

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-17 改1
提出年月日	平成30年6月21日

建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料

補足-370-17 【格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性評価
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. 地震応答解析に関する補足説明.....	2
2.1 地震応答解析モデルの境界条件に関する補足説明.....	2
2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討.....	4
2.3 地盤のモデル化に関する補足説明.....	30
2.4 水平方向モデルにおける上載土重量に関する影響確認.....	44
2.5 剛性（コンクリート強度）のばらつきを考慮した場合の影響検討.....	56
3. 応力解析に関する補足説明.....	58
3.1 土圧荷重の設定方法.....	58
3.2 底面地盤ばねの設定方法.....	65
3.3 応力解析における二方向入力.....	70

1. 概要

本資料は、東海第二発電所の格納容器圧力逃がし装置格納槽（以下、「格納槽」と呼ぶ。）の耐震性評価を補足的に説明するものである。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・資料V-2-2-17 「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」
- ・資料V-2-2-18 「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」

2. 地震応答解析に関する補足説明

2.1 地震応答解析モデルの境界条件に関する補足説明

資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」において、地震応答解析モデルは、格納槽と地盤の相互作用を考慮した格納槽－地盤連成モデルとしている。格納槽は多質点系モデルで、地盤モデルは2次元FEMである。

本節では、地震応答解析に関する検討のうち、格納槽と地盤の境界条件について示す。

格納槽と地盤間の結合の概念を図2-1に示す。

格納槽は多質点系モデルのため、外壁位置に地盤と外壁を接続するためのダミー節点を設け、格納槽の各質点の回転に伴う外壁の変位を考慮できるようにMPC（多点拘束）を用いて格納槽質点と結合する。さらに、ダミー節点と地盤の節点をつなぐジョイント要素を設ける。

- ・ 格納槽外壁と側面地盤間のモデル化

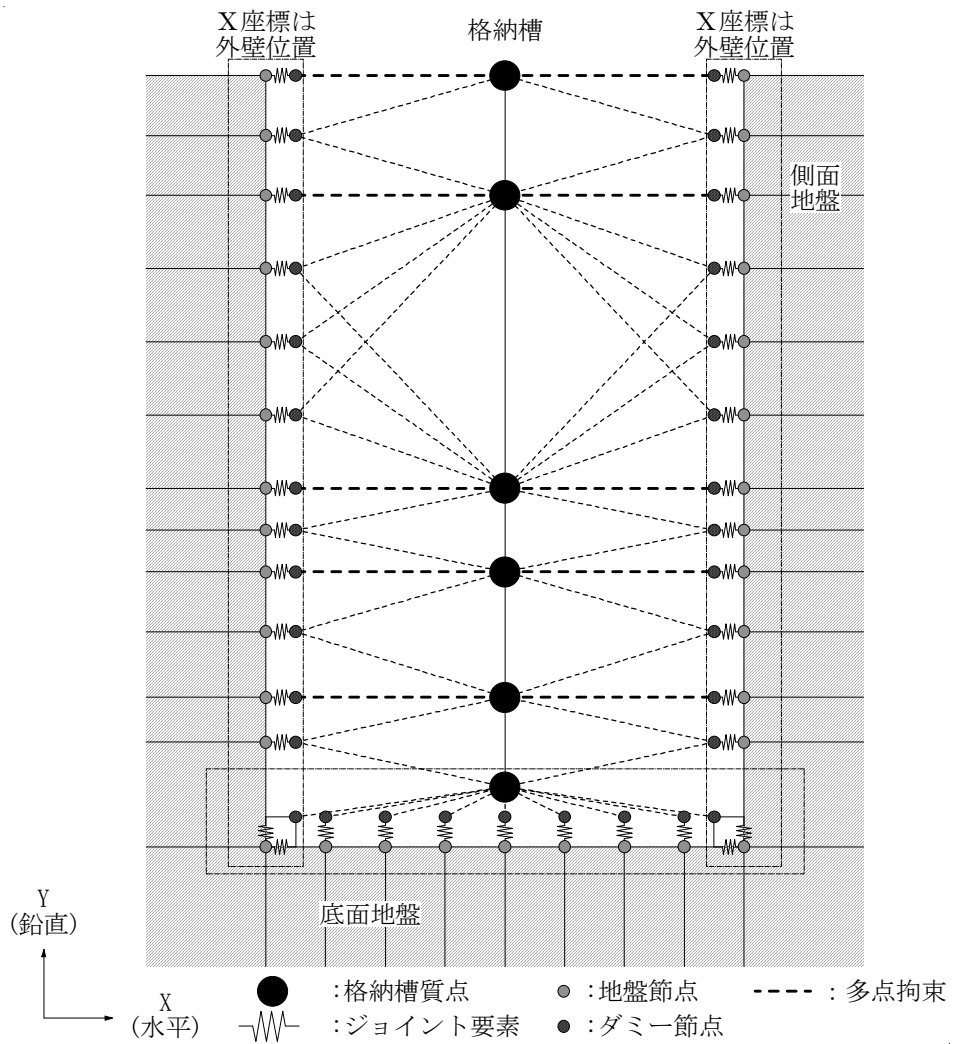
格納槽外壁と側面地盤の間には、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

- ・ 基礎スラブと底面地盤間のモデル化

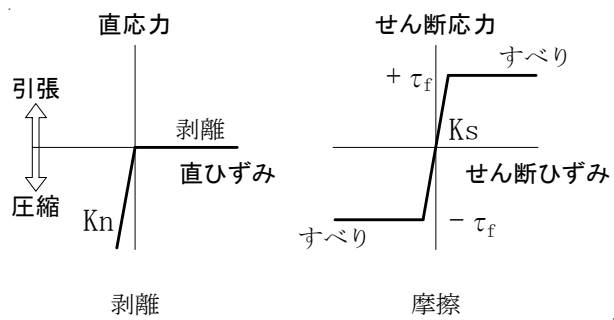
基礎スラブと底面地盤の間には、浮き上がりを表現するため、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

なお、資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」において、基礎スラブの長さに対する、基礎スラブと底面地盤間の剥離していないジョイント要素の支配長さ合計を「接地率」として示している。接地率の算定は次式による。

$$\text{接地率} = \frac{\sum(\text{基礎スラブと底面地盤間の剥離していないジョイント要素の支配長さ})}{\text{基礎スラブの長さ}}$$



(a) 概念図



(b) ジョイント要素の非線形特性

図 2-1 格納槽と地盤間の結合の概念

2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討

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】の検討方針に基づき、本節では地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果を示す。

2.2.1 地盤物性のばらつきの設定

格納槽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 2-1 に、地盤のせん断波速度 V_s のばらつきを表 2-2 に示す。

地盤物性のばらつきは、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】に示す設定方針に基づき設定する。具体的には、資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づく基本モデルに対し、地盤のせん断波速度 V_s 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。

地盤物性 $+\sigma$ 考慮モデルの地盤定数を表 2-3 に、地盤物性 $-\sigma$ 考慮モデルの地盤定数を表 2-4 に示す。

地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析では、基準地震動 S_s のうち 4 波（ S_s-D1 ， S_s-21 ， S_s-22 ， S_s-31 ）に対し解析を行い、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。

表 2-1 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	地盤物性のばらつき (地盤のせん断波速度 V_s)
基本モデル	V_s : 標準
地盤物性 $+\sigma$ 考慮モデル	V_s : $+\sigma$ 相当
地盤物性 $-\sigma$ 考慮モデル	V_s : $-\sigma$ 相当

表 2-2 格納槽における地盤のせん断波速度 V_s のばらつき

高さ EL. (m)	地層 区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
8.0 ~ 5.1	f1	210	221	199
5.1 ~ 0.7	du	210	221	199
0.7 ~ -4.8	Ag2	240	264	216
-4.8 ~ -14.3	D2g-3	500	575	425
-14.3 ~ -20.0	Km	446	491	401
-20.0 ~ -40.0		456	502	410
-40.0 ~ -60.0		472	520	424
-60.0 ~ -90.0		491	541	441
-90.0 ~ -120.0		514	566	462
-120.0 ~ -150.0		537	591	483
-150.0 ~ -190.0		564	621	507
-190.0 ~ -230.0		595	655	535
-230.0 ~ -270.0		626	689	563
-270.0 ~ -320.0		660	726	594
-320.0 ~ -370.0		699	769	629

表 2-3 (1/2) 地盤物性+ σ 考慮モデルの地盤定数

(a) S_s-D1

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	204	1878	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	153	1872	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.11	183	1973	0.496
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	464	2128	0.475
-14.3	Km	5.7	1.72	0.03	453	1813	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	457	1828	0.467
-40.0		20.0	1.73	0.03	471	1851	0.465
-60.0		30.0	1.73	0.03	493	1864	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	516	1893	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	542	1923	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	566	1950	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	597	1993	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	635	2037	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	677	2090	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	721	2132	0.435
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	790	2189	0.425

(b) S_s-21

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	204	1878	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.10	159	1872	0.496
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.08	208	1976	0.494
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.04	491	2136	0.472
-14.3	Km	5.7	1.72	0.02	463	1816	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	471	1833	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	485	1856	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	502	1868	0.461
-90.0		30.0	1.73	0.03	525	1896	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	551	1926	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	586	1958	0.451
-190.0		40.0	1.74	0.02	621	2003	0.447
-230.0		40.0	1.75	0.02	654	2045	0.443
-270.0		50.0	1.75	0.02	689	2095	0.439
-320.0		50.0	1.76	0.02	725	2133	0.435
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	790	2189	0.425

表 2-3 (2/2) 地盤物性+ σ 考慮モデルの地盤定数

(c) S_s-22

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	203	1878	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	153	1872	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.10	192	1974	0.495
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.04	481	2133	0.473
-14.3	Km	5.7	1.72	0.02	463	1816	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	471	1833	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.02	488	1857	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	505	1869	0.461
-90.0		30.0	1.73	0.03	528	1897	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.02	554	1928	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	583	1957	0.451
-190.0		40.0	1.74	0.02	618	2001	0.447
-230.0		40.0	1.75	0.02	650	2043	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	685	2093	0.440
-320.0		50.0	1.76	0.02	730	2135	0.434
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	790	2189	0.425

(d) S_s-31

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	200	1878	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.13	136	1870	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.14	154	1969	0.497
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	449	2124	0.477
-14.3	Km	5.7	1.72	0.03	450	1812	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	455	1827	0.467
-40.0		20.0	1.73	0.03	468	1850	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	487	1862	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	516	1893	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	545	1924	0.456
-150.0		40.0	1.74	0.03	573	1953	0.453
-190.0		40.0	1.74	0.03	604	1995	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	639	2038	0.445
-270.0		50.0	1.75	0.03	677	2090	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.03	721	2132	0.435
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	790	2189	0.425

表 2-4 (1/2) 地盤物性- σ 考慮モデルの地盤定数

(a) S_s-D1

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	183	1691	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	133	1685	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.17	104	1610	0.498
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	326	1567	0.477
-14.3	Km	5.7	1.72	0.03	370	1481	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	371	1493	0.467
-40.0		20.0	1.73	0.03	384	1509	0.465
-60.0		30.0	1.73	0.03	399	1518	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	413	1542	0.461
-120.0		30.0	1.73	0.03	432	1569	0.459
-150.0		40.0	1.74	0.03	456	1590	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	490	1628	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	519	1665	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	548	1707	0.443
-320.0		50.0	1.76	0.03	583	1741	0.437
-370.0		解放基盤	—	1.76	—	646	1788

(b) S_s-21

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	183	1691	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.10	145	1686	0.496
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.10	162	1616	0.495
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	345	1573	0.475
-14.3	Km	5.7	1.72	0.02	376	1483	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	380	1496	0.466
-40.0		20.0	1.73	0.03	389	1511	0.465
-60.0		30.0	1.73	0.03	404	1520	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	426	1547	0.459
-120.0		30.0	1.73	0.03	451	1576	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	476	1597	0.451
-190.0		40.0	1.74	0.02	502	1633	0.448
-230.0		40.0	1.75	0.03	525	1667	0.445
-270.0		50.0	1.75	0.03	554	1710	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	590	1744	0.435
-370.0		解放基盤	—	1.76	—	646	1788

表 2-4 (2/2) 地盤物性- σ 考慮モデルの地盤定数

(c) S_s-22

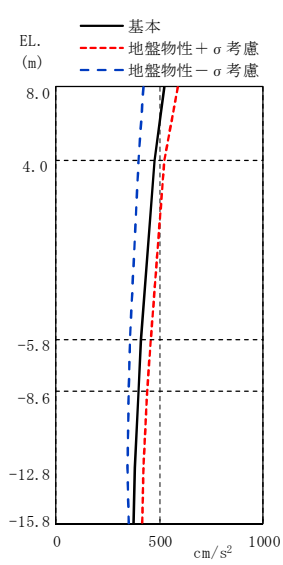
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	182	1691	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	138	1685	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.12	145	1614	0.496
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	337	1570	0.476
-14.3	Km	5.7	1.72	0.02	376	1483	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	380	1496	0.466
-40.0		20.0	1.73	0.03	391	1511	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	407	1521	0.461
-90.0		30.0	1.73	0.03	426	1547	0.459
-120.0		30.0	1.73	0.03	448	1575	0.456
-150.0		40.0	1.74	0.03	470	1595	0.452
-190.0		40.0	1.74	0.03	496	1630	0.449
-230.0		40.0	1.75	0.03	525	1667	0.445
-270.0		50.0	1.75	0.03	554	1710	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	590	1744	0.435
-370.0		解放基盤	—	1.76	—	646	1788

(d) S_s-31

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0	f1	2.9	1.98	0.03	185	1691	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	139	1686	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.17	106	1610	0.498
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.06	321	1566	0.478
-14.3	Km	5.7	1.72	0.03	370	1481	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	374	1493	0.467
-40.0		20.0	1.73	0.03	374	1506	0.467
-60.0		30.0	1.73	0.03	387	1514	0.465
-90.0		30.0	1.73	0.03	416	1543	0.461
-120.0		30.0	1.73	0.03	437	1571	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	459	1591	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	487	1627	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	516	1663	0.447
-270.0		50.0	1.75	0.03	548	1707	0.443
-320.0		50.0	1.76	0.03	583	1741	0.437
-370.0		解放基盤	—	1.76	—	646	1788

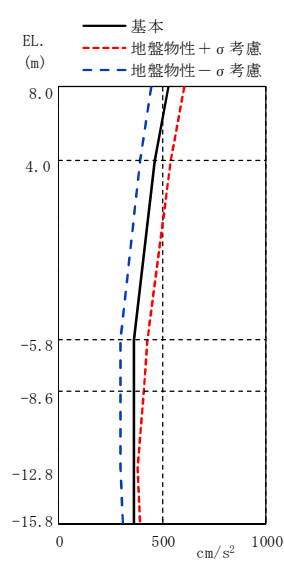
2.2.2 地震応答解析結果

格納槽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、最大応答値の比較を図2-2～図2-12に示す。また、基準地震動 S_s に対する最大応答せん断力を図2-13及び図2-14の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
520	584	421
472	523	398
409	455	357
397	441	352
381	423	347
376	416	350

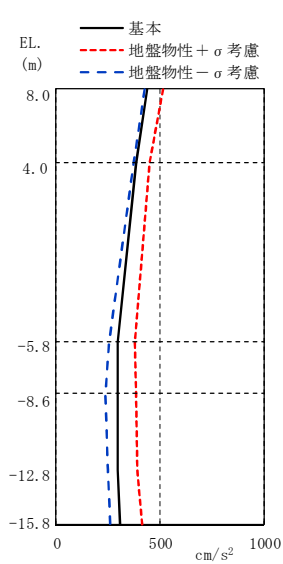


(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
527	607	445
461	540	390
365	429	300
362	407	296
361	379	300
363	392	309

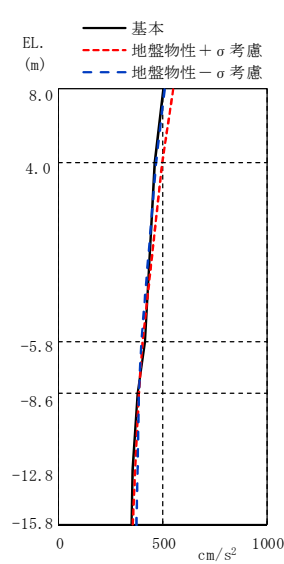
(a) $S_s - D1$

(b) $S_s - 21$



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
437	514	424
385	451	372
298	376	255
296	382	238
294	390	246
306	413	263



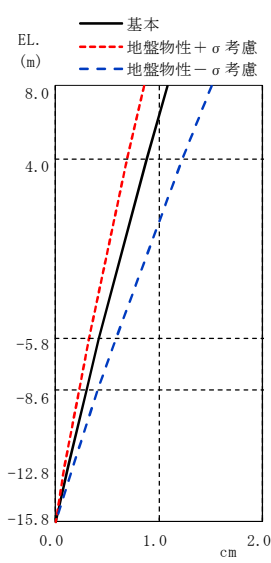
(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
500	547	509
463	498	469
415	402	397
376	384	387
356	364	377
350	353	374

(c) $S_s - 22$

(d) $S_s - 31$

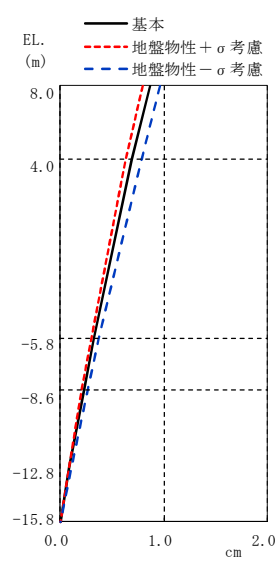
图 2-2 最大応答加速度 (NS 方向)



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.09	0.86	1.51
0.88	0.70	1.22
0.42	0.33	0.58
0.30	0.23	0.41
0.12	0.09	0.17
—	—	—

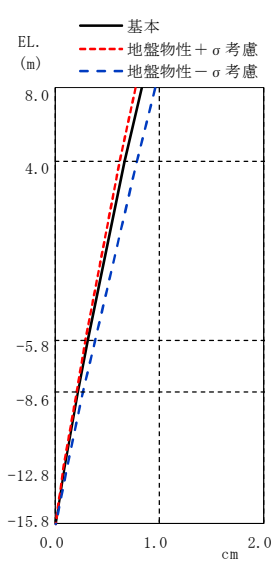
(a) $S_s - D1$



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.87	0.80	0.96
0.70	0.64	0.79
0.33	0.30	0.38
0.23	0.21	0.27
0.09	0.08	0.11
—	—	—

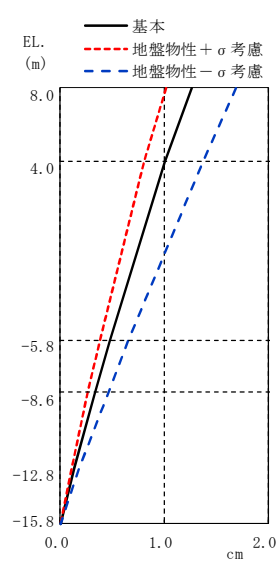
(b) $S_s - 21$



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.83	0.78	0.96
0.67	0.62	0.78
0.31	0.29	0.38
0.22	0.20	0.27
0.09	0.08	0.11
—	—	—

(c) $S_s - 22$

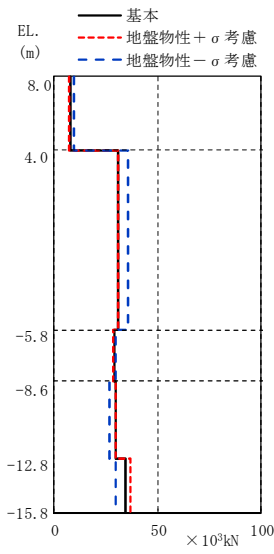


(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.26	1.02	1.70
1.01	0.81	1.37
0.48	0.38	0.66
0.34	0.27	0.47
0.14	0.11	0.19
—	—	—

(d) $S_s - 31$

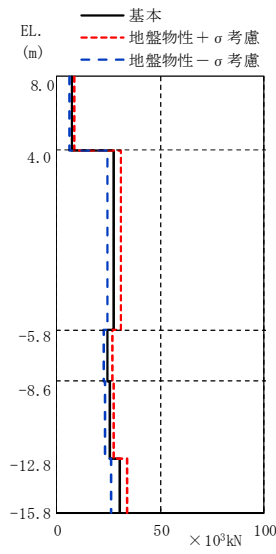
图 2-3 最大応答変位 (NS 方向)



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
7.73	7.36	9.70
31.1	30.7	35.6
29.1	28.7	29.5
29.5	29.9	27.0
34.3	37.0	29.5

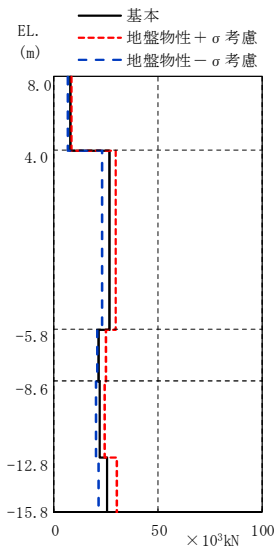
(a) $S_s - D1$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
7.46	8.20	6.29
27.5	31.1	24.6
24.3	26.7	22.7
25.4	27.3	23.0
30.2	34.0	26.2

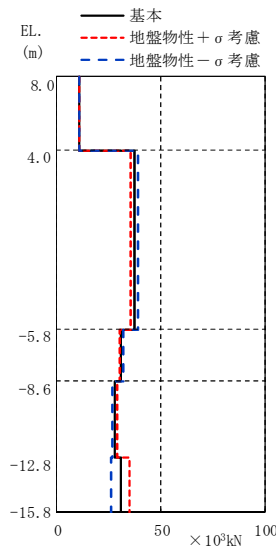
(b) $S_s - 21$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
7.54	8.30	6.38
26.5	29.8	23.0
21.4	24.8	20.6
21.7	24.6	20.0
25.4	30.0	21.1

(c) $S_s - 22$

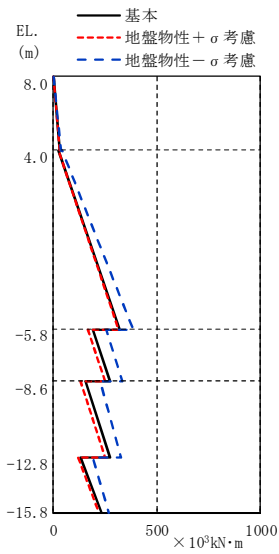


(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
10.7	10.6	10.7
37.2	35.2	39.1
30.7	29.9	32.0
27.6	29.2	26.8
30.6	35.2	25.8

(d) $S_s - 31$

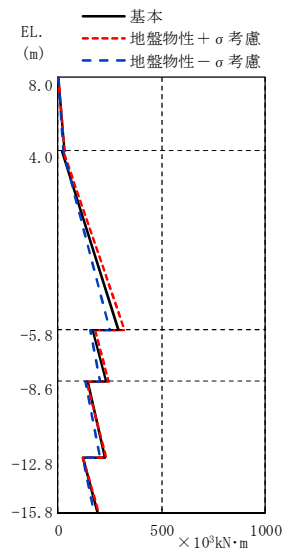
図 2-4 最大応答せん断力 (NS 方向)



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.0746	0.0684	0.0745
31.0	29.5	38.9
26.1	24.5	40.4
324	313	388
192	170	255
273	250	335
157	131	229
275	252	329
135	118	194
230	222	266

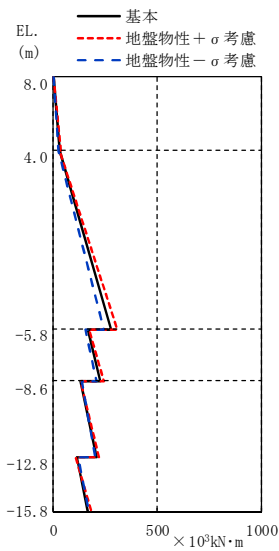
(a) $S_s - D1$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.0848	0.0878	0.0787
30.0	32.9	25.3
21.9	22.9	22.3
289	320	248
170	177	153
232	246	206
142	140	134
224	232	205
122	119	120
189	198	173

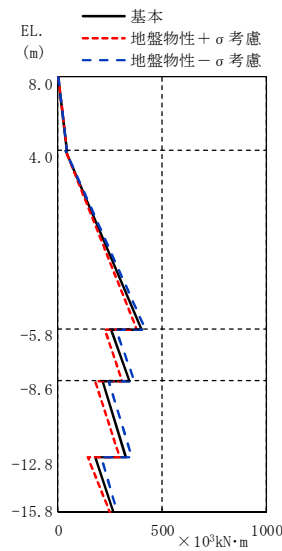
(b) $S_s - 21$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.0840	0.0879	0.0761
30.2	33.3	25.6
28.9	30.0	25.0
280	310	246
167	175	155
225	242	207
133	132	134
207	220	204
110	106	119
166	185	173

(c) $S_s - 22$

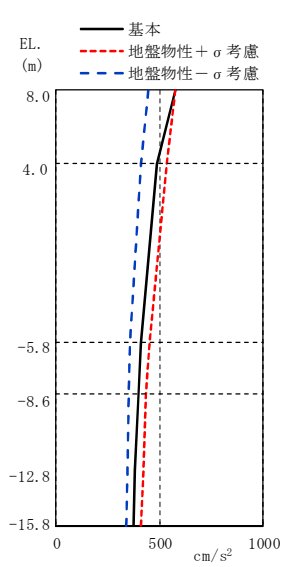


(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.0491	0.0456	0.0564
42.8	42.2	42.6
38.3	34.7	37.2
402	378	421
256	228	279
342	310	368
211	176	243
326	297	355
175	145	209
267	249	286

(d) $S_s - 31$

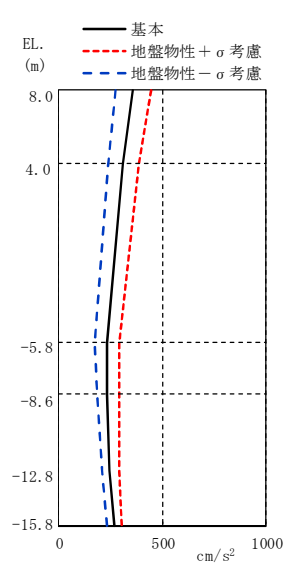
図 2-5 最大応答曲げモーメント (NS方向)



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
577	573	445
485	536	412
409	452	356
397	435	351
381	419	347
374	409	339

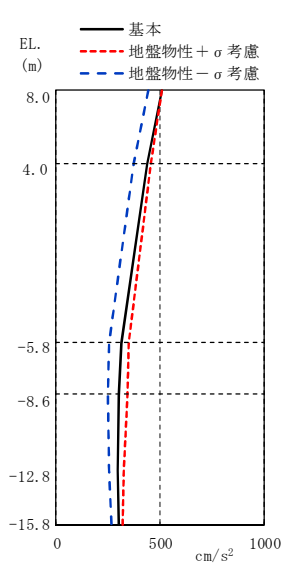
(a) $S_s - D1$



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
355	444	277
307	384	240
231	294	176
233	290	185
242	293	208
265	303	230

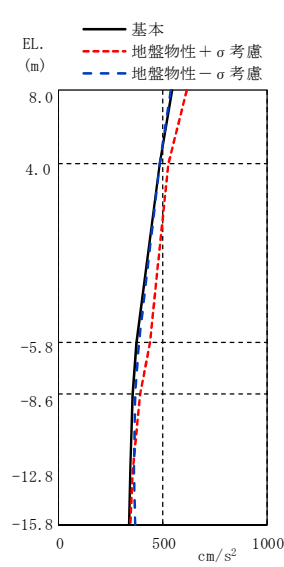
(b) $S_s - 21$



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
509	509	442
436	456	372
315	349	256
302	342	251
294	323	254
299	322	268

(c) $S_s - 22$

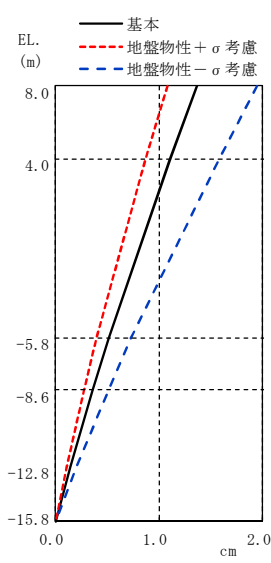


(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
541	612	536
484	526	484
371	440	382
352	390	368
341	354	361
339	344	366

(d) $S_s - 31$

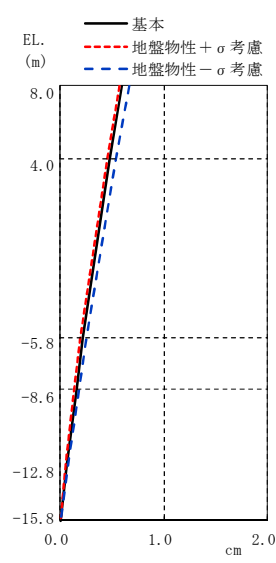
圖 2-6 最大応答加速度 (EW方向)



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.37	1.09	1.95
1.10	0.87	1.57
0.51	0.40	0.73
0.36	0.28	0.51
0.14	0.11	0.21
—	—	—

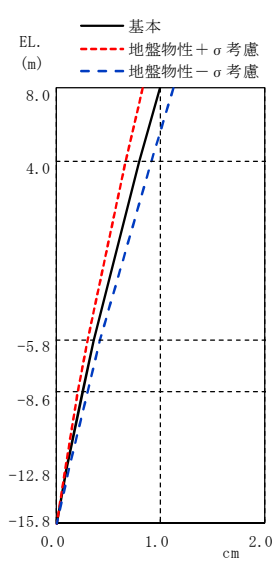
(a) $S_s - D1$



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.60	0.58	0.67
0.48	0.46	0.54
0.22	0.20	0.26
0.16	0.14	0.18
0.06	0.06	0.07
—	—	—

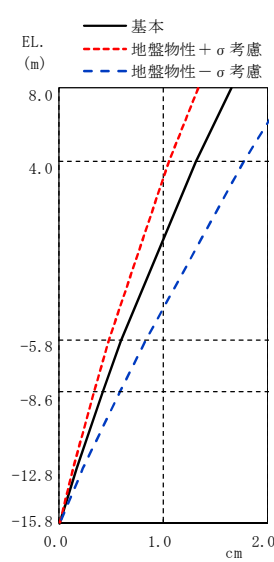
(b) $S_s - 21$



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.99	0.84	1.12
0.80	0.67	0.91
0.36	0.30	0.42
0.25	0.21	0.30
0.10	0.08	0.12
—	—	—

(c) $S_s - 22$

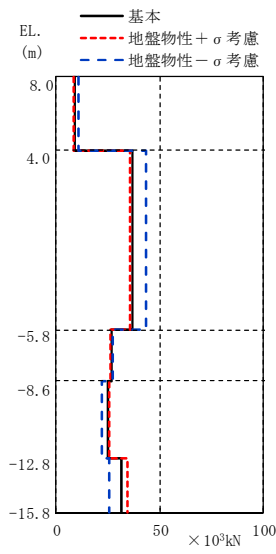


(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.65	1.34	2.20
1.32	1.05	1.78
0.60	0.47	0.83
0.42	0.33	0.58
0.17	0.13	0.24
—	—	—

(d) $S_s - 31$

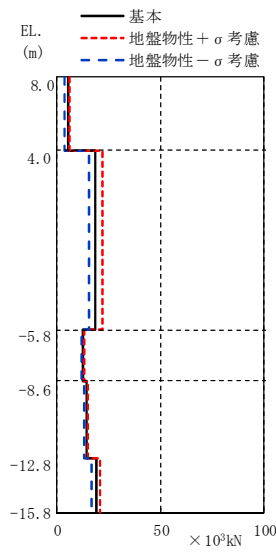
图 2-7 最大応答変位 (EW方向)



(単位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.78	8.45	11.1
36.7	35.9	43.2
26.9	26.0	27.5
25.3	25.5	22.1
31.8	34.6	25.8

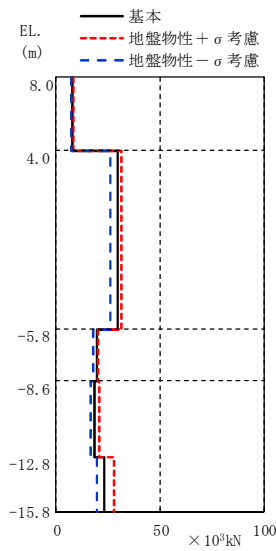
(a) $S_s - D1$



(単位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
5.25	6.34	3.72
18.5	22.2	15.8
12.3	13.3	12.0
14.5	15.2	13.2
19.3	21.1	17.0

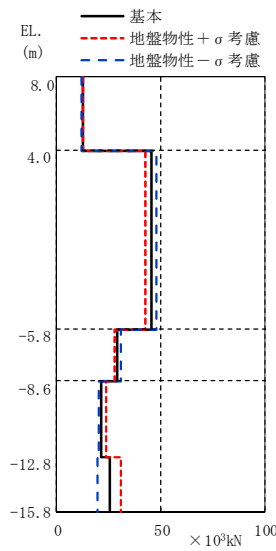
(b) $S_s - 21$



(単位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
7.99	8.38	6.89
29.9	31.1	26.3
19.3	20.2	17.5
18.5	20.5	16.8
23.3	27.9	19.8

(c) $S_s - 22$

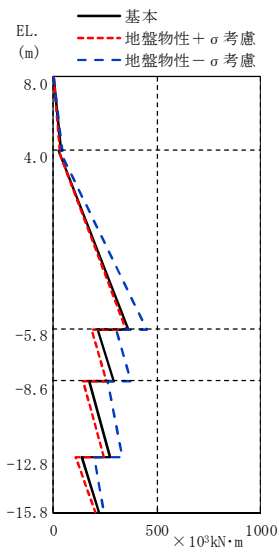


(単位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
12.4	12.5	12.0
45.5	42.8	47.8
28.7	27.7	30.6
21.3	23.5	20.3
25.2	31.0	19.4

(d) $S_s - 31$

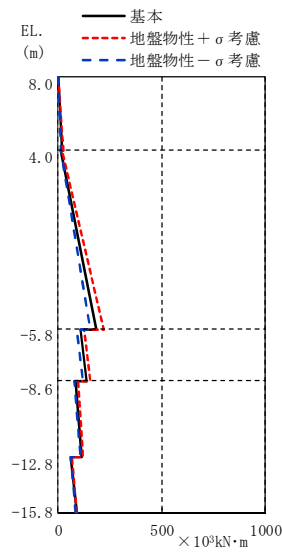
図 2-8 最大応答せん断力 (EW方向)



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

	基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.0	0.0874	0.0861	0.0924
4.0	35.2	33.9	44.4
-5.8	24.9	22.9	32.6
-8.6	365	350	450
-12.8	215	185	300
-15.8	290	258	374
	176	143	261
	272	242	331
	138	110	199
	218	204	247

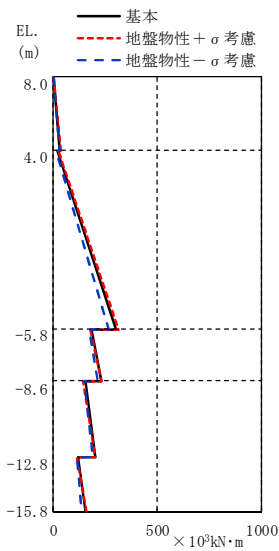
(a) $S_s - D1$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

	基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.0	0.0733	0.0757	0.0600
4.0	21.1	25.4	15.0
-5.8	15.2	17.6	13.4
-8.6	187	223	154
-12.8	110	127	93.1
-15.8	138	158	122
	87.2	98.0	77.3
	115	122	109
	60.6	66.2	58.1
	92.5	89.6	81.7

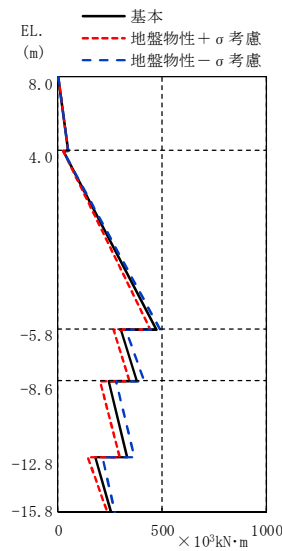
(b) $S_s - 21$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

	基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.0	0.0912	0.0929	0.0810
4.0	32.1	33.6	27.7
-5.8	19.0	22.4	15.0
-8.6	300	311	267
-12.8	184	180	171
-15.8	231	230	215
	153	145	149
	199	199	188
	117	111	114
	154	162	137

(c) $S_s - 22$

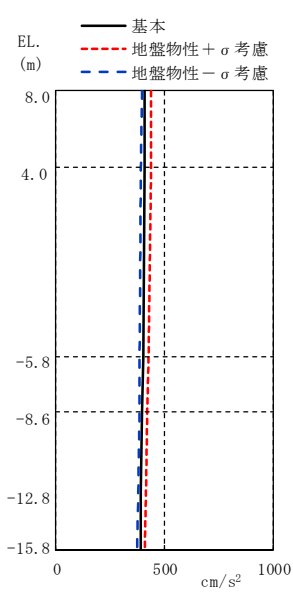


(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

	基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.0	0.240	0.249	0.129
4.0	49.4	50.0	47.9
-5.8	25.0	22.6	25.9
-8.6	470	441	491
-12.8	300	265	327
-15.8	380	341	413
	241	202	279
	330	297	364
	177	145	214
	252	238	269

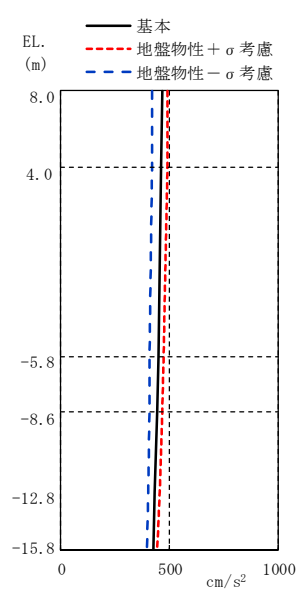
(d) $S_s - 31$

図 2-9 最大応答曲げモーメント (EW方向)



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
410	436	394
409	435	393
401	424	385
398	419	382
392	411	376
390	408	372

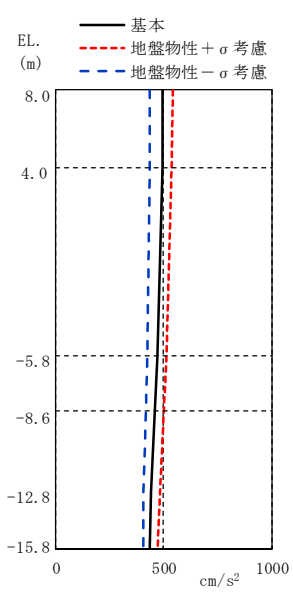


(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
464	491	422
463	489	421
450	473	408
444	466	405
432	453	401
425	446	398

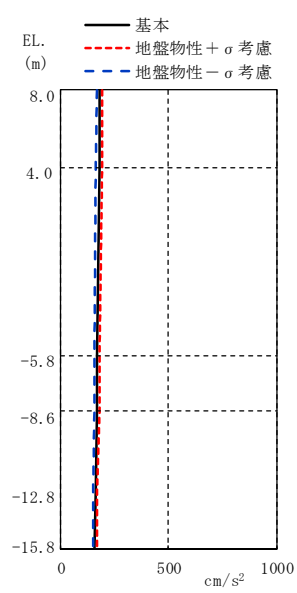
(a) $S_s - D1$

(b) $S_s - 21$



(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
495	542	437
493	540	435
470	513	424
460	503	418
443	484	408
437	474	404



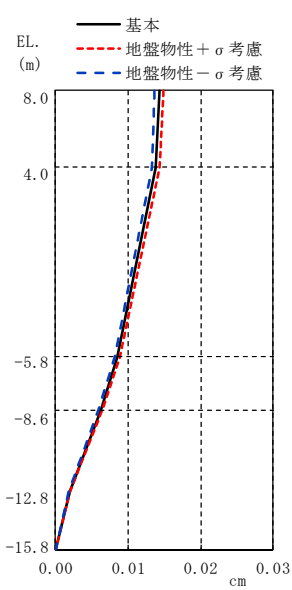
(單位: cm/s^2)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
181	192	167
181	191	166
172	182	159
168	178	156
161	172	151
159	170	149

(c) $S_s - 22$

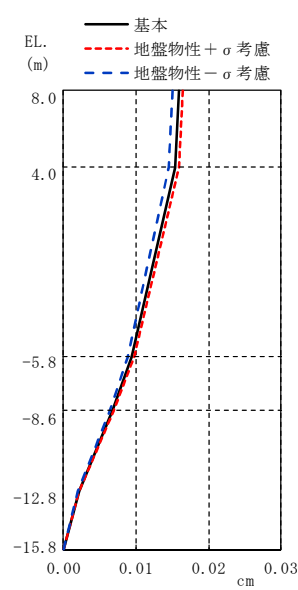
(d) $S_s - 31$

图 2-10 最大応答加速度 (UD方向)



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.015	0.015	0.014
0.014	0.015	0.014
0.009	0.009	0.009
0.007	0.007	0.006
0.002	0.002	0.002
—	—	—

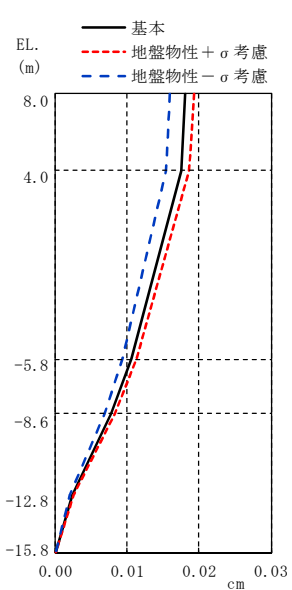


(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.016	0.017	0.015
0.016	0.016	0.015
0.010	0.010	0.009
0.007	0.008	0.007
0.003	0.003	0.002
—	—	—

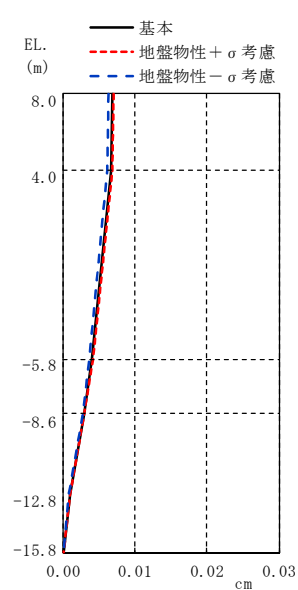
(a) $S_s - D 1$

(b) $S_s - 2 1$



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.019	0.020	0.016
0.018	0.019	0.016
0.011	0.012	0.010
0.008	0.009	0.007
0.003	0.003	0.003
—	—	—



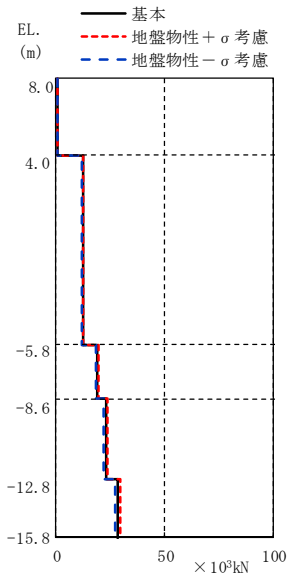
(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.007	0.007	0.007
0.007	0.007	0.007
0.005	0.005	0.004
0.003	0.003	0.003
0.001	0.001	0.001
—	—	—

(c) $S_s - 2 2$

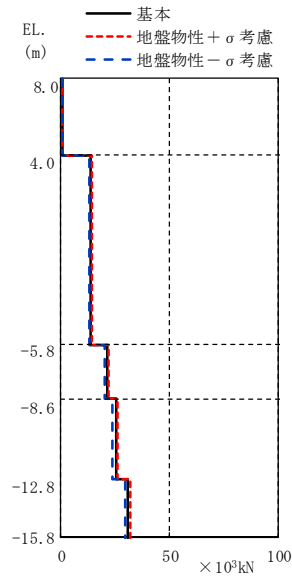
(d) $S_s - 3 1$

図 2-11 最大応答変位 (UD方向)



(單位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.580	0.606	0.556
12.3	12.8	11.8
19.1	19.8	18.3
22.8	23.6	21.9
28.3	29.4	27.2

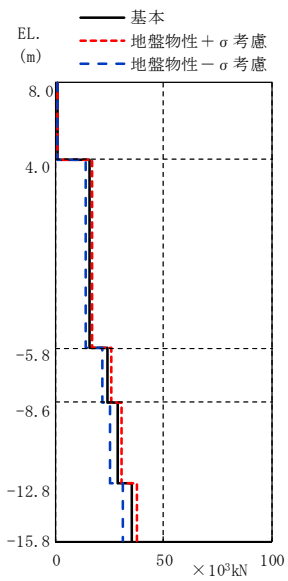


(單位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.642	0.667	0.598
13.8	14.3	12.9
21.3	22.0	20.1
25.2	26.0	24.0
30.9	32.1	29.5

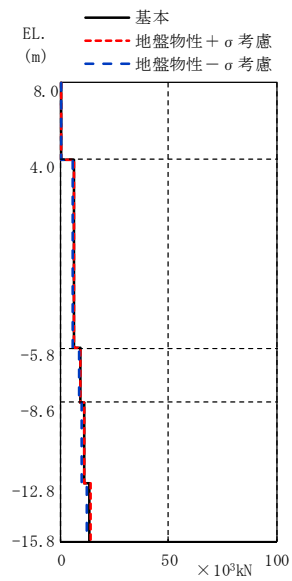
(a) $S_s - D1$

(b) $S_s - 21$



(單位: $\times 10^3$ kN)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.739	0.794	0.646
15.7	16.8	13.9
24.2	25.7	21.4
28.8	30.6	25.3
35.2	37.5	30.9



(單位: $\times 10^3$ kN)

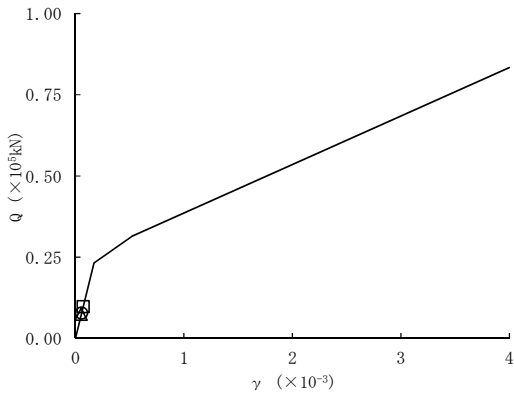
基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.279	0.288	0.254
5.93	6.07	5.43
9.12	9.31	8.37
10.9	11.1	9.96
13.4	13.8	12.2

(c) $S_s - 22$

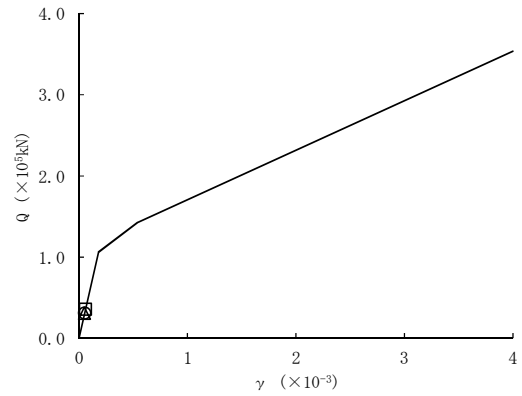
(d) $S_s - 31$

図 2-12 最大応答軸力 (UD方向)

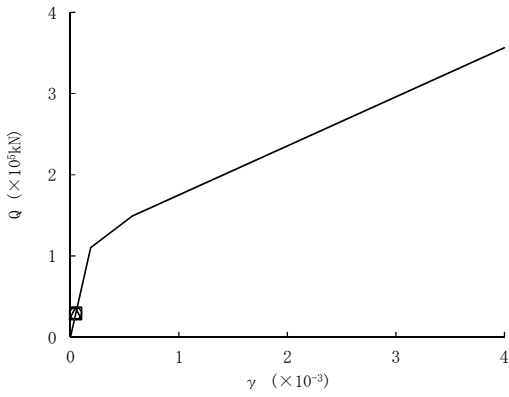
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



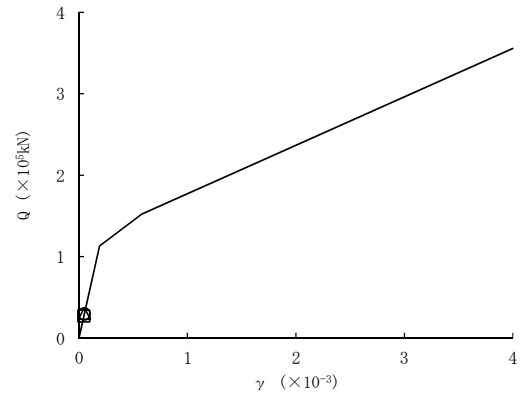
要素番号(1)



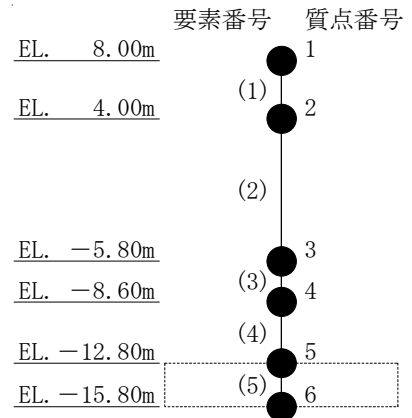
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

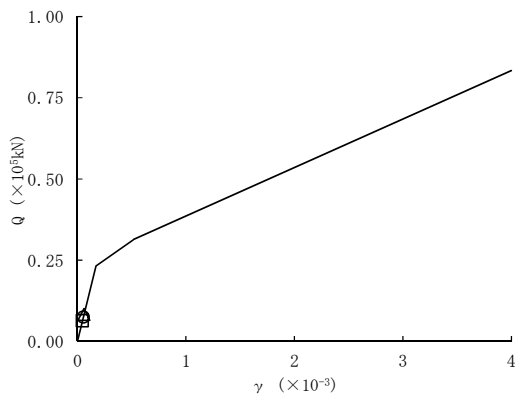


地震応答解析モデル (格納槽)

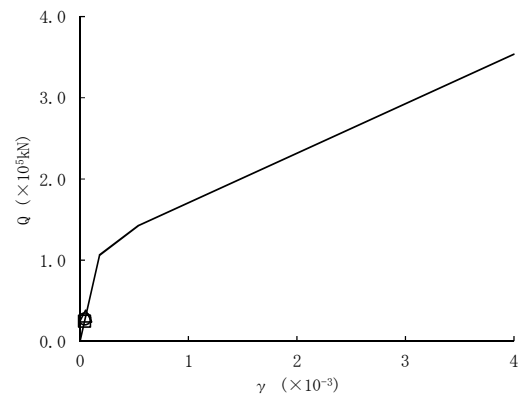
(a) $S_s - D1$

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

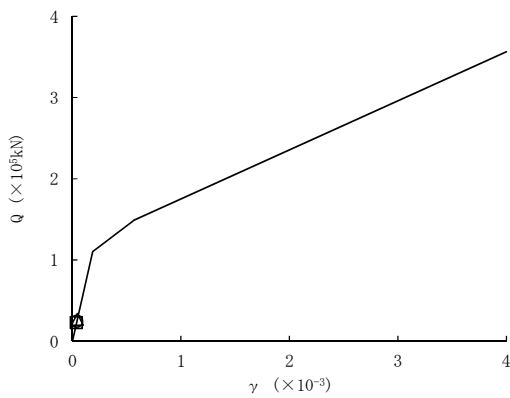
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



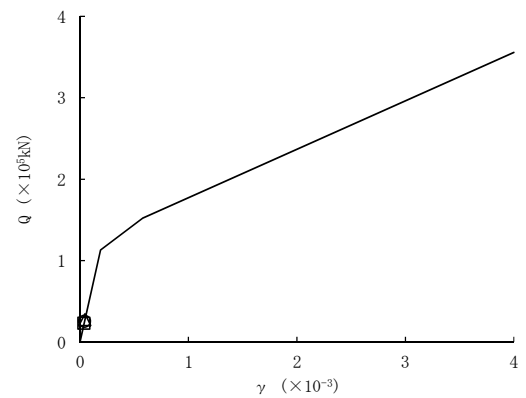
要素番号(1)



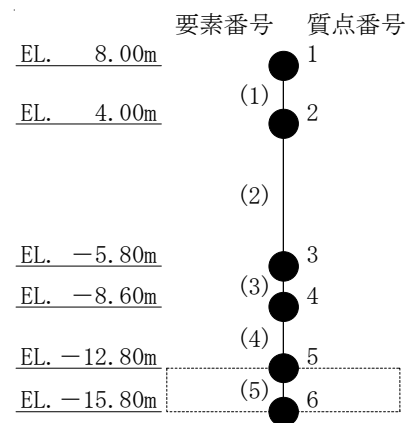
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

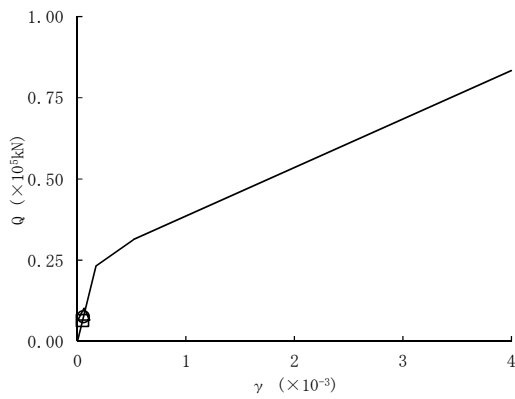


地震応答解析モデル (格納槽)

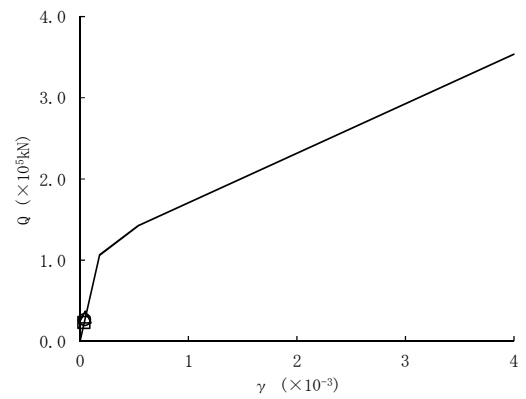
(b) S_s-21

図2-13 (2/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS方向)

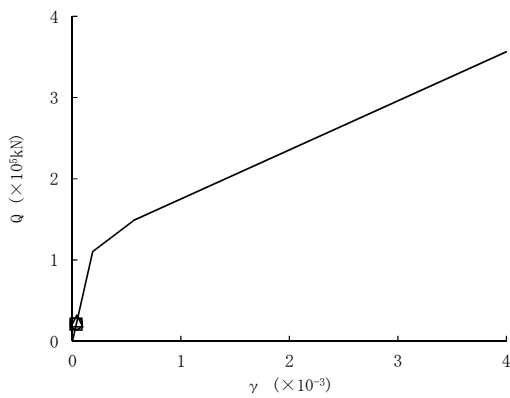
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



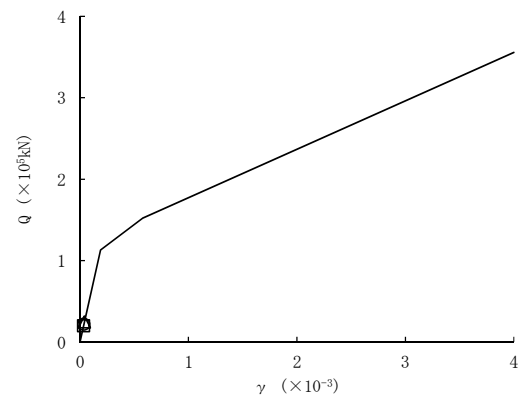
要素番号(1)



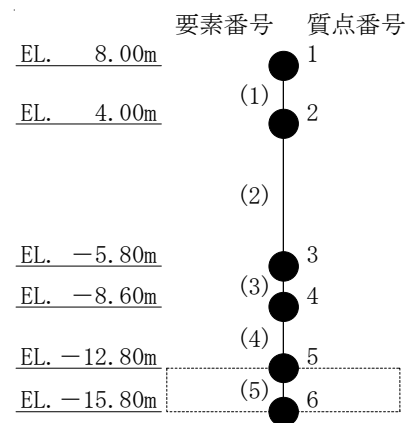
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

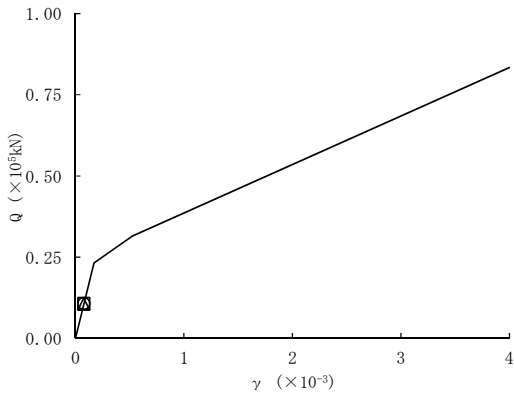


地震応答解析モデル (格納槽)

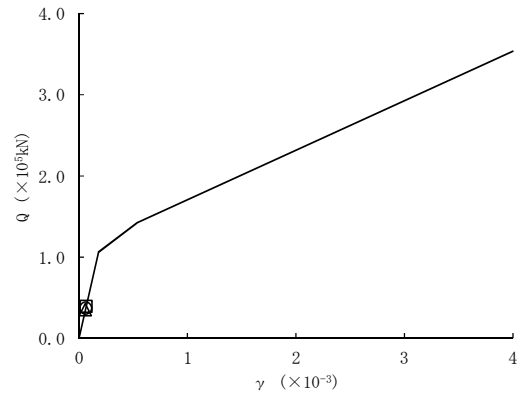
(c) $S_s - 22$

図 2-13 (3/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

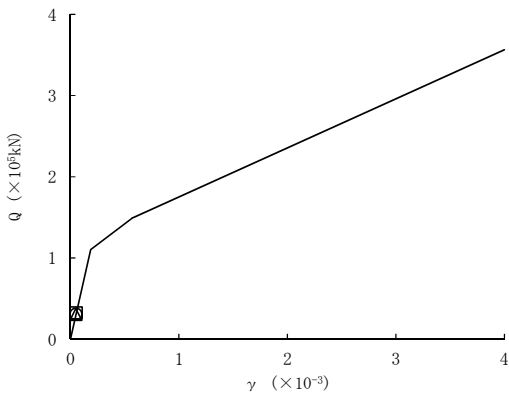
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



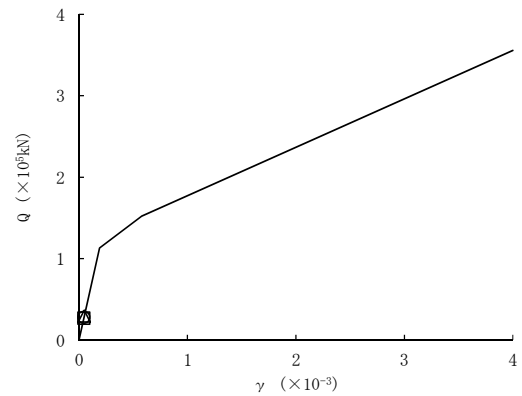
要素番号(1)



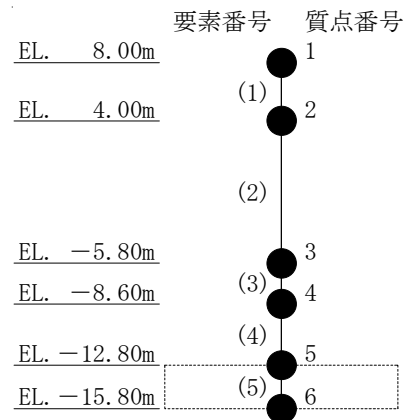
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

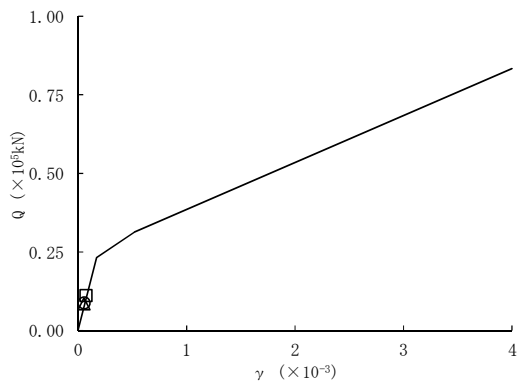


地震応答解析モデル (格納槽)

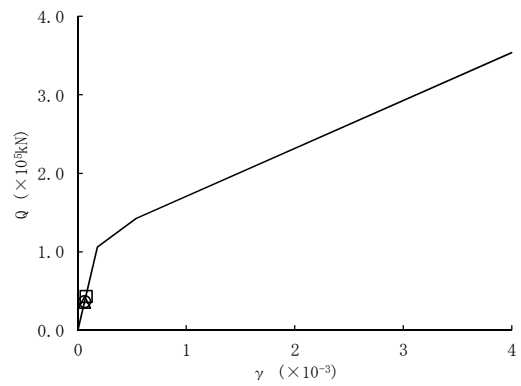
(d) $S_s - 31$

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

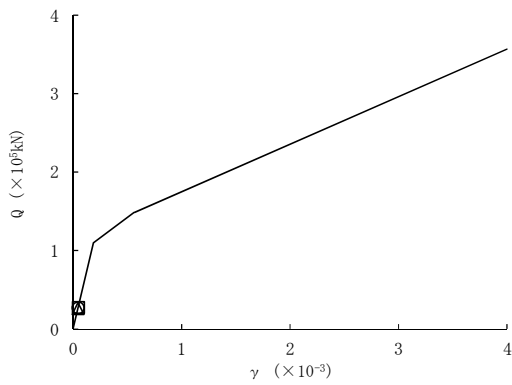
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



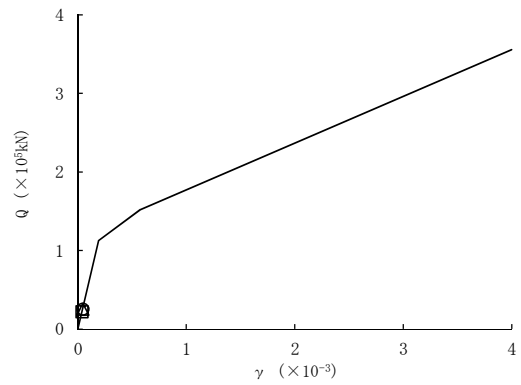
要素番号(1)



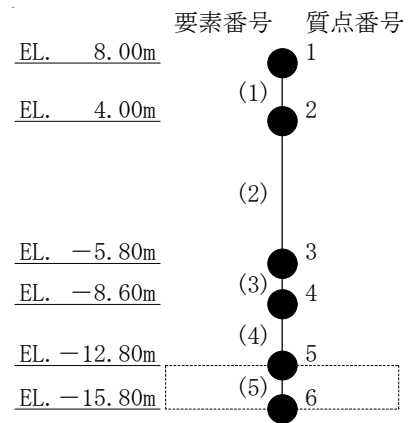
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

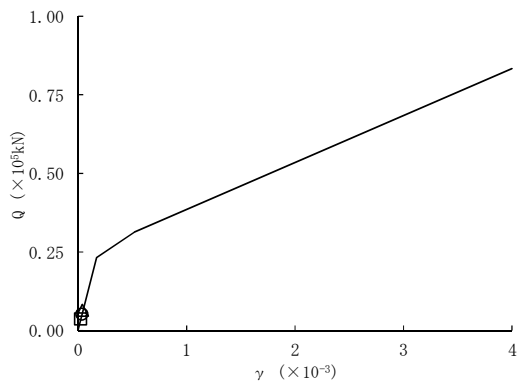


地震応答解析モデル (格納槽)

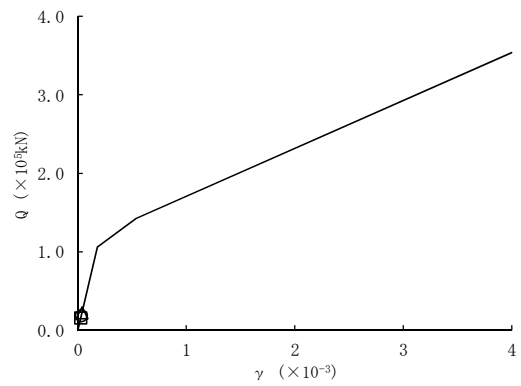
(a) $S_s - D1$

図2-14 (1/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW方向)

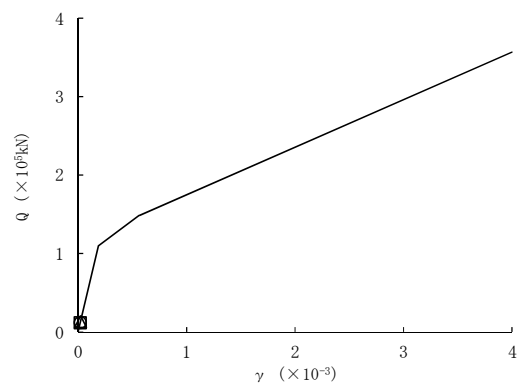
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



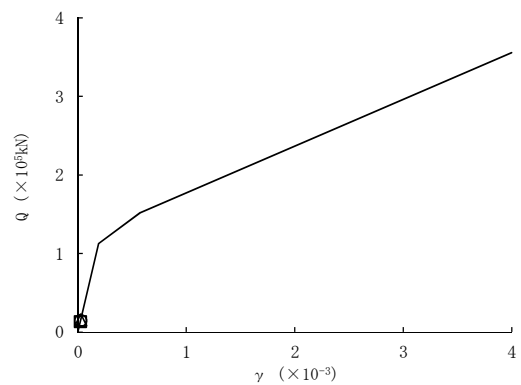
要素番号(1)



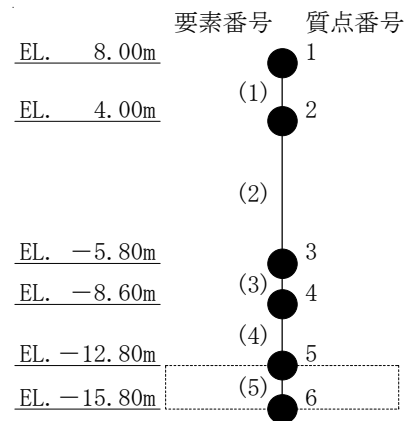
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

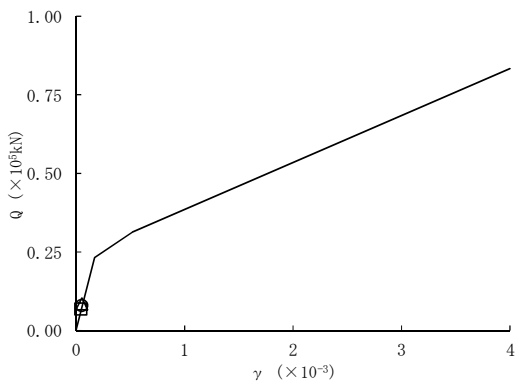


地震応答解析モデル (格納槽)

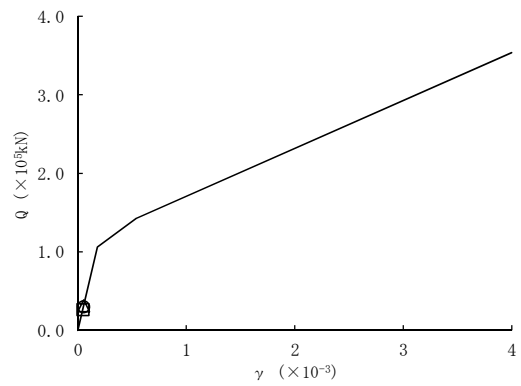
(b) $S_s - 21$

図2-14 (2/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW方向)

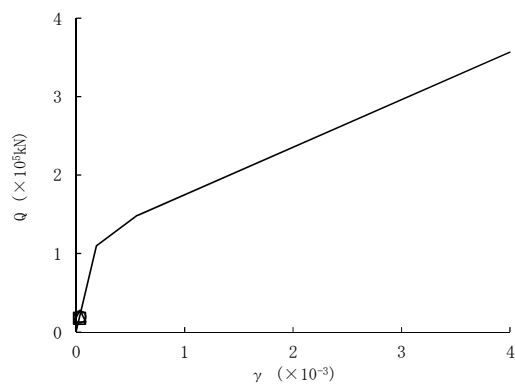
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



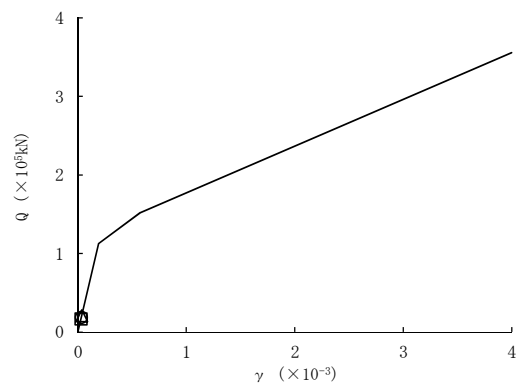
要素番号(1)



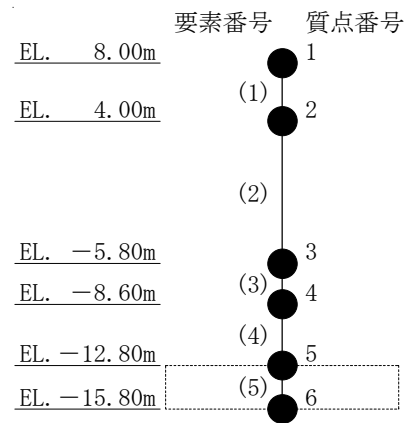
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

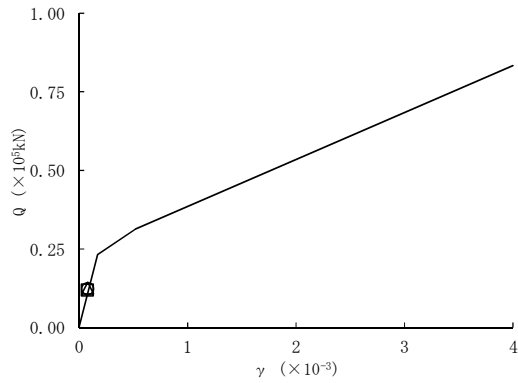


地震応答解析モデル (格納槽)

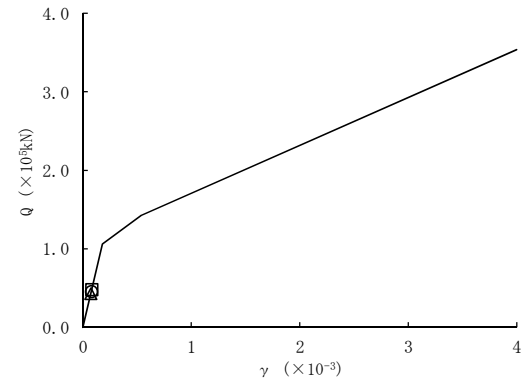
(c) S_s-22

図2-14 (3/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW方向)

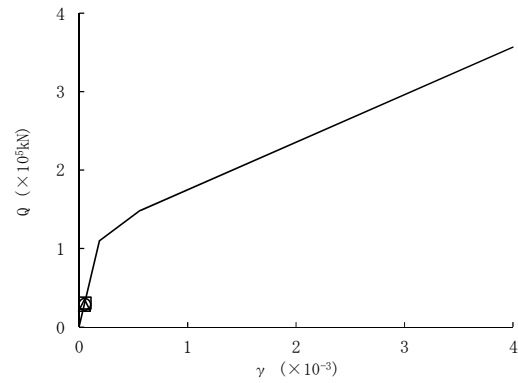
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



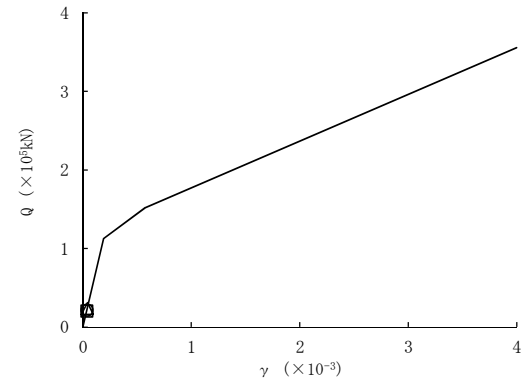
要素番号(1)



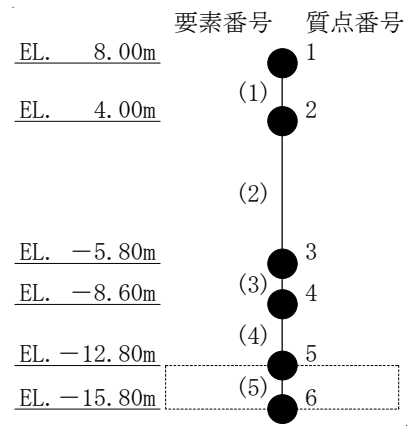
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)



地震応答解析モデル (格納槽)

(d) S_s-31

図2-14 (4/4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW方向)

2.3 地盤のモデル化に関する補足説明

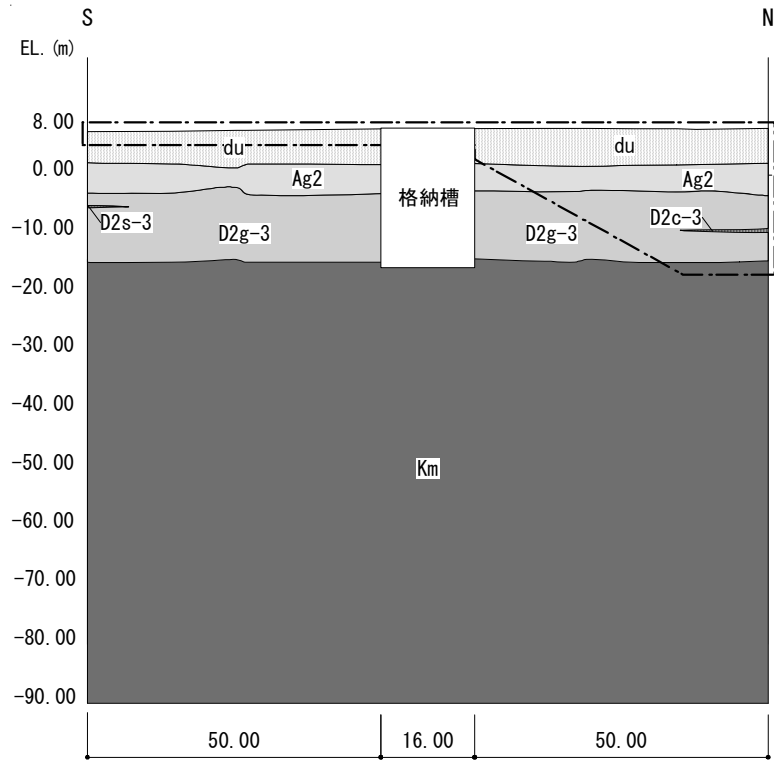
資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」において、格納槽の地盤は、成層地盤として2次元FEMによりモデル化している。

本節は、地盤のモデル化について説明するものである。

2.3.1 格納槽地盤の概要

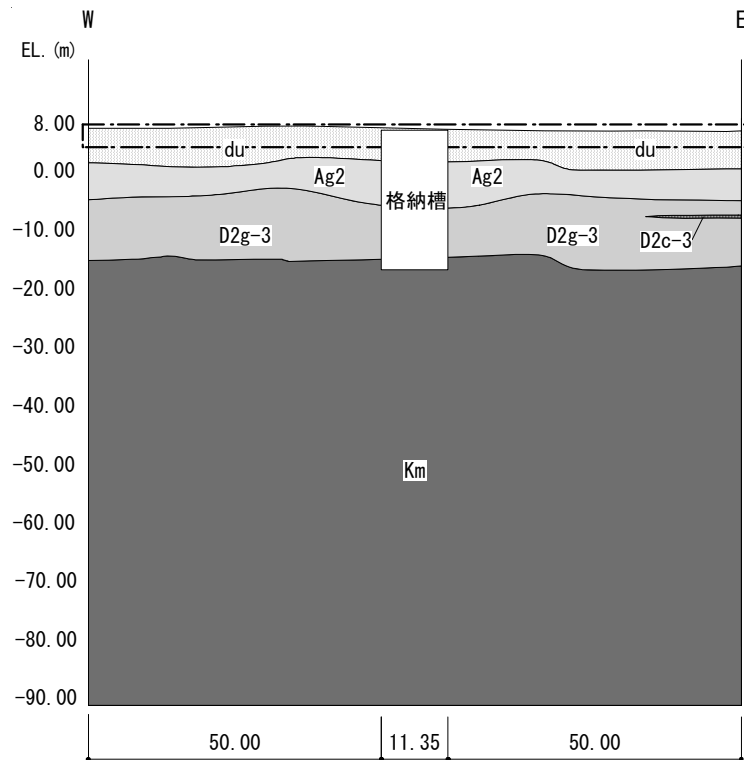
原子炉建屋の建設時の地盤調査に基づく地質断面図を図2-15に示す。

原子炉建屋の建設時の地盤調査記録から、格納槽の周辺地盤は、基本的には成層地盤であると考えられる。ただし、原子炉建屋の建設に伴い、オープン掘削後埋め戻し（f1層）を行っていることから、この部分は必ずしも水平成層とは言えない状況になっていることに鑑み、その影響について検討を行った。



*一点破線部は、原子炉建屋の建設時に f1 層に置換している。

(a) NS 方向



*一点破線部は、原子炉建屋の建設時に f1 層に置換している。

(b) EW 方向

図 2-15 地質断面図

2.3.2 原子炉建屋周辺地盤における埋戻土に関する影響検討

資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」においては、NS 方向モデルに関し、格納槽より北側の地盤モデルは、原子炉建屋の周辺地盤における埋戻土を考慮したモデル（以下、「埋戻土考慮モデル」と呼ぶ。）ではなく、地盤調査に基づく成層地盤としたモデル（以下、「基本モデル」と呼ぶ。）を用いている。

本項では、原子炉建屋周辺地盤における埋戻土の影響について説明する。

(1) 検討方針

埋戻土に関する影響検討における解析ケースを表 2-5 に示す。

基本ケース及び埋戻土考慮ケースにおける地震応答解析結果の比較を行うことで、原子炉建屋周辺地盤における埋戻土の影響を把握する。さらに、格納槽の地震応答解析から得られた各応答値は、格納槽自体の設計用地震力として用いるため、埋戻土考慮ケースが格納槽の耐震評価に与える影響についても確認する。なお、基本ケースでは、資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」における基本モデルに対し、「2.3 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討」における地盤物性のばらつきを考慮する。

検討フローを図 2-16 に、格納槽への影響検討における評価項目を表 2-6 に示す。

検討に用いる入力地震動は、資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づく応答値（最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメント）が最大となる地震動を用いるものとし、資料V-2-2-18「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」より、 S_s-D1 及び S_s-31 を選定した。

表 2-5 埋戻土に関する影響検討における解析ケース

ケース名称	モデル名称	格納槽より北側地盤のモデル化方針
基本ケース	基本モデル	成層地盤
	地盤物性+ σ 考慮モデル	成層地盤
	地盤物性- σ 考慮モデル	成層地盤
埋戻土考慮ケース	埋戻土考慮モデル	埋戻土考慮

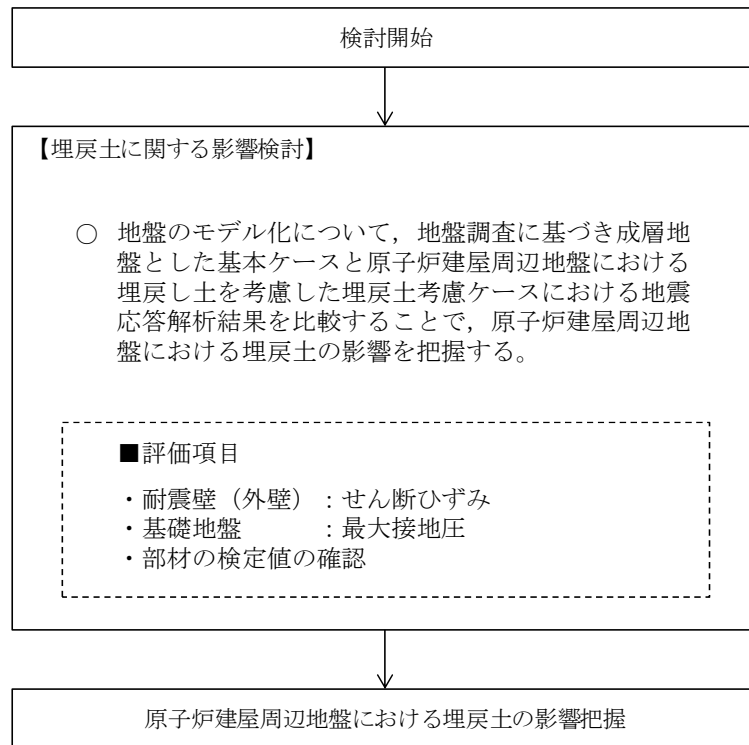


図 2-16 検討フロー

表 2-6 格納槽への影響検討における評価項目

評価項目	部位	許容限界
せん断ひずみ	耐震壁 (地下外壁)	・「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)」に基づく許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないこと
支持力度	基礎地盤	・基礎地盤の接地圧が、「建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)」に基づく極限鉛直支持力度 (4660 kN/m^2) を十分下回ること
部材の検定値	耐震壁 (地下外壁)	・基本ケースの断面算定の検定値 (発生値 / 許容値) に、基本ケースと埋戻土考慮ケースの応答比 (埋戻土考慮ケース / 基本ケース) を乗じた値が許容限界 (1.0) を超えないこと
	基礎 スラブ	
	上版	

(2) 原子炉建屋側埋戻土のモデル化

埋戻土考慮モデルを図 2-17 に示す。

格納槽より北側の地盤モデルは、施工時記録に基づく掘削範囲に基づき埋戻土の範囲を設定する。

格納槽より北側の地盤定数を表 2-7 に示す。

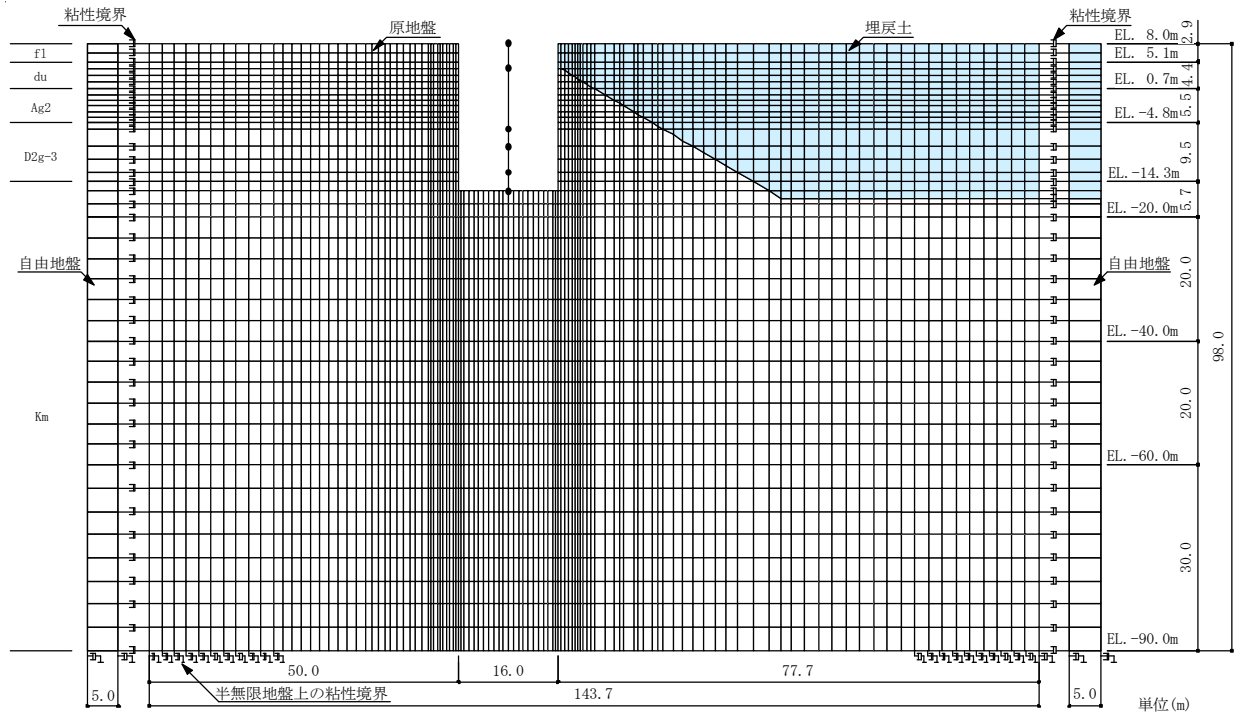


図 2-17 埋戻土考慮モデル

表 2-7 地盤定数

(a) $S_s - D 1$

標高 EL. (m)	層区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0 5.1	f1 (埋戻土)	7.3	1.98	0.04	188	1,784	0.494
0.7 -4.8	f1 (埋戻土)	17.7	1.98	0.16	111	1,775	0.498
-17.0	Km	3.0	1.72	0.03	409	1,645	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1,661	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1,678	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	445	1,692	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1,719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1,746	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1,769	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1,809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1,851	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1,898	0.442
-320.0	50.0	1.76	0.03	652	1,937	0.436	
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	718	1,988	0.425

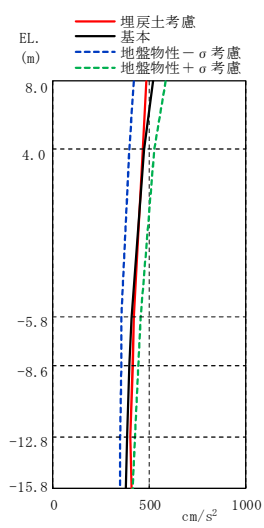
(b) $S_s - 3 1$

標高 EL. (m)	層区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	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
8.0 5.1	f1 (埋戻土)	7.3	1.98	0.04	190	1,784	0.494
0.7 -4.8	f1 (埋戻土)	17.7	1.98	0.16	109	1,775	0.498
-17.0	Km	3.0	1.72	0.03	411	1,646	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	418	1,663	0.466
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1,678	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1,689	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	463	1,717	0.461
-120.0		30.0	1.73	0.03	492	1,748	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	517	1,772	0.453
-190.0		40.0	1.74	0.03	545	1,811	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1,851	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1,898	0.442
-320.0	50.0	1.76	0.03	652	1,937	0.436	
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	718	1,988	0.425

(3) 地震応答解析結果

基準地震動 S_s-D1 及び S_s-31 による最大応答値を図 2-18～図 2-22 示す。

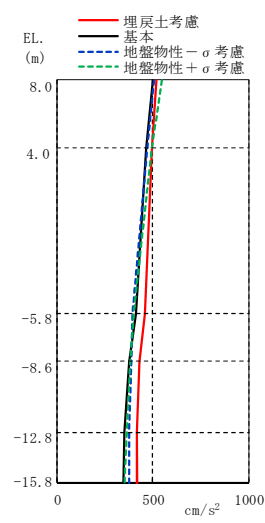
基本ケース及び埋戻土考慮ケースの地震応答解析結果を比較すると、両者の結果は概ね整合している。地盤を成層としてモデル化しても良いものと考えられる。



(單位: cm/s^2)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
487	421	520	584
465	398	472	523
421	357	409	455
411	352	397	441
403	347	381	423
408	350	376	416

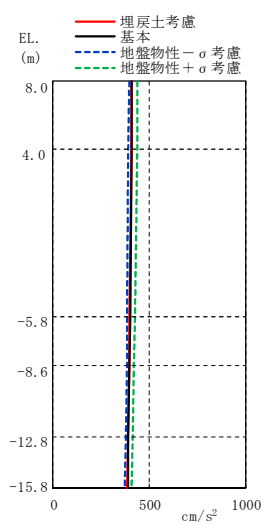
(a) S_s -D 1 NS方向



(單位: cm/s^2)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
521	509	500	547
493	469	463	498
461	397	415	402
429	387	376	384
421	377	356	364
418	374	350	353

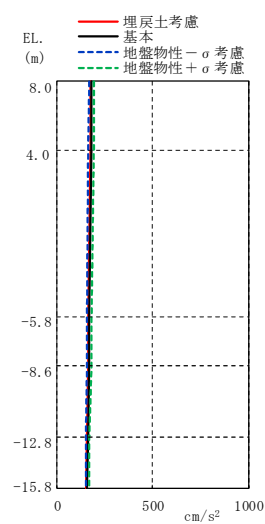
(b) S_s -3 1 NS方向



(單位: cm/s^2)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
407	394	410	436
406	393	409	435
399	385	401	424
396	382	398	419
390	376	392	411
387	372	390	408

(c) S_s -D 1 UD方向

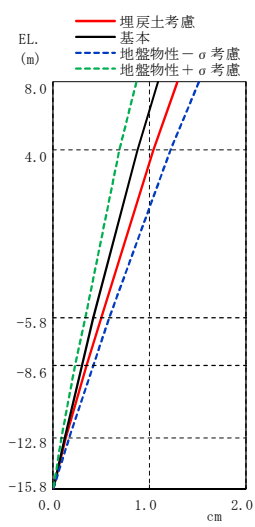


(單位: cm/s^2)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
175	167	181	192
174	166	181	191
166	159	172	182
163	156	168	178
156	151	161	172
153	149	159	170

(d) S_s -3 1 UD方向

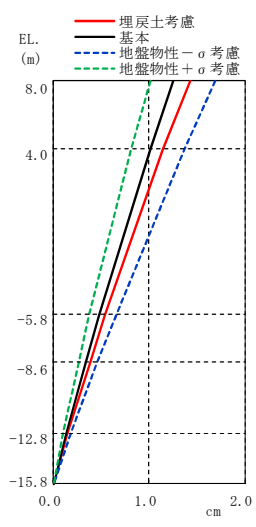
图 2-18 最大応答加速度



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
1.29	1.51	1.09	0.86
1.04	1.22	0.88	0.70
0.50	0.58	0.42	0.33
0.35	0.41	0.30	0.23
0.14	0.17	0.12	0.09
—	—	—	—

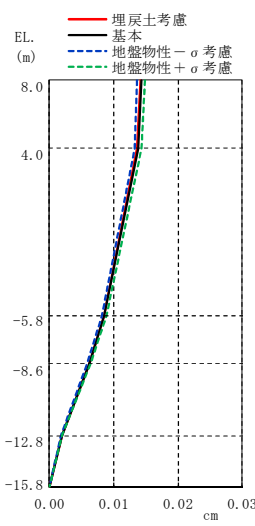
(a) S_s -D 1 NS方向



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
1.44	1.70	1.26	1.02
1.16	1.37	1.01	0.81
0.55	0.66	0.48	0.38
0.39	0.47	0.34	0.27
0.16	0.19	0.14	0.11
—	—	—	—

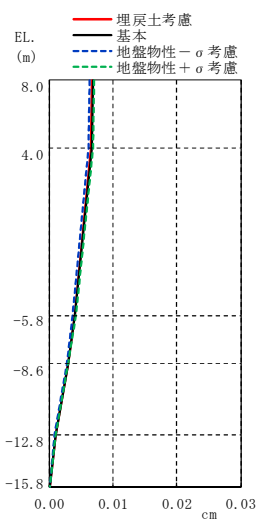
(b) S_s -3 1 NS方向



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
0.015	0.014	0.015	0.015
0.014	0.014	0.014	0.015
0.009	0.009	0.009	0.009
0.007	0.006	0.007	0.007
0.002	0.002	0.002	0.002
—	—	—	—

(c) S_s -D 1 UD方向



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 考慮
0.007	0.007	0.007	0.007
0.007	0.007	0.007	0.007
0.004	0.004	0.005	0.005
0.003	0.003	0.003	0.003
0.001	0.001	0.001	0.001
—	—	—	—

(d) S_s -3 1 UD方向

图 2-19 最大応答変位