

Ⅲ-A92

動的変形試験と動的強度試験における変形特性の比較

茨城大学大学院 学 生 員 ○室山拓生
茨城大学工学部 フェロー 安原一哉
茨城大学工学部 正 会 員 村 上 哲

1.はじめに 地震時の液化化や斜面の安定性の問題に対して円弧すべりなどを用いた比較的簡易的な安定計算をおこなう際には、動的強度試験をおこない動的強度を求め、それをパラメータとして安定計算をおこなう方法がある。また、有限要素法などを用いて変形計算をおこなう場合は、動的変形試験をおこなって求めた変形係数がパラメータとして入力される。これらは地震時の地盤の問題という共通点ありながらも別々の試験として扱われている。もし、どちらか一方の試験から他の試験結果を推定することができれば大変有意であると考ええる。本研究では、応答解析に最もよく用いられる動的変形試験から得られる $G-\gamma$ 関係と動的強度試験の結果から外挿することによって推定した $G-\gamma$ 関係との比較をおこない、特に初期せん断剛性率 G_0 に着目しその相関性について調べた。さらに、動的強度と動的変形試験から得られる変形係数との比較もおこなった。

2.試験方法 本研究では単純せん断試験装置と三軸試験装置による動的変形試験と動的強度試験の比較をおこなった。

単純せん断試験：実験に用いた試料は荒川粘土とクーパーマールシルトを圧密応力 49kPa で予圧密した再構成試料である。この試料の物理的性質を表-1 に示す。また、 K_0 値がそれぞれ 0.40, 0.575 である。用いた試験機は NGI 型単純せん断試験機であり、高さ $H=3\text{cm}$ 、直径 $D=7\text{cm}$

表-1 単純せん断試験に用いた試料の物性値

	土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	液性限界 $W_L (\%)$	塑性限界 $W_P (\%)$	塑性指数 I_P
荒川粘土	2.665	45.1	27.8	17.3
クーパーマールシルト	2.787	38.6	19.0	19.6

の円柱型供試体の側方変位をワイヤーメメンブレンにより拘束し、1) 鉛直圧密応力 $\sigma_{vc}=196\text{kPa}$ で圧密後、繰返し载荷を一定応力振幅 τ_d 、周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波荷重で与え、等体積制御として非排水条件と等価とし、片振幅せん断ひずみが 10% となるまで行う繰返し载荷試験、2) 1) と同様の繰返し载荷を与え、繰返し回数 $n=11$ 回のステージ間排水(圧密)として 10 波目のせん断応力-ひずみ関係を評価したステージ载荷試験の 2 種類の試験をおこなった。

表-2 三軸試験に用いた試料の物性値

供試体 No.	深さ (m)	土粒子の密度 (g/cm^3)	初期湿潤密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	初期乾燥密度 (g/cm^3)	圧密後乾燥密度 (g/cm^3)
2-s-1 細砂	7.00 ~8.00	2.67	1.78 ~1.85	21.95 ~26.39	1.42 ~1.52	1.44 ~1.56
2-s-2 細砂	9.00 ~10.00	2.68	1.72 ~1.89	24.32 ~26.14	1.29 ~1.52	1.42 ~1.55
2-s-4 細砂	15.00 ~15.70	2.70	1.90 ~1.97	23.81 ~28.99	1.48 ~1.59	1.51 ~1.63
3-s-2 粘土質シルト	7.50 ~8.45	2.69	1.86 ~1.80	36.02 ~63.66	1.05 ~1.32	1.10 ~1.34
3-s-3A シルト質砂	10.50 ~11.70	2.68	1.78 ~1.81	34.68 ~38.64	1.28 ~1.34	1.31 ~1.38

三軸試験：この三軸試験に用いた試料の物性値を表-2 に示す。この不攪乱試料は 2-s が茨城町より採取されたものであり、3-s が水戸市より採取されたものである。3-s-2 と 3-s-3A は塑性を持っており、それぞれ $IP=20.4$ 、 $IP=16.3$ である。こ

れらに対して単純せん断試験と同様に繰返し応力振幅 σ_d 、 $f=0.5\text{Hz}$ の正弦波荷重のもとで非排水繰返し三軸試験、ステージ载荷試験をおこなった。また、ここでは土を等方弾性体と仮定し体積変化がない($\nu=0.5$)ため、 $G=E/3$ の関係を用いて以下の整理をおこなった。

3.動的変形試験と動的強度試験の関係 得られた試験結果を図-1 で定義する応力-ひずみ履歴ループから得られる等価せん断剛性率で整理する。ステージ载荷試験では各ステージ 10 波目のもの、非排水繰返し载荷試

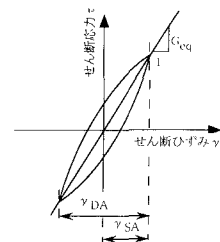


図-1 等価せん断剛性率の定義

キーワード：変形係数 動的強度 単純せん断試験 粘性土

連絡先：〒316-0810 茨城県日立市中成沢町 4-21-1 TEL 0294(38)5174 FAX 0294(35)8146 験では 1 本の試

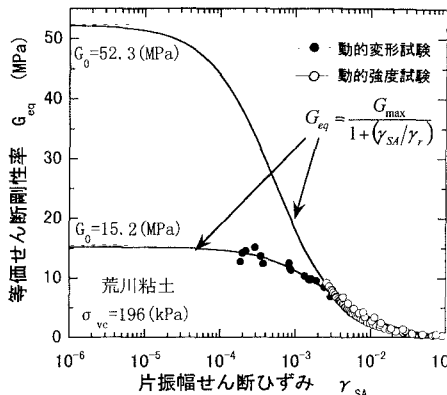


図-2 単純せん断試験で予測した初期せん断剛性率の例

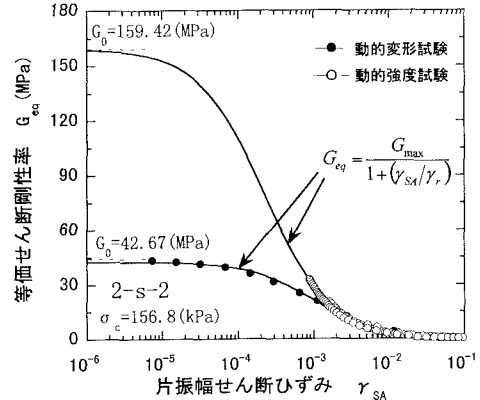


図-3 三軸試験で予測した初期せん断剛性率の例

験で得られる全ての等価せん断剛性率を用いてそれぞれ整理したものが図-2、図-3 である。図-2、図-3 はそれぞれの例として単純せん断試験でおこなった荒川粘土と三軸試験でおこなった 2-s-2 試料のステージ載荷試験結果と非排水繰返し載荷試験結果であり、等価せん断剛性率と片振幅せん断ひずみの関係である。黒塗りのプロットが動変形試験結果であり、白抜きのプロットは動強度試験結果である。図中の実線は試験結果を平均して初期せん断剛性率を予測した計算結果である。この予測には Hardin-Drnevich モデル¹⁾のせん断剛性率-ひずみ関係を用いた。これらの関係より動強度試験から外挿で求めた初期せん断剛性率は動変形試験から得られた初期せん断剛性率より非常に大きな値を得た。この傾向は試験機が違っても、また試料が違っても同様の傾向が認められる。

また、図-4 は動変形試験で得られた初期せん断剛性率と動強度試験から得られる初期せん断剛性率の関係である。この関係より今回用いた試料では、塑性のある粘性土と 3-s 試料では特に上述したような傾向が強い。また砂質土の 2-s 試料では非常に広く分布した。

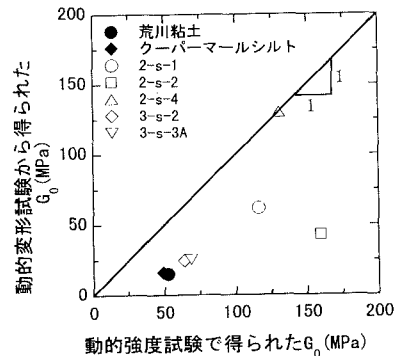


図-4 初期せん断剛性率の比較

4. 動強度-初期せん断剛性率関係 図-5 に動強度試験より得られた動強度と動変形試験より得られた初期せん断剛性率の関係を示す。単純せん断試験ではせん断ひずみが 15%，三軸試験では軸ひずみが 10%のときのせん断応力比 (τ_d / σ_{mc} , $\sigma_d / 2\sigma_c$) と繰返し回数の関係から、繰返し回数 20 波目のもので代表して動強度(液化強度) R_{20} とした²⁾。この図から塑性のあるものあるいは初期せん断剛性率の小さいものについては動強度と初期せん断剛性率の間に一義的な関係がありそうだが、そうでないものにはその他の影響を考慮しないと関係をつかむのは難しいと思われる。

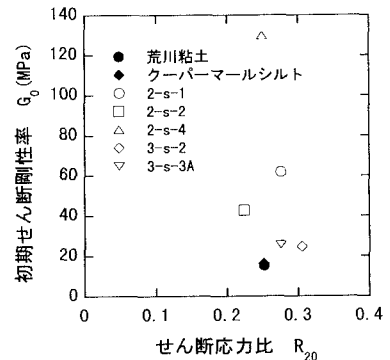


図-5 初期せん断剛性率と動強度の比較

謝辞：本研究を進めるにあたりご協力を頂いた応用地質技術本部の篠原さん他の方々に感謝いたします。

参考文献：1)Hardin, B. O. and Drnevich, V. P.: Shear Modulus and Damping in Soils, Design Equations and Curves., J.SMFD, Proc. ASCE, vol. 98, No. SM7, pp667-692, 1972. 2)足立紀尚, 龍岡文夫: 新体系土工学 18 土の力学(III), 土木学会, pp.285-289, 1981.