

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-123 改3
提出年月日	平成30年10月2日

V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 地盤の解析用物性値	1
3.1 設置変更許可申請書に記載された解析用物性値	1
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	9
4. 極限支持力	17
4.1 直接基礎及びケーソン基礎の支持力算定式	17
4.2 杭基礎の支持力算定式	19
4.3 地中連続壁基礎の支持力算定式	21
4.4 杭の支持力試験について	21
5. 地質断面図	22
6. 地盤の速度構造	24
6.1 入力地震動策定に用いる地下構造モデル	24
6.2 地震応答解析に用いる浅部地盤の解析モデル	26

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-1 耐震設計の基本方針の概要」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定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、工事計画認可申請において新たに設定する。

対象設備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許容限界*以下であることを確認する。

極限支持力は、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。）及び建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会、2001）（以下「基礎指針」という。）の支持力算定式に基づき、対象施設の支持岩盤の室内試験結果（せん断強度）等より設定する。また、杭の支持力試験を実施している場合は、極限支持力を支持力試験から設定する。

押込み力に対する支持力評価において、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系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、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

引抜き力に対する支持力評価において、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、新第三系（久米層）の杭周面摩擦力により算定される極限支持力を考慮することを基本とする。ただし、杭周面地盤に地盤改良体がある場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

注記 *：妥当な安全余裕を持たせる。

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3-10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

項目	第四系											新第三系	
	f1層	du層	Ag2層	Ac層	As層	Ag1層	D2c-3層	D2s-3層	D2g-3層	1m層	D1c-1層	D1g-1層	Km層
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³) *	1.82	1.89	—	—	—	1.77	1.92	2.15	1.43	1.77	1.89	—
		1.98	2.01	1.65	1.74	2.01	—	—	—	1.47	—	2.01	1.72-1.03×10 ⁻⁴ ・Z
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm ²)	4.00+199P	10.5+142P	11.4	21.1+14.8P	10.5+142P	32.3+5.46P	16.0+48.3P	83.4+160P	7.26+19.6P	32.3+5.46P	10.5+142P	221-2.23・Z
		80.3	109	—	—	—	129	249	538	24.8	139	287	—
動的変形特性	初期せん断剛性 G ₀ (N/mm ²) *	87.3	116	$\frac{\rho_{sat}}{Vs} \sqrt{1000 \times Vs^2}$ Vs=163-1.54z	$\frac{\rho_{sat}}{Vs} \sqrt{1000 \times Vs^2}$ Vs=211-1.19z	246	—	—	—	—	—	—	$\frac{\rho_s}{Vs} \sqrt{1000 \times Vs^2}$ Vs=433-0.771・Z
		0.385	0.286	—	—	—	0.488	0.465	0.462	0.494	0.487	0.382	—
せん断剛性のG/G ₀ 依存性	動ポアソン比 ν _d *	0.493	0.491	0.486	0.484	0.483	—	—	—	—	—	—	0.463+1.03×10 ⁻⁴ ・Z
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
減衰定数 h ⁻¹ ・γ	ピーク強度 C ₀ (N/mm ²)	1+1540γ 1.04	1+2520γ 1.14	1+269γ 0.369	1+422γ 0.361	1+1730γ 1.11	1+269γ 0.862	1+1100γ 0.994	1+237γ 0.732	1+222γ 0.975	1+269γ 0.862	1+2520γ 1.14	1+107γ 0.821
		$\frac{Z}{(1.27\gamma + 0.0055Z)} - 0.0102$	$\frac{Z}{(3.10\gamma + 0.0057Z)} - 0.0413$	$\frac{Z}{(6.05\gamma + 0.0103)} - 0.0222$	$\frac{Z}{(3.40\gamma + 0.0122)} - 0.0144$	$\frac{Z}{(3.35\gamma + 0.0102)} - 0.00791$	$\frac{Z}{(6.02\gamma + 0.0094P)} - 0.0205$	$\frac{Z}{(6.05\gamma + 0.00500)} - 0.0132$	$\frac{Z}{(6.10\gamma + 0.00743)} - 0.0213$	$\frac{Z}{(6.02\gamma + 0.00640)} - 0.0205$	$\frac{Z}{(6.21\gamma + 0.0201P)} - 0.0121$	$\frac{Z}{(6.02\gamma + 0.00640)} - 0.0213$	$\frac{Z}{(6.41\gamma + 0.0094)} - 0.0184$
強度特性	残留強度 τ ₀ (N/mm ²)	1.12P +0.200	1.40P+0.620	0.242P+0.090	1.42P+0.464	1.40P+0.620	0.274P+0.180	0.462P+0.230	0.770P+0.594	0.338P+0.050	0.274P+0.180	1.40P+0.620	備考参照
		0.500P +0.195	1.20P+0.548	0.220P+0.059	1.43P+0.430	1.20P+0.548	0.170P+0.141	0.310P+0.213	0.788P+0.582	0.280P+0.036	0.170P+0.141	1.20P+0.548	$\tau = 0.632 \cdot \sigma$ (σ < 0.572N/mm ²) τ = 0.601 (σ ≧ 0.572N/mm ²)
備考	備考	新第三系の強度特性は右図より設定する。											Z: 標高EL, 表示(m)
		$\left(\frac{\sigma}{\sigma_R} \right)^n = \frac{\tau}{\tau_R}$											

注記 * : 上段は地下水位面以浅, 下段は地下水位以深に対する値を示す。

- 【各種記号の定義】 P (N/mm²) : 圧密圧力 (有効上載圧) G/G₀ (—) : 剛性低下率
 ρ_{sat} (g/cm³) : 飽和密度 h (—) : 減衰定数
 V_s (m/s) : せん断波速度 γ (—) : せん断ひずみ

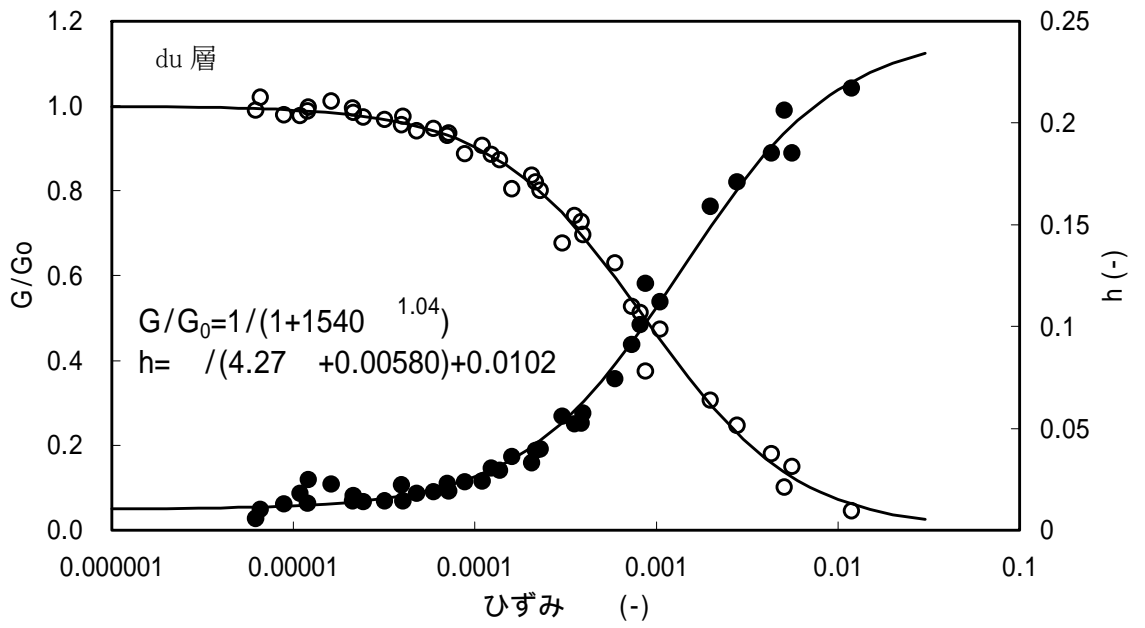


図 3-1 du 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

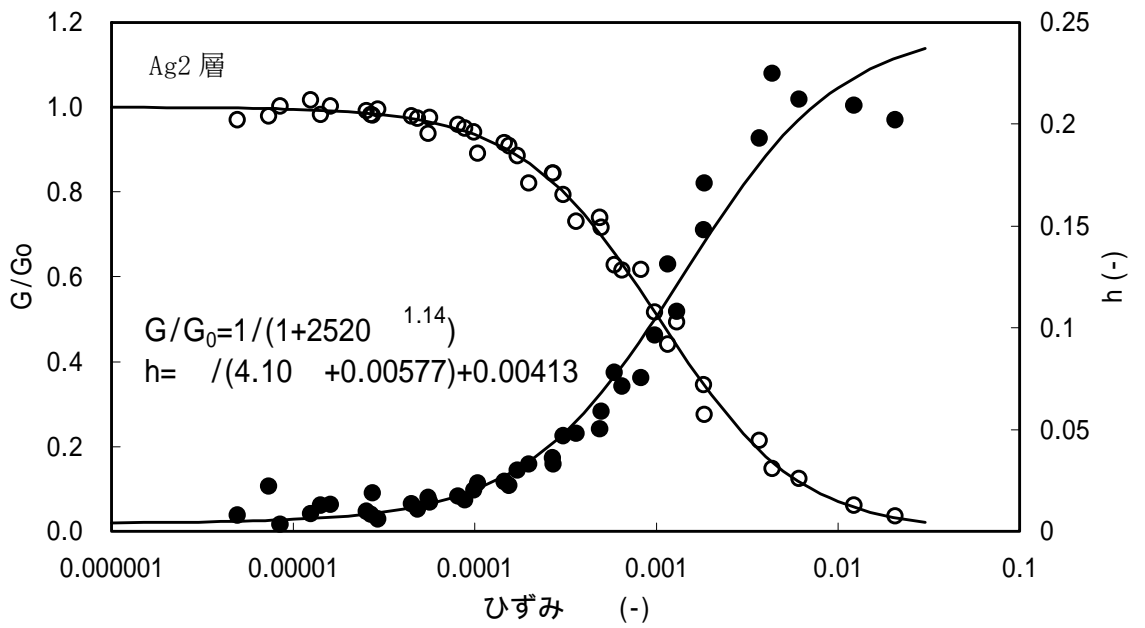


図 3-2 Ag2 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

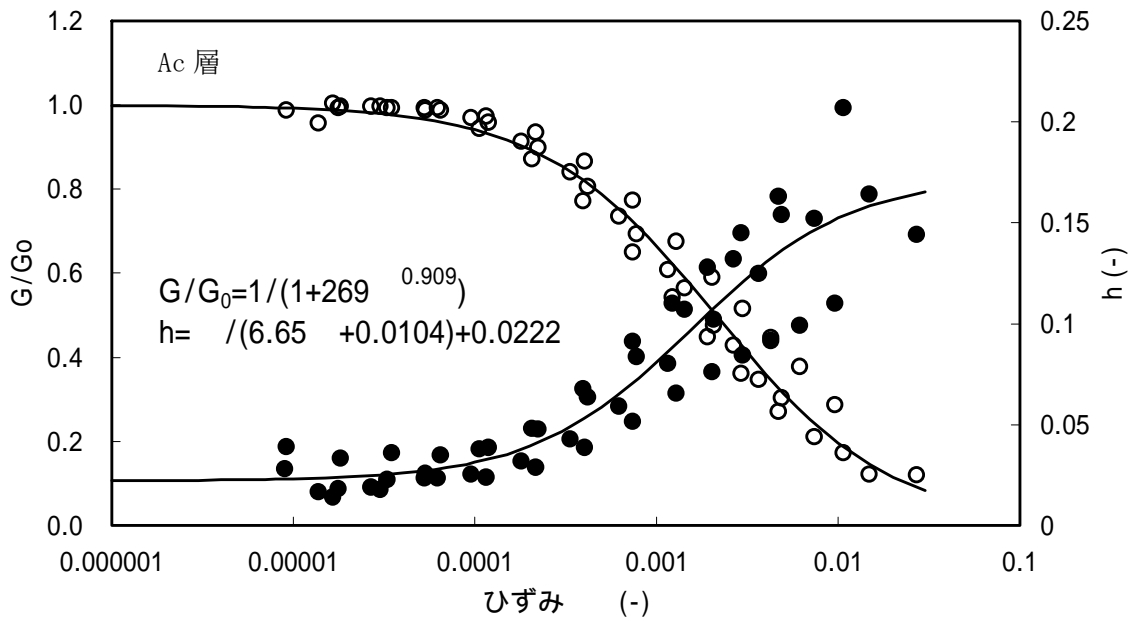


図 3-3 Ac 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

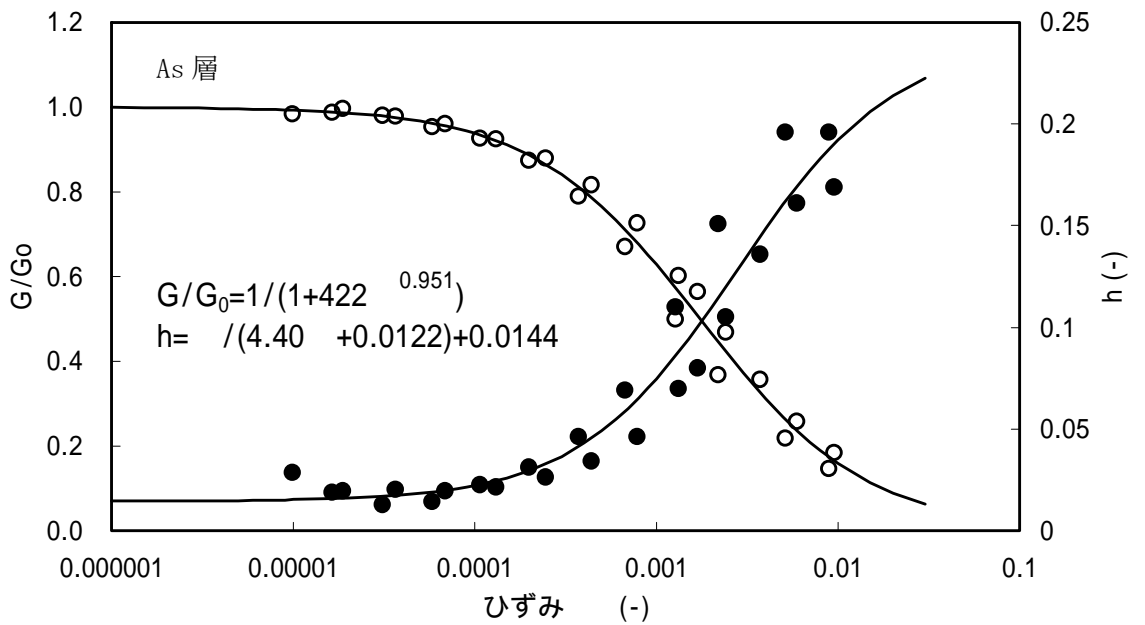


図 3-4 As 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

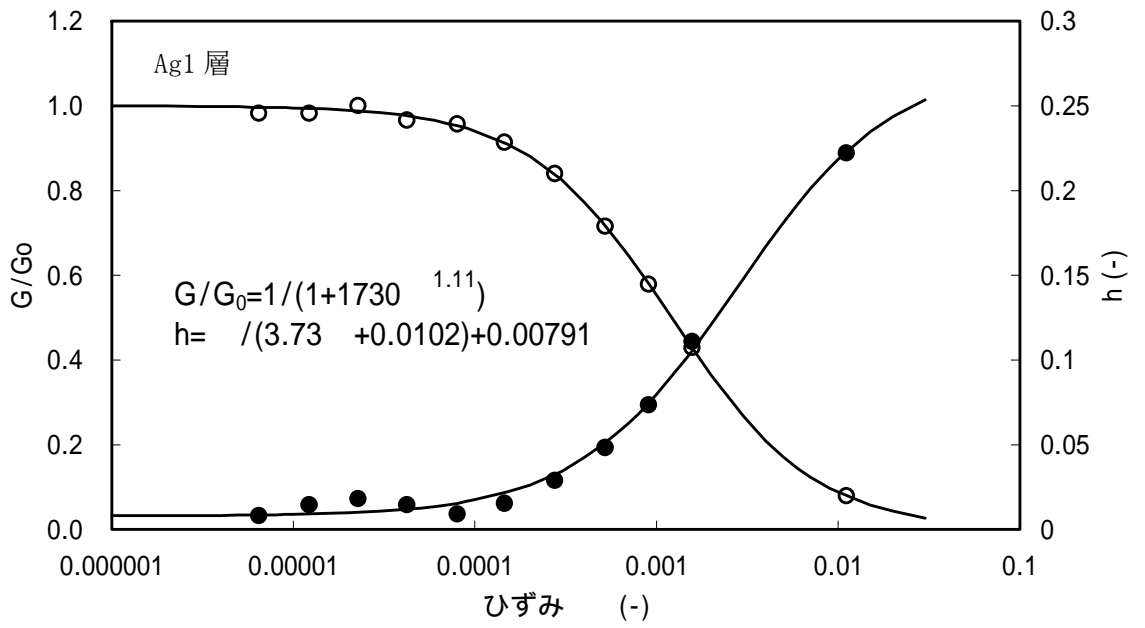


図 3-5 Ag1 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

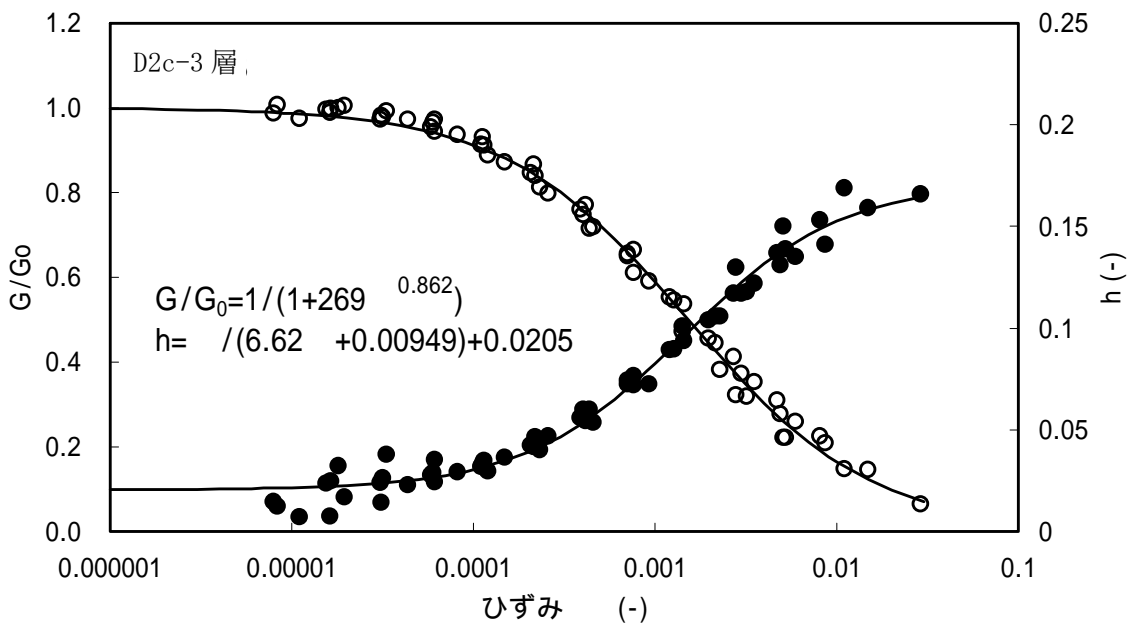


図 3-6 D2c-3 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

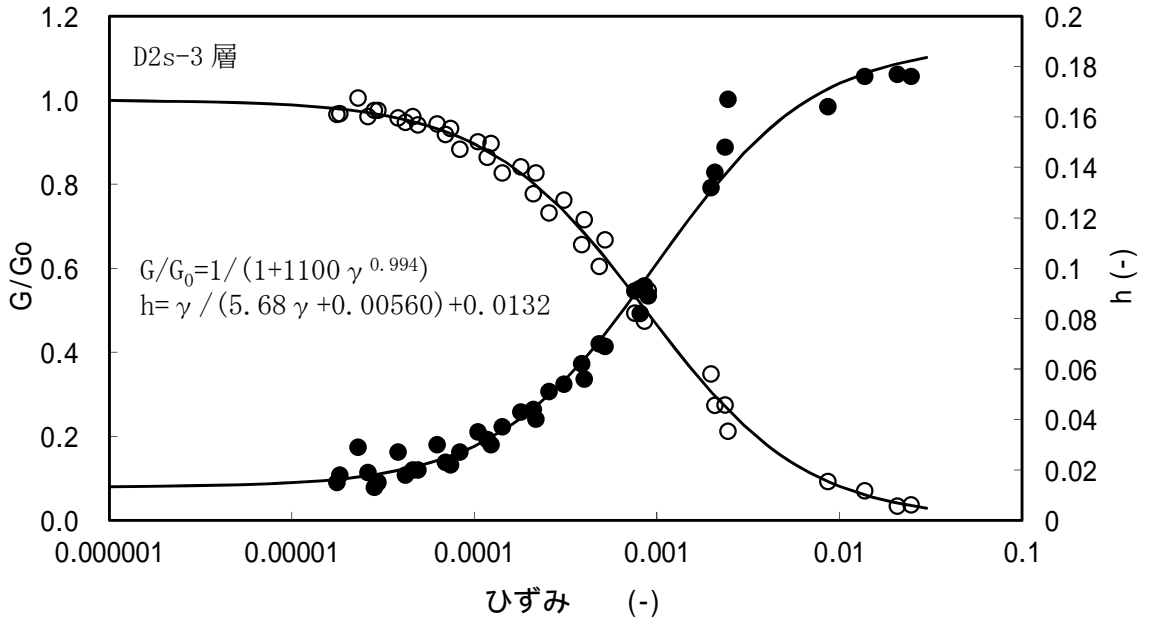


図 3-7 D2s-3 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

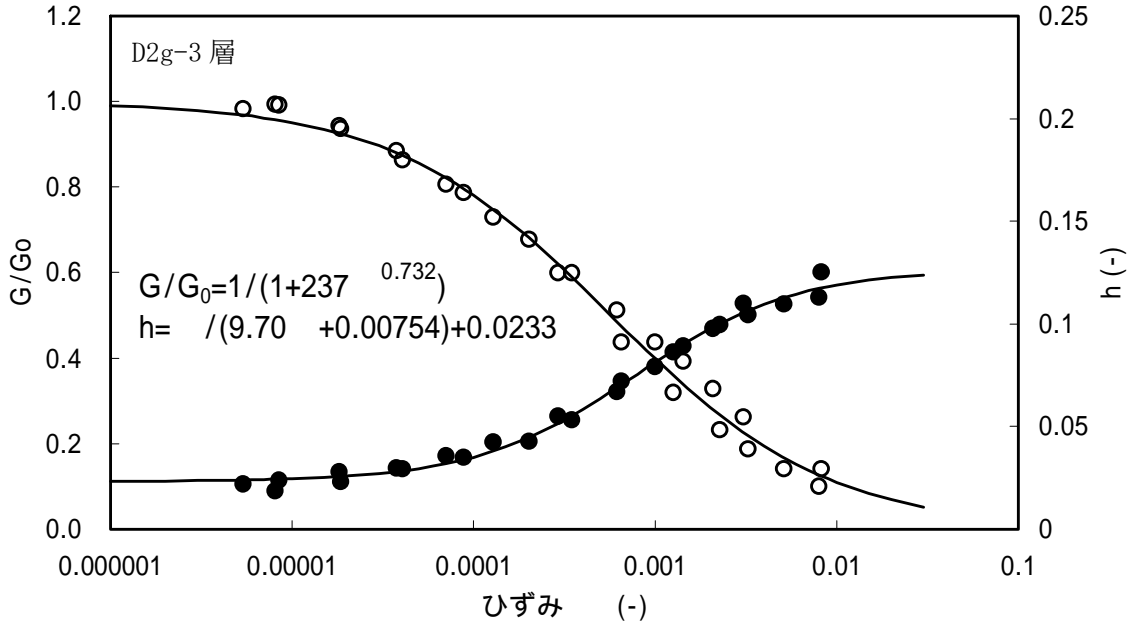


図 3-8 D2g-3 層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

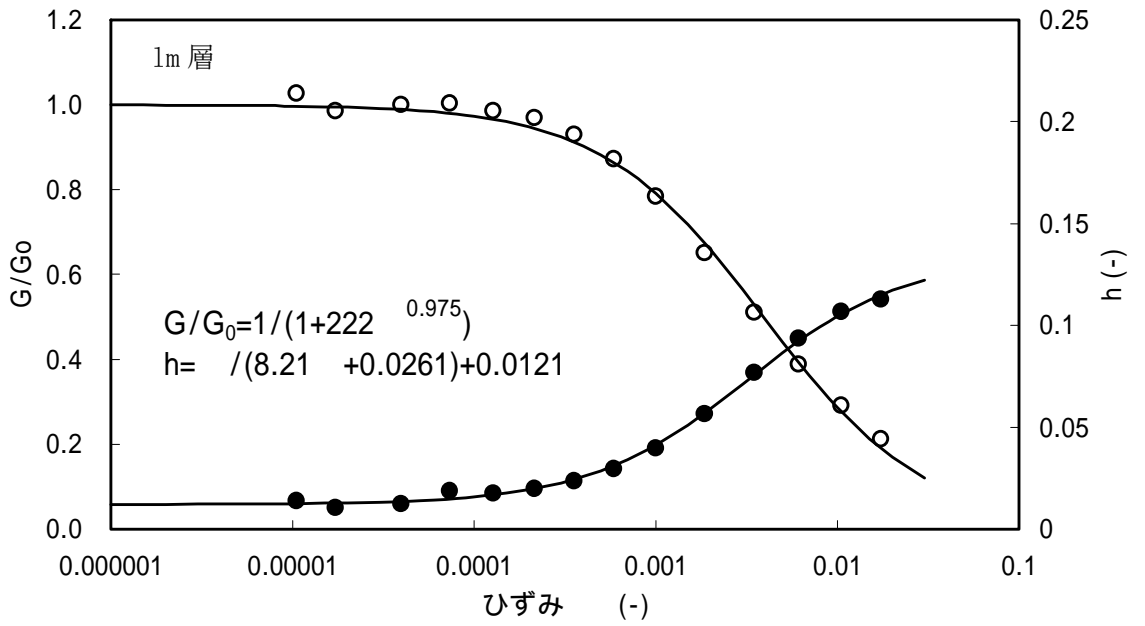


図 3-9 1m層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

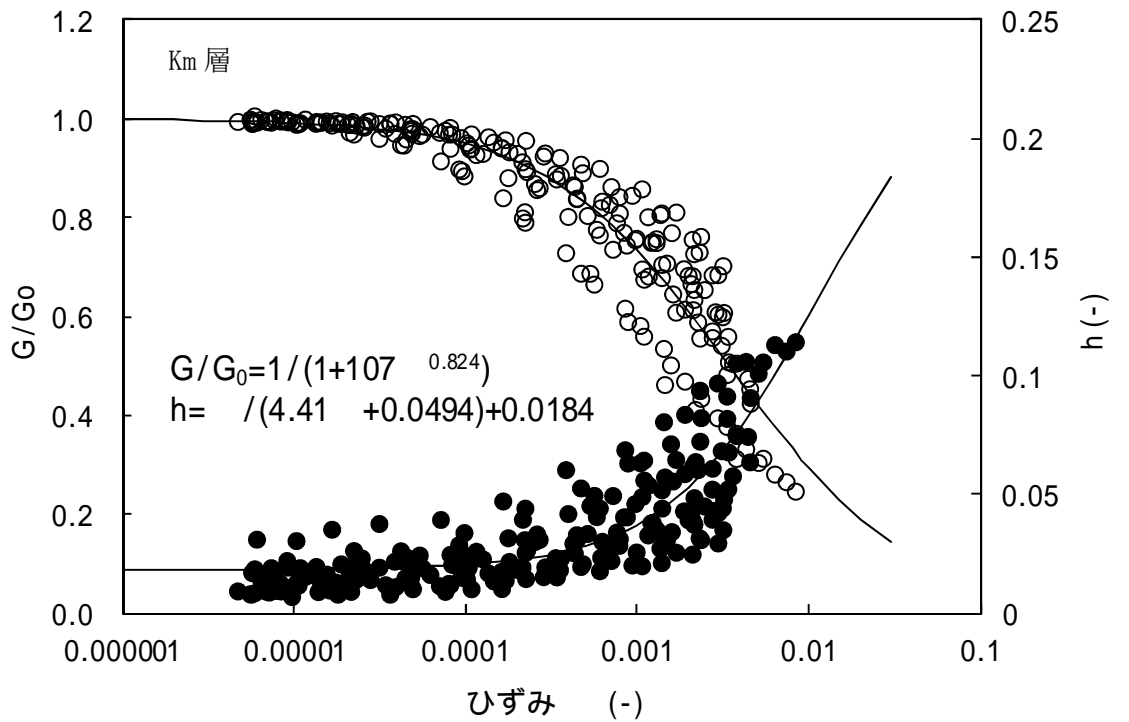


図 3-10 Km層のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

表 3-2 解析用物性値の設定根拠

項目	第四系											新第三系		
	埋戻土	f1層	du層	Ag2層	Ac層	As層	Ag1層	D2c-3層	D2s-3層	D2g-3層	1m層	D1c-1層	D1g-1層	Km層
密度		室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	室内物理試験
		三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験			三軸圧縮試験
静弾性係数		室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	室内物理試験
		三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験			三軸圧縮試験
初期せん断剛性	f1層の主要な構成材料はdu層であることから、du層で代用	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	室内物理試験
		PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出	PS検層と密度より算出			PS検層と密度より算出
動ポアソン比		室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	室内物理試験
		PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出	PS検層より算出			PS検層より算出
せん断剛性のひずみ依存性		繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	繰返し三軸試験
		繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験			繰返し三軸試験
減衰定数		繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	繰返し三軸試験
		繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験			繰返し三軸試験
強度特性	三軸圧縮試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	同じ洪積粘性土であるD2c-3層で代用	強度特性等と併せてAg2層で代用	繰返し三軸試験
		繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験	繰返し三軸試験			繰返し三軸試験

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～表 3-5 に、その設定根拠を表 3-6～表 3-8 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、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、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 」にて設定することを基本とする。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を設定する。

設置変更許可申請書における解析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。

なお、地盤の物理的及び力学的特性は、日本工業規格（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 強制的に液状化させることを仮定した有効応力解析に用いる解析用物性値

施設の耐震評価においては、敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケースを設定する場合がある。

豊浦標準砂の液状化強度特性は、文献（CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM[Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. (1986)]）から引用した相対密度 73.9～82.9%の豊浦標準砂の液状化強度試験データに対し、それらを全て包含する「FLIP」の液状化特性を設定する。

なお、豊浦標準砂は、山口県豊浦で産出される天然の珪砂であり、敷地には存在しないものである。豊浦標準砂は、淡黄色の丸みのある粒から成り、粒度が揃い均質で非常に液状化しやすい特性を有していることから、液状化強度特性に関する研究及びそれに伴う実験などで多く用いられている。

3.2.3 その他の解析用物性値

(1) 捨石

捨石については、「港湾構造物設計事例集（（財）沿岸技術研究センター，平成 19 年 3 月）」に基づき，表 3-3 のとおり解析用物性値を設定する。

(2) 人工岩盤

人工岩盤については、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005）」に基づき，表 3-4 のとおり解析用物性値を設定する。

(3) 地盤改良体

地盤改良体（セメント改良）については，既設改良体又は既設改良体を模擬した再構成試料による試験結果及び文献（地盤工学への物理探査技術の適用と事例（（社）地盤工学会，2001 年），わかりやすい土木技術ジェットグラウト工法（鹿島出版社 柴崎他，1983 年））等を参考に表 3-5 のとおり解析用物性値を設定する。

また，地盤改良体（薬液注入）については，改良対象の原地盤の解析用物性値と同等の基礎物理特性を用いるとともに，非液状化層とする。

なお，上記物性値とは別に，地盤改良試験施工を実施する主排気筒，非常用ガス処理系配管支持架構及び緊急時対策所建屋における地盤改良体（セメント改良）の解析用物性及びばらつきの設定については，各対象施設近傍にて実施した地盤改良試験施工結果を用いる。

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)

パラメータ				原地盤							豊浦標準砂	
				埋戻土		第四系 (液状化検討対象層)						
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3		D1g-1
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

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 (非液状化層)

パラメータ				原地盤					捨石
				第四系 (非液状化層)				新第三系	
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	—	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	—	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	—	$0.16+0.00025 \cdot z$	0.33
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m ²	480	696	249 (223)	—	表3-1の 動的変形特性に基づき z (標高) 毎に物性値を 設定	98
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m ²	121829	285223	38926 (35783)	—		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	—		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²	0.025	0.026	0.042	—		$0.358-0.00603 \cdot z$
強度特性	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	—	$23.2+0.0990 \cdot z$	35

注記 *1: 施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから、解析用物性値として本表には記載しない。

z: 標高 (m)

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
(人工岩盤 [物理特性及び変形特性])

	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比	せん断剛性 (N/mm ²)	減衰定数	ヤング係数 (kN/mm ²)
人工岩盤 (新設) (f'ck = 18 N/mm ²)	23.0	0.20	8580*1	0.05	20.6
人工岩盤 (既設) (f'ck = 13.7 N/mm ²)	23.0	0.20	7830*1	0.05	18.8

注記 *1: 人工岩盤のせん断剛性は以下の式から算出する。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}, E: \text{ヤング係数}, \nu: \text{ポアソン比}$$

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 (人工岩盤 [強度特性])

項目		人工岩盤
強度特性	ピーク強度 C (N/mm ²)	$C = f'_{ck} / 2$ f'ck: 設計基準強度 (N/mm ²)
	残留強度 τ ₀ (N/mm ²)	粘着力 C = 0 (N/mm ²) 内部摩擦角 φ = 26.6 (度)
	引張強度 σ _t (N/mm ²)	$\sigma_t = 0.23 \times f'_{ck}{}^{2/3}$ f'ck: 設計基準強度 (N/mm ²)

表 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
(地盤改良体 (セメント改良))

項目		地盤改良体 (セメント改良)		
		一軸圧縮強度 (≤8.5N/mm ² の場合)	一軸圧縮強度 (>8.5N/mm ² の場合)	
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1		
	静弾性係数 (N/mm ²)	581	2159	
静的変形特性	静ポアソン比 ν_s	0.260		
	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)		
動的変形特性	動ポアソン比 ν_d	0.431		
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)	
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)	
	ピーク強度 C (N/mm ²)	$C = q_u / 2$ q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm ²)		
強度特性	残留強度 τ_0 (N/mm ²)	粘着力 $C = 0$ (N/mm ²) 内部摩擦角 $\phi = 29.1$ (度)		
	引張強度 σ_t (N/mm ²)	下記の式を用いて、 $\sigma_t (=s_t)$ を求める。 $q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3s_t)}}$ $s_t (= \sigma_t)$: 地盤改良体の引張強度 (N/mm ²) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm ²)		
	室内試験により求めた強度特性	ピーク強度 C (N/mm ²)	$C = 1.44 P + 1.76$ P : 圧密圧力 (N/mm ²)	$C = 1.60 P + 7.80$ P : 圧密圧力 (N/mm ²)
		残留強度 τ_0 (N/mm ²)	$\tau_0 = 1.44 P + 0.808$ P : 圧密圧力 (N/mm ²)	$\tau_0 = 1.60 P + 2.05$ P : 圧密圧力 (N/mm ²)

表 3-6 (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)

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂	
				第四系 (液状化検討対象層)									
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1		
物理特性	密度	ρ	g/cm ³	du層で 代用	室内 物理試験	室内 物理試験	室内 物理試験	Ag2層で 代用	室内 物理試験	室内 物理試験	Ag2層で 代用	文献*1より	
	間隙比	e	—		三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	Ag2層で 代用	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	Ag2層で 代用	文献*2より	
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—		表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	文献*1より	
	基準平均有効主応力	σ'_{ma}	kN/m ²		—	—	—	—	—	—	—	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	文献*1より 引用した 動的変形特性 に基づき設定
	基準初期せん断剛性	G_{ma}	kN/m ²									Ag2層で 代用	
	最大履歴減衰率	h_{max}	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²		三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	Ag2層で 代用	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	Ag2層で 代用	文献*1より	
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度		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	液状化強度 試験結果 に基づく 要素シミュレーション	Ag2層の 液状化強度 試験結果 を代用した 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	液状化強度 試験結果 に基づく 要素シミュレーション	文献*2より 引用した 液状化強度 試験結果 に基づく 要素シミュレーション
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—										
	液状化パラメータ	S_1	—										
	液状化パラメータ	W_1	—										
	液状化パラメータ	P_1	—										
	液状化パラメータ	P_2	—										
液状化パラメータ	C_1	—											

注記 *1 : 二方向同時加振による液状化実験 (第 28 回土質工学研究発表会 藤川他, 1993)

*2 : CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM[Soils and Foundations, JSSMFE. 26-3. (1986)]

表 3-6 (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 (非液状化層)

パラメータ				原地盤					捨石	
				第四系 (非液状化層)				新第三系		
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*4	Km		
物理特性	密度	ρ	g/cm ³	—	室内 物理試験	室内 物理試験	室内 物理試験	—	室内 物理試験	
	間隙比	e	—		三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)		三軸圧縮 試験 (CD)	
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—		表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定	表3-1の 動的変形特性 に基づき設定		—	表3-1の動的変形特性 に基づきz (標高) 依存物性 として設定
	基準平均有効主応力	σ'_{ma}	kN/m ²							
	基準初期せん断剛性	G_{ma}	kN/m ²							
	最大履歴減衰率	h_{max}	—							
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm ²		三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)	三軸圧縮 試験 (CD)		—	三軸圧縮 試験 (CD)
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度							

注記 *3 : 港湾構造物設計事例集 (財) 沿岸技術研究センター, 平成 19 年 3 月)

*4 : 施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから, 解析用物性値として本表には記載しない。

表 3-7 (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
(人工岩盤 [物理特性及び変形特性])

	単位体積重量	ポアソン比	せん断剛性	減衰定数	ヤング係数
人工岩盤 (新設) ($f'_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$)	慣用値*1	慣用値*1	ヤング係数と ポアソン比 より算出	慣用値	慣用値*1
人工岩盤 (既設) ($f'_{ck} = 13.7 \text{ N/mm}^2$)	慣用値*1	慣用値*1	ヤング係数と ポアソン比 より算出	慣用値	慣用値*1

注記 *1: 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005)

表 3-7 (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
(人工岩盤 [強度特性])

項目		設定根拠
強度特性	ピーク強度 $C \text{ (N/mm}^2)$	設計基準強度 f'_{ck} と粘着力 C の関係に基づき設定
	残留強度 $\tau_0 \text{ (N/mm}^2)$	文献*1に基づき, コンクリートとコンクリート間の 静止摩擦係数の特性値 $0.5 \approx \tan[26.6(\text{度})]$ として設定
	引張強度 $\sigma_t \text{ (N/mm}^2)$	文献*2に掲載の算定式により設定

注記 *1: 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (上巻) ((社) 日本港湾協会, 平成19年7月)

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

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の設定根拠
(地盤改良体 (セメント改良))

項目		設定根拠
物理特性	密度 ρ_t (g/cm ³)	既設改良体のコアによる密度試験に基づき係数 (×1.1) を設定
	静的変形特性	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm ²)	既設改良体を模擬した再構成試料による一軸圧縮試験に基づき設定
	静ポアソン比 ν_s	文献*1より設定
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	文献*2より「一軸圧縮強度 q_u ～せん断波速度 V_s 」の関係式を引用し設定
	動ポアソン比 ν_d	既設改良体のPS検層に基づき設定
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定
	減衰定数 $h \sim \gamma$	既設改良体を模擬した再構成試料による動的変形試験に基づき、H-Dモデルにて設定
強度特性	ピーク強度 C (N/mm ²)	一軸圧縮強度 q_u と粘着力 C の関係に基づき設定
	残留強度 τ_0 (N/mm ²)	地盤改良体 (セメント改良) を砕いて細粒化した試料を用いた三軸圧縮試験により求められた残留強度 (文献*3に掲載) よりも十分に小さい値として、敷地の原地盤のうち A_c 層の内部摩擦角を採用
	引張強度 σ_t (N/mm ²)	文献*3に掲載の算定式に基づいて設定
	室内試験により求めた強度特性	
	ピーク強度 C (N/mm ²)	既設改良体を模擬した再構成試料による三軸圧縮試験 (CU条件) に基づき設定
	残留強度 τ_0 (N/mm ²)	

注記 *1: 建築基礎のための地盤改良設計指針案 ((社) 日本建築学会, 2006)
 *2: 地盤工学への物理探査技術の適用と事例 ((社) 地盤工学会, 2001) ,
 わかりやすい土木技術 ジェットグラウト工法 (鹿島出版社 柴崎他, 1983)
 *3: 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
 -セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法- ((財) 日本建築センター)

4. 極限支持力

極限支持力は、道路橋示方書及び基礎指針の支持力算定式に基づき、対象施設の岩盤の室内試験結果（せん断強度）等より設定する。

4.1 直接基礎及びケーソン基礎の支持力算定式

道路橋示方書及び基礎指針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）

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

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/m^2) *

q : 上載荷重 (kN/m^2) で， $q = \gamma_2 D_f$

A_e : 有効載荷面積 (m^2)

γ_1, γ_2 : 支持地盤及び根入れ地盤の単位体積重量 (kN/m^3)
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

注記 * : c は表 3-1 における Km 層の非排水せん断強度

・道路橋示方書による極限支持力算定式（ケーソン基礎）

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

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_γ, N_q : 支持力係数

注記 * : c は表 3-1 における Km 層の非排水せん断強度

・基礎指針による極限支持力算定式

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

q_u : 直接基礎の単位面積あたりの極限鉛直支持力度 (kN/m²)

N_c, N_γ, N_q : 支持力係数

c : 支持地盤の粘着力 (kN/m²) *

γ_1 : 支持地盤の水中単位体積重量 (kN/m³)

γ_2 : 根入れ部分の土の水中単位体積重量 (kN/m³)

α, β : 基礎の形状係数

η : 基礎の寸法効果による補正係数

i_c, i_γ, i_q : 荷重の傾斜に対する補正係数

B : 基礎幅 (m)

D_f : 根入れ深さ (m)

注記 * : c は表 3-1 における Km 層の非排水せん断強度

4.2 杭基礎の支持力算定式

道路橋示方書及び基礎指針による杭基礎における各工法の支持力算定式を以下に示す。

押し込み力に対する支持力評価において、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系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、杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は、その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

引抜き力に対する支持力評価において、豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は、第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず、新第三系（久米層）の杭周面摩擦力により算定される極限支持力を考慮することを基本とする。ただし、杭周面地盤に地盤改良体がある場合は、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)

注記 * : q_u は表 3-1 における K_m 層の非排水せん断強度×2

- ・道路橋示方書による極限支持力算定式（杭基礎[打込み工法]）

$$R_u = P_u + U \sum L_i f_i$$

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

P_u : 杭先端の極限支持力 (kN)

$$P_u = 440 \cdot q_u^{1/2} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²) *

A_t : 鋼管杭の先端純断面積 (m²)

A_i : 鋼管杭の先端閉塞面積 (m²)

A : 鋼管杭の先端面積 (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)

注記 * : q_u は表 3-1 における K_m 層の非排水せん断強度×2

- ・道路橋示方書による極限支持力算定式（杭基礎[群杭]）

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

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 (m^2)

$q_{d'}$: 仮想ケーソン基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m^2) *

W : 仮想ケーソンで置き換えられる土の有効重量 (kN)

注記 * : $q_{d'}$ は道路橋示方書による極限支持力算定式（ケーソン基礎）から求まる極限支持力度

- ・基礎指針による極限支持力算定式

$$R_u = R_p + R_f$$

R_u : 極限支持力 (kN)

R_p : 極限先端支持力 (kN)

$$R_p = q_u \cdot A_p$$

q_u : 極限先端支持力度 (kN/m^2)

$$q_u = 6 c_u$$

c_u : 土の非排水せん断強さ (kN/m^2) *

A_p : 杭先端の閉塞断面積 (m^2)

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/m^2)

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/m^2)

L_c : 粘性土部分の長さ (m)

注記 * : c_u は表 3-1 における K_m 層の非排水せん断強度

- ・基礎指針によるによる残留引抜き抵抗力算定式

$$R_{TR} = (1/1.2) (\sum \tau_{sti} L_{si} + \sum \tau_{cti} L_{ci}) \phi + W$$

R_{TR} : 残留引抜き抵抗力 (kN)

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 (kN/m²) *¹

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 (kN/m²)

L_{ci} : 粘性土の i 層における杭の長さ (m)

ϕ : 杭の周長 (m)

W : 杭の自重 (kN) *²

注記 *¹: 押し込み時の極限周面摩擦力度の 2/3 とする。

*²: 地下水位以下の部分については浮力を考慮する。

4.3 地中連続壁基礎の支持力算定式

道路橋示方書による地中連続壁基礎における支持力算定式を以下に示す。

- ・極限支持力算定式 (地中連続壁基礎)

$$R_u = q_d A$$

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²) *

A : 基礎の底面積 (内部土は含まない) (m²)

注記 * : q_u は表 3-1 における K_m 層の非排水せん断強度 $\times 2$

4.4 杭の支持力試験について

杭の支持力試験を実施している使用済燃料乾式貯蔵建屋については、極限支持力を支持力試験結果から設定する。

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 に示す。

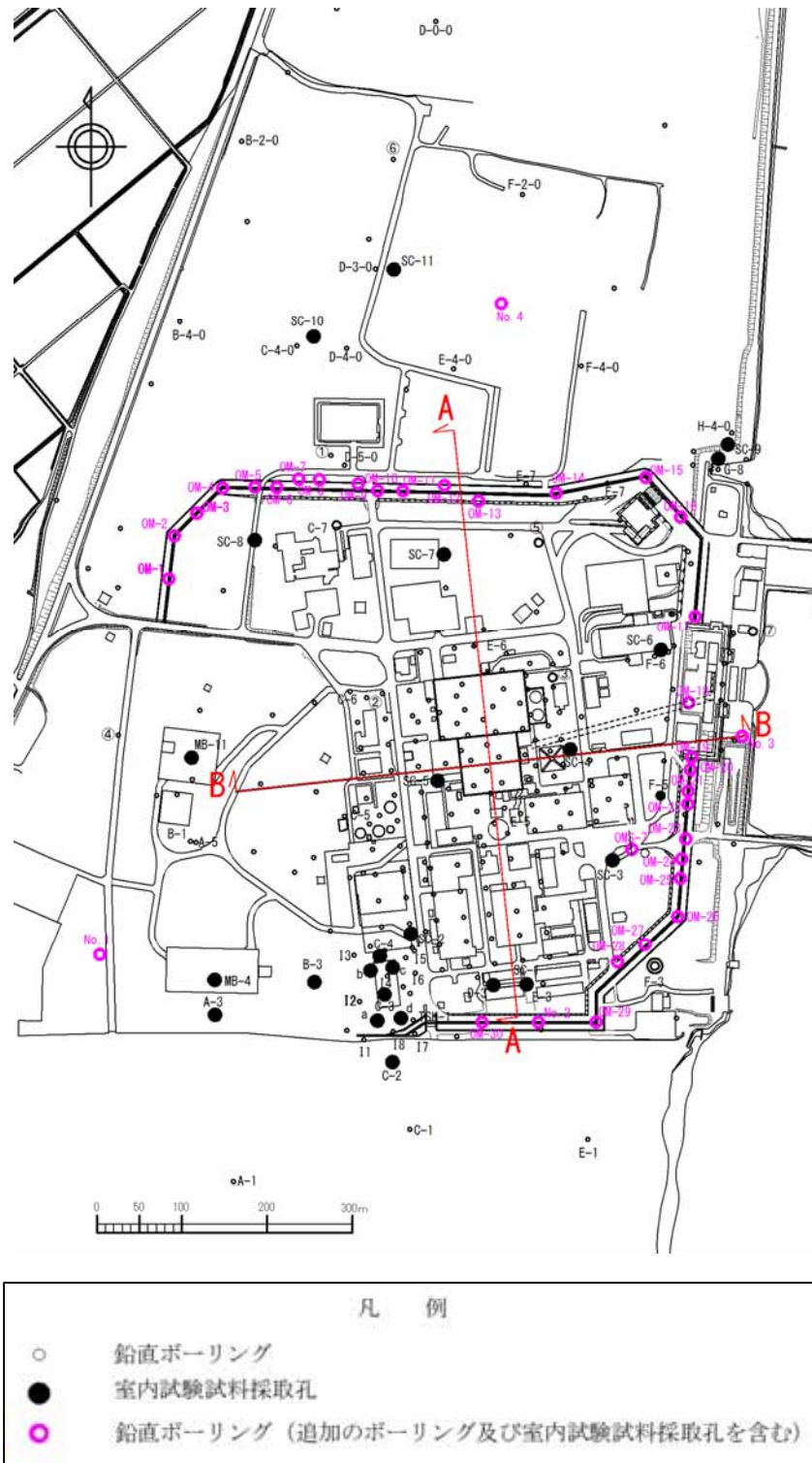


図 5-1 ボーリング調査位置図

6. 地盤の速度構造

6.1 入力地震動策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. -370 m) から解析モデル底面位置の久米層をモデル化する。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 に示す。

なお、繰返し三軸試験により、久米層はせん断剛性及び履歴減衰のひずみ依存特性を有していることを確認していることから、久米層のモデル化においては、繰返し三軸試験による久米層のひずみ依存特性を解析用地盤物性値として用いる。

表 6-1 入力地震動の策定に用いる地下構造モデル

地層	新第三系 (Km層)	基盤*
標高	解析モデル入力位置 ~ EL. -370 m	EL. -370 m以深
粗密波速度 V_p (m/s)	$V_p = V_s \sqrt{\frac{2(1 - \nu_d)}{1 - 2\nu_d}}$	1988 (z=-370 m)
せん断波速度 V_s (m/s)	$V_s = 433 - 0.771 \cdot z$ z : 標高 (m)	718 (z=-370 m)
動ポアソン比 ν_d	$\nu_d = 0.463 + 1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ z : 標高 (m)	0.425 (z=-370 m)
密度 ρ (g/cm ³)	$\rho = 1.72 - 1.03 \times 10^{-4} \cdot z$ z : 標高 (m)	1.76 (z=-370 m)
せん断剛性の ひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$\frac{1}{1 + 107 \gamma^{0.824}}$ γ : せん断ひずみ (-)	—
減衰定数 $h \sim \gamma$	$\frac{\gamma}{(4.41 \gamma + 0.0494)} + 0.0184$ γ : せん断ひずみ (-)	0.03

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

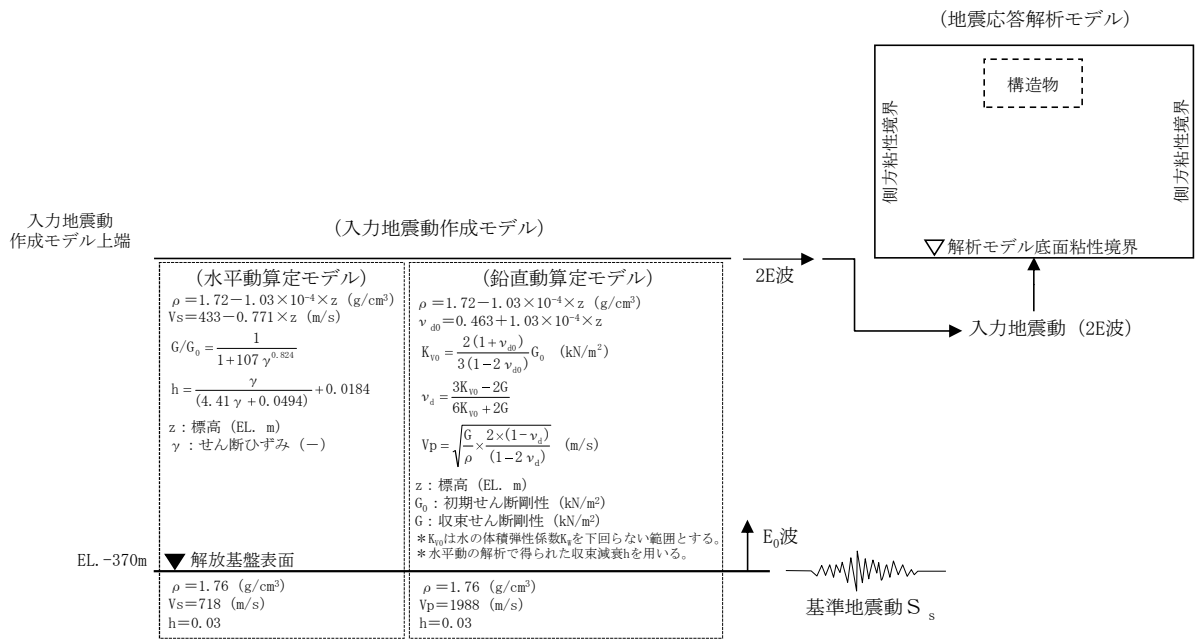


図 6-1 入力地震動算定の概念図

6.2 地震応答解析に用いる浅部地盤の解析モデル

地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデルとして、図 6-2 に示す位置で実施した PS 検層の結果に基づく地層ごとのせん断波速度 V_s 及び粗密波速度 V_p を表 6-2 に示す。

表 6-2 では、PS 検層結果を 2 種類の速度構造モデルとして取り纏めている。表 6-2 のうち平均値として記載した速度構造モデルは、全応力解析に適用する。

また、有効応力解析コード「FLIP」では、平均有効主応力の関数式にて動的変形特性をモデル化する必要がある。よって、表 6-2 のうち平均有効主応力依存式として記載した速度構造モデルは、有効応力解析に適用することを基本とする。ただし、一部の全応力解析に対しては、平均有効主応力の関数式にてせん断波速度 V_s をモデル化する場合がある。

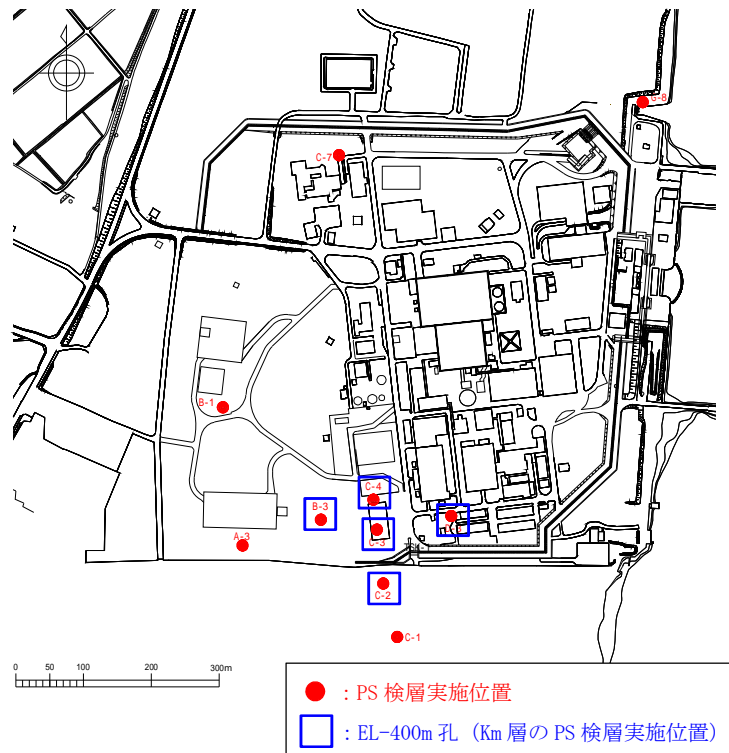


図 6-2 PS 検層実施位置図

表 6-2 PS 検層結果

地層			平均値		平均有効主応力依存式 $V_s = A \times (\sigma'_m)^{0.25}$
			V_s (m/s)	V_p (m/s)	係数A
第四系	du層	不飽和	210	482	82.8598
		飽和		1850	82.2410
	Ag2層	不飽和	240	446	71.5266
		飽和		1801	78.7716
	Ac層	飽和	$163 - 1.54 \cdot z$	$1240 - 1.93 \cdot z$	58.0616
	As層	飽和	$211 - 1.19 \cdot z$	$1360 - 1.78 \cdot z$	65.1014
	Ag1層	飽和	350	1950	82.6980
	D2c-3層	飽和	270	1770	78.1556
	D2s-3層	飽和	360	1400	104.4247
	D2g-3層	飽和	500	1879	136.1685
	lm層	不飽和	130	1160	40.9503
	D1c-1層	飽和	280	1730	—
D1g-1層	不飽和	390	903	110.6364	
	飽和		1757	107.0330	
新第三系	Km層	飽和	$433 - 0.771 \cdot z$	$1650 - 0.910 \cdot z$	—

z : 標高 (m)

σ'_m : 平均有効主応力 (kN/m²)

A : 最小二乗法の回帰係数