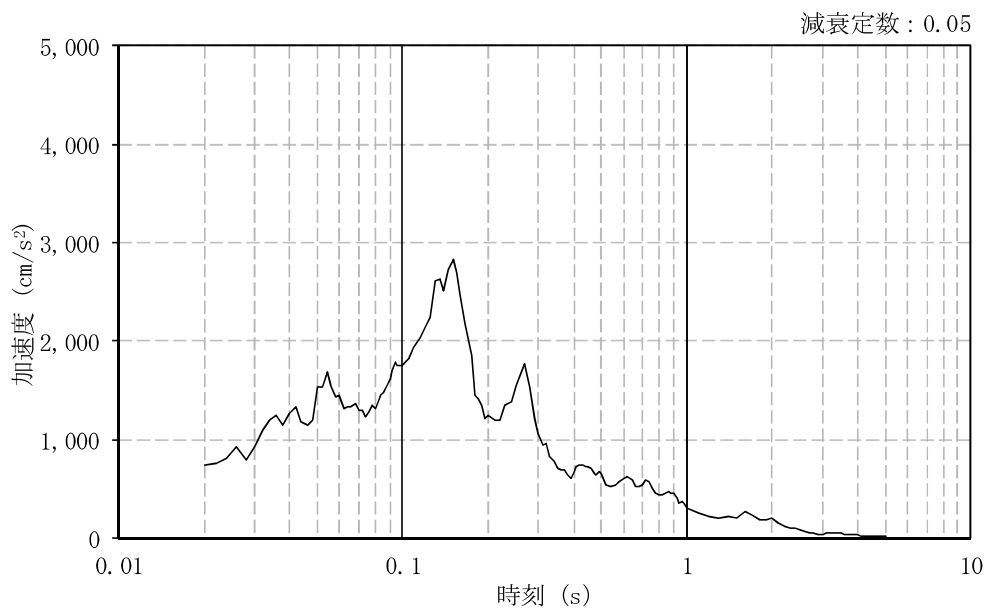
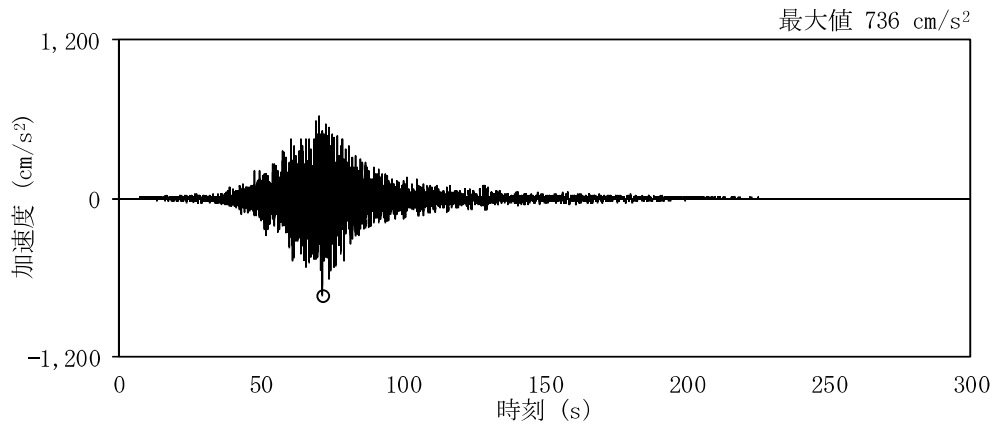
(a) NS方向

第 5-7 図 (1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル ($S_s - 22$)



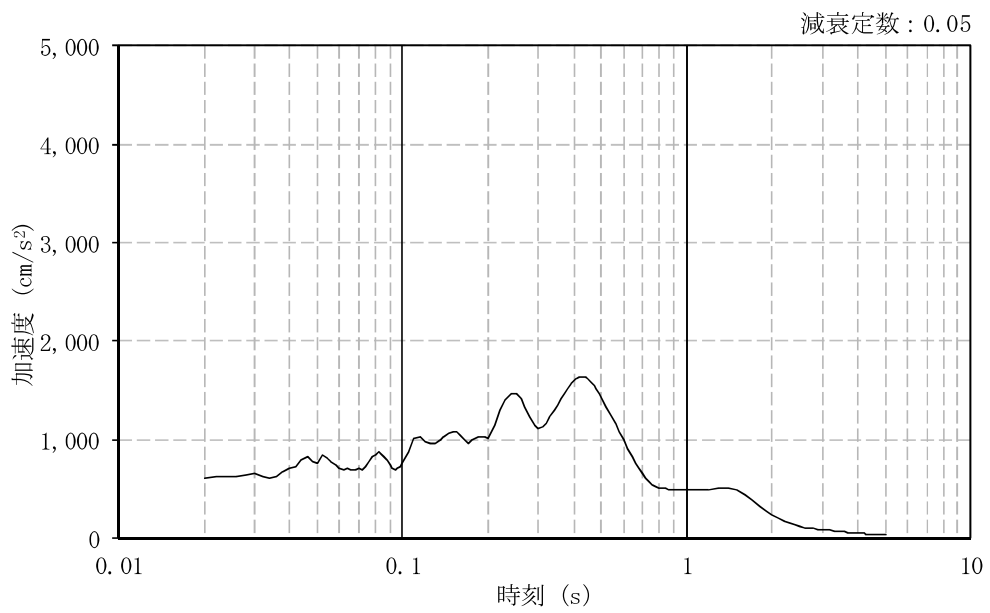
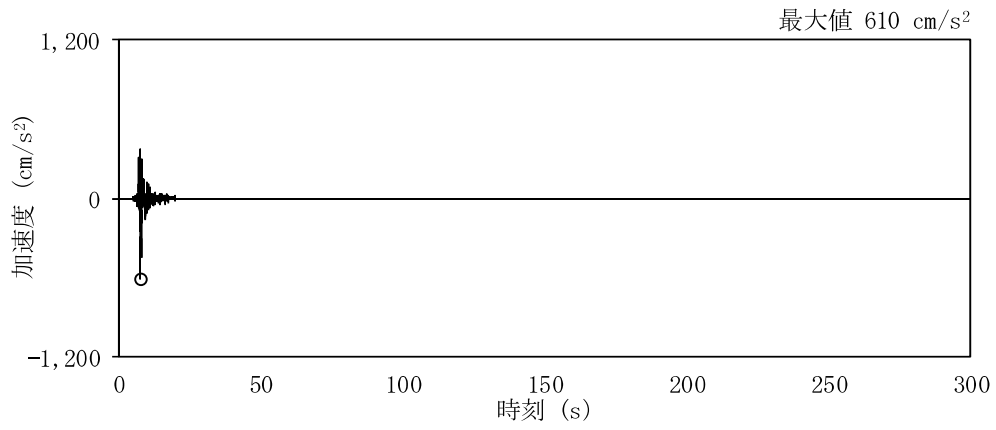
(b) EW方向

第 5-7 図 (2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-22)



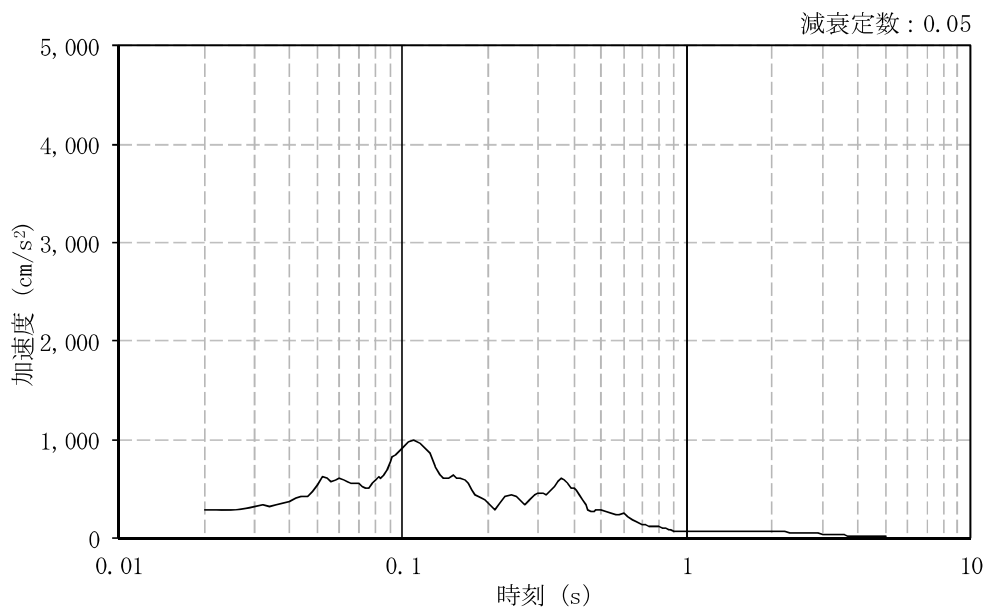
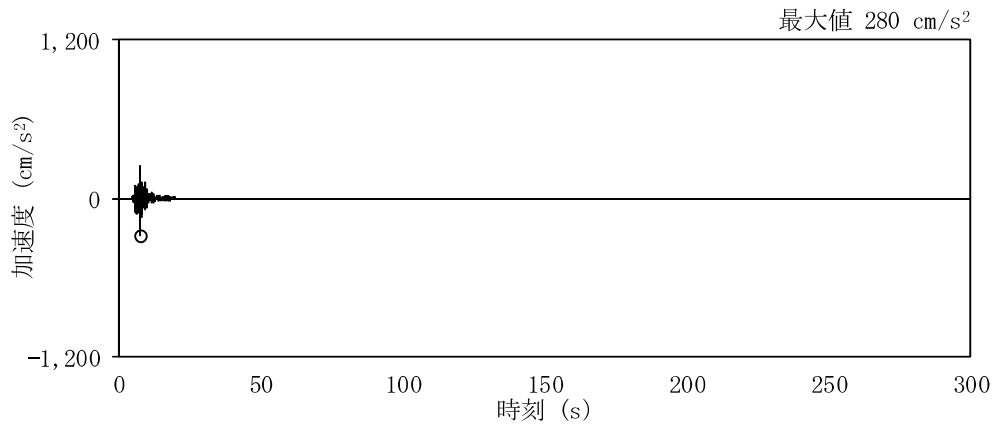
(c) UD方向

第 5-7 図 (3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-22)



(a) 水平方向

第 5-8 図 (1/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s - 3 1)



(b) 鉛直方向

第 5-8 図 (2/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル (S_s-31)

5.3 地盤応答解析による入力地震動の算定

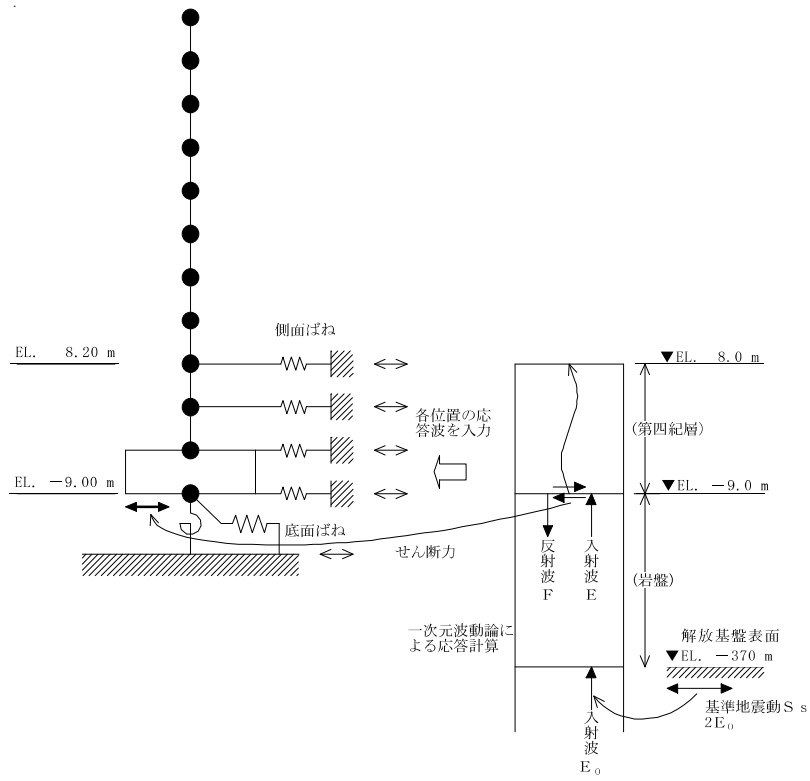
水平方向及び鉛直方向の解析概要を第 5-9 図及び第 5-10 図に示す。

水平方向の入力地震動は，解放基盤表面（EL. -370m, $V_s \doteq 700 \text{ m/s}$ ）で定義される基準地震動 S_s ($2E_0$) を用いて，一次元波動論により算定した基礎版下端及び側面地盤ばね位置での応答波（E + F）とする。

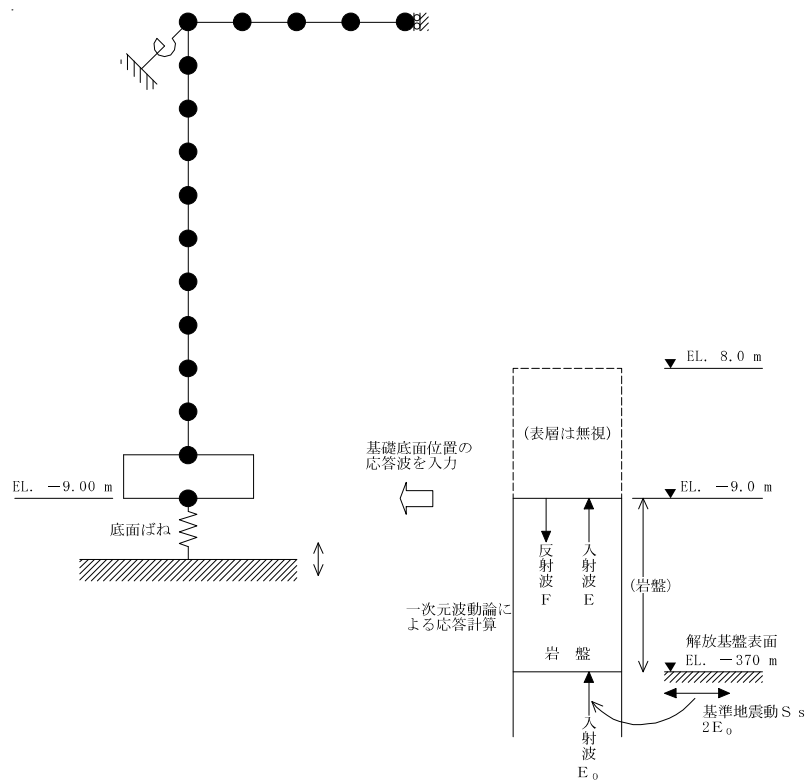
算定に用いる地盤モデルは，当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし，等価線形化法により地盤の非線形を考慮した物性値を用いる。

鉛直方向の入力地震動は，解放基盤表面（EL. -370m, $V_s \doteq 700 \text{ m/s}$ ）で定義される基準地震動 S_s ($2E_0$) を用いて，一次元波動論により算定した基礎版下端位置での応答波（2E）とする。

算定に用いる地盤モデルには，水平方向の入力地震動算定に用いた地盤モデルの等価せん断波速度と体積弾性係数より求めた疎密波速度を用い，基礎版下端位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルを用いる。



第 5-9 図 水平方向解析概要



第 5-10 図 鉛直方向解析概要

5.4 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析に用いる建屋解析モデル及びその振動諸元を第 5-2 表に示す。また、鉛直方向地震応答解析に用いる建屋解析モデル及びその振動諸元を第 5-3 表に示す。

水平方向の地震応答解析モデルは、耐震壁を曲げせん断要素でモデル化し、建屋—地盤の相互作用を考慮するため基礎版下端に水平及び回転地盤ばねを設けている。また、建屋埋め込み部分にも側面地盤ばねを設け、地盤への埋め込み効果を考慮している。基礎版下端の底面地盤ばねは、振動アドミッタンス理論に基づき求め、建屋埋め込み部の側面地盤ばねは、NOVAKの方法により算定している。これら振動数依存の複素ばねを「J E A G 4601-1991 追補版」に基づき近似したものを解析に用いており、底面地盤ばねの剛性は静的理論解を用いて振動数に対して一定値とし、底面地盤ばねの減衰は円振動数 ω の一次式の形で示し、地盤—建屋連成系の一次固有円振動数 ω_1 で虚部の値と一致するように設定している。側面地盤ばねの剛性については理論解の極大値を用いて振動数に対して一定値とし、側面地盤ばねの減衰は底面地盤ばねと同様に近似設定している。地盤ばねの近似法を第 5-11 図に示す。

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁の軸剛性を考慮した質点系モデルとし、建屋—地盤の相互作用を考慮するため、基礎版下端に鉛直地盤ばねを設けている。

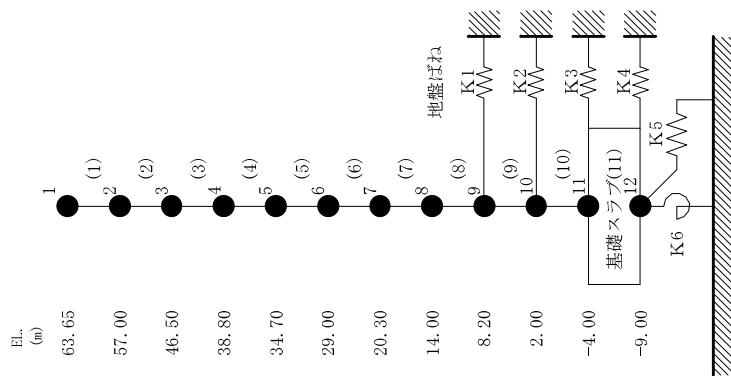
建屋の減衰定数は、鉄筋コンクリート部を 5%、鉄骨部を 2%とし、モード減衰として与えている。各次のモード減衰定数は、建屋各部のひずみエネルギーに比例した値として算定している。

地震波ごとの地盤ばね算定結果は、第 5-4 表～第 5-11 表に示す通りである。

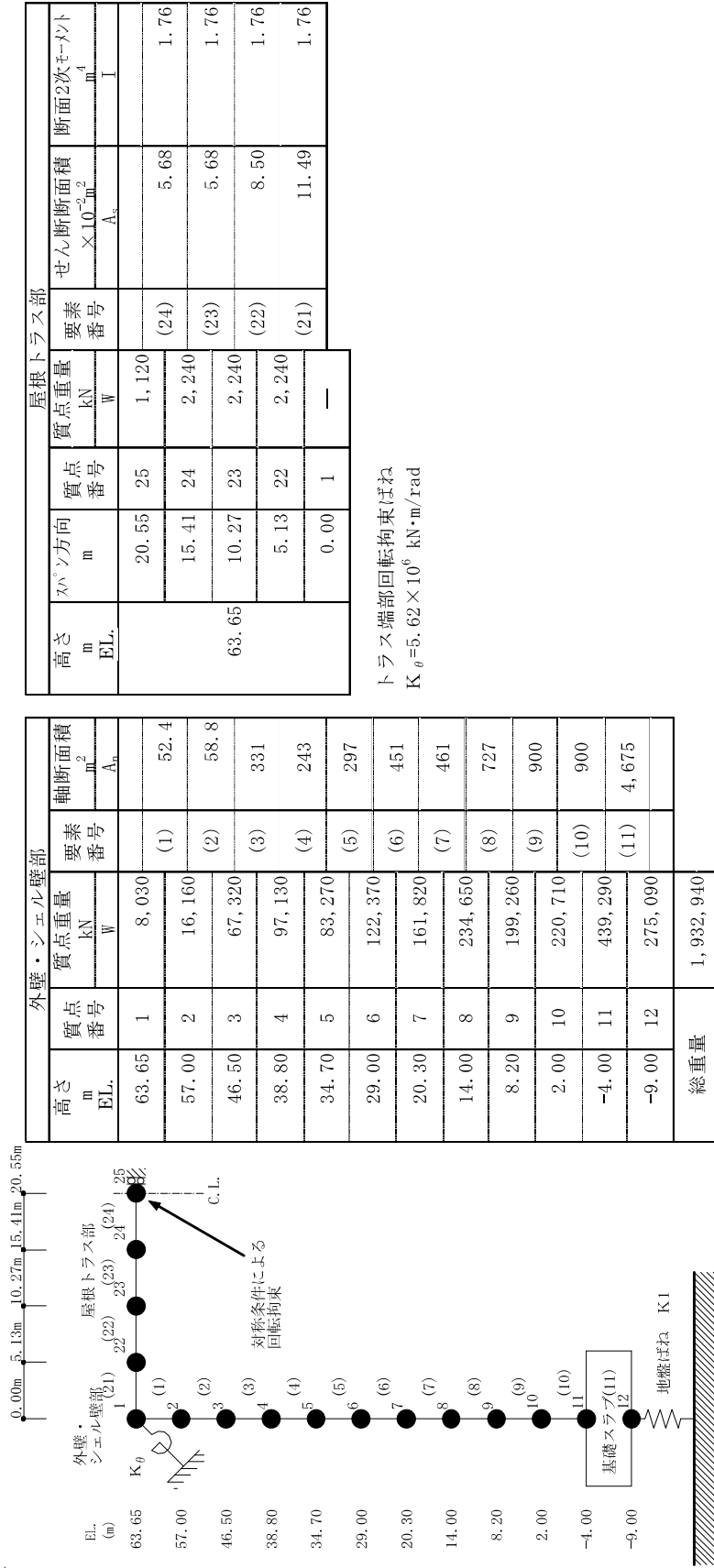
建物の非線形性については、耐震壁について設定しており、「J E A G 4601-1991 追補版」に基づき、トリリニア形スケルトン曲線としている。また、せん断力の履歴特性は最大点指向型としている。曲げモーメントの履歴特性は第2折点までは最大点指向型、それ以上ではディグレイディングトリリニア型としている。復元力特性のスケルトン曲線を第5-12図に、履歴特性を第5-13図に示す。原子炉建屋について算定したせん断及び曲げスケルトン曲線の諸数値を第5-12表及び第5-13表に示す。

第5-2表 水平方向解析モデル及び振動諸元

高さ m _EL.	質点 番号	質点重量 kN		回転慣性重量 $\times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$		要素 番号	せん断面積 m^2		断面2次モーメント $\times 10^8 \text{ m}^4$	
		W		I_{GNS}	I_{GEW}		A_{GNS}	A_{GEW}	I_{NS}	I_{EW}
63.65	1	15,870		35.7	31.5					
57.00	2	16,160		51.2	44.7	(1)	27.3	25.5	20.4	18.4
46.50	3	67,320		120.3	104.7	(2)	27.3	25.5	20.4	18.4
38.80	4	97,130		161.6	99.8	(3)	212	154	64.4	34.7
34.70	5	83,270		113.0	68.7	(4)	133	141	45.0	37.3
29.00	6	122,370		348.8	250.5	(5)	143	156	45.4	38.7
20.30	7	161,820		488.7	543.9	(6)	218	237	77.6	72.9
14.00	8	234,650		720.8	779.6	(7)	242	224	86.3	77.6
8.20	9	199,260		893.0	886.8	(8)	394	345	178.5	147.4
2.00	10	220,710		832.4	830.7	(9)	464	454	218.4	208.5
-4.00	11	439,290		1,724.6	1,712.1	(10)	464	454	218.8	208.9
-9.00	12	275,090		1,081.4	1,073.5	(11)	4,675	4,675	1,828.1	1,814.8
総重量		1,932,940								



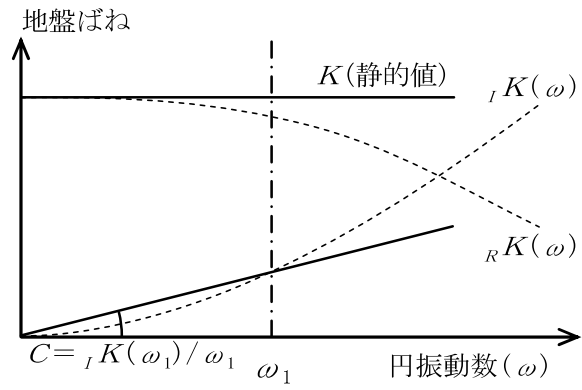
第5-3表 鉛直方向解析モデル及び振動諸元



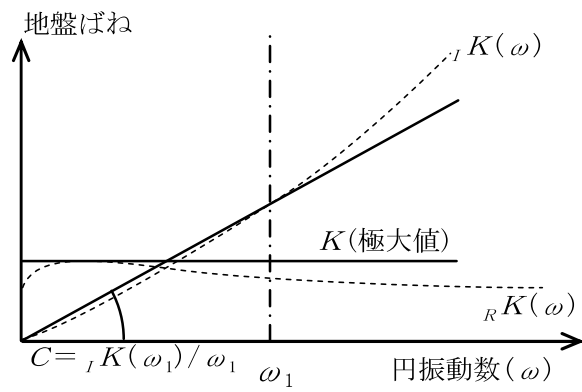
外壁・シエル壁部				軸断面積	
高さ m E.L.	質点 番号	質点重量 kN W	要素 番号	A_n m ²	A_n m ²
63.65	1	8,030	(1)	52.4	52.4
57.00	2	16,160	(2)	58.8	58.8
46.50	3	67,320	(3)	331	331
38.80	4	97,130	(4)	243	243
34.70	5	83,270	(5)	297	297
29.00	6	122,370	(6)	451	451
20.30	7	161,820	(7)	461	461
14.00	8	234,650	(8)	727	727
8.20	9	199,260	(9)	900	900
2.00	10	220,710	(10)	900	900
-4.00	11	439,290	(11)	4,675	4,675
-9.00	12	275,090			
総重量		1,932,940			

屋根トラス部					
高さ m E.L.	スパン方向 m	質点 番号	質点重量 kN W	せん断面積 $\times 10^{-2} \text{m}^2$ A_s	断面2次モーメント m^4 I
63.65	20.55	25	1,120	5.68	1.76
	15.41	24	2,240	5.68	1.76
63.65	10.27	23	2,240	8.50	1.76
	5.13	22	2,240	11.49	1.76
	0.00	1	—		

トラス端部回転拘束ばね
 $K_\theta = 5.62 \times 10^6 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$



(a) 底面地盤ばね



(b) 側面地盤ばね

第 5-11 図 地盤ばねの近似法

第 5-4 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s-D 1)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.46×10^5	2.50×10^5
K2	10	側面・並進	1.22×10^6	4.18×10^5
K3	11	側面・並進	6.64×10^6	9.11×10^5
K4	12	側面・並進	1.92×10^7	8.70×10^5
K5	12	底面・並進	6.41×10^7	3.45×10^6
K6	12	底面・回転	9.26×10^{10}	1.59×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.46×10^5	2.49×10^5
K2	10	側面・並進	1.22×10^6	4.19×10^5
K3	11	側面・並進	6.64×10^6	9.09×10^5
K4	12	側面・並進	1.92×10^7	8.69×10^5
K5	12	底面・並進	6.42×10^7	3.45×10^6
K6	12	底面・回転	9.17×10^{10}	1.57×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.08×10^8	8.21×10^6

第 5-5 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 1 1)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.46×10^5	2.88×10^5
K2	10	側面・並進	1.75×10^6	6.72×10^5
K3	11	側面・並進	8.96×10^6	9.99×10^5
K4	12	側面・並進	2.20×10^7	9.69×10^5
K5	12	底面・並進	7.04×10^7	3.61×10^6
K6	12	底面・回転	1.01×10^{11}	1.65×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.46×10^5	2.90×10^5
K2	10	側面・並進	1.75×10^6	6.64×10^5
K3	11	側面・並進	8.96×10^6	1.00×10^6
K4	12	側面・並進	2.20×10^7	9.69×10^5
K5	12	底面・並進	7.05×10^7	3.61×10^6
K6	12	底面・回転	1.00×10^{11}	1.63×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.16×10^8	8.50×10^6

第 5-6 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 1 2)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.46×10^5	2.93×10^5
K2	10	側面・並進	1.74×10^6	6.59×10^5
K3	11	側面・並進	8.66×10^6	9.81×10^5
K4	12	側面・並進	2.16×10^7	9.56×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.54×10^6
K6	12	底面・回転	9.69×10^{10}	1.62×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.46×10^5	2.95×10^5
K2	10	側面・並進	1.74×10^6	6.54×10^5
K3	11	側面・並進	8.66×10^6	9.83×10^5
K4	12	側面・並進	2.16×10^7	9.55×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.64×10^{10}	1.60×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.11×10^8	8.31×10^6

第 5-7 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 1 3)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.39×10^5	2.85×10^5
K2	10	側面・並進	1.71×10^6	6.67×10^5
K3	11	側面・並進	8.60×10^6	9.78×10^5
K4	12	側面・並進	2.16×10^7	9.56×10^5
K5	12	底面・並進	6.83×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.78×10^{10}	1.63×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.39×10^5	2.87×10^5
K2	10	側面・並進	1.71×10^6	6.64×10^5
K3	11	側面・並進	8.60×10^6	9.80×10^5
K4	12	側面・並進	2.16×10^7	9.56×10^5
K5	12	底面・並進	6.83×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.73×10^{10}	1.61×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.12×10^8	8.35×10^6

第 5-8 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 1 4)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.78×10^5	3.18×10^5
K2	10	側面・並進	1.83×10^6	6.42×10^5
K3	11	側面・並進	9.11×10^6	1.00×10^6
K4	12	側面・並進	2.22×10^7	9.68×10^5
K5	12	底面・並進	6.92×10^7	3.58×10^6
K6	12	底面・回転	9.92×10^{10}	1.64×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	6.78×10^5	3.21×10^5
K2	10	側面・並進	1.83×10^6	6.36×10^5
K3	11	側面・並進	9.11×10^6	1.01×10^6
K4	12	側面・並進	2.22×10^7	9.68×10^5
K5	12	底面・並進	6.92×10^7	3.58×10^6
K6	12	底面・回転	9.87×10^{10}	1.62×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.13×10^8	8.40×10^6

第 5-9 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 2 1)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.54×10^5	2.58×10^5
K2	10	側面・並進	1.38×10^6	4.38×10^5
K3	11	側面・並進	7.62×10^6	9.47×10^5
K4	12	側面・並進	2.08×10^7	9.30×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.76×10^{10}	1.62×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.54×10^5	2.57×10^5
K2	10	側面・並進	1.38×10^6	4.42×10^5
K3	11	側面・並進	7.62×10^6	9.43×10^5
K4	12	側面・並進	2.08×10^7	9.29×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.70×10^{10}	1.60×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.14×10^8	8.42×10^6

第 5-10 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 2 2)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.39×10^5	2.61×10^5
K2	10	側面・並進	1.28×10^6	4.08×10^5
K3	11	側面・並進	7.22×10^6	9.49×10^5
K4	12	側面・並進	2.03×10^7	9.10×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.80×10^{10}	1.62×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.39×10^5	2.59×10^5
K2	10	側面・並進	1.28×10^6	4.10×10^5
K3	11	側面・並進	7.22×10^6	9.46×10^5
K4	12	側面・並進	2.03×10^7	9.09×10^5
K5	12	底面・並進	6.80×10^7	3.55×10^6
K6	12	底面・回転	9.75×10^{10}	1.60×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.14×10^8	8.43×10^6

第 5-11 表 地盤のばね定数と減衰係数 (S_s - 3 1)

(a) NS 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.39×10^5	2.46×10^5
K2	10	側面・並進	1.18×10^6	4.01×10^5
K3	11	側面・並進	5.24×10^6	8.98×10^5
K4	12	側面・並進	1.86×10^7	8.58×10^5
K5	12	底面・並進	6.26×10^7	3.41×10^6
K6	12	底面・回転	8.96×10^{10}	1.57×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

(b) EW 方向

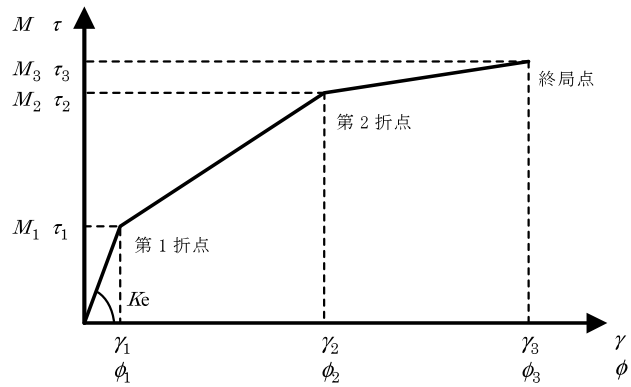
ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数*1 K _c	減衰係数*2 C _c
K1	9	側面・並進	5.39×10^5	2.45×10^5
K2	10	側面・並進	1.18×10^6	4.00×10^5
K3	11	側面・並進	5.24×10^6	8.97×10^5
K4	12	側面・並進	1.86×10^7	8.57×10^5
K5	12	底面・並進	6.27×10^7	3.41×10^6
K6	12	底面・回転	8.91×10^{10}	1.55×10^9

*1 : K1~K5 は kN/m, K6 は kN・m/rad

*2 : K1~K5 は kN・s/m, K6 は kN・m・s/rad

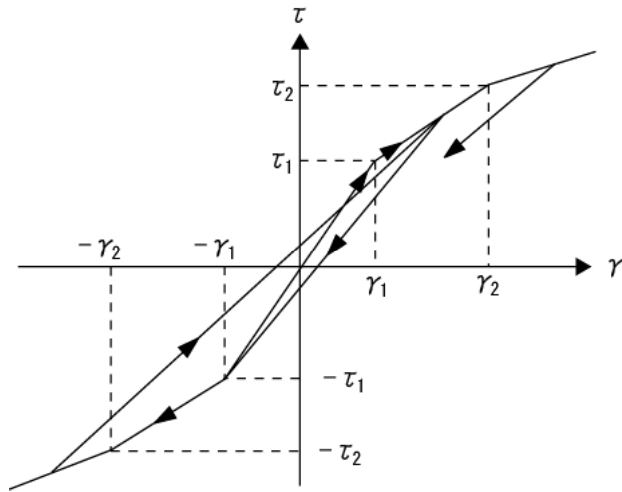
(c) UD 方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c kN/m	減衰係数 C _c kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1.06×10^8	8.14×10^6

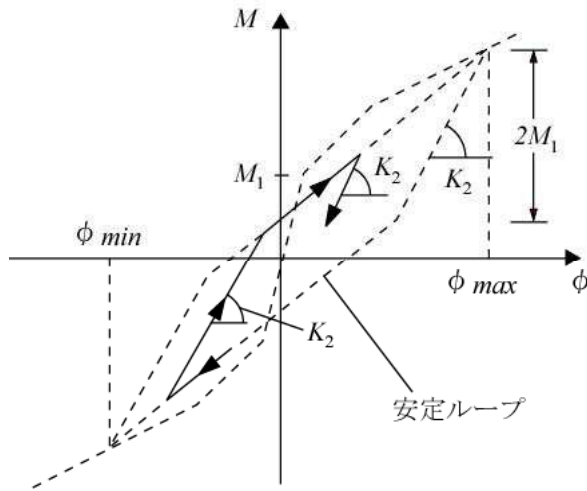


- τ_1 : 第1折れ点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折れ点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折れ点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折れ点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ
- M_1 : 第1折れ点の曲げモーメント
- M_2 : 第2折れ点の曲げモーメント
- M_3 : 終局点の曲げモーメント
- ϕ_1 : 第1折れ点の曲率
- ϕ_2 : 第2折れ点の曲率
- ϕ_3 : 終局点の曲率

第5-12図 復元力特性のスケルトン曲線



(a) 最大点指向型



(b) ディグレイディングトリリニア型

第 5-13 図 復元力特性の履歴特性

第 5-12 せん断スケルトン数値表

(a) NS方向

EL. m	要素 番号	τ_1 N/mm ²	τ_2 N/mm ²	τ_3 N/mm ²	γ_1 $\times 10^{-3}$	γ_2 $\times 10^{-3}$	γ_3 $\times 10^{-3}$
63.65 ~ 57.00	1	1.60	2.16	4.54	0.174	0.522	4.0
57.00 ~ 46.50	2	1.71	2.31	4.63	0.185	0.555	4.0
46.50 ~ 38.80	3	1.59	2.15	4.38	0.173	0.519	4.0
38.80 ~ 34.70	4	1.34	1.81	4.17	0.145	0.435	4.0
34.70 ~ 29.00	5	1.28	1.73	3.91	0.139	0.417	4.0
29.00 ~ 20.30	6	1.47	1.98	4.26	0.159	0.477	4.0
20.30 ~ 14.00	7	1.61	2.17	4.87	0.174	0.522	4.0
14.00 ~ 8.20	8	1.68	2.27	4.27	0.183	0.549	4.0
8.20 ~ 2.00	9	1.77	2.39	5.02	0.192	0.576	4.0
2.00 ~ -4.00	10	1.85	2.50	5.84	0.201	0.603	4.0

(b) EW方向

EL. m	要素 番号	τ_1 N/mm ²	τ_2 N/mm ²	τ_3 N/mm ²	γ_1 $\times 10^{-3}$	γ_2 $\times 10^{-3}$	γ_3 $\times 10^{-3}$
63.65 ~ 57.00	1	1.60	2.16	4.54	0.174	0.522	4.0
57.00 ~ 46.50	2	1.71	2.31	4.63	0.185	0.555	4.0
46.50 ~ 38.80	3	1.60	2.16	4.63	0.173	0.519	4.0
38.80 ~ 34.70	4	1.49	2.01	4.40	0.162	0.486	4.0
34.70 ~ 29.00	5	1.39	1.88	4.01	0.151	0.453	4.0
29.00 ~ 20.30	6	1.31	1.77	3.72	0.143	0.429	4.0
20.30 ~ 14.00	7	1.59	2.15	4.57	0.172	0.516	4.0
14.00 ~ 8.20	8	1.68	2.27	4.52	0.182	0.546	4.0
8.20 ~ 2.00	9	1.77	2.39	5.02	0.192	0.576	4.0
2.00 ~ -4.00	10	1.85	2.50	5.77	0.201	0.603	4.0

第5-13 曲げスケルトン数値表

(a) NS方向

EL. m	要素 番号	M ₁ ×10 ⁶ kN・m	M ₂ ×10 ⁶ kN・m	M ₃ ×10 ⁶ kN・m	φ ₁ ×10 ⁻⁵ 1/m	φ ₂ ×10 ⁻⁵ 1/m	φ ₃ ×10 ⁻⁵ 1/m
63.65 ~ 57.00	1	1.85	3.23	4.18	0.410	4.87	97.4
57.00 ~ 46.50	2	2.06	3.49	4.48	0.457	4.97	99.4
46.50 ~ 38.80	3	5.75	12.6	18.7	0.404	5.28	57.1
38.80 ~ 34.70	4	4.87	12.7	16.1	0.490	8.14	102
34.70 ~ 29.00	5	5.12	13.0	16.5	0.510	8.12	102
29.00 ~ 20.30	6	7.47	19.5	22.5	0.436	5.90	33.9
20.30 ~ 14.00	7	10.3	27.0	31.1	0.540	6.02	36.6
14.00 ~ 8.20	8	14.5	42.2	50.3	0.368	4.81	47.5
8.20 ~ 2.00	9	21.7	62.6	79.2	0.450	5.46	41.8
2.00 ~ -4.00	10	24.7	80.9	101	0.511	6.35	36.9

(b) EW方向

EL. m	要素 番号	M ₁ ×10 ⁶ kN・m	M ₂ ×10 ⁶ kN・m	M ₃ ×10 ⁶ kN・m	φ ₁ ×10 ⁻⁵ 1/m	φ ₂ ×10 ⁻⁵ 1/m	φ ₃ ×10 ⁻⁵ 1/m
63.65 ~ 57.00	1	1.77	3.03	3.86	0.435	5.15	103
57.00 ~ 46.50	2	2.23	3.35	4.19	0.548	5.83	116
46.50 ~ 38.80	3	3.57	6.61	8.98	0.466	8.83	108
38.80 ~ 34.70	4	4.87	12.5	16.1	0.591	9.58	123
34.70 ~ 29.00	5	5.12	12.8	16.6	0.599	9.28	120
29.00 ~ 20.30	6	6.80	17.6	21.1	0.422	5.67	53.5
20.30 ~ 14.00	7	8.95	22.4	26.0	0.522	5.80	47.3
14.00 ~ 8.20	8	12.7	38.2	46.2	0.390	5.23	53.0
8.20 ~ 2.00	9	20.9	61.2	77.3	0.454	5.56	42.0
2.00 ~ -4.00	10	23.7	77.8	96.5	0.513	6.48	39.8

5.5 地震応答解析結果

(1) 地震応答解析法

地震応答解析は、水平方向については耐震壁の非線形性を考慮した弾塑性時刻歴応答解析によるものとし、鉛直方向は弾性時刻歴解析によるものとする。

地震応答解析モデルについて運動方程式は次のとおりである。なお、地盤ばねを考慮する質点を添字Cで、それ以外の質点を添字Sで表す。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_s \\ \ddot{u}_c \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} + C_c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_s \\ \dot{u}_c \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc} \\ K_{cs} & K_{cc} + K_c \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_s \\ u_c \end{Bmatrix} \\ = - \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \{ \alpha \} \ddot{u}_0 + \begin{Bmatrix} 0 \\ f_c \end{Bmatrix} \end{aligned} \quad (5-1)$$

ここで、

$$\begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \quad : \text{質量マトリクス}$$

$$\begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} + C_c \end{bmatrix} \quad : \text{減衰マトリクス}$$

$$\begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc} \\ K_{cs} & K_{cc} + K_c \end{bmatrix} \quad : \text{剛性マトリクス}$$

$$[K_c], [C_c] \quad : \text{地盤の剛性及び減衰マトリクス}$$

$$\begin{Bmatrix} u_s \\ u_c \end{Bmatrix} \quad : \text{変位ベクトル}$$

$$\{ \alpha \} \quad : \text{入力ベクトル}$$

$$\ddot{u}_0 \quad : \text{入力加速度}$$

(基礎版下端位置における自由地盤の応答加速度)

また，地盤からの力 $\{f_c\}$ は下式で表される。なお，鉛直方向では埋込みを考慮しないので， $\{f_c\}=0$ である。

$$\{f_c\}=[K_c]\{\tilde{u}_c\}+[C_c]\{\dot{\tilde{u}}_c\}+\{\tilde{p}_c\} \quad (5-2)$$

ここで，

$\{\tilde{u}_c\}, \{\dot{\tilde{u}}_c\}$: 次元波動解析における基礎版下端位置に対する地盤の
相対変位及び相対速度ベクトル

\tilde{p}_c : 次元波動解析における基礎版下端位置におけるせん断力
(切り欠き力)

固有円振動数と固有モードベクトルは，(5-1)式の外力項を0とし，減衰項を無視すれば，次式より求まる。

$$\left(\begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc} \\ K_{cs} & K_{cc} + K_c \end{bmatrix} - \omega_i^2 \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \right) \{\phi_i\} = \{0\} \quad (5-3)$$

ここで，

ω_i : i 次の固有円振動数

$\{\phi_i\}$: i 次の固有モードベクトル

時刻歴解析では，(5-1)式をその各項の積分刻み時間における増分についての方程式に変換し，これに対し直接積分法(Newmark- β 法)を適用して時刻歴応答を求める。

このときの減衰マトリックスは以下の方法により求める。

地盤ばねに与える減衰を除いた建屋のモード減衰定数は，i次振動モードにおける各部材のひずみエネルギーに比例するものとして次式により求める。

$$h_i = \frac{\sum_j h_0^j E_i^j}{\sum_j E_i^j} \quad (5-4)$$

ここで,

h_0^j : j 部材の減衰定数

$$E_i^j = \frac{1}{2} \{\phi_i^j\}^T [k^j] \{\phi_i^j\}$$

ただし,

$[k^j]$: j 部材の剛性マトリクス

$\{\phi_i^j\}$: i 次振動モードにおける j 部材の材端変位ベクトル

したがって、構造物の減衰マトリクスは、(5-4)式による各次モード減衰定数と固有モードベクトルにより次式で求める。

$$\begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \left(\sum_i \{\phi_i\} \eta_i \{\phi_i\}^T \right) \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \quad (5-5)$$

ここで,

$$\eta_i = \frac{2h_i \omega_i}{\{\phi_i\}^T \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \{\phi_i\}}$$

なお、地盤ばねの減衰は C_c で表される内部粘性減衰として与えられるので、建屋—地盤連成モデルの減衰マトリクスは、次式で求められる。

$$[c] = \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} + C_c \end{bmatrix} \quad (5-6)$$

また、弾塑性解析は、各部材の復元力特性上の状態を判定しつつ、その状態での剛性勾配を用いた剛性マトリクスを作成する方法により行う。

(2) 固有値

固有値解析結果として、主要な固有値を第 5-14 表～第 5-21 表に、刺激関数を第 5-14 図～第 5-21 図に示す。

なお、刺激係数は、次数ごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られた値としている。

第 5-14 表 固有値 (S_s-D 1)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.409	2.44	1.916
2	0.202	4.96	-1.154
3	0.104	9.60	0.163
4	0.085	11.77	0.194
5	0.064	15.65	-0.145
6	0.052	19.15	0.016

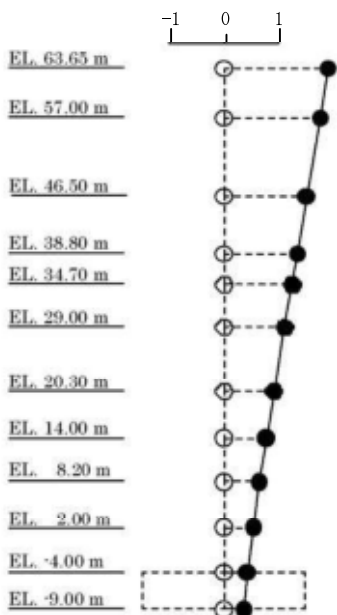
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.411	2.43	1.941
2	0.202	4.96	-1.213
3	0.107	9.32	0.216
4	0.086	11.59	0.172
5	0.064	15.53	-0.140
6	0.051	19.76	0.013

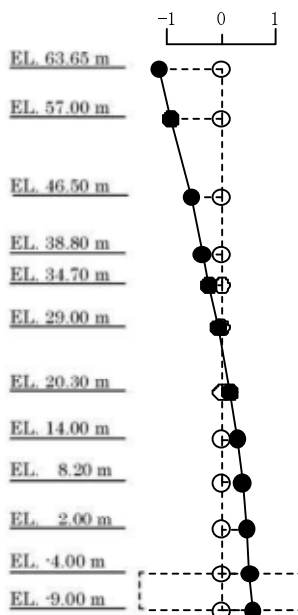
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	2.516
2	0.274	3.65	-1.596
3	0.093	10.79	0.129
4	0.060	16.72	-0.251
5	0.057	17.64	0.220
6	0.048	20.70	0.043

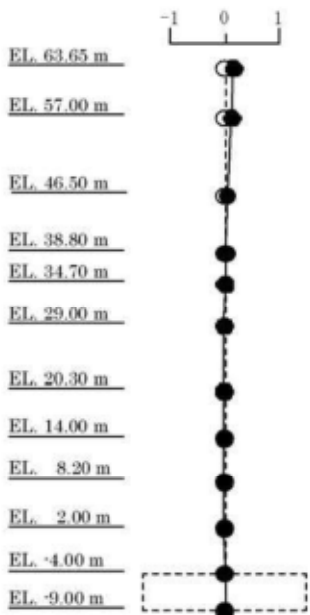
1次モード
固有周期 : 0.409 (s)
振動数 : 2.44 (Hz)
刺激係数 : 1.916



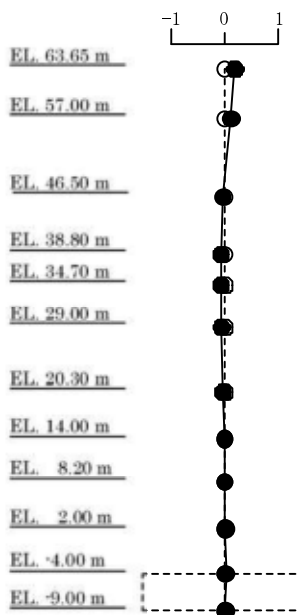
2次モード
固有周期 : 0.202 (s)
振動数 : 4.96 (Hz)
刺激係数 : 1.154



3次モード
固有周期 : 0.104 (s)
振動数 : 9.60 (Hz)
刺激係数 : 0.163



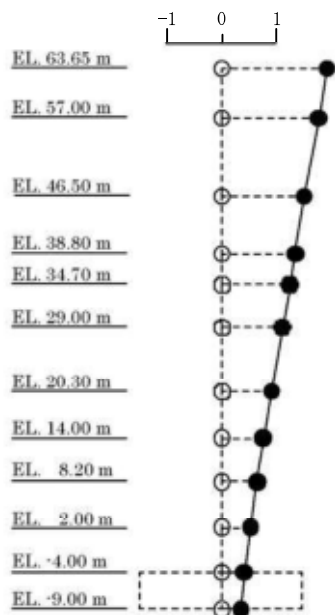
4次モード
固有周期 : 0.085 (s)
振動数 : 11.77 (Hz)
刺激係数 : 0.194



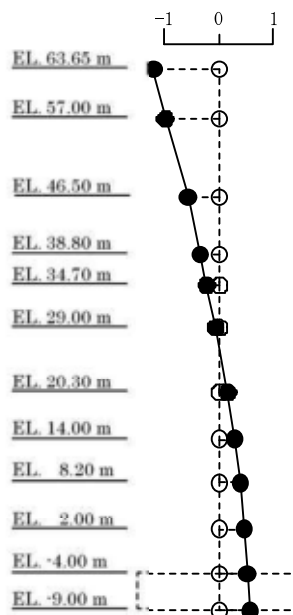
(a) NS方向

第 5-14 図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - D 1$)

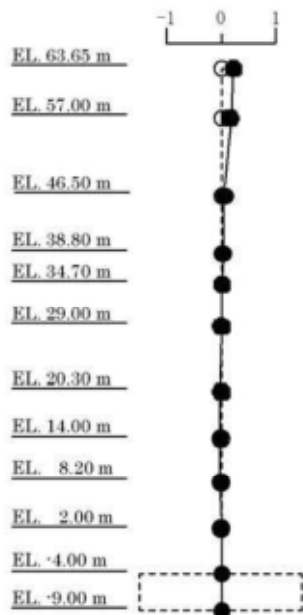
1次モード
固有周期 : 0.411 (s)
振動数 : 2.43 (Hz)
刺激係数 : 1.941



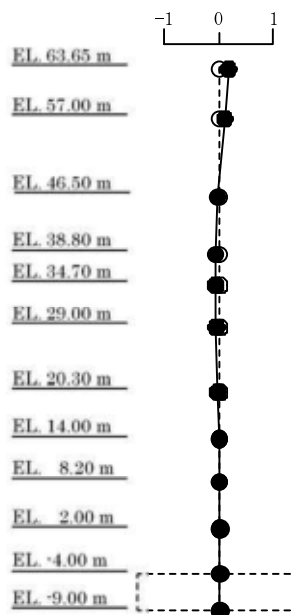
2次モード
固有周期 : 0.202 (s)
振動数 : 4.96 (Hz)
刺激係数 : 1.213



3次モード
固有周期 : 0.107 (s)
振動数 : 9.32 (Hz)
刺激係数 : 0.216

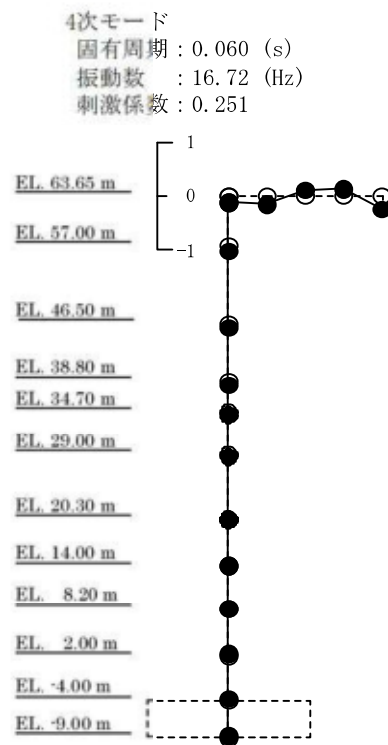
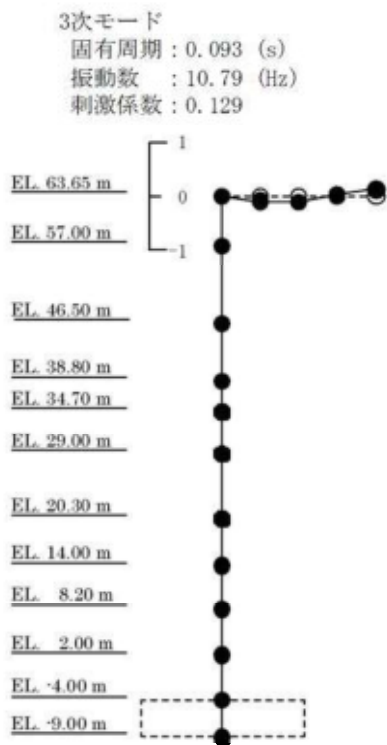
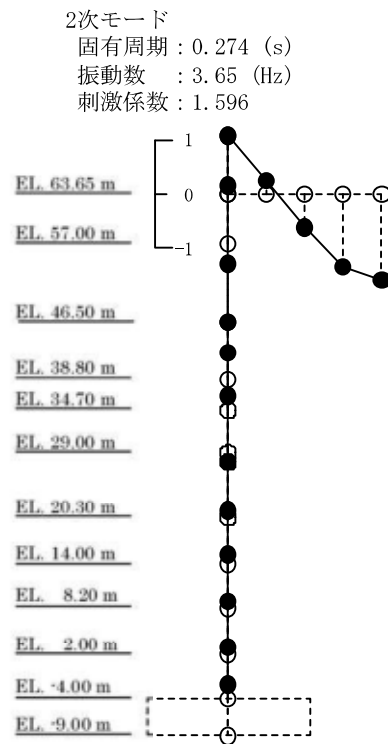
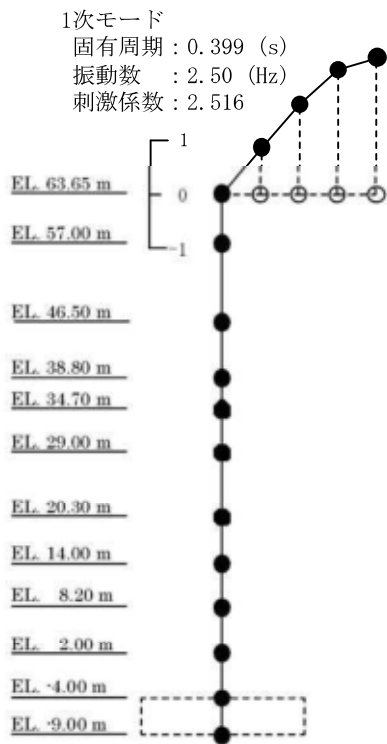


4次モード
固有周期 : 0.086 (s)
振動数 : 11.59 (Hz)
刺激係数 : 0.172



(b) EW方向

第 5-14 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - D 1$)



(c) UD方向

第 5-14 図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - D 1$)

第 5-15 表 固有値 (S_s - 1 1)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.392	2.55	1.938
2	0.193	5.18	-1.213
3	0.103	9.70	0.197
4	0.085	11.81	0.214
5	0.064	15.67	-0.164
6	0.052	19.18	0.018

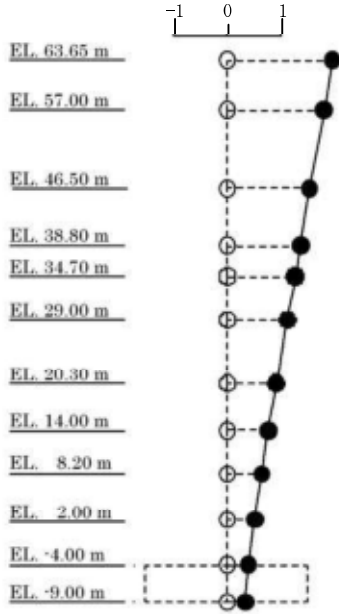
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.395	2.53	1.964
2	0.193	5.18	-1.281
3	0.106	9.42	0.261
4	0.086	11.64	0.187
5	0.064	15.55	-0.158
6	0.051	19.79	0.014

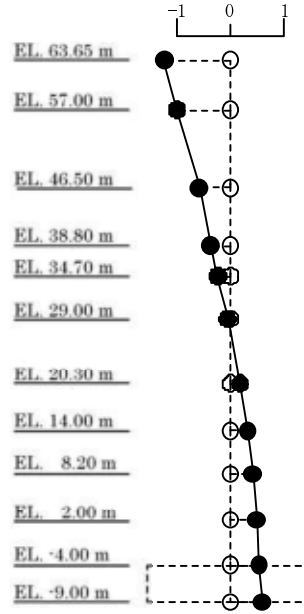
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.379
2	0.265	3.78	-1.465
3	0.093	10.79	0.139
4	0.060	16.74	-0.274
5	0.057	17.65	0.241
6	0.048	20.70	0.046

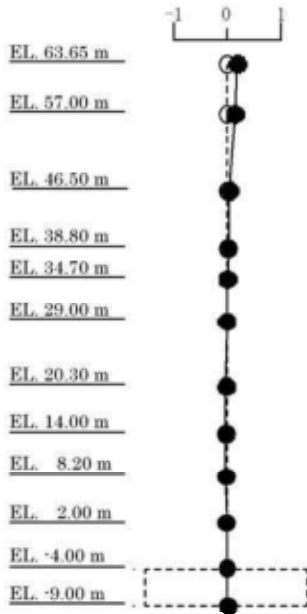
1次モード
 固有周期 : 0.392 (s)
 振動数 : 2.55 (Hz)
 刺激係数 : 1.938



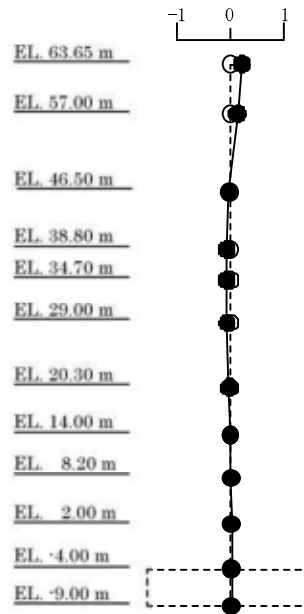
2次モード
 固有周期 : 0.193 (s)
 振動数 : 5.18 (Hz)
 刺激係数 : 1.213



3次モード
 固有周期 : 0.103 (s)
 振動数 : 9.70 (Hz)
 刺激係数 : 0.197



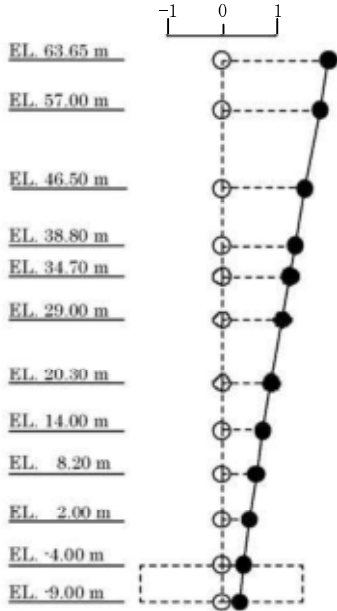
4次モード
 固有周期 : 0.085 (s)
 振動数 : 11.81 (Hz)
 刺激係数 : 0.214



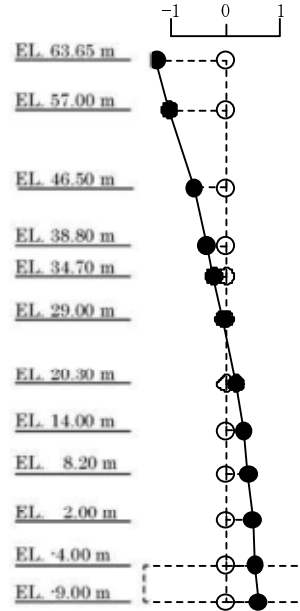
(a) NS方向

第5-15図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 1$)

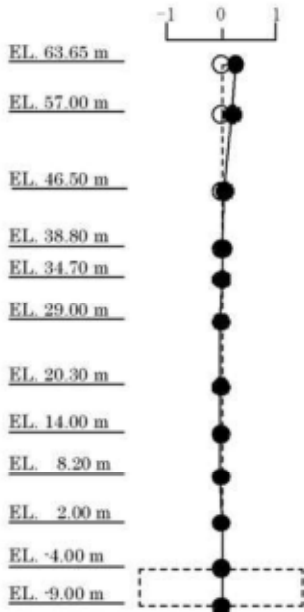
1次モード
 固有周期 : 0.395 (s)
 振動数 : 2.53 (Hz)
 刺激係数 : 1.964



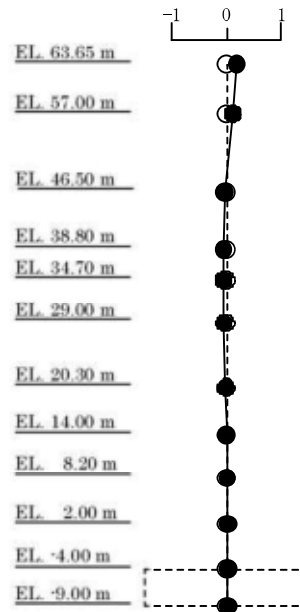
2次モード
 固有周期 : 0.193 (s)
 振動数 : 5.18 (Hz)
 刺激係数 : 1.281



3次モード
 固有周期 : 0.106 (s)
 振動数 : 9.42 (Hz)
 刺激係数 : 0.261

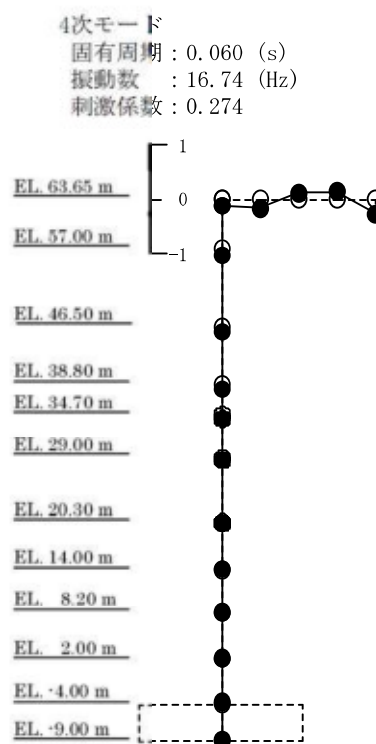
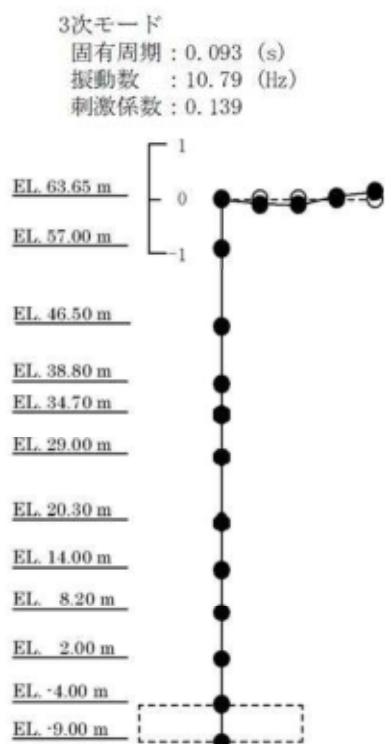
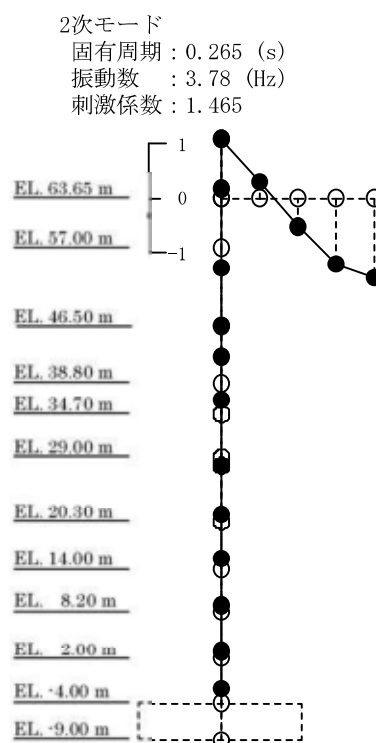
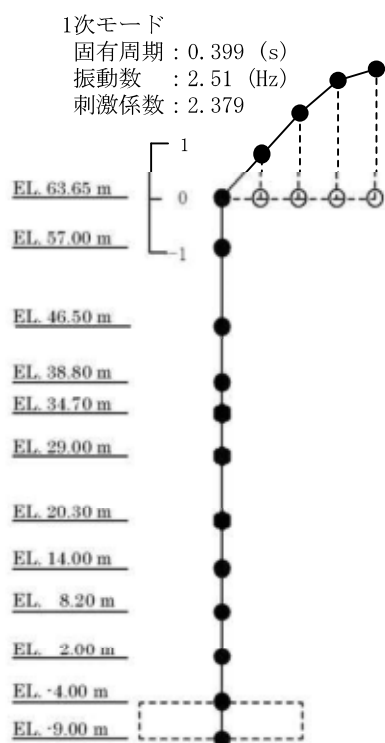


4次モード
 固有周期 : 0.086 (s)
 振動数 : 11.64 (Hz)
 刺激係数 : 0.187



(b) EW方向

第 5-15 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 1$)



(c) UD方向

第5-15図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 1$)

第 5-16 表 固有値 (S_s - 1 2)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.398	2.51	1.931
2	0.196	5.11	-1.194
3	0.104	9.65	0.184
4	0.085	11.80	0.211
5	0.064	15.67	-0.159
6	0.052	19.17	0.018

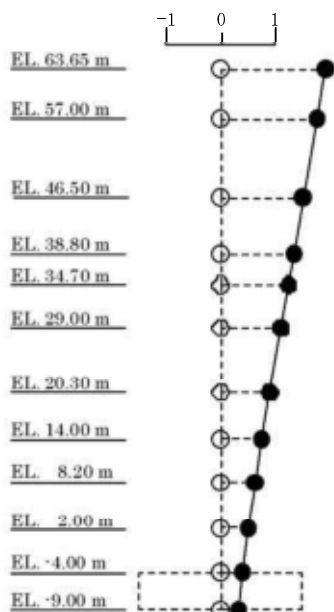
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.400	2.50	1.957
2	0.195	5.12	-1.260
3	0.107	9.38	0.245
4	0.086	11.62	0.185
5	0.064	15.54	-0.153
6	0.051	19.77	0.014

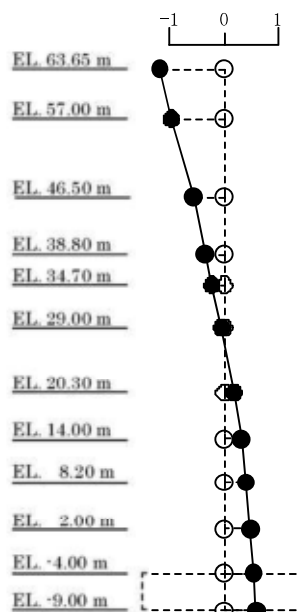
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.461
2	0.270	3.70	-1.543
3	0.093	10.79	0.133
4	0.060	16.72	-0.259
5	0.057	17.65	0.228
6	0.048	20.70	0.044

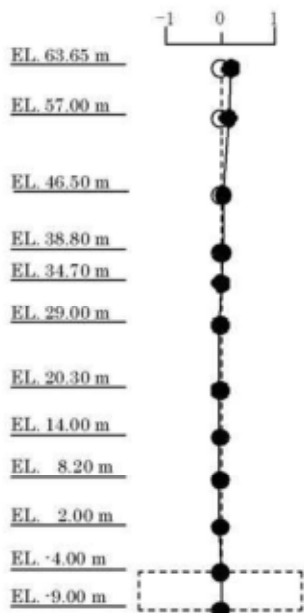
1次モード
固有周期 : 0.398 (s)
振動数 : 2.51 (Hz)
刺激係数 : 1.931



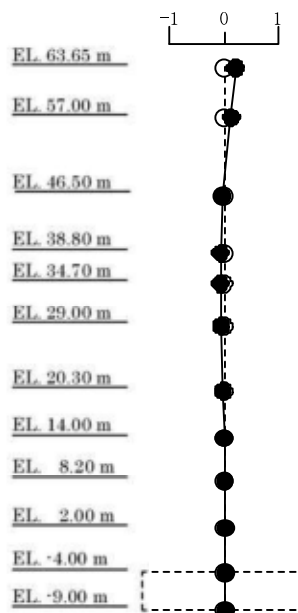
2次モード
固有周期 : 0.196 (s)
振動数 : 5.11 (Hz)
刺激係数 : 1.194



3次モード
固有周期 : 0.104 (s)
振動数 : 9.65 (Hz)
刺激係数 : 0.184



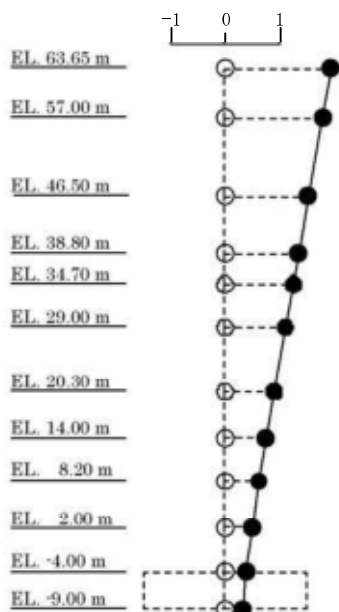
4次モード
固有周期 : 0.085 (s)
振動数 : 11.80 (Hz)
刺激係数 : 0.211



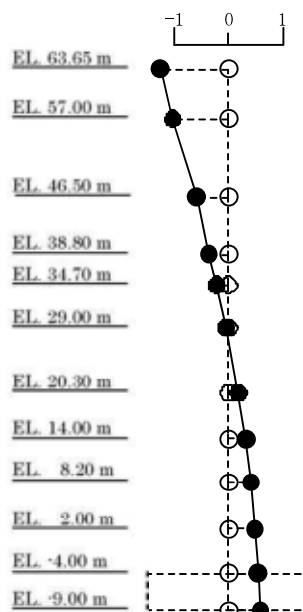
(a) NS方向

第 5-16 図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 1$)

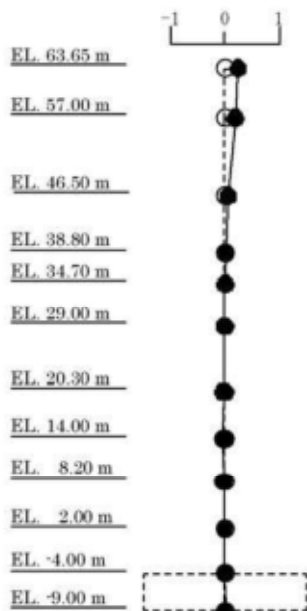
1次モード
固有周期 : 0.400 (s)
振動数 : 2.50 (Hz)
刺激係数 : 1.957



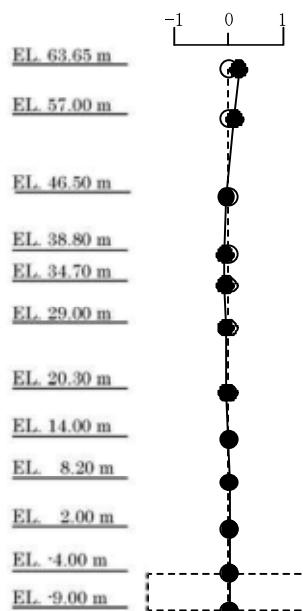
2次モード
固有周期 : 0.195 (s)
振動数 : 5.12 (Hz)
刺激係数 : 1.260



3次モード
固有周期 : 0.107 (s)
振動数 : 9.38 (Hz)
刺激係数 : 0.245

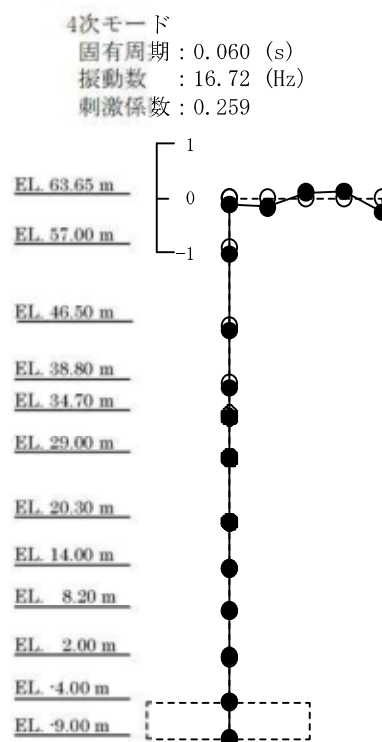
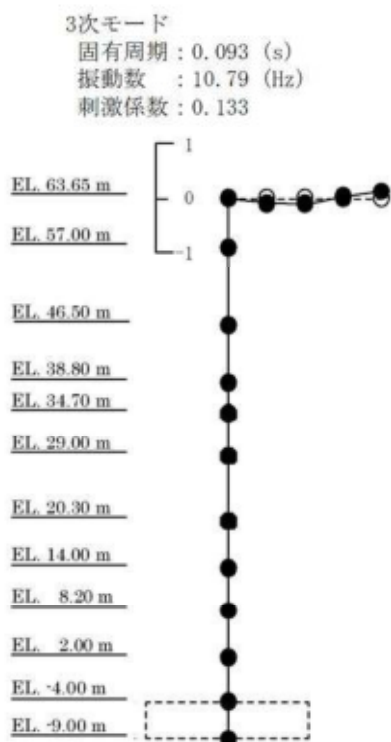
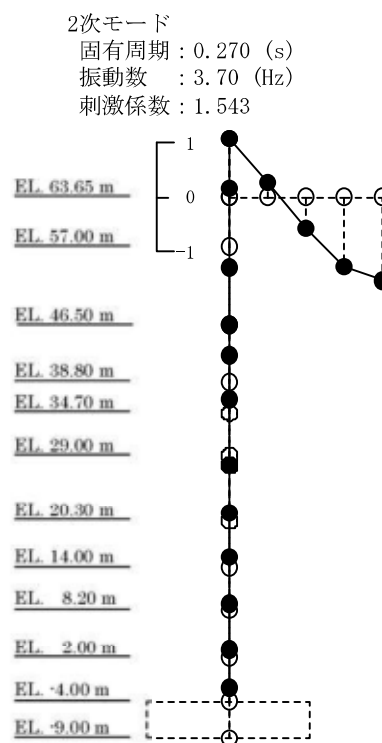
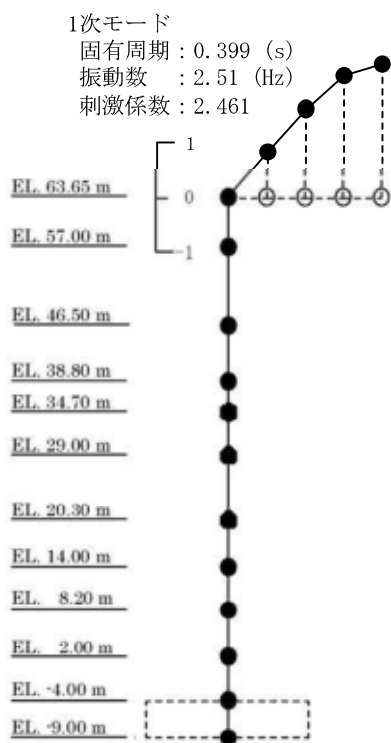


4次モード
固有周期 : 0.086 (s)
振動数 : 11.62 (Hz)
刺激係数 : 0.185



(b) EW方向

第5-16図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 1.2$)



(c) UD方向

第5-16図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 1$)

第 5-17 表 固有値 (S_s - 1 3)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.397	2.52	1.932
2	0.195	5.12	-1.197
3	0.103	9.66	0.186
4	0.085	11.80	0.211
5	0.064	15.67	-0.159
6	0.052	19.17	0.018

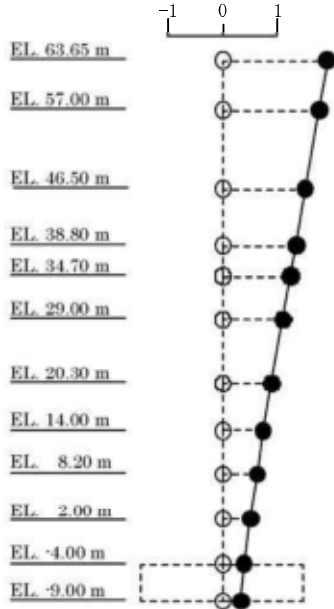
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	1.958
2	0.195	5.12	-1.263
3	0.107	9.39	0.248
4	0.086	11.62	0.184
5	0.064	15.54	-0.154
6	0.051	19.78	0.014

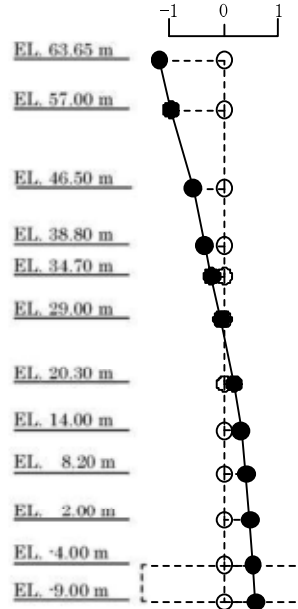
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.444
2	0.269	3.72	-1.526
3	0.093	10.79	0.134
4	0.060	16.73	-0.262
5	0.057	17.65	0.231
6	0.048	20.70	0.045

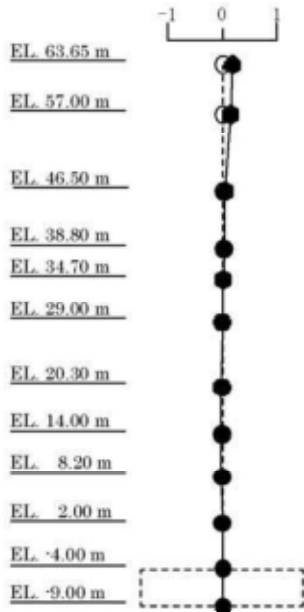
1次モード
 固有周期 : 0.397 (s)
 振動数 : 2.52 (Hz)
 刺激係数 : 1.932



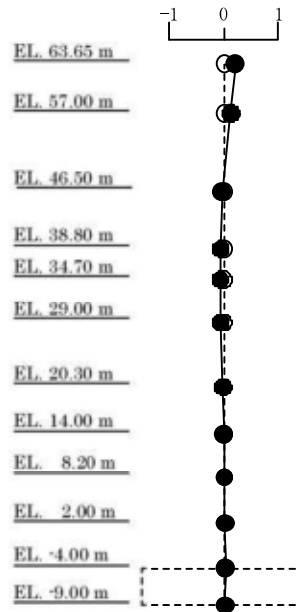
2次モード
 固有周期 : 0.195 (s)
 振動数 : 5.12 (Hz)
 刺激係数 : 1.197



3次モード
 固有周期 : 0.103 (s)
 振動数 : 9.66 (Hz)
 刺激係数 : 0.186



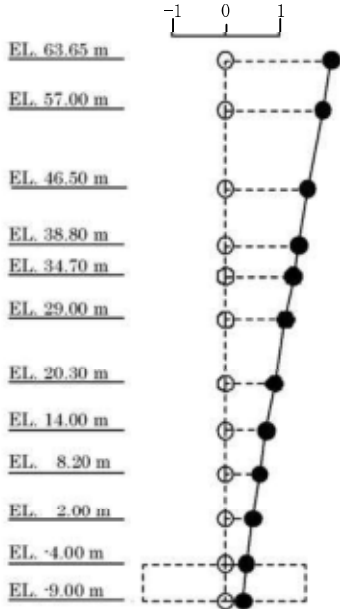
4次モード
 固有周期 : 0.085 (s)
 振動数 : 11.80 (Hz)
 刺激係数 : 0.211



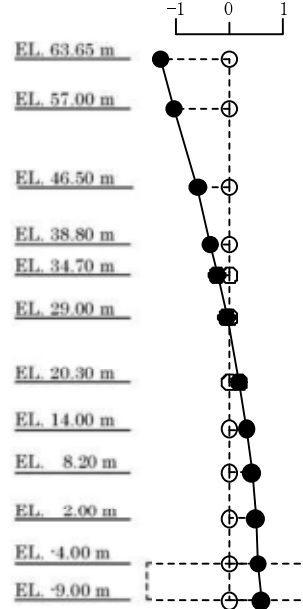
(a) N S 方向

第 5-17 図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 1.3$)

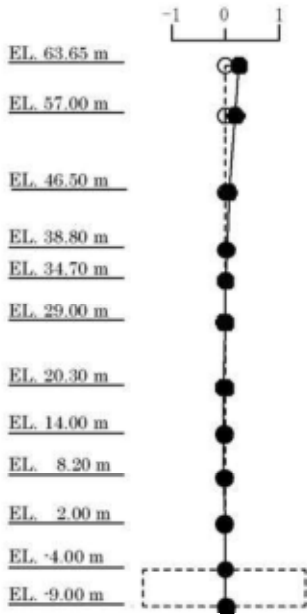
1次モード
 固有周期 : 0.399 (s)
 振動数 : 2.51 (Hz)
 刺激係数 : 1.958



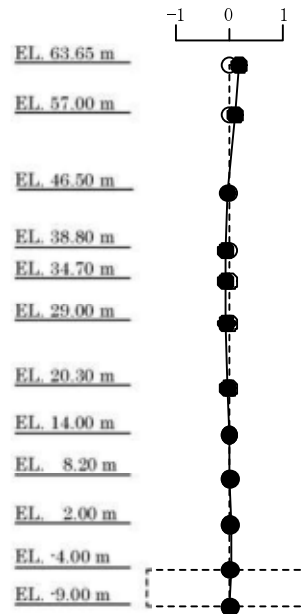
2次モード
 固有周期 : 0.195 (s)
 振動数 : 5.12 (Hz)
 刺激係数 : 1.263



3次モード
 固有周期 : 0.107 (s)
 振動数 : 9.39 (Hz)
 刺激係数 : 0.248

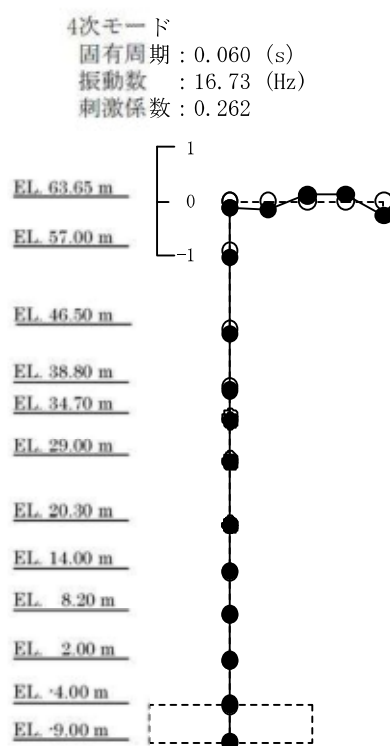
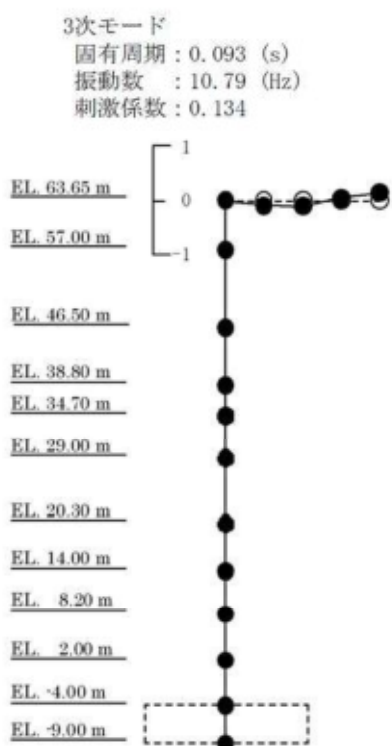
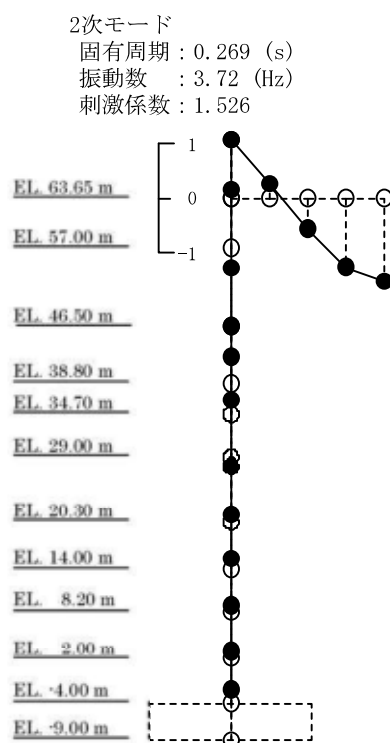
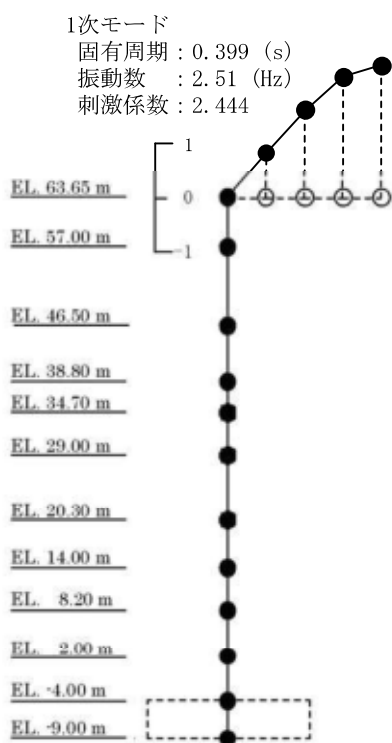


4次モード
 固有周期 : 0.086 (s)
 振動数 : 11.62 (Hz)
 刺激係数 : 0.184



(b) EW方向

第 5-17 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 13$)



(c) UD方向

第5-17図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 13$)

第 5-18 表 固有値 (S_s - 1 4)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.394	2.54	1.936
2	0.194	5.16	-1.207
3	0.103	9.68	0.192
4	0.085	11.80	0.215
5	0.064	15.67	-0.163
6	0.052	19.18	0.018

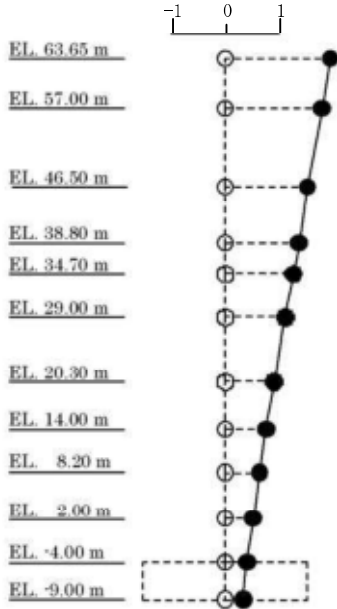
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.396	2.53	1.962
2	0.194	5.16	-1.274
3	0.106	9.41	0.255
4	0.086	11.63	0.187
5	0.064	15.55	-0.157
6	0.051	19.78	0.014

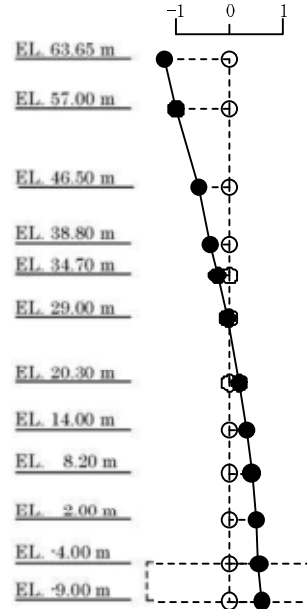
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.427
2	0.268	3.73	-1.510
3	0.093	10.79	0.136
4	0.060	16.73	-0.265
5	0.057	17.65	0.233
6	0.048	20.70	0.045

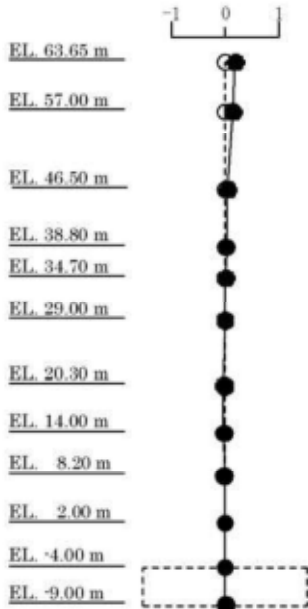
1次モード
固有周期 : 0.394 (s)
振動数 : 2.54 (Hz)
刺激係数 : 1.936



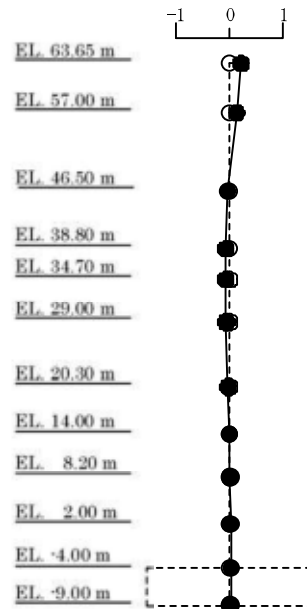
2次モード
固有周期 : 0.194 (s)
振動数 : 5.16 (Hz)
刺激係数 : 1.207



3次モード
固有周期 : 0.103 (s)
振動数 : 9.68 (Hz)
刺激係数 : 0.192



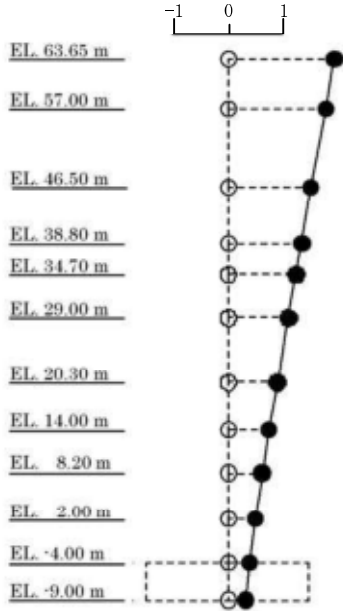
4次モード
固有周期 : 0.085 (s)
振動数 : 11.80 (Hz)
刺激係数 : 0.215



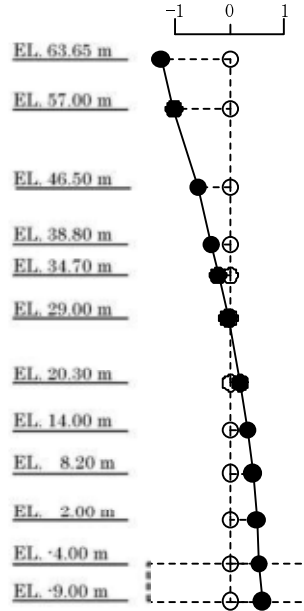
(a) NS方向

第5-18図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 1.4$)

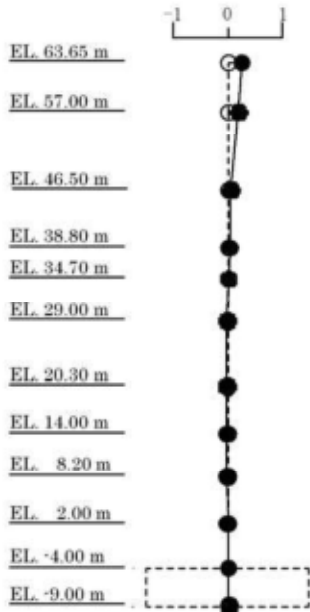
1次モード
 固有周期 : 0.396 (s)
 振動数 : 2.53 (Hz)
 刺激係数 : 1.962



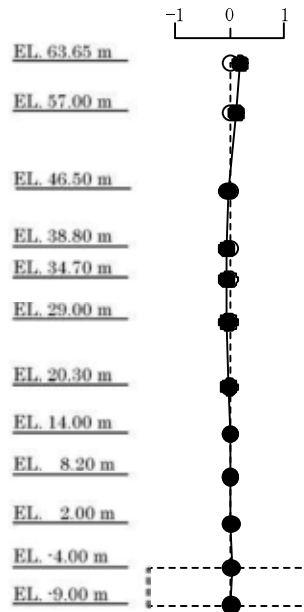
2次モード
 固有周期 : 0.194 (s)
 振動数 : 5.16 (Hz)
 刺激係数 : 1.274



3次モード
 固有周期 : 0.106 (s)
 振動数 : 9.41 (Hz)
 刺激係数 : 0.255

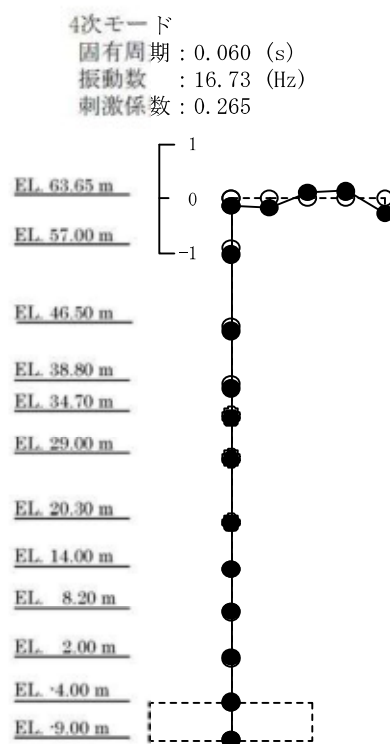
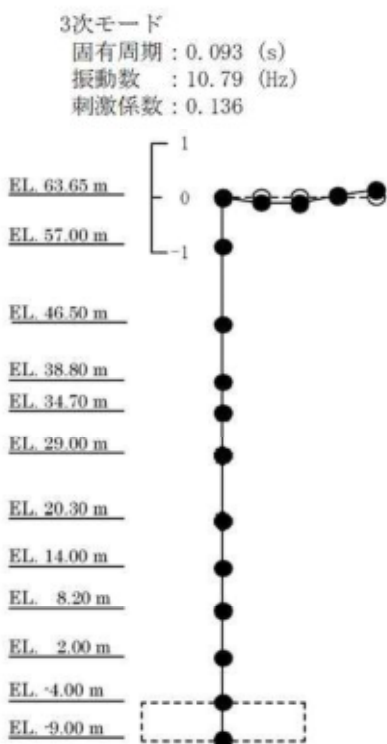
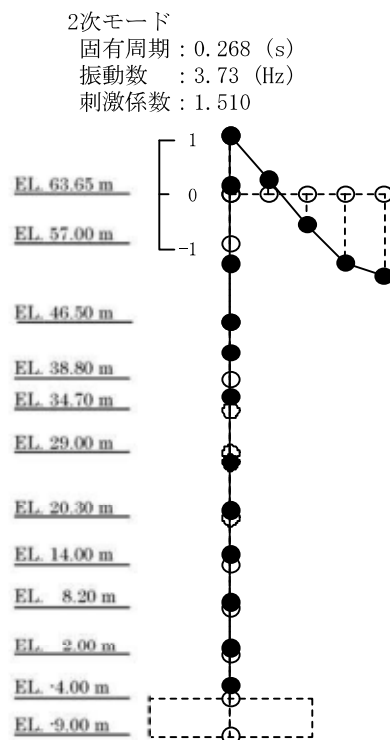
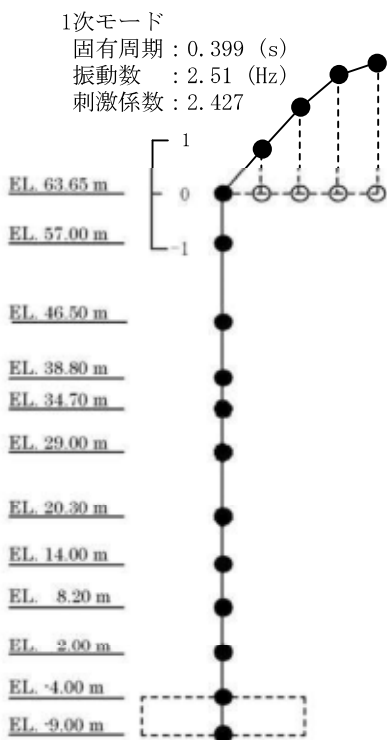


4次モード
 固有周期 : 0.086 (s)
 振動数 : 11.63 (Hz)
 刺激係数 : 0.187



(b) EW方向

第 5-18 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 14$)



(c) UD方向

第 5-18 図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 14$)

第 5-19 表 固有値 (S_s - 2 1)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	1.929
2	0.196	5.09	-1.188
3	0.104	9.66	0.183
4	0.085	11.79	0.205
5	0.064	15.67	-0.156
6	0.052	19.17	0.017

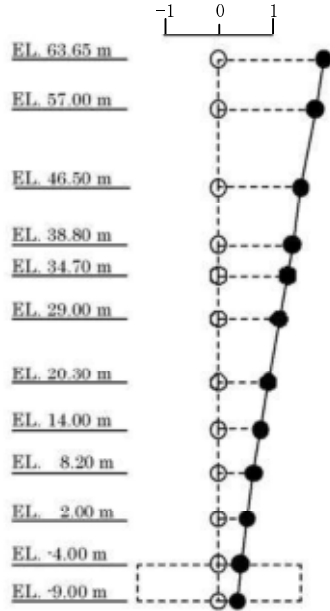
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.401	2.49	1.954
2	0.196	5.09	-1.252
3	0.107	9.38	0.243
4	0.086	11.62	0.179
5	0.064	15.54	-0.150
6	0.051	19.78	0.014

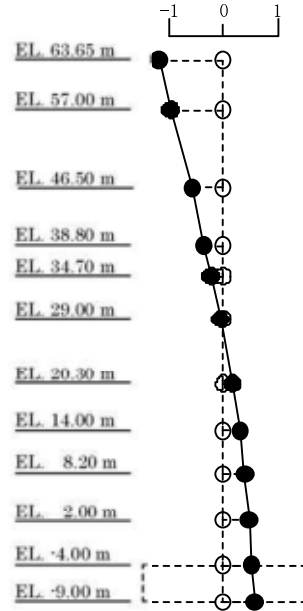
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.410
2	0.267	3.75	-1.495
3	0.093	10.79	0.137
4	0.060	16.73	-0.268
5	0.057	17.65	0.236
6	0.048	20.70	0.046

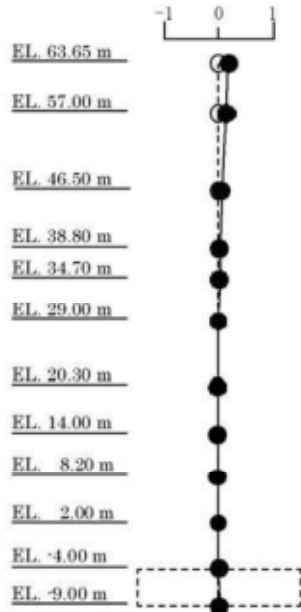
1次モード
 固有周期 : 0.399 (s)
 振動数 : 2.50 (Hz)
 刺激係数 : 1.929



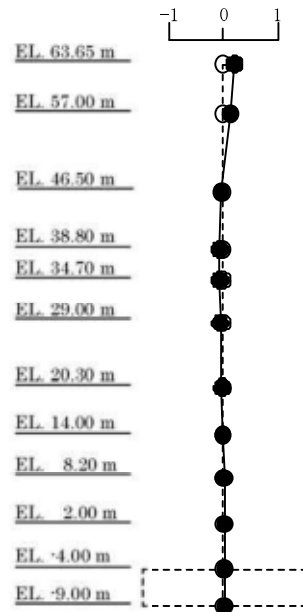
2次モード
 固有周期 : 0.196 (s)
 振動数 : 5.09 (Hz)
 刺激係数 : 1.188



3次モード
 固有周期 : 0.104 (s)
 振動数 : 9.66 (Hz)
 刺激係数 : 0.183



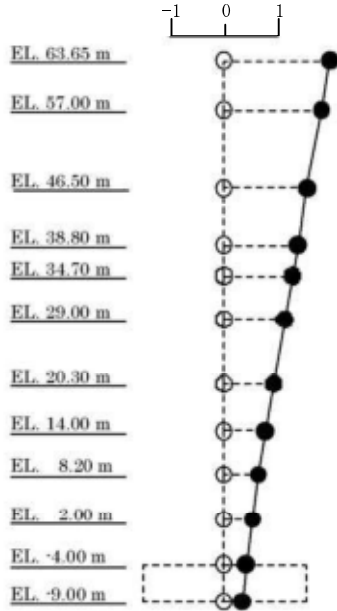
4次モード
 固有周期 : 0.085 (s)
 振動数 : 11.79 (Hz)
 刺激係数 : 0.205



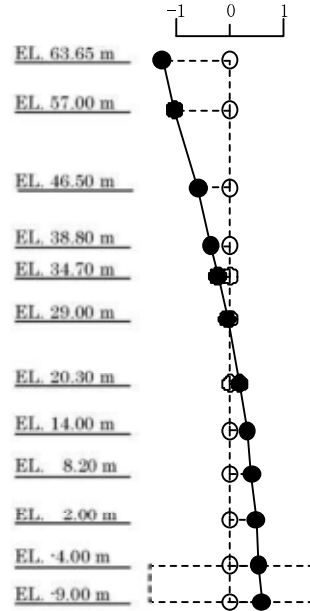
(a) N S 方向

第 5-19 図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 2 \ 1$)

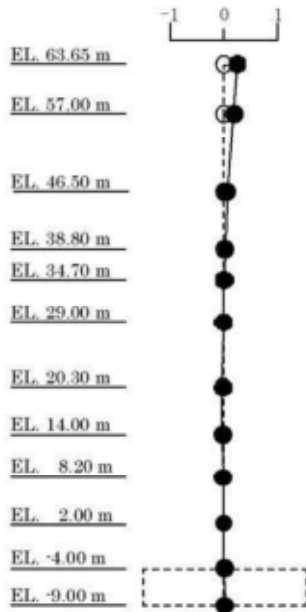
1次モード
 固有周期 : 0.401 (s)
 振動数 : 2.49 (Hz)
 刺激係数 : 1.954



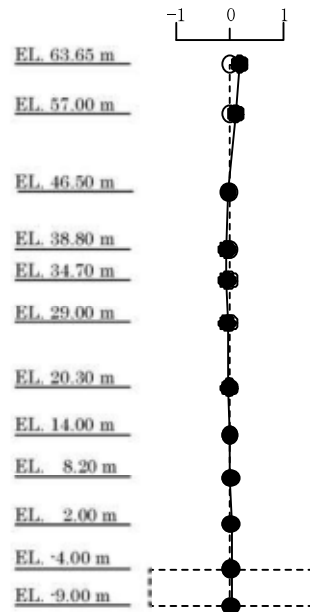
2次モード
 固有周期 : 0.196 (s)
 振動数 : 5.09 (Hz)
 刺激係数 : 1.252



3次モード
 固有周期 : 0.107 (s)
 振動数 : 9.38 (Hz)
 刺激係数 : 0.243

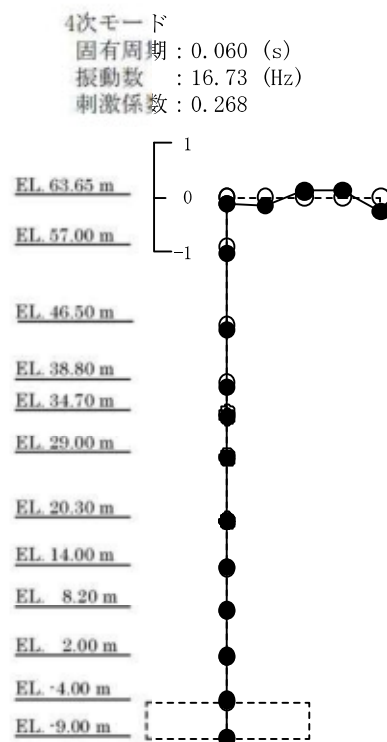
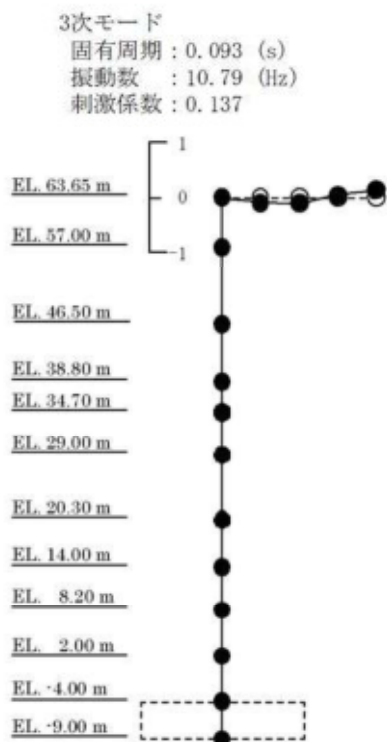
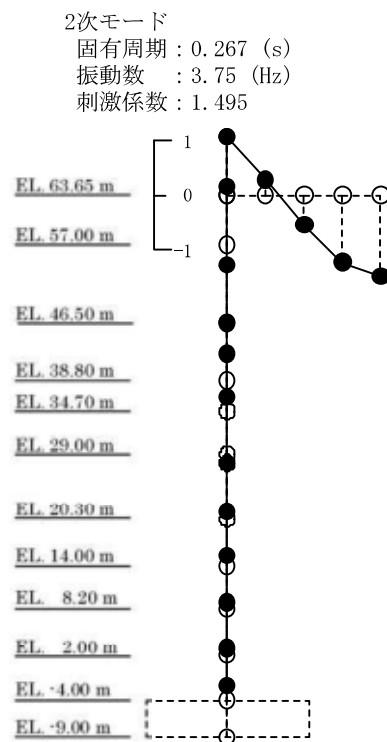
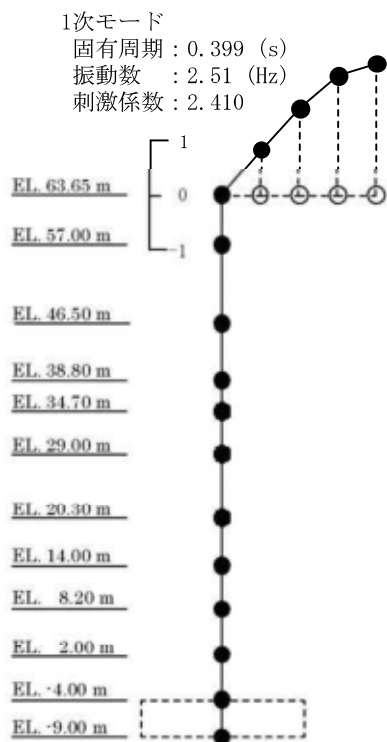


4次モード
 固有周期 : 0.086 (s)
 振動数 : 11.62 (Hz)
 刺激係数 : 0.179



(b) EW方向

第 5-19 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 21$)



(c) UD方向

第 5-19 図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 2 \ 1$)

第 5-20 表 固有値 (S_s - 2 2)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.400	2.50	1.928
2	0.197	5.08	-1.185
3	0.103	9.66	0.183
4	0.085	11.79	0.202
5	0.064	15.66	-0.155
6	0.052	19.17	0.017

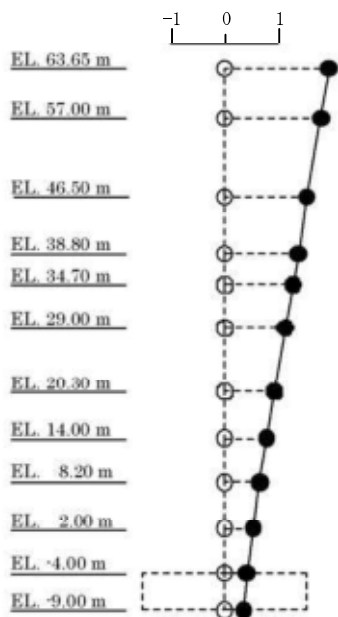
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.402	2.49	1.953
2	0.197	5.08	-1.249
3	0.107	9.39	0.243
4	0.086	11.62	0.176
5	0.064	15.54	-0.149
6	0.051	19.78	0.013

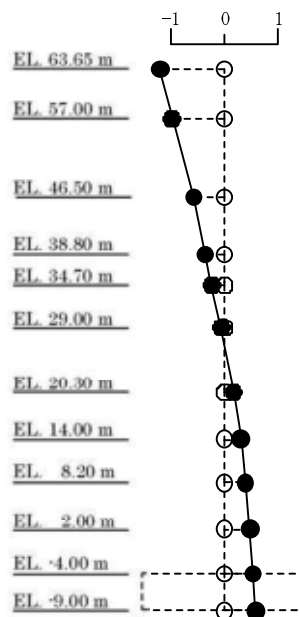
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.410
2	0.267	3.75	-1.495
3	0.093	10.79	0.137
4	0.060	16.73	-0.268
5	0.057	17.65	0.236
6	0.048	20.70	0.046

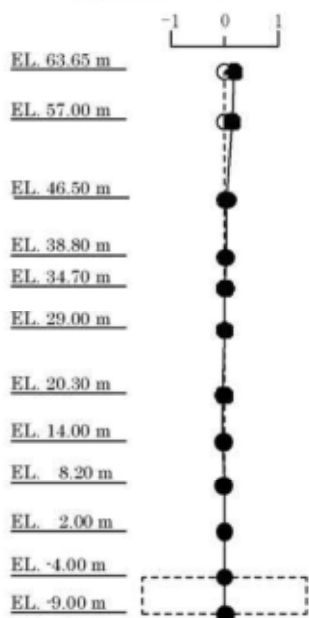
1次モード
固有周期 : 0.400 (s)
振動数 : 2.50 (Hz)
刺激係数 : 1.928



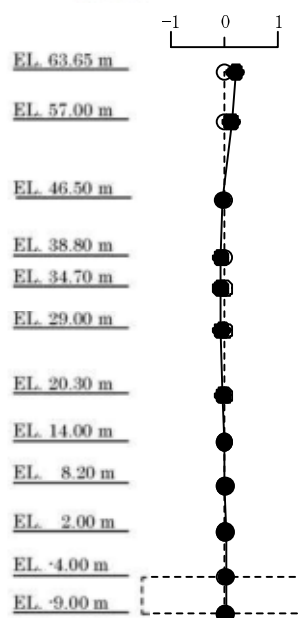
2次モード
固有周期 : 0.197 (s)
振動数 : 5.08 (Hz)
刺激係数 : 1.185



3次モード
固有周期 : 0.103 (s)
振動数 : 9.66 (Hz)
刺激係数 : 0.183



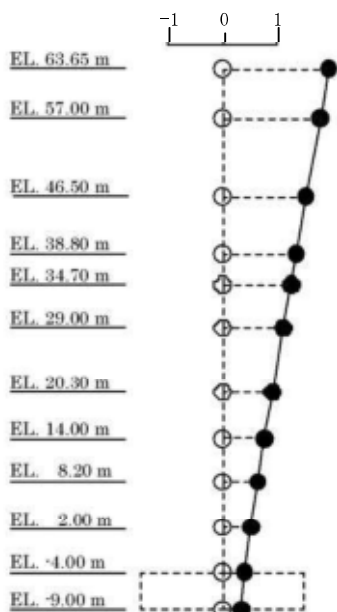
4次モード
固有周期 : 0.085 (s)
振動数 : 11.79 (Hz)
刺激係数 : 0.202



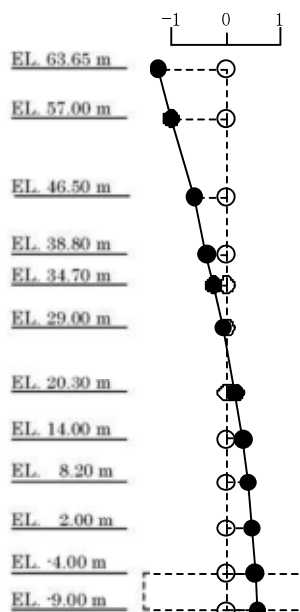
(a) NS方向

第5-20図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 2.2$)

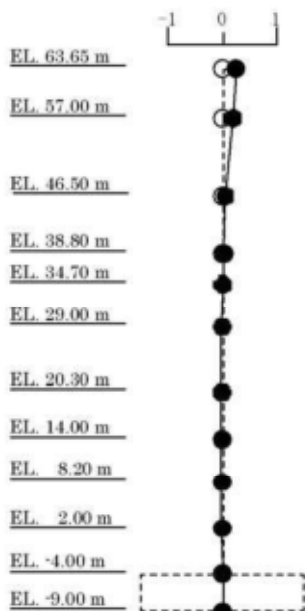
1次モード
 固有周期 : 0.402 (s)
 振動数 : 2.49 (Hz)
 刺激係数 : 1.953



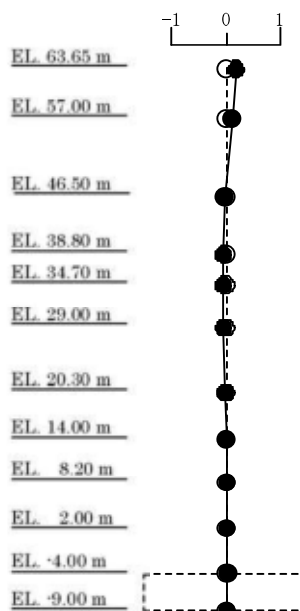
2次モード
 固有周期 : 0.197 (s)
 振動数 : 5.08 (Hz)
 刺激係数 : 1.249



3次モード
 固有周期 : 0.107 (s)
 振動数 : 9.39 (Hz)
 刺激係数 : 0.243

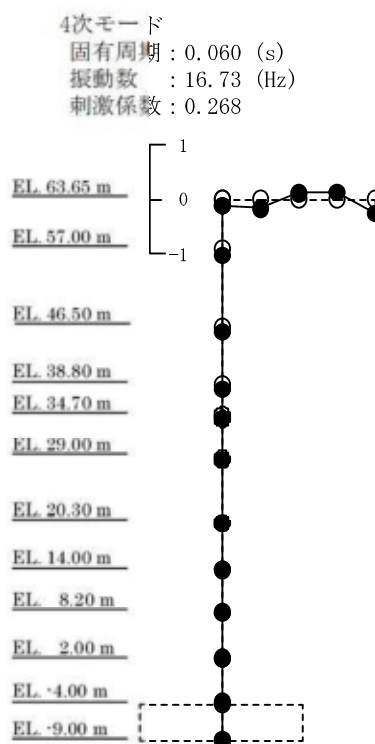
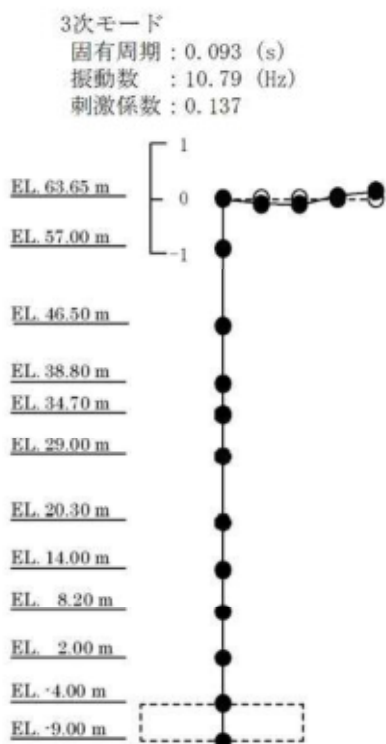
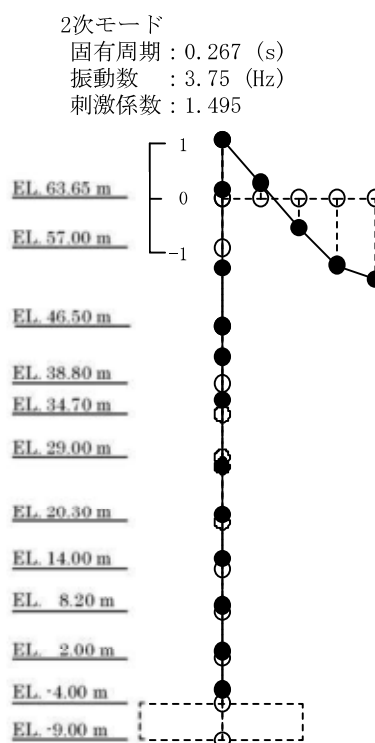
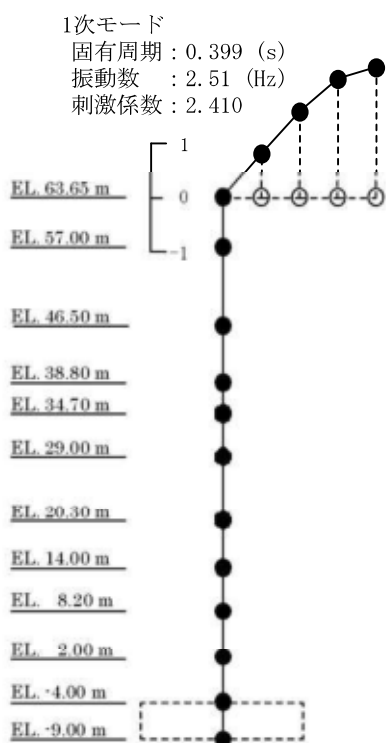


4次モード
 固有周期 : 0.086 (s)
 振動数 : 11.62 (Hz)
 刺激係数 : 0.176



(b) EW方向

第 5-20 図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 2$)



(c) UD方向

第 5-20 図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 2$)

第 5-21 表 固有値 (S_s - 3 1)

(a) N S 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.415	2.41	1.909
2	0.205	4.89	-1.135
3	0.105	9.56	0.154
4	0.085	11.76	0.188
5	0.064	15.65	-0.139
6	0.052	19.13	0.015

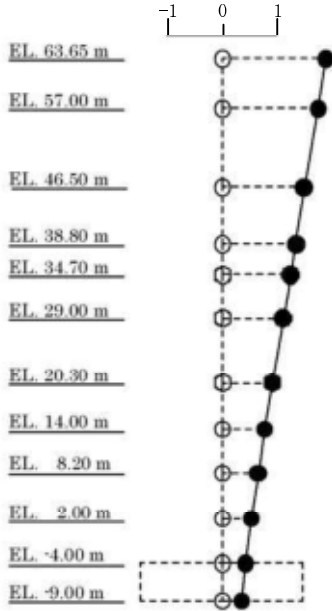
(b) E W 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.417	2.40	1.933
2	0.205	4.89	-1.193
3	0.108	9.29	0.204
4	0.086	11.57	0.167
5	0.064	15.52	-0.134
6	0.051	19.75	0.012

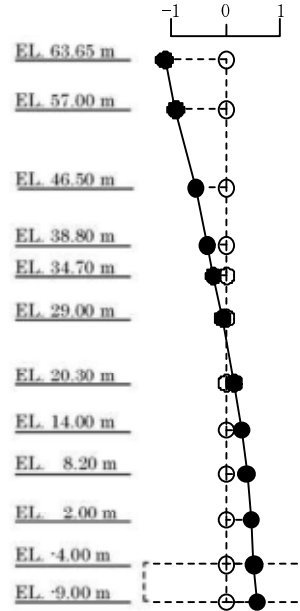
(c) U D 方向

次 数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	2.557
2	0.276	3.62	-1.635
3	0.093	10.79	0.127
4	0.060	16.71	-0.245
5	0.057	17.64	0.215
6	0.048	20.70	0.042

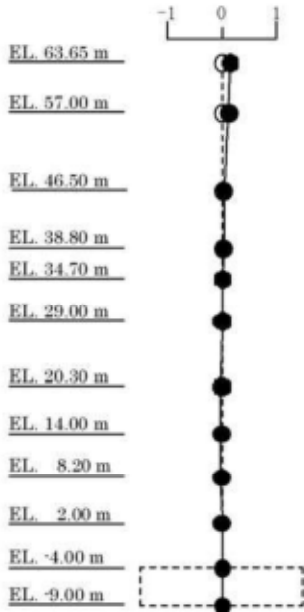
1次モード
固有周期 : 0.415 (s)
振動数 : 2.41 (Hz)
刺激係数 : 1.909



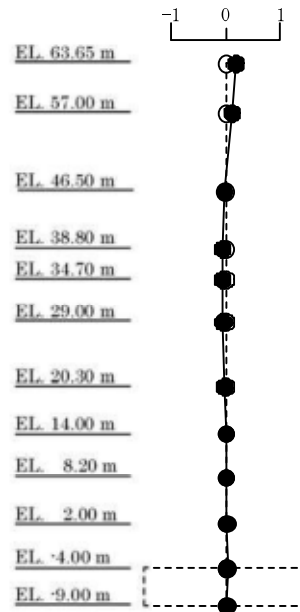
2次モード
固有周期 : 0.205 (s)
振動数 : 4.89 (Hz)
刺激係数 : 1.135



3次モード
固有周期 : 0.105 (s)
振動数 : 9.56 (Hz)
刺激係数 : 0.154



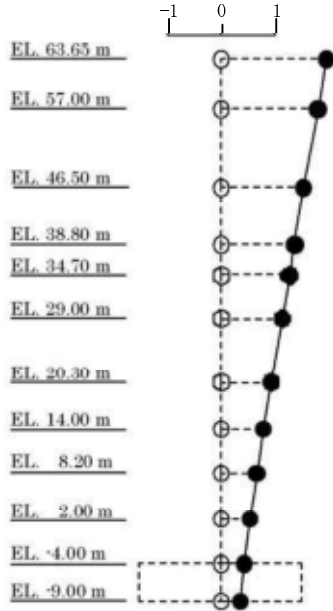
4次モード
固有周期 : 0.085 (s)
振動数 : 11.76 (Hz)
刺激係数 : 0.188



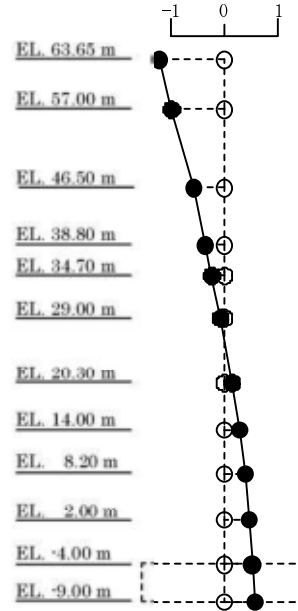
(a) N S 方向

第 5-21 図 (1/3) 刺激関数 ($S_s - 3 1$)

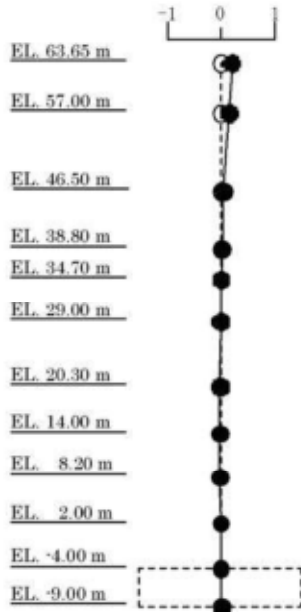
1次モード
固有周期 : 0.417 (s)
振動数 : 2.40 (Hz)
刺激係数 : 1.933



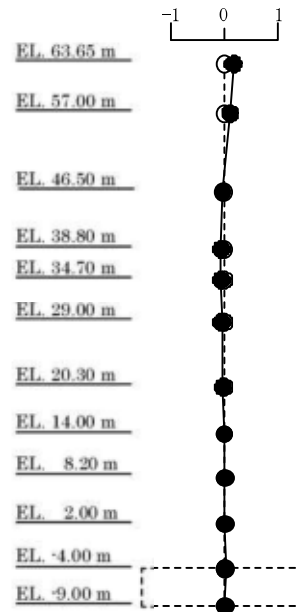
2次モード
固有周期 : 0.205 (s)
振動数 : 4.89 (Hz)
刺激係数 : 1.193



3次モード
固有周期 : 0.108 (s)
振動数 : 9.29 (Hz)
刺激係数 : 0.204

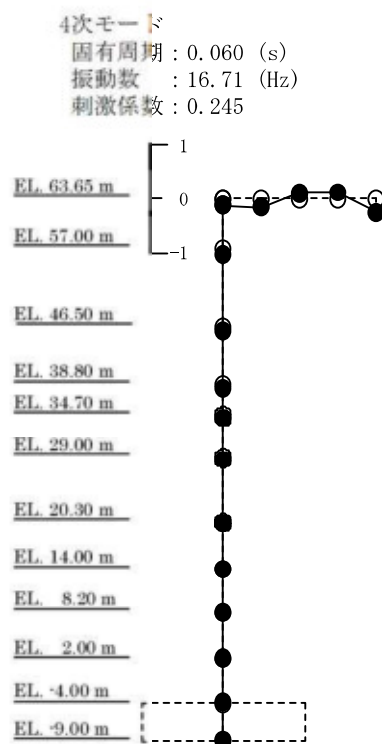
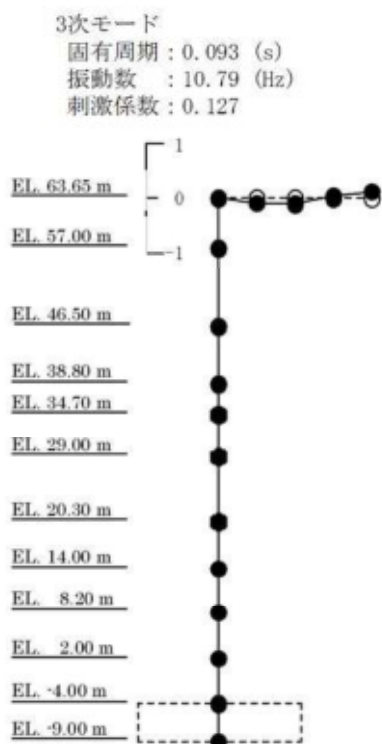
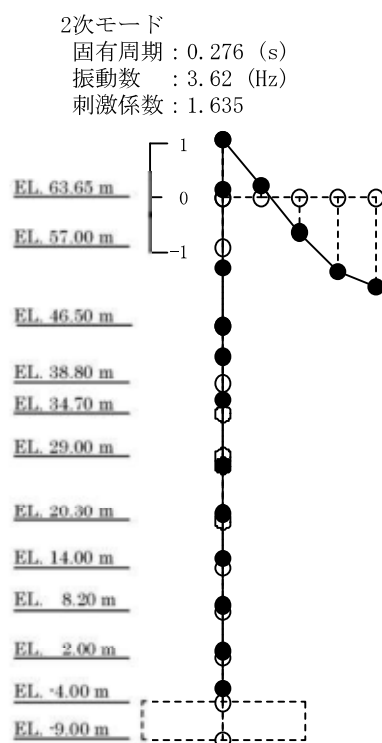
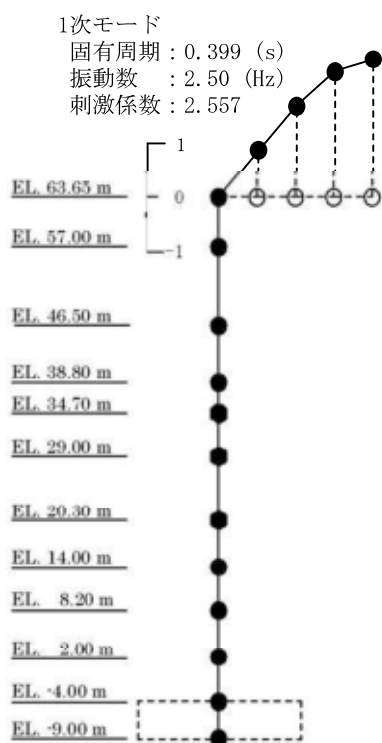


4次モード
固有周期 : 0.086 (s)
振動数 : 11.57 (Hz)
刺激係数 : 0.167



(b) EW方向

第5-21図 (2/3) 刺激関数 ($S_s - 31$)

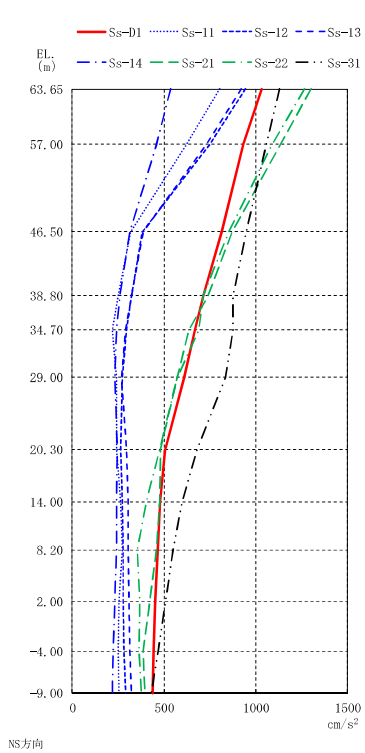


(c) UD方向

第5-21図 (3/3) 刺激関数 ($S_s - 31$)

(3) 最大応答値

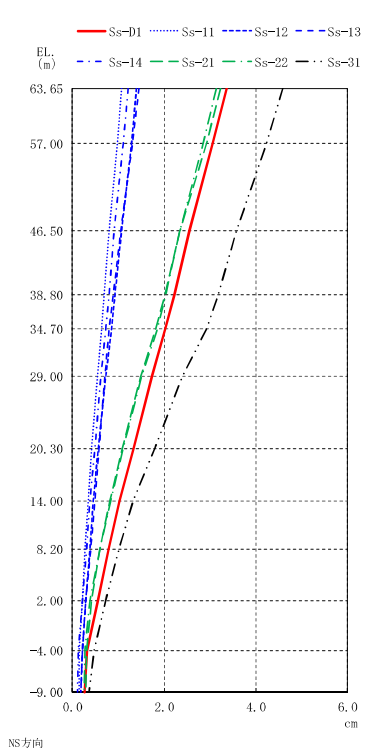
地震応答解析結果として、各質点位置の最大応答を第 5-22 図～第 5-29 図に示す。



(単位: cm/s^2)

Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1,033	803	942	920	535	1,303	1,268	1,129
933	622	749	729	459	1,134	1,091	1,059
813	318	382	386	314	872	853	948
715	250	321	321	260	740	714	877
669	220	295	289	241	637	688	877
611	243	274	269	233	572	573	836
508	243	265	294	245	481	477	680
481	265	275	304	243	477	403	597
467	275	279	303	242	459	353	550
454	257	278	311	234	423	367	508
441	250	283	313	221	386	362	468
437	257	292	323	217	393	378	429

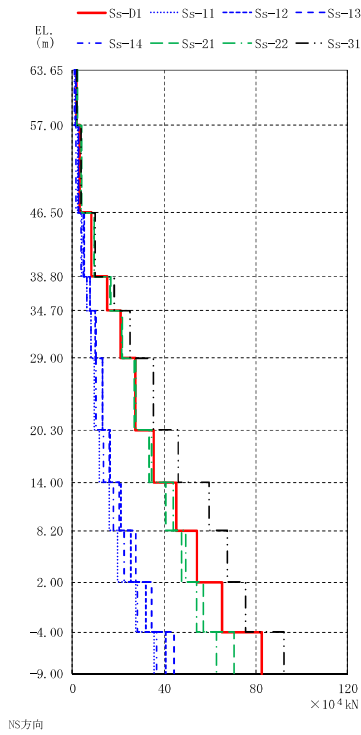
第 5-22 図 最大応答加速度 (N S 方向)



(単位: cm)

Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
3.36	1.07	1.41	1.46	1.22	3.23	3.15	4.59
3.06	0.97	1.29	1.31	1.11	2.92	2.86	4.22
2.55	0.80	1.07	1.05	0.91	2.35	2.35	3.58
2.23	0.70	0.94	0.90	0.80	2.02	2.04	3.18
2.03	0.63	0.85	0.80	0.73	1.82	1.85	2.92
1.73	0.54	0.74	0.72	0.62	1.49	1.51	2.41
1.33	0.42	0.57	0.59	0.48	1.09	1.12	1.81
1.04	0.34	0.45	0.48	0.39	0.82	0.84	1.32
0.80	0.27	0.38	0.40	0.31	0.60	0.61	1.02
0.55	0.22	0.30	0.30	0.22	0.42	0.39	0.73
0.33	0.15	0.21	0.22	0.14	0.31	0.28	0.48
0.26	0.14	0.19	0.19	0.10	0.30	0.27	0.36

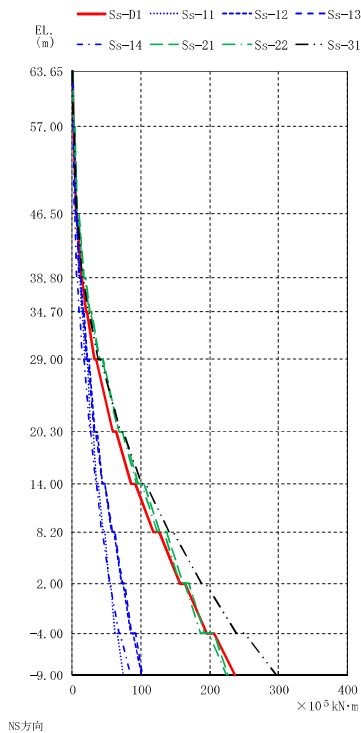
第 5-23 図 最大応答水平変位 (N S 方向)



(単位: $\times 10^4$ kN)

Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.66	1.31	1.54	1.51	0.871	2.12	2.05	1.84
3.13	2.31	2.78	2.72	1.63	3.96	3.85	3.52
8.21	4.05	5.11	4.92	3.75	9.54	9.36	9.89
15.2	6.16	7.69	7.81	6.17	16.7	16.3	18.3
20.9	7.89	10.0	10.2	7.90	22.0	21.4	25.0
27.5	9.58	13.0	13.1	10.3	26.8	27.5	35.4
35.3	11.6	16.3	16.0	13.4	33.4	34.6	46.3
45.4	16.2	21.0	20.4	17.7	40.6	44.1	59.6
54.2	19.5	25.4	27.7	22.6	47.7	49.3	67.7
65.3	27.5	32.0	34.7	28.5	57.1	54.2	75.7
82.7	35.7	40.8	44.5	36.6	70.3	62.7	92.3

第 5-24 図 最大応答せん断力 (NS 方向)

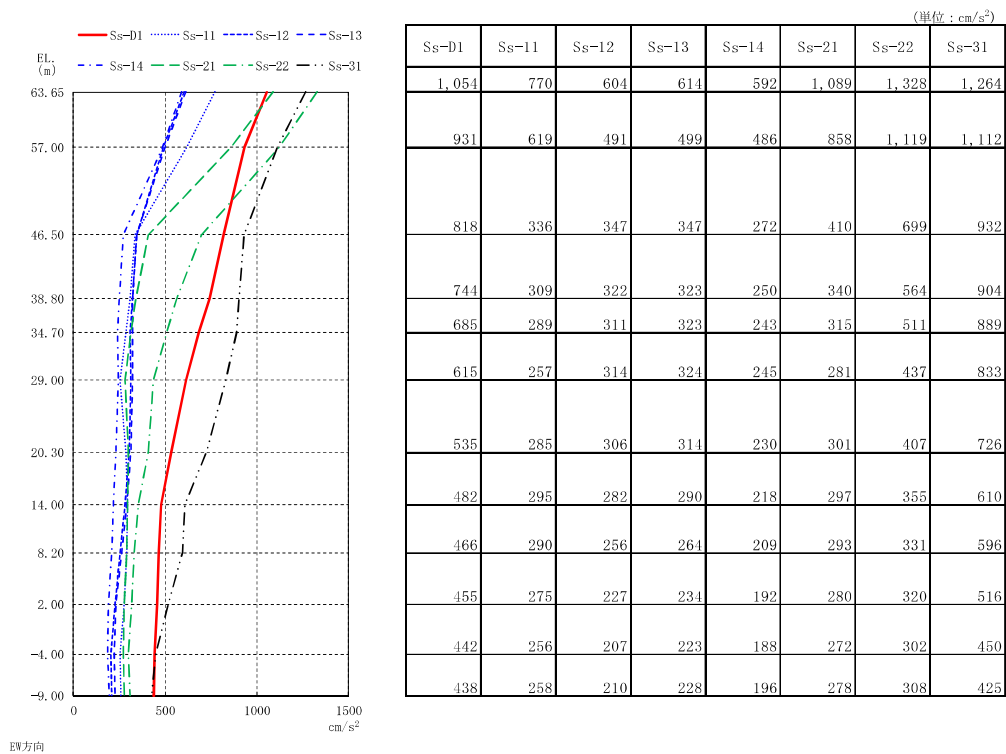


(単位: $\times 10^5$ kN·m)

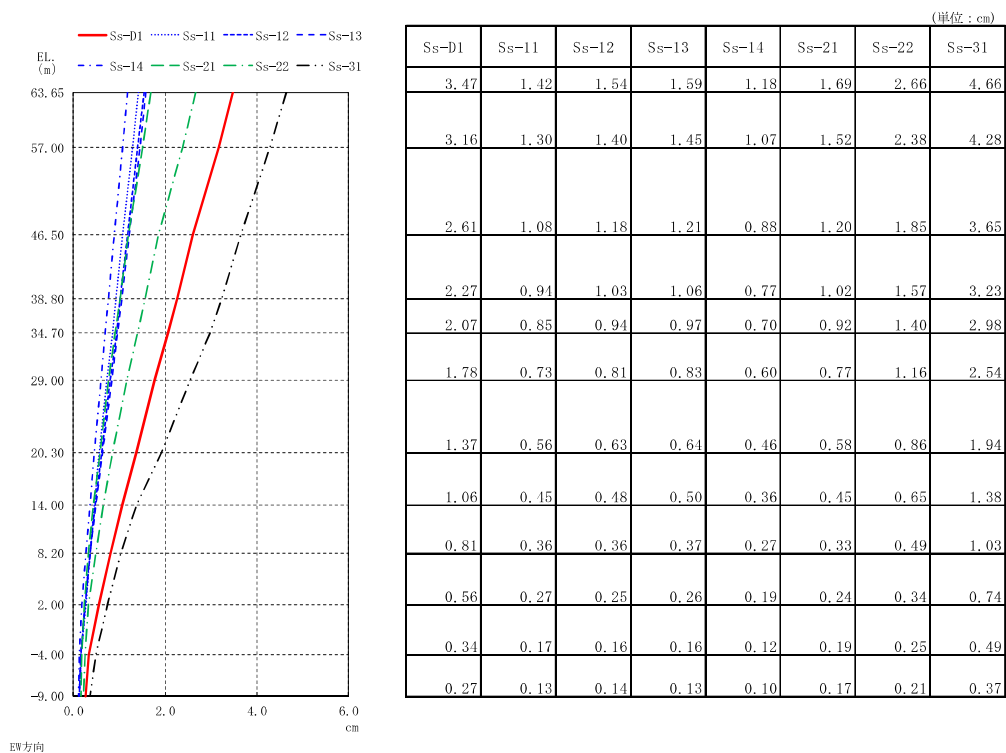
Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.572	0.586	0.537	0.516	0.299	0.806	0.714	0.512
1.48	1.46	1.56	1.52	0.858	2.22	2.08	1.70
2.29	2.27	2.31	2.24	1.25	3.34	3.08	2.38
5.24	4.69	5.23	5.10	2.96	7.50	7.11	5.90
6.77	6.35	6.78	6.57	3.80	9.79	9.20	7.23
12.5	9.44	10.7	10.4	6.68	16.8	16.0	14.4
14.3	11.5	12.6	12.2	7.73	19.7	18.7	16.1
19.9	13.7	15.6	15.0	10.2	26.0	24.9	23.3
21.0	15.1	16.8	16.2	10.9	28.0	26.7	24.4
32.1	18.4	21.6	20.7	15.3	39.8	38.6	38.1
35.0	21.9	24.8	23.7	17.1	45.2	43.5	41.4
58.9	26.9	32.6	31.9	25.3	68.5	66.4	69.8
63.3	30.6	36.0	34.3	27.0	75.4	73.0	73.7
85.5	35.0	43.8	44.3	33.9	95.8	93.2	101
92.1	37.9	46.9	47.3	35.6	104	101	107
118	44.4	57.4	58.3	42.6	127	124	141
126	47.4	61.0	61.7	44.3	137	133	147
157	53.6	71.4	73.2	54.4	161	156	188
164	56.0	74.3	76.1	55.0	169	164	194
195	61.6	84.9	86.4	68.4	192	187	239
207	66.0	88.9	91.6	69.5	206	198	250
237	73.5	101	102	84.3	226	224	296

(欄外の値は、底面地盤回転ばねの反力を示す。)

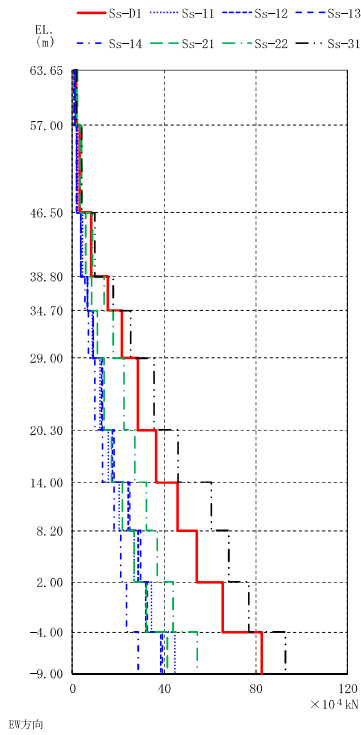
第 5-25 図 最大応答曲げモーメント (NS 方向)



第 5-26 図 最大応答加速度 (E W 方向)



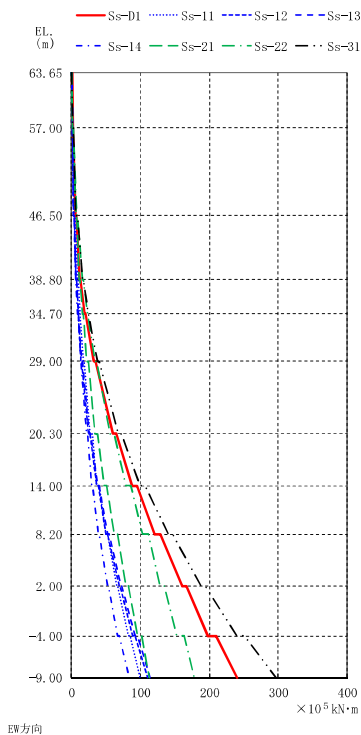
第 5-27 図 最大応答水平変位 (E W 方向)



(単位: $\times 10^4$ kN)

Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.72	1.26	0.969	0.987	0.966	1.76	2.14	2.05
3.26	2.28	1.77	1.80	1.77	3.17	3.98	3.88
8.30	4.33	3.70	3.80	3.52	5.81	8.74	9.89
15.6	6.69	6.72	6.68	5.41	8.47	14.0	17.9
21.5	8.85	9.29	9.17	7.03	10.8	17.9	25.3
28.7	12.1	12.7	13.0	9.69	13.9	22.6	35.6
36.6	15.7	17.5	18.2	13.3	17.3	27.2	46.3
46.1	20.5	24.3	25.1	18.3	21.8	32.5	60.7
54.4	26.8	28.9	29.8	21.2	26.8	36.9	68.3
65.4	34.7	32.0	32.9	23.7	32.2	43.9	77.1
82.6	44.6	38.4	39.4	28.7	41.3	54.5	93.0

第 5-28 図 最大応答せん断力 (EW方向)



(単位: $\times 10^5$ kN·m)

Ss-01	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.529	0.421	0.298	0.284	0.264	0.546	0.606	0.622
1.47	1.20	0.909	0.919	0.871	1.71	2.02	1.98
2.22	1.77	1.28	1.28	1.19	2.47	2.85	2.81
5.32	4.11	3.14	3.18	3.05	5.79	7.03	6.84
6.63	5.20	3.87	3.91	3.66	7.28	8.81	8.31
12.3	8.40	6.60	6.65	6.37	11.7	15.5	15.7
13.4	9.36	7.21	7.26	6.87	12.9	17.1	16.9
19.5	11.8	9.44	9.48	9.09	16.2	22.8	23.9
20.2	12.4	9.82	9.86	9.39	17.0	23.8	24.7
32.2	17.0	14.1	14.4	13.3	22.6	33.9	37.9
34.9	18.8	15.0	15.5	14.1	24.7	37.1	40.6
59.8	27.1	24.9	25.8	21.5	34.5	56.3	67.8
65.2	30.1	26.8	27.7	22.9	37.9	62.2	72.9
87.9	36.5	36.3	37.6	29.3	46.8	78.3	99.8
94.8	39.9	38.5	40.1	31.0	51.1	85.7	107
121	49.5	50.4	52.4	38.8	62.4	103	140
129	51.7	52.7	54.9	40.1	66.8	111	147
160	65.5	68.6	71.4	52.4	79.4	129	188
166	67.3	70.5	73.3	53.6	82.9	135	194
198	81.9	88.7	92.0	67.2	95.9	152	240
210	84.9	92.0	95.5	69.4	102	164	251
240	99.2	110	114	83.4	113	178	297

(欄外の値は、底面地盤回転ばねの反力を示す。)

第 5-29 図 最大応答曲げモーメント (EW方向)

(4) 接地率

建物の接地率を地震応答解析結果から得られた底面地盤回転ばねの回転角最大時の転倒モーメントより算出し，第 5-22 表に示す。

接地率は，基礎浮き上がりを線形とした地震応答解析結果を用いることができる 75%以上である。

第 5-22 表 接地率 (原子炉建屋, 基準地震動 S_s)

		N S 方向	E W 方向
総重量 W (kN)		1,932,940	
基礎幅 L (m)		68.50	68.25
浮き上がり限界転倒モーメント M_0 ($\times 10^6$ kN·m)		22.0	21.9
最大転倒モーメント M_{max} ($\times 10^6$ kN·m)	$S_s - D 1$	23.5	23.7
	$S_s - 1 1$	7.27	9.88
	$S_s - 1 2$	10.0	10.9
	$S_s - 1 3$	10.1	11.3
	$S_s - 1 4$	8.41	8.30
	$S_s - 2 1$	22.4	11.2
	$S_s - 2 2$	22.3	17.7
	$S_s - 3 1$	29.6	29.7
接地率 η (%)	$S_s - D 1$	96.8	96.1
	$S_s - 1 1$	100.0	100.0
	$S_s - 1 2$	100.0	100.0
	$S_s - 1 3$	100.0	100.0
	$S_s - 1 4$	100.0	100.0
	$S_s - 2 1$	99.2	100.0
	$S_s - 2 2$	99.5	100.0
	$S_s - 3 1$	82.9	82.5

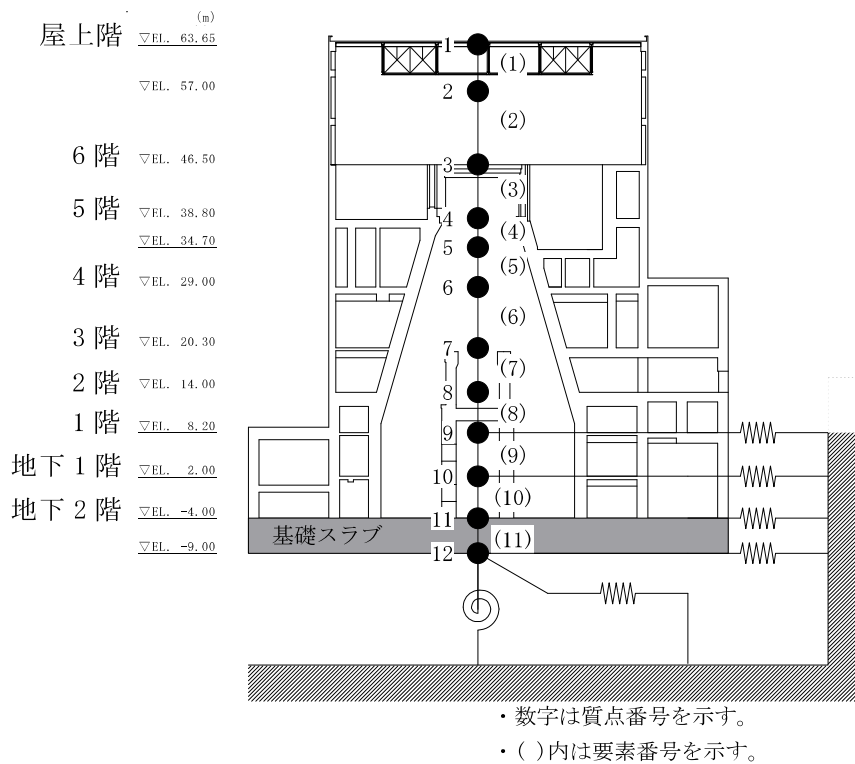
5.6 評価結果

基準地震動 S_s による耐震壁の最大応答せん断ひずみを評価基準値と比較して第 5-23 表に、最大応答値をせん断スケルトン曲線上にプロットして第 5-30 図～第 5-37 図に示す。

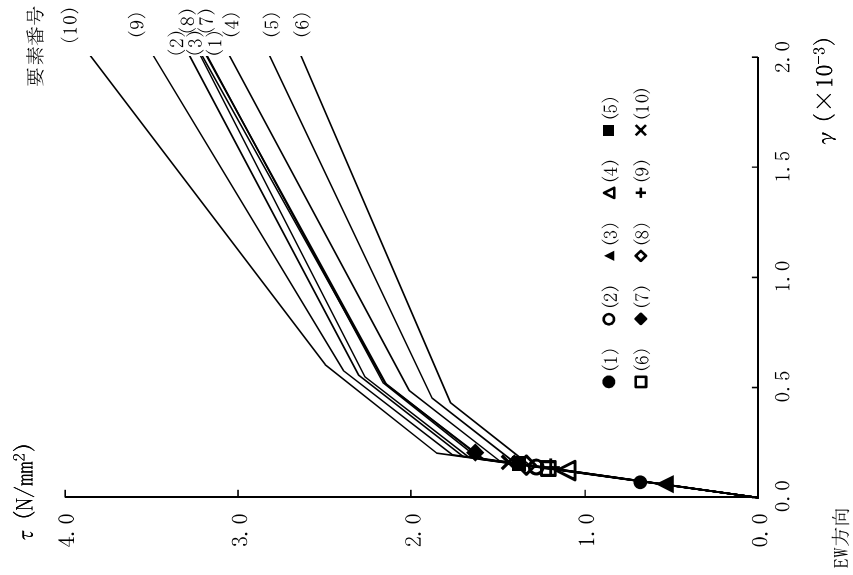
耐震壁のせん断ひずみは最大で 0.47×10^{-3} ($S_s - 31$, EW 方向, 2 階) であり、評価基準値 (2.0×10^{-3}) に対して十分な余裕がある。

第 5-23 表 基準地震動 S_s による耐震壁の最大応答せん断ひずみ

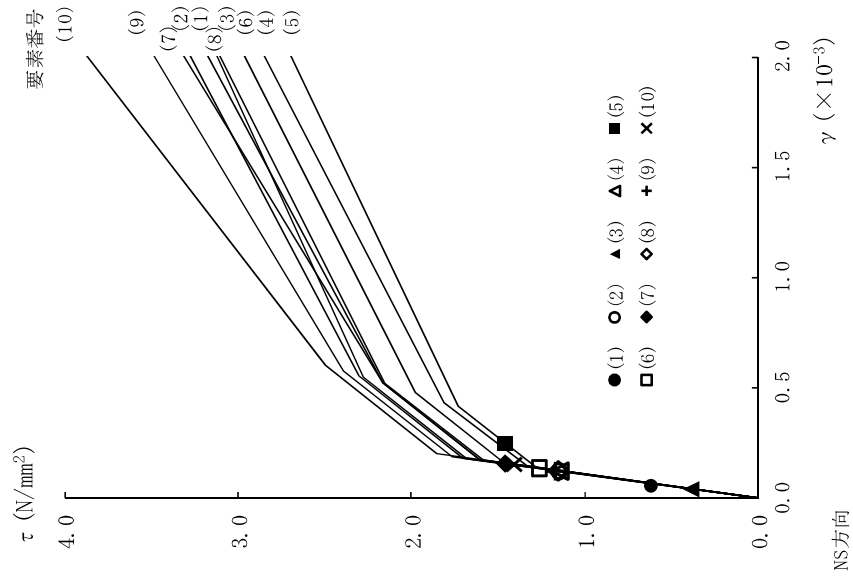
基準地震動 S_s	方向	発生部位	発生値	評価基準値
$S_s - D 1$	N S	4 階 要素番号 (5)	0.25×10^{-3}	2.0×10^{-3}
$S_s - 1 1$	E W	6 階 要素番号 (2)	0.10×10^{-3}	
$S_s - 1 2$	N S	6 階 要素番号 (2)	0.11×10^{-3}	
$S_s - 1 3$	N S	6 階 要素番号 (2)	0.11×10^{-3}	
$S_s - 1 4$	E W	6 階 要素番号 (2)	0.08×10^{-3}	
$S_s - 2 1$	N S	4 階 要素番号 (5)	0.30×10^{-3}	
$S_s - 2 2$	N S	4 階 要素番号 (5)	0.27×10^{-3}	
$S_s - 3 1$	E W	2 階 要素番号 (7)	0.47×10^{-3}	



+

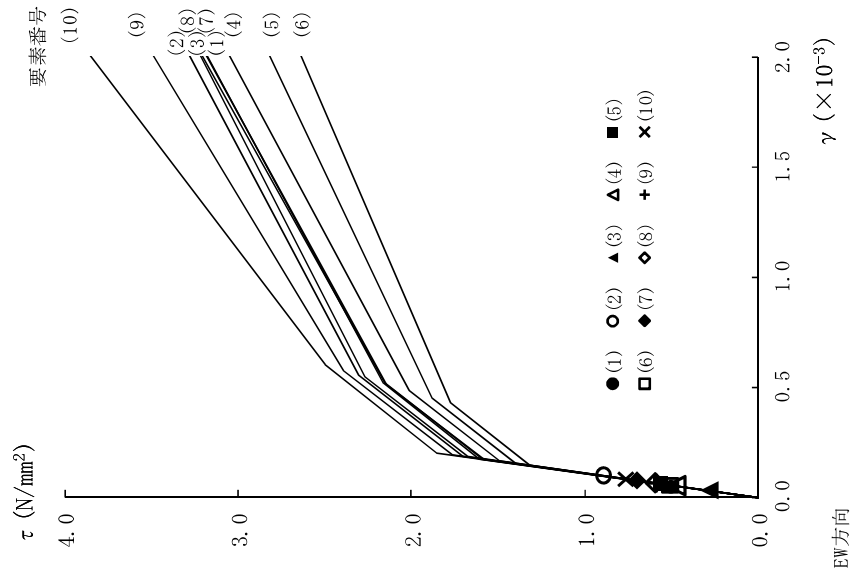


(a) NS方向

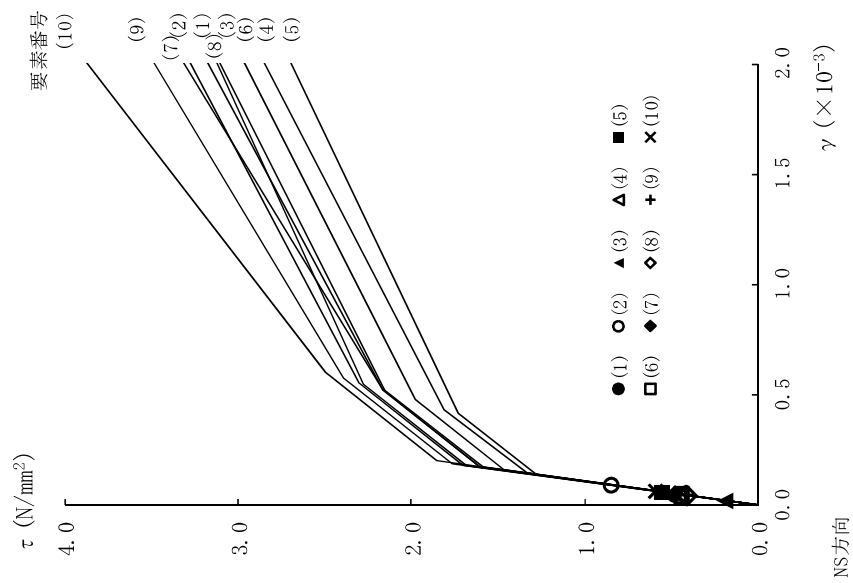


(b) EW方向

第5-30図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-D1)

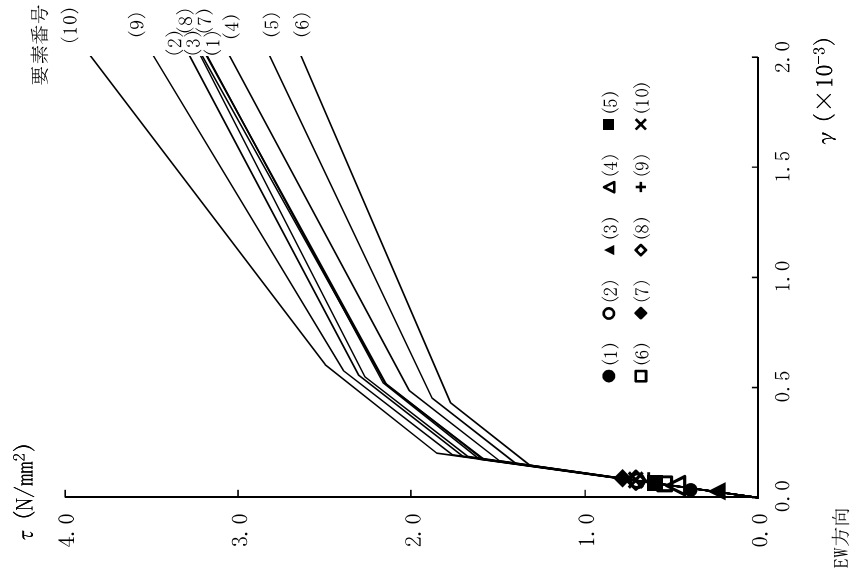


(a) NS方向

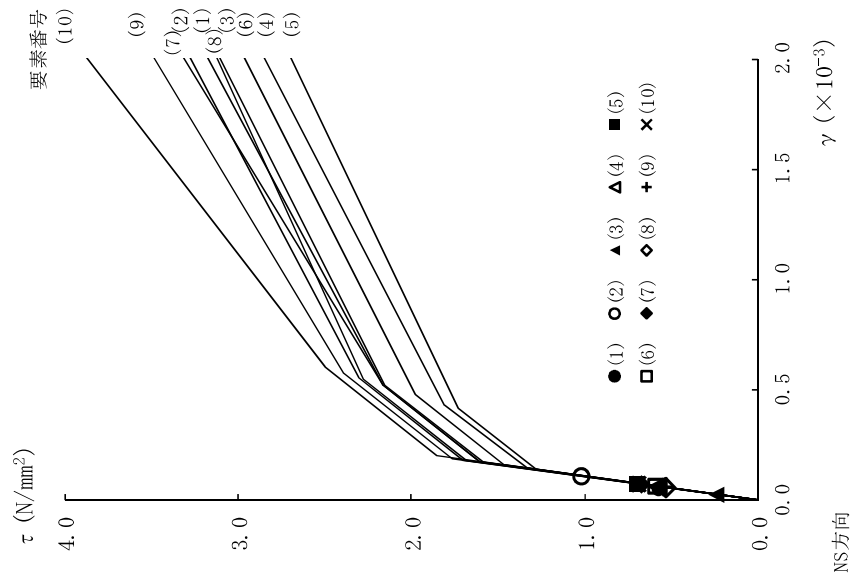


(b) EW方向

第5-31図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-11)

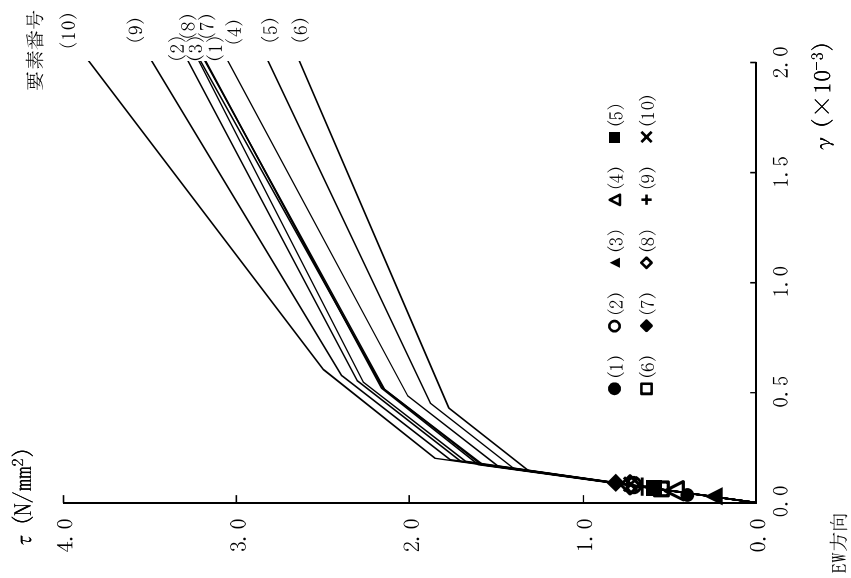


(a) NS方向

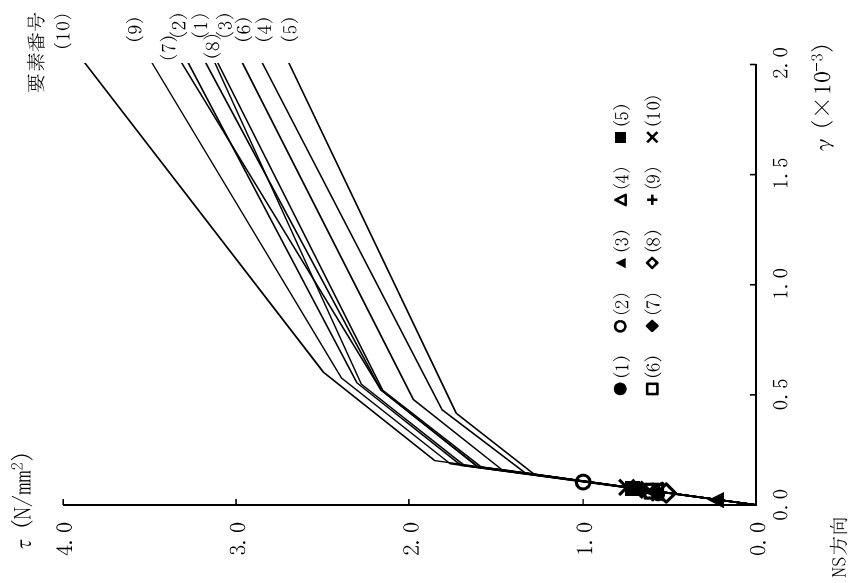


(b) EW方向

第5-32図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-12)

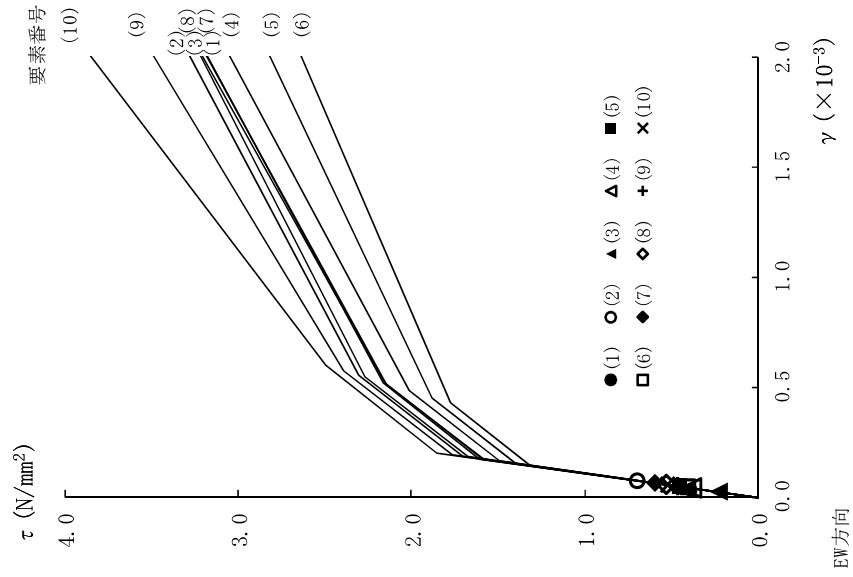


(a) NS方向

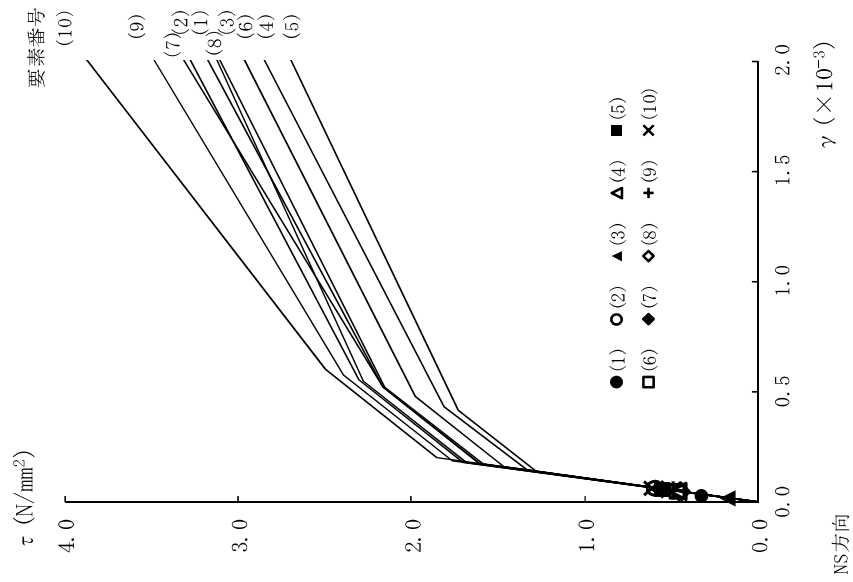


(b) EW方向

第5-33図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-13)

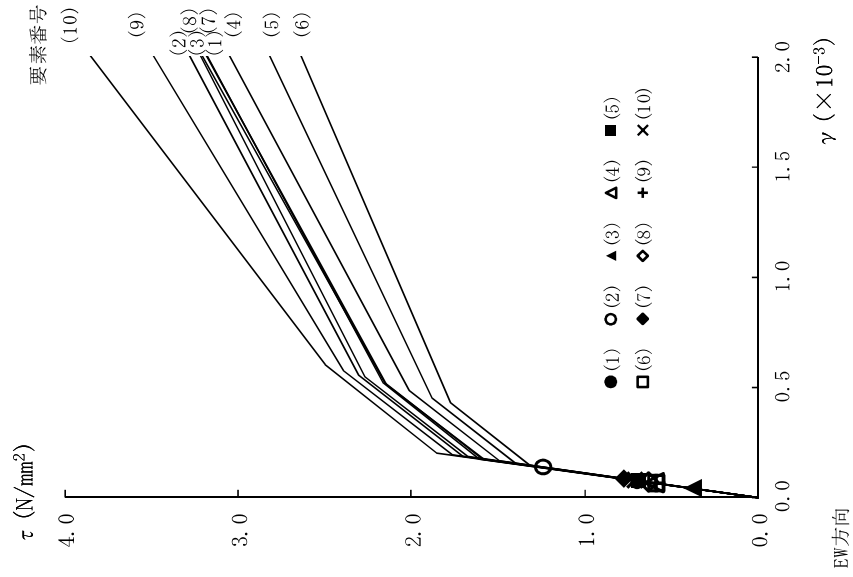


(a) NS方向

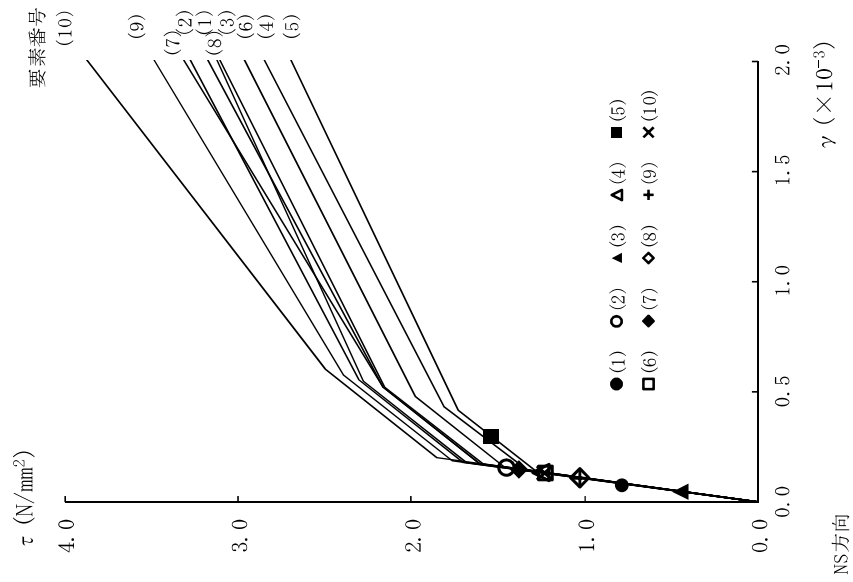


(b) EW方向

第5-34図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-14)

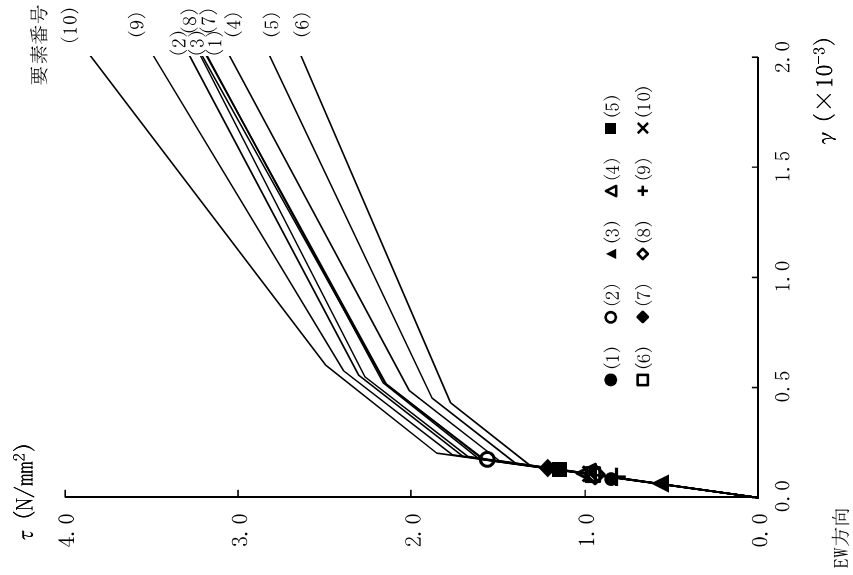


(a) NS方向

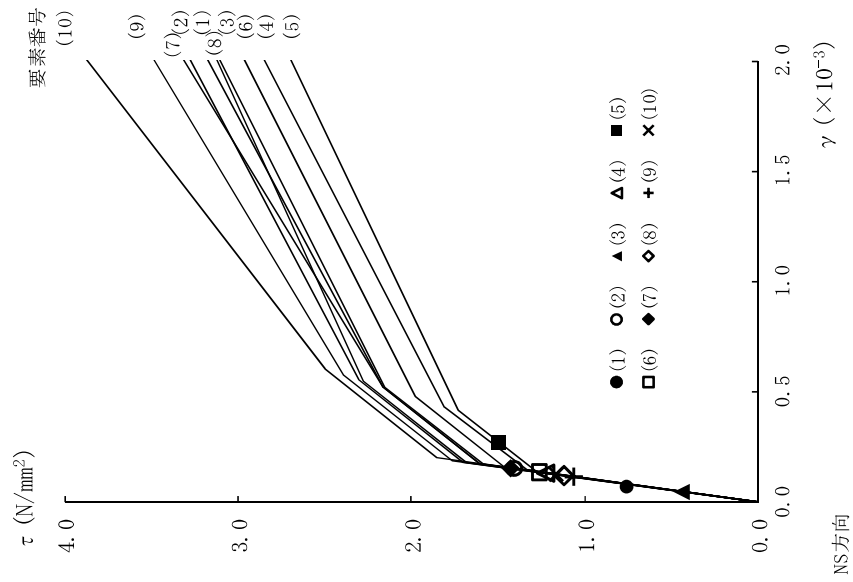


(b) EW方向

第5-35図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-21)

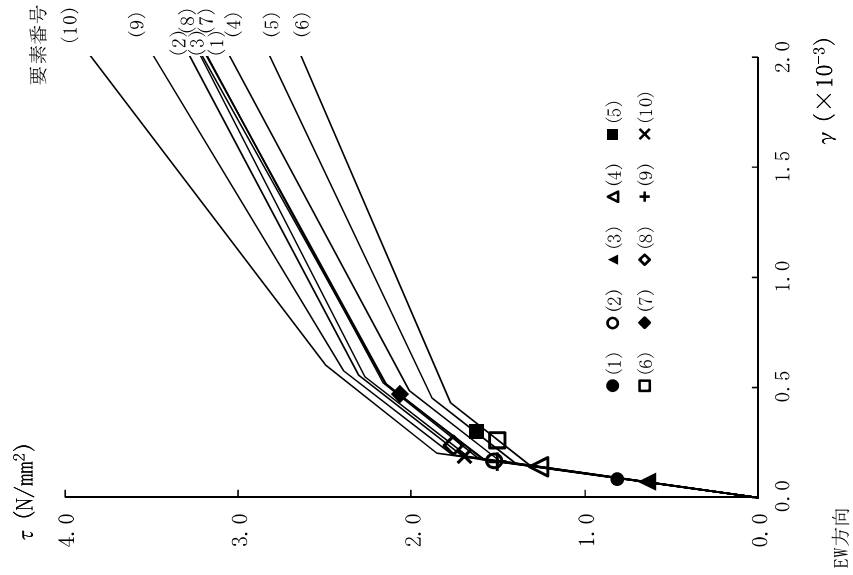


(a) NS方向

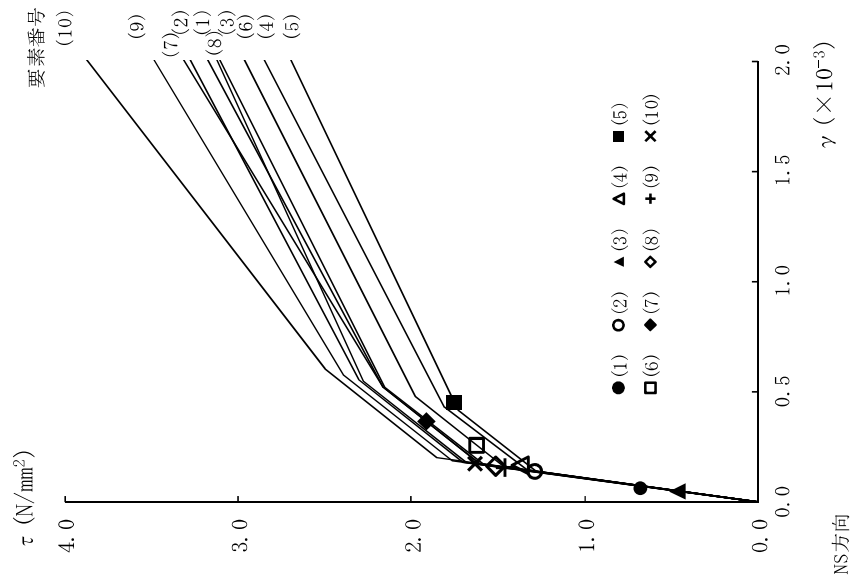


(b) EW方向

第5-36図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-2.2)



(a) NS方向



(b) EW方向

第5-37図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (S_s-31)

6. まとめ

原子炉建屋耐震壁のせん断ひずみは最大で 0.47×10^{-3} であり，評価基準値である 2.0×10^{-3} に対して十分な余裕がある。

今後，地盤等の不確かさを考慮した地震応答解析を実施する予定である。本検討結果から不確かさを考慮した場合においても評価基準値を超える可能性は小さいと考察される。

1-4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について

1. 屋外重要土木構造物の評価手法の概要

屋外重要土木構造物の耐震評価について、今回申請では、屋外重要土木構造物の変位や変形をより実状に近い応答に適正化することを目的に、評価手法の高度化として、解析手法と減衰定数の変更を予定している。ここで、既工認は、東海第二発電所の工事計画認可（昭和 49 年 7 月 22 日及び昭和 49 年 10 月 30 日）をいう。既工認と今回工認との手法の比較を第 4-1 表に示す。

既工認との相違点のうち、解析手法として適用している「時刻歴応答解析、限界状態設計法」は、新規制基準対応工認にて適用例がある手法である。

なお、土木構造物の地震時の挙動は、地盤の影響を受けることを踏まえると、地盤特性を適切にモデル化することにより、実応答に近い形で評価できるものと考えられる。このため、コンクリート強度は、既工認と同じく設計基準強度を採用する方針とする。

第 4-1(1)表 既工認と今回工認の手法の比較（取水構造物）

	解析手法	解析モデル	減衰定数	コンクリート強度
既工認	時刻歴モーダル解析 許容応力度法	質点系モデル	コンクリート：5%	設計基準強度
今回工認	時刻歴応答解析 限界状態設計法	地質データに基づく FEMモデル	コンクリート：5% あるいは 1%+履歴減 衰	設計基準強度
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	○同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

第 4-1(2)表 既工認と今回工認の手法の比較（屋外二重管）

	解析手法	解析モデル	減衰定数	鋼管の許容限界
既工認	波動論 許容応力度法	地質データに基づく 地盤モデル	—	許容応力度
今回工認	時刻歴応答解析 限界状態設計法	地質データに基づく FEMモデル	鋼材：3% あるいは1%+履歴減衰	許容応力度
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	○同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

2. 解析手法

取水構造物の耐震安全性評価については、既工認では、地震応答解析手法として時刻歴モーダル解析を採用し、許容応力度法による設計として、壁のせん断については許容応力度、杭については設計水平力に対して妥当な裕度を持つことを確認することを基本としていた。また、屋外二重管の耐震安全性評価については、既工認では、地震応答解析手法として波動論を採用し、許容応力度法による設計として、管の円周方向応力及び軸方向応力について許容応力度に対して妥当な裕度を持つことを確認していた。

今回工認では、屋外重要土木構造物の地震応答解析手法に時刻歴応答解析を適用した、限界状態設計法による設計を採用する。減衰定数は、構造物を線形で扱う場合は、コンクリートは5%、鋼材は3%、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は1%とする。コンクリートの構造部材の曲げについては限界層間変形角、圧縮縁コンクリート限界ひずみ又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度、杭の曲げについては終局曲率又は許容応力度、せん断については終局せん断強度又は許容応力度に対して妥当な裕度を持つことを確認することを基本とし、各設備の要求性能（支持性能、通水性能、貯水性能）を踏まえて照査項目・内容を追加する。また、屋外二重管の今回工認での耐震評価は、地震応答解析モデルに当該鋼管をモ

デル化し、地震応答解析結果から得られた地震力を用いた許容応力度法による設計として、管の円周方向応力及び軸方向応力について許容応力度に対して妥当な裕度を持つことを確認する。

以下では、今回工認で採用する限界状態設計法のうち、コンクリートの構造部材の曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性及びせん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について検討を行う。

2.1 曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回の工認申請における曲げに対する照査は、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005）」（以下、「土木学会マニュアル」という。）に基づき、照査用層間変形角が限界層間変形角を超えないことを確認する。

コンクリート標準示方書では、構造部材の終局変位は、部材の荷重－変位関係の骨格曲線において、荷重が降伏荷重を下回らない最大の変位として求めてよいとしている。コンクリート標準示方書による構造部材の終局変位の考え方を第4-2-1図に示す。

一方、土木学会マニュアルでは、以下の考え方に基づいている。

屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験の結果より、かぶりコンクリートが剥落すると荷重が低下し始める。層間変形角 $1/100$ に至る状態は、かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であることを確認しており^{(1), (2)}、荷重が低下しない範囲にある。当該限界値を限界状態とすることで、構造全体としての安定性が確保できるものとして設定されたものである。ラーメン構造の破壊実験の例を第4-2-2図に示す。

従って、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため、適用性を有している。

更に、土木学会マニュアルでは、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針（案）・同解説（1997）」にて記載されている設計限界変形 $1/100$ 、終局限界変形 $1/80$ 等を基準値として参照している。

対象は同じラーメン構造であり、軸力比（軸応力度／コンクリート圧縮強度比）は建築物よりも屋外重要土木構造物の方が小さいと考えられることから、変形性能がより大きくなる傾向にあり、層間変形角 $1/100$ は安全側であるとする。機能維持確保の観点からも耐荷性能が確保されることが担保できるため限界値として適切である。

参考に、建築学会における曲げ降伏先行型の部材について、復元力特性と限界状態（損傷度）の関係の概念図を第 4-2-3 図に、土木学会マニュアルにおける鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に対する概念図を第 4-2-4 図に示す。建築学会と土木学会マニュアルにおいて概ね対応が取れており、土木学会マニュアルの各損傷状態の設定は妥当であると考えられる。第 4-2-4 図において層間変形角 $1/100$ は第 4 折れ点よりも手前にあり、屋外重要土木構造物の限界状態に至っていないと考えられる。また、第 3 折れ点は層間変形角 $1/100$ よりもさらに手前にある。

耐震安全性評価では、当該許容限界値に対して、妥当な安全裕度を確保するため、構造部材の照査の過程において複数の安全係数を考慮する。安全係数は、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数及び構造物係数の 5 種に分けられる。それぞれの安全係数の考え方を第 4-2-5 図に示す。

曲げに対する照査において考慮している安全係数は第 4-2-1 表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められている。

(1) 材料係数

コンクリート強度の特性値は、製造において、その値を下回る強度が発現する確率が5%以内となるように設定する。また、鉄筋の機械的性質の特性値に関しても、日本工業規格（JIS）の規格範囲の下限值を設定してよいとしている。このように、双方とも特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定しており、応答値・限界値ともに安全側の照査がなされているため、材料係数は1.0としている。

(2) 部材係数

安全側に配慮した設定を行っていることから、部材係数は1.0としている。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は1.0としている。

(4) 構造解析係数

限られた条件での実験であること、地盤パラメータの設定が応答解析結果に及ぼす影響などを考え併せて、構造解析係数は1.2以上を標準としている。

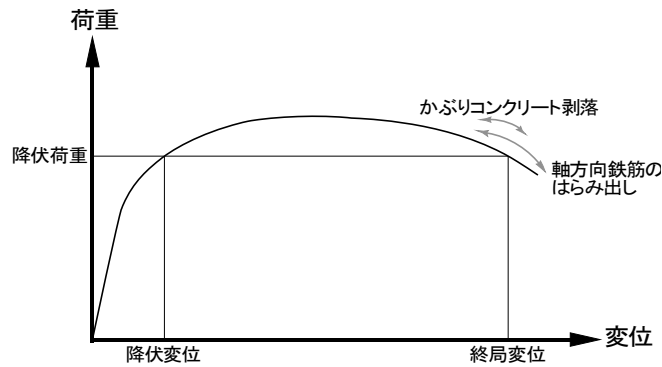
(5) 構造物係数

屋外重要土木構造物は重要度毎に適切な地震動が設定される。従って、構造物係数によりさらに構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造係数は1.0としている。

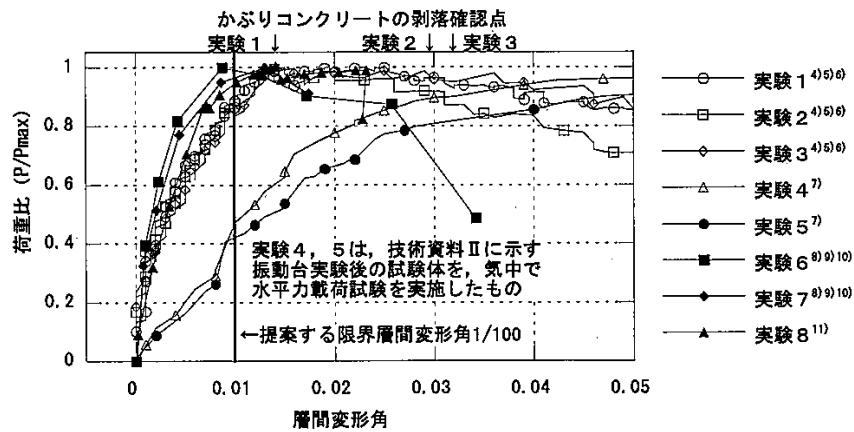
以上のことから、土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は、コンクリート標準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため、技術的妥当性及び適用性を有するとともに適切な余裕が確保されていると判断できる。

第4-2-1表 曲げ評価において考慮している安全係数

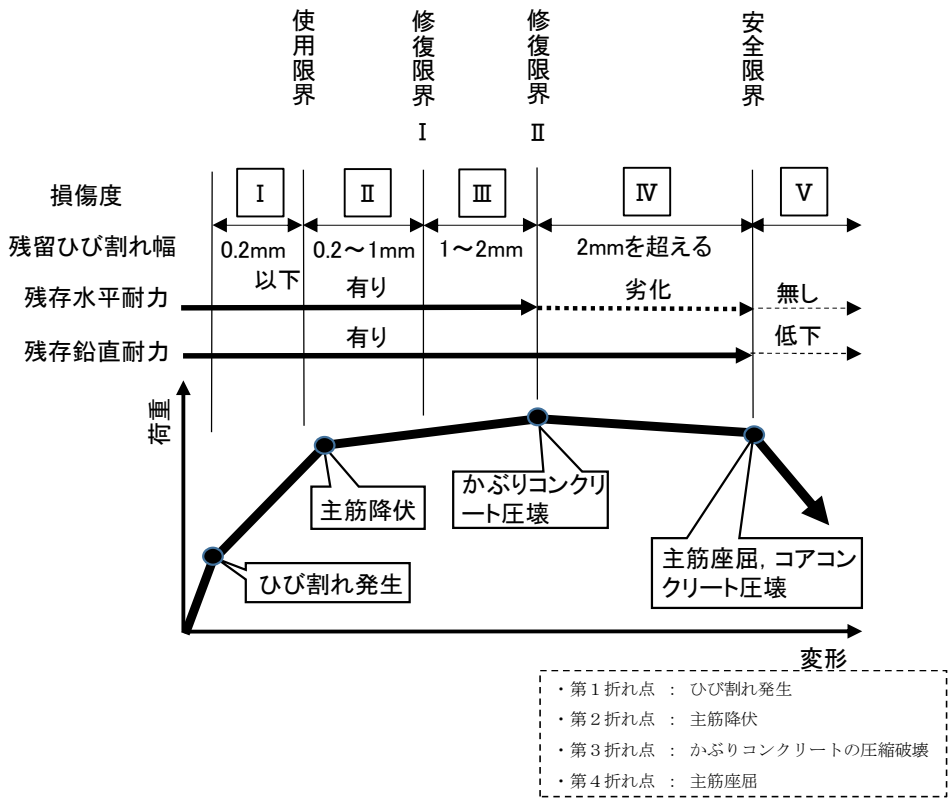
安全係数		曲げ照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.0
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数		—	1.0
荷重係数		1.0	—
構造解析係数		1.2	—
構造物係数		1.0	



第4-2-1図 コンクリート標準示方書による構造部材の終局変位の考え方

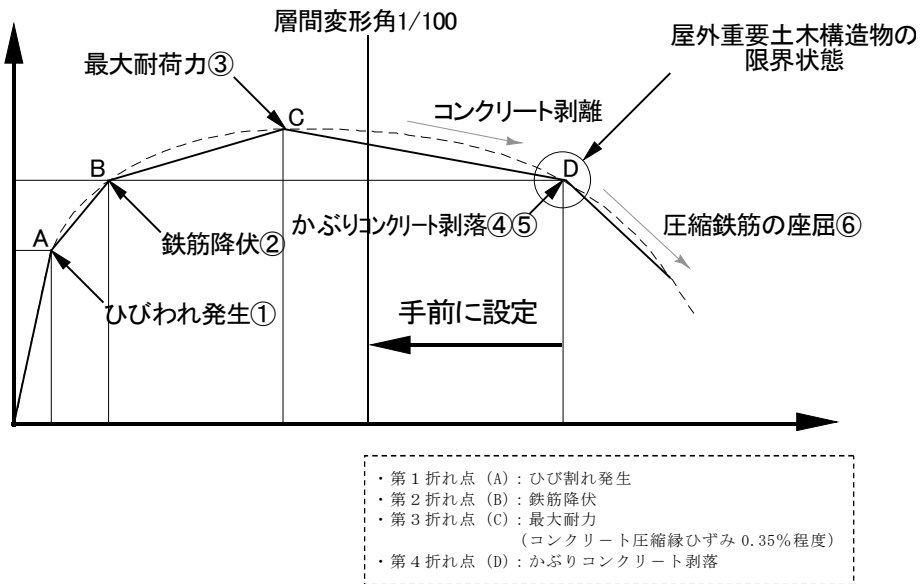


第4-2-2図 鉄筋コンクリート製ラーメン構造の破壊実験^{(1), (2)}



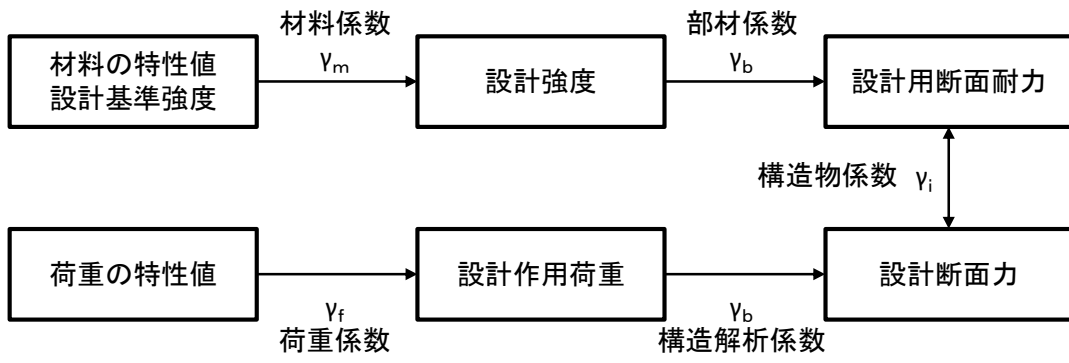
第4-2-3図 曲げ降伏先行型の部材の復元力特性と限界状態（損傷度）

の関係の概念図（建築学会）



第4-2-4図 鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に対する概念図

(土木学会マニュアル)



第 4-2-5 図 安全係数の考え方

2.2 せん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回の工認申請におけるせん断に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、照査用せん断力が、せん断耐力を下回ることを確認する。

コンクリート標準示方書では、棒部材及びディープビームについて第4-2-2表に示すとおり of せん断耐力式を定義している。このうち、ディープビームについては、コンクリート標準示方書及び土木学会マニュアルにおいて同様の評価式となっている。

土木学会マニュアルでは、コンクリート標準示方書におけるせん断耐力式のうち棒部材式において、等価せん断スパンにより設定可能な係数 β_a を考慮している。これは屋外重要土木構造物が地中に埋設されたラーメン構造で、土圧、水圧、地震時慣性力等の多数の分布荷重が作用していることによる分布荷重が卓越し、スパン内に反曲点が存在する等の載荷形態にある条件下では、せん断耐力が増大するという実験的知見を踏まえ、より合理的なせん断耐力を与えるよう、コンクリート標準示方書のせん断耐力式を精緻化したものである。当該せん断耐力式は、第4-2-6図に示すとおり、屋外重要土木構造物を模した破壊試験より得られるせん断耐力と整合的であり、合理的な評価が可能であることを確認されている^{(3), (4)}。

また、これら多数の荷重の複合作用を個々に分解することは困難であることから、せん断耐力の算定時に個々の荷重作用を区分せず最終的な設計用断面力分布を用いて合理的なせん断耐力を算定することとしている⁽³⁾。

せん断に対する照査において考慮している安全係数は第4-2-3表に示すとおり、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数、構造物係数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えにより定められている。

(1) 材料係数

限界値算定時に適用する材料係数はコンクリート標準示方書に準拠して、コンクリートに対して 1.3、鉄筋に対して 1.0 としている。応答値算定時に適用する材料係数は、コンクリートと鉄筋の物性値が、特性値の段階で実強度に対して小さい値を設定していることから安全側の照査がなされているため、材料係数は 1.0 としている。

(2) 部材係数

コンクリート標準示方書に準拠して、コンクリート寄与分に対して 1.3、鉄筋寄与分に対して 1.1 としている。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設定されるため、荷重係数は 1.0 としている。

(4) 構造解析係数

変形に関する応答値の評価精度に比較して、断面力に関する応答値の評価精度は高いと考えられることから、変形照査の場合より低減させて 1.05 としている。

(5) 構造物係数

基準地震動は地点毎にサイト特性を考慮して設定され、重要度分類に対応して入力地震動が選定される。従って、構造物係数よりさらに構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐震性能照査における構造係数は 1.0 としている。

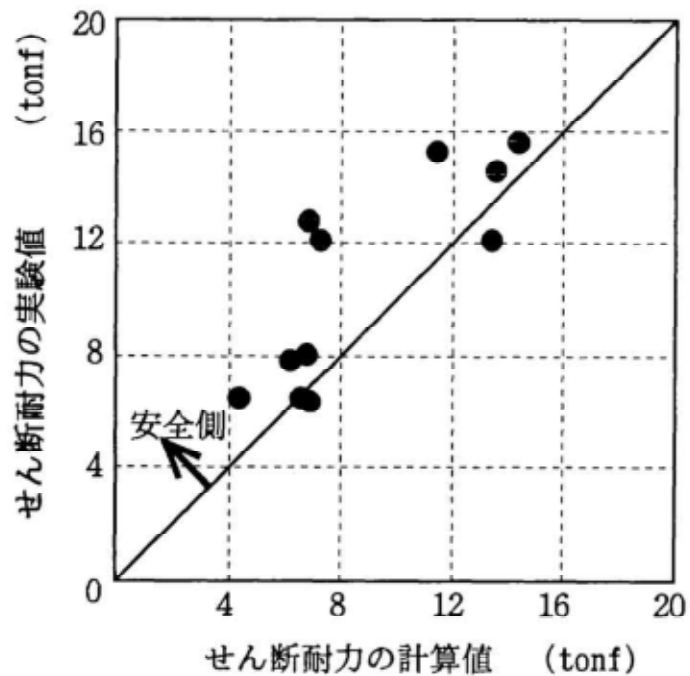
以上のことから、土木学会マニュアルによるせん断照査手法は、屋外重要土木構造物の構造的特徴を踏まえ設定された手法であるため、技術的妥当性及び適用性を有すると判断できる。

第 4-2-2 表 せん断耐力式の比較表

	コンクリート標準示方書	土木学会マニュアル
棒部材	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ V_{yd} : せん断耐力 V_{cd} : コンクリート負担 V_{sd} : せん断補強筋負担 $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ β_d, β_p : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数 β_n : 発生曲げモーメントで決まる係数 f_{vcd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる b_w : 腹部の幅 d : 有効高さ γ_b : 安全係数	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ V_{yd} : せん断耐力 V_{cd} : コンクリート負担 V_{sd} : せん断補強筋負担 $V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ β_d, β_p : 構造寸法や鉄筋量で決まる係数 β_n : 発生曲げモーメントで決まる係数 $\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d}$ a : せん断スパン長 f_{vcd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる b_w : 腹部の幅 d : 有効高さ γ_b : 安全係数
	せん断スパンより設定される係数を考慮し コンクリート標準示方書のせん断耐力式を精緻化	
ディープビーム	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ V_{ydd} : せん断耐力 V_{cdd} : コンクリート負担 V_{sdd} : せん断補強筋負担 $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1+(a_v/d)^2}$ a_v : 荷重作用点から支承前面までの距離 f_{dd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$ V_{ydd} : せん断耐力 V_{cdd} : コンクリート負担 V_{sdd} : せん断補強筋負担 $V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$ $\beta_a = \frac{5}{1+(a_v/d)^2}$ a_v : 荷重作用点から支承前面までの距離 f_{dd} : 設計基準強度, 安全係数等で決まる
	同一の評価式	

第4-2-3表 せん断耐力評価において考慮している安全係数

安全係数		せん断照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.3
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	—
部材係数	コンクリート	—	1.3
	鉄筋	—	1.1
荷重係数		1.0	—
構造解析係数		1.05	—
構造物係数		1.0	



第4-2-6図 せん断耐力算定法の妥当性の検証

3. 屋外重要土木構造物の減衰定数

3.1 減衰定数の設定について

今回工認で採用している時刻歴応答解析において、地盤及び構造物の減衰定数は、粘性減衰と履歴減衰とで考慮している。

粘性減衰は、固有値解析にて求まる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C]：減衰係数マトリックス，[M]：質量マトリックス，

[K]：剛性マトリックス， α ， β ：係数

係数 α ， β は以下のように求めている。

構造体を線形要素でモデル化する場合は、固有値解析により求められた一次固有振動数、二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰がコンクリート部材については5%に、鋼構造部材については3%に一致する α ， β を設定する。履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は、固有値解析により求められた一次固有振動数、二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰が1%に一致する α ， β を設定する。

3.2 既工認と今回工認の相違について

今回の工認における構造物の粘性減衰は、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は、履歴減衰が生じない状態等における解析上の安定のためになるべく小さい値として一次固有振動数及び二次固有振動数に対して1%となる Rayleigh 減衰を採用している。

既工認では、時刻歴モーダル解析におけるコンクリート構造物の減衰定数として5%を採用した。

時刻歴非線形解析における粘性減衰の値は、道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（平成 14 年）⁽⁵⁾ において、構造部材の非線形性として履歴モデルを用いる場合には、この部材の履歴減衰は履歴モデルによって自動的に解析に取り入れられるため、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合には、コンクリート部材は 2%（0.02）程度、鋼構造部材は 1%（0.01）程度とするのがよいとされている。

最新の道路橋示方書・同解説（平成 24 年）⁽⁶⁾ においても、履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合の粘性減衰について、鉄筋コンクリート橋脚は 2%（0.02）とされている。

以上のように、粘性減衰は、履歴減衰が生じない状態等における解析上の安定のために設定される値であるため、履歴減衰を用いる場合においては、なるべく小さい値として 1%を採用している。

4. 参考文献

- (1) 松尾ら：コンクリート製地中構造物の合理的な耐震性能評価指標に関する検討，土木学会地震工学論文集，2003
- (2) 石川ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の変形性状と損傷状態に関わる実験的考察，第26回地震工学研究発表会講演論文集，pp885－888
- (3) 原子力土木委員会・限界状態設計部会：原子力発電所・鉄筋コンクリート製屋外重要土木構造物への限界状態設計法の適用・安全性照査マニュアルの提案，土木学会論文集 No. 442/V－16
- (4) 遠藤ら：鉄筋コンクリート製地中構造物の限界状態に用いるせん断耐力評価法，電力中央研究所報告
- (5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月
- (6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成24年3月

1-5 機器・配管系における手法の変更点について

1. はじめに

今回工認における機器・配管系の耐震評価において、既工認から評価手法を変更するものについて、「別紙-1 既工認との手法の相違点の整理について（設置変更許可申請段階での整理）」の整理結果を踏まえ、以下に結果を示すものである。

2. 手法の相違点

(1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用

原子炉建屋クレーンの解析では、より詳細な手法を用いる観点から、すべり及び浮き上がりの条件を考慮した非線形時刻歴応答解析にて評価を実施する。原子炉建屋クレーンの非線形時刻歴応答解析の適用については、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料1参照）。

(2) ポンプ等の解析モデルの精緻化

最新の工認実績等を踏まえ、ポンプ等の一部設備に対して解析モデルの質点数の変更、設備の支持構造に沿った解析モデルの精緻化を行う。多質点モデルによる地震応答解析モデルの適用は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料2参照）。

(3) 容器等の応力解析へのFEMモデルの適用

既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について、3次元FEMモデル、多質点モデルを適用した耐震評価を実施する。FEMモデルを用いて応力解析を行う手法は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料3参照）。

(4) 解析コードの変更

今回工認における格納容器，原子炉圧力容器等の主要設備の耐震評価に適用する解析コードについては，建設時に適用した解析コードから他プラントを含む既工認において適用実績がある解析コードに変更する（詳細は添付資料4参照）。

(5) 最新知見として得られた減衰定数の採用

最新知見として得られた減衰定数を採用する設備は以下のとおりであり，その値は，振動試験結果等を踏まえ，設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用したものである。

また，鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い，鉛直方向の設計用減衰定数についても新たに設定している。

天井クレーン，燃料取替機及び配管系の減衰定数並びに鉛直方向の設計用減衰定数は他プラントを含む既工認において適用実績がある（詳細は添付資料5参照）。

① 天井クレーンの減衰定数

② 燃料取替機の減衰定数

③ 配管系の減衰定数

(6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せ

今回工認の評価では，鉛直方向の動的地震力が導入されたことから，水平方向と鉛直方向の地震力の組み合わせとして，既往の研究等に基づき二乗和平方根（以下「S R S S」という。）法を用いる。S R S S法による荷重の組み合わせは，他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料6参照）。

(7) 鉛直方向応答解析モデルの追加

今回工認では，鉛直方向に動的地震動が導入されたことから，原子炉本

体及び炉内構造物について、鉛直方向の応答を適切に評価する観点で、水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデルを新たに採用し鉛直地震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは他プラントを含む既工認にて適用実績があるモデルである。(詳細は添付資料7参照)。

3. 添付資料

- (1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について
- (2) ポンプ等の解析モデルの精緻化について
- (3) 容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について
- (4) 解析コードの変更について
- (5) 最新知見として得られた減衰定数の採用について
- (6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて
- (7) 鉛直方向応答解析モデルの追加について

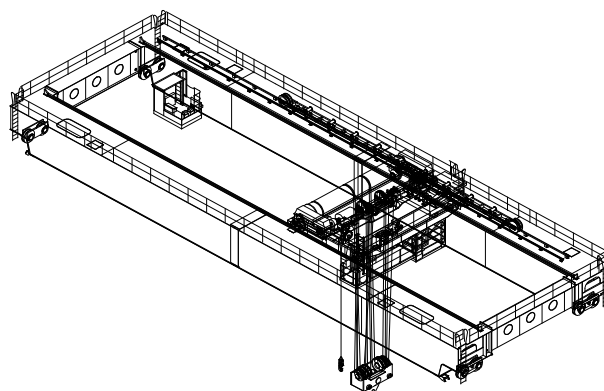
原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について

1. 概要

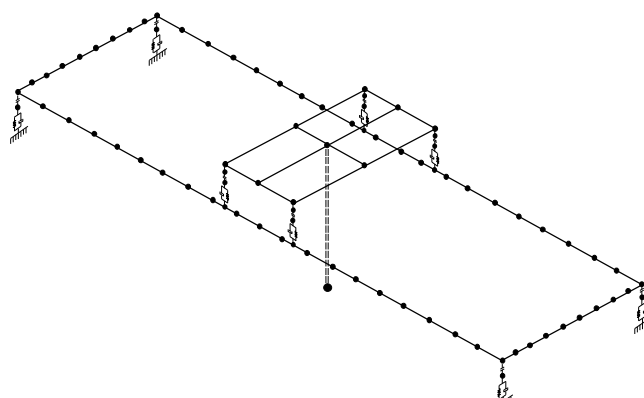
原子炉建屋クレーン（第 1-1 図）の耐震評価は、既工認では鉛直方向は静的地震力のみであったことから簡便に手計算により実施していた。

今回工認では、鉛直方向の動的地震力を考慮する必要があること及びクレーンの車輪部がレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、鉛直方向の地震力に対する車輪部の浮き上がり挙動を考慮した解析モデル（第 1-2 図）を用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

なお、本モデル及び評価手法は大間 1 号炉の建設工認にて適用例があり、大間 1 号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは類似構造であることから、東海第二発電所の原子炉建屋クレーンにも適用可能である。



第 1-1 図 原子炉建屋クレーン構造概要図



第 1-2 図 今回工認の解析モデル

2. 原子炉建屋クレーンの構造

大間1号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは、第1-3図に示すとおり原子炉建屋に設置された走行レール上をガーダ及びサドルが走行し、ガーダ上に設置された横行レールをトロリが横行する構造であり、いずれも同様の構造（別紙1参照）となっており、地震力に対し以下の挙動を示す。

(1) 走行方向の水平力

- a. クレーンは走行レール上に乗っているだけで固定されていないため、走行方向の水平力がクレーンに加わっても、クレーンはレール上をすべるだけで、クレーン自身にはレールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
- b. クレーンの走行車輪は、駆動輪又は従動輪である。
- c. 駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。

(2) 横行方向の水平力

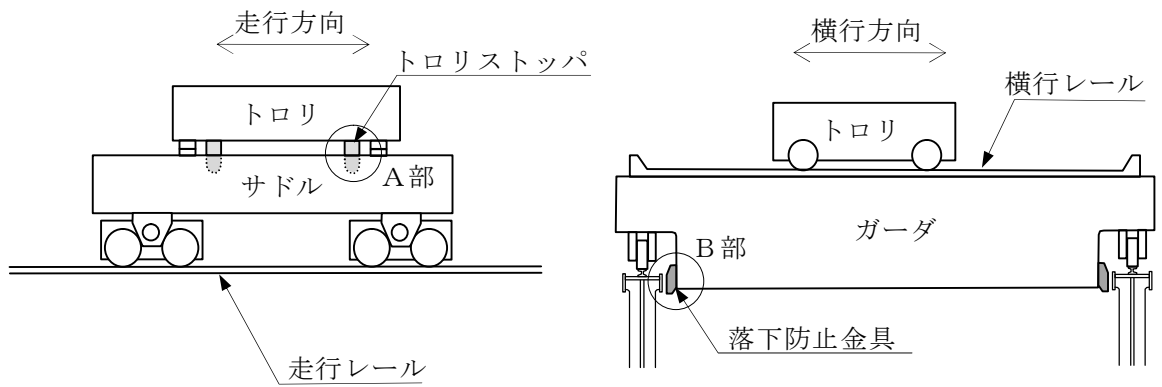
- a. ガーダ関係
 - (a) 横行方向は、走行レールに対して直角方向であるため、ガーダは建屋と固定されているものとし、水平力がそのままガーダに作用する。
- b. トロリ関係
 - (a) トロリはガーダの上に乗っているだけでガーダとは固定されていないため、水平力がトロリに加わっても、トロリはレール上をすべるだけで、トロリ自身にはレールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
 - (b) トロリの横行車輪は、駆動輪又は従動輪である。

(c) トロリの駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。

(3) 鉛直力

ガーダ及びトロリは、レールと固定されていないことから、鉛直方向の地震力によってレールから浮き上がる可能性がある。

また、東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは、今後実施する耐震補強工事により、大間1号炉のトロリストッパ及び脱線防止ラグと同様な構造変更を行うことにより、車輪まわりのトロリストッパ及び落下防止金具とレールの間を取り合い構造は、認可実績のある大間1号炉の原子炉建屋クレーンと同様の構造となることから、車輪まわりを含めた地震応答解析モデルは大間1号炉と同様にモデル化することができる（構造変更の概要は別紙2参照）。



	大間 1 号炉	東海第二発電所
A 部		
B 部		

第 1-3 図 車輪まわりの構造比較

3. 解析評価方針

(1) 評価方法

既工認と今回工認の評価方法を第 1-1 表に示す。今回工認では、鉛直方向の動的地震力を考慮する必要があること及びクレーンの車輪部の構造を変更しておりレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、鉛直方向の地震力に対する車輪部の浮き上がり、衝突の挙動を考慮した 3 次元 FEM 解析モデルを用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

第 1-1 表 既工認と今回工認の評価方法の比較

項 目	東海第二発電所		大間 1 号炉
	既工認	今回工認	
解析手法	公式等による 評価	非線形時刻歴 応答解析	同左
解析モデル	—	3 次元 F E M 解析モデル	同左
車輪－レール間の境界条件	すべり考慮	すべり，浮き上がり， 衝突考慮	同左
地震力	水平	動的地震力	同左
	鉛直	静的地震力	同左
減衰定数	水平	—※ ¹	同左
	鉛直	—	同左
解析プログラム	—	Abaqus (Ver. 6. 5-4)	同左

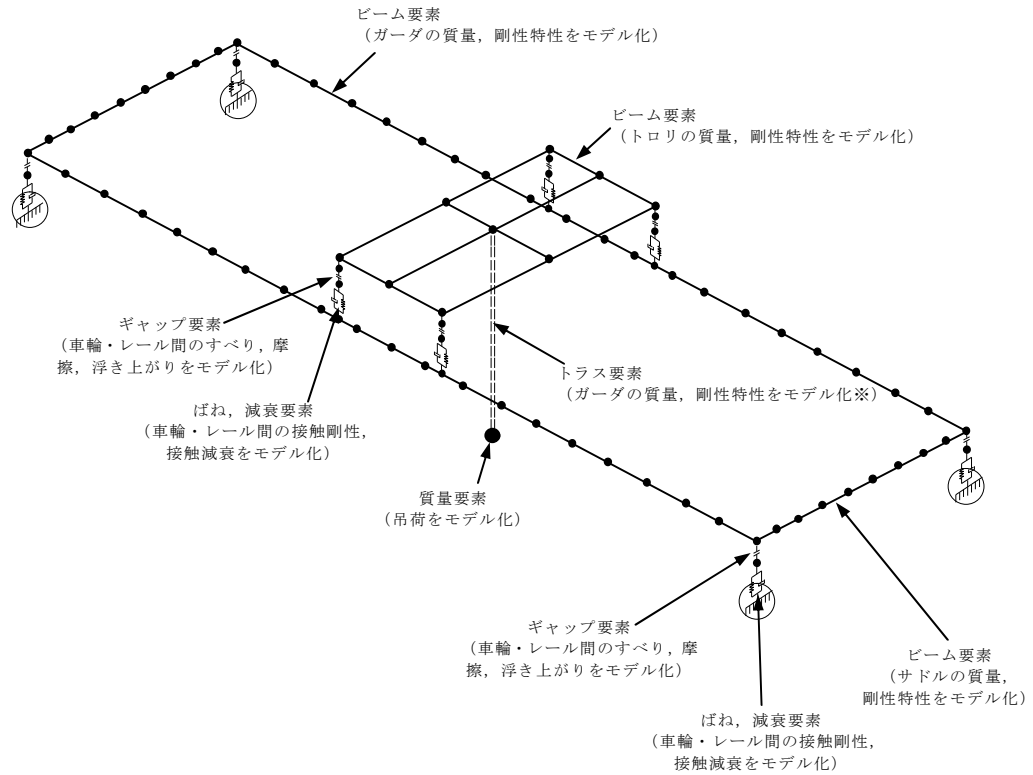
※ 1 : 既工認では剛として耐震評価を実施しているため減衰定数は使用していない。

※ 2 : 添付資料 5 にて適用性を説明。

(2) 地震応答解析モデル

クレーンを構成する主要部材をビーム要素でモデル化し、車輪部はレール上に乗っており固定されておらず、すべり、浮き上がり及び衝突の挙動を示す構造であることから、ギャップ要素、ばね要素及び減衰要素でモデル化する。クレーンの解析モデルを第 1-4 図に示す。

なお、今回工認の原子炉建屋クレーンのモデル化は、大間 1 号炉と同一の設定方法とする（車輪部の非線形要素については別紙 3 参照）。



○ 原子炉建屋におけるクレーン設置フロアの床応答加速度時刻歴の入力位置

※ ワイヤロープ長さは、最大吊荷荷重を取扱う際の実運用を踏まえて、クレーン本体の評価が保守的になるように設定する。

第 1-4 図 原子炉建屋クレーン地震応答解析モデル

(3) 地盤物性等の不確かさに対する検討方針

スペクトルモーダル解析等では、床応答加速度は地盤物性等の不確かさによる固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものをを用いている。

本評価では設計用床応答スペクトルを用いない時刻歴応答解析を採用することから、今回工認では地盤物性等の不確かさによる建屋固有周期のシフトの影響も考慮し、機器評価への影響が大きい地震動に対し ASME Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening) に規定された設計用床応答スペクトルで考慮されている拡幅±10%に相当するゆらぎを仮定する手法による検討を行う予定である。

なお、ゆらぎを考慮した設計用床応答スペクトルの谷間にクレーンの固有周期が存在する場合は、ASME の規程に基づきピーク位置が固有周期にあたるようにゆらぎを考慮した評価も行う。

4. 別紙

- (1) 原子炉建屋クレーンの主要諸元
- (2) 原子炉建屋クレーンの耐震補強工事による構造変更
- (3) クレーン車輪部の非線形要素（摩擦・接触・減衰）
- (4) 原子炉建屋クレーンの地震時挙動に関する補足説明

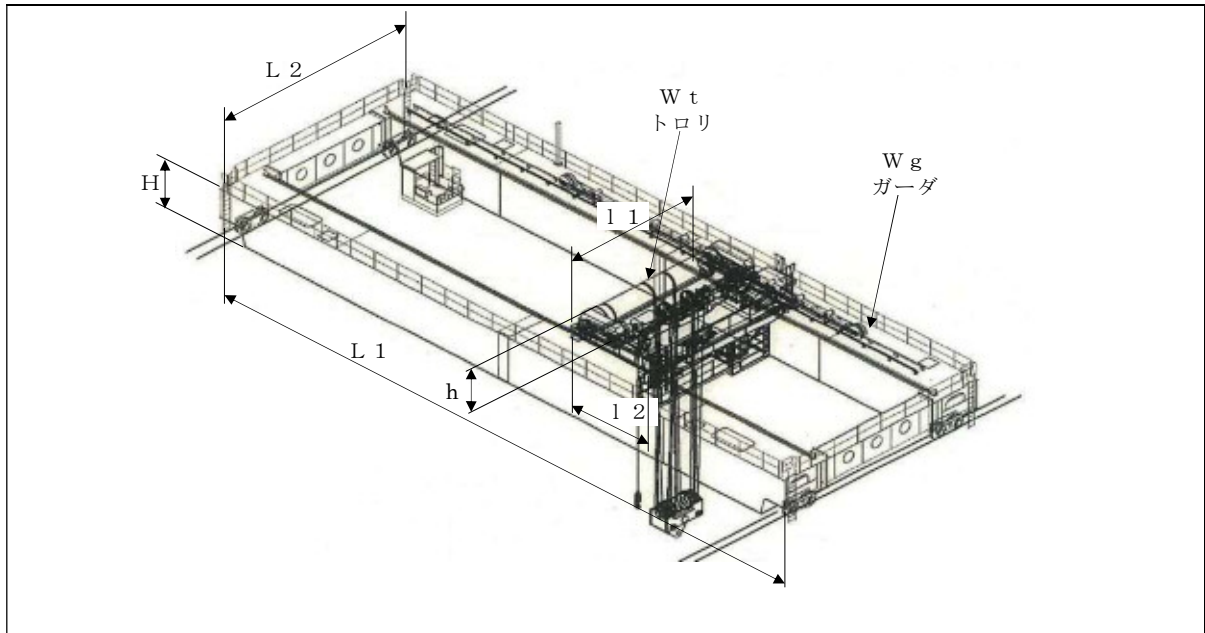
5. 参考文献

- (1) 平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査

動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021, (独)
原子力安全基盤機構)

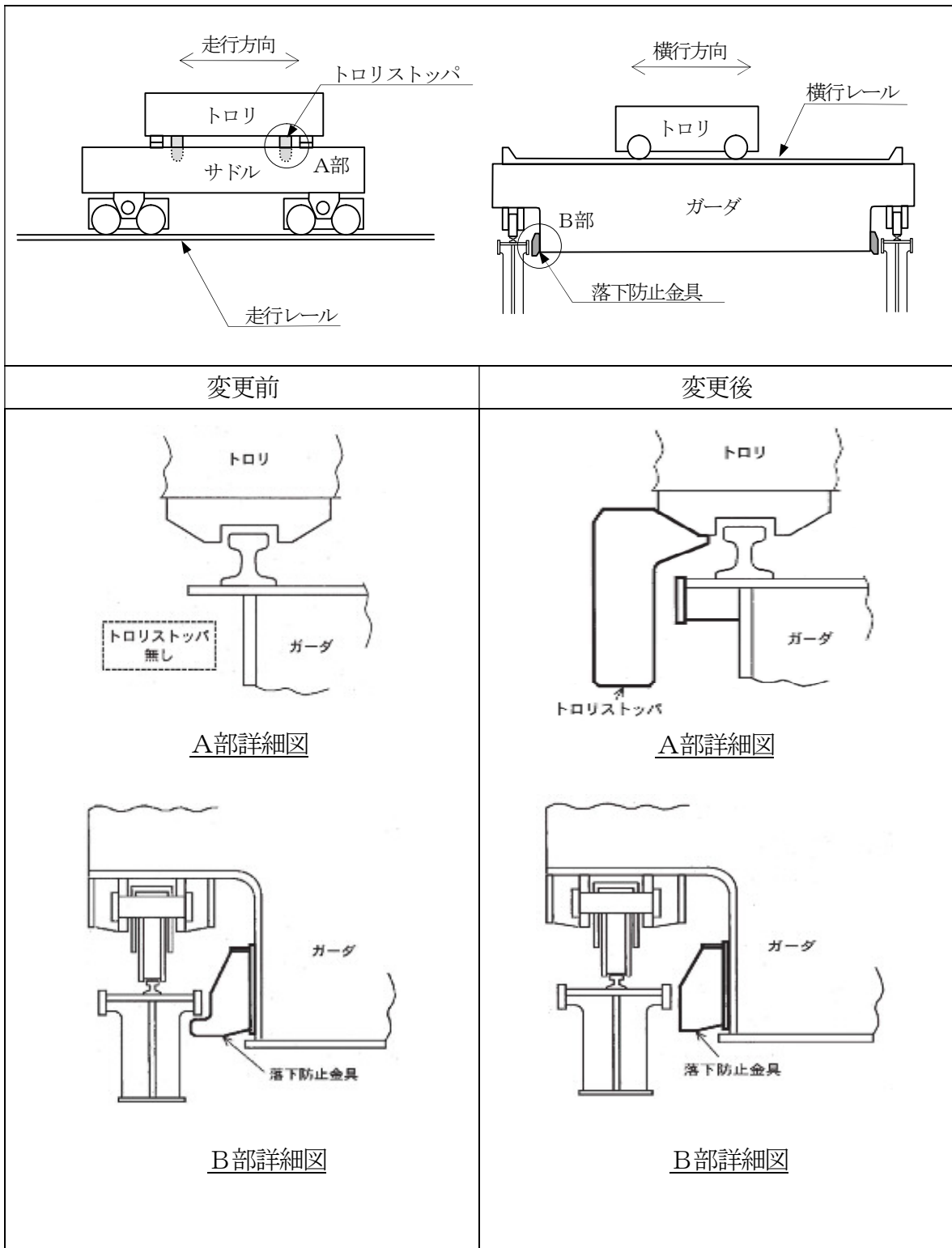
- (2) 平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査
動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021, (独)
原子力安全基盤機構)

別紙 1 原子炉建屋クレーンの主要諸元



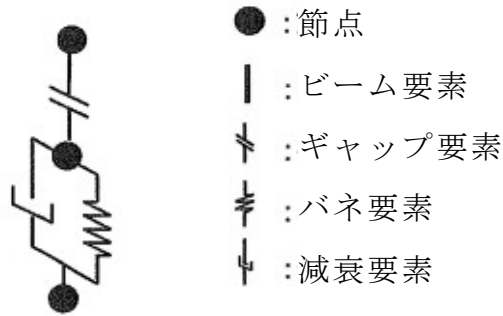
仕様		大間 1 号炉	東海第二発電所
トロリ	質量 W_t (ton)	80.0	48.0
	高さ h (m)	2.815	2.280
	スパン l_1 (m)	7.7	5.6
	スパン l_2 (m)	4.6	4.1
ガーダ	質量 W_g (ton)	190	118.0
	高さ H (m)	2.5	1.915
	スパン L_1 (m)	34.9	39.5
	スパン L_2 (m)	9.38	6.2
総質量	W (ton)	270.0	166.0

別紙2 原子炉建屋クレーンの耐震補強工事による構造変更



別紙3 クレーン車輪部の非線形要素（摩擦・接触・減衰）

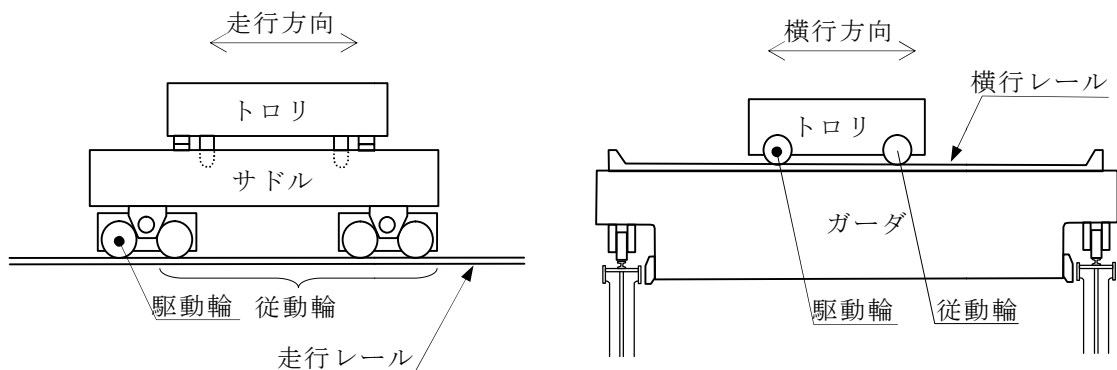
クレーン車輪部のモデル化では、すべり、浮き上がり及び衝突の挙動を模擬するためギャップ要素を用いる。また、接触部位の局所変形による接触剛性をバネ要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、別図 1-1 に示すように、ギャップ要素と直列に配置する。



別図 1-1 車輪部の非線形要素

1. 車輪とレール間の摩擦特性

クレーンの車輪には電動機、減速機等の回転部分と連結された駆動輪と、回転部分と連結されている従動輪の 2 種類がある。このうち駆動輪は回転が拘束されているため、地震の加速度が車輪部に入力されると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。ここで、摩擦係数は既工認と同様の 0.3 を用いる。



別図 1-2 概要図

2. 車輪とレールの接触剛性

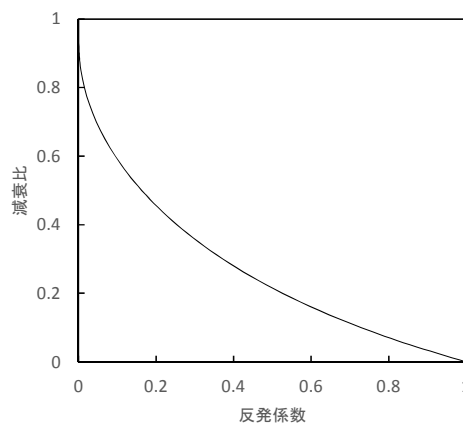
接触剛性は、「平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験（クレーン試験）に関わる報告書（09 耐部報-0008，（独）原子力安全基盤機構）」^{（参2）}を参照し，車輪とレールの衝突時の剛性を模擬するものとして接触剛性を考慮したばね要素とクレーン質量で構成される 1 自由度系の固有振動数が 20Hz 相当になるよう設定する。

3. 車輪とレールの衝突による減衰

衝突による減衰は、「平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験（クレーン類）に関わる報告書（08 耐部報-0021，（独）原子力安全基盤機構）」^{（参1）}にて実施した要素試験のうちの車輪反発係数試験結果から評価した反発係数から換算する。なお，減衰比と反発係数の関係式には次式を用いる。

$$e = \exp\left(-\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}\right)$$

ここで， e は反発係数， h は減衰比である。別図 1-3 に，上記の式で表される反発係数と減衰比の関係を示す。



別図 1-3 反発係数と減衰比の関係

別紙 4 原子炉建屋クレーンの地震時挙動に関する補足説明

1. 車輪とレールとの摩擦力及び落下防止部材との接触による摩擦力の考慮について

クレーンは、レール上を車輪で移動する構造であるため、建屋に固定されておらず、地震時にはレールに沿う方向にはすべりが発生し、摩擦力以上の荷重を受けない構造である。

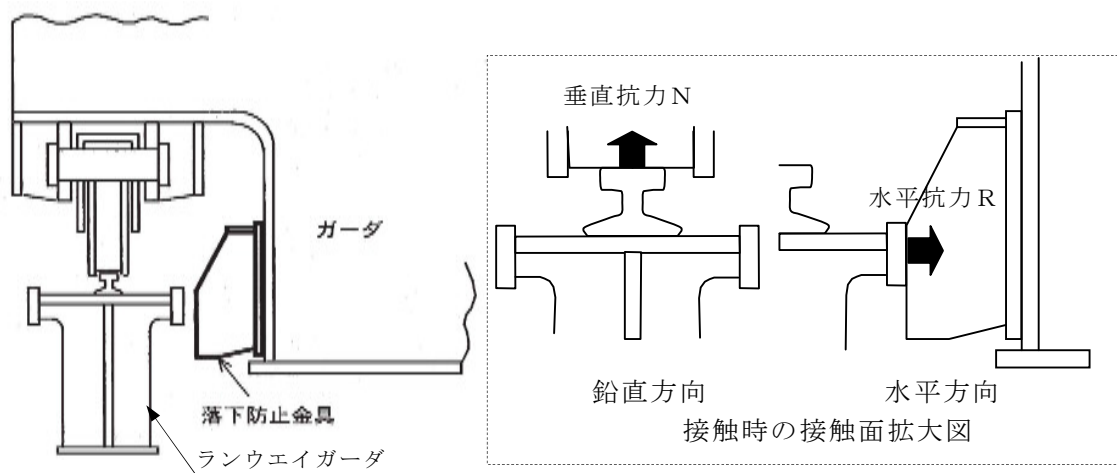
クレーン本体とランウェイガード間の取り合い部を例とすると、すべりを想定する面としては、鉛直方向（車輪からレール間）と水平方向（落下防止金具からランウェイガード間）が挙げられる（別図 1-4）。

鉛直方向には、自重が常時下向きに加わっており、地震による鉛直方向加速度が 1 G を上回りクレーン本体が浮き上がりの挙動を示すごく僅かな時間帯を除き、常に車輪はレール上面に接触し垂直抗力 N が発生する状態であることから、摩擦係数 μ ($=0.30$) 一定の条件の下、垂直抗力 N を時々刻々変化させた摩擦力 f ($=\mu N$) を考慮している。

これに対して、水平方向には常時作用する荷重が無く、水平方向（横行方向）の地震力が作用し落下防止金具がランウェイガード側面に接触する際のみ水平抗力 R が発生する。しかしながら、地震力は交番荷重であること及び、接触後も部材間の跳ね返りが発生することから、側面の接触時間はごく僅かな時間となる。また、大きな摩擦力が発生するためには、横行方向の地震力により瞬間的に水平抗力 R が発生する間に、走行方向の大きな地震力が同時に作用することが必要であることから、各方向地震動の非同時性を考慮し、側面の接触による摩擦力は考慮していない。

なお、基準地震動 S_s による地震力に対して、駆動輪に接続される電動機及び減速機等の回転部分が破損し駆動輪が自由に回転する可能性も考えられ

るが、その場合は駆動輪が回転することにより摩擦力は低減することから、上記のように摩擦力を考慮した評価を行うことで保守的な評価となると言える。



別図 1-4 鉛直方向と水平方向との接触面

2. レール等の破損による解析条件への影響について

クレーンのモデル化にあたっては、車輪がレール上にあり、レール直角方向に対しては落下防止金具又はトロリストッパが接触して機能することを前提としている。

ここでは、地震応答解析モデルの前提としている「レール上に車輪が乗っていること」が落下防止金具又はトロリストッパの健全性を確認することで満足されることを、クレーン本体とランウェイガーダ間の取り合い部を例として示す。

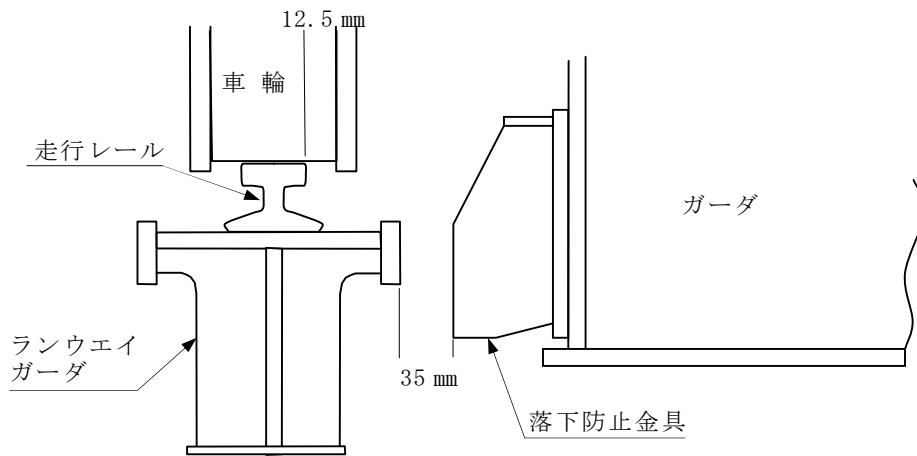
クレーン横行方向に地震力が作用する際は、車輪がレール上に乗り上がる挙動が想定されるが、落下防止金具がランウェイガーダに接触することで、横行方向の移動量は制限される。落下防止金具は構造強度部材として基準地震動 S_s によって生じる地震力に対して、許容応力を満足する設計としており、地震で破損することは無いため、落下防止金具とランウェイガーダ間の

ギャップ量に相当する移動量となった場合であっても、構造上車輪はレール上から落ちることは無い（別図 1-5）。

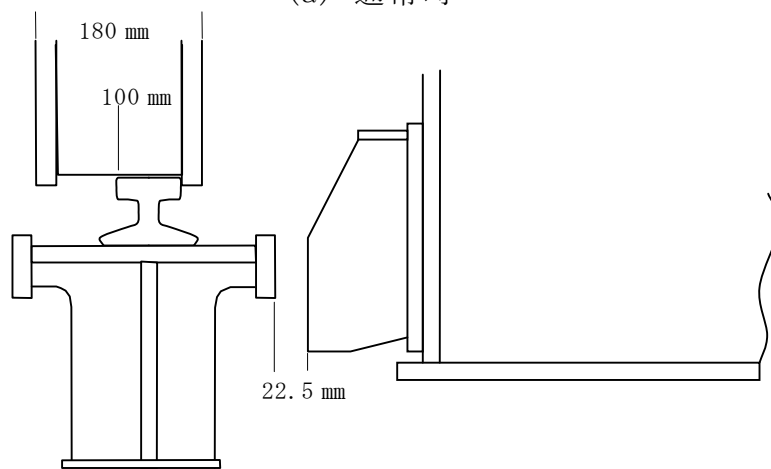
本体ガードとトロリストッパの寸法も同様の関係となっている。

また、落下防止金具とランウェイガードが接触するより前に、車輪からレールに荷重が伝わることとなるが、車輪のつばとレールが接触（移動量 12.5mm）してから落下防止金具とランウェイガードが接触（移動量 35mm）し移動が制限されるまでの移動量は 22.5mm（=35mm-12.5mm）程度であることから、落下防止金具が接触して機能する前に鋼製部材であるレールが大きく破損することは無いと考えられる。このように、車輪のつばの有無によらず構造強度部材である落下防止金具が機能することで車輪がレール上にとどまる設計であることから、車輪のつばは地震応答解析の前提条件に影響するものではない。

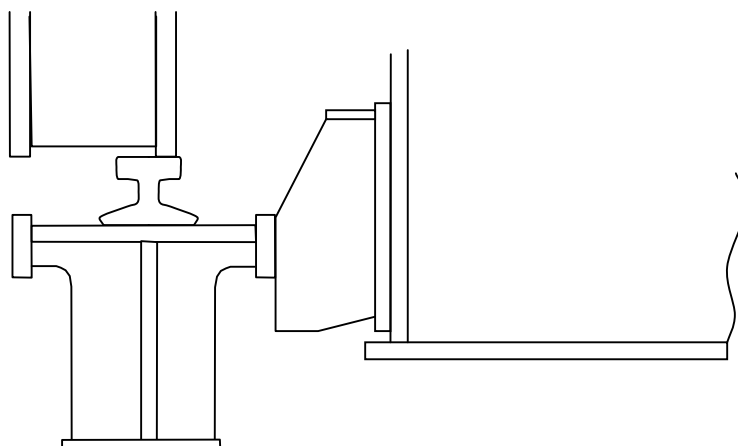
以上より、地震時に落下防止金具がランウェイガードに接触して機能する前に、車輪がすべり面であるレールから落下することや、レールが大きく破損することが無いことから、落下防止金具が機能する前に地震応答解析モデルの前提を満足しなくなるおそれは無いと言える。



(a) 通常時



(b) 水平方向地震力により車輪のつばがレールに接触
(水平移動量 12.5mm)



(c) 水平方向地震力により落下防止金具とランウエイガードが接触
(水平移動量 35mm)

(本図は車輪がレールから外されないことを示すための概念図であり、構造物の大きさや間隙については実物とは異なる。)

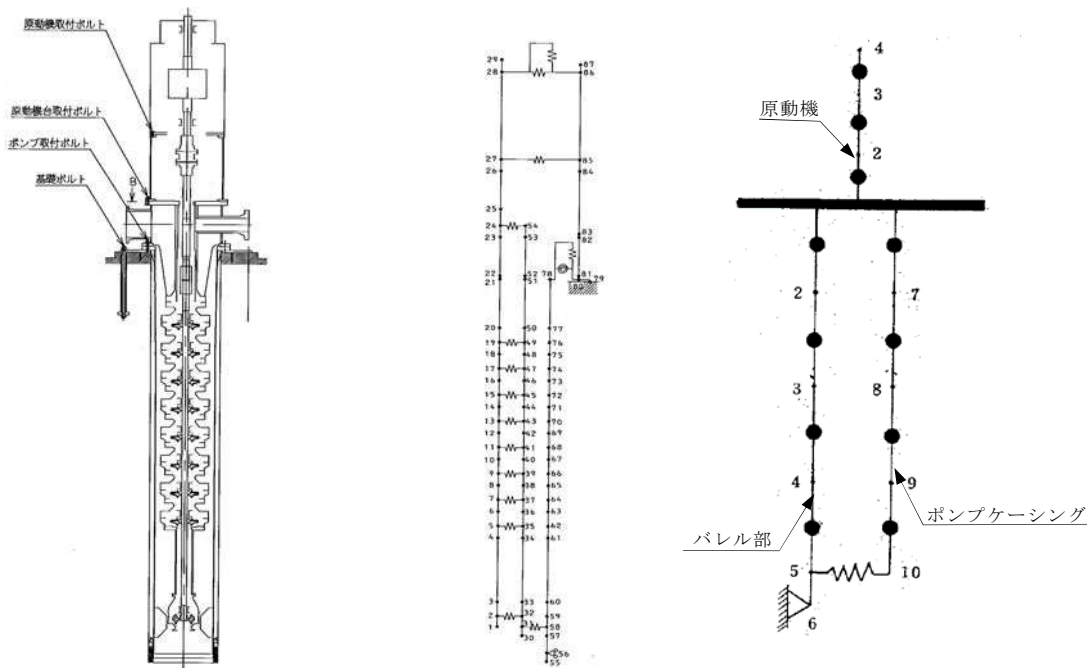
別図 1-5 概念図

ポンプ等の解析モデルの精緻化について

1. 立形ポンプの解析モデルの精緻化

既工認における高圧炉心スプレイポンプ、低圧炉心スプレイポンプ及び残留熱除去系ポンプの解析モデルは、立形ポンプの構造を模擬したバレル部及びポンプケーシングによる質点系モデルを構築していた。今回工認では、最新の知見によるモデル化を行う観点から、J E A G 4601-1981 追補版に基づき、モデルの精緻化を行う（第 2-1 図参照）。

なお、本解析モデルは大間 1 号炉の既工認及び東海第二発電所の立形ポンプのうち、非常用ディーゼル発電機海水ポンプ及び残留熱除去系海水ポンプの既工認にて適用実績がある（第 2-2 図参照）。



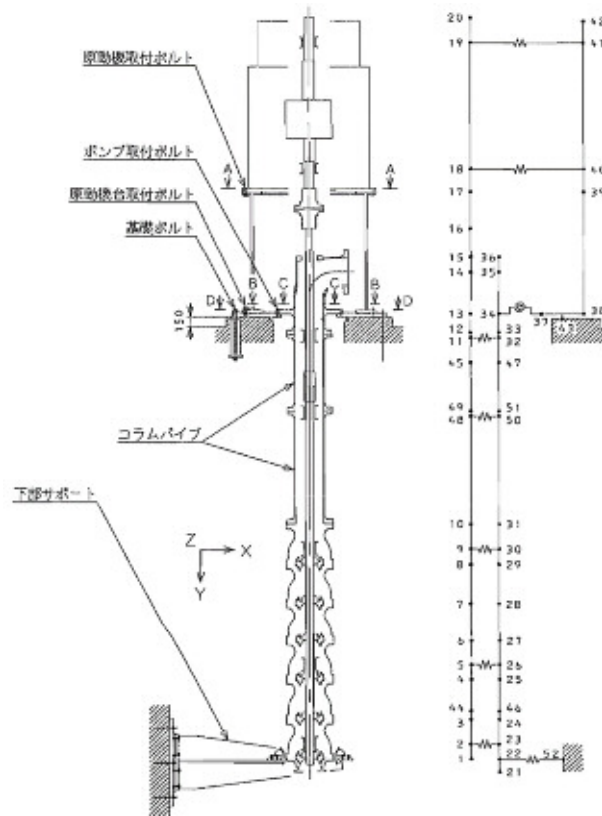
構造概要図

今回工認の解析モデル

既工認の解析モデル

第 2-1 図 立形ポンプの解析モデル図

(高圧炉心スプレイポンプ解析モデルの例)



構造概要図 既工認の解析モデル

第 2-2 図 残留熱除去系海水ポンプ解析モデル

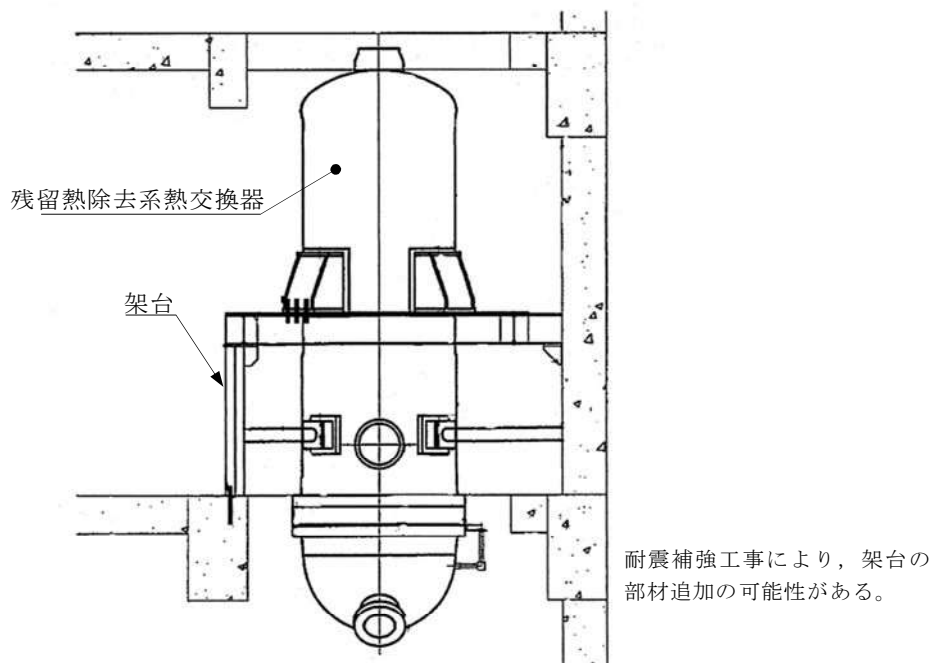
2. 残留熱除去系熱交換器の解析モデルの精緻化

残留熱除去系熱交換器の支持構造概要図を第 2-3 図に示す。残留熱除去系熱交換器は、原子炉建屋床面に設置された架台を介して支持する構造である。既工認における応力評価は、架台部の 1 次固有周期に対して設計用床応答スペクトルから算出される加速度を入力として、規格計算式によって熱交換器本体の評価を実施していた。

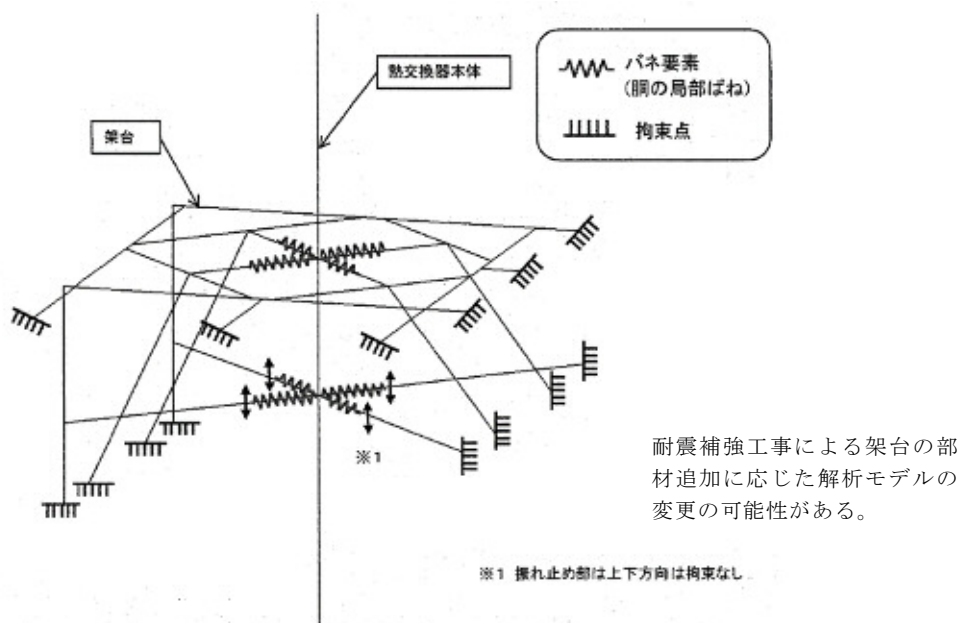
今回工認においては、架台及び熱交換器本体との相互影響を精緻に評価す

る観点から、第 2-4 図に示す多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析により評価を行う。

なお、多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析については、大間 1 号炉においての既工認にて適用実績がある。



第 2-3 図 残留熱除去系熱交換器支持構造概要図

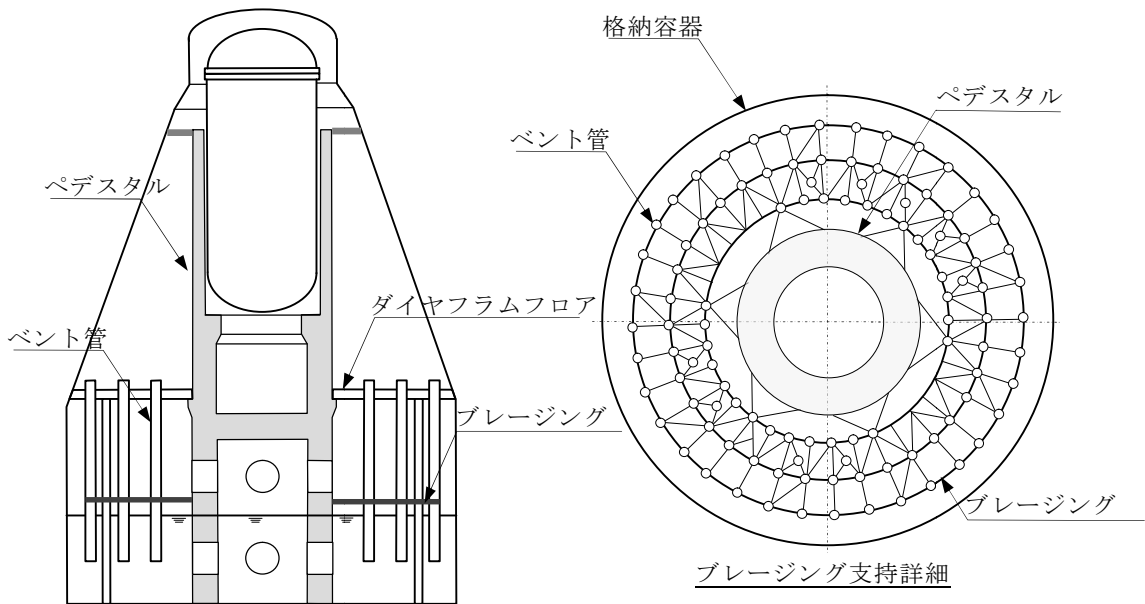


第 2-4 図 残留熱除去系熱交換器解析モデル図

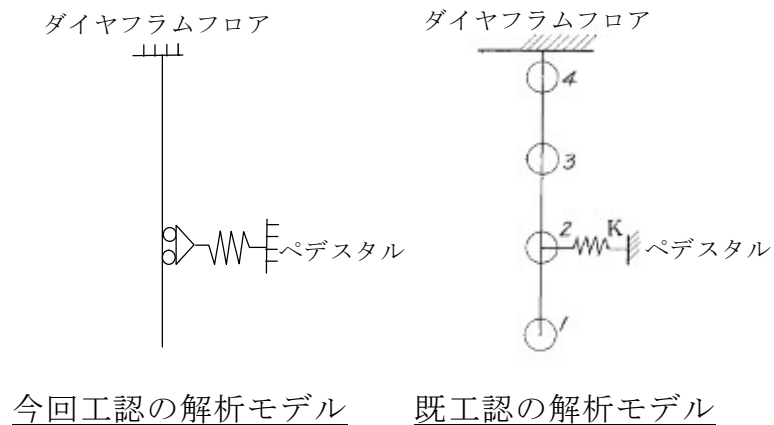
3. 格納容器ベント管の解析モデルの精緻化

格納容器のベント管の支持構造図を第 2-5 図に示す。ベント管はダイヤフラムフロアにより支持され、ブレイジングにて水平方向を拘束されている。

第 2-6 図にベント管の解析モデル図を示す。今回工認においては、大間 1 号炉の既工認実績を踏まえて、質点モデルからビーム要素に変更した解析モデルを用いた地震応答解析により評価を行う。



第 2-5 図 ベント管概要図



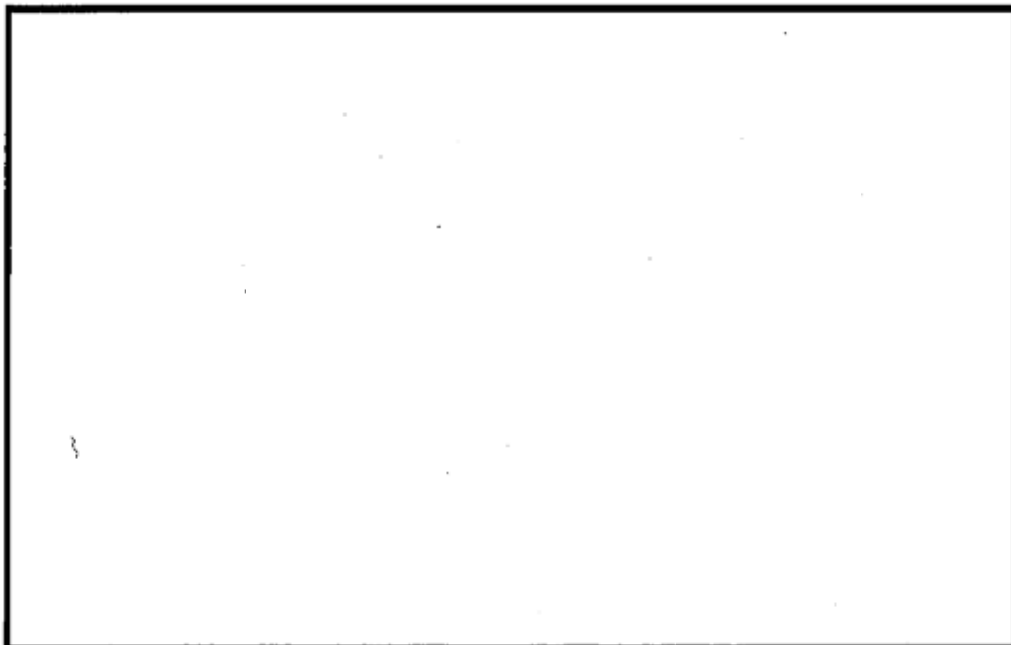
第 2-6 図 ベント管解析モデル図

容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について

既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について、至近の既工認の適用実績を踏まえて、3次元FEMモデル、多質点モデルを適用した耐震評価を実施する。FEMモデルを用いる手法等は、大間1号炉を含めて他BWRでの適用実績がある手法である。

1. 容器へのFEMモデルの適用

パーソナルエアロック、サプレッションチェンバ、アクセスハッチ等の格納容器本体に取付く各構造物並びにディーゼル発電機の付属設備である始動用空気だめ及び燃料油デイトンクについて、実機の形状をシェル要素にて模擬し、J S M E等に基づく材料諸元を与えてモデル化することにより、応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデル図の例を第3-1図に示すとともに第3-1表及び第3-2表に解析概要を示す。



第3-1図 格納容器のFEMモデル図
(パーソナルエアロックのFEMモデルの例)

第 3-1 表 格納容器の F E M解析概要

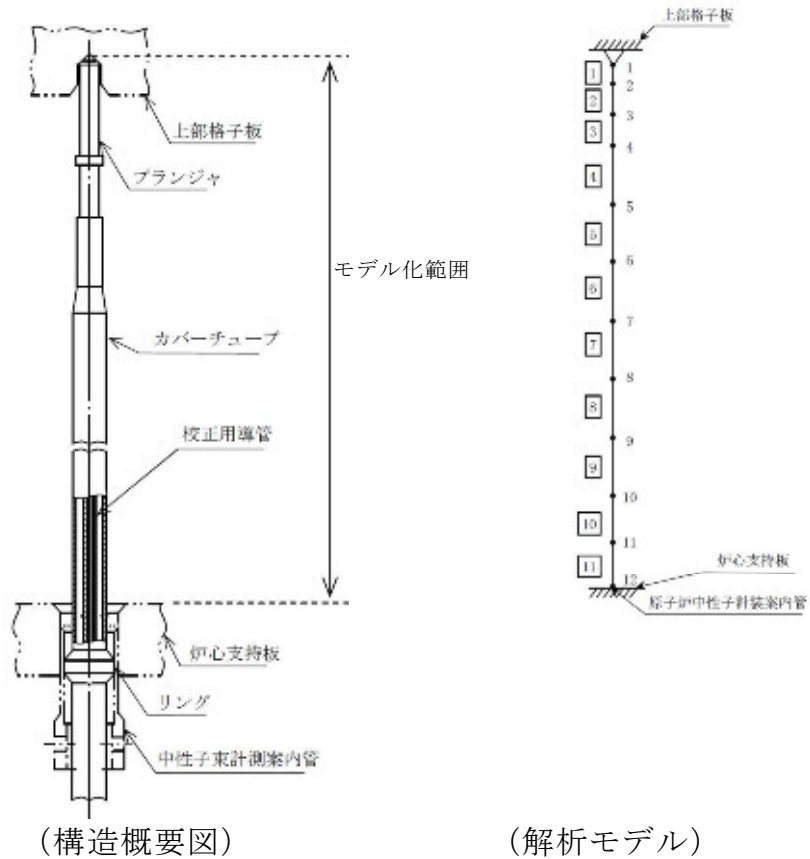
項 目	内 容
適用部位	パーソナルエアロック取付部 サプレッションチェンバアクセスハッチ取付部 イクイプメントハッチ取付部 配管貫通部取付部 電気配線貫通部取付部 上部シアラグ取付部 下部シアラグ取付部
解析コード	NASTRAN
地震条件	別途実施する地震応答解析から得られる地震力（荷重，加速度）を入力とする。

第 3-2 表 D G用補機類容器の F E M解析概要

項 目	内 容
適用部位	非常用ディーゼル発電機用始動空気だめ及び燃料油デイタンク 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用始動空気だめ及び燃料油デイタンク
解析コード	Abaqus
地震条件	別途実施する原子炉建屋地震応答解析から得られる加速度を入力とする。

3. 原子炉圧力容器内構造物への多質点モデルの適用

原子炉圧力容器内構造物であるジェットポンプ、炉心スプレイスパージャ及び出力領域計装検出器（LPRM）について、実機形状を質点とはり要素に置き換えた多質点モデルにて応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデル図の例を第 3-2 図に示すとともに第 3-3 表に解析概要を示す。



第 3-2 図 原子炉圧力容器内構造物の多質点モデル図

(出力領域計装検出器の多質点モデルの例)

第 3-3 表 原子炉压力容器内構造物解析概要

項目	内容
適用部位	ジェットポンプ* ¹ 高圧炉心スプレイスパージャ* ¹ 低圧炉心スプレイスパージャ* ¹ 出力領域計装検出器* ²
解析コード	NASTRAN（* ¹ に適用） SAP-IV（* ² に適用）
地震条件	別途実施する地震応答解析から得られる加速度を入力とする。

解析コードの変更について

今回工認における格納容器，原子炉圧力容器等の主要設備の耐震評価に適用する解析コードについては，既工認時に適用した解析コードから第 4-1 表に示す大間 1 号炉の既工認において適用実績がある解析コードに変更する。各評価対象設備の解析モデルの設定の妥当性については，工事計画認可申請の耐震計算書において説明するものとする。

第 4-1 表 格納容器，原子炉圧力容器等の解析コードの変更（1/2）

評価対象設備		解析コード		適用実績
		既工認	今回工認	
格納容器	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライウエル ・サブプレッションチェンバ ・ベント管 ・格納容器スプレイヘッド 	ASSAL	NASTRAN	大間 1 号炉 既工認
原子炉圧力 容器	<ul style="list-style-type: none"> ・円筒胴 ・下鏡 ・制御棒駆動機構ハウジング 貫通部 ・再循環水出口ノズル ・再循環水入口ノズル ・蒸気出口ノズル ・給水ノズル ・低圧炉心スプレイノズル ・高圧炉心スプレイノズル ・低圧注水ノズル ・上鏡スプレイノズル ・ベントノズル ・ジェットポンプ計測管貫通 部ノズル ・液体ポイズン及び炉心計測 ノズル ・円筒胴計測ノズル ・ドレンノズル ・支持スカート 	ASSAL 及び FEMR	ASHSD2	大間 1 号炉 既工認
	<ul style="list-style-type: none"> ・差圧検出・ほう酸水注入配 管 	EBASCO 社 構造解析コード	NASTRAN	大間 1 号炉 既工認

第 4-1 表 格納容器，原子炉圧力容器等の解析コードの変更 (2/2)

設備名	評価対象項目	解析コード		適用実績
		既工認	今回工認	
炉心支持構造物	・ シュラウドサポート	ASSAL	ASHSD2	大間 1 号炉 既工認
（圧力容器内構造物を含む）	・ 給水スパージャ ・ 炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内） ・ 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内）	EBASCO 社 構造解析コード [※]	NASTRAN	大間 1 号炉 既工認
	・ 起動領域計装	HISAC	SAP-IV	大間 1 号炉 既工認
その他機器類	・ 水圧制御ユニット	EBASCO 社 構造解析コード [※]	SAP-IV	大間 1 号炉 既工認

最新知見として得られた減衰定数の採用について

1. 概要

今回工認では、以下の設備について最新知見として得られた減衰定数を採用する。これらの変更は、振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を最新知見として反映したものであり、大間1号炉の建設工認において適用実績がある。

- ① 原子炉建屋クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン（以下「建屋クレーン」という。）の減衰定数^{※1}
- ② 燃料取替機の減衰定数^{※1}
- ③ 配管系の減衰定数^{※1, ※2}

※1 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（H7～H10）」

※2 電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価手法に関する研究（H12～H13）」

なお、本資料に記載する①～③の内容については、「大間原子力発電所1号機の工事計画認可申請に関わる意見聴取会」において聴取されたものである。

また、鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い、鉛直方向の設計用減衰定数についても大間1号炉と同様に新たに設定している。

2. 今回の評価で用いた設計用減衰定数

最新知見として反映した建屋クレーン，燃料取替機及び配管系の設計用減衰定数を第 5-1 表及び第 5-2 表に示す。

第 5-1 表 建屋クレーン及び燃料取替機の設計用減衰定数

設 備	設計用減衰定数(%)			
	水平方向		鉛直方向	
	JEAG4601* ¹	東海第二* ²	JEAG4601* ¹	東海第二* ²
建屋クレーン	1.0	2.0	—	2.0
燃料取替機	1.0	2.0	—	1.5(2.0)* ³

注記*1：原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（社団法人日本電気協会）に定まる設計用減衰定数

*2：東海第二発電所にて適用する設計用減衰定数

*3：（ ）外は，燃料取替機のトリ位置が端部にある場合

（ ）内は，燃料取替機のトリ位置が中央部にある場合

 ：新たに設定したもの

 ：JEAG4601 から見直したもの

第 5-2 表 配管系の設計用減衰定数

		設計用減衰定数* ¹ (%)			
		保温材無		保温材有* ²	
		JEAG 4601* ³	東海 第二* ⁴	JEAG 4601* ³	東海 第二* ⁴
I	スナッパ及び架構レストレイント支持主体の配管系で、支持具(スナッパ又は架構レストレイント)の数が4個以上のもの	2.0	同左	2.5	3.0
II	スナッパ、架構レストレイント、ロッドレストレイント、ハンガ等を有する配管系で、アンカ及びUボルトを除いた支持具の数が4個以上であり、配管区分Iに属さないもの	1.0	同左	1.5	2.0
III	Uボルトを有する配管系で、架構で水平配管の自重を受けるUボルトの数が4個以上のもの* ⁵	—	2.0	—	3.0
IV	配管区分I、II及びIIIに属さないもの	0.5	同左	1.0	1.5

: 新たに設定したもの
 : JEAG4601 から見直したもの

- * 1 : 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用
- * 2 : 保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が 40% 以下の場合 1.0% を適用するが、金属保温材使用割合が 40% を超える場合は、0.5% とする。
- * 3 : 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(社団法人 日本電気協会) に定まる設計用減衰定数
- * 4 : 東海第二発電所にて適用する設計用減衰定数
- * 5 : 区分III (Uボルトを有する配管系) については、新たに設定したものであり、現状 JEAG4601 では区分IVに含まれる。

(適用条件)

- a. 適用対象がアンカからアンカまでの独立した振動系であること。
大口径管から分岐する小口径管は、その口径が大口径管の口径の 1/2 倍以下である場合、その分岐部をアンカ相当とする独立の振動系とみなしてよい。
- b. 配管系全体として、配管系支持具の位置及び方向が局所的に集中していないこと。
- c. 配管系の支持点間の間隔が次の条件を満たすこと。
配管系全長 / (配管区分ごとに定められた支持具の支持点数) ≤ 15 (m / 支持点)
ここで、支持点とは、支持具が取付けられている配管節点をいい、複数の支持具が取付けられている場合も 1 支持点とする。
- d. 配管と支持構造物との間のガタの状態等が施工管理規程に基づき管理されていること。ここで、施工管理規程とは、支持装置の設計仕様に要求される内容を反映した施工要領等をいう。

3. 設計用減衰定数の考え方

(1) 建屋クレーン及び燃料取替機の設計用減衰定数

a. 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1991 追補版（以下「J E A G 4601」という。）に基づく設計用減衰定数

J E A G 4601 において建屋クレーン及び燃料取替機は溶接構造物として分類されているため、設計用減衰定数は 1.0% が適用される。

b. 設計用減衰定数の見直し

建屋クレーン及び燃料取替機の減衰定数に寄与する要素には、材料減衰と部材間に生じる構造減衰に加え、車輪とレール間のガタや摩擦による減衰があり、溶接構造物としての 1.0% より大きな減衰定数を有すると考えられることから、実機を試験体とした振動試験が実施された。

振動試験の結果、建屋クレーンの減衰定数については水平 2.0%、鉛直 2.0% が得られた。また、燃料取替機の減衰定数については水平 2.0%、鉛直 1.5%（燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合）、2.0%（燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合）が得られた。

c. 東海第二発電所への適用性

振動試験の概要並びに振動試験における試験体、東海第二発電所の実機及び先行認可実績のある大間 1 号炉の実機との仕様の比較を参考資料 1 及び参考資料 2 に示す。

東海第二発電所における建屋クレーン及び燃料取替機については、試験結果の適用性が確認されている大間 1 号炉の原子炉建屋クレーン及び燃料取替機と同等の基本仕様を有する。従って、今回の評価における建屋クレーンの減衰定数については水平 2.0%、鉛直 2.0% を用いる。また、燃料取替機の減衰定数については水平 1.5%（燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合）、2.0%（燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合）

を用いる。

(2) 配管系の設計用減衰定数

a. J E A G 4601 に基づく設計用減衰定数

J E A G 4601 における配管系の設計用減衰定数は、配管支持装置の種類や個数によって 3 区分に分類されており、さらに保温材を設置した場合の設計用減衰定数が規定されている。

b. 今回の評価で用いる設計用減衰定数

以下、(a)、(b) に示す項目については、配管系の振動試験の研究成果に基づき、J E A G 4601 に規定する値を見直し設定する。

(a) Uボルト支持の配管系

J E A G 4601 におけるUボルト支持配管系の設計用減衰定数は、0.5%と規定されている。

Uボルト支持の配管系の減衰に寄与する要素には、主に配管支持部における摩擦があり、架構レストレイントを支持具とする配管系と同程度の減衰定数を有すると考えられることから、振動試験等が実施され、減衰定数 2.0%が得られた。

振動試験で用いられたUボルトについては、原子力発電所で採用されている代表的なものを用いていることから、振動試験等により得られた減衰定数を適用できると判断し、今回の評価におけるUボルト支持配管系の設計用減衰定数は、振動試験結果から得られた減衰定数 2.0%を設定する。

なお、参考として振動試験結果の概略を参考資料 3 に示す。

(b) 保温材を設置した配管系

J E A G 4601 における保温材を設置した設計用減衰定数は、振動試験の結果に基づき、保温材を設置していない配管系に比べ設計用減衰定

数を 0.5%付加できることが規定されている。

その後、保温材の有無に関する減衰定数の試験データが拡充され、保温材を設置した場合に付加できる設計用減衰定数を見直すための検討が行われた。

今回の評価における保温材を設置した場合に付加する設計用付加減衰定数は、振動試験結果から得られた減衰定数 1.0%を、保温材無の場合に比べて付加することとする。

なお、振動試験結果の概略を参考資料 4 に示す。

c. 東海第二発電所への適用性

減衰定数の検討においては、要素試験結果から減衰定数を算出するための評価式を求め、その上で、実機配管系の解析を行い、減衰定数を求めている。

要素試験においては、原子力発電所で採用されている代表的な 4 タイプ(参考資料 3 補足参照)を選定しており、東海第二発電所においても、この 4 タイプの U ボルトを採用している。また、実機配管系の解析対象とした 28 モデルには、BWR プラントの実機配管も含まれており、配管仕様(口径, 肉厚, 材質), 支持間隔・配管ルートについては、様々な配管剛性や振動モードに対応した検討を実施している。(参考資料 3 参照)

従って、今回検討した設計用減衰定数は東海第二発電所へ適用可能であり、東海第二発電所における配管の設計用減衰定数として設定する。

4. 鉛直方向の設計用減衰定数について

今回工認では、鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い、鉛直方向の設計用減衰定数を新たに設定している。今回工認で適用する設計用減衰定数について、J E A G 4601 に規定されている設計用減衰定数との比較を第 5-3 表に示す。

鉛直方向の設計用減衰定数は、基本的に水平方向と同様とするが電気盤や燃料集合体等の鉛直地震動に対し剛体挙動する設備は 1.0%とする。また、建屋クレーン、燃料取替機及び配管系については、既往の試験等により確認されている値を用いる。

なお、これらの設計用減衰定数は、大間 1 号炉の建設工認にて適用例がある。

第 5-3 表 機器・配管系の設計用減衰定数

設 備	設計用減衰定数 (%)			
	水平方向		鉛直方向	
	JEAG4601	今回工認	JEAG4601	今回工認
溶接構造物	1.0	同左	—	1.0
ボルト及びリベット構造物	2.0	同左	—	2.0
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	同左	—	1.0
燃料集合体	7.0	同左	—	1.0
制御棒駆動機構	3.5	同左	—	1.0
電気盤	4.0	同左	—	1.0
建屋クレーン	1.0	2.0	—	2.0
燃料取替機	1.0	2.0	—	1.5(2.0)*
配管系	0.5~2.0	0.5~3.0	—	0.5~3.0

注記 * : () 外は、燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合
() 内は、燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合

建屋クレーンの振動試験～減衰比の検討～設計用減衰定数の設定

実機を試験体とした振動試験から得られた天井クレーン構造の減衰特性に基づき、設計用減衰定数の検討を行った。

1. 代表試験体の選定

原子炉建屋天井クレーン8タイプ、一般用2タイプの天井クレーンの基本仕様（トロリ及びガーダの重量、高さ、スパン）を調査。
各クレーンの、構成要素・基本構造、減衰に影響を与えと考えられるクレーン全重量とトロリ重量の比及び振動特性が同等であることを確認。

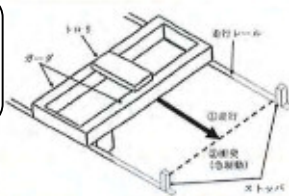
一般用天井クレーンを代表試験体とし、個体差及びガーダ形状の影響を確認するために、ガーダの断面形状が異なるタイプの同一仕様の試験体No.1、No.2及びガーダの断面形状が同じタイプの試験体No.3を使用し、合計3機の試験体で実施。

2. 振動試験

【鉛直方向の加振方法】
吊荷を床から50mm程度まで持ち上げた後、最大速度で下降させて床に着地させ、この時の自由振動を計測する。

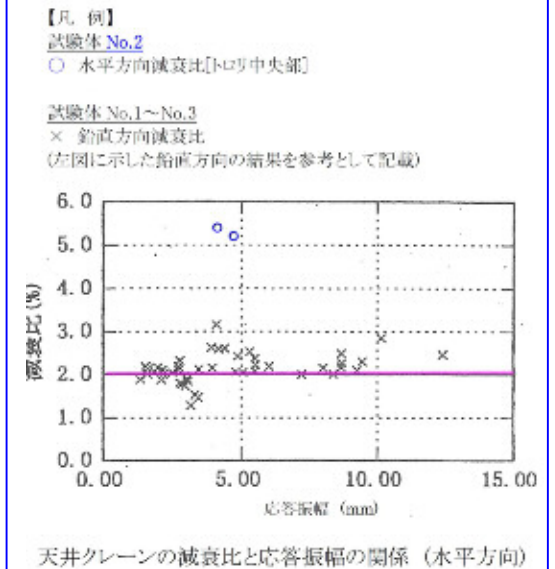
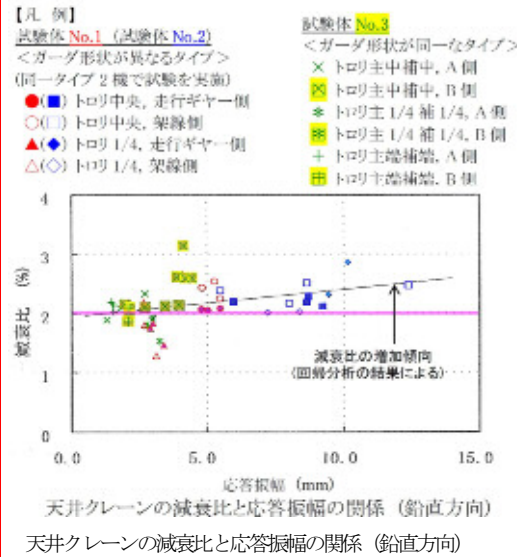


【水平方向の加振方法】
クレーンを1m程度走行させ、急停止することにより、自由振動を計測する。



3. 計測データの処理

振動試験で得られた自由振動波形から減衰比を算定



4. 設計用減衰定数の設定

【試験結果 (鉛直方向)】
応答振幅に対する減衰比の傾向は、応答振幅が比較的小さい場合には減衰比のばらつきが大きいが、応答振幅が大きくなると、減衰比の発生源となる構造減衰が増加し、減衰比が徐々に増加するとともに、そのばらつきが小さくなる。
応答振幅 5.0mm で減衰比 2.0%以上が得られた。

【設計用減衰定数 (鉛直方向)】
応答振幅の増加に伴い、減衰比は増加傾向にあり、設計応答振幅 (トロリ位置中央部 12.2mm、端部 6.0mm) レベルで減衰比 2.0%以上となっていることから、設計用減衰定数 2.0%と設定した。

【試験結果 (水平方向)】
水平方向の減衰比は、応答振幅 4.7mm において 5.2%という結果が得られた。

【設計用減衰定数 (水平方向)】
水平方向の減衰比は、応答振幅レベル 4.7mm において 5%程度の減衰比が得られているが、データ点数が少ない (設計応答振幅 8.9mm に達していない) ため、鉛直方向と同じ 2.0%を水平方向の設計用減衰定数と設定した。

○ 建屋クレーンの試験体と実機との仕様比較

建屋クレーンは、ガーダ2本上にトロリが設置されている構造である。表2-1に天井クレーン試験体、東海第二発電所及び大間1号炉の建屋クレーンの主要な仕様を示す。

表2-1 天井クレーン試験体、実機建屋クレーン仕様の比較

仕 様		試験体 一般用天井クレーン		実機建屋クレーン			備 考
		試験体 No1,2	試験体 No3	東海第二		大間1号機	
				原子炉建屋 クレーン	使用済燃料 乾式貯蔵建屋 クレーン	原子炉建屋 クレーン	
トロリ	重量 W_t (ton)	43.5	71.0	48.0	30.0	80.0	
	高さ h (m)	2.265	3.0	2.280	0.975	2.815	
	スパン L_1 (m)	5.8	6.8	5.6	4.0	7.7	
	スパン L_2 (m)	4.1	3(主巻用) 2.5(補助巻用)	4.1	3.6	4.6	
ガーダ	重量 W_g (ton)	104.5	191.5	118.0	67.0	190	
	高さ H (m)	1.32	2.3	2.5	4.42	1.915	
	スパン L_1 (m)	33.0	33.0	39.5	20.4	34.9	
	スパン L_2 (m)	7.06	8.9	6.2	7.6	9.38	
総重量	W_T (ton)	148.0	262.5	166.0	107.0	270.0	
トロリ重量と 総重量の比	W_t/W_T	0.294	0.270	0.289	0.309	0.298	

○ 試験体と実機の比較の考え方

減衰比は、一般的に振動エネルギーと消散エネルギーの比で表される。消散エネルギーはガーダ等の構造部材の材料減衰、トロリ、ガーダ等のガタや摩擦による構造減衰により発生すると考えられ、天井クレーン構造の建屋クレーンにおいては、ガーダ、トロリは固定構造ではなく、レールと車輪間にすべりが発生する構造であることから、トロリとガーダとの微小な相対運動によるエネルギーの消散が減衰特性に最も影響が大きい因子と考えられる。

ここで、トロリの相対運動による消散エネルギーはトロリ質量に比例し、振動エネルギーはクレーンの振動質量に比例する。建屋クレーンは建屋に対して走行車輪部のみで支持された両端支持はりの構造をしており、地震時の振動モードは上下・水平方向共にガーダ中央のたわみが最大となる1次モードが支配的となる。そのため、振動質量はクレーンの総質量に比例し、減衰比はトロリ質量とクレーンの総重量の比に影響を受けることになる。

上表とおり、東海第二発電所の建屋クレーンのトロリ重量と総重量の比は、試験体及び大間1号炉の実機と同程度になることを確認している。

以上から、建屋クレーンの設計用減衰定数として水平2.0%、鉛直2.0%を適用する。

燃料取替機への振動試験～減衰比の検討～設計用減衰定数の設定

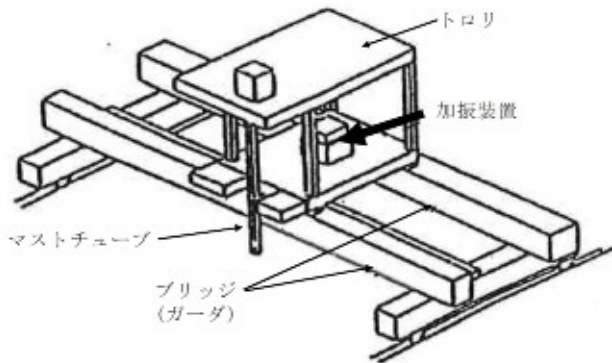
実機を試験体とした振動試験から得られた燃料取替機の減衰特性に基づき、設計用減衰定数の検討を行った。

1. 代表試験体の選定

燃料取替機5機について、基本仕様（トロリ及びガードの重量、高さ、スパン）を調査。各燃料取替機の、構成要素・基本構造・サイズ・重量・振動特性が同等であることを確認。

燃料取替機5機の中から建設中プラントの燃料取替機を代表試験体として選定。

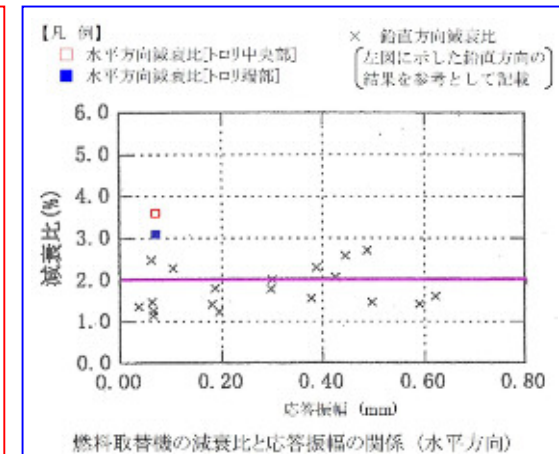
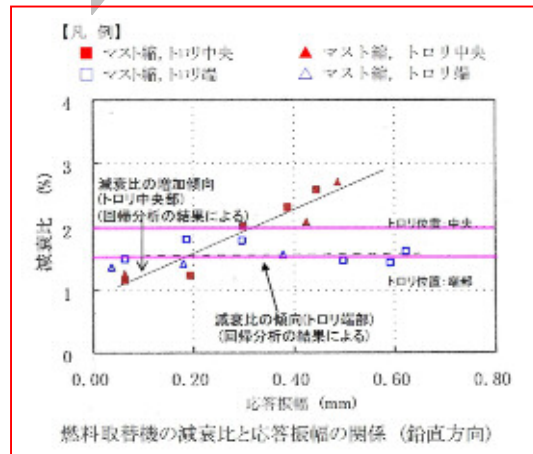
2. 振動試験



【加振方法（鉛直・水平方向）】
トロリ中央部に設置した加振装置による強制加振（正弦波 5Hz から 20Hz）

3. 計測データの処理

振動試験で得られた周波数応答曲線からハーフパワー法で減衰比を算定



4. 設計用減衰定数の設定

【試験結果（鉛直方向）】
トロリ位置が中央部の場合では、応答振幅の増加に従って減衰比は増加する傾向を示している。応答振幅0.40mmで減衰比2.0%以上が得られている。
トロリ位置が端部の場合では、応答振幅に係らず1.5%程度の減衰比が得られている。

【設計用減衰定数（鉛直方向）】
トロリ位置が中央部の場合では、応答振幅の増加に伴い減衰比は増加傾向にあり、応答振幅レベル0.40mmでも減衰比2.0%以上となっていることから、設計用減衰定数2.0%としたとしている。
トロリ位置が端部の場合では、応答振幅に係らず1.5%程度の減衰比が得られていることから、設計用減衰定数1.5%とした。

【試験結果（水平方向）】
燃料取替機の水平方向の減衰比は、トロリ位置が中央部で応答振幅0.07mmにおいて3.6%、トロリ位置が端部で応答振幅0.07mmにおいて3.1%という結果が得られている。

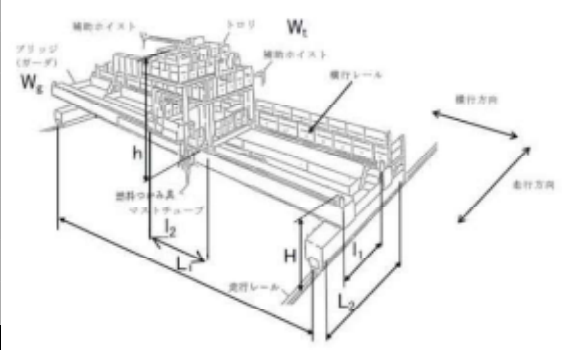
【設計用減衰定数（水平方向）】
水平方向の減衰比は、応答振幅レベル0.07mmで3.6%（トロリ中央部）及び3.1%（トロリ端部）の減衰比が得られているが、データ点数が少ないため、鉛直方向と同じ2.0%を水平方向の設計用減衰定数とした。

○ 燃料取替機の試験体と実機との仕様比較

燃料取替機は、フレーム構造のブリッジ上にトロリが設置されている構造である。表 3-1 に燃料取替機試験体、東海第二発電所及び大間 1 号炉の燃料取替機の主要な仕様を示す。

表 3-1 燃料取替機試験体, 実機燃料取替機仕様の比較

仕様	試験体	実機		備考
		東海第二	大間	
トロリ	質量 W_t (ton)	15.5	15.0	27.0
	高さ h (m)	4.795	4.533	5.795
	スパン L_1 (m)	3.0	2.5	3.0
	スパン L_2 (m)	2.6	2.6	3.0
ブリッジ	質量 W_g (ton)	23.6	36.0	40.0
	高さ H (m)	2.005	2.415	2.075
	スパン L_1 (m)	12.46	13.36	15.16
	スパン L_2 (m)	4.6	4.6	4.43
総質量	W_T (ton)	39.1	51.0	67.0



○ 試験体と実機の比較の考え方

燃料取替機については、ブリッジ等の骨組み構造の材料減衰、トロリ、ブリッジ等のガタや摩擦による構造減衰が減衰比に影響を与えられとされる。トロリの構造減衰はトロリ位置によって異なる。試験で得られた減衰比データとしては、ブリッジ中央にトロリがある場合、ブリッジの端部にトロリがある場合の 2 種類ある。鉛直方向に関しては、ブリッジの中央にトロリがある場合の方が、ブリッジの端部にトロリがある場合に比べて、減衰比は高くなっている。

ブリッジ中央にトロリがある場合、鉛直方向に関しては、応答振幅の増加に伴い減衰比は増加傾向にあり、応答振幅レベル 0.40mm で減衰比 2.0%以上となっていることから、設計用減衰定数を 2.0%とする。水平方向の減衰比は、応答振幅レベル 0.07mm で 3.6%の減衰比が得られているが、データ点数が少ないため、鉛直方向と同じ 2.0%を水平方向の設計用減衰定数とした。

ブリッジ端部にトロリがある場合、鉛直方向に関しては、応答振幅に係らず 1.5%程度の減衰比が得られていることから、設計用減衰定数 1.5%とした。水平方向の減衰比は、応答振幅レベル 0.07mm で 3.1%の減衰比が得られているが、データ点数が少ないため、鉛直方向と同じ 2.0%を水平方向の設計用減衰定数とした。

実機への適用性の観点では、上表の試験体と東海第二発電所における燃料取替機の構造の比較から、ブリッジスパン、質量は同等以上となっており、振動特性として応答は大きくなる傾向にあると考えられる。また、試験では低加速度レベル（水平約 100Gal、鉛直約 200Gal）にて実施されているが、実際の基準地震動 S_s はそれよりも大きな加速度レベルとなる。試験結果から、応答の増加に伴い減衰比も増加傾向にあるため、上記の試験結果より得られた減衰比は適用可能と考えられる。

以上から、燃料取替機の設計用減衰定数として水平 2.0%、鉛直 1.5%（燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合）、2.0%（燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合）を適用する。

Uボルト支持配管系の振動試験-(1/3):①要素試験～②消散エネルギー評価式の策定～③要素試験結果との比較

Uボルト支持部1箇所での減衰特性を把握するため、最も単純な試験体で振動試験を実施

Uボルト支持配管系の研究の流れ

① 要素試験

Uボルト1個が有する減衰特性を把握



② 消散エネルギー評価式の策定

要素試験結果より、消散エネルギー評価式を策定し、減衰推算法により減衰定数を求める。



③ 要素試験結果との比較

要素試験から策定した消散エネルギー評価式について、実規模配管系で保守性を確認

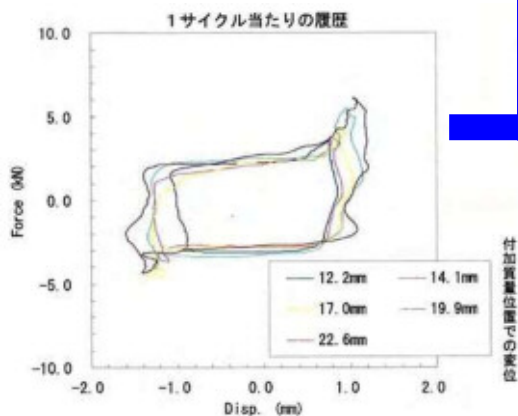
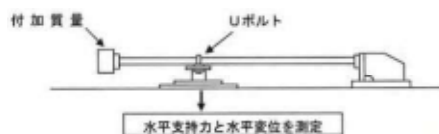


④ 実規模配管系試験

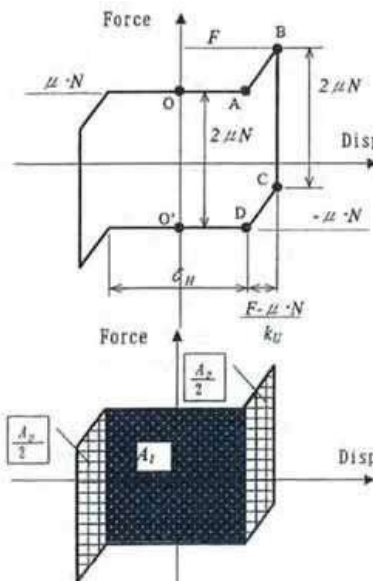
実規模配管系の試験結果と消散エネルギー評価式に基づく減衰定数を比較し、消散エネルギー評価式の保守性を確認



⑤ 配管解析に基づく設計用減衰定数の検討



変位-荷重履歴のモデル化



(消散エネルギー評価式の策定へ)

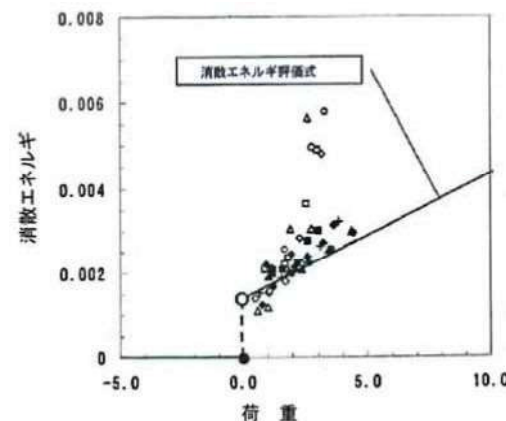
【消散エネルギー評価式の策定】

○モデル内部の面積が消散されるエネルギーであり、この面積を数式化

$$\Delta E = A_1 + A_2$$

$$A_1 = 4 \cdot \mu \cdot N \cdot \frac{\delta_H}{2}$$

$$A_2 = 4 \cdot \mu \cdot N \cdot \frac{F - \mu \cdot N}{k_u}$$



要素試験結果と消散エネルギー評価式の結果の比較

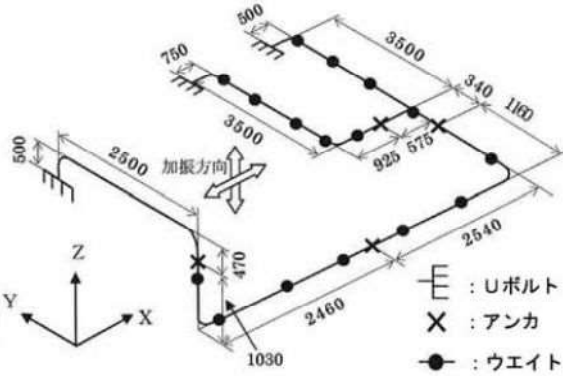
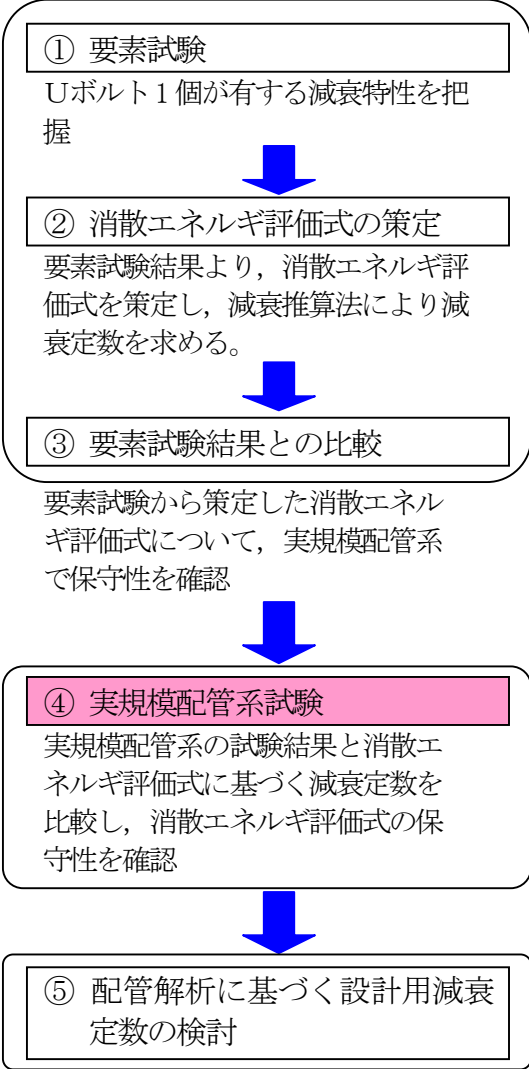


消散エネルギー評価式の保守性の確認

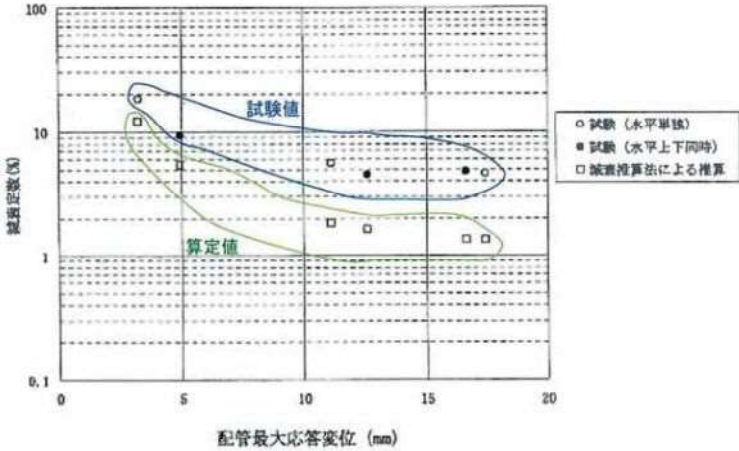
Uボルト支持配管系の振動試験-(2/3):④実規模配管系試験

要素試験結果に基づき策定した消散エネルギー評価式の実機への適用性確認のため、実規模配管系試験による振動試験を実施し、試験結果より得られる減衰定数と消散エネルギー評価式より得られる減衰定数の比較検討を行った。

Uボルト支持配管系の研究の流れ



試験結果と消散エネルギー評価式による減衰定数の比較



試験結果と消散エネルギー評価式による減衰定数を比較した結果、消散エネルギー評価式の方が全変位領域で下回っており、消散エネルギー評価式の保守性が確認された。

Uボルト支持配管系の振動試験-(3/3):⑤配管解析に基づく設計用減衰定数の検討

参考資料-3 (3/8)

実機プラントにおいては、配管系の支持箇所やルートは多種多様である。ここでは、実機配管系の計算モデルに対して消散エネルギー評価式を用いて減衰定数を算出し、さらに、Uボルト支持配管系の設計用減衰定数の検討を行った。

Uボルト支持配管系の研究の流れ

① 要素試験

Uボルト1個が有する減衰特性を把握

② 消散エネルギー評価式の策定

要素試験結果より、消散エネルギー評価式を策定し、減衰推算法により減衰定数を求める。

③ 要素試験結果との比較

要素試験から策定した消散エネルギー評価式について、実規模配管系で保守性を確認

④ 実規模配管系試験

実規模配管系の試験結果と消散エネルギー評価式に基づく減衰定数を比較し、消散エネルギー評価式の保守性を確認

⑤ 配管解析に基づく設計用減衰定数の検討

変位仮定減衰定数

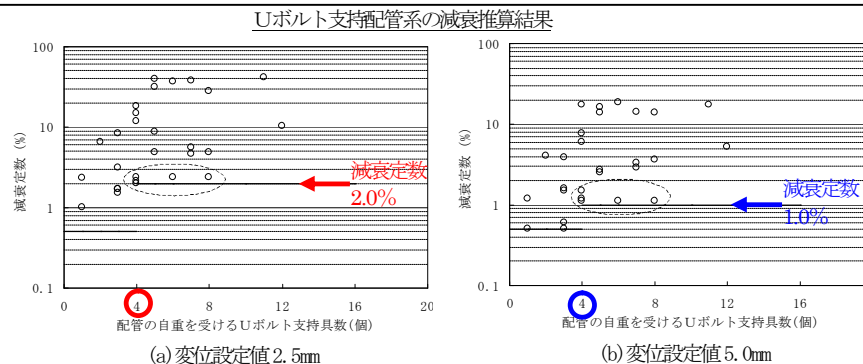
モード別減衰定数

Uボルト支持配管系 (28モデル) に対する解析による検討 (各振動モードが全て一律の変位が生じると仮定)

- 前項までに、実規模配管系試験にて消散エネルギー評価式の保守性を確認
- 設計用減衰定数を設定するにあたっては、Uボルト支持具数や配管ルートなど様々な配管系について検討する必要がある。
- 消散エネルギー評価式による減衰定数が配管変位に依存するため、配管系の振動モード変位を一定と仮定した状態で減衰定数(変位仮定減衰定数)を算出した。
対象はUボルト支持部を有する実機配管系(28モデル)とした。

解析の結果、Uボルト4個以上の配管系において

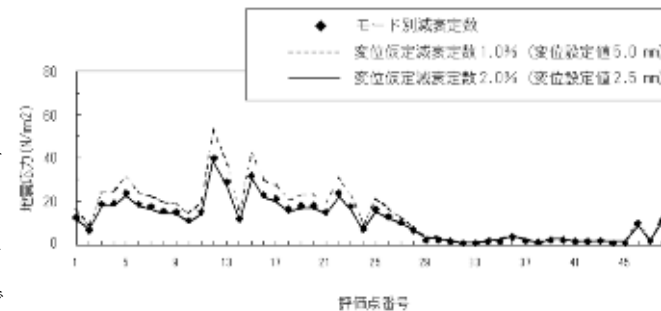
- (a) 仮定変位2.5mmの場合、減衰定数2.0%以上が得られた。
- (b) 仮定変位5.0mmの場合、減衰定数1.0%以上が得られた。



詳細計算による減衰定数の検討 (モード別減衰定数による検討)

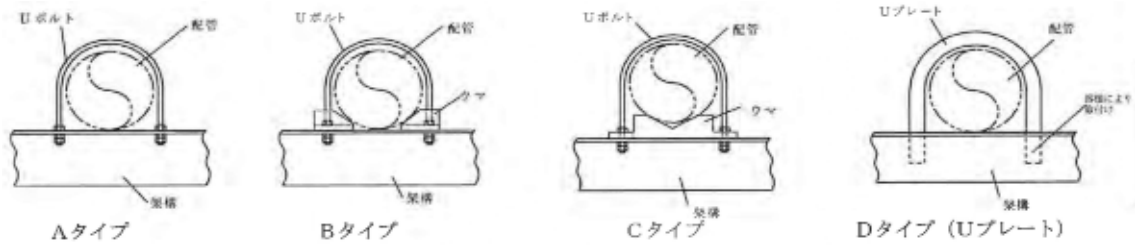
- 変位仮定減衰定数は計算結果からも判るように「仮定する変位」に依存する。
- 変位2.5mmの減衰定数及び変位5.0mmの減衰定数のそれぞれ2.0%及び1.0%を与える下限値を示した配管モデルに対して、より詳細な解析を行い、Uボルト支持配管系の設計用減衰定数を検討した。

- 比較検討の結果、詳細計算結果と変位2.5mmを与えた場合の結果がよく一致していることがわかり、Uボルト支持配管系の設計用減衰定数を2.0%に設定した。なお、2.0%の適用に当たっては、以下の項目を条件とするとしている。
- Uボルトは、運転中に配管とボルト頂部との間に隙間があるよう施工されること。
- 今回、検討対象としたUボルトの据付状態であること(水平配管の自重を架構で受けるUボルト)。



【補足】要素試験に用いたUボルト支持構造物のタイプ

試験に用いたUボルトは、原子力発電所で採用されている代表的な4タイプを選定した。



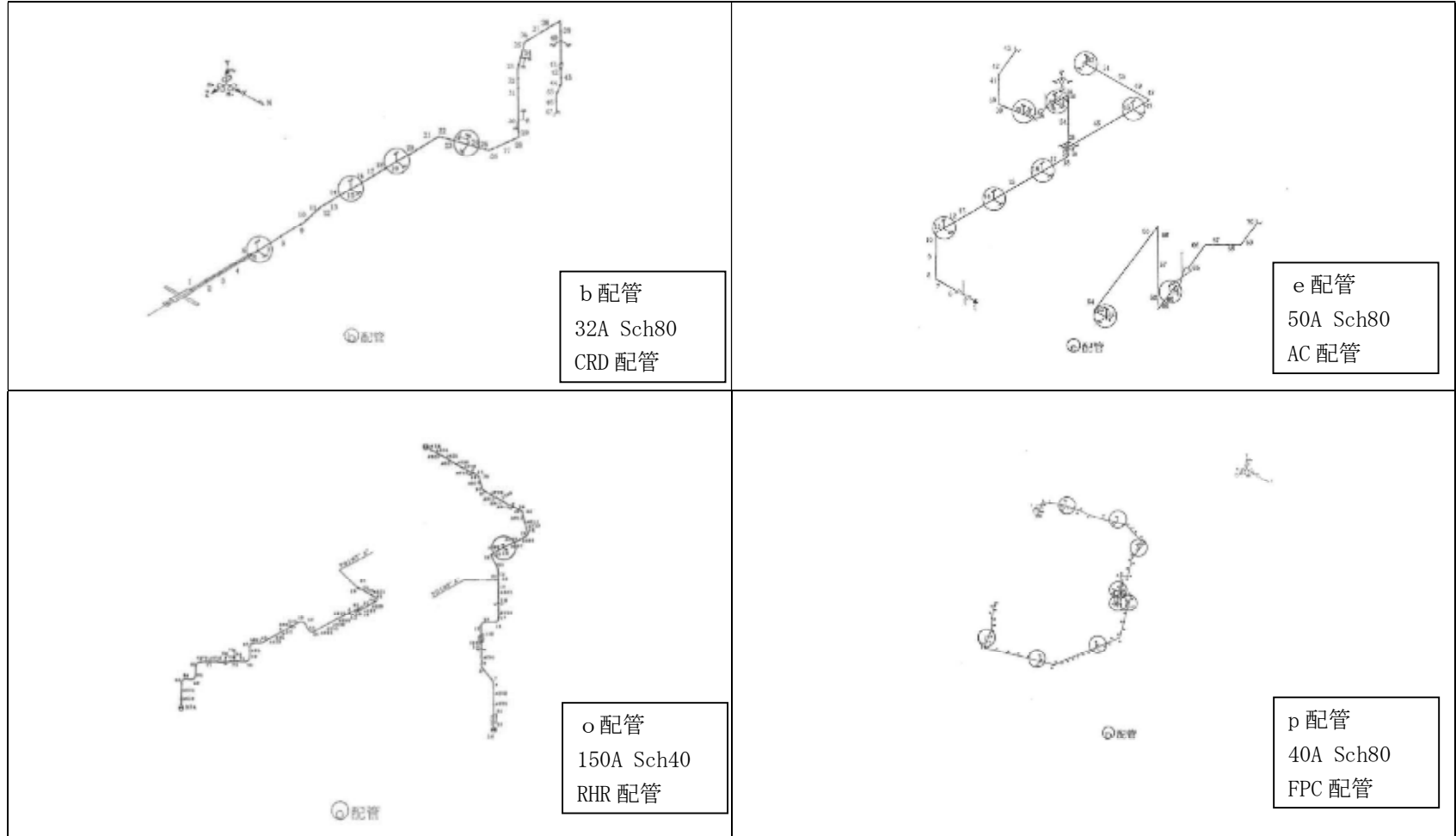
【解析を行った配管仕様】

- ・口径：20A～400A
- ・材質：ステンレス鋼，炭素鋼

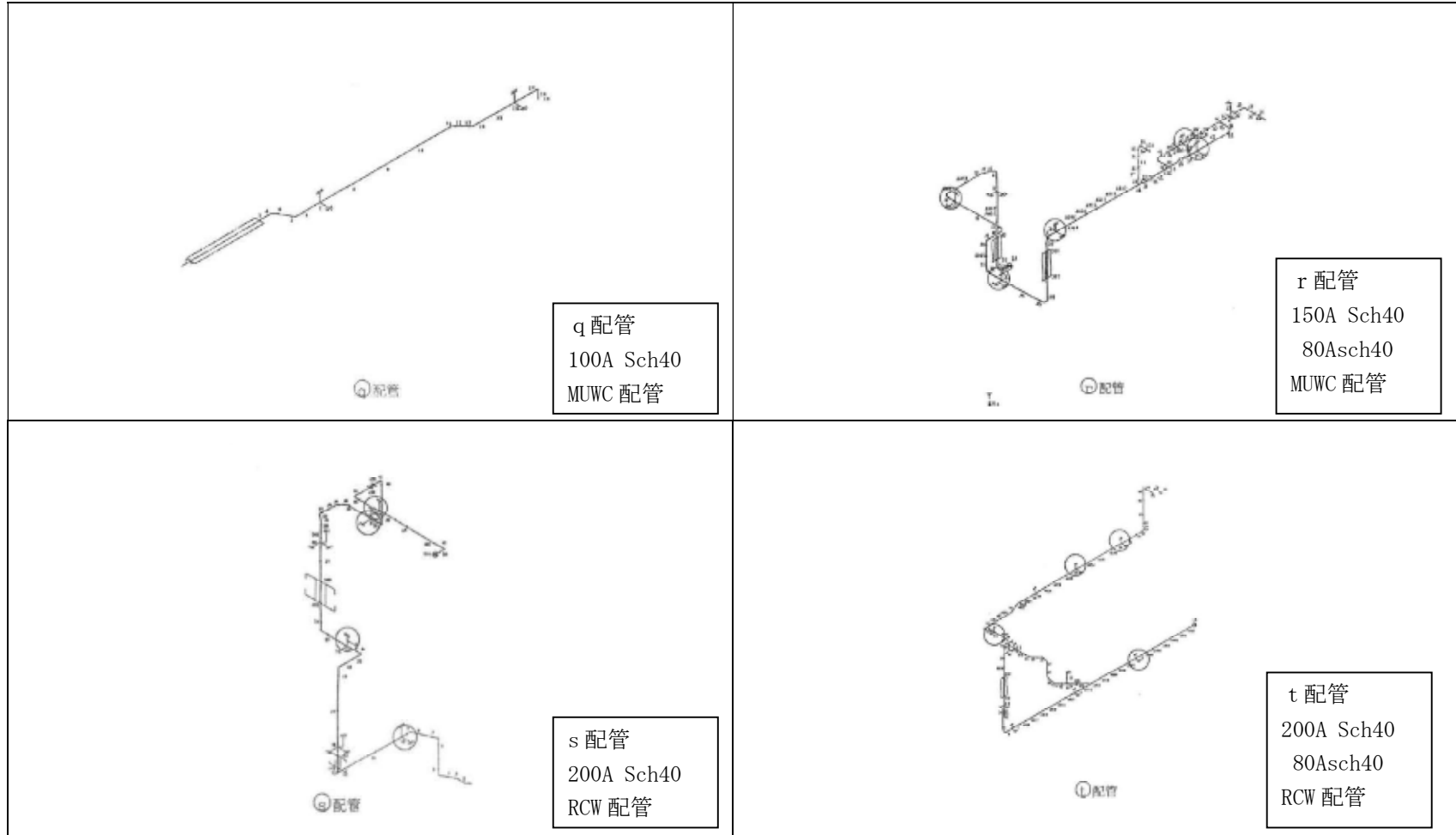
上記のうちBWR実機配管

	系統	口径
b 配管	CRD	32A
e 配管	AC	50A
o 配管	RHR	150A
p 配管	FPC	40A
q 配管	MUWC	100A
r 配管	MUWC	150A, 80A
s 配管	RCW	200A
t 配管	RCW	200A, 80A
u 配管	CRD	32A

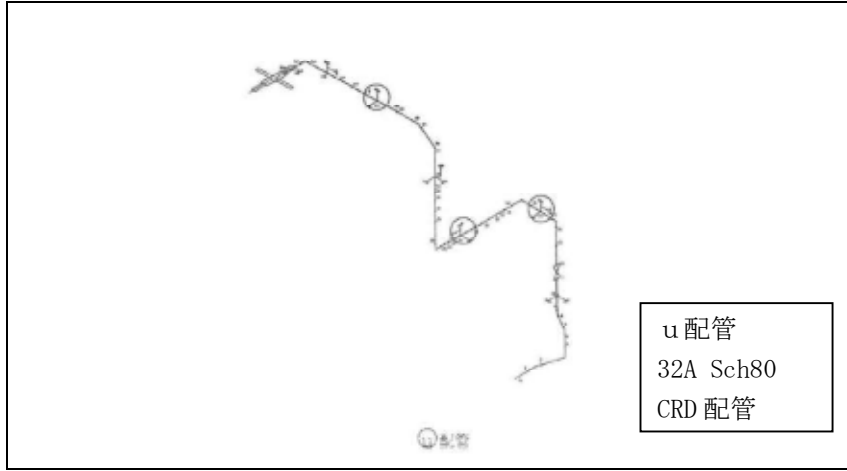
実機配管系の解析モデル図 (b・e・o・p 配管)



実機配管系の解析モデル図 (q・r・s・t 配管)



実機配管系の解析モデル図 (u 配管)



配管系の保温材による付加減衰定数

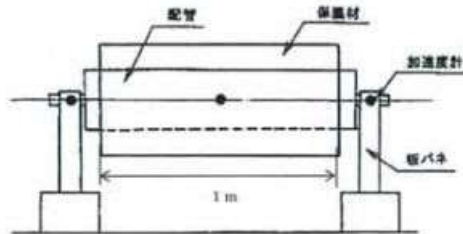
試験体を使用した振動試験から得られた配管系の保温材による付加減衰定数に基づき、設計用減衰定数の検討を行った。

1. 試験体

配管口径の異なる3種類（① 8B(200A), ② 12B(300A), ③ 20B(500A)）の試験体を用いて振動試験を実施

2. 振動試験

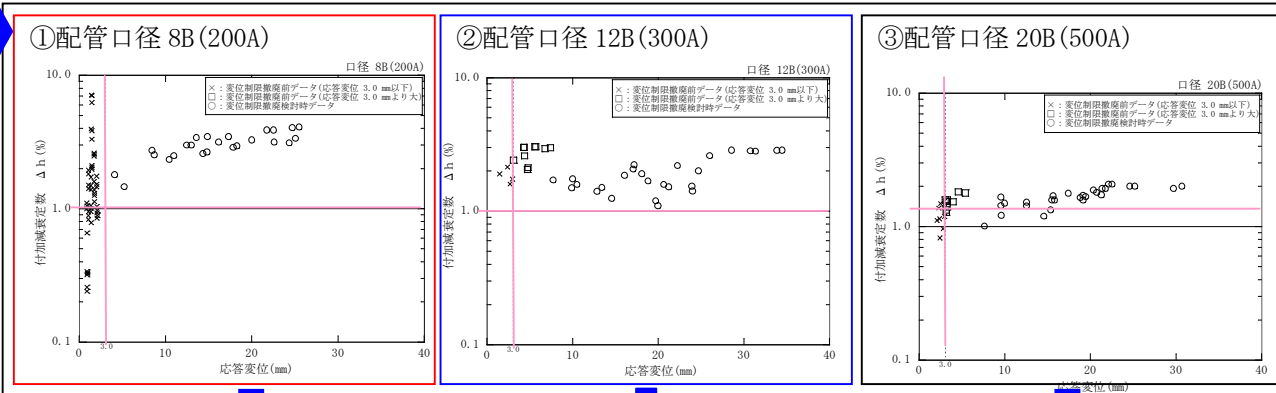
振動試験は保温材有り場合/保温材無しの場合について実施。(保温材厚さ75mm)



試験装置の概略図

3. 試験結果

(保温材有・無の結果を比較し、保温材が有る場合に付加できる減衰定数(以下「付加減衰定数」という。)と変位との関係を示す。)



4. 設計用減衰定数の設定

【試験結果 (8B, 12B, 20B)】

- 応答変位 3mm 以上の領域
保温材による付加減衰定数は1.0%以上、応答変位の漸増または一定の値を示す傾向
- 応答変位 3mm 以下の領域 (小応答領域)
減衰データにばらつきあり、付加減衰定数 1.0% 以下の場合もある

【設計用減衰定数の設定】

小応答変位領域については、配管上強度問題とならないことから、保温材による付加減衰定数は1.0%とする。

※ ただし、本試験において金属保温材が施工されている配管長さは配管全長に対し40%を超える割合であったことから、下記の適用条件を設定した。

- ① 金属保温材が施工されている配管長さが配管全長に対して40%以下の場合・・・1.0%を付加する
- ② 金属保温材が施工されている配管長さが配管全長に対して40%を超える場合・・・0.5%を付加する

水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて

1. 概要

今回工認の耐震設計では、これまで静的な取扱いのみであった鉛直方向の地震力について、動的な地震力を考慮することとなるとともに、水平方向及び鉛直方向の動的な地震力による荷重を適切に組み合わせることが必要となる。

従来 of 水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せは、静的な地震力による鉛直方向の荷重には地震継続時間や最大加速度の生起時刻のような時間の概念がなかったことから、水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の最大値同士の絶対値の和としていた。(以下「絶対値和法」という。)

一方、水平方向及び鉛直方向の両者がともに動的な地震力である場合、両者の最大加速度の生起時刻に差があるという実挙動を踏まえると、従来と同じように絶対値和法を用いるのではなく、時間的な概念を取り入れた荷重の組み合わせ法を検討する必要がある。

本資料では、水平方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せに関する既往研究⁽¹⁾をもとに、二乗和平方根法(以下「SRSS法(Square Root of the Sum of the Squares)」という。)による組合せ法のの妥当性を説明するものである。

なお、SRSS法による組合せは、大間1号炉の既工認において適用実績のある手法である。

2. 東海第二発電所で用いる荷重の組合せ法

東海第二発電所では、静的な地震力による荷重の組合せについては、従来

どおり絶対値和法を用いて評価を行う。また、動的な地震力による荷重の組合せについては、既往知見に基づき、S R S S法を用いて評価を行う。

3. 水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せ法に関する研究の成果

3.1 荷重の組合せ法の概要

絶対値和法とS R S S法の概要を以下に示す。

(1) 絶対値和法

本手法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重（又は応力）
※を絶対値和で組み合わせる方法である。

この方法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重が同時刻に同位相で生じることを仮定しており、組合せ法の中で最も大きな荷重を与える。本手法は、主に地震力について時間の概念がない静的地震力による荷重の組合せに使用する。

$$\text{組合せ荷重（又は応力）} = |M_H|_{\max} + |M_V|_{\max}$$

M_H ：水平方向地震力による荷重（又は応力）

M_V ：鉛直方向地震力による荷重（又は応力）

(2) S R S S法

本手法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重（又は応力）
※を二乗和平方根で組み合わせる方法である。

この方法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重の生起時刻に時間的なずれがあるという実挙動を考慮しており、水平方向及び鉛直方向地震動の同時入力による時刻歴応答解析との比較において平均的な荷重を与える。本手法は、動的な地震力による荷重の組合せに使用する。

$$\text{組合せ荷重（又は応力）} = \sqrt{(M_H) \max^2 + (M_V) \max^2}$$

M_H ：水平方向地震力による荷重（又は応力）

M_V ：鉛直方向地震力による荷重（又は応力）

※：荷重の段階で組み合わせる場合と，荷重による発生した応力の段階で組み合わせる場合がある。

(補足) 荷重または応力による組合せについて

水平方向及び鉛直方向の動的地震力をS R S S法で組み合わせる際、評価対象の機器の形状や部位に応じて荷重の段階で組み合わせる場合と、荷重により発生した応力の段階で組み合わせる場合がある。ここでは、その使い分けについて具体例を用いて説明する。

A. 荷重の段階で組合せを行う場合

横形ポンプの基礎ボルトの引張応力の評価を例とすると、以下の式で示すように水平方向地震力と鉛直方向地震力の組合せは、荷重である水平方向地震力によるモーメント ($m \cdot g \cdot C_H \cdot h$) と鉛直方向地震力によるモーメント ($m \cdot g \cdot C_V \cdot l_1$) を組み合わせる。

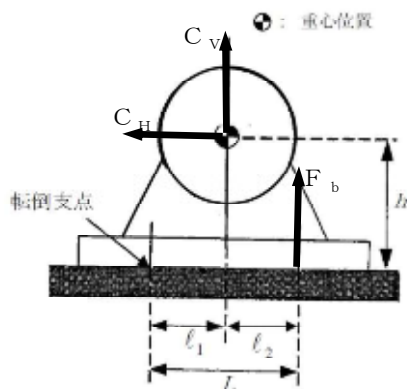
本手法については、非同時性を考慮する地震荷重についてのみS R S Sしており、実績のある妥当な手法である。

【絶対値和法】

$$F_b = \frac{1}{L} \{ m g (C_H h + C_V l_1) + m g C_p (h + l_2) + M_p - m g l_1 \}$$

【S R S S法】

$$F_b = \frac{1}{L} \{ m g \sqrt{ (C_H h) ^ 2 + (C_V l_1) ^ 2 } + m g C_p (h + l_2) + M_p - m g l_1 \}$$



F_b : 基礎ボルトに生じる引張力
 C_H : 水平方向震度
 C_V : 鉛直方向震度
 C_p : ポンプ振動による震度
 g : 重力加速度
 h : 据付面から重心までの距離
 l_1, l_2 : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
 L : 支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかる基礎ボルトまでの距離
 m : 機器の運転時質量

B. 応力による組合せを行う場合

横置円筒形容器の脚部の組合せ応力の評価を例とすると、脚部には水平方向地震力による曲げモーメント M_{11} 及び鉛直方向荷重 P_1 、鉛直方向地震力による鉛直荷重 $(R_1 + m_{a1}g) C_V$ が作用する。(図 B-1)

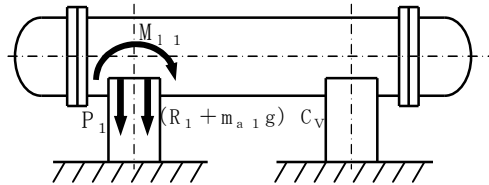


図 B-1 横置円筒系容器の脚部に作用する荷重

水平方向地震力による応力 σ_{s2} 及び鉛直方向地震力による応力 σ_{s4} は式 B-1 及び式 B-2 で表され、脚部の組合せ応力の評価の際は、これらの応力を S R S S 法により組み合わせて式 B-4 を用いて評価を行う。

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{11}}{Z_{sy}} + \frac{P_1}{A_s} \quad \dots \text{(式 B-1)}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{R_1 + m_{s1}g}{A_s} C_V \quad \dots \text{(式 B-2)}$$

σ_{s2} : 水平方向地震により脚部に生じる曲げ及び圧縮応力の和
 M_{11} : 水平方向地震力により脚底面に作用する曲げモーメント
 P_1 : 水平方向地震力により胴の脚付け根部に作用する鉛直方向荷重
 Z_{sy} : 脚部の断面係数
 A_s : 脚部の断面積

σ_{s4} : 鉛直方向地震力により生じる圧縮応力
 R_1 : 脚部が受ける自重による荷重
 m_{a1} : 脚部の質量

【絶対値和法】

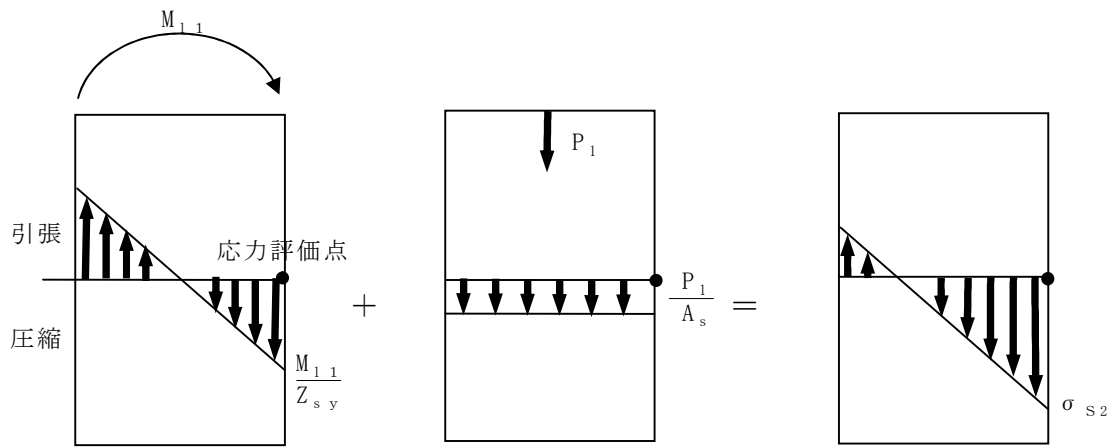
$$\sigma_{s1} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s4})^2 + 3\tau_{s2}^2} \quad \dots \text{(式 B-3)}$$

【S R S S 法】

$$\sigma_{s1} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{(\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s4}^2)})^2 + (3\tau_{s2}^2)} \quad \dots \text{(式 B-4)}$$

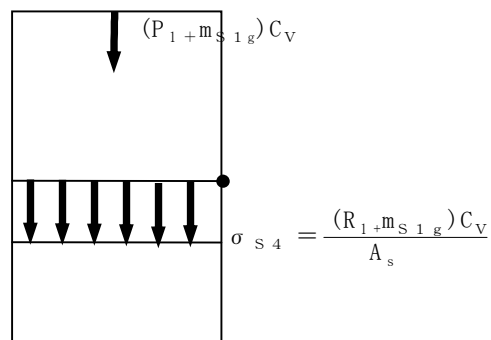
σ_{s1} : 水平方向地震力及び鉛直方向地震力が作用した場合の脚部の組合せ応力
 σ_{s1} : 運転時質量により脚部に生じる圧縮応力
 τ_{s2} : 水平方向地震力により脚に生じるせん断応力

ここで、水平方向地震力による応力 σ_{s2} 及び鉛直方向地震力による圧縮応力 σ_{s4} は図 B-2 の示すように、ともに脚部の外表面の応力を表すものであり、脚部の同一評価点、同一応力成分であることから、これらの組合せを SRS 法により行うことは妥当である。



(ア) 曲げによる応力 (イ) 圧縮による応力 (ウ) 曲げ+圧縮による応力

(a) 水平地震力による応力評価点の応力



(b) 鉛直地震力による応力評価点の応力

図 B-2 横置円筒形容器の脚部に作用する地震力による応力概念図

3.2 S R S S 法の妥当性

既往研究では、実機配管系に対して、水平及び鉛直地震動による最大荷重を S R S S 法により組み合わせた場合と水平及び鉛直方向地震動の同時入力による時刻歴応答解析法により組み合わせた場合との比較検討を以下の通り行っている。

(1) 解析対象配管系モデル

解析対象とした配管は、代表プラントにおける格納容器内の配管系で給水系 (FDW) ×2 本、残留熱除去系 (RHR) 及び主蒸気系 (MS) の計 4 本の配管モデルである。当該配管系は、耐震 S クラスに分類されるものである。

(2) 入力地震

解析に用いた入力地震動は、地震動の違いによる影響を確認するため、兵庫県南部地震 (松村組観測波)、人工波及びエルセントロ波の 3 波を用いた。機器・配管系への入力地震動となる原子炉建屋中間階の応答波の例を第 6-1 図から第 6-3 図に示す。

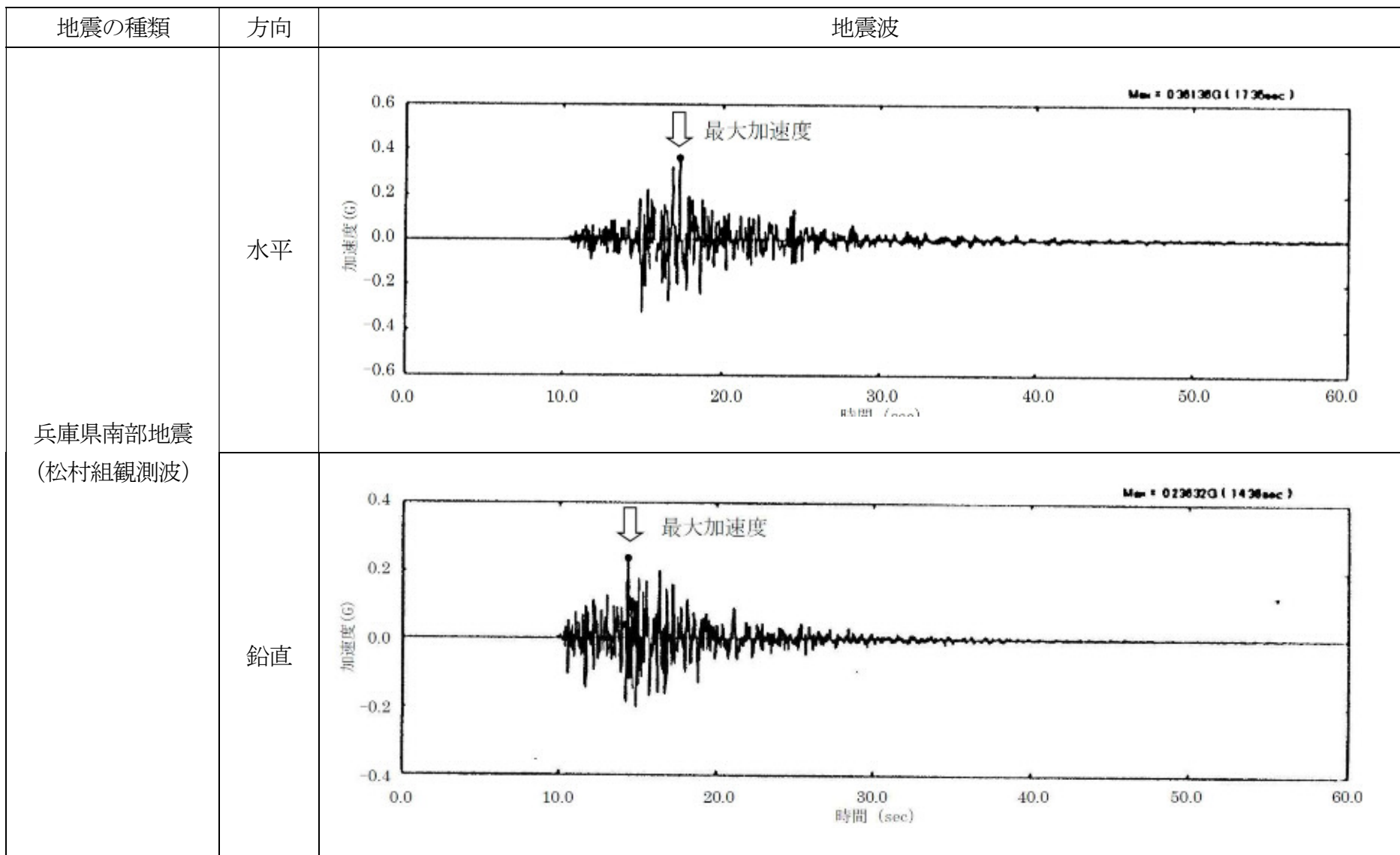
(3) 解析結果

解析結果を第 6-4 図から第 6-7 図に示す。第 6-4 図から第 6-7 図は、水平方向及び鉛直方向の応力に対して、同時入力による時刻歴応答解析法及び S R S S 法により組み合わせた結果をまとめたものであり、参考までに絶対値和法による結果も併記した。

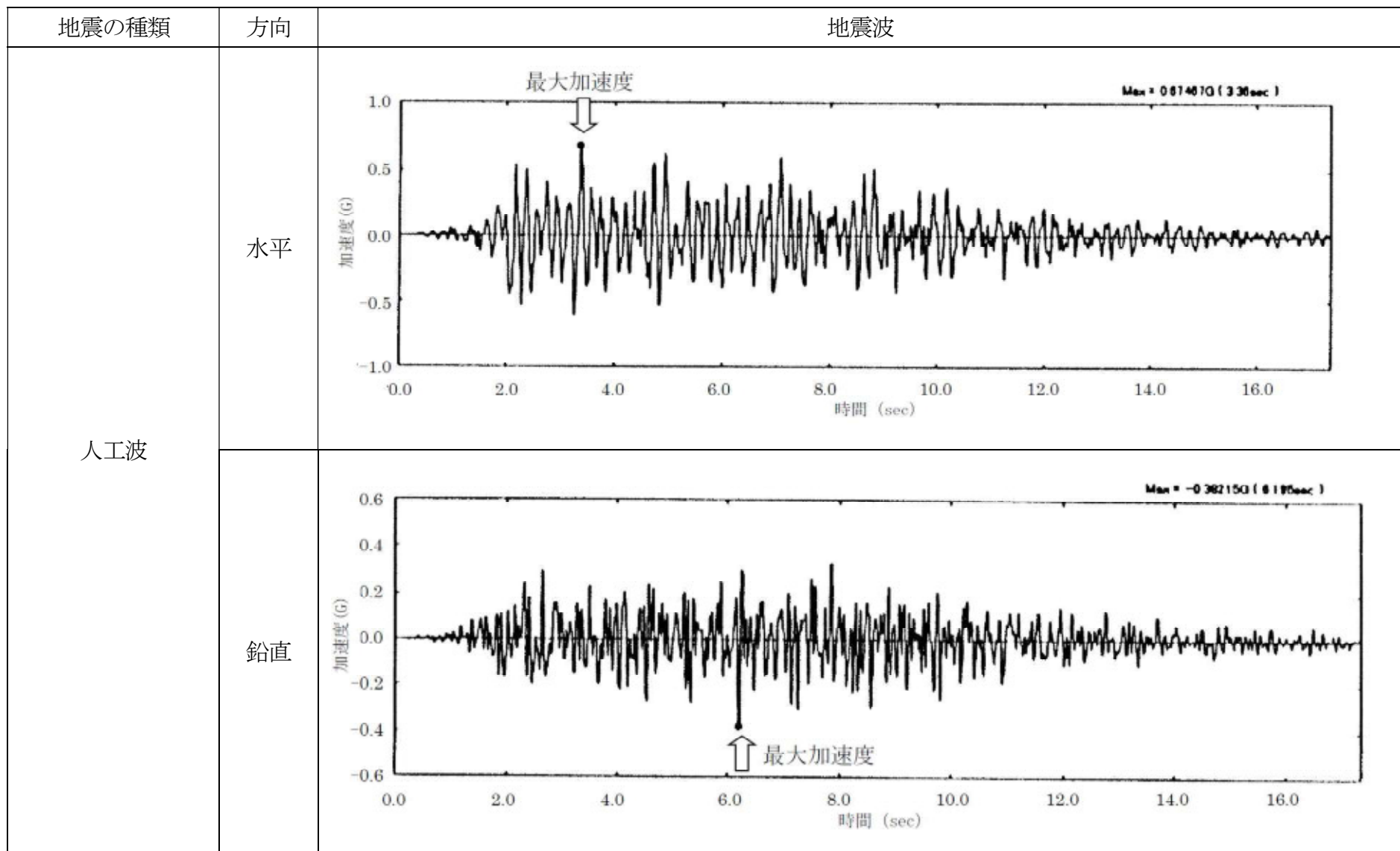
第 6-4 図から第 6-7 図より、いずれの配管系においても最大応力発生点においては、時刻歴応答解析法に対して S R S S 法の方が約 1.1 倍から約 1.4 倍の比率で上回る結果となった。最大応力発生点における S R S S 法と同時入力による時刻歴応答解析との評価結果の比較を第 6-1 表に示す。また、最大応力発生点の部位を第 6-8 図から第 6-11 図に示す。

さらに、配管系全体の傾向を確認するため、配管系の主要な部位におけ

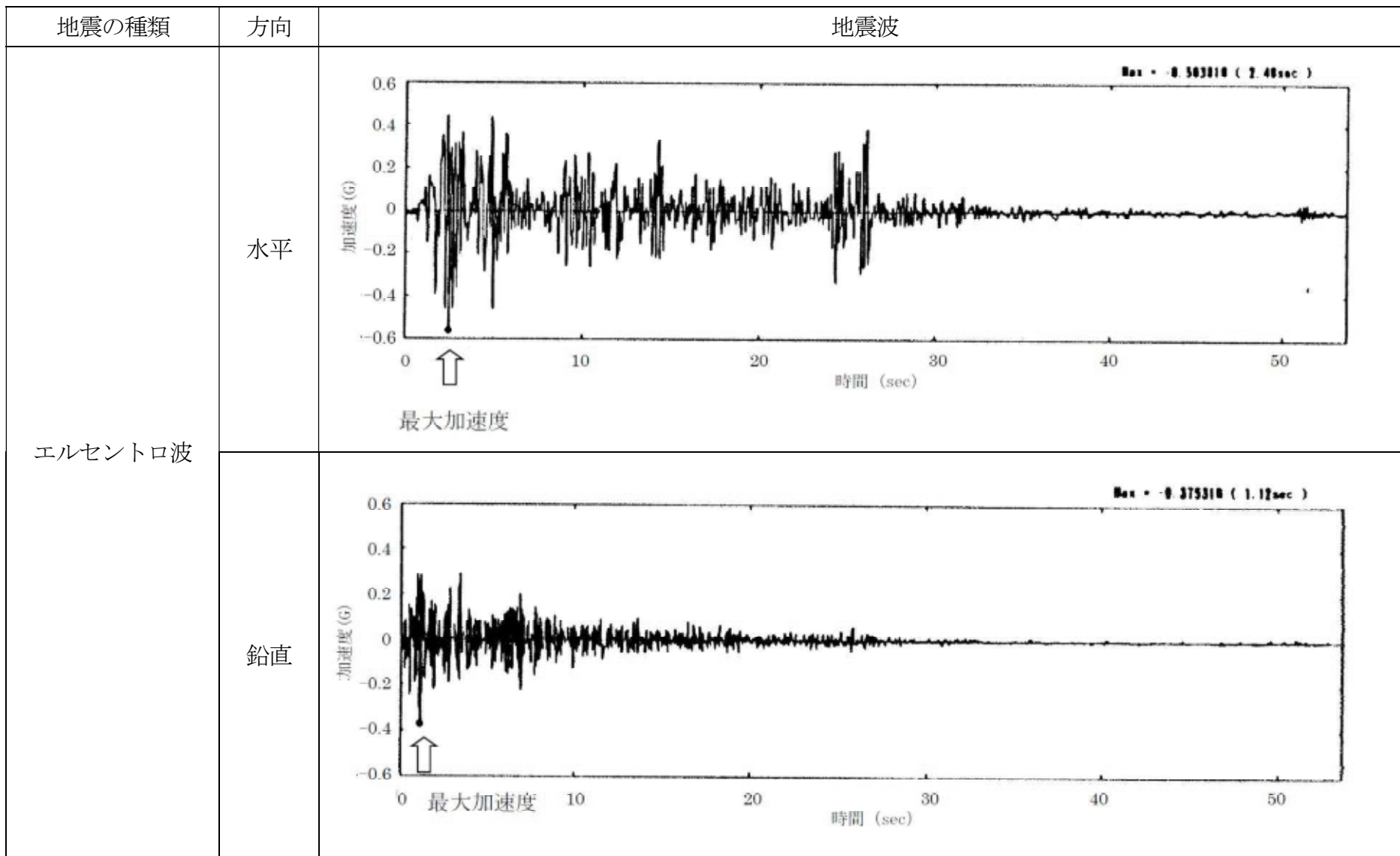
る発生応力の比較を第 6-12 図に示す。第 6-12 図は、第 6-4 図から第 6-7 図に基づき、各配管モデルの節点の応力値をプロットしたものである。第 6-12 図より、S R S S 法は発生応力の低い領域では同時入力による時刻歴応答解析法に対して平均的な結果を与え、発生応力の増加に伴い保守的な結果を与える傾向にあることが確認できる。



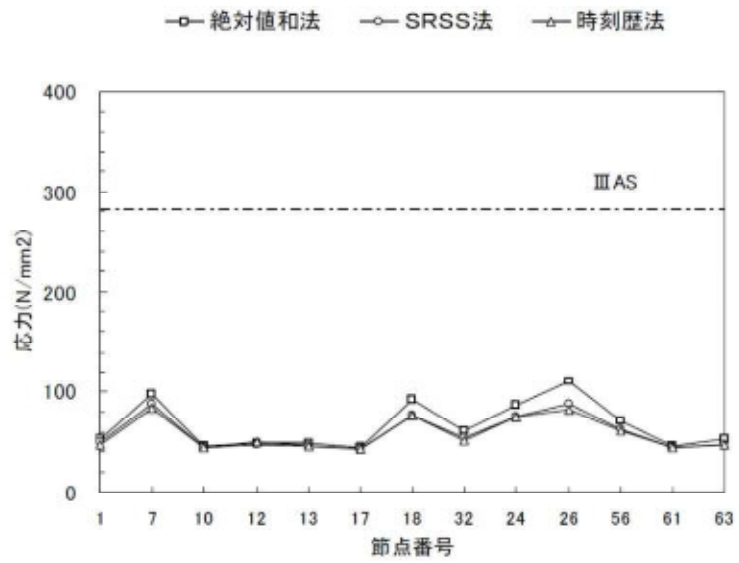
第 6-1 図 機器・配管系への入力地震動（兵庫県南部地震）



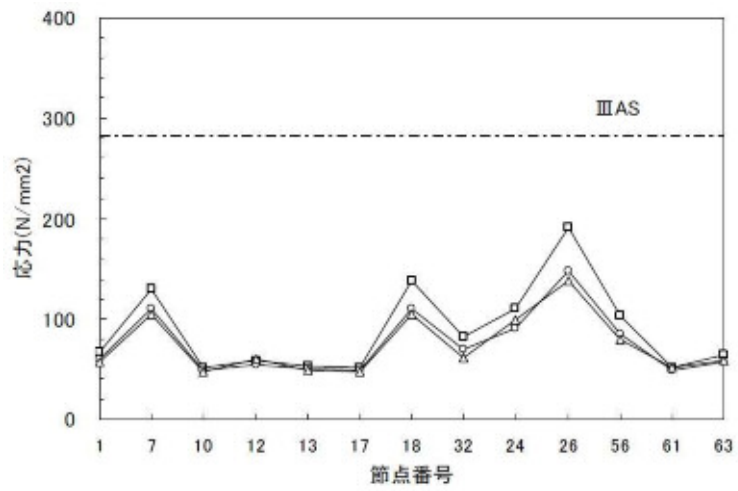
第 6-2 図 機器・配管系への入力地震動（人工波）



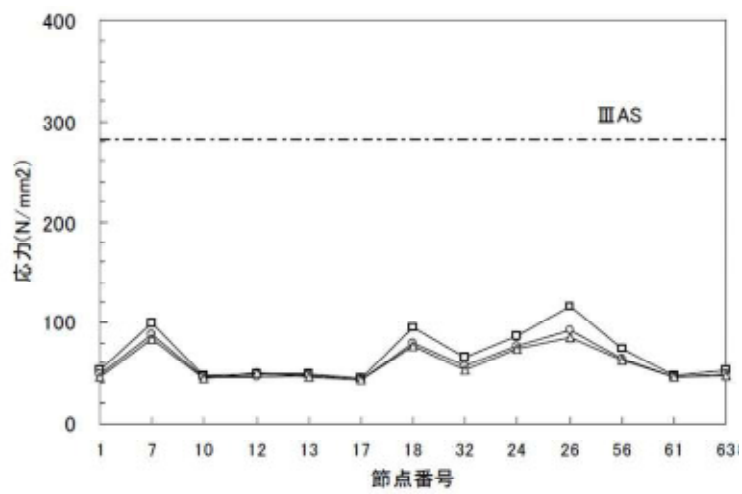
第6-3図 機器・配管系への入力地震動（エルセントロ波）



兵庫県南部地震 (松村組観測波)



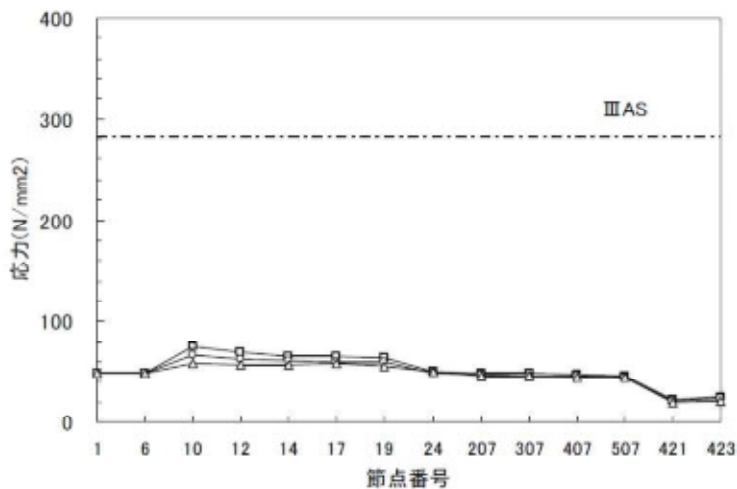
人工波



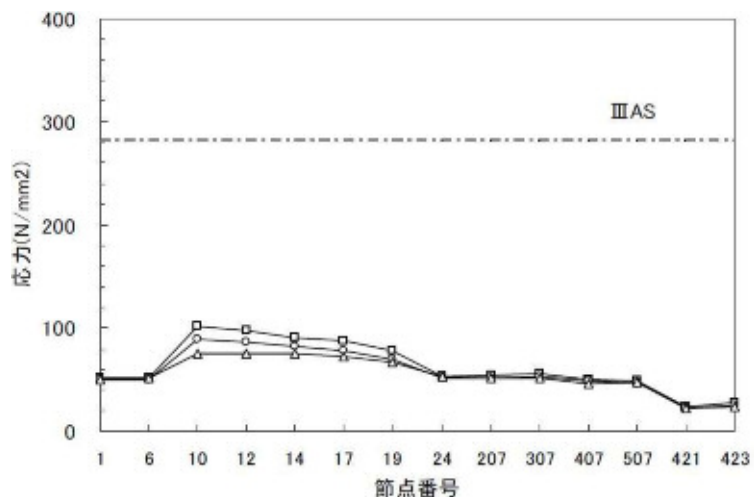
エルセントロ波

第6-4図 主要な部位における発生応力 (FDW-001 Aプラント)

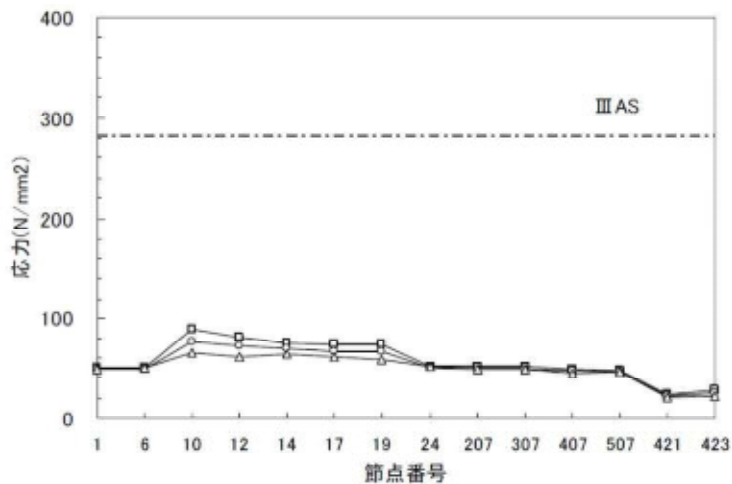
—□— 絶対値和法 —○— SRSS法 —△— 時刻歴法



兵庫県南部地震（松村組観測波）



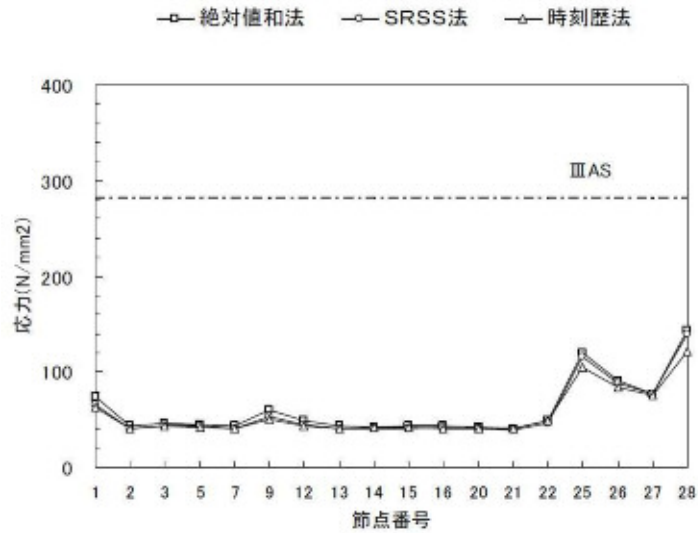
人工波



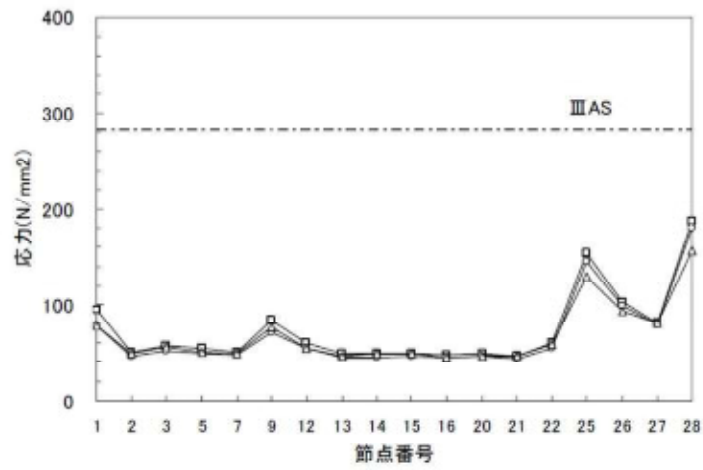
エルセントロ波

第6-5 図 主要な部位における発生応力 (MS-001 Aプラント)

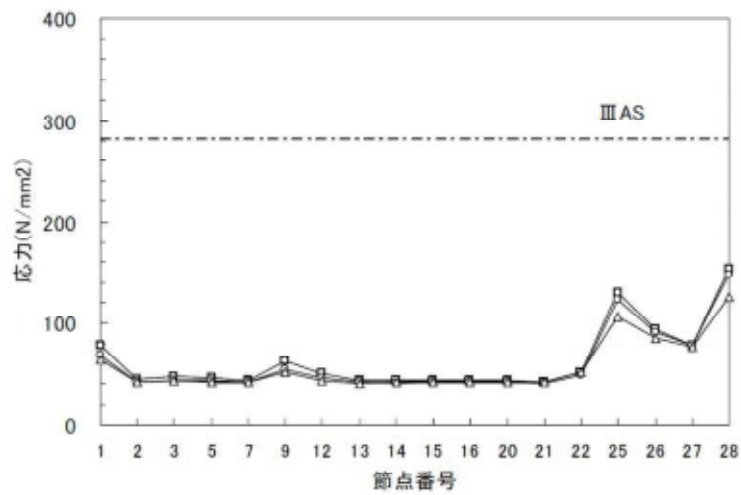
1-5-62



兵庫県南部地震 (松村組観測波)



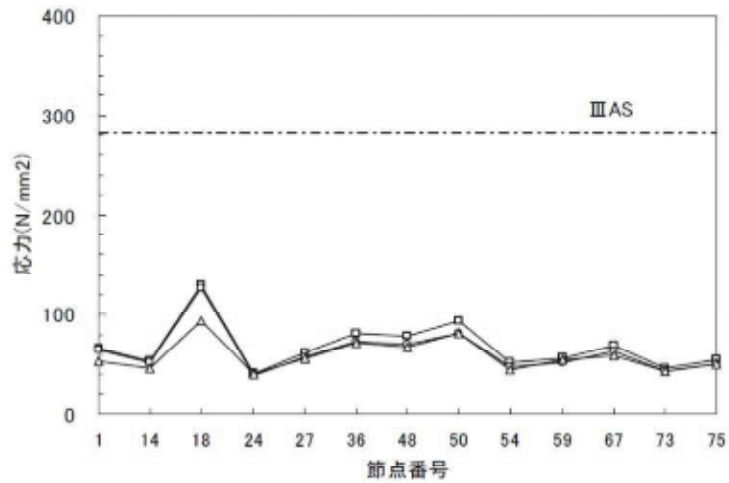
人工波



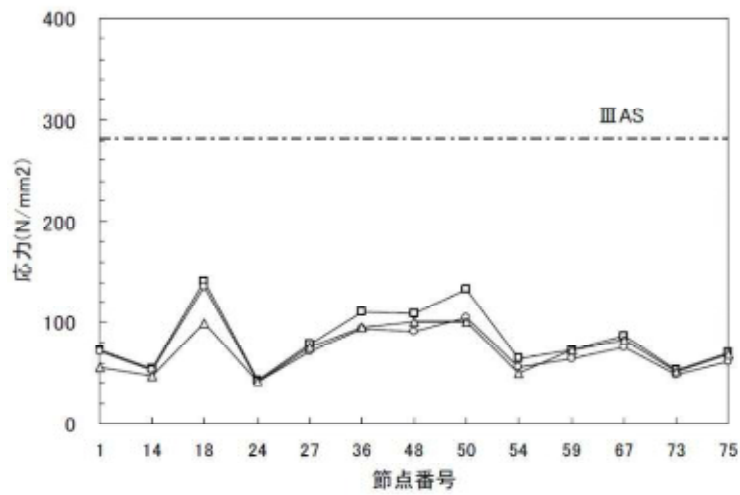
エルセントロ波

第6-6図 主要な部位における発生応力 (RHR-001 Aプラント)

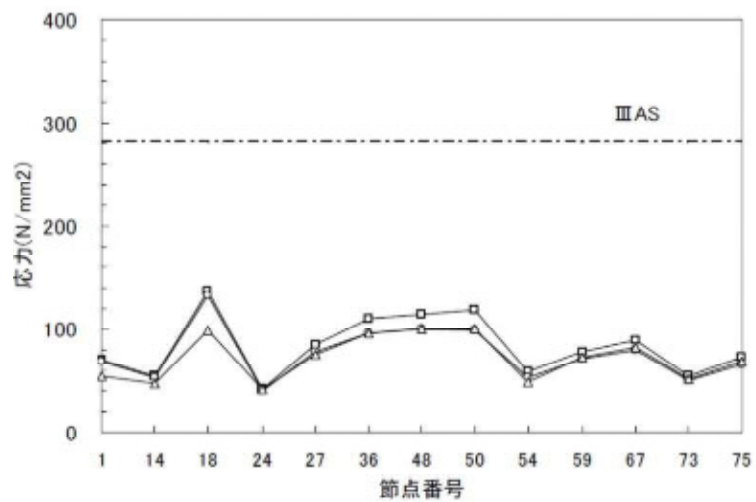
□—絶対値和法 ○—SRSS法 △—時刻歴法



兵庫県南部地震 (松村組観測波)



人工波



エルセントロ波

第6-7図 主要な部位における発生応力 (FDW-001 Bプラント)

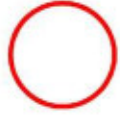
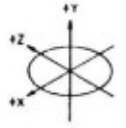
第6-1表 S R S S法と同時入力による時刻歴応答解析法との比較（最大応力発生点）

解析対象配管	入力地震波	最大応力発生点	S R S S/同時入力
FDW-001 (Aプラント)	松村組観測波	分岐部(節点 No26)	1.08
	人工波	分岐部(節点 No26)	1.08
	エルセントロ波	分岐部(節点 No26)	1.08
MS-001 (Aプラント)	松村組観測波	分岐部(節点 No10)	1.15
	人工波	分岐部(節点 No10)	1.20
	エルセントロ波	分岐部(節点 No10)	1.18
RHR-001 (Aプラント)	松村組観測波	拘束点(節点 No28)	1.15
	人工波	拘束点(節点 No28)	1.15
	エルセントロ波	拘束点(節点 No28)	1.18
FDW-001 (Bプラント)	松村組観測波	拘束点(節点 No18)	1.35
	人工波	拘束点(節点 No18)	1.37
	エルセントロ波	拘束点(節点 No18)	1.34

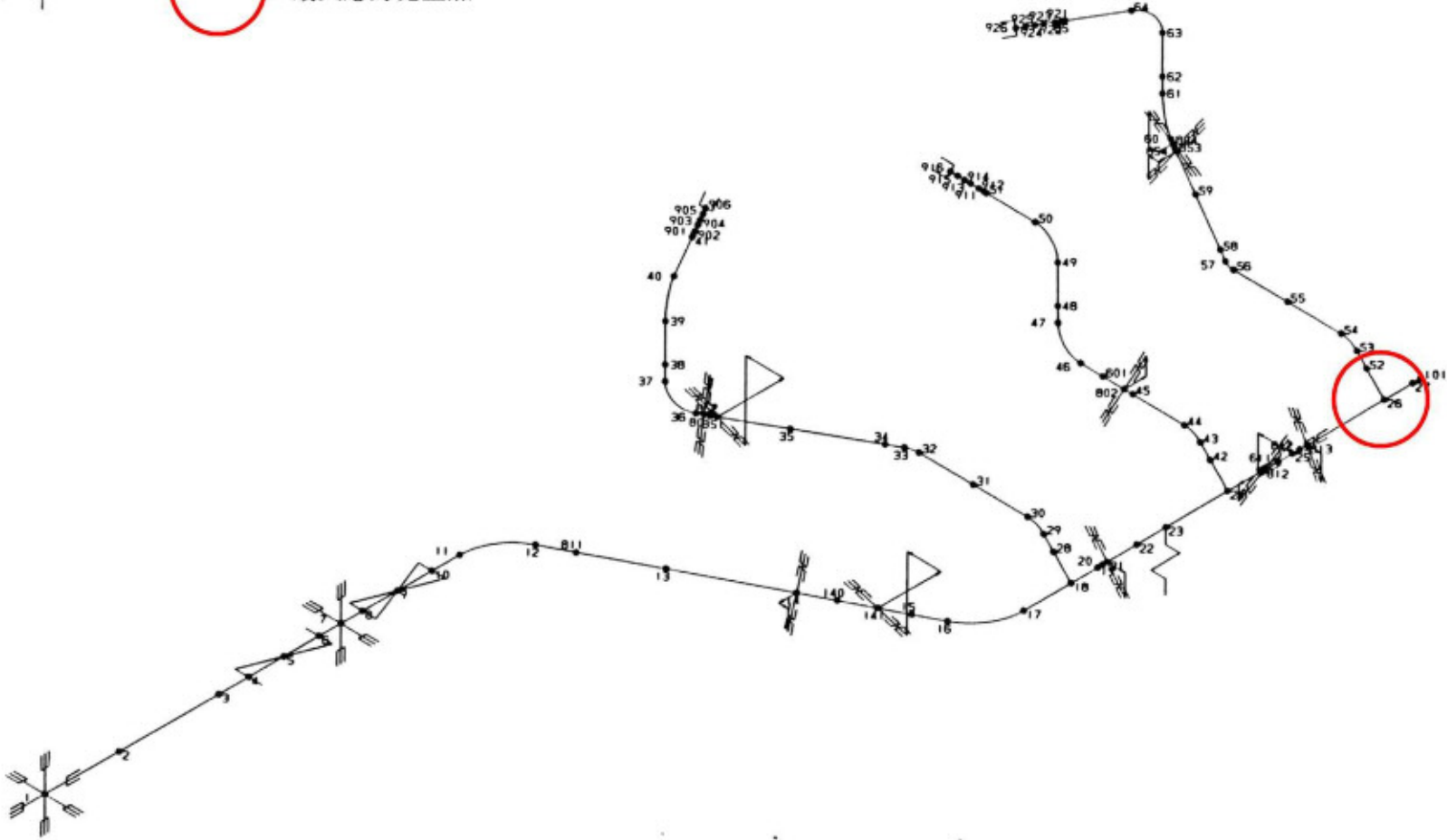
FDW：給水系配管

MS：主蒸気系配管

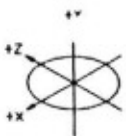
RHR：残留熱除去系配管



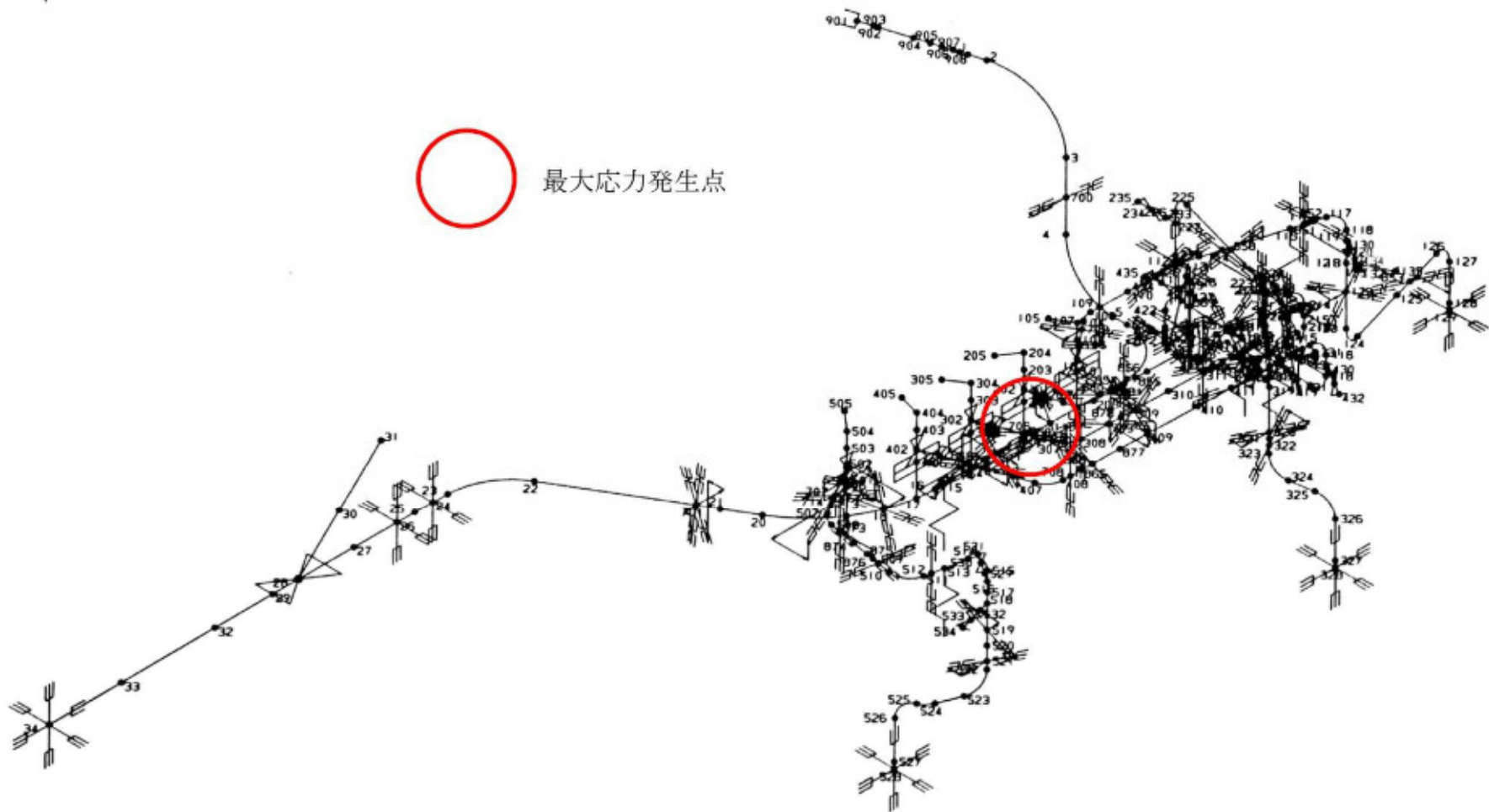
最大応力発生点



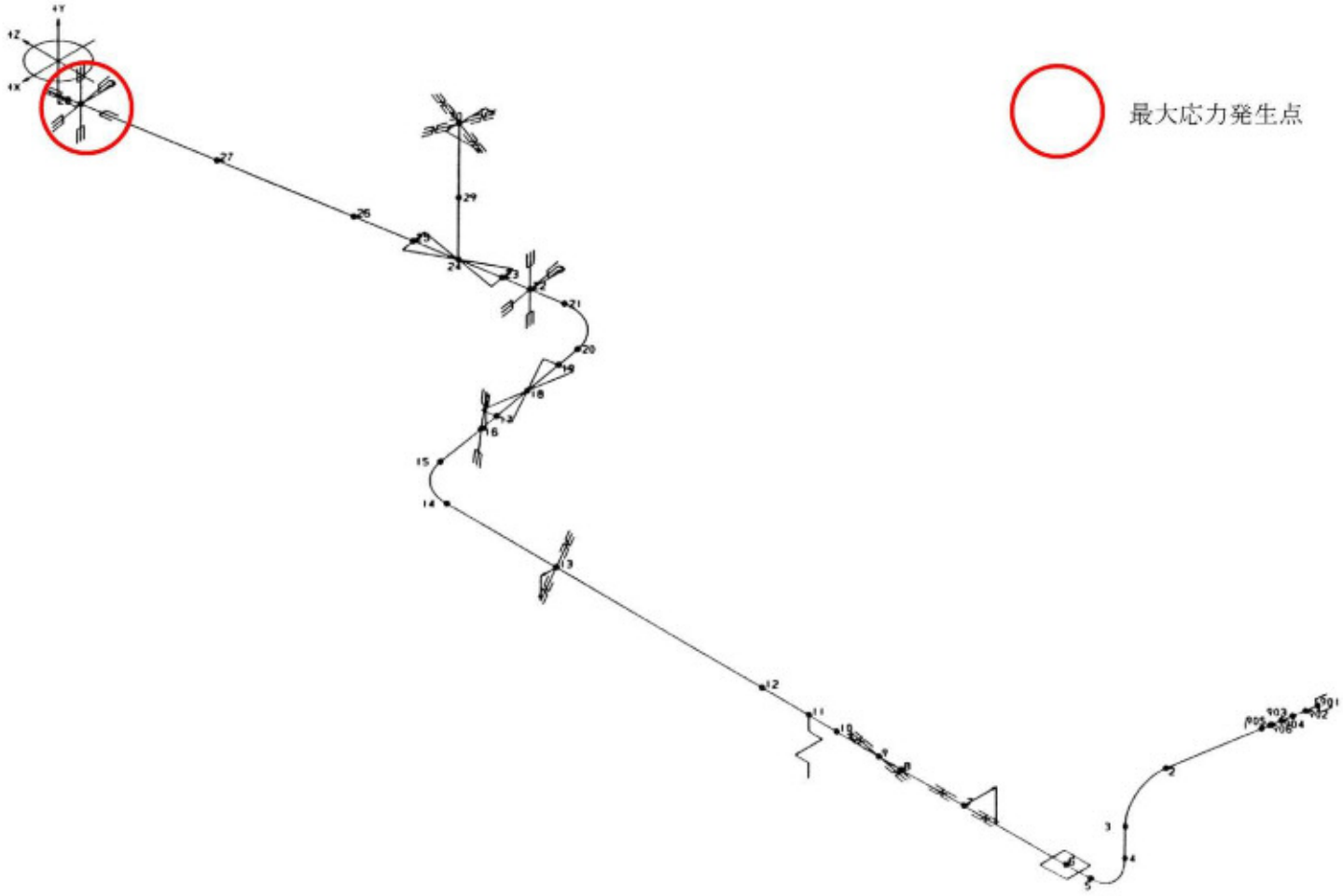
第6-8図 給水系配管 (FDW-001 Aプラント)



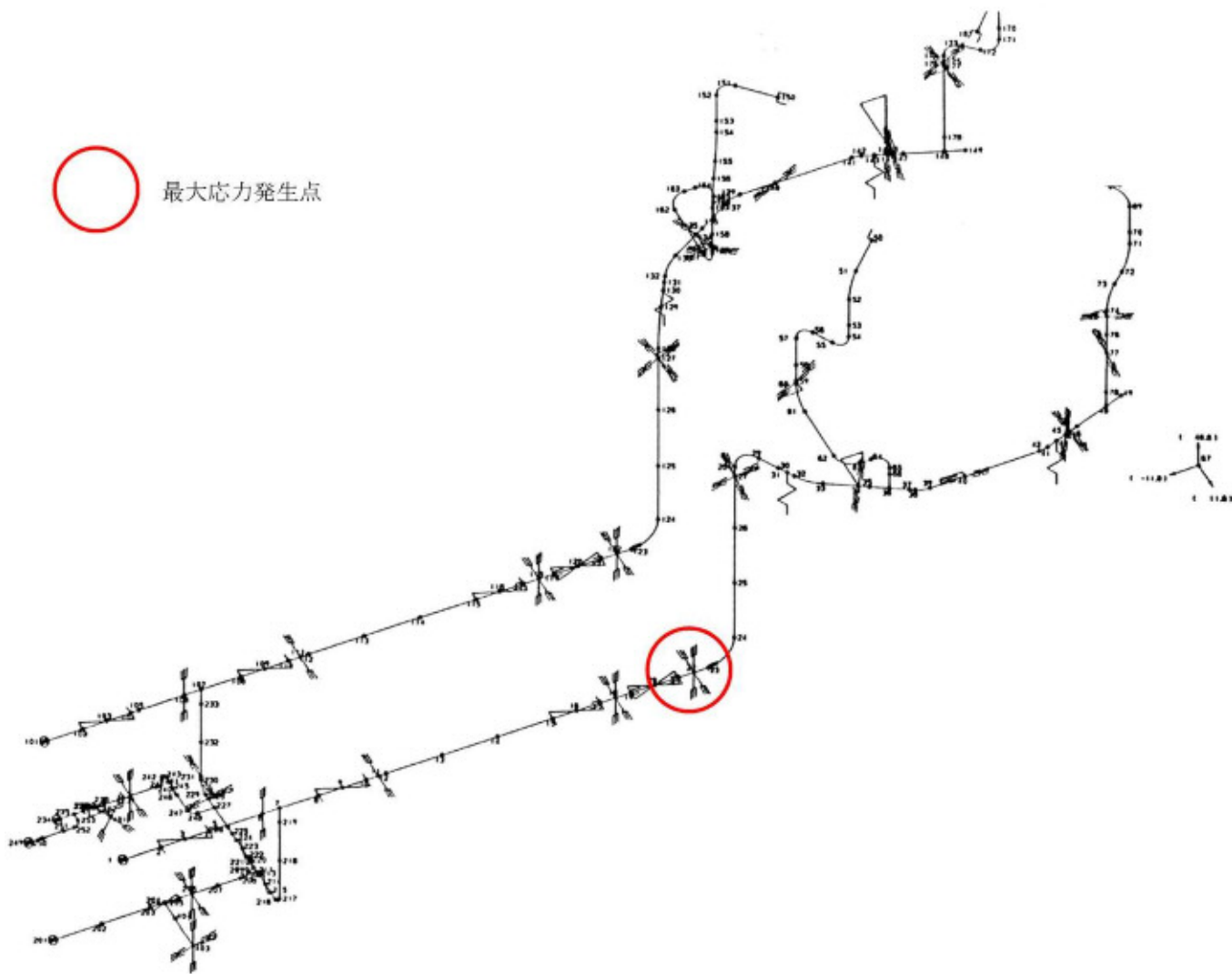
最大応力発生点



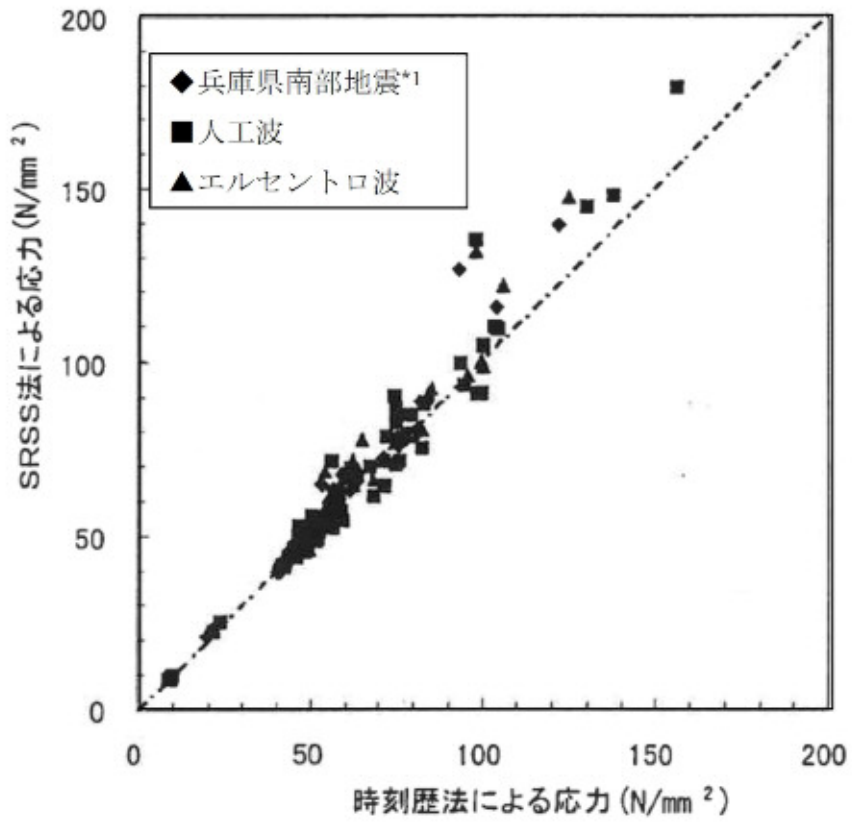
第6-9図 主蒸気系配管 (MS-001 Aプラント)



第 6-10 図 残留熱除去系配管 (RHR-001 Aプラント)



第6-11図 給水系配管 (PDW-001 Bプラント)



注記

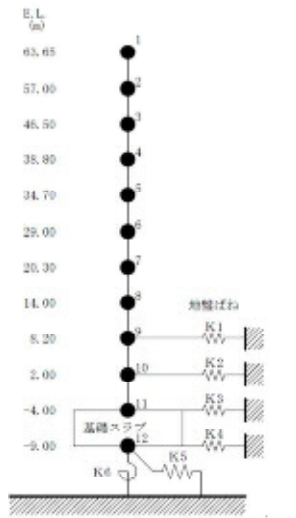
* 1 : 松村組観測波

第 6-12 図 S R S S 法による応力と時刻歴応答解析による応力の比較 (主要部位)

4. 東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について

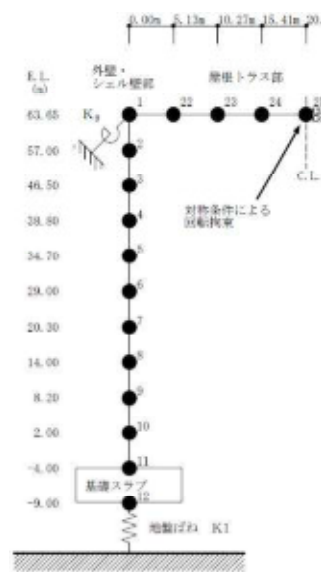
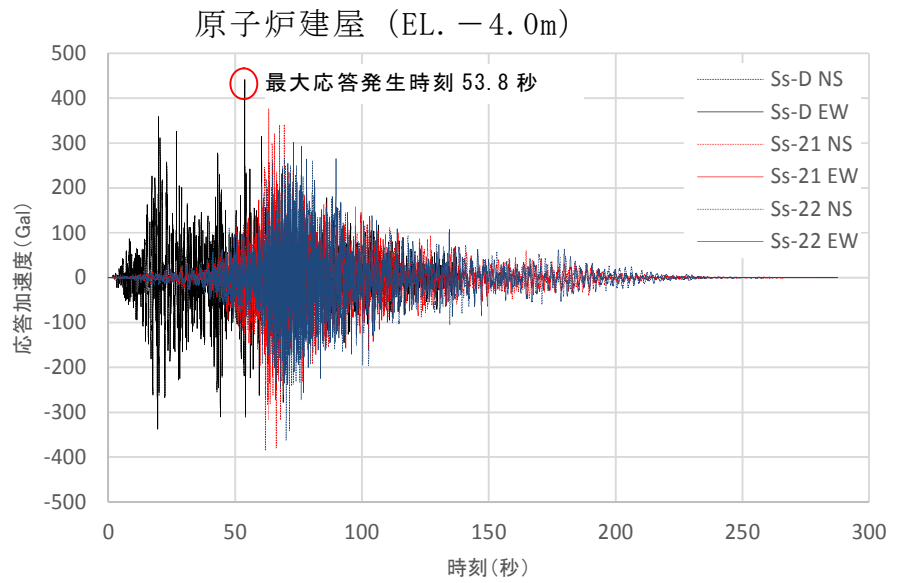
東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について、原子炉建屋を例に、原子炉建屋の施設の耐震性評価において主要な地震動である基準地震動 S_s-D 、 S_s-21 及び S_s-22 に対する水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差を確認した。ここで、機器・配管系の耐震評価に用いる水平方向の設計用震度は、全ての地震動に対する南北方向と東西方向の最大応答加速度を包絡した値を用いることを踏まえ、水平方向の最大応答値の生起時刻については、基準地震動 S_s-D 、 S_s-21 及び S_s-22 における南北方向及び東西方向を通じた最大応答加速度の生起時刻を用いた。

第 6-13 図及び第 6-2 表に示すように、水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には約 0.9 秒～約 41 秒の差があり、東海第二発電所においても水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には差があることを確認した。



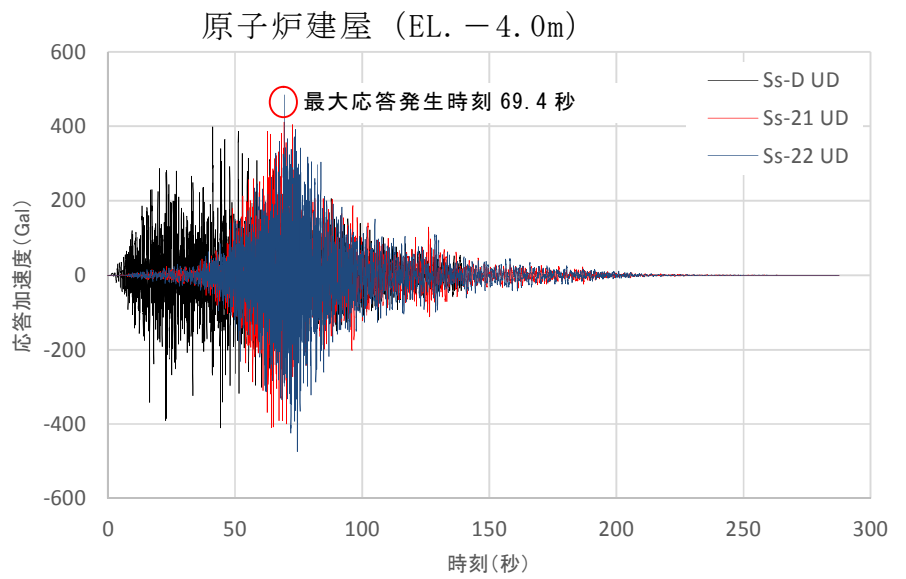
原子炉建屋モデル

(水平方向)



原子炉建屋モデル

(鉛直方向)



第 6-13 図 原子炉建屋の応答値 (EL. -4.0m の例)

第 6-2 表 最大応答値の生起時刻の差

位置 (m)	最大応答値の生起時刻 (秒)		生起時刻の差 (秒)
	水平方向	鉛直方向	
63.65	73.0	68.6	4.4
57.00	61.9	68.6	6.7
46.50	61.9	61.0	0.9
38.80	19.9	61.0	41.1
34.70	73.0	61.0	12.0
29.00	20.0	61.0	41.0
20.30	63.3	68.7	5.4
14.00	63.3	68.7	5.4
8.20	53.8	74.5	20.7
2.00	53.8	74.5	20.7
-4.00	53.8	69.4	15.6
-9.00	53.8	69.4	15.6

5. まとめ

以上から、東海第二発電所では、水平方向及び鉛直方向の動的な地震力の荷重の組合せ法としてS R S S法を用いることとする。

6. 参考文献

(1) 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(ステップ2)」(平成7年～平成10年)

7. 別紙

別紙1 東北地方太平洋沖地震による東海第二発電所の水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について

別紙2 東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について(補足説明)

東北地方太平洋沖地震による東海第二発電所の水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について

1. はじめに

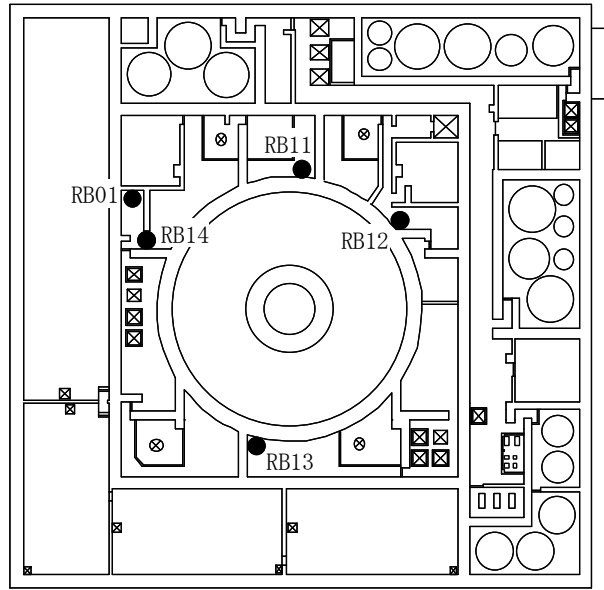
東海第二発電所では、平成 23 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震による観測記録が得られている。本資料では、東北地方太平洋沖地震による東海第二発電所の水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について参考として確認する。

2. 確認結果

別表 6-1 に示すように、東海第二発電所において観測された実地震についても、水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には 0.6 秒及び 4.2 秒の差があることが確認された。また、最大応答値の生起時刻の差が比較的小さな EW-UD の生起時刻の差 0.6 秒について、別図 6-3 にて水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には差があることを確認した。

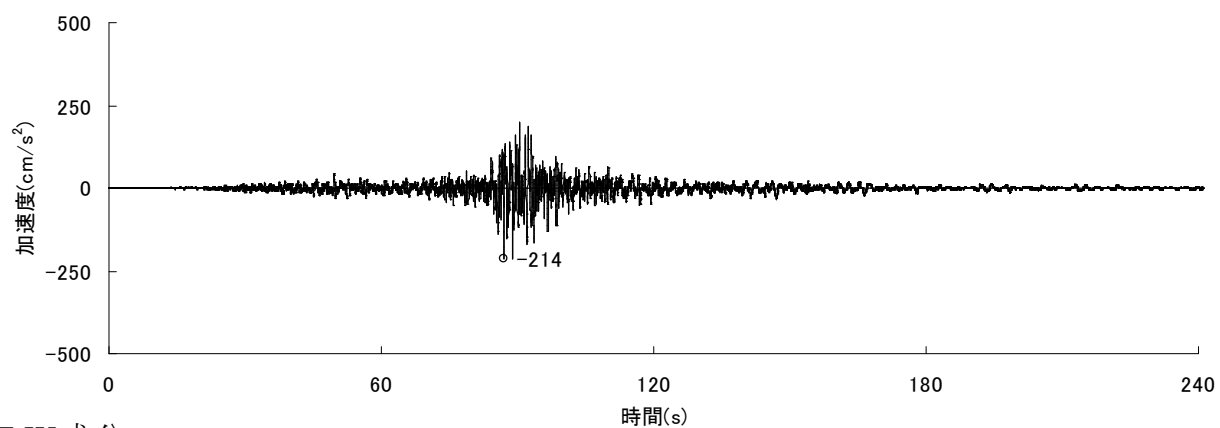
別表 6-1 東北地方太平洋沖地震の観測記録における最大応答値の生起時刻の差

位置 (m)	最大応答値の生起時刻 (秒)			生起時刻の差 (秒)	
	南北方向 (NS)	東西方向 (EW)	鉛直方向 (UD)	NS-UD	EW-UD
-4.0 (RB01)	87.0	91.8	91.2	4.2	0.6

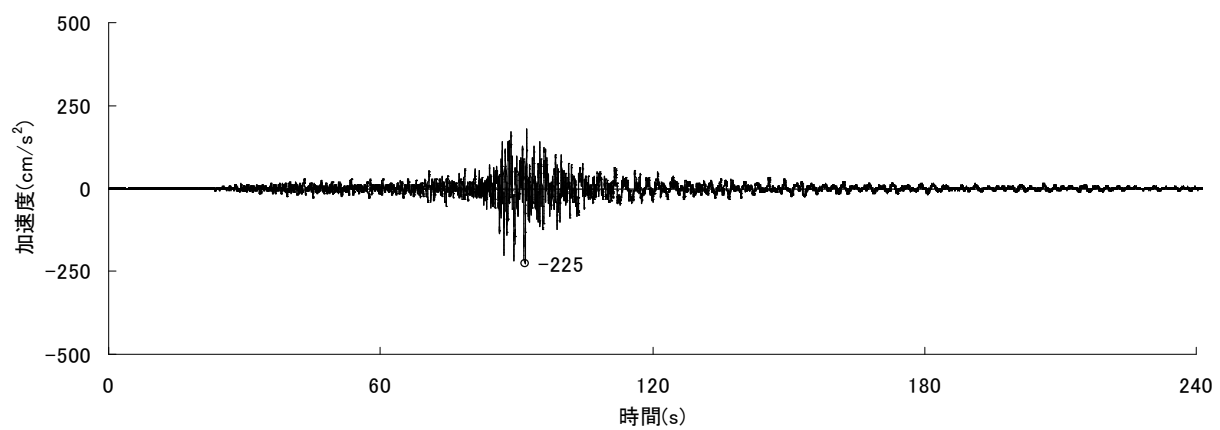


別図 6-1 原子炉建屋基礎上 (EL. -4.0m) 地震計設置位置

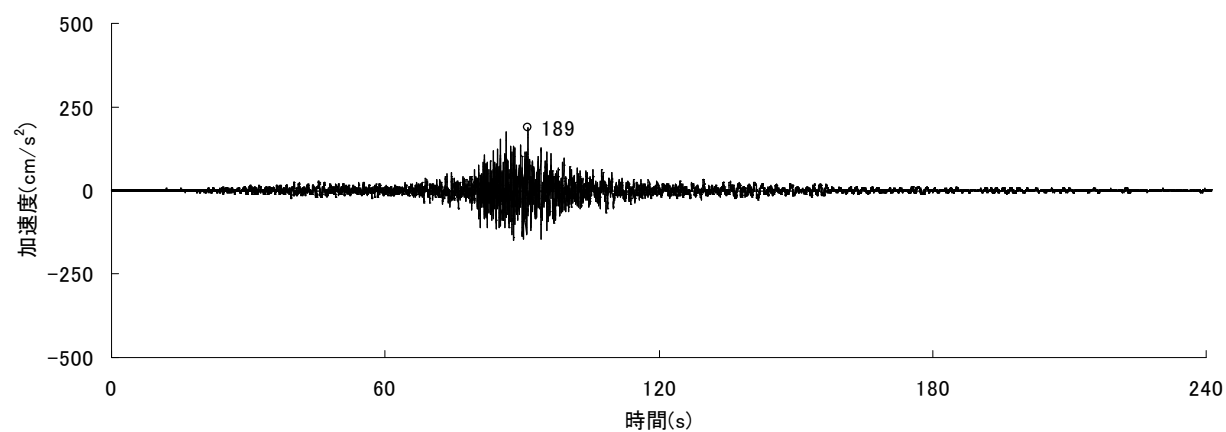
NS成分



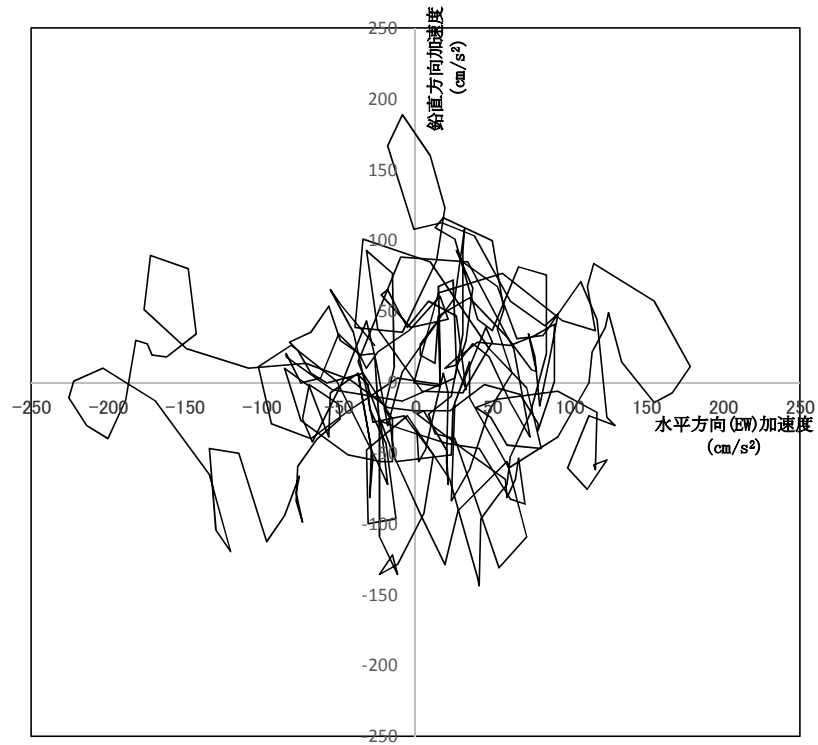
EW成分



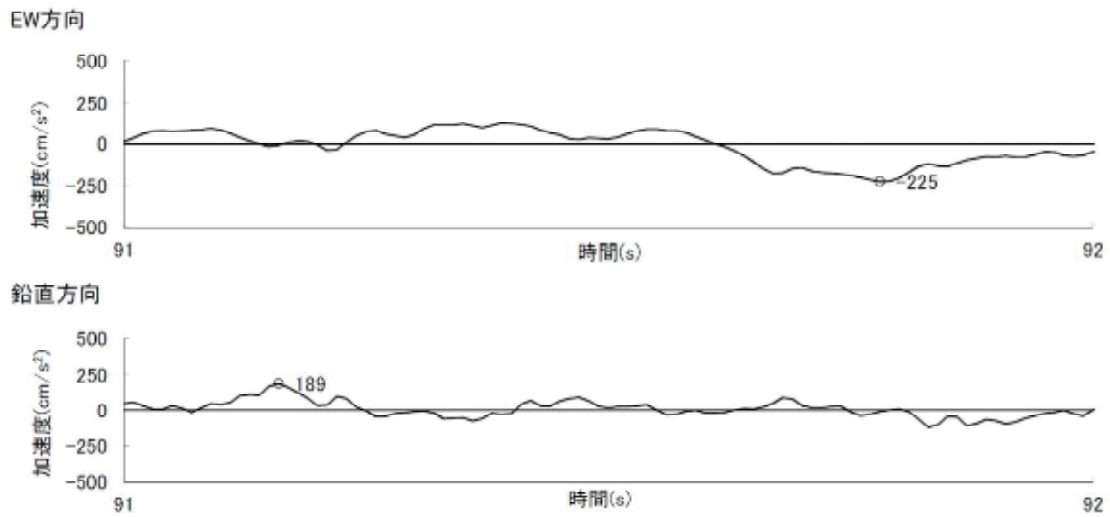
UD成分



別図 6-2 原子炉建屋基礎上 (EL. -4.0m) RB01 の観測記録加速度時刻歴波形



原子炉建屋基礎上 (EL. -4.0m) RB01 のリサーチ波形 (90秒から93秒)



原子炉建屋基礎上 (EL. -4.0m) RB01 の観測記録加速度時刻歴波形 (91秒から92秒)

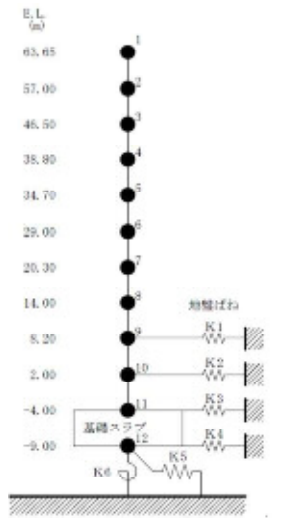
別図 6-3 最大応答値(EW-UD)における生起時刻の差

東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について（補足説明）

本資料では東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について、4項で選定した基準地震動 $S_s - D$ 、 $S_s - 21$ 及び $S_s - 22$ の3波に加えて、基準地震動 $S_s - 31$ も加えた場合の水平方向及び鉛直方向の生起時刻の差について説明する。

4項で示した同様の手法にて水平方向と鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差を別図 6-4 及び別表 6-2 に示す。別表 6-2 には4項で整理した基準地震動 $S_s - D$ 、 $S_s - 21$ 及び $S_s - 22$ の3波で整理した生起時刻の差についても記載した。

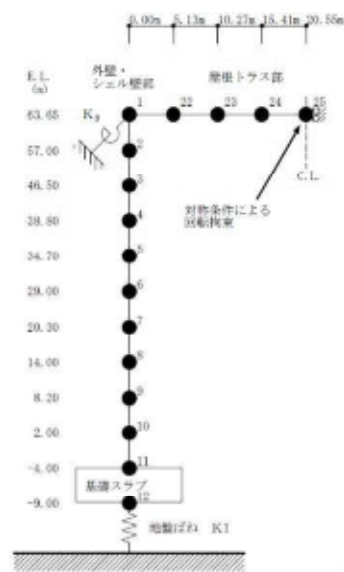
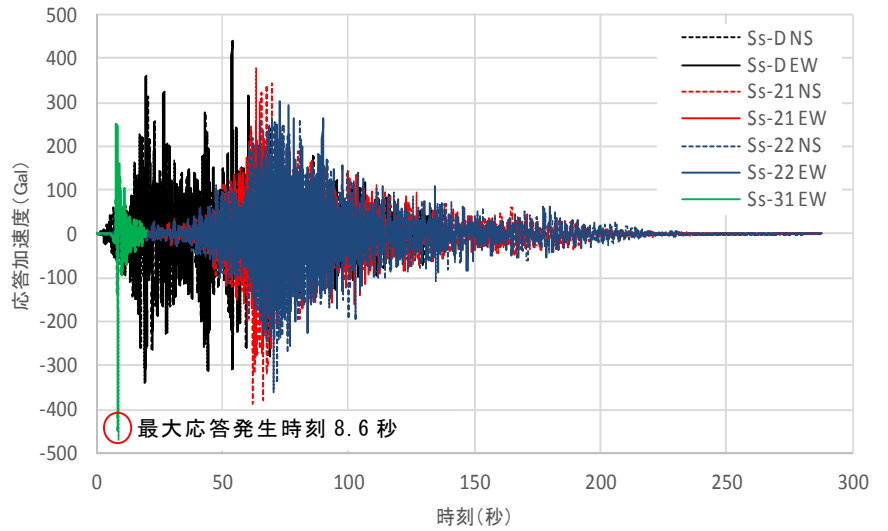
別図 6-4 に示すとおり $S_s - 31$ は、地震継続時間が短く、水平方向の最大応答値の生起時刻は約 9 秒となり、他 S_s よりも早い時刻で最大応答値の生起時刻が生じる。また $S_s - 31$ の鉛直方向については、他の S_s の応答加速度値と比べても小さな傾向を示す。このため $S_s - 31$ の水平方向の最大応答値の生起時刻 9 秒と他 S_s の鉛直方向の最大応答値の生起時間を用いて評価すると、生起時刻の差として大きくなる傾向となる。



原子炉建屋モデル

(水平方向)

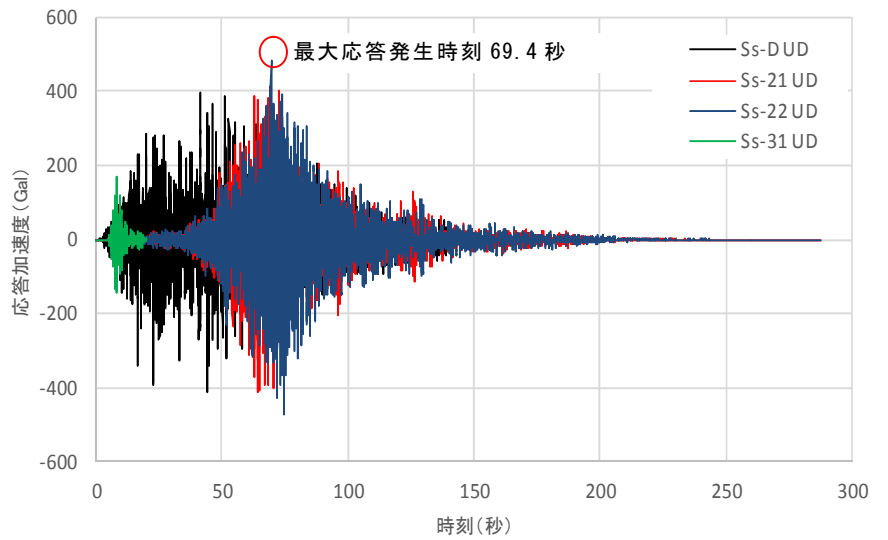
原子炉建屋 (EL. -4.0m)



原子炉建屋モデル

(鉛直方向)

原子炉建屋 (EL. -4.0m)



別図 6-4 原子炉建屋の応答値 (EL. -4.0m の例)

別表 6-2 S_s-31 考慮時の最大応答値の生起時刻の差

位置 (m)	S _s -31 考慮時の検討			S _s 3 波時の 生起時刻 の差 (秒)
	最大応答値の 生起時刻 (秒)		生起時刻 の差 (秒)	
	水平方向	鉛直方向		
63.65	73.0	68.6	4.4	4.4
57.00	61.9	68.6	6.7	6.7
46.50	8.6	61.0	52.4	0.9
38.80	8.7	61.0	52.3	41.1
34.70	8.7	61.0	52.3	12.0
29.00	8.7	61.0	52.3	41.0
20.30	8.6	68.7	60.1	5.4
14.00	8.7	68.7	60.0	5.4
8.20	8.6	74.5	65.9	20.7
2.00	8.6	74.5	65.9	20.7
-4.00	8.6	69.4	60.8	15.6
-9.00	8.6	69.4	60.8	15.6

鉛直方向応答解析モデルの追加について

1. 概要

格納容器内の原子炉圧力容器等の大型機器は、一般機器や配管等に比べて質量が大きく、原子炉建屋との相互作用を考慮した地震応答の算定が必要である。そのため、既工認において、原子炉圧力容器（炉心支持構造物及び炉内構造物含む）、原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎等の大型機器・構造物の耐震設計では、水平方向の動的地震力については原子炉建屋と大型機器を連成させた多質点モデルによる時刻歴応答解析を行うことで動的地震力を算定し、鉛直方向については静的震度による地震荷重を算定していた。

今回工認においては、新たに鉛直方向の動的地震力に対する考慮が必要となったことから、鉛直方向についても水平方向と同様に動的地震力の算定を行う。鉛直方向の地震応答解析モデルについては、鉛直方向の各応力評価点における軸力を算定するため、従来の水平方向モデルをベースに新たに多質点モデルを作成する。

なお、鉛直方向の地震応答解析モデルは、大間 1 号炉の建設工認において適用例がある。

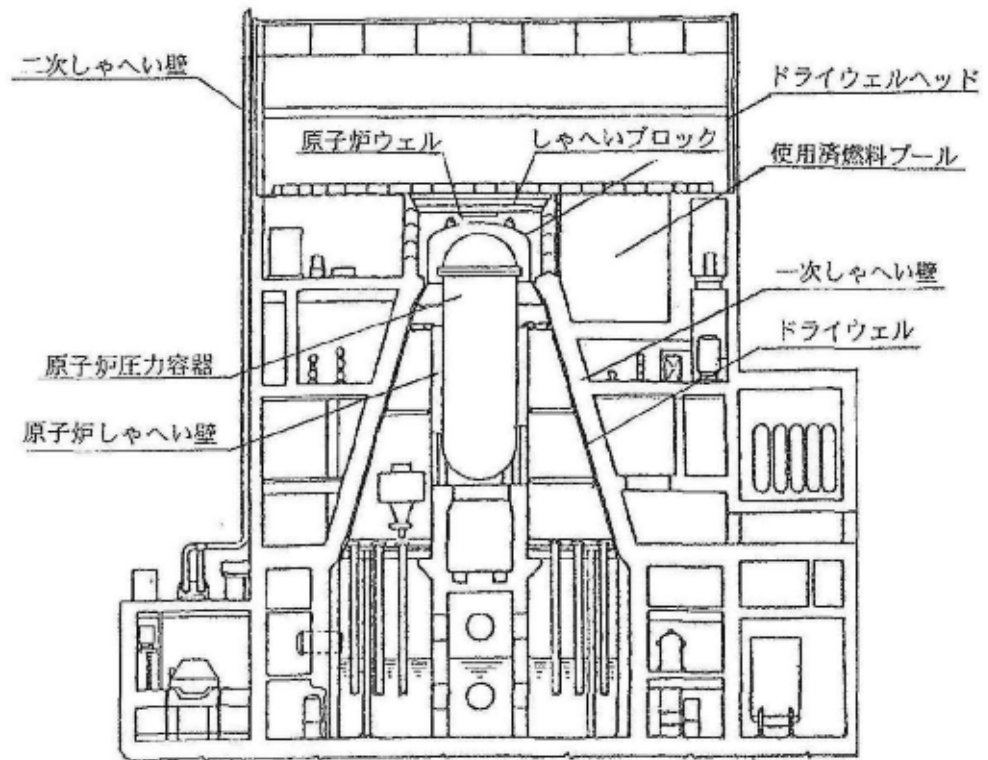
2. 地震応答解析モデルについて

原子炉建屋、格納容器の概略断面図を第 7-1 図、原子炉圧力容器内部構造物の構造図を第 7-2 図に示す。

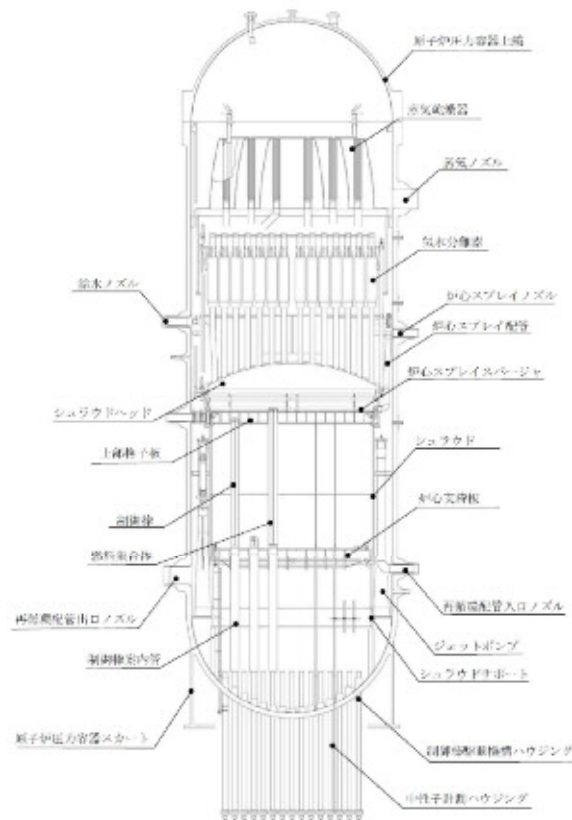
水平方向の解析モデルにおいては、原子炉圧力容器、原子炉遮蔽壁、原子炉本体基礎は第 7-3 図に示すような多質点モデルにてモデル化する。原子炉圧力容器は原子炉圧力容器スタビライザと等価なばねで原子炉遮蔽壁と結ば

れ、原子炉本体基礎と剛に結合される。原子炉本体基礎はその下端において原子炉建屋基礎版上端と剛に結合され、さらにダイヤフラムフロアの剛性と等価なばねにより原子炉格納容器を介して原子炉建屋に支持される。

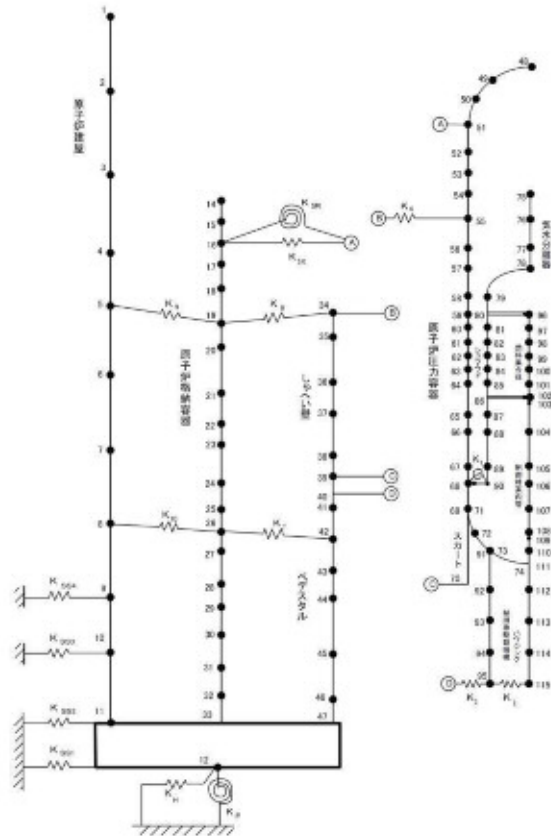
鉛直方向の解析モデルにおいても水平方向の解析モデルと同様に第 7-4 図に示すような多質点モデルにてモデル化する。原子炉压力容器は、原子炉本体基礎と剛に結合される。原子炉本体基礎は、その下端において原子炉建屋基礎版上端と剛に結合され、原子炉建屋に支持される。



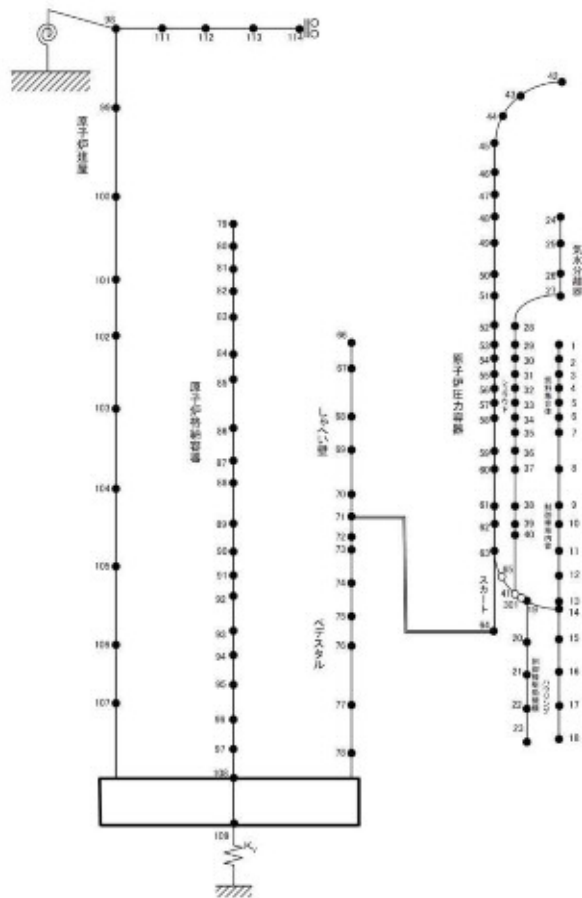
第 7-1 図 原子炉建屋，格納容器 概略断面図



第 7-2 図 原子炉圧力容器内部構造物 構造図



第 7-3 図 原子炉建屋－炉内構造物系連成 地震応答解析モデル（水平方向）



第 7-4 図 原子炉建屋－炉内構造物系連成 地震応答解析モデル（鉛直方向）

