

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-17 改4
提出年月日	平成30年10月2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10月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 概要	1
1.1 補足説明資料の構成	1
1.2 検討結果の要約	2
1.2.1 地震応答解析に関する補足説明	2
1.2.2 応力解析に関する補足説明	2
1.2.3 重大事故等の格納槽の室温に関する補足説明	2
2. 地震応答解析に関する補足説明	3
2.1 地震応答解析モデルの境界条件	3
2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討	5
2.2.1 地盤物性のばらつきの設定	5
2.2.2 解析方法	11
2.2.3 地震応答解析結果	11
2.3 原子炉建屋周辺地盤における埋戻土に関する影響検討	31
2.3.1 格納槽地盤の概要	31
2.3.2 検討方針	33
2.3.3 原子炉建屋側埋戻土のモデル化	37
2.3.4 解析方法	39
2.3.5 地震応答解析結果	39
2.3.6 格納槽の耐震評価への影響	44
2.4 水平方向モデルにおける上載土重量に関する影響検討	47
2.4.1 検討方針	48
2.4.2 上載土重量考慮モデルのモデル化	50
2.4.3 地震応答解析結果	51
2.4.4 格納槽の耐震評価への影響	56
2.5 格納槽の剛性のばらつきに関する影響検討	59
2.5.1 格納槽の剛性のばらつきに関する設定	59
2.6 機器・配管系評価への影響検討	67
2.6.1 検討内容	67
2.6.2 検討結果	67
3. 応力解析に関する補足説明	70
3.1 土圧荷重の設定方法	70
3.1.1 常時土圧荷重の算定	70
3.1.2 地震時増分土圧荷重の算定	71
3.1.3 常時土圧荷重の算定結果	73
3.1.4 地震時増分土圧荷重の算定結果	74
3.2 底面地盤ばねの設定方法	77
3.2.1 概要	77

3.2.2	算出方法.....	77
3.2.3	算出結果.....	80
3.3	応力解析における二方向入力.....	82
3.3.1	評価に用いる動的地震力.....	82
3.3.2	荷重組合せ.....	82
3.3.3	評価結果.....	84
3.4	周辺地盤の液状化による格納槽の影響評価.....	91
3.4.1	目的.....	91
3.4.2	検討方法.....	91
3.4.3	検討結果.....	93
3.5	地下水による浮力を考慮した常時荷重時の格納槽の影響検討.....	94
3.5.1	概要.....	94
3.5.2	常時荷重に対する検討.....	94
4.	重大事故等時の格納槽の室温に関する補足説明.....	97
4.1	概要.....	97
4.2	評価結果.....	97

1. 概要

1.1 補足説明資料の構成

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」という。）の耐震性評価について説明するものである。

本資料の構成を表 1-1 に示す。

表 1-1 本資料の構成

資料	補足説明
添付書類 「V-2-2-18 格納容器圧力逃がし装置格納槽の 地震応答計算書」	2. 地震応答解析に関する補足説明 ・地震応答解析モデルの境界条件 ・地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討 ・原子炉建屋周辺地盤における埋戻土に関する影響 検討 ・水平方向モデルにおける上載土重量に関する影響 検討 ・格納槽の剛性のばらつきに関する影響検討 ・機器・配管系評価への影響検討
添付書類 「V-2-2-19 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」	3. 応力解析に関する補足説明 ・土圧荷重の設定方法 ・底面地盤ばねの設定方法 ・応力解析における二方向入力 ・周辺地盤の液状化による格納槽の影響評価 ・地下水による浮力を考慮した常時荷重時の格納槽 の影響検討 4. 重大事故等時の格納槽の室温に関する補足説明 ・重大事故等時の格納槽の室温に関する補足説明

1.2 検討結果の要約

補足説明資料の検討結果の要約を以下に示す。

1.2.1 地震応答解析に関する補足説明

「2. 地震応答解析に関する補足説明」では、地震応答解析モデルのモデル化に関し、格納槽と地盤の境界条件の設定方法を示し、「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」に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した場合の地震応答解析結果を示した。併せて、原子炉建屋周辺地盤における埋戻土を考慮した場合の影響検討を行い、格納槽の耐震評価への影響が小さいことから、地盤を成層としてモデル化することの妥当性を確認した。水平方向モデルに関し、上載土重量を考慮した場合の地震応答解析を行い、上載土重量を考慮した場合においても格納槽の健全性を確保できることを確認した。

また、格納槽の剛性のばらつきに関する影響検討として地震応答解析を行い、ばらつきの影響が小さいことを確認した。

1.2.2 応力解析に関する補足説明

「3. 応力解析に関する補足説明」では、格納槽の応力解析における土圧荷重及び底面地盤ばねの設定方法について示した上で、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、格納槽が有する耐震性に及ぼす影響について評価を行い、格納槽が健全であることを確認した。

周辺地盤の液状化による格納槽の影響評価として、格納槽の近傍に位置する代替淡水貯槽の有効応力解析結果を用い、格納槽の周辺地盤が液状化した場合においても、耐震壁(地下外壁)の健全性が確保されることを確認した。加えて、地下水による浮力を考慮した常時荷重に対し、基礎スラブが構造的に健全であることを確認した。

1.2.3 重大事故等の格納槽の室温に関する補足説明

「4. 重大事故等時の格納槽の室温に関する補足説明」では、重大事故等時の格納槽の室温について説明した。

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

添付書類「V-2-2-18 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

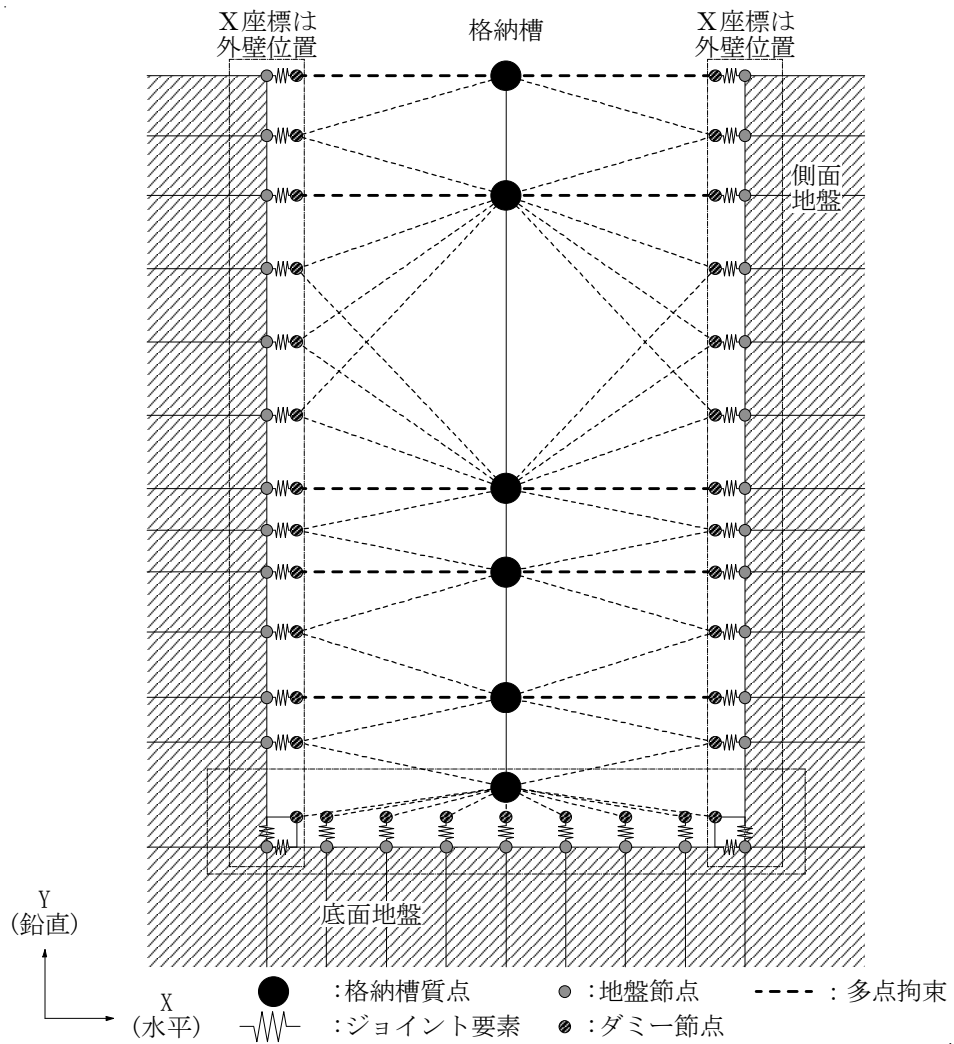
格納槽外壁と側面地盤の間には、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

- ・ 基礎スラブと底面地盤間のモデル化

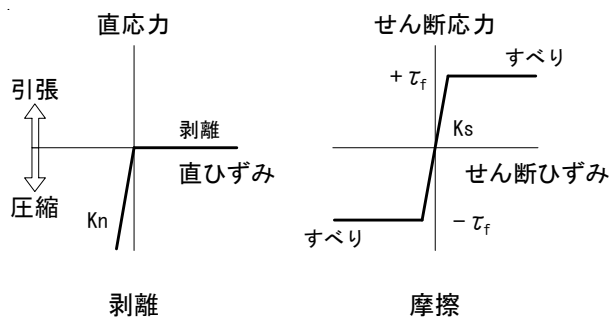
基礎スラブと底面地盤の間には、浮き上がりを表現するため、剥離と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。

なお、添付書類「V-2-2-18 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

(1) 検討方針及び地盤定数

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、添付書類「V-2-2-18 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。

(2) 解析条件

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 ）に対し解析を行う。これらの地震動は、添付書類「V-2-2-18 格納容器圧力逃がし装置格納槽の地震応答計算書」に基づく地震応答解析結果より、部材及び質点の最大応答値が、基準地震動 S_s の中で最大となる波を選定している。ここで、対象とした応答値は、加速度、変位、せん断力、曲げモーメント及び軸力とした。また、地震応答解析に用いる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とし、等価物性値の設定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。

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
基本ケース	基本モデル	標準地盤
地盤物性の変動による影響	地盤物性 $+\sigma$ 考慮モデル	標準地盤 $+\sigma$ 相当
	地盤物性 $-\sigma$ 考慮モデル	標準地盤 $-\sigma$ 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 V_s (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) $S_s - D 1$

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) $S_s - 2 1$

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) $S_s - D 1$

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	0.425

(b) $S_s - 2 1$

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	0.425

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	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	0.03	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	0.425

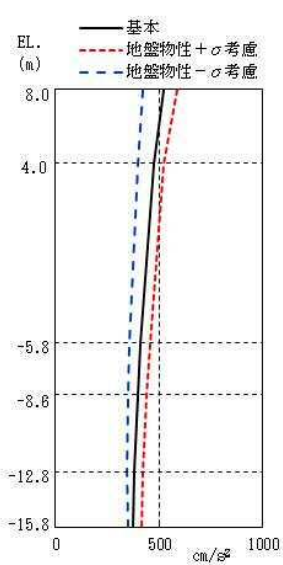
2.2.2 解析方法

格納槽の地震応答解析には、解析コード「Soil Plus Ver.2015 Build3」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要・Soil Plus」に示す。

2.2.3 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。

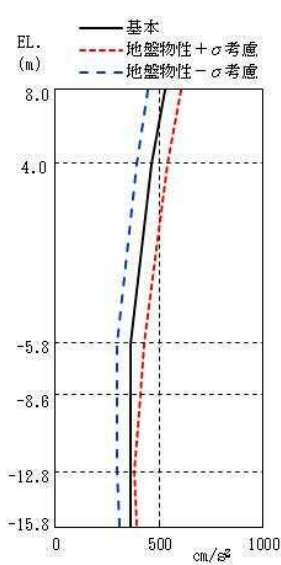
ここで得られた、地盤物性のばらつきを考慮した場合の最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを添付書類「V-2-2-19 格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」で考慮している。



(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	393
409	455	357
397	441	352
381	423	347
376	416	350

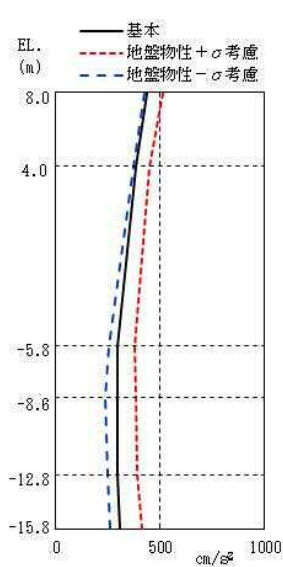
(a) $S_s - D 1$



(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

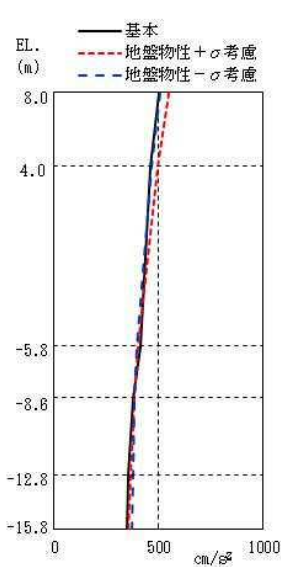
(b) $S_s - 2 1$



(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

(c) $S_s - 2 2$

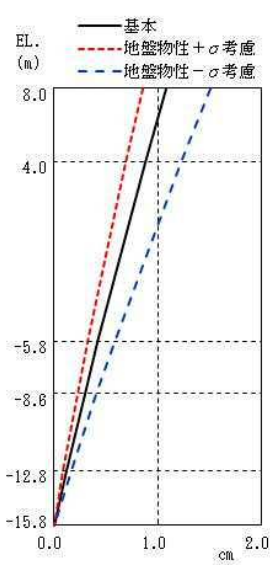


(單位: cm/s^2)

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

(d) $S_s - 3 1$

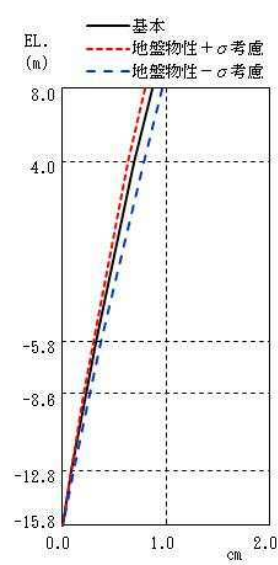
图 2-2 最大応答加速度 (NS 方向)



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.09	0.88	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
—	—	—

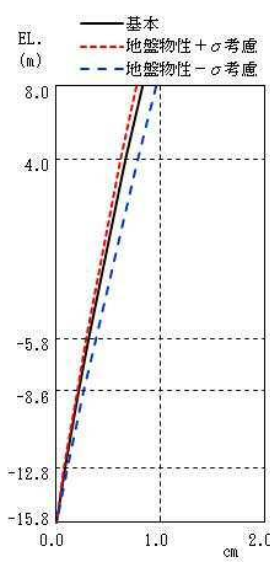
(a) $S_s - D1$



(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
—	—	—

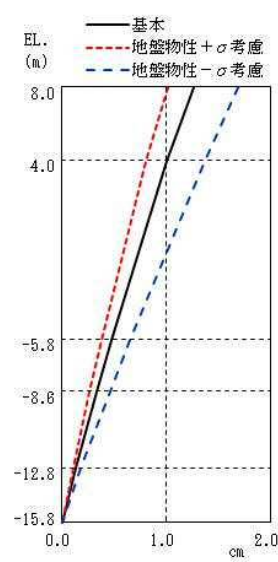
(b) $S_s - 21$



(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) $S_s - 22$

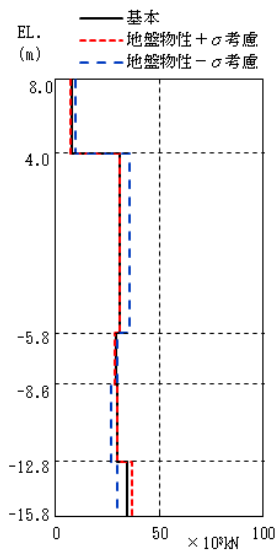


(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.28	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) $S_s - 31$

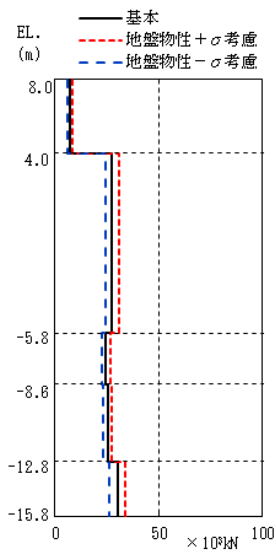
图 2-3 最大応答変位 (NS 方向)



(単位: $\times 10^3$ 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

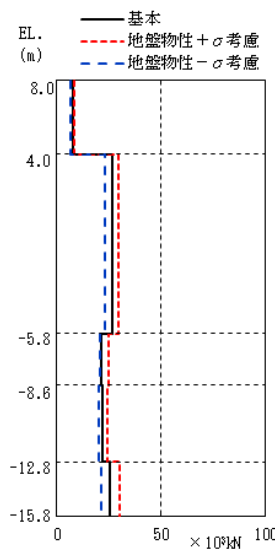
(a) $S_s - D1$



(単位: $\times 10^3$ 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

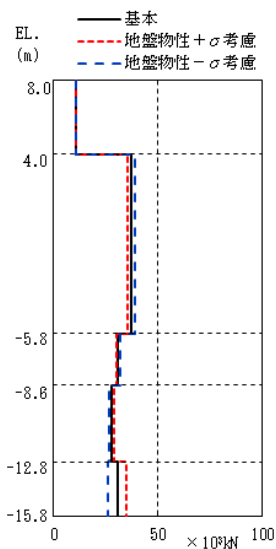
(b) $S_s - 21$



(単位: $\times 10^3$ 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) $S_s - 22$

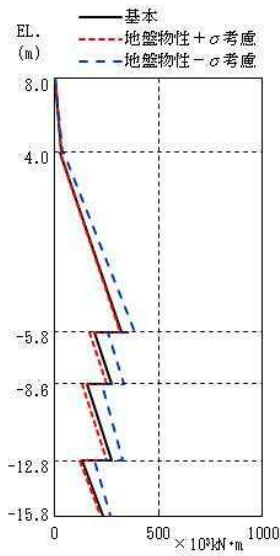


(単位: $\times 10^3$ kN)

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

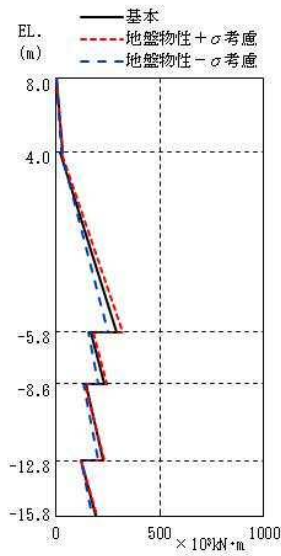
(d) $S_s - 31$

図 2-4 最大応答せん断力 (NS 方向)



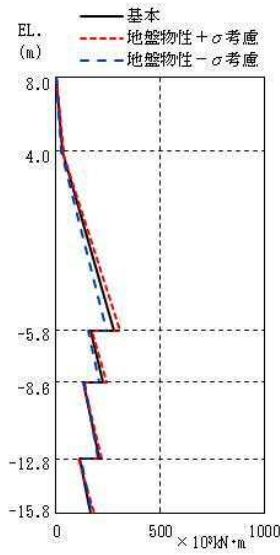
(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
0.0746	0.0884	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	286

(a) $S_s - D1$ 

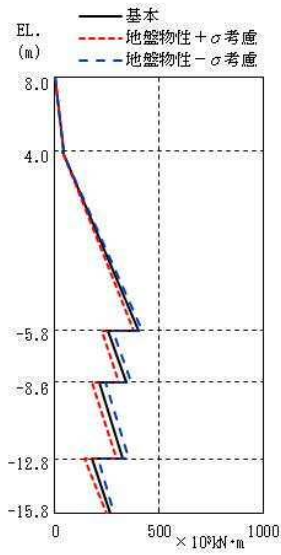
(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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

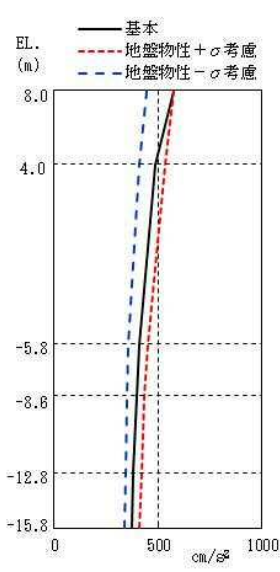
(c) $S_s - 22$ 

(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	388
211	176	243
328	297	355
175	145	209
267	249	286

(d) $S_s - 31$

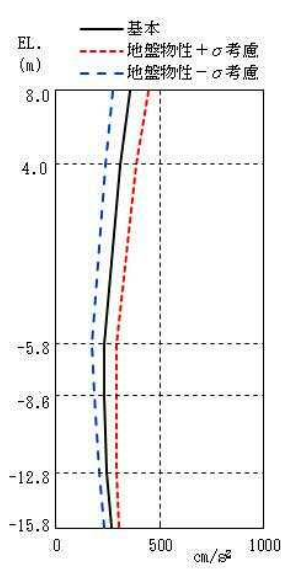
図2-5 最大応答曲げモーメント (NS方向)



(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	538	412
409	452	358
397	435	351
381	419	347
374	409	339

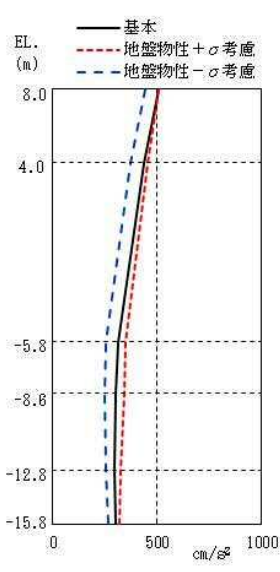
(a) $S_s - D 1$



(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	178
233	290	185
242	293	208
265	303	230

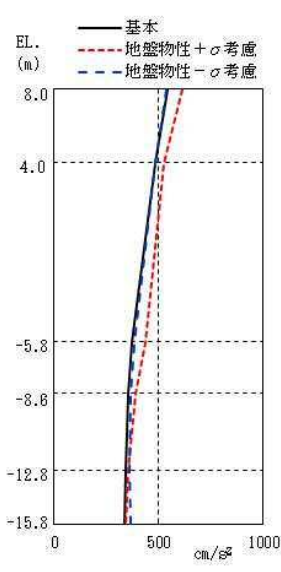
(b) $S_s - 2 1$



(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) $S_s - 2 2$

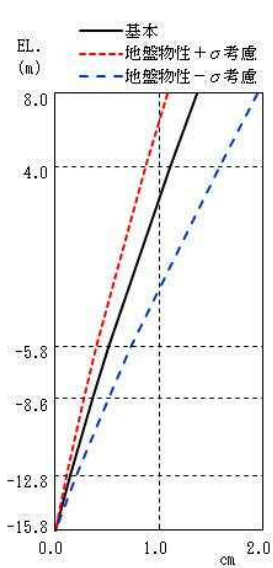


(單位: cm/s^2)

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) $S_s - 3 1$

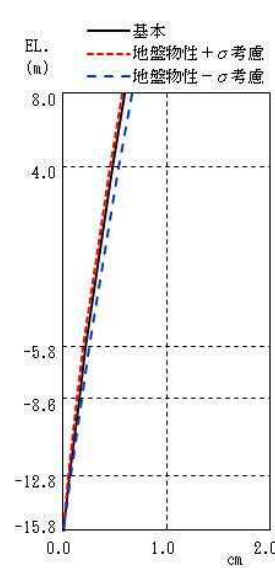
图 2-6 最大応答加速度 (EW 方向)



(單位: cm)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
1.37	1.08	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
—	—	—

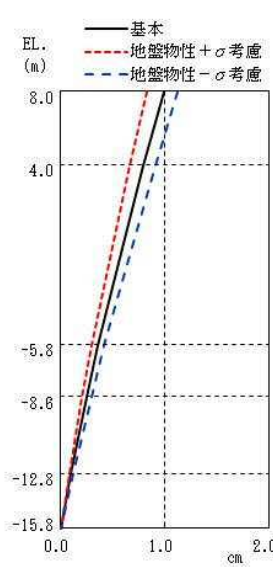
(a) $S_s - D 1$



(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
—	—	—

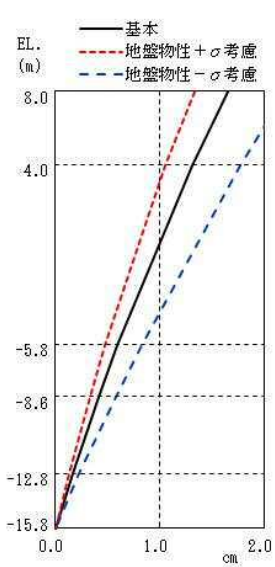
(b) $S_s - 2 1$



(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) $S_s - 2 2$

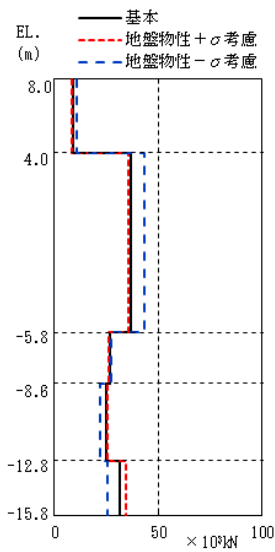


(單位: cm)

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) $S_s - 3 1$

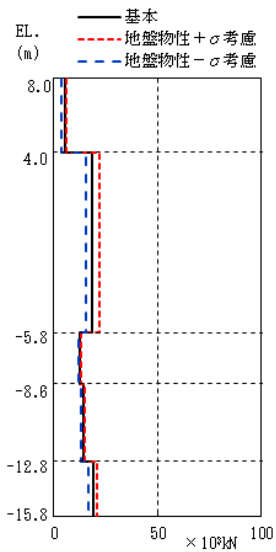
图 2-7 最大応答変位 (EW 方向)



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

基本	地盤物性 + σ 考慮	地盤物性 - σ 考慮
8.78	8.45	11.1
38.7	35.9	43.2
26.9	26.0	27.5
25.3	25.5	22.1
31.8	34.6	25.8

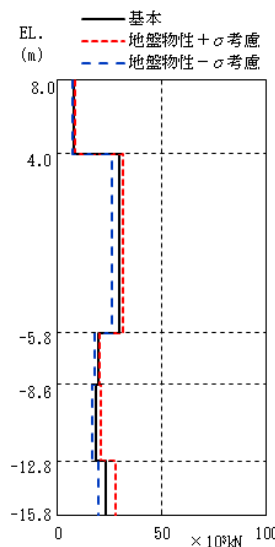
(a) $S_s - D 1$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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

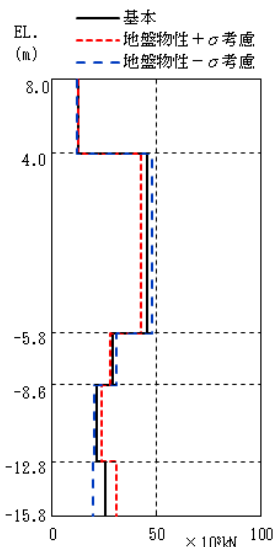
(b) $S_s - 2 1$



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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) $S_s - 2 2$

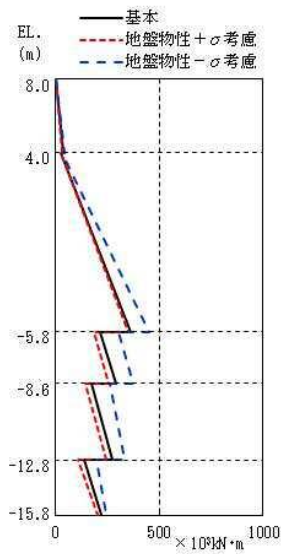


(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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) $S_s - 3 1$

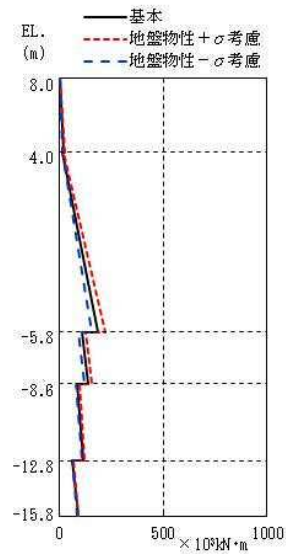
図 2-8 最大応答せん断力 (EW 方向)



(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
0.0874	0.0861	0.0924
35.2	33.9	44.4
24.9	22.9	32.6
365	350	450
215	185	300
290	258	374
176	143	261
272	242	331
138	110	199
218	204	247

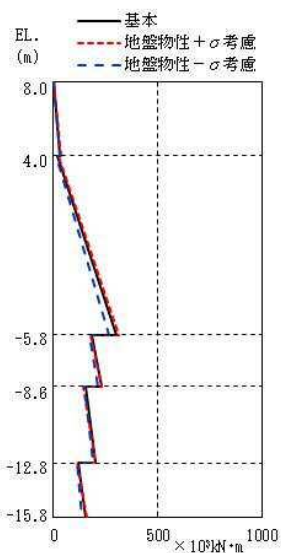
(a) $S_s - D1$



(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
0.0733	0.0757	0.0600
21.1	25.4	15.0
15.2	17.6	13.4
187	223	154
110	127	93.1
138	158	122
87.2	98.0	77.3
115	122	109
60.6	66.2	58.1
92.5	89.6	81.7

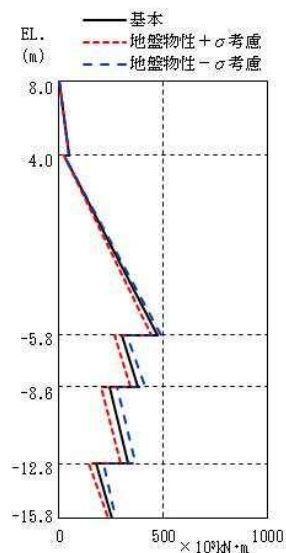
(b) $S_s - 21$



(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
0.0912	0.0929	0.0810
32.1	33.6	27.7
19.0	22.4	15.0
300	311	287
184	180	171
231	230	215
153	145	149
199	199	188
117	111	114
154	162	137

(c) $S_s - 22$

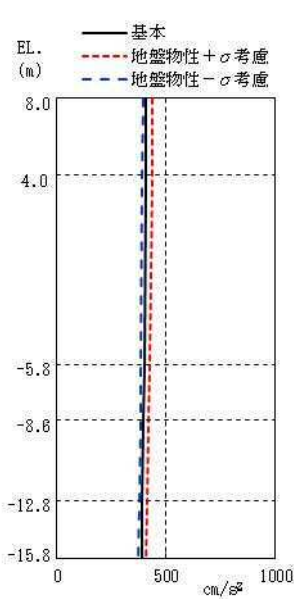


(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

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

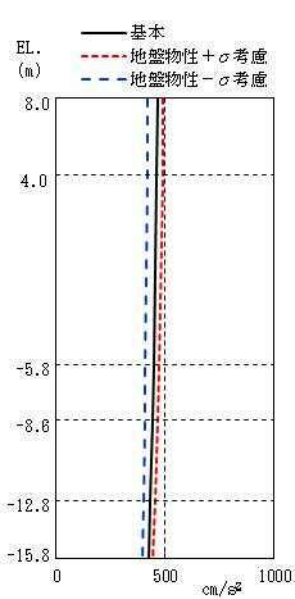
(d) $S_s - 31$

図2-9 最大応答曲げモーメント (EW方向)



(単位: 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

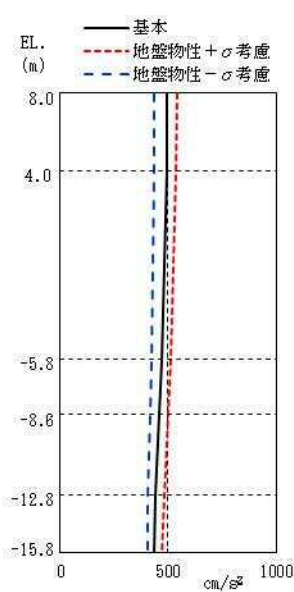


(単位: cm/s^2)

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

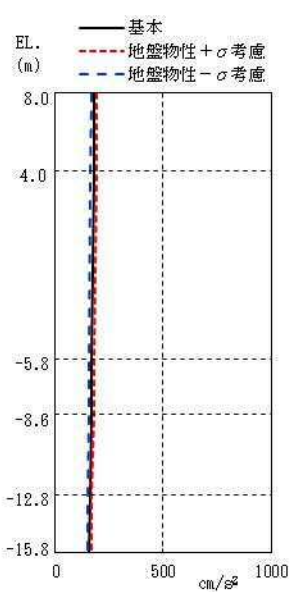
(a) $S_s - D1$

(b) $S_s - 21$



(単位: 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



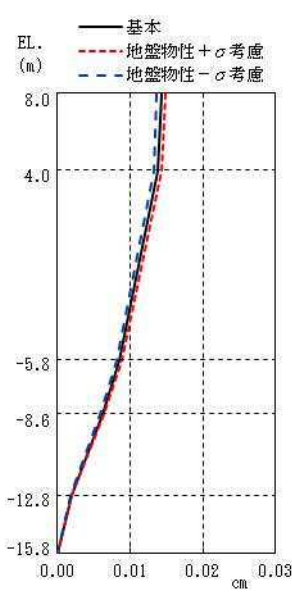
(単位: cm/s^2)

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) $S_s - 22$

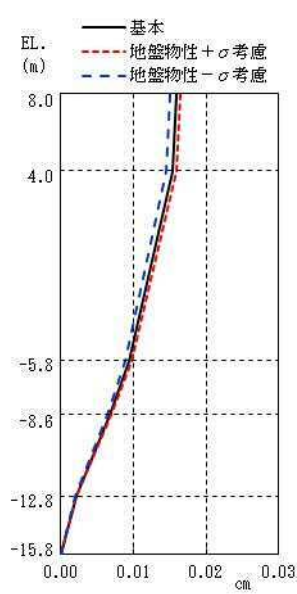
(d) $S_s - 31$

図 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	0.008
0.002	0.002	0.002
—	—	—

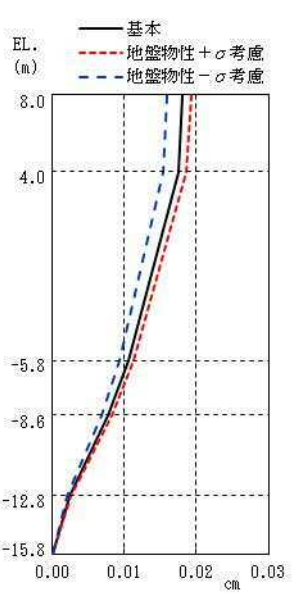


(單位: cm)

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
—	—	—

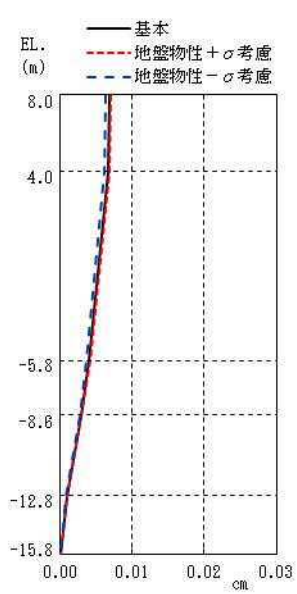
(a) $S_s - D 1$

(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	0.018
0.018	0.019	0.018
0.011	0.012	0.010
0.008	0.009	0.007
0.003	0.003	0.003
—	—	—



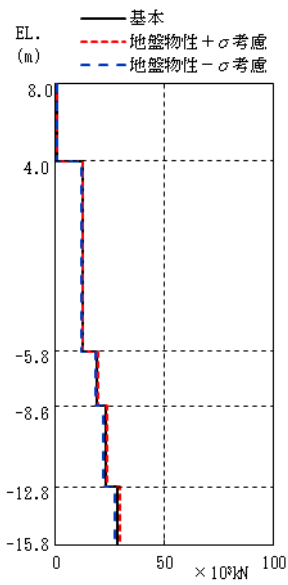
(單位: cm)

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) $S_s - 3 1$

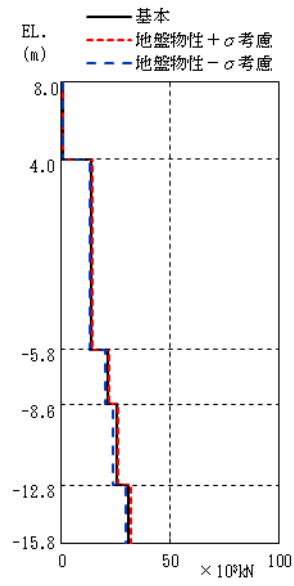
图 2-11 最大応答変位 (UD 方向)



(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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

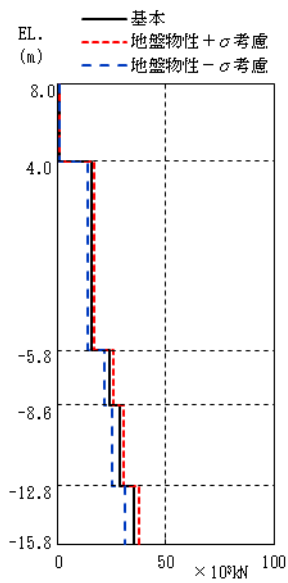
(a) $S_s - D1$



(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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

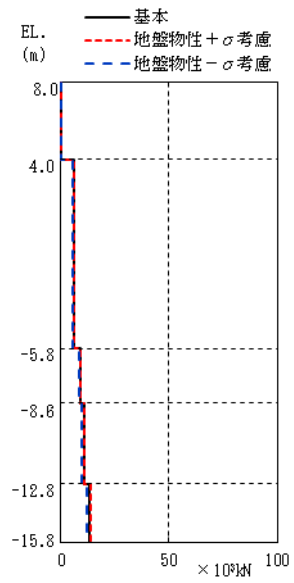
(b) $S_s - 21$



(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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

(c) $S_s - 22$



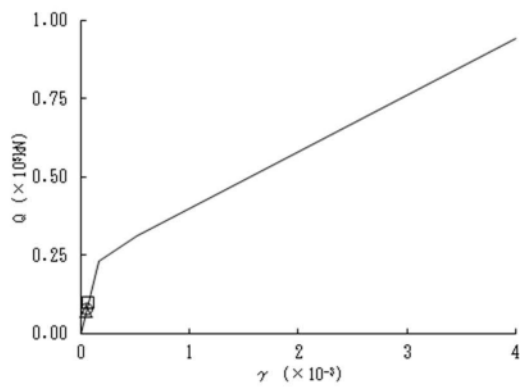
(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

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

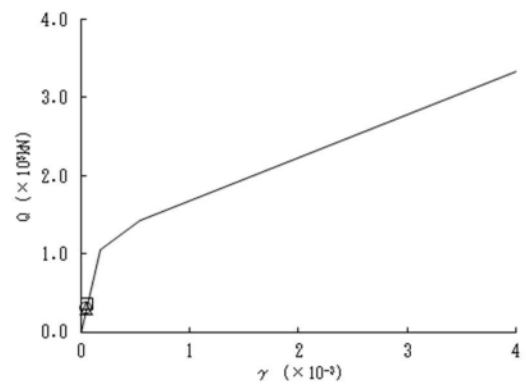
(d) $S_s - 31$

图 2-12 最大応答軸力 (UD 方向)

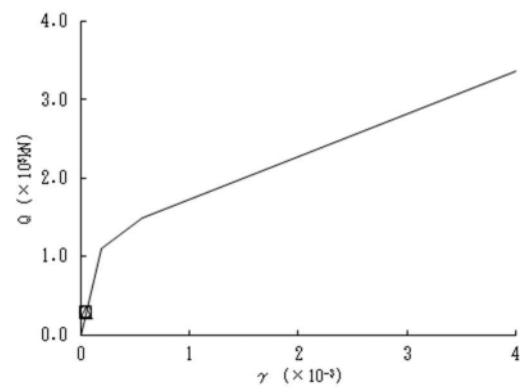
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



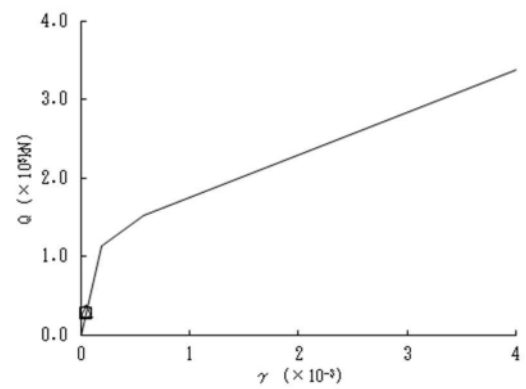
要素番号(1)



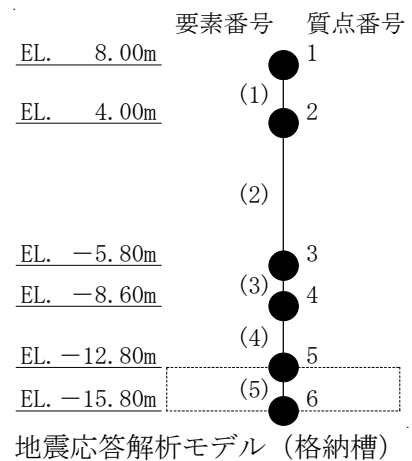
要素番号(2)



要素番号(3)



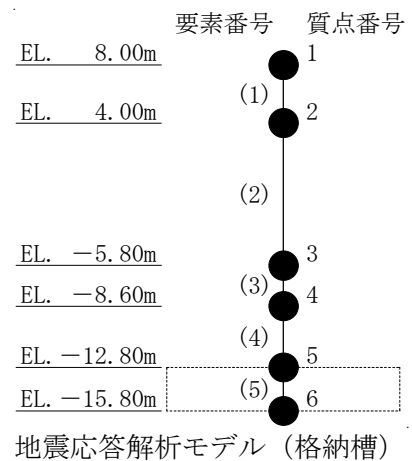
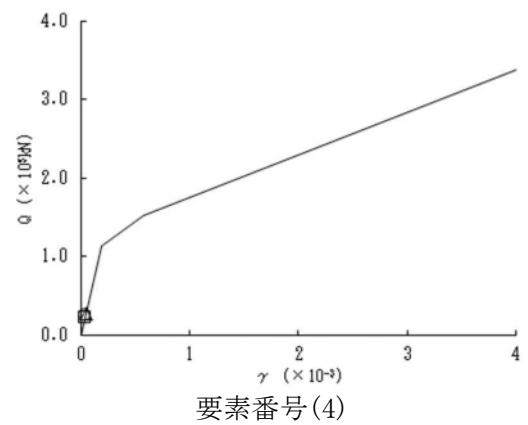
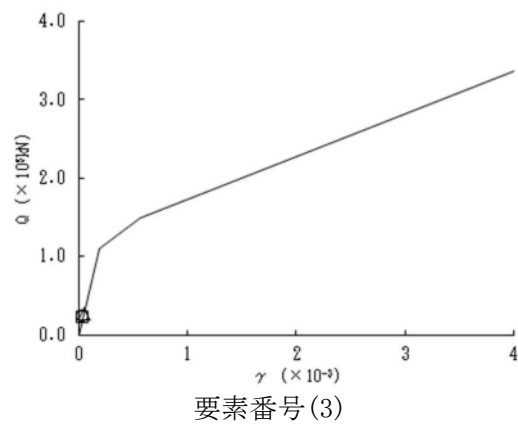
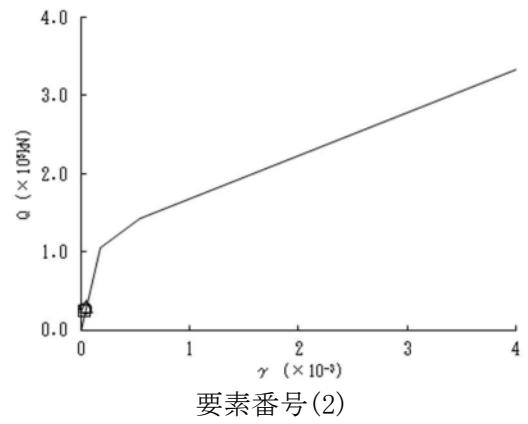
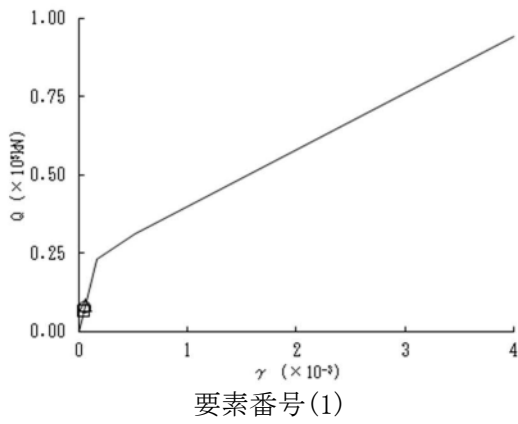
要素番号(4)



(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)

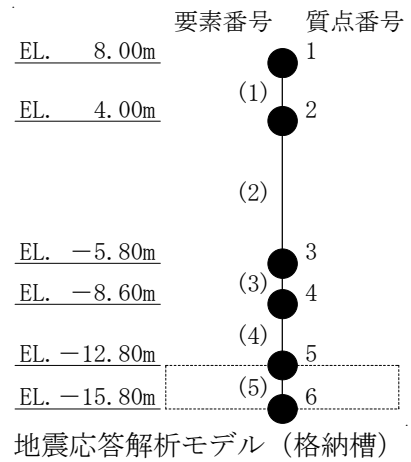
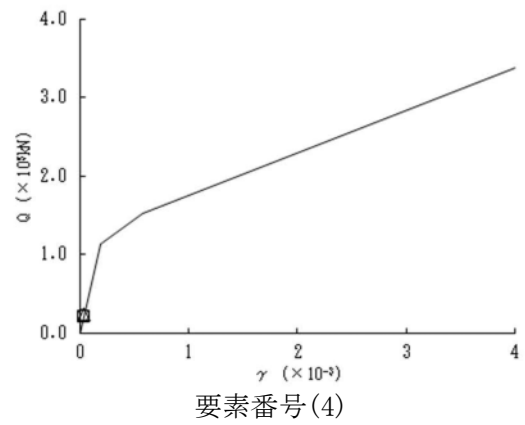
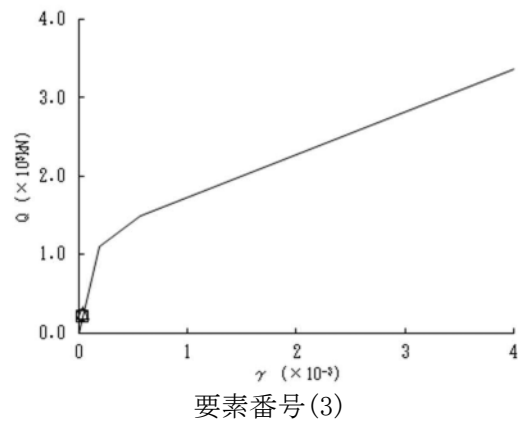
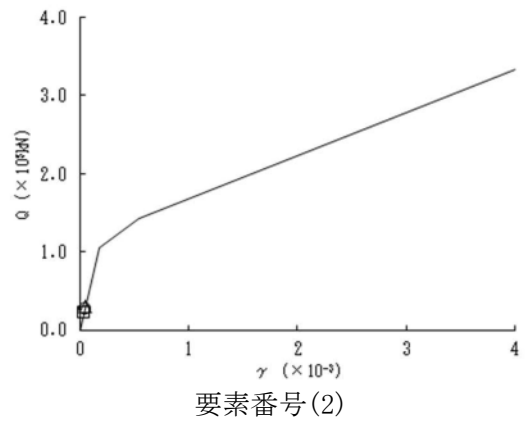
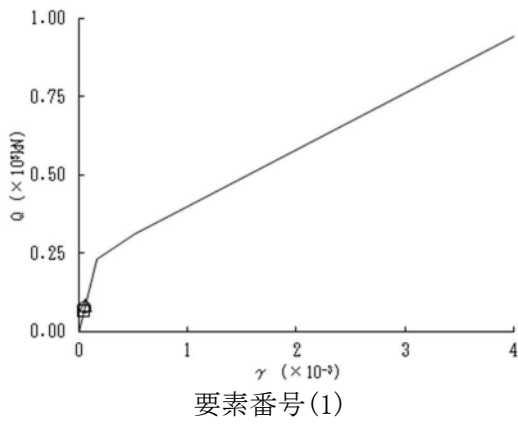
○基本モデル △地盤物性+σ考慮モデル □地盤物性-σ考慮モデル



(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)

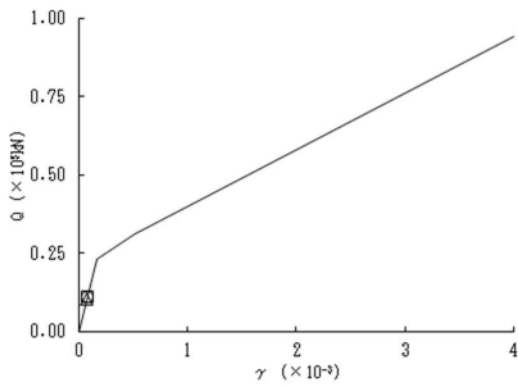
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



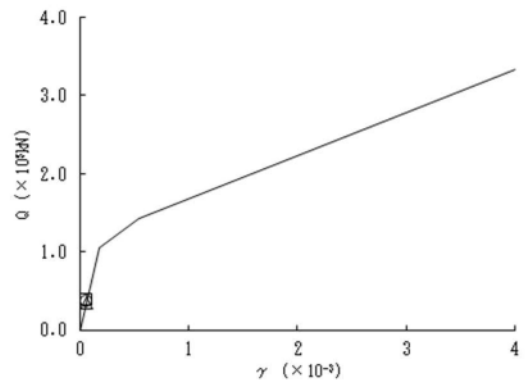
(c) $S_s - 22$

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)

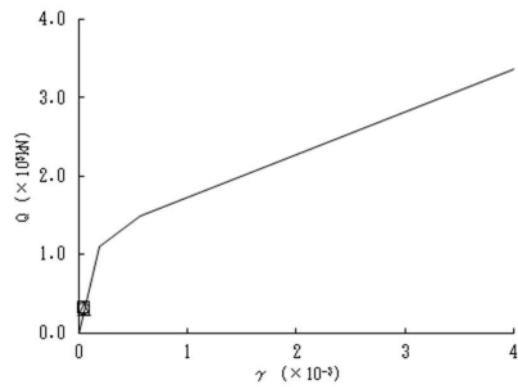
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



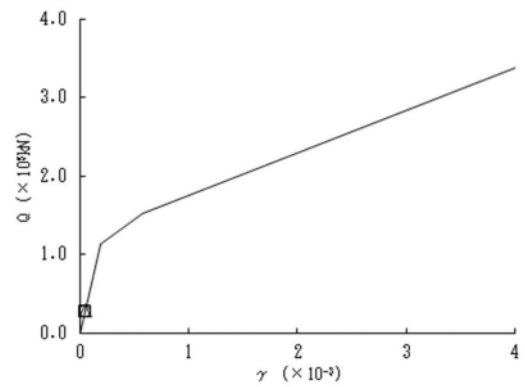
要素番号(1)



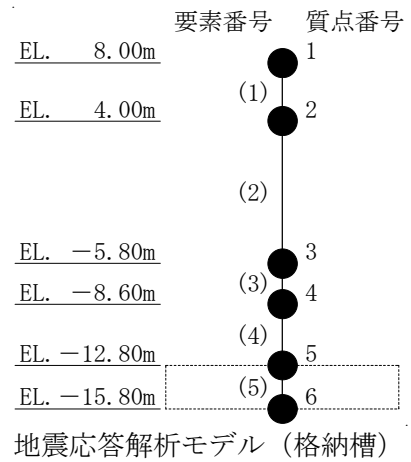
要素番号(2)



要素番号(3)



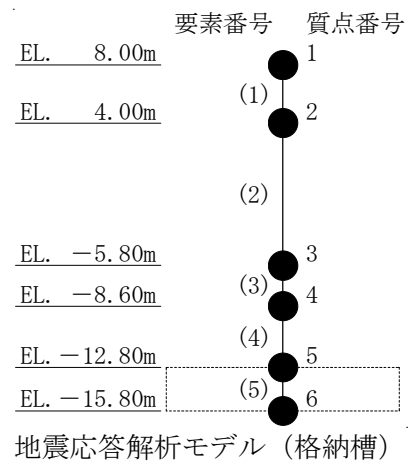
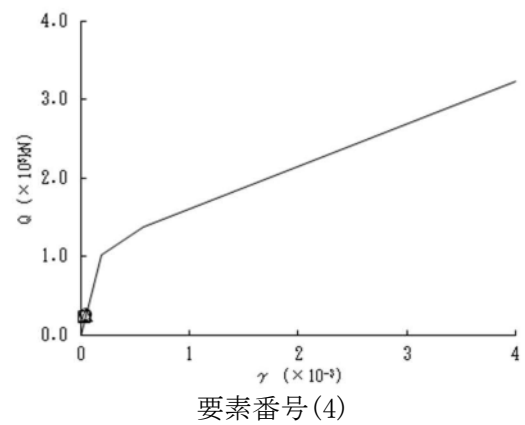
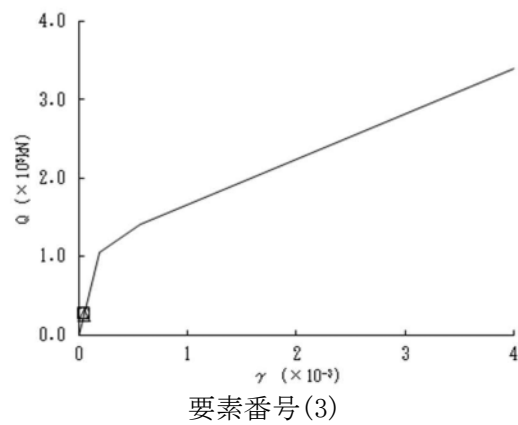
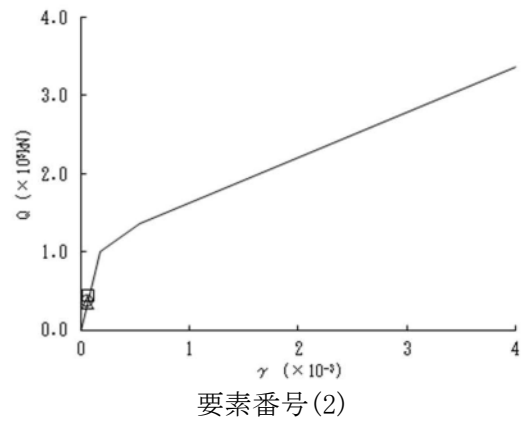
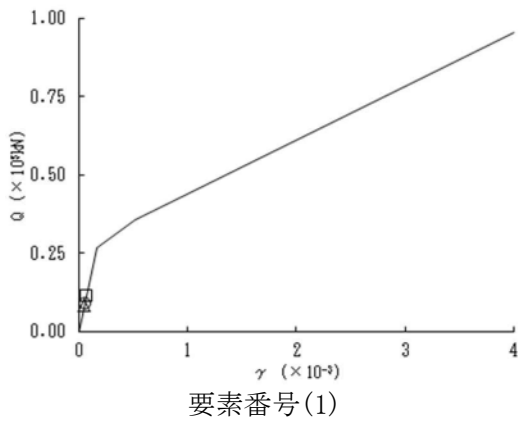
要素番号(4)



(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)

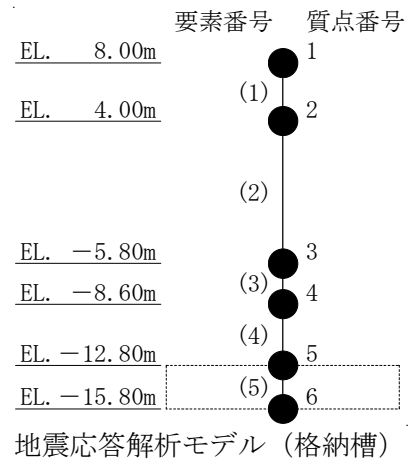
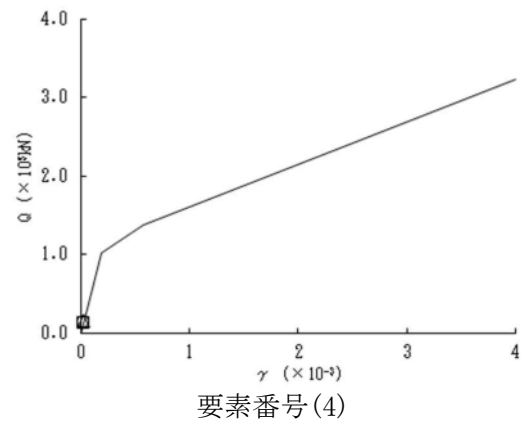
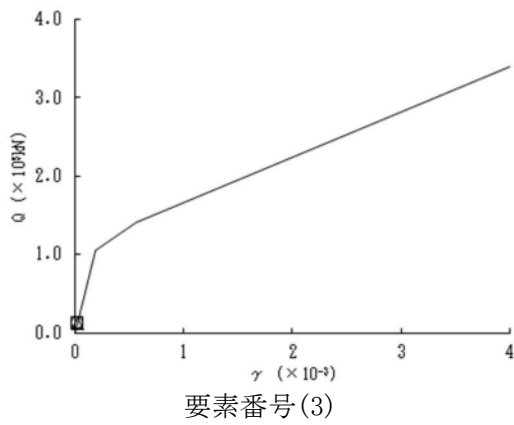
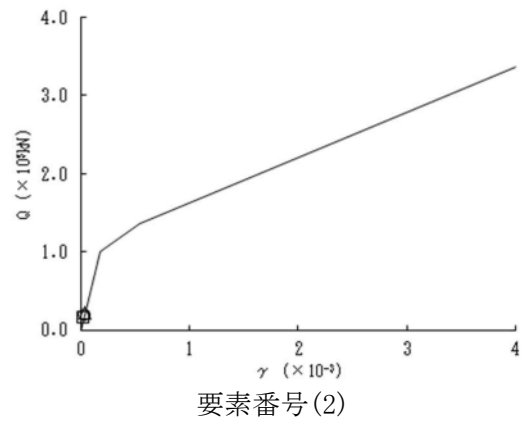
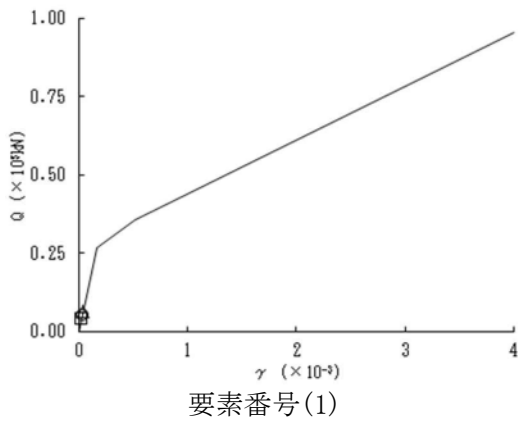
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



(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)

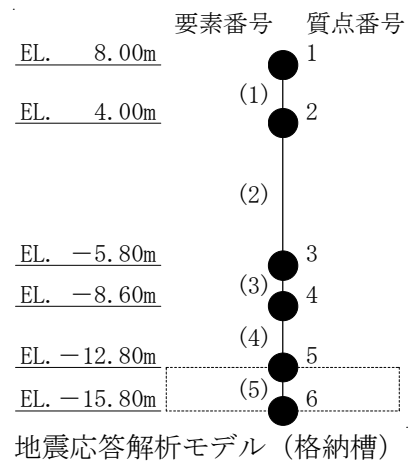
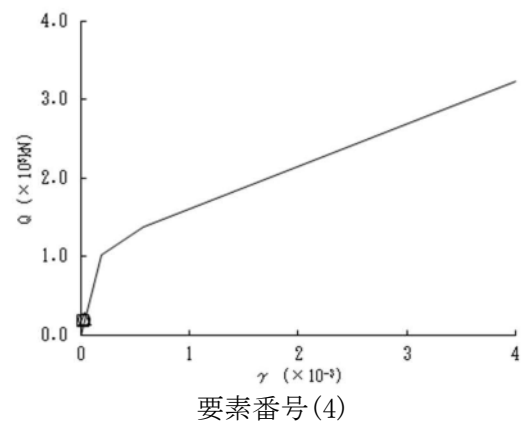
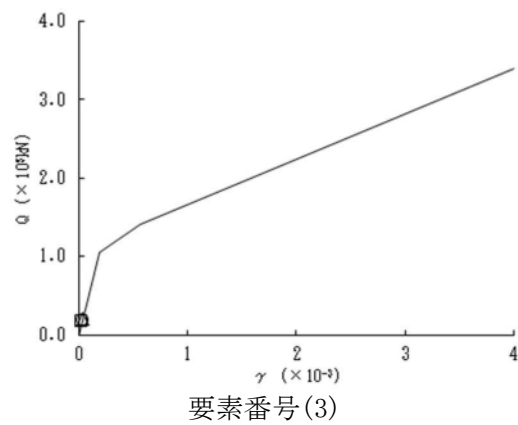
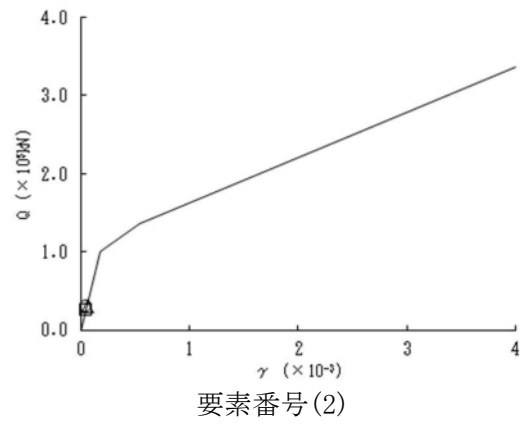
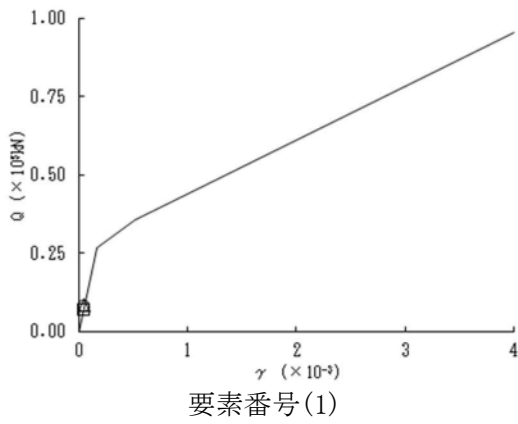
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



(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)

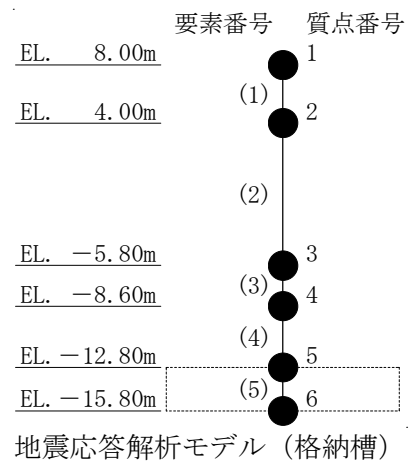
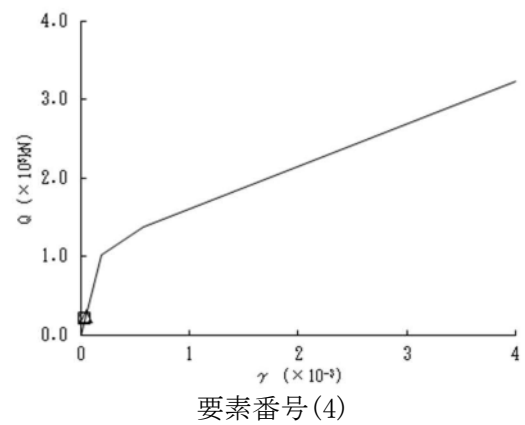
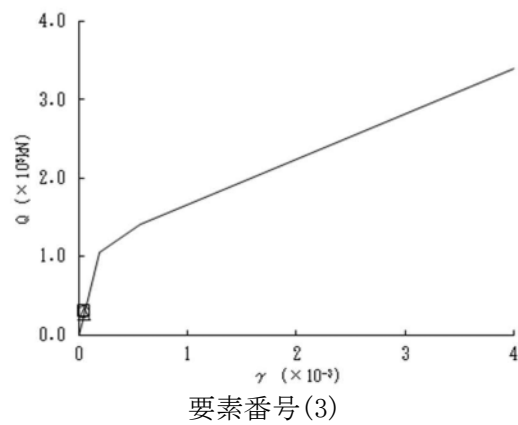
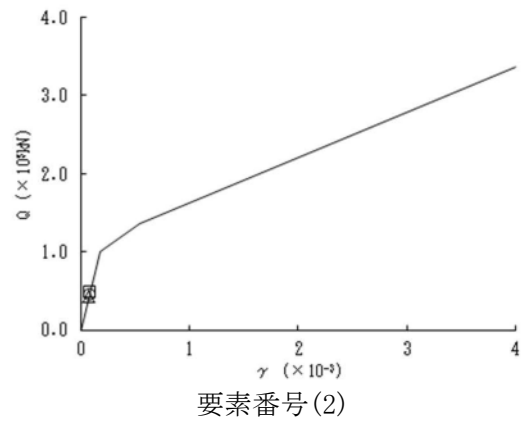
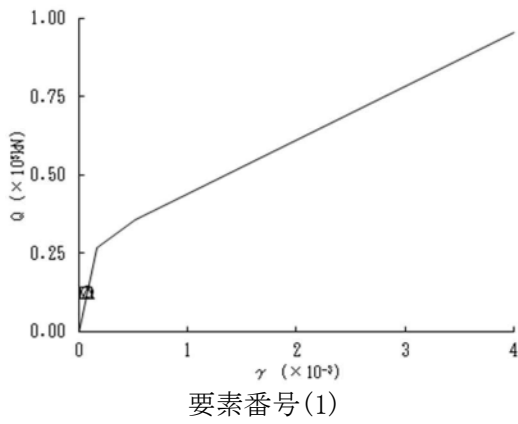
○基本モデル △地盤物性+ σ 考慮モデル □地盤物性- σ 考慮モデル



(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



(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 原子炉建屋周辺地盤における埋戻土に関する影響検討

添付書類「V-2-2-18 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。

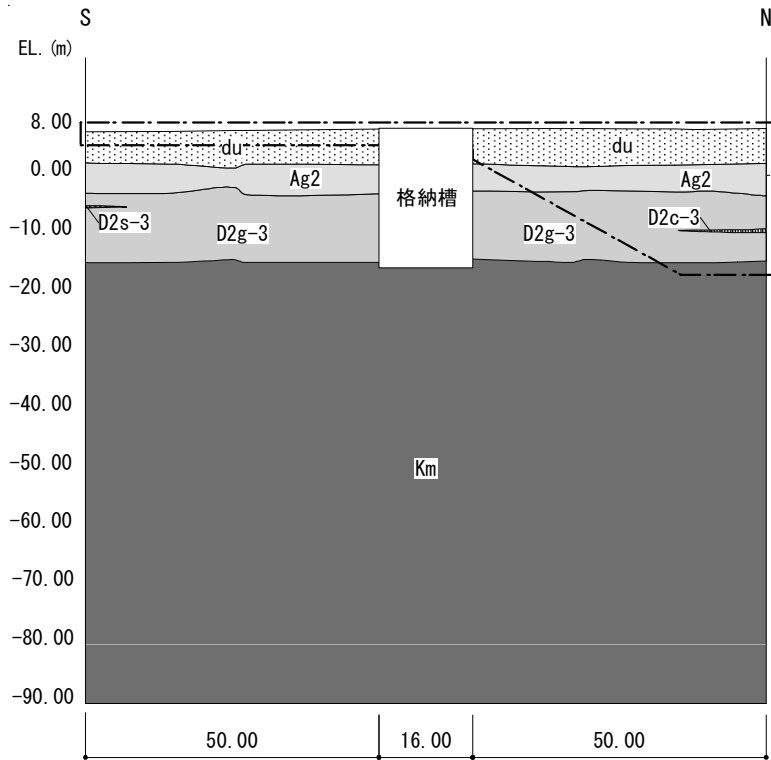
本節では、まず、格納槽地盤の概要を示し、次に、原子炉建屋の建設に伴う埋戻し土を考慮した場合の影響検討結果について示す。

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。

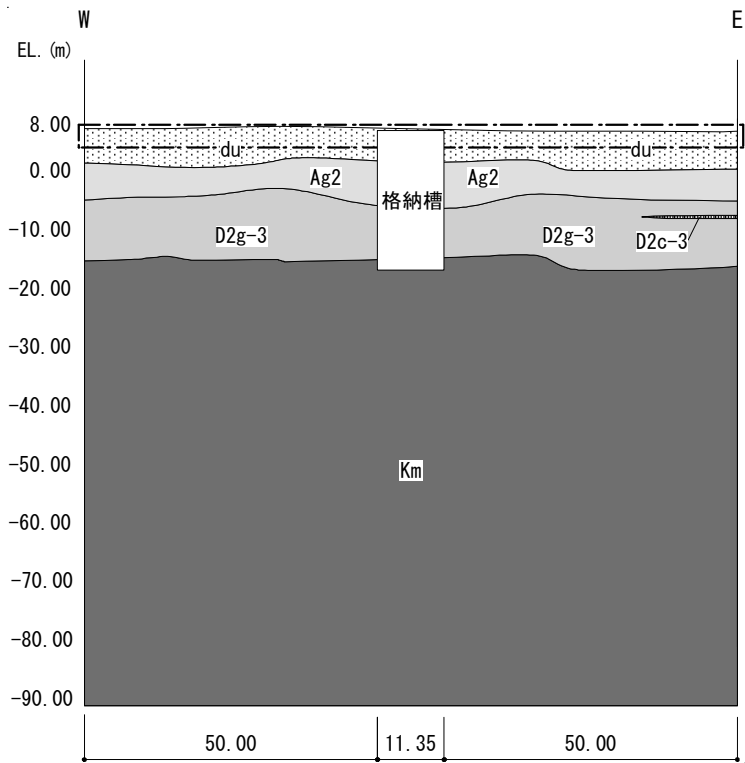
原子炉建屋の建設時の地盤調査記録から、格納槽の周辺地盤は、基本的には成層地盤であると考えられる。ただし、原子炉建屋の建設に伴い、オープン掘削後埋戻土（f1層）で置換していることから、この部分は必ずしも水平成層とは言えない状況になっている。

添付書類「V-2-2-18 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」という。）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」という。）を用いている。



注：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



注：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 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、添付書類「V-2-2-18 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 2-6 に示す。

検討に用いる入力地震動は、添付書類「V-2-2-19 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」における地震荷重の算定方針に基づき、基準地震動 S_s のうち、地震応答解析の応答値（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 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

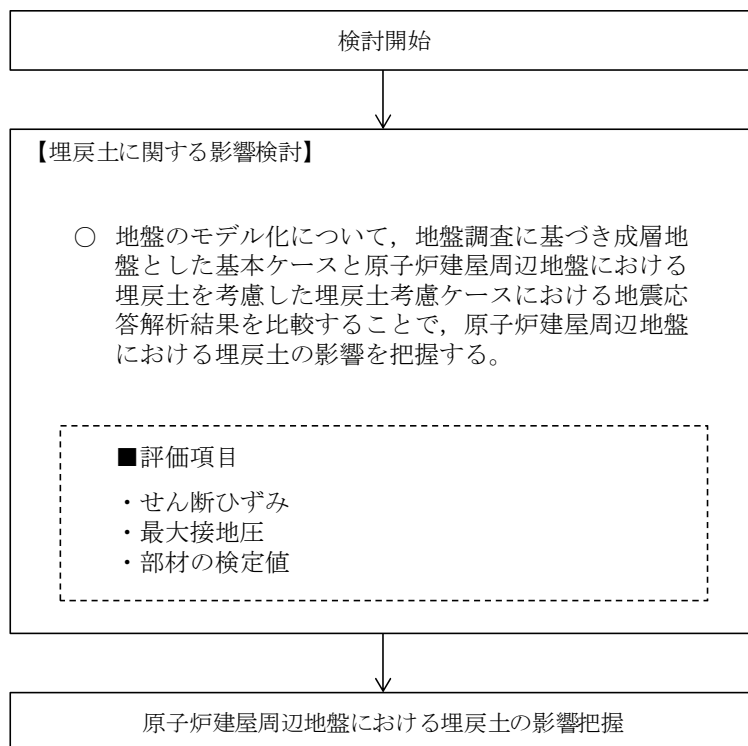


図 2-16 検討フロー

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	評価内容
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 JEAG 4601-1987 ((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
最大接地圧	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 (2450 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	

(1) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界の算定

基礎地盤の支持性能に対する許容限界に関する基本的な考え方は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づくものとし、基礎地盤の支持性能については、基礎地盤の接地圧が、建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001）に基づく極限鉛直支持力度 q_u を超えないことを確認する。

極限鉛直支持力度 q_u の算定式を、以下に示す。

$$q_u = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

ここで、

q_u	: 直接基礎の単位面積あたりの極限鉛直支持力度 (kN/m ²)
N_c, N_γ, N_q	: 支持力係数
c	: 支持地盤の粘着力 (kN/m ²)
γ_1	: 支持地盤の水中単位体積重量 (kN/m ³)
γ_2	: 根入れ部分の土の水中単位体積重量 (kN/m ³)
α, β	: 基礎の形状係数
η	: 基礎の寸法効果による補正係数
i_c, i_γ, i_q	: 荷重の傾斜に対する補正係数
B	: 基礎幅 (m)
D_f	: 根入れ深さ (m)

算定結果を表 2-7 に示す。

表 2-7 極限鉛直支持力度算定の諸元と算定結果

(a) 算定諸元と算定結果

項目	算定結果	備考
極限支持力度 q_u (kN/m ²)	2450	
$i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c$ (kN/m ²)	2450	
$i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma$ (kN/m ²)	0	
$i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$ (kN/m ²)	0	保守的な配慮として0と仮定
荷重の傾斜 に対する補正係数	i_c (-)	0.47
	i_γ (-)	0.00
	i_q (-)	-
支持力係数	N_c (-)	5.1 表 2-7(b)
	N_γ (-)	0.0 表 2-7(b)
	N_q (-)	-
基礎幅(短辺) B (m)	11.35	
基礎の形状係数	α (-)	1.14 表 2-7(b)
	β (-)	0.36 表 2-7(b)
基礎の寸法効果による補正係数 η (-)	0.44	
支持地盤の粘着力 c (kN/m ²)	892	非排水せん断強度*
支持地盤の水中単位体積重量 γ_1 (kN/m ³)	7.08	基本方針(久米層)に基づく
根入れ部分の土の水中単位体積重量 γ_2 (kN/m ³)	-	
根入れ深さ D_f (m)	-	

注記 * : 非排水せん断強度 $C_{CUV} = (0.837 - 0.00346 \cdot Z) \times 1000$ (kN/m²)
 基礎底面標高 $Z = \text{EL.} - 15.8$ (m)

(b) 参照元

支持力係数				形状係数				
表 5.2.1 支持力係数				表 5.2.2 形状係数				
ϕ	N_c	N_q	N_γ	基礎底面の形状	連続	正方形	長方形	円形
0°	5.1	1.0	0.0	α	1.0	1.2	$1.0 + 0.2 \frac{B}{L}$	1.2
5°	6.5	1.6	0.1					
10°	8.3	2.5	0.4	β	0.5	0.3	$0.5 - 0.2 \frac{B}{L}$	0.3
15°	11.0	3.9	1.1					
20°	14.8	6.4	2.9					
25°	20.7	10.7	6.8					
28°	25.8	14.7	11.2					
30°	30.1	18.4	15.7					
32°	35.5	23.2	22.0					
34°	42.2	29.4	31.1					
36°	50.6	37.8	44.4					
38°	61.4	48.9	64.1					
40°以上	75.3	64.2	93.7					

B : 長方形の短辺長さ, L : 長方形の長辺長さ
 但し, $B=11.35\text{m}$, $L=16.0\text{m}$

「建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2001)」より

2.3.3 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。

格納槽より北側の埋戻土の地盤定数を表2-8に示す。

なお、原地盤及び格納槽より南側の埋戻土の地盤定数は、添付書類「V-2-2-18 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地盤定数とする。

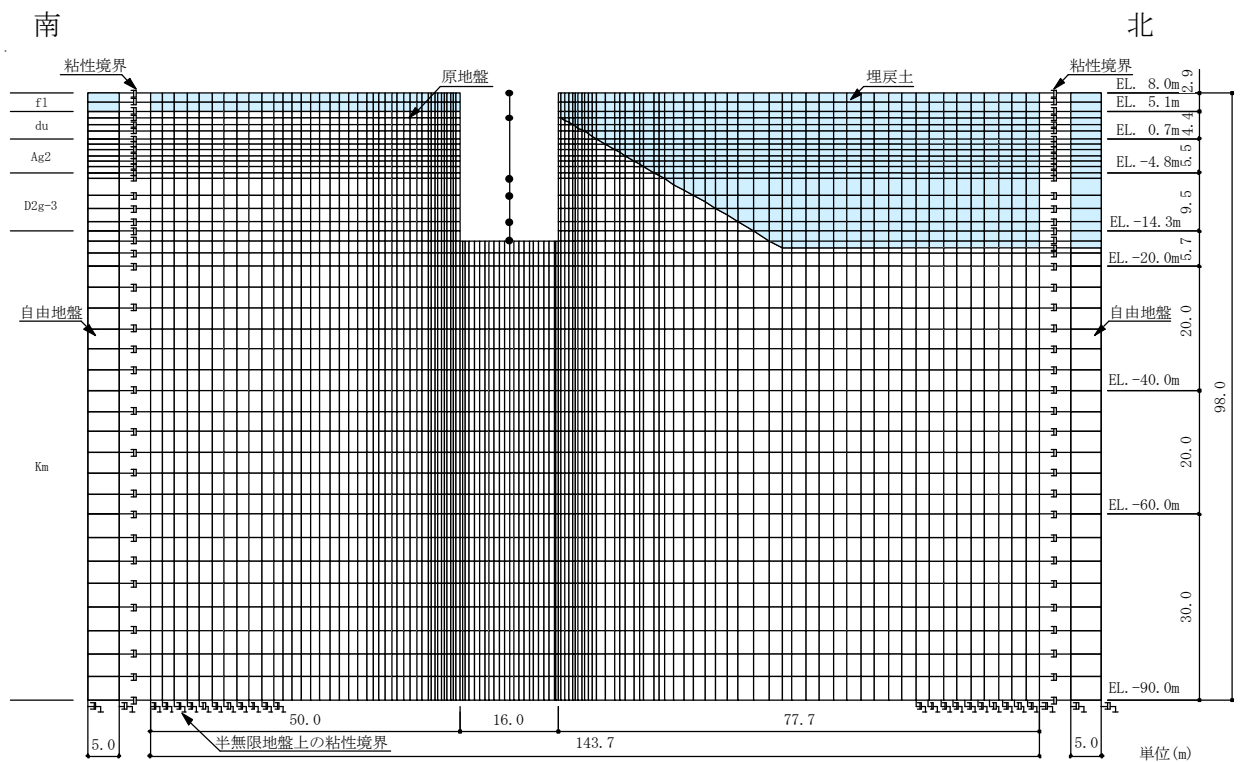


図2-17 埋戻土考慮モデル (NS方向)

表 2-8 地盤定数

(a) $S_s - D 1$

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 5.1 0.7	f1 (埋戻土)	7.3	1.98	0.04	188	1784	0.494
-4.8	f1 (埋戻土)	17.7	1.98	0.16	111	1775	0.498
-17.0	Km	3.0	1.72	0.03	409	1645	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1661	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1678	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	445	1692	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1746	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1769	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1851	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1898	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	718	1988	0.425

(b) $S_s - 3 1$

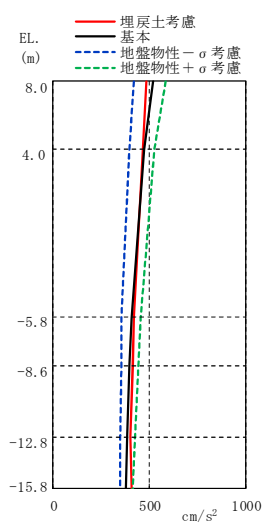
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 ρ (t/m^3)	減衰定数 h	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比 ν
8.0 5.1 0.7	f1 (埋戻土)	7.3	1.98	0.04	190	1784	0.494
-4.8	f1 (埋戻土)	17.7	1.98	0.16	109	1775	0.498
-17.0	Km	3.0	1.72	0.03	411	1646	0.467
-20.0		20.0	1.72	0.03	418	1663	0.466
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1678	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1689	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	463	1717	0.461
-120.0		30.0	1.73	0.03	492	1748	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	517	1772	0.453
-190.0		40.0	1.74	0.03	545	1811	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1851	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1898	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤	—	1.76	—	718	1988	0.425

2.3.4 解析方法

格納槽の地震応答解析には、解析コード「Soil Plus Ver.2015 Build3」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要・Soil Plus」に示す。

2.3.5 地震応答解析結果

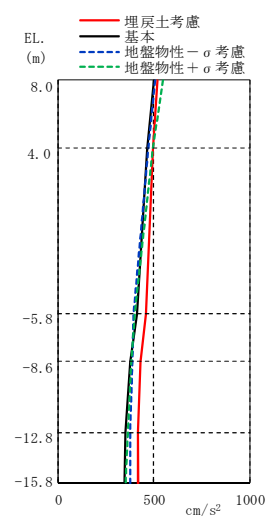
基準地震動 S_s-D1 及び S_s-31 による最大応答値を図 2-18～図 2-22 に示す。



(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

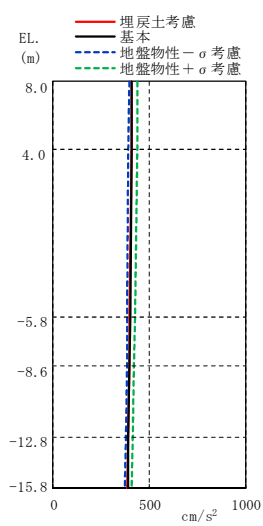
(a) $S_s - D1$ NS方向



(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

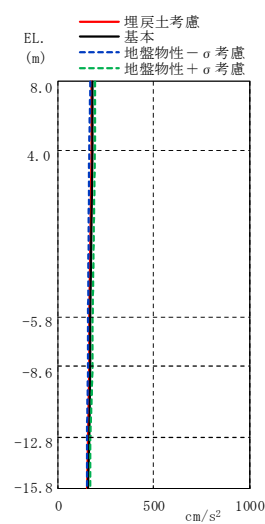
(b) $S_s - 31$ NS方向



(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) $S_s - D1$ UD方向

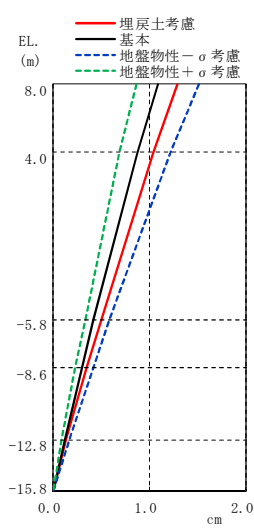


(單位: cm/s^2)

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

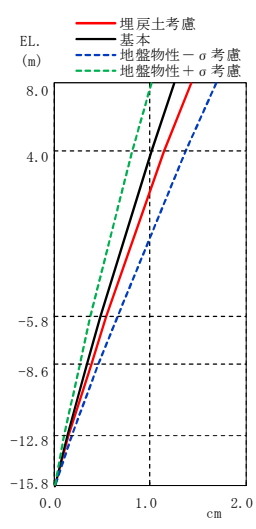
(d) $S_s - 31$ UD方向

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
—	—	—	—

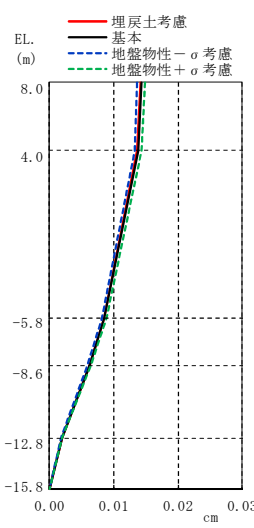


(單位: cm)

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
—	—	—	—

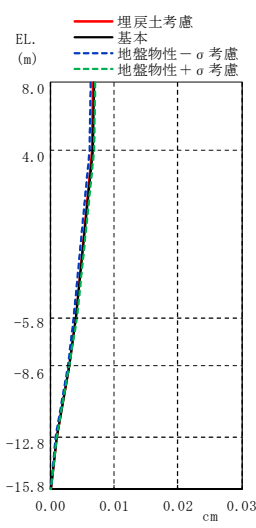
(a) $S_s - D1$ NS方向

(b) $S_s - 31$ 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
—	—	—	—



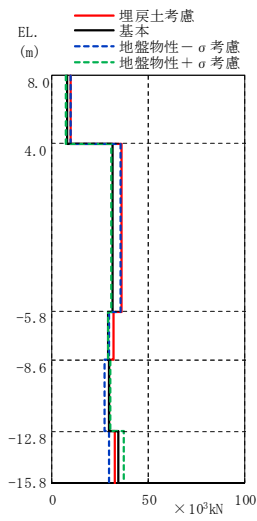
(單位: cm)

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
—	—	—	—

(c) $S_s - D1$ UD方向

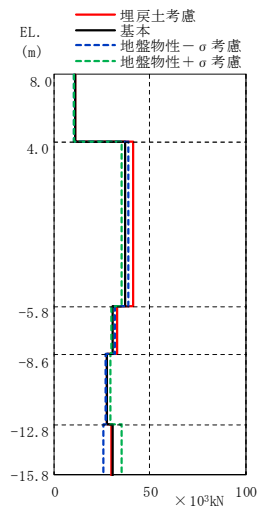
(d) $S_s - 31$ UD方向

图 2-19 最大応答変位



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

埋戻土考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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



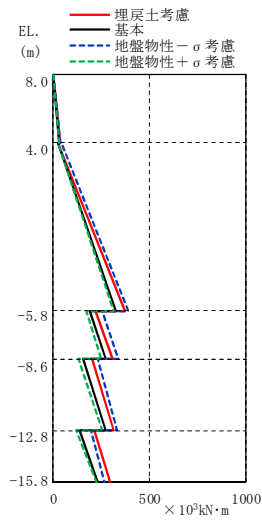
(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

埋戻土考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

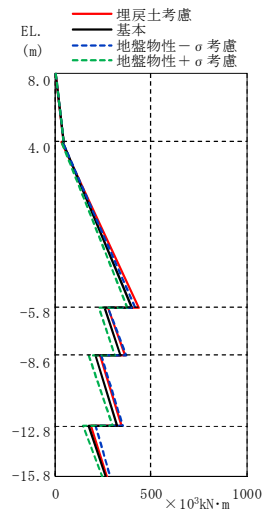
(b) $S_s - 31$ NS方向

図 2-20 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- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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



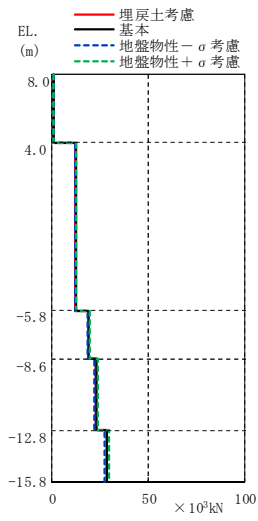
(単位: $\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)

埋戻土考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

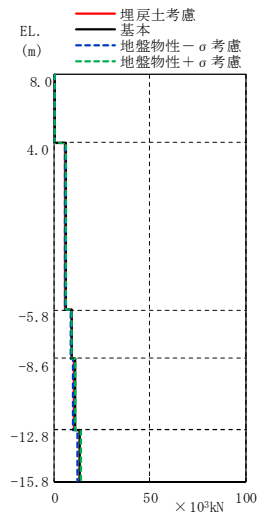
図 2-21 最大応答曲げモーメント



(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

埋戻土考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

(a) $S_s - D1$ UD方向



(單位: $\times 10^3 \text{kN}$)

埋戻土考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

(b) $S_s - 31$ UD方向

图 2-22 最大応答軸力

2.3.6 格納槽の耐震評価への影響

格納槽の耐震評価への影響検討結果を以下に示す。各検討において、応答値は許容限界を下回っており、地盤を成層としてモデル化して問題ないと考えられる。

(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（ 2.0×10^{-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 2-9 に示す。同表には、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+ 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。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（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認した。

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

注記 *：要素番号は、図 2-23 に基づく。

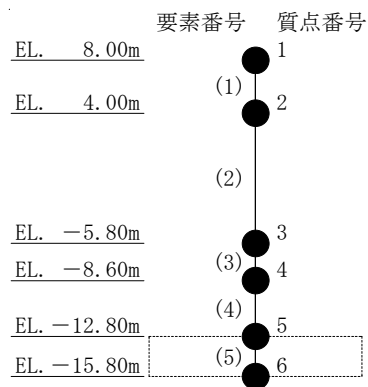


図 2-23 地震応答解析モデル（格納槽）

(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（2450 kN/m²）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 2-10 に示す。同表には、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、最も接地圧が大きい数値を示している。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（2450 kN/m²）を十分下回ることを確認した。

表 2-10 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 ²)	地震波	最大接地圧 (kN/m ²)
NS 方向	S _s -3 1	872	S _s -D 1	1110

(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

添付書類「V-2-2-19 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」に記載の地盤物性のばらつきを考慮した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、基本モデルと埋戻土考慮ケースの応答比（埋戻土考慮ケース／基本モデル）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、地盤物性のばらつきを考慮した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。基本モデル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応答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、最大応答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。

検討結果を表2-11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2-11 検討結果

基本モデルと埋戻土考慮ケースの応答比 (埋戻土考慮ケース／基本モデル)		検討対象 部位	基本ケース*1の 検定値（発生値／許容値）の最大値 (添付書類「V-2-2-19 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 最大応答 曲げモーメント	1.30*2	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	0.557	0.725
		基礎 スラブ	面外せん断力 (NS方向)	1607	0.350	0.455
		上版	面外せん断力 (NS方向)	1637	0.471	0.613

注記 *1：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。

*2：S_s-D1，要素番号(5)における応答比（最大応答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検討

添付書類「V-2-2-18 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2-24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」という。)

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検討する。

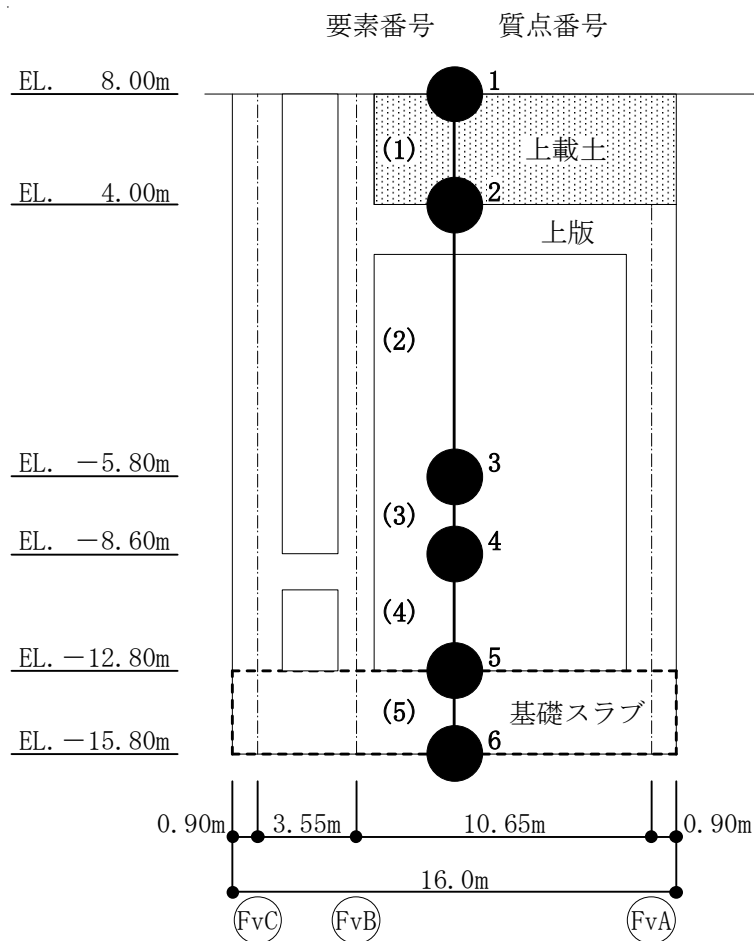


図2-24 格納槽で考慮する上載土 (NS 方向)

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 2-12 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、添付書類「V-2-2-18 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 2-25 に、格納槽への影響検討における評価項目を表 2-13 に示す。

検討に用いる入力地震動は、添付書類「V-2-2-19 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」における地震荷重の算定方針に基づき、基準地震動 S_s のうち、地震応答解析の応答値（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 S_s-D1 及び S_s-31 を選定した。格納槽の地震応答解析には、解析コード「Soil Plus Ver.2015 Build3」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要・Soil Plus」に示す。

表 2-12 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+ σ 考慮モデル	非考慮
	地盤物性- σ 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

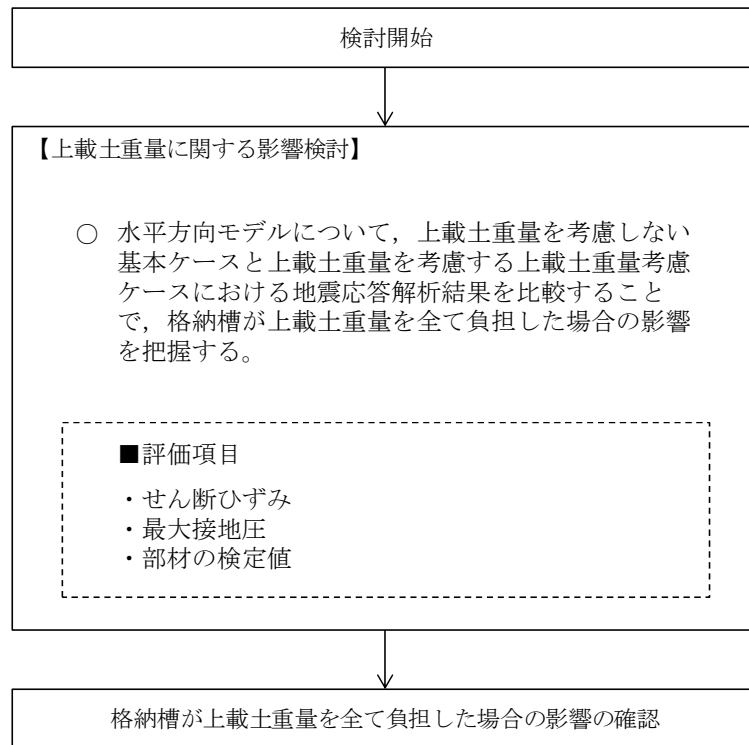


図 2-25 検討フロー

表 2-13 格納槽への影響検討における評価項目

評価項目	部位	評価内容
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 JEAG 4601-1987 ((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
最大接地圧	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 (2450 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、添付書類「V-2-2-18 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、添付書類「V-2-2-18 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. 4.0 m 及び EL. 8.0 m 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 2-14 に示す。

表 2-14 上載土重量考慮モデルの諸元

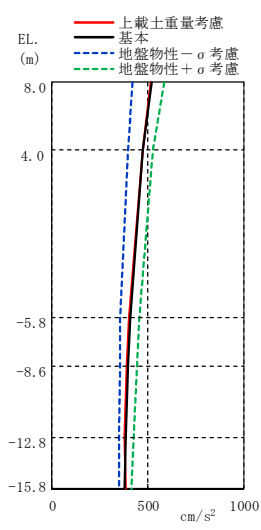
標高 EL. (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	回転慣性重量 ($\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)		要素 番号	せん断断面積 (m^2)		断面2次モーメント (m^4)	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
8.0	1	7330	107.2	105.9	(1) (2) (3) (4) (5)				
4.0	2	23240	550.9	304.6		13.26	15.19	48.00	45.16
-5.8	3	16180	363.8	192.3		57.60	54.74	2402	1369
-8.6	4	8490	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 2-26～図 2-29 に示す。

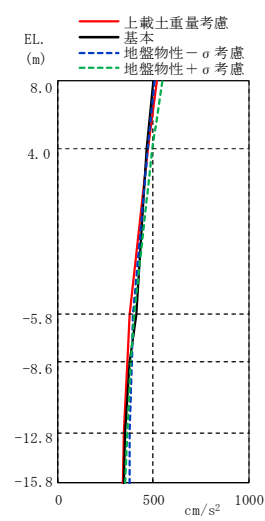
基本ケース及び上載土重量考慮ケースの地震応答解析結果を比較すると、両者の結果は類似しており、上載土重量の影響は小さいものと考えられる。



(單位: cm/s^2)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

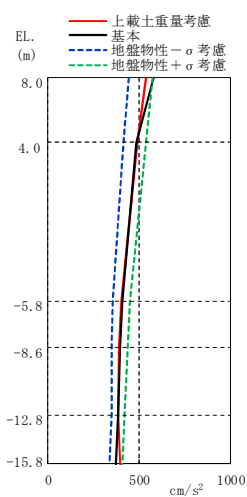
(a) $S_s - D1$ NS方向



(單位: cm/s^2)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

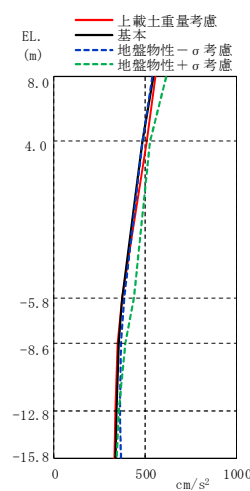
(b) $S_s - 31$ NS方向



(單位: cm/s^2)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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) $S_s - D1$ EW方向

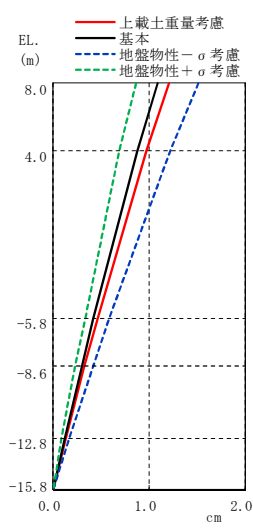


(單位: cm/s^2)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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) $S_s - 31$ EW方向

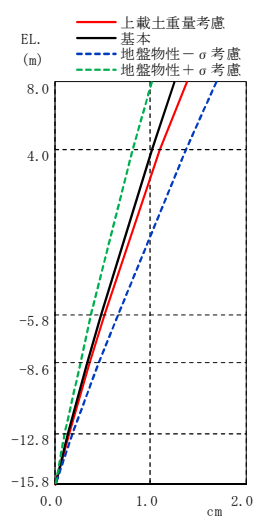
图 2-26 最大応答加速度



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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
—	—	—	—

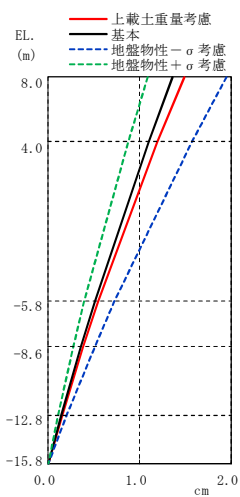
(a) $S_s - D 1$ NS方向



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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
—	—	—	—

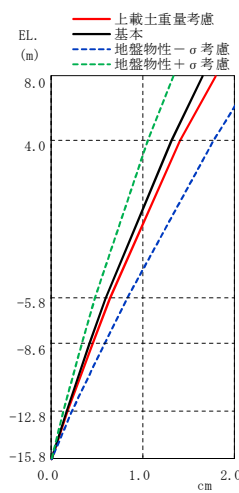
(b) $S_s - 3 1$ NS方向



(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

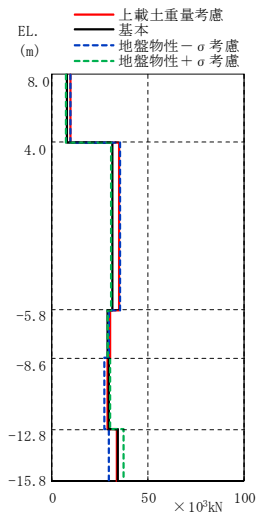


(單位: cm)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

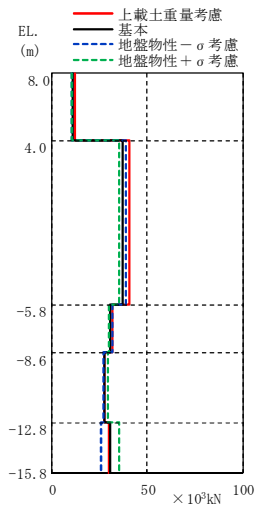
图 2-27 最大応答変位



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

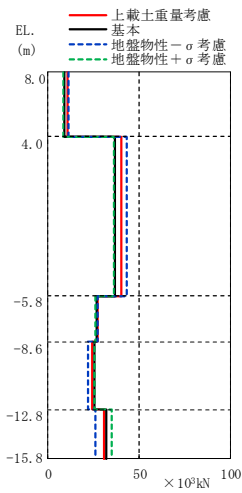
(a) $S_s - D1$ NS方向



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

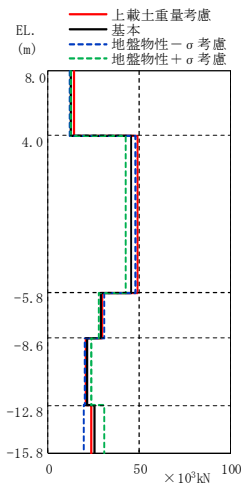
(b) $S_s - 31$ NS方向



(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

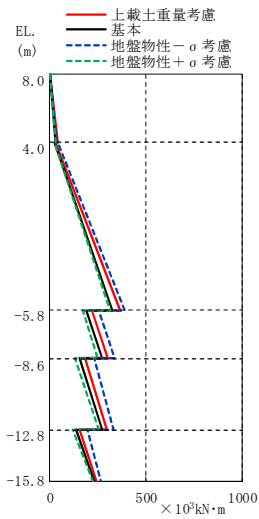


(単位: $\times 10^3 \text{kN}$)

上載土重量考慮	地盤物性 - σ 考慮	基本	地盤物性 + σ 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

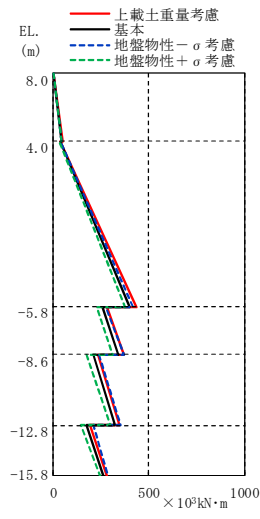
図 2-28 最大応答せん断力



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

上載土重量考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

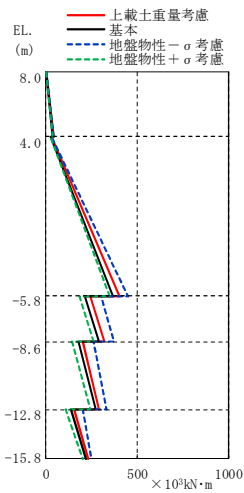
(a) $S_s - D1$ NS方向



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

上載土重量考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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

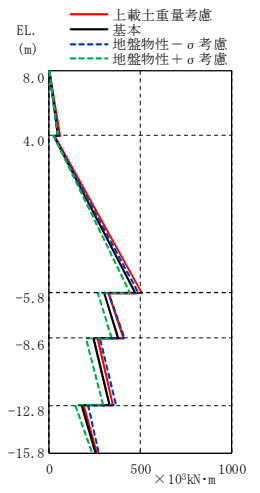
(b) $S_s - 31$ NS方向



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

上載土重量考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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) $S_s - D1$ EW方向



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

上載土重量考慮	地盤物性- σ 考慮	基本	地盤物性+ σ 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) $S_s - 31$ EW方向

図 2-29 最大応答曲げモーメント

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（ 2.0×10^{-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 2-15 に示す。同表には、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+ 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。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は、両ケースとも許容限界（ 2.0×10^{-3} ）を超えないことを確認した。

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

注記 * : 要素番号は、図 2-30 に基づく。

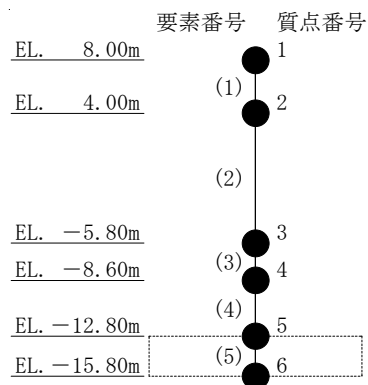


図 2-30 地震応答解析モデル（格納槽）

(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（2450 kN/m²）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 2-16 に示す。同表には、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、最も接地圧が大きい地盤要素の応答値を示している。同表より、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（2450 kN/m²）を十分下回ることを確認した。

表 2-16 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 ²)	地震波	最大接地圧 (kN/m ²)
NS 方向	S _s -31	872	S _s -31	913
EW 方向	S _s -31	914	S _s -31	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

添付書類「V-2-2-19 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」に記載の地盤物性のばらつきを考慮した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、基本モデル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／基本モデル）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、地盤物性のばらつきを考慮した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。基本モデル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応答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、最大応答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。

検討結果を表 2-17 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 2-17 検討結果

基本モデルと 上載土重量考慮ケース の応答比 (上載土重量考慮ケース ／基本モデル)		検討対象 部位	基本ケース*1の 検定値（発生値／許容値）の最大値 (添付書類「V-2-2-19 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 最大応答 曲げモーメント	1.30*2	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	0.557	0.725
		基礎 スラブ	面外せん断力 (NS 方向)	1607	0.350	0.455
		上版	面外せん断力 (NS 方向)	1637	0.471	0.613

注記 *1：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。

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

2.5 格納槽の剛性のばらつきに関する影響検討

評価において、地盤物性のばらつきについては、添付書類「V-2-2-19 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、格納槽の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、まず、格納槽の剛性のばらつきを設定し、次に、格納槽の剛性のばらつきを考慮した地震応答解析結果について示し、その傾向を確認する。

これらを踏まえた上で、2.6 節に機器・配管系評価への影響検討結果を示す。

2.5.1 格納槽の剛性のばらつきに関する設定

(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 2-18 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 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 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 N/mm^2 で設定する。

表 2-18 コンクリート強度のばらつき

モデル名称	コンクリート強度 F_c (N/mm^2)		ヤング係数 E (N/mm^2)
基本モデル	設計基準強度	30.0	2.44×10^4
格納槽の剛性考慮 モデル	実強度	42.1 (1.41)	2.73×10^4 (1.12)

注記 * : () 内は基本モデルに対する比率

(2) 格納槽の剛性のばらつきを考慮した地震応答解析結果

「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、ここでは格納槽の剛性のばらつきを考慮した地震応答解析の結果について示す。

地震波は S_s-D1 とする。

地震応答解析結果の最大応答値を図 2-31～図 2-35 に示す。また、 S_s-D1 に対する最大応答せん断力を図 2-36 及び図 2-37 の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

基本モデルと格納槽の剛性考慮モデルとでは、最大応答値は概ね同程度となる傾向であり、格納槽の剛性のばらつきが応答に与える影響は小さいことを確認した。

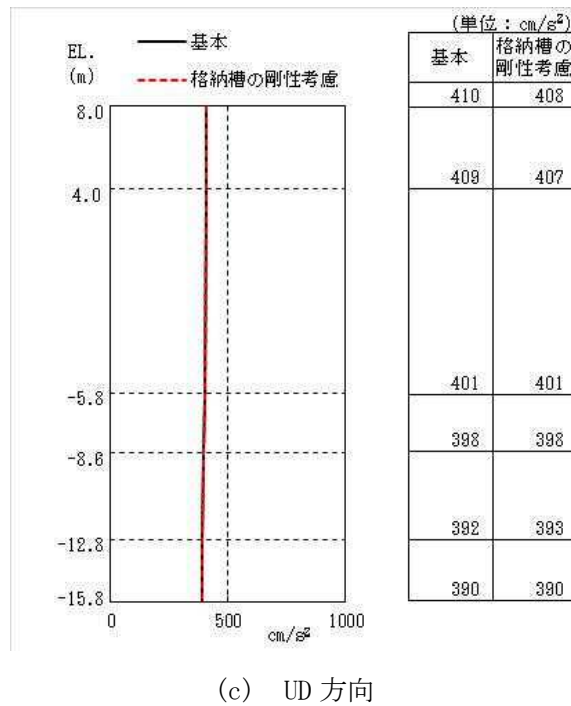
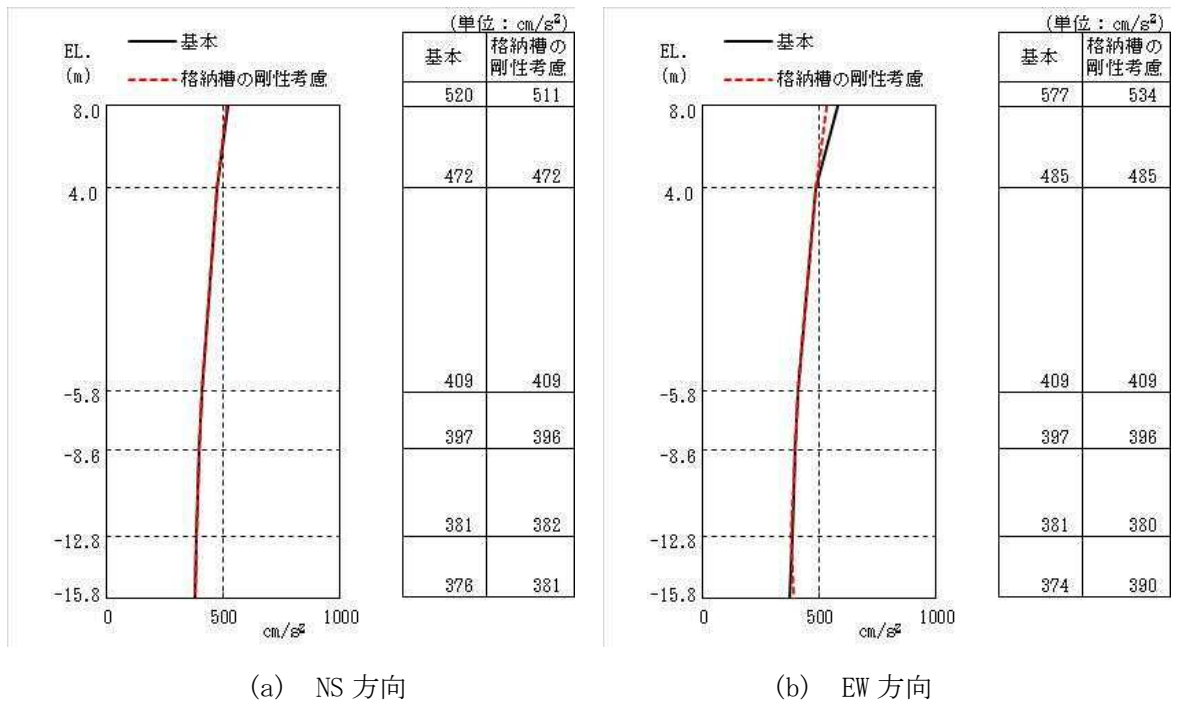


図 2-31 最大応答加速度

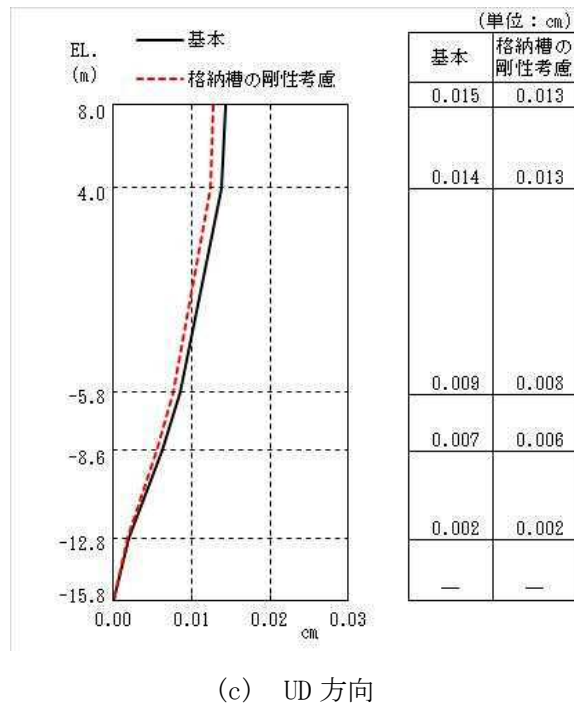
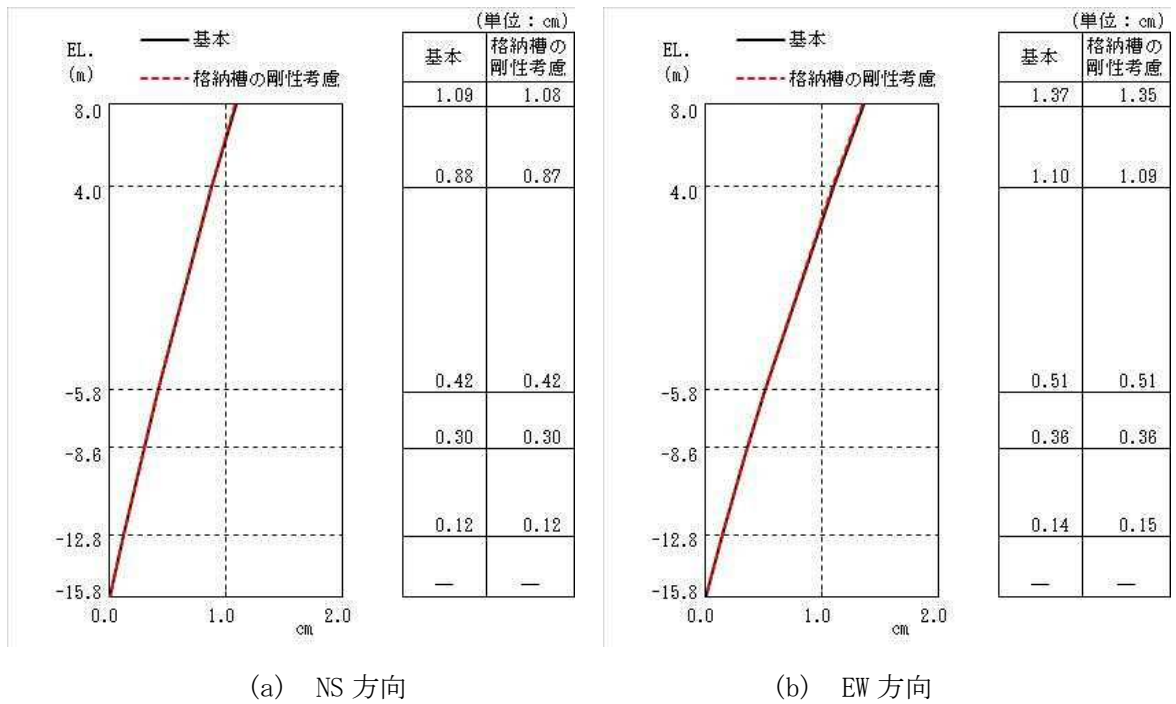
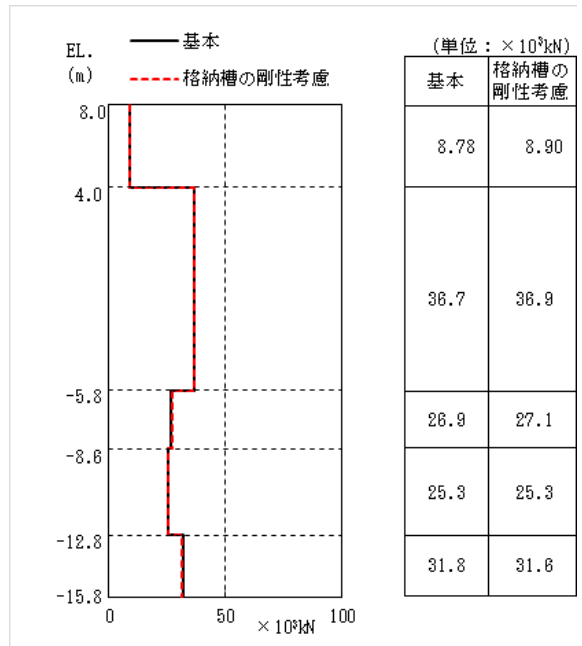
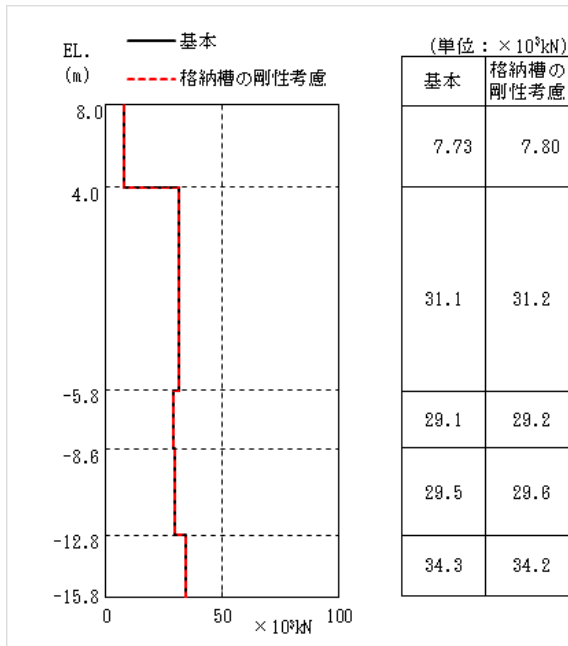


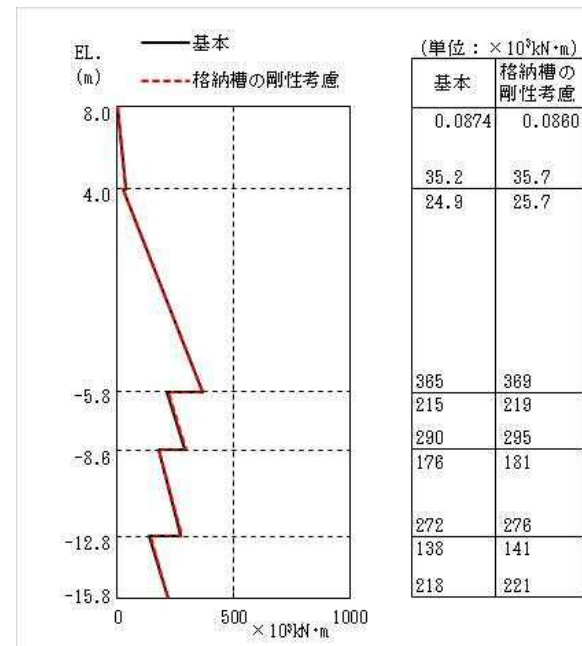
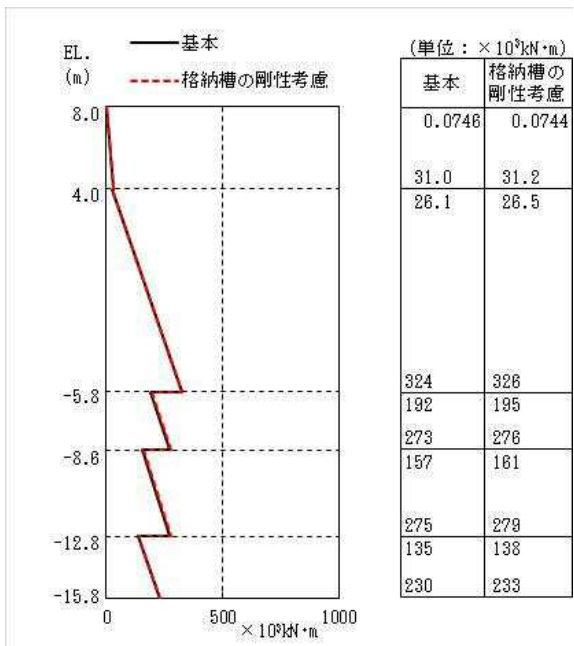
図 2-32 最大応答変位



(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-33 最大応答せん断力



(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-34 最大応答曲げモーメント

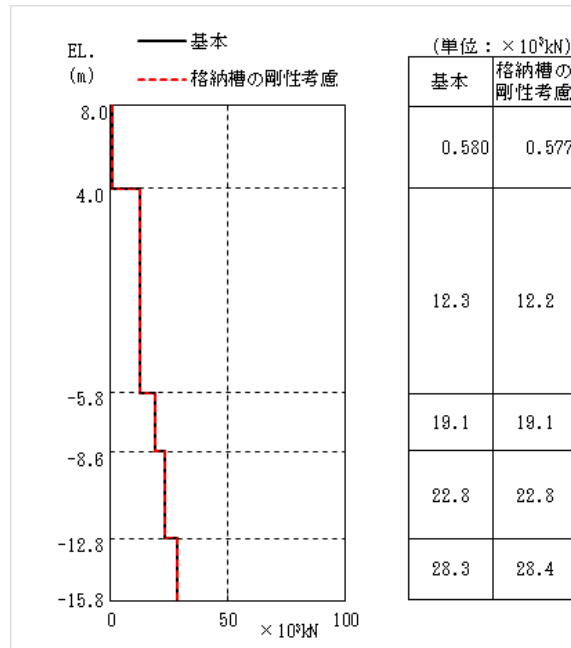


図 2-35 最大応答軸力

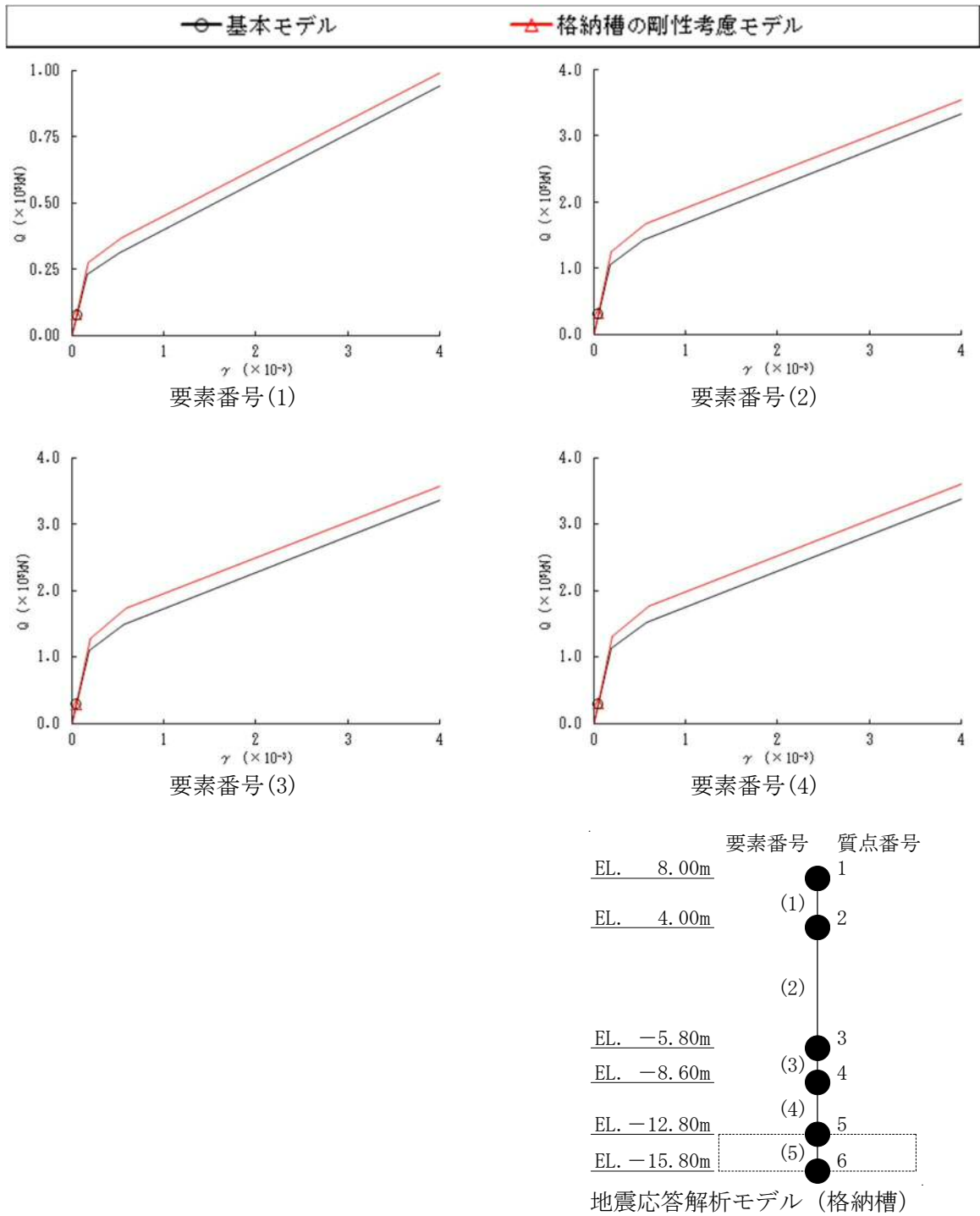


図 2-36 せん断スケルトンカーブ (NS 方向)

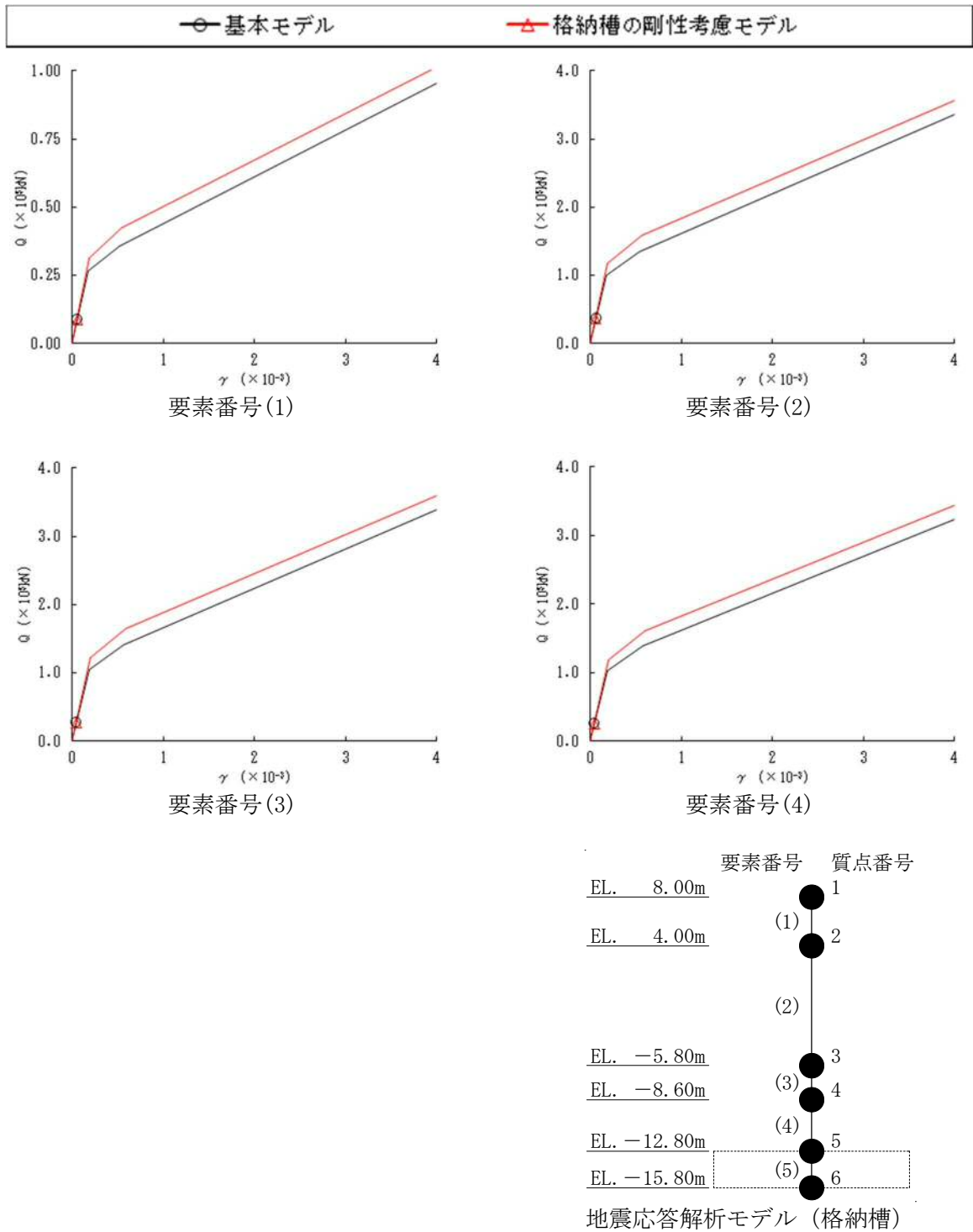


図 2-37 せん断スケルトンカーブ (EW 方向)

2.6 機器・配管系評価への影響検討

2.6.1 検討内容

格納槽について、「2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討」に基づき基準地震動 S_s のうち4波(S_s-D1 , S_s-21 , S_s-22 , S_s-31)に対し地盤物性のばらつきを考慮したケース及び、「2.5 格納槽の剛性のばらつきに関する検討」に基づき S_s-D1 に対し格納槽の剛性のばらつきを考慮したケース（以下本項では「ばらつきケース」という。）による床応答スペクトルと機器・配管系の耐震計算に用いた設備評価用床応答曲線を比較することにより、機器・配管系への影響検討を行う。

なお、格納槽は軟質岩盤に立地しているため、格納槽の剛性のばらつきによる格納槽の応答への感度は、地盤物性のばらつきによる感度に比べて小さく、格納槽の剛性と地盤物性のばらつきの重畳については、考慮しないこととする。

(1) 設計用床応答曲線及び材料物性のばらつき等を考慮した床応答曲線を包絡した設備評価用床応答曲線

(2) (1)項の設備評価用床応答曲線を保守側に包絡できるように余裕を確保した設備評価用床応答曲線

(1)の設備評価用床応答曲線は、ばらつきケースによる床応答スペクトルを含めて作成していることから、影響評価の対象外とし、(2)の設備評価用床応答曲線を適用した機器・配管系への影響検討を行う。

2.6.2 検討結果

(2)の設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較を図 2-38 に示す。比較は機器・配管系の耐震計算に適用した標高及び減衰定数により作成した床応答スペクトルを用いた。同図より、(2)の設備評価用床応答曲線は、ばらつきケースによる床応答スペクトルを全固有周期で包絡しており、機器・配管系への影響がないことを確認した。

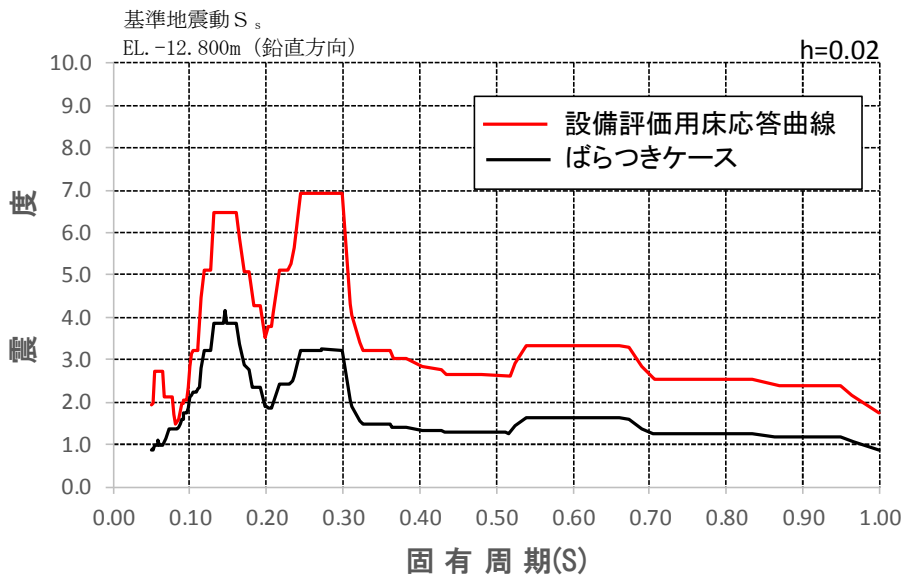
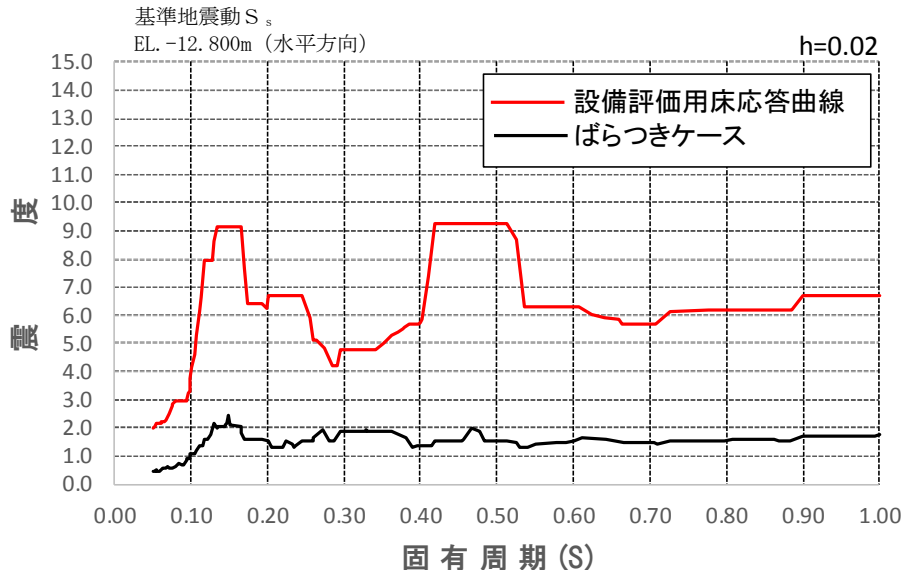


図 2-38 (1/2) 設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較
(減衰 2 %)

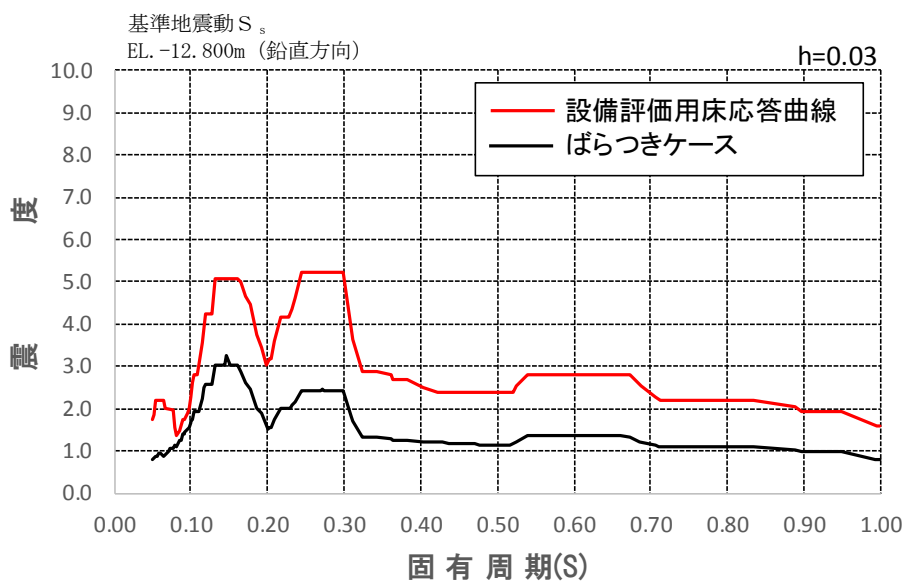
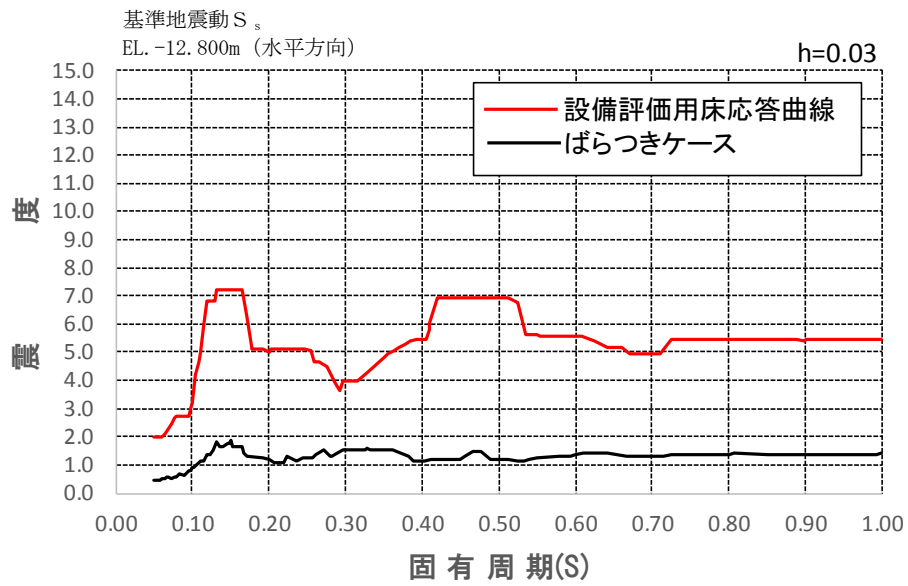


図 2-38 (2/2) 設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較
(減衰 3%)

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 ³)
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 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)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/m²)

p_0 : 深さ z (m)における単位面積当たりの静止土圧 (kN/m²)

p_w : 地下外壁に作用する水圧 (kN/m²)

K_0 : 静止土圧係数 (0.5)

γ' : 水中単位体積重量 (土の単位体積重量 $\gamma - 9.8$) (kN/m³)

γ_w : 水の単位体積重量 (9.8) (kN/m³)

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「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて求めた包絡値を用いる。また、「J E A G 4 6 0 1 -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「J E A G 4 6 0 1 -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/m)

K_{AS} : 地震時主働土圧係数

γ : 地盤の単位体積重量 (kN/m³)

K_v : 鉛直震度

H : 地表面から基礎スラブ底面までの地盤の厚さ (m)

(2) 「J E A G 4 6 0 1 - 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/m²)
 r : 埋戻土部分の補正係数 (1.0)
 ρ : 地盤一般部の密度 (= γ/g) (kN · s²/m⁴)
 γ : 地盤の単位体積重量 (kN/m³)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 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/s²)

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格納槽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。

$$\overline{P_{st}} = \beta_i F / (B H_i)$$

ここで、

- $\overline{P_{st}}$: i 層の支持側増分土圧の平均値 (kN/m²)
 β_i : 格納槽の慣性力に対する側方地盤部 i 層の分担率
 F : 格納槽の慣性力 (kN)
 B : 格納槽の奥行幅 (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図3-1に示す。

地下水位レベルは、地表面位置 (EL. 8.0m) とする。

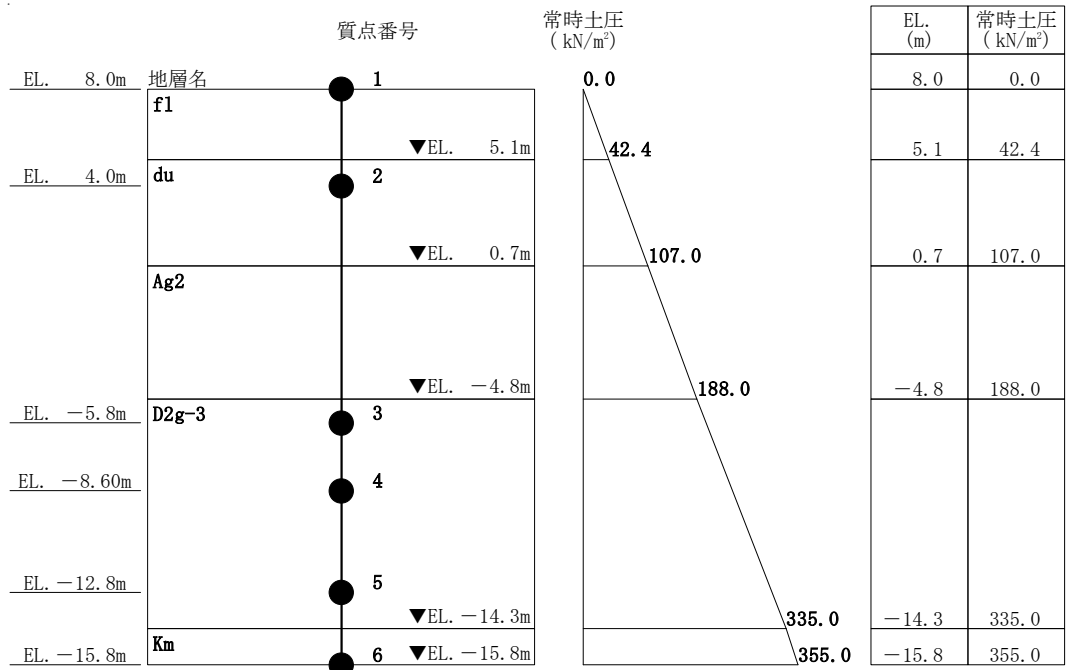


図3-1 常時土圧荷重

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 3-2 に、修正物部・岡部式及び「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」にて算定した地震時増分土圧荷重の比較を図 3-2 に示す。

表 3-2 (1/2) 地震時増分土圧荷重

(a) 修正物部・岡部式

H (m)	K_v	P_{EA} (kN/m)	EL. (m)	地層名	K_{AS}
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		

(b) 「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」加力側

H_a (m)	a_{max} (m/s ²)	EL. (m)	地層名	Pa (kN/m ²)	
12.8	9.0	8.0			
			f1	137.0	
		5.1			
			du	137.0	
		0.7			
			Ag2	139.0	
			-4.8		
				D2g-3	149.0
			-14.3		

表 3-2 (2/2) 地震時増分土圧荷重

(c) 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」 支持側

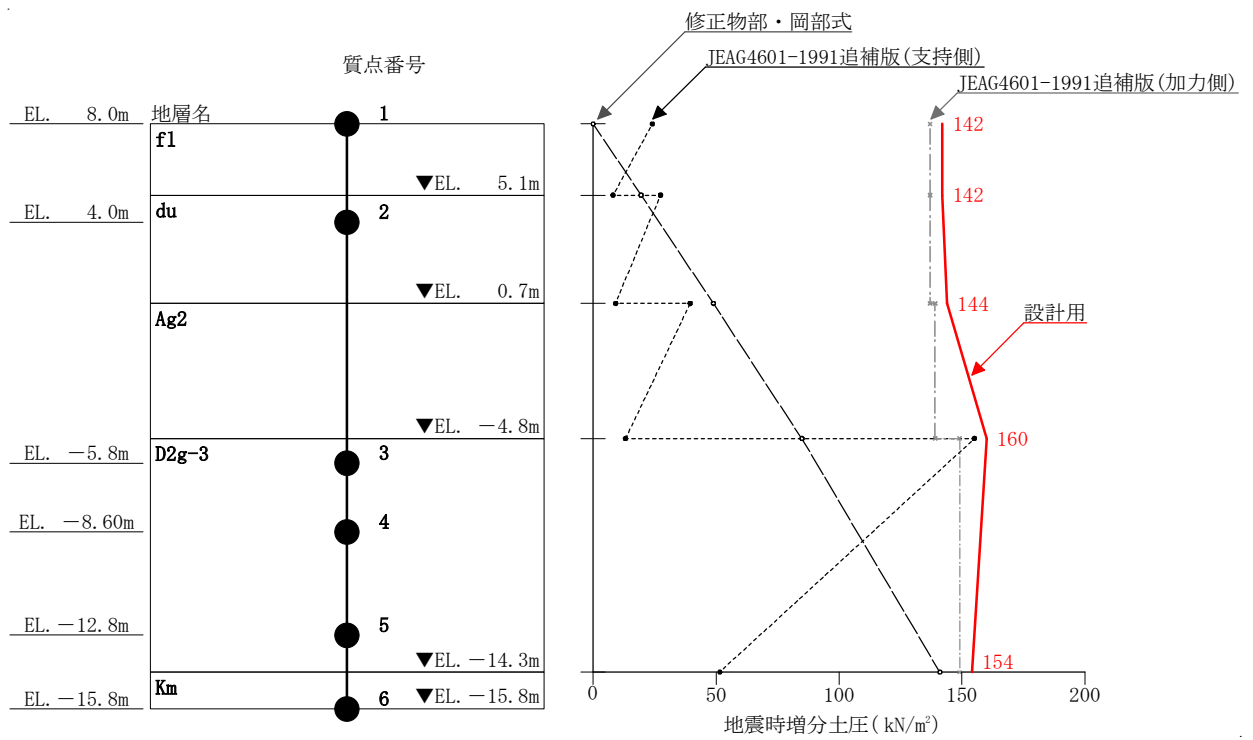
B (m)		EL. (m)	地層名	H _t (m)	F* (kN)		P _{st} (kN/m ²)	
NS 方向	EW 方向				NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
11.35	16.00	8.0	f1	2.9	19175	19175	24.1	17.4
		5.1					8.1	5.8
		0.7	du	4.4	24581	26795	27.4	21.5
		-4.8	Ag2	5.5	32782	38357	39.5	33.2
			D2g-3	9.5	43190	53028	155.0	137.0
		-14.3					51.5	45.5

注記 * : 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、格納槽の慣性力 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。

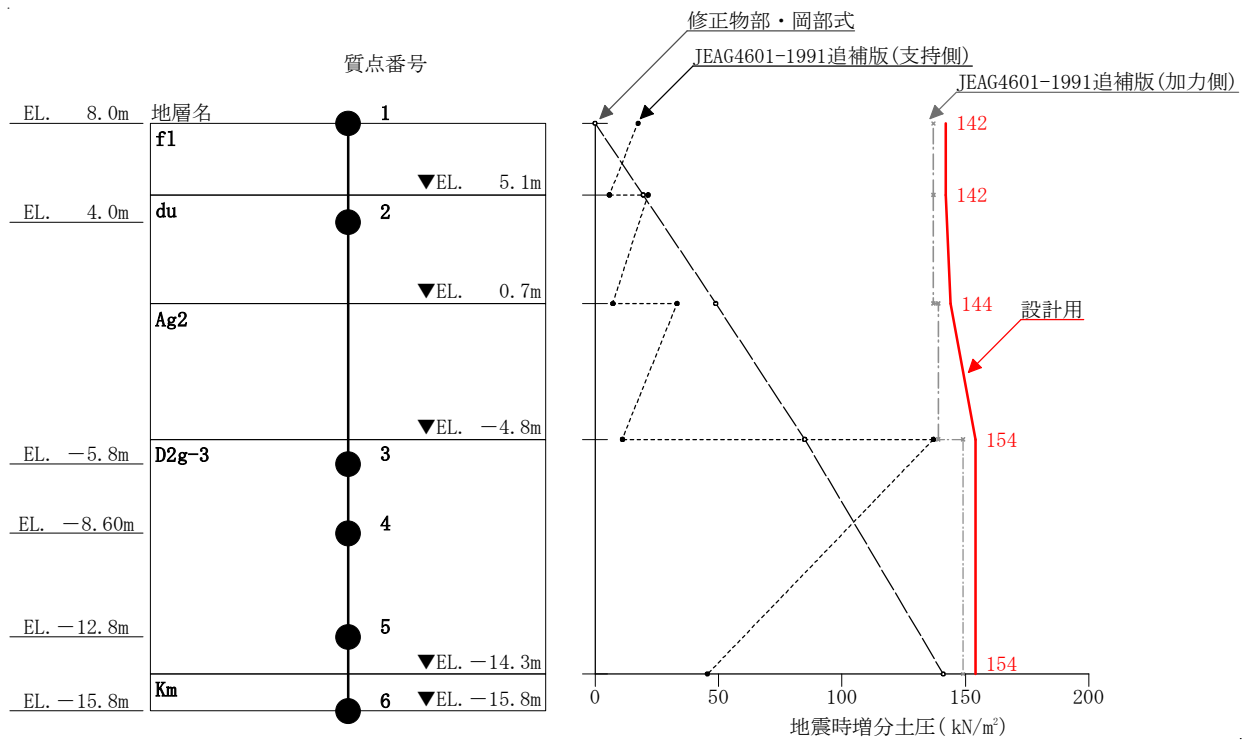
(d) まとめ

EL. (m)	地層名	修正 物部・岡部式 (kN/m ²)	「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」			設計用* (kN/m ²)	
			加力側 (kN/m ²)	支持側 (kN/m ²)		NS 方向	EW 方向
				NS 方向	EW 方向		
8.0	f1	0.0	137.0	24.1	17.4	142.0	142.0
5.1				8.1	5.8		
	0.7	du	48.9	137.0	27.4	21.5	144.0
Ag2		9.2			7.2		
-4.8	D2g-3	84.9	149.0	39.5	33.2	160.0	154.0
				13.2	11.1		
-14.3		141.0		155.0	137.0	154.0	154.0
				51.5	45.5		

注記 * : 修正物部・岡部式及び「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて求めた包絡値の 1.03 倍とする。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-2 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。

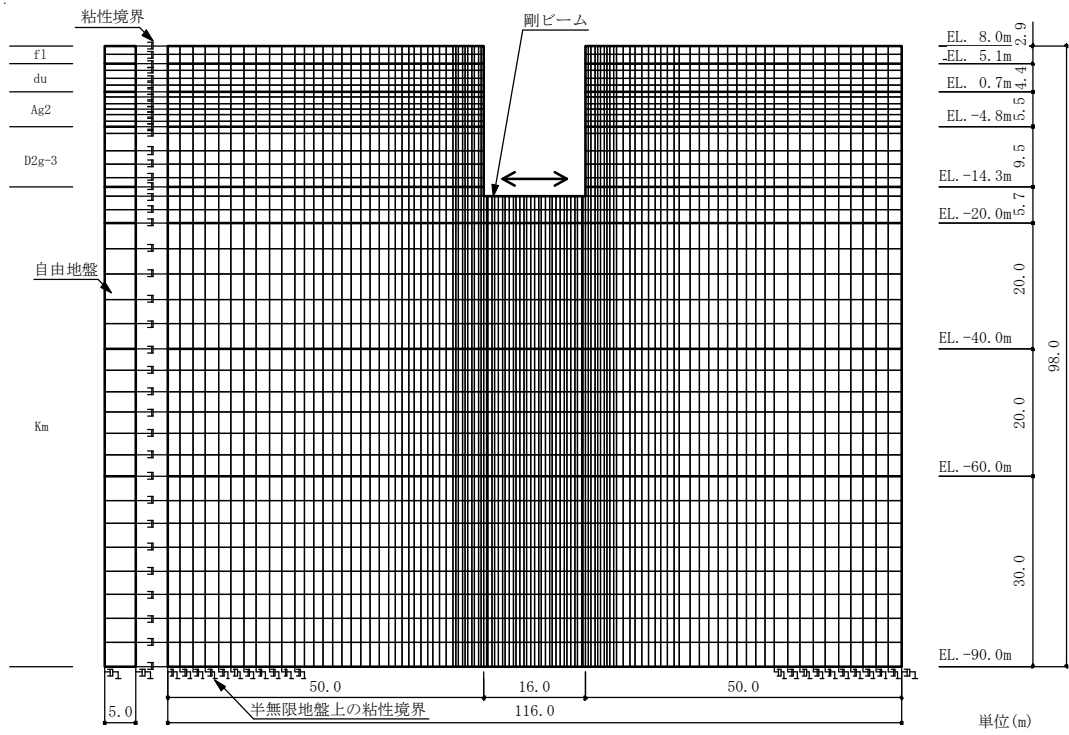
格納層は、2次元FEMモデルを用いての地震応答解析を行っており、応力解析に用いる基礎スラブ底面の地盤ばね剛性も地震応答解析モデルによる加振解析から算出する。なお、応力解析では、NS方向及びEW方向の地盤ばね剛性の値を平均化して用いる。

3.2.2 算出方法

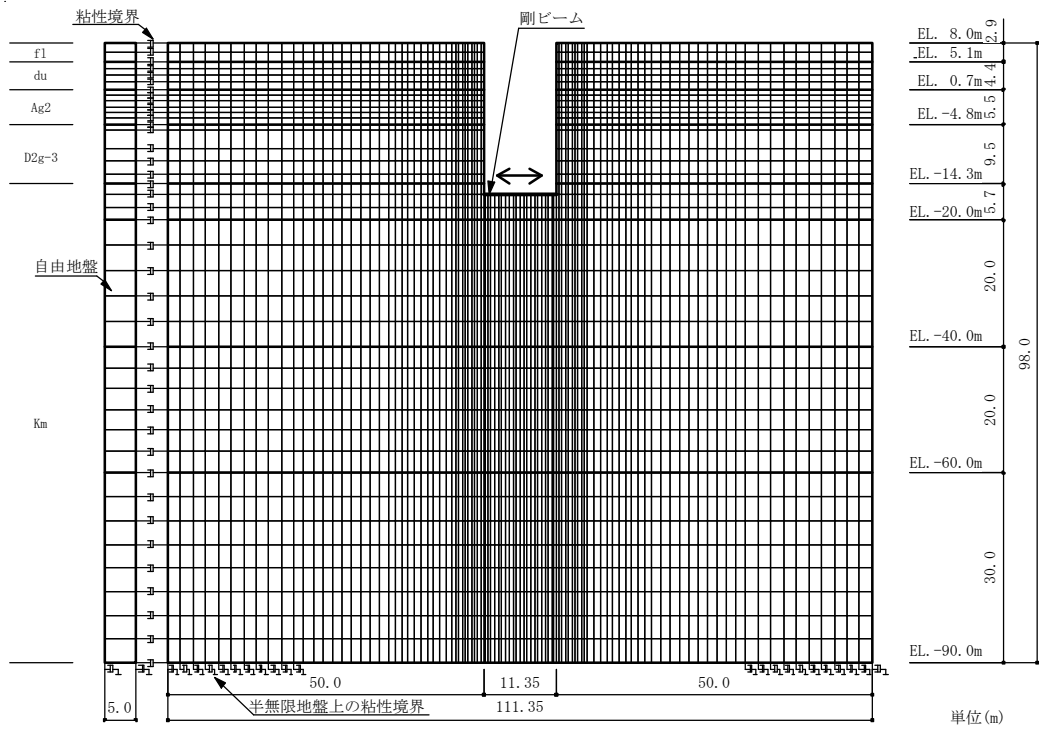
応力解析に用いる地盤ばね剛性は、2次元FEMモデルによる加振解析で算出したインピーダンスの実部の値とする。

(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、添付書類「V-2-2-18 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。2次元FEMモデルを図3-3に示す。格納槽の加振解析には、解析コード「SoilPlus Ver.2015 Build3」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要・SoilPlus」に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-3 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の概念図を図3-4に示す。

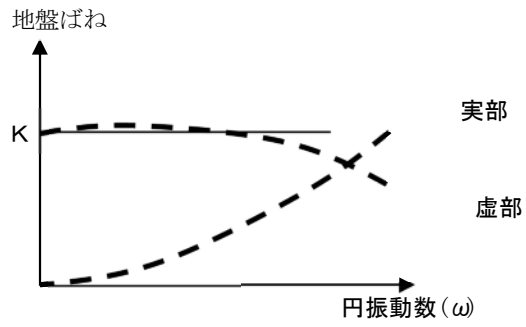
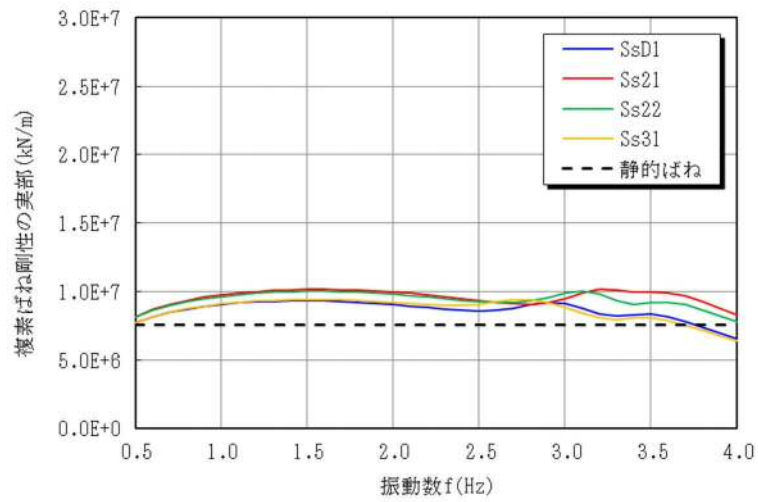


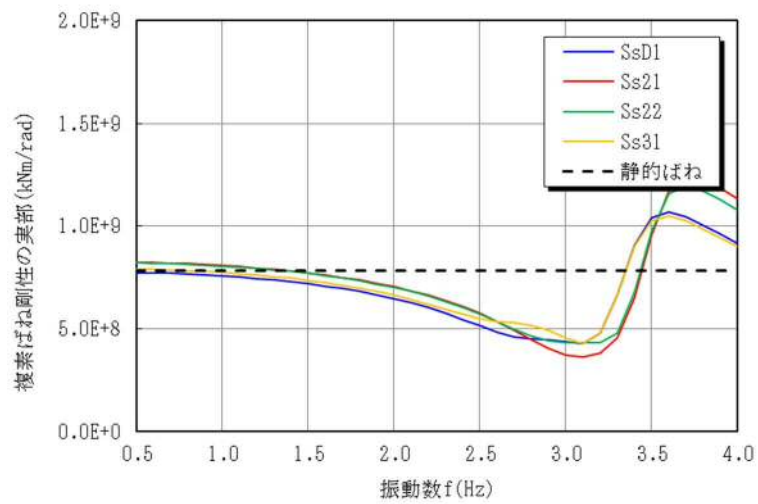
図3-4 地盤ばね剛性とインピーダンスの概念図

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3-5及び図3-6に、作成した地盤ばね剛性(K)を表3-3に示す。

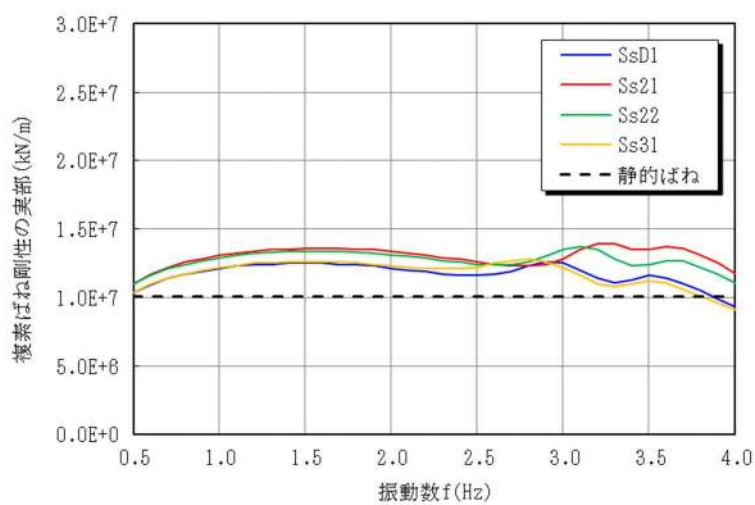


(a) 水平ばね

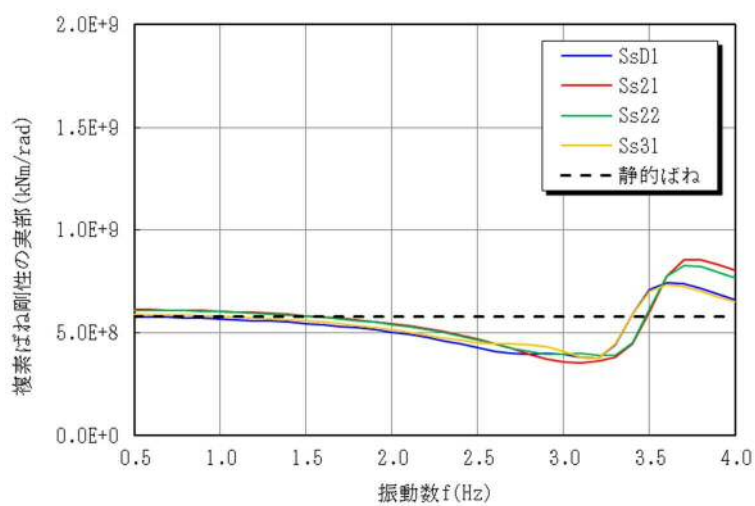


(b) 回転ばね

図3-5 インピーダンスの算出結果 (NS 方向)



(a) 水平ばね



(b) 回転ばね

図 3-6 インピーダンスの算出結果 (EW 方向)

表 3-3 作成した地盤ばね剛性 (K)

方向	水平ばね (kN/m)	回転ばね (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

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する。

解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

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、添付書類「V-2-2-18 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 荷重組合せ

(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
- E_U : 上載土荷重
- E_0 : 常時土圧
- E_{SEW} : S_s 地震時増分土圧荷重 (EW 方向)
- E_{SNS} : S_s 地震時増分土圧荷重 (NS 方向)
- K_{SWE} : W→E 方向 S_s 地震荷重
- K_{SSN} : S→N 方向 S_s 地震荷重
- K_{SDU} : 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3-4に示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法は、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。

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

表 3-4 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 _s 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	$G+E+S+E_U+E_0+0.4E_{SEW}+0.4E_{SNS}-0.4K_{SWE}-0.4K_{SSN}+1.0K_{SDU}$

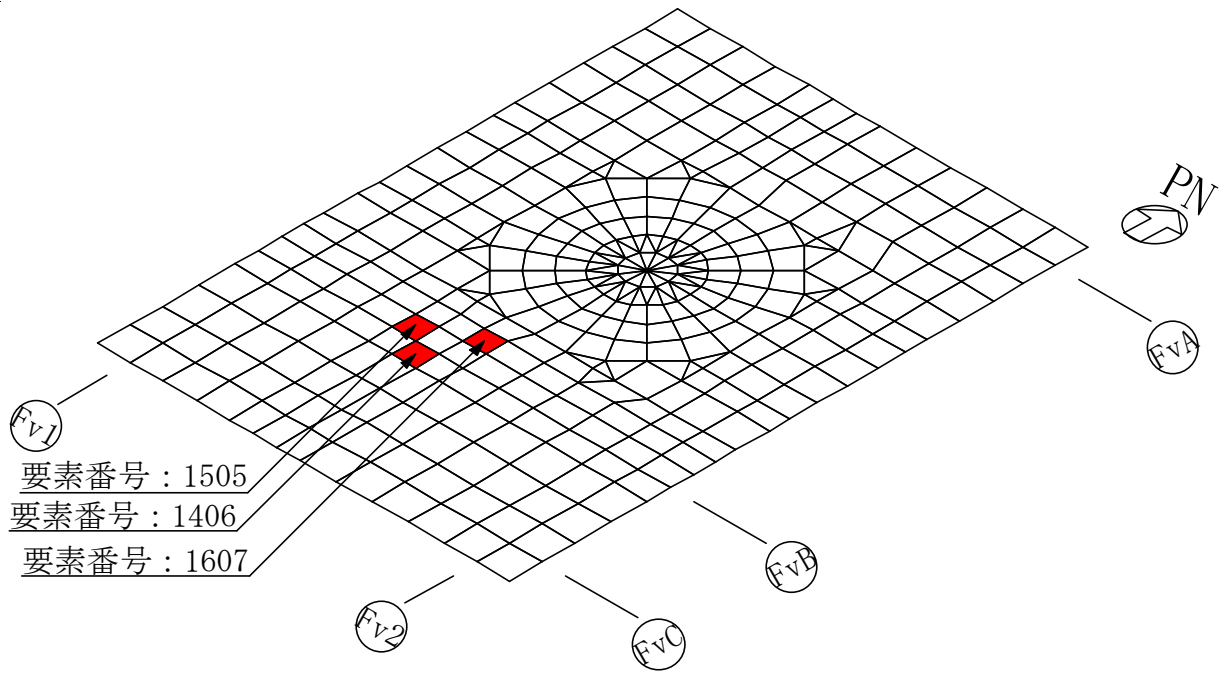
3.3.3 評価結果

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。

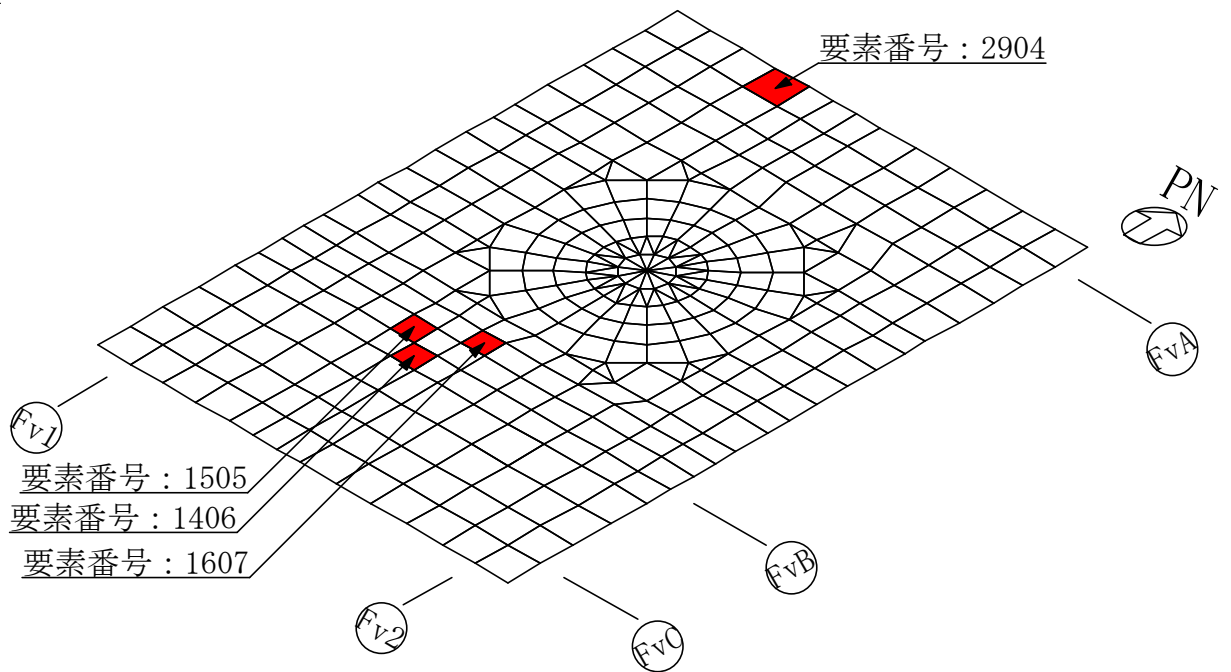
解析結果を記載する要素（許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素）の位置を図3-7～図3-9に，評価結果を表3-5～表3-7に示す。

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，格納槽の各部材が有する耐震性への影響は小さいことを確認した。



(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3-7 解析結果を記載する要素の位置 (基礎スラブ)

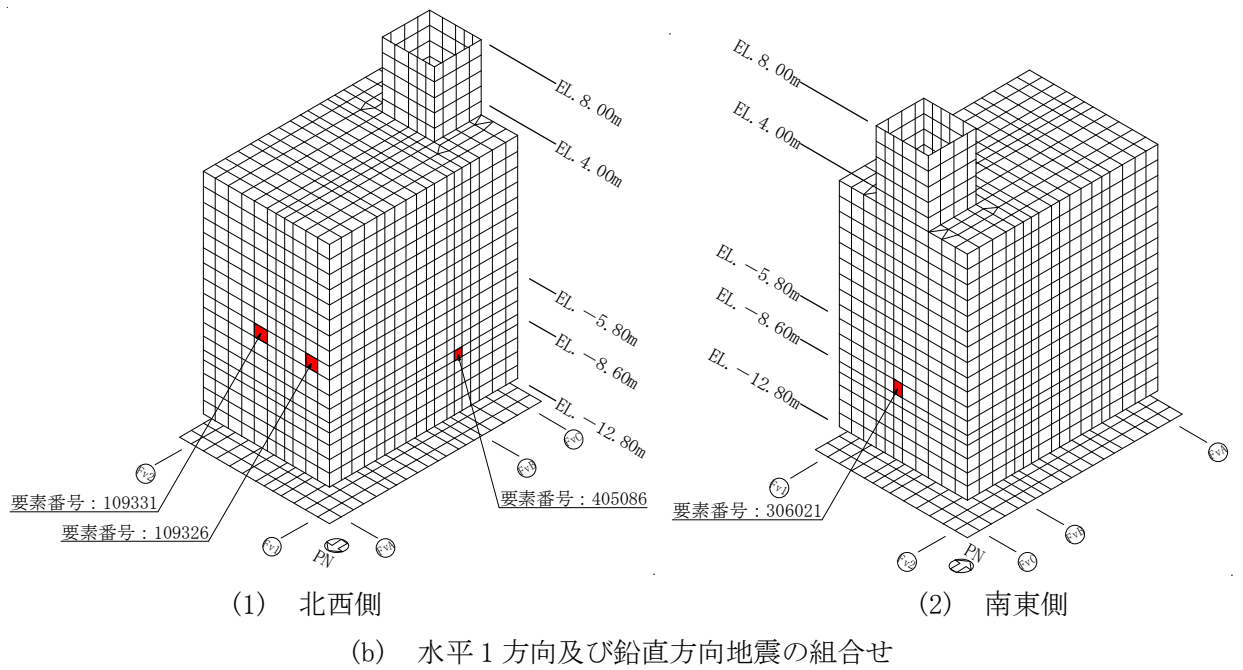
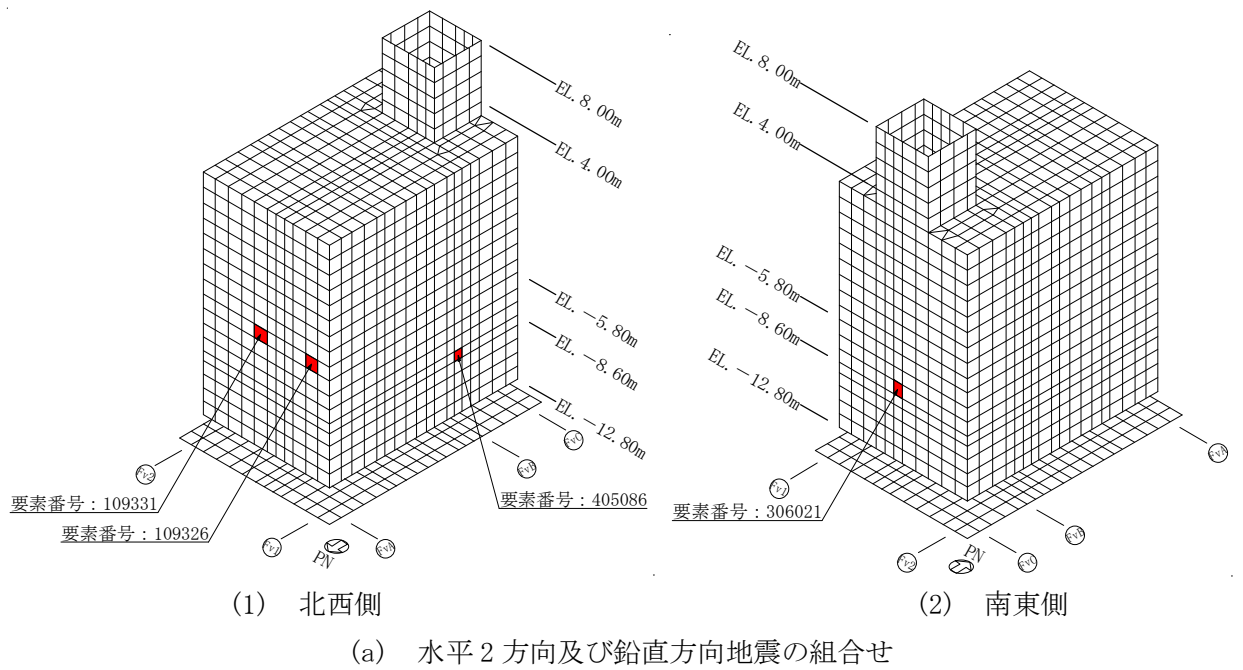
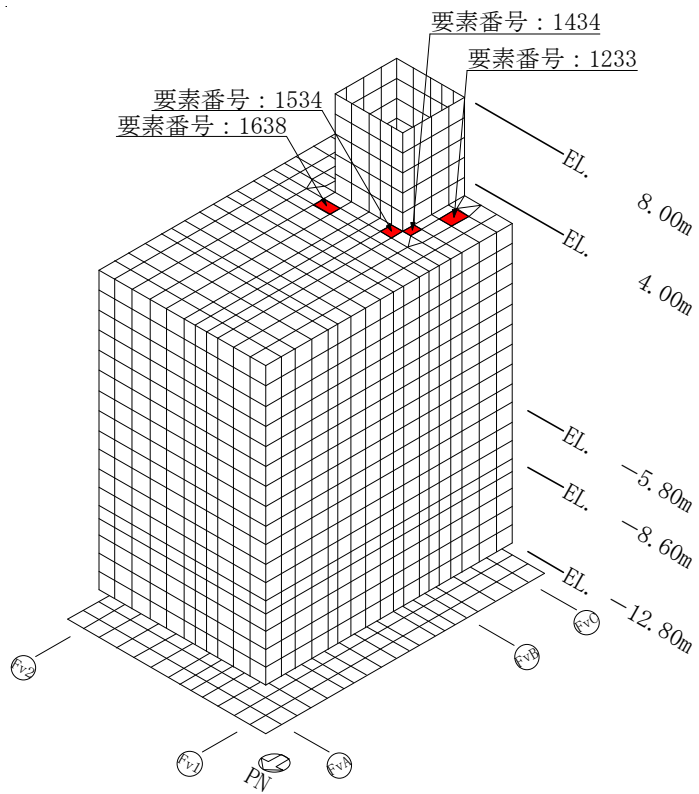
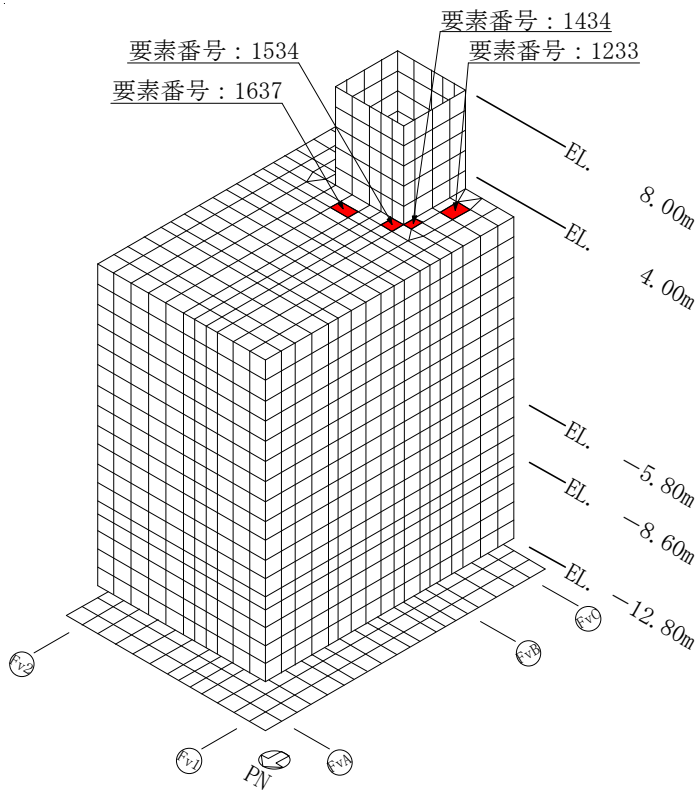


図3-8 解析結果を記載する要素の位置(耐震壁(地下外壁))



(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3-9 解析結果を記載する要素の位置(上版)

表 3-5 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合せ

		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	0.195	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1505	0.170	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 ²)	1607	0.945	2.84	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	1505	0.730	2.84	せん断 補強筋

(b) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

		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	0.180	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	2904	0.157	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 ²)	1607	0.992	2.84	せん断 補強筋
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	1505	0.687	2.84	せん断 補強筋

表 3-6 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合せ

		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	0.340	1.00	引張鉄筋
	鉛直 方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	0.564	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 ²)	405086	1.28	3.68	せん断 補強筋
	鉛直 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	306021	0.743	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合せ

		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	0.324	1.00	引張鉄筋
	鉛直 方向	必要鉄筋量/配筋量	109326	0.557	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 ²)	405086	1.23	3.68	せん断 補強筋
	鉛直 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	306021	0.749	3.10	せん断 補強筋

表 3-7 評価結果（上版）

(a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

		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	0.357	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	0.465	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 ²)	1638	0.600	1.18	コンクリート
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	1233	1.26	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合せ

		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	0.331	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1434	0.372	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 ²)	1637	0.555	1.18	コンクリート
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	1233	1.22	3.10	せん断 補強筋

3.4 周辺地盤の液状化による格納槽の影響評価

3.4.1 目的

格納槽の周辺地盤が液状化した場合においても、格納槽の耐震壁(地下外壁)の健全性が確保されることを確認する。

3.4.2 検討方法

格納槽の近傍に位置する代替淡水貯槽の S_s-D1 に対する有効応力解析の結果(強制的な液状化を仮定したケース)を基に、周辺地盤が液状化した場合に格納槽に作用する土圧(以下「影響検討用側方土圧」という。)を設定し、添付書類「V-2-2-19 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」における常時土圧及び地震時増分土圧の和(以下「工認用側方土圧」という。)が、影響検討用側方土圧を上回ることを確認する。

配置図を図3-10に、代替淡水貯槽の有効応力解析の評価対象断面を図3-11に示す。

影響検討用側方土圧には、代替淡水貯槽を対象とした、豊浦標準砂を用いた有効応力解析結果(地震時地盤反力)を用いるものとし、NS方向、EW方向それぞれについて、深さごとに代替淡水貯槽に作用する左右の側方地盤反力の最大値に基づき設定する。

なお、代替淡水貯槽は格納槽と同様、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、また、格納槽の近傍に位置し、周辺の地盤条件が類似していることから、周辺地盤の液状化による格納槽の影響評価に代替淡水貯槽の有効応力解析の結果を用いることは妥当と考えられる。

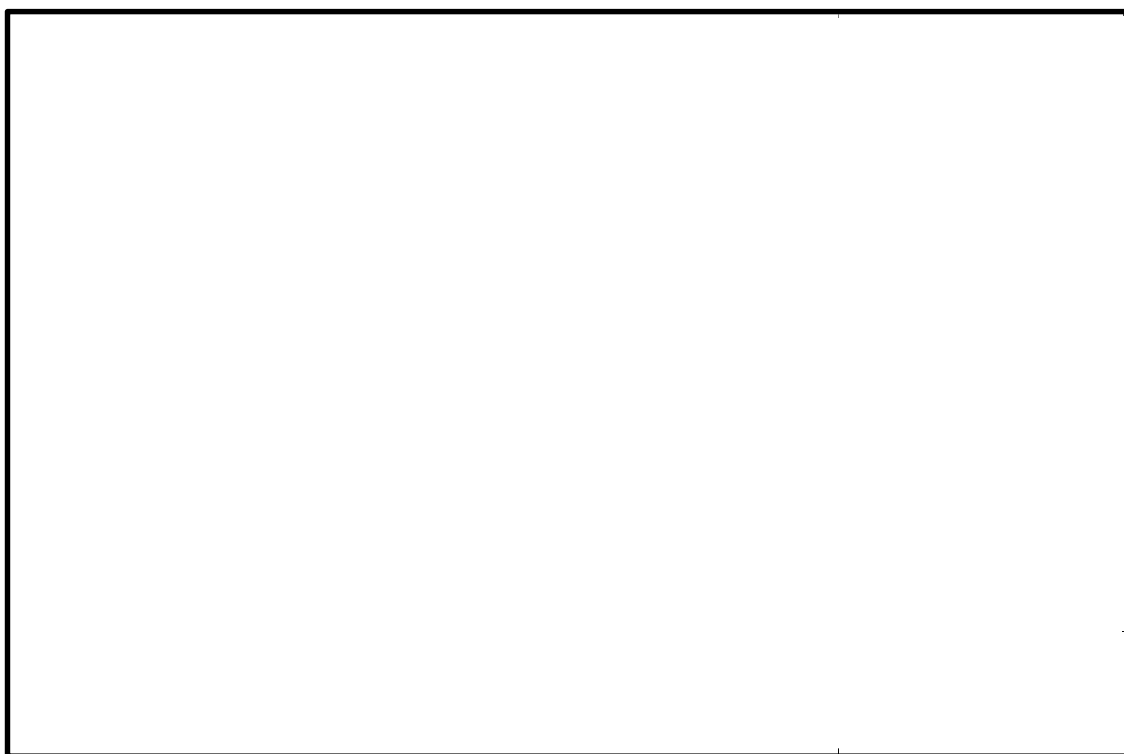
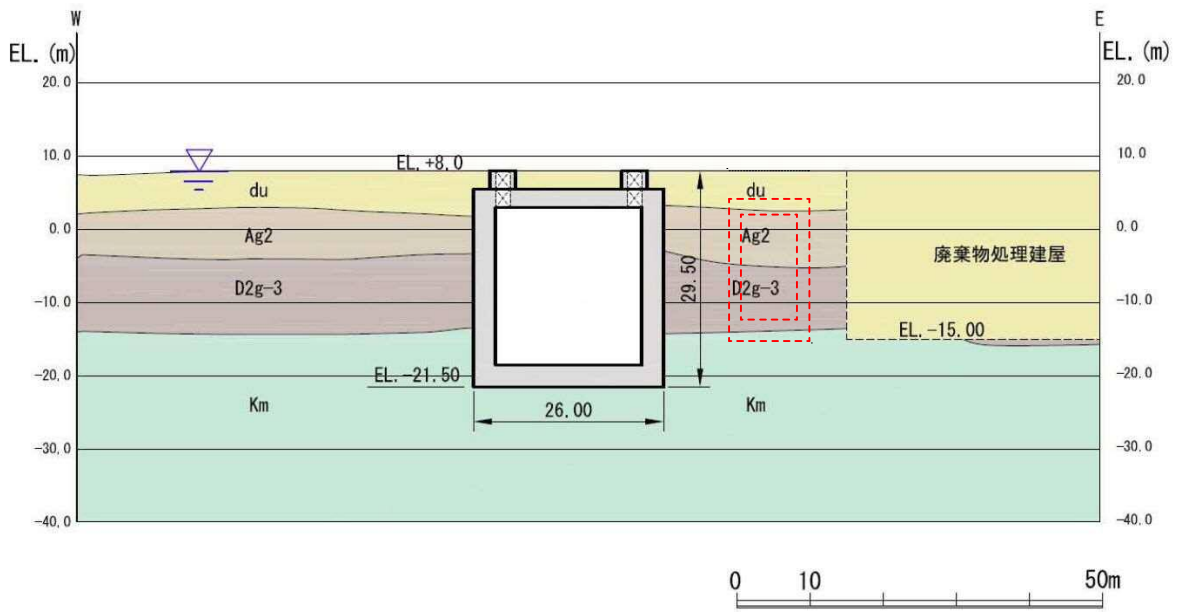
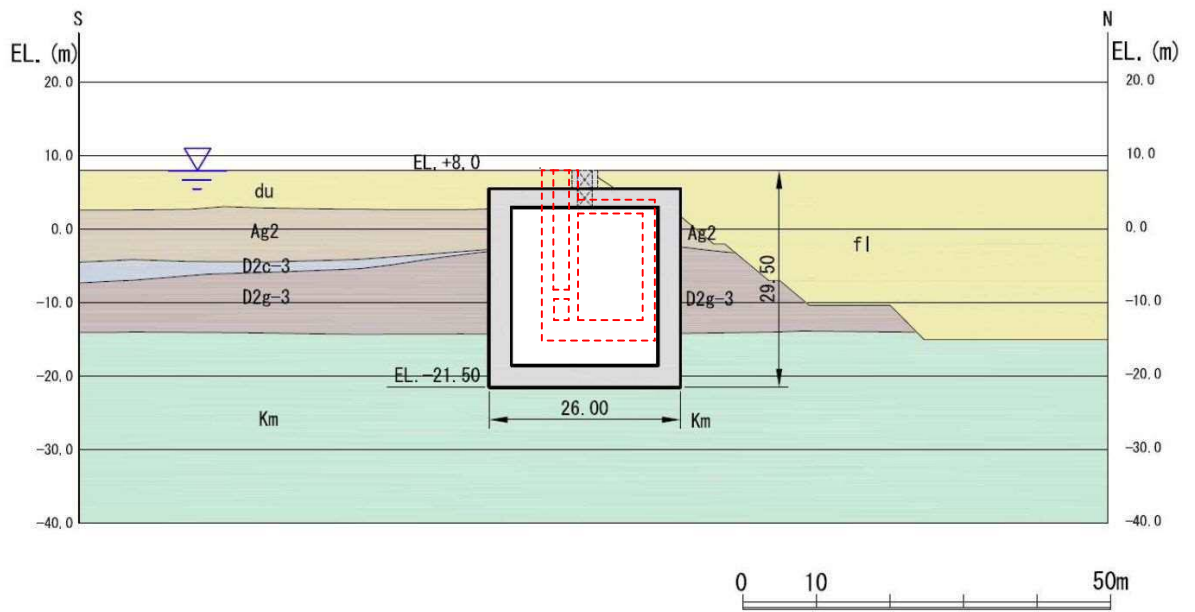


図3-10 配置図



(a) EW 方向



(b) NS 方向

* 格納槽の位置を赤破線で示す。

図 3-11 評価対象断面図

3.4.3 検討結果

側方土圧の比較を図 3-12 に示す。

工認用側方土圧は、いずれの方向についても、影響検討用側方土圧を上回っている。

格納槽の耐震壁（地下外壁）は、工認用側方土圧を用いて設計しているため、周辺地盤の液状化を考慮した場合においても、格納槽の耐震壁（地下外壁）の健全性は確保できる。

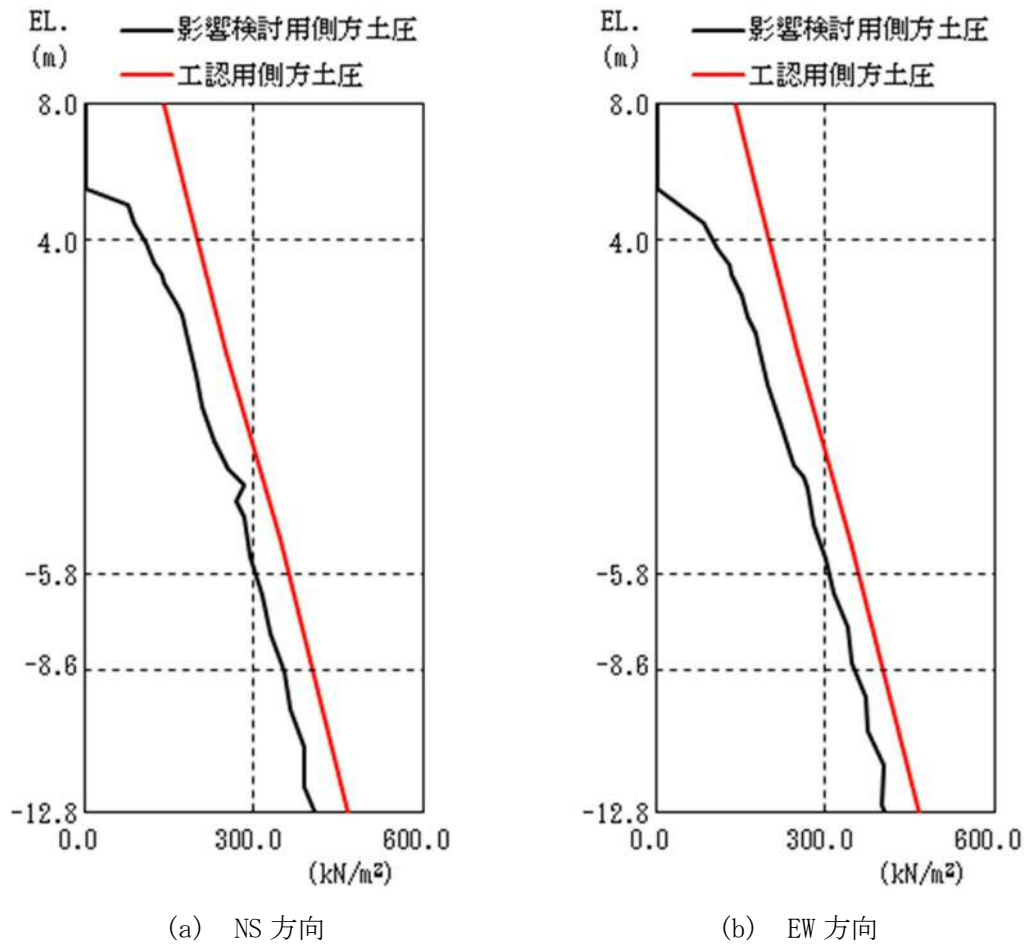


図 3-12 側方土圧の比較

3.5 地下水による浮力を考慮した常時荷重時の格納槽の影響検討

3.5.1 概要

格納槽周辺の地下水位は、地表面（EL. 8.0m）に設定しており、格納槽の基礎スラブ底面に浮力が作用する。本章では地下水による浮力を考慮した常時荷重に対し、基礎スラブが構造的に問題にならないことを確認する。

3.5.2 常時荷重に対する検討

(1) 検討方針

地下水による浮力を考慮した常時荷重に対する応力解析に基づく基礎スラブの長期許容応力度に基づく必要鉄筋量が、設計配筋量以下となることを確認する。

(2) 許容限界

許容限界は長期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の長期許容応力度を表 3-3-8 及び表 3-3-9 に示す。

表 3-3-8 コンクリートの長期許容応力度

設計基準強度 F_c (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
30.0	10.0	0.79

表 3-3-9 鉄筋の長期許容応力度

鉄筋の種類	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)	使用箇所
SD345	—	195	せん断補強筋
SD390	215 (195*)	195	主筋

注記 * : D29 以上の太さの鉄筋に対しては()内の数値とする。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

検討に用いる荷重は、添付書類「V-2-2-19 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」にて設定している荷重とする。ただし、積雪荷重については常時として設定し、地震時に用いる低減係数を考慮せず、表 3-3-10 の通り設定する。また、荷重組合せは表 3-3-11 の通り設定する。なお、浮力は固定荷重(G)に含む。

表 3-3-10 積雪荷重

外力の状態	積雪荷重
常時	600 N/m ²

表 3-3-11 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
常時	G+E+S+EK

- G : 固定荷重
- E : 機器・配管荷重
- S : 積雪荷重
- EK : 土圧荷重

(4) 検討結果

断面の評価結果を記載する要素を、以下の通り選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、必要鉄筋量が最大となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、せん断力が最大となる要素を選定する。選定した要素の位置を図 3-3-13 に、評価結果を表 3-3-12 に示す。

常時荷重において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断力がコンクリートの長期許容せん断力を超えないことを確認した。

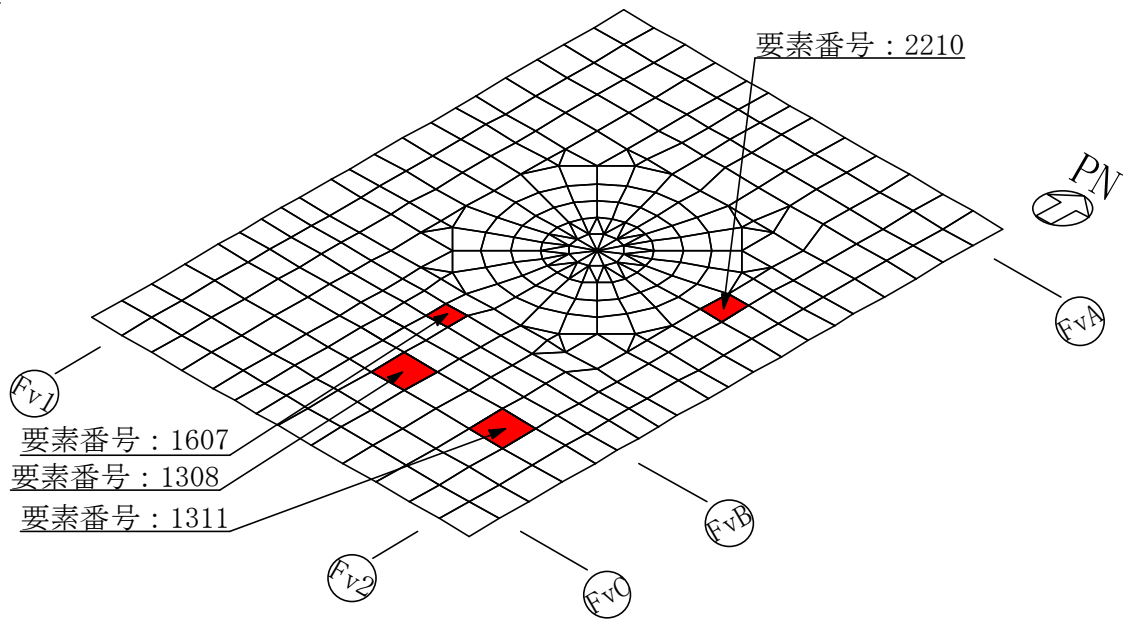


図 3-3-13 選定した要素の位置（基礎スラブ）

表 3-3-12 評価結果（基礎スラブ）

		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	1308	0.0777	1.00	引張鉄筋
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	1311	0.0764	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 ²)	1607	0.333	0.79	コンクリート
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	2210	0.320	0.79	コンクリート

4. 重大事故等時の格納槽の室温に関する補足説明

4.1 概要

添付書類「V-2-2-19 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、重大事故等時の格納槽の室温は 65℃以下としている。

本項では、重大事故等時の格納槽の室温について説明する。

4.2 評価結果

「補足-40-12 安全設備及び重大事故等対処設備の環境条件の設定について」に示している重大事故等時の格納槽の室温評価結果を図 4-1 に示す。

これによると、格納槽の室温は 7 日後で 56.2℃、7 日後以降は約 57℃で収束しており、65℃未満であることを確認した。

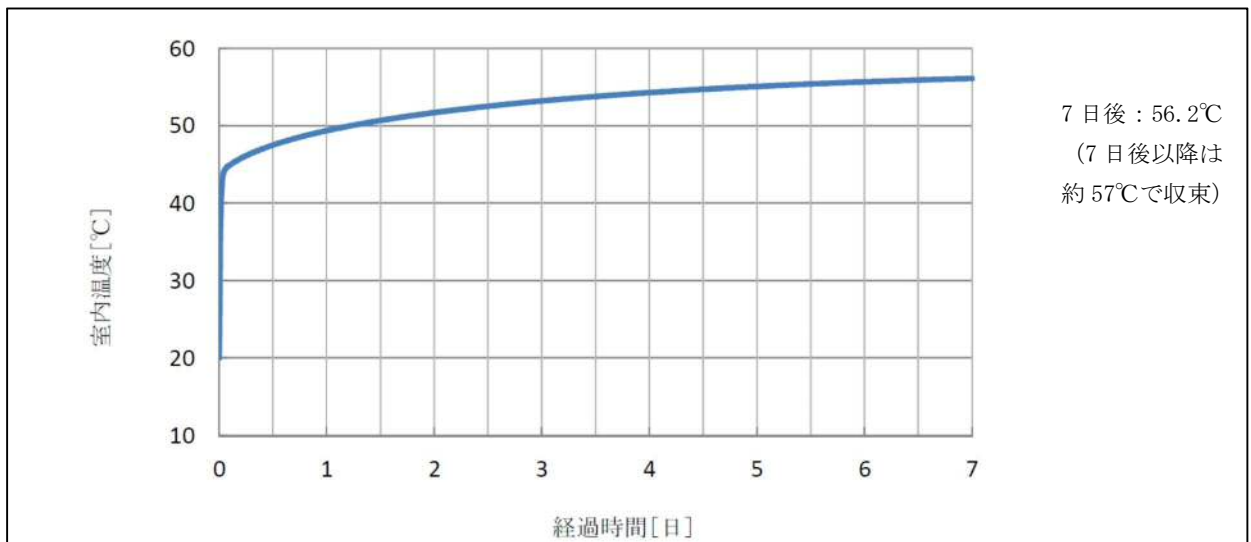


図 4-1 格納槽の室温評価結果

(「補足-40-12 安全設備及び重大事故等対処設備の環境条件の設定について」より抜粋)