

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるい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	工認-196 改0
提出年月日	平成30年3月14日

V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 解析方法	9
3.1 設計用模擬地震波	9
3.2 地震応答解析モデル	10
3.3 入力地震動	26
3.4 解析方法	30
3.5 解析条件	32
4. 解析結果	40
4.1 動的解析	40
4.2 必要保有水平耐力	62

1. 概要

本資料は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づく緊急時対策所建屋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は、資料V-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、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策所建屋の設置位置を図2-1に示す。

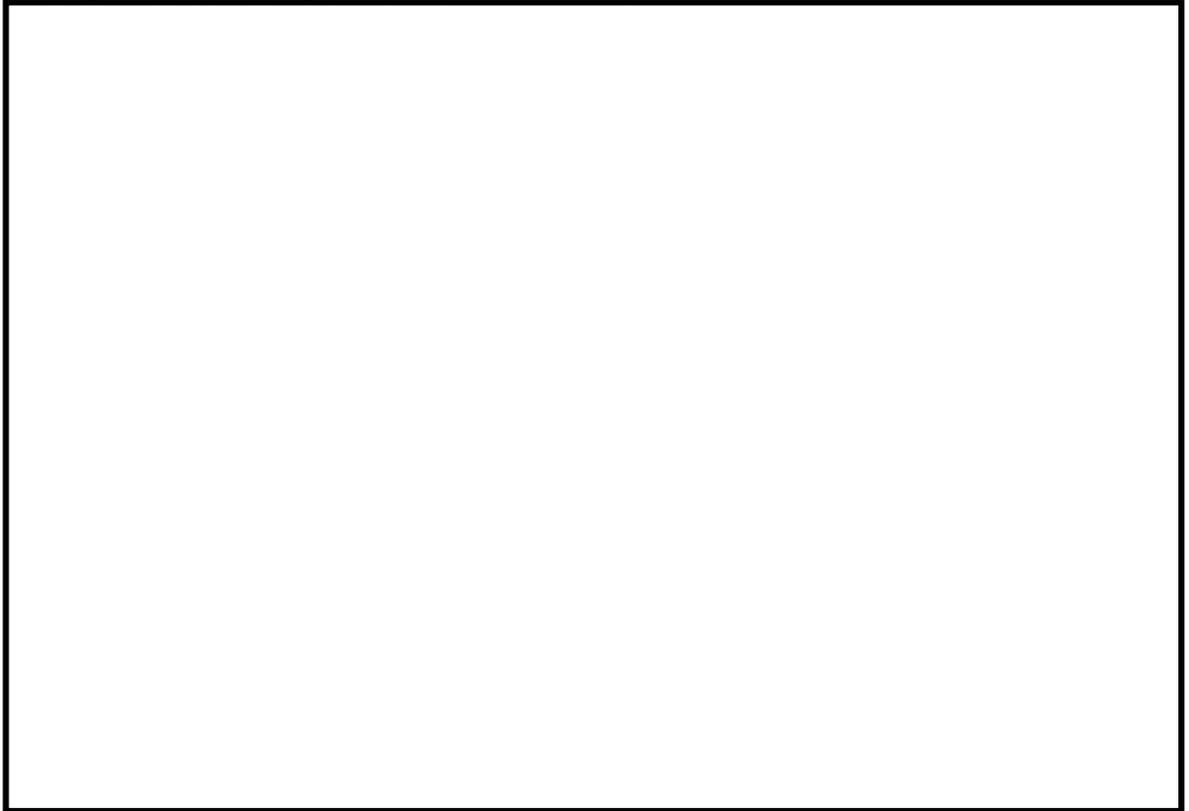


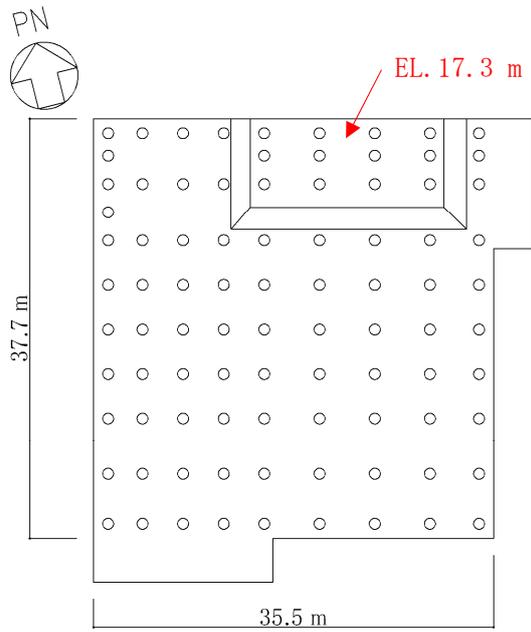
図2-1 緊急時対策所建屋の設置位置

2.2 構造概要

緊急時対策所建屋は、主要構造が鉄筋コンクリート造で地上4階であり、平面が南北方向37.7 m、東西方向35.5 m、地上高さ28.00 mの建物である。

緊急時対策所建屋の基礎は、厚さ2.5 m（一部2.0 m及び2.2 m）で、鋼管コンクリート杭（外径1.0 m、88本）を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。また、表層のf1層、du層及びlm層について地盤改良を実施する。

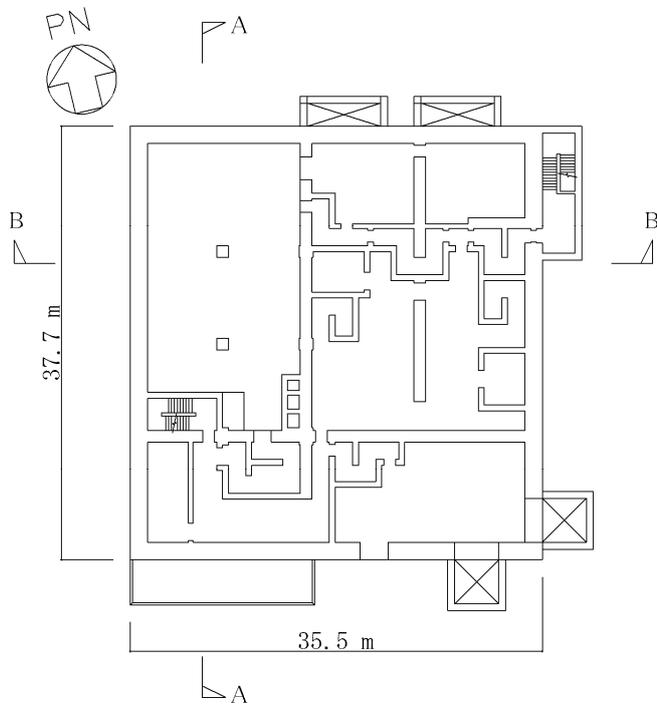
緊急時対策所建屋の杭伏図、概略平面図及び概略断面図を図2-2～図2-4に示す。



(杭伏図 : EL. 20.8 m)

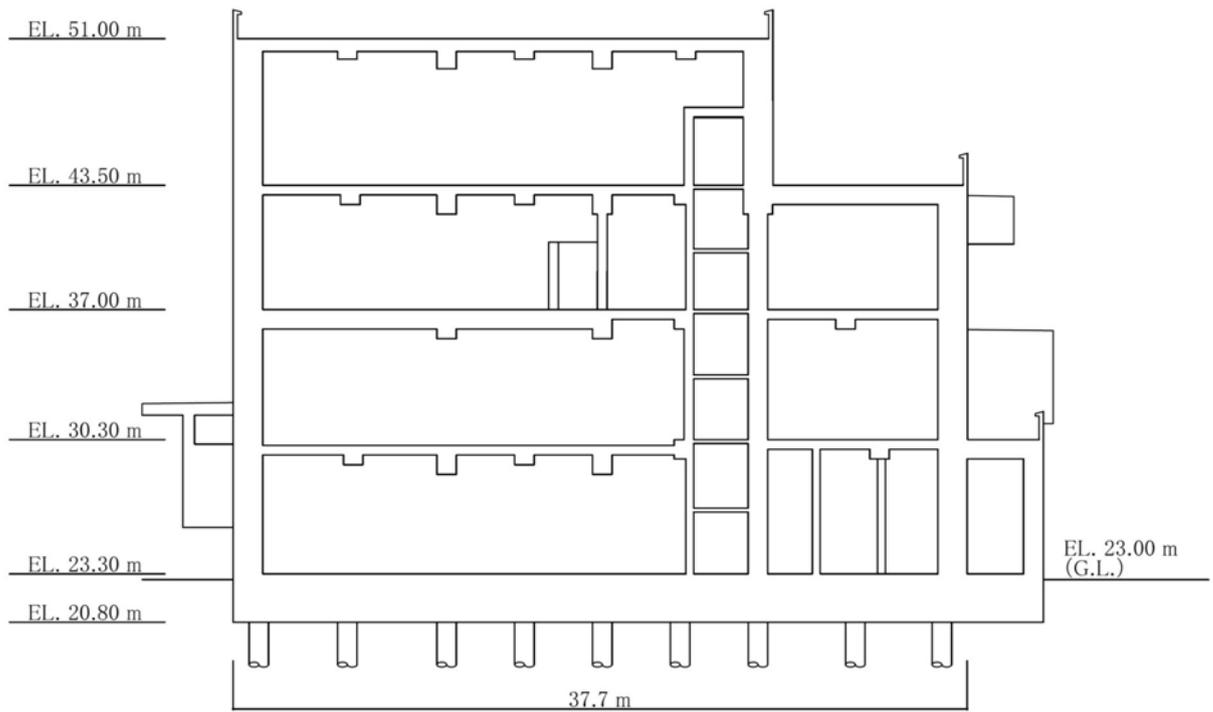
凡例 ○ : 杭

図 2-2 緊急時対策所建屋の杭伏図



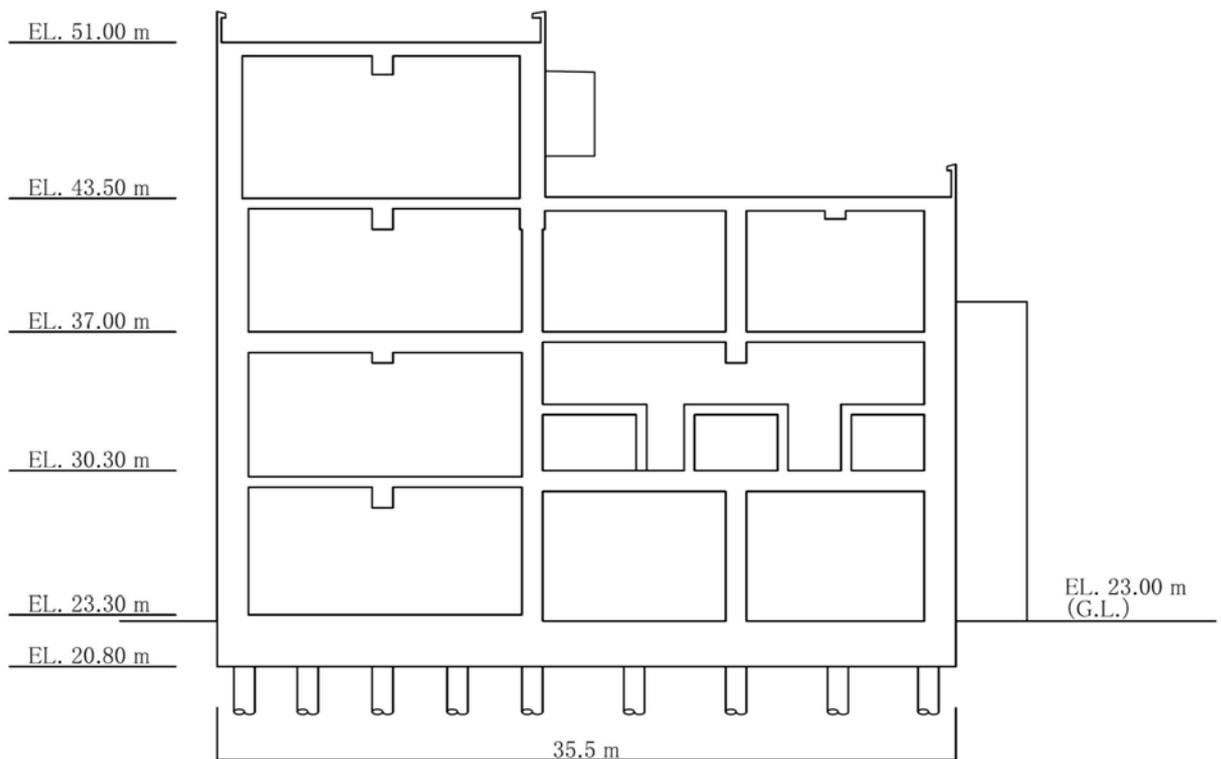
(2階平面図 : EL. 30.3 m)

図 2-3 緊急時対策所建屋の概略平面図



(NS 方向, A-A 断面)

図 2-4 (1/2) 緊急時対策所建屋の概略断面図



(EW 方向, B-B 断面)

図 2-4 (2/2) 緊急時対策所建屋の概略断面図

2.3 解析方針

緊急時対策所建屋の地震応答解析は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図2-5に緊急時対策所建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては材料物性のばらつきを考慮し、せん断ひずみ等を含む各種応答値を、「4.2 必要保有水平耐力」においては、必要保有水平耐力を算出する。

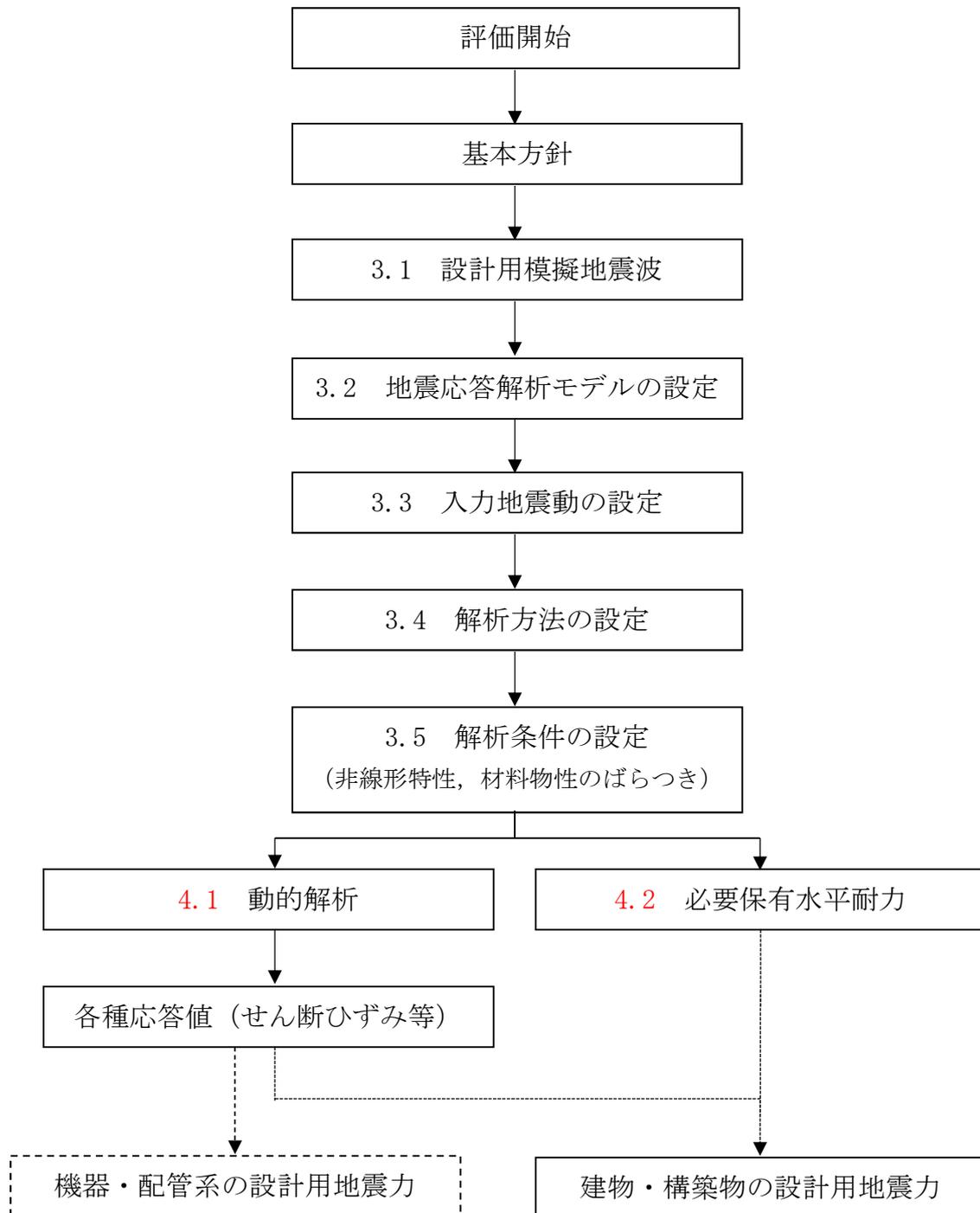


図 2-5 緊急時対策所建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

緊急時対策所建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999）
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補一 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 －1987（（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）（以下「J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版」という。）

3. 解析方法

3.1 設計用模擬地震波

緊急時対策所建屋の地震応答解析モデルは、建屋と杭と地盤の相互作用を評価した建屋－杭－地盤連成モデルとする。資料V-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の算定概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された設計用模擬地震波を用いることとする。

基準地震動 S_s として作成した設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルは、資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。

3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表3-1に示す。

表 3-1 使用材料の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
鉄筋コンクリート コンクリート： Fc=30 (N/mm ²) 鉄筋：SD345	2.44×10 ⁴	1.02×10 ⁴	5
鋼管コンクリート杭 コンクリート： Fc=24 (N/mm ²) 鋼管：SKK400 φ1000×t16	2.27×10 ⁴ 2.05×10 ⁵	9.45×10 ³ 7.90×10 ⁴	— —

3.2.1 水平方向

(1) 解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとし、NS 方向及び EW 方向についてそれぞれ設定する。水平方向の地震応答解析モデルを図 3-1 に、解析モデルの諸元を表 3-2 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、三次元薄層要素法に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「P E G A」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 51「計算機プログラム（解析コード）の概要・P E G A」に示す。

基準地震動 S_0 に対する地盤定数を表 3-3～表 3-10 示す。なお、地盤定数は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。また、地盤ばね定数化の概要を図 3-2 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-11～表 3-18 に示す。

(3) 復元力特性

地震応答解析では、一部の上部構造物においてその応答が構造要素の弾性限度を超えることが予想されるため、復元力特性を設定する。復元力特性については、「3.5.1 建物・構築物の復元力特性」に示す。

3.2.2 鉛直方向

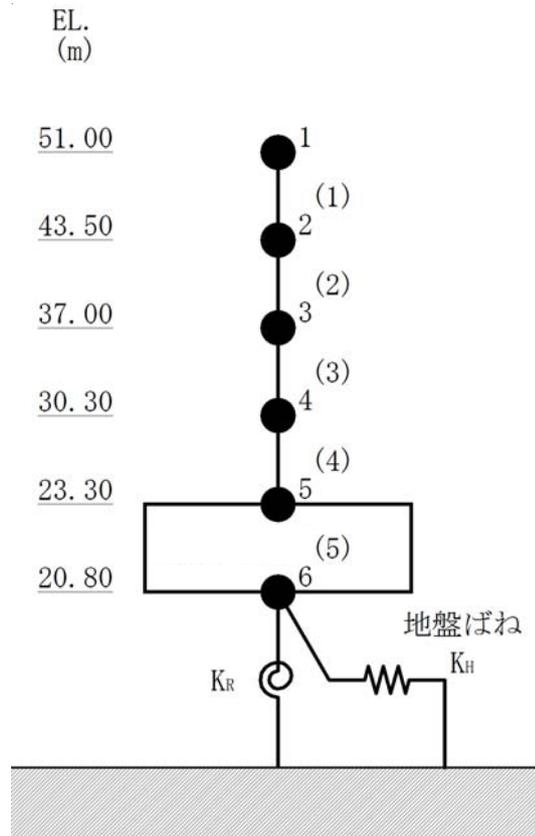
(1) 解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁及び柱の軸剛性を評価した質点系モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3-3 に、解析モデルの諸元を表 3-19 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばね（鉛直ばね）は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」により、三次元薄層要素法に基づいて、ばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には解析コード「P E G A」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 51「計算機プログラム（解析コード）の概要・P E G A」に示す。

基準地震動 S_0 に対する地盤定数を表 3-3～表 3-10 に示す。なお、地盤定数は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価物性値を用いる。また、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-20～表 3-27 に示す。



注 : 数字は質点番号を示す。
 注 : () 内は要素番号を示す。

図 3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-2 地震応答解析モデル諸元 (水平方向)

標高 EL. (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	回転慣性重量 ($\times 10^4 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)		要素 番号	せん断断面積 (m^2)		断面2次モーメント ($\times 10^2 \text{m}^4$)	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
51.00	1	20980	134.9	44.1					
43.50	2	66180	786.1	697.3	(1)	65.58	46.84	95.46	30.72
37.00	3	78520	933.9	828.5	(2)	175.3	140.5	383.7	357.6
30.30	4	91950	1095.3	971.9	(3)	167.7	137.2	342.8	324.4
23.30	5	80120	953.1	845.6	(4)	181.4	154.3	424.1	289.3
20.80	6	56950	676.1	599.6	(5)	1326	1326	1555	1401
総重量		394700							

表 3-3 地盤定数 (S_s-D1)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	756	1309	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.01	749	1297	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.05	403	1850	0.475	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.11	179	1748	0.495	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.11	233	1371	0.485	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.06	361	1838	0.480	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	405	1647	0.468	
-20.0		20.00	1.72	0.03	413	1661	0.467	
-40.0		20.00	1.73	0.03	427	1680	0.465	
-60.0		30.00	1.73	0.03	445	1692	0.463	
-90.0		30.00	1.73	0.03	465	1718	0.460	
-120.0		30.00	1.73	0.03	483	1744	0.458	
-150.0		40.00	1.74	0.03	511	1770	0.455	
-190.0		40.00	1.74	0.03	545	1811	0.450	
-230.0		40.00	1.75	0.03	577	1850	0.446	
-270.0		50.00	1.75	0.03	612	1899	0.442	
-320.0		50.00	1.76	0.03	648	1935	0.437	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-4 地盤定数 (S_s-11)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	760	1316	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.03	450	1864	0.469	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.06	231	1756	0.491	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.05	314	1393	0.473	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.04	418	1854	0.473	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.02	422	1653	0.465	
-20.0		20.00	1.72	0.02	430	1666	0.464	
-40.0		20.00	1.73	0.02	443	1685	0.463	
-60.0		30.00	1.73	0.03	458	1696	0.461	
-90.0		30.00	1.73	0.03	477	1723	0.458	
-120.0		30.00	1.73	0.03	501	1751	0.455	
-150.0		40.00	1.74	0.02	529	1777	0.451	
-190.0		40.00	1.74	0.02	558	1816	0.448	
-230.0		40.00	1.75	0.02	587	1854	0.444	
-270.0		50.00	1.75	0.02	619	1902	0.441	
-320.0		50.00	1.76	0.02	656	1938	0.435	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-5 地盤定数 (S_s-1 2)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	760	1316	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.04	442	1862	0.470	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.07	218	1754	0.492	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.07	292	1386	0.477	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.05	397	1848	0.476	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	415	1651	0.466	
-20.0		20.00	1.72	0.03	420	1663	0.466	
-40.0		20.00	1.73	0.03	430	1681	0.465	
-60.0		30.00	1.73	0.03	447	1693	0.463	
-90.0		30.00	1.73	0.03	465	1718	0.460	
-120.0		30.00	1.73	0.03	483	1744	0.458	
-150.0		40.00	1.74	0.03	508	1769	0.455	
-190.0		40.00	1.74	0.03	536	1807	0.452	
-230.0		40.00	1.75	0.03	563	1844	0.449	
-270.0		50.00	1.75	0.03	594	1891	0.445	
-320.0		50.00	1.76	0.03	633	1928	0.440	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-6 地盤定数 (S_s-1 3)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	760	1316	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.04	442	1862	0.470	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.07	223	1755	0.492	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.06	297	1388	0.476	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.05	403	1850	0.475	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	417	1651	0.466	
-20.0		20.00	1.72	0.03	420	1663	0.466	
-40.0		20.00	1.73	0.03	430	1681	0.465	
-60.0		30.00	1.73	0.03	447	1693	0.463	
-90.0		30.00	1.73	0.03	465	1718	0.460	
-120.0		30.00	1.73	0.03	483	1744	0.458	
-150.0		40.00	1.74	0.03	508	1769	0.455	
-190.0		40.00	1.74	0.03	536	1807	0.452	
-230.0		40.00	1.75	0.03	560	1843	0.449	
-270.0		50.00	1.75	0.03	590	1889	0.446	
-320.0		50.00	1.76	0.03	633	1928	0.440	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表3-7 地盤定数 (S_s-14)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	760	1316	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	756	1309	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.03	450	1864	0.469	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.06	228	1756	0.491	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.06	305	1390	0.475	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.05	409	1852	0.474	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.02	419	1652	0.466	
-20.0		20.00	1.72	0.03	423	1664	0.465	
-40.0		20.00	1.73	0.03	435	1682	0.464	
-60.0		30.00	1.73	0.03	447	1693	0.463	
-90.0		30.00	1.73	0.03	465	1718	0.460	
-120.0		30.00	1.73	0.03	486	1745	0.458	
-150.0		40.00	1.74	0.03	514	1771	0.454	
-190.0		40.00	1.74	0.03	542	1809	0.451	
-230.0		40.00	1.75	0.03	570	1847	0.447	
-270.0		50.00	1.75	0.03	601	1894	0.444	
-320.0		50.00	1.76	0.03	641	1932	0.438	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表3-8 地盤定数 (S_s-21)

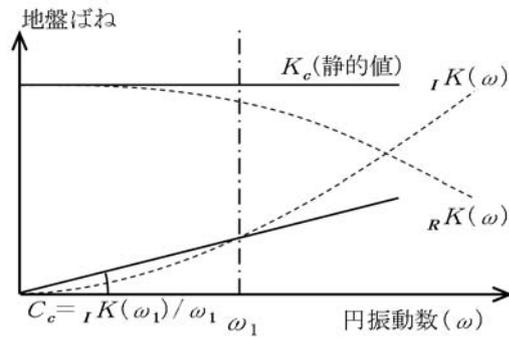
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	756	1309	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.04	430	1858	0.472	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.08	211	1753	0.493	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.07	288	1385	0.477	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.05	397	1848	0.476	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	415	1651	0.466	
-20.0		20.00	1.72	0.03	420	1663	0.466	
-40.0		20.00	1.73	0.03	433	1682	0.465	
-60.0		30.00	1.73	0.03	453	1695	0.462	
-90.0		30.00	1.73	0.03	477	1723	0.458	
-120.0		30.00	1.73	0.02	504	1752	0.455	
-150.0		40.00	1.74	0.02	532	1779	0.451	
-190.0		40.00	1.74	0.02	561	1817	0.447	
-230.0		40.00	1.75	0.02	587	1854	0.444	
-270.0		50.00	1.75	0.02	619	1902	0.441	
-320.0		50.00	1.76	0.02	659	1940	0.435	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-9 地盤定数 (S_s-22)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	756	1309	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.00	749	1297	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.04	418	1854	0.473	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.09	202	1751	0.493	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.08	277	1382	0.479	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.05	394	1847	0.476	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	417	1651	0.466	
-20.0		20.00	1.72	0.03	423	1664	0.465	
-40.0		20.00	1.73	0.03	438	1683	0.464	
-60.0		30.00	1.73	0.03	455	1695	0.461	
-90.0		30.00	1.73	0.03	477	1723	0.458	
-120.0		30.00	1.73	0.03	501	1751	0.455	
-150.0		40.00	1.74	0.03	526	1776	0.452	
-190.0		40.00	1.74	0.02	555	1815	0.448	
-230.0		40.00	1.75	0.02	587	1854	0.444	
-270.0		50.00	1.75	0.02	619	1902	0.441	
-320.0		50.00	1.76	0.02	659	1940	0.435	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-10 地盤定数 (S_s-31)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m ³)	等価 減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν	
23.0	改良(f1)	4.00	1.97	0.00	756	1309	0.250	
19.0	改良(du)	3.70	1.97	0.00	752	1303	0.250	
15.3	改良(1m)	1.70	1.97	0.01	749	1297	0.250	
13.6	D2g-3	6.40	2.15	0.05	400	1849	0.475	
7.2	D2c-3	6.20	1.77	0.11	173	1747	0.495	
1.0	D2s-3	6.50	1.92	0.12	216	1368	0.487	
-5.5	D2g-3	9.70	2.15	0.07	343	1834	0.482	
-15.2	Km	4.80	1.72	0.03	397	1645	0.469	
-20.0		20.00	1.72	0.03	408	1659	0.468	
-40.0		20.00	1.73	0.03	427	1680	0.465	
-60.0		30.00	1.73	0.03	442	1691	0.463	
-90.0		30.00	1.73	0.03	465	1718	0.460	
-120.0		30.00	1.73	0.03	489	1746	0.457	
-150.0		40.00	1.74	0.03	517	1773	0.454	
-190.0		40.00	1.74	0.03	545	1811	0.450	
-230.0		40.00	1.75	0.03	577	1850	0.446	
-270.0		50.00	1.75	0.03	612	1899	0.442	
-320.0		50.00	1.76	0.03	652	1937	0.436	
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425



ばね定数 : 0 Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数 : 地盤-建屋連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定数化

図 3-2 地盤ばねの定数化の概要

表 3-11 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向， $S_s - D1$ ）

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	4.99×10^7 (kN/m)	2.76×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.55×10^{10} (kN・m/rad)	7.52×10^8 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.02×10^7 (kN/m)	2.81×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.46×10^{10} (kN・m/rad)	7.90×10^8 (kN・m・s/rad)

表 3-12 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向， $S_s - 11$ ）

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.63×10^7 (kN/m)	2.75×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.88×10^{10} (kN・m/rad)	7.65×10^8 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.67×10^7 (kN/m)	2.76×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.76×10^{10} (kN・m/rad)	7.35×10^8 (kN・m・s/rad)

表 3-13 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 12$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.45×10^7 (kN/m)	2.74×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.79×10^{10} (kN·m/rad)	7.53×10^8 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.48×10^7 (kN/m)	2.76×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.68×10^{10} (kN·m/rad)	7.50×10^8 (kN·m·s/rad)

表 3-14 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 13$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.48×10^7 (kN/m)	2.72×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.81×10^{10} (kN·m/rad)	7.57×10^8 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.52×10^7 (kN/m)	2.74×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.70×10^{10} (kN·m/rad)	7.49×10^8 (kN·m·s/rad)

表 3-15 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 14$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.56×10^7 (kN/m)	2.74×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.85×10^{10} (kN・m/rad)	7.61×10^8 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.60×10^7 (kN/m)	2.76×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.73×10^{10} (kN・m/rad)	7.37×10^8 (kN・m・s/rad)

表 3-16 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 21$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.38×10^7 (kN/m)	2.73×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.75×10^{10} (kN・m/rad)	7.50×10^8 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.41×10^7 (kN/m)	2.75×10^6 (kN・s/m)
K_R	底面・回転	1.64×10^{10} (kN・m/rad)	7.67×10^8 (kN・m・s/rad)

表 3-17 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 22$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.29×10^7 (kN/m)	2.72×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.70×10^{10} (kN·m/rad)	7.47×10^8 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	5.32×10^7 (kN/m)	2.74×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.59×10^{10} (kN·m/rad)	7.75×10^8 (kN·m·s/rad)

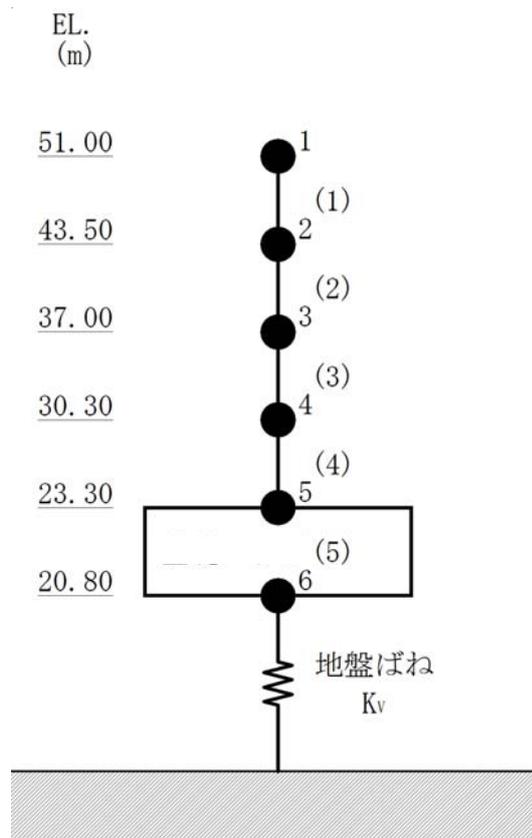
表 3-18 地盤ばね定数と減衰係数 (水平方向, $S_s - 31$)

(a) NS 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	4.89×10^7 (kN/m)	2.79×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.49×10^{10} (kN·m/rad)	7.51×10^8 (kN·m·s/rad)

(b) EW 方向

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_H	底面・水平	4.92×10^7 (kN/m)	2.84×10^6 (kN·s/m)
K_R	底面・回転	1.41×10^{10} (kN·m/rad)	7.90×10^8 (kN·m·s/rad)



注 : 数字は質点番号を示す。
 注 : () 内は要素番号を示す。

図 3-3 地震応答解析モデル (UD 方向)

表 3-19 地震応答解析モデル諸元 (UD 方向)

標高 EL. (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	要素 番号	軸断面積 (m ²)
51.00	1	20980		
			(1)	104.3
43.50	2	66180		
			(2)	293.3
37.00	3	78520		
			(3)	269.2
30.30	4	91950		
			(4)	284.8
23.30	5	80120		
			(5)	1326
20.80	6	56950		
総重量		394700		

表 3-20 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - D 1$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.04×10^7 (kN/m)	2.53×10^6 (kN・s/m)

表 3-21 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 1 1$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.86×10^7 (kN/m)	2.85×10^6 (kN・s/m)

表 3-22 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 1 2$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.54×10^7 (kN/m)	2.81×10^6 (kN・s/m)

表 3-23 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 1 3$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.59×10^7 (kN/m)	2.82×10^6 (kN・s/m)

表 3-24 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 1.4$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.69×10^7 (kN/m)	2.85×10^6 (kN·s/m)

表 3-25 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 2.1$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.55×10^7 (kN/m)	2.75×10^6 (kN·s/m)

表 3-26 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 2.2$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	5.47×10^7 (kN/m)	2.67×10^6 (kN·s/m)

表 3-27 地盤ばね定数と減衰係数 (UD 方向, $S_s - 3.1$)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
K_V	底面・鉛直	4.88×10^7 (kN/m)	2.52×10^6 (kN·s/m)

3.3 入力地震動

3.3.1 水平方向

水平方向モデルへの入力地震動は、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 に対する建屋基礎底面レベルでの地盤の応答として評価する。図3-4に、地震応答解析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、「KSHAKE ver.2」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。設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（EL. 20.8 m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-5に示す。

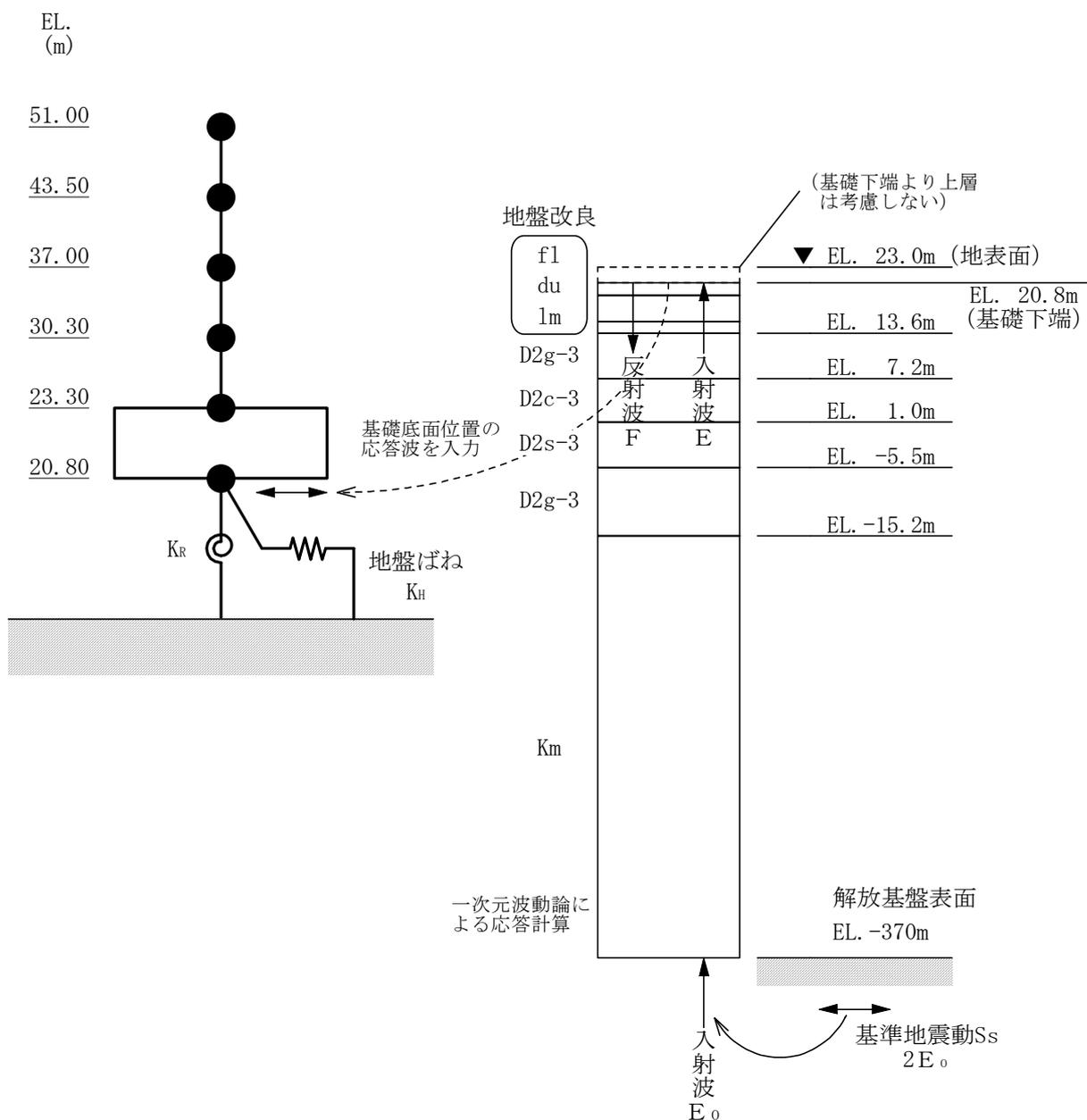
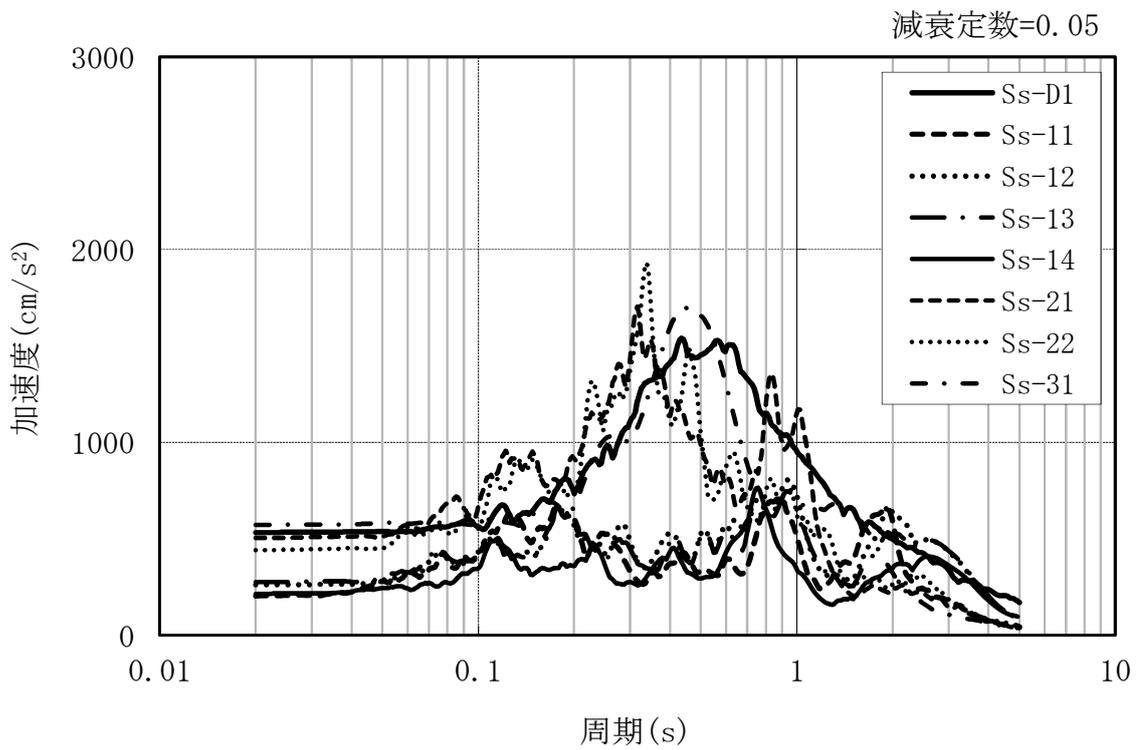
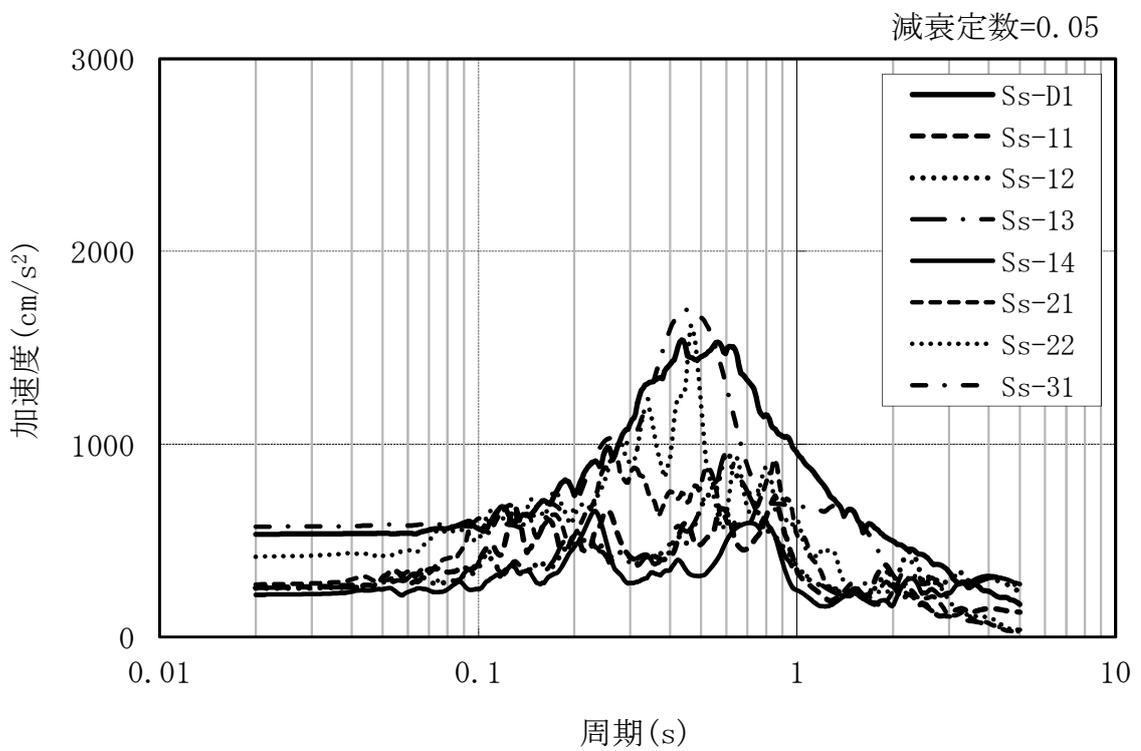


図3-4 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（水平方向）



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-5 入力地震動の加速度応答スペクトル (水平方向, S_s , EL. 20.8 m)

3.3.2 鉛直方向

鉛直方向モデルへの入力地震動は、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 に対する建屋基礎底面レベルでの地盤の応答として評価する。
 図3-6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、「KSHAKE ver.2」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。
 設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（EL. 20.8 m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-7に示す。

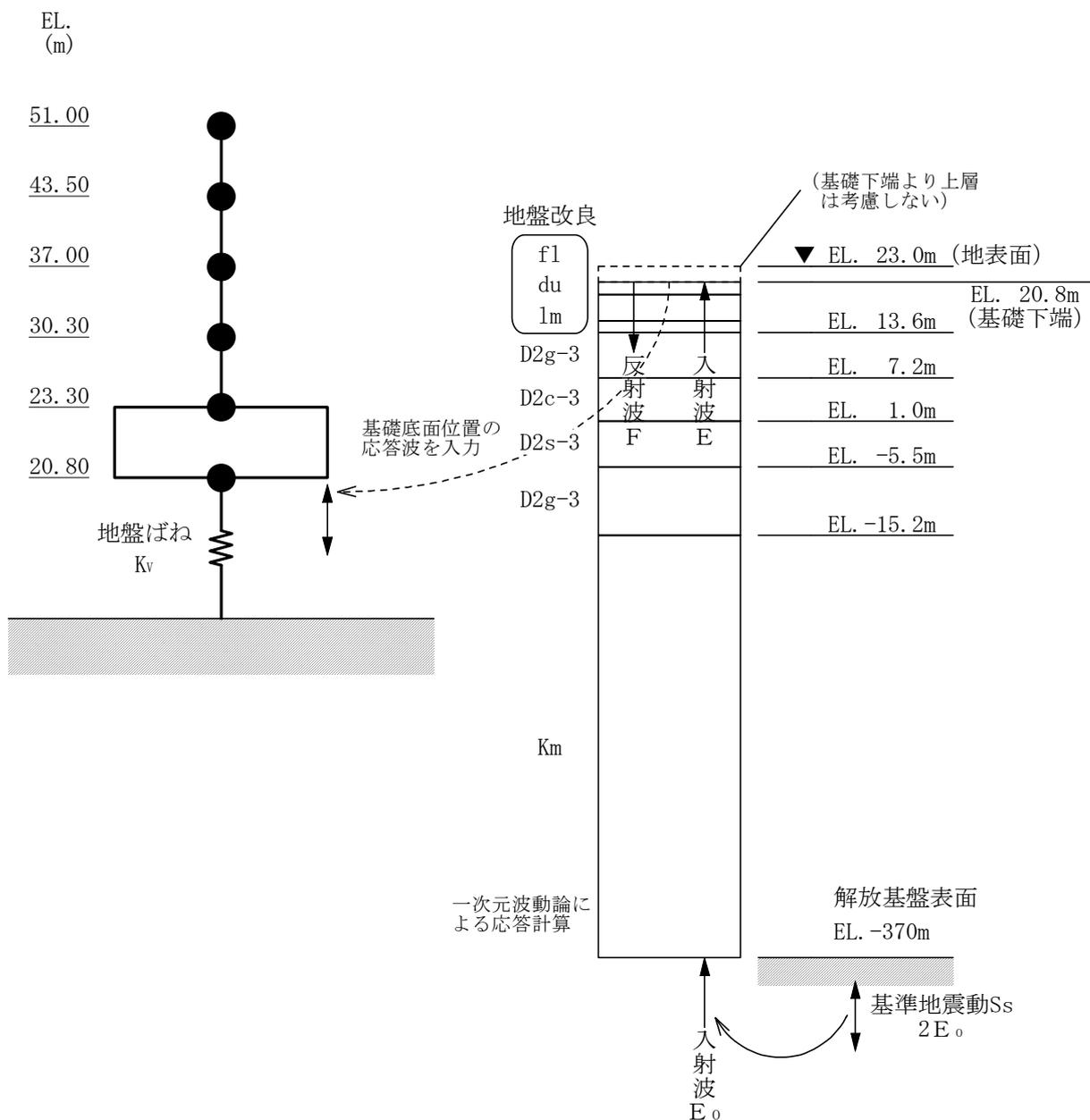


図3-6 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (UD 方向)

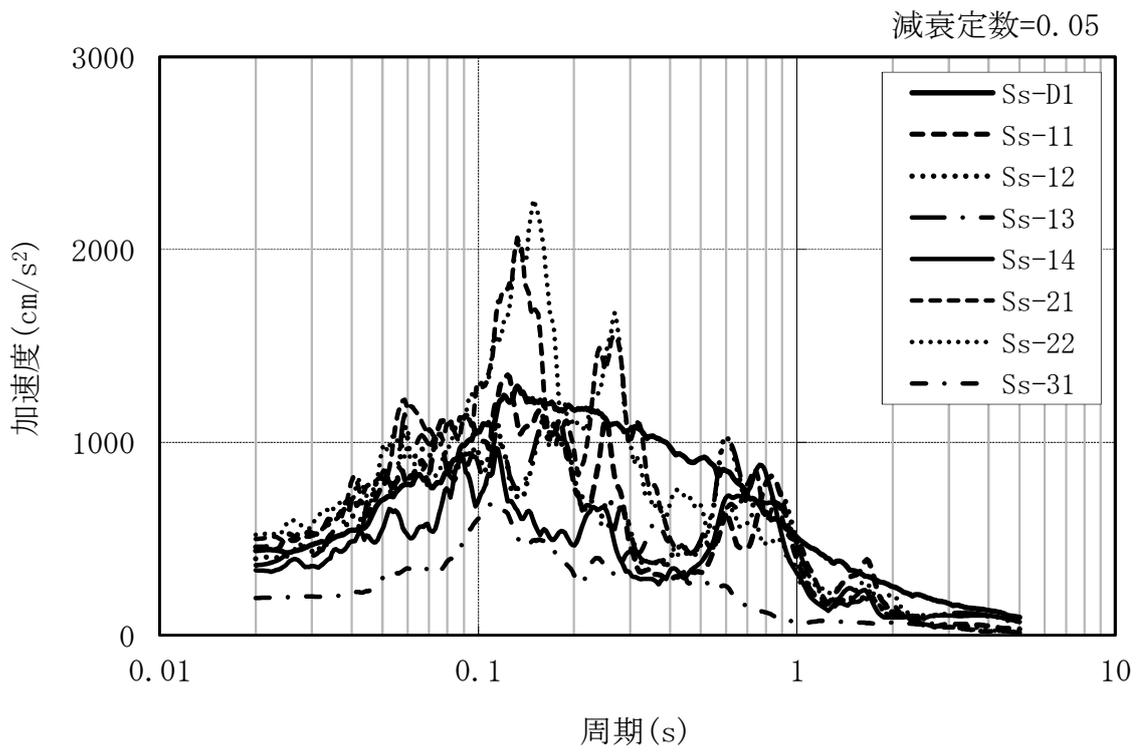


図 3-7 入力地震動の加速度応答スペクトル (UD 方向, S_s, EL. 20.8 m)

3.4 解析方法

緊急時対策所建屋の地震応答解析には、解析コード「D Y N A 2 E Ver. 8.0.4」を用いる。また、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16「計算機プログラム（解析コード）の概要・D Y N A 2 E」に示す。

3.4.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、資料V-2-1-5「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。

3.4.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

n : 施設の重要度分類に応じた係数 (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

地震層せん断力係数 C_i は、次式により算出する。

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

ここで、

Z : 地震地域係数 (1.0)

R_t : 振動特性係数 (1.0)

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 (1.0)

また、 A_i はモーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = A'_i / A'_1$$

ここで、

$$A'_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=1}^s W_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t \right)^2} / \sum_{m=1}^s W_m$$

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする。

s : 建築物の層数

W_m : 第 m 層の重量

$\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

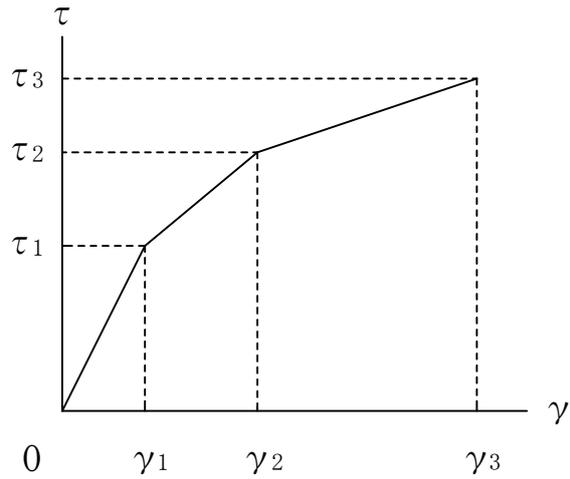
R_t : 振動特性係数 (1.0)

3.5 解析条件

3.5.1 建物・構築物の復元力特性

(1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は「J E A G 4 6 0 1－1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-8 に示す。

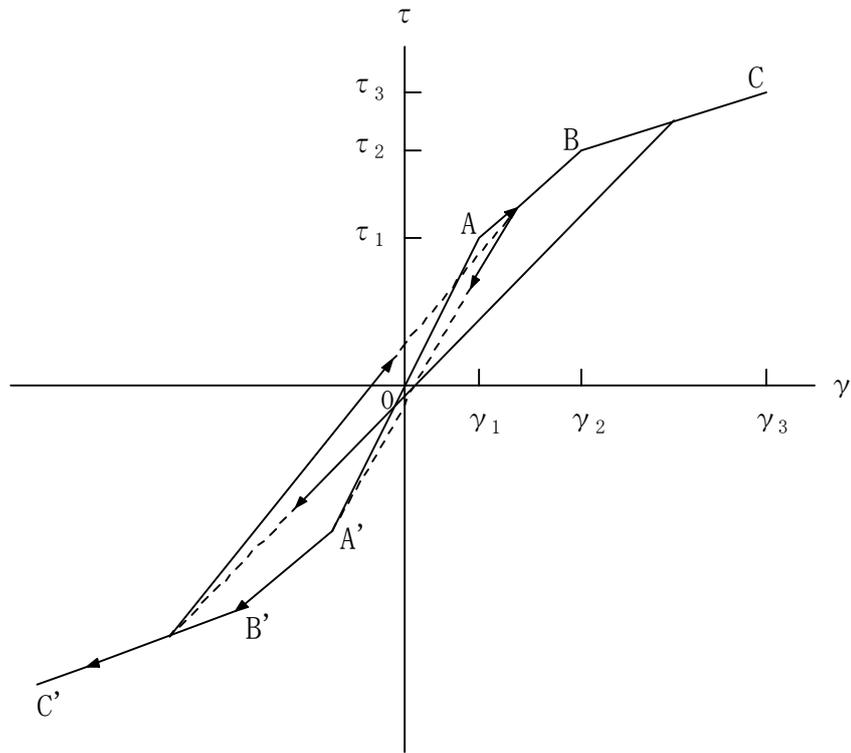


- τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度
- τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図 3-8 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1－1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-9 に示す。

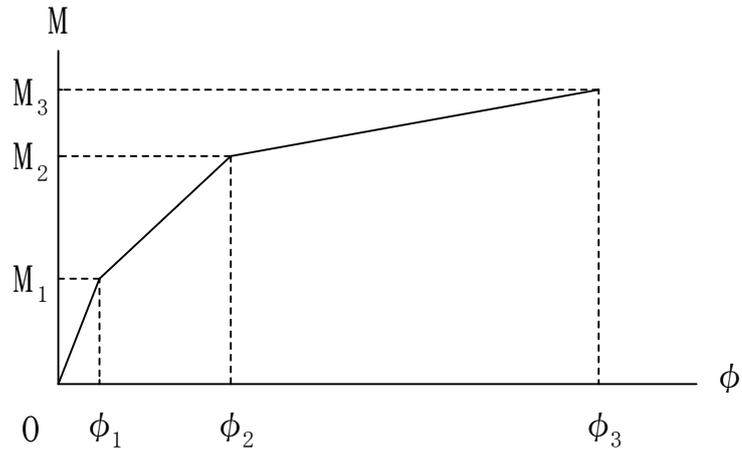


- a. 0-A 間 : 弾性範囲。
- b. A-B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第 1 折点を超えていなければ、負側第 1 折点に向う。
- c. B-C 間 : 負側最大点指向。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-9 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-10 に示す。



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

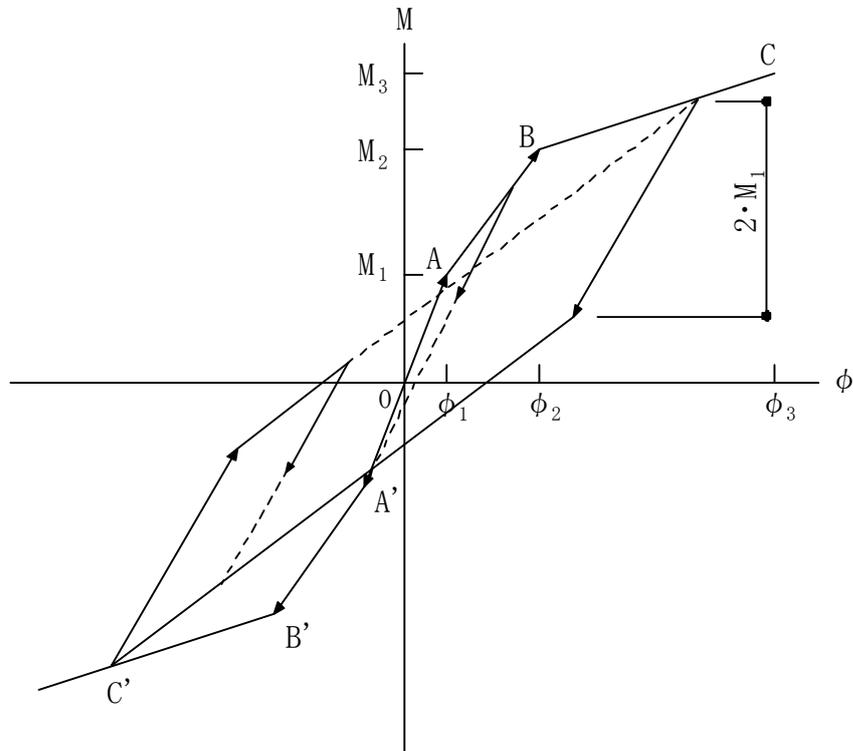
ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

図 3-10 曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-11 に示す。



- a. 0-A 間 : 弾性範囲。
- b. A-B 間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第 1 折点を過ぎていなければ、負側第 1 折点に向う。
- c. B-C 間 : 負側最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は、最大値から $2 \cdot M_1$ を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を過ぎていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-11 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急時対策所建屋の各耐震壁について算出したせん断及び曲げスケルトンカーブの諸数値を表 3-28 及び表 3-29 に示す。

表 3-28 せん断スケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a) NS 方向

EL. m	要素 番号	τ_1 N/mm ²	τ_2 N/mm ²	τ_3 N/mm ²	γ_1 $\times 10^{-3}$	γ_2 $\times 10^{-3}$	γ_3 $\times 10^{-3}$
43.50 ~ 51.00	1	1.80	2.43	4.52	0.177	0.530	4.0
37.00 ~ 43.50	2	1.84	2.48	4.42	0.181	0.542	4.0
30.30 ~ 37.00	3	1.96	2.65	4.51	0.193	0.579	4.0
23.30 ~ 30.30	4	2.08	2.81	4.65	0.205	0.614	4.0

(b) EW 方向

EL. m	要素 番号	τ_1 N/mm ²	τ_2 N/mm ²	τ_3 N/mm ²	γ_1 $\times 10^{-3}$	γ_2 $\times 10^{-3}$	γ_3 $\times 10^{-3}$
43.50 ~ 51.00	1	1.80	2.43	4.04	0.177	0.530	4.0
37.00 ~ 43.50	2	1.83	2.46	4.30	0.179	0.538	4.0
30.30 ~ 37.00	3	1.96	2.64	4.41	0.192	0.577	4.0
23.30 ~ 30.30	4	2.08	2.81	4.61	0.204	0.613	4.0

表 3-29 曲げスケルトンカーブ (M-φ 関係)

(a) NS 方向

EL. m	要素 番号	M ₁ ×10 ⁶ kN・m	M ₂ ×10 ⁶ kN・m	M ₃ ×10 ⁶ kN・m	φ ₁ ×10 ⁻⁵ /m	φ ₂ ×10 ⁻⁵ /m	φ ₃ ×10 ⁻⁵ /m
43.50 ~ 51.00	1	1.63	3.22	4.56	0.700	7.89	158
37.00 ~ 43.50	2	5.22	10.1	14.3	0.558	6.04	117
30.30 ~ 37.00	3	5.27	10.2	14.3	0.630	6.19	112
23.30 ~ 30.30	4	6.91	12.8	17.4	0.667	6.05	121

(b) EW 方向

EL. m	要素 番号	M ₁ ×10 ⁶ kN・m	M ₂ ×10 ⁶ kN・m	M ₃ ×10 ⁶ kN・m	φ ₁ ×10 ⁻⁵ /m	φ ₂ ×10 ⁻⁵ /m	φ ₃ ×10 ⁻⁵ /m
43.50 ~ 51.00	1	0.929	1.72	2.23	1.24	13.7	273
37.00 ~ 43.50	2	4.93	8.95	12.2	0.565	6.11	122
30.30 ~ 37.00	3	5.05	9.06	12.1	0.638	6.24	122
23.30 ~ 30.30	4	5.12	9.33	12.5	0.725	6.54	129

3.5.2 材料物性のばらつき

解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、建屋応答への影響の大きい地震動に対して実施することとする。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度のばらつきは、 $\pm\sigma$ 相当として、変動係数 10 %を考慮する。表層地盤についても同様に $\pm\sigma$ 相当として D2c-3 層は 15 %、D2s-3 層は 5 %、D2g-3 層は 15 %の変動係数を考慮する。また、地盤改良の実施にあたり改良目標値として設定した値を基本ケースとし、せん断波速度のばらつきは、地盤改良を実施する計画であることから、緊急時対策所建屋近傍にて実施した地盤改良試験施工の試験結果から得られた値の平均値及び試験結果を統計処理して得られた $\pm\sigma$ を考慮する。なお、建屋物性のばらつきについては、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性として考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮しない。

材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースを表 3-30 に示す。

表 3-30 地盤物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース

ケース No.	地盤のせん断波速度 V_s (m/s)		備考
	支持地盤 表層地盤	地盤改良土	
1	平均値	改良目標値	基本ケース
2	平均値	平均値	試験施工の平均値を考慮
3	$+\sigma$ 相当	$+\sigma$ 相当	試験施工のばらつきを考慮 ($+\sigma$)
4	$-\sigma$ 相当	$-\sigma$ 相当	試験施工のばらつきを考慮 ($-\sigma$)

4. 解析結果

4.1 動的解析

本資料においては、代表として基本ケースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 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 4-1～表 4-8 に示す。刺激関数図を $S_s-D 1$ の結果を代表として，図 4-1 に示す。なお，刺激係数は，各次の固有ベクトル $\{u\}$ に対し，最大振幅が 1.0 となるように基準化した値を示す。

4.1.2 地震応答解析結果

基準地震動 S_s による最大応答値を図 4-2～図 4-12 に示す。また，基準地震動 S_s に対する最大応答値を図 4-13 及び図 4-14 の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

表 4-1 固有値解析結果 (S_s-D 1)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.246	4.06	1.392
2	0.114	8.79	0.534
3	0.040	24.92	-0.047
4	0.034	29.49	0.074
5	0.025	40.53	-0.023
6	0.022	45.99	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.251	3.98	1.425
2	0.112	8.89	0.550
3	0.043	23.27	-0.055
4	0.038	26.22	0.105
5	0.028	35.62	-0.028
6	0.022	44.99	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.181	5.53	1.039
2	0.027	36.87	-0.050
3	0.016	63.68	0.016
4	0.012	81.61	-0.005
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.11	0.001

表 4-2 固有値解析結果 (S_s-1 1)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.230	4.35	1.401
2	0.106	9.43	0.514
3	0.040	25.14	-0.051
4	0.034	29.58	0.084
5	0.025	40.56	-0.026
6	0.022	46.18	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.235	4.26	1.434
2	0.105	9.51	0.535
3	0.043	23.53	-0.060
4	0.038	26.28	0.120
5	0.028	35.67	-0.031
6	0.022	45.24	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.168	5.95	1.045
2	0.027	36.96	-0.058
3	0.016	63.70	0.019
4	0.012	81.62	-0.006
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.15	0.001

表 4-3 固有値解析結果 (S_s-1 2)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.234	4.28	1.399
2	0.108	9.26	0.519
3	0.040	25.08	-0.050
4	0.034	29.56	0.081
5	0.025	40.55	-0.025
6	0.022	46.13	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.239	4.18	1.432
2	0.107	9.35	0.537
3	0.043	23.46	-0.058
4	0.038	26.26	0.115
5	0.028	35.66	-0.030
6	0.022	45.18	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.173	5.79	1.042
2	0.027	36.92	-0.055
3	0.016	63.69	0.018
4	0.012	81.62	-0.005
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.13	0.001

表 4-4 固有値解析結果 (S_s-13)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数(Hz)	刺激係数
1	0.233	4.29	1.399
2	0.108	9.30	0.517
3	0.040	25.09	-0.050
4	0.034	29.56	0.082
5	0.025	40.55	-0.025
6	0.022	46.14	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.238	4.20	1.432
2	0.107	9.38	0.536
3	0.043	23.48	-0.059
4	0.038	26.26	0.116
5	0.028	35.66	-0.031
6	0.022	45.19	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.172	5.81	1.043
2	0.027	36.93	-0.056
3	0.016	63.70	0.018
4	0.012	81.62	-0.006
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.14	0.001

表 4-5 固有値解析結果 (S_s-1.4)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.231	4.33	1.400
2	0.107	9.37	0.515
3	0.040	25.12	-0.051
4	0.034	29.58	0.083
5	0.025	40.56	-0.025
6	0.022	46.16	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.236	4.23	1.433
2	0.106	9.45	0.536
3	0.043	23.50	-0.059
4	0.038	26.27	0.118
5	0.028	35.67	-0.031
6	0.022	45.22	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.171	5.86	1.044
2	0.027	36.94	-0.057
3	0.016	63.70	0.018
4	0.012	81.62	-0.006
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.14	0.001

表 4-6 固有値解析結果 (S_s-21)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.236	4.24	1.398
2	0.109	9.19	0.521
3	0.040	25.05	-0.050
4	0.034	29.55	0.080
5	0.025	40.55	-0.025
6	0.022	46.11	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.241	4.15	1.431
2	0.108	9.27	0.540
3	0.043	23.43	-0.058
4	0.038	26.25	0.114
5	0.028	35.65	-0.030
6	0.022	45.14	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.173	5.79	1.043
2	0.027	36.92	-0.055
3	0.016	63.69	0.018
4	0.012	81.62	-0.005
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.13	0.001

表 4-7 固有値解析結果 (S_s-2 2)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.238	4.20	1.396
2	0.110	9.10	0.525
3	0.040	25.02	-0.049
4	0.034	29.54	0.079
5	0.025	40.54	-0.024
6	0.022	46.08	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.243	4.11	1.429
2	0.109	9.18	0.543
3	0.043	23.38	-0.057
4	0.038	26.25	0.112
5	0.028	35.65	-0.029
6	0.022	45.10	-0.002

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.174	5.75	1.042
2	0.027	36.91	-0.054
3	0.016	63.69	0.018
4	0.012	81.62	-0.005
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.13	0.001

表 4-8 固有値解析結果 (S_s-31)

(a) NS 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.249	4.01	1.391
2	0.115	8.68	0.540
3	0.040	24.88	-0.047
4	0.034	29.48	0.073
5	0.025	40.52	-0.022
6	0.022	45.96	-0.003

(b) EW 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.254	3.94	1.424
2	0.114	8.79	0.554
3	0.043	23.23	-0.055
4	0.038	26.21	0.103
5	0.028	35.62	-0.027
6	0.022	44.94	-0.001

(c) UD 方向

次 数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.184	5.45	1.038
2	0.027	36.85	-0.049
3	0.016	63.68	0.016
4	0.012	81.61	-0.005
5	0.010	105.19	0.001
6	0.003	313.11	0.001

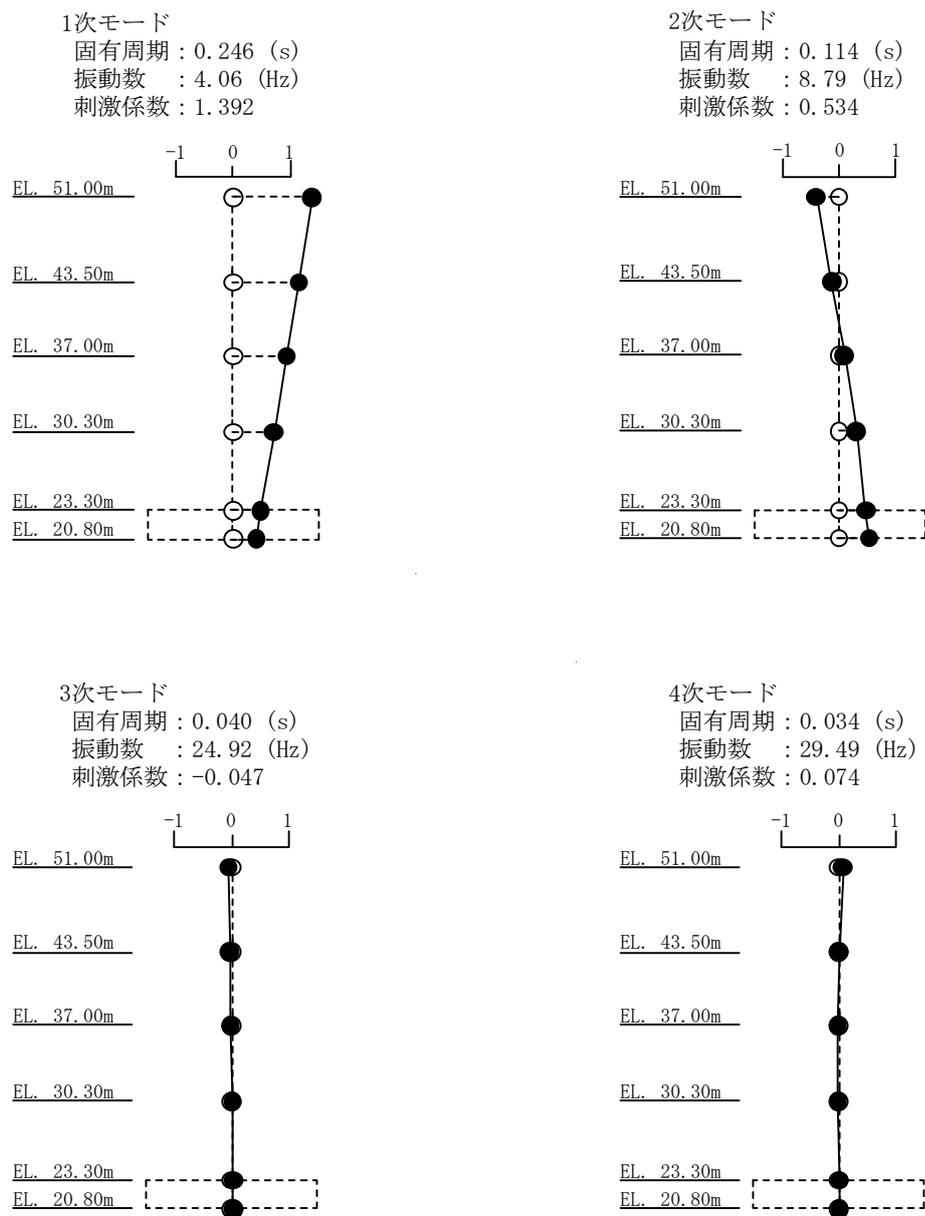


図 4-1 (1/3) 刺激関数図 (S_s-D 1, NS 方向)

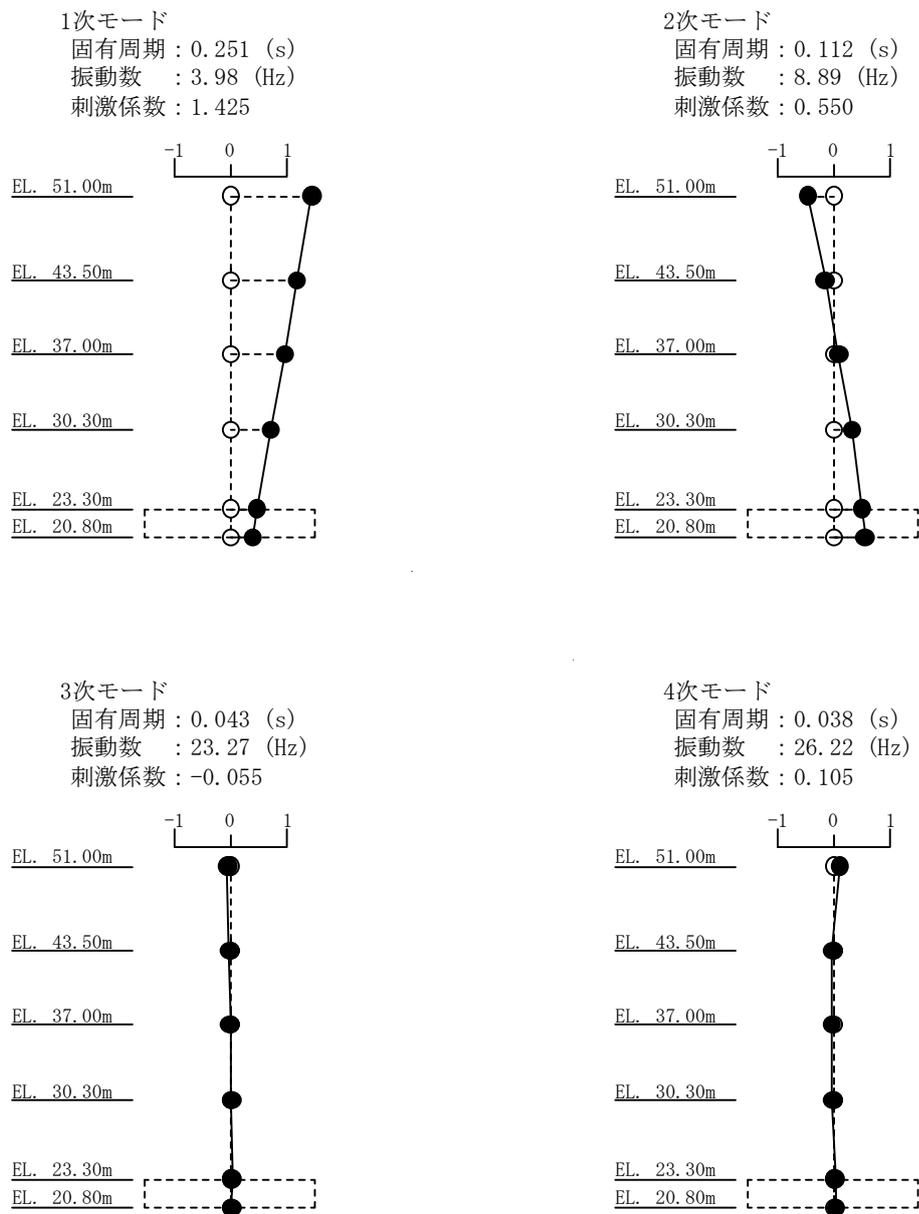


図4-1 (2/3) 刺激関数図 (S_s-D1, EW方向)

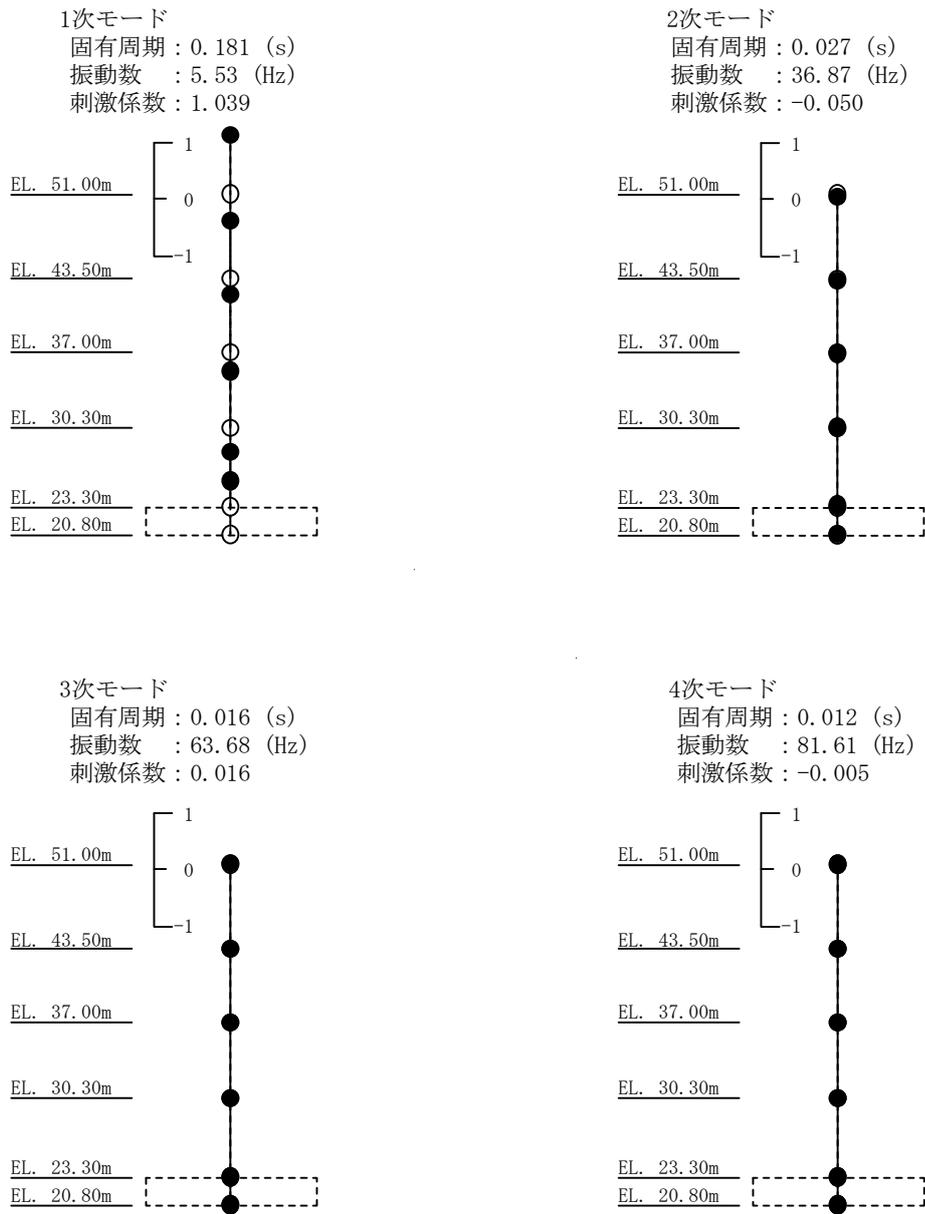
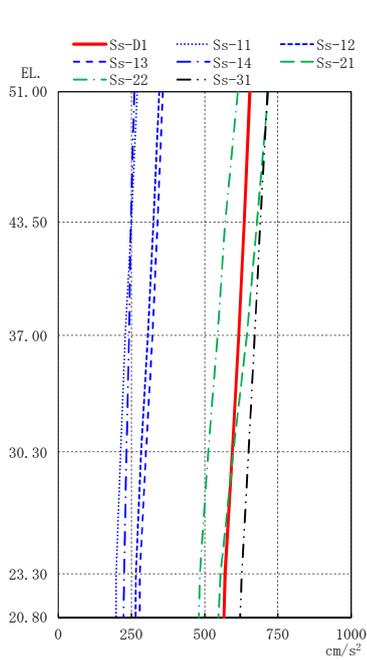


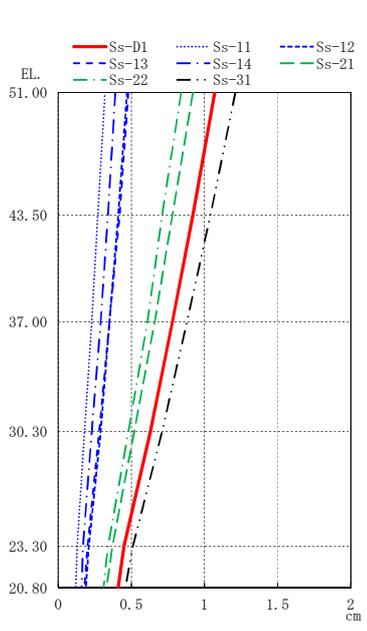
図 4-1 (3/3) 刺激関数図 (S_s-D1, UD 方向)



(単位: cm/s²)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
654	270	345	357	260	717	613	715
635	250	325	339	248	679	570	690
616	229	306	322	242	644	544	671
594	213	283	300	233	598	512	650
570	198	265	279	225	554	484	627
566	198	264	278	223	547	480	621

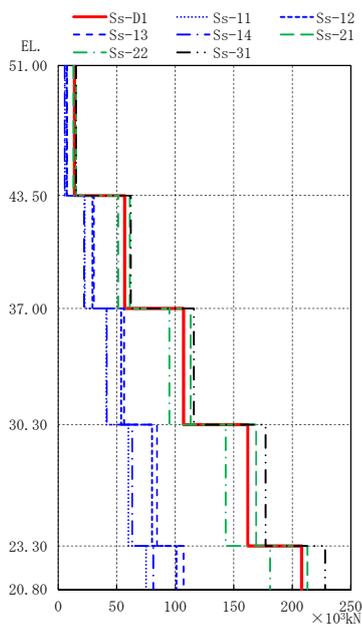
図 4-2 最大応答加速度 (S_s, NS 方向)



(単位: cm)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.07	0.32	0.47	0.48	0.39	0.92	0.84	1.21
0.92	0.27	0.41	0.42	0.34	0.78	0.71	1.04
0.78	0.23	0.35	0.35	0.29	0.66	0.61	0.88
0.63	0.18	0.29	0.28	0.23	0.52	0.48	0.71
0.45	0.13	0.21	0.20	0.17	0.37	0.34	0.51
0.41	0.12	0.19	0.18	0.16	0.33	0.31	0.46

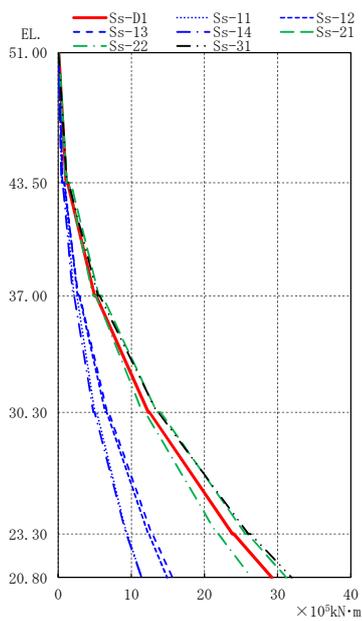
図 4-3 最大応答変位 (S_s, NS 方向)



(単位: $\times 10^3$ kN)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
14.0	5.79	7.38	7.66	5.56	15.4	13.2	15.3
56.8	22.7	29.4	30.5	22.1	61.1	51.3	61.9
107	41.1	53.8	56.3	41.5	113	94.9	116
162	59.9	80.2	84.4	63.3	169	143	177
208	75.1	101	107	81.2	213	181	228

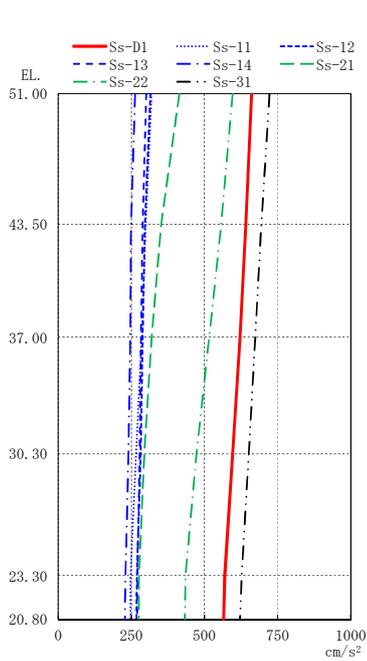
図 4-4 最大応答せん断力 (S_s , NS 方向)



(単位: $\times 10^3$ kN·m)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.0666	0.0718	0.0687	0.0635	0.0411	0.106	0.0981	0.0494
1.09	0.496	0.584	0.606	0.443	1.23	1.06	1.19
1.30	0.854	0.858	0.799	0.634	1.73	1.45	1.41
4.96	2.18	2.66	2.76	2.01	5.57	4.76	5.43
5.19	2.58	2.89	2.97	2.19	6.05	5.18	5.69
12.3	5.01	6.45	6.70	4.82	13.5	11.5	13.5
12.5	5.28	6.66	6.92	4.99	14.0	11.9	13.7
23.8	9.37	12.3	12.8	9.27	25.6	21.7	26.0
24.0	9.47	12.4	12.9	9.33	25.9	21.9	26.3
29.2	11.4	14.9	15.6	11.4	31.2	26.4	31.9

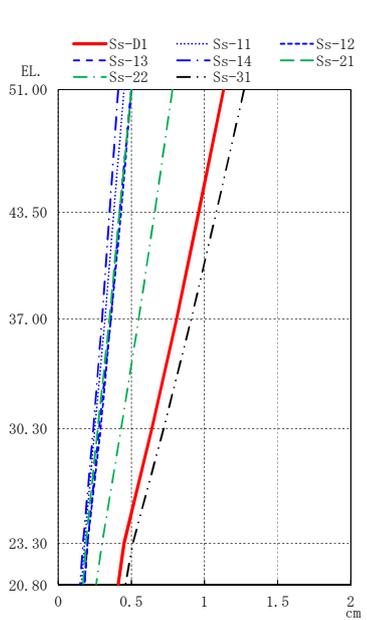
図 4-5 最大応答曲げモーメント (S_s , NS 方向)



(単位: cm/s^2)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
661	319	315	301	263	414	596	722
641	299	296	289	249	352	557	694
621	285	289	283	246	319	516	673
596	266	282	278	240	294	472	651
569	247	269	271	230	276	435	627
565	247	267	270	228	275	433	621

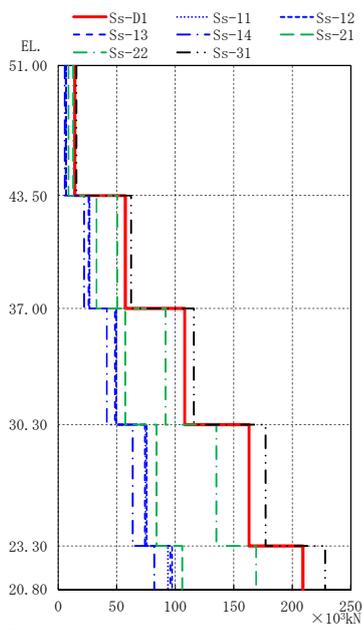
図 4-6 最大応答加速度 (S_s , EW 方向)



(単位: cm)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.13	0.45	0.50	0.50	0.41	0.50	0.78	1.27
0.96	0.38	0.43	0.42	0.35	0.42	0.66	1.08
0.81	0.32	0.36	0.36	0.30	0.35	0.55	0.91
0.64	0.25	0.29	0.28	0.24	0.27	0.43	0.72
0.45	0.18	0.20	0.20	0.17	0.19	0.30	0.51
0.41	0.16	0.18	0.18	0.15	0.17	0.26	0.46

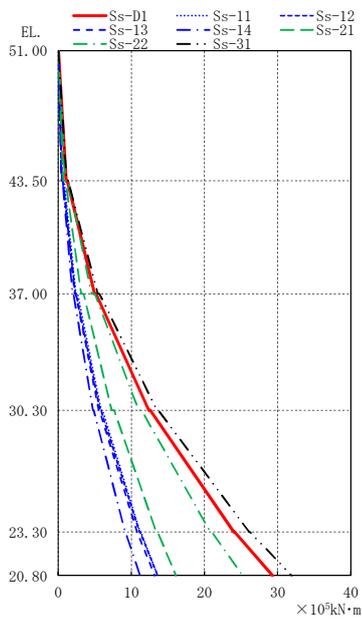
図 4-7 最大応答変位 (S_s , EW 方向)



(単位: $\times 10^3$ kN)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
14.2	6.82	6.74	6.44	5.60	8.86	12.8	15.5
57.4	26.9	26.7	25.9	22.1	32.7	50.4	62.3
108	49.7	49.6	48.5	41.5	57.4	91.7	116
163	74.6	75.6	74.0	63.7	84.0	135	177
209	93.8	97.3	95.8	82.0	106	169	228

図 4-8 最大応答せん断力 (S_s , EW 方向)



(単位: $\times 10^5$ kN·m)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.0235	0.0284	0.0152	0.0147	0.0164	0.0281	0.0303	0.0174
1.07	0.522	0.512	0.489	0.428	0.687	0.982	1.17
1.26	0.803	0.636	0.668	0.595	1.01	1.37	1.37
4.96	2.42	2.34	2.25	1.96	3.13	4.56	5.42
5.18	2.66	2.45	2.40	2.08	3.48	5.00	5.65
12.4	5.87	5.75	5.56	4.76	7.32	11.0	13.5
12.6	6.06	5.86	5.65	4.87	7.67	11.4	13.7
24.0	11.2	11.1	10.8	9.15	13.4	20.8	26.1
24.1	11.3	11.2	10.8	9.19	13.6	21.0	26.2
29.3	13.6	13.6	13.2	11.2	16.1	25.2	31.9

図 4-9 最大応答曲げモーメント (S_s , EW 方向)

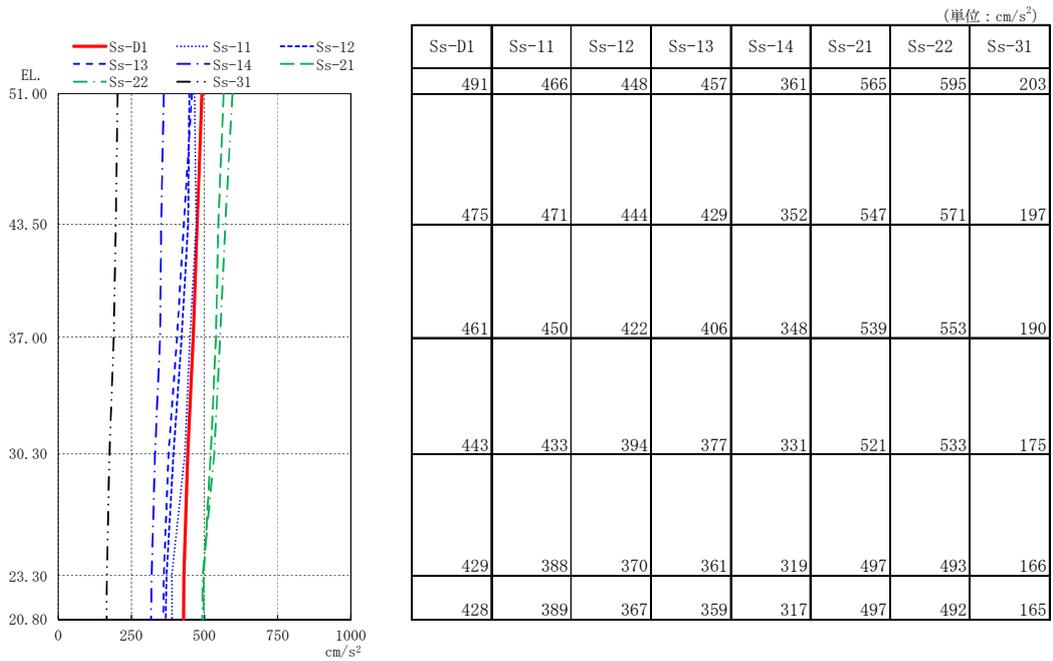


図 4-10 最大応答加速度 (S_s , 鉛直方向)

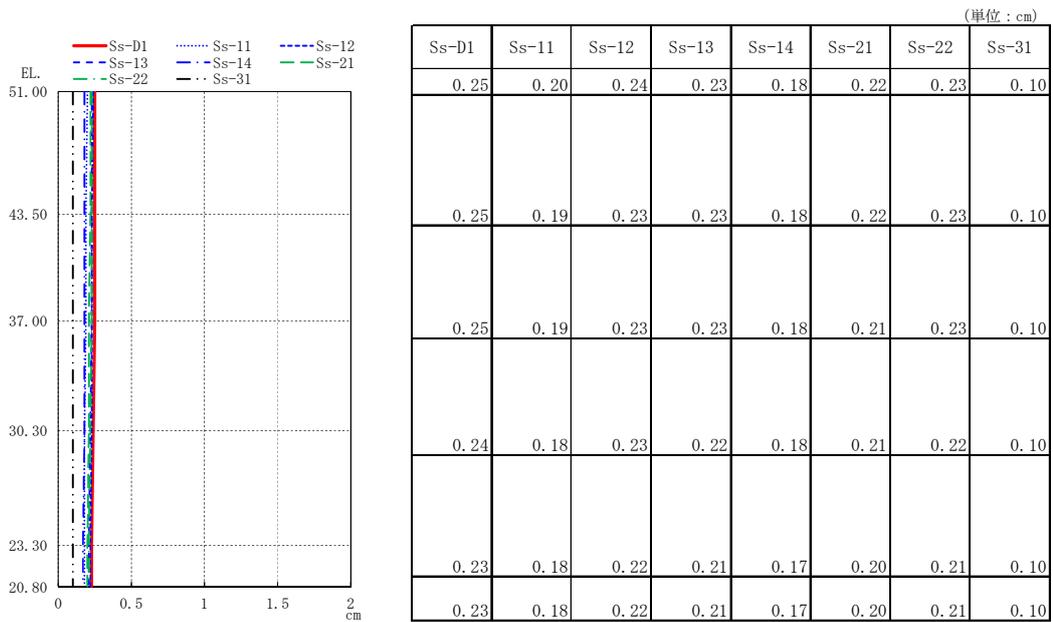
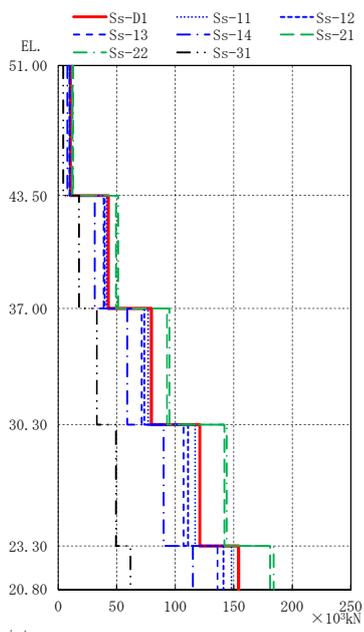


図 4-11 最大応答変位 (S_s , 鉛直方向)



(単位: $\times 10^3$ kN)

Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
10.6	10.1	9.62	9.74	7.74	12.3	12.8	4.37
42.7	41.4	39.7	38.8	31.3	49.5	51.3	17.8
79.6	76.9	73.6	71.3	59.0	93.0	95.1	33.0
121	117	111	107	90.0	142	144	49.4
154	148	141	136	115	181	184	61.8

図 4-12 最大応答軸力 (S_s , 鉛直方向)

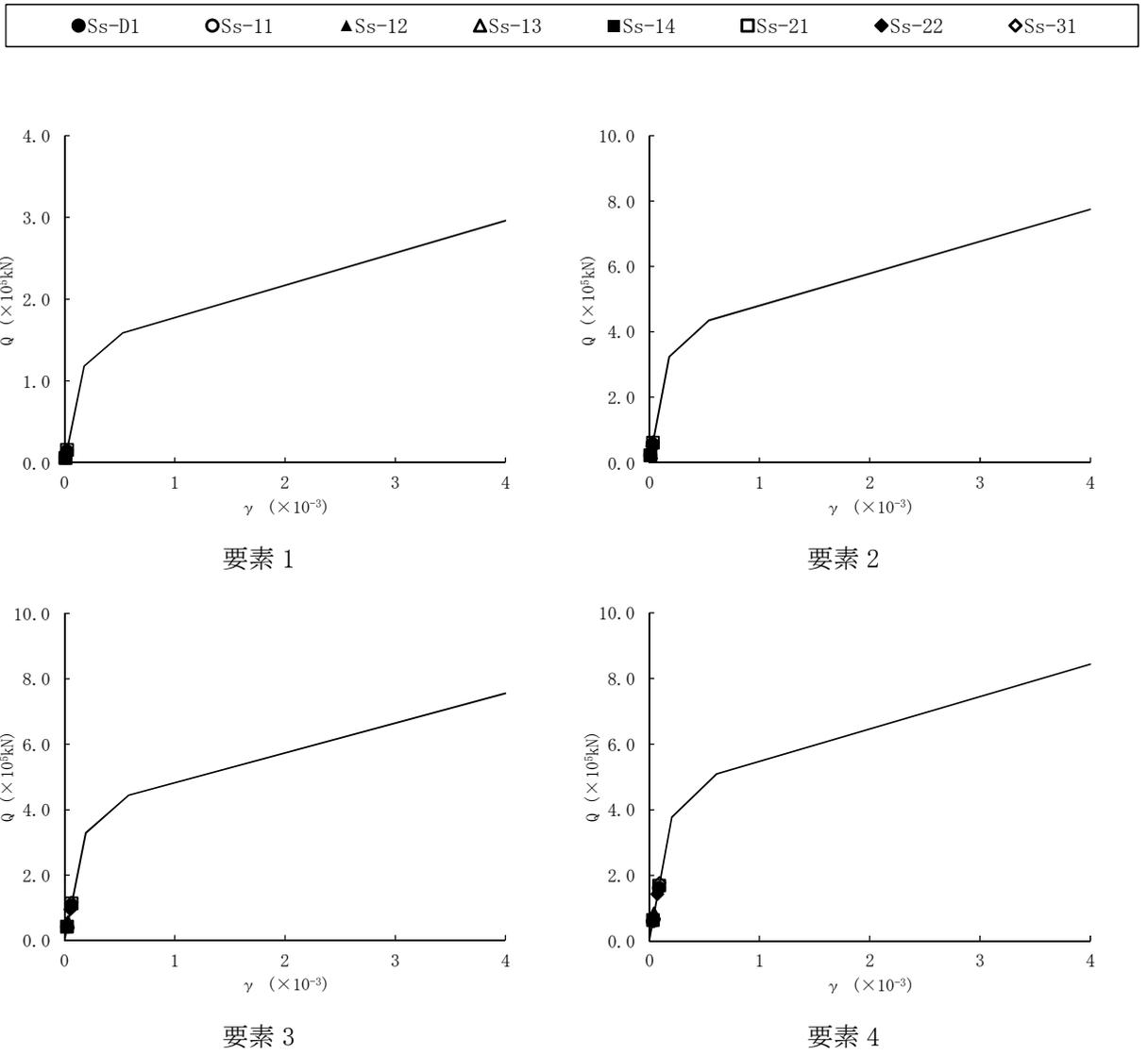


図 4-13 (1/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S_s, NS 方向)

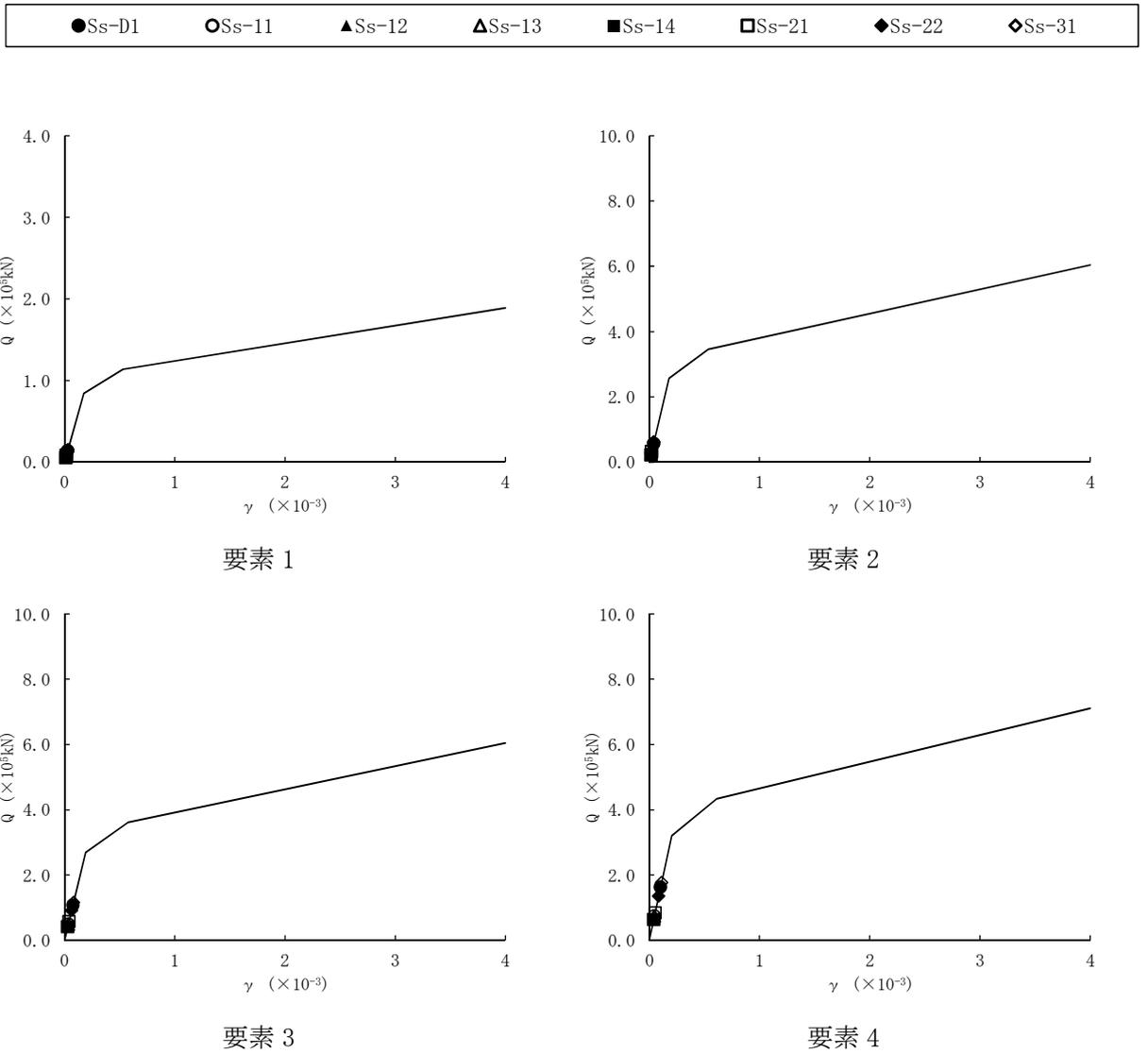


図 4-13 (2/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S_s, EW 方向)

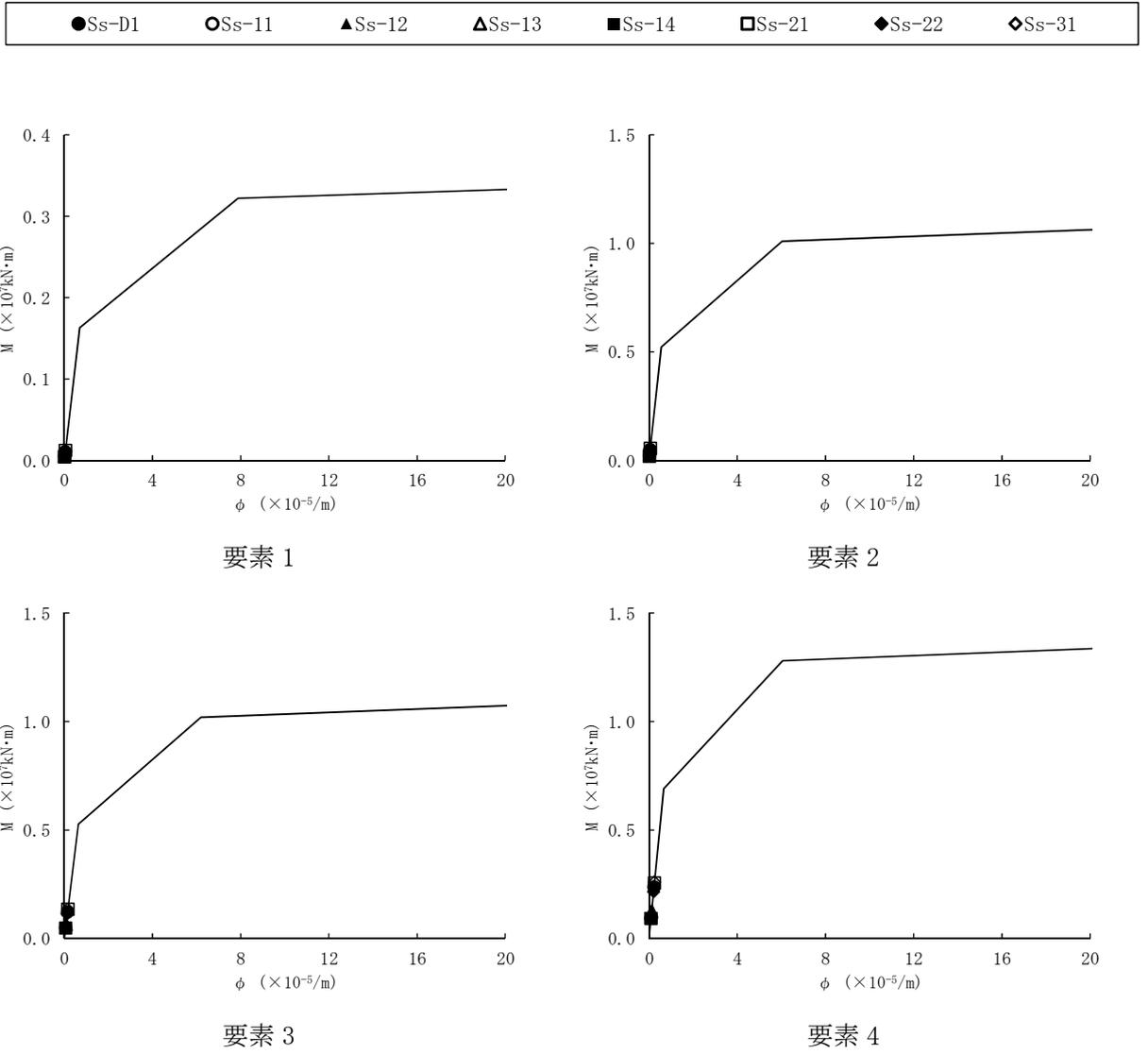


図 4-14 (1/2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値 (S_s, NS 方向)

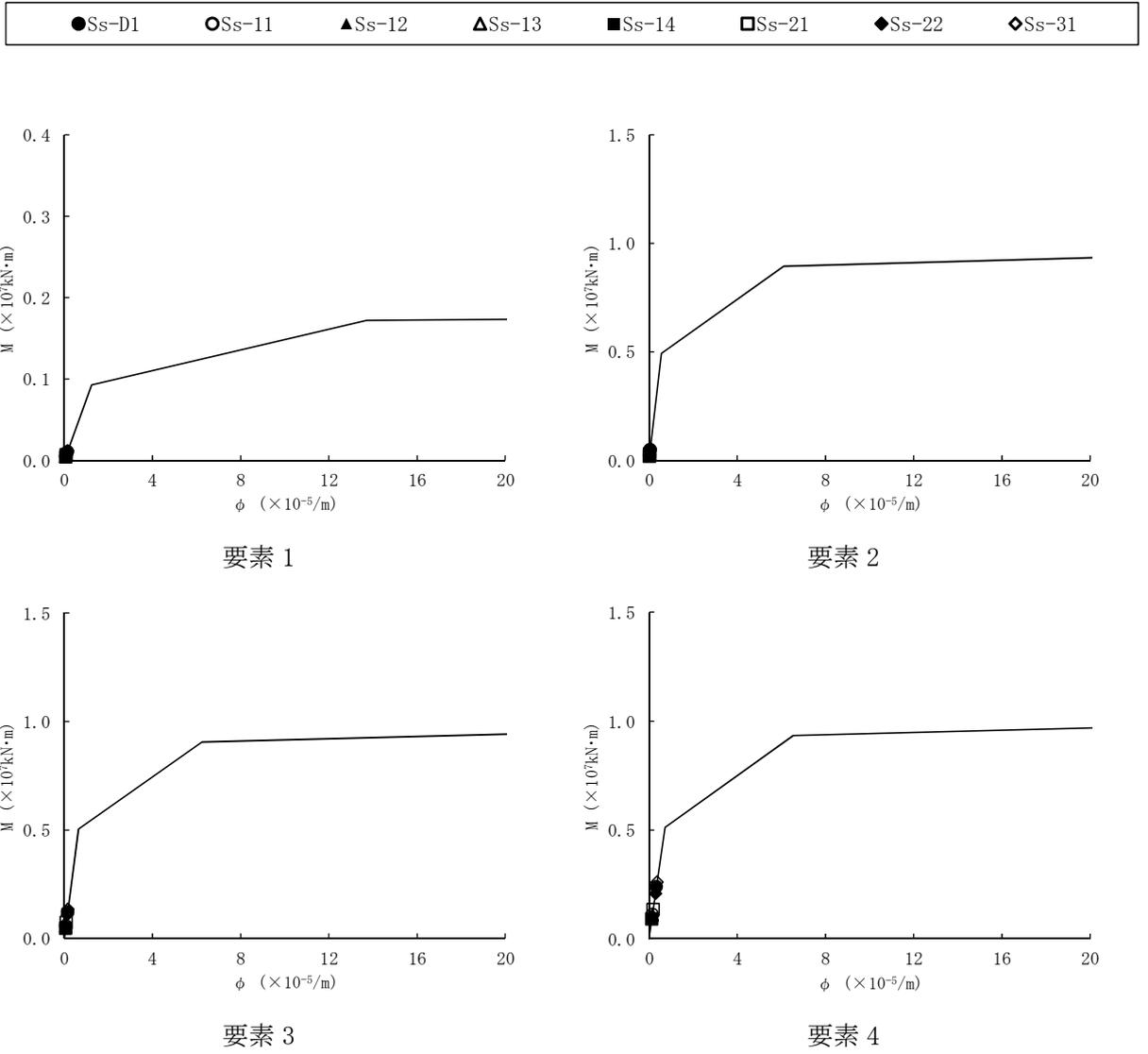


図 4-14 (2/2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値 (S_s, EW 方向)

4.2 必要保有水平耐力

「3.4 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 Q_{un} を表4-9に示す。

表4-9 必要保有水平耐力

(a) NS方向

要素 番号	EL. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
(1)	43.50 ~ 51.00	0.55	1.00	20200
(2)	37.00 ~ 43.50	0.55	1.00	70500
(3)	30.30 ~ 37.00	0.55	1.00	118000
(4)	23.30 ~ 30.30	0.55	1.00	161000

(b) EW方向

要素 番号	EL. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
(1)	43.50 ~ 51.00	0.55	1.00	19700
(2)	37.00 ~ 43.50	0.55	1.00	69100
(3)	30.30 ~ 37.00	0.55	1.00	117000
(4)	23.30 ~ 30.30	0.55	1.00	159000