(参考資料9) 砂礫層の解析用物性値について

1. 島根原子力発電所における砂礫層について

島根原子力発電所において砂礫層は、図 1-1 に示すとおり、1号機東側及び3号 機北側の EL 8.5m 以下の敷地の谷部に局所的に分布する。

津波防護施設である防波壁(多重鋼管杭式擁壁)及び防波壁(波返重力擁壁)の周囲に、砂礫層が分布しており、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)及び防波壁(波返重力擁壁)の解析モデルに取り入れる必要があることから、砂礫層に適切な解析用物性値を設定する。



図 1-1 砂礫層の分布状況

- 2. 砂礫層の解析用物性値の設定
- 2.1 設定方針

砂礫層の解析用物性値については,原位置試験,室内試験の試験結果及び「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)」(以下「港湾技研資料」という。)を踏まえて設 定する。

- 2.2 原位置試験及び室内試験
 - (1) 試験方法

砂礫層の原位置試験及び室内試験は、日本産業規格(JIS)又は地盤工学会 (JGS)の試験基準に基づき、表 2-1の項目について実施する。

項目	規格・基準名称	試験規格
飽和密度	土の湿潤密度試験方法	JIS A 1225
間隙率	土粒子の密度試験方法	JIS A 1202
S波速度	地盤の弾性波速度検層方法	JGS 1122
G/G ₀ ~γ関係	土の変形特性を求めるための繰返し	ICS 0549
h~γ関係	三軸試験方法	JUS 0542

表 2-1 砂礫層の試験項目

(2) 原位置試験及び試料採取位置

砂礫層の原位置試験及び試料採取位置について,図 2-1 及び表 2-2 に示す。



図 2-1 砂礫層の原位置試験及び試料採取位置

孔名	原位置試験 (試料採取深度含む)
No.1	GL-14.5∼-18.5m
No. 2	GL-12.5∼-18.5m

表 2-2 砂礫層の原位置試験及び試料採取深度

(3) 試験結果

砂礫層の原位置試験及び室内試験結果について,表2-3に示す。また,砂礫 層の繰返し三軸試験結果におけるG/G₀のひずみ依存特性を図2-2に,減衰定数 のひずみ依存特性を図2-3に,繰返し三軸試験後の供試体写真を図2-4に示 す。

日名	飽利 (g	和密度 /cm ³)	間	間隙率		S 波速度 (m/s)		G/G ₀ ~γ関係 h~γ関係	
10.11	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均	
No. 1	5	2.05	5	0.39	5	450			
No. 2					8	570	1	図 2-2 図 2-3 参照	
平均值		2.05		0.39		524			

表 2-3 砂礫層の原位置試験及び室内試験結果



図 2-2 砂礫層における G/G₀のひずみ依存特性



図 2-3 砂礫層における減衰定数のひずみ依存特性

図 2-4 に示す繰返し三軸試験後の供試体写真より,供試体は破壊していない ことから試験結果は妥当であると判断した。



図 2-4 砂礫層における繰返し三軸試験後の供試体写真 (No.2)

- 2.3 解析用物性値の設定方針
 砂礫層の解析用物性値は,原位置試験,室内試験の試験結果及び「港湾技研資料」
 を踏まえて設定する。
 - (1) 密度ρ及び間隙率 n
 砂礫層の密度ρ及び間隙率 n は,室内試験の試験結果を踏まえて設定する。
 - (2) 動せん断弾性係数 Gma

G_{ma}は,密度ρ,S波速度Vsより,(式1)に基づき算定したせん断弾性係数 G_m及び「港湾技研資料」に基づく(式2)のとおり設定した。

G_{ma} = G_m · (σ'_{ma}/σ'_m)^{0.5} (式 2) ここで, G_{ma} : 基準せん断弾性係数 (kN/m²) σ_{ma}': 基準平均有効拘束圧 (kN/m²) σ_m': 平均有効拘束圧 (kN/m²)

$$\sigma_m' = \frac{\sigma_v' + \sigma_h'}{2} = \frac{(1+K_0)\sigma_v'}{2}$$

σ_v': 砂礫層の層中心における有効上載圧(kN/m²)
 図 2-5 に示す砂礫層におけるσ_v'=276.61kN を採用



(単位:m)



図 2-5 平均有効拘束圧の算定位置(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)砂礫層)

(3) 動的変形特性

砂礫層の動的変形特性は、繰返し三軸試験の試験結果を踏まえて設定する。 有効応力解析では、ひずみ依存特性として、H-D(Hardin-Drnevich)モデルを 設定するため、以下の式を用いる。

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_r} \tag{₹3}$$

$$h = h_{max} \left(1 - \frac{G}{G_0} \right) = \frac{h_{max} \gamma / \gamma_r}{1 + \gamma / \gamma_r} \qquad (\vec{x} 4)$$

$$\gamma_{\rm r} = \frac{\tau_{\rm ma}}{G_{\rm ma}} = \left(c' + \sigma'_{\rm ma} \cdot \tan\varphi'\right)/G_{\rm ma} \qquad (\not \eqsim 5)$$

- G₀ :初期せん断弾性係数
- γ : せん断ひずみ
- γ_r:基準平均有効拘束圧時の基準ひずみ
- hmax:減衰定数の上限値
- τ ma: 基準平均有効拘束圧時のせん断強度
- Gma :基準平均有効拘束圧時のせん断弾性係数
- σ ma':基準平均有効拘束圧
- c':粘着力(有効応力)
- φ':内部摩擦角(有効応力)
- (4) ポアソン比v

砂礫層のポアソン比vは、「港湾技研資料」に基づき、(式6)により算定した。

v = K₀/(1 + K₀) (式 6)
 v : ポアソン比
 K₀:静止土圧係数 (=0.5)

(5) 粘着力 c'及び内部摩擦角φ' 砂礫層の強度特性である粘着力 c'及び内部摩擦角φ'については、「港湾技研 資料」に基づき設定する。

- 2.4 解析用物性値の設定
 砂礫層の室内試験における試験結果を踏まえ,解析用物性値を設定する。
 - (1) 密度ρ及び間隙率 n
 密度ρは,室内試験で確認された平均値2.05g/cm³を採用する。
 また,室内試験で確認した間隙率 nは,「港湾技研資料」に基づき,室内試験
 で確認した間隙率より大きな間隙率0.45を採用する。
 - (2) 動せん断弾性係数 Gma

砂礫層の原位置試験におけるS波速度及び設計S波速度を表 2-4 に示す。 構造物評価の観点では、せん断弾性係数が低いほど地盤剛性が低くなり、地盤 変形に伴う土木構造物の変形が大きくなることで保守的な評価となることが想 定されることから、砂礫層の動せん断弾性係数 Gmaの算出に用いるS波速度につ いて、原位置試験で確認したS波速度(平均値-1 σ)よりも安全側に設計S波 速度を設定する。

	原位置に	こおけるS波速	度(m/s)	設計S波速度
	平均一σ	平均	平均+σ	(m/s)
砂礫層	463	524	585	400

表 2-4 砂礫層の原位置試験における S 波速度及び設計 S 波速度

(3) 動的変形特性

砂礫層における繰返し三軸試験結果を踏まえ、G/G₀のひずみ依存特性(図 2-6)及び減衰定数のひずみ依存特性(図 2-7)を設定する。



図 2-6 G/G₀のひずみ依存特性



(4) 液状化パラメータ

動せん断弾性係数 G_{ma}及び減衰定数の上限値 hmax の変更に伴い,図 2-8 に示 す設置変更許可審査の液状化強度曲線を変えないように液状化パラメータを再 設定した。



図 2-8 液状化パラメータの再設定

(5) 粘着力及び内部摩擦角

「港湾技研資料」に基づき,粘着力 c'をゼロとし,内部摩擦角 ø'については, 図 2-5 で求めた有効拘束圧を用い,式(7),式(8)及び式(9)により相 対密度 Dr を算定し,図 2-9 に示す相対密度と内部摩擦角 ø'の関係から読み取 って設定した。

N₁ = (N)_{0.66}(0.399(
$$\sigma'_v - 0.66$$
) + 1) + 1.828($\sigma'_v - 0.66$) (式8)
ここで、N₁ : 基準拘束圧 σ_{ma} ' =1(kgf/cm²)の時のN値
この時、
 $\sigma'_{ma} = (\sigma'_v + \sigma'_h)/2 = (1 + K_0)\sigma'_v/2$
K₀=0.5 より、 σ_{ma} ' =1.333(kgf/cm²)

$$D_{\rm r} = 21 \times (N_1 / (1.333 + 0.7))^{0.5}$$
 (式 9)



図 2-9 相対密度と内部摩擦角 (「港湾技研資料」,赤字で加筆)

(参考) 9-11

また,砂礫層は,図 2-10 に示す「道路土工 盛土工指針(平成 22 年度版) (2010 年 4 月,(社)日本道路協会)」(以下「道路土工 盛土工指針」という。) に記載の自然地盤の礫,礫まじり砂に相当すると考えられ,それらの内部摩擦角 φは 35~40°とされており,内部摩擦角の設定は妥当であると判断する。

なお、内部摩擦角 ϕ を 35°及び 40°とした場合のひずみ依存特性 G/G₀~ γ は 図 2-11 のとおりであり、解析用物性値として設定した 38.74°と大きな差がな いため、耐震評価への影響は軽微であると考えられるが、内部摩擦角 ϕ を 35° とした場合の影響検討結果を、「補足-027-08 浸水防護施設の耐震性に関する 説明書の補足説明資料」に示す。

	種類状態		単位体積 重量 (kN/m ²)	せん断 抵抗角 (度)	粘着力 (kN/㎡)	地盤工学 会基準 ^{注2)}	
	礫および礫 まじり砂	締め固めたもの	締め固めたもの			0	{G}
成	Tels	締め固めたも	粒径幅の広いもの	20	35	0	101
atu.	102	の	分級されたもの	19	30	0	151
±	砂質土	締め固めたもの	の	19	25	30 以下	{SF}
	粘性土	締め固めたもの	の	18	15	50 以下	$\{M\}, \{C\}$
	関東ローム	締め固めたもの	の	14	20	10 以下	{V}
	7565	密実なものま7	たは粒径幅の広いもの	20	40	0	101
	修定	密実でないもの	18	35	0	IGI	
	職士ドのひ	密実なもの	21	40	0	101	
	傑ましり砂	密実でないもの	19	35	0	101	
	Tels	密実なものま7	20	35	0	101	
	102	密実でないもの	18	30	0	(5)	
自	7小师 十	密実なもの	19	30	30 以下	ISEL	
伙	※ 密実でないもの		の	17	25	0	ISF!
		固いもの(指で	ご強く押し多少へこむ) ^{注1)}	18	25	50 以下	
地般	粘性土	やや軟らかい 入) ^{注1)}	やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫 入) ^{注1)}		20	30以下	(M), {C}
20002	ait	軟らかいもの	16	15	15 以下		
		固いもの(指て	17	20	50 以下		
	粘土および シルト	やや軟らかい 入) ^{注1)}	16	15	30以下	{M}, {C}	
		軟らかいもの	(指が容易に貫入) ^{注1)}	14	10	15 以下	
	関東ローム			14	5 (ø")	30 以下	{V}

解表 4-2-4	設計時に用いる土質定数の仮定値4)

注1);N値の目安は次のとおりである。

固いもの (N=8~15), やや軟らかいもの (N=4~8), 軟らかいもの (N=2~4) 注2);地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

図 2-10 「道路土工 盛土工指針」記載の礫,礫交じり砂の内部摩擦角

(一部加筆)



図 2-11 砂礫層における G/G₀のひずみ依存特性(φ35°,40°)

(6) 砂礫層の解析用物性値

以上を踏まえ、砂礫層における解析用物性値を表 2-5 に、その設定根拠を表 2-6 に示す。

		砂礫層		
物理	密度	2.05		
特性	間隙率		0.45	
	動せん断弾性係数	225400		
変 形	基準平均有効拘束圧	98.00		
特 性	ポアソン比	0.33		
	減衰定数の上限値	0.095		
強度	粘着力	0		
特性	内部摩擦角	φ' (°)		38.74
	変相角	φp (°)		28
			S1	0.005
液状化			w1	4.020
時性	液状化パラメータ		P1	0.500
			P2	1.100
			C1	1.916

表 2-5 砂礫層における解析用物性値

注:動せん断弾性係数,内部摩擦角及び液状化パラメータは代表的な数値を示す。

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

表 2-6 砂礫層における解析用物性値の設定根拠

注記*1:液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定法 (港湾技研資料No.869, 平成9年6月) *2:FLIPの解析における解析精度向上に関する諸検討成果報告書(付録) (第2期FLIP研究会解析精度向上作業部会, 2004.6)

(参考資料10) 埋戻土(粘性土)の解析用物性値について

1. 島根原子力発電所における埋戻土(粘性土)について

島根原子力発電所の施設護岸建設時において,図1-1に示すとおり,護岸背面の 止水性を確保するために埋戻土(粘性土)を施工している。

津波防護施設である防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の周囲に,埋戻土(粘性土)が分 布しており,防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の解析モデルに取り入れる必要があること から,埋戻土(粘性土)に適切な解析用物性値を設定する。また,「FLIP研究会 14年間の検討成果まとめの作成について(FLIP研究会14年間の検討成果まとめ WG)」(以下「FLIP研究会報告」という。)を踏まえ,強度特性として粘着力 c'=0, 内部摩擦角 φ'=30°を設定する。

「FLIP研究会報告」における強度特性(粘着力 c'=0,内部摩擦角 φ'=30°)について,島根原子力発電所における埋戻土(粘性土)の三軸圧縮試験を実施し,妥当性を確認する。



図 1-1 埋戻土(粘性土)の分布状況

- 2. 埋戻土(粘性土)の解析用物性値の設定
- 2.1 設定方針

埋戻土(粘性土)の解析用物性値については,原位置試験,室内試験の試験結果 及び「FLIP研究会報告」を踏まえて設定する。

- 2.2 原位置試験及び室内試験
 - (1) 試験方法

埋戻土(粘性土)の原位置試験及び室内試験は、日本産業規格(JIS)又は 地盤工学会(JGS)の試験基準に基づき、表 2-1の項目について実施する。

項目	規格・基準名称	試験規格
飽和密度	土の湿潤密度試験方法	JIS A 1225
間隙率	土粒子の密度試験方法	JIS A 1202
S波速度	地盤の弾性波速度検層方法	JGS 1122
G/G ₀ ~γ関係	土の変形特性を求めるための繰返し	ICS 0549
h~γ関係	三軸試験方法	JGS 0542

表 2-1 埋戻土(粘性土)の試験項目

(2) 原位置試験及び試料採取位置

埋戻土(粘性土)の原位置試験及び試料採取位置について,図 2-1 及び表 2 -2 に示す。



図 2-1 埋戻土(粘性土)の原位置試験及び試料採取位置

孔名	原位置試験 (試料採取深度含む)
No.1	GL-7.5∼-15.5m
No. 2	GL-9.5∼-13.5m
No. 3	GL-8.5∼-10.5m
No. 4	GL-6.5∼-10.5m
No.5	GL-7.5∼-12.5m
No. 6	GL-9.5∼-12.5m
No.7	GL-6.5∼-11.5m
No. 8	GL-9.5∼-11.5m

表 2-2 埋戻土(粘性土)の原位置試験及び試料採取深度

(3) 試験結果

埋戻土(粘性土)の原位置試験及び室内試験結果について,表 2-3 に示す。 また,埋戻土(粘性土)の繰返し三軸試験結果における G/G₀のひずみ依存特性 を図 2-2 に,減衰定数のひずみ依存特性を図 2-3 に,繰返し三軸試験後の供試 体写真を図 2-4 に示す。

	飽利	和密度	間隙率		₽ S波速度		G/G ₀ ~γ関係	
孔名	(g	/cm ³)			(m/s)		h~γ関係	
10.11	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均	試料数	孔別平均
No. 1	8	2.04	8	0.42	9	371		
No. 2	5	2.13	5	0.33	5	530		
No. 3		/		/	5	490		
No. 4					5	430		
No. 5					6	510	1	
No. 6					4	490	1	図 2−2
No.7					6	413	1	因 2—3 参照
No. 8					3	430	1	
平均值		2.07		0.39		451		

表 2-3 埋戻土(粘性土)の原位置試験及び室内試験結果



図 2-2 埋戻土(粘性土)における G/Goのひずみ依存特性





図 2-4 に示す繰返し三軸試験後の供試体写真より,供試体は破壊していない ことから試験結果は妥当であると判断した。



(No.5)



(No.6)



(No.7)(No.8)図 2-4 埋戻土(粘性土)における繰返し三軸試験後の供試体写真

- 2.3 解析用物性値の設定方針
 埋戻土(粘性土)の解析用物性値は,原位置試験,室内試験の試験結果及び「F
 LIP研究会報告」を踏まえて設定する。
 - (1) 密度 ρ 及び間隙率 n

埋戻土(粘性土)の密度ρ及び間隙率nは,室内試験の試験結果を踏まえて設 定する。

(2) 動せん断弾性係数 Gma

Gmaは,密度ρ,S波速度Vsより,(式1)に基づき算定したせん断弾性係数 Gm及び「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)」(以下「港湾技研資料」とい う。)に基づく(式2)のとおり設定した。

$$\sigma'_{m} = \frac{\sigma'_{v} + \sigma'_{h}}{2} = \frac{(1 + K_{0})\sigma'_{v}}{2}$$

ここで、 $K_{0}=0.5$
 σ_{v} ': 埋戻土(粘性土)の層中心における有効上載圧(kN/m^{2})
図 2-5に示す埋戻土(粘性土)における σ_{v} '=202.29 kN を
採用



(単位:m)

σy'=202.29kN/m² ∇EL 15.0 **∀EL 8.5** 凡例 (埋戻土)7.12m 理戻土・埋戻土(粘性土) -0.80m ⊽EL 0.58 砂礫層 4.59m 4.59m См級 Сн級 改良地盤④ 改良地盤 5 改良地盤⑤ 改良地盤④ MMR・コンクリート構造物 被覆石・捨石・基礎捨石 防波壁 _____ / 岩級境界線 速度層境界線 0 50 100m 1

図 2-5 平均有効拘束圧の算定位置(防波壁(多重鋼管杭式擁壁) 埋戻土(粘性土))

(3) 動的変形特性

埋戻土(粘性土)の動的変形特性は,繰返し三軸試験の試験結果を踏まえて設 定する。

有効応力解析では、ひずみ依存特性として、H-D(Hardin-Drnevich)モデルを 設定するため、以下の式を用いる。

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/\gamma_r} \tag{₹ 3}$$

$$h = h_{max} \left(1 - \frac{G}{G_0} \right) = \frac{h_{max} \gamma / \gamma_r}{1 + \gamma / \gamma_r} \qquad (\vec{x} 4)$$

$$\gamma_{\rm r} = \frac{\tau_{\rm ma}}{G_{\rm ma}} = \left(c' + \sigma'_{\rm ma} \cdot \tan \varphi'\right)/G_{\rm ma} \qquad (\not \eqsim 5)$$

ここで,G:せん断弾性係数

- G₀:初期せん断弾性係数
- γ:せん断ひずみ
- γ_r:基準平均有効拘束圧時の基準ひずみ
- hmax:減衰定数の上限値
- τ ma: 基準平均有効拘束圧時のせん断強度
- Gma :基準平均有効拘束圧時のせん断弾性係数
- σ "а':基準平均有効拘束圧
- c':粘着力(有効応力)
- φ':内部摩擦角(有効応力)
- (4) ポアソン比 v

埋戻土(粘性土)のポアソン比vは,「港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究 センター,平成19年3月)」(以下「港湾構造物設計事例集」という。)に基 づき,(式6)により算定した。

v = K₀/(1 + K₀) (式 6)
 v : ポアソン比
 K₀ : 静止土圧係数 (=0.5)

(5) 粘着力 c'及び内部摩擦角 φ'

埋戻土(粘性土)の強度特性である粘着力 c'及び内部摩擦角φ'については, 「FLIP研究会報告」を踏まえ,粘着力 c'=0,内部摩擦角φ'=30°を設定する。

- 2.4 解析用物性値の設定
 埋戻土(粘性土)の室内試験における試験結果を踏まえ,解析用物性値を設定する。
 - (1) 密度 ρ 及び間隙率 n 密度 ρ は,室内試験で確認された平均値 2.07g/cm³を採用する。 また,間隙率 n は,「港湾構造物設計事例集」に基づき,室内試験で確認した 間隙率より大きな間隙率 0.55 を採用する。
 - (2) 動せん断弾性係数 Gma

埋戻土(粘性土)の原位置試験におけるS波速度及び設計S波速度を表 2-4 に示す。

構造物評価の観点では、せん断弾性係数が低いほど地盤剛性が低くなり、地盤 変形に伴う土木構造物の変形が大きくなることで保守的な評価となることが想 定されることから、埋戻土(粘性土)の動せん断弾性係数 G_{ma}の算出に用いるS 波速度について、原位置試験で確認したS波速度(平均値-1σ)よりも安全側 に設計S波速度を設定する。

	設計S波速度			
	平均一σ	平均	平均+σ	(m/s)
埋戻土(粘性土)	391	451	511	300

表 2-4 埋戻土(粘性土)の原位置試験におけるS波速度及び設計S波速度

(3) 動的変形特性

埋戻土(粘性土)における繰返し三軸試験結果を踏まえ,G/G₀のひずみ依存特性(図 2-6)及び減衰定数のひずみ依存特性(図 2-7)を設定する。



図 2-7 減衰定数のひずみ依存特性

(4) 埋戻土(粘性土)の解析用物性値

以上を踏まえ、埋戻土(粘性土)における解析用物性値を表 2-5 に、その設 定根拠を表 2-6 に示す。

物理特性 管理 控性密度 の (g/cm3)2.07 [2.03]間隙率n0.55動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m2)186300基準平均有効拘束圧 ポアソン比 σ_{ma} ' (kN/m2)151.7ポアソン比 減衰定数の上限値 hmax0.095				埋戻土 (粘性土)
特性 日隙率 n 0.55 変形特性 動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²) 186300 基準平均有効拘束圧 σ_{ma} ' (kN/m ²) 151.7 ポアソン比 ν 0.33 減衰定数の上限値 hmax 0.095	物理特性	密度	ρ (g⁄cm ³)	2.07
変 動せん断弾性係数 G _{ma} (kN/m^2) 186300 変形特性 基準平均有効拘束圧 σ_{ma} ' (kN/m^2) 151.7 ポアソン比 ν 0.33 減衰定数の上限値 hmax 0.095			n	0, 55
変形 基準平均有効拘束圧 σ _{ma} ' (kN/m ²) 151.7 ボアソン比 ν 0.33 減衰定数の上限値 hmax 0.095		動せん断弾性係数	G_{max} (kN/m ²)	186300
ボアソン比 v 0.33 減衰定数の上限値 hmax 0.095	変形特性	其進亚均有効拘束正	σ ' (kN/m ²)	151 7
注 ホテノンに レ 0.33 減衰定数の上限値 hmax 0.095		ポアソンド		0.33
			V	0.005
	強度特性	一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一		0.095
		内部摩擦角	ϕ ' (°)	30.00

表 2-5 埋戻土(粘性土)における解析用物性値

注記*:括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。

動せん断弾性係数及び基準平均有効拘束圧は代表的な数値を示す。

表 2-6 埋戻土(粘性土)における解析用物性値の設定根拠

			埋戻土(粘性土)
物理特性	密度	ρ	物理試験
	間隙率	n	慣用值*1
変形特性	動せん断弾性係数	G _{ma}	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 ",	G _{ma} に対応する値
	ポアソン比	ν	慣用值*1
	減衰定数の上限値	hmax	動的変形特性に基づき設定
強度特性	粘着力	c'	慣用值*2
	内部摩擦角	φ'	 慣用值 ^{*2}

注記*1:港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究センター,平成19年3月)

*2: FLIP研究会14年間の検討成果まとめの作成について

(FLIP研究会14年間の検討成果まとめWG)

- 3. 埋戻土(粘性土)の強度特性の妥当性について
- 3.1 妥当性の確認方針

「FLIP研究会報告」等の文献を整理し, 埋戻土(粘性土)に設定する強度特 性の妥当性を確認したうえで, 島根原子力発電所における埋戻土(粘性土)の三軸 圧縮試験結果より妥当性を確認する。

3.2 文献調查

「地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例」(地盤工学会)では,排水条件の異なる先行圧密応力を受けた粘土の強度の関係について説明しており,排水条件の異なった3種の直接せん断試験を行った結果の模式図を図3-1に示す。非圧密非排水試験(UU)では,応力 σ によらず,せん断強度 $\tau_f = c_u$ となる一方,圧密非排水試験(CU)及び圧密排水試験(CD)では応力 σ に応じてせん断強度 τ_f が大きくなることが示されている。



図 3-1 先行圧密応力を受けた粘土における排水条件と強度の関係 (地盤工学会「地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例」より抜粋)

飽和した粘性土について、非圧密非排水試験(UU)を実施した場合、軸圧縮前 に非排水状態で拘束圧を変動させる。土が飽和している場合、拘束圧の変動は間隙 水圧の変化となり、供試体に働く有効拘束圧は変わらない。よって、複数の供試体 に複数の拘束圧をかけて試験を実施しても、同じ拘束圧で試験を実施しているこ とになり、図 3-2 のようにピーク強度は変わらないため、飽和した粘性土の非圧 密非排水試験(UU)では、せん断強度は粘着力 c のみで表現され、内部摩擦角 $\phi=0^\circ$ となる。

一方, 圧密非排水試験(CU)を実施した場合, 軸圧縮前に供試体を圧密するため, 供試体内の間隙が減少し, 緻密化が進む。よって, 圧密応力が大きいほど緻密化し, 軸圧縮した際のピーク強度が大きくなるため, 内部摩擦角 φ が発生する。

(参考) 10-12



図 3-2 粘土における非圧密非排水試験(UU)結果 (地盤工学会「地盤調査・土質試験結果の解釈と適用例」より抜粋)

有効応力解析を実施する場合は, 圧密非排水試験(CU)により有効応力に関す るパラメータを取得するため, 粘土のせん断強度は粘着力 c', 内部摩擦角 φ'により 表現される。

また,正規圧密粘土については,一般的に粘着力 c'は 0 とされていることから, 有効応力解析における正規圧密粘土は内部摩擦角 φ'のみとなる。 「FLIP研究会報告」に引用される「三軸試験による自然粘性土地盤の強度設定法に関する研究(土田,1990)」では、関西国際空港における埋立地点における海底地盤に対する土質調査を実施しており、沖積粘土における軸差応力の最大時における有効応力に関するモールの応力円の頂点をプロットした結果を、図 3-3 に示す。正規圧密時として粘着力 c'を 0 とした場合の沖積粘土では内部摩擦角 ϕ 'は 30°を上回る結果が得られている。また、図 3-4 では、正規圧密時の内部摩擦角 ϕ 'は塑性指数 I_p との関連は見られないことを確認している。

以上を踏まえ、「FLIP研究会報告」では、粘性土は c'=0、φ'=30°と設定している。



図 3-3(1) 軸差応力最大時の(σ₁'-σ₃')/2と(σ₁'+σ₃')/2の関係 (沖積粘土)



図 3-3(2) 軸差応力最大時の (σ₁'-σ₃') /2 と (σ₁'+σ₃') /2 の関係 (沖積粘土, 深度 15~60m)



図 3-3(3) 軸差応力最大時の (σ₁'-σ₃') /2 と (σ₁'+σ₃') /2 の関係 (沖積粘土, 深度 60~200m)



図 3-3(4) 軸差応力最大時の (σ₁'-σ₃') /2 と (σ₁'+σ₃') /2 の関係 (沖積粘土, 深度 200~330m)



図 3-4 正規圧密時の内部摩擦角と塑性指数の関係

3.3 島根原子力発電所における埋戻土(粘性土)の室内試験結果

島根原子力発電所における埋戻土(粘性土)の液性限界・塑性限界試験結果を表 3-1に示す。表3-1より,埋戻土(粘性土)の液性限界は48.5%,塑性指数はI_p=27.3 となり,図3-5に示す塑性図により,埋戻土(粘性土)は「粘土」に分類される。

	液性限界	塑性限界	塑性指数
	w _L (%)	w _p (%)	I_p
埋戻土(粘性土) (平均值,試験数:22)	48.5	21.2	27.3

表 3-1 埋戻土(粘性土)の液性限界・塑性限界試験結果



図 3-5 塑性図による埋戻土(粘性土)の分類 (地盤工学会「土質試験 基本と手引き」に一部加筆)

島根原子力発電所の埋戻土(粘性土)から採取した不攪乱試料により三軸圧縮試 験を実施した。埋戻土(粘性土)の試料採取位置を図3-6に,三軸圧縮試験の結 果を表3-2及び図3-7に示す。埋戻土(粘性土)の粘着力c'は0~58kN/m²とな り、内部摩擦角 \epsilon'はすべての供試体において30°を上回った。



図 3-6 埋戻土(粘性土)の粘性土試料採取位置

	粘着力	内部摩擦角
地京	c' (kN/m^2)	ϕ ' (°)
No. 5	58	34.9
No.6	12	36.5
No.7	0	38.9
No. 8	17	31.0
平均	21.7	35.3

表 3-2 埋戻土(粘性土)の強度特性



図 3-7(1) 埋戻土(粘性土)における三軸圧縮試験結果(No.5)



 $\tau = 11.9 + \sigma \cdot \tan 36.5^{\circ} (kN/m^2)$

図 3-7(2) 埋戻土(粘性土)における三軸圧縮試験結果(No.6)



図 3-7(3) 埋戻土(粘性土)における三軸圧縮試験結果(No.7)

(参考) 10-18



図 3-7(4) 埋戻土(粘性土)における三軸圧縮試験結果(No.8)

3.4 妥当性確認結果

表 3-2 に示す三軸圧縮試験結果の値は、「FLIP研究会報告」により設定した粘着力 c'=0kN/m²,内部摩擦角 φ'=30°をいずれも上回っており、島根原子力発電所の埋戻土(粘性土)において設定している強度特性は妥当と判断する。

(参考資料 11) 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値について

1. 島根原子力発電所における基礎捨石及び被覆石について

島根原子力発電所の護岸において,基礎捨石(200~250mm, 30kg/個以上)及び被 覆石(700~800mm, 1.5t/個)を使用している。

津波防護施設である防波壁(多重鋼管杭式擁壁),防波壁(逆T擁壁)及び防波壁 (波返重力擁壁)の周囲に,基礎捨石及び被覆石が分布しており,防波壁の解析モデ ルに取り入れる必要があることから,適切な解析用物性値を設定する。

島根原子力発電所において使用している基礎捨石及び被覆石は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(国土交通省港湾局,2007年版)」(以下「港湾基準」という。) 及び「港湾構造物設計事例集(沿岸技術研究センター,平成19年3月)」(以下「港 湾構造物設計事例集」という。)に記載される解析用物性値を設定することから、そ の適用性を判断する。



図 1-1 防波壁周囲の基礎捨石及び被覆石の分布例

- 2. 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値の設定
- 2.1 設定方針

基礎捨石及び被覆石の解析用物性値については,現地の基礎捨石及び被覆石は 粒径が大きく,室内試験が非常に困難であることから,一般的に,標準的なパラメ ータを用いて解析が実施されている。

基礎捨石及び被覆石の強度特性は、「港湾基準」では粘着力 c=20kN/m², せん断 抵抗角 φ=35°が標準の値とされており、表 2-1 に示す「港湾構造物設計事例集」 に記載される解析用物性値が一般に使用されている。

したがって,島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石について,「港湾構造物設計事例集」で記載される解析用物性値の適用性を確認し採用する。
		17						[-		58					
		52										****			34					
粘	1-1£	1 1													1.5 0.					
铁化特	谈状化	d P													0 0					
56		*								-					005 6.				-	
	4EC m	5	~	-											8				-	
厳	(角 変h		с С	-						5				6	6				1/2	10
th t k	幣	ø	2 (4	-						3		9		е		1) 3	9			3
大部藩	10	C *	0.6%	0 44	0 14		<u> </u>	-		8	5	0 14		-	25	2 (2	14		8	3
憲憲	「「「「」」	4	6	96 0.2	0.2		<u> </u>	'		04 0.2	06 0.2	0.0		0.2	06 0.2	00 00	0 90		04 0.2	0
木の体	後日本	Kw	(kN/m)	2.2EH	2.2E+(- t	- E	1	2.2E+	2.2E+	2.26+		1	2.2E+	2.2E+	2.26+		2.2E+	- 1
	非然仍	R		0.55	0.55		1	1	1	0.45	0.47	0.55		0.45	0.45	0.55	0.55		0.45	0.45
鎖重量	本中	'n	(kN/m)	6.0	0.7		1	- 0	11.0	10.0	9.2	7.0			10.0	6.0	7.0		10.0	1
举位件	節和	k	(cs,100)	16.0	17.0		22.6	21.0	21.0	20.0	19.2	17.0		18.0	20.0	16.0	17.0		20.0	18.0
	5.7%/出	k		0.33	0.33		'		1	0.33	0.33	0.33		0.33	0.33	0.33	0.33		0.33	0.33
(Uman)	福祉を取	m _K		0.5	0.5		1	- 6	1	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5
基準件領	澤杜係数	К.,	(J#/NR)	39, 100	129, 300					469, 400	439, 200	129, 300		192, 500	192, 500	68, 300	129, 300		469, 400	469, 400
Grand	調整定数	0 MG	_	0.5	0.5		,	1	,	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5
EN ENCLIN	第五座戦		(m/NH)	15, 000	49, 600		,	¢	,	190, 000	168, 400	49,600		73, 800	73, 800	26, 200	49,600		180,000	180, 000
凝	速度	~	(s/m)	061	336	1600	1		1	*	285	336	1600	88	378	252	336	1600	985	965 266
怒	速度	7,	(s/a)	88	8	300	1	1	1	300	233	169	300	201	<u>06</u>	127	169	300	300	300
1000	向東圧	, a o	(KK/12)	25.7	61.8		,		9	98.0	227.6	262.2		98.0	98.0	154.7	201.2		98.0	98.0
	Saker		(m).00	25.7	61.8		15.2	37.6	109.1	188.4	227.6	262.2		19.6	78.9	154.7	201.2			4
题	C. FREE		(cu/N90	34.2	82.4		20.3	20. I	145.4	251.2	303.4	349.6		28.1	105.2	206.2	268.2		1	1
乾坤	10.05	N	E	-20, 30	28.00		2.40	1.05	-7.20	-17.00	-22.50	-28,00		2.05	-4.70	-18.00	-28,00		Ū	9
条件及(計開		Î	11.4	4.0		1.8	0.9	15.6	4.0	1.0	4.0		2.9	10.6	16.0	40			-
群	꽱		3	26.0	-30.0		1.5	0.6	-15.0	-19.0	-26.0	-30.0		0.6	-10.0	-26.0	-30.0		0.6	-19.0
	熠		3.	-14.6	26.0	-30.0	3.3	1.5	0.6	-15.0	-19.0	-26.0	-30.0	3.5	0.6	-10.0	-26.0	-30.0	1.5	0.6
	•	00.74	Ī		,		1		,	1	- (-	9		8	8	1	1		-C	1
設定	A	100-74	÷		1		,	- 1	а	1	С.	-		20	20	- 1	- E		,	1
LIP	NBN	ans."	-	1			,	1	. 1	1	1	i		11.4	11.4		,		1	,
	Net	1 000-1		,	,		,	,	1	1		1		00	90	,	1		,	,
結果	Contra	R (æ	,	1			T.	1		0	1		14	14	,	1		ι.	а
SUN SU	w W	Ν	-	1	,		,		1	1	10	1		6	6	1	1		1	1
上質記号 5			_	Acl_12	11_1-1d	Dgi				suteishi	Scp_805	Del_21	Dg1	6_lsh	#si_w	Acl_32	Del_31	Dg1	urgor.a	a audem
				H H H	+ H	150	4-16-	(中英	(本本)	-	佐田)	H H	261	気中)	(中)	堆土	Ш. Т.	192	(中)	(中政
				記録史	洪镇指州	「市場」	FRI324	1-72 (1-42	格名	SCP(80%3 沖積時代	法復點	基腔	衰埋土 ()	裏埋土 い	な歴史	は描述	1	裏込石(裏込石 ()
材料番号				12	Ш		83	23	SI	8	53	21		з	33	8	31		41	\$
医没				副使					調算部	(1-1)						理士部			裏込石	

表 2-1 「港湾構造物設計事例集」における捨石の解析用物性値 (「港湾構造物設計事例集」より引用・一部加筆)

2.2 解析用物性値について

島根原子力発電所における基礎捨石及び被覆石の解析用物性値を表 2-2 に示す。

			基礎捨石及び被覆石
物理	密度	ho (g/cm ³)	2.04 【1.84】
竹性	間隙率	n	0.45
	動せん断弾性係数	G_{ma} (kN/m ²)	180000
変形	基準平均有効拘束圧	σ_{ma} ' (kN/m ²)	98.00
特 性	ポアソン比	ν	0.33
	減衰定数の上限値	hmax	0.24
強度	粘着力	c' (kN/m ²)	20
特 性	内部摩擦角	φ' (°)	35.00

表 2-2 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値

注:括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。

- 3. 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値の妥当性について
- 3.1 妥当性の確認方針

「港湾基準」に記載されている内容について、その引用文献の目的、結果を整理 するとともに、地震時の動的挙動への適用性についても文献の内容を検討する。ま た、先行炉における基礎捨石等の解析用物性値を確認し、基礎捨石及び被覆石の解 析用物性値の妥当性を確認する。

3.2 「港湾構造物設計事例集」に記載される解析用物性値の妥当性

「港湾構造物設計事例集」に記載される解析用物性値のうち主要な物性値について,島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石に適用することの妥当性を確認する。

(1) 強度特性

「港湾基準」では、図 3-1 に示すとおり基礎捨石及び被覆石の強度特性として、粘着力 c=20kN/m², せん断抵抗角 φ=35° が記載されている。

(6) マウンド材及び基礎地盤の強度定数

① マウンド材

偏心傾斜した作用を受ける支持力の模型実験及び現地実験の結果によれば、三軸圧縮試験から求 められた強度定数を用いてビショップ法による円弧滑り解析を行えば精度の高い結果が得られるこ とが明らかになっている⁵⁰。また、砕石の大型三軸圧縮試験から、粒径の大きい粒状体の強度定数 は均等係数の等しい相似粒度の材料から求められる値にほぼ等しいことが確認されている⁶⁰。した がって、捨石の強度定数を正確に推定するには相似粒度の試料を用いた三軸圧縮試験を実施するこ とが望ましいが、強度試験を行わない場合には、一般に用いられている通常の捨石に対する標準的 な強度定数として粘着力 cp=20kN/m²、せん断抵抗角 φp=35°の値が用いられている。実際の捨石にお いては現地での捨石の密度に対応して強度に相違が生じることが予想されるが、現地での捨石の状 態を把握することは非常に困難であるので、標準的な強度定数の値が設定されている。

標準値は砕石の大型三軸圧縮試験の結果からやや安全側に求めた値であり、既存防波堤及び係留 施設の解析結果からも妥当な値である。なお、強度定数として粘着力 $c_0=20$ kN/m²としているが、こ れは砕石のせん断抵抗角 ϕ_0 の拘束圧による変化を考慮するための見掛けの粘着力である。図ー 2.2.7 は各種の砕石に関する三軸試験結果をまとめたものであるが ⁵⁰、拘束圧が大きくなるととも に粒子破砕によって ϕ_0 は減少する。図中に実線で示された値は見掛けの粘着力 $c_0=20$ kN/m², $\phi_0=35^\circ$ とした値であるが、見掛けの粘着力を考慮することによって ϕ_0 の拘束圧依存性が反映されている。 母岩の一軸圧縮強さと強度定数の関連を調べた結果によると、これらの標準値が適用できるのは母 岩の一軸圧縮強さが 30MN/m²以上の石材である。母岩の強度が 30MN/m²以下である弱い石材をマ ウンドの一部として用いる場合、強度定数はほぼ $c_0=20$ kN/m², $\phi_0=30^\circ$ となる⁷。

> 図 3-1 「港湾基準」における捨石の強度特性の設定方法 (「港湾基準」より引用・一部加筆)

「港湾基準」の引用文献である「港湾技術研究所報告 捨石マウンドの支持力 の新しい計算法(1987.6)」(以下「文献①」という。)では,捨石マウンド上 に重力式構造物が設けられる場合における捨石の力学的特性の検討を目的とし た実験が行われている。

ここで,「文献①」では,直轄港湾工事に用いられる基礎捨石に対して質量~ 粒径換算を行い、それらと同程度の強度・比重を有する「砕石(D_{max}=25mm~200mm: 砂岩と花崗岩の2種類)」を対象に,試験条件として均等係数 Uc,拘束圧及び 締固め程度を変化させた供試体を準備し, 直径 60cm・高さ 120cm の供試体では 中型三軸圧縮試験,直径 120cm・高さ 240cmの供試体では大型三軸圧縮試験をそ れぞれ実施して捨石の力学特性を検討している。「文献①」の三軸圧縮実験ケー ス及び実験結果を図 3-2 に示す。

上述の試験結果より、「捨石の強度定数は粘着力 c=2tf/m², せん断抵抗角。 =35°を標準とする」とされている。

			衣 9 光	:波ク	- ^										
岩	兹	Dmax	****		拘束	庄 α ₃ (k;	gf/cm ⁸)								
種	极	(mm)	110-10-10	0.	粗 締	中締	密締	50	-	-				.	
			A 1	1, 2	2,4			4			:		●実験1:	B. Lakat/am	1 4 - 25'
		25.4	A 2	2.8	2, 4			ዋ				•	C=U	, 2×gr/cn	r, p≂ss
	P		A 3	5.0	2, 4			45	L 、		•				
-#-			B 1	1.2	2, 4	1	1, 2, 4	70	`	\backslash		`			
15	1		B 2	2,8	ļ	1, 2, 4	1, 2, 4			\sim		:			
	一刑	63, 5	B 3	5.0	1, 2, 4		1, 2, 4				\ •				
	-		B 4	8.0	1, 2, 4	1, 2, 4	1, 2, 4	40	L					•	
			B 5	15.0		1,2,4	1, 2, 4	10				<u> </u>		•	
崗		100	C 1	1,2	2								•	:	
		100	C 2	2.8	2							. `			
	x		D1	1.2	2, 4, 8	1, 2, 4, 8		35	-				٠	4	
		150	D 2	2.8	2		1					-		•	
岩			D 3	5.0	2										
	_		E 1	1, 2	2			30	L				•		
	型	200	E 0	2.0			4	50	[
		200	E 2	2.8	· ·	4	1, 2, 4							-	
			E 3	5.0	2				•						
स्त	#	25, 4	F 1	1.3	2, 4, 8	0. 5, 1, 2,	2, 4, 8	25			F	<u> </u>			!
質	'					4, 8, 14			0.	5	1	2	4	8	14
砂	型	63.5	G 1	1.3		2, 4, 8							(m. 73		
岩	大型	150	ні	1.2		2, 4, 8					1997	C D 3 (VBI)	one y		
		++ ± ±				7	<u> </u>	这-49	見掛り	ナの署	は着力な	と考慮し	た場合	のゅっと	; a _a の関 [,]

まぶ 守 陸 と

文献①の三軸圧縮実験ケース



図 3-2 「文献①」の三軸圧縮実験ケース及び実験結果 (「文献①」より引用)

「文献①」は,捨石マウンドにおける支持力の新しい計算方法の提案を目的に, 捨石マウンド上の重力式構造物の安定性(静的)に関して現地実験(小名浜港: 基礎捨石 50kg~800kg/個,被覆石 600kg~800kg/個(推定))が行われている。

現地実験は、マウンド肩幅を 10m から 25m, 15m, 5m に変更した 4 ケースで行わ れており、実験ケーソン(幅 22m×奥行 15m)に油圧ジャッキで水平力を与えて マウンド及び基礎地盤に偏心傾斜荷重を加えることで、実験ケーソンの回転角 や水平変位が計測されている。

現地実験から得られた最大水平力を用いた円形すべり計算結果によると、「捨 石の三軸試験による強度定数 c=2tf/m², φ=35°を用いたビショップ法の結果が 実験結果と良く一致する」とされている。小名浜港の現地試験の概要図を図 3-3 に示す。



小名浜港現地試験概要図 (文献①「港湾技術研究所報告 捨石マウンドの支持力の新しい計算法(1987.6)」より引用)

図 3-3 小名浜港現地試験概要図

「港湾技研資料 マウンド用石材の大型三軸試験による強度特性(1991.3)」 (以下「文献②」という。)では、「品質が劣ると考えられてきた石材の強度特 性を明らかにする」ことを目的として、「文献①」で用いた比較的良質な花崗岩 等よりも性質が劣る石灰岩及び軟質な砂岩等について、一軸圧縮強度に着目し た分類で大型三軸圧縮試験(供試体寸法:直径 30 cm,高さ 60 cm)が行われてい る。また、一軸圧縮強度との相関関係を得るため、幅広い範囲の一軸圧縮強度を 持つ特殊モルタルも使用している。

大型三軸圧縮試験の結果,「母岩の一軸圧縮強度が 300kgf/cm²以上であれば, 「文献①」で報告された捨石の標準値である c=2tf/m², φ=35°をほぼ満足する」 とされている。

「文献②」の三軸圧縮実験ケース及び実験結果を図 3-4 に示す。



図 3-4 「文献②」の三軸圧縮実験ケース及び実験結果

工藤ら(1985)^{*1}は,既往のケーソン式防波堤基礎捨石の粒度とほぼ相似な, 均等係数 U_c=2.3 の 3 種類(15mm, 25mm, 30mm)の相似粒度の試料を用いて三軸圧 縮試験を実施し,図 3-5 に示すように,内部摩擦角 ϕ はゆる詰めでも密詰めで も 35°~36°,粘着力 c はゆる詰めで 0.2kgf/cm²(約 20kN/m²)~密詰めで 0.6kgf/cm²(約 60kN/m²)との結果を得ている。

捨石の標準的なモデル化案である内部摩擦角 φ =35°,粘着力 c=20kN/m² は図 3 -5 において間隙比 e_i=0.9 程度のかなり空隙の多い状態を想定したせん断強度 となっており、保守的な設定となっていることが分かる。なお、島根原子力発電 所の基礎捨石及び被覆石について、輪谷湾内の1,2号機エリアは昭和 45 年 (1970年)12月竣工、3号機エリアは平成22年(2010年)3月竣工と年月を経 ており、ある程度締まった密な状態であると考えられることから、この強度特性 は保守的な設定と判断する。



図 3-5 間隙比 e_iに対する粘着力 c と内部摩擦角φの推定図表 (工藤ら(1985)^{*1}より引用・一部加筆)

(2) 動せん断弾性係数

「埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版)(財団法人沿岸開発技術研究センター,平成9年)」には、「混成防波堤における地震観測結果から得られた算定式により水深-10m 程度の大型岸壁における捨石のせん断波速度として Vs=300m/sを用いる。」との記載があり、算定式については、上部ら(1983)*²に記載されている表 3-1 を指していると考えられる。表 3-1 は沢田ら(1977)*³による国内の複数のロックフィルダムにおける弾性波測定結果から得られた速度分布モデルであり、ロック材における深さ 0~10m の S 波速度 V_sの平均値が約300m/s となり、5m 以深は深いほど V_sは増加する(図 3-6)。

島根原子力発電所における基礎捨石の分布範囲は、おおむね深さ 15m の範囲 内に分布することから、せん断波速度は Vs=300m/s を上回るが、「港湾構造物設 計事例集」に記載の Vs=300m/s を採用することは保守的な設定と判断する。

表 3-1 ロックフィルダムの一般的物性値を与える速度分布モデル (上部ら(1983)*²より抜粋・一部加筆)

現体のゾーン		י ם	, 1	э 7				
20世位 の種類	材料の 状態 (m)	不飽和	飽 和	S 波速度の大きい材料 の分布	S 波遠度の小さい材料 の分布			
	0 - 5	V. =	245	$V_{s} = 210$				
S波速度	5-30	$V_{\rm r} = 250 Z^{0.20}$	V = 250.70.20	1/ - 180.70.35	17 - 140.70.34			
	30-	$V_s = 200 Z^{0.315}$	V, -250Z****	V, - 160Z***	$V_{g} = 1402^{-0.04}$			
ポアソン比 全体		$\nu = 0.375 - 0.006 Z^{0.58}$	$\nu = 0.49 - 0.01 Z^{0.95}$	$\nu = 0.45 - 0.006 Z^{0.60}$				
				V _s :S波速B	또 (m/s)			

ν. · S 仮速反(m/ ν:ポアソン比 Ζ:深さ(m)



図 3-6 ロック材のS波速度について (表 3-1におけるロック材のS波速度をグラフ化)

(参考) 11-10

- 注記*1:工藤康二,西好一,田中幸久,国生剛治:護岸基礎捨石マウンドの沈下予測(その1) 捨石マウンド材料の物理特性ならびに静的力学特性,電力中央研究所報告,研究報告 384030,1985 年
 - *2:上部達生,土田肇,倉田栄一,国生剛治:大型混成式防波堤の強 震記録に基づく水ー構造物連成系の地震応答解析,港湾技術研究 所報告,第 22巻,第2号,1983年,pp289-326
 - *3:沢田義博,高橋忠,桜井彰雄,矢島浩:ロックフィルダムの物性 値分布特性および堤体の動的特性-弾性波動に基づく考察-,電 力中央研究所報告,研究報告 377008, 1977年

3.3 地震時の検討における基礎捨石及び被覆石の物性に関する文献調査

島根原子力発電所での適用性を目的として,地震時(動的)の検討で用いられる 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値について,文献調査を行った。

捨石の動的挙動に関して検討している文献「捨石のモデル化に関する検討報告 書(FLIP研究会 企画委員会捨石作業部会,平成13年5月)」(以下「文献 ③」という。)によると,「港湾構造物設計事例集」に示される捨石の解析用物性 値が用いられた事例検証が行われている。

事例検証は 1995 年兵庫県南部地震における六甲アイランド RF3 岸壁及び神戸港 第7防波堤の被災事例と,1993 年釧路沖地震における釧路港北埠頭の被災事例を 対象に行われており,簡易モデルによる検討やパラメトリックスタディーを踏ま え,表 2-1 に示すパラメータを捨石の標準的なパラメータとして提案している。 「文献③」では、1995 年兵庫県南部地震における神戸港六甲アイランド RF-3 岸 壁の被災断面を検討対象としている。六甲アイランド RF3 岸壁の検討用地震動及 び検討対象断面を図 3-7 に、検討結果を表 3-2 に示す。検討結果において、表 2 -1 に示すパラメータを捨石の解析用物性値として設定した CASE4 では観測値の 変位を再現できている。



図 3-7 六甲アイランド RF3 岸壁の検討用地震動及び検討対象断面 (「文献③」より引用・一部加筆)

表 3-2 六甲アイランド RF3 岸壁の検討結果

(捨石は主に 200kg~400kg/個程度)

di.	せん断強	度特性		残留変位量		
検討ケース*	$C(kN /m^2)$	ф (0)	水平	鉛直	傾斜	備考
		Ψ (°)	(m)	(m)	(°)	
CASE3	0	40	6.10	2.11	10.6	従来方法
CASE4	20	35	4.33	2.00	4.69	提案方法
観測値			4.1~4.6	1.7~2.0	4.1~5.1	

注記*:結果は捨石強度特性のみが異なる CASE3(従来方法)と CASE4(提案方法)の み抜粋している

「文献③」では、常時土圧の作用を受けない構造物として、1995 年兵庫県南部 地震における神戸港第七防波堤の被災断面を検討対象としている。神戸港第七防 波堤の検討用地震動及び検討対象断面を図 3-8 に、検討結果を表 3-3 に示す。 検討結果において、表 2-1 に示すパラメータを捨石の解析用物性値として設定し た CASE4 では観測値の変位を再現できている。



検討用地震動_ポートアイランド鉛直アレー地震観測綱のGL-32m に設置の加速度計による1995兵庫県南部地震の際の観測記録



図 3-8 神戸港第七防波堤の検討用地震動及び検討対象断面 (「文献③」より引用・一部加筆)

表 3-3 神戸港第七防波堤の検討結果

	せん断弦	度特性	残留刻	变位量			
検討ケース*	$C(l(N)/m^2)$	<u>م (۵)</u>	水平	水平 鉛直			
		$\Psi(\mathbf{c})$	(m)	(m)			
CASE2	0	40	0.04	4.39	従来方法		
CASE4	20	35	0.00	2.26	提案方法		
観測値			_	1.4~2.6			

(捨石は主に 10~200kg/個程度)

注記*:結果は捨石強度特性のみが異なる CASE2(従来方法) と CASE4(提案方法)の み抜粋している。

「文献③」では、1993 年釧路沖地震における釧路港北埠頭岸壁の被災断面を検 討対象としている。釧路港北埠頭岸壁の検討用地震動及び検討対象断面を図 3-9 に、検討結果を表 3-4 に示す。検討結果において、表 2-1 に示すパラメータを捨 石の解析用物性値として設定した CASE3 では観測値の変位を再現できている。



図 3-9 釧路港北埠頭岸壁の検討用地震動及び検討対象断面

(「文献③」より引用・一部加筆)

1	せん断強	度特性	残留雾	変位量	
検討ケース*	$C(kN/m^2)$	<u> </u>	水平	鉛直	備考
		Ψ()	(m)	(m)	
CASE1	0	40	0.89	0.21	従来方法
CASE3	20	35	1.28	0.22	提案方法
観測値			0.8~1.6	0.2~0.5	

表 3-4 釧路港北埠頭岸壁の検討結果

注記*:結果は捨石強度特性の設定の違いに着目し, CASE1(従来方法)と CASE3(提 案方法)のみ抜粋している。 「文献③」で検討した事例は、いずれも重力式岸壁あるいはケーソン式防波堤で あることから、鋼管杭を使用した構造物を対象とした被災事例の再現解析におけ る捨石の解析用物性値の設定状況についても確認した。

「二次元有効応力解析による直杭式横桟橋の被災事例の再現解析(2009)」(以下 「文献④」という。)では、1995 年兵庫県南部地震による神戸港T桟橋の被災事 例を対象とした再現解析が行われた際、「港湾構造物設計事例集」に示される捨石 の解析用物性値が設定されている。解析断面図を図 3-10 に、解析用物性値を表 3 -5 に示す。「文献④」において、鋼管杭の座屈位置という被災事例を再現できた とされている。



図 3-10 断面図(神戸港T桟橋) (「文献④」より引用・一部加筆)

表 3-5 FLIPにおける解析用物性値(神戸港T桟橋) (「文献④」より引用・一部加筆)

土層名	湿潤	間隙			変形特	性		
	密度	率	初期	基準	拘束圧	内部	粘着	履歴
			せん断	化拘	依存	摩擦	力	減衰
			剛性	束圧	係数	角		上限值
	ρt	п	$G_{ m ma}$	σ ma'	т	ϕ_f	С	hmax
	(t/m^3)		(kPa)	(kPa)		Ċ)	(kPa)	
As1	1.8	0.45	111900	98.0	0.5	40.7	0	0.24
Ag1	2.0	0.45	226500	98.0	0.5	44.4	0	0.24
Dc1	1.9	0.44	51000	43.4	0.0	0.0	150	0.20
埋立土	1.8	0.45	65840	98.0	0.5	38.9	0	0.24
捨石	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
裏込土	2.0	0.45	180000	98.0	0.5	35.0	20	0.24
Ac1	1.5	0.67	3750	5.0	0.5	25.0	0	0.20
Dc2	1.7	0.55	34000	86.4	0.0	0.0	100	0.20
Dg1	2.0	0.45	228200	98.0	0.5	44.5	0	0.24

(参考) 11-16

「2011 年東北地方太平洋沖地震において地震動により被災した小名浜港5号埠 頭耐震強化岸壁(-12m)の再現解析(2014)」(以下「文献⑤」という。)では,2011 年東北地方太平洋沖地震による小名浜港5号埠頭耐震強化岸壁の被災を対象とし た再現解析が行われた際,「港湾構造物設計事例集」に示される捨石の解析用物性 値が設定されている。なお,当該岸壁の基礎捨石は30~200 kg/個とされている。 解析断面図を図3-11 に,解析用物性値を表3-6 に示す。「文献⑤」において, 岸壁背後の沈下等の被災結果に調和的な変形を再現可能であるとされている。



図 3-11 断面図(小名浜港5号埠頭耐震強化岸壁) (「文献⑤」より引用・一部加筆)

表 3-6 FLIPにおける解析用物性値

(小名浜港5号埠頭耐震強化岸壁)

(「文献⑤」より引用・一部加筆)

地層名	N65	ρ_t (t/m ³)	ρ_{sat} (t/m^3)	σ'_{ma} (kN/m ²)	G_{ma} (kN/m ²)	v	K_{ma} (kN/m ²)	C (kN/m ²)	¢ (°)	n	h _{max}
埋立土	8.3	1.8	2.0	98	75400	0.33	196600	-	39	0.45	0.24
岩ずり	10.4	1.8	2.0	98	86600	0.33	225800	-	39	0.45	0.24
砂質上	22.2	-	2.0	98	140600	0.33	366700	-	41	0.45	0.24
固結シルト (風化部)	-	-	1.8	171.88	10200	0.33	26600	30	-	0.55	0.20
基礎捨石	-	-	2.0	98	180000	0.33	469400	20	35	0.45	0.24
雜石	-	-	2.0	98	180000	0.33	469400	20	35	0.45	0.24

「相馬港2号埠頭-12m岸壁を対象とした事例解析(2012年度)」(以下「文献⑥」 という。)では、2011年東北地方太平洋沖地震による相馬港2号埠頭-12m岸壁の 被災を対象とした再現解析が行われた際、「港湾構造物設計事例集」に記載の値に おおむね近い捨石の解析用物性値が設定されている。断面図を図3-12に、解析用 物性値を表3-7に示す。「文献⑥」において、被災状況や背後地盤の沈下や段差 について再現できたとされている。



表 3-7 FLIPにおける解析用物性値(相馬港2号埠頭-12m岸壁)

(「文献⑥」より引用・一部加筆)

記号	土質	ρ (t/m³)	σ_{ma} (kN/m ²)	Vs (m/s)	G _{ma} (kN∕m²)	m _G	K _{ma} (kN∕m²)	mĸ	c (kN/m²)	¢ _f	hmax	n	E (kN/m²)
В	埋土(浚渫砂)	1.80	98	162	75246	0.5	196230	0.5	0.0	39.38	0.24	0.45	
As	砂質土(細砂)	2.00	98	269	125095	0.5	326228	0.5	0.0	41.33	0.24	0.45	
R	岩盤(砂質泥岩)	1,73											1392000
	裏込石	2.00	98		101300	0.5	264000	0.5	20.00	35.00	0.24	0.45	

捨石の動的挙動について,重力式岸壁,ケーソン式防波堤及び鋼管杭を使用した 構造物を対象とした被災事例の事例検証が行われており,「港湾構造物設計事例集」 に示される捨石の解析用物性値を設定した場合,解析結果はそれぞれの観測値と 適合性が良いとされている。

以上より,「港湾構造物設計事例集」に示される捨石の解析用物性値は妥当であ ると判断した。 3.4 先行炉における基礎捨石等の解析用物性値

島根原子力発電所における基礎捨石及び被覆石の解析用物性値の妥当性を判断 するため,先行炉における基礎捨石等の解析用物性値を確認する。なお,先行炉の 情報に係る記載内容については,審査資料等をもとに独自に解釈したものである。

(1) 東海第二発電所

東海第二発電所において,図 3-13 に示すとおり,津波防護施設である貯留堰 の外側に位置する土留鋼管矢板の背面に捨石が分布していることから,解析断 面にモデル化している。





(断面図)

図 3-13 東海第二発電所 貯留堰の周辺地盤における捨石の施工状況

東海第二発電所の捨石は主に 100kg~500kg/個程度の質量を有するとしており,基礎捨石の解析用物性値については,現地の捨石での試験が非常に困難であることから,表 3-8 に示すとおり,「港湾構造物設計事例集」に記載される値を用いている。

	パラメー	Ø		捨石
物	密度 () は地下水位以浅	ρ	${ m g/cm}^2$	2.04 (1.84)
埋特性	間隙比	e	_	0.82
	ポアソン比	u _{CD}	-	0.33
変形	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	σ' _{ma}	kN/m^2	98
特性	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G _{ma}	kN/m^2	180000
	最大履歴減衰率	h _{max}	_	0.24
強度	粘着力	C _{CD}	N/mm^2	0.02
特性	内部摩擦角	φ _{CD}	度	35

表 3-8 東海第二発電所 捨石の解析用物性値

(2) 高浜発電所

高浜発電所において,津波防護施設である放水ロ側防潮堤周辺の改良地盤の 前面において基礎捨石及び被覆石が分布していることから,解析断面にモデル 化している。

高浜発電所における基礎捨石等の解析用物性値については,FLIP 研究会が推 奨する手法*,「港湾基準」及び「埋立地の液状化ハンドブック(改訂版)(沿 岸開発技術研究センター,平成9年)」等から,表 3-9 に示す解析用物性値を 設定している。

注記*:例えば,液状化解析プログラム FLIP による動的解析の実務
 FLIP 研究会の14年間の研究成果 平成23年8月3日
 第四期 FLIP 研究会14年間のまとめWG 沿岸技術研究センター

表 3-9 高浜発電所 基礎捨石等の解析用物性値

飽和密度	間隙率	動せん断弾性係数	体積弹性係数	ポアソン比	基準拘束圧	粘着力	内部摩擦角	最大減衰比
ho (g/cm ³)	n	$G_{ma} (kN/m^2)$	$K_{ma}(kN/m^2)$	ν	σ_{ma} ' (kN/m ²)	$c (kN/m^2)$	φ _f (°)	h _{max}
2.04	0.45	1.80×10^{5}	4.69×10^{5}	0.33	98	20	35	0.24

3.5 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値の妥当性

島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石と文献に記載された捨石の諸元の比較 を表 3-10 に示す。島根原子力発電所の基礎捨石は、文献に記載された捨石の諸元 の範囲内であることから、「港湾構造物設計事例集」で示される解析用物性値を島 根原子力発電所の基礎捨石に適用することは妥当と判断する。被覆石については、 文献に記載された捨石の諸元の範囲を超えているが、礫径の大きい被覆石は比較 的礫径の小さい捨石より粘着力、せん断抵抗角共に大きいと考えられ、「港湾構造 物設計事例集」で示される捨石の解析用物性値を被覆石に適用することにより保 守的な評価になるため妥当と判断する。

また,島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石の解析用物性値は,先行炉である 東海第二発電所及び高浜発電所の基礎捨石等の解析用物性値と同じである。した がって,島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石の解析用物性値は妥当と判断し た。

表 3-10 島根原子力発電所の基礎捨石及び被覆石と

	島根原子力発電所	文献に記載された値
一軸圧縮強さ	30N/mm ² 以上	30MN/m^2
D _{max}	200~250mm(基礎捨石) 700~800mm(被覆石)	25~200mm
質量	30kg以上/個程度(基礎捨石) 1.5t/個(被覆石)	 ・六甲アイランドRF3岸壁 200~400kg/個程度 ・神戸港第七防波堤 10~200kg/個程度 ・小名浜港5号埠頭耐震強化岸壁 30~200kg/個程度

文献に記載された捨石の諸元の比較

(補足1) 島根原子力発電所の岩石試験

島根原子力発電所の石材(基礎捨石及び被覆石)は主に発電所敷地内の凝灰岩を使 用しており,これについて実施した岩石試験の概要を示す。

ボーリングコアから採取した試料を用いて一軸圧縮試験を実施した結果,30N/mm² を上回る結果となった。一軸圧縮試験概要を図1-1,岩石試料採取位置図を図1-2 に示す。

	供試体りイズ	直径 : 50mm 高さ : 100mm
	最大能力	980kN(100t)
甘原	試料採取ボーリング	306,308,309,310,316
叁子 礎炉 地建	試験個数	18個
盤物	一軸圧縮強度	82.57N/mm ²
西原	試料採取ボーリング	324,319,328,329
切取	試験個数	10個
斜笏	一軸圧縮強度	122.98N/mm ²



図 1-1 一軸圧縮試験概要





(補足2) 島根原子力発電所の押し崩し試験

独立行政法人土木研究所では、ロックフィルダムの主要築堤材料として使用され るロック材料のせん断強度の評価について、原位置における表層すべり試験(切り崩 し試験及び押し崩し試験)を実施し、原粒度条件下でのロック材料のせん断強度の評 価を論文「拘束圧依存性を考慮したロック材料の強度評価(山口ほか)」で示してい る。

ロック材料を100t級大型ブルドーザで静かに谷に押し崩す「押し崩し試験」を実施して,安息角を計測しているが,「得られた平均38.5°の結果は,大型三軸圧縮(CD)試験により求められた内部摩擦角41.0°とほぼ同等の値である」とされている。

島根原子力発電所にて,押し崩し試験を模擬した安息角の現地試験を実施した。現 地試験には基礎捨石と同様の石材(凝灰岩主体:D_{max}=200~250mm 程度)を用いて, 40t ダンプにて平坦な場所でダンプアップすることで試料塊を作り,ダンプが逃げる 方向以外の3辺を測線として試料塊の角度計測を行った。

試験は3回行い,合計9測線から得られた平均値は38.5°であり,「文献①」のせん断抵抗角φ=35°と同等な結果となった。

試験の概要を図 2-1に、試験結果を表 2-1に示す。



試料塊作成(ダンプアップ)



安息角試験写真(計測全景)

図 2-1 試験の概要

試験	測線	角度	平均角度
	1	35.2	
1回目	2	36.8	
	3	46.3	
	1	29.8	
2回目	2	37.8	38.5
	3	35.3	
	1	44.4	
3回目	2	36.3	
	3	44.8	

表 2-1 安息角試験 試験值一覧表

(参考資料12) 液状化強度試験の詳細について

1. 液状化強度試験試料

敷地内の被覆層として埋戻土及び砂礫層が分布する範囲において採取した試料を用いた 液状化強度試験を実施している。液状化強度試験試料の採取位置を図 1-1,液状化強度試 験試料の採取方法を表 1-1 に示す。

E-1~E-8 地点は、ロータリー式三重管サンプラーによる液状化強度試験試料として採取 したものである。粒径加積曲線のグラフには「港湾の施設の技術上の基準・同解説(国土交 通省港湾局、2007 年版)」及び「道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説((社)日本道路 協会、平成24年3月)」による液状化判定指標についても記載する。E-1~E-8 地点におけ る、N値、細粒分含有率、粒径加積曲線、ボーリング柱状図及びコア写真を図1-2~図1-27 に示す。なお、E-1、E-2、E-6、E-7 地点は、ごく近傍の既往ボーリングの調査結果より、 液状化検討対象層を確認し、液状化強度試験試料を採取しているため、既往のボーリング調 査におけるボーリング柱状図及びコア写真を参考として示す。

A~E 地点においては表層試料採取による液状化強度試験試料を採取しているため「2. 液状化強度試験結果」において試験結果のみ示す。



(埋戻土)



(砂礫層)図 1-1 液状化強度試験試料の採取位置

試料採取位	拉臣十注	既往ボーリング	ボーリング柱状図,							
置	採取力法	調査結果利用	コア写真の地点名							
E-1		0	P1*							
E-2		0	P2*							
E-3		_	E-3 (調査孔)							
E-4 [′]	ロータリー式	—	E-4′(調査孔)							
E-5	三重管サンプラー	_	E-5 (調査孔)							
E-6		0	P7*							
E-7		0	P11*							
E-8		_	E-8(調査孔)							
А		_	_							
В			_							
С	表層試料採取	_	—							
D			_							
E		_	_							

表1-1 液状化強度試験試料の採取方法一覧

注記*:参考として既往ボーリング調査におけるボーリング柱状図及びコア写真を示す。



図1-2 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-1)

2	ボーリング名 P1								孔口樹		6.26m							総掘進長						30). 50	m								
標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記	Π	孔 内					標	準	貫	入	試	験			J	R	位間	置討	た 験	:武1	卧採	玉取	室内	掘
					質		対	対				水位	深	t0cm、 打撃	ごとの 回 炭	打撃					N	値			ł	罙	試 おし	験 よび新	名 結果	深	試	採	試験	進
尺	高	厚	度	状	X		密	稠				(m) / 測	度	0 1	0 20	数/					_					度	()	度	料	取	$ ^{\sim}$	月
\sim				57	~	ing	nte	rate:		ate		定月		2	2 2	貫 入 量															番	方		
(m)	(m)	(m)	(m)		分	調	度	度		争	H	Ħ	(m)	10 2	20 30) (cm)		0	10	2)	30	40	50	60	m)	$\frac{1}{1}$		/	(m)	号	法	Ĕ	
- 1				000 000 000					0.45mまでコン	クリート及び栗石。			1.15	6 1	10 11	27 30	27		_		•			_	_					- 1.15	P-1	Θ	密度	
- 2				°.0°° °.0°°									1.45 2.15	6	8 10	24 30	24								_					2.15	P-2	Θ	密度粒度	
• 3				8000 0000 0000	玉 石				碟径75mm以下。 相用Uz2003年6月	を主体に、細粒分を不			2.45 3.15	3	3 8	14 30	14		,	A			-	_	_					2.45	P-3	Θ	密度	
4				000 000	記り	黒褐	中位		スは粗砂で径 を多量含む。	100~150mm程度の玉石	ĩ		3.45 4.15	4	3 4	11 30	11						-	_	_					3.45	P-4	Θ	密度	
- 5				000°	碘				5, 2~5. 6m付近	ミにコンクリート片を			4.45 5.15 5.17	50 2	+	50 2	750		_				-	->	_					4.45 - 5.15 - 5.17	P-5	Θ		
- 6				0.000 8.000					7U.				6.05	21 2	29	50 19	79		_					->	_					6.05	P-6	Θ	密度 粒度	3/7
- 7				0000									7.15	4	6 17	27	27		_		•		-	-	_					7.15	P=7		67.02	
- 8	-1.54	7.80	7.8	8000 0000				\vdash			$\left\{ \right\}$		7.45 8.15	4	6 4	14	14				_		_	_	_					7.45	P-8		密度	
- 9				0000									8.45 9.15	5	5 8	18				\sum										8.45 9.15			粒度	
- 10				0.000	粘土	黒	中		礫径60mm以下 スは粘土分を	を主体に、マトリック 20~30%含んだ中粗砂。			9.45 10.15	2	2 3	30	18			^			_							9.45 10,15	y		型度 蒙康	
- 11				0000	回 砂 礫	灰	位		10.7m付近に往 む。	150mm程度の玉石を挟	8		10.45 11.15	12	9 3	30 24	7	•	\geq	\backslash										10.45	P-10	Θ	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	ā
- 12				000									11.45 12.15	10 1	10 4	30 24	24													11.45	P-11	Θ	11度 の 広	8
- 13	-6.44	4.90	12.7	0000	TT	and the		-	级100mm积度度	エエムナはレキス	$\left\{ \right\}$		12.45 13.05	50		30 50 5	24				•									12.45	P-12	Θ	密度 粒度	
- 14	-7.24	0.80	13.5		正日	喧厌暗	緩	-	種100mm年度の. 種径60mm以下:	シェロを土体とする。 を主体に、マトリック	$\left\{ \right\}$		13.10	4	4 2	10	300													- 14.15				.
- 15	-8.44	1.20	14.7	0.00	礫	灰	1)	_	スは粗砂。				14.45	18	6 4	30	10		•	\triangleleft										14.45	P-14	Θ		
10				00000	de la								15.45		5 4	30	28				\geq	•								15.45	P-15	Θ	密度 粒度	
- 10				0000	土質	黄	中		礫径60mm以下 スは粘土質砂	を主体に、マトリック			16.15			30	18			1										16.15	P-16	Θ	密度 粒度	
- 17				0.00	砂礫	陷	征		部方的に住口のする。	加強度の玉石が黒住			17.15 17.45	50	5 0	30	15			•										17.15	P-17	Θ	密度 粒度	ā
- 18	-12.64	4.20	18.9	0000									18.15 18.25	+	+	10	150							->						18.15	P-18	Θ	粒度	9
- 19													19.15 19.45	12	5 5	23	23		T		•			-						19.15 19.45	P-19	Θ	密度 粒度	
- 20					砂			軟	職務15mm以下:	私占在1. 76分を20~			20.15 20.45	1	1 1	3/ 30	3	<					-							20.15	P-20	Θ	密度 粒度	1
- 21					質 粘 十	西福		らかい	30%混入する。 粘着性が強い。				21.15 21.45	2 :	2 4	8 30	8	\rightarrow	•				-							21.15	P-21	Θ	密度 粒度	1
- 22													22.15 22.45	1	1 1	3/ 30	3	-	t				-							22.15	P-22	Θ	密度 粒度	1
- 23	-16.94	4.30	23.2 23.6	11.60	硬混り	褐	中	\vdash	粗砂を主体に、	· 裸径20mm以下を20%			23.15	5	5 12	22 30	22				•									23.20	23-2	Θ	密度 粒度	.
- 24	-18.44	1.10	24.7	000	シルト 質砂 シルト	灰暗	位中		程度及U#相位 目最小片が少 標径30mm以下	方を20%至度進入し、 量混じる。 を主体に、マトリック			24.15	8	2 4	14 30	14		,				-							24.15	P-24	Θ	密度 粒度	.
- 25	-19.34	0.90	25.6	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	質砂礫 確混り	灰暗青	位緩		し、貝殻小片な中枢ので、	和紀分を20%程度混入 小量混る。 こ、碟径20mm以下を2	4		25.15	2	2 4	8 30	8		$\langle \cdot \rangle$						_					- 25,15	P-25	Θ	密度 粒度	3- 10
- 26				Carlos Carlos	ンルト 質砂 粘土質	戻 後経	い 中	-	の。程度及び細 る。 棟径20mm以下	ップを30~40%混入す を主体に、マトリック	1		26.45 26.15	6	5 4	15 30	15			•			-		_					26.15	P-26	Θ	密度	-
- 27	-20.54	0.70	26.8	10°00	砂礫 (褐黄	位	非常	スは祖砂で細 る。 磯径20mm以下:	927を205程度混入す を20%程度及7ド中砂か?			26.45 27.15	7	5 6	18 30	18		+	\mathbf{h}			-	_						26.45	P-27	Θ	密度	.
- 28	-22.14	0.90	28.4		99 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	褐褐	密	に破い	0%程度混入す。 陳径50mm以下	る。 を主体に、マトリック	1		27.45 28.15	12	88	50 18	83		_											27.45	P-28	Θ	密度	.
- 29					砂礫	灰	な	-	スは祖砂で細 る。 硬質な頁岩で。	シオを205陸度混入す あるが、28.9m付近で	1		28.33 29.00 29.00	- AL	入不能	50			_					_						28.33				5
- 30	-24.04		20.7		中硬	黒灰			風化し若干脆 29.4m付近まて は短棒状で水	い。 治片状を呈し、以深 平方向の亀裂が目立									_				_	_						-				11
	-24.24	2.10	30,5	96666668	宕				つ。 RQD:23.8%、清	と大コア長:15cm。																								12

図 1-3 ボーリング柱状図 (P1:E-1 地点の参考)

【砂礫層】



【岩盤】



図 1-4 ボーリングコア写真 (P1:E-1 地点の参考)



図1-5 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-2)

7	ボー	-リ:	ング	名				P2		孔口樹		6.26m							総掘進													
票	標	層	深	柱	±	色	ħ	目相		記	Ŧ	孔 内					標	準	貫	入	試	験		原	位置	指	: 験	試判	斗採	取	室内	ŧ
2	高	厚	度	状	質		*	対対				水立・シー	深1	0cm3 丁撃 0 1	ごとの 回 菊 0 20	打撃回数/				J	•	値		深度	試 およ /	験び糸	名吉果	深度	試料	採取		, ž
)	(m)	(m)	(m)	図	公分	調	ぞ 月	密 碉		事	1	則定月	(m) 1	2	2 2	貫入量								(m)				(m)	番号	方法		ľ
·	(11)	(,		°.0°.	Th			tr I	上部30cmは鉄府 連絡25mm以下を	- 第コンクリート。 と主体に、マトリック			(11)	.0 2	.0 30	'(cm		3	10	20		30 40	50 61	0 (111/						1424		T
1	4.36	2.00	2.0	00°00	碟	灰	ſ	2	スは砂で、一部 を含む。	11999 1径350mm以下の玉石			1.15	7 1	7 9	23 30 42	23				•							1.15	P-1	Θ	密度 粒度	
3					粘								2.45 3.15	15 1	6 7	30 28	42					_						2.45 3.15	P-2	Θ	密度	
4				0.000	土質砂滩	淡 青 灰	中位	中 位	礫径75mm以下を スは中粗砂で希 し、径150mm程」 礫分は角~亜角	と主体に、マトリック 曲粒分を20%程度混入 度の玉石が点在する。 角礫を主体とする。			3,45 4,15	7	3 6	30 16 30	16			•	/							3.45	P-4	0	粒度 密度	
5	0.76	3.60	5.6	0.000	98								4.45 5.15 5.45	8	5 11	24 30	24				•							4.45 5.15 5.45	P-5	Θ	密度	
6				0000									6.15 6.45	3	7 7	17 30	17			ſ								6.15	P=6	Θ	密度	
7				000° 000°	玉石				碘径75mm以下多	を主体に、マトリック			7.15	3 4	4 9	16 30 39	16			•								7.15	P=7	Θ	密度	
9				0000	記り砂礫	黑 灰	¢.	τ Σ	スは中租砂で行 点在する。 礫分は角礫を目	ž300mm以下の玉石が E体とする。			8.45 9.15	7	4 5	30	39				_	>						8.45 9.15	P-8	Θ	密度 密度	+
.0				000000000000000000000000000000000000000								1	9.45 10.15	20 1	2 6	30 38 30	38				<u> </u>	,						9.45 10,15	P-10	0	粒度 密度	
1	-4.64	5.40	11.0	0000			+					1	11.15	7 1	0 11	28 30	28											10.45 11.15 11.45	P-11	Θ	密度	
2												1	12.15	9	5 7	21 30	21											12,15	P=12	Θ	密度	1
3 4					玉石							1	13.15	7 1	5 6	23 30	23				è							13,15	P-13	Θ	密度	
5					混り粘	暗灰	片合	中 定	礫径75mm以下を スは粗砂で径5 在する。	を主体に、マトリック 00mm以下の玉石が点		1	14.45	7 1	7 8	30	14		•	Q	_							14.45	P-14	Θ	密度 症度 突度	
6					土質砂礫				₩分11角~亜f	角礫を主体とする。		1	15.45 16.00 16.05	50	Ŧ	30 50 5	300				•		-					15.45	P-15	Θ	粒度	
17												1	17.15	5	4 7	16 30	16			•	_							17.15	P-17	Θ	密度 粒度	1
8	-12.64	8.06	19.0									1	18.15	7 1	17 26	50 25 50	60					-	*					18.15 18.45	P-18	Θ	密度	
20					軟	淡茶褐、			弱風化の凝灰な を呈し、亀裂け	当で、岩片状〜短棒状 は多いが密着した状態		1	19.02				750						>									
21	-15.04	2.40	21.4		2 Ⅱ	(乳緑灰			となっている。 RQD:30%、最大	全体的に右十郎い。 ニコア長:20cm。																						- 11
22																																
23																																
24																																
25																																

図 1-6 ボーリング柱状図 (P2:E-2 地点の参考)

【埋戻土】



標準貫入 <u>試験試料</u> GL.9.15m ~9.45m N=16回/30cm



標 準 貫 入 試 験 試 料

GL.11.15m ~11.45m N=28回/30cm



標準貫入 試験試料 GL15.15m ~15.45m N=22回/30cm

【岩盤】



図 1-7 ボーリングコア写真 (P2: E-2 地点の参考)



図1-8 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-3)

ボーリング名 E-3 (調査孔)						查孔)	孔		8.475m							総	屈進J			20.00m												
標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記		孔内					標	準	貫	入	試	験			原	位 置 試	験書	武 米	\ 採	取	室内	掘
尺	高	厚	度	状	質		対	対				水 位 (m) /	深度	10cmご 打撃 0 1	ごとの 回 数 0 20	打撃回数/				N					深度	試 験 および結	名果	深度	試料	採取	試験(進
(m)	(m)	(m)	(m)	\boxtimes	区分	調	密度	恒度		事		測定月日	(m)	₹ 10 2	} 0 30	貫入量			10	00		20	40	50 00	(m)			(m)	番号	方法	_	月日
- 1	6.09	1.50	1.50		玉石混 り砂質 礫	暗褐			試掘区間の埋房 石点在、φ70mm にて採取。礫は 石状の角礫、礫 低含水。GL-0.7	ミし土、片状の玉の片状~角礫状 の片状~角礫状 あ50mm以下の砕 間は細礫が充填 2m~0.81m間に7	,	I				(cm)	, ()		10	20		50	40	50 60								
2	0.50	1.50	1.00						スファルト。				2.15	7 7	18	32 30	32					~										5/20
3					玉石		緩 い		玉石を片状~角)碟状にて採取。			3.15 3.45	15 1	3 15	43 30	43				_		>									5/2
- 4					「混り砂	暗 褐	~非常に			「下の角碟混入す ~粘土質砂から にばらつきあり し。全痛水する。(È.		4.15	4 2	3	13 30 10	13		ſ													20
6					質碟		に密な		宮水。GL-6.8m の薬液伴う。	~7.0m付近ゲルキ	c		5.45	2 2	1	30 5	10	_/	1													
7	0.00	C 00	7 50								-199	5/25 7.50	6.45 7.15	50 5		30 50 5	300	ų					_	*								
8	0.96	0.00	7.30								展土(8.15	4 3	8	15 30	15		9	_												5 24
- 9					玉石混	暗褐	da		玉石は片状~1 採取。 φ 70mm以	50mm柱状コアに 下の亜角礫主体	掘削ズ		8.45 9.15 9.45	10 5	4	19 30	19															5 25
10					り砂質が	~ 褐灰	位		礫間は粘土が油 化礫層状の細環 般に含水高い。	₽じる崖錐状〜風 №~粘土質砂。全	, î		10.15 10.45	3 5	15	23 30	23				>											
- 11	-9.59	4.50	12.00		1042								11.15 11.45	4 €	8	18 30	18			<												
12	-4.53	1.00	13.00		粘土混 り砂質 礫	褐灰	中位		粘土質、基質は り不明。	粘土質被膜によ			12.15 12.45 13.00	8 1: 50 5	2 7	27 30 50 5	27				6											
13	-5.13	0.60	13.60		玉 石	青灰	密 な 中		硬質な角礫凝例 00mm桂状にて揚 撃金属音。	活質の玉石、L= 記取。ハンマー打	5		13.05	5 €	5	16	- 300															26
15	-6.83	1.70	15.30		砂質礫	褐灰	位~密な		上部に斤状の線 ~50mm角礫状に 褐色の礫質砂~ 粘土分伴う。	そころ混入 φ1: 「採取。基質は淡 ・砂質礫、全般に			14.45	20 2	1 9	30 50	16		(~	<	-										
16	-7.33	0.50	15.80		玉石混 り砂質 礫	暗褐	非宅な		片状の玉石L=50 はφ30mm以下。 伴う砂、縄築。 土の様相をなす	0~100mm混入。 基質は細粒分を 玉石間には海成 均質な暗灰の粘	5 10		15.39 16.15	6 8	4	24 36 30	63					K		-								5/0
17	-8.53 -8.93	0.60	17.00		砂質礫	淡褐	密な		土を挟む。 角碟碟や亜円圓 碟からなり、全 上部は粘性強い	はおよび粗砂〜網 体に細粒分伴い			16.45 17.15	4 1	7 29	50 27	56			_			-	•								5
- 18					砂質礫 質玉石 砂質準	次 所 昭 祝 祝) 		L-200mm目後の る砂質礫からな m以下の細礫お 角礫礫や亜円刷	玉口と礫面を埋(とる。礫間はφ10 よび粗砂。 はおよび粗砂~細	基盤		18.11 18.11	貫入	、不能	0				+			-	>								30
19 20 21	-11.53	2.60	20.00		凝灰岩 ・中硬 岩	次 青灰 ~ 青褐灰	2		森からなり、全 硬質な擬灰岩類 目間隔は20~10 10~70cm程度0 8m以浅の割払1 し、亀裂密集部 となる。ハンマ 音。	14に細粒分伴う。 ((基盤岩)。割れ 00m程度で全較) われて採取。 は開いて褐色化 は嫌状〜岩片状 一の打撃で半満	金 岩 1																					5/31

図1-9 ボーリング柱状図 (E-3)



図 1-10 ボーリングコア写真 (E-3)



図 1-11 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-4')
	ボーリング名 E-4 (調査							査孔)	孔	口樗	雨					8	. 52	22m				総	掘進	長				14	4. 00	m					
標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記		孔内	I	_				標	進	貫	入	試	験				原	位(置言	式 験	(試)	科技	民取	室内	掘
尺	高	厚	度	状	質区		対密	対稠				水位 (m / 油	深()) 度	10 打 0	cmごう 撃回 10	:の 数 20	打撃回数/					N					深度	試おし	験よび	名結果	深度	試料	採取	試験(進月
(m)	(m)	(m)	(m)	図	分	調	度	度		事		定月日	(m)	10 10 10 10	} 20	₹ 30	頁 入量 (m)			10	0		20	40	50	60	(m)				(m)	番号	方法	_	日
1	7.02	1.50	1.5		砂質礙	青褐灰			試掘の埋戻区 アスファルト、 m砕石。GL-0.5 アスファルト。 nの碟主体、礫 -1.20m以次は3	l。表層11cm厚の GL-0.3mまです2 i~0.8m間20cm厚 その他す10~50 問粗砂~網礫。GL 三石を23	0 m						(em)	. 0		10			30	40	50	00					-				
2							-		-1, 20mpArkis-1	いて此八。			2.15	11	39		50 20	75													-				
3					玉石混	青	血な 非		L=3~15cm桂状	の玉石を混入。	* 埋		3.15	13	9	10	32 30	32					T	-	_						-				
4					り砂質	悔厌	常に密		はφ30mm以下3 ~角礫、若干細	E体、標間は租砂 粒分混じる。	土(堀		4.15	3	10	17	30 30	30					L		_						-				
5	2.62	4.40	5.9		1 4940 1		な				加削ズリ		5,15	19	31	_	50 17	88																	9
6					玉石混	赤褐灰、	緩 い				ć		6,15	4	2	3	9 30	9		5	_														14
6					り粘土	(暗青褐	₹ 非常		L=5cm片状~30 じる。 _φ 30mm以 間は粘土質細晴	cm柱状の玉石が 下の角礫主体、 業~砂が充填。	混業	9/1 8,1	7.15 6 7.45 5 0.15	14	18	10	10 30 42	18				<u> </u>													
9					質砂質薄	~ 淡黄網	に密な						8,45	2	3	45	30 50	42						-	-										
10	-0.83	3.45	9,3		凝灰	淡褐			Wabbill 1-15-	10. Holb - 717			9.37 10.00		貫入7	2 <能	22 50 0	68							→ →						-				
11					岩 ・ 軟 岩	⋉ ~ 淡青			⁻ て採取。10.5ml 深は30cm~70cr と褐色部繰り近	400m社(ハコノに 以浅は褐色化、以 m間隔で原岩色部 室す。	送基																				-				9 15
12	-3.48	2.65	12.0		ware de	灰			transle 1-5-	n Hallyzerlő	<u>艦</u> 一岩																				-				
13					融灰角 礫岩 軟岩	青灰			基盤岩、L=5~4 取。割れ目やや 円盤状コアを打	l0cm社状にて採 ·開き、所々角礫· 実む。	~													_							-				9
14	-5.48	2.00	14.0	18. A.							/																								16
15																							-												
16																							-												
- 17																																			

図 1-12 ボーリング柱状図 (E-4[´])



図 1-13 ボーリングコア写真 (E-4[´])



図 1-14 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-5)

	ボー	-リ:	ノグ	名		E-5	(調了	查孔)	孔口;	標層	ij				6	. 19	91m				総排	屈進長				19.0	Om				
標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記		孔内				Int	標	準	貫	入	試	験			原	立 置	試易	食 試	料扌	采取	室内	掘
尺	高	厚	度	状	質		対	対				水位(m)	深」	10cmご 打撃	との 回 数	打撃回数				N		値			深	試 およ	験 び結 果	· 深	討	採取	試験(進
			~		X		密	稠				/測定	度	0 10 2 2) 20 ₹	√/ 貫入									度			度	番	方		月
(m)	(m)	(m)	(m)	X 0.0.0	分	調	度	度		事		月日	(m)	10 20	30	量 (cm)) 0		10	20	3	0	40	50 60	(m)			(m) 号	· 法	~	F
- 1	4.69	1.50	1.50		砂質碟	暗褐			試掘区間の埋 m以下の砕石状 礫、粗砂が充填	≷し土、礫はφ50m の角礫、礫間は細 ω低含水。							-															
2													2.15	4 4	6	14 30	14		٩	_												
- 3													2.45 3.15	6 6	6	18 30	18															
4													3.45 4.15	3 10	17	30 30	30)										1
5													4.45 5.05 5.07	2		50 2	750							-								7 21
6							+15					7/25 6,20	6.15	5 9	9	23	03															1
7					玉石混	-	収いと		玉石を片状~3	0cm柱状にて採取。 1下の角碟混入す	型灵		6.45 7.15	3 6	4	13	10			4												
- 8					り砂質	帽袍	非常に		る。 礫問は細鍵 なり、 礫混入量 一部風化礫層は	~粘土質砂から にばらつきあり、 た。全漏水する。	土 へ 揺		7.45 8,15	2 3	3	8	10															
9					礫		密な			前 ン 1	间 ズ 11		8.45 9.05	50		30 50 1	8						_									7
10											_		10.15	4 3	1	8	-															7 25
- 11													10.49	13 12 3 4	9	34 10	7	1										_				
- 12													11.45	2 8	3	30	10															
- 13													12.45	1 1		30	13	/														
14	-7.31	12.00	13.50		シル		級	-	1=500~800mm#	石主体 一部の			13.48	20 13		33	2	1														
14					下 	淡褐	~ 非世		転石は表面や書 粘土状に軟化す 質で風化起源の	いれ目沿いで固結 トる。礫間は不均 ロシルト質細粒土			14.60 14.90	2 1 64 48	3	6 50	6	ſ														26
10	0.01	0.60	10.10		玉石	灰	いに密か		~貝殻細片が海 ルト混り中砂。 礫が混じる。	毛じる海砂状のシ φ10mm前後の小			15.10 15.25	50 1		15 50	100							-								
16	-9.91	2.00	10.10		凝灰岩	青灰~			基盤岩。円盤状	~10cm柱状コア。 ¹¹ 6く 澤底に伴い			16.01	50		50	1500															
17	-11.71	1.80	17.90		・軟岩	,青褐灰			硬質となる。GL 化して軟化する	-17m付近は百濁 ま	藍盤山		17.02	50		50	750															27
18	19.01	1.10	10.00		凝灰岩 • 軟岩	青褐灰			縦亀裂が伏在す ア。岩片は比較 沿いやや脆く書	[*] る100cm柱状コ 的硬質。伏在亀裂 Wれやすい。	6		18.01	50		50	1500															7
19	-12.81	1.10	19.00	C×3888			-						19.00	1	1	1	1500															28
- 20																	-															

図 1-15 ボーリング柱状図 (E-5)



図 1-16 ボーリングコア写真 (E-5)



図 1-17 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-6)

	ボ	<u>.</u>	リン	/ブ:	名]	Ρ7		孔口標	高				8	8.3	894m			総	掘進長	:		20.00	m				
[;	標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記	孔内					楞	[準	貫	入	試 験			原	位置試験	試料	\$₩採	取	室内	掘
	尺	高	。	度	状	質		対	対			水位。	深	10c 打	mごと 撃回	の費匹素	丁隆司女			I	N値			深	試験名 および結果	深	試料	採取	試験(進
						X		密	稠			》 測 定 日	度	0 2	10 : 2	20 20 2 7 7								度		度	番	方		月
((m)	(m)	(m)	(m)	図	分	調	度	度		事	日	(m)	10	20	30 (c	m)	0	10	20	0 30	40 50	0 60	(m)	()	(m)	号	法	~	H
and and and	1	7.99	0.40	0.40	0.0.0.0.0.0	盛土				0.10AS以深/气	72		1.15	5	5	3 1 3	3 0 1	3	9							-				
and and are	2											7/0	2.15	6	3/11	7 1	6 1_1	5		5						2.15	P-2	P	粒度・ 含水・ 密度	the second se
huduudu	3				0.000	砂	暗禍	中 位 ~			業を多く含有する砂 Omm前後の玉石少量含	3,40	3.15	12	4	8 2	1 0 1 9	1	2							4.15		0	粒度・	T. S. La
a burn have been	5				0.000	磼	灰	密な		礫間充填物は、 砂主体。 部分的に礫密	. 小礫含有する中〜粗 集状態となる。		4.60 5.15 5.51	4/16	12	11 2 3	0 2 7 6 2	3			7					4.45	p-4	Ð	苦水· 密度	1-1
dimetandered	6 7											7/12	6.15 6.56 7.00 7.05	6/25/5 8	10 6	12 2 4 7 2	8 2 5 30	0		d	[-								8
in a la calencia	8-	0.39	7.60	8.00		ž				全体に粘土少	合有し、 610~30mm	7.88	7.85 8.15 8.45	6	4	3 1 3	0 2 3 0 1:	3	1	1	2					-				
and makes	10					ルト 混じ	暗 灰 ~ -	中位		の礫多く含有。 GL-8.80mと11. 状で採取。	する。 9~12.2m付近玉石柱		9.15 9.45 10.15	6	3	8 1	<u>0</u> 7			ø				9.50	孔内水平載荷試:	9.15 9.45	P-9	P	粒度· 含水· 密度	Innerter
dundanda	11					り 砂 礫	黒 灰			部分的に細粒が となる。 全体の礫含有部	分流出し、礫密集状態 率は60~70%程度。		10,45 11,15 11,45	4	6	10 2	0 20	, ,	-					10.50	E-1. 23090/ m	11.15	P-11	P	粒度· 含密度	~\a
in the second	12	-3.81	4.20	12.20	0.0.0	礫混じ	56:48	-	硬	小離たなく合わ	有才ス		12.35	5	3	4 1	2	2	1	-						12.15	P-12	P	粒度· 含度・ 液性・	. In the second
and and and	13	-4.56	0.75	12.95		り粘土 砂 礫	黒	密な	5	↓10~30mmの確 に礫密集となる	業多く含有し、部分的 5。		12.65 13.15 13.45	13	7	18 3	8 0 38	3								13.15	P-13	P	塑性 粒度: 含水: 密度	Sel and
hadaalaa	14-				0.00.00.00	Ħ				新鮮・硬質で、	柱状で採取される玉		14.15 14.39 15.15	23	9	4 2 10 4	4 60 2 40	2				~								7/11
huduuduu	16				190°6°0°	石砂礫	灰			ロ土体。 GL-15.00m~15 ものの、他はH	i. 70m間砂礫状となる 石密集状態。		15.45 16.30 16.53	12	18	20 51	0 3 68	5		+		-								
hadroning	17 18	-9.11	3.50	17.50	<u> </u>		-			WHEN POST LA			17.35 17.65 18.00 18.00	6	11 【入不	13 51 第 世 0	2 50			1		9								duranda
abardontar	19		0.00	00.5		中硬岩	灰			^{税灰岩} 新鮮・硬質で相 亀裂面の酸化 CL~CM級	8状~岩片コア主体。 8められる。		<u>19.00</u> 19.00	1	【入不	10 0	2	-		-						-				

図 1-18 ボーリング柱状図 (P7:E-6 地点の参考)



図 1-19 ボーリングコア写真 (P7: E-6 地点の参考)



図1-20 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-7)(埋戻土)



図1-21 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-7)(砂礫層)

2	ボー	· リ :	ノブ	名			F	P11		孔口標	高					8.	38	Om				総	屈進:				2	6.0	Om				
標	標	層	深	柱	±	色	相	相		記	孔					楞	町	準	買う	入	試	験			原	位	置	武 夏	検 試	料打	采取	室	掘
					啠		女	첛			水位	深	10cm	ごと	の影響	₹ J				N		店			深	試か	験	名	深	1	¢ 採	内試驗	進
尺	高	厚	度	状	<u>ج</u>		~1	~1			(m) /	庇	打 # 0	≇ 回 10 2	数 回 数 数 0 3	回 女				IN					度	40	4 U	柏木	度	*	∤ 取		
					X		密	楜			測定	R	2	2	/ 貫 ノ	ŧ									æ					. 番	方	1	月
(m)	(m)	(m)	(m)	Ø	分	調	度	度		事	月日	(m)	10	20 3	0 (ci	t m)	0	1	0	20	3	0	40	50 6) (m)	1			/ (m) 号	r 法	· · ·	F
1	7.58	0.80	0.80	0:0:0	盛土	液灰	_		0.05AS以深バラ	7ス			50		50	<u>p</u>													_				- market
1 2 2 3					玉石混	暗黄灰	緩い、		部分的にL=10~ される玉石を多 下石は毎番で短	-200mの短柱状で採取 5く含有。 5付状3コア主体。		1.13 1.23 2.15 2.45 3.15 3.45	6	6	6 18 34 6 19 36	5 11 5 11	18		1	9			_		_	-			2.1	5 5	2 (P	粒度。 含度	7/13
4 5					じり砂礫	~ 暗 灰	(中位		確開充填物は、 有する中~粗税 礫・玉石含有率	若干細粒分(粘土)含 9が主体。 8は40~50%程度。		4.65 4.95 5.15 5.45	8	5	2 1	5 1	15	<	0						-				4.6	5P	4 P	粒度 合 密度	7/14
6 7	1.38	6.20	7.0									6.15 6.45 7.15	6	7	5 11 31 3 8 31	8 0 1 3 0	18	7	\geq	×						-			6.4	5P-	6 ®	粒度 含密度	7
8 9					礫混じり砂	暗褐灰〉			上部硬質な φ 2 有。 下部に従い砂と	0mm内外の角礫多く含 :風化礫多く含有する		7,45 8,15 8,45 9,15	2	2	2 e 3	7 0	6	0							9.50				<u>8.1</u> 8.4	5 15	8 P	粒含密液 塑性	
10	-3.12	4.50	11.5		質シルト	赤褐			粘土。 含水少なく粘着	着力大。		9.45 10.15 10.45 11.15	2	3	2 7 3	4 1	7	d	6						10.50	? E=	内水平 5.325	載荷留 MN/m ²	式験10.1 10.4	15 P-1	10 ®	粒度 密液 塑性 生	
12				000000					dombel, pt. Velosifie 1	ni		11.45 12.15 12.50 12.60	50.1	[入不]	5111		150							*									7/18
14				0000	玉石				#和57700円し、 部分的にコア8 る。 ↓10~50mmの弱 採取される玉不 礫・玉石は新館	録・玉石密集。 泉取率著しく低くな 表とL=10~20cm前後で 5多い、又max=50cm 4・硬質。		14.00 14.00	50	【入不】	起 5/2	0/5	60							*									7
16	-8.62	5.50) 17.0	0000								16.15 16.27 17.15	50 12 10		5 1	0 1	125						-	*					•••				
18					粘土質砂碟				全体に粘土分 骤はす10~30m 部分的にL=10c 在。 礫間充填物は#	多く含有。 ■主体。 ■で探取される玉石点 は土混じり砂~砂礫。		17.45 18.15 18.45 19.15	12 30 7 30		1/3	2 1	12	1	þ						_				<u>18.</u> 18.	15 P=: 45	18 P	粒度 含密度	7/21
20	12.62	4.00) 21.0		確混じ	黒			上部均質であり)、GL-21.50m以深有		20.15 20.45 21.15 21.45	2 5 1	1 2	4 1 2 1 3	0/0	7	ļ											<u>20.</u> 20 21. 21.	15 45 15 45	20 P	粒含密 粒含密液性	A 10 1 1 1 1 1 1 1
22	-14.12	1.50	22.5		り粘性土	灰			機物(木片)や小 粘土。 上部凝灰角礫炭 凝灰岩〜泥岩〜	□ 保砂を多く含有する =		22.15 22.45 23.10 23.10	9	13 [入不]	22 4 3 5	4/00/0	44						•	*					**			78277E	and any most part
24	-17 60	9.54	96.00		軟岩	灰~ 黒灰			uc-23.0m行近 る。 GL-23.0~24.0 変色著しい。 以深、泥岩は秘 鮮・硬質となる 亀裂沿いに礫村 岩質は硬質で残 CL~CM級岩盤。	ファく柏工に認められ m間コア肌粗く、酸化 防砕状、凝灰岩は新 ⁵⁰ 犬風化。 豆柱状コア主体。		24.00 24.00 25.00 25.00		t入不) t入不)	1000000000000000000000000000000000000	000								-									7/22
26	_11.02	5.00	, 20.0	-																													

図 1-22 ボーリング柱状図 (P11:E-7 地点の参考)



図 1-23 ボーリングコア写真 (P11: E-7 地点の参考)



図 1-24 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-8)(埋戻土)



図1-25 N値・細粒分含有率及び粒径加積曲線(E-8)(砂礫層)

:	ボー	リン	ノグ	名	I	E-8	(調了	蜇孔)	孔口	□標	高				6	3.3	20m				糸	診掘進	長				31.	. 00	m				
						_						-21	_															_						
標	標	層	深	柱	土	色	相	相		記		れ内				lot	標	準	貫	入	試	験			原	位	置	試	験	試業	斗採	取	室内	掘
					質		対	対				水位	深	10cm	ごとの	打撃					N	値			深	試お	; 見 ;上7	険 び結	名果	深	試	採	試驗	進
尺	高	厚	度	状								(m)	nie	1 3	10 2										FÚF	/		2 /14	~	HÉ	料	取	~ ~	
					X		密	樹				測定	皮	2	2 2	貫入									反					12	番	方		月
(m)	(m)	(m)	(m)	図	分	調	度	度		事		月日	(m)	10 2	20 3) 量 (cm)		10	24	n	20	40	50 6	(m)					(m)	号	法	\smile	日
-					玉石混	暗			試掘区間の埋戻 石点在、 φ70mm	し土、片状の玉 の片状~角礫状	1	-				(ciii			10	2	0	- 30	40	30 6										
1	4.82	1.50	1.50		りゆ質 礫	褐灰			にて採取。礫は 礫、碟間は砂~ 水。	∮50mm以下の角 細礫が充填。低含	į																							
2							中的						2.15	8	6 3	5 50 27	56						_	*										1
- 3					玉石混	暗褐、	12. ~ 非		玉石を片状~角 φ50mm~30mm以	礫状にて採取。 下の角礫混入す			3.15	10	7 6	23 30	23			_	<	-												
4				12	ト質砂質碟	(黄	常に		る。 礫間は細礫 なり、 礫混入量 一部圖 ル 礫属 井	〜粘土質砂から にばらつきあり、 ・ 任全水			3.45 4.15	19	8 9	36	36			_		\setminus	~											
- 5						砲	密な		Histori Castori P	0 1041-17110		6/7 5.43	4.45 5.15	10	40	50								-										6
6	0.82	4.00	5.50 5.80	 	コンク リート	灰			旧表層コンクリ	- ŀ		-	5.35	14	12 1	37	_ 10																	6/7
7	-0.18	0.70	6.50		砂質礫 礫	暗	密な		細礫〜粗砂主体	。含水中位。			6.45	3	3 2	30	37				_	_	0											
				11/1 - 5-5- 1/2 - 5-5- 1/2 - 5-5-	質砂	灰 ₹	級		相砂~細碟主体	全般に高含水			7,45	12	3 5	30	8	9	-															
8					• 砂	暗青	le.		で崩壊性に富む	0			8.15	12	5 6	30	7	-																
9	-3.03	2.85	9.35		碟	灰			和砂~細礁主体	- 一部 み 50mm 前f			9.15	4	2 1 1	2 32	7	0																6
10	-4.13	1.10	10.45	<u> </u>	シルト 質碟質 砂	哈沢 一谷 一谷 (大)	緩 い		後の片状礫、亜 般にシルト混じ	角礫が混じる。全 る。高含水で崩	埋屋		10.15	4	2 1 12 8	7	7	l		_				_										8
- 11	-5.08	0.95	11.40	02	Æ	淡去			壊性に留む。 L=90cmの転石、 やや軟質、伏在	捨石。凝灰岩質で 亀裂で割れやす	±		10,45 11,00 11,00	貫	入不前	0				_			_	>										6
12	-5.38	0.30	11.70		石玉石混	灰暗灰			い。コア採取時 でコア周面は紛 1=10cmの玉石	に分離する。据削 体化。 450mm以下の角	掘削		12.15	3	6 8	17	17			0														9 -
- 13					り砂質礫	るる			礫主体、礫間は の細粒分伴う。	御礫~粗砂。若干	ズリ		12,45 13,15	1	2 7	10	_ 17		/															6 10
- 14	-7.38	2.00	13.70		粘土質 砂質礫	暗 一 一 一 一 尚 一 一 満 禍	中位			角礫、細礫主体。 〜シルト質、含	ć		13.45	50	+	30 50 7	10							-										
17				Ħ	玉石混 り 粘土	灰 淡青 灰	非常に突		小向v。 L=10cm柱状~片	状の玉石、φ50m			14.22	3	6 6	15	-214						_	*										6
15	-8.98	1.60	15.30		質砂質礫	黄褐灰	な~		m以下の角碟、顔 砂、全体に細粒	間は細礫~粗 分あり。			15.15	4	2 0	30	15		1	~														
16					玉		級						16,15	4	5 2	30	9		4	-														1
17					石混	青	~		L=10cm柱状~片	状の玉石、o 50m			17.15	8	15 2	29	52		-					>										
18					り 砂	褐灰	非常に		m以下の角礫、積 砂、全体に細砂	間は細礫〜粗 〜細粒分質。			18,15	2	3 2	7	7	9	-	-														6
- 19					質碟		密な						18.45 19.30	4	5 1	26				\searrow														14
20	-13.68	4.70	20.00				-						19.60 20.15	6	5 3	30	_ 26				~													
21					玉石混り粘土	青褐	中位~非		L=20cm柱状~片 m以下の角融 幕	状の玉石、φ50m 開け細礁〜粗			20.45 21,05	50 5		5	300			, 			_	*										1111
- 99	-15.88	2.20	99.9f		混り砂 質碟	灰	常な		砂、全体に細砂	~細粒分質。			21.10	50 6		50	250																	
	10.00	5.50	55.50	0.0.0	コンクリート	灰			基礎コンクリー	ŀ₀			22.11	m	入不前	50	230]										6
- 23	-17.03 -17.48	1.15 0.45	23.35 23.80	611	碟質粗	淡灰			上層10cm弱は暗	灰色の細砂、以	$\left(- \right)$		23.00	5	0 6	20								-										15
- 24					玉石混 り離退	淡灰 ∼ 表	ф		深は手面結状の 固結状~未固結	19。 状、変状の玉石 25 0mm/211-			24.15	D	9 0	30	20					_		-						24.15	P8-24	Θ	物理	
25	-18.68 -19.18	1.20 0.50	25.00 25.50	and the second	り砂 線質砂	褐炭	位		17-7。01:24.0m 3~5cmの木片挟 高含水 620mm	-25.0mmnでお) む。 以下の藤 砂を清	砂		25.15	1/13	7 2	4 30	4	<												25.15	P8-25	Θ	物理	
- 26				14	質粘土	暗灰暗灰	rta	歌い	入、木片挟む。	- (milli)-/+ A	堆積		26,15	11	6 4	21 30	21			\setminus	9									26.15	P8-26	Θ	物理	
27	-20.58	1.40	26.90		柏工具 砂質碟	~暗 褐灰	位		620mm以下の練 体に粘土質。	~##除土体。王	部		26,45 27,15	50		50 10	- 150		-				_	*						26.45	P8-27	Θ	物理	16
28					玉石混 りシル _ト 湿り	暗赤~ 表初	中位~非		基底礫層。片状 石が混じる。 ø	〜20cm柱状の玉 50mm以下の亜円			27.25	10	8 7	25			_											27.25			44- 700	1
- 29	-22.28	1.70	28.60		砂質様	灰	密な		礫主体、礫間は	御礫~砂が充填。	H		28.45 29.00	贯	入不前	38	25						_	-						28.45	r%-28	Θ	初理	1
20					凝灰岩	淡青 灰~			基盤岩、凝灰岩 ~GL-30.8m以深 cm柱状コア主体	〜火山礫凝灰岩 は泥質。5cm〜20 、一部岩片状〜	基盤		30.00	μ,	入不前	50							_											6 20
	-24.68	2,40	31.00		・駅岩	暗灰			円盤状コア。GL は開口し細粒分	-29m以浅の割目 が流入する。	岩		30.00	15	入不能	50																		6
31													31.00		18																			
- 32																																		- Internet

図 1-26 ボーリング柱状図 (E-8)



図 1-27 ボーリングコア写真 (E-8)

2. 液状化強度試験結果

繰返し非排水三軸試験による液状化強度試験結果を表 2-1~表 2-15, 図 2-1~図 2-46 に示す。島根原子力発電所における埋戻土及び砂礫層は,繰返し軟化(サイクリックモ ビリティ含む)又は非液状化となった。

	試料番号		S1-2	23-3	S1-24	S1-25	S1-26
÷	深度(m)	1	23.93~	~24.55	24.85 ~ 25.55	25.55 ~ 26.50	26.50 ~ 27.40
	土質材料				砂礫層		
	供試体 🛚	lo.	1	2	1	1	1
土粒	子の密度	$\rho_{\rm s}({\rm g/cm}^3)$	2.6	90	2.685	2.724	2.730
圧	密応力 o	'c(kN∕m²)	35	50	350	350	350
繰返し	応力振幅	比 ゐ/2♂'。	0.301	0.273	0.381	0.281	0.323
		DA = 1%	4.5	44.7	1.5	15.1	3.0
縕	軸 ひ _拒	DA = 2%	9.5	66.7	4.5	22.7	5.0
返回	ず ^振 み	DA = 5%	18.6	95.0	10.8	33.6	8.5
数		DA = 10%	30.6	122.8	19.5	44.7	-
	過剰間隙	♪ 水圧比 95% Nu95	16.0	64.0	9.0	29.0	4.0

表 2-1 液状化強度試験結果(E-1)



図 2-1 液状化強度試験結果(E-1:S1-23-3-1)



図 2-2 液状化強度試験結果(E-1: S1-23-3-2)



図 2-3 液状化強度試験結果(E-1:S1-24)



図 2-4 液状化強度試験結果(E-1:S1-25)



図 2-5 液状化強度試験結果(E-1:S1-26)

臣	 (料番号		S2-9	S2-10	S2-14-1
颎	程(m)		9.20 ~ 10.20	10.20~11.20	14.12 ~ 15.12
Ŧ	質材料			埋戻土	
伊	t試体 No	р.	1	1	1
土粒	立子の密度	をρ _s (g/cm ³)	2.714	2.716	2.723
圧	密応力(σ' _c (kN/m²)	130	130	130
繰返し	応力振幅	記比	0.463	0.522	0.551
		DA = 1%	1.5	2.5	0.6
絕	軸 ひ _拒	DA = 2%	2.5	9.5	1.5
返回	ず ^恢 み ^幅	DA = 5%	6.0	37.6	5.0
数		DA = 10%	-	92.9	7.0
	過剰間	\$水圧比 95% N _{u95}	3.0	7.0	3.0
	・是大問	階水圧比が1.0/こう		<u> </u>	

表 2-2 液状化強度試験結果(E-2)



図 2-6 液状化強度試験結果 (E-2:S2-9)



図 2-7 液状化強度試験結果(E-2:S2-10)



図 2-8 液状化強度試験結果(E-2:S2-14-1)

	【料番号		S3-9-1	S3-9-2	S3-11
済	程(m)		9.10 ~ 9.75	9.85 ~ 10.65	11.80~12.70
Ŧ	質材料			埋戻土	
伊	t試体 No	0.	1	1	1
土粒	立子の密度	度ρ _s (g/cm ³)	2.641	2.619	2.685
圧	密応力。	σ' _c (kN/m²)	180	180	180
繰返し	応力振幅	記比	0.258	0.323	0.357
		DA = 1%	20.9	4.5	3.5
絕	軸 ひ _拒	DA = 2%	28.9	7.5	5.5
返回	ず ^振 み	DA = 5%	49.8	14.1	10.0
数		DA = 10%	97.9	26.9	-
	過剰間	像水圧比 95% N _{u95}	40.0	12.0	9.0
	・最大間	隙水圧比が1 0に近	千づく (0 95を超	えるもの)	

表 2-3 液状化強度試験結果(E-3)

_____: 最大間隙水圧比か1.0に近つく (0.95を超えるもの) _____: DA=5%の値を繰返し回数Nとする



図 2-9 液状化強度試験結果(E-3:S3-9-1)



図 2-10 液状化強度試験結果(E-3:S3-9-2)



図 2-11 液状化強度試験結果(E-3:S3-11)

	【料番号		S4	-5	S4-6	S4-8-2
题	程(m)		5.50~	~6.50	6.50 ~ 7.50	8.90~9.90
Ŧ	質材料			埋房	灵土	
伊	t試体 No	0.	1	2	1	1
土粒	は子の密度	度 _{ク s} (g/cm ³)	2.7	/46	2.733	2.648
圧	密応力。	σ' _c (kN/m²)	9	0	90	90
繰返し	応力振幅	≣比 ♂₄∕2♂'o	0.336	0.435	0.560	0.636
		DA = 1%	9.5	10.6	4.0	0.5
絕	軸 ひ 栃	DA = 2%	14.9	21.2	13.6	0.9
返回	ず ^振 み	DA = 5%	27.7	45.9	38.7	2.5
数		DA = 10%	49.8	90.4	94.7	5.5
	過剰間	像水圧比 95% N _{u95}	20.0	52.0		
	・最大問	隙水圧比が1 0に近	千づく (0 95を起	えるもの)		

表 2-4 液状化強度試験結果(E-4[´])

□ : 取へ间隙水止にか1.0に近つく (0.95を超えるもの)
□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする

図 2-12 液状化強度試験結果(E-4': S4-5-1)

図 2-13 液状化強度試験結果(E-4': S4-5-2)

図 2-14 液状化強度試験結果(E-4': S4-6)

図 2-15 液状化強度試験結果(E-4': S4-8-2)

	、料番号		S5-1	S5-3
济	程(m)		1.50~2.35	3.35 ~ 3.98
ŧ	重材料		埋房	東土
伊	ŧ試体 N	0.	1	1
土粒	立子の密度	度ρ _s (g/cm ³)	2.687	2.705
圧	密応力。	σ' _c (kN/m²)	120	120
繰返し	応力振幅	副比	0.426	0.647
		DA = 1%	66.9	15.8
絕	軸 ひ 振	DA = 2%	94.6	29.2
返回	ず ^振 み ^幅	DA = 5%	121.6	62.2
数		DA = 10%	145.0	115.0
	過剰間	像水圧比 95% N _{u95}	91.0	41.0
	: 最大間	隙水圧比が1.0に近	エづく (0.95を超	えるもの)

表 2-5 液状化強度試験結果(E-5)

_____: DA=5%の値を繰返し回数Nとする

図 2-16 液状化強度試験結果 (E-5:S5-1)


図 2-17 液状化強度試験結果(E-5: S5-3)

試料番号			S6-1-1	S6-1-2	S6-3		
深度 (m)			1.50~1.86	1.86~2.86	3.00~4.00		
土質材料			埋戻土				
伊	t試体 No	0.	1	1	1		
土粒	立子の密度	をρ _s (g/cm ³)	2.663	2.685	2.695		
圧密応力 σ' _c (kN/m ²)			70	70	70		
繰返し応力振幅比 $\sigma_{d}/2\sigma'_{O}$			0.276	0.461	0.345		
		DA = 1%	30.6	8.0	10.0		
縕	軸 両 ず 福	DA = 2%	41.9	17.8	16.9		
返回		DA = 5%	69.9	34.7	35.6		
数		DA = 10%	118.7	47.9	54.0		
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		43.0	30.0	17.0		

表 2-6 液状化強度試験結果(E-6)



図 2-18 液状化強度試験結果(E-6:S6-1-1)



図 2-19 液状化強度試験結果 (E-6:S6-1-2)



図 2-20 液状化強度試験結果 (E-6:S6-3)

試料番号			S7-3				
深度(m)			3.40~4.40	3.40~4.40	3.40~4.40		
Ŧ	質材料			埋戻土			
伊	t試体 No	р.	1	3	4		
土粒	立子の密度	をρ _s (g/cm ³)	2.701	2.701	2.701		
圧密応力 $\sigma'_{c}(kN/m^{2})$			80	80	80		
繰返し応力振幅比 $\sigma_{d}/2\sigma'_{0}$			0.336	0.457	0.366		
	朝して	DA = 1%	96.6	0.8	9.0		
級		DA = 2%	167.7	2.5	21.3		
禄返 回 数	ず ず い の 切 を	DA = 5%	252.8	10.9	52.9		
		DA = 10%	324.6	24.8	99.3		
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		127.0	14.0	38.0		

表 2-7 液状化強度試験結果(E-7) (埋戻土)

 …:最大間隙水圧比が1.0に近づく(0.95を超えるもの)

 :DA=5%の値を繰返し回数Nとする



図 2-21 液状化強度試験結果(E-7:S7-3-1)(埋戻土)



図 2-22 液状化強度試験結果(E-7:S7-3-3)(埋戻土)



図 2-23 液状化強度試験結果(E-7: S7-3-4)(埋戻土)

試料番号			S7-15	S7-16		S7-17		
深度 (m)			15.70 ~ 16.60	16.00~16.80		17.60~18.60		
土質材料			砂礫層					
	供試体 N	0.	1	1	2	1		
土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)			2.702	2.707		2.709		
圧密応力 $\sigma'_{\rm c}({\rm kN/m}^2)$			260	260		260		
繰返し応力振幅比 $\sigma_{d}/2\sigma_{0}$			0.401	0.300	0.350	0.324		
		DA = 1%	0.7	21.0	3.5	5.5		
縵	軸 ひ _拒	DA = 2%	2.0	28.7	6.0	8.0		
i 返 回 数	ず ^振 み	DA = 5%	6.0	39.6	10.4	12.3		
		DA = 10%	11.8	48.6	14.4	16.4		
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		6.0	27.0	9.0	9.0		

表 2-8 液状化強度試験結果(E-7)(砂礫層)



図 2-24 液状化強度試験結果(E-7:S7-15)(砂礫層)



図 2-25 液状化強度試験結果(E-7:S7-16-1)(砂礫層)



図 2-26 液状化強度試験結果(E-7:S7-16-2)(砂礫層)



図 2-27 液状化強度試験結果(E-7:S7-17)(砂礫層)

試料番号			S8-2	S8-4			
深度 (m)			2.50 ~ 3.50	4.50~5.00			
ŧ	_質材料			埋戻土			
伊	t試体 N	0.	2	3	4		
土粒	立子の密度	度ρ _s (g/cm ³)	2.672	2.670			
圧密応力 σ'c(kN/m ²)			170	170			
繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$			0.327	0.351	0.403		
	軸 ひ ず み	DA = 1%	9.5	5.5	2.0		
么品		DA = 2%	16.8	10.9	5.5		
返回		DA = 5%	31.6	23.6	22.8		
凶数		DA = 10%	55.8	34.8	66.8		
過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		19.0	6.0	3.0			
	: 最大間隙水圧比が1.0に近づく (0.95を超えるもの)						

表 2-9 液状化強度試験結果(E-8) (埋戻土)

 : DA=5%の値を繰返し回数Nとする



図 2-28 液状化強度試験結果(E-8:S8-2)(埋戻土)



図 2-29 液状化強度試験結果(E-8:S8-4-3)(埋戻土)



図 2-30 液状化強度試験結果(E-8:S8-4-4)(埋戻土)

試料番号		S8-23-1	S8-24		S8-25			
j	深度(m)		23.00~23.70	24.00~25.00		25.00~26.00		
土質材料			砂礫層					
ł	供試体 N	0.	1	1	2	1	2	3
土粒子の密度 $ ho$ $_{\rm s}({ m g/cm}^3)$		2.700	2.647		2.706			
圧密応力 ஏ' 。(kN/m ²)		360	360		360			
繰返し	芯力振幅比	と σ d /2 σ'o	0.302	0.314	0.276	0.301	0.352	0.251
		DA = 1%	1.0	2.5	3.0	5.5	0.8	24.7
縵	軸 ひ _振	DA = 2%	3.5	5.5	7.5	10.0	3.0	38.0
返回	ず ^振 み	DA = 5%	10.5	13.7	16.0	17.5	7.5	56.7
数		DA = 10%	19.7	21.7	24.5	25.6	13.6	67.9
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		12.0	5.0	11.0	9.0	5.0	34.0

表 2-10 液状化強度試験結果(E-8)(砂礫層)



図 2-31 液状化強度試験結果(E-8: S8-23-1)(砂礫層)



図 2-32 液状化強度試験結果(E-8: S8-24-1)(砂礫層)



図 2-33 液状化強度試験結果(E-8: S8-24-2)(砂礫層)



図 2-34 液状化強度試験結果(E-8: S8-25-1)(砂礫層)



図 2-35 液状化強度試験結果(E-8: S8-25-2)(砂礫層)



図 2-36 液状化強度試験結果(E-8:S8-25-3)(砂礫層)

	【料番号		A			
深	程 《m)		0.30~0.70	0.30~0.70		
ŧ	_質材料		埋戻土			
伊	ŧ試体 N	0.	1	2		
±	粒子の密	習度 ρ _s (g/cm ³)	2.647 2.647			
	圧密応力	$\sigma'_{\rm c}({\rm kN/m}^2)$	80 80			
繰返	繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$			0.498		
	軸 ひ ず み	DA = 1%	14.9	7.0		
銱		DA = 2%	20.5	10.0		
返回		DA = 5%	26.2	13.0		
数		DA = 10%	31.0	16.0		
	過剰間	閒隙水圧比 95% N _{u95}	22.0	-		
	・最大間隙水圧比が1 0に近づく(0 95を超えるもの)					

表 2-11 液状化強度試験結果(A地点)



図 2-37 液状化強度試験結果 (A-1)



図 2-38 液状化強度試験結果 (A-2)

言	【料番号		В			
泻	程(m)		0.30~0.90	0.30~0.90		
ŧ	_質材料		埋戻土			
伊	ŧ試体 N	0.	1	2		
±	粒子の密	習度 ρ _s (g/cm ³)	2.684	2.684		
圧密応力 ஏ'c(kN/m ²)			80 80			
繰返	繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_o$			0.452		
		DA = 1%	18.9	12.0		
絕	軸 両 ず 弱 研	DA = 2%	24.7	15.0		
返回		DA = 5%	29.8	17.0		
齿数		DA = 10%	33.6	19.0		
	過剰間	閒隙水圧比 95% N _{u95}	29.0	_		

表 2-12 液状化強度試験結果(B地点)



図 2-39 液状化強度試験結果 (B-1)



図 2-40 液状化強度試験結果 (B-2)

試料番号			C					
深	程(m)		0.30~0.90	0.30~0.90	0.30~0.90	0.30~0.90		
土質材料			埋戻土					
供	ŧ試体 N	0.	1	2	3	4		
土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)			2.659	2.659	2.659	2.659		
圧密応力 σ' _c (kN/m ²)			120	80	80	80		
繰返	し応力振	幅比	0.350	0.391	0.514	0.655		
		DA = 1%	28.0	24.0	6.5	1.5		
纪	軸のして	DA = 2%	36.0	33.0	11.0	4.5		
 派 辺 数	ず 板 み	DA = 5%	42.0	40.0	17.0	8.0		
	·	DA = 10%	47.0	46.0	21.0	10.0		
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		43.0	39.0	18.0	9.5		

表 2-13 液状化強度試験結果(C地点)

□ : 最大間隙水圧比が1.0に近づく (0.95を超えるもの)
□ : DA=5%の値を繰返し回数Nとする







図 2-42 液状化強度試験結果 (C-2)








Ē	【料番号		D			
深度 (m)			0.30~0.50			
ŧ	_質材料		埋戻土			
伊	t試体 N	0.	1			
±	粒子の密	習度 ρ _s (g/cm ³)	2.653			
	圧密応力	$\sigma'_{c}(kN/m^{2})$	80			
繰返	し応力振	幅比 σ _d /2σ'o	0.446			
繰返回数	軸 両 振 幅	DA = 1%	8.5			
		DA = 2%	11.0			
		DA = 5%	13.0			
		DA = 10%	15.0			
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		-			
: 最大間隙水圧比が1.0に近づく(0.95を超えるもの)						

表 2-14 液状化強度試験結果(D地点)

: DA=5%の値を繰返し回数Nとする



・繰返し荷重を載荷しても、有効応力がゼロになること はなく、液状化になることはない。

図 2-45 液状化強度試験結果 (D-1)

討	【料番号		Е		
2	程(m)		0.30~0.70		
F	_質材料		埋戻土		
伊	ŧ試体 N	0.	1		
±	粒子の密	習度 ρ _s (g/cm ³)	2.678		
	圧密応力	$\sigma'_{c}(kN/m^{2})$	80		
繰返	し応力振	幅比 σ _d /2σ'o	0.317		
繰返回数	軸 ひ ず み	DA = 1%	84.0		
		DA = 2%	94.0		
		DA = 5%	104.0		
		DA = 10%	114.0		
	過剰間隙水圧比 95% N _{u95}		100.0		

表 2-15 液状化強度試験結果(E地点)

IDA=5%の値を繰返し回数Nとする



図 2-46 液状化強度試験結果 (E-1)

 簡易設定法で比較した液状化強度特性における要素シミュレーション結果 島根原子力発電所における埋戻土及び砂礫層について、液状化強度試験結果より繰返し軟 化(サイクリックモビリティ含む)又は非液状化であることを確認した。

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,液状化強度試験結果で得られた液状化強度特性よりも保守的な簡易設定法に より設定された液状化強度特性(図 3-1)を用いて耐震安全性評価を実施する。

簡易設定法により設定された液状化強度特性により,液状化強度試験を模擬する要素シミ ユレーションを実施した結果を図 3-2 に示す。要素シミュレーション結果として,過剰間 隙水圧比が上昇し,平均有効拘束圧が0に達していることから,簡易設定法による液状化強 度特性を設定した埋戻土及び砂礫層は液状化することを確認した。



(砂礫層)

図 3-1 簡易設定法及び液状化強度試験結果による液状化強度曲線の比較





(砂礫層)図 3-2 要素シミュレーション結果