

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	工認-1106 改0
提出年月日	平成30年10月1日

-2-2-2-1 原子炉建屋地下排水設備設置位置の地盤応答

## 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 解析方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
3. 解析方法	5
3.1 設計用模擬地震波	5
3.2 地震応答解析モデル	6
3.3 地盤応答	14
3.3.1 水平方向	14
3.3.2 鉛直方向	18

## 1. 概要

本資料は、添付書類「 -2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく原子炉建屋地下排水設備（以下「地下排水設備」という。）を設置する地盤の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した地盤の最大応答加速度は、添付書類「 -2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

地下排水設備の設置位置を図 2-1 に示す。

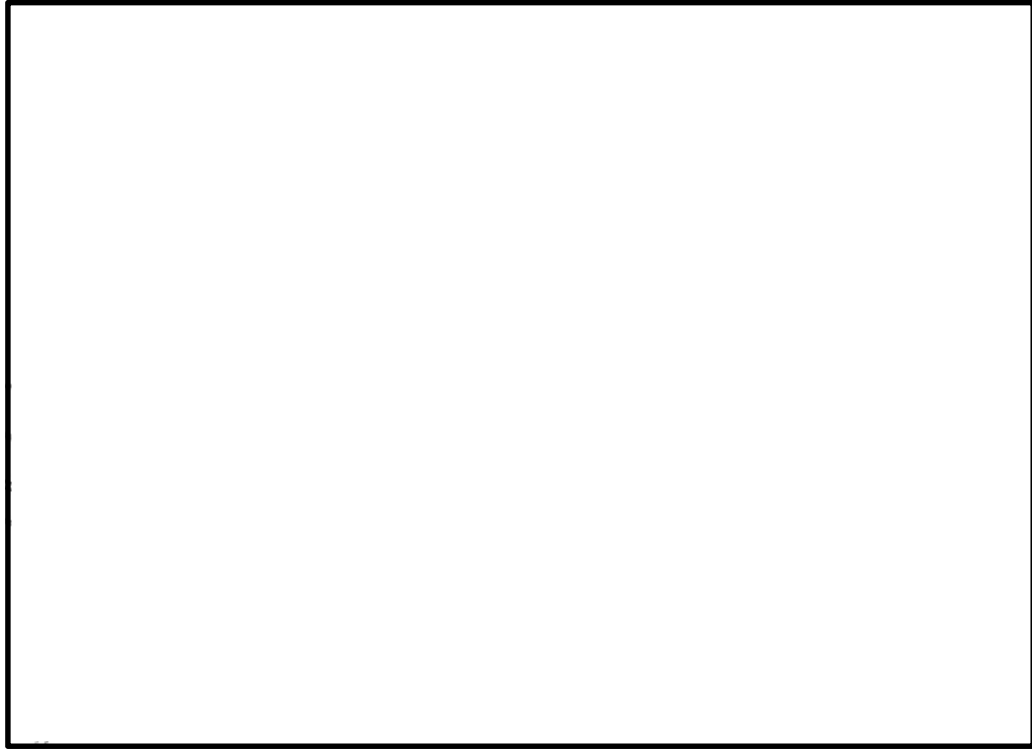


図 2-1 地下排水設備の設置位置

## 2.2 解析方針

地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析は、添付書類「 -2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-2 に地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地盤モデル及び「3.1 設計用模擬地震波」に基づき「3.3 地盤応答」を評価する。地盤モデルには、地盤物性のばらつきを考慮し、地盤応答として最大応答加速度を算出する。

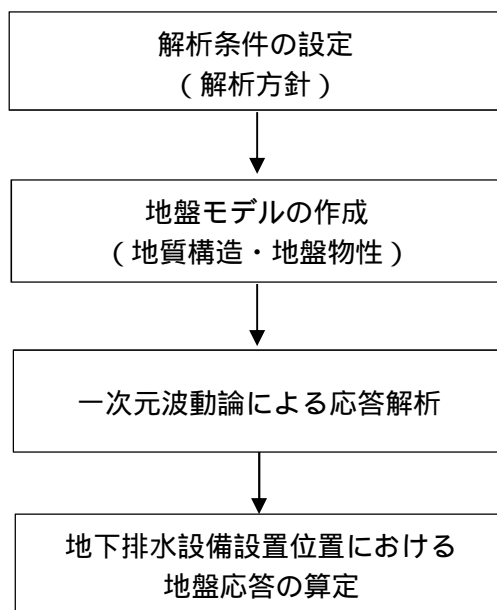


図 2-2 地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析フロー

### 2.3 適用規格・基準等

地下排水設備設置位置の地盤の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補 - 1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社)日本電気協会)  
(以下「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」という。)

### 3. 解析方法

#### 3.1 設計用模擬地震波

地盤モデルへの入力地震動は、添付書類「 V-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された設計用模擬地震波を用いることとする。

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

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_0$ に対する地表面レベルでの地盤の応答を評価する。地震応答解析モデルは、添付書類「-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。

地震応答解析では地盤物性のばらつきを考慮し、地盤物性のばらつきは、添付書類「-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」と同じとする。地盤物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースと初期地盤の物性値を表 3-1 に示す。また、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。初期地盤の物性値及びひずみ依存特性は、添付書類「-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定し、これらは添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-1～図 3-4 に示す。

水平方向及び鉛直方向の地震応答解析に用いる地層区分及び基本ケースの地盤物性を表 3-2～表 3-9 に示す。



表 3-1 地盤物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース（初期地盤の物性値）

高さ EL. (m)	地層 区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ 相当	- 相当
8.0 ~ 3.0	du	210	221	199
3.0 ~ - 2.7	Ag2	240	264	216
- 2.7 ~ - 14.4	D2g - 3	500	575	425
- 14.4 ~ - 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

NT2 補 -2-2-2-1 R1

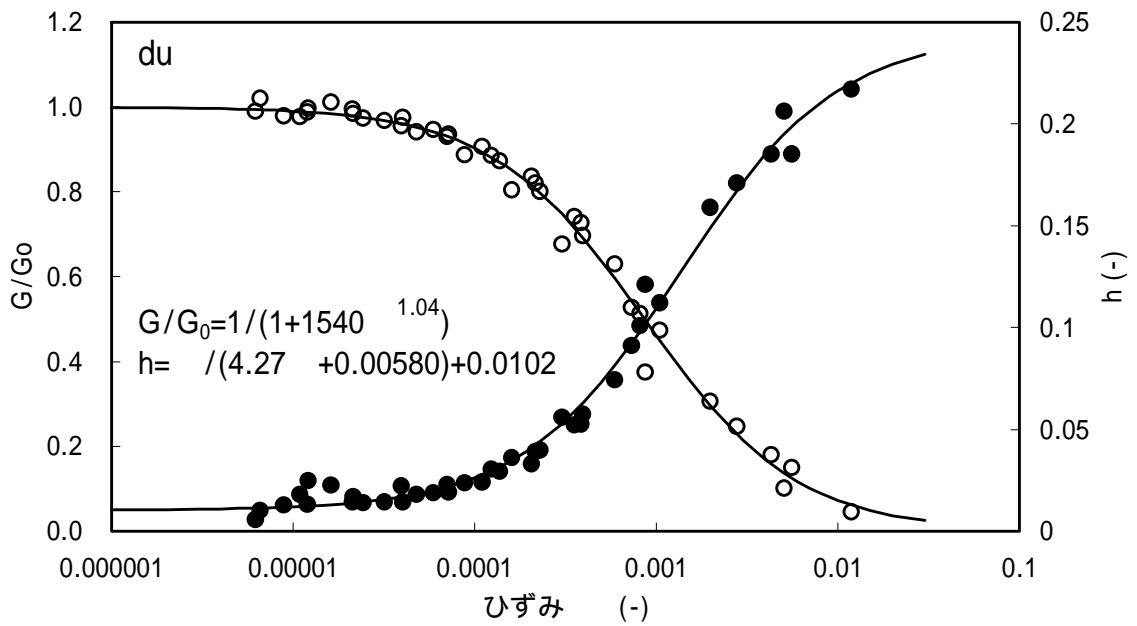


図 3-1 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (du 層)

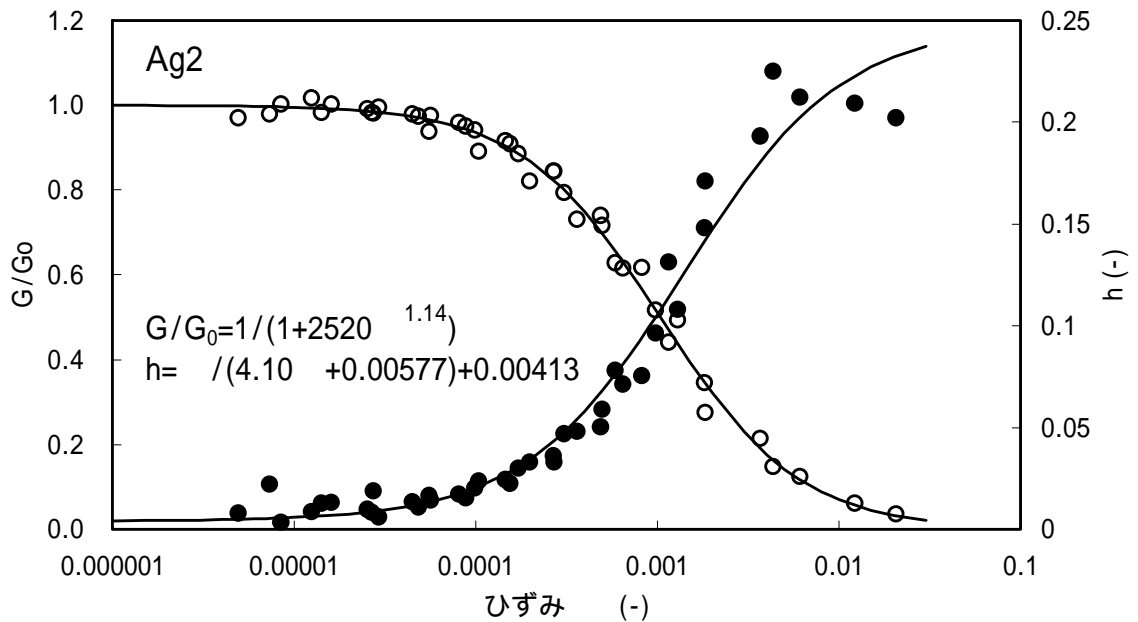


図 3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Ag2 層)

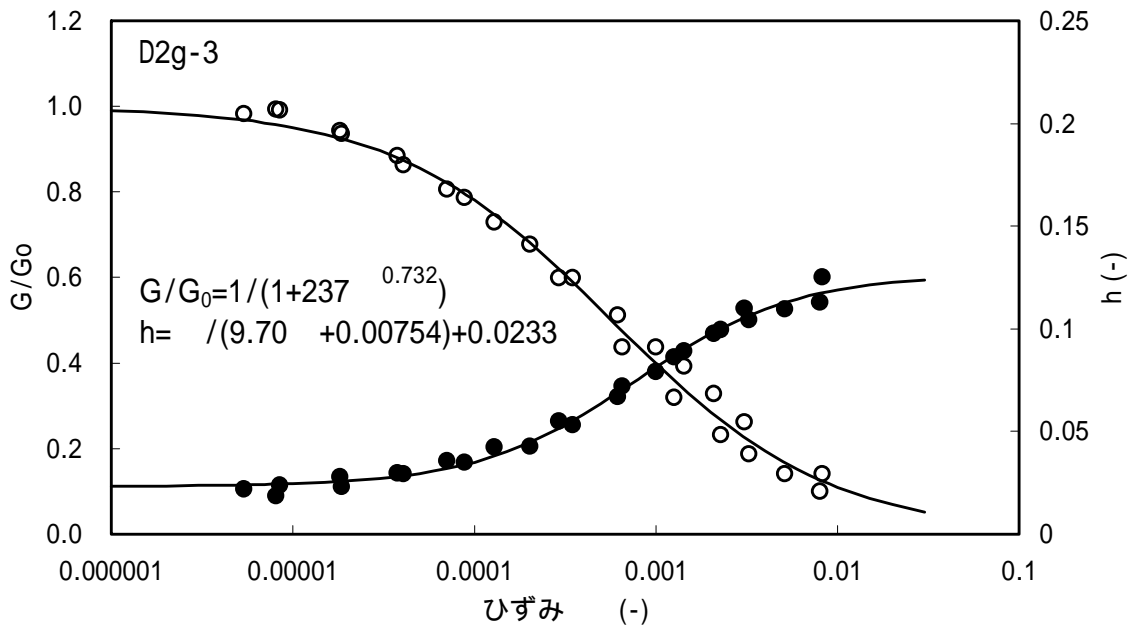


図 3-3 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (D2g - 3 層)

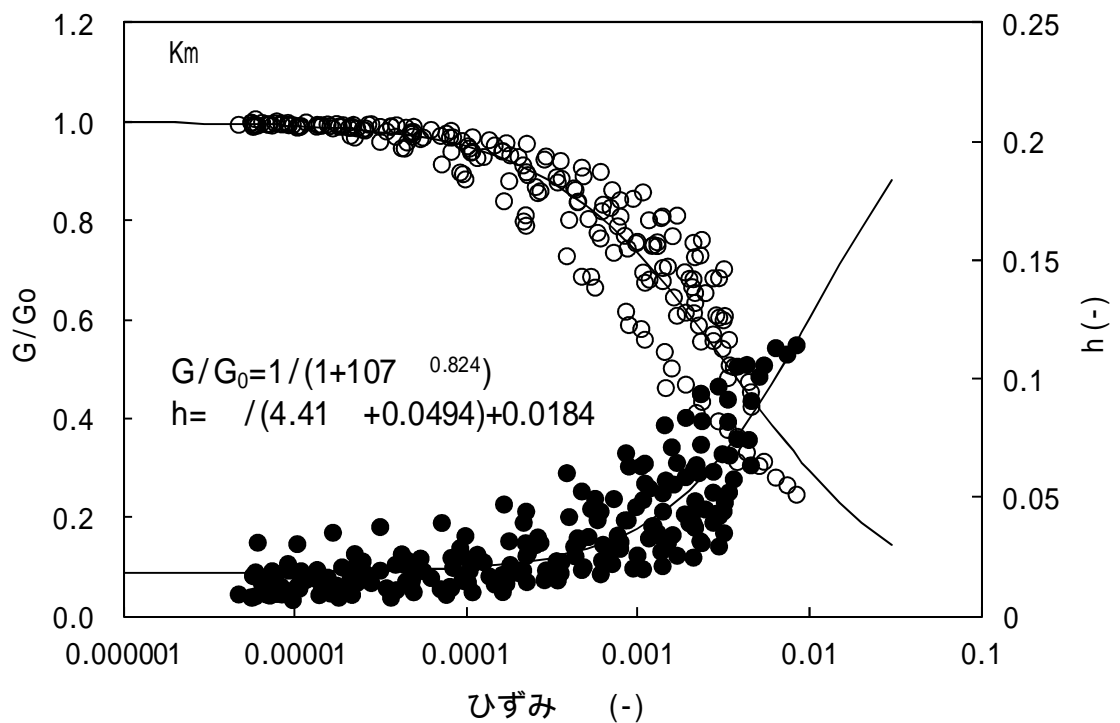


図 3-4 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Km 層)

表 3-2 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - D 1 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	178	412	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	193	353	0.286
2.0		4.7	2.01	0.11	171	1794	0.495
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.05	391	1847	0.477
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	406	1644	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1660	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1679	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	442	1691	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	465	1718	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	508	1769	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-3 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 1 1 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0		4.7	2.01	0.05	212	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	442	1862	0.470
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	425	1651	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	433	1667	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.02	445	1686	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.02	461	1698	0.460
-90.0		30.0	1.73	0.03	479	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	526	1776	0.452
-190.0		40.0	1.74	0.02	558	1816	0.448
-230.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-4 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 1 2 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0		4.7	2.01	0.05	211	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	447	1693	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	567	1846	0.448
-270.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	633	1928	0.440
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-5 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 1 3 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	190	439	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.05	216	395	0.286
2.0		4.7	2.01	0.06	209	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	428	1666	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	450	1694	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	563	1844	0.449
-270.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	629	1926	0.440
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-6 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 1 4 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.03	195	451	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	220	402	0.286
2.0		4.7	2.01	0.05	216	1801	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	439	1861	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	423	1650	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	430	1666	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.03	440	1684	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	471	1720	0.459
-120.0		30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	514	1771	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	574	1849	0.447
-270.0		50.0	1.75	0.03	601	1894	0.444
-320.0		50.0	1.76	0.03	641	1932	0.438
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-7 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 2 1 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	179	414	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.07	198	362	0.286
2.0		4.7	2.01	0.08	189	1797	0.494
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	418	1854	0.473
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	418	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	532	1779	0.451
-190.0		40.0	1.74	0.02	561	1817	0.447
-230.0		40.0	1.75	0.02	591	1856	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-8 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 2 2 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	195	356	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.10	178	1795	0.495
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.05	406	1851	0.475
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	416	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	438	1683	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	455	1695	0.461
-90.0		30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.03	526	1776	0.452
-190.0		40.0	1.74	0.02	555	1815	0.448
-230.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0	50.0	1.76	0.02	659	1940	0.435	
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-9 地盤定数 ( S<sub>s</sub> - 3 1 )

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	190	347	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.11	168	1794	0.496
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.06	384	1845	0.477
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	401	1643	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	405	1658	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	414	1675	0.467
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1689	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	517	1773	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	545	1811	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0	50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436	
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 \* : 地下水位より浅いことを示す。

### 3.3 地盤応答

#### 3.3.1 水平方向

水平方向の地盤応答は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_g$ に対する地表面レベルでの地盤の応答として評価する。図 3-5 に、地盤応答の概念図を示す。地盤応答の算定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「 -5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。設定した地盤定数に基づき算定した地表面及び建屋基礎下位置での地盤の最大応答加速度を表 3-10 に、基本ケースにおける地盤の加速度応答スペクトルを図 3-6 及び図 3-7 に示す。



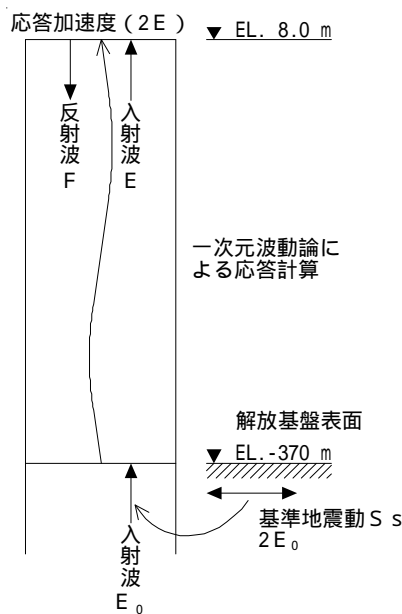


図 3-5 地盤応答の概念図 (水平方向)

表 3-10 (1/3) 地盤の最大応答加速度 (基本ケース, 水平方向)

標高	方向	$S_s - D1$	$S_s - 11$	$S_s - 12$	$S_s - 13$	$S_s - 14$	$S_s - 21$	$S_s - 22$	$S_s - 31$
地表面 EL.8.0 m	NS	689	524	559	547	373	886	817	738
	EW		455	330	352	311	635	681	
建屋 基礎下 EL. - 9.0 m	NS	408	302	295	300	246	452	344	444
	EW		269	254	260	215	268	307	

表 3-10 (2/3) 地盤の最大応答加速度 (+ 相当, 水平方向)

標高	方向	$S_s - D1$	$S_s - 21$	$S_s - 22$	$S_s - 31$
地表面 EL.8.0 m	NS	715	946	931	717
	EW		693	777	
建屋 基礎下 EL. - 9.0 m	NS	431	504	420	495
	EW		330	362	

表 3-10 (3/3) 地盤の最大応答加速度 (- 相当, 水平方向)

標高	方向	$S_s - D1$	$S_s - 21$	$S_s - 22$	$S_s - 31$
地表面 EL.8.0 m	NS	646	767	692	760
	EW		523	595	
建屋 基礎下 EL. - 9.0 m	NS	382	348	316	310
	EW		245	263	

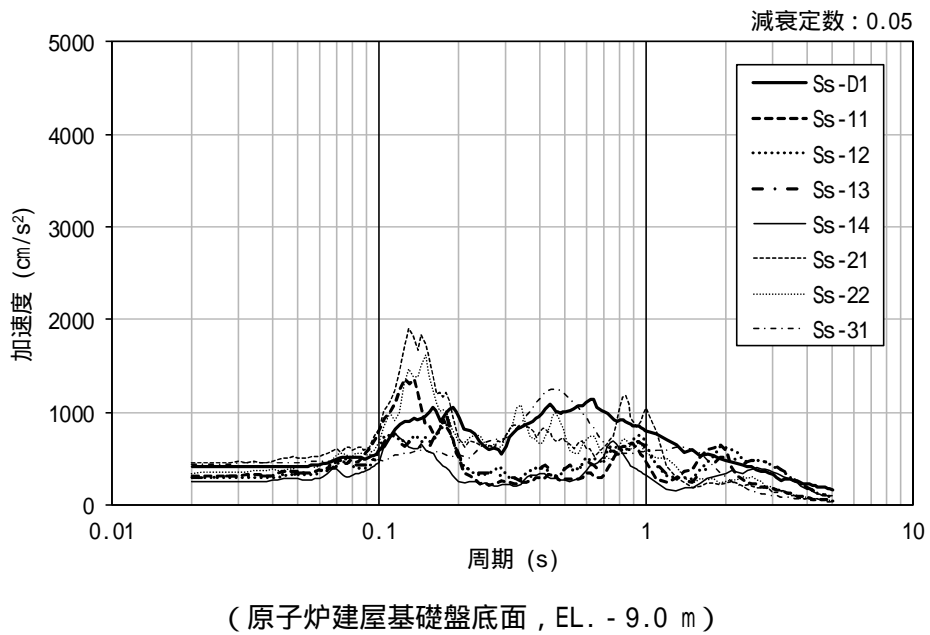
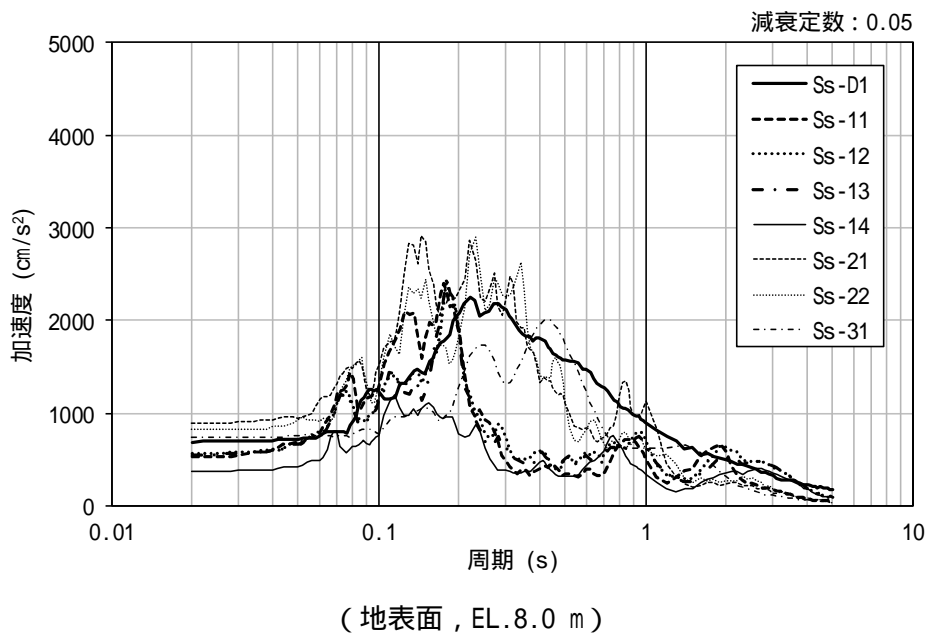


図 3-6 地盤の加速度応答スペクトル (S<sub>s</sub>, NS 方向, 基本ケース)

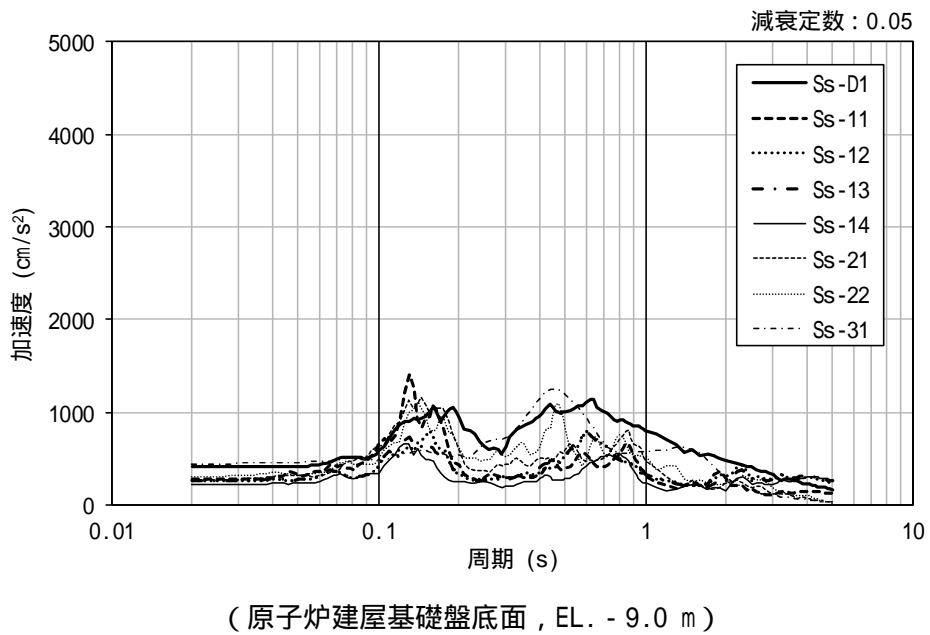
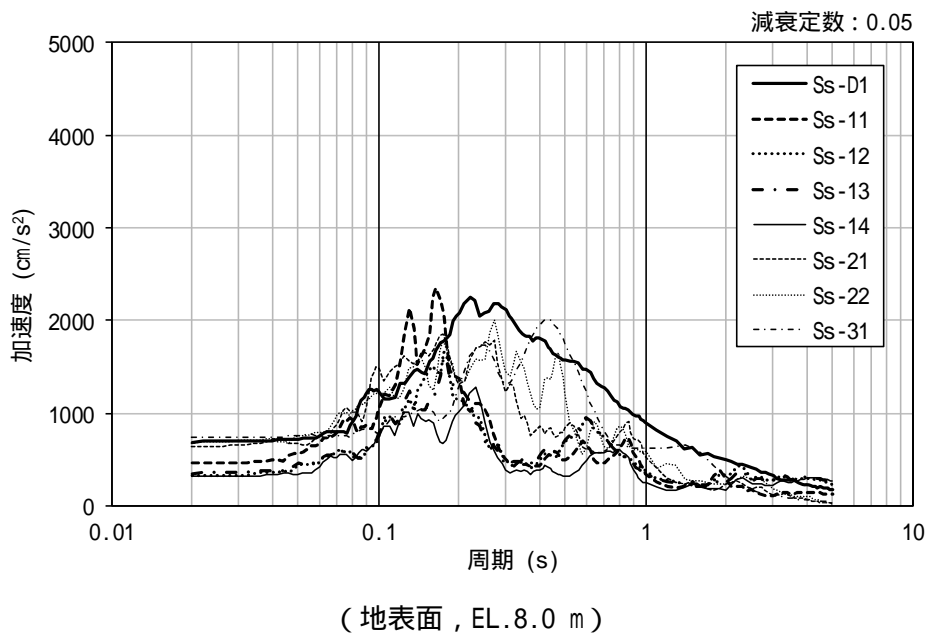


図 3-7 地盤の加速度応答スペクトル ( $S_s$ , EW 方向, 基本ケース)

### 3.3.2 鉛直方向

鉛直方向の地盤応答は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 $S_g$ に対する地表面レベルでの地盤の応答として評価する。図3-8に、地盤応答の概念図を示す。地盤応答の算定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。設定した地盤定数に基づき算定した地表面及び建屋基礎下位置での地盤の最大応答加速度を表3-11に、基本ケースにおける地盤の加速度応答スペクトルを図3-9に示す。

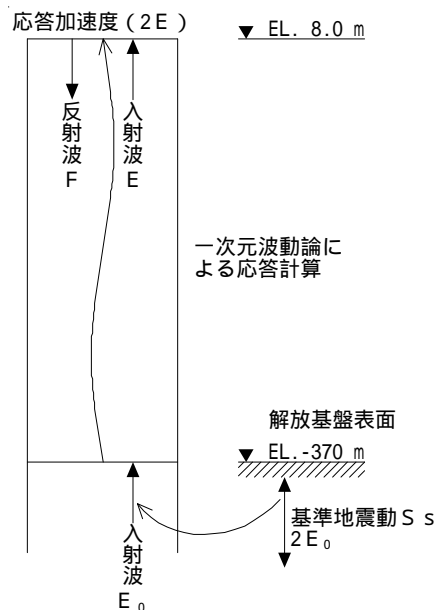


図 3-8 地盤応答の概念図 (UD 方向)

表 3-11 (1/3) 地盤の最大応答加速度(基本ケース, UD 方向)

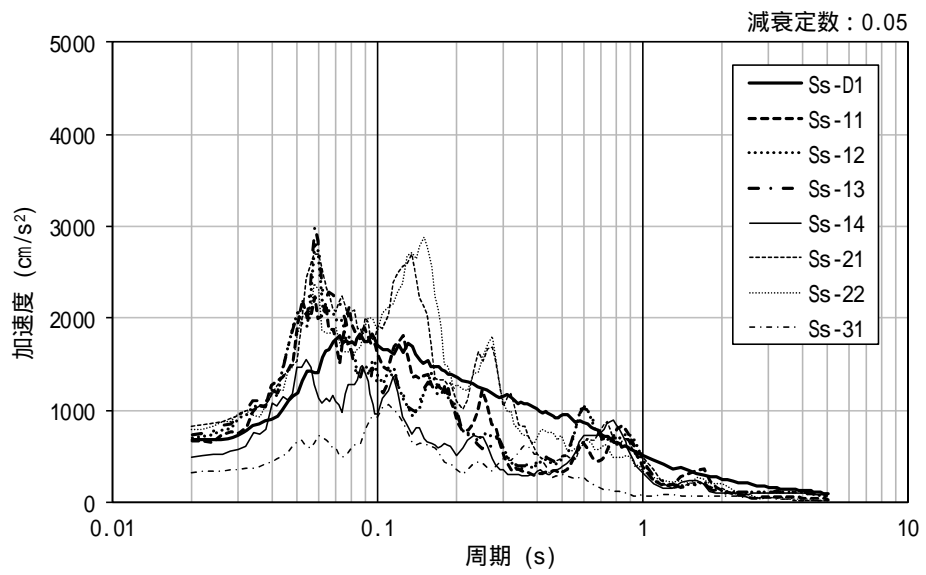
標高	方向	S <sub>s</sub> -D1	S <sub>s</sub> -11	S <sub>s</sub> -12	S <sub>s</sub> -13	S <sub>s</sub> -14	S <sub>s</sub> -21	S <sub>s</sub> -22	S <sub>s</sub> -31
地表面 EL.8.0 m	UD	676	664	691	724	493	823	786	326
建屋基礎下 EL. - 9.0 m	UD	381	363	377	361	303	452	470	186

表 3-11 (2/3) 地盤の最大応答加速度(+ 相当, UD 方向)

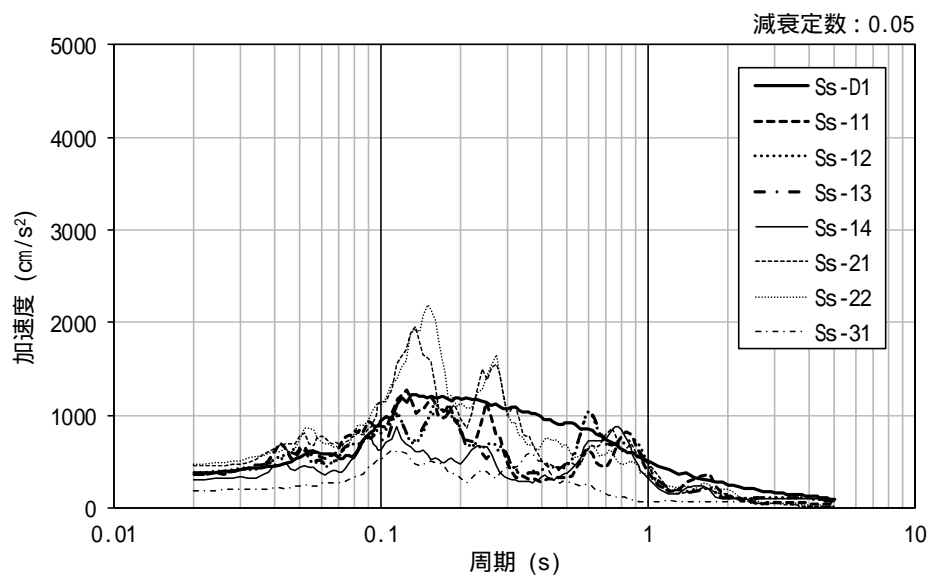
標高	方向	S <sub>s</sub> -D1	S <sub>s</sub> -21	S <sub>s</sub> -22	S <sub>s</sub> -31
地表面 EL.8.0 m	UD	705	865	893	345
建屋基礎下 EL. - 9.0 m	UD	372	474	499	198

表 3-11 (3/3) 地盤の最大応答加速度(- 相当, UD 方向)

標高	方向	S <sub>s</sub> -D1	S <sub>s</sub> -21	S <sub>s</sub> -22	S <sub>s</sub> -31
地表面 EL.8.0 m	UD	624	803	689	329
建屋基礎下 EL. - 9.0 m	UD	376	402	427	163



(地表面, EL. 8.0 m)



(原子炉建屋基礎盤底面, EL. - 9.0 m)

図 3-9 地盤の加速度応答スペクトル ( $S_s$ , UD 方向, 基本ケース)