

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-他-058
提出年月日	2022年2月14日

地盤の支持性能について
(抜粋版)

2022年2月

中国電力株式会社

目次

1. 概要
2. 基本方針
3. 対象施設周辺の地質等
 - 3.1 対象施設周辺の地質
 - 3.2 対象施設周辺の地質状況整理結果
 - 3.3 敷地の地下水位分布及び耐震評価における地下水位設定方針
 - 3.3.1 敷地の地下水位分布
 - 3.3.2 耐震評価における設計地下水位設定方針
4. 地盤の解析用物性値
 - 4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値
 - 4.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
 - 4.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値
 - 4.2.2 改良地盤に用いる解析用物性値
 - 4.2.3 その他の解析用物性値
 - 4.2.4 地盤の物性のばらつきについて
5. 極限支持力
 - 5.1 基礎地盤（岩盤）の極限支持力度
 - 5.2 直接基礎の支持力算定式
 - 5.3 杭基礎の支持力算定式
6. 地盤の速度構造
 - 6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル
 - 6.2 地震応答解析に用いる解析モデル

参考資料 1（浸透流解析に用いた解析コード「Dtransu-3D・EL」の適用性について）

参考資料 2（浸透流解析に用いる透水係数について）

参考資料 3（地下水位低下設備（既設）について）

参考資料 4（非定常解析を踏まえた解析モデルの妥当性検証について）

参考資料 5（予測解析における降雨条件について）

参考資料 6（地下水位低下設備（新設）について）

参考資料 7（地下水位低下設備（新設）の施工について）

参考資料 8（地下水位低下設備（新設）の保守管理について）

参考資料 9（構内排水設備について）

参考資料 10（土木構造物の設計地下水位の設定方法）

参考資料 11（動的変形特性の設定について）

参考資料 12 (埋戻土 (粘性土) の強度特性について)

参考資料 13 (基礎捨石及び被覆石の解析用物性値について)

参考資料 14 (液状化強度試験の詳細について)

参考資料 15 (改良地盤における補足)

参考資料 16 (砕石の解析用物性値について)

参考資料 17 (地震応答解析にて考慮する地盤物性のばらつき)

参考資料 18 (入力地震動の設定に用いる地下構造モデルのエリア区分について)

参考資料 19 (埋戻土の骨格曲線について)

4. 地盤の解析用物性値

4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値

全応力解析に用いる解析用物性値として、設置変更許可申請書に記載された解析用物性値を表 4.1-1～表 4.1-3 に、設定根拠を表 4.1-4 及び表 4.1-5 に示す。動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性を図 4.1-1～図 4.1-7 に示す。設置変更許可申請書に記載された解析用物性値については、原位置試験及び室内試験から得られた各種物性値を基に設定した。

表 4.1-1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値
(岩盤)

	物理特性		強度特性		静的変形特性		動的変形特性		減衰特性
	密度 ρ_s (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E (×10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G _d (×10 ³ N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C _H 級	1.14	54	1.48 $\sigma^{0.72}$	3.74	0.19	表4.1-2参照	0.03
		C _M 級	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.95	0.20		
		C _L 級	0.28	45	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.54	0.20		
		C _H 級	1.14	54	1.28 $\sigma^{0.72}$	3.74	0.19		
		C _M 級	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.95	0.20		
		C _L 級	0.28	28	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.20		
	凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _H 級	1.54	55	1.28 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.19		
		C _M 級	1.14	47	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.20		
		C _L 級	0.60	28	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25		
		C _H 級	2.14	52	1.56 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.22		
		C _M 級	1.58	52	0.36 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.25		
		C _L 級	0.83	43	0.36 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25		
岩盤 (貫入岩)	ドレライト	C _H 級	2.14	52	1.56 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.22		
		C _M 級	1.58	52	0.36 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.25		
		C _L 級	0.83	43	0.36 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25		
	安山岩	C _H 級	2.14	52	1.56 $\sigma^{0.72}$	7.78	0.25		
		C _M 級	1.58	52	0.36 $\sigma^{0.54}$	1.47	0.25		
		C _L 級	0.83	43	0.36 $\sigma^{0.54}$	0.43	0.25		

表 4.1-2 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値
(岩盤)

	動せん断弾性係数 G_d ($\times 10^3$ N/mm ²)						動ポアソン比 ν_d					
	第1 速度層	第2 速度層	第3 速度層	第4 速度層	第5 速度層	第6 速度層	第1 速度層	第2 速度層	第3 速度層	第4 速度層	第5 速度層	第6 速度層
頁岩	C _{II} 級	0.16	2.08	6.58	9.77	10.28	14.19					
	C _{III} 級	0.16	2.04	6.45	9.58	10.08	13.92					
	C _I 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47					
	C _{II} 級	0.16	2.07	6.55	9.73	10.24	14.14					
	C _{III} 級	0.16	2.02	6.37	9.47	9.96	13.75					
	C _I 級	0.15	1.89	5.96	8.86	9.32	12.87					
岩盤 (成相寺層)	C _{II} 級	0.16	2.03	6.43	9.54	10.04	13.86	0.45	0.39	0.38	0.34	0.35
	C _{III} 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47					
	C _I 級	0.14	1.86	5.89	8.75	9.20	12.70					
	C _{II} 級	0.17	2.25	7.12	10.57	11.12	15.35					
	C _{III} 級	0.16	2.11	6.66	9.89	10.40	14.36					
	C _I 級	0.16	2.05	6.48	9.62	10.12	13.97					
ドレライト	C _{II} 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C _{III} 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C _I 級	0.16	2.10	6.63	9.85	10.36	14.30					
	C _{II} 級	0.16	2.08	6.58	9.77	10.28	14.19					
	C _{III} 級	0.16	2.04	6.45	9.58	10.08	13.92					
	C _I 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47					
岩盤 (貫入岩)	C _{II} 級	0.16	2.07	6.55	9.73	10.24	14.14					
	C _{III} 級	0.16	2.02	6.37	9.47	9.96	13.75					
	C _I 級	0.15	1.89	5.96	8.86	9.32	12.87					
	C _{II} 級	0.16	2.03	6.43	9.54	10.04	13.86					
	C _{III} 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47					
	C _I 級	0.14	1.86	5.89	8.75	9.20	12.70					

表 4.1-3 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値
(D級岩盤・シーム・埋戻土・旧表土・MMR・改良地盤)

	物理特性		強度特性		静的変形特性		動的変形特性		減衰特性									
	密度 ρ_s (g/cm ³)	せん断 強度 τ_0 (N/mm ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	弾性係数 E (N/mm ²)	静ポアソン 比 ν_s	動せん断 弾性係数 G_0 (N/mm ²)	動ポアソン 比 ν_d	減衰定数 h									
D級岩盤	2.28	0.11	6	$0.11 + \sigma \tan 6^\circ$	$141 \sigma^{0.39}$	0.30	$G_0 = 148 \sigma^{0.49}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00062)$	0.45	$\gamma \leq 1 \times 10^{-4}$: h=0.023 $\gamma > 1 \times 10^{-4}$: h=0.023 +0.071·log($\gamma / 0.0001$)									
シーム	2.23	0.19	18	$0.19 + \sigma \tan 18^\circ$	$G_{0.5} = 44 \sigma^{0.34}$	0.40	$G_0 = 225 \sigma^{0.31}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / [1 + (\gamma / 0.00149)^{0.889}]$	0.45	h = $\gamma / (2.14 \gamma + 0.017) + 0.031$									
埋戻土, 盛土	2.11	0.22	22	$0.22 + \sigma \tan 22^\circ$	$E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$	0.40	$G_0 = 749 \sigma^{0.66}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.45	h = $0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$									
埋戻土 (購入土)	2.01	0.04	21	$0.04 + \sigma \tan 21^\circ$	$E_{0.5} = 227 \sigma^{0.75}$	0.40	$G_0 = 275 \sigma^{0.61}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00048)$	0.45	h = $0.2179 \gamma / (\gamma + 0.00085)$									
旧表土	2.00	0.03	21	$0.03 + \sigma \tan 21^\circ$	$E_{0.5} = 37 \sigma^{0.79}$	0.40	$G_0 = 240 \sigma^{0.61}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.0011)$	0.45	h = $0.20 \gamma / (\gamma + 0.000413)$									
MMR	2.35	—	—	—	23,500	0.20	9,792	0.20	0.05									
改良地盤 (高圧噴射攪拌工法)	2.44	1.14	47	$0.34 \sigma^{0.56}$	1,470	0.20	6,250	0.38	0.03									
改良地盤 I (薬液注入工法)	2.11	0.22	22	$0.22 + \sigma \tan 22^\circ$	$E_{0.5} = 115 \sigma^{0.61}$	0.40	$G_0 = 749 \sigma^{0.66}$ (N/mm ²) $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.45	h = $0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$									
改良地盤 II (薬液注入工法)	2.11	0.63	38	$0.63 + \sigma \tan 38^\circ$	1,087	0.33	$G_0 = 409$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.33	h = $0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$									
										改良地盤②	0.49	41	$0.49 + \sigma \tan 41^\circ$	898	0.33	$G_0 = 338$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.33	h = $0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$

表 4.1-4 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値の設定根拠（岩盤）

岩種	岩級	物理特性		強度特性		変形特性			減衰特性
		ピーク強度	残留強度	静的特性 静弾性係数	静的特性 静ポアソン比	動的特性 動せん断弾性係数	動的特性 動ポアソン比	減衰定数	
岩盤 (成相寺層)	頁岩	C ₁₁ 級	摩擦抵抗試験	平板載荷試験	—軸圧縮試験	PS 検層	—	—	—
		C ₁₁ 級							
		C ₁₁ 級							
	頁岩と凝灰岩の互層	C ₁₁ 級	ブロックせん断試験	—	—	—	—	—	—
		C ₁₁ 級							
		C ₁₁ 級							
	凝灰岩・凝灰角礫岩	C ₁₁ 級	—	—	—	—	—	—	—
		C ₁₁ 級							
		C ₁₁ 級							
	ドレライト	C ₁₁ 級	—	—	—	—	—	—	—
		C ₁₁ 級							
		C ₁₁ 級							
安山岩	C ₁₁ 級	—	—	—	—	—	—	—	
	C ₁₁ 級								
	C ₁₁ 級								
岩盤 (貫入岩)	C ₁₁ 級	—	—	—	—	—	—	—	
	C ₁₁ 級								
	C ₁₁ 級								

注記 * 1 社団法人日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」（JEAG4601-2015）を参考に設定。

表 4.1-5 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値の設定根拠
(D級岩盤・シーム・埋戻土・旧表土・MMR・改良地盤)

	強度特性		変形特性				減衰特性	
	物理特性	ピーク強度	残留強度	静的特性		動的特性		
				静弾性係数	静ポアソン比	動せん断弾性係数		動ポアソン比
D級岩盤		中型三軸圧縮試験		中型三軸圧縮試験		動的中型三軸圧縮試験	減衰定数	
シーム		単純せん断試験		単純せん断試験		動的単純せん断試験		
埋戻土, 盛土		大型三軸圧縮試験	ピーク強度と同一値	大型三軸圧縮試験		動的大型三軸圧縮試験		
埋戻土 (購入土)		三軸圧縮試験		三軸圧縮試験		繰返し中空ねじりせん断試験		
旧表土						動的三軸圧縮試験		
MMR								
改良地盤 (高圧噴射攪拌工法)								
改良地盤 I (薬液注入工法)								
改良地盤 II (薬液注入工法)	密度試験 (飽和) (埋戻土, 盛土を流用)	せん断強度は PS 検層に基づく換算値 内部摩擦角は簡易設定法に用いた N 値に基づく換算値	ピーク強度と同一値	PS 検層に基づく換算値	Go は PS 検層ひずみ依存特性は動的大型三軸圧縮試験 (埋戻土, 盛土を流用)	動的大型三軸圧縮試験 (埋戻土, 盛土を流用)		

注記 *1 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (社団法人土木学会, 1992 年・2005 年) を参考に設定。
 注記 *2 設計用地盤定数の決め方-岩盤編- (社団法人地盤工学会, 2007 年) を参考に設定。
 注記 *3 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術 (技術資料) (社団法人土木学会, 2009 年) を参考に設定。
 注記 *4 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (公益社団法人日本港湾協会, 2018 年) を参考に設定。

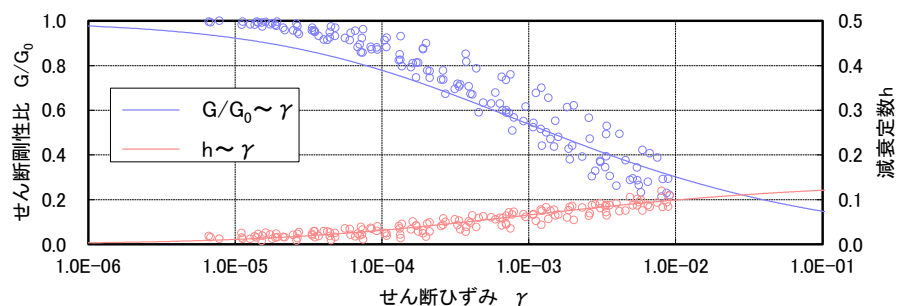


図 4.1-1 D級岩盤（頁岩，頁岩・凝灰岩の互層）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

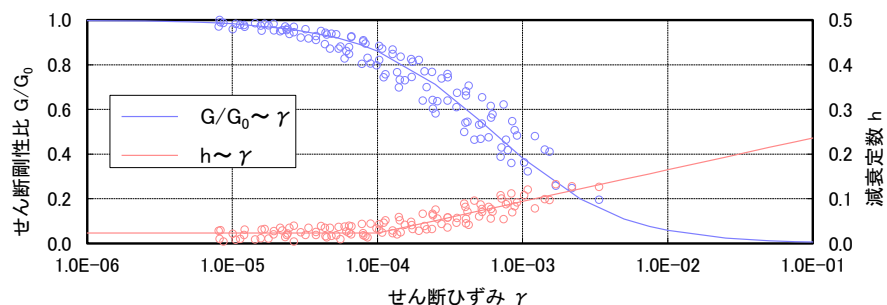


図 4.1-2 D級岩盤（凝灰岩・凝灰角礫岩）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

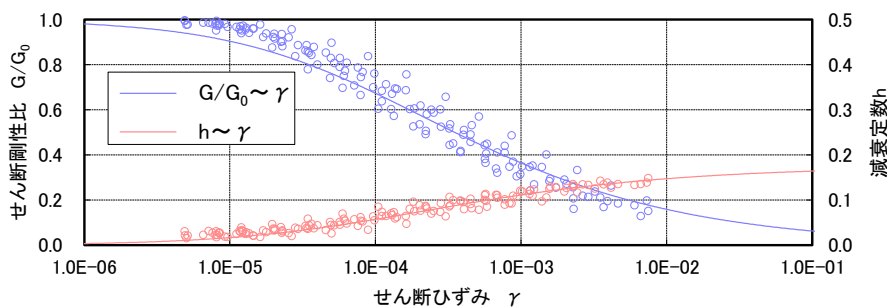


図 4.1-3 D級岩盤（ドレライト・安山岩）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

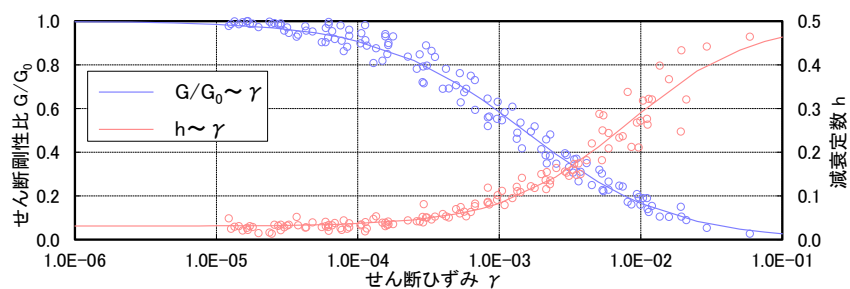


図 4.1-4 シームの動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

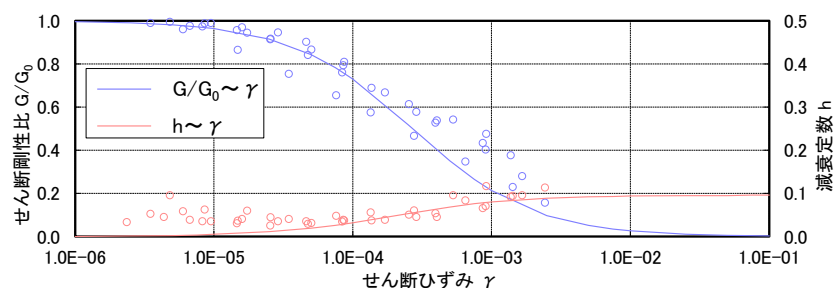


図 4.1-5 埋戻土・盛土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

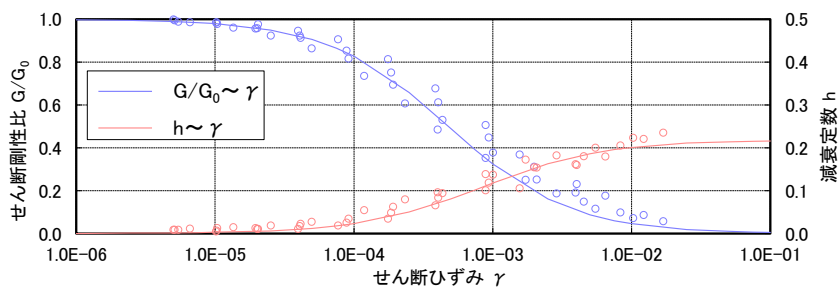


図 4.1-6 埋戻土（購入土）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

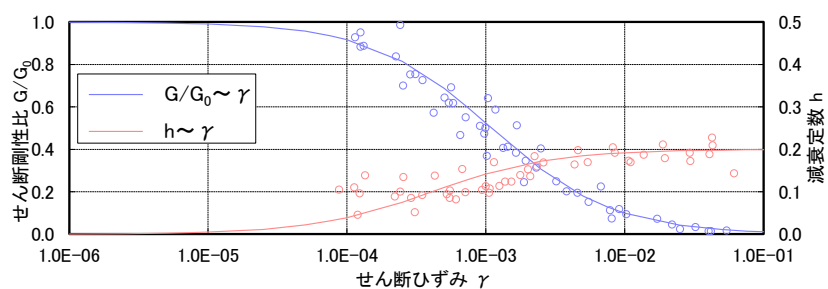


図 4.1-7 旧表土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

4.2.4 地盤の物性のばらつきについて

建物・構築物及び土木構造物の地震応答解析においては地盤の物性のばらつきを考慮している。詳細については、参考資料 17 に示す。

6. 地盤の速度構造

6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル

入力地震動の設定に用いる地下構造モデルについては、解放基盤表面（EL-10m）から EL-215m までの地盤をモデル化する。地下構造モデルの概要を表 6.1-1 及び表 6.1-2 に示す。入力地震動算定の概念図を図 6.1-1 及び図 6.1-2 に示す。

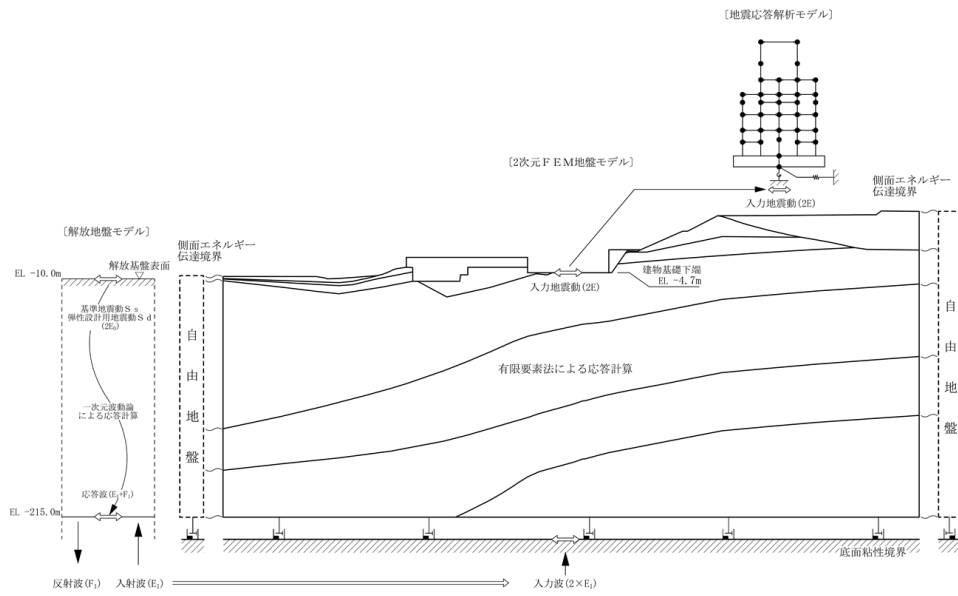
対象施設に適用する地下構造モデルについて、参考資料 18 に示す。

表 6.1-1 入力地震動の策定に用いる地下構造モデル
(1, 2号機エリア)

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.80	0.25	20.6	0.446
②層	2.10	0.90	23.0	0.388
③層	3.60	1.60	24.5	0.377
④層	4.00	1.95	24.5	0.344
⑤層	4.05	2.00	26.0	0.339
⑥層	4.95	2.35	27.9	0.355

表 6.1-2 入力地震動の策定に用いる地下構造モデル
(3号機エリア)

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.52	0.27	22.4	0.45
②層	1.71	0.62	23.3	0.42
③層	2.27	0.96	23.4	0.39
④層	3.24	1.52	24.5	0.36
⑤層	3.86	1.90	25.2	0.34
⑥層	4.15	2.10	24.4	0.33
⑦層	3.80	1.77	25.1	0.36



(原子炉建物)

図 6.1-1 入力地震動算定の概念図 (建物・構築物)

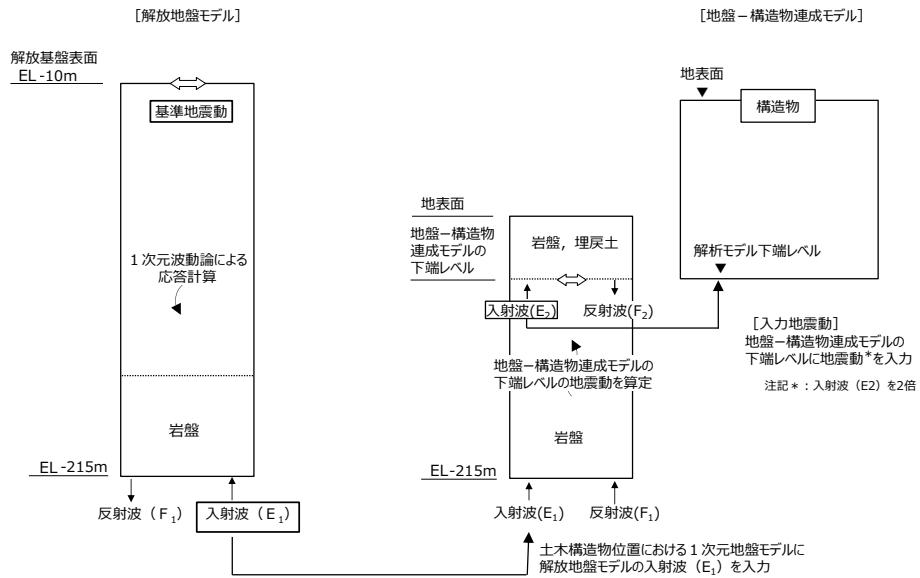


図 6.1-2 入力地震動算定の概念図 (土木構築物)

6.2 地震応答解析に用いる解析モデル

建物・構築物の地震応答解析に用いる地盤モデルは、地盤調査結果に基づいて設定する。建物・構築物の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値は「4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」を基本として設定する。

また、土木構造物の地震応答解析に用いる地盤モデルは、構造物周辺の地盤調査結果に基づいて設定する。土木構造物の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値は、「4.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」及び「4.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値」を基本として設定する。

(参考資料 17) 地震応答解析にて考慮する地盤物性のばらつき

1. 地震応答解析における地盤物性のばらつき

地震応答解析においては、構造物の周囲に分布する岩盤、埋戻土及び旧表土に対し、動せん断弾性係数等の地盤物性のばらつきを考慮した耐震評価を実施する。

動せん断弾性係数等の地盤物性のばらつきは、各種試験結果に基づき算定する。

1.1 地盤物性のばらつきの設定方法

1.1.1 岩盤 (C_H級, C_M級, C_L級)

P S 検層結果に基づく原子炉建物基礎地盤の速度層構造を図 1-1 及び図 1-2 に示す。C_H級, C_M級及びC_L級岩盤における動せん断弾性係数 G_d 等の地盤物性のばらつきは、図 1-1 に示すP S 検層結果のばらつきを考慮し算定する。

各ボーリング孔で測定されたP波速度(設計値)及びS波速度(設計値)の標準偏差及び変動係数を表 1-1 のとおり算出した。耐震評価において考慮するP波速度及びS波速度のばらつきについては、表 1-1 の結果を踏まえ、**1**、**2**層は20%、**3**~**6**層は10%にそれぞれ設定した。

耐震評価に用いる動せん断弾性係数 G_d 等の地盤物性のばらつきの算定結果を表 1-2 に示す。

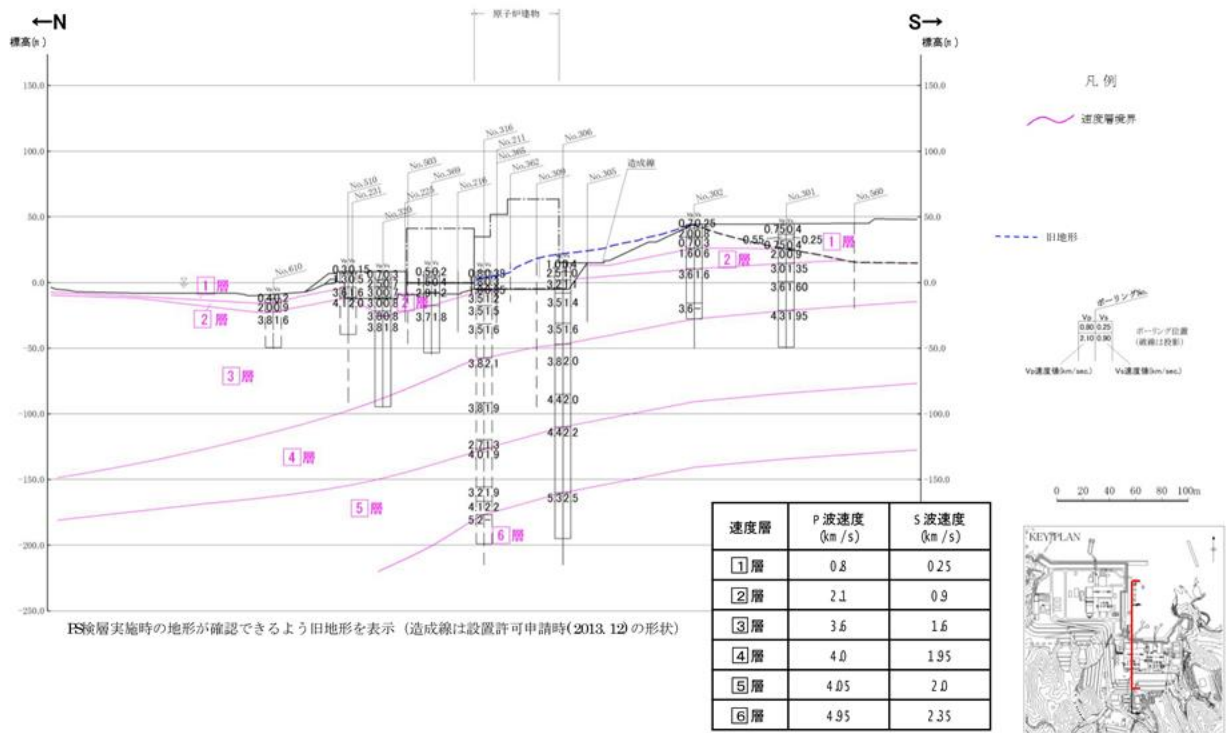


図 1-1 原子炉建物基礎地盤の速度層断面図 (南北断面)

(参考) 17-1

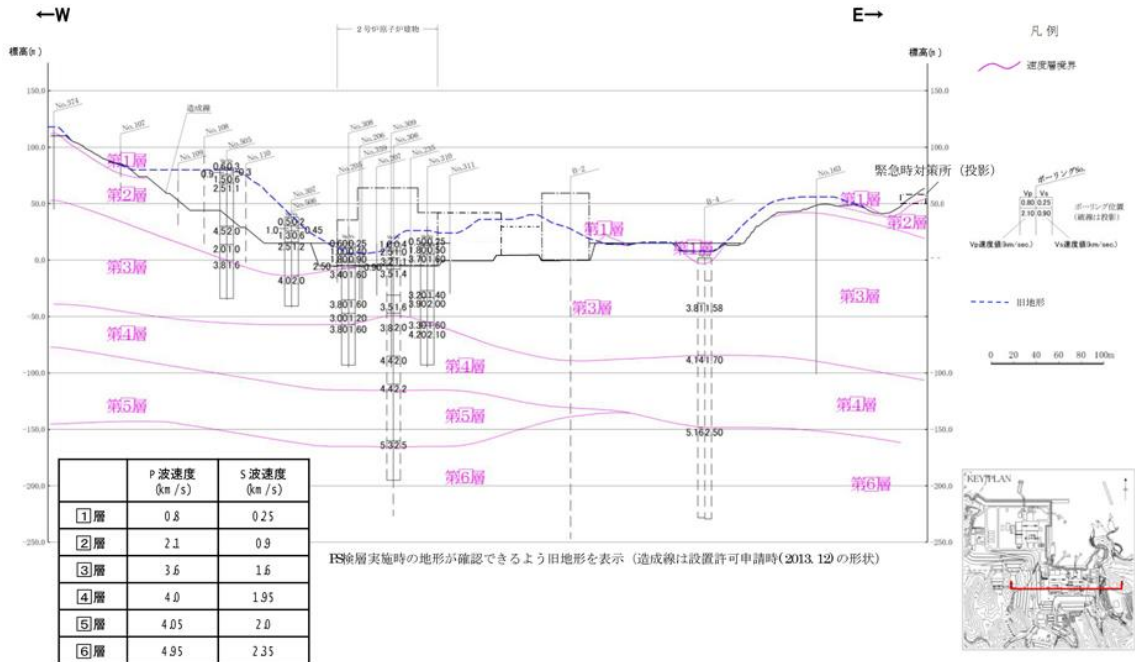


図 1-2 原子炉建物基礎地盤の速度層断面図 (東西断面)

表 1-1(1) P S 検層結果に基づく P 波速度の標準偏差及び変動係数

速度層	P 波速度 V_p (km/s)	標準偏差 σ (km/s)	変動係数 (%)
第1層	0.80	0.024	3
第2層	2.10	0.400	19
第3層	3.60	0.097	3
第4層	4.00	0.078	2
第5層	4.05	0.180	4
第6層	4.95	0.400	8

表 1-1(2) P S 検層結果に基づく S 波速度の標準偏差及び変動係数

速度層	S 波速度 V_s (km/s)	標準偏差 σ (km/s)	変動係数 (%)
第1層	0.25	0.058	21
第2層	0.90	0.197	21
第3層	1.60	0.130	8
第4層	1.95	0.017	1
第5層	2.00	0.088	4
第6層	2.35	0.130	6

表 1-2(1) P波速度のばらつき算定結果

速度層	P波速度 (m/s)		
	平均- σ	平均	平均+ σ
1層	640	800	960
2層	1680	2100	2520
3層	3240	3600	3960
4層	3600	4000	4400
5層	3645	4050	4455
6層	4455	4950	5445

表 1-2(2) S波速度のばらつき算定結果

速度層	S波速度 (m/s)		
	平均- σ	平均	平均+ σ
1層	200	250	300
2層	720	900	1080
3層	1440	1600	1760
4層	1755	1950	2145
5層	1800	2000	2200
6層	2115	2350	2585

表 1-2(3) 動せん断弾性係数 G_d のばらつき算定結果

速度層	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)		
	平均- σ	平均	平均+ σ
1層	0.084×10^3	0.131×10^3	0.189×10^3
2層	1.22×10^3	1.90×10^3	2.75×10^3
3層	5.19×10^3	6.40×10^3	7.75×10^3
4層	7.70×10^3	9.51×10^3	11.47×10^3
5層	8.59×10^3	10.59×10^3	12.85×10^3
6層	12.75×10^3	15.79×10^3	19.02×10^3