

TK-1-2200 改0
平成30年10月10日
日本原子力発電株式会社

補足-370-11 【原子炉建屋の耐震性評価に関する補足説明】

目次

1. 概要	1
2. 耐震壁の分配せん断力の算定について	2
2.1 評価方針	2
2.2 評価方法	3
2.3 評価結果	5
3. ねじれを考慮した各耐震壁のせん断ひずみ	7
3.1 評価方針	7
3.2 評価方法	8
3.3 評価結果	10
3.4 応答増幅による影響検討	12
4. 地下外壁の検討	16
4.1 荷重及び荷重の組合せ	16
4.2 許容限界	22
4.3 土圧に対する解析モデル及び諸元	23
4.4 評価方法	24
4.5 評価結果	26
5. 屋根スラブの検討	33
5.1 屋根スラブの面内せん断ひずみ	33
5.2 スタッドの健全性に対する検討	36
5.3 水平2方向及び鉛直方向入力を考慮した屋根スラブの面外応力の影響について	41
6. 屋根スラブからの漏えいを考慮した気密性について	43
7. 屋根トラス（二次部材）の評価	47
7.1 検討方針	47
7.2 屋根トラス（二次部材）の評価結果	49
8. 地震応答解析における地下水位の影響に関する検討	52
8.1 概要	52
8.2 解析方法	54
8.3 地盤応答	59

1. 概要

本資料は、原子炉建屋の耐震性評価を補足的に説明するものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」
- ・添付書類「V-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」
- ・添付書類「V-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」

以下、本資料の概要を示す。

第2章「耐震壁の分配せん断力の算定について」では、地震応答解析結果に基づき算定した各層のせん断力より、各部位の耐震壁の評価用せん断力を求めるために、既工認時の各耐震壁のせん断力分配結果より算出した分配率を用いて、分配せん断力の計算を実施した。

第3章「ねじれを考慮した各耐震壁のせん断ひずみ」では、基準地震動 S_0 による地震応答解析結果を包絡させたせん断力に対して、各耐震壁のせん断ひずみを算定して、各部位の耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認した。また、重大事故等時の高温による影響、隣接建屋による影響、補強等の原子炉建屋改造工事に伴う重量の増加分を考慮した評価結果への影響及び水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を考慮した場合にも、各耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認した。

第4章「地下外壁の検討」では、原子炉建屋の地下外壁について、地震による面内荷重と土圧による面外荷重を受けた際の健全性について検討し、 S_0 地震時の面内地震荷重と面外土圧荷重の組合せに対して、発生値が許容値を超えないことを確認した。

第5章「屋根スラブの検討」では、基準地震動 S_0 による屋根トラスの3次元立体フレームモデルの地震応答解析結果を用いて、屋根スラブの最大面内せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認した。また、スタッドが屋根スラブの気密性の維持に影響を与えないことを確認するため、屋根スラブのスタッドに発生する最大せん断力が、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認した。さらに、水平2方向入力による屋根面部に生じる面外力に対する影響を評価し、それを考慮しても面外力が許容値を超えないことを確認した。

第6章「屋根スラブからの漏えいを考慮した気密性について」では、水平方向の荷重による屋根スラブの面内せん断力が気密性に及ぼす影響が軽微であることを確認するため、 S_0 地震時の耐震壁及び屋根スラブのせん断ひび割れによる空気漏えい量が非常用ガス処理系放出流量以下となっていることを確認した。

第7章「屋根トラス（二次部材）の評価」では、屋根トラスの3次元FEMモデルを用いて、 S_0 地震時に屋根トラスの二次部材に発生する応力が許容値を超えないことを確認した。

第8章「地下水位の設定が地震応答解析に及ぼす影響」では、地震応答解析において、地下水位をEL. 2.0 mに設定していることに対し、原子炉建屋地下排水設備により地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることについて、その影響が小さいことを確認した。

8. 地震応答解析における地下水位の影響に関する検討

8.1 概要

8.1.1 検討概要

本資料は、東海第二発電所の地震応答解析における地下水位の影響に関する検討について説明するものである。

添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」では、既工事計画認可申請書第1回申請 添付資料Ⅲ-3-1「申請設備にかかわる耐震設計の基本方針」より、建屋遠方地盤の地下水位をEL.2.0mに設定している。原子炉建屋は地下排水設備により地下水位を原子炉建屋基礎盤底面レベル以深に維持していることから、遠方地盤においても地下水位が原子炉建屋基礎盤底面レベル以深にあると仮定した場合の影響について検討する。

8.1.2 検討方針

地下水位が原子炉建屋の地震応答解析に与える影響検討として、地下水位が建屋入力動に与える影響について検討を行う。

検討は、基準地震動 S_{e-D1} に対して実施する。

図 8-1 に地下水位が建屋入力動に与える影響の検討フローを示す。

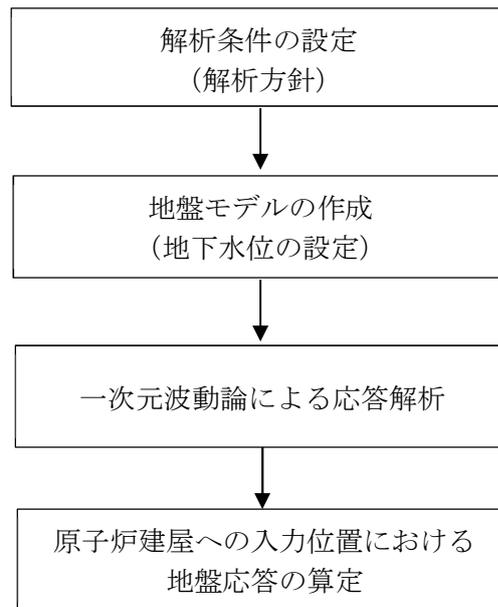


図 8-1 地下水位が建屋入力動に与える影響の検討フロー

8.2 解析方法

8.2.1 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。

8.2.2 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_s に対する原子炉建屋基礎盤底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「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。

地震応答解析に用いる地盤定数は、地下水位に応じて設定した初期地盤物性値に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「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。初期地盤物性を表 8-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 8-2～図 8-5 に示す。ここで、基礎盤底面レベル以深の地下水位は支持岩盤である Km 層と表層地盤である D2g-3 層の境界である EL. -14.4m に設定する。

また、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地盤物性を表 8-2 に示す。ここで、鉛直方向の入力地震動については、基礎盤底面レベル以浅をはぎとった地盤モデルを用いて算定し、表 8-2 に示す等価物性値が基礎盤底面レベル以深で変わらないことから、地下水位の影響は無いため、入力動の比較は水平方向のみ実施することとする。

表 8-1 初期地盤の物性値

(a) 基本ケース

標高 EL. m	地層 区分	層厚 m	密度 ρ t/m ³	S波速度 Vs m/s	ポアソン比 ν
8.0	du*	5.0	1.82	210	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	240	0.286
2.0		4.7	2.01	240	0.491
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	500	0.462
-14.4					
-20.0	Km	5.6	1.72	446	0.461
-40.0		20.0	1.72	456	0.460
-60.0		20.0	1.73	472	0.458
-90.0		30.0	1.73	491	0.455
-120.0		30.0	1.73	514	0.452
-150.0		30.0	1.73	537	0.449
-190.0		40.0	1.74	564	0.445
-230.0		40.0	1.74	595	0.441
-270.0		40.0	1.75	626	0.437
-320.0		50.0	1.75	660	0.433
-370.0		50.0	1.76	699	0.427
-370.0	解放基盤	—	1.76	718	0.425

(b) 地下水位 基礎下

標高 EL. m	地層 区分	層厚 m	密度 ρ t/m ³	S波速度 Vs m/s	ポアソン比 ν
8.0	du*	5.0	1.82	210	0.385
3.0	Ag2*	5.7	1.89	240	0.286
-2.7					
-2.7	D2g-3*	11.7	2.11	500	0.462
-14.4					
-20.0	Km	5.6	1.72	446	0.461
-40.0		20.0	1.72	456	0.460
-60.0		20.0	1.73	472	0.458
-90.0		30.0	1.73	491	0.455
-120.0		30.0	1.73	514	0.452
-150.0		30.0	1.73	537	0.449
-190.0		40.0	1.74	564	0.445
-230.0		40.0	1.74	595	0.441
-270.0		40.0	1.75	626	0.437
-320.0		50.0	1.75	660	0.433
-370.0		50.0	1.76	699	0.427
-370.0	解放基盤	—	1.76	718	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

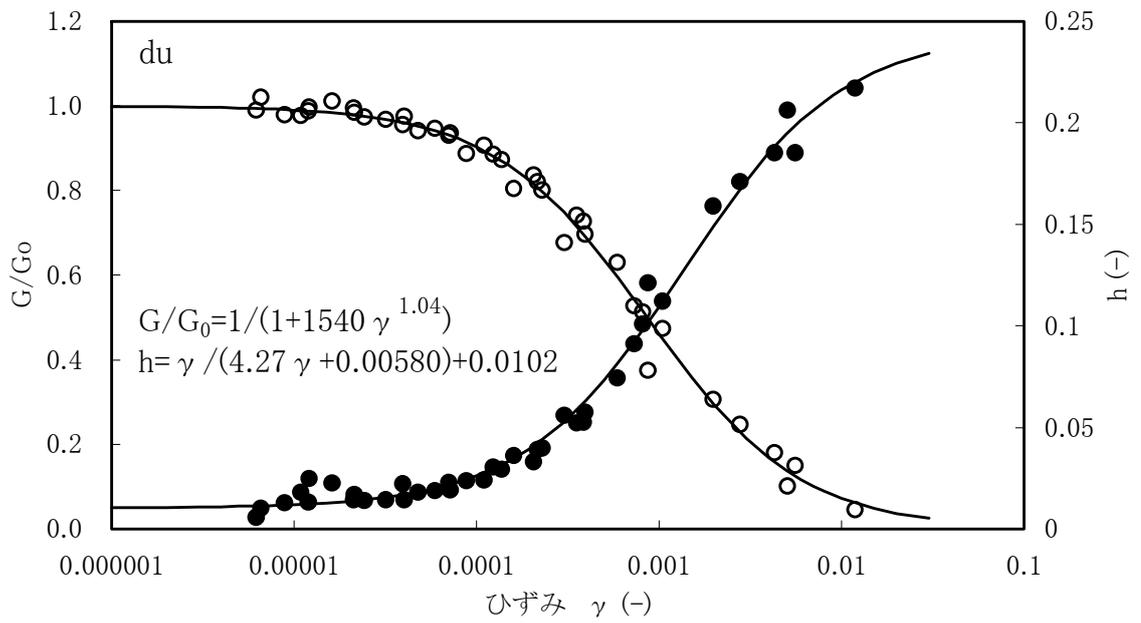


図 8-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (du 層)

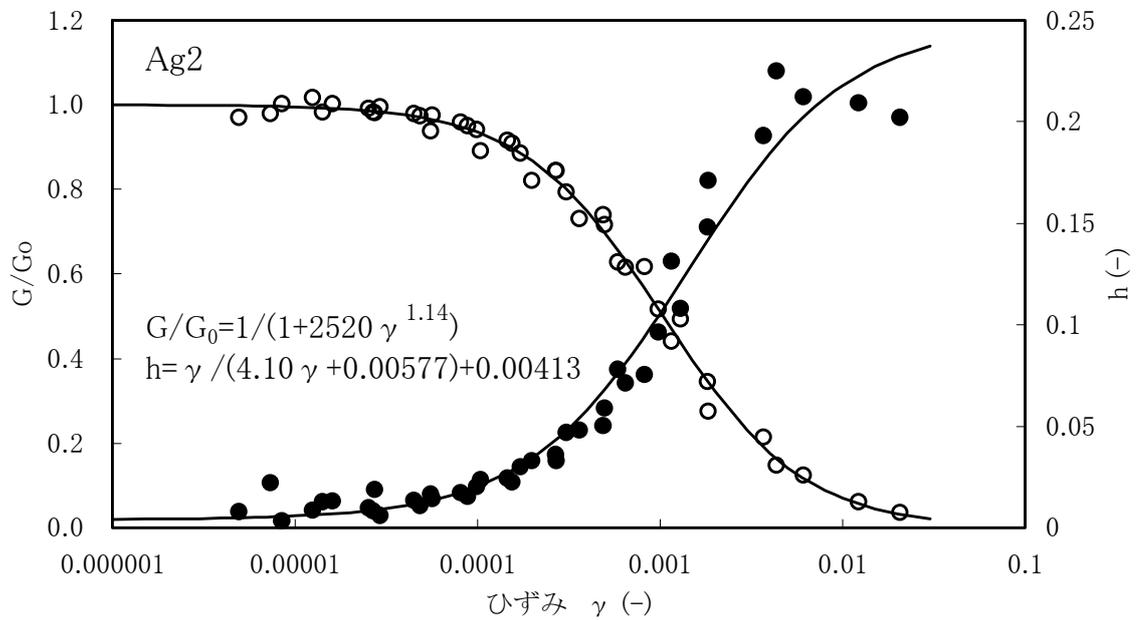


図 8-3 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Ag2 層)

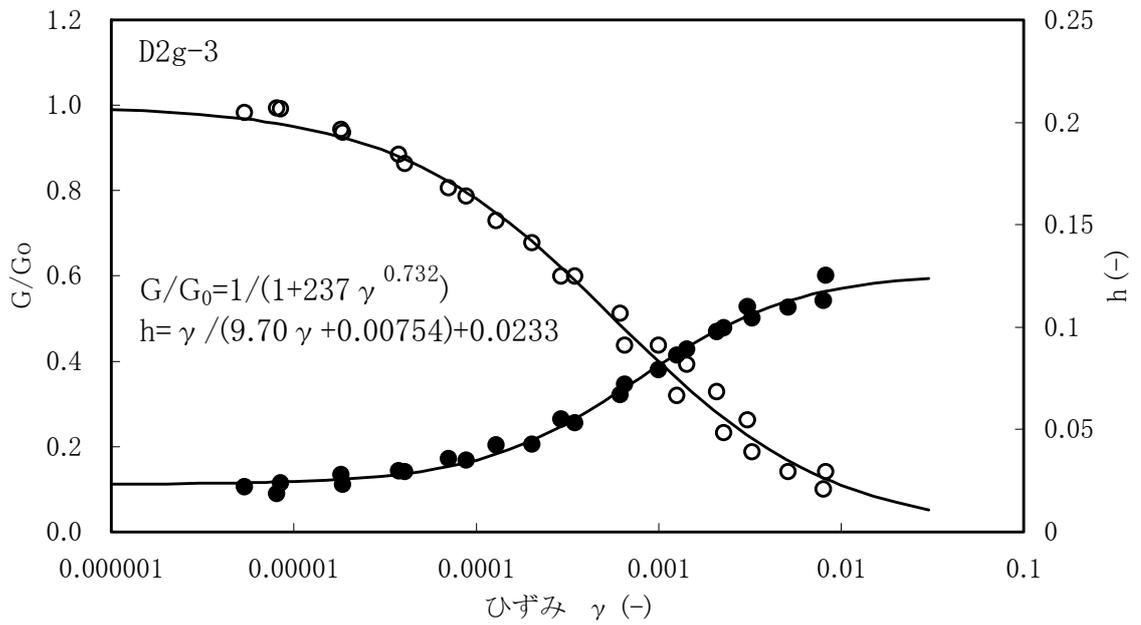


図 8-4 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (D2g-3 層)

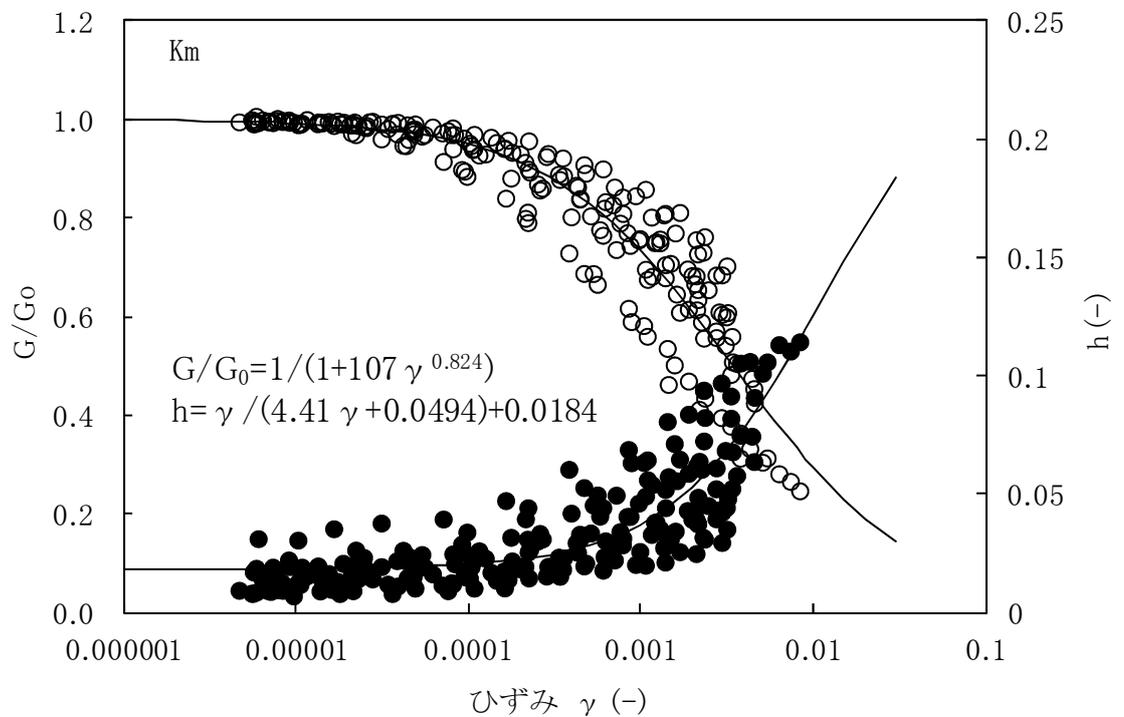


図 8-5 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性 (Km 層)

表 8-2 地盤定数 (S_s-D1)

(a) 基本ケース

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	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

(b) 地下水位 基礎下

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	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*	5.7	1.89	0.10	173	316	0.286
-2.7	D2g-3*	11.7	2.11	0.05	391	1471	0.462
-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

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

8.3 地盤応答

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_s に対する地表面レベルでの地盤の応答として評価する。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「V-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盤の最大応答加速度分布を図 8-6 及び表 8-3 に、基礎盤底面レベルにおける地盤の加速度応答スペクトルを図 8-7 に示す。

地下水位を EL. 2.0 m とした場合（基本ケース）と原子炉建屋基礎盤底面レベル以深にあると仮定した場合を比較すると最大応答加速度及び基礎盤底面レベルでの加速度応答スペクトルは概ね一致しており、遠方地盤においても地下水位が原子炉建屋基礎盤底面レベル以深にあると仮定した場合の影響はない。

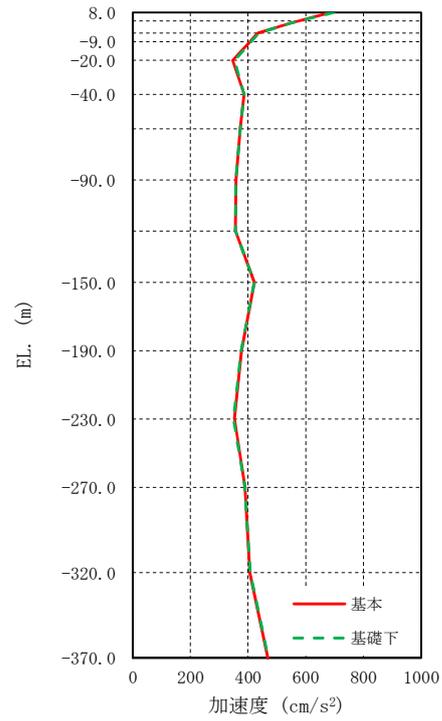


図 8-6 地盤の最大応答加速度分布

表 8-3 地盤の最大応答加速度 ($S_s - D 1$)

EL. (m)	基本 (cm/s^2)	基礎下 (cm/s^2)
8.00	689	697
2.00	552	554
-4.00	434	437
-9.00	408	411

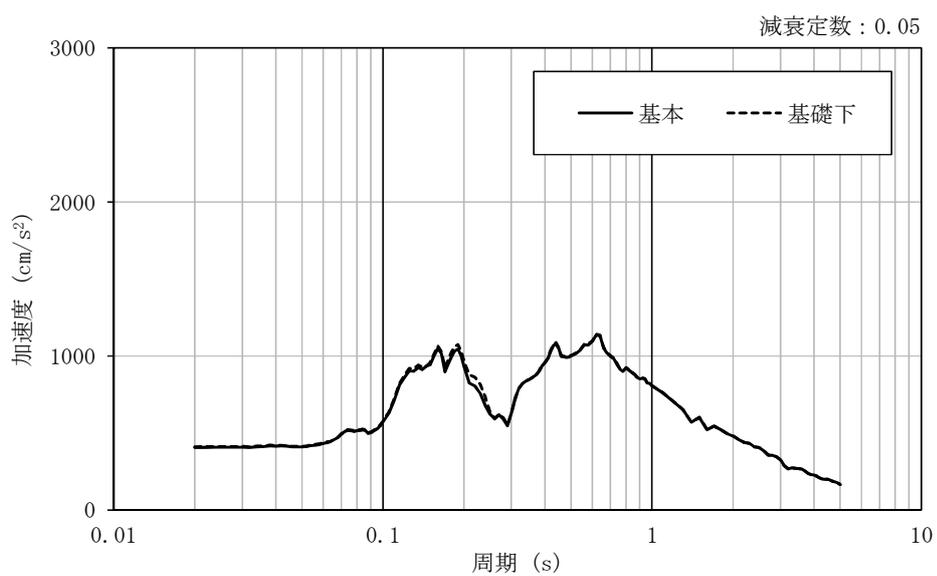


図 8-7 地盤の加速度応答スペクトル (S_s , 水平方向)