

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0
提出年月日	2020年8月24日

VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針

2020年8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 有効応力解析に用いる解析用物性値.....	14
3.2.2 その他の解析用物性値.....	15
3.3 耐震評価における地下水位設定方針.....	19
4. 極限支持力.....	20
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.....	20
4.2 直接基礎の支持力算定式.....	27
4.3 杭基礎の支持力算定式.....	28
5. 地質断面図.....	29
6. 地盤の速度構造.....	33
6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル.....	33
7. 地盤の液状化強度特性の代表性，網羅性及び保守性.....	36
7.1 液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性.....	36
7.2 地盤の液状化強度特性における保守性.....	39

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及び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。）（以下「常設重大事故等対処施設」という。）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

設計基準対象施設及び常設重大事故等対処施設において、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。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）に記載した値を用い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に基づく評価基準値以下であることを確認する。

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、室内試験結果（せん断強度）等により設定する。

杭基礎の押込み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、杭先端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭周面地盤に非液状化検討対象層である、改良地盤、セメント改良土及び岩盤がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

杭基礎の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盛土及び旧表土の杭周面摩擦力を支持力として考慮しない。ただし、杭周面地盤に非液状化検討対象層である、改良地盤、セメント改良土及び岩盤がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

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 及び図 3-1～図 3-6 に、設定根拠を表 3-4～表 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)	τ_0 (N/mm ²)	静的・動的特性		静的特性		動的特性		減衰定数 h	
			せん断強度 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	せん断弾性係数 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		
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	
C _H 級	ひん岩	28.7	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.31		0.03	
	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	
C _M 級	ひん岩	28.0	1.72	43.0	$1.30\sigma^{0.73}$	1,770	0.29		0.03	
	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	
C _L 級	ひん岩	25.2	0.49	47.0	$1.16\sigma^{0.62}$	980	0.26		0.03	
	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		
D級	ひん岩	24.1	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	400	0.31	$G_0 = 255.4\sigma^{0.26}$ $G_d/G_0 =$ $1/(1+119\gamma^{0.63})$	0.03	
	砂岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38		h=	
	頁岩	20.2	0.10	24.0	$0.12\sigma^{0.21}$	39	0.38		0.085 γ /	
ひん岩	20.2	0.10	24.0	$0.41\sigma^{0.49}$	78	0.38	(0.00026 + γ)			
									+0.028	

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)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	静的・動的特性		静的特性		動的特性		減衰定数 h	
			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		
B級	砂岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	4,100	0.21	表3-2(2)参照	0.03		
	頁岩	1.25	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	3,700	0.23		0.03		
	ひん岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	2,800	0.18		0.03		
C _H 級	砂岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	1,900	0.19		0.03		
	頁岩	1.25	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	1,900	0.22		0.03		
	ひん岩	1.29	54.0	$1.12\sigma^{0.74}$	1,900	0.18		0.03		
C _M 級	砂岩	0.78	50.0	$1.09\sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03		
	頁岩	0.76	32.0	$0.96\sigma^{0.31}$	1,500	0.21		0.03		
	ひん岩	0.78	50.0	$1.09\sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03		
C _L 級	砂岩	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03		
	頁岩	0.44	27.0	$0.58\sigma^{0.31}$	180	0.26		0.03		
	ひん岩	0.46	44.0	$0.73\sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03		
D級	砂岩	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	0.10	24.0	$0.12\sigma^{0.21}$	39	0.38				
	ひん岩	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		静的特性		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)	弾性係数 E_s (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動ポアソン比 ν_d	せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	減衰定数 h	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)	弾性係数 E_s (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動ポアソン比 ν_d	せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)
盛土	20.6	30.0	—	0.06 + $\sigma \tan 30.0^\circ$	198 $\sigma^{0.60}$	0.40	0.48	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)^*$	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$	0.06	30.0	—	0.06 + $\sigma \tan 30.0^\circ$	198 $\sigma^{0.60}$	0.40	0.48	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00036)^*$	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$
旧表土	19.0	26.2	—	0.08 + $\sigma \tan 26.2^\circ$	302 $\sigma^{0.80}$	0.40	0.46	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00087)$	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$	0.08	26.2	—	0.08 + $\sigma \tan 26.2^\circ$	302 $\sigma^{0.80}$	0.40	0.46	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00087)$	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
断層 及びシーム	18.6	22.2	—	0.067 + $\sigma \tan 22.2^\circ$	124.5 $\sigma^{0.90}$ せん断方向 44.43 $\sigma^{0.90}$	0.40	0.46	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0012)^*$	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089(\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$	0.067	22.2	—	0.067 + $\sigma \tan 22.2^\circ$	124.5 $\sigma^{0.90}$ せん断方向 44.43 $\sigma^{0.90}$	0.40	0.46	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.0012)^*$	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089(\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
セメント改良土	21.6	44.3	0.46	0.21 + $\sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	0.36	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00085)$	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$	0.65	44.3	0.46	0.21 + $\sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	0.36	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00085)$	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$
改良地盤	20.6	22.1	0.65	0.51 + $\sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	0.35	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00136)$	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$	1.39	22.1	0.65	0.51 + $\sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	0.35	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/0.00136)$	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$
背面補強工	24.0	—			28,000	0.2	0.2	11,667	0.05	24.0	—			28,000	0.2	0.2	11,667	0.05
置換コンクリート	22.5	—			—	—	—	—	—	22.5	—			—	—	—	—	—

* : 残存剛性率 (G_d/G_0) が小さい領域は次式で補間
 $G_0 = E_s/2 (1 + \nu_s)$, $G_d/G_0 = 1/(1 + \gamma/\gamma_m)$, $\gamma_m = \tau/\tau_0$

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	静的特性	静的特性	動的特性
B級 及び C _{II} 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*	岩盤変形試験*	
	頁岩					
	ひん岩					
C _{III} 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	岩盤変形試験	PS検層
	頁岩					
	ひん岩					
C _I 級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	換算値	
	頁岩					
	ひん岩					
D級	砂岩	密度試験	ブロックせん断試験 摩擦抵抗試験	換算値	換算値	繰返し三軸試験
	頁岩					
	ひん岩					

* : B級については、C_{II}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	静的特性	動的特性
B級	砂岩	C _H 級と同じ値	換算値	換算値	PS 検層
	頁岩				
	ひん岩				
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		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	PS 検層
	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	
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	PS 検層
	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	
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	PS 検層
	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	

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	
断層及びびーム	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	繰返し三軸試験	PS検層
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	繰返し三軸試験	PS検層
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

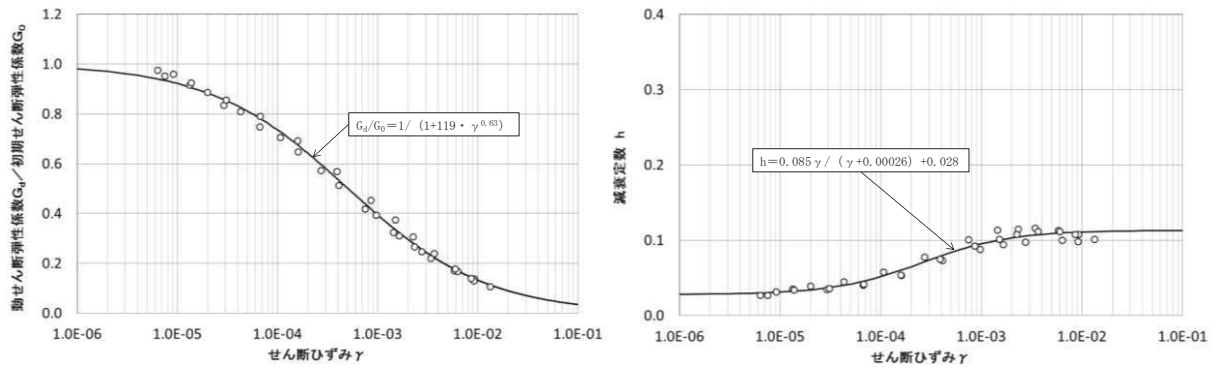


図 3-1 D級岩盤の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

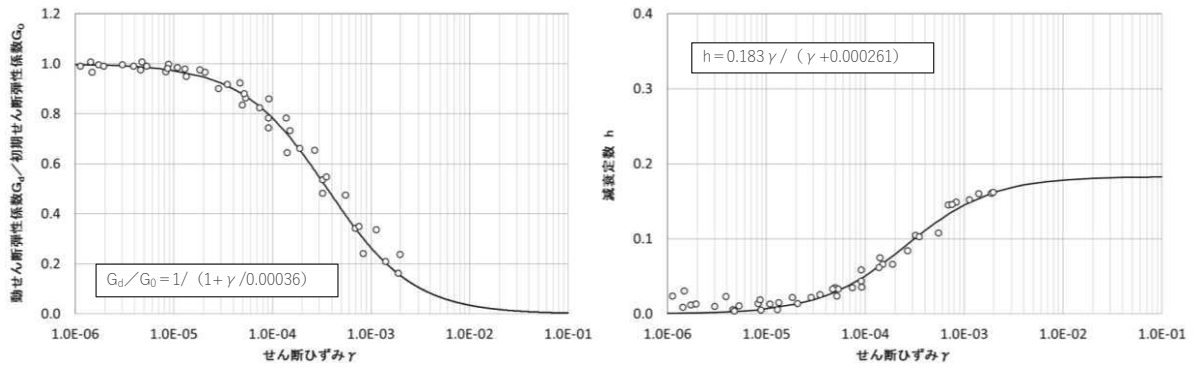


図 3-2 盛土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

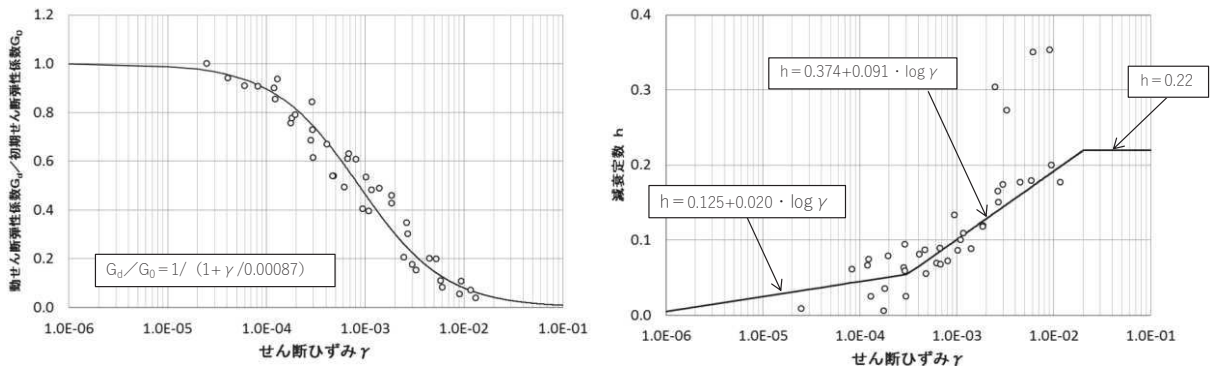


図 3-3 旧表土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

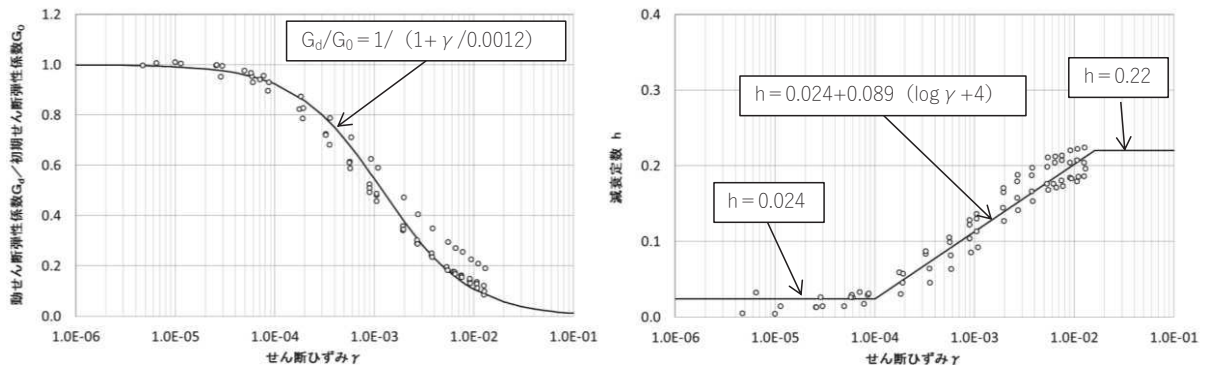


図 3-4 断層・シームの動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

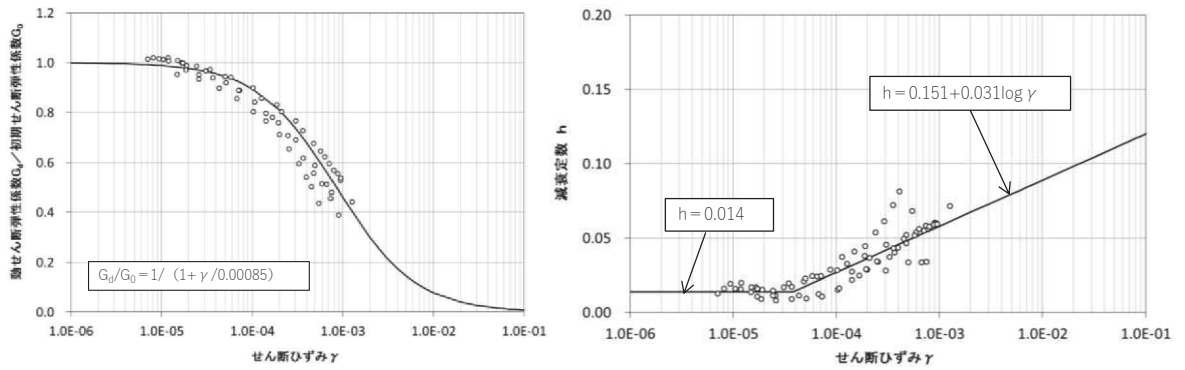


図 3-5 セメント改良土の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

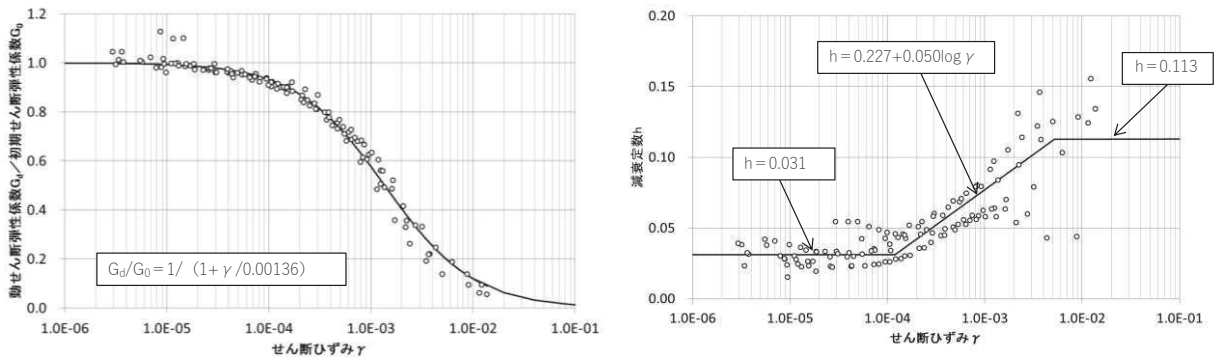


図 3-6 改良地盤の動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性

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 3-9 に、その設定根拠を表 3-10～表 3-12 に示す。

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評価においては、地下水位低下設備を考慮の上設定した地下水位及び液状化検討対象層の分布状況を踏まえて、液状化影響の検討の必要性を判断する。液状化影響の検討の結果、有効応力解析が保守的な結果となると判断された場合において、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 3-7 及び表 3-8 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「6. 地盤の速度構造」に示す。なお、表 3-7 及び表 3-8 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。

3.2.2 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。）

MMRについては、表 3-9 及び表 3-12 のとおり解析用物性値を設定する。

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（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 3-8 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値（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3-9 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値 (MMR)

	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
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

* : 内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

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_{sm}	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_{vm}'	G_{sm} に対応する値	G_{sm} 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
					D_1
					D_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 3-11 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
(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_{mn}	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_{mn}'	G_{mn} 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3-12 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
(MMR)

	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

*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

3.3 耐震評価における地下水位設定方針

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。

*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。

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に基づき、対象施設の岩盤の室内試験結果（せん断強度）等により設定する。

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

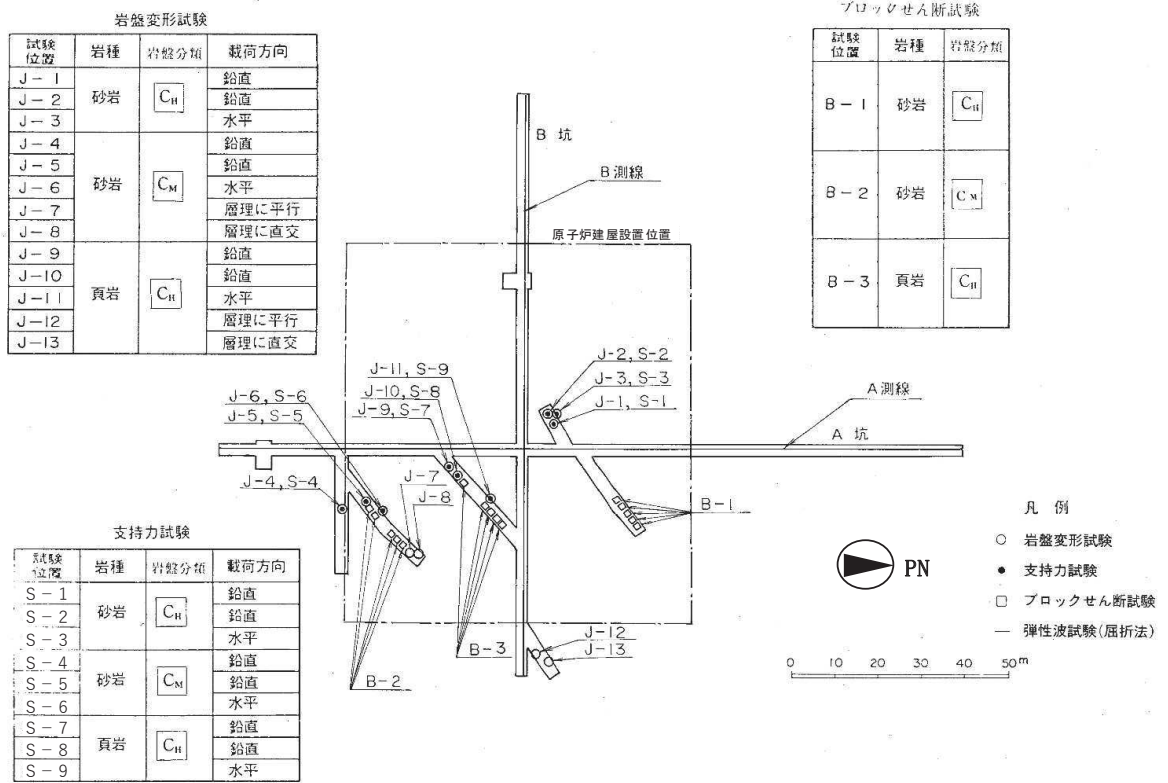


図 4-1 支持力試験実施位置(狐崎部層)

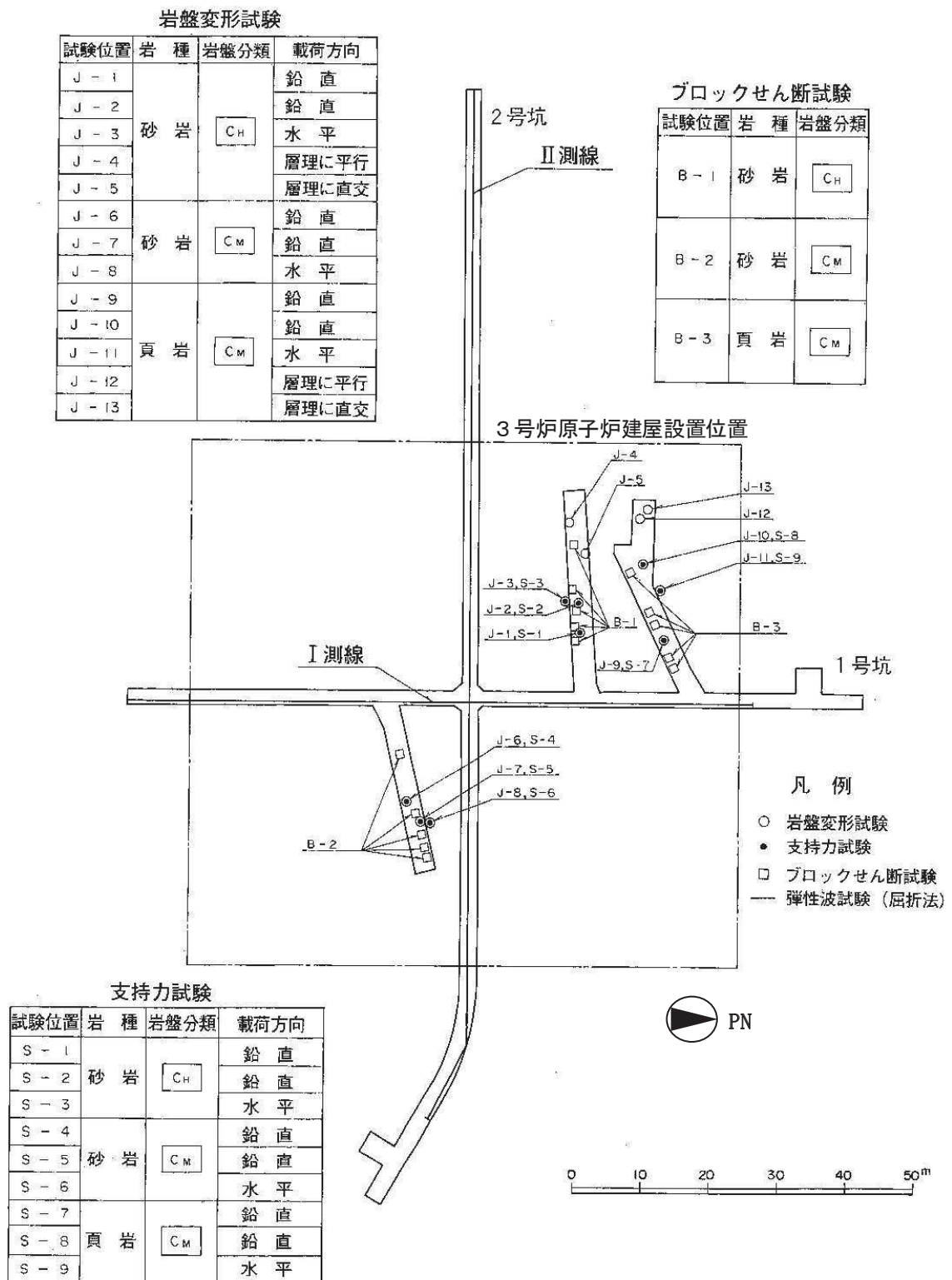


図 4-2 支持力試験実施位置 (牧の浜部層)

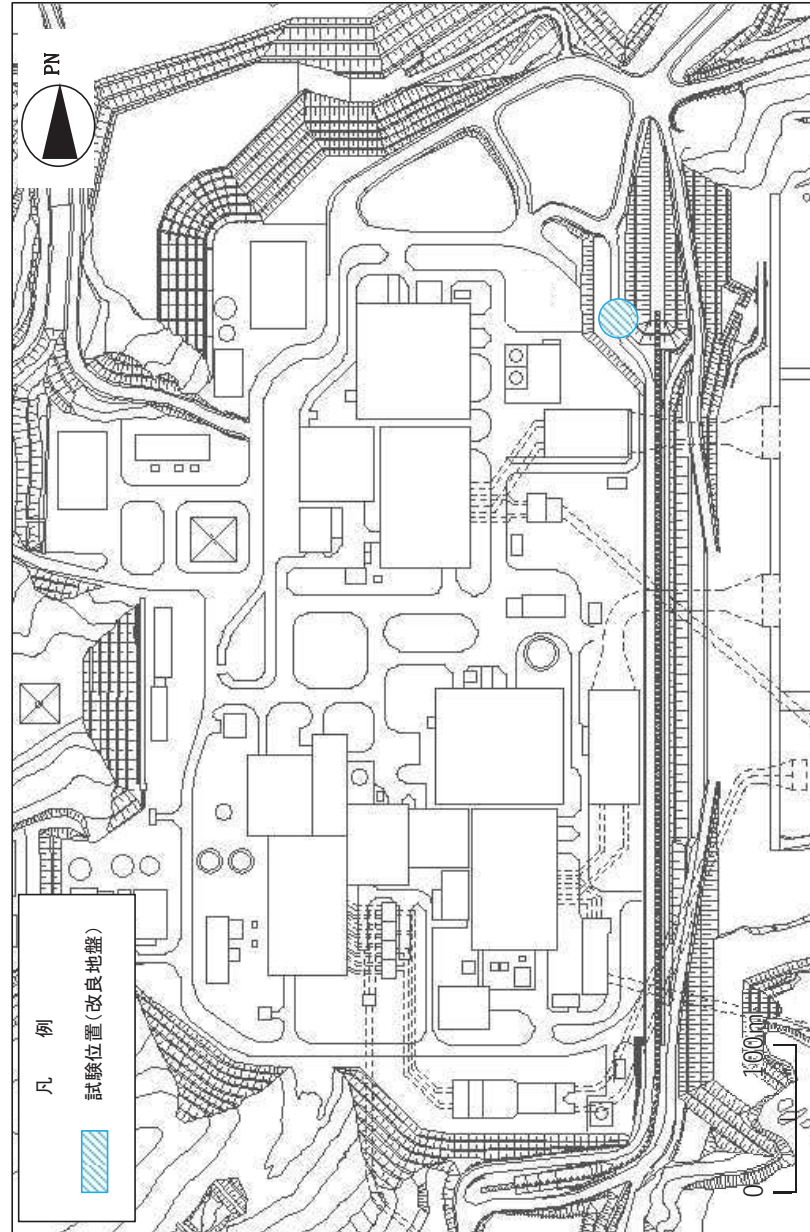


图 4-3 支持力試驗實施位置 (改良地盤)

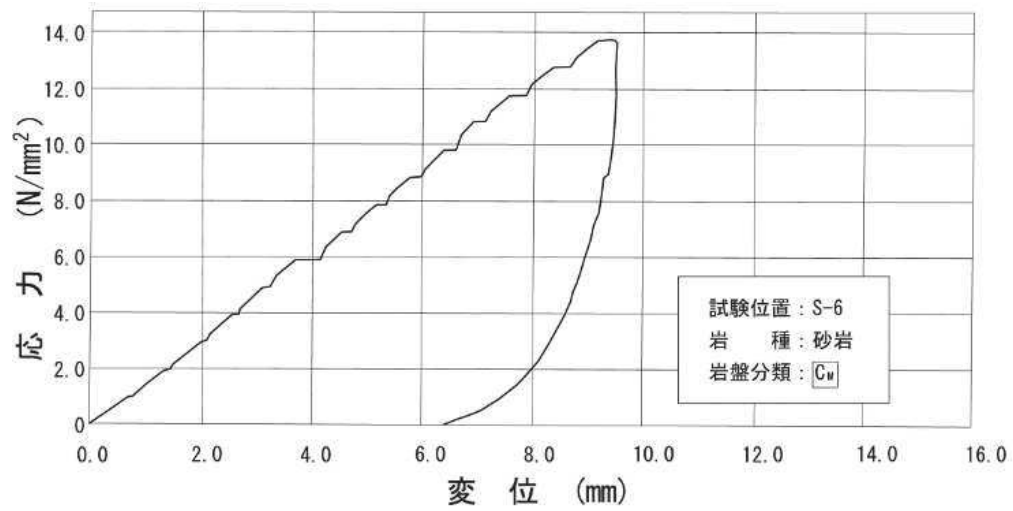
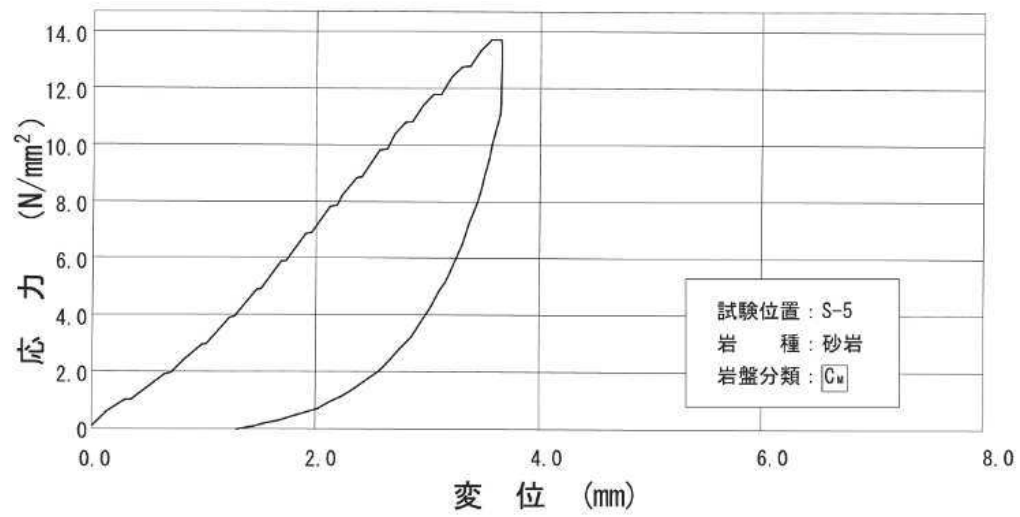
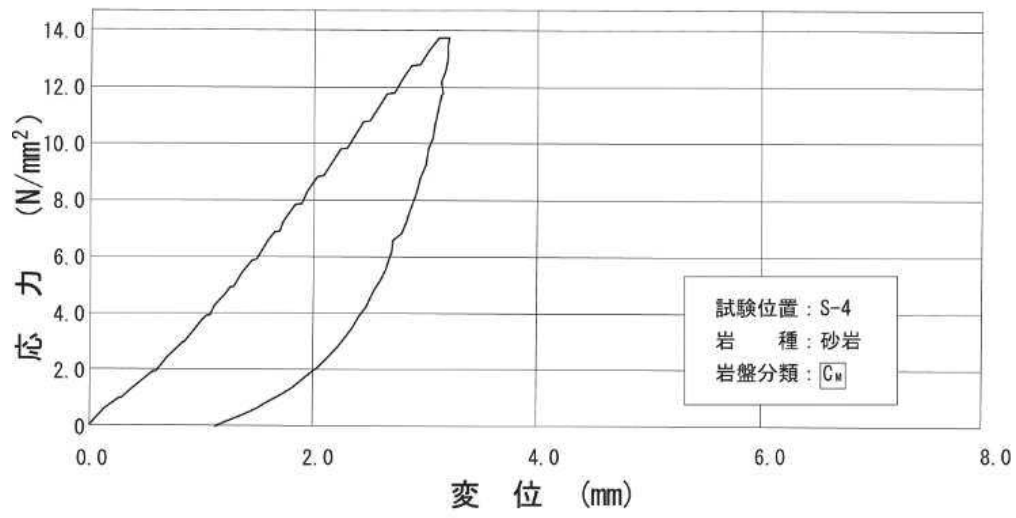


図 4-4 支持力試験結果（狐崎部層）

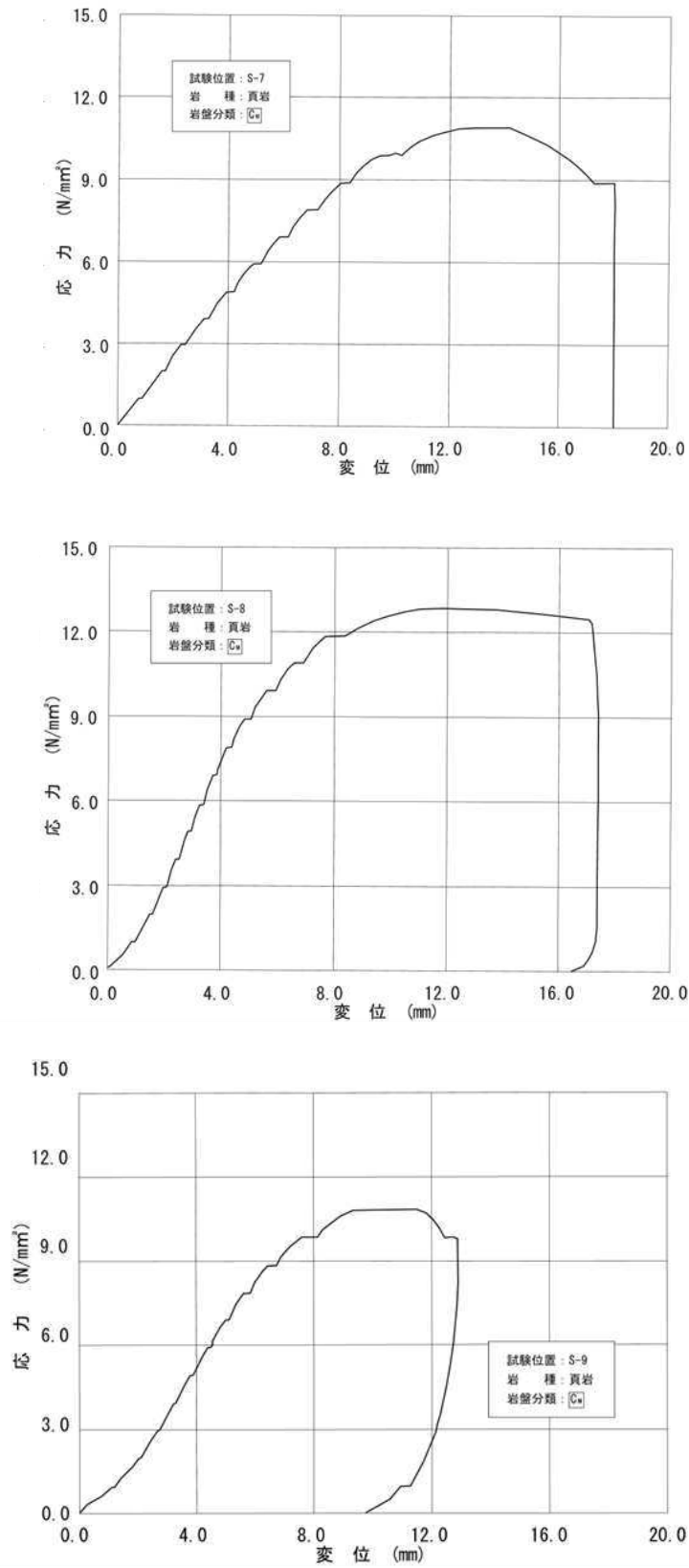


図 4-5 支持力試験結果 (牧の浜部層)

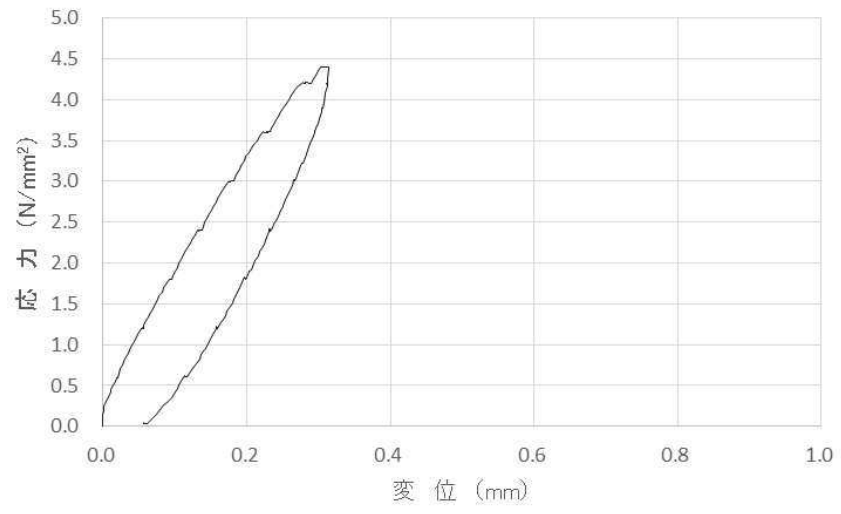


図 4-6 支持力試験結果 (改良地盤)

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）

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

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

- ・道路橋示方書による極限支持力算定式（ケーソン基礎）

$$q_d = \alpha c N_c + 1/2 \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$$

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

c : 基礎底面より下にある地盤の粘着力 (kN/m²)

γ_1 : 基礎底面より下にある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。

γ_2 : 基礎底面より上にある周辺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。

α, β : 基礎底面の形状係数

B : 基礎幅 (m)

D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

N_c, N_q, N_γ : 支持力係数

4.3 杭基礎の支持力算定式

道路橋示方書における杭基礎の支持力算定式を以下に示す。

杭基礎の押込み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盛土・旧表土の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、杭先端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし、杭周面地盤に非液状化検討対象層である、改良地盤、セメント改良土及び岩盤がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

杭基礎の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盛土・旧表土の杭周面摩擦力を支持力として考慮しない。ただし、杭周面地盤に非液状化検討対象層である、改良地盤、セメント改良土及び岩盤がある場合は、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]）

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

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. 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 5-1 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 5-1 に示す断面位置の地質断面図を図 5-2～図 5-5 に示す。

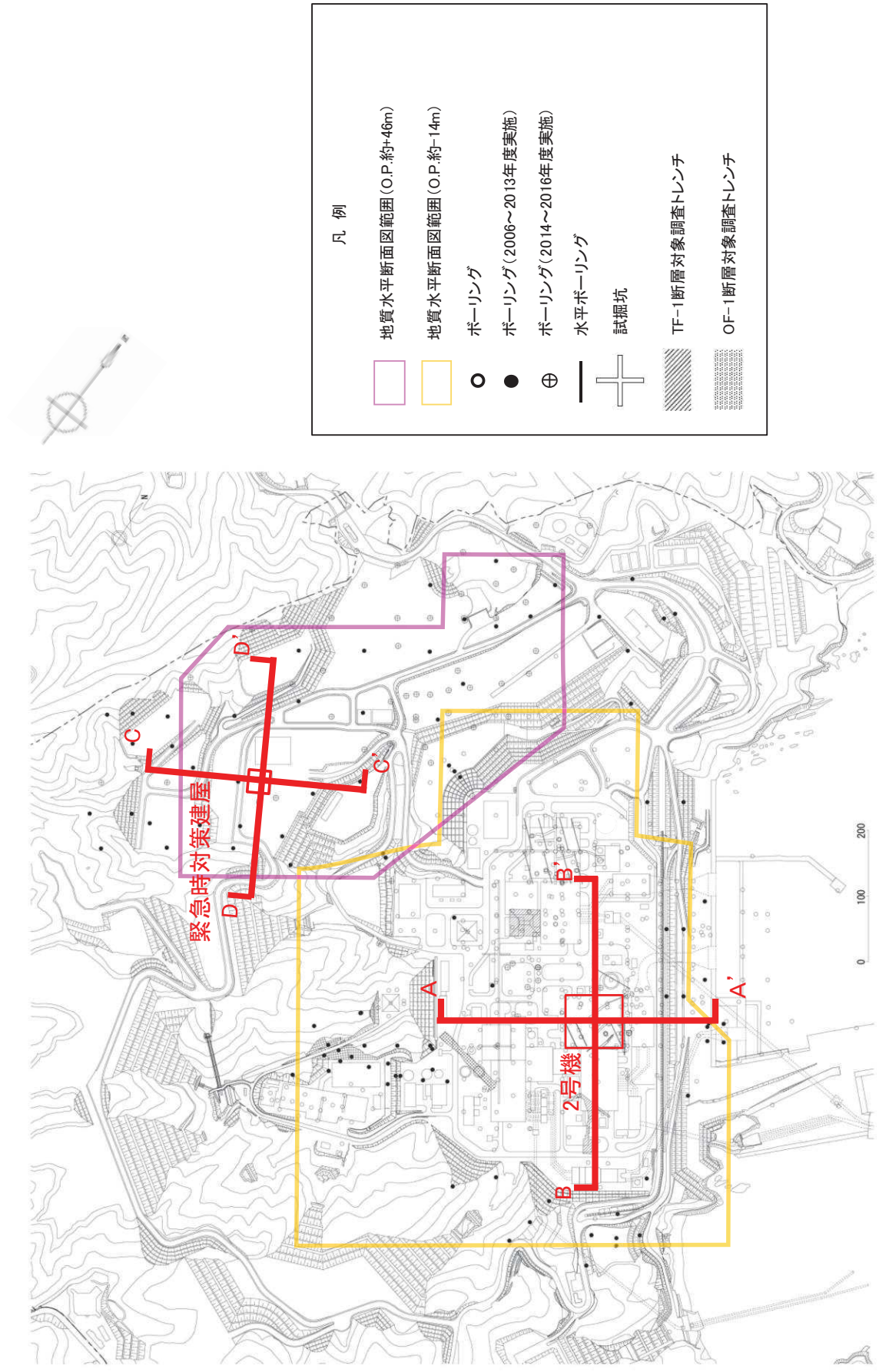


図 5-1 ボーリング調査位置図

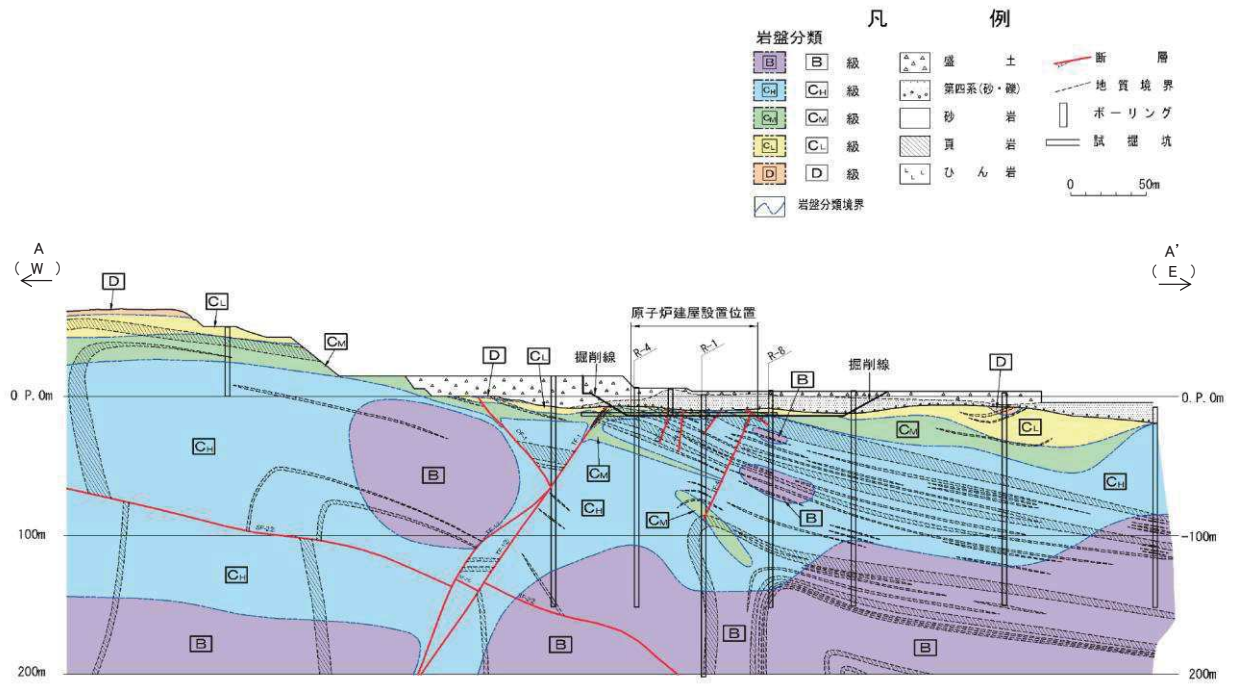


図 5-2 地質断面図 (第 2 号機原子炉建屋中央, 東西方向) (A-A' 断面)

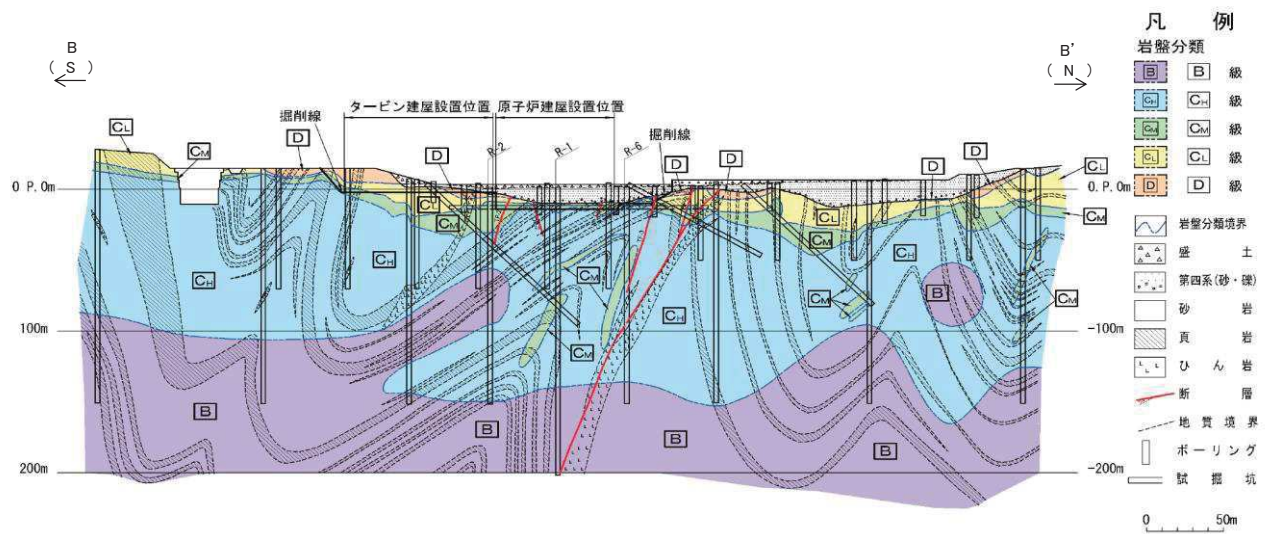


図 5-3 地質断面図 (第 2 号機原子炉建屋中央, 南北方向) (B-B' 断面)

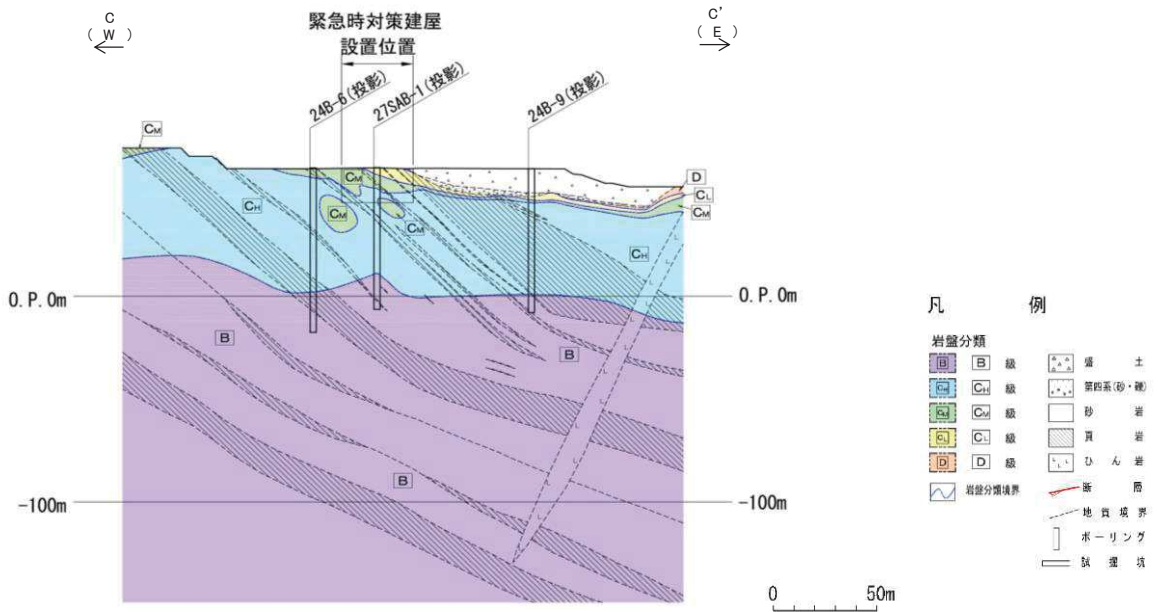


図 5-4 地質断面図（緊急時対策建屋，東西方向）（C-C' 断面）

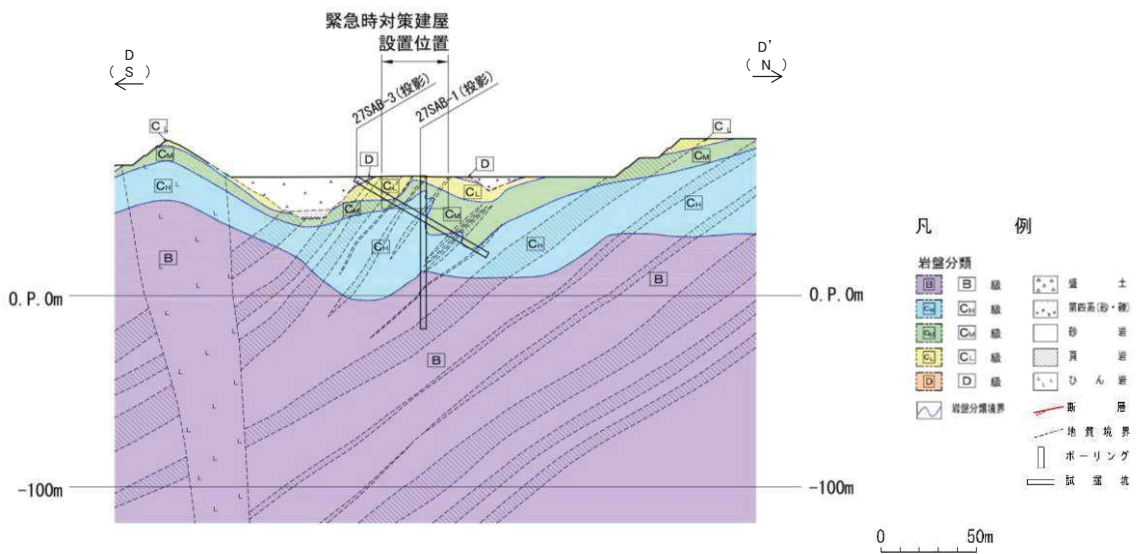


図 5-5 地質断面図（緊急時対策建屋，南北方向）（D-D' 断面）

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(0.P.-14.1m)から、0.P.-200mまでの岩盤(狐崎部層もしくは牧の浜部層)をモデル化する。地下構造モデルを表6-1に示す。入力地震動算定の概念図を図6-1及び図6-2に示す。

表 6-1 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			

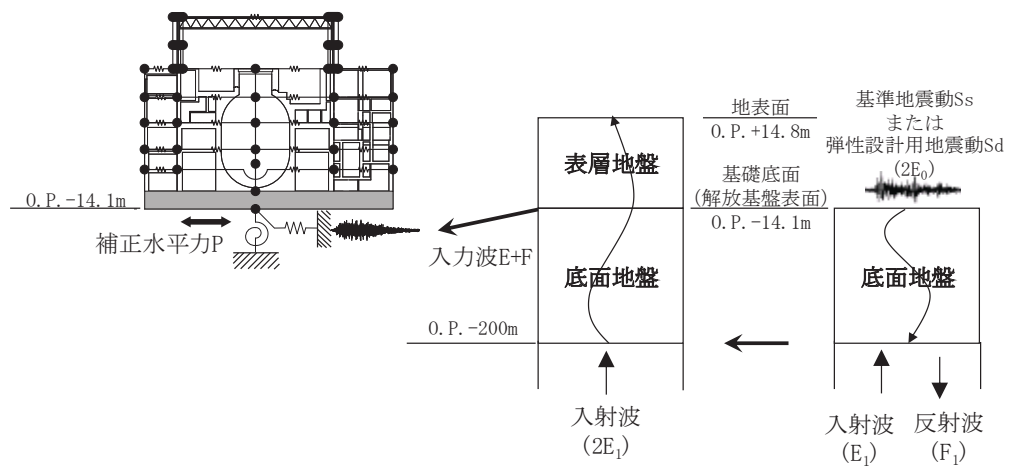


図 6-1 入力地震動算定の概念図 (建物・構築物)

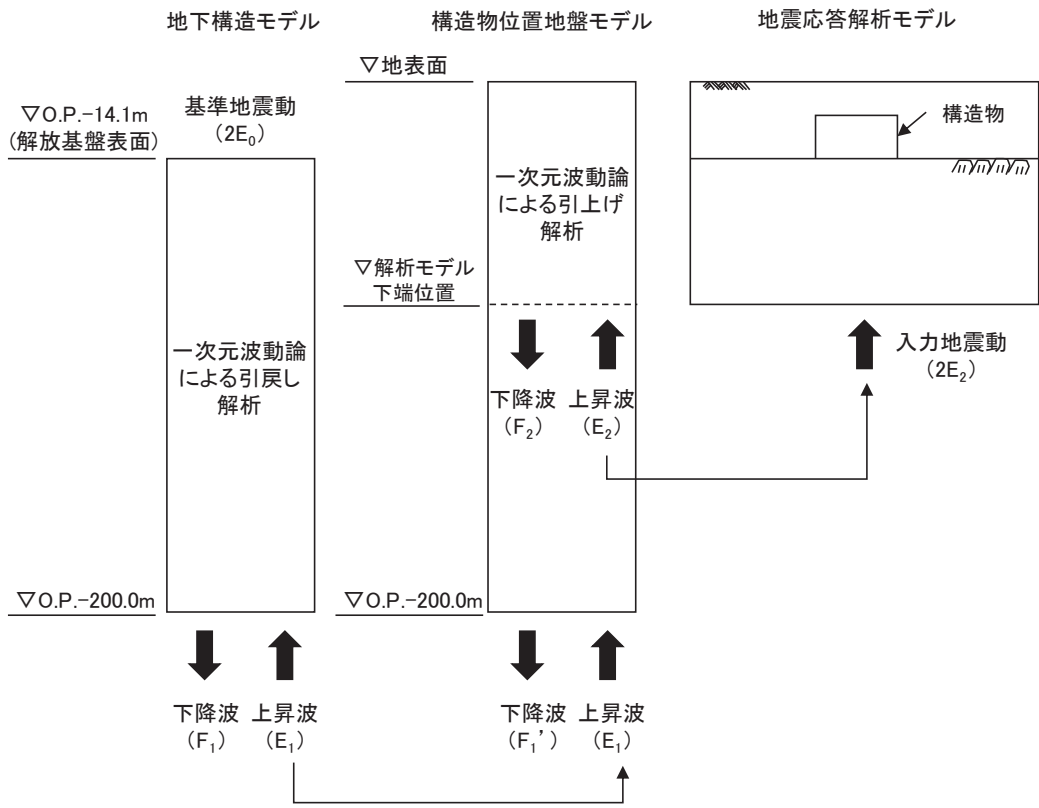


図 6-2 入力地震動算定の概念図（土木構造物）

7. 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。

7.1 液状化強度試験箇所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 7-1 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，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 7-2 に示す。図 7-2 から，盛土の追加試験結果は，粒度分布，細粒分含有率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。

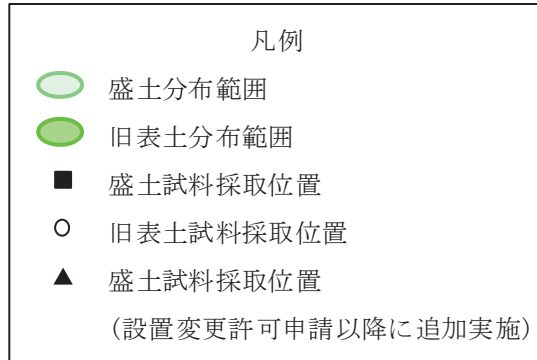
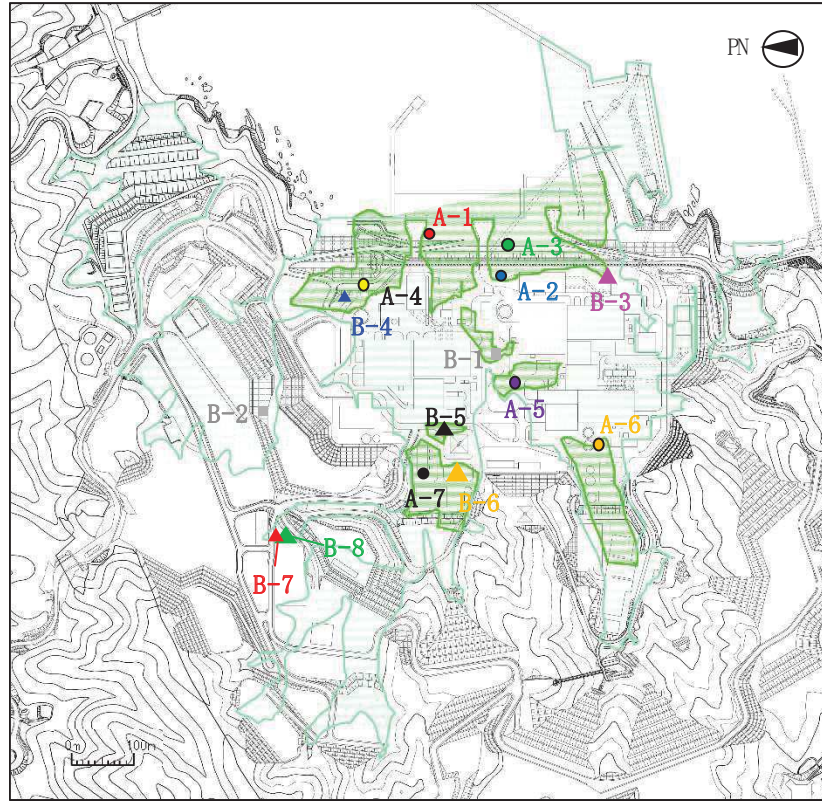


図 7-1 液状化強度試験箇所の平面配置

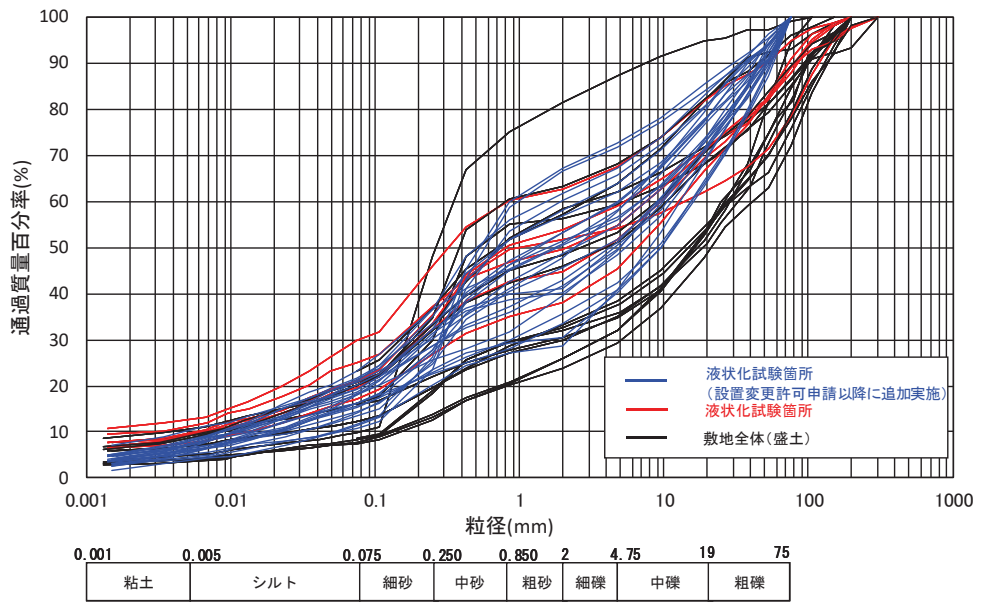


図 7-2(1) 盛土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果（粒度分布）

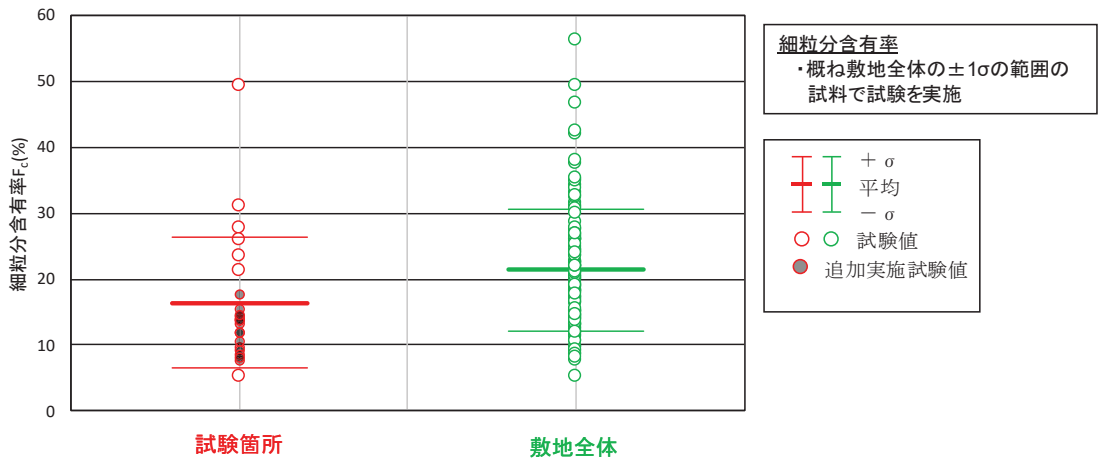


図 7-2(2) 盛土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果（細粒分含有率 F_c ）

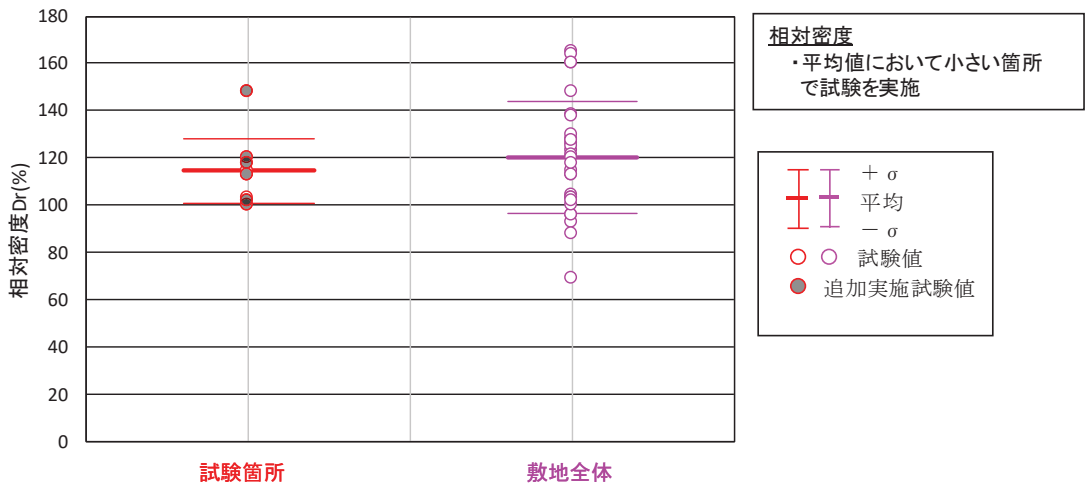


図 7-2(3) 盛土の液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性確認結果（相対密度）

7.2 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 7-3 に示す。

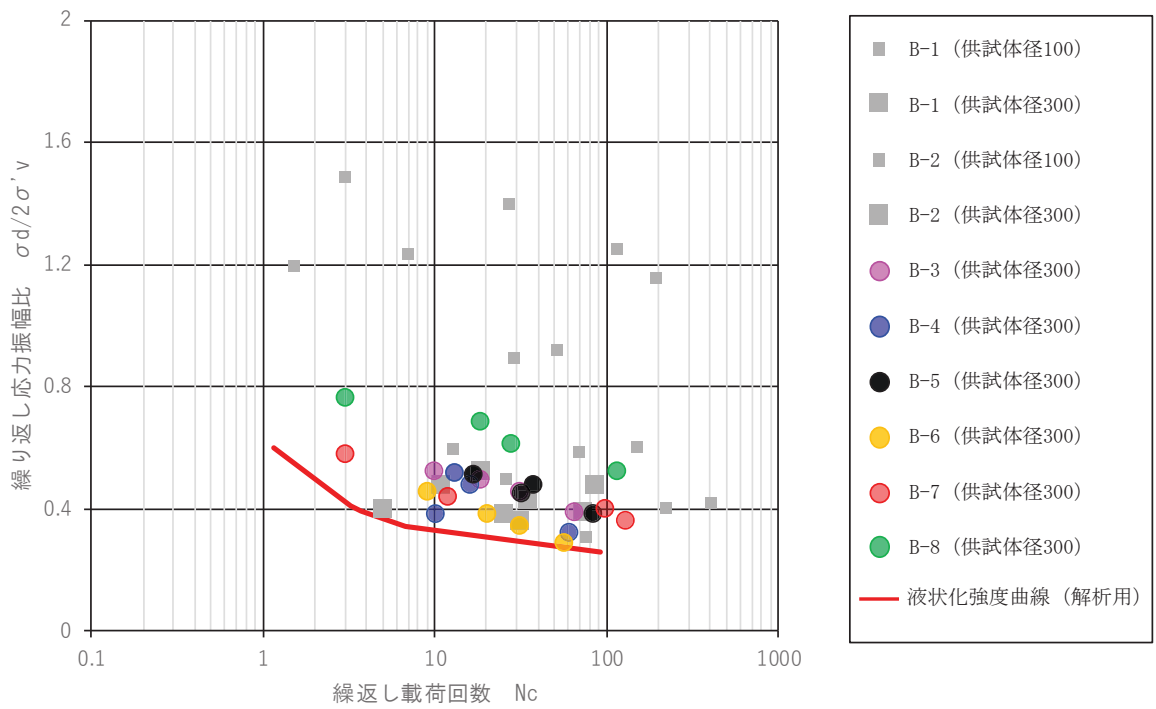


図 7-3(1) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (盛土)

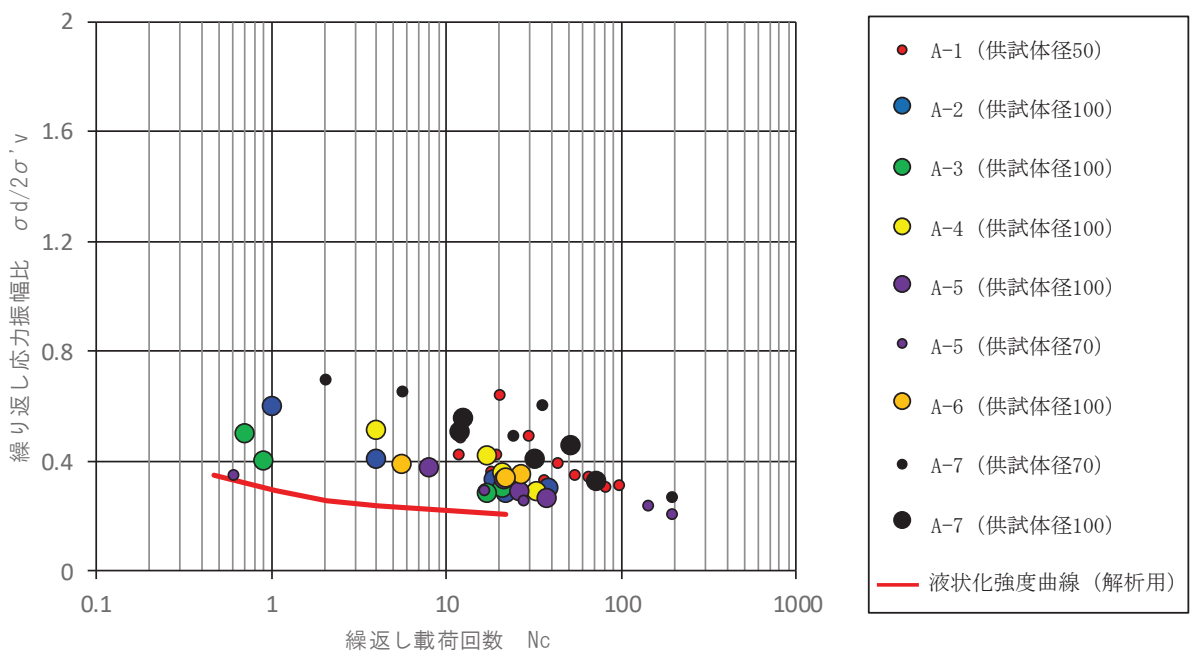


図 7-3(2) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (旧表土)

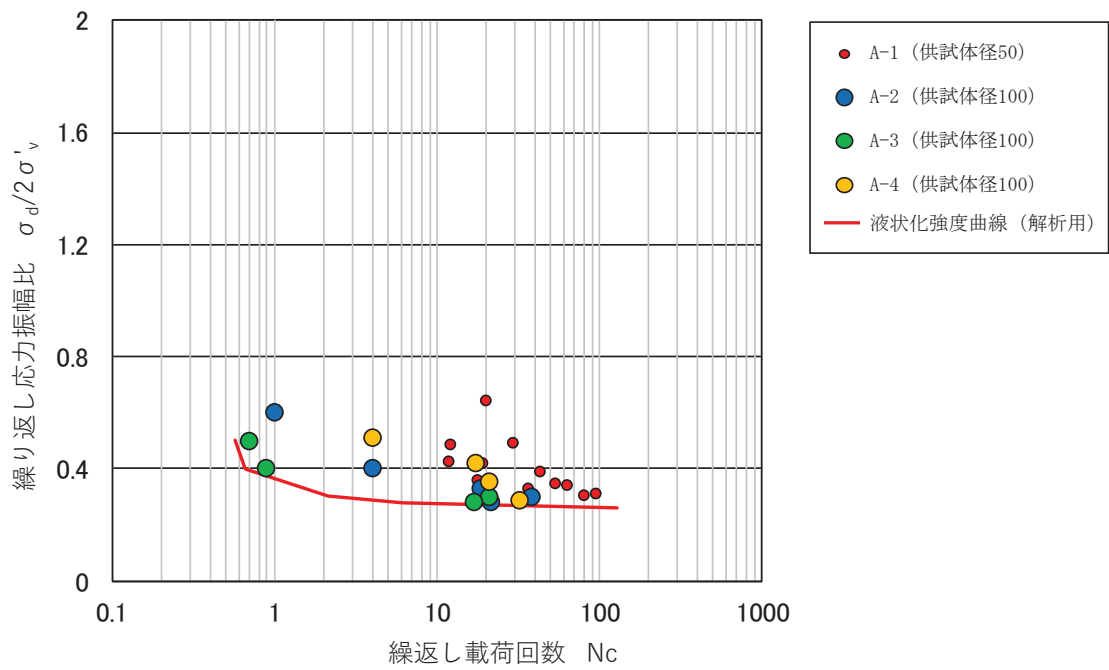


図 7-3(3) 液状化強度特性の代表性及び保守性確認結果 (防潮堤, 旧表土)