

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-17 改0
提出年月日	平成30年6月15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.....	21
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.....	35
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（機電殿所掌末追記） .	47
3. 応力解析に関する補足説明.....	49
3.1 土圧荷重の設定方法.....	49
3.2 底面地盤ばねの設定方法.....	56
3.3 応力解析における二方向入力（ドラフト）.....	61

## 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

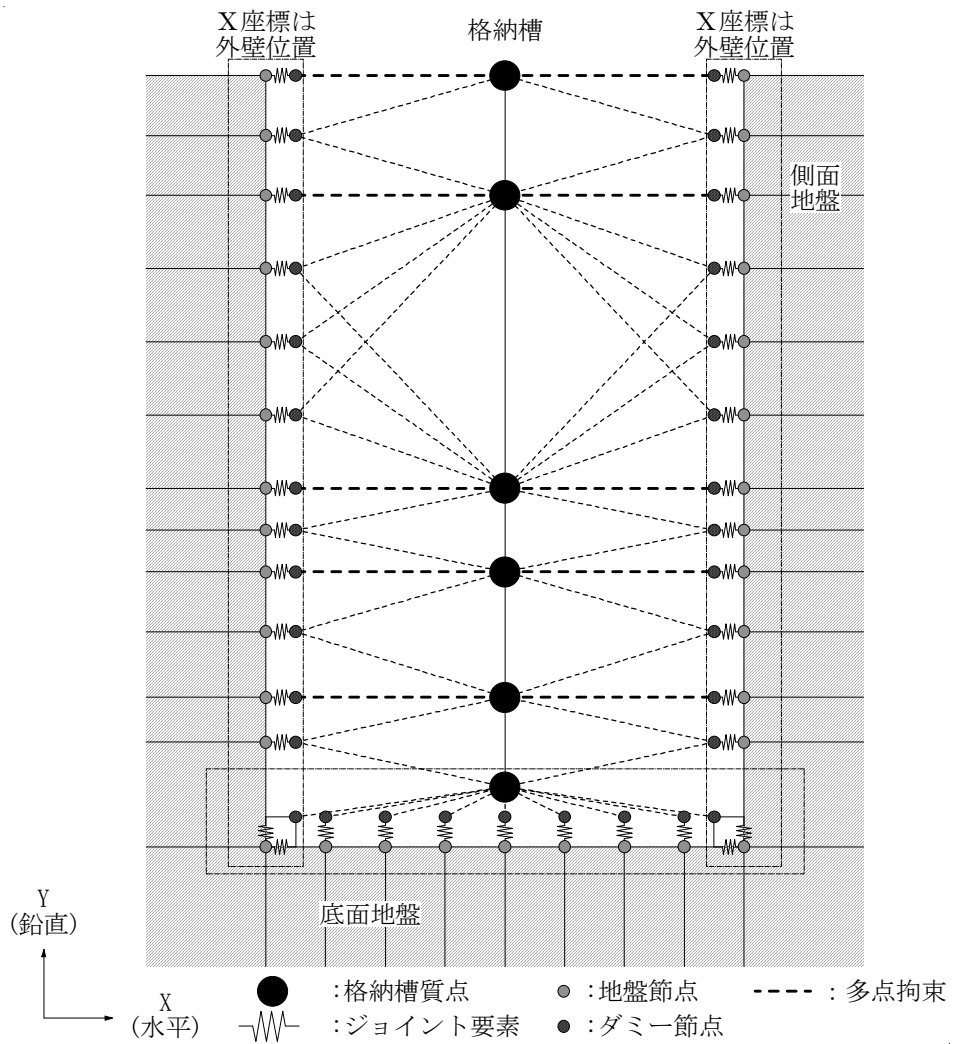
格納槽外壁と側面地盤の間には、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

- ・ 基礎スラブと底面地盤間のモデル化

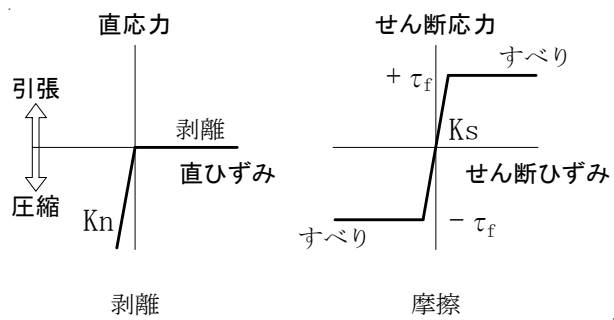
基礎スラブと底面地盤の間には、浮き上がりを表現するため、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

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（ $S_s$ -D 1,  $S_s$ -2 1,  $S_s$ -2 2,  $S_s$ -3 1）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	+ $\sigma$ 相当	- $\sigma$ 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+ $\sigma$  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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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

(b)  $S_s-21$

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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



表 2-3 (2/2) 地盤物性+ $\sigma$  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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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- $\sigma$  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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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- $\sigma$  考慮モデルの地盤定数

(c)  $S_s-22$

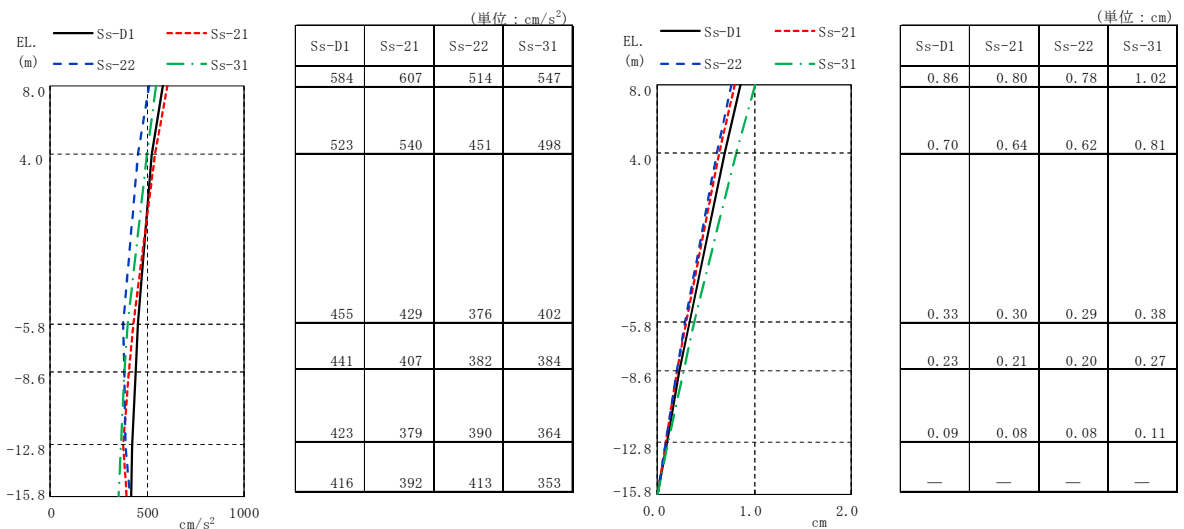
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 $\nu$
8.0	f1	2.9	1.98	0.04	182	1691	0.494
5.1	du	4.4	1.98	0.11	138	1685	0.497
0.7	Ag2	5.5	2.01	0.12	145	1614	0.496
-4.8	D2g-3	9.5	2.15	0.05	337	1570	0.476
-14.3	Km	5.7	1.72	0.02	376	1483	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	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 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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

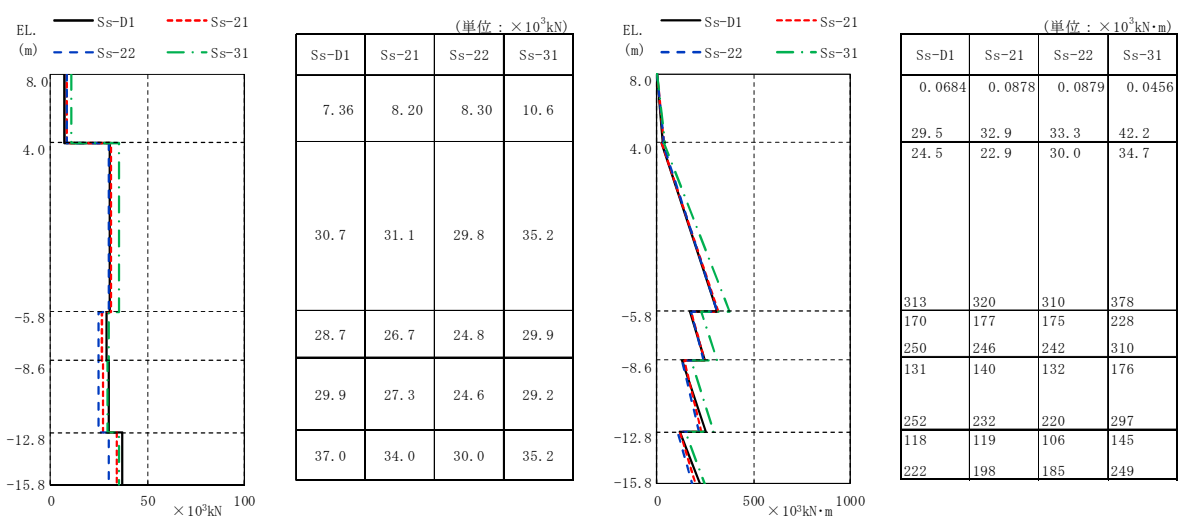
### 2.2.2 地震応答解析結果

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、地盤物性+ $\sigma$  考慮モデルの解析結果を図 2-2 及び図 2-3 に、地盤物性- $\sigma$  考慮モデルの解析結果を図 2-4 及び図 2-5 に示す。



(a) 最大応答加速度

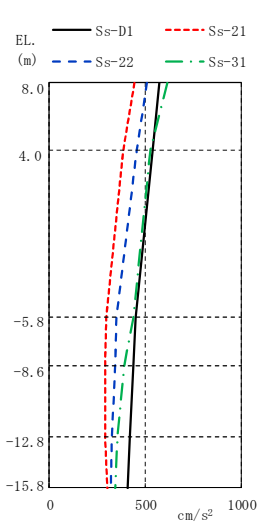
(b) 最大応答変位



(c) 最大応答せん断力

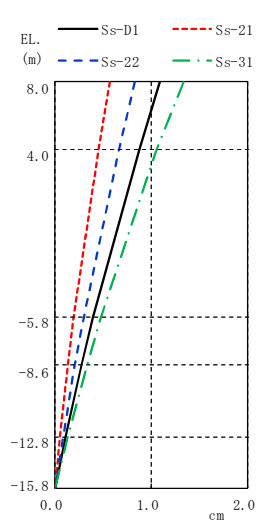
(d) 最大応答曲げモーメント

図 2-2 (1/3) 最大応答値 (地盤物性+ $\sigma$  考慮モデル, NS 方向)



(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
573	444	509	612
536	384	456	526
452	294	349	440
435	290	342	390
419	293	323	354
409	303	322	344

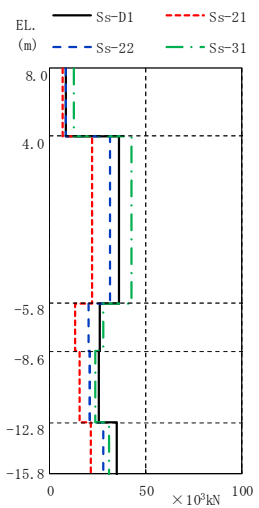


(単位: cm)

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.09	0.58	0.84	1.34
0.87	0.46	0.67	1.05
0.40	0.20	0.30	0.47
0.28	0.14	0.21	0.33
0.11	0.06	0.08	0.13
—	—	—	—

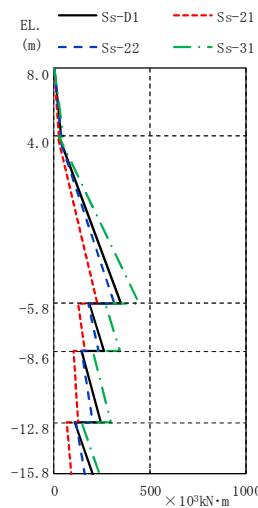
(e) 最大応答加速度

(f) 最大応答変位



(単位:  $\times 10^3\text{kN}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
8.45	6.34	8.38	12.5
35.9	22.2	31.1	42.8
26.0	13.3	20.2	27.7
25.5	15.2	20.5	23.5
34.6	21.1	27.9	31.0



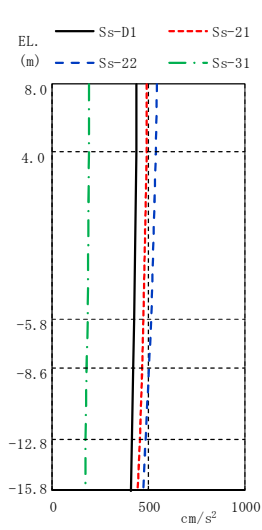
(単位:  $\times 10^3\text{kN}\cdot\text{m}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.0861	0.0757	0.0929	0.249
33.9	25.4	33.6	50.0
22.9	17.6	22.4	22.6
350	223	311	441
185	127	180	265
258	158	230	341
143	98.0	145	202
242	122	199	297
110	66.2	111	145
204	89.6	162	238

(g) 最大応答せん断力

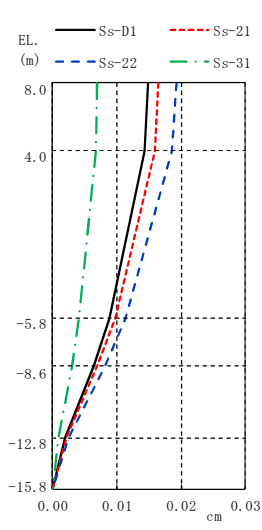
(h) 最大応答曲げモーメント

図 2-2 (2/3) 最大応答値 (地盤物性+ $\sigma$  考慮モデル, EW 方向)



(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
436	491	542	192
435	489	540	191
424	473	513	182
419	466	503	178
411	453	484	172
408	446	474	170

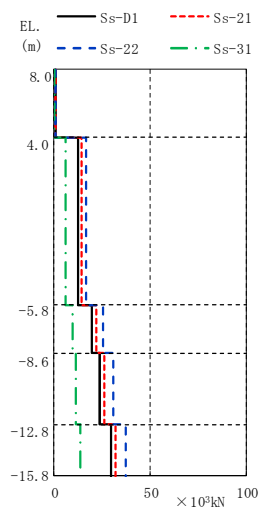


(単位: cm)

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.015	0.017	0.020	0.007
0.015	0.016	0.019	0.007
0.009	0.010	0.012	0.005
0.007	0.008	0.009	0.003
0.002	0.003	0.003	0.001
—	—	—	—

(i) 最大応答加速度

(j) 最大応答変位

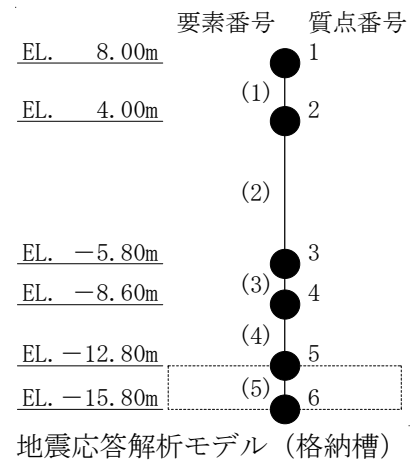
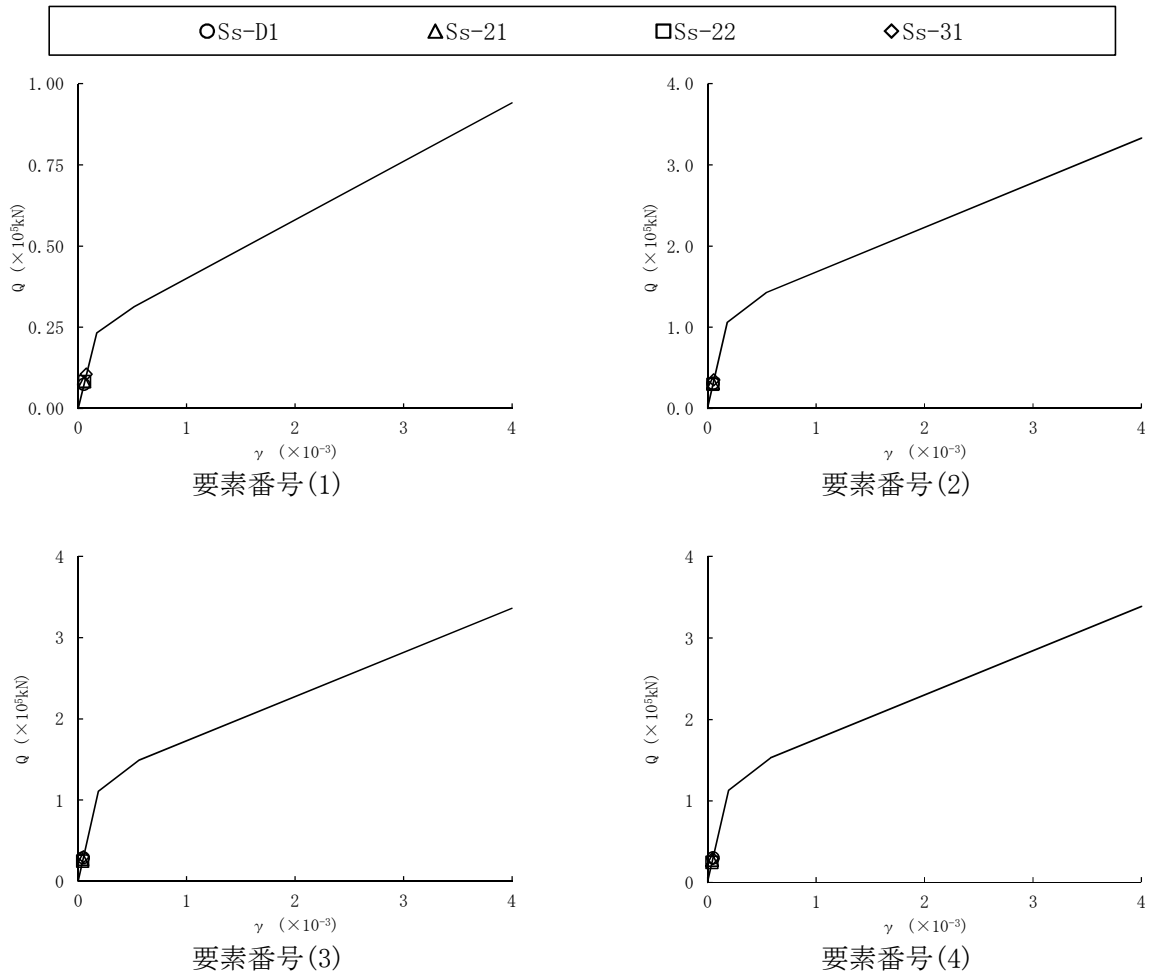


(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.606	0.667	0.794	0.288
12.8	14.3	16.8	6.07
19.8	22.0	25.7	9.31
23.6	26.0	30.6	11.1
29.4	32.1	37.5	13.8

(k) 最大応答軸力

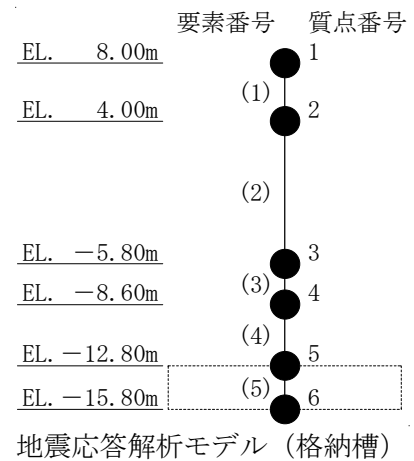
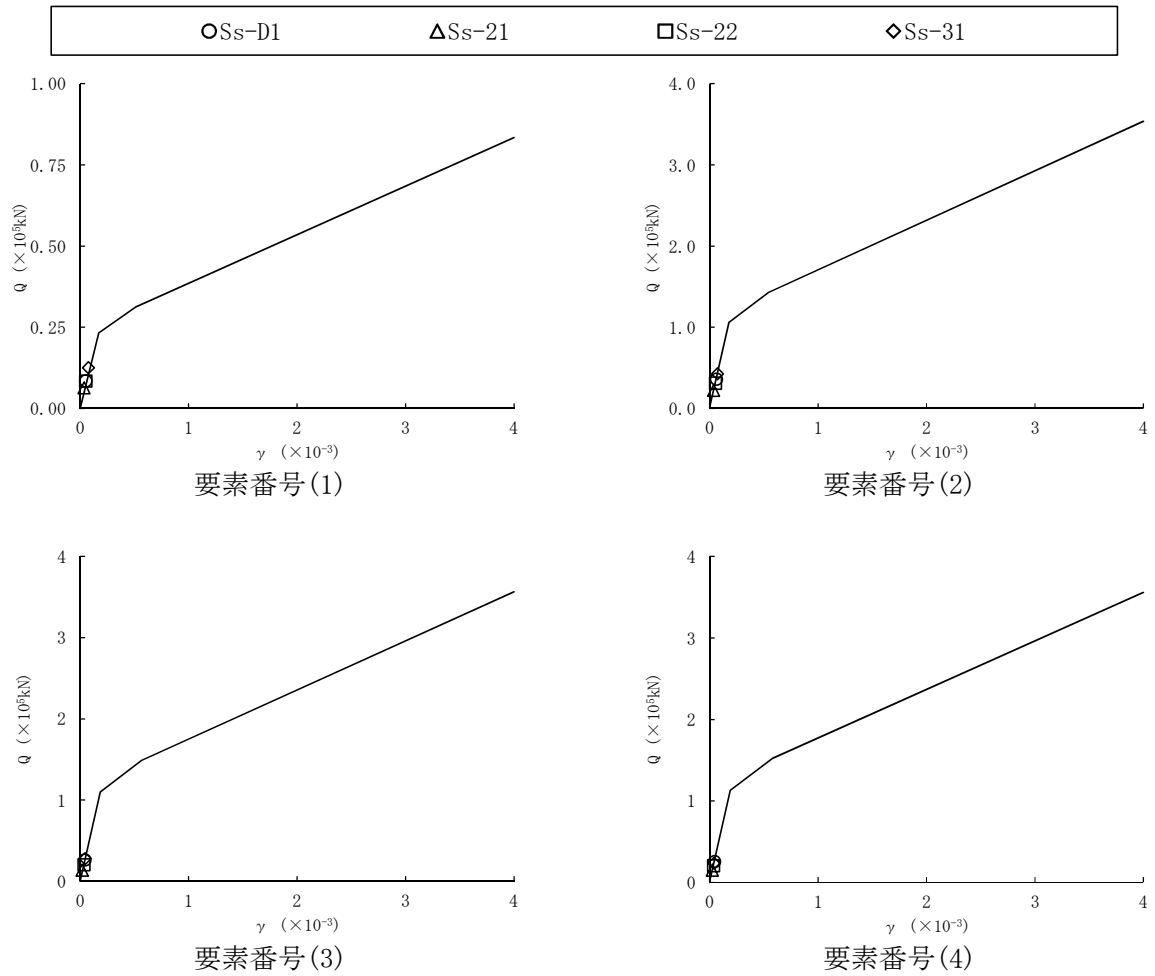
図 2-2 (3/3) 最大応答値 (地盤物性 +  $\sigma$  考慮モデル, UD 方向)



(a) NS方向

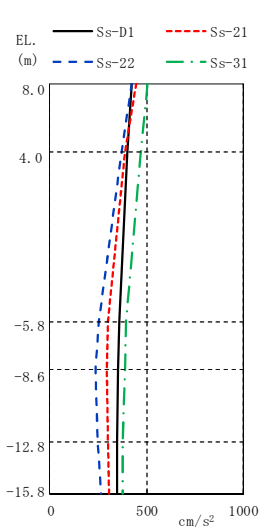
図2-3 (1/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル)





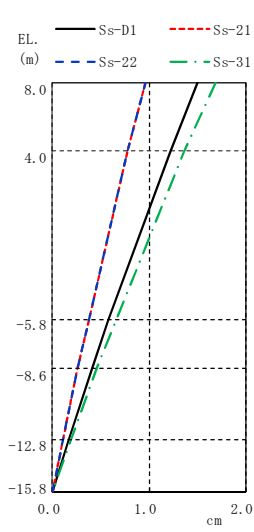
(b) EW 方向

図 2-3 (2/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (地盤物性+ $\sigma$  考慮モデル)



(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
421	445	424	509
398	390	372	469
357	300	255	397
352	296	238	387
347	300	246	377
350	309	263	374

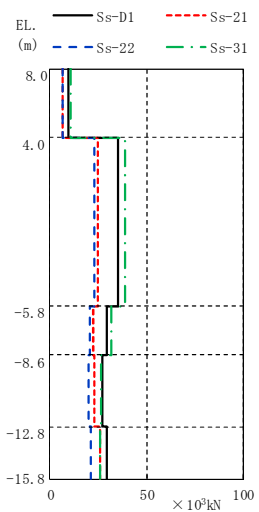


(単位:  $\text{cm}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.51	0.96	0.96	1.70
1.22	0.79	0.78	1.37
0.58	0.38	0.38	0.66
0.41	0.27	0.27	0.47
0.17	0.11	0.11	0.19
—	—	—	—

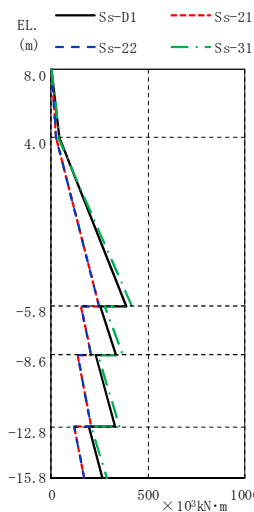
(a) 最大応答加速度

(b) 最大応答変位



(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
9.70	6.29	6.38	10.7
35.6	24.6	23.0	39.1
29.5	22.7	20.6	32.0
27.0	23.0	20.0	26.8
29.5	26.2	21.1	25.8



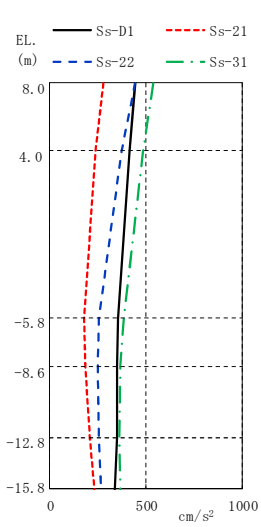
(単位:  $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.0745	0.0787	0.0761	0.0564
38.9	25.3	25.6	42.6
40.4	22.3	25.0	37.2
388	248	246	421
255	153	155	279
335	206	207	368
229	134	134	243
329	205	204	355
194	120	119	209
266	173	173	286

(c) 最大応答せん断力

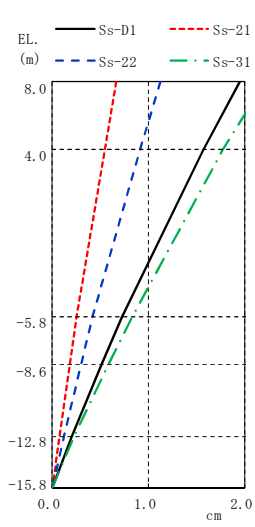
(d) 最大応答曲げモーメント

図 2-4 (1/3) 最大応答値 (地盤物性- $\sigma$  考慮モデル, NS 方向)



(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
445	277	442	536
412	240	372	484
356	176	256	382
351	185	251	368
347	208	254	361
339	230	268	366

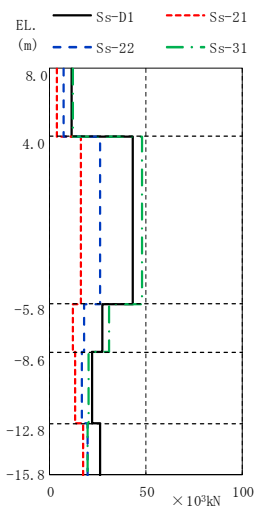


(単位: cm)

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.95	0.67	1.12	2.20
1.57	0.54	0.91	1.78
0.73	0.26	0.42	0.83
0.51	0.18	0.30	0.58
0.21	0.07	0.12	0.24
—	—	—	—

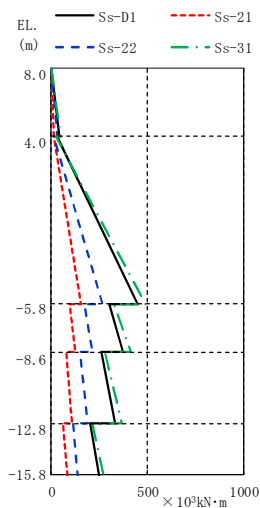
(e) 最大応答加速度

(f) 最大応答変位



(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
11.1	3.72	6.89	12.0
43.2	15.8	26.3	47.8
27.5	12.0	17.5	30.6
22.1	13.2	16.8	20.3
25.8	17.0	19.8	19.4



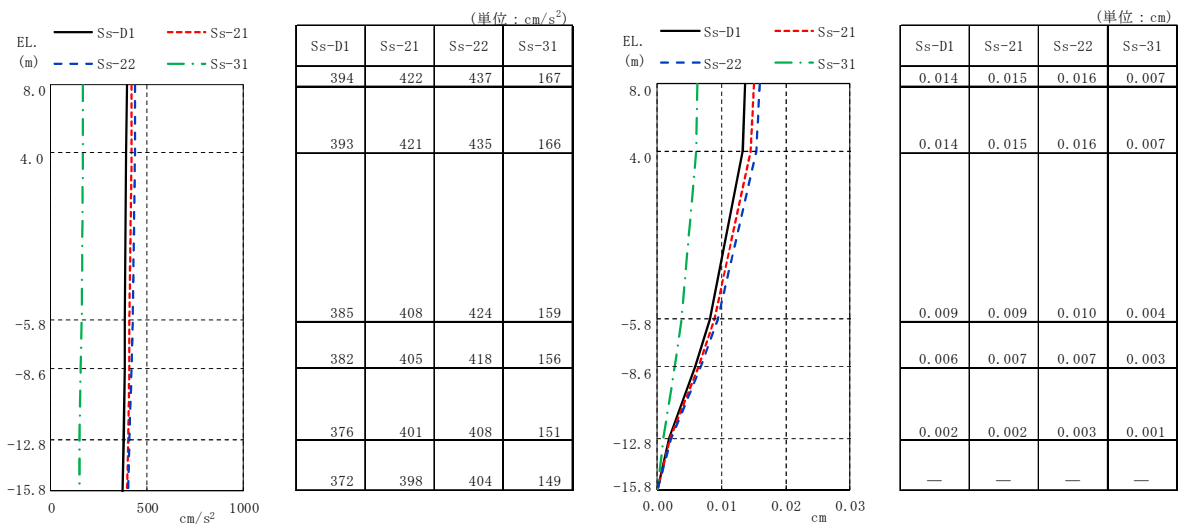
(単位:  $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$ )

Ss-D1	Ss-21	Ss-22	Ss-31
0.0924	0.0600	0.0810	0.129
44.4	15.0	27.7	47.9
32.6	13.4	15.0	25.9
450	154	267	491
300	93.1	171	327
374	122	215	413
261	77.3	149	279
331	109	188	364
199	58.1	114	214
247	81.7	137	269

(g) 最大応答せん断力

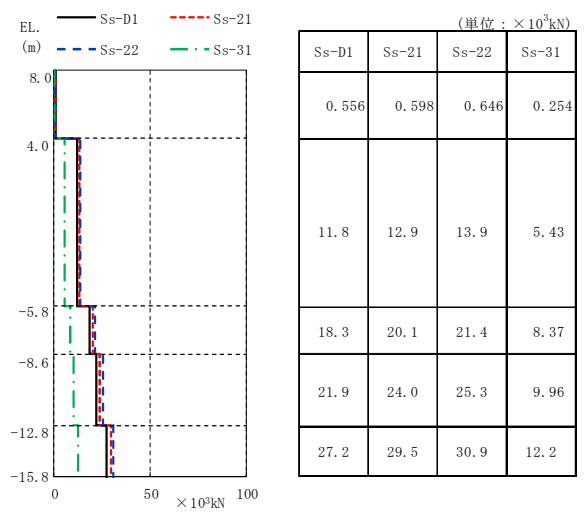
(h) 最大応答曲げモーメント

図 2-4 (2/3) 最大応答値 (地盤物性- $\sigma$  考慮モデル, EW 方向)



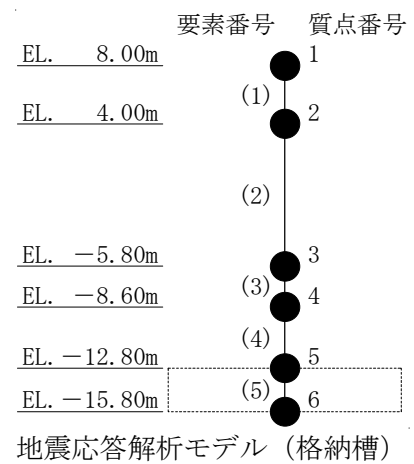
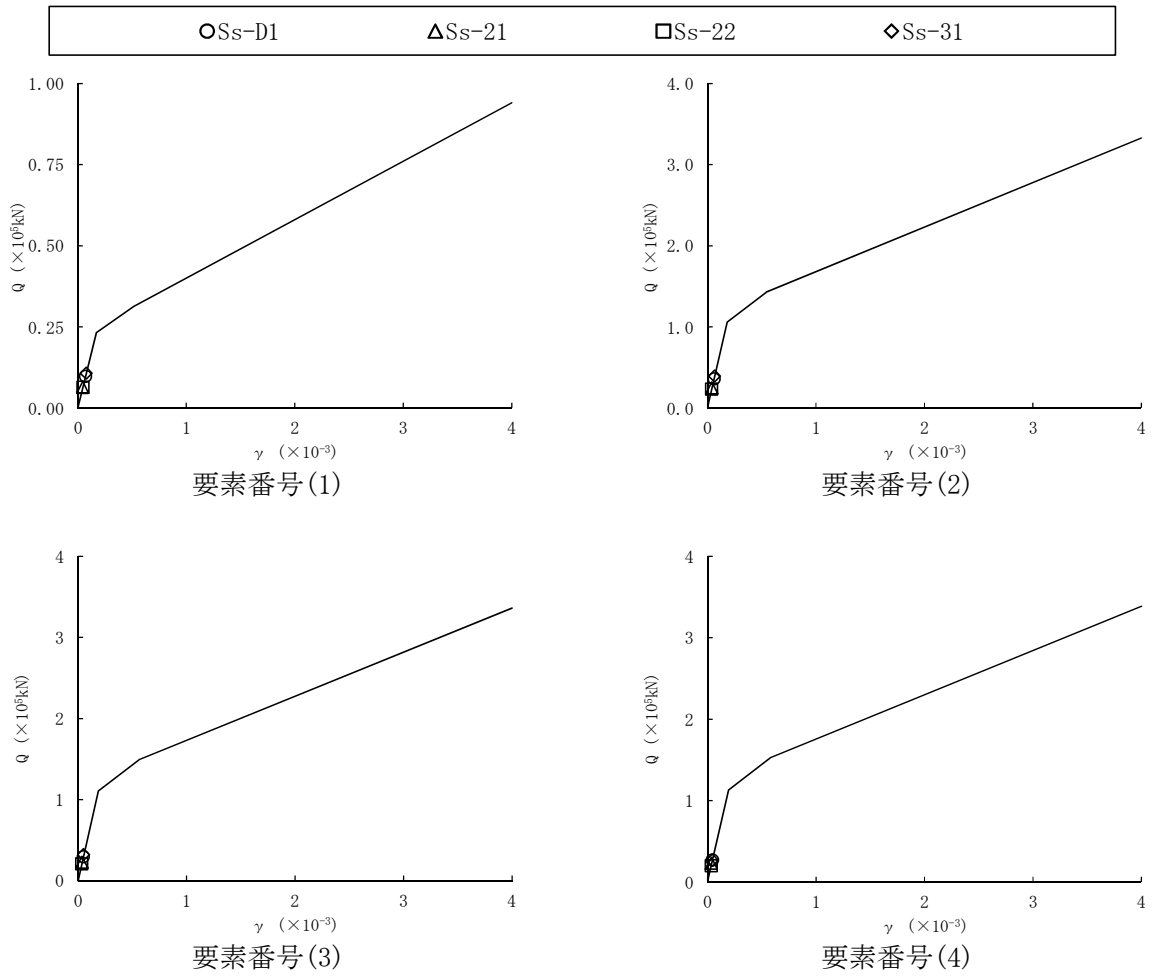
(i) 最大応答加速度

(j) 最大応答変位



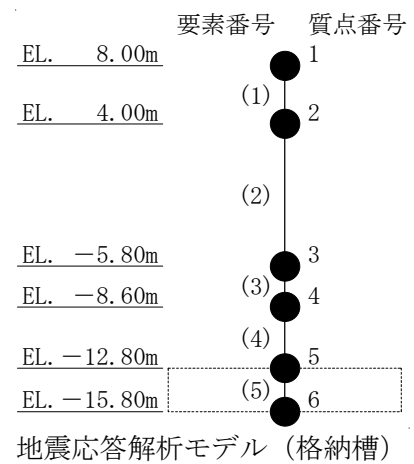
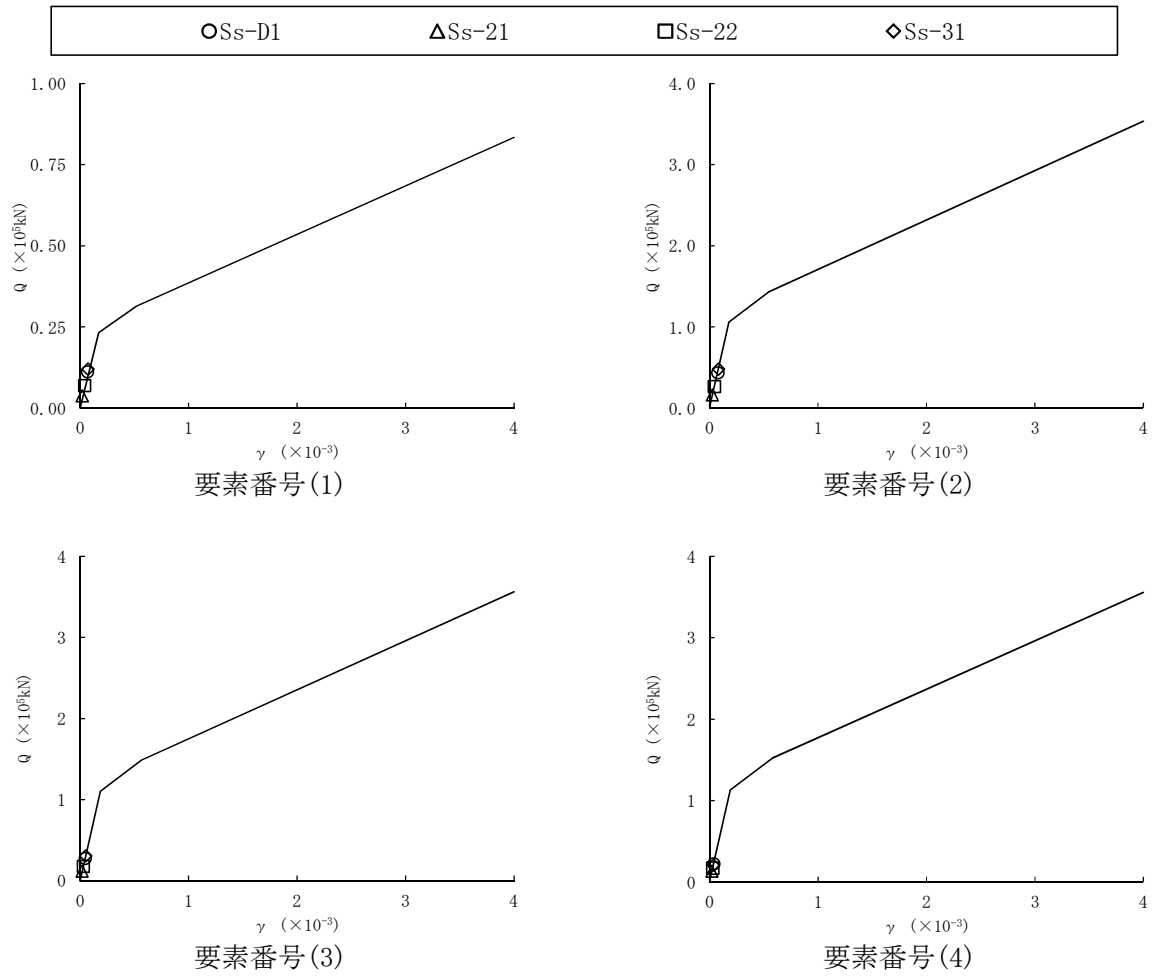
(k) 最大応答軸力

図 2-4 (3/3) 最大応答値 (地盤物性- $\sigma$  考慮モデル, UD 方向)



(a) NS方向

図2-5 (1/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (地盤物性- $\sigma$ 考慮モデル)



(b) EW 方向

図 2-5 (2/2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (地盤物性- $\sigma$  考慮モデル)

## 2.3 地盤のモデル化に関する補足説明

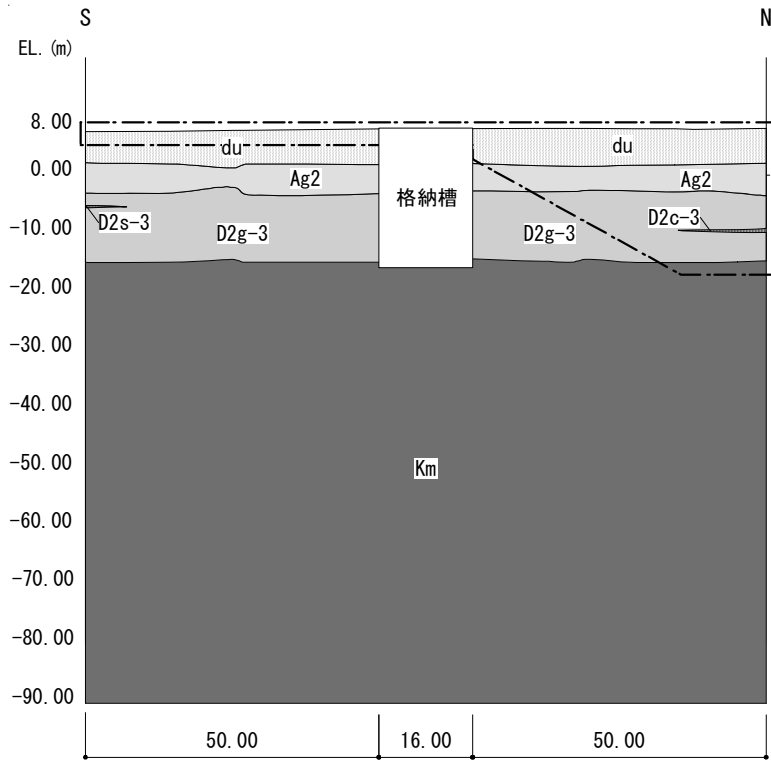
資料V-2-2-17「格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」において、格納槽の地盤は、成層地盤として2次元FEMによりモデル化している。

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

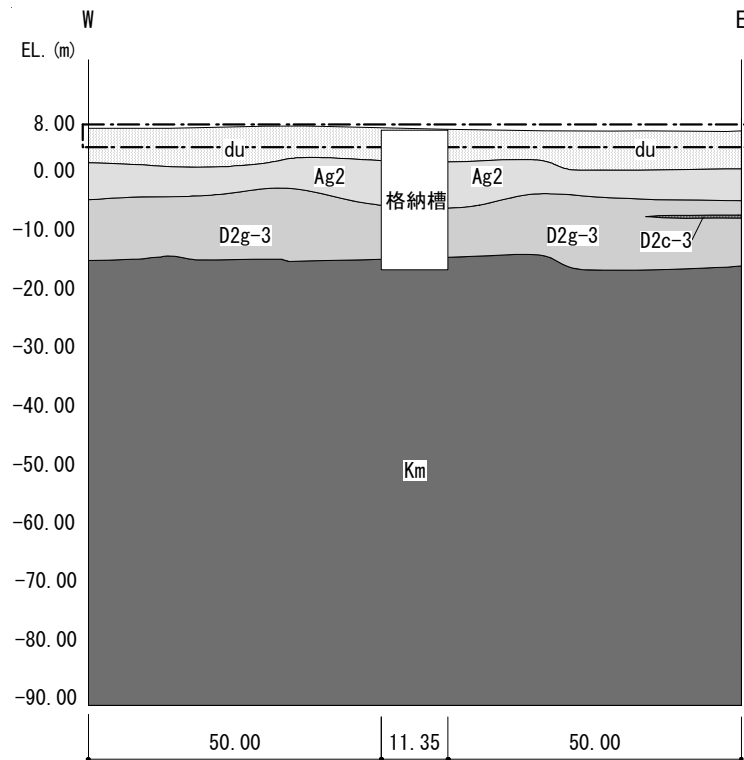
原子炉建屋の建設時の地盤調査に基づく地質断面図を図2-6に示す。

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 2-6 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 2-7 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+ $\sigma$ 考慮モデル	成層地盤
	地盤物性- $\sigma$ 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

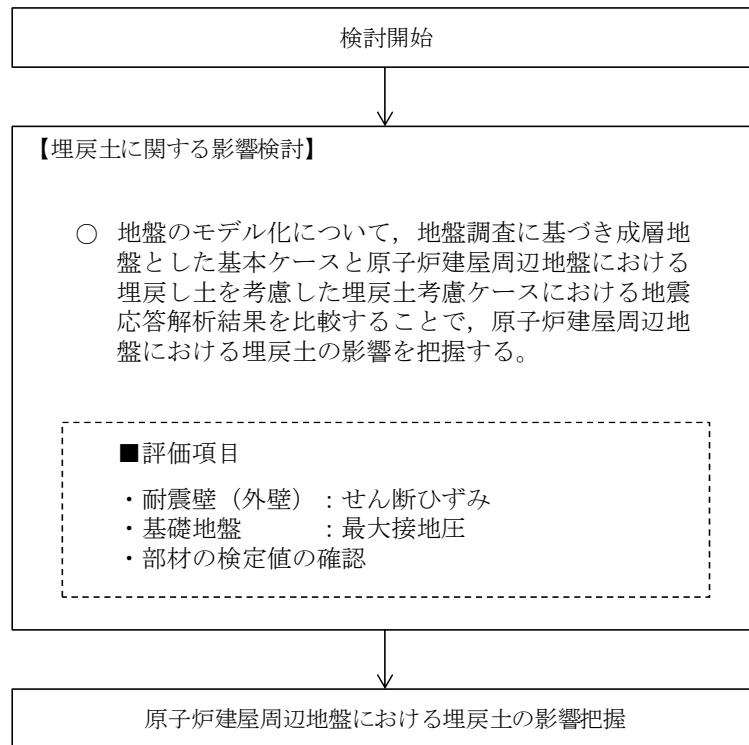


図 2-7 検討フロー

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 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) 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 ( $4660 \text{ kN/m}^2$ ) 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 2-8 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。

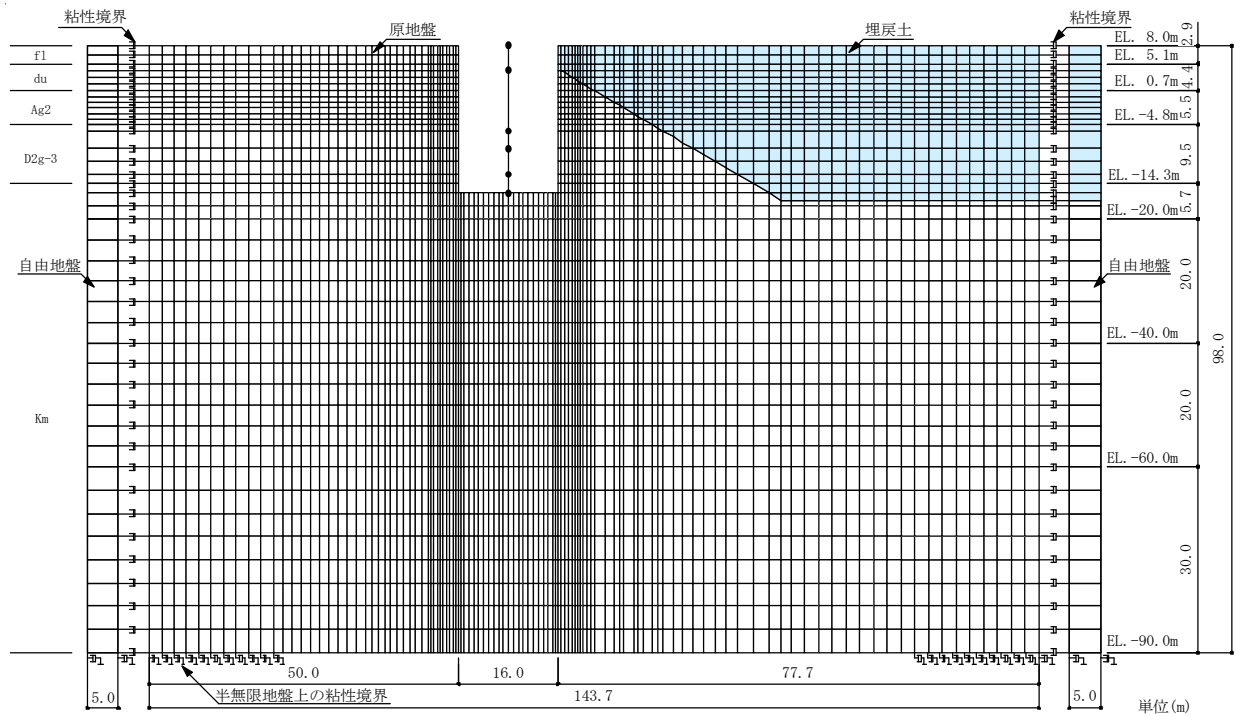


図 2-8 埋戻土考慮モデル

表 2-7 地盤定数

(a)  $S_s - D 1$

標高 EL. (m)	層区分	層厚 (m)	密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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

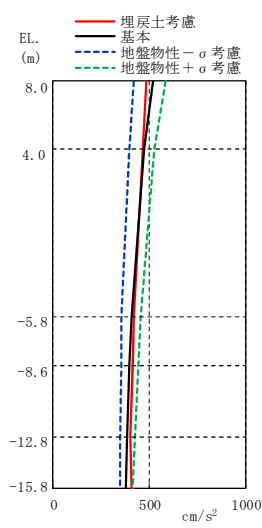
(b)  $S_s - 3 1$

標高 EL. (m)	層区分	層厚 (m)	密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	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 $\nu$
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2-9～図2-13示す。

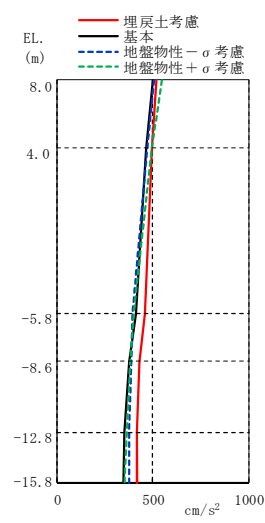
基本ケース及び埋戻土考慮ケースの地震応答解析結果を比較すると、両者の結果は概ね整合している。地盤を成層としてモデル化しても良いものと考えられる。



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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

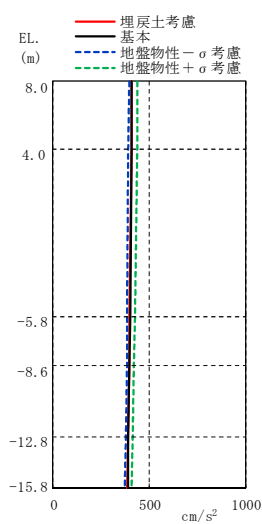
(a)  $S_s$ -D 1 NS方向



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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

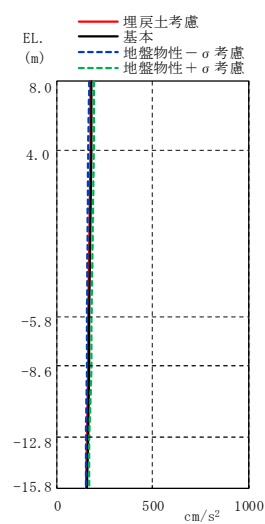
(b)  $S_s$ -3 1 NS方向



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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

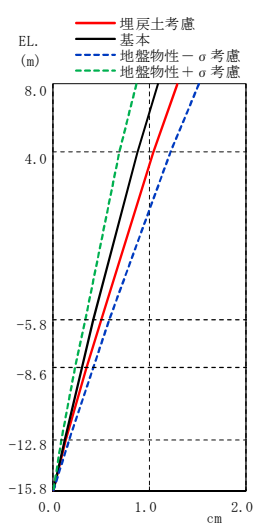


(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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

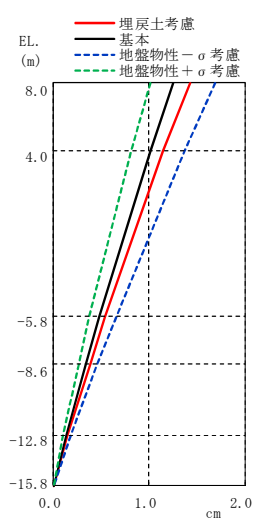
圖 2-9 最大応答加速度



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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
—	—	—	—

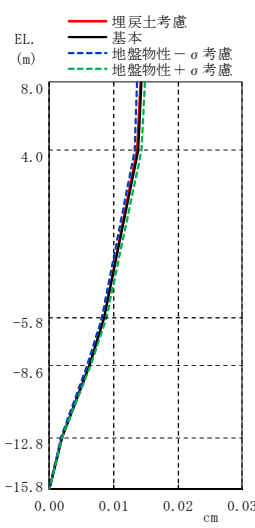
(a)  $S_s$ -D 1 NS方向



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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
—	—	—	—

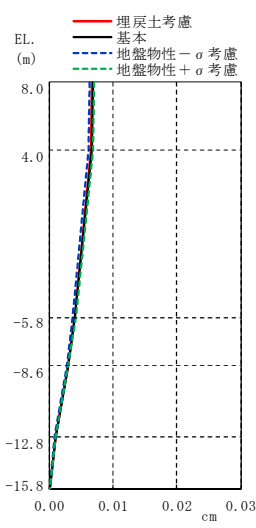
(b)  $S_s$ -3 1 NS方向



(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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

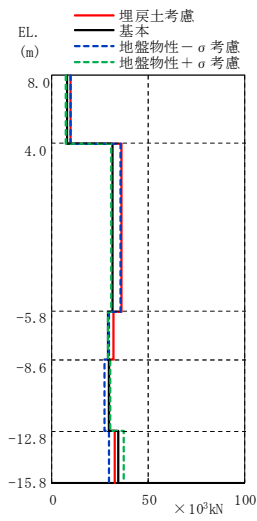


(單位: cm)

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 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
—	—	—	—

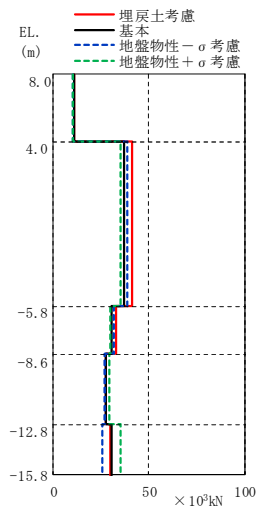
(d)  $S_s$ -3 1 UD方向

图 2-10 最大応答変位



(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

埋戻土考慮	地盤物性- $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性+ $\sigma$ 考慮
9.59	9.70	7.73	7.36
36.3	35.6	31.1	30.7
31.9	29.5	29.1	28.7
29.8	27.0	29.5	29.9
32.8	29.5	34.3	37.0



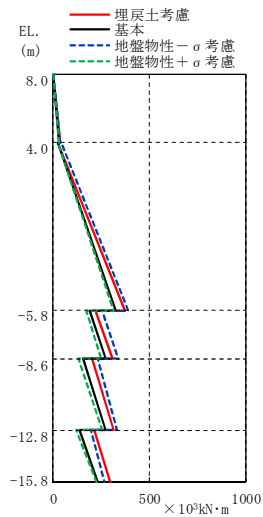
(単位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

埋戻土考慮	地盤物性- $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性+ $\sigma$ 考慮
11.3	10.7	10.7	10.6
41.5	39.1	37.2	35.2
33.0	32.0	30.7	29.9
27.8	26.8	27.6	29.2
29.7	25.8	30.6	35.2

(a)  $S_s$ -D1 NS方向

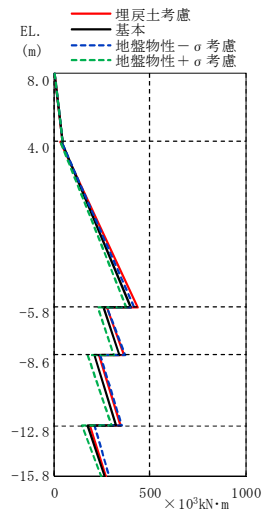
(b)  $S_s$ -31 NS方向

図2-11 最大応答せん断力



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

埋戻土考慮	地盤物性- $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性+ $\sigma$ 考慮
0.0648	0.0745	0.0746	0.0684
38.4	38.9	31.0	29.5
25.4	40.4	26.1	24.5
370	388	324	313
219	255	192	170
307	335	273	250
200	229	157	131
316	329	275	252
214	194	135	118
297	266	230	222



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

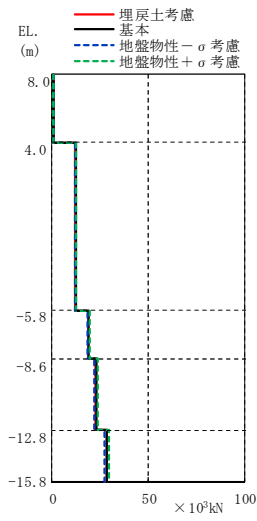
埋戻土考慮	地盤物性- $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性+ $\sigma$ 考慮
0.0493	0.0564	0.0491	0.0456
45.0	42.6	42.8	42.2
31.0	37.2	38.3	34.7
437	421	402	378
275	279	256	228
367	368	342	310
235	243	211	176
349	355	326	297
187	209	175	145
273	286	267	249

(a)  $S_s$ -D1 NS方向

(b)  $S_s$ -31 NS方向

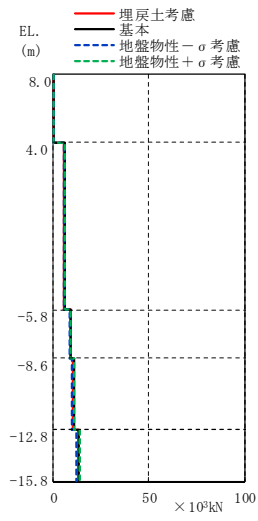
図2-12 最大応答曲げモーメント





(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
0.578	0.556	0.580	0.606
12.2	11.8	12.3	12.8
19.0	18.3	19.1	19.8
22.7	21.9	22.8	23.6
28.2	27.2	28.3	29.4



(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

埋戻土考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
0.270	0.254	0.279	0.288
5.74	5.43	5.93	6.07
8.88	8.37	9.12	9.31
10.7	9.96	10.9	11.1
13.2	12.2	13.4	13.8

(a)  $S_s$ -D 1 UD 方向

(b)  $S_s$ -3 1 UD 方向

图 2-13 最大応答軸力

(4) 格納槽の耐震評価への影響

a. 耐震壁（地下外壁）を対象としたせん断ひずみの評価

地震応答解析モデルを埋戻土考慮モデルとすることによる格納槽の耐震評価への影響検討として、基本ケースと埋戻土考慮ケースの地震応答解析結果による耐震壁（地下外壁）の最大せん断ひずみが許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認する。

基本ケースと埋戻土考慮ケースの最大せん断ひずみの比較を表 2-8 に示す。

表 2-8 には、基準地震動  $S_s-D1$  及び  $S_s-31$  に対する地震応答解析結果のうち、最もせん断ひずみが大きい部材の応答値を示している。また、基本ケースの最大せん断ひずみには、基本モデル、地盤物性+ $\sigma$  考慮モデル、及び地盤物性- $\sigma$  考慮モデルによる地震応答解析結果の包絡値を採用する。

表 2-8 より、格納槽の最大せん断ひずみは、基本ケースと埋戻土考慮ケースのどちらにおいても許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認した。

表 2-8 基本ケースと埋戻土考慮ケースの最大せん断ひずみの比較

方向	基本ケース			埋戻土考慮ケース		
	地震波	要素番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	地震波	要素番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )
NS 方向	$S_s-31$	(1)*	0.0792	$S_s-31$	(1)*	0.0833

\*：要素番号は、図 2-14 に基づく。

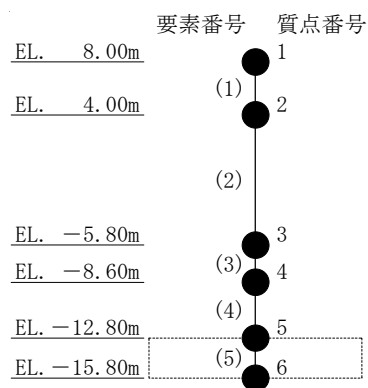


図 2-14 地震応答解析モデル（格納槽）

b. 基礎地盤を対象とした接地圧の評価

地震応答解析モデルを埋戻土考慮モデルとすることによる格納槽の耐震評価への影響検討として、基本ケースと埋戻土考慮ケースの地震応答解析結果による基礎地盤の最大接地圧が極限鉛直支持力度（4660 kN/m<sup>2</sup>）を十分下回ることを確認する。

基本ケースと埋戻土考慮ケースの最大接地圧の比較を表 2-9 に示す。

表 2-9 には、基準地震動 S<sub>s</sub>-D 1 及び S<sub>s</sub>-3 1 に対する地震応答解析結果のうち、最も接地圧が大きい数値を示している。

表 2-9 より、格納槽の基礎地盤における最大接地圧は、基本ケースを上回ってはいないものの、埋戻土考慮ケースにおいても極限鉛直支持力度（4660 kN/m<sup>2</sup>）を十分下回ることを確認した。

表 2-9 基本ケースと埋戻土考慮ケースの最大接地圧の比較

方向	基本ケース		埋戻土考慮ケース	
	地震波	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	地震波	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
NS 方向	S <sub>s</sub> -3 1	872	S <sub>s</sub> -D 1	1110

c. 基礎スラブ及び耐震壁（地下外壁）に対する耐震評価への影響

検討は、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」に記載の基本ケースによる地震応答解析結果を用いた断面算定の検定値に、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）を超えないことを確認する。

検討においては、基本ケースにおける地震応答解析結果を用いた断面算定の検定値が最大となる部位について確認する。基本ケースと埋戻土考慮ケースの応答比は、応力解析において解析モデルへの入力荷重として用いる各部材の最大応答せん断力及び最大曲げモーメントの応答比をそれぞれ算出し、その最大値とする。ただし、最大曲げモーメントの応答比の算出では、脚部の応答値を用いる。また、基本ケースについては、基本モデル、地盤物性+σ考慮モデル、及び地盤物性-σ考慮モデルによる地震応答解析結果の包絡値を採用する。

検討結果を表2-10に示す。

全ての部材について断面算定の検定値に応答比を乗じた値が許容限界（1.0）を超えないことを確認した。

表2-10 検討結果

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)		検討対象 部位	基本ケースの 検定値（発生値／許容値）の最大値 (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」に記載の結果)			確認 結果 ①×②
考慮する 応答値	応答比 ①		評価 項目	要素 番号	検定値 ②	
最大応答 せん断力  及び  最大 曲げモーメント	1.120*	耐震壁 (地下外壁)	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力 (鉛直方向)	109326	0.536	0.601
		基礎 スラブ	面外せん断力 (EW方向)	2318	0.582	0.652
		上版	面外せん断力 (EW方向)	1233	0.397	0.445

\* : S<sub>s</sub>-D1, 要素番号(5)における応答比（最大曲げモーメントの比率）を示す。

## 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

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」の水平方向モデルは、格納槽の地盤として側方に十分な拡がりをもっており、図2-15に示す上載土と側方の地盤は一体挙動すると考えられることから、水平方向モデルには上載土の重量は考慮していない。(以下、「基本モデル」と呼ぶ。)

本節では、格納槽が上載土重量を全て負担した場合の影響について説明する。

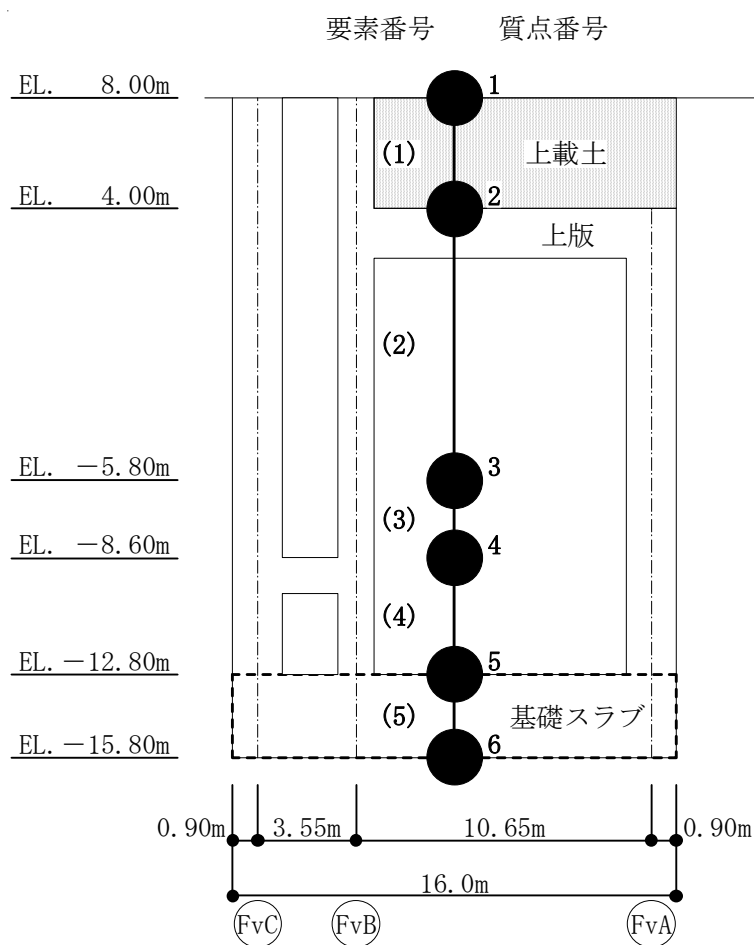


図2-15 格納槽の上載土の概要 (NS方向)

#### 2.4.1 検討方針

上載土重量に関する影響検討における解析ケースを表 2-11 に示す。

基本ケース及び上載土重量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、格納槽が上載土重量を全て負担した場合の影響を把握する。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、上載土重量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、「2.2 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 2-12 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 2-11 上載土重量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	上載土重量のモデル反映
基本ケース	基本モデル	非考慮
	地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル	非考慮
	地盤物性- $\sigma$ 考慮モデル	非考慮
上載土重量考慮ケース	上載土重量考慮モデル	考慮

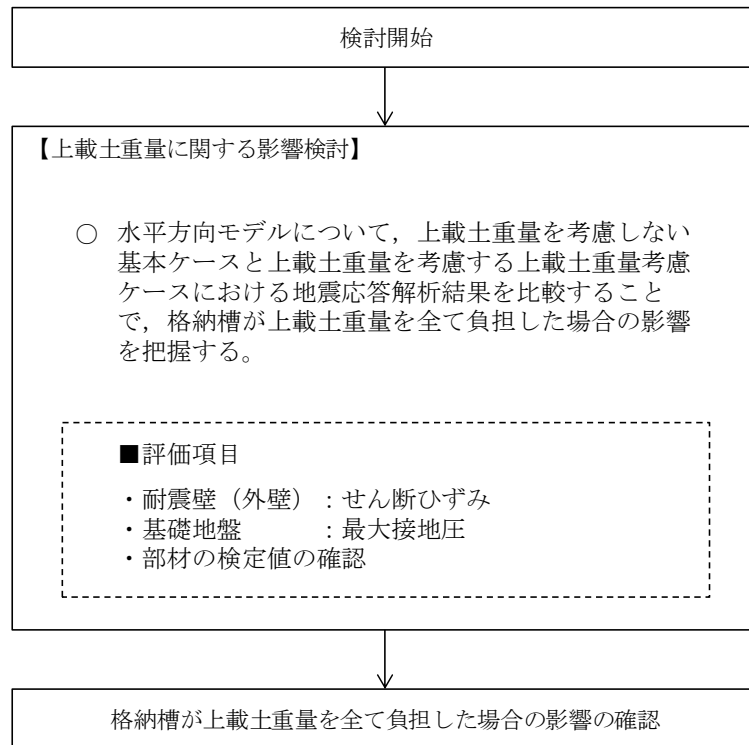


図 2-16 検討フロー

表 2-12 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 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) 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 ( $4660 \text{ kN/m}^2$ ) 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、基本ケースと上載土重量考慮ケースの応答比 (上載土重量考慮ケース / 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	

#### 2.4.2 上載土重量考慮モデルのモデル化

基準地震動  $S_s-D1$  及び  $S_s-31$  による地震応答解析を行う。モデル化は、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」に基本的に準拠するものとし、上載土重量を考慮した点のみ異なる。基本ケースの諸元は、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」に示す基本モデルの値と同一である。上載土重量考慮モデルでは、上載土重量を EL. 4.00 m 及び EL. 8.00m に載荷するものとする。

上載土重量考慮モデルの諸元を表 2-13 に示す。

表 2-13 上載土重量考慮モデルの諸元

標高 EL. (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	回転慣性重量 ( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ )		要素 番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )		断面2次モーメント ( $\text{m}^4$ )	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
8.0	1	7330	107.2	105.9	(1) (2) (3) (4) (5)				
4.0	2	23240	550.9	304.6		13.26	15.19	48.00	45.16
-5.8	3	16180	363.8	192.3		57.60	54.74	2402	1369
-8.6	4	8490	183.9	93.9		57.60	54.82	2422	1369
-12.8	5	13730	304.3	158.8		57.60	52.37	2422	1348
-15.8	6	6560	141.2	71.7		181.6	181.6	3874	1950
総重量		75530							

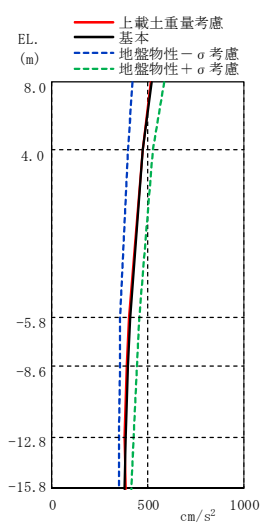
\*注：表中の破線枠は、基本ケースからの変更箇所（質点重量、回転慣性重量及び、総重量）を示す。



#### 2.4.3 地震応答解析結果

基準地震動  $S_s-D1$  及び  $S_s-31$  に対する地震応答解析結果の最大応答値を図 2-17～図 2-20 に示す。

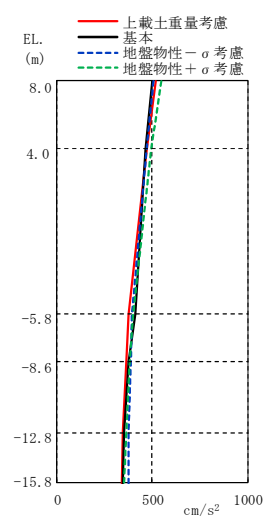
基本ケース及び上載土重量考慮ケースの地震応答解析結果を比較すると、両者の結果は類似しており、上載土重量の影響は小さいものと考えられる。



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
515	421	520	584
474	398	472	523
403	357	409	455
390	352	397	441
379	347	381	423
382	350	376	416

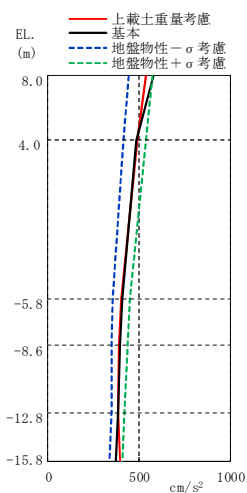
(a)  $S_s$ -D 1 NS方向



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
522	509	500	547
471	469	463	498
379	397	415	402
366	387	376	384
348	377	356	364
341	374	350	353

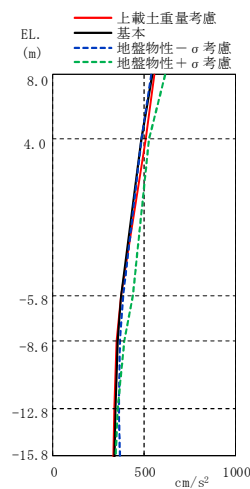
(b)  $S_s$ -3 1 NS方向



(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
540	445	577	573
490	412	485	536
404	356	409	452
388	351	397	435
382	347	381	419
393	339	374	409

(c)  $S_s$ -D 1 EW方向

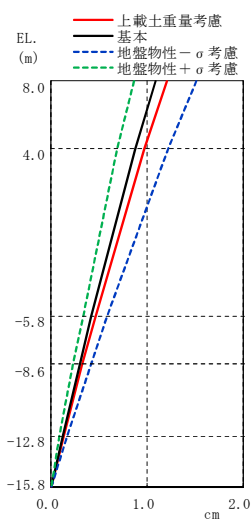


(單位:  $\text{cm/s}^2$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
557	536	541	612
508	484	484	526
373	382	371	440
351	368	352	390
335	361	341	354
334	366	339	344

(d)  $S_s$ -3 1 EW方向

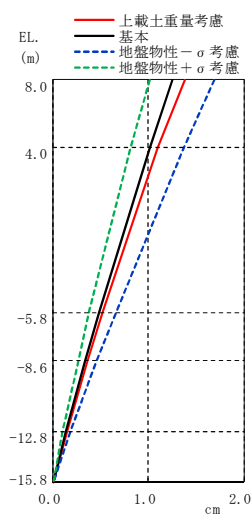
图 2-17 最大応答加速度



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
1.21	1.51	1.09	0.86
0.98	1.22	0.88	0.70
0.46	0.58	0.42	0.33
0.33	0.41	0.30	0.23
0.13	0.17	0.12	0.09
—	—	—	—

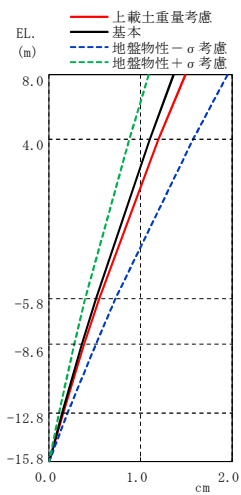
(a)  $S_s$ -D 1 NS方向



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
1.39	1.70	1.26	1.02
1.11	1.37	1.01	0.81
0.52	0.66	0.48	0.38
0.37	0.47	0.34	0.27
0.15	0.19	0.14	0.11
—	—	—	—

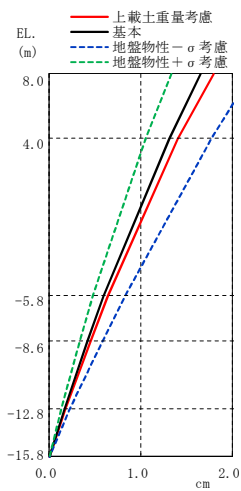
(b)  $S_s$ -3 1 NS方向



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
1.49	1.95	1.37	1.09
1.19	1.57	1.10	0.87
0.55	0.73	0.51	0.40
0.39	0.51	0.36	0.28
0.16	0.21	0.14	0.11
—	—	—	—

(c)  $S_s$ -D 1 EW方向

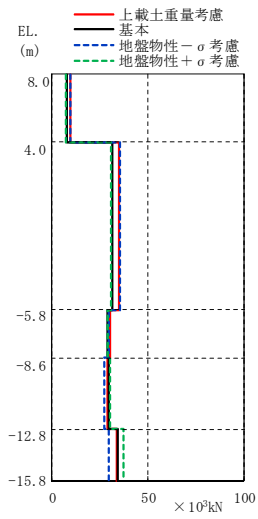


(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
1.80	2.20	1.65	1.34
1.41	1.78	1.32	1.05
0.64	0.83	0.60	0.47
0.45	0.58	0.42	0.33
0.18	0.24	0.17	0.13
—	—	—	—

(d)  $S_s$ -3 1 EW方向

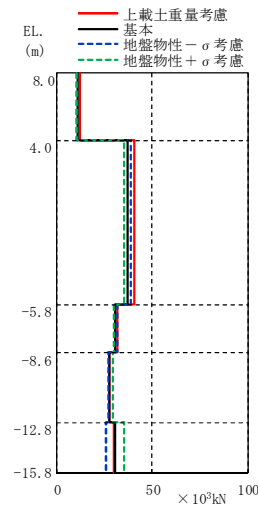
图 2-18 最大応答変位



(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
9.71	9.70	7.73	7.36
35.0	35.6	31.1	30.7
30.1	29.5	29.1	28.7
29.1	27.0	29.5	29.9
33.6	29.5	34.3	37.0

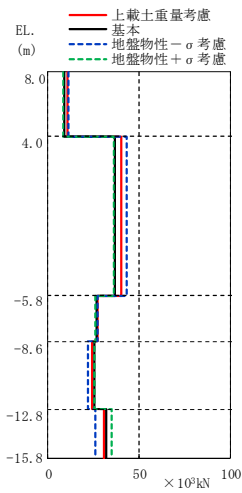
(a)  $S_s$ -D1 NS方向



(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
12.4	10.7	10.7	10.6
40.7	39.1	37.2	35.2
31.9	32.0	30.7	29.9
27.5	26.8	27.6	29.2
30.0	25.8	30.6	35.2

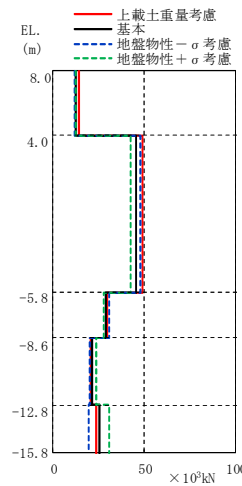
(b)  $S_s$ -31 NS方向



(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
10.7	11.1	8.78	8.45
40.3	43.2	36.7	35.9
27.3	27.5	26.9	26.0
24.3	22.1	25.3	25.5
30.8	25.8	31.8	34.6

(c)  $S_s$ -D1 EW方向

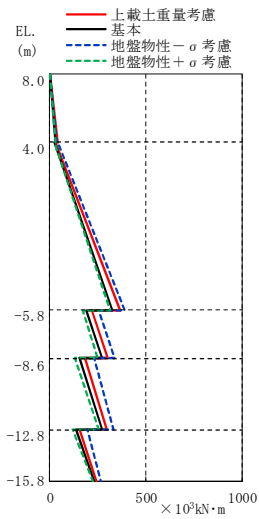


(單位:  $\times 10^3 \text{kN}$ )

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
14.0	12.0	12.4	12.5
49.0	47.8	45.5	42.8
29.3	30.6	28.7	27.7
20.6	20.3	21.3	23.5
23.9	19.4	25.2	31.0

(d)  $S_s$ -31 EW方向

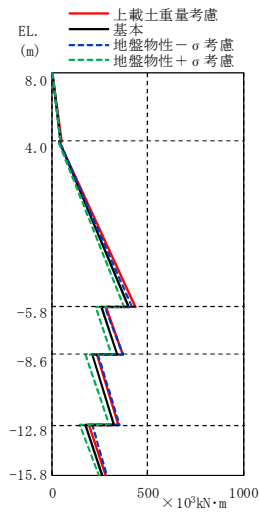
図2-19 最大応答せん断力



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

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
2.32	0.0745	0.0746	0.0684
40.0	38.9	31.0	29.5
30.6	40.4	26.1	24.5
364	388	324	313
220	255	192	170
303	335	273	250
183	229	157	131
298	329	275	252
153	194	135	118
245	266	230	222

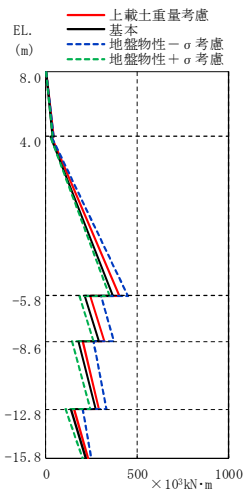
(a)  $S_s$ -D 1 NS方向



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

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
1.94	0.0564	0.0491	0.0456
51.0	42.6	42.8	42.2
40.5	37.2	38.3	34.7
439	421	402	378
283	279	256	228
373	368	342	310
235	243	211	176
350	355	326	297
193	209	175	145
283	286	267	249

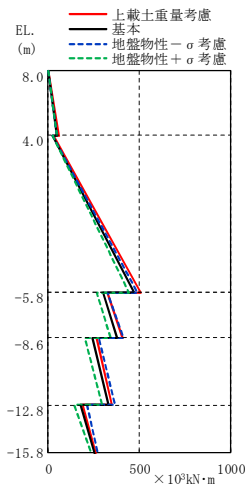
(b)  $S_s$ -3 1 NS方向



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

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
2.88	0.0924	0.0874	0.0861
44.1	44.4	35.2	33.9
28.7	32.6	24.9	22.9
403	450	365	350
243	300	215	185
318	374	290	258
201	261	176	143
291	331	272	242
154	199	138	110
230	247	218	204

(c)  $S_s$ -D 1 EW方向



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

上載土重量考慮	地盤物性 - $\sigma$ 考慮	基本	地盤物性 + $\sigma$ 考慮
3.25	0.129	0.240	0.249
59.0	47.9	49.4	50.0
28.1	25.9	25.0	22.6
508	491	470	441
327	327	300	265
409	413	380	341
265	279	241	202
350	364	330	297
192	214	177	145
263	269	252	238

(d)  $S_s$ -3 1 EW方向

図 2-20 最大曲げモーメント

#### 2.4.4 格納槽の耐震評価への影響

##### (1) 耐震壁（地下外壁）を対象としたせん断ひずみの評価

地震応答解析モデルを上載土重量考慮モデルとすることによる格納槽の耐震評価への影響検討として、基本ケースと上載土重量考慮ケースの地震応答解析結果による耐震壁（地下外壁）の最大せん断ひずみが許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認する。

基本ケースと上載土重量考慮ケースの最大せん断ひずみの比較を表 2-14 に示す。

表 2-14 には、基準地震動  $S_s$ -D 1 及び  $S_s$ -3 1 に対する地震応答解析結果のうち、最もせん断ひずみが大きい部材の応答値を示している。また、基本ケースの最大せん断ひずみには、基本モデル、地盤物性+ $\sigma$  考慮モデル、及び地盤物性- $\sigma$  考慮モデルによる地震応答解析結果の包絡値を採用する。

表 2-14 より、格納槽の最大せん断ひずみは、基本ケースと上載土重量考慮ケースのどちらにおいても許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認した。

表 2-14 基本ケースと上載土重量考慮ケースの最大せん断ひずみの比較

方向	基本ケース			上載土重量考慮ケース		
	地震波	要素番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	地震波	要素番号	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )
NS 方向	$S_s$ -3 1	(1)	0.0792	$S_s$ -3 1	(1)	0.0914
EW 方向	$S_s$ -3 1	(2)	0.0859	$S_s$ -3 1	(1)	0.0905

(2) 基礎地盤を対象とした接地圧の評価

地震応答解析モデルを上載土重量考慮モデルとすることによる格納槽の耐震評価への影響検討として、基本ケースと上載土重量考慮ケースの地震応答解析結果による基礎地盤の最大接地圧が極限鉛直支持力度（4660 kN/m<sup>2</sup>）を十分下回ることを確認する。

基本ケースと上載土重量考慮ケースの最大接地圧の比較を表 2-15 に示す。

表 2-15 には、基準地震動 S<sub>s</sub>-D 1 及び S<sub>s</sub>-3 1 に対する地震応答解析結果のうち、最も接地圧が大きい地盤要素の応答値を示している。

表 2-15 より、格納槽の基礎地盤における最大接地圧は、基本ケースを上回るものの、上載土重量考慮ケースにおいても極限鉛直支持力度（4660 kN/m<sup>2</sup>）を十分下回ることを確認した。

表 2-15 基本ケースと上載土重量考慮ケースの最大接地圧の比較

方向	基本ケース		上載土重量考慮ケース	
	地震波	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	地震波	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
NS 方向	S <sub>s</sub> -3 1	872	S <sub>s</sub> -3 1	913
EW 方向	S <sub>s</sub> -3 1	914	S <sub>s</sub> -3 1	918

(3) 基礎スラブ及び耐震壁（地下外壁）に対する耐震評価への影響

検討は、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」に記載の基本ケースによる地震応答解析結果を用いた断面算定の検定値に、基本ケースと上載土重量考慮ケースの応答比（上載土重量考慮ケース／基本ケース）を乗じた値が許容限界（1.0）を超えないことを確認する。

検討においては、基本ケースによる地震応答解析結果を用いた断面算定の検定値が最大となる部位について確認する。基本ケースと上載土重量考慮ケースの応答比は、応力解析において解析モデルへの入力荷重として用いる各部材の最大応答せん断力及び最大曲げモーメントの応答比をそれぞれ算出し、その最大値とする。ただし、最大曲げモーメントの応答比の算出では、脚部の応答値を用いる。また、基本ケースについては、基本モデル、地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル、及び地盤物性- $\sigma$ 考慮モデルによる地震応答解析結果の包絡値を採用する。

検討結果を表2-16に示す。

すべての部材について断面算定の検定値に応答比を乗じた値が許容限界（1.0）を超えないことを確認した。

表2-16 検討結果

基本ケースと 上載土重量考慮ケース の応答比  (上載土重量考慮ケース ／基本ケース)		検討対象  部位	基本ケースの 検定値（発生値／許容値）の最大値  (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」に記載の結果)			確認 結果  ①×②
考慮する 応答値	応答比 ①		評価 項目	要素 番号	検定値 ②	
最大応答 せん断力  及び  最大 曲げモーメント	1.193*	耐震壁 (地下外壁)	軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力 (鉛直方向)	109326	0.536	0.640
		基礎 スラブ	面外せん断力 (EW方向)	2318	0.582	0.695
		上版	面外せん断力 (EW方向)	1233	0.397	0.474

\* :  $S_s-31$  (NS方向), 要素番号(1)における応答比（最大曲げモーメントの比率）を示す。



## 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

評価では、地盤物性のばらつきについて資料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」において、設計用地震力の設定にて考慮している。また、剛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から保守的に考慮していない。

本節では、念のため格納槽のコンクリート強度のばらつきについての影響を検討することとした。

### 2.5.1 建物・構築物としての材料物性のばらつきの設定

#### (1) コンクリート強度

コンクリート強度のばらつきの設定を表2-17に示す。コンクリート強度は「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」に基づく  $1.4 \times F_c$  ( $42.0\text{N/mm}^2$ ) と原子炉建屋で実施されたコア供試体に対する圧縮強度試験結果の平均値 ( $42.1\text{N/mm}^2$ ) を比較し、より材料物性としてばらつきの大きくなる  $42.1\text{N/mm}^2$  で設定する。

表2-17 コンクリート強度のばらつき

	コンクリート強度 $F_c$ ( $\text{N/mm}^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $\text{N/mm}^2$ )
基本ケース 【設計基準強度】	30.0	$2.44 \times 10^4$
実強度	42.1 (1.41)	$2.73 \times 10^4$ (1.12)

\*：( ) 内は基本ケースに対する比率

### 2.5.2 検討内容

格納槽について、建屋のコンクリート剛性を実強度とした場合の最大加速度応答分布と床応答スペクトルと地盤のばらつきを考慮した場合の最大加速度応答分布と床応答スペクトルの比較を示す。追而

### 2.5.3 検討結果

追而

### 3. 応力解析に関する補足説明

#### 3.1 土圧荷重の設定方法

本節は、格納槽の応力解析における常時土圧荷重及び地震時増分土圧荷重の設定方法について説明するものである。

土圧荷重算定に用いる地盤物性を表 3-1 に示す。

なお、地下水位は EL. 8.0m とする。

表 3-1 地盤物性値

EL. (m)	地層名	層厚 (m)	単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )
8.0	f1	2.9	1.98
5.1	du	4.4	1.98
0.7	Ag2	5.5	2.01
-4.8	D2g-3	9.5	2.15
-14.3	Km	1.5	1.72
-15.8			

##### 3.1.1 常時土圧荷重の算定

常時土圧荷重は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）」（以下、「JEAG4601-1991 追補版」という。）及び「建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001）」に基づき、下式の通り算定する。

$$p = p_0 + p_w$$

$$p_0 = K_0 \gamma' z$$

$$p_w = \gamma_w (z_w - H_w)$$

ここで、

$p$  : 単位面積当たりの土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_0$  : 深さ  $z$  (m) における単位面積当たりの静止土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_w$  : 地下外壁に作用する水圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$K_0$  : 静止土圧係数 (0.5)

$\gamma'$  : 水中単位体積重量 (土の単位体積重量  $\gamma - 9.8$ ) (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量 (9.8) (kN/m<sup>3</sup>)

$z_w$  : 地表面から水圧を求める位置までの深さ (m)

$H_w$  : 地表面から地下水位までの深さ (m)

### 3.1.2 地震時増分土圧荷重の算定

地震時増分土圧荷重は、修正物部・岡部式及び「JEAG4601-1991 追補版」に基づいて求めた包絡値を用いる。また、「JEAG4601-1991 追補版」による地震時増分土圧荷重は、保守的に加力側および支持側に対してそれぞれ算定し、修正物部・岡部式及び「JEAG4601-1991 追補版」の包絡値を加力側及び支持側両方に考慮する。それぞれの算定方法を以下に示す。

#### (1) 修正物部・岡部式

格納槽に対し加力側に作用する地震時土圧は地震時主働土圧係数及び鉛直震度を用いた下式により算定する。なお、増分土圧分布は下式による主働土圧を合力とする上端を0、下端を2/H倍とした三角形分布の値より常時土圧荷重を差し引いた値とする。

$$P_{EA} = 1/2K_{AS}\gamma(1 - K_v)H^2$$

ここで、

- $P_{EA}$  : 地震時主働土圧 (kN)
- $K_{AS}$  : 地震時主働土圧係数
- $\gamma$  : 地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $K_v$  : 鉛直震度
- $H$  : 地盤一般部の厚さ (m)

(2) 「JEAG4601－1991 追補版」

a. 加力側増分土圧

格納槽に対し加力側に作用する地震時増分土圧は地盤一般部の加速度を用いた下式により算定する。

$$P_a = 0.6r\rho H_a a_{max}$$

ここで、

- $P_a$  : 地震時増分土圧 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $r$  : 埋戻土部分の補正係数 (1.0)  
 $\rho$  : 地盤一般部の密度 (=  $\gamma/g$ ) (kN・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)  
 $\gamma$  : 地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
 $g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)  
 $H_a$  : 地盤一般部の厚さ (m)  
 $a_{max}$  : 地表面の最大応答加速度 (m/s<sup>2</sup>)

b. 支持側増分土圧

格納槽を支え支持側に作用する地震時増分土圧は地震応答解析による建屋の慣性力を用いた下式により算定する。なお、支持側増分土圧分布は下式による平均土圧を上端で1.5倍、下端で0.5倍とした直線分布の値とする。

$$\overline{P_{Si}} = \beta_i F / (BH_i)$$

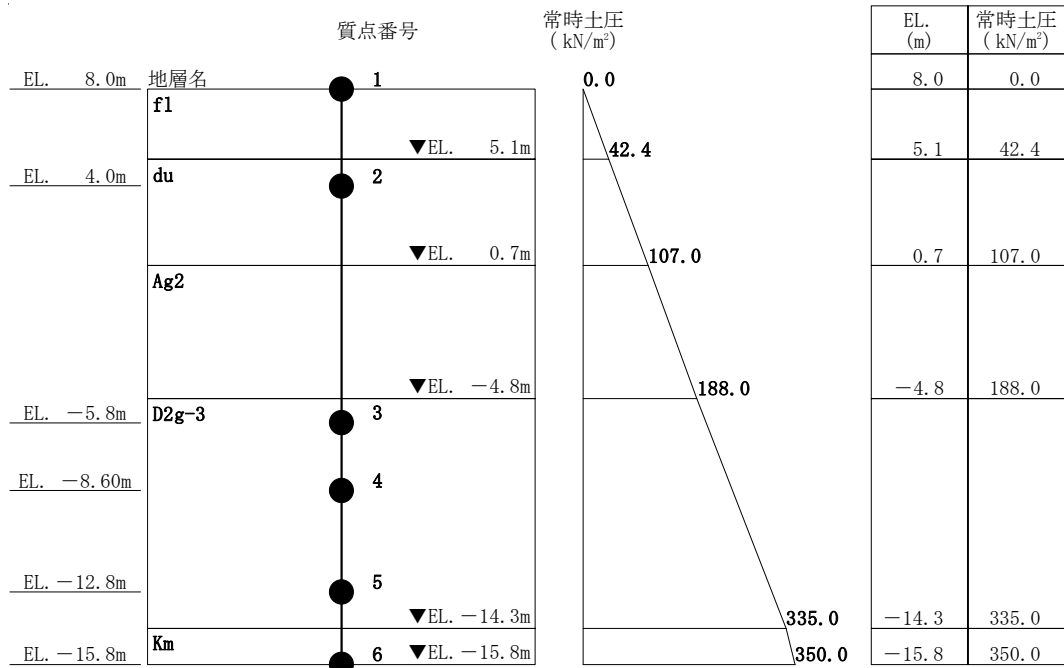
ここで、

- $\overline{P_{Si}}$  :  $i$  層の支持側増分土圧の平均値 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\beta_i$  : 建屋の慣性力に対する側方地盤部  $i$  層の分担率  
 $F$  : 建屋の慣性力 (kN)  
 $B$  : 建屋の奥行幅 (m)  
 $H_i$  :  $i$  層の厚さ (m)

### 3.1.3 常時土圧荷重の算定結果

常時土圧荷重の算定結果および設計用常時土圧荷重を表 3-2 に示す。

表 3-2 常時土圧荷重



### 3.1.4 地震時増分土圧荷重の算定結果

地震時増分土圧荷重の算定結果を表 3-3 に、修正物部・岡部式及び「JEAG4601-1991 追補版」にて算定した地震時増分土圧荷重の比較を図 3-1 に示す。

表 3-3 (1/2) 地震時増分土圧荷重

(a) 修正物部・岡部式

H (m)	Kv	P <sub>EA</sub> (kN)	EL. (m)	地層名	K <sub>AS</sub>
23.8	0.457	6,032	8.0		
				f1	1.983
			5.1		
				du	1.983
			0.7		
				Ag2	1.984
			-4.8		
	D2g-3	2.022			
			-14.3		
				Km	1.000
			-15.8		

(b) 「JEAG4601-1991 追補版」加力側

$a_{max}$ (m/s <sup>2</sup> )	EL. (m)	地層名	H <sub>a</sub> (m)	Pa (kN/m <sup>2</sup> )	
9.0	8.0				
		f1	2.9	31.0	
	5.1				
		du	4.4	47.0	
	0.7				
		Ag2	5.5	60.0	
	-4.8				
	D2g-3	9.5	110.0		
			-14.3		
		Km	1.5	14.0	
			-15.8		

表 3-3 (2/2) 地震時増分土圧荷重

(c) 「JEAG4601-1991 追補版」支持側

NS 方向算定用		EW 方向算定用		EL. (m)	地層名	$H_i$ (m)	$\overline{P}_{St}$ (kN/m <sup>2</sup> )	
$B$ (m)	$F^*$ (kN)	$B$ (m)	$F^*$ (kN)				NS 方向	EW 方向
16.0	77,951	11.35	68,499	8.0	f1	2.9	70.4	86.0
				5.1			23.5	28.7
				0.7	du	4.4	62.4	76.3
							20.8	25.4
				-4.8	Ag2	5.5	67.5	82.5
							22.5	27.5
				-14.3	D2g-3	9.5	200.0	245.0
							66.8	81.6
-15.8	Km	1.5	105.0	129.0				
			35.2	43.0				

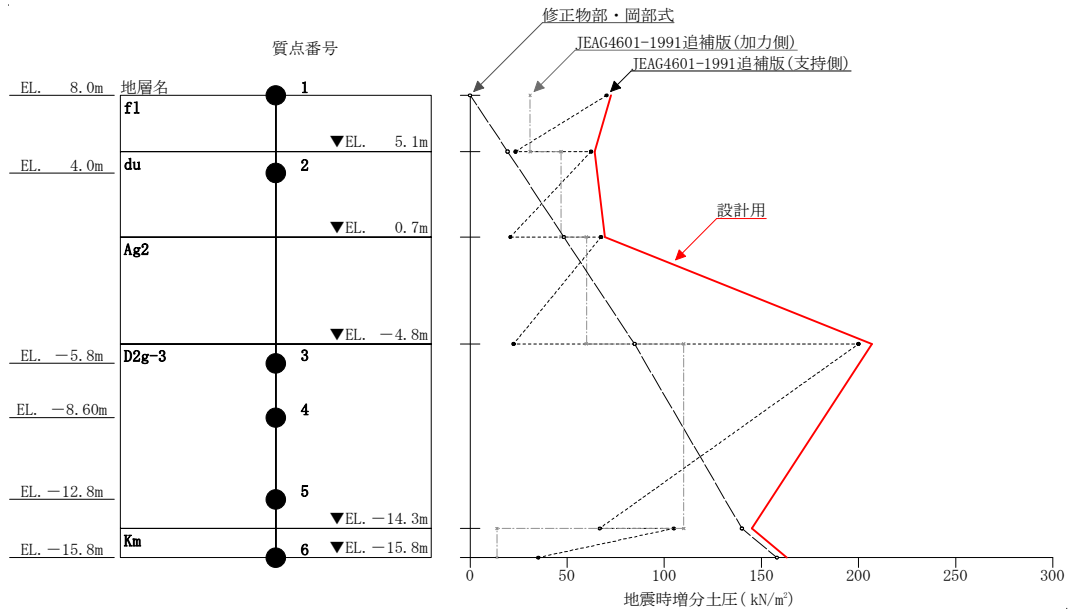
\* : 「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、建屋の慣性力 F は該当する地層より上層の加力側増分土圧の合力 P を加えた値とする。

(d) まとめ

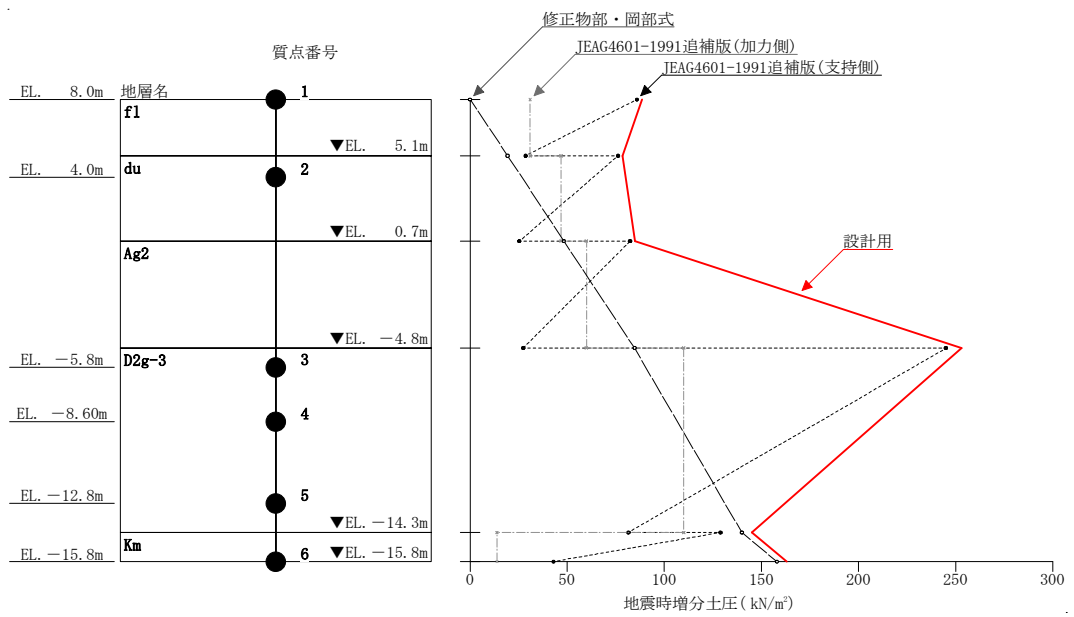
EL. (m)	地層名	修正 物部・岡部式 (kN/m <sup>2</sup> )	「JEAG4601-1991 追補版」			設計用* (kN/m <sup>2</sup> )	
			加力側 (kN/m <sup>2</sup> )	支持側 (kN/m <sup>2</sup> )		NS 方向	EW 方向
				NS 方向	EW 方向		
8.0	f1	0.0	31.0	70.4	86.0	72.5	88.6
5.1				23.5	28.7		
	0.7	du	48.4	47.0	62.4	76.3	64.3
20.8					25.4		
-4.8	Ag2	84.8	60.0	67.5	82.5	69.5	85.0
				22.5	27.5		
-14.3	D2g-3	140.0	110.0	200.0	245.0	207.0	253.0
				66.8	81.6		
-15.8	Km	158.0	14.0	105.0	129.0	145.0	145.0
				35.2	43.0		
						163.0	163.0

\* 修正物部・岡部式及び「JEAG4601-1991 追補版」に基づいて求めた包絡値





(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-1 地震時増分土圧荷重の比較

## 3.2 底面地盤ばねの設定方法

### 3.2.1 概要

本節では、格納容器圧力逃がし装置格納層の応力解析における底面地盤ばねの設定について示す。

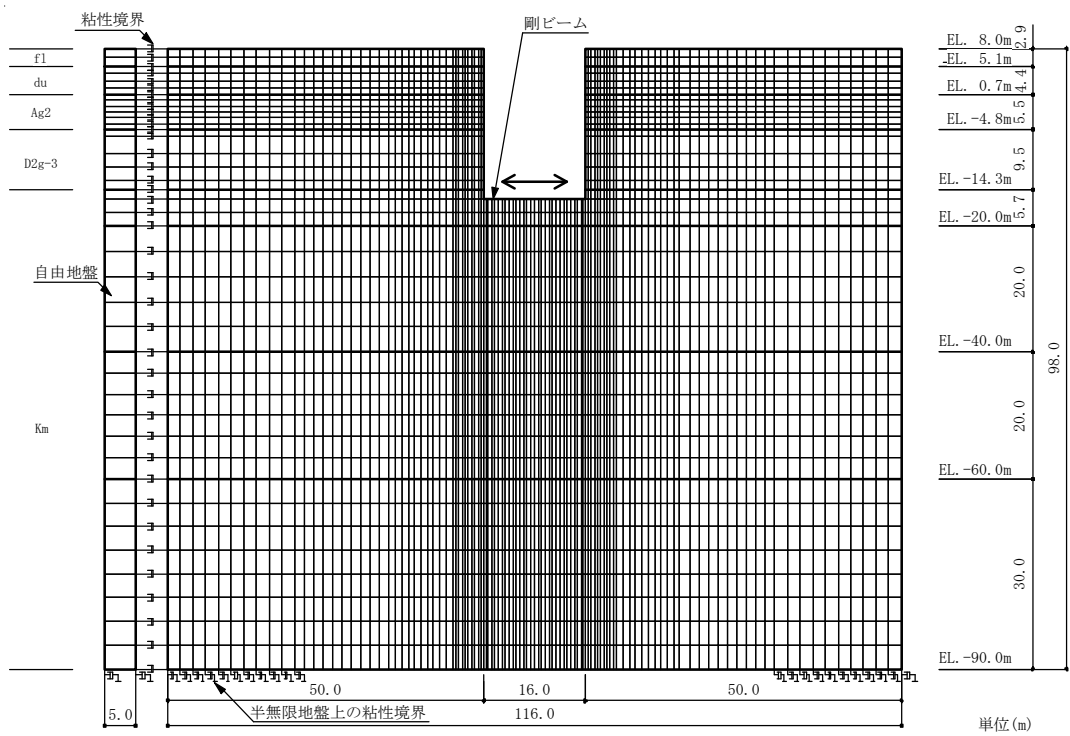
格納容器圧力逃がし装置格納層は、2次元 FEM モデルを用いての地震応答解析を行っており、応力解析に用いる基礎スラブ底面の地盤ばね剛性も地震応答解析モデルによる加振解析から算出する。なお、応力解析では、NS 方向及び EW 方向の地盤ばね剛性の値を平均化して用いる。

### 3.2.2 算出方法

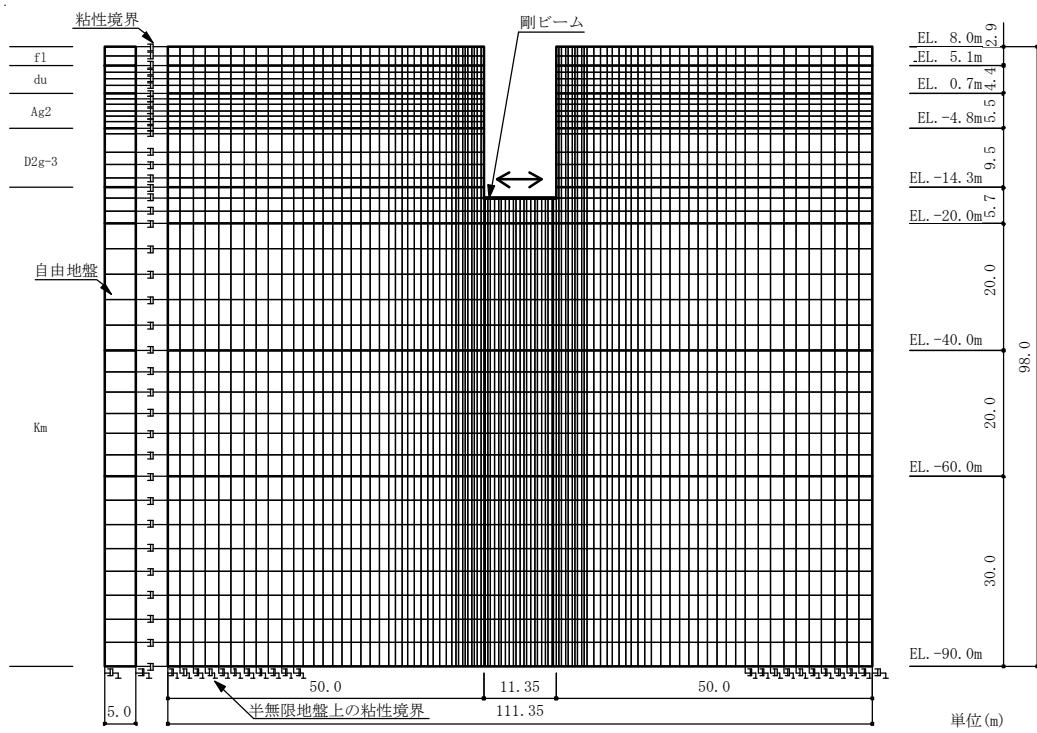
応力解析に用いる地盤ばね剛性は、2次元 FEM モデルによる加振解析で算出したインピーダンスの実部の値とする。

#### (1) 解析モデルと解析方法

2次元 FEM モデルを用いたインピーダンス算出用の解析モデルは、「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」における地盤 2次元 FEM モデルのうち、格納槽の基礎スラブ底面位置に無質量の剛ビームを配置したモデルとする。解析モデルは NS 方向及び EW 方向のそれぞれについて作成する。解析モデルを図 3-2 に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-2 2次元 FEM モデル

(2) 地盤ばね剛性算出方法

地盤ばね剛性(K)は，加振解析で算出したインピーダンスの実部の値とする。

地盤ばね剛性とインピーダンスを図 3-3 に示す。

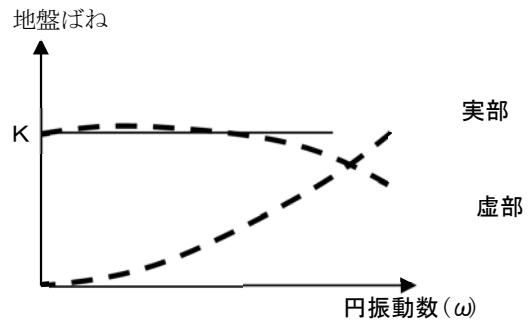
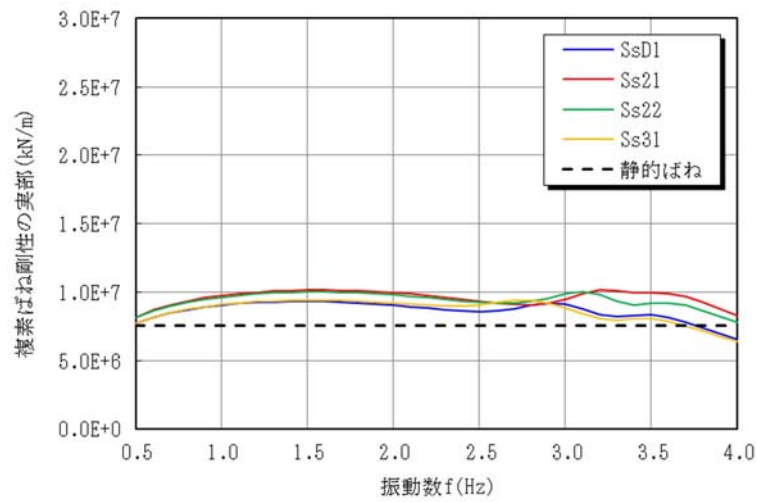


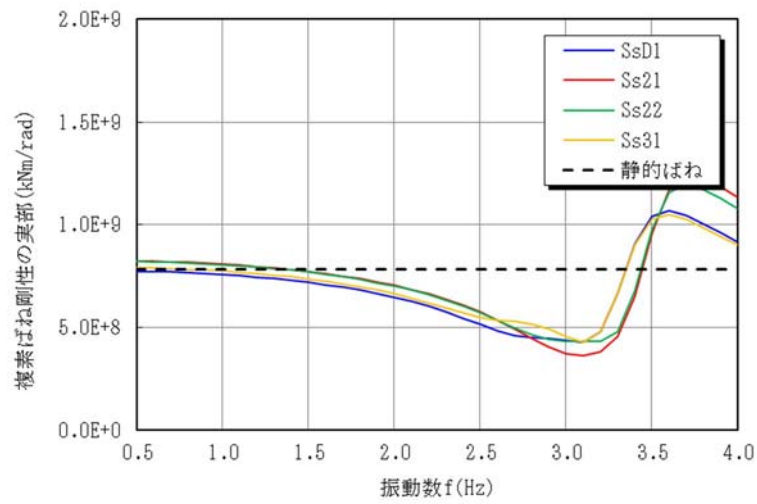
図 3-3 地盤ばね剛性とインピーダンス

### 3.2.3 算出結果

水平及び回転インピーダンスの算出結果を図 3-4 及び図 3-5 に、作成した地盤ばね剛性 (K) を表 3-4 に示す。

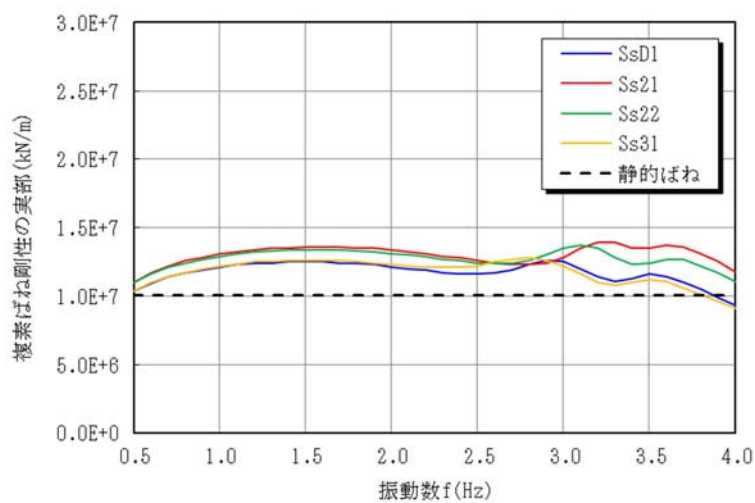


(a) 水平ばね

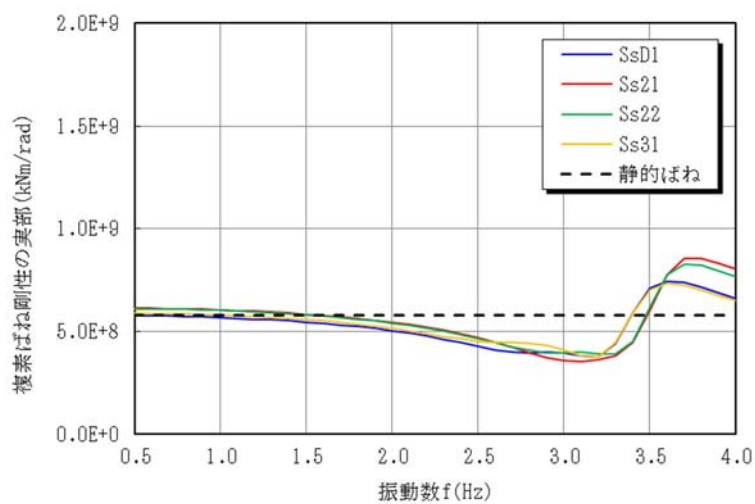


(b) 回転ばね

図 3-4 インピーダンスの算出結果 (NS 方向)



(a) 水平ばね



(b) 回転ばね

図 3-5 インピーダンスの算出結果 (EW 方向)

表 3-4 作成した地盤ばね剛性 (K)

方向	水平 (kN/m)	回転 (kN・m/rad)
NS	7.57E+06	7.84E+08
EW	1.01E+07	5.79E+08

### 3.3 応力解析における二方向入力

本節では、水平2方向及び鉛直方向地震力により、格納槽が有する耐震性に及ぼす影響について評価した結果を示す。

#### 3.3.1 評価に用いる動的地震力

基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析により算定される動的地震力は、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」に基づく応答値の最大値より算定する。

#### 3.3.2 荷重組み合わせ

##### (1) 荷重ケース

水平2方向及び鉛直方向地震力の荷重組合せ時の応力は、次の荷重を組合せて求める。

G	: 固定荷重
E	: 機器配管荷重
S	: 積雪荷重
EU	: 上載土荷重
E0	: 常時土圧
ESEW	: $S_s$ 地震時増分土圧荷重 (EW 方向)
ESNS	: $S_s$ 地震時増分土圧荷重 (NS 方向)
KSWE	: W→E 方向 $S_s$ 地震荷重
KSSN	: S→N 方向 $S_s$ 地震荷重
KSDU	: 鉛直方向 $S_s$ 地震荷重

##### (2) 荷重組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-5 に示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法は、米国 REGULATORY GUIDE 1.92\*の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいた評価とする。

\* : REGULATORY GUIDE (RG) 1.92 “COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

表 3-5 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	2-1	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-2	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-3	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-4	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-5	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-6	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 1.0K_{SWE} + 0.4K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-7	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-8	$G + E + S + E_U + E_0 + 1.0E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 1.0K_{SWE} - 0.4K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-9	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-10	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} + 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-11	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-12	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} + 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-13	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-14	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} - 0.4K_{SWE} + 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-15	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SSN} - 0.4K_{SDU}$
	2-16	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 1.0E_{SNS} - 0.4K_{SWE} - 1.0K_{SSN} + 0.4K_{SDU}$
	2-17	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SWE} + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	2-18	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SWE} + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
	2-19	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SWE} - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	2-20	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} + 0.4K_{SWE} - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
	2-21	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SWE} + 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	2-22	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SWE} + 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$
	2-23	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SWE} - 0.4K_{SSN} - 1.0K_{SDU}$
	2-24	$G + E + S + E_U + E_0 + 0.4E_{SEW} + 0.4E_{SNS} - 0.4K_{SWE} - 0.4K_{SSN} + 1.0K_{SDU}$



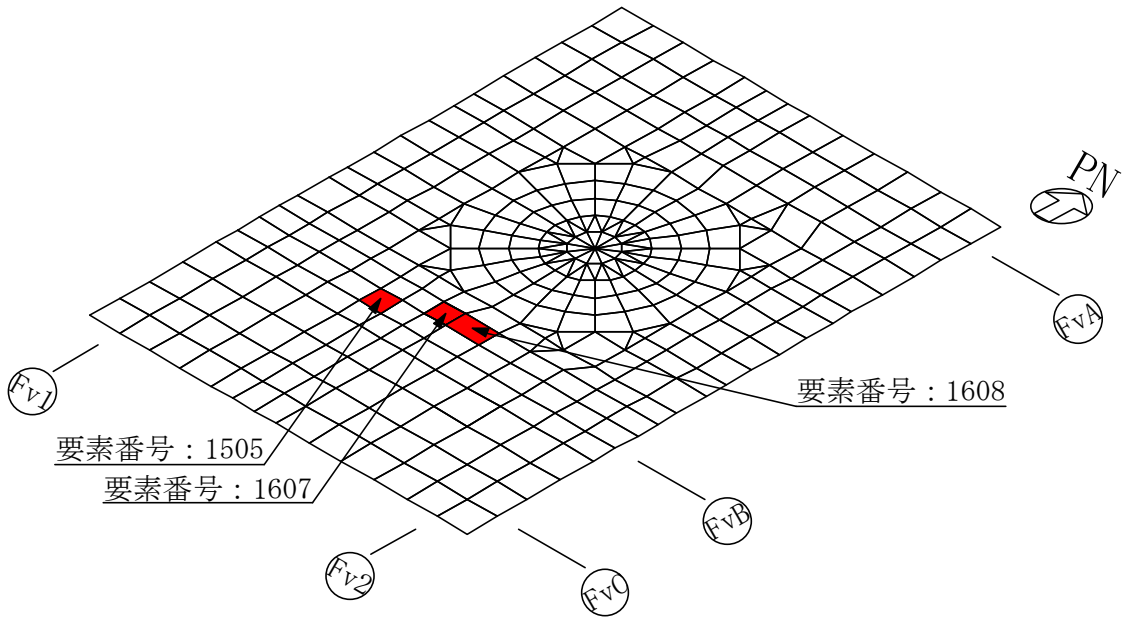
### 3.3.3 評価結果

基礎スラブ，耐震壁（地下外壁）及び上版について，基準地震動  $S_s$  の動的地震力を用いて水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を評価した。評価は，従来の設計手法の解析モデル及び水平 1 方向及び鉛直方向地震力の評価結果を用いた。

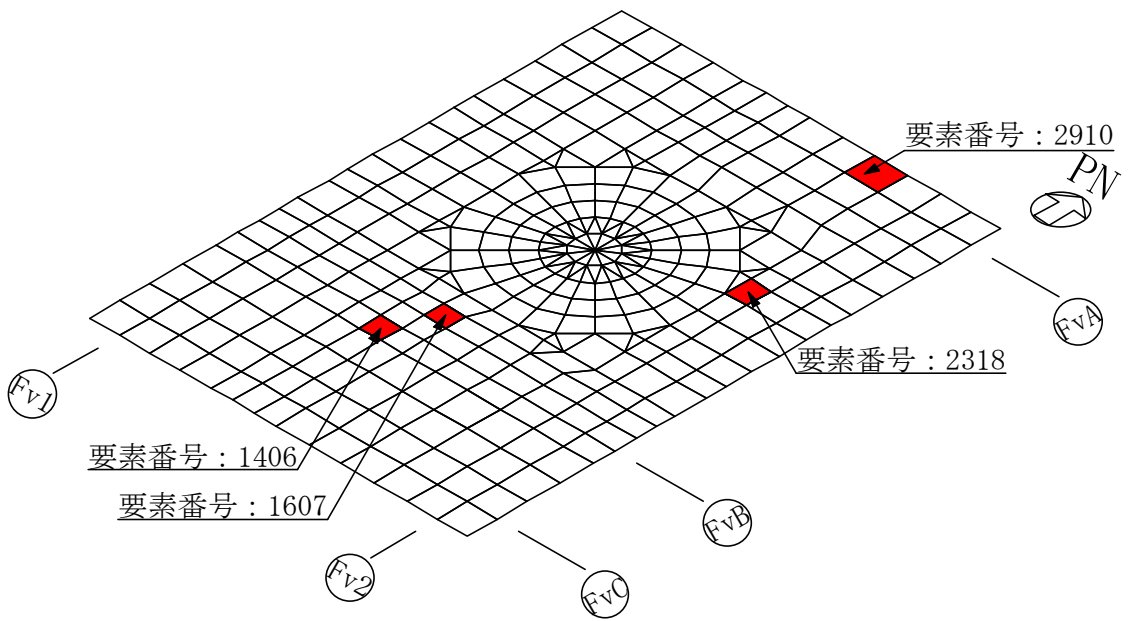
解析結果を記載する要素（許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素）の位置を図 3-6～図 3-8 に，評価結果を表 3-6～表 3-8 に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震の組合せによる解析結果は，水平 2 方向の地震力の影響により許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素位置が一部で変わり，解析結果の値は増加傾向であるものの，許容値を超えないことを確認した。

以上のことから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し，格納容器圧力逃がし装置格納槽の各部材が有する耐震性への影響は無いことを確認した。

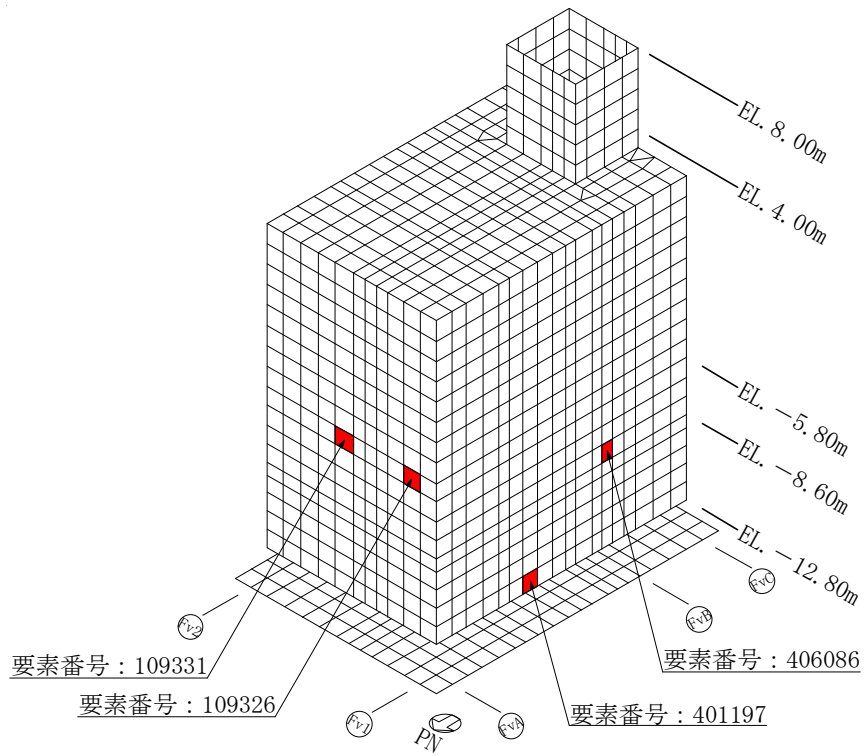


(a) 水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ

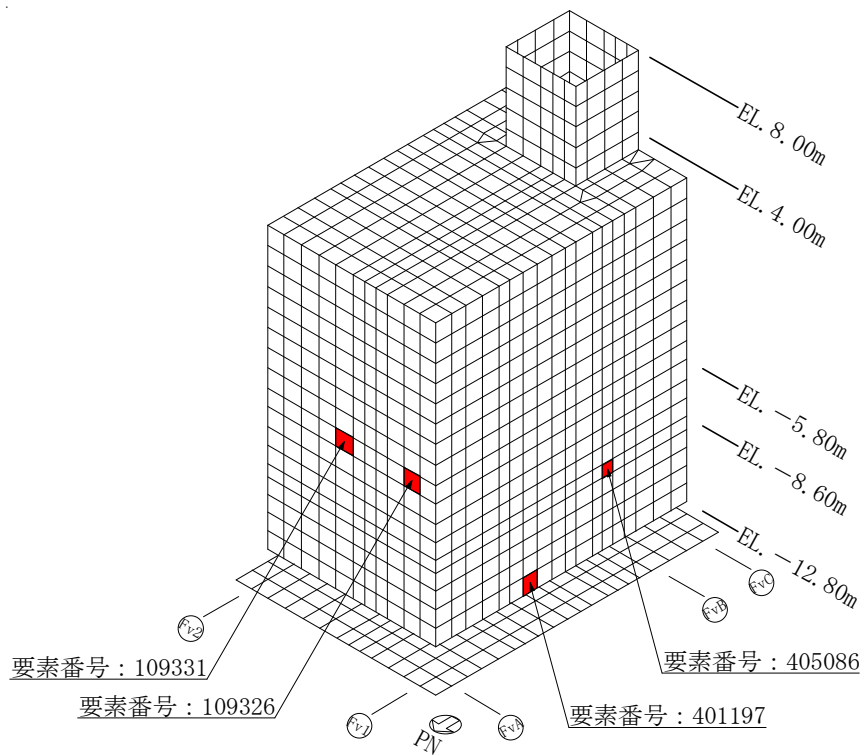


(b) 水平1方向及び鉛直方向地震の組合せ

図3-6 解析結果を記載する要素の位置（基礎スラブ）

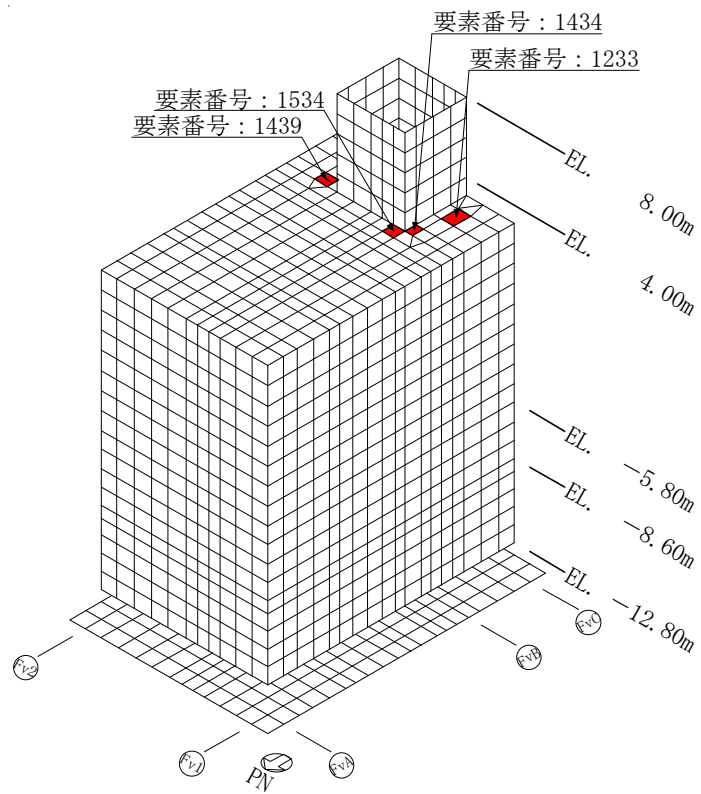


(a) 水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ

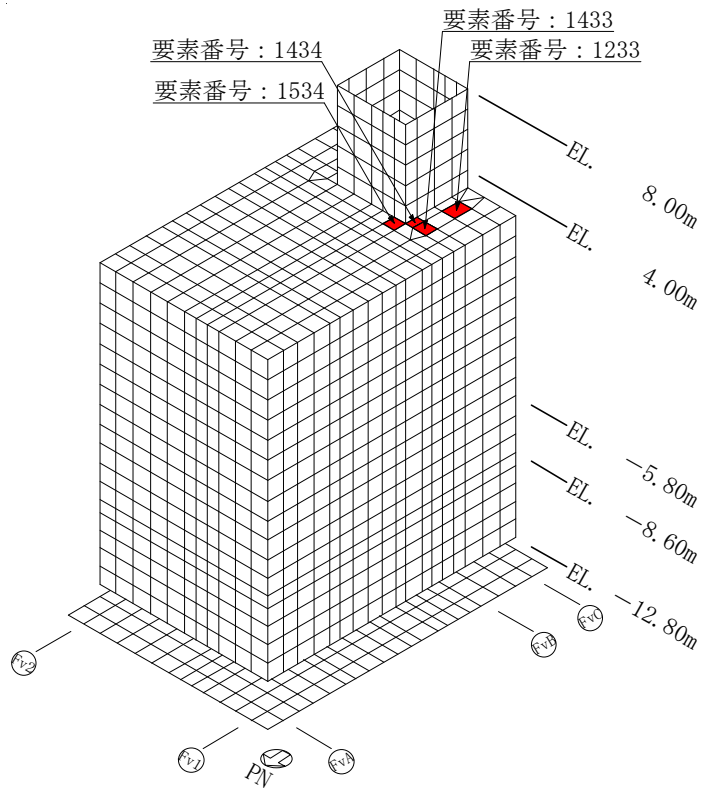


(b) 水平1方向及び鉛直方向地震の組合せ

図3-7 解析結果を記載する要素の位置 (耐震壁 (地下外壁))



(a) 水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ



(b) 水平1方向及び鉛直方向地震の組合せ

図3-8 解析結果を記載する要素の位置 (上版)

表 3-6 評価結果（基礎スラブ）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素 番号	解析 結果	許容値	備考
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1608	0.177	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1505	0.158	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1607	0.954	2.84	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1505	0.728	1.18	コンクリート

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素 番号	解析 結果	許容値	備考
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1406	0.174	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	2910	0.151	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1607	1.01	2.84	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2318	0.686	1.18	コンクリート

表 3-7 評価結果（耐震壁（地下外壁））

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素 番号	解析 結果	許容値	備考
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	水平 方向	必要鉄筋量/配筋量	109331	0.300	1.00	引張鉄筋
	鉛直 方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	0.540	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	水平 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	406086	1.53	3.68	せん断 補強筋
	鉛直 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	401197	0.799	2.50	せん断 補強筋

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素 番号	解析 結果	許容値	備考
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	水平 方向	必要鉄筋量/配筋量	109331	0.286	1.00	引張鉄筋
	鉛直 方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	0.536	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	水平 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	405086	1.50	3.68	せん断 補強筋
	鉛直 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	401197	0.820	2.50	せん断 補強筋

表 3-8 評価結果 (上版)

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素番号	解析結果	許容値	備考
曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1534	0.291	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	0.392	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1439	0.941	3.10	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1233	1.25	3.10	せん断 補強筋

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせ

		評価項目	要素番号	解析結果	許容値	備考
曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	1534	0.269	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	0.316	1.00	引張鉄筋
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1433	0.929	3.10	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1233	1.23	3.10	せん断 補強筋