

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0118_改 1
提出年月日	2021年 6月 28日

VI-2-7-2-1 排気筒の耐震性についての計算書

追而

直接支持構造物に整理された以下の構造物におけるSd地震力を用いた評価結果については、別途示す。

- ・「(Ⅱ) 3. 評価結果」における第3号機筒身の評価結果。
- ・「(Ⅱ) 4. 制震装置（制震オイルダンパ）及び支持点部の評価」における補強リング，支持点アーム，筒身連結材，鉄塔連結材（筒身側支持金物）
- ・「(Ⅱ) 5. 筒身脚部及び鉄塔脚部の断面評価」における筒身脚部

2021年6月

東北電力株式会社

- (Ⅰ) 排気筒の地震応答計算書
- (Ⅱ) 排気筒の耐震計算書

(I) 排気筒の地震応答計算書

目次

1. 概要.....	(I)-1
2. 基本方針.....	(I)-2
2.1 位置.....	(I)-2
2.2 構造概要.....	(I)-3
2.3 解析方針.....	(I)-8
3. 解析方法.....	(I)-10
3.1 解析モデル.....	(I)-10
3.2 入力地震動.....	(I)-20
3.3 解析方法.....	(I)-63
3.4 解析条件.....	(I)-67
4. 解析結果.....	(I)-70
4.1 動的解析.....	(I)-70
4.2 静的解析.....	(I)-131

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく排気筒の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。

また、各種応答値については排気筒の構造強度の確認にも用いる。

2. 基本方針

2.1 位置

排気筒の設置位置を図 2-1 に示す。

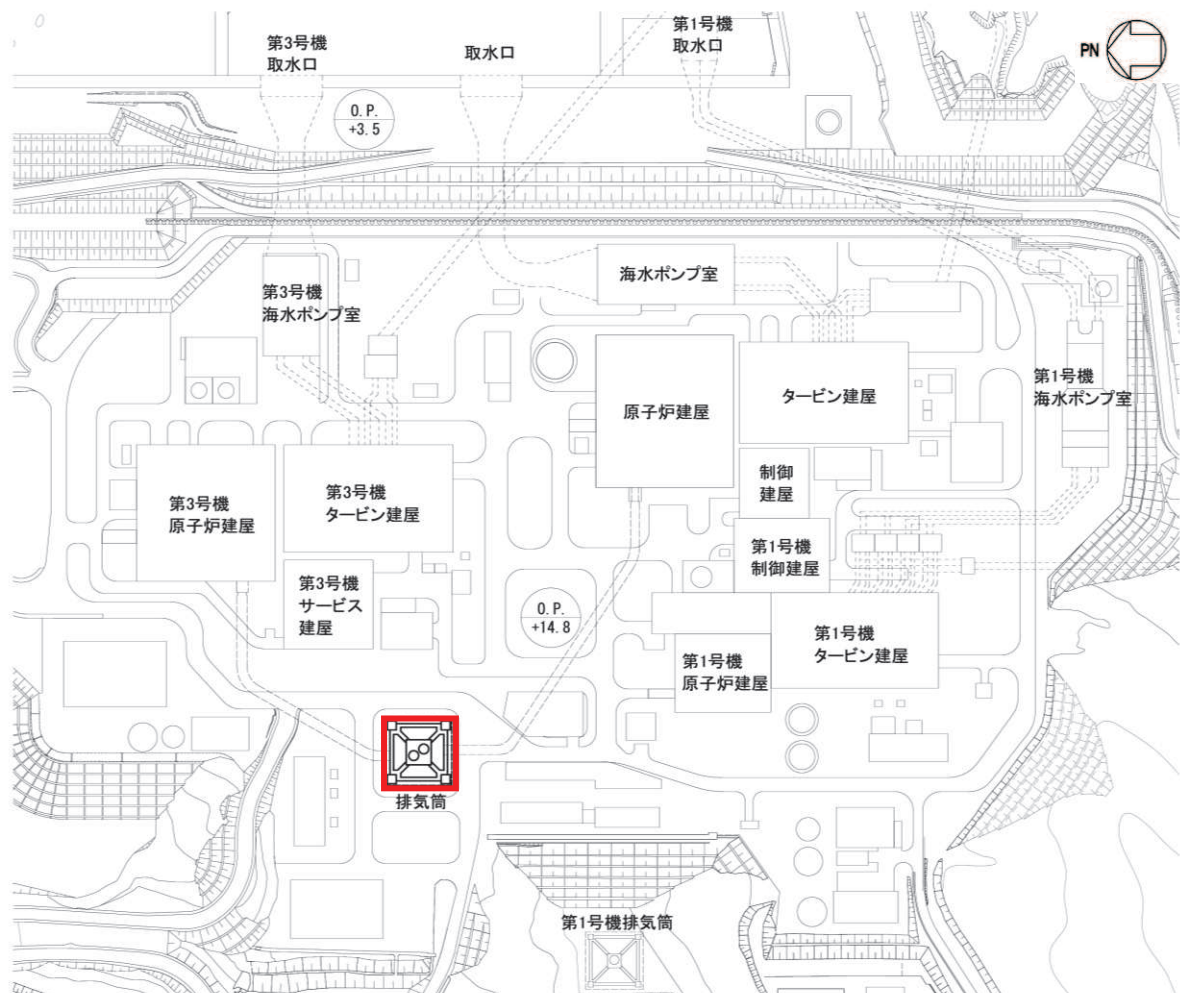


図 2-1 排気筒の設置位置

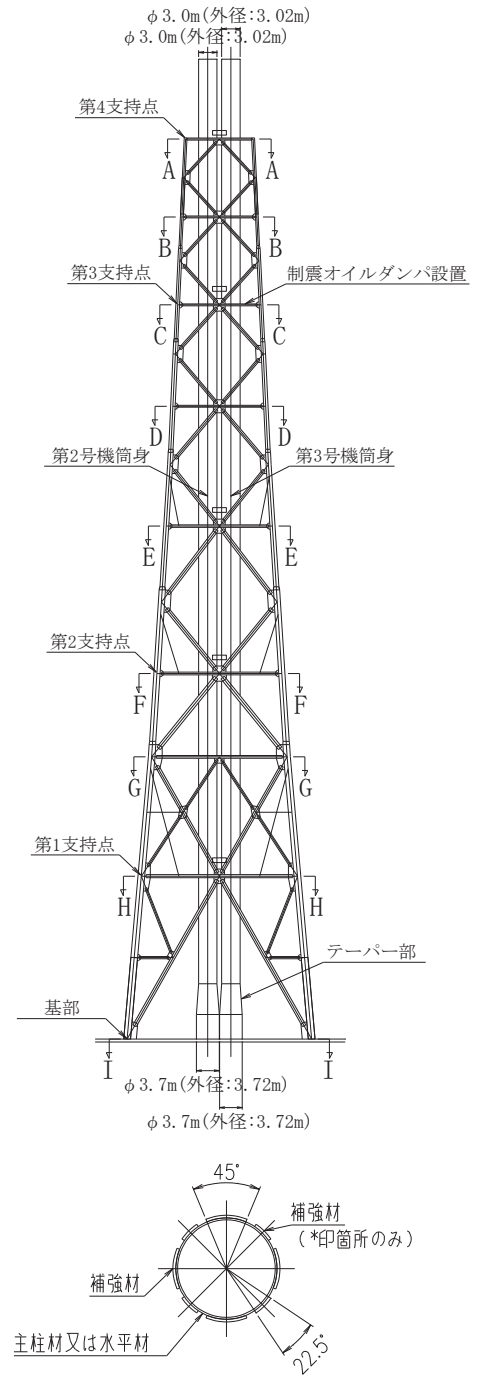
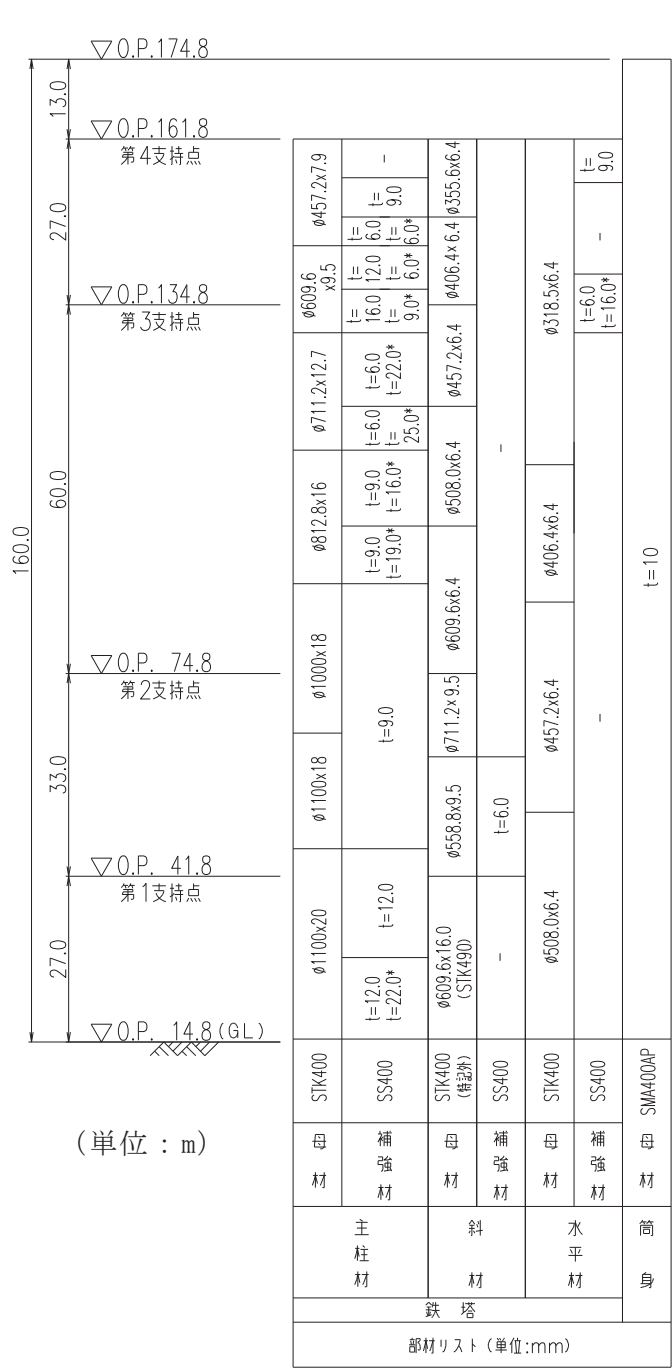


図 2-2 排気筒の概要図

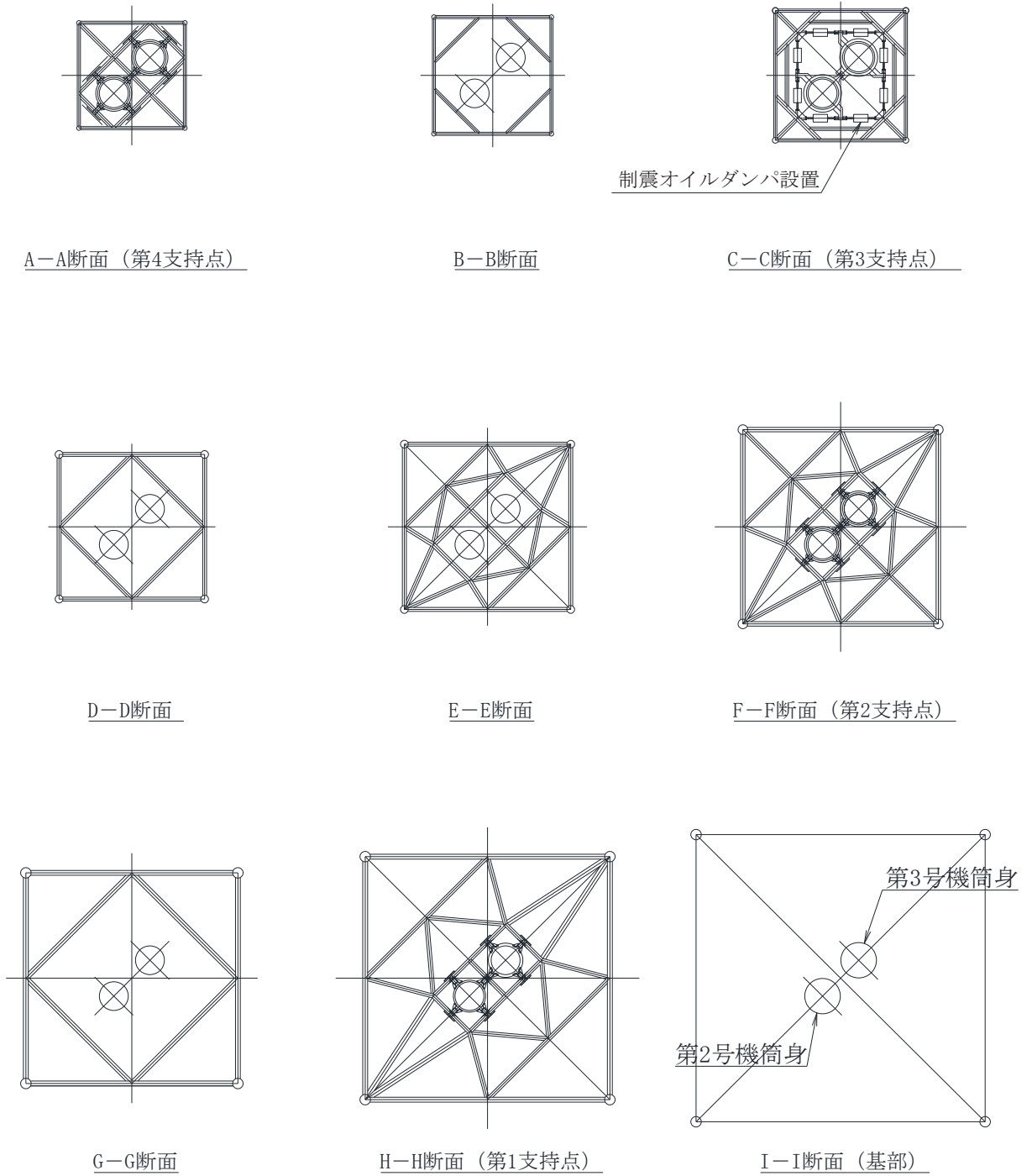


図 2-3 排気筒の概略平面図

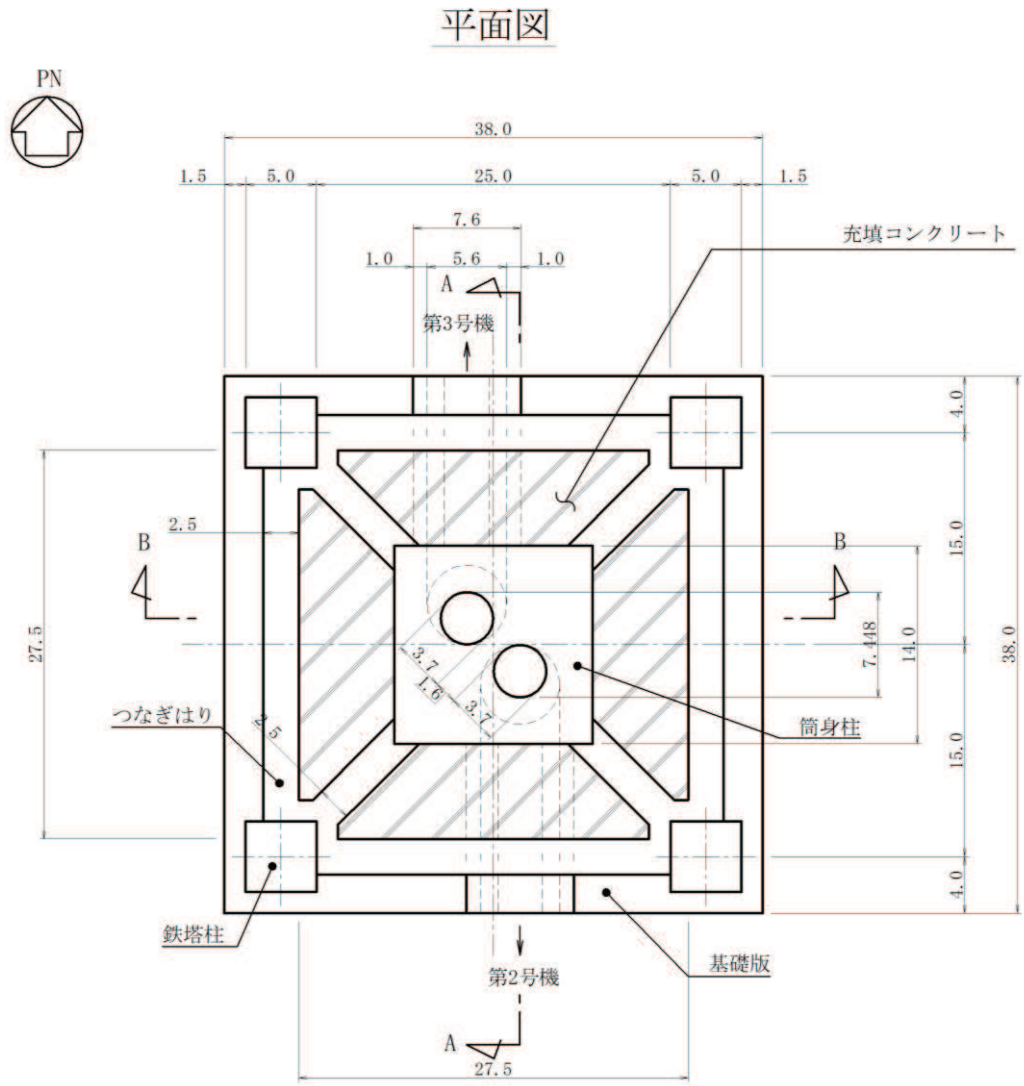


図 2-4 排気筒基礎平面図 (単位 : m)

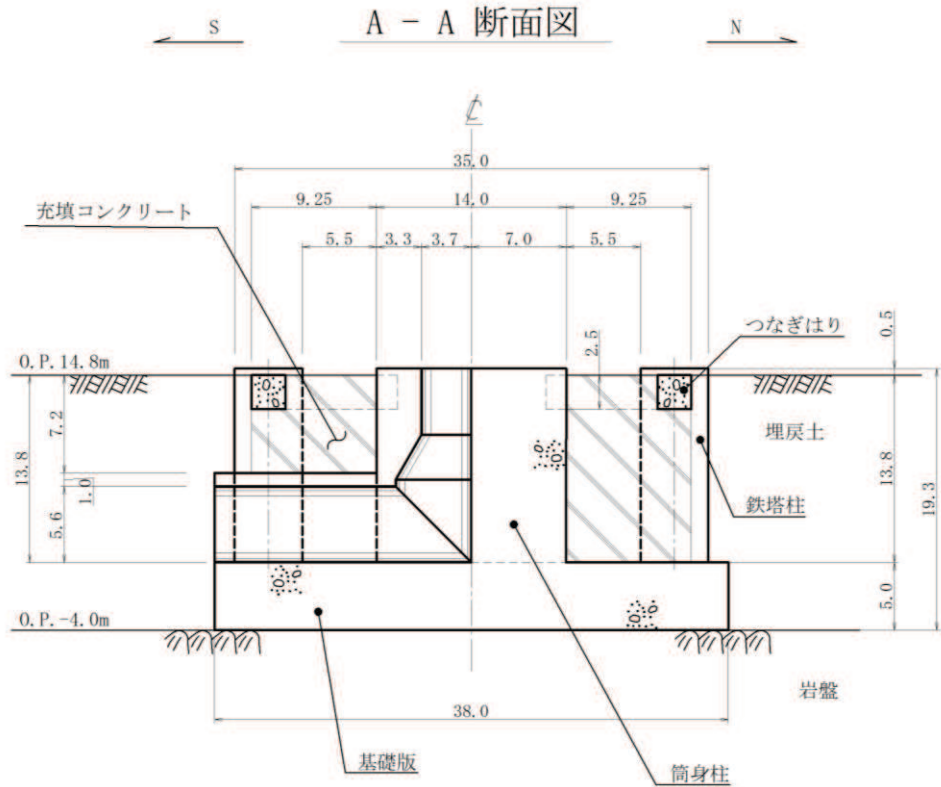


図 2-5 排気筒基礎断面図 (A-A 断面, NS 断面) (単位 : m)

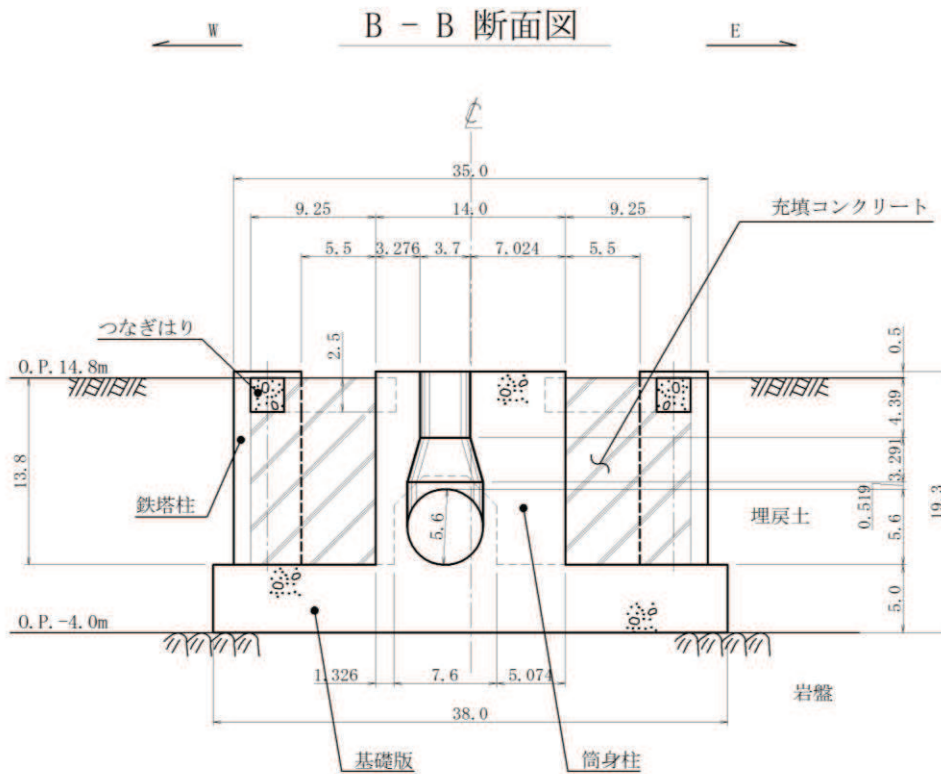


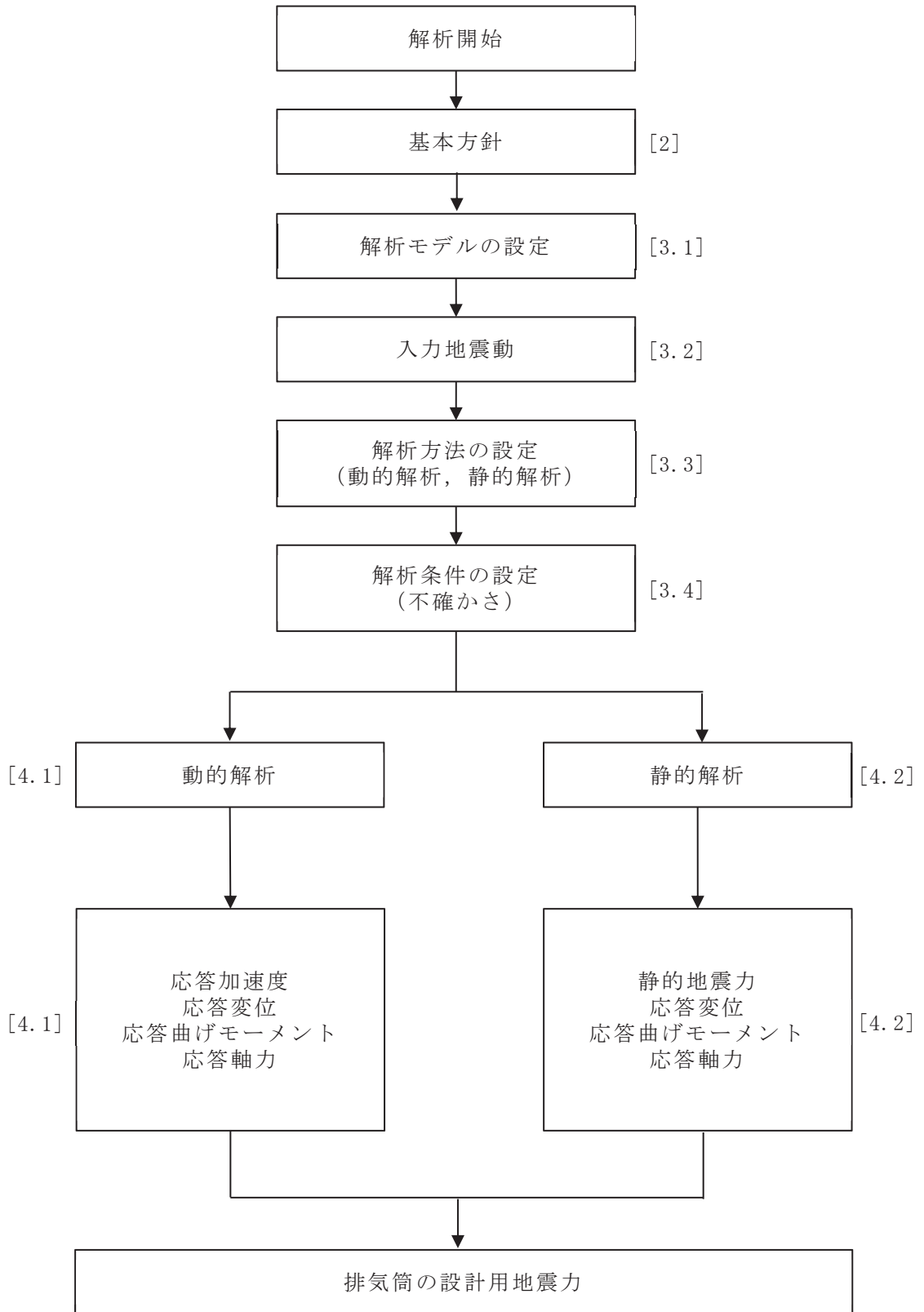
図 2-6 排気筒基礎断面図 (B-B 断面, EW 断面) (単位 : m)

2.3 解析方針

排気筒の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-7 に排気筒の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、地盤物性、材料物性および制震オイルダンパのばらつきを適切に考慮し、加速度、変位、曲げモーメント、軸力を含む各種応答値を算出する。また、「4.2 静的解析」において、固定荷重及び静的地震力による部材応力を算出する。



注：[]内は、本資料における章番号を示す。

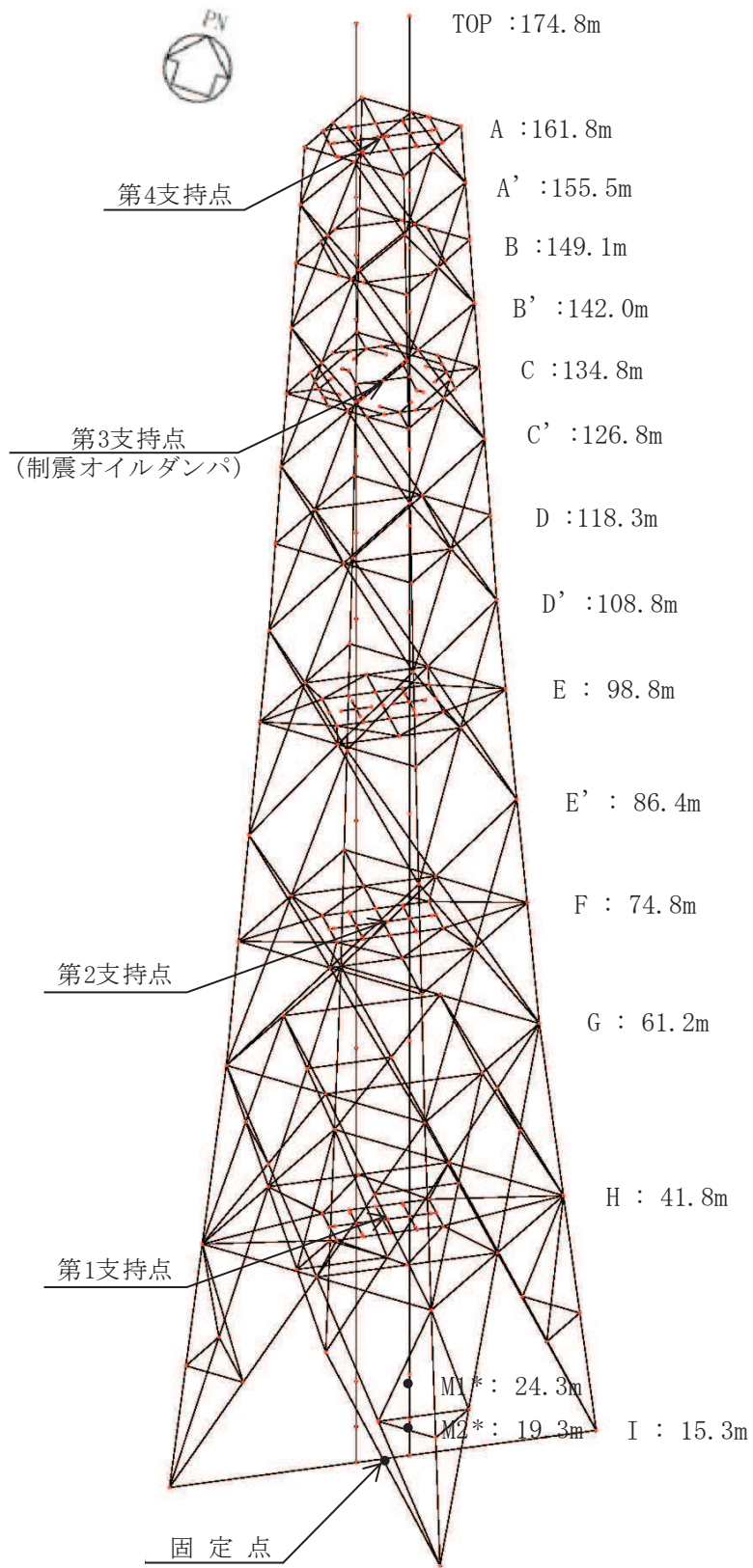
図 2-7 排気筒の地震応答解析フロー

3. 解析方法

3.1 解析モデル

3.1.1 概要

地震応答解析モデルは、排気筒基礎上端レベル（O.P. 15.3m）より上部を対象とした質点モデルとし、筒身及び鉄塔部材は梁要素でモデル化する。筒身及び鉄塔の基部各点と排気筒平面中心位置との間を剛部材で連結した、基部固定モデルとする。また、排気筒の O.P. 134.8m には 8 台の制震装置（制震オイルダンパ）が設置されている。排気筒の地震応答解析モデルを図 3-1 に示す。地震応答解析は時刻歴応答解析により行う。



注記* : M1 は筒身の内径 3.0m, M2 は筒身の内径 3.7m の位置を示す。

図 3-1 排気筒の地震応答解析モデル

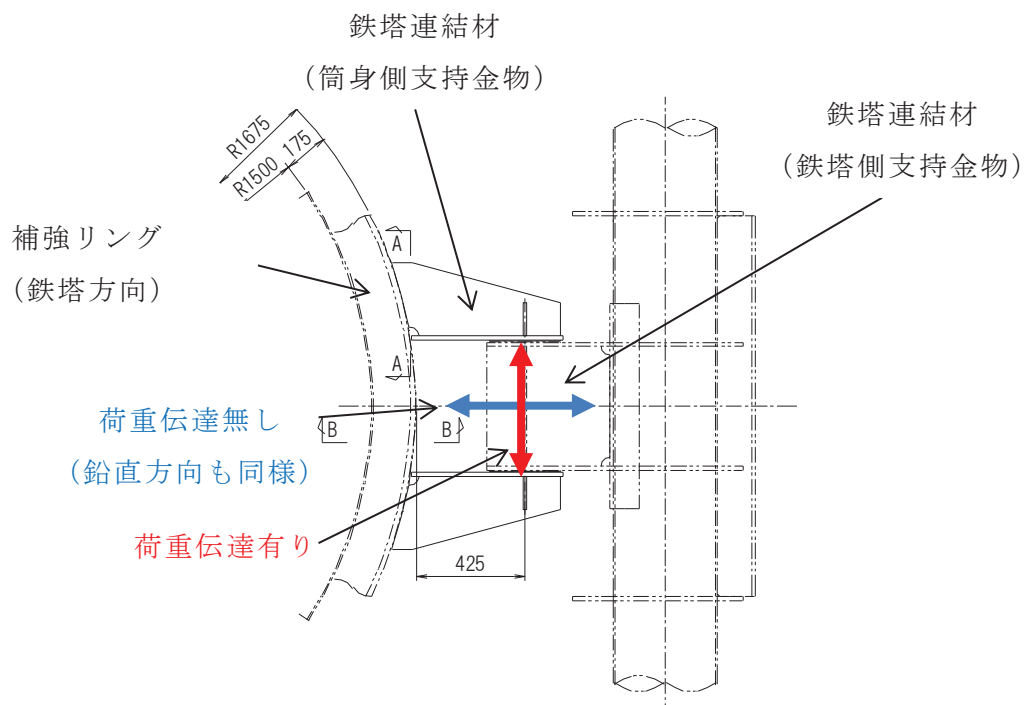
3.1.2 部材の接合条件

部材間の接合条件は表 3-1 とする。

表 3-1 部材間の接合条件

部材間	接合状況	解析条件
主柱材－主柱材	リブ溶接継手	剛接合
主柱材－斜材	十字継手	ピン接合
主柱材－水平材	十字継手	ピン接合
筒身－鉄塔の支持点*	鉄塔連結材 (図 3-2)	水平方向固定, 鉛直方向フリー

注記*：制震オイルダンパ設置支持点を除く。



注：筒身と鉄塔はそれぞれ独立した部材

図 3-2 第 1 支持点, 第 2 支持点及び第 4 支持点部拡大図
(代表として第 1 支持点を記載)

3.1.3 筒身及び鉄塔部材

使用材料の材料定数を表 3-2 に、各層に集約した重量を表 3-3 に示す。各層の重量は筒身と鉄塔支柱材の質点に振り分け、各層の重量には、筒身及び鉄塔の自重の他に、制震オイルダンパ、歩廊等の付属設備の重量を考慮する。

筒身、支柱材、斜材及び水平材の部材諸元一覧を表 3-4～表 3-7 に示す。解析入力値には、腐食代を考慮しない断面性能を用いる。

表 3-2 使用材料の材料定数

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 h (%)	備考
鋼材：SS400 STK400 STK490	2.05×10 ⁵	0.3	2	鉄塔部
鋼材：SMA400AP	2.05×10 ⁵	0.3	1	筒身部

表 3-3 排気筒の重量

標高 O. P. (m)	位置*	重量 (kN)	
		筒身	鉄塔
174.8	TOP	123.0	-
161.8	A	182.6	140.2
155.5	A'	120.2	113.2
149.1	B	127.7	176.9
142.0	B'	135.3	175.9
134.8	C	293.8	624.4
126.8	C'	156.1	279.8
118.3	D	170.2	383.3
108.8	D'	184.6	405.5
98.8	E	181.8	678.0
86.4	E'	227.1	618.1
74.8	F	248.3	973.7
61.2	G	312.2	1196.3
41.8	H	434.6	2047.7
15.3	I	250.9	1150.8
合計		3148.4	8963.8

注記* : 位置については図 3-1 に示す。

表 3-4 筒身の部材諸元一覧

標高 O.P. (m)	区間*1	筒身		断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	せん断 断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	断面 2 次 モーメント ($\times 10^4 \text{mm}^4$)	備考
		外径 (mm)	板厚 (mm)				
174.8-24.3	TOP-M1	3020	10	945.6	472.8	10700000	一般部
24.3-19.3	M1-M2	3370	10	1056	527.8	14900000	テーパ部*2
19.3-15.3	M2-I	3720	10	1166	582.8	20100000	拡幅部

注記*1：区間については図 3-1 に示す。

*2：テーパ部の断面性能は区間の上端と下端の外径の平均値より算出した。

表 3-5 主柱材の部材諸元一覧

標高 O. P. (m)	区間*	母材鋼管		断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	せん断 断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	断面 2 次 モーメント ($\times 10^4 \text{mm}^4$)	備考
		外径 (mm)	板厚 (mm)				
161.8-155.5	A - A'	457.2	7.9	111.5	55.76	28100	
155.5-149.1	A' - B	457.2	7.9	177.4	88.71	46100	補強材 (t=9)
149.1-142.0	B - B'	457.2	7.9	177.0	88.50	45700	補強材 (t=6, t=6)
142.0-134.8	B' - C	609.6	9.5	325.3	162.6	151000	補強材 (t=12, t=6)
134.8-126.8	C - C'	609.6	9.5	380.1	190.0	179000	補強材 (t=16, t=9)
126.8-118.3	C' - D	711.2	12.7	473.0	236.5	299000	補強材 (t=6, t=22)
118.3-108.8	D - D'	711.2	12.7	490.8	245.4	312000	補強材 (t=6, t=25)
108.8- 98.8	D' - E	812.8	16	620.8	310.4	506000	補強材 (t=9, t=16)
98.8- 86.4	E - E'	812.8	16	640.8	320.4	523000	補強材 (t=9, t=19)
86.4- 74.8	E' - F	1000	18	698.0	349.0	851000	補強材 (t=9)
74.8- 61.2	F - G	1000	18	698.0	349.0	851000	補強材 (t=9)
61.2- 41.8	G - H	1100	18	768.6	384.3	1140000	補強材 (t=9)
41.8- 28.6	H - H'	1100	20	888.2	444.1	1310000	補強材 (t=12)
28.6- 15.3	H' - I	1100	20	1082	541.0	1620000	補強材 (t=12, t=22)

注記* : 区間については図 3-1 に示す。

表 3-6 斜材の部材諸元一覧

標高 O.P. (m)	区間*	母材鋼管		断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	せん断 断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	断面 2 次 モーメント ($\times 10^4 \text{mm}^4$)	備考
		外径 (mm)	板厚 (mm)				
161.8-155.5	A - A'	355.6	6.4	70.21	35.11	10700	
155.5-149.1	A' - B	355.6	6.4	70.21	35.11	10700	
149.1-142.0	B - B'	406.4	6.4	80.43	40.21	16100	
142.0-134.8	B' - C	406.4	6.4	80.43	40.21	16100	
134.8-126.8	C - C'	457.2	6.4	90.64	45.32	23000	
126.8-118.3	C' - D	457.2	6.4	90.64	45.32	23000	
118.3-108.8	D - D'	508.0	6.4	100.9	50.43	31700	
108.8- 98.8	D' - E	508.0	6.4	100.9	50.43	31700	
98.8- 86.4	E - E'	609.6	6.4	121.3	60.64	55200	
86.4- 74.8	E' - F	609.6	6.4	121.3	60.64	55200	
74.8- 61.2	F - G	711.2	9.5	209.4	104.7	129000	
61.2- 41.8	G - H	558.8	9.5	217.2	108.6	83100	補強材 (t=6)
41.8- 15.3	H - I	609.6	16.0	298.4	149.2	132000	

注記* : 区間については図 3-1 に示す。

表 3-7 水平材の部材諸元一覧

標高 O.P. (m)	位置*	母材鋼管		断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	せん断 断面積 ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	断面 2 次 モーメント ($\times 10^4 \text{mm}^4$)	備考
		外径 (mm)	板厚 (mm)				
161.8	A	318.5	6.4	109.1	54.53	13900	補強材 (t=9)
149.1	B	318.5	6.4	62.75	31.38	7640	
134.8	C	318.5	6.4	135.4	67.69	17600	補強材 (t=6, t=16)
118.3	D	318.5	6.4	62.75	31.38	7640	
98.8	E	406.4	6.4	80.43	40.21	16100	
74.8	F	457.2	6.4	90.64	45.32	23000	
61.2	G	457.2	6.4	90.64	45.32	23000	
41.8	H	508.0	6.4	100.9	50.43	31700	

注記* : 位置については図 3-1 に示す。

3.1.4 制震オイルダンパ

O. P. 134. 8m の支持点では筒身と鉄塔を制震オイルダンパで接続する。制震オイルダンパの配置図を 図 3-3 に、諸元を 表 3-8 示す。個々の制震オイルダンパは、減衰係数と剛性を有するダッシュポットとばねが直列に結合するモデルで構成され、制震オイルダンパには水平方向の相対速度に比例した減衰力が発生する。筒身から張り出した支持点アームの先端に制震オイルダンパを接続する。筒身間は筒身から張り出した筒身連結材で接続する。筒身連結材同士の結合条件は、軸方向と鉛直方向をフリー、軸直交方向を固定とする。支持点アームと筒身連結材は剛の梁要素でモデル化する。

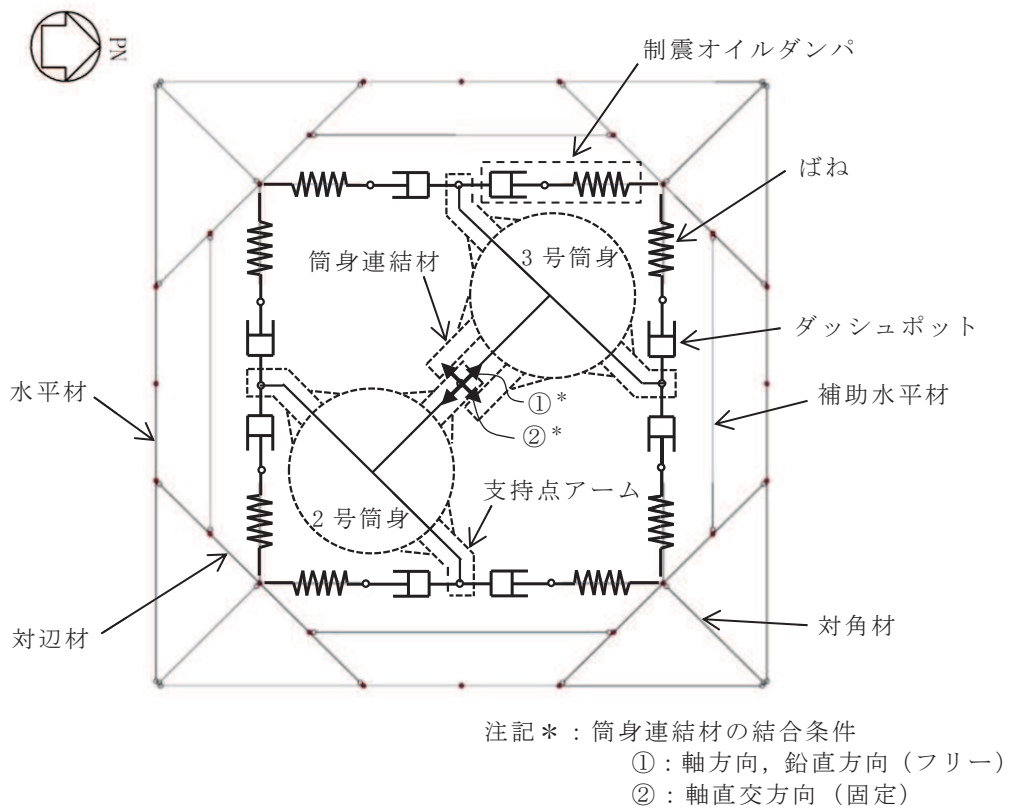


図 3-3 制震オイルダンパ配置図

表 3-8 制震オイルダンパの諸元

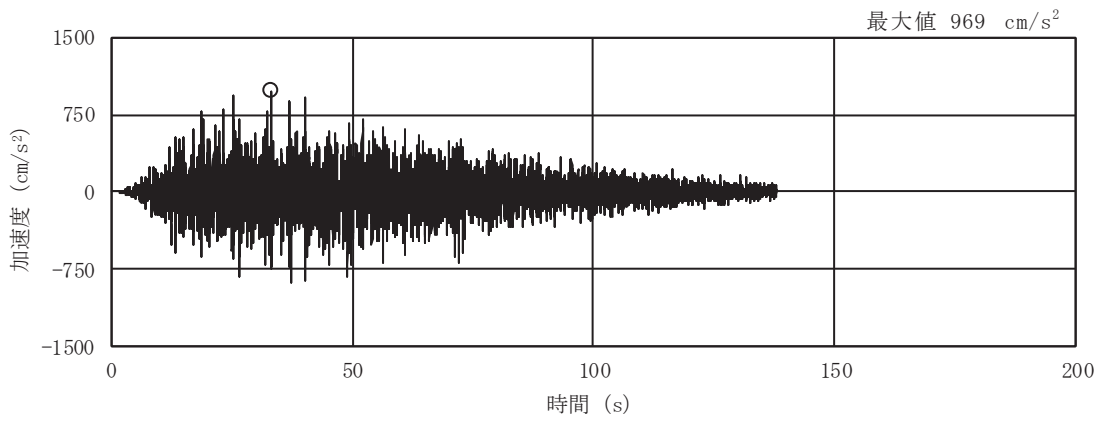
標高 O. P. (m)	位置*	減衰係数 (kN・s/m)	剛性 (kN/mm)	許容速度 (m/s)	許容変位 (mm)
134.8	C	350	45	1.20	±400

注記* : 位置については図 3-1 に示す。

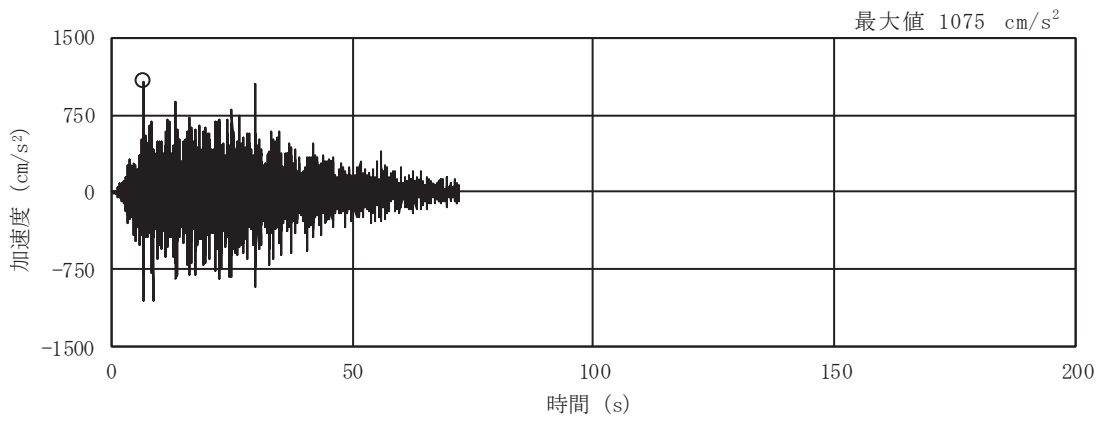
3.2 入力地震動

排気筒の地震応答解析に用いる入力地震動は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」から得られる基礎上端レベル (O.P. 15.3m) の NS 断面, EW 断面の応答加速度 (並進, 鉛直, 回転成分) を用いる。

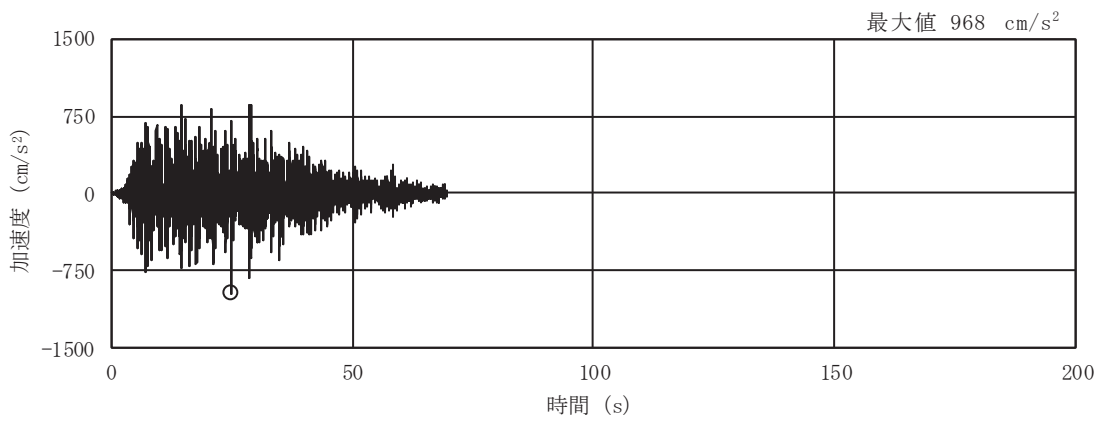
代表として、入力地震動のうち、基準地震動 S_s の基本ケース及び弾性設計用地震動 S_d の基本ケースの加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを 図 3-4～図 3-7 に示す。



(a) S s - D 1

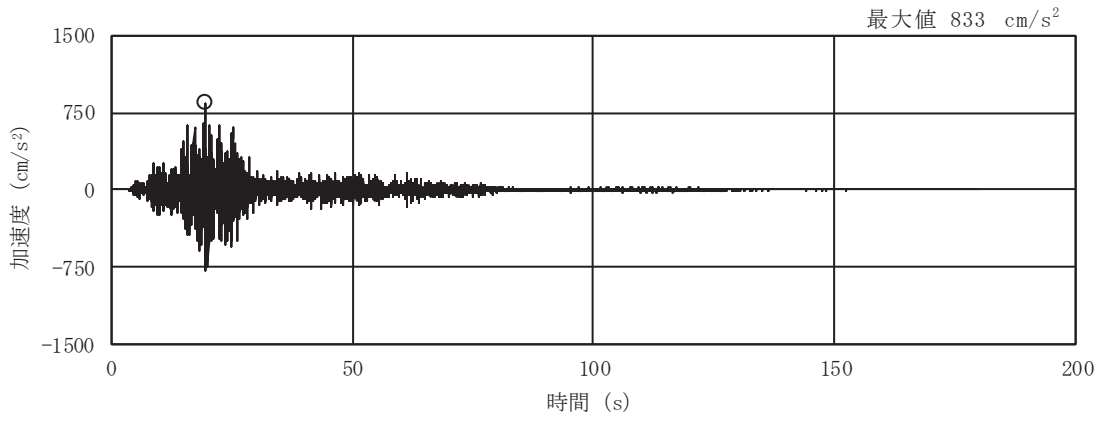


(b) S s - D 2

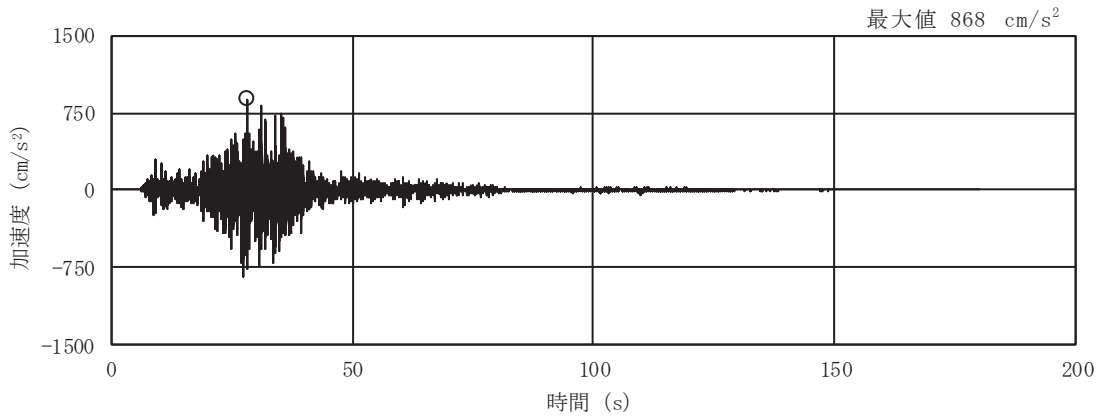


(c) S s - D 3

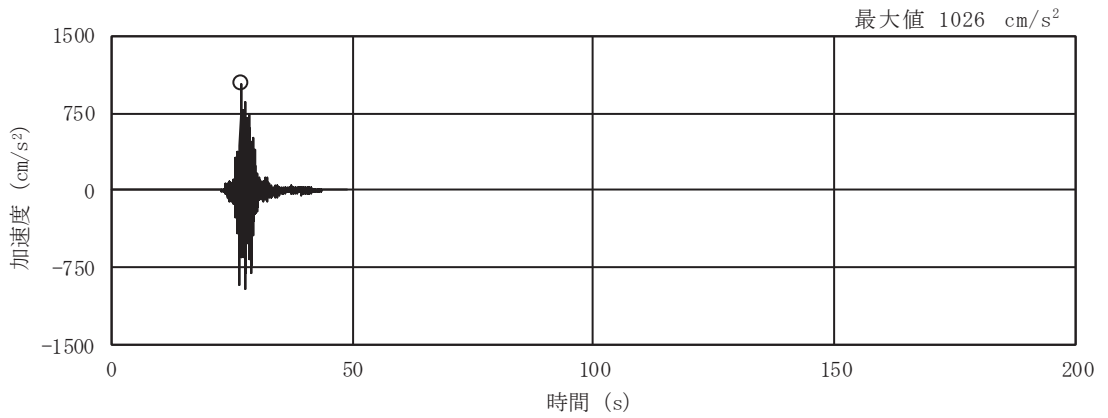
図 3-4(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , NS 断面 並進成分) (1/3)



(d) S s - F 1

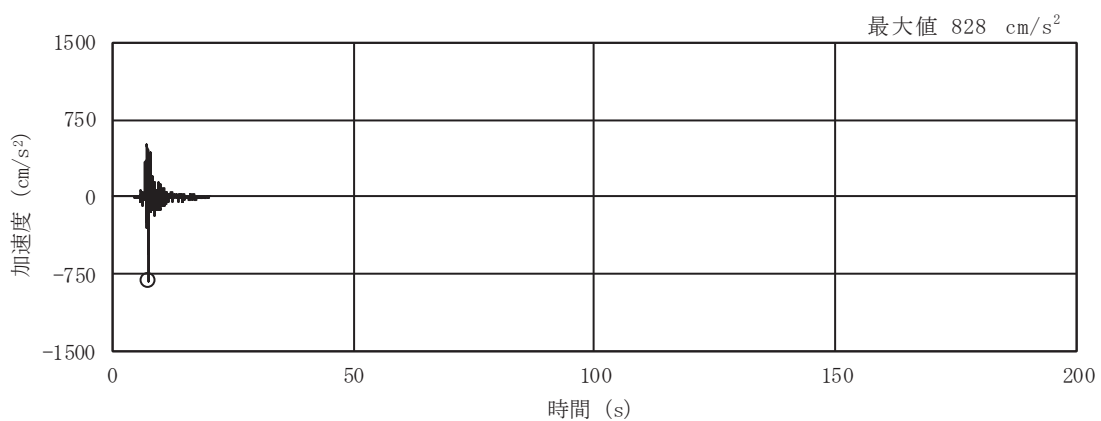


(e) S s - F 2



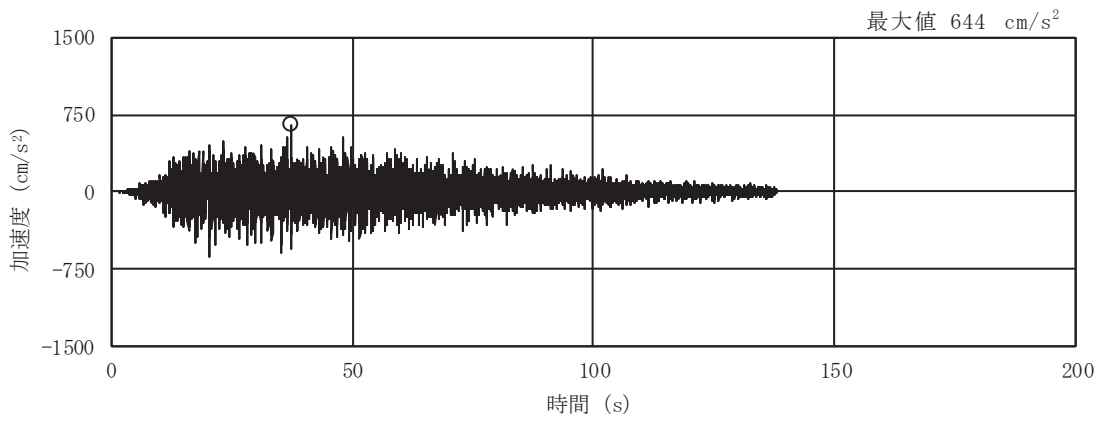
(f) S s - F 3

図 3-4(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , NS 断面 並進成分) (2/3)

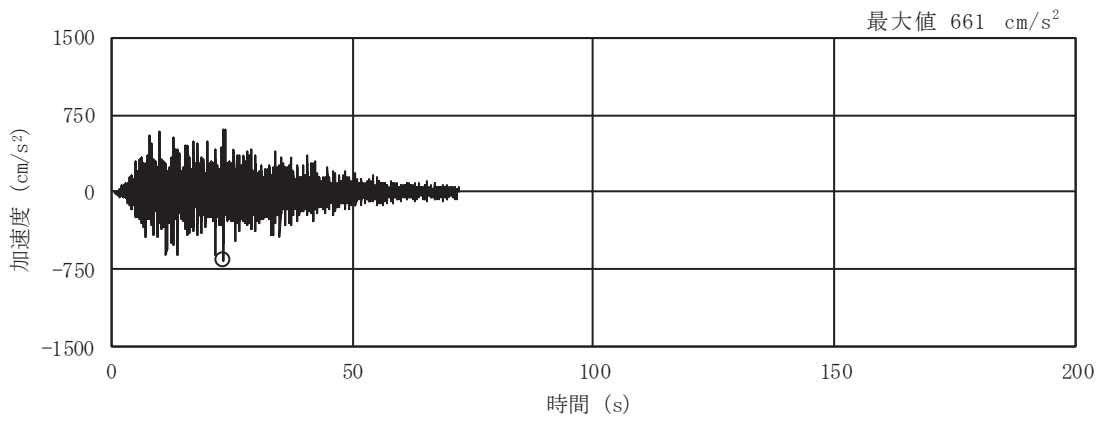


(g) S s - N 1

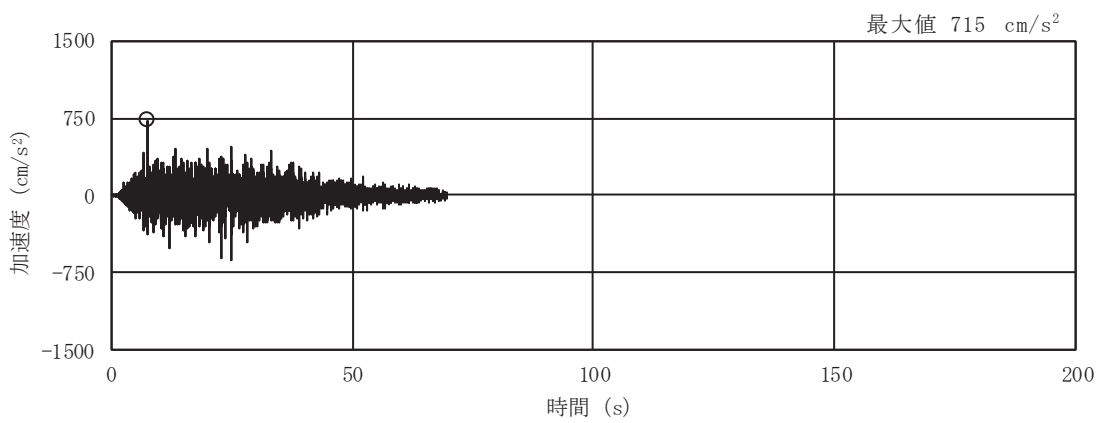
図 3-4(3) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (基準地震動 S s , NS 断面 並進成分) (3/3)



(a) S s - D 1

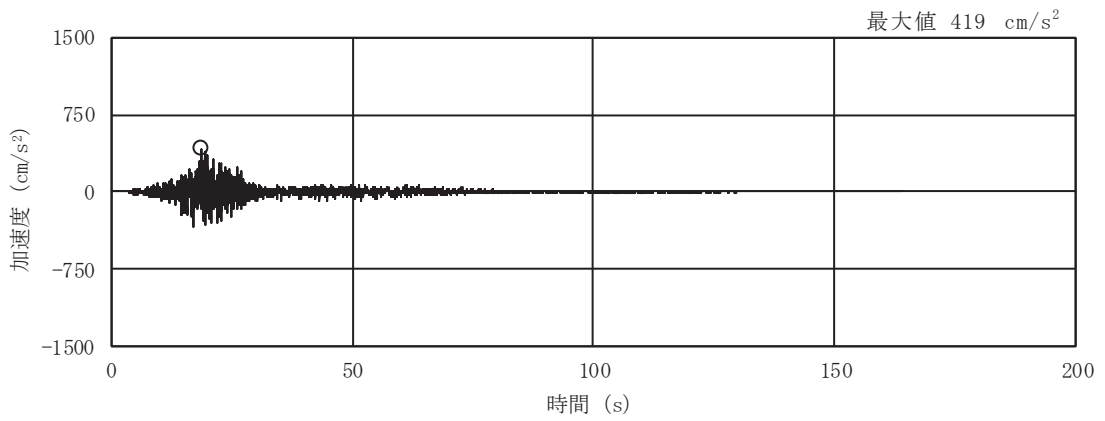


(b) S s - D 2

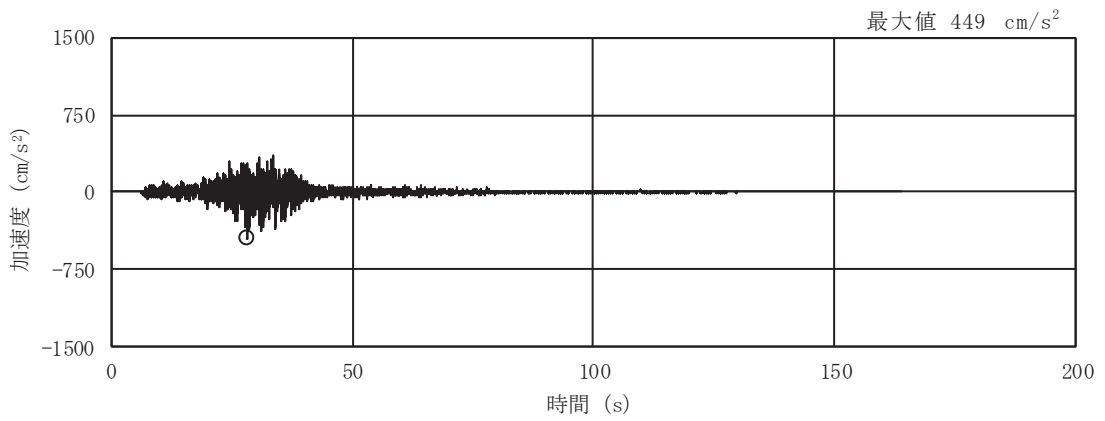


(c) S s - D 3

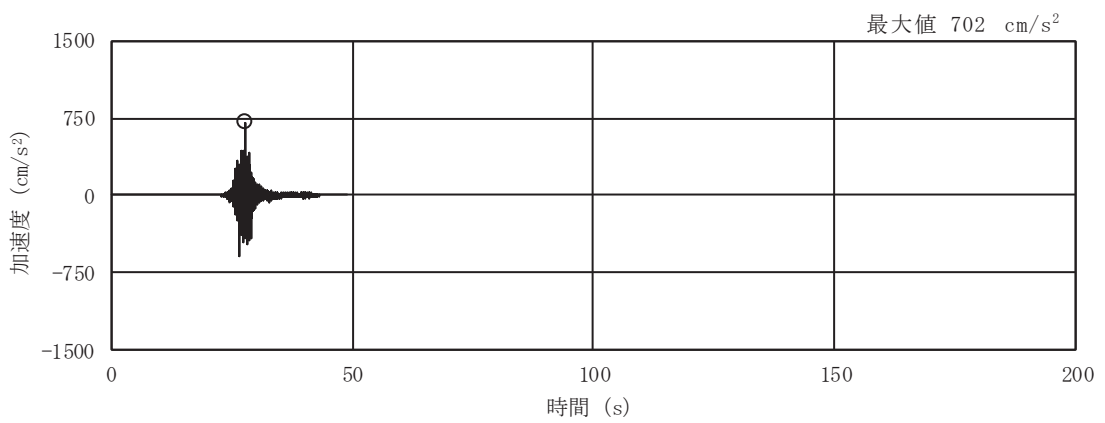
図 3-4(4) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , NS 断面 鉛直成分) (1/3)



(d) S s - F 1

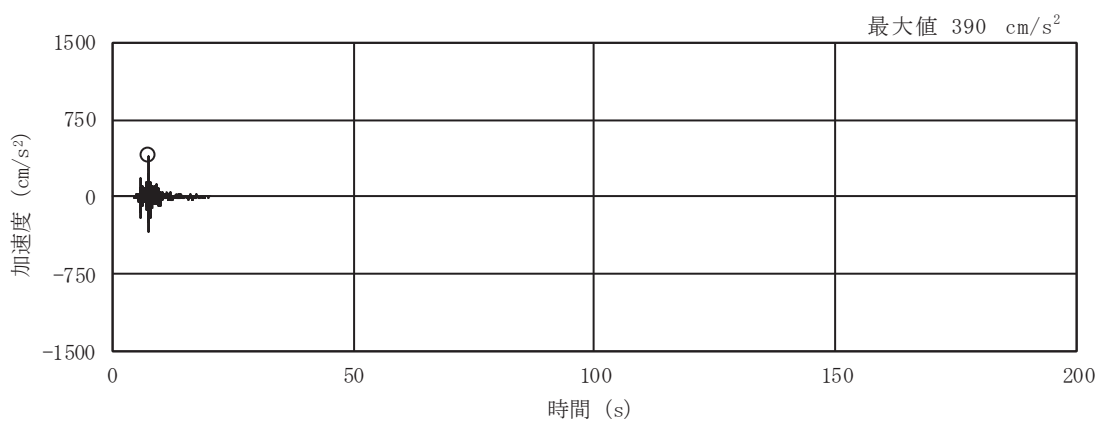


(e) S s - F 2



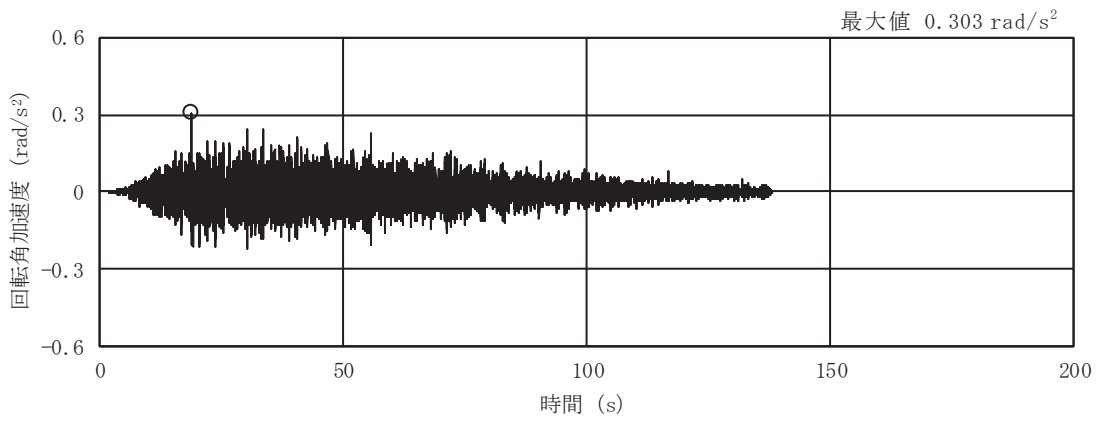
(f) S s - F 3

図 3-4(5) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , NS 断面 鉛直成分) (2/3)

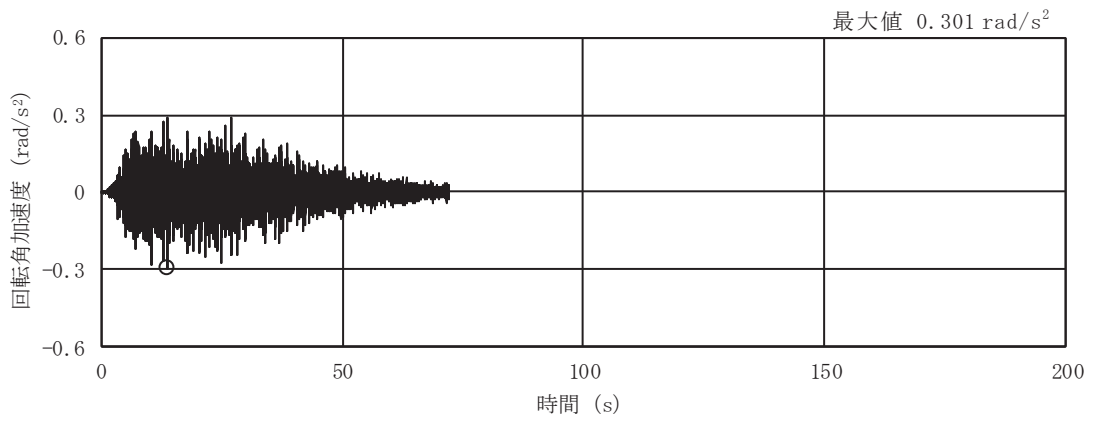


(g) S_s - N 1

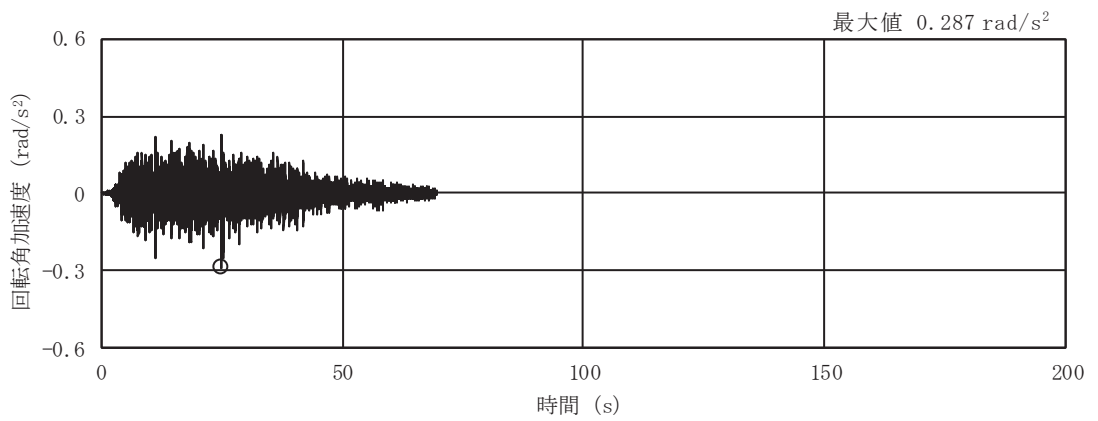
図 3-4(6) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (基準地震動 S_s, NS 断面 鉛直成分) (3/3)



(a) S s - D 1

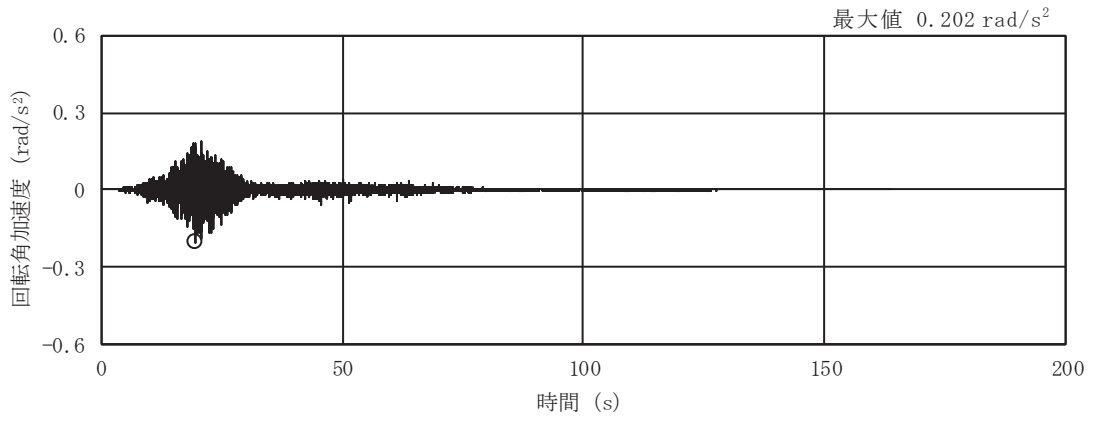


(b) S s - D 2

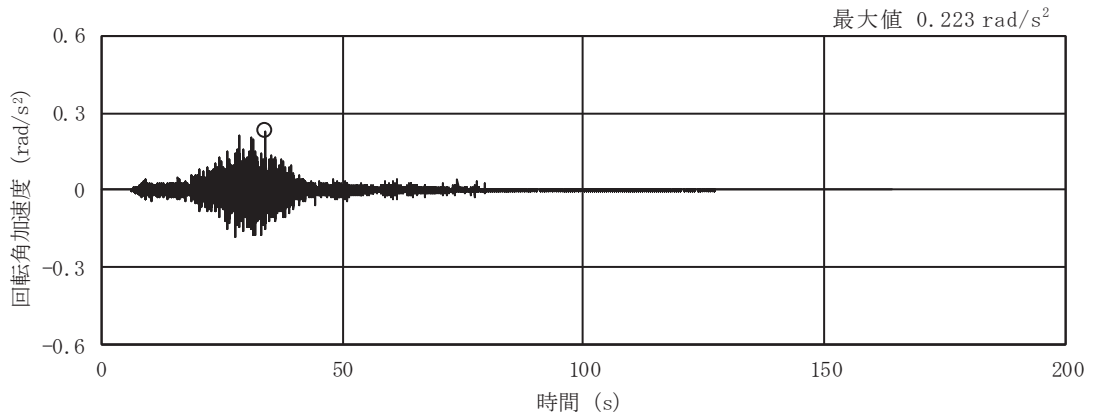


(c) S s - D 3

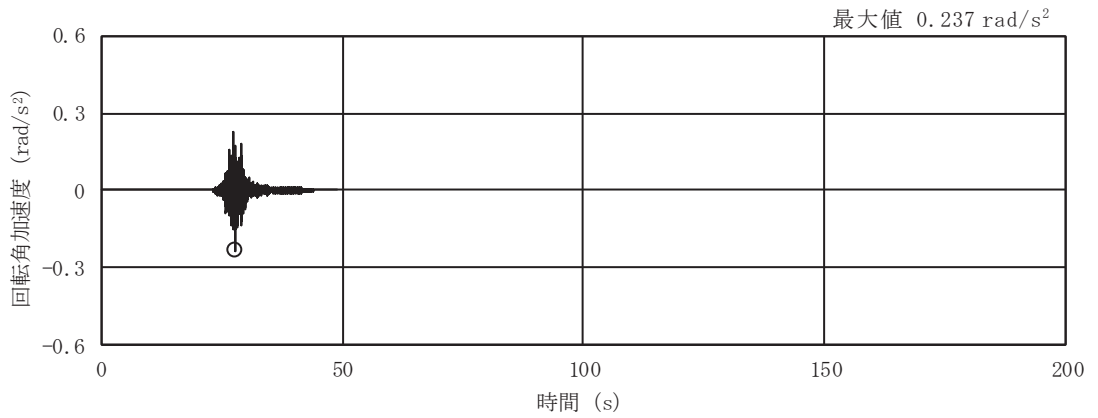
図 3-4(7) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , NS 断面 回転成分) (1/3)



(d) S_s - F 1

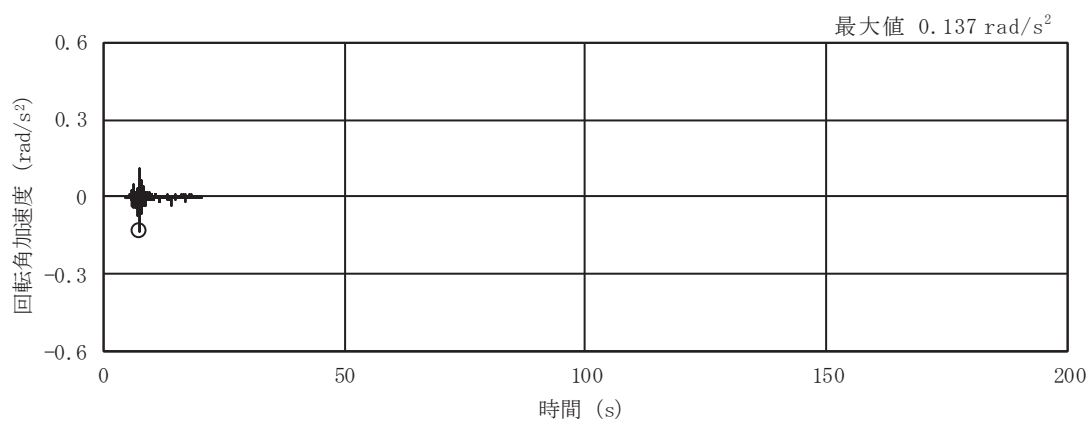


(e) S_s - F 2



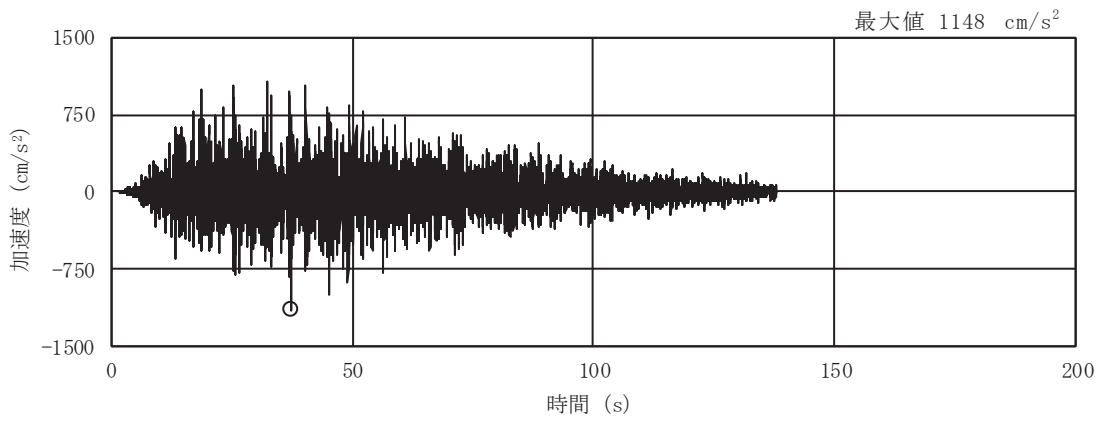
(f) S_s - F 3

図 3-4(8) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S_s, NS 断面 回転成分) (2/3)

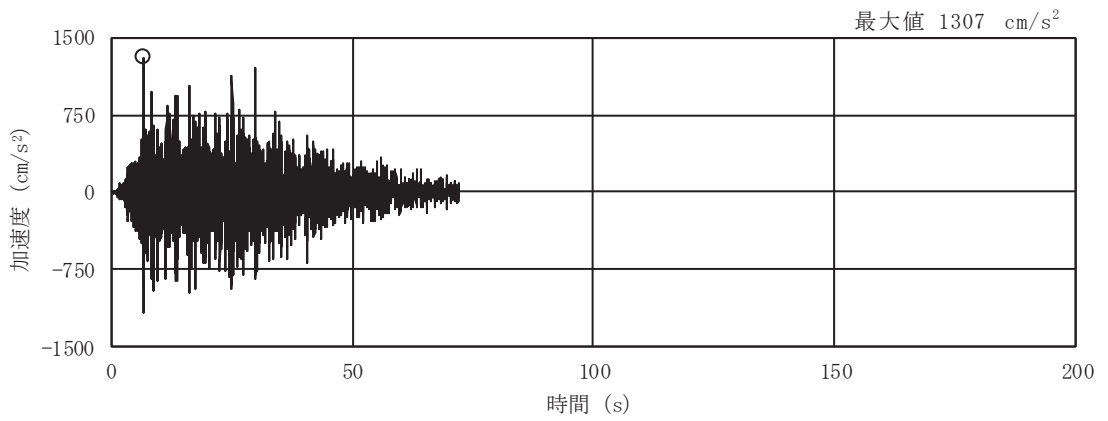


(g) S s - N 1

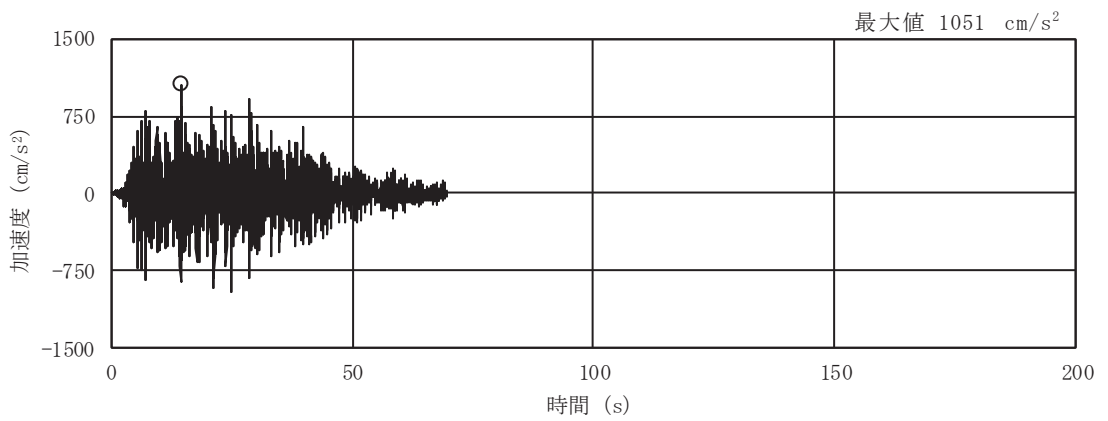
図 3-4(9) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (基準地震動 S s , NS 断面 回転成分) (3/3)



(a) S s - D 1

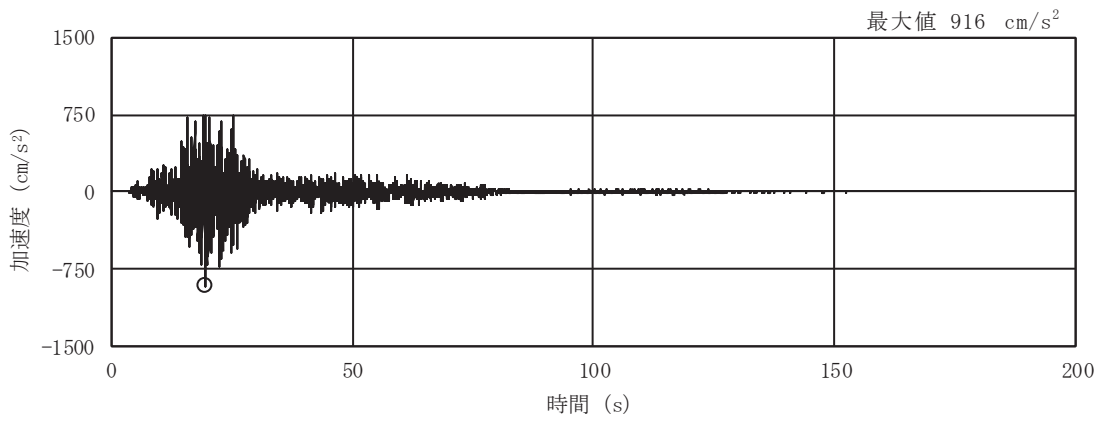


(b) S s - D 2

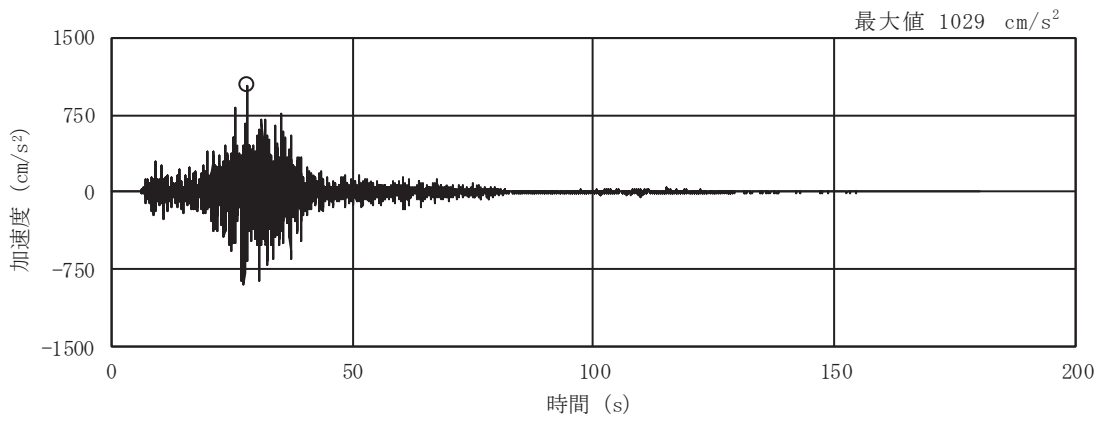


(c) S s - D 3

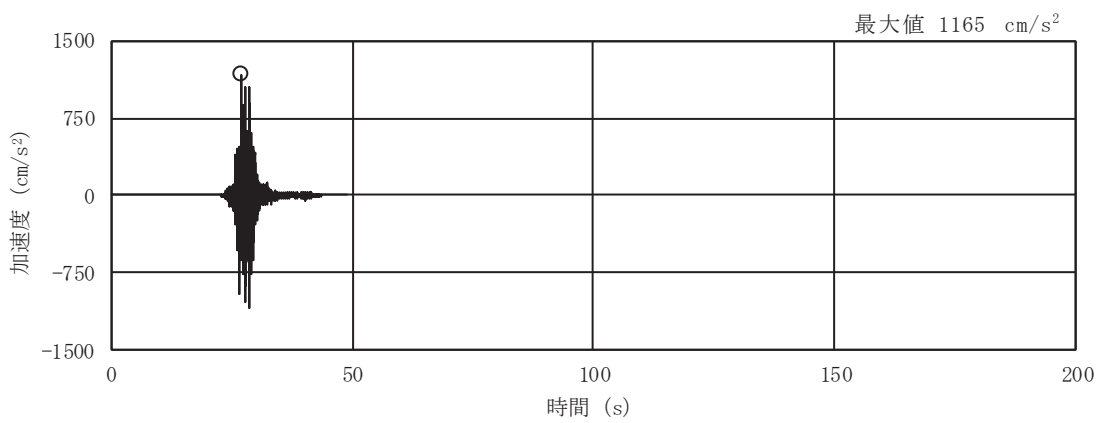
図 3-4(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 並進成分) (1/3)



(d) S s - F 1

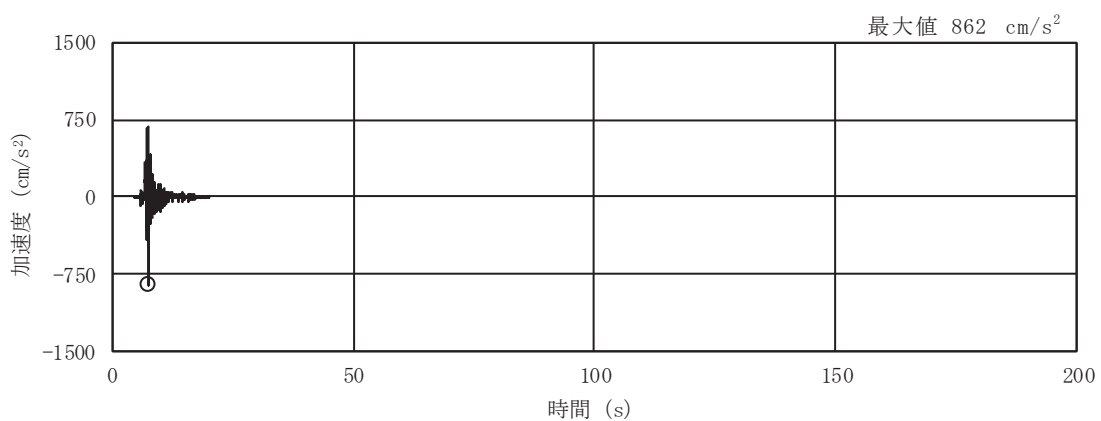


(e) S s - F 2



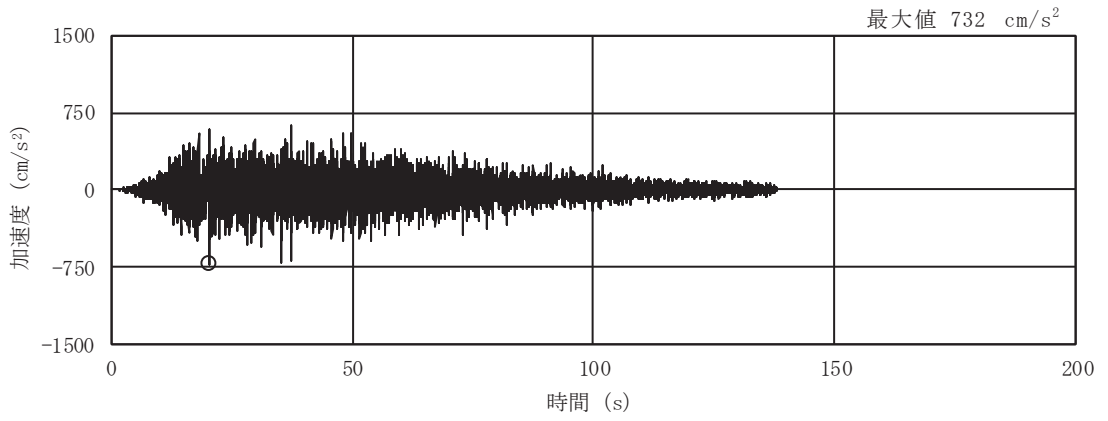
(f) S s - F 3

図 3-4(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 並進成分) (2/3)

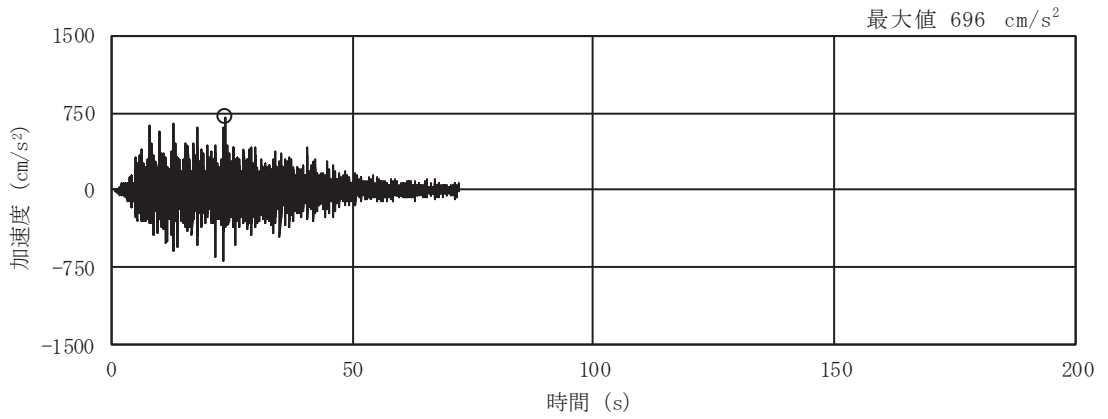


(g) S s - N 1

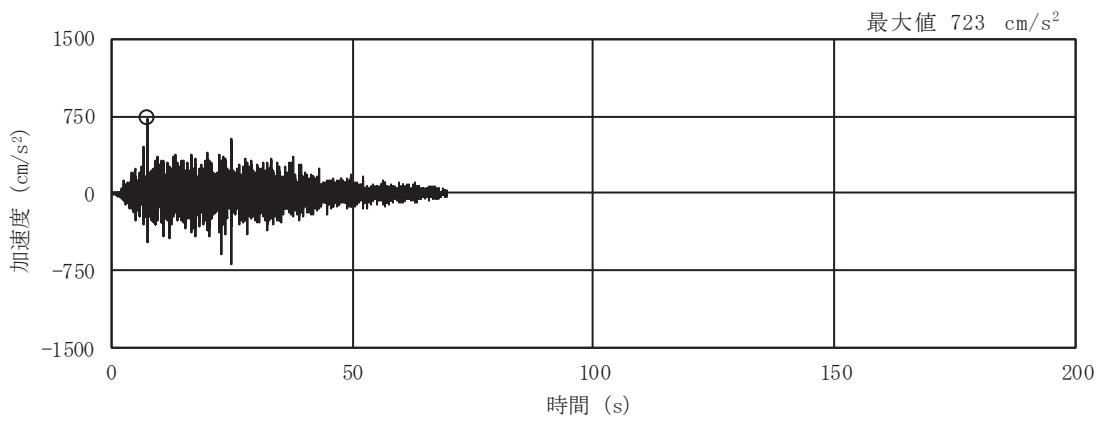
図 3-4(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (基準地震動 S s , EW 断面 並進成分) (3/3)



(a) S s - D 1

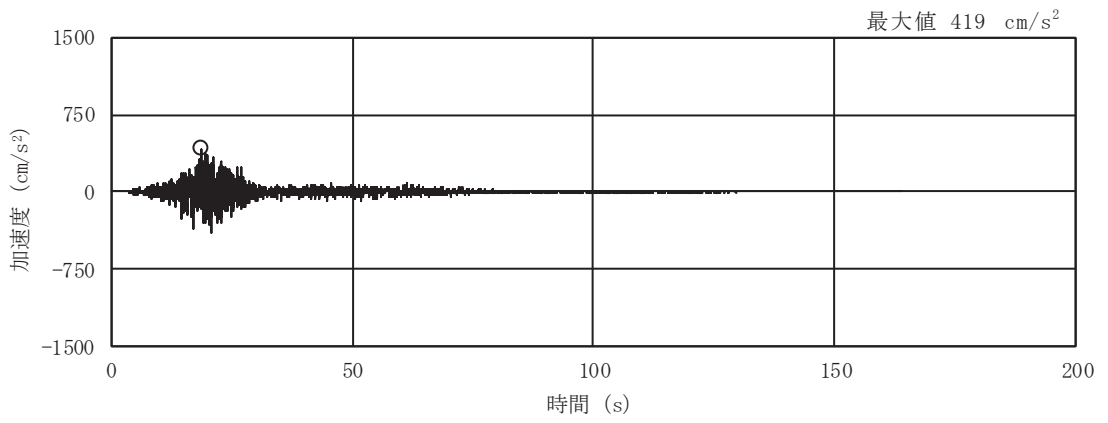


(b) S s - D 2

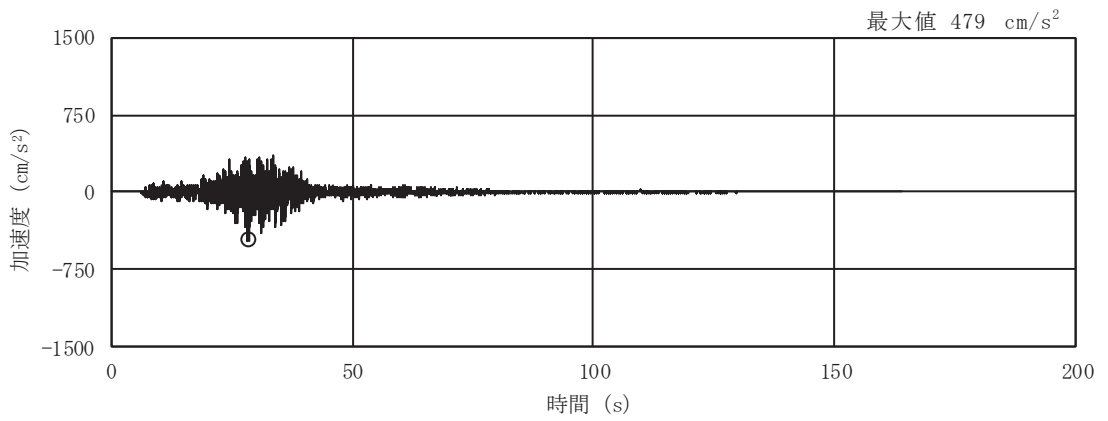


(c) S s - D 3

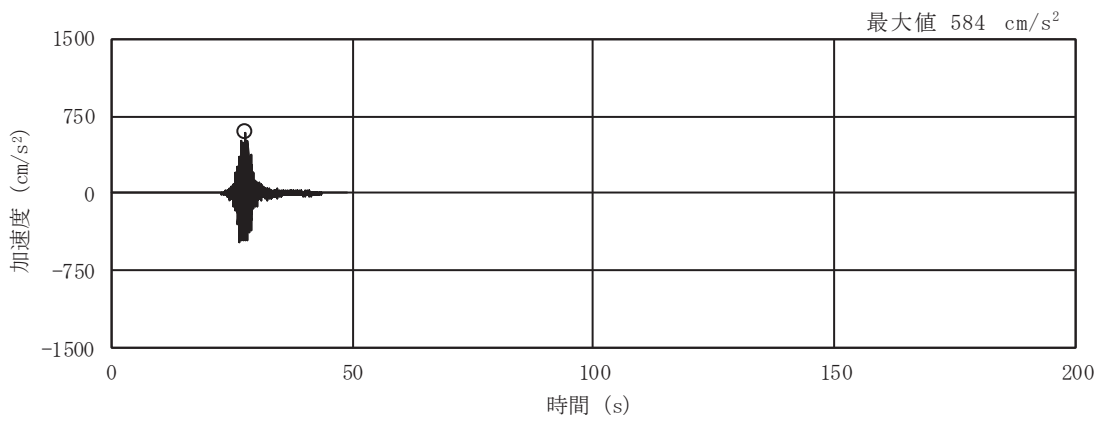
図 3-4(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 鉛直成分) (1/3)



(d) S s - F 1

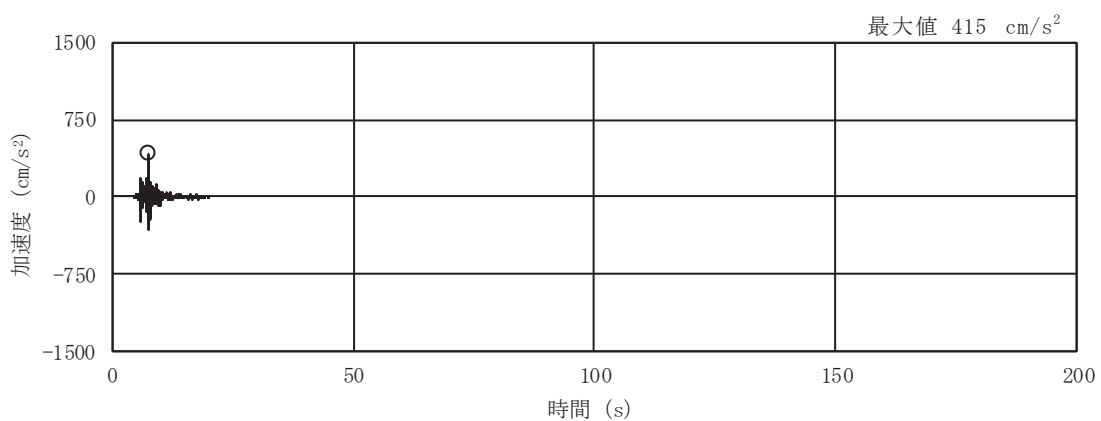


(e) S s - F 2



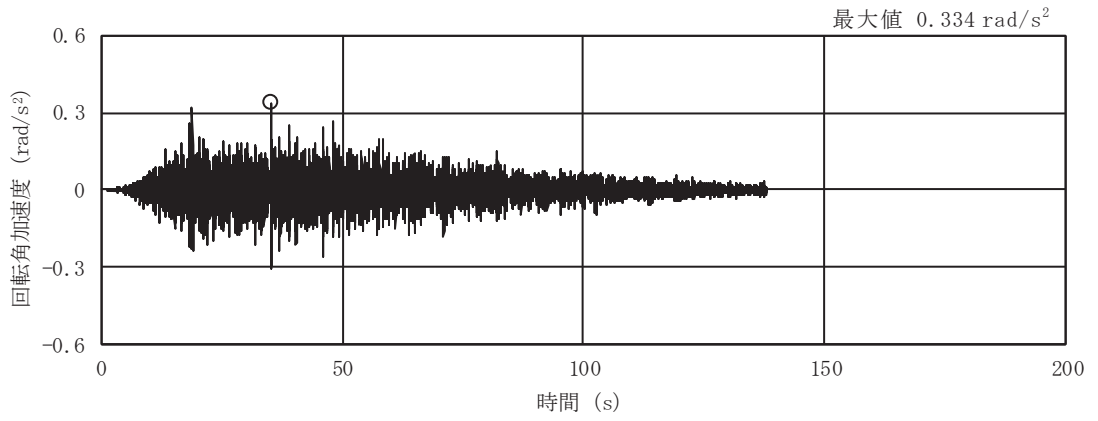
(f) S s - F 3

図 3-4(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 鉛直成分) (2/3)

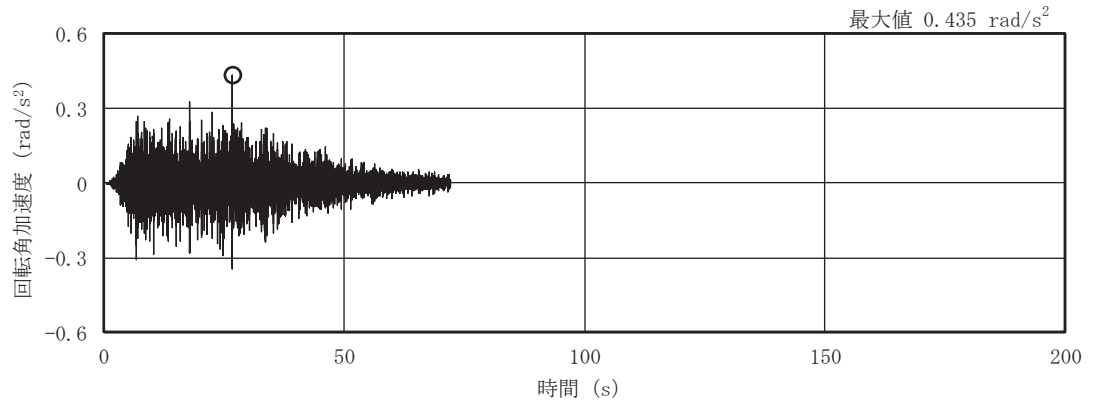


(g) S s - N 1

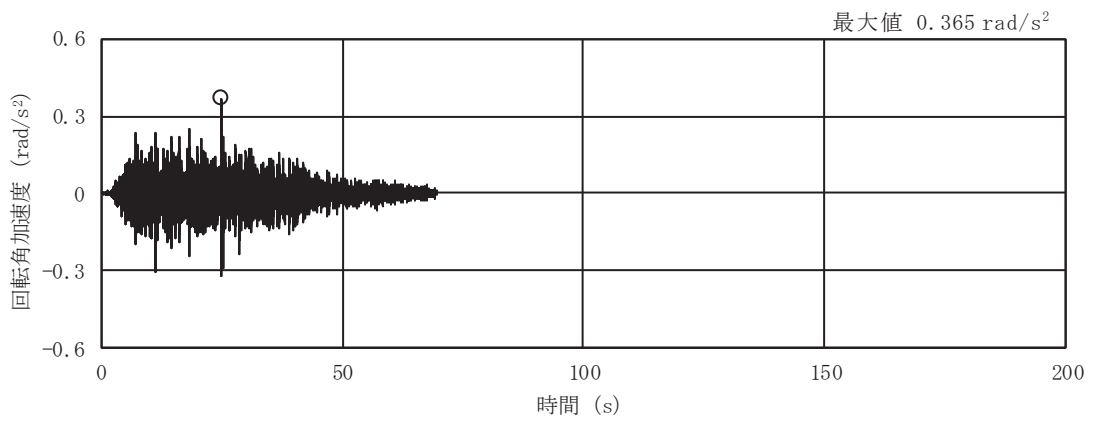
図 3-4(15) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 鉛直成分) (3/3)



(a) S s - D 1

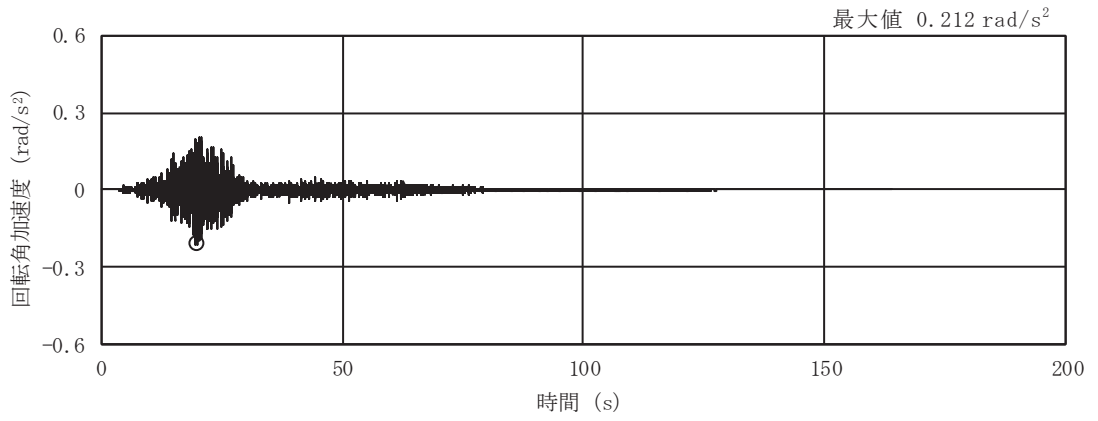


(b) S s - D 2

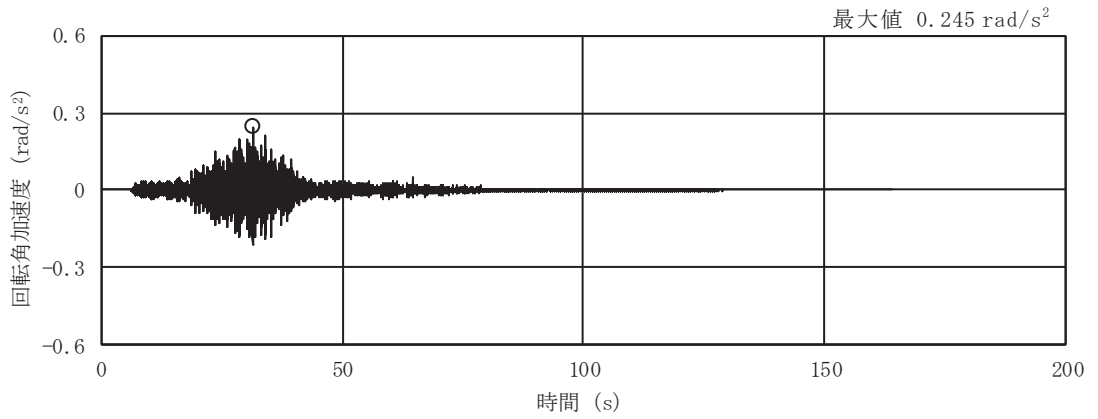


(c) S s - D 3

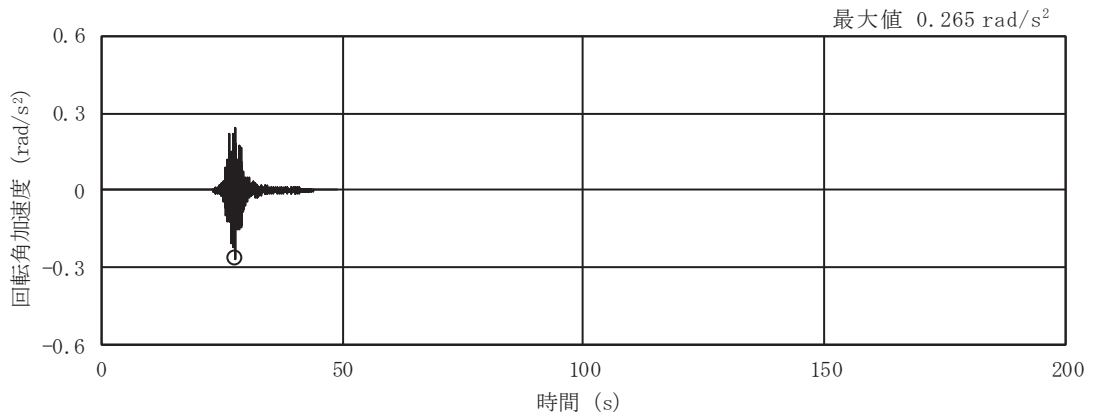
図 3-4(16) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S s , EW 断面 回転成分) (1/3)



(d) S_s - F 1

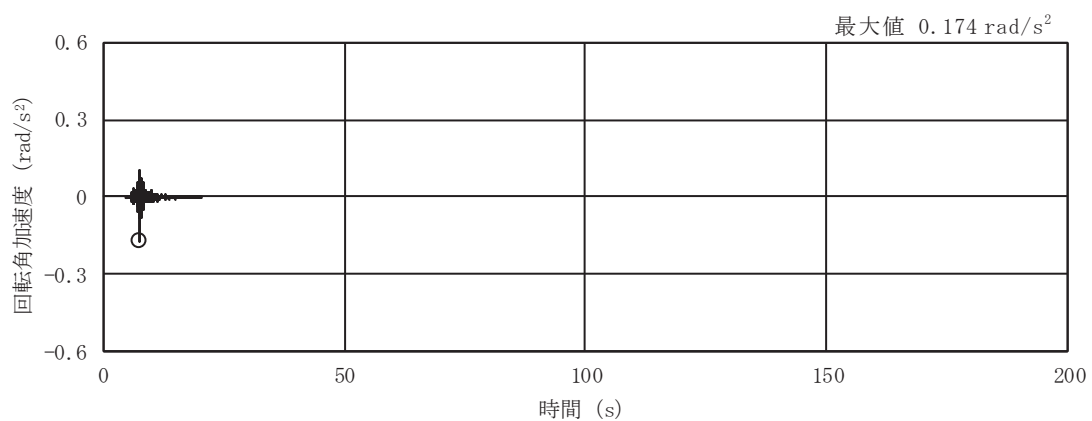


(e) S_s - F 2



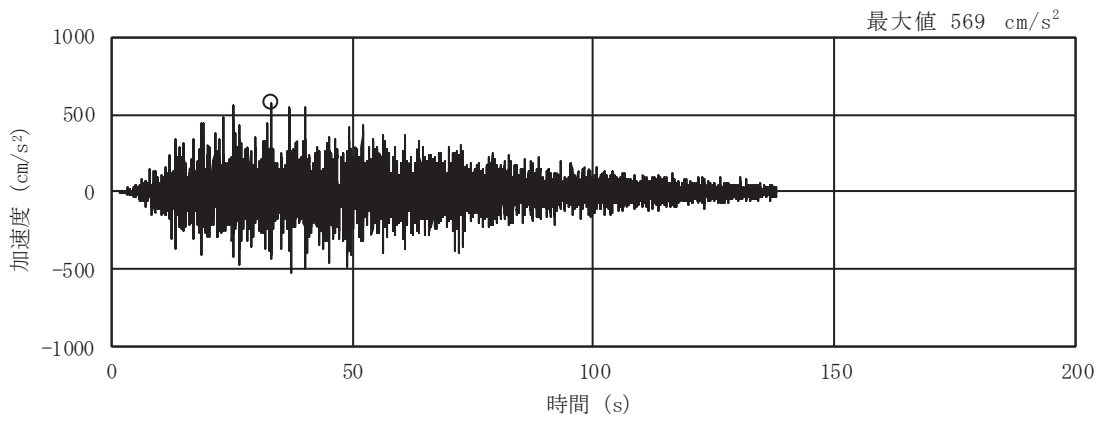
(f) S_s - F 3

図 3-4(17) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(基準地震動 S_s, EW 断面 回転成分) (2/3)

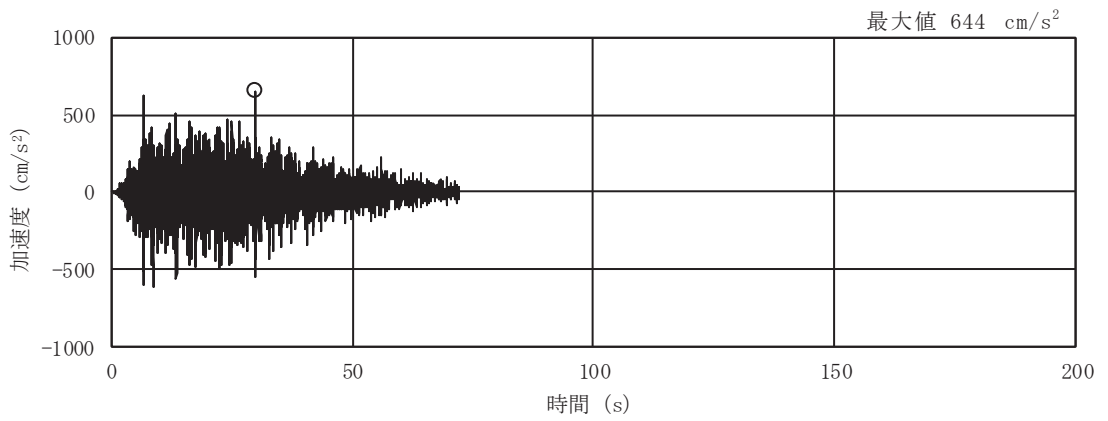


(g) S s - N 1

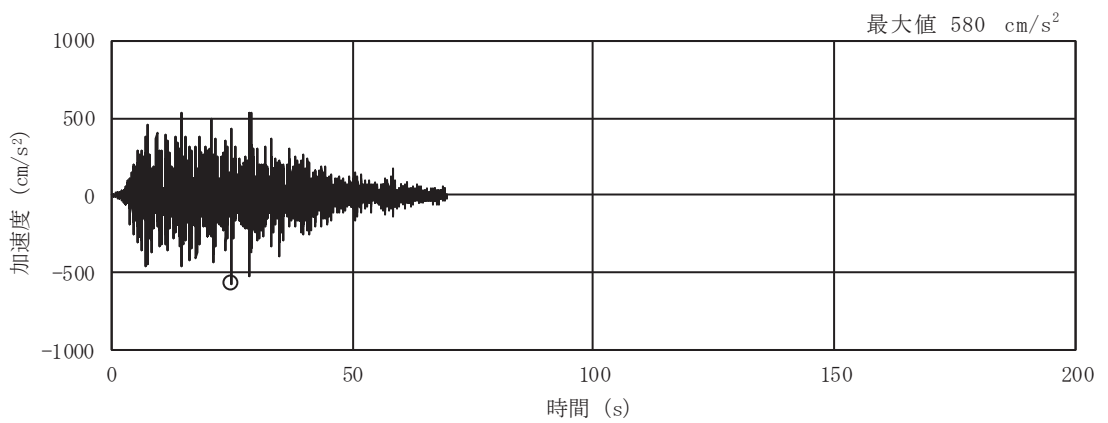
図 3-4(18) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (基準地震動 S s , EW 断面 回転成分) (3/3)



(a) S d - D 1

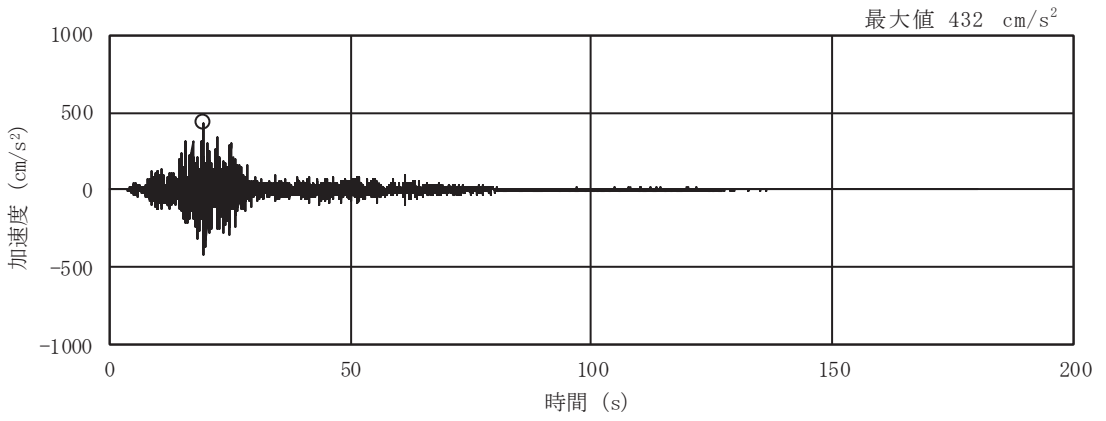


(b) S d - D 2

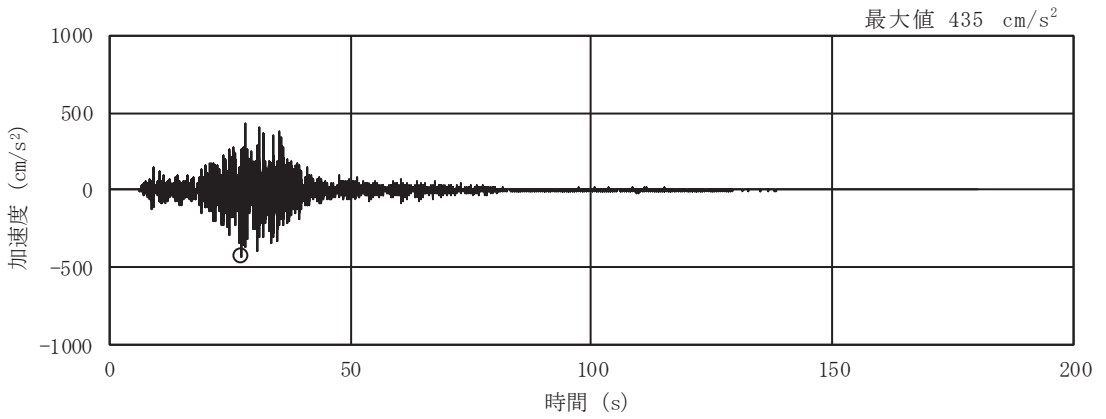


(c) S d - D 3

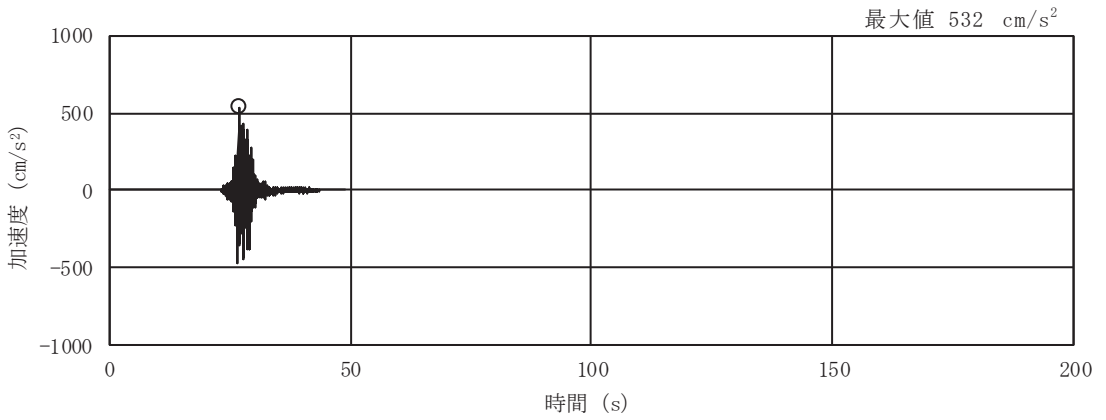
図 3-5(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 並進成分) (1/3)



(d) S d - F 1

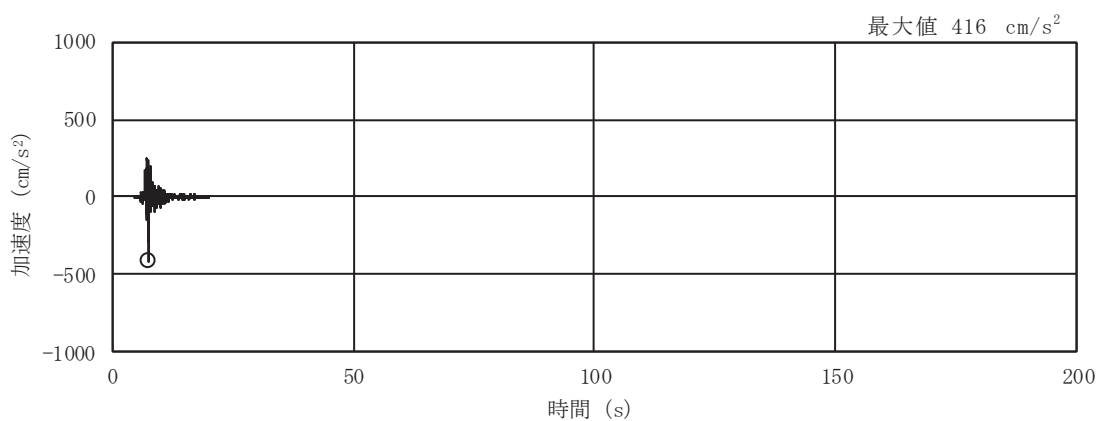


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

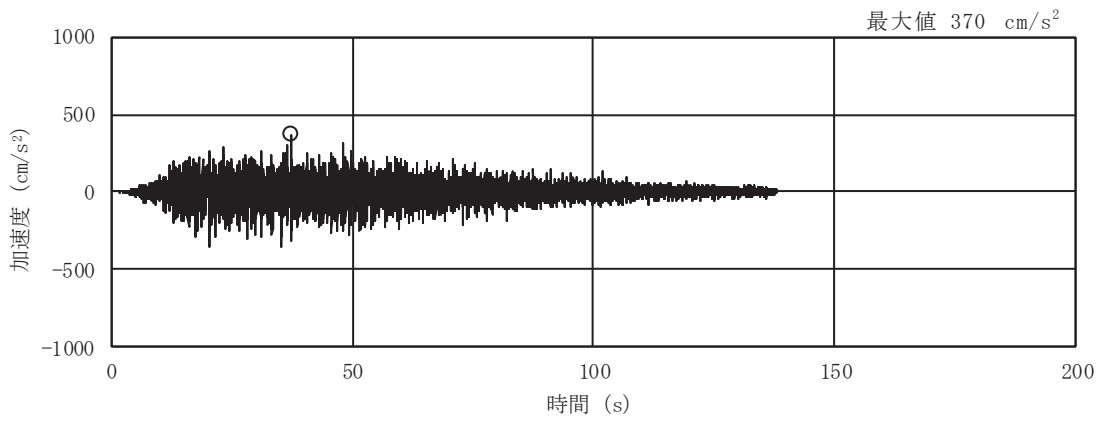
図 3-5(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 並進成分) (2/3)



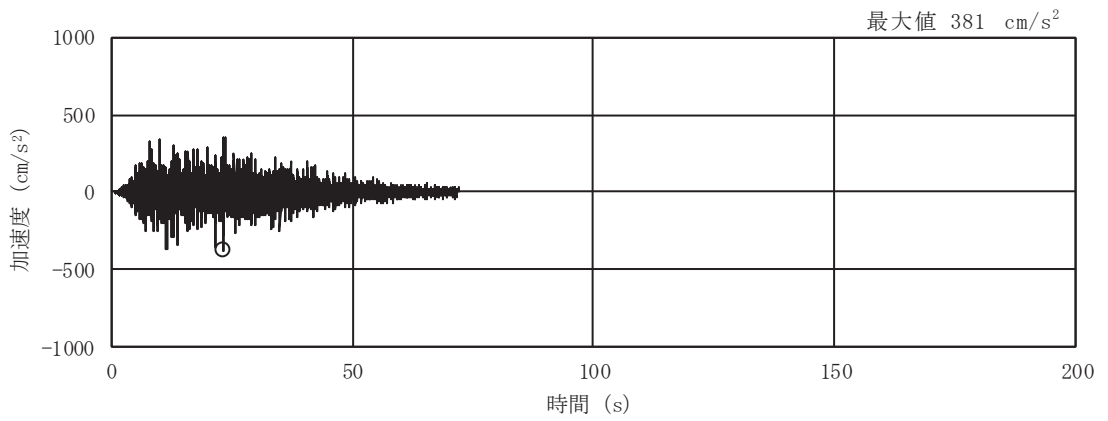
(g) S d - N 1

図 3-5(3) 入力地震動の加速度時刻歴波形

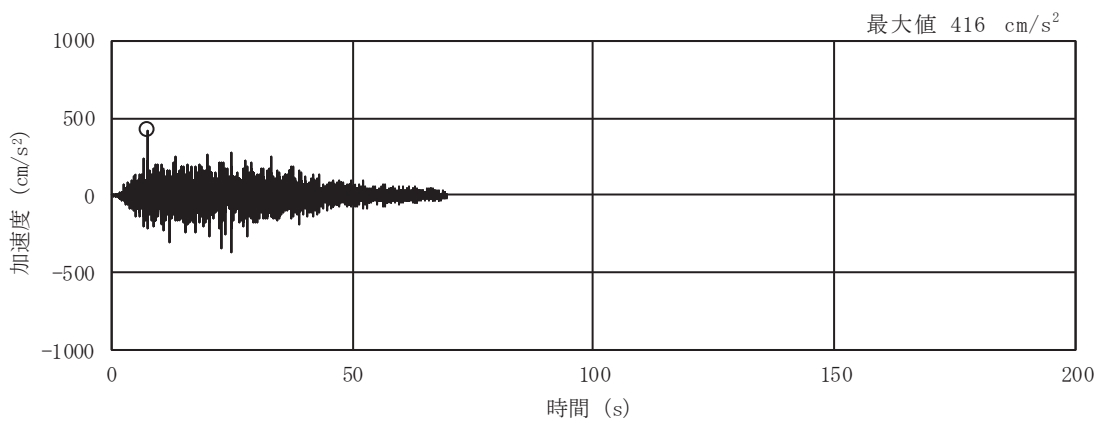
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 並進成分) (3/3)



(a) S d - D 1

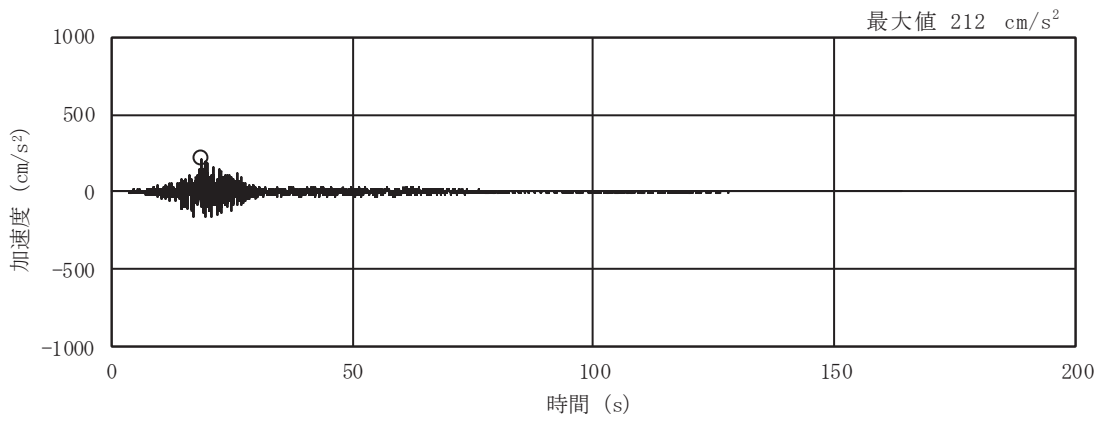


(b) S d - D 2

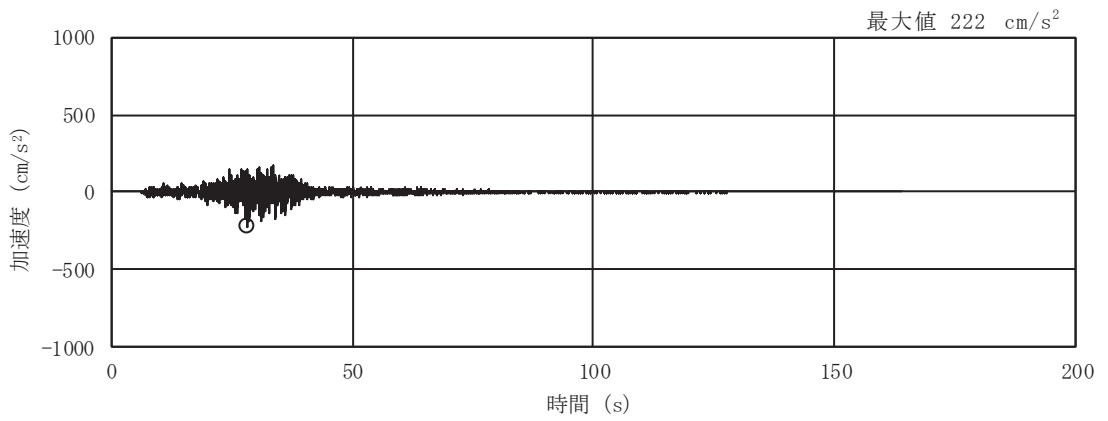


(c) S d - D 3

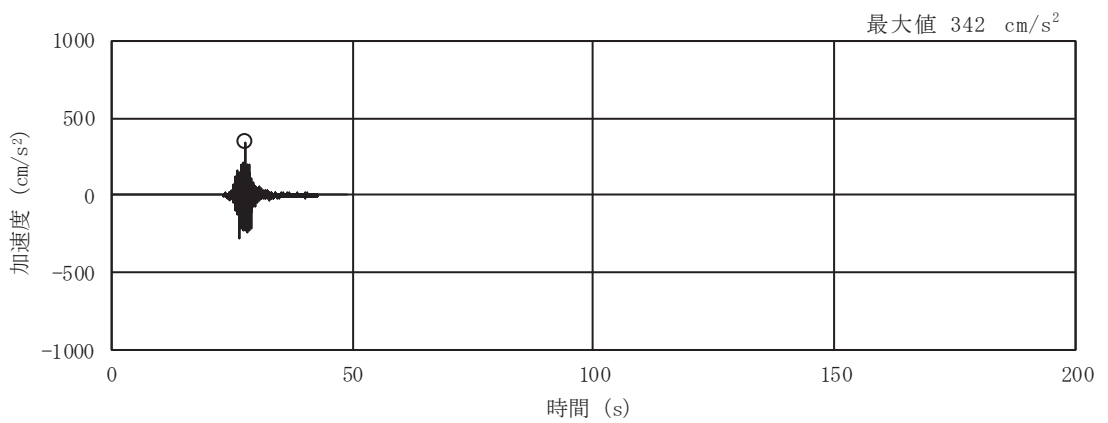
図 3-5(4) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 鉛直成分) (1/3)



(d) S d - F 1

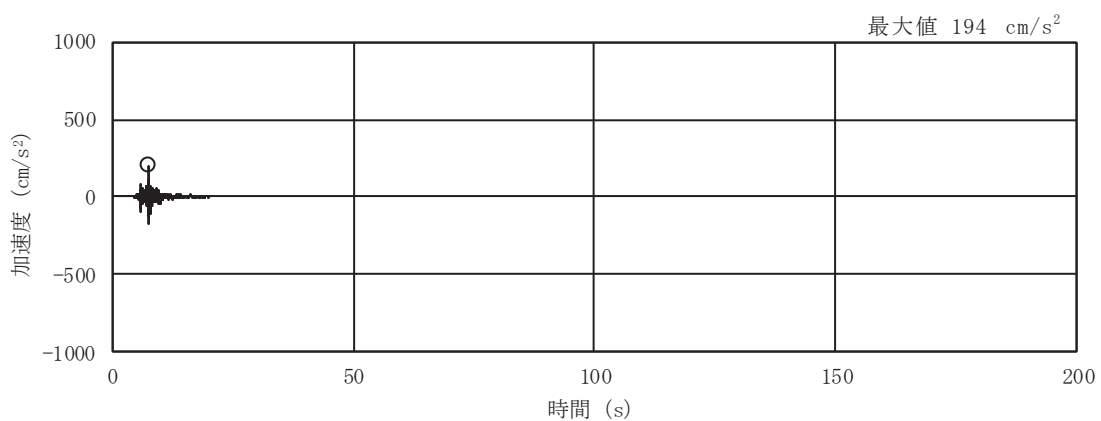


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

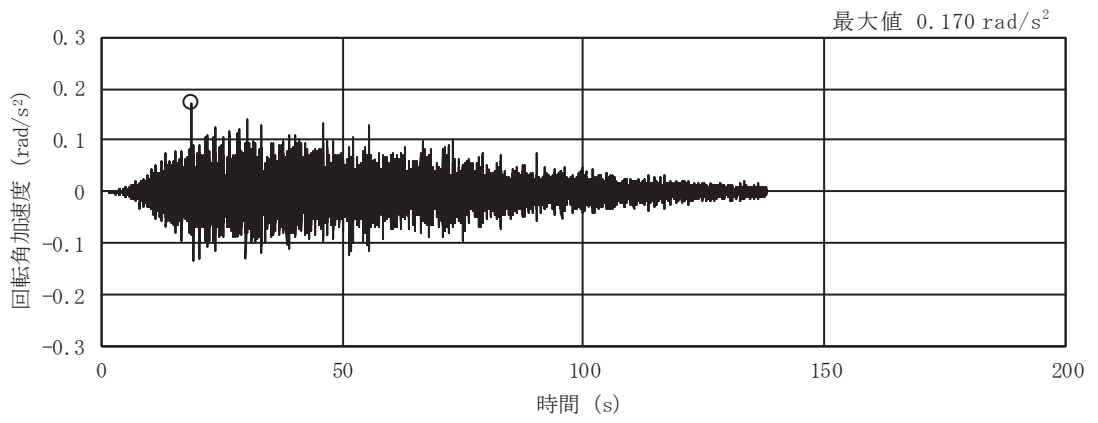
図 3-5(5) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 鉛直成分) (2/3)



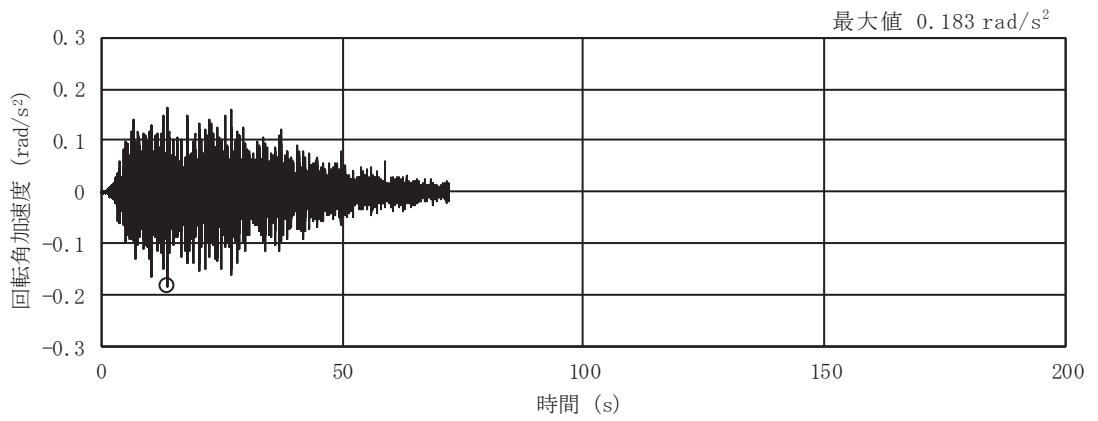
(g) S d - N 1

図 3-5(6) 入力地震動の加速度時刻歴波形

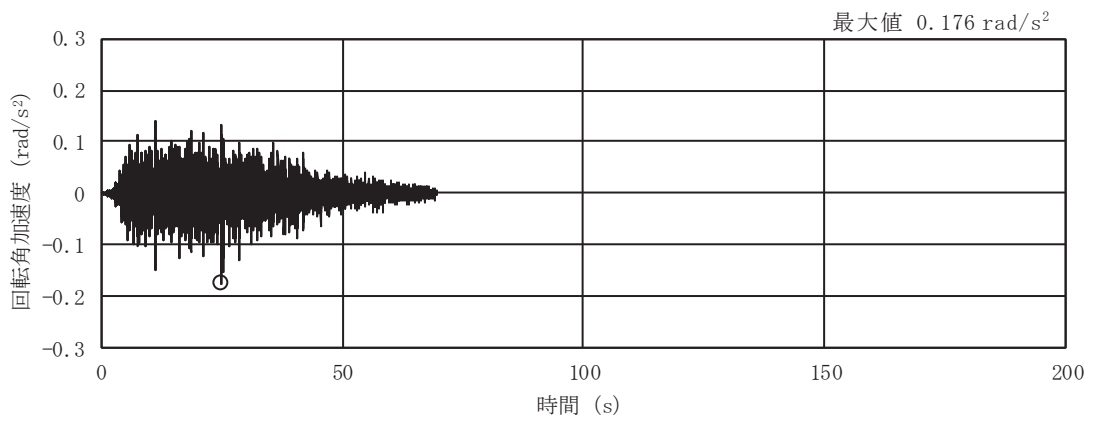
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 鉛直成分) (3/3)



(a) S d - D 1

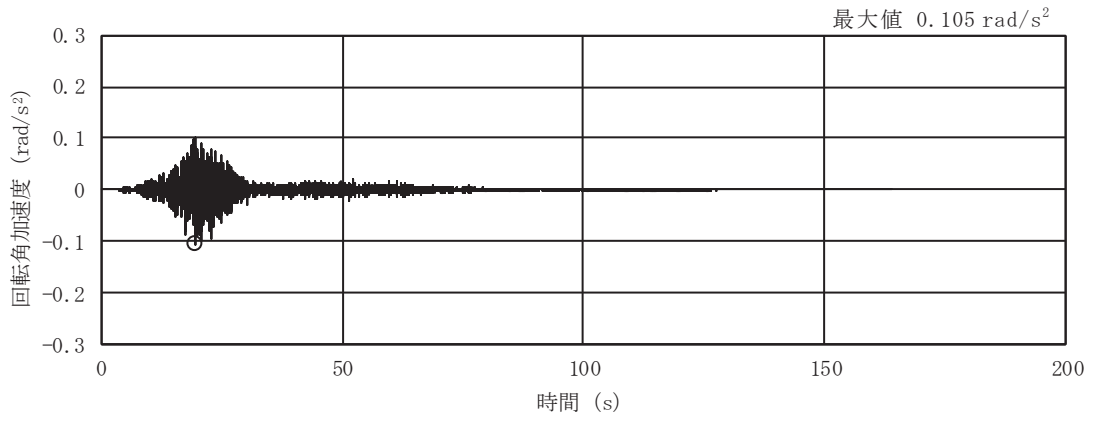


(b) S d - D 2

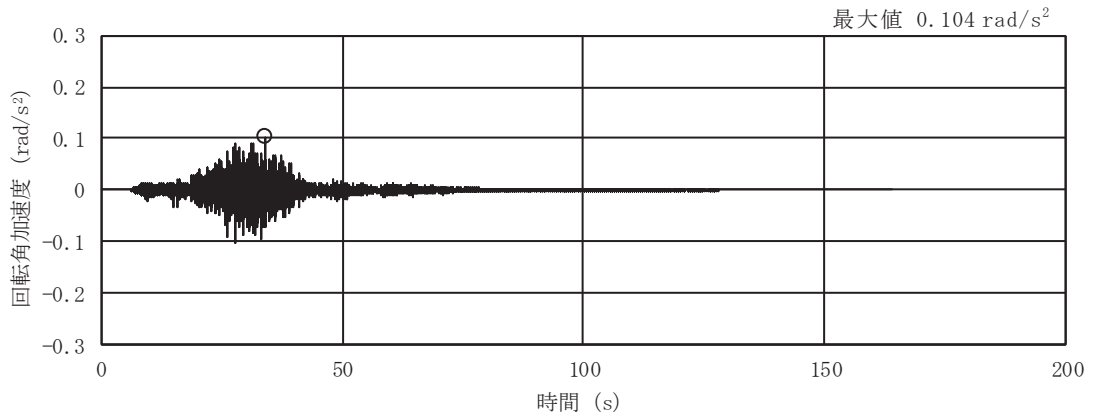


(c) S d - D 3

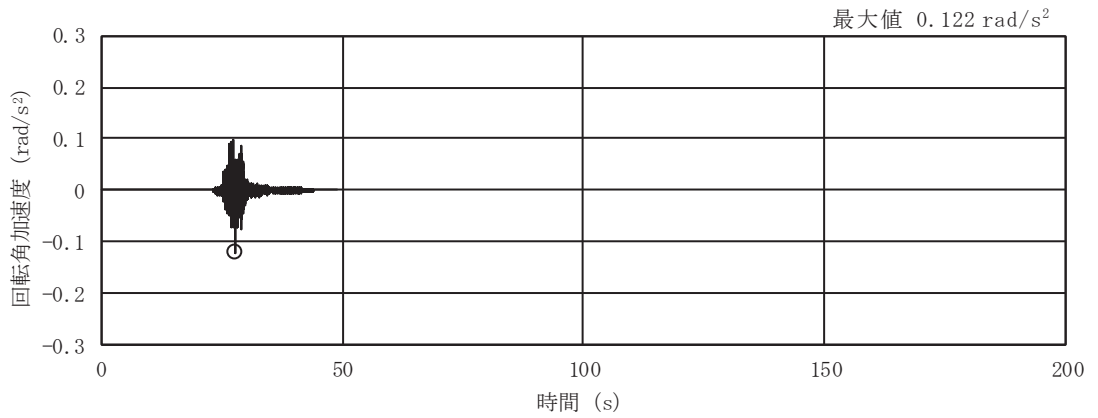
図 3-5(7) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 回転成分) (1/3)



(d) S d - F 1

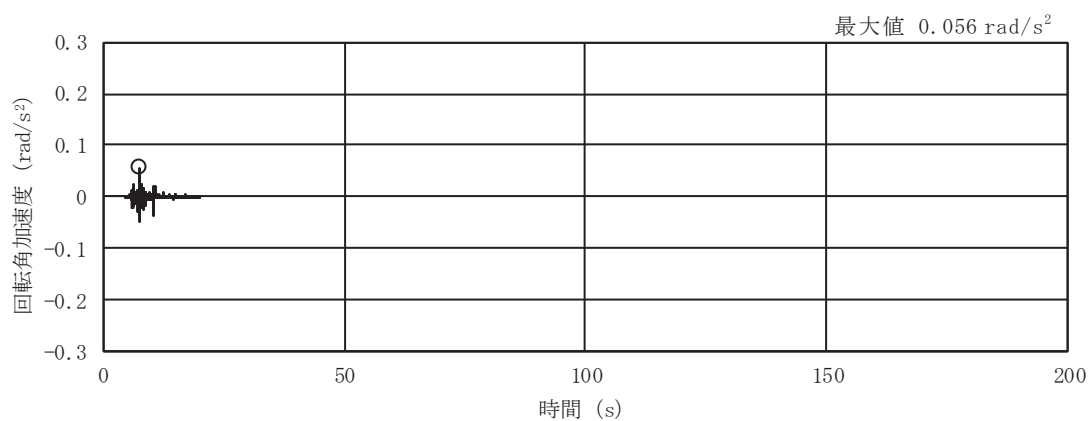


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

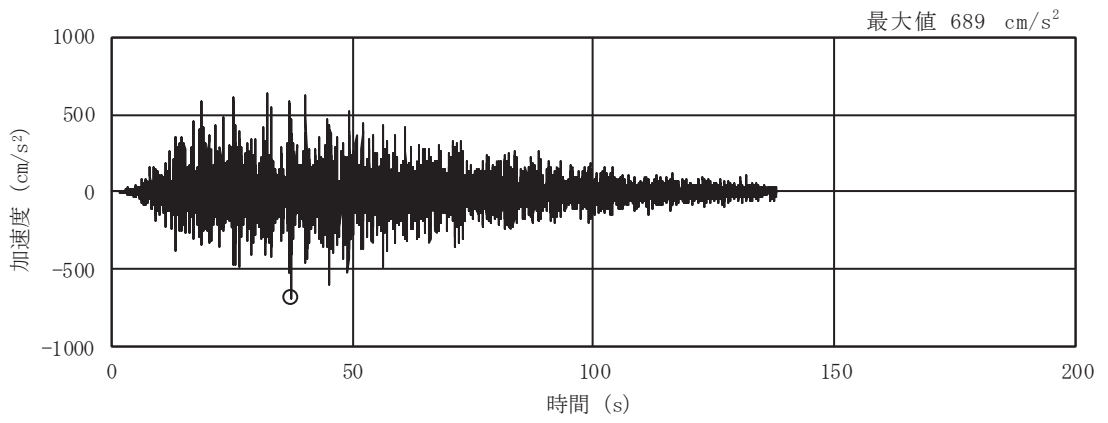
図 3-5(8) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 回転成分) (2/3)



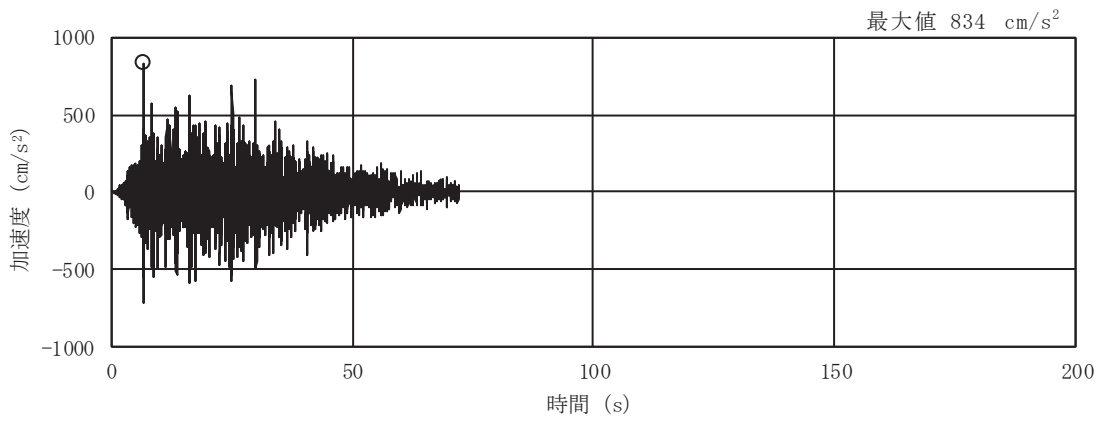
(g) S d - N 1

図 3-5(9) 入力地震動の加速度時刻歴波形

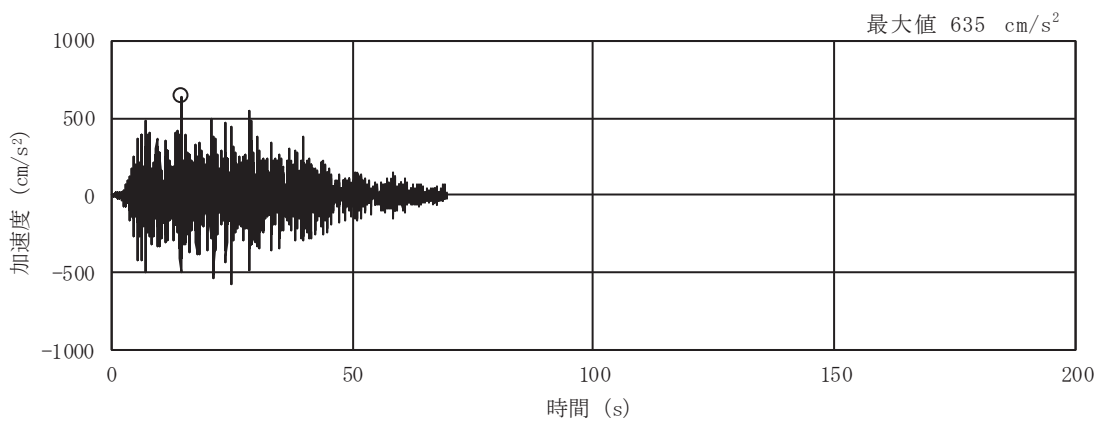
(弾性設計用地震動 S d, NS 断面 回転成分) (3/3)



(a) S d - D 1

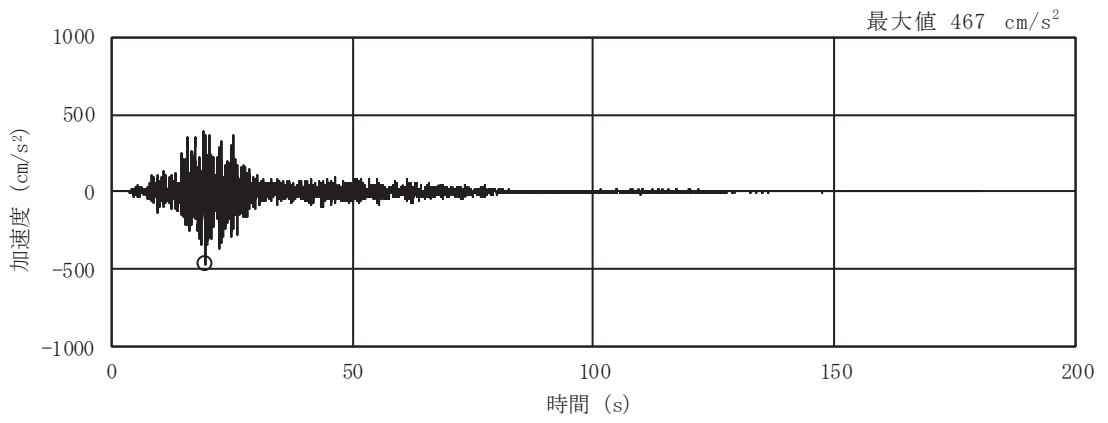


(b) S d - D 2

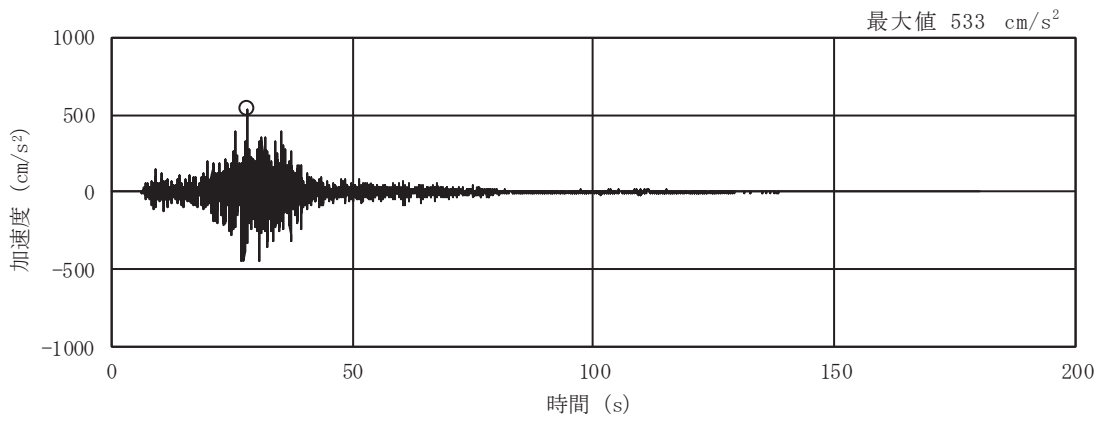


(c) S d - D 3

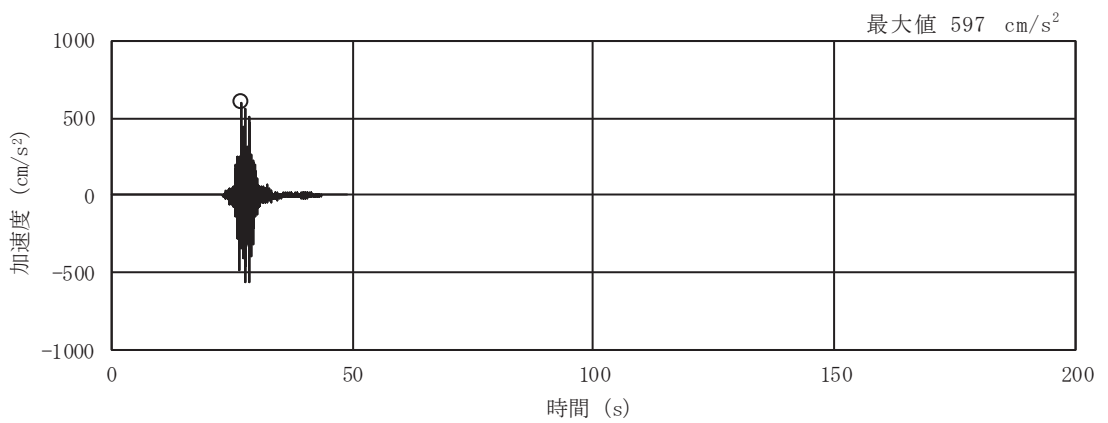
図 3-5(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 並進成分) (1/3)



(d) S d - F 1

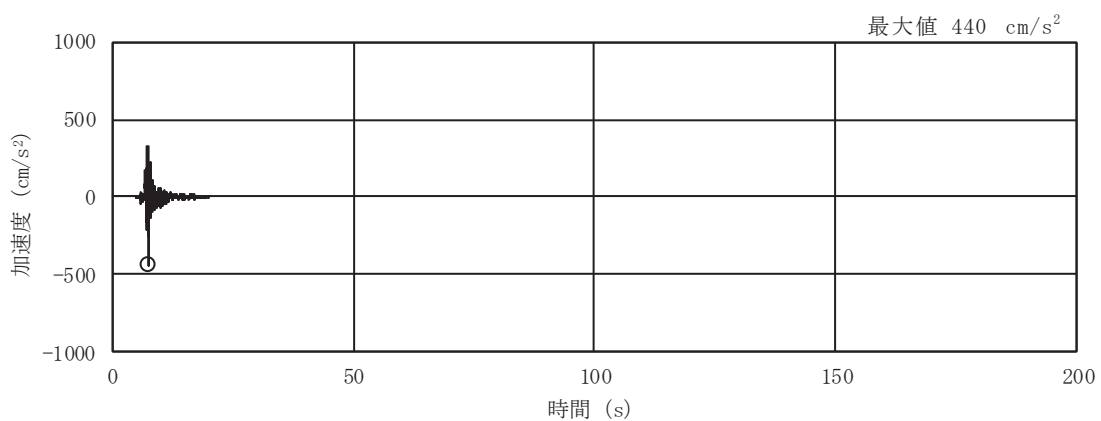


(e) S d - F 2



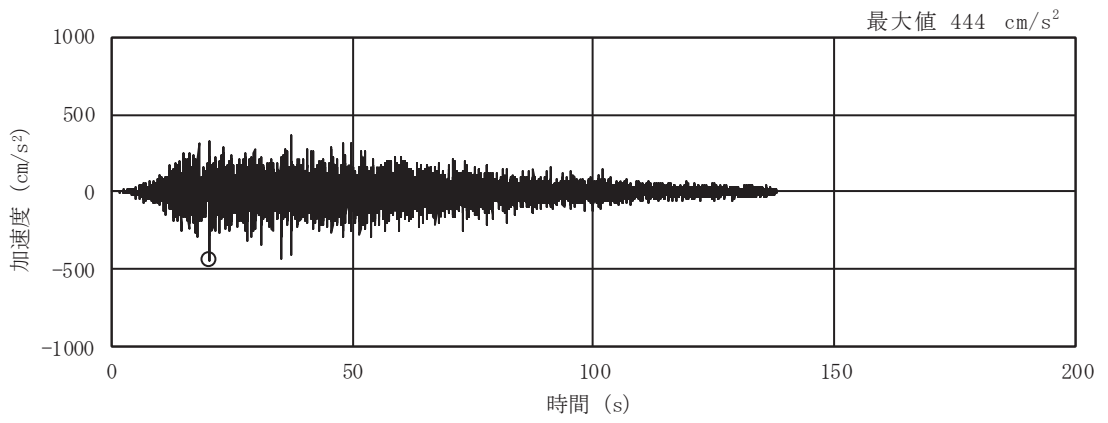
(f) S d - F 3

図 3-5(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 並進成分) (2/3)

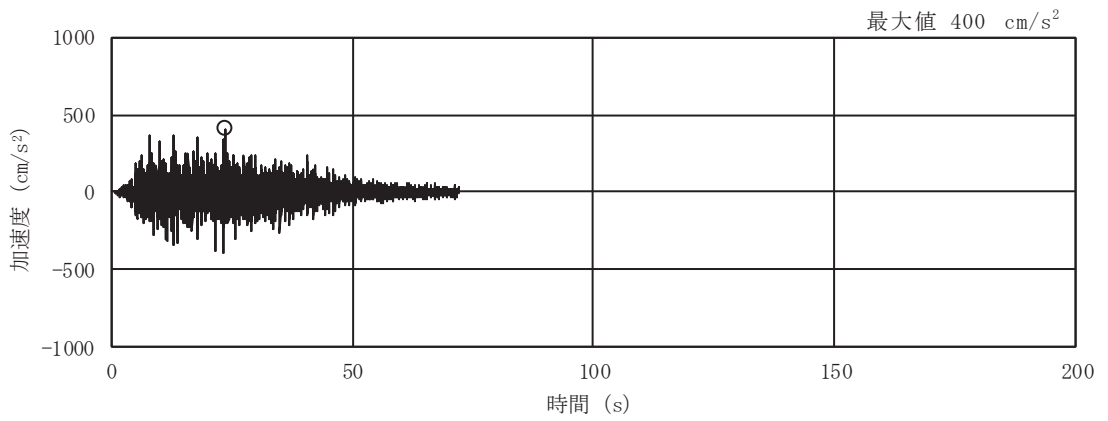


(g) S d - N 1

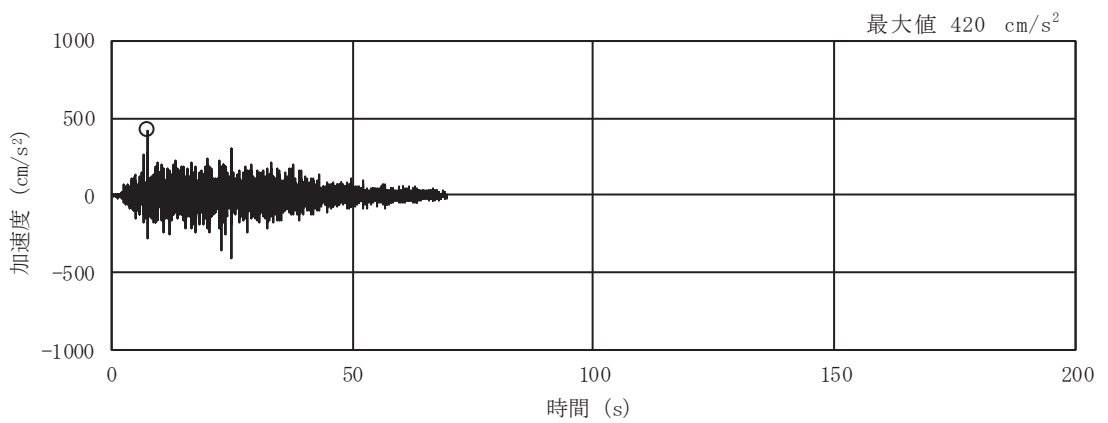
図 3-5(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (弾性設計用地震動 S d, EW 断面 並進成分) (3/3)



(a) S d - D 1

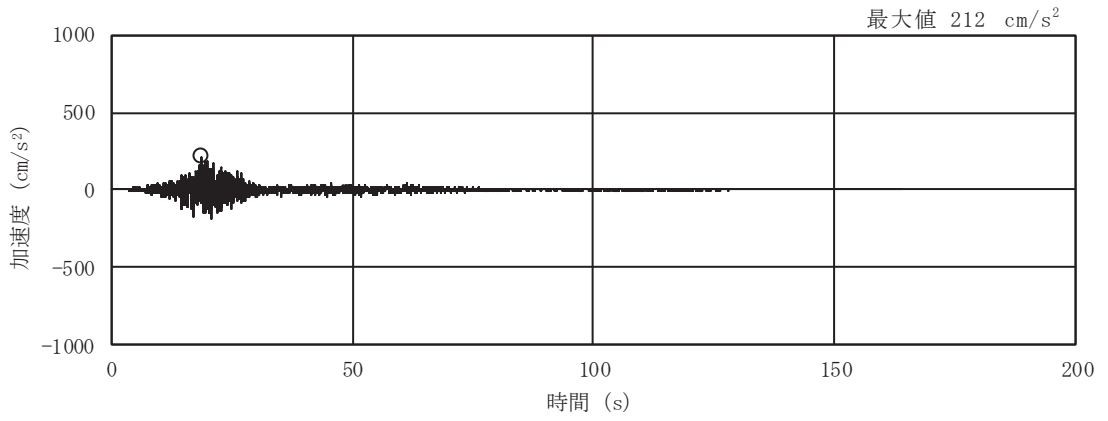


(b) S d - D 2

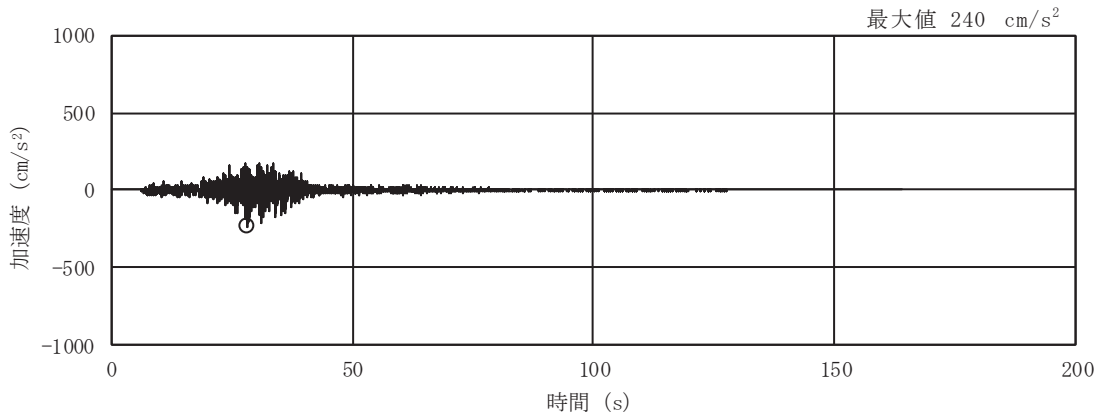


(c) S d - D 3

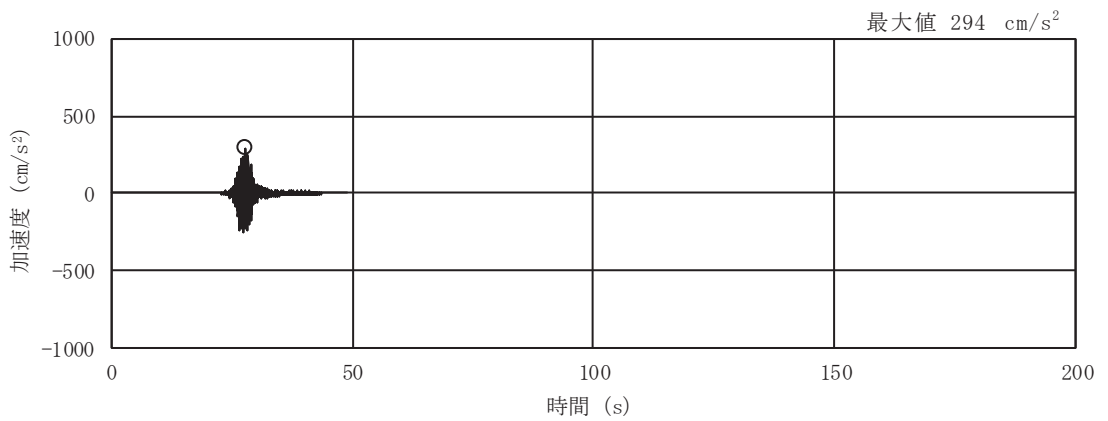
図 3-5(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 鉛直成分) (1/3)



(d) S d - F 1

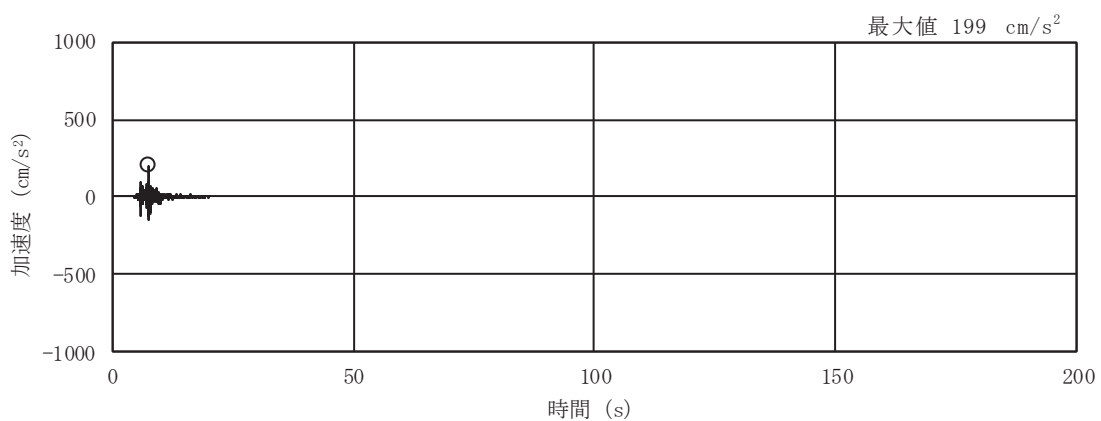


(e) S d - F 2



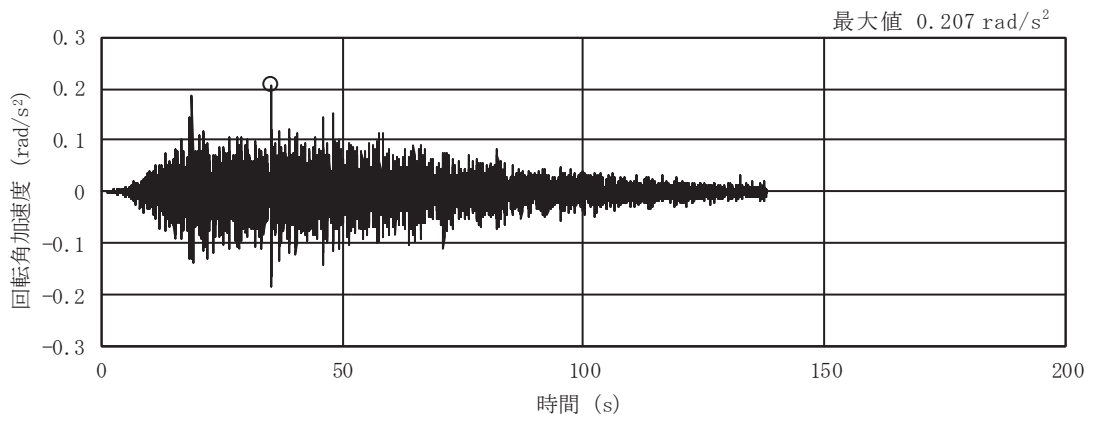
(f) S d - F 3

図 3-5(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 鉛直成分) (2/3)

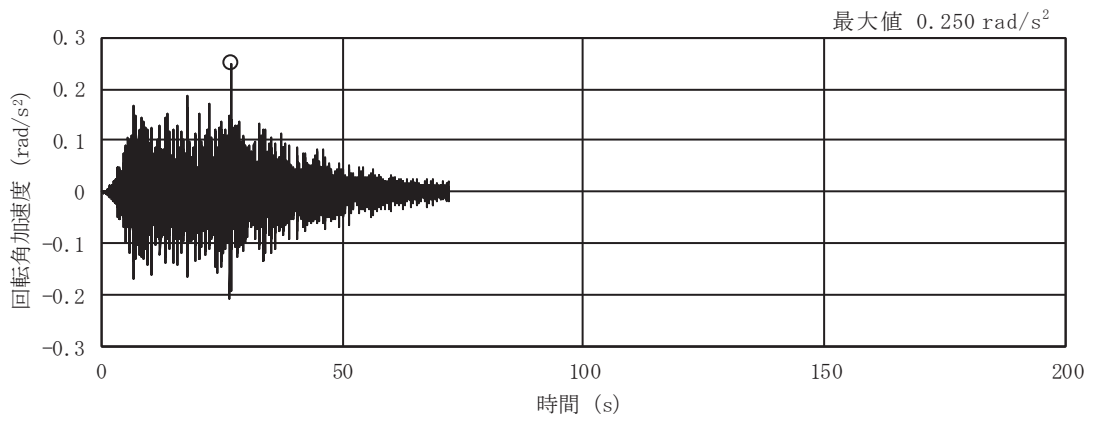


(g) S d - N 1

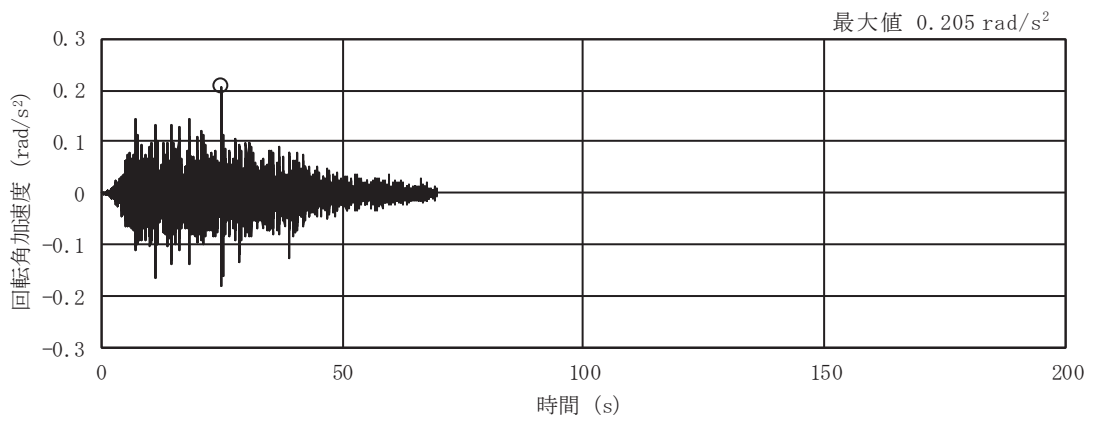
図 3-5(15) 入力地震動の加速度時刻歴波形
 (弾性設計用地震動 S d, EW 断面 鉛直成分) (3/3)



(a) S d - D 1

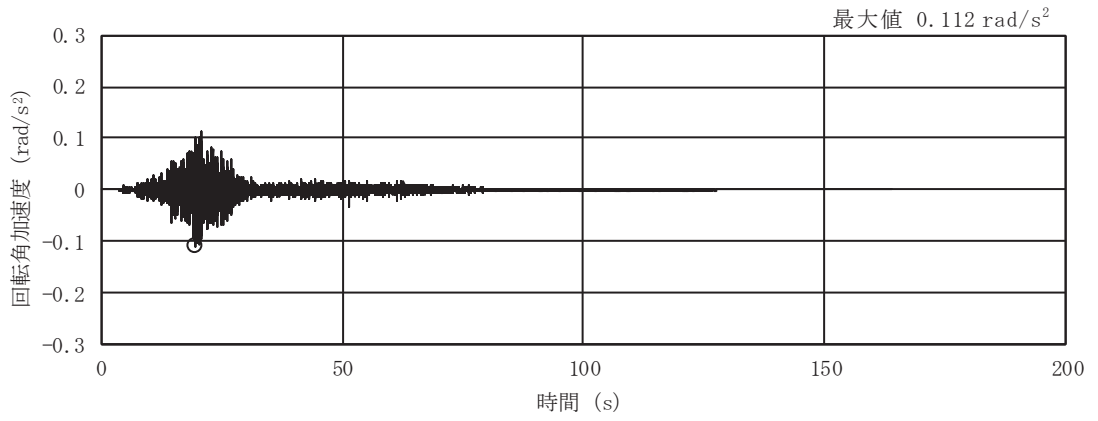


(b) S d - D 2

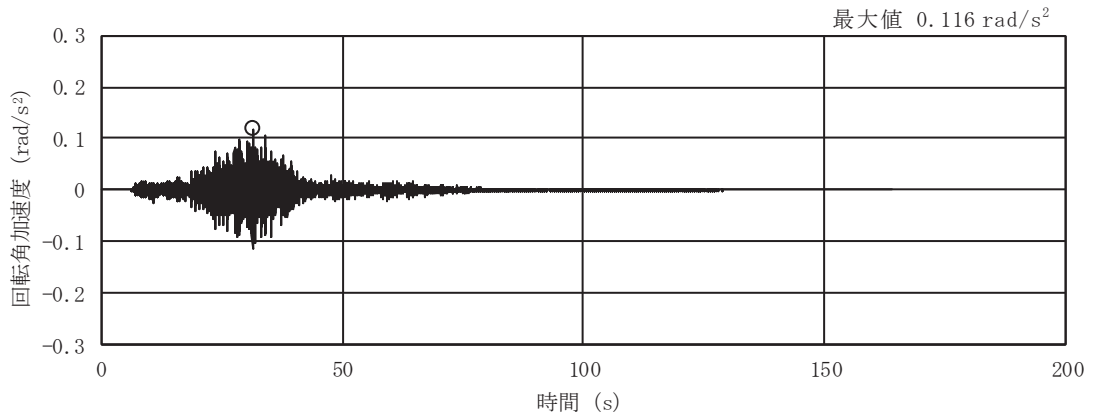


(c) S d - D 3

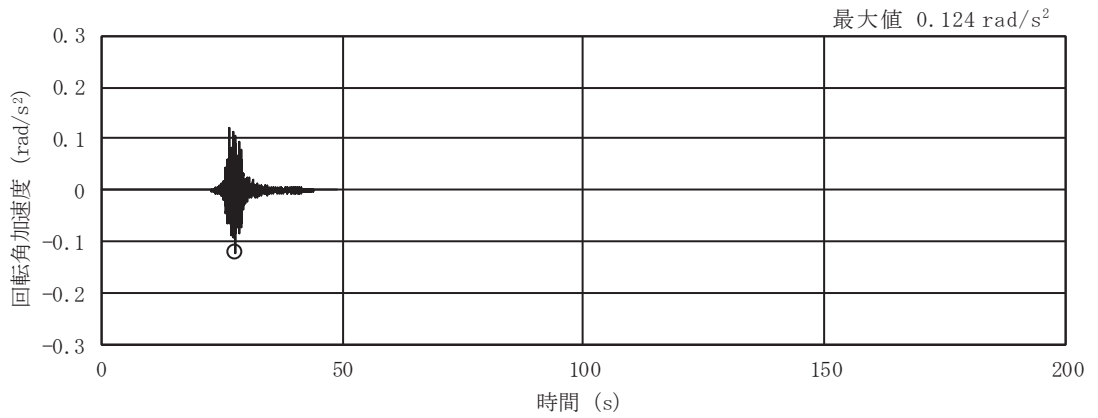
図 3-5(16) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 回転成分) (1/3)



(d) S d - F 1

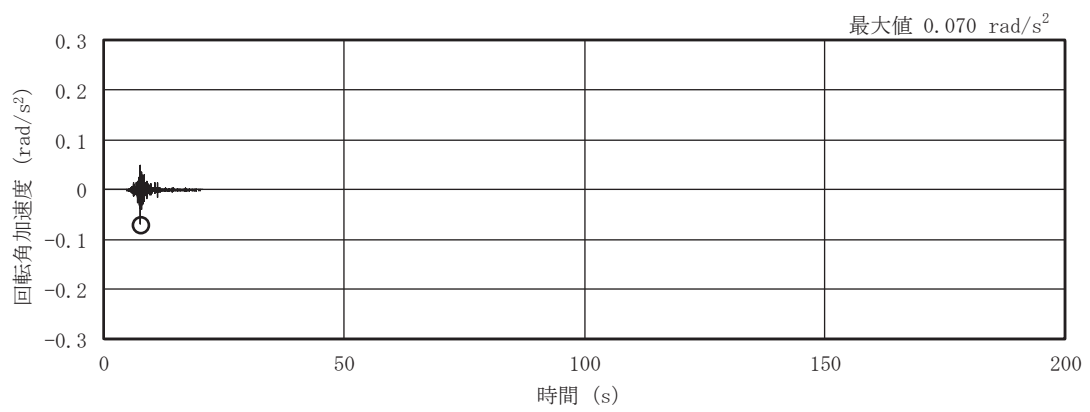


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

図 3-5(17) 入力地震動の加速度時刻歴波形
(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 回転成分) (2/3)



(g) S d - N 1

図 3-5(18) 入力地震動の加速度時刻歴波形

(弾性設計用地震動 S d, EW 断面 回転成分) (3/3)

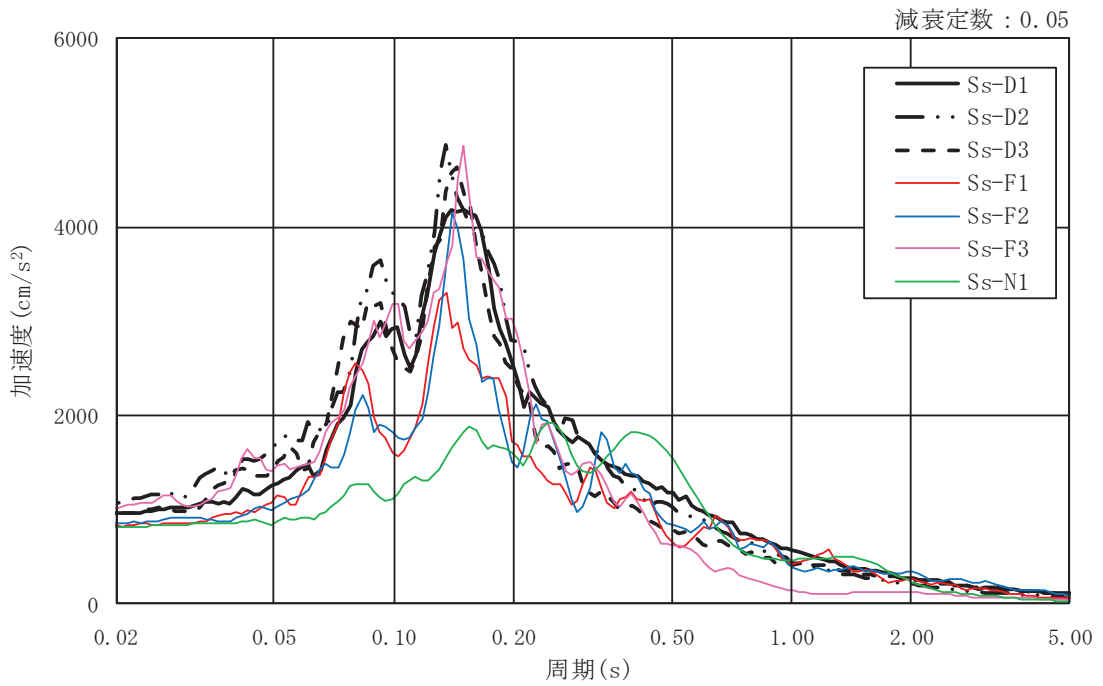


図 3-6(1) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s , NS 断面 並進成分)

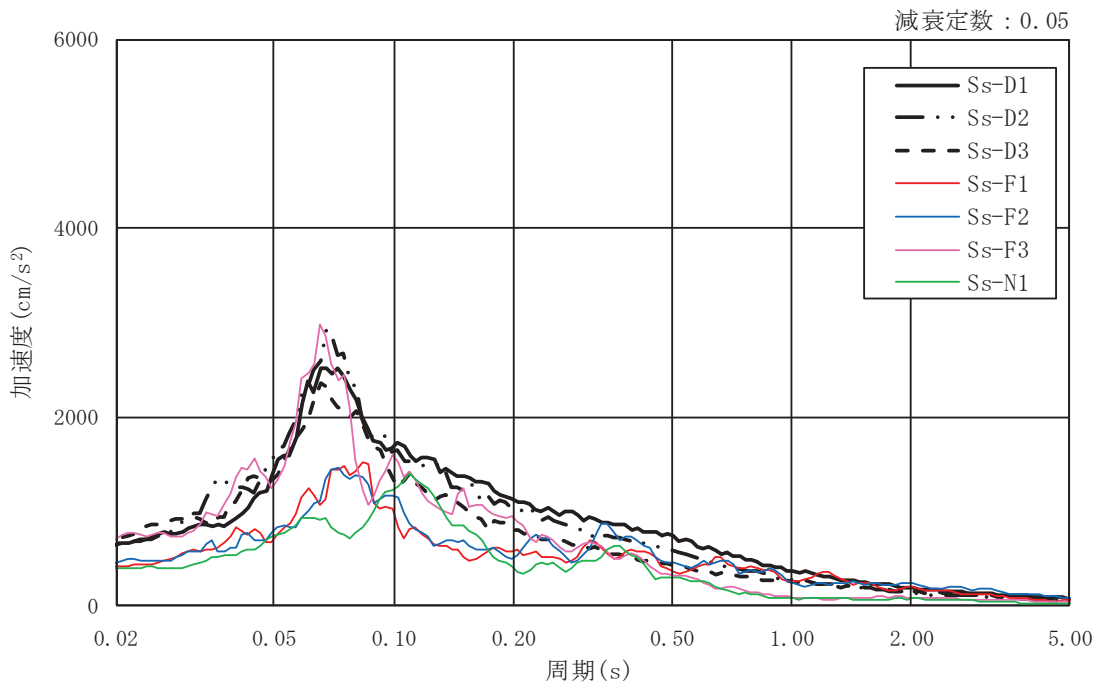


図 3-6(2) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s , NS 断面 鉛直成分)

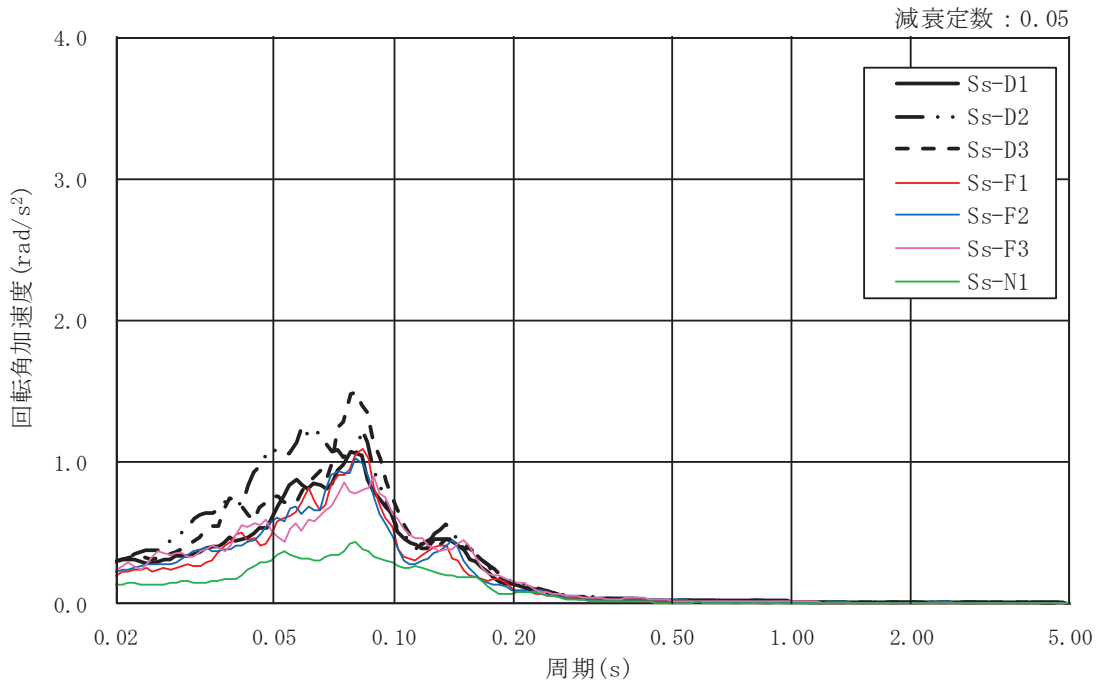


図 3-6(3) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s, NS 断面 回転成分)

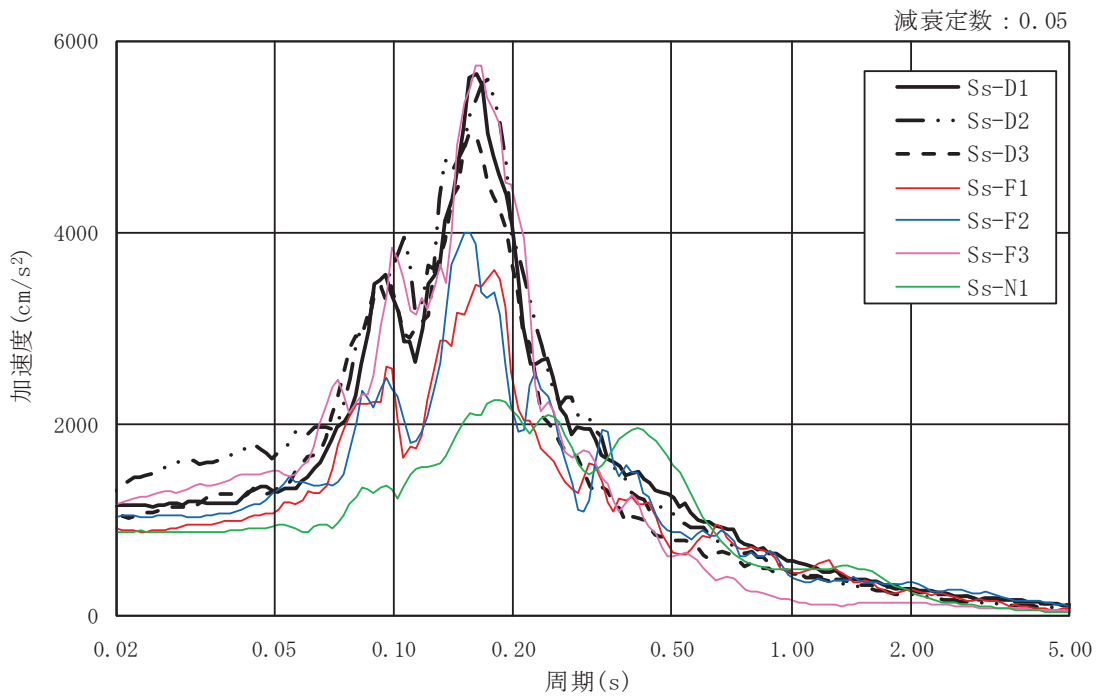


図 3-6(4) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s, EW 断面 並進成分)

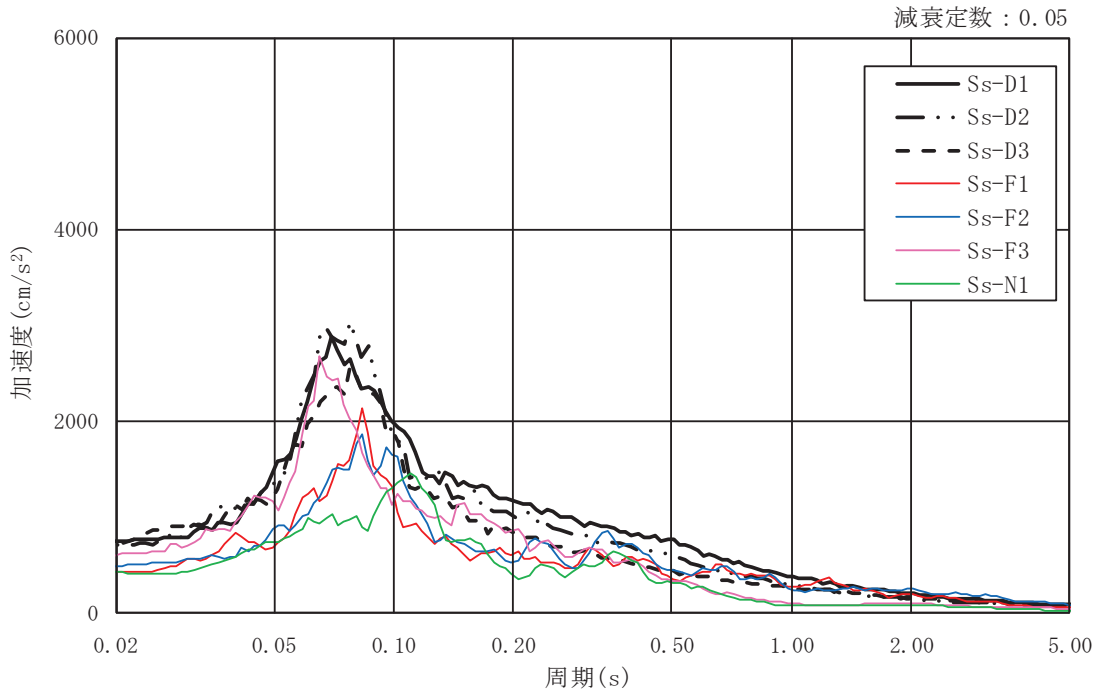


図 3-6(5) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s, EW 断面 鉛直成分)

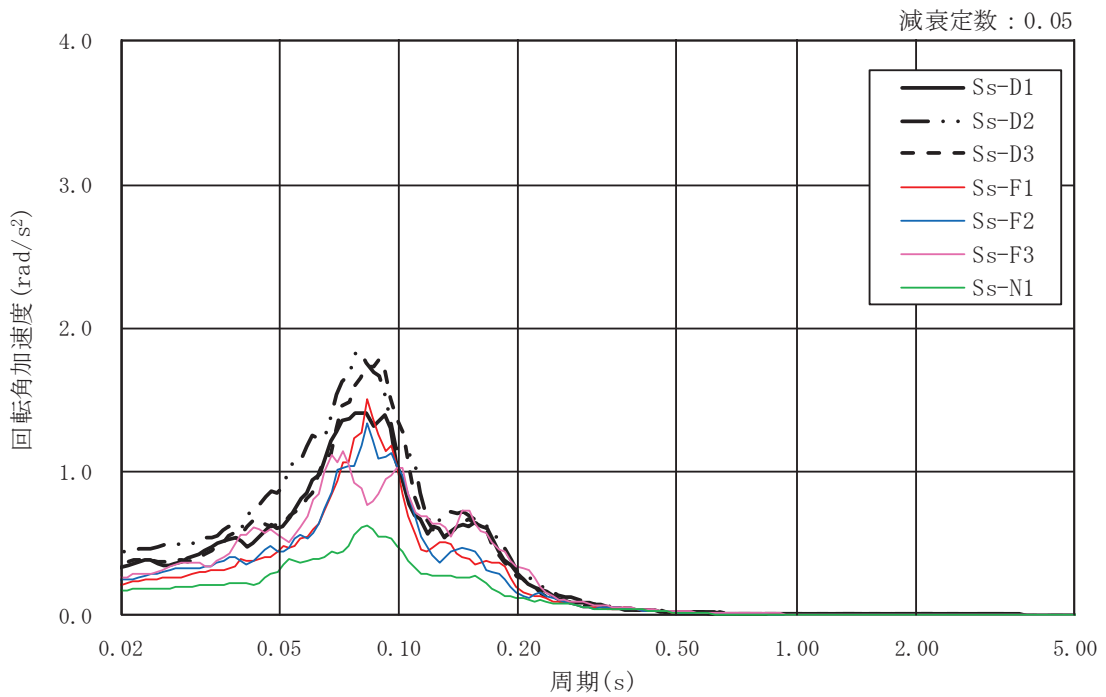


図 3-6(6) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s, EW 断面 回転成分)

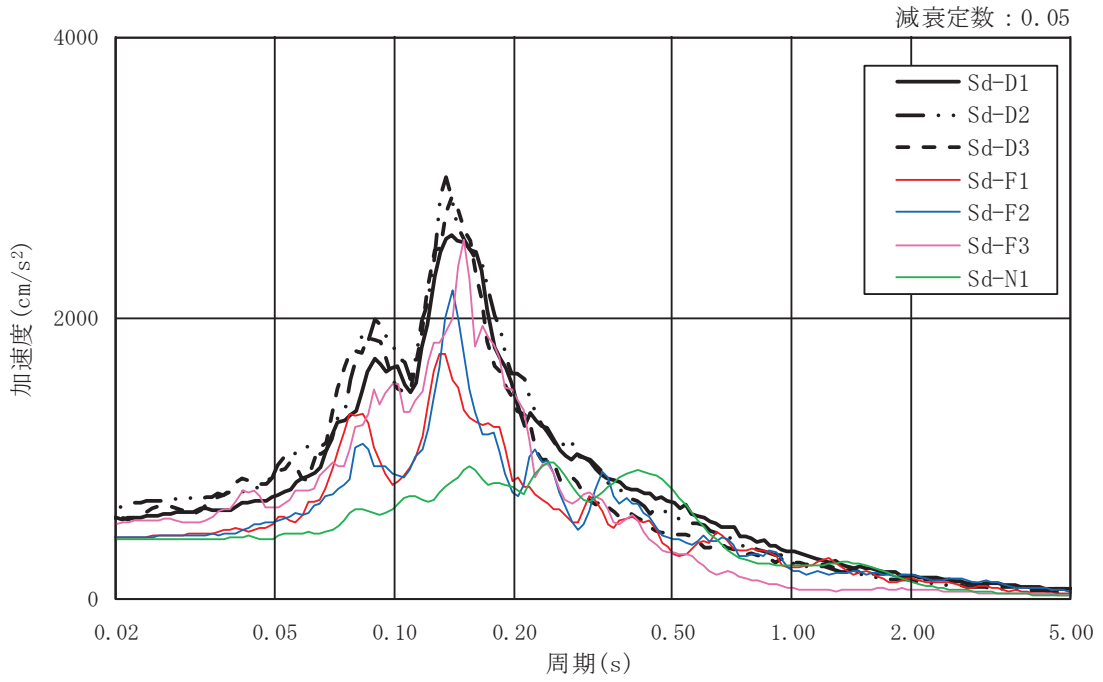


図 3-7(1) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , NS 断面 並進成分)

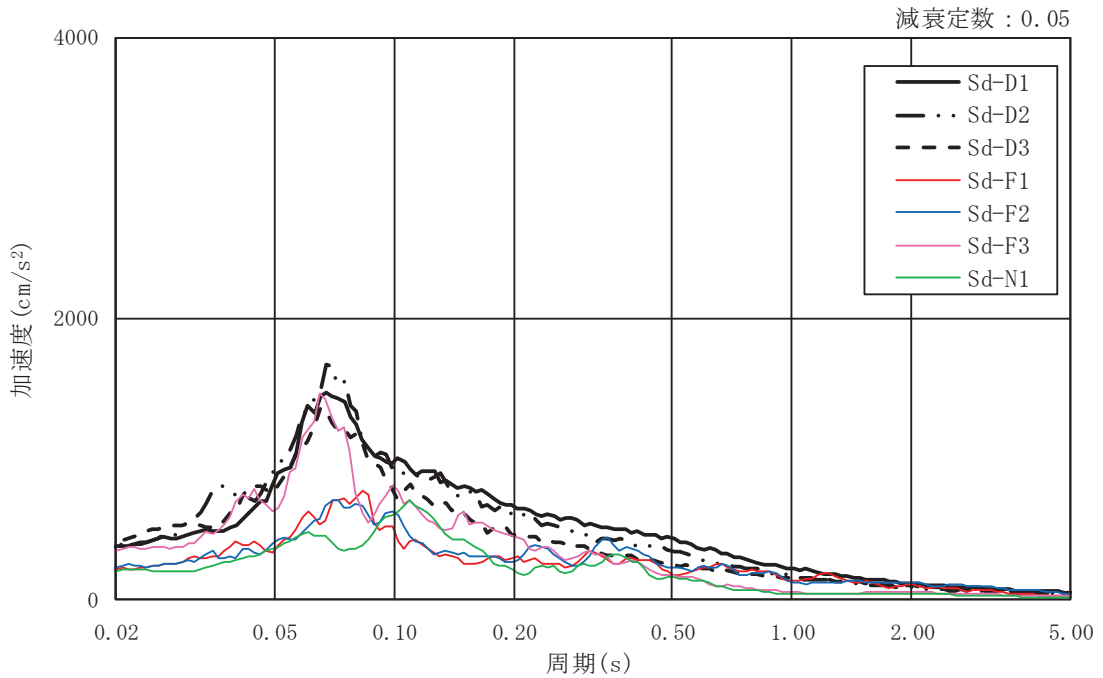


図 3-7(2) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , NS 断面 鉛直成分)

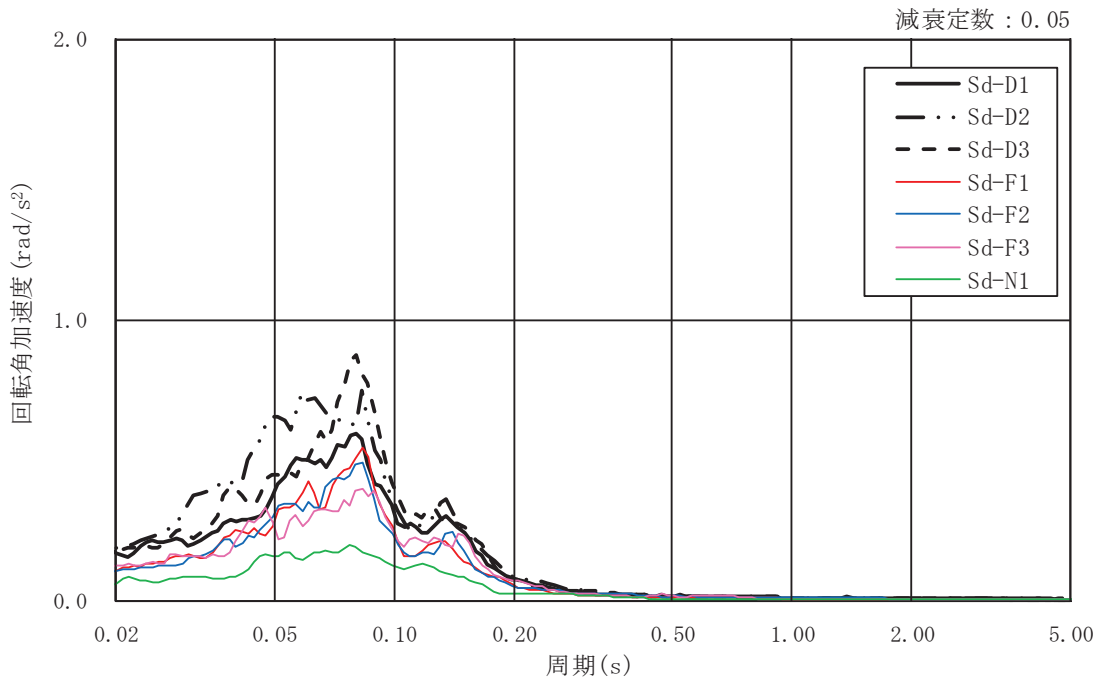


図 3-7(3) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , NS 断面 回転成分)

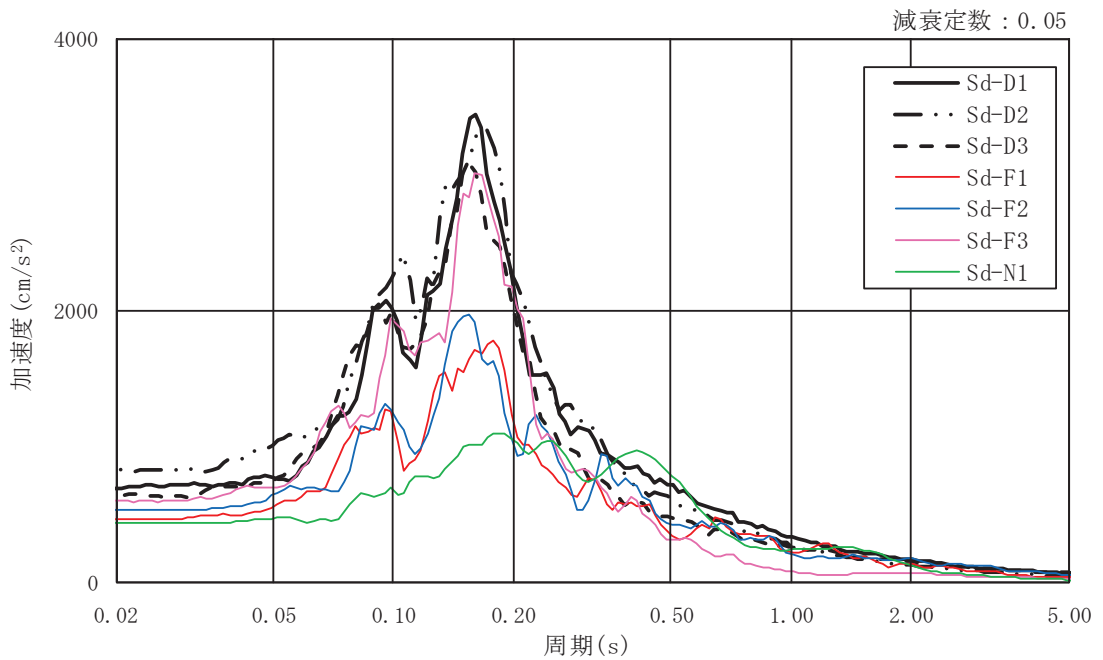


図 3-7(4) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , EW 断面 並進成分)

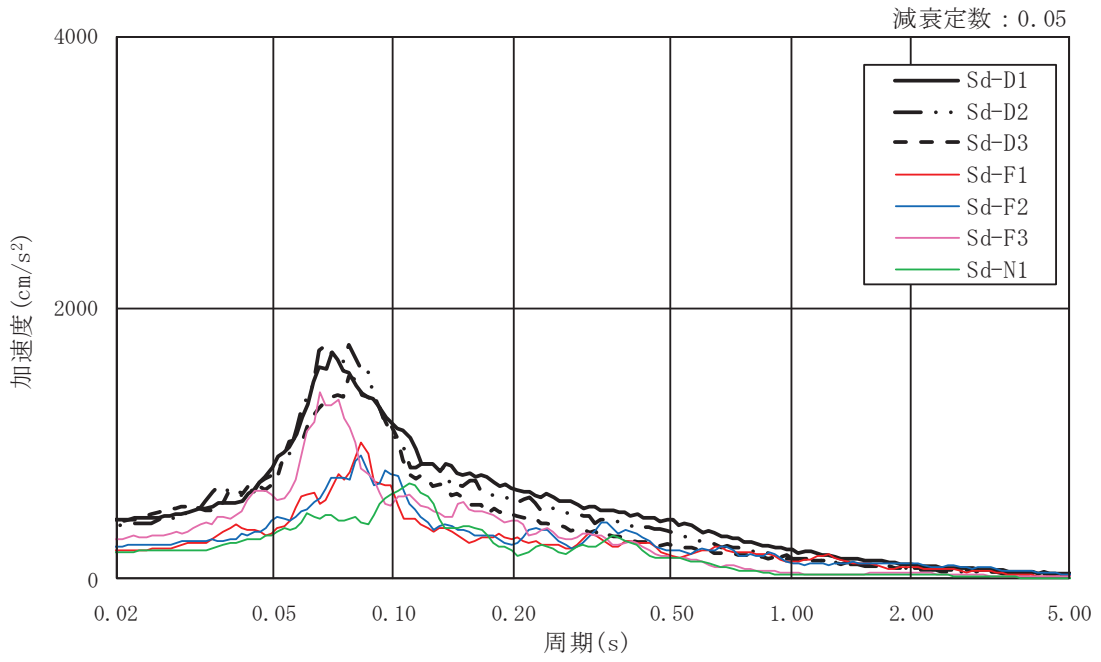


図 3-7(5) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , EW 断面 鉛直成分)

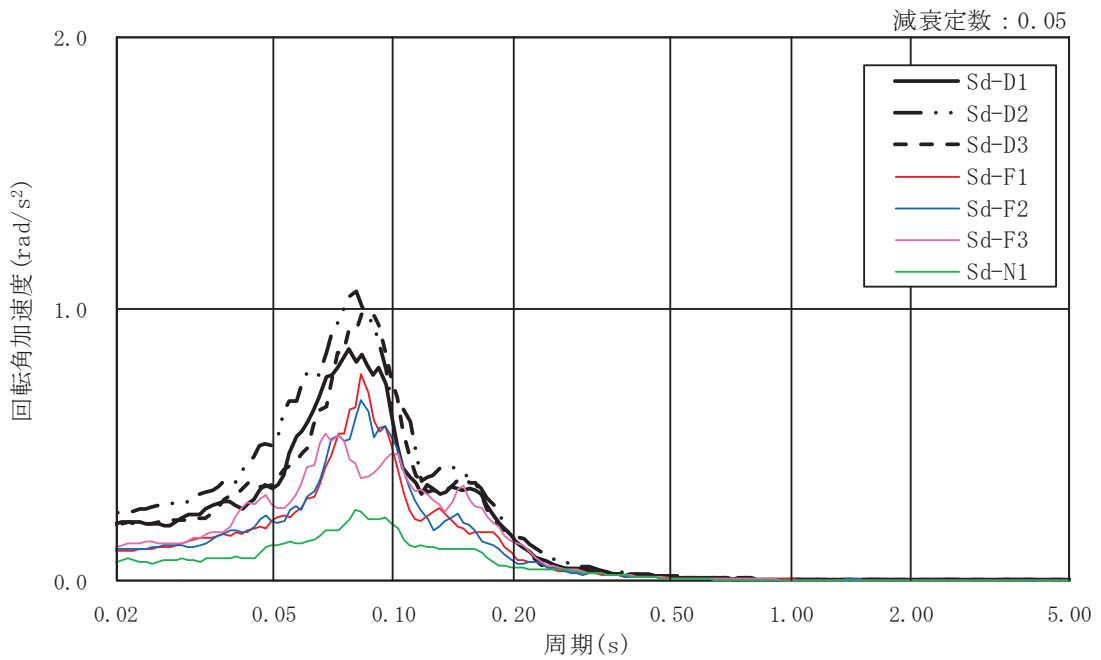


図 3-7(6) 入力地震動の加速度応答スペクトル
(弾性設計用地震動 S d , EW 断面 回転成分)

3.3 解析方法

解析コードは「DYNA2E Ver8.1.0」を用いる。解析モデルは解析上の固定点を排気筒基部レベルの中心位置にとった基部固定モデルとする。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析は、直接積分法による時刻歴応答解析とする。減衰は、筒身 1.0%と鉄塔 2.0%の部位別の減衰定数を用いたひずみエネルギー比例型減衰で評価する。

3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

時刻歴応答解析は、排気筒の基部に排気筒基礎上面の応答加速度を入力し、部材応力を算出する。

応答加速度の組合せは、NS 断面又は EW 断面の並進、鉛直、回転成分を組み合わせており、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。

地震応答解析は図 3-8 に示す I～IV 方向の加振を行う。I 方向加振では排気筒基礎の地震応答解析（EW 断面）より算定された応答加速度を用い、III 方向加振では排気筒基礎の地震応答解析（NS 断面）より算定された応答加速度を用いる。II 方向及びIV 方向加振では、同方向の排気筒基礎の地震応答解析がないことから、NS 断面又は EW 断面の地震応答解析より算定された応答加速度を用いることで、部材応力を算出する。

入力地震動と加振方向の組合せを表 3-9 に示す。

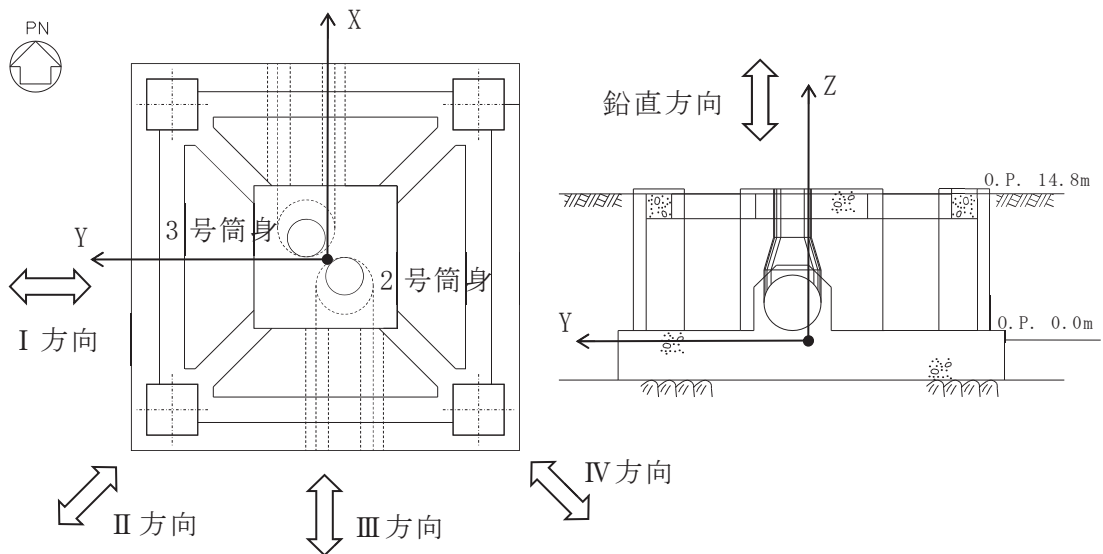


図 3-8 加振方向の説明

表 3-9 入力地震動と加振方向の組合せ

加振方向	入力地震動					
	EW 断面			NS 断面		
	並進	回転	鉛直	並進	回転	鉛直
I 方向	○	○	○	—	—	—
II 方向	○	○	○	—	—	—
	—	—	—	○	○	○
III 方向	—	—	—	○	○	○
IV 方向	○	○	○	—	—	—
	—	—	—	○	○	○

3.3.2 静的地震力

(1) 水平地震力

水平地震力算定用の基準面は排気筒基礎上端レベル（0.P.15.3m）とし、基準面より上の部分（地上部分）の地震力は、地震層せん断力係数を用いて、次式により算出する。

$$Q_i = n \cdot Z \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

- Q_i : 第 i 層に生じる水平地震力
- n : 施設の重要度分類に応じた係数 (3.0)
- Z : 地震地域係数 (1.0)
- C_i : 第 i 層の地震層せん断力係数
- W_i : 第 i 層が支える重量
- R_t : 振動特性係数 (0.8)
- A_i : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数
- C_0 : 標準せん断力係数 (0.2)

なお、 A_i はモーダル解析により以下のとおり算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=i}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t(T_j) \right)^2} / \sum_{m=i}^n w_m$$

ここで、

- n : 建物・構築物の層数
- w_m : 第 m 層の重量
- $\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数
- T_j : 固有値解析により得られる建物・構築物の j 次固有周期
- $R_t(T_j)$: 周期 T_j に対応する加速度応答スペクトルの値
(建築基準法施行令第 88 条第 1 項に与えられている振動特性係数 R_t の T_j に対する値とし、**図 3-9 に示す評価式となる**。地盤種別は第 1 種地盤とする。)
- k : 考慮すべき最高次数

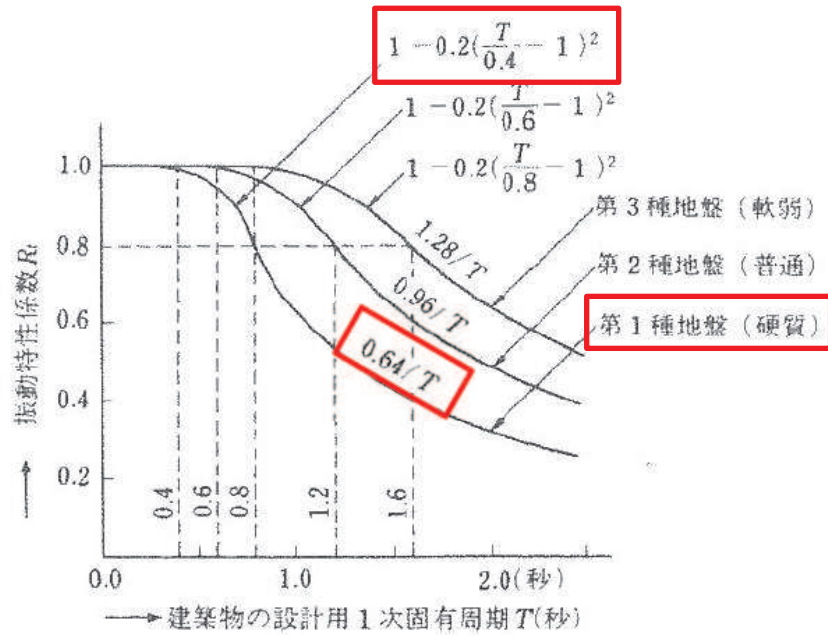


図 3-9 振動特性係数 R_t (T_j)
 (「技術基準解説書」による。)

(2) 鉛直地震力

鉛直地震力は、鉛直震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して、次式によって算定する鉛直震度を用いて定める。

$$C_v = R_v \cdot 0.3$$

ここで、

C_v : 鉛直震度

R_v : 鉛直方向振動特性係数 (0.8)

3.4 解析条件

3.4.1 排気筒基礎の応答の不確かさ等

解析においては、排気筒基礎の地震応答解析における基本ケースの応答値を用いた解析を基本ケースとし、排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮する。排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮した地震応答解析は、排気筒応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地震応答解析の照査値が最大となる地震動を基準地震動 S_s から選定する。弾性設計用地震動 S_d については、基準地震動 S_s において影響が大きい排気筒基礎の応答の不確かさ等に対し、影響検討を行う。

排気筒の材料物性の不確かさとして、制震オイルダンパは、性能変動として減衰係数の不確かさを考慮する。排気筒基礎の応答の不確かさについては、添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」による不確かさを考慮するが、コンクリートのヤング係数の不確かさについては、影響が少ないことから地盤のせん断弾性係数の不確かさを考慮する。

排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮する際のⅡ方向及びⅣ方向の入力地震動は、基本ケースにおけるⅡ方向、Ⅳ方向加振で入力した NS 断面、EW 断面の排気筒基礎の地震応答解析による応答加速度のうち、評価結果が厳しい EW 断面の排気筒基礎の地震応答解析による応答加速度を用いる。

排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮する地震応答解析ケースを表 3-10 及び表 3-11 に示す。

表 3-10 不確かさを考慮する物性

解析ケース		地盤物性 旧表土, 盛土, D級岩盤 C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G:せん断弾性係数)	材料物性 (制震オイルダンパ) (C:減衰係数)	材料物性 (コンクリート) (E ₀ :ヤング係数)
ケース①	基本ケース	平均値	設計値	設計基準強度
ケース②	地盤物性のばらつき (+1σ)を考慮した 解析ケース	平均値+1σ	設計値	設計基準強度
ケース③	地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した 解析ケース	平均値-1σ	設計値	設計基準強度
ケース④	制震オイルダンパの ばらつき(0.8C)を 考慮した解析ケース	平均値	設計値×0.8	設計基準強度
ケース⑤	制震オイルダンパの ばらつき(1.2C)を 考慮した解析ケース	平均値	設計値×1.2	設計基準強度

表 3-11 解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤
地震動	S s - D 1	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - D 1	-+*1	△*2			
	S s - D 2	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - D 2	-+*1	△*2			
	S s - D 3	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - D 3	-+*1	△*2			
	S s - F 1	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - F 1	-+*1	△*2			
	S s - F 2	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - F 2	-+*1	△*2			
	S s - F 3	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - F 3	-+*1	△*2			
	S s - N 1	++*1	○	△*2	△*2	△*2
	S d - N 1	-+*1	△*2			

注記*1: 耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会、2005年6月）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2: △については、正位相による解析ケース①において、排気筒の筒身、支柱材それぞれの断面算定結果が最も厳しい地震動を用いる。なお、S dの評価は、S sの評価結果が最も厳しくなる地震動について、地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮する。

4. 解析結果

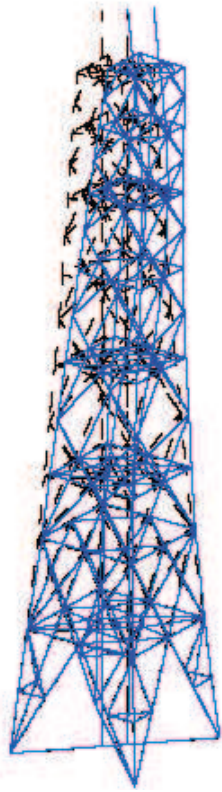
4.1 動的解析

4.1.1 固有値解析結果

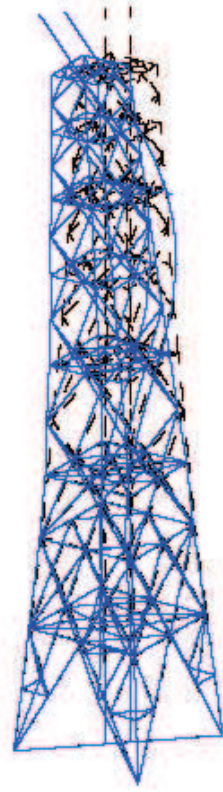
地震応答解析モデルの固有値解析結果を表 4-1 に示す。主要なモードを図 4-1 に示す。

表 4-1 固有値解析結果

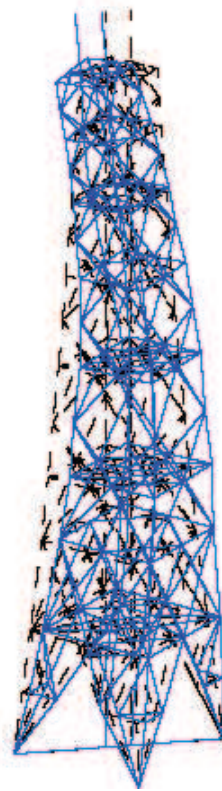
モード No.	振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数			備考
			X 方向	Y 方向	Z 方向	
1	0.851	1.175	0.818	0.818	0.000	全体 1 次
2	1.387	0.721	0.344	0.344	0.000	筒身 2 次, 鉄塔 1 次
3	2.451	0.408	-0.531	-0.531	0.000	全体 2 次
4	3.821	0.262	-0.229	-0.229	0.000	筒身 3 次
5	4.082	0.245	0.448	0.448	0.000	全体 3 次



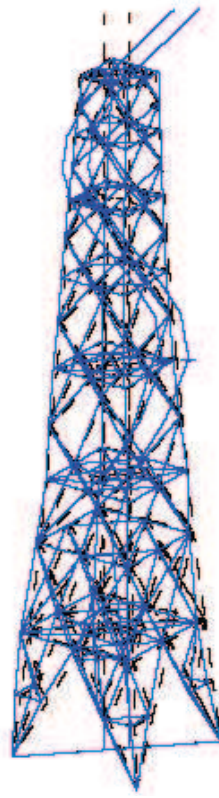
(a) モード No. 1



(b) モード No. 2

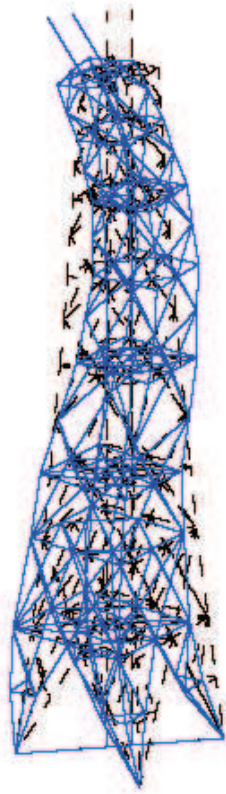


(c) モード No. 3



(d) モード No. 4

図 4-1(1) 固有モード図



(e) モード No. 5

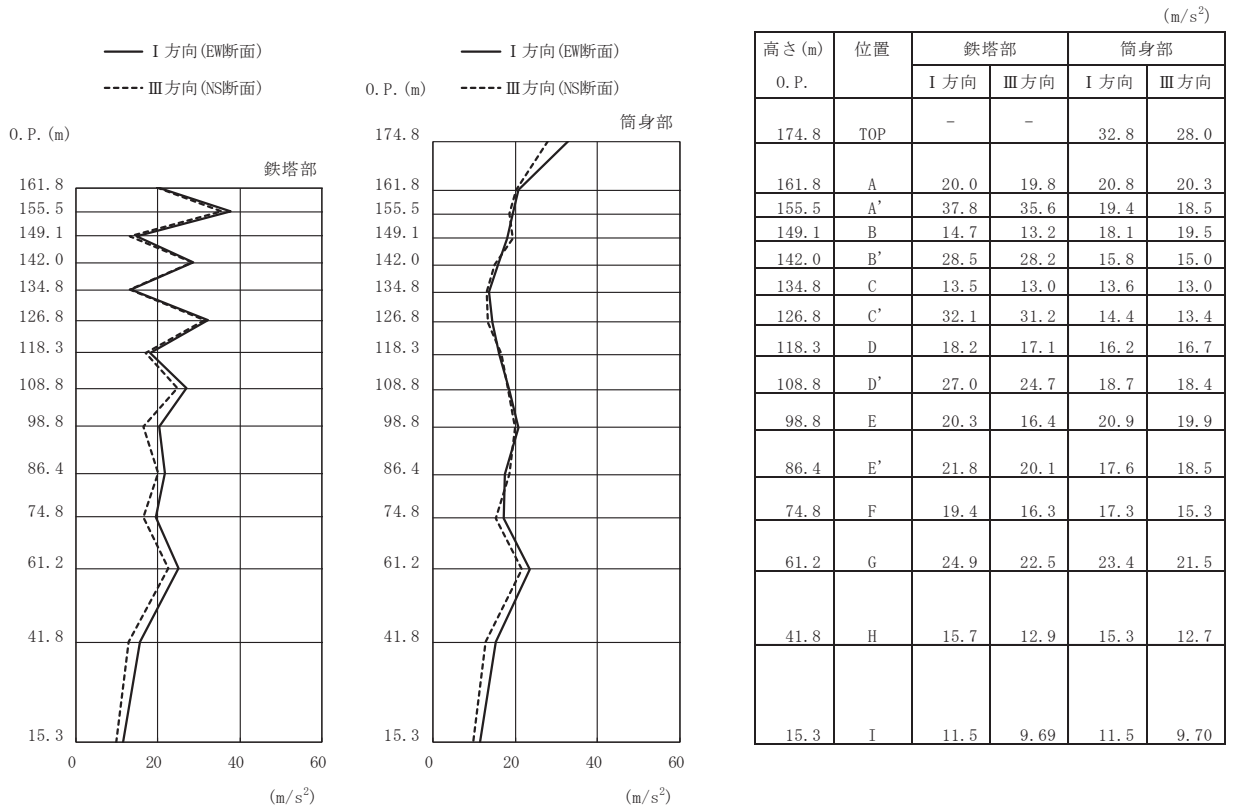
図 4-1(2) 固有モード図

4.1.2 地震応答解析結果

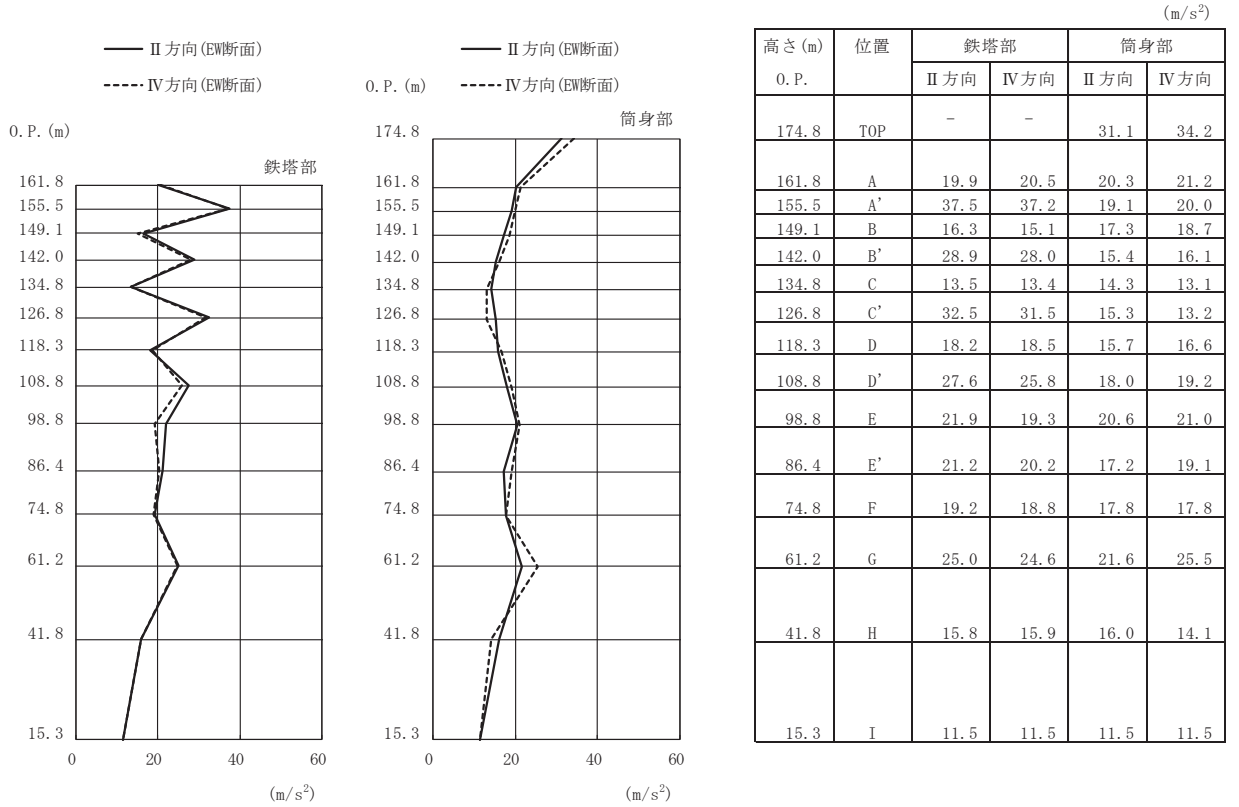
基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する各質点位置での加速度，変位，軸力，曲げモーメントの最大応答値及び高さ方向の応答分布を図 4-2～図 4-9 に示す。最大応答分布図は，各層の部材に発生する最大応答値を示している。

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する応答について，排気筒の直交方向加振では，Ⅰ方向加振（EW 断面の応答加速度を入力）とⅢ方向加振（NS 断面の応答加速度を入力）の解析結果を示す。排気筒の斜め方向加振（Ⅱ方向加振及びⅣ方向加振）については，入力地震動における応答加速度が大きい，EW 断面の応答加速度を入力した解析結果を代表として示す。

また，基準地震動 S_s に対する制震装置（制震オイルダンパ）の最大応答値を表 4-2 に示す。

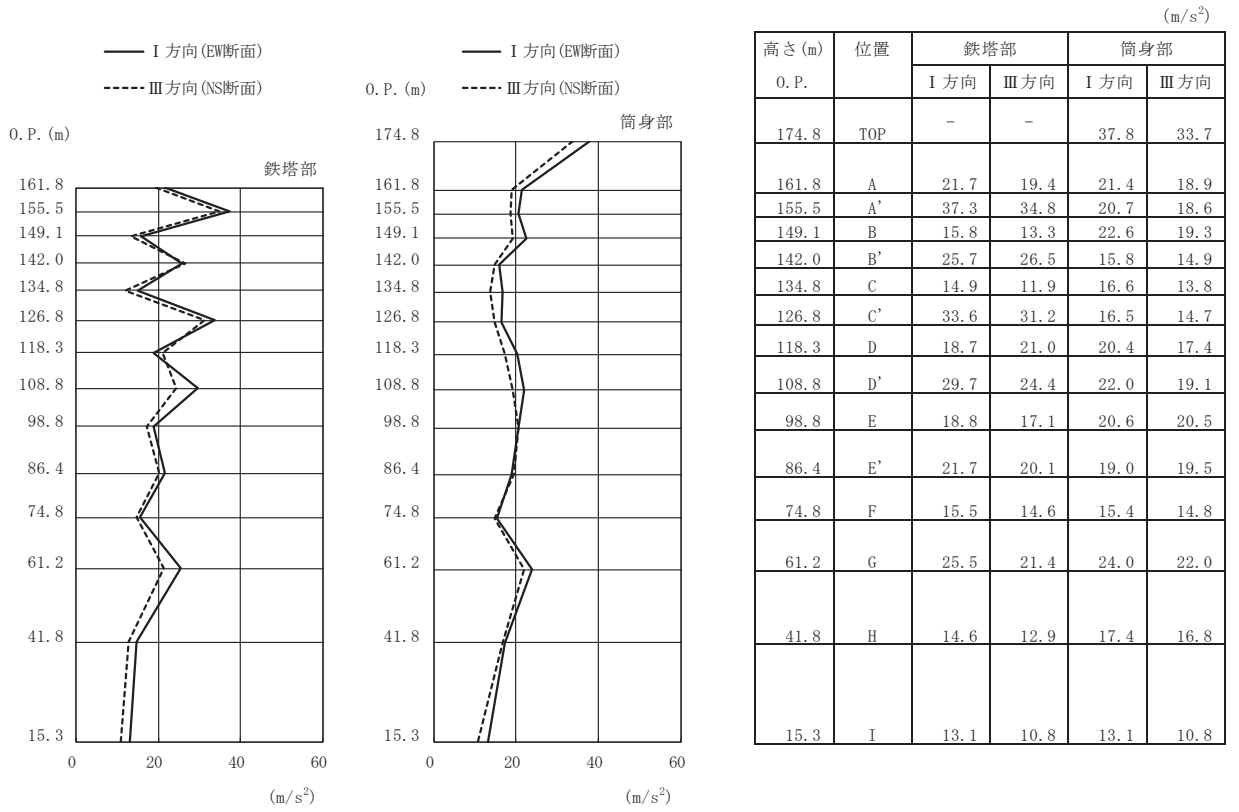


(a) S s - D 1 (直交方向)

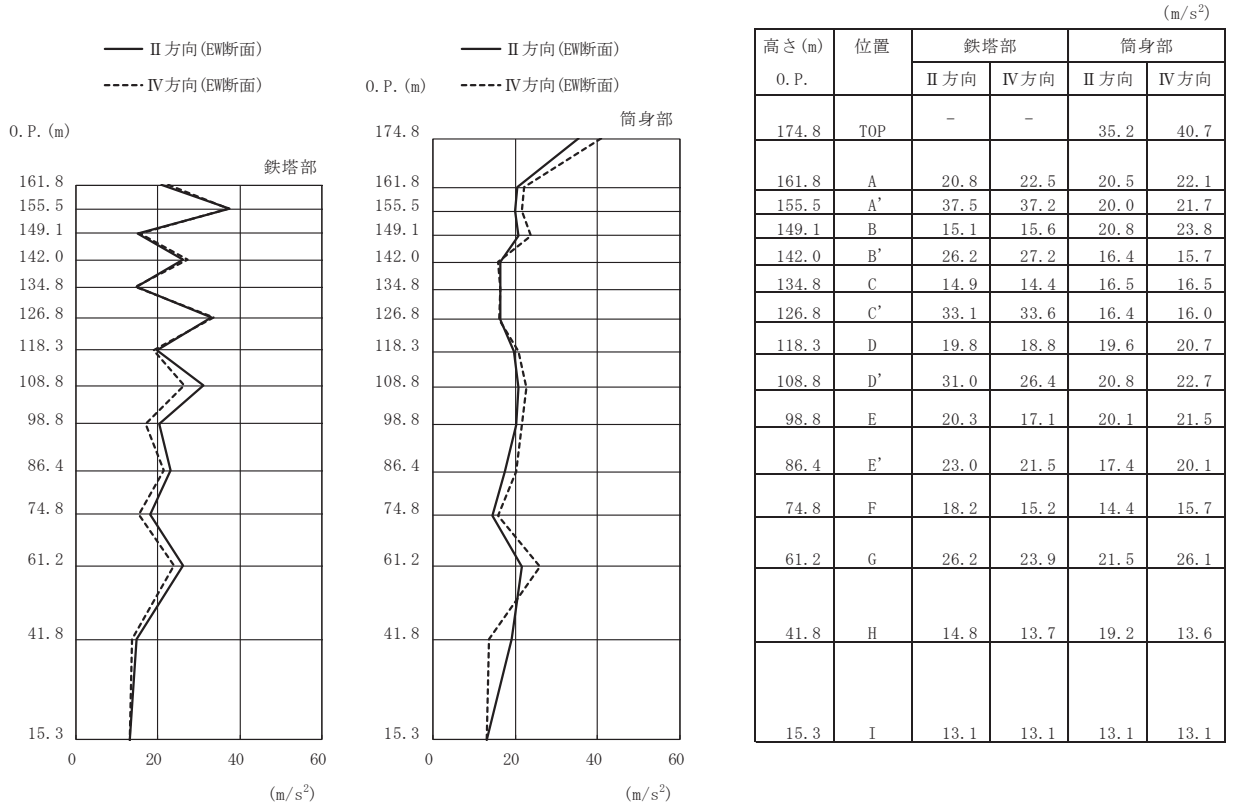


(b) S s - D 1 (斜め方向)

図 4-2(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

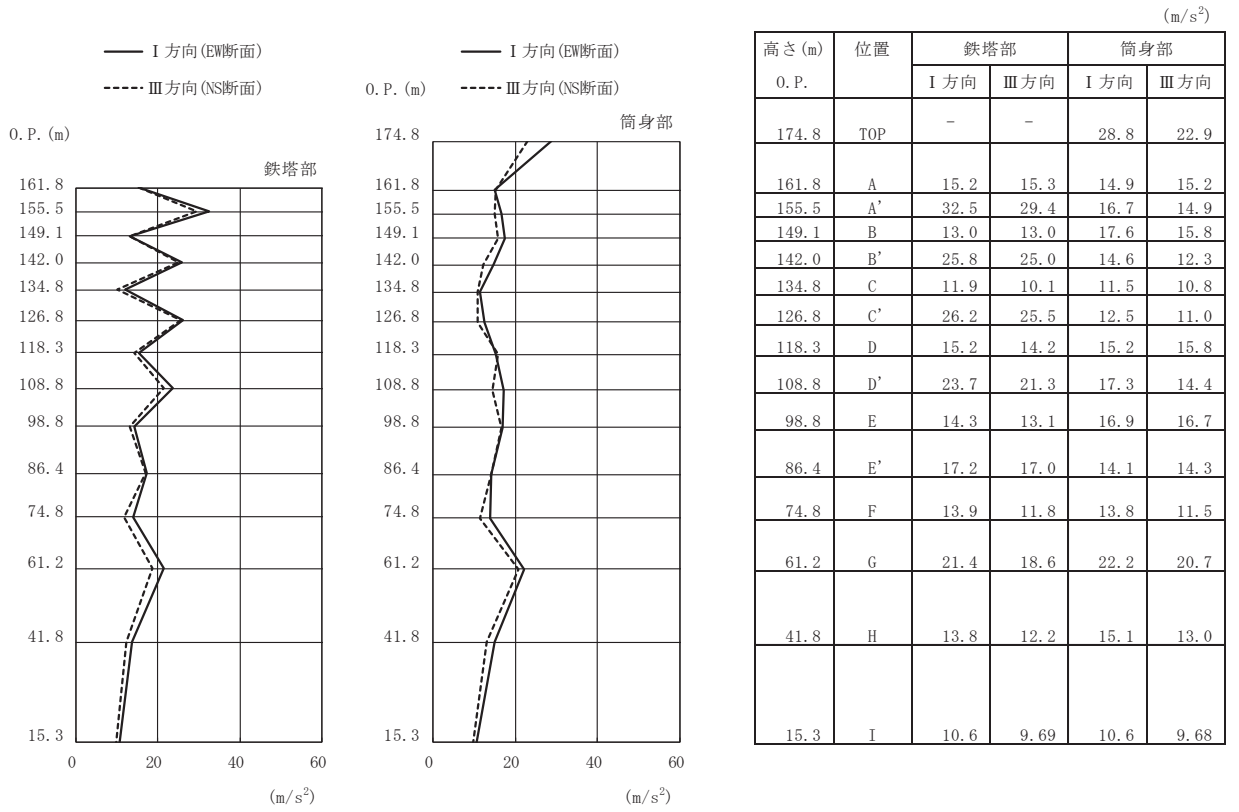


(c) S s - D 2 (直交方向)

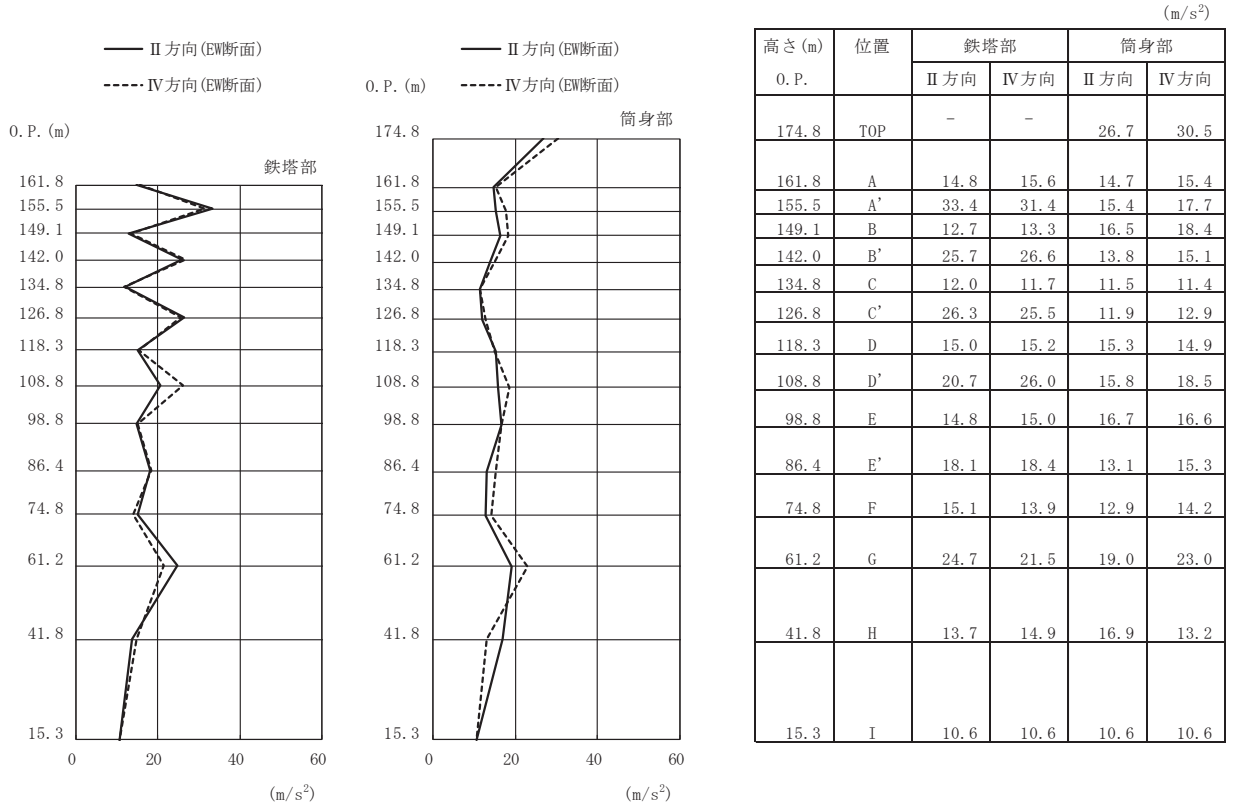


(d) S s - D 2 (斜め方向)

図 4-2(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

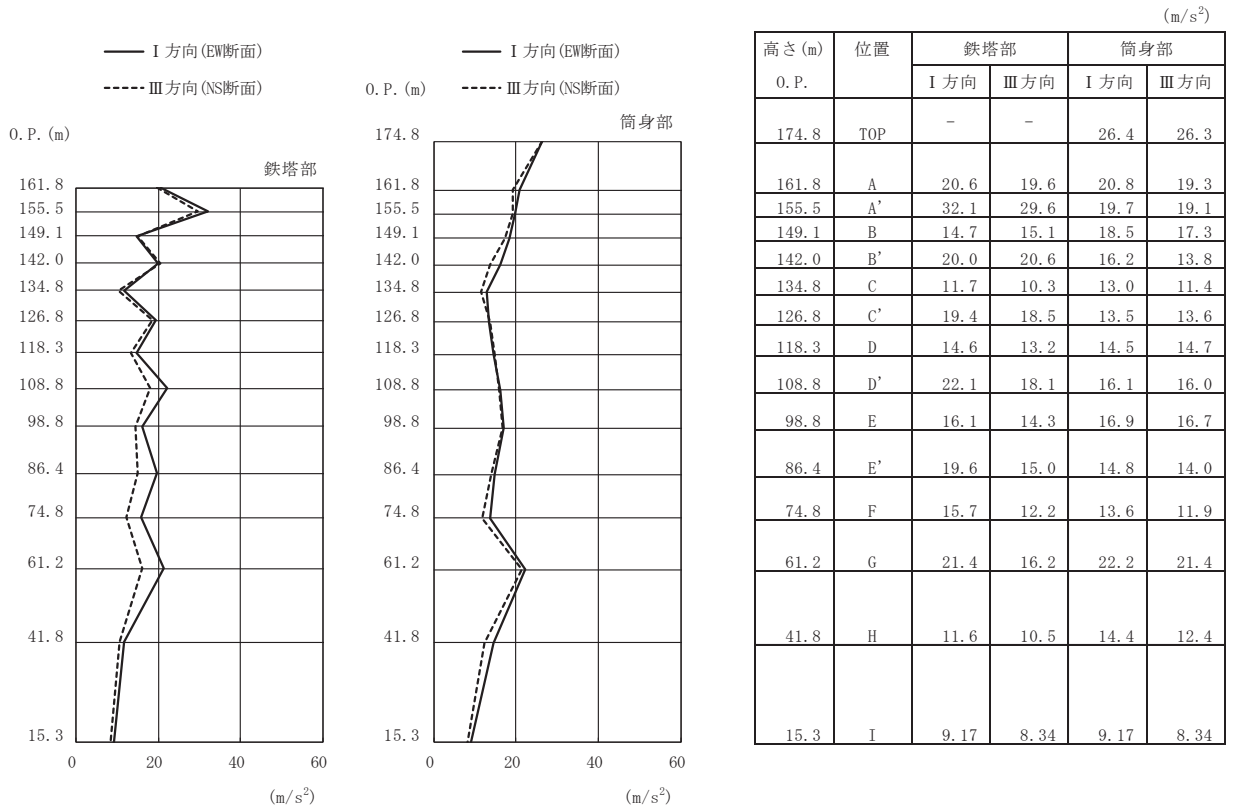


(e) S s - D 3 (直交方向)

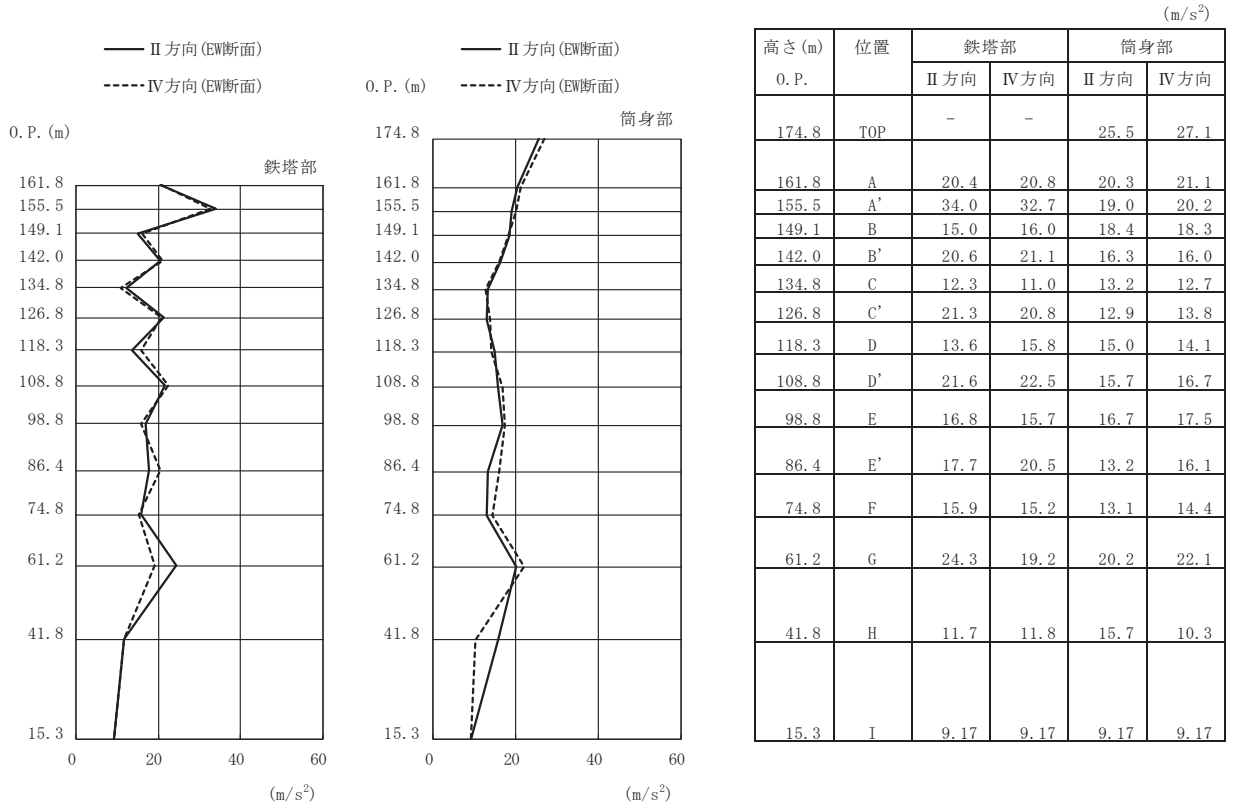


(f) S s - D 3 (斜め方向)

図 4-2(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

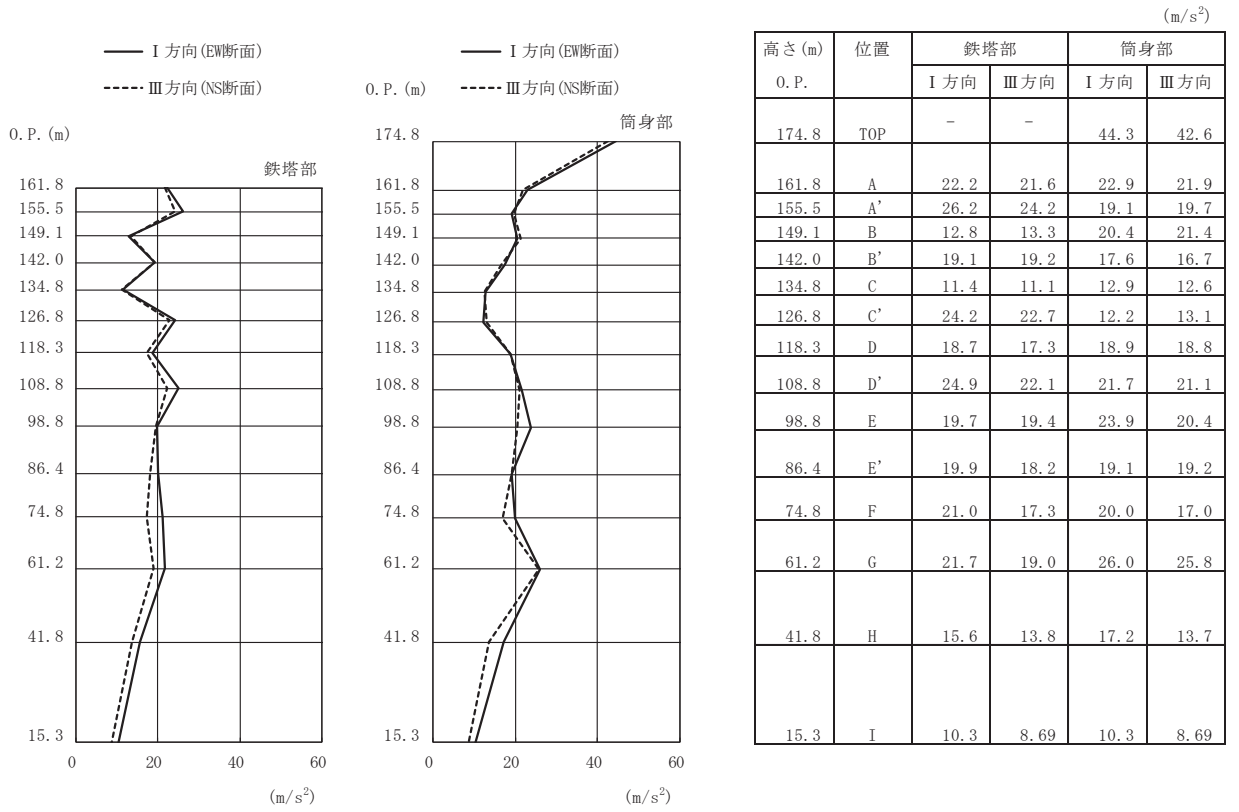


(g) S s - F 1 (直交方向)

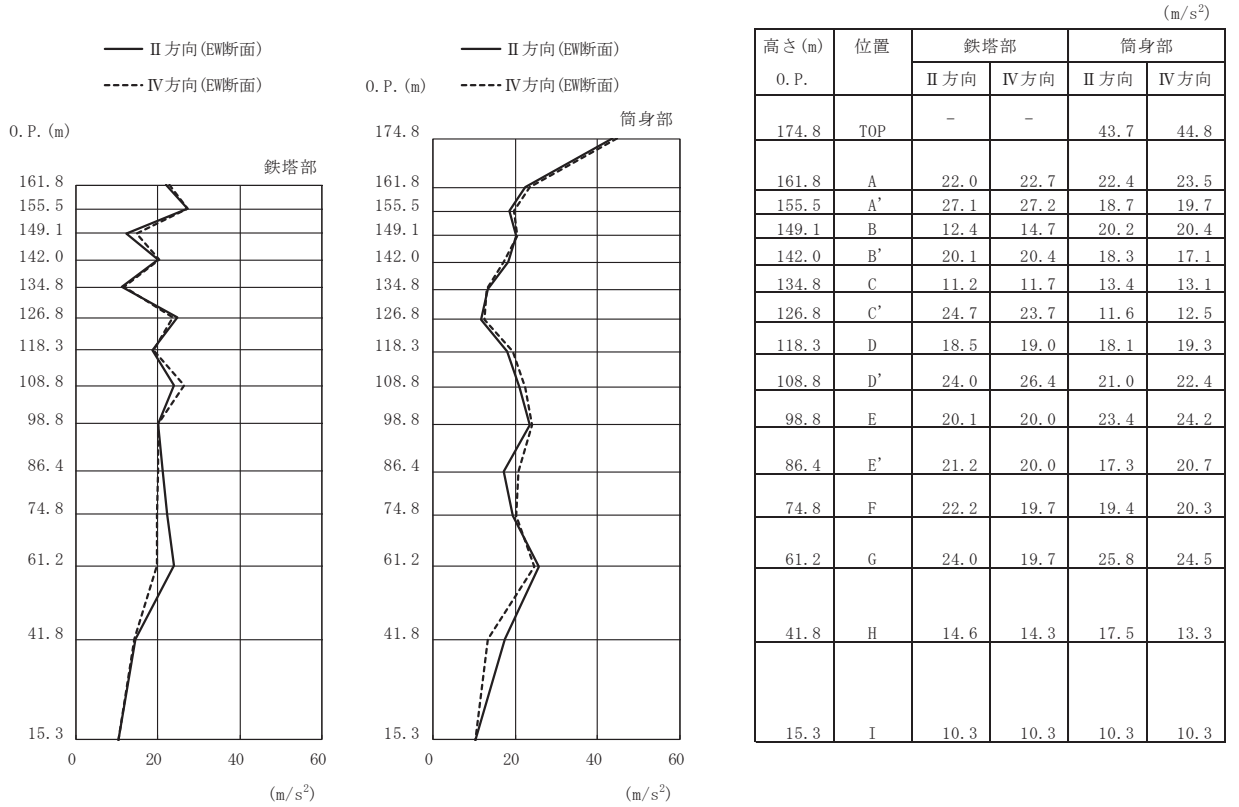


(h) S s - F 1 (斜め方向)

図 4-2(4) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

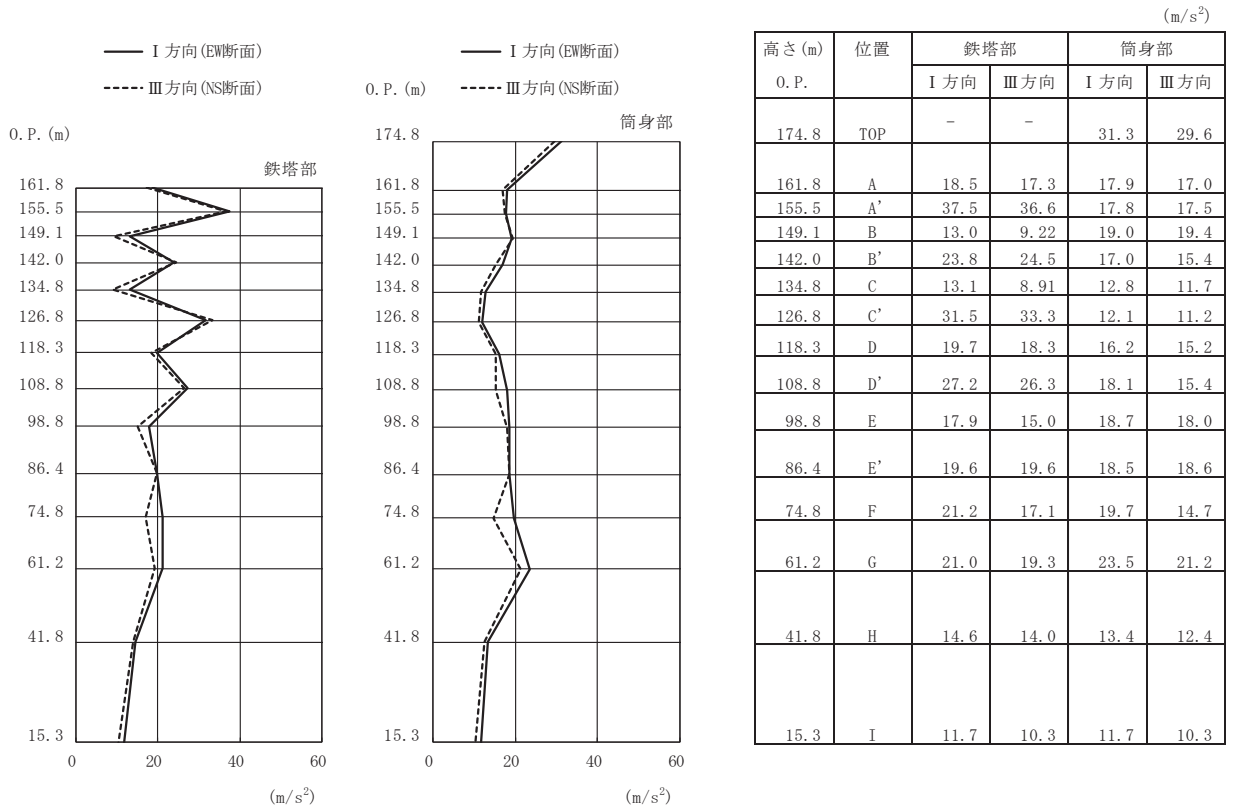


(i) S s - F 2 (直交方向)

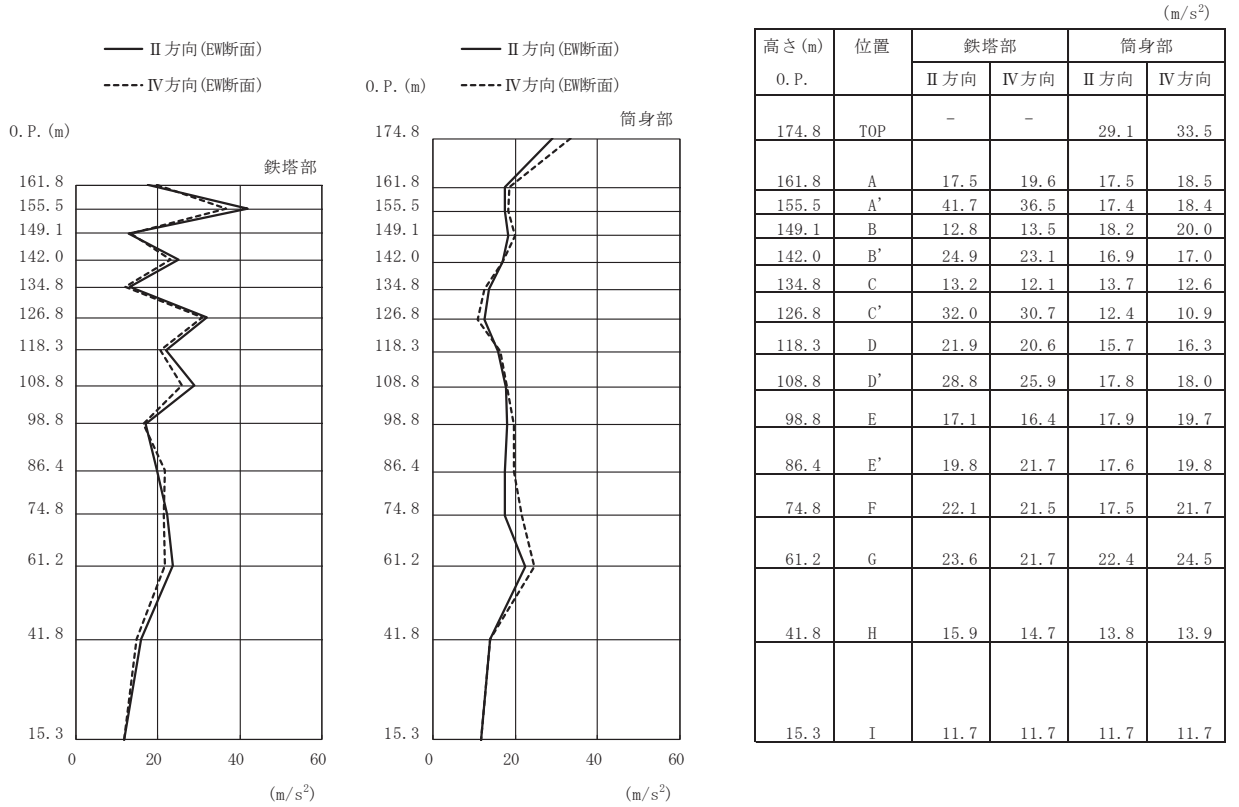


(j) S s - F 2 (斜め方向)

図 4-2(5) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

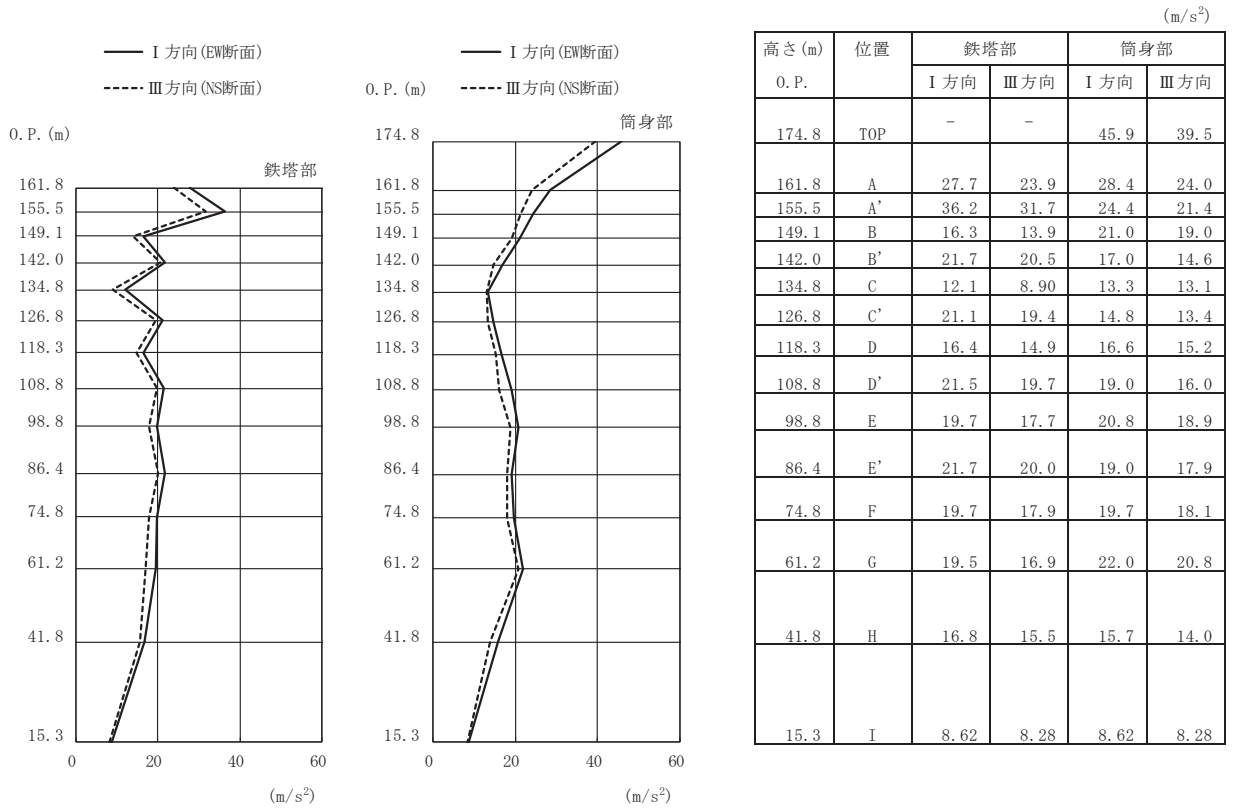


(k) S s - F 3 (直交方向)

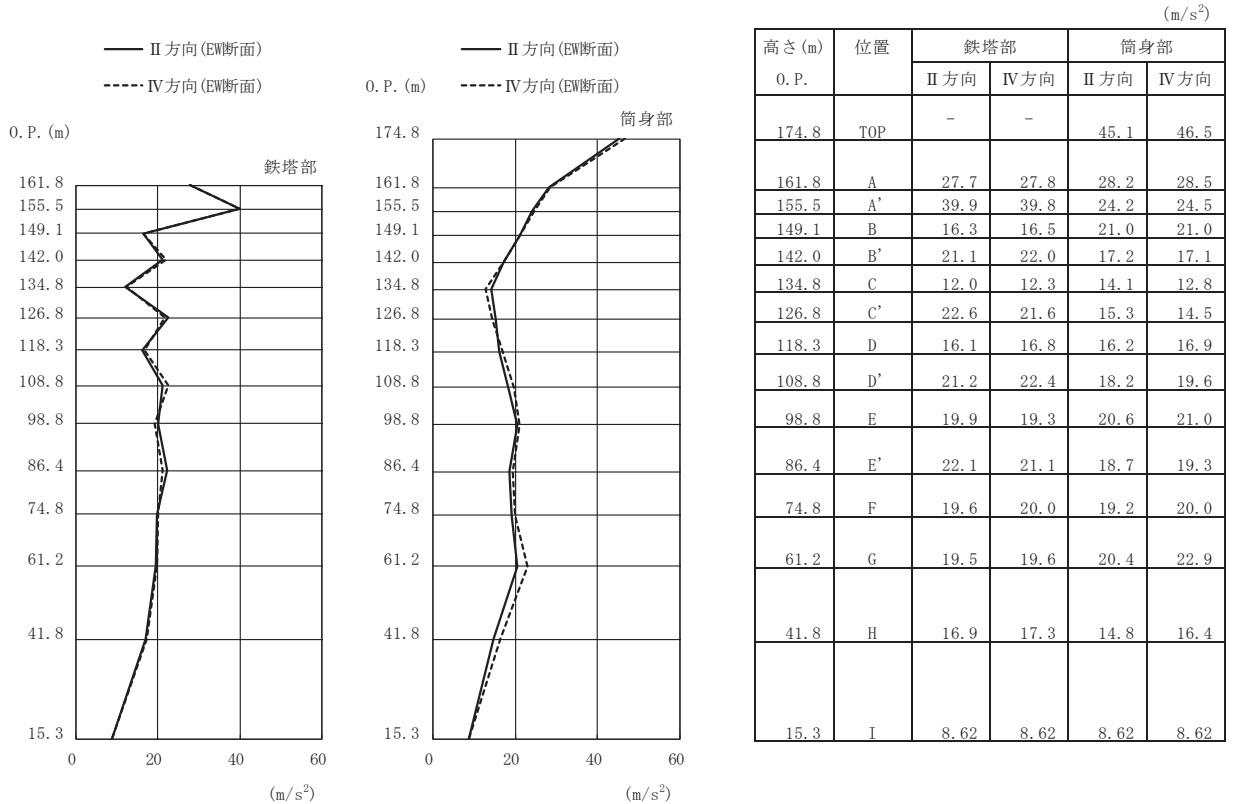


(l) S s - F 3 (斜め方向)

図 4-2(6) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

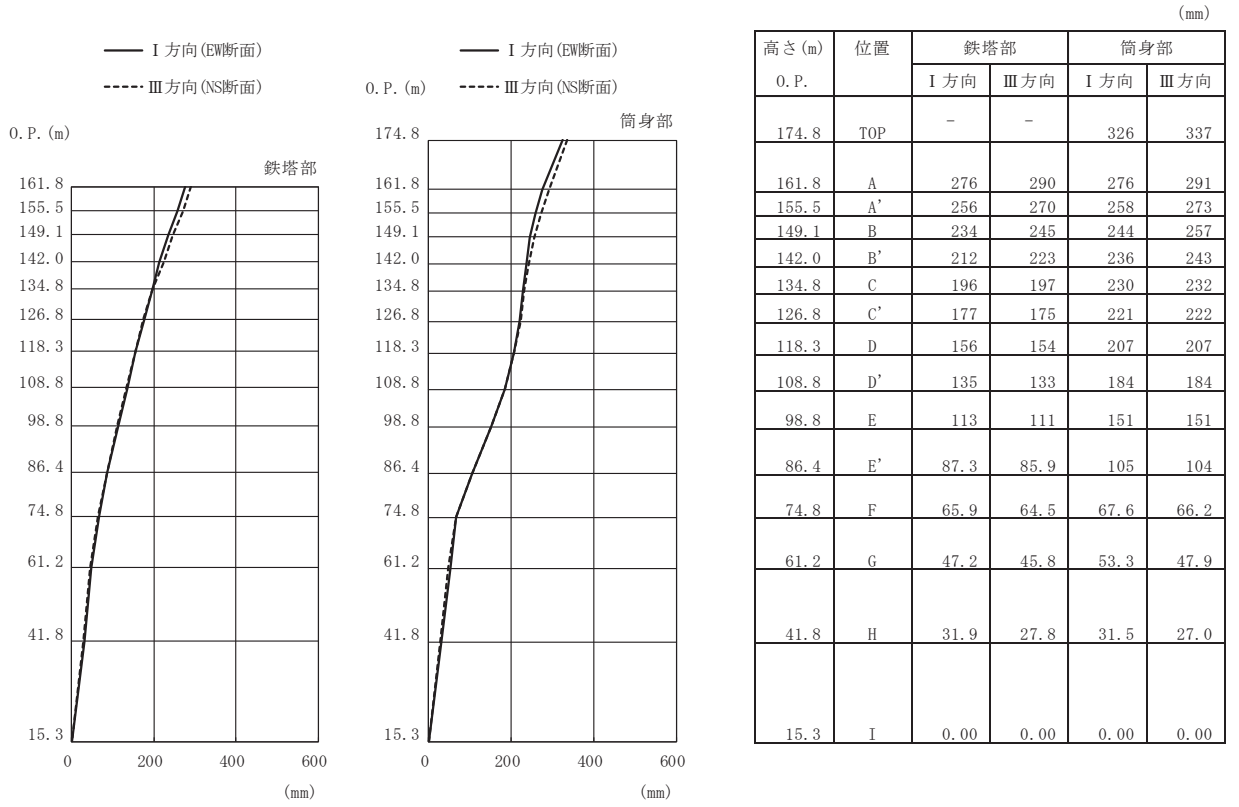


(m) S s - N 1 (直交方向)

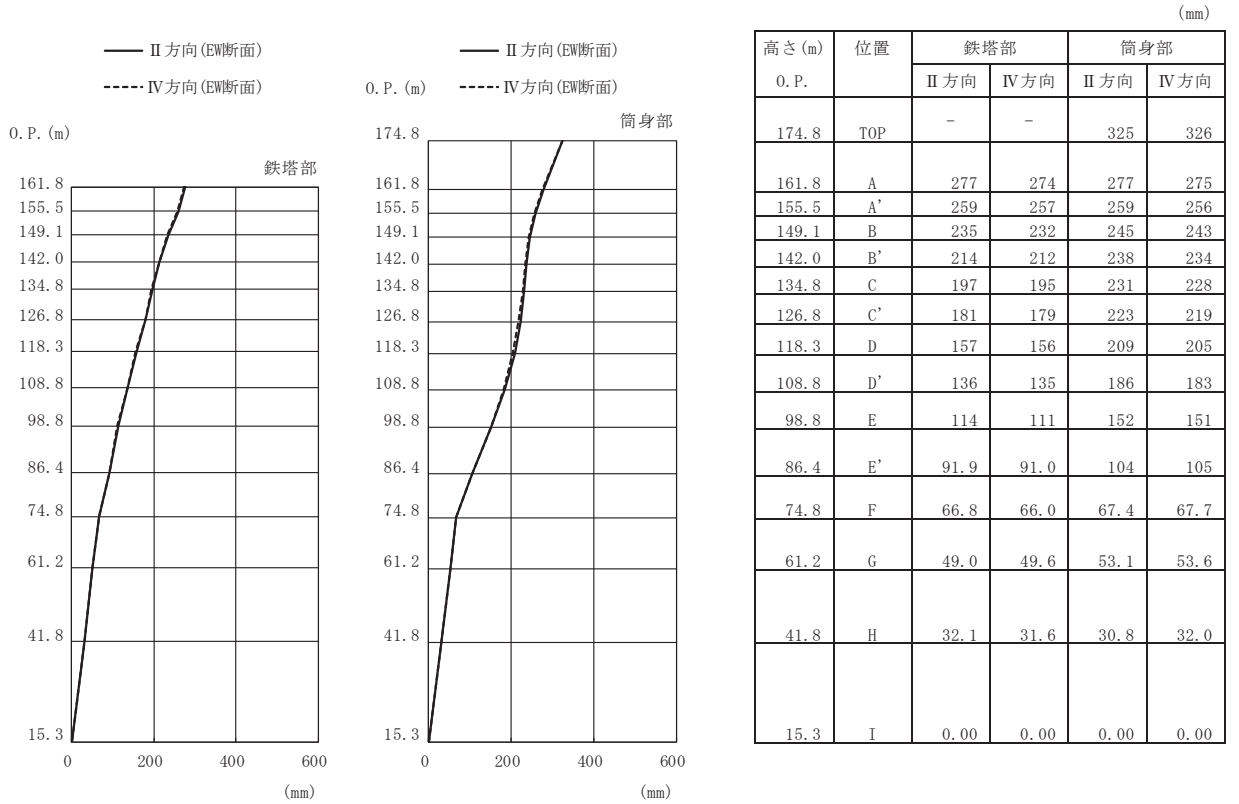


(n) S s - N 1 (斜め方向)

図 4-2(7) 最大応答加速度 (基準地震動 S s)

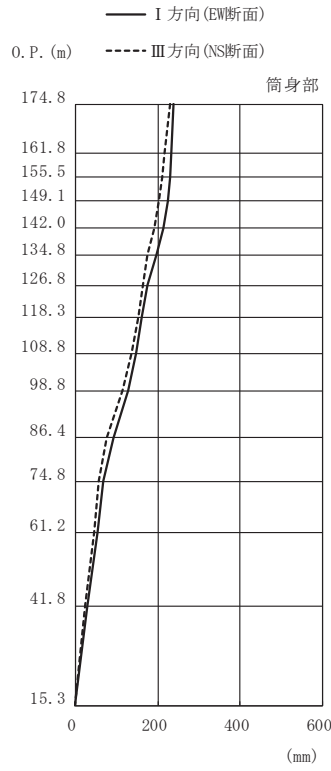
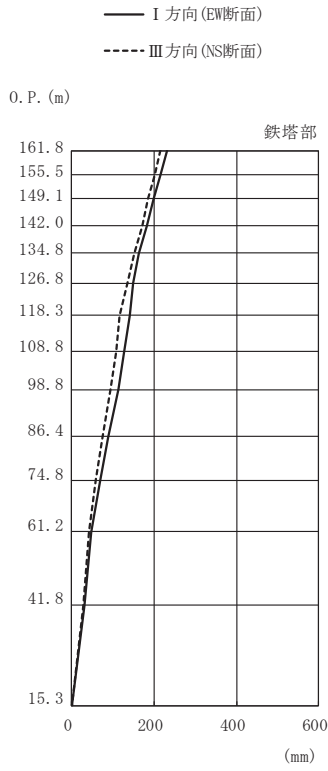


(a) S s - D 1 (直交方向)



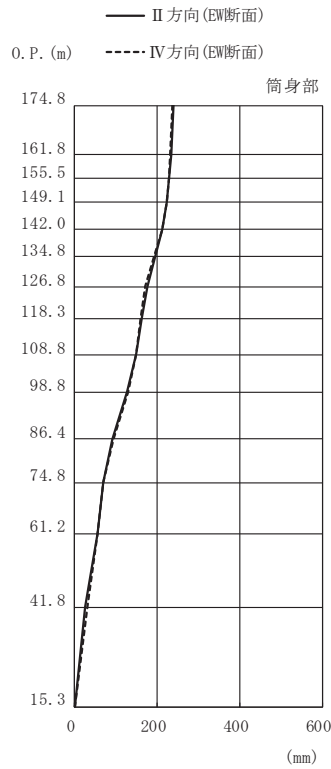
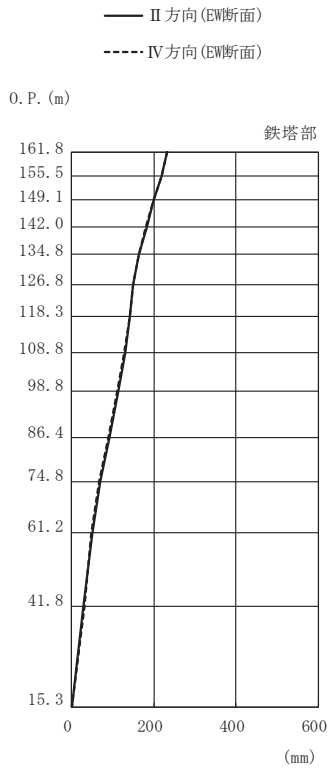
(b) S s - D 1 (斜め方向)

図 4-3(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	239	229
161.8	A	231	215	232	215
155.5	A'	216	201	229	210
149.1	B	198	185	223	203
142.0	B'	182	170	212	191
134.8	C	163	152	196	176
126.8	C'	149	134	174	163
118.3	D	140	117	162	153
108.8	D'	128	107	148	137
98.8	E	112	92.9	127	115
86.4	E'	88.5	73.8	93.0	76.3
74.8	F	67.9	56.5	68.6	57.1
61.2	G	47.0	40.2	54.3	44.5
41.8	H	29.1	26.4	28.2	24.5
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

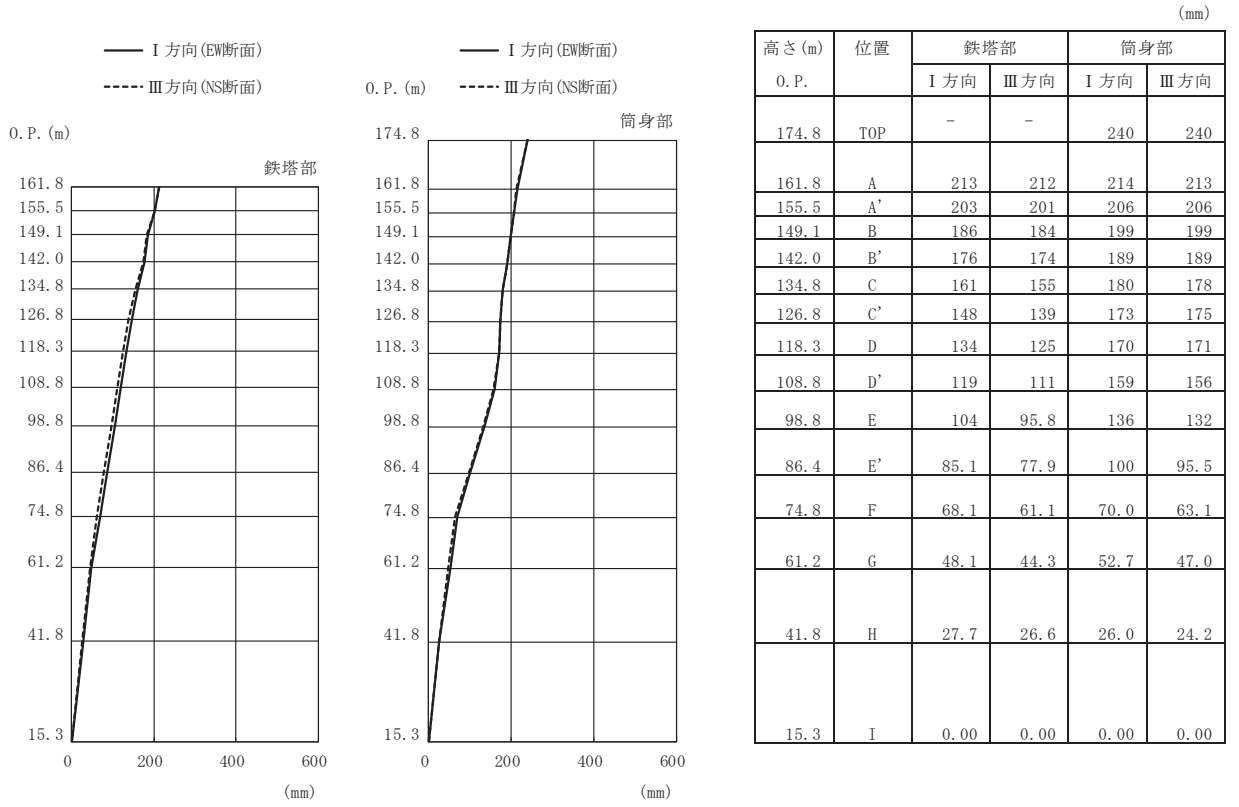
(c) S s - D 2 (直交方向)



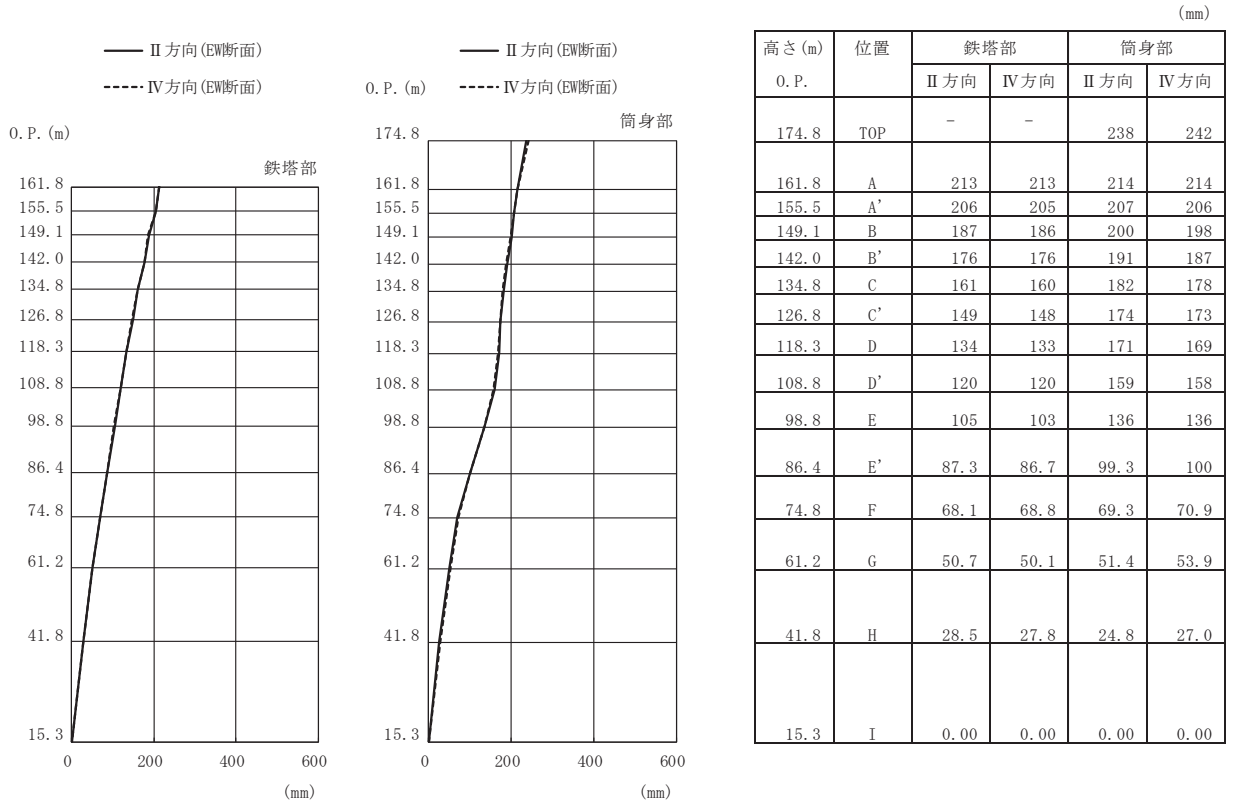
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	240	237
161.8	A	232	231	233	231
155.5	A'	219	218	229	228
149.1	B	199	198	224	222
142.0	B'	182	181	213	211
134.8	C	163	163	197	194
126.8	C'	149	150	176	172
118.3	D	140	140	164	160
108.8	D'	129	128	148	149
98.8	E	113	111	126	129
86.4	E'	90.4	89.6	92.5	93.4
74.8	F	68.5	67.6	68.5	68.6
61.2	G	50.8	47.9	54.3	54.5
41.8	H	28.8	29.5	26.4	29.7
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

(d) S s - D 2 (斜め方向)

図 4-3(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s)

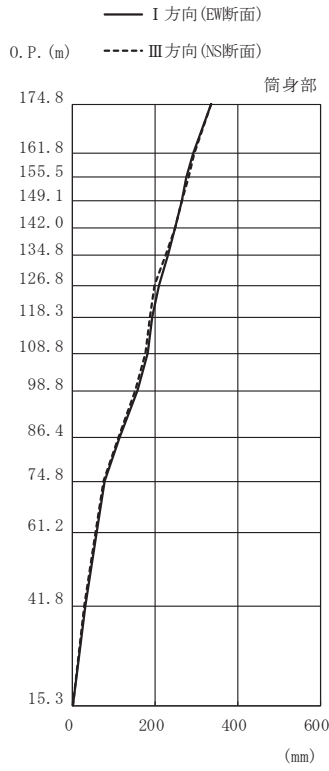
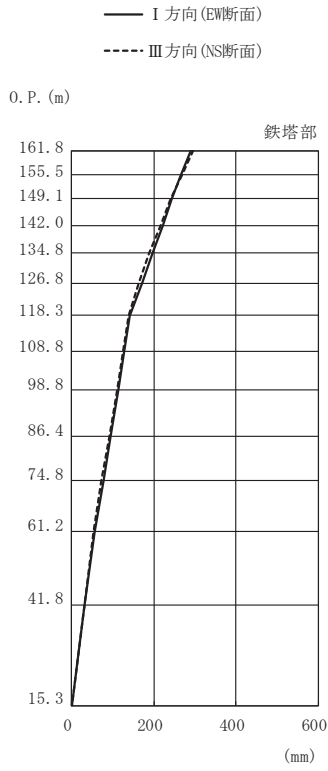


(e) S s - D 3 (直交方向)



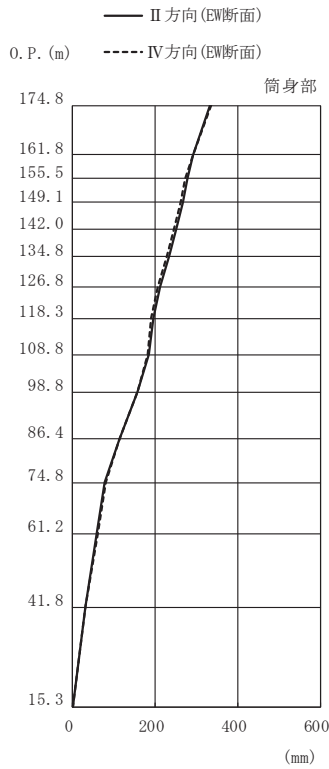
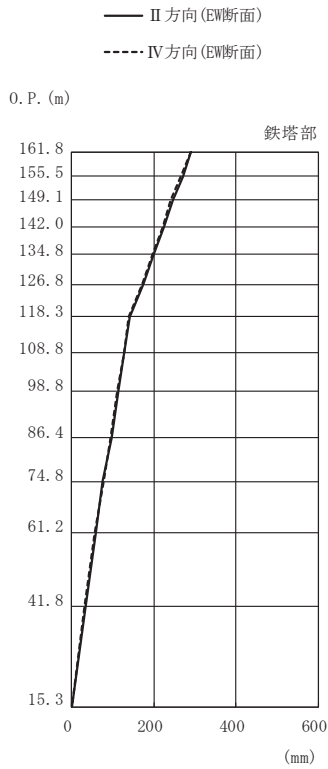
(f) S s - D 3 (斜め方向)

図 4-3(3) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	335	336
161.8	A	290	295	291	296
155.5	A'	266	269	275	281
149.1	B	243	242	264	265
142.0	B'	221	215	249	247
134.8	C	197	188	231	225
126.8	C'	171	162	209	199
118.3	D	140	138	194	188
108.8	D'	127	125	183	177
98.8	E	113	110	156	152
86.4	E'	94.1	91.1	112	110
74.8	F	76.5	72.9	78.3	75.0
61.2	G	55.3	52.5	58.5	56.0
41.8	H	32.1	30.3	30.5	28.8
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

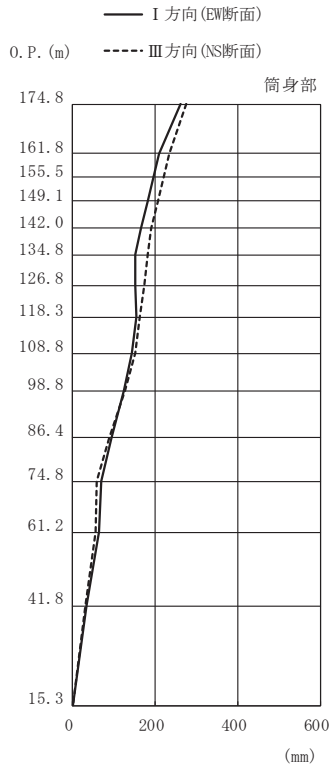
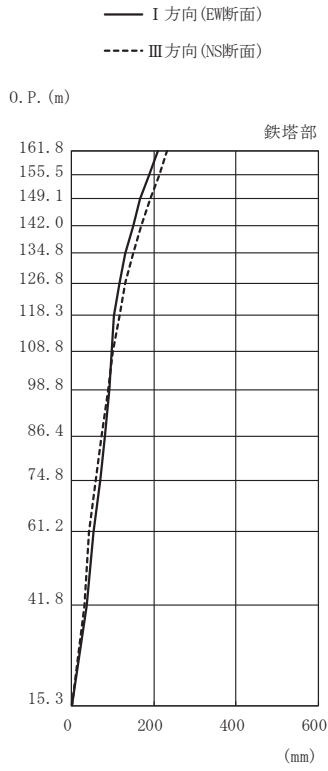
(g) S s - F 1 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	334	335
161.8	A	291	290	292	291
155.5	A'	270	266	277	273
149.1	B	245	241	267	261
142.0	B'	223	220	252	246
134.8	C	199	196	235	228
126.8	C'	175	172	212	206
118.3	D	142	139	196	191
108.8	D'	128	127	184	181
98.8	E	114	112	157	156
86.4	E'	95.9	94.7	112	112
74.8	F	76.2	77.3	77.1	79.5
61.2	G	58.9	56.8	57.6	60.6
41.8	H	32.6	32.0	29.7	31.1
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

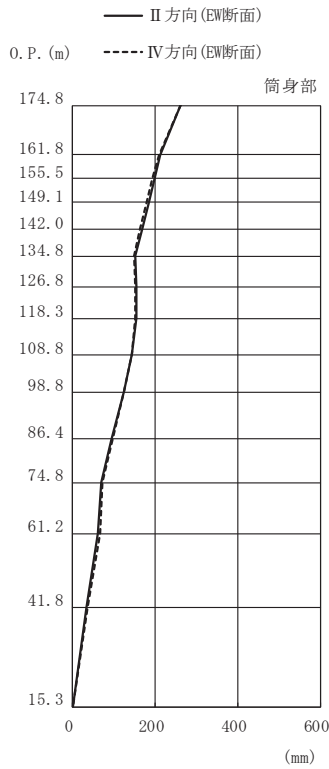
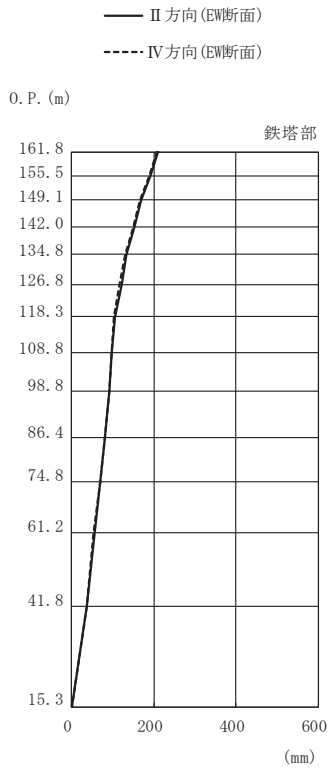
(h) S s - F 1 (斜め方向)

図 4-3(4) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	262	275
161.8	A	209	233	210	234
155.5	A'	188	212	196	220
149.1	B	167	190	182	206
142.0	B'	150	169	165	189
134.8	C	131	150	151	182
126.8	C'	117	131	153	174
118.3	D	103	116	154	164
108.8	D'	97.5	101	143	151
98.8	E	92.6	88.0	124	127
86.4	E'	81.1	71.3	94.7	88.8
74.8	F	68.4	57.6	70.6	59.0
61.2	G	52.8	42.8	63.8	54.3
41.8	H	36.6	31.6	34.9	30.1
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

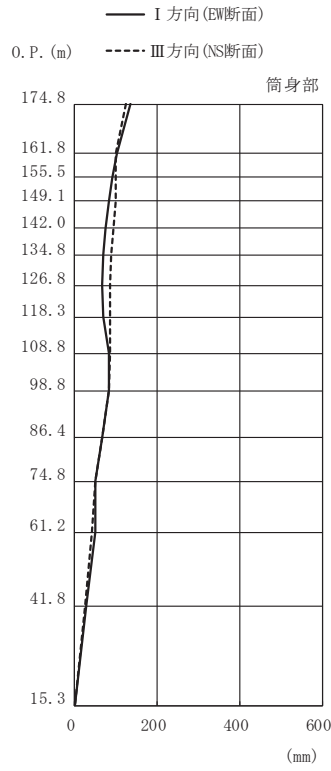
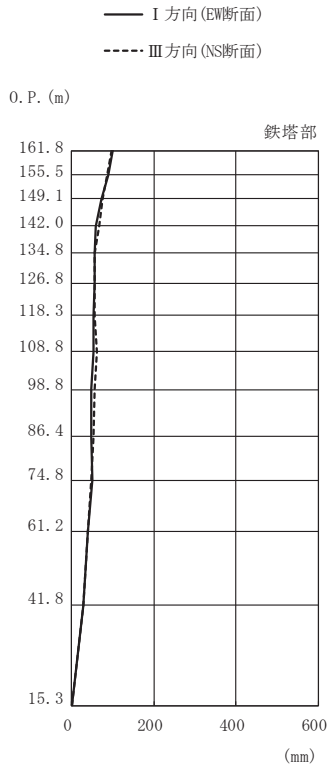
(i) S s - F 2 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	261	262
161.8	A	211	208	212	209
155.5	A'	192	188	198	194
149.1	B	169	166	184	180
142.0	B'	152	149	167	163
134.8	C	133	129	153	149
126.8	C'	121	117	154	151
118.3	D	105	102	154	153
108.8	D'	98.2	98.0	144	143
98.8	E	92.6	92.4	124	124
86.4	E'	80.8	80.4	93.8	95.6
74.8	F	69.0	69.1	70.0	71.7
61.2	G	54.9	53.8	61.7	65.6
41.8	H	36.8	36.5	33.7	36.3
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

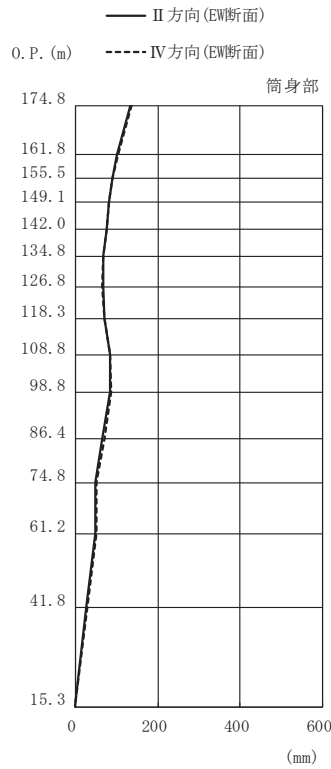
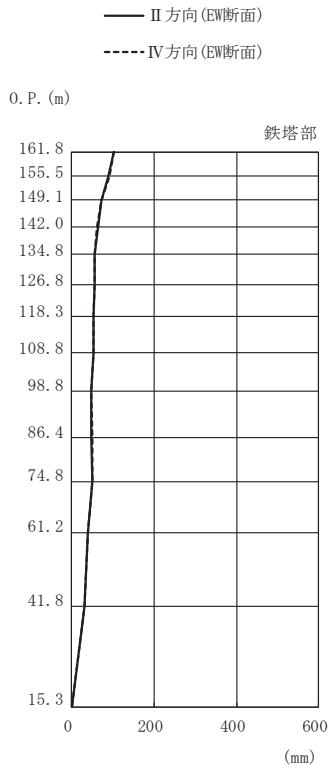
(j) S s - F 2 (斜め方向)

図 4-3(5) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	136	124
161.8	A	101	97.9	102	98.5
155.5	A'	88.3	87.3	90.5	100
149.1	B	70.9	75.2	82.5	98.5
142.0	B'	59.6	67.7	75.4	94.6
134.8	C	55.1	56.9	68.2	87.4
126.8	C'	55.0	56.5	65.7	84.6
118.3	D	53.7	56.1	70.5	86.7
108.8	D'	51.6	60.5	84.0	84.6
98.8	E	47.3	56.4	84.3	84.0
86.4	E'	47.6	52.9	67.1	67.5
74.8	F	49.1	47.7	50.8	49.5
61.2	G	38.1	39.5	49.6	42.9
41.8	H	29.1	29.0	26.9	26.5
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

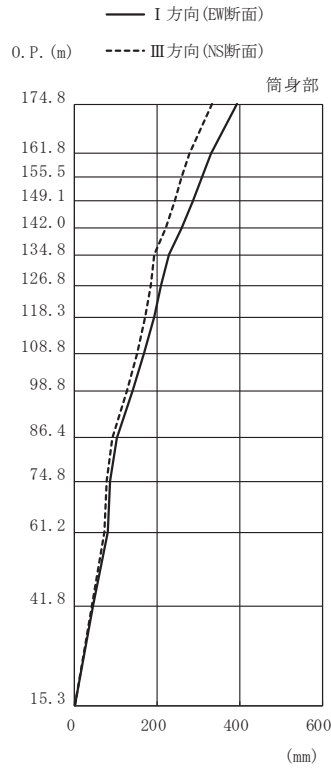
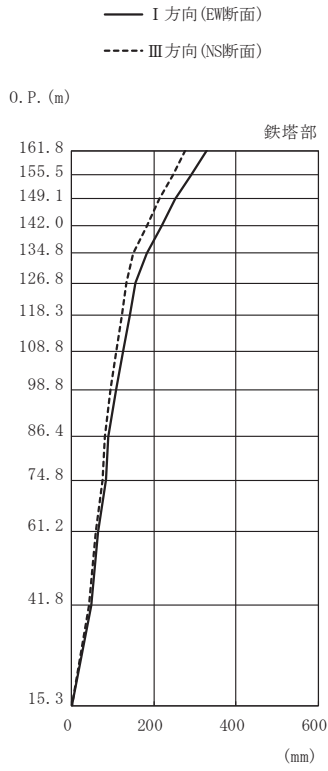
(k) S s - F 3 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	134	137
161.8	A	101	101	101	102
155.5	A'	89.3	89.7	90.4	90.5
149.1	B	71.0	70.8	82.4	82.4
142.0	B'	62.1	61.4	75.2	75.5
134.8	C	54.9	55.8	68.2	68.2
126.8	C'	55.1	55.8	67.4	63.9
118.3	D	53.5	53.7	70.5	70.4
108.8	D'	51.8	51.3	83.2	84.8
98.8	E	47.2	47.0	82.7	85.8
86.4	E'	48.1	48.3	65.4	68.9
74.8	F	48.5	50.2	49.2	52.2
61.2	G	39.9	39.6	48.3	50.8
41.8	H	29.6	29.1	25.9	28.6
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

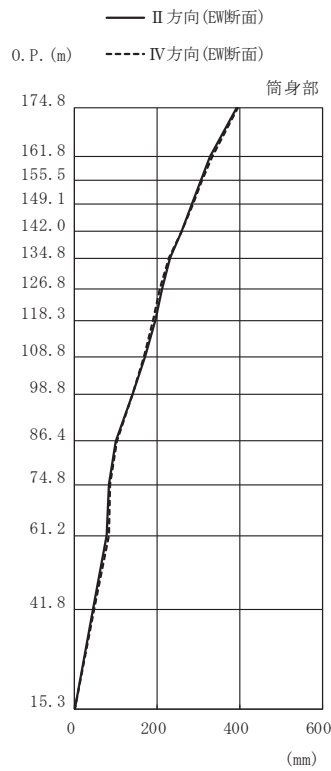
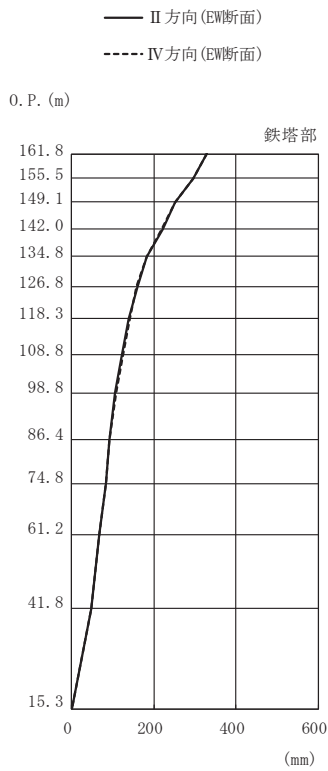
(l) S s - F 3 (斜め方向)

図 4-3(6) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	395	334
161.8	A	328	277	331	279
155.5	A'	291	246	308	260
149.1	B	252	213	286	242
142.0	B'	218	182	260	220
134.8	C	183	150	230	194
126.8	C'	155	134	210	184
118.3	D	140	122	193	171
108.8	D'	124	109	169	151
98.8	E	107	95.1	141	126
86.4	E'	89.3	79.4	101	90.6
74.8	F	83.4	74.5	85.6	76.4
61.2	G	65.1	58.6	79.6	72.3
41.8	H	47.0	42.5	45.4	41.1
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

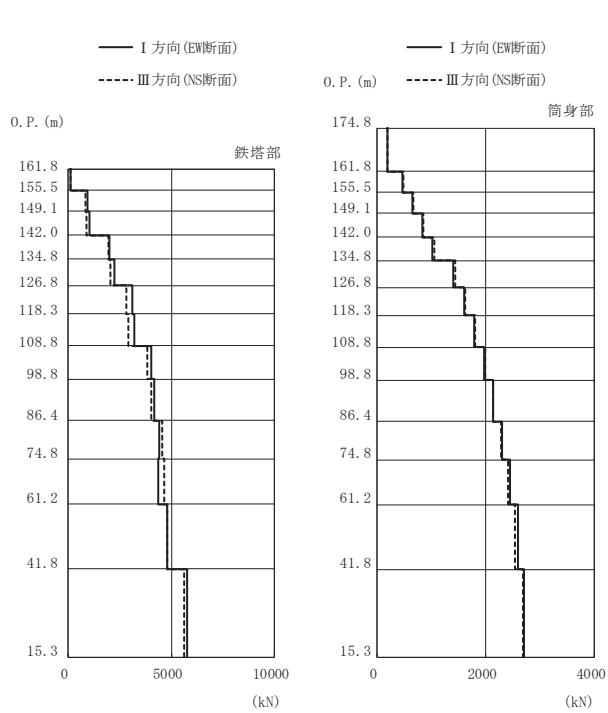
(m) S s - N 1 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	393	397
161.8	A	328	329	329	332
155.5	A'	295	297	307	308
149.1	B	252	253	285	287
142.0	B'	220	219	260	260
134.8	C	184	183	231	229
126.8	C'	161	159	213	208
118.3	D	138	141	196	190
108.8	D'	123	125	171	167
98.8	E	106	108	141	141
86.4	E'	91.1	90.8	99.1	102
74.8	F	82.9	84.4	84.2	86.9
61.2	G	66.7	66.8	77.3	81.8
41.8	H	47.2	46.8	43.5	47.2
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

(n) S s - N 1 (斜め方向)

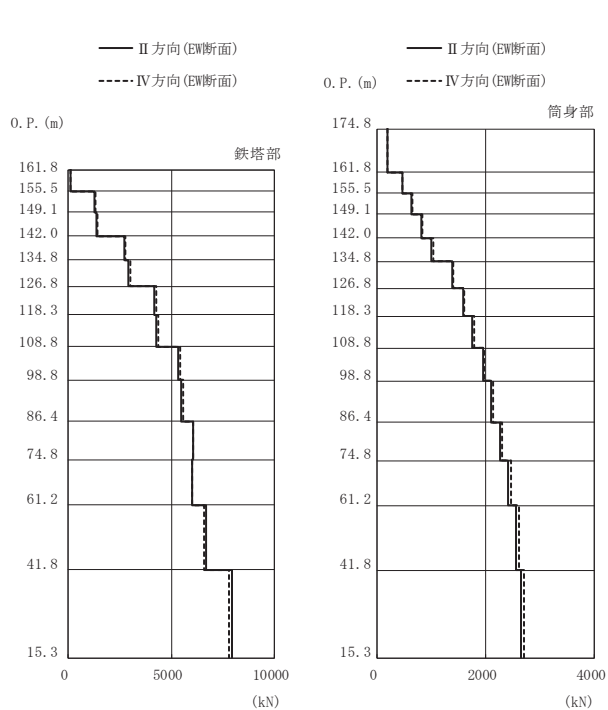
図 4-3(7) 最大応答変位 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	192	198
155.5	A'	A - A'	132	138	471	485
149.1	B	A' - B	962	848	650	669
142.0	B'	B - B'	1030	894	834	857
134.8	C	B' - C	2020	1960	1020	1050
126.8	C'	C - C'	2230	2050	1410	1440
118.3	D	C' - D	3100	2830	1600	1630
108.8	D'	D - D'	3200	2940	1790	1810
98.8	E	D' - E	4030	3840	1970	1990
86.4	E'	E - E'	4150	4010	2130	2140
74.8	F	E' - F	4400	4550	2300	2290
61.2	G	F - G	4340	4630	2450	2420
41.8	H	G - H	4820	4800	2590	2540
15.3	I	H - I	5750	5610	2700	2690

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(a) S s - D 1 (直交方向)

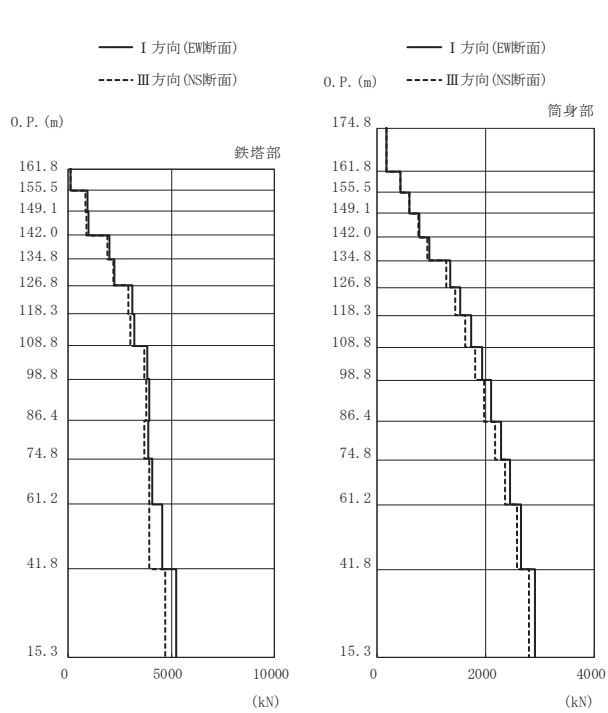


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	190	193
155.5	A'	A - A'	139	136	465	473
149.1	B	A' - B	1290	1340	641	653
142.0	B'	B - B'	1360	1410	823	838
134.8	C	B' - C	2710	2790	1010	1030
126.8	C'	C - C'	2910	3000	1390	1410
118.3	D	C' - D	4190	4280	1580	1600
108.8	D'	D - D'	4290	4380	1760	1790
98.8	E	D' - E	5350	5440	1950	1980
86.4	E'	E - E'	5470	5560	2100	2140
74.8	F	E' - F	6060	6030	2270	2310
61.2	G	F - G	6010	6010	2420	2460
41.8	H	G - H	6690	6580	2560	2610
15.3	I	H - I	7910	7770	2660	2710

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(b) S s - D 1 (斜め方向)

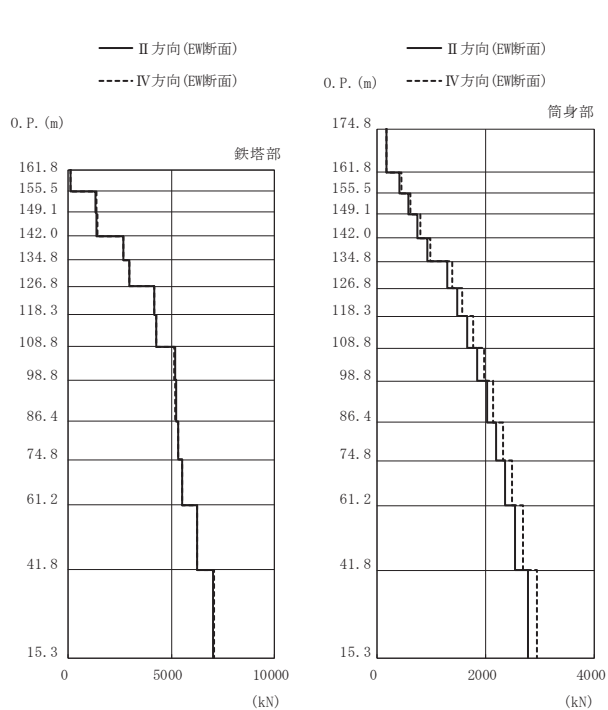
図 4-4(1) 最大応答軸力 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	179	175
155.5	A'	A - A'	126	124	439	429
149.1	B	A' - B	959	824	607	593
142.0	B'	B - B'	1010	871	780	760
134.8	C	B' - C	1990	1890	959	929
126.8	C'	C - C'	2260	2170	1350	1280
118.3	D	C' - D	3090	2910	1540	1440
108.8	D'	D - D'	3200	3020	1740	1620
98.8	E	D' - E	3840	3690	1940	1810
86.4	E'	E - E'	3910	3780	2110	1980
74.8	F	E' - F	3880	3710	2290	2170
61.2	G	F - G	4070	3950	2450	2350
41.8	H	G - H	4540	3950	2650	2580
15.3	I	H - I	5220	4680	2900	2800

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(c) S_s-D 2 (直交方向)

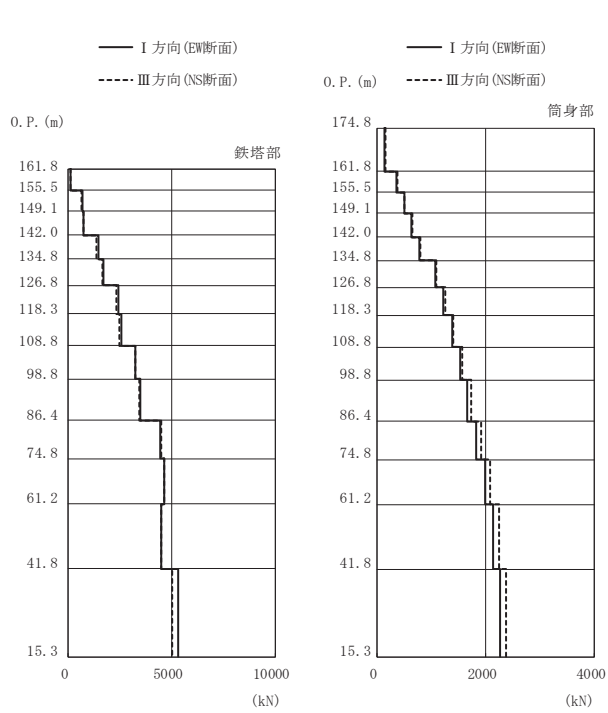


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	172	181
155.5	A'	A - A'	128	126	422	446
149.1	B	A' - B	1320	1360	584	616
142.0	B'	B - B'	1380	1420	751	793
134.8	C	B' - C	2670	2660	921	978
126.8	C'	C - C'	2950	2960	1290	1380
118.3	D	C' - D	4150	4160	1470	1570
108.8	D'	D - D'	4250	4280	1660	1770
98.8	E	D' - E	5160	5130	1850	1970
86.4	E'	E - E'	5230	5200	2020	2140
74.8	F	E' - F	5350	5350	2190	2320
61.2	G	F - G	5540	5530	2360	2490
41.8	H	G - H	6240	6230	2550	2690
15.3	I	H - I	7020	7070	2780	2950

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(d) S_s-D 2 (斜め方向)

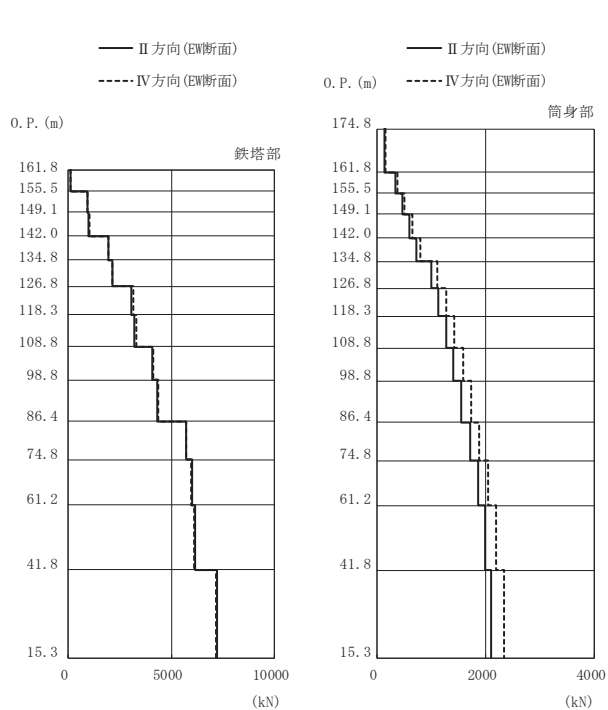
図 4-4(2) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	148	151
155.5	A'	A - A'	99.3	110	362	370
149.1	B	A' - B	694	634	500	511
142.0	B'	B - B'	752	714	641	655
134.8	C	B' - C	1450	1370	785	800
126.8	C'	C - C'	1690	1630	1080	1100
118.3	D	C' - D	2410	2320	1230	1260
108.8	D'	D - D'	2540	2460	1380	1410
98.8	E	D' - E	3230	3230	1530	1570
86.4	E'	E - E'	3460	3450	1670	1730
74.8	F	E' - F	4430	4470	1830	1910
61.2	G	F - G	4650	4660	1990	2080
41.8	H	G - H	4470	4470	2140	2240
15.3	I	H - I	5290	5030	2260	2370

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(e) S s - D 3 (直交方向)

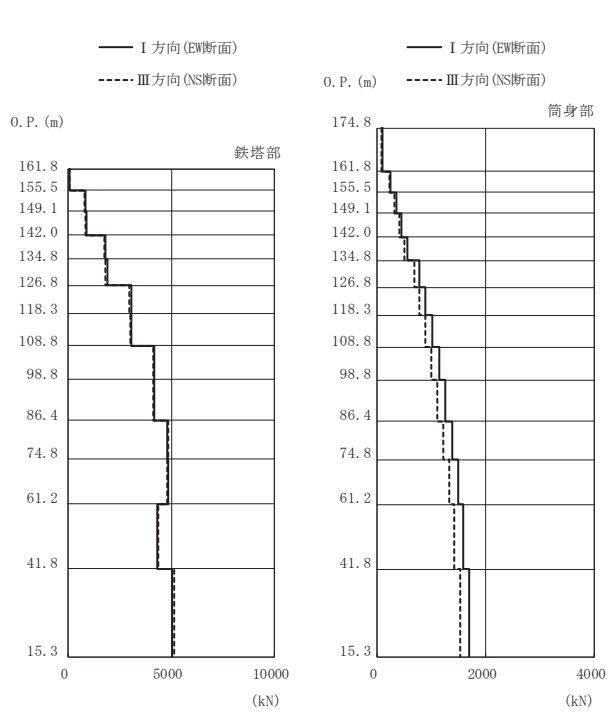


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	137	153
155.5	A'	A - A'	105	104	336	373
149.1	B	A' - B	931	960	463	515
142.0	B'	B - B'	992	1030	593	661
134.8	C	B' - C	1950	1970	725	809
126.8	C'	C - C'	2130	2160	996	1120
118.3	D	C' - D	3070	3150	1130	1270
108.8	D'	D - D'	3210	3290	1270	1430
98.8	E	D' - E	4080	4120	1410	1580
86.4	E'	E - E'	4320	4380	1550	1730
74.8	F	E' - F	5720	5720	1710	1880
61.2	G	F - G	5980	5940	1860	2040
41.8	H	G - H	6130	6100	2000	2200
15.3	I	H - I	7210	7160	2110	2340

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(f) S s - D 3 (斜め方向)

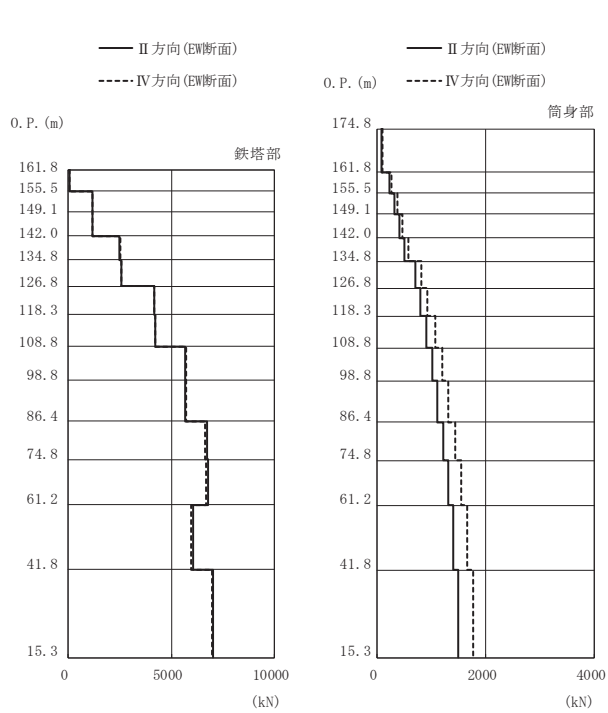
図 4-4(3) 最大応答軸力 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	105	94.7
155.5	A'	A - A'	67.5	66.6	257	232
149.1	B	A' - B	857	784	355	319
142.0	B'	B - B'	880	822	454	408
134.8	C	B' - C	1830	1750	555	499
126.8	C'	C - C'	1900	1790	775	691
118.3	D	C' - D	3050	2970	894	788
108.8	D'	D - D'	3080	2990	1020	895
98.8	E	D' - E	4160	4100	1150	1010
86.4	E'	E - E'	4160	4110	1260	1120
74.8	F	E' - F	4810	4870	1380	1230
61.2	G	F - G	4850	4800	1490	1330
41.8	H	G - H	4320	4360	1590	1420
15.3	I	H - I	5050	5150	1700	1540

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(g) S s - F 1 (直交方向)

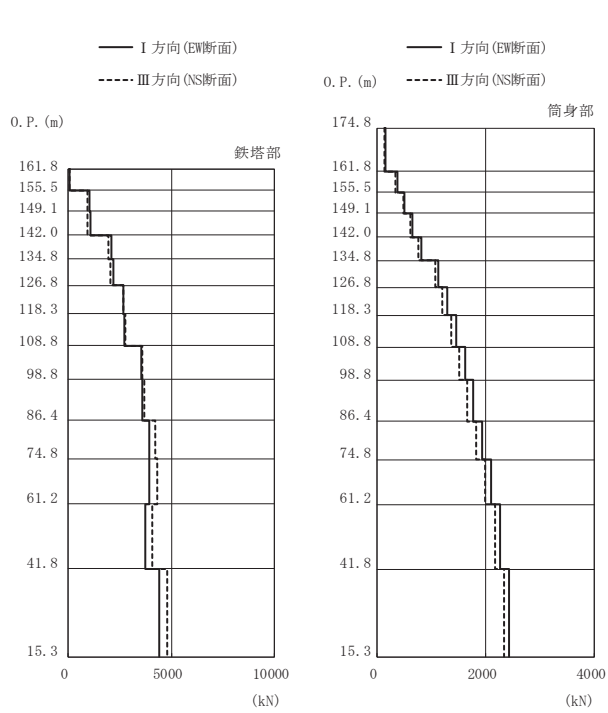


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	93.6	111
155.5	A'	A - A'	72.1	71.1	231	270
149.1	B	A' - B	1160	1190	320	373
142.0	B'	B - B'	1170	1200	413	477
134.8	C	B' - C	2500	2540	508	583
126.8	C'	C - C'	2560	2600	707	810
118.3	D	C' - D	4180	4190	807	934
108.8	D'	D - D'	4200	4220	910	1070
98.8	E	D' - E	5690	5720	1020	1200
86.4	E'	E - E'	5670	5710	1120	1320
74.8	F	E' - F	6720	6630	1230	1440
61.2	G	F - G	6770	6660	1320	1560
41.8	H	G - H	6050	5960	1410	1660
15.3	I	H - I	7020	6950	1500	1780

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(h) S s - F 1 (斜め方向)

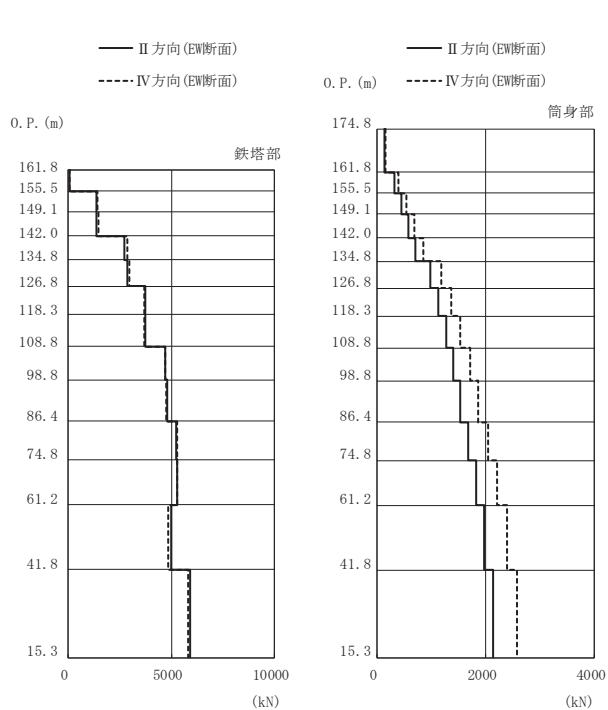
図 4-4(4) 最大応答軸力 (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	151	143
155.5	A'	A - A'	76.3	75.2	370	350
149.1	B	A' - B	1030	931	513	484
142.0	B'	B - B'	1060	957	661	623
134.8	C	B' - C	2090	1940	812	765
126.8	C'	C - C'	2200	2050	1130	1070
118.3	D	C' - D	2680	2690	1290	1210
108.8	D'	D - D'	2700	2760	1460	1370
98.8	E	D' - E	3520	3610	1620	1520
86.4	E'	E - E'	3600	3690	1770	1660
74.8	F	E' - F	3910	4200	1930	1830
61.2	G	F - G	3940	4320	2100	2000
41.8	H	G - H	3740	4070	2270	2180
15.3	I	H - I	4430	4780	2440	2340

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(i) S_s-F 2 (直交方向)

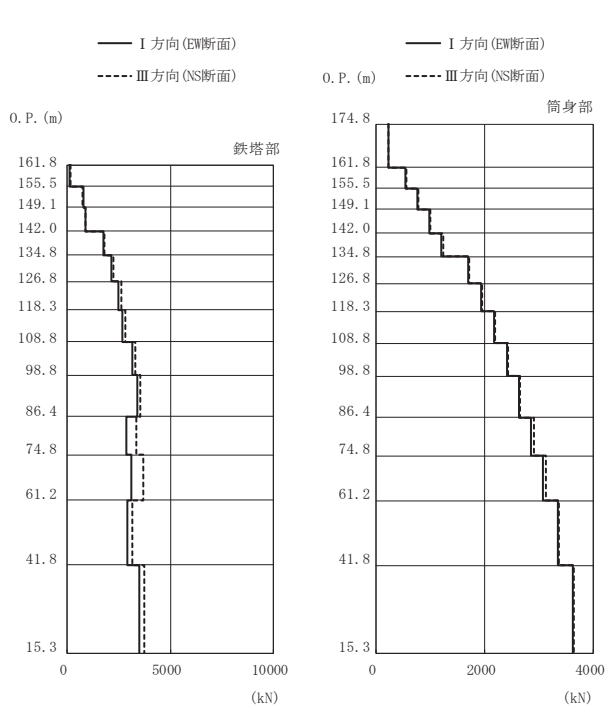


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	132	159
155.5	A'	A - A'	80.0	78.8	324	390
149.1	B	A' - B	1350	1440	448	540
142.0	B'	B - B'	1380	1480	577	695
134.8	C	B' - C	2740	2860	709	855
126.8	C'	C - C'	2860	2980	984	1190
118.3	D	C' - D	3720	3680	1130	1360
108.8	D'	D - D'	3740	3680	1270	1530
98.8	E	D' - E	4720	4680	1410	1710
86.4	E'	E - E'	4790	4750	1540	1870
74.8	F	E' - F	5230	5260	1680	2040
61.2	G	F - G	5270	5280	1820	2210
41.8	H	G - H	5010	4850	1970	2390
15.3	I	H - I	5930	5830	2130	2570

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(j) S_s-F 2 (斜め方向)

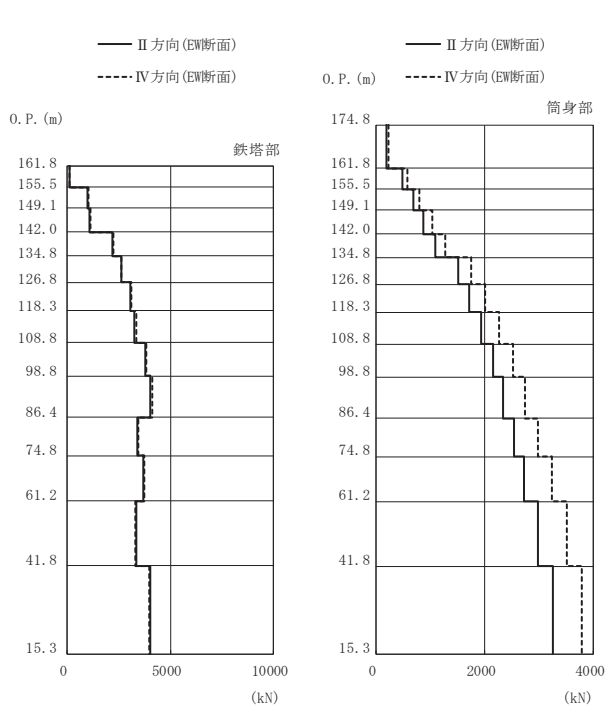
図 4-4(5) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	224	229
155.5	A'	A - A'	123	143	551	563
149.1	B	A' - B	775	748	763	779
142.0	B'	B - B'	884	876	983	1010
134.8	C	B' - C	1750	1800	1210	1240
126.8	C'	C - C'	2150	2260	1690	1710
118.3	D	C' - D	2490	2620	1930	1950
108.8	D'	D - D'	2660	2830	2170	2200
98.8	E	D' - E	3150	3310	2420	2440
86.4	E'	E - E'	3400	3560	2630	2650
74.8	F	E' - F	2880	3350	2860	2900
61.2	G	F - G	3130	3670	3080	3120
41.8	H	G - H	2940	3170	3350	3370
15.3	I	H - I	3480	3720	3620	3640

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(k) S_s-F 3 (直交方向)

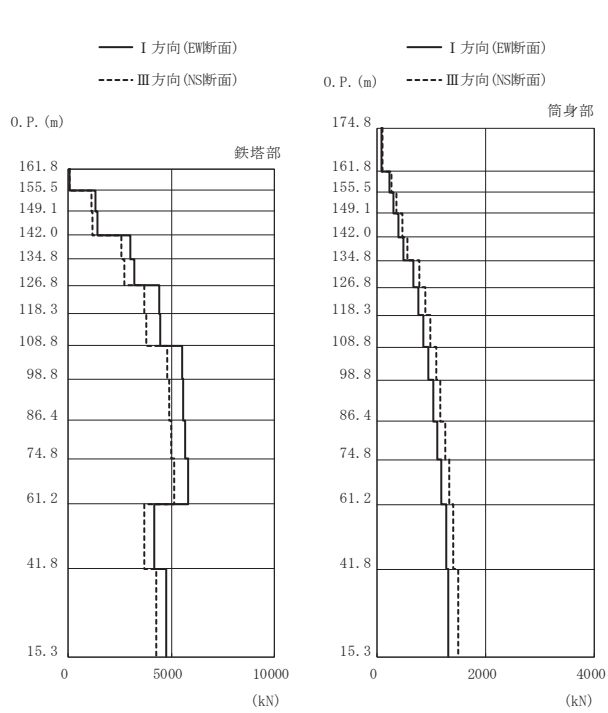


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	201	234
155.5	A'	A - A'	125	126	494	575
149.1	B	A' - B	999	1040	684	796
142.0	B'	B - B'	1100	1150	880	1030
134.8	C	B' - C	2210	2250	1090	1270
126.8	C'	C - C'	2610	2650	1510	1760
118.3	D	C' - D	3070	3110	1720	2010
108.8	D'	D - D'	3270	3330	1940	2270
98.8	E	D' - E	3790	3830	2150	2520
86.4	E'	E - E'	4050	4120	2340	2750
74.8	F	E' - F	3400	3460	2540	2990
61.2	G	F - G	3680	3740	2730	3230
41.8	H	G - H	3370	3300	2990	3510
15.3	I	H - I	4040	3960	3250	3780

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(l) S_s-F 3 (斜め方向)

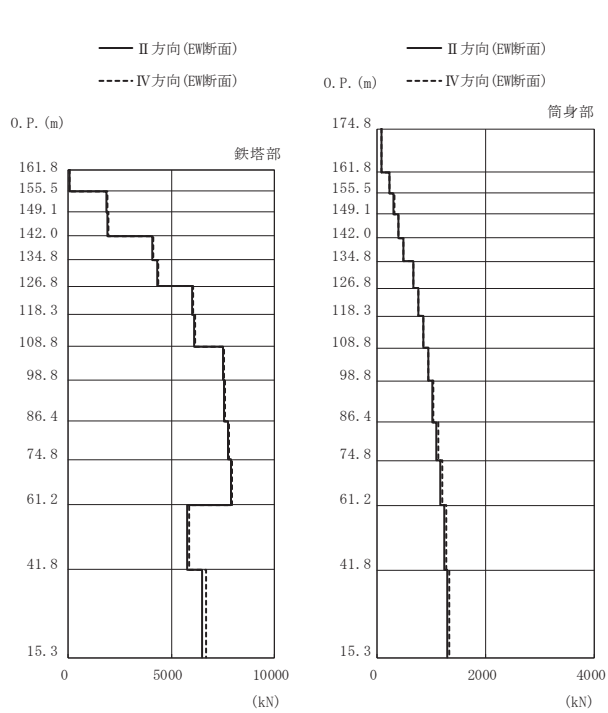
図 4-4(6) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s)



高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	92.3	106
155.5	A'	A - A'	72.6	77.2	227	261
149.1	B	A' - B	1340	1150	314	360
142.0	B'	B - B'	1400	1200	403	462
134.8	C	B' - C	3010	2570	493	566
126.8	C'	C - C'	3220	2740	678	778
118.3	D	C' - D	4390	3700	769	883
108.8	D'	D - D'	4460	3770	860	986
98.8	E	D' - E	5510	4780	946	1090
86.4	E'	E - E'	5580	4900	1030	1170
74.8	F	E' - F	5670	4970	1110	1260
61.2	G	F - G	5790	5150	1190	1330
41.8	H	G - H	4180	3690	1270	1410
15.3	I	H - I	4740	4260	1320	1500

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(m) S s - N 1 (直交方向)

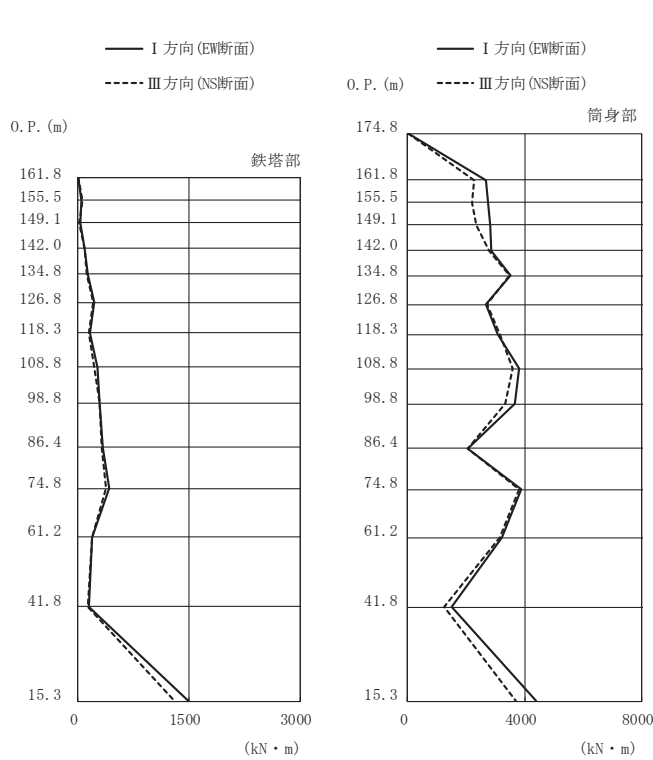


高さ (m)	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.						
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	91.6	92.6
155.5	A'	A - A'	75.7	76.2	225	228
149.1	B	A' - B	1840	1880	311	315
142.0	B'	B - B'	1900	1950	400	404
134.8	C	B' - C	4070	4130	489	494
126.8	C'	C - C'	4300	4360	674	680
118.3	D	C' - D	6010	6070	765	771
108.8	D'	D - D'	6090	6150	855	862
98.8	E	D' - E	7480	7540	942	948
86.4	E'	E - E'	7550	7610	1020	1040
74.8	F	E' - F	7750	7800	1100	1130
61.2	G	F - G	7890	7910	1170	1210
41.8	H	G - H	5780	5870	1240	1280
15.3	I	H - I	6510	6660	1300	1340

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(n) S s - N 1 (斜め方向)

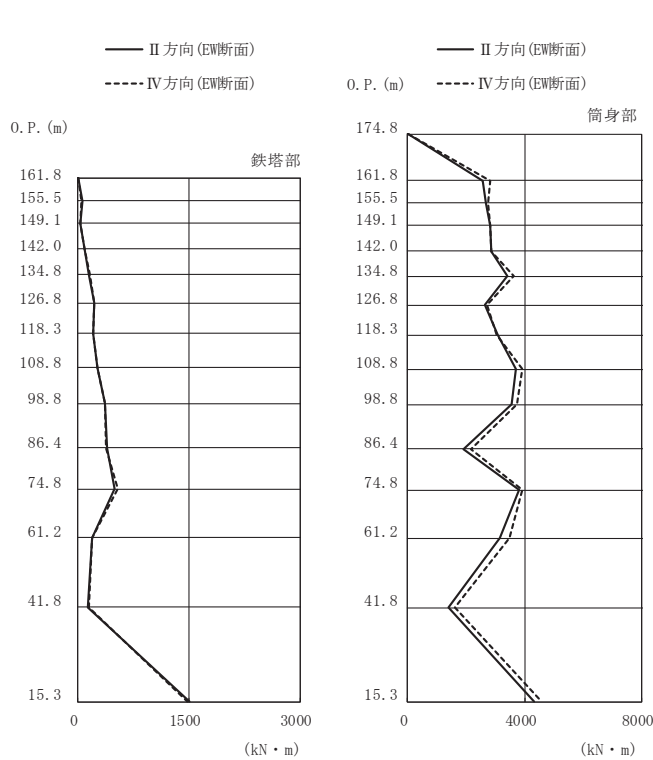
図 4-4(7) 最大応答軸力 (基準地震動 S s)



(a) S s - D 1 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.7	2.3	2690	2280
155.5	A'	53.1	56.1	2740	2200
149.1	B	29.7	25.0	2830	2340
142.0	B'	93.1	93.0	2860	2780
134.8	C	132	118	3510	3470
126.8	C'	221	211	2660	2700
118.3	D	157	152	3070	3150
108.8	D'	261	222	3820	3600
98.8	E	292	287	3670	3350
86.4	E'	343	325	2050	2060
74.8	F	417	385	3890	3810
61.2	G	192	186	3230	3160
41.8	H	147	133	1490	1260
15.3	I	1500	1310	4400	3700

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

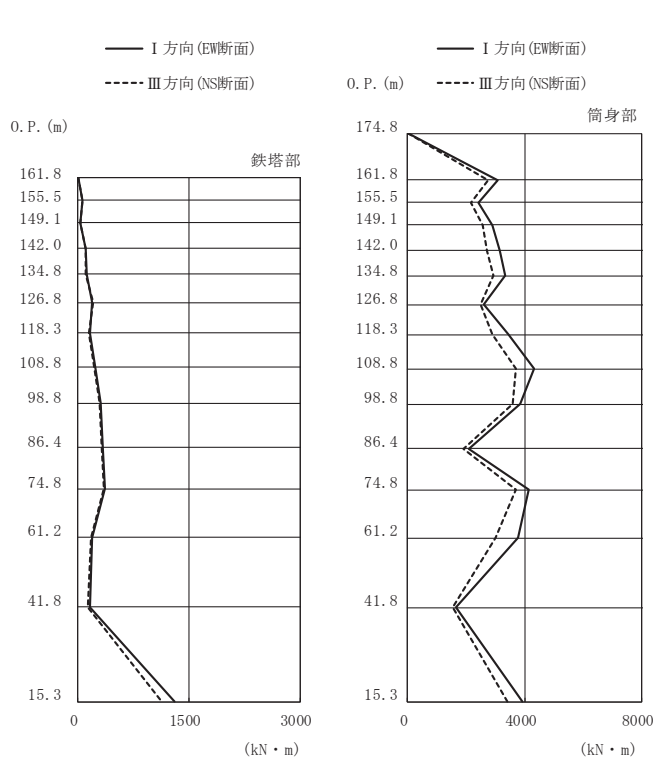


(b) S s - D 1 (斜め方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	3.5	3.0	2560	2810
155.5	A'	55.4	54.6	2690	2760
149.1	B	35.8	37.3	2820	2820
142.0	B'	96.0	94.2	2850	2850
134.8	C	148	157	3400	3620
126.8	C'	222	224	2630	2700
118.3	D	201	201	3080	3060
108.8	D'	259	267	3700	3940
98.8	E	360	361	3570	3750
86.4	E'	390	386	1900	2150
74.8	F	492	546	3820	3930
61.2	G	195	197	3150	3490
41.8	H	141	142	1400	1620
15.3	I	1510	1480	4340	4580

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

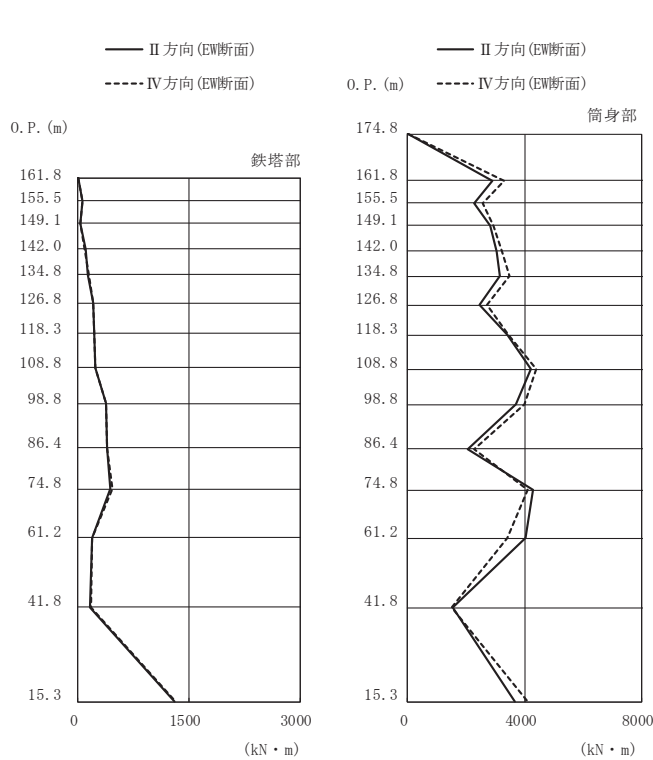
図 4-5(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s)



(c) S s - D 2 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.5	2.0	3070	2760
155.5	A'	59.7	58.3	2410	2150
149.1	B	29.1	25.9	2900	2580
142.0	B'	102	98.6	3140	2710
134.8	C	119	112	3320	2920
126.8	C'	199	212	2600	2500
118.3	D	168	146	3450	2880
108.8	D'	239	221	4320	3700
98.8	E	311	287	3840	3610
86.4	E'	337	318	2100	1920
74.8	F	362	354	4160	3720
61.2	G	193	182	3790	2990
41.8	H	166	133	1640	1550
15.3	I	1300	1140	3940	3410

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

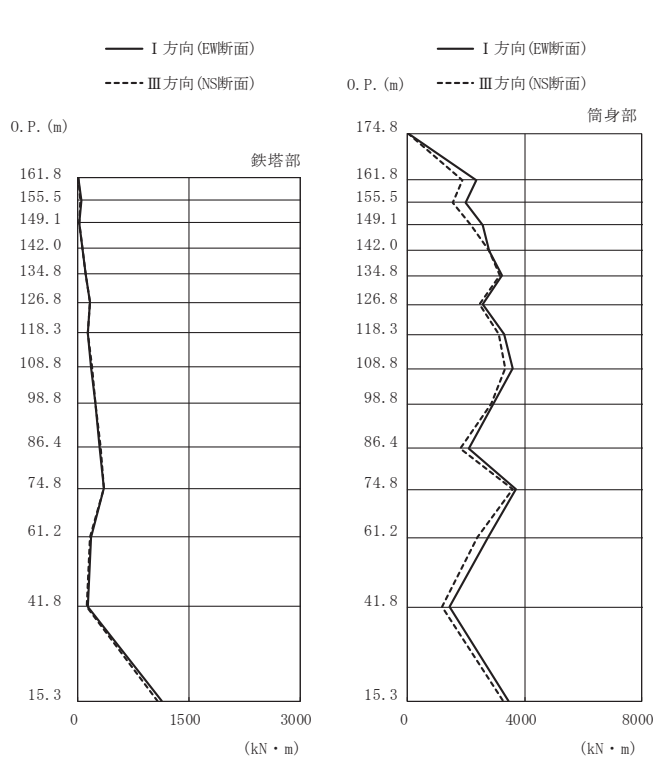


(d) S s - D 2 (斜め方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	3.1	2.4	2890	3310
155.5	A'	59.2	58.6	2280	2570
149.1	B	36.3	39.3	2820	2950
142.0	B'	102	98.0	3030	3230
134.8	C	138	144	3160	3470
126.8	C'	209	208	2470	2700
118.3	D	223	222	3420	3450
108.8	D'	238	236	4210	4410
98.8	E	385	373	3690	3980
86.4	E'	390	388	2040	2270
74.8	F	444	468	4280	4090
61.2	G	189	194	4040	3410
41.8	H	169	175	1560	1510
15.3	I	1310	1320	3680	4100

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

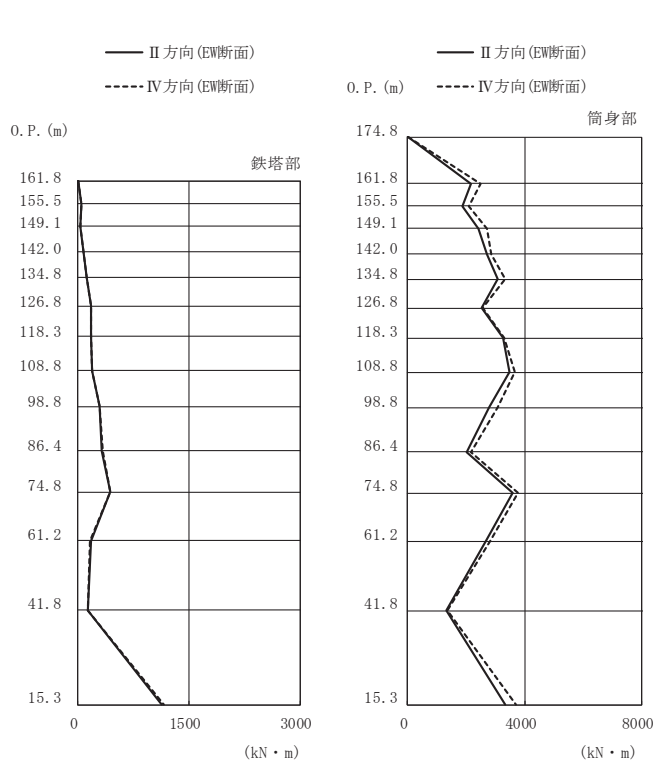
図 4-5(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.0	1.6	2350	1870
155.5	A'	41.5	38.7	1980	1530
149.1	B	23.6	20.9	2570	2170
142.0	B'	68.2	65.6	2790	2800
134.8	C	103	101	3210	3160
126.8	C'	160	158	2570	2450
118.3	D	137	132	3290	3130
108.8	D'	180	188	3590	3350
98.8	E	240	240	2940	2850
86.4	E'	299	304	2090	1810
74.8	F	358	355	3700	3610
61.2	G	173	163	2750	2390
41.8	H	138	121	1420	1160
15.3	I	1140	1080	3430	3250

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(e) S s - D 3 (直交方向)

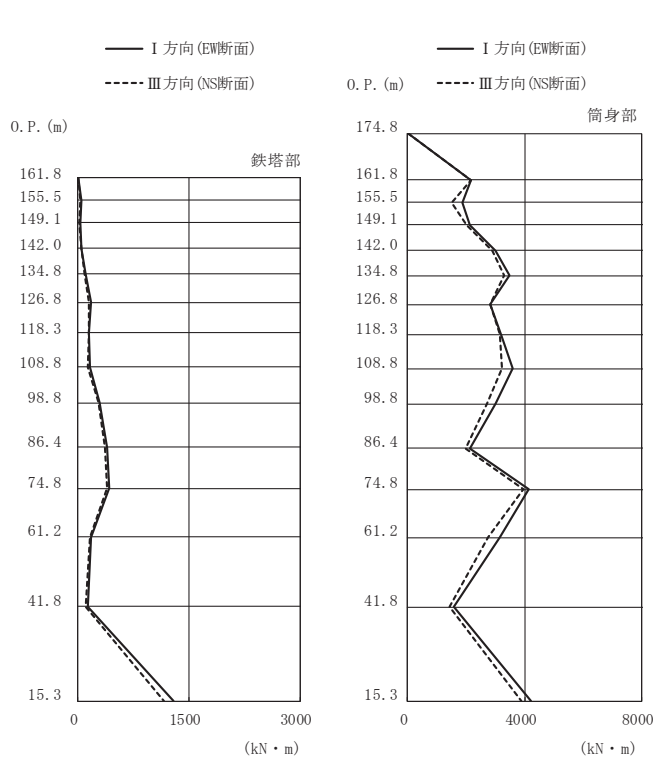


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.4	2.1	2180	2500
155.5	A'	44.7	41.8	1860	2080
149.1	B	25.8	27.8	2420	2700
142.0	B'	70.2	70.6	2700	2860
134.8	C	116	123	3070	3340
126.8	C'	175	175	2530	2580
118.3	D	171	171	3280	3290
108.8	D'	191	195	3480	3670
98.8	E	289	292	2790	3070
86.4	E'	324	330	2000	2150
74.8	F	435	440	3610	3790
61.2	G	176	163	2680	2820
41.8	H	138	131	1320	1360
15.3	I	1140	1160	3330	3690

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(f) S s - D 3 (斜め方向)

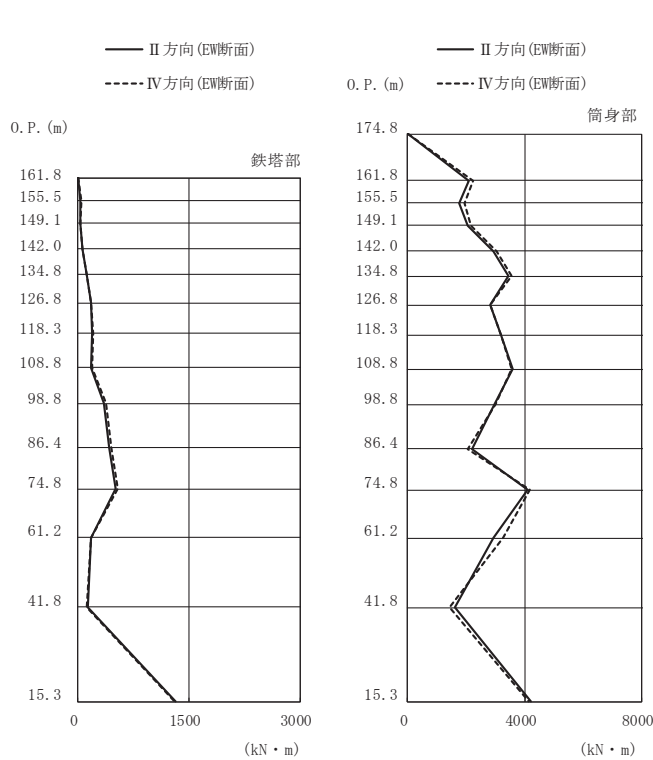
図 4-5(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.2	1.9	2160	2160
155.5	A'	40.4	35.9	1860	1520
149.1	B	26.0	24.6	2110	2030
142.0	B'	52.7	44.6	3010	2890
134.8	C	103	87.1	3490	3310
126.8	C'	171	153	2820	2840
118.3	D	155	143	3190	3160
108.8	D'	165	141	3590	3230
98.8	E	296	281	2990	2720
86.4	E'	390	367	2140	1970
74.8	F	418	401	4140	3960
61.2	G	179	157	3140	2750
41.8	H	127	106	1580	1450
15.3	I	1290	1160	4210	3900

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(g) S s - F 1 (直交方向)

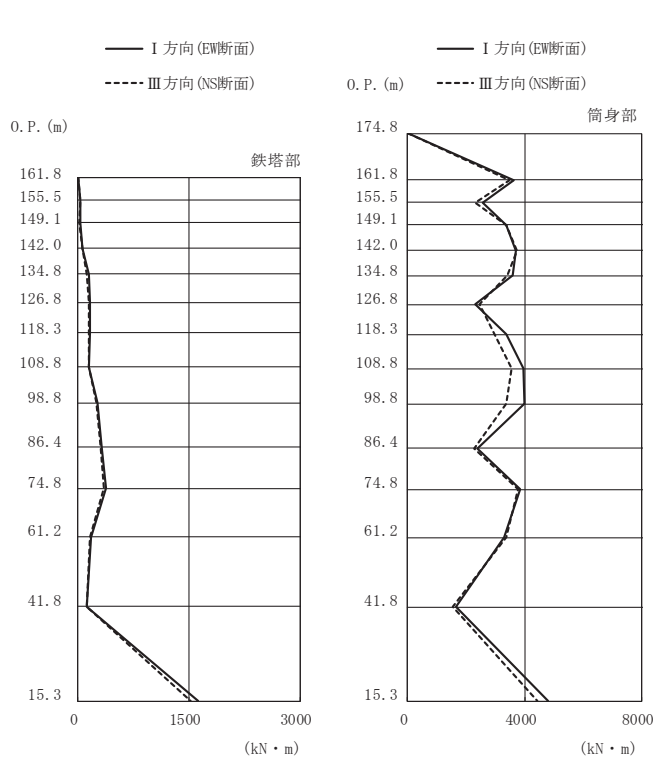


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.9	2.4	2090	2230
155.5	A'	38.9	40.9	1770	1940
149.1	B	30.4	32.0	2060	2150
142.0	B'	57.1	55.7	2950	3060
134.8	C	121	119	3440	3540
126.8	C'	177	177	2830	2820
118.3	D	191	200	3180	3200
108.8	D'	179	186	3610	3560
98.8	E	352	377	2960	3010
86.4	E'	425	447	2190	2070
74.8	F	516	533	4110	4180
61.2	G	180	172	2930	3250
41.8	H	132	116	1610	1450
15.3	I	1320	1300	4200	4160

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(h) S s - F 1 (斜め方向)

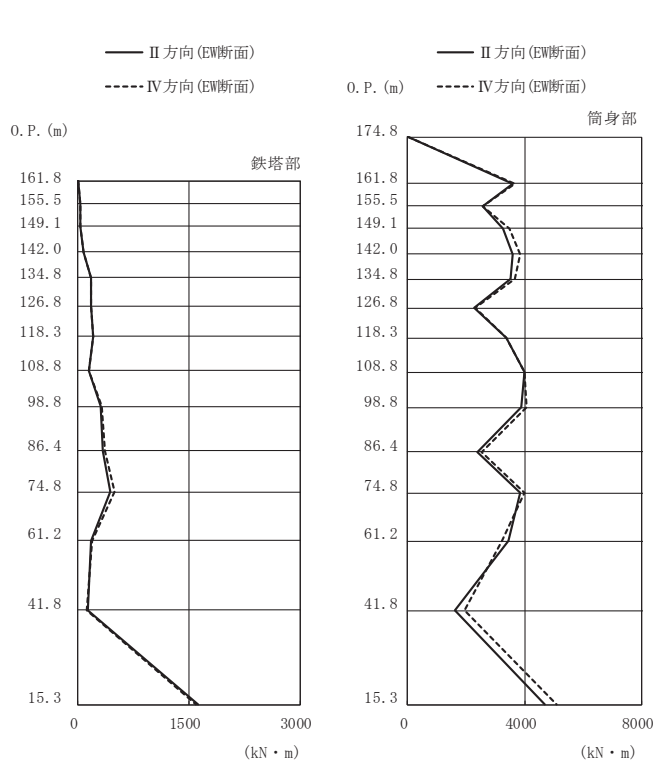
図 4-5(4) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.3	2.1	3630	3480
155.5	A'	36.6	32.2	2550	2310
149.1	B	29.6	25.5	3370	3360
142.0	B'	61.0	54.8	3710	3730
134.8	C	143	124	3600	3420
126.8	C'	157	147	2300	2440
118.3	D	156	146	3380	2960
108.8	D'	145	145	3950	3560
98.8	E	262	257	3990	3390
86.4	E'	316	312	2390	2260
74.8	F	383	358	3850	3760
61.2	G	172	166	3310	3370
41.8	H	121	115	1670	1550
15.3	I	1620	1520	4820	4450

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(i) S_s-F 2 (直交方向)

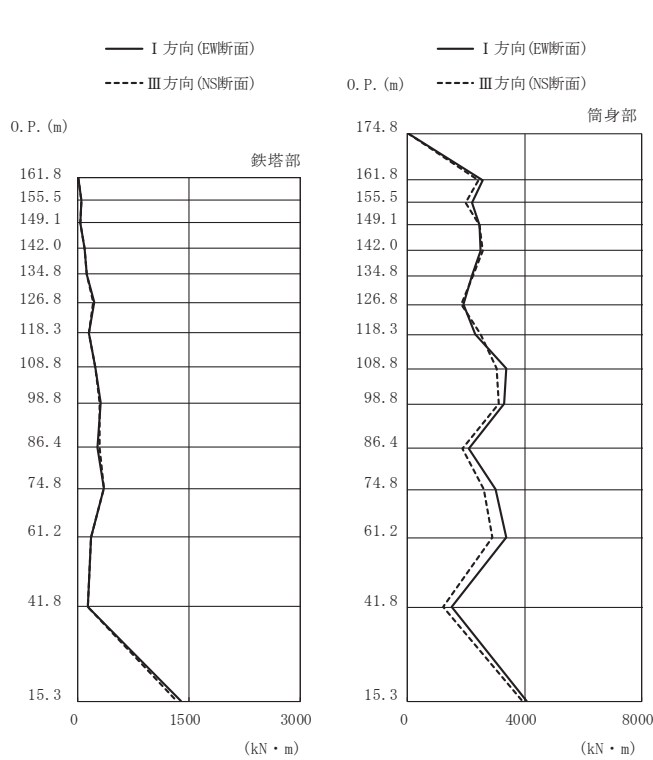


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	3.0	2.4	3580	3660
155.5	A'	37.7	37.5	2550	2580
149.1	B	37.7	39.5	3270	3470
142.0	B'	71.8	73.2	3580	3840
134.8	C	171	184	3520	3660
126.8	C'	173	175	2270	2310
118.3	D	202	200	3360	3380
108.8	D'	153	154	3990	3980
98.8	E	310	327	3900	4060
86.4	E'	342	372	2370	2540
74.8	F	442	495	3840	3990
61.2	G	172	188	3430	3240
41.8	H	131	115	1610	1930
15.3	I	1630	1600	4710	5080

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(j) S_s-F 2 (斜め方向)

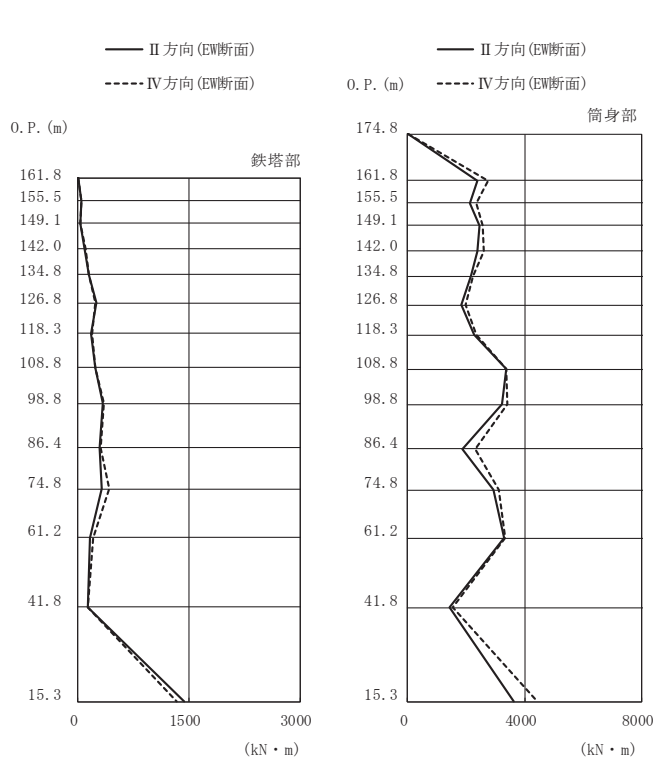
図 4-5(5) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.0	1.7	2560	2430
155.5	A'	48.9	52.4	2200	1970
149.1	B	31.7	31.9	2470	2470
142.0	B'	93.2	94.0	2500	2550
134.8	C	125	118	2200	2230
126.8	C'	225	213	1920	1830
118.3	D	152	143	2310	2510
108.8	D'	231	242	3380	3040
98.8	E	311	293	3300	3130
86.4	E'	268	292	2100	1860
74.8	F	348	356	3020	2620
61.2	G	178	178	3370	2890
41.8	H	139	134	1490	1230
15.3	I	1390	1330	4060	3920

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(k) S_s-F3 (直交方向)

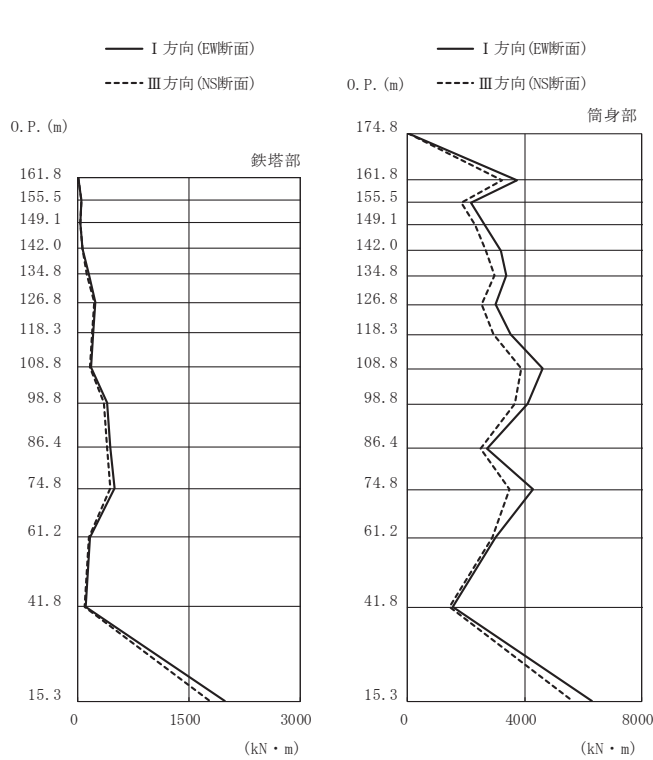


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.4	2.0	2380	2760
155.5	A'	52.4	51.5	2120	2350
149.1	B	36.8	37.4	2440	2570
142.0	B'	94.8	99.9	2380	2620
134.8	C	148	152	2180	2240
126.8	C'	243	241	1840	1970
118.3	D	181	194	2280	2350
108.8	D'	233	241	3370	3380
98.8	E	343	355	3220	3410
86.4	E'	295	315	1880	2310
74.8	F	326	428	2920	3100
61.2	G	164	206	3290	3320
41.8	H	134	138	1430	1530
15.3	I	1430	1330	3620	4440

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(l) S_s-F3 (斜め方向)

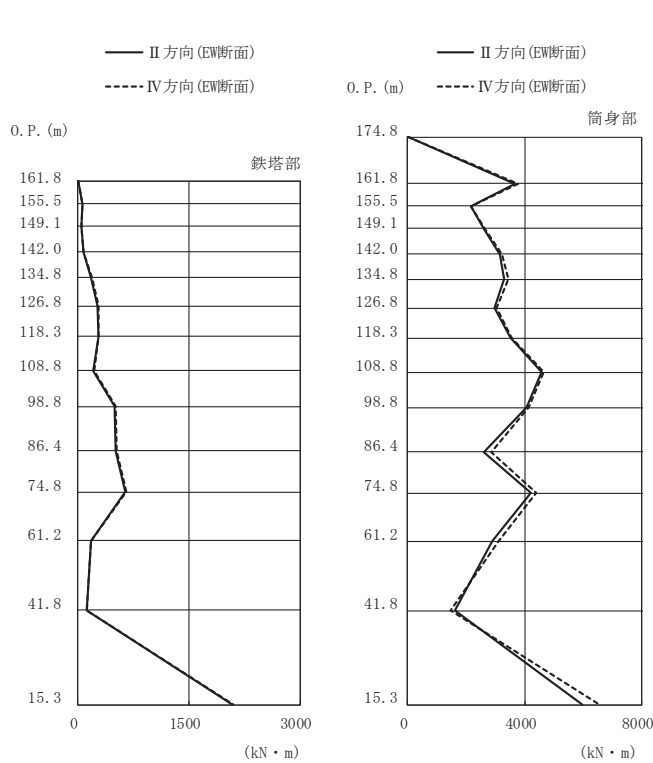
図 4-5(6) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s)



(m) S s - N 1 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	3.1	2.6	3740	3210
155.5	A'	52.2	45.6	2170	1840
149.1	B	38.3	34.7	2640	2320
142.0	B'	66.4	67.6	3180	2670
134.8	C	148	125	3380	2960
126.8	C'	242	218	3010	2530
118.3	D	208	187	3530	2920
108.8	D'	182	167	4630	3900
98.8	E	399	358	4110	3670
86.4	E'	438	392	2730	2500
74.8	F	491	443	4290	3470
61.2	G	167	151	3020	2890
41.8	H	109	93.6	1560	1450
15.3	I	1990	1790	6290	5660

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

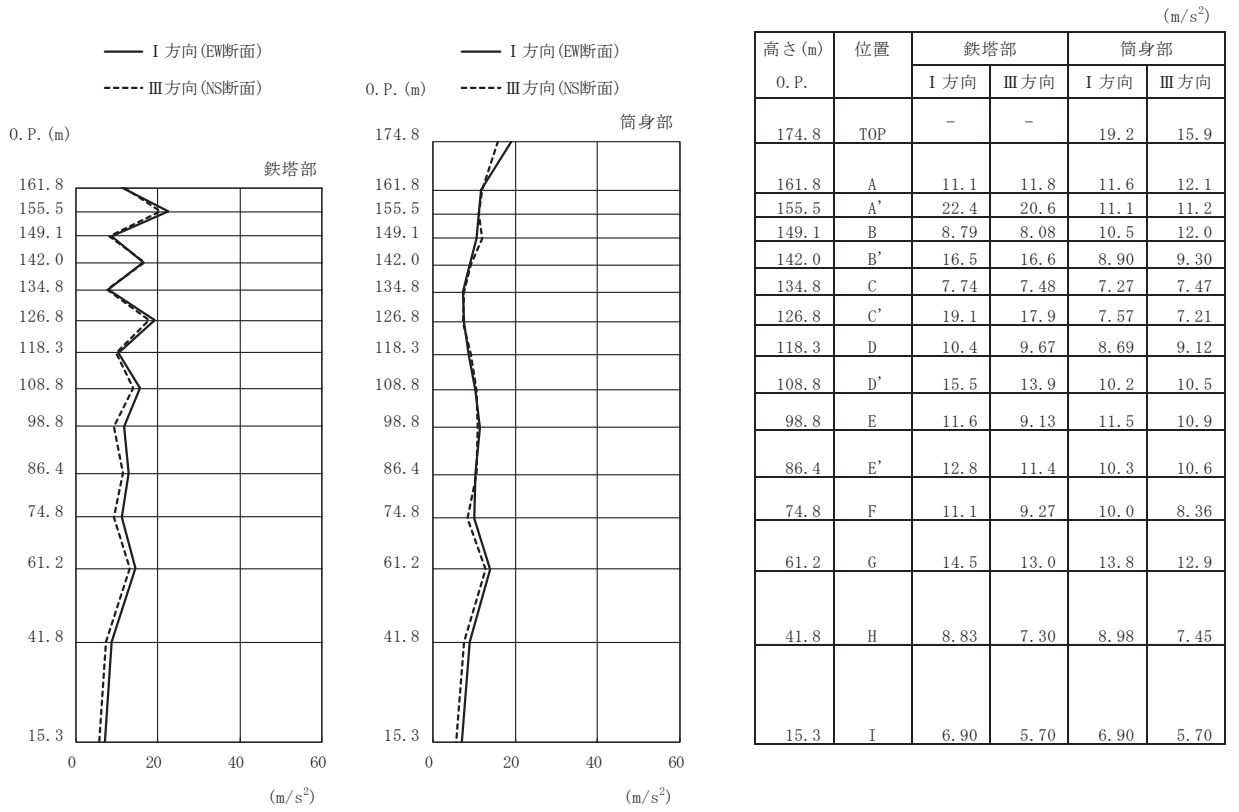


(n) S s - N 1 (斜め方向)

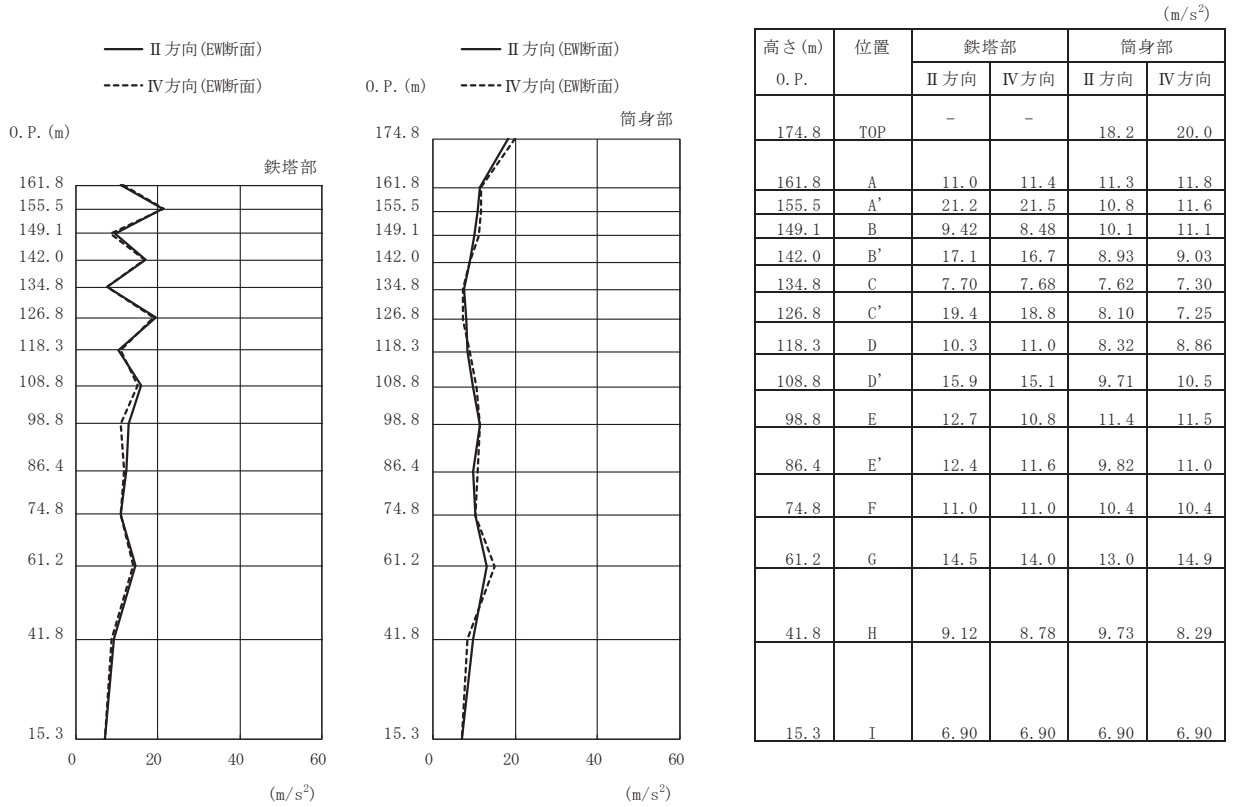
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	4.3	3.3	3680	3790
155.5	A'	54.9	55.6	2180	2150
149.1	B	47.4	49.6	2620	2650
142.0	B'	73.7	74.9	3140	3210
134.8	C	183	189	3300	3440
126.8	C'	269	277	2960	3040
118.3	D	281	285	3510	3560
108.8	D'	210	214	4580	4670
98.8	E	500	513	4080	4140
86.4	E'	504	530	2610	2860
74.8	F	634	659	4230	4390
61.2	G	179	184	2900	3130
41.8	H	120	114	1600	1470
15.3	I	2090	2100	5970	6580

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

図 4-5(7) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s)

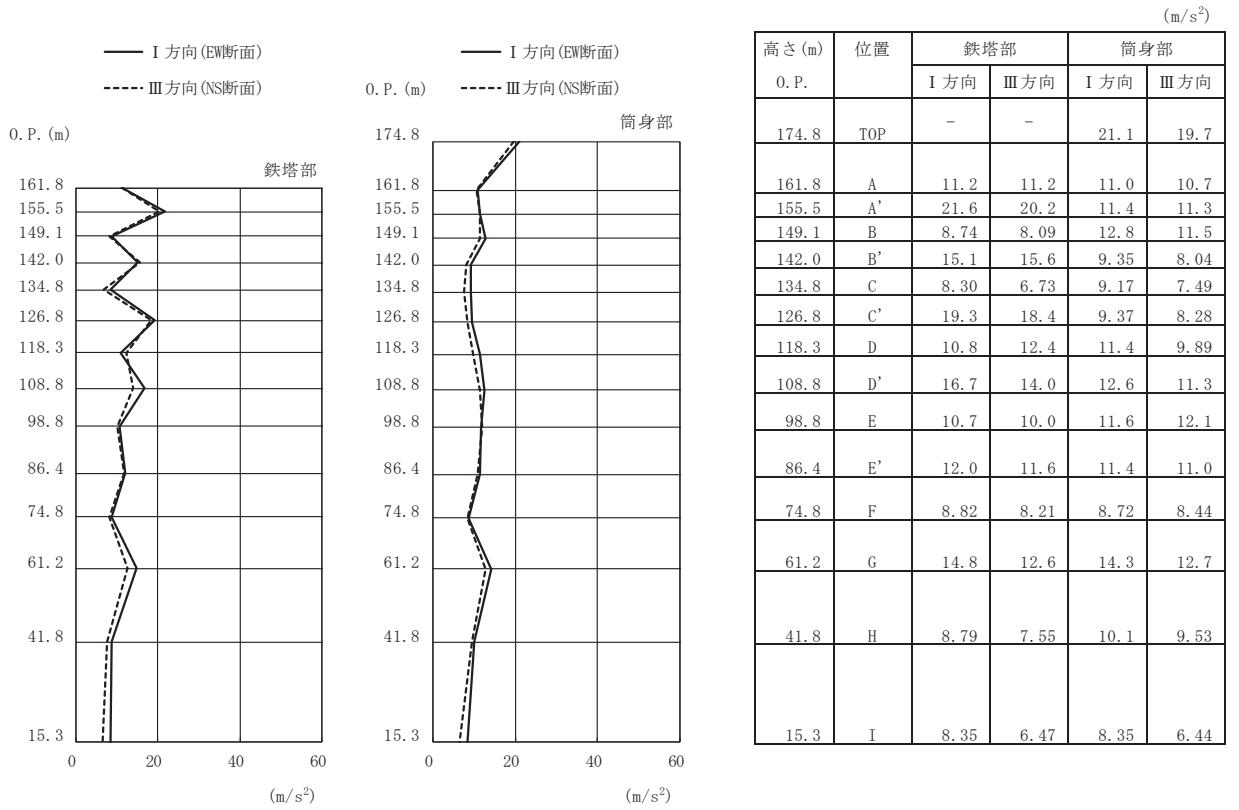


(a) S d - D 1 (直交方向)

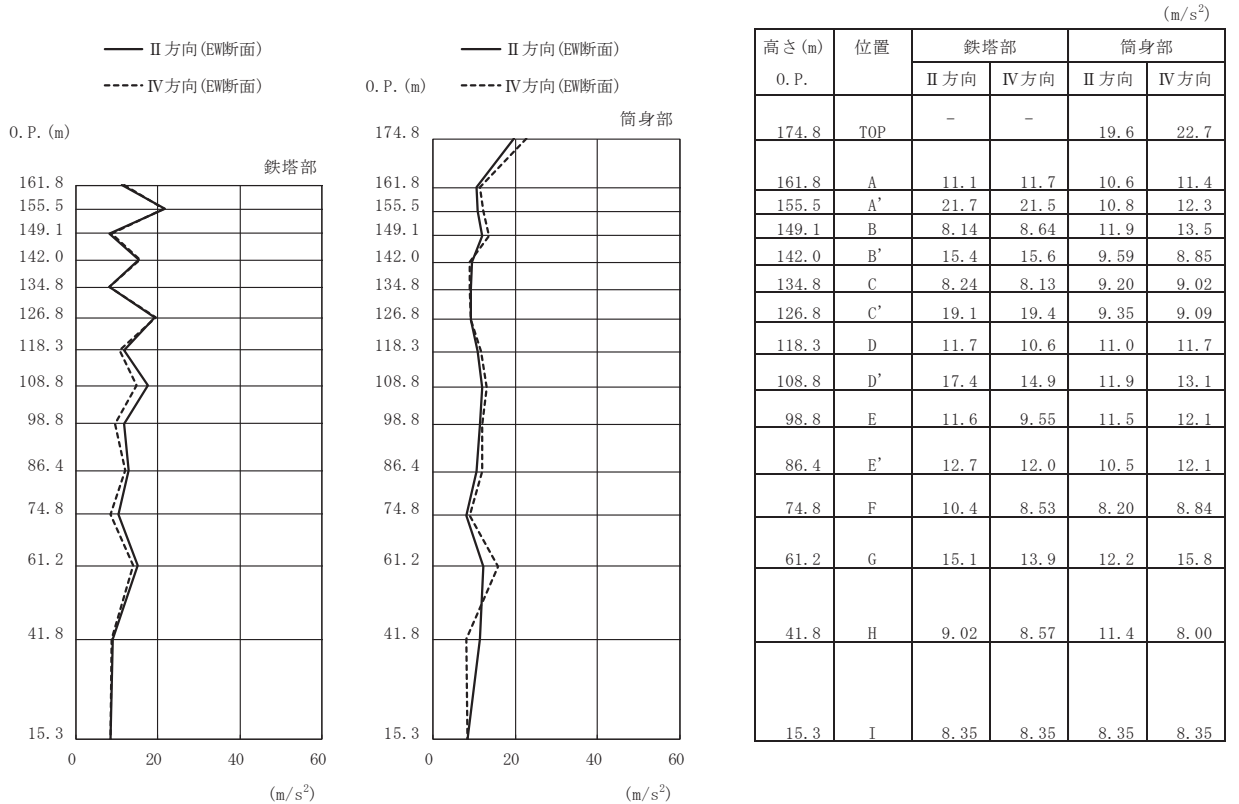


(b) S d - D 1 (斜め方向)

図 4-6(1) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

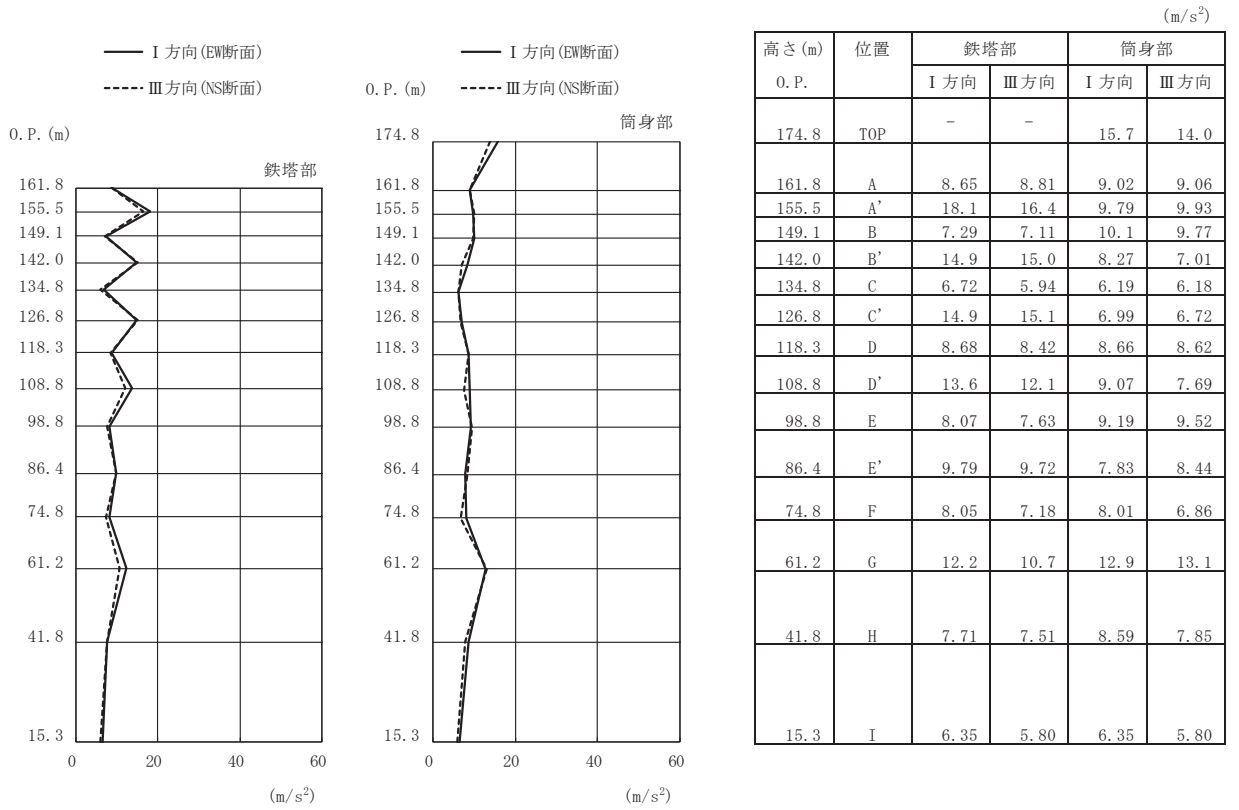


(c) S d - D 2 (直交方向)

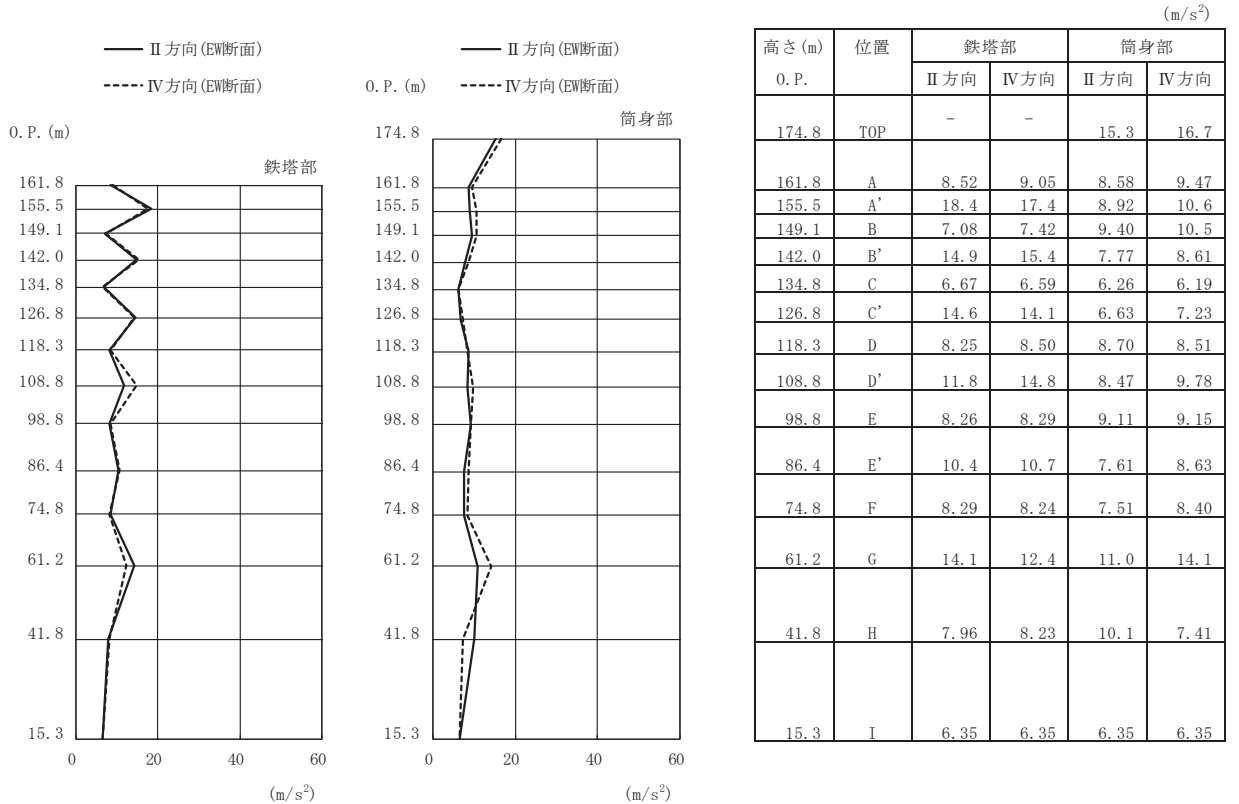


(d) S d - D 2 (斜め方向)

図 4-6(2) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

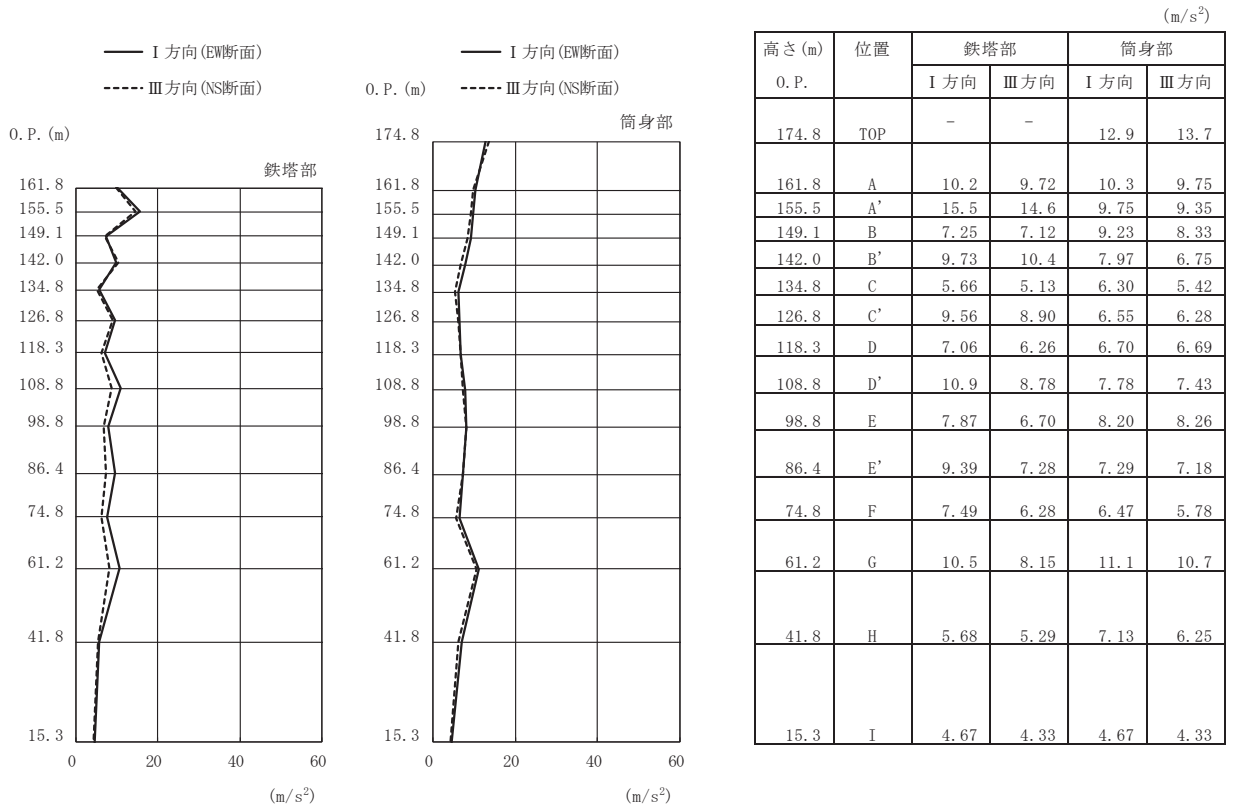


(e) S d - D 3 (直交方向)

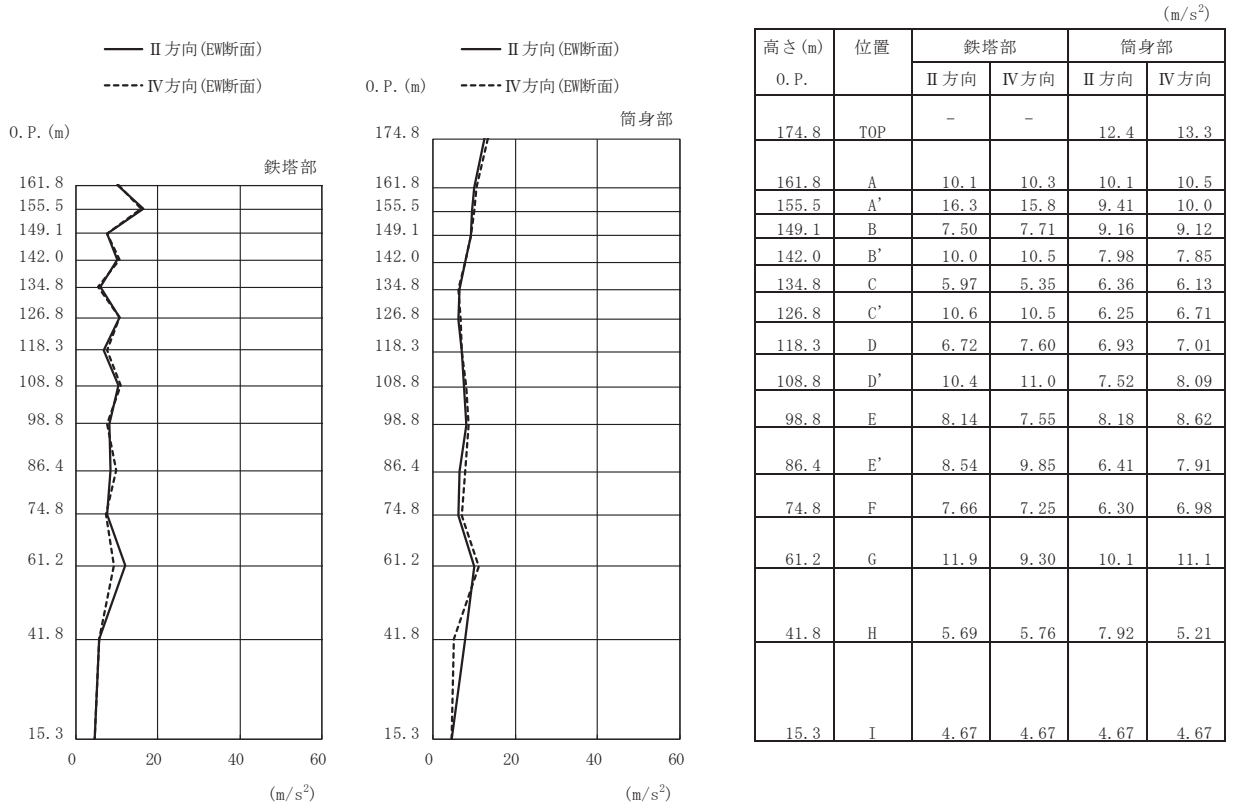


(f) S d - D 3 (斜め方向)

図 4-6(3) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

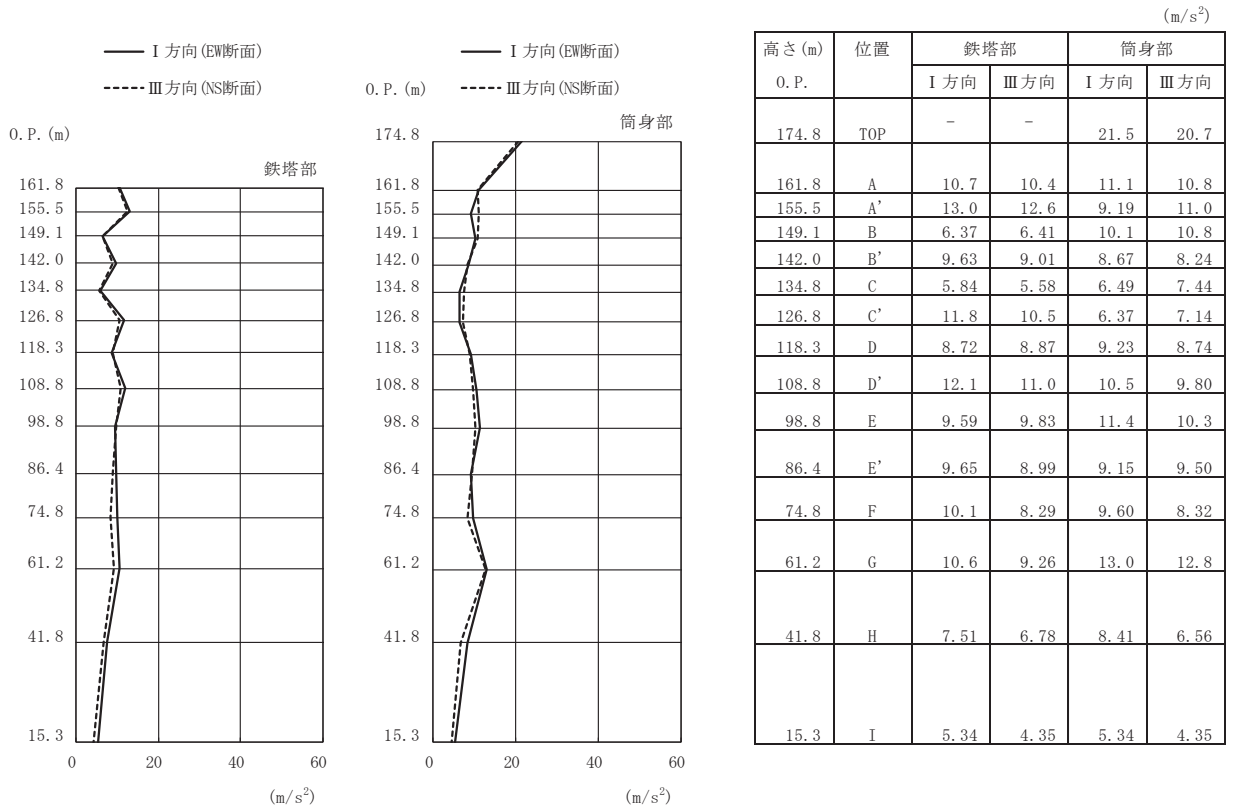


(g) S d - F 1 (直交方向)

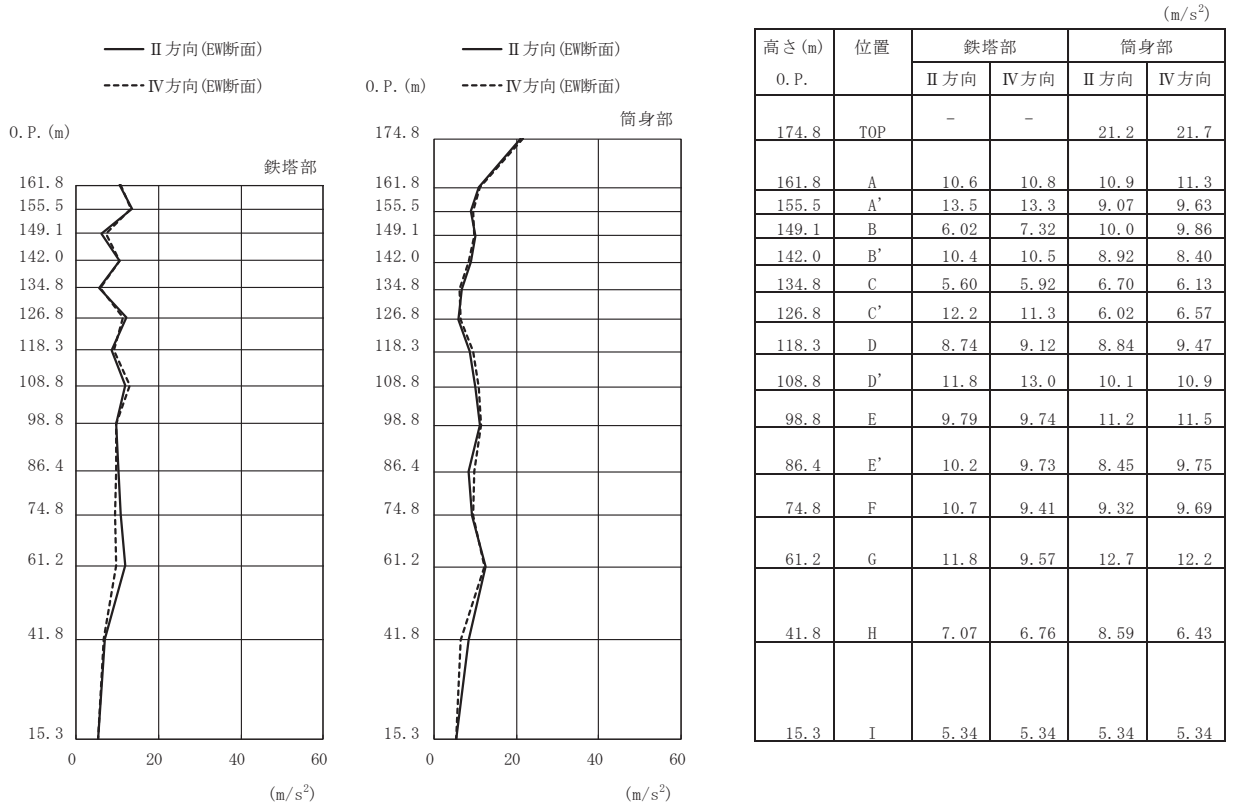


(h) S d - F 1 (斜め方向)

図 4-6(4) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

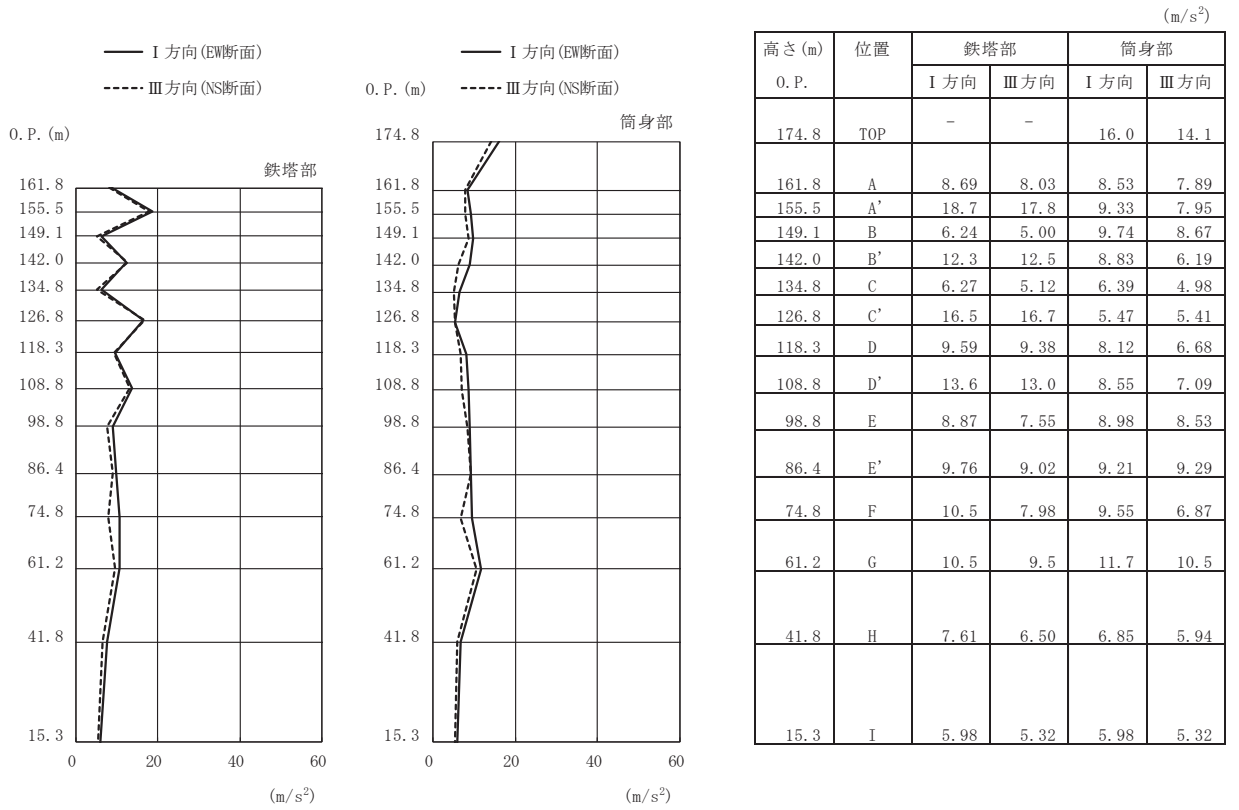


(i) S d - F 2 (直交方向)

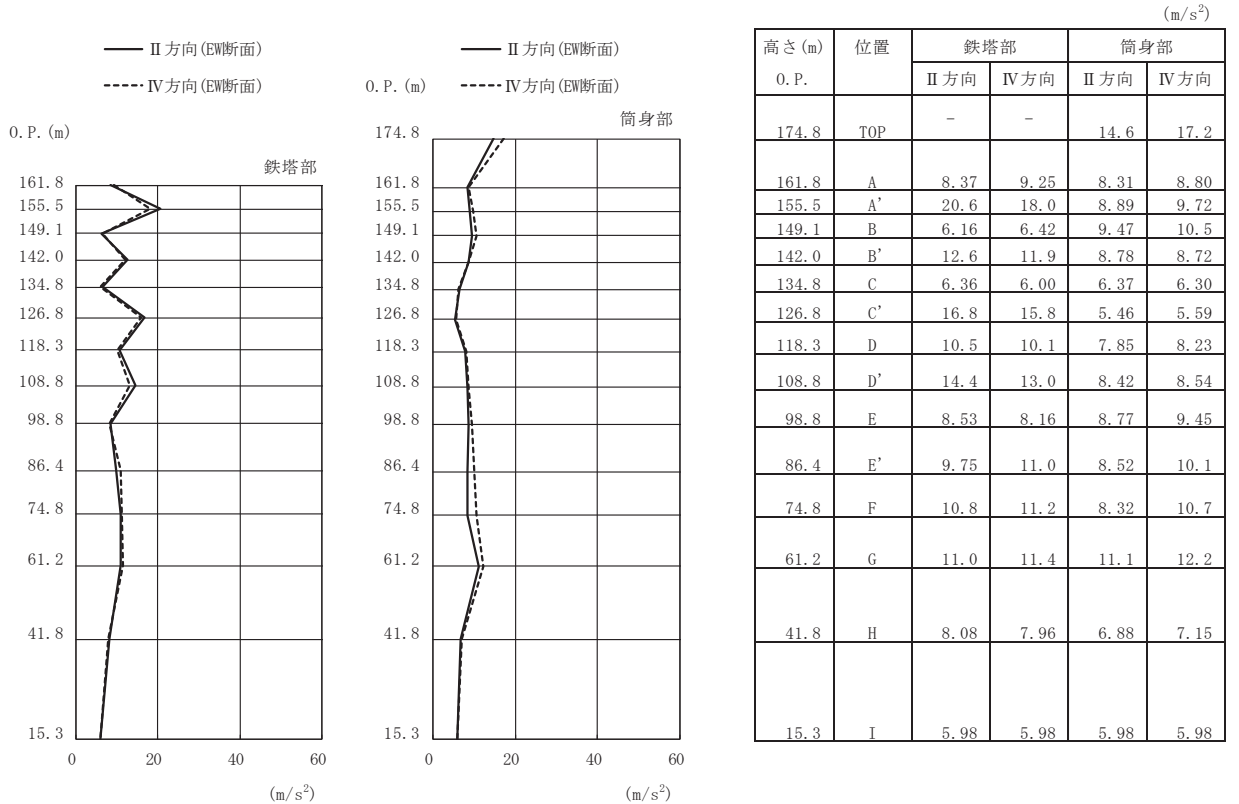


(j) S d - F 2 (斜め方向)

図 4-6(5) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

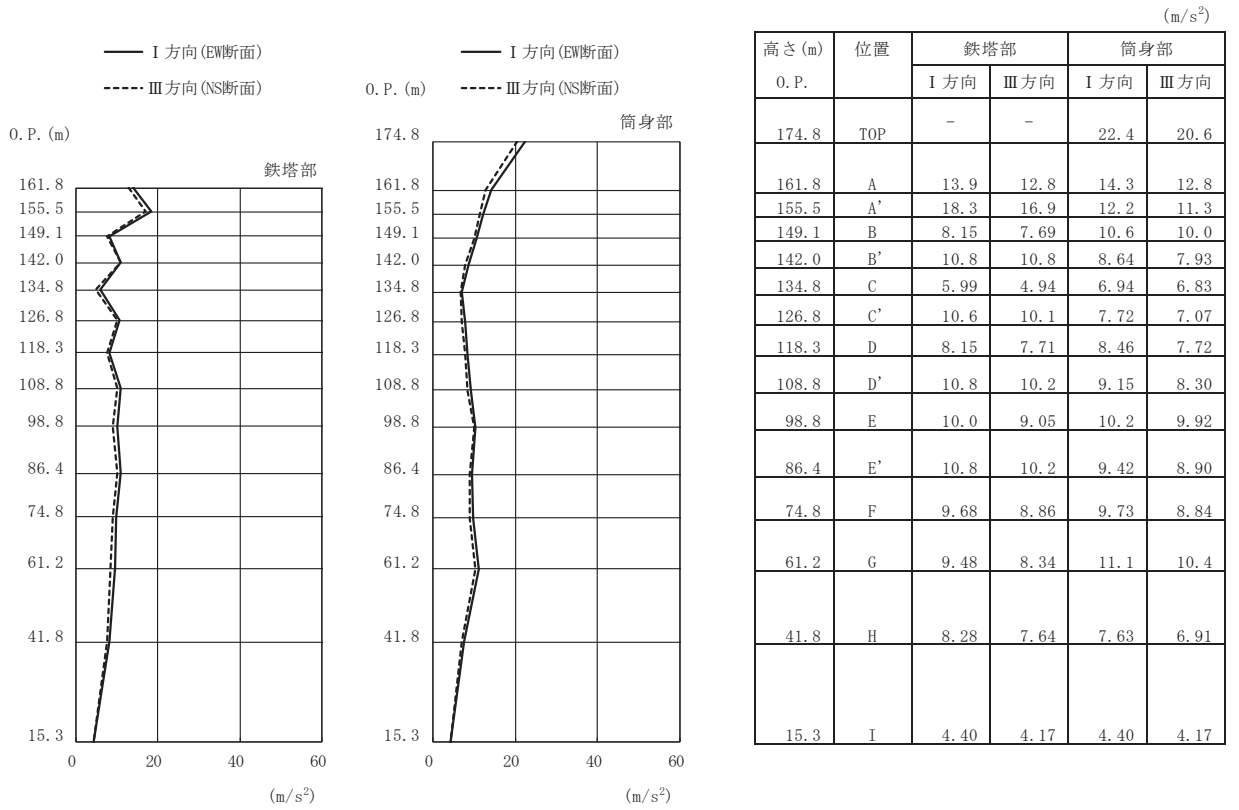


(k) S d - F 3 (直交方向)

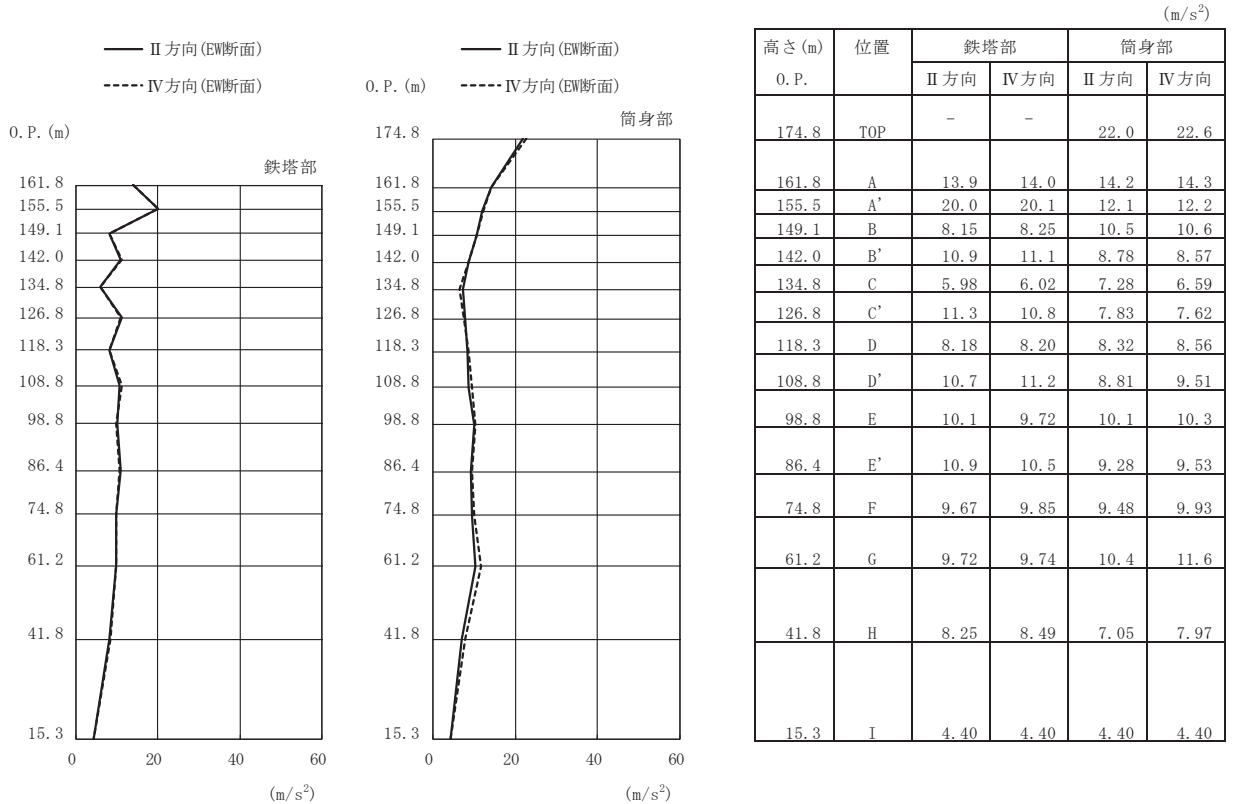


(l) S d - F 3 (斜め方向)

図 4-6(6) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

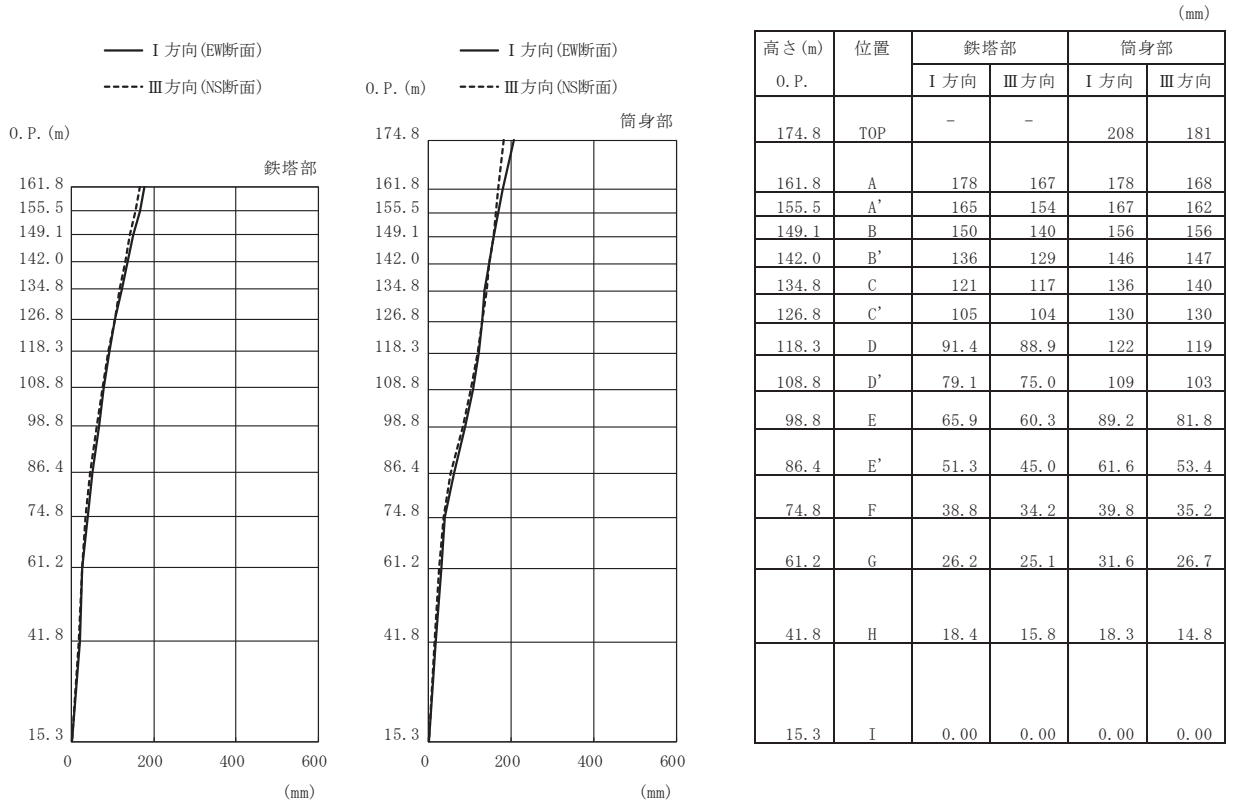


(m) S d - N 1 (直交方向)

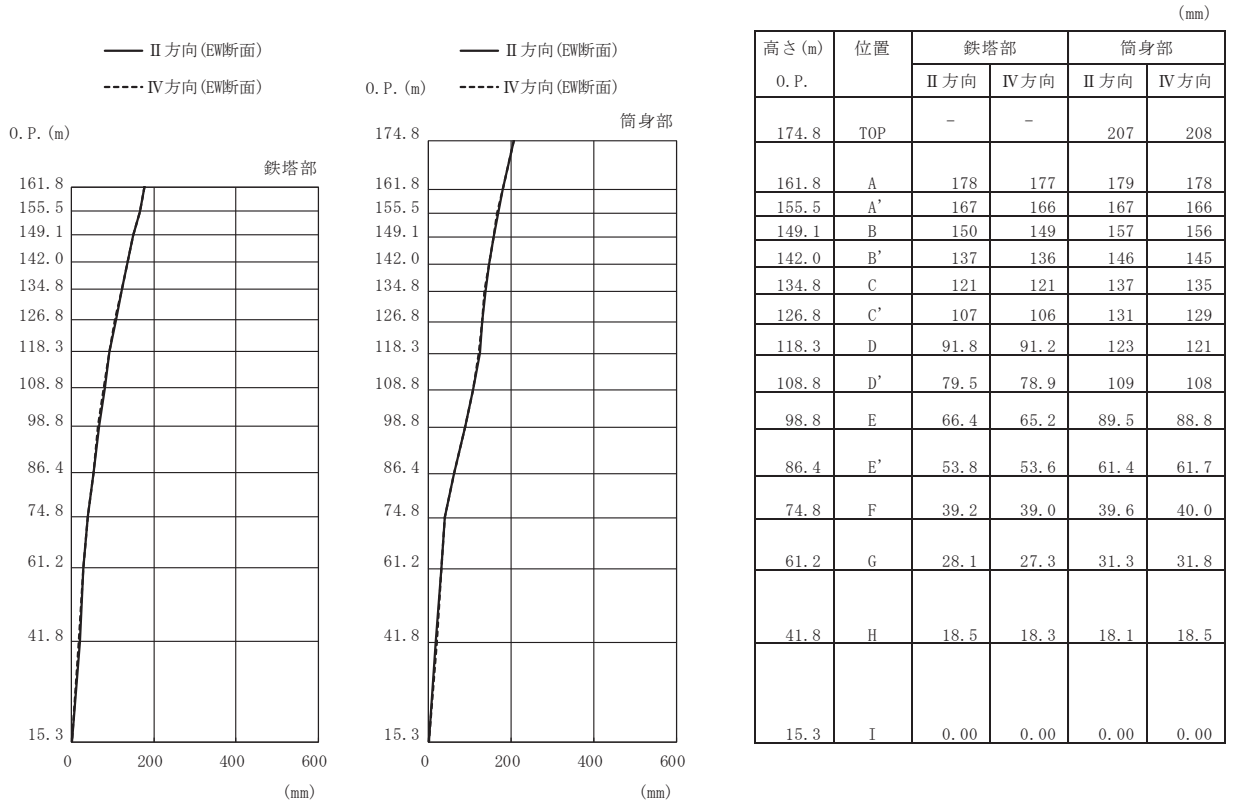


(n) S d - N 1 (斜め方向)

図 4-6(7) 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d)

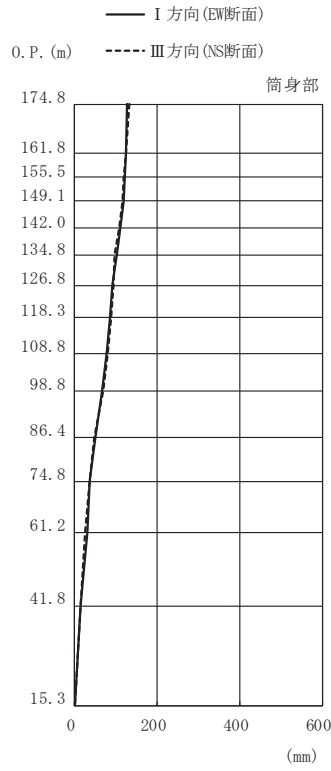
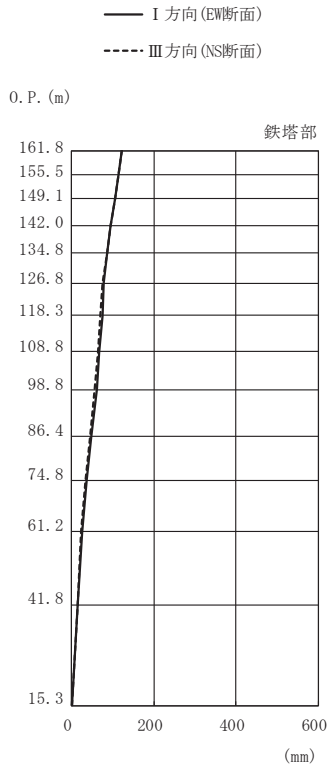


(a) S d - D 1 (直交方向)



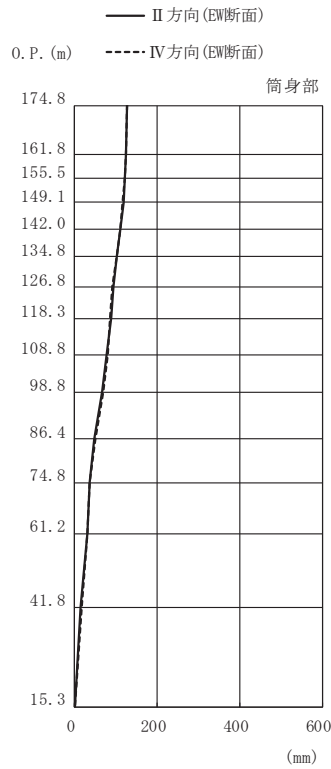
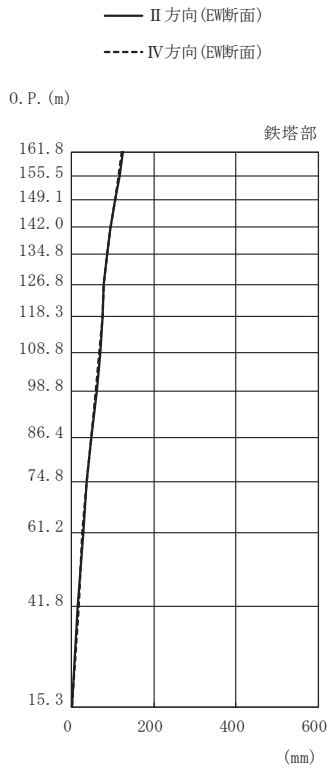
(b) S d - D 1 (斜め方向)

図 4-7(1) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	128	133
161.8	A	123	122	123	123
155.5	A'	115	114	121	119
149.1	B	105	104	118	115
142.0	B'	95.5	95.3	111	107
134.8	C	85.2	85.2	102	97.9
126.8	C'	78.4	75.4	92.3	92.7
118.3	D	74.0	70.6	87.1	88.4
108.8	D'	67.9	64.3	78.8	81.0
98.8	E	59.8	56.0	67.3	68.4
86.4	E'	47.7	44.7	48.9	47.2
74.8	F	36.7	34.5	36.9	35.0
61.2	G	25.5	23.7	29.6	26.2
41.8	H	15.6	14.7	15.3	13.8
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

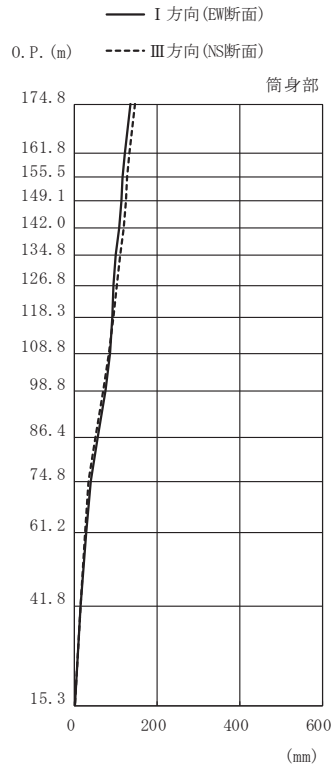
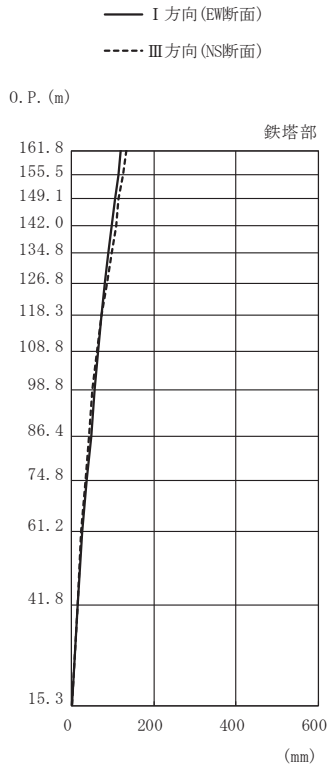
(c) S d - D 2 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	128	127
161.8	A	124	123	124	123
155.5	A'	116	115	122	121
149.1	B	105	105	118	117
142.0	B'	95.4	95.3	111	110
134.8	C	85.3	85.3	102	101
126.8	C'	78.5	78.7	93.5	91.0
118.3	D	74.0	73.8	88.0	86.2
108.8	D'	68.5	67.9	78.5	79.2
98.8	E	60.3	59.1	66.4	68.2
86.4	E'	48.5	48.1	48.7	49.1
74.8	F	36.9	36.4	36.9	36.9
61.2	G	27.6	25.9	29.5	29.8
41.8	H	15.4	15.9	14.3	16.0
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

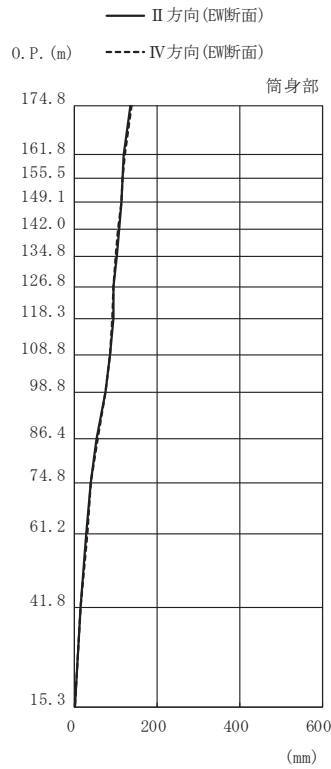
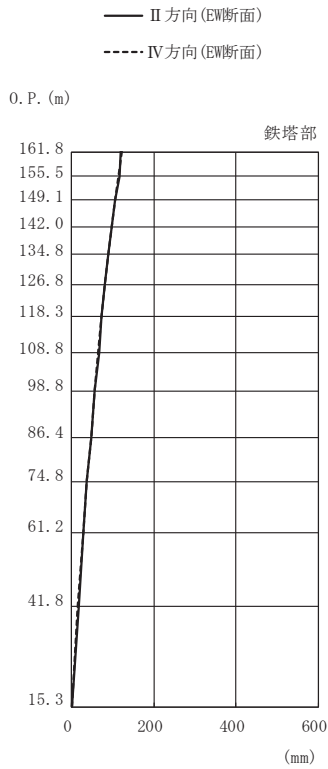
(d) S d - D 2 (斜め方向)

図 4-7(2) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	136	146
161.8	A	120	132	121	132
155.5	A'	114	125	117	128
149.1	B	105	115	112	123
142.0	B'	98.1	108	107	118
134.8	C	87.8	96.3	99.3	111
126.8	C'	80.6	86.4	94.8	103
118.3	D	72.8	73.0	92.5	94.0
108.8	D'	65.0	62.1	86.5	83.0
98.8	E	56.7	50.0	74.1	68.2
86.4	E'	46.6	40.9	54.3	49.0
74.8	F	37.3	32.4	38.3	33.2
61.2	G	26.3	23.3	29.1	25.3
41.8	H	15.3	14.4	14.3	13.1
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

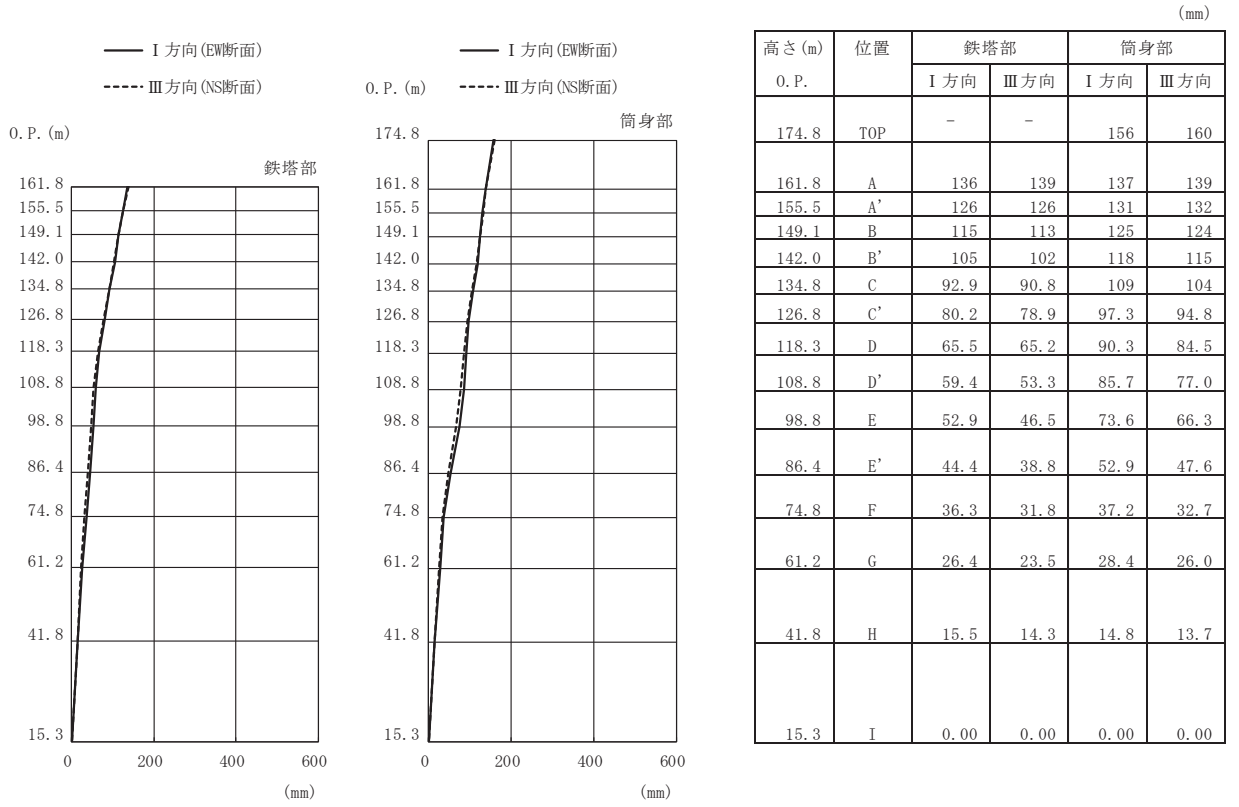
(e) S d - D 3 (直交方向)



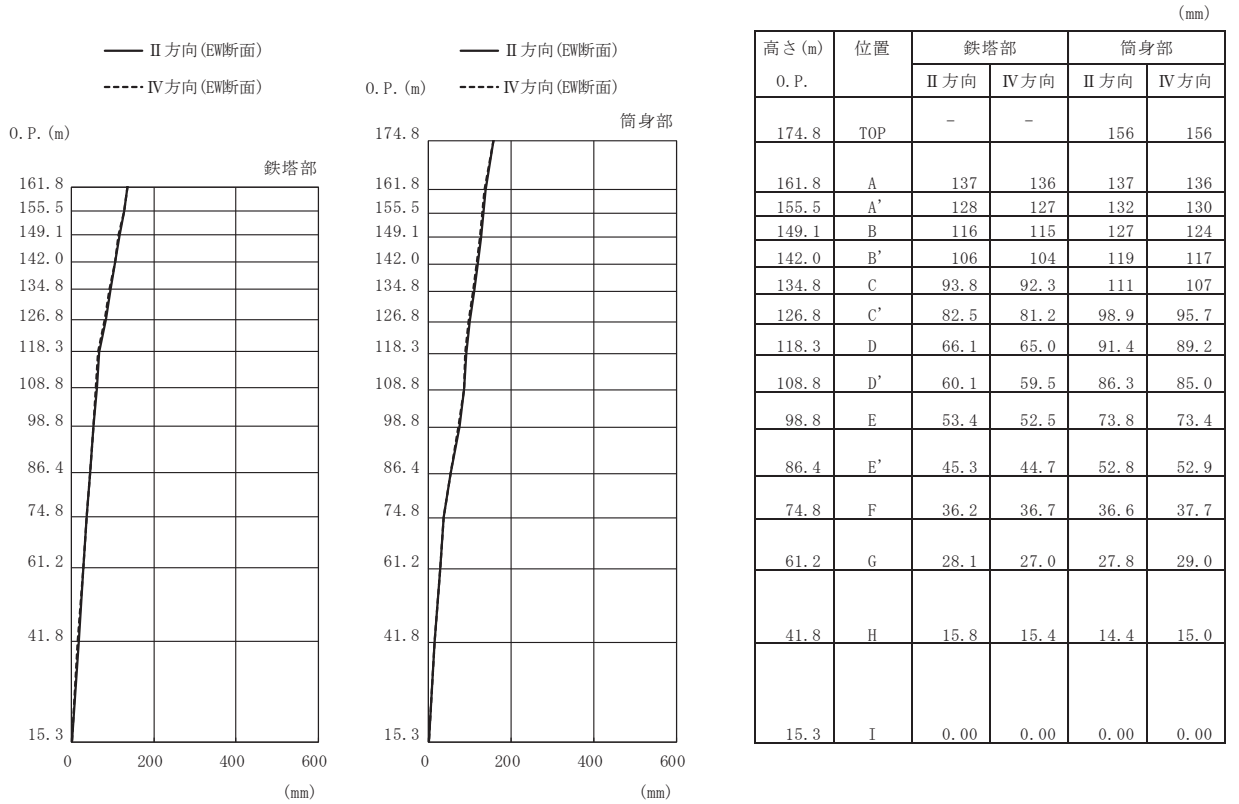
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	134	137
161.8	A	120	121	120	121
155.5	A'	116	115	117	116
149.1	B	105	105	113	112
142.0	B'	98.4	98.2	107	106
134.8	C	88.1	87.7	101	98.3
126.8	C'	81.1	80.6	95.0	94.6
118.3	D	73.1	72.6	93.0	91.9
108.8	D'	65.6	65.1	86.8	86.1
98.8	E	57.0	56.3	74.1	74.1
86.4	E'	47.8	47.5	54.1	54.5
74.8	F	37.3	37.7	37.9	38.8
61.2	G	27.8	27.5	28.4	29.7
41.8	H	15.7	15.3	13.7	14.9
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

(f) S d - D 3 (斜め方向)

図 4-7(3) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)

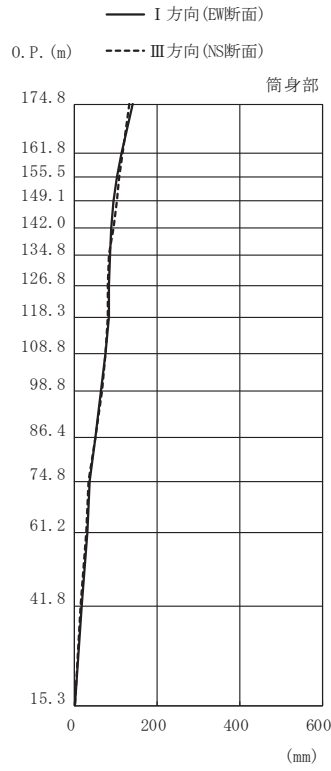
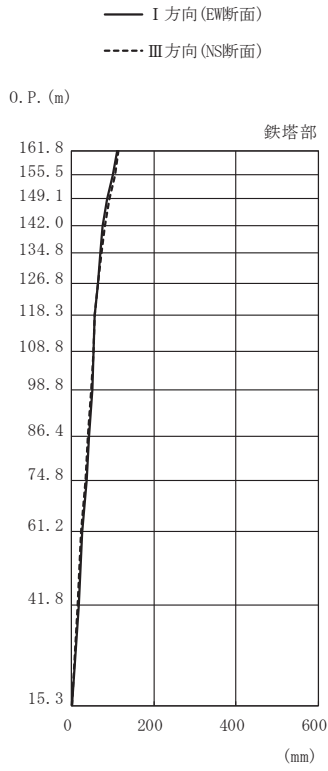


(g) S d - F 1 (直交方向)



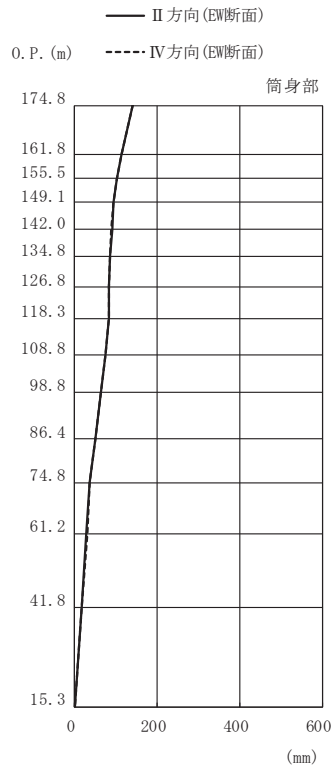
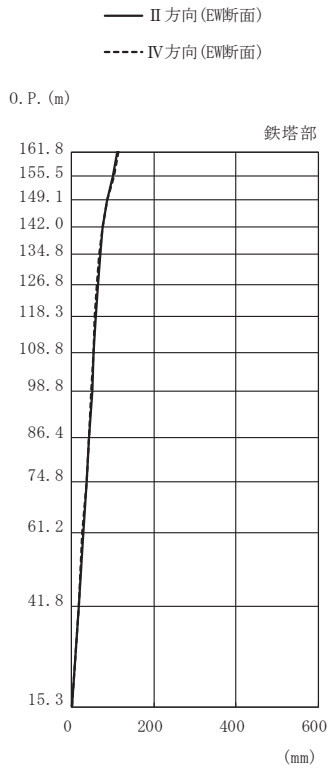
(h) S d - F 1 (斜め方向)

図 4-7(4) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	142	133
161.8	A	112	114	113	115
155.5	A'	100	104	103	108
149.1	B	86.6	92.1	93.6	102
142.0	B'	74.5	81.4	89.2	93.2
134.8	C	68.5	71.1	86.2	84.0
126.8	C'	62.9	62.8	83.4	80.5
118.3	D	56.7	56.6	82.3	80.3
108.8	D'	52.1	52.0	75.7	74.6
98.8	E	48.9	46.2	64.8	66.0
86.4	E'	42.3	39.2	49.6	49.8
74.8	F	35.2	32.2	36.1	32.9
61.2	G	25.8	23.3	30.5	27.8
41.8	H	17.3	15.5	16.6	14.8
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

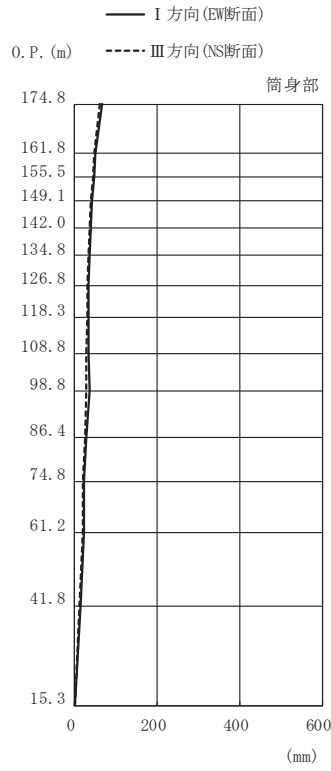
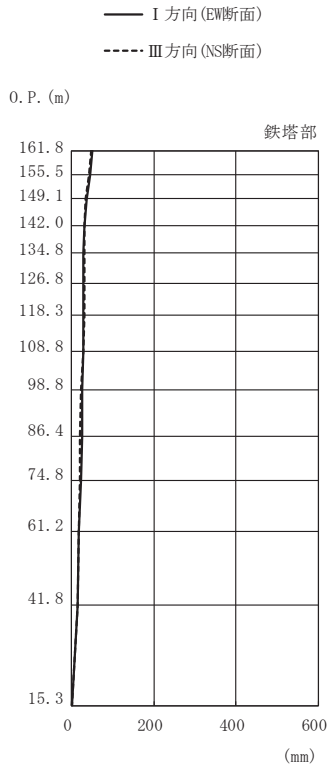
(i) S d - F 2 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	141	142
161.8	A	112	113	113	113
155.5	A'	101	102	103	103
149.1	B	86.3	86.9	93.4	93.7
142.0	B'	75.2	75.4	90.3	88.1
134.8	C	69.4	67.7	87.1	85.2
126.8	C'	63.5	62.1	84.2	82.5
118.3	D	57.4	56.1	82.9	81.7
108.8	D'	52.4	52.1	76.0	75.4
98.8	E	48.9	48.7	65.0	64.8
86.4	E'	42.2	42.1	49.1	50.0
74.8	F	35.5	35.3	36.1	36.1
61.2	G	27.0	26.6	29.4	31.3
41.8	H	17.3	17.2	16.0	17.2
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

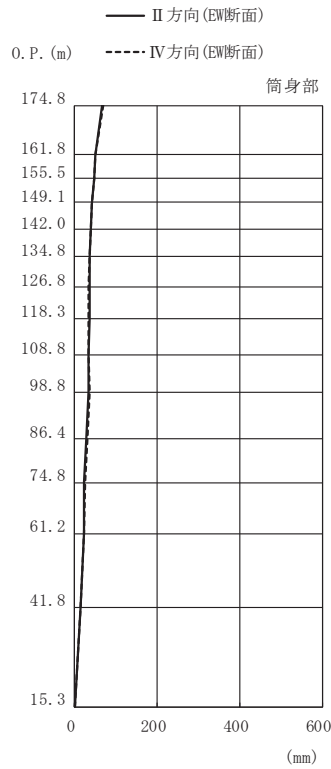
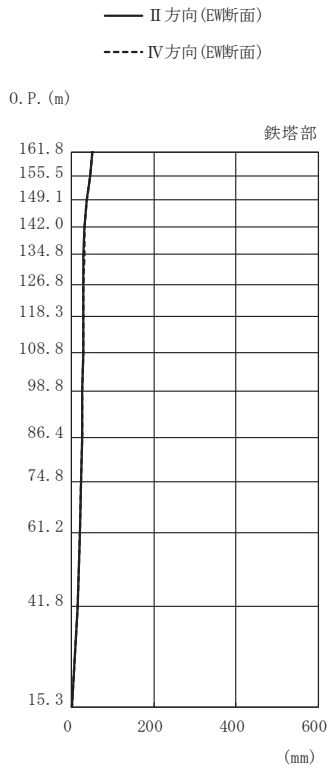
(j) S d - F 2 (斜め方向)

図 4-7(5) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



		(mm)			
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O. P.					
174.8	TOP	-	-	67.7	61.7
161.8	A	50.8	47.4	51.3	47.8
155.5	A'	44.8	42.5	46.1	43.6
149.1	B	36.1	34.6	42.3	40.4
142.0	B'	30.4	31.0	39.0	37.4
134.8	C	29.2	30.5	35.6	34.6
126.8	C'	29.0	30.6	34.6	31.4
118.3	D	28.0	29.5	34.6	30.7
108.8	D'	26.8	28.0	33.8	29.0
98.8	E	26.0	23.9	35.3	29.1
86.4	E'	24.7	20.2	29.0	24.2
74.8	F	23.3	18.8	23.7	19.3
61.2	G	18.3	16.0	23.3	19.6
41.8	H	14.2	13.2	13.5	12.0
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

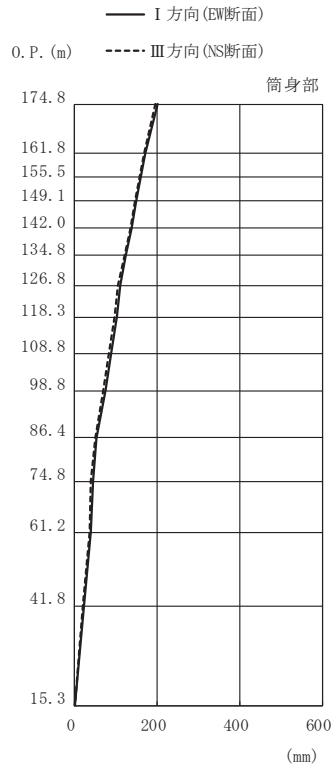
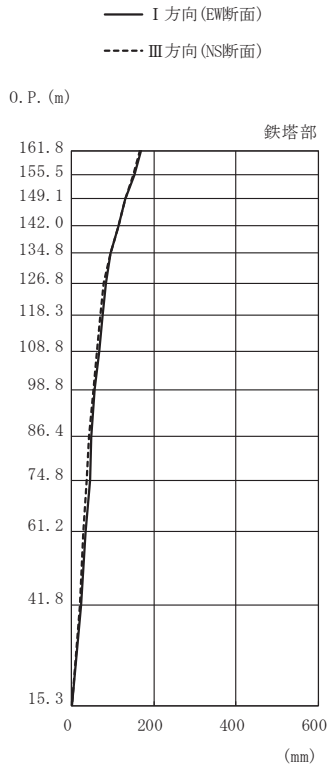
(k) S d - F 3 (直交方向)



		(mm)			
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O. P.					
174.8	TOP	-	-	66.8	68.5
161.8	A	50.7	50.9	51.1	51.4
155.5	A'	45.3	45.5	46.1	46.1
149.1	B	36.1	36.0	42.3	42.3
142.0	B'	31.6	31.3	38.9	39.0
134.8	C	29.1	29.6	35.6	35.6
126.8	C'	28.9	29.3	35.0	34.1
118.3	D	27.9	28.0	35.1	34.5
108.8	D'	26.9	27.1	33.3	34.2
98.8	E	26.0	25.9	34.5	36.1
86.4	E'	25.5	25.5	28.1	29.9
74.8	F	23.1	23.4	23.4	24.0
61.2	G	18.9	19.2	22.6	23.9
41.8	H	14.4	14.2	13.1	14.0
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

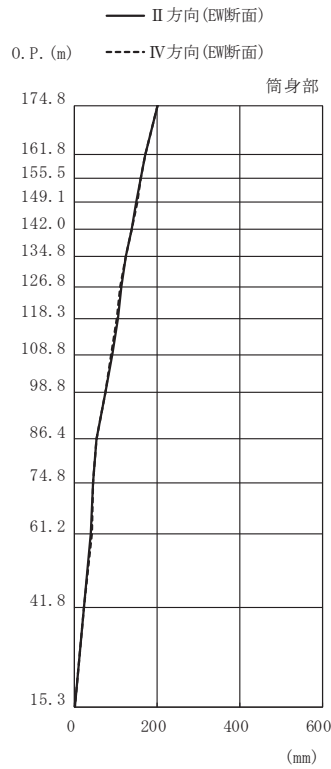
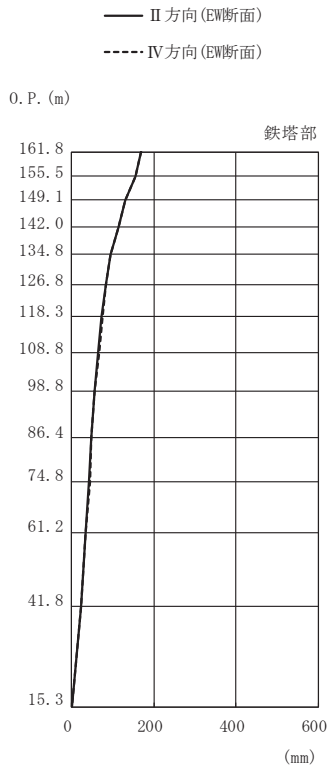
(l) S d - F 3 (斜め方向)

図 4-7(6) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	201	197
161.8	A	170	166	171	167
155.5	A'	151	149	160	157
149.1	B	131	130	150	147
142.0	B'	113	113	139	135
134.8	C	94.5	93.6	124	121
126.8	C'	82.1	77.7	111	105
118.3	D	74.2	69.5	102	96.2
108.8	D'	65.5	61.4	89.6	84.1
98.8	E	56.4	52.8	74.3	69.1
86.4	E'	47.7	42.1	53.2	49.3
74.8	F	43.4	37.5	44.5	38.5
61.2	G	33.4	29.2	40.4	35.8
41.8	H	23.6	20.9	22.7	20.3
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

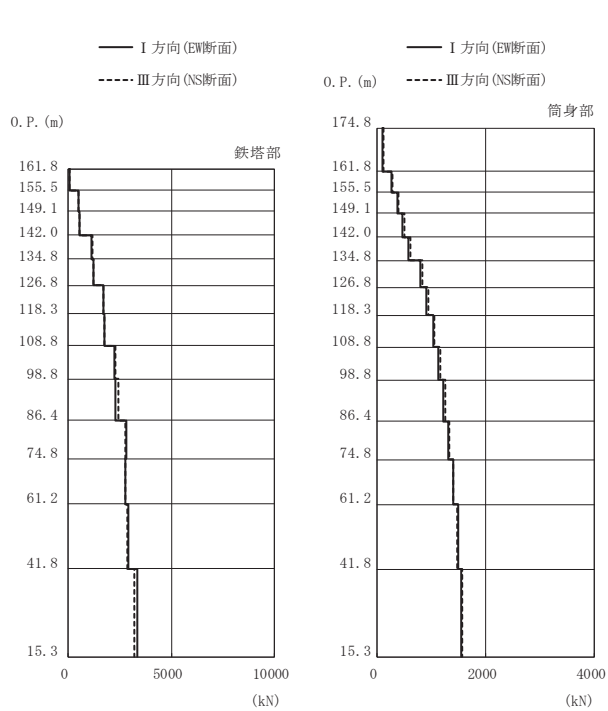
(m) S d - N 1 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
O.P.					
174.8	TOP	-	-	200	202
161.8	A	170	170	170	172
155.5	A'	154	154	160	161
149.1	B	131	131	150	151
142.0	B'	113	113	139	138
134.8	C	94.9	94.2	125	124
126.8	C'	82.7	82.9	112	110
118.3	D	73.5	74.9	104	101
108.8	D'	65.0	66.2	90.4	88.6
98.8	E	55.8	57.0	74.5	74.2
86.4	E'	48.2	48.1	52.6	53.7
74.8	F	43.2	43.9	43.8	45.1
61.2	G	34.4	34.4	39.3	41.5
41.8	H	23.7	23.5	21.8	23.6
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

(n) S d - N 1 (斜め方向)

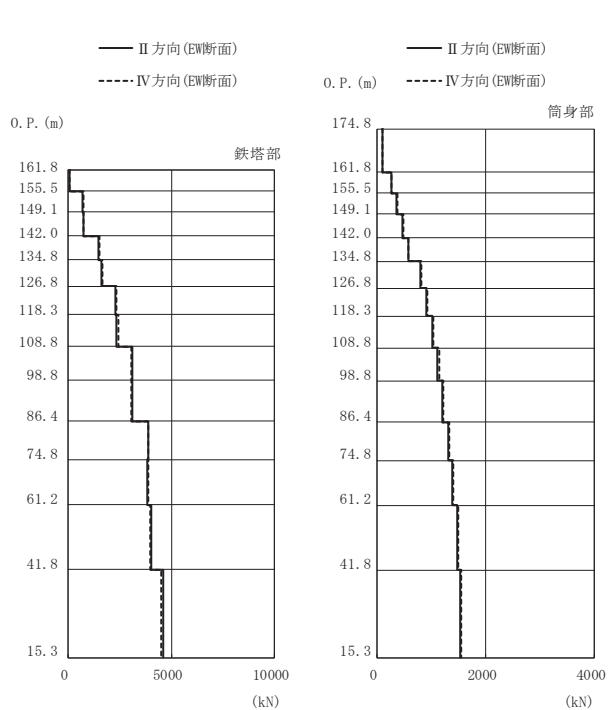
図 4-7(7) 最大応答変位 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	110	117
155.5	A'	A - A'	78.3	81.4	270	286
149.1	B	A' - B	526	508	372	394
142.0	B'	B - B'	564	531	478	504
134.8	C	B' - C	1110	1170	585	615
126.8	C'	C - C'	1230	1230	806	840
118.3	D	C' - D	1710	1690	915	949
108.8	D'	D - D'	1760	1760	1030	1060
98.8	E	D' - E	2250	2310	1130	1160
86.4	E'	E - E'	2300	2410	1230	1250
74.8	F	E' - F	2800	2790	1320	1340
61.2	G	F - G	2780	2760	1410	1410
41.8	H	G - H	2900	2880	1490	1480
15.3	I	H - I	3340	3210	1550	1570

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(a) S d - D 1 (直交方向)

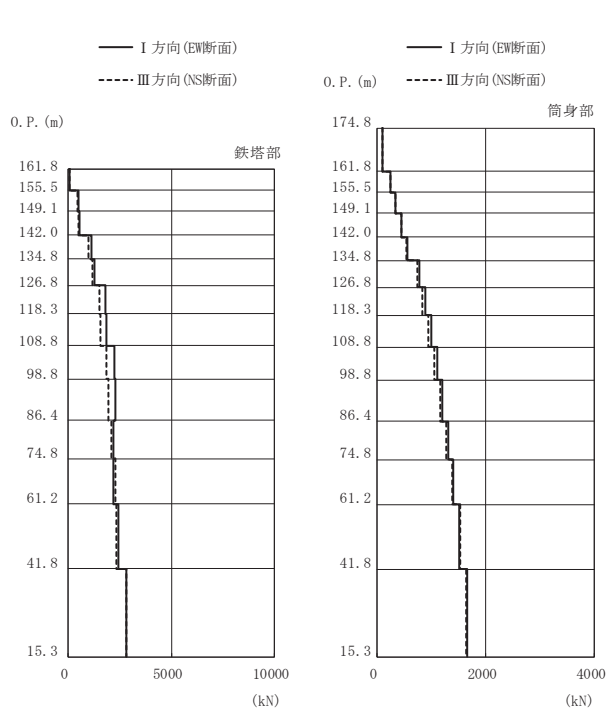


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	109	111
155.5	A'	A - A'	82.1	80.4	266	271
149.1	B	A' - B	704	728	368	374
142.0	B'	B - B'	744	768	473	480
134.8	C	B' - C	1480	1530	579	588
126.8	C'	C - C'	1600	1650	798	810
118.3	D	C' - D	2300	2350	906	920
108.8	D'	D - D'	2360	2410	1020	1030
98.8	E	D' - E	3090	3060	1120	1140
86.4	E'	E - E'	3090	3080	1210	1230
74.8	F	E' - F	3880	3870	1310	1330
61.2	G	F - G	3850	3860	1390	1410
41.8	H	G - H	4020	3980	1470	1500
15.3	I	H - I	4600	4530	1530	1560

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(b) S d - D 1 (斜め方向)

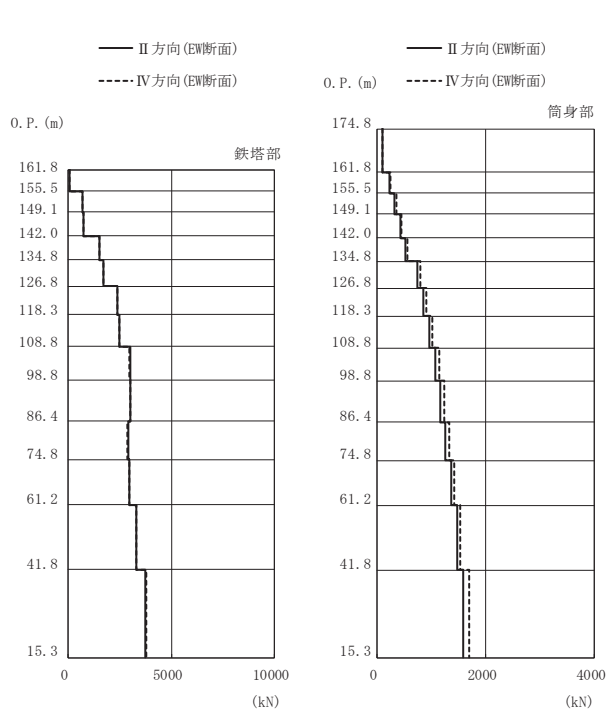
図 4-8(1) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	102	102
155.5	A'	A - A'	73.2	70.4	251	251
149.1	B	A' - B	505	474	348	346
142.0	B'	B - B'	557	487	450	444
134.8	C	B' - C	1150	1010	555	542
126.8	C'	C - C'	1300	1160	777	744
118.3	D	C' - D	1790	1510	889	841
108.8	D'	D - D'	1850	1570	1010	945
98.8	E	D' - E	2230	1870	1120	1060
86.4	E'	E - E'	2270	1950	1210	1160
74.8	F	E' - F	2180	2110	1320	1270
61.2	G	F - G	2190	2270	1410	1390
41.8	H	G - H	2410	2320	1520	1530
15.3	I	H - I	2830	2800	1660	1650

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(c) S d - D 2 (直交方向)

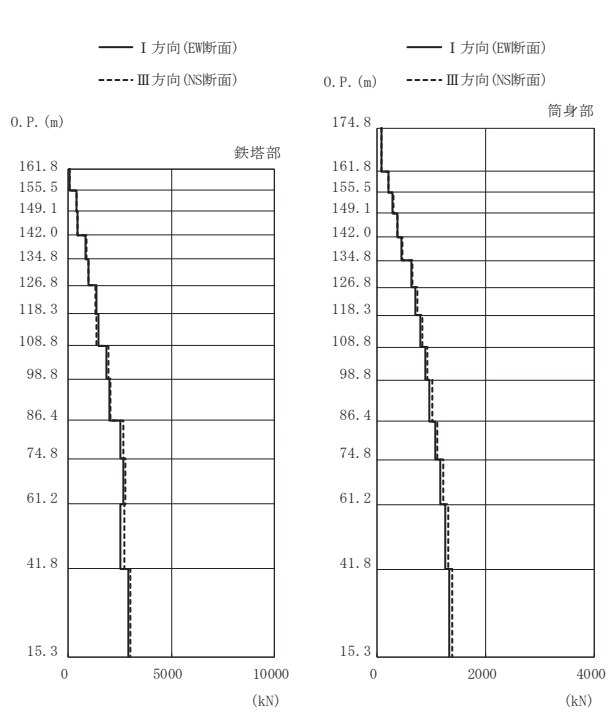


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	97.4	104
155.5	A'	A - A'	74.1	72.8	240	256
149.1	B	A' - B	692	708	332	355
142.0	B'	B - B'	748	746	428	459
134.8	C	B' - C	1540	1530	529	566
126.8	C'	C - C'	1700	1700	741	792
118.3	D	C' - D	2400	2400	848	905
108.8	D'	D - D'	2460	2470	957	1020
98.8	E	D' - E	2990	2970	1070	1140
86.4	E'	E - E'	3030	3020	1160	1240
74.8	F	E' - F	2920	2880	1260	1340
61.2	G	F - G	2960	2960	1360	1430
41.8	H	G - H	3310	3300	1470	1540
15.3	I	H - I	3760	3800	1590	1690

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(d) S d - D 2 (斜め方向)

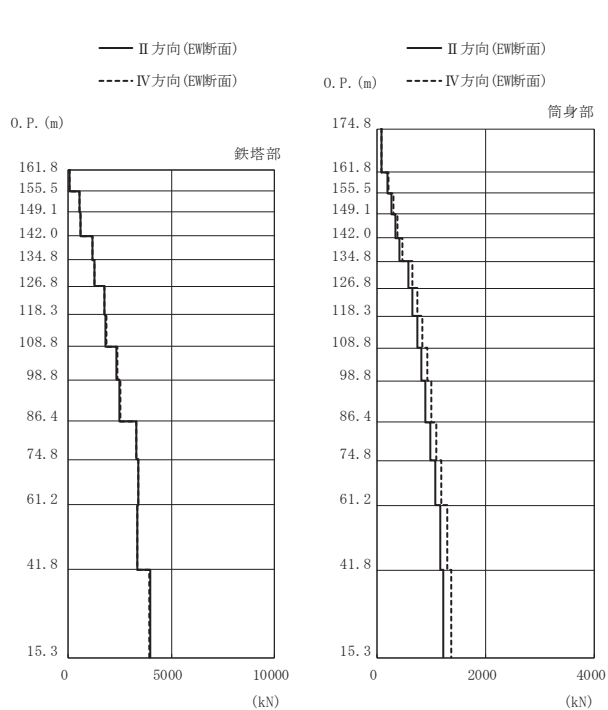
図 4-8(2) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	86.1	88.9
155.5	A'	A - A'	53.6	59.3	212	218
149.1	B	A' - B	414	419	292	301
142.0	B'	B - B'	447	460	375	386
134.8	C	B' - C	857	896	458	473
126.8	C'	C - C'	968	995	631	649
118.3	D	C' - D	1370	1340	716	740
108.8	D'	D - D'	1450	1370	803	832
98.8	E	D' - E	1860	1930	889	923
86.4	E'	E - E'	1990	2060	965	1020
74.8	F	E' - F	2540	2680	1070	1120
61.2	G	F - G	2670	2790	1160	1220
41.8	H	G - H	2510	2740	1250	1310
15.3	I	H - I	2910	3000	1330	1380

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(e) S d - D 3 (直交方向)

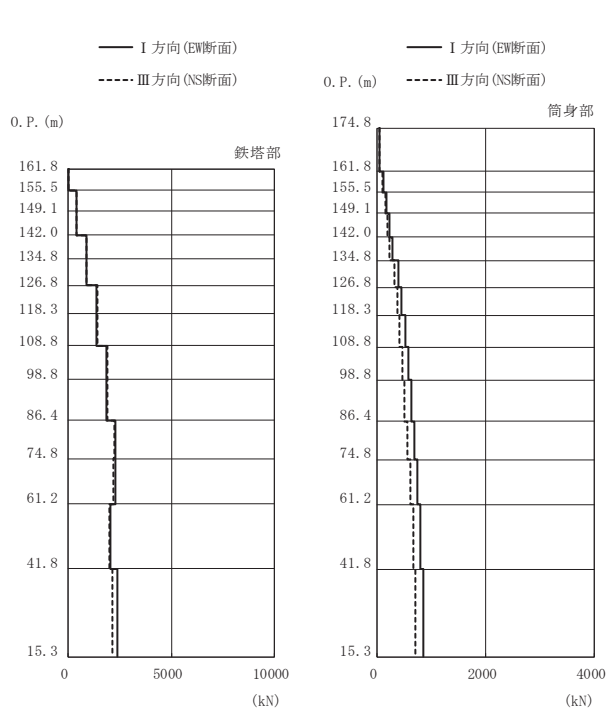


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	79.5	88.8
155.5	A'	A - A'	57.0	56.2	195	218
149.1	B	A' - B	554	573	269	301
142.0	B'	B - B'	589	609	345	387
134.8	C	B' - C	1160	1170	422	473
126.8	C'	C - C'	1260	1280	580	652
118.3	D	C' - D	1740	1780	658	741
108.8	D'	D - D'	1820	1870	737	831
98.8	E	D' - E	2330	2370	814	920
86.4	E'	E - E'	2480	2510	895	999
74.8	F	E' - F	3280	3280	989	1100
61.2	G	F - G	3420	3400	1080	1190
41.8	H	G - H	3360	3350	1170	1290
15.3	I	H - I	3970	3940	1230	1360

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(f) S d - D 3 (斜め方向)

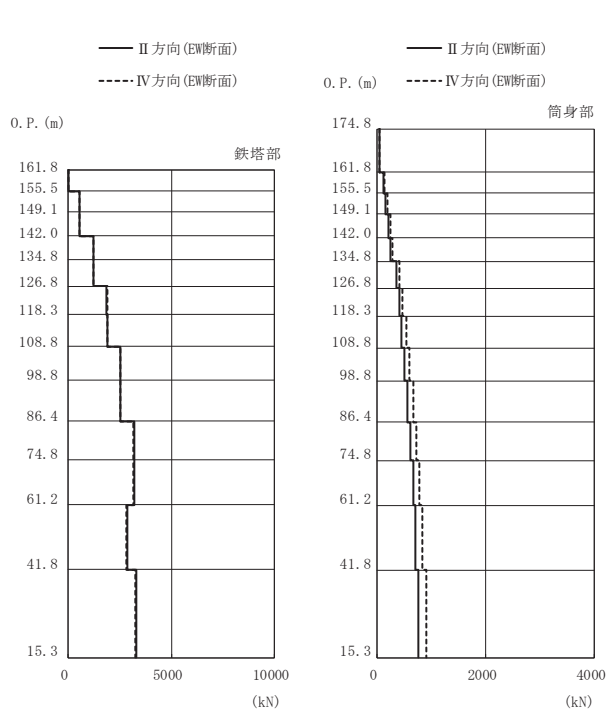
図 4-8(3) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	53.0	45.0
155.5	A'	A - A'	33.6	33.1	130	110
149.1	B	A' - B	413	402	180	152
142.0	B'	B - B'	428	421	230	194
134.8	C	B' - C	881	872	282	236
126.8	C'	C - C'	900	871	395	327
118.3	D	C' - D	1370	1430	454	373
108.8	D'	D - D'	1390	1440	517	421
98.8	E	D' - E	1870	1920	580	469
86.4	E'	E - E'	1860	1920	637	513
74.8	F	E' - F	2290	2260	697	564
61.2	G	F - G	2310	2210	752	610
41.8	H	G - H	2050	2000	803	663
15.3	I	H - I	2370	2150	861	717

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(g) S d - F 1 (直交方向)

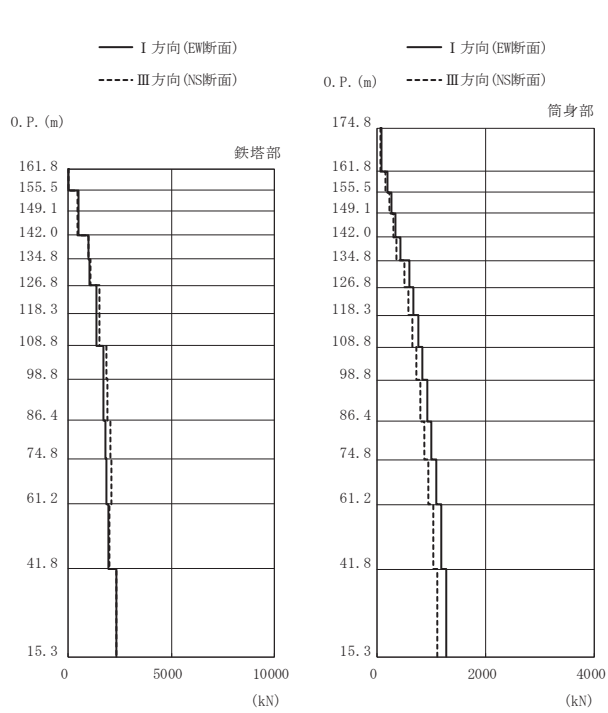


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	47.0	55.7
155.5	A'	A - A'	35.9	35.4	116	137
149.1	B	A' - B	561	571	161	189
142.0	B'	B - B'	563	576	208	242
134.8	C	B' - C	1210	1230	256	296
126.8	C'	C - C'	1240	1250	357	413
118.3	D	C' - D	1870	1880	409	475
108.8	D'	D - D'	1880	1900	461	540
98.8	E	D' - E	2540	2550	516	606
86.4	E'	E - E'	2540	2550	566	666
74.8	F	E' - F	3200	3160	620	730
61.2	G	F - G	3220	3170	668	787
41.8	H	G - H	2860	2830	712	841
15.3	I	H - I	3290	3260	762	902

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(h) S d - F 1 (斜め方向)

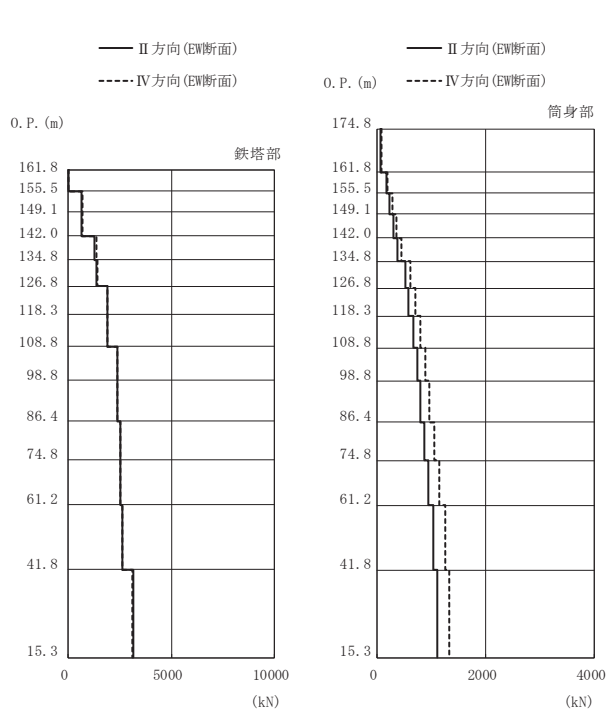
図 4-8(4) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	78.7	67.9
155.5	A'	A - A'	38.5	39.8	194	168
149.1	B	A' - B	491	440	269	232
142.0	B'	B - B'	502	457	346	299
134.8	C	B' - C	989	980	425	367
126.8	C'	C - C'	1050	1080	591	510
118.3	D	C' - D	1370	1510	674	581
108.8	D'	D - D'	1380	1540	758	654
98.8	E	D' - E	1710	1870	843	727
86.4	E'	E - E'	1710	1920	920	794
74.8	F	E' - F	1830	2060	1010	869
61.2	G	F - G	1850	2100	1090	945
41.8	H	G - H	1960	2000	1180	1030
15.3	I	H - I	2350	2340	1270	1120

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(i) S d - F 2 (直交方向)

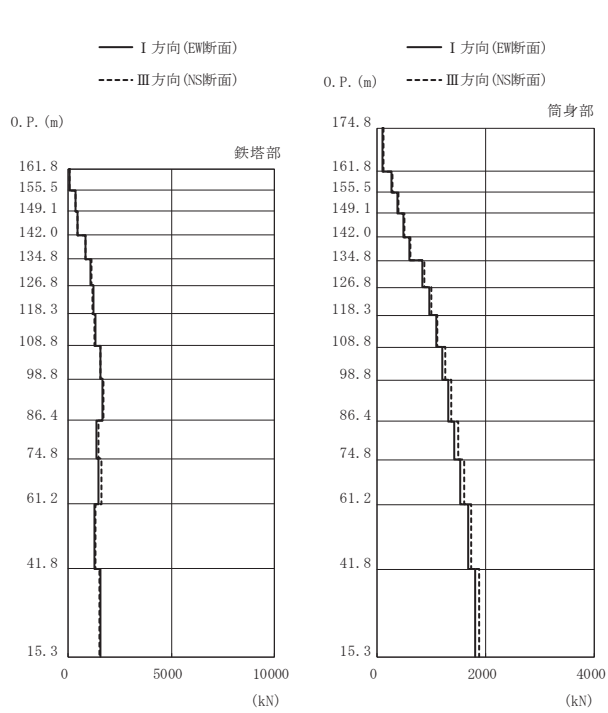


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	69.0	82.7
155.5	A'	A - A'	40.7	40.0	170	204
149.1	B	A' - B	648	690	235	282
142.0	B'	B - B'	665	706	303	364
134.8	C	B' - C	1300	1360	372	447
126.8	C'	C - C'	1360	1420	517	621
118.3	D	C' - D	1910	1900	589	708
108.8	D'	D - D'	1910	1880	663	798
98.8	E	D' - E	2390	2370	737	887
86.4	E'	E - E'	2390	2370	804	968
74.8	F	E' - F	2530	2550	878	1060
61.2	G	F - G	2510	2540	950	1150
41.8	H	G - H	2640	2610	1030	1250
15.3	I	H - I	3140	3090	1110	1340

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(j) S d - F 2 (斜め方向)

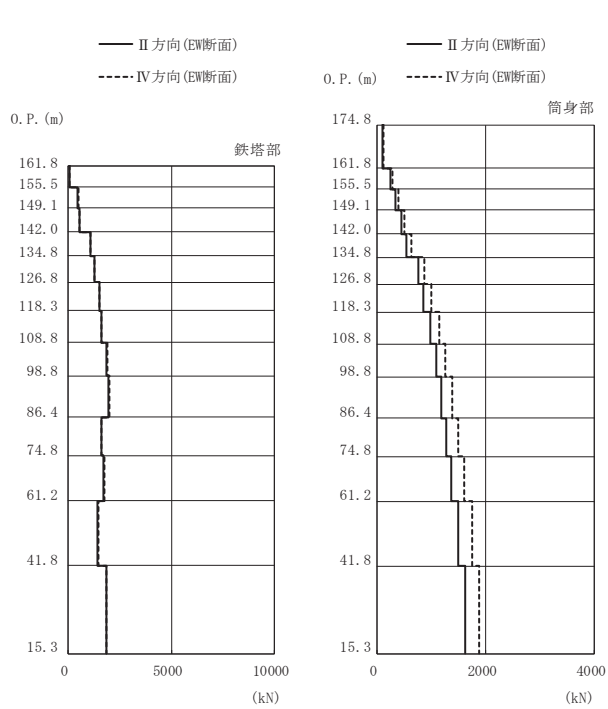
図 4-8(5) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	112	116
155.5	A'	A - A'	63.5	75.8	276	285
149.1	B	A' - B	364	371	383	394
142.0	B'	B - B'	433	459	493	508
134.8	C	B' - C	859	864	606	626
126.8	C'	C - C'	1060	1110	843	871
118.3	D	C' - D	1230	1190	962	994
108.8	D'	D - D'	1320	1300	1090	1120
98.8	E	D' - E	1550	1550	1210	1250
86.4	E'	E - E'	1650	1700	1320	1360
74.8	F	E' - F	1380	1450	1430	1490
61.2	G	F - G	1470	1600	1540	1610
41.8	H	G - H	1290	1330	1680	1730
15.3	I	H - I	1580	1520	1810	1880

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(k) S d - F 3 (直交方向)

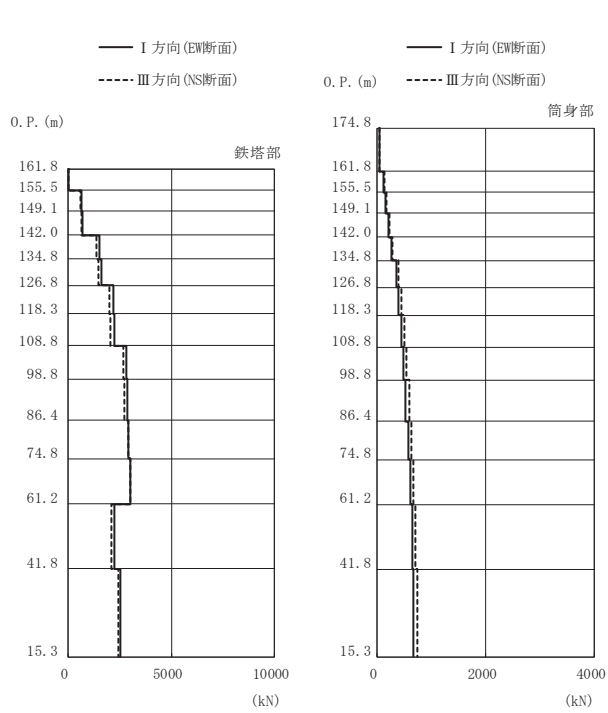


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	101	117
155.5	A'	A - A'	65.0	65.3	249	288
149.1	B	A' - B	476	494	344	399
142.0	B'	B - B'	549	549	443	514
134.8	C	B' - C	1080	1100	545	632
126.8	C'	C - C'	1270	1300	756	879
118.3	D	C' - D	1520	1540	864	1010
108.8	D'	D - D'	1600	1620	975	1140
98.8	E	D' - E	1860	1880	1090	1260
86.4	E'	E - E'	1960	1990	1180	1380
74.8	F	E' - F	1600	1600	1280	1500
61.2	G	F - G	1710	1740	1370	1600
41.8	H	G - H	1430	1450	1500	1750
15.3	I	H - I	1850	1850	1630	1890

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(1) S d - F 3 (斜め方向)

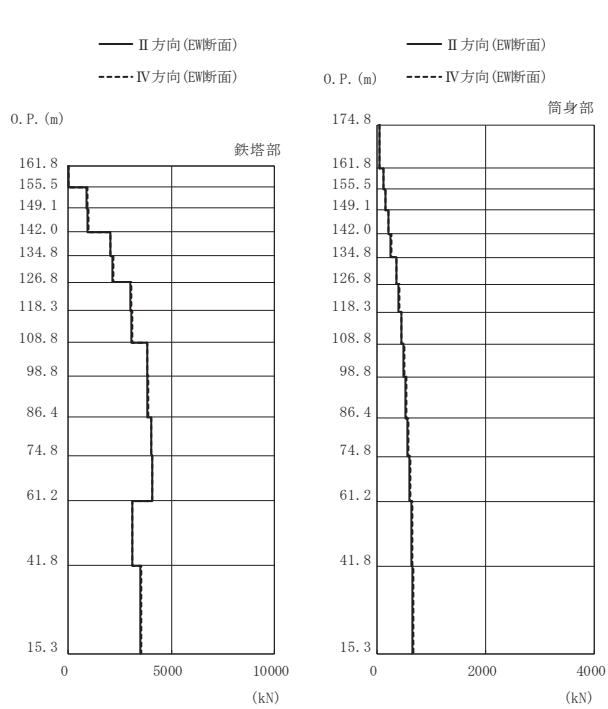
図 4-8(6) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	48.9	53.7
155.5	A'	A - A'	37.2	40.0	121	132
149.1	B	A' - B	668	605	166	182
142.0	B'	B - B'	696	626	213	234
134.8	C	B' - C	1510	1360	261	287
126.8	C'	C - C'	1610	1450	358	394
118.3	D	C' - D	2210	2020	406	447
108.8	D'	D - D'	2250	2060	453	499
98.8	E	D' - E	2810	2680	497	548
86.4	E'	E - E'	2850	2740	534	590
74.8	F	E' - F	2930	2900	572	631
61.2	G	F - G	2990	2990	612	667
41.8	H	G - H	2230	2120	648	706
15.3	I	H - I	2540	2410	672	748

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(m) S d - N 1 (直交方向)

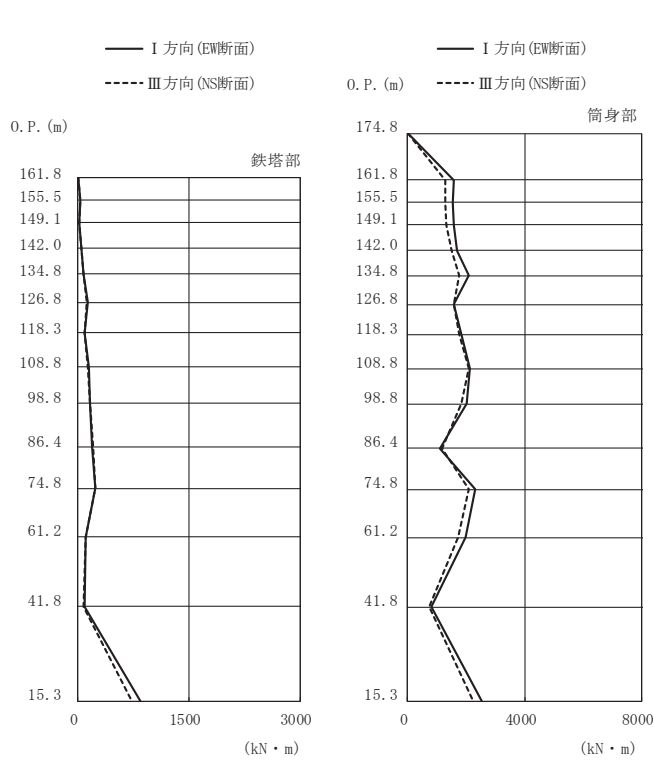


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	48.1	49.2
155.5	A'	A - A'	39.1	39.3	119	121
149.1	B	A' - B	914	938	164	167
142.0	B'	B - B'	945	969	210	215
134.8	C	B' - C	2040	2070	257	263
126.8	C'	C - C'	2150	2190	353	361
118.3	D	C' - D	3030	3060	400	409
108.8	D'	D - D'	3070	3100	445	456
98.8	E	D' - E	3810	3840	489	500
86.4	E'	E - E'	3850	3880	526	538
74.8	F	E' - F	4010	4030	564	581
61.2	G	F - G	4070	4090	596	621
41.8	H	G - H	3090	3130	627	657
15.3	I	H - I	3490	3560	652	681

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(n) S d - N 1 (斜め方向)

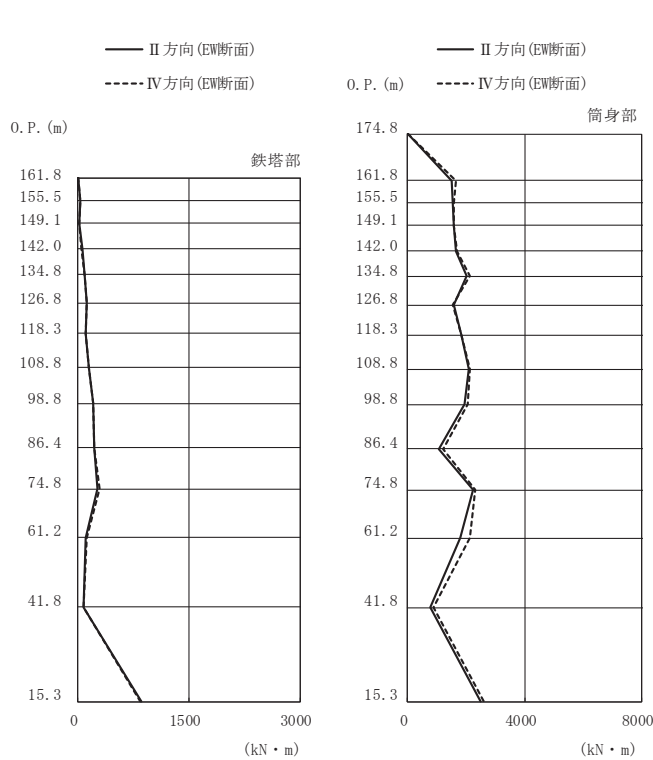
図 4-8(7) 最大応答軸力 (弾性設計用地震動 S d)



(a) S d - D 1 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.5	1.4	1580	1300
155.5	A'	30.5	32.5	1560	1270
149.1	B	16.4	14.5	1580	1310
142.0	B'	53.6	53.9	1680	1500
134.8	C	75.8	70.7	2080	1770
126.8	C'	127	117	1570	1590
118.3	D	87.0	87.8	1830	1750
108.8	D'	148	127	2120	2100
98.8	E	162	170	2010	1850
86.4	E'	194	200	1120	1160
74.8	F	230	230	2300	2080
61.2	G	110	104	1970	1740
41.8	H	85.4	79.5	812	719
15.3	I	846	729	2540	2240

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

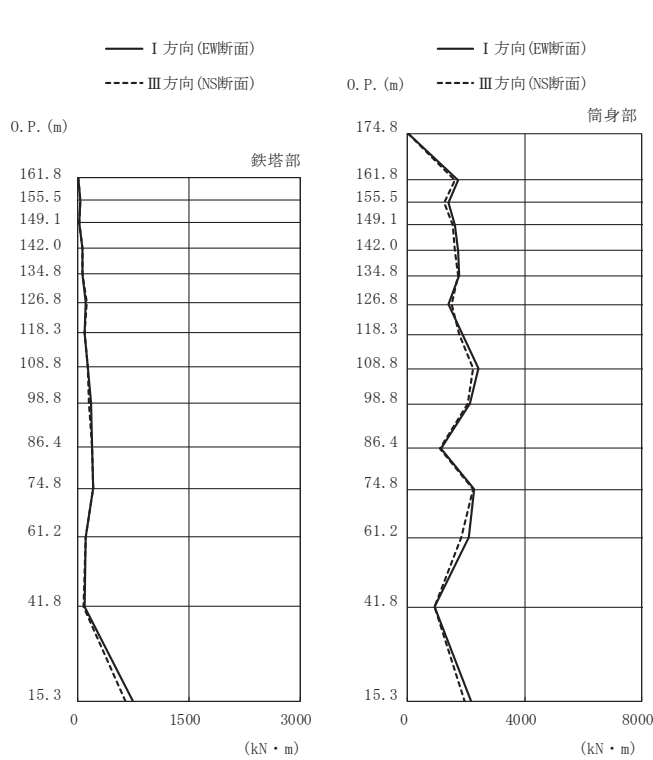


(b) S d - D 1 (斜め方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.9	1.7	1500	1640
155.5	A'	31.8	31.4	1540	1570
149.1	B	19.8	20.6	1580	1570
142.0	B'	55.1	54.1	1670	1680
134.8	C	85.2	90.1	2010	2140
126.8	C'	126	124	1570	1560
118.3	D	110	110	1830	1820
108.8	D'	146	150	2090	2140
98.8	E	200	201	1960	2050
86.4	E'	216	215	1050	1200
74.8	F	269	299	2250	2320
61.2	G	112	114	1800	2110
41.8	H	81.5	82.7	775	876
15.3	I	855	838	2510	2610

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

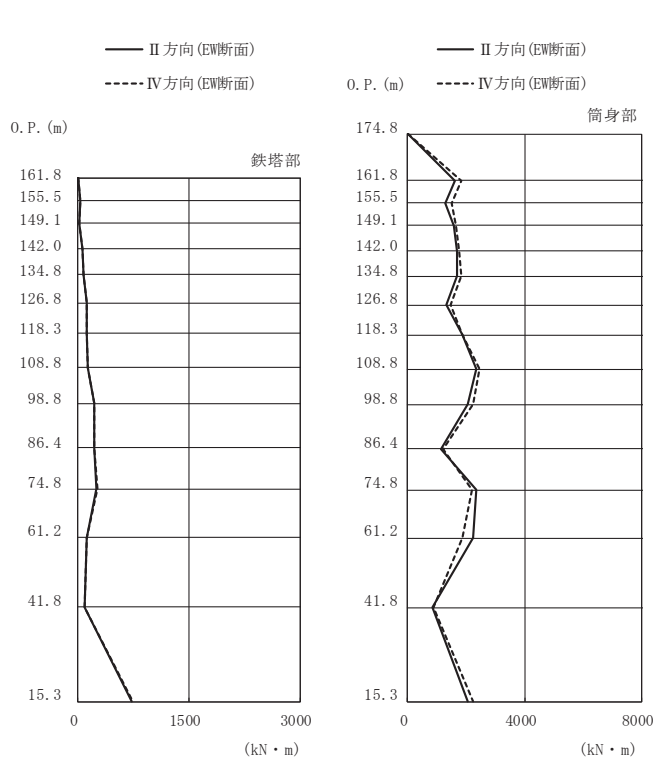
図 4-9(1) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.4	1.2	1720	1610
155.5	A'	34.0	34.7	1400	1250
149.1	B	15.7	14.8	1630	1540
142.0	B'	58.1	58.3	1740	1630
134.8	C	67.3	64.3	1780	1710
126.8	C'	111	124	1410	1490
118.3	D	89.4	84.0	1880	1750
108.8	D'	139	135	2420	2220
98.8	E	179	153	2140	2070
86.4	E'	193	185	1130	1120
74.8	F	207	201	2290	2240
61.2	G	110	110	2080	1840
41.8	H	92.3	77.9	903	909
15.3	I	735	644	2170	1960

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(c) S d - D 2 (直交方向)

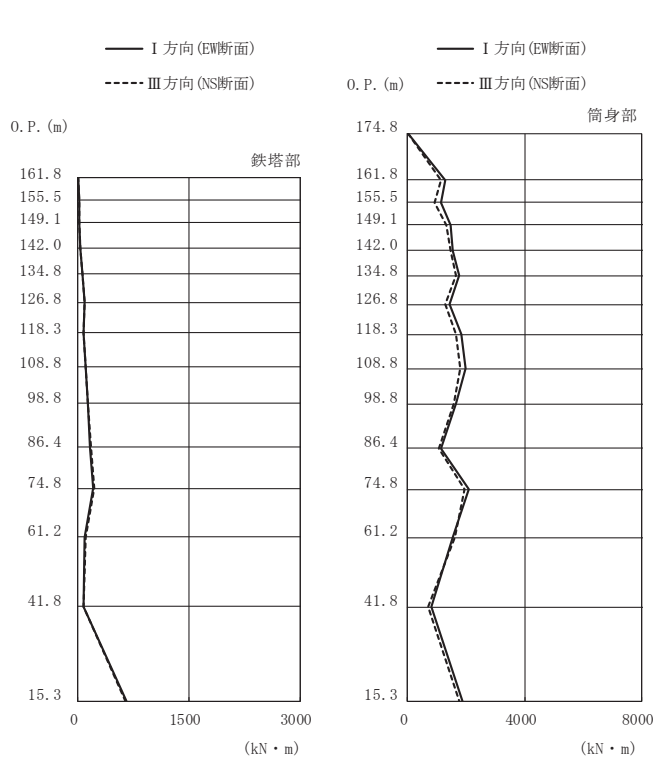


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.6	1.3	1600	1850
155.5	A'	34.0	33.6	1290	1500
149.1	B	19.4	21.1	1590	1650
142.0	B'	58.0	56.9	1690	1780
134.8	C	75.7	80.1	1690	1850
126.8	C'	115	113	1340	1470
118.3	D	118	118	1860	1880
108.8	D'	137	138	2350	2470
98.8	E	222	215	2050	2220
86.4	E'	226	225	1140	1200
74.8	F	247	265	2360	2210
61.2	G	114	115	2220	1860
41.8	H	92.8	96.4	860	868
15.3	I	724	746	2040	2240

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(d) S d - D 2 (斜め方向)

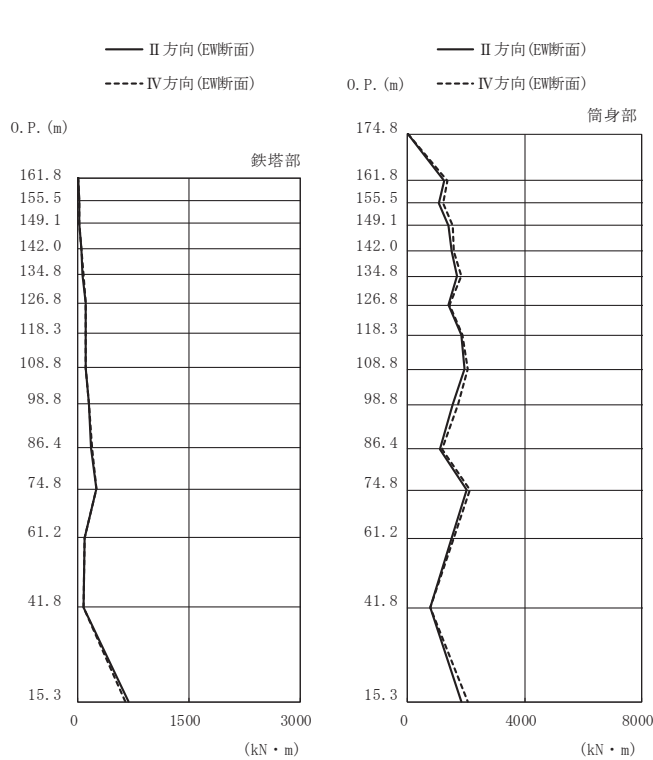
図 4-9(2) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.2	1.1	1280	1140
155.5	A'	23.3	23.0	1140	902
149.1	B	13.5	12.4	1460	1340
142.0	B'	39.3	37.3	1550	1470
134.8	C	56.8	59.2	1770	1640
126.8	C'	93.3	93.7	1420	1280
118.3	D	79.1	82.6	1850	1640
108.8	D'	104	106	1990	1800
98.8	E	129	135	1640	1580
86.4	E'	170	183	1150	1080
74.8	F	204	214	2090	1930
61.2	G	95.2	98.2	1530	1620
41.8	H	76.9	72.7	800	694
15.3	I	659	642	1870	1770

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(e) S d - D 3 (直交方向)

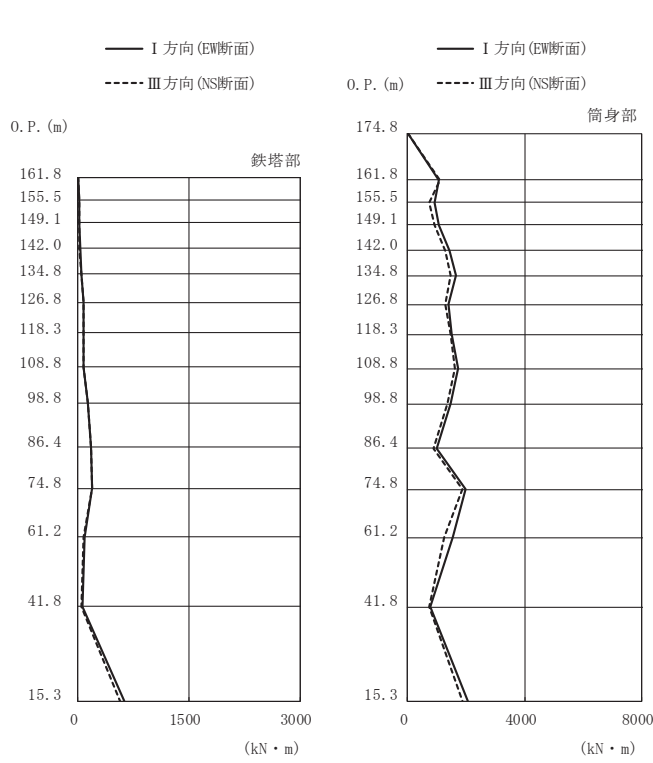


高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.5	1.3	1240	1360
155.5	A'	24.7	23.1	1080	1200
149.1	B	15.2	16.2	1380	1530
142.0	B'	40.5	40.8	1500	1590
134.8	C	66.4	69.9	1690	1840
126.8	C'	99.4	103	1400	1430
118.3	D	101	101	1840	1860
108.8	D'	109	111	1940	2040
98.8	E	151	153	1560	1720
86.4	E'	184	187	1100	1190
74.8	F	249	250	2020	2140
61.2	G	96.3	97.3	1500	1590
41.8	H	77.3	73.3	762	763
15.3	I	677	637	1820	2040

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(f) S d - D 3 (斜め方向)

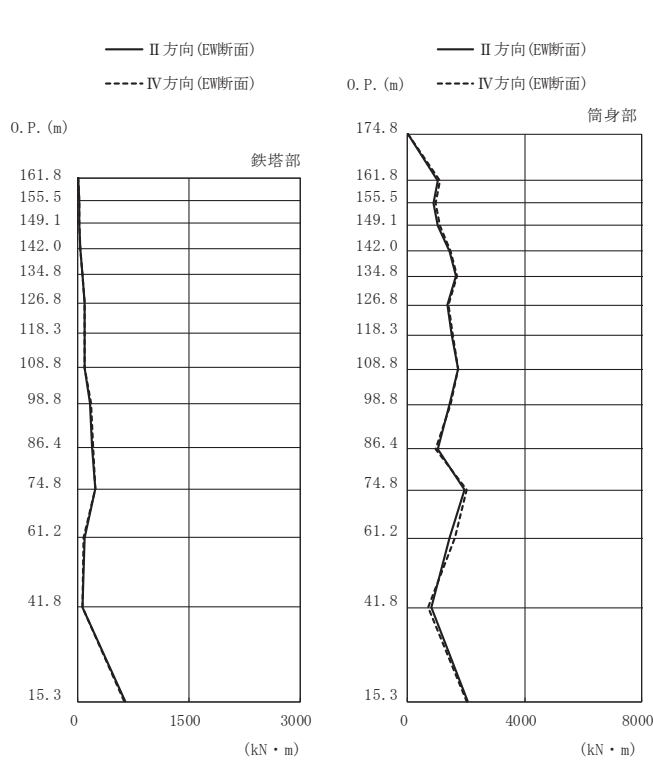
図 4-9(3) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



(g) S d - F 1 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.1	1.0	1060	1120
155.5	A'	19.5	17.8	927	723
149.1	B	12.7	12.8	1070	928
142.0	B'	26.0	22.4	1450	1290
134.8	C	49.8	44.1	1660	1470
126.8	C'	83.0	76.5	1380	1270
118.3	D	73.8	71.4	1500	1480
108.8	D'	77.9	69.5	1730	1630
98.8	E	136	133	1470	1350
86.4	E'	178	175	1000	877
74.8	F	186	189	1970	1870
61.2	G	86.4	74.9	1560	1240
41.8	H	61.6	50.9	777	731
15.3	I	621	571	2050	1880

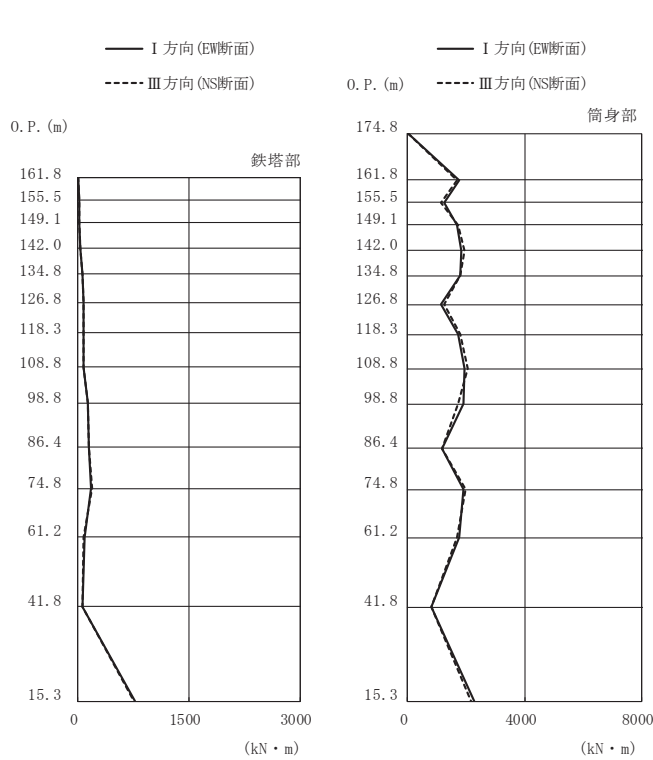
鉄塔部は主柱材の応答値を示す。



(h) S d - F 1 (斜め方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.4	1.2	1020	1100
155.5	A'	18.8	19.7	883	964
149.1	B	14.9	15.6	1020	1100
142.0	B'	28.2	27.5	1420	1470
134.8	C	58.8	57.5	1640	1690
126.8	C'	85.8	85.9	1370	1380
118.3	D	90.5	94.6	1520	1530
108.8	D'	85.7	87.3	1730	1710
98.8	E	160	172	1450	1480
86.4	E'	190	200	1030	958
74.8	F	238	234	1950	2000
61.2	G	87.3	82.1	1450	1610
41.8	H	62.9	57.9	799	702
15.3	I	638	625	2050	2010

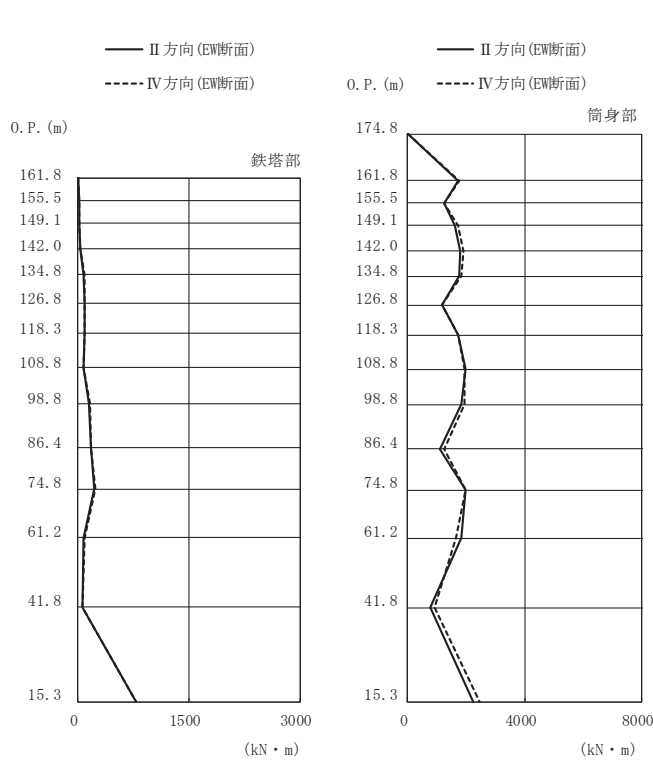
図 4-9(4) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.1	1.0	1760	1680
155.5	A'	18.2	15.5	1240	1150
149.1	B	14.3	12.2	1690	1740
142.0	B'	30.3	27.2	1850	1960
134.8	C	67.3	59.7	1810	1810
126.8	C'	77.2	76.7	1140	1260
118.3	D	73.8	76.6	1730	1810
108.8	D'	75.1	70.2	1960	2050
98.8	E	128	134	1900	1730
86.4	E'	154	150	1170	1180
74.8	F	184	186	1910	1970
61.2	G	84.4	79.2	1760	1700
41.8	H	59.8	55.6	807	807
15.3	I	775	755	2270	2160

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

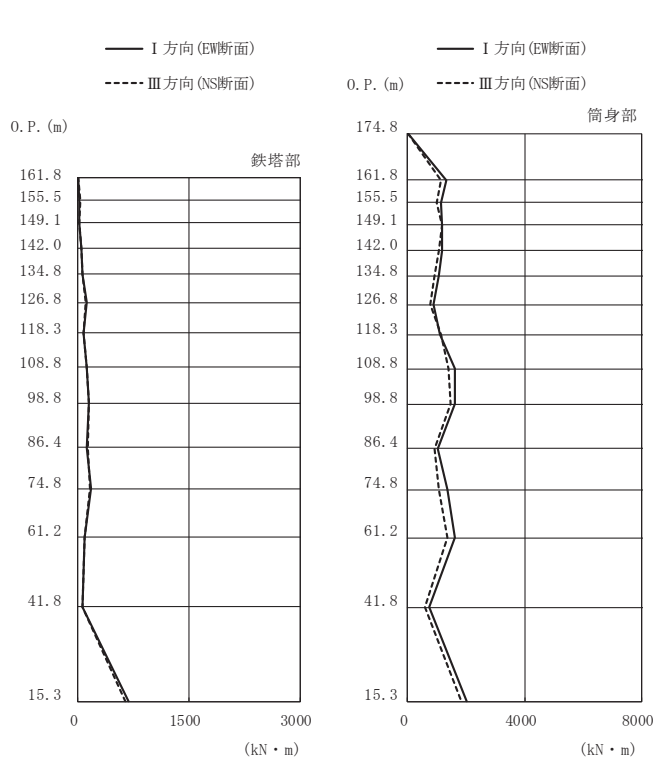
(i) S d - F 2 (直交方向)



高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.5	1.2	1740	1770
155.5	A'	18.9	18.8	1250	1260
149.1	B	18.0	19.0	1630	1740
142.0	B'	35.5	36.2	1790	1900
134.8	C	80.2	86.5	1780	1840
126.8	C'	86.2	86.4	1160	1160
118.3	D	95.5	95.5	1730	1730
108.8	D'	77.5	78.9	1970	1950
98.8	E	150	158	1850	1930
86.4	E'	173	180	1090	1240
74.8	F	225	240	1970	1970
61.2	G	82.6	92.6	1820	1640
41.8	H	63.8	56.4	778	925
15.3	I	784	781	2240	2440

(j) S d - F 2 (斜め方向)

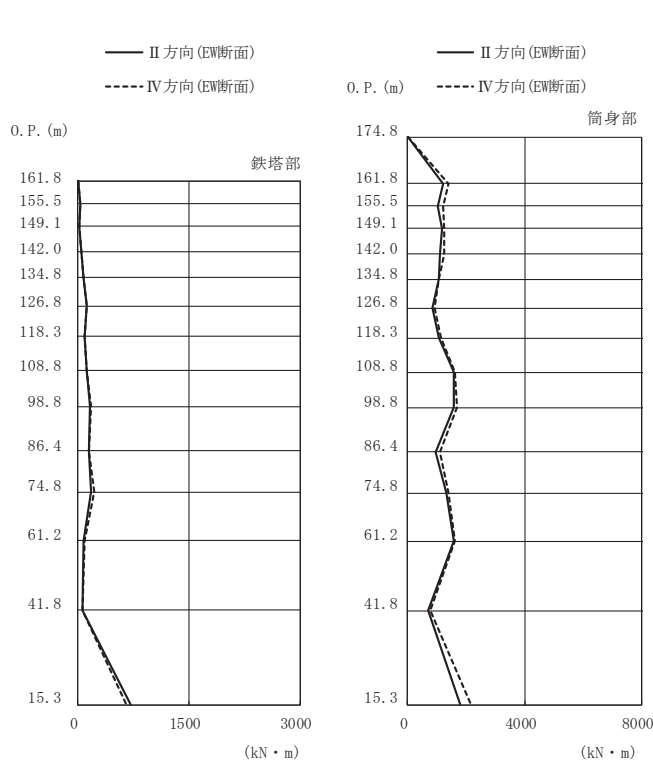
図 4-9(5) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



(k) S d - F 3 (直交方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.0	0.8	1310	1150
155.5	A'	24.2	26.0	1150	989
149.1	B	15.3	16.4	1190	1170
142.0	B'	47.3	49.4	1170	1060
134.8	C	61.4	56.8	1060	911
126.8	C'	114	110	881	761
118.3	D	75.2	71.9	1100	1150
108.8	D'	116	124	1600	1400
98.8	E	153	154	1630	1470
86.4	E'	126	136	1020	929
74.8	F	179	169	1360	1080
61.2	G	84.4	85.8	1620	1370
41.8	H	68.2	62.0	740	604
15.3	I	689	646	2000	1840

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

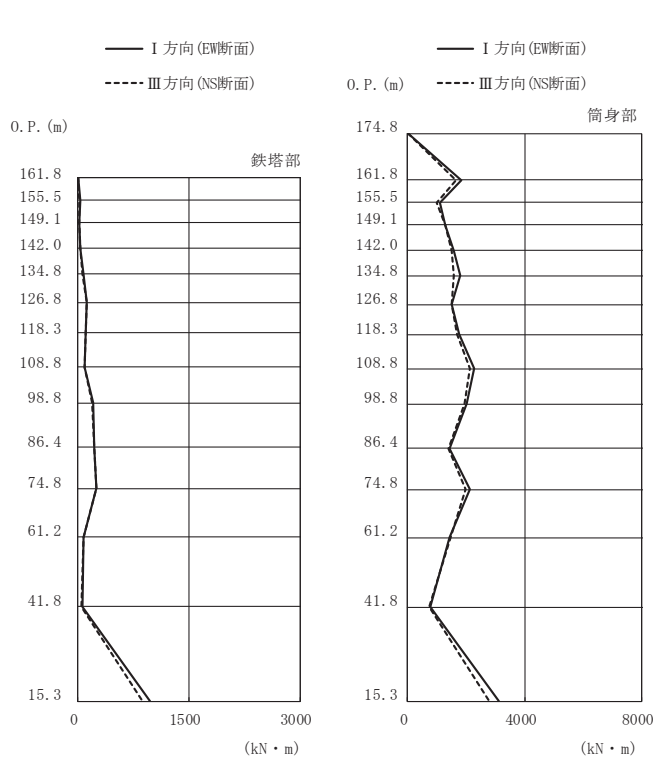


(l) S d - F 3 (斜め方向)

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.2	1.0	1200	1400
155.5	A'	26.2	25.8	1040	1230
149.1	B	18.0	18.1	1180	1250
142.0	B'	47.5	50.1	1110	1240
134.8	C	72.7	75.0	1050	1060
126.8	C'	124	122	838	904
118.3	D	89.2	96.0	1070	1130
108.8	D'	115	120	1590	1600
98.8	E	166	174	1590	1700
86.4	E'	142	150	967	1120
74.8	F	176	216	1310	1390
61.2	G	82.5	97.4	1590	1620
41.8	H	66.6	68.6	695	764
15.3	I	711	660	1800	2170

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

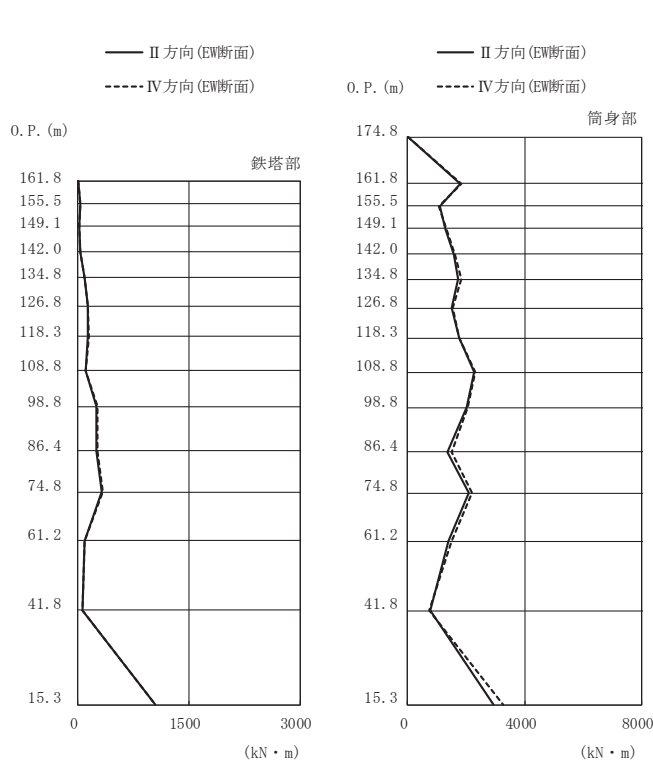
図 4-9(6) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)



(m) S d - N 1 (直交方向)

高さ (m)	位置	铁塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.6	1.4	1830	1670
155.5	A'	26.1	23.6	1090	993
149.1	B	19.1	17.9	1300	1290
142.0	B'	33.7	33.5	1590	1510
134.8	C	73.0	62.9	1790	1590
126.8	C'	120	115	1520	1500
118.3	D	103	99.3	1760	1700
108.8	D'	92.1	86.3	2280	2120
98.8	E	202	194	2030	1930
86.4	E'	222	218	1420	1380
74.8	F	249	244	2130	1990
61.2	G	83.4	79.9	1450	1470
41.8	H	55.1	49.0	755	740
15.3	I	973	877	3120	2780

铁塔部は主柱材の応答値を示す。



(n) S d - N 1 (斜め方向)

高さ (m)	位置	铁塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.2	1.7	1800	1850
155.5	A'	27.5	27.8	1100	1080
149.1	B	23.6	24.7	1290	1310
142.0	B'	37.3	37.9	1570	1600
134.8	C	90.4	93.2	1720	1850
126.8	C'	134	138	1490	1540
118.3	D	139	142	1750	1780
108.8	D'	106	109	2260	2300
98.8	E	253	259	2010	2040
86.4	E'	256	268	1350	1490
74.8	F	320	332	2100	2190
61.2	G	87.1	89.5	1410	1510
41.8	H	59.7	55.7	763	720
15.3	I	1040	1040	2950	3260

铁塔部は主柱材の応答値を示す。

図 4-9(7) 最大応答曲げモーメント (弾性設計用地震動 S d)

表 4-2 制震装置（制震オイルダンパ）の最大応答値（基準地震動 S_s ）

	最大応答速度 (m/s)	最大応答変位 (mm)
$S_s - D 1$	0.89	77
$S_s - D 2$	0.90	71
$S_s - D 3$	0.55	74
$S_s - F 1$	0.57	77
$S_s - F 2$	0.76	64
$S_s - F 3$	0.71	38
$S_s - N 1$	0.86	62

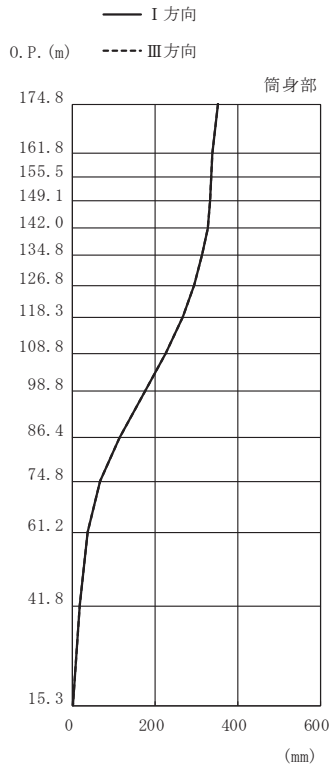
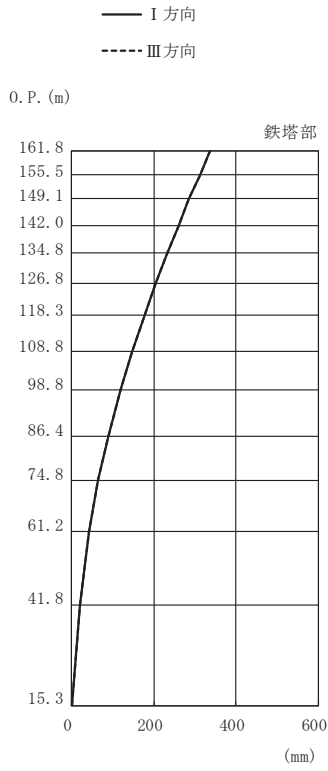
4.2 静的解析

静的地震力に対する応答について、排気筒の直交方向加振のⅠ方向加振とⅢ方向加振の解析結果を、また、排気筒の斜め方向加振のⅡ方向加振とⅣ方向加振の解析結果を示す。

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した算定結果を表4-3に、最大応答値及び高さ方向の分布を図4-10～図4-12に示す。

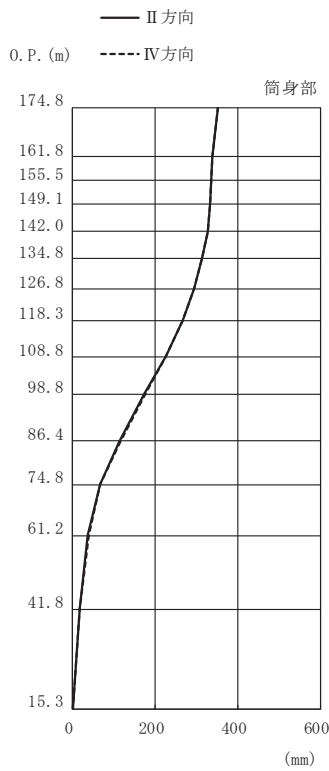
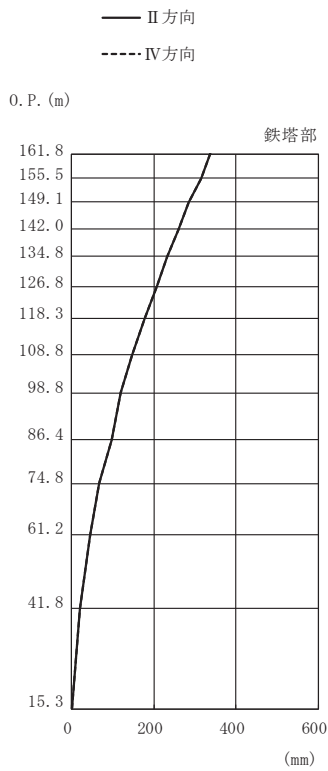
表4-3 静的地震力の算定結果

位置	標高 O.P. (m)	高さ方向の 分布係数 A_i	地震層せん断 力係数 C_i	層せん断力 分布 Q_i (kN)
TOP	174.8	4.109	0.658	242.9
A	161.8	3.175	0.508	679.4
A'	155.5	2.922	0.468	953.6
B	149.1	2.637	0.422	1245.5
B'	142.0	2.406	0.385	1495.8
C	134.8	1.919	0.308	2045.0
C'	126.8	1.779	0.285	2265.0
D	118.3	1.602	0.257	2469.3
D'	108.8	1.458	0.234	2662.5
E	98.8	1.324	0.212	2959.0
E'	86.4	1.260	0.202	3331.7
F	74.8	1.227	0.197	3971.4
G	61.2	1.202	0.193	4764.2
H	41.8	1.131	0.181	5815.9
I	15.3	1.000	0.160	



(a) 直交方向

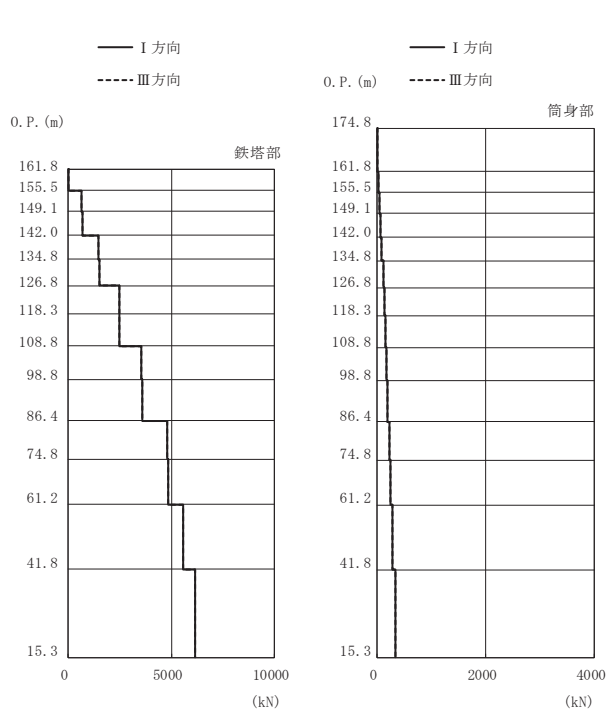
高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	352	352
161.8	A	338	338	339	339
155.5	A'	312	312	336	336
149.1	B	286	286	333	333
142.0	B'	259	259	327	327
134.8	C	232	232	315	315
126.8	C'	205	205	295	295
118.3	D	176	176	266	266
108.8	D'	147	147	225	225
98.8	E	119	119	176	176
86.4	E'	90.0	90.0	114	114
74.8	F	65.3	65.3	67.0	67.0
61.2	G	42.9	42.9	37.6	37.6
41.8	H	19.8	19.8	17.0	17.0
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00



(b) 斜め方向

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
0. P.					
174.8	TOP	-	-	352	352
161.8	A	338	338	339	339
155.5	A'	314	314	336	336
149.1	B	286	286	333	333
142.0	B'	259	259	327	327
134.8	C	232	232	315	315
126.8	C'	208	208	295	295
118.3	D	176	176	266	266
108.8	D'	148	148	225	225
98.8	E	119	119	175	176
86.4	E'	96.1	96.0	114	115
74.8	F	65.5	66.1	66.4	67.6
61.2	G	45.6	45.4	36.6	38.6
41.8	H	20.0	19.6	16.0	18.0
15.3	I	0.00	0.00	0.00	0.00

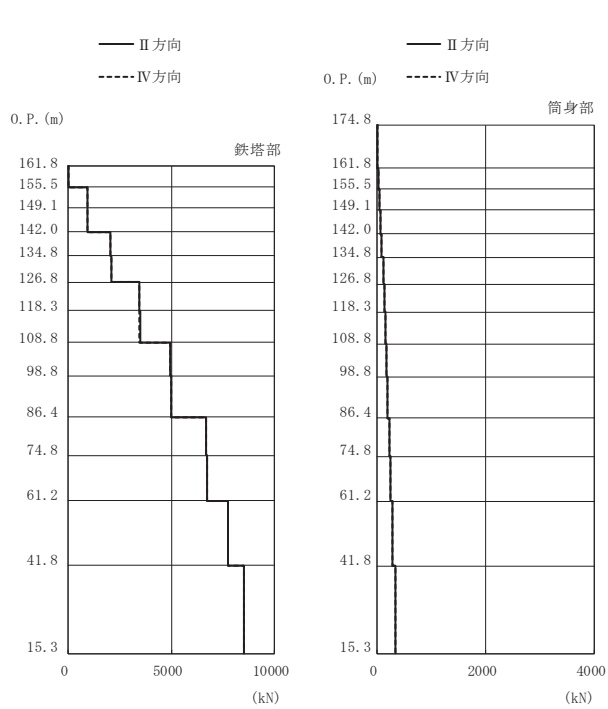
図 4-10 最大応答変位 (静的地震力)



高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	14.8	14.8
155.5	A'	A - A'	9.5	9.5	36.7	36.7
149.1	B	A' - B	667	667	51.0	51.0
142.0	B'	B - B'	677	677	66.4	66.4
134.8	C	B' - C	1460	1460	82.6	82.6
126.8	C'	C - C'	1500	1500	118	118
118.3	D	C' - D	2470	2470	137	137
108.8	D'	D - D'	2490	2490	158	158
98.8	E	D' - E	3540	3540	180	180
86.4	E'	E - E'	3580	3580	202	202
74.8	F	E' - F	4790	4790	229	229
61.2	G	F - G	4840	4840	259	259
41.8	H	G - H	5550	5550	296	296
15.3	I	H - I	6130	6130	348	348

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(a) 直交方向

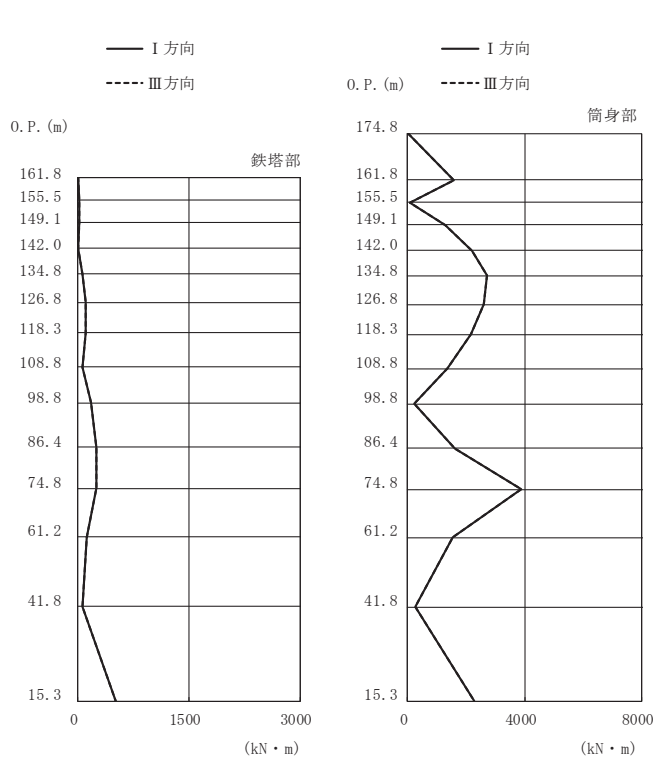


高さ (m) O. P.	位置	区間	鉄塔部		筒身部	
			II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	-	-	-
161.8	A	TOP - A	-	-	14.8	14.8
155.5	A'	A - A'	9.9	10.0	36.7	36.7
149.1	B	A' - B	937	937	51.0	51.0
142.0	B'	B - B'	947	946	66.4	66.4
134.8	C	B' - C	2050	2050	82.6	82.6
126.8	C'	C - C'	2090	2090	118	118
118.3	D	C' - D	3460	3460	137	137
108.8	D'	D - D'	3480	3470	158	158
98.8	E	D' - E	4950	4950	180	180
86.4	E'	E - E'	4990	4990	202	202
74.8	F	E' - F	6680	6690	229	229
61.2	G	F - G	6730	6740	259	259
41.8	H	G - H	7740	7740	296	296
15.3	I	H - I	8520	8520	348	348

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

(b) 斜め方向

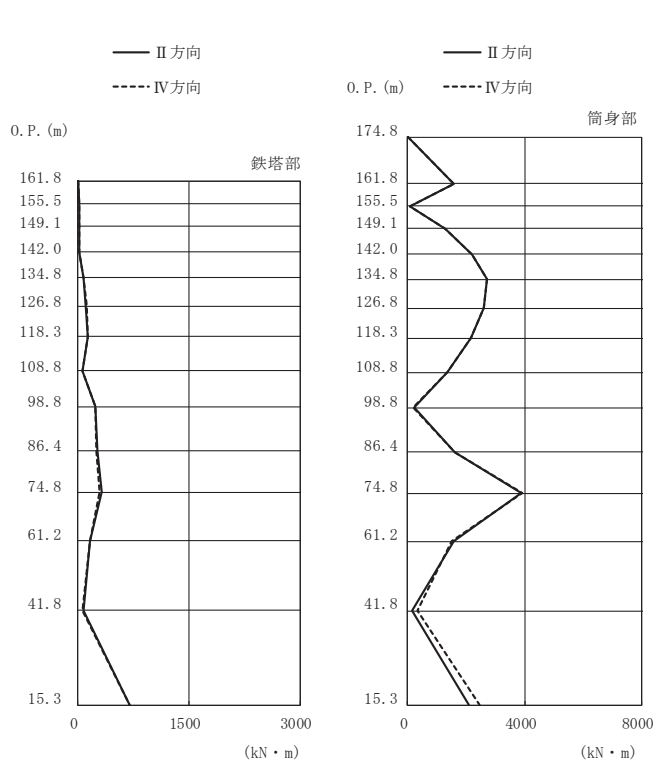
図 4-11 最大応答軸力 (静的地震力)



(a) 直交方向

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		I 方向	III 方向	I 方向	III 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	1.6	1.6	1580	1580
155.5	A'	16.0	16.0	62.1	62.1
149.1	B	15.5	15.5	1280	1280
142.0	B'	10.3	10.3	2190	2190
134.8	C	58.4	58.4	2730	2730
126.8	C'	105	105	2620	2620
118.3	D	98.4	98.4	2160	2160
108.8	D'	61.7	61.7	1360	1360
98.8	E	176	176	205	205
86.4	E'	257	257	1610	1610
74.8	F	246	246	3890	3890
61.2	G	116	116	1540	1540
41.8	H	61.3	61.3	265	265
15.3	I	506	506	2280	2280

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。



(b) 斜め方向

高さ (m)	位置	鉄塔部		筒身部	
		II 方向	IV 方向	II 方向	IV 方向
174.8	TOP	-	-	0.0	0.0
161.8	A	2.2	1.7	1580	1580
155.5	A'	16.8	16.1	63.3	61.0
149.1	B	20.2	20.2	1280	1280
142.0	B'	12.3	12.1	2200	2190
134.8	C	72.2	72.3	2730	2720
126.8	C'	112	113	2620	2610
118.3	D	133	134	2170	2160
108.8	D'	67.2	68.9	1370	1350
98.8	E	230	233	216	194
86.4	E'	266	255	1600	1630
74.8	F	320	291	3880	3910
61.2	G	157	159	1570	1510
41.8	H	72.9	67.1	151	343
15.3	I	696	696	2080	2450

鉄塔部は主柱材の応答値を示す。

図 4-12 最大応答曲げモーメント (静的地震力)

(Ⅱ) 排気筒の耐震計算書

目次

1.	基本方針	(Ⅱ)-1
1.1	評価方針	(Ⅱ)-1
1.2	適用規格・基準等	(Ⅱ)-10
2.	評価方法	(Ⅱ)-11
2.1	荷重及び部材応力の組合せ	(Ⅱ)-11
2.1.1	荷重	(Ⅱ)-11
2.1.2	部材応力の組合せ	(Ⅱ)-17
2.2	許容限界	(Ⅱ)-18
2.3	使用材料及び材料の許容応力度	(Ⅱ)-19
2.4	断面の評価方法	(Ⅱ)-21
2.4.1	筒身	(Ⅱ)-21
2.4.2	鉄塔	(Ⅱ)-23
3.	評価結果	(Ⅱ)-24
3.1	耐震評価結果	(Ⅱ)-24
4.	制震装置（制震オイルダンパ）及び支持点部の評価	(Ⅱ)-37
4.1	制震装置（制震オイルダンパ）の評価	(Ⅱ)-37
4.2	制震装置（制震オイルダンパ）支持点部の評価	(Ⅱ)-38
4.3	第1支持点、第2支持点及び第4支持点部の評価	(Ⅱ)-46
5.	筒身脚部及び鉄塔脚部の断面評価	(Ⅱ)-61
5.1	評価方法	(Ⅱ)-61
5.2	アンカーボルトに対する検討	(Ⅱ)-63
5.2.1	アンカーボルトの引張応力度に対する検討	(Ⅱ)-63
5.2.2	アンカーボルトのせん断応力度に対する検討	(Ⅱ)-64
5.2.3	引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの引張応力度に対する検討	(Ⅱ)-64
5.2.4	コンクリートのコーン状破壊に対する検討	(Ⅱ)-65
5.3	ベースプレートに対する検討	(Ⅱ)-66
5.3.1	コンクリートの圧縮応力度に対する検討	(Ⅱ)-66
5.3.2	ベースプレートの面外曲げに対する検討	(Ⅱ)-66
5.4	フランジプレートに対する検討	(Ⅱ)-67
5.4.1	フランジプレートの面外曲げに対する検討	(Ⅱ)-67
5.5	リブプレートに対する検討	(Ⅱ)-68
5.5.1	リブプレートの圧縮応力度に対する検討	(Ⅱ)-68
5.5.2	リブプレートのせん断応力度に対する検討	(Ⅱ)-69
5.6	評価結果	(Ⅱ)-70

1. 基本方針

1.1 評価方針

排気筒は、第2号機、第3号機の筒身と第2,3号機共用の鉄塔で構成される。排気筒は、図1-1～図1-6に示すように、筒身、補強リング、支持点アーム、制震オイルダンパ、筒身連結材、鉄塔連結材、筒身脚部、鉄塔脚部により構成されている。

排気筒を構成する部材について、添付書類「VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に基づき、波及影響を考慮すべき施設を除いた、以下の区分に分類を行う。

- (1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。
- (2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。
- (3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物又はこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。
- (4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物（建物・構築物、土木構造物）をいう。

まず、筒身、筒身脚部及び排気筒基礎（筒身部）について整理する。

排気筒は、添付書類「VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」の機能別分類において、放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散抑制するための施設に整理しており、この機能に直接的に関連する筒身は主要設備に分類される。

筒身脚部は、筒身の荷重を直接的に受ける支持構造物であり、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984（重要度分類・許容応力編）にアンカボルト、アンカプレート及び埋込金物は直接支持構造物に整理されることが記載されていることから、直接支持構造物に分類される。

排気筒基礎は、直接支持構造物に分類される筒身脚部から伝達される荷重を受ける構造物であることから間接支持構造物に分類される。

次に、補強リング（鉄塔方向）、支持点アーム、制震オイルダンパ、鉄塔連結材（第1支持点、第2支持点、第4支持点）及び鉄塔について整理する。

補強リング（鉄塔方向）は、筒身の荷重を直接的に受ける支持構造物であることから、直接支持構造物に分類される。また、補強リングと溶接により接合している支持点アーム及び鉄塔連結材（筒身側支持金物）についても、補強リング（鉄塔方向）を介して筒身の荷重を直接的に受けることから、直接支持構造物に分類される。

制震オイルダンパと支持点アーム間はボールジョイントで接続されていることから、筒身からの荷重はボールジョイントを取合点として、制震オイルダンパ及び鉄塔は直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物となることから、間接支持構造物に分類される。また、鉄塔連結材（第1支持点、第2支持点、第4支持点）は、筒身側

の支持金物と鉄塔側の支持金物間で水平荷重のみ伝達する構造となっていることから、支持金物を取合点として、鉄塔側の支持金物及び鉄塔は直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物となることから、間接支持構造物に分類される。

さらに、補強リング（第3号機筒身方向）、筒身連結材、第3号機筒身について整理する。

第3号機筒身は、第3号機の工認申請において主要設備に分類されることから、同一の耐震重要度相当とし、直接支持構造物に分類する。そのため、第3号機筒身脚部、補強リング（第3号機筒身方向）及び筒身連結材についても、直接支持構造物に分類する。

上記を踏まえ、筒身は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の主要設備」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類され、直接支持構造物に分類される筒身脚部及び第3号機筒身等も同様に分類される。

鉄塔は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類され、間接支持構造物に分類される制震オイルダンパ及び排気筒基礎等も同様に分類される。

排気筒の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価においては、風荷重及び基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行う。

また、筒身の評価においては、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 S_d 地震時に対する評価」という。）を行う。

S_s 地震時に対する評価及び S_d 地震時に対する評価は、「(I) 排気筒の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとし、排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮する。

排気筒の評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析及び応力解析により算出した部材応力の組合せに対して、材料強度より算出した弾性限強度及び短期許容応力度による評価を行うことで、筒身及び鉄塔に対する地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

図1-7に排気筒の評価フローを示す。

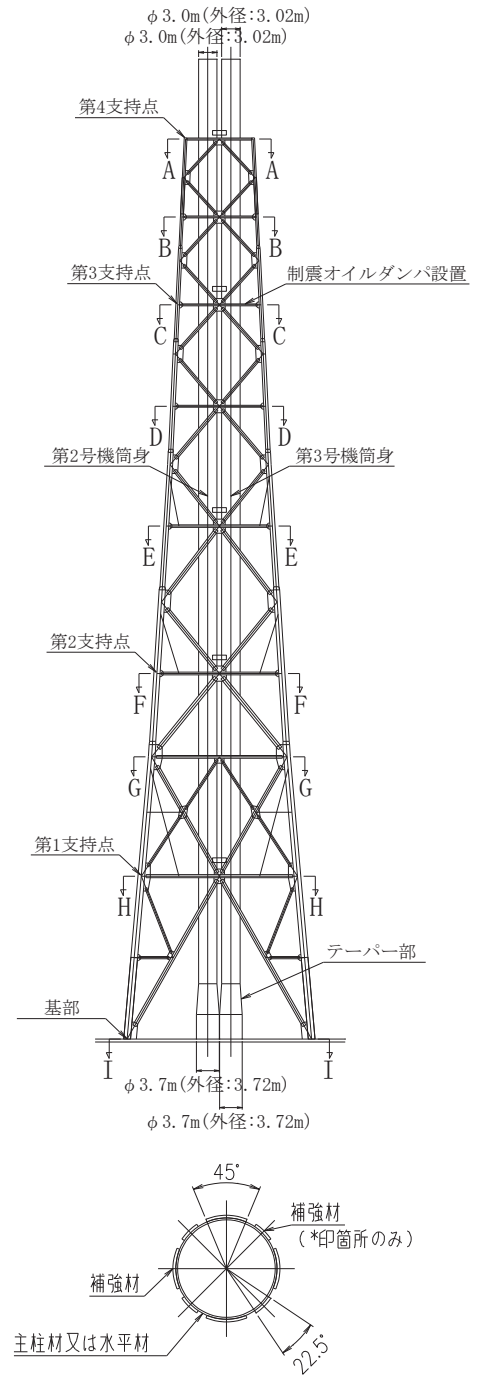
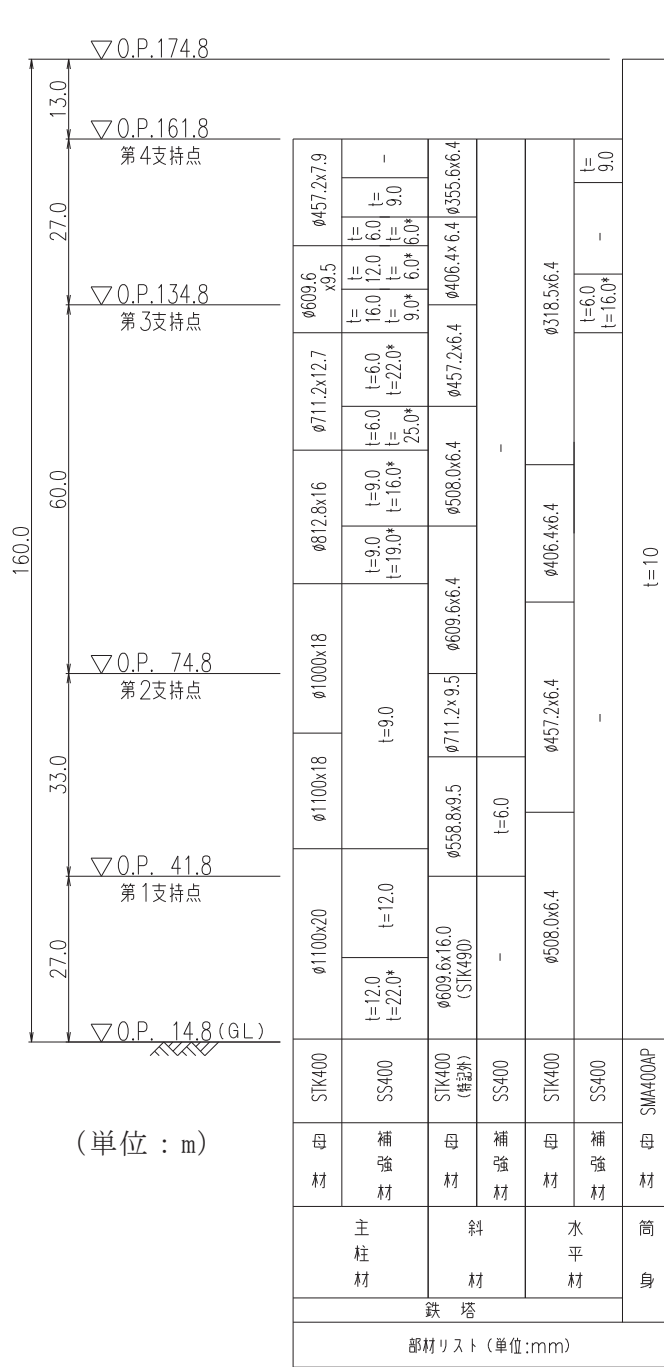


図 1-1 排気筒の概要図

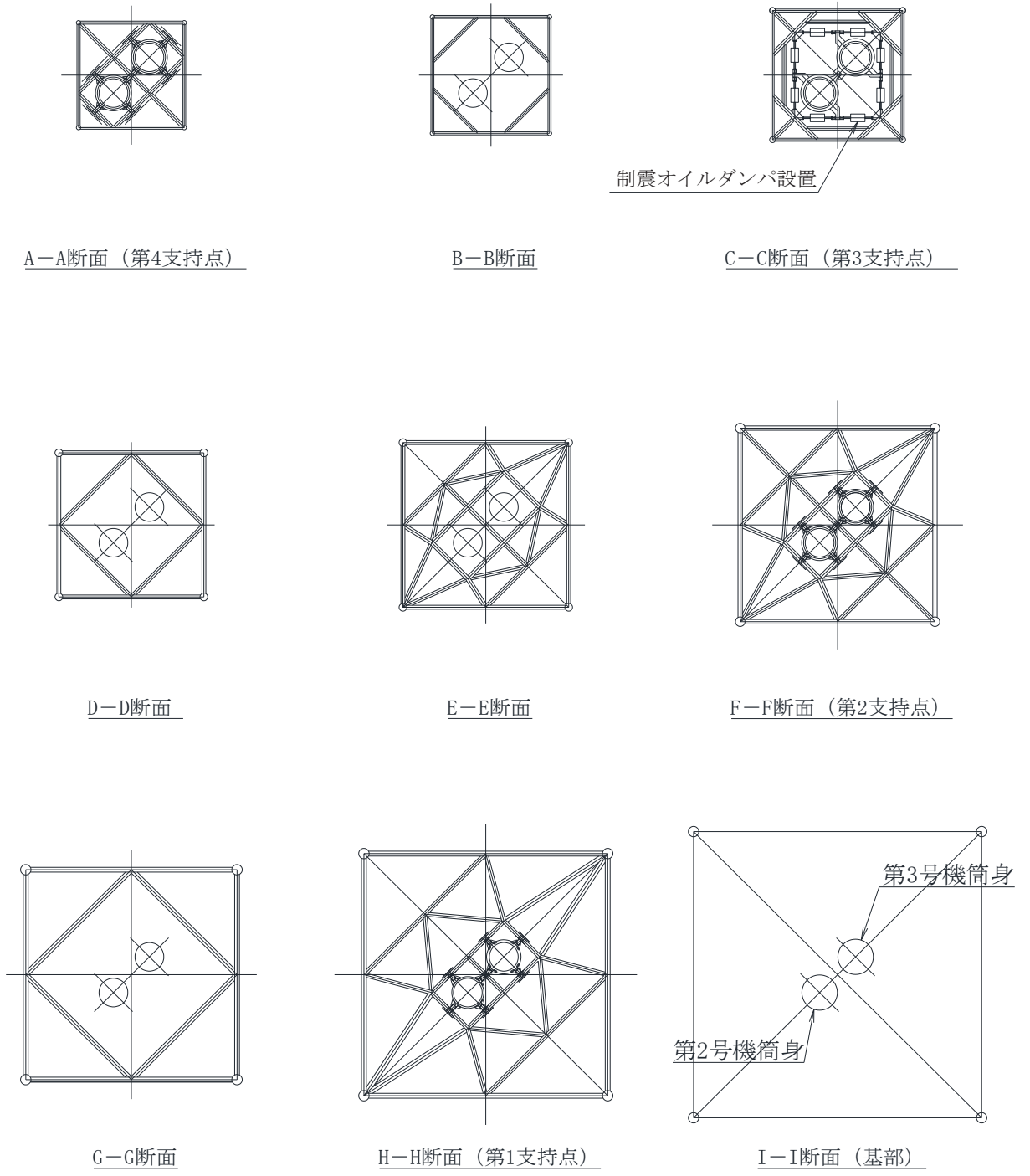


図 1-2 排気筒の概略平面図

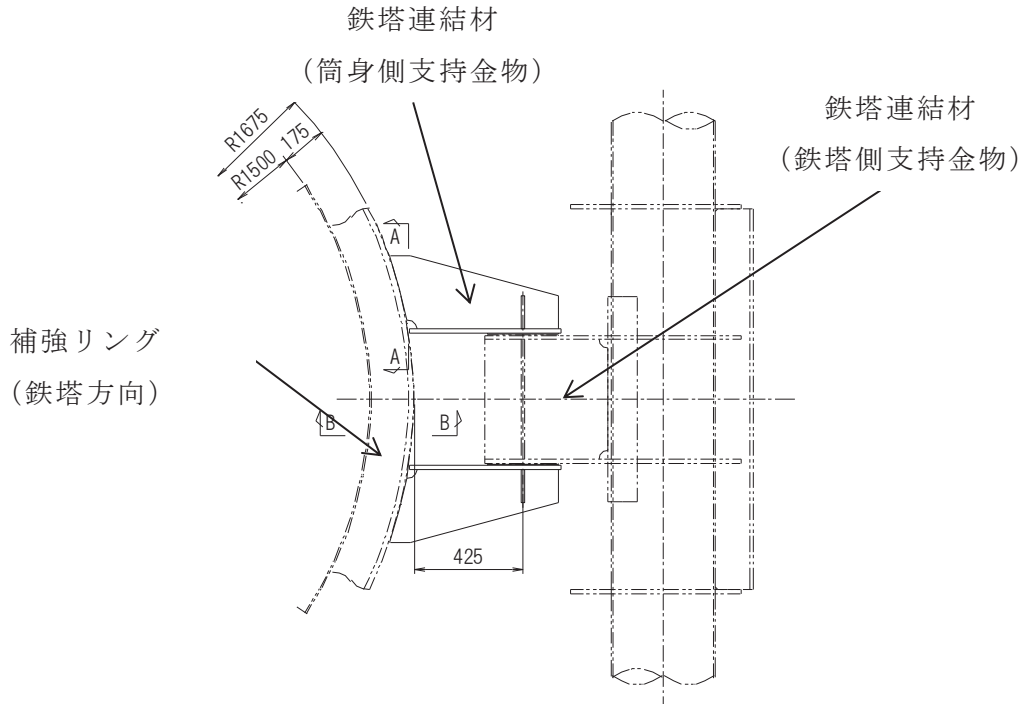


図 1-3 第 1 支持点, 第 2 支持点及び第 4 支持点部拡大図 (単位: mm)
 (代表として第 1 支持点を記載)

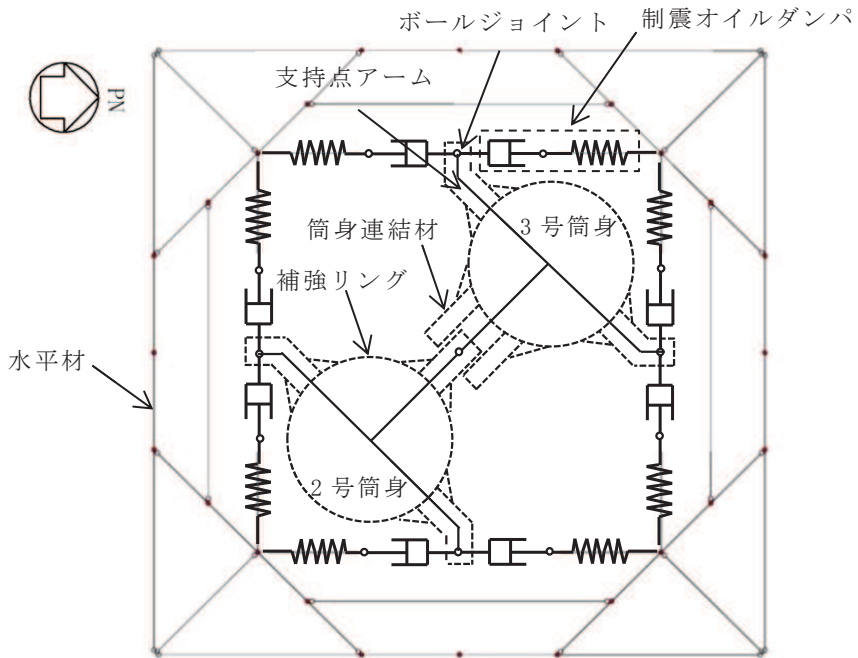


図 1-4 第 4 支持点部平面図

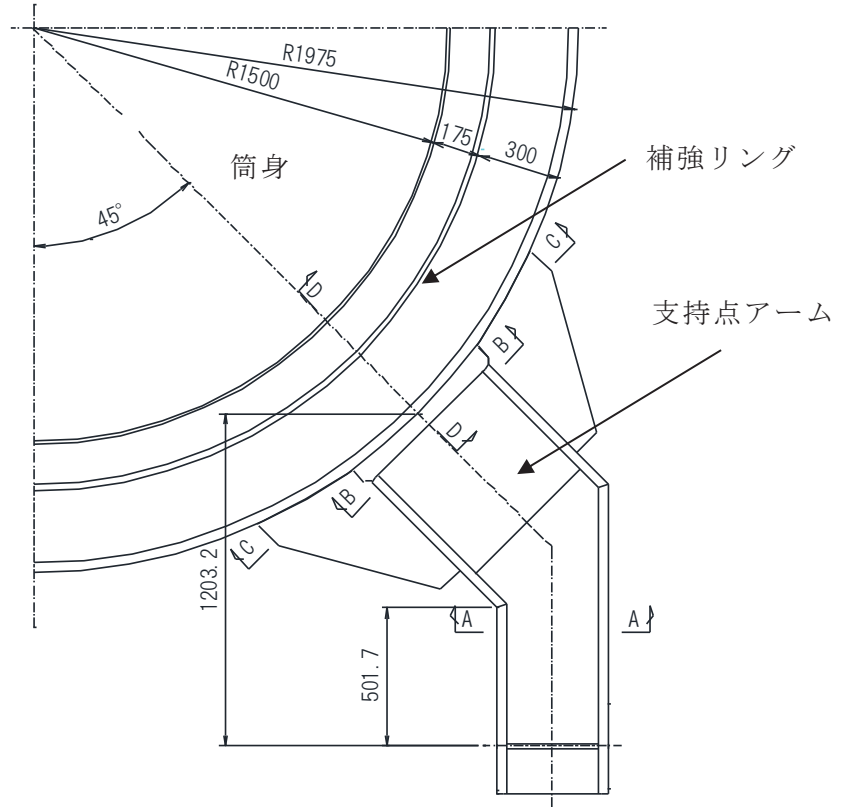
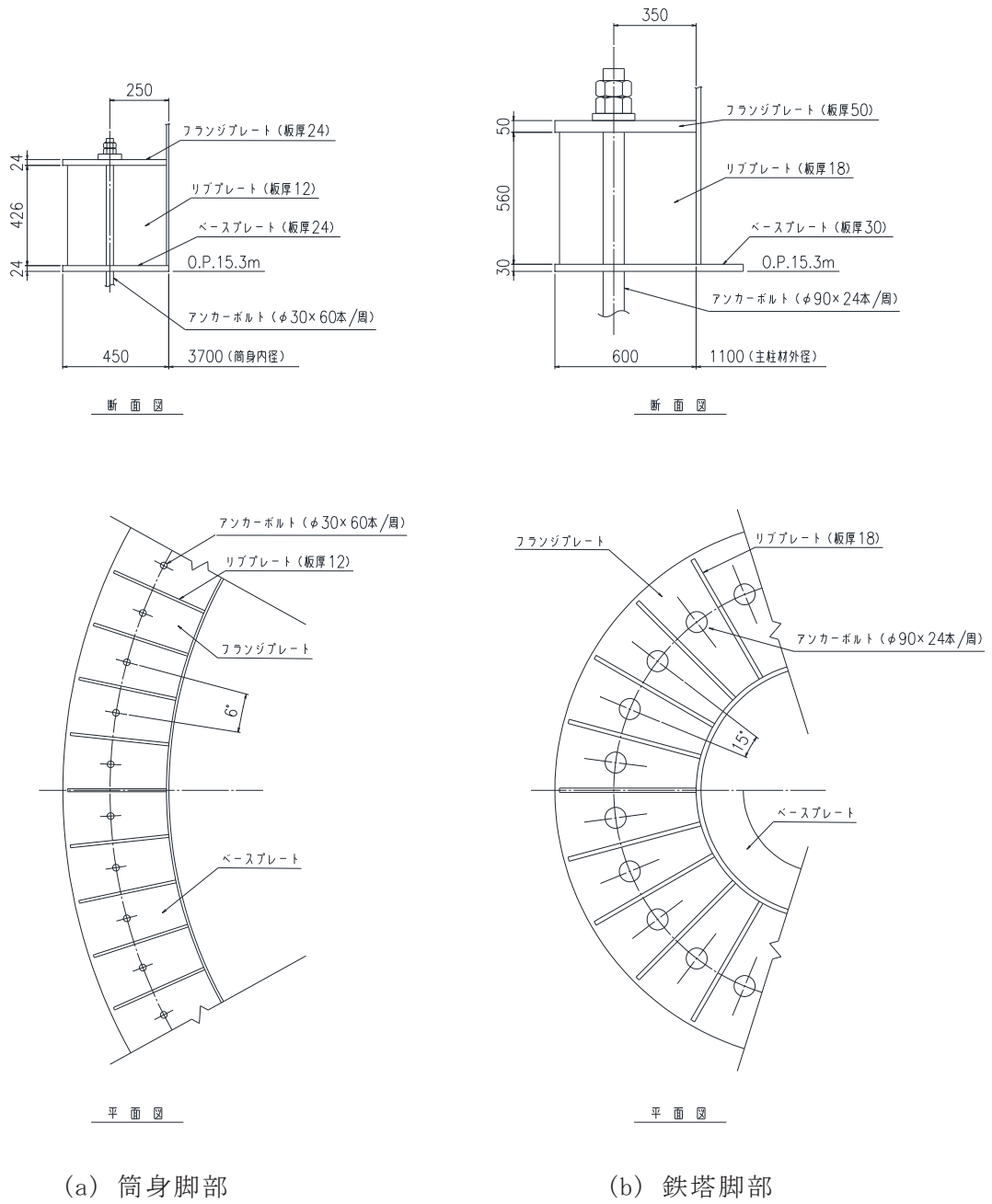


図 1-5 第 4 支持点部拡大図 (単位 : mm)



注：板厚は使用板厚を示す。

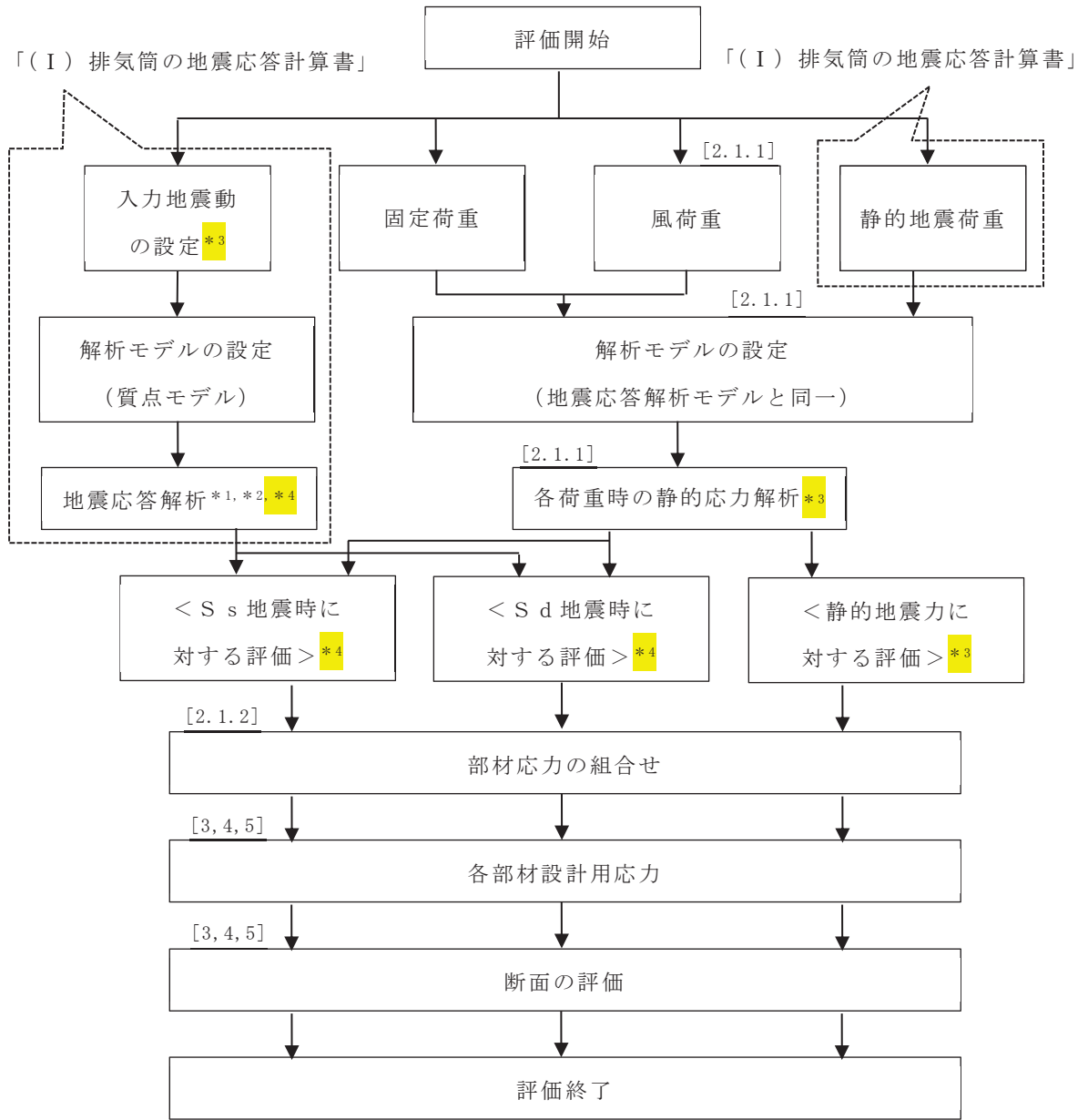
図 1-6 脚部の拡大図 (単位：mm)

表 1-1 排気筒の重要度分類

設備区分	評価内容	設備名称	備考
主要設備	S s 地震力 S d 地震力	第 2 号機筒身	
直接支持 構造物	S s 地震力 S d 地震力	第 3 号機筒身	第 3 号機の工認申請において主要設備に分類される
		補強リング	第 2 号機及び第 3 号機筒身の地震時荷重及び風荷重を直接的に受ける
		支持点アーム	補強リングと溶接により接合していることから、補強リングを介して第 2 号機及び第 3 号機筒身の荷重を直接的に受ける
		筒身連結材	
		鉄塔連結材 (筒身側支持金物)	
筒身脚部	第 2 号機及び第 3 号機筒身の筒身の常時荷重、地震時荷重及び風荷重を直接的に受ける		
間接支持 構造物	S s 地震力	鉄塔（支柱材、斜材、水平材）	直接支持構造物からの地震時荷重及び風荷重を鉄塔連結材（鉄塔側支持金物）及び制震オイルダンパを介して伝達される
		鉄塔連結材 (鉄塔側支持金物)	直接支持構造物からの地震時荷重及び風荷重を伝達される
		制震オイルダンパ	直接支持構造物からの地震時荷重及び風荷重を伝達される
		鉄塔脚部	間接支持構造物からの常時荷重、地震時荷重及び風荷重を伝達される
		排気筒基礎	直接支持構造物及び間接支持構造物からの常時荷重、地震時荷重及び風荷重を伝達される

注記*1：S s 地震力は基準地震動 S s による評価

注記*2：S d 地震力は弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による評価



注：[]内は、本資料における章番号を示す。

注記*1：鉛直荷重を考慮した応答値

*2：排気筒基礎の応答の不確かさ等を考慮する

*3：静的応力解析により算出する固定荷重、風荷重及び、基礎の地震応答解析により算出される入力地震動については、制震オイルダンパの減衰を考慮しない

*4：排気筒の地震応力解析により算出する S s 地震時及び S d 地震時に対する応答は、制震オイルダンパの減衰を考慮する

図 1-7 排気筒の評価フロー

1.2 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ 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 2015) (以下「技術基準解説書」という。)
- ・ 鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005 改定) (以下「鋼構造設計規準」という。)
- ・ 容器構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010) (以下「容器構造設計指針」という。)
- ・ 煙突構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2007)
- ・ 煙突構造設計施工指針 ((一財) 日本建築センター, 1982)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 改定)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 1999) (以下「R C 規準」という。)
- ・ 日本工業規格 (J I S)

2. 評価方法

2.1 荷重及び部材応力の組合せ

2.1.1 荷重

(1) 固定荷重 (G)

「(I) 排気筒の地震応答計算書」に基づき、固定荷重を考慮する。部材応力は「(I) 排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析モデルと同一のモデルに固定荷重を入力し、静的応力解析から算出する。解析コードは「DYNA2E Ver8.1.0」を用いる。

(2) 積載荷重 (P)

積載物はないため、積載荷重は考慮しない。

(3) 積雪荷重 (P_s)

歩廊の床材はグレーチングのため雪が積もらない構造となっている。よって、積雪荷重は考慮しない。

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重は、「建築基準法施行令」に定められた速度圧に風力係数と受風面積を乗じて得られる風荷重を考慮する。部材応力は「(I) 排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析モデルと同一のモデルに風荷重を入力し、静的応力解析から算出する。解析コードは「DYNA2E Ver8.1.0」を用いる。

$$P_k = q \cdot C_f \cdot A$$

ここで

P_k : 風荷重 (N)

q : 速度圧 (N/m²) = $0.6 \cdot E \cdot V_0^2$

V_0 : 当該地の基準風速 ($V_0 = 30\text{m/s}$)

E : 国土交通大臣が定める方法により算出した数値 (= $E_r^2 \cdot G_f$)

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha \quad (H > Z_b)$$

H : 地盤面からの高さ (m) ($H = 160.0\text{m}$)

Z_b, Z_G, α : 地表面粗度区分に応じて定められる数値

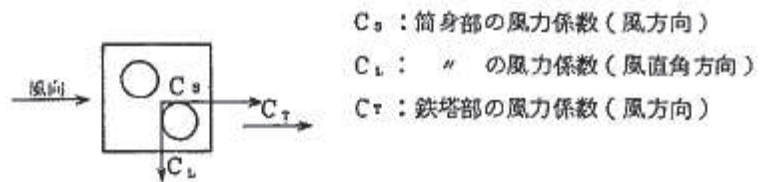
(当該地の地表面粗度区分 II : $Z_b = 5\text{m}, Z_G = 350\text{m},$
 $\alpha = 0.15$)

G_f : ガスト影響係数 ($G_f = 1.0$)

- C_f : 煙突構造設計施工指針 (図 2-1) による風力係数
 筒身 風方向 0.5, 風直交方向 0.7 (I 方向)
 風方向 0.75 (II 方向)
 鉄塔部 2.4 (I 方向), 2.2 (II 方向)
- A : 煙突構造設計施工指針による受風面積 (m²)

煙突形式	略図	風向	筒身部		鉄塔部	備考
			C_s	C_L	C_T	
一筒三角鉄塔形		I	0.7	—	1.6	
		II	0.7	—	1.6	
一筒四角鉄塔形		I	0.7	—	1.9	
		II	0.7	—	2.4	
二筒四角鉄塔形		I	0.5	0.7	2.4	
		II	0.75	—	2.2	
三筒三角鉄塔形		I	0.7	—	1.9	
		II	0.7	—	1.9	
四筒四角鉄筒形		I	0.55	—	2.0	
		II	0.55	—	2.3	

ここに、①風向と風力係数との関係は次の通りである。



(二筒四角鉄塔形 風向 I の場合)

図 2-1 鉄塔支持形煙突の風力係数
 (「煙突構造設計施工指針」による。)

風荷重の作用方向の説明図を **図 2-2** に示す。風荷重の算定結果を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

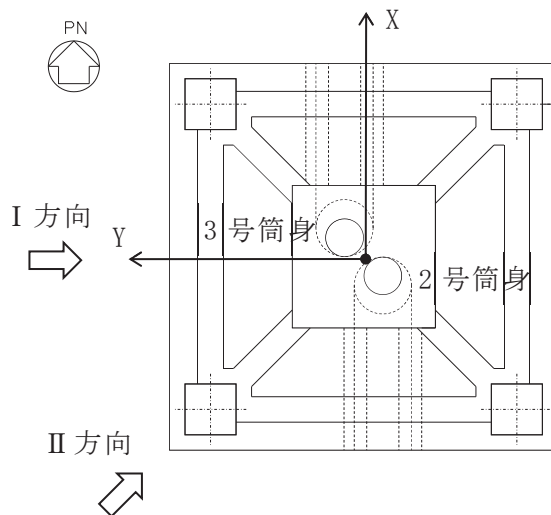


図 2-2 風荷重作用方向の説明

表 2-1 風荷重の算定結果 (筒身部)

標高 O.P. (m)	位置*	風荷重 P_k (kN)		
		I 方向		II 方向
		風方向	風直交方向	風方向
174.8	TOP	26.4	37.0	39.6
161.8	A	36.9	51.6	55.3
155.5	A'	24.3	34.0	36.4
149.1	B	25.8	36.1	38.7
142.0	B'	27.3	38.2	41.0
134.8	C	29.0	40.6	43.5
126.8	C'	31.5	44.1	47.2
118.3	D	34.4	48.1	51.5
108.8	D'	37.2	52.1	55.8
98.8	E	42.8	59.8	64.1
86.4	E'	45.8	64.1	68.7
74.8	F	48.1	67.3	72.1
61.2	G	63.0	88.1	94.4
41.8	H	87.6	122.7	131.4
15.3	I	56.2	78.7	84.3

注記* : 位置は「(I) 排気筒の地震応答計算書」の図 3-1 に示す。

表 2-2 風荷重の算定結果（鉄塔部）

標高 O.P. (m)	位置*	風荷重 P_k (kN)	
		I 方向	II 方向
174.8	TOP	-	-
161.8	A	47.4	43.4
155.5	A'	36.6	33.6
149.1	B	54.4	49.9
142.0	B'	53.6	49.1
134.8	C	114.6	105.0
126.8	C'	71.3	65.4
118.3	D	92.0	84.3
108.8	D'	101.6	93.2
98.8	E	170.2	156.1
86.4	E'	135.7	124.4
74.8	F	189.2	173.5
61.2	G	260.2	238.5
41.8	H	420.5	385.4
15.3	I	162.1	148.6

注記*：位置は「(I) 排気筒の地震応答計算書」の図 3-1 に示す。

(5) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s の入力地震動による部材応力は「(Ⅰ) 排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析結果による。

(6) 地震荷重 (S_d)

弾性設計用地震動 S_d の入力地震動による地震荷重又は排気筒に適用される静的地震力による地震荷重による部材応力は「(Ⅰ) 排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析結果による。

2.1.2 部材応力の組合せ

部材応力の組合せを表 2-3 に示す。部材応力の組合せにより算出する評価用部材断面力は、各層の部材に発生する最大軸力及び最大曲げモーメントを用いる。

表 2-3 部材応力の組合せ

外力の状態	ケース名	部材応力の組合せ
S _s 地震力	I 方向	$G + P_k (I) + S_s (I)$
	II 方向	$G + P_k (II) + S_s (II)$
	III 方向	$G + P_k (III) + S_s (III)$
	IV 方向	$G + P_k (IV) + S_s (IV)$
S _d 地震力 又は静的地震力	I 方向	$G + P_k (I) + S_d (I)$
	II 方向	$G + P_k (II) + S_d (II)$
	III 方向	$G + P_k (III) + S_d (III)$
	IV 方向	$G + P_k (IV) + S_d (IV)$

注：記号の説明

- G : 固定荷重による部材応力
- $P_k (I)$: I 方向からの風荷重の作用により発生する部材応力^{*1}
- $P_k (II)$: II 方向からの風荷重の作用により発生する部材応力^{*1}
- $P_k (III)$: III 方向からの風荷重の作用により発生する部材応力^{*1}
- $P_k (IV)$: IV 方向からの風荷重の作用により発生する部材応力^{*1}
- $S_s (I)$: 基準地震動 S_s ^{*2} の I 方向加振により発生する部材応力
- $S_s (II)$: 基準地震動 S_s ^{*2} の II 方向加振により発生する部材応力
- $S_s (III)$: 基準地震動 S_s ^{*2} の III 方向加振により発生する部材応力
- $S_s (IV)$: 基準地震動 S_s ^{*2} の IV 方向加振により発生する部材応力
- $S_d (I)$: 弾性設計用地震動 S_d ^{*2} の I 方向加振により発生する部材応力
- $S_d (II)$: 弾性設計用地震動 S_d ^{*2} の II 方向加振により発生する部材応力
- $S_d (III)$: 弾性設計用地震動 S_d ^{*2} の III 方向加振により発生する部材応力
- $S_d (IV)$: 弾性設計用地震動 S_d ^{*2} の IV 方向加振により発生する部材応力

注記*1: 排気筒の支持形式は二筒四角鉄塔形になることから、筒身の I 方向及び III 方向に風荷重を入力した場合、表 2-1 に示す通り、風荷重の入力方向に直交する方向に風荷重が発生する。そのため、風荷重の作用により発生する部材応力については、静的応力解析により求められた風方向及び風直交方向の部材応力の二乗和平方根を用いる。

*2: 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d は、水平 1 方向（並進・回転）及び鉛直方向を同時入力する。

2.2 許容限界

耐震評価における筒身及び鉄塔の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 2-4 及び表 2-5 のとおり設定する。

表 2-4 耐震評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	表 1-1 における 主要設備, 直接支持構造物, 間接支持構造物	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	終局耐力に対し て適切な安全裕 度を有する許容 限界* ¹
	弾性設計用 地震動 S _d 及び 静的地震力	表 1-1 における 主要設備, 直接支持構造物,	部材に生じる応力が 弾性状態に留まる範 囲で耐えることを確 認	部材に生じる応 力が短期許容応 力度に基づく許 容値* ²

注記*1：許容限界は終局耐力に対して適切な裕度を有する弾性限強度を用いる。鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に準拠して 1.1F と読み替え、筒身の許容限界は「容器構造設計指針」によって求めた地震時許容応力度、鉄塔の許容限界は「平 13 国交告第 1024 号」による材料強度とする。

*2：筒身の許容限界は「容器構造設計指針」によって求めた短期許容応力度とする。

表 2-5 耐震評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	表 1-1 における 主要設備, 直接支持構造物, 間接支持構造物	部材に生じる応力が 構造強度を確保する ための許容限界を超 えないことを確認	終局耐力に対し て適切な安全裕 度を有する許容 限界*

注記*：許容限界は終局耐力に対して適切な裕度を有する弾性限強度を用いる。鋼材の基準強度 F を「技術基準解説書」に準拠して 1.1F と読み替え、筒身の許容限界は「容器構造設計指針」によって求めた地震時許容応力度、鉄塔の許容限界は「平 13 国交告第 1024 号」による材料強度とする。

2.3 使用材料及び材料の許容応力度

筒身の鋼材については、J I S G 3 1 1 4「溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材」に規定される SMA400AP を使用する。

鉄塔の鋼材は、J I S G 3 1 0 1「一般構造用圧延鋼材」に規定される SS400、J I S G 3 4 4 4「一般構造用炭素鋼鋼管」に規定される STK400、STK490 のいずれかを使用する。

筒身脚部，鉄塔脚部，支持点アーム，補強リング（以下「脚部等」という。）の鋼材は、J I S G 3 1 0 1「一般構造用圧延鋼材」に規定される SS400、J I S G 3 1 0 6「溶接構造用圧延鋼材」に規定される SM400A のいずれかを使用する。なお、鉄塔脚部のアンカーボルトは、直径が 40mm を超える鋼材を使用する。

使用材料の材料定数を表 2-6 に、制震オイルダンパの許容値を表 2-7 に示す。

また、基礎で使用するコンクリートの設計基準強度 F_c は 20.5 N/mm^2 とし、コンクリートの許容応力度を表 2-8 に示す。

表 2-6 使用材料の材料定数

板厚	材料	基準強度 F (N/mm^2)	備考
$t \leq 40\text{mm}$	SS400, SM400A, SMA400AP, STK400	235	筒身, 主柱材, 斜材, 水平材, 脚部等
$t \leq 40\text{mm}$	STK490	325	斜材
$40\text{mm} < t$	SS400, SM400A	215	脚部等, アンカーボルト

表 2-7 制震オイルダンパの許容値

標高 O.P. (m)	位置	許容速度 (m/s)	許容変位 (mm)
134.8	C	1.20	± 400

表 2-8 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

外力の状態	設計基準強度 $F_c = 20.5$	
	長 期	短 期
	圧縮	圧縮
S s 地震時	6.8	13.6

2.4 断面の評価方法

「2.1 荷重及び部材応力の組合せ」により組み合わせた設計用部材応力に対して筒身と鉄塔の各部材の断面検定を次の通り行う。

2.4.1 筒身

筒身部材について、板厚 2mm(外側 1mm, 内側 1mm)の腐食代を考慮し、次式の応力度比によって断面検定を行う。

$$\frac{\sigma_c}{c f_{c r}} + \frac{\sigma_b}{b f_{c r}} \leq 1$$

ここに

σ_c : 圧縮応力度 $\sigma_c = N / A$ (N/mm²)

N : 軸力 (N)

A : 筒身の断面積 (mm²)

σ_b : 曲げ応力度 $\sigma_b = M / Z$ (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 筒身の断面係数 (mm³)

$c f_{c r}$: 局部座屈を考慮した圧縮応力度に対する許容値 (N/mm²)

$b f_{c r}$: 局部座屈を考慮した曲げ応力度に対する許容値 (N/mm²)

$c f_{c r}$ 及び $b f_{c r}$ は「容器構造設計指針」による材料強度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。S d地震時の評価では、 $c f_{c r}$ 及び $b f_{c r}$ は「容器構造設計指針」によって求めた短期許容応力度とする。

(1) 局部座屈を考慮した圧縮応力度に対する許容値 $c f_{c r}$

地震時応力に対する許容圧縮応力度は、以下の式により求める。

$$\overline{c f_{c r}} = F \quad \left(\frac{r}{t} \leq 0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \right)$$

$$\overline{c f_{c r}} = 0.6F + 0.4F \left[\frac{2.567 - \frac{r}{t} \left(\frac{F}{E} \right)^{0.72}}{2.190} \right]$$

$$\left(0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \leq 2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \right)$$

$$\overline{c f_{c r}} = 0.6E \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \right\} \right] / \frac{r}{t} \quad \left(2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \right)$$

$\overline{c f_{c r}}$: 内圧が存在しない場合の $c f_{c r}$ (N/mm²)

F : 許容応力度の基準値 (N/mm²)

E : ヤング率 (N/mm²)

r : 内半径 (mm)

t : 壁厚 (mm)

(2) 局部座屈を考慮した曲げ応力度に対する許容値 $b f_{c r}$

地震時応力に対する許容曲げ応力度は、以下の式により求める。

$$\overline{b f_{c r}} = F \quad \left(\frac{r}{t} \leq 0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \right)$$

$$\overline{b f_{c r}} = 0.6F + 0.4F \left[\frac{2.106 - \frac{r}{t} \left(\frac{F}{E} \right)^{0.78}}{1.832} \right]$$

$$\left(0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \leq 2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \right)$$

$$\overline{b f_{c r}} = 0.6E \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \right\} \right] / \frac{r}{t} \quad \left(2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \right)$$

$\overline{b f_{c r}}$: 内圧が存在しない場合の $b f_{c r}$ (N/mm²)

F : 許容応力度の基準値 (N/mm²)

E : ヤング率 (N/mm²)

r : 半径 (mm)

t : 壁厚 (mm)

2.4.2 鉄塔

主柱材，斜材，水平材について，板厚 1mm(外側のみ)の腐食代を考慮し，次式の応力度比によって断面検定を行う。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$$

ここに

σ_c : 圧縮応力度 $\sigma_c = N / A$ (N/mm²)

N : 軸力 (N)

A : 鉄塔の断面積 (mm²)

σ_b : 曲げ応力度 $\sigma_b = M / Z$ (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 鉄塔の断面係数 (mm³)

f_c : 圧縮応力度に対する許容値 (N/mm²)

f_b : 曲げ応力度に対する許容値 (N/mm²)

f_c 及び f_b は「平 13 国交告第 1024 号」による材料強度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。

3. 評価結果

3.1 耐震評価結果

「2.4 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。断面の評価結果を記載する検討ケースは、軸力及び曲げモーメントによる断面検定において、応力度比が最大となるケースとする。

基準地震動 S_s 並びに弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力において、軸力及び曲げモーメントによる発生応力度の評価値が各許容値を超えないことを確認した。

基準地震動 S_s に対する断面算定結果を表 3-1～表 3-5 に、弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力に対する断面算定結果を表 3-6 に示す。

追而

- ・直接支持構造物に整理された、第 3 号機筒身の S_d 地震力を用いた評価結果については、別途示す。

表 3-1(1) S s 地震時における第 2 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			$c f_{cr}$ (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
161.8	A	375.2	4121.6	S s-N 1 (ケース⑤) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	5.0	72.7	0.37
155.5	A'	865.6	3090.6	S s-D 1 (ケース①) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	11.5	54.6	0.31
149.1	B	971.7	4279.4	S s-F 2 (ケース①) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	12.9	75.5	0.42
142.0	B'	1109.4	5136.6	S s-F 2 (ケース①) (Ⅲ方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	14.7	90.6	0.50
134.8	C	1859.8	5210.5	S s-D 1 (ケース①) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	24.6	91.9	0.55
126.8	C'	2108.7	4656.8	S s-D 2 (ケース④) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	27.9	82.2	0.52
118.3	D	2391.4	5328.7	S s-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	31.7	94.0	0.60
108.8	D'	2678.5	5896.2	S s-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	35.5	104.0	0.66
98.8	E	2939.7	4791.5	S s-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	38.9	84.6	0.59

表 3-1(2) S s 地震時における第 2 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			$c f_{cr}$ (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
86.4	E'	3807.8	2799.9	S s - F 3 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	50.4	49.4	0.48
74.8	F	3516.6	6781.6	S s - D 2 (ケース⑤) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	46.5	119.7	0.79
61.2	G	3860.7	4990.4	S s - D 2 (ケース③) (II 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	51.1	88.1	0.66
41.8	H	5065.7	1824.9	S s - F 3 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	67.0	32.2	0.48
24.3	M1	5065.7	2905.8	S s - F 3 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	67.0	51.3	0.57
19.3	M2	5065.7	4171.8	S s - F 3 (ケース①) (I 方向)	φ 3720×10	932.4	86200	186.7	202.2	54.4	48.4	0.54
15.3	I	2730.4	7859.8	S s - N 1 (ケース④) (IV 方向)	φ 3720×10	932.4	86200	186.7	202.2	29.3	91.2	0.61

注記* : 使用板厚より腐食代 (外側 1mm, 内側 1mm) を控除して算出

表 3-2(1) S s 地震時における第 3 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			$c f_{cr}$ (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
161.8	A	375.9	4106.0	S s -N 1 (ケース⑤) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	5.0	72.5	0.37
155.5	A'	862.2	3123.5	S s -D 1 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	11.4	55.1	0.32
149.1	B	936.9	4313.3	S s -F 2 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	12.4	76.1	0.42
142.0	B'	1156.3	5115.5	S s -F 2 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	15.3	90.3	0.50
134.8	C	1893.8	5208.2	S s -D 1 (ケース①) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	25.1	91.9	0.55
126.8	C'	1969.4	4645.6	S s -D 2 (ケース④) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	26.1	82.0	0.51
118.3	D	2237.1	5338.7	S s -D 2 (ケース⑤) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	29.6	94.2	0.59
108.8	D'	2713.2	5791.7	S s -D 2 (ケース⑤) (IV 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	35.9	102.2	0.65
98.8	E	2976.5	4805.7	S s -D 2 (ケース⑤) (IV 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	39.4	84.8	0.59

表 3-2(2) S s 地震時における第 3 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			c f _{cr} (N/mm ²)	b f _{cr} (N/mm ²)	σ _c (N/mm ²)	σ _b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
86.4	E'	3940.2	2953.7	S s - F 3 (ケース①) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	52.1	52.1	0.50
74.8	F	3341.0	6745.8	S s - D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	44.2	119.0	0.77
61.2	G	3860.7	4990.4	S s - D 2 (ケース③) (II方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	51.1	88.1	0.66
41.8	H	5221.3	1814.9	S s - F 3 (ケース①) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	69.1	32.1	0.49
24.3	M1	5221.3	3088.9	S s - F 3 (ケース①) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	203.7	215.8	69.1	54.5	0.60
19.3	M2	5221.3	4485.2	S s - F 3 (ケース①) (IV方向)	φ 3720×10	932.4	86200	186.7	202.2	56.0	52.1	0.56
15.3	I	5221.3	5602.2	S s - F 3 (ケース①) (IV方向)	φ 3720×10	932.4	86200	186.7	202.2	56.0	65.0	0.63

注記* : 使用板厚より腐食代 (外側 1mm, 内側 1mm) を控除して算出

表 3-3(1) S s 地震時における主柱材の断面算定表 (STK400)

高さ O.P. (m)	区間	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)	i (mm)							
161.8- 155.5	A - A'	158.2	67.8	S s-D 2 (ケース③) (Ⅲ方向)	φ 457.2 ×7.9	97.17	1070	158	6316	40.0	245.7	258.5	16.3	63.4	0.32
155.5- 149.1	A' - B	2227.8	58.1	S s-N 1 (ケース③) (Ⅳ方向)	φ 457.2 ×7.9	155.6	1700	160	6413	40.1	245.7	258.5	143.2	34.2	0.72
149.1- 142.0	B - B'	2334.2	79.6	S s-N 1 (ケース③) (Ⅳ方向)	φ 457.2 ×7.9	151.6	1660	160	7117	44.5	242.7	258.5	154.0	48.0	0.83
142.0- 134.8	B' - C	4889.4	224.4	S s-N 1 (ケース③) (Ⅳ方向)	φ 609.6 ×9.5	291.3	4260	215	7214	33.6	249.5	258.5	167.9	52.7	0.88
134.8- 126.8	C - C'	5279.3	277.8	S s-N 1 (ケース④) (Ⅳ方向)	φ 609.6 ×9.5	345.9	5060	216	8018	37.2	247.4	258.5	152.7	55.0	0.83
126.8- 118.3	C' - D	7432.1	341.6	S s-N 1 (ケース④) (Ⅳ方向)	φ 711.2 ×12.7	433.3	7240	250	8514	34.1	249.2	258.5	171.6	47.2	0.88
118.3- 108.8	D - D'	7610.1	340.8	S s-N 1 (ケース④) (Ⅳ方向)	φ 711.2 ×12.7	451.2	7520	251	9526	38.0	247.0	258.5	168.7	45.4	0.86
108.8- 98.8	D' - E	9540.8	611.3	S s-N 1 (ケース④) (Ⅳ方向)	φ 812.8 ×16.0	575.6	11000	284	10040	35.4	248.5	258.5	165.8	55.6	0.89
98.8- 86.4	E - E'	9777.9	660.3	S s-N 1 (ケース④) (Ⅳ方向)	φ 812.8 ×16.0	595.6	11400	285	12441	43.7	243.3	258.5	164.2	58.0	0.90

表 3-3(2) S s 地震時における支柱材の断面算定表 (STK400)

高さ 0. P. (m)	区間	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)	i (mm)							
86.4- 74.8	E' - F	10781.0	775.6	S s -N 1 (ケース⑤) (IV方向)	φ 1000 × 18.0	650.5	15500	348	11654	33.5	249.5	258.5	165.8	50.1	0.86
74.8- 61.2	F - G	11129.9	773.0	S s -N 1 (ケース⑤) (IV方向)	φ 1000 × 18.0	650.5	15500	348	13621	39.2	246.2	258.5	171.1	49.9	0.89
61.2- 41.8	G - H	10383.4	195.0	S s -D 1 (ケース①) (II方向)	φ 1100 × 18.0	716.5	18900	384	19580	51.0	237.8	258.5	145.0	10.4	0.65
41.8- 28.6	H - H'	12371.2	845.6	S s -D 1 (ケース①) (II方向)	φ 1100 × 20.0	836.0	21900	384	13350	34.8	248.8	258.5	148.0	38.7	0.75
28.6- 15.3	H' - I	11088.0	2042.0	S s -N 1 (ケース①) (II方向)	φ 1100 × 20.0	1020	26600	386	13350	34.6	248.9	258.5	108.8	76.8	0.74

注記* : 補強材の断面性能を含み, 使用板厚より腐食代 (外側 1mm) を控除して算出

記号の説明

i : 断面二次半径

ℓ_k : 座屈長さ

λ : 細長比 (ℓ_k / i)

表 3-4(1) S s 地震時における斜材の断面算定表 (STK400)

高さ O.P. (m)	区間	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)	i (mm)							
161.8- 155.5	A - A'	967.5	0.0	S s -N 1 (ケース④) (I 方向)	φ 355.6 ×6.4	59.07	506	123	8568	69.7	219.8	258.5	163.8	0.0	0.75
155.5- 149.1	A' - B	1015.7	0.0	S s -N 1 (ケース④) (I 方向)	φ 355.6 ×6.4	59.07	506	123	8640	70.3	219.1	258.5	172.0	0.0	0.79
149.1- 142.0	B - B'	1135.4	0.0	S s -N 1 (ケース④) (I 方向)	φ 406.4 ×6.4	67.68	666	141	9589	68.1	221.6	258.5	167.8	0.0	0.76
142.0- 134.8	B' - C	1097.6	0.0	S s -N 1 (ケース④) (I 方向)	φ 406.4 ×6.4	67.68	666	141	9660	68.6	221.0	258.5	162.2	0.0	0.74
134.8- 126.8	C - C'	1188.3	0.0	S s -N 1 (ケース④) (I 方向)	φ 457.2 ×6.4	76.30	848	159	10737	67.6	222.1	258.5	155.8	0.0	0.71
126.8- 118.3	C' - D	1084.7	0.0	S s -F 1 (ケース①) (I 方向)	φ 457.2 ×6.4	76.30	848	159	11112	69.9	219.6	258.5	142.2	0.0	0.65
118.3- 108.8	D - D'	1248.3	0.0	S s -F 1 (ケース①) (I 方向)	φ 508.0 ×6.4	84.92	1050	176	12431	70.7	218.7	258.5	147.0	0.0	0.68
108.8- 98.8	D' - E	1155.7	0.0	S s -F 1 (ケース①) (I 方向)	φ 508.0 ×6.4	84.92	1050	176	12822	72.9	216.2	258.5	136.1	0.0	0.63
98.8- 86.4	E - E'	1533.1	0.0	S s -D 2 (ケース⑤) (I 方向)	φ 609.6 ×6.4	102.1	1520	212	15581	73.5	215.5	258.5	150.2	0.0	0.70

表 3-4(2) S s 地震時における斜材の断面算定表 (STK400)

高さ 0.P. (m)	区間	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_t}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* ¹ (×10 ² mm ²)	Z* ¹ (×10 ³ mm ³)	i (mm)							
86.4- 74.8	E' - F	1597.5	0.0	S s -N 1 (ケース③) (I 方向)	φ 609.6 ×6.4	102.1	1520	212	14963	70.6	218.8	258.5	156.5	0.0	0.72
74.8- 61.2	F - G	2995.4	0.0	S s -N 1 (ケース③) (I 方向)	φ 711.2 ×9.5	187.1	3230	247	17487	70.8	218.6	258.5	160.1	0.0	0.74
61.2- 41.8	G - H	3101.9	19.4	S s -N 1 (ケース③) (I 方向)	φ 558.8 ×9.5	190.6	2550	195	11997	61.6	228.3	258.5	162.8	7.7	0.75
41.8- 15.3	H - I	5517.0	52.1	S s -N 1 (ケース③) (I 方向)	φ 609.6 ×16.0* ²	279.2	4030	209	15269	73.1	276.4	357.5	197.7	13.0	0.76

注記*1: 補強材の断面性能を含み、使用板厚より腐食代(外側 1mm)を控除して算出

*2: 材質は STK490 を使用している

記号の説明

i : 断面二次半径

ℓ_k : 座屈長さ

λ : 細長比 (ℓ_k / i)

表 3-5(1) S s 地震時における水平材の断面算定表 (STK400)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k	λ	f_c	f_b	σ_c	σ_b	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_t}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* ($\times 10^2 \text{mm}^2$)	Z* ($\times 10^3 \text{mm}^3$)	i (mm)							
161.8	A	995.3	42.3	S s-N 1 (ケース③) (I 方向)	$\phi 318.5$ $\times 6.4$	93.80	708	112	7252	64.8	225.0	258.5	106.2	59.8	0.71
149.1	B	81.8	9.6	S s-D 2 (ケース③) (III 方向)	$\phi 318.5$ $\times 6.4$	52.77	403	110	6099	55.5	233.9	258.5	15.6	23.9	0.16
134.8	C	458.4	125.7	S s-D 2 (ケース⑤) (I 方向)	$\phi 318.5$ $\times 6.4$	117.4	871	113	6774	60.0	229.8	258.5	39.1	144.4	0.73
118.3	D	191.0	4.4	S s-D 2 (ケース④) (III 方向)	$\phi 318.5$ $\times 6.4$	52.77	403	110	7552	68.7	220.9	258.5	36.2	11.0	0.21
98.8	E	340.9	4.3	S s-D 2 (ケース③) (I 方向)	$\phi 406.4$ $\times 6.4$	67.68	666	141	8631	61.3	228.6	258.5	50.4	6.5	0.25
74.8	F	807.9	3.7	S s-N 1 (ケース③) (I 方向)	$\phi 457.2$ $\times 6.4$	76.30	848	159	10144	63.8	226.1	258.5	105.9	4.4	0.49

表 3-5(2) S s 地震時における水平材の断面算定表 (STK400)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm ²)	f_b (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma}{f_t}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)	i (mm)							
61.2	G	1081.4	8.9	S s -F 1 (ケース①) (Ⅱ方向)	φ 457.2 ×6.4	76.30	848	159	11000	69.2	220.4	258.5	141.8	10.5	0.69
41.8	H	1279.1	4.1	S s -N 1 (ケース③) (Ⅰ方向)	φ 508.0 ×6.4	84.92	1050	176	12692	72.2	217.0	258.5	150.7	4.0	0.71

注記* : 補強材の断面性能を含み、使用板厚より腐食代 (外側 1mm) を控除して算出

記号の説明

i : 断面二次半径

ℓ_k : 座屈長さ

λ : 細長比 (ℓ_k / i)

表 3-6(1) S d 地震時における第 2 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			$c f_{cr}$ (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
161.8	A	378.4	2285.7	S d-D 2 (ケース③) (IV方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	5.1	40.4	0.26
155.5	A'	576.3	1932.1	S d-D 1 (ケース①) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	7.7	34.1	0.24
149.1	B	726.7	2611.9	S d-D 2 (ケース②) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	9.7	46.1	0.32
142.0	B'	870.7	3239.9	S d-D 2 (ケース③) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	11.6	57.2	0.39
134.8	C	609.3	4428.6	静的地震力 (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	8.1	78.2	0.48
126.8	C'	706.0	4451.4	静的地震力 (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	9.4	78.6	0.49
118.3	D	1655.7	3709.0	S d-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	21.9	65.5	0.50
108.8	D'	1859.2	3904.4	S d-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	24.6	68.9	0.53
98.8	E	2047.3	2961.2	S d-D 2 (ケース⑤) (I方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	27.1	52.3	0.45

表 3-6(2) S d 地震時における第 2 号機筒身の断面算定表 (SMA400AP)

高さ O.P. (m)	位置	評価用部材断面力			使用部材			$c f_{cr}$ (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
		N (kN)	M (kN・m)	地震動 (ケース) (加振方向)	寸法 (mm)	A* (×10 ² mm ²)	Z* (×10 ³ mm ³)					
86.4	E'	2220.3	1954.4	S d-D 2 (ケース②) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	29.4	34.5	0.37
74.8	F	1333.5	6306.6	静的地震力 (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	17.7	111.3	0.72
61.2	G	2736.4	3209.3	S d-D 2 (ケース③) (II 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	36.2	56.7	0.53
41.8	H	3044.1	1323.5	S d-D 2 (ケース②) (I 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	40.3	23.4	0.37
24.3	M1	2999.8	2215.1	S d-D 1 (ケース①) (IV 方向)	φ 3020×10	756.4	56700	166.9	182.5	39.7	39.1	0.46
19.3	M2	2999.8	3055.1	S d-D 1 (ケース①) (IV 方向)	φ 3720×10	932.4	86200	145.3	165.3	32.2	35.5	0.44
15.3	I	2999.8	3784.6	S d-D 1 (ケース①) (IV 方向)	φ 3720×10	932.4	86200	145.3	165.3	32.2	44.0	0.49

注記* : 使用板厚より腐食代 (外側 1mm, 内側 1mm) を控除して算出

4. 制震装置（制震オイルダンパ）及び支持点部の評価

追而

・直接支持構造物に整理された、補強リング、支持点アーム、筒身連結材、鉄塔連結材（筒身側支持金物）の S d 地震力を用いた評価結果については、別途示す。

4.1 制震装置（制震オイルダンパ）の評価

表 4-1 に評価結果を示す。制震装置（制震オイルダンパ）は、「(I) 排気筒の地震応答計算書」において算出される最大応答値を用いて評価する。

最大応答速度について、風による応答は、風速 30m/s が一定に作用する静的風荷重を想定していることから応答速度は考慮せず、地震応答解析により得られた最大応答速度のみで評価する。

最大応答変位については、地震応答解析によって得られた最大応答変位の絶対値と風荷重による最大応答変位の絶対値を組み合わせる。なお、風荷重による応答変位は、「2.1.1(4) 風荷重 (P_k)」に基づき、静的応力解析により算出された制震オイルダンパの両端における相対変位を用いる。

表 4-1 により、制震オイルダンパの各評価値は、許容値以下であることを確認した。

表 4-1 制震オイルダンパの最大応答値及び許容値（基準地震動 S_s）

	最大応答速度 (m/s)	最大応答変位* (mm)
S _s -D 1	0.89	123
S _s -D 2	0.90	117
S _s -D 3	0.55	120
S _s -F 1	0.57	123
S _s -F 2	0.76	110
S _s -F 3	0.71	84
S _s -N 1	0.86	108
許容値	1.20	400

注記*：上表の値には風荷重の応答を含む。

4.2 制震装置（制震オイルダンパ）支持点部の評価

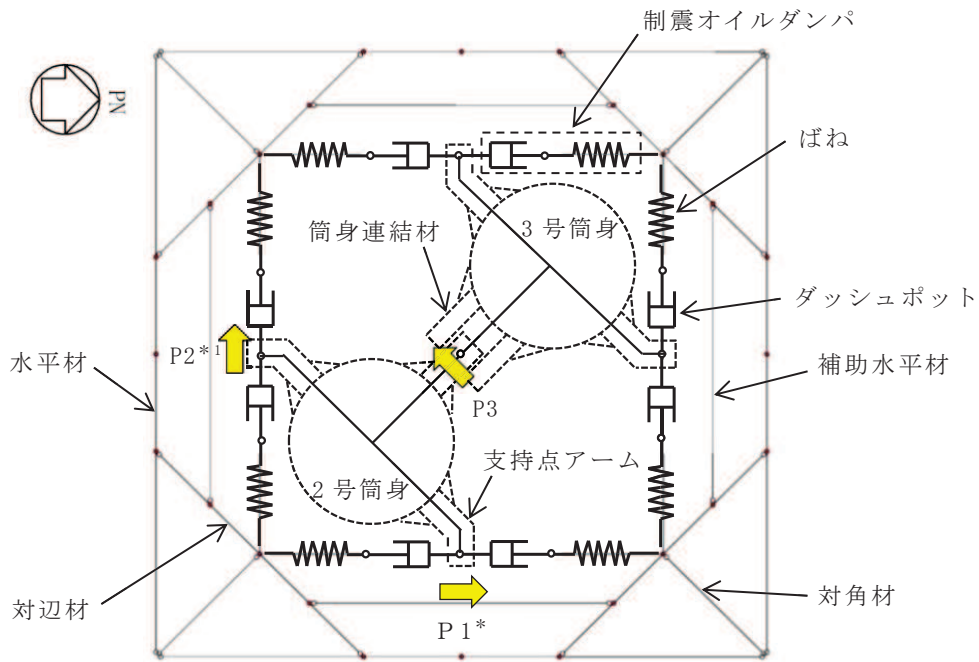
制震装置（制震オイルダンパ）支持部平面図及び支持点荷重を図 4-1 に示す。

制震装置（制震オイルダンパ）と筒身は、支持点アームの先端で接続しており、制震装置（制震オイルダンパ）の反力は支持点アームの先端に伝達し、筒身周囲に設けた補強リングによって抵抗されることから、支持点アームと補強リングの評価を行う。

制震装置（制震オイルダンパ）支持部の評価は、基準地震動 S_s による地震荷重に対して行う。支持点アームに加わる地震荷重は、すべての基準地震動 S_s による排気筒基礎の不確かさ等を考慮した地震応答解析により求まる制震装置（制震オイルダンパ）の反力を包絡した値を設定する。

支持点アーム及び補強リングの構成断面を図 4-2 に示す。制震オイルダンパ取付部及び筒身連結部より作用する支持点反力から、支持点部の構成断面に発生する部材力を算定する。発生部材力に対して評価断面において応力度計算を行い、発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。鋼材の許容応力度は、「鋼構造設計規準」に規定される短期応力に対する許容応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値 $\times 1.1$ を適用して算定する。応力度計算において、各プレートには外面 1mm の腐食代を考慮する。

支持点アーム及び補強リングの断面評価結果を表 4-2 及び表 4-3 に示す。表 4-2 及び表 4-3 により、支持点アーム及び補強リングの評価値は、各許容値以下であることを確認した。



注記*：東側、南側の支持点アームに作用する反力のうち大きい荷重を P_1 、小さい荷重を P_2 とする。

図 4-1(1) 制震オイルダンパ支持点平面図及び支持点荷重

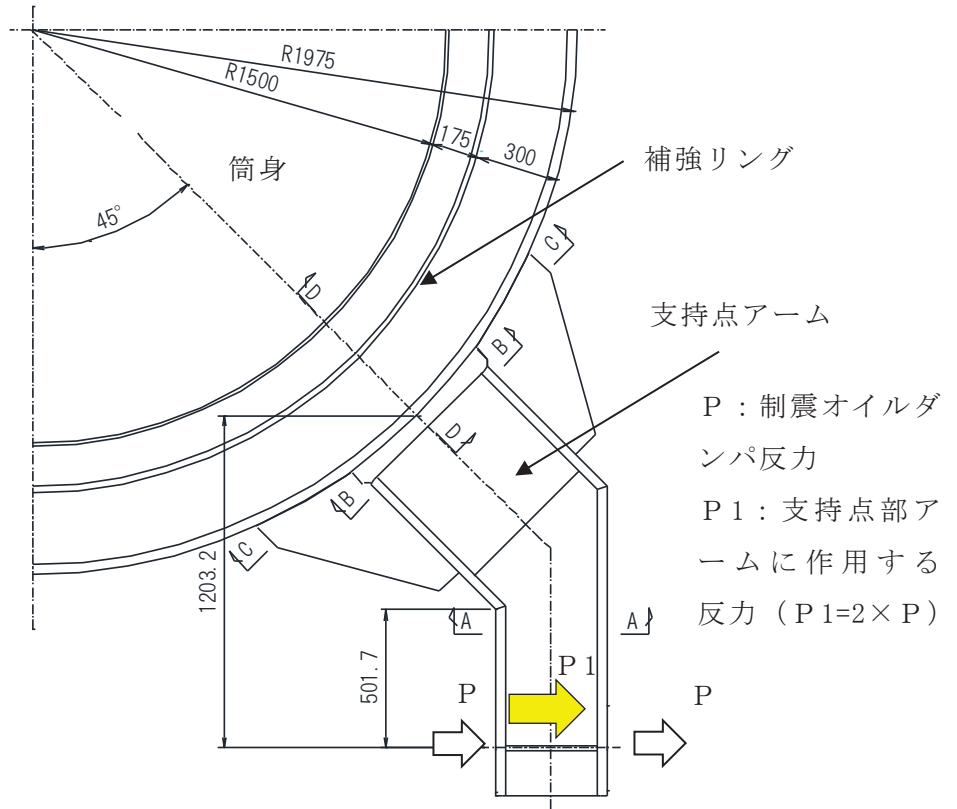


図 4-1(2) 制震オイルダンパ支持点平面図及び支持点荷重

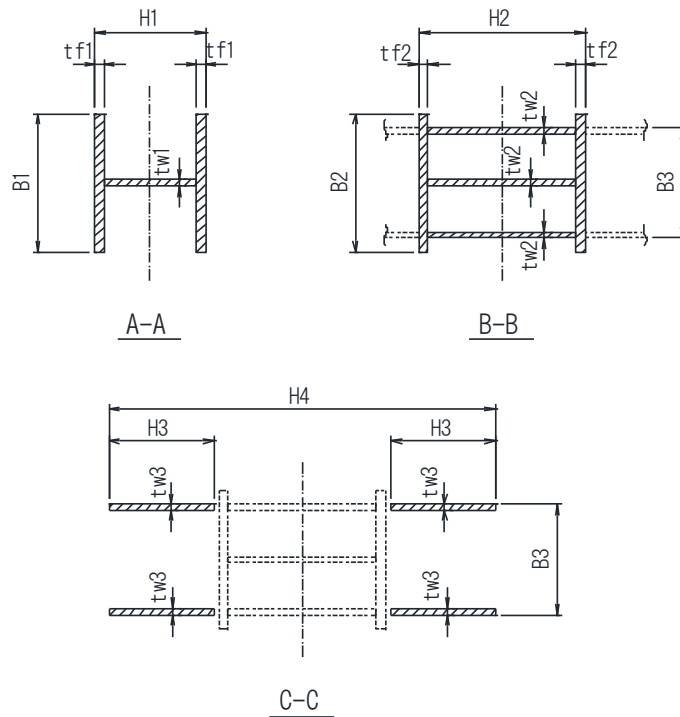


図 4-2(1) 支持点アームの構成断面 (単位: mm)

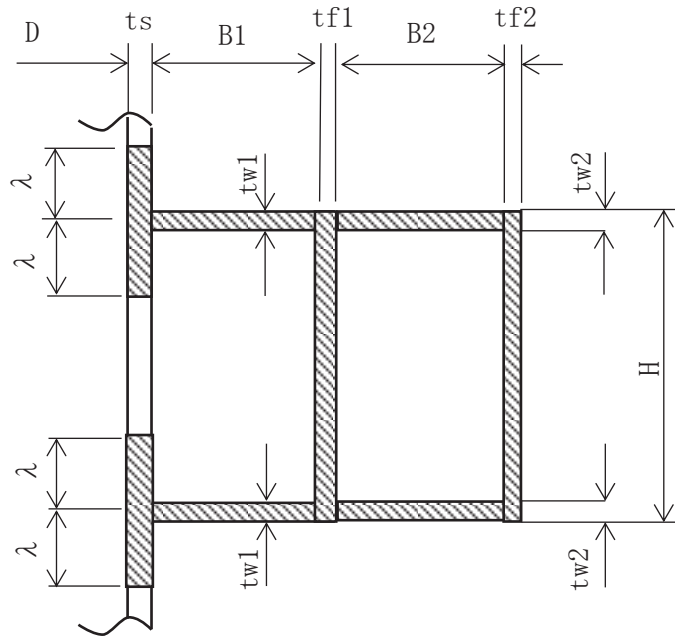


図 4-2(2) 補強リングの構成断面 (D-D 断面)

表 4-2(1) 支持点アームの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
制震オイルダンパ反力		P	kN	360
設計反力		P 1	kN	720
材質		-	-	SS400
基準強度		F	kN	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
断面変化部 (A-A 断面)	フランジ幅	B 1	mm	500
	ウェブ高さ	H 1	mm	400
	フランジ板厚(使用板厚)	t f 1	mm	32
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w 1	mm	22
	曲げモーメント	M _A	kN・m	362
	せん断力	Q _A	kN	720
	断面係数	Z _A [*]	cm ³	5420
	せん断断面積	A _{SA} [*]	cm ²	67.60
	曲げ応力度	σ _{bA}	N/mm ²	66.8
	せん断応力度	τ _A	N/mm ²	106.6
	合成応力度	σ _A	N/mm ²	196.4
	許容曲げ応力度	f _b	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f _t	N/mm ²	258.5
曲げ応力度比	σ _{bA} / f _b	-	0.26	
せん断応力度比	τ _A / f _s	-	0.72	
合成応力度比	σ _A / f _t	-	0.76	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{bA} = M_A / Z_A$$

$$\tau_A = Q_A / A_{SA}$$

$$\sigma_A = (\sigma_{bA}^2 + 3\tau_A^2)^{1/2}$$

表 4-2(2) 支持点アームの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
制震オイルダンパ反力		P	kN	360
設計反力		P 1	kN	720
材質		-	-	SS400
基準強度		F	kN	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
筒身取付部 (B-B 断面)	フランジ幅	B 2	mm	500
	ウェブ高さ	H 2	mm	600
	フランジ板厚(使用板厚)	t f 2	mm	32
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w 2	mm	22
	軸力	N _B	kN	510
	曲げモーメント	M _B	kN・m	867
	せん断力	Q _B	kN	510
	断面積	A _B *	cm ²	622.8
	断面係数	Z _B *	cm ³	10700
	せん断断面積	A _{S B} *	cm ²	322.8
	圧縮応力度	σ _{c B}	N/mm ²	8.2
	曲げ応力度	σ _{b B}	N/mm ²	81.1
	せん断応力度	τ _B	N/mm ²	15.8
	合成応力度	σ _B	N/mm ²	93.4
	許容圧縮応力度	f _c	N/mm ²	258.5
	許容曲げ応力度	f _b	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f _t	N/mm ²	258.5
	圧縮と曲げの組合せ応力度比	$\sigma_{c B} / f_c + \sigma_{b B} / f_b$	-	0.36
せん断応力度比	τ _B / f _s	-	0.11	
合成応力度比	σ _B / f _t	-	0.37	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{c B} = N_B / A_B$$

$$\sigma_{b B} = M_B / Z_B$$

$$\tau_B = Q_B / A_{S B}$$

$$\sigma_B = ((\sigma_{c B} + \sigma_{b B})^2 + 3\tau_B^2)^{1/2}$$

表 4-2(3) 支持点アームの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
制震オイルダンパ反力		P	kN	360
設計反力		P1	kN	720
材質		-	-	SS400
基準強度		F	kN	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
筒身取付部 (C-C 断面)	ウェブ幅	H3	mm	380
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w3	mm	22
	ウェブ間隔(上下)	B3	mm	400
	ウェブ間隔(水平)	H4	mm	1400
	軸力	N _C	kN	510
	曲げモーメント	M _C	kN・m	867
	せん断力	Q _C	kN	510
	断面積	A _C *	cm ²	304.0
	断面係数	Z _C *	cm ³	11800
	せん断断面積	A _{SC} *	cm ²	304.0
	圧縮応力度	σ _{CC}	N/mm ²	16.8
	曲げ応力度	σ _{BC}	N/mm ²	73.5
	せん断応力度	τ _C	N/mm ²	16.8
	合成応力度	σ _C	N/mm ²	94.9
	許容圧縮応力度	f _C	N/mm ²	258.5
	許容曲げ応力度	f _B	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f _S	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f _T	N/mm ²	258.5
	圧縮と曲げの組合せ応力度比	σ _{CC} /f _C +σ _{BC} /f _B	-	0.36
せん断応力度比	τ _C /f _S	-	0.12	
合成応力度比	σ _C /f _T	-	0.37	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{CC} = N_C / A_C$$

$$\sigma_{BC} = M_C / Z_C$$

$$\tau_C = Q_C / A_{SC}$$

$$\sigma_C = ((\sigma_{CC} + \sigma_{BC})^2 + 3\tau_C^2)^{1/2}$$

表 4-3 補強リングの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力	支持点アーム側	P 1	kN	720
	(P 1 > P 2 とする)	P 2	kN	540
	筒身連結材側	P 3	kN	100
材質		-	-	SS400
基準強度		F	kN	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
断面寸法 (使用板厚を示す)	筒身内径	D	mm	3000
	筒身母材の有効幅	λ	mm	125.2
	筒身板厚	t s	mm	10
	フランジ板厚(内側)	t f 1	mm	20
	フランジ板厚(外側)	t f 2	mm	40
	ウェブ板厚(内側)	t w 1	mm	16
	ウェブ板厚(外側)	t w 2	mm	40
	リング高さ	H	mm	400
	リング幅(内側)	B 1	mm	145
	リング幅(外側)	B 2	mm	260
軸力		N	kN	474
曲げモーメント		M	kN・m	758
せん断力		Q	kN	496
断面積		A *	cm ²	519.3
断面係数		Z *	cm ³	4140
せん断断面積		A s *	cm ²	247.3
圧縮応力度		σ_c	N/mm ²	9.2
曲げ応力度		σ_b	N/mm ²	183.1
せん断応力度		τ	N/mm ²	20.1
合成応力度		σ	N/mm ²	195.5
許容圧縮応力度		f c	N/mm ²	258.5
許容曲げ応力度		f b	N/mm ²	258.5
許容せん断応力度		f s	N/mm ²	149.2
許容引張応力度		f t	N/mm ²	258.5
圧縮と曲げの組合せ応力度比		σ_c / f_c $+ \sigma_b / f_b$	-	0.75
せん断応力度比		τ / f_s	-	0.14
合成応力度比		σ / f_t	-	0.76

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。なお、筒身母材の有効幅（ λ ）は、「鋼構造設計規準」の1縁支持他縁自由の板要素の幅厚比より算出する。

$$\sigma_c = N / A$$

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = ((\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

$$\lambda = 0.53 \sqrt{E / F} \cdot t_s$$

4.3 第1支持点，第2支持点及び第4支持点部の評価

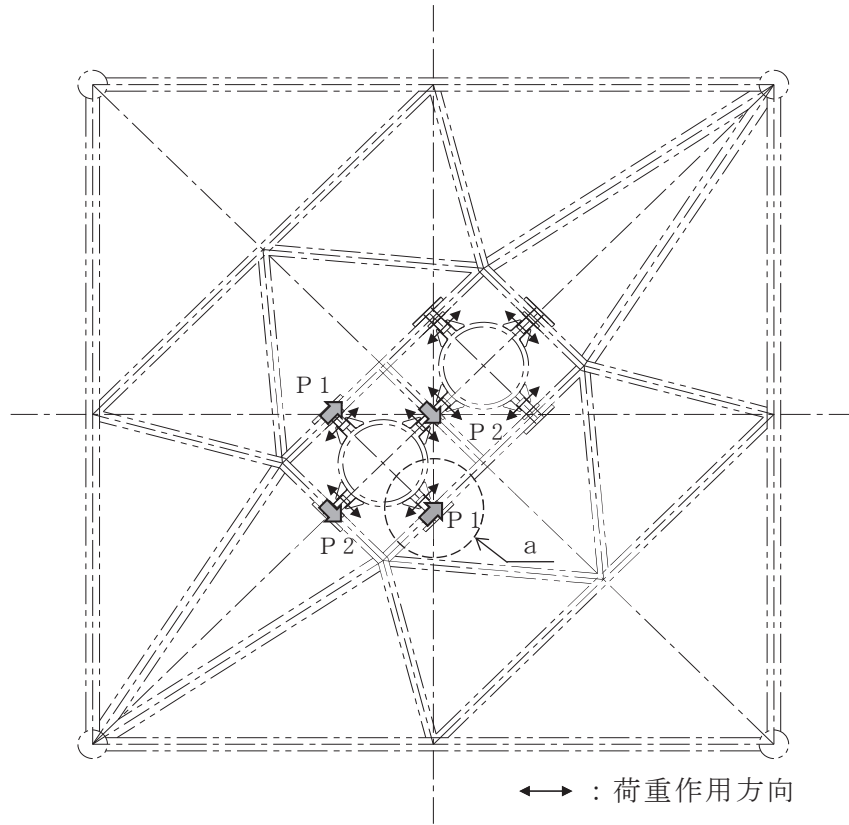
第1支持点，第2支持点及び第4支持点部の平面図及び支持点荷重を図4-3及び図4-4に示す。

筒身と鉄塔の支持点部は高さ方向の伸び拘束しないが，支持金物を介して水平荷重を伝達する構造としている。支持金物の反力は筒身周囲の補強リングによって抵抗されることから，支持金物と補強リングの評価を行う。

第1支持点，第2支持点及び第4支持点部の評価は，基準地震動 S_s による地震荷重に対して行う。支持金物に加わる地震荷重は，すべての基準地震動 S_s による排気筒の不確かさ等を考慮した地震応答解析により求める支持点反力を包絡した値を設定する。

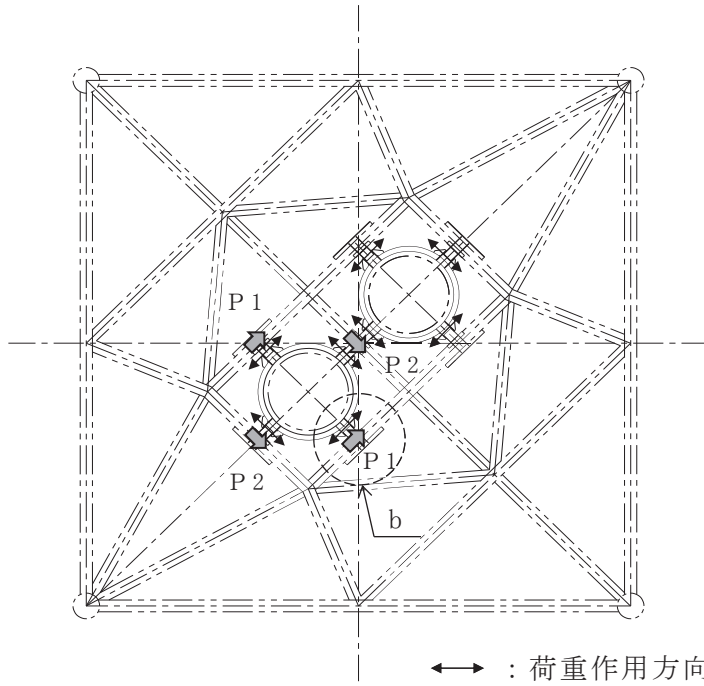
支持金物及び補強リングの構成断面を図4-5に示す。筒身と鉄塔間の支持金物から作用する支持点反力から，支持点部の構成断面に発生する部材力を算定する。発生部材力に対して評価断面において応力度計算を行い，発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。鋼材の許容応力度は，「鋼構造設計規準」に規定される短期応力に対する許容応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値 $\times 1.1$ を適用して算定する。応力度計算において，各プレートには外面1mmの腐食代を考慮する。

支持金物及び補強リングの断面評価結果を表4-4及び表4-5に示す。表4-4及び表4-5により，支持金物及び補強リングの評価値は，各許容値以下であることを確認した。



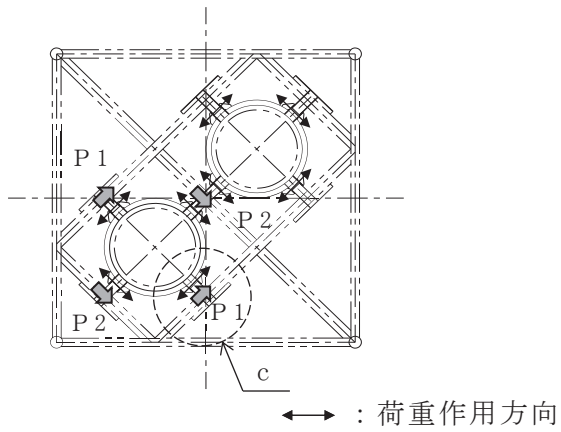
注：支持金物に作用する反力のうち、大きい荷重をP1、小さい荷重をP2とする。

図 4-3(1) 第1支持点部の平面図及び支持点荷重



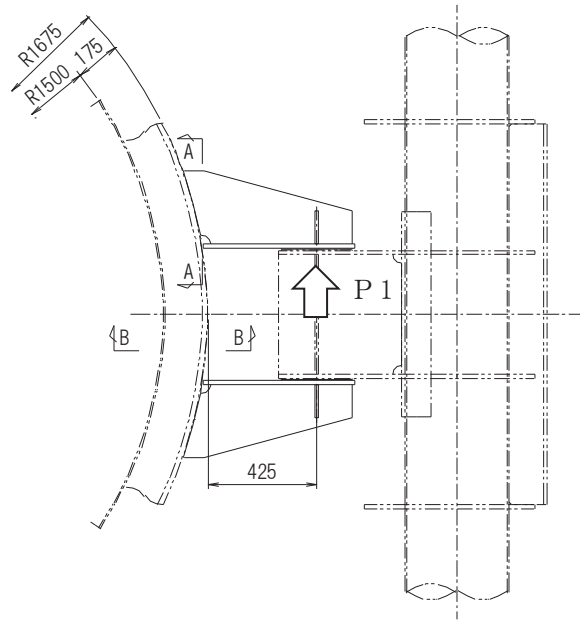
注：支持金物に作用する反力のうち、大きい荷重をP1，小さい荷重をP2とする。

図4-3(2) 第2支持点部の平面図及び支持点荷重



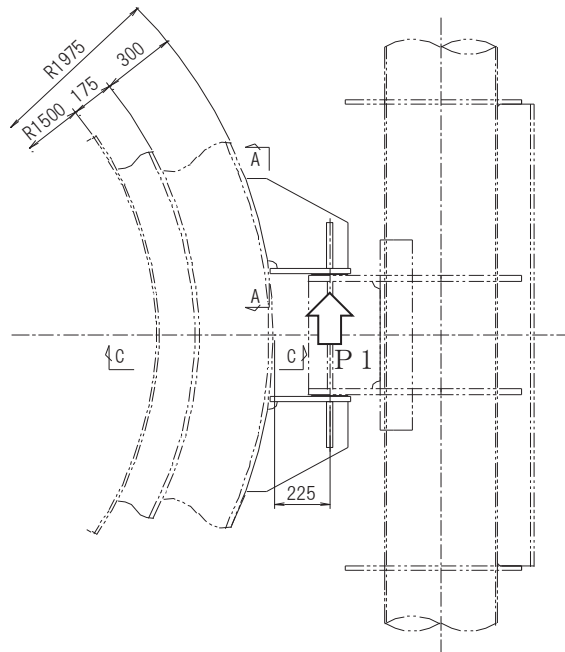
注：支持金物に作用する反力のうち、大きい荷重をP1，小さい荷重をP2とする。

図4-3(3) 第4支持点部の平面図及び支持点荷重



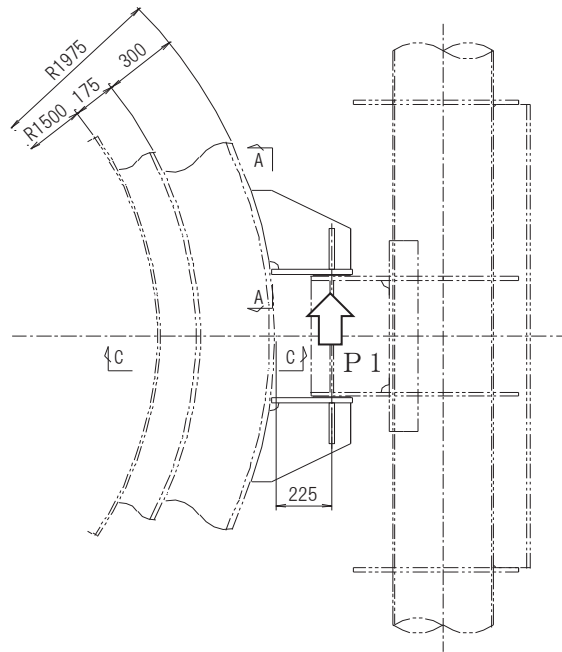
a 部詳細

図 4-4(1) 第 1 支持点部の支持金物の平面図及び支持点荷重



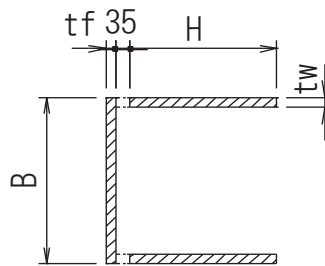
b 部詳細

図 4-4(2) 第 2 支持点部の支持金物の平面図及び支持点荷重



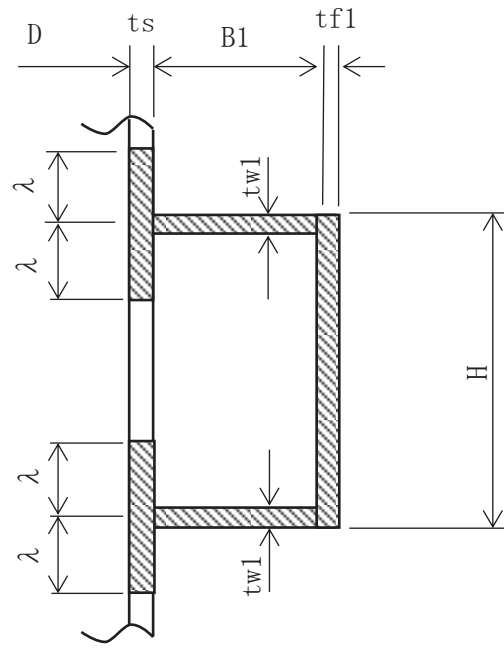
c 部詳細

図 4-4(3) 第 4 支持点部の支持金物の平面図及び支持点荷重

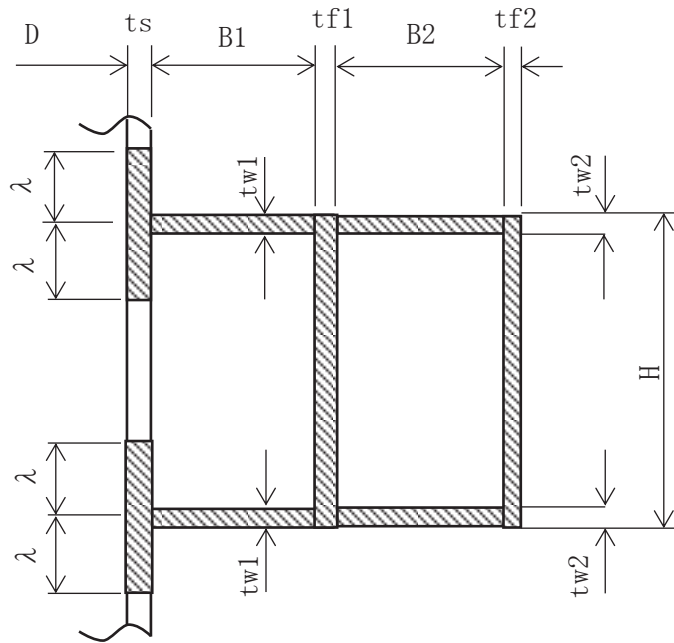


A-A 断面

図 4-5(1) 支持金物の構成断面



B-B 断面



C-C 断面

図 4-5(2) 補強リングの構成断面

表 4-4(1) 第 1 支持点部の支持金物の断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力		P 1	kN	380
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
筒身取付部 (A-A 断面)	フランジ幅	B	mm	400
	ウェブ高さ	H	mm	250
	フランジ板厚(使用板厚)	t f	mm	16
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w	mm	19
	曲げモーメント	M	kN・m	162
	せん断力	Q	kN	380
	断面係数	Z *	cm ³	725
	せん断断面積	A _s *	cm ²	85.00
	曲げ応力度	σ _b	N/mm ²	223.5
	せん断応力度	τ	N/mm ²	44.8
	合成応力度	σ	N/mm ²	236.6
	許容曲げ応力度	f _b	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f _t	N/mm ²	258.5
	曲げ応力度比	σ _b / f _b	-	0.87
せん断応力度比	τ / f _s	-	0.31	
合成応力度比	σ / f _t	-	0.92	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = (\sigma_b^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

表 4-4(2) 第 2 支持点部の支持金物の断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力		P 1	kN	760
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
筒身取付部 (A-A 断面)	フランジ幅	B	mm	400
	ウェブ高さ	H	mm	340
	フランジ板厚(使用板厚)	t f	mm	22
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w	mm	25
	曲げモーメント	M	kN・m	171
	せん断力	Q	kN	760
	断面係数	Z *	cm ³	1630
	せん断断面積	A s *	cm ²	156.4
	曲げ応力度	σ b	N/mm ²	105.0
	せん断応力度	τ	N/mm ²	48.6
	合成応力度	σ	N/mm ²	134.6
	許容曲げ応力度	f b	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f s	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f t	N/mm ²	258.5
	曲げ応力度比	σ b / f b	-	0.41
せん断応力度比	τ / f s	-	0.33	
合成応力度比	σ / f t	-	0.53	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = (\sigma_b^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

表 4-4(3) 第 4 支持点部の支持金物の断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力		P 1	kN	650
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
筒身取付部 (A-A 断面)	フランジ幅	B	mm	400
	ウェブ高さ	H	mm	295
	フランジ板厚(使用板厚)	t f	mm	22
	ウェブ板厚(使用板厚)	t w	mm	22
	曲げモーメント	M	kN・m	147
	せん断力	Q	kN	650
	断面係数	Z *	cm ³	1160
	せん断断面積	A s *	cm ²	118.0
	曲げ応力度	σ b	N/mm ²	126.8
	せん断応力度	τ	N/mm ²	55.1
	合成応力度	σ	N/mm ²	158.8
	許容曲げ応力度	f b	N/mm ²	258.5
	許容せん断応力度	f s	N/mm ²	149.2
	許容引張応力度	f t	N/mm ²	258.5
	曲げ応力度比	σ b / f b	-	0.50
せん断応力度比	τ / f s	-	0.37	
合成応力度比	σ / f t	-	0.62	

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = (\sigma_b^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

表 4-5(1) 第 1 支持点部補強リングの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力 (P1 > P2 とする)		P1	kN	380
		P2	kN	230
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
断面寸法 (使用板厚を示す)	筒身内径	D	mm	3000
	筒身母材の有効幅	λ	mm	125.2
	筒身板厚	t _s	mm	10
	フランジ板厚	t _{f1}	mm	20
	ウェブ板厚	t _{w1}	mm	16
	リング高さ	H	mm	400
	リング幅	B1	mm	145
軸力		N	kN	200
曲げモーメント		M	kN・m	103
せん断力		Q	kN	126
断面積		A*	cm ²	159.8
断面係数		Z*	cm ³	763
せん断断面積		A _s *	cm ²	43.80
圧縮応力度		σ_c	N/mm ²	12.6
曲げ応力度		σ_b	N/mm ²	135.0
せん断応力度		τ	N/mm ²	28.8
合成応力度		σ	N/mm ²	155.9
許容圧縮応力度		f _c	N/mm ²	258.5
許容曲げ応力度		f _b	N/mm ²	258.5
許容せん断応力度		f _s	N/mm ²	149.2
許容引張応力度		f _t	N/mm ²	258.5
圧縮と曲げの組合せ応力度比		σ_c / f_c + σ_b / f_b	-	0.58
せん断応力度比		τ / f_s	-	0.20
合成応力度比		σ / f_t	-	0.61

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。なお、筒身母材の有効幅（ λ ）は、「鋼構造設計規
準」の1縁支持他縁自由の板要素の幅厚比より算出する。

$$\sigma_c = N / A$$

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = ((\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

$$\lambda = 0.53 (E / F)^{1/2} \cdot t_s$$

表 4-5(2) 第 2 支持点部補強リングの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力 (P1 > P2 とする)		P1	kN	760
		P2	kN	440
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
断面寸法 (使用板厚を示す)	筒身内径	D	mm	3000
	筒身母材の有効幅	λ	mm	125.2
	筒身板厚	t _s	mm	10
	フランジ板厚(内側)	t _{f1}	mm	20
	フランジ板厚(外側)	t _{f2}	mm	19
	ウェブ板厚(内側)	t _{w1}	mm	16
	ウェブ板厚(外側)	t _{w2}	mm	19
	リング高さ	H	mm	400
	リング幅(内側)	B1	mm	145
リング幅(外側)	B2	mm	281	
軸力		N	kN	384
曲げモーメント		M	kN・m	184
せん断力		Q	kN	219
断面積		A*	cm ²	333.3
断面係数		Z*	cm ³	3560
せん断断面積		A _s *	cm ²	145.3
圧縮応力度		σ_c	N/mm ²	11.6
曲げ応力度		σ_b	N/mm ²	51.7
せん断応力度		τ	N/mm ²	15.1
合成応力度		σ	N/mm ²	68.5
許容圧縮応力度		f _c	N/mm ²	258.5
許容曲げ応力度		f _b	N/mm ²	258.5
許容せん断応力度		f _s	N/mm ²	149.2
許容引張応力度		f _t	N/mm ²	258.5
圧縮と曲げの組合せ応力度比		σ_c / f_c + σ_b / f_b	-	0.25
せん断応力度比		τ / f_s	-	0.11
合成応力度比		σ / f_t	-	0.27

注記＊：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。なお，筒身母材の有効幅（ λ ）は，「鋼構造設計規
準」の1縁支持他縁自由の板要素の幅厚比より算出する。

$$\sigma_c = N / A$$

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = ((\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

$$\lambda = 0.53 (E / F)^{1/2} \cdot t_s$$

表 4-5(3) 第 4 支持点部補強リングの断面評価結果

項目		記号	単位	数値
設計反力 (P1 > P2 とする)		P1	kN	650
		P2	kN	420
材質		-	-	SS400
基準強度		F	N/mm ²	235
ヤング係数		E	N/mm ²	205000
断面寸法 (使用板厚を示す)	筒身内径	D	mm	3000
	筒身母材の有効幅	λ	mm	125.2
	筒身板厚	t _s	mm	10
	フランジ板厚(内側)	t _{f1}	mm	20
	フランジ板厚(外側)	t _{f2}	mm	16
	ウェブ板厚(内側)	t _{w1}	mm	16
	ウェブ板厚(外側)	t _{w2}	mm	16
	リング高さ	H	mm	400
	リング幅(内側)	B1	mm	145
リング幅(外側)	B2	mm	284	
軸力		N	kN	331
曲げモーメント		M	kN・m	163
せん断力		Q	kN	199
断面積		A*	cm ²	305.3
断面係数		Z*	cm ³	3310
せん断断面積		A _s *	cm ²	129.3
圧縮応力度		σ_c	N/mm ²	10.9
曲げ応力度		σ_b	N/mm ²	49.3
せん断応力度		τ	N/mm ²	15.4
合成応力度		σ	N/mm ²	65.9
許容圧縮応力度		f _c	N/mm ²	258.5
許容曲げ応力度		f _b	N/mm ²	258.5
許容せん断応力度		f _s	N/mm ²	149.2
許容引張応力度		f _t	N/mm ²	258.5
圧縮と曲げの組合せ応力度比		σ_c / f_c $+ \sigma_b / f_b$	-	0.25
せん断応力度比		τ / f_s	-	0.11
合成応力度比		σ / f_t	-	0.26

注記*：断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。なお，筒身母材の有効幅（ λ ）は，「鋼構造設計規
準」の1縁支持他縁自由の板要素の幅厚比より算出する。

$$\sigma_c = N / A$$

$$\sigma_b = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

$$\sigma = ((\sigma_c + \sigma_b)^2 + 3\tau^2)^{1/2}$$

$$\lambda = 0.53 (E / F)^{1/2} \cdot t_s$$

5. 筒身脚部及び鉄塔脚部の断面評価

5.1 評価方法

脚部の概要図を図 5-1 に示す。鋼材の許容応力度は、「鋼構造設計規準」に規定される短期応力に対する許容応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。コンクリートの許容応力度は、「RC規準」に規定される短期許容応力度とする。アンカーボルト以外の各プレートには、2mm の腐食代（両面 1mm ずつ）を考慮する。筒身脚部及び鉄塔脚部の脚部評価用反力を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

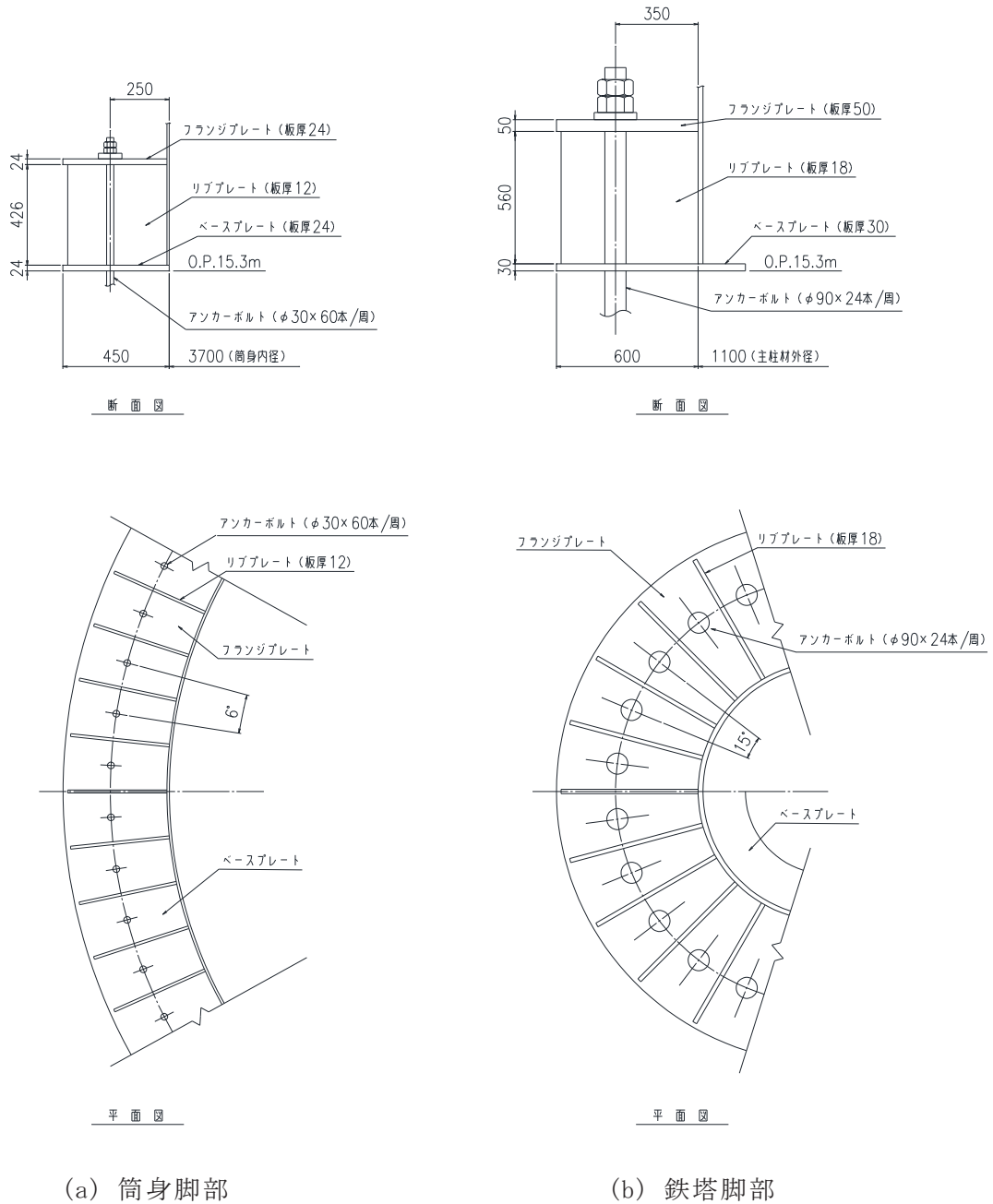


図 5-1 脚部の概要図（単位：mm）

注：板厚は使用板厚を示す。

表 5-1 筒身脚部の評価用反力 (S_s-F3, ケース①)

軸力 (圧縮側) (kN)	軸力 (引張側) (kN)	せん断力 (kN)	曲げ モーメント (kN・m)	ねじり モーメント (kN・m)
5380	-2231	329	5629	81

表 5-2 鉄塔脚部の評価用反力 (S_s-N1, ケース③)

軸力 (圧縮側) (kN)	軸力 (引張側) (kN)	せん断力 (kN)	曲げ モーメント (kN・m)	ねじり モーメント (kN・m)
17042	-12551	4800	2582	287

追而

- ・直接支持構造物に整理された，筒身脚部の S_d 地震力を用いた評価結果については，別途示す。

5.2 アンカーボルトに対する検討

5.2.1 アンカーボルトの引張応力度に対する検討

アンカーボルトに作用する引張力は脚部に作用する軸力と曲げモーメントの荷重状態に応じて算出する。

すべてのアンカーボルトが引張状態となる場合、アンカーボルトの全数で引張力に対抗する。このときアンカーボルトに作用する引張力は次式の通り算定する。

$$P = N / n_0 + M / Z_b$$

ここに

P : 1本当たりのアンカーボルトに作用する引張力 (N)

N : 軸力 (N)

n_0 : アンカーボルト本数 (本) (n_0 = 筒身:60本, 鉄塔:24本)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z_b : アンカーボルト群の中心線周りの断面係数 (mm)

(Z_b = 筒身:63000mm, 鉄塔:10800mm)

中立軸が断面内にあり一部のアンカーボルトが引張状態となる場合、断面内の圧縮荷重に対しては圧縮側にあるベースプレート下面のコンクリートで、引張力に対しては引張側にあるアンカーボルトで抵抗する。このときアンカーボルトに作用する引張力はベースプレートの平面形状を円環の鉄筋コンクリート断面とした応力算定式より求める。

アンカーボルトの引張応力度が以下に示す引張応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_t \leq f_t$$

ここに

σ_t : アンカーボルトねじ部の引張応力度 $\sigma_t = P / A_e$ (N/mm²)

P : 1本当たりのアンカーボルトに作用する引張力 (N)

A_e : アンカーボルトねじ部有効断面積 (mm²)

(A_e = 筒身:561mm², 鉄塔:5590mm²)

f_t : アンカーボルトの許容引張応力度 (N/mm²)

(「鋼構造設計規準」の鋼材の短期許容引張応力度の評価式に

「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定)

5.2.2 アンカーボルトのせん断応力度に対する検討

せん断力とねじりモーメントの設計用反力に対してアンカーボルトに作用するせん断力を次式の通り算定する。

$$Q = S / n_0 + T / Z_t$$

ここに

- Q : 1本当たりのアンカーボルトに作用するせん断力 (N)
- S : せん断力 (N)
- T : ねじりモーメント (N・mm)
- n_0 : アンカーボルト本数 (本) (n_0 = 筒身:60本, 鉄塔:24本)
- Z_t : アンカーボルト群の中心周りの断面係数 (mm)
(Z_t = 筒身:126000mm, 鉄塔:21600mm)

アンカーボルトのせん断応力度が以下に示すせん断応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\tau \leq f_s$$

ここに

- τ : アンカーボルトねじ部のせん断応力度 $\tau = Q / A_e$ (N/mm²)
- Q : 1本当たりのアンカーボルトに作用するせん断力 (N)
- A_e : アンカーボルトねじ部有効断面積 (mm²)
- f_s : アンカーボルトの許容せん断応力度 (N/mm²)

(「鋼構造設計規準」の鋼材の短期許容せん断応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定)

5.2.3 引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの引張応力度に対する検討

引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの引張応力度が以下に示す引張応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_t \leq f_{ts}$$

ここに

- σ_t : アンカーボルトねじ部の引張応力度 $\sigma_t = P / A_e$ (N/mm²)
- P : 1本当たりのアンカーボルトに作用する引張力 (N)
- A_e : アンカーボルトねじ部有効断面積 (mm²)
- f_{ts} : 引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの許容引張応力度 (N/mm²), $f_{ts} = 1.4 f_t - 1.6 \tau$ かつ, $f_{ts} \leq f_t$
- f_t : 5.2.1 に規定するアンカーボルトの許容引張応力度 (N/mm²)
- τ : 5.2.2 に規定するアンカーボルトねじ部のせん断応力度 (N/mm²)

5.2.4 コンクリートのコーン状破壊に対する検討

コンクリートのコーン状破壊に対する許容引張力は、アンカーボルトの引張力が以下に示すコンクリート部の引張力に対する許容値以下であることを確認する。

$$P \leq p_a = \text{Min} (p_{a1}, p_{a2})$$

ここに、

$$p_{a1} = 0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_0 \cdot F_c$$

ここに

P : 5.2.1に規定するボルト1本当たりの引張荷重 (N)

p_a : アンカーボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N)

p_{a1} : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合のアンカーボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)

p_{a2} : アンカーボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合のアンカーボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)

K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 ($K_1 = 2/3$)

K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数 ($K_2 = 1$)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる定数, $\alpha_c = \sqrt{A_c / A_0}$ で 6 を超える場合は 6

A_0 : 支圧面積 (mm²)

5.3 ベースプレートに対する検討

5.3.1 コンクリートの圧縮応力度に対する検討

ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力度が以下に示す圧縮応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_c \leq f_c$$

ここに

σ_c : コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

f_c : コンクリートの短期許容圧縮応力度 (N/mm²)

(「RC規準」の短期許容圧縮応力度)

5.3.2 ベースプレートの面外曲げに対する検討

ベースプレートの下面にはコンクリートの圧縮応力度 (σ_c) が等分布荷重として作用する (図 5-2)。リブプレート及び筒身, 又はリブプレート及び鉄塔の部材位置を固定とする 3 辺固定 1 辺自由板としてベースプレートの面外曲げ応力度を算定する。ベースプレートの面外の曲げ応力度が以下に示す曲げ応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Bb} \leq f_{b1}$$

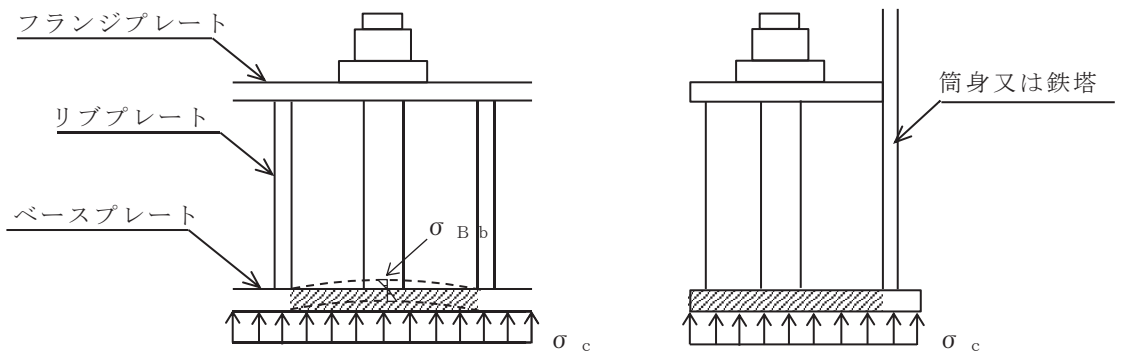
ここに

σ_{Bb} : ベースプレートの面外の曲げ応力度 (N/mm²)

(等分布荷重を受ける 3 辺固定板 1 辺自由スラブの応力図より算定)

f_{b1} : 面外に曲げを受ける板の許容曲げ応力度 (N/mm²)

(「鋼構造設計規準」の面外に曲げを受ける板の短期許容曲げ応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定)



(a) 正面図

(b) 断面図

図 5-2 ベースプレート応力算定説明図

5.4 フランジプレートに対する検討

5.4.1 フランジプレートの面外曲げに対する検討

フランジプレートにはアンカーボルトの引張力（P）が集中荷重として作用する（図 5-3）。リブプレート位置を固定とする 2 辺固定板（両端固定梁）としてフランジプレートの面外の曲げ応力度を算定する。フランジプレートの面外の曲げ応力度が以下に示す曲げ応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Fb} \leq f_{b1}$$

ここに

σ_{Fb} : フランジプレートの面外曲げ応力度 (N/mm²)
(リブプレート間を梁スパンとする両端固定梁として算定)

f_{b1} : 面外に曲げを受ける板の許容曲げ応力度 (N/mm²)
(「鋼構造設計規準」の面外に曲げを受ける板の短期許容曲げ応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定)

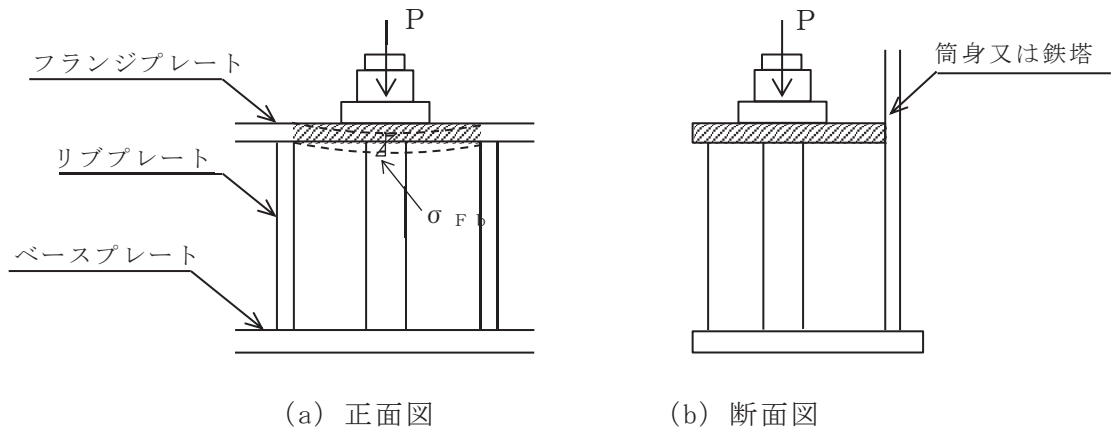


図 5-3 フランジプレート応力算定説明図

5.5 リブプレートに対する検討

5.5.1 リブプレートの圧縮応力度に対する検討

アンカーボルトからの引張力（ P ）又はベースプレート下面からの圧縮力（ σ_c ）によってリブプレートに圧縮応力度が作用する（図5-4）。リブプレートの圧縮応力度はアンカーボルトの引張力とベースプレート下面のコンクリート圧縮応力度から求めた圧縮力を比較して大きい方の値を用いて算定する。リブプレートの圧縮応力度が以下に示す圧縮応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\sigma_{Rc} \leq f_c$$

ここに

σ_{Rc} : リブプレートの圧縮応力度 (N/mm²)

f_c : リブプレートの許容圧縮応力度 (N/mm²)

(リブプレートは「鋼構造設計規準」の幅厚比制限を満足するものとし、 f_c は「技術基準解説書」に基づき F 値 $\times 1.1$ の値)

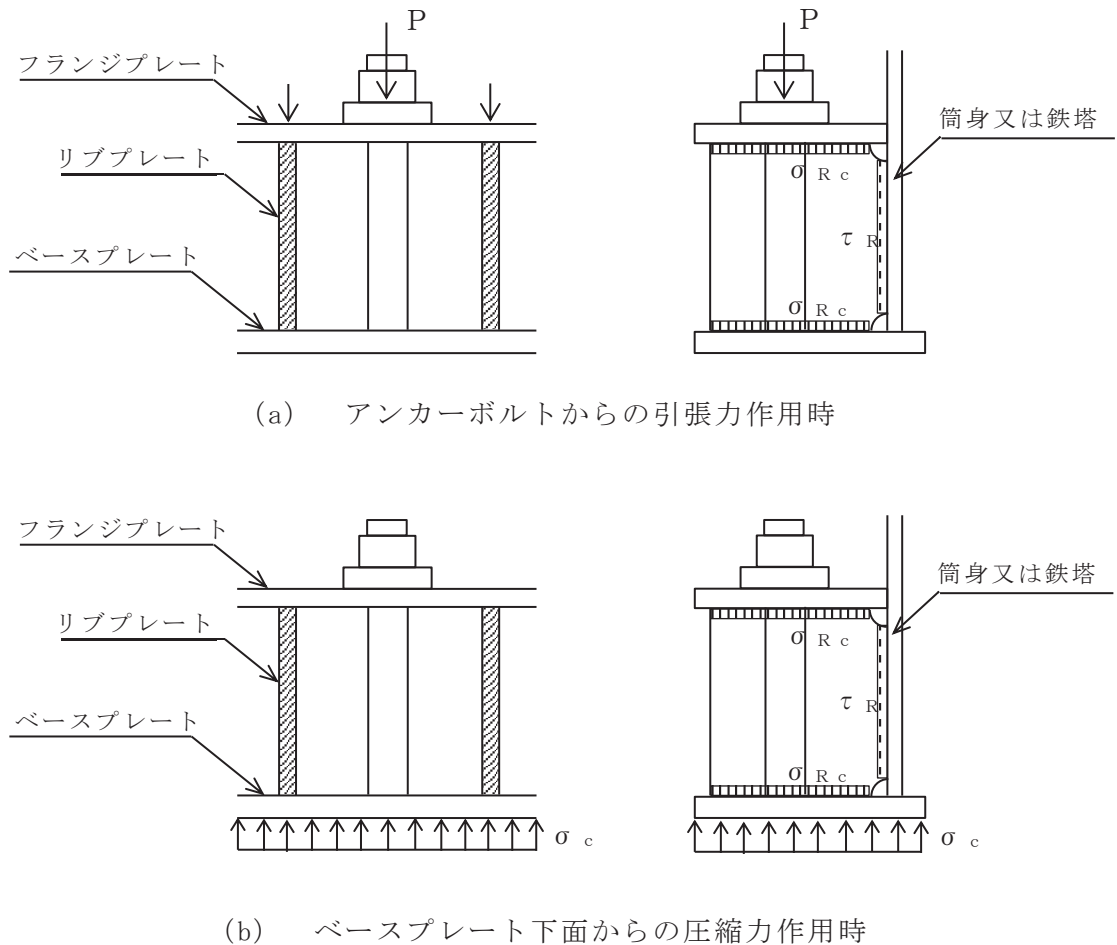


図5-4 リブプレート応力算定説明図

5.5.2 リブプレートのせん断応力度に対する検討

アンカーボルトからの引張力（P）又はベースプレート下面からの圧縮力（ σ_c ）によってリブプレートにせん断応力度が作用する（図 5-4）。リブプレートのせん断応力度はアンカーボルトの引張力とベースプレート下面のコンクリート圧縮応力度から求めた圧縮力を比較して大きい方の値を用いて算定する。リブプレートのせん断応力度が以下に示すせん断応力度の許容値以下であることを確認する。

$$\tau_R \leq f_s$$

ここに

τ_R : リブプレートのせん断応力度（N/mm²）

f_s : リブプレートの許容せん断応力度（N/mm²）

（「鋼構造設計規準」の鋼材の短期許容せん断応力度の評価式に「技術基準解説書」に基づき F 値×1.1 を適用して算定）

5.6 評価結果

筒身脚部及び鉄塔脚部の各部位の評価結果を表 5-3 及び表 5-4 に、発生応力/許容値の一覧表を表 5-5 及び表 5-6 に示す。なお、本節における応力計算結果は、各地震動、検討ケースに対して、I～IV方向の軸力・曲げモーメントの最大値同士を組み合わせて用いたものである。

表 5-5 及び表 5-6 により、筒身脚部及び鉄塔脚部における各部位の発生応力は、各許容値以下であることを確認した。

表 5-3(1) 筒身脚部の評価結果 (S s - F 3, ケース①)

項目		記号	単位	数値
アンカーボルト の検討	アンカーボルトの材質	-	-	SS400
	アンカーボルトの基準強度	F	N/mm ²	235
	アンカーボルトの引張力 (1 本当たり)	P	kN	124
	アンカーボルトのせん断力 (1 本当たり)	Q	kN	6.13
	アンカーボルトのねじ部有効断面積	A _e	mm ²	561
	アンカーボルトの引張応力度	σ _t	N/mm ²	221.1
	アンカーボルトの許容引張応力度	f _t	N/mm ²	258.5
	アンカーボルトのせん断応力度	τ	N/mm ²	11.0
	アンカーボルトの許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2
	アンカーボルトの許容引張応力度 (せん断力との組合せ)	f _{t s}	N/mm ²	258.5
コンクリートの コーン状破壊に 対する検討	コンクリートの基準強度	F _c	N/mm ²	20.5
	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (1 本当たり)	A _C	mm ²	495625
	アンカーボルト頭部の支圧面積 (1 本当たり)	A _o	mm ²	44729
	コンクリート部の許容引張荷重 (1 本当たり)	p _a	kN	463
コンクリートの 圧縮応力度に対 する検討	ベースプレートの幅	B _b	mm	450
	ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力度	σ _c	N/mm ²	1.9
	コンクリートの許容圧縮応力度	f _c	N/mm ²	13.6

表 5-3(2) 筒身脚部の評価結果 (S s - F 3, ケース①)

項目		記号	単位	数値
ベースプレートの面外曲げに対する検討	ベースプレートの材質	-	-	SS400
	ベースプレートの基準強度	F	N/mm ²	235
	ベースプレートの板厚 (使用板厚)	t _b	mm	24
	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント (単位幅当たり)	M _b	N・mm/mm	6955
	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数 (単位幅当たり)	Z _b *	mm ³ /mm	80.6
	ベースプレートの面外曲げ応力度	σ _{Bb}	N/mm ²	86.3
	ベースプレートの許容面外曲げ応力度	f _{b1}	N/mm ²	298.2
フランジプレートの面外曲げに対する検討	フランジプレートの材質	-	-	SS400
	フランジプレートの基準強度	F	N/mm ²	235
	フランジプレートの板厚 (使用板厚)	t _f	mm	24
	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント	M _f	kN・mm	3410
	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数	Z _f *	mm ³	25800
	フランジプレートの面外曲げ応力度	σ _{Fb}	N/mm ²	132.2
	フランジプレートの許容面外曲げ応力度	f _{b1}	N/mm ²	298.2
リブプレートの検討	リブプレートの材質	-	-	SS400
	リブプレートの基準強度	F	N/mm ²	235
	リブプレートの板厚 (使用板厚)	t _r	mm	12
	リブプレートに作用する圧縮力	P _r	kN	184
	リブプレートの断面積 (軸断面)	A _r *	mm ²	3850
	リブプレートの断面積 (せん断断面)	A _{rs} *	mm ²	3560
	圧縮応力度	σ _{Rc}	N/mm ²	47.8
	許容圧縮応力度	f _c	N/mm ²	258.5
	せん断応力度	τ _R	N/mm ²	51.7
	許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2

注記* : 断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{Bb} = M_b / Z_b \quad \sigma_{Fb} = M_f / Z_f$$

$$\sigma_{Rc} = P_r / A_r \quad \tau_R = P_r / A_{rs}$$

表 5-4(1) 鉄塔脚部の評価結果 (S_s-N₁, ケース③)

項目		記号	単位	数値
アンカーボルト の検討	アンカーボルトの材質	-	-	SS400
	アンカーボルトの基準強度	F	N/mm ²	215
	アンカーボルトの引張力 (1本あたり)	P	kN	763
	アンカーボルトのせん断力 (1本あたり)	Q	kN	213.3
	アンカーボルトのねじ部有効断面積	A _e	mm ²	5590
	アンカーボルトの引張応力度	σ _t	N/mm ²	136.5
	アンカーボルトの許容引張応力度	f _t	N/mm ²	236.5
	アンカーボルトのせん断応力度	τ	N/mm ²	38.2
	アンカーボルトの許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	136.5
	アンカーボルトの許容引張応力度(せん断力との組合せ)	f _{t s}	N/mm ²	236.5
コンクリートの コーン状破壊に 対する検討	コンクリートの基準強度	F _c	N/mm ²	20.5
	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (1本あたり)	A _c	mm ²	1080000
	アンカーボルト頭部の支圧面積 (1本あたり)	A _o	mm ²	64292
	コンクリート部の許容引張荷重 (1本あたり)	p _a	kN	1009
コンクリートの 圧縮応力度に対 する検討	ベースプレートの幅	B _b	mm	800
	ベースプレート下面のコンクリートの圧縮応力度	σ _c	N/mm ²	6.1
	コンクリートの許容圧縮応力度	f _c	N/mm ²	13.6

表 5-4(2) 鉄塔脚部の評価結果 (S s - N 1, ケース③)

項目		記号	単位	数値
ベースプレートの面外曲げに対する検討	ベースプレートの材質	-	-	SM400A
	ベースプレートの基準強度	F	N/mm ²	235
	ベースプレートの板厚 (使用板厚)	t _b	mm	30
	ベースプレートに作用する面外曲げモーメント (単位幅当たり)	M _b	N・mm/mm	24505
	ベースプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数 (単位幅当たり)	Z _b *	mm ³ /mm	130
	ベースプレートの面外曲げ応力度	σ _{Bb}	N/mm ²	188.5
	ベースプレートの許容面外曲げ応力度	f _{b1}	N/mm ²	298.2
フランジプレートの面外曲げに対する検討	フランジプレートの材質	-	-	SM400A
	フランジプレートの基準強度	F	N/mm ²	215
	フランジプレートの板厚 (使用板厚)	t _f	mm	50
	フランジプレートに作用する面外曲げモーメント	M _f	kN・mm	22509
	フランジプレートの面外曲げモーメントに対する断面係数	Z _f *	mm ³	159000
	フランジプレートの面外曲げ応力度	σ _{Fb}	N/mm ²	141.6
	フランジプレートの許容面外曲げ応力度	f _{b1}	N/mm ²	272.8
リブプレートの検討	リブプレートの材質	-	-	SS400
	リブプレートの基準強度	F	N/mm ²	235
	リブプレートの板厚 (使用板厚)	t _r	mm	18
	リブプレートに作用する圧縮力	P _r	kN	864
	リブプレートの断面積 (軸断面)	A _r *	mm ²	8720
	リブプレートの断面積 (せん断断面)	A _{rs} *	mm ²	7840
	圧縮応力度	σ _{Rc}	N/mm ²	99.1
	許容圧縮応力度	f _c	N/mm ²	258.5
	せん断応力度	τ _R	N/mm ²	110.3
	許容せん断応力度	f _s	N/mm ²	149.2

注記* : 断面性能は腐食代を考慮した値である。

応力度の算出式は以下のとおりである。

$$\sigma_{Bb} = M_b / Z_b \quad \sigma_{Fb} = M_f / Z_f$$

$$\sigma_{Rc} = P_r / A_r \quad \tau_R = P_r / A_{rs}$$

表 5-5 筒身脚部の評価結果 (S_s-F3, ケース①)

評価部位	応力分類	単位	発生応力	許容値	発生応力 /許容値
アンカーボルト	引張	N/mm ²	221.1	258.5	0.86
	せん断	N/mm ²	11.0	149.2	0.08
	組合せ	N/mm ²	221.1	258.5	0.86
コンクリート (コーン状破壊)	引張*	kN	124	463	0.27
コンクリート (圧縮)	圧縮	N/mm ²	1.9	13.6	0.14
ベースプレート	面外曲げ	N/mm ²	86.3	298.2	0.29
フランジプレート	面外曲げ	N/mm ²	132.2	298.2	0.45
リブプレート	圧縮	N/mm ²	47.8	258.5	0.19
	せん断	N/mm ²	51.7	149.2	0.35

注記* : アンカーボルト 1 本当たりの引張力

表 5-6 鉄塔脚部の評価結果 (S_s-N1, ケース③)

評価部位	応力分類	単位	発生応力	許容値	発生応力 /許容値
アンカーボルト	引張	N/mm ²	136.5	236.5	0.58
	せん断	N/mm ²	38.2	136.5	0.28
	組合せ	N/mm ²	136.5	236.5	0.58
コンクリート (コーン状破壊)	引張*	kN	763	1009	0.76
コンクリート (圧縮)	圧縮	N/mm ²	6.1	13.6	0.45
ベースプレート	面外曲げ	N/mm ²	188.5	298.2	0.64
フランジプレート	面外曲げ	N/mm ²	141.6	272.8	0.52
リブプレート	圧縮	N/mm ²	99.1	258.5	0.39
	せん断	N/mm ²	110.3	149.2	0.74

注記* : アンカーボルト 1 本当たりの引張力