

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 添-2-003 改2
提出年月日	2020年06月18日

V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針

K7 ① V-2-1-3 R0

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 地盤の解析用物性値	2
3.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値	2
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	7
3.2.1 有効応力解析に用いる解析用物性値	7
3.2.2 地盤改良体に用いる解析用物性値	7
3.3 耐震評価における地下水位設定方針	16
3.3.1 建物・構築物の耐震評価における地下水位設定	16
3.3.2 土木建造物の耐震評価における地下水位設定	16
4. 極限支持力	17
4.1 基礎地盤（西山層）の極限支持力度	17
4.2 直接基礎の支持力算定式	21
4.3 杭基礎の支持力算定式	24
5. 地質断面図	28
6. 地盤の速度構造	32
6.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル	32
6.2 地震応答解析に用いる解析モデル	35

1. 概要

本資料は、V-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。）、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）に記載した値を用いることを基本とする。有効応力解析の解析用物性値は、工事計画認可申請において新たに設定する。

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。

極限支持力は、建築基準法及び同施行令、建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会、2001 改定）（以下「基礎指針」という。）及び道路橋示方書（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。）の支持力算定式に基づき、対象施設の支持地盤の支持力試験若しく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評価において、有効応力解析により液状化すると評価された地盤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、杭周面地盤に地盤改良体、非液状化層、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 及び図 3-1～図 3-6 に、設定根拠を表 3-2 に示す。設置変更許可申請書に記載されている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

物性値		地質区分	埋戻土	新期砂層・沖積層	古安田層	西山層	椎谷層	マンメイドロック	
								原子炉建屋	コントロール建屋下
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.89	1.64	1.76	$1.69 - 0.00048 \cdot Z$	$1.94 - 0.00044 \cdot Z$	1.75	1.75
変形特性	静的変形特性	変形係数 E_0 (N/mm ²)	58.8	$19.3 + 187 \cdot P$	$126 + 232 \cdot P$	$502 - 2.29 \cdot Z$	$251 - 3.88 \cdot Z$	1160	1020
		静ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.49	$0.48 + 0.00024 \cdot Z$	0.46	0.44	0.45
	動変形特性	初期動せん断弾性係数 G_0 (N/mm ²)	27.0	25.3	175	$394 - 1.63 \cdot Z$	$-133 - 7.35 \cdot Z$	2110	1990
		動ポアソン比 ν_d	0.41	0.36	0.45	$0.45 + 0.00015 \cdot Z$	$0.47 + 0.00031 \cdot Z$	0.36	0.36
		動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+9.01\gamma^{0.77})$	$1/(1+10.95\gamma^{0.81})$	$1/(1+5.39\gamma^{0.77})$	$1/(1+4.10\gamma^{1.37})$	$1/(1+5.76\gamma^{0.69})$	$1/(1+4.30\gamma^{1.00})$	$1/(1+4.30\gamma^{1.00})$
減衰定数のひずみ依存特性 $h \sim \gamma$	$\gamma/(0.034\gamma + 0.003) + 0.1$	$\gamma/(0.031\gamma + 0.002)$	$24.8\gamma^{0.56}$	$25.0\gamma^{0.94} + 0.7$	$\gamma/(0.065\gamma + 0.004) + 0.7$	$19.0\gamma^{0.60}$	$19.0\gamma^{0.60}$		
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	—	—	$0.238 + 0.407 \cdot P$	$1.37 - 0.00504 \cdot Z$	$0.721 - 0.00773 \cdot Z$	1.84	1.84
		ϕ_u (°)	—	—	0	0	0	0	0
		σ_t (N/mm ²)	—	—	—	$0.335 - 0.00157 \cdot Z$	—	0.666	0.666
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	—	—	$0.224 + 0.312 \cdot P$	$0.673 - 0.00201 \cdot Z$	$0.799 - 0.00607 \cdot Z$	1.38	1.38

注1: Zは, T.M.S.L.(m)を示す。

注2: Pは, 平均有効拘束圧(N/mm²)を示す。

注3: γ は, せん断ひずみ(%)を示す。

表 3-2 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

物性値		地質区分						
		埋戻土	新期砂層・沖積層	古安田層	西山層	椎谷層	マンメイドロック	
変形特性	物理特性	密度	密度試験結果（土質工学会編「土質試験法」に準拠）					
	静的 変形特性	変形係数	三軸圧縮試験結果（土質工学会編「土質試験法」に準拠）					
		静ポアソン比	三軸圧縮試験結果					
	動的 変形特性	初期動せん断弾性係数	弾性波速度測定試験（物理探鉱技術協会編「岩石試料の速度測定要綱」に準拠）による S波速度、密度により算定	PS検層（土質工学会編「土質調査法」に準拠）による S波速度、密度により算定	PS検層（土質工学会編「土質調査法」に準拠）による P波速度、S波速度により算定	弾性波速度測定試験（物理探鉱技術協会編「岩石試料の速度測定要綱」に準拠）による S波速度、密度により算定		
		動ポアソン比 ν_d	弾性波速度測定試験（物理探鉱技術協会編「岩石試料の速度測定要綱」に準拠）による P波速度、S波速度により算定	PS検層（土質工学会編「土質調査法」に準拠）による P波速度、S波速度により算定	PS検層（土質工学会編「土質調査法」に準拠）による P波速度、S波速度により算定	弾性波速度測定試験（物理探鉱技術協会編「岩石試料の速度測定要綱」に準拠）による P波速度、S波速度により算定		
		動せん断弾性係数の ひずみ依存性	動的単純せん断試験結果					
		減衰定数の ひずみ依存特性	動的単純せん断試験結果					
	強度特性	ピーク強度	C_u	三軸圧縮試験結果（土質工学会編「土質試験法」に準拠）				
			σ_t	—	—	—	圧裂引張強度試験（J I S M 0303に準拠）	—
		残留強度	C_{ur}	三軸圧縮試験結果（土質工学会編「土質試験法」に準拠）				

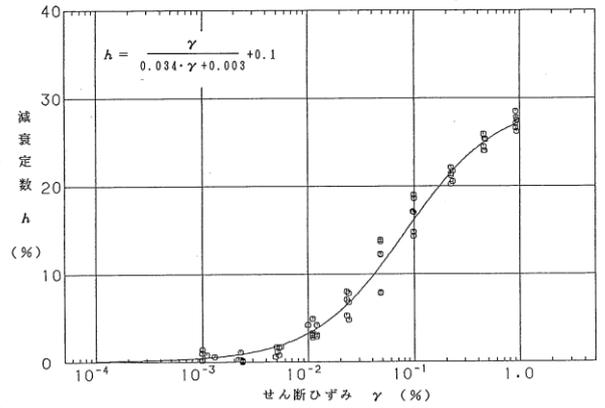
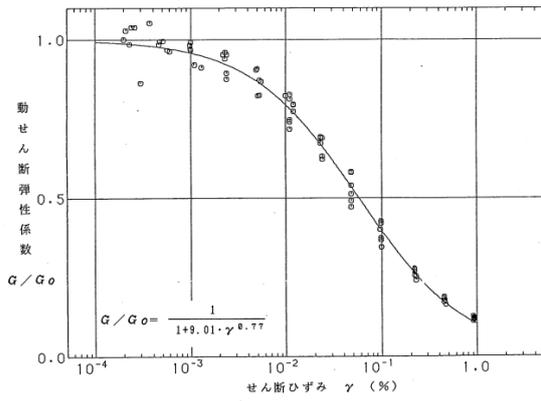


図 3-1 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性 (埋戻土)

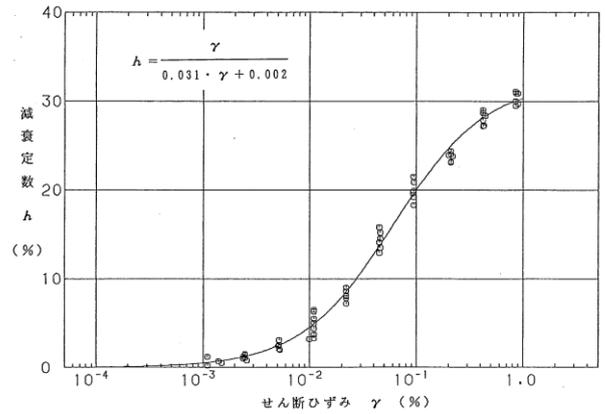
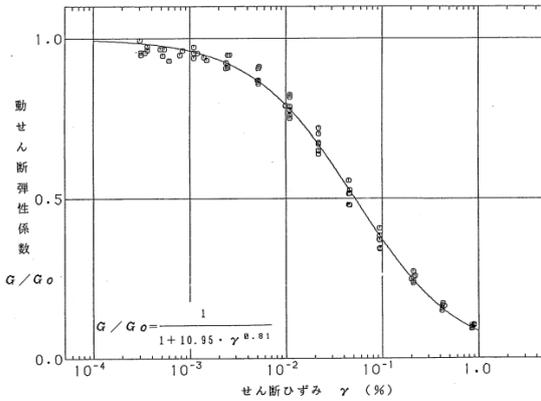


図 3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性 (新期砂層・沖積層)

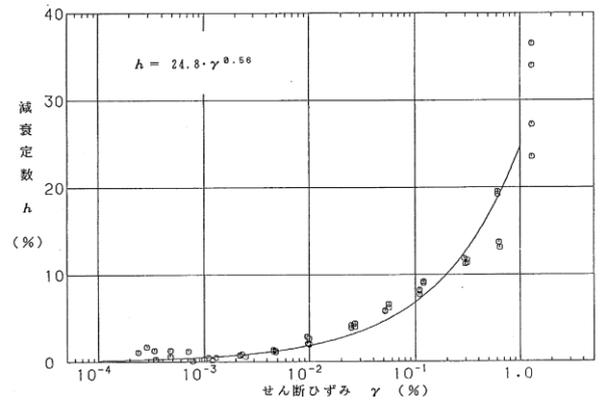
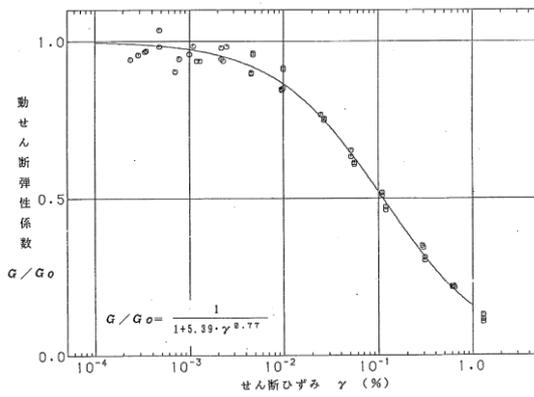


図 3-3 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性 (古安田層)

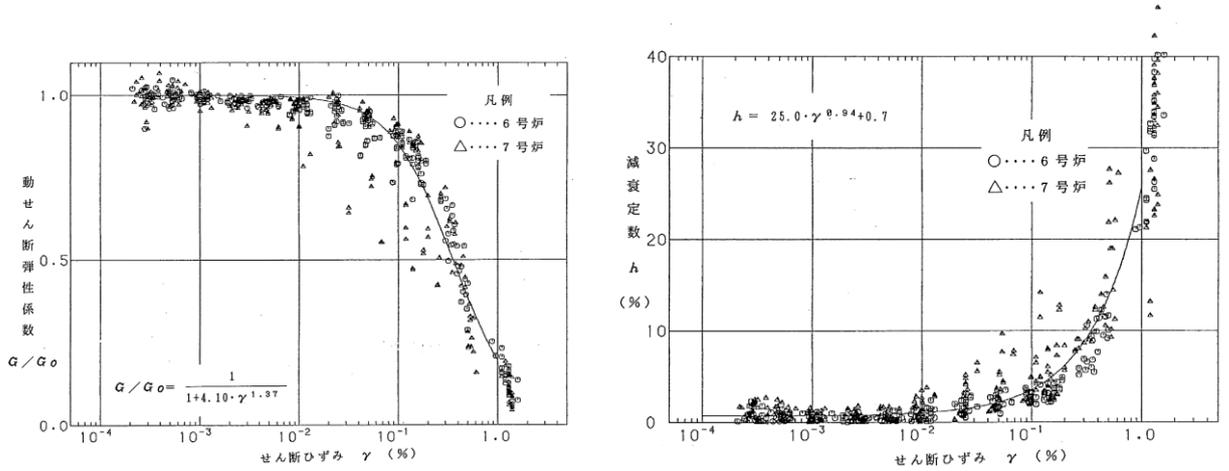


図3-4 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性（西山層）

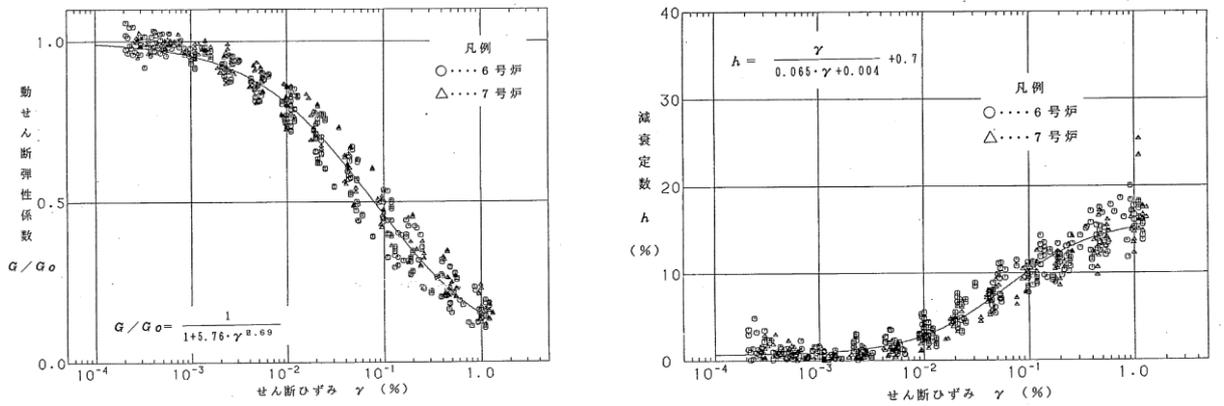


図3-5 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性（椎谷層）

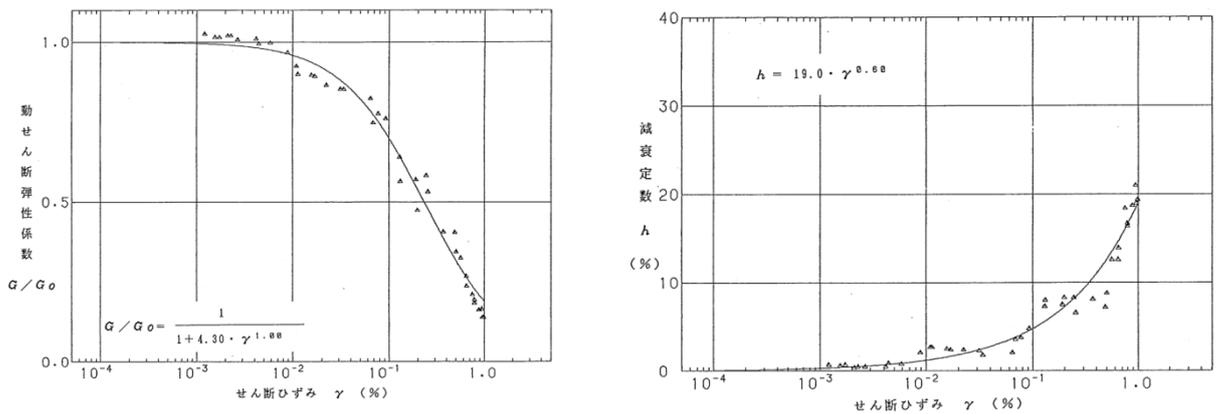


図3-6 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存特性（マンメイドロック）

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 3-3 に、その設定根拠を表 3-4 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。

工事計画認可申請における地層区分は、地質調査や室内試験等に基づき細分化し、地層ごとの物理的及び力学的特性から、有効応力解析に必要な物性値を設定する。

また、液状化強度試験の供試体は、対象施設近傍における地層から採取した試料を用いることを基本とし、地盤の液状化強度の代表性を考慮する。さらに、地盤の液状化強度の網羅性を確認するため、供試体の採取箇所と敷地内の調査箇所における地質調査及び土質材料の物理特性等を比較する。

解析に用いる地盤の液状化強度特性は、設置変更許可段階から追加の液状化強度試験を実施しており、この追加試験を含めた試験結果に基づき最小二乗法による回帰曲線を設定し、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、液状化強度を「回帰曲線 -1σ 」にて設定し、保守性を考慮する。

なお、地盤の物理的及び力学的特性は、日本工業規格(J I S)又は地盤工学会(J G S)等の基準に基づいた試験の結果から設定する。

3.2.2 地盤改良体に用いる解析用物性値

地盤改良体については、対象設備別、工法別、改良対象層別に、原位置試験及び室内試験、文献（建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法、日本建築センター、平成 21 年 5 月）等を参考に解析用物性値を設定する。

なお、地盤改良体の物理的及び力学的特性は、日本工業規格(J I S)又は地盤工学会(J G S)等の基準に基づいた試験の結果から設定する。

表 3-3 (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 (液状化検討対象層)

地質区分 物性値		埋戻土	新期砂層・沖積層			古安田層				
			新期砂層	沖積層上部 (砂質)	沖積層下部	A2s層	A3s層	A2g層 (砂質)	A1g層	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.94 (1.79)*	2.05 (2.00)*	1.90	2.02	1.91	1.91	1.91	1.91	
	間隙率 n	0.45	0.44	0.48	0.42	0.45	0.45	0.45	0.45	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	1.04×10^5	1.26×10^5	1.25×10^5	1.92×10^5	2.14×10^5	2.14×10^5	2.14×10^5	2.14×10^5	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	98.0	98.0	110.0	150.0	200.0	200.0	200.0	200.0	
	ポアソン比 ν	0.33 (0.42)*	0.33 (0.44)*	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.225	0.234	0.247	0.211	0.157	0.157	0.157	0.157	
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	0.0 (9.6)*	0.0 (94.4)*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	内部摩擦角 ϕ' (°)	35.9 (34.8)*	34.6 (27.6)*	36.7	35.6	36.6	36.6	36.6	36.6	
液状化特性	変相角 ϕ_p (°)	32.0	31.0	33.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
	液状化パラメータ	S_1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		w_1	5.50	7.90	11.00	8.00	25.00	25.00	25.00	25.00
		p_1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		p_2	1.00	0.70	0.70	0.65	0.80	0.80	0.80	0.80
		c_1	1.69	2.13	2.41	2.00	8.75	8.75	8.75	8.75

注記* : 括弧内の数字は、地下水位以浅の数値を表す。

表 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 (非液状化検討対象層)

地質区分 物性値		埋戻土 II	新期砂層・沖積層	古安田層					
			沖積層上部 (シルト質)	A3c層	A3al層	A2c層	A2al層	A2g層 (シルト質)	A1c層
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.71	1.66	1.70	1.81	1.80	1.88	1.80	1.80
	間隙率 n	0.58	0.61	0.57	0.52	0.52	0.48	0.52	0.52
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ms} (kN/m ²)	7.33×10^4	5.50×10^4	1.09×10^5	9.57×10^4	1.39×10^5	1.61×10^5	1.39×10^5	1.39×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{ms}' (kN/m ²)	41.0	170.0	60.0	94.0	140.0	170.0	140.0	140.0
	ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.152	0.136	0.114	0.162	0.110	0.147	0.110	0.110
強度特性	粘着力 c' (kN/m ²)	7.4	82.5	99.6	29.2	113.0	82.8	113.0	113.0
	内部摩擦角 ϕ' (°)	31.7	19.6	26.8	34.2	27.9	28.7	27.9	27.9

表 3-3 (3) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(既設地盤改良体(有効応力解析))

対象施設		6・7号機 海水貯留堰	軽油タンク基礎、 燃料移送系配管ダクト		第一ガスタービン発電機基礎、 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎			6号機軽油タンク基礎		
種別 (地盤種別)		高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (砂質土)	機械攪拌	改良盛土	土質安定 処理土	置換	高圧噴射 (砂質土)	高圧噴射 (粘性土)
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.77	1.85	1.73	1.99	1.69	1.85	1.85	1.87	1.57
	間隙率 n	0.49	0.49	0.51	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.64
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{sa} (kN/m ²)	1.78×10^6	3.15×10^6	1.32×10^6	6.42×10^5	1.49×10^6	9.58×10^3	3.40×10^6	2.42×10^6	8.97×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{sa}' (kN/m ²)	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
	ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.33	0.33 (0.43)	0.33 (0.28)	0.20	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.050	0.060	0.100	0.060	0.160	0.050	0.050	0.070	0.120
強度 特性	粘着力 c (kN/m ²)	815	2326	1736	2652	462	100	3536	4894	1393

注記* : 括弧内の数字は、地下水位以浅の値を表す。

表 3-3 (4) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(新設地盤改良体(全応力解析))

対象施設		格納容器圧力逃がし装置基礎		大物搬入建屋
種別		置換	高圧噴射	置換
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.85	2.05	1.85
変形 特性	動せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	1.31×10^6	1.45×10^6	1.31×10^6
	ポアソン比 ν	0.302	0.375	0.302
	$G/G_0 - \gamma$	$1/(1+10.1\gamma^{1.21})$	$1/(1+8.06\gamma^{1.14})$	$1/(1+10.1\gamma^{1.21})$
	$h - \gamma$ (%)	$\gamma/(0.172\gamma + 0.00783) + 0.401$	$\gamma/(0.107\gamma + 0.0109) + 0.790$	$\gamma/(0.172\gamma + 0.00783) + 0.401$

注: γ はせん断歪み(%)を示す。

表3-3 (5) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値
(新設地盤改良体(有効応力解析))

対象施設		6・7号機海水貯留堰			6・7号機スクリーン室	6・7号機取水路, 補機冷却用海水取水路				軽油タンク基礎, 燃料移送系配管ダクト		6号機軽油タンク基礎	
種別 (地盤種別)		高圧噴射A (砂質土)	高圧噴射B (砂質土)	高圧噴射 (粘性土)	高圧噴射 (砂質土)	無筋コンクリート	置換	機械攪拌	高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (粘性土)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.94	1.94	1.81	1.94	2.30	1.85	1.94	1.94	1.85	2.05	1.85	1.91
	間隙率 n	0.49	0.49	0.64	0.49	—	0.48	0.49	0.49	0.48	0.49	0.48	0.64
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	6.98×10^5	3.10×10^5	6.52×10^5	6.98×10^5	9.17×10^6	2.40×10^5	2.51×10^5	6.98×10^5	1.31×10^6	1.45×10^6	1.31×10^6	1.22×10^6
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	98.0	98.0	98.0	98.0	—	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
	ポアソン比 ν	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.050	0.050	0.050	0.050	—	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)	500	200	500	500	—	500	500	500	4000	4000	4000	2500

表3-3 (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(西山層)

物性値		地質区分	西山層	
			西山層 (T. M. S. L. -33.0m以浅)	西山層 (T. M. S. L. -33.0m~-90.0m)
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		1.73	1.69
	間隙率 n		0.56	0.56
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)		4.16×10^5	4.75×10^5
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)		98.0	98.0
	ポアソン比 ν		0.33	0.33
	減衰定数の上限値 h_{max}		0.257	0.257
強度特性	粘着力 c (kN/m ²)		$1370 - 5.04 \cdot Z^*$	$1370 - 5.04 \cdot Z^*$
	内部摩擦角 ϕ (°)		0.0	0.0

注記* : Zは、標高(m)を示す。

表 3-3 (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(マンメイドロック)

名 称		マンメイドロック (建屋側方)	マンメイドロック (建屋下)
対象施設		軽油タンク基礎, 取水路, 燃料移送系配管ダクト, 第一ガスタービン発電機基礎, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎, 6号機軽油タンク基礎	軽油タンク基礎, 補機冷却用海水取水路, 燃料移送系配管ダクト, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎
物理 特性	密度 ρ (g/cm ³)	1.75	1.75
	間隙率 n	0.56	
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	$1.91 \times 10^{6*1}$	$2.11 \times 10^{6*2}$
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)	98.0	
	ポアソン比 ν	0.36	
	減衰定数の上限値 h_{max}	0.190	
強度 特性	粘着力 c (kN/m ²)	1840	
	内部摩擦角 ϕ (°)	0.0	

注記 *1: マンメイドロック試験結果

$$G_0 = 19460 + 414 \times P \quad (P: \text{圧密圧力 (kg/cm}^2\text{)})$$

建屋側方: $P = 0$ (kg/cm²) として,

$$G_0 = (19460 + 414 \times 0) \times 9.80665 = 190,837 \approx 1.91 \times 10^6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

*2: *1と同じく

建屋下: $P = 5$ (kg/cm²) として,

$$G_0 = (19460 + 414 \times 5) \times 9.80665 = 211,137 \approx 2.11 \times 10^6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

表 3-4 (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
(液状化検討対象層)

物性値		地質区分	埋戻土	新期砂層・沖積層			古安田層			
				新期砂層	沖積層上部 (砂質)	沖積層下部	A2s層	A3s層	A2g層 (砂質)	A1g層
物理特性	密度 ρ	物理試験			物理試験				A2s層で代用	
	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_{ms}	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定			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	G _{ms} に対応する値		G _{ms} に対応する値					
	ポアソン比 ν	慣用値*1 (PS検層)*2	慣用値*1		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			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	液状化強度試験結果 に基づく要素シミュレーション			液状化強度試験結果 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	

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）

（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）

*2：括弧内は，地下水位以浅の根拠を表す。

表 3-4 (2) 設置変更許可申請書に記載されていない解析用物性値の設定根拠
(非液状化検討対象層)

物性値		地質区分	埋戻土 II	新期砂層・沖積層	古安田層					
				沖積層上部 (シルト質)	A3c層	A3a1層	A2c層	A2a1層	A2g層 (シルト質)	A1c層
物理特性	密度 ρ	物理試験			物理試験					
	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_{ms}	PS検層によるS波速度、密度に基づき設定			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}	G _{ms} に対応する値			G _{ms} 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'									

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）

（運輸省港湾技術研究所，平成9年6月）

表 3-4 (3) 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
(既設地盤改良体(有効応力解析))

対象施設		6・7号機 海水貯留堰	軽油タンク基礎, 燃料移送系配管ダクト		第一ガスタービン発電機基礎, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎			6号機軽油タンク基礎			
種別 (地盤種別)		高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (砂質土)	機械攪拌	改良盛土	土質安定 処理土	置換	高圧噴射 (砂質土)	高圧噴射 (粘性土)	
物理 特性	密度 ρ	物理試験					工法別 平均値*1	物理試験			
	間隙率 n	工法別 平均値*2	物理試験		工法別 平均値*2	工法別 平均値*3	工法別 平均値*3	物理試験			
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{00}	湿潤密度及びPS検層					文献*4	湿潤密度及びPS検層			
	基準平均有効拘束圧 σ_{00}'	慣用値									
	ポアソン比 ν	慣用値			慣用値 (PS検層)*5	慣用値 (PS検層)*5	文献*4	慣用値			
	減衰定数の上限値 h_{max}	文献*6	動的変形試験								
強度 特性	粘着力 c	一軸圧縮試験					設計値	一軸圧縮試験			

注記*1 : 置換工法における湿潤密度の工法別平均値
 *2 : 高圧噴射(砂質土)における間隙率の工法別平均値
 *3 : 置換工法における間隙率の工法別平均値
 *4 : 第2版 流動化処理土利用技術マニュアル(独立行政法人土木研究所, 平成19年)
 *5 : 括弧内の数字は, 地下水位以浅の値を表す。
 *6 : 改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針-セメント系固化工材を用いた深層・浅層混合処理工法-(日本建築センター, 平成14年11月)

表 3-4 (4) 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
(新設地盤改良体(全応力解析))

対象施設		格納容器圧力逃がし装置基礎		大物搬入建屋
種別		置換	高圧噴射(砂質土)	置換
物理 特性	密度 ρ	工法別平均値 に基づき設定	対象土層の最大値 に基づき設定	工法別平均値 に基づき設定
動的 変形 特性	動せん断弾性係数 G_0	設計S波速度, 密度に基づき設定	設計S波速度, 密度に基づき設定	設計S波速度, 密度に基づき設定
	ポアソン比 ν	工法別実績値 軽油タンク基礎(置換) に基づき設定	工法別実績値 軽油タンク基礎 (高圧噴射(砂質土)) に基づき設定	工法別実績値 軽油タンク基礎(置換) に基づき設定
	$G/G_0 - \nu$			
	$h - \nu$			

表 3-4 (5) 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
(新設地盤改良体(有効応力解析))

対象施設		6・7号機 海水貯留堰		6・7号機 スクリーン室	6・7号機取水路, 補機冷却用海水取水路			軽油タンク基礎, 燃料移送系配管ダクト		6号機軽油タンク基礎			
種別 (地盤種別)		高圧噴射A,B (砂質土)	高圧噴射 (粘性土)	高圧噴射 (砂質土)	無筋コン クリート	置換	機械攪拌	高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (砂質土)	置換	高圧噴射 (粘性土)	
物理 特性	密度 ρ	対象土層の最大値			文献*1	工法別 平均値	対象土層の最大値		工法別 平均値	対象土層 の最大値		工法別 平均値	対象土層 の最大値
	間隙率 n	工法別平均値			—*2		工法別平均値						
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{ms}	設計S波速度, 密度に基づき設定			文献*1	文献*4から推定したS波速度, 密度に基づき設定			設計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*3			—*2		慣用値*3						
	ポアソン比 ν	慣用値*3			文献*1		慣用値*3						
	減衰定数の上限値 h_{max}	文献*4			—*2		文献*4						
強度 特性	粘着力 c	設計一軸圧縮強度			—*2		設計一軸圧縮強度						

注記*1 : コンクリート標準示方書 構造性能照査編(社団法人土木学会, 2002年)
 *2 : 無筋コンクリートは線形弾性体としてモデル化(パラメータなし)
 *3 : 液状化による構造物被害予想プログラム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) (運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)
 *4 : 改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固着材を用いた深層・浅層混合処理工法—
 (日本建築センター, 平成14年11月)

表 3-4 (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の設定根拠(西山層)

物性値		地質区分	
		西山層	
		西山層 (T. M. S. L. -33.0m以浅)	西山層 (T. M. S. L. -33.0m~ -90.0m)
物理 特性	密度 ρ	物理試験	
	間隙率 n	物理試験	
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}	慣用値*	
	ポアソン比 ν	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	
強度 特性	粘着力 c	三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ		

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) (運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)

表 3-4 (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の設定根拠(マンメイドロック)

名 称		マンメイドロック (建屋側方)	マンメイドロック (建屋下)
対象施設		軽油タンク基礎, 取水路, 燃料移送系配管ダクト, 第一ガスタービン発電機基礎, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎, 6号機軽油タンク基礎	軽油タンク基礎, 補機冷却用海水取水路, 燃料移送系配管ダクト, 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎
物理 特性	密度 ρ	物理試験	
	間隙率 n	西山層相当に設定	
変形 特性	動せん断弾性係数 G_{ma}	弾性波速度測定試験によるS波速度, 密度に基づき設定	
	基準平均有効拘束圧 σ'_{ma}	慣用値*	
	ポアソン比 ν	弾性波速度測定試験	
	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	三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 ϕ		

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タの簡易設定法 (港湾技研資料No. 869)
(運輸省港湾技術研究所, 平成9年6月)

3.3 耐震評価における地下水位設定方針

3.3.1 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いては、敷地における地下水位観測に基づき、保守的に地下水位を設定する。ただし、原子炉建屋等の地下水位については、地下水排水設備による地下水位の低減措置を考慮して設定する。

3.3.2 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いては、敷地における地下水位観測に基づき、保守的に地下水位を設定する。

4. 極限支持力

極限支持力度は、建物・構築物においては、建築基準法及び同施行令、基礎指針の支持力算定式に基づき設定し、土木構造物においては、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（西山層）の極限支持力度

基礎地盤（西山層）の極限支持力度を表 4-1 に示す。

基礎地盤（西山層）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、支持力試験結果を図 4-2 に示す。

なお、マンメイドロックについては、西山層と同等以上の力学特性を有することから、西山層の極限支持力度を適用する。

表 4-1 基礎地盤（西山層）の極限支持力度

岩種	号機	極限支持力度 (kN/m ²)
西山層	7号機	6.17×10^3
	6号機	5.98×10^3

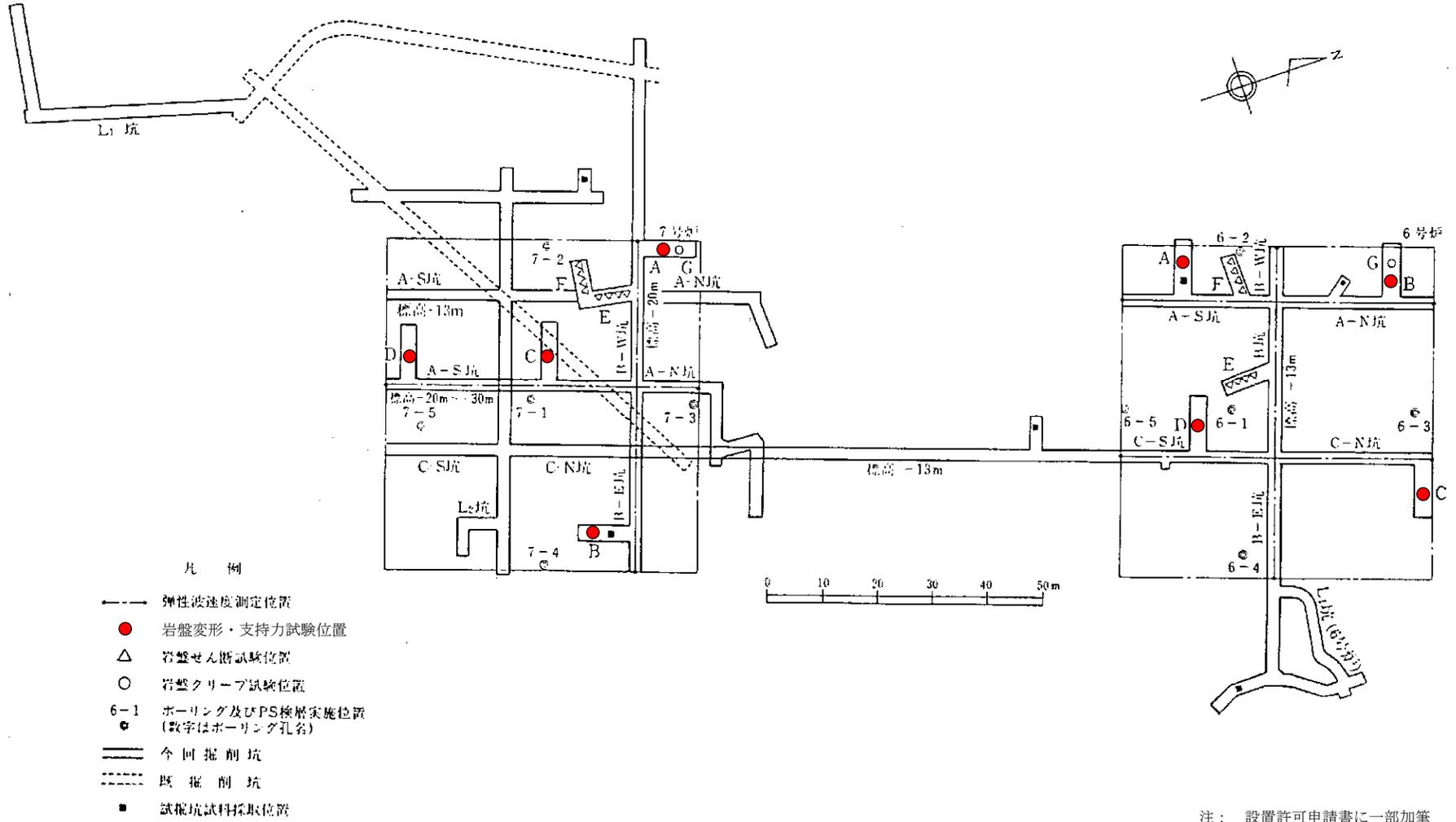
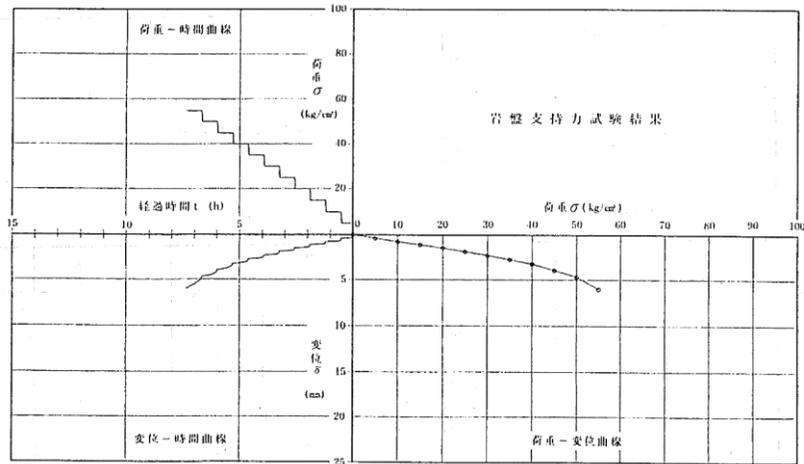
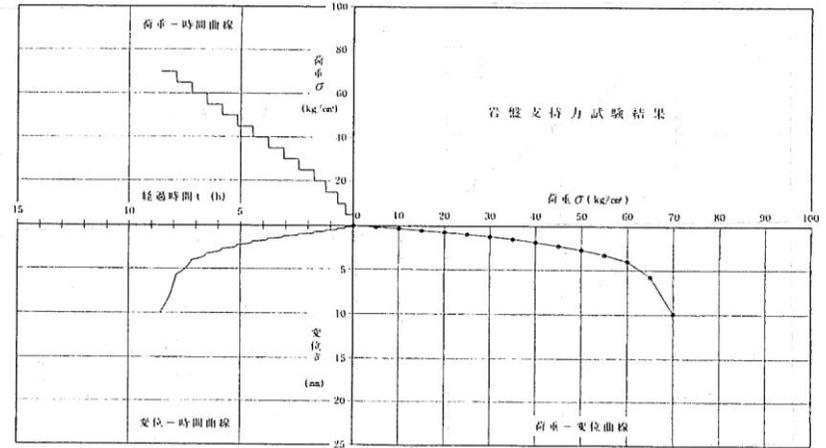


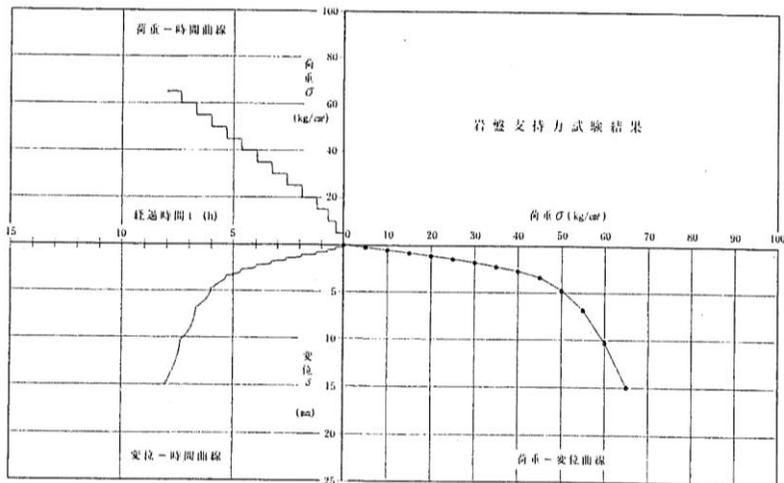
図 4-1 支持力試験実施位置



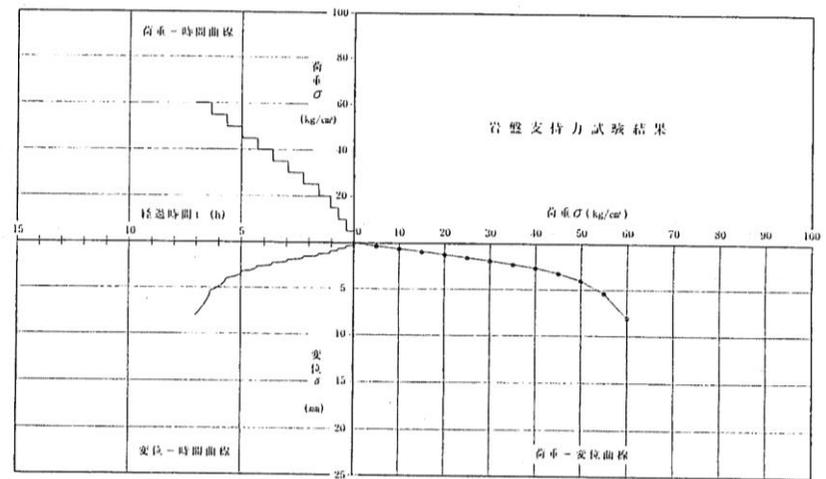
(a) A地点



(b) B地点

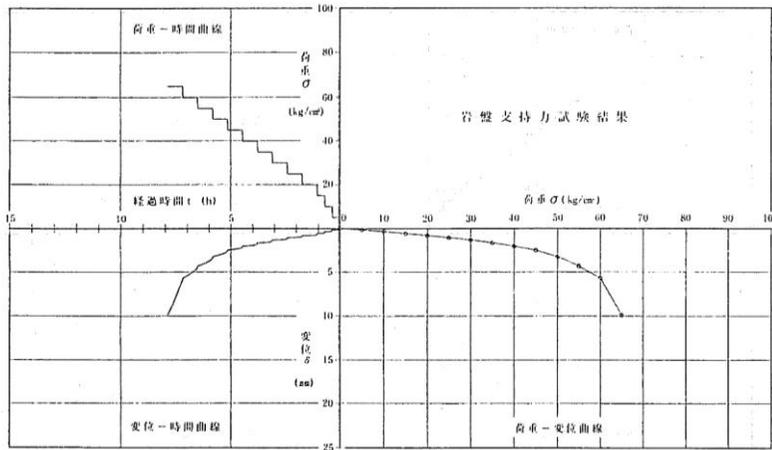


(c) C地点

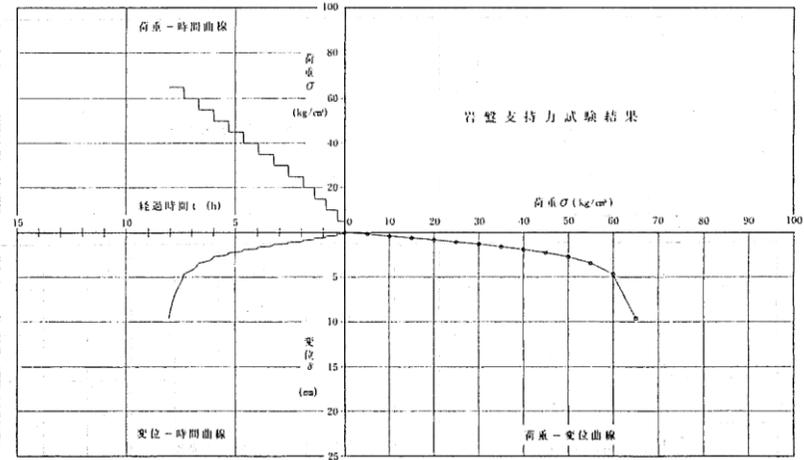


(d) D地点

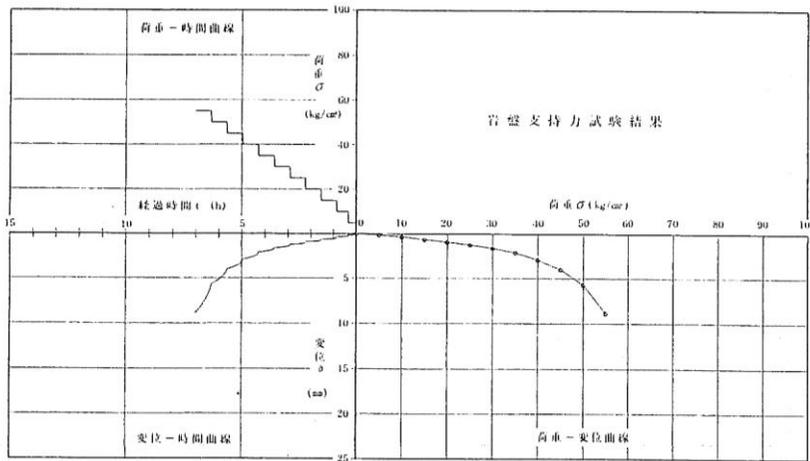
図 4-2 支持力試験結果 (7号機) (1/2)



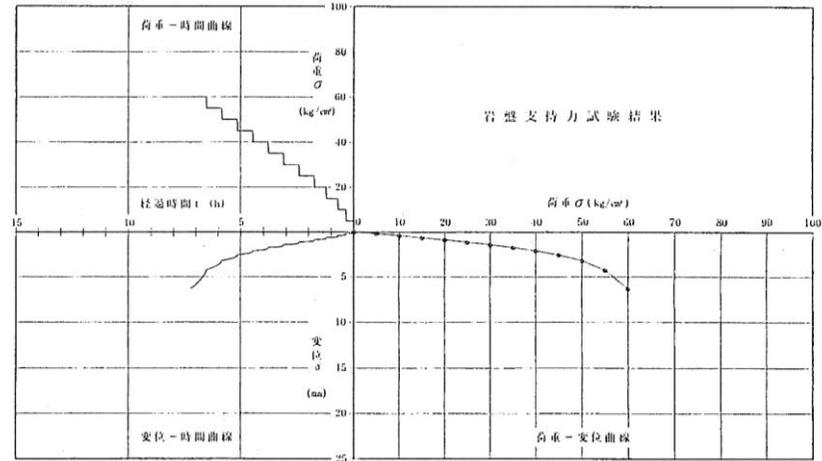
(a) A地点



(b) B地点



(c) C地点



(d) D地点

图 4-2 支持力試驗結果 (6号機) (2/2)

4.2 直接基礎の支持力算定式

直接基礎の支持力算定式を以下に示す。

(1) 建物・構築物

- ・平板載荷試験結果（建築基準法及び同施行令）による極限支持力算定式

$$q_u = 3 \cdot q_a = 3 \cdot q_t + N' \cdot \gamma_2 \cdot D_f$$

ここで、

q_u : 極限支持力度 (kN/m²)

q_a : 長期に生じる力に対する地盤の許容応力度 (kN/m²)

q_t : 平板載荷試験による降伏荷重度の 1/2 の数値又は極限応力度の 1/3 の数値のうちいずれか小さい数値 (kN/m²)

N' : 基礎荷重面下の地盤の種類に応じて次の表に掲げる係数

係数	地盤の種類		
	密実な砂質地盤	砂質地盤 (密実なものを除く。)	粘土質地盤
N'	12	6	3

γ_2 : 基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量又は水中単位体積重量 (kN/m³)

D_f : 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ (m)

・建築基準法及び同施行令による極限支持力算定式

$$q_u = 3 \cdot q_a = i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$

ここで、

q_u : 極限支持力度 (kN/m²)

q_a : 長期に生じる力に対する地盤の許容応力度 (kN/m²)

i_c, i_γ, i_q : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角に応じて次の式によって計算した数値

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2, \quad i_\gamma = (1 - \theta / \phi)^2$$

これらの式において、 θ 及び ϕ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

θ : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角 (θ が ϕ を超える場合は、 ϕ とする。) (°)

ϕ : 地盤の特性によって求めた内部摩擦角 (°)

α, β : 基礎荷重面の形状に応じて次の表に掲げる係数

係数	基礎荷重面の形状	
	円形	円形以外の形状
α	1.2	$1.0 + 0.2 \cdot B/L$
β	0.3	$0.5 - 0.2 \cdot B/L$

この表において、B 及び L は、それぞれの基礎荷重面の短辺又は短径及び長辺又は長径の長さ (m) を表すものとする。

c : 基礎荷重面下にある地盤の粘着力 (kN/m²)

B : 基礎荷重面の短辺又は短径 (m)

N_c, N_γ, N_q : 地盤内部の摩擦角に応じて次の表に掲げる支持力係数

支持力係数	内部摩擦角									
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	28°	32°	36°	40° 以上
N_c	5.1	6.5	8.3	11.0	14.8	20.7	25.8	35.5	50.6	75.3
N_γ	0	0.1	0.4	1.1	2.9	6.8	11.2	22.0	44.4	93.7
N_q	1.0	1.6	2.5	3.9	6.4	10.7	14.7	23.2	37.8	64.2

この表に掲げる内部摩擦角以外の内部摩擦角に応じた N_c, N_γ 及び N_q は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする。

γ_1 : 基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量又は水中単位体積重量 (kN/m³)

γ_2 : 基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量又は水中単位体積重量 (kN/m³)

D_f : 基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ (m)

(2) 土木構造物

・道路橋示方書による極限支持力算定式（直接基礎）

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

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重量(kN/m³)

ただし，地下水位以下では水中単位重量を用いる。

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

杭基礎の押し込み力及び引抜き力に対する支持力評価において、有効応力解析により液状化すると評価された地盤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、杭周面地盤に地盤改良体、非液状化層、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。

(1) 建物・構築物

- ・基礎指針による極限支持力算定式
(鉛直支持力)

$$R_u = R_p + R_f$$

ここで、

R_u : 極限支持力 (kN)

R_p : 極限先端支持力 (kN)

$$R_p = q_p \cdot A_p$$

q_p : 極限先端支持力度 (kN/m²)

A_p : 杭先端の閉塞断面積 (m²)

R_f : 極限周面摩擦力 (kN)

$$R_f = R_{fs} + R_{fc}$$

R_{fs} : 砂質土部分の極限周面摩擦力 (kN)

$$R_{fs} = \tau_s \cdot L_s \cdot \phi$$

τ_s : 砂質土の極限周面摩擦力度 (kN/m²)

L_s : 砂質土部分の長さ (m)

ϕ : 杭の周長 (m)

R_{fc} : 粘性土部分の極限周面摩擦力 (kN)

$$R_{fc} = \tau_c \cdot L_c \cdot \phi$$

τ_c : 粘性土の極限周面摩擦力度 (kN/m²)

L_c : 粘性土部分の長さ (m)

(引抜き抵抗力)

$$R_{TC} = (\sum \tau_{sti} \cdot L_{si} + \sum \tau_{cti} \cdot L_{ci}) \cdot \phi + W$$

ここで,

R_{TC} : 最大引抜き抵抗力(kN)

ϕ : 杭の周長(m)

τ_{sti} : 砂質土の i 層における杭引抜き時の最大周面摩擦力度で、
押し込み時の極限周面摩擦力度の 2/3 とする (kN/m²)

L_{si} : 砂質土の i 層における杭の長さ(m)

τ_{cti} : 粘性土の i 層における杭引抜き時の最大周面摩擦力度で、
押し込み時の極限周面摩擦力度と同一とする (kN/m²)

L_{ci} : 粘性土の i 層における杭の長さ(m)

W : 杭の自重で、地下水位以下の部分については浮力を考慮する (kN)

(2) 土木構造物

・道路橋示方書による極限支持力算定式

[杭基礎 (中掘り杭, 場所打ち杭)]

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

ここで,

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)

A : 杭先端面積(m²)

q_d : 杭先端における単位面積当たりの極限支持力度(kN/m²)

適用する杭工法及び杭先端の地盤種別に応じて設定

・ 中掘り杭 セメントミルク噴出攪拌方式 : $q_d = 200 \cdot N$ (≤ 10000)

・ 場所打ち杭工法 : $q_d = 3 \cdot q_u$

q_u : 支持地盤の一軸圧縮強度(kN/m²)

N : 杭先端地盤における標準貫入試験のN値

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)

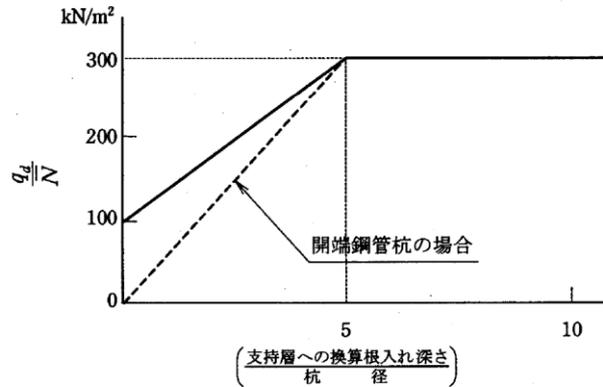


図 4-3 杭先端地盤の極限支持力度 q_d の算定図 (打込み杭の場合)

(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))

・道路橋示方書Ⅰ・Ⅳによる極限支持力算定式

[杭基礎(群杭)]

$$Q_p = A_G \cdot q_{d'} - W$$

ここで、

Q_p : 群杭としての杭先端の極限支持力 (kN)

A_G : 仮想ケーソン基礎の底面積 (m²)

$q_{d'}$: 仮想ケーソン基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

W : 仮想ケーソン基礎で置き換えられる土の有効重量 (kN)

$$Q_f = U_G \cdot \Sigma (L_i \cdot \tau_i)$$

ここで、

Q_f : 群杭としての周面摩擦力 (kN)

U_G : 仮想ケーソン基礎の周長 (m)

L_i : フーチング底面から先端支持層までの各層の層厚

τ_i : 各層の土のせん断抵抗力度層 (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、堆積物及び埋戻土の分布を設定し作成する。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 及び図 5-3 に示す。

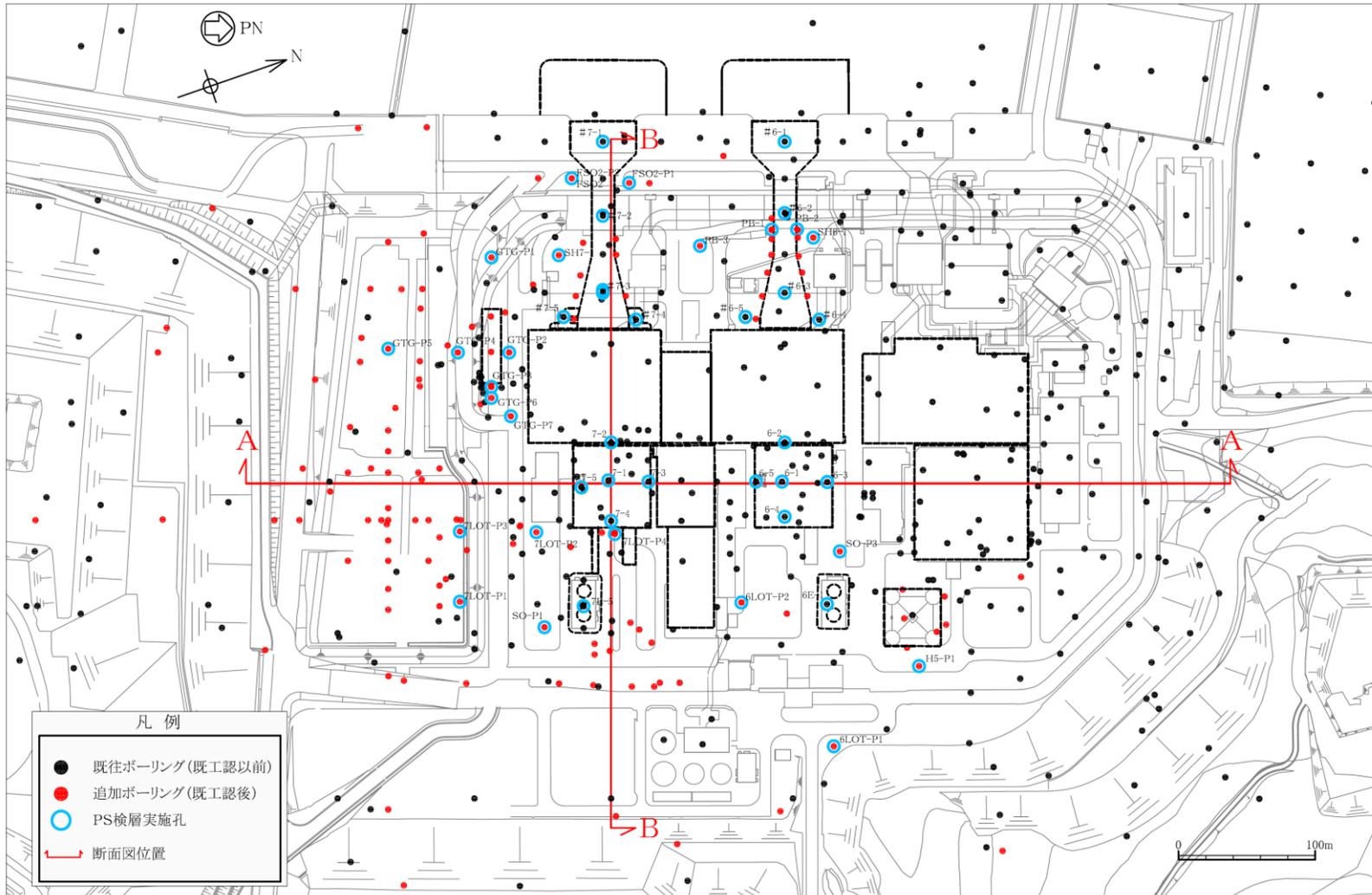


図 5-1 ボーリング調査位置図

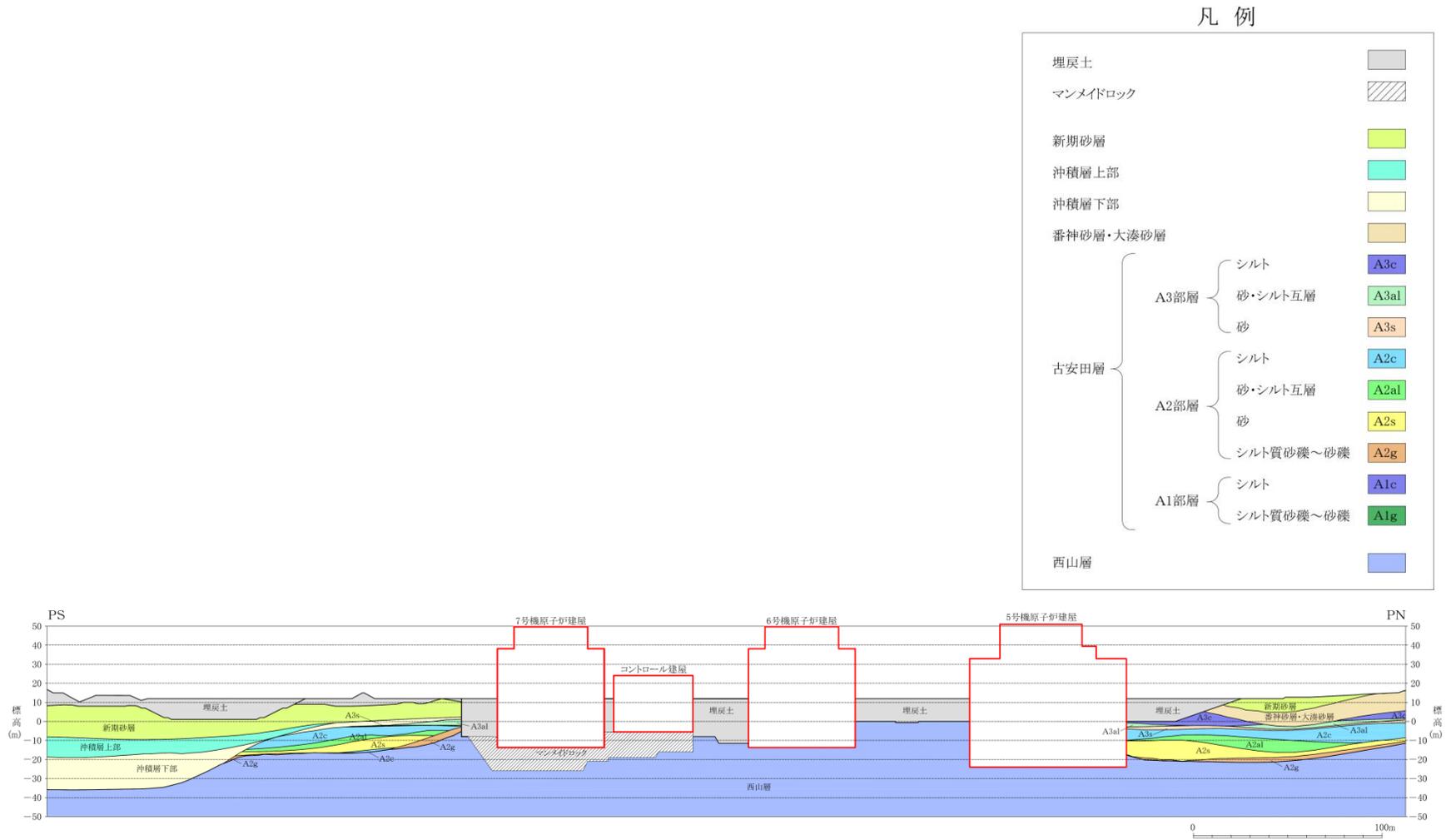


図 5-2 汀線平行 地質断面図 (7号機原子炉建屋炉心中央) (A-A断面)

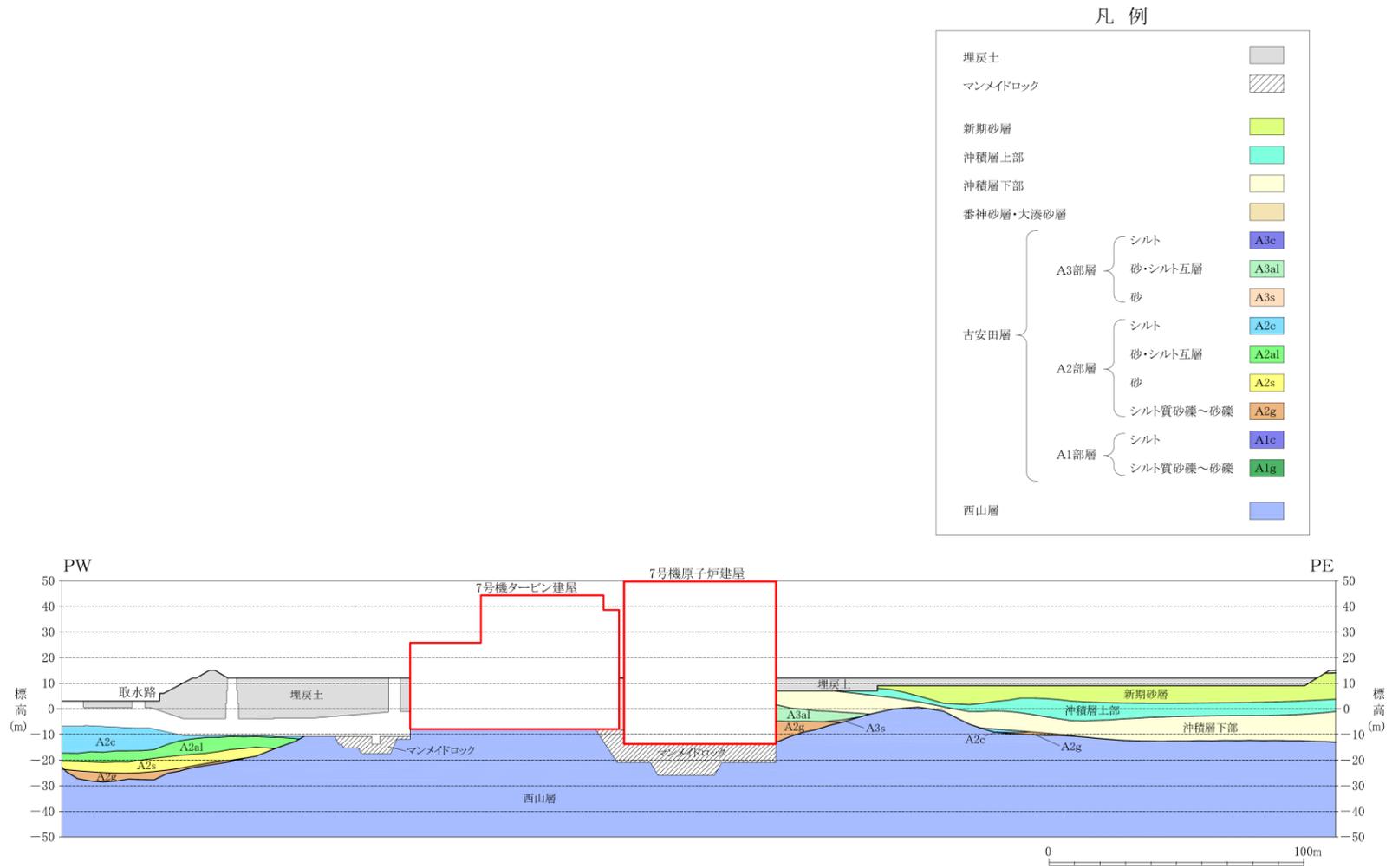


図 5-3 汀線直交 地質断面図 (7号機原子炉建屋炉心中央) (B-B断面)

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(T. M. S. L. -155m) から解析モデル入力位置をモデル化する。地下構造モデルの概要を表 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	西山層		基盤*
標高	解析モデル入力位置～T. M. S. L. -155 m		T. M. S. L. -155m 以深
P 波速度 V_p (m/s)	T. M. S. L. -6m ～ -33m T. M. S. L. -33 m～ -90 m T. M. S. L. -90 m～-136 m T. M. S. L. -136 m～-155 m	$V_p = V_s \sqrt{\frac{2(1-\nu_d)}{1-2\nu_d}}$	1900
S 波速度 V_s (m/s)	T. M. S. L. -6m ～ -33m T. M. S. L. -33 m～ -90 m T. M. S. L. -90 m～-136 m T. M. S. L. -136 m～-155 m	490 530 590 650	720
動ポアソン比 ν_d	T. M. S. L. -6m ～ -33m T. M. S. L. -33 m～ -90 m T. M. S. L. -90 m～-136 m T. M. S. L. -136 m～-155 m	0.451 0.446 0.432 0.424	0.416
単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	T. M. S. L. -6m ～ -33m T. M. S. L. -33 m～ -90 m T. M. S. L. -90 m～-136 m T. M. S. L. -136 m～-155 m	17.0 16.6 17.3 19.3	19.9
せん断剛性の ひずみ依存特性 $G/G_0 \sim \gamma$	$\frac{1}{1+4.10\gamma^{1.370}}$ γ : せん断ひずみ(%)		—
減衰定数(%) $h \sim \gamma$	$25.00\gamma^{0.940} + 0.70$ γ : せん断ひずみ(%)		—

注記* : 入力地震動作成モデルにおける解放基盤表面以深の半無限地盤

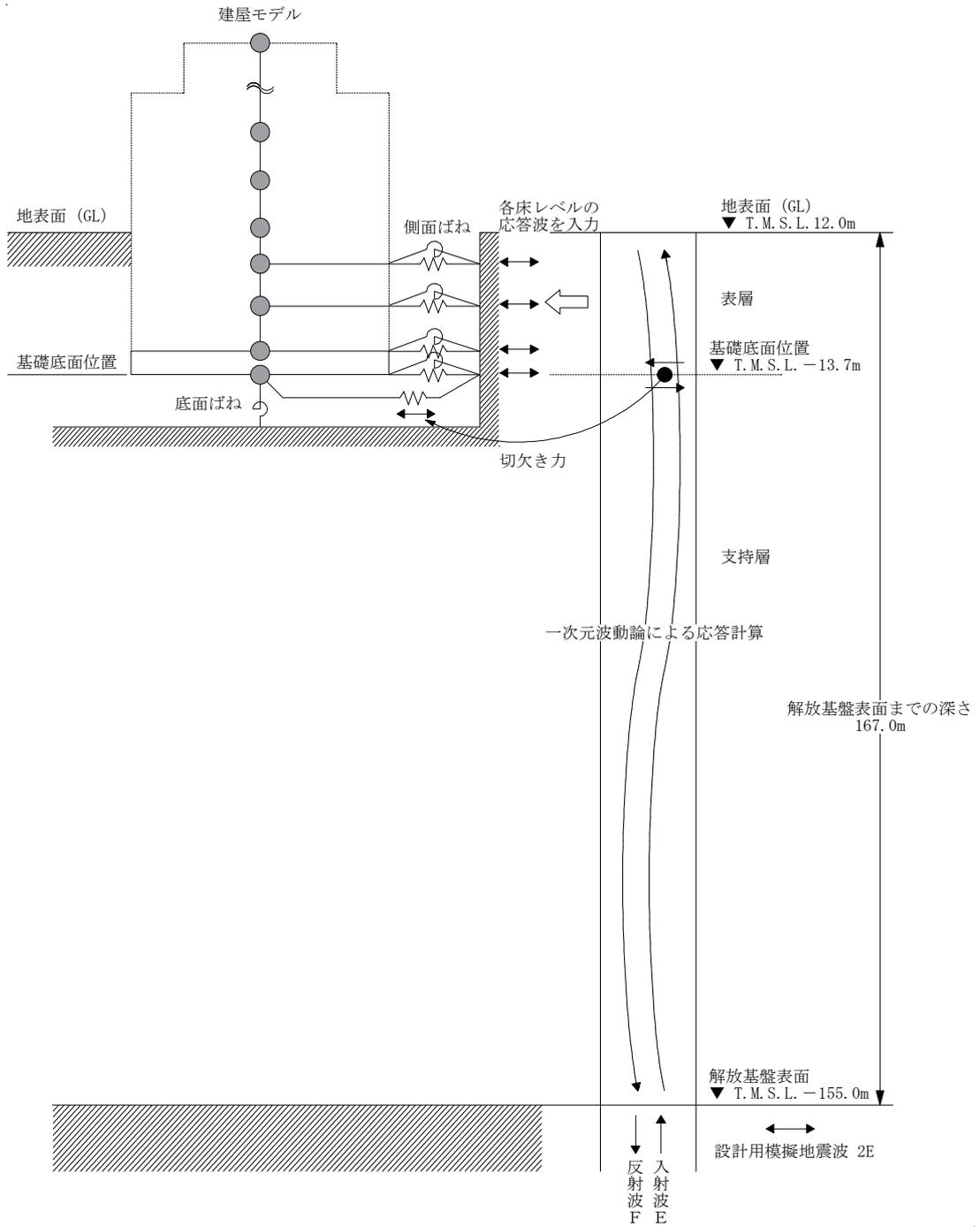


図 6-1 入力地震動算定の概念図 (建物・構築物)

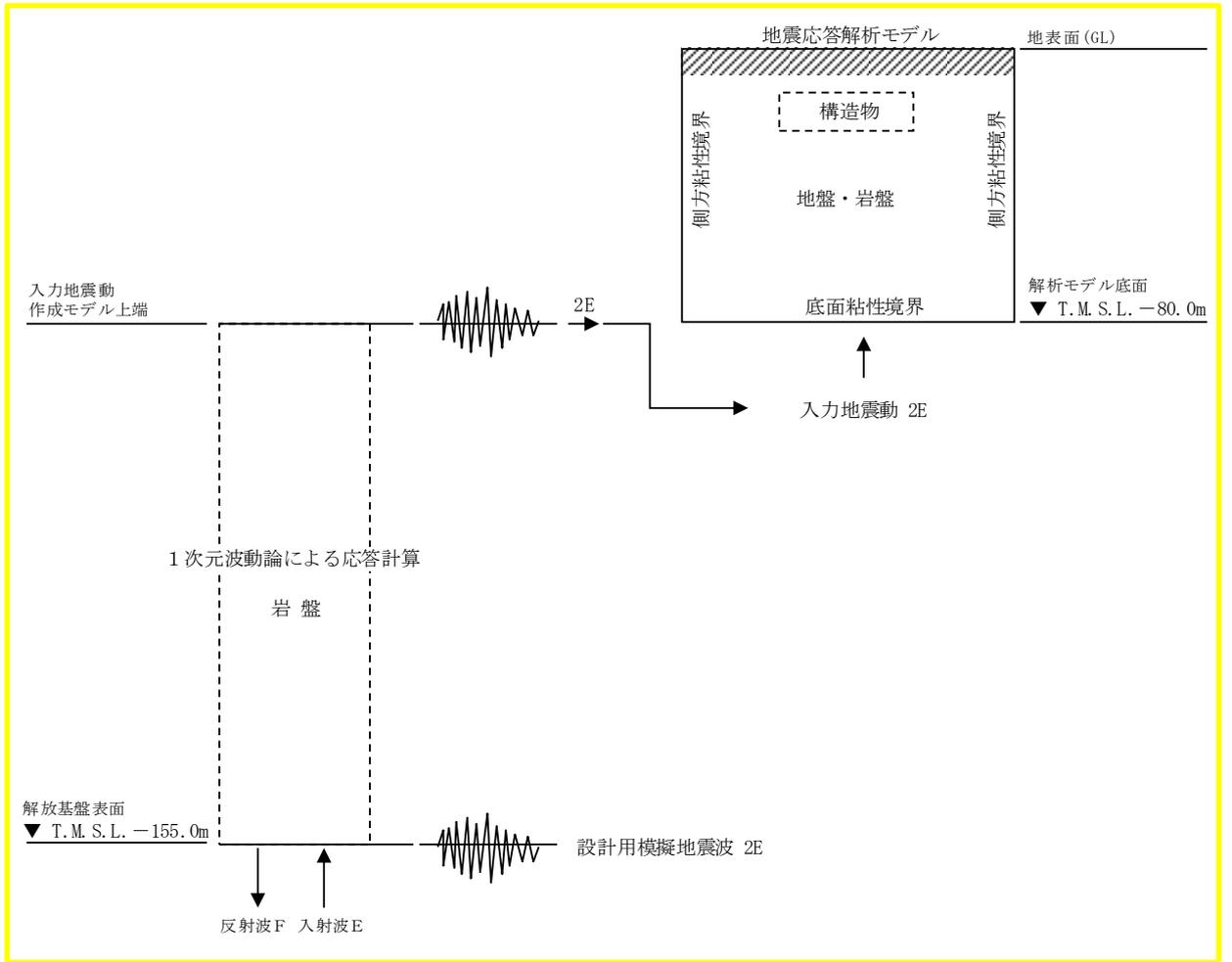


図 6-2 入力地震動算定の概念図 (土木構造物)

6.2 地震応答解析に用いる解析モデル

地層区分を細分化した解析モデルにおいて設定する地層ごとのP波速度及びS波速度は、「5. 地質断面図 図5-1」に示すボーリング孔の位置におけるPS検層の結果を基本として設定した。地層ごとのP波速度及びS波速度を表6-2に示す。

表6-2 PS検層結果

地層区分		平均値	
		V _s (m/s)	V _p (m/s)
埋戻土	不飽和	213	547
	飽和		1600
埋戻土Ⅱ	飽和	207	1511
新期砂層	不飽和	246	715
	飽和		1525
沖積層上部（シルト質）	飽和	182	1512
沖積層上部（砂質）	飽和	256	1597
沖積層下部	飽和	308	1699
A3c層	飽和	253	1515
A3a1層	飽和	230	1468
A3s層	飽和	283	1558
A2c層	飽和	278	1566
A2a1層	飽和	293	1608
A2s層	飽和	335	1645
A2g層（砂質）	飽和	392	1679
A2g層（シルト質）	飽和	332	1621
A1c層	飽和	312	1684
A1g層	飽和	405	1749