

低拘束圧下における粘性土の動的変形特性

愛知工業大学土木工学科 正会員 大根義男・成田国朝・奥村哲夫

学生会員○高山清和

1. はじめに

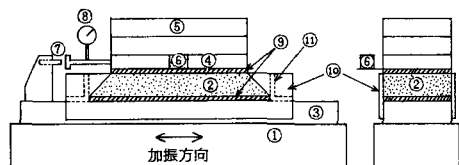
飽和砂質地盤の液状化現象の解明、あるいは各種土質構造物の模型実験における実験模型の振動解析を行う場合、低い拘束圧下における土の動的な物性値を知る必要がある。しかし、この種の実験は実験精度の面で克服すべき問題点が多いため実施例は極めて少なく、その動力学特性は十分解明されてはいない。本研究は、鉛直応力 σ_v が $0.04 \sim 0.14 \text{ kgf/cm}^2$ の低い拘束圧状態における粘性土の剛性率 G と減衰定数 h を振動台を用いて調べ、その特性について検討を加えたものである。

2. 試料と実験方法

試料の物理的性質は表-1に示すとおりであり、日本統一分類でMLに属する。振動台実験装置の概略を図-1に示す。実験は振動台上に作製した供試体土層上面に慣性力を与え、これによって土層内に生ずる繰返しせん断応力 τ_d とせん断ひずみ γ の測定から G と h を算出するものである。^{文1)} 実験手順は、まず含水比約36%に調整した試料を十分練り混ぜた後、側壁板(図-1、⑩および⑪)を取り付けた下部鉄板③上に詰める。このとき、試料内の気泡を除去するため約10分間バイブレーターにより上下振動を与える。次に、下部鉄板を振動台①に固定し、供試体土層上面に載せた上部鉄板④上に所要の鉛直荷重に相当する数の荷重板⑤を載せて供試体を圧密する。圧密時の排水は、供試体上部および下部のポーラス板⑨を通して行った。圧密終了後(20時間)、側壁板⑩を除去し、供試体両端部をこう配1:1.25の斜面に成形して台形の供試体土層とした。この後、振動数7Hz一定、波形は

表-1 試料の物理的性質

Gs	Wl	Wp	Ip	Dmax	FC(-74 μ)
2.706	44.2	20.4	23.8	840 μm	79 %



- ① 振動台
② 供試体土層
(450,550×260×40)
③ 下部鉄板
④ 上部鉄板
⑤ 荷重板
⑥ 加速度計
⑦ 変位計(水平変位, キャップセンサー)
⑧ ポテンシオメータ(鉛直変位)
⑨ ポーラス板
⑩ 側壁板(加振方向)
⑪ 側壁板(加振直交方向)

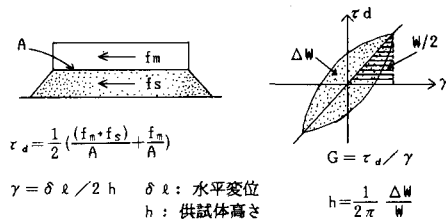


図-1 実験装置の概略

正弦波として加振加速度振幅一定の条件で約7秒間供試体を加振し、応答加速度、水平および鉛直変位を測定する。そして、加振加速度を数段階変化させて一連の実験とした。実験は正規圧密状態の供試体(5ケース)と過圧密状態の供試体(10ケース)について行った。

3. 実験結果と考察

図-2は正規圧密供試体の結果であり、 G および h と γ の関係を拘束圧をパラメータとして示している。 G および h は10波目の測定値であり、また、 G に及ぼす間隙比の影響は低拘束圧下においても従来の関係式、 $f(e) = (2.97 - e)^2 / (1 + e)$ がそのまま成立するものと仮定し、 G を $f(e)$ で除して

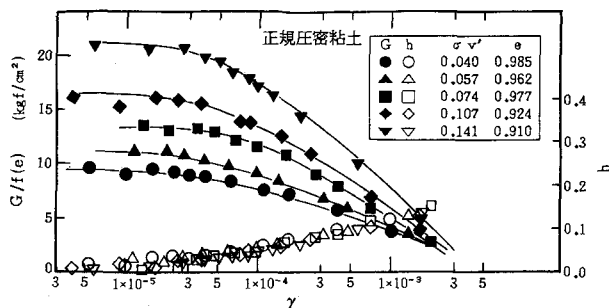


図-2 $G/f(e) \sim \gamma$ $h \sim \gamma$ 関係

間隙比の違いによる影響を除去している。図より、 $\gamma = 10^{-5} \sim 10^{-3}$ の範囲の測定が可能であり、 G および h のひずみ依存性は定性的に従来の高拘束圧の結果と一致することが知られる。図-3は、図-2に示した G の値と有効拘束圧 $\sigma'_{v'}$ の両対数グラフ上での関係を示している。各々のひずみレベルにおいて両者は比例関係にあり、図中に示す実験式が得られる。また、Hardin-Black^{文2)}は、 $\gamma = 10^{-6}$ の G は拘束圧の平方根に比例することを示しており、本実験値もこれに近い結果となっている。従って G の拘束圧依存性は低拘束

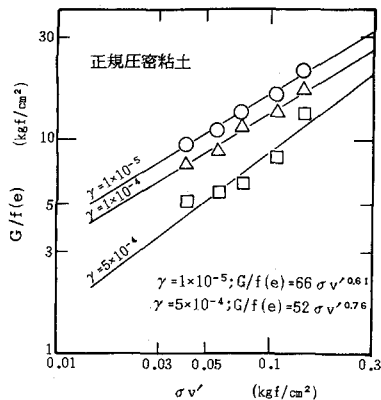


図-3 $G/f(e) \sim \sigma'_{v'}$ 関係

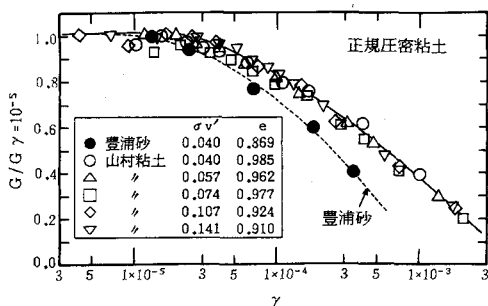


図-4 $G/G\gamma=10^{-5} \sim \gamma$ 関係

束圧と高拘束圧でさほど変わらないように考えられる。図-4は、 γ の増加に伴う G の低下割合を表したものである。縦軸は各々のひずみレベルにおける G を $\gamma = 10^{-5}$ の G で除し正規化している。図より、 $G/G_{\gamma=10^{-5}}$ と γ の関係はいずれの実験値も図中の曲線上に集っており、 G は拘束圧の違いに関係なく一定の傾向で低下している。このことは、善^{文3)}が行った高拘束圧下の結果と同一の傾向にある。また、図中の破線は $\sigma'_{v'} = 0.04 \text{ kgf/cm}^2$ の豊浦砂の結果であり、これと拘束圧の等しい粘性土の結果 (○記号) を比較すると、 G の低下は砂質土の方が顕著であることがわかる。図-5は、正規圧密粘土と過圧密粘土の G の低下割合を比較した結果である。図の縦軸は G の変化が著しく現れるひずみレベルに着目して G の低下を整理している。過圧密粘土の結果は正規圧密粘土のより全体的に図の上部にプロットされており、過圧密粘土の G のひずみ依存性は正規圧密粘土より低いことを示している。

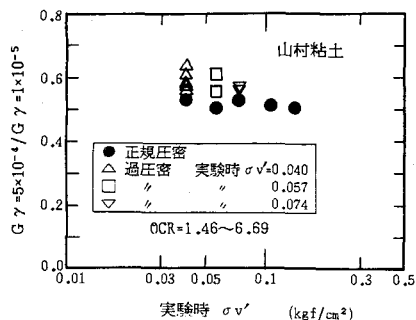


図-5 $G\gamma=5 \times 10^{-4} / G\gamma=10^{-5} \sim \sigma'_{v'}$ 関係

以上の結果より、低拘束圧下においても粘性土の G に及ぼす主要因子の影響の仕方は従来の高拘束圧の研究結果とほぼ同一であると見なし得るようである。また、 h に関しては、ひずみの影響は認められるが、他の要因については明確でない。

(参考文献) 1) 奥村池、低応力下の土の動的変形特性について、土質工学研究発表会、1984 2) Hardin, B.O. and Black, W.L.: Vibration Modulus of Normally Consolidated Clay, Proc. of SMFD, ASCE, Vol.94, No. SM2, 1968 3) Zen, K., Uehara, Y. and Hamada, K.: Laboratory Tests and In-Situ Seismic Survey on Vibratory Shear Modulus of Clayey Soils With Various Plasticities, Proc. of 5th Japan Earthquake Symposium, 1978