

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

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-14 改0
提出年月日	平成30年6月18日

建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料

補足-370-14 【タービン建屋の耐震性評価に関する補足説明】

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 概要.....	1
2. 地震応答解析モデルのモデル化について.....	2
2.1 各軸の分割と耐震要素.....	2
2.2 基礎構造部のモデル化について.....	6
2.3 入力地震動について.....	8
3. 地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果.....	9
3.1 地盤物性のばらつきの設定.....	9
3.2 固有値解析結果.....	9
3.3 地震応答解析結果.....	12
4. 原子炉建屋への影響の評価.....	19
4.1 建屋間の最大相対変位.....	19
4.2 原子炉建屋のねじれを考慮した検討.....	28

別紙1 タービン建屋のEW方向の地震応答解析結果

1. 概要

本資料は、タービン建屋の耐震性評価についての補足説明資料であり、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・添付資料V-2-11-2-13「タービン建屋の耐震計算書」

2. 地震応答解析モデルのモデル化について

2.1 各軸の分割と耐震要素

タービン建屋の地震応答解析モデル（NS 方向）を図 2-1 に示す。タービン建屋の中央部には T/G 架台が配置されているため、NS 方向の地震応答解析モデルは建屋部を東西南北の 4 軸に分割し、T/G 架台と合わせて 5 軸でモデル化し、T/G 架台を除く各軸は床の面内せん断剛性を考慮した床ばねで接続している。

建屋南側の軸と EL. 28.00m 以上の北側の軸については、モデル化した領域内に耐震壁が存在しないため、柱部材の曲げせん断剛性を等価なせん断剛性に置換してモデル化している。

各軸の支配領域と耐震要素を図 2-2 に、等価なせん断剛性の算定式を以下に示す。

$$\frac{1}{K_e} = \frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_f}$$

$$K_s = \frac{GA_s}{h}$$

$$K_f = 2(1+\nu)G \frac{12I}{h^3}$$

ここで、 K_e は等価なせん断ばね定数を示し、 G はコンクリートのせん断弾性係数、 ν はコンクリートのポアソン比、 I は柱の断面二次モーメント、 A_s は柱のせん断断面積、 h は柱の高さを示す。

床ばねの算定領域を図 2-3 に示す。床ばね算定に当たっては、材長として東西の外壁から建屋中心までの距離を用いているため、軸間をつなぐばね定数は床の面内せん断変形を実状より大きく評価していることになる。したがって、原子炉建屋と接する南側の軸の変形については実状よりも大きく評価していることになる。

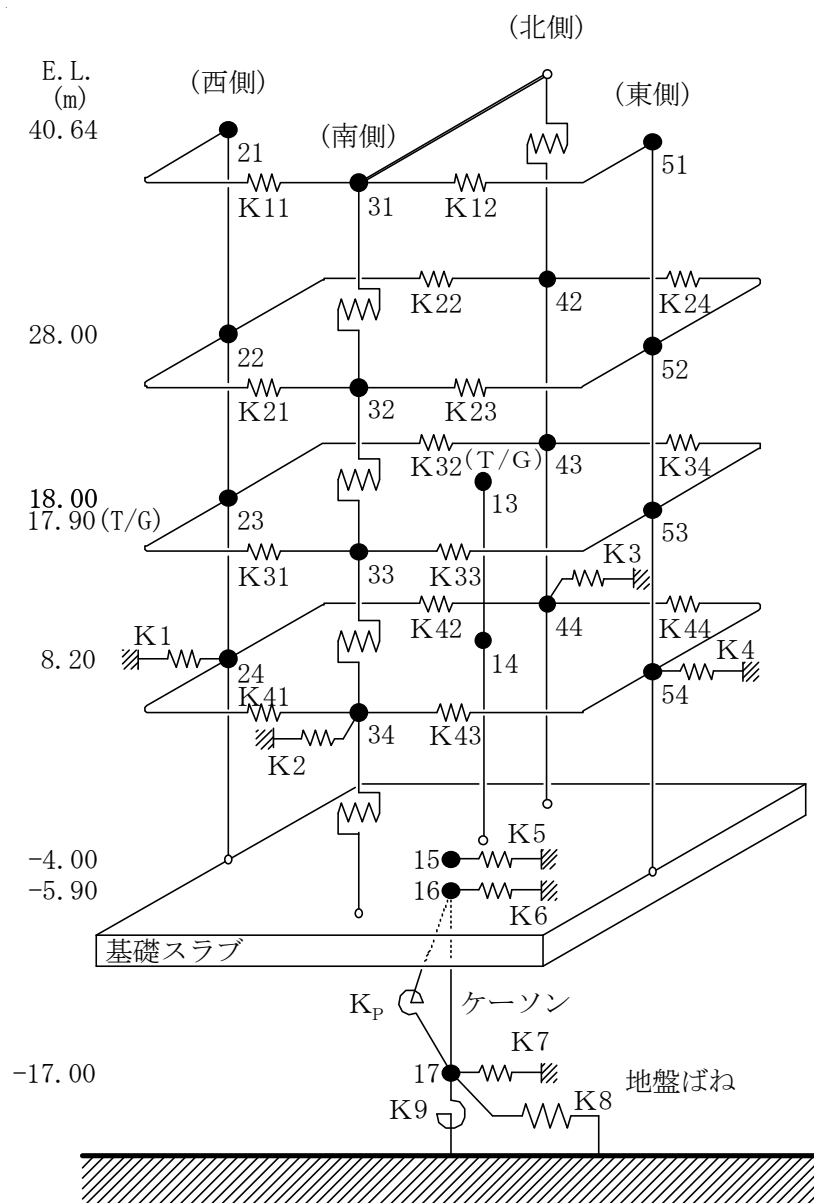


図 2-1 タービン建屋の地震応答解析モデル(NS 方向)

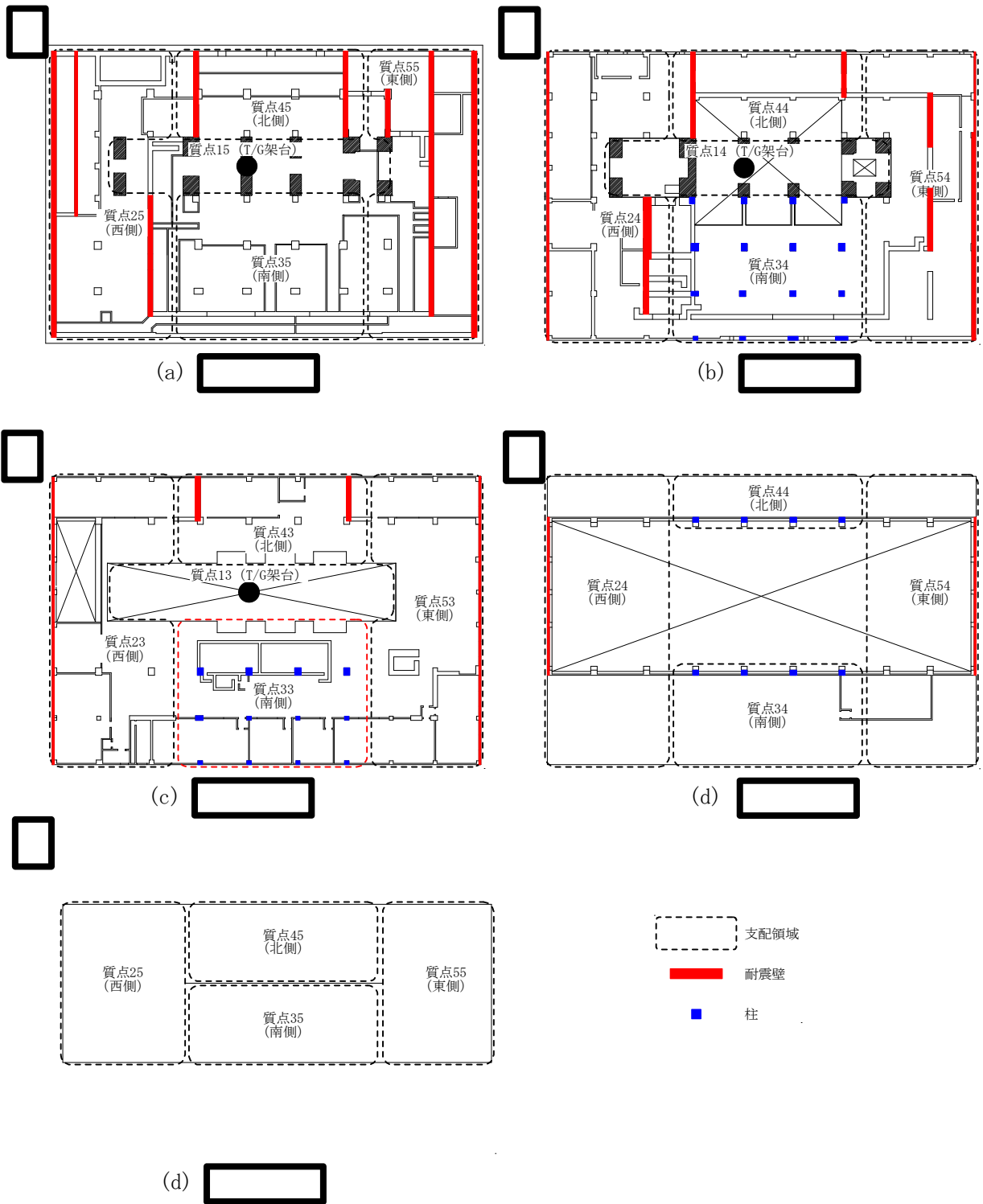


図 2-2 地震応答解析モデル(NS 方向)の各軸の支配領域と耐震要素

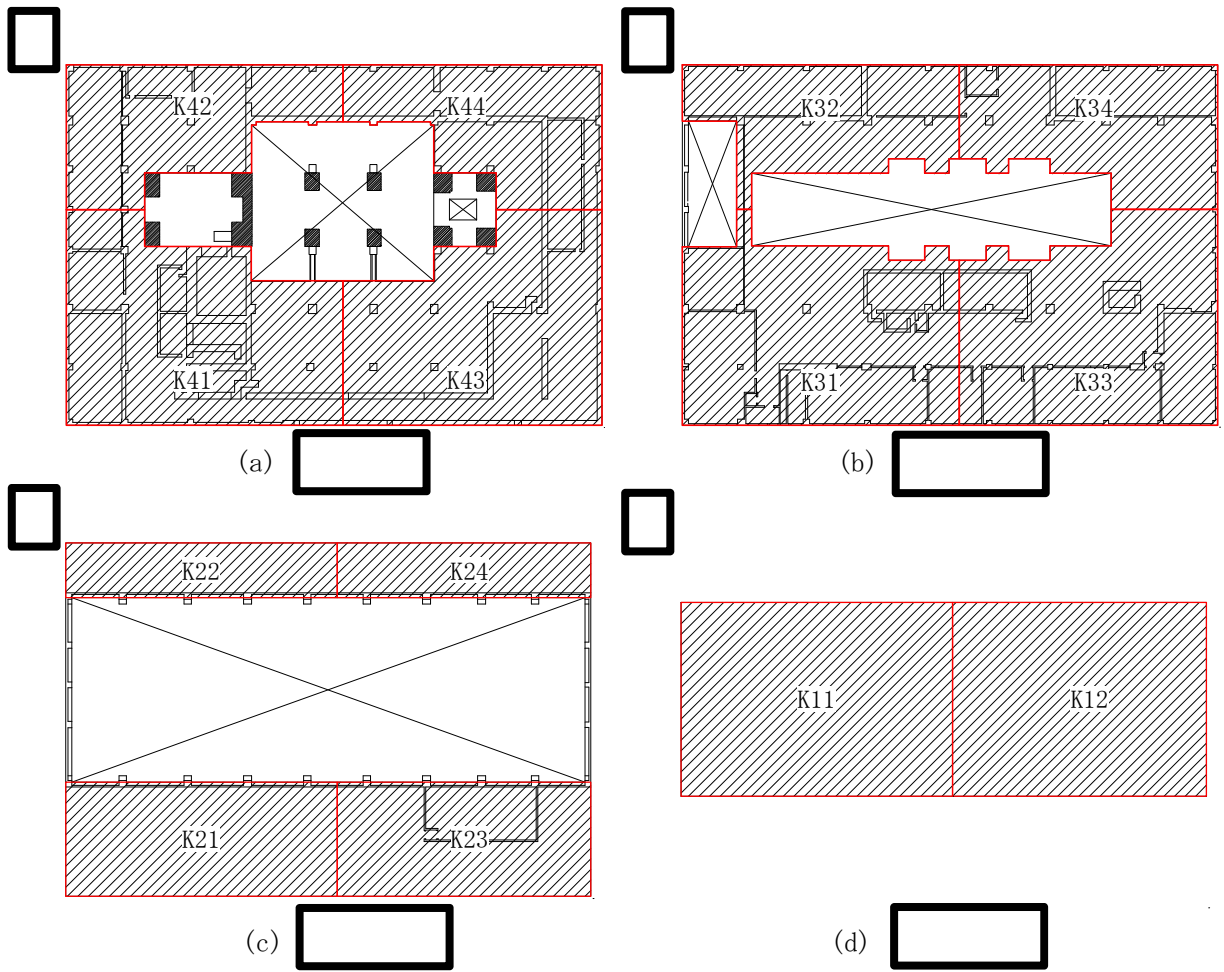


図 2-3 地震応答解析モデル(NS 方向)の床ばねの算定領域

2.2 基礎構造部のモデル化について

東海第二発電所タービン建屋の質点系地震応答解析モデルの EL. -4.0m~-17.0m の範囲（以下、基礎構造部という）のモデル化について説明する。タービン建屋は原子炉建屋に接する南側はケーソン、その他の外周部は場所打ちコンクリート杭を介して、砂質泥岩である久米層に支持されている。

タービン建屋の基礎伏図を図 2-4 に示す。タービン建屋の基礎スラブ下端以深については、ケーソンと杭をモデル化したせん断棒と回転ばねでモデル化している。ここで、せん断棒のせん断断面積にはケーソンの水平剛性のみを考慮し、回転ばねはケーソンと杭の軸剛性より求める。また、ケーソン及び杭の下端には振動アドミッタンスより求めた底面地盤ばねをモデル化し、算定に当たってはケーソン部の外形面積と等価な矩形断面を用いた。

図 2-5 に、基礎構造部のモデル化の概念図を示す。

各質点の負担重量は、質点間の中央高さで分割した支配領域の重量とする。図中の質点 16 は、基礎スラブ下端位置 (EL.-5.9m) の質点を表し、質点 16 の重量は基礎スラブ版厚中心より下部の重量と、ケーソンの中心深さより上部のケーソン及び杭の重量を集約している。質点 17 はケーソン下端位置 (EL.-17.0m) の質点を表し、質点 17 の重量はケーソンの中心深さより下部のケーソン及び杭の重量を集約している。なお、質点 15 は、基礎スラブ上端位置 (EL.-4.0m) の質点を表し、質点 15 の重量は、基礎スラブ版厚中心より上部の重量と 1 階の階高中央より下部の重量を集約している。

側面地盤ばねは、地盤ばねの取り付け質点レベル間の中央位置までを支配領域として考慮する。図中の K 5、K 6 および K 7 は側面地盤ばねを表し、K 5 は基礎上端と地表面の中央から基礎スラブ版厚中心までの地盤を、K 6 は基礎スラブ版厚中心からケーソンの中心深さまでの地盤を、K 7 はケーソンの中心深さからケーソン下端までの地盤を考慮した側方ばねとして設定している。ここで、ケーソン間ならびにケーソン及び杭間の地盤は一体で挙動するものとして、側面地盤ばねは建屋外形に基づき算定している。

一方、K 8 は底面地盤ばね（水平）を表し、ケーソンの外形に基づいた矩形の基礎（NS：62.0m×EW：64.6m）に対して算定している。また、K 9 は底面地盤ばね（回転）を表し、杭が軸力を負担することからケーソンおよび杭を含めた建屋外形に基づいた矩形の基礎（NS：71.0m×EW：105.5m）に対して算定している。

K p は、杭の軸剛性を回転ばねに置き換えたばねで、ケーソンおよび杭の図心位置を回転中心とし、杭の軸剛性および図心間距離に基づき剛性を算定している。

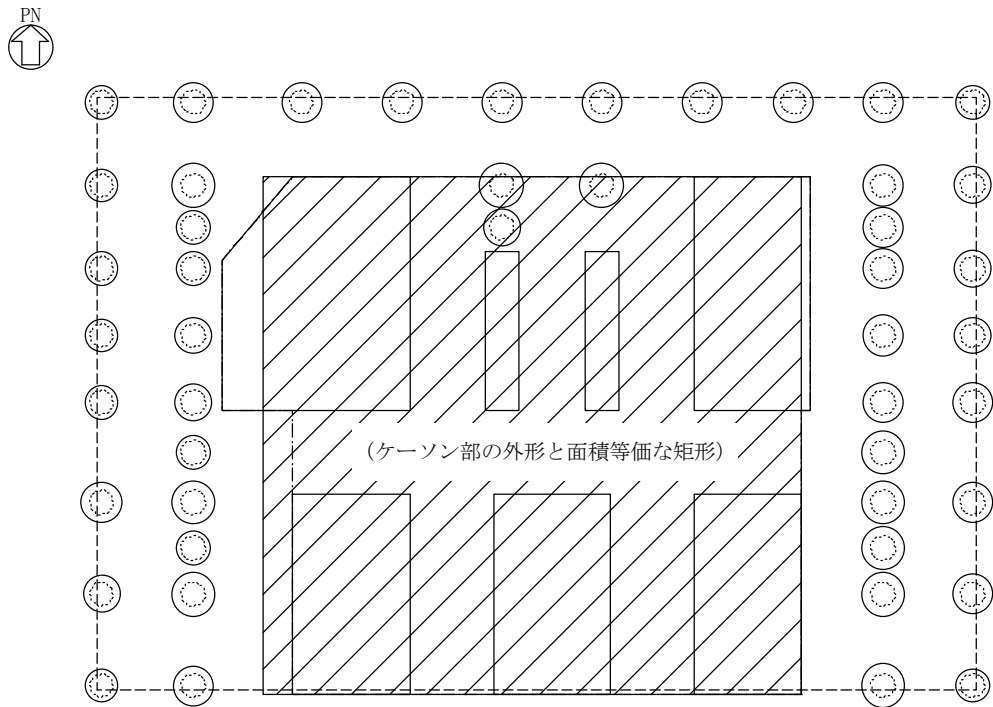
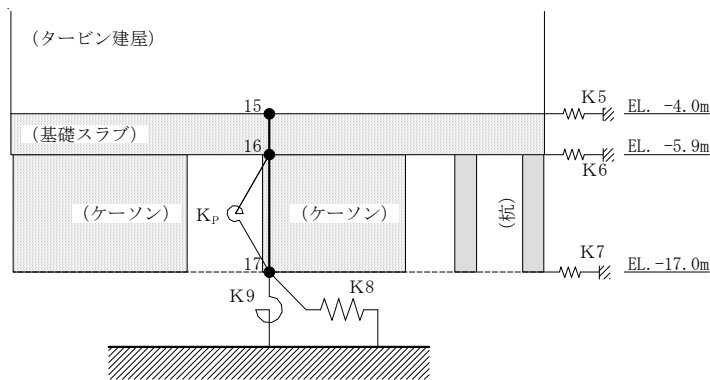
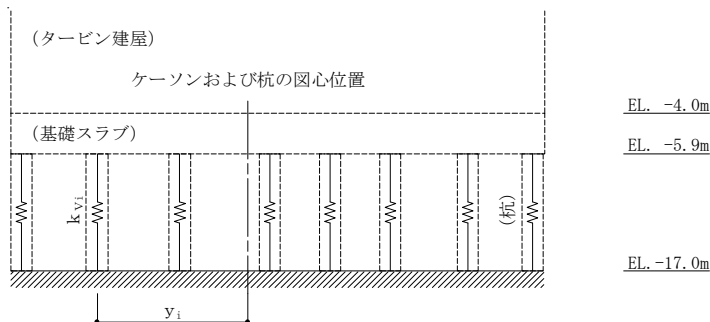


図 2-4 タービン建屋の基礎伏



- 質点 15 : 基礎下端質点
- 質点 16 : 基礎下地質点
- 質点 17 : ケーソン下端質点
- K5 : 建屋および基礎スラブの側面地盤ばね
- K6 : 基礎スラブおよびケーソンの側面地盤ばね
- K7 : ケーソンの側面地盤ばね
- K8 : 底面地盤ばね (水平)
- K9 : 底面地盤ばね (回転)
- K_P : 杭の軸剛性を置き換えた回転ばね

(K_Pのばね剛性の算出)



$$K_P = \sum_{i=1}^n k_{v_i} \cdot y_i^2$$

ここで、
n : 杭の総本数
k_{v_i} : i 番目の杭の軸剛性
y_i : i 番目の杭の図心間距離

図 2-5 基礎構造部のモデル化概念図

2.3 入力地震動について

入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する建屋基礎底面及び側面地盤ばねレベルでの地盤の応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下、「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図 2-6 に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver. 2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、付録 31「計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。

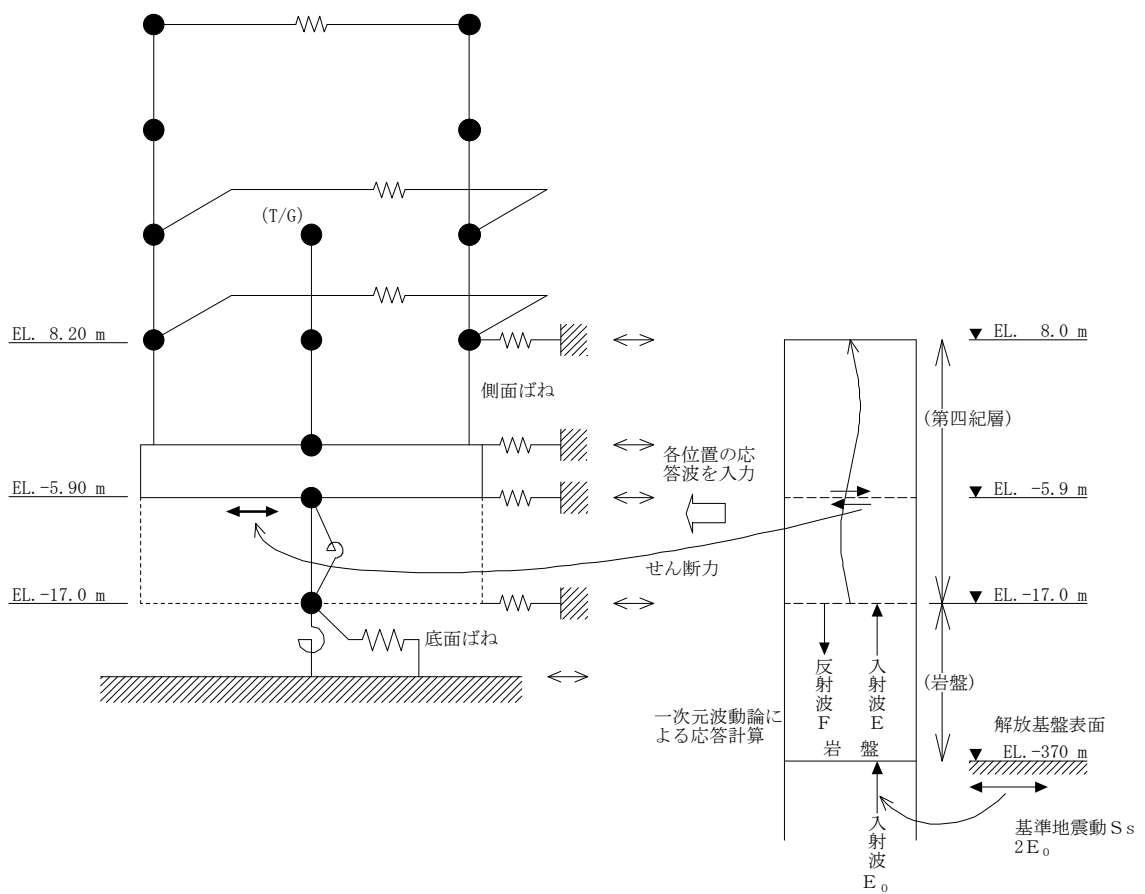


図 2-6 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（水平方向）

3. 地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果

3.1 地盤物性のばらつきの設定

地盤物性のばらつきは、使用済燃料乾式貯蔵設備設置時に実施した弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度を基本ケースとし、地盤のせん断波速度の変動係数から求めた変動の比率（ $\pm\sigma$ 相当）として考慮する。

原子炉建屋における地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析ケースを表 3-1 に示す。

表 3-1 地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析ケース

	モデル名称	地盤物性
基本ケース	工認モデル	標準地盤
地盤物性の変動による影響	地盤物性+ σ 考慮モデル	標準地盤+ σ 相当
	地盤物性- σ 考慮モデル	標準地盤- σ 相当

3.2 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期，固有振動数及び刺激係数）を表 3-2 に示す。

表 3-2 (1/2) 固有値解析結果 (NS 方向)

(a) $S_s - D 1$

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.453	2.21	1.846
2	0.274	3.65	-0.747
3	0.249	4.01	-0.539
4	0.235	4.25	-0.607
5	0.210	4.75	-0.921
6	0.202	4.95	-0.705

(b) $S_s - 1 1$

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.435	2.30	1.918
2	0.273	3.66	-0.730
3	0.249	4.02	-0.538
4	0.234	4.27	-0.512
5	0.207	4.83	-0.651
6	0.199	5.02	-0.949

(c) $S_s - 1 2$

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.440	2.27	1.894
2	0.273	3.66	-0.733
3	0.249	4.02	-0.539
4	0.234	4.27	-0.558
5	0.208	4.80	-0.807
6	0.200	4.99	-0.726

(d) $S_s - 1 3$

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.440	2.28	1.899
2	0.273	3.66	-0.733
3	0.249	4.02	-0.539
4	0.234	4.27	-0.546
5	0.208	4.81	-0.777
6	0.200	5.00	-0.781

表 3-2 (1/2) 固有値解析結果 (NS 方向)

(e) Ss-14

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.437	2.29	1.911
2	0.273	3.66	-0.731
3	0.249	4.02	-0.540
4	0.234	4.27	-0.532
5	0.207	4.82	-0.719
6	0.200	5.01	-0.872

(f) Ss-21

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.443	2.26	1.887
2	0.273	3.66	-0.735
3	0.249	4.01	-0.536
4	0.234	4.26	-0.544
5	0.208	4.80	-0.801
6	0.200	4.99	-0.720

(g) Ss-22

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.444	2.25	1.882
2	0.273	3.66	-0.737
3	0.249	4.01	-0.534
4	0.235	4.26	-0.540
5	0.208	4.80	-0.810
6	0.201	4.98	-0.751

(f) Ss-31

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.458	2.18	1.827
2	0.274	3.65	-0.754
3	0.249	4.01	-0.544
4	0.236	4.24	-0.644
5	0.212	4.72	-0.904
6	0.202	4.94	-0.639

3.3 地震応答解析結果

タービン建屋の地盤物性のばらつきを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果について、最大応答変位を表 3-3～表 3-5 及び図 3-1～図 3-3 に、耐震壁のせん断スケルトンカーブ上の最大応答値を図 3-4～図 3-6 に示す。

表 3-3 最大応答変位一覧 (基準地震動 Ss, 工認モデル, NS 方向)

部位	EL. (m)	質点 番号	最大応答変位 (cm)							
			Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
西側	40.64	21	3.03	0.89	1.19	1.24	1.09	2.26	2.74	4.25
	28.00	22	2.43	0.70	1.00	1.02	0.89	1.74	2.06	3.56
	18.00	23	1.79	0.53	0.79	0.81	0.68	1.22	1.24	2.27
	8.20	24	1.21	0.39	0.60	0.62	0.50	0.77	0.69	1.31
南側	40.64	31	3.53	1.31	1.64	1.67	1.33	2.84	3.02	4.46
	28.00	32	4.11	1.31	1.74	1.65	1.26	3.74	3.97	5.62
	18.00	33	2.71	0.88	1.13	1.11	1.05	2.23	2.15	3.12
	8.20	34	2.16	0.76	1.07	1.04	0.85	1.76	1.46	2.27
北側	40.64	41	3.53	1.31	1.64	1.67	1.33	2.84	3.02	4.46
	28.00	42	3.32	1.08	1.32	1.28	1.19	2.74	2.69	4.20
	18.00	43	2.30	0.64	0.93	0.91	0.83	1.73	1.68	2.83
	8.20	44	1.40	0.41	0.64	0.64	0.55	0.93	0.86	1.62
東側	40.64	51	2.94	0.86	1.17	1.21	1.09	2.25	2.38	4.06
	28.00	52	2.42	0.70	1.00	1.02	0.89	1.74	1.85	3.56
	18.00	53	1.81	0.53	0.80	0.81	0.68	1.22	1.16	2.28
	8.20	54	1.22	0.39	0.61	0.62	0.51	0.78	0.70	1.33
基礎上端	-4.00	15	0.70	0.24	0.40	0.41	0.32	0.45	0.43	0.80

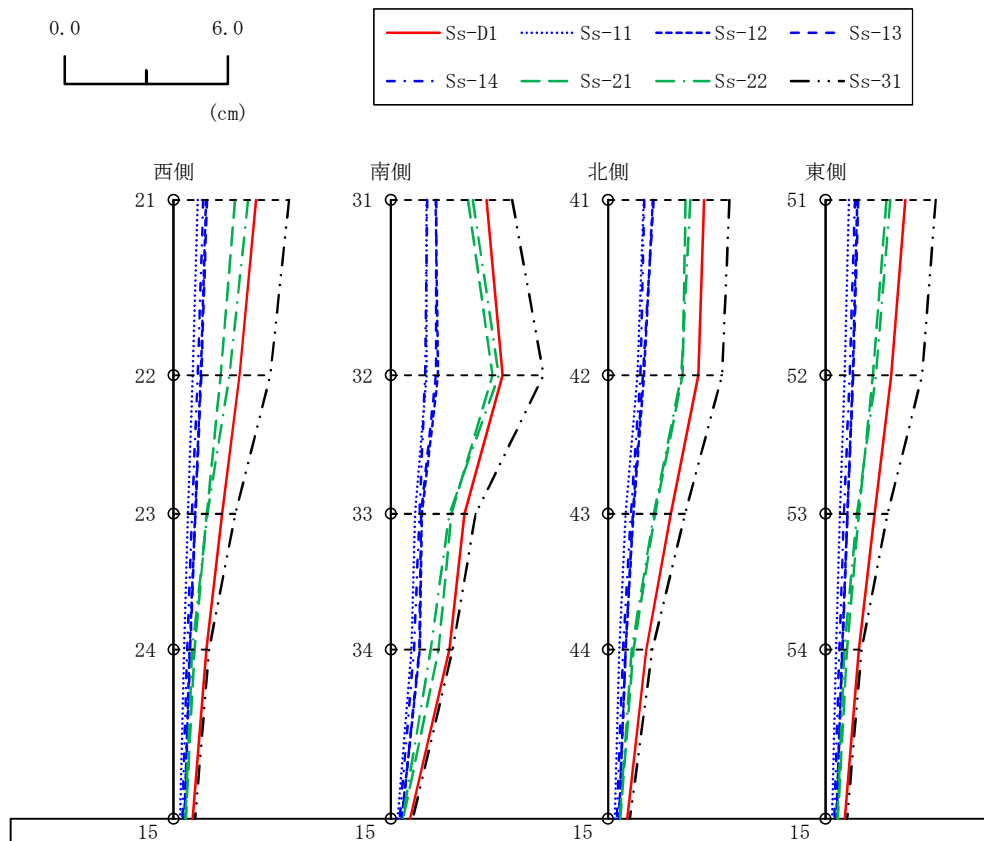


図 3-1 最大応答変位 (基準地震動 Ss, 工認モデル, NS 方向)

表 3-4 最大応答変位一覧 (基準地震動 Ss, 地盤+ σ 考慮モデル, NS 方向)

部位	EL. (m)	質点 番号	最大応答変位 (cm)			
			Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
西側	40.64	21	3.03	2.38	3.18	4.43
	28.00	22	2.43	1.81	2.35	3.78
	18.00	23	1.66	1.19	1.27	2.26
	8.20	24	1.06	0.72	0.70	1.24
南側	40.64	31	3.60	2.87	3.34	4.71
	28.00	32	4.45	4.39	4.51	5.76
	18.00	33	2.63	2.33	2.15	3.05
	8.20	34	2.04	1.79	1.46	2.13
北側	40.64	41	3.60	2.87	3.34	4.71
	28.00	42	3.44	2.91	3.11	4.32
	18.00	43	2.26	1.77	1.82	2.86
	8.20	44	1.28	0.89	0.82	1.58
東側	40.64	51	2.99	2.29	2.62	4.27
	28.00	52	2.48	1.84	2.12	3.78
	18.00	53	1.74	1.20	1.17	2.26
	8.20	54	1.08	0.74	0.65	1.27
基礎上端	-4.00	15	0.59	0.43	0.43	0.74

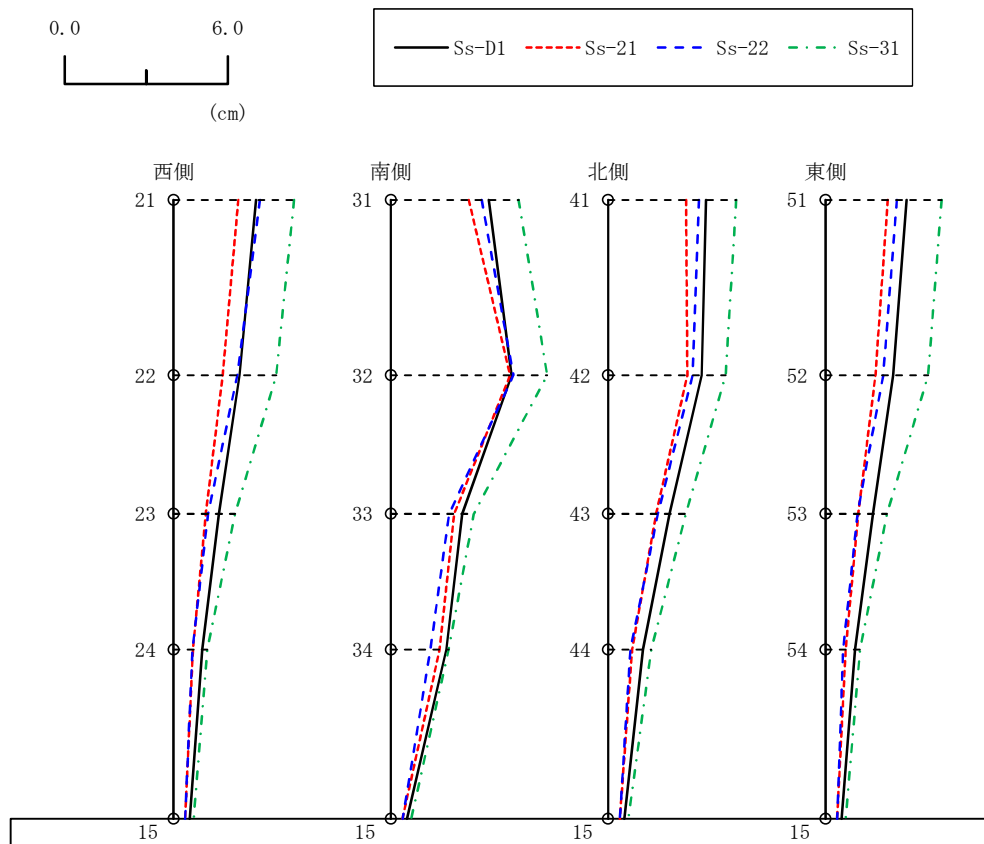


図 3-2 最大応答変位 (基準地震動 Ss, 地盤+ σ 考慮モデル, NS 方向)

表 3-5 最大応答変位一覧 (基準地震動 Ss, 地盤- σ 考慮モデル, NS 方向)

部位	EL. (m)	質点 番号	最大応答変位 (cm)			
			Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
西側	40.64	21	3.31	2.23	2.74	5.11
	28.00	22	2.66	1.72	2.07	4.21
	18.00	23	1.99	1.24	1.32	2.93
	8.20	24	1.43	0.85	0.80	1.87
南側	40.64	31	3.78	2.74	3.07	5.35
	28.00	32	4.10	3.77	4.17	6.15
	18.00	33	2.83	2.09	2.11	3.80
	8.20	34	2.37	1.69	1.64	3.15
北側	40.64	41	3.78	2.74	3.07	5.35
	28.00	42	3.39	2.58	2.62	5.04
	18.00	43	2.45	1.69	1.70	3.53
	8.20	44	1.60	0.95	0.95	2.19
東側	40.64	51	3.20	2.21	2.41	4.88
	28.00	52	2.64	1.71	1.88	4.23
	18.00	53	1.99	1.24	1.26	2.96
	8.20	54	1.44	0.86	0.81	1.96
基礎上端	-4.00	15	0.88	0.55	0.50	1.09

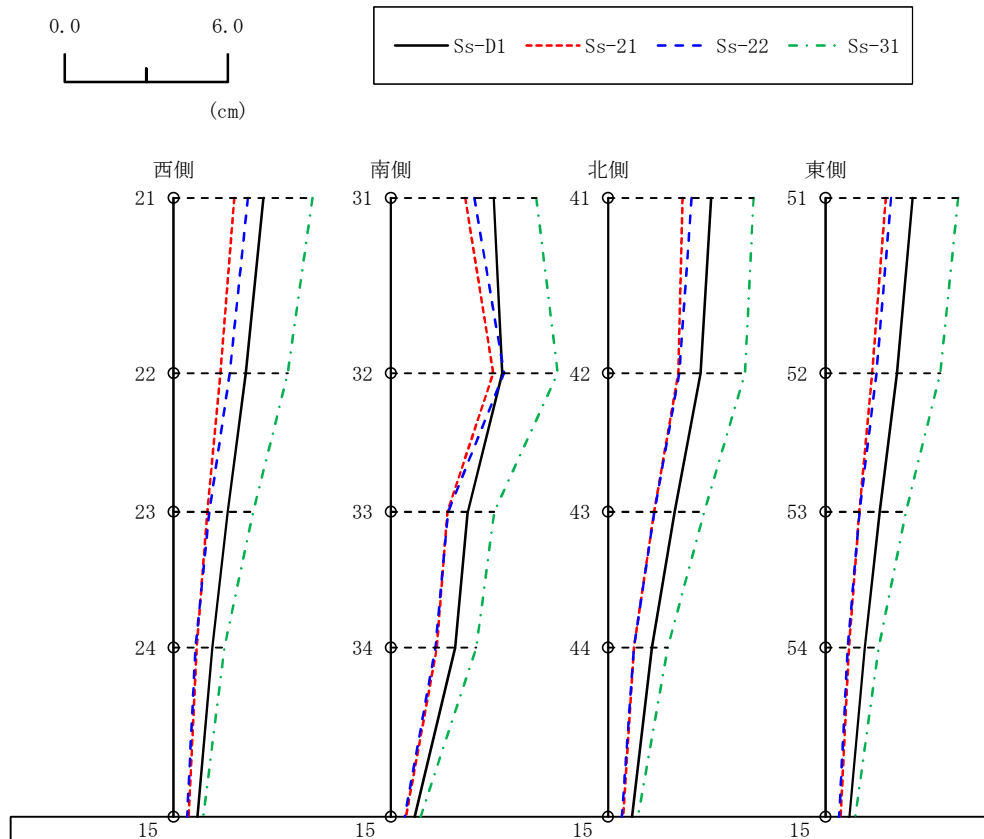
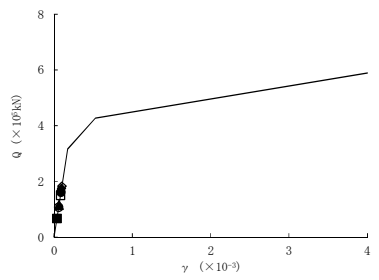
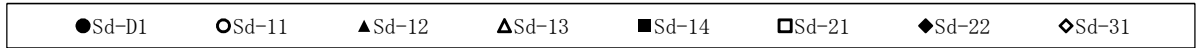
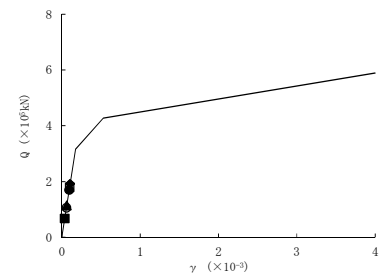


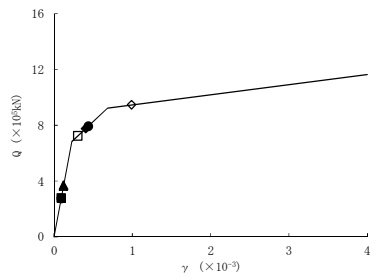
図 3-3 最大応答変位 (基準地震動 Ss, 地盤- σ 考慮モデル, NS 方向)



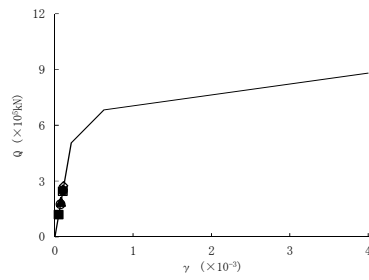
要素 21



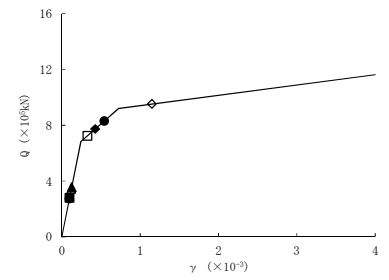
要素 51



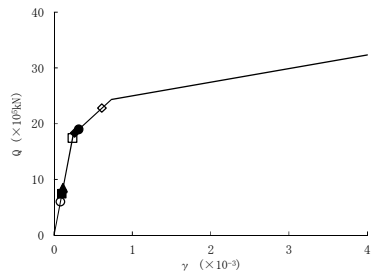
要素 22



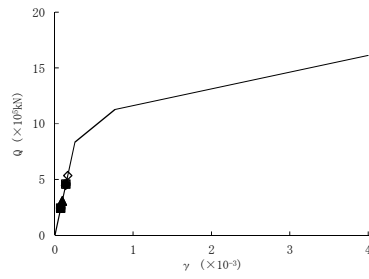
要素 42



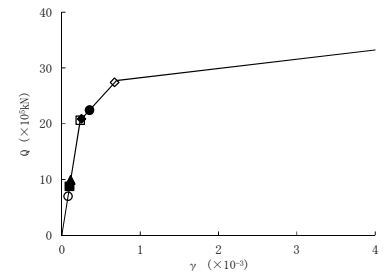
要素 52



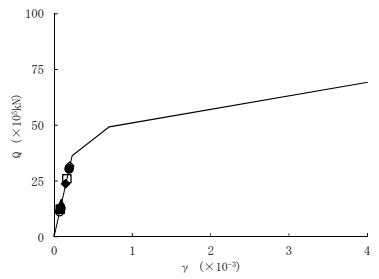
要素 23



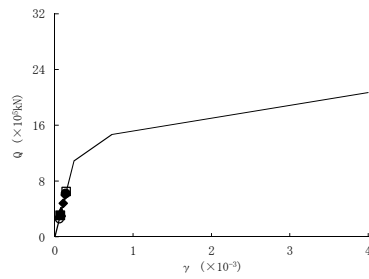
要素 43



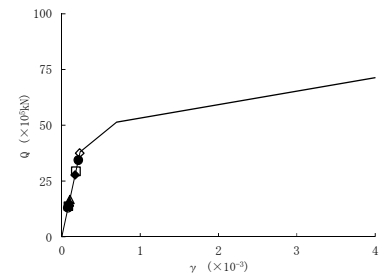
要素 53



要素 24



要素 44



要素 54

図 3-4 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（基準地震動 Ss，工認モデル，NS 方向）

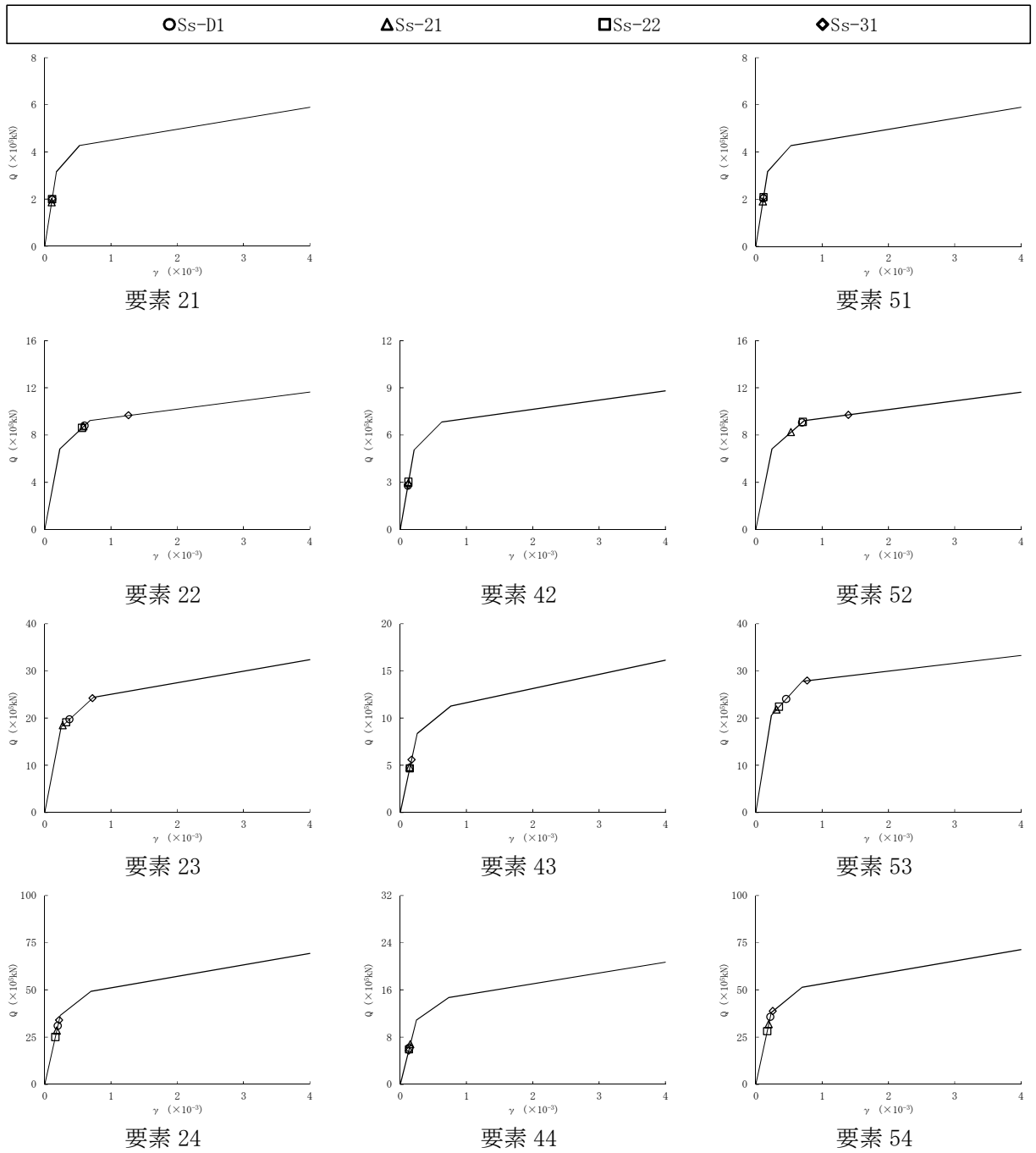


図 3-5 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (基準地震動 Ss, 地盤+σ 考慮モデル, NS 方向)

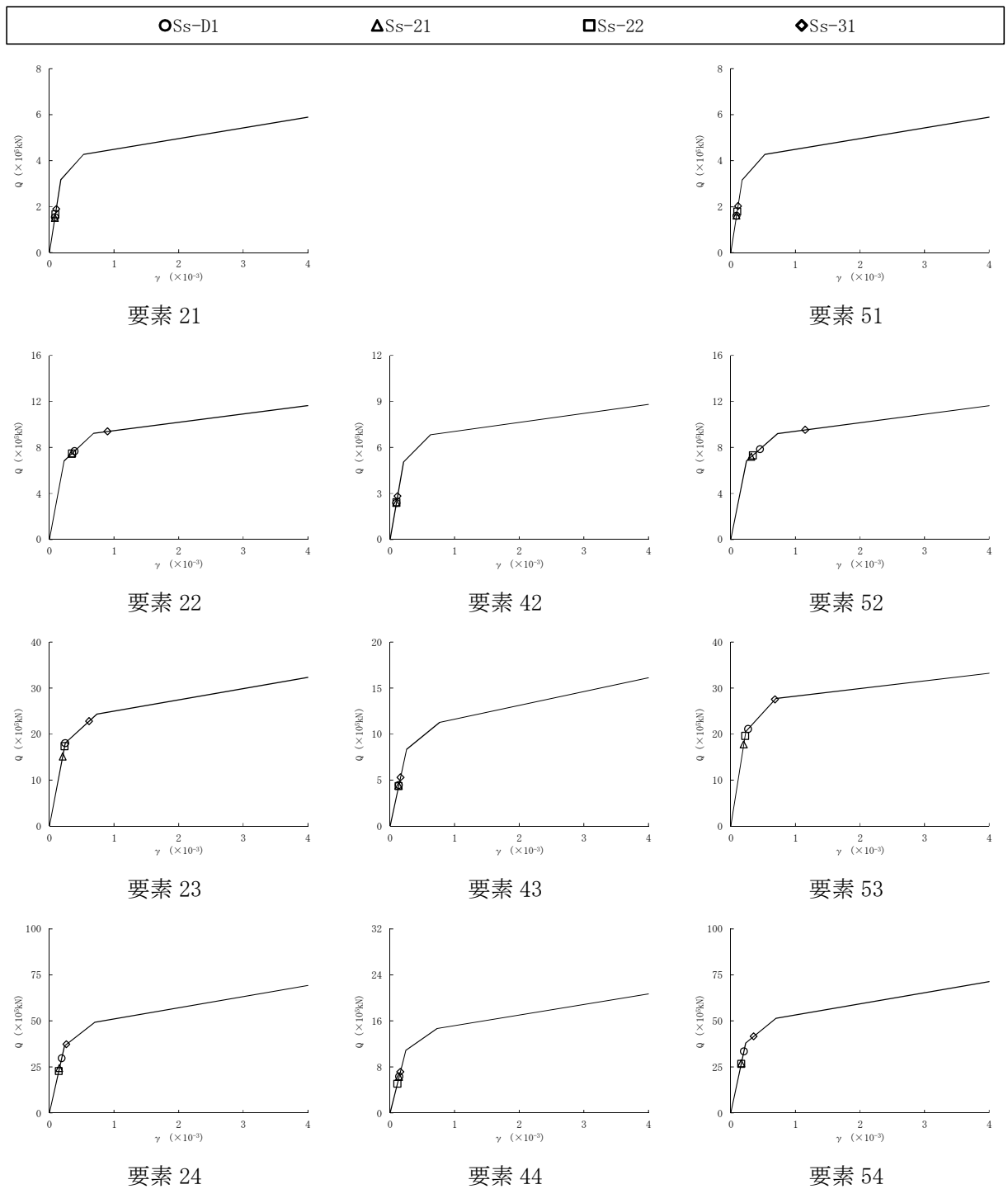


図 3-6 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (基準地震動 Ss, 地盤- σ 考慮モデル, NS 方向)

4. 原子炉建屋への影響の評価

4.1 建屋間の最大相対変位

最大相対変位は「3. 地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果」に示すタービン建屋の最大変位と資料V-2-2-2「原子炉建屋の地震応答計算書」及び補足-400-3「地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討」における地震応答解析結果から求める。

タービン建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-1 に示す。なお、最大相対変位は各建屋の最大変位の絶対値和として求める。

最大相対変位は、 S_s-D1 、 S_s-21 、 S_s-22 及び S_s-31 のタービン建屋質点レベル EL. 28.0 m と S_s-31 のタービン建屋質点レベル EL. 18.00 m 及び EL. 8.20 m において、建屋間のクリアランス (50 mm) を超える。

最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所について、時刻歴応答変位による時刻歴相対変位の最大値を表 4-2 及び図 4-1～図 4-3 に示す。時刻歴相対変位は建屋間のクリアランス (50 mm) 以下となっている。

表 4-1 タービン建屋と原子炉建屋との絶対値和による最大相対変位

(1) 基本ケース (1/2)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点番号	高さ (EL. +m)	質点番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -1 1	S _s -1 2	S _s -1 3
32	28.00	6	29.00	<u>63.4</u>	20.1	27.0	25.7
33	18.00	7	20.30	45.4	14.6	19.4	18.9
34	8.20	8	8.20	34.7	11.8	16.6	16.4
15	-4.00	11	-4.00	15.4	5.4	8.1	8.2

(2) 基本ケース (2/2)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点番号	高さ (EL. +m)	質点番号	高さ (EL. +m)	S _s -1 4	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	21.0	<u>55.2</u>	<u>57.8</u>	<u>85.6</u>
33	18.00	7	20.30	17.5	36.4	35.8	<u>54.7</u>
34	8.20	8	8.20	13.6	27.2	24.0	38.2
15	-4.00	11	-4.00	6.6	10.5	9.5	17.1

(3) 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点番号	高さ (EL. +m)	質点番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	<u>64.1</u>	<u>60.5</u>	<u>63.8</u>	<u>85.5</u>
33	18.00	7	20.30	42.2	36.7	36.1	<u>52.4</u>
34	8.20	8	8.20	31.6	27.0	23.7	35.2
15	-4.00	11	-4.00	12.9	9.9	9.1	15.6

(4) 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点番号	高さ (EL. +m)	質点番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	<u>66.5</u>	<u>55.8</u>	<u>59.6</u>	<u>98.2</u>
33	18.00	7	20.30	49.5	35.1	35.4	<u>68.1</u>
34	8.20	8	8.20	39.1	26.7	25.9	<u>52.6</u>
15	-4.00	11	-4.00	19.0	11.9	10.7	24.3

※1：タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の最大相対変位については、タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対変位を算定する。

※2：アンダーラインは建屋間のクリアランス (50mm) を超える値を示す。

※3：網掛けは各基準地震動 S_s における最大値を示す。

表 4-2 タービン建屋と原子炉建屋との時刻歴相対変位の最大値

(1) 基本ケース

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	28.6	26.0	26.1	28.4
33	18.00	7	20.30	—	—	—	8.3
34	8.20	8	8.20	—	—	—	—
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

(2) 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ)

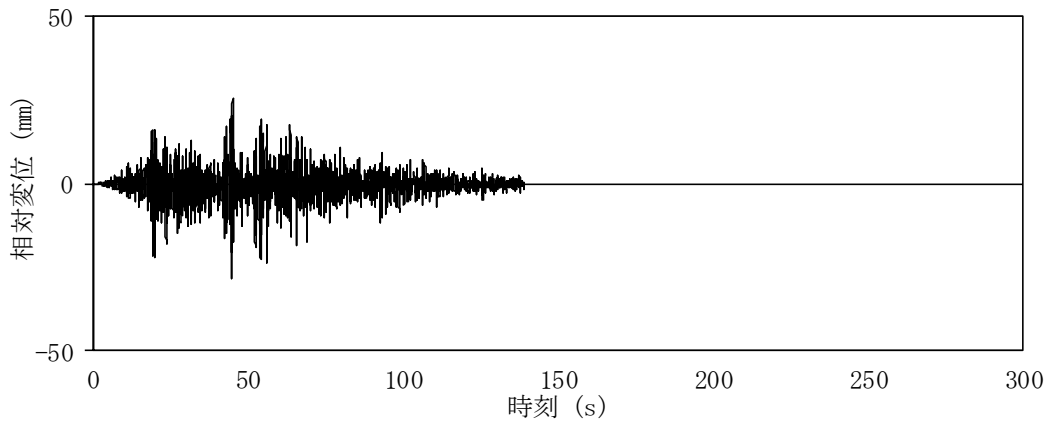
タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	30.7	32.3	32.1	33.2
33	18.00	7	20.30	—	—	—	11.7
34	8.20	8	8.20	—	—	—	—
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

(3) 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ)

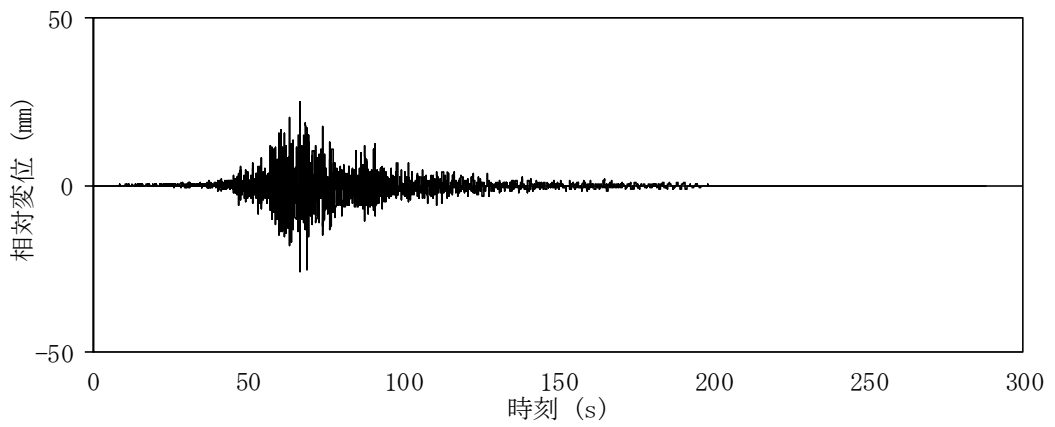
タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	30.2	27.5	27.8	25.3
33	18.00	7	20.30	—	—	—	8.9
34	8.20	8	8.20	—	—	—	10.9
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

※1：タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の時刻歴相対変位については、タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対変位を算定する。

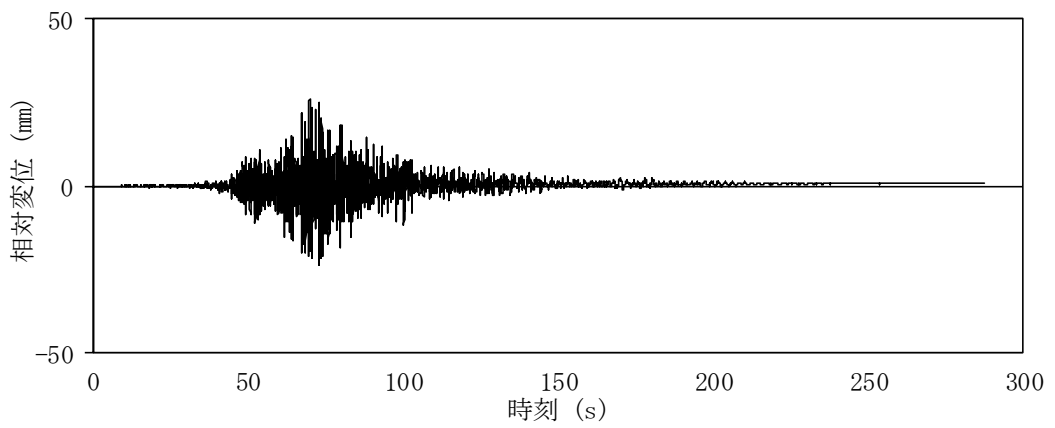
※2：網掛けは各基準地震動 S_s における最大値を示す。



(1) $S_s - D 1$, EL. 28.00 m

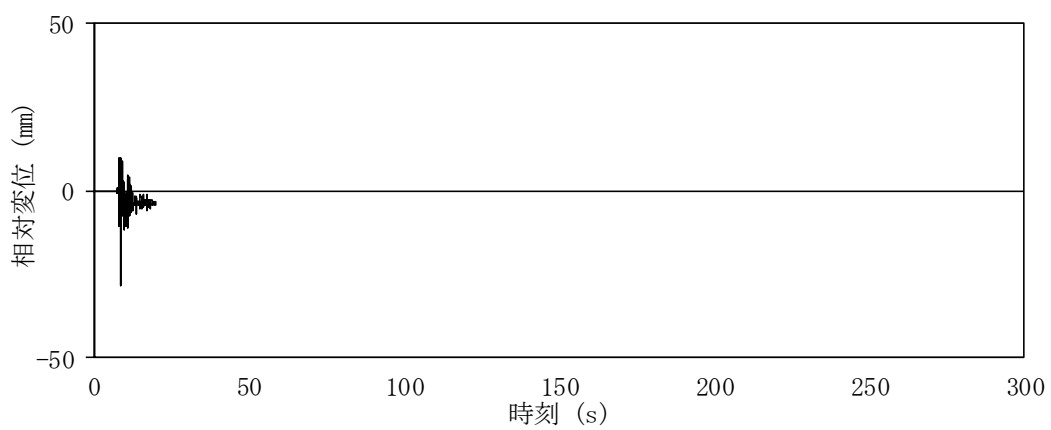


(2) $S_s - 2 1$, EL. 28.00 m

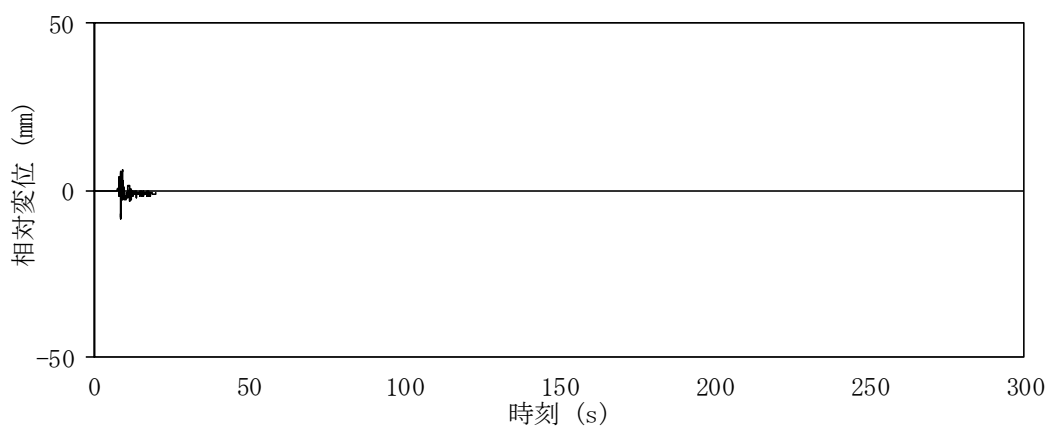


(3) $S_s - 2 2$, EL. 28.00 m

図 4-1(1/2) 時刻歴相対変位 (基本ケース)

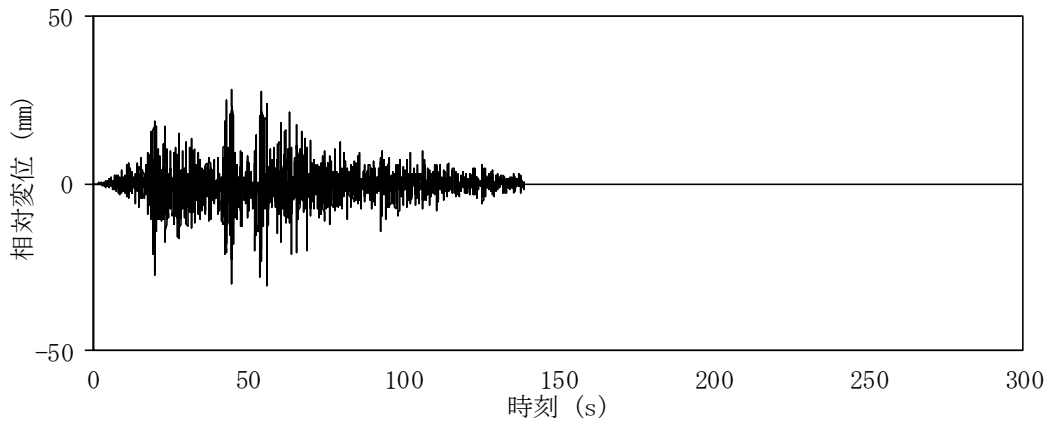


(4) S_s - 3 1, EL. 28.00 m

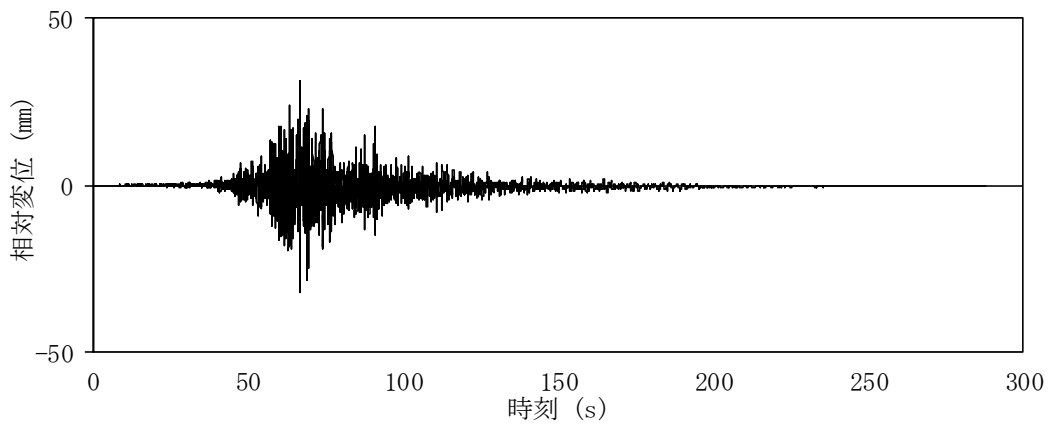


(5) S_s - 3 1, EL. 18.00 m

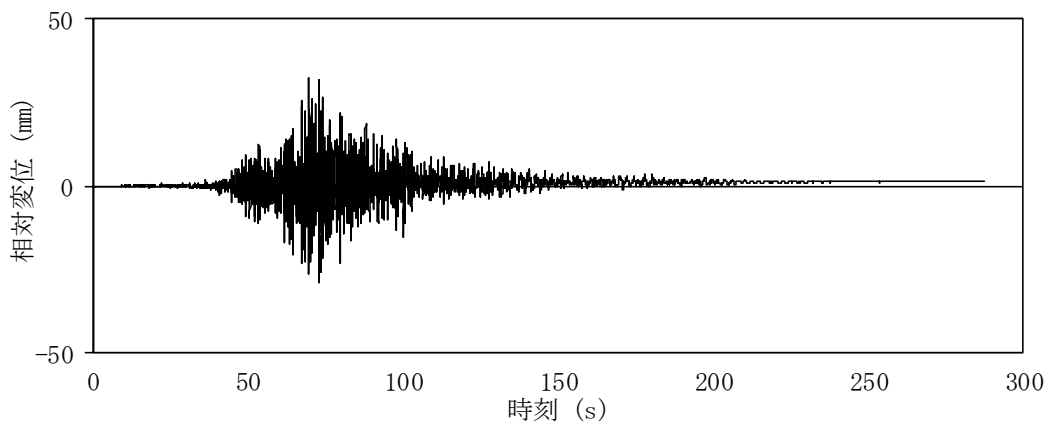
図 4-1 (2/2) 時刻歴相対変位 (基本ケース)



(1) $S_s - D 1$, EL. 28.00 m

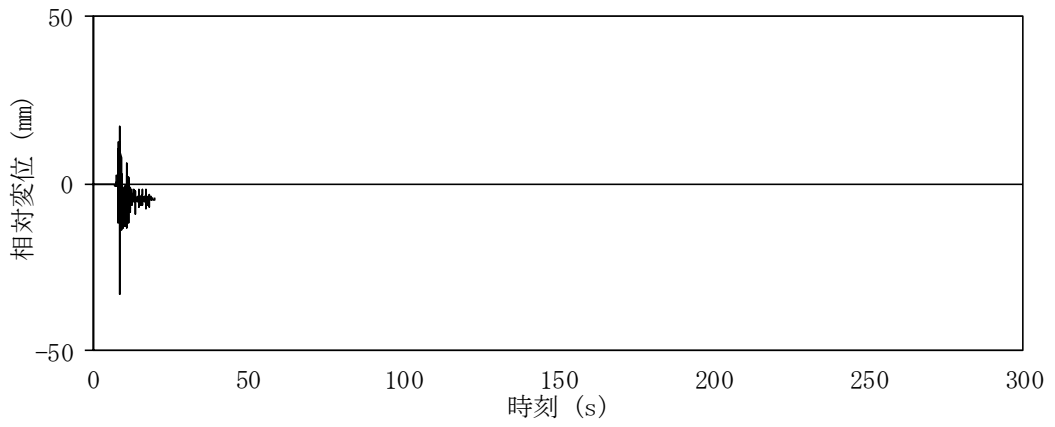


(2) $S_s - 2 1$, EL. 28.00 m

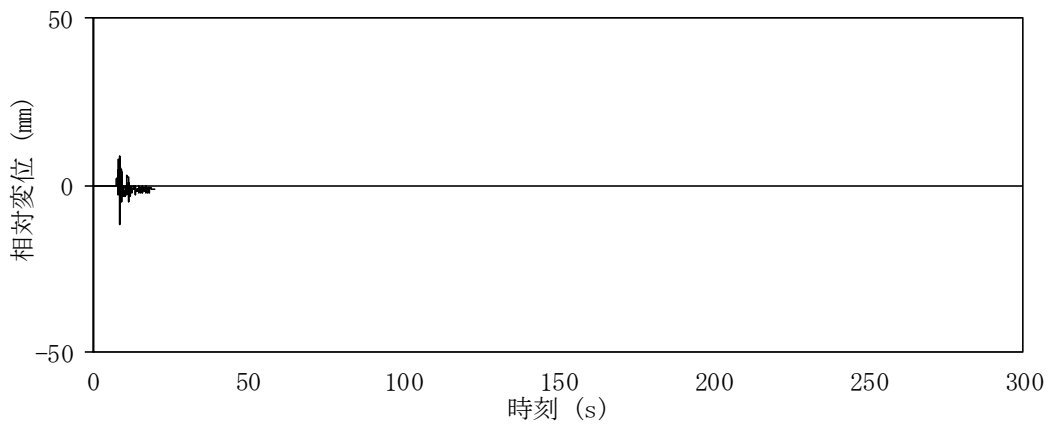


(3) $S_s - 2 2$, EL. 28.00 m

図 4-2(1/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, $+1\sigma$)

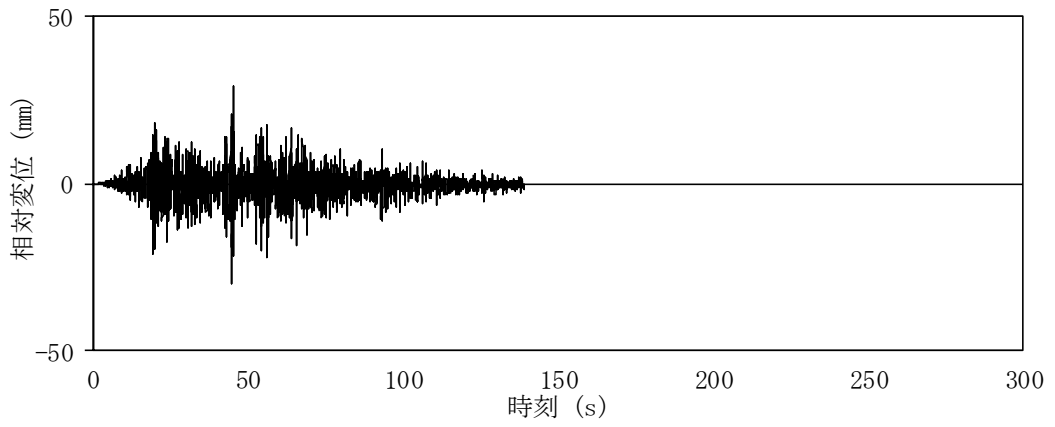


(4) $S_s - 3 1$, EL. 28.00 m

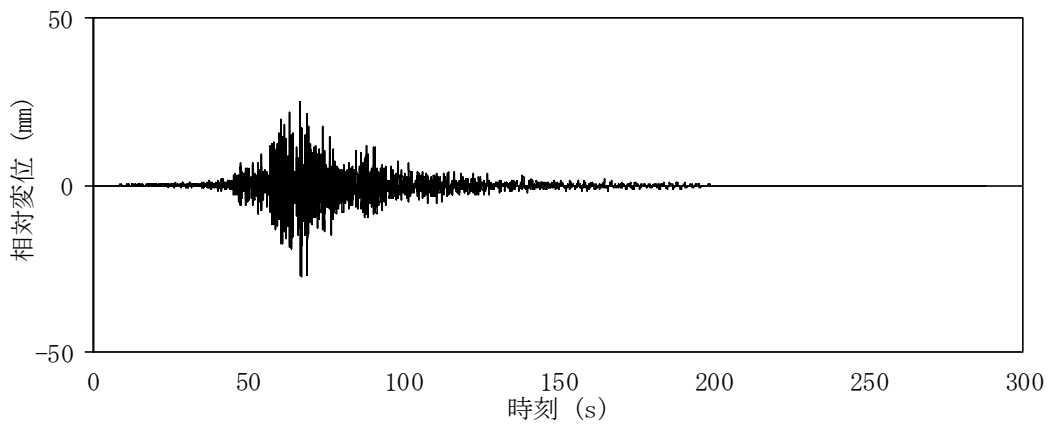


(5) $S_s - 3 1$, EL. 18.00 m

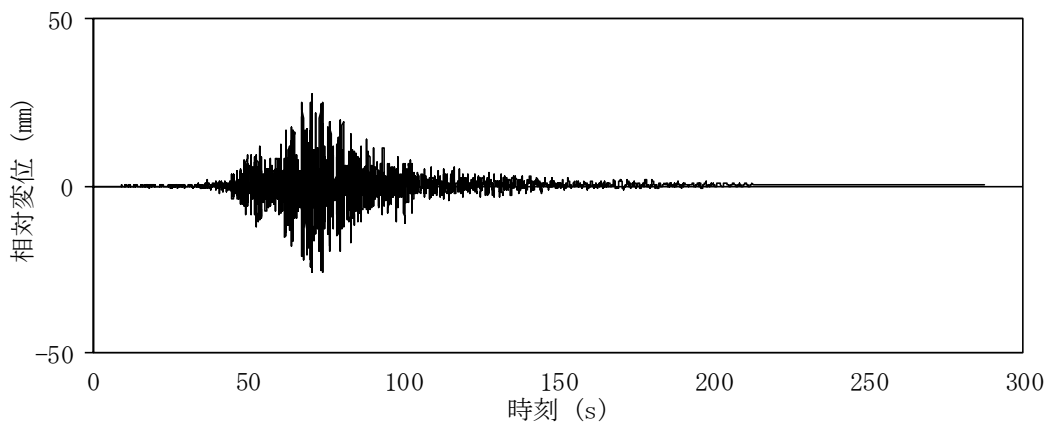
図 4-2(2/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, $+1\sigma$)



(1) $S_s - D 1$, EL. 28.00 m

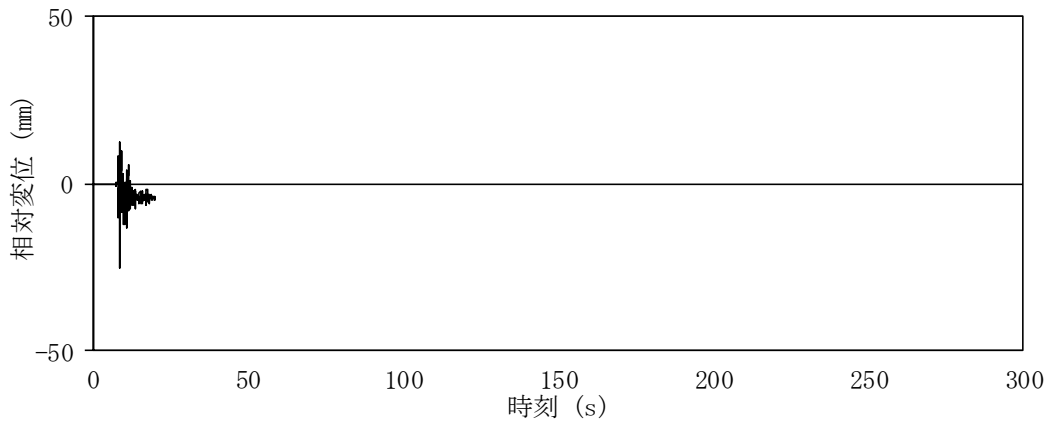


(2) $S_s - 2 1$, EL. 28.00 m

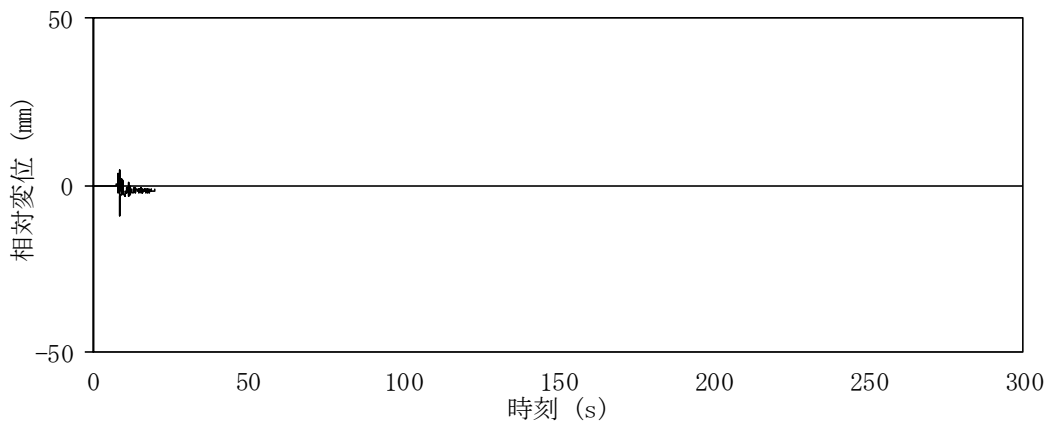


(3) $S_s - 2 2$, EL. 28.00 m

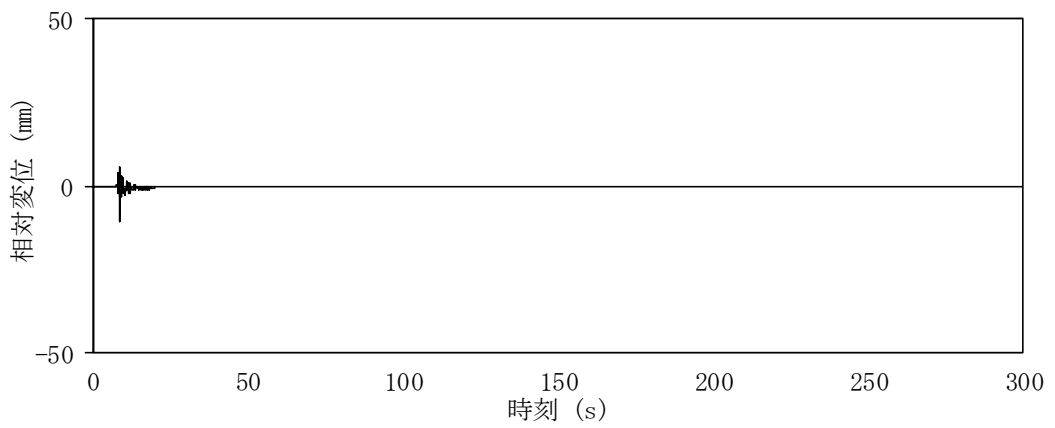
図 4-3(1/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, -1σ)



(4) $S_s - 3 1$, EL. 28.00 m



(5) $S_s - 3 1$, EL. 18.00 m



(6) $S_s - 3 1$, EL. 8.20 m

図 4-3(2/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, -1σ)

4.2 原子炉建屋のねじれを考慮した検討

補足-340-7「水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について 別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析」では、3次元FEMモデルによる3次元的な応答性状を踏まえた定量的な耐震評価を行うため、質点系モデルの応答を補正する補正比率を求めている。ここでは、原子炉建屋の応答変位にねじれ振動の応答補正比率 β を乗じて捻れ振動を考慮した応答変位を求め、タービン建屋との層間変位を算出し、原子炉建屋の捻れ振動による影響を評価する。

捻れ振動の応答補正比率 β を表4-3に、タービン建屋と原子炉建屋の絶対値和による相対変位を表4-4に示す。表に示すように絶対値和による最大相対変位は建屋間のクリアランス50mmを超過する。、最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所について、時刻歴応答変位による時刻歴相対変位の最大値を図5-2及び図4-4～図4-6に示す。時刻歴相対変位は建屋間のクリアランス(50mm)以下となっている。

表4-3 原子炉建屋の応答補正比率 β

地震応答 解析モデル 質点番号	EL. (m)	応答補正比率 β^*
1	63.65	1.24
2	57.00	1.12
3	46.50	1.26
4	38.80	1.28
5	34.70	1.26
6	29.00	1.21
7	20.30	1.08
8	14.00	1.06
9	8.20	1.00
10	2.00	1.02

※ 1.0を下回る場合は1.0とする。

表 4-4 タービン建屋と原子炉建屋との絶対値和による最大相対変位
(原子炉建屋の捻れ影響考慮)

(1) 基本ケース (1/2)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -1 1	S _s -1 2	S _s -1 3
32	28.00	6	29.00	<u>68.0</u>	21.5	29.0	27.6
33	18.00	7	20.30	46.9	15.0	20.0	19.5
34	8.20	8	8.20	34.7	11.8	16.6	16.4
15	-4.00	11	-4.00	15.6	5.4	8.2	8.2

(2) 基本ケース (2/2)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -1 4	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	22.7	<u>59.0</u>	<u>61.5</u>	<u>91.8</u>
33	18.00	7	20.30	18.0	37.5	36.9	<u>56.6</u>
34	8.20	8	8.20	13.6	27.2	24.0	38.2
15	-4.00	11	-4.00	6.7	10.6	9.6	17.3

(3) 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	<u>68.2</u>	<u>64.1</u>	<u>67.7</u>	<u>91.3</u>
33	18.00	7	20.30	43.5	37.8	37.2	<u>54.1</u>
34	8.20	8	8.20	31.6	27.0	23.7	35.2
15	-4.00	11	-4.00	13.0	10.0	9.2	15.8

(4) 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ)

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	<u>71.9</u>	<u>59.6</u>	<u>63.4</u>	<u>105.9</u>
33	18.00	7	20.30	<u>51.2</u>	36.3	36.5	<u>70.5</u>
34	8.20	8	8.20	39.1	26.7	25.9	<u>52.6</u>
15	-4.00	11	-4.00	19.2	12.1	10.8	24.6

※1：タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の最大相対変位については、タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対変位を算定する。

※2：アンダーラインは建屋間のクリアランス (50mm) を超える値を示す。

※3：網掛けは各基準地震動 S_s における最大値を示す。

表 4-5 タービン建屋と原子炉建屋との時刻歴相対変位の最大値
(原子炉建屋の捻れ影響考慮)

(1) 基本ケース

タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	40.2	23.6	23.4	23.0
33	18.00	7	20.30	—	—	—	7.9
34	8.20	8	8.20	—	—	—	—
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

(3) 地盤物性のばらつきを考慮 (+1σ)

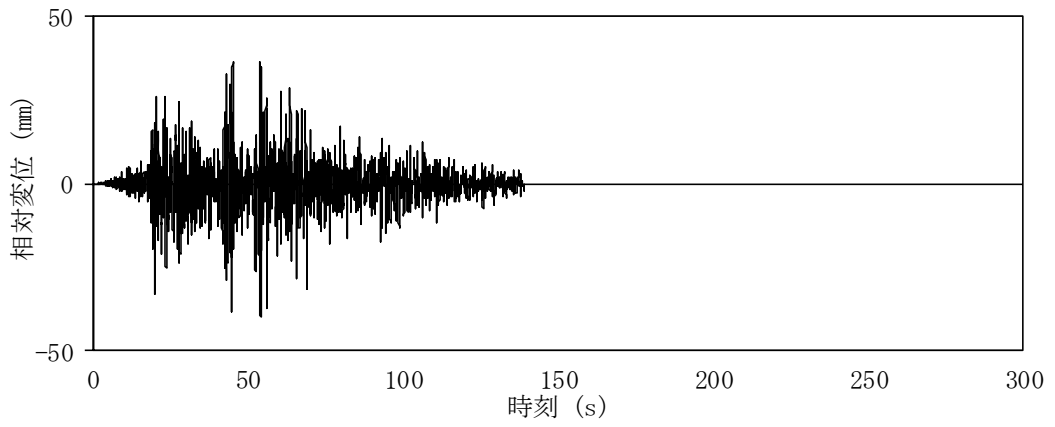
タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	28.9	30.0	30.7	28.6
33	18.00	7	20.30	—	—	—	10.9
34	8.20	8	8.20	—	—	—	—
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

(4) 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ)

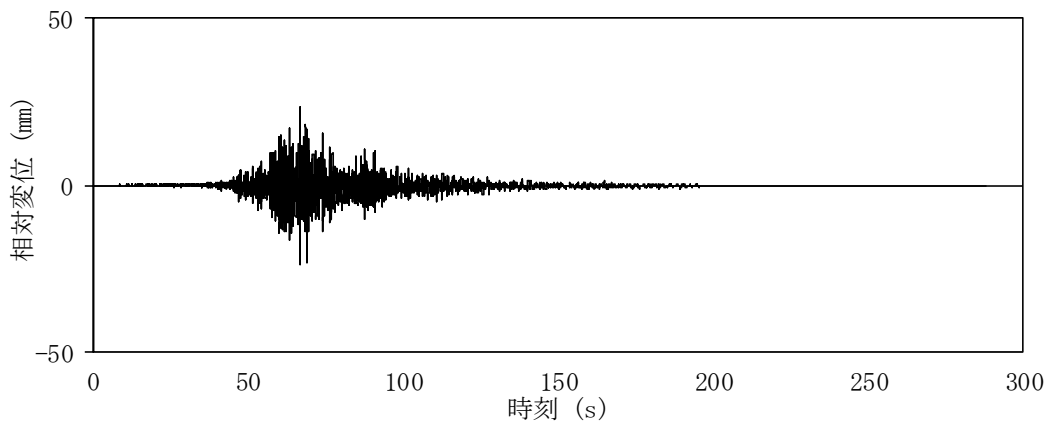
タービン建屋		原子炉建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)			
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (EL. +m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
32	28.00	6	29.00	28.2	25.4	25.0	18.3
33	18.00	7	20.30	—	—	—	6.8
34	8.20	8	8.20	—	—	—	10.9
15	-4.00	11	-4.00	—	—	—	—

※1：タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の時刻歴相対変位については、タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対変位を算定する。

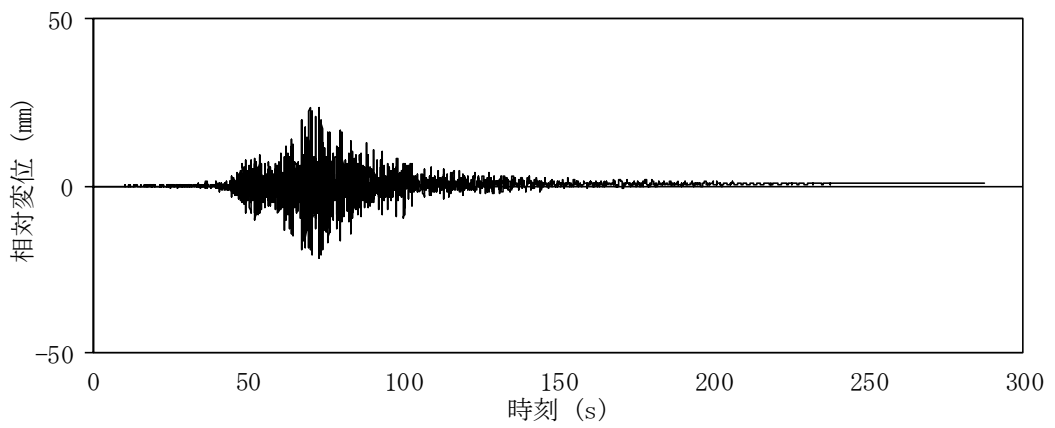
※2：網掛けは各基準地震動 S_s における最大値を示す。



(1) S_s - D 1, EL. 28.00 m

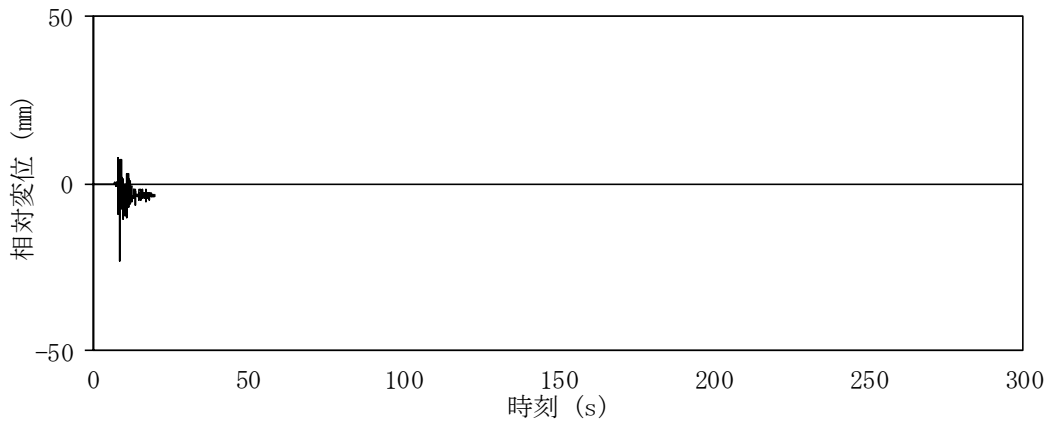


(2) S_s - 2 1, EL. 28.00 m

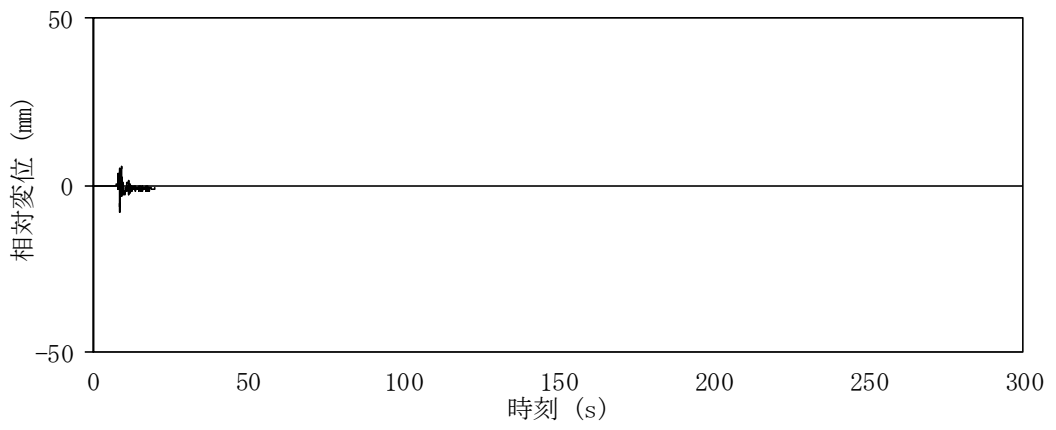


(3) S_s - 2 2, EL. 28.00 m

図 4-4(1/2) 時刻歴相対変位 (基本ケース)

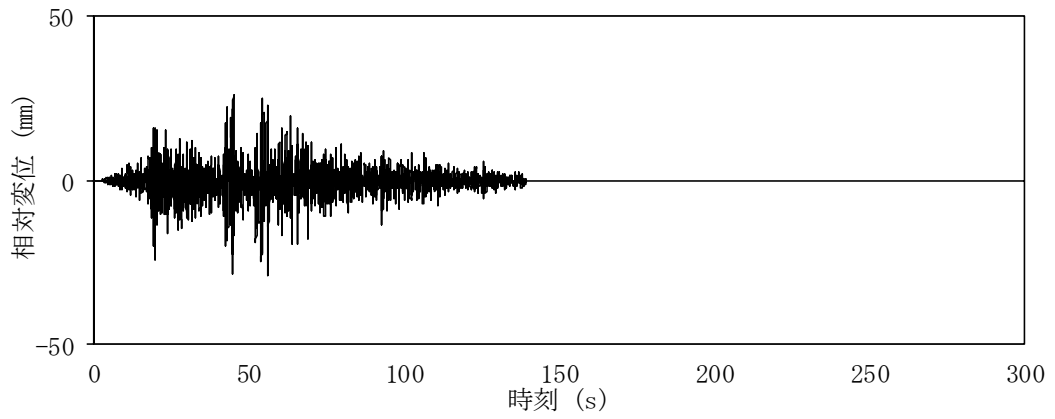


(4) $S_s - 3 1$, EL. 28.00 m

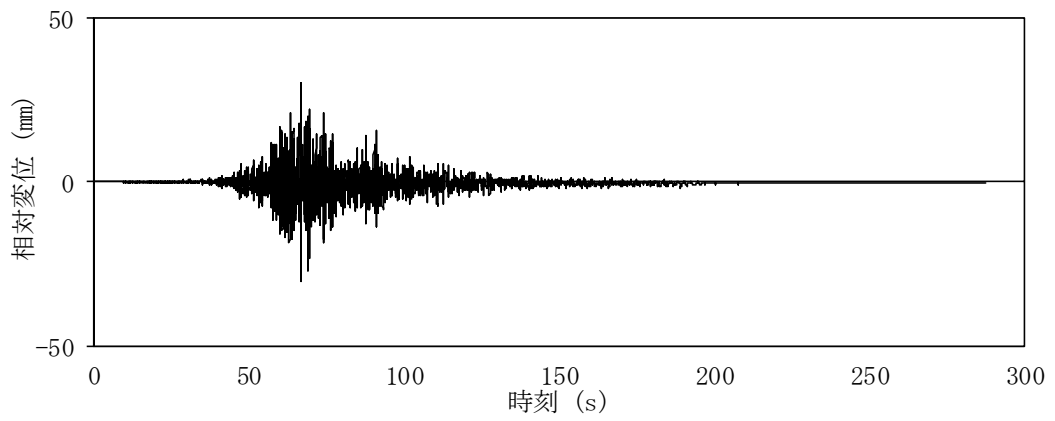


(5) $S_s - 3 1$, EL. 18.00 m

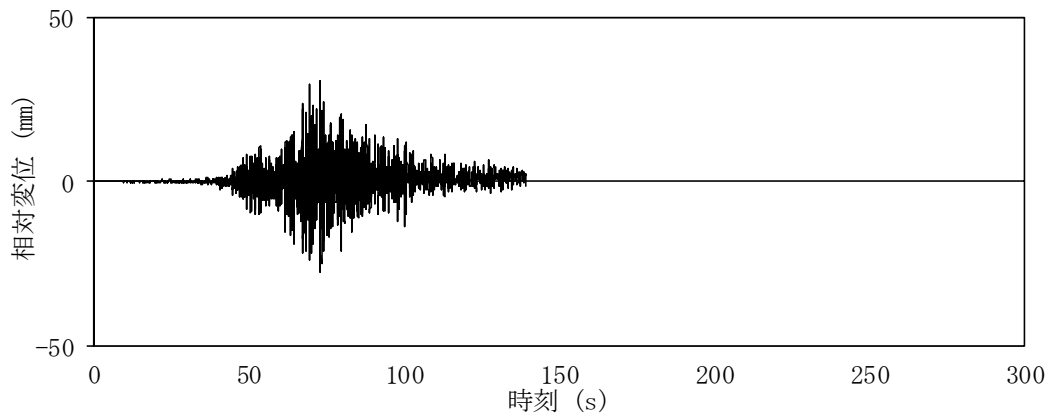
図 4-4 (2/2) 時刻歴相対変位 (基本ケース)



(1) S_s-D 1, EL. 28.00 m

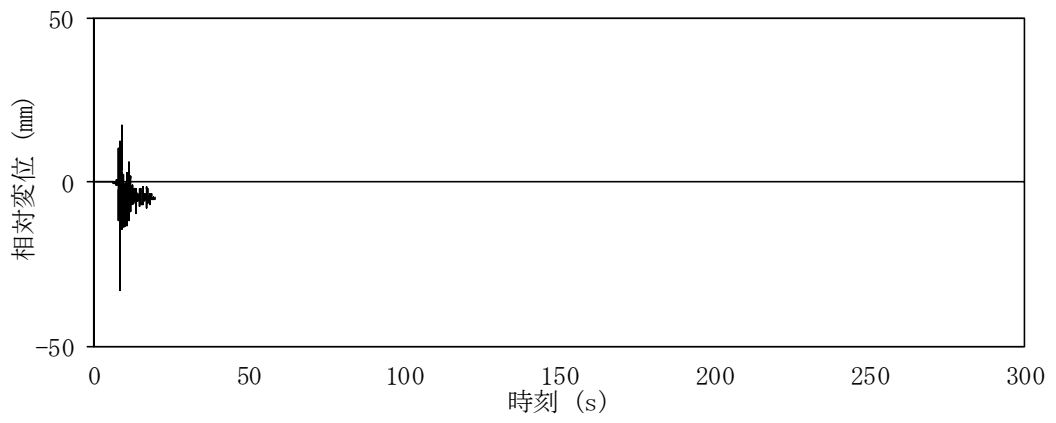


(2) S_s-2 1, EL. 28.00 m

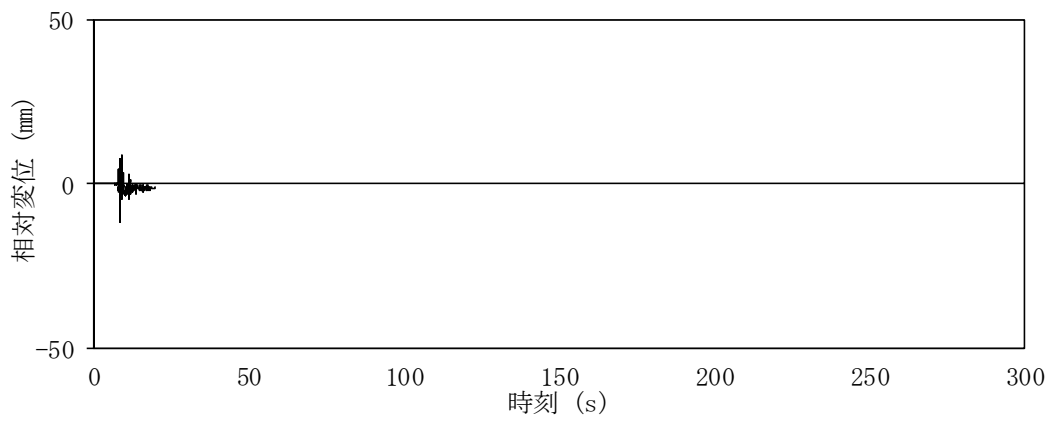


(3) S_s-2 2, EL. 28.00 m

図 4-5(1/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, +1σ)

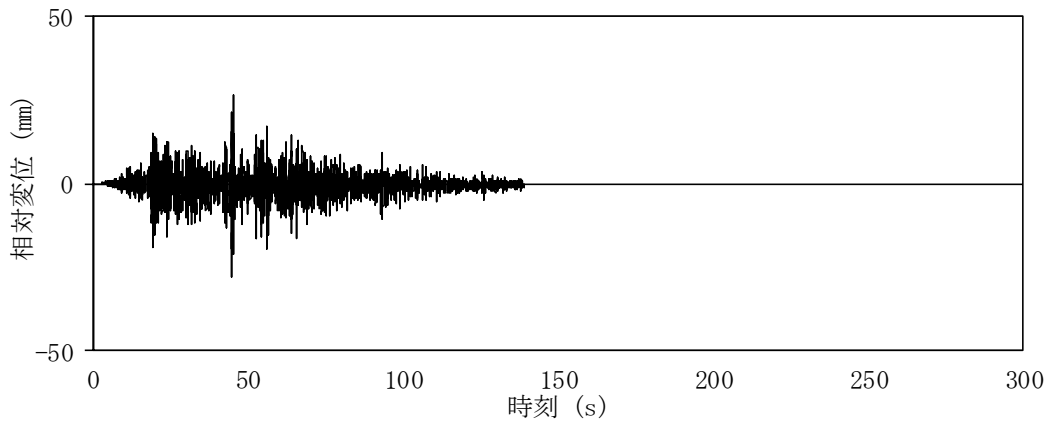


(4) $S_s - 3 1$, EL. 28.00 m

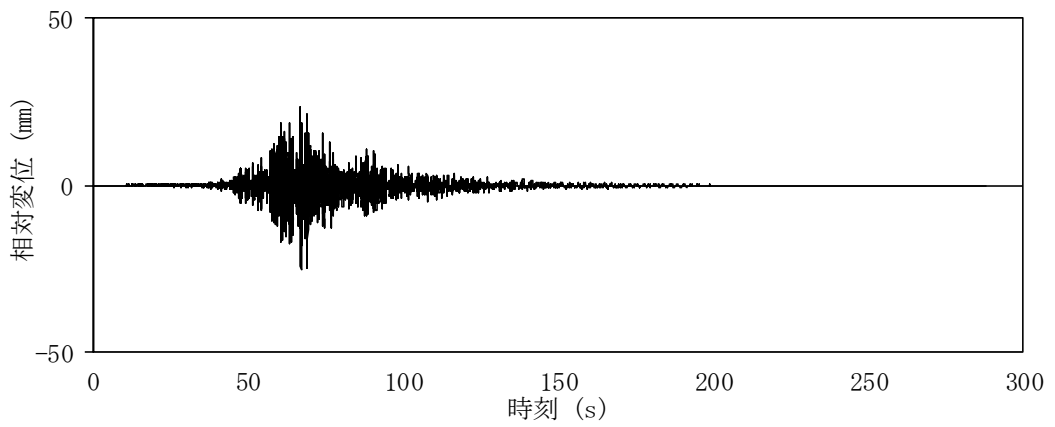


(5) $S_s - 3 1$, EL. 18.00 m

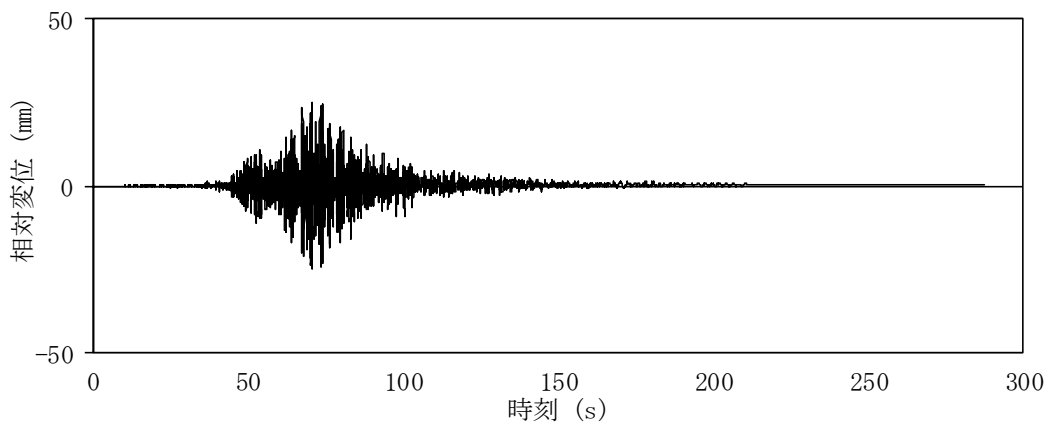
図 4-6(2/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, $+1\sigma$)



(1) S_s - D 1, EL. 28.00 m

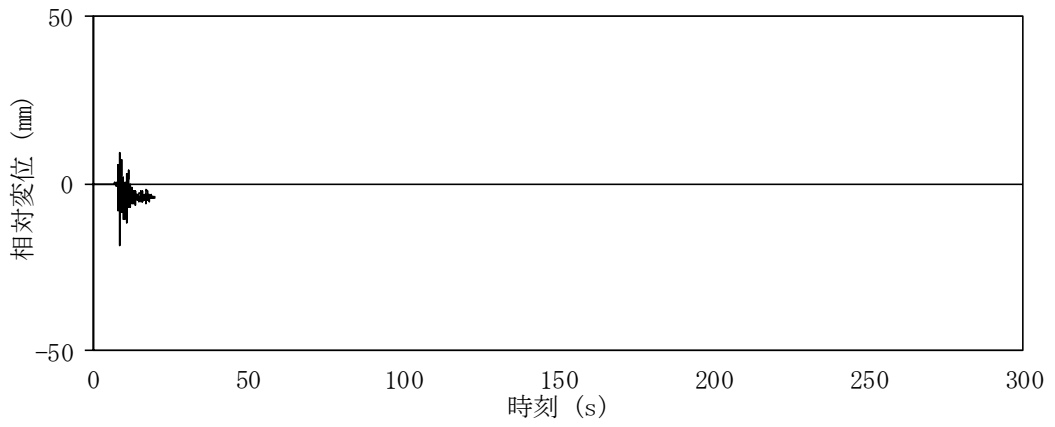


(2) S_s - 2 1, EL. 28.00 m

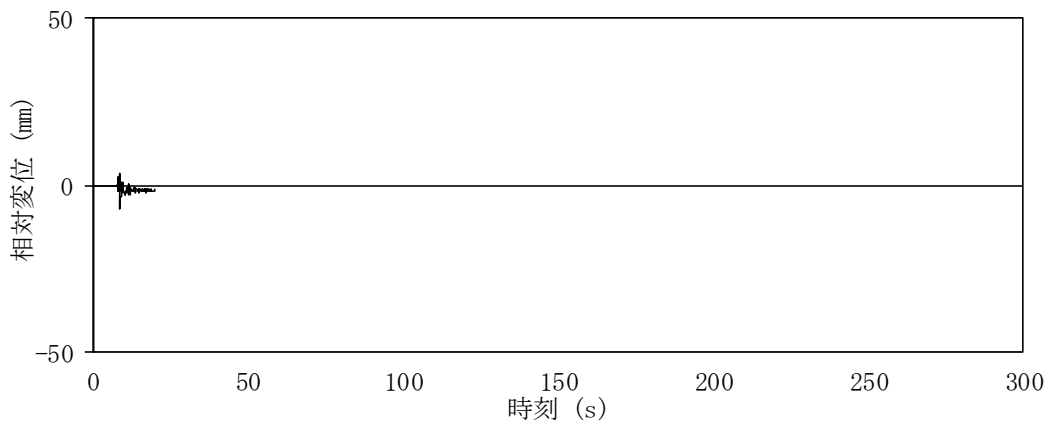


(3) S_s - 2 2, EL. 28.00 m

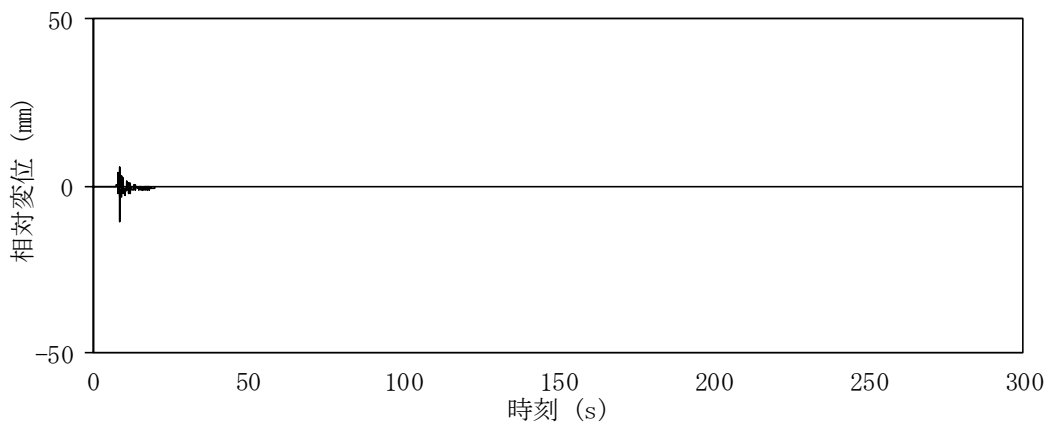
図 4-6(1/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, -1σ)



(4) $S_s - 3 1$, EL. 28.00 m



(5) $S_s - 3 1$, EL. 18.00 m



(6) $S_s - 3 1$, EL. 8.20 m

図 4-6(2/2) 時刻歴相対変位 (地盤物性のばらつきを考慮, -1σ)

別紙 1 タービン建屋の EW 方向の地震応答解析結果

目次

1. 検討概要.....	別紙 1-1
2. 地震応答解析モデル.....	別紙 1-1
3. 地震応答解析結果.....	別紙 1-2

1. 検討概要

タービン建屋のEW方向について、地盤物性のばらつきを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を確認する。確認する応答は耐震壁のせん断ひずみとする。

2. 地震応答解析モデル

タービン建屋のEW方向の地震応答解析モデルを図2-1示す。

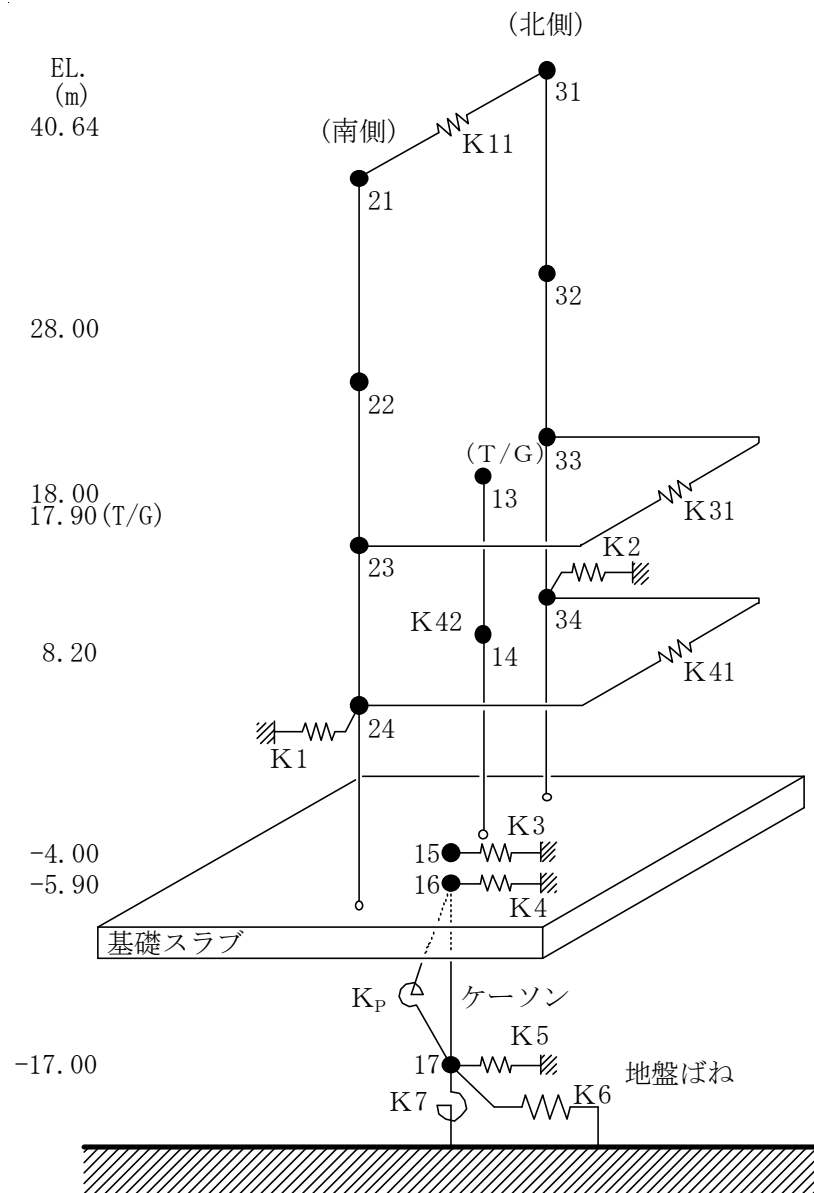
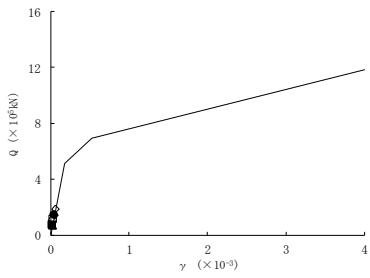
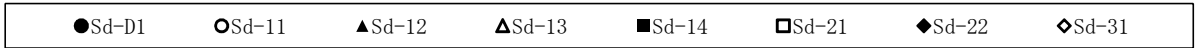


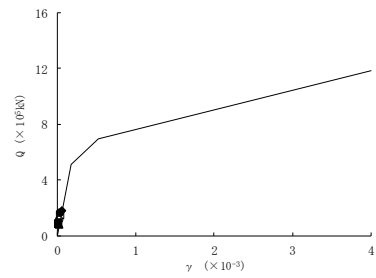
図2-1 タービン建屋の地震応答解析モデル (EW方向)

3. 地震応答解析結果

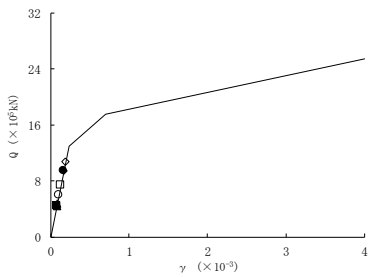
タービン建屋の地盤物性のばらつきを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果について、耐震壁のせん断スケルトンカーブ上の最大応答値を図 3-1～図 3-3 に示す。



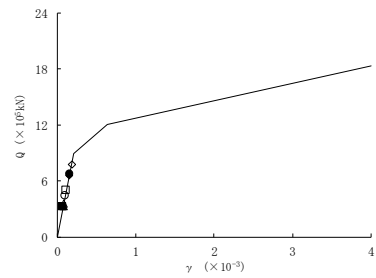
要素 21



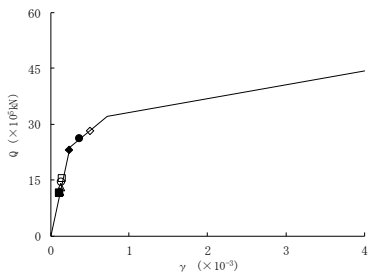
要素 31



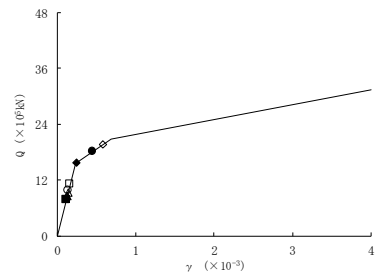
要素 22



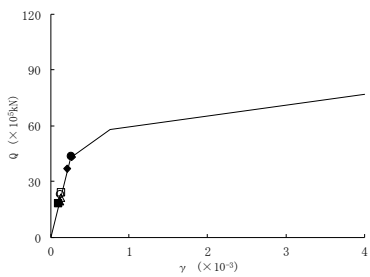
要素 32



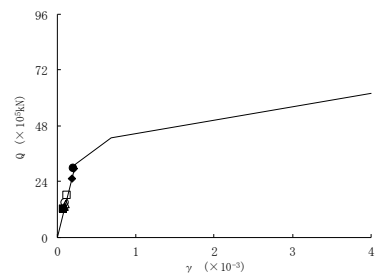
要素 23



要素 33



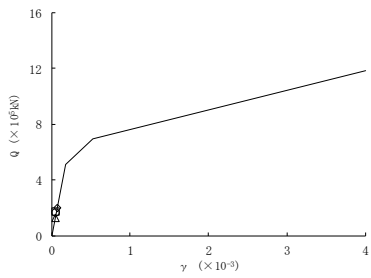
要素 24



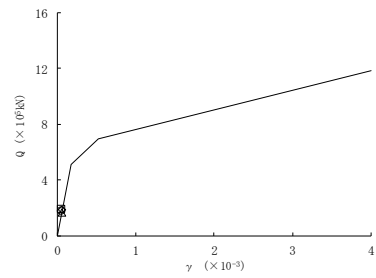
要素 34

図 3-1 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (基準地震動 Ss, 工認モデル, EW 方向)

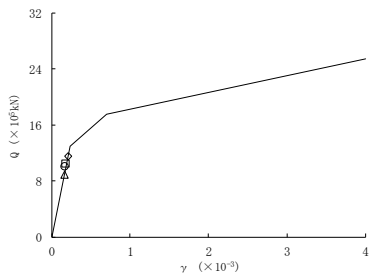
○Ss-D1
△Ss-21
□Ss-22
◇Ss-31



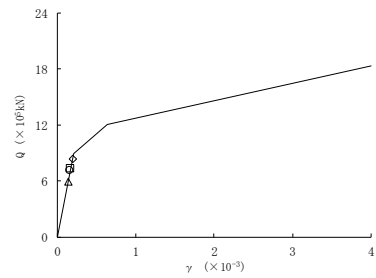
要素 21



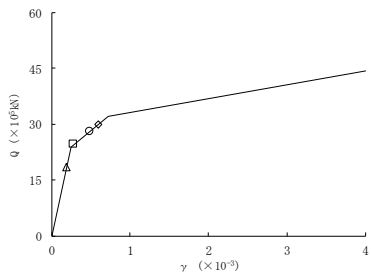
要素 31



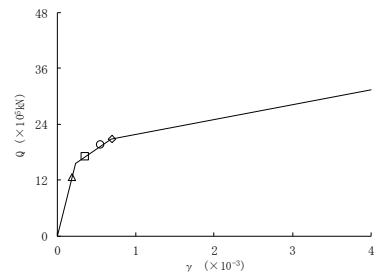
要素 22



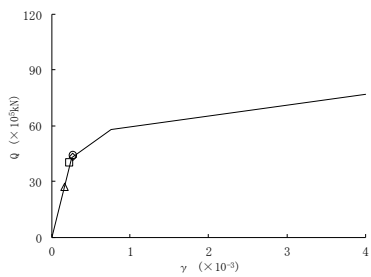
要素 32



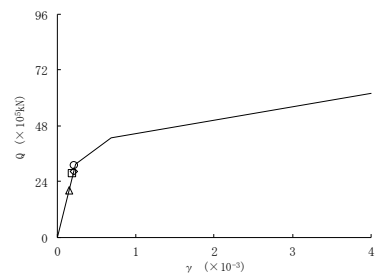
要素 23



要素 33

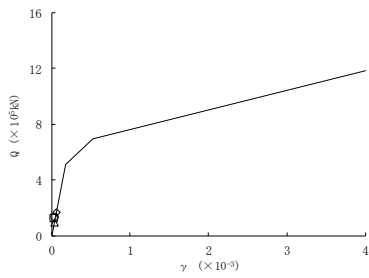
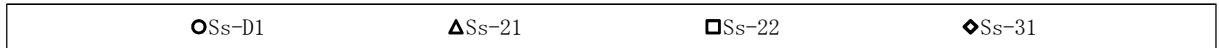


要素 24

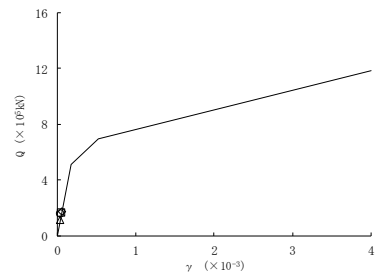


要素 34

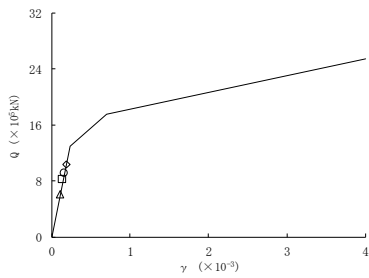
図 3-2 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (基準地震動 Ss, 地盤+σ 考慮モデル, EW 方向)



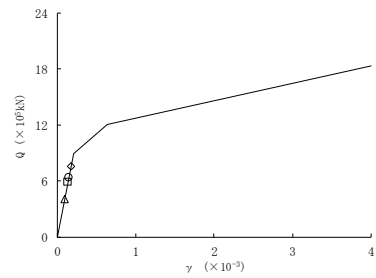
要素 21



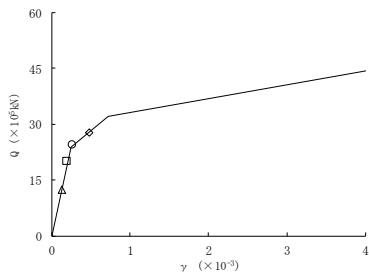
要素 31



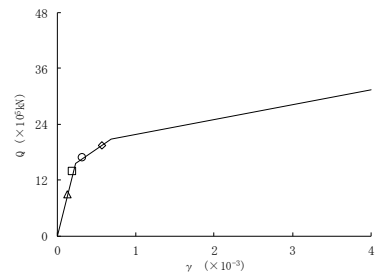
要素 22



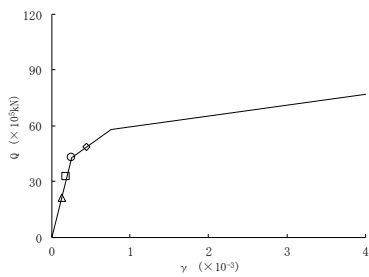
要素 32



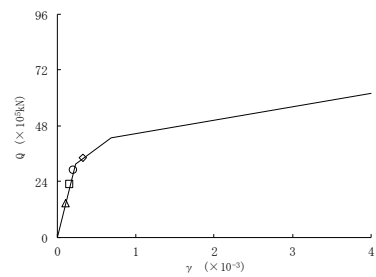
要素 23



要素 33



要素 24



要素 34

図 3-3 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (基準地震動 Ss, 地盤-σ 考慮モデル, EW 方向)