

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-7 改1
提出年月日	平成30年7月18日

建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料

補足-370-7【建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用】

平成30年7月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 概要.....	1
1.1 検討概要.....	1
1.2 評価対象部位及び検討方針.....	2
2. 検討結果.....	18
2.1 地盤の検討.....	18
2.2 杭の検討.....	27
2.3 基礎の検討.....	34
2.4 上部構造物の検討.....	41
3. まとめ.....	46

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、東海第二発電所の建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について説明するものである。

建物・構築物の耐震評価として行う水平及び鉛直方向の荷重の組合せを考慮した評価において、**水平及び鉛直方向のそれぞれの最大値をもとに組合せ係数法を適用した評価値（以下、組合せ係数法による評価値）」**という)と水平及び鉛直方向の地震応答の時刻歴を時々刻々組合せて算定した時刻歴の最大値をもとにした評価値（以下「**時刻歴和による評価値**」という。）の比較を行うことで、組合せ係数法の適用性を確認する。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・資料V-2-2-5 「使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-2-15-1 「主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-2-15-2 「主排気筒の基礎の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-2-17 「非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-2-11 「緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-2-19 「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-4-2-1 「使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-9-2-2 「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-9-3-1 「原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-9-3-4 「原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」
- ・資料V-2-11-2-13 「使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の耐震性についての計算書」

1.2 評価対象部位及び検討方針

建物・構築物の耐震評価に考慮する荷重の組合せにおいては、以下に示す組合せ係数法を適用し、水平及び鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして評価を実施している。

①： $1.0 \times$ 水平地震力による荷重 $+0.4 \times$ 鉛直地震力による荷重

②： $0.4 \times$ 水平地震力による荷重 $+1.0 \times$ 鉛直地震力による荷重

耐震評価に組合せ係数法を用いている建物・構築物及び評価対象部位を表 1-1 に示す。評価対象部位のうち、地盤については地震応答解析に基づいて接地圧の評価を、杭については応力解析に基づいて杭の鉛直支持力、引抜抵抗力及び断面の評価（以下「杭の評価」という。）を、その他の部位については地震応答解析または応力解析に基づいて断面の評価を実施している。

表 1-1 耐震評価に組合せ係数法を用いている建物・構築物及び評価対象部位

建物・構築物	評価対象部位	評価方法	地震動
原子炉建屋	使用済燃料 プール躯体	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s 弾性設計用地震動 S_d
	底部コンクリート マット	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s 弾性設計用地震動 S_d
	基礎スラブ	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s 弾性設計用地震動 S_d
	地盤	地震応答解析による評価 (接地圧の評価)	基準地震動 S_s 弾性設計用地震動 S_d
主排気筒	筒身	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	鉄塔	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	基礎	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	杭	応力解析による評価 (杭の評価)	基準地震動 S_s
非常用ガス処理系配管 支持架構	上部構造物	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	基礎スラブ	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	杭	応力解析による評価 (杭の評価)	基準地震動 S_s
使用済燃料乾式貯蔵建屋	基礎スラブ	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	杭	応力解析による評価 (杭の評価)	基準地震動 S_s
格納容器圧力逃がし装置格 納槽	上版	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	耐震壁 (地下外壁)	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	基礎スラブ	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	地盤	地震応答解析による評価 (接地圧の評価)	基準地震動 S_s
緊急時対策所建屋	基礎スラブ	応力解析による評価 (断面の評価)	基準地震動 S_s
	杭	応力解析による評価 (杭の評価)	基準地震動 S_s

建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性を検討するにあたっては、まず、組合せ係数法による評価値が、時刻歴和による評価値と同等又は保守的であることを確認する。その結果、同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による評価値に基づいた評価が及ぼす各部への影響を検討する。その結果、許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。検討のフローを図1-1に示す。

組合せ係数法を用いて評価している部位は、大きく地盤、杭、基礎、上部構造物に分類される。以下に、分類された評価部位に対して、具体的な検討方針を示す。

地盤については、原子炉建屋及び格納容器**圧力逃がし装置格納槽**に対して実施する接地圧の評価について組合せ係数法の適用性を検討する。検討は、原子炉建屋については弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対して、**格納容器圧力逃がし装置格納槽については基準地震動 S_s** に対して実施することとし、断層モデルに基づく地震動のうち**最大接地圧が最も大きくなるもの**及び応答スペクトルに基づく地震動並びに震源を特定せず策定する地震動に対して実施する。検討においては、まず組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による最大接地圧と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による**最大接地圧を用いた場合の接地圧**の評価への影響検討を行う。

杭については、主排気筒、非常用ガス処理系配管支持架構、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び緊急時対策所建屋に対して実施する杭の評価について、組合せ係数法の適用性を検討する。検討は基準地震動 S_s に対して実施することとし、断層モデルに基づく地震動のうち、杭の評価で検定比が最も大きくなる地震動、及び応答スペクトルに基づく地震動、並びに震源を特定せず策定する地震動に対して実施する。検討においては、まず組合せ係数法による**杭の評価での**検定比が、時刻歴和による**杭の評価での**検定比と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による**杭の評価での**検定比が及ぼす、杭の評価への影響検討を行う。

基礎については、基礎への地震荷重の入力と関連が深い接地圧もしくは**杭の評価での**検定比において、組合せ係数法による**評価値**が、時刻歴和による**評価値を下回る建物・構築物に対して検討を行う**。検討は、断層モデルに基づく地震動及び応答スペクトルに基づく地震動、並びに震源を特定せず策定する地震動に対して実施する。ここで、基礎の評価に与える影響が最も大きい地震動がこれらの地震動と異なる場合はその影響を確認する。検討においては、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s （原子炉建屋については弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s ）を包絡した上で算定する組合せ係数法による断面に関する評価値が、時刻歴和による評価値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による断面の評価が及ぼす、基礎の評価への影響検討を行う。

上部構造物については、水平地震力の影響を受けやすい、アスペクト比の大きい主排気筒を代表として検討することとする。各建物・構築物のアスペクト比を表1-2に示す。検討は、基準地震動 S_s に対して実施することとする。主排気筒について、鉄塔の支柱材の**軸圧縮応力度と曲げ応力度の合成応力度**の検定比が**最も厳しいため鉄塔の支柱材を代表として検討する**。検討は、基準地震動 S_s 全波を包絡した上で組合せ係数法を適用して算定した評価値が、時刻歴

和による評価値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴和による断面の評価が及ぼす、上部構造物の評価への影響検討を行う。

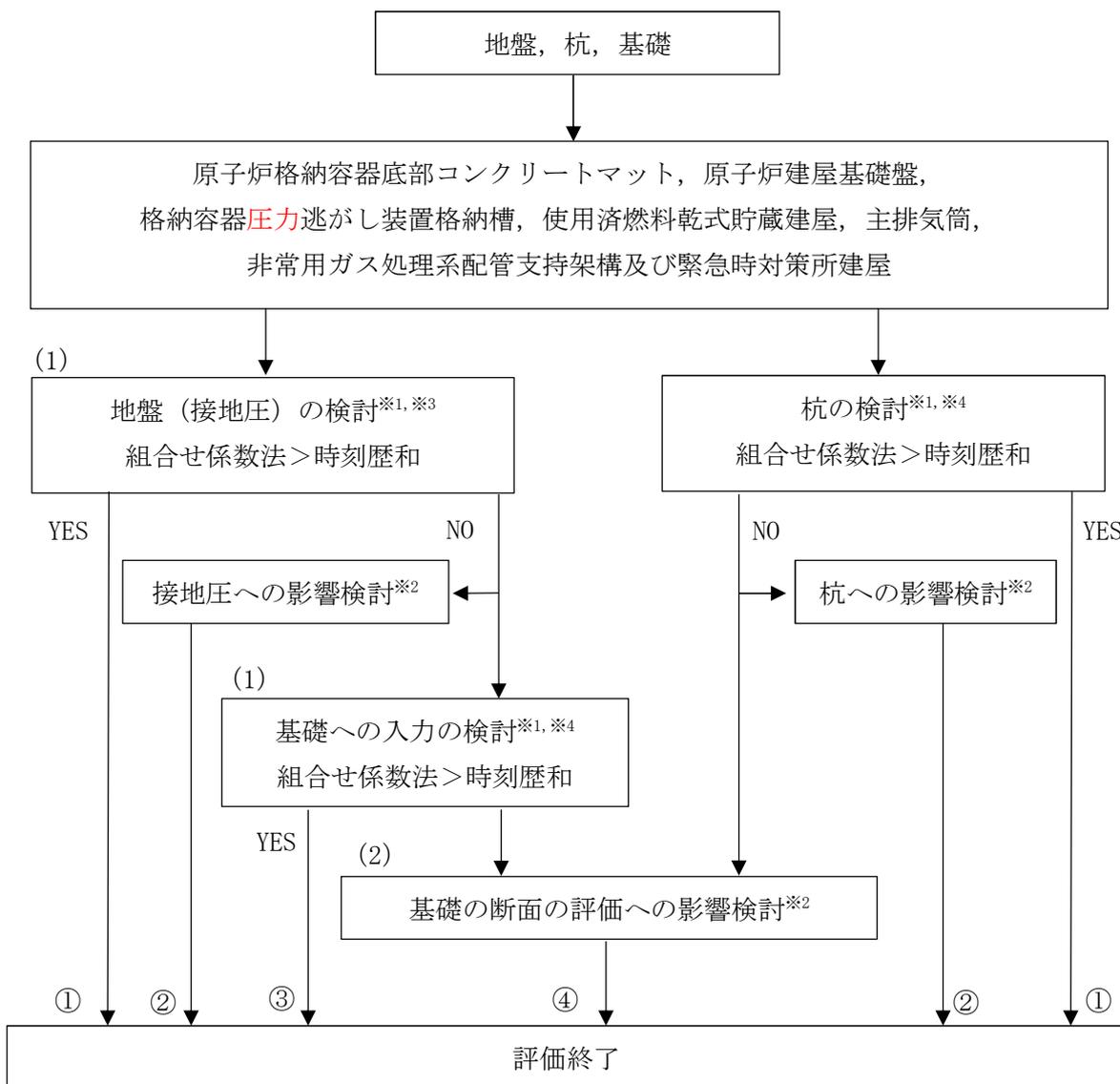
組合せ係数法による評価値と、水平及び鉛直方向の地震応答の時刻歴和による評価値の比較は、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」、資料V-2-2-4「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」、資料V-2-2-14「主排気筒の地震応答計算書」、資料V-2-2-16「非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答計算書」、資料V-2-2-10「緊急時対策所建屋の地震応答計算書」、資料V-2-2-18「格納容器**圧力**逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に示す基本ケースの結果に基づく。

上述の組合せ係数法による評価値が、水平及び鉛直方向の地震応答の時刻歴和による評価値と同等または保守的と言えない場合に実施する影響検討を行う際には、基本ケースの結果を用いて算出した割増係数を乗じて、材料物性（地盤物性）のばらつきを考慮する。

原子炉建屋、主排気筒、非常用ガス処理系配管支持架構、使用済燃料乾式貯蔵建屋、格納容器**圧力**逃がし装置格納槽及び緊急時対策所建屋の地震応答解析モデルを図 1-2～図 1-12 に示す。

表 1-2 各建物・構築物のアスペクト比（高さ／短辺幅）

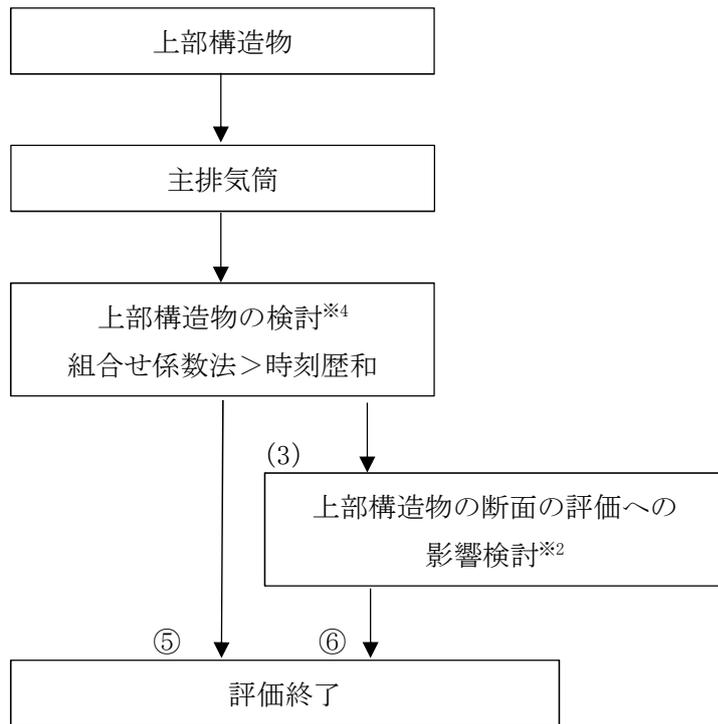
原子炉建屋	主排気筒	非常用ガス処理系配管支持架構	使用済燃料乾式貯蔵建屋	格納容器圧力逃がし装置格納槽	緊急時対策所建屋
1.1	5.0	2.7	0.71	1.7	0.90



- (1) 断層モデルに基づく地震動のうち、最大接地圧が最も大きくなるもの及び応答スペクトルに基づく地震動並びに震源を特定せず策定する地震動に対して検討
- (2) 断層モデルに基づく地震動のうち、最大接地圧が最も大きくなるもの及び応答スペクトルに基づく地震動並びに震源を特定せず策定する地震動に対して検討(基礎の応力評価に与える影響が最も大きい地震動の影響を確認する。)

- 使用済燃料乾式貯蔵建屋・・・①
 - 原子炉格納容器底部コンクリートマット・・・②, ③
 - 原子炉建屋基礎盤・・・②, ③
 - 格納容器圧力逃がし装置格納槽・・・②, ③
 - 主排気筒・・・①, ⑤
 - 非常用ガス処理系配管支持架構・・・①
 - 緊急時対策所建屋・・・①
- ※1: 基本ケースによる検討
 ※2: 材料物性のばらつきを考慮した検討
 ※3: S_s, S_d各波に対する検討
 ※4: S_s, S_d各波を包絡した検討

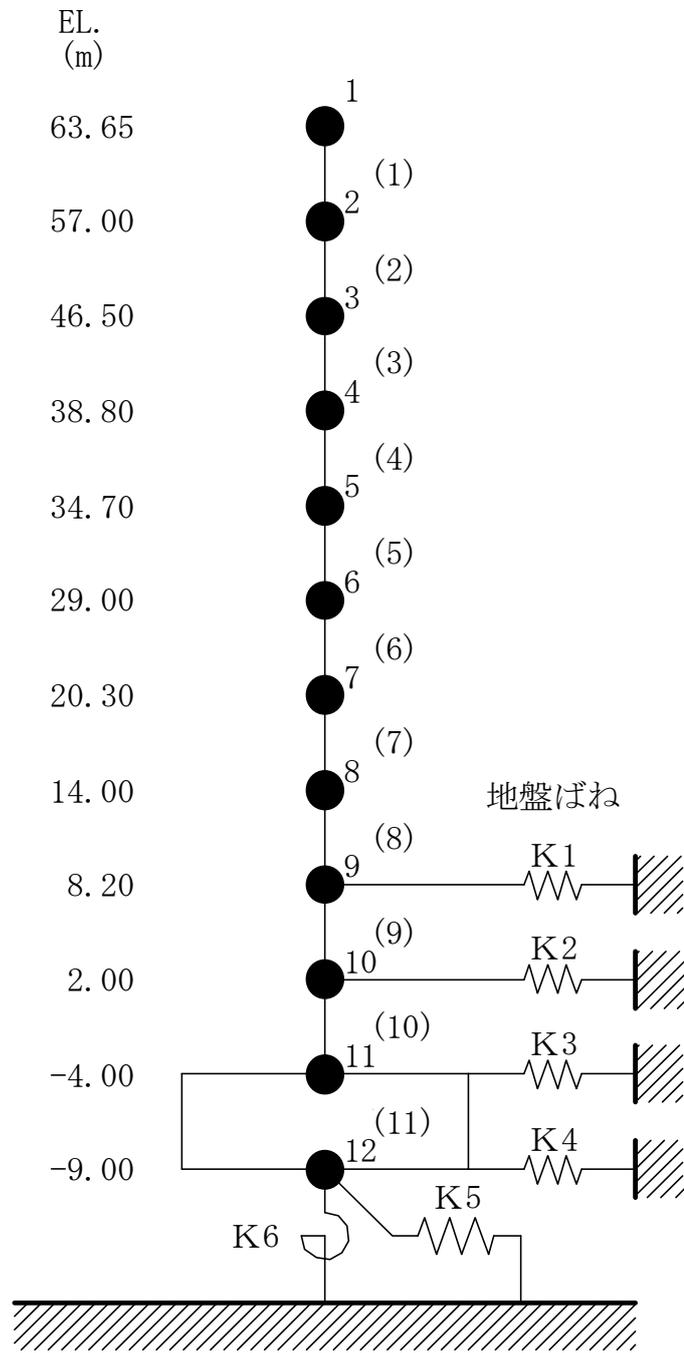
図 1-1(1/2) 検討フロー



(3) 断層モデルに基づく地震動のうち水平方向の地震力による応答曲げモーメントが最大となるもの及び応答スペクトルに基づく地震動並びに震源を特定せず策定する地震動に対して実施する検討

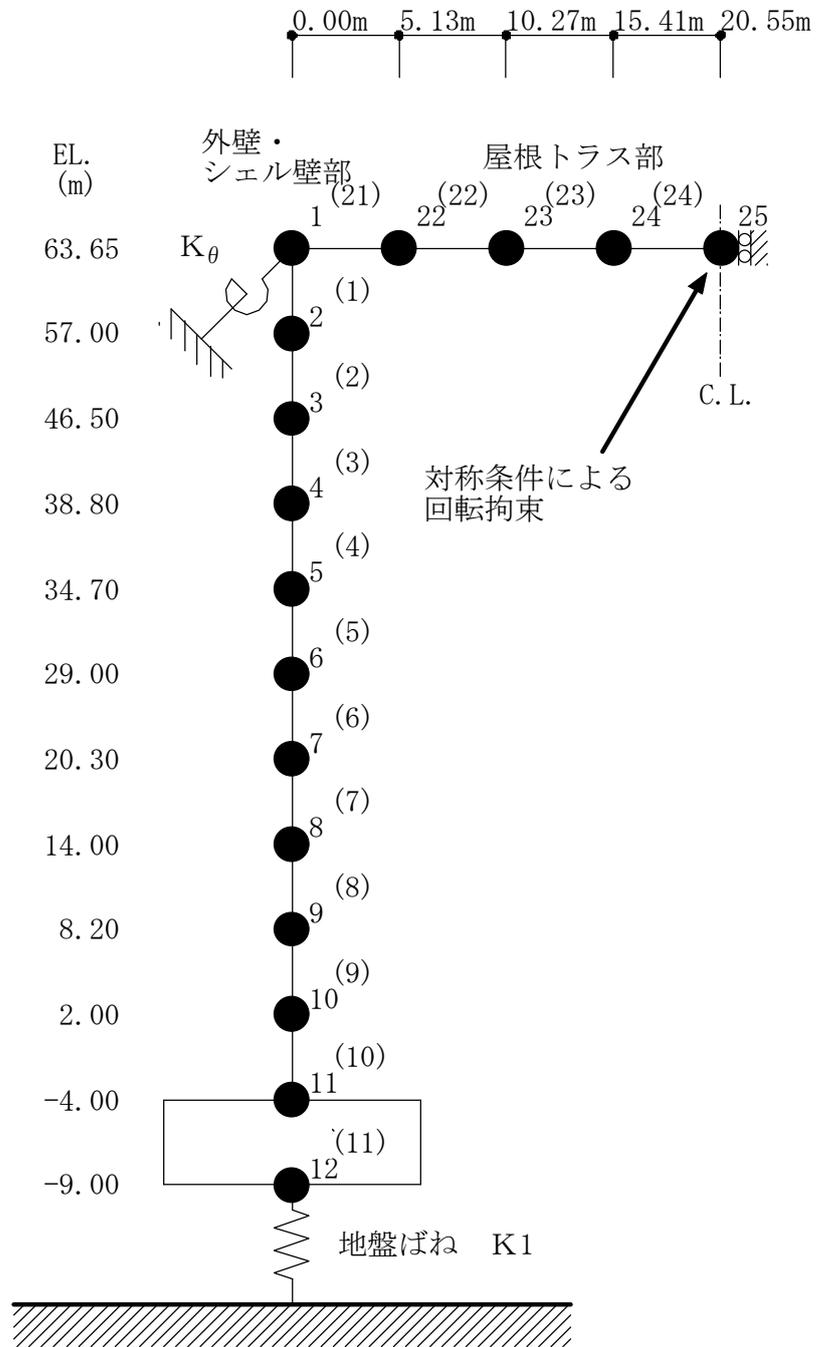
- 使用済燃料乾式貯蔵建屋・・・①
 - 原子炉格納容器底部コンクリートマット・・・②, ③
 - 原子炉建屋基礎盤・・・②, ③
 - 格納容器圧力逃がし装置格納槽・・・②, ③
 - 主排気筒・・・①, ⑤
 - 非常用ガス処理系配管支持架構・・・①
 - 緊急時対策所建屋・・・①
- ※1：基本ケースによる検討
 ※2：材料物性のばらつきを考慮した検討
 ※3： S_s , S_d 各波に対する検討
 ※4： S_s , S_d 各波を包絡した検討

図 1-1 (2/2) 検討フロー



- ・数字は質点番号を示す。
- ・ () 内は要素番号を示す。

図1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデル (水平方向)



- 数字は質点番号を示す。
- () 内は要素番号を示す。

図1-3 原子炉建屋の地震応答解析モデル (鉛直方向)

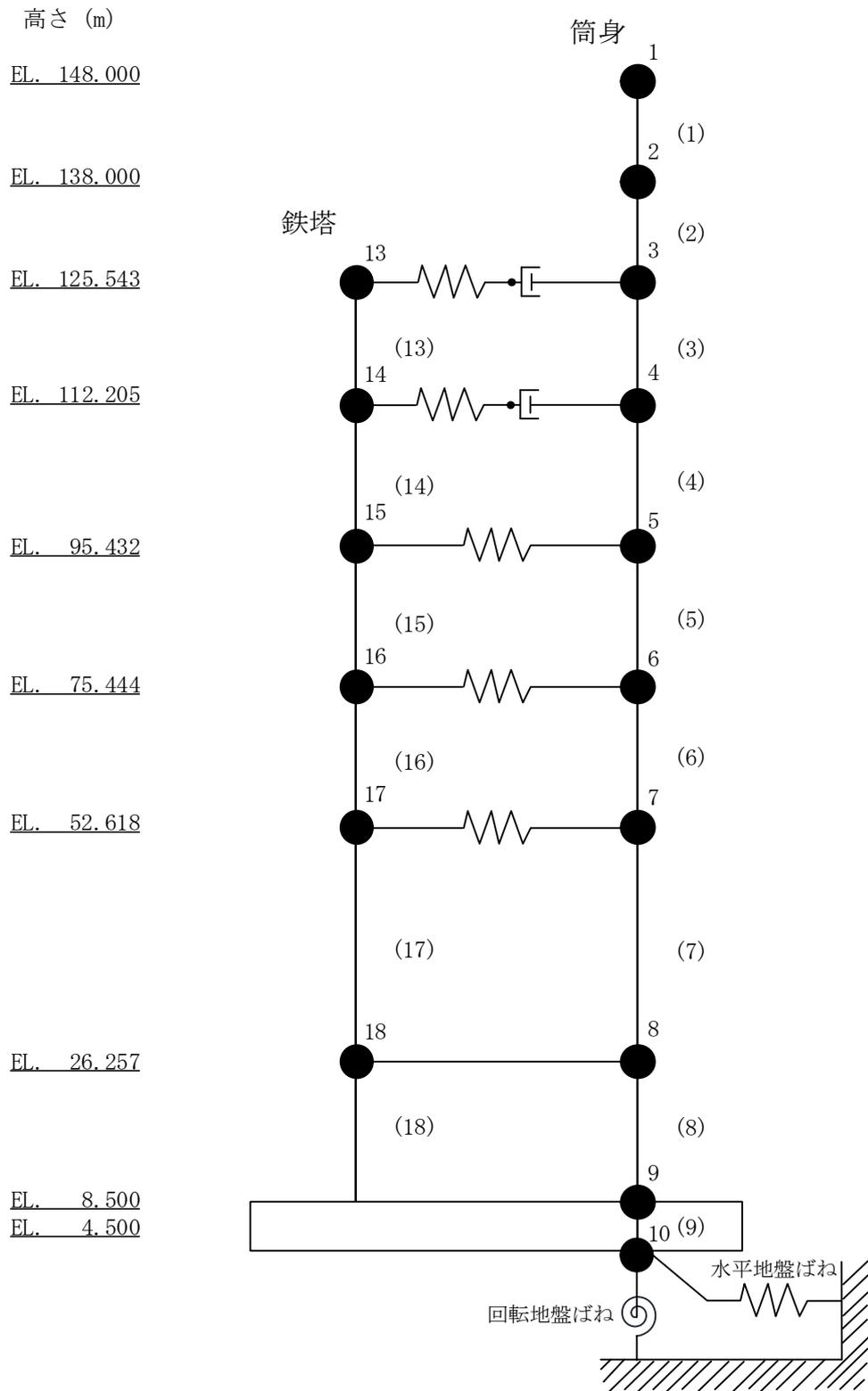


図 1-4 主排気筒の地震応答解析モデル (水平方向: 0° , 45°)

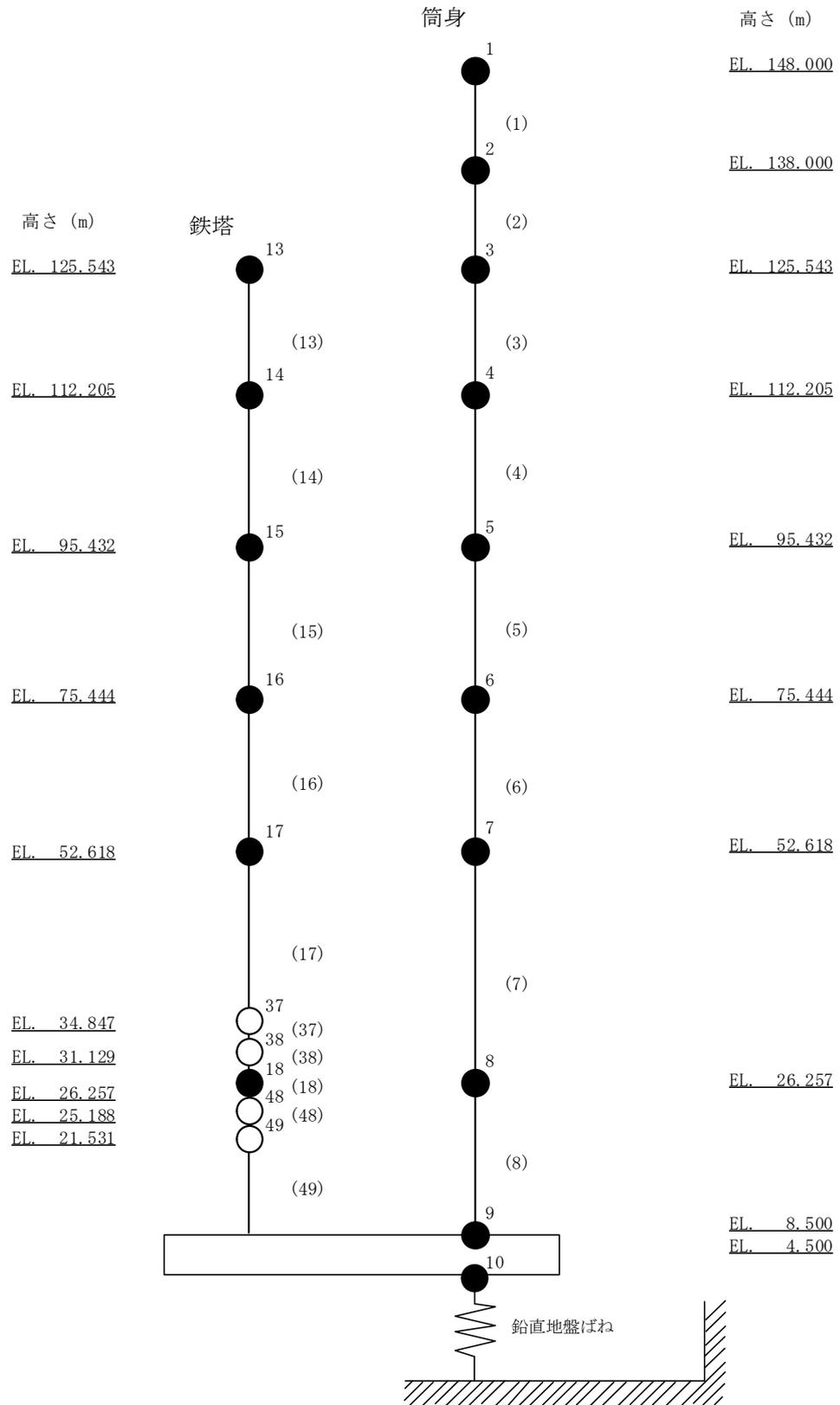


図 1-5 主排気筒の地震応答解析モデル (鉛直方向)

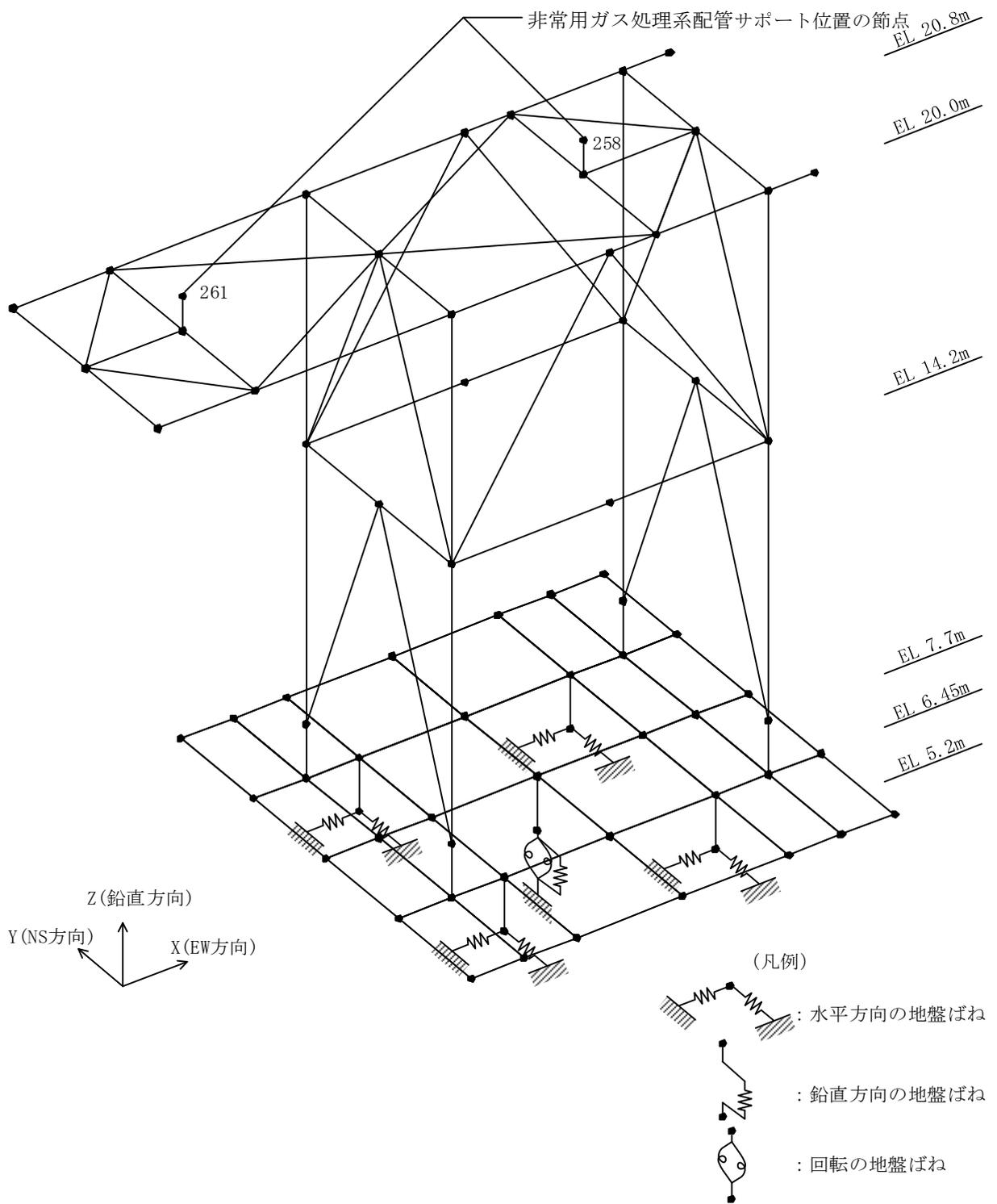


図 1-6 非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答解析モデル

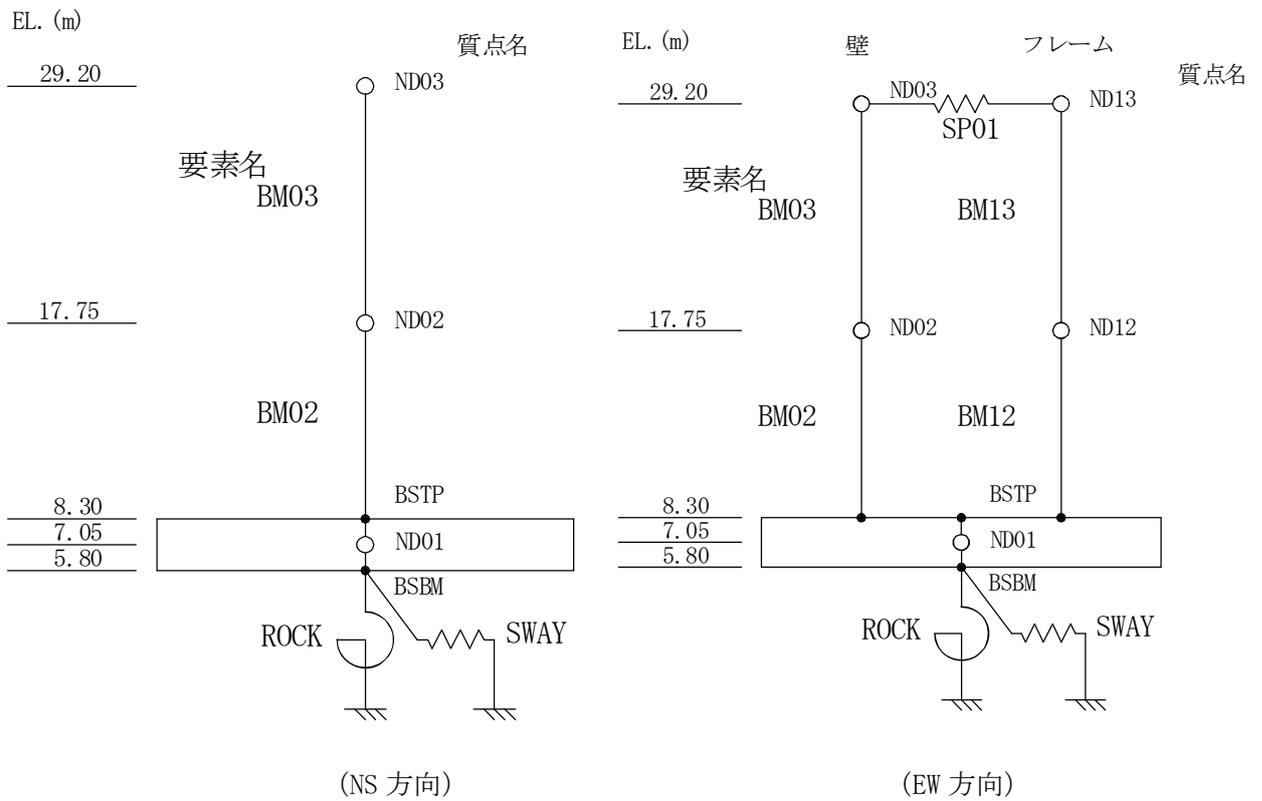


図 1-7 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデル（水平方向）

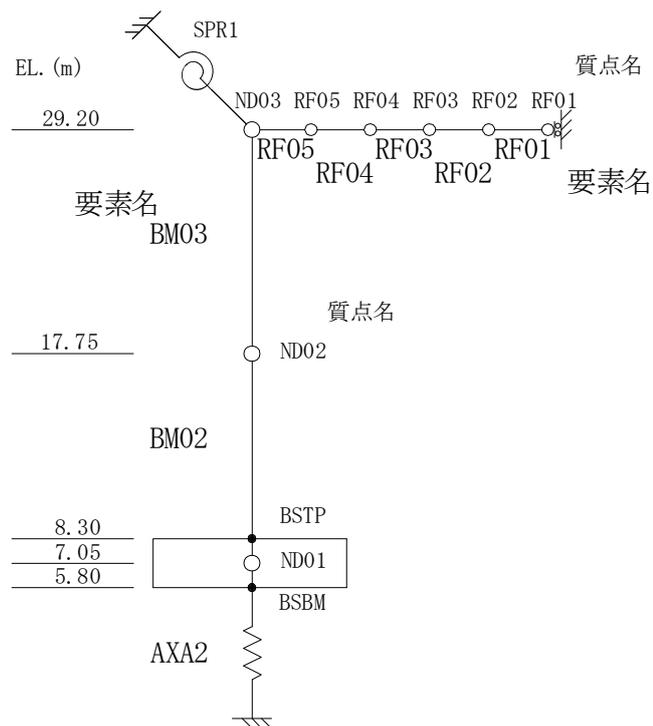


図 1-8 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデル（鉛直方向）

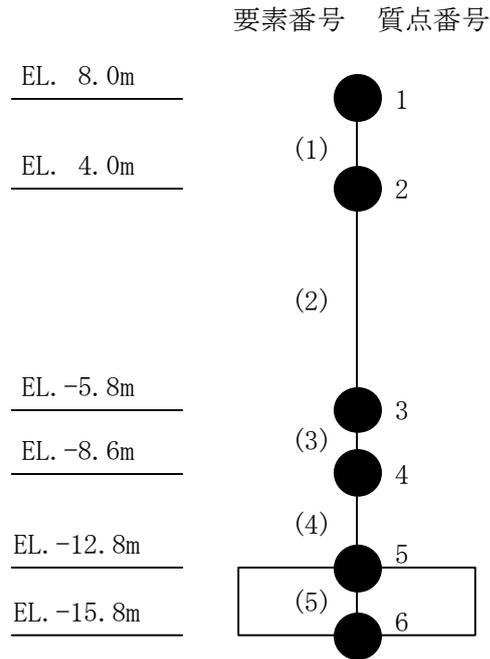


図 1-9 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答解析モデル（水平方向）

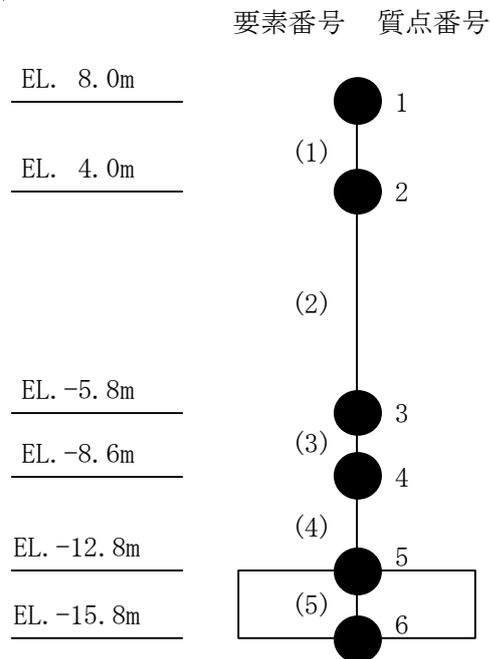
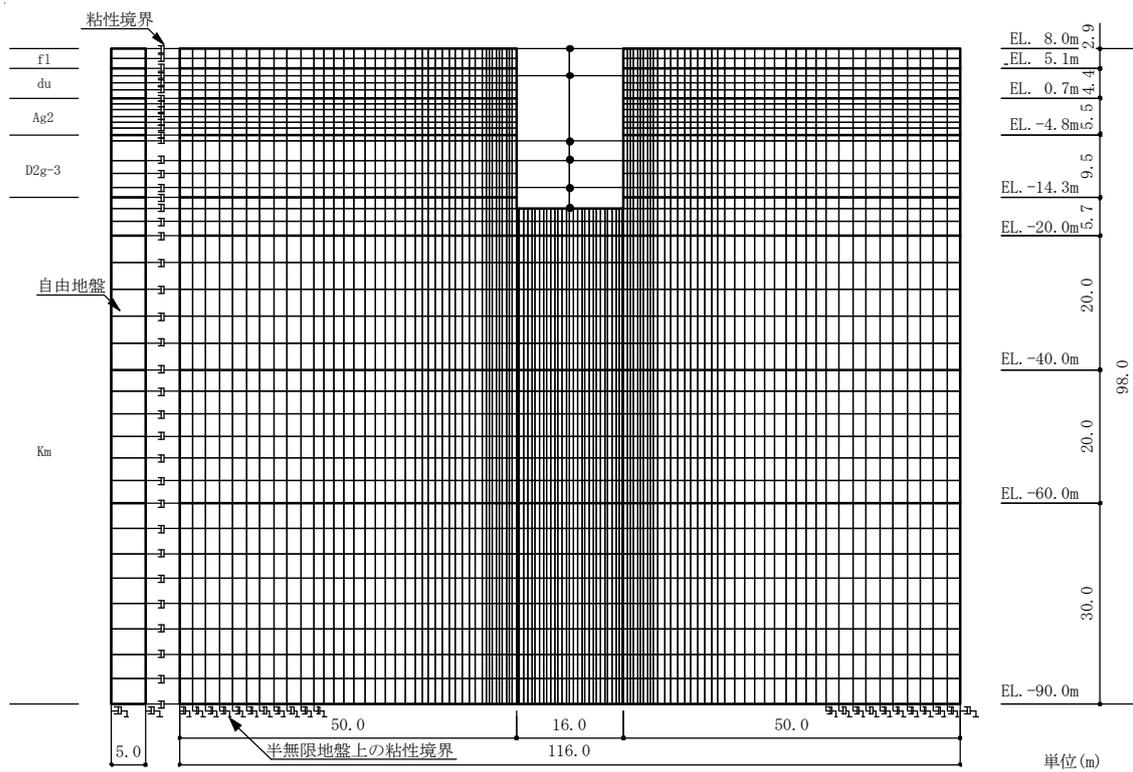
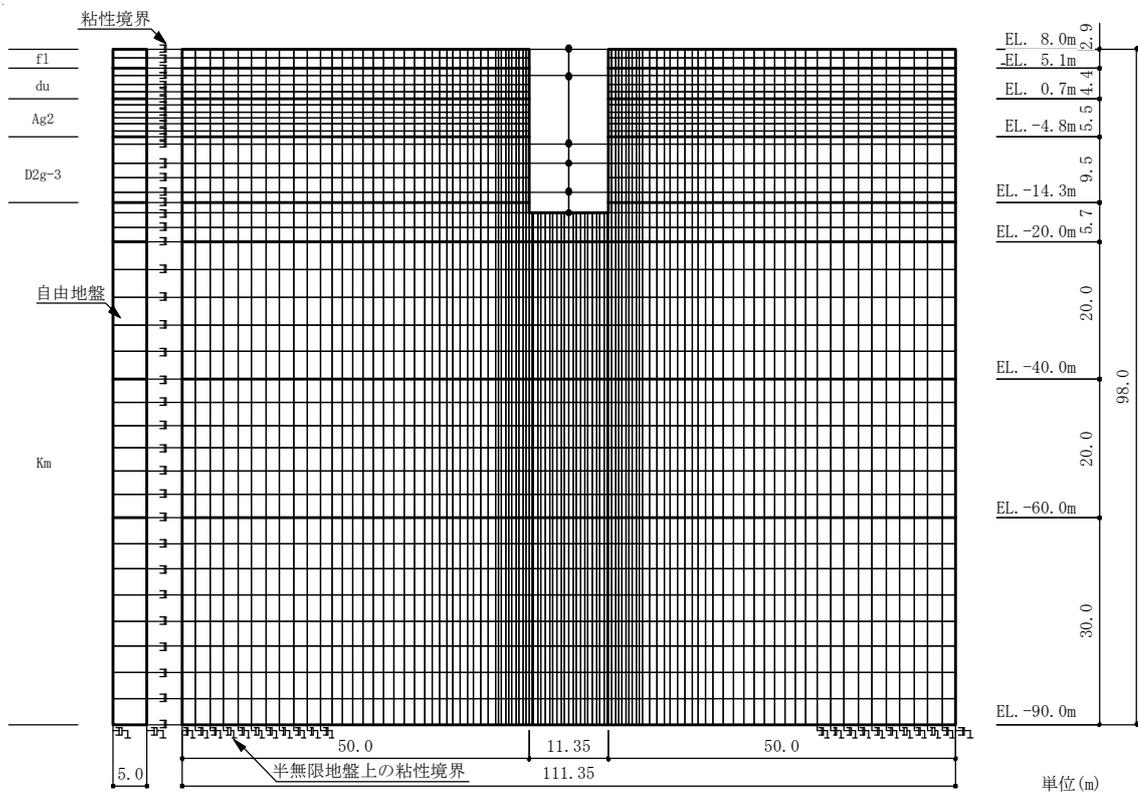


図 1-10 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答解析モデル（鉛直方向）



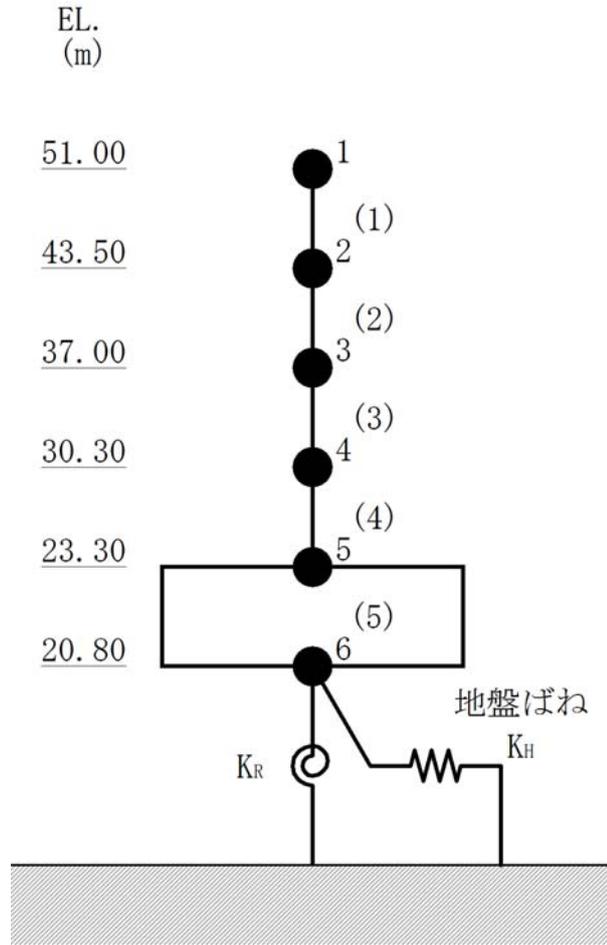
(a) NS, 鉛直方向

図 1-11 格納容器圧力逃がし装置格納層の地震応答解析モデル (1/2)



(b) EW 方向

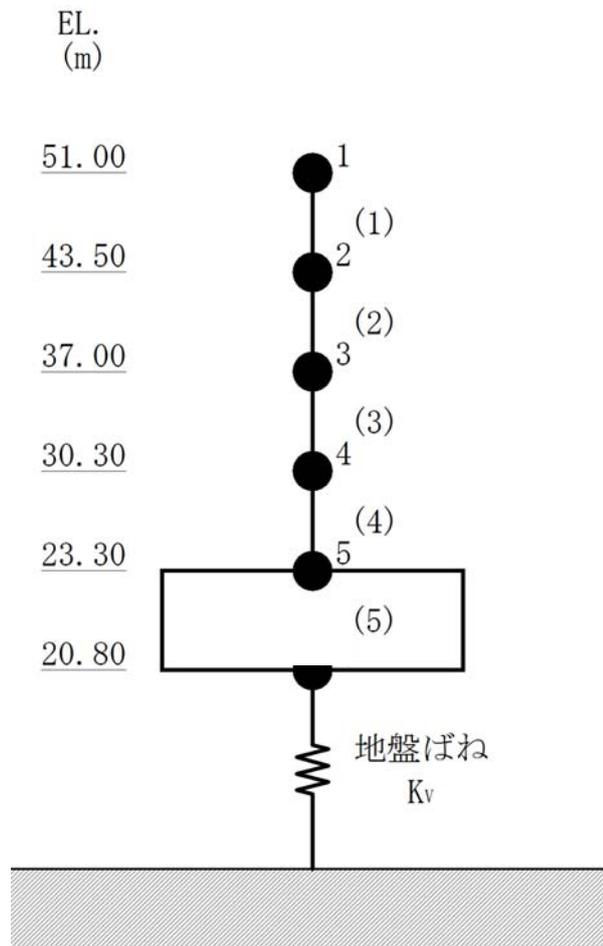
図 1-11 格納容器圧力逃がし装置格納層の地震応答解析モデル (2/2)



- ・ 数字は質点番号を示す。
- ・ () 内は要素番号を示す。

(a) NS 方向

図 1-12 (1/2) 緊急時対策所建屋の地震応答解析モデル (水平方向)



- ・ 数字は質点番号を示す。
- ・ () 内は要素番号を示す。

図 1-12 (2/2) 緊急時対策所建屋の地震応答解析モデル (鉛直方向)

2. 検討結果

2.1 地盤の検討

2.1.1 検討内容

原子炉建屋及び格納容器圧力逃がし装置格納槽について、組合せ係数法による最大接地圧と、時刻歴和による最大接地圧を比較して、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による最大接地圧と同等又は保守的であることを確認すること、同等又は保守的と言えない場合には時刻歴和による最大接地圧を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

(1) 原子炉建屋

検討は、資料V-2-9-2-2「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」に示す原子炉建屋の接地圧の評価に合わせて、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対して実施することとし、断層モデルに基づく地震動のうち最大接地圧が最も大きくなるもの(S_d-22 , S_s-21)及び応答スペクトルに基づく地震動(S_d-D1 , S_s-D1)並びに震源を特定せず策定する地震動(S_d-31 , S_s-31)に対して実施する。

組合せ係数法による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による最大転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力に0.4(組合せ係数)を乗じた鉛直力から算定する。

これに対して、時刻歴和による最大接地圧は、自重、水平方向の地震応答解析による時刻歴転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸力から時刻毎に算定した接地圧の最大値とする。

(2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

検討は、資料V-2-2-19「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」に示す接地圧の評価に合わせて、基準地震動 S_s に対して実施することとし、断層モデルに基づく地震動のうち接地圧が最も大きくなるもの(S_s-22)及び応答スペクトルに基づく地震動(S_s-D1)並びに震源を特定せず策定する地震動(S_s-31)に対して実施する。

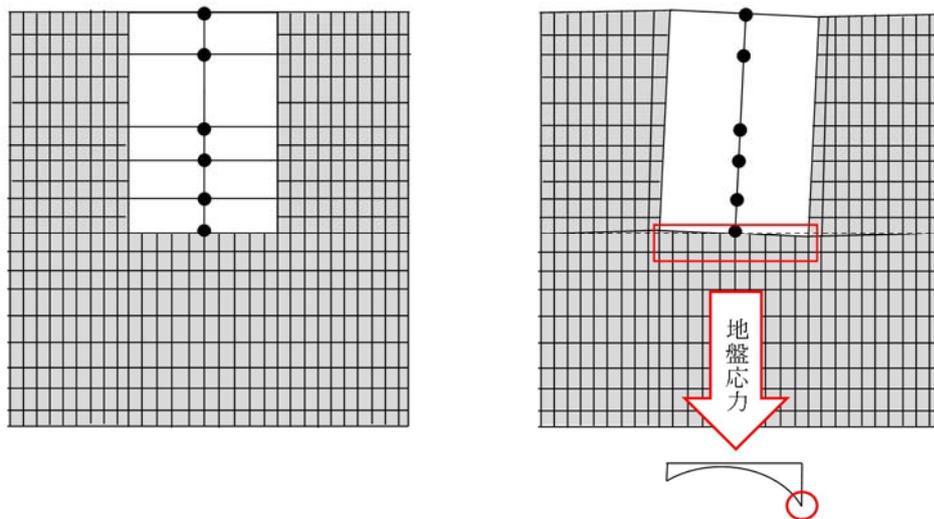
なお、格納容器圧力逃がし装置格納槽は地盤を2次元FEMでモデル化している。2次元FEMモデルを用いた接地圧の算出方法を図2-1に示す。接地圧は、水平・鉛直それぞれの解析により算出した基礎直下の地盤要素に発生する鉛直応力より算出する。組合せ係数法による最大接地圧は、水平・鉛直それぞれの解析による鉛直応力の最大値を組合せ係数法を用いて組合せて算出する。一方、時刻歴和による最大接地圧は、水平・鉛直それぞれの解析による時刻歴鉛直応力を時々刻々組合せて算定した接地圧の最大値とする。

図2-1に接地圧の算出方法を示す。図2-2に地盤の検討フローを示す。



(原子炉建屋)

図 2-1 接地圧の算出方法 (1/2)



(格納容器圧力逃がし装置格納槽)

図 2-1 地盤FEMモデルにおける接地圧の算出方法 (2/2)

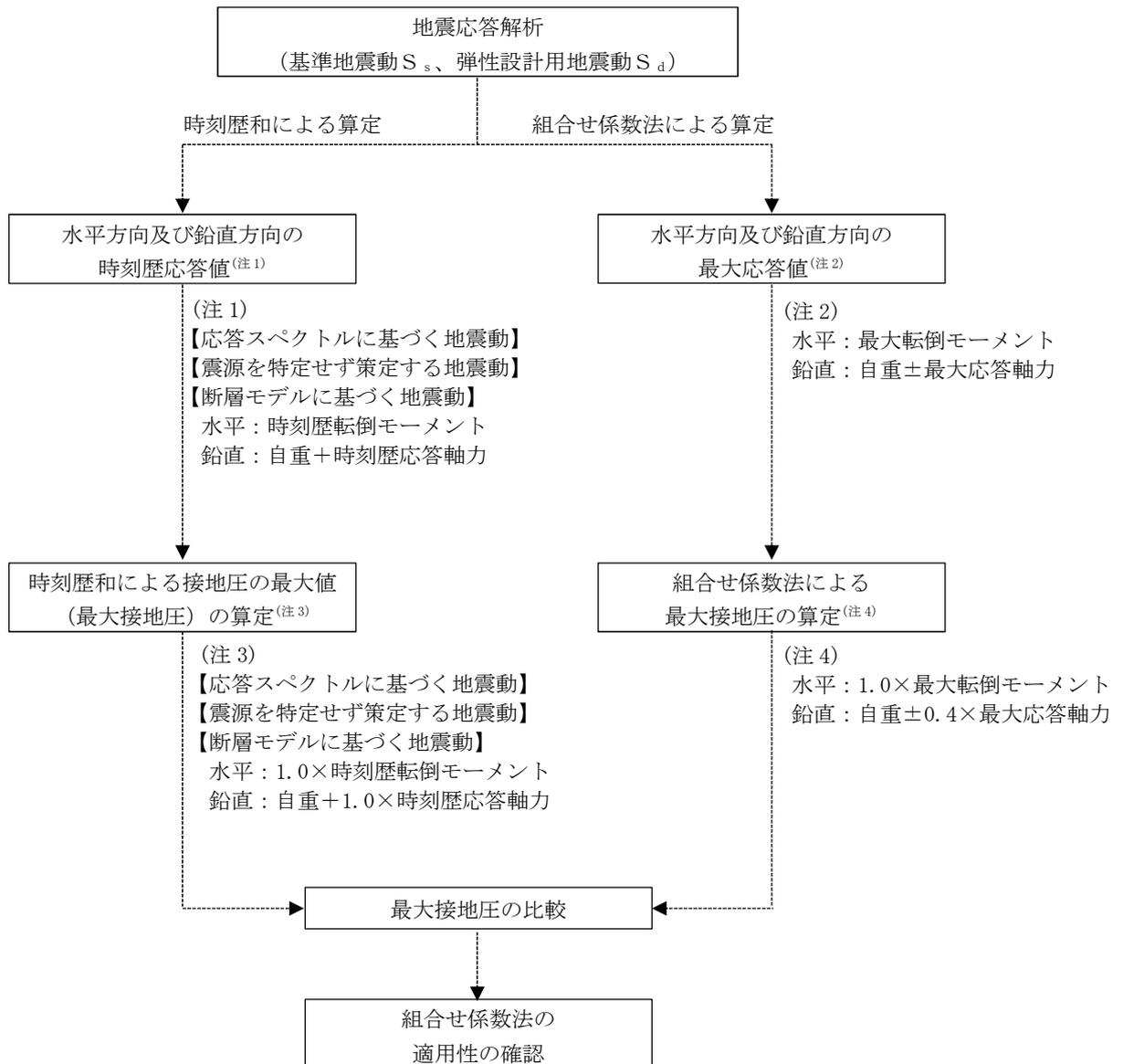


図 2-2 地盤の検討フロー

2.1.2 検討結果

(1) 原子炉建屋

組合せ係数法による最大接地圧 (①), 時刻歴和による最大接地圧 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-1～表 2-6 に示す。なお, 参考として時刻歴和による最大接地圧の算定詳細を, 別紙「時刻歴和による評価値」に示す。

組合せ係数法による最大接地圧は, 時刻歴和による最大接地圧と比べてやや小さい値(基準地震動 S_s において最小で約 92 %, 弾性設計用地震動 S_d で最小で約 98 %) となっている場合があるため, 接地圧評価への影響検討を行う。

接地圧評価への影響検討結果を表 2-7 に示す。

時刻歴和による最大接地圧を用い評価する場合でも, 許容限界に対して十分な余裕を有する。

以上より, 接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-1 最大接地圧の比較 (弾性設計用地震動 S_d-22) 注1)

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧注2) (kN/m ²)	692	644
②時刻歴和による最大接地圧注2) (kN/m ²)	703	650
最大接地圧の比 (①/②)	0.98	0.99

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-2 最大接地圧の比較 (弾性設計用地震動 S_d-31) 注1)

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧注2) (kN/m ²)	745	748
②時刻歴和による最大接地圧注2) (kN/m ²)	726	729
最大接地圧の比 (①/②)	1.03	1.03

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-3 最大接地圧の比較 (弾性設計用地震動 S_d-D1) 注1)

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧注2) (kN/m ²)	714	717
②時刻歴和による最大接地圧注2) (kN/m ²)	692	695
最大接地圧の比 (①/②)	1.03	1.03

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-4 最大接地圧の比較（基準地震動 $S_s - 2 1$ ）^{注 1)}

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	932	714
②時刻歴和による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	878	775
最大接地圧の比 (①/②)	1.06	0.92

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-5 最大接地圧の比較（基準地震動 $S_s - 3 1$ ）^{注 1)}

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	1034	1039
②時刻歴和による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	1019	1025
最大接地圧の比 (①/②)	1.01	1.01

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-6 最大接地圧の比較（基準地震動 $S_s - D 1$ ）^{注 1)}

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	944	951
②時刻歴和による最大接地圧 ^{注 2)} (kN/m ²)	898	902
最大接地圧の比 (①/②)	1.05	1.05

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-7 接地圧評価への影響検討（原子炉建屋）

(a) 弾性設計用地震動 S_d

	基準地震動 S_d
①最大接地圧の比の最小値 (組合せ係数法による最大接地圧/ 時刻歴接地圧の最大値)	0.98
②割増係数 (=1/①)	1.02
③材料物性のばらつきを考慮した 最大接地圧	764
影響検討結果 ^{注1)} (=②×③)	780
許容限界 (kN/m ²)	3570

注 1) : 4 桁目を切り上げ

(b) 基準地震動 S_s

	基準地震動 S_s
①最大接地圧の比の最小値 (組合せ係数法による最大接地圧/ 時刻歴接地圧の最大値)	0.92
②割増係数 (=1/①)	1.09
③材料物性のばらつきを考慮した 最大接地圧	1087
影響検討結果 ^{注1)} (=②×③)	1190
許容限界 (kN/m ²)	5360

注 1) : 4 桁目を切り上げ

(2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

組合せ係数法による最大接地圧 (①), 時刻歴和による最大接地圧 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-8~表 2-10 に示す。なお, 参考として時刻歴和による最大接地圧の算定詳細を, 別紙「時刻歴和による評価値」に示す。

組合せ係数法による最大接地圧は, 時刻歴和による最大接地圧と比べてやや小さい値(基準地震動 S_s において最小で約 95 %) となっている場合があるため, 接地圧評価への影響検討を行う。

接地圧評価への影響検討結果を表 2-11 に示す。

時刻歴和による最大接地圧を用いた場合でも, 許容限界に対して十分な余裕を有することから, 接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-8 最大接地圧の比較 ($S_s - 22$) 注1)

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	709	727
②時刻歴和による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	748	742
最大接地圧の比 (①/②)	0.948	0.980

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-9 最大接地圧の比較 ($S_s - 31$) 注1)

	NS 方向	EW 方向
①組合せ係数法による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	872	914
②時刻歴和による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	833	876
最大接地圧の比 (①/②)	1.05	1.04

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-10 最大接地圧の比較 (S_s-D1) 注1)

	NS 方向	EW 方向
① 組合せ係数法による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	824	862
② 時刻歴和による最大接地圧 ^{注2)} (kN/m ²)	765	800
最大接地圧の比 (①/②)	1.08	1.08

注 1) : 基本ケースの結果での比較

注 2) : 4 桁目を切り上げ

表 2-11 接地圧評価への影響検討 (格納容器圧力逃がし装置格納槽)

① 最大接地圧の比の最小値 (組合せ係数法による最大接地圧/ 時刻歴和による最大接地圧)	0.948
② 割り増し係数 (=1/①)	1.05
③ 材料物性のばらつきを考慮した 最大接地圧	960
影響検討結果 (=②×③)	1008
許容限界 【極限支持力度 (kN/m ²)】	4660

2.2 杭の検討

2.2.1 検討内容

主排気筒，非常用ガス処理系配管支持架構，使用済燃料乾式貯蔵建屋及び緊急時対策所建屋に対する杭の鉛直支持力，引抜抵抗力及び断面について，組合せ係数法による検定比，時刻歴和による検定比を比較して，組合せ係数法による検定比が，時刻歴和による検定比と同等又は保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は，時刻歴和による検定比の杭の評価への影響検討を行う。その結果，許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより，杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

(1) 主排気筒

検討は，資料V-2-2-15-2「主排気筒の基礎の耐震性についての計算書」に示す主排気筒の杭の評価に合わせて，上部構造の地盤ばねの水平方向と鉛直方向の曲げモーメント，せん断力及び軸力より算定した鉛直支持力，引抜抵抗力及び断面について評価する。ここで，杭の鉛直支持力，引抜抵抗力及び断面について，組合せ係数法による検定比は地震応答の最大値に基づく。一方，時刻歴和による検定比は地震応答の時刻歴データの時々刻々の重ね合わせに基づく。検討は，改良地盤のせん断波速度を $V_s=800$ m/s, 500 m/s とする基本ケースについて，断層モデルに基づく地震動 (S_s-21) 及び応答スペクトルに基づく地震動 (S_s-D1) 及び震源を特定せず策定する地震動 (S_s-31) に対して行う。これらの地震動は，資料V-2-2-14「主排気筒の地震応答計算書」において応答値が支配的となる地震動である。

なお，主排気筒においては，風荷重の重畳を考慮して検定比を算定する。

(2) 非常用ガス処理系配管支持架構

検討は，資料V-2-2-17「非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書」に示す非常用ガス処理系配管支持架構の杭の評価に合わせて，上部構造の地盤ばねの水平方向と鉛直方向の曲げモーメント，せん断力及び軸力より算定した鉛直支持力，引抜抵抗力及び断面について評価する。ここで，杭の鉛直支持力，引抜抵抗力及び断面について，組合せ係数法による検定比は地震応答の最大値に基づく。一方，時刻歴和による検定比は地震応答の時刻歴データの時々刻々の重ね合わせに基づく。検討は，改良地盤のせん断波速度を $V_s=800$ m/s, 500 m/s とする基本ケースについて，断層モデルに基づく地震動 (S_s-22) 及び応答スペクトルに基づく地震動 (S_s-D1) に対して行う。これらの地震動は，資料V-2-2-16「非常用ガス処理系配管支持架構の地震応答計算書」において応答値が支配的となる地震動である。

なお，非常用ガス処理系配管支持架構においては，風荷重の重畳を考慮して検定比を算定する。

(3) 使用済燃料乾式貯蔵建屋

検討は，資料V-2-2-5「使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」に示す使

用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の評価に合わせて、上部構造の地盤ばねの水平方向と鉛直方向の曲げモーメント、せん断力及び軸力の時刻歴データを用いて、最大値の荷重組合せ係数法より算定した杭の鉛直支持力、引抜抵抗力及び断面応力との比較検討を行う。また、これらの検討は、基準地震動 S_s に対して実施することとし、資料V-2-2-4「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」より、断層モデルに基づく地震動(S_s-22)及び応答スペクトルに基づく地震動(S_s-D1)及び震源を特定せず策定する地震動(S_s-31)に対して評価する。

なお、資料V-2-2-5「使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」より、基礎の検討に用いる S_s 地震荷重は、上記の3波により決まることから、本検討ではこれら3波を対象とした。

(4) 緊急時対策所建屋

検討は、資料V-2-2-11「緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」に示す杭の評価に合わせて、上部構造の地盤ばねの水平方向と鉛直方向の曲げモーメント、せん断力及び軸力の時刻歴データを用いて、組合せ係数法の最大値から算定した杭の鉛直支持力、引抜抵抗力及び断面応力との比較検討を行う。また、これらの検討は、基準地震動 S_s に対する工認基本モデルの検討ケースのうち、杭支持力等及び断面応力が最も大きくなるケース(S_s-21)、応答スペクトルに基づく地震動(S_s-D1)並びに震源を特定せず策定する地震動(S_s-31)に対して評価する。

杭の検討フローを図2-4に示す。

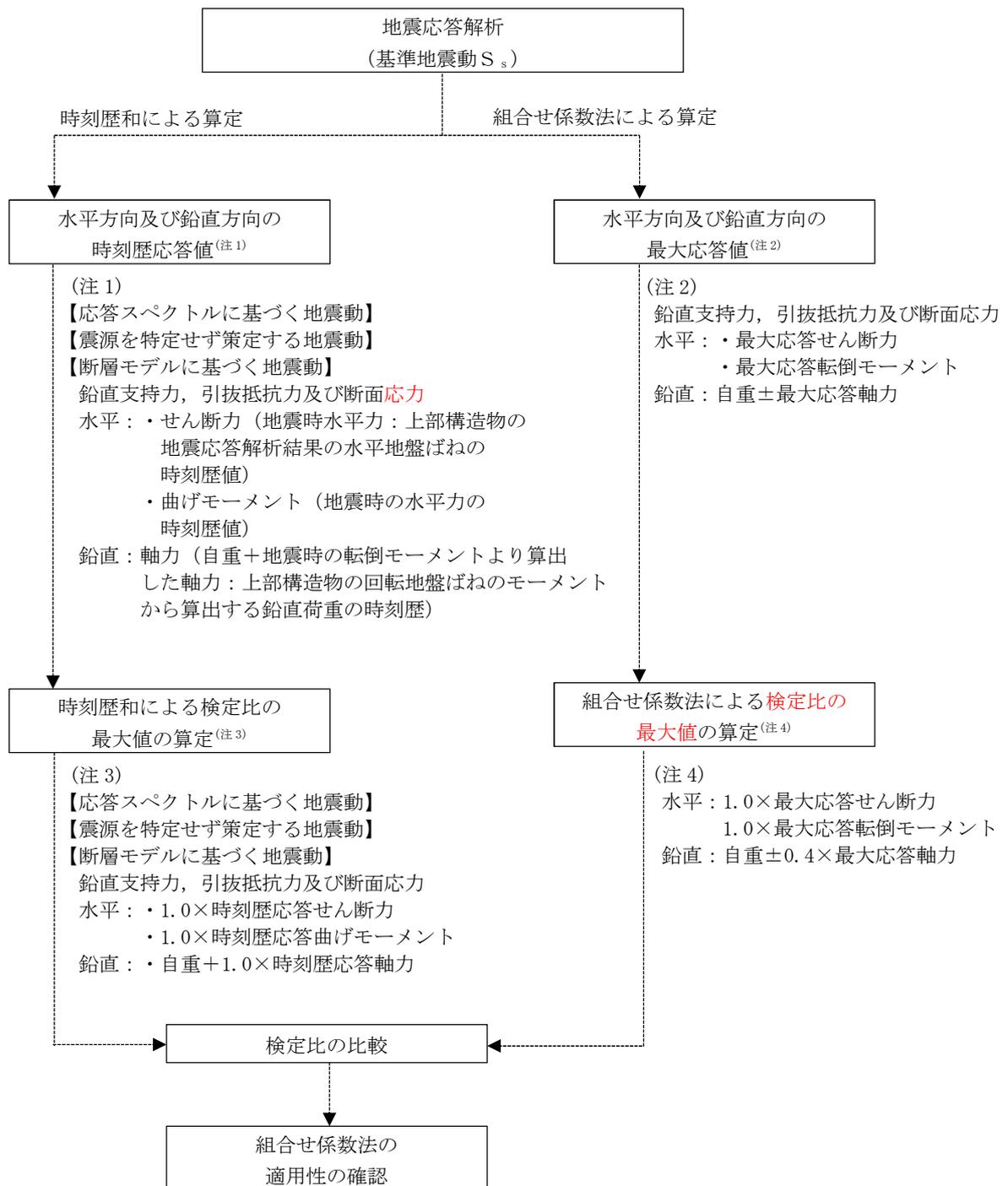


図 2-4 杭の検討フロー

2.2.2 検討結果

(1) 主排気筒

主排気筒の杭の評価として、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の曲げに対する組合せ係数法による検定比 (①)、時刻歴和による検定比 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-12 及び表 2-13 に示す。なお、参考として時刻歴和の検定比の根拠となる時刻歴和の評価値の詳細は、別紙「時刻歴による評価値」に示す。

組合せ係数法による各検定比は、時刻歴和による検定比と比べて保守的な値となっている。

上記の通り、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-12 検討結果 (既存杭) *1

	検定比		
	鉛直支持力	引抜抵抗力	曲げ
①組合せ係数法による検定比	0.65	0.27	0.54
②時刻歴和による検定比*2	0.60	0.15	0.37
両者の比 (①/②)	1.08	1.80	1.46

表 2-13 検討結果 (増設杭) *1

	検定比		
	鉛直支持力	引抜抵抗力	曲げ
①組合せ係数法による検定比	0.63	0.23	0.34
②時刻歴和による検定比*2	0.58	0.12	0.28
両者の比 (①/②)	1.09	1.92	1.21

*1 : 3 桁目を切り上げ

*2 : 基本ケースの結果

(2) 非常用ガス処理系配管支持架構

非常用ガス処理系配管支持架構の杭の評価として、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の曲げに対する組合せ係数法による検定比 (①)、時刻歴和による検定比 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-14 に示す。なお、参考として時刻歴和の検定比の根拠となる時刻歴和の評価値の詳細は、別紙「時刻歴による評価値」に示す。

組合せ係数法による各検定比は、時刻歴和による検定比と比べて保守的な値となっている。

上記の通り、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-14 検討結果*1

	検定比		
	鉛直支持力	引抜抵抗力	曲げ
①組合せ係数法による検定比	0.16	0.06	0.09
②時刻歴和による検定比*2	0.14	0.01	0.07
両者の比 (①/②)	1.14	6.33	1.38

*1：3桁目を切り上げ

*2：基本ケースの結果

(3) 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の評価として、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の曲げに対する組合せ係数法による検定比 (①)、時刻歴和による検定比 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-15 に示す。なお、参考として時刻歴和の検定比の根拠となる時刻歴和の評価値の詳細は、別紙「時刻歴による評価値」に示す。

組合せ係数法による各検定比は、時刻歴和による検定比と比べて保守的な値となっている。

上記の通り、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-15 評価結果*1

	検定比		
	鉛直支持力	引抜抵抗力	曲げ モーメント
①組合せ係数法による検定比	0.49	0.49	1.00
②時刻歴和による検定比*2	0.48	0.43	0.88
両者の比 (①/②)	1.04	1.12	1.13

*1 : 3 桁目を切り上げ

*2 : 基本ケースの結果

(4) 緊急時対策所建屋

緊急時対策所建屋の杭の評価として、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の曲げに対する組合せ係数法による検定比 (①)、時刻歴和による検定比 (②) 及び両者の比 (①/②) を表 2-16 に示す。なお、参考として時刻歴和の検定比の根拠となる時刻歴和の評価値の詳細は、別紙「時刻歴による評価値」に示す。

組合せ係数法による各検定比は、時刻歴和による検定比と比べて保守的な値となっている。

上記の通り、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-16 評価結果*1

	検定比		
	鉛直支持力	引抜抵抗力	曲げ モーメント
①組合せ係数法による検定比	0.65	0.27	0.33
②時刻歴和による検定比*2	0.56	0.15	0.23
両者の比 (①/②)	1.17	1.80	1.44

*1 : 3桁目を切り上げ

*2 : 基本ケースの結果

2.3 基礎の検討

2.3.1 検討内容

「2.1 地盤の検討」において、組合せ係数法による最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値を下回る原子炉建屋について、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s 又は弾性設計用地震動 S_d を包絡し組合せ係数法を適用して算出した接地圧が時刻歴接地圧の最大値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、基礎（原子炉格納容器（コンクリート部）底部及び原子炉建屋の基礎）の応力評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。検討は、資料V-2-9-2-2「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」及び資料V-2-9-3-4「原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」に示す基礎の応力評価に合わせて、原子炉格納容器底部コンクリートマットについては弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s 、原子炉棟基礎及び付属棟基礎については基準地震動 S_s に対して実施することとする。

また、格納容器圧力逃がし装置格納槽について、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した接地圧が時刻歴接地圧の最大値と同等または保守的であることを確認する。同等または保守的と言えない場合は、時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも許容限界に対して十分な余裕を有することを確認することにより、基礎の応力評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。検討は、資料V-2-9-19「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」に示す基礎の応力評価に合わせて、基準地震動 S_s に対して実施することとする。

基礎の検討フローを図2-5に示す。

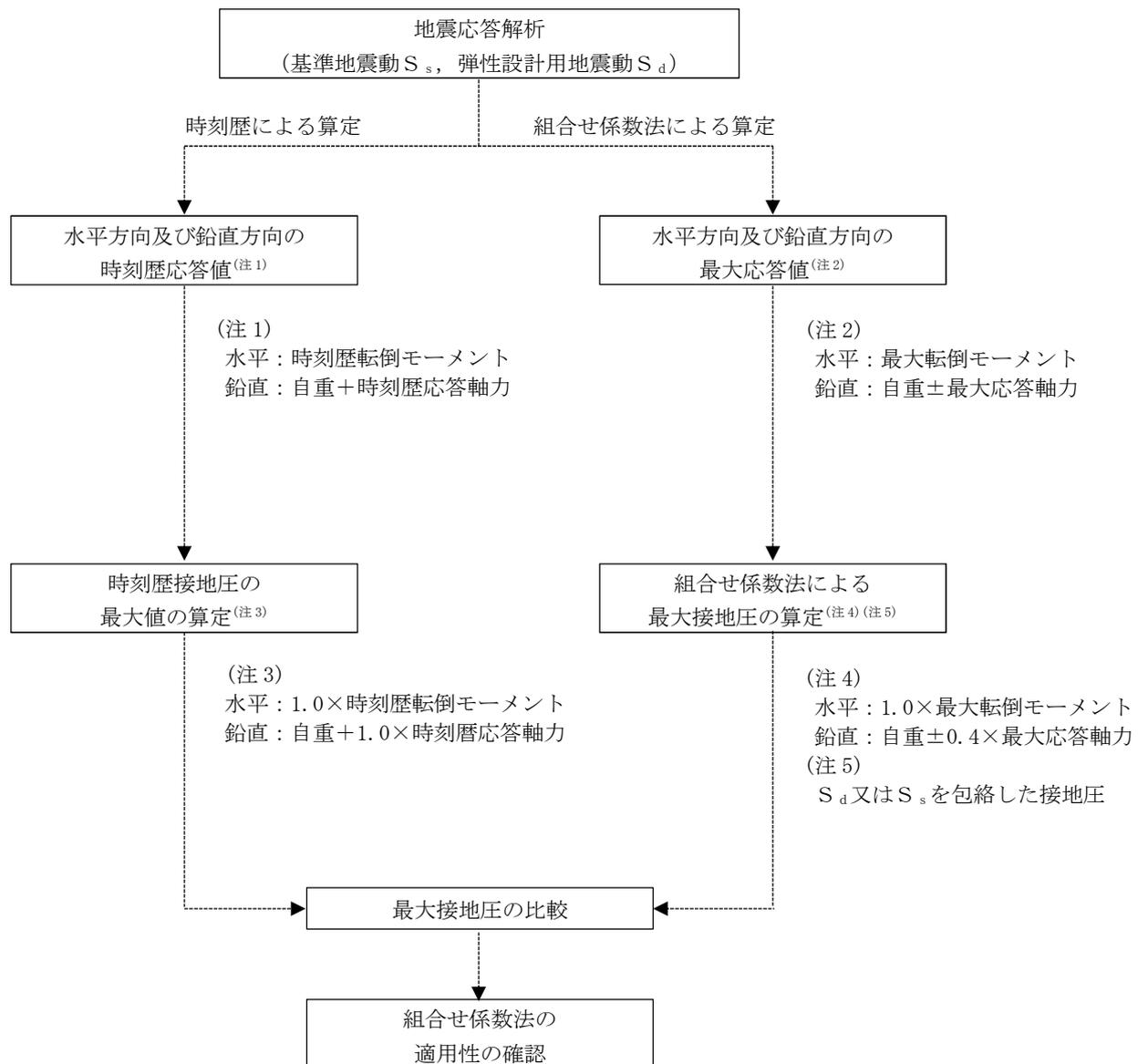


図 2-5 基礎の検討フロー

2.3.2 検討結果

(1) 原子炉建屋

波ごとに組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (①), S_d 又は S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (②), 時刻歴接地圧の最大値 (③), 接地圧の最大値の比 (①/③, ②/③) を表 2-17~表 2-22 に示す。なお, ②については, 基礎へ入力する地震荷重の設定に基づき, 弾性設計用地震動 S_d については, 8 波を包絡した接地圧, 基準地震動 S_s については, 応答スペクトルに基づく地震動 (S_s-D1), 断層モデルに基づく地震動 ($S_s-11 \sim S_s-22$ の包絡) 及び震源を特定せず策定する地震動 (S_s-31) のそれぞれについて算出する。

弾性設計用地震動 S_d については, 組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値 (①/③が約 98 %) となっている場合もあるが, 基礎への地震荷重の入力という観点で, 弾性設計用地震動 S_d を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より大きい値 (②/③が 1.0 以上) となっていることから, 基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

基準地震動 S_s については, 組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値 (①/③が最小で約 92 %) となっている場合もあるが, 基礎への地震荷重の入力という観点で, 基準地震動 S_s については, 応答スペクトルに基づく地震動 (S_s-D1), 断層モデルに基づく地震動 ($S_s-11 \sim S_s-22$ の包絡) 及び震源を特定せず策定する地震動 (S_s-31) のそれぞれについて組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より大きい値 (②/③が 1.0 以上) となっていることから, 基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-17 最大接地圧の比較 (S_d-2 2) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _d -2 2	② S _d 包絡			
NS	692	772	703	0.98	1.10
EW	644	775	650	0.99	1.19

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-18 最大接地圧の比較 (S_d-3 1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _d -3 1	② S _d 包絡			
NS	745	772	726	1.03	1.06
EW	748	775	729	1.03	1.06

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-19 最大接地圧の比較 (S_d-D 1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _d -D 1	② S _d 包絡			
NS	714	772	692	1.03	1.12
EW	717	775	695	1.03	1.12

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-20 最大接地圧の比較 (S_s-2 1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -2 1	② S _s 断層波包絡			
NS	932	935	878	1.06	1.06
EW	714	845	775	0.92	1.09

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-21 最大接地圧の比較 (S_s-3 1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -3 1	② S _s -3 1			
NS	1034	1034	1019	1.01	1.01
EW	1039	1039	1025	1.01	1.01

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-22 最大接地圧の比較 (S_s-D 1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -D 1	② S _s -D 1			
NS	944	944	898	1.05	1.05
EW	951	951	902	1.05	1.05

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

(2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

波ごとに組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (①), 基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧 (②), 時刻歴接地圧の最大値 (③), 接地圧の最大値の比 (①/③, ②/③) を表 2-23~表 2-25 に示す。

組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値 (①/③が最小で約 95 %) となっている場合もあるが, 基礎への地震荷重の入力という観点で, 基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より大きい値 (②/③が 1.0 以上) となっていることから, 基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-23 最大接地圧の比較 (S_s-22) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -22	② S _s 包絡			
NS	709	936	748	0.948	1.25
EW	727	960	742	0.980	1.29

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-24 最大接地圧の比較 (S_s-31) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -31	② S _s 包絡			
NS	872	936	833	1.05	1.12
EW	914	960	876	1.04	1.10

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

表 2-25 最大接地圧の比較 (S_s-D1) 注1)

方向	組合せ係数法における 最大接地圧 ^{注2)} (N/mm ²)		③ 時刻歴接地圧 の最大値 ^{注2)} (N/mm ²)	接地圧の 最大値の比 (①/③)	接地圧の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -D1	② S _s 包絡			
NS	824	936	765	1.08	1.22
EW	862	960	800	1.08	1.20

注 1) : 基本ケースの結果

注 2) : 4桁目を切り上げ

2.4 上部構造物の検討

2.4.1 検討内容

主排気筒の上部構造物の支柱材について、組合せ係数法による応力度と時刻歴応力度の最大値を比較して、組合せ係数法による応力度が時刻歴応力度の最大値と同等又は保守的であることを確認することにより、応力度評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認する。

検討は、資料V-2-2-15-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に示す主排気筒の上部構造物の支柱材の地震時の応力解析による評価に合わせて、基準地震動 S_s に対して実施することとし、断層モデルに基づく地震動のうち水平方向の地震力による応答曲げモーメントが最大となる地震動（基準地震動では $S_s - 2 1$ ）、鉛直方向の地震力による軸力が最大となる地震動（基準地震動では $S_s - 2 1$ ）、応答スペクトルに基づく地震動（ $S_s - D 1$ ）、震源を特定せず策定する地震動（ $S_s - 3 1$ ）に対して実施する。

主排気筒の上部構造物の支柱材の応力度は水平方向の地震応答解析による支柱材の最大応答曲げモーメントによる応力度及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力に 0.4（組合せ係数）を乗じた鉛直力から算定している。

これに対して、時刻歴応答応力度の最大値は、選定した地震波を用い、時刻毎に水平方向の地震応答解析による時刻歴応答曲げモーメントによる応力度と鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸応力度の和を算定し、応力度の最大値とする。時刻歴応答解析については、解析コード「SNAP Ver. 7.0.0.1」を使用する。

検討フローを図 2-6 に示す。

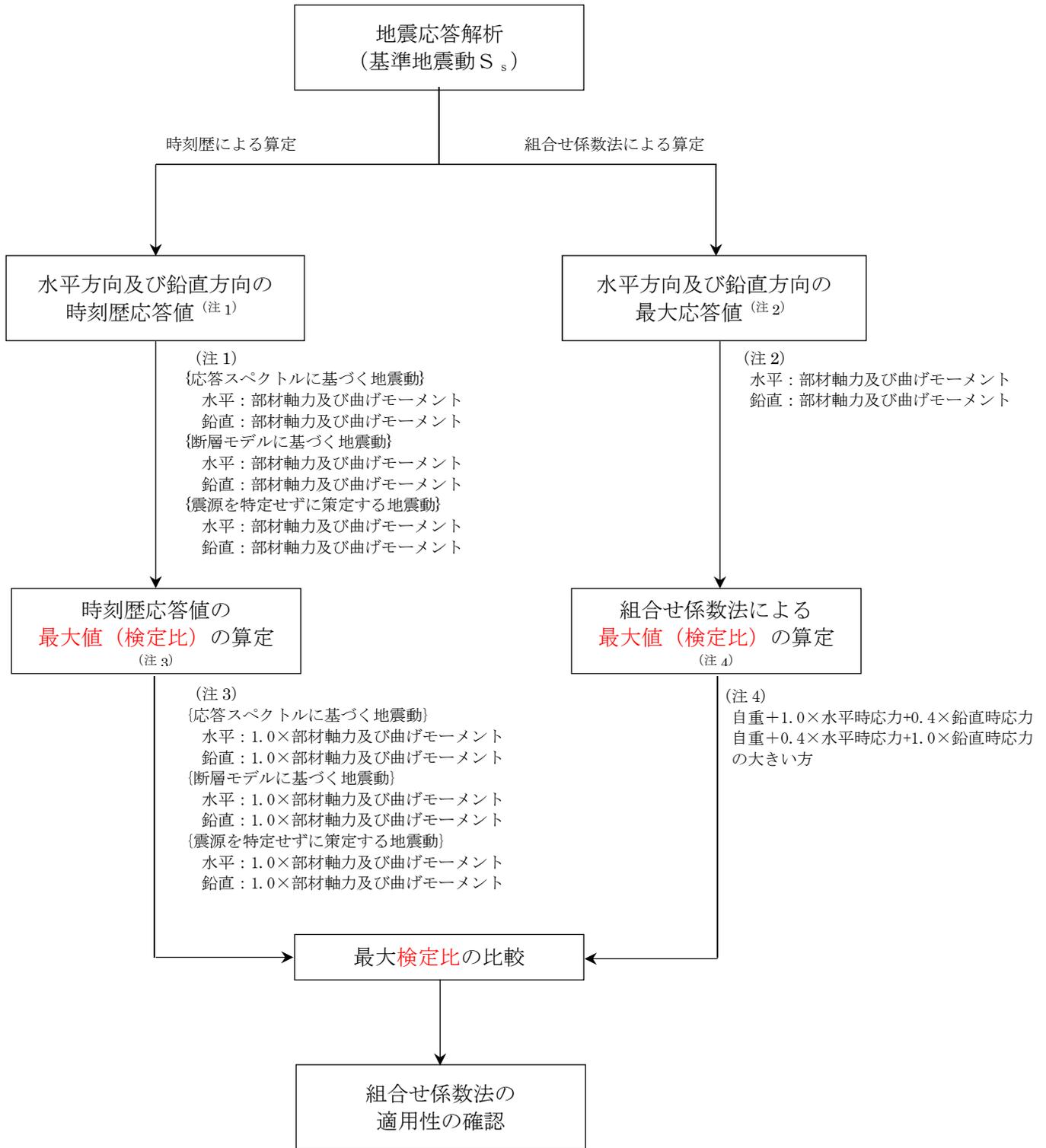


図 2-6 主排気筒の上部構造物の検討フロー

2.4.2 検討結果

主排気筒の上部構造物の支柱材の評価において、組合せ係数法による応力度は、 0° 方向と 45° 方向の結果の最大値を採用するが、主排気筒の鉄塔の形状から、 45° 方向の時刻歴応力度が大きくなることから、 45° 方向の結果に対して組合せ係数法による応力度と比較を行う。

波ごとに組合せ係数法を適用して算出した**検定比** (①)、 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した**検定比** (②)、時刻歴**検定比**の最大値 (③)、**検定比**の最大値の比 (①/③、②/③) を表 2-26～表 2-28 に示す。なお、参考として時刻歴**検定比**の詳細を、別紙「時刻歴接地圧及び時刻歴**応力度比**の算定結果」に示す。

基準地震動 S_s については、組合せ係数法による応力度の最大値は時刻歴応力度の最大値よりやや小さい値 (①/③が最小で約 73 %) となっている場合もあるが、主排気筒の上部構造物の支柱材の評価に用いる入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大**検定比**が時刻歴の最大値より大きい値 (②/③が 1.0 以上) となっていることから、上部構造物の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

表 2-26 最大応力度比の比較 (S_s-D 1)

EL.	組合せ係数法における 検定比* ² (N/mm ²)		③ 時刻歴 検定比* ^{1, 2, 3} (N/mm ²)	検定比の最 大値の比 (①/③)	検定比の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -D 1 * ¹	② S _s 包絡			
112.205	0.43	0.63	0.46	0.94	1.37
95.432	0.48	0.69	0.49	0.98	1.41
75.444	0.67	0.92	0.75	0.90	1.23
52.618	0.63	0.88	0.70	0.90	1.26
26.257	0.51	0.64	0.56	0.92	1.15

注記 *1 : 基本ケースの結果

*2 : $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ 3桁目目を切り上げ

*3 : 斜め方向

表 2-27 最大軸応力度の比較 (S_s-21)

EL.	組合せ係数法における 検定比* ² (N/mm ²)		③ 時刻歴 検定比* ^{1, 2, 3} (N/mm ²)	検定比の最 大値の比 (①/③)	検定比の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -21* ¹	② S _s 包絡			
112.205	0.43	0.63	0.48	0.90	1.32
95.432	0.47	0.69	0.55	0.86	1.26
75.444	0.67	0.92	0.78	0.86	1.18
52.618	0.54	0.88	0.74	0.73	1.19
26.257	0.45	0.64	0.60	0.75	1.07

注記 *1: 基本ケースの結果

*2: $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ 3桁目目を切り上げ

*3: 斜め方向

表 2-28 最大軸応力度の比較 (S_s-31)

EL.	組合せ係数法における 検定比* ² (N/mm ²)		③ 時刻歴検定比* ^{1, 2, 3} (N/mm ²)	検定比の最 大値の比 (①/③)	検定比の 最大値の比 (②/③)
	① S _s -31* ¹	② S _s 包絡			
112.205	0.38	0.63	0.34	1.12	1.86
95.432	0.50	0.69	0.40	1.25	1.73
75.444	0.67	0.92	0.55	1.22	1.68
52.618	0.57	0.88	0.50	1.14	1.76
26.257	0.47	0.64	0.42	1.12	1.53

注記 *1: 基本ケースの結果

*2: $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ 3桁目目を切り上げ

*3: 斜め方向

3. まとめ

建物・構築物の耐震評価において、組合せ係数法の適用性を確認する目的で、水平及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合と水平及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果の比較を行い、以下の結果が得られた。

(1) 地盤の検討結果

地盤（接地圧）の検討において、原子炉建屋及び格納容器**圧力**逃がし装置格納槽を対象として検討を行った。

原子炉建屋については、組合せ係数法による最大接地圧は、時刻歴接地圧の最大値と比べてやや小さい値（最小で約 92 %）となっている場合もあるが、仮に時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも、許容限界に対して十分な余裕を有することから、接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

格納容器逃がし**圧力**装置格納槽については、組合せ係数法による最大接地圧は、時刻歴接地圧の最大値と比べてやや小さい値（最小で約 95 %）となっている場合もあるが、仮に時刻歴接地圧の最大値を用いた場合でも、許容限界に対して十分な余裕を有することから、接地圧評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

(2) 杭の検討結果

杭の検討について、主排気筒、非常用ガス処理系配管支持架構、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び緊急時対策所建屋に対して実施する杭支持力等及び断面の評価について、組合せ係数法の適用性の検討を行った。

主排気筒については、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭頭断面の曲げに対する組合せ係数法による検定比は、時刻歴和の検定比と比べて保守的な値となっているため、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

非常用ガス処理系配管支持架構については、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の**軸**曲げに対する組合せ係数法による検定比は、時刻歴和の検定比と比べて保守的な値となっているため、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

使用済燃料乾式貯蔵建屋については、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の**軸**曲げに対する組合せ係数法による検定比は、時刻歴和の検定比と比べて保守的な値となっているため、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

緊急時対策所建屋については、鉛直支持力、引抜抵抗力、杭の**軸**曲げ、に対する組合せ係数法による検定比は、**時刻歴和の検定比と比べて保守的な値となっているため、杭の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。**

(3) 基礎の検討結果

基礎については、原子炉建屋及び格納容器**圧力**逃がし装置格納槽に対して検討を行った。

原子炉建屋については、弾性設計用地震動 S_d については、組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値（最小で約 98 %）となっている場合もあるが、基礎への地震荷重の入力という観点で、弾性設計用地震動 S_d を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より大きい値となっていることから、基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

また、基準地震動 S_s については、組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値（最小で約 92 %）となっている場合もあるが、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s については、**応答スペクトルに基づく地震動、断層モデルに基づく地震動及び震源を特定せず策定する地震動のそれぞれについて** 組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より**大きい値**となっていることから、**基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。**

格納容器圧力逃がし装置格納槽については、各地震動における組合せ係数法による最大接地圧は時刻歴接地圧の最大値よりやや小さい値（最小で約 95 %）となっている場合もあるが、基礎への地震荷重の入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大接地圧が時刻歴接地圧の最大値より保守的となっていることから、基礎の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

(4) 上部構造物の検討結果

水平地震力の影響を受けやすい、アスペクト比の大きい主排気筒を代表として検討を行った。主排気筒の上部構造物の支柱材の評価において、各地震動における組合せ係数法による**検定比**の最大値は時刻歴**検定比**の最大値よりやや小さい値（最小で約 73 %）となっている場合もあるが、主排気筒の上部構造物の支柱材の評価に用いる入力という観点で、基準地震動 S_s を包絡し組合せ係数法を適用して算出した最大検定比が時刻歴の最大値より保守的となっていることから、上部構造物の評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。

別紙 時刻歴による評価値

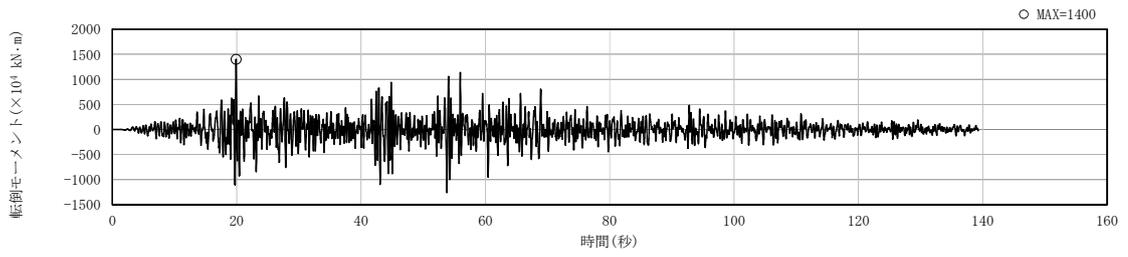
目次

1. 時刻歴接地圧の算定結果.....	別紙-1
1.1 原子炉建屋.....	別紙-1
2. 時刻歴の杭における算定結果.....	別紙-31
2.1 主排気筒.....	別紙-31
2.2 非常用ガス処理系配管支持架構.....	別紙-44
2.3 使用済燃料乾式貯蔵建屋.....	別紙-49
2.4 緊急時対策所建屋.....	別紙-53

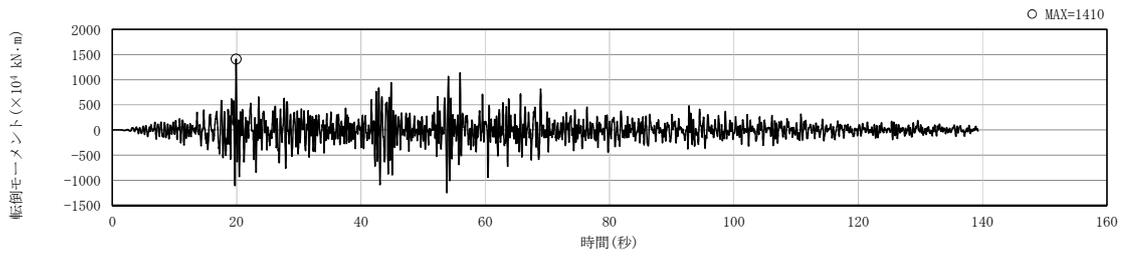
1. 時刻歴接地圧の算定結果

1.1 原子炉建屋

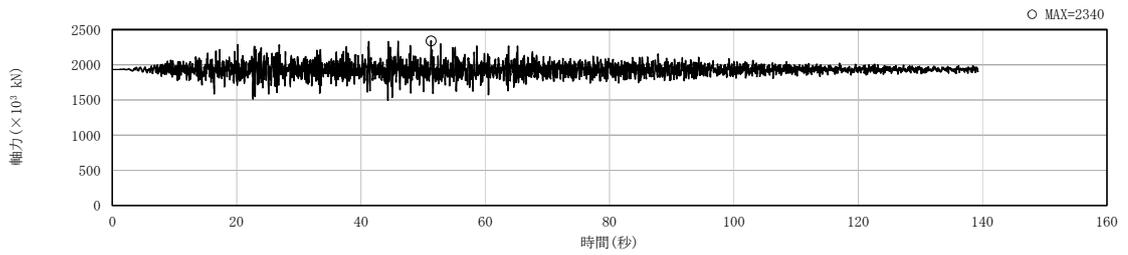
原子炉建屋について、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s に対する時刻歴接地圧の算定に用いる時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力を図 1-1～図 1-16 に示す。ここで、応答スペクトに基づく地震動 S_d-D1 及び S_s-D1 並びに震源を特定せず策定する地震動 S_d-31 及び S_s-31 では自重±時刻歴応答軸力とする。また、時刻歴接地圧の算定結果を図 1-17～図 1-32 に示す。



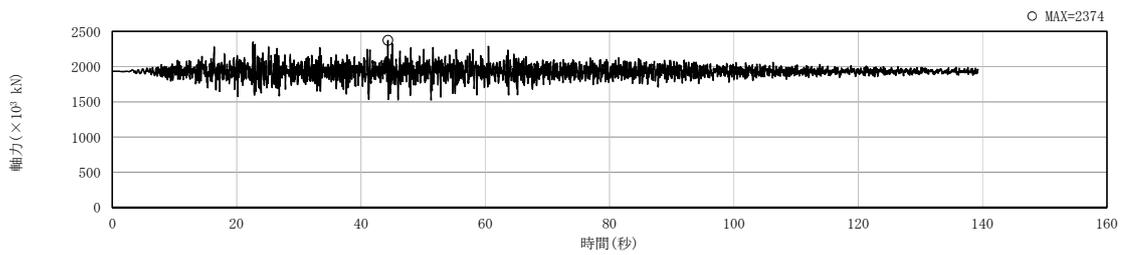
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

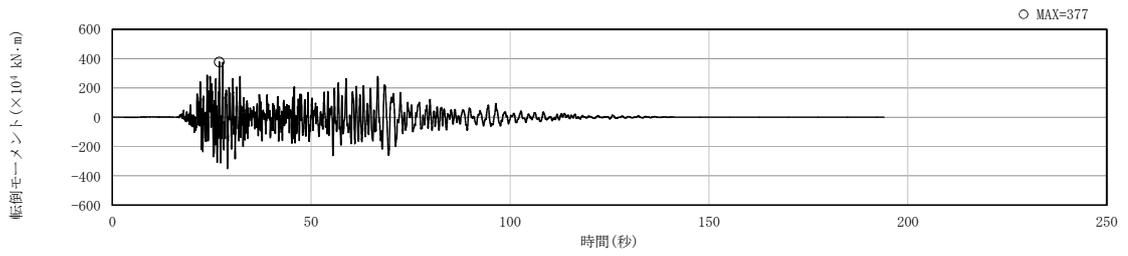


(c) 自重+時刻歴応答軸力

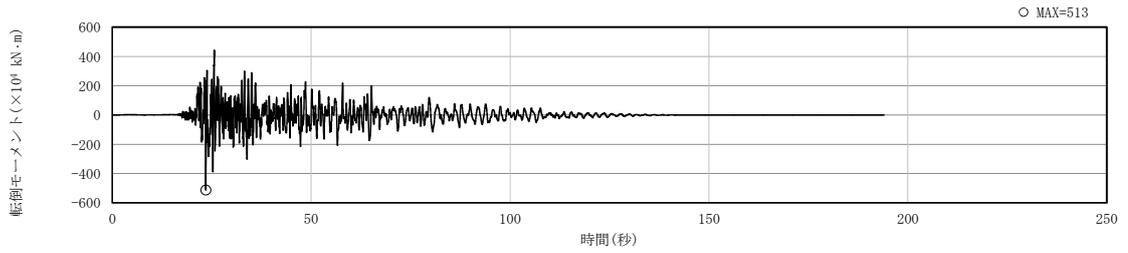


(d) 自重-時刻歴応答軸力

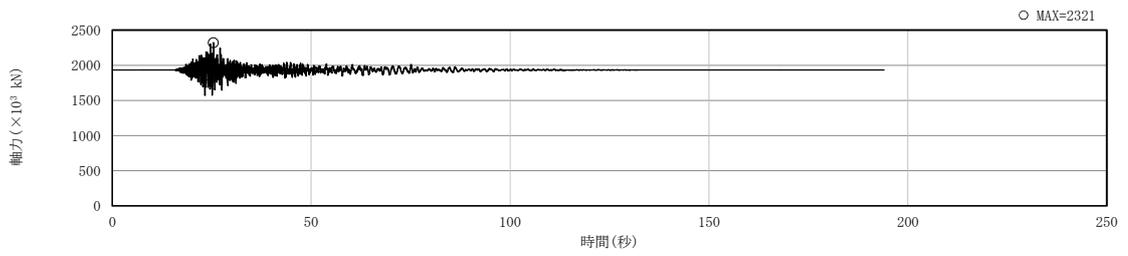
図 1-1 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-D1)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

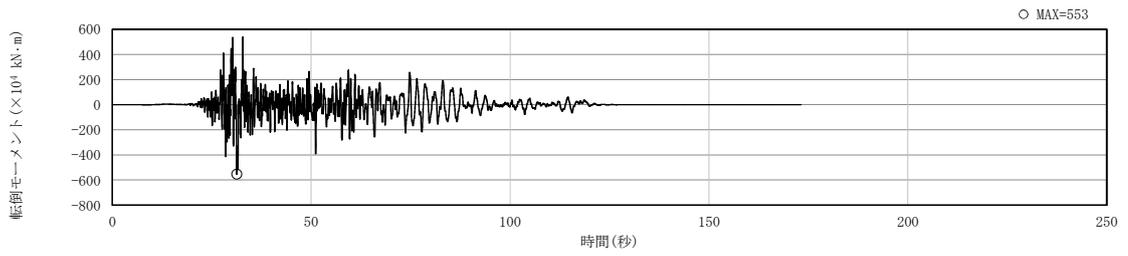


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

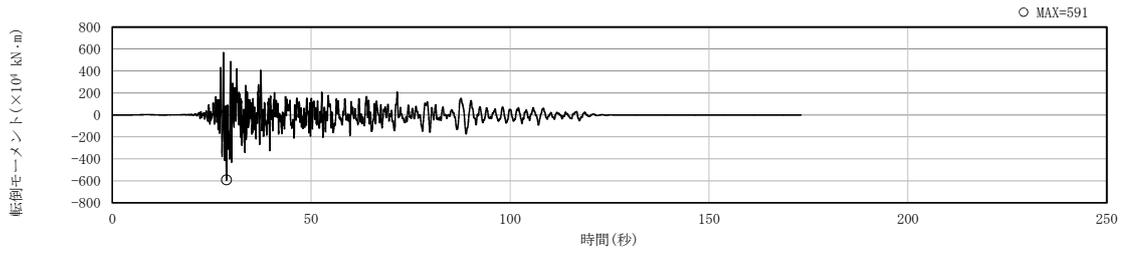


(c) 自重+時刻歴応答軸力

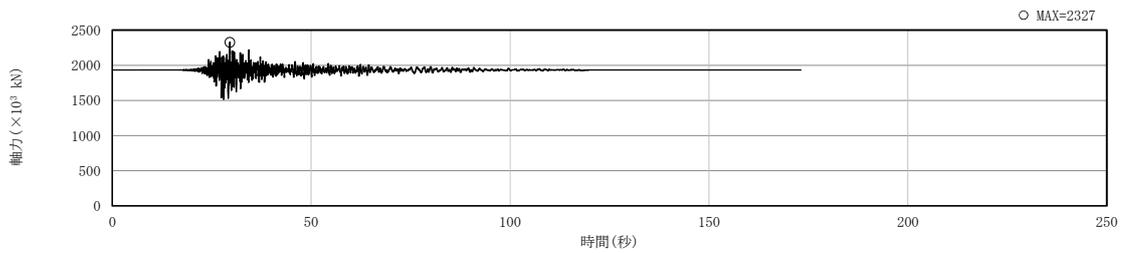
図 1-2 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-11)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

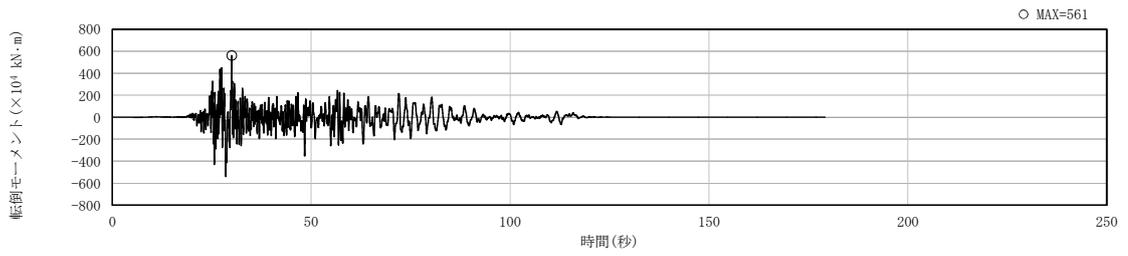


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

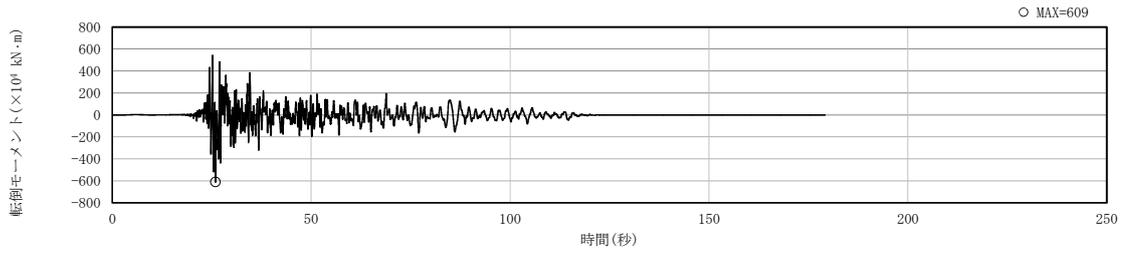


(c) 自重+時刻歴応答軸力

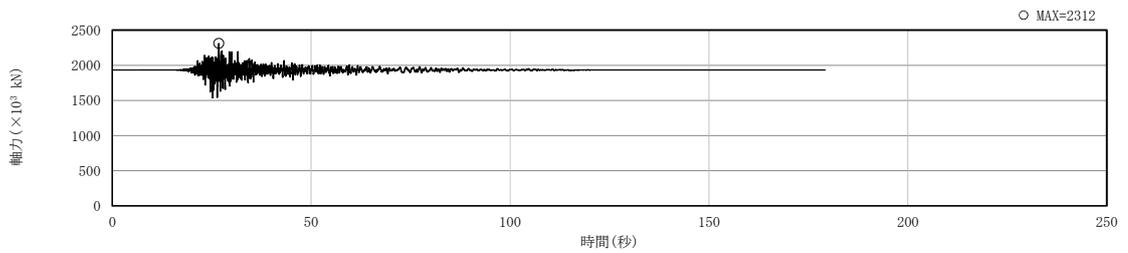
図 1-3 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-12)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

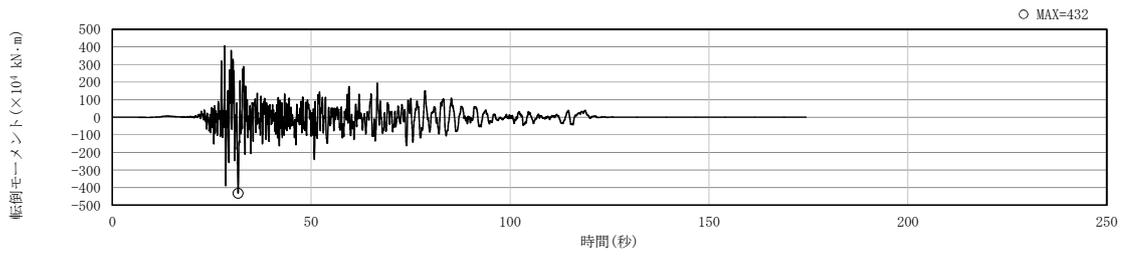


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

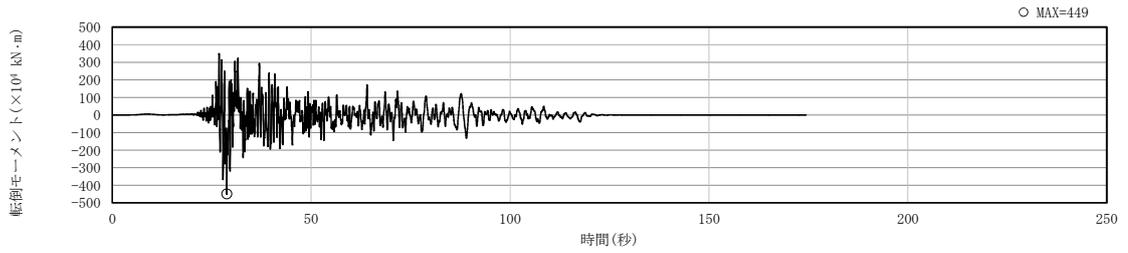


(c) 自重+時刻歴応答軸力

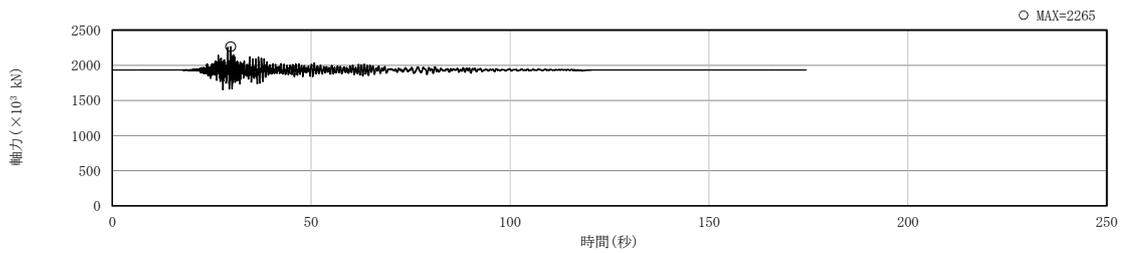
図 1-4 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-13)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

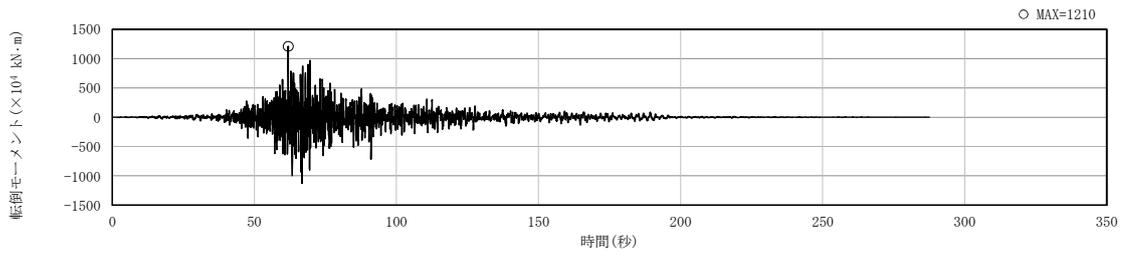


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

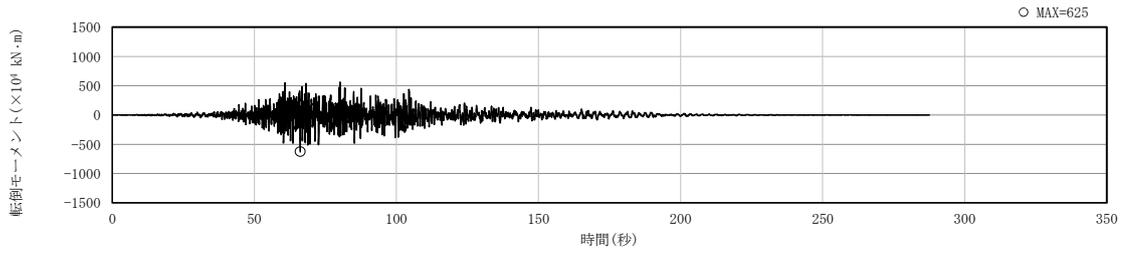


(c) 自重+時刻歴応答軸力

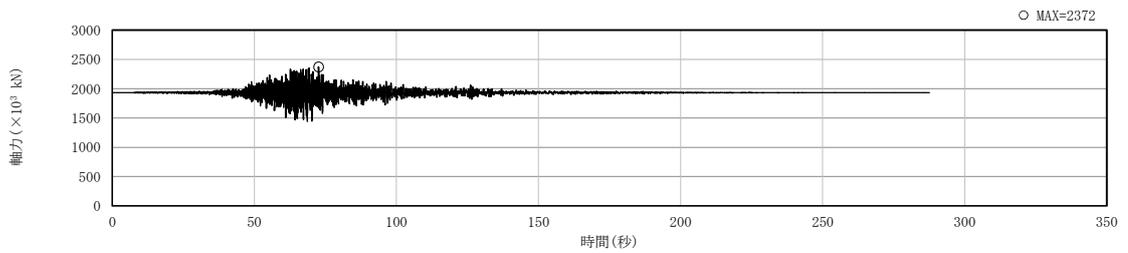
図 1-5 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-14)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

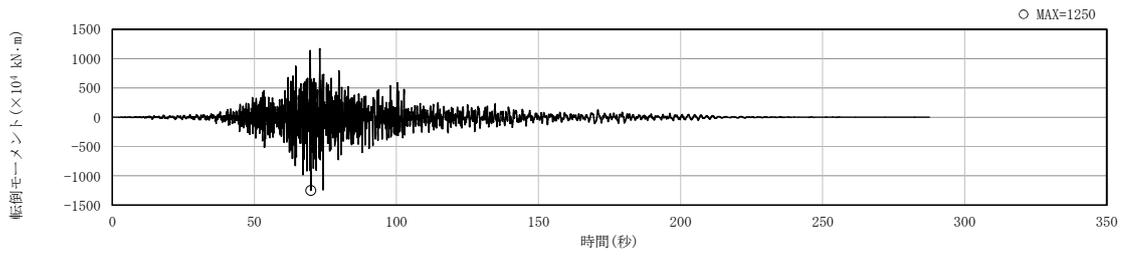


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

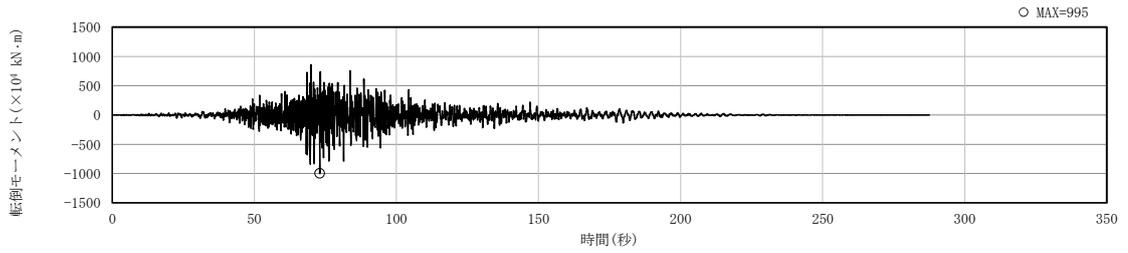


(c) 自重+時刻歴応答軸力

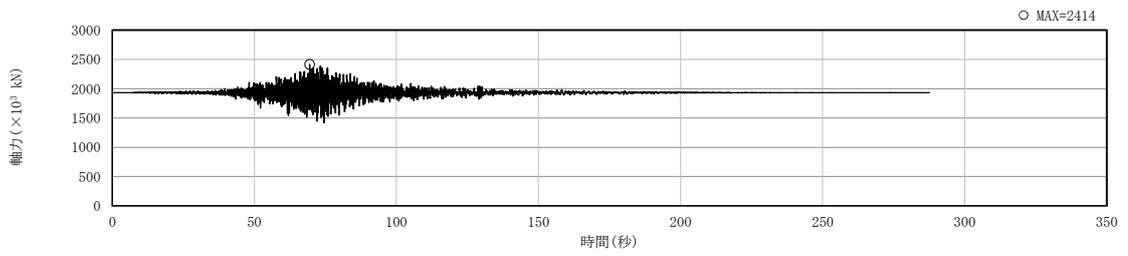
図 1-6 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-21)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

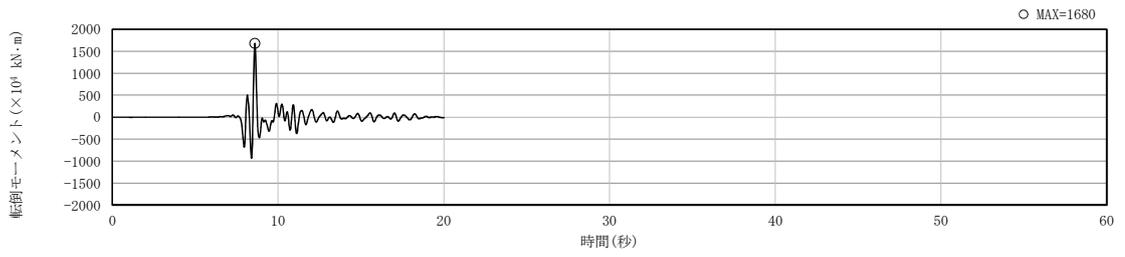


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

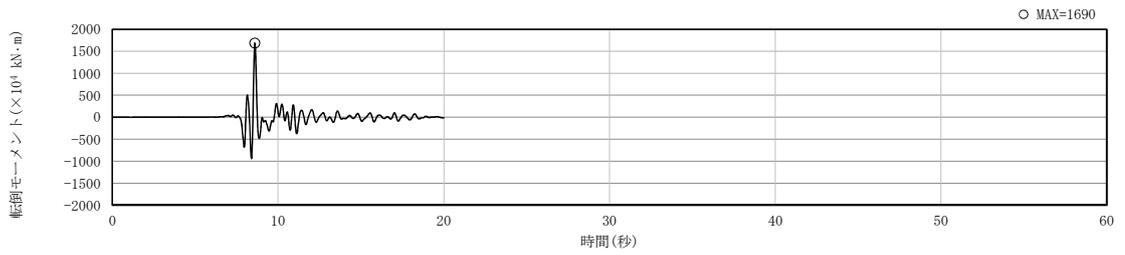


(c) 自重+時刻歴応答軸力

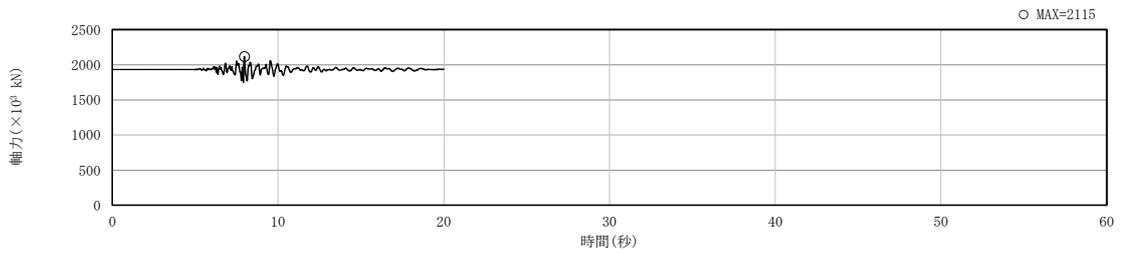
図 1-7 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-22)



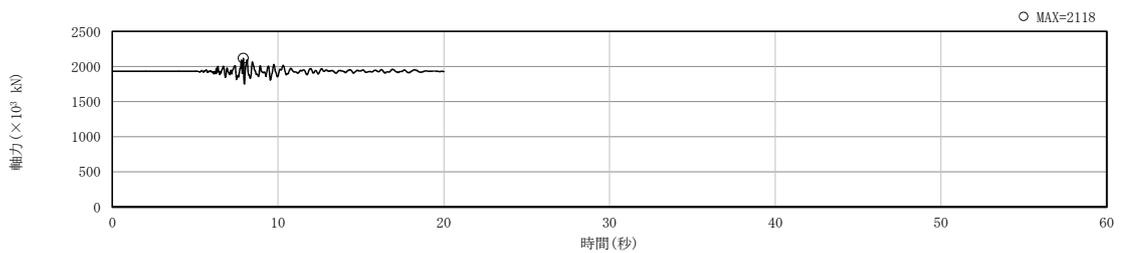
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

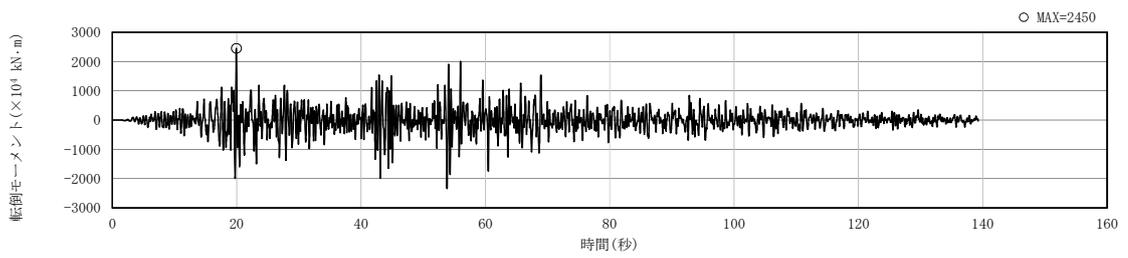


(c) 自重+時刻歴応答軸力

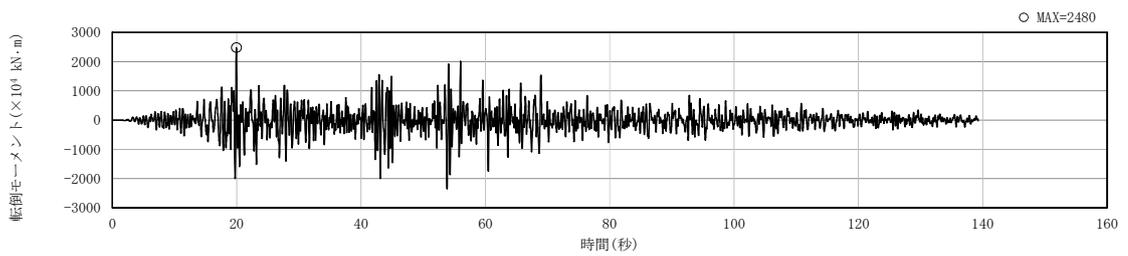


(d) 自重-時刻歴応答軸力

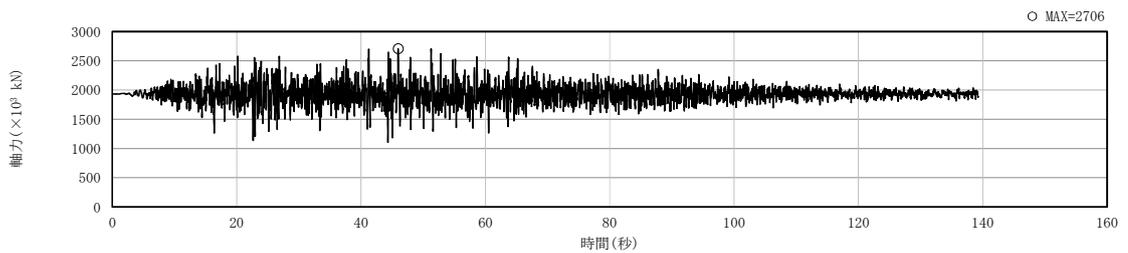
図 1-8 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_d-31)



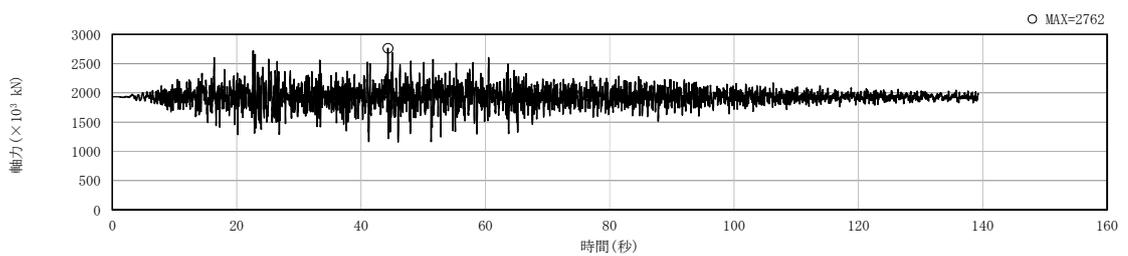
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

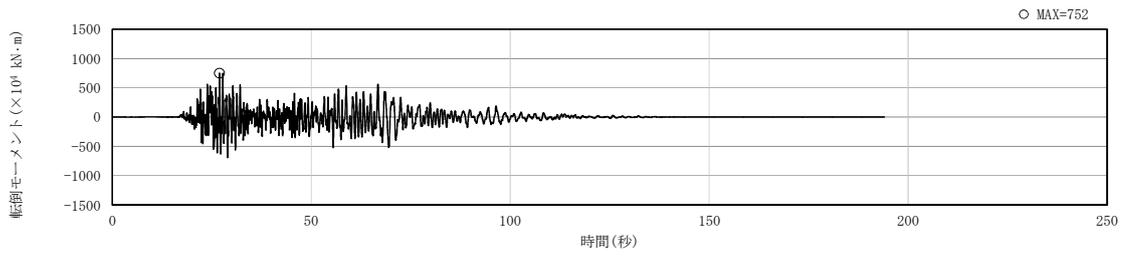


(c) 自重+時刻歴応答軸力

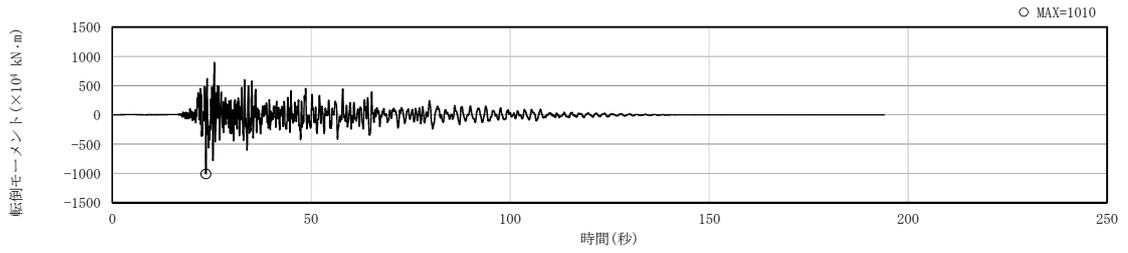


(d) 自重-時刻歴応答軸力

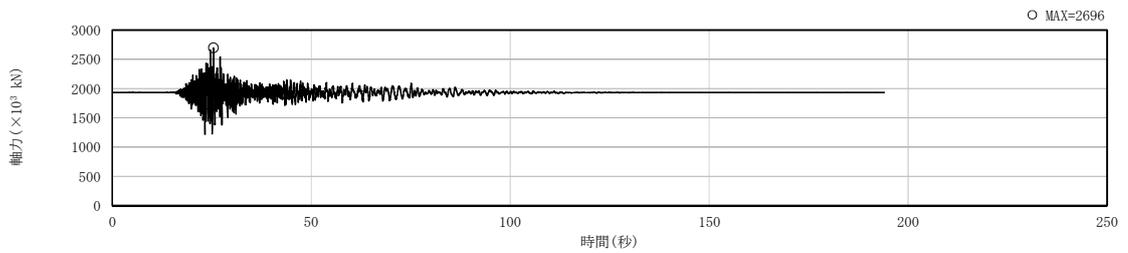
図 1-9 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-D1)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

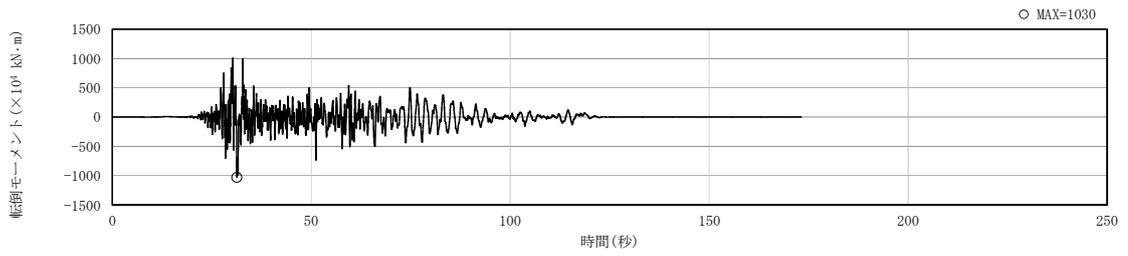


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

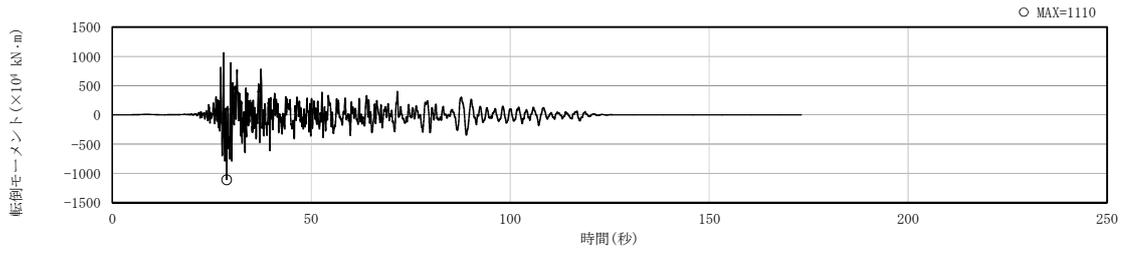


(c) 自重+時刻歴応答軸力

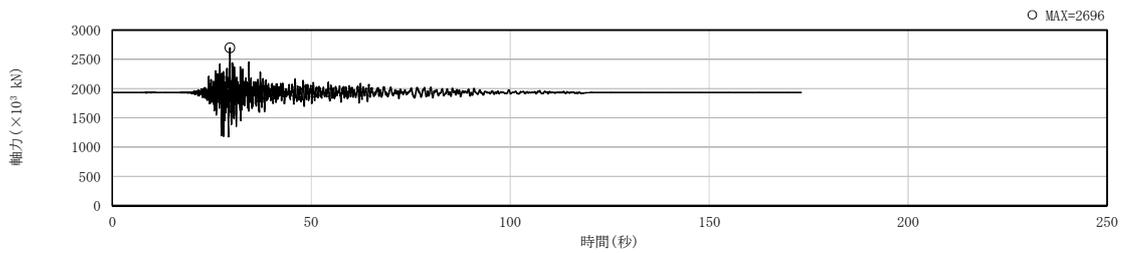
図 1-10 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-11)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

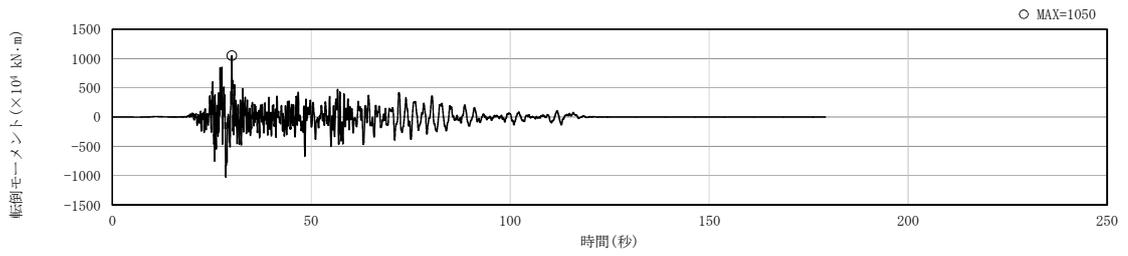


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

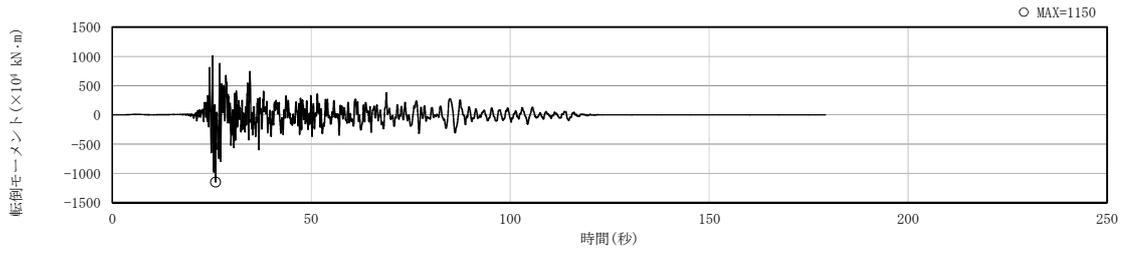


(c) 自重+時刻歴応答軸力

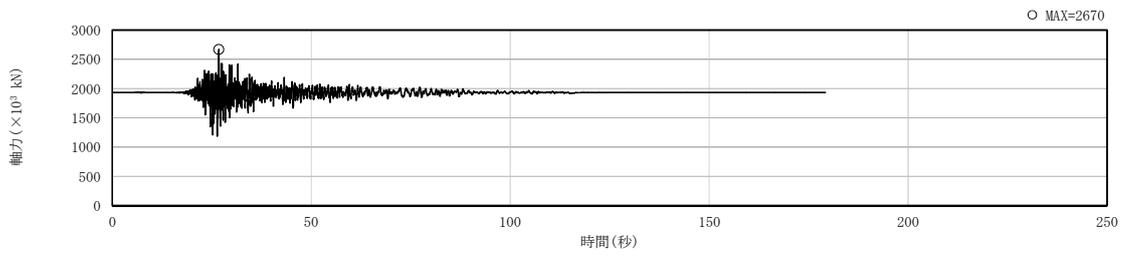
図 1-11 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-12)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

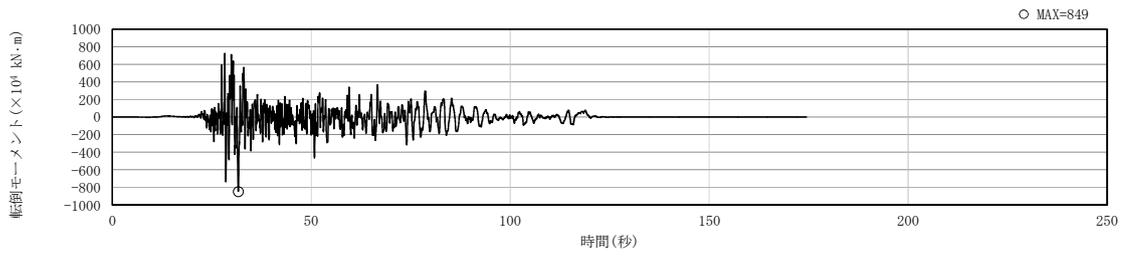


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

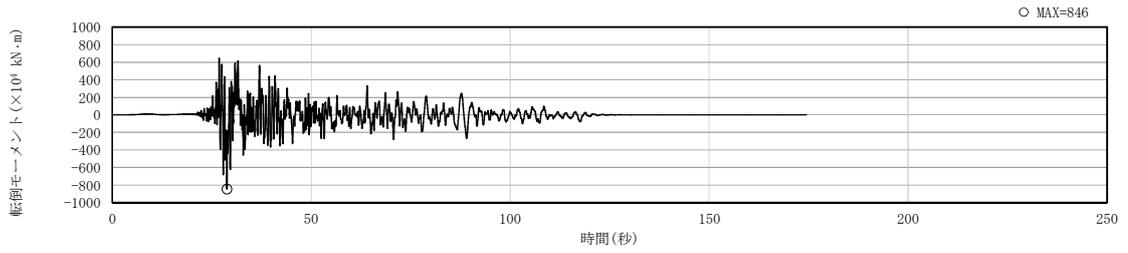


(c) 自重+時刻歴応答軸力

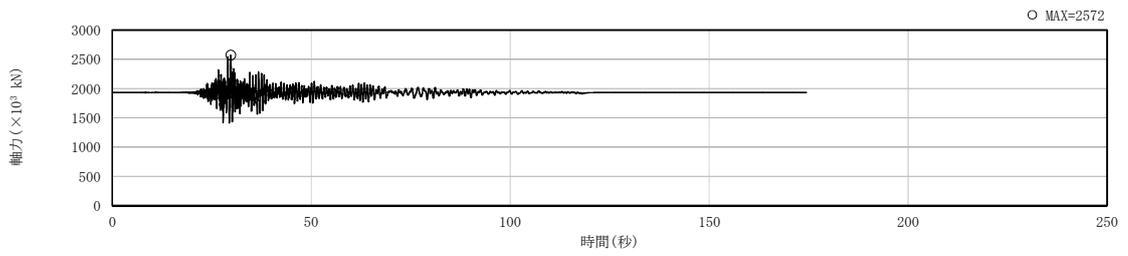
図 1-12 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-13)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

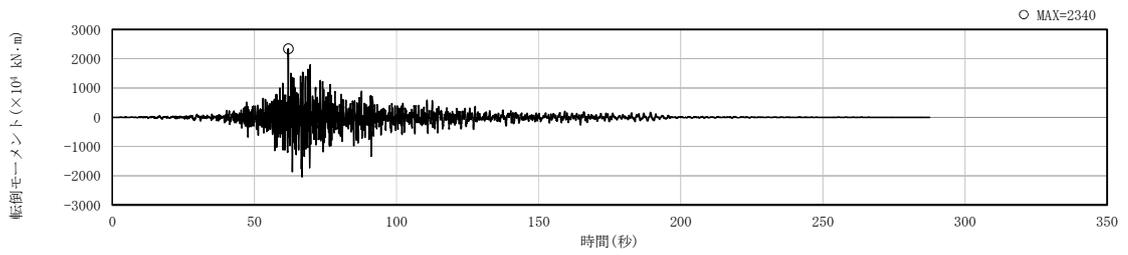


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

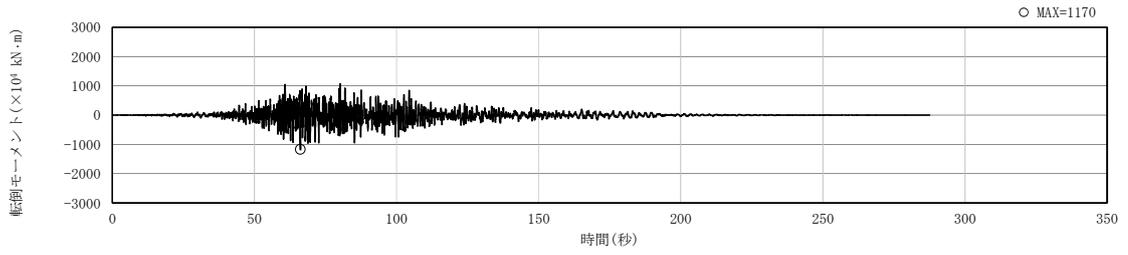


(c) 自重+時刻歴応答軸力

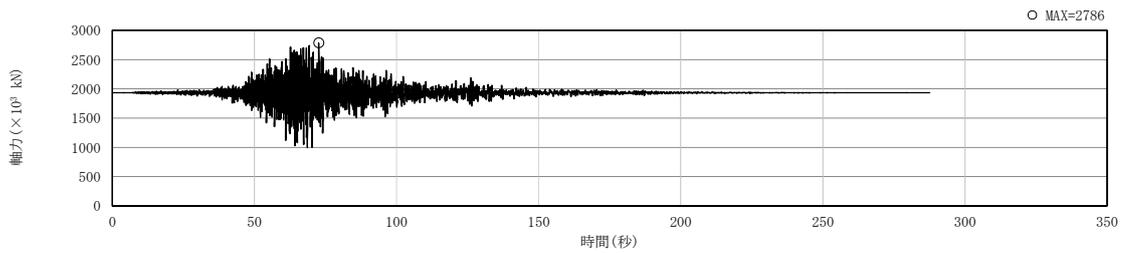
図 1-13 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-14)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

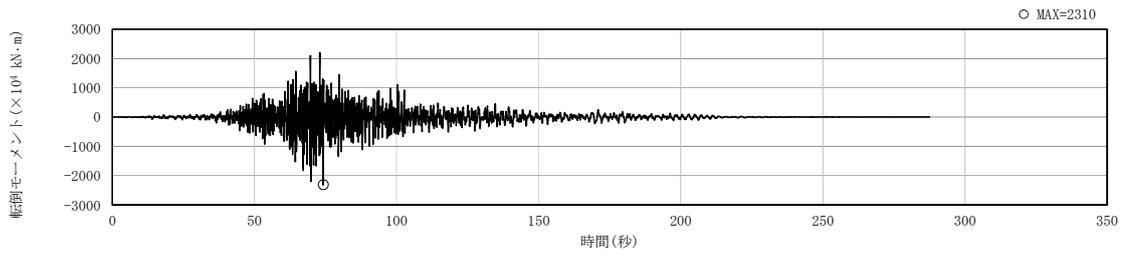


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

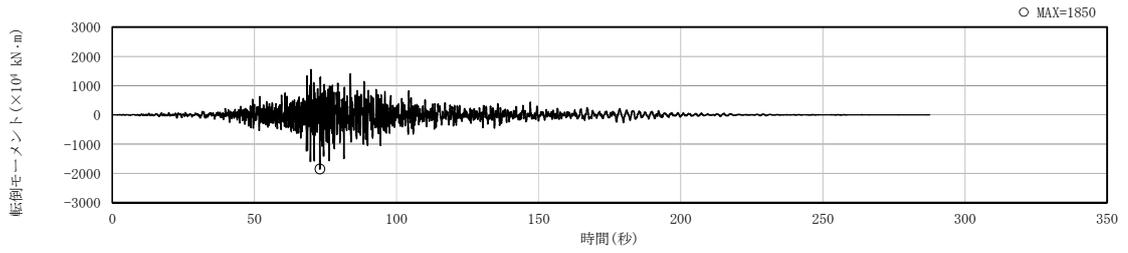


(c) 自重+時刻歴応答軸力

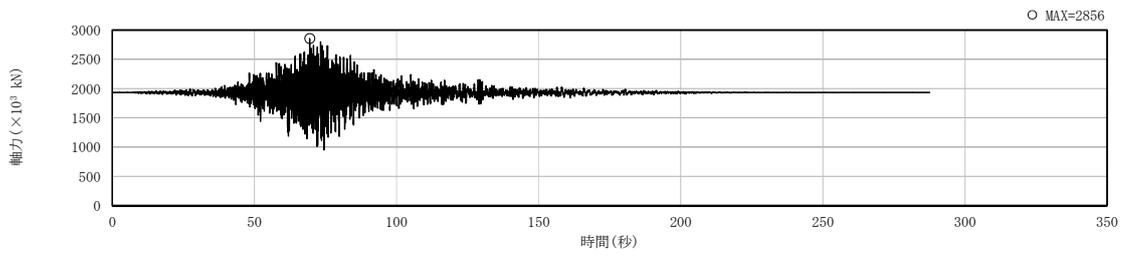
図 1-14 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-21)



(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)

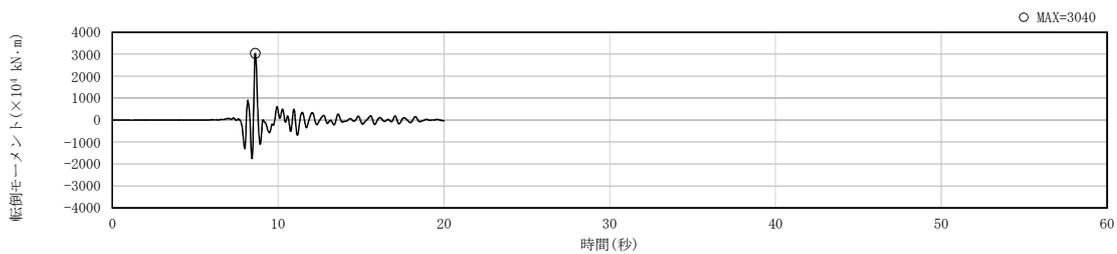


(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

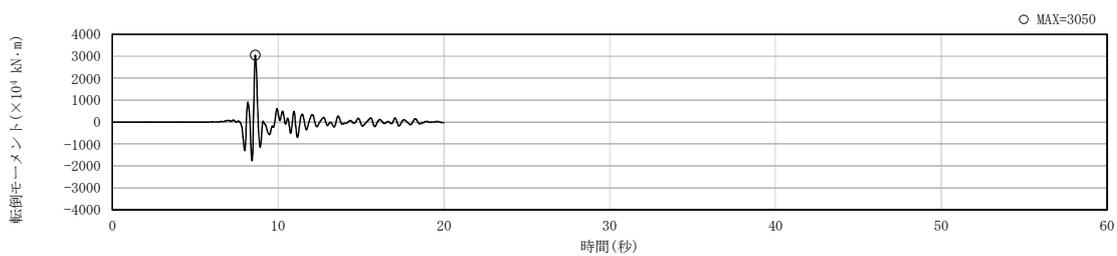


(c) 自重+時刻歴応答軸力

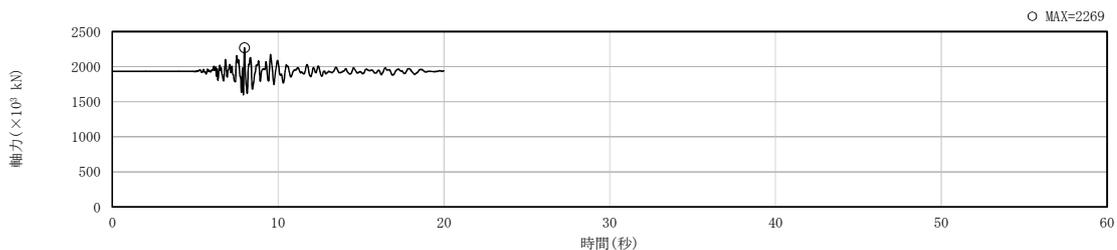
図 1-15 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-2.2)



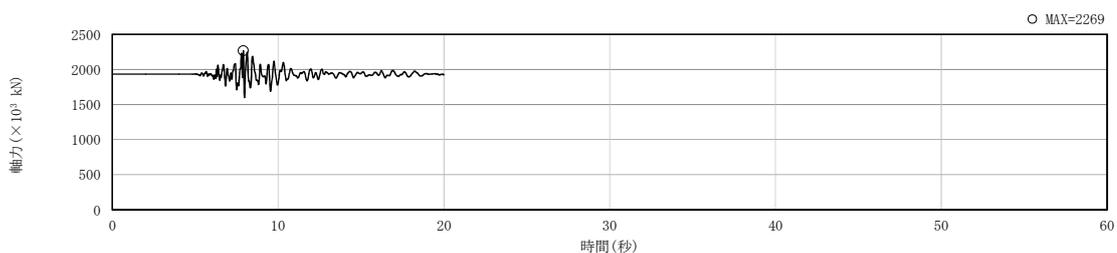
(a) 時刻歴転倒モーメント (NS 方向)



(b) 時刻歴転倒モーメント (EW 方向)

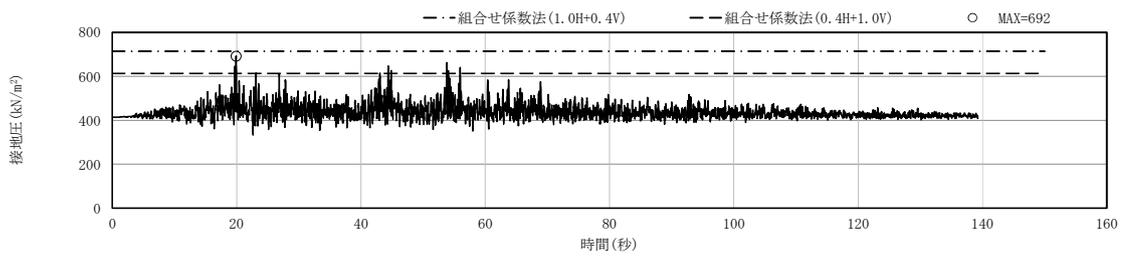


(c) 自重+時刻歴応答軸力

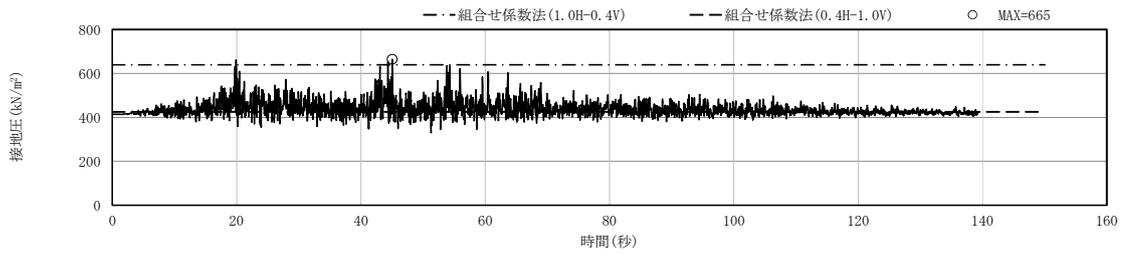


(d) 自重-時刻歴応答軸力

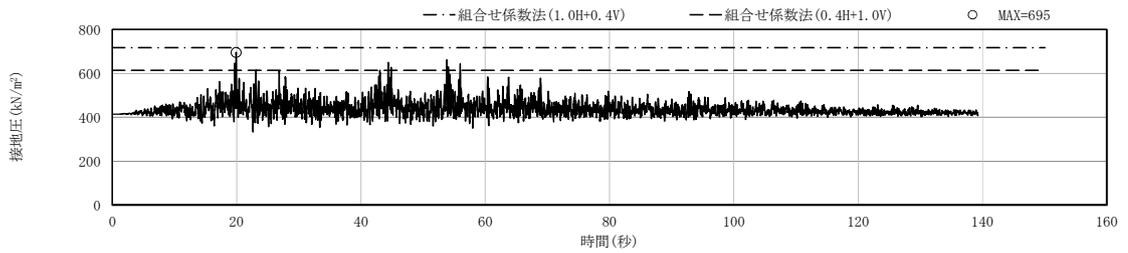
図 1-16 時刻歴転倒モーメント及び自重+時刻歴応答軸力 (原子炉建屋 S_s-31)



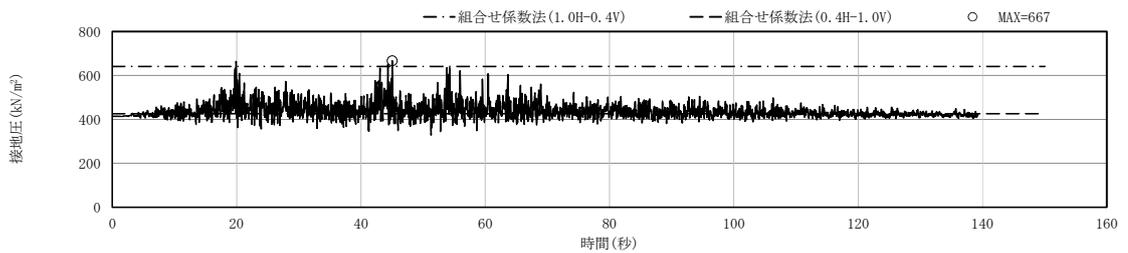
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+NS 方向-鉛直方向

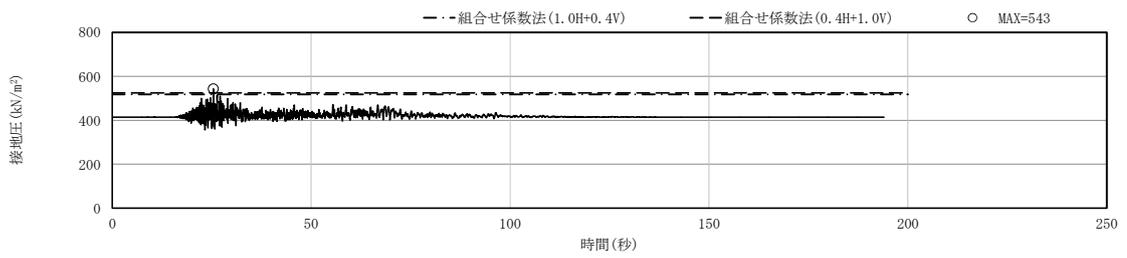


(c) 自重+EW 方向+鉛直方向

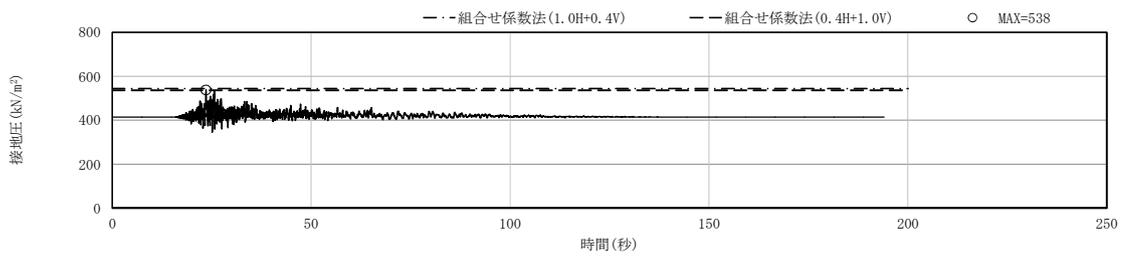


(d) 自重+EW 方向-鉛直方向

図 1-17 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-D 1)

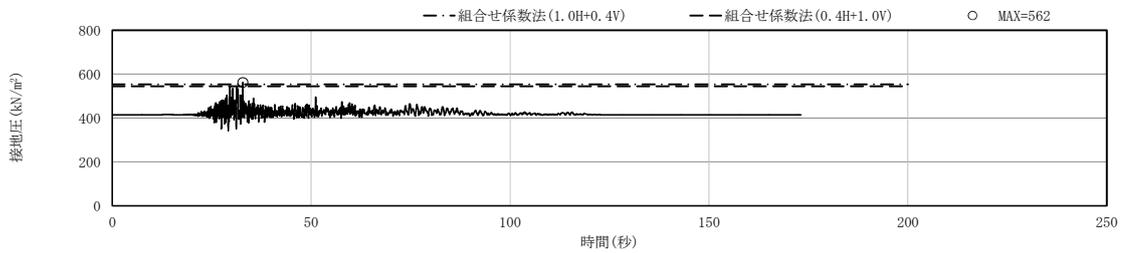


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

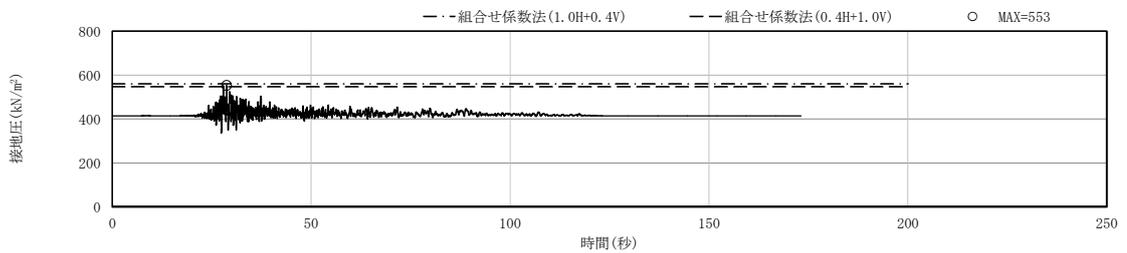


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-18 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-1 1)

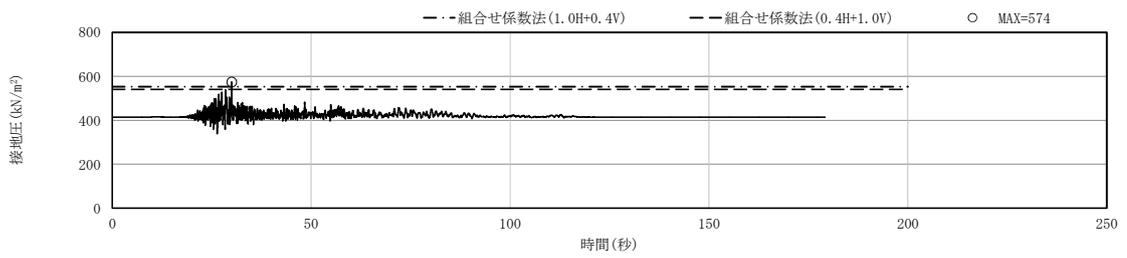


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

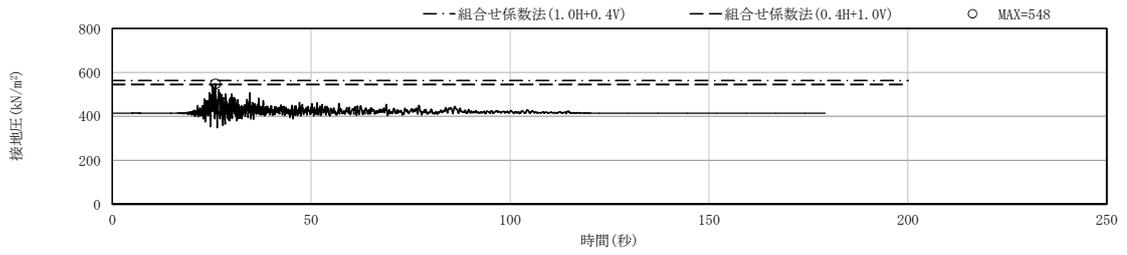


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-19 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-1 2)

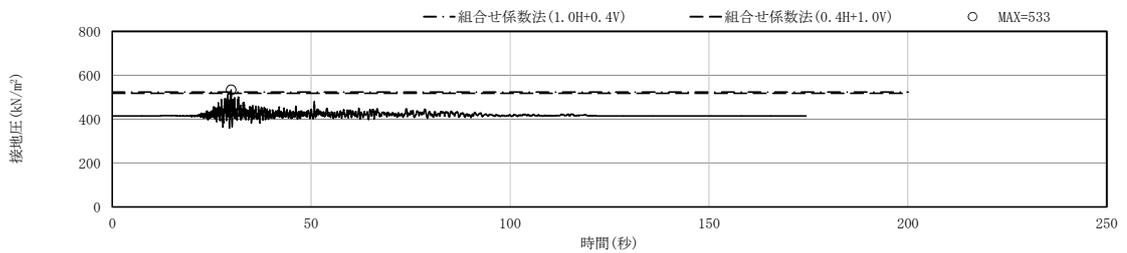


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

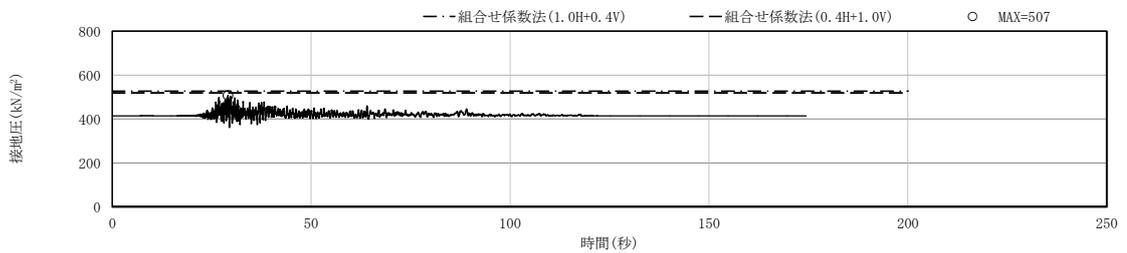


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-20 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-13)

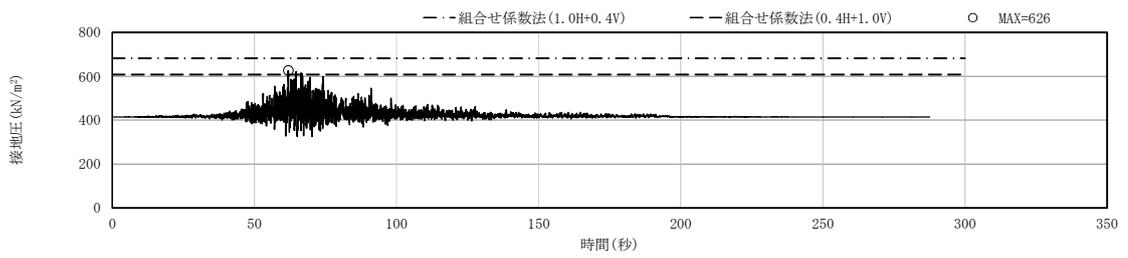


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

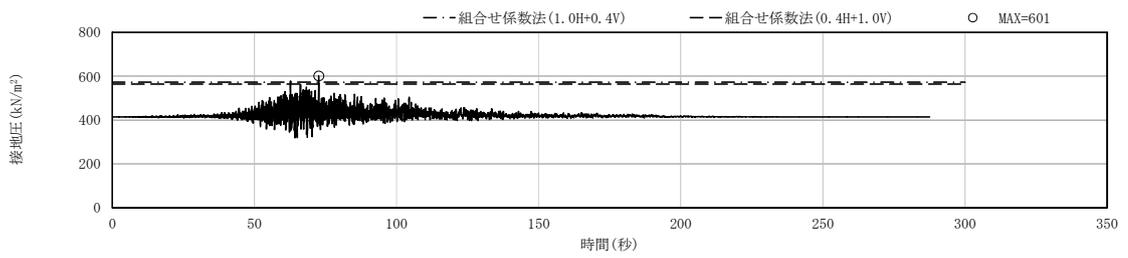


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-21 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-14)

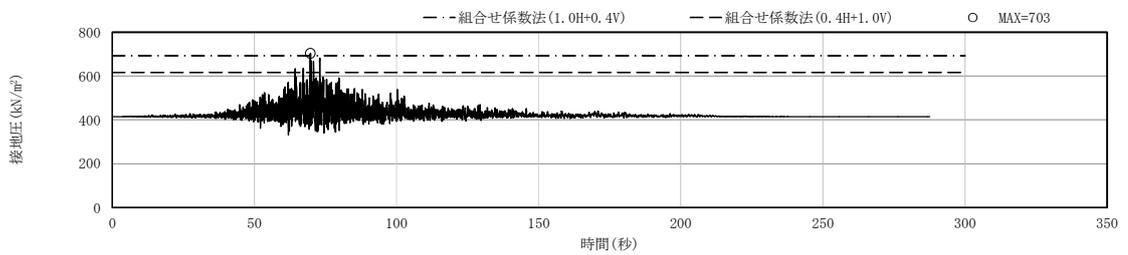


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

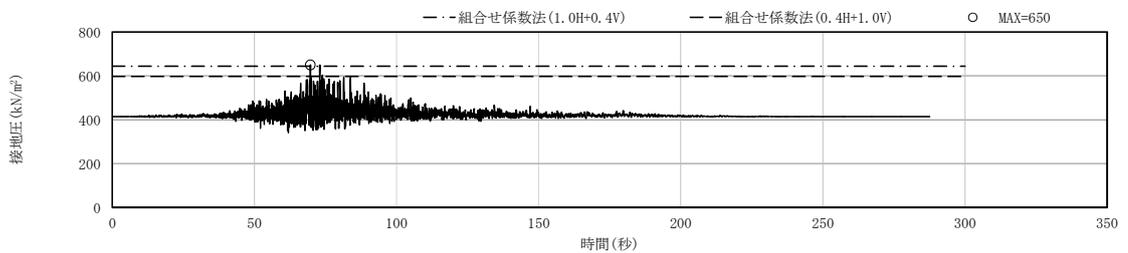


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-22 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-2 1)

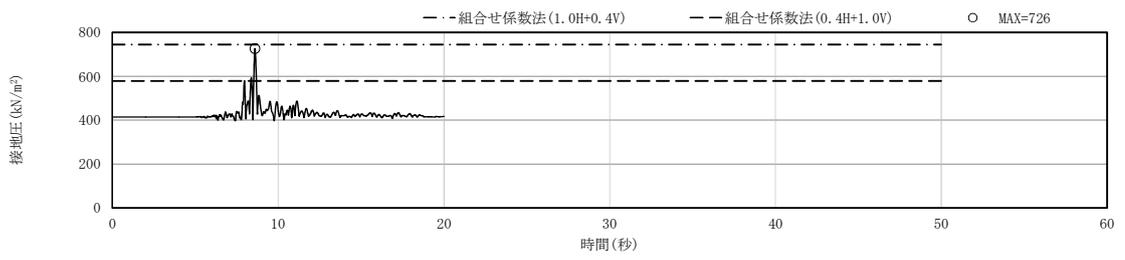


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

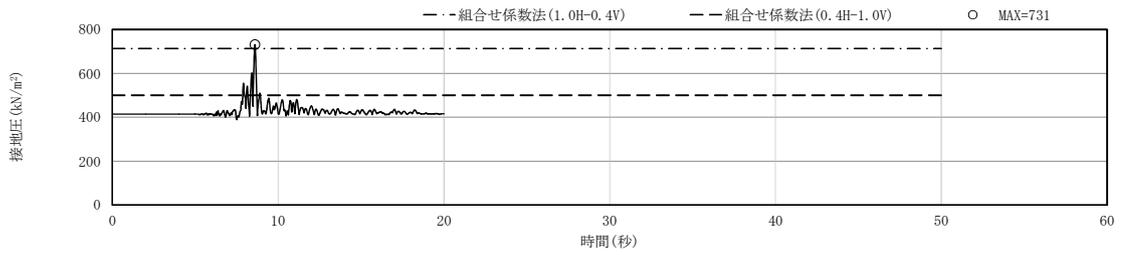


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

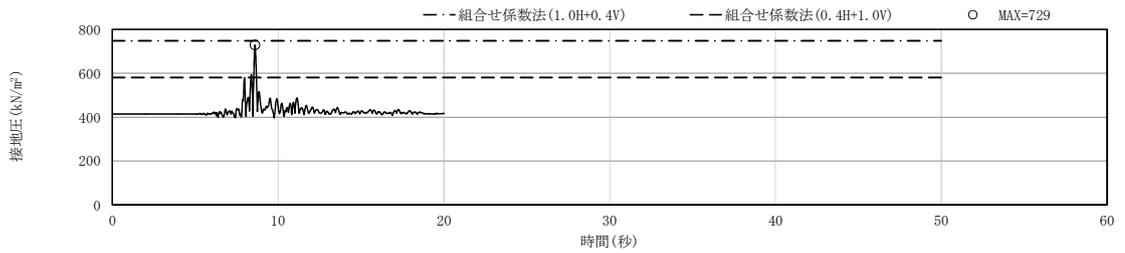
図 1-23 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-2 2)



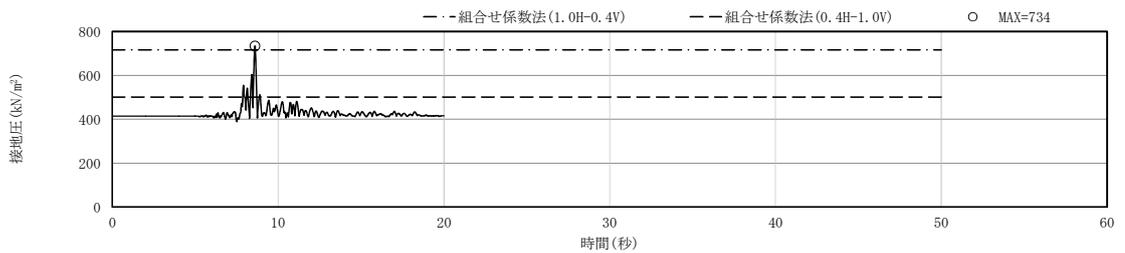
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+NS 方向-鉛直方向

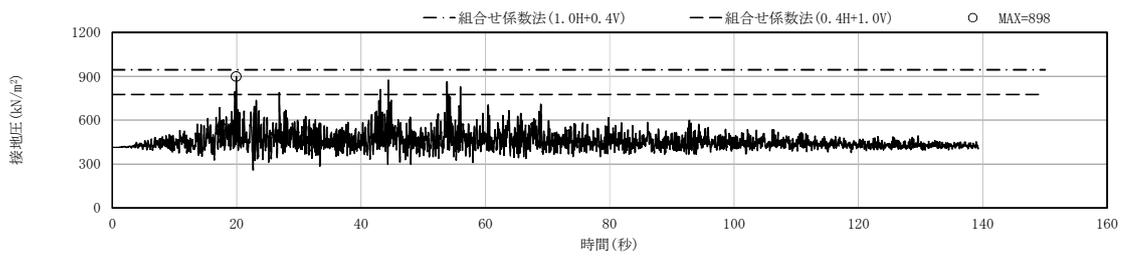


(c) 自重+EW 方向+鉛直方向

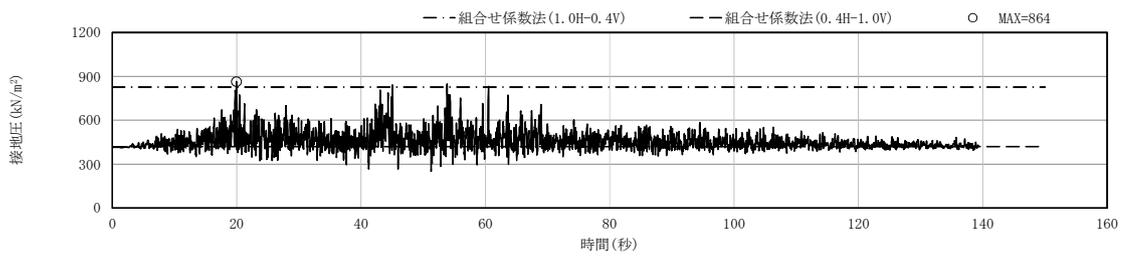


(d) 自重+EW 方向-鉛直方向

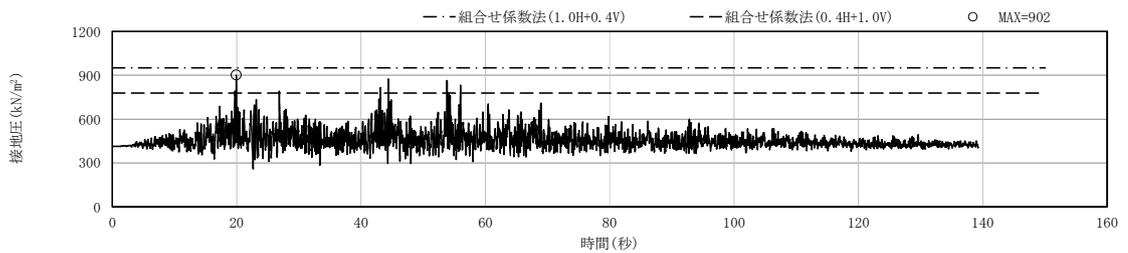
図 1-24 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_d-31)



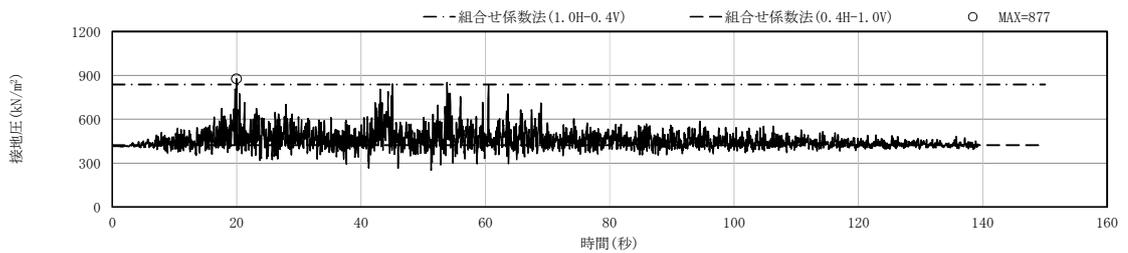
(a) 自重+NS方向+鉛直方向



(b) 自重+NS方向-鉛直方向

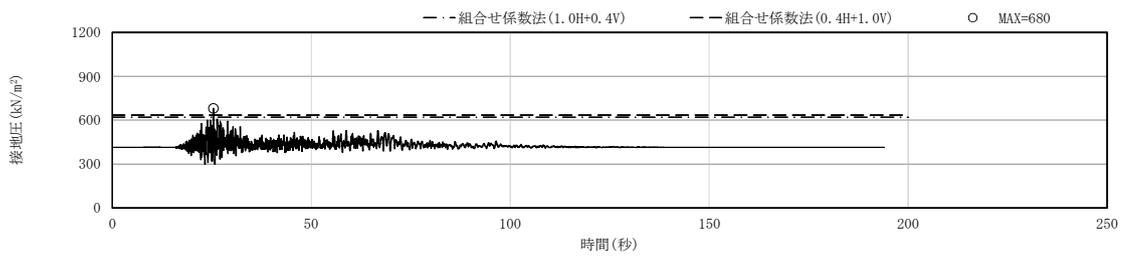


(c) 自重+EW方向+鉛直方向

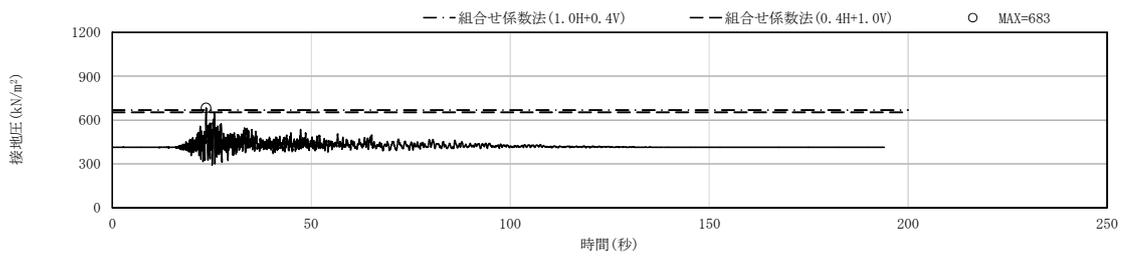


(d) 自重+EW方向-鉛直方向

図1-25 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-D1)

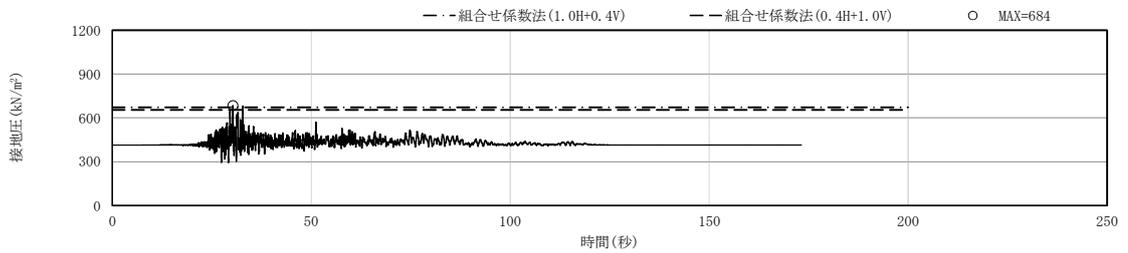


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

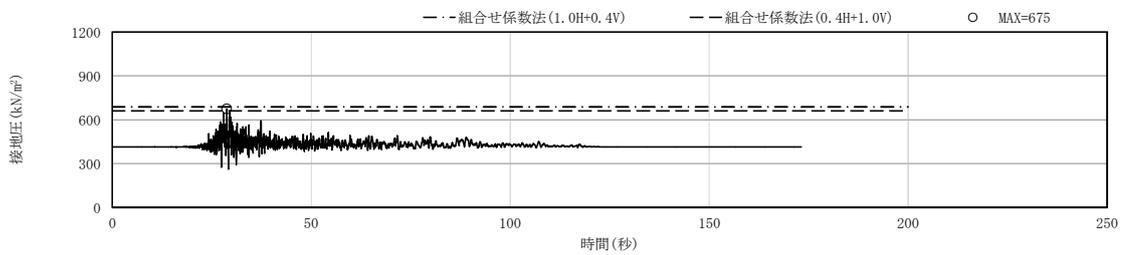


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-26 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-1 1)

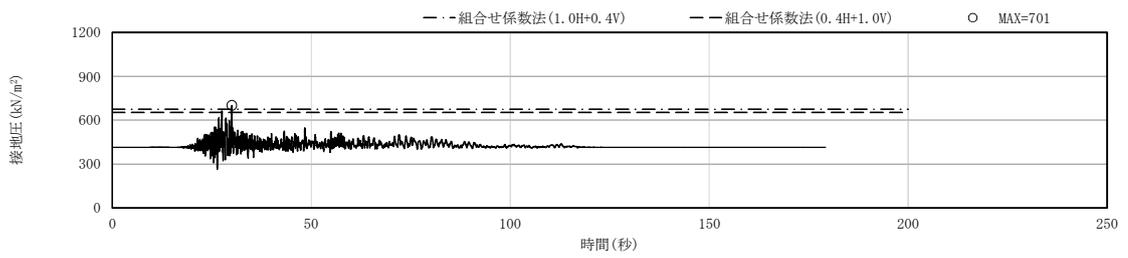


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

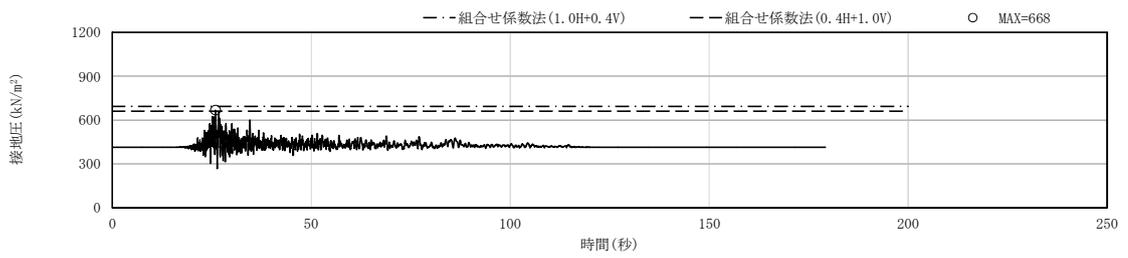


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-27 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-1 2)

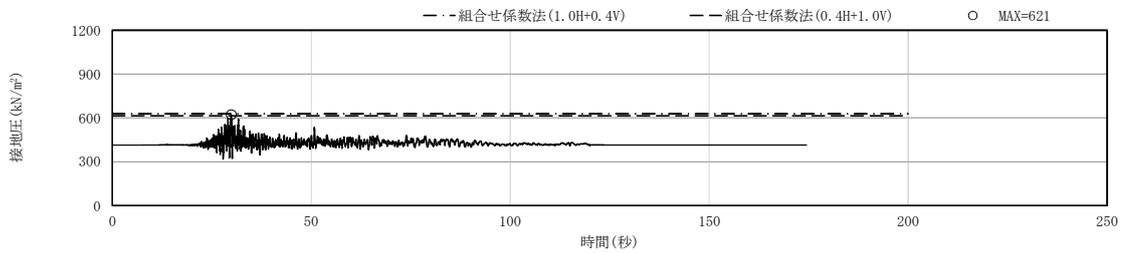


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

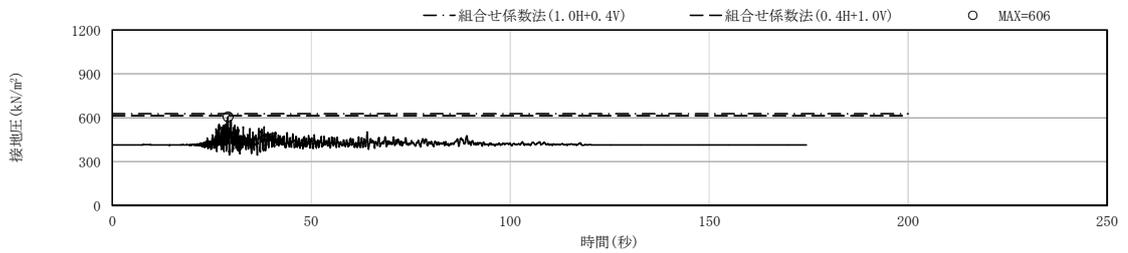


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-28 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-13)

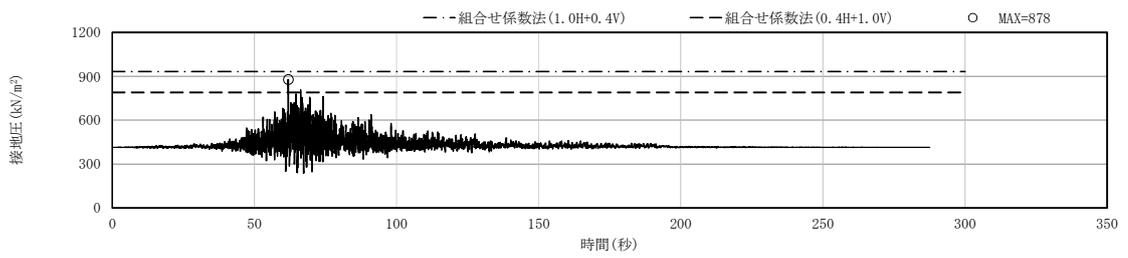


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

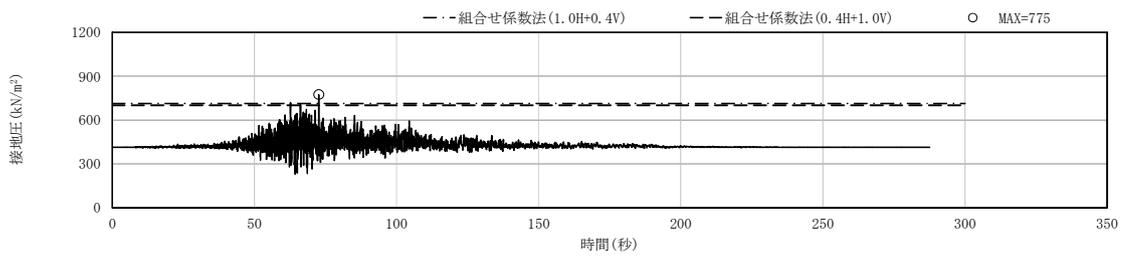


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-29 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-14)

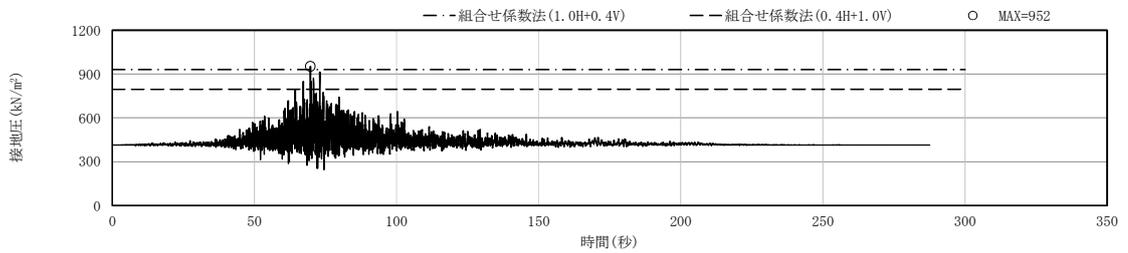


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

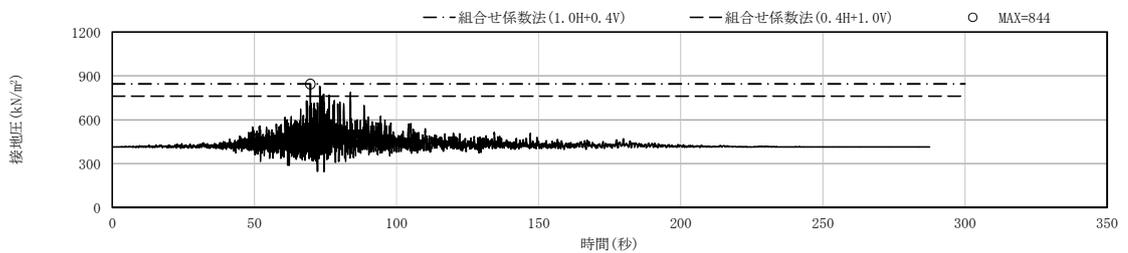


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

図 1-30 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-2 1)

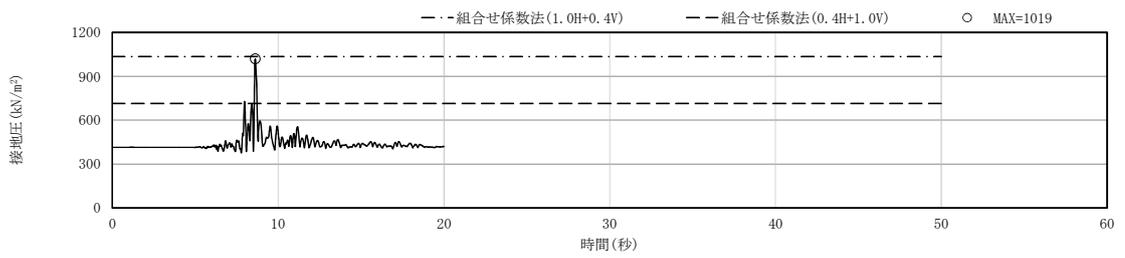


(a) 自重+NS 方向+鉛直方向

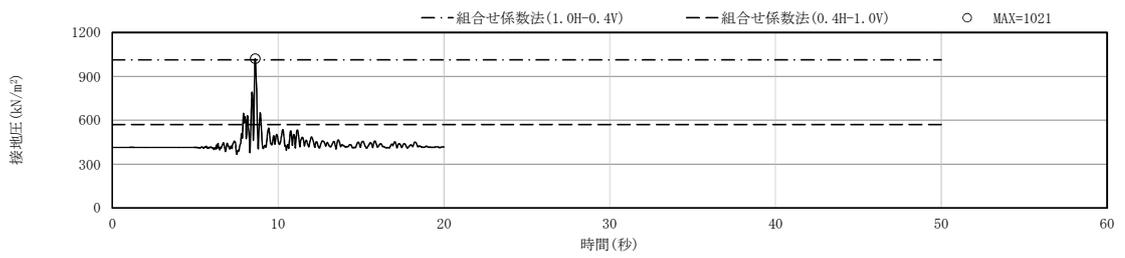


(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

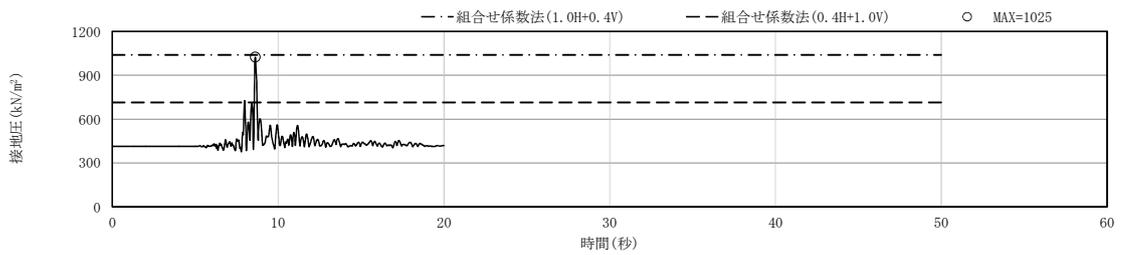
図 1-31 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-2 2)



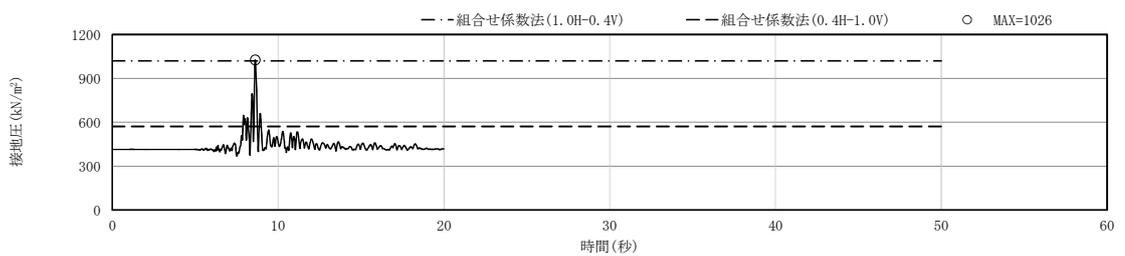
(a) 自重+NS方向+鉛直方向



(b) 自重+NS方向-鉛直方向



(c) 自重+EW方向+鉛直方向



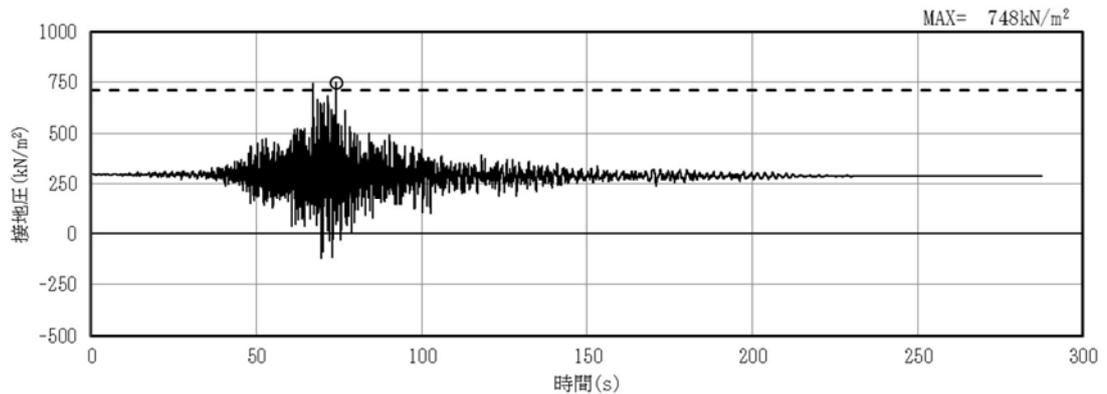
(d) 自重+EW方向-鉛直方向

図1-32 時刻歴接地圧の算定結果 (原子炉建屋 S_s-31)

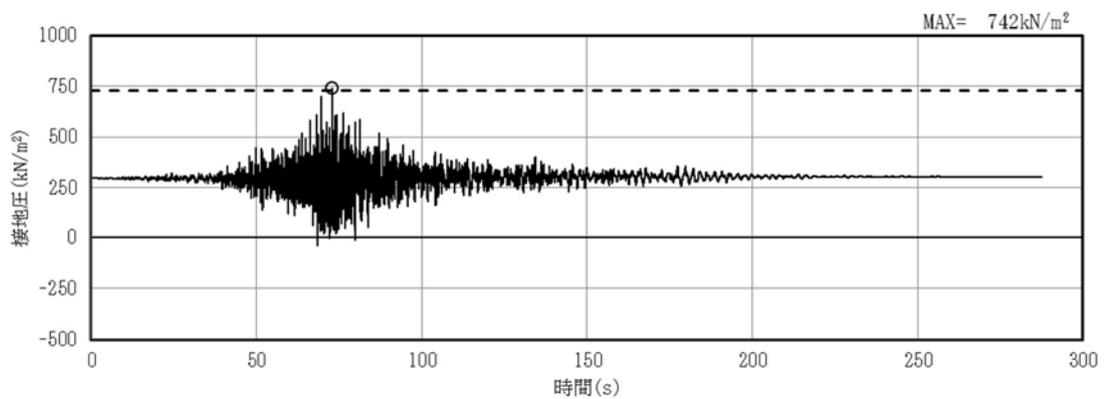
1.2 格納容器圧力逃がし装置格納槽

格納容器圧力逃がし装置格納槽について、基準地震動 S_s-21 及び S_s-31 並びに S_s-D1 に対する時刻歴接地圧の算定結果を図 1-33～図 1-35 に示す。

なお、格納容器圧力逃がし装置格納槽は地盤を 2 次元 FEM でモデル化していることから、基礎スラブ直下の地盤要素に生じる鉛直応力を用いて接地圧を算出している。



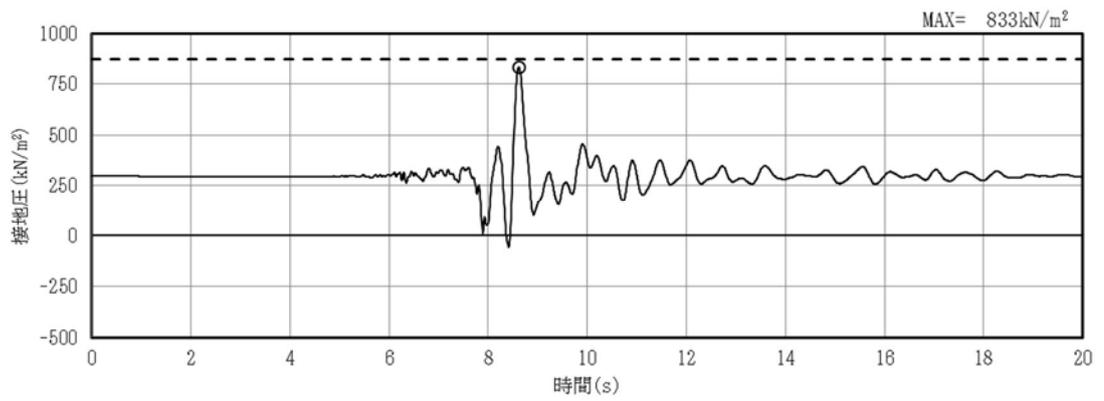
(a) 自重 + NS 方向 + 鉛直方向



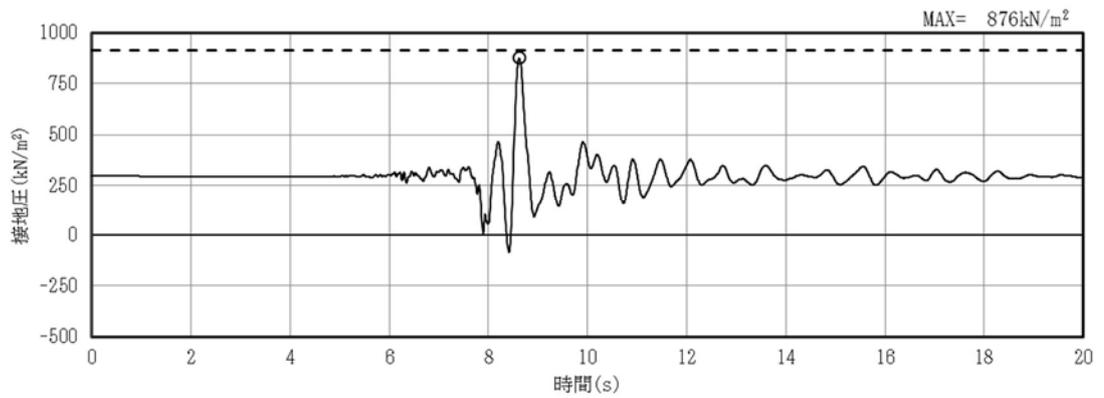
(b) 自重 + EW 方向 + 鉛直方向

【参考】 - - : 組合せ係数法による最大接地圧

図 1-33 時刻歴接地圧 (格納容器圧力逃がし装置格納槽 S_s-31)



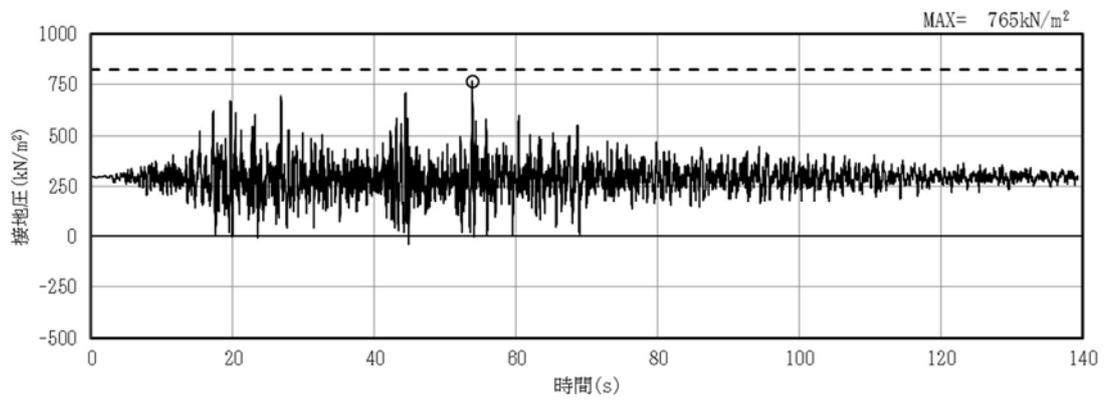
(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



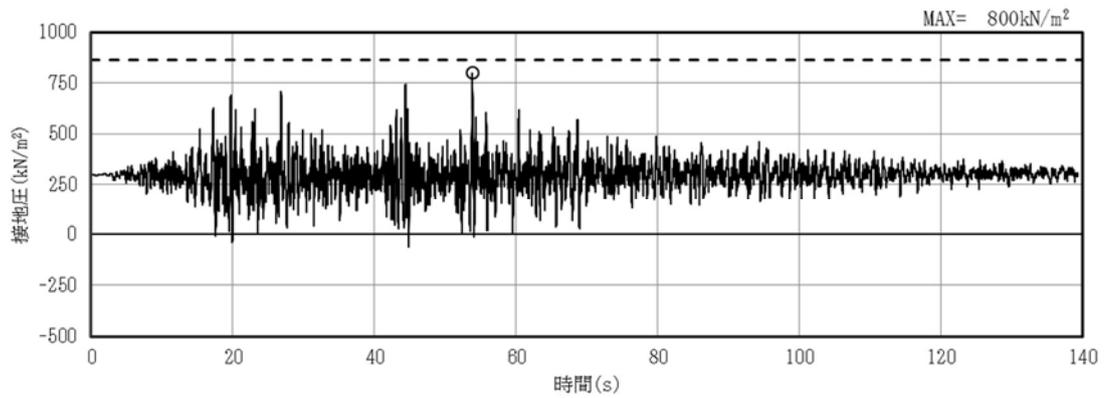
(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 - - : 組合せ係数法による最大接地圧

図 1-34 時刻歴接地圧 (格納容器圧力逃がし装置格納槽 S_s-31)



(a) 自重+NS 方向+鉛直方向



(b) 自重+EW 方向+鉛直方向

【参考】 - - : 組合せ係数法による最大接地圧

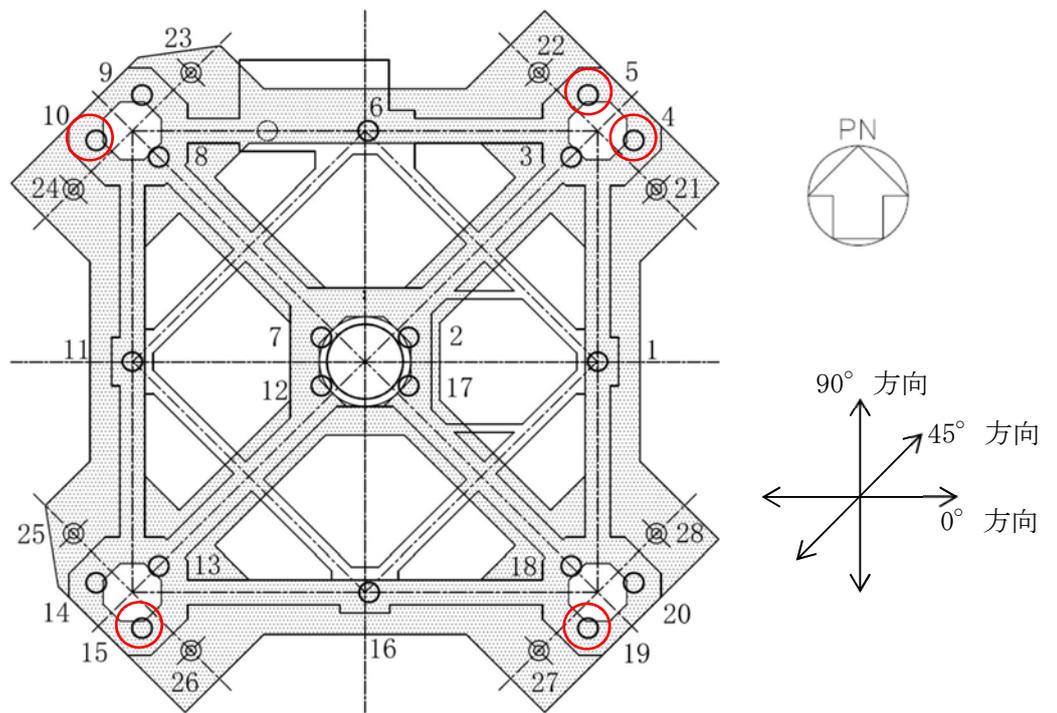
図 1-35 時刻歴接地圧 (格納容器圧力逃がし装置格納槽 S_s-D1)

2. 時刻歴の杭における算定結果

2.1 主排気筒

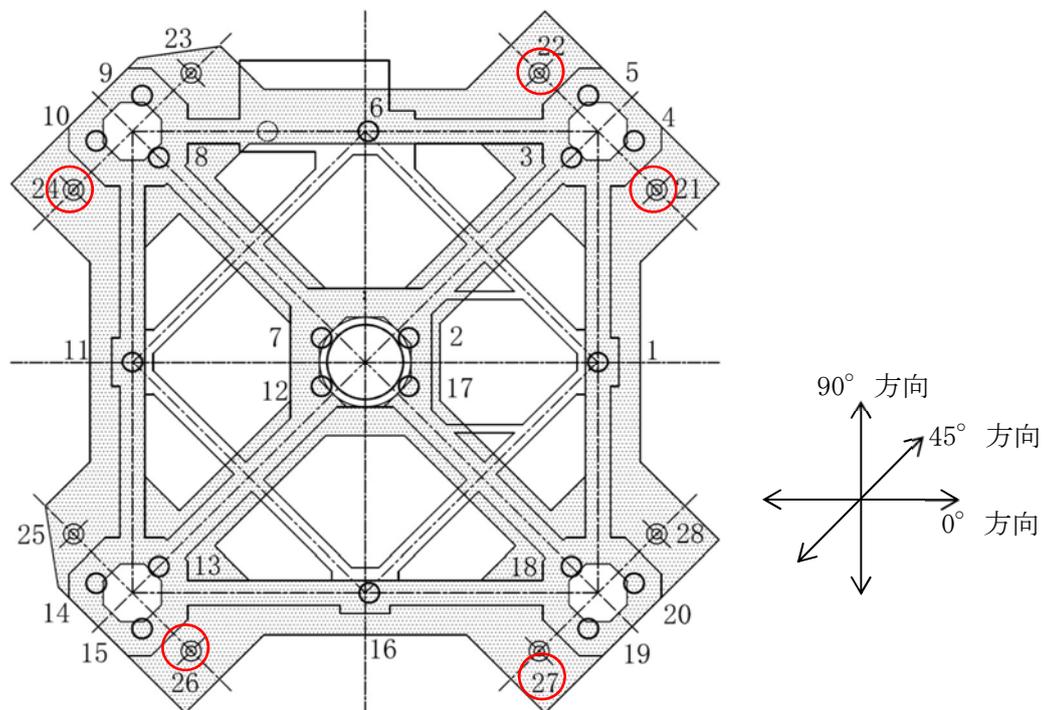
既存杭及び増設杭の検討ケースを表 2-1 に、各ケースの評価結果の一覧を表 2-2 に、杭の評価位置を図 2-1～図 2-2 に示す。

主排気筒の杭について、基準地震動 S_s に対する検討結果の厳しいケースにおける時刻歴の杭の軸力、せん断力、曲げモーメント及び軸力を考慮した曲げモーメントの検定比 (M/M_u) を図 2-3～図 2-10 に示す。



既存杭の 0° 方向では 4 及び 10 の杭，90° 方向では 5 及び 19 の杭，45° 方向では 4 及び 15 の杭を検討する。

図 2-1 評価する杭位置（既存杭）



増設杭の 0° 方向では 21 及び 24 の杭，90° 方向では 22 及び 27 の杭，45° 方向では 21 及び 26 の杭を検討する。

図 2-2 評価する杭位置（増設杭）

表 2-1 (1/2) 検討ケース (既存杭)

ケース	地震動	加力方向				杭番号
		地震		風		
101	Ss-21 NS	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4
102						10
103		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5
104						19
105		45°	-	45°	-	4
106						15
201	Ss-21 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4
202						10
203		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5
204						19
205		45°	-	45°	-	4
206						15
301	Ss-31 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4
302						10
303		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5
304						19
305		45°	-	45°	-	4
306						15
401	Ss-D1	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4
402						10
403		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5
404						19
405		45°	-	45°	-	4
406						15

表 2-1 (2/2) 検討ケース (増設杭)

ケース	地震動	加力方向				杭番号
		地震		風		
111	Ss-21 NS	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21
112						24
113		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22
114						27
115		45°	—	45°	—	21
116						26
211	Ss-21 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21
212						24
213		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22
214						27
215		45°	—	45°	—	21
216						26
311	Ss-31 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21
312						24
313		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22
314						27
315		45°	—	45°	—	21
316						26
411	Ss-D1	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21
412						24
413		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22
414						27
415		45°	—	45°	—	21
416						26

表 2-2 (1/2) 既存杭 評価結果

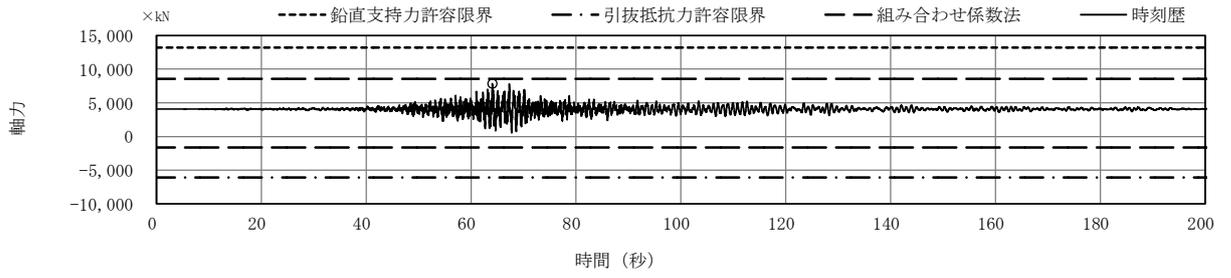
既存杭

ケース	地震動	加力方向				杭番号	検定比			
		地震		風			曲げ	せん断	鉛直支持方向	引抜き方向
101	Ss-21 NS	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4	0.34	0.37	0.56	-
102						10	0.32	0.37	0.54	0.05
103		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5	0.34	0.37	0.56	-
104						19	0.32	0.37	0.54	0.05
105		45°	-	45°	-	4	0.35	0.37	0.60	-
106						15	0.31	0.37	0.57	0.15
201	Ss-21 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4	0.23	0.27	0.53	-
202						10	0.23	0.27	0.47	-
203		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5	0.23	0.27	0.53	-
204						19	0.23	0.27	0.47	-
205		45°	-	45°	-	4	0.23	0.27	0.55	-
206						15	0.23	0.27	0.49	-
301	Ss-31 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4	0.37	0.40	0.44	-
302						10	0.33	0.40	0.36	-
303		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5	0.37	0.40	0.44	-
304						19	0.33	0.40	0.36	-
305		45°	-	45°	-	4	0.37	0.40	0.49	-
306						15	0.32	0.40	0.39	-
401	Ss-D1	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	4	0.30	0.35	0.46	-
402						10	0.29	0.35	0.42	-
403		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	5	0.30	0.35	0.46	-
404						19	0.29	0.35	0.42	-
405		45°	-	45°	-	4	0.30	0.35	0.49	-
406						15	0.29	0.35	0.43	-
						①MAX	0.37	0.40	0.60	0.15
						② 設計値	0.54	0.43	0.65	0.27
						②/①	1.46	1.08	1.08	1.80

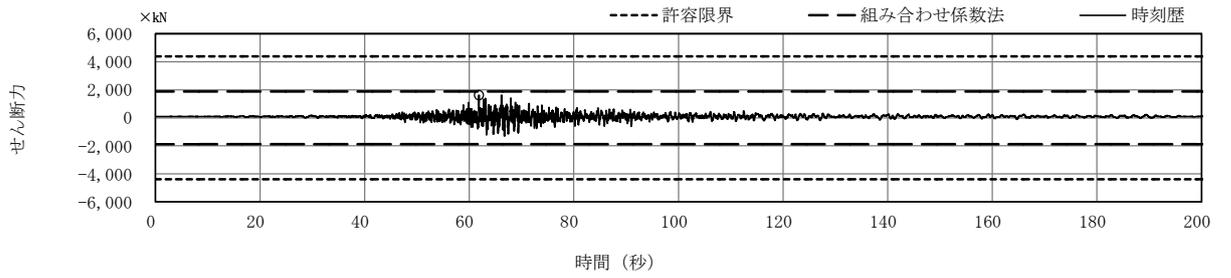
表 2-2 (2/2) 増設杭 評価結果

増設杭

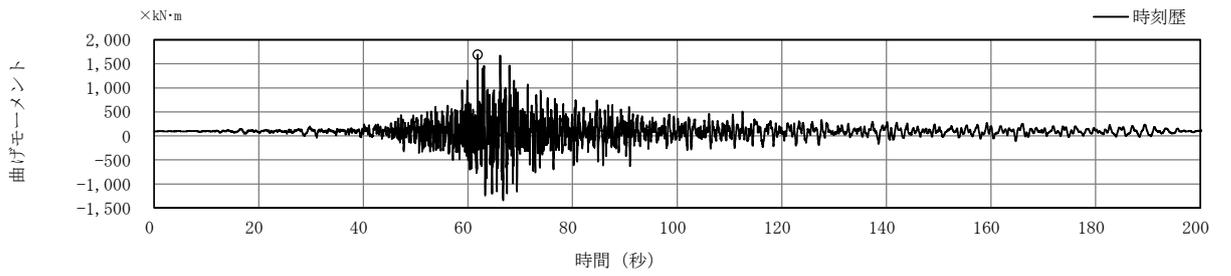
ケース	地震動	加力方向				杭番号	検定比			
		地震		風			曲げ	せん断	鉛直支持方向	引抜き方向
111	Ss-21 NS	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21	0.26	0.28	0.56	-
112						24	0.25	0.28	0.54	0.08
113		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22	0.26	0.28	0.56	-
114						27	0.25	0.28	0.54	0.08
115		45°	-	45°	-	21	0.26	0.28	0.58	-
116						26	0.25	0.28	0.55	0.12
211	Ss-21 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21	0.18	0.20	0.53	-
212						24	0.18	0.20	0.47	-
213		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22	0.18	0.20	0.53	-
214						27	0.18	0.20	0.47	-
215		45°	-	45°	-	21	0.18	0.20	0.54	-
216						26	0.18	0.20	0.48	-
311	Ss-31 EW	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21	0.28	0.30	0.45	-
312						24	0.26	0.30	0.36	-
313		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22	0.28	0.30	0.45	-
314						27	0.26	0.30	0.36	-
315		45°	-	45°	-	21	0.28	0.30	0.47	-
316						26	0.26	0.30	0.38	-
411	Ss-D1	0°	[X(EW)]	0°	[X(EW)]	21	0.24	0.26	0.46	-
412						24	0.23	0.26	0.42	-
413		90°	[Y(NS)]	90°	[Y(NS)]	22	0.24	0.26	0.46	-
414						27	0.23	0.26	0.42	-
415		45°	-	45°	-	21	0.24	0.26	0.47	-
416						26	0.23	0.26	0.42	-
						①MAX	0.28	0.30	0.58	0.12
						② 設計値	0.34	0.32	0.63	0.23
						②/①	1.21	1.07	1.09	1.92



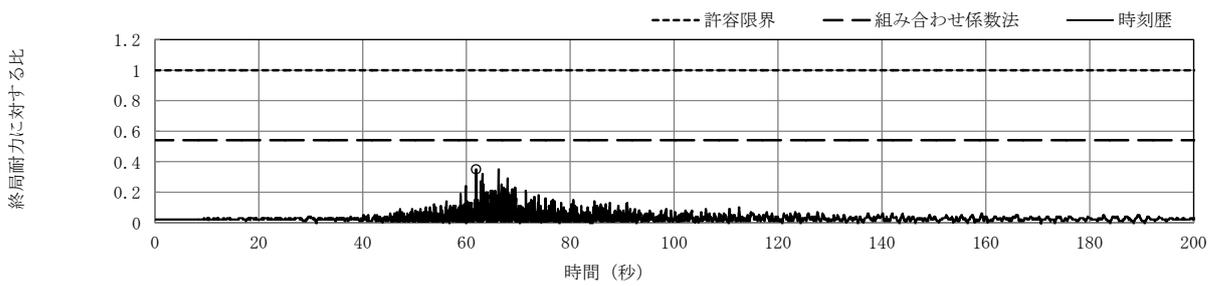
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

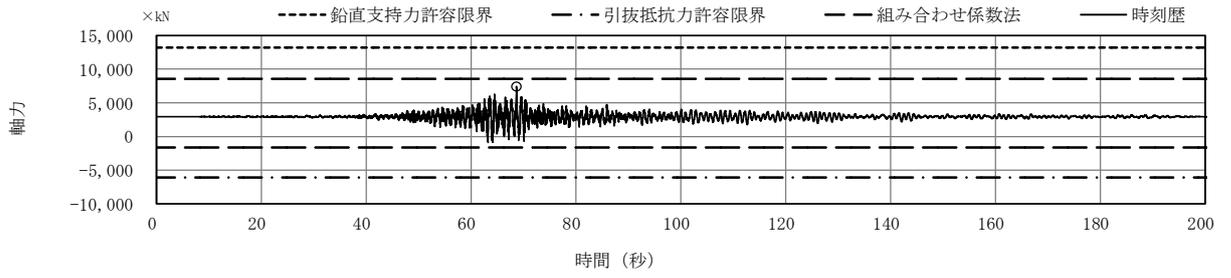


(c) 曲げモーメント 時刻歴

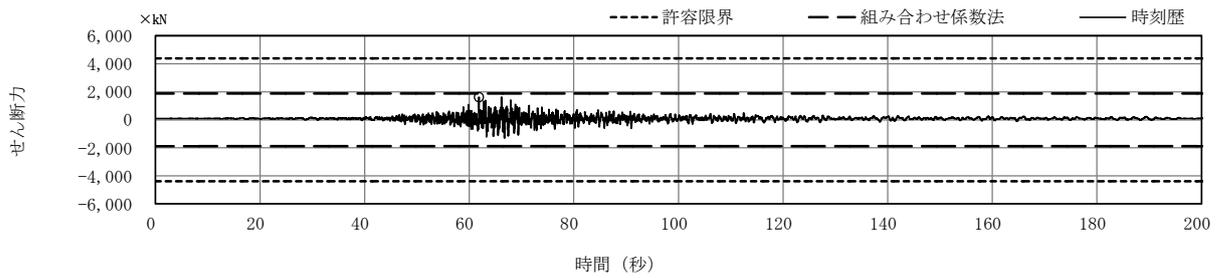


(d) M/M_u 時刻歴

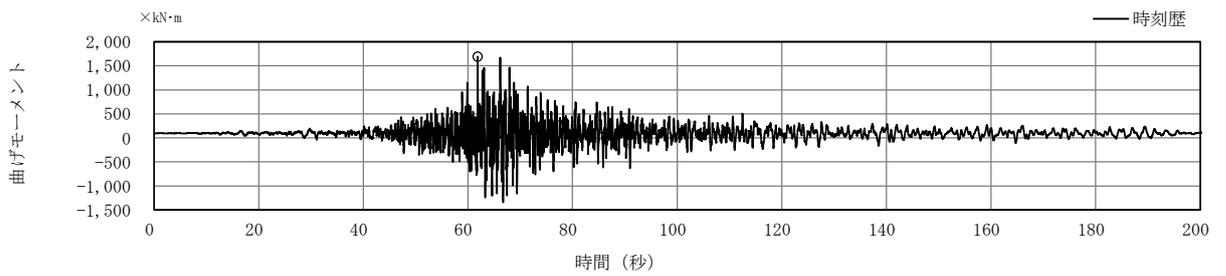
図 2-3 時刻歴の算定結果 S_s-21 , 既存杭
(杭番号 4, 45° NS 方向) (ケース 105)



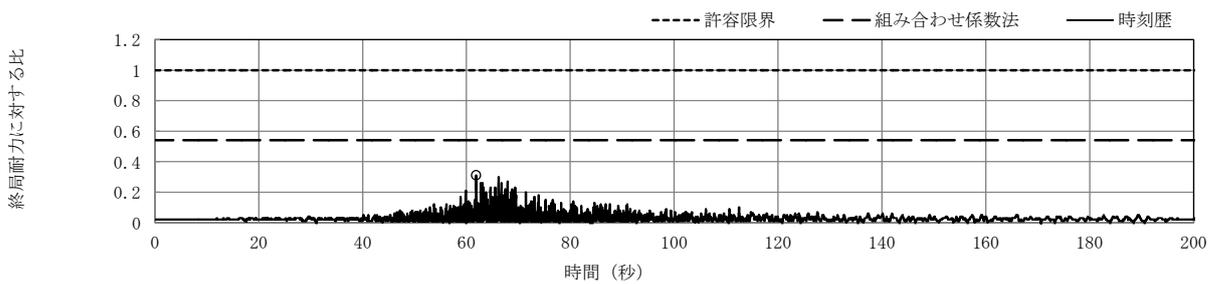
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

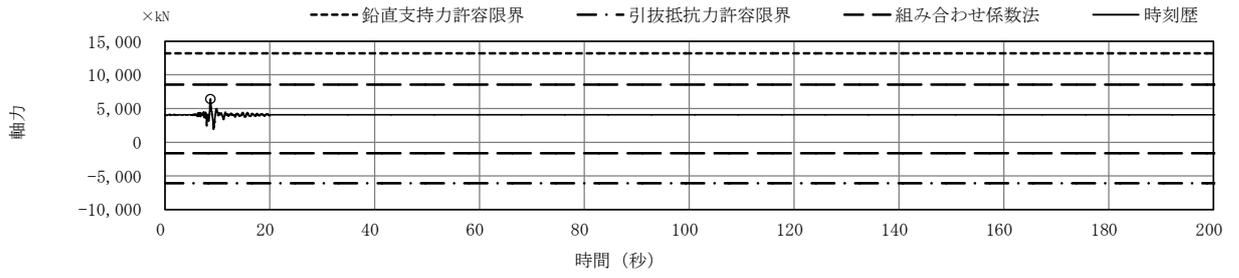


(c) 曲げモーメント 時刻歴

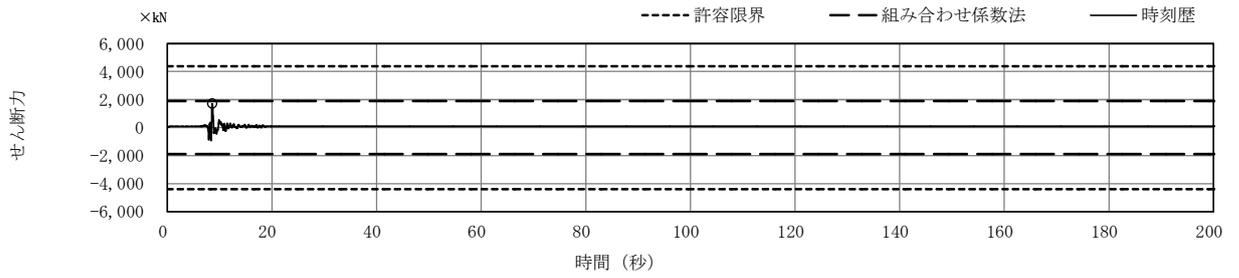


(d) M/M_u 時刻歴

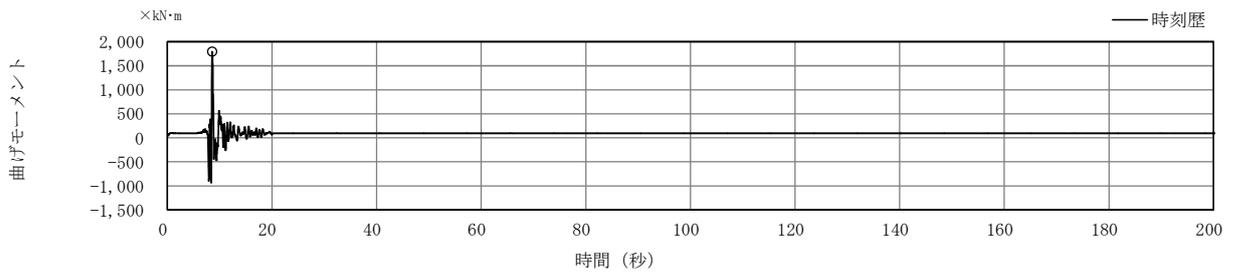
図 2-4 時刻歴の算定結果 S_s-21 , 既存杭
(杭番号 15, 45° NS 方向) (ケース 106)



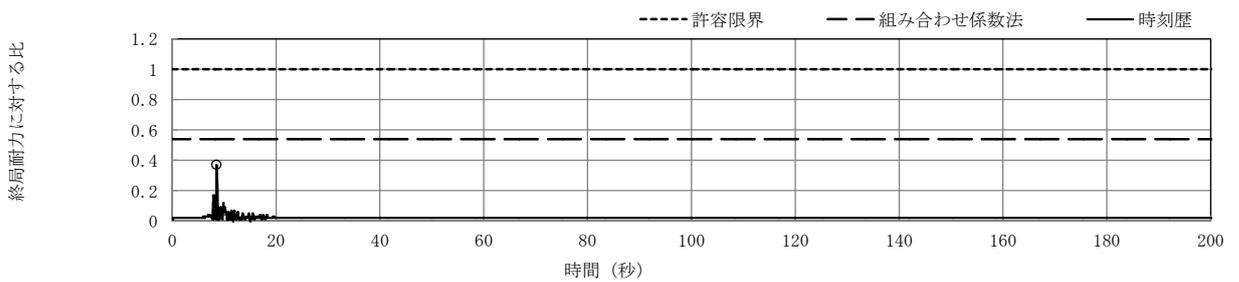
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

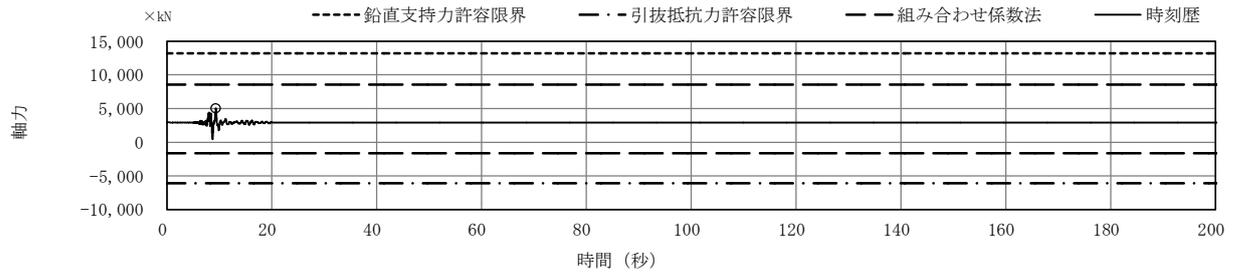


(c) 曲げモーメント 時刻歴

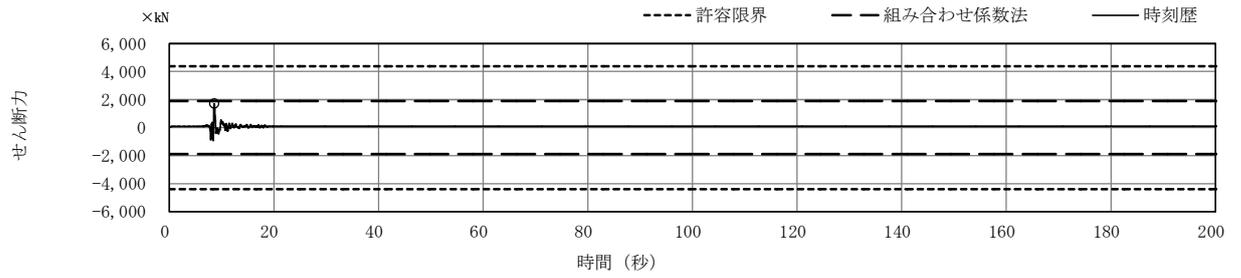


(d) M/M_u 時刻歴

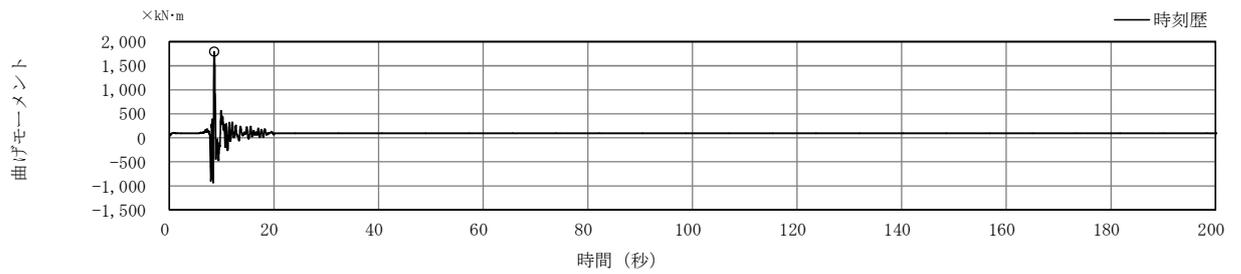
図 2-5 時刻歴の算定結果 $S_s = 3.1$, 既存杭
(杭番号 4, 45° EW 方向) (ケース 305)



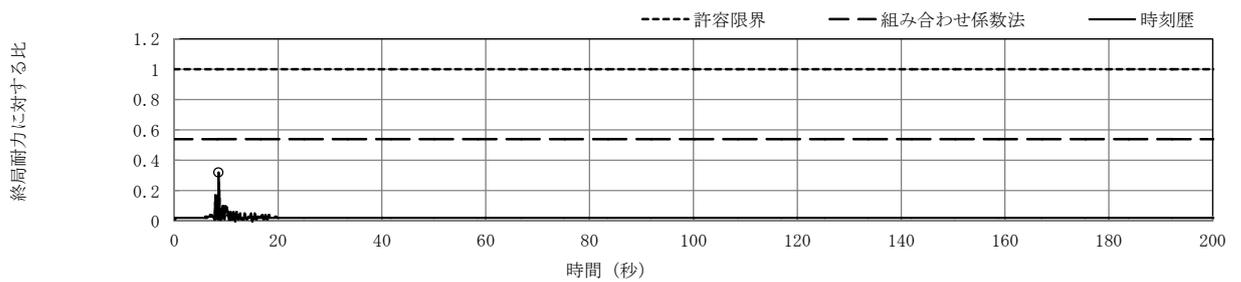
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

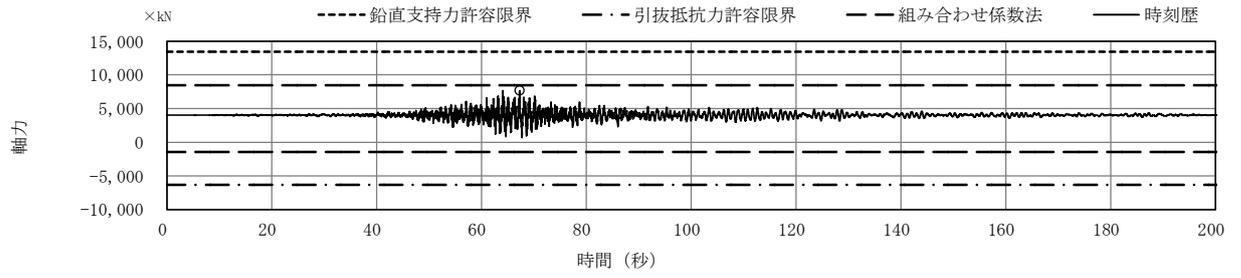


(c) 曲げモーメント 時刻歴

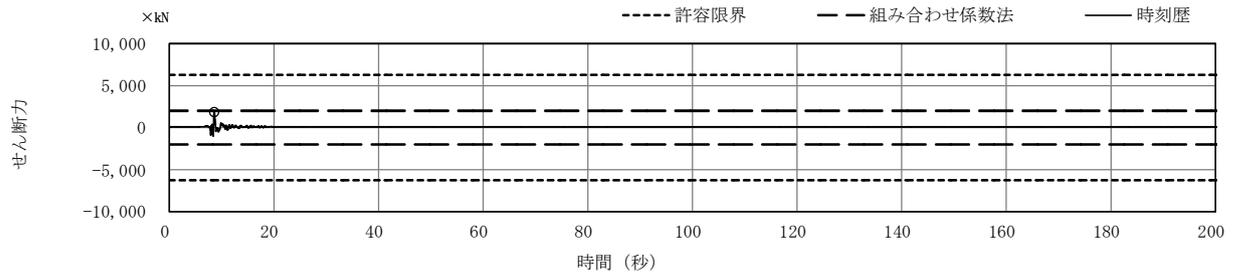


(d) M/M_u 時刻歴

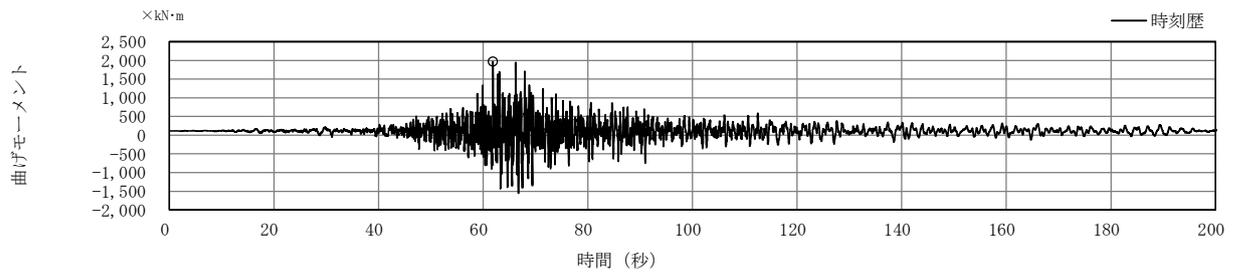
図 2-6 時刻歴の算定結果 $S_s = 3.1$, 既存杭
(杭番号 15, 45° EW 方向) (ケース 306)



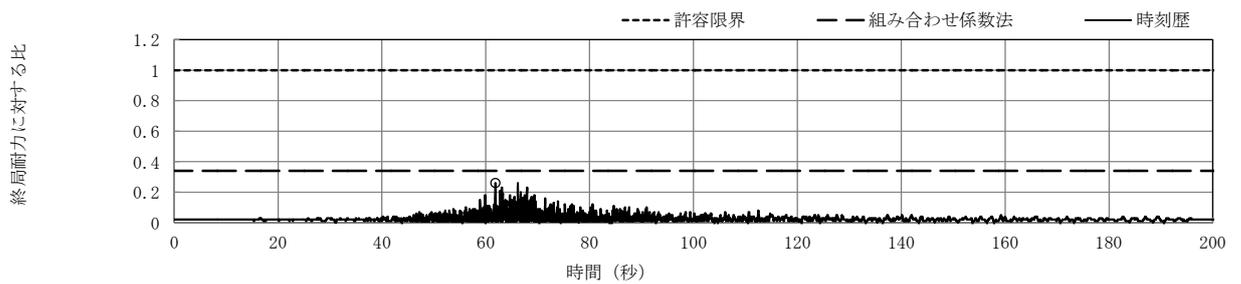
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

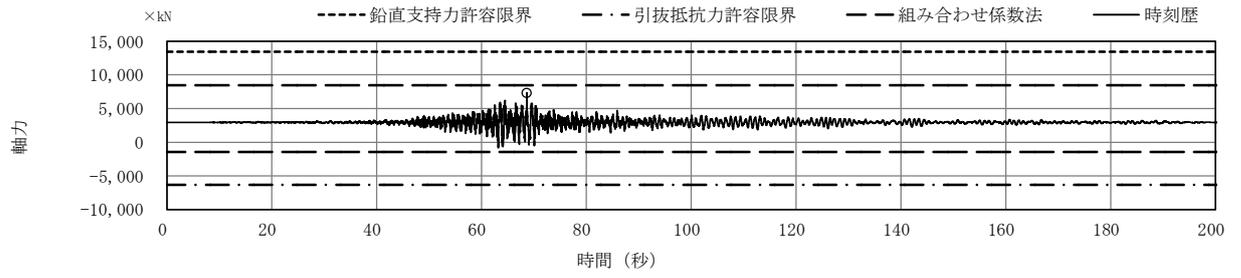


(c) 曲げモーメント 時刻歴

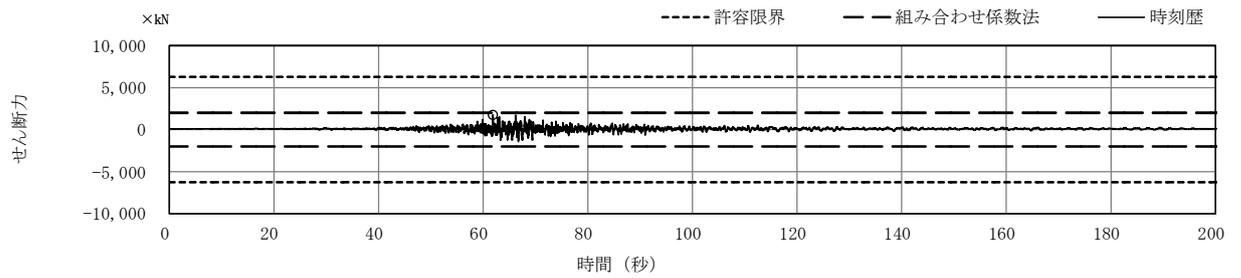


(d) M/M_u 時刻歴

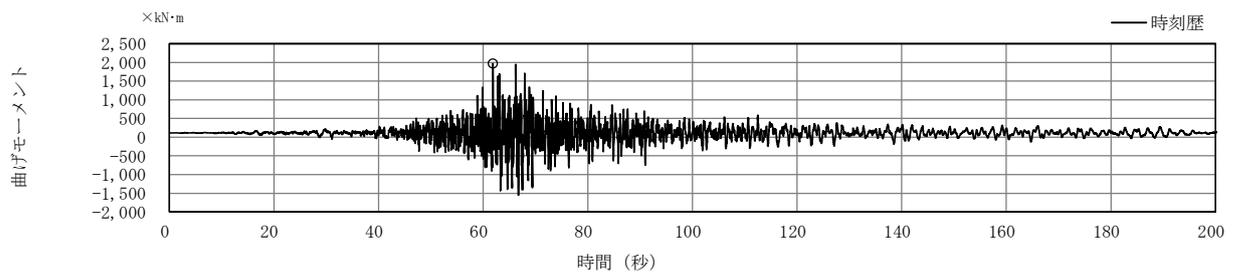
図 2-7 時刻歴の算定結果 $S_s = 2.1$, 増設杭
(杭番号 21, 45° NS 方向) (ケース 115)



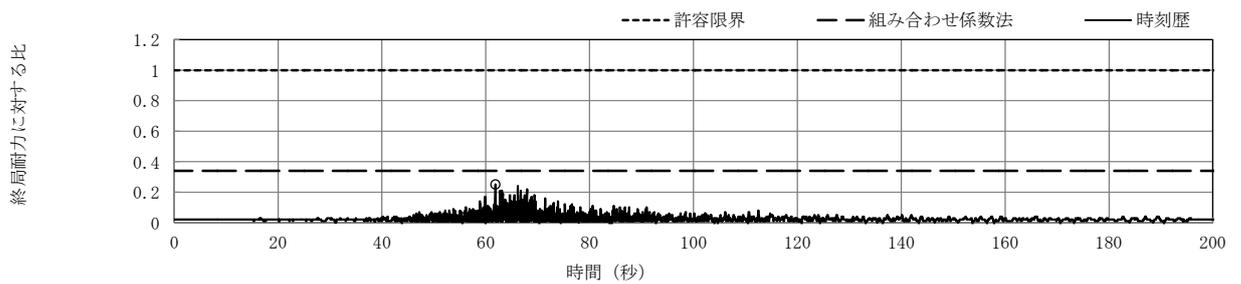
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

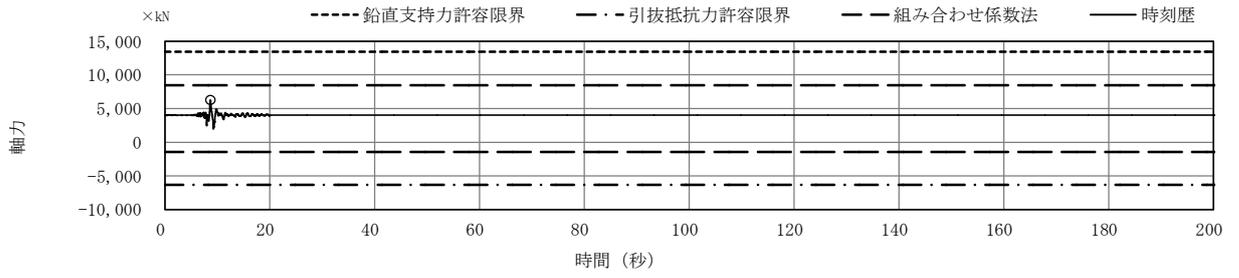


(c) 曲げモーメント 時刻歴

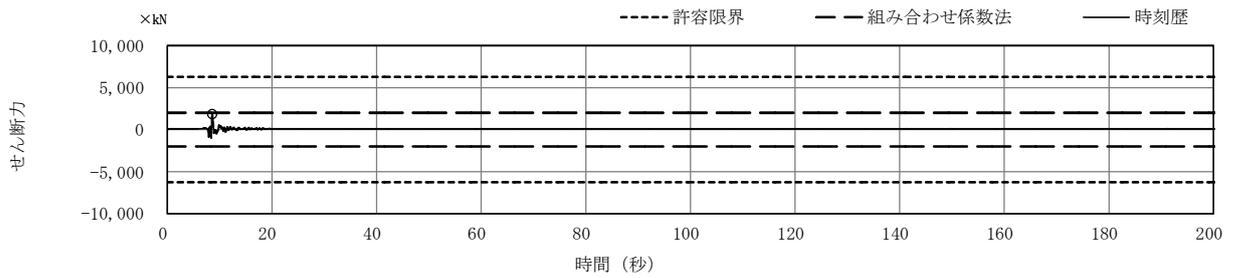


(d) M/M_u 時刻歴

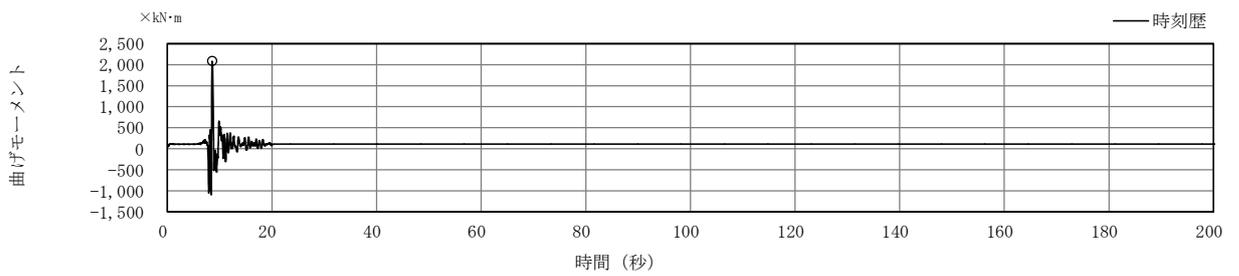
図 2-8 時刻歴の算定結果 $S_s = 2.1$, 増設杭
(杭番号 26, 45° NS 方向) (ケース 116)



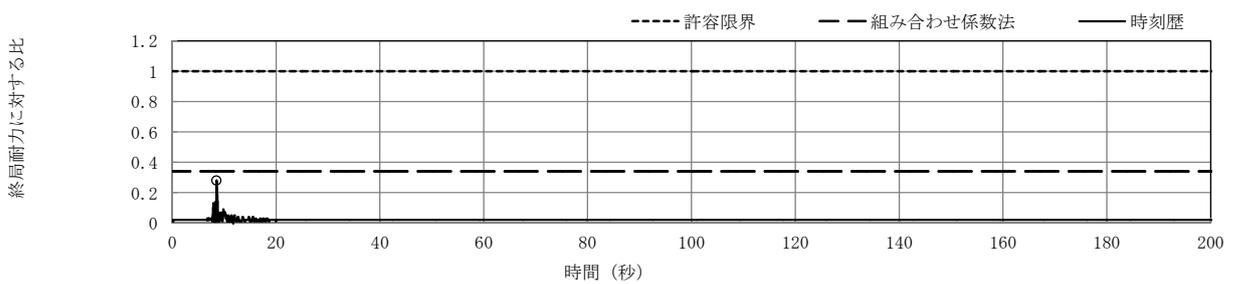
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴

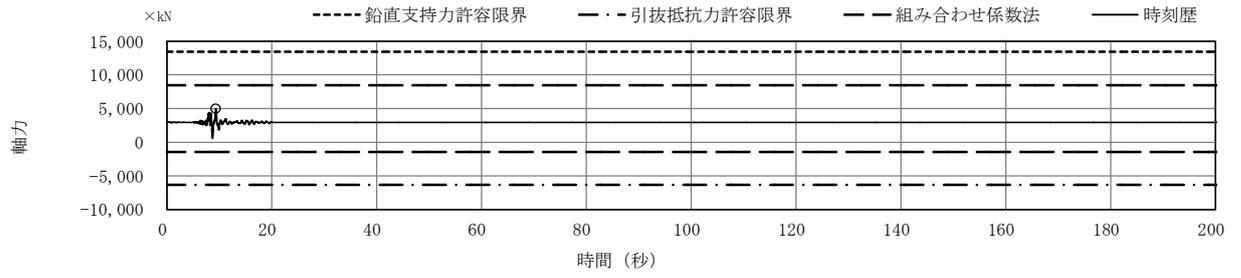


(c) 曲げモーメント 時刻歴

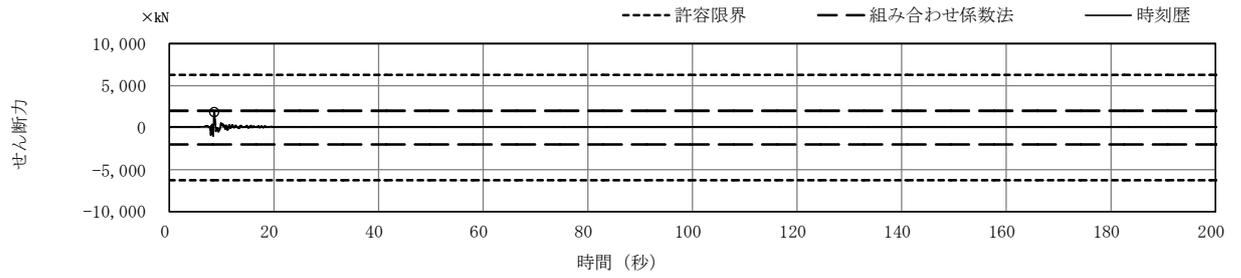


(d) M/M_u 時刻歴

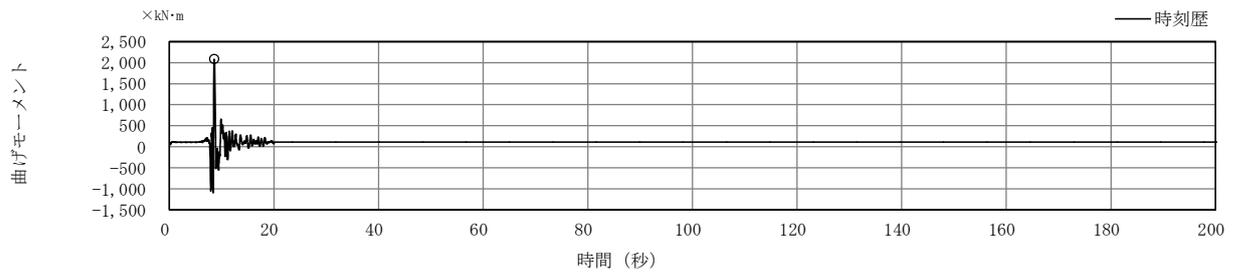
図2-9 時刻歴の算定結果 $S_s = 3.1$, 増設杭
(杭番号 21, 45° EW 方向) (ケース 315)



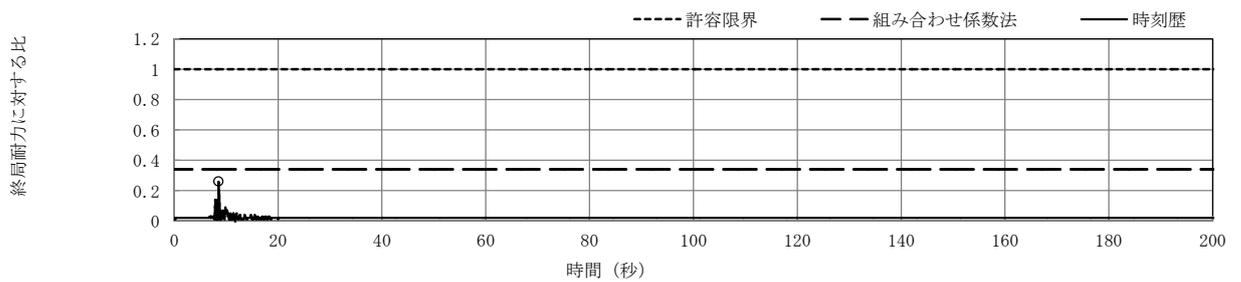
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴



(c) 曲げモーメント 時刻歴



(d) M/M_u 時刻歴

図 2-10 時刻歴の算定結果 S_s-31 , 増設杭
(杭番号 26, 45° EW 方向) (ケース 316)

2.2 非常用ガス処理系配管支持架構

杭の検討ケースを表 2-3 に、各ケースの評価結果の一覧を表 2-4 に示す。

非常用ガス処理系配管支持架構の杭について、基準地震動 S_s に対する検討結果の厳しいケースにおける時刻歴の杭の軸力、せん断力、曲げモーメント及び軸力を考慮した曲げモーメントの検定比 (M/M_u) を図 2-11～図 2-14 に示す。

表 2-3 荷重組合せケース

ケース No.	地震動	地震動 水平方向	風荷重	鉛直ばねの位相	杭位置
101	$S_s - 2.2$	Y(NS)	Y(NS)	正	Rp
102					-Rp
103				Rp	
104				-Rp	
105		X(EW)	X(EW)	正	Rp
106					-Rp
107				Rp	
108				-Rp	
201	$S_s - D.1$	Y(NS)	Y(NS)	正	Rp
202					-Rp
203				Rp	
204				-Rp	
205		X(EW)	X(EW)	正	Rp
206					-Rp
207				Rp	
208				-Rp	

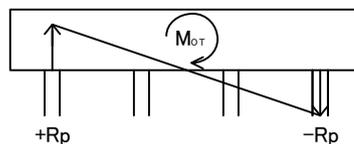
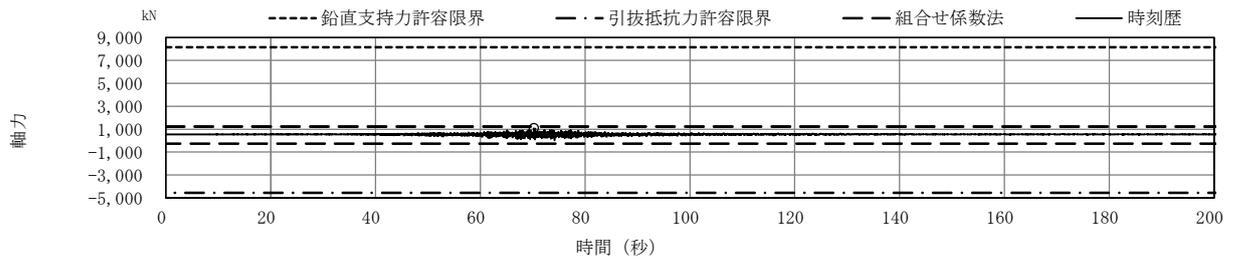


図 2-11 評価する杭位置

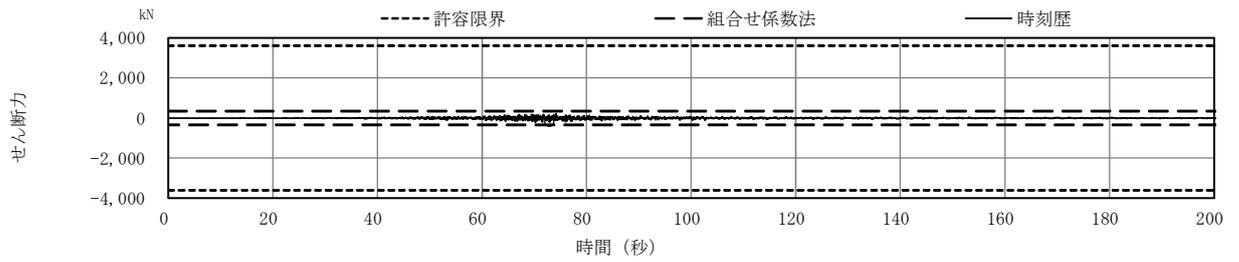
表 2-4 評価結果

ケース No.	地震動	方向		鉛直 ばね の位相	杭位置	検定比			
		地震	風			鉛直 支持	引抜き 抵抗	曲げ 応力	せん断 応力
101	S _s -22	Y(NS)	Y(NS)	正	Rp	0.132	-	0.048	0.056
102					-Rp	0.109	-	0.048	0.056
103				逆	Rp	0.115	-	0.049	0.056
104					-Rp	0.119	0.009	0.048	0.056
105		X(EW)	X(EW)	正	Rp	0.115	0.007	0.044	0.052
106					-Rp	0.113	-	0.044	0.052
107				逆	Rp	0.114	-	0.044	0.052
108					-Rp	0.131	-	0.044	0.052
201	S _s -D1	Y(NS)	Y(NS)	正	Rp	0.105	-	0.054	0.063
202					-Rp	0.107	-	0.054	0.063
203				逆	Rp	0.102	-	0.054	0.063
204					-Rp	0.111	-	0.054	0.063
205		X(EW)	X(EW)	正	Rp	0.130	-	0.060	0.069
206					-Rp	0.113	-	0.059	0.069
207				逆	Rp	0.126	-	0.059	0.069
208					-Rp	0.118	0.005	0.059	0.069
① 最大値						0.132	0.009	0.060	0.069
②(参考)設計値						0.151	0.057	0.083	0.096
②/①						1.14	6.33	1.38	1.39

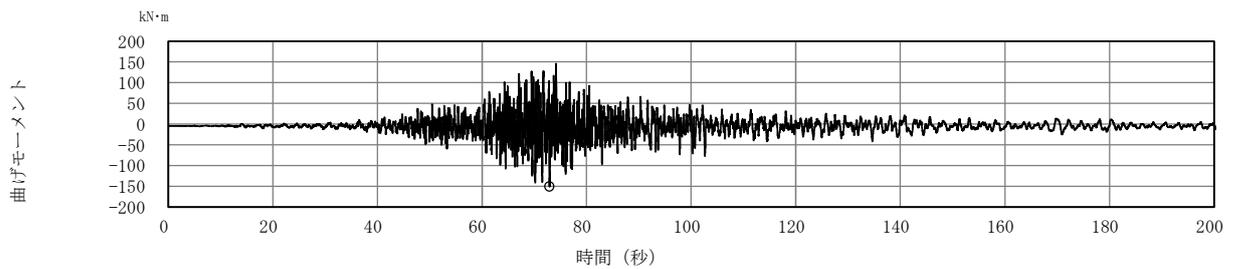
注：■は最大値を示す。



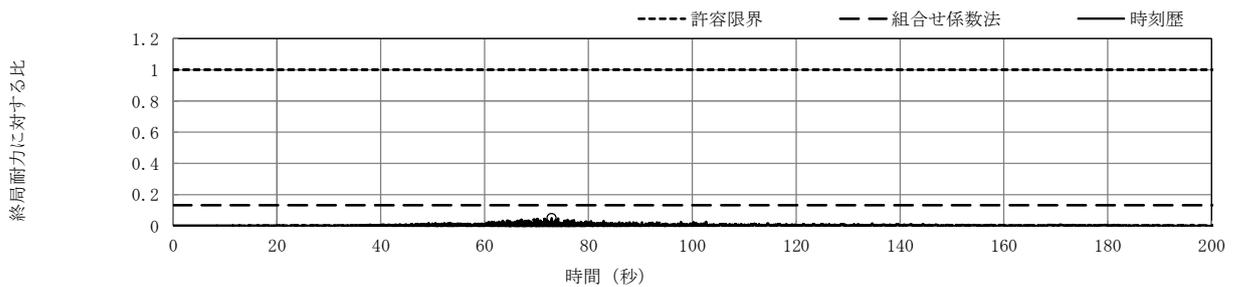
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴



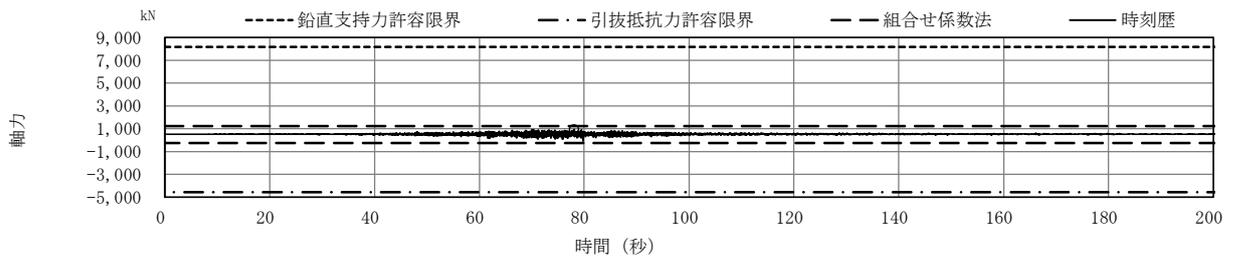
(c) 曲げモーメント 時刻歴



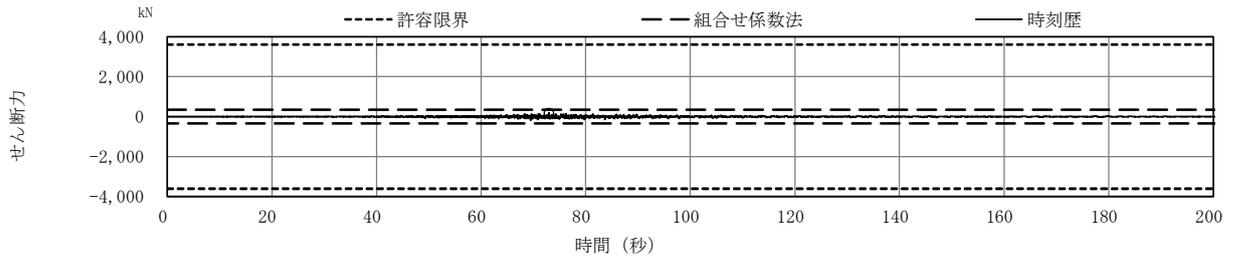
(d) M/M_u 時刻歴

注記：杭の鉛直支持力及び引抜き抵抗力の許容限界は、埋込み杭の許容値の場合を示す。

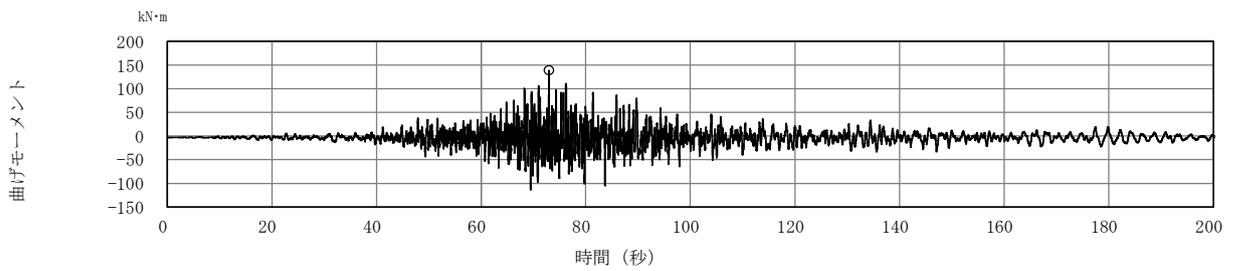
図 2-12 時刻歴の算定結果 S_s-22 (ケース 101)



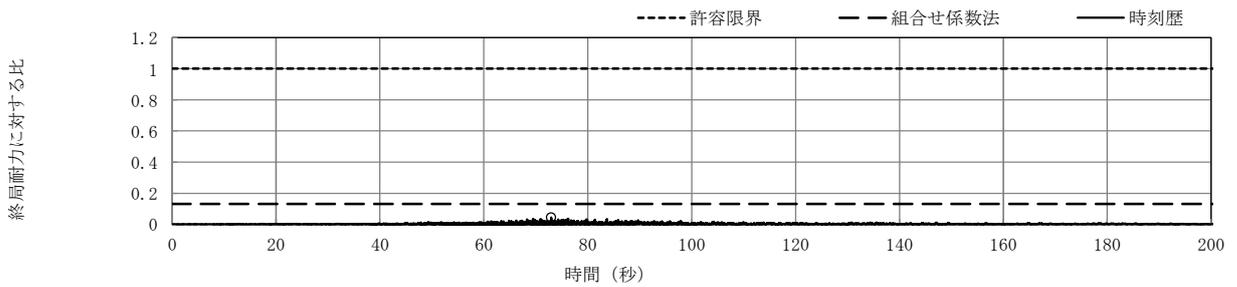
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴



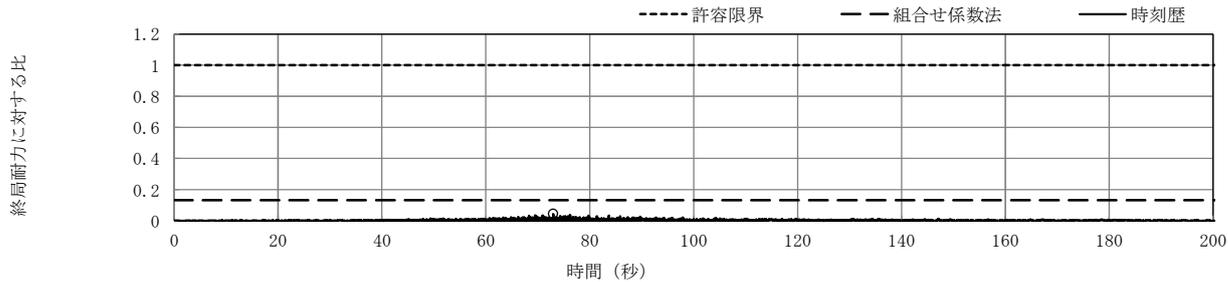
(c) 曲げモーメント 時刻歴



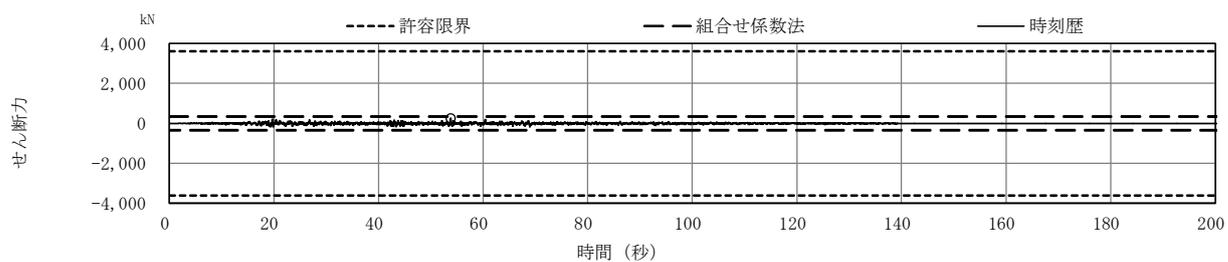
(d) M/M_u 時刻歴

注記：杭の鉛直支持力及び引抜き抵抗力の許容限界は、埋込み杭の許容値の場合を示す。

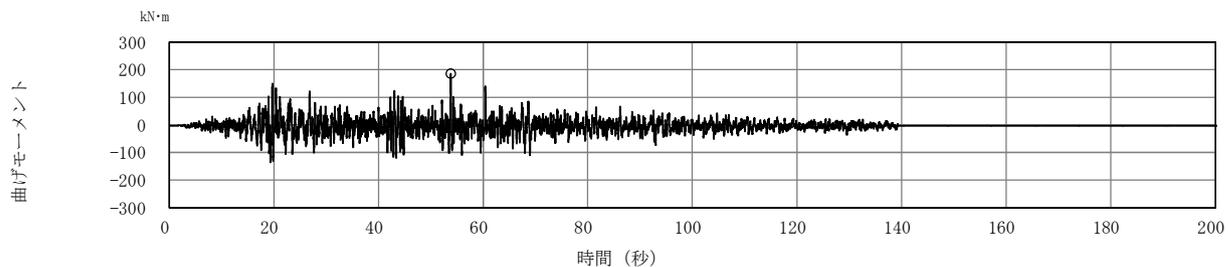
図 2-13 時刻歴の算定結果 $S_s - 2.2$ (ケース 105)



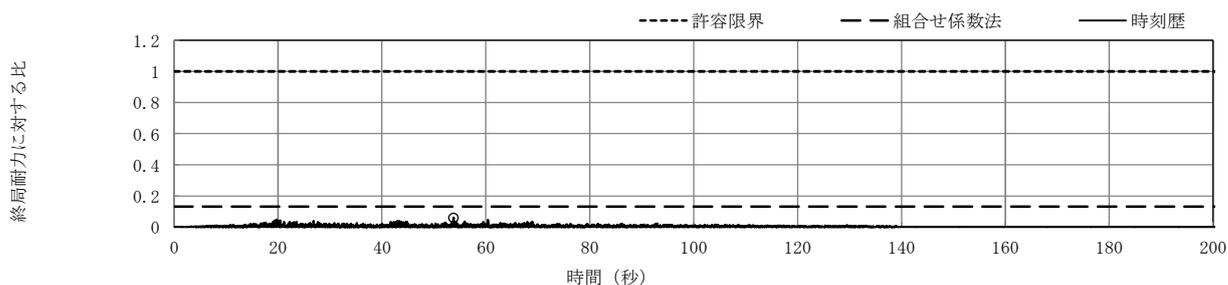
(a) 軸力 時刻歴



(b) せん断力 時刻歴



(c) 曲げモーメント 時刻歴



(d) M/M_u 時刻歴

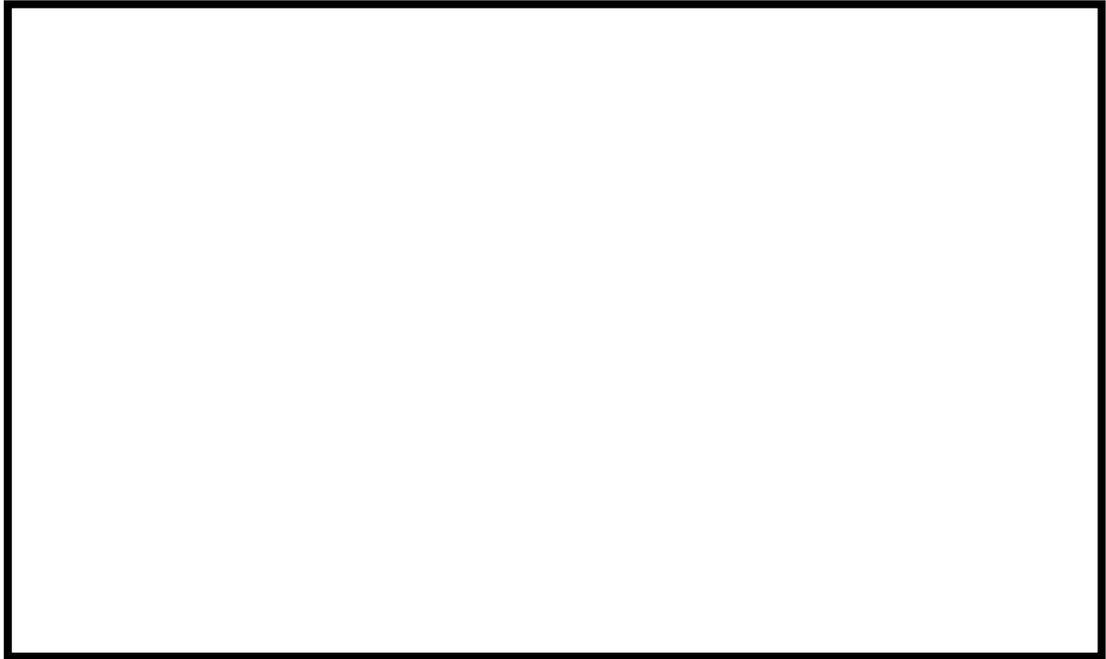
注記：杭の鉛直支持力及び引抜き抵抗力の許容限界は、埋込み杭の許容値の場合を示す。

図 2-14 時刻歴の算定結果 S_s-D1 (ケース 205)

2.3 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭について、検討ケースを表 2-5 に、各検討ケースの評価結果の一覧を表 2-6 に、軸力を評価する杭位置を図 2-15 に示す。

また、基準地震動 S_s に対する検討結果の厳しいケースにおける時刻歴の杭の鉛直支持力及び引抜き抵抗力を図 2-16～図 2-17 に示す。



※青枠：NS 方向+鉛直方向地震力による杭軸力検討部位
※赤枠：EW 方向+鉛直方向地震力による杭軸力検討部位

図 2-15 軸力を評価する杭位置

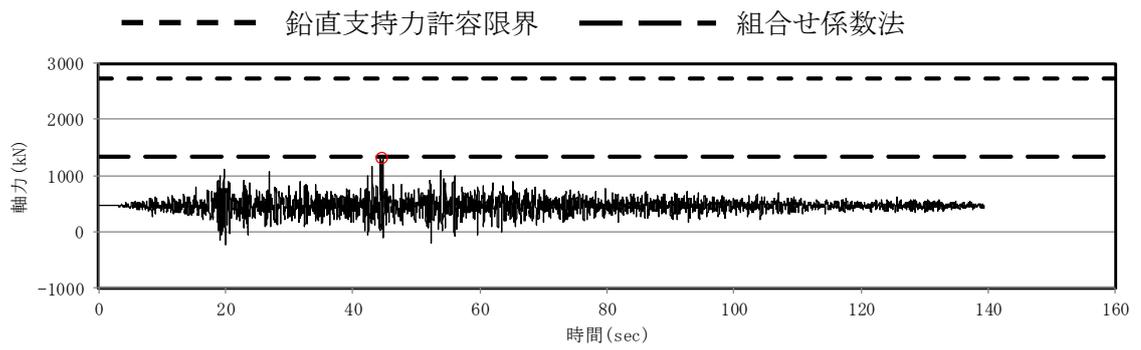
表 2-5 検討ケース

ケース	地震動	水平方向	鉛直方向	備考
101	S _s -D 1	NS	UD	
102		EW	UD	
201	S _s -2 2	NS	UD	
202		EW	UD	
301	S _s -3 1	NS	UD	
302		EW	UD	

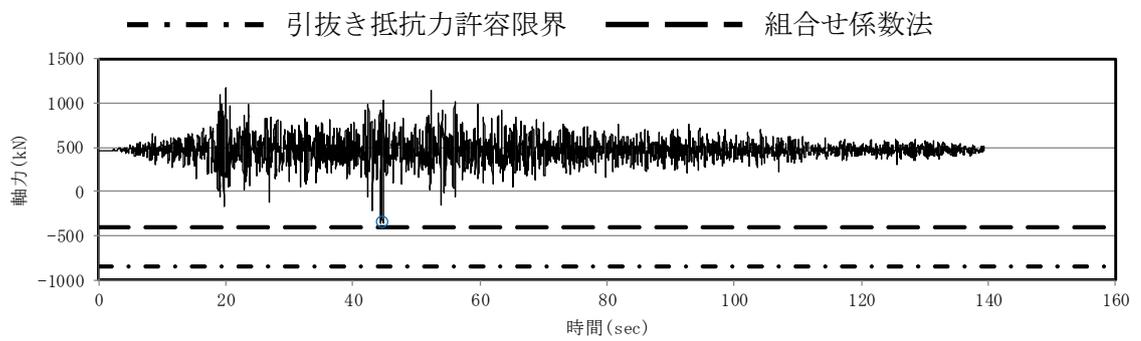
表 2-6 各検討ケースの評価結果

ケース	地震動	方向	検定比			
			曲げ	せん断	鉛直支持力	引抜き抵抗力
101	S _s -D1	NS	0.469	0.183	0.393	0.169
102		EW	0.626	0.186	0.473	0.428
201	S _s -22	NS	0.567	0.212	0.424	0.268
202		EW	0.588	0.177	0.431	0.291
301	S _s -31	NS	0.587	0.227	0.320	-
302		EW	0.879	0.242	0.444	0.336
		①最大値	0.879	0.242	0.473	0.428
		②設計値	0.996	0.243	0.490	0.481
		②/①	1.13	1.00	1.04	1.12

※設計値：組合せ係数法による値

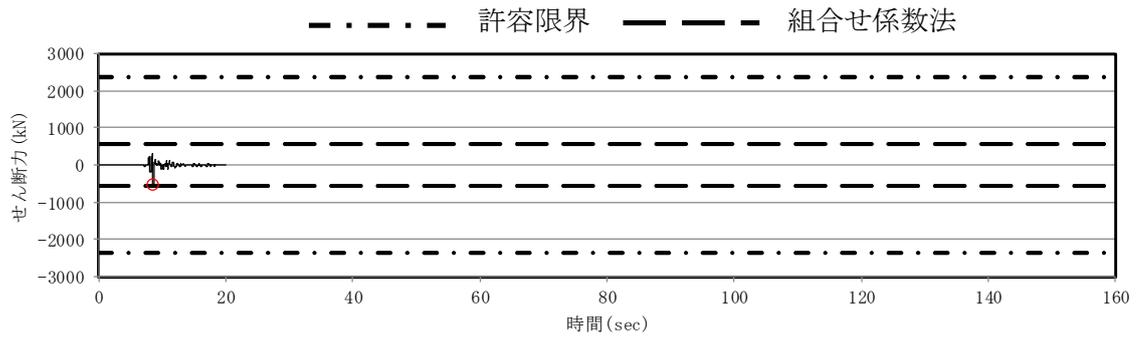


(a) 軸力時刻歴 (鉛直支持力)

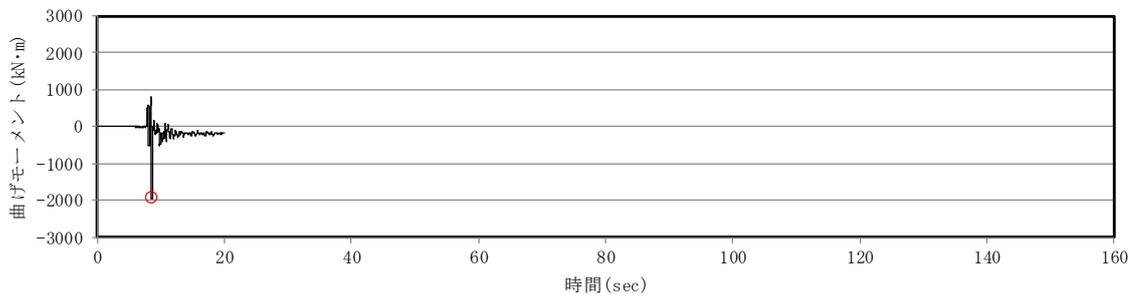


(b) 軸力時刻歴 (引抜き抵抗力)

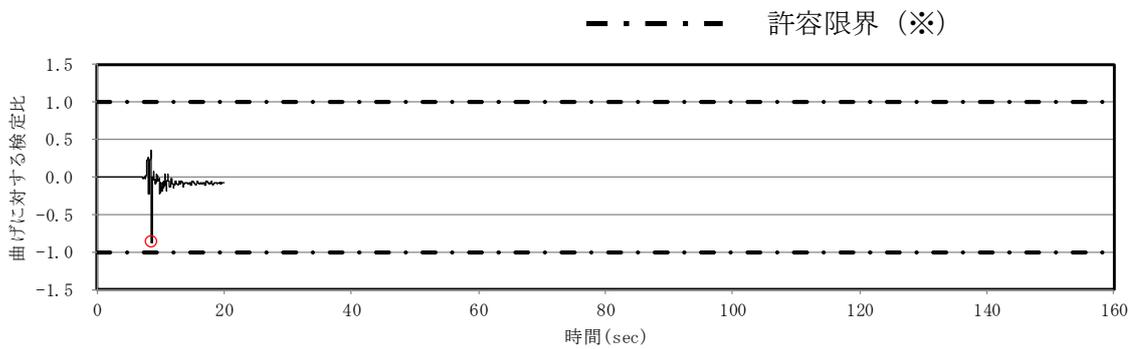
図 2-16 時刻歴の算定結果 $S_s-D 1$
(EW 方向, ケース 102)



(a) せん断力 時刻歴



(b) 曲げモーメント 時刻歴



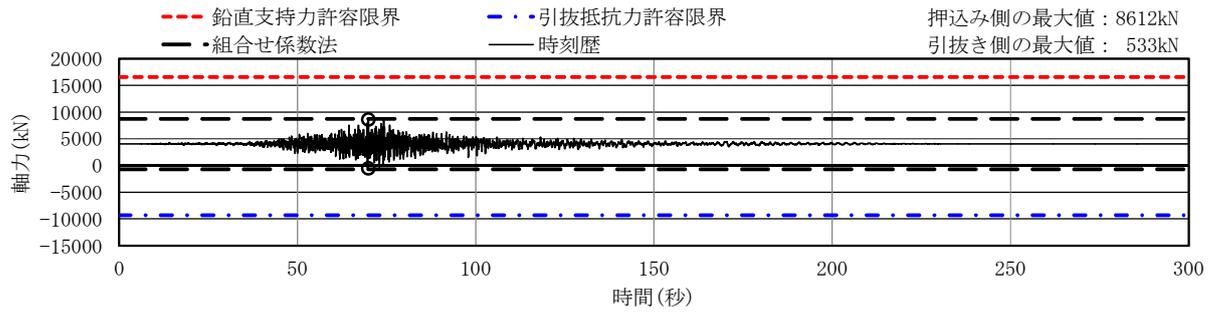
(※) 組合せ係数法による検定比 : 0.996

(c) M/M_u 時刻歴

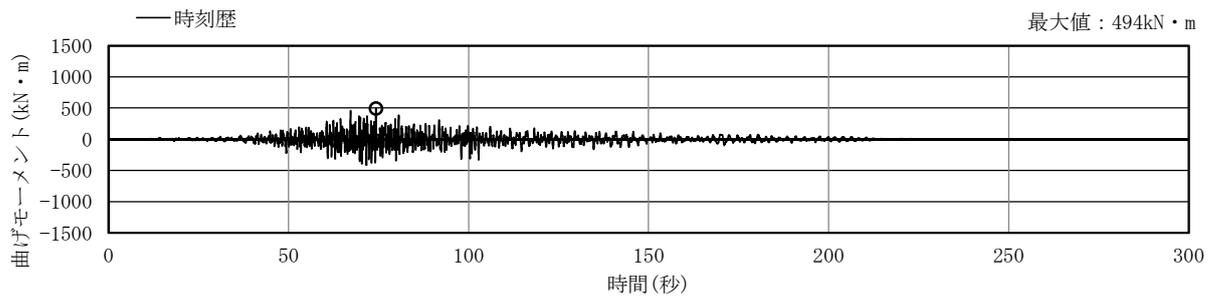
図 2-17 時刻歴の算定結果 S_s-31
(EW 方向, ケース 302)

2.5 緊急時対策所建屋

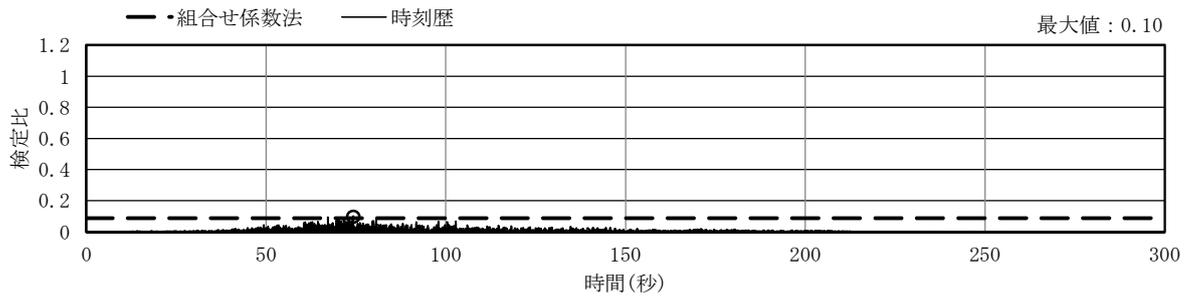
杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形を図 2-18～図 2-23 示す。



(a) 軸力 時刻歴

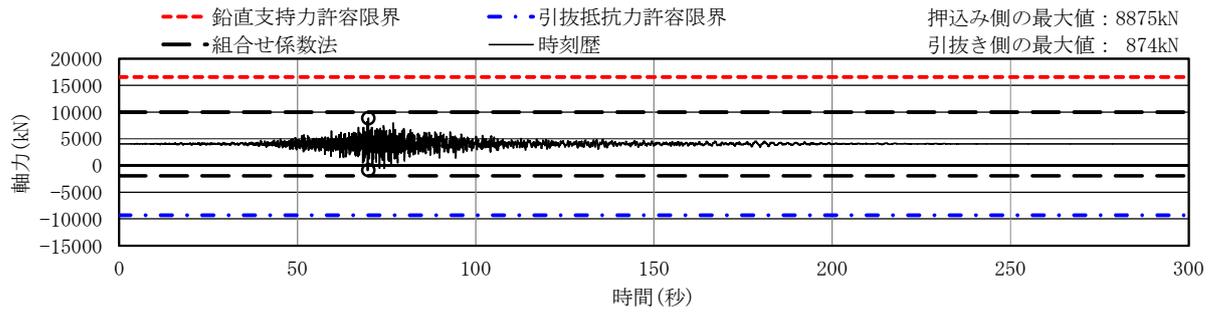


(b) 曲げモーメント 時刻歴

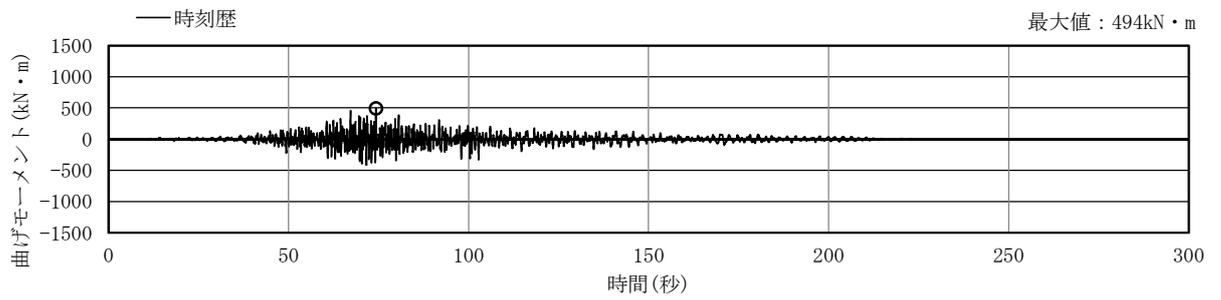


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

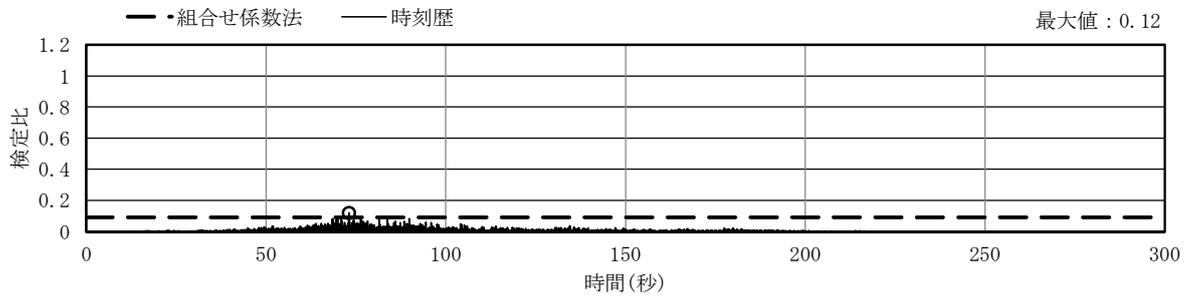
図 2-18 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 ($S_s - 22$, NS 方向)



(a) 軸力 時刻歴

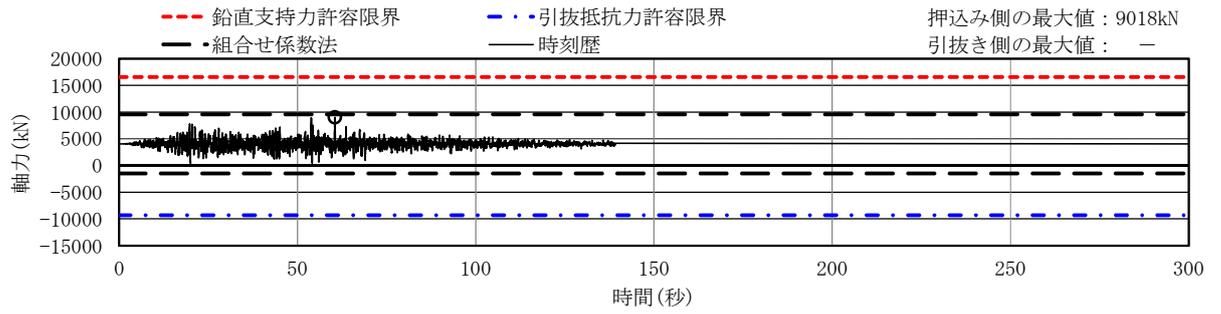


(b) 曲げモーメント 時刻歴

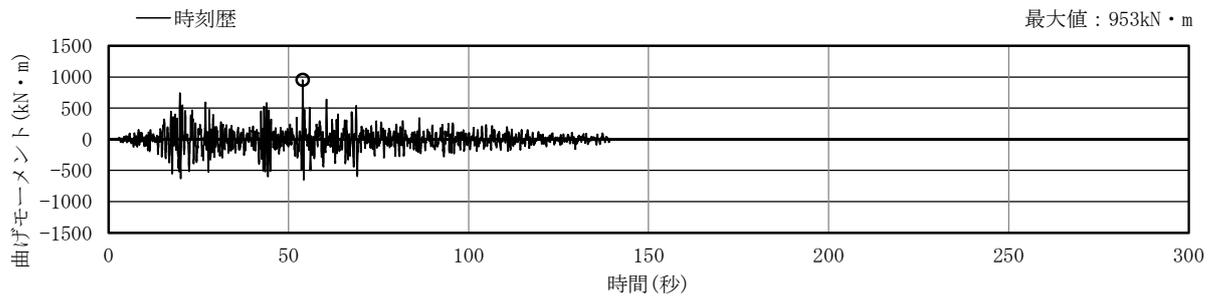


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

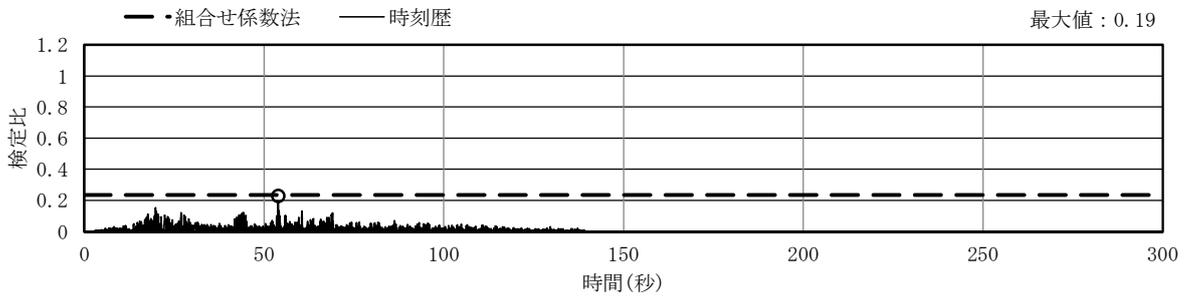
図 2-19 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 ($S_s - 22$, EW 方向)



(a) 軸力 時刻歴

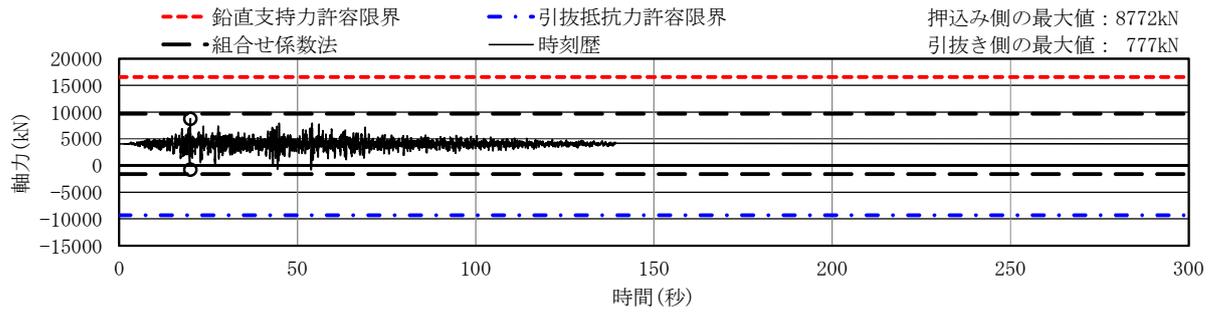


(b) 曲げモーメント 時刻歴

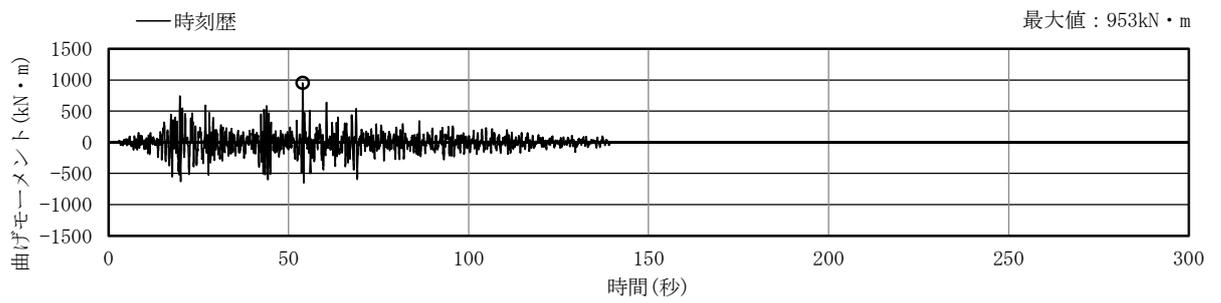


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

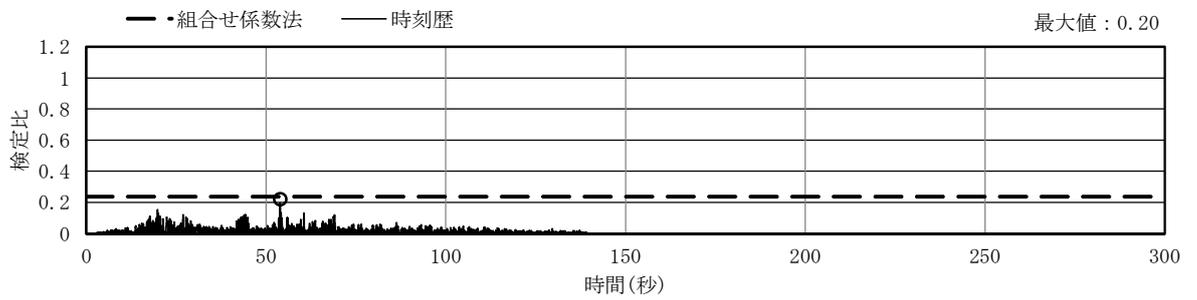
図 2-20 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 (S_s-D1, NS 方向)



(a) 軸力 時刻歴

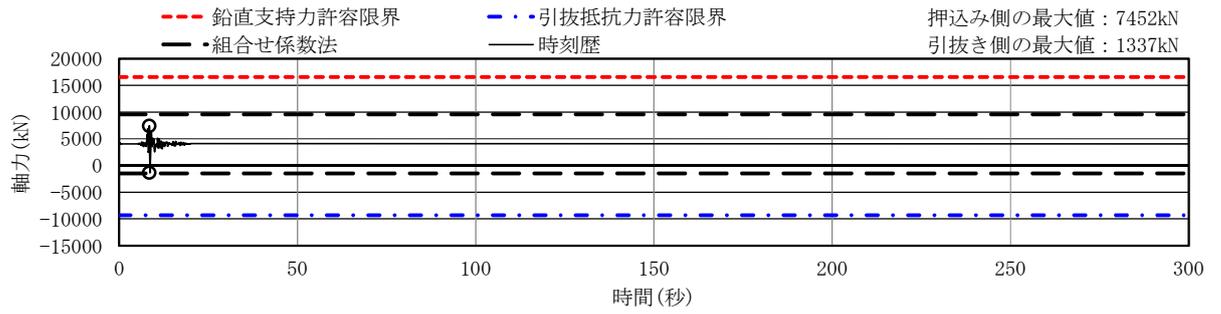


(b) 曲げモーメント 時刻歴

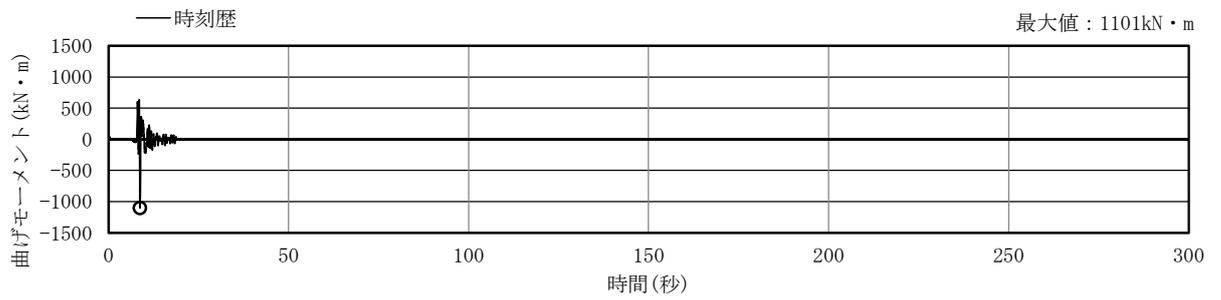


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

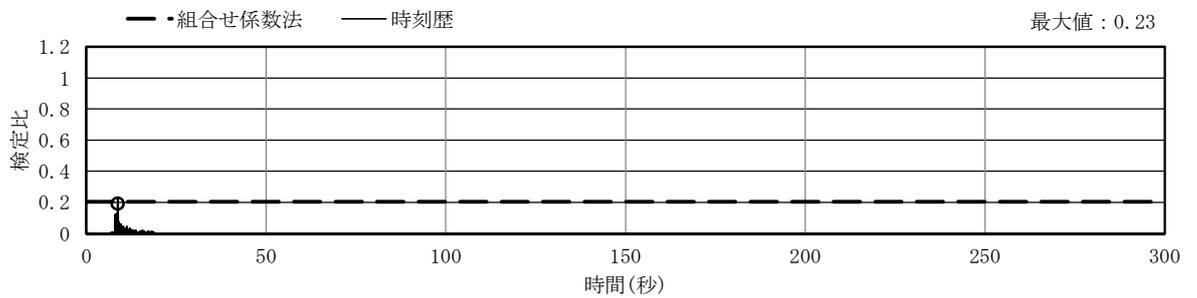
図 2-21 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 (S_s-D1, EW 方向)



(a) 軸力 時刻歴

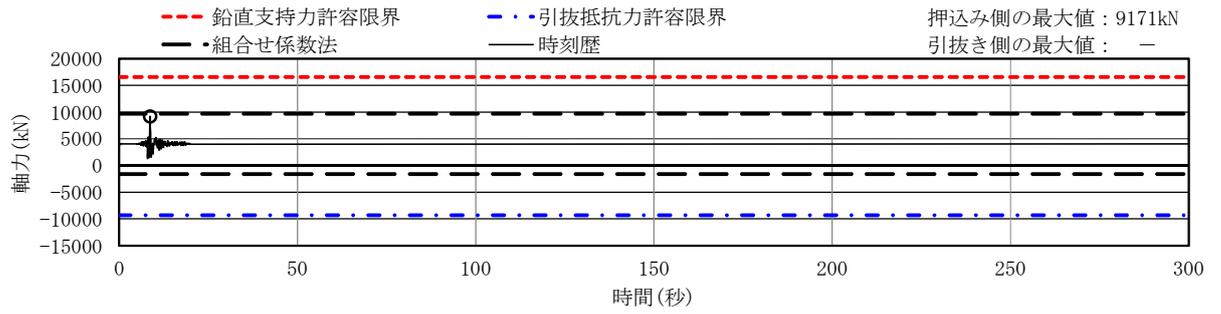


(b) 曲げモーメント 時刻歴

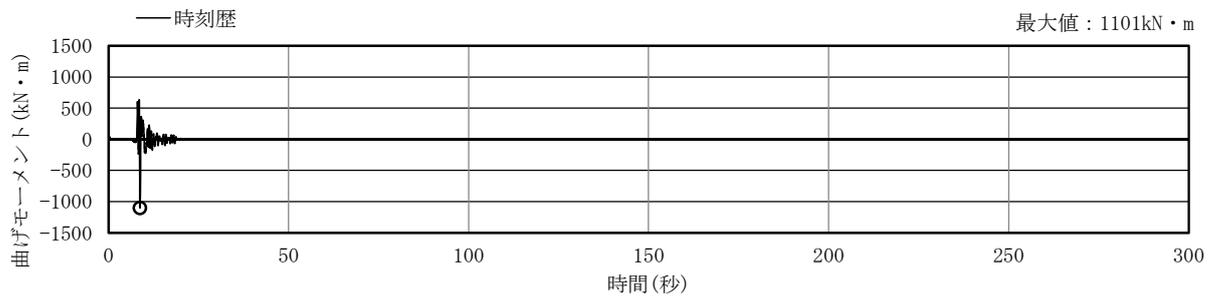


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

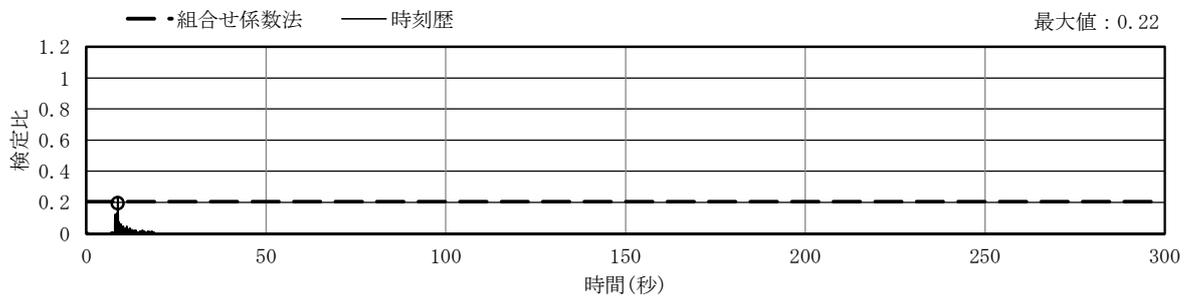
図 2-22 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 (S_s-31, NS 方向)



(a) 軸力 時刻歴



(b) 曲げモーメント 時刻歴

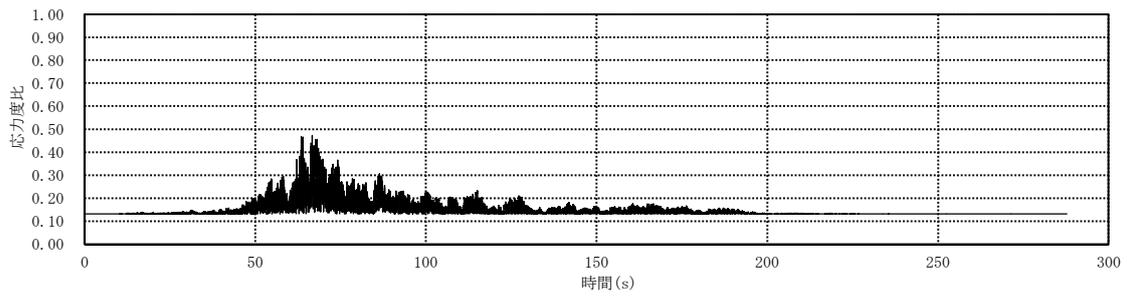


(c) 曲げモーメントの検定比 時刻歴

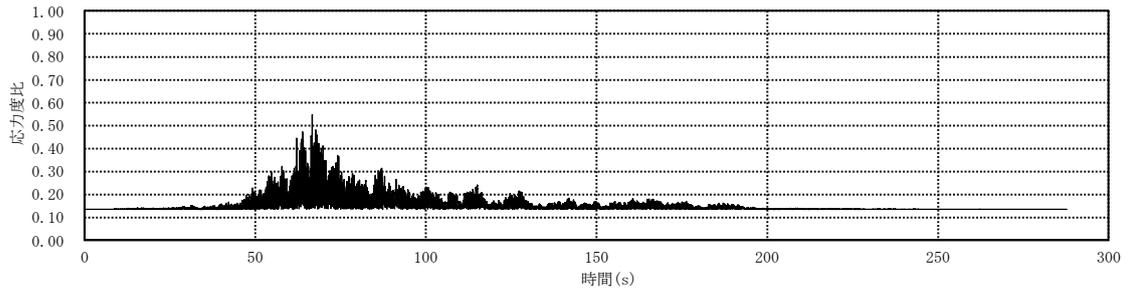
図 2-23 杭支持力等及び断面応力の時刻歴波形 (S_s-3 1, EW 方向)

3. 主排気筒の時刻歴検定比の算定結果

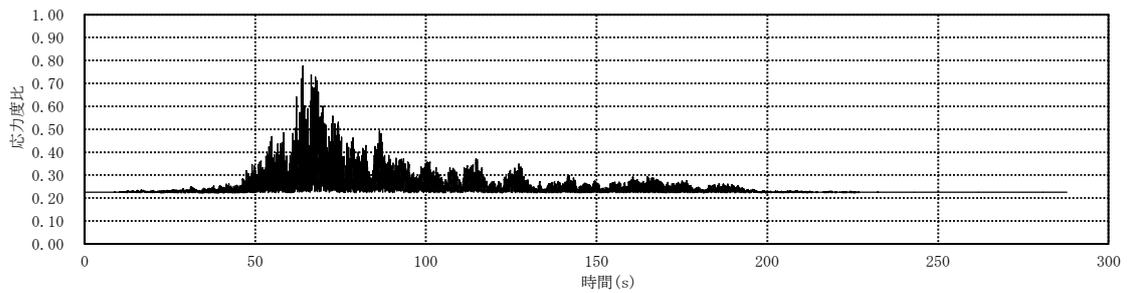
主排気筒の鉄塔（支柱材）について、基準地震動 S_s-D1 、 S_s-21 及び S_s-31 に対する主排気筒の時刻歴検定比の算定結果を図3-1～図3-3に示す。



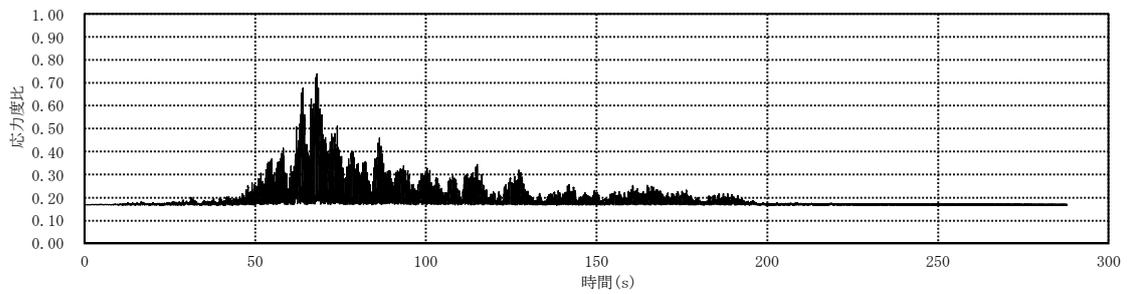
(a) 主柱材 (EL. 112.205 m) に生じる検定比 (斜め方向)



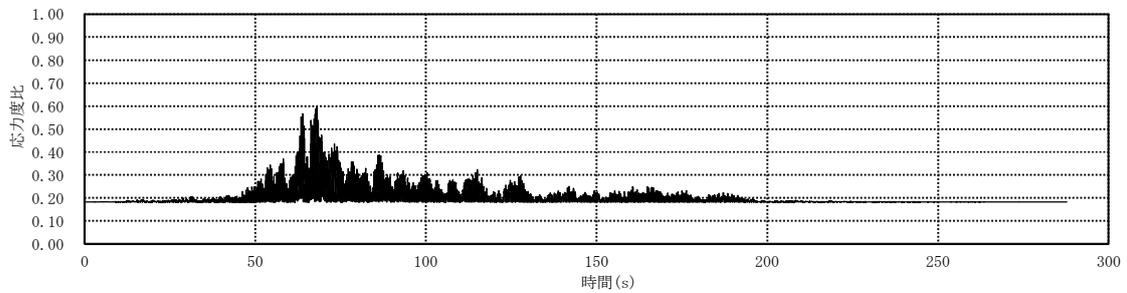
(b) 主柱材 (EL. 95.432 m) に生じる検定比 (斜め方向)



(c) 主柱材 (EL. 75.444 m) に生じる検定比 (斜め方向)

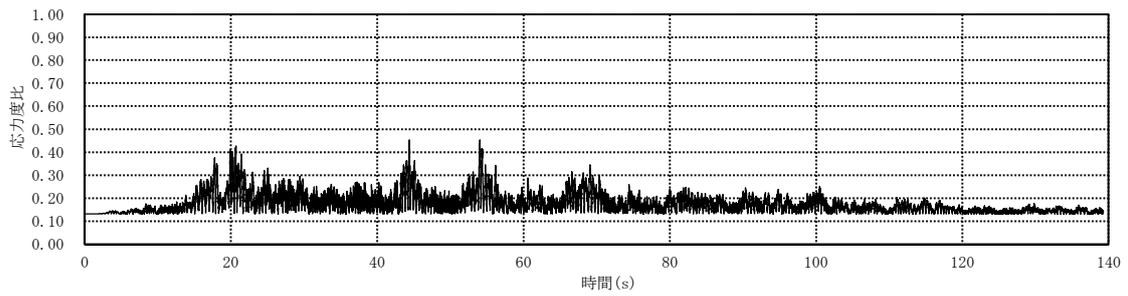


(d) 主柱材 (EL. 52.618 m) に生じる検定比 (斜め方向)

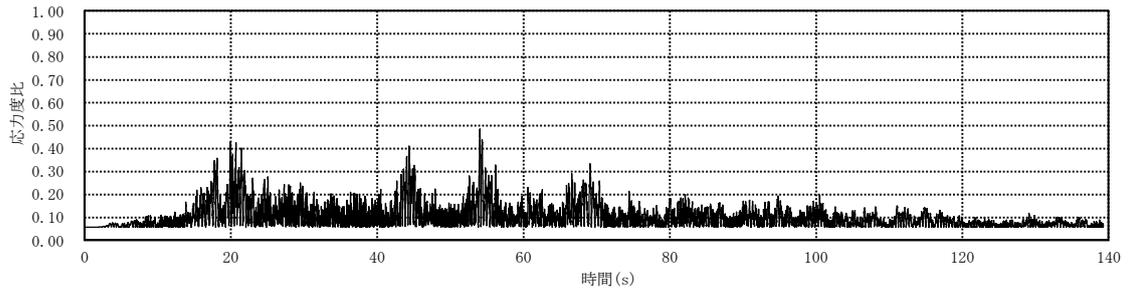


(e) 主柱材 (EL. 26.527 m) に生じる検定比 (斜め方向)

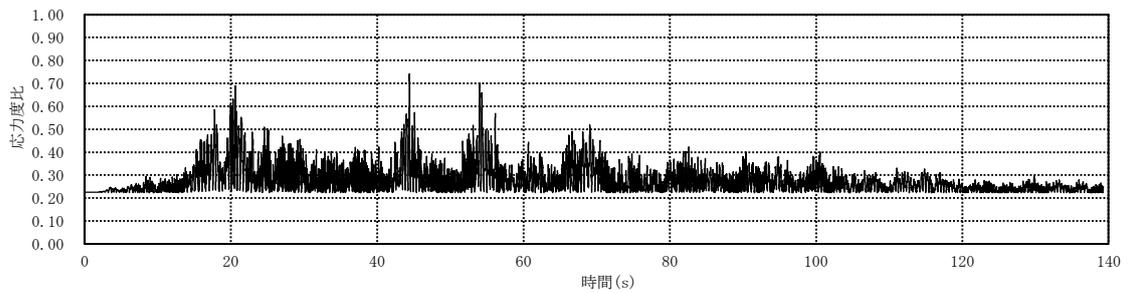
図 3-1 主排気筒の時刻歴検定比の算定結果 ($S_s - D1$)



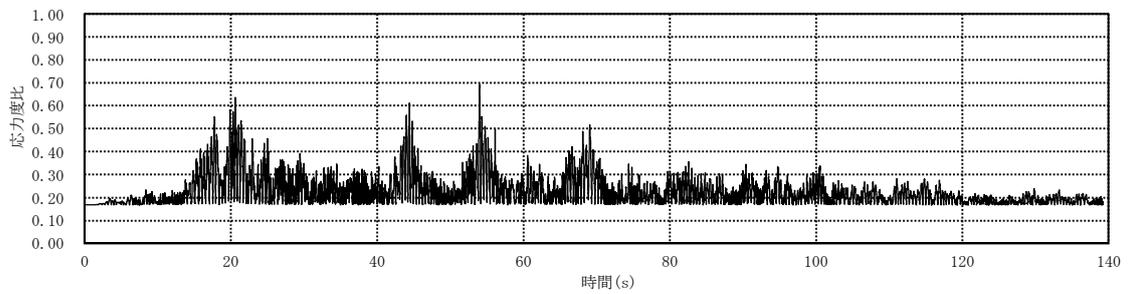
(a) 主柱材 (EL. 112.205 m) に生じる検定比 (斜め方向)



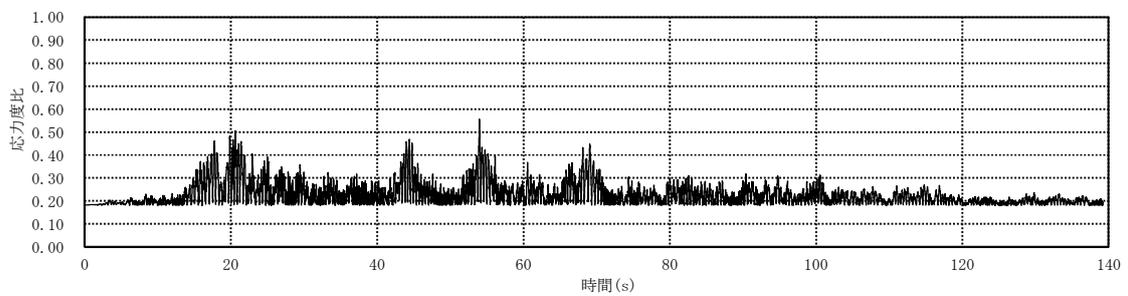
(b) 主柱材 (EL. 95.432 m) に生じる検定比 (斜め方向)



(c) 主柱材 (EL. 75.444 m) に生じる検定比 (斜め方向)

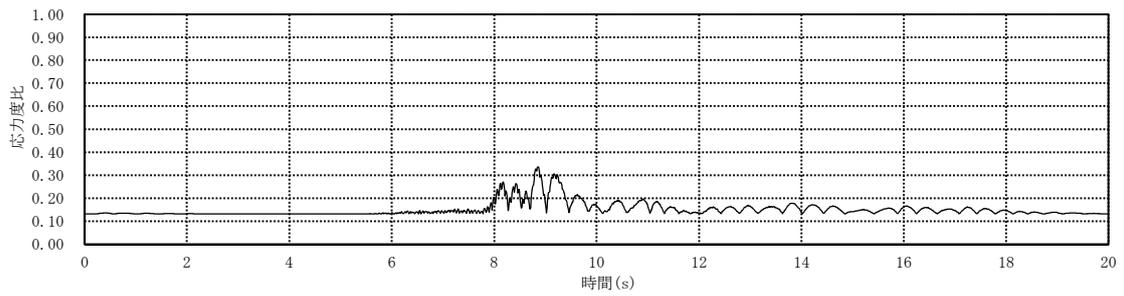


(d) 主柱材 (EL. 52.618 m) に生じる検定比 (斜め方向)

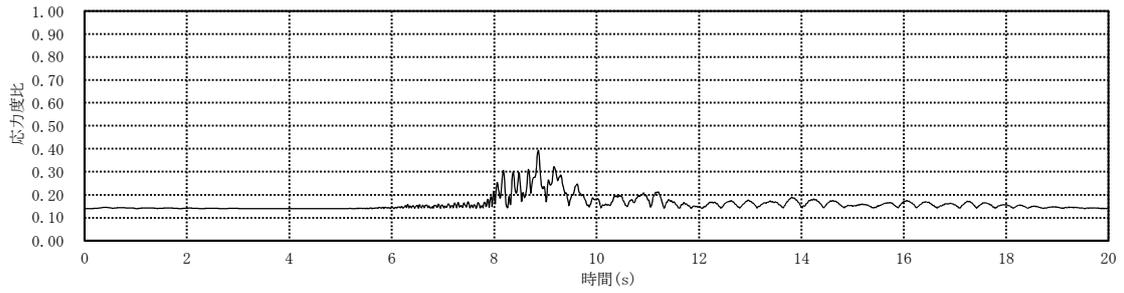


(e) 主柱材 (EL. 26.527 m) に生じる検定比 (斜め方向)

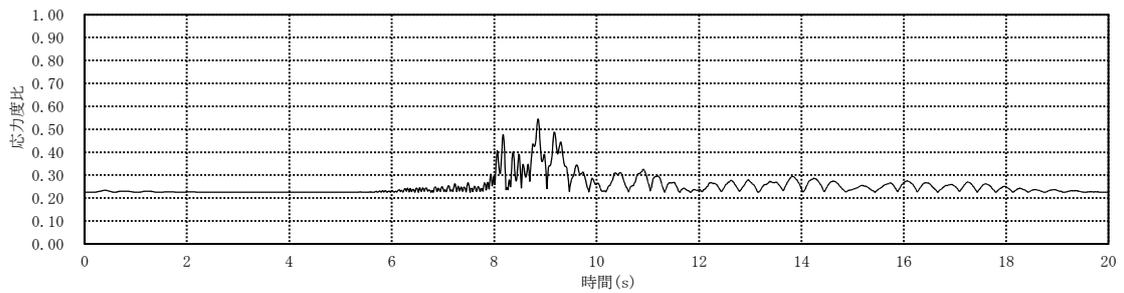
図 3-2 主排気筒の時刻歴検定比の算定結果 ($S_s - 21$)



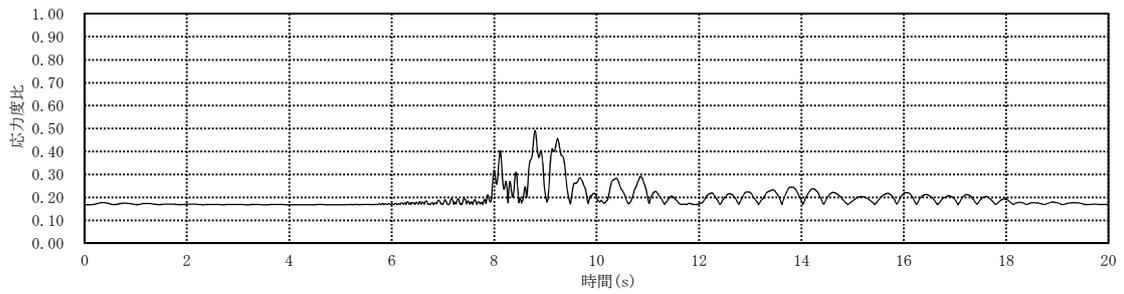
(a) 主柱材 (EL. 112.205 m) に生じる検定比 (斜め方向)



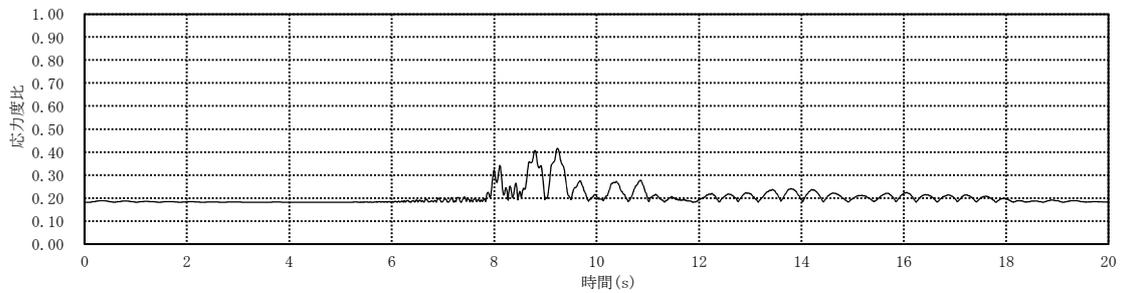
(b) 主柱材 (EL. 95.432 m) に生じる検定比 (斜め方向)



(c) 主柱材 (EL. 75.444 m) に生じる検定比 (斜め方向)



(d) 主柱材 (EL. 52.618 m) に生じる検定比 (斜め方向)



(e) 主柱材 (EL. 26.527 m) に生じる検定比 (斜め方向)

図 3-3 主排気筒の時刻歴検定比の算定結果 ($S_s - 31$)