

九州電力(株)総合研究所 正会員○江藤義孝

(財) 電力中央研究所 正会員 緒方信英 正会員 西 好一

1. まえがき

重要構造物の耐震設計には地盤ならびに構造物の地震時応答解析が必要不可欠であり、この解析で最も重要なことは地盤の動的変形特性を明確に把握して用いることである。土や岩は完全な弾性体とは異なり、その動的変形特性は発生するひずみの大きさにより異なった値を示す。したがって、応答解析にはひずみレベルに依存したせん断弾性係数(G)と減衰定数(h)を把握して用いなければならない。本報告は、不かく乱状態の強風化軟岩の供試体(直径5cm高さ11cmおよび直径10cm高さ22cm)による動的三軸圧縮試験を実施し、その動的変形特性をHardin-Drnevichの式を用いて整理したものである。

2. 試験装置

表-1 物理試験結果と供試体の初期性状

直径5cmおよび10cmの両供試体ともに、側圧一定のもとで軸荷重を繰返し載荷する振動三軸圧縮試験装置を使用した。なお、参考として直径5cmの1供試体(No.8)については微小ひずみ(10^{-6} オーダー)まで精度よく測定可能な試験装置を使用した。

3. 試料および試験方法

物理試験結果と供試体の初期性状を表-1に示し、粒径加積曲線を図-1に示した。動的変形試験は、現地でブロックサンプリングにより採取した試料を所定の円筒形の供試体に成形して三軸セル内にセットし、脱気水を供試体内に循環させて供試体を極力飽和させるようにつとめた。この手順によ

試験体形状 (D・H) (mm)	表試験 No	物理試験														供試体の初期性状			
		比重 Gs	含水比 w (%)	粒度分布						平均主応力		供試体の初期性状							
				最大粒径 (mm)	0.075mm (%)	0.15mm (%)	0.3mm (%)	0.6mm (%)	1.0mm (%)	液性限界 U _L	塑性限界 U _P	液性指数 I _p	平均主応力 σ _m (kgf/cm ²)	圧縮強度 σ ₁ (kgf/cm ²)	引張強度 σ ₂ (kgf/cm ²)	間隙比 e	飽和度 Sr (%)		
D=50 H=110	1	2.734	14.8	9.52	19.5	52.9	18.6	9.0	96.7	2.2	29.5	12.6	16.9	0.5	2178	1897	0.441	91.8	
	2	2.712	11.9	9.52	10.8	55.8	24.4	9.0	61.7	1.5	26.6	14.7	11.9	3	2275	2033	0.334	96.6	
	3	2.731	12.4	19.1	19.4	48.7	23.9	8.0	68.8	1.1	35.5	14.3	21.2	1	2259	2010	0.354	94.3	
	5	2.710	8.1	19.1	28.7	44.6	17.7	9.0	80.0	1.1	28.8	16.9	11.9	1~3~5	2273	2103	0.289	76.0	
	6	2.688	10.1	9.52	8.0	54.0	29.5	8.5	53.3	1.7	34.1	13.5	20.6	1~3~5	2225	2021	0.330	82.3	
	8	2.696	9.8	19.1	32.2	45.1	13.7	9.0	100.0	5.0	33.1	16.4	16.7	3	2242	2042	0.320	82.6	
D=100 H=220	12	2.746	7.7	9.52	27.8	50.7	11.5	10.0	218.2	6.1	27.4	12.3	15.1	1~3~5	2344	2176	0.262	80.7	
	13	2.754	10.2	9.52	10.5	48.5	30.0	11.0	100.0	1.1	34.9	12.9	22.0	3	2250	2042	0.349	80.5	
	1	2.75	8.6	25.4	17.8	60.3	12.9	9.0	100.0	5.9	27.0	12.1	14.9	1~3~5	2242	2064	0.344	69.4	
H=220	2	2.748	6.0	38.1	43.8	39.6	10.6	6.0	115.8	3.5	28.0	14.8	13.2	1~3	2344	2211	0.243	67.9	
	3	2.740	7.5	25.4	31.9	46.2	13.9	8.0	162.5	5.1	27.7	13.3	14.4	1	2276	2117	0.294	69.9	
	4	2.727	7.8	25.4	29.9	43.4	20.7	6.0	73.1	0.8	30.4	13.2	17.2	1	2360	2189	0.246	86.5	

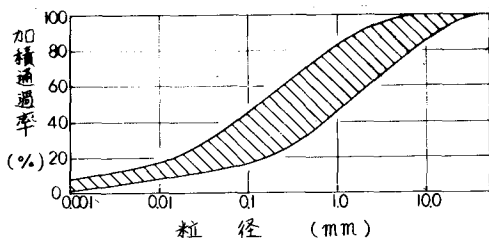
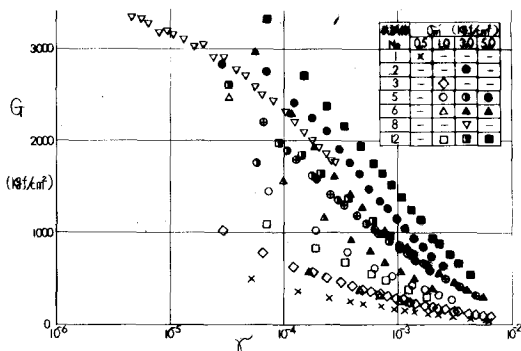
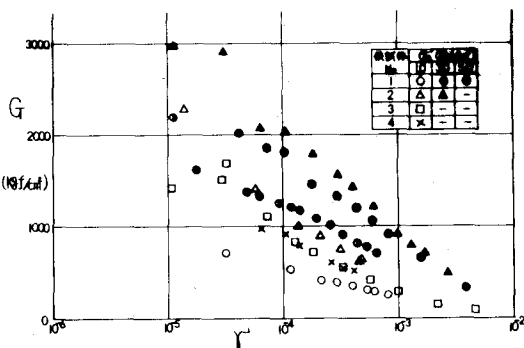


図-1 粒径加積曲線

図-2 $G \sim \gamma$ (D 5 cm H 11 cm)図-3 $G \sim \gamma$ (D 10 cm H 22 cm)

り供試体のB値は0.9以上の値となった。つぎに、所定の有効拘束圧で等方圧密を行ない、圧密終了後に軸方向のみに振動数1.0 Hzの正弦波状の軸荷重を非排水状態で繰返し載荷した。軸荷重は拘束圧一定のもとで微小ひずみから大ひずみまで段階的に増加させ、その荷重段階における繰返し回数は10~11回とした。

4. 結果および考察

各荷重段階で得られる第10波目の応力~ひずみ曲線のヒステリシス曲線から、 G はピークとピークを結ぶ直線の勾配として求めた。このときのポアソン比(ν)は仮定(0.5)した。 h はヒステリシス曲線の面積から算出した。図-2、図-3に直径5 cmおよび10 cmの供試体による G とせん断ひずみ(γ)の関係を示し、図-4、図-5に h と γ の関係を示した。さらに、これらの結果をHardin-Drnevichの式を変形して求めた微小ひずみ時におけるせん断弾性係数(G_0)および規準ひずみ(γ_r)と有効平均主応力(σ'_m)の関係を図-6、図-7に示した。 G_0 と σ'_m の関係はほぼ $G_0 = 2\sigma'_m$ の形で表わされ、一般に言われる傾向と同じであるが、 γ_r と σ'_m の関係は σ'_m の増大にもかかわらず γ_r はほぼ一定の値である。これはHardin-Drnevichの式より求められる γ_r と σ'_m の関係とは異なった傾向である。ここで、 γ_r を静的試験より求めたせん断強度(τ_s)と動的試験で求めた G_0 から $\gamma_r = \tau_s / G_0$ の式で求め、図-7に破線で示した。この破線は先に求めた γ_r と σ'_m の関係と σ'_m の5 kgf/cm²付近ではよく一致した下に凸の曲線になっている。動的と静的の試験結果を合わせて求めることに問題はあるが、この破線の傾向から見ると今回の γ_r と σ'_m の関係も推察できるのではなからうか。 $h \sim \gamma$ の関係については γ の増大とともに h は大きくなっているが、拘束圧の影響はばうつきが大きくて明らでない。また、微小ひずみ時(10⁻⁶オーダー)において0.07~0.08と h は大きな値を示している。これについては、供試体No 8の試験より求めた微小ひずみレベルの h は極めて高精度の非接触型のひずみ計と三軸セル内に設置された荷重計の読みから得られたものであり、その精度は高いものと考えられる。したがって、この傾向はこの試料の特徴であるものと考えられる。一方、供試体No 13において極めて大きいひずみ(10⁻¹)での h を求めると約0.3であった。これらの結果を統合してこの試料の $h \sim \gamma$ 曲線が与えられた。

(参考文献) 1) 国生、桜井、江刺「三軸試験装置を用いた微小ひずみから大ひずみまでの工質動的試験法の開発と砂の物性試験への適用」電中研報告 S 54.5

2) 安田、緒方、島田「振動三軸試験によるコア材の動的変形特性」第14回工質工学研究発表会

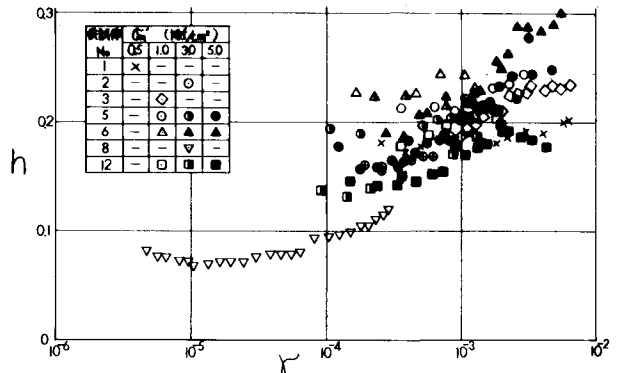


図-4 $h \sim \gamma$ (D 5 cm H 11 cm)

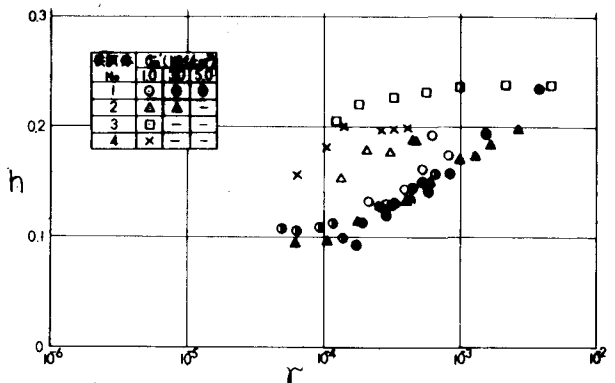


図-5 $h \sim \gamma$ (D 10 cm H 22 cm)

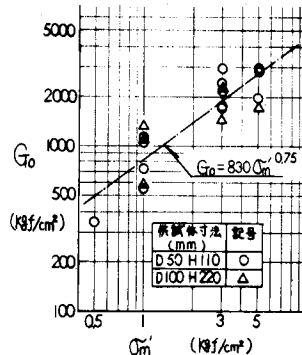


図-6 $G_0 \sim \sigma'_m$

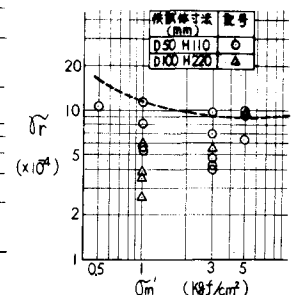


図-7 $\gamma_r \sim \sigma'_m$