

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0001_改4
提出年月日	2021年10月7日

VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針

2021年10月
東北電力株式会社

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	14
3.2.1 全応力解析に用いる解析用物性値	14
3.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値	15
3.2.3 その他の解析用物性値	16
4. 極限支持力	22
4.1 基礎地盤（狐崎部層・牧の浜部層・改良地盤）の極限支持力	22
4.2 直接基礎の支持力算定式	29
4.3 杭基礎の支持力算定式	30
5. 耐震評価における地下水位設定方針	31
5.1 基本方針	31
5.2 浸透流解析	33
5.3 建物・構築物の耐震評価における地下水位設定	39
5.4 土木構造物の耐震評価における地下水位設定	41
6. 地質断面図	47
7. 地盤の速度構造	51
7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル	51
7.2 地震応答解析に用いる解析モデル	53
8. 地盤の液状化強度特性の代表性，網羅性及び保守性	54
8.1 液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性	54
8.2 地盤の液状化強度特性における保守性	59

1. 概要

本資料は、添付書類「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。）、及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設（以下「常設重大事故等対処施設」という。）、並びに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当たり、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、支持性能評価で用いる地盤諸元及び耐震評価における地下水位の設定に関する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，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。全応力解析及び有効応力解析等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）を踏まえ，設計及び工事の計画の認可申請において設定する。

なお，改良地盤の物性値については，所定の物性値が確保されていることを施工時の品質管理において確認する。

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，地盤の極限支持力に基づく評価基準値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。

極限支持力は，対象施設の支持岩盤の支持力試験又は道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）（以下「道路橋示方書」という。）の支持力算定式に基づいた，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性能評価において，液状化検討対象層である地下水位以深の盛土及び旧表土の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず，支持性能評価を行うことを基本とする。ただし，杭周面地盤に地下水位以浅の盛土及び旧表土，改良地盤，セメント改良土並びに岩盤がある場合は，その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

耐震評価における地下水位は，対象施設と地下水位低下設備との位置関係，浸透流解析結果等を踏まえ，対象施設ごとに高めに設定し保守性を確保するとともに，地下水位が低い場合の影響についても確認する。

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

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～表3-6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3-6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(1) 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値(狐崎部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性			変形特性				
		単位体積重量 γ (kN/m ³)	静的・動的特性			静的特性		動的特性		
			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_s (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
B級	砂岩	26.4	1.72	43.0	$1.30 \sigma^{0.73}$	1,770	0.25	表3-1(2)参照	0.03	
	頁岩	26.9	1.58	46.0	$1.36 \sigma^{0.62}$	2,160	0.28		0.03	
	ひん岩	28.7	1.72	43.0	$1.30 \sigma^{0.73}$	1,770	0.31		0.03	
C _H 級	砂岩	26.2	1.72	43.0	$1.30 \sigma^{0.73}$	1,770	0.24		0.03	
	頁岩	26.6	1.58	46.0	$1.36 \sigma^{0.62}$	2,160	0.25		0.03	
	ひん岩	28.0	1.72	43.0	$1.30 \sigma^{0.73}$	1,770	0.29		0.03	
C _M 級	砂岩	25.2	0.49	47.0	$1.16 \sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
	頁岩	25.8	0.49	47.0	$1.16 \sigma^{0.62}$	980	0.20		0.03	
	ひん岩	25.2	0.49	47.0	$1.16 \sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
C _L 級	砂岩	24.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	400	0.31		0.03	
	頁岩	24.1	0.44	27.0	$0.58 \sigma^{0.31}$	400	0.31	0.03		
	ひん岩	24.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	400	0.31	0.03		
D級	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38	$G_0 = 255.4 \sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + 119 \gamma^{0.63})$	$h =$ $0.085 \gamma /$ $(0.00026 + \gamma)$ $+ 0.028$	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12 \sigma^{0.21}$	39	0.38			
	ひん岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38			

表 3-1(2) 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値(狐崎部層)

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断弾性係数 $G_d(N/mm^2)$	動ポアソン比 ν_d
B級 及び C _H 級	砂岩	第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.9×10^3	0.40
		第4速度層	13.2×10^3	0.36
		第5速度層	16.5×10^3	0.35
	頁岩	第2速度層	1.6×10^3	0.44
		第3速度層	6.0×10^3	0.40
		第4速度層	13.5×10^3	0.36
		第5速度層	16.7×10^3	0.35
	ひん岩	第3速度層	6.4×10^3	0.40
		第4速度層	14.2×10^3	0.36
		第5速度層	17.6×10^3	0.35
	C _M 級	砂岩	第1速度層	0.2×10^3
第2速度層			1.5×10^3	0.44
第3速度層			5.7×10^3	0.40
第4速度層			12.7×10^3	0.36
第5速度層			15.8×10^3	0.35
頁岩		第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.9×10^3	0.40
		第4速度層	13.0×10^3	0.36
		第5速度層	16.2×10^3	0.35
ひん岩		第2速度層	1.5×10^3	0.44
		第3速度層	5.7×10^3	0.40
		第4速度層	12.7×10^3	0.36
C _L 級	第1速度層	0.2×10^3	0.48	
	第2速度層	1.4×10^3	0.44	
	第3速度層	5.5×10^3	0.40	
D級	第1速度層	表 3-1(1) 参照	0.48	
	第2速度層		0.44	

表 3-2(1) 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値(牧の浜部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性			変形特性				
		単位体積重量 γ (kN/m ³)	静的・動的特性			静的特性		動的特性		
			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_s (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
B級	砂岩	26.4	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	4,100	0.21	表3-2(2)参照	0.03	
	頁岩	27.1	1.25	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	3,700	0.23		0.03	
	ひん岩	27.9	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	2,800	0.18		0.03	
C _H 級	砂岩	26.2	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	1,900	0.19		0.03	
	頁岩	27.1	1.25	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	1,900	0.22		0.03	
	ひん岩	27.9	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	1,900	0.18		0.03	
C _M 級	砂岩	25.5	0.78	50.0	$1.09 \sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03	
	頁岩	25.4	0.76	32.0	$0.96 \sigma^{0.31}$	1,500	0.21		0.03	
	ひん岩	25.5	0.78	50.0	$1.09 \sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03	
C _L 級	砂岩	23.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03	
	頁岩	23.1	0.44	27.0	$0.58 \sigma^{0.31}$	180	0.26		0.03	
	ひん岩	23.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03	
D級	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38	$G_0 = 255.4 \sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + 119 \gamma^{0.63})$	$h =$ $0.085 \gamma /$ $(0.00026 + \gamma)$ $+ 0.028$	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12 \sigma^{0.21}$	39	0.38			
	ひん岩	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38			

表 3-2(2) 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値(牧の浜部層)

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断弾性係数 $G_d(N/mm^2)$	動ポアソン比 ν_d
B級 及び C _H 級	砂岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	頁岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	ひん岩	第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
	C _M 級	砂岩	第1速度層	0.2×10^3
第2速度層			1.2×10^3	0.45
第3速度層			4.7×10^3	0.41
第4速度層			11.5×10^3	0.34
第5速度層			16.8×10^3	0.33
頁岩		第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
ひん岩		第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
C _L 級	第1速度層	0.2×10^3	0.48	
	第2速度層	1.2×10^3	0.45	
	第3速度層	4.7×10^3	0.41	
D級	第1速度層	表 3-2(1) 参照	0.48	
	第2速度層		0.45	

表 3-3 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値(盛土ほか)

岩種・岩級	物理特性	強度特性				変形特性				
	単位体積重量 γ (kN/m ³)	静的・動的特性				静的特性		動的特性		
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (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
盛土	20.6	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$	$198 \sigma^{0.60}$	0.40	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + \gamma / 0.00036)^*$	0.48	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$
旧表土	19.0	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$	$302 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + \gamma / 0.00087)$	0.46	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
断層 及びシーム	18.6	0.067	22.2	—	$0.067 + \sigma \tan 22.2^\circ$	圧縮方向 $124.5 \sigma^{0.90}$ せん断方向 $44.43 \sigma^{0.90}$	0.40	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + \gamma / 0.0012)^*$	0.46	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089 (\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
セメント改良土	21.6	0.65	44.3	0.46	$0.21 + \sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + \gamma / 0.00085)$	0.36	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$
改良地盤	20.6	1.39	22.1	0.65	$0.51 + \sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 =$ $1 / (1 + \gamma / 0.00136)$	0.35	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$
背面補強工	24.0	—				28,000	0.2	11,667	0.2	0.05
置換コンクリート	22.5									

* : 残存剛性率 (G_d/G_0) が小さい領域は次式で補間
 $G_0 = E_s / 2 (1 + \nu_s)$, $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m)$, $\gamma_m = \tau_t / G_0$

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(狐崎部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性	変形特性	
			静的・動的特性	静的特性	動的特性
B級 及び C _H 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験* 摩擦抵抗試験*	岩盤変形試験*	PS検層
	頁岩			岩盤変形試験*	
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _M 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	
	頁岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _L 級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	
	頁岩		換算値	砂岩と同じ値	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
D級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	繰返し三軸試験
	頁岩	換算値	換算値	換算値	砂岩と同じ値
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値

* : B級については, C_H級と同じ値を用いる。

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(牧の浜部層)

岩種・岩級		物理特性	強度特性	変形特性	
			静的・動的特性	静的特性	動的特性
B 級	砂岩	密度試験	C _H 級と同じ値	換算値	PS 検層
	頁岩				
	ひん岩	C _H 級と同じ値			
C _H 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	
	頁岩		換算値	砂岩と同じ値	
	ひん岩		砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _M 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	
	頁岩		ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	岩盤変形試験	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
C _L 級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	
	頁岩		換算値	砂岩と同じ値	
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	
D 級	砂岩	密度試験	ロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	繰返し三軸試験
	頁岩	換算値	換算値	換算値	砂岩と同じ値
	ひん岩	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値	砂岩と同じ値

表 3-6 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(盛土ほか)

岩種・岩級	物理特性	強度特性	変形特性	
		静的・動的特性	静的特性	動的特性
盛土	現場密度試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	繰返し三軸試験
旧表土	密度試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	繰返し三軸試験
断層及びシーム	密度試験	単純せん断試験	単純せん断試験	繰返し単純せん断試験
セメント改良土	現場密度試験	三軸圧縮試験 岩石の引張強さ試験	三軸圧縮試験	PS 検層 繰返し三軸試験
改良地盤	密度試験	三軸圧縮試験 岩石の引張強さ試験	平板載荷試験	PS 検層 繰返し三軸試験
背面補強工 置換コンクリート	コンクリート標準示方書 構造性能照査編			

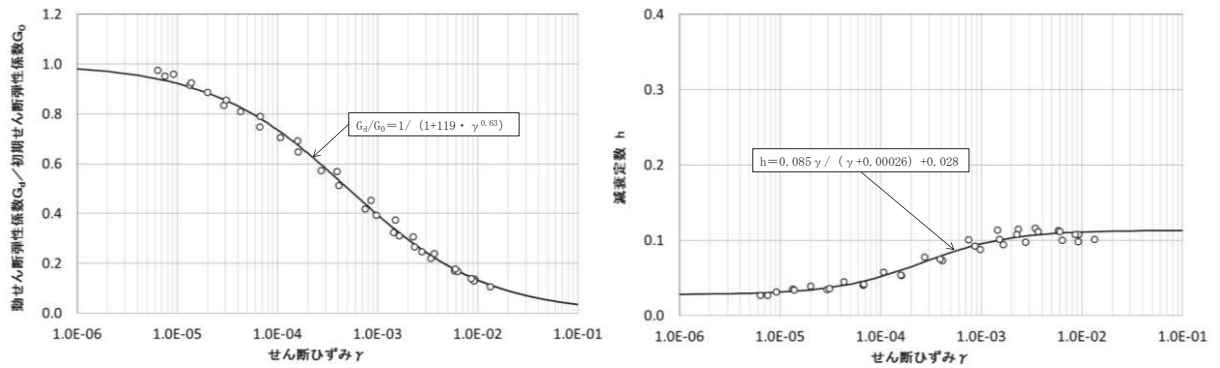
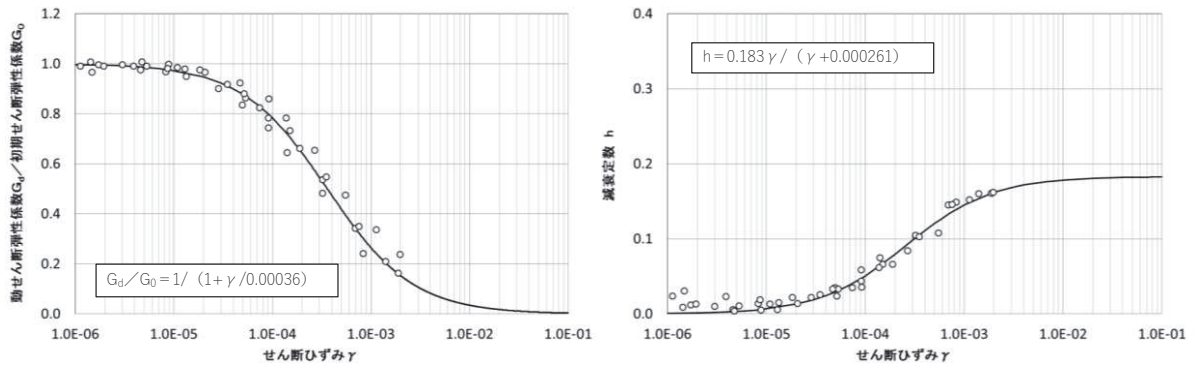


図 3-1 D級岩盤の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性



注記* : 残存剛性率 (G_d/G_0) が小さい領域は次式で補間。

$$G_0 = E_s / 2(1 + \nu_s) \quad , \quad G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m) \quad , \quad \gamma_m = \tau_f / G_0$$

なお、 τ_f は条件（拘束圧）によって異なるためグラフには表記していない。

図 3-2 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

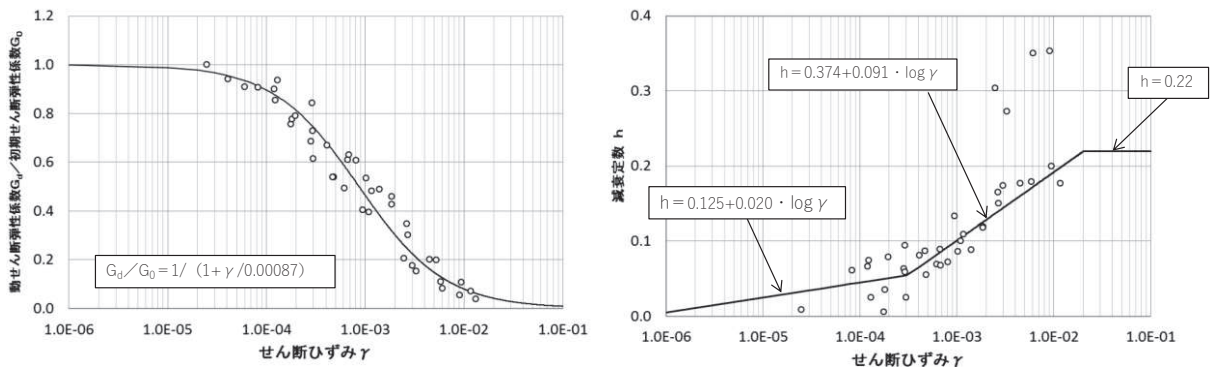
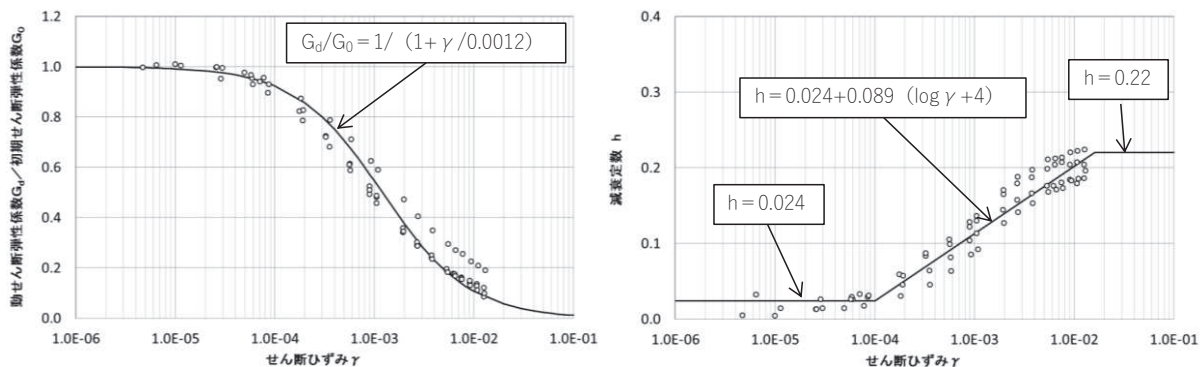


図 3-3 旧表土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性



注記* : 残存剛性率 (G_d/G_0) が小さい領域は次式で補間。

$$G_0 = E_s / 2(1 + \nu_s) \quad , \quad G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m) \quad , \quad \gamma_m = \tau_f / G_0$$

なお, τ_f は条件 (拘束圧) によって異なるためグラフには表記していない。

図 3-4 断層・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

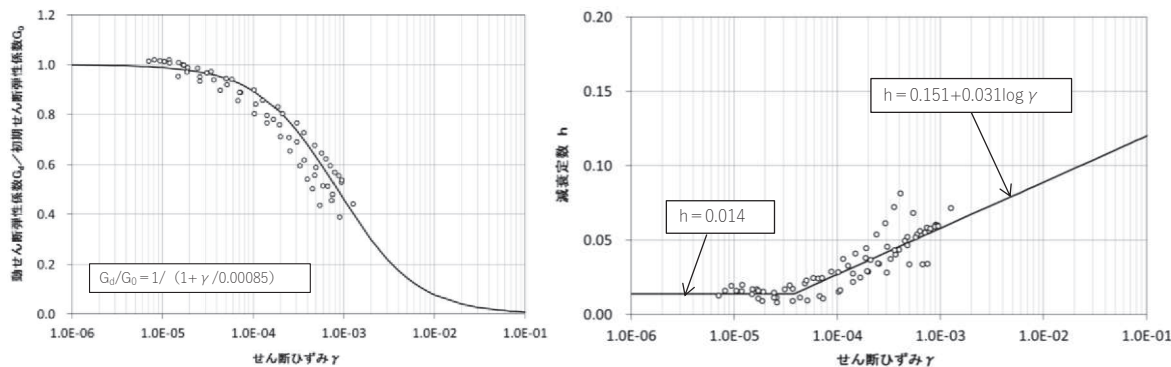


図 3-5 セメント改良土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

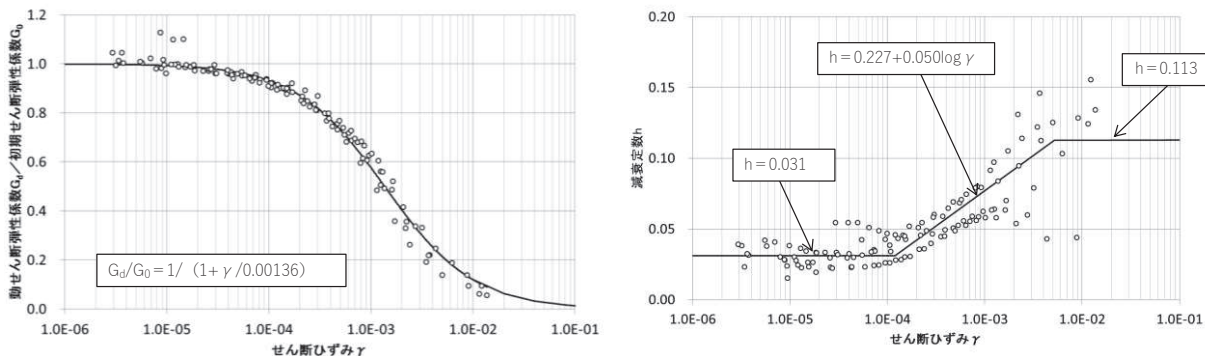


図 3-6 改良地盤の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

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を表 3-7～表 3-10 に、その設定根拠を表 3-11～表 3-14 に示す。

3.2.1 全応力解析に用いる解析用物性値

原子炉建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルは、原子炉建屋の直下における地盤調査結果及び既往の地震観測記録の分析に基づいて設定する。原子炉建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値を表 3-7 に、設定根拠を表 3-11 に示す。表 3-7 に示す地盤モデルのうち表層地盤 (O.P.+14.8m～O.P.±0m) には、地盤調査結果に基づき、初期せん断剛性 G_0 、 $G/G_0-\gamma$ 曲線及び $h-\gamma$ 曲線の非線形特性を設定した。

なお、制御建屋の地震応答解析においては、地震動を直接入力としている。

3.2.2 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、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的に下限値とする。

また、防潮堤における液状化強度特性については、設置変更許可段階での設定方針に従い、旧表土は施設近傍の試験結果から得られる液状化強度特性を保守的に下限値とし、盛土は上記同様、敷地全体の液状化強度試験から得られる液状化強度特性を保守的に下限値とする。

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狐崎部層及び牧の浜部層の解析用物性値は、設置変更許可申請書（添付書類六）に記載した値に基づき、表 3-8 及び表 3-9 のとおりに設定する。狐崎部層及び牧の浜部層の速度構造については、後述の「7. 地盤の速度構造」に示す。なお、表 3-8 及び表 3-9 に示す解析用物性値については、設置変更許可段階における「防潮堤の構造成立性」で実施した解析に用いた物性値と同様である。

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）の基準に基づいた試験の結果から設定することとした。

3.2.3 その他の解析用物性値

(1) マンメイドロック（以下、「MMR」という。）及び置換工

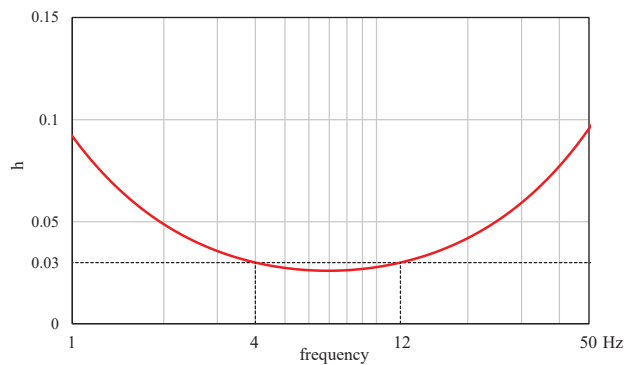
MMR 及び置換工については、表 3-10 及び表 3-14 のとおり解析用物性値を設定する。

表 3-7 原子炉建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値

	地層レベル O.P. (m)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断波速度 V_s (m/s)	減衰定数* ² h (%)
表層地盤	+14.80	18.6	* 1	3* ³
	±0.00	23.3	900* ⁴	3
底面地盤	-14.10	23.8	1300	3
	-25.00	24.6	2150	3
	-80.00	25.0	2440	3
	-200.0	25.0	2440	3

注記*1：O.P. +14.8m～O.P. ±0m は，上載圧依存を考慮してせん断波速度と相関のある初期せん断剛性 G_0 を設定する。また，ひずみ依存による非線形特性を考慮する。地盤の応答解析においては 10 層に分割する。

注記*2：レーリー減衰（4Hz，12Hz）



注記*3：ひずみ依存による非線形特性を考慮する。

注記*4：PS 検層結果と観測記録の分析より設定

初期せん断剛性 G_0 は，PS 検層結果により次式で設定する。

$$G_0 = 1787 \cdot \sigma_c^{0.84} \quad (1)$$

ここで，

$$\sigma_c = Z \cdot \rho_t \cdot 2/3 \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

Z ：深度 (m)

$$\rho_t = 18.6 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$G/G_0-\gamma$ 曲線は、原位置せん断試験結果による強度定数と拘束圧から求めたせん断強度 τ_m と初期せん断剛性 G_0 から、基準ひずみ γ_m を算定し次式により求める。

$$G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m) \quad (2)$$

ここで、

$$\gamma_m = \tau_m / G_0$$

$$\tau_m = \tau_0 + \sigma_m \cdot \tan \phi \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\tau_0 = 0.1 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\phi = 33.9 \quad (^\circ)$$

$$\sigma_{m,d} = 3/4 \cdot Z \cdot \rho_t \quad (\text{N/mm}^2)$$

$h-\gamma$ 曲線は、繰返し三軸試験結果に基づき次式により求める。

$$h = 0.183 \cdot \gamma / (\gamma + 0.000261) \quad (3)$$

表 3-8 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値（液状化検討対象層）

		敷地全体		防潮堤	
		旧表土	盛土	旧表土	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.94 (1.88) *	2.10 (1.90) *	敷地全体旧表土 と同値 (物理特性, 変形特性, 強度特性)	
	間隙率 n	0.437	0.363		
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	2.110×10^5	7.071×10^4		
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	1.0×10^3	1.0×10^3		
	ポアソン比 ν	0.40	0.40		
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.220	0.183		
強度特性	粘着力 c (N/mm ²)	0.08 (0.00) *	0.06 (0.10) *		
	内部摩擦角 ϕ (°)	26.2 (38.7) *	30.0 (33.9) *		
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)	28.0	28.0		28.0
	液状化パラメータ	S_1	0.005		0.005
		w_1	1.0	14.0	1.3
		p_1	1.4	1.0	1.2
		p_2	1.5	0.6	0.8
c_1		2.0	2.8	2.75	

* : 括弧内の数字は、地下水位以浅の値を表す。

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（非液状化層）

		D 級岩盤	改良地盤	セメント改良土	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	2.06 (1.95) *	2.10 (2.00) *	2.20	
	間隙率 n	0.349	0.00	0.00	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	2.000×10^5	1.94×10^6 (1.84×10^6)	1.67×10^6	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	1.0×10^3	1.0×10^3	1.0×10^3	
	ポアソン比 ν	第1速度層	0.48	0.35	0.36
		第2速度層	0.44(狐崎部層) 0.45(牧の浜部層)		
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.113	0.113	0.080	
強度特性	粘着力 c (N/mm ²)	0.10	1.39	0.65	
	内部摩擦角 ϕ (°)	24.0	22.1	44.3	

* : 括弧内の数字は、地下水位以浅の値を表す。

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（MMR及び置換工）

	物理特性	強度特性				変形特性			
	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	残留強度 τ (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	せん断剛性 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
MMR（既設） ($f'_{ck} = 15.6$ N/mm ²)	22.6	3.12	-*	1.43	-*	20590	8579	0.2	3
MMR（新設） ($f'_{ck} = 21.0$ N/mm ²)	22.5	4.20	-*	1.75	-*	23500	9792	0.2	3
置換工 ($f'_{ck} = 24.0$ N/mm ²)	22.56	4.80	-*	1.91	-*	25000	10417	0.2	3

*：内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

表 3-11 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）
（対象施設：原子炉建屋）

解析用物性値		根拠	
単位体積重量	γ	表層地盤	密度検層結果より設定
		底面地盤	密度検層結果に基づく平均値
せん断波速度	V_s	表層地盤	PS 検層結果と観測記録の分析より設定
		底面地盤	PS 検層結果に基づく平均値
初期せん断剛性	G_0	表層地盤	PS 検層結果に基づき算定
動的変形特性	$G/G_0 - \gamma$	表層地盤	原位置せん断試験結果及び繰返し三軸試験結果により算定
	$h - \gamma$		

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の設定根拠
（液状化検討対象層）

		敷地全体		防潮堤	
		旧表土	盛土	旧表土	
物理特性	密度 ρ	物理試験	物理試験	敷地全体旧表土と同値 (物理特性, 変形特性, 強度特性)	
	間隙率 n	物理試験	物理試験		
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma}	動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定		
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}'	G_{ma} に対応する値	G_{ma} に対応する値		
	ポアソン比 ν	慣用値*	慣用値*		
	減衰定数の上限値 h_{max}	動的変形特性に基づき設定	動的変形特性に基づき設定		
強度特性	粘着力 c	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験		
	内部摩擦角 ϕ				
液状化特性	変相角 ϕ_p	液状化強度試験 に基づく要素シミュレーション	液状化強度試験 に基づく要素シミュレーション	液状化強度試験 に基づく要素シミュレーション	
	液状化パラメータ				S_1
					w_1
					p_1
					p_2
c_1					

*：原子力発電所地質・地盤の調査試験法および地盤の耐震安定性の評価手法 報告書第4編 建屋基礎地盤の耐震安定性評価 例示編 昭和60年（社）土木学会 原子力土木委員会

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の設定根拠
(非液化化層)

			D 級岩盤	改良地盤	セメント改良土
物理特性	密度 ρ		物理試験	物理試験	物理試験
	間隙率 n		物理試験	間隙が小さいため0と設定	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{sm}		動の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_{sm}'		G_{sm} に対応する値	—	—
	ポアソン比 ν		PS検層	PS検層	PS検層
	減衰定数の上限値 h_{max}		動の変形特性に基づき設定	動の変形特性に基づき設定	動の変形特性に基づき設定
強度特性	粘着力 c		ロックせん断試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験
	内部摩擦角 ϕ				

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の設定根拠

(MMR及び置換工)

	物理特性	強度特性		変形特性			
	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	せん断剛性 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
MMR (既設) ($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	文献に基づき設定*1	文献に基づき設定*2 ($\tau_0=1/5f'_{ck}$)	文献に基づき設定*1 ($\sigma_t=0.23f'_{ck}{}^{2/3}$)	文献に基づき設定*1	ヤング係数とポアソン比の関係より算出	文献に基づき設定*1	岩盤と同じ値
MMR (新設) ($f'_{ck} = 21.0\text{N/mm}^2$)	文献に基づき設定*1	文献に基づき設定*2 ($\tau_0=1/5f'_{ck}$)	文献に基づき設定*1 ($\sigma_t=0.23f'_{ck}{}^{2/3}$)	文献に基づき設定*1	ヤング係数とポアソン比の関係より算出	文献に基づき設定*1	岩盤と同じ値
置換工 ($f'_{ck} = 24.0\text{N/mm}^2$)	文献に基づき設定*1	文献に基づき設定*2 ($\tau_0=1/5f'_{ck}$)	文献に基づき設定*1 ($\sigma_t=0.23f'_{ck}{}^{2/3}$)	文献に基づき設定*1	ヤング係数とポアソン比の関係より算出	文献に基づき設定*1	岩盤と同じ値

*1 : コンクリート標準示方書 構造性能照査編 土木学会 2002年

*2 : コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編 土木学会 2013年

4. 極限支持力

極限支持力は、対象施設の支持岩盤の支持力試験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（狐崎部層・牧の浜部層・改良地盤）の極限支持力

基礎地盤（狐崎部層・牧の浜部層・改良地盤）の極限支持力を表 4-1 に示す。

基礎地盤（狐崎部層・牧の浜部層・改良地盤）の極限支持力は、設置変更許可申請書（添付資料六）に示した支持力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）に示した支持力試験実施位置を図 4-1～図 4-3、支持力試験結果を図 4-4～図 4-6 に示す。

表 4-1 基礎地盤（狐崎部層・牧の浜部層・改良地盤）の極限支持力

基礎地盤	極限支持力 (N/mm ²)
狐崎部層	13.7
牧の浜部層	11.4
改良地盤	4.4

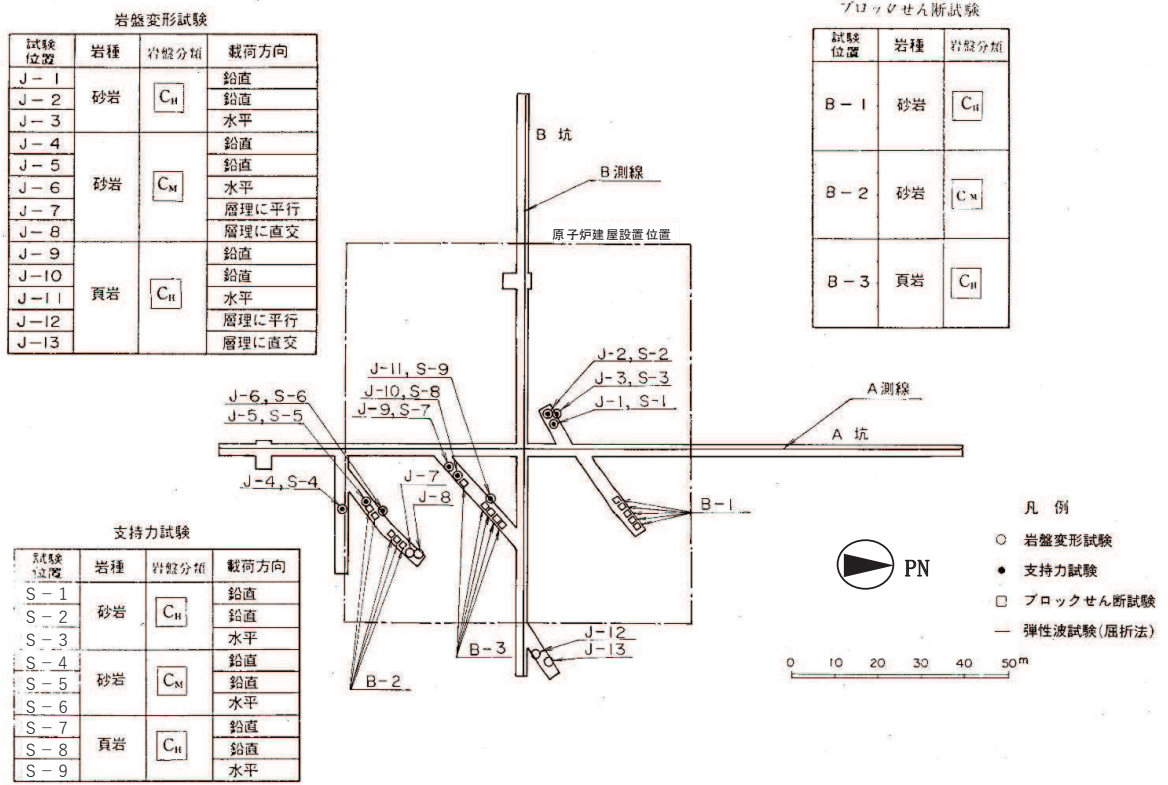


図 4-1 支持力試験実施位置(狐崎部層)

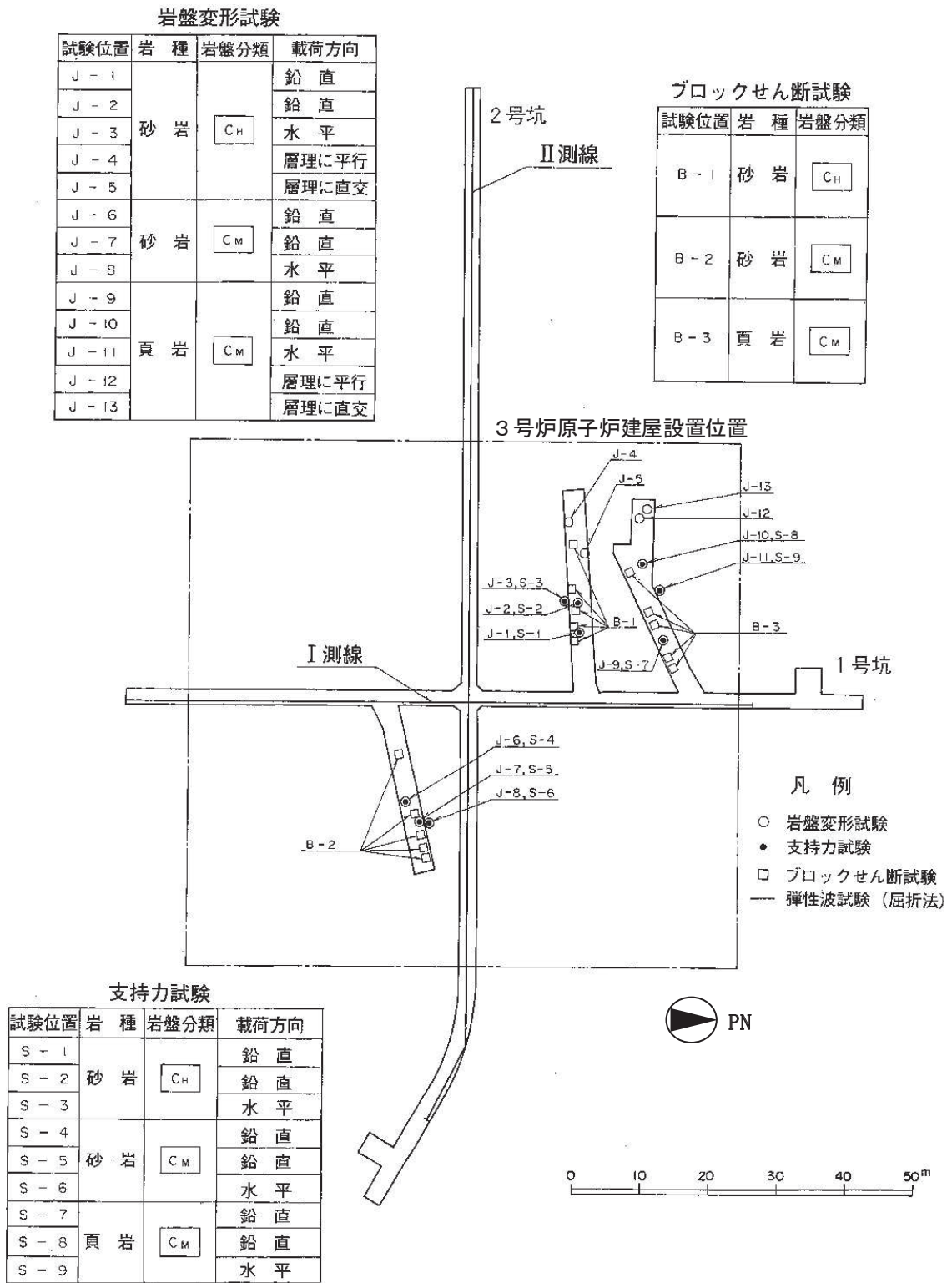


図 4-2 支持力試験実施位置 (牧の浜部層)

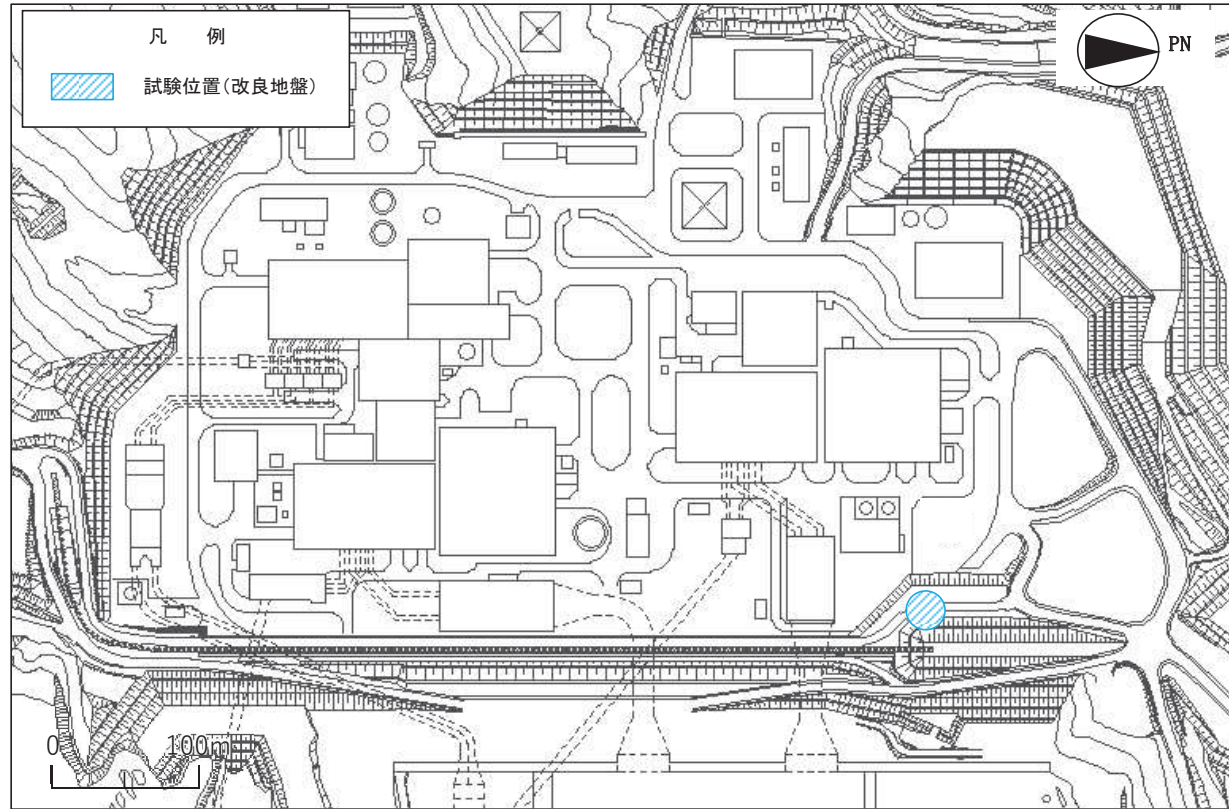


圖 4-3 支持力試驗實施位置(改良地盤)

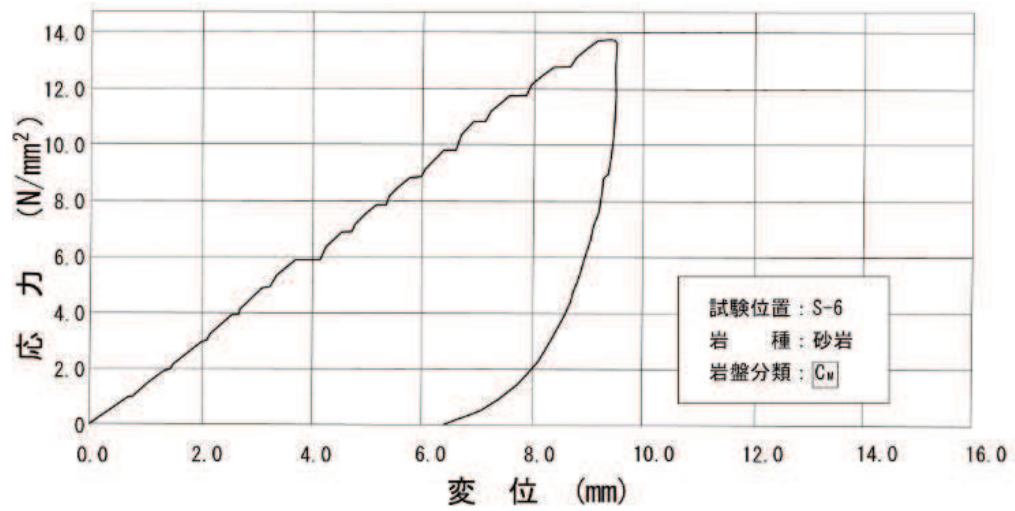
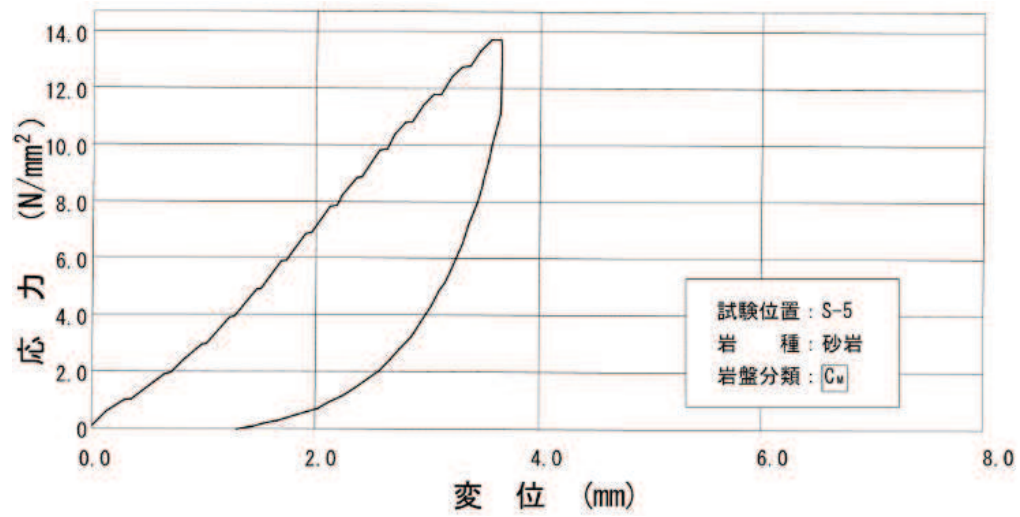
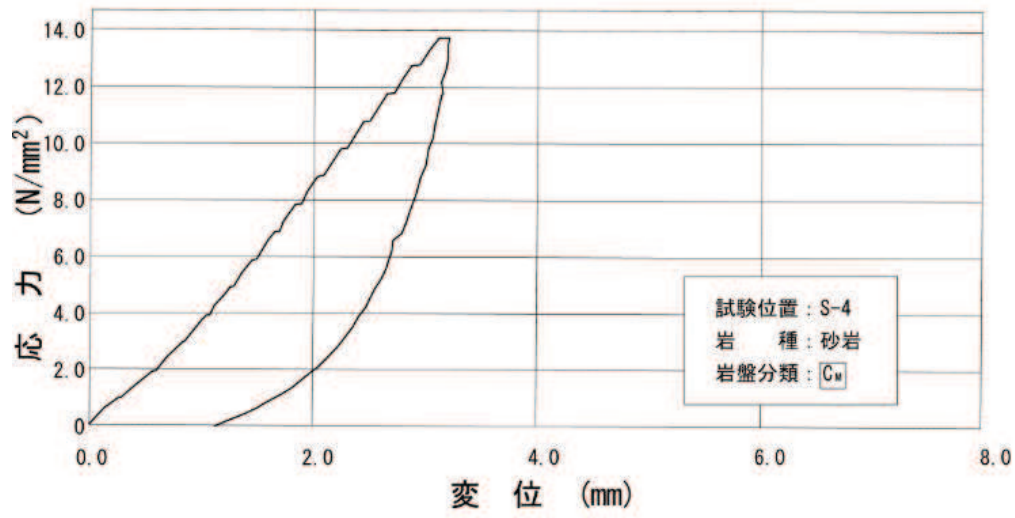


図 4-4 支持力試験結果 (狐崎部層)

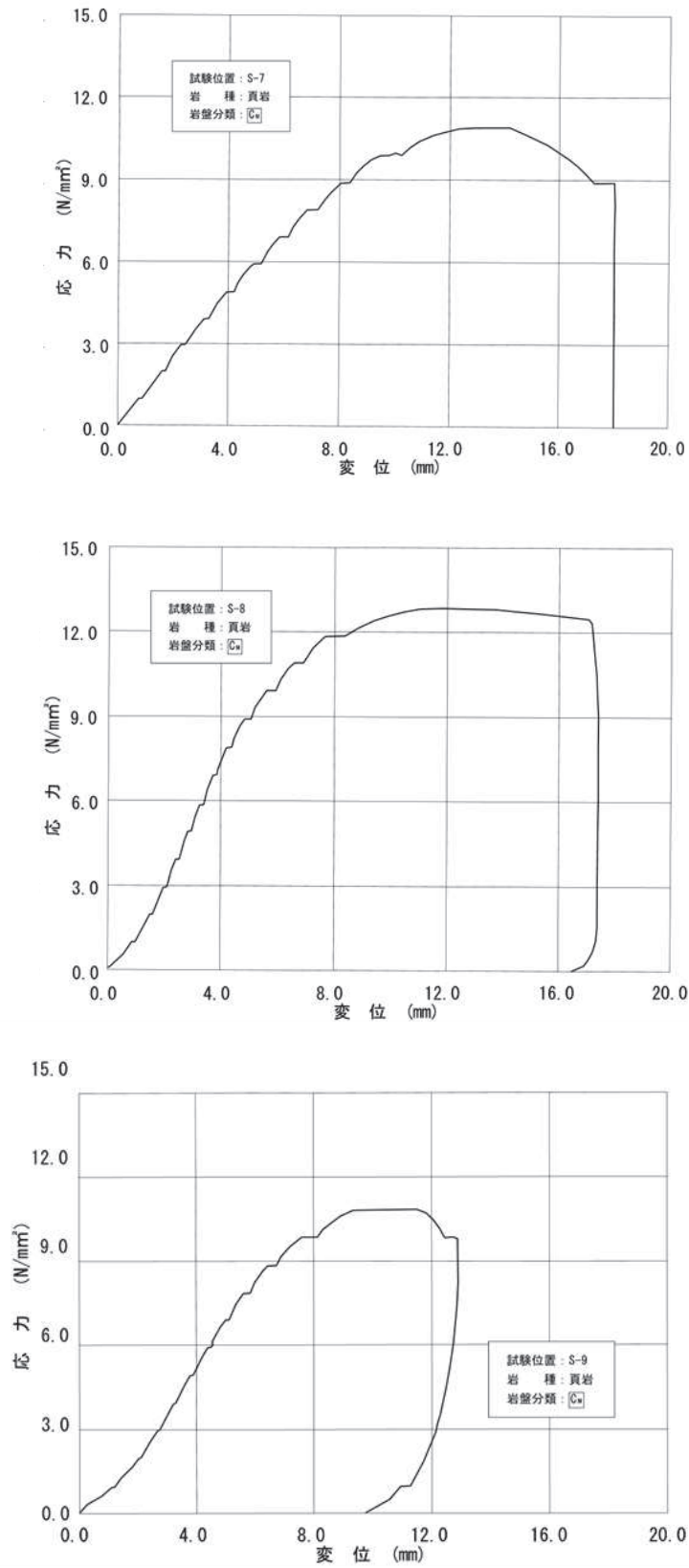


図 4-5 支持力試験結果 (牧の浜部層)

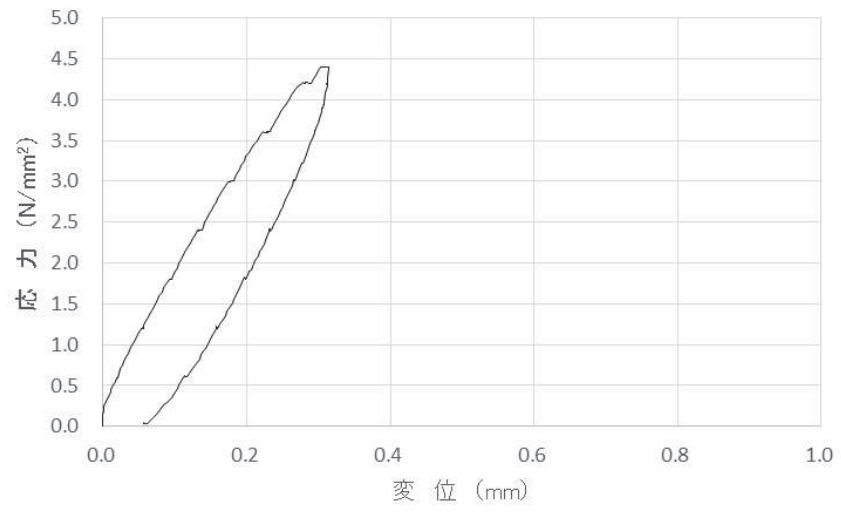


図 4-6 支持力試験結果 (改良地盤)

4.2 直接基礎の支持力算定式

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）

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

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， $q = \gamma_2 D_f$

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)

$$B_e = B - 2 e_B$$

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 杭基礎の支持力算定式

杭基礎の押込み力及び引抜き力に対する支持力評価において、液状化検討対象層である地下水位以深の盛土及び旧表土は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を基本とする。ただし、杭周面地盤に地下水位以浅の盛土及び旧表土、改良地盤、セメント改良土並びに岩盤がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

・道路橋示方書による極限支持力算定式

(杭基礎[中掘り工法])

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i$$

ここで、

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

q_d : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

A : 杭先端面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

5. 耐震評価における地下水位設定方針

5.1 基本方針

建物・構築物及び土木構造物は、地下水位低下設備*¹の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。なお、地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位*²より保守的に設定した水位又は地表面にて設計用地下水位を設定し、水圧の影響を考慮する。

注記*1:防潮堤下部の地盤改良等により地下水の流れが遮断され敷地内の地下水位が地表面付近まで上昇するおそれがあることを踏まえ、地下水位を一定の範囲に保持するため地下水位低下設備を設置する。

注記*2: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。O.P.+14.8m盤は浸透流解析の境界条件として地下水位低下設備の機能を考慮している一方、O.P.+14.8m盤以外の地下水位は地下水位低下設備の影響が含まれない。

耐震評価において参照する設計用地下水位の設定方法を表 5-1 に示す。

表 5-1 設計用地下水位の設定方法

エリア	施設等	設計用地下水位の設定方法	備考
0. P. +14. 8m 盤 エリア	<ul style="list-style-type: none"> ・建物・構築物 ・土木構造物 ・保管場所・アクセスルート*³ 	地下水位低下設備の機能を考慮した浸透流解析に基づき保守的に設定	地下水位低下設備のうち揚水井戸の水位も同様に設定
0. P. +62m 盤 エリア	<ul style="list-style-type: none"> ・建物・構築物 ・土木構造物 ・保管場所・アクセスルート 	地表面に設定	
0. P. +3. 5m 盤 エリア（防潮堤 より海側）	<ul style="list-style-type: none"> ・土木構造物 ・アクセスルート 	朔望平均満潮位	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・アクセスルート斜面 	自然水位より保守的に設定した水位* ⁴ 又は地表面に設定	

（■：地下水位低下設備の効果が及ぶ範囲）

注記*3： O.P.+14.8m盤のアクセスルート・保管場所は地下水位低下設備の機能喪失を考慮

*4：近傍に比較可能な観測水位のあるアクセスルート斜面は、地下水位低下設備の機能を考慮しない浸透流解析に基づき自然水位より保守的に設定（詳細は「VI-1-1-6-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」を参照）

浸透流解析を用いた O.P. +14.8m 盤の設計用地下水水位の設定フローを図 5-1 に示す。O.P. +14.8m 盤の設計用地下水水位の設定において参照する浸透流解析は、敷地及び構造物の配置等を適切に考慮するものとし、観測水位との比較（広域モデルを用いた非定常解析による）によりモデルの妥当性を確認した上で、水位を高めめに評価する条件設定を与えた予測解析（水位評価モデルを用いた定常解析による）を行う手順とし、得られた解析水位を包絡するよう設計用地下水水位を設定する。

解析水位の保守性は、解析に用いるパラメータ（透水係数）を保守的に設定、ドレーンの考慮範囲を信頼性が確保された範囲に限定（縮小）、並びに境界条件を保守的に設定すること等により確保する。

設計用地下水水位は、降雨条件の不確実性等もふまえ、十分な余裕を有することを確認する。また、設計用地下水水位を高めめに設定することを踏まえ、地下水水位が設計用地下水水位より低い場合の影響についても耐震評価において確認する。

なお、耐震評価における設計用地下水水位を設定した後は、観測水位による検証を行い、設計用地下水水位を上回る可能性のある事象が発生した場合は、設計用地下水水位の再検討を行う。

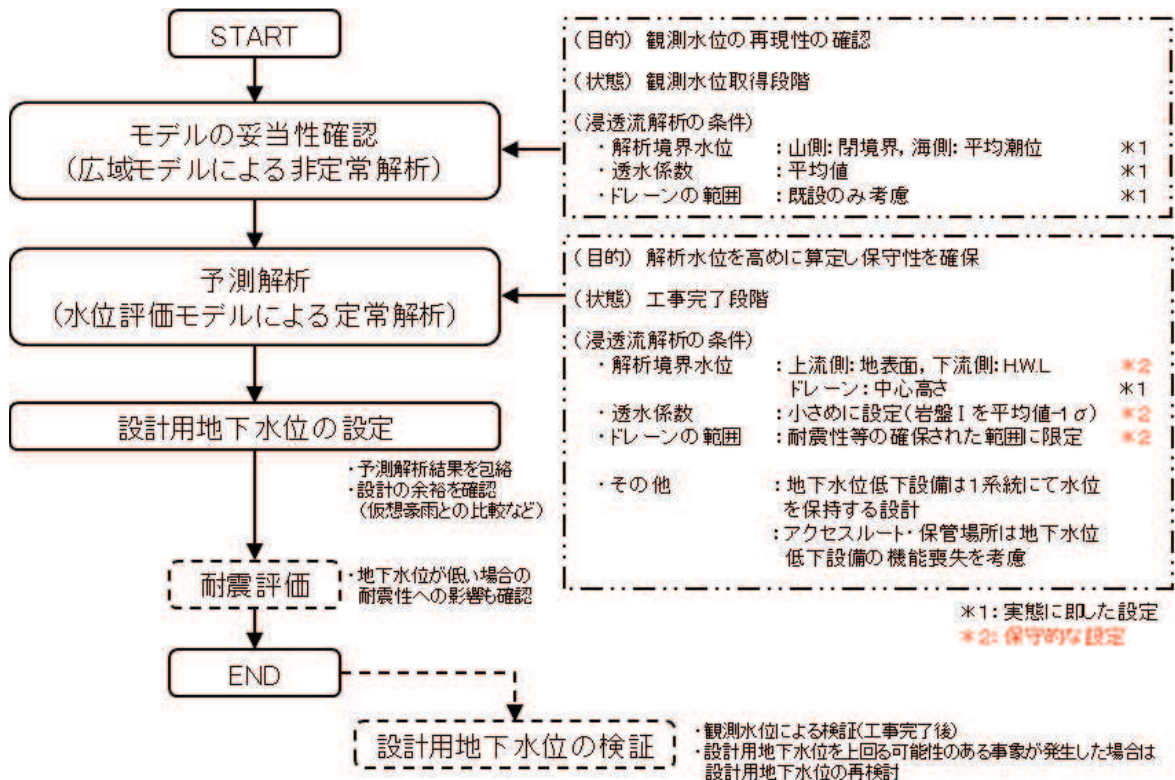


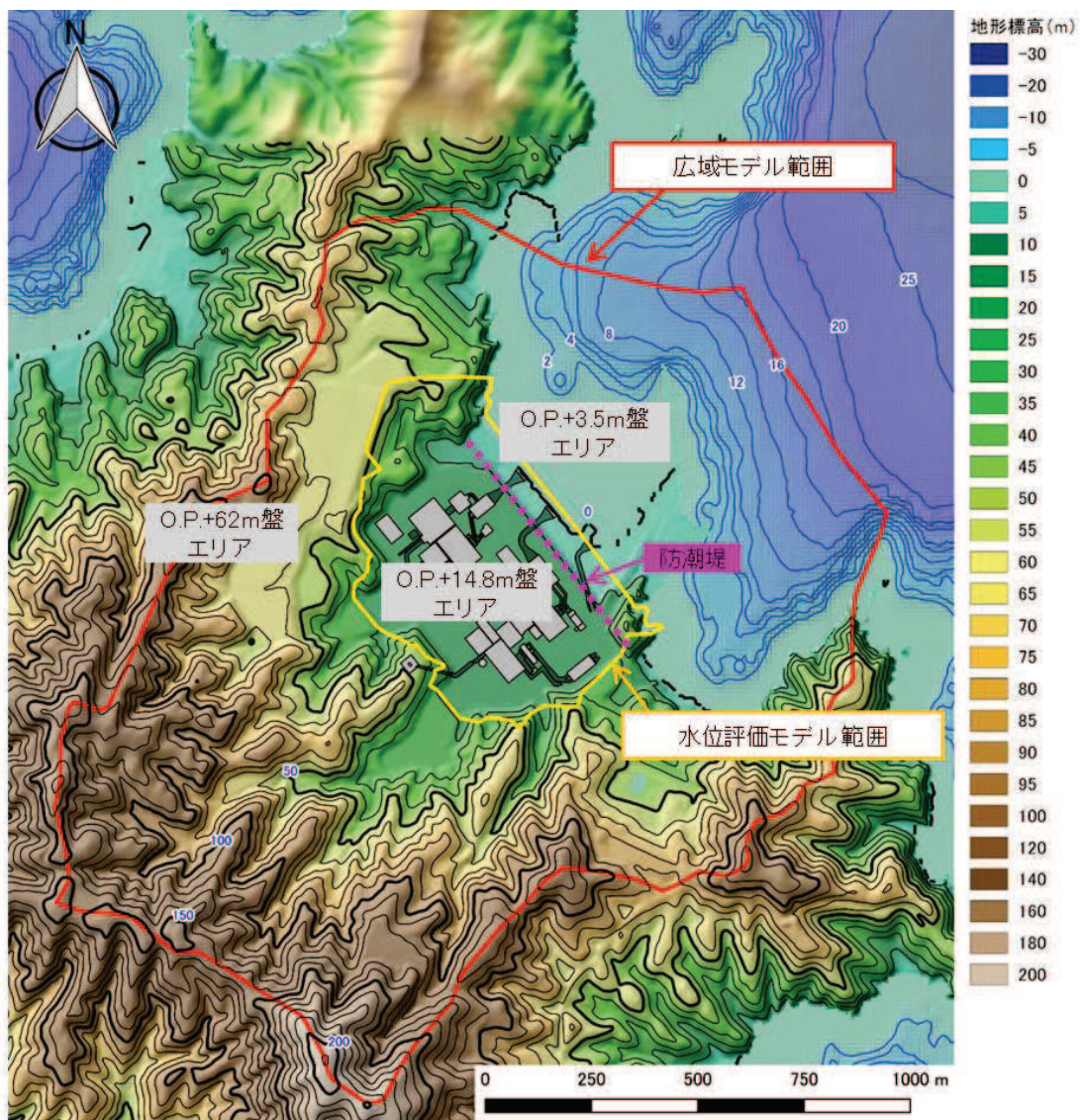
図 5-1 浸透流解析を用いた設計用地下水水位の設定フロー (O.P. +14.8m 盤)

5.2 浸透流解析

浸透流解析には、地表水と地下水の挙動を同時に取扱うことができる GETFLOWS (General purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator)バージョン:Ver. 6. 64. 0. 1, Ver. 6. 64. 0. 2 を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

O.P. +14. 8m 盤の水位設定において使用する各浸透流解析モデルの範囲は図 5-2 に示す通りであり、広域モデルは分水嶺までの範囲、水位評価モデルは O.P. +14. 8m 盤と周辺の法面までをモデル化している。

モデルの妥当性確認に用いる広域モデルの鳥瞰図を図 5-3 及び予測解析に用いる水位評価モデルの鳥瞰図を図 5-4 にそれぞれ示す。



注)本図はモデル化範囲を示したものであり地形や施設等は各浸透流解析モデルの目的に応じて設定する。

図 5-2 O.P. +14. 8m 盤の水位設定に用いる浸透流解析モデル範囲

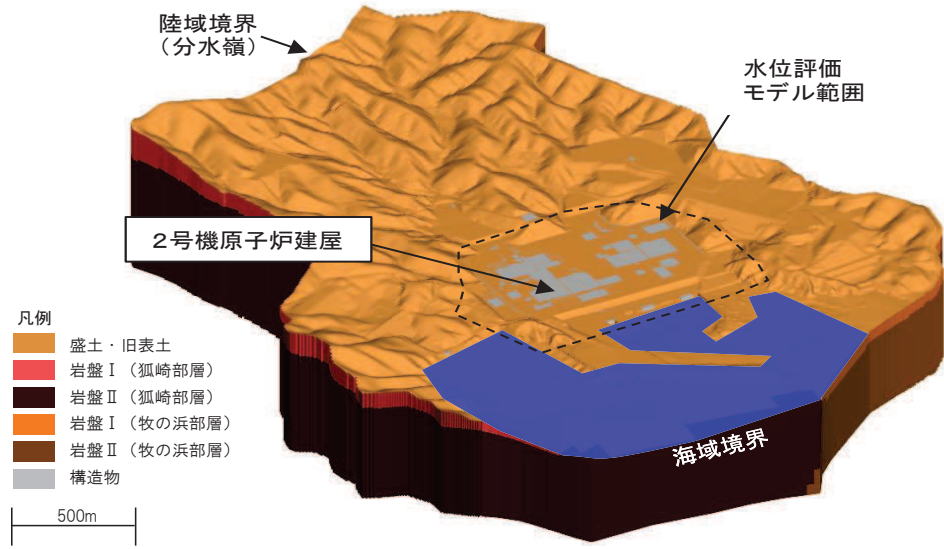


図 5-3 広域モデル鳥瞰図

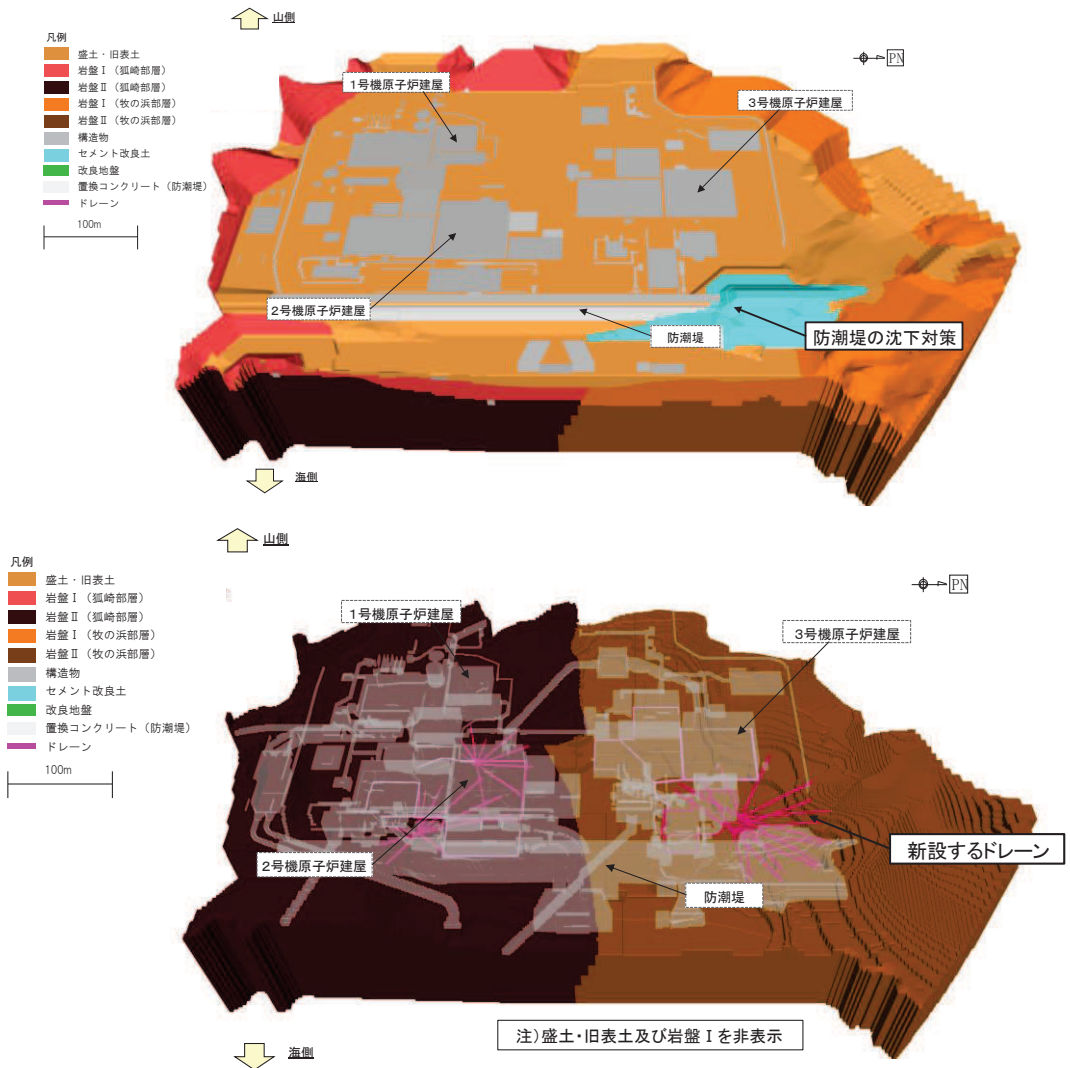


図 5-4 水位評価モデル鳥瞰図

モデルの妥当性確認に使用する広域モデルにおいては、検証期間（2006～2007年及び2013～2014年）に対応した地盤・構造物の配置をモデル化に反映し、試験データに基づき水理特性（透水係数）を設定した。透水係数の設定値と設定根拠を表5-2に示す。

表 5-2 透水係数の設定値と設定根拠（広域モデル）

地層	設定値 (m/s)	設定根拠	
盛土・旧表土	3.0×10^{-5}	クレーガー法*1（平均値）に基づき設定	
狐崎部層	岩盤Ⅰ	1.6×10^{-6}	試験結果の平均値に基づき設定
	岩盤Ⅱ	5.0×10^{-7}	
牧の浜部層	岩盤Ⅰ	1.1×10^{-6}	
	岩盤Ⅱ	1.0×10^{-7}	
セメント改良土・改良地盤	2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
透水層（砕石）	1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート構造物（MMR含む）	— （不透水）	—	

注記*1：粒度試験結果に基づく推定方法

予測解析に使用する水位評価モデルにおいては、揚圧力・地下水位が高めに評価されるよう、建屋に生じる揚圧力への影響が最も大きい地盤（地盤Ⅰ）の透水係数を試験結果の平均値-1σに設定した。透水係数の設定値と設定根拠を表5-3に示す。

表 5-3 透水係数の設定値と設定根拠（水位評価モデル）

地層	設定値 (m/s)	設定根拠	備考	
盛土・旧表土	3.0×10^{-5}	クレーガー法*1（平均値）に基づき設定	*3	
狐崎部層	岩盤Ⅰ	7.0×10^{-7}		試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定*2
	岩盤Ⅱ	5.0×10^{-7}		試験結果の平均値に基づき設定
牧の浜部層	岩盤Ⅰ	2.0×10^{-7}		試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定*2
	岩盤Ⅱ	1.0×10^{-7}		試験結果の平均値に基づき設定

注記*1：粒度試験結果に基づく推定方法

注記*2：試験結果に対して、建設時工事計画認可段階においてパラメータスタディを実施し、建屋揚圧力への影響が最も大きい物性として、岩盤Ⅰを平均値 - 1σ に設定。

注記*3：建設時工事計画認可段階と同値

予測解析において考慮するドレーンは、既設・新設を含めて耐久性・耐震性・保守管理性等の確保状況に応じて設定する。また、ドレーンの配置は、地下水位の上昇による耐震性への影響が図 5-5 のように段階的に生じることを踏まえて、建物・構築物へ作用する揚圧力影響に着目し設定しており、原子炉建屋・制御建屋エリア、第 3 号機海水熱交換器建屋*エリアのそれぞれにおいて、地下水位低下設備を 2 系統設置し、1 系統にて設計揚圧力を保持できるように設定している。

予測解析において考慮するドレーンの配置を図 5-6 に示す。

注記*：2 号機申請対象である「防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）」の支持構造物として耐震安全性を確保するため、地下水位低下設備を設置する。

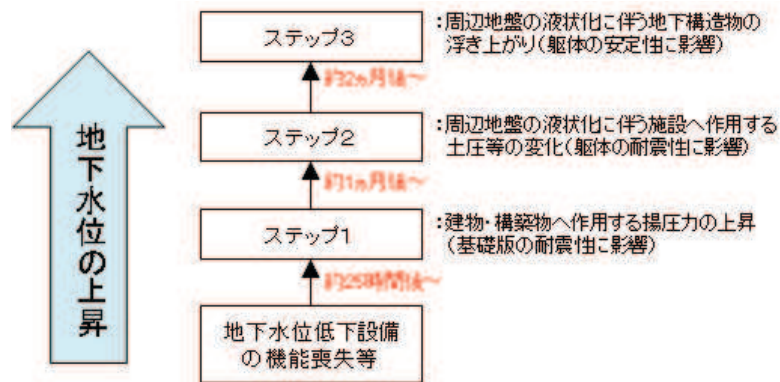


図 5-5 地下水位上昇による耐震性への影響

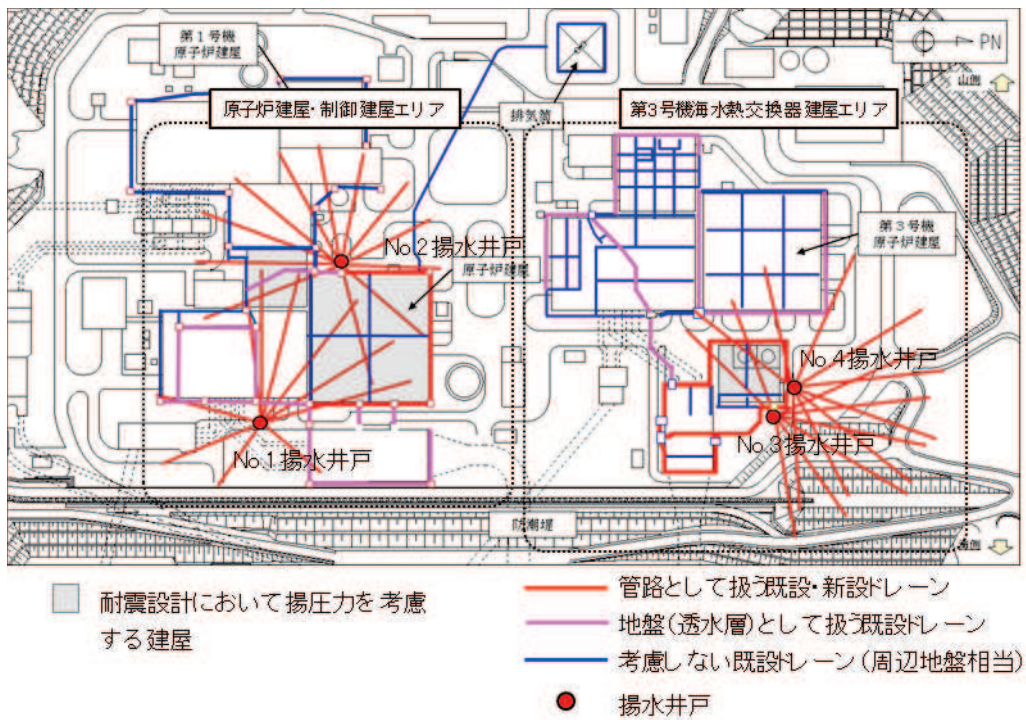
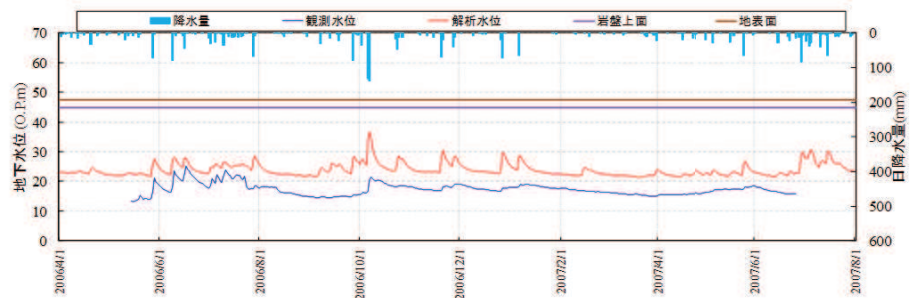
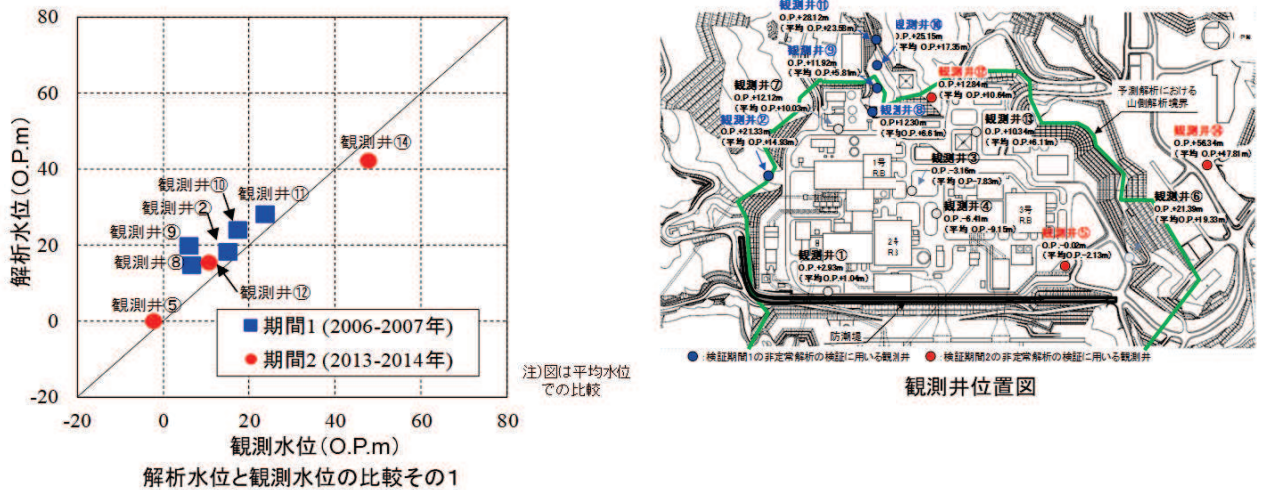


図 5-6 O.P.+14.8m 盤の予測解析において考慮するドレーンの配置

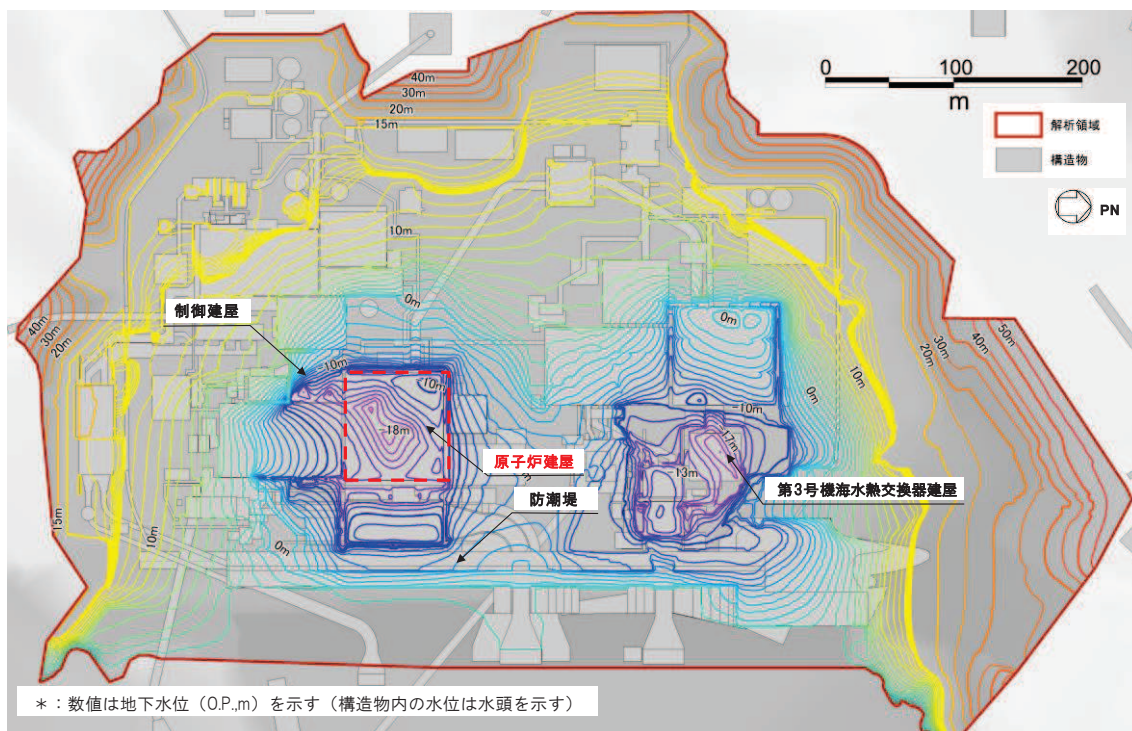
図 5-1 の浸透流解析フローに基づくモデルの妥当性確認結果は図 5-7 に示すとおりであり、解析水位は降雨及び観測水位と概ね連動していることを確認した。これを踏まえて実施した、予測解析結果を図 5-8 に示す。

設計用地下水位は、予測解析により得られた解析水位を包絡するよう、施設毎に設定する。

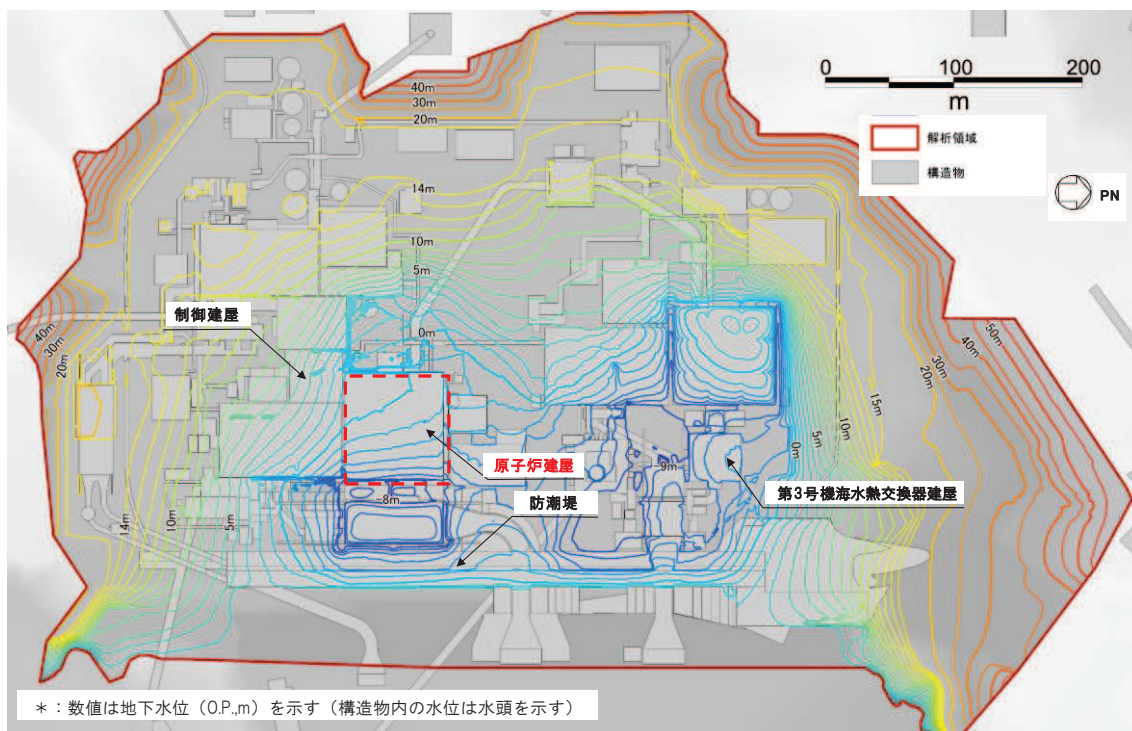


解析水位と観測水位の比較その2 (観測井⑩)

図 5-7 モデルの妥当性確認結果



(1) 建物・構築物，土木構築物の水位設定用



(補足) 地下水位分布は地下水位低下設備の機能喪失を仮定し、2ヵ月後の水位上昇を考慮したものであり、アクセスルートの評価における地中構築物の浮上り評価において参照する。
 詳細は「VI-1-1-6-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」を参照。

(2) 保管場所・アクセスルート評価用

図 5-8 予測解析結果 (O. P. +14. 8m)

5.3 建物・構築物の耐震評価における地下水位設定

建物・構築物の耐震評価における設計用地下水位の設定を表 5-4 に示す。

表 5-4 建物・構築物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称	建設時工事計画認可申請時の設計用地下水位・揚圧力	浸透流解析による地下水位・揚圧力	設計用地下水位・揚圧力	備考 1	備考 2 (関連図書)
原子炉建屋 (基礎底面0. P. -14. 1m)	29. 4kN/m ² *1	8. 4kN/m ² *1	29. 4kN/m ² *1		VI-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書
制御建屋 (基礎底面0. P. -1. 5m)	0. 0kN/m ² *1	4. 6kN/m ² *1	4. 9kN/m ² *1		VI-2-2-4 制御建屋の耐震性についての計算書
第 3 号機 海水熱交換器建屋 (基礎底面0. P. -12. 5m ~ 0. P. -16. 25m)	14. 7kN/m ² *1	4. 3kN/m ² *1	14. 7kN/m ² *1		VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書
排気筒 (基礎底面0. P. -4. 0m)	0. P. +5. 0m	0. P. +13. 8m	0. P. +14. 8m	地表面	VI-2-2-26 排気筒基礎の耐震性についての計算書
緊急時対策建屋 (基礎底面0. P. +45. 5m)	— *2	— (解析領域外)	0. P. +62. 0m	地表面	VI-2-2-24 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書
緊急用電気品建屋 (基礎底面0. P. +52. 9m)	— *2	— (解析領域外)	0. P. +62. 3m	地表面	VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書

* 1 : 建屋基礎底面に作用する平均揚圧力

* 2 : 建設時の工事計画認可申請対象

5.4 土木構造物の耐震評価における地下水位設定

土木構造物の耐震評価における設計用地下水位の設定を表 5-5 に示す。

表 5-5(1) 土木構造物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画認可時の設計用地下水位	予測解析による地下水位	設計用地下水位	備考 1	備考 2 (関連図書)
原子炉機器 冷却海水 配管ダクト	横断	O. P. -14. 20m	O. P. -14. 15m～ O. P. -5. 67m	O. P. -10. 50m～ O. P. -3. 50m		VI-2-2-12 原子炉機器冷却海水配管ダクトの耐震性についての計算書 VI-2-2-12-1 原子炉機器冷却海水配管ダクト (水平部) の耐震性についての計算書 VI-2-2-12-2 原子炉機器冷却海水配管ダクト (鉛直部) の耐震性についての計算書
排気筒連絡 ダクト	縦断	O. P. -8. 00m～ O. P. +4. 50m	O. P. -7. 14m～ O. P. +13. 44m	O. P. +5. 73m～ O. P. +14. 80m		VI-2-2-28 排気筒連絡ダクトの耐震性についての計算書
	横断 (断面①)	O. P. -8. 00m	O. P. -7. 17m～ O. P. -3. 98m	O. P. +5. 73m		
	横断 (断面②)	O. P. -8. 00m	O. P. -3. 28m～ O. P. -1. 49m	O. P. +5. 80m		
	横断 (断面③)	O. P. -8. 00m	O. P. -2. 50m～ O. P. -0. 53m	O. P. +5. 80m		
	横断 (断面⑤)	O. P. -1. 69m	O. P. +1. 10m～ O. P. +7. 97m	O. P. +8. 19m～ O. P. +9. 00m		
	横断 (断面⑦)	O. P. +0. 22m	O. P. +5. 36m～ O. P. +10. 74m	O. P. +10. 10m～ O. P. +12. 00m		
軽油タンク連絡ダクト	—*	O. P. -5. 82m～ O. P. +2. 17m	O. P. -3. 00m～ O. P. +3. 00m		VI-2-2-20 軽油タンク連絡ダクトの耐震性についての計算書	

注記* : 建設時工事計画認可申請対象外

表 5-5(2) 土木構造物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画認可時の設計用地下水位	予測解析による地下水位	設計用地下水位	備考 1	備考 2 (関連図書)
取水路	縦断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -11. 60m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -4. 53m～ 0. P. +2. 43m		VI-2-10-4-4 取水路の耐震性についての計算書 VI-2-10-4-4-1 取水路（漸拡部）の耐震性についての計算書 VI-2-10-4-4-2 取水路（標準部）の耐震性についての計算書
	横断 (標準部①)	0. P. +2. 43m	0. P. +1. 93m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (標準部②)	0. P. +2. 43m	0. P. +0. 30m～ 0. P. +2. 16m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (標準部③ (防潮堤横断部))	0. P. +2. 43m	0. P. -4. 89m～ 0. P. -2. 26m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (標準部④ (防潮堤横断部))	0. P. +2. 43m	0. P. -6. 22m～ 0. P. -3. 17m	0. P. -1. 00m		
	曲がり部 南北	0. P. +2. 43m	0. P. -9. 57m～ 0. P. -3. 89m	0. P. -1. 01m		
	曲がり部 東西	—*	0. P. -7. 32m～ 0. P. +2. 26m	0. P. -1. 03m～ 0. P. +2. 43m		
	漸拡部 東西	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -14. 13m～ 0. P. +2. 17m	0. P. -4. 53m～ 0. P. +2. 43m		

表 5-5(3) 土木構造物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画認可時の設計用地下水位	予測解析による地下水位	設計用地下水位	備考 1	備考 2 (関連図書)
海水ポンプ室	縦断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +8. 83m	0. P. -12. 64m～ 0. P. +12. 82m	0. P. -8. 50m～ 0. P. +14. 00m		VI-2-2-8 海水ポンプ室の耐震性についての計算書 "
	横断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -14. 13m～ 0. P. +2. 24m	0. P. -8. 50m～ 0. P. +2. 43m		
軽油タンク室	南北	—*	0. P. -14. 29m～ 0. P. -3. 72m	0. P. -3. 00m		VI-2-2-14 軽油タンク室の耐震性についての計算書
	東西	—*	0. P. -5. 82m～ 0. P. +5. 20m	0. P. -3. 00m～ 0. P. +6. 50m		
軽油タンク室(H)	南北	—*	0. P. -12. 80m～ 0. P. -3. 72m	0. P. -3. 00m		VI-2-2-16 軽油タンク室 (H) の耐震性についての計算書
	東西	—*	0. P. -5. 82m～ 0. P. +5. 20m	0. P. -3. 00m～ 0. P. +6. 50m		
取水口(貯留堰)	南北(標準部)	0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	VI-2-10-4-3 取水口の耐震性についての計算書
	南北(漸縮部)	0. P. +2. 43m	0. P. +2. 31m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	VI-3-別添 3-2-4 貯留堰の強度計算書
復水貯蔵タンク基礎	南北	0. P. +2. 00m～ 0. P. +9. 50m	0. P. -14. 29m～ 0. P. -3. 72m	0. P. -3. 00m		VI-2-2-6 復水貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書
	東西	0. P. -6. 00m	0. P. -5. 82m～ 0. P. +2. 17m	0. P. -3. 00m ～0. P. +3. 00m		
ガスタービン発電設備 軽油タンク室	南北	—*	— (解析領域外)	0. P. +62. 30m	地表面	VI-2-2-18 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震性についての計算書
	東西	—*	— (解析領域外)	0. P. +62. 30m	地表面	

注記* : 建設時工事計画認可申請対象外

表 5-5(4) 土木構造物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画 認可時の設計用 地下水位	予測解析による 地下水位	設計用 地下水位	備考 1	備考 2 (関連図書)
防潮堤 (鋼管式 鉛直壁)	横断 (岩盤部①)	—*	0. P. +14. 80m	0. P. +3. 50m～ 0. P. +19. 50m		VI-3-別添3-2-1 防潮堤の強度計算書 VI-3-別添3-2-1-1 防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の強度計算書
	横断 (岩盤部②)	—*	0. P. +5. 88m～ 0. P. +9. 65m	0. P. +6. 00m～ 0. P. +18. 00m		
	横断 (一般部①)	—*	0. P. -14. 20m～ 0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (一般部②)	—*	0. P. -8. 21m～ 0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (一般部③)	—*	0. P. -15. 34m～ 0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	朔望平均満潮位	
	横断 (一般部④)	—*	0. P. -11. 13m～ 0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m～ 0. P. +14. 80m		
	RC 遮水壁	—*	— (解析領域外)	0. P. +30. 0m	地表面	
防潮堤 (盛土堤防)	横断①	—*	0. P. -2. 47m～ 0. P. +2. 54m	0. P. +2. 43m～ 0. P. +14. 80m		VI-3-別添3-2-1-2 防潮堤 (盛土堤防) の強度計算書
防潮壁	第 2 号機 海水ポンプ室	—*	0. P. -14. 00m～ 0. P. -4. 25m	0. P. -11. 50m ～0. P. -3. 00m		VI-3-別添3-2-2 防潮壁の強度計算書 VI-3-別添3-2-2-1 杭基礎構造防潮壁鋼製遮水壁 (鋼板) の強度計算書 VI-3-別添3-2-2-2 杭基礎構造防潮壁鋼製遮水壁 (鋼桁) の強度計算書 VI-3-別添3-2-2-3 杭基礎構造防潮壁鋼製扉の強度計算書 VI-3-別添3-2-2-4 防潮壁 (第3号機海水熱交換器建屋) の強度計算書
	第 2 号機 放水立坑	—*	0. P. +1. 22m～ 0. P. +11. 14m	0. P. +4. 50m～ 0. P. +12. 50m		
	第 3 号機 海水ポンプ室	—*	0. P. -15. 59m～ 0. P. -8. 51m	0. P. -10. 00m ～0. P. -6. 50m		
	第 3 号機 放水立坑	—*	0. P. -10. 15m～ 0. P. -4. 34m	0. P. -9. 00m～ 0. P. +5. 00m		

注記* : 建設時工事計画認可申請対象外

表 5-6(5) 土木構造物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画認可時の設計用地下水位	予測解析による地下水位	設計用地下水位	備考 1	備考 2 (関連図書)
取放水路流路縮小工	第 1 号機取水路	—*	0. P. +11. 54m～ 0. P. +17. 18m	0. P. +14. 80m～ 0. P. +19. 50m	地表面	VI-3-別添3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書 VI-3-別添3-2-3-1 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）の強度計算書
	第 1 号機放水路	—*	0. P. +13. 75m～ 0. P. +14. 80m	0. P. +14. 80m	地表面	VI-3-別添3-2-3-2 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の強度計算書
第 3 号機海水ポンプ室	縦断	0. P. -12. 53m～ 0. P. +1. 24m	0. P. -13. 77m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -12. 00m～ 0. P. +2. 43m		VI-2-2-10 第3号機海水ポンプ室の耐震性についての計算書
	横断	0. P. -12. 79m～ 0. P. +1. 60m	0. P. -13. 14m～ 0. P. -4. 77m	0. P. -12. 00m～ 0. P. -2. 51m		
揚水井戸（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁区画内）	南北	—*	0. P. -14. 50m～ 0. P. -8. 86m	0. P. -12. 50m～ 0. P. -7. 00m		VI-3-別添3-2-7-5 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の強度計算書
	東西	—*	0. P. -13. 58m～ 0. P. -7. 77m	0. P. -12. 50m～ 0. P. -4. 50m		VI-2-10-2-8-3 浸水防止蓋（揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内））の耐震性についての計算書
第 3 号機補機冷却海水系放水ピット		—*	0. P. -14. 86m～ 0. P. -5. 06m	0. P. -14. 00m～ 0. P. -5. 00m		VI-3-別添3-2-7-2 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書 VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書
屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）		—*	0. P. +5. 84m～ 0. P. +7. 65m	0. P. +6. 00m～ 0. P. +18. 00m		VI-3-別添3-2-5-1 屋外排水路逆流防止設備の強度計算書 VI-3-別添3-2-5-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の強度計算書 VI-2-10-2-6-1 屋外排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書 VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書

注記*：建設時工事計画認可申請対象外

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，盛土及び旧表土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～図 6-5 に示す。

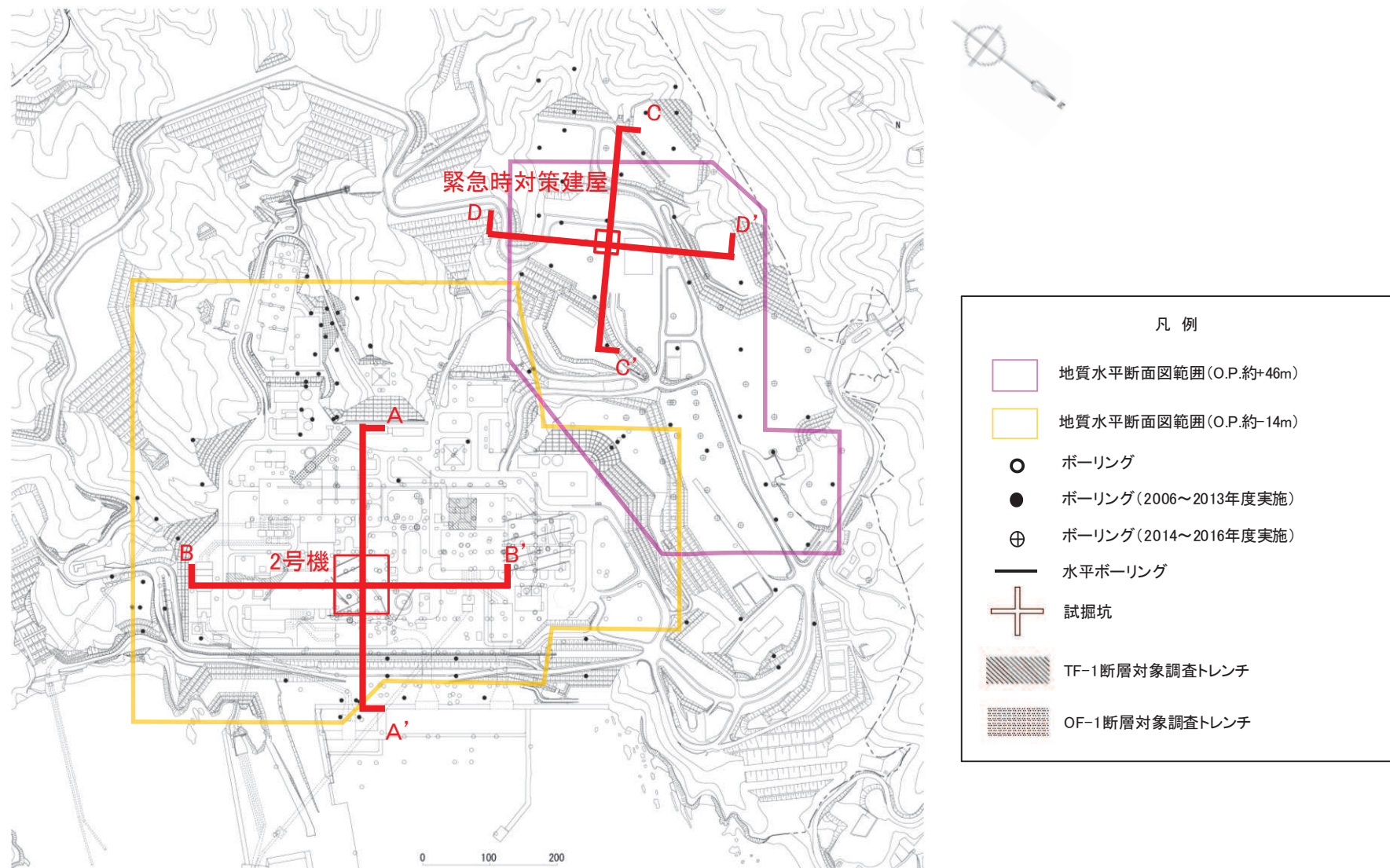


図 6-1 ボーリング調査位置図

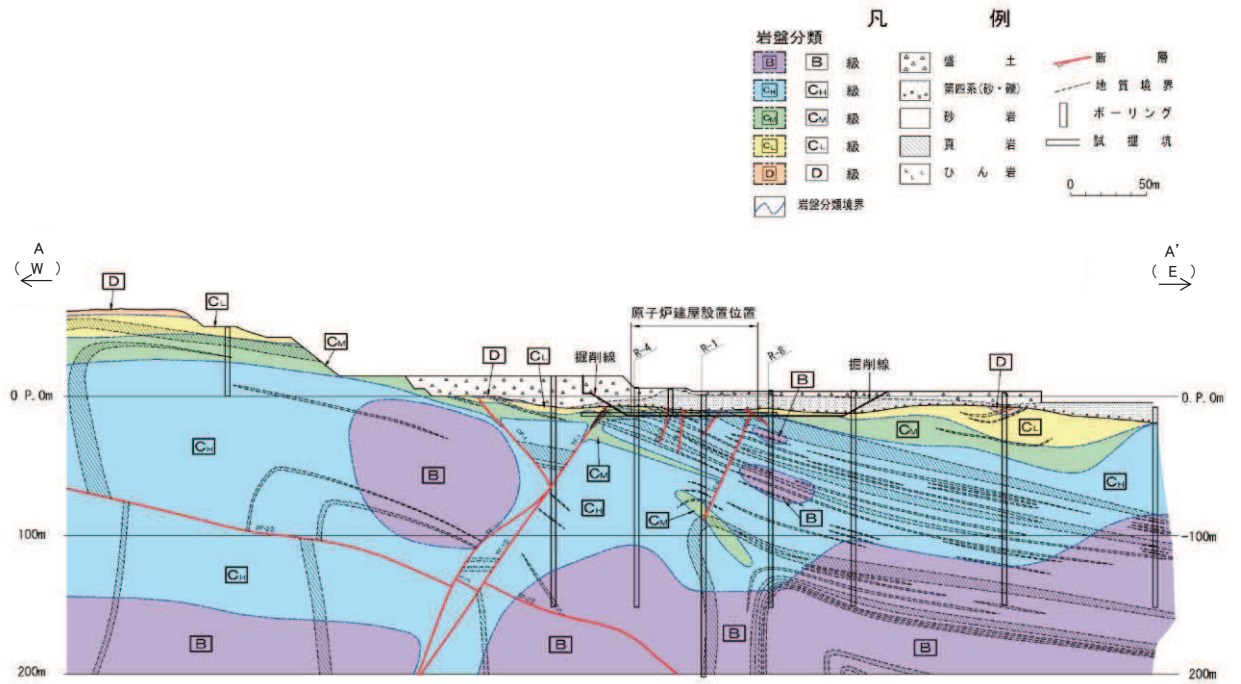


図 6-2 地質断面図 (第 2 号機原子炉建屋中央, 東西方向) (A-A' 断面)

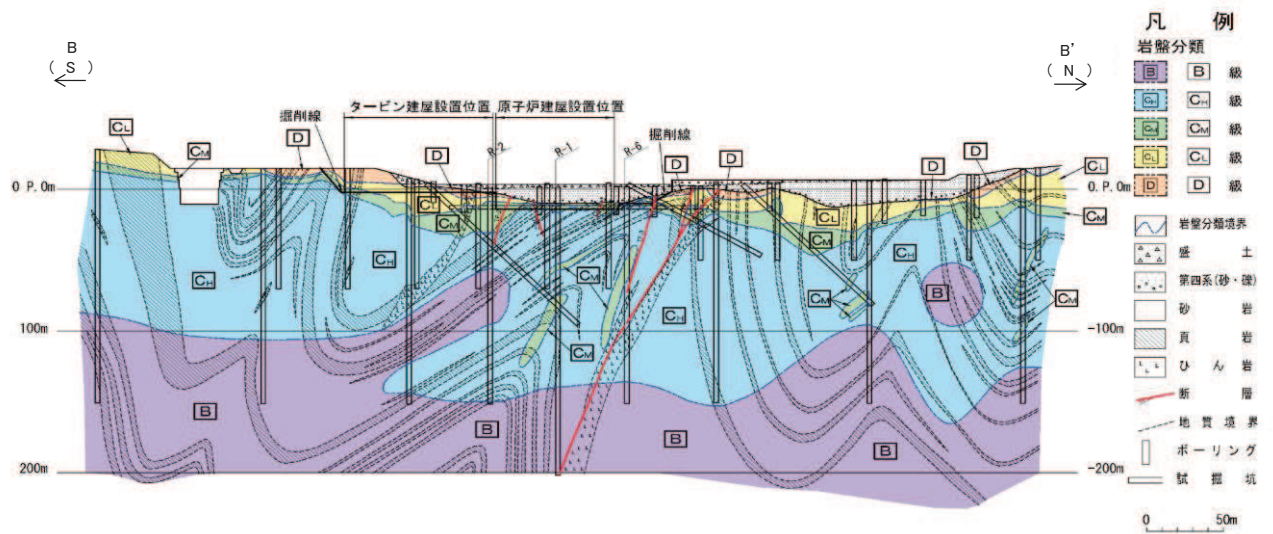


図 6-3 地質断面図 (第 2 号機原子炉建屋中央, 南北方向) (B-B' 断面)

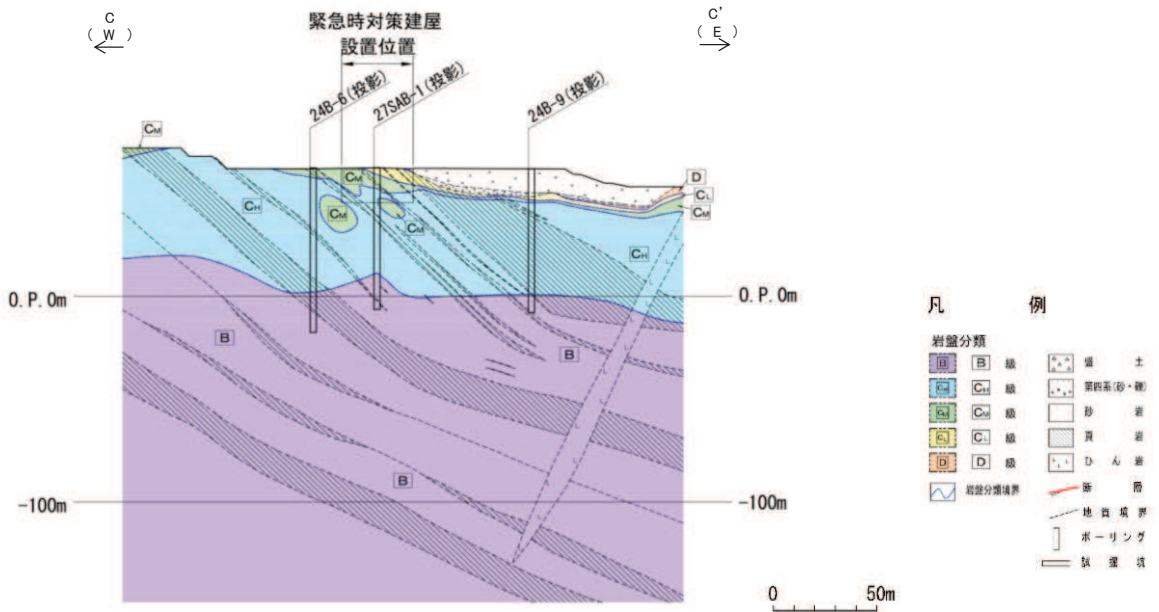


図 6-4 地質断面図（緊急時対策建屋，東西方向）（C-C' 断面）

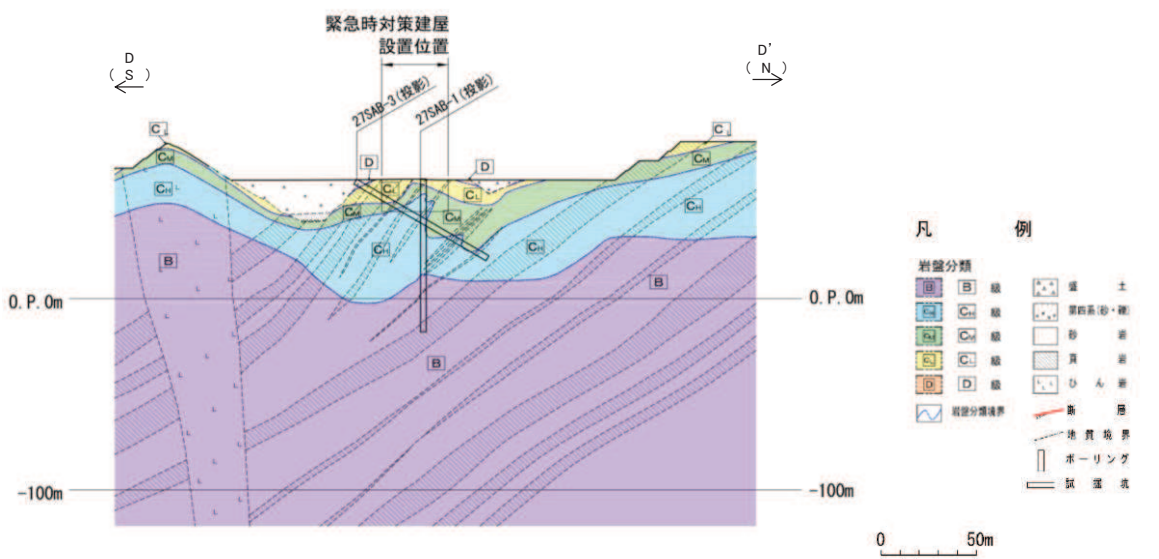


図 6-5 地質断面図（緊急時対策建屋，南北方向）（D-D' 断面）

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(0.P.-14.1m)から、0.P.-200mまでの岩盤(狐崎部層又は牧の浜部層)をモデル化する。地下構造モデルの概要を表7-1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

地層	狐崎部層		牧の浜部層	
標高	解放基盤表面～0.P.-200m		解放基盤表面～0.P.-200m	
P波速度 V_p (m/s)	0.P.-14.1m ～ -25.0m	3,420	0.P.-14.1m ～ -27.0m	3,380
	0.P.-25.0m ～ -80.0m	4,700	0.P.-27.0m ～ -50.0m	4,380
	0.P.-80.0m ～ -200.0m	5,130	0.P.-50.0m ～ -200.0m	5,060
S波速度 V_s (m/s)	0.P.-14.1m ～ -25.0m	1,300	0.P.-14.1m ～ -27.0m	1,360
	0.P.-25.0m ～ -80.0m	2,150	0.P.-27.0m ～ -50.0m	2,040
	0.P.-80.0m ～ -200.0m	2,440	0.P.-50.0m ～ -200.0m	2,520
動ポアソン比 ν_d	0.P.-14.1m ～ -25.0m	0.42	0.P.-14.1m ～ -27.0m	0.40
	0.P.-25.0m ～ -80.0m	0.37	0.P.-27.0m ～ -50.0m	0.36
	0.P.-80.0m ～ -200.0m	0.35	0.P.-50.0m ～ -200.0m	0.34
単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	0.P.-14.1m ～ -25.0m	23.8	0.P.-14.1m ～ -27.0m	26.1
	0.P.-25.0m ～ -80.0m	24.6	0.P.-27.0m ～ -50.0m	26.4
	0.P.-80.0m ～ -200.0m	25.0	0.P.-50.0m ～ -200.0m	26.5
減衰定数 h (%)	0.P.-14.1m ～ -25.0m	3	0.P.-14.1m ～ -27.0m	3
	0.P.-25.0m ～ -80.0m			
	0.P.-80.0m ～ -200.0m			

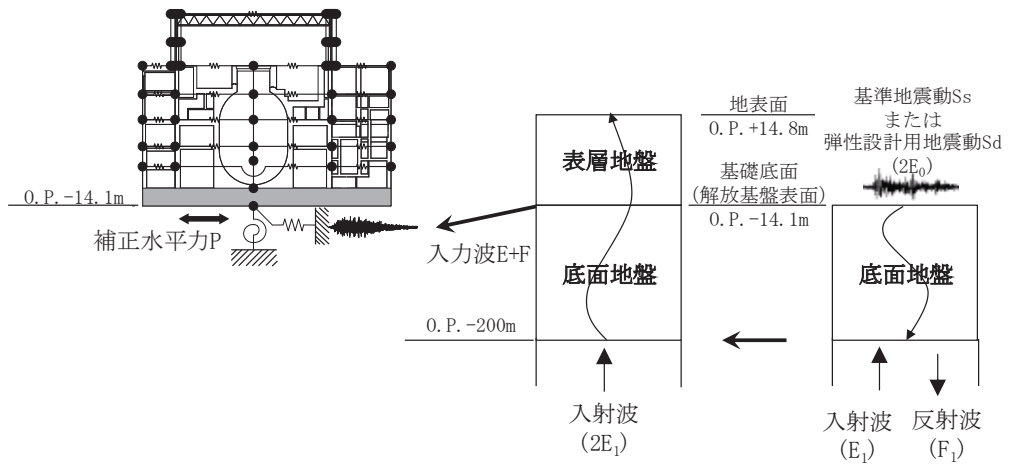


図 7-1 入力地震動算定の概念図 (建物・構築物)

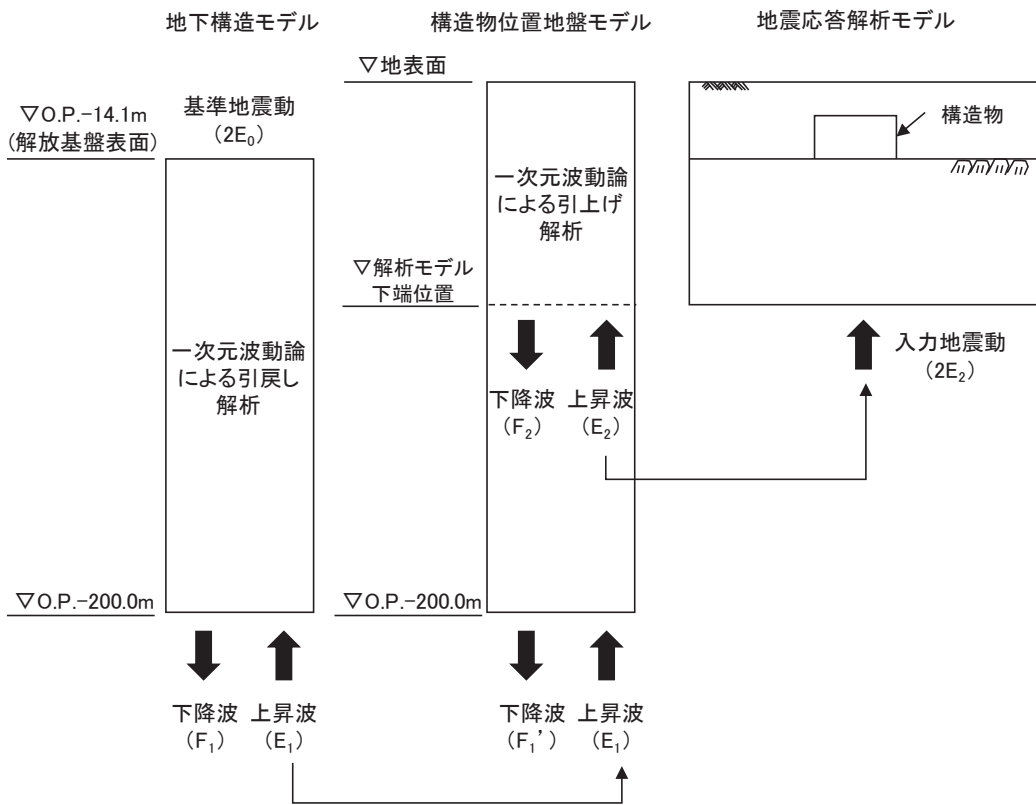


図 7-2 入力地震動算定の概念図 (土木構築物)

7.2 地震応答解析に用いる解析モデル

原子炉建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルは、原子炉建屋の直下における地盤調査結果及び既往の地震観測記録の分析に基づいて設定する。原子炉建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値は「3.2.1 全応力解析に用いる解析用物性値」に示すとおりである。

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」、「3.2.2 有効応力解析に用いる解析用物性値」及び「3.2.3 その他の解析用物性値」に示すとおりである。

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 液状化強度試験箇所へ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」は設置変更許可段階での液状化強度試験結果に基づき保守的に下限値として設定しているが，設計及び工事の計画の認可申請に当たって，液状化検討対象層である盛土の液状化強度試験結果の代表性向上を目的とし，追加液状化強度試験を実施した。設置変更許可段階での液状化強度試験箇所及び追加液状化強度試験箇所の平面配置を図 8-1 に示す。

液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性については，旧表土に対して粒度分布，細粒分含有率及び N 値，盛土に対して粒度分布，細粒分含有率及び相対密度を指標に，液状化強度試験箇所と敷地全体を比較することにより確認する。なお，盛土の追加試験は設置変更許可段階以降に実施していることから，設置変更許可段階で示した代表性及び網羅性に変更がないことを確認する。

旧表土については，設置変更許可段階から変更はなく，図 8-2 に示すとおり，粒度分布，細粒分含有率及び N 値はおおむね敷地全体の平均的な範囲にあり，代表性及び網羅性があることを確認している。また，盛土については，設置変更許可段階以降に追加試験を実施していることから，追加試験を含めた代表性及び網羅性の結果を図 8-3 に示す。図 8-3 から，盛土の追加試験結果は，粒度分布，細粒分含有率，N 値及び相対密度がおおむね敷地全体の平均的な範囲にあることから，代表性及び網羅性があることを確認した。

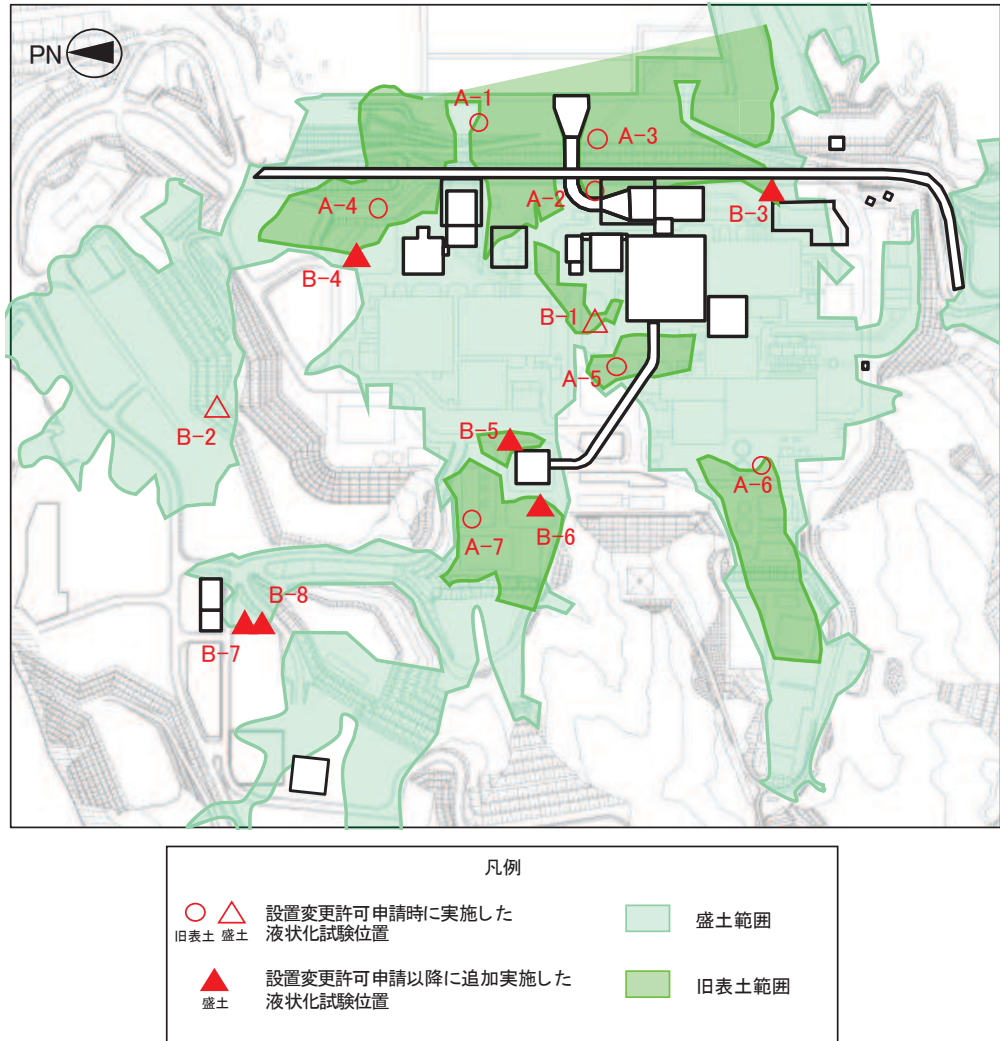


図 8-1 液状化強度試験箇所の平面配置

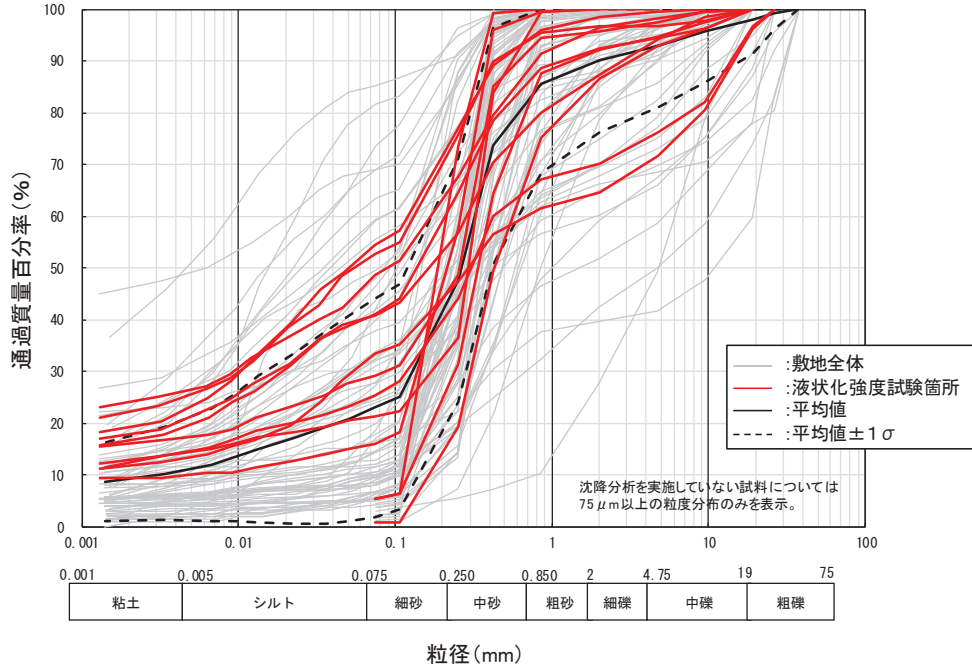


図 8-2(1) 旧表土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果 (粒度分布)

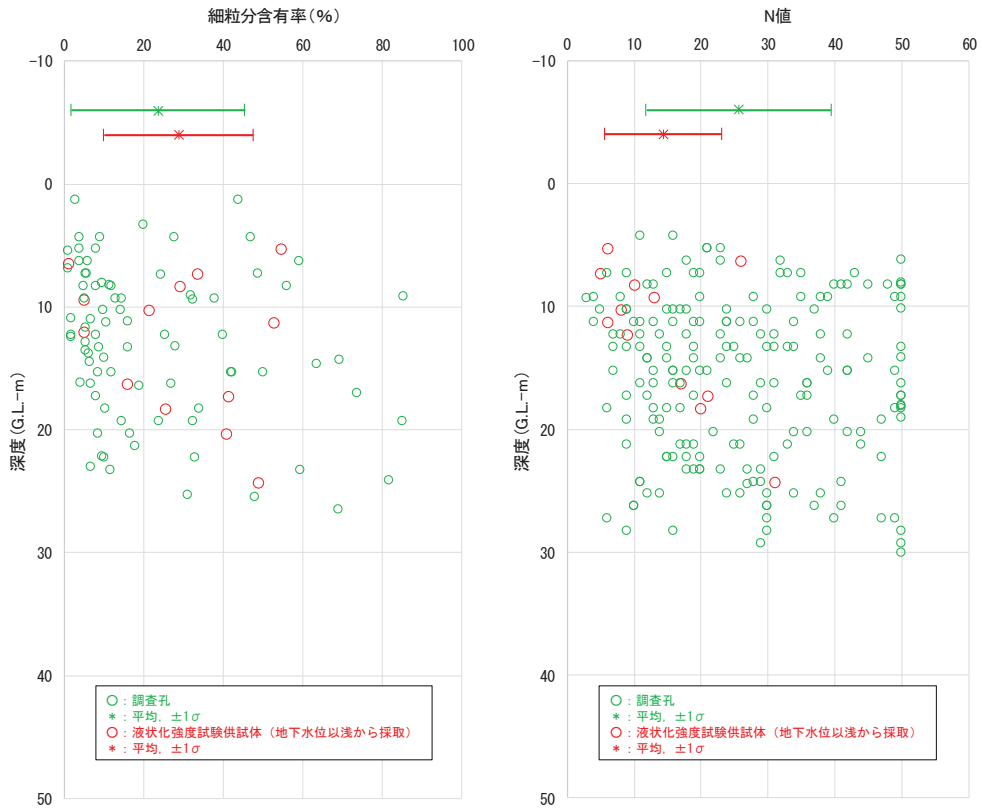


図 8-2(2) 旧表土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果 (細粒分含有率 F_c 及び N 値)

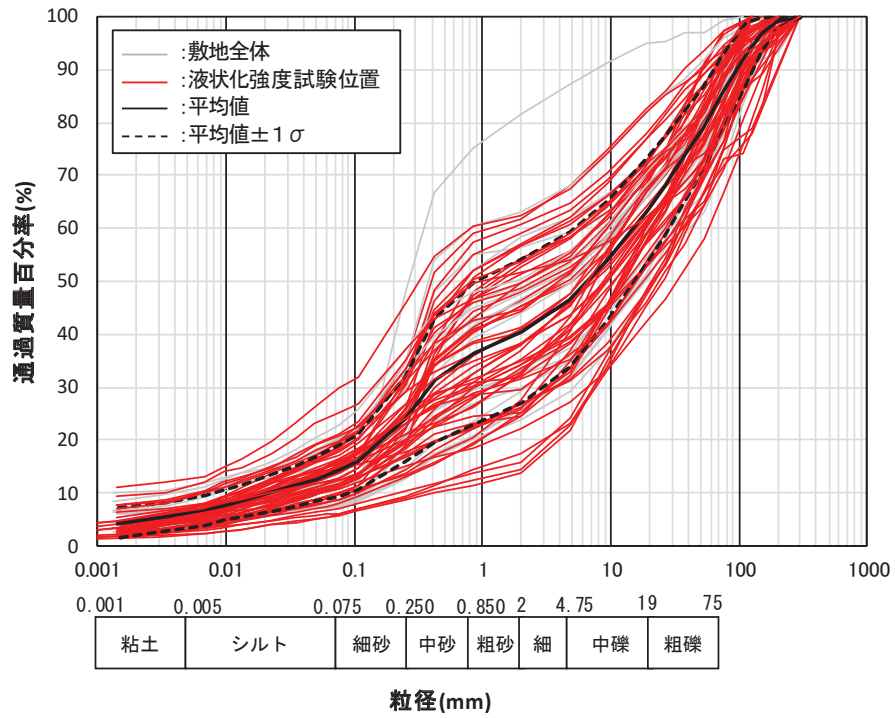


図 8-3(1) 盛土の液状化強度試験箇所の子表性及び網羅性確認結果 (粒度分布)

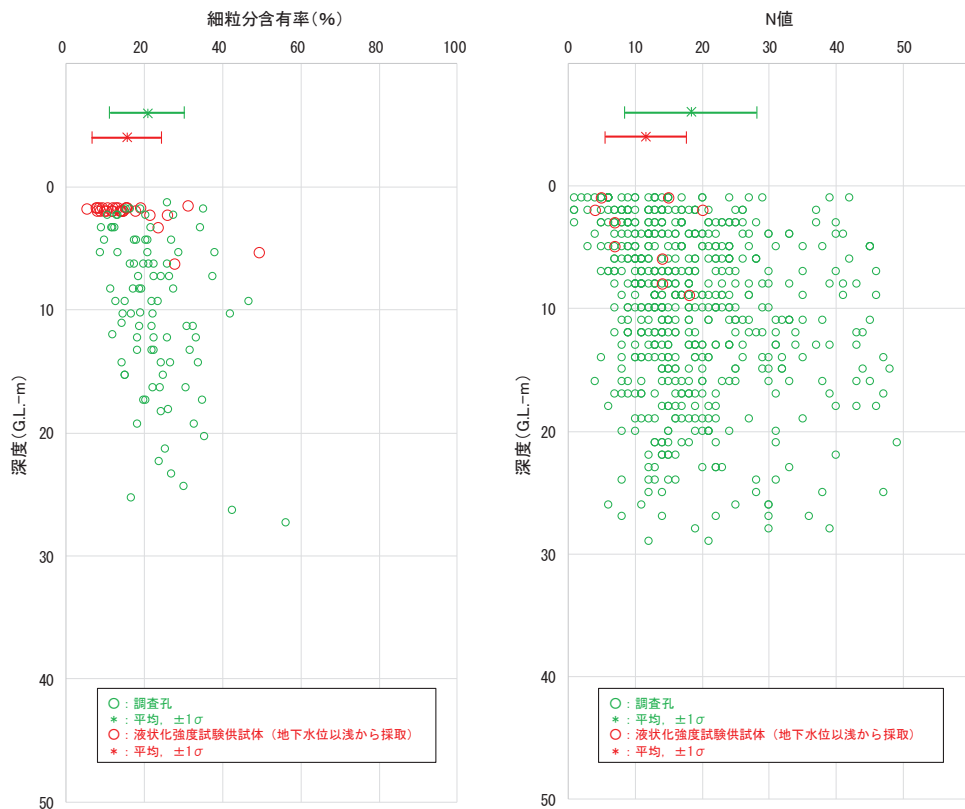


図 8-3(2) 盛土の液状化強度試験箇所の子表性及び網羅性確認結果 (細粒分含有率 F_c 及び N 値)

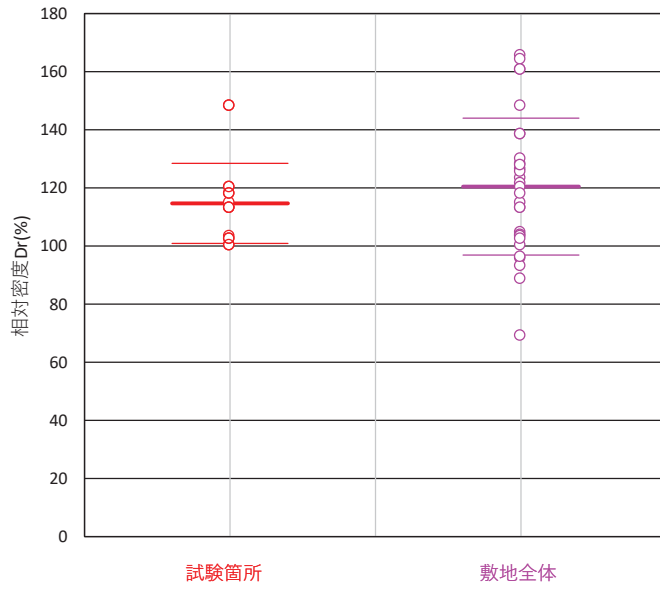


図 8-3(3) 盛土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果 (相対密度)

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、液状化強度試験に基づき下限値として設定していること及び盛土の追加液状化強度試験結果がこの液状化強度特性（下限値）を上回っていることから、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 8-4 に示す。

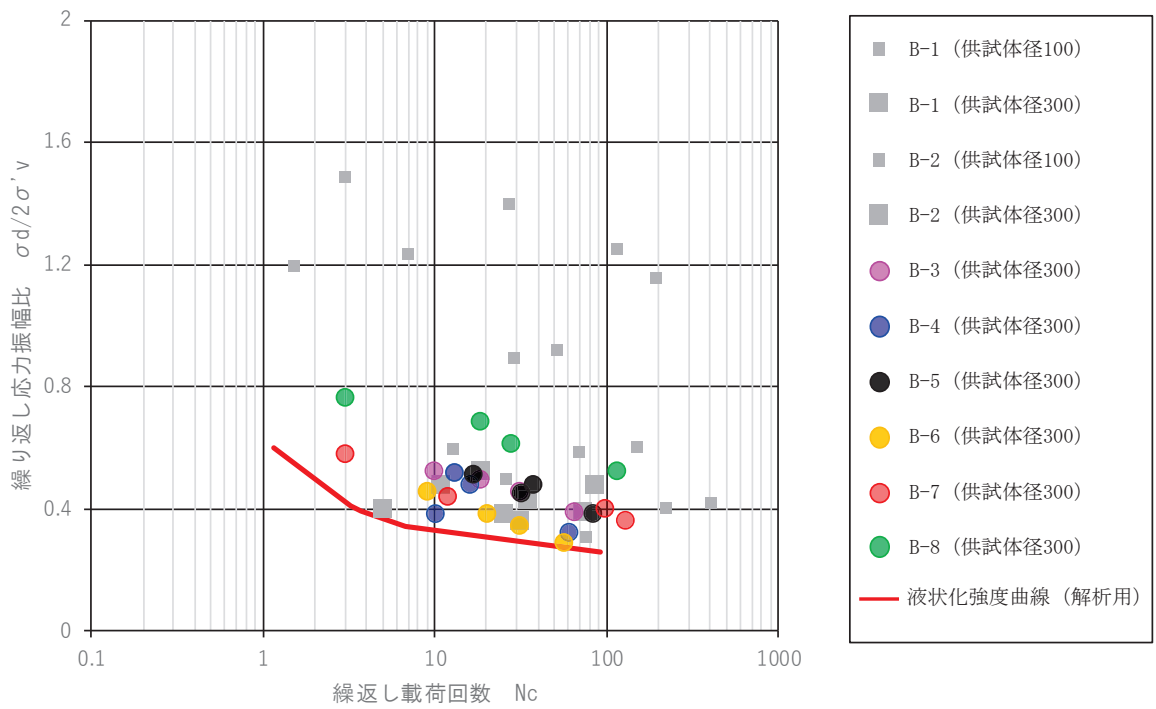


図 8-4(1) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (盛土)

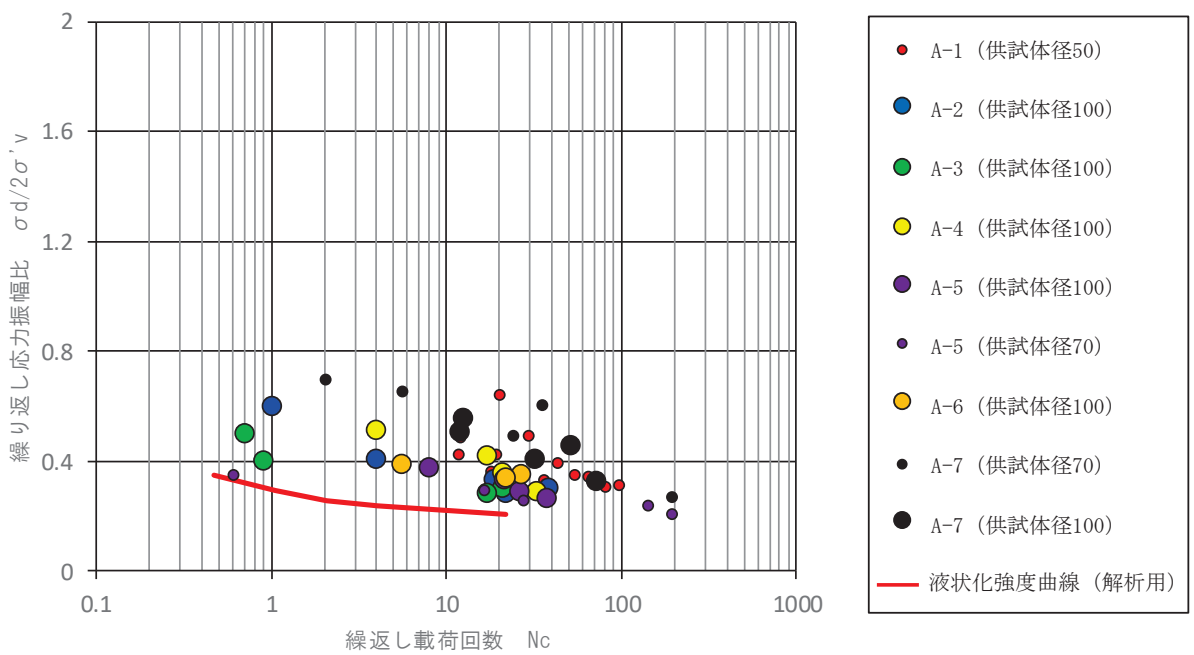


図 8-4(2) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (旧表土)

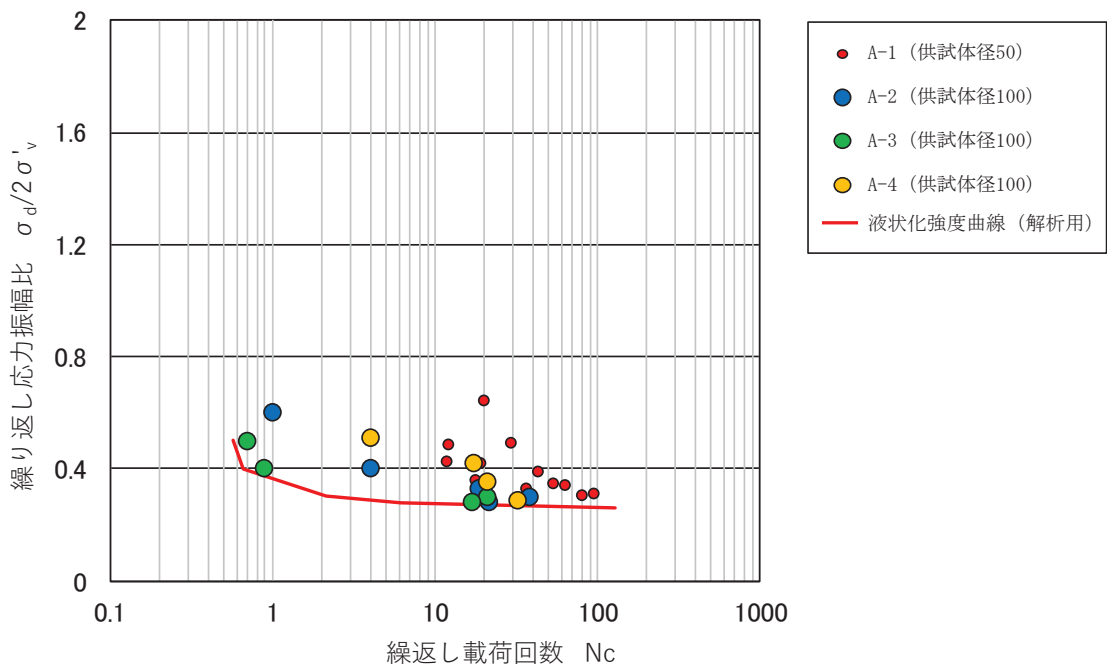


図 8-4(3) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (防潮堤, 旧表土)