

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-001-03 改01
提出年月日	2023年5月23日

VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針

2023年5月

中国電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
3. 地盤の解析用物性値	3
3.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値	3
3.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値	11
3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値	11
3.2.2 改良地盤に用いる解析用物性値	11
3.2.3 その他の解析用物性値	12
4. 極限支持力	27
4.1 基礎地盤（岩盤）の極限支持力度	27
4.2 直接基礎の支持力算定式	32
4.3 杭基礎の極限支持力度	33
4.4 MMRの支圧強度	33
5. 耐震評価における地下水位設定方針	34
5.1 基本方針	34
5.2 浸透流解析	37
5.2.1 浸透流解析を用いた設計揚圧力及び設計地下水位の設定方法	37
5.2.2 再現解析	39
5.2.3 予測解析	43
5.3 建物・構築物の耐震評価における設計揚圧力の設定	46
5.4 屋外重要土木構造物等の耐震評価における設計地下水位の設定	48
6. 地質断面図	52
7. 地盤の速度構造	56
7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル	56
7.2 地震応答解析に用いる解析モデル	58
8. 地盤の液状化強度特性の代表性，網羅性及び保守性	59
8.1 液状化強度試験試料採取位置の代表性及び網羅性	59
8.2 地盤の液状化強度特性における保守性	64

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に基づき、設計基準対象施設並びに常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く。）（以下「常設重大事故等対処施設」という。）及び波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震安全性評価を実施するにあたり、対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性等の地盤物性値の設定及び支持性能評価で用いる地盤諸元の基本的な考え方を示したものである。

2. 基本方針

設計基準対象施設、常設重大事故等対処施設及び波及的影響の設計対象とする下位クラス施設において、これらの対象施設を設置する地盤の物理特性、強度特性、変形特性等の解析用物性値については、各種試験に基づき設定する。また、全応力解析及び有効応力解析等に用いる解析用物性値をそれぞれ設定する。全応力解析に用いる解析用物性値は、設置変更許可申請書（添付書類六）に記載した調査・試験結果に基づき設定することを基本とする。有効応力解析に用いる解析用物性値は、設計及び工事の計画の認可申請において設定する。

対象施設を設置する地盤の地震時における支持性能評価については、設計基準対象施設及び常設重大事故等対処施設の耐震重要度分類又は施設区分に応じた地震力により地盤に作用する接地圧が、地盤の極限支持力度に対して妥当な安全余裕を有することを確認することによって行う。

極限支持力度は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」（以下「道路橋示方書」という。）の支持力度算定式に基づき、対象施設の支持地盤の平板載荷試験又は室内試験の結果により設定する。

杭基礎の押込み力及び引抜き力に対する支持力度評価において、杭周面摩擦力を支持力度として考慮せず、支持力度評価を行うことを基本とする。

耐震評価における地下水位は、原子炉建物等の建物・構築物においては、地下水位低下設備（新設）の機能を考慮した設計揚圧力を、屋外重要土木構造物等においては、自然水位より保守的に高く設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定する。

防波壁（逆T擁壁）の改良地盤については、設置変更許可段階において地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜が基本設計段階の目安値である1/2000を上回ることを確認したことから、設置変更許可段階において設定したPS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されるよう、未改良範囲の地盤改良に加えて、施工済の範囲についても新たに設定する配合で地盤改良することとし、室内配合試験結果を踏まえ、管理目標値を上回る解析用物性値として設定する。

3. 地盤の解析用物性値

3.1 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 3-1～表 3-3 に、設定根拠を表 3-4 及び表 3-5 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 3-1～図 3-7 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 3-1 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 ($\times 10^3$ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d ($\times 10^3$ 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 3-2 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		
	頁岩と凝灰岩 の互層	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		
	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		
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			
安山岩	C _H 級	2.68	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			
岩盤 (貫入岩)	C _H 級	2.57	1.14	54	1.48 $\sigma^{0.72}$	3.74	0.19	表 3-2 参照	0.03
	C _M 級	2.52	0.92	54	0.34 $\sigma^{0.54}$	1.95	0.20		
	C _L 級	2.44	0.28	45	0.34 $\sigma^{0.54}$	0.54	0.20		

表 3-2 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 $G_d (\times 10^3 \text{ N/mm}^2)$						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 ₁₁ 級	0.16	2.08	6.58	9.77	10.28	14.19					
	C ₁₂ 級	0.16	2.04	6.45	9.58	10.08	13.92					
	C ₁₃ 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47					
	C ₁₄ 級	0.16	2.07	6.55	9.73	10.24	14.14					
岩盤 (成相寺層)	C ₁₅ 級	0.16	2.02	6.37	9.47	9.96	13.75					
	C ₁₆ 級	0.15	1.89	5.96	8.86	9.32	12.87					
	C ₁₇ 級	0.16	2.03	6.43	9.54	10.04	13.86					
	C ₁₈ 級	0.15	1.98	6.25	9.28	9.76	13.47	0.45	0.39	0.38	0.34	0.35
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C ₁₉ 級	0.14	1.86	5.89	8.75	9.20	12.70					
	C ₂₀ 級	0.17	2.25	7.12	10.57	11.12	15.35					
	C ₂₁ 級	0.16	2.11	6.66	9.89	10.40	14.36					
	C ₂₂ 級	0.16	2.05	6.48	9.62	10.12	13.97					
ドレライト	C ₂₃ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₂₄ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₂₅ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₂₆ 級	0.16	2.10	6.63	9.85	10.36	14.30					
岩盤 (貫入岩)	C ₂₇ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₂₈ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₂₉ 級	0.17	2.17	6.86	10.19	10.72	14.80					
	C ₃₀ 級	0.16	2.10	6.63	9.85	10.36	14.30					

表 3-3 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)	静弾性係数 E (N/mm ²)	静ポアソン 比 ν_s	動せん断 弾性係数 G_d (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	$\gamma \leq 1 \times 10^{-4}$: $h = 0.023$ $\gamma > 1 \times 10^{-4}$: $h = 0.023 + 0.071 \cdot \log(\gamma / 0.0001)$	
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) $G/G_0 = 1 / [1 + (\gamma / 0.00149)^{0.859}]$	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	$G_0 = 749 \sigma^{0.65}$ (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	$0.34 \sigma^{0.54}$	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	$G_0 = 749 \sigma^{0.65}$ (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)	改良地盤①	2.11	38	$0.63 + \sigma \tan 38^\circ$	1,087	0.33	$G_0 = 409$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.33		
	改良地盤②	2.11	41	$0.49 + \sigma \tan 41^\circ$	898	0.33	$G_0 = 338$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.33	$h = 0.0958 \gamma / (\gamma + 0.00020)$	
	改良地盤③	2.11	41	$1.14 + \sigma \tan 41^\circ$	2,088	0.33	$G_0 = 785$ $G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00027)$	0.33		

表 3-4 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	動的特性	減衰定数		
					静弾性係数	動せん断弾性係数	動ポアソン比		
岩盤 (成相寺層)	頁岩	密度試験 (飽和)	ブロック せん断試験	摩擦抵抗 試験	平板載荷試験	一軸圧縮試験	PS 検層	慣用値 ^{#1}	
	C _{II} 級								
	C _{III} 級								
	頁岩と凝灰 岩の互層	C _{II} 級							
		C _{III} 級							
		C _I 級							
凝灰岩・ 凝灰角礫岩	C _{II} 級								
	C _{III} 級								
	C _I 級								
ドレライト	C _{II} 級								
	C _{III} 級								
	C _I 級								
岩盤 (貫入岩)	安山岩								
	C _{II} 級								
	C _{III} 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 3-5 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
	ピーク強度	残留強度	静的特性		動的特性		
			静弾性係数	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	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	動的単純せん断試験	
埋戻土、盛土	大型三軸圧縮試験	ピーク強度と同じ値	大型三軸圧縮試験	慣用値*2	動的大型三軸圧縮試験	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	繰返し中空ねじりせん断試験	
旧表土							
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	ピーク強度と同じ値	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)	慣用値*4	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
 *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
 *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
 *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

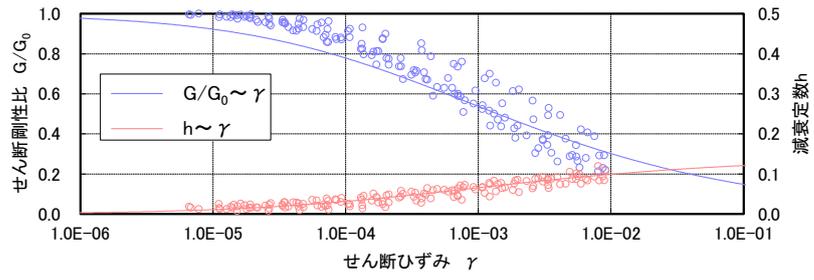


図 3-1 D級岩盤（頁岩，頁岩・凝灰岩の互層）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

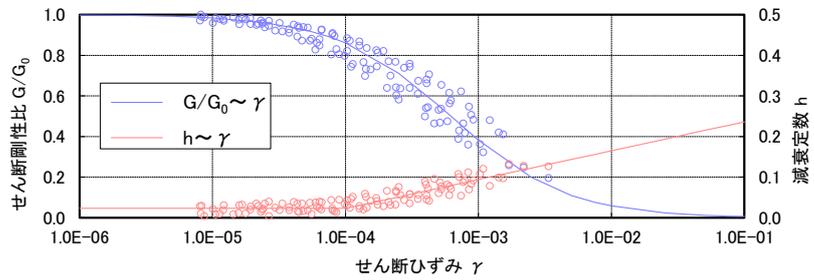


図 3-2 D級岩盤（凝灰岩・凝灰角礫岩）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

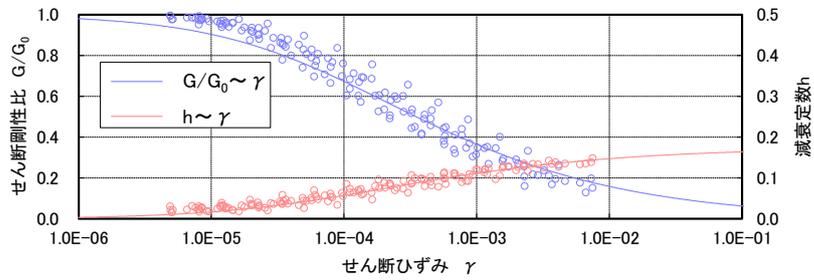


図 3-3 D級岩盤（ドレイト・安山岩）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

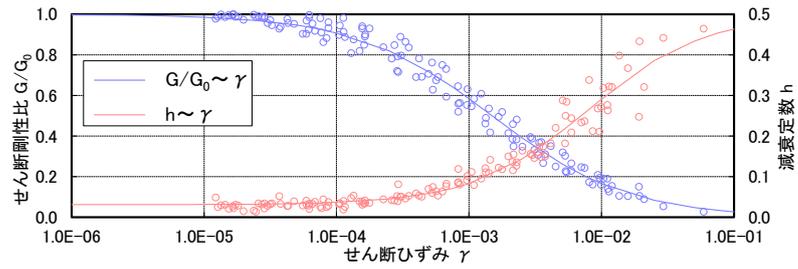


図 3-4 シームの動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

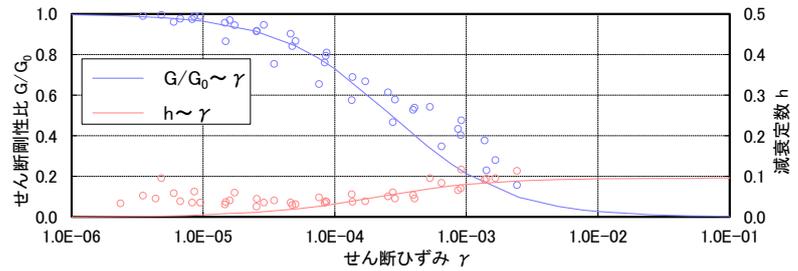


図 3-5 埋戻土・盛土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

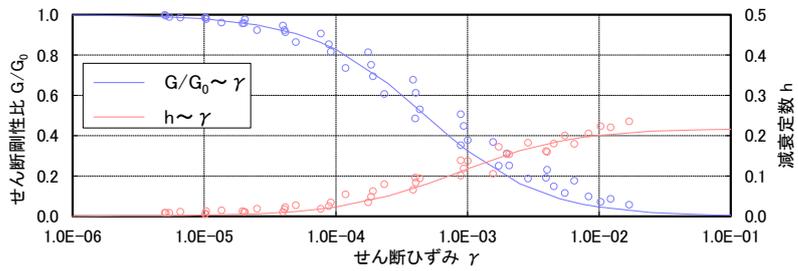


図 3-6 埋戻土（購入土）の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

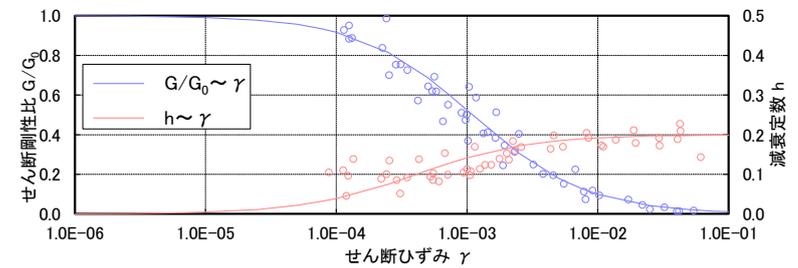


図 3-7 旧表土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

3.2 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値のうち、有効応力解析に用いる解析用物性値を表 3-6～表 3-7 に、設定根拠を表 3-16～表 3-17 に示す。改良地盤に用いる解析用物性値を表 3-8～表 3-10 に、設定根拠を表 3-18～表 3-20 に示す。その他の解析用物性値を表 3-11～表 3-15 に、設定根拠を表 3-21～表 3-25 に示す。なお、地質断面図に示す第 1 層は、岩盤に加えて、同程度の S 波速度である埋戻土、砂礫層、埋戻土（粘性土）及び海底堆積物・風化岩等も含まれている。地質断面図に示す第 1 層のうち岩盤については表 3-11 に示す解析用物性値を設定し、埋戻土等についてはそれぞれの解析用物性値を設定する。

3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値

建物・構築物及び土木構造物の動的解析において、地震時における地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮する必要がある場合は、有効応力解析を実施する。

地盤の液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえうえで実施した液状化強度試験結果よりも保守的な「有効応力解析（FLIP）の簡易パラメータ設定法」（以下「簡易設定法」という。）により決定される液状化強度を用いて設定する。

設置変更許可申請書における解析用物性値は全応力解析用に設定しているため、液状化検討対象層の物理的及び力学的特性から、各層の有効応力解析に必要な物性値を設定する。

また、有効応力解析に用いる岩盤の解析用物性値は、設置変更許可申請書（添付書類六）に記載した値に基づき設定する。

なお、地盤の物理的及び力学的特性は、日本産業規格（JIS）又は地盤工学会（JGS）等の基準に基づいた試験の結果及び文献等を踏まえ設定する。

3.2.2 改良地盤に用いる解析用物性値

改良地盤については、対象設備別、工法別に、原位置試験、室内試験及び文献等を踏まえ設定することとし、表 3-8～表 3-10 及び表 3-18～表 3-20 のとおり、解析用物性値を設定する。

3.2.3 その他の解析用物性値

(1) 岩盤

岩盤については、表 3-11 及び表 3-21 のとおり、解析用物性値を設定する。

(2) 埋戻土

全応力解析における埋戻土については、表 3-12 及び表 3-22 のとおり解析用物性値を設定する。

(3) 碎石

取水管における碎石については、室内試験結果に基づき、表 3-13 及び表 3-23 のとおり解析用物性値を設定する。

(4) MMR、埋戻コンクリート及び置換コンクリート

MMR、埋戻コンクリート及び置換コンクリートについては、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」及び「コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編]（（社）土木学会，2013年制定）」に基づき、表 3-14～表 3-15 及び表 3-24～表 3-25 のとおり解析用物性値を設定する。

(5) 海底堆積物及び海底堆積物・風化岩

海底堆積物は、液状化検討対象層である埋戻土の解析用物性値を流用する。

また、海底堆積物・風化岩は、岩盤の中で最も保守的な第 1 層の解析用物性値を設定する。

表 3-6 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(有効応力解析)

(液状化検討対象層)

		埋戻土	砂礫層	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11 【2.00】	2.05	
	間隙率 n	0.45	0.45	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	154600	225400	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	98.00	98.00	
	ポアソン比 ν	0.33	0.33	
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.095	0.095	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	0	0	
	内部摩擦角 ϕ' (°)	40.17	38.74	
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)	28	28	
	液状化パラメータ	S1	0.005	0.005
		w1	4.080	4.020
		P1	0.500	0.500
		P2	0.990	1.100
C1		2.006	1.916	

注：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。

動せん断弾性係数、内部摩擦角及び液状化パラメータは代表的な数値を示す。

表 3-7 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(有効応力解析)

(非液状化層)

		埋戻土 (粘性土)	基礎捨石及び被覆石
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.07 【2.03】	2.04 【1.84】
	間隙率 n	0.55	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	186300	180000
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	151.7	98.00
	ポアソン比 ν	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.095	0.24
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	0	20
	内部摩擦角 ϕ' (°)	30.00	35.00

注：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。

動せん断弾性係数及び基準平均有効拘束圧は代表的な数値を示す。

表 3-8(1) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(有効応力解析)

(改良地盤)

対象施設		防波壁					取水槽
		逆 T 擁壁		多重鋼管杭式擁壁		波返重力擁壁	
地盤種別 (工法)		改良地盤①, ② (薬液注入)	改良地盤③ (薬液注入)	改良地盤④ (薬液注入)	改良地盤⑤ (高圧噴射)	改良地盤⑥ (高圧噴射)	改良地盤⑦ (高圧噴射)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11	2.11	2.05	2.11 【2.00】	2.05	2.11 【2.00】
	間隙率 n	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	765800	956500	886300	368100	360500	1135000
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	98.00	98.00	98.00	98.00	98.00	98.00
	ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)	628	1140	230	1250	1250	1250
	内部摩擦角 ϕ'	38.00	40.54	38.74	0	0	0

注：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。

動せん断弾性係数，基準平均有効拘束圧及び液状化パラメータは代表的数値を示す。

表 3-8(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

(有効応力解析)

(改良地盤)

対象施設		防波壁
地盤種別 (工法)		改良地盤⑧ (流動化処理工法)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.89
	間隙率 n	0.45
変形特性	弾性係数 E (kN/m ²)	9108000
	ポアソン比 ν	0.33
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)	1550
	内部摩擦角 ϕ'	38.71

注：動せん断弾性係数は代表的な数値を示す。

表 3-9 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(全応力解析)

(改良地盤)

対象施設		取水槽
地盤種別 (工法)		改良地盤⑦ (高圧噴射攪拌工法)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11
強度特性	初期せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	1.25
	内部摩擦角 ϕ (°)	0.00
動的変形特性	初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$G_0=1135$
		$G/G_0=1/(1+\gamma/0.0011)$
	動ポアソン比 ν_d	0.33
減衰特性	減衰定数 h	$h=0.0958 \times (1-G/G_0)^{1.007}$

表 3-10 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(改良地盤)

		改良地盤	改良地盤	改良地盤	改良地盤	改良地盤	改良地盤
		①, ②	③	④	⑤	⑥	⑦
残留 強度	粘着力 c' (kN/m ²)	91	205	0	0	0	259
	内部摩擦角 ϕ' (°)	46.08	42.71	43.03	35.60	48.80	40.85
引張 強度	σ_t (kN/m ²)	258	495	109	1160	436	625

表 3-11(1) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(岩盤 (1, 2号機エリア))

	岩盤 (1, 2号機エリア)					
	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
P波速度 V_p (m/s)	800	2100	3600	4000	4050	4950
S波速度 V_s (m/s)	250	900	1600	1950	2000	2350
単位体積重量 γ (kN/m ³)	20.6	23.0	24.5	24.5	26.0	27.9
動ポアソン比 ν_d	0.446	0.388	0.377	0.344	0.339	0.355
減衰定数 h	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

表 3-11(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
(岩盤 (3号機エリア))

	岩盤 (3号機エリア)					
	第②層	第③層	第④層	第⑤層	第⑥層	第⑦層
P波速度 V_p (m/s)	1710	2270	3240	3860	4150	3800
S波速度 V_s (m/s)	620	960	1520	1900	2100	1770
単位体積重量 γ (kN/m ³)	23.3	23.4	24.5	25.2	24.4	25.1
動ポアソン比 ν_d	0.42	0.39	0.36	0.34	0.33	0.36
減衰定数 h	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030

表 3-12 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(全応力解析)

(埋戻土)

種別 (地盤種別)		埋戻土
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.11
強度特性	初期せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	0.22
	内部摩擦角 ϕ (°)	22
動的変形特性	初期せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	$G_0=749 \sigma^{0.66}$
		$G/G_0=1/(1+\gamma/0.00027)$
	動ポアソン比 ν_d	0.45*
減衰特性	減衰定数 h	$h=0.0958 \times (1-G/G_0)^{0.85}$

注記* : 常時応力解析においては、静止土圧 ($K_0 = \nu / (1 - \nu) = 0.5$)

を作用させるため、 $\nu = 0.33$ とする。

表 3-13 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値

(全応力解析)

(碎石)

対象施設		取水管
種別 (地盤種別)		碎石
物理特性	密度 ρ_s (g/cm ³)	1.56
動的変形特性	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	$G_0=67.6$ $G/G_0=1/(1+\gamma/0.000889)$
	動ポアソン比 ν_d	0.45
減衰特性	減衰定数 h	$h=0.2557 \gamma / (\gamma + 0.00114)$

表 3-14 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(MMR, 埋戻コンクリート及び置換コンクリート)

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比	ヤング係数 (N/mm ²)
MMR	($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.08×10^4
	($f'_{ck} = 18.0\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.20×10^4
	($f'_{ck} = 23.5\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.48×10^4
	($f'_{ck} = 24.0\text{N/mm}^2$)	24.0	0.20	2.50×10^4
埋戻コンクリート	($f'_{ck} = 18.0\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.20×10^4
置換コンクリート	($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.08×10^4
	($f'_{ck} = 24.0\text{N/mm}^2$)	22.6	0.20	2.50×10^4

表 3-15 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(MMR及び置換コンクリート)

材料		せん断強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
MMR	($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	3.12	1.43
	($f'_{ck} = 18.0\text{N/mm}^2$)	3.60	1.58
	($f'_{ck} = 24.0\text{N/mm}^2$)	4.80	1.91
置換コンクリート	($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	3.12	1.43
	($f'_{ck} = 24.0\text{N/mm}^2$)	4.80	1.91

表 3-16 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(有効応力解析)
(液状化検討対象層)

		埋戻土	砂礫層	
物理特性	密度 ρ	物理試験		
	間隙率 n	慣用値 ^{*1}		
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms}	動的変形特性に基づき設定	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}'	慣用値 ^{*1}		
	ポアソン比 ν	慣用値 ^{*1}		
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定		
強度特性	粘着力 c'	慣用値 ^{*1}		
	内部摩擦角 ϕ'	文献 ^{*1} からN値（原位置試験）と有効上載圧により設定		
液状化特性	変相角 ϕ_p	文献 ^{*1, *2} からN値（原位置試験）、有効上載圧及び細粒分含有率（物理試験）により設定		
	液状化パラメータ			S1
				w1
				P1
				P2
C1				

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869, 平成9年6月）

*2：FLIPの解析における解析精度向上に関する諸検討成果報告書（付録）（第2期FLIP研究会解析精度向上作業部会, 2004.6）

表 3-17 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(有効応力解析)
(非液状化層)

		埋戻土（粘性土）	基礎捨石及び被覆石
物理特性	密度 ρ	物理試験	慣用値 ^{*1}
	間隙率 n	慣用値 ^{*1}	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms}	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}'	G_{ms} に対応する値	
	ポアソン比 ν	慣用値 ^{*1}	
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定	
強度特性	粘着力 c'	慣用値 ^{*1}	
	内部摩擦角 ϕ'	慣用値 ^{*1}	

注記*1：港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター, 平成19年3月）

表 3-18(1) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠

(有効応力解析)

(改良地盤)

対象施設		防波壁				取水槽
		逆T擁壁	多重鋼管杭式擁壁		波返重力擁壁	
地盤種別 (工法)		改良地盤①、②、③ (薬液注入)	改良地盤④ (薬液注入)	改良地盤⑤ (高圧噴射)	改良地盤⑥ (高圧噴射)	改良地盤⑦ (高圧噴射)
物理特性	密度 ρ	室内配合試験の物理試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の密度を設定	物理試験を踏まえ、原地盤である砂礫層の密度を設定	物理試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の密度を設定	物理試験を踏まえ、原地盤である砂礫層の密度を設定	室内配合試験の物理試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の密度を設定
	間隙率 n	室内配合試験の物理試験を踏まえ、慣用値 ¹⁾ を設定	物理試験を踏まえ、慣用値 ¹⁾ を設定	物理試験を踏まえ、慣用値 ¹⁾ を設定	物理試験を踏まえ、慣用値 ¹⁾ を設定	室内配合試験の物理試験を踏まえ、慣用値 ¹⁾ を設定
変形特性	動せん断弾性係数 G_m	設計S波速度、密度に基づき設定 設計S波速度は、室内配合試験及び既往文献を踏まえて設定	原位置試験を踏まえ、目標S波速度、密度に基づき設定	原位置試験を踏まえ、目標S波速度、密度に基づき設定	原位置試験を踏まえ、目標S波速度、密度に基づき設定	室内配合試験を踏まえ、目標S波速度、密度に基づき設定
	基準平均有効拘束圧 σ_{vm}	慣用値 ¹⁾				
	ポアソン比 ν	慣用値 ¹⁾				
	減衰定数の上限値 h_{max}	室内配合試験の繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の h_{max} を設定	繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である砂礫層の h_{max} を設定	繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の h_{max} を設定	繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である砂礫層の h_{max} を設定	室内配合試験の繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の h_{max} を設定
強度特性	粘着力 c	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設置変更許可申請に記載された粘着力を設定	三軸圧縮試験を踏まえ、設計強度及び文献 ²⁾ に基づき設定	三軸圧縮試験を踏まえ、設計強度及び文献 ²⁾ に基づき設定	三軸圧縮試験を踏まえ、設計強度及び文献 ²⁾ に基づき設定	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設計強度及び文献 ²⁾ に基づき設定
	内部摩擦角 ϕ	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設置変更許可申請に記載された内部摩擦角を設定	三軸試験を踏まえ、原地盤である砂礫層の内部摩擦角を設定	-	-	-

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPIにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869，平成9年6月）

*2：浸透固化処理工法技術マニュアル2010年版，沿岸開発技術研究センター

*3：地盤工学用語辞典（地盤工学会，2006.3）

表 3-18(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の設定根拠

(有効応力解析)

(改良地盤)

対象施設		防波壁	
		逆T擁壁	
地盤種別 (工法)		改良地盤⑧ (流動化処理工法)	
物理特性	密度 ρ	室内試験の物理試験結果に基づいて、密度を設定	
	間隙率 n	室内試験の物理試験結果に基づいて、間隙率を設定	
変形特性	弾性係数 E	室内試験の密度試験及び原位置試験のP-S検層に基づいて、弾性係数を設定	
	ポアソン比 ν	慣用値*	
強度特性	粘着力 c	室内試験の三軸圧縮試験結果に基づいて、粘着力を設定	
	内部摩擦角 ϕ'	室内試験の三軸圧縮試験結果に基づいて、内部摩擦角を設定	

注記*：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメータの簡易設定法（港湾技研資料No. 869，平成9年6月）

表 3-19 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠

(全応力解析)

(改良地盤)

対象施設		取水槽
地盤種別 (工法)		改良地盤⑦ (高圧噴射攪拌工法)
物理特性	密度 ρ	室内試験の物理試験結果に基づいて、密度を設定
強度特性	初期せん断強度 τ_0	室内配合試験の三軸圧縮試験を踏まえ、設計強度及び文献*2に基づき設定
	内部摩擦角 ϕ	—
変形特性	初期せん断弾性係数 G_0	室内配合試験を踏まえ、目標S波速度、密度に基づき設定
	動ポアソン比 ν	慣用値*1
減衰特性	減衰定数 h	室内配合試験の繰返し三軸試験を踏まえ、原地盤である埋戻土の h_{max} を設定

注記*1：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定法
(港湾技研資料No. 869, 平成9年6月)

*2：浸透固化処理工法技術マニュアル2010年版，沿岸開発技術研究センター

表 3-20 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠

(改良地盤)

		改良地盤 ①, ②	改良地盤 ③	改良地盤 ④	改良地盤 ⑤	改良地盤 ⑥	改良地盤 ⑦
残留強度	粘着力 c'	三軸圧縮試験 (せん断破壊・ひずみ軟化後の残留強さをを用いる)					
	内部摩擦角 ϕ'	三軸圧縮試験 (せん断破壊・ひずみ軟化後の残留強さをを用いる)					
引張強度	σ_t	圧裂引張試験					

表 3-21(1) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(岩盤 (1, 2号機エリア))

		岩盤(1, 2号機エリア)					
		第①層	第②層	第③層	第④層	第⑤層	第⑥層
P波速度	V_p	PS検層					
S波速度	V_s	PS検層					
単位体積重量	γ	密度試験					
動ポアソン比	ν_d	PS検層					
減衰定数	h	慣用値					

表 3-21(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の設定根拠
(岩盤 (3号機エリア))

		岩盤(3号機エリア)					
		第①層	第②層	第③層	第④層	第⑤層	第⑥層
P波速度	V_p	PS検層					
S波速度	V_s	PS検層					
単位体積重量	γ	密度試験					
動ポアソン比	ν_d	PS検層					
減衰定数	h	慣用値					

表 3-22 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠

(全応力解析)

(埋戻土)

種別 (地盤種別)		埋戻土
物理特性	密度 ρ	密度試験
強度特性	初期せん断強度 τ_0	大型三軸圧縮試験
	内部摩擦角 ϕ	大型三軸圧縮試験
動的変形特性	初期せん断弾性係数 G_0	動的大型三軸圧縮試験
	動ポアソン比 ν_d	慣用値*
減衰特性	減衰定数 h	動的大型三軸圧縮試験

注記* : 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) 土木学会, 2009年) を参考に設定

表 3-23 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠

(全応力解析)

(碎石)

対象施設		取水管
種別 (地盤種別)		碎石
物理特性	密度 ρ	密度試験
動的変形特性	動せん断弾性係数 G_d	繰返し三軸試験
	動ポアソン比 ν	慣用値*
減衰特性	減衰定数の上限値 h_{max}	繰返し三軸試験

注記* : 埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版) (沿岸開発技術研究センター, 平成9年)

表 3-24 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(MMR, 埋戻コンクリート及び置換コンクリート)

材料		単位体積重量	ポアソン比	ヤング係数
MMR	$(f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2)$	慣用値*	慣用値*	慣用値*
	$(f'_{ck} = 18.0 \text{ N/mm}^2)$			
	$(f'_{ck} = 23.5 \text{ N/mm}^2)$			
	$(f'_{ck} = 24.0 \text{ N/mm}^2)$			
埋戻コンクリート	$(f'_{ck} = 18.0 \text{ N/mm}^2)$			
置換コンクリート	$(f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2)$			
	$(f'_{ck} = 24.0 \text{ N/mm}^2)$			

注記* : コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社) 土木学会, 2002年制定)

表 3-25 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(MMR 及び置換コンクリート)

材料		せん断強度	引張強度
MMR	$(f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2)$	設計基準強度を踏まえ、 文献*1より設定	設計基準強度を踏まえ、 文献*2より設定
	$(f'_{ck} = 18.0 \text{ N/mm}^2)$		
	$(f'_{ck} = 24.0 \text{ N/mm}^2)$		
置換コンクリート	$(f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2)$		
	$(f'_{ck} = 24.0 \text{ N/mm}^2)$		

注記*1 : コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編]((社) 土木学会, 2013年制定)

*2 : コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社) 土木学会, 2002年制定)

4. 極限支持力

極限支持力度は、平板載荷試験結果又は「道路橋示方書」の支持力算定式に基づき設定することを基本とする。

4.1 基礎地盤（岩盤）の極限支持力度

基礎地盤（岩盤）の極限支持力度を表 4-1 に示す。

基礎地盤（岩盤）の極限支持力度は、設置変更許可申請書（添付資料六）に示した平板載荷試験結果を基に設定する。設置許可変更申請書（添付資料六）に示した平板載荷試験実施位置を図 4-1、平板載荷試験結果を図 4-2～図 4-4 に示す。なお、基礎地盤の短期許容支持力度は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）」に基づき、極限支持力度の 2/3 として設定する。

表 4-1 基礎地盤（岩盤）の極限支持力度

岩級	極限支持力度 (N/mm ²)
C _H 級	9.8
C _M 級	
C _L 級	3.9

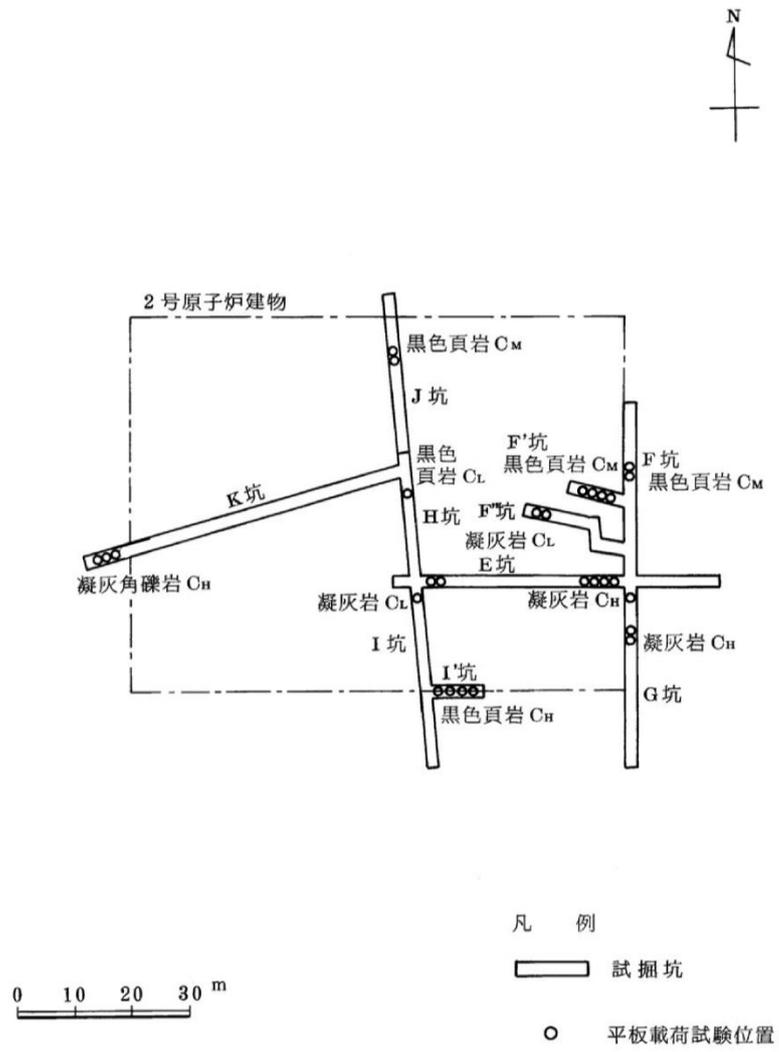


图 4-1 平板載荷試驗實施位置

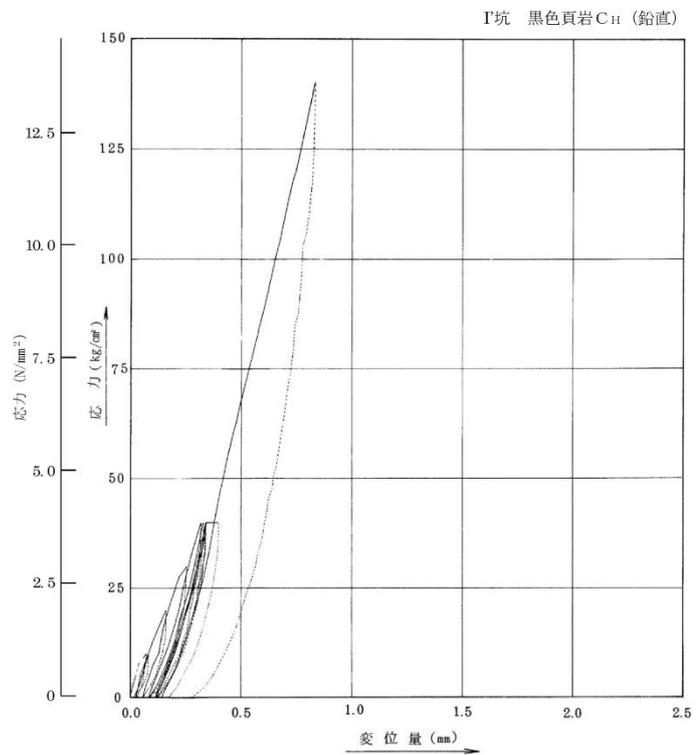
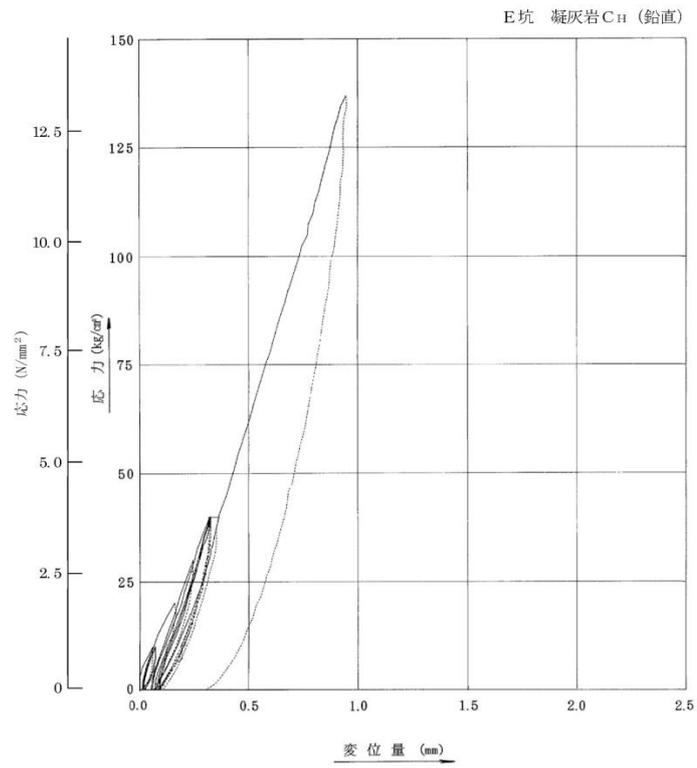


図 4-2 平板載荷試験結果 (C_H級)

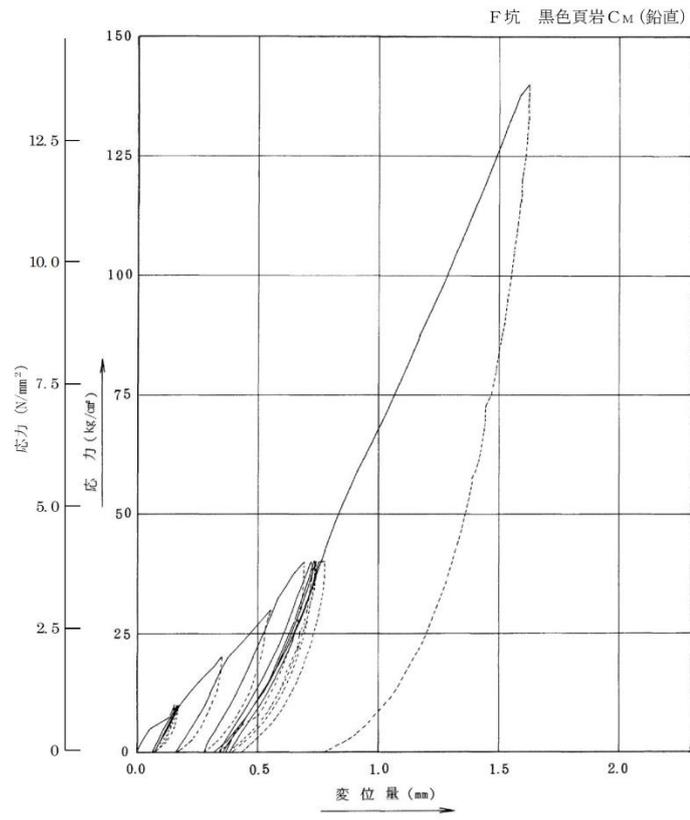


图 4-3 平板載荷試驗結果 (C_M級)

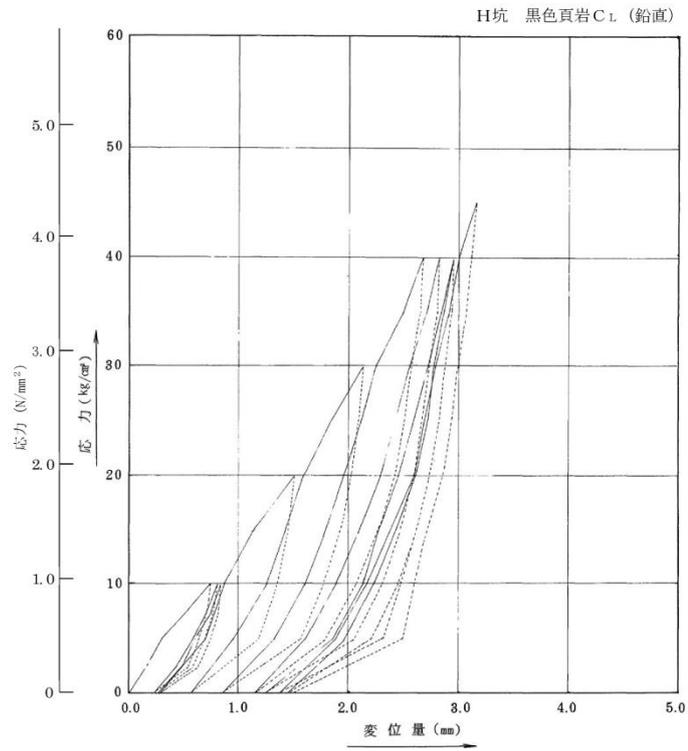
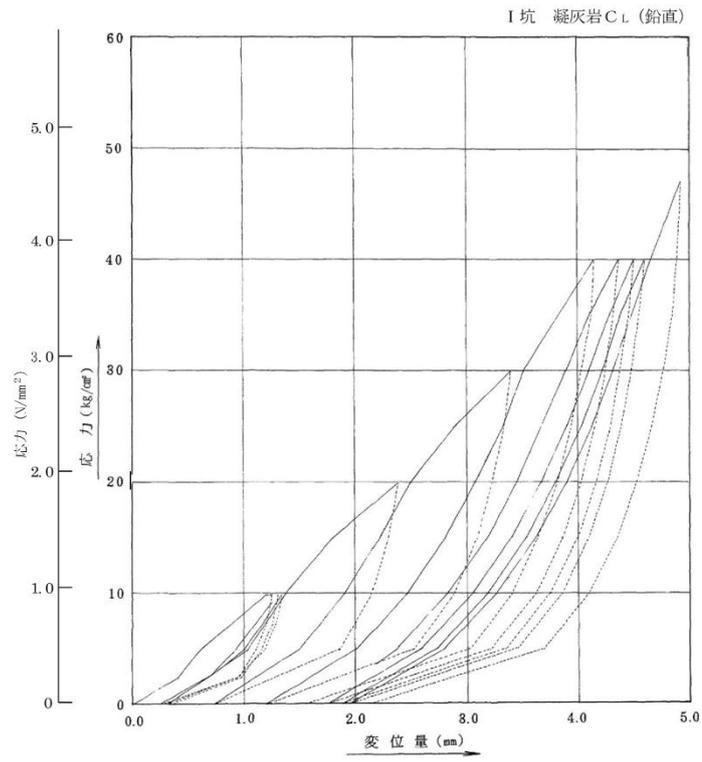


図 4-4 平板載荷試験結果 (C_L級)

4.2 直接基礎の支持力算定式

改良地盤及び砕石の極限支持力度の算定にあたっては、「道路橋示方書」に基づき算定する。「道路橋示方書」による直接基礎の支持力算定式を以下に示す。

- ・「道路橋示方書」による極限支持力算定式（直接基礎）

$$Q_u = A_e \cdot \{ \alpha \cdot \kappa \cdot c \cdot N_c \cdot S_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + 1 / 2 \gamma_1 \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \}$$

ここで、

Q_u : 荷重の偏心傾斜，支持力係数の寸法効果を考慮した地盤の極限支持力 (kN)

c : 地盤の粘着力 (kN/m²)

q : 上載荷重 (kN/m²) で， $q = \gamma_2 \cdot D_f$

A_e : 有効載荷面積 (m²)

γ_1, γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m³)

ただし，地下水位以下では水中単位体積重量とする。

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2 \cdot e_B$$

B : 基礎幅 (m)

e_B : 荷重の偏心量 (m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

α, β : 基礎の形状係数

κ : 根入れ効果に対する割増し係数

N_c, N_q, N_γ : 荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c, S_q, S_γ : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

4.3 杭基礎の極限支持力度

杭基礎の押し込み力及び引抜き力に対する支持力評価において、杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、支持力評価を行うことから、基礎地盤の極限支持力度を用いる。

4.4 MMRの支圧強度

MMRの支圧強度は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき設定する。MMRの支圧強度を表4-2に示す。

表 4-2 MMRの支圧強度

MMR	支圧強度 (N/mm ²)
$f'_{ck} = 15.6 \text{ N/mm}^2$	15.6
$f'_{ck} = 18.0 \text{ N/mm}^2$	18.0
$f'_{ck} = 24.0 \text{ N/mm}^2$	24.0

5. 耐震評価における地下水位設定方針

5.1 基本方針

防波壁の設置及び地盤改良により山から海に向かう地下水の流れが遮断され敷地内の地下水位が上昇するおそれがあること及び地下水位低下設備（既設）の保守管理性が低いことを踏まえ、建設時から地下水位低下設備を設置していた原子炉建物等の建物・構築物に作用する揚圧力の低減を目的とし、地下水位を一定の範囲に保持するため、信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）を満足する地下水位低下設備を新設する。

地下水位低下設備（新設）にて集水された地下水は揚水ポンプ及び屋外排水路を経由して海域へと流下させる*1。

耐震評価において、地下水位の影響を受ける施設（以下「評価対象施設*2」という。）のうち、建設時から地下水位低下設備を設置していた原子炉建物等の建物・構築物については、地下水位低下設備（新設）を設置し、建物基礎スラブ底面レベル以深に地下水位を維持する。なお、水圧のうち揚圧力については建設工認時の設計揚圧力を考慮する。また、評価対象施設のうち表 5-1 に示す屋外重要土木構造物等においては、自然水位*3より保守的に高く設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し、水圧の影響を考慮する。

さらに、島根 2 号機構内では、安全対策工事に伴う掘削を実施するため、原子炉建物等の建物・構築物の設計揚圧力及び屋外重要土木構造物等の設計地下水位に対する掘削後の影響確認を実施する。

評価対象施設の配置を図 5-1 に示す。

注記*1：地下水位低下設備（新設）から汲み上げた地下水は、敷地内の屋外排水路を通じて防波壁の下部を横断し海域に排水する。排水経路のうち流末部の一部となる敷地側集水桝、屋外排水路（防波壁横断部）及び出口側集水桝については、耐震性を有することを確認する。

*2：評価対象施設は、EL 8.5m 盤、EL 15.0m 盤、EL 44.0m 盤及び EL 50.0m 盤エリアに設置される設計基準対象施設及び常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類が S クラスのもの）が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）。

*3：自然水位とは、地下水位低下設備等の人為的な措置の影響が含まれない地下水位を指す。浸透流解析結果により地下水位を設定する際には、地下水位低下設備の機能を考慮しない。

表 5-1 地下水位低下設備（新設）の機能に期待しない評価対象施設

分 類	屋外重要土木構造物等が示す設備
建物・構築物	<ul style="list-style-type: none"> ○ 地下水位低下設備（新設）の効果が及ばない範囲に設置されている以下の建物・構築物 <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所 ・ ガスタービン発電機建物
屋外重要土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sクラスの機器・配管系を間接支持する支持機能若しくは非常時における海水の通水機能を求められる設備のうち以下の設備（海域に設置され、地下水位の影響が無い取水口及び取水管は除く） <ul style="list-style-type: none"> ・ 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） ・ B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 ・ 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物） ・ 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽） ○ Sクラスの機器・配管系を間接支持する支持機能，非常時における海水の通水機能及び止水機能を求められる設備のうち以下の設備 <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水槽
「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設」に該当する土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取水槽 ・ 屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒） ・ B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 ・ 屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物） ・ 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽） ・ 第1ベントフィルタ格納槽 ・ 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 ・ ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 ・ 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に該当する土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所用燃料地下タンク
「常設重大事故緩和設備」に該当する土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> ○ 設計基準事故対処設備の一部を流路として使用する土木構造物のうち以下の設備（海域に設置され、地下水位の影響が無い取水口及び取水管は除く） <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水槽
浸水防護施設	<ul style="list-style-type: none"> ○ 津波防護機能を有する施設及び浸水防止機能を有する土木構造物のうち以下の設備 <ul style="list-style-type: none"> ・ 防波壁 ・ 防波壁通路防波扉 ・ 1号機取水槽流路縮小工

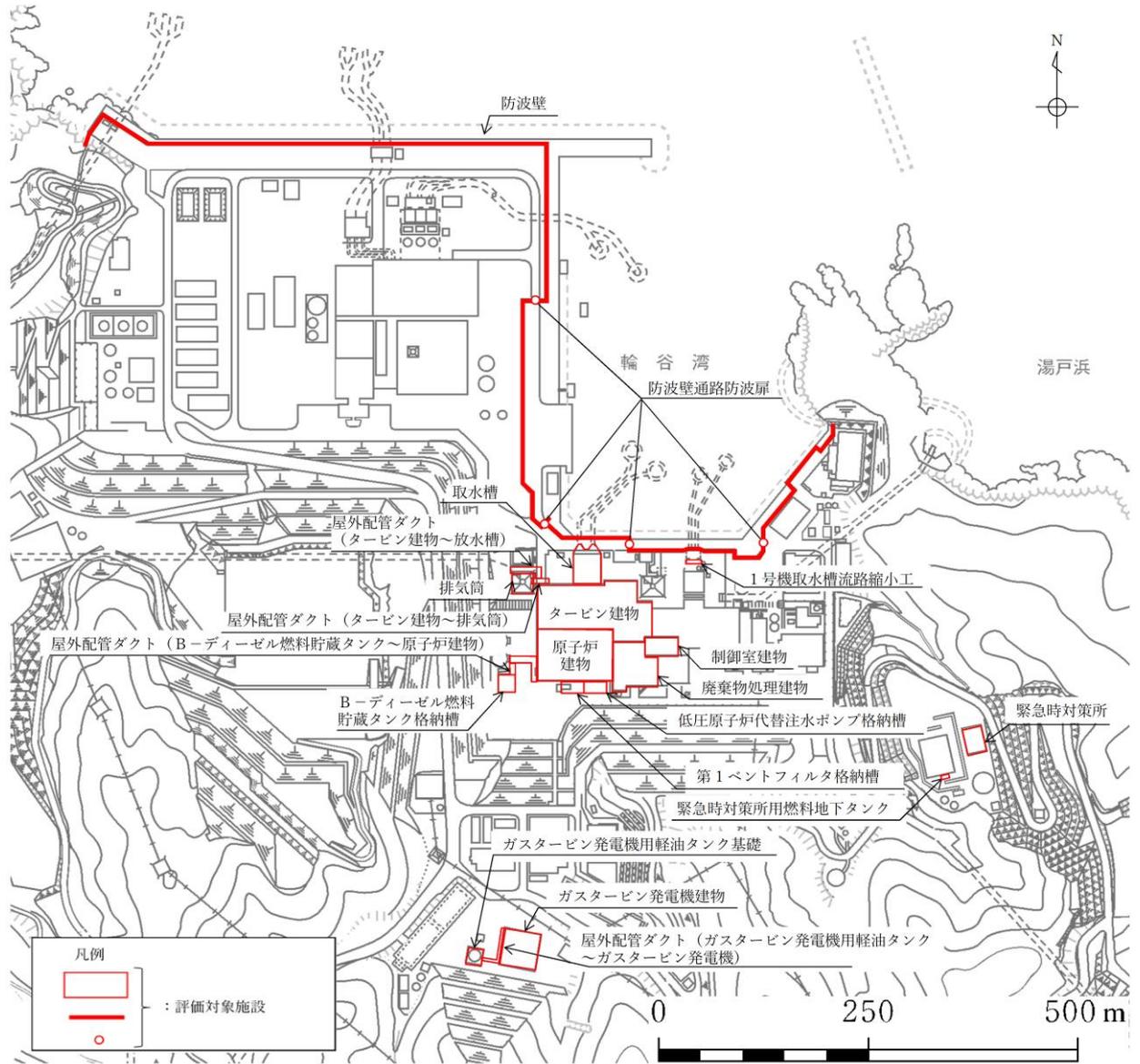


図 5-1 屋外の評価対象施設の配置図

5.2 浸透流解析

5.2.1 浸透流解析を用いた設計揚圧力及び設計地下水位の設定方法

5.1 に示す設計揚圧力及び設計地下水位の設定方針を踏まえ、地下水位低下設備（既設、新設）の機能について考慮の有無を整理した上で、浸透流解析により設計揚圧力及び設計地下水位を設定する。

設計揚圧力及び設計地下水位の設定フローを図 5-2 に示す。

再現解析の地下水位の解析値と観測値の比較等により解析モデルの妥当性を確認した上で、水位を高め評価する条件を設定した予測解析を行う手順とし、得られた解析水位を保守的に高く包絡するように、設計揚圧力及び設計地下水位を設定する。

浸透流解析においては、地下水の挙動を取扱うことができる解析コード「D t r a n s u - 3 D ・ E L」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

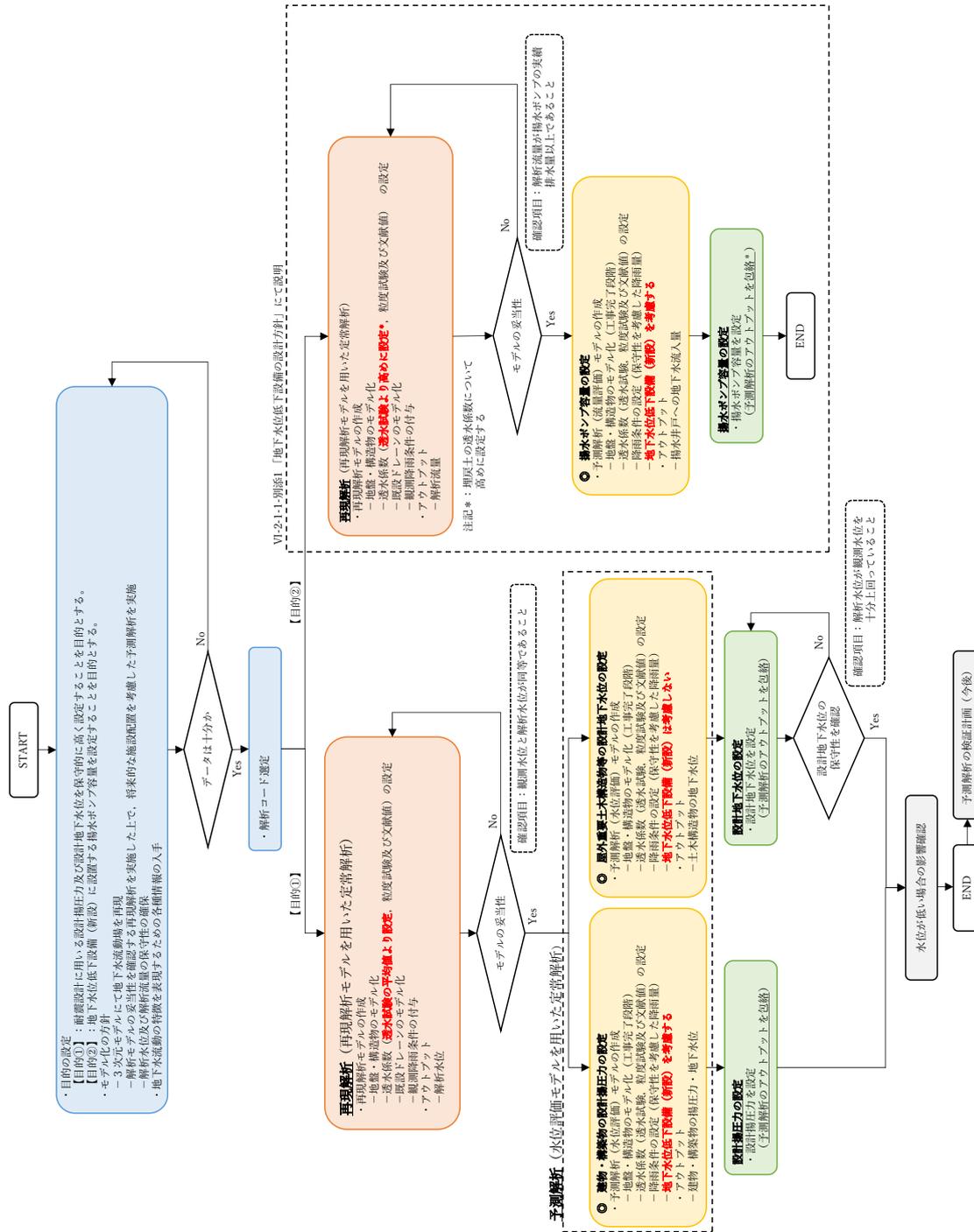


図 5-2 設計揚圧力及び設計地下水水位の設定フロー

5.2.2 再現解析

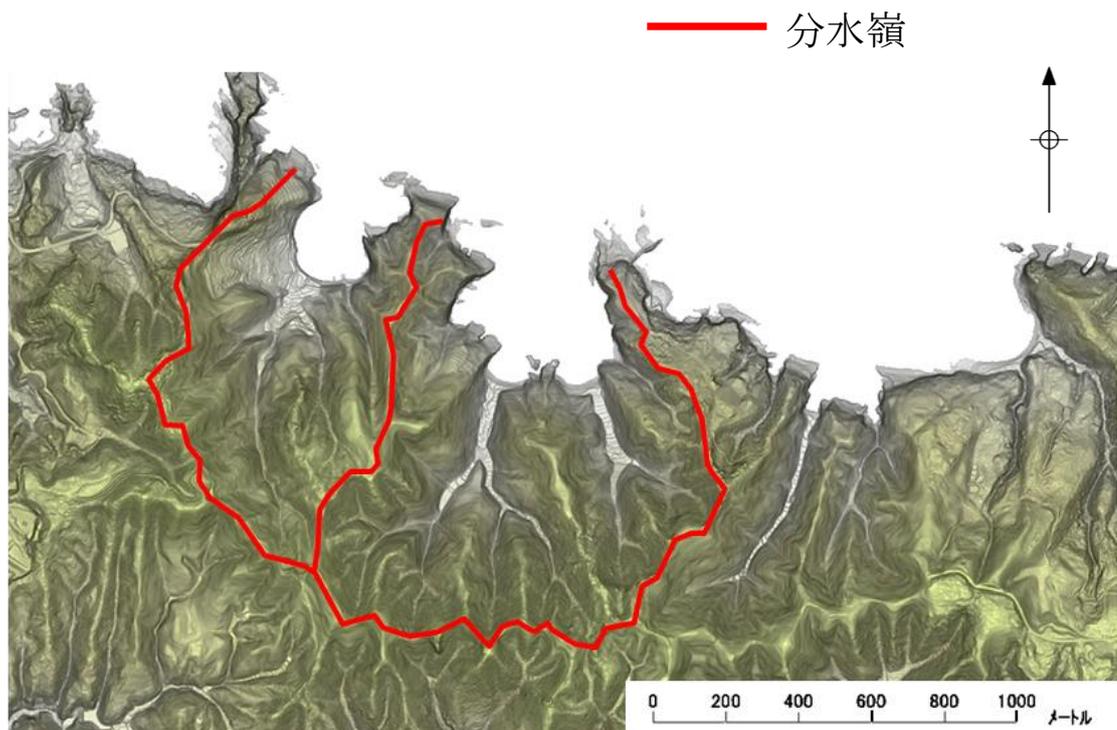
(1) 再現解析モデルの作成

再現解析モデルは、評価対象施設を含む分水嶺までの範囲をモデル化する。

モデル作成の際に参照した敷地内の分水嶺を図 5-3 に、再現解析モデルの鳥瞰図を図 5-4 及び図 5-5 に示す。

地盤及び構造物については、解析モデルの妥当性確認に用いる観測水位の取得期間における状況を踏まえてモデル化し、その透水係数は透水試験、粒度試験及び文献値に基づき、有効間隙率は物理試験及び文献値に基づき設定する。透水係数の設定値と設定根拠を表 5-2 に、有効間隙率の設定値と設定根拠を表 5-3 に示す。

降雨条件は、島根原子力発電所において、地下水位観測開始以降で一定期間の連続観測水位データが取得されている 2016 年 4 月～2018 年 8 月の年平均降雨 (1,540mm/年) を設定し、解析モデルの妥当性確認では当該期間の観測水位を用いる。



※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに、空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの

図 5-3 敷地内の分水嶺

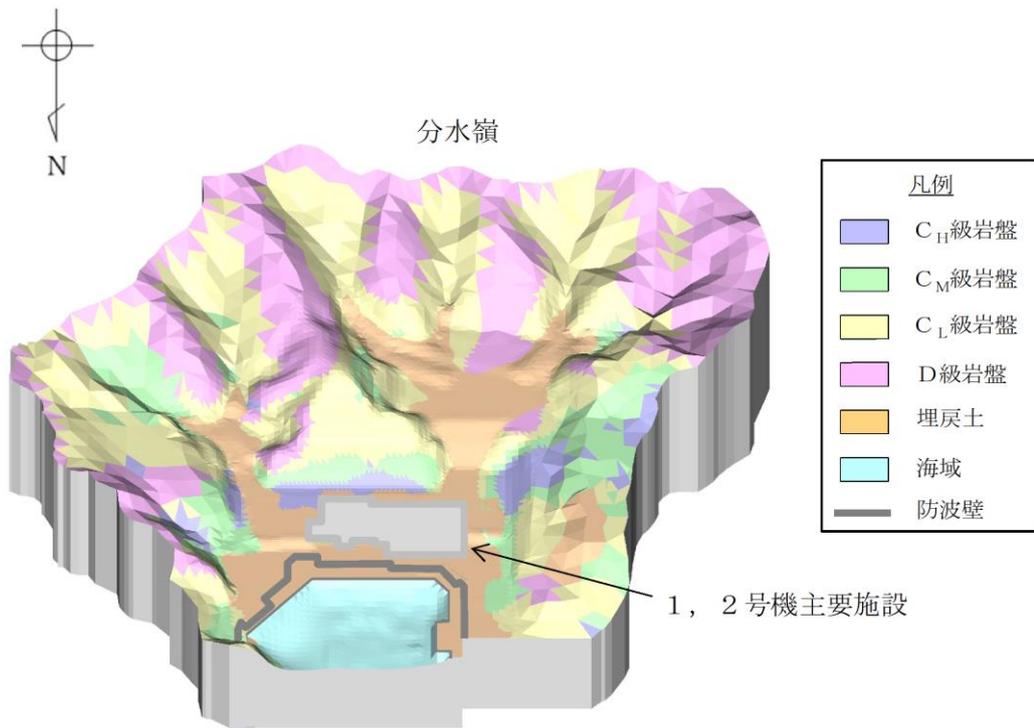


図 5-4 再現解析モデル鳥瞰図 (1, 2号機エリア)

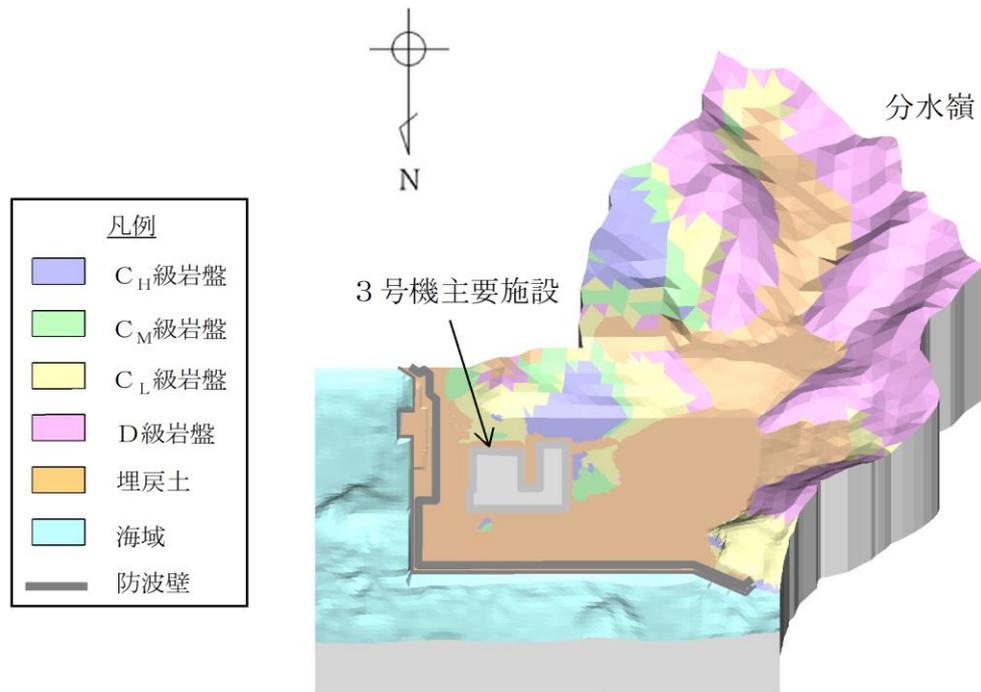


図 5-5 再現解析モデル鳥瞰図 (3号機エリア)

表 5-2 透水係数の設定値と設定根拠（再現解析モデルによる定常解析）

区分		設定値 (cm/s)	設定根拠
構造物, 改良地盤		1×10^{-5}	管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・ 管理マニュアル(改訂版)* ¹ に基づき設 定
岩盤	C _H 級	5×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定
	C _M 級	6×10^{-4}	
	C _L 級	1×10^{-3}	
	D級	2×10^{-3}	粒度試験結果を踏まえ, 土質試験の方 法と解説* ² に基づきクレーガーの方法 * ³ により設定
砂礫層		4×10^{-3}	試験結果の平均値に基づき設定
埋戻土		2×10^{-1}	

注記*1: 2008.8 (財) 港湾空間高度化環境研究センター

*2: 2000.3 (社) 地盤工学会

*3: 粒径加積曲線から求まる 20%粒径D₂₀を用いて透水係数の概略値を推定する
方法

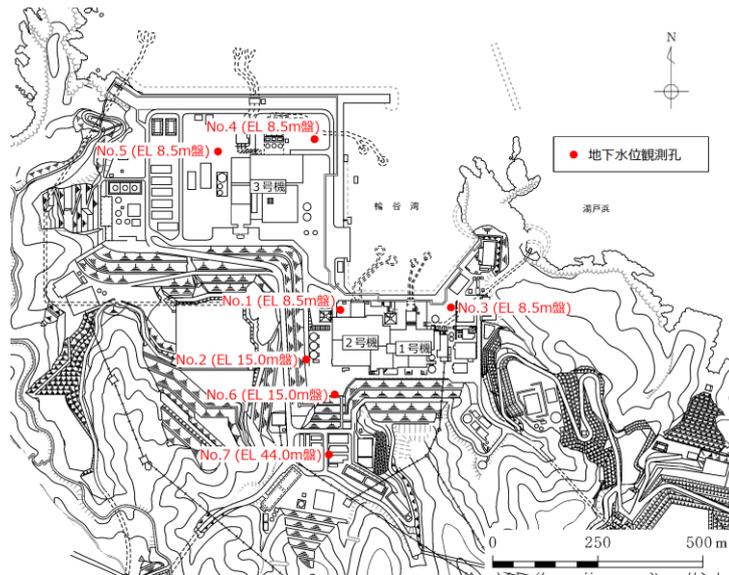
表 5-3 有効間隙率の設定値と設定根拠

区分		有効間隙率 (%)	設定根拠
岩盤	C _H 級	11.5	岩石試験に基づき設定
	C _M 級	15.3	
	C _L 級	15.0	
	D級	23.5	
砂礫層		20.0	河川堤防の構造検討の手引き (改訂 版) *に基づき設定
埋戻土			

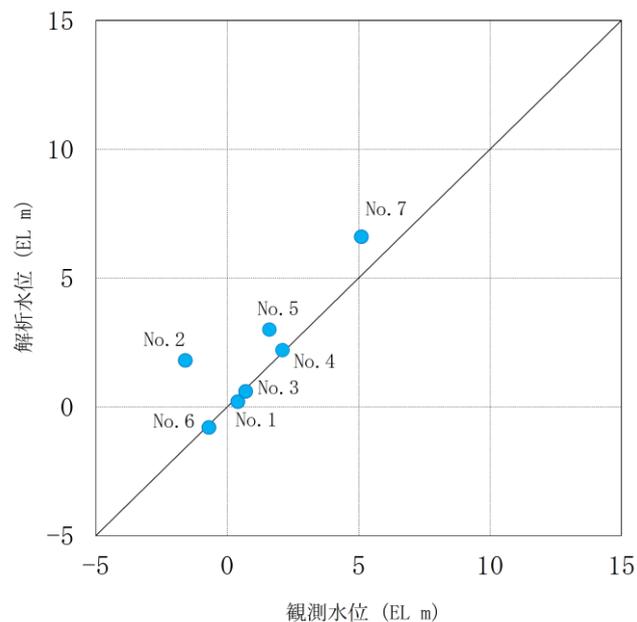
注記*: 2012.2 (財) 国土技術研究センター

(2) 再現解析モデルの妥当性確認

再現解析モデルに観測降雨を付与した解析結果から、再現解析モデルの妥当性を確認した結果を図5-6に示す。なお、この結果、検証を行った期間において、地下水位の解析水位は観測水位とおおむね一致するか上回っており、設計揚圧力及び設計地下水位の設定に用いる解析モデルの妥当性を確認した。



(地下水位観測孔位置図)



(解析水位と観測水位の比較)

図5-6 再現解析モデルの妥当性確認結果

5.2.3 予測解析

(1) 予測解析（水位評価）モデルの作成

予測解析モデルの範囲は、再現解析で妥当性を確認したモデルと同様の範囲とする。また、地盤及び構造物の透水係数及び有効間隙率についても、再現解析と同様の考え方で設定する。

予測解析において参照する地下水位低下設備の配置を図 5-7 に示す。地下水位低下設備は信頼性が確保された範囲に限定してモデル化することとし、地下水位低下設備（既設）の効果には期待しないことで保守性を確保する。評価対象施設のうち、建物・構築物の設計揚圧力を設定する際には、地下水位低下設備（新設）の効果に期待し、評価対象施設のうち、屋外重要土木構造物等の地下水位を設定する際には、地下水位が保守的に高く算定されるよう地下水位低下設備（新設）についても効果を期待しない。

降雨条件は、揚圧力、地下水位いずれも保守的に高く算出されるよう、松江地方気象台における過去 78 年間（1941～2018 年）の年間降水量の平均値（1,880mm/年）を算出し、ばらつきを考慮した値（平均値 + 1 σ ）に今後の気候変動予測による降水量の変化を加味し、2,400mm/年を設定する。

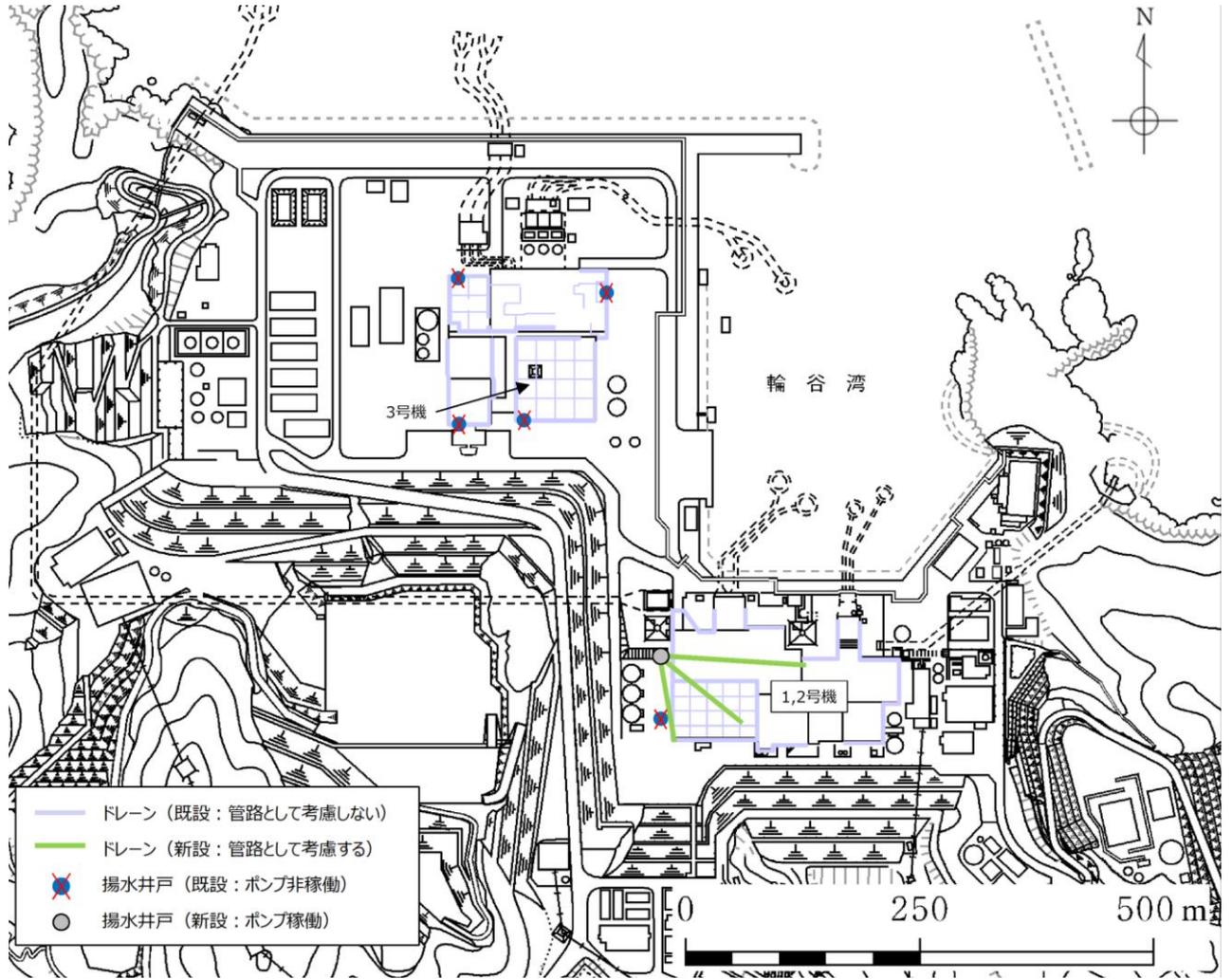


図 5-7 予測解析において参照する地下水位低下設備の配置

(2) 予測解析結果

a. 建物・構築物の設計揚圧力の設定に参照する地下水位分布

地下水位低下設備の効果が及ぶ範囲（EL 8.5m 盤及び EL 15.0m 盤）に位置する建物・構築物の設計揚圧力の設定において参照する地下水位分布を図 5-8 に示す。

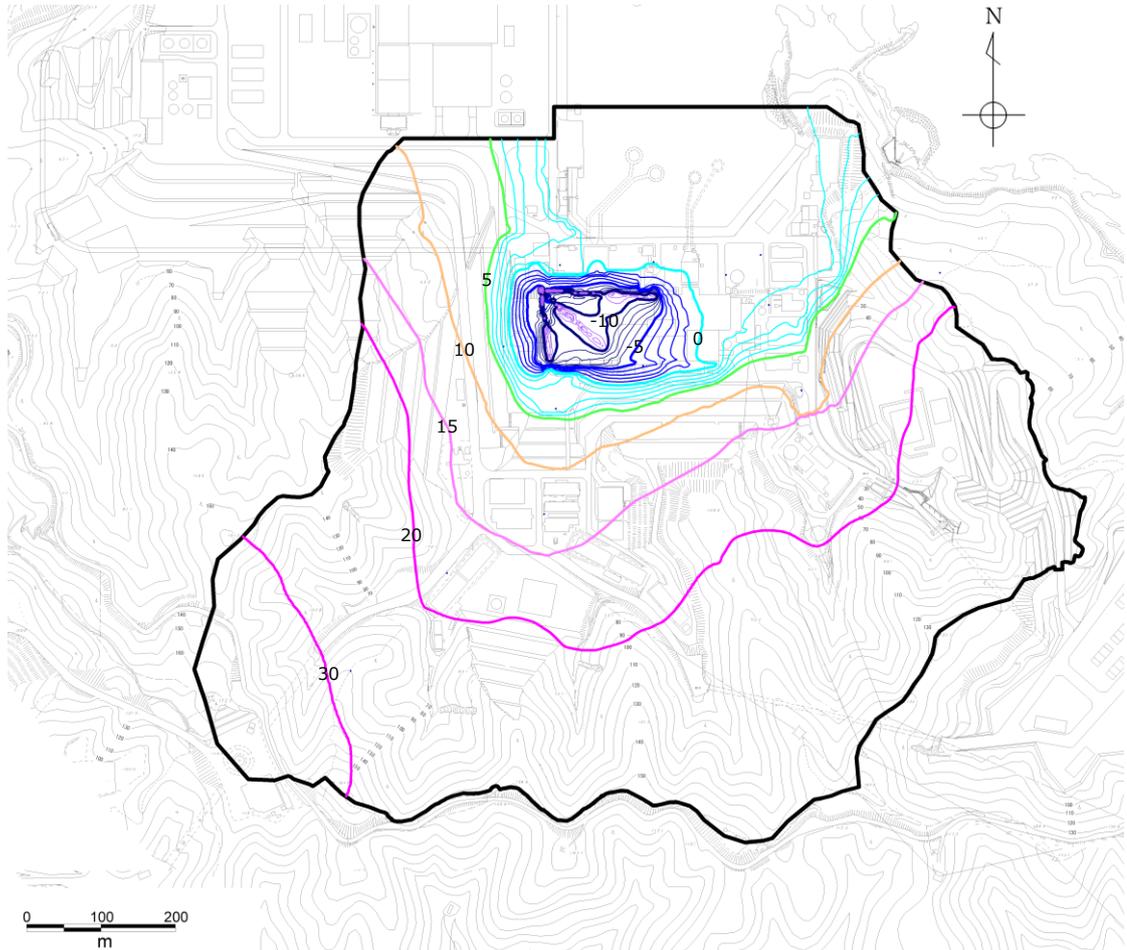
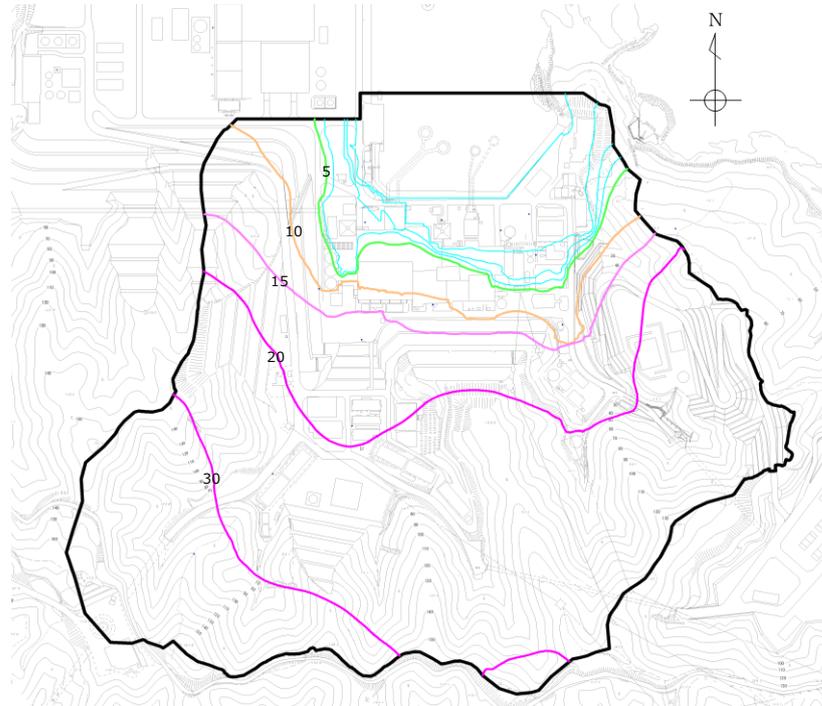
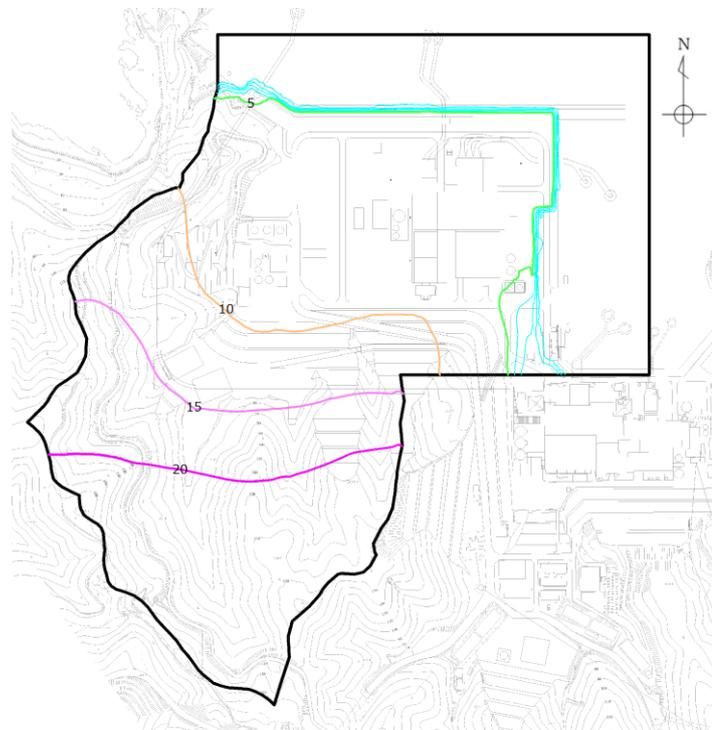


図 5-8 建物・構築物の設計揚圧力の設定において参照する地下水位分布（単位：EL m）

- b. 屋外重要土木構造物等の設計地下水位の設定に参照する地下水位分布
 屋外重要土木構造物等の設計地下水位の設定において参照する地下水位（自然水位）分布を図5-9に示す。



(1, 2号機エリア)



(3号機エリア)

図5-9 屋外重要土木構造物等の設計地下水位の設定に参照する
 地下水位（自然水位）分布（単位：EL m）

5.3 建物・構築物の耐震評価における設計揚圧力の設定

地下水位低下設備の効果に期待する建物・構築物について、予測解析により得られた揚圧力、地下水位及びこれを参照した設計揚圧力を表 5-4 に示す。

表 5-4 建物・構築物における設計揚圧力の設定一覧

施設名称 (基礎底面 高さ)	建設時工事 計画認可時の 設計揚圧力	予測解析結果*1 (上段：揚圧力 下段：地下水位)	設計 揚圧力*2	設計 地下水位*2*3	備考	参考 (関連図書)
原子炉建物 (EL-4.7m)	0.8t/m ²	0.0t/m ² EL-9.9m	0.8t/m ² (7.8kN/m ²)	EL-3.9m		VI-2-9-3-4 原子炉建物基礎スラ ブの耐震性についての計算書
タービン 建物 (EL 0.0m)	2.0t/m ²	0.0t/m ² EL-7.0m	2.0t/m ² (19.6kN/m ²)	EL 2.0m		VI-2-2-8 タービン建物の耐震性 についての計算書
廃棄物処理 建物 (EL 0.0m)	2.0t/m ²	0.0t/m ² EL-5.5m	2.0t/m ² (19.6kN/m ²)	EL 2.0m	建設時の 工事計画 認可時か らの変更 なし	VI-2-2-10 廃棄物処理建物の耐震 性についての計算書
制御室 建物 (EL 0.1m)	0.0t/m ²	0.0t/m ² EL-3.9m	0.0t/m ² (0.0kN/m ²)	EL 0.1m		VI-2-2-6 制御室建物の耐震性に についての計算書
排気筒*4 (EL 2.0m)	0.0t/m ²	0.0t/m ² EL-1.0m	0.0t/m ² (0.0kN/m ²)	EL 2.0m		VI-2-2-15 排気筒の基礎の耐震性 についての計算書 VI-2-2-39 屋外配管ダクト (排気 筒) の耐震性についての計算書

注記*1：建物基礎底面に作用する平均揚圧力又は平均地下水位

*2：耐震設計上の設計揚圧力及び設計地下水位。ただし、建物の関連図書では設計揚圧力を「浮力」と表記する。

*3：基礎底面高さをもとに設計揚圧力から求めた設計地下水位を示す。なお、基礎底面以深となる場合は基礎底面レベルに設定する。

*4：屋外配管ダクト (排気筒) は排気筒基礎上に設置されており、排気筒基礎と一体構造であることから、排気筒に含めて記載する。

5.4 屋外重要土木構造物等の耐震評価における設計地下水位の設定

屋外重要土木構造物等についての予測解析による地下水位（自然水位）及び設計地下水位を表 5-5 に示す。設計地下水位は、予測解析により得られた解析水位（自然水位）に構造物周辺の状況及び観測結果のばらつきを踏まえて十分な保守性を確保して設定している。

表 5-5 屋外重要土木構造物等における設計地下水位の設定一覧 (その 1)

施設名称	建設時の工事 計画認可時の 設計地下水位 (EL m)	予測解析によ る地下水位 (自然水位) (EL m)	設計 地下 水位 (EL m)	備考	参考 (関連図書)
取水槽	0.3	0.58~3.8	4.5		VI-2-2-19 取水槽の耐震性についての計算書
屋外配管ダクト (タービン建物～ 排気筒)	0.3	2.7~3.6	4.9		VI-2-2-21 屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) の耐震性についての計算書
屋外配管ダクト (タービン建物～ 放水槽)	—*1	2.9~3.8	5.2		VI-2-2-27 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) の耐震性についての計算書
B-デューゼル燃料貯蔵タンク格 納槽	—*1	3.9~15.0	15.0	地表面	VI-2-2-23 B-デューゼル燃料貯蔵タンク格納槽の耐震性についての計算書
屋外配管ダクト (B-デューゼル 燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	—*1	5.8~14.9	15.0	地表面	VI-2-2-25 屋外配管ダクト (B-デューゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物) の耐震性についての計算書
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	—*1	0.58~4.5	5.5		VI-2-10-2-3-3 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の耐震性についての計算書
防波壁 (逆T擁壁)	—*1	0.58~6.3	8.5	地表面	VI-2-10-2-3-2 防波壁 (逆T擁壁) の耐震性についての計算書

注記*1: 建設時の工事計画認可申請対象外

表 5-5 屋外重要土木構造物等における設計地下水位の設定一覧 (その 2)

施設名称	建設時の工事 計画認可時の 設計地下水位 (EL m)	予測解析によ る地下水位 (自然水位) (EL m)	設計 地下 水位 (EL m)	備考	参考 (関連図書)
防波壁 (波返重力擁壁)	—*1	0.58~7.2	8.5	地表面	VI-2-10-2-3-1 防波壁 (波返重力擁壁) の耐震性についての計算書
1 号機取水槽流路縮小工	—*1	0.58~1.6	3.0		VI-2-10-2-6 1 号機取水槽流路縮小工の耐震性についての計算書
防波壁通路防波扉*2	—*1	0.7~6.0	8.5	地表面	VI-2-10-2-4 防波壁通路防波扉の耐震性についての計算書
第 1 ベントフィルタ格納槽	—*1	9.4~15.0	15.0	地表面	VI-2-2-31 第 1 ベントフィルタ格納槽の耐震性についての計算書
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	—*1	9.4~15.0	15.0	地表面	VI-2-2-33 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性についての計算書
緊急時対策所	—*1	22.4~23.8	—*3		VI-2-2-12 緊急時対策所の耐震性についての計算書
緊急時対策所用燃料地下タンク	—*1	22.1~22.6	—*3		VI-2-2-34 緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての計算書

注記*1：建設時の工事計画認可申請対象外

*2：代表として防波壁通路防波扉（3号機東側）の設計地下水位を掲載

*3：地下水位が施設設置地盤（EL 50.0m 盤）より十分低い。

表 5-5 屋外重要土木構造物等における設計地下水位の設定一覧 (その 3)

施設名称	建設時の工事 計画認可時の 設計地下水位 (EL m)	予測解析によ る地下水位 (自然水位) (EL m)	設計 地下 水位 (EL m)	備考	参考 (関連図書)
ガスタービン発電機建物	—*1	22.0～24.9	—*2		VI-2-2-17 ガスタービン発電機建物の耐震 性についての計算書
ガスタービン発電機用軽油タンク 基礎	—*1	23.6～24.7	—*3		VI-2-2-36 ガスタービン発電機用軽油タン ク基礎の耐震性についての計算書
屋外配管ダクト (ガスタービン発 電機用軽油タンク～ガスタービン 発電機)	—*1	22.1～24.2	—*2		VI-2-2-38 屋外配管ダクト (ガスタービン 発電機用軽油タンク～ガスタービン発電 機) の耐震性についての計算書

注記*1：建設時の工事計画認可申請対象外

*2：地下水位が施設設置地盤 (EL 44.0m 盤) より十分低い。

6. 地質断面図

地震応答解析に用いる地質断面図は、評価対象地点近傍のボーリング調査等の結果に基づき、岩盤及び被覆層の分布を確認し作成する。図 6-1 に敷地内で実施したボーリング調査位置図を示す。

代表例として、図 6-1 に示す断面位置の地質断面図を図 6-2 及び図 6-3 に示す。



図 6-1 ボーリング調査位置図

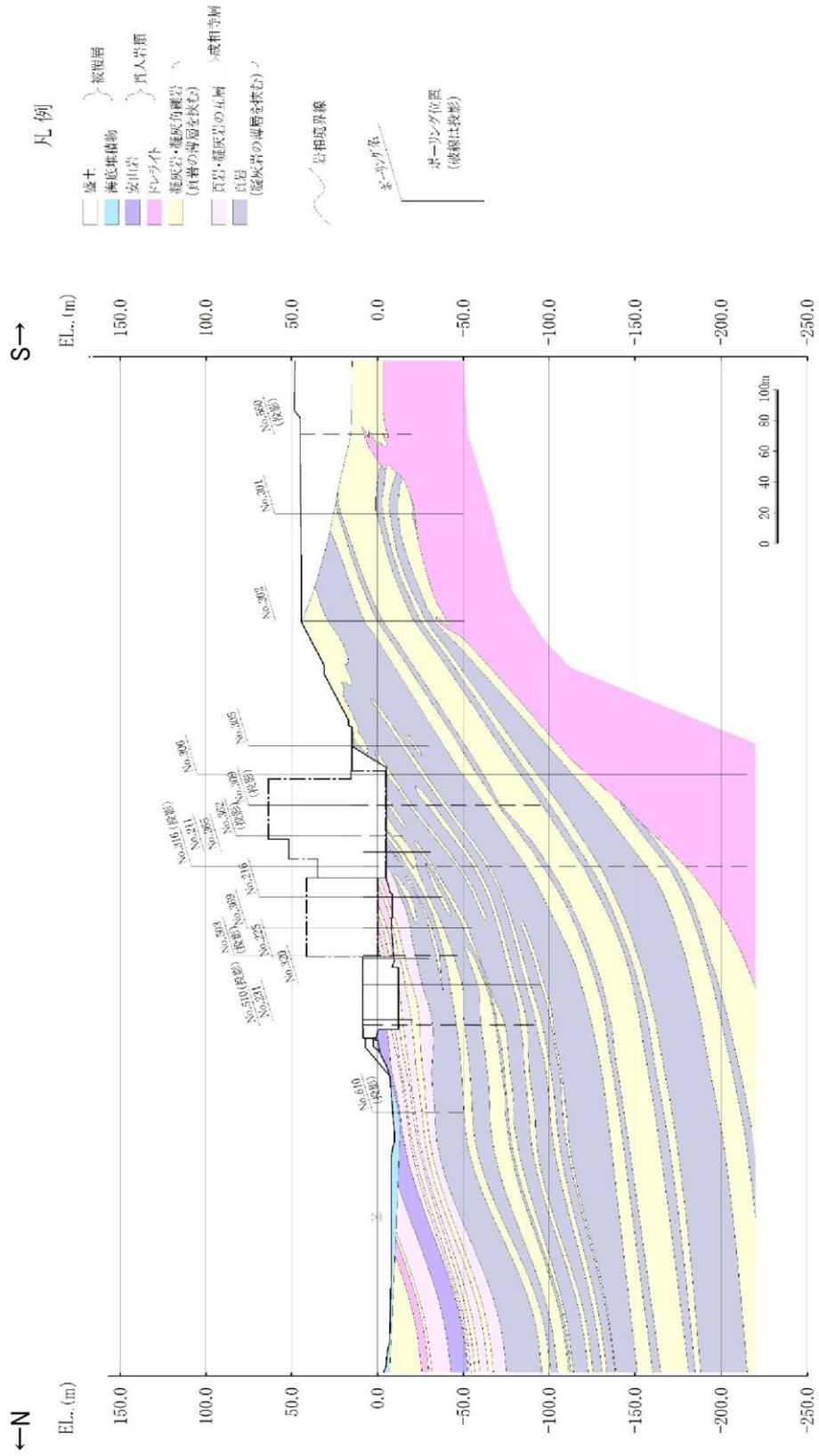


図 6-2 地質断面図 (2号機原子炉建物, 南北方向)
(A-A' 断面)

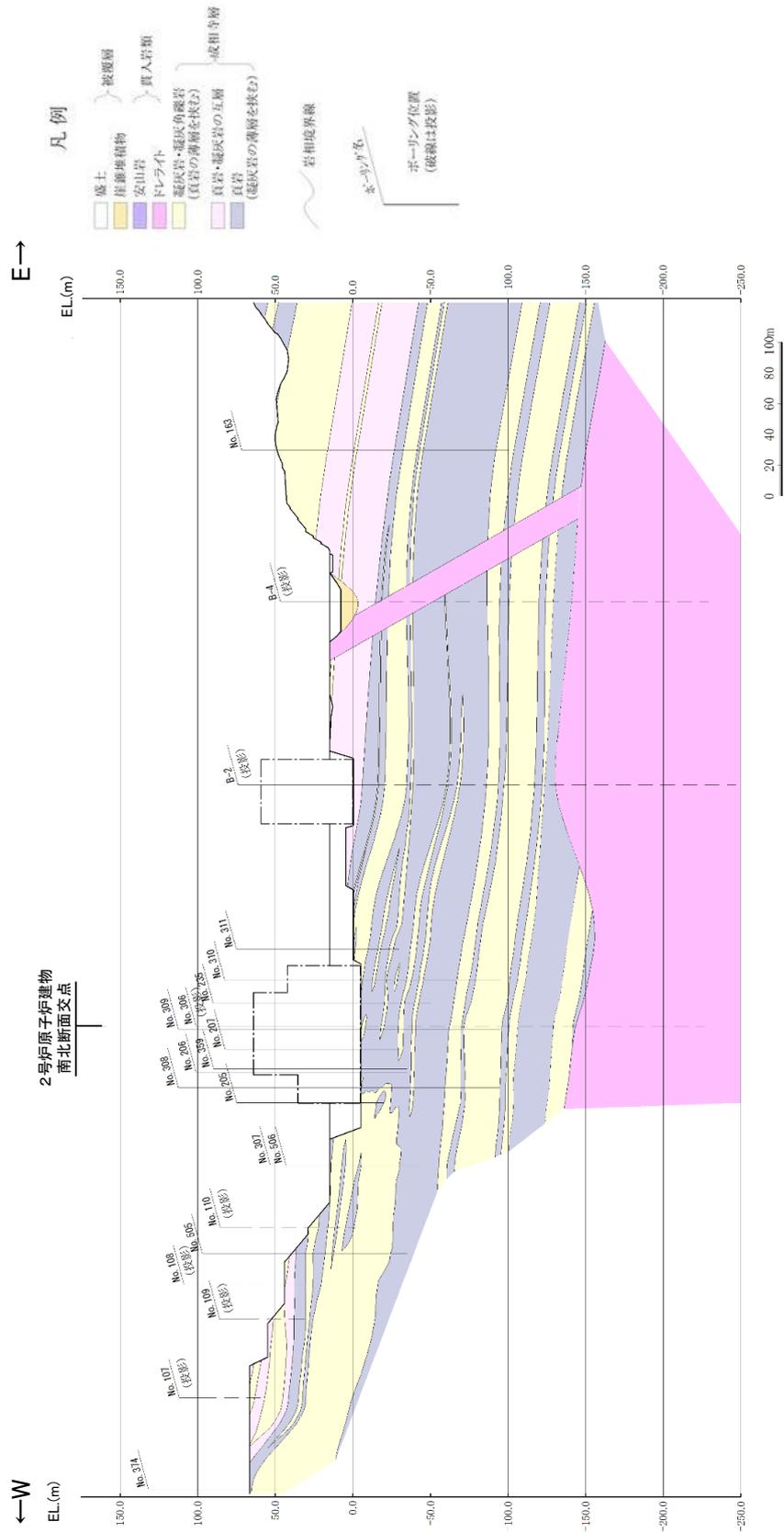


図 6-3 地質断面図 (2号機原子炉建物, 東西方向)
(B-B' 断面)

7. 地盤の速度構造

7.1 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 7-1 及び表 7-2 に示す。入力地震動算定の概念図を図 7-1 及び図 7-2 に示す。

表 7-1 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
第①層	0.80	0.25	20.6	0.446
第②層	2.10	0.90	23.0	0.388
第③層	3.60	1.60	24.5	0.377
第④層	4.00	1.95	24.5	0.344
第⑤層	4.05	2.00	26.0	0.339
第⑥層	4.95	2.35	27.9	0.355

表 7-2 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
第①層	0.52	0.27	22.4	0.45
第②層	1.71	0.62	23.3	0.42
第③層	2.27	0.96	23.4	0.39
第④層	3.24	1.52	24.5	0.36
第⑤層	3.86	1.90	25.2	0.34
第⑥層	4.15	2.10	24.4	0.33
第⑦層	3.80	1.77	25.1	0.36

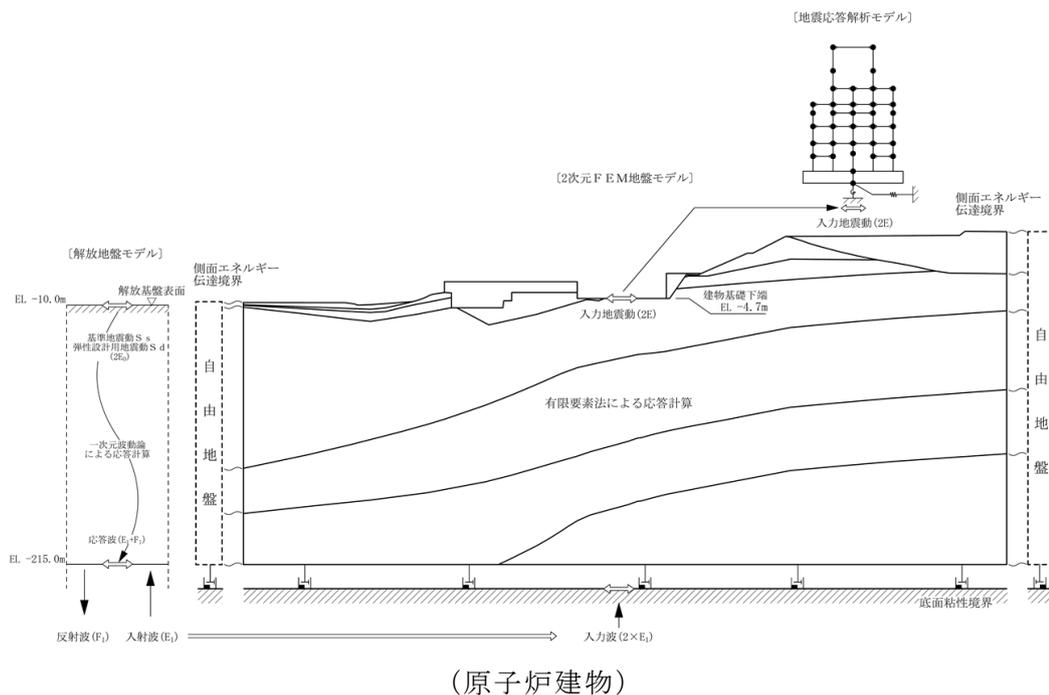


図 7-1 入力地震動算定の概念図 (建物・構築物)

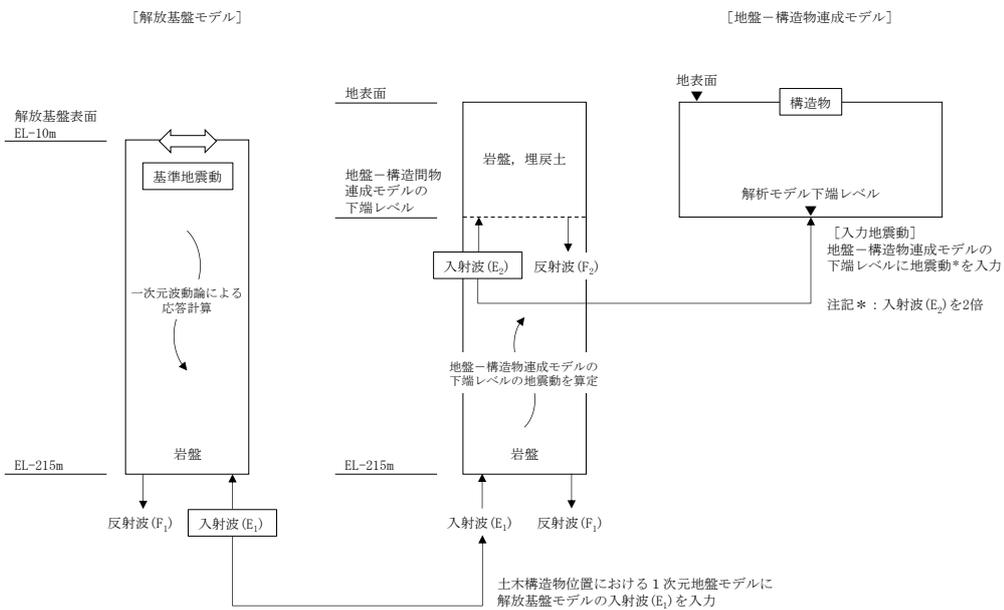


図 7-2 入力地震動算定の概念図 (土木構築物)

7.2 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「3.1 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、「3.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」及び「3.2 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。

8. 地盤の液状化強度特性の代表性、網羅性及び保守性

本章では、「3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値」に記載した地盤の液状化強度特性の代表性、網羅性及び保守性についての確認結果を記載する。

8.1 液状化強度試験試料採取位置の代表性及び網羅性

「3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値」のうち液状化検討対象層である埋戻土及び砂礫層の液状化強度特性について、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえたうえで実施した液状化強度試験結果よりも保守的な「簡易設定法」により決定される液状化強度特性を用いて設定する。設計及び工事の計画の認可申請にあたって、設置変更許可段階で実施した埋戻土及び砂礫層の液状化強度試験試料採取位置の代表性、網羅性及び液状化強度特性の設定方針の妥当性について確認する。設置変更許可段階での液状化強度試験試料採取位置を図 8-1 に示す。

液状化強度試験試料採取位置の代表性及び網羅性については、埋戻土及び砂礫層に対して、N 値と細粒分含有率を指標に、液状化強度試験試料採取位置と敷地全体を比較することにより確認している。

埋戻土の N 値と細粒分含有率を図 8-2 に示す。埋戻土は、敷地全体と比べて、N 値及び細粒分含有率ともに、液状化強度試験試料採取位置の平均値及び -1σ 値が、敷地全体のばらつき ($\pm 1\sigma$) の範囲内であることから、液状化強度試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。また、埋戻土は敷地全体に分布するため、場所によって埋戻土の性状が異なる懸念があることから、敷地の広範囲にわたって設置された防波壁に着目して、液状化強度試験試料採取位置と 3 つの構造形式の防波壁近傍の基本物性 (図 8-3) を比較したところ、N 値及び細粒分含有率ともに、液状化強度試験試料採取位置の平均値が、防波壁近傍のばらつき ($\pm 1\sigma$) の範囲内であることから、液状化強度試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。

砂礫層の N 値と細粒分含有率を図 8-4 に示す。砂礫層の細粒分含有率は、液状化強度試験試料採取位置の平均値及び -1σ 値が、敷地全体のばらつき ($\pm 1\sigma$) の範囲内であった。また、N 値は、液状化強度試験試料採取位置の平均値は敷地全体のばらつき ($\pm 1\sigma$) の範囲内であり、液状化強度試験試料採取位置の -1σ 値は敷地全体のばらつき ($\pm 1\sigma$) の範囲からわずかに外れているもののおおむね一致していることから、液状化強度試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。なお、砂礫層は敷地の局所的な範囲で確認されており、液状化強度試験試料採取位置と敷地全体の調査位置とは近接している。

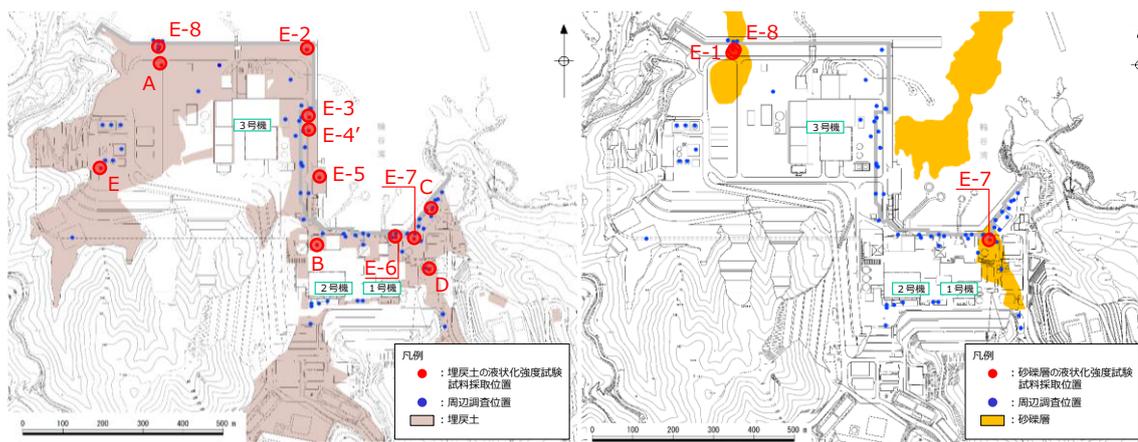


図 8-1 液状化強度試験試料採取位置の平面配置

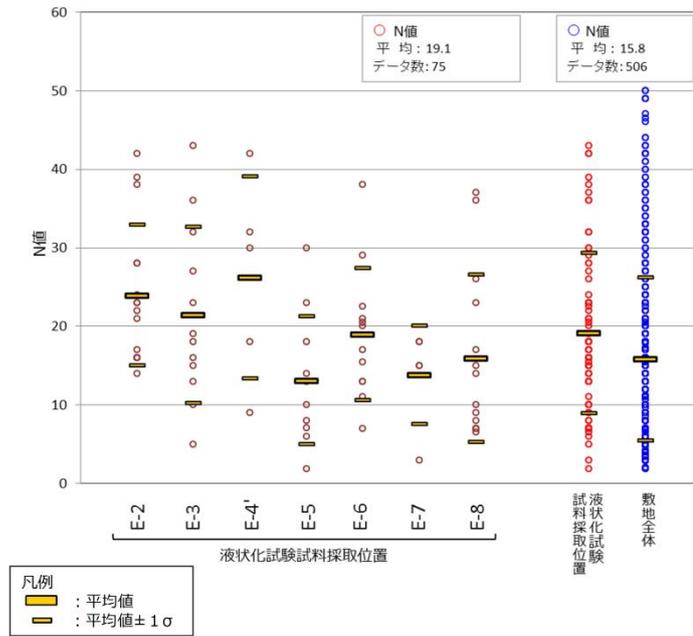


図 8-2(1) 埋戻土の液化化強度試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較 (N 値)

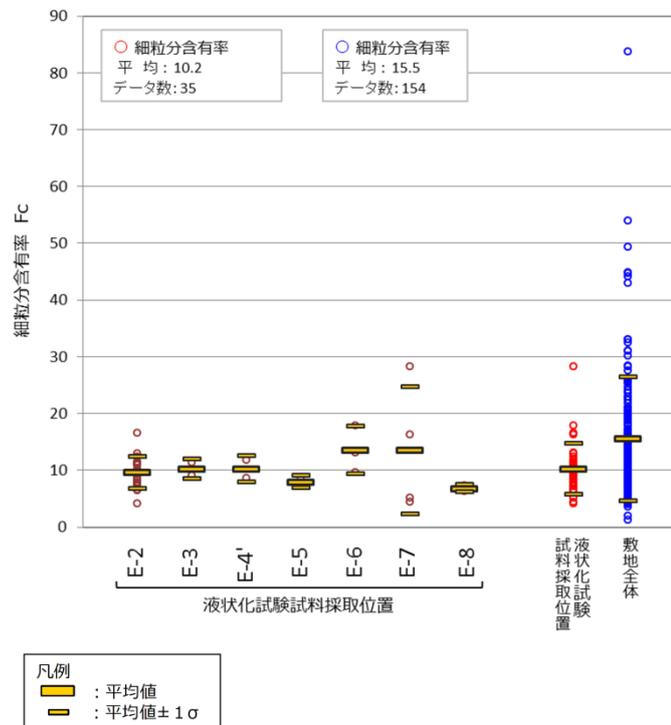


図 8-2(2) 埋戻土の液化化強度試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較 (細粒分含有率)

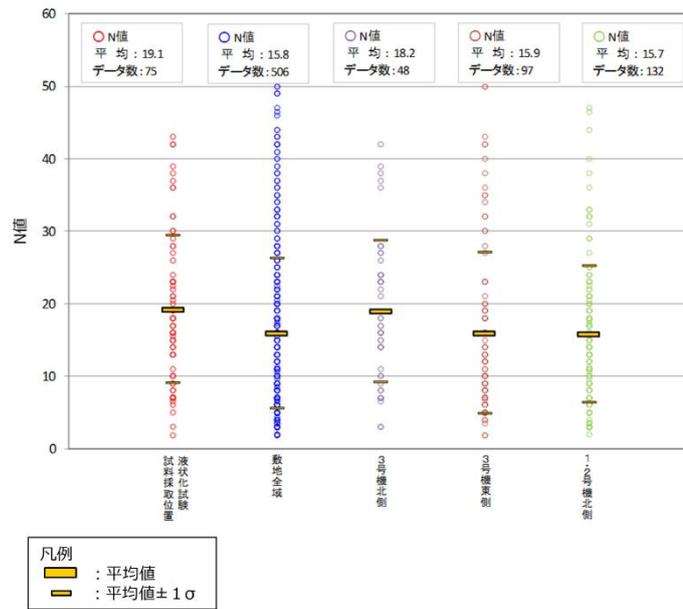


図 8-3(1) 埋戻土の液状化強度試験試料採取位置と防波壁近傍の基本物性比較 (N 値)

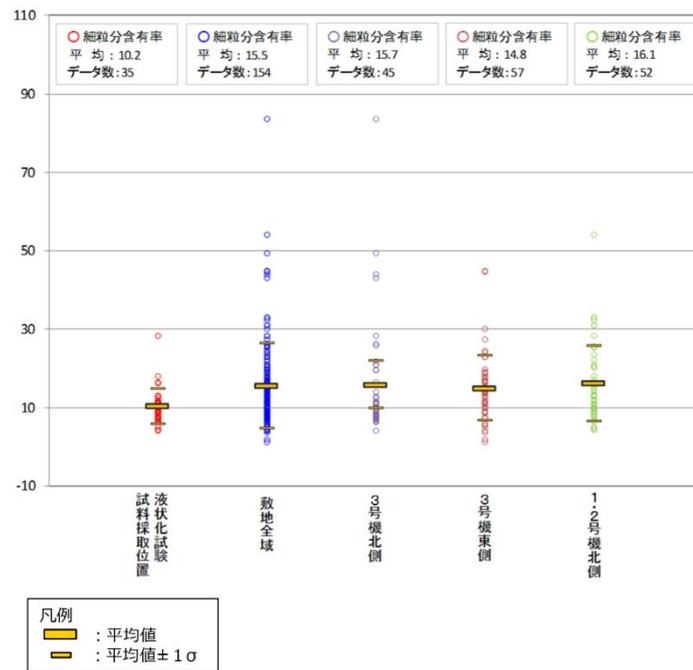


図 8-3(2) 埋戻土の液状化強度試験試料採取位置と防波壁近傍の基本物性比較 (細粒分含有率)

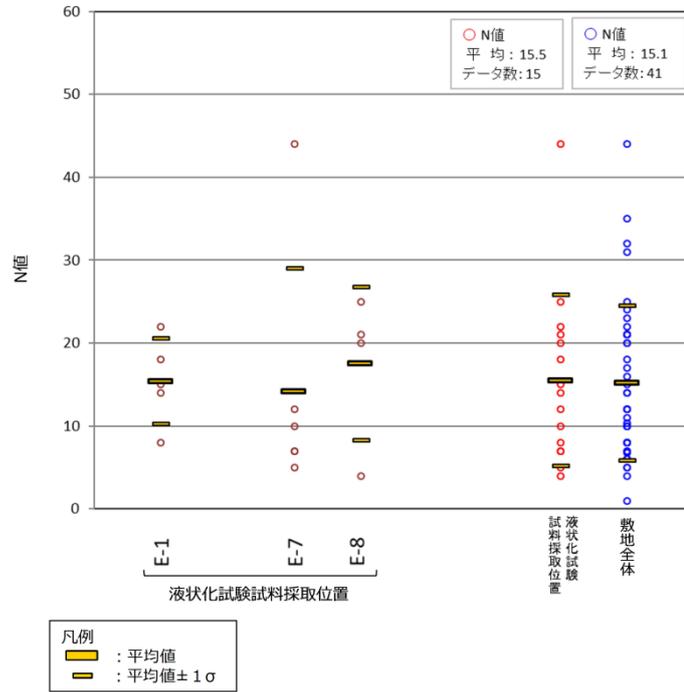


図 8-4(1) 砂礫層の液状化強度試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較 (N 値)

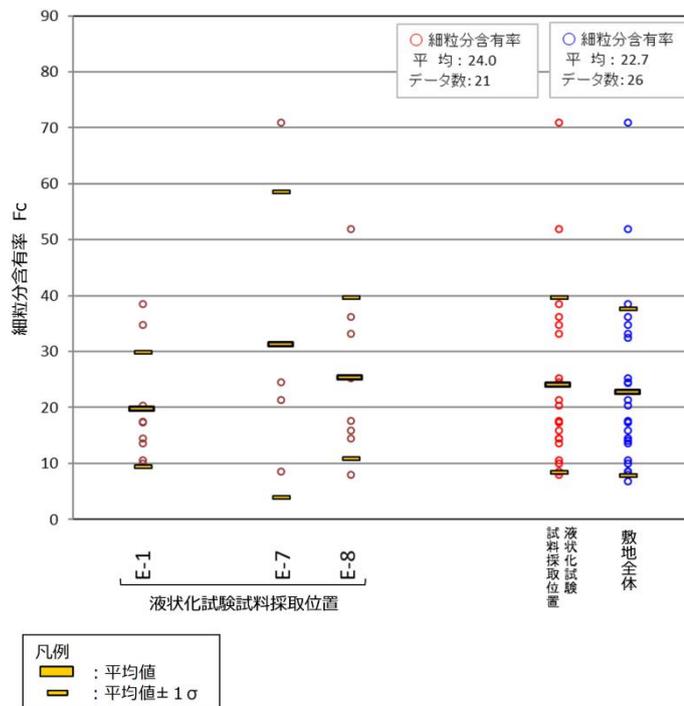


図 8-4(2) 砂礫層の液状化強度試験試料採取位置と敷地全体の基本物性比較 (細粒分含有率)

8.2 地盤の液状化強度特性における保守性

設置変更許可段階で示した方針のとおり、「3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値」に記載した地盤の液状化強度特性は、液状化強度試験結果よりも保守的な「簡易設定法」を用いて設定していることから、地盤の液状化強度特性における保守性を確認した。

地盤の液状化強度特性における保守性の確認結果を図 8-5 に示す。

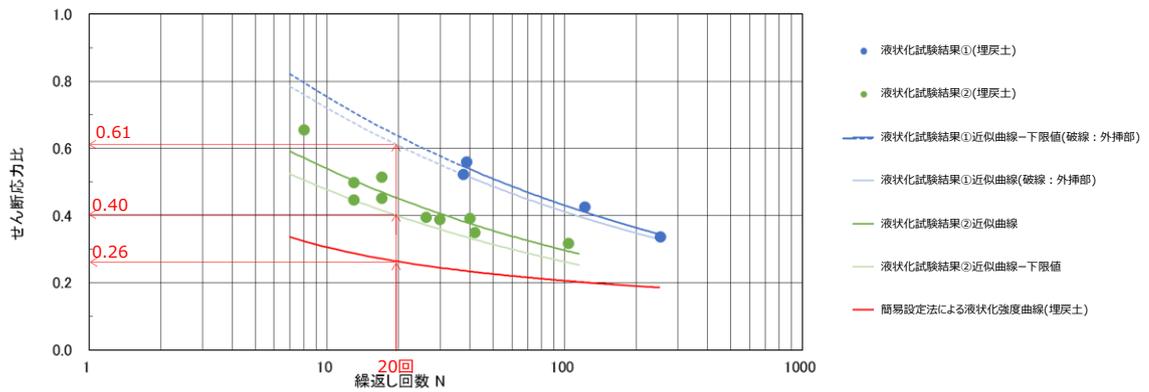


図 8-5(1) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果
(埋戻土)

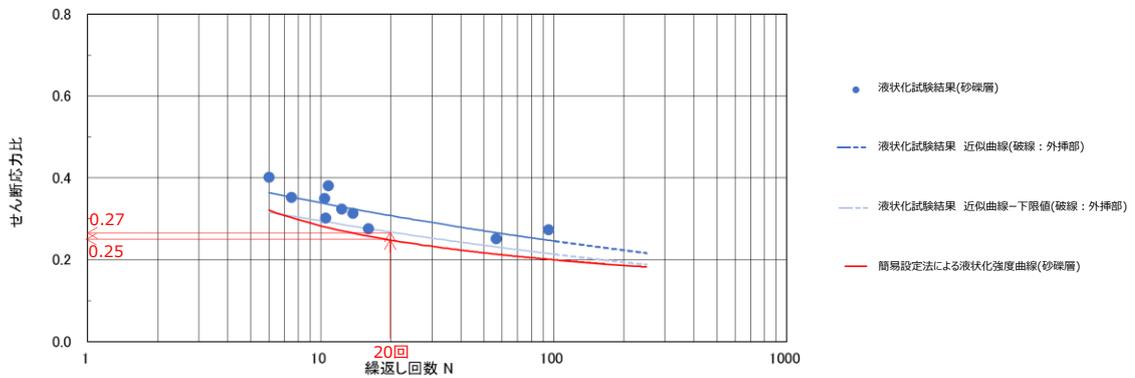


図 8-5(2) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果
(砂礫層)