

柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-026-9 改 1
提出年月日	2020 年 5 月 7 日

工事計画に係る説明資料

(主排気筒の耐震性についての計算書に関する補足説明資料)

2020 年 5 月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

「V-2-7-2-1 主排気筒の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。なお、他建物・構築物の地震応答計算書の記載内容を共通的に補足する内容についても、本資料で代表し説明する。

別紙1 既工認と今回工認モデル及び手法の比較

別紙2 主排気筒のモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討

別紙3-1 原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙3-2 原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙3-3 減衰をレーリー減衰にした場合の地震応答解析結果

別紙4 共振風速及び渦励振について

別紙5 地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響検討

別紙6 接合部の耐震性について

下線：今回ご提示資料

別紙3 地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討

## 目 次

1. 概要	別紙 3-1
1.1 検討概要	別紙 3-1
1.2 検討方針	別紙 3-2
2. 建屋応答の不確かさを考慮した設計用地震力の設定方法	別紙 3-4
3. 地震応答解析による建屋応答の不確かさの影響検討	別紙 3-31
3.1 固有値解析結果	別紙 3-31
3.2 地震応答解析結果	別紙 3-37
4. まとめ	別紙 3-45

## 1. 概要

### 1.1 検討概要

本資料は、主排気筒の地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

本資料では、材料物性の不確かさを考慮した原子炉建屋の応答\*を用いた地震応答解析を行い、原子炉建屋の材料物性の不確かさが主排気筒に及ぼす影響について確認する。なお、本資料においては、原子炉建屋の材料物性の不確かさを「建屋応答の不確かさ」と呼ぶこととする。

建屋応答の不確かさを考慮する検討ケース\*を表1-1に示す。

表1-1中の下線部は、基本ケースとの差異を示す。

表1-1 建屋応答の不確かさを考慮する検討ケース\*

検討ケース	コンクリート剛性	回転ばね定数	地盤剛性	備考
①ケース 1 (工認モデル)	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	基本ケース
②ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	<u>実強度+<math>\sigma</math></u> (46.0N/mm <sup>2</sup> )	100%	<u>標準地盤+<math>\sigma</math></u> (新期砂層+13%, 古安田層+25%, 西山層+10%)	地盤剛性の変化に伴い、回転ばね定数が変化
③ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	<u>実強度-<math>\sigma</math></u> (40.2N/mm <sup>2</sup> )	100%	<u>標準地盤-<math>\sigma</math></u> (新期砂層-13%, 古安田層-25%, 西山層-10%)	地盤剛性の変化に伴い、回転ばね定数が変化
④ケース 4 (建屋剛性コア平均)	<u>実強度</u> (コア平均) (55.7N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	—
⑤ケース 5 (建屋剛性-2 $\sigma$ )	<u>実強度-2<math>\sigma</math></u> (37.2N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	—
⑥ケース 6 (回転ばね低減)	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	<u>50%</u>	標準地盤	—

注記\* : 「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち、別紙3「地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討」に基づく。

## 1.2 検討方針

V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」では、建屋応答の不確かさを考慮するため、入力地震動には、材料物性の不確かさを考慮した原子炉建屋全体の地震応答解析結果から得られる屋上レベル（T. M. S. L. 38.2m）における応答を用いている。そのため、本検討における建屋応答の不確かさ及びその変動幅は、「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち、別紙3「地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討」に準拠し、主排気筒の地震応答解析モデルに対しては建屋剛性の不確かさ（コンクリート強度）を考慮する。なお、建屋剛性の不確かさ（コンクリート強度）は、基礎コンクリートの物性値に考慮する。

検討は、表1-1に示す各検討ケースについて固有値解析及び地震応答解析を行い、ケース1（基本ケース）の結果と比較することで、建屋応答の不確かさが主排気筒に及ぼす影響について確認する。

なお、各解析の方法及び諸元については、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」と同一である。

地震応答解析モデル図を図1-1に示す。

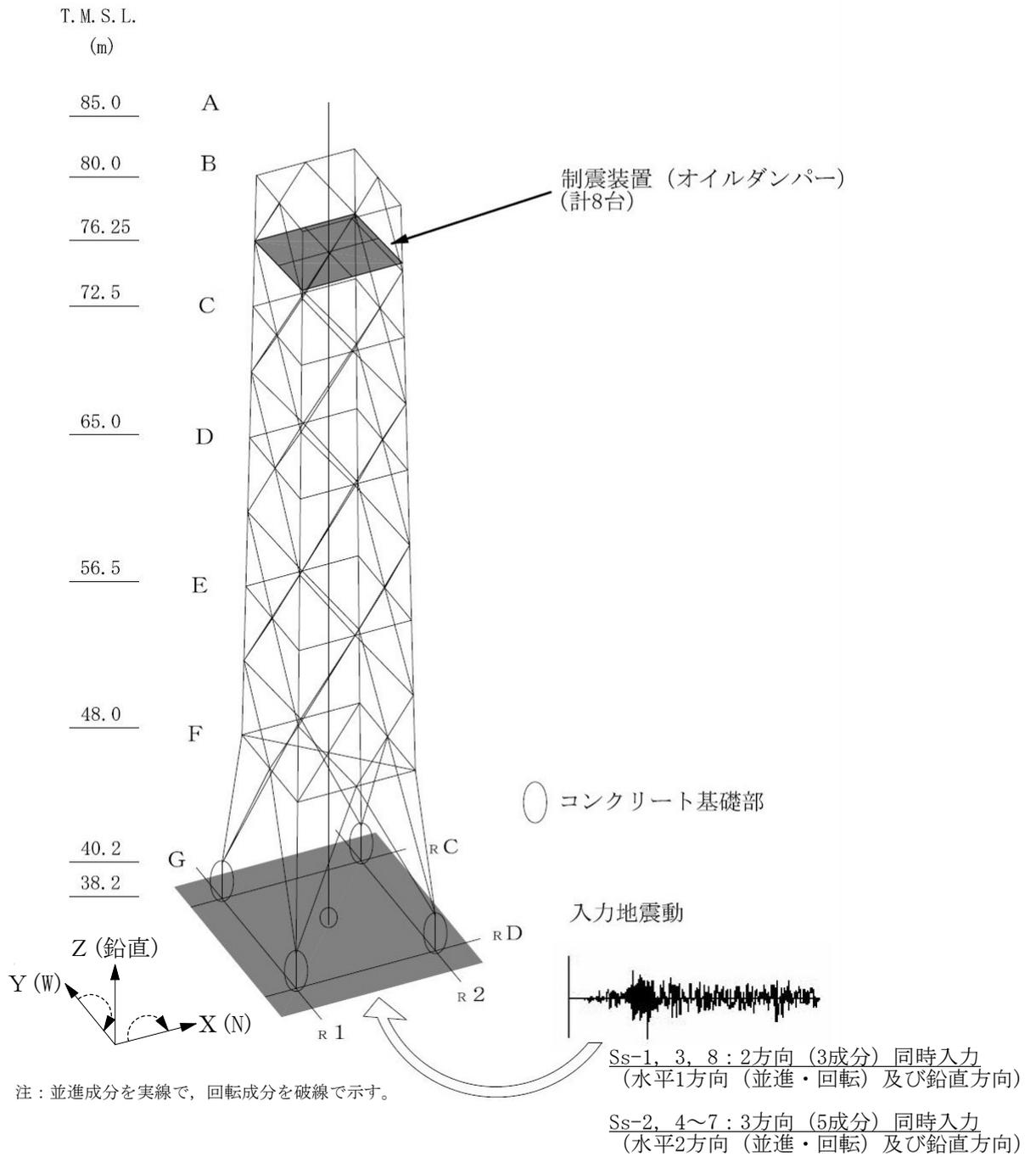


図1-1 主排気筒の地震応答解析モデル

## 2. 建屋応答の不確かさを考慮した設計用地震力の設定方法

表1-1に示した検討ケースについて、原子炉建屋の応答を入力地震動として用いた解析を実施することで、建屋応答の不確かさを設計用地震力として考慮する。

建屋応答の不確かさを考慮したケースの応答値の算出に当たっては、基本ケースにおける主排気筒の応答を確認したうえで、主排気筒の応答への影響が大きい波（Ss-1, Ss-2及びSs-8）に対して実施する（別紙3-1「原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。

V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における耐震評価では、入力地震動毎に、全ての部材をモデル化した立体フレームモデルにおける各部材応力について断面算定を行い、その中で断面算定結果（検定値）が最も厳しくなる地震応答解析結果を設計用地震力（評価用応力）としている。なお、建屋応答の不確かさを考慮した地震応答解析結果は、別紙3-2「原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。

入力地震動の組合せを表2-1に、入力地震動の加速度時刻歴波形を図2-1～図2-18に示す。なお、図中の○印は、最大値発生時を示す。Ss-1及びSs-8は、2方向（3成分）（水平1方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とし、Ss-2は、3方向（5成分）（水平2方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。Ss-1及びSs-8の水平方向については、NS方向とEW方向で構造としての対称性があるため、検定値が厳しい傾向にあるNS方向を代表として用いる。なお、Ss-1のケース6、Ss-2のケース2以外の全ケース、Ss-8のケース3及びケース6において誘発上下動を考慮している。

表2-1 入力地震動の組合せ (1/2)

(a) Ss-1

建屋応答の不確かさ 検討ケース	入力地震動の組合せ (Ss-1, 2方向 (3成分) 同時入力)					
	水平方向 <sup>*1</sup>				鉛直 方向 <sup>*1</sup>	備考 <sup>*2</sup>
	NS 方向		EW 方向			
	並進	回転	並進	回転	並進	
ケース 1 (基本ケース)	○	○	—	—	○	
ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 4 (建屋剛性コア平均)	○	○	—	—	○	—
ケース 5 (建屋剛性- $2\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 6 (回転ばね低減)	○	○	—	—	○	誘発上下動考慮

注記\*1: 組み合わせる成分を「○」で、組み合わせない成分を「—」で示す。

\*2: 誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。

(b) Ss-2

建屋応答の不確かさ 検討ケース	入力地震動の組合せ (Ss-2, 3方向 (5成分) 同時入力)					
	水平方向 <sup>*1</sup>				鉛直 方向 <sup>*1</sup>	備考 <sup>*2</sup>
	NS 方向		EW 方向			
	並進	回転	並進	回転	並進	
ケース 1 (基本ケース)	○	○	○	○	○	
ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	○	○	○	○	○	—
ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 4 (建屋剛性コア平均)	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 5 (建屋剛性- $2\sigma$ )	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 6 (回転ばね低減)	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮

注記\*1: 組み合わせる成分を「○」で、組み合わせない成分を「—」で示す。

\*2: 誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。

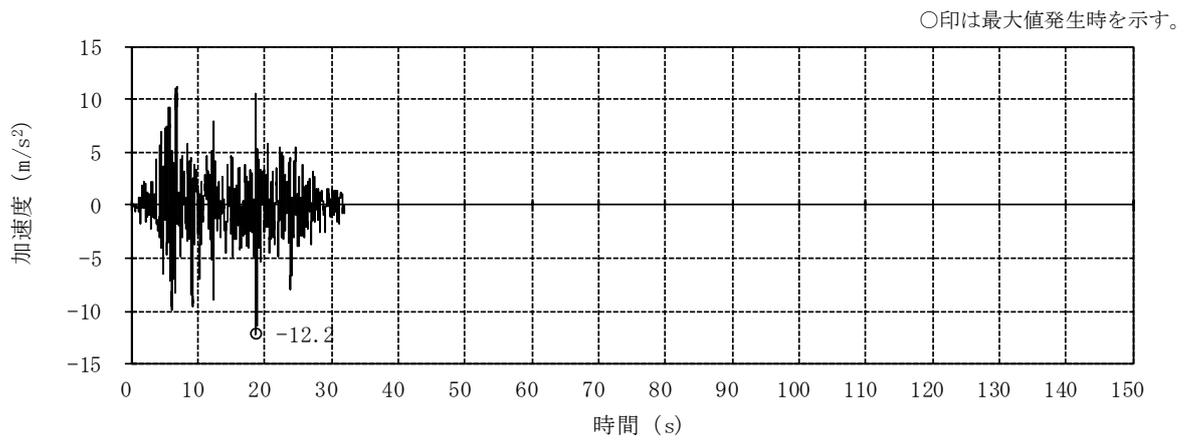
表2-1 入力地震動の組合せ (2/2)

(c) Ss-8

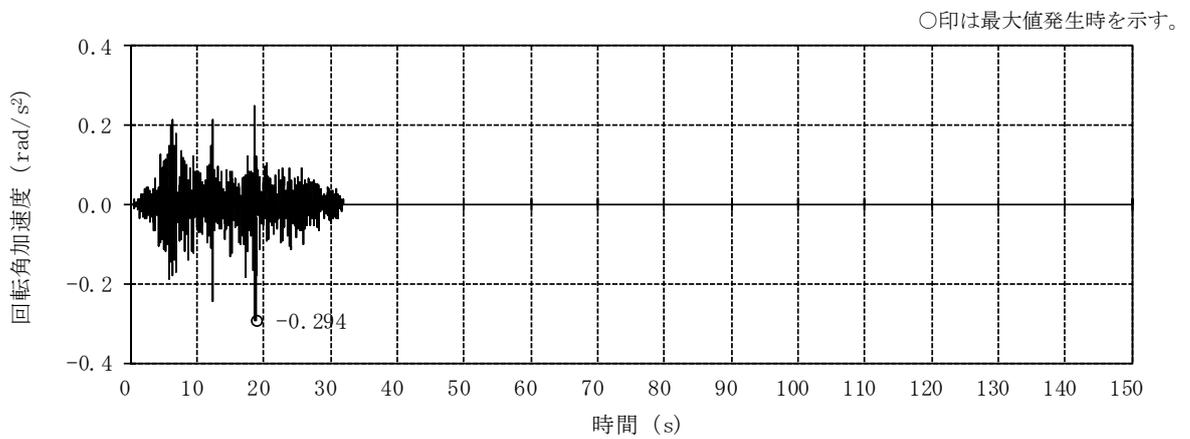
建屋応答の不確かさ 検討ケース	入力地震動の組合せ (Ss-8, 2方向 (3成分) 同時入力)					
	水平方向 <sup>*1</sup>				鉛直 方向 <sup>*1</sup>	備考 <sup>*2</sup>
	NS 方向		EW 方向			
	並進	回転	並進	回転	並進	
ケース 1 (基本ケース)	○	○	—	—	○	
ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	○	○	—	—	○	誘発上下動考慮
ケース 4 (建屋剛性コア平均)	○	○	—	—	○	—
ケース 5 (建屋剛性- $2\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 6 (回転ばね低減)	○	○	—	—	○	誘発上下動考慮

注記\*1: 組み合わせる成分を「○」で、組み合わせない成分を「—」で示す。

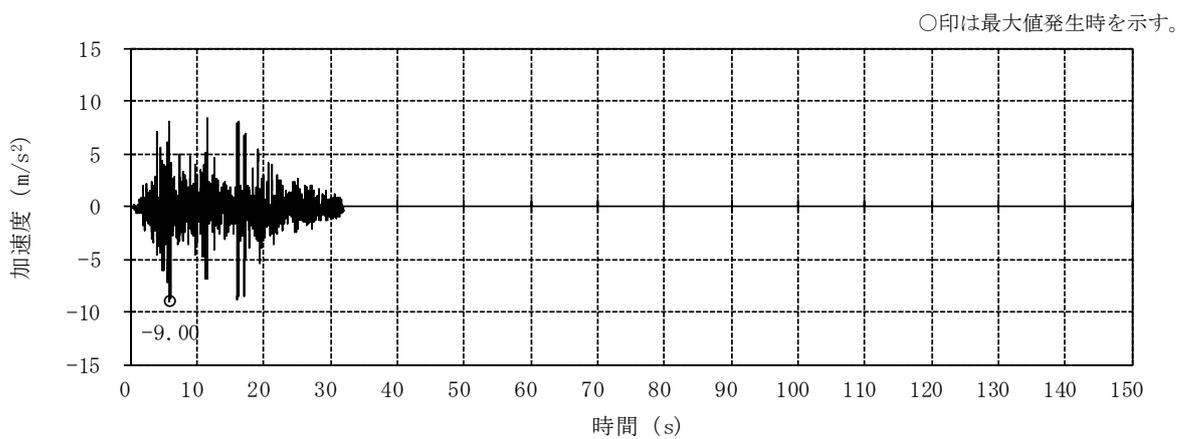
\*2: 誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。



(a) NS方向 並進成分

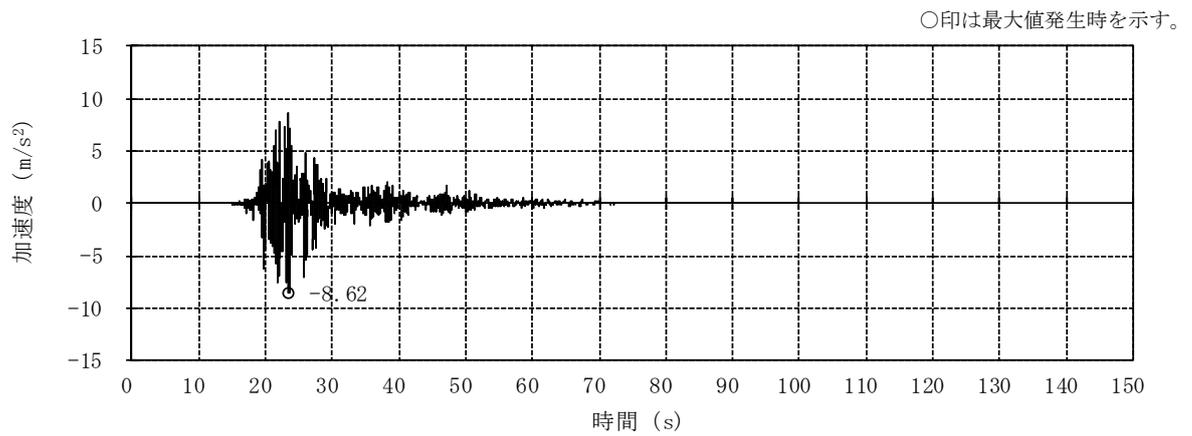


(b) NS方向 回転成分

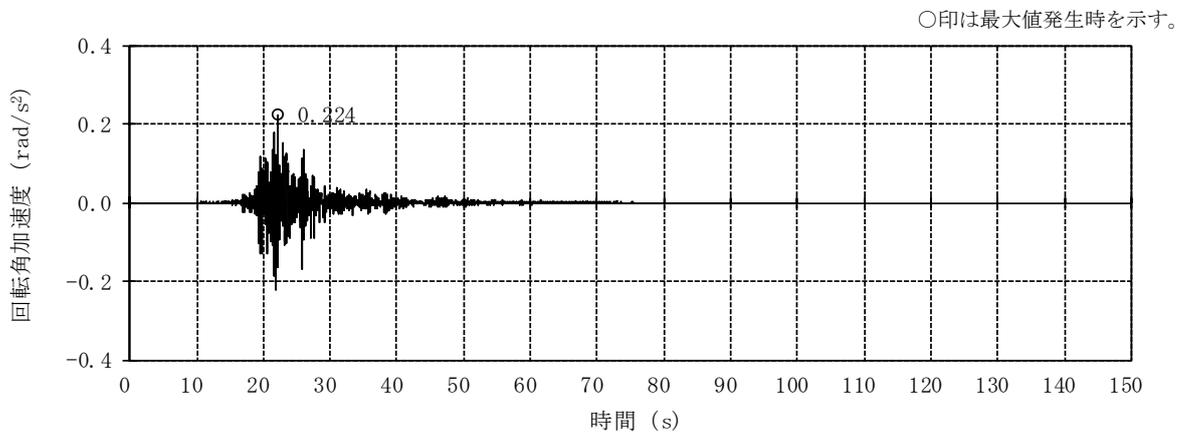


(c) 鉛直方向

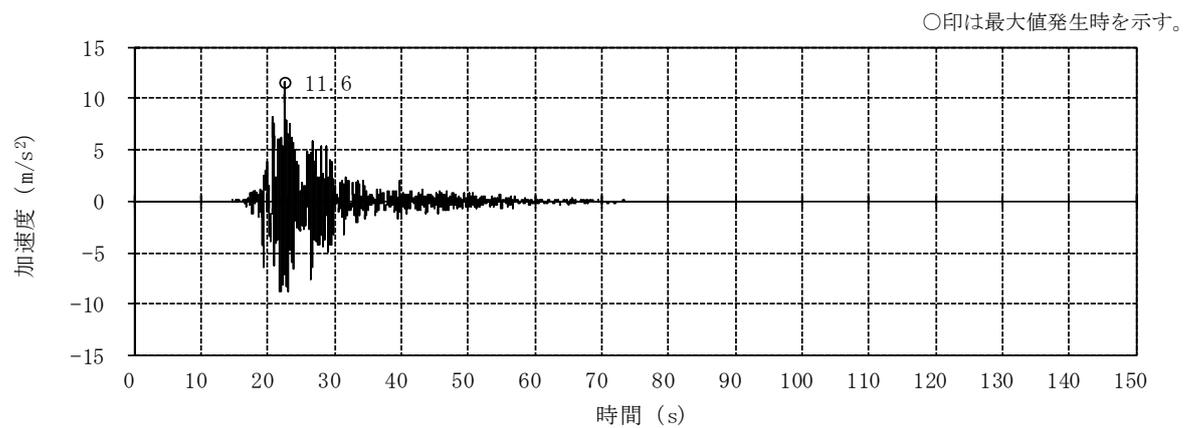
図2-1 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1, Ss-1)



(a) NS方向 並進成分

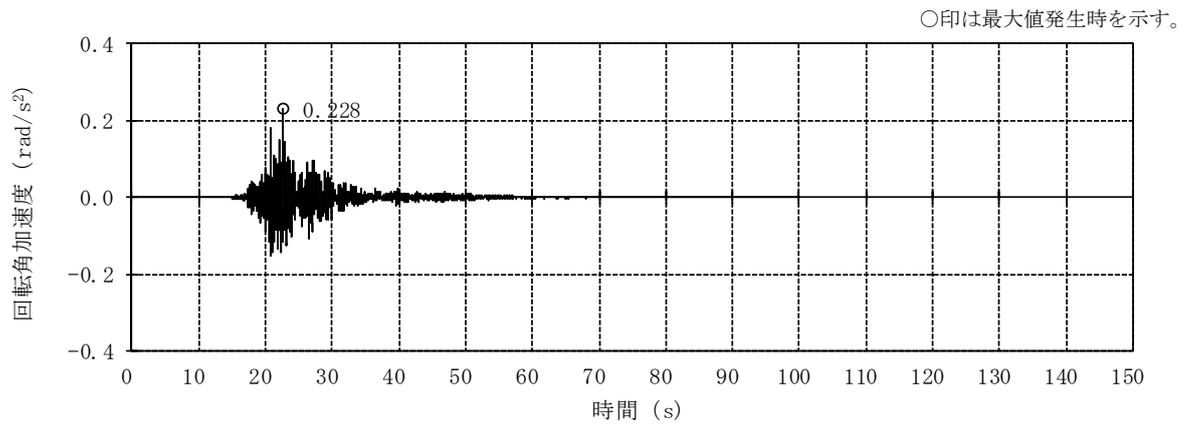


(b) NS方向 回転成分

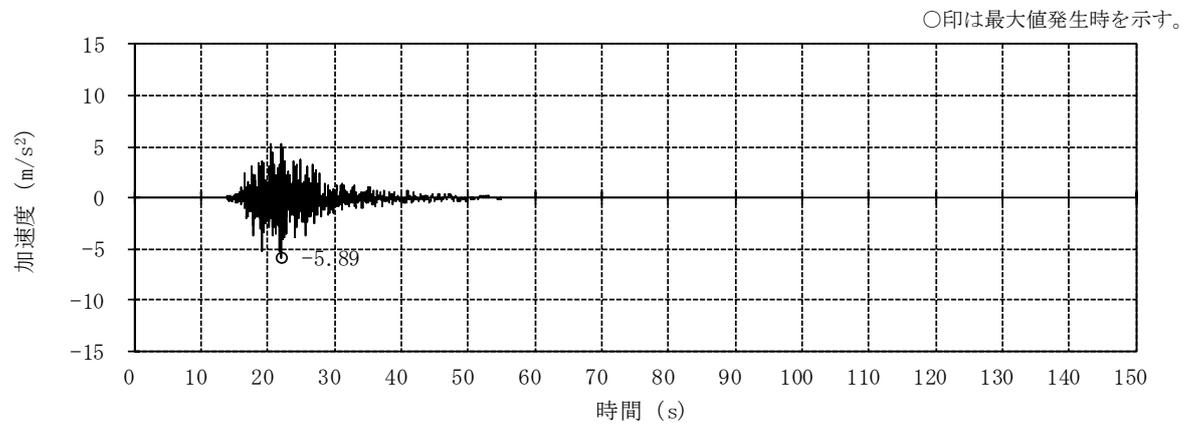


(c) EW方向 並進成分

図2-2 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1, S<sub>s</sub>-2) (1/2)

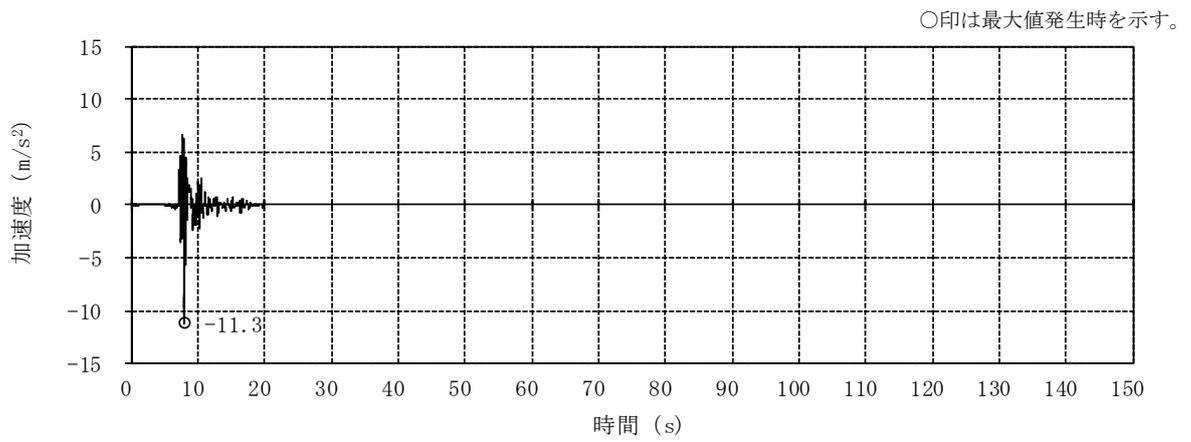


(d) EW方向 回転成分

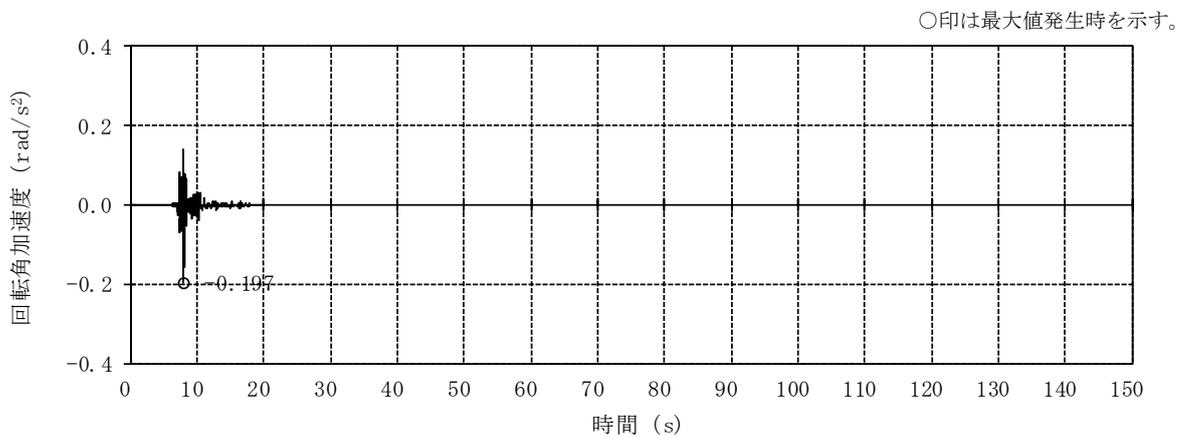


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

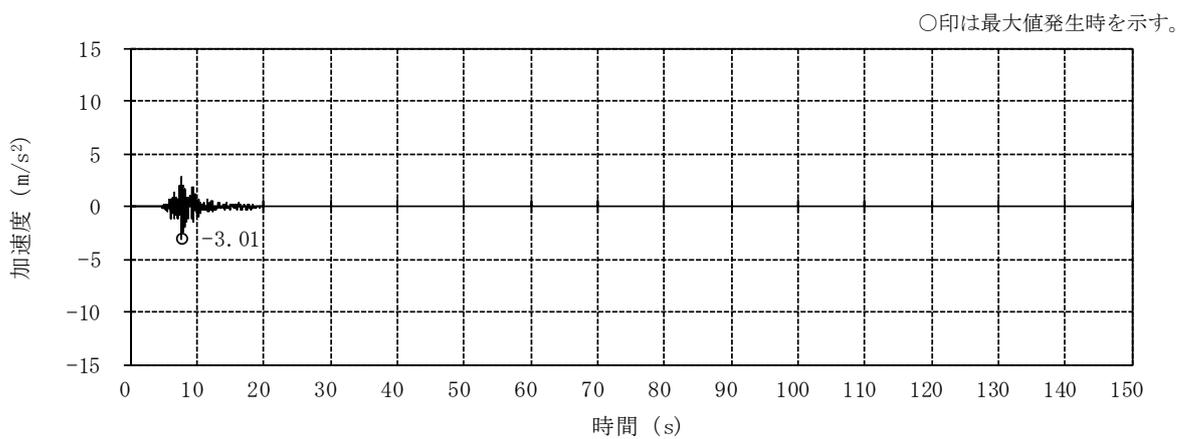
図2-2 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1, S<sub>S</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

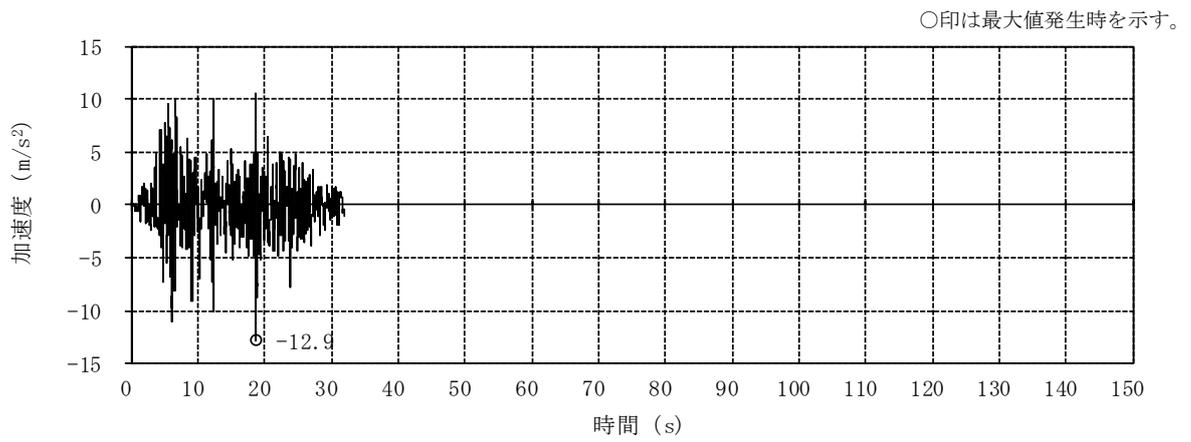


(b) NS方向 回転成分

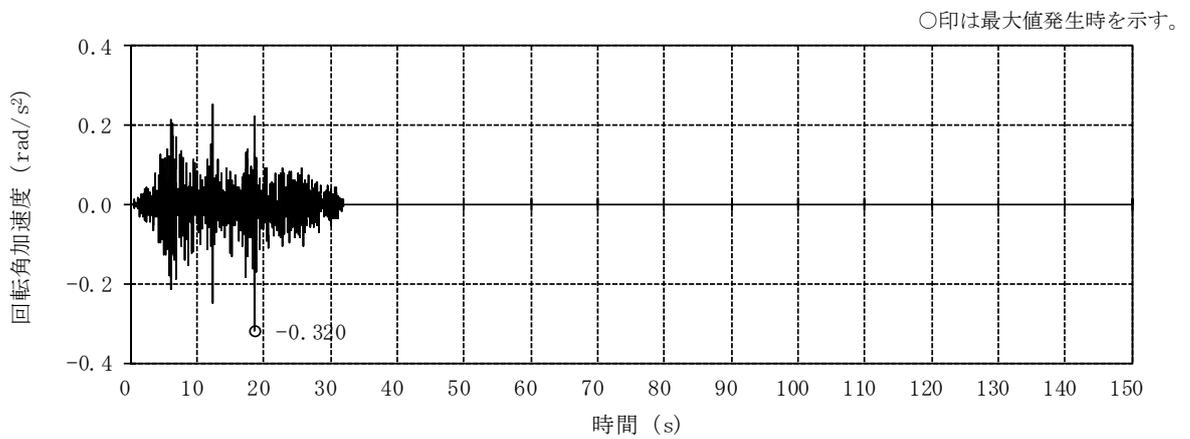


(c) 鉛直方向

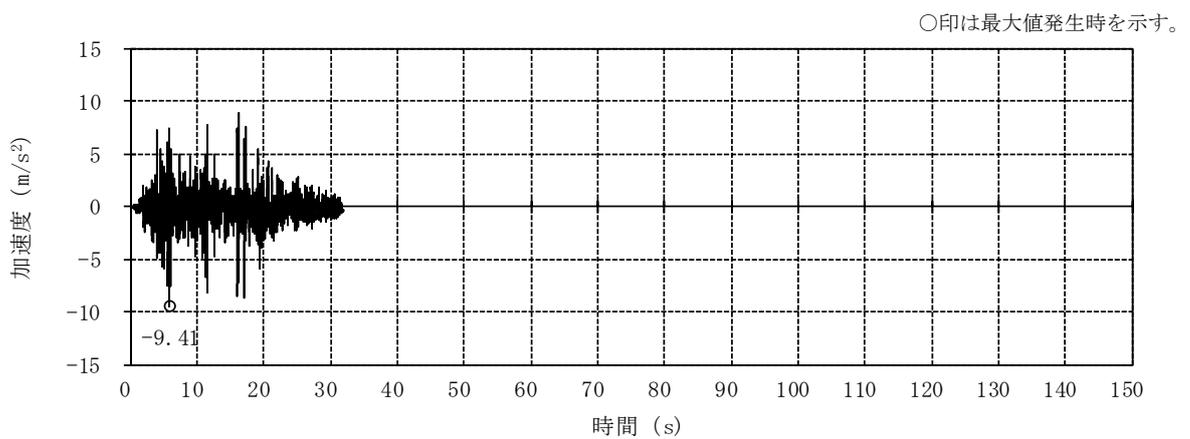
図2-3 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1,  $S_s-8$ )



(a) NS方向 並進成分

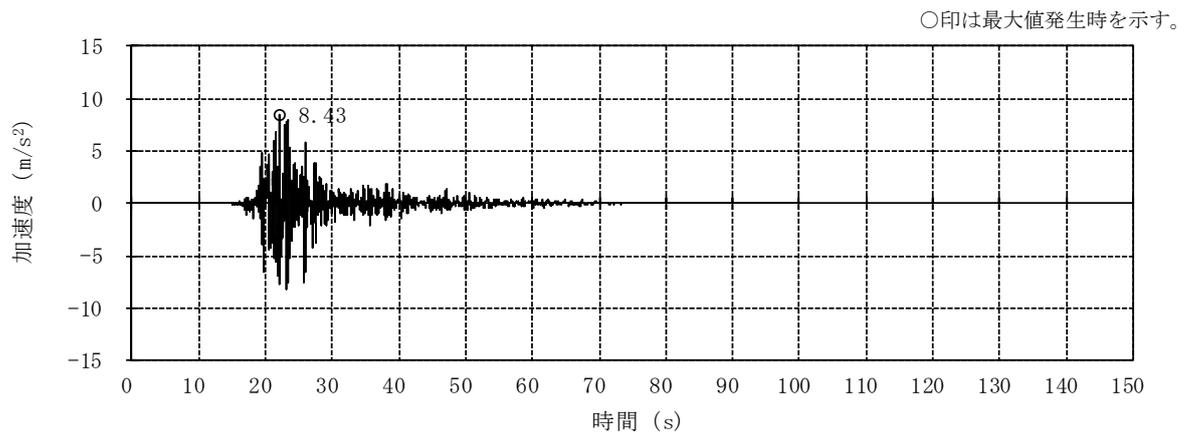


(b) NS方向 回転成分

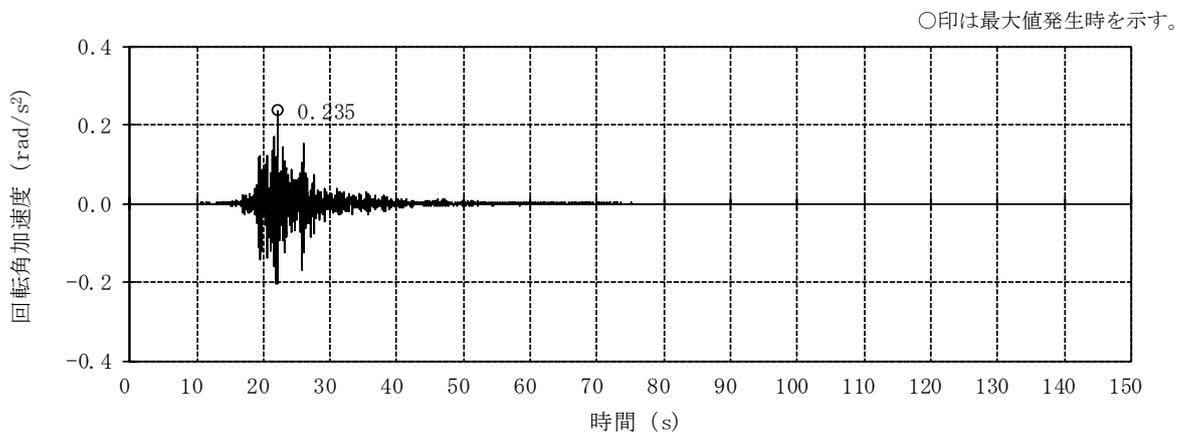


(c) 鉛直方向

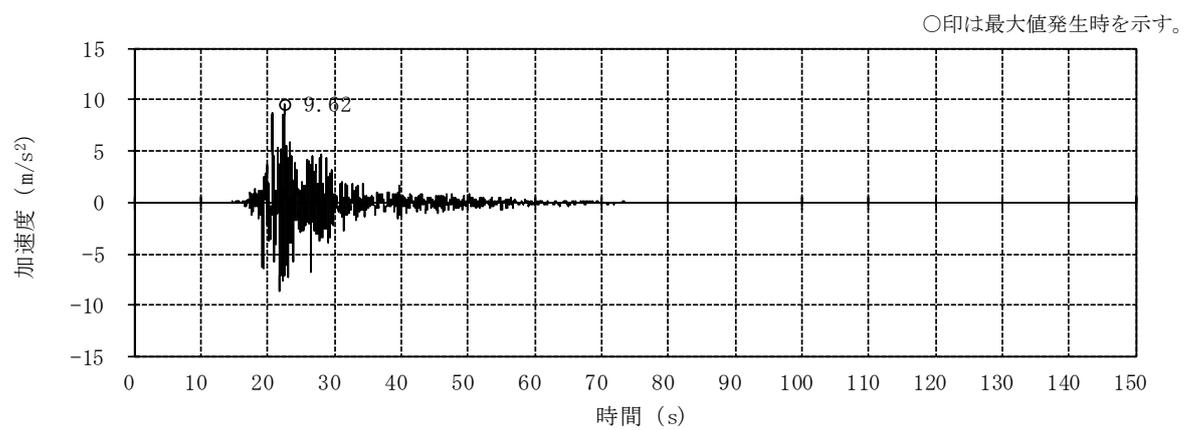
図2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-1)



(a) NS方向 並進成分

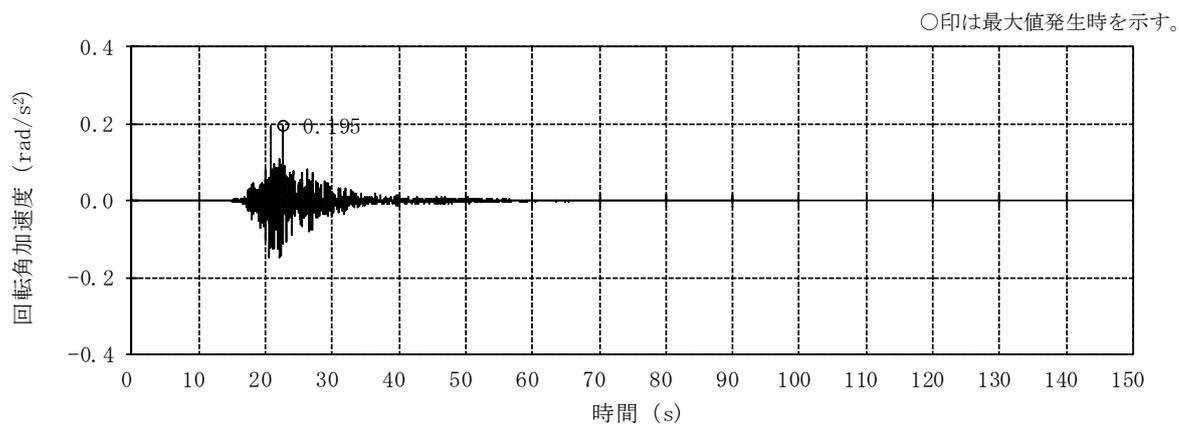


(b) NS方向 回転成分

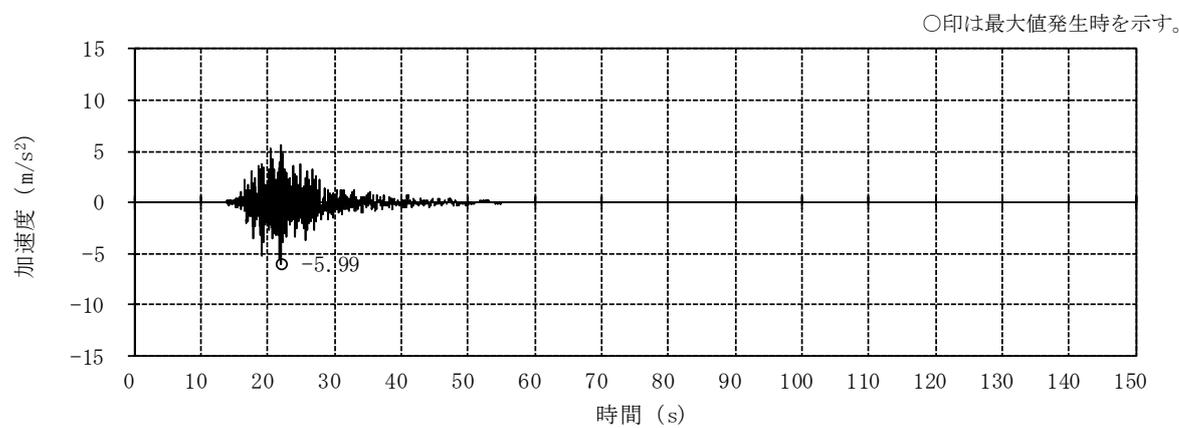


(c) EW方向 並進成分

図2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-2) (1/2)

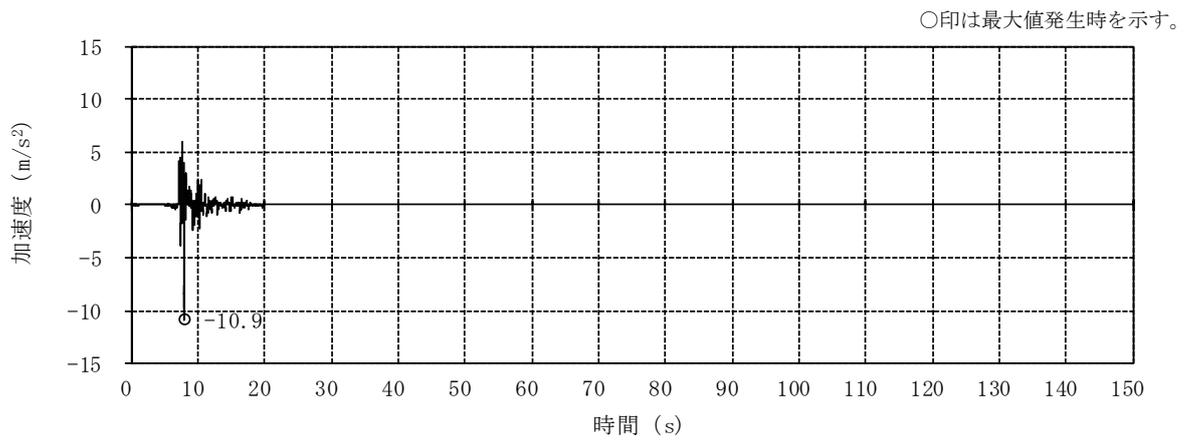


(d) EW方向 回轉成分

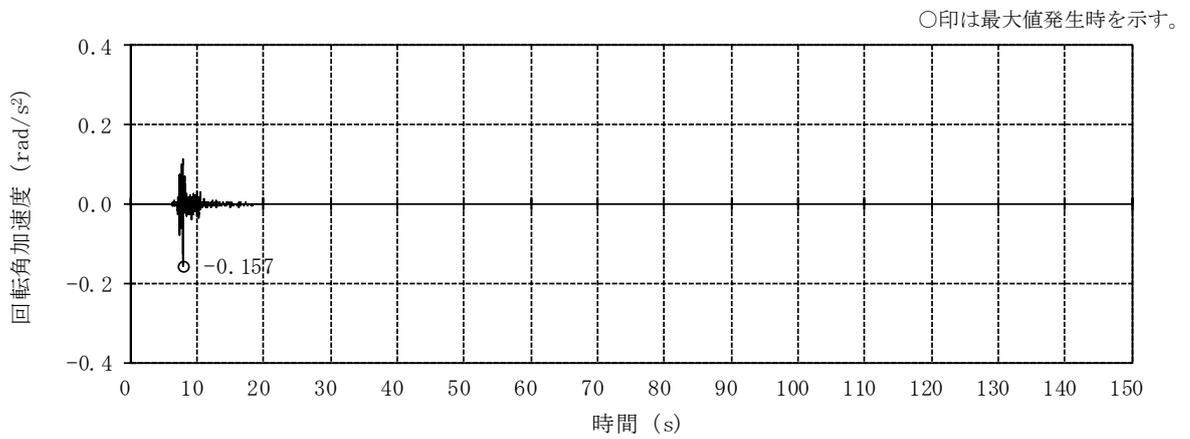


(e) 鉛直方向

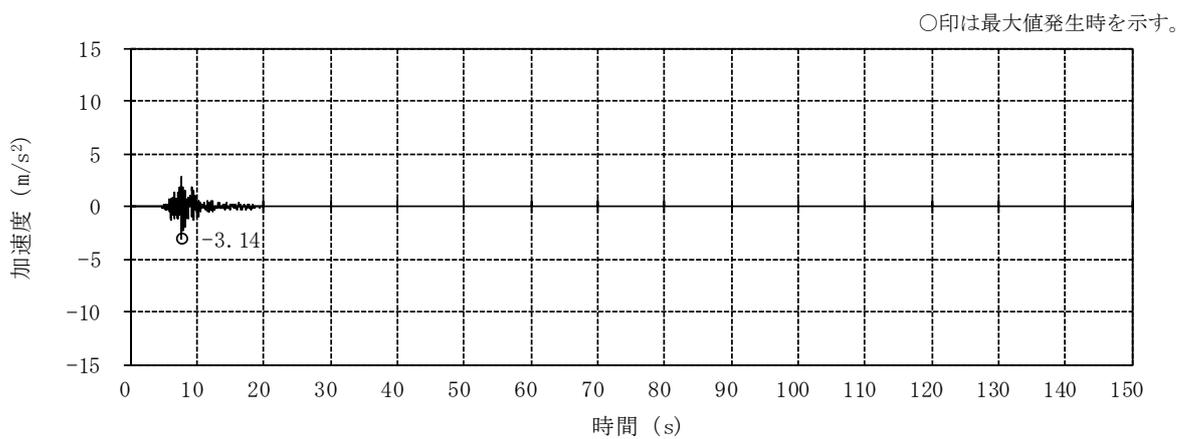
図2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

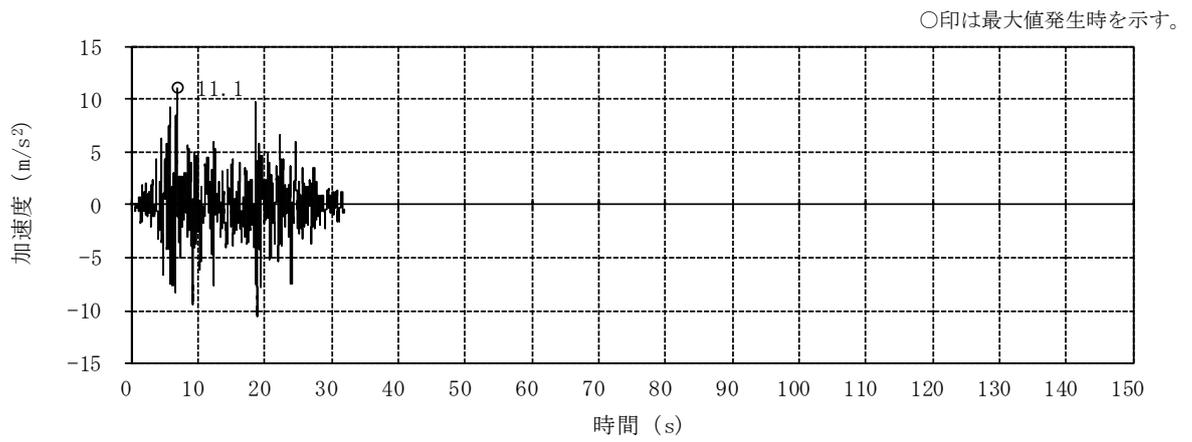


(b) NS方向 回転成分

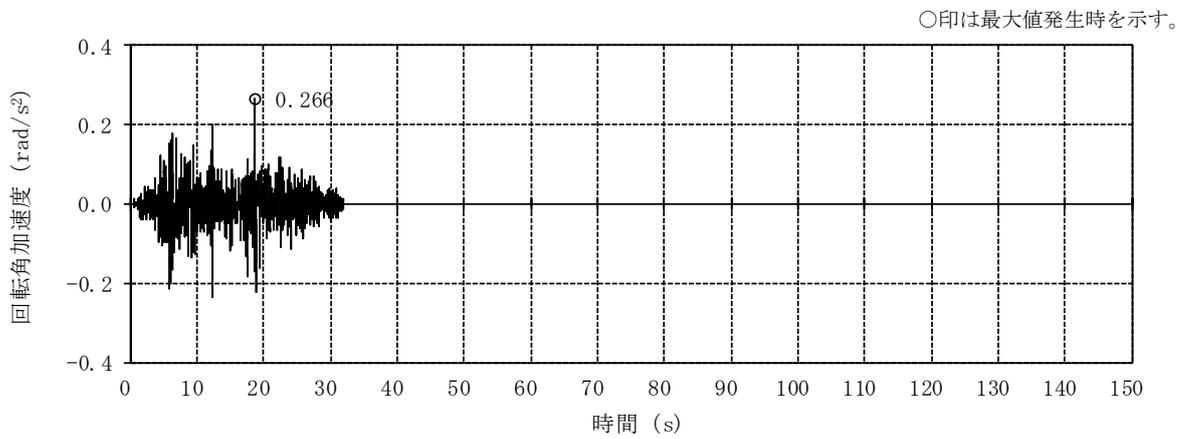


(c) 鉛直方向

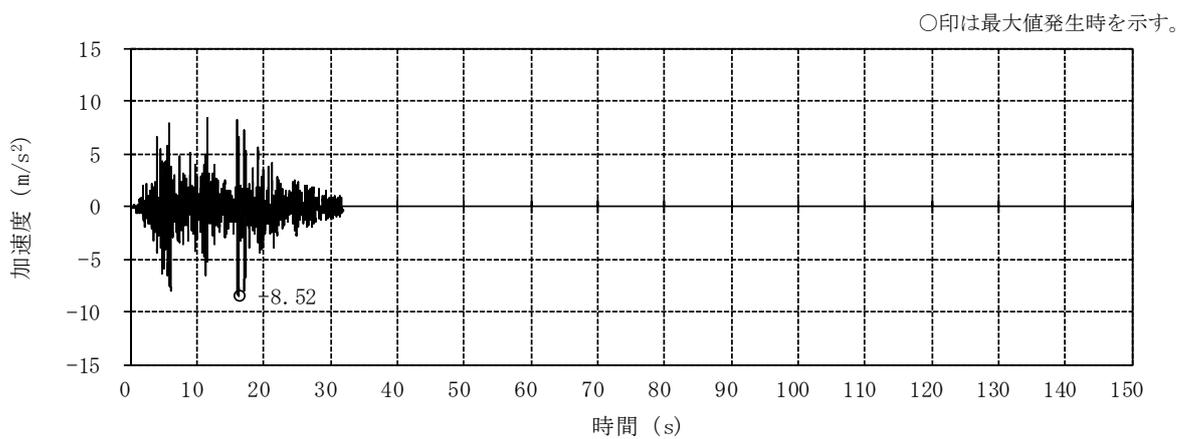
図2-6 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-8)



(a) NS方向 並進成分

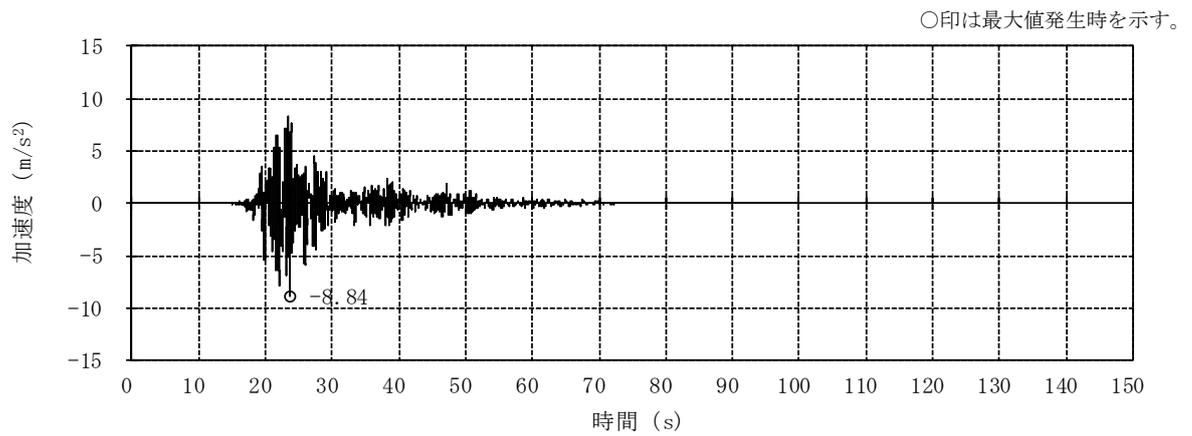


(b) NS方向 回転成分

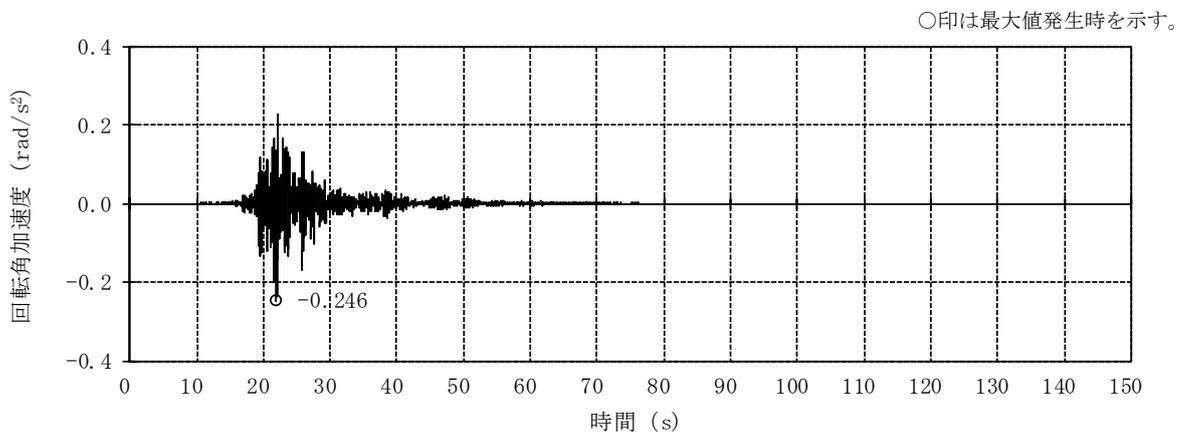


(c) 鉛直方向

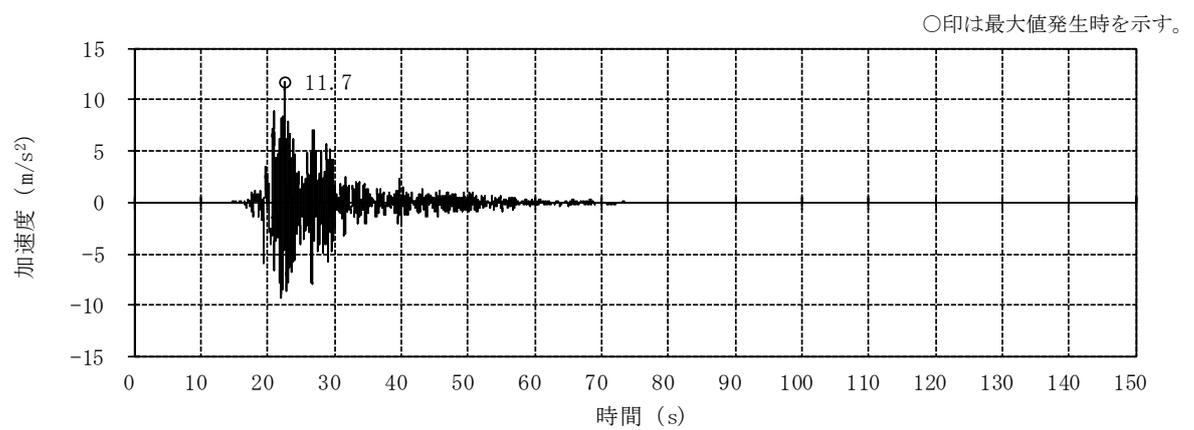
図2-7 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, Ss-1)



(a) NS方向 並進成分

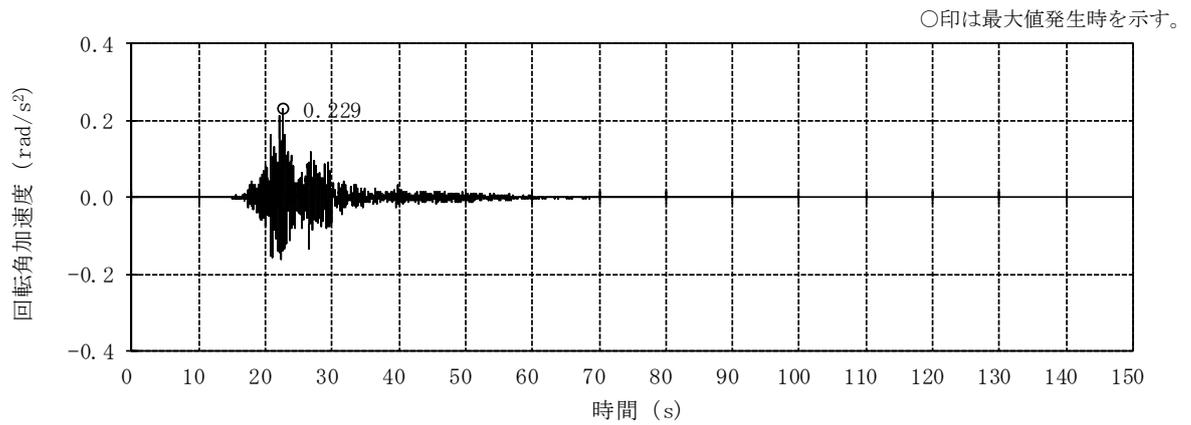


(b) NS方向 回転成分

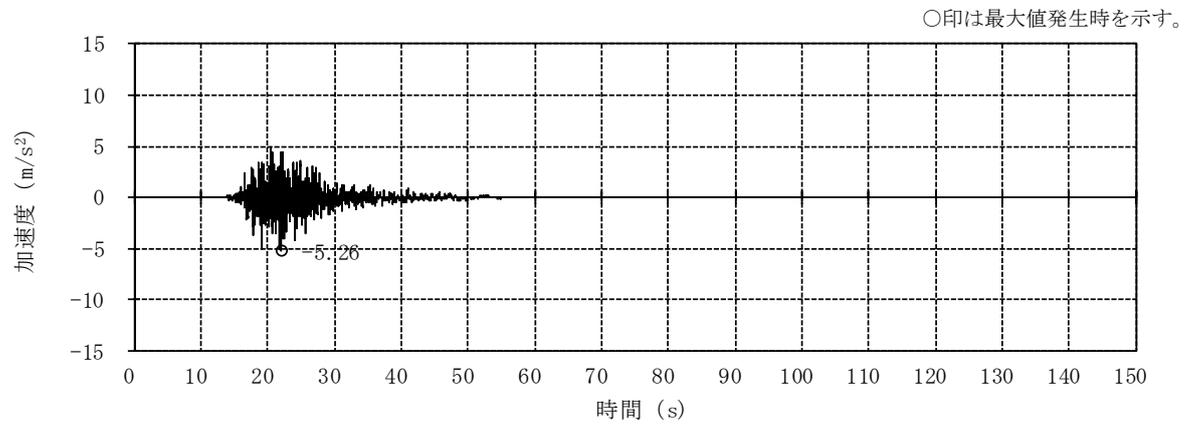


(c) EW方向 並進成分

図2-8 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, S<sub>s</sub>-2) (1/2)

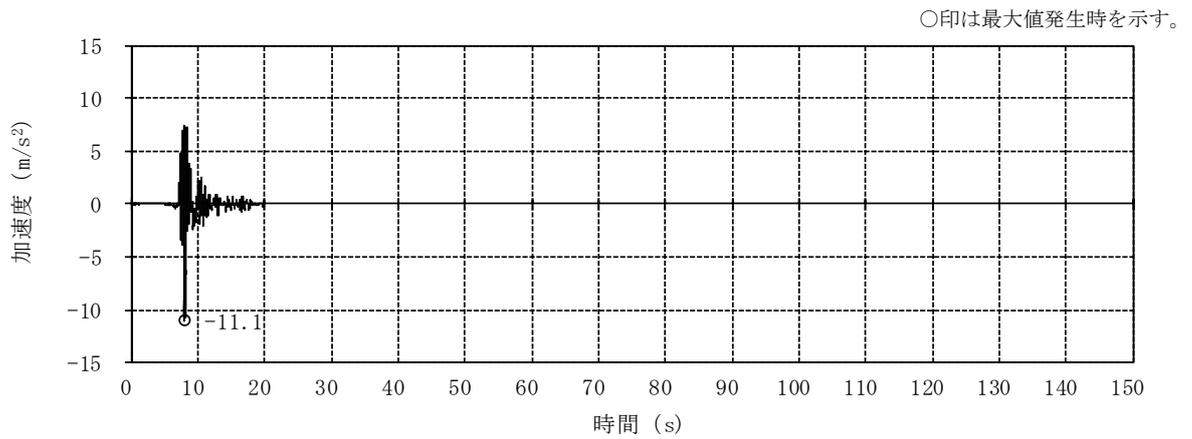


(d) EW方向 回転成分

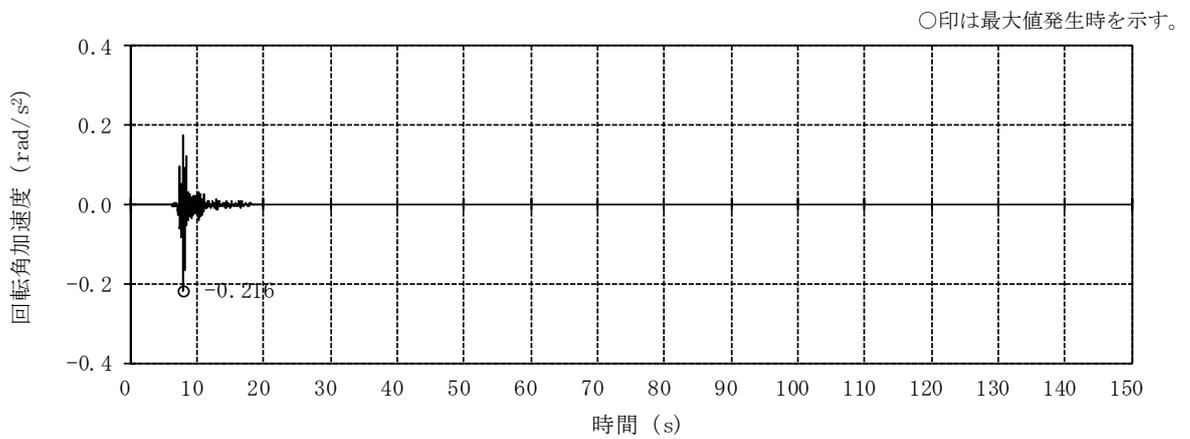


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

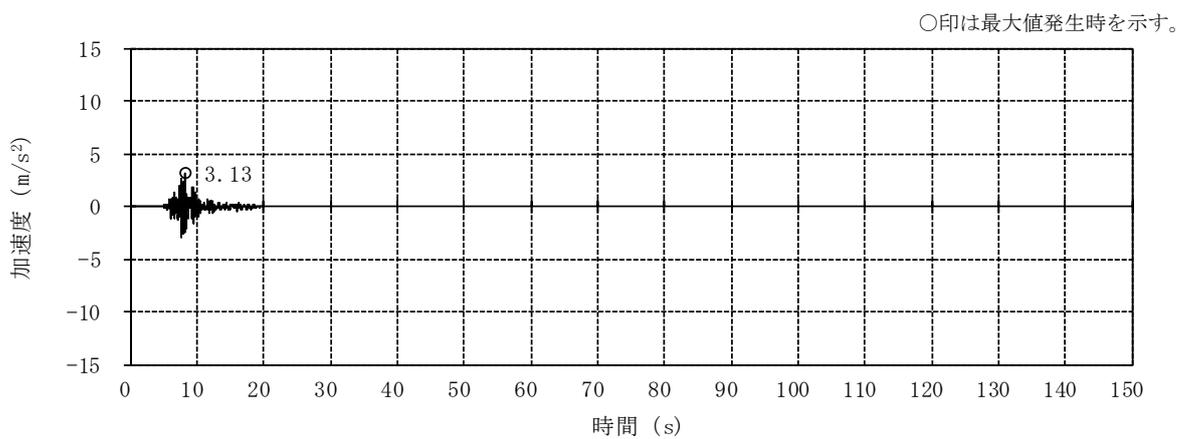
図2-8 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, S<sub>S</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

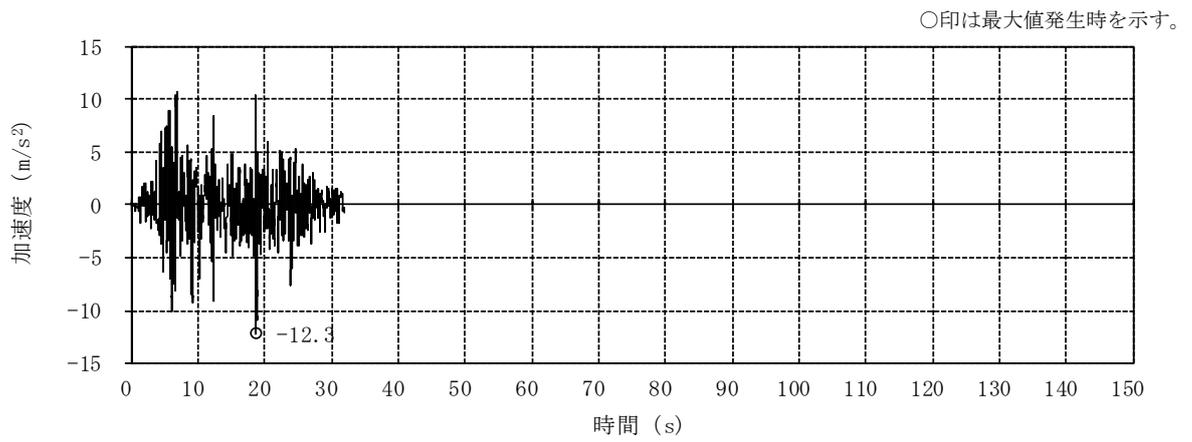


(b) NS方向 回転成分

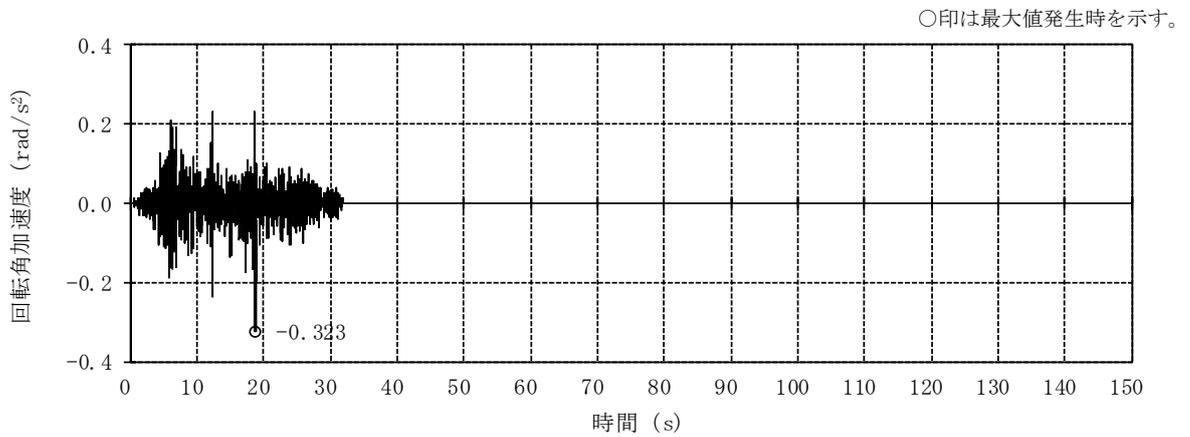


(c) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

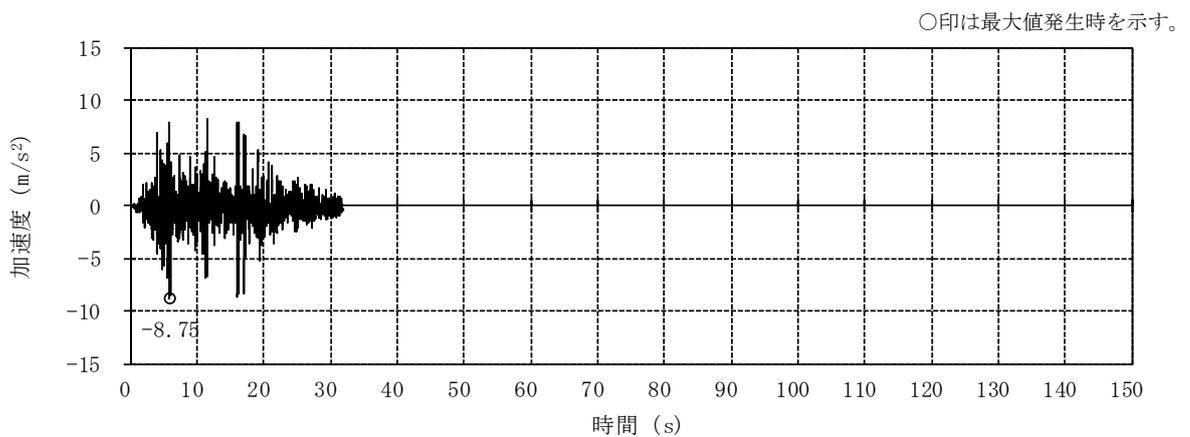
図2-9 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, Ss-8)



(a) NS方向 並進成分

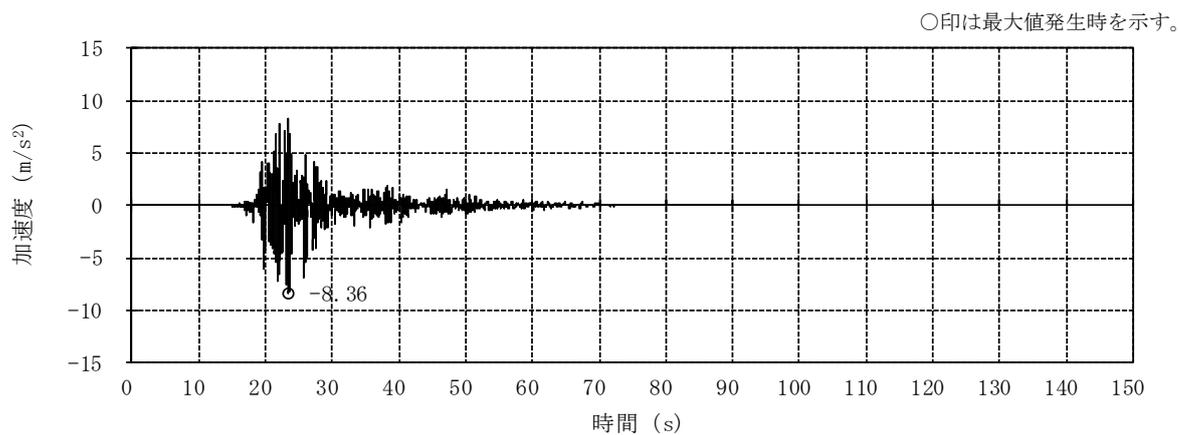


(b) NS方向 回転成分

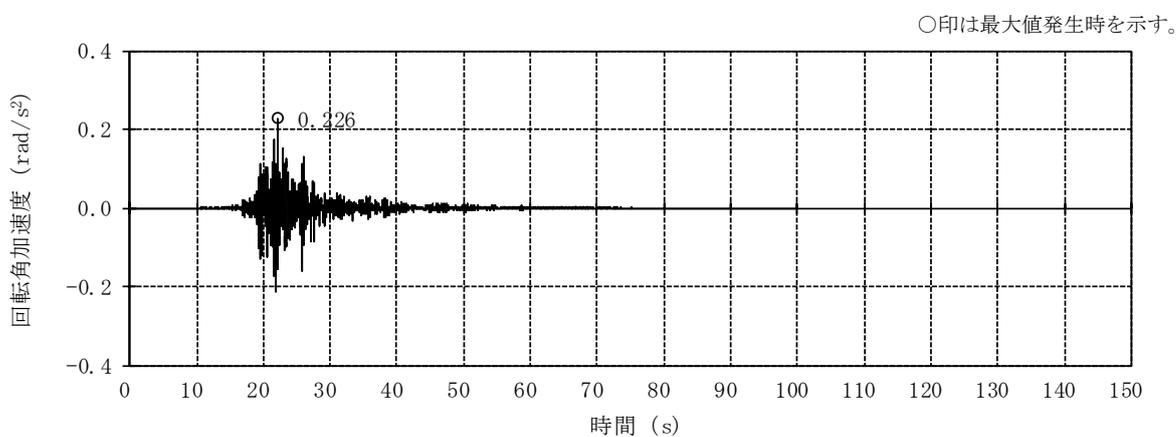


(c) 鉛直方向

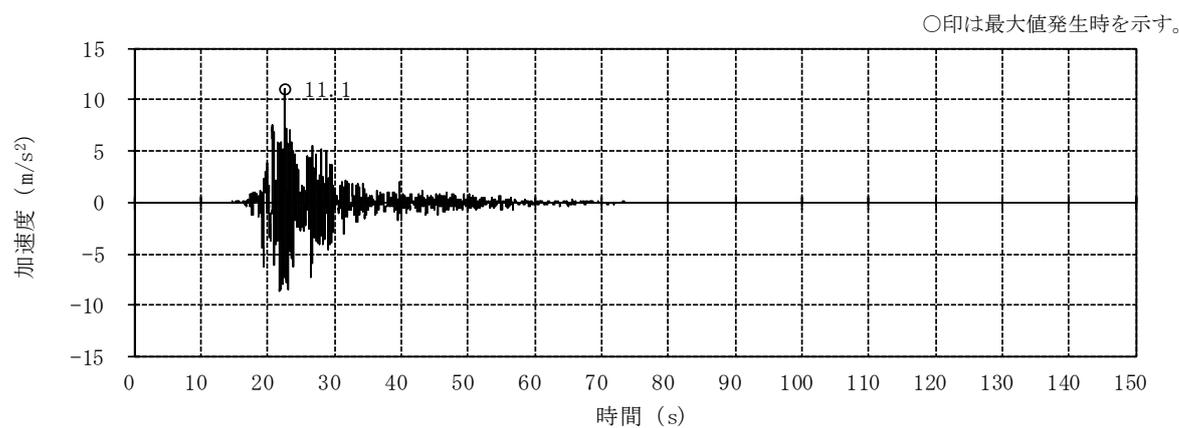
図2-10 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4,  $S_s-1$ )



(a) NS方向 並進成分

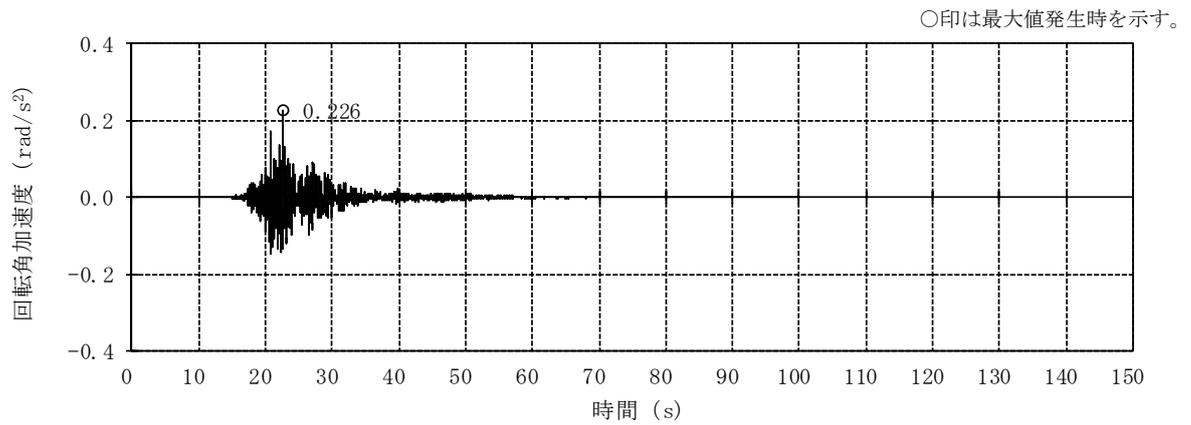


(b) NS方向 回転成分

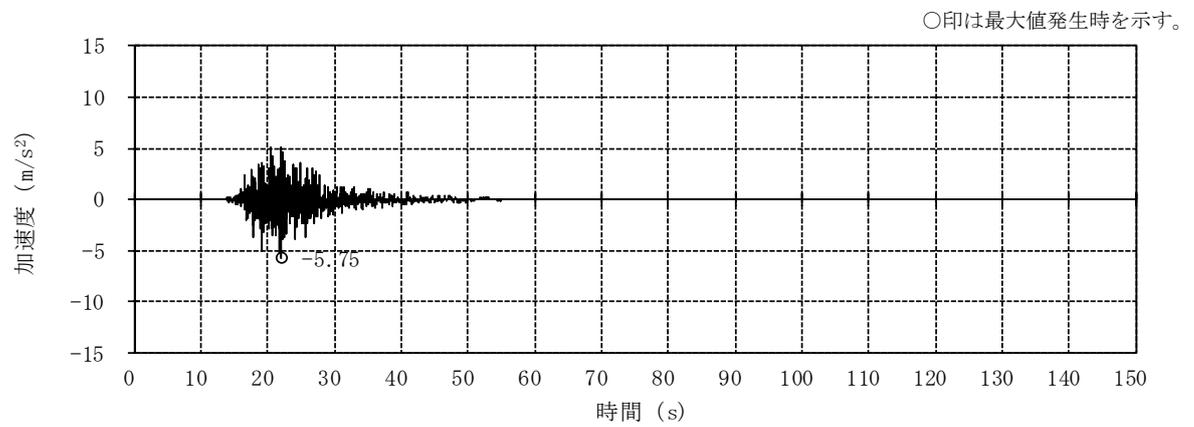


(c) EW方向 並進成分

図2-11 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4,  $S_s-2$ ) (1/2)

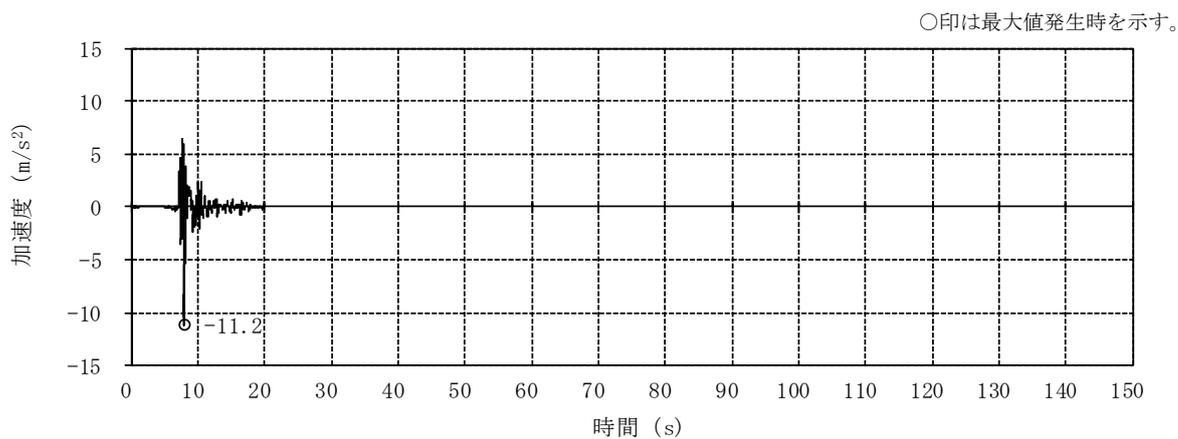


(d) EW方向 回転成分

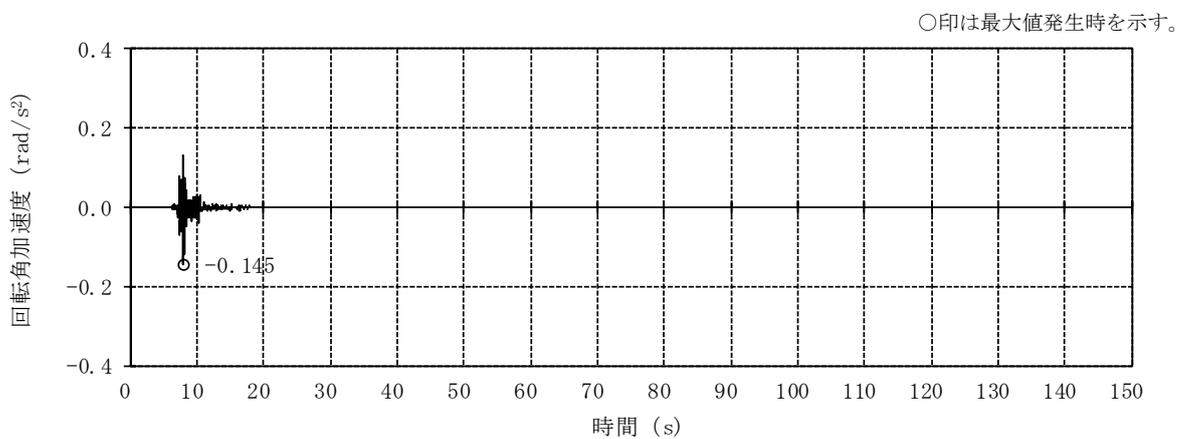


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

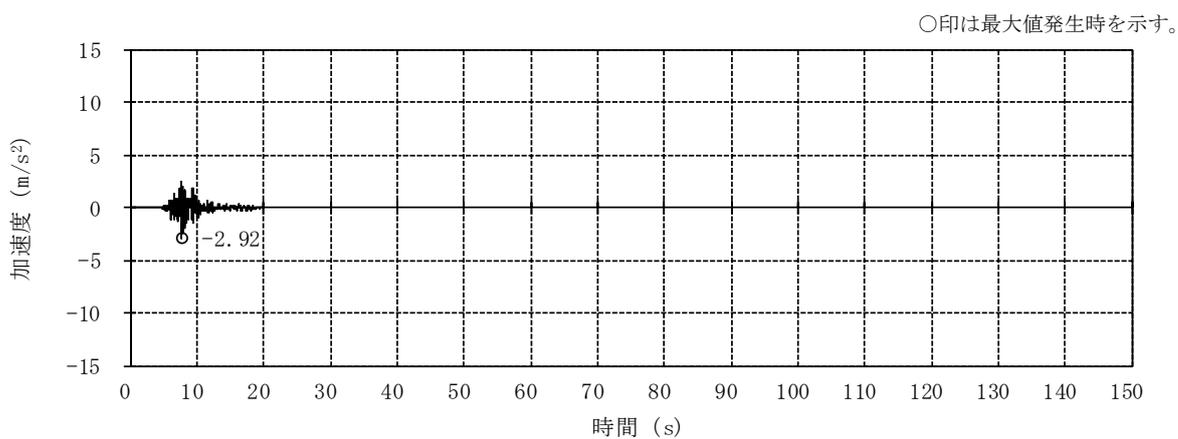
図2-11 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

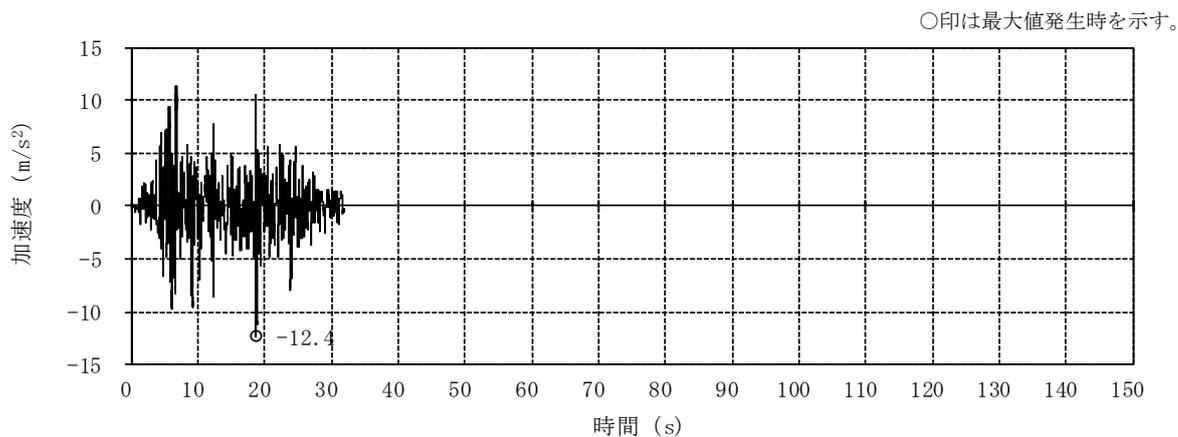


(b) NS方向 回転成分

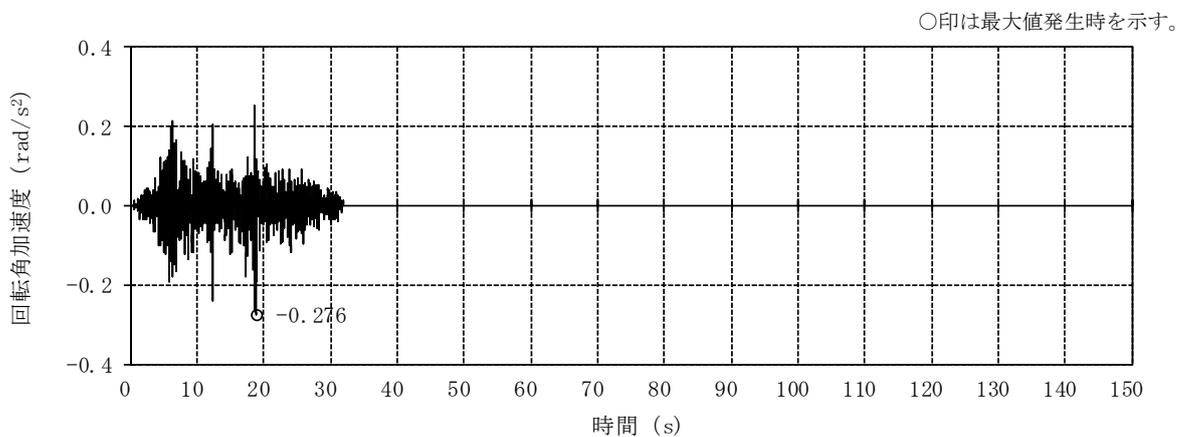


(c) 鉛直方向

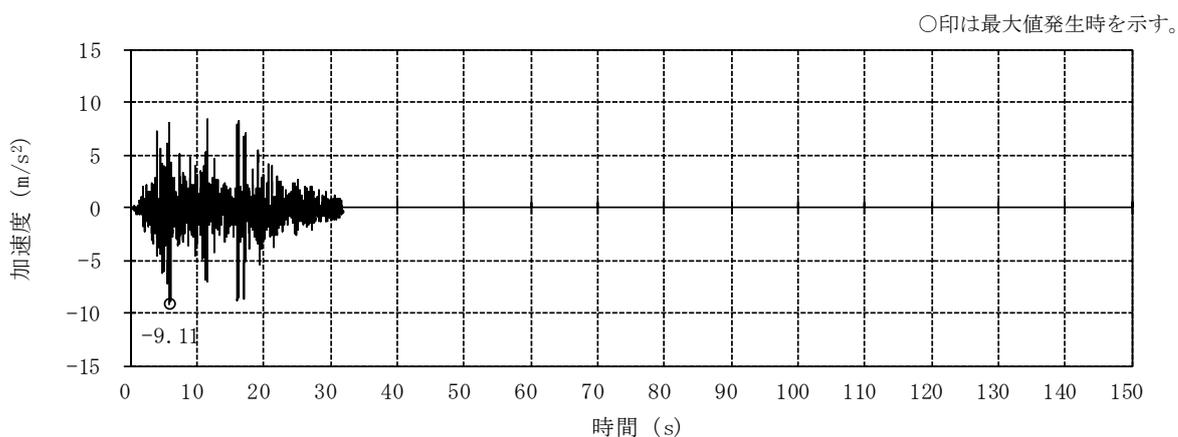
図2-12 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4,  $S_s-8$ )



(a) NS方向 並進成分

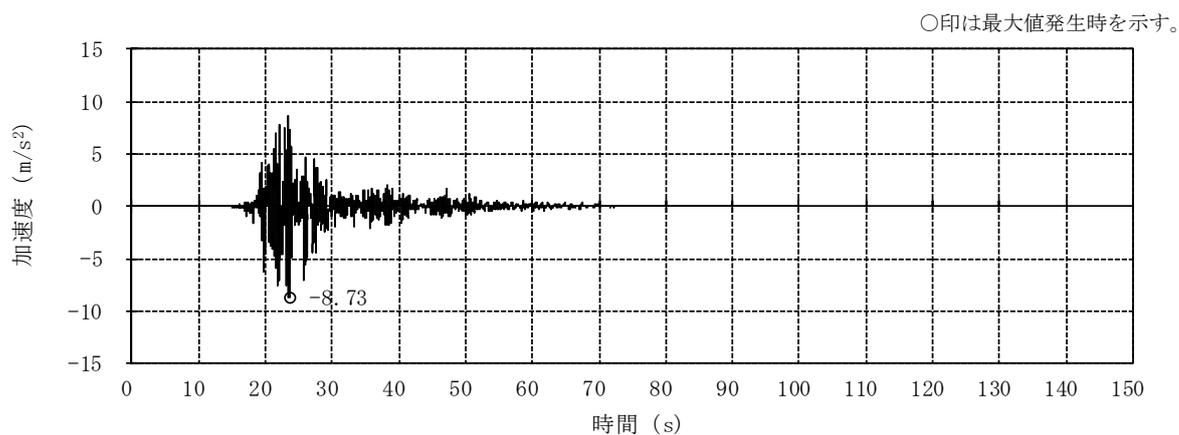


(b) NS方向 回転成分

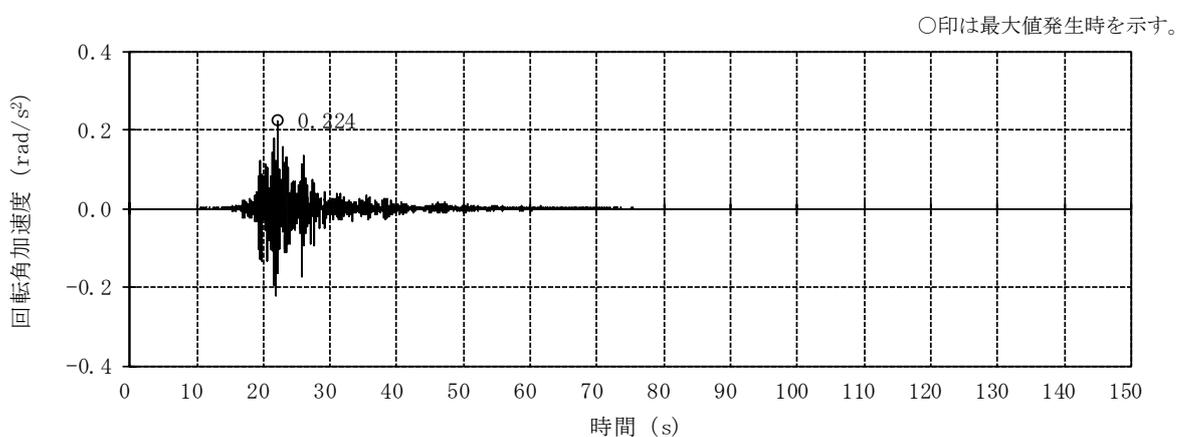


(c) 鉛直方向

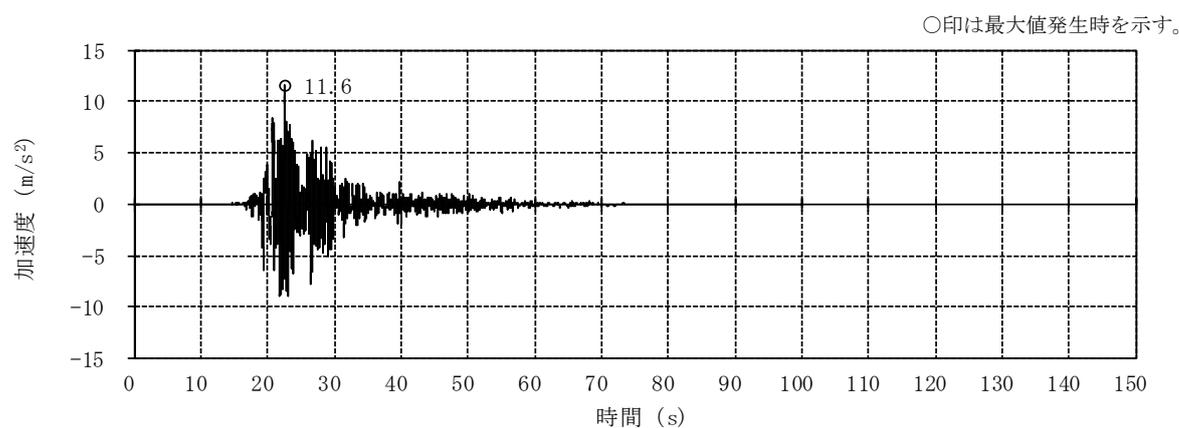
図2-13 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5,  $S_s-1$ )



(a) NS方向 並進成分

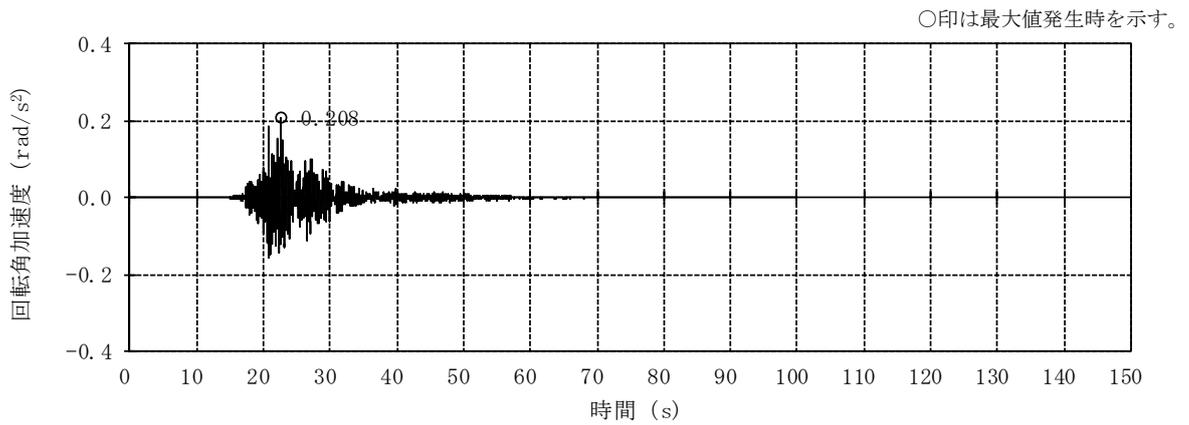


(b) NS方向 回転成分

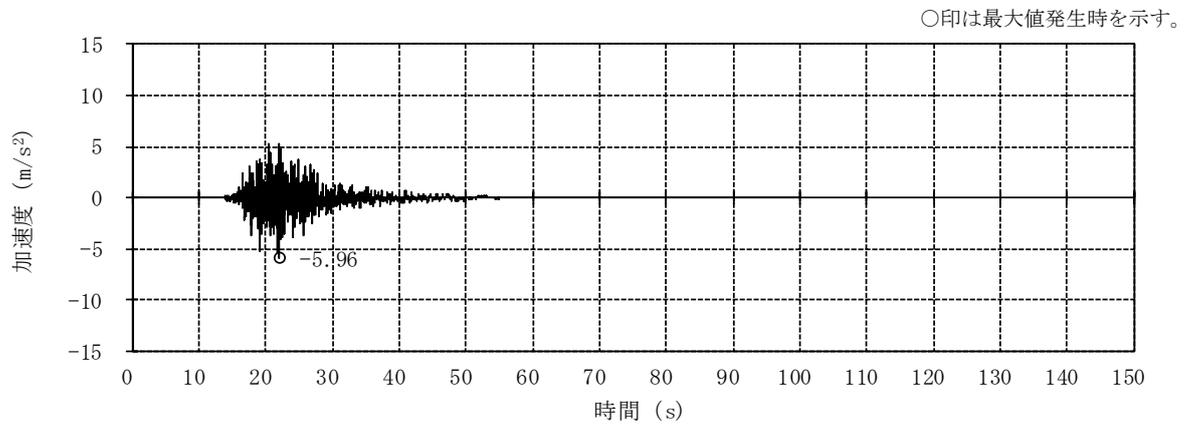


(c) EW方向 並進成分

図2-14 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5, Ss-2) (1/2)

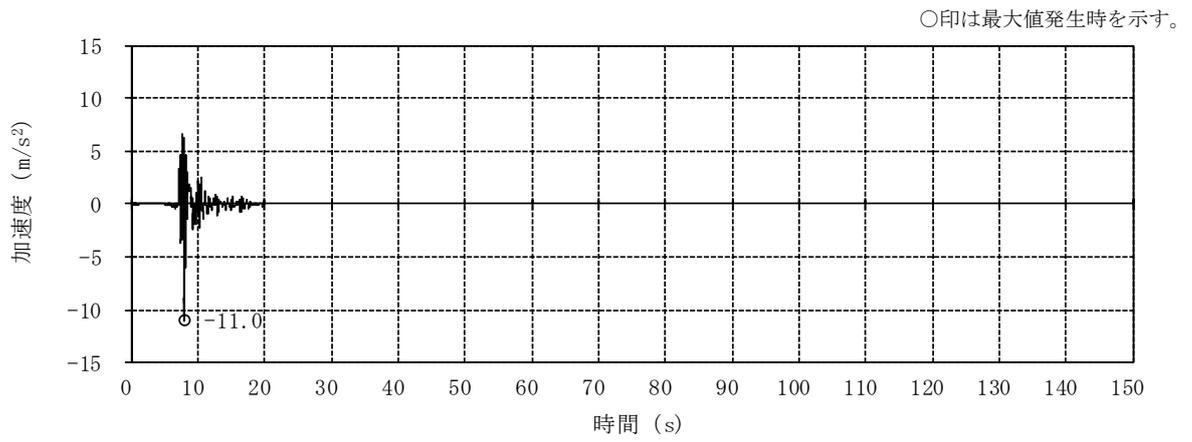


(d) EW方向 回転成分

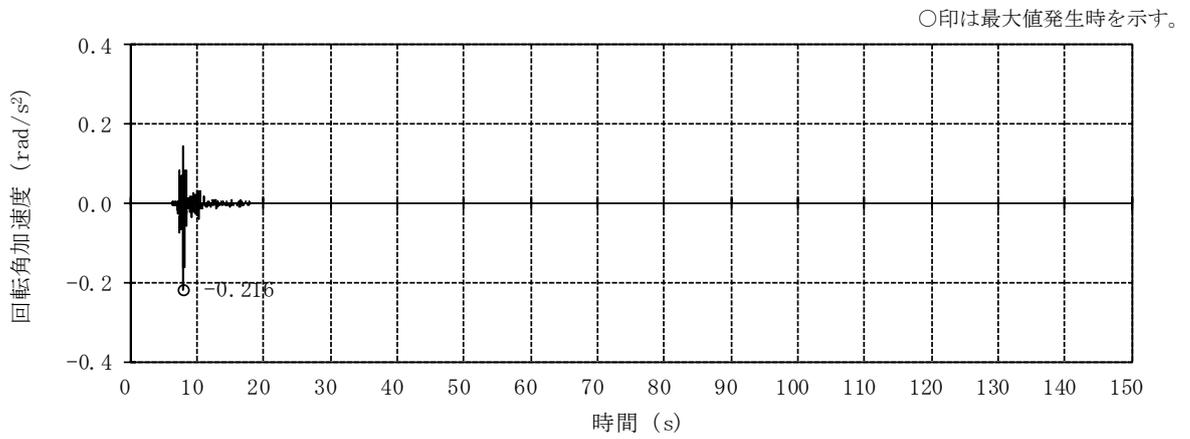


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

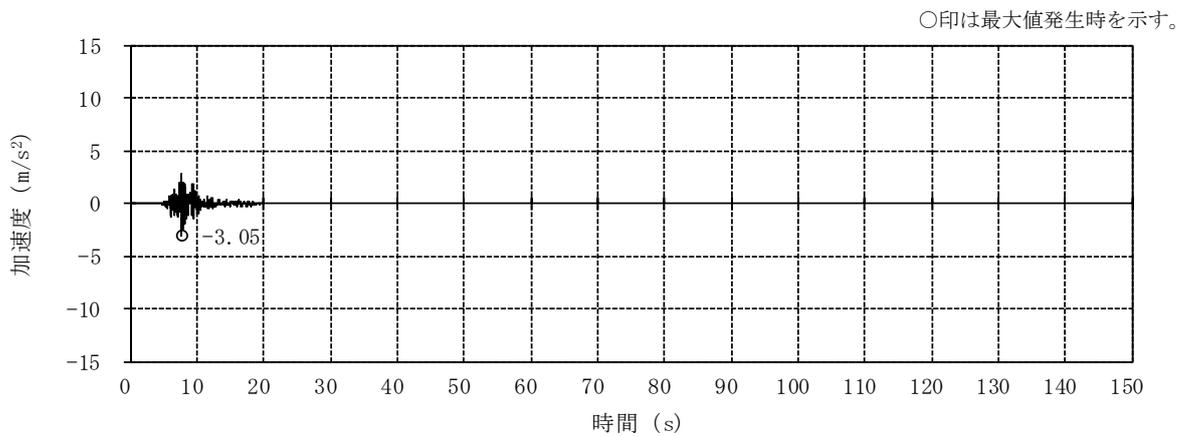
図2-14 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

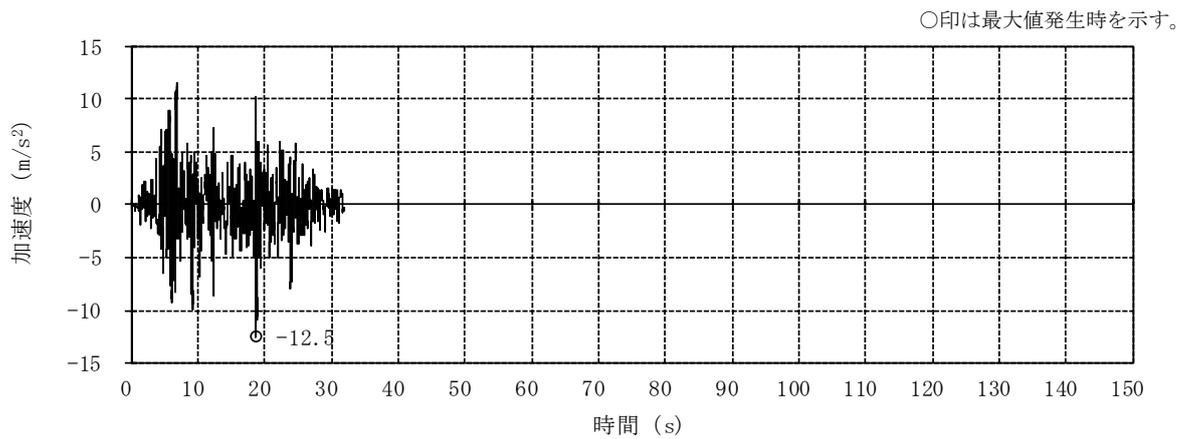


(b) NS方向 回転成分

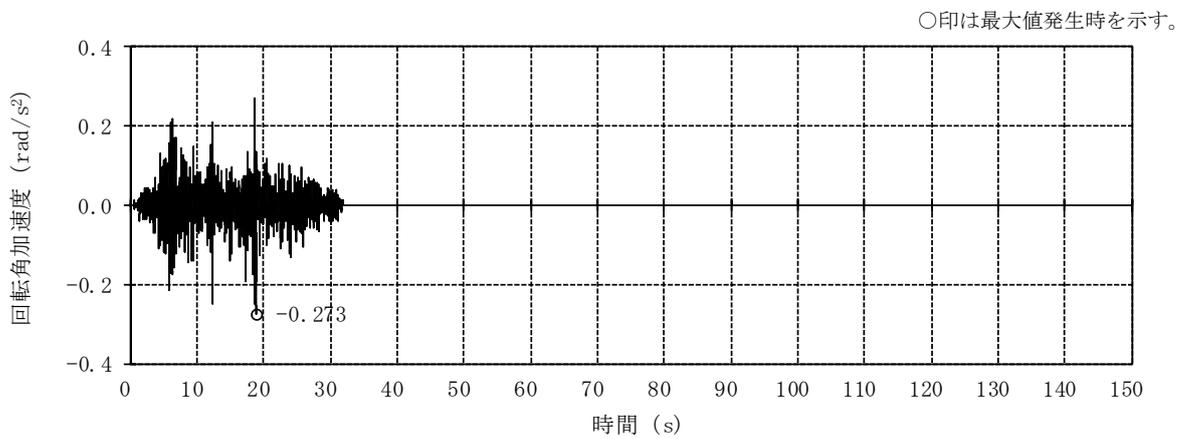


(c) 鉛直方向

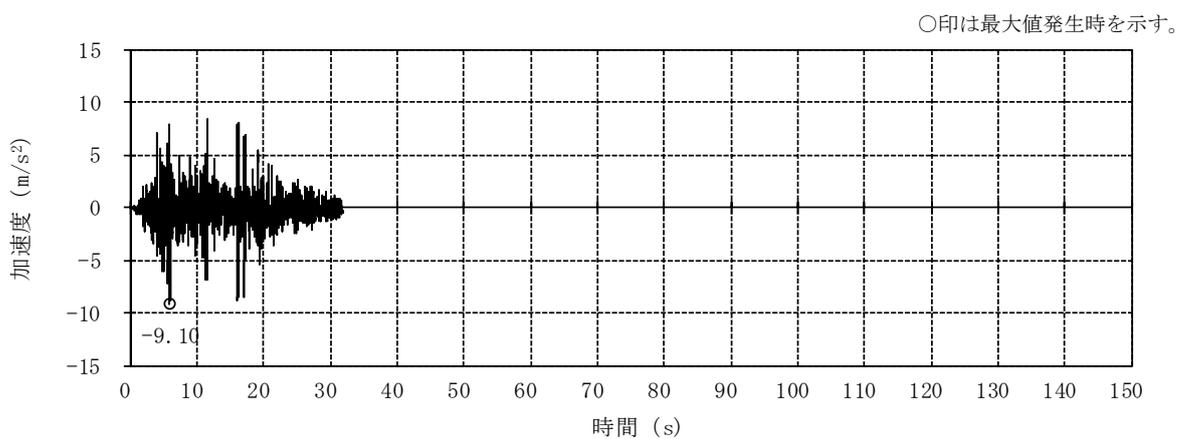
図2-15 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5,  $S_s=8$ )



(a) NS方向 並進成分

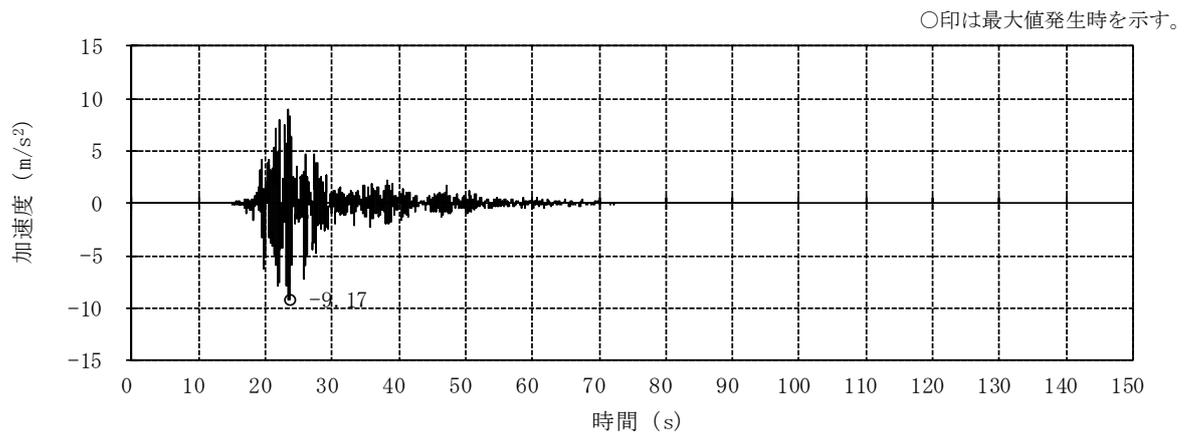


(b) NS方向 回転成分

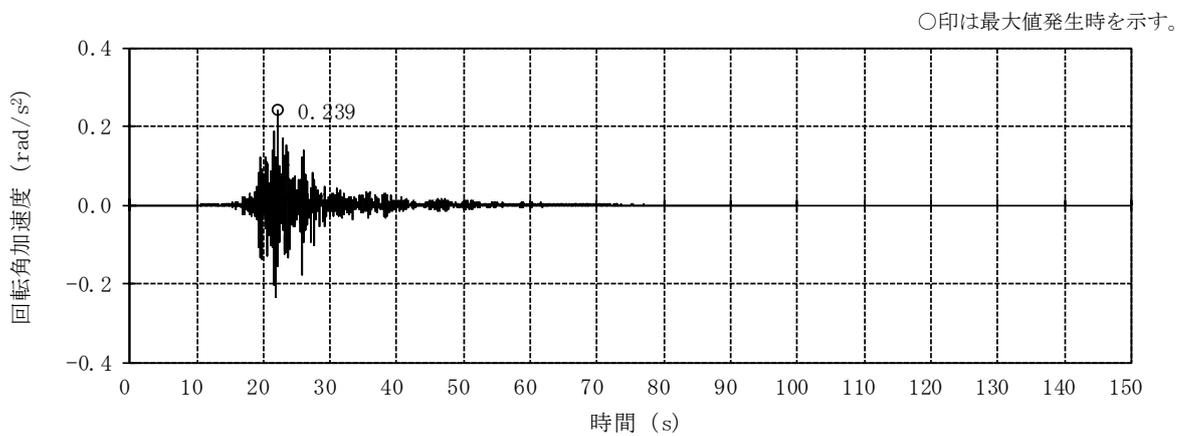


(c) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

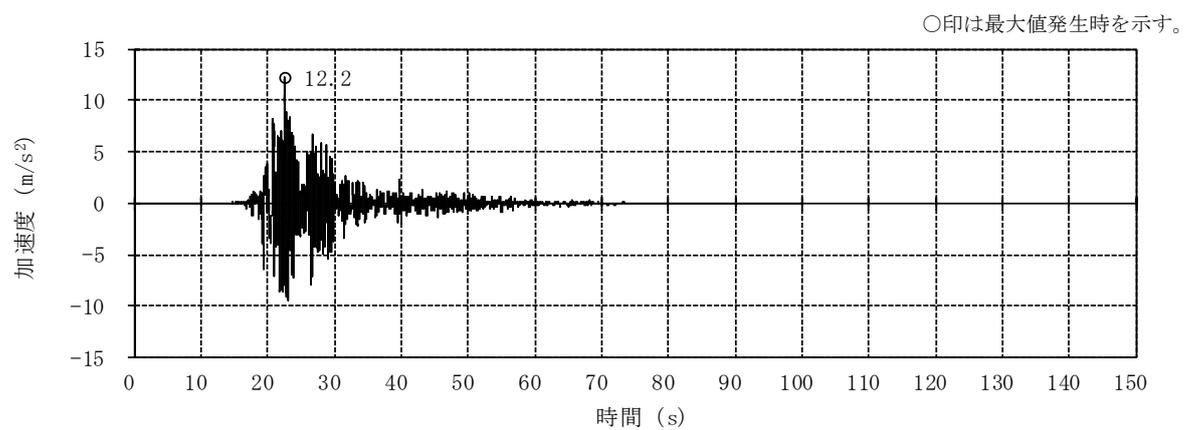
図2-16 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6,  $S_s-1$ )



(a) NS方向 並進成分

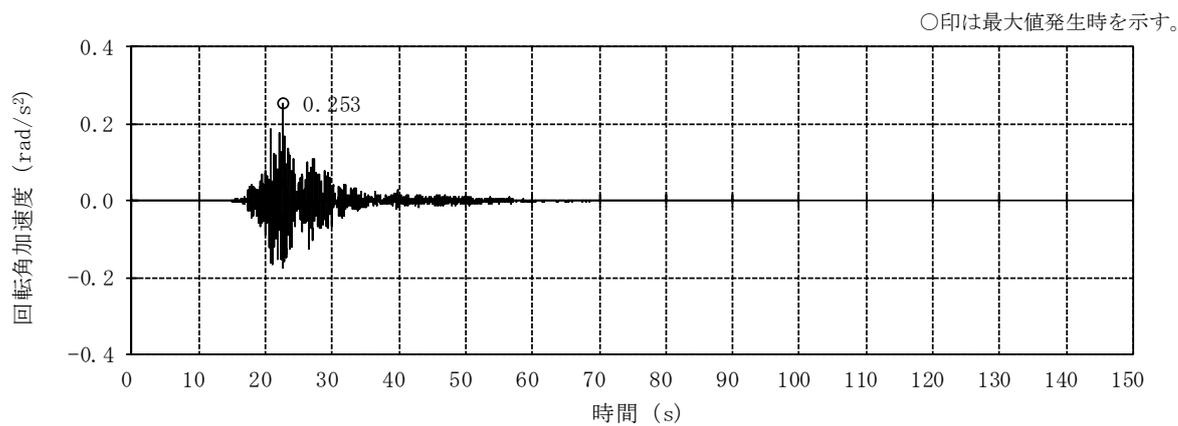


(b) NS方向 回転成分

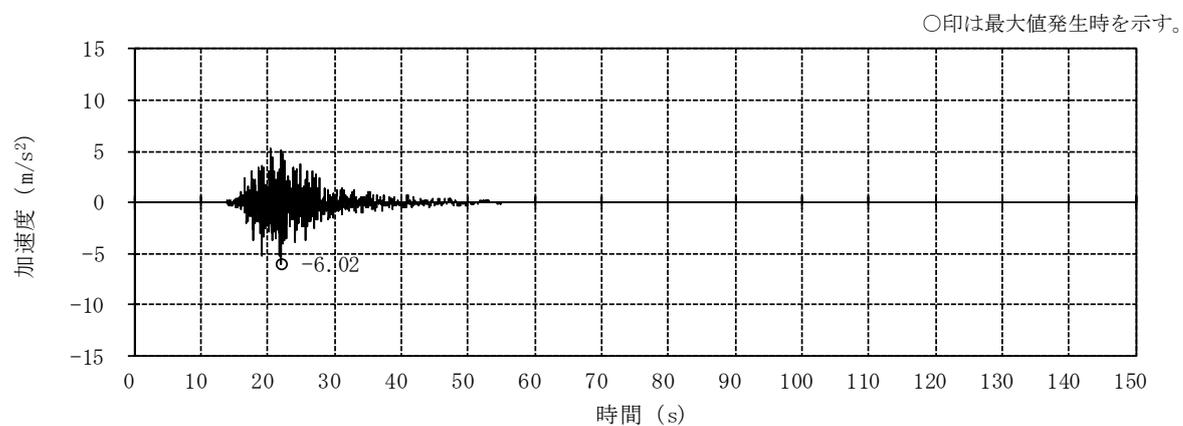


(c) EW方向 並進成分

図2-17 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6,  $S_s-2$ ) (1/2)

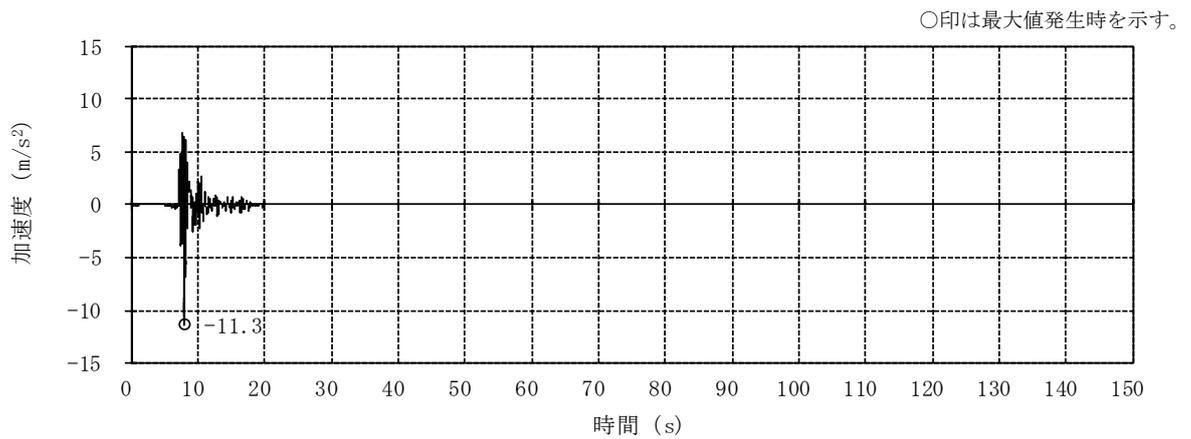


(d) EW方向 回転成分

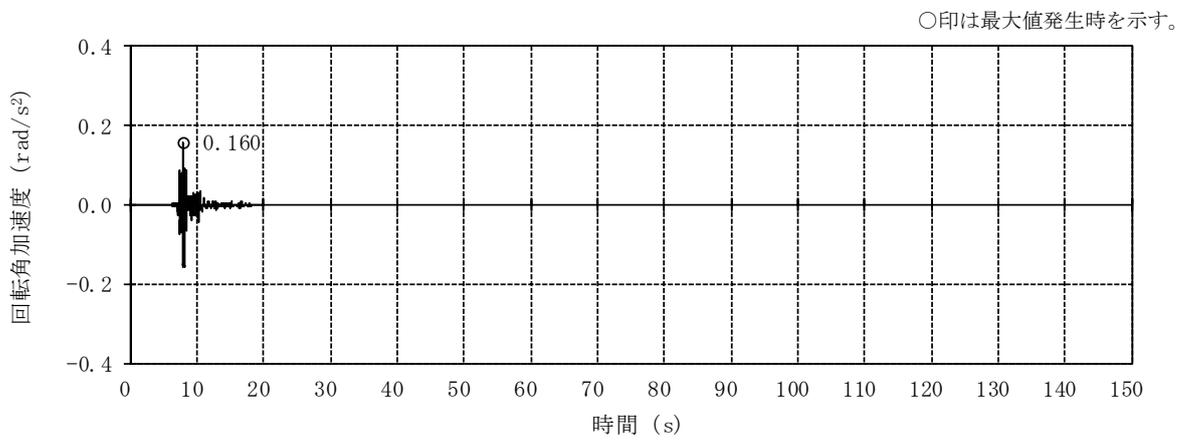


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

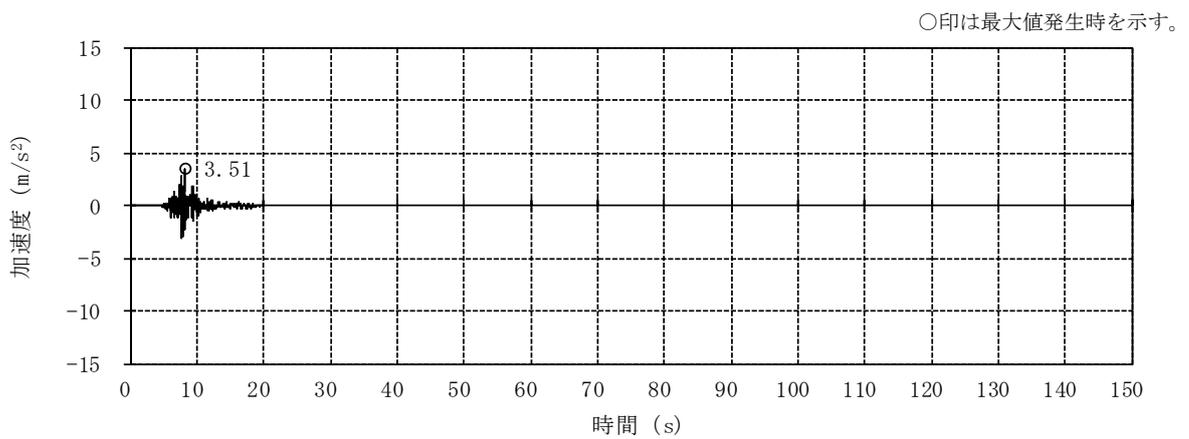
図2-17 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分



(b) NS方向 回転成分



(c) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

図2-18 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6,  $S_s=8$ )

### 3. 地震応答解析による建屋応答の不確かさの影響検討

#### 3.1 固有値解析結果

建屋剛性の不確かさ（コンクリート強度）の影響検討として、基礎コンクリートの剛性を変動させた解析モデルによる固有値解析を実施した。固有値解析結果を表3-1、固有モードを図3-1～図3-4に示す。

ケース1（基本ケース）に対し、基礎コンクリートの剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動幅は0%である。主排気筒では、建屋剛性の不確かさ（コンクリート強度）による影響はみられない。

表3-1 固有値解析結果

(a) NS方向

固有モード	NS方向 固有振動数 $f_1$ (Hz)				
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
筒身1次	0.98	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)
筒身2次	6.63	6.63 (1.00)	6.63 (1.00)	6.63 (1.00)	6.63 (1.00)
鉄塔1次	3.69	3.69 (1.00)	3.69 (1.00)	3.69 (1.00)	3.69 (1.00)
鉄塔2次	10.74	10.74 (1.00)	10.73 (1.00)	10.75 (1.00)	10.73 (1.00)

注：（ ）内は，ケース1に対する比率を示す。

(b) EW方向

固有モード	EW方向 固有振動数 $f_1$ (Hz)				
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
筒身1次	0.98	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)	0.98 (1.00)
筒身2次	6.67	6.67 (1.00)	6.67 (1.00)	6.68 (1.00)	6.67 (1.00)
鉄塔1次	3.71	3.71 (1.00)	3.71 (1.00)	3.71 (1.00)	3.71 (1.00)
鉄塔2次	11.15	11.15 (1.00)	11.15 (1.00)	11.16 (1.00)	11.15 (1.00)

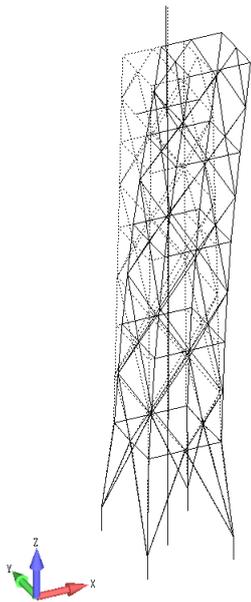
注：（ ）内は，ケース1に対する比率を示す。

(c) 鉛直方向

固有モード	鉛直方向 固有振動数 $f_1$ (Hz)				
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
筒身1次	19.06	19.06 (1.00)	19.05 (1.00)	19.06 (1.00)	19.05 (1.00)
鉄塔1次	20.43	20.43 (1.00)	20.42 (1.00)	20.44 (1.00)	20.42 (1.00)

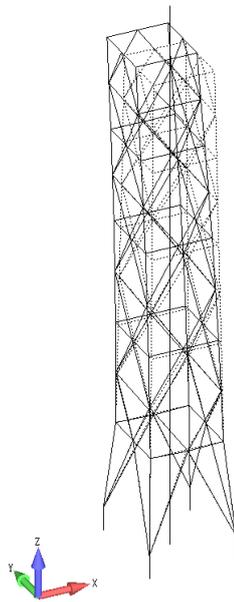
注：（ ）内は，ケース1に対する比率を示す。

振動数  $f_1 = 3.69$  (Hz)



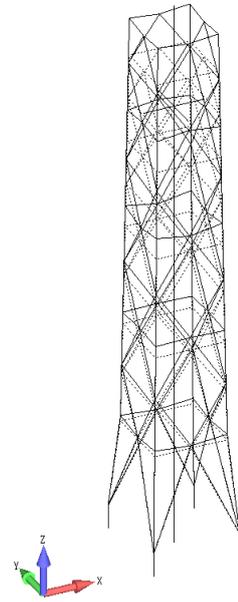
鉄塔NS方向1次

振動数  $f_1 = 3.71$  (Hz)



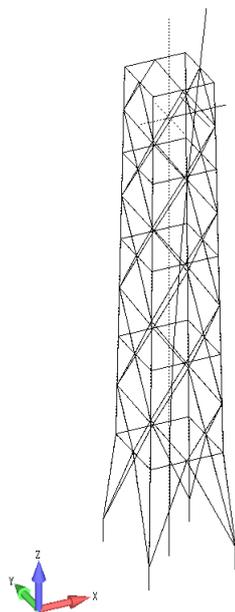
鉄塔EW方向1次

振動数  $f_1 = 20.43$  (Hz)



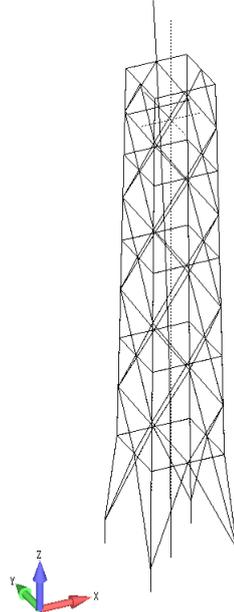
鉄塔鉛直方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



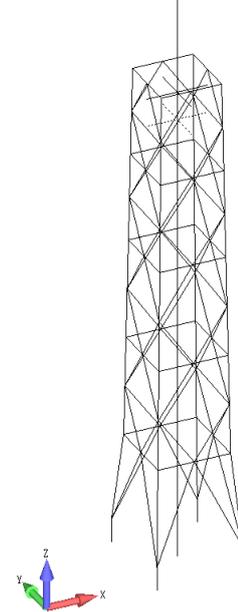
筒身NS方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



筒身EW方向1次

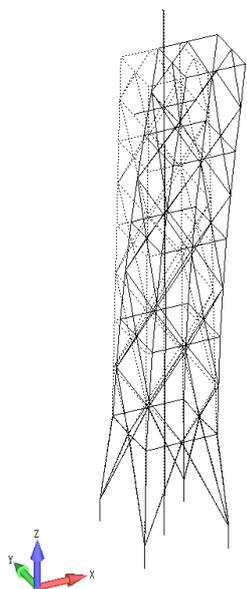
振動数  $f_1 = 19.06$  (Hz)



筒身鉛直方向1次

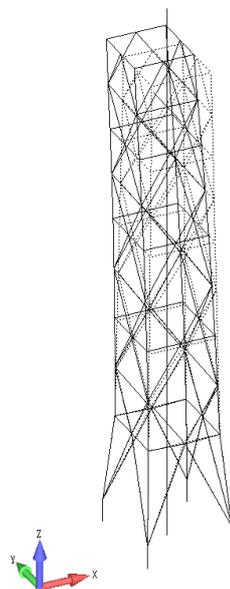
図3-1 固有モード (ケース2)

振動数  $f_1 = 3.69$  (Hz)



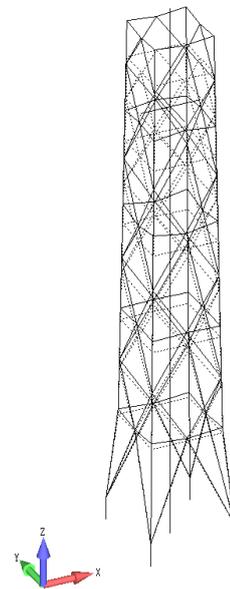
鉄塔NS方向1次

振動数  $f_1 = 3.71$  (Hz)



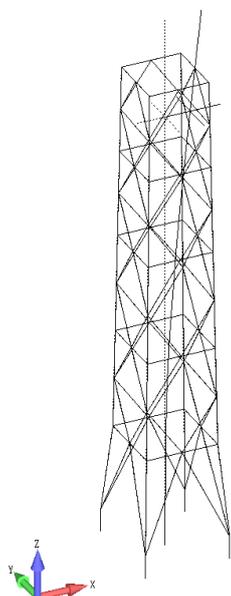
鉄塔EW方向1次

振動数  $f_1 = 20.42$  (Hz)



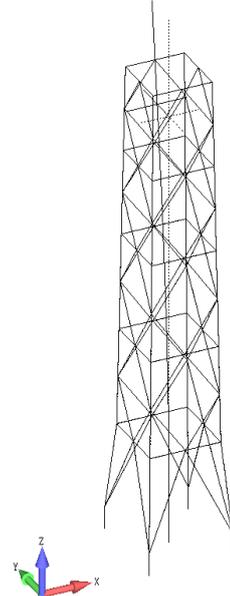
鉄塔鉛直方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



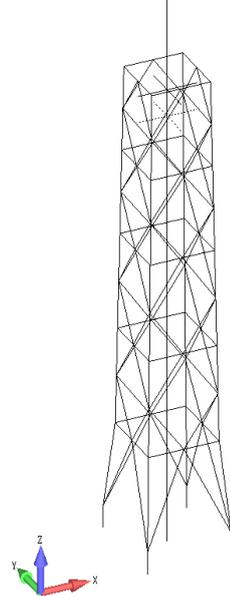
筒身NS方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



筒身EW方向1次

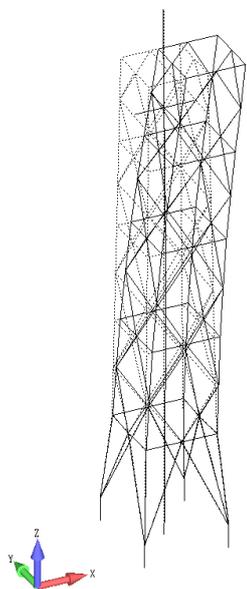
振動数  $f_1 = 19.05$  (Hz)



筒身鉛直方向1次

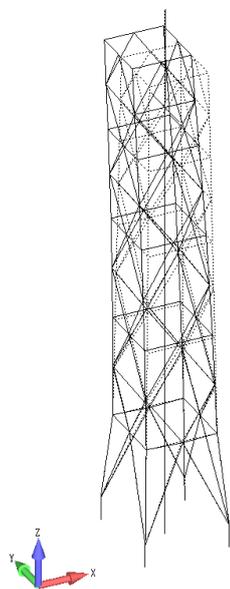
図3-2 固有モード (ケース3)

振動数  $f_1 = 3.69$  (Hz)



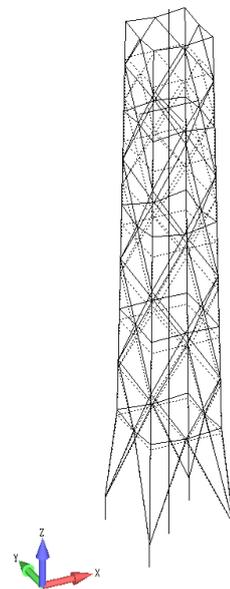
鉄塔NS方向1次

振動数  $f_1 = 3.71$  (Hz)



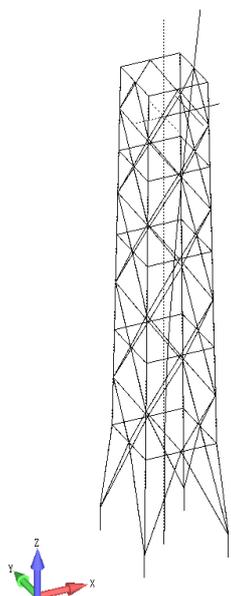
鉄塔EW方向1次

振動数  $f_1 = 20.44$  (Hz)



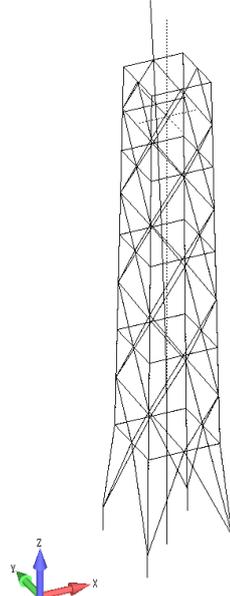
鉄塔鉛直方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



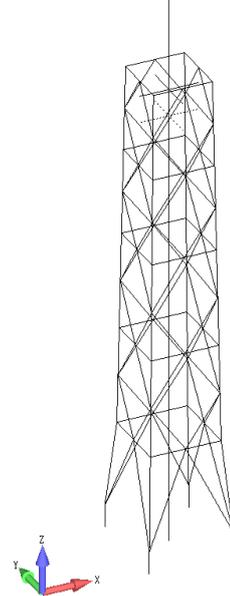
筒身NS方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



筒身EW方向1次

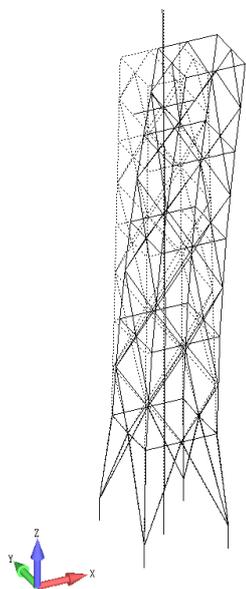
振動数  $f_1 = 19.06$  (Hz)



筒身鉛直方向1次

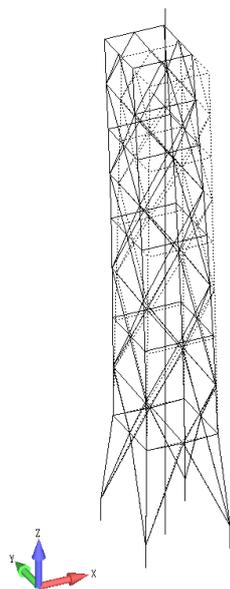
図3-3 固有モード (ケース4)

振動数  $f_1 = 3.69$  (Hz)



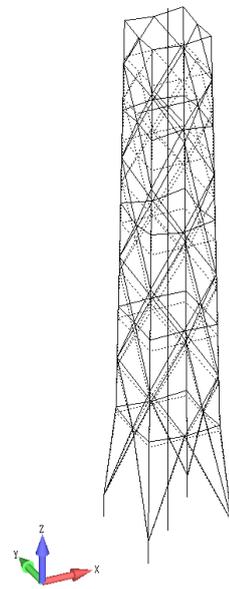
鉄塔NS方向1次

振動数  $f_1 = 3.71$  (Hz)



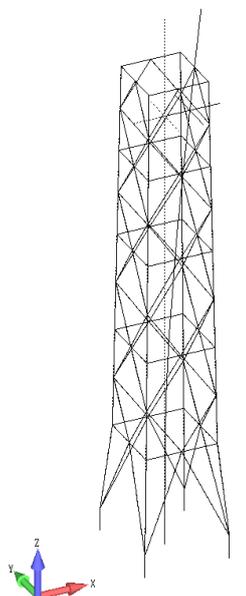
鉄塔EW方向1次

振動数  $f_1 = 20.42$  (Hz)



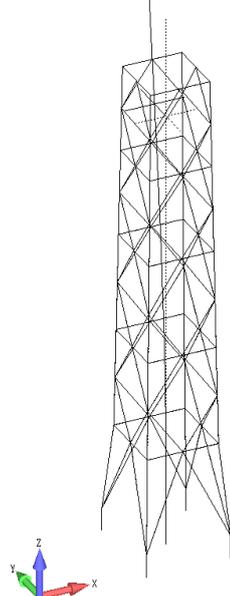
鉄塔鉛直方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



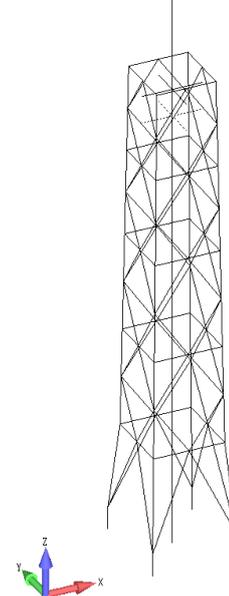
筒身NS方向1次

振動数  $f_1 = 0.98$  (Hz)



筒身EW方向1次

振動数  $f_1 = 19.05$  (Hz)



筒身鉛直方向1次

図3-4 固有モード (ケース5)

### 3.2 地震応答解析結果

建屋応答の不確かさの影響検討として、建屋応答の不確かさを考慮した地震応答解析を実施した。

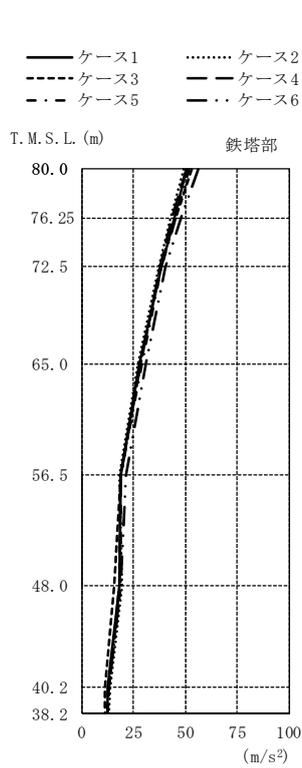
対象となる検討ケースは表1-1に示す検討ケースとし、代表として、入力地震動にSs-1を用いた結果を示す。

最大応答値を図3-5～図3-10に示す。なお、図3-7及び図3-10では、以下の主柱材の最大応力を包絡したものを「鉄塔部 主柱材包絡」として示す。

- ・原子炉建屋の $R1$ 通りと $R_C$ 通りの交点に位置する主柱材
- ・原子炉建屋の $R1$ 通りと $R_D$ 通りの交点に位置する主柱材
- ・原子炉建屋の $R2$ 通りと $R_C$ 通りの交点に位置する主柱材
- ・原子炉建屋の $R2$ 通りと $R_D$ 通りの交点に位置する主柱材

また、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値を表3-2に示す。

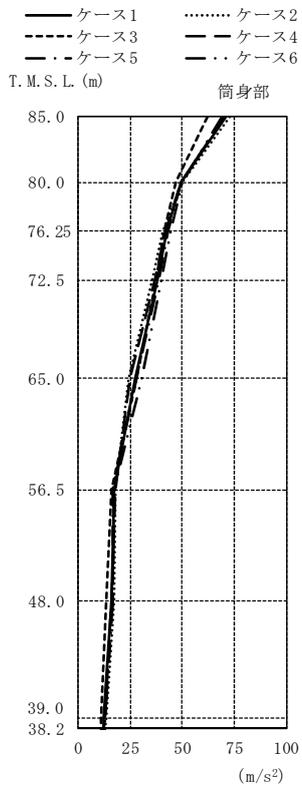
ケース1（基本ケース）に対し、水平及び鉛直いずれの方向についても、各検討ケースの最大応答加速度、最大応答変位、最大応答軸力、最大応答曲げモーメントはおおむね同等であることを確認した。また、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値は許容値以下である。



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	50.3	49.2	52.8	50.5	51.7	56.3
76.25	44.6	42.9	45.5	43.4	45.3	48.2
72.5	38.2	37.0	38.0	38.0	38.5	40.5
65.0	27.8	27.1	28.2	28.4	28.7	30.6
56.5	18.5	17.8	18.6	18.5	18.9	21.2
48.0	18.3	19.4	15.5	17.8	18.6	18.6
40.2	12.7	13.5	11.4	12.9	12.9	13.0
38.2	12.2	12.9	11.1	12.3	12.4	12.5

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

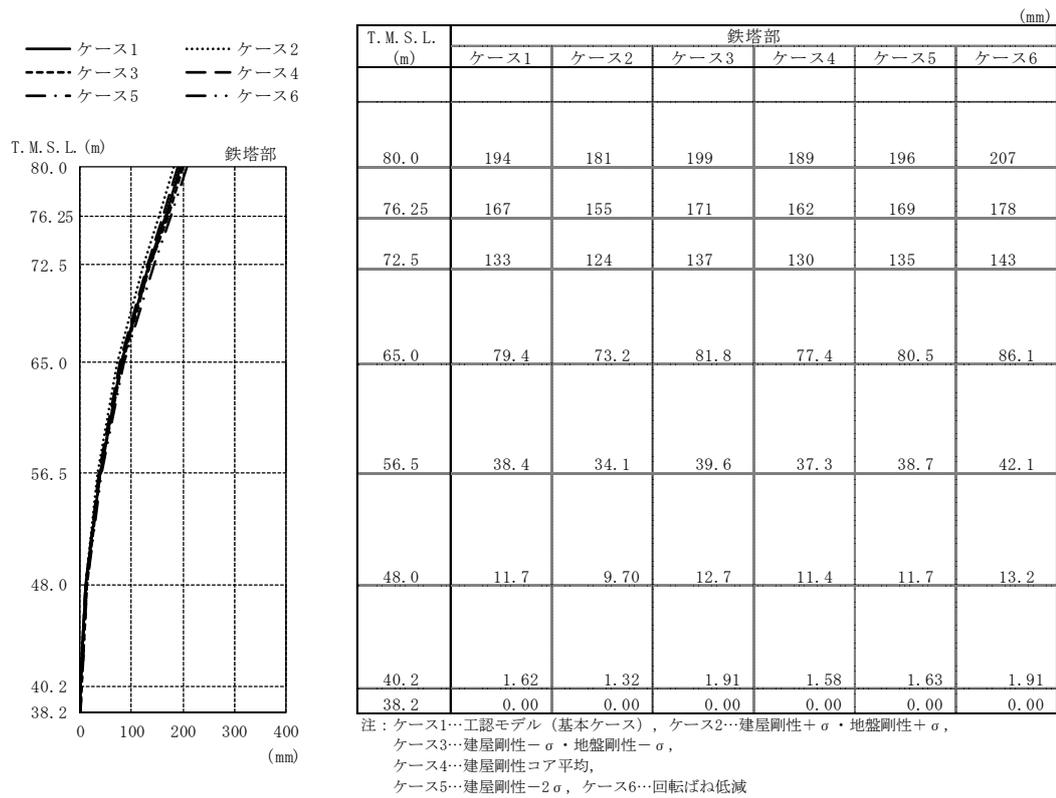


T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	70.9	72.9	62.0	70.3	70.0	68.8
80.0	49.5	49.8	46.8	49.1	49.5	50.2
76.25	42.5	40.6	41.3	41.6	42.8	44.3
72.5	38.1	35.4	37.1	36.7	38.4	39.7
65.0	27.1	24.4	28.1	24.9	27.8	30.3
56.5	17.0	18.1	15.8	17.6	16.4	16.9
48.0	16.1	17.1	13.6	16.0	16.5	16.3
39.0	12.4	13.1	11.2	12.5	12.6	12.7
38.2	12.2	12.9	11.1	12.3	12.4	12.5

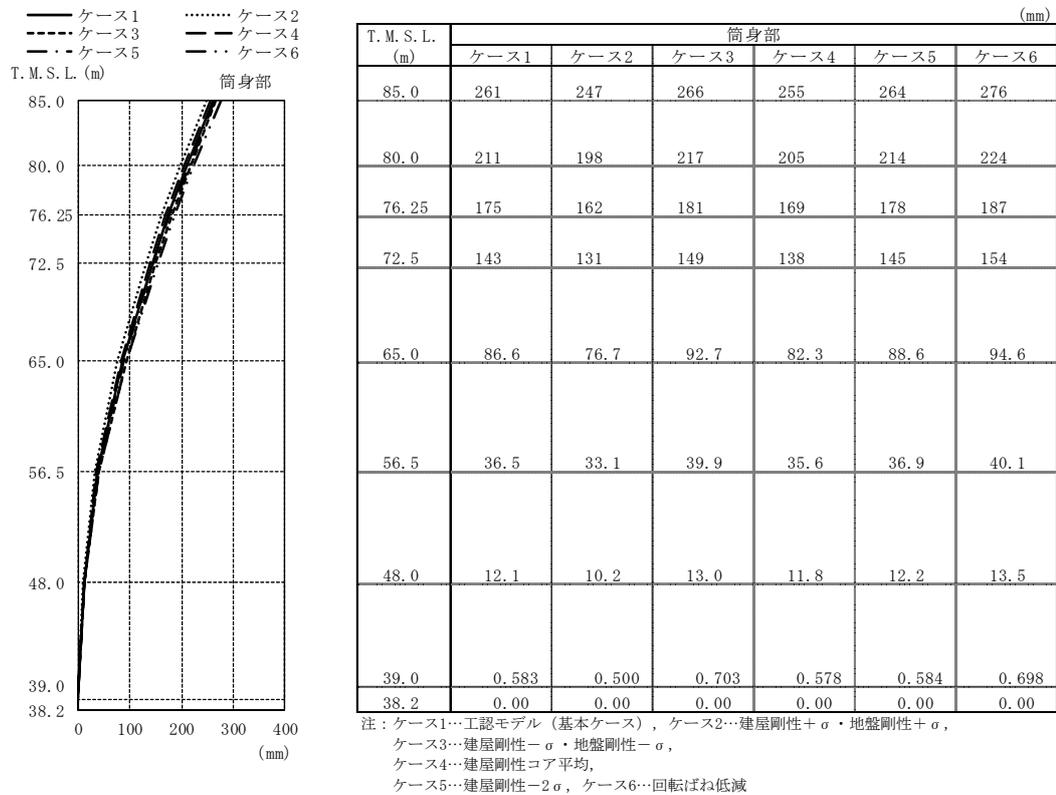
注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図3-5 最大応答加速度 (Ss-1, NS方向)

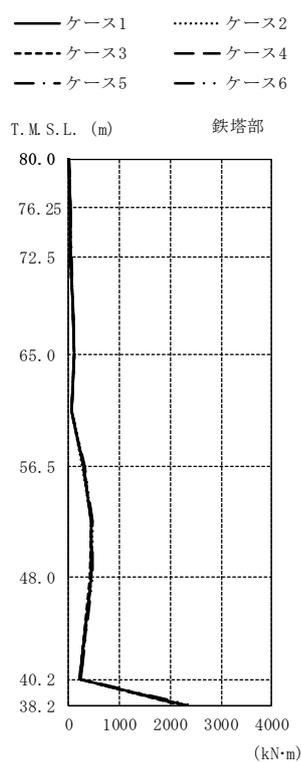


(a) 鉄塔部



(b) 筒身部

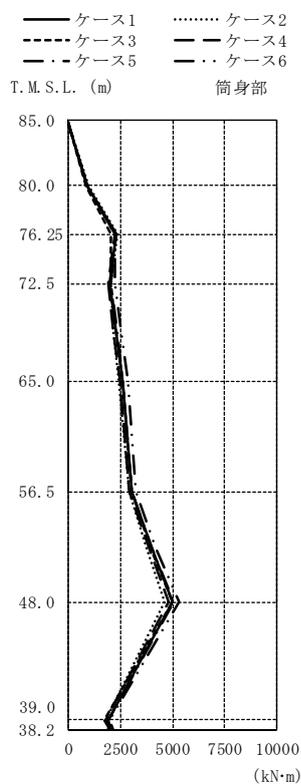
図3-6 最大応答変位 (Ss-1, NS方向)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	19.0	18.2	18.7	18.7	19.1	20.1
72.5	42.2	40.0	41.7	41.7	42.6	45.3
68.75	79.2	75.4	78.1	78.1	79.9	84.5
65.0	106	101	104	105	107	114
60.75	60.1	58.2	58.6	60.3	60.6	64.5
56.5	285	273	281	281	288	303
52.25	455	441	447	449	458	480
48.0	442	429	431	436	444	466
40.2	224	225	213	220	225	233
38.2	2290	2250	2190	2260	2310	2400

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡

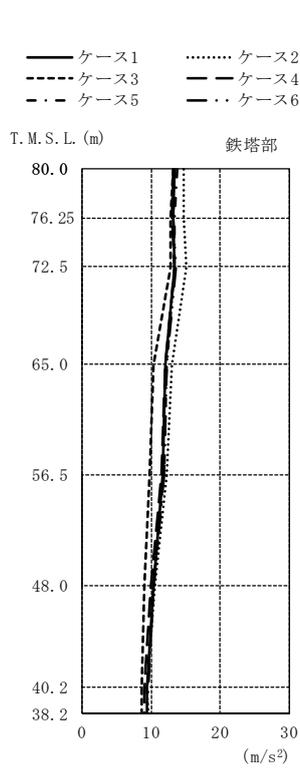


T. M. S. L. (m)	筒身部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80.0	939	965	821	931	927	912
76.25	2290	2340	2040	2260	2270	2230
72.5	2000	2030	2030	1920	2030	2210
65.0	2600	2440	2610	2510	2640	2850
56.5	3030	2940	3030	2930	3080	3220
48.0	5020	4620	5010	4810	5080	5330
39.0	1890	1820	1760	1810	1900	1990
38.2	2040	1930	2040	2000	2020	2180

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

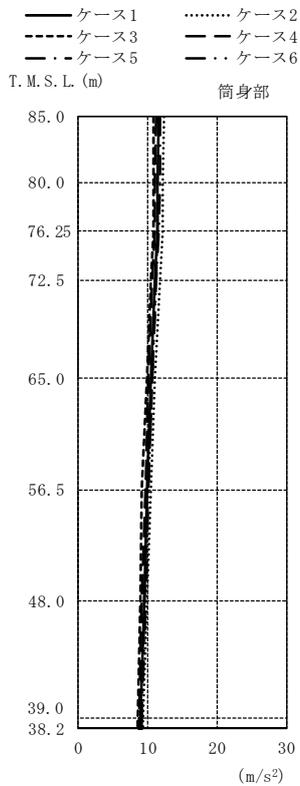
図3-7 最大応答曲げモーメント (Ss-1, NS方向)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	13.5	14.8	13.2	13.2	13.8	13.5
76.25	13.3	14.8	12.9	13.1	13.5	13.3
72.5	13.4	15.1	12.9	13.5	13.5	13.6
65.0	12.1	13.1	10.4	12.0	12.2	12.3
56.5	11.8	12.2	9.89	11.5	11.9	11.9
48.0	10.3	10.6	9.05	10.0	10.4	10.4
40.2	9.34	9.48	8.63	9.01	9.46	9.52
38.2	9.40	9.55	8.73	9.00	9.43	9.51

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

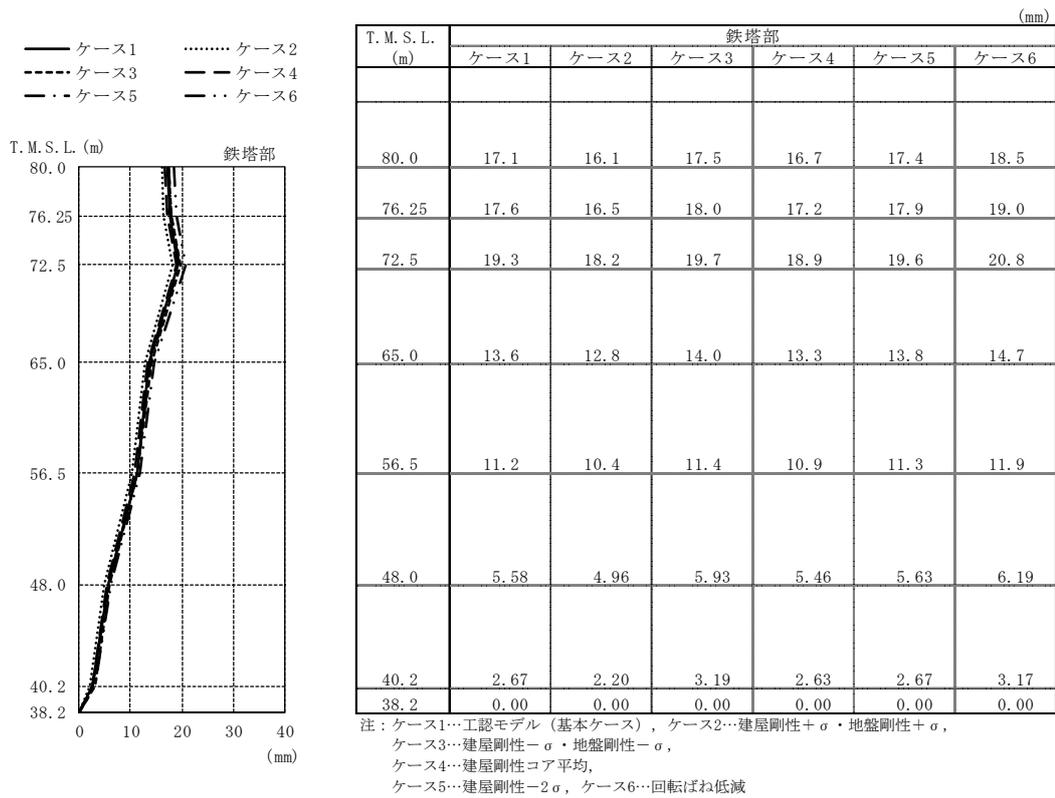


T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	11.6	12.3	10.9	11.2	11.8	11.6
80.0	11.5	12.2	10.9	11.1	11.7	11.5
76.25	11.4	12.1	10.8	11.0	11.6	11.4
72.5	11.1	11.8	10.5	10.7	11.3	11.2
65.0	10.5	11.1	9.89	10.1	10.6	10.7
56.5	9.96	10.4	9.21	9.67	10.1	10.1
48.0	9.49	9.93	8.86	9.22	9.61	9.63
39.0	9.01	9.42	8.52	8.75	9.12	9.11
38.2	9.00	9.41	8.52	8.75	9.11	9.10

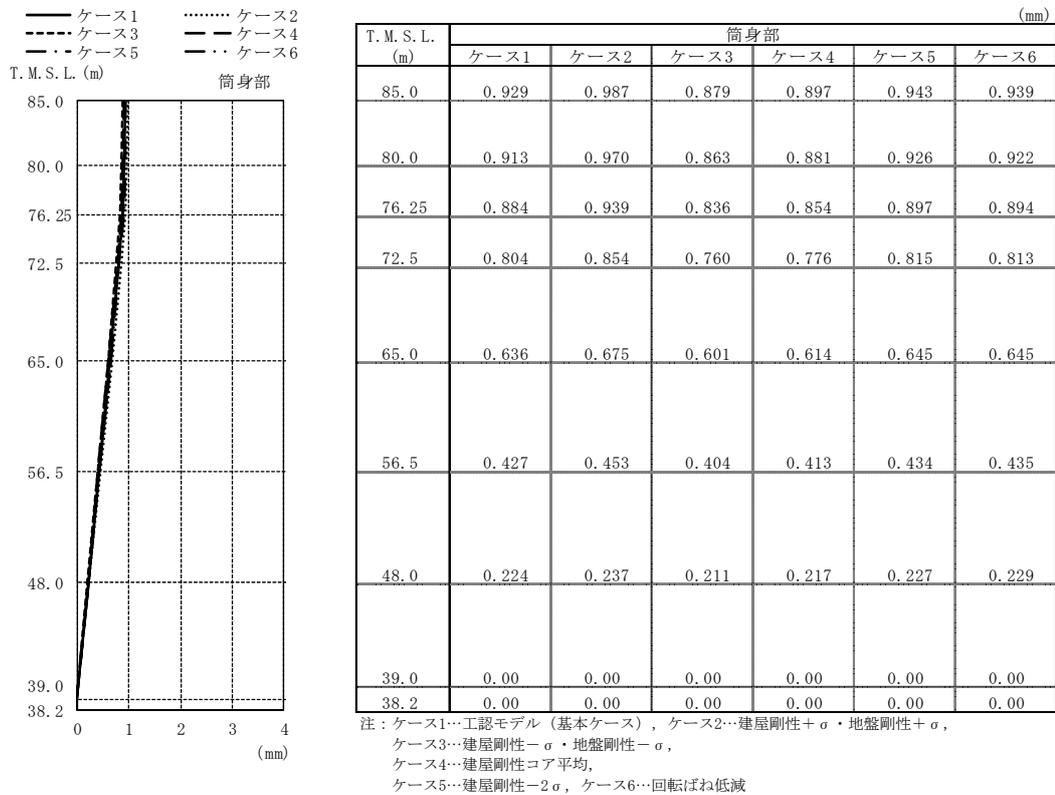
注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図3-8 最大応答加速度 (Ss-1, 鉛直方向)

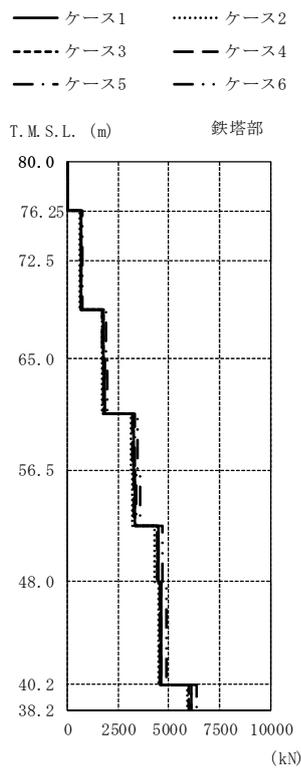


(a) 鉄塔部



(b) 筒身部

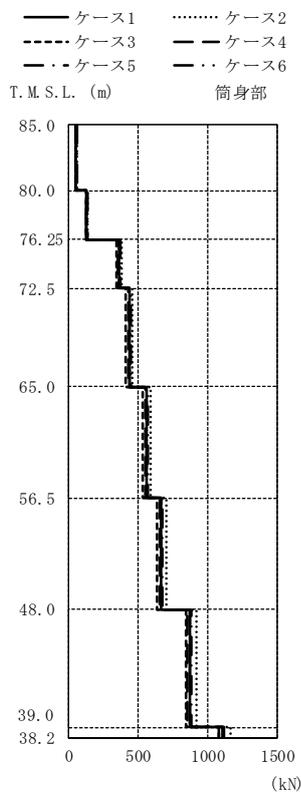
図3-9 最大応答変位 (Ss-1, 鉛直方向)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0						
76.25	24.4	23.5	24.1	23.5	24.7	24.3
72.5	672	632	665	664	679	722
68.75	695	652	685	687	702	747
65.0	1780	1690	1760	1750	1800	1900
60.75	1820	1730	1800	1800	1840	1950
56.5	3280	3140	3240	3220	3310	3480
52.25	3360	3220	3310	3300	3390	3560
48.0	4480	4330	4400	4410	4500	4700
40.2	4610	4470	4530	4540	4640	4850
38.2	6090	5910	5990	6010	6130	6380

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡



T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0						
80.0	55.7	58.5	52.5	54.2	56.4	55.7
76.25	130	137	123	127	132	130
72.5	366	384	346	356	371	366
65.0	437	459	413	425	443	437
56.5	565	593	536	550	572	565
48.0	668	701	637	651	676	668
39.0	874	917	841	852	884	874
38.2	1110	1160	1080	1080	1120	1110

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図3-10 最大応答軸力 (Ss-1)

表3-2 制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値（Ss-1）

	オイルダンパーの最大応答値						許容値
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	
速度 (m/s)	1.91	1.84	1.89	1.87	1.93	2.01	2.60
変位 (mm)	124	116	127	120	126	133	175

#### 4. まとめ

建屋応答の不確かさを考慮した固有値解析及び地震応答解析結果より、以下の傾向を確認した。

- ・固有値解析より、固有振動数の変動幅は、基本ケースに対し0%である。
- ・地震応答解析より、発生応力、加速度及び変位は、基本ケースとおおむね同等である。

上記の傾向については、以下の理由により発生したと考えられる。

主排気筒の地震応答解析では、建屋応答の不確かさとして、入力地震動に材料物性の不確かさを考慮した原子炉建屋の応答を用いている。「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち、別紙3「地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討」では、材料物性の不確かさによる応答への影響は小さい。また、主排気筒の解析モデルに対しては、基礎コンクリートの剛性のみ在建屋剛性の不確かさ（コンクリート強度）を考慮している。よって、主排気筒における建屋応答の不確かさによる影響は小さくなったと考えられる。

別紙3-1 原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用  
いる地震動の選定について

## 目 次

1. 概要	別紙 3-1-1
2. 選定方法	別紙 3-1-1
3. 地震動の選定	別紙 3-1-3
4. 建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動	別紙 3-1-12

## 1. 概要

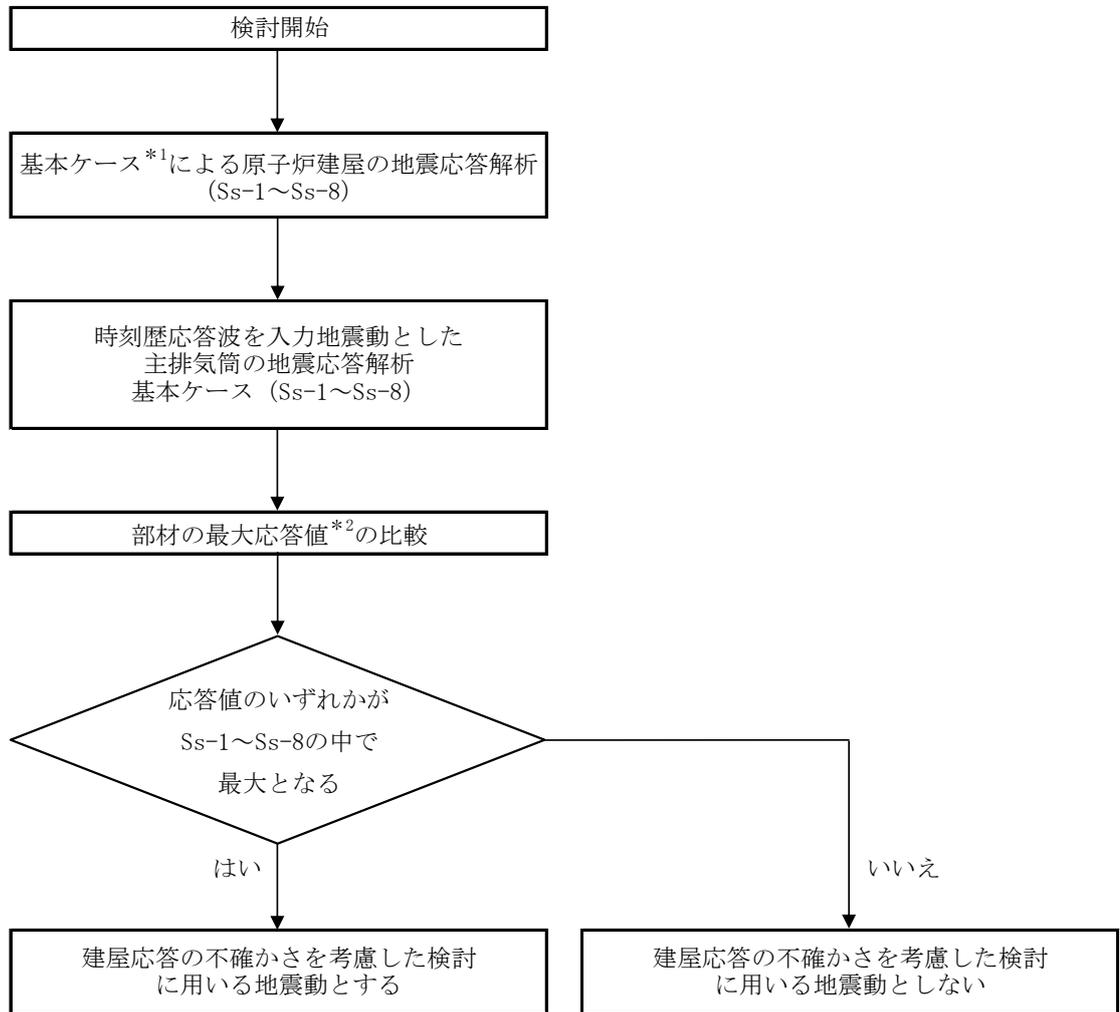
主排気筒を対象とした，原子炉建屋の材料物性の不確かさ（以下「建屋応答の不確かさ」という。）を考慮した検討では，基本ケースを対象に，各入力地震動（ $S_s-1$ ～ $S_s-8$ による原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる原子炉建屋屋上レベル（T.M.S.L. 38.2m）の応答）による地震応答解析を行い，主排気筒の応答への影響が大きい入力地震動に対して検討を実施する。

本資料では，建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法及び地震動の選定結果について説明する。

## 2. 選定方法

建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法を以下に示す。また，選定方法のフローを図2-1に示す。

- ①  $S_s-1$ ～ $S_s-8$ の基本ケースについて，原子炉建屋の地震応答解析を行う。（V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による）
- ② ①から得られる $S_s-1$ ～ $S_s-8$ による原子炉建屋屋上レベル（T.M.S.L. 38.2m）の時刻歴応答波を入力地震動として，主排気筒の基本ケースについて地震応答解析を行う。
- ③ ②から得られる各入力時震動の応答（加速度，変位，軸力及び曲げモーメント）を比較し，いずれかの応答が最大となる基準地震動 $S_s$ を建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる入力地震動とする。



注記\*1：詳細は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」による。  
 \*2：応答値は、加速度、変位、軸力及び曲げモーメントとする。

図 2-1 建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定法のフロー

### 3. 地震動の選定

主排気筒の基準地震動  $S_s$  に対する地震動の選定過程を以下に記載する。主排気筒の基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を表3-1～表3-16に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果、 $S_{s-1}$ 、 $S_{s-2}$ 及び $S_{s-8}$ については、応答値のいずれかが $S_{s-1}$ ～ $S_{s-8}$ の中で最大となることから、建屋応答の不確かさの影響検討に用いる地震動とする。

表 3-1 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	<u>50.3</u>	47.9	37.2	18.7	21.7	19.0	21.7	41.3	50.3
	76.25	<u>44.6</u>	41.4	33.1	15.5	18.2	15.8	17.9	34.9	44.6
	72.5	<u>38.2</u>	33.5	28.4	12.0	14.7	12.1	13.8	28.5	38.2
	65.0	<u>27.8</u>	23.6	20.0	9.29	11.4	9.34	10.8	22.1	27.8
	56.5	<u>18.5</u>	15.7	13.7	8.53	8.49	8.80	8.11	16.2	18.5
	48.0	<u>18.3</u>	10.9	11.1	8.12	7.18	8.35	7.28	14.1	18.3
	40.2	<u>12.7</u>	8.85	9.17	6.36	5.29	6.58	5.19	11.7	12.7
	38.2	<u>12.2</u>	8.62	8.89	6.11	5.18	6.32	4.99	11.3	12.2
筒身部	85.0	<u>70.9</u>	60.3	47.6	26.8	27.3	28.2	27.3	53.4	70.9
	80.0	<u>49.5</u>	44.4	37.2	17.3	19.4	17.2	18.7	37.8	49.5
	76.25	<u>42.5</u>	33.3	29.6	11.4	15.2	12.3	14.0	31.9	42.5
	72.5	<u>38.1</u>	26.9	22.8	9.75	12.7	10.6	11.8	30.8	38.1
	65.0	<u>27.1</u>	23.6	17.5	8.29	11.8	8.90	10.9	23.6	27.1
	56.5	17.0	<u>19.6</u>	14.5	9.24	9.09	9.10	8.94	17.3	19.6
	48.0	<u>16.1</u>	11.1	11.1	7.88	7.01	8.11	6.83	14.0	16.1
	39.0	<u>12.4</u>	8.71	8.99	6.20	5.23	6.41	5.05	11.4	12.4
38.2	<u>12.2</u>	8.62	8.89	6.11	5.18	6.32	4.99	11.3	12.2	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-2 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	<u>48.4</u>	<u>48.4</u>	35.9	28.7	28.4	31.1	36.3	37.3	48.4
	76.25	<u>42.9</u>	42.1	31.5	25.0	24.9	26.7	29.9	32.3	42.9
	72.5	<u>37.0</u>	34.3	26.9	20.0	20.1	21.1	23.0	27.1	37.0
	65.0	26.4	<u>26.6</u>	19.0	15.3	14.8	15.6	16.5	21.3	26.6
	56.5	16.4	<u>18.1</u>	12.3	12.3	11.5	12.5	13.3	14.6	18.1
	48.0	<u>18.4</u>	12.9	11.1	9.62	10.6	9.96	12.1	13.4	18.4
	40.2	<u>13.2</u>	11.9	8.68	7.24	8.78	7.38	9.27	11.0	13.2
	38.2	<u>12.6</u>	11.6	8.44	6.97	8.54	7.12	8.96	10.7	12.6
筒身部	85.0	<u>67.8</u>	62.9	46.7	37.0	42.1	37.6	52.8	48.0	67.8
	80.0	<u>48.6</u>	45.4	35.7	25.9	26.0	27.7	33.9	35.0	48.6
	76.25	<u>39.6</u>	37.4	28.1	21.1	20.8	22.4	22.0	30.3	39.6
	72.5	<u>33.4</u>	33.0	21.1	19.2	16.4	20.3	17.9	26.7	33.4
	65.0	22.0	<u>22.4</u>	15.7	15.7	12.4	17.1	14.9	19.5	22.4
	56.5	<u>18.0</u>	16.9	13.2	12.1	11.3	12.8	13.2	15.6	18.0
	48.0	<u>15.7</u>	12.8	10.2	9.08	10.1	9.60	11.3	13.0	15.7
	39.0	<u>12.8</u>	11.7	8.53	7.06	8.63	7.21	9.05	10.8	12.8
38.2	<u>12.6</u>	11.6	8.44	6.97	8.54	7.12	8.96	10.7	12.6	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-3 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, 鉛直方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> )								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	<u>14.0</u>	10.5	9.54	8.48	8.56	8.72	9.34	7.40	14.0
	76.25	<u>14.0</u>	10.6	9.35	8.44	8.50	8.71	9.31	7.23	14.0
	72.5	<u>14.2</u>	10.1	9.33	8.11	8.08	8.22	8.95	7.17	14.2
	65.0	<u>12.4</u>	8.83	7.88	7.22	6.98	6.99	8.00	5.59	12.4
	56.5	<u>11.8</u>	7.37	7.15	6.16	6.31	6.19	6.87	4.67	11.8
	48.0	<u>10.3</u>	6.31	6.24	5.30	5.68	5.49	5.94	3.72	10.3
	40.2	<u>9.34</u>	6.60	6.20	4.69	5.30	4.74	5.27	3.14	9.34
	38.2	<u>9.40</u>	6.83	6.40	4.71	5.48	4.80	5.68	3.13	9.40
筒身部	85.0	<u>11.6</u>	6.63	8.32	6.25	6.04	6.03	6.31	6.58	11.6
	80.0	<u>11.5</u>	6.62	8.26	6.21	6.01	5.98	6.27	6.51	11.5
	76.25	<u>11.4</u>	6.59	8.14	6.14	5.95	5.88	6.21	6.38	11.4
	72.5	<u>11.1</u>	6.52	7.83	5.96	5.79	5.63	6.02	6.02	11.1
	65.0	<u>10.5</u>	6.38	7.18	5.59	5.46	5.31	5.64	5.27	10.5
	56.5	<u>9.96</u>	6.21	6.56	5.14	5.09	5.10	5.20	4.39	9.96
	48.0	<u>9.49</u>	6.05	6.35	4.73	4.77	4.88	4.82	3.57	9.49
	39.0	<u>9.01</u>	5.89	6.11	4.45	4.52	4.64	4.50	3.01	9.01
38.2	<u>9.00</u>	5.89	6.10	4.45	4.52	4.64	4.50	3.01	9.00	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-4 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答変位 (mm)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	<u>194</u>	170	138	58.0	78.2	59.7	67.4	161	194
	76.25	<u>167</u>	147	119	50.2	67.9	51.8	57.8	140	167
	72.5	<u>133</u>	116	94.9	39.6	54.2	40.8	45.5	114	133
	65.0	<u>79.4</u>	68.7	56.0	23.7	32.6	24.3	27.3	69.9	79.4
	56.5	<u>38.4</u>	32.1	26.9	12.2	15.8	12.4	13.0	34.6	38.4
	48.0	<u>11.7</u>	8.95	8.67	5.00	4.89	5.11	3.98	10.9	11.7
	40.2	<u>1.62</u>	1.24	1.19	0.747	0.706	0.777	0.612	1.54	1.62
	38.2	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
筒身部	85.0	<u>261</u>	234	189	88.9	121	90.4	97.3	237	261
	80.0	<u>211</u>	186	153	69.2	98.6	70.9	79.6	196	211
	76.25	<u>175</u>	152	127	55.2	82.1	56.9	66.9	166	175
	72.5	<u>143</u>	122	104	43.0	67.2	45.8	55.3	138	143
	65.0	86.6	71.4	64.3	24.2	41.2	27.5	34.7	<u>86.8</u>	86.8
	56.5	36.5	29.8	29.1	11.5	18.1	11.4	15.5	<u>38.4</u>	38.4
	48.0	<u>12.1</u>	9.32	9.05	5.16	5.07	5.23	4.22	11.3	12.1
	39.0	<u>0.583</u>	0.415	0.428	0.265	0.249	0.274	0.220	0.555	0.583
38.2	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-5 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答変位 (mm)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
鉄塔部	80.0	180	<u>181</u>	130	100	100	106	103	149	181
	76.25	155	<u>157</u>	111	86.0	85.9	90.6	88.0	129	157
	72.5	123	<u>126</u>	88.4	67.8	67.6	71.3	69.6	104	126
	65.0	72.9	<u>76.4</u>	51.6	38.9	40.4	41.7	42.2	63.1	76.4
	56.5	34.0	<u>36.3</u>	23.3	19.2	19.3	20.6	20.9	30.2	36.3
	48.0	<u>9.89</u>	9.85	6.80	5.98	6.59	6.33	7.16	8.29	9.89
	40.2	1.51	<u>1.67</u>	1.06	0.947	1.12	1.01	1.16	1.43	1.67
	38.2	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
筒身部	85.0	247	<u>271</u>	170	156	186	172	200	224	271
	80.0	197	<u>220</u>	138	125	149	139	160	183	220
	76.25	161	<u>182</u>	114	103	123	115	131	153	182
	72.5	130	<u>148</u>	93.0	83.9	98.4	93.4	105	125	148
	65.0	75.1	<u>89.0</u>	56.7	50.8	57.2	56.7	60.8	76.6	89.0
	56.5	31.0	<u>36.4</u>	24.2	21.6	23.2	24.2	25.6	31.9	36.4
	48.0	9.34	<u>10.5</u>	7.08	5.89	6.96	6.27	7.87	8.76	10.5
	39.0	0.540	<u>0.591</u>	0.380	0.314	0.378	0.335	0.400	0.513	0.591
38.2	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-6 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答変位 (mm)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
鉄塔部	80.0	17.1	<u>25.5</u>	12.5	13.0	14.0	13.6	13.3	13.7	25.5
	76.25	17.6	<u>26.1</u>	12.8	13.3	14.4	13.9	13.6	14.0	26.1
	72.5	19.3	<u>24.8</u>	14.0	12.6	13.6	13.2	12.9	15.4	24.8
	65.0	13.6	<u>20.3</u>	9.82	10.3	11.1	11.0	10.5	11.2	20.3
	56.5	11.2	<u>13.8</u>	7.94	7.27	7.85	7.74	7.27	9.48	13.8
	48.0	5.58	<u>8.02</u>	3.88	4.47	4.92	4.80	4.35	5.06	8.02
	40.2	2.78	<u>3.69</u>	1.95	2.48	2.98	2.65	2.51	2.64	3.69
	38.2	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
筒身部	85.0	<u>0.929</u>	0.551	0.651	0.499	0.485	0.467	0.504	0.496	0.929
	80.0	<u>0.913</u>	0.541	0.640	0.490	0.476	0.459	0.495	0.487	0.913
	76.25	<u>0.884</u>	0.525	0.619	0.474	0.461	0.444	0.479	0.471	0.884
	72.5	<u>0.804</u>	0.478	0.562	0.431	0.419	0.402	0.435	0.426	0.804
	65.0	<u>0.636</u>	0.381	0.442	0.341	0.332	0.317	0.344	0.333	0.636
	56.5	<u>0.427</u>	0.258	0.295	0.228	0.223	0.214	0.231	0.219	0.427
	48.0	<u>0.224</u>	0.137	0.153	0.119	0.117	0.113	0.120	0.111	0.224
	39.0	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38.2	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-7 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_{s, R2}$  通り  $-R_C$  通り間支柱材)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答軸力 (kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
鉄塔部	80.0									
	76.25	<u>23.8</u>	19.1	20.3	17.7	16.4	18.7	16.2	18.1	23.8
	72.5	<u>672</u>	670	498	297	334	328	315	484	672
	68.8	695	<u>696</u>	519	318	351	348	333	503	696
	65.0	<u>1780</u>	1760	1300	748	857	831	808	1280	1780
	60.8	<u>1820</u>	<u>1820</u>	1350	796	896	878	847	1330	1820
	56.5	<u>3280</u>	3240	2390	1400	1550	1510	1470	2470	3280
	52.3	<u>3360</u>	3340	2460	1470	1620	1590	1540	2550	3360
	48.0	4480	<u>4530</u>	3280	1990	2110	2160	2000	3530	4530
	40.2	4610	<u>4700</u>	3400	2100	2220	2280	2110	3670	4700
38.2	<u>6090</u>	5790	4520	2760	2850	2980	2680	5120	6090	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-8 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_{s, R1}$  通り  $-R_C$  通り間支柱材)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答軸力 (kN)								
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	最大値
鉄塔部	80.0									
	76.25	<u>24.4</u>	20.9	20.3	17.6	17.6	19.3	17.8	18.1	24.4
	72.5	612	<u>947</u>	433	528	552	552	526	412	947
	68.8	632	<u>972</u>	438	551	571	575	546	417	972
	65.0	1670	<u>2540</u>	1220	1370	1460	1440	1380	1190	2540
	60.8	1670	<u>2580</u>	1200	1420	1500	1490	1420	1150	2580
	56.5	3100	<u>4710</u>	2260	2490	2670	2610	2520	2290	4710
	52.3	3110	<u>4800</u>	2210	2570	2740	2700	2590	2230	4800
	48.0	4250	<u>6490</u>	3080	3340	3620	3510	3410	3280	6490
	40.2	4350	<u>6650</u>	3010	3480	3740	3650	3530	3190	6650
38.2	5920	<u>8380</u>	4110	4180	4550	4360	4240	4320	8380	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-9 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_{s, R1}$  通り  $-R_D$  通り間主柱材)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答軸力 (kN)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0									
	76.25	<u>24.4</u>	19.9	19.9	16.3	17.9	16.3	18.3	18.1	24.4
	72.5	638	<u>652</u>	466	315	283	329	315	463	652
	68.8	661	<u>671</u>	484	333	305	346	331	482	671
	65.0	1690	<u>1740</u>	1230	802	775	842	793	1230	1740
	60.8	1730	<u>1780</u>	1270	843	746	882	829	1280	1780
	56.5	3100	<u>3200</u>	2260	1450	1390	1510	1380	2350	3200
	52.3	3160	<u>3270</u>	2340	1520	1340	1580	1440	2420	3270
	48.0	4280	<u>4390</u>	3150	1970	1870	2040	1770	3380	4390
	40.2	4410	<u>4510</u>	3280	2080	1790	2140	1830	3510	4510
38.2	<u>5920</u>	5300	4110	2530	2480	2620	2200	4410	5920	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-10 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_{s, R2}$  通り  $-R_D$  通り間主柱材)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答軸力 (kN)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0									
	76.25	<u>22.6</u>	18.9	19.3	16.5	17.3	16.3	17.0	16.9	22.6
	72.5	672	<u>956</u>	498	467	491	487	508	484	956
	68.8	695	<u>982</u>	519	482	505	502	526	503	982
	65.0	1780	<u>2560</u>	1300	1260	1380	1330	1340	1280	2560
	60.8	1820	<u>2610</u>	1350	1280	1350	1340	1370	1330	2610
	56.5	3280	<u>4760</u>	2390	2330	2510	2450	2460	2470	4760
	52.3	3360	<u>4850</u>	2460	2390	2520	2510	2510	2550	4850
	48.0	4480	<u>6600</u>	3280	3290	3460	3470	3430	3530	6600
	40.2	4610	<u>6760</u>	3400	3390	3560	3580	3530	3670	6760
38.2	6090	<u>8720</u>	4520	4380	4720	4620	4550	5120	8720	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-11 最大応答軸力一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>, 筒身部）

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答軸力 (kN)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
筒身部	85.0									
	80.0	<u>55.7</u>	43.5	46.4	38.4	39.2	40.1	41.0	43.2	55.7
	76.25	<u>130</u>	102	109	90.0	91.8	93.9	96.0	101	130
	72.5	<u>366</u>	287	305	253	258	263	269	284	366
	65.0	<u>437</u>	343	364	302	309	315	321	338	437
	56.5	<u>565</u>	446	471	392	401	406	415	435	565
	48.0	<u>668</u>	530	556	465	477	484	489	511	668
	40.2	<u>874</u>	702	732	615	632	643	639	661	874
	38.2	<u>1110</u>	904	945	802	814	835	822	822	1110

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-12 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>, R2 通り -RC 通り間支柱材）

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (kN・m)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	76.25	19.0	<u>24.4</u>	13.8	12.6	13.5	13.3	13.6	13.9	24.4
	72.5	<u>42.2</u>	41.6	31.4	18.4	20.7	20.3	19.6	30.5	42.2
	68.8	79.2	<u>89.3</u>	58.3	43.9	49.4	46.2	50.2	58.9	89.3
	65.0	106	<u>107</u>	79.2	46.3	52.7	51.4	49.7	73.9	107
	60.8	62.4	<u>67.6</u>	46.4	33.9	35.8	36.1	38.1	41.9	67.6
	56.5	<u>285</u>	277	211	125	136	138	133	211	285
	52.3	455	<u>509</u>	336	233	269	247	265	358	509
	48.0	442	<u>458</u>	329	199	213	223	218	331	458
	40.2	224	<u>233</u>	165	115	116	129	116	166	233
38.2	<u>2270</u>	2160	1660	1050	1100	1120	1040	2040	2270	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-13 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_{s, R1}$  通り  $-R_C$  通り間支柱材）

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (kN・m)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	76.25	18.6	<u>21.5</u>	13.5	10.5	10.8	11.0	11.2	13.5	21.5
	72.5	38.4	<u>58.6</u>	27.0	32.6	34.4	34.2	32.7	25.9	58.6
	68.8	72.9	<u>95.2</u>	52.2	51.4	54.1	53.8	53.4	51.5	95.2
	65.0	97.2	<u>149</u>	70.7	82.8	87.2	86.8	82.7	65.5	149
	60.8	62.3	<u>86.1</u>	46.4	50.1	51.8	52.7	49.9	41.9	86.1
	56.5	263	<u>398</u>	190	215	228	225	215	187	398
	52.3	428	<u>536</u>	303	275	295	288	287	318	536
	48.0	423	<u>645</u>	301	352	379	372	365	298	645
	40.2	218	<u>313</u>	159	177	189	187	186	153	313
38.2	2290	<u>2930</u>	1640	1590	1800	1670	1630	1890	2930	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-14 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_{s, R1}$  通り  $-R_D$  通り間支柱材）

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (kN・m)								最大値
		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
鉄塔部	80.0	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	76.25	18.6	<u>23.9</u>	13.5	12.1	13.2	12.8	13.2	13.5	23.9
	72.5	39.8	<u>40.4</u>	29.2	19.8	17.7	20.7	19.3	29.0	40.4
	68.8	72.9	<u>87.8</u>	52.2	40.6	42.5	44.1	48.1	53.2	87.8
	65.0	<u>103</u>	<u>103</u>	75.7	50.2	45.6	53.3	50.4	73.5	103
	60.8	<u>67.2</u>	66.9	50.1	35.4	32.0	38.3	39.1	46.6	67.2
	56.5	264	<u>271</u>	196	133	116	140	125	197	271
	52.3	428	<u>487</u>	303	218	240	237	254	318	487
	48.0	450	<u>464</u>	334	221	188	231	211	331	464
	40.2	224	<u>235</u>	172	130	121	139	126	153	235
38.2	<u>2290</u>	1970	1640	978	1080	1070	1140	1890	2290	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-15 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ ,  $R_2$  通り  $-R_D$  通り間主柱材)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (kN・m)								最大値
		$S_s-1$	$S_s-2$	$S_s-3$	$S_s-4$	$S_s-5$	$S_s-6$	$S_s-7$	$S_s-8$	
鉄塔部	80.0	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	76.25	19.0	<u>22.0</u>	13.8	10.4	10.9	11.0	11.3	13.9	22.0
	72.5	42.2	<u>59.4</u>	31.4	29.1	30.7	30.4	31.3	30.5	59.4
	68.8	79.2	<u>99.5</u>	58.3	46.9	51.1	49.5	54.7	58.9	99.5
	65.0	106	<u>150</u>	79.2	73.6	79.9	77.3	80.7	73.9	150
	60.8	67.2	<u>85.7</u>	50.1	45.2	47.8	47.6	50.4	46.6	85.7
	56.5	285	<u>400</u>	211	196	207	205	209	211	400
	52.3	455	<u>555</u>	336	254	283	268	285	358	555
	48.0	449	<u>636</u>	333	323	346	342	346	331	636
	40.2	224	<u>296</u>	170	153	166	166	171	166	296
38.2	2270	<u>3120</u>	1660	1740	1920	1820	1770	2040	3120	

注：下線部分は最大値を示す。

表 3-16 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , 筒身部)

部位	T. M. S. L. (m)	最大応答曲げモーメント (kN・m)								最大値
		$S_s-1$	$S_s-2$	$S_s-3$	$S_s-4$	$S_s-5$	$S_s-6$	$S_s-7$	$S_s-8$	
筒身部	85.0	0.00	<u>0.00</u>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	80.0	939	<u>1150</u>	631	605	664	623	787	707	1150
	76.25	2290	<u>2860</u>	1600	1450	1590	1490	1890	1740	2860
	72.5	2000	<u>2580</u>	1540	1380	1590	1470	1880	1410	2580
	65.0	2600	<u>3040</u>	1920	1710	1900	1820	2220	1810	3040
	56.5	3030	<u>4200</u>	2350	2260	2730	2430	2870	2550	4200
	48.0	5020	<u>6460</u>	3220	3120	3850	3460	3890	4580	6460
	39.0	<u>1890</u>	<u>1890</u>	1370	1060	1080	1090	1120	1540	1890
	38.2	2040	<u>2180</u>	1510	1280	1190	1330	1320	1770	2180

注：下線部分は最大値を示す。

4. 建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

主排気筒の建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定結果を表4-1に示す。地震動の選定にあたり、基本ケースにおける建屋応答の確認は、以下の資料に基づき実施した。

- ・ V-2-7-2-1 「主排気筒の耐震性についての計算書」

表 4-1 建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

建屋名	建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 $S_s$
主排気筒	$S_s-1, S_s-2, S_s-8$

別紙3-2 原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

## 目 次

1. 概要 .....	別紙 3-2-1
2. 地震応答解析結果 .....	別紙 3-2-1

## 1. 概要

本資料は、主排気筒を対象とし、「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち、別紙3「地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討」に基づく原子炉建屋の応答を入力地震動として、原子炉建屋の材料物性の不確かさ（以下「建屋応答の不確かさ」という。）を考慮した地震応答解析結果について示すものである。

建屋応答の不確かさを考慮した検討に用いる地震動は、主排気筒の応答への影響が大きいSs-1、Ss-2及びSs-8である（別紙3-1「原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。

入力地震動、固有値解析結果及びSs-1による地震応答解析の結果は、別紙3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」に示している。

本資料では、Ss-2及びSs-8による地震応答解析結果について示す。

## 2. 地震応答解析結果

入力地震動の組合せを表2-1に、入力地震動の時刻歴波形を図2-1～図2-12に示す。なお、図中の○印は、最大値発生時を示す。Ss-2は、3方向（5成分）（水平2方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とし、Ss-8は、2方向（3成分）（水平1方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。なお、Ss-2のケース2以外の全ケース、Ss-8のケース3及びケース6において誘発上下動を考慮している。

建屋応答の不確かさを考慮したSs-2及びSs-8に対する地震応答解析結果を図2-13～図2-20に示す。なお、図2-17及び図2-20では、以下の支柱材の最大応力を包絡したものを「鉄塔部 支柱材包絡」として示す。

- ・原子炉建屋の<sub>R1</sub>通りと<sub>RC</sub>通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の<sub>R1</sub>通りと<sub>RD</sub>通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の<sub>R2</sub>通りと<sub>RC</sub>通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の<sub>R2</sub>通りと<sub>RD</sub>通りの交点に位置する支柱材

また、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値を表2-2に示す。

Ss-1の結果と同様にSs-2及びSs-8の結果は、ケース1（基本ケース）に対し、いずれの方向についても、各検討ケースの最大応答加速度、最大応答変位、最大応答軸力、最大応答曲げモーメントはおおむね同等であることを確認した。また、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値は許容値以下である。

表2-1 入力地震動の組合せ

(a) Ss-2

建屋応答の不確かさ 検討ケース	入力地震動の組合せ (Ss-2, 3 方向 (5 成分) 同時入力)					備考*2
	水平方向*1				鉛直 方向*1	
	NS 方向		EW 方向			
	並進	回転	並進	回転	並進	
ケース 1 (基本ケース)	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	○	○	○	○	○	—
ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 4 (建屋剛性コア平均)	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 5 (建屋剛性- $2\sigma$ )	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
ケース 6 (回転ばね低減)	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮

注記\*1: 組み合わせる成分を「○」で、組み合わせない成分を「—」で示す。

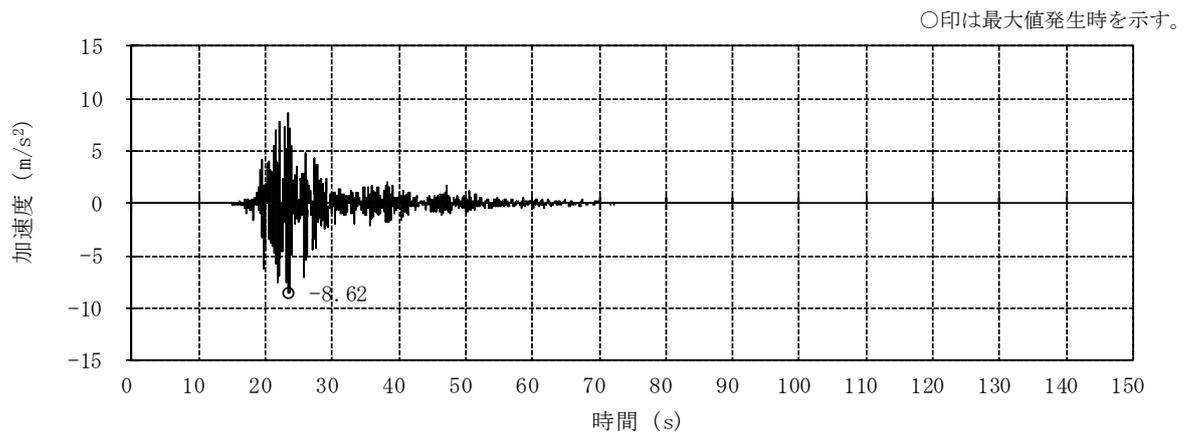
\*2: 誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。

(b) Ss-8

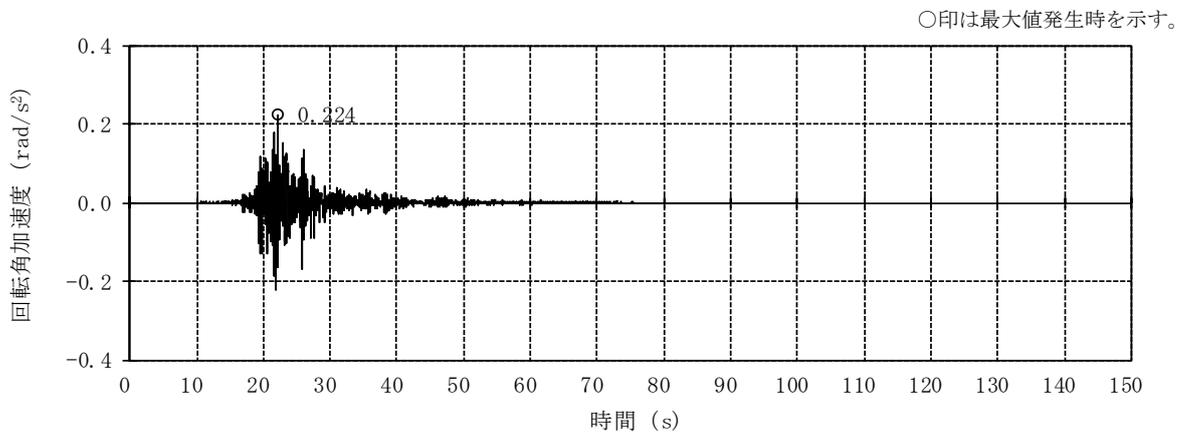
建屋応答の不確かさ 検討ケース	入力地震動の組合せ (Ss-8, 2 方向 (3 成分) 同時入力)					備考*2
	水平方向*1				鉛直 方向*1	
	NS 方向		EW 方向			
	並進	回転	並進	回転	並進	
ケース 1 (基本ケース)	○	○	—	—	○	—
ケース 2 (建屋剛性+ $\sigma$ , 地盤剛性+ $\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 3 (建屋剛性- $\sigma$ , 地盤剛性- $\sigma$ )	○	○	—	—	○	誘発上下動考慮
ケース 4 (建屋剛性コア平均)	○	○	—	—	○	—
ケース 5 (建屋剛性- $2\sigma$ )	○	○	—	—	○	—
ケース 6 (回転ばね低減)	○	○	—	—	○	誘発上下動考慮

注記\*1: 組み合わせる成分を「○」で、組み合わせない成分を「—」で示す。

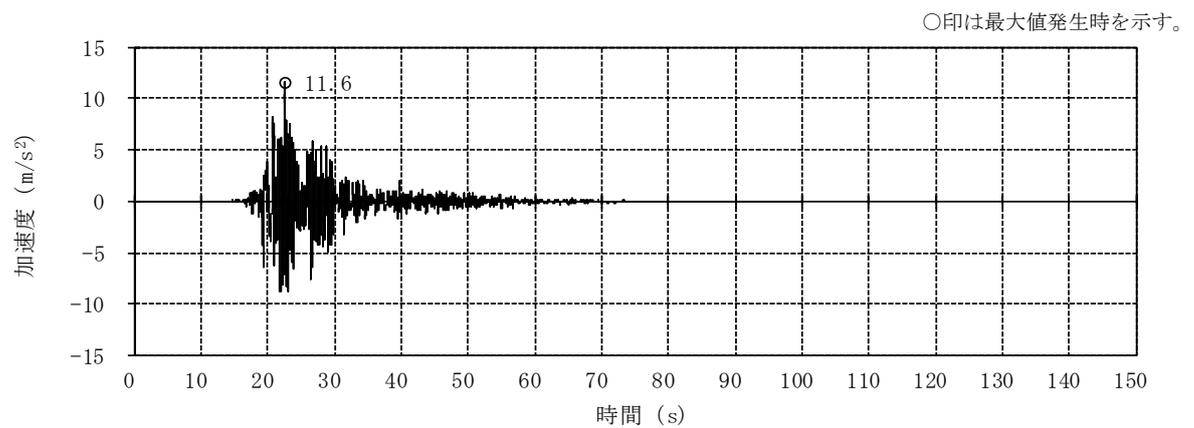
\*2: 誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。



(a) NS方向 並進成分

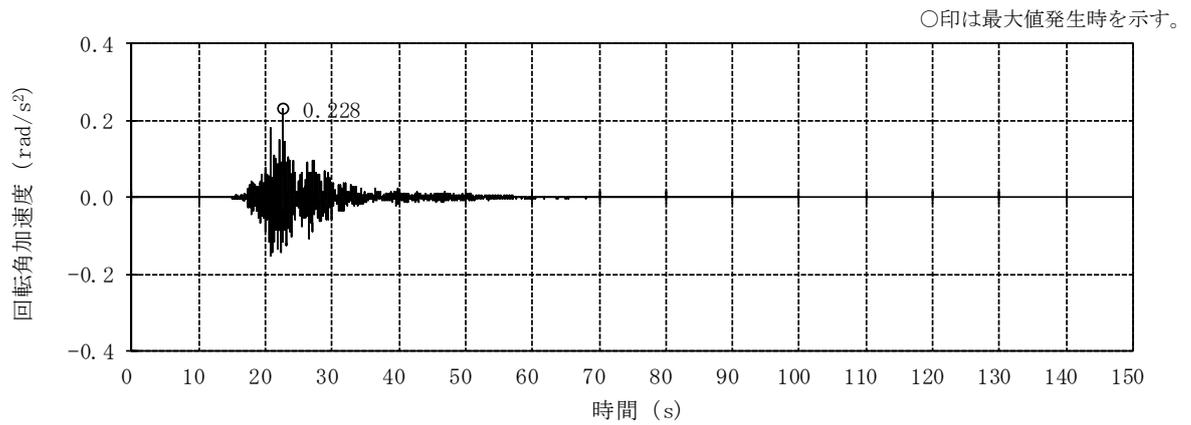


(b) NS方向 回転成分

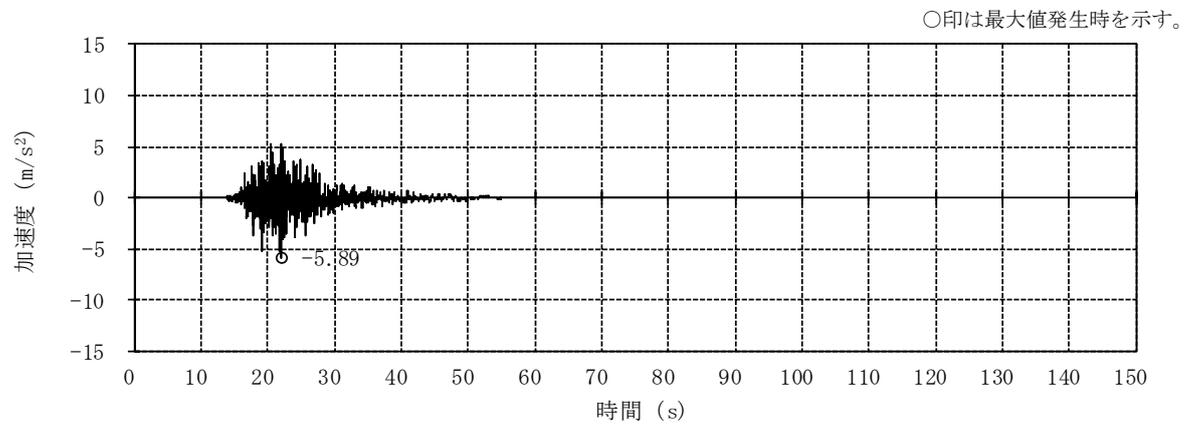


(c) EW方向 並進成分

図2-1 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1, Ss-2) (1/2)

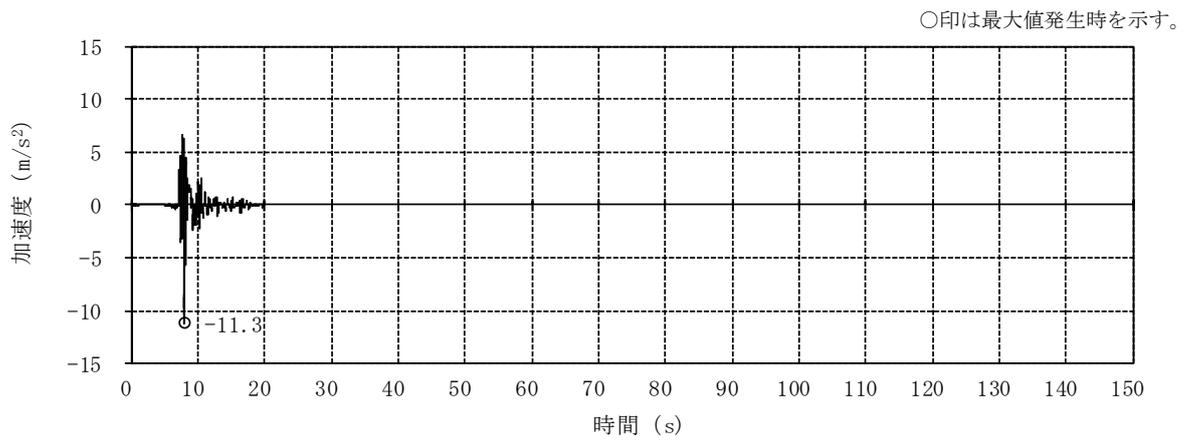


(d) EW方向 回転成分

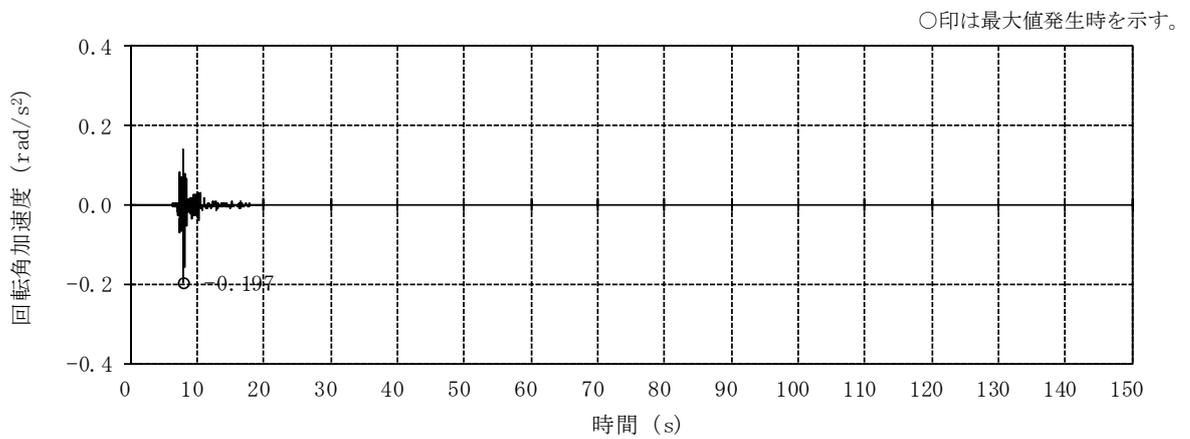


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

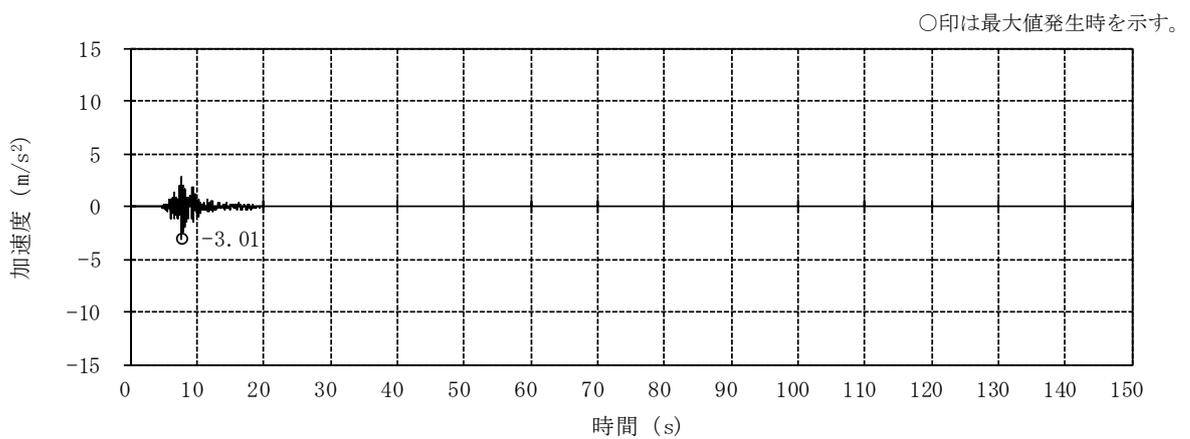
図2-1 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1, Ss-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

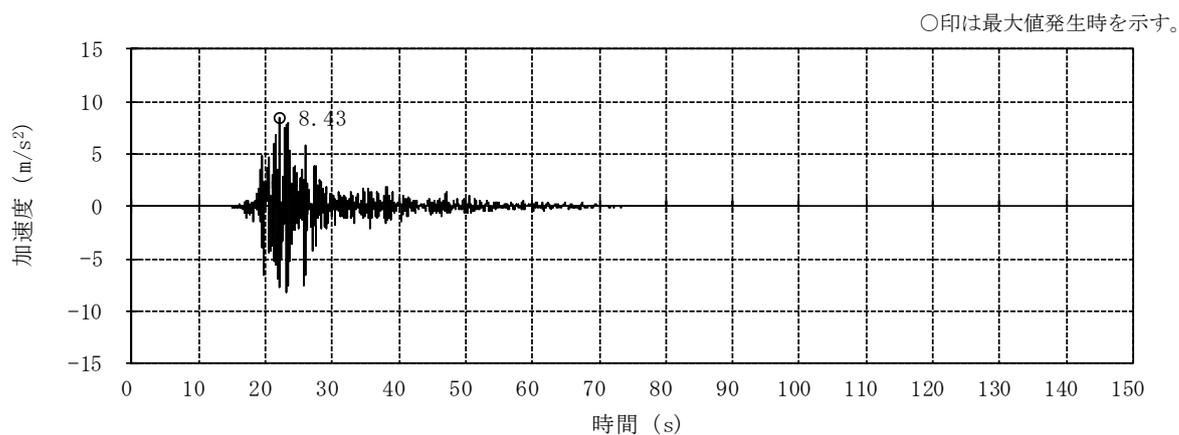


(b) NS方向 回転成分

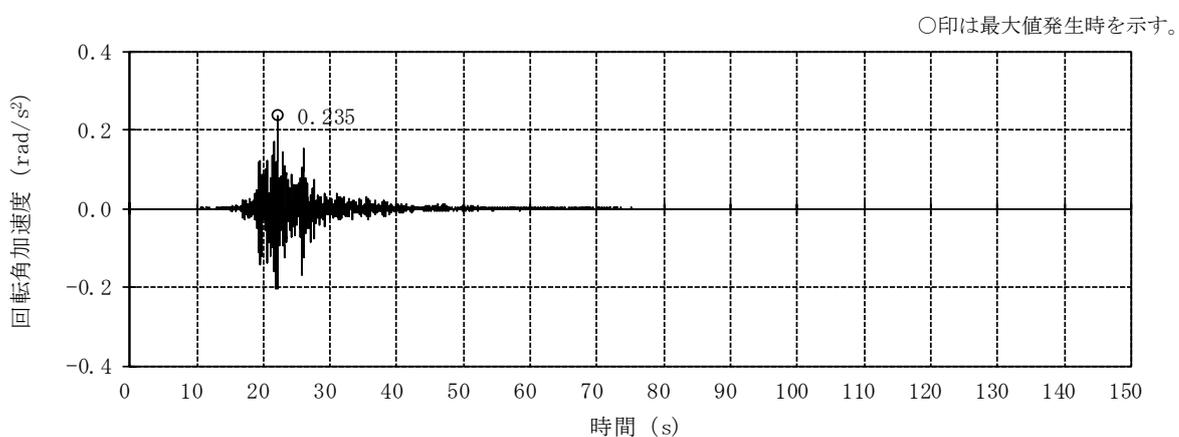


(c) 鉛直方向

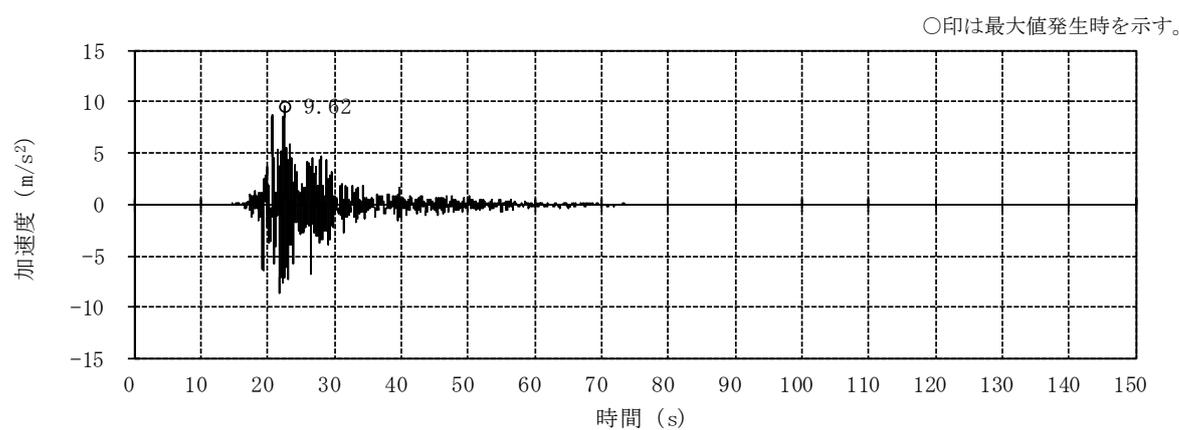
図2-2 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース1,  $S_s-8$ )



(a) NS方向 並進成分

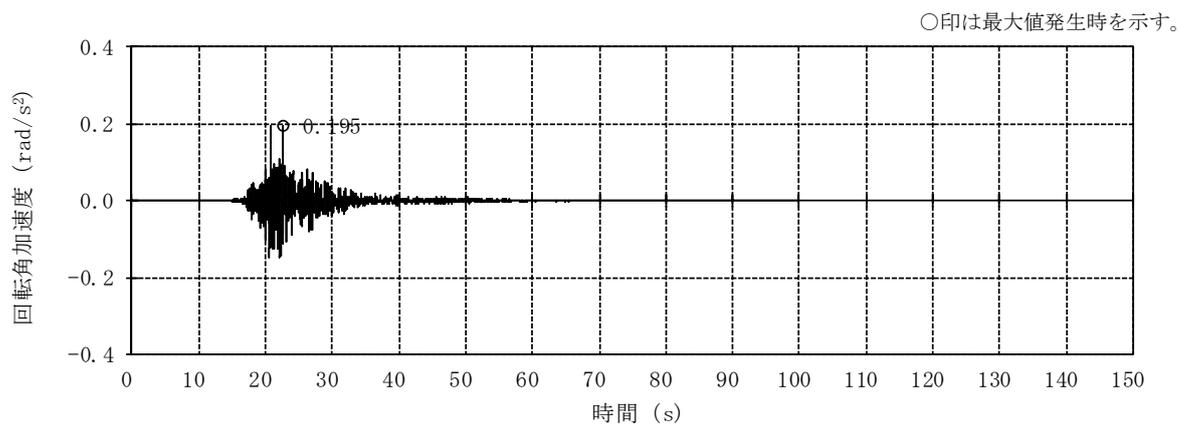


(b) NS方向 回転成分

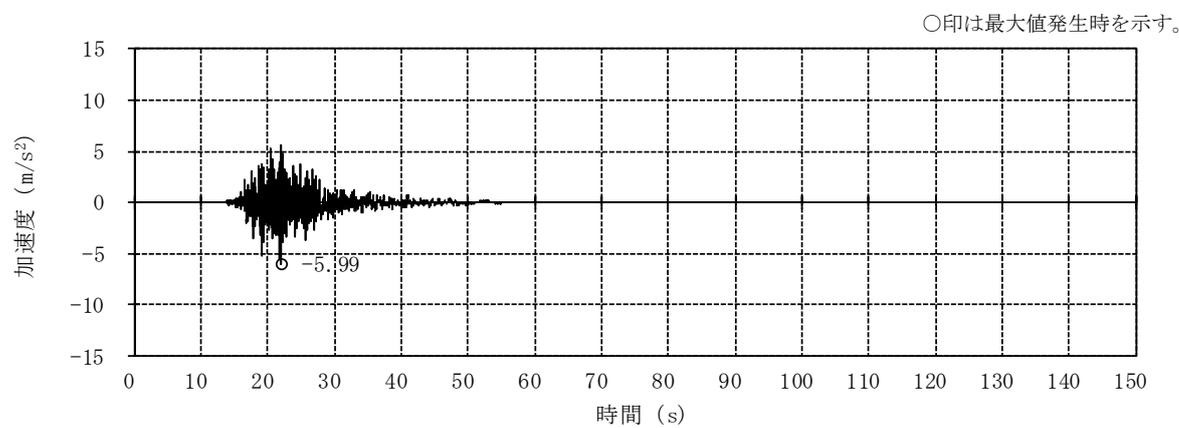


(c) EW方向 並進成分

図2-3 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-2) (1/2)

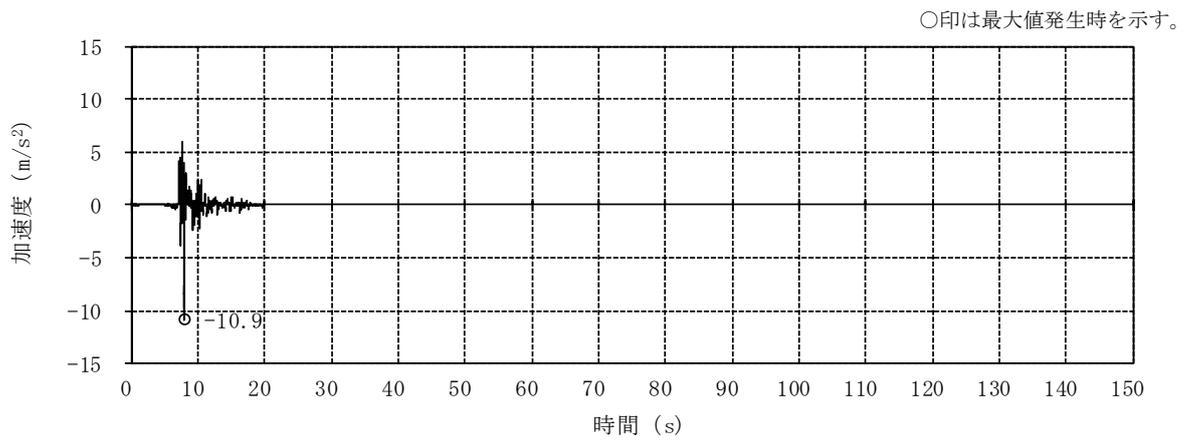


(d) EW方向 回転成分

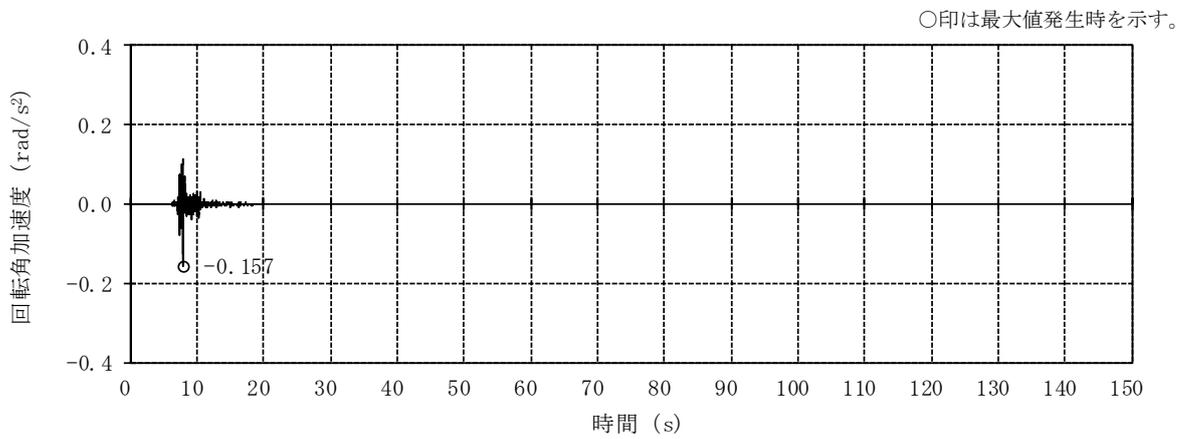


(e) 鉛直方向

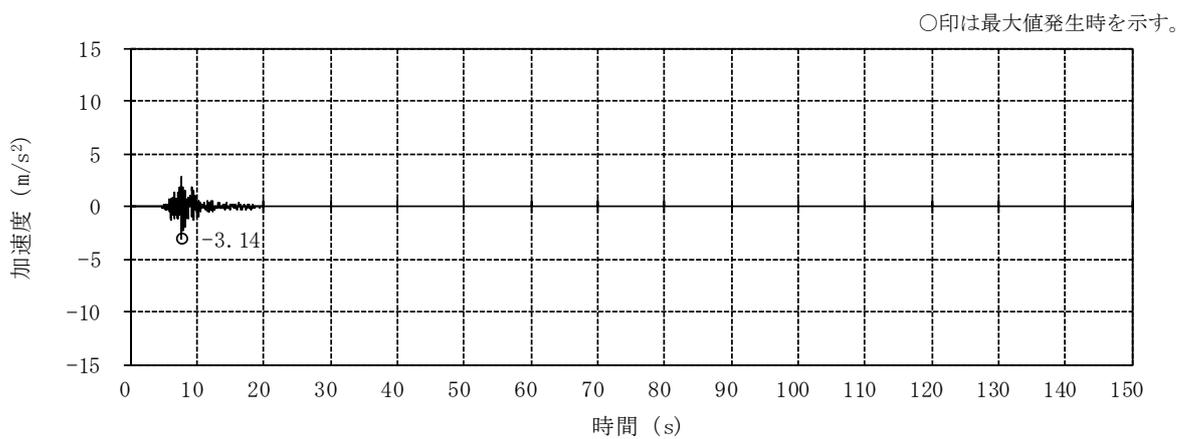
図2-3 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

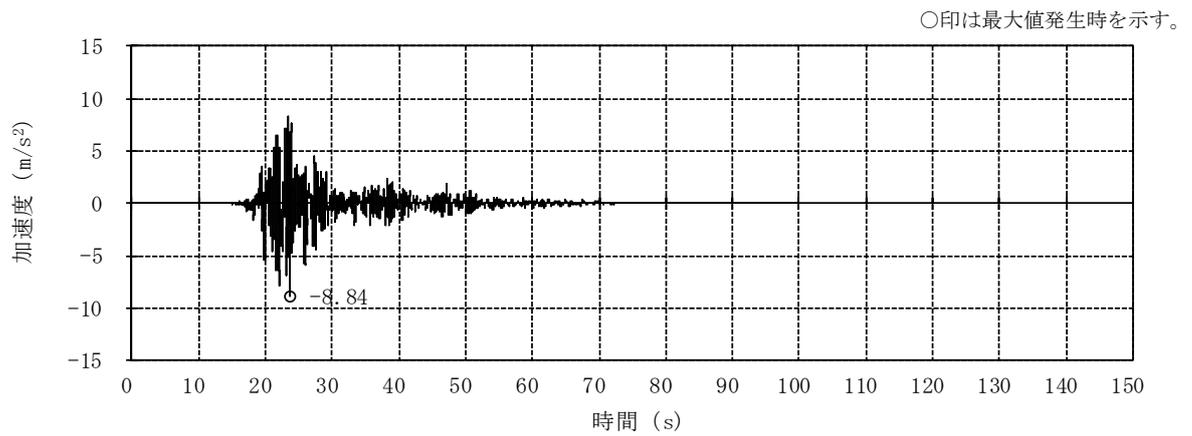


(b) NS方向 回転成分

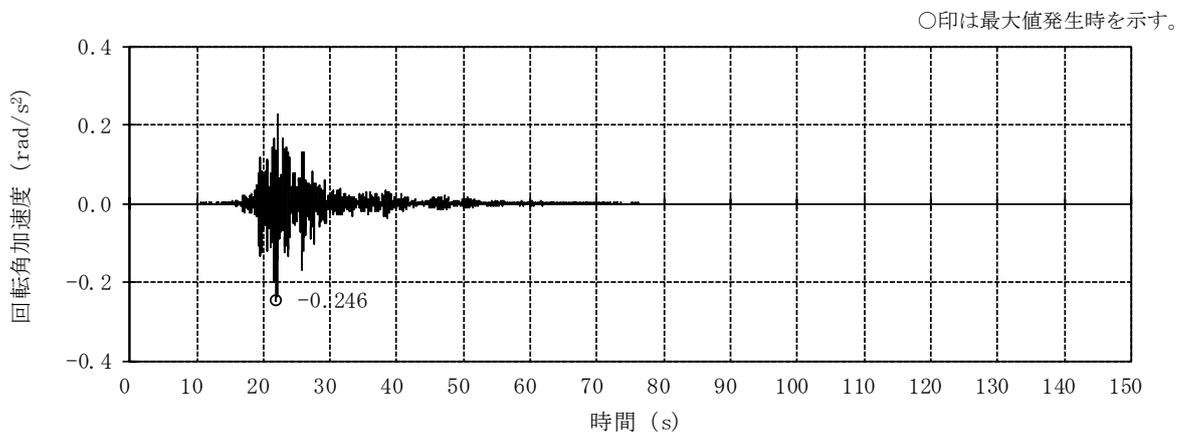


(c) 鉛直方向

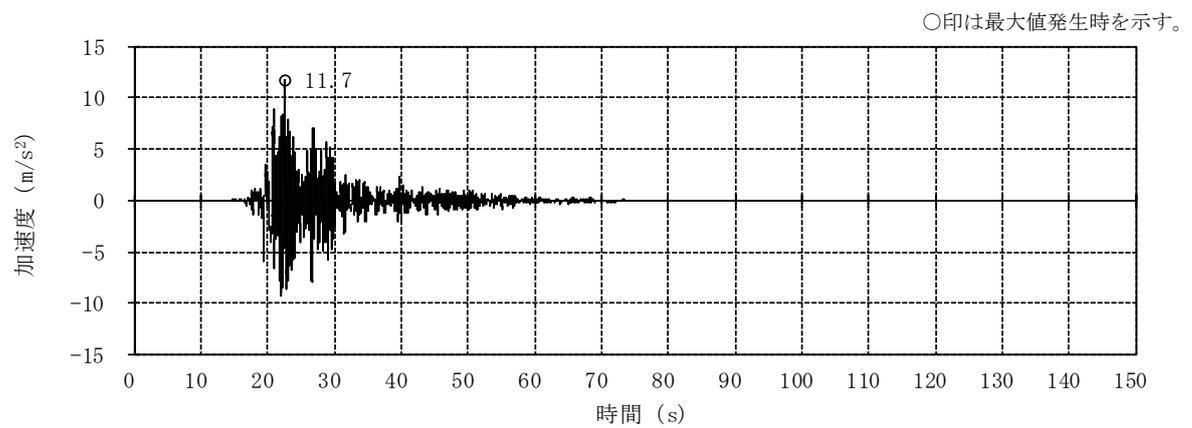
図2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース2, Ss-8)



(a) NS方向 並進成分

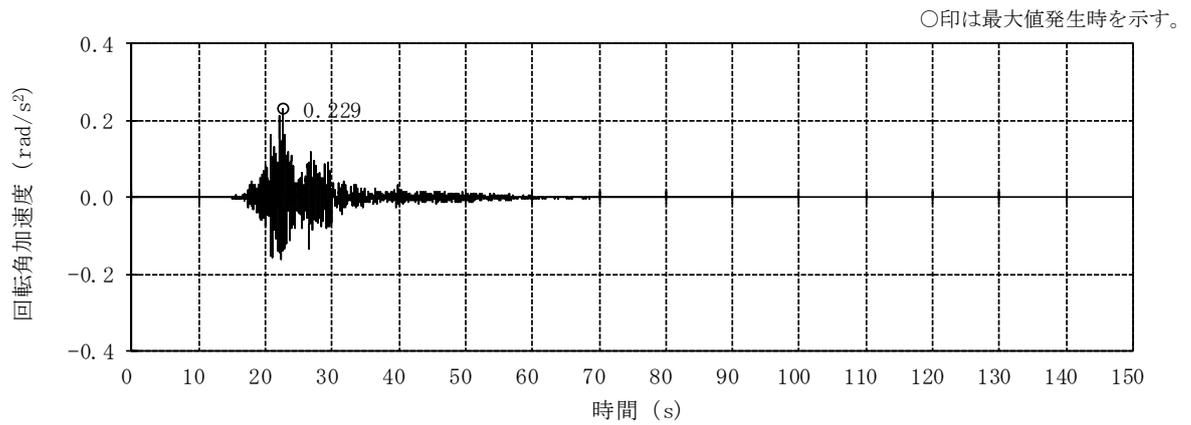


(b) NS方向 回転成分

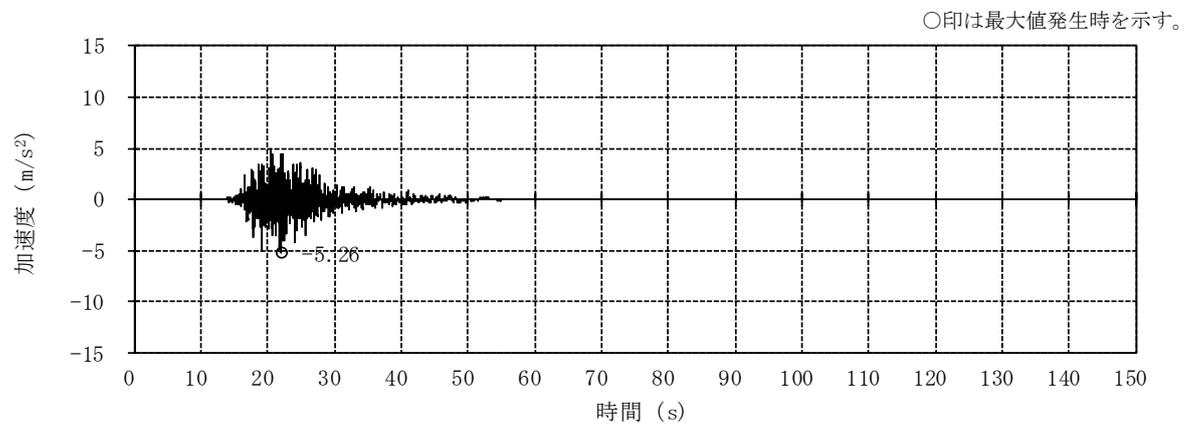


(c) EW方向 並進成分

図2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, Ss-2) (1/2)

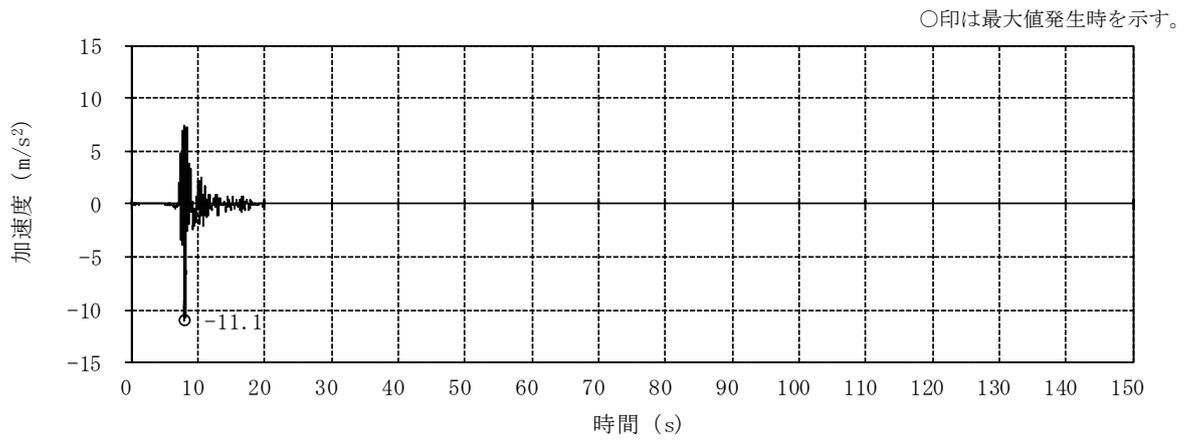


(d) EW方向 回転成分

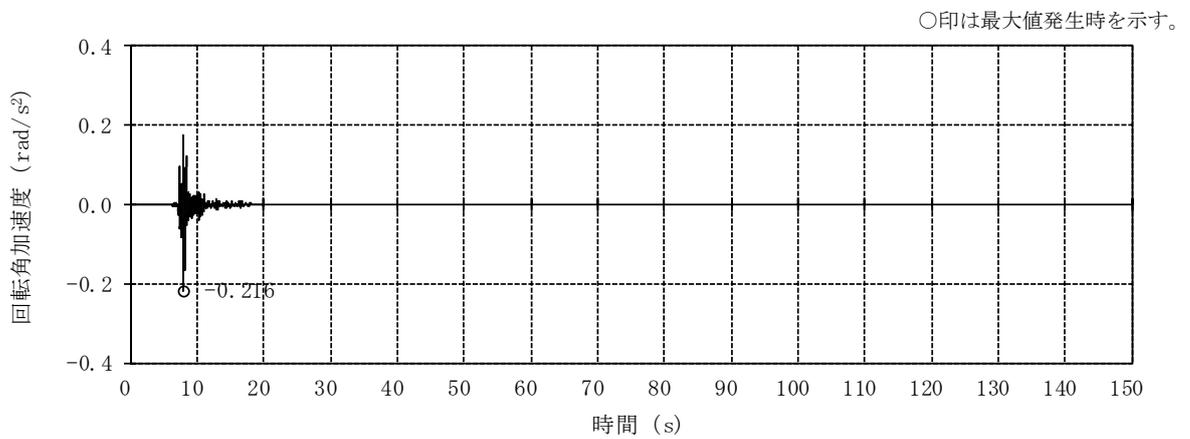


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

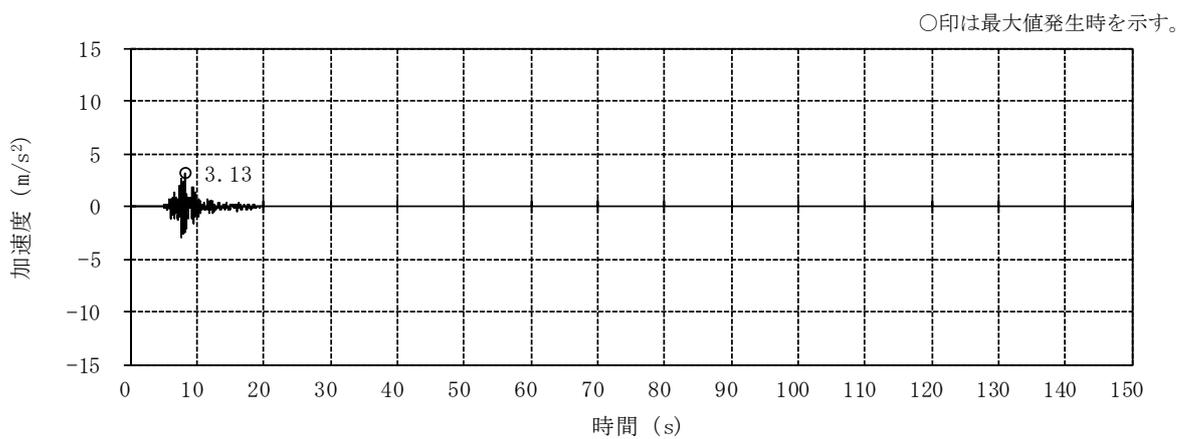
図2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

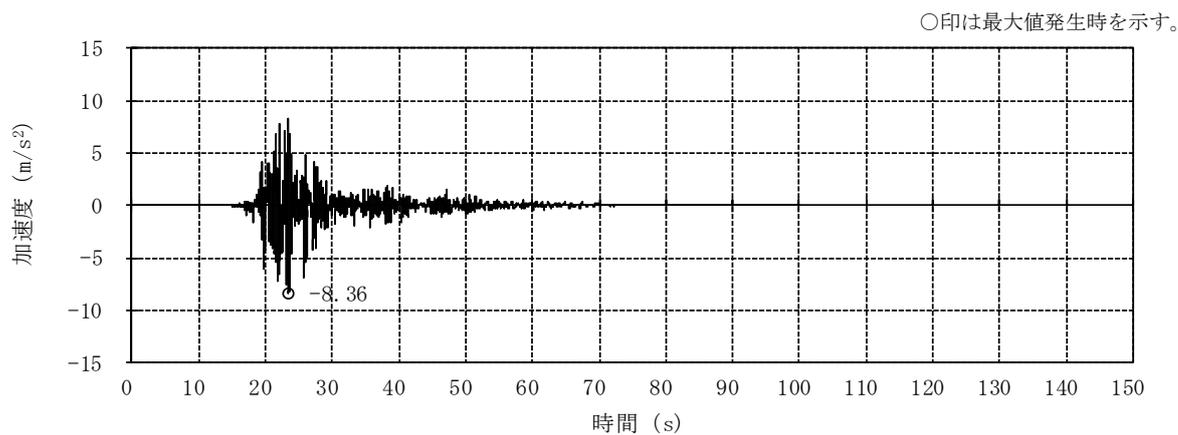


(b) NS方向 回転成分

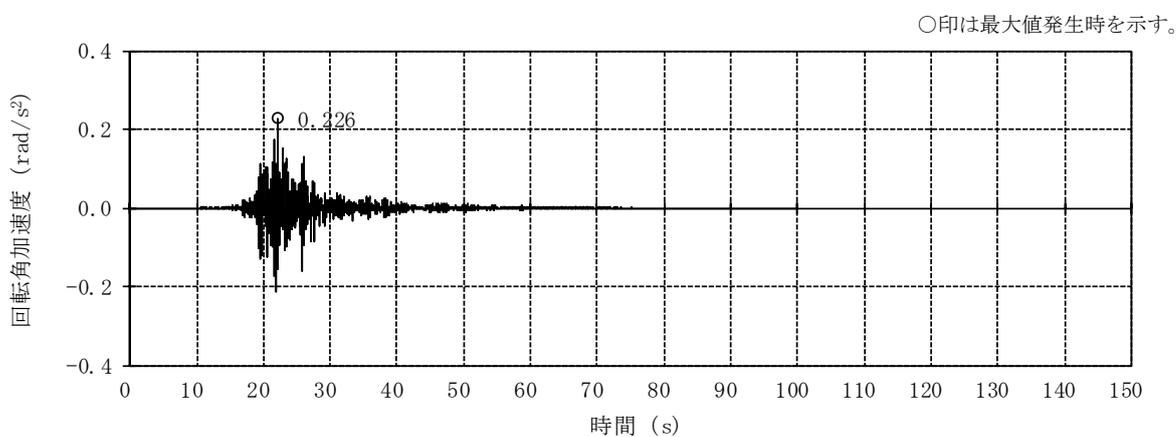


(c) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

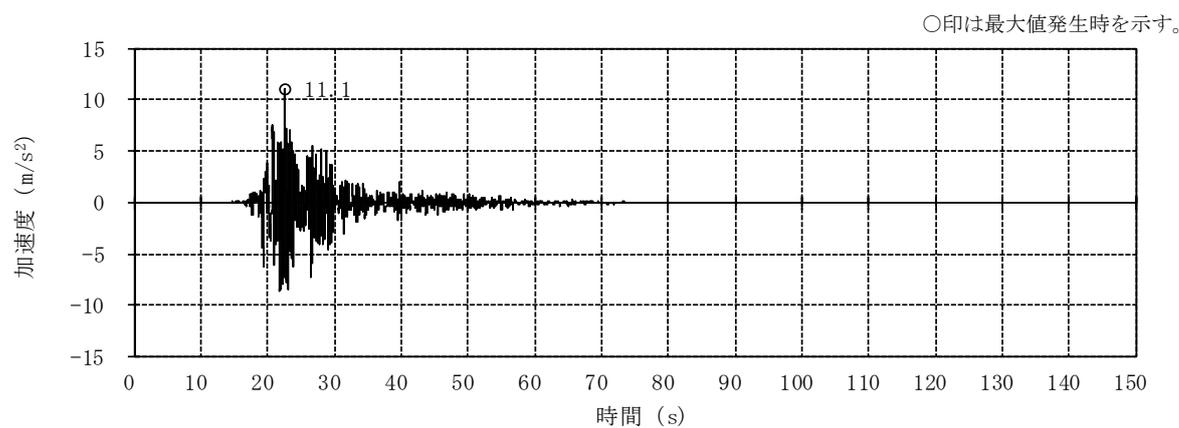
図2-6 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース3,  $S_s-8$ )



(a) NS方向 並進成分

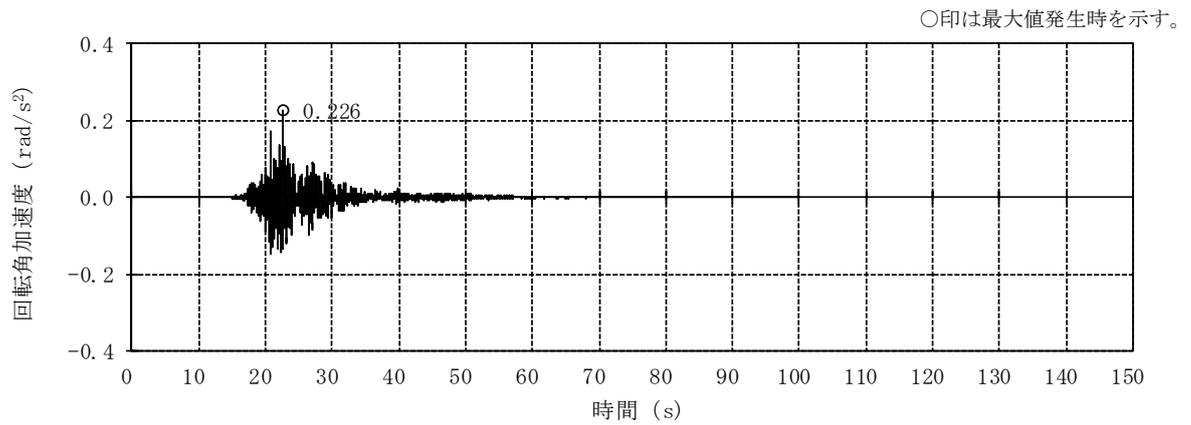


(b) NS方向 回転成分

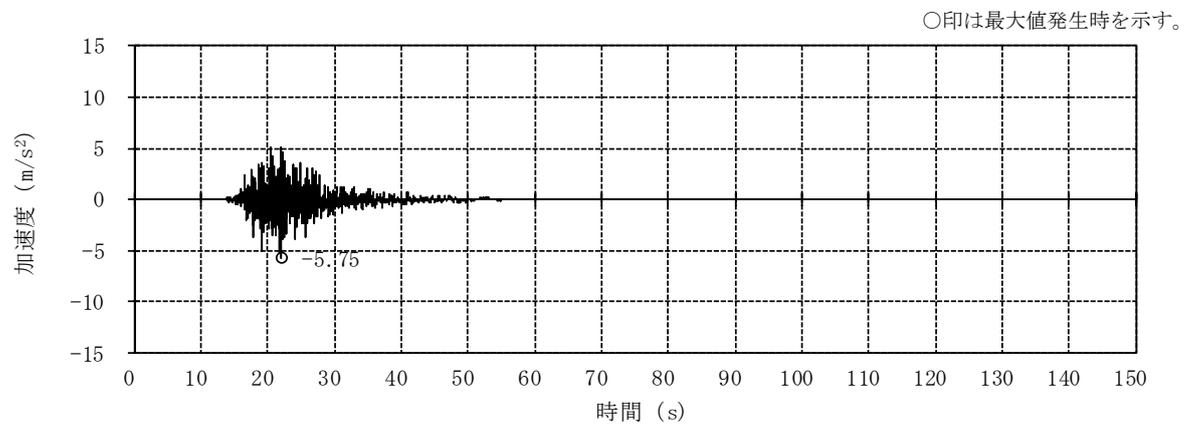


(c) EW方向 並進成分

図2-7 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4, Ss-2) (1/2)

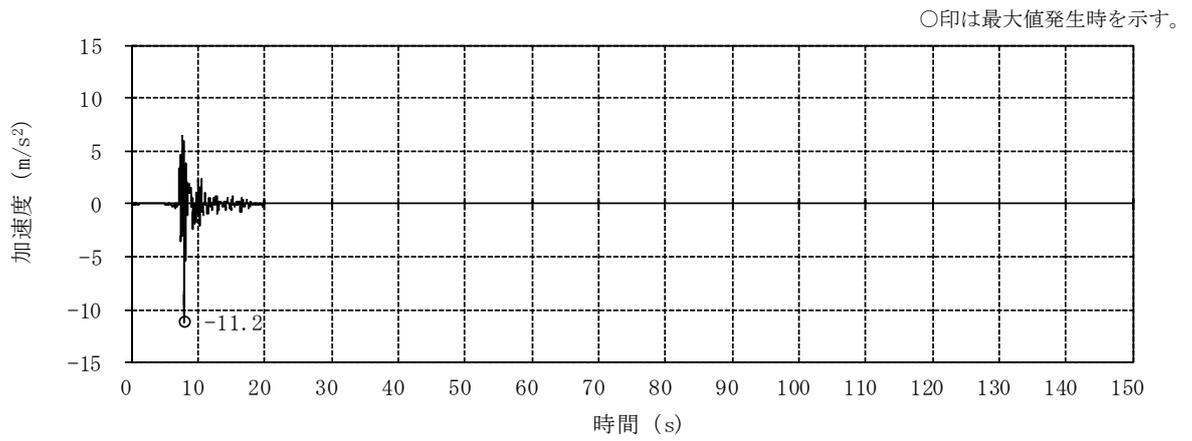


(d) EW方向 回転成分

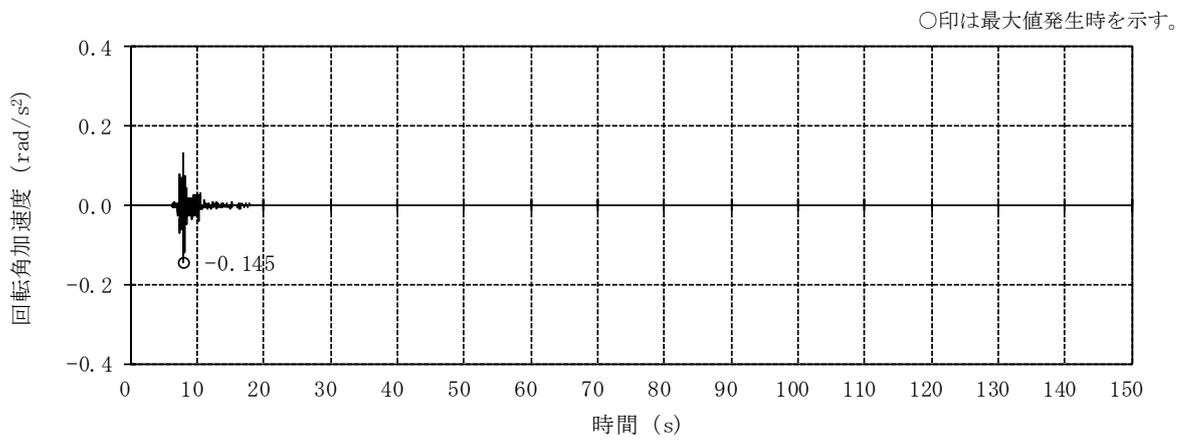


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

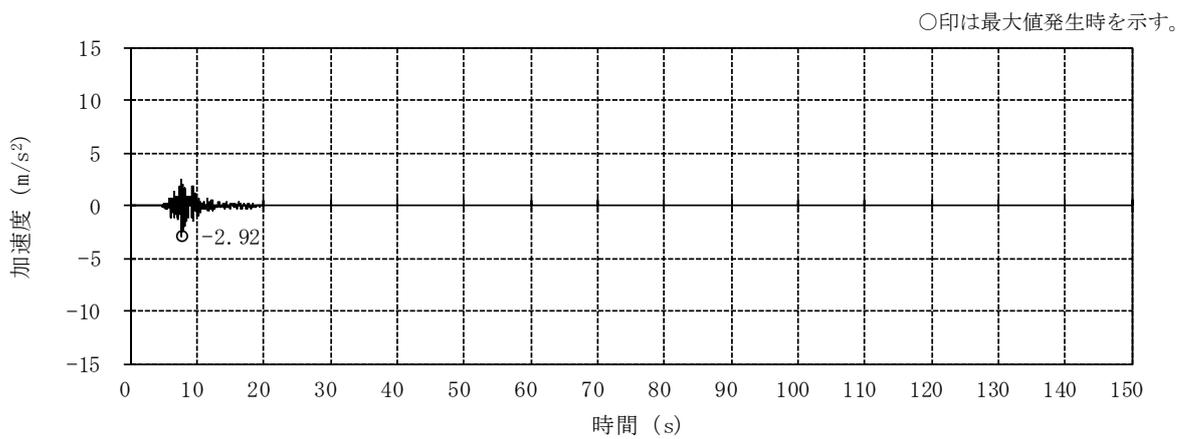
図2-7 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

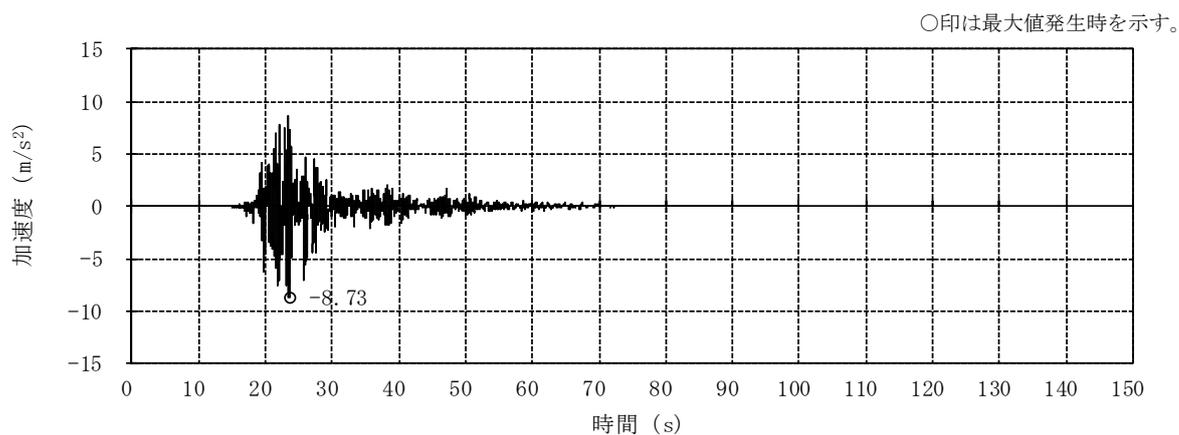


(b) NS方向 回転成分

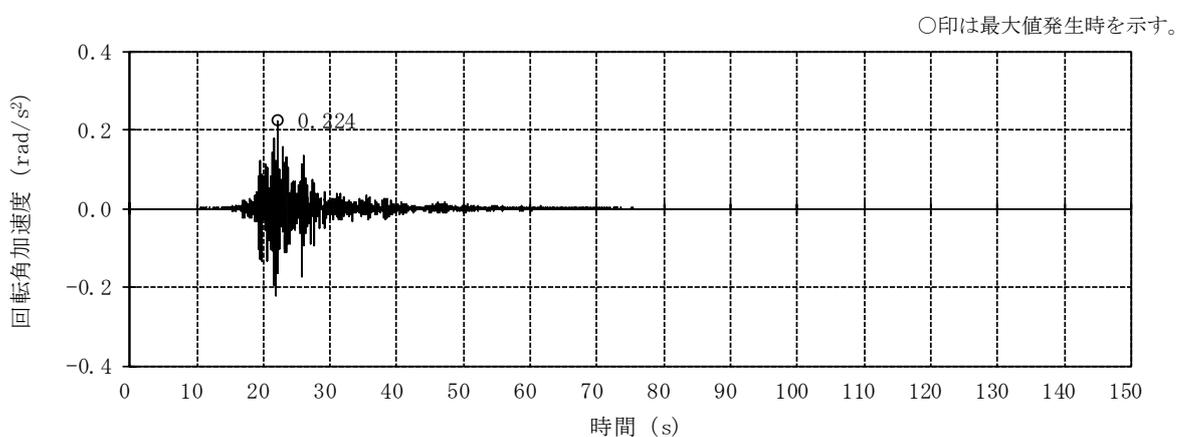


(c) 鉛直方向

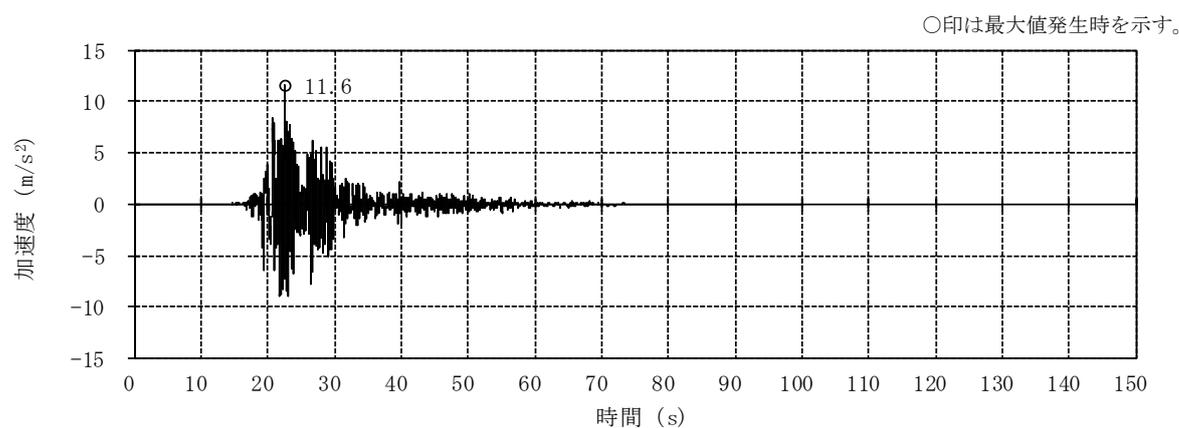
図2-8 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース4, Ss-8)



(a) NS方向 並進成分

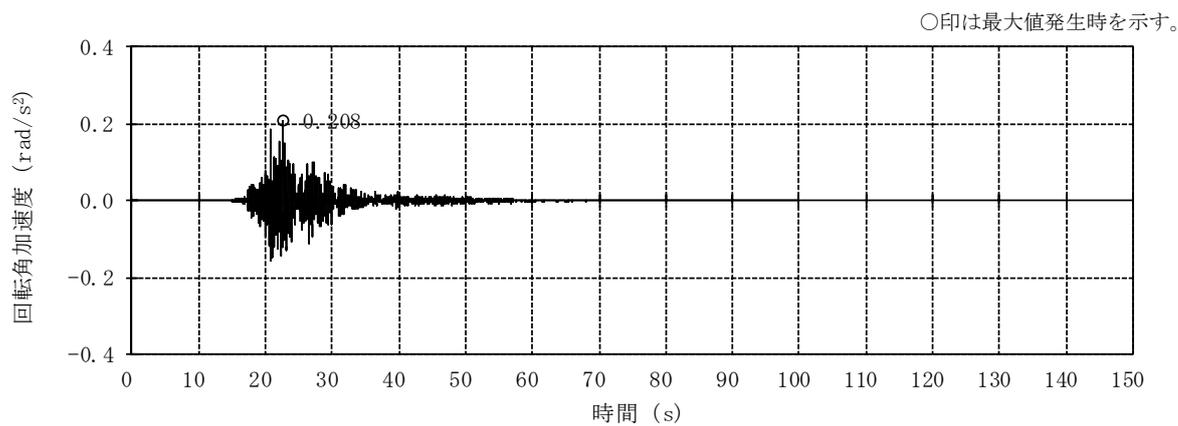


(b) NS方向 回転成分

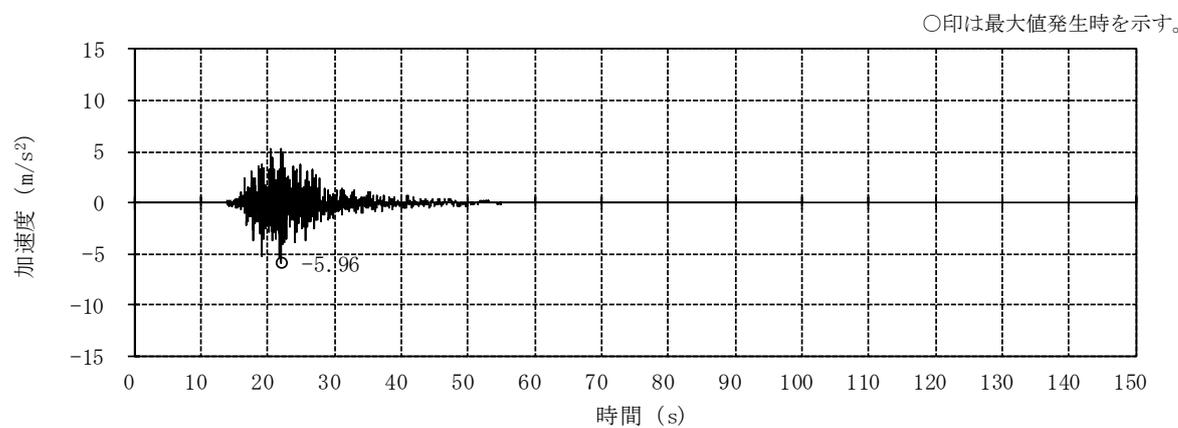


(c) EW方向 並進成分

図2-9 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5, Ss-2) (1/2)

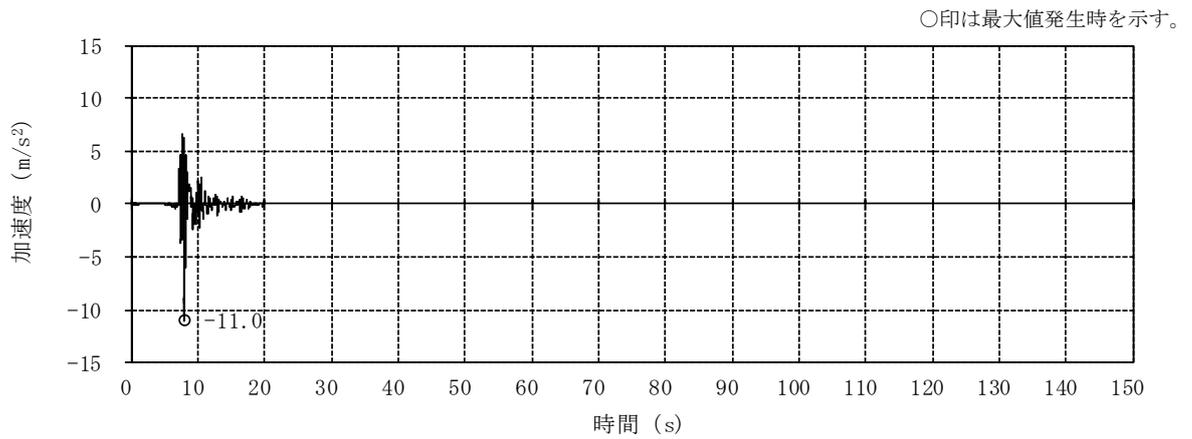


(d) EW方向 回転成分

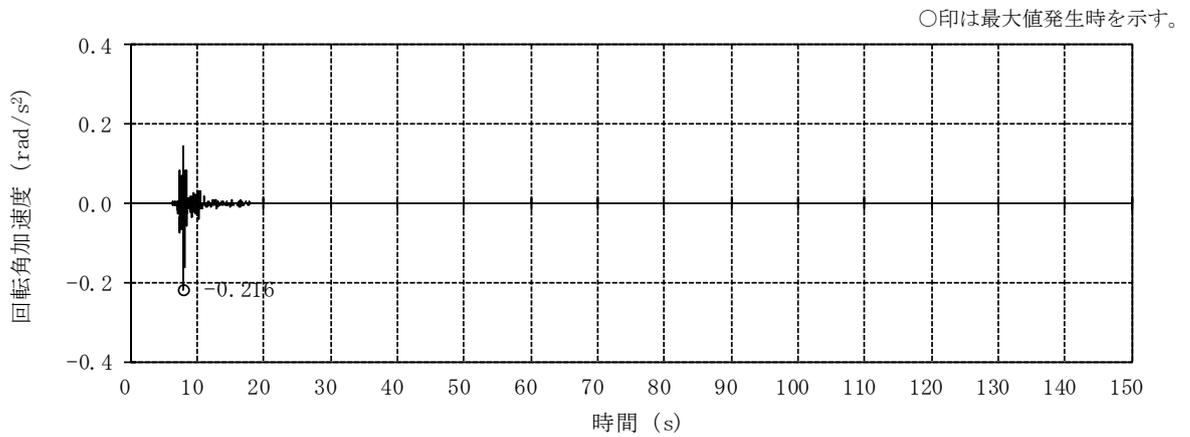


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

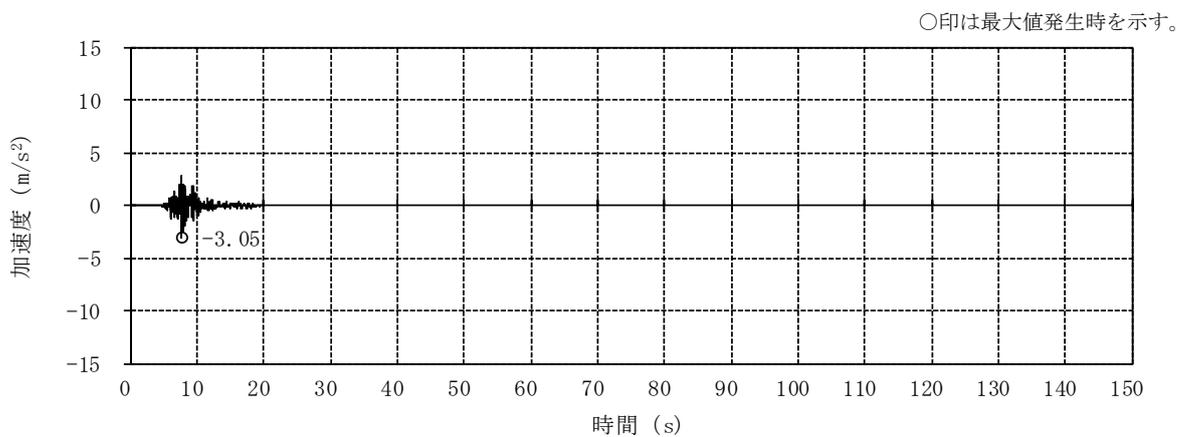
図2-9 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5, S<sub>s</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

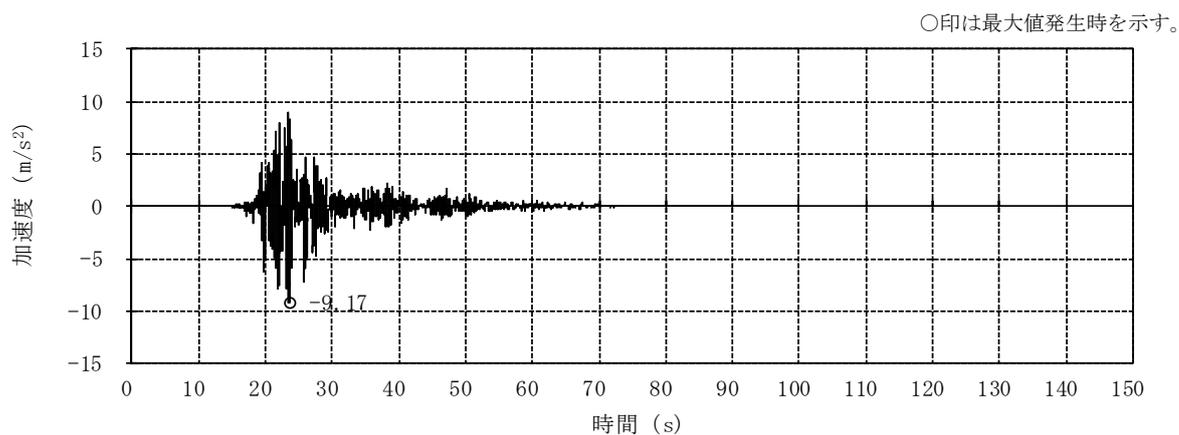


(b) NS方向 回転成分

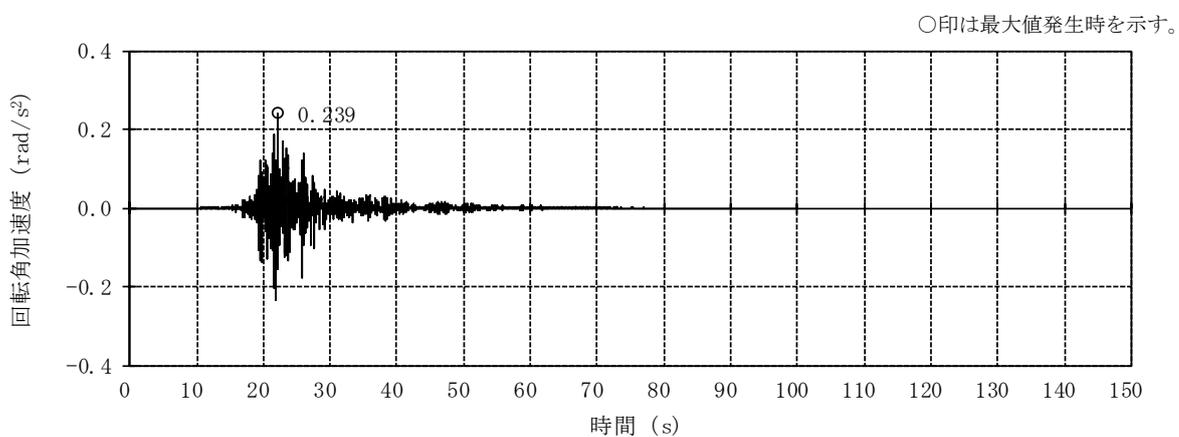


(c) 鉛直方向

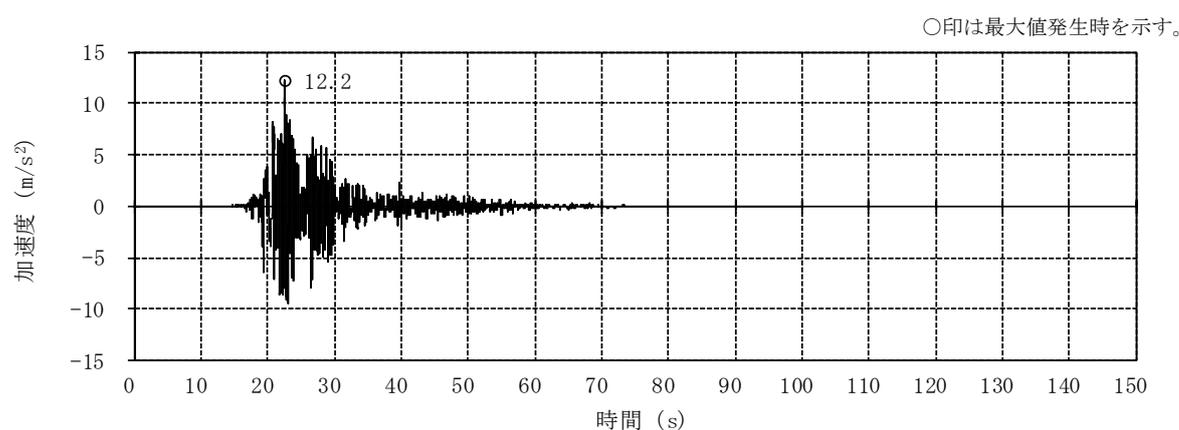
図2-10 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース5,  $S_s-8$ )



(a) NS方向 並進成分

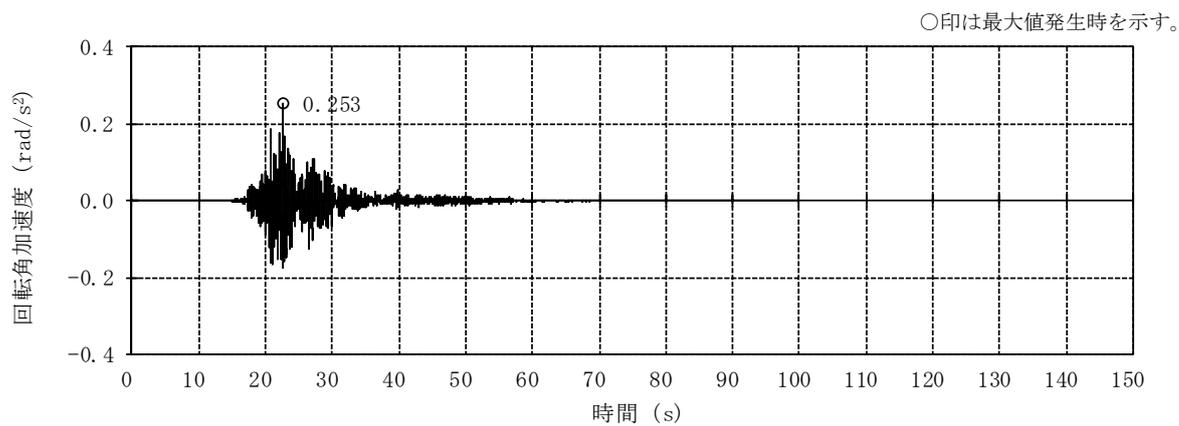


(b) NS方向 回転成分

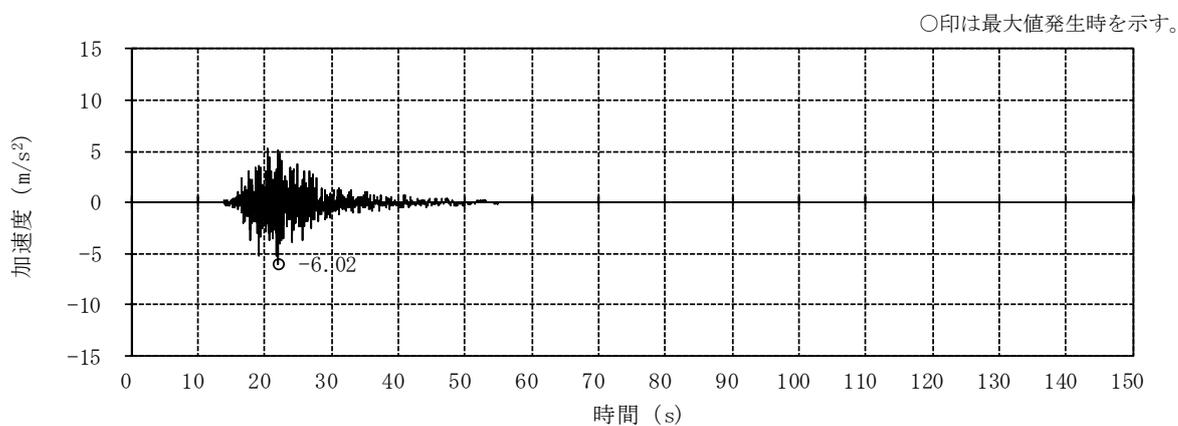


(c) EW方向 並進成分

図2-11 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6, Ss-2) (1/2)

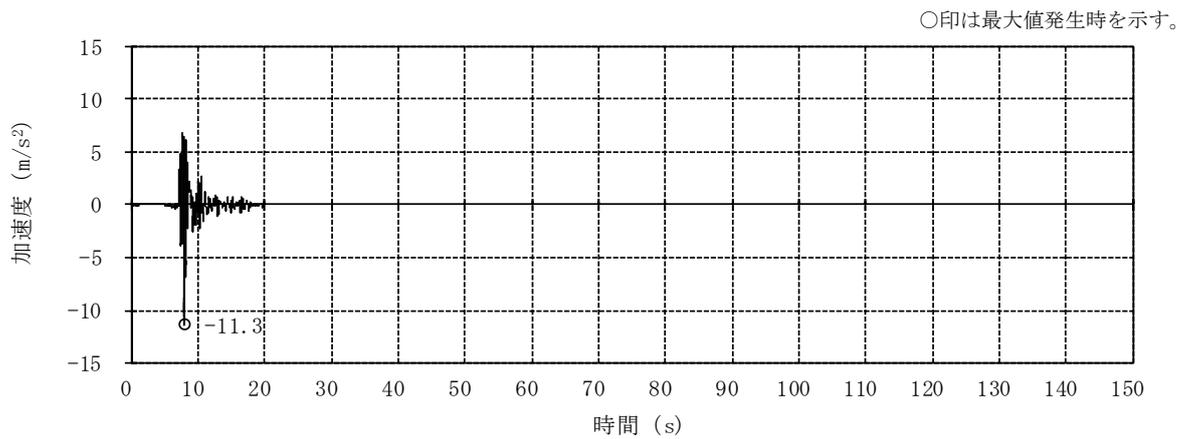


(d) EW方向 回転成分

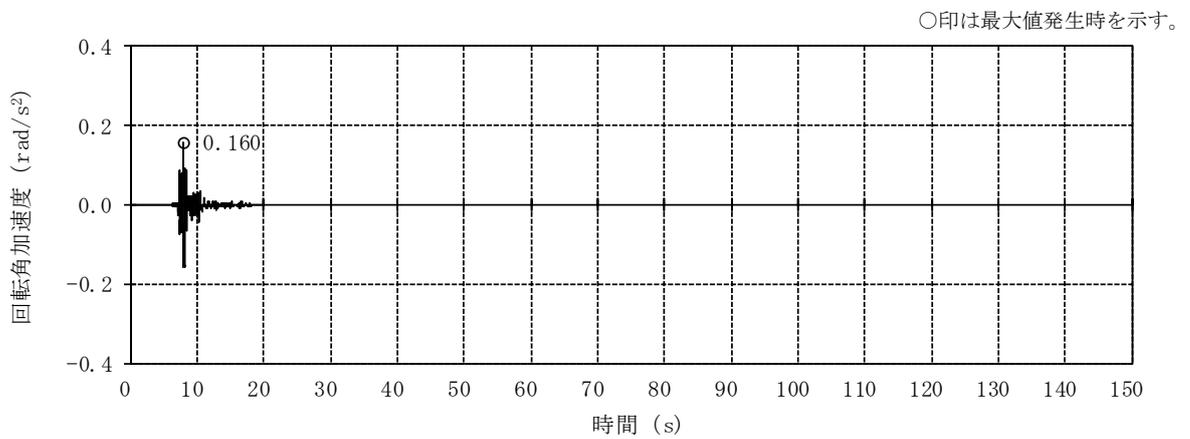


(e) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

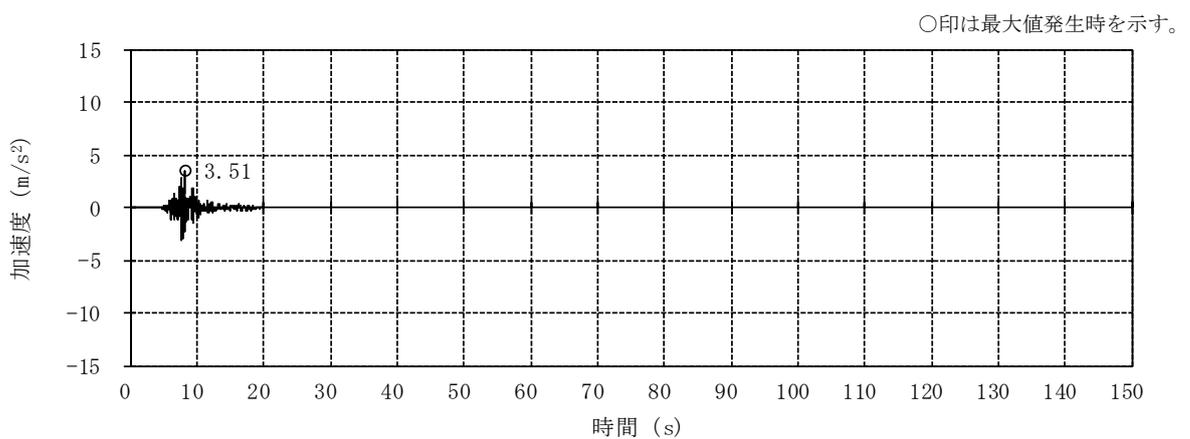
図2-11 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6, S<sub>S</sub>-2) (2/2)



(a) NS方向 並進成分

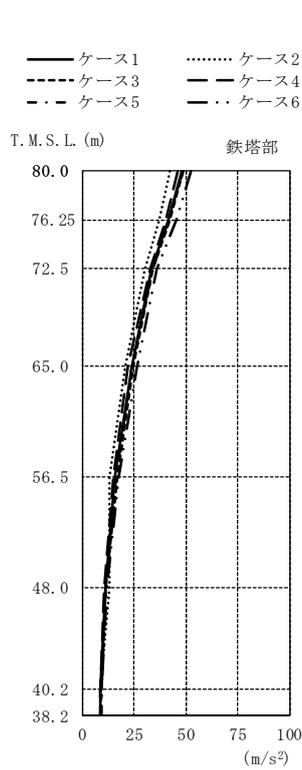


(b) NS方向 回転成分



(c) 鉛直方向 (誘発上下動考慮)

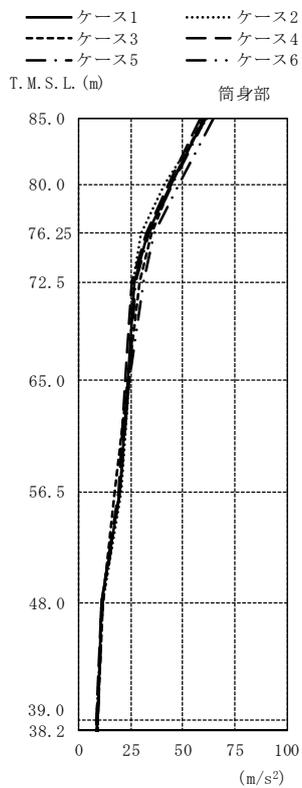
図2-12 入力地震動の加速度時刻歴波形 (ケース6,  $S_s-8$ )



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	47.9	42.2	48.5	46.3	48.5	52.3
76.25	41.4	36.9	41.9	40.1	41.8	45.1
72.5	33.5	30.3	33.8	32.4	33.8	35.9
65.0	23.6	20.5	24.7	22.2	23.9	26.3
56.5	15.7	12.9	17.0	14.8	16.0	17.2
48.0	10.9	13.1	11.2	10.7	11.0	11.5
40.2	8.85	8.86	9.11	8.60	8.97	9.37
38.2	8.62	8.43	8.84	8.36	8.73	9.18

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

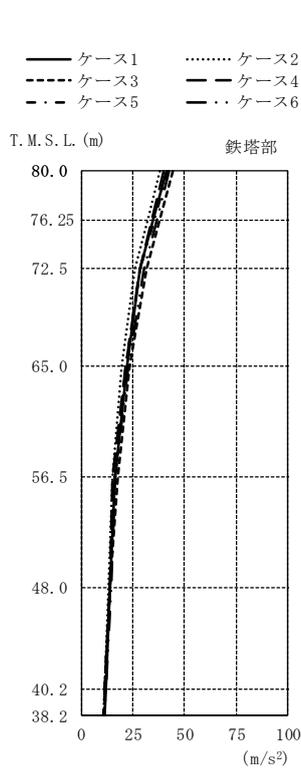


T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	60.3	61.3	59.7	58.0	60.9	64.7
80.0	44.4	41.0	44.5	42.9	44.9	47.9
76.25	33.3	29.9	34.8	32.4	33.7	36.4
72.5	26.9	26.1	29.5	25.2	27.5	31.4
65.0	23.6	24.2	23.7	22.4	24.0	24.2
56.5	19.6	20.4	17.2	18.8	19.7	20.0
48.0	11.1	11.8	11.4	10.8	11.2	11.7
39.0	8.71	8.60	8.93	8.43	8.82	9.25
38.2	8.62	8.43	8.84	8.36	8.73	9.18

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

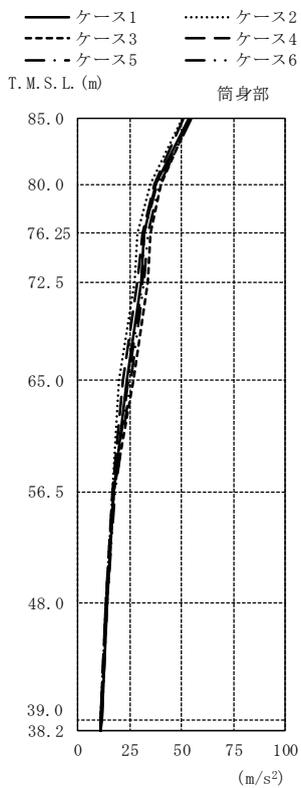
図2-13 最大応答加速度 (Ss-2, NS方向) (1/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	41.3	38.2	44.1	39.6	41.6	42.6
76.25	34.9	32.3	37.9	33.9	35.2	36.6
72.5	28.5	26.1	31.8	28.4	28.5	30.7
65.0	22.1	19.6	23.7	21.8	21.8	23.0
56.5	16.2	15.0	17.4	15.3	16.3	16.3
48.0	14.1	13.5	14.2	13.7	14.1	14.3
40.2	11.7	11.3	11.5	11.5	11.5	11.7
38.2	11.3	10.9	11.1	11.2	11.0	11.3

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

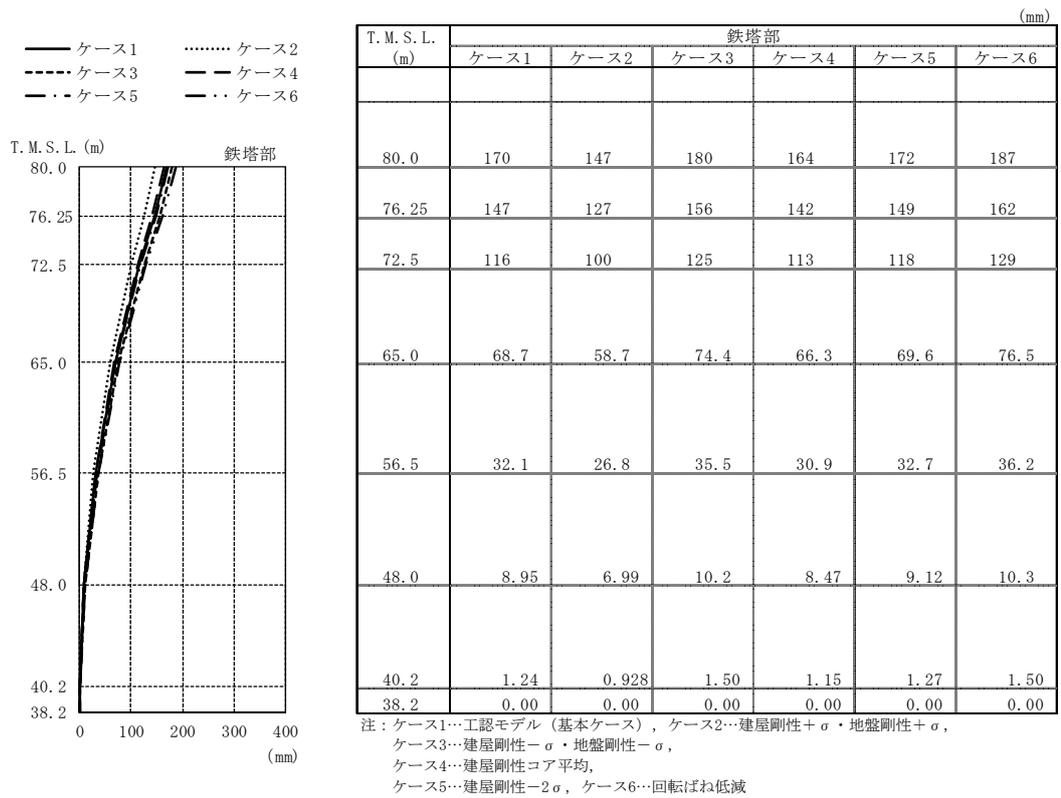


T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	53.4	50.3	54.3	50.7	54.1	54.6
80.0	37.8	35.3	40.3	36.7	38.2	39.6
76.25	31.9	28.9	35.3	31.4	32.1	33.8
72.5	30.8	27.2	34.0	29.0	31.4	32.2
65.0	23.6	20.0	26.9	21.6	24.4	25.4
56.5	17.3	16.7	17.1	16.7	17.3	17.8
48.0	14.0	13.4	14.0	13.6	13.9	14.0
39.0	11.4	11.1	11.2	11.3	11.2	11.5
38.2	11.3	10.9	11.1	11.2	11.0	11.3

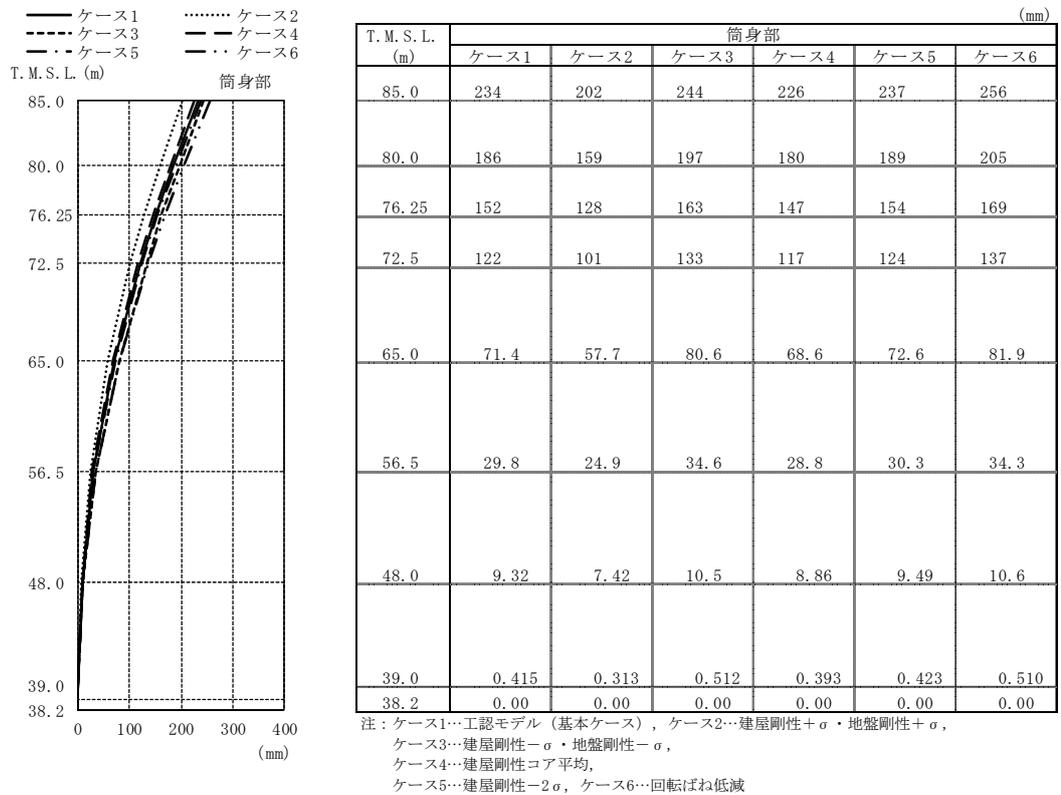
注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図2-13 最大応答加速度 (Ss-8, NS方向) (2/2)

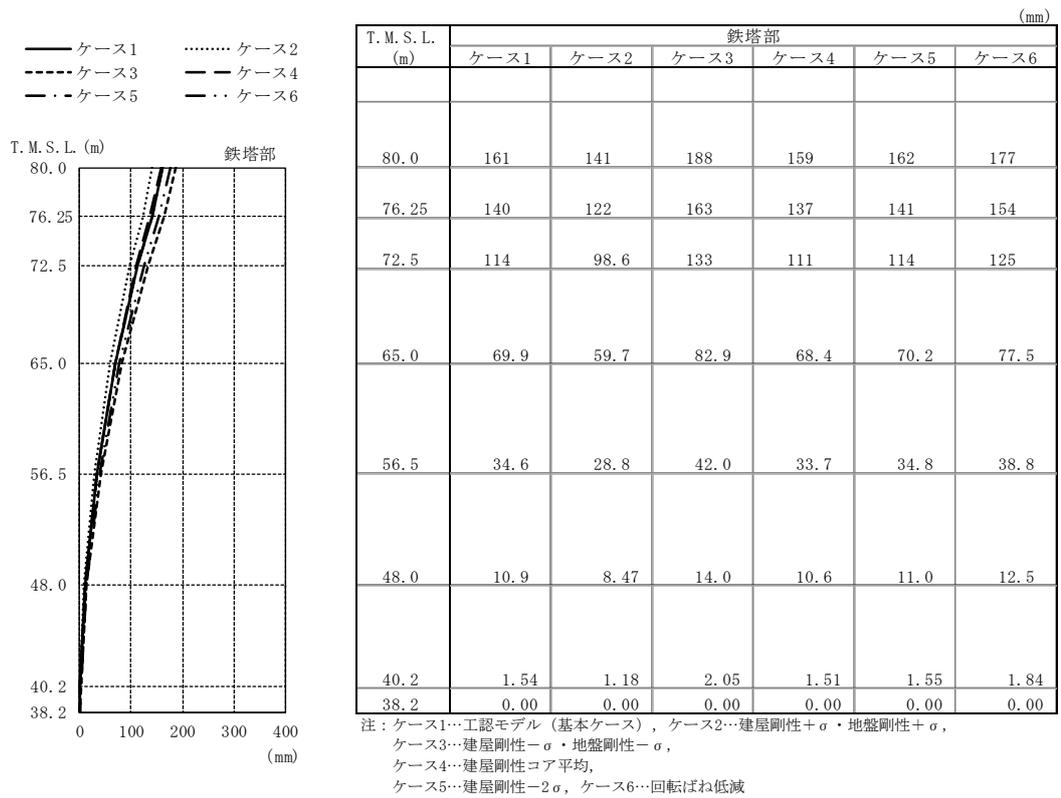


(a) 鉄塔部

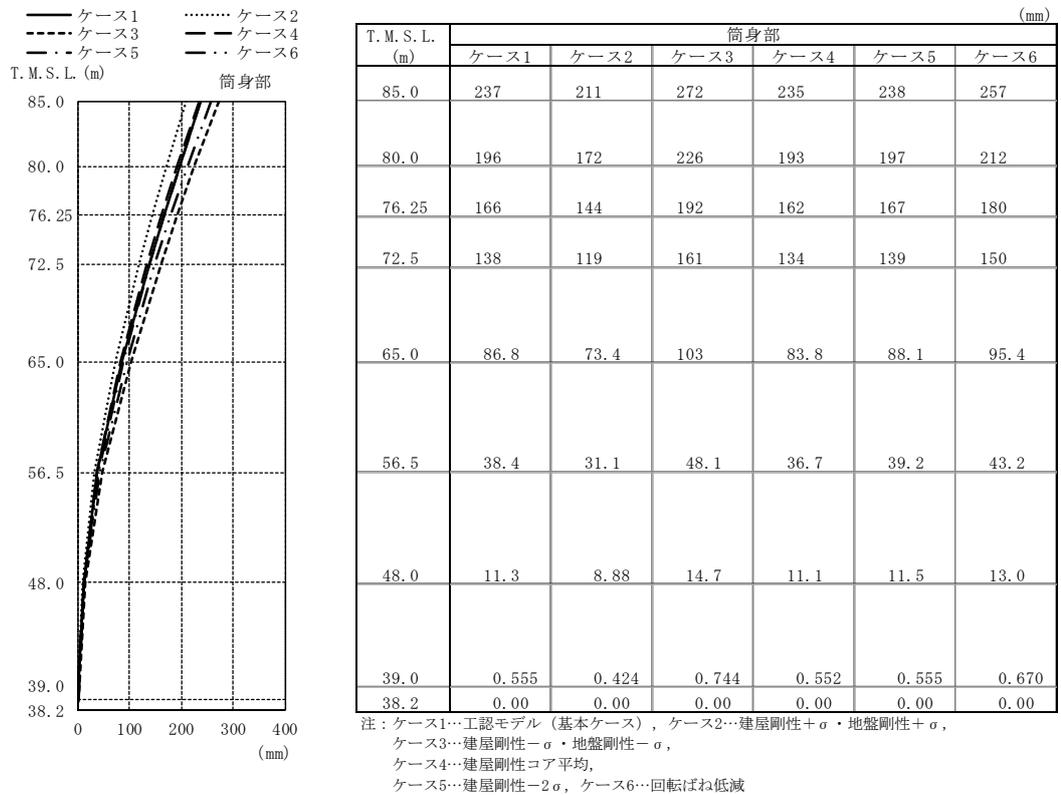


(b) 筒身部

図2-14 最大応答変位 (Ss-2, NS方向) (1/2)

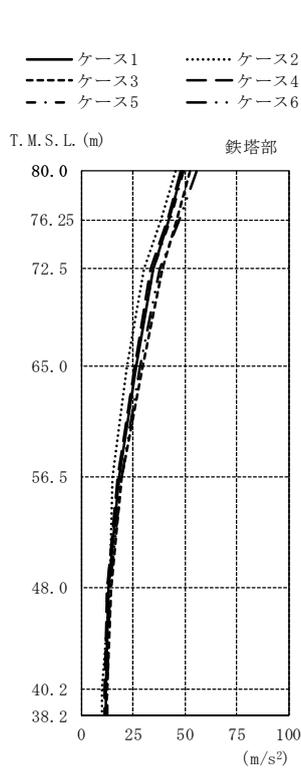


(a) 鉄塔部



(b) 筒身部

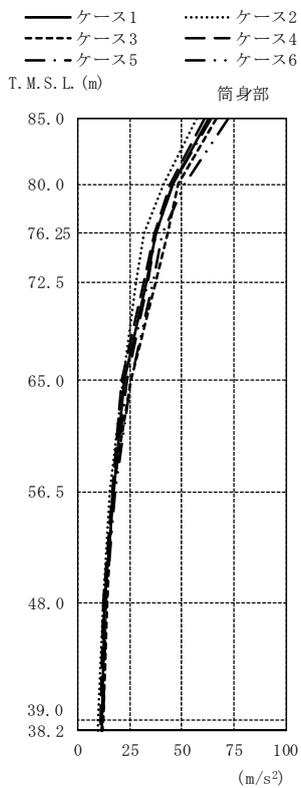
図2-14 最大応答変位 (Ss-8, NS方向) (2/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	48.4	45.5	52.3	47.9	49.3	55.3
76.25	42.1	38.3	45.9	41.5	42.6	47.3
72.5	34.3	30.3	39.3	33.4	34.8	37.7
65.0	26.6	21.8	29.3	25.8	26.0	28.5
56.5	18.1	14.9	19.3	17.6	17.9	19.2
48.0	12.9	13.7	14.2	12.5	12.7	13.7
40.2	11.9	9.86	12.1	11.4	11.9	12.5
38.2	11.6	9.62	11.7	11.1	11.6	12.2

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

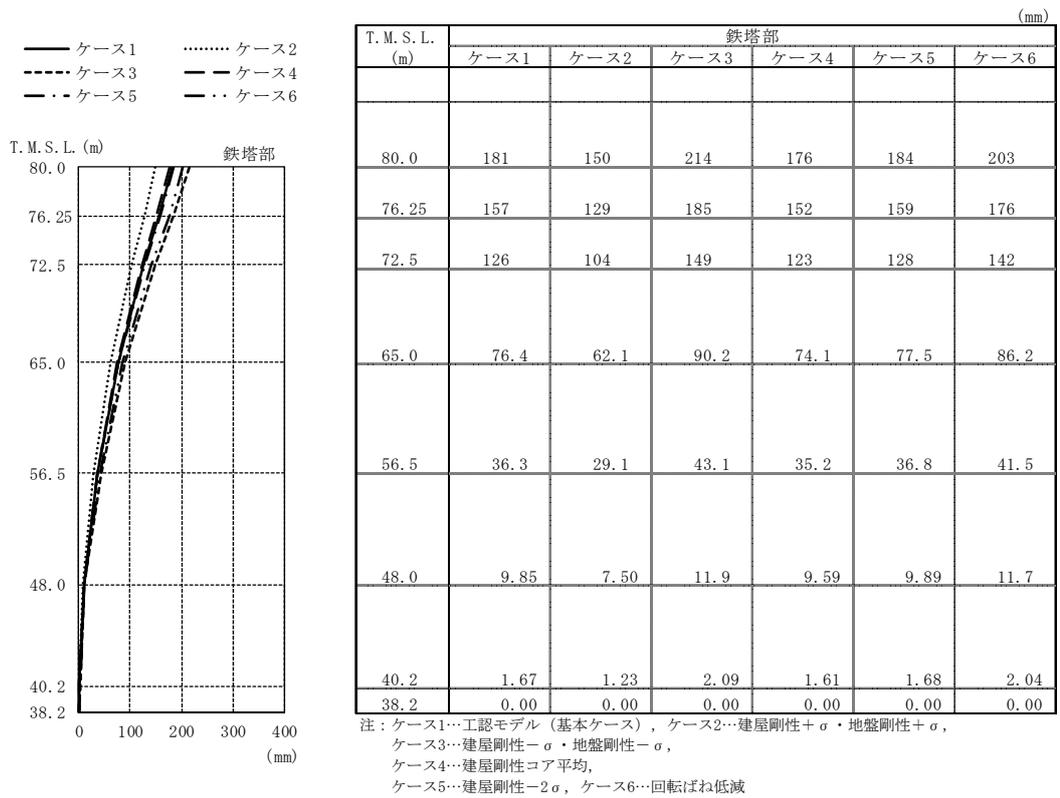


T. M. S. L. (m)	筒身部					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	62.9	57.1	66.4	60.6	64.1	72.1
80.0	45.4	40.9	48.1	44.6	45.7	51.4
76.25	37.4	31.7	42.9	36.5	37.7	40.7
72.5	33.0	27.8	37.7	31.7	33.4	36.2
65.0	22.4	21.4	25.6	20.9	23.5	25.6
56.5	16.9	15.5	16.3	16.3	17.2	18.0
48.0	12.8	12.3	14.0	12.4	12.7	13.6
39.0	11.7	9.70	11.9	11.2	11.7	12.3
38.2	11.6	9.62	11.7	11.1	11.6	12.2

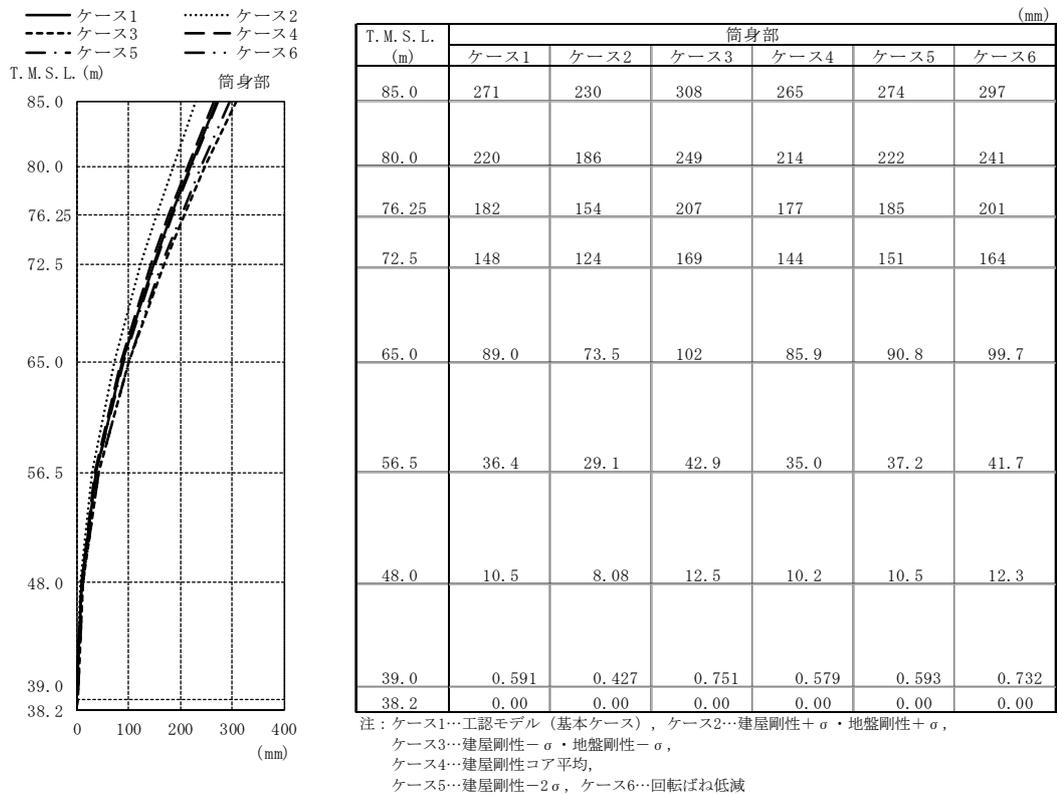
注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図2-15 最大応答加速度 (Ss-2, EW方向)

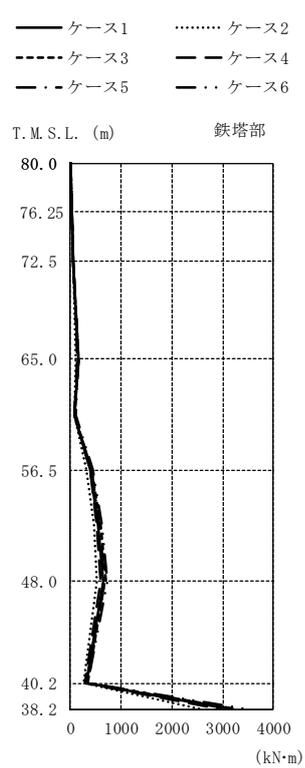


(a) 鉄塔部



(b) 筒身部

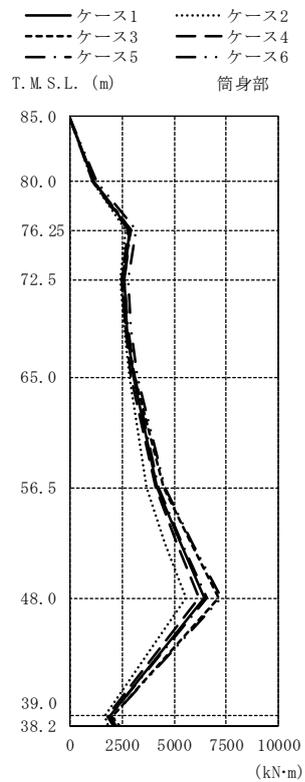
図2-16 最大応答変位 (Ss-2, EW方向)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	24.4	20.3	25.6	23.3	24.9	27.3
72.5	59.4	48.1	64.1	56.4	61.2	66.6
68.75	99.5	86.9	104	95.5	101	110
65.0	150	121	162	142	154	168
60.75	86.1	69.9	91.8	81.7	88.3	96.9
56.5	400	325	431	380	412	451
52.25	555	475	588	534	566	618
48.0	645	518	690	609	664	729
40.2	313	270	341	297	321	347
38.2	3120	2570	3270	2950	3200	3470

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡

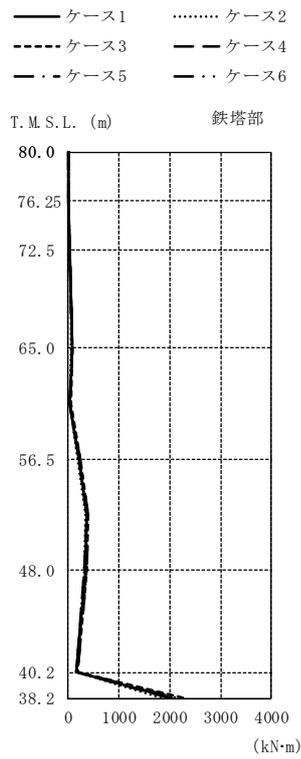


T. M. S. L. (m)	筒身部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80.0	1150	1110	1180	1110	1170	1280
76.25	2860	2690	2950	2770	2910	3190
72.5	2580	2440	2460	2510	2610	2790
65.0	3040	2840	3120	2920	3090	3220
56.5	4200	3700	4500	4100	4240	4540
48.0	6460	5540	7160	6180	6590	7280
39.0	1890	1690	2020	1800	1910	2050
38.2	2180	1880	2400	2090	2210	2420

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

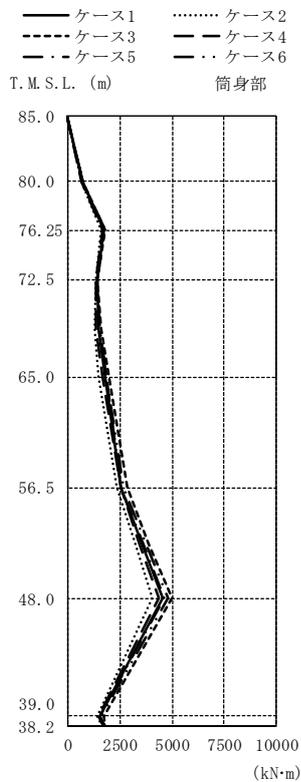
図2-17 最大応答曲げモーメント (Ss-2) (1/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.9	12.7	15.5	13.8	13.9	15.0
72.5	30.5	28.3	34.1	30.5	30.6	33.2
68.75	58.9	54.4	65.8	58.7	59.0	63.8
65.0	73.9	68.2	82.6	74.5	73.9	80.7
60.75	40.0	37.0	44.0	40.4	40.0	43.3
56.5	211	195	235	211	212	228
52.25	358	329	396	355	358	383
48.0	331	304	367	327	333	356
40.2	166	154	180	162	166	174
38.2	2040	1830	2280	2000	2060	2140

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡

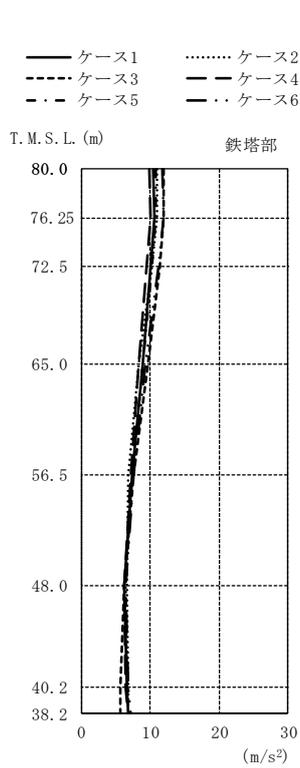


T. M. S. L. (m)	筒身部 (kN·m)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80.0	707	666	720	671	716	723
76.25	1740	1630	1790	1660	1760	1790
72.5	1410	1370	1390	1340	1440	1420
65.0	1810	1500	1960	1690	1870	1860
56.5	2550	2350	2840	2520	2550	2700
48.0	4580	4070	4990	4400	4650	4810
39.0	1540	1440	1740	1490	1570	1610
38.2	1770	1690	1800	1730	1760	1770

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

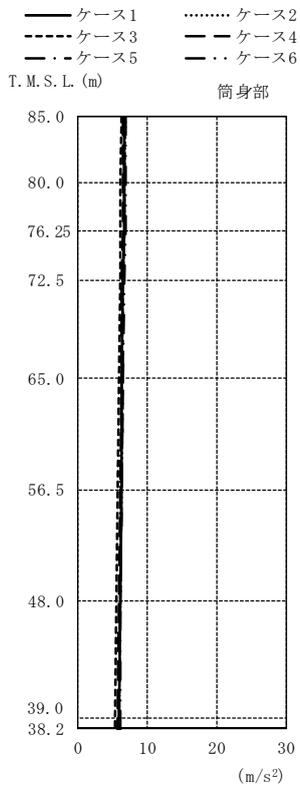
図2-17 最大応答曲げモーメント (Ss-8) (2/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (m/s <sup>2</sup> )					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	10.5	11.0	11.9	9.94	10.8	11.8
76.25	10.6	11.0	12.0	10.0	10.9	11.9
72.5	10.1	10.3	11.4	9.59	10.3	11.2
65.0	8.83	8.26	9.62	8.38	8.99	9.37
56.5	7.37	6.86	7.50	7.16	7.48	7.60
48.0	6.31	6.63	6.28	6.17	6.40	6.54
40.2	6.60	6.87	5.63	6.50	6.67	6.80
38.2	6.83	6.89	5.74	6.74	6.93	7.12

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

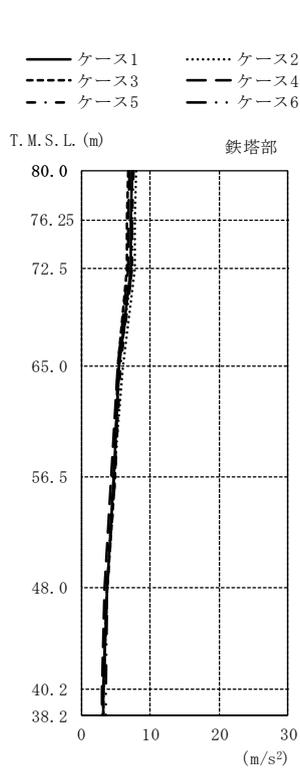


T. M. S. L. (m)	筒身部 (m/s <sup>2</sup> )					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	6.63	6.79	6.22	6.47	6.74	6.84
80.0	6.62	6.76	6.19	6.46	6.71	6.82
76.25	6.59	6.71	6.15	6.43	6.66	6.79
72.5	6.52	6.58	6.05	6.37	6.58	6.71
65.0	6.38	6.30	5.88	6.23	6.44	6.54
56.5	6.21	6.18	5.66	6.06	6.27	6.35
48.0	6.05	6.09	5.46	5.91	6.12	6.18
39.0	5.89	5.99	5.26	5.75	5.96	6.02
38.2	5.89	5.99	5.26	5.75	5.96	6.02

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性-2 $\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

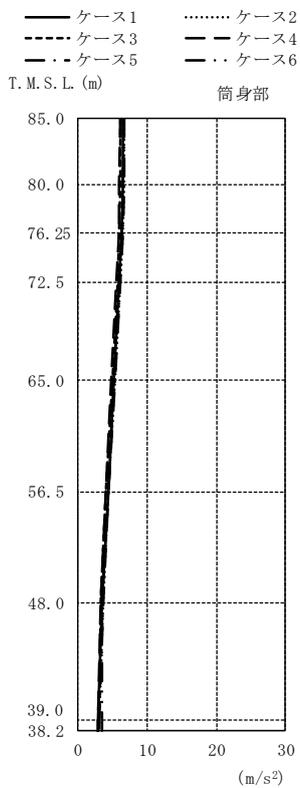
図2-18 最大応答加速度 (S<sub>S</sub>-2, 鉛直方向) (1/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (m/s <sup>2</sup> )					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	7.37	8.04	6.82	6.95	7.53	7.46
76.25	7.20	7.87	6.65	6.79	7.35	7.39
72.5	7.17	7.78	6.57	6.75	7.33	7.43
65.0	5.59	5.98	5.28	5.22	5.74	5.58
56.5	4.67	4.83	4.84	4.28	4.84	4.67
48.0	3.72	3.82	3.79	3.42	3.85	3.88
40.2	3.14	3.26	3.20	3.02	3.18	3.55
38.2	3.13	3.25	3.20	3.10	3.25	3.61

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

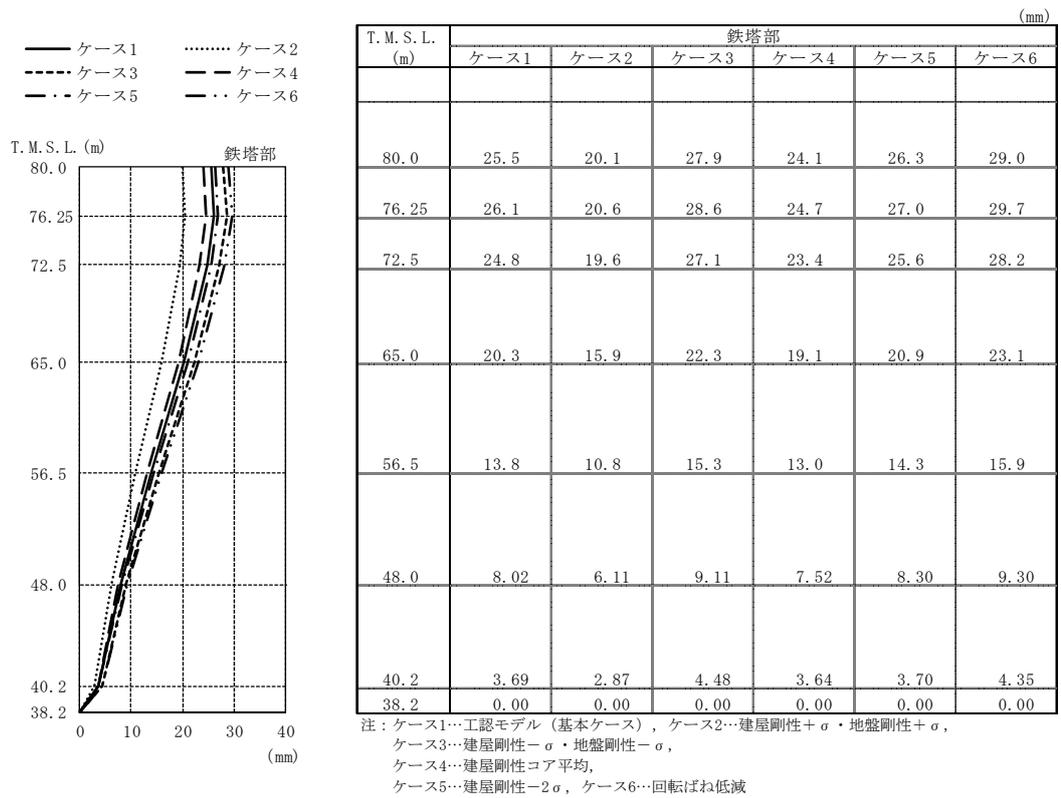


T. M. S. L. (m)	筒身部 (m/s <sup>2</sup> )					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	6.58	6.78	6.23	6.11	6.77	6.58
80.0	6.51	6.70	6.16	6.04	6.69	6.51
76.25	6.38	6.56	6.03	5.92	6.56	6.38
72.5	6.02	6.18	5.69	5.59	6.19	6.02
65.0	5.27	5.40	4.98	4.89	5.44	5.27
56.5	4.39	4.48	4.14	4.06	4.53	4.39
48.0	3.57	3.63	3.36	3.29	3.70	3.58
39.0	3.01	3.14	3.13	2.93	3.05	3.51
38.2	3.01	3.14	3.13	2.92	3.05	3.51

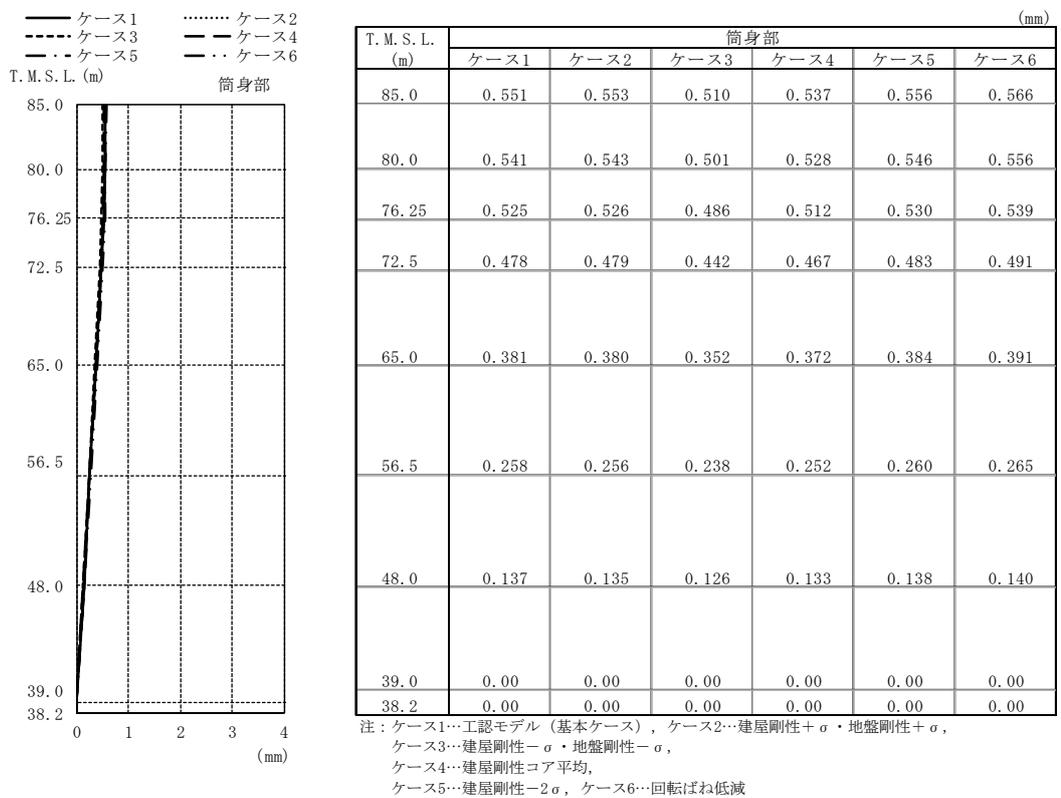
注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図2-18 最大応答加速度 (Ss-8, 鉛直方向) (2/2)

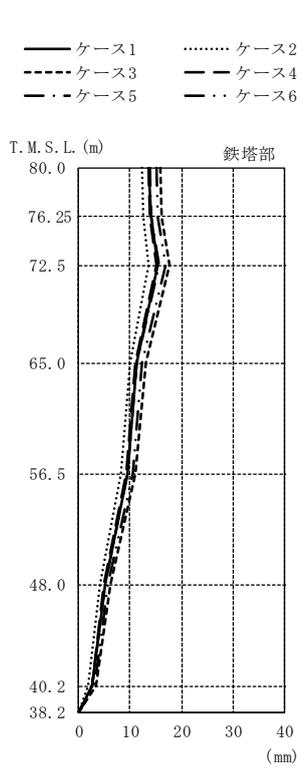


(a) 鉄塔部



(b) 筒身部

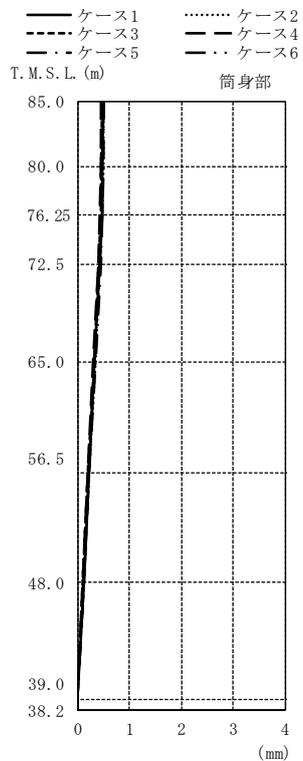
図2-19 最大応答変位 (Ss-2, 鉛直方向) (1/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (mm)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0	13.7	12.2	15.8	13.5	13.8	15.0
76.25	14.0	12.5	16.2	13.8	14.1	15.4
72.5	15.4	13.7	17.7	15.2	15.5	16.9
65.0	11.2	9.90	13.0	11.0	11.3	12.4
56.5	9.48	8.24	11.1	9.30	9.52	10.5
48.0	5.06	4.21	6.19	4.94	5.10	5.73
40.2	2.55	1.94	3.41	2.52	2.56	3.06
38.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部

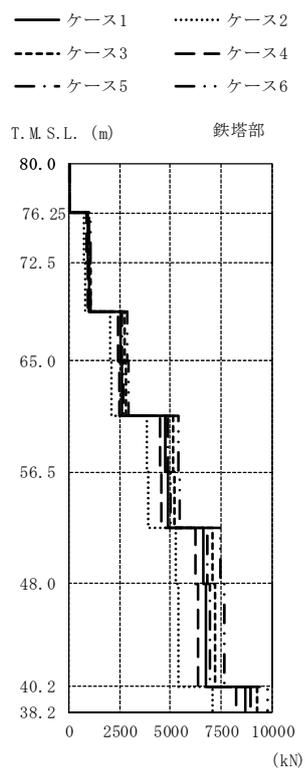


T. M. S. L. (m)	筒身部 (mm)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0	0.496	0.510	0.469	0.461	0.511	0.496
80.0	0.487	0.500	0.460	0.452	0.502	0.487
76.25	0.471	0.484	0.445	0.437	0.485	0.471
72.5	0.426	0.437	0.403	0.395	0.439	0.426
65.0	0.333	0.342	0.315	0.309	0.343	0.333
56.5	0.219	0.225	0.207	0.203	0.226	0.219
48.0	0.111	0.114	0.105	0.103	0.115	0.111
39.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

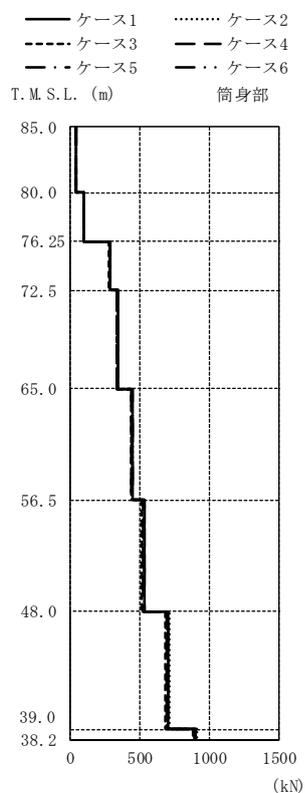
図2-19 最大応答変位 (Ss-8, 鉛直方向) (2/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (kN)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0						
76.25	20.9	21.4	22.2	20.4	21.0	21.6
72.5	956	772	1030	908	986	1070
68.75	982	794	1060	934	1010	1100
65.0	2560	2060	2760	2420	2640	2880
60.75	2610	2100	2810	2470	2690	2930
56.5	4760	3820	5120	4500	4910	5380
52.25	4850	3900	5210	4590	5000	5470
48.0	6600	5280	7060	6230	6800	7460
40.2	6760	5400	7220	6390	6960	7630
38.2	8720	7070	9240	8260	8970	9770

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡

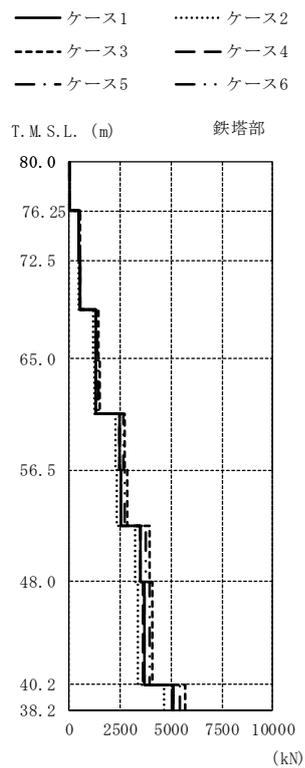


T. M. S. L. (m)	筒身部 (kN)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0						
80.0	43.5	43.9	42.4	42.9	43.8	43.5
76.25	102	103	99.4	100	103	102
72.5	287	290	280	283	289	287
65.0	343	346	334	338	345	343
56.5	446	450	434	439	448	446
48.0	530	535	517	523	533	530
39.0	702	708	684	692	706	702
38.2	904	910	881	893	909	904

注：ケース1…工認モデル（基本ケース）、ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ 、  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ 、  
 ケース4…建屋剛性コア平均、  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ 、ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

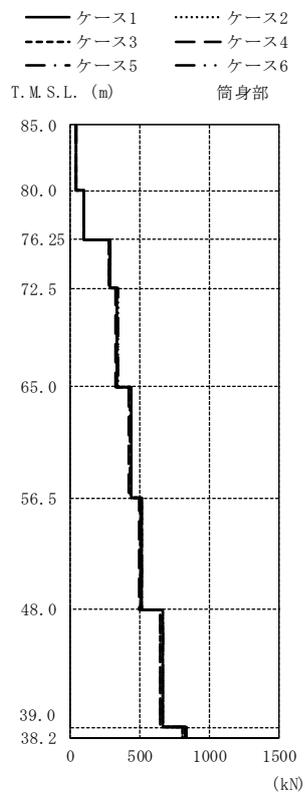
図2-20 最大応答軸力 (Ss-2) (1/2)



T. M. S. L. (m)	鉄塔部 (kN)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
80.0						
76.25	18.1	18.7	17.6	17.6	18.2	18.0
72.5	484	450	540	481	488	523
68.75	503	470	559	500	507	543
65.0	1280	1190	1440	1280	1290	1390
60.75	1330	1230	1480	1320	1330	1440
56.5	2470	2270	2750	2460	2470	2660
52.25	2550	2350	2830	2540	2550	2750
48.0	3530	3230	3920	3500	3530	3780
40.2	3670	3360	4060	3630	3670	3920
38.2	5120	4670	5670	5050	5130	5440

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(a) 鉄塔部 主柱材包絡



T. M. S. L. (m)	筒身部 (kN)					
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
85.0						
80.0	43.2	43.7	42.3	42.0	43.7	43.2
76.25	101	102	99.0	98.3	102	101
72.5	284	287	277	276	287	283
65.0	338	342	331	329	342	338
56.5	435	439	426	423	440	435
48.0	511	516	501	497	517	511
39.0	661	666	648	644	668	661
38.2	822	828	808	804	830	822

注：ケース1…工認モデル（基本ケース），ケース2…建屋剛性+ $\sigma$ ・地盤剛性+ $\sigma$ ，  
 ケース3…建屋剛性- $\sigma$ ・地盤剛性- $\sigma$ ，  
 ケース4…建屋剛性コア平均，  
 ケース5…建屋剛性- $2\sigma$ ，ケース6…回転ばね低減

(b) 筒身部

図2-20 最大応答軸力 (Ss-8) (2/2)

表2-2 制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値

(a) Ss-2

	オイルダンパーの最大応答値						許容値
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	
速度 (m/s)	1.74	1.53	1.91	1.70	1.76	1.90	2.60
変位 (mm)	133	114	149	130	135	146	175

(b) Ss-8

	オイルダンパーの最大応答値						許容値
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	
速度 (m/s)	1.42	1.30	1.58	1.40	1.43	1.53	2.60
変位 (mm)	117	104	132	115	118	126	175

### 別紙3-3 減衰をレーリー減衰にした場合の地震応答解析結果

## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 3-3-1
2. 地震応答解析結果 ..... 別紙 3-3-2

## 1. 概要

V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」では、減衰を剛性比例型減衰（鉄塔部の水平方向1次固有振動数に対し、鉄骨造は2%、鉄筋コンクリート造（基礎）は5%を設定）とした地震応答解析について示している。

本資料では、減衰をレーリー減衰にした場合の地震応答解析を行い、剛性比例型減衰の解析結果と比べることで、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における減衰設定の妥当性を確認する。詳細には、以下に示す検討を実施する。

- ・ S<sub>s</sub>-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討
- ・ S<sub>s</sub>-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討

S<sub>s</sub>-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討では、全周期帯の応答が大きく、耐震評価への影響も大きい基準地震動S<sub>s</sub>-1を用いた基本ケースを選定し、減衰の違いによる影響を確認することを目的とする。

S<sub>s</sub>-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討では、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における断面算定結果（検定値）が最も厳しくなる検討ケースを対象に、減衰をレーリー減衰にした場合においても断面算定結果が許容値を超過しないことを確認することを目的とする。

なお、入力地震動は、別紙3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」に基づき、S<sub>s</sub>-1は、2方向（3成分）（NS方向（並進・回転）及び鉛直方向）同時入力とし、S<sub>s</sub>-2は、3方向（5成分）（水平2方向（並進・回転）及び鉛直方向）同時入力とする。

また、固有値解析結果は、別紙3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」に示すケース1（基本ケース）と同一である。

## 2. 地震応答解析結果

固有値解析結果を表2-1に、解析ケースを表2-2に示す。

レーリー減衰は、鉄塔NS方向の1次振動数（3.69Hz）と主要モードが存在する12.0Hzに対し、鋼材の減衰定数（2%）となるように設定した。

減衰をレーリー減衰にした場合の基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果を図2-1～図2-14に示す。なお、図2-7、図2-8、図2-13及び図2-14では、以下の支柱材の最大応力を包絡したものを「鉄塔部 支柱材包絡」として示す。

- ・原子炉建屋の $R_1$ 通りと $R_C$ 通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の $R_1$ 通りと $R_D$ 通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の $R_2$ 通りと $R_C$ 通りの交点に位置する支柱材
- ・原子炉建屋の $R_2$ 通りと $R_D$ 通りの交点に位置する支柱材

また、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値を表2-3に、地震応答解析結果に基づく断面算定結果を表2-4に示す。

減衰をレーリー減衰にした場合の地震応答解析結果は剛性比例型減衰に比べ、一部の応答は大きくなるものの、制震装置（オイルダンパー）の最大応答値は許容値以下であり、減少傾向にある。

また、各部材の断面算定結果について、 $S_s-1$ を用いたケース1（基本ケース）に対する検討では、筒身部B-C間を除き、レーリー減衰の断面算定結果（検定値）は剛性比例型減衰の断面算定結果（検定値）以下となっている。なお、筒身部B-C間についても検定値が0.71（剛性比例型減衰）から0.72（レーリー減衰）に増加してはいるものの、その影響は軽微である。

一方で、 $S_s-2$ を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討では、剛性比例型減衰に比べレーリー減衰の検定値が大きくなる部材がいくつかあり、検定値の変動は筒身部が大きい傾向である。しかしながら、筒身部のうち、レーリー減衰の検定値が最大となるB-C間において、検定値は0.83（剛性比例型減衰）及び0.87（レーリー減衰）と変動は小さく、いずれも裕度は確保されている。また、全部材中で最も検定値が大きくなる支柱材D-E間について、剛性比例型減衰では検定値は0.99であったが、レーリー減衰では検定値は0.95まで低減している。

以上より、減衰をレーリー減衰にした場合についても耐震性に影響がないことを確認するとともに、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における減衰設定が妥当であることを確認した。

表2-1 固有値解析結果（水平方向）

方向	固有モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数		
				X (NS方向)	Y (EW方向)	Z (鉛直方向)
NS	筒身1次	0.98	1.021	1.528	0.000	0.000
	筒身2次	6.63	0.151	-1.201	0.000	0.000
	鉄塔1次	3.69	0.271	-1.616	0.000	0.000
	鉄塔2次	10.74	0.093	1.067	0.000	0.001
EW	筒身1次	0.98	1.018	0.000	1.511	0.000
	筒身2次	6.67	0.150	0.000	-1.186	0.000
	鉄塔1次	3.71	0.269	0.000	-1.538	0.000
	鉄塔2次	11.15	0.090	0.000	1.035	0.000

表2-2 検討ケース

(a) Ss-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討

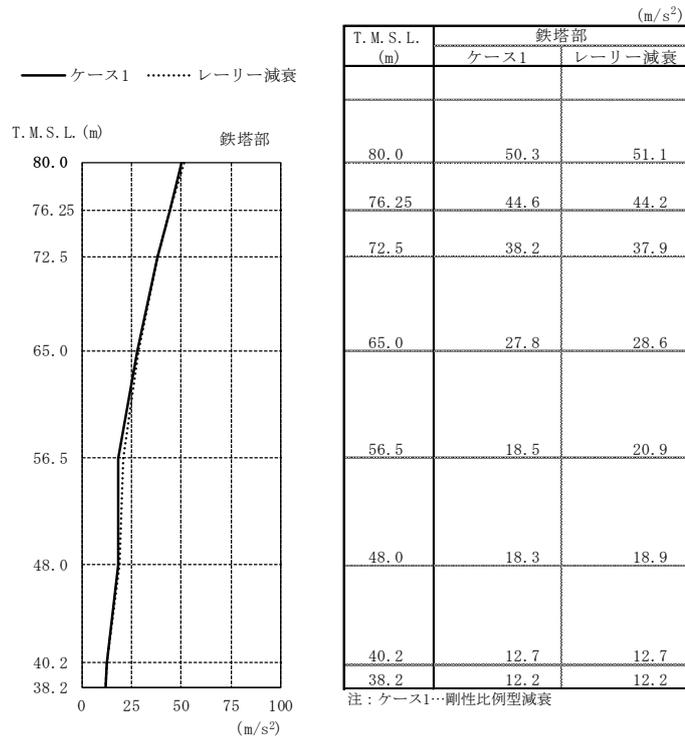
検討ケース	地震動	建屋応答の不確かさ（基本ケース）			減衰	備考
		コンクリート剛性	回転ばね定数	地盤剛性		
①ケース1 （工認モデル）	Ss-1	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	剛性比例型	計算書* 記載
レーリー減衰	Ss-1	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	100%	標準地盤	<u>レーリー</u>	

(b) Ss-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討

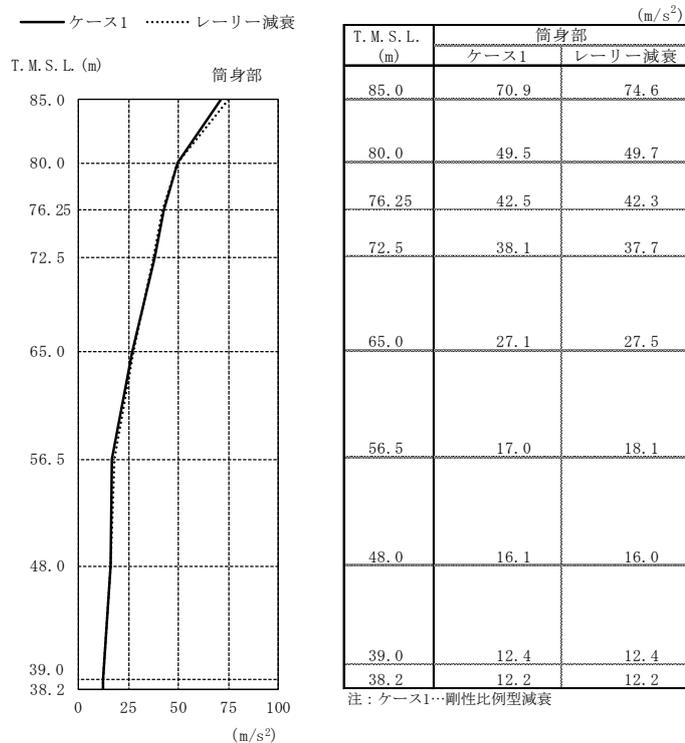
検討ケース	地震動	建屋応答の不確かさ（ケース6）			減衰	備考
		コンクリート剛性	回転ばね定数	地盤剛性		
⑥ケース6 （回転ばね低減）	Ss-2	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	50%	標準地盤	剛性比例型	計算書* 記載
レーリー減衰	Ss-2	実強度 (43.1N/mm <sup>2</sup> )	50%	標準地盤	<u>レーリー</u>	

注：下線部は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」記載ケースとの差異を示す。

注記\*：「計算書」とは、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」を指す。

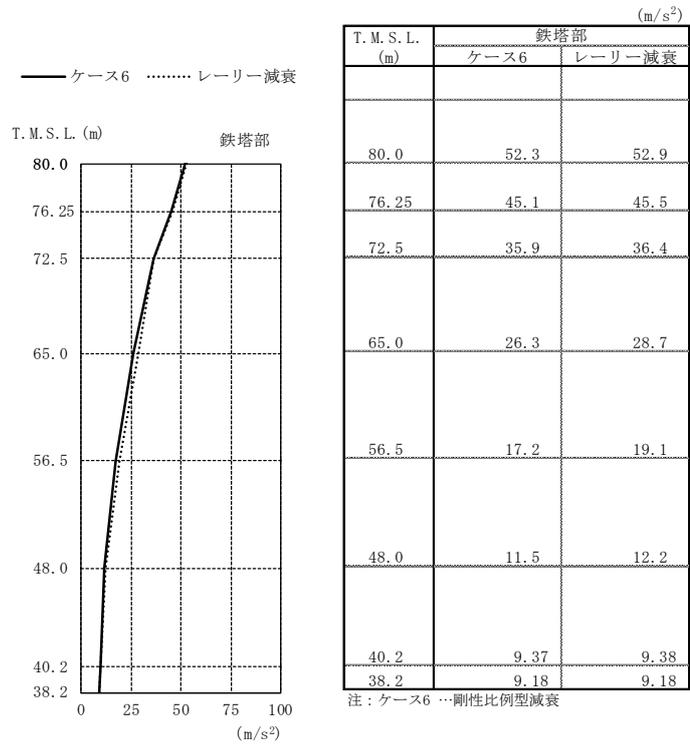


(a) 鉄塔部

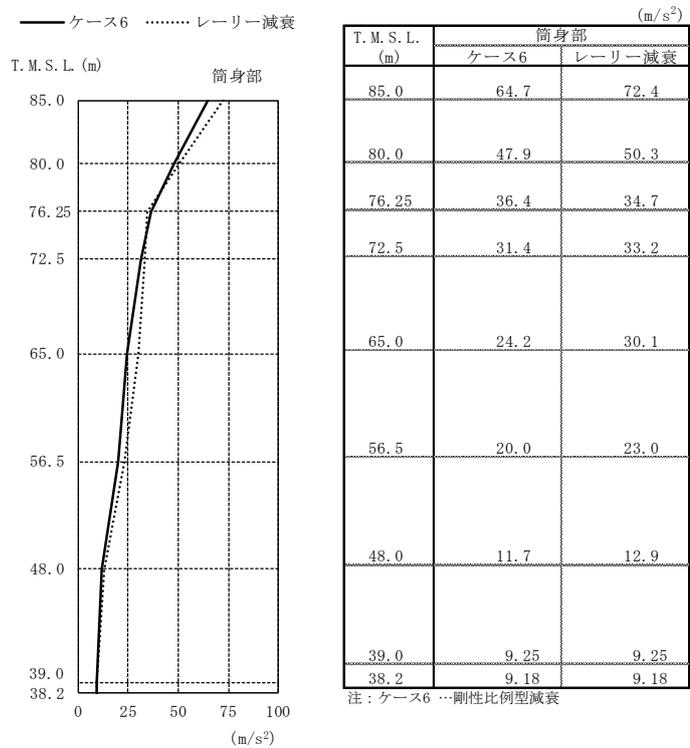


(b) 筒身部

図2-1 最大応答加速度 (S<sub>s</sub>-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討, NS方向)

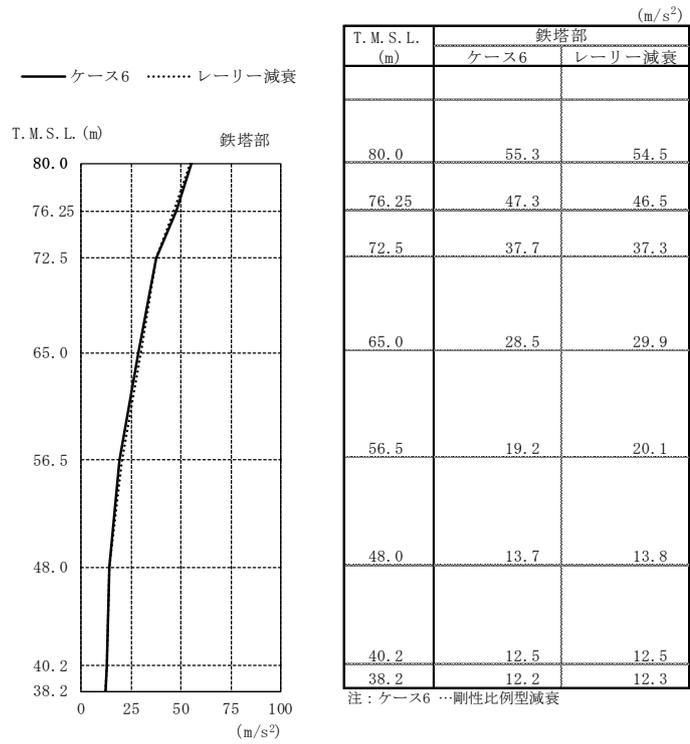


(a) 鉄塔部

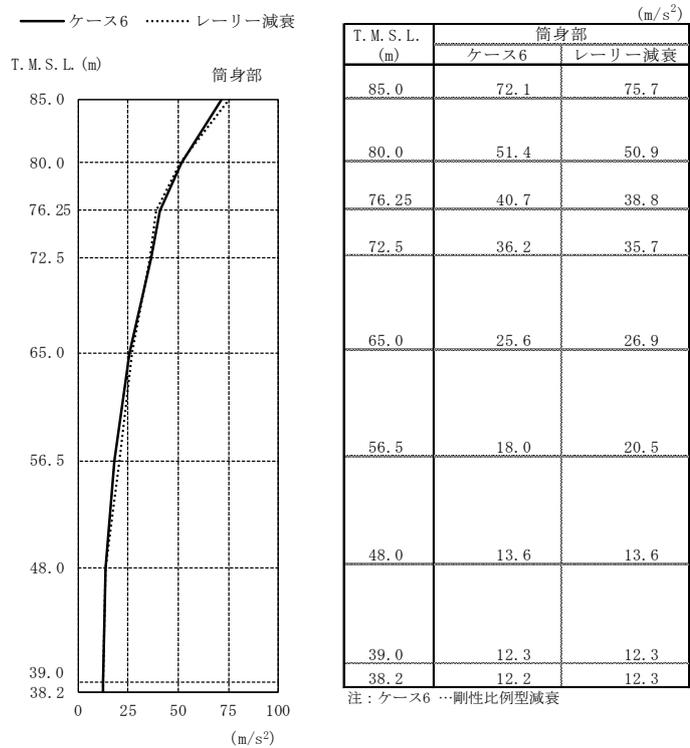


(b) 筒身部

図2-2 最大応答加速度 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, NS方向)

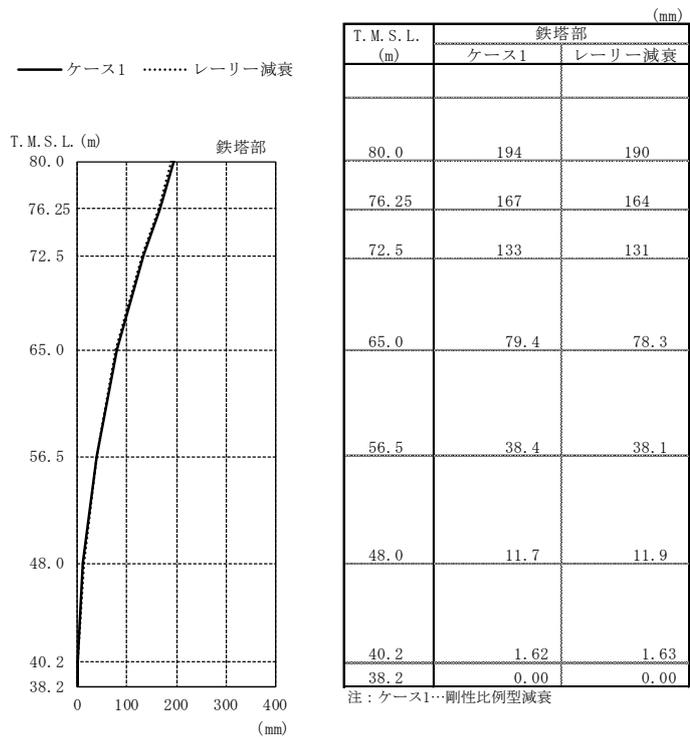


(a) 鉄塔部

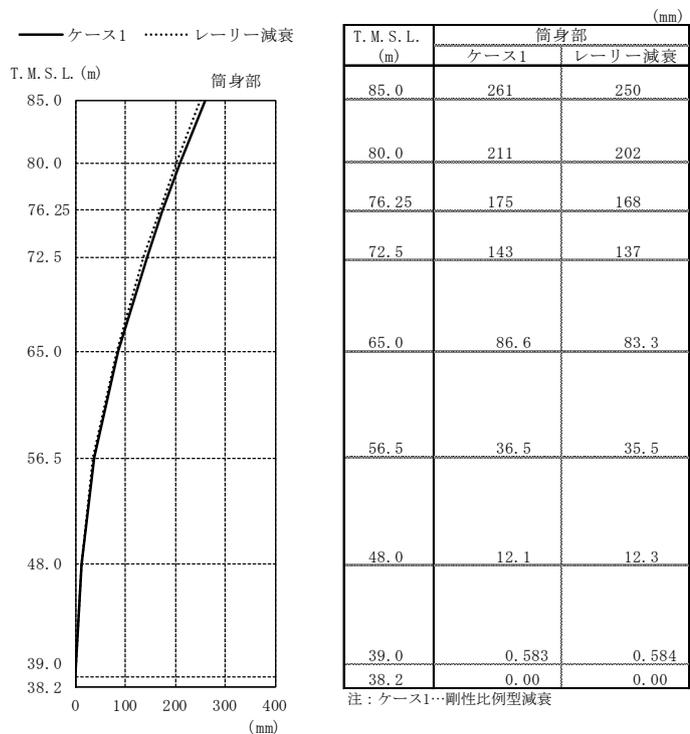


(b) 筒身部

図2-3 最大応答加速度 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, EW方向)

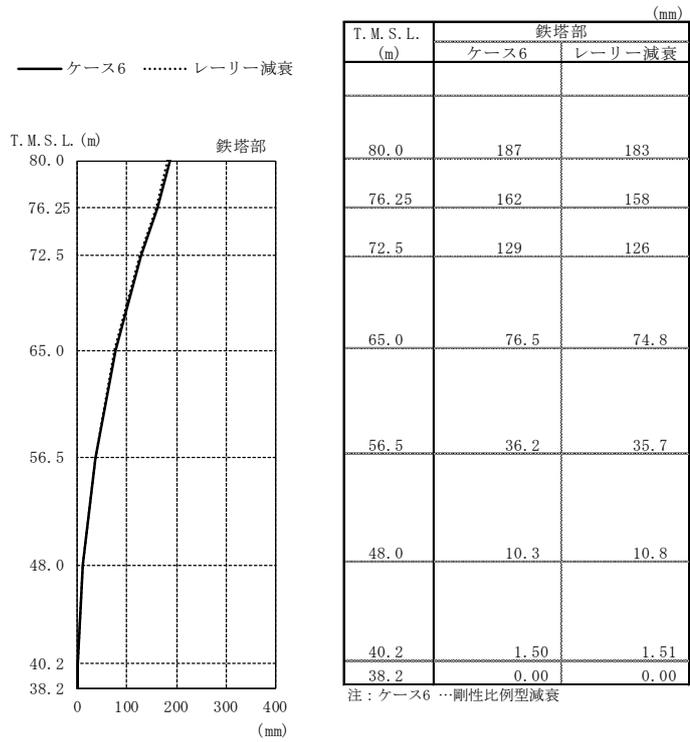


(a) 鉄塔部

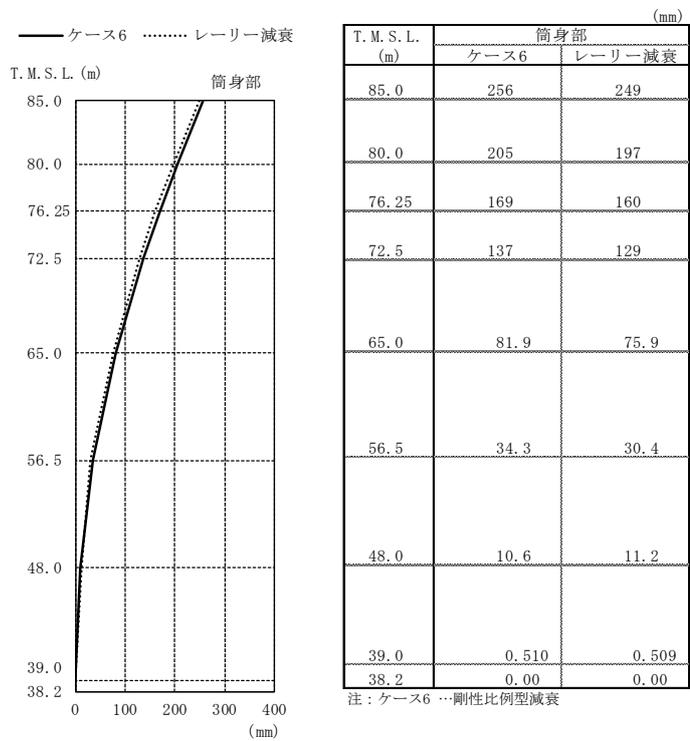


(b) 筒身部

図2-4 最大応答変位 (S<sub>s</sub>-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討, NS方向)

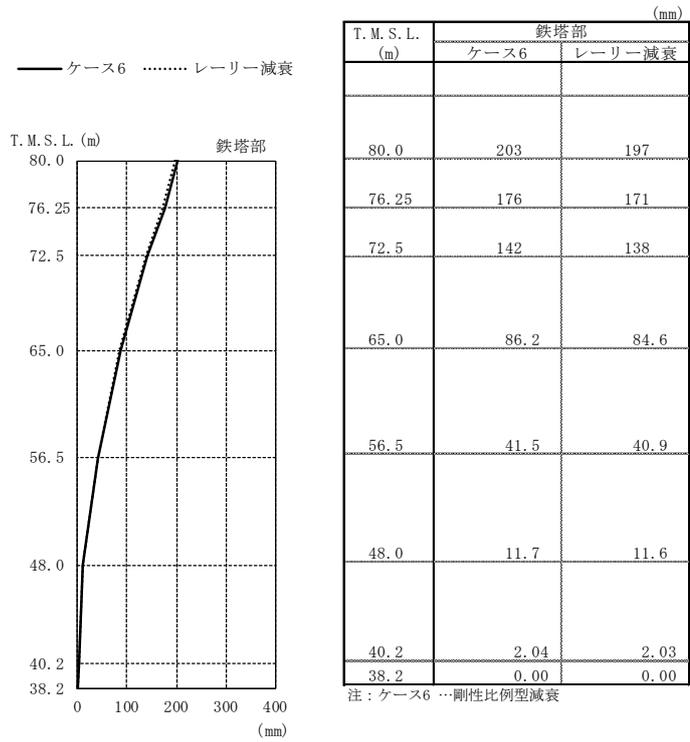


(a) 鉄塔部

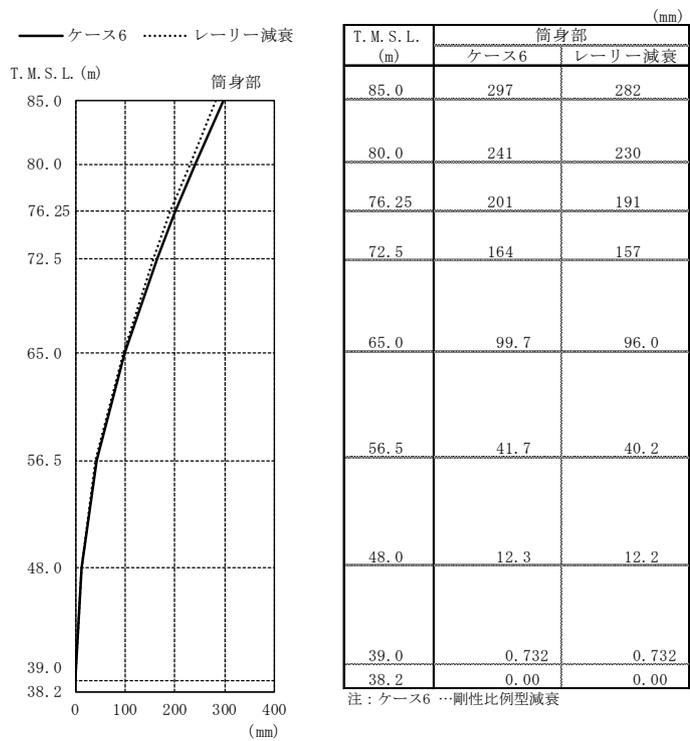


(b) 筒身部

図2-5 最大応答変位 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, NS方向)

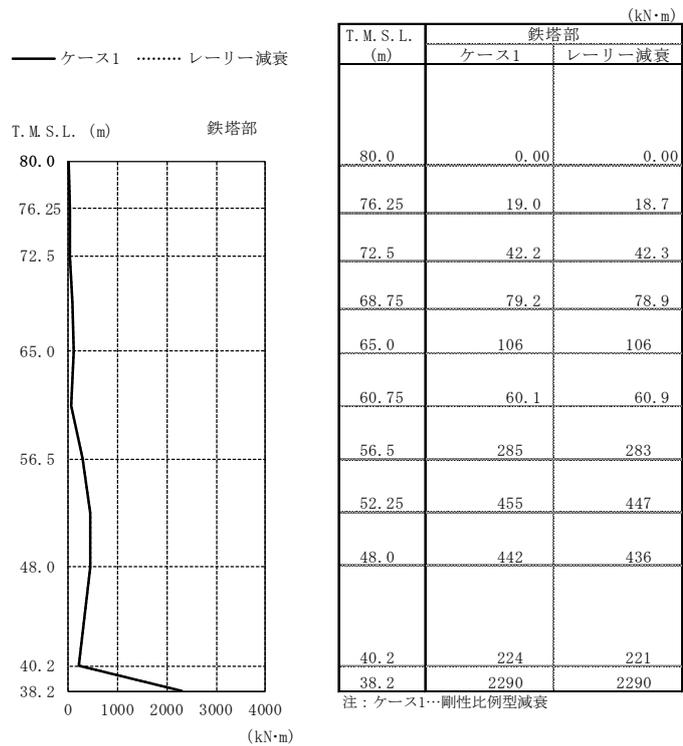


(a) 鉄塔部

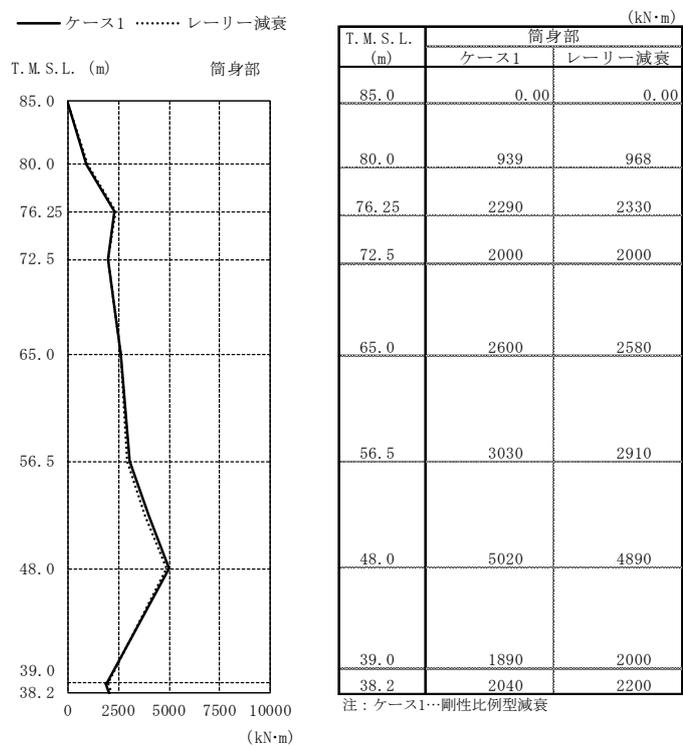


(b) 筒身部

図2-6 最大応答変位 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, EW方向)

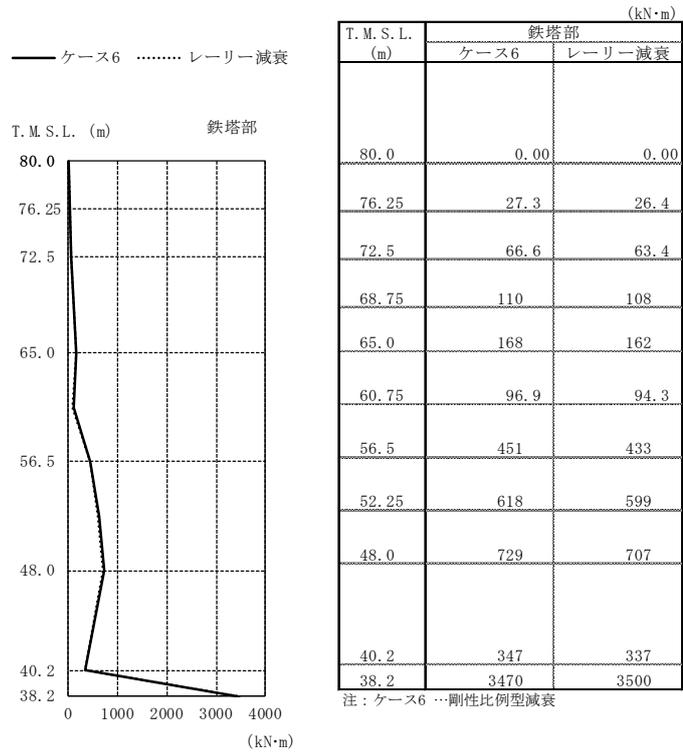


(a) 鉄塔部 主柱材包絡

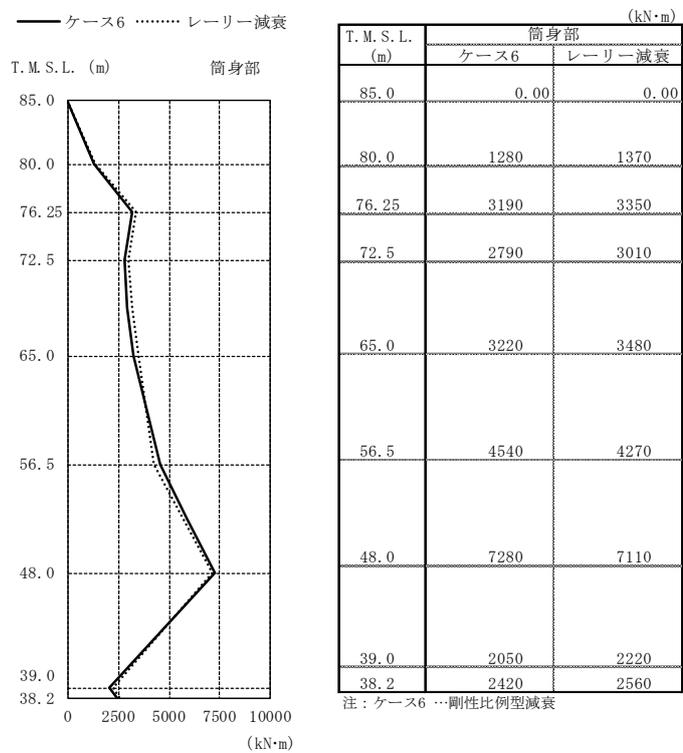


(b) 筒身部

図2-7 最大応答曲げモーメント (Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討)

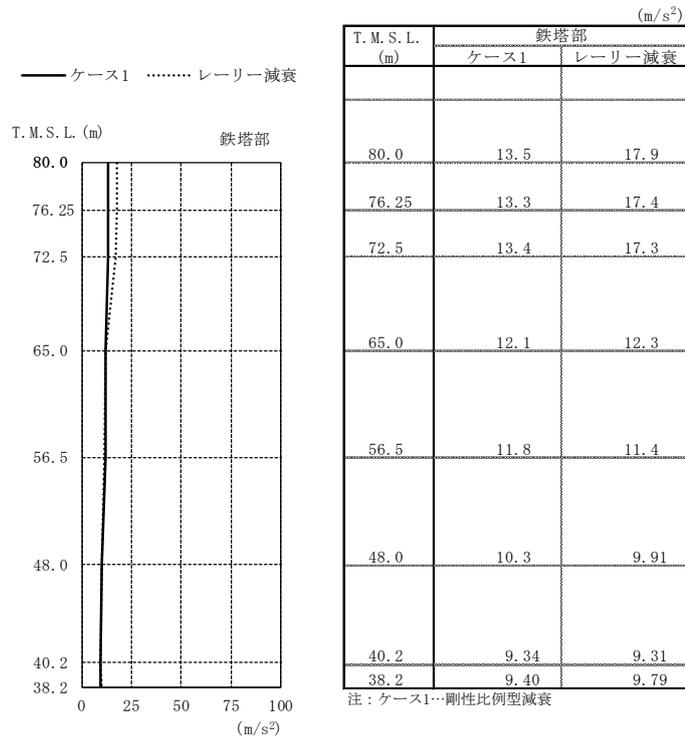


(a) 鉄塔部 主柱材包絡

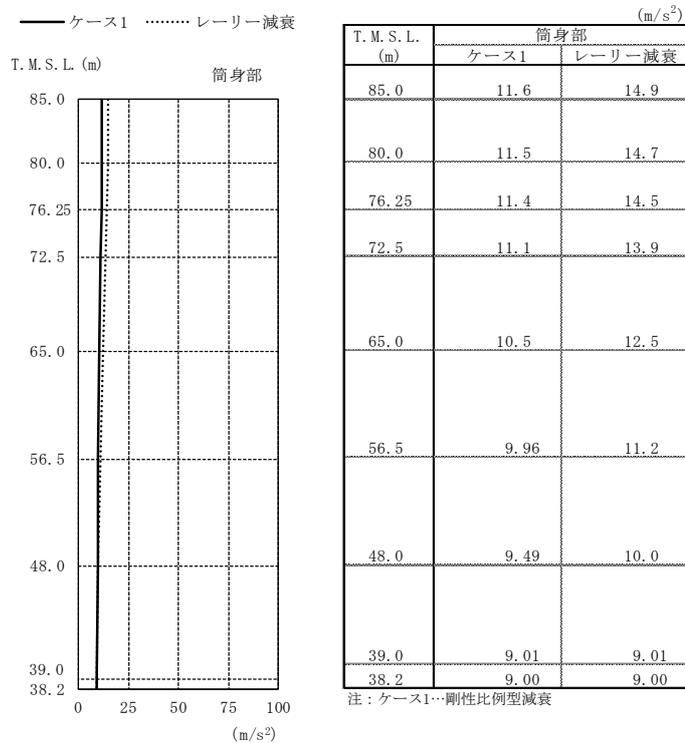


(b) 筒身部

図2-8 最大応答曲げモーメント (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討)

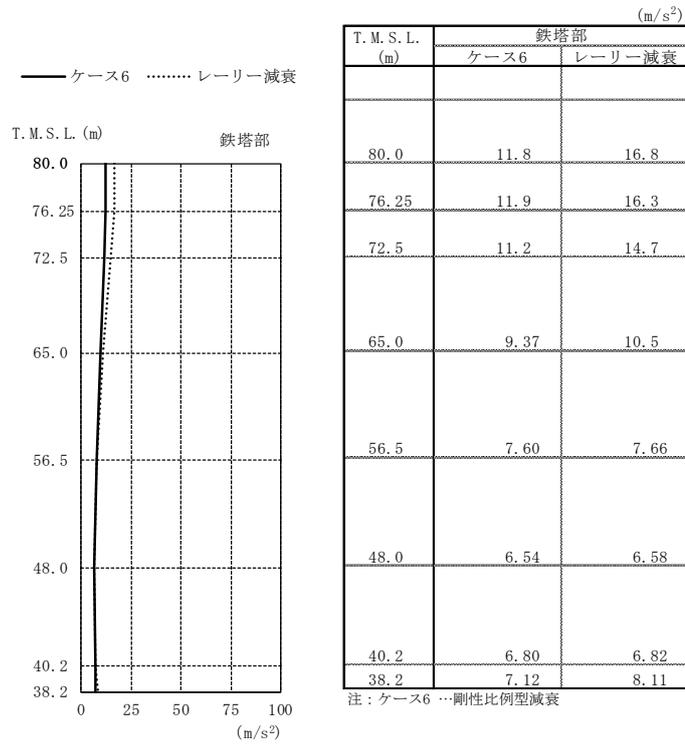


(a) 鉄塔部

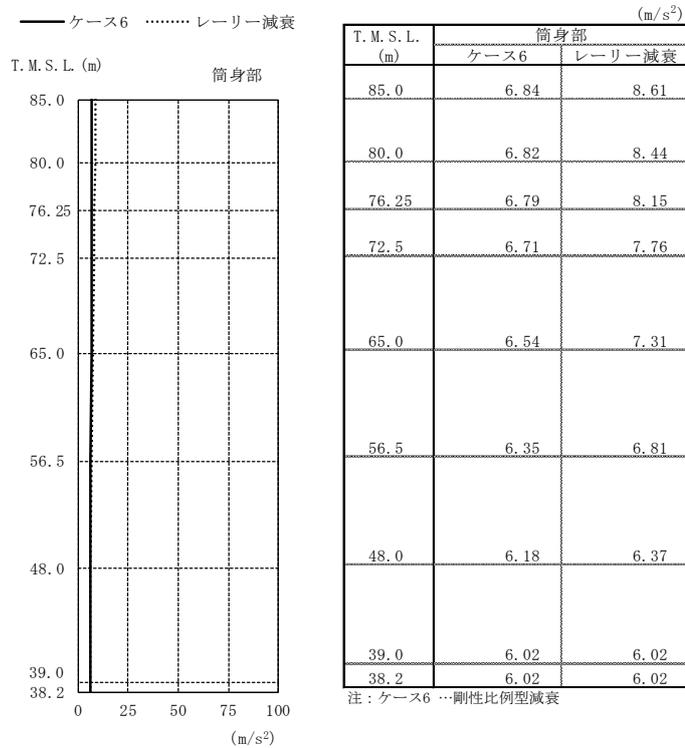


(b) 筒身部

図2-9 最大応答加速度 (Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討, 鉛直方向)



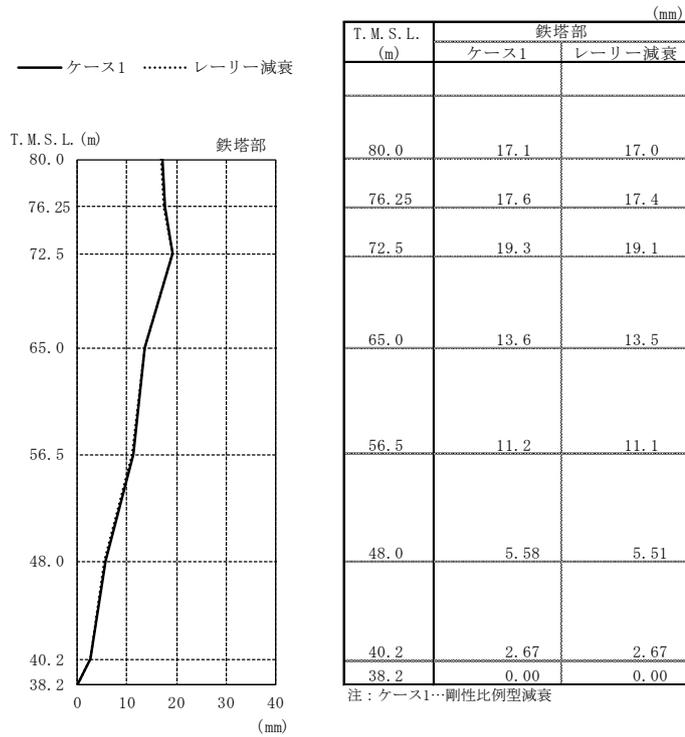
(a) 鉄塔部



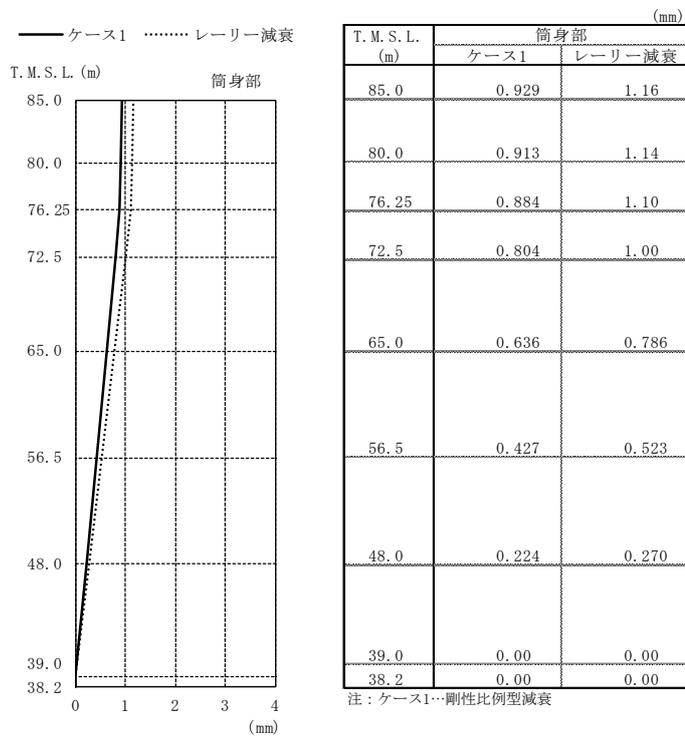
(b) 筒身部

図2-10 最大応答加速度

(Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, 鉛直方向)

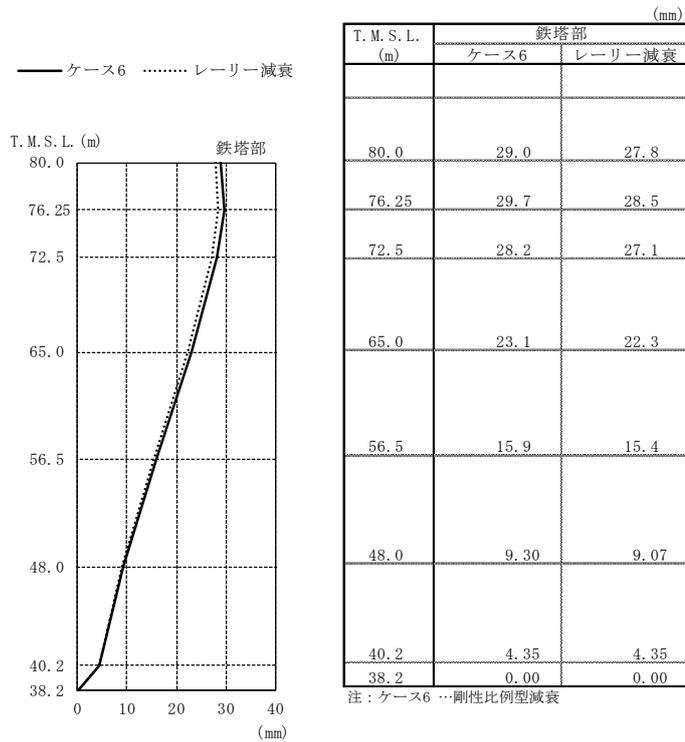


(a) 鉄塔部

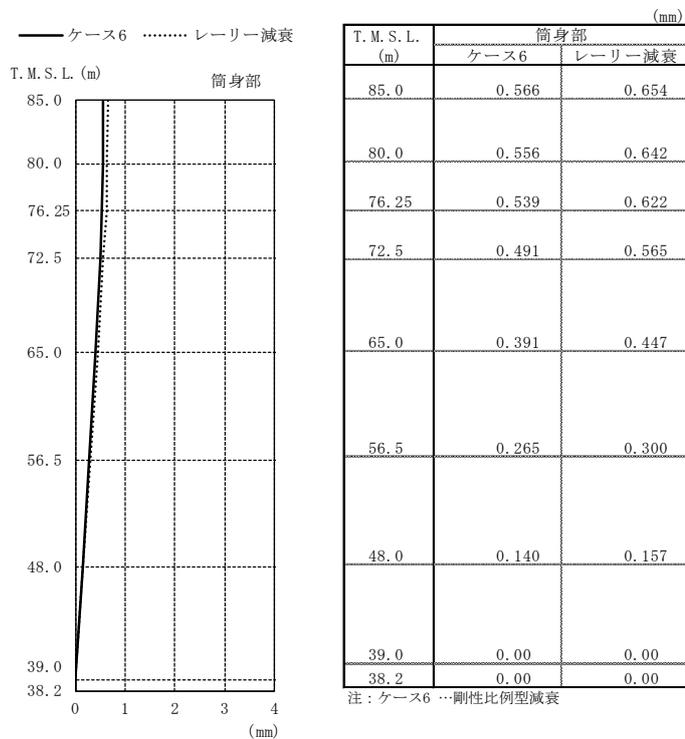


(b) 筒身部

図2-11 最大応答変位 (Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討, 鉛直方向)

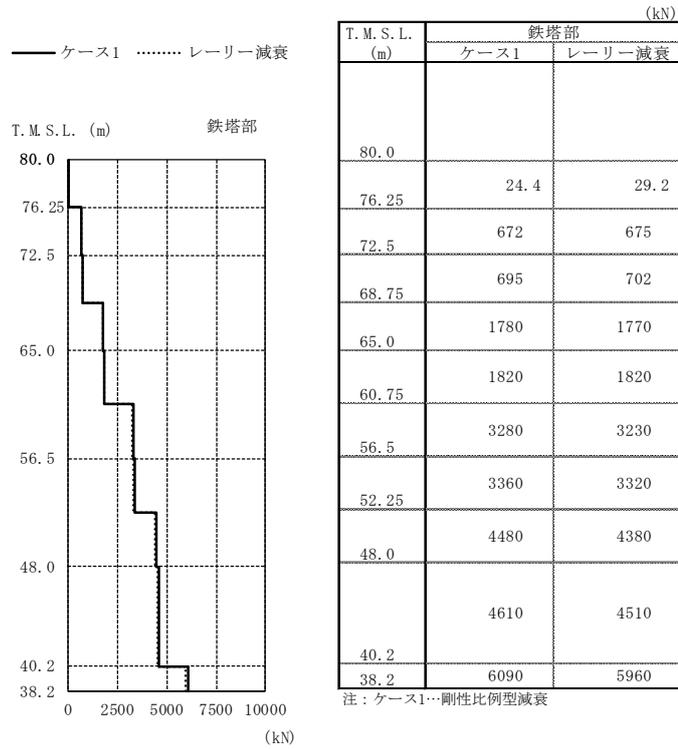


(a) 鉄塔部

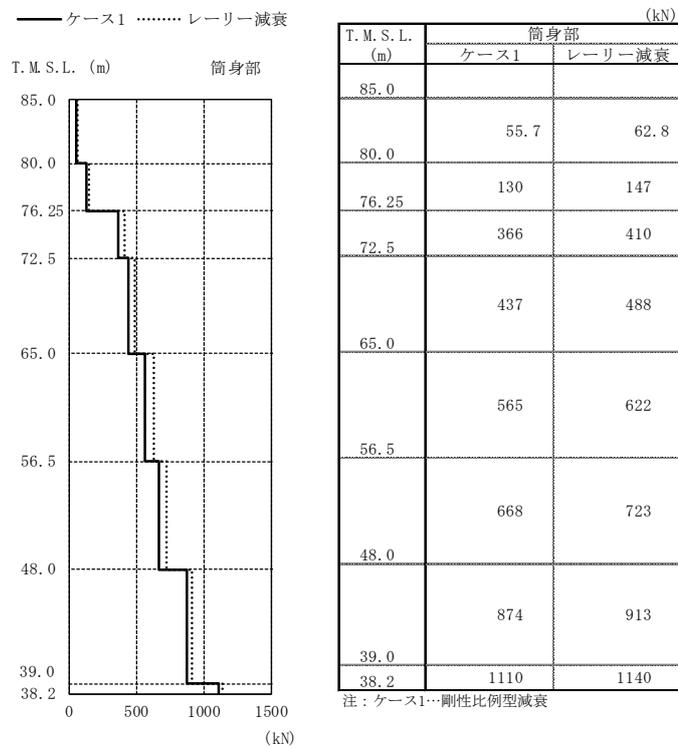


(b) 筒身部

図2-12 最大応答変位 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討, 鉛直方向)

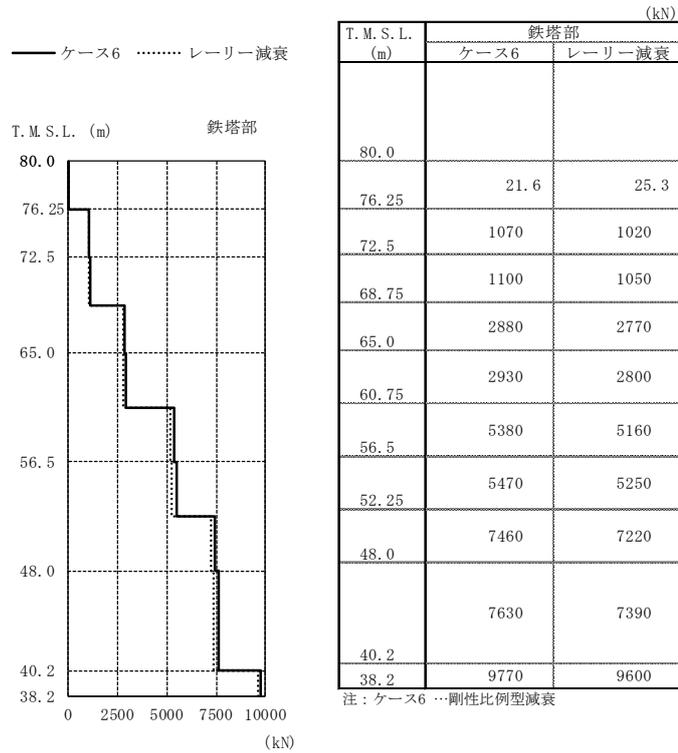


(a) 鉄塔部 主柱材包絡

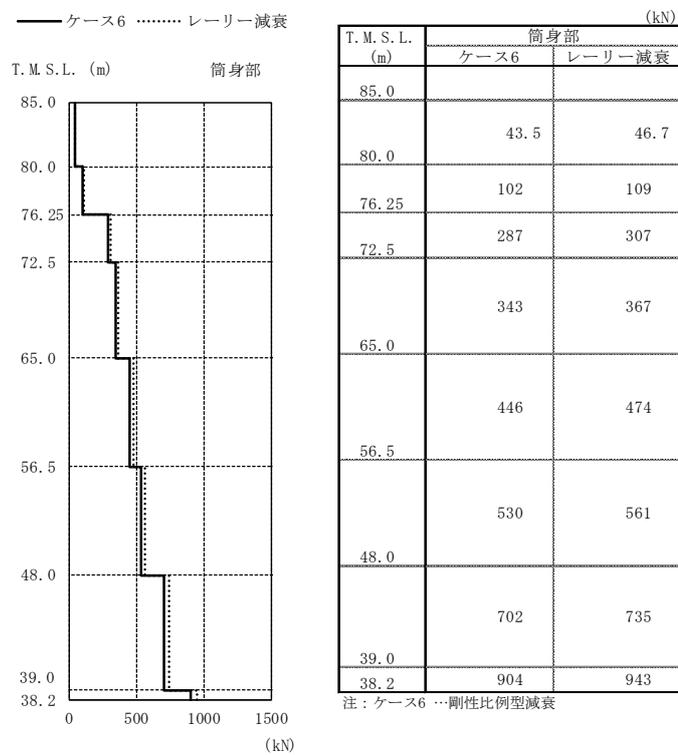


(b) 筒身部

図2-13 最大応答軸力 (Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討)



(a) 鉄塔部 主柱材包絡



(b) 筒身部

図2-14 最大応答軸力 (Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討)

表2-3 制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値

	オイルダンパーの最大応答値				許容値
	Ss-1 を用いた ケース 1（基本ケース） に対する検討		Ss-2 を用いた ケース 6（回転ばね低減） に対する検討		
	剛性比例型 減衰	レーリー 減衰	剛性比例型 減衰	レーリー 減衰	
速度 (m/s)	1.91	1.86	1.90	1.79	2.60
変位 (mm)	124	118	146	139	175

表2-4 (1/2) 断面算定結果

(a) 主柱材

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討						Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討					
		剛性比例型減衰			レーリー減衰			剛性比例型減衰			レーリー減衰		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)	
80.0	B-C	24.4	19.0	0.14	29.2	18.7	0.14	21.6	27.3	0.19	25.3	26.4	0.18
72.5	C-D	695	79.2	0.54	702	78.9	0.54	1100	110	0.79	1050	108	0.77
65.0	D-E	1820	106	0.62	1820	106	0.62	2930	168	0.99	2800	162	0.95
56.5	E-F	3360	455	0.62	3320	447	0.61	5470	618	0.93	5250	599	0.90
48.0	F-G	4610	455	0.52	4510	447	0.51	7630	729	0.84	7390	707	0.81

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

(b) 斜材

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討				Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討			
		剛性比例型減衰		レーリー減衰		剛性比例型減衰		レーリー減衰	
		評価用応力		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$
		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$			N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		
80.0	B-C	655	0.73	646	0.72	633	0.71	611	0.69
72.5	C-D	758	0.49	746	0.48	738	0.47	713	0.46
65.0	D-E	942	0.33	928	0.33	968	0.34	932	0.33
56.5	E-F	1100	0.21	1090	0.21	1130	0.22	1120	0.22
48.0	F-G	1210	0.14	1230	0.14	1360	0.16	1430	0.17

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

(c) 水平材

標高 T. M. S. L. (m)	部材位置	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討				Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討			
		剛性比例型減衰		レーリー減衰		剛性比例型減衰		レーリー減衰	
		評価用応力		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$
		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$			N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		
80.0	B	58.7	0.08	58.8	0.08	63.6	0.09	62.3	0.09
72.5	C	73.2	0.12	73.0	0.12	92.9	0.15	90.9	0.14
65.0	D	139	0.10	139	0.10	178	0.12	181	0.13
56.5	E	207	0.15	205	0.15	326	0.24	325	0.24
48.0	F	220	0.11	215	0.11	325	0.16	306	0.15

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

表2-4 (2/2) 断面算定結果

(d) 筒身部

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討						Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討					
		剛性比例型減衰			レーリー減衰			剛性比例型減衰			レーリー減衰		
		評価用応力			評価用応力			評価用応力			評価用応力		
		N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
85.0	A-B	24.2	938	0.29	25.1	967	0.29	21.7	1090	0.33	21.7	1160	0.35
80.0	B-C	163	2290	0.71	168	2330	0.72	152	2720	0.83	148	2850	0.87
72.5	C-D	227	2290	0.72	209	2290	0.72	203	2450	0.77	206	2650	0.83
65.0	D-E	301	3020	0.57	314	2910	0.55	256	3630	0.67	274	3510	0.65
56.5	E-F	282	3980	0.73	292	3830	0.71	396	4570	0.85	421	4410	0.82
48.0	F-G	379	5020	0.50	381	4890	0.49	539	5660	0.57	562	5530	0.56
39.0													

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づき、時刻歴断面算定結果を示す。

## 別紙4 共振風速及び渦励振について

## 目 次

1. 概要	別紙 4-1
2. 検討方針	別紙 4-2
3. 渦励振の発生の有無	別紙 4-4
3.1 鉄塔部（個材の渦励振の発生の有無）	別紙 4-4
3.1.1 判定方法	別紙 4-4
3.1.2 判定結果	別紙 4-6
3.1.3 実状に応じた見直しを考慮した判定結果	別紙 4-7
3.2 筒身部	別紙 4-10
4. 渦励振を考慮した場合の解析	別紙 4-11
4.1 渦励振による風直交方向荷重	別紙 4-11
4.2 解析結果	別紙 4-13

## 1. 概要

本資料は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」（以下「今回工認」という。）における断面算定表について、記載されている共振風速の設計上の取扱いを説明し、渦励振の発生の有無の確認及び渦励振による風直交方向荷重による検討について示す資料である。

## 2. 検討方針

主排気筒のような煙突構造物では、カルマン渦の発生周波数と構造物の固有振動数が一致する風速で、風直交方向に大きな振動（渦励振）が発生するおそれがある。この風速を共振風速として、今回工認における断面算定表に記載している。記載した共振風速を表 2-1 に示す。

鉄塔部（支柱材，斜材及び水平材）における共振風速  $V_r$  は，次式により算定する。

$$V_r = D \cdot f_L / S_t \dots\dots\dots (2. 1)$$

ここで，

$D$  : 円形断面個材の外径 (m)

$f_L$  : 個材の曲げ振動の 1 次固有振動数 (Hz)

$S_t$  : ストローハル数（円形断面につき 0.18）

なお，表 2-1 に示した鉄塔部の共振風速は，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機『柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の工事計画の認可について』（3 資庁第 6675 号 平成 3 年 8 月 23 日）（以下「建設時工認（認可）」という。）にて算出した値を用いている。

筒身部における共振風速  $U_r$  は，次式により算定する。

$$U_r = 5 \cdot f_L \cdot D_m \dots\dots\dots (2. 2)$$

ここで，

$f_L$  : 風直交方向振動の 1 次固有振動数 (=2.88Hz)

$D_m$  : 円形断面を有する煙突の高さ  $2H/3$  における外径 (=2.416m)

$H$  : 煙突の基準高さ (=73.0 m)

なお，表 2-1 に示した筒身部の共振風速は，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機『工事計画届出書』（総官発 20 第 180 号 平成 20 年 8 月 25 日）（以下「中越沖地震に伴う補強時（届出）」という。）にて算出した値を用いている。

「煙突構造設計指針」（（社）日本建築学会，2007 年）に基づき，鉄塔部の個材及び筒身部に対する渦励振について検討を行う。検討フローを図 2-1 に示す。

表 2-1 今回工認における共振風速

(a) 主柱材			(b) 斜材		
主柱材	部材間	共振風速 $V_r$ (m/s)	斜材	部材間	共振風速 $V_r$ (m/s)
$\phi 318.5 \times 6$	B-C	175	$\phi 216.3 \times 4.5$	B-C	35
$\phi 406.4 \times 6.4$	C-D	414	$\phi 267.4 \times 6$	C-D	52
$\phi 508.0 \times 7.9$	D-E	504	$\phi 355.6 \times 7.9$	D-E	118
$\phi 609.6 \times 16$	E-F	719	$\phi 406.4 \times 12.7$	E-F	149
$\phi 711.2 \times 19$	F-G	284	$\phi 558.8 \times 16$	F-G	103

(c) 水平材			(d) 筒身部		
水平材	部材位置	共振風速 $V_r$ (m/s)	筒身部	部材間	共振風速 $U_r$ (m/s)
$\phi 216.3 \times 4.5$	B	29	$\phi 2412 \times 6$	A-B	34
$\phi 216.3 \times 4.5$	C	26	$\phi 2412 \times 6$	B-C	
$\phi 318.5 \times 6$	D	53	$\phi 2412 \times 6$	C-D	
$\phi 318.5 \times 6$	E	48	$\phi 2416 \times 8$	D-E	
$\phi 406.4 \times 6.4$	F	112	$\phi 2416 \times 8$	E-F	
			$\phi 2424 \times 12$	F-G	

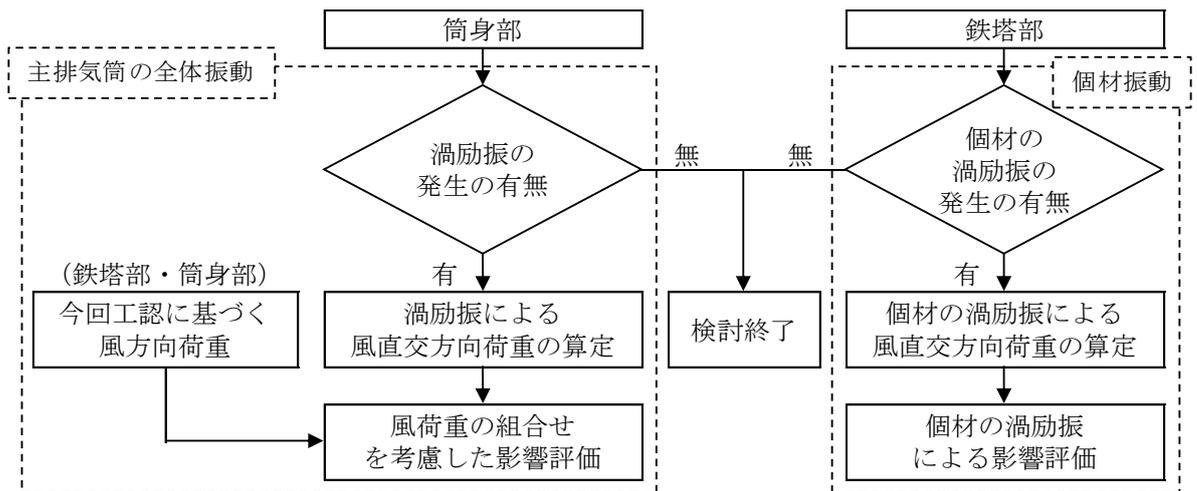


図 2-1 検討フロー

### 3. 渦励振の発生の有無

#### 3.1 鉄塔部（個材の渦励振の発生の有無）

##### 3.1.1 判定方法

鉄塔部について、個材の渦励振に関する判定フローを図3-1に示す。

「煙突構造設計指針」（（社）日本建築学会，2007年）では、次式の条件を満たす個材に対して、渦励振を考慮するものとしている。

$$U_z / (f_L \cdot D) \geq 0.83 / S_t \quad \text{かつ} \quad L / D \geq 15 \cdots \cdots (3.1)$$

ここで、

$U_z$ ：個材の平均高さ  $Z$  における設計風速 (m/s)，今回工認に示す基準風速 (= 40.1m/s) とする。

$f_L$ ：個材の曲げ振動の1次固有振動数 (Hz)

$S_t$ ：ストローハル数（円形断面につき 0.18）

$L$ ：個材の長さ (m)

$D$ ：円形断面個材の外径 (m)

(3.1)式から、(3.2)式又は(3.3)式のいずれかを満たす場合は、渦励振を考慮しなくても良いと判断できる。

$$40.1 / (f_L \cdot D) < 0.83 / S_t \cdots \cdots (3.2)$$

$$L / D < 15 \cdots \cdots (3.3)$$

ここで(3.2)式に(2.1)式を代入し、式変形させたものを(3.4)式に示す。

$$48.4 < V_f \cdots \cdots (3.4)$$

以上より、(3.3)式及び(3.4)式に基づき、個材の渦励振の発生の有無について判定する。

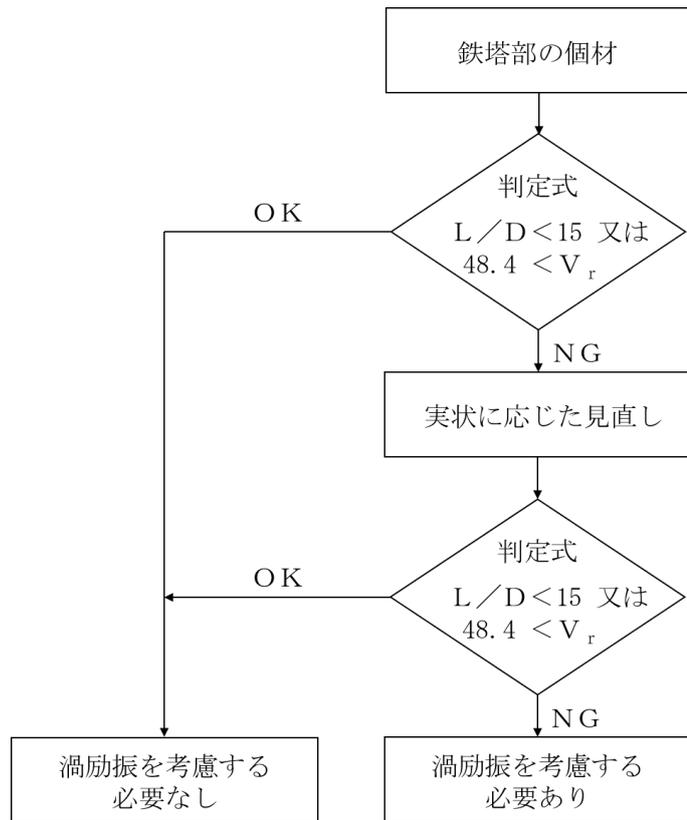


図 3-1 個材の渦励振に関する判定フロー

### 3.1.2 判定結果

判定結果を表 3-1 に示す。

判定の結果、一部の斜材及び水平材については、(3.3)式及び(3.4)式のいずれも満たさない。しかしながら、判定に用いた個材の長さLや共振風速 $V_r$ は、建設時工認（認可）にて算出した保守的な値を用いている。よって、斜材及び水平材について実状に応じた見直しを行う。

表 3-1 個材の渦励振に関する判定結果

#### (a) 主柱材

主柱材	部材間	L (m)	D (m)	L/D	共振風速 $V_r$ (m/s)	判定		
						(3.3)式 $L/D < 15$	(3.4)式 $48.4 < V_r$	渦励振の考慮
$\phi 318.5 \times 6$	B-C	3.75	0.3185	11.78	175	OK	OK	不要
$\phi 406.4 \times 6.4$	C-D	3.75	0.4064	9.23	414	OK	OK	不要
$\phi 508.0 \times 7.9$	D-E	4.25	0.5080	8.37	504	OK	OK	不要
$\phi 609.6 \times 16$	E-F	4.25	0.6096	6.98	719	OK	OK	不要
$\phi 711.2 \times 19$	F-G	7.88	0.7112	11.08	284	OK	OK	不要

#### (b) 斜材

斜材	部材間	L (m)	D (m)	L/D	共振風速 $V_r$ (m/s)	判定		
						(3.3)式 $L/D < 15$	(3.4)式 $48.4 < V_r$	渦励振の考慮
$\phi 216.3 \times 4.5$	B-C	4.54	0.2163	20.99	35	NG	NG	要
$\phi 267.4 \times 6$	C-D	4.61	0.2674	17.25	52	NG	OK	不要
$\phi 355.6 \times 7.9$	D-E	5.09	0.3556	14.32	118	OK	OK	不要
$\phi 406.4 \times 12.7$	E-F	5.16	0.4064	12.70	149	OK	OK	不要
$\phi 558.8 \times 16$	F-G	8.59	0.5588	15.38	103	NG	OK	不要

#### (c) 水平材

水平材	部材位置	L (m)	D (m)	L/D	共振風速 $V_r$ (m/s)	判定		
						(3.3)式 $L/D < 15$	(3.4)式 $48.4 < V_r$	渦励振の考慮
$\phi 216.3 \times 4.5$	B	5.00	0.2163	23.12	29	NG	NG	要
$\phi 216.3 \times 4.5$	C	5.23	0.2163	24.18	26	NG	NG	要
$\phi 318.5 \times 6$	D	5.46	0.3185	17.15	53	NG	OK	不要
$\phi 318.5 \times 6$	E	5.73	0.3185	18.00	48	NG	NG	要
$\phi 406.4 \times 6.4$	F	6.00	0.4064	14.77	112	OK	OK	不要

### 3.1.3 実状に応じた見直しを考慮した判定結果

個材の長さ $L$ の設定例を図3-2に示す。

建設時工認（認可）において、共振風速 $V_r$ の算定に用いた個材の長さ $L$ には、接合部を無視した保守的な値を設定している。実際には、接合部間において個材の曲げ振動が発生し、1次固有振動数 $f_L$ に影響を及ぼすと考えられる。そのため、実状に応じた見直しとして、個材の長さ $L$ を以下のような設定とする。

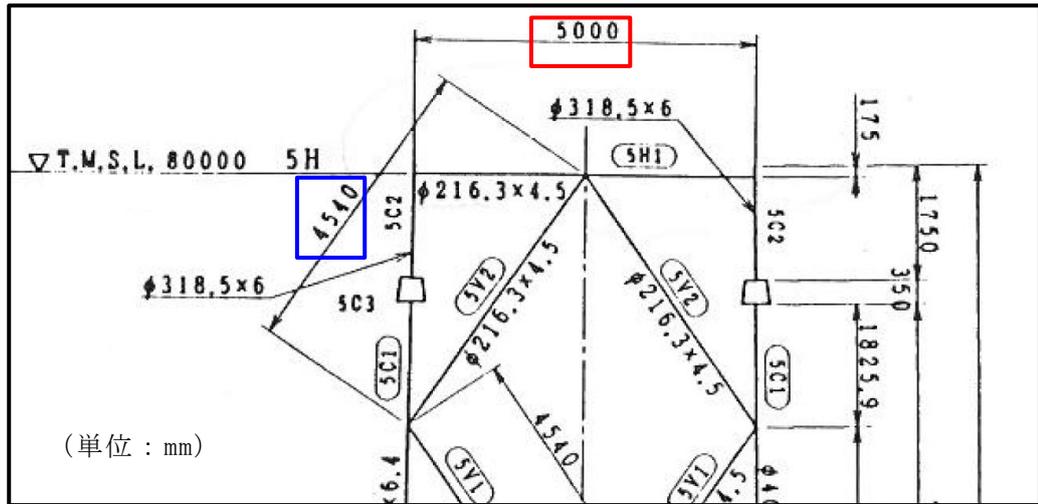
- ・水平材：ガセットの端部－継手のボルト中心間
- ・斜材：継手のボルト中心－継手のボルト中心間

なお、個材の曲げ振動の1次固有振動数 $f_L$ を算定する際の境界条件は、保守的にピン接合－ピン接合とする。

実状に応じた見直しを考慮した判定結果を表3-2に示す。

判定の結果、いずれの部材についても(3.3)式又は(3.4)式のいずれかを満たす。

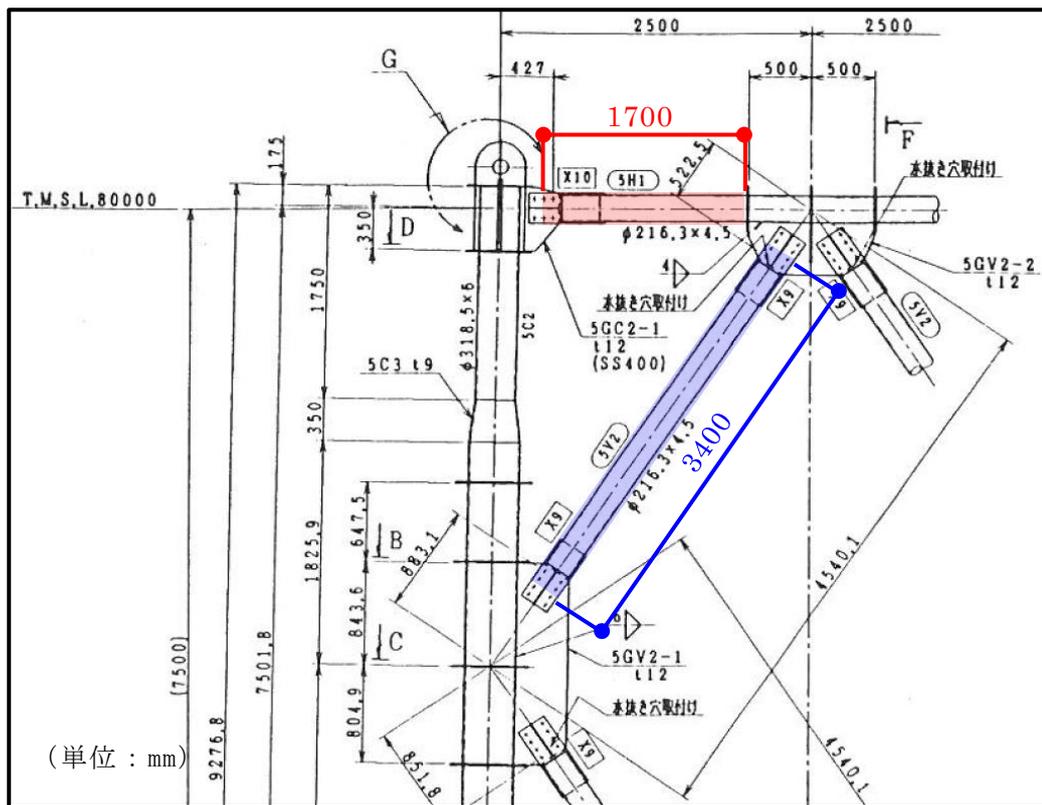
以上より、鉄塔部における個材振動に関し、渦励振を考慮する必要は無いと判断した。



(単位 : mm)

青枠：斜材（B－C間）の個材長さL，赤枠：水平材（B）の個材長さL

(a) 建設時工認における設定例（施工図\*に対し加筆）



(単位 : mm)

青：斜材（B－C間）の個材長さL，赤：水平材（B）の個材長さL

(b) 施工図\*を参考とした実状に応じた見直し例

注記\*： 柏崎刈羽原子力発電所7号機工事の内 発電所本館建物新設工事  
 原子炉建屋 施工図一覧表（11/16） 排気筒鉄骨工事  
 図3-2 個材の長さLの設定例

表 3-2 実状に応じた見直しを考慮した判定結果

(a) 斜材

斜材	部材間	L <sup>*1</sup> (m)	D (m)	L/D <sup>*2</sup>	共振風速 V <sub>r</sub> <sup>*2</sup> (m/s)	判定		
						(3.3)式 L/D < 15	(3.4)式 48.4 < V <sub>r</sub>	渦励振 の考慮
φ 216.3 × 4.5	B-C	3.40	0.2163	15.72	62	NG	OK	不要
φ 267.4 × 6	C-D	3.30	0.2674	12.35	101	OK	OK	不要
φ 355.6 × 7.9	D-E	3.60	0.3556	10.13	150	OK	OK	不要
φ 406.4 × 12.7	E-F	3.60	0.4064	8.86	195	OK	OK	不要
φ 558.8 × 16	F-G	5.50	0.5588	9.85	158	OK	OK	不要

注記\*1：実状に応じた個材の長さLの見直し結果を示す。

\*2：実状に応じた見直しを考慮し再算定した結果を示す。

(b) 水平材

水平材	部材位置	L <sup>*1</sup> (m)	D (m)	L/D <sup>*2</sup>	共振風速 V <sub>r</sub> <sup>*2</sup> (m/s)	判定		
						(3.3)式 L/D < 15	(3.4)式 48.4 < V <sub>r</sub>	渦励振 の考慮
φ 216.3 × 4.5	B	1.70	0.2163	7.86	250	OK	OK	不要
φ 216.3 × 4.5	C	1.80	0.2163	8.33	223	OK	OK	不要
φ 318.5 × 6	D	1.80	0.3185	5.66	484	OK	OK	不要
φ 318.5 × 6	E	1.90	0.3185	5.97	435	OK	OK	不要
φ 406.4 × 6.4	F	1.90	0.4064	4.68	710	OK	OK	不要

注記\*1：実状に応じた個材の長さLの見直し結果を示す。

\*2：実状に応じた見直しを考慮し再算定した結果を示す。

### 3.2 筒身部

「煙突構造設計指針」((社)日本建築学会, 2007 年)では, 次式の条件を満たす煙突に対しては, 渦励振を考慮するものとしている。

$$U_H / (f_L \cdot D_m) \geq 4.2 \dots\dots\dots (3. 5)$$

ここで,

$U_H$  : 基準風速 (=40.1m/s)

$f_L$  : 風直交方向振動の1次固有振動数(=2.88Hz)

$D_m$  : 円形断面を有する煙突の高さ  $2H/3$  における外径 (=2.416m)

$H$  : 煙突の基準高さ (=73.0 m)

以上を(3. 5)式に代入すると(3. 6)式となる。

$$40.1 / (2.88 \cdot 2.416) = 5.763 \geq 4.2 \dots\dots\dots (3. 6)$$

以上より, 主排気筒は(3. 5)式の条件を満たすため, 渦励振による風直交方向荷重を考慮する必要がある。

#### 4. 渦励振を考慮した場合の解析

##### 4.1 渦励振による風直交方向荷重

「煙突構造設計指針」((社)日本建築学会, 2007年)より, 風直交方向荷重の算定式を(4.1)式に示す。

$$W_r = 0.8 \cdot \rho \cdot U_r^2 \cdot C_r \cdot \frac{Z}{H} \cdot A_F \cdots \cdots (4.1)$$

ここで,

$W_r$  : 地表面からの高さ  $Z$  における渦励振による風直交方向荷重 (N)

$\rho$  : 空気密度 (=1.22kg/m<sup>3</sup>)

$U_r$  : 共振風速 (m/s) =  $5 \cdot f_L \cdot D_m$  (=34.8 m/s\*)

$f_L$  : 風直交方向振動の1次固有振動数 (=2.88 Hz)

$D_m$  : 円形断面を有する煙突の高さ  $2H/3$  における外径  
(=2.416 m)

$C_r$  : 共振時風力係数 =  $0.57/\sqrt{\zeta_L}$  (=1.22)

$\zeta_L$  : 風直交方向振動の1次減衰定数 (=0.218)

$Z$  : 地表面からの高さ (m)

$H$  : 煙突の基準高さ (=73.0 m)

$A_F$  : 地表面からの高さ  $Z$  における風向き  $0^\circ$  に直角な面に投影した煙突の投影面積 (m<sup>2</sup>)

注記\* : 今回工認における筒身部の共振風速は  $U_r = 34\text{m/s}$  と示している。渦励振の有無の判定については, 共振風速は小さい方が保守的であるため当該数値を記載しているが, 荷重として考慮する場合は大きい方が保守的であるため, 本評価では,  $U_r = 34.8\text{m/s}$  とする。

以上より算定した筒身部の風直交方向荷重を表 4-1 に示す。

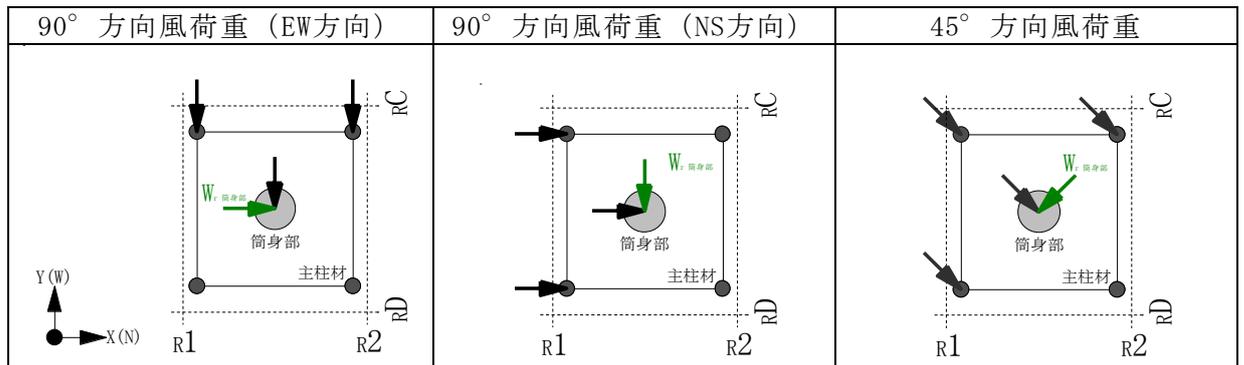
表 4-1 風直交方向荷重（共振風速 34.8m/s）

(a) 荷重表

標高 T. M. S. L. (m)	$\frac{0.8 \cdot \rho \cdot U_r^2 \cdot C_r \cdot Z}{H \cdot 1000}$ (kN/m <sup>2</sup> )	見付面積 A <sub>F</sub> (m <sup>2</sup> )	風荷重 W <sub>r</sub> (kN)
85.00	1.44	6.0	9
80.00	1.35	10.6	15
76.25	1.26	9.0	12
72.50	1.19	13.6	17
65.00	1.05	19.3	21
56.50	0.875	20.5	18
48.00	0.709	21.2	16
39.00	0.532	10.9	6

注：90° 方向及び45° 方向の風直交方向荷重の値は同一。

(b) 載荷方向



注：黒は風荷重（風方向荷重），緑は風直交方向荷重を示す。

## 4.2 解析結果

解析ケースを表 4-2 に、各ケースにおける荷重の載荷方向及び荷重図を表 4-3 に示す。また、各解析より求まる各部材の発生応力の最大値を表 4-4～表 4-7 に示す。なお、表 4-4～表 4-7 には比較のため、今回工認に基づく地震荷重による部材応力を示す。

表 4-4～表 4-7 より、支柱材、水平材及び斜材は渦励振を考慮することで多少応力は増加するものの、いずれも地震荷重による応力を下回る。一方で、筒身部 E-F 間は、地震荷重を上回る応力が発生している。

筒身部について断面算定結果を表 4-8 に示す。

F 値の割増しを考慮することで、いずれの部材についても許容値を下回る。

以上より、渦励振を考慮した場合でも主排気筒の発生応力は、評価基準以内となっており、十分な安全余裕を有していることを確認した。

表 4-2 解析ケース

検討 ケース	解析 ケース名	風荷重の組合せ			
		風方向荷重		渦励振(風直交方向荷重)	
		風速	風方向	風速	風方向
① 風方向荷重 単独解析	①90NS	40.1m/s	90° 方向 (NS)	—	—
	①90EW	40.1m/s	90° 方向 (EW)	—	—
	①45	40.1m/s	45° 方向	—	—
② 風直交方向 荷重を考慮 した解析	②90NS+渦	40.1m/s	90° 方向 (NS)	共振風速 (34.8m/s)	90° 方向 (EW)
	②90EW+渦	40.1m/s	90° 方向 (EW)	共振風速 (34.8m/s)	90° 方向 (NS)
	②45+渦	40.1m/s	45° 方向	共振風速 (34.8m/s)	135° 方向

表 4-3 各ケースにおける荷重の載荷方向及び荷重図

②風直交方向荷重を考慮した解析における荷重の載荷方向		
②90NS+渦	②90EW+渦	②45+渦
荷重図		
<p>— : 鉄塔部            — : 筒身部            ■ : 制震装置 (オイルダンパー) (計8台)            ○ : コンクリート基礎部</p> <p style="text-align: right;">           — : 鉄塔部風方向荷重 (40.1m/s)            — : 筒身部風方向荷重 (40.1m/s)            — : 筒身部風直交方向荷重         </p>		
②90NS+渦	②90EW+渦	②45+渦

注 : 各荷重線の長さは、荷重の大きさを示す。

表 4-4 主柱材 最大応答（軸力及び曲げモーメント）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	風荷重*												地震荷重		
		①90NS		②90NS+渦		①90EW		②90EW+渦		①45		②45+渦		動的*		
		N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース)										
80.0	B-C	10.2	3.40	10.2	3.42	10.2	3.46	10.2	3.48	10.3	2.77	10.3	2.77	<u>21.6</u>	<u>27.3</u>	Ss-2 (ケース6)
72.5	C-D	68.2	11.3	68.2	11.3	68.1	10.8	68.1	10.9	65.7	13.0	65.7	13.0	<u>1100</u>	<u>110</u>	Ss-2 (ケース6)
65.0	D-E	206	11.3	206	11.3	206	11.1	206	11.1	-255	13.0	-255	13.0	<u>2930</u>	<u>168</u>	Ss-2 (ケース6)
56.5	E-F	423	65.9	423	72.1	421	57.6	422	63.6	-671	78.5	-671	81.5	<u>5470</u>	<u>618</u>	Ss-2 (ケース6)
48.0	F-G	715	86.2	725	94.8	722	69.8	730	80.2	-1180	100	-1180	119	<u>7630</u>	<u>729</u>	Ss-2 (ケース6)
40.2																

注記\*：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。

注：下線部分は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明

N：軸力（圧縮を正とする。）

M：曲げモーメント

表 4-5 斜材 最大応答 (軸力)

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	風荷重* <sup>1</sup>						地震荷重	
		①90NS	②90NS+渦	①90EW	②90EW+渦	①45	②45+渦	動的* <sup>1</sup>	
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 (ケース)
80.0	B-C	49.0	49.0	48.9	48.9	47.9	47.9	<u>699</u>	Ss-1* <sup>2</sup> (ケース6)
72.5	C-D	74.8	74.8	74.7	74.8	82.6	82.6	<u>807</u>	Ss-1* <sup>2</sup> (ケース6)
65.0	D-E	-111	-111	-111	-111	-146	-146	<u>995</u>	Ss-2 (ケース3)
56.5	E-F	175	176	174	175	-208	-214	<u>1190</u>	Ss-2 (ケース3)
48.0	F-G	656	657	555	556	-545	581	<u>1360</u>	Ss-2 (ケース6)
40.2									

注記\*1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。

\*2：入力地震動の組合せはNS+鉛直。

注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明

N：軸力（圧縮を正とする。）

表 4-6 水平材 最大応答 (軸力)

標高 T. M. S. L. (m)	部 材 位 置	風荷重* <sup>1</sup>						地震荷重	
		①90NS	②90NS+渦	①90EW	②90EW+渦	①45	②45+渦	動的* <sup>1</sup>	
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 (ケース)
80.0	B	12.6	12.6	12.6	12.6	10.4	10.4	<u>65.3</u>	Ss-1* <sup>2</sup> (ケース6)
72.5	C	29.9	29.9	29.9	29.9	28.2	28.2	<u>92.9</u>	Ss-2 (ケース6)
65.0	D	46.2	46.3	46.3	46.4	48.2	48.1	<u>178</u>	Ss-2 (ケース6)
56.5	E	50.8	50.9	50.7	50.9	70.7	70.5	<u>326</u>	Ss-2 (ケース6)
48.0	F	200	200	193	193	174	223	<u>325</u>	Ss-2 (ケース6)

注記\*1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。

\*2：入力地震動の組合せはNS+鉛直。

注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明

N：軸力（圧縮を正とする。）

表 4-7 筒身部 最大応答（軸力及び曲げモーメント）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	風荷重* <sup>1</sup>												地震荷重		
		①90NS		②90NS+渦		①90EW		②90EW+渦		①45		②45+渦		動的* <sup>1</sup> , * <sup>2</sup>		
		N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース)
85.0	A-B	26.0	95.0	26.0	105	26.0	95.0	26.0	105	26.0	95.0	26.0	105	<u>21.7</u>	<u>1090</u>	Ss-2 (ケース6)
80.0	B-C	172	590	172	649	172	590	172	649	172	590	172	649	<u>152</u>	<u>2720</u>	Ss-2 (ケース6)
72.5	C-D	206	1500	206	1640	206	1500	206	1640	206	1500	206	1640	<u>209</u>	<u>2530</u>	Ss-1* <sup>3</sup> (ケース6)
65.0	D-E	269	3000	269	3270	269	3000	269	3270	269	3000	269	3270	<u>256</u>	<u>3630</u>	Ss-2 (ケース6)
56.5	E-F	322	4990	<u>322</u>	<u>5410</u>	322	4990	<u>322</u>	<u>5410</u>	322	4990	<u>322</u>	<u>5410</u>	355	4660	Ss-2 (ケース3)
48.0	F-G	432	4990	432	5410	432	4990	432	5410	432	4990	432	5410	<u>477</u>	<u>5760</u>	Ss-2 (ケース3)
39.0																

注記\*1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。

\*2：時刻歴評価に基づく応力を示す。

\*3：入力地震動の組合せはNS+鉛直。

注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明

N：軸力（圧縮を正とする。）

M：曲げモーメント

表 4-8 筒身部における評価用応力及び検定値 (1/2)

(a) 風方向 : 90° 方向

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	②90NS+渦			①90NS			②90EW+渦			①90EW		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)	
85.0	A-B	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04
80.0	B-C	172	649	0.23	172	590	0.21	172	649	0.23	172	590	0.21
72.5	C-D	206	1640	0.53	206	1500	0.49	206	1640	0.53	206	1500	0.49
65.0	D-E	269	3270	0.61	269	3000	0.56	269	3270	0.61	269	3000	0.56
56.5	E-F	322	5410	0.98	322	4990	0.91	322	5410	0.98	322	4990	0.91
48.0	F-G	432	5410	0.54	432	4990	0.50	432	5410	0.54	432	4990	0.50
39.0													

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。また、F値の割増しを行った結果を示す。

表 4-8 筒身部における評価用応力及び検定値 (2/2)

(b) 風方向：45° 方向

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	②45+渦			①45		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)	
85.0	A-B	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04
80.0	B-C	172	649	0.23	172	590	0.21
72.5	C-D	206	1640	0.53	206	1500	0.49
65.0	D-E	269	3270	0.61	269	3000	0.56
56.5	E-F	322	5410	0.98	322	4990	0.91
48.0	F-G	432	5410	0.54	432	4990	0.50
39.0							

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

また、F値の割増しを行った結果を示す。

## 別紙 5 地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響検討

## 目 次

1. 概要	別紙 5-1
2. 解析方針	別紙 5-2
2.1 解析モデル	別紙 5-2
2.2 風荷重	別紙 5-5
3. 断面算定結果（検定値）に基づく影響評価	別紙 5-7

## 1. 概要

本資料は主排気筒に対し、地震荷重に加えて風荷重（風速4.1m/s及び16.0m/s）を重畳させた場合の耐震性に関する裕度を示すものである。詳細には、以下に示す検討を実施する。

- ・ S<sub>s</sub>-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討
- ・ S<sub>s</sub>-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討

S<sub>s</sub>-1を用いたケース1（基本ケース）に対する検討では、建屋応答の不確かさを含めた各入力地震動の代表として、全周期帯の応答が大きく、耐震評価への影響も大きい基準地震動 S<sub>s</sub>-1を用いた基本ケースを選定し、地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響を確認することを目的とする。

S<sub>s</sub>-2を用いたケース6（回転ばね低減）に対する検討では、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における断面算定結果が最も厳しくなる検討ケースを対象に、地震荷重と風荷重を重畳させた場合においても断面算定結果に一定の裕度を有することを確認することを目的とする。

また、上述の各検討において重畳させる風荷重を以下に示す。

- ・ 風速4.1m/sによる風荷重
- ・ 風速16.0m/sによる風荷重

なお、入力地震動は、別紙3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」に基づき、S<sub>s</sub>-1については2方向（3成分）（NS方向（並進・回転）及び鉛直方向）同時入力とし、S<sub>s</sub>-2について3方向（5成分）（水平2方向（並進・回転）及び鉛直方向）同時入力とする。

また、固有値解析結果は、別紙3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」に示すケース1（基本ケース）と同一である。

## 2. 解析方針

### 2.1 解析モデル

V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」における解析モデル（以下「工認モデル」という。）では，既工認との整合性と保守性を担保するため，支柱材及び筒身の実状の部材断面の切り替え位置よりも低い位置に部材の切り替え位置を設定し，モデル化を行っている。本検討では，地震荷重に加えて，風荷重を重畳させた場合の耐震性に関する裕度を確認することを目的としているため，支柱材及び筒身部について，実状に合わせた切り替え位置を考慮したモデルに変更する。

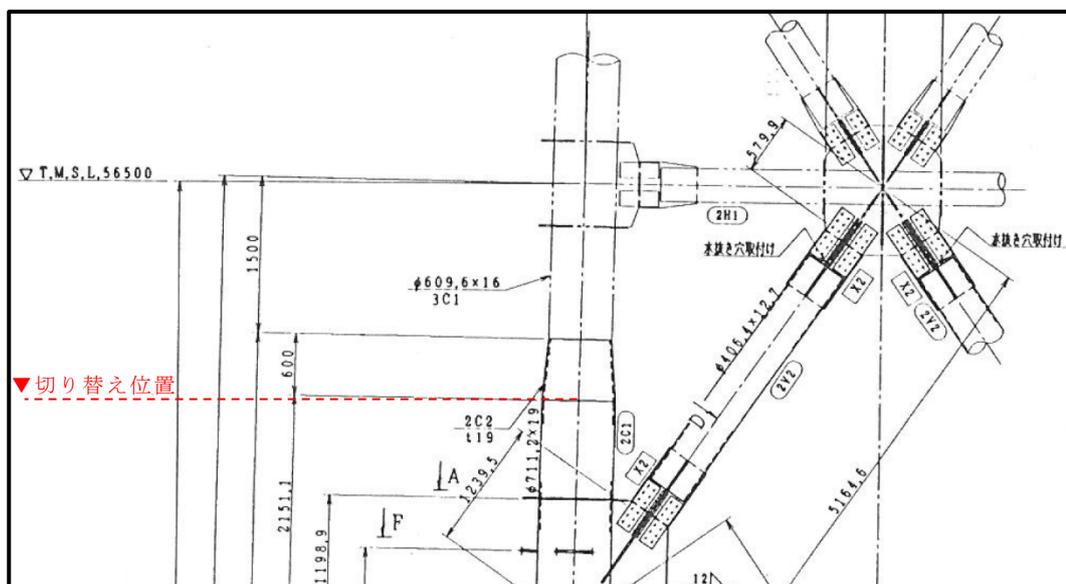
切り替え位置の一覧を表 2-1 に示す。支柱材は，工認モデルに対して，1.65m～2.15m 高い位置に部材断面の切り替え位置を変更し，筒身は，C-D間で 0.25m 高い位置，E-F間で 1.75m 高い位置に部材断面の切り替え位置を変更する。

また，切り替え位置の変更を考慮した解析モデルを図 2-1 に示す。

表 2-1 切り替え位置の一覧

部材	部材間	切り替え位置のレベル T. M. S. L. (m)		切り替え位置 の差 (①-②) (m)
		① 本検討における 解析モデル	② 工認モデル	
主柱材	B-C	77.90	76.25	1.65
	C-D	70.40	68.75	1.65
	D-E	62.50	60.75	1.75
	E-F	54.40	52.25	2.15
筒身	C-D	69.00	68.75	0.25
	E-F	54.00	52.25	1.75

切り替え位置の設定例（主柱材 E-F間）  
 （「柏崎刈羽原子力発電所7号機工事の内発電所本館建物新設工事 原子炉建屋 施工図  
 一覧表（11/16） 排気筒鉄骨工事」のうち、KMG-205「鉄塔詳細図(2C)」）



注：主柱材の切り替え位置は保守的に切り替え位置の始点とする。

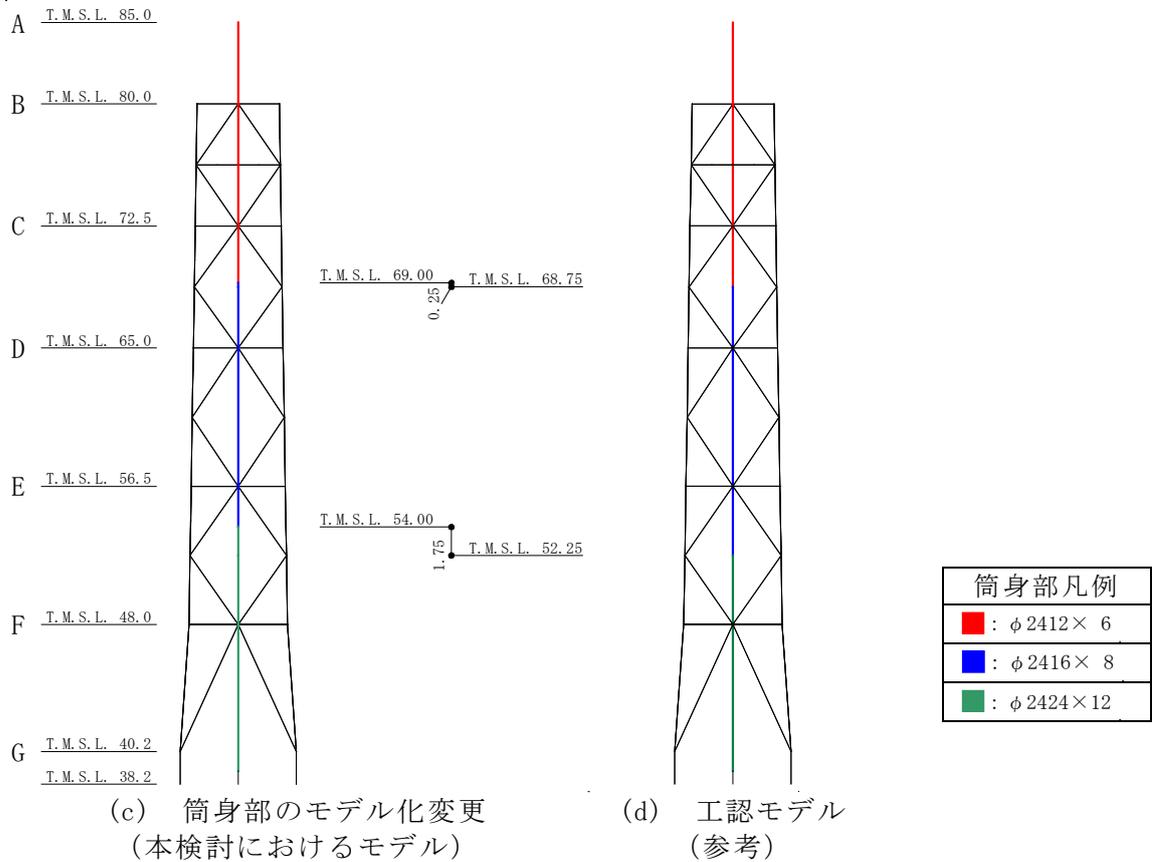
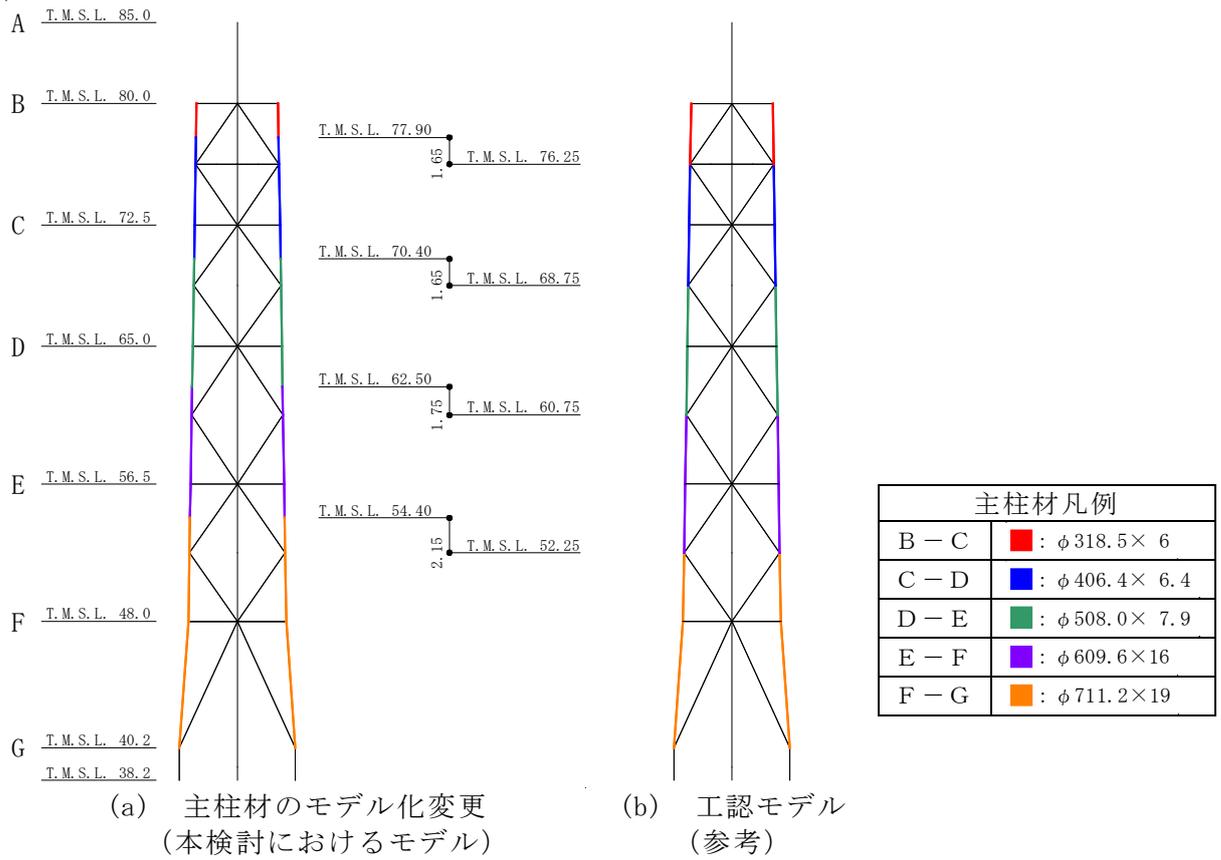


図 2-1 切り替え位置の変更を考慮した解析モデル (単位 : m)

## 2.2 風荷重

風荷重は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」と同一方法により算定し、作用方向も同一とする。また、風速については4.1m/s及び16.0m/sの2ケースについて検討する。

風荷重計算表を表2-2及び表2-3に示す。

表2-2 風荷重計算表（風速4.1m/s）

### (a) 鉄塔部

標高 T. M. S. L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	90° 方向風荷重*			45° 方向風荷重		
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)
80.00	0.0358	1.92	3.4	0.24	1.50	5.4	0.29
76.25	0.0358	1.82	7.6	0.50	1.44	11.9	0.62
72.50	0.0358	1.86	9.6	0.64	1.45	15.5	0.81
65.00	0.0358	1.72	16.8	1.04	1.36	27.1	1.32
56.50	0.0358	1.63	21.0	1.23	1.26	34.1	1.54
48.00	0.0358	1.48	24.3	1.29	1.15	39.7	1.64
40.20	0.0358	1.43	11.0	0.57	1.10	18.5	0.73

注記\*：NS方向，EW方向の包絡値を示す。

### (b) 筒身部

標高 T. M. S. L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	90° 方向風荷重			45° 方向風荷重		
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)
85.00	0.0365	0.90	6.0	0.20	0.90	6.0	0.20
80.00	0.0365	0.89	10.6	0.35	0.89	10.6	0.35
76.25	0.0365	0.88	9.0	0.29	0.88	9.0	0.29
72.50	0.0365	0.86	13.6	0.43	0.86	13.6	0.43
65.00	0.0365	0.83	19.3	0.59	0.83	19.3	0.59
56.50	0.0365	0.79	20.5	0.60	0.79	20.5	0.60
48.00	0.0365	0.74	21.2	0.58	0.74	21.2	0.58
39.00	0.0365	0.68	10.9	0.28	0.68	10.9	0.28

表 2-3 風荷重計算表 (風速 16.0m/s)

(a) 鉄塔部

標高 T. M. S. L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	90° 方向風荷重*			45° 方向風荷重		
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)
80.00	0.544	1.92	3.4	3.6	1.50	5.4	4.5
76.25	0.544	1.82	7.6	7.6	1.44	11.9	9.4
72.50	0.544	1.86	9.6	9.8	1.45	15.5	12.3
65.00	0.544	1.72	16.8	15.8	1.36	27.1	20.1
56.50	0.544	1.63	21.0	18.7	1.26	34.1	23.4
48.00	0.544	1.48	24.3	19.6	1.15	39.7	24.9
40.20	0.544	1.43	11.0	8.6	1.10	18.5	11.1

注記\* : NS方向, EW方向の包絡値を示す。

(b) 筒身部

標高 T. M. S. L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	90° 方向風荷重			45° 方向風荷重		
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)
85.00	0.555	0.90	6.0	3.0	0.90	6.0	3.0
80.00	0.555	0.89	10.6	5.3	0.89	10.6	5.3
76.25	0.555	0.88	9.0	4.4	0.88	9.0	4.4
72.50	0.555	0.86	13.6	6.5	0.86	13.6	6.5
65.00	0.555	0.83	19.3	8.9	0.83	19.3	8.9
56.50	0.555	0.79	20.5	9.0	0.79	20.5	9.0
48.00	0.555	0.74	21.2	8.8	0.74	21.2	8.8
39.00	0.555	0.68	10.9	4.2	0.68	10.9	4.2

### 3. 断面算定結果（検定値）に基づく影響評価

断面算定結果を表 3-1 に示す。

鉄塔部について、地震荷重と風荷重（風速 4.1m/s 及び 16.0m/s）を重畳させた場合の検定値の変動はごく微小であることを確認した。特に、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」において最も厳しい検定値を示す主柱材 D-E 間についても、重畳させる風荷重を風速 4.1m/s から風速 16.0m/s に変動させた場合においても検定値は 0.01 程度の変動であることを確認した。

また、筒身部についてはその他部材と比較をして受風面積が大きいことから、重畳させる風荷重の増加に伴い、検定値も増加する傾向であることが確認されたが、最大検定値は E-F 間の検定値 0.81 であり、十分な裕度を有することを確認した。

以上のことから、風荷重と地震荷重を重畳させた場合についても主排気筒の耐震性に影響が無いことを確認した。

表 3-1 断面算定結果 (1/2)

(a) 主柱材

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討						Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討					
		風速4.1m/sとの重畳			風速16.0m/sとの重畳			風速4.1m/sとの重畳			風速16.0m/sとの重畳		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)	
80.0	B-C	24.2	15.0	0.11	24.1	14.9	0.11	21.5	19.7	0.14	21.5	19.7	0.14
72.5	C-D	688	41.3	0.40	691	41.3	0.40	1060	63.6	0.61	1060	63.7	0.61
65.0	D-E	1810	98.4	0.60	1830	99.4	0.61	2840	152	0.94	2850	153	0.95
56.5	E-F	3370	272	0.50	3410	275	0.51	5330	418	0.79	5360	421	0.79
48.0	F-G	4600	550	0.55	4670	558	0.56	7400	719	0.82	7460	726	0.83

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

(b) 斜材

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討				Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討				
		風速4.1m/sとの重畳		風速16.0m/sとの重畳		風速4.1m/sとの重畳		風速16.0m/sとの重畳		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$
		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	
80.0	B-C	649	0.73	656	0.74	613	0.69	616	0.69	
72.5	C-D	758	0.49	769	0.49	721	0.46	729	0.47	
65.0	D-E	948	0.34	961	0.34	945	0.34	953	0.34	
56.5	E-F	1110	0.22	1130	0.22	1120	0.22	1140	0.22	
48.0	F-G	1200	0.14	1220	0.14	1400	0.16	1470	0.17	

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

(c) 水平材

標高 T. M. S. L. (m)	部材位置	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討				Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討				
		風速4.1m/sとの重畳		風速16.0m/sとの重畳		風速4.1m/sとの重畳		風速16.0m/sとの重畳		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{f_c}$
		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$		N (kN)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	
80.0	B	60.1	0.09	62.0	0.09	63.6	0.09	64.9	0.09	
72.5	C	76.3	0.12	80.9	0.13	96.7	0.15	101	0.16	
65.0	D	138	0.10	145	0.10	182	0.13	189	0.13	
56.5	E	228	0.17	232	0.17	335	0.25	346	0.25	
48.0	F	201	0.10	204	0.10	294	0.15	306	0.15	

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。

表 3-1 断面算定結果 (2/2)

(d) 筒身部

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	Ss-1を用いたケース1 (基本ケース) に対する検討						Ss-2を用いたケース6 (回転ばね低減) に対する検討					
		風速4.1m/sとの重畳			風速16.0m/sとの重畳			風速4.1m/sとの重畳			風速16.0m/sとの重畳		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)		N (kN)	M (kN・m)	
85.0	A-B	24.3	959	0.29	23.5	976	0.30	18.5	1070	0.32	21.4	1050	0.32
80.0	B-C	164	2340	0.73	164	2380	0.74	145	2660	0.82	137	2620	0.80
72.5	C-D	224	2250	0.71	224	2100	0.67	197	2390	0.75	240	2390	0.76
65.0	D-E	301	3020	0.57	246	3430	0.63	260	3530	0.65	274	3950	0.72
56.5	E-F	289	3610	0.67	287	4140	0.76	395	4080	0.76	333	4430	0.81
48.0	F-G	379	5100	0.51	382	5840	0.58	539	5620	0.57	469	5640	0.56
39.0													

注：断面算定方法は、V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づき、時刻歴断面算定結果を示す。

## 別紙6 接合部の耐震性について

## 目 次

1. 概要	別紙 6-1
2. 検討方針	別紙 6-2
2.1 主柱材	別紙 6-6
2.2 斜材及び水平材	別紙 6-7
3. 検討条件	別紙 6-9
4. 検討結果	別紙 6-11
4.1 検討用応力	別紙 6-11
4.2 検討結果	別紙 6-12

## 1. 概要

V-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」においては、主排気筒を構成する鉄塔部材、筒身部材及び基礎について断面算定結果を示している。

本資料では、主排気筒を構成する部材のうち、ボルト接合をしている鉄塔部材について、その接合部の耐震性について確認した結果を示す。

## 2. 検討方針

鉄塔部材の支柱材，斜材及び水平材について，地震時において接合部が破断しないことを確認する。

検討は，各部材の端部及び接合部の破断耐力が，基準地震動  $S_s$ （建屋応答の不確かさの考慮を含む）による応力を上回っていることを確認する。

鉄塔部材の接合形式は以下のとおりとなっている。

支柱材　：フランジ継手

斜材　　：十字継手又は I 字継手

水平材　：十字継手又は I 字継手

各部材の接合部の位置及び詳細図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。

接合部の詳細は，柏崎刈羽原子力発電所の竣工図書のうち，「柏崎刈羽原子力発電所 第 7 号機本館建物新設工事 排気筒継手詳細図（K-7 SST-XX-S-006）」による。





十字継手詳細		継手 板厚	スプライス 板厚	使用 ボルト径	本数
φ558.8×16.0 (STK490)	b 5	22 (SM490A)	19 (SM490A)	M24 (F10T)	32
φ406.4×12.7 (STK490)	b 4	22 (SM490A)	19 (SM490A)	M22 (F10T)	24
φ406.4×6.4 (STK400)	a 3	16	12	M22 (F10T)	16
φ355.6×7.9 (STK490)	b 3	16 (SM490A)	12 (SM490A)	M22 (F10T)	16
φ318.5×6.0 (STK400)	a 2	16	12	M22 (F10T)	16

図 2-2 接合部詳細 (3/3)

以下に各部位の検討方針を示す。

なお、検討に当たっては、「鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー（（社）日本建築学会，2005年）」及び「2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）」に準拠して算定する。

## 2.1 主柱材

フランジ継手部について、継手位置のボルトに生じる検討用応力が、破断耐力以下であることを確認する。

検討用応力 $N'$ は以下により算定する。

$$N' = \left( \frac{N}{A} + \frac{M}{Z} \right) \times A$$

ここで、

$N$  : 評価用応力（主柱材に発生する軸力の最大値）（kN）

$A$  : 主柱材の断面積（ $\text{mm}^2$ ）

$M$  : 評価用応力（主柱材に発生する曲げモーメントの最大値）（ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）

$Z$  : 主柱材の断面係数（ $\text{mm}^3$ ）

継手位置の破断耐力 $P_u$ は、以下により算定する。

$$P_u = T \times n$$

ここで、

$T$  : 高力ボルト1本あたりの引張破断耐力（kN）

$n$  : 高力ボルト本数

## 2.2 斜材及び水平材

十字継手部及びI字継手部について、接合部の部材端部（十字継手部はスプラインプレートを含む）、接合ファスナー、ファスナーのはしあき部分、ガセットプレート及び溶接部に対して、破断形式に応じた破断耐力を算定し、部材に生じる応力が破断耐力以下であることを確認する。

以下に示す部材端部及び接合部の破断形式(1)～(5)の各々の場合について、破断耐力 $A_j \cdot \sigma_u$ を算定し、その最小の値を接合部の破断耐力とする。

### (1) 部材端部で破断する場合

$$A_j \cdot \sigma_u = A_1 \cdot b \sigma_u$$

$$A_1 = A_g - A_d$$

ここで、 $b \sigma_u$  : 部材端部の破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_g$  : 部材端部の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_d$  : 部材端部の欠損断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_j \cdot \sigma_u$  : 部材端部の破断耐力 (N)

### (2) 部材の接合ファスナーで破断する場合

$$A_j \cdot \sigma_u = 0.75 \cdot A_2 \cdot f \sigma_u$$

$$A_2 = n \cdot m \cdot f A$$

ここで、 $f \sigma_u$  : 接合ファスナーの破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$n$  : ファスナーの数

$m$  : ファスナーがせん断を受ける面の数

$f A$  : ファスナー1つの断面積 (mm<sup>2</sup>)

ただし、ねじ部がせん断面にかかる時は、

$$f A = 0.75 \cdot \pi (d/2)^2$$

$d$  : ファスナーの呼び径 (mm)

$A_j \cdot \sigma_u$  : 接合ファスナーの破断耐力 (N)

### (3) ファスナーのはしあき部分で破断する場合

#### a. 部材端部の場合

$$A_j \cdot \sigma_u = {}_1A_3 \cdot b \sigma_u$$

$${}_1A_3 = n \cdot b e \cdot b t$$

ここで、 $b \sigma_u$  : 部材端部の破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b e$  : 部材端部のはしあき距離 (mm)

$b t$  : 部材端部のファスナー接合部での板厚 (mm)

$n$  : ファスナーの数

$A_j \cdot \sigma_u$  : ファスナーのはしあき部分の破断耐力 (N)

b. ガセットプレートの場合

$$A_j \cdot \sigma_u = 2A_3 \cdot g \sigma_u$$

$$2A_3 = n \cdot g e \cdot g t$$

ここで、 $g \sigma_u$  : ガセットプレートの破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$g e$  : ガセットプレートのはしあき距離 (mm)

$g t$  : ガセットプレートのファスナー接合部での板厚 (mm)

$n$  : ファスナーの数

$A_j \cdot \sigma_u$  : ガセットプレートのはしあき部分の破断耐力 (N)

(4) ガセットプレートの破断による場合

$$A_j \cdot \sigma_u = A_4 \cdot g \sigma_u$$

$$A_4 = (2 / \sqrt{3} \cdot \ell_1 + b) \cdot g t - A_d$$

ここで、 $g \sigma_u$  : ガセットプレートの破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\ell_1$  : 応力方向の両端ボルト間の距離 (mm)

$b$  : 応力直交方向の両端ボルト間の距離 (mm)

$g t$  : ガセットプレートの板厚 (mm)

$A_d$  : ガセットプレートのファスナー端部における欠損断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_j \cdot \sigma_u$  : ガセットプレートの破断耐力 (N)

(5) 溶接部で破断する場合

接合部はすみ肉溶接であるため、

$$A_j \cdot \sigma_u = 1 / \sqrt{3} \cdot A_5 \cdot a \sigma_u$$

$$A_5 = \Sigma 0.7 \cdot S \cdot \ell_e$$

ここで、 $a \sigma_u$  : 接合される母材の破断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\ell_e$  : すみ肉溶接の有効長さ (mm) ( $\ell_e = \ell - 2S$  とする。)

$\ell$  : 1つの連続したすみ肉溶接の長さ (mm)

$S$  : すみ肉溶接のサイズ (mm)

$A_j \cdot \sigma_u$  : 溶接部の破断耐力 (N)

### 3. 検討条件

各部材の接合部検討用の諸元を表 3-1～表 3-3 に示す。

表 3-1 接合部検討用諸元（フランジ継手部：主柱材）

符号		フランジ継手	
		c 1 主柱材 D-E	
使用部材	径 (mm)	φ 508.0	
	厚さ (mm)	7.9	
	材料	STK490	
使用ボルト		M24	
		HTB	
検討用諸元			
A	mm <sup>2</sup>	12410	
Z	mm <sup>3</sup>	1530000	
n	本	20	
$\sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	
$f \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	1000	

記号の説明

- A : 断面積
- Z : 断面係数
- n : 高力ボルト本数
- $\sigma_u$  : 接合部の破断応力度（鋼材の引張強さ）
- $f \sigma_u$  : 高力ボルトの引張強さ（F10T）

表 3-2 接合部検討用諸元（I 字継手部：斜材及び水平材）

符号		I 字継手		
		b 1 斜材 B-C	b 2 斜材 C-D	a 1 水平材 B, C
使用部材	径 (mm)	φ 216.3	φ 267.4	φ 216.3
	厚さ (mm)	4.5	6.0	4.5
	材料	STK490	STK490	STK400
使用ボルト		M22	M22	M22
		HTB	HTB	HTB
検討用諸元				
A <sub>0</sub>	mm <sup>2</sup>	2994	4927	2994
h	mm	250	300	250
t	mm	12	16	12
A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	3000	4800	3000
r	列	2	2	2
f	列	4	6	3
m	面	1	1	1
d <sub>0</sub>	mm	24	24	24
$\sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$f \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	1000	1000	1000

記号の説明

- A<sub>0</sub> : 斜材又は水平材の断面積
- h : I 字プレートの幅
- t : I 字プレートの厚さ
- A<sub>g</sub> : I 字プレートの断面積
- r : ファスナー群1箇所あたりの軸直交方向ボルト列数
- f : ファスナー群1箇所あたりの軸方向ボルト列数
- m : ファスナーがせん断を受ける面の数
- d<sub>0</sub> : 高力ボルト孔径
- $\sigma_u$  : 接合部の破断応力度（鋼材の引張強さ）
- $f \sigma_u$  : 高力ボルトの引張強さ（F10T）

表 3-3 接合部検討用諸元 (十字継手部：斜材及び水平材)

符号		十字継手				
		b 3 斜材D-E	b 4 斜材E-F	b 5 斜材F-G	a 2 水平材D, E	a 3 水平材F
使用部材	径(mm)	φ 355.6	φ 406.4	φ 558.8	φ 318.5	φ 406.4
	厚さ(mm)	7.9	12.7	16.0	6.0	6.4
	材料	STK490	STK490	STK490	STK400	STK400
使用ボルト		M22	M22	M24	M22	M22
		HTB	HTB	HTB	HTB	HTB
検討用諸元						
$A_0$	mm <sup>2</sup>	8629	15710	27280	5891	8042
h	mm	440	440	590	440	440
t	mm	16	22	22	16	16
$A_g$	mm <sup>2</sup>	13824	18876	25476	13824	13824
r	列	2	2	2	2	2
f	列	2	3	4	2	2
m	面	2	2	2	2	2
$d_0$	mm	24	24	26	24	24
b s	mm	150	150	220	150	150
t s	mm	12	19	19	12	12
$\sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
$f \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	1000	1000	1000	1000	1000

記号の説明

- $A_0$  : 斜材又は水平材の断面積
- h : 十字プレートの幅
- t : 十字プレートの厚さ (ガセットプレートも同様)
- $A_g$  : 十字プレートの断面積
- r : ファスナー群1箇所あたりの軸直交方向ボルト列数
- f : ファスナー群1箇所あたりの軸方向ボルト列数
- m : ファスナーがせん断を受ける面の数
- $d_0$  : 高力ボルト孔径
- b s : 十字プレートスプライスプレートの幅
- t s : 十字プレートスプライスプレートの厚さ
- $\sigma_u$  : 接合部の破断応力度 (鋼材の引張強さ)
- $f \sigma_u$  : 高力ボルトの引張強さ (F10T)

#### 4. 検討結果

##### 4.1 検討用応力

各部材の接合部検討用の評価応力を表 4-1～表 4-3 に示す。

表 4-1 接合部検討用応力（主柱材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	検討用応力				使用部材	備考	
		N (kN)	M (kN・m)	N' (kN)	地震動 (ケース)	寸法 (mm)	継手形式	符号
66.5	D-E	2930	168	4290	Ss-2 (ケース6)	φ508.0×7.9	フランジ継手	c1

表 4-2 接合部検討用応力（斜材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	検討用応力		使用部材	備考	
		N (kN)	地震動 (ケース)	寸法 (mm)	継手形式	符号
80.0						
72.5	B-C	699	Ss-1 (ケース6)	φ216.3×4.5	I字継手	b1
65.0	C-D	807	Ss-1 (ケース6)	φ267.4×6	I字継手	b2
56.5	D-E	995	Ss-2 (ケース3)	φ355.6×7.9	十字継手	b3
48.0	E-F	1190	Ss-2 (ケース3)	φ406.4×12.7	十字継手	b4
40.2	F-G	1360	Ss-2 (ケース6)	φ558.8×16	十字継手	b5

表 4-3 接合部検討用応力（水平材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材位置	検討用応力		使用部材	備考	
		N (kN)	地震動 (ケース)	寸法 (mm)	継手形式	符号
80.0	B	65.3	Ss-1 (ケース6)	φ216.3×4.5	I字継手	a1
72.5	C	92.9	Ss-2 (ケース6)	φ216.3×4.5	I字継手	a1
65.0	D	178	Ss-2 (ケース6)	φ318.5×6	十字継手	a2
56.5	E	326	Ss-2 (ケース6)	φ318.5×6	十字継手	a2
48.0	F	325	Ss-2 (ケース6)	φ406.4×6.4	十字継手	a3

#### 4.2 検討結果

各部材の接合部検討用の破断耐力の算定結果を表 4-4～表 4-6 に示す。

表 4-4 接合部検討用の破断耐力（フランジ継手部：主柱材）

符号		フランジ継手
		c 1 主柱材D-E
主柱材継手部の検討		
有効断面積 (M24)	mm <sup>2</sup>	353
T	kN	353
n	本	20
破断耐力 P <sub>u</sub>	kN	7060

表 4-5 接合部検討用の破断耐力 (I 字継手部 : 斜材及び水平材)

符号		I 字継手		
		b 1 斜材 B-C	b 2 斜材 C-D	a 1 水平材 B, C
使用部材	径 (mm)	φ 216.3	φ 267.4	φ 216.3
	厚さ (mm)	4.5	6.0	4.5
	材料	STK490	STK490	STK400
使用ボルト		M22	M22	M22
		HTB	HTB	HTB
(1) 部材端部で破断する場合 (I 字プレート端部)				
$b \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$A_g$	mm <sup>2</sup>	3000	4800	3000
$A_d$	mm <sup>2</sup>	576	768	576
$A_1$	mm <sup>2</sup>	2424	4032	2424
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	<u>1180</u>	1970	<u>969</u>
(2) 部材の接合ファスナーで破断する場合				
$f \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	1000	1000	1000
n	箇所	8	12	6
m	面	1	1	1
$f A$	mm <sup>2</sup>	285	285	285
$A_2$	mm <sup>2</sup>	2280	3420	1710
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	1710	2560	1280
(3) ファスナーのはしあき部分で破断する場合				
a. 部材端部の場合 (I 字プレート端部のはしあき)				
$b \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$b e$	mm	45	55	45
$b t$	mm	12	16	12
n	箇所	8	12	6
${}_1 A_3$	mm <sup>2</sup>	4320	10560	3240
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	2110	5170	1290
b. ガセットプレートの場合 (ガセットプレートのはしあき)				
$g \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$g e$	mm	45	55	45
$g t$	mm	12	16	12
n	箇所	8	12	6
${}_2 A_3$	mm <sup>2</sup>	4320	10560	3240
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	2110	5170	1290
(4) ガセットプレートの破断による場合				
$g \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$\ell_1$	mm	225	275	150
b	mm	160	120	160
$g t$	mm	12	16	12
$A_d$	mm <sup>2</sup>	576	768	576
$A_4$	mm <sup>2</sup>	4462	6233	3422
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	2180	3050	1360
(5) 溶接部で破断する場合				
$a \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	400
$\ell$	mm	930	1030	725
$\ell e$	mm	906	1006	689
S	mm	4	4	6
$A_5$	mm <sup>2</sup>	5074	5634	5788
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	1430	<u>1590</u>	1330
破断耐力 $P_u = \min\{A_j \cdot \sigma_u\}$	kN	1180	1590	969

注 : 下線部は破断耐力を決定する形式を示す。

表 4-6 接合部検討用の破断耐力（十字継手部：斜材及び水平材）（1/2）

符号		十字継手				
		b 3 斜材D-E	b 4 斜材E-F	b 5 斜材F-G	a 2 水平材D, E	a 3 水平材F
使用部材	径(mm)	φ 355.6	φ 406.4	φ 558.8	φ 318.5	φ 406.4
	厚さ(mm)	7.9	12.7	16.0	6.0	6.4
	材料	STK490	STK490	STK490	STK400	STK400
使用ボルト		M22	M22	M24	M22	M22
		HTB	HTB	HTB	HTB	HTB
(1) 部材端部で破断する場合						
a. 十字プレート端部						
$b \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
$A_g$	mm <sup>2</sup>	13824	18876	25476	13824	13824
$A_d$	mm <sup>2</sup>	3072	4224	4576	3072	3072
$A_1$	mm <sup>2</sup>	10752	14652	20900	10752	10752
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	5260	7170	10200	4300	4300
b. スプライスプレート端部						
$b \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
$A_g$	mm <sup>2</sup>	14400	22800	33440	14400	14400
$A_d$	mm <sup>2</sup>	4608	7296	7904	4608	4608
$A_1$	mm <sup>2</sup>	9792	15504	25536	9792	9792
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	4790	7590	12500	3910	3910
(2) 部材の接合ファスナーで破断する場合						
$f \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	1000	1000	1000	1000	1000
n	箇所	16	24	32	16	16
m	面	2	2	2	2	2
$f A$	mm <sup>2</sup>	285	285	339	285	285
$A_2$	mm <sup>2</sup>	9120	13680	21696	9120	9120
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	6840	10200	16200	6840	6840
(3) ファスナーのはしあき部分で破断する場合						
a. 部材端部の場合（十字プレート端部のはしあき）						
$b \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
b e	mm	55	55	45	55	55
b t	mm	16	22	22	16	16
n	箇所	16	24	32	16	16
$1 A_3$	mm <sup>2</sup>	14080	29040	31680	14080	14080
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	6890	14200	15500	5630	5630
b. 部材端部の場合（スプライスプレートのはしあき）						
$s \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
s e	mm	55	55	45	55	55
s t	mm	12	19	19	12	12
n	箇所	16	24	32	16	16
$2 A_3$	mm <sup>2</sup>	21120	50160	54720	21120	21120
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	10300	24500	26800	8440	8440
c. 部材端部の場合（ガセットプレートのはしあき）						
$g \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
g e	mm	55	55	45	55	55
g t	mm	16	22	22	16	16
n	箇所	16	24	32	16	16
$2 A_3$	mm <sup>2</sup>	14080	29040	31680	14080	14080
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	6890	14200	15500	5630	5630

表 4-6 接合部検討用の破断耐力（十字継手部：斜材及び水平材）（2/2）

符号		十字継手				
		b 3 斜材 D-E	b 4 斜材 E-F	b 5 斜材 F-G	a 2 水平材 D, E	a 3 水平材 F
使用部材	径(mm)	φ 355.6	φ 406.4	φ 558.8	φ 318.5	φ 406.4
	厚さ(mm)	7.9	12.7	16.0	6.0	6.4
	材料	STK490	STK490	STK490	STK400	STK400
使用ボルト		M22	M22	M24	M22	M22
		HTB	HTB	HTB	HTB	HTB
(4) ガセットプレートの破断による場合						
$g \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
$l_1$	mm	75	150	225	75	75
b	mm	340	340	480	340	340
$g t$	mm	16	22	22	16	16
$A_d$	mm <sup>2</sup>	1536	2112	2288	1536	1536
$A_4$	mm <sup>2</sup>	10579	18357	27976	10579	10579
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	5180	8990	13700	4230	4230
(5) 溶接部で破断する場合						
$a \sigma_u$	N/mm <sup>2</sup>	490	490	490	400	400
$l$	mm	2085	2209	3041	1436	1486
$l_e$	mm	2025	2149	2971	1366	1366
S	mm	6	6	7	7	12
$A_5$	mm <sup>2</sup>	17010	18052	29116	13387	22949
$A_j \cdot \sigma_u$	kN	4810	<u>5100</u>	<u>8230</u>	<u>3090</u>	5290
破断耐力 $P_u = \min\{A_j \cdot \sigma_u\}$	kN	4790	5100	8230	3090	3910

注：下線部は破断耐力を決定する形式を示す。

各部材について、検討用応力と接合部の破断耐力の比較を表4-7～表4-9に示す。  
 検討用応力は、接合部の破断耐力以下となる。

表4-7 検討用応力と接合部の破断耐力の比較（主柱材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	検討用 応力	破断 耐力	検定値	備考	
		N' (kN)	P <sub>u</sub> (kN)	N' / P <sub>u</sub>	継手形式	符号
66.5	D-E	4290	7060	0.61	フランジ継手	c 1

表4-8 検討用応力と接合部の破断耐力の比較（斜材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材間	検討用 応力	破断 耐力	検定値	備考	
		N (kN)	P <sub>u</sub> (kN)	N / P <sub>u</sub>	継手形式	符号
80.0						
72.5	B-C	699	1180	0.60	I字継手	b 1
65.0	C-D	807	1590	0.51	I字継手	b 2
56.5	D-E	995	4790	0.21	十字継手	b 3
48.0	E-F	1190	5100	0.24	十字継手	b 4
40.2	F-G	1360	8230	0.17	十字継手	b 5

表4-9 検討用応力と接合部の破断耐力の比較（水平材）

標高 T. M. S. L. (m)	部材 位置	検討用 応力	破断 耐力	検定値	備考	
		N (kN)	P <sub>u</sub> (kN)	N / P <sub>u</sub>	継手形式	符号
80.0	B	65.3	969	0.07	I字継手	a 1
72.5	C	92.9	969	0.10	I字継手	a 1
65.0	D	178	3090	0.06	十字継手	a 2
56.5	E	326	3090	0.11	十字継手	a 2
48.0	F	325	3910	0.09	十字継手	a 3