

有明粘土の動的変形特性について

九州産業大学 工学部 正会員 石堂 稔 学生員 野原 淳

九州電力㈱ 総合研究所 正会員 赤司六哉 正会員 川畑清一郎 正会員 溝上 建

1. はじめに

乱さない飽和状態の有明粘土を用いた微小ひずみレベル(せん断ひずみ $\gamma = 10^{-5} \sim 10^{-3}$)における動的変形試験はほとんど行われていないのが現状であろう。そこで今回、自然状態の有明粘土を採取し、物理試験、静的力学試験、動的変形試験を実施した。使用した有明粘土は、図-1に示す佐賀県佐賀郡諸富町において、河川敷内の表層を約2m取り除き、直径7.5cm・高さ20cmのサンプラーを手で圧入する方法で採取した。採取した試料は、含水状態を変化させぬよう両面をビニールで密封し、水浸保管した。

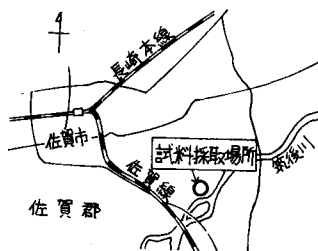


図-1 試料採取場所

2. 試験方法

物理試験、静的力学試験は、JIS規格により比重、含水量、粒度、液・塑性、圧密、一軸圧縮、静的三軸圧縮試験を実施した。なお静的三軸圧縮試験は、供試体寸法直径5cm、高さ12.5cm CU条件とし、軸圧縮速度を $0.10\%/min$ とした。また動的変形試験は微小ひずみレベルを対象としているために、内圧電計・内荷重計を備えた振動三軸圧縮試験機を使用し、非排水条件で振動数0.5Hzとし、1ステップにつき12波振動させ、解析には10波目を使用した。なお、載荷パターンを図-2に示す。また、ポアソン比 ν は0.5とした。

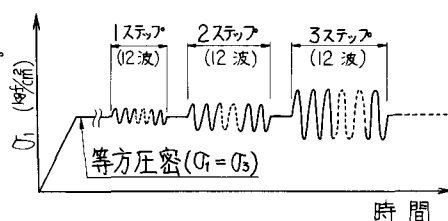


図-2 載荷パターン

3. 物理特性および静的力学特性

表-1 物理試験結果一覧表

試料名	比重	自然含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm³)	乾燥密度 (g/cm³)	間隙比	飽和度 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
有明粘土	2.54	126.6	1.351	0.567	3621	98.6	116.2	51.6	64.7

表-2 圧密試験結果一覧表

試料名	比重	初期性状				圧密係数	圧密降伏応力 (kgf/cm²)	圧密降伏応力に対する		
		含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm³)	乾燥密度 (g/cm³)	間隙比 (%)			体積圧縮係数 (cm³/kg)	圧密係数 (cm/d)	透水係数 (cm/s)
有明粘土	2.54	126.6	1.351	0.597	3256	98.8	1.43	0.44	2.29×10^{-1}	3.17×10^{-7}

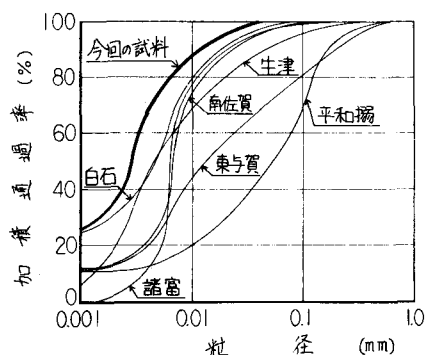


図-3 佐賀県各地の有明粘土の粒径加算曲線

表-1に物理試験結果一覧表を示す。図-3には粒径加算曲線を示すが、今回使用した有明粘土は比較的粒径が細かいものであることが分かる。表-2には圧密試験結果一覧表を示すが、圧密降伏応力 $P_c = 0.44 \text{ kgf/cm}^2$ を得た。表-3は静的三軸圧縮試験結果一覧表を示す。強度定数は有効応力表示で、 $C' = 0.08 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi' = 28^\circ$ を得た。なお参考のため、一軸圧縮強度の平均値を示すと $q_u = 0.24 \text{ kgf/cm}^2$ である。

表-3 静的三軸圧縮試験結果一覧表

試料名	比重	縦圧 (kgf/cm²)	圧密係数		強度定数		強度定数		強度定数	
			乾燥密度 (g/cm³)	間隙比 (%)	圧縮係数 (cm/d)	間隙比 (%)	軸圧 (kgf/cm²)	側圧 (kgf/cm²)	全応力 (kgf/cm²)	有効応力 (kgf/cm²)
有明粘土	2.54	0.2	0.640	2968	5.75	0.12	0.31	21.5		
		0.3	0.668	2801	3.56	0.19	0.36	49.3		
		0.4	0.688	2693	10.92	0.29	0.44	45.2		
		0.5	0.745	2407	7.49	0.35	0.58	65.2	0.06	16'09"
		1.0	0.907	1.801	13.59	0.72	0.92	84.2		
		2.0	0.914	1.778	14.65	1.40	1.67	154.9		
		3.0	0.936	1.714	14.78	1.75	2.46	212.4		
									0.08	28'21"

4. 動的変形特性

図-4に、動的せん断弾性係数 G とせん断ひずみ γ の関係を示す。同図によると G は、 γ が 1×10^{-4} 付近より小さくなっており、ひずみ依存性があることが認められる。図-5は、動的せん断弾性係数比 G/G_0 と γ の関係を示している。ここで、 G_0 の値は今回の試験結果の外挿により求めた γ が 1×10^{-6} の G の値である。同図によると、 G/G_0 のひずみ依存性は拘束圧によって変化しないことが認められる。

図-6は、減衰定数 h と γ の関係を示している。同図によると、 h は γ が 1×10^{-4} をこえるときは大きくなっており、 h にはひずみ依存性がある。また、各ひずみレベルにおいて σ'_m が 3.0 kgf/cm^2 と 0.2 kgf/cm^2 での h の差は0.02程度にすぎず、拘束圧依存性はほとんど認められない。

図-7は、 G と σ'_m の関係を γ をパラメータとして表したものである。ここに縦軸は「間隙比のわずかなばらつきが G に与える影響を除くために、 $F(e) = (4.4 - e^2)/(1 + e)$ によって除した値をとっている。なおこの $F(e)$ 式は、Marcuson-Wahls²⁾により、液性限界120%、塑性指数60の圧縮性の大きい粘土により得られた実験式である。同図では P_c を境にして各ひずみレベルとも G と σ'_m の関係は異なり、 $\sigma'_m < P_c$ （過圧密領域）では拘束圧依存性は認められないが、 $\sigma'_m > P_c$ （正規圧密領域）では拘束圧依存性が認められる。ちなみに、 G と σ'_m の関係は正規圧密領域と過圧密領域では異なり、圧密降伏応力以下の拘束圧下では正規圧密領域より小さな勾配を有する直線で（両対数上）表示されることは、Hardin-Black²⁾によっても指摘されている。さらに、正規圧密領域での G の直線の勾配はほぼ等しくなっており（0.33～0.34）、拘束圧依存性は各ひずみレベルによって差がないという結果を得た。

なお今後は、圧密時間および振動数が有明粘土の動的変形特性に及ぼす影響について検討する予定である。

〈参考文献〉

1) 赤司六哉他：軟弱地盤の研究 九州電力研究報告 No.70011(1970)

2) 石原研而：土質力学の基礎 鹿島出版会(1976)

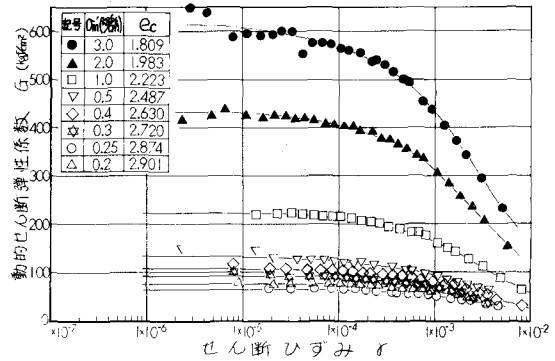


図-4 動的せん断弾性係数とせん断ひずみの関係

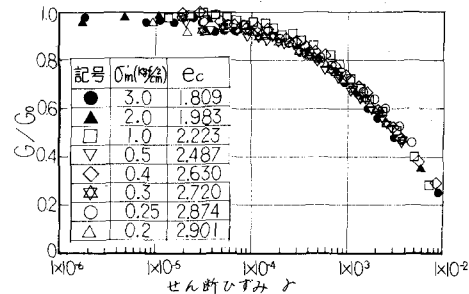


図-5 G/G_0 とせん断ひずみの関係

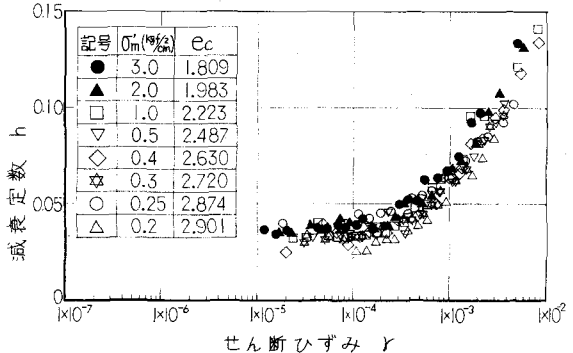


図-6 減衰定数とせん断ひずみの関係

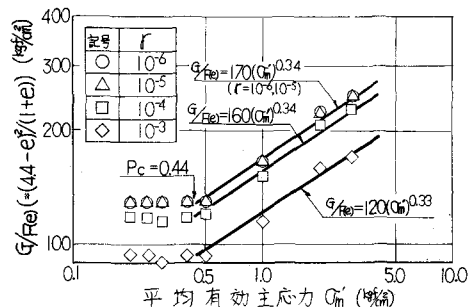


図-7 $G/F(e)$ と平均有効主応力の関係