

砂混じり粘土の動的変形特性に及ぼす過圧密比の影響

山口大学大学院 学生会員○井上翔太

山口大学大学院 正会員 兵動正幸

東京大学大学院 正会員 山田 卓

1. まえがき

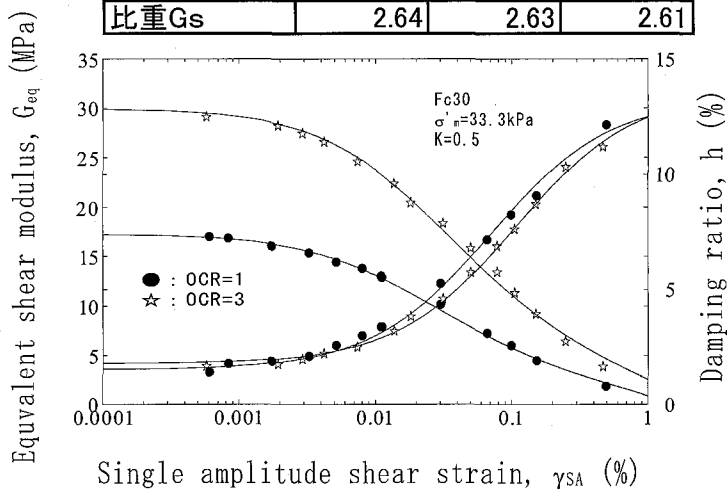
これまで当研究室においては、砂から粘土に至る様々な混合割合から成る砂・粘土混合土の動的変形係数を中空ねじりせん断試験により調べてきた¹⁾。本研究においては、さらに、過圧密における混合土の動的変形係数を調べた。その結果を正規圧密のものと比較し、混合土の動的変形特性に及ぼす圧密履歴の影響について明らかにした。

2. 試料および実験方法

実験で用いた試料は、山口県岩国港で採取した中塑性の岩国粘土と珪砂を乾燥重量比で 30 : 70、50 : 50 となるように混合して作製したものである。作製した試料の物理特性は表 1 に示すとおりである。これら $F_c=30, 50, 100\%$ のそれぞれの試料を、Ic30、Ic50、Ic100 と呼ぶことにする。いずれの試料も、液性限界の 2 倍の含水比でスラリー状にして 予圧密容器に投入し、 $\sigma_v' = 50\text{kPa}$ で予圧密を行い、そこからトリマーやストレートエッジを用いて中空円供試体に成形した。次に試料をセルにセットし、 $K=0.5$ の異方圧密条件で所定の条件において圧密を行った。本研究では圧密履歴の影響について調べるために、正規圧密および過圧密のそれぞれの供試体を作製した。正規圧密においては平均有効主応力 $\sigma_m' = 33.3\text{kPa}$ で、過圧密においては最大で $\sigma_m' = 99.9\text{kPa}$ まで段階载荷し、その圧密が終了した後 $\sigma_m' = 33.3\text{kPa}$ まで除荷することで過圧密比 OCR=3 の状態の供試体を作製した。なお、いずれの圧密においても圧密終了時間の算出は実験時間の短縮のために 2t 法²⁾ で算出した。動的変形試験は 3 つの F_c の異なる試料に対し正規圧密及び過圧密の条件で計 6 本行った。

表 1 試料の物理特性

	Ic30	Ic50	Ic100
塑性指数 I_p	28.65	31.14	47.54
初期間隙比 e	0.75	1.06	1.79
初期含水比 w	25.74	43.03	71.47
比重 G_s	2.64	2.63	2.61

図 1 $G-\gamma$ $h-\gamma$ 関係図

3. 実験結果および考察

実験結果の一例として Ic30 の結果を図 1 に示す。実験で得られたプロットに対してそれに最も良くあてはまる近似線を引いた。 $G-\gamma$ 曲線においては基本的に OCR=3 の方が高い値を示すがひずみがある程度以上になると過圧密による影響は小さくなる。 $h-\gamma$ 曲線においては OCR の違いで両者の近似線には差があるように見えるが、それもごくわずかであり、履歴減衰率に対しては OCR の影響は小さい。Ic50、Ic100 も同様の傾向を示した。ここで、微小ひずみ域 $\gamma = 10^{-4}\%$ におけるせん断剛性率を初期せん断剛性率 G_0 としてそれらを抽出した。なお、 G_0 は主に近似線から算出したものではあるが、近似線が不適当な場合には $\gamma = 10^{-4}\%$ 以下のプロットも参考に算出した。ここで、 G_0 で正規化したせん断剛性率 G_{eq}/G_0 とせん断ひずみ γ の関係を図 2 に示す。図には Ic100 の実験結果を示しているが、Hardin and Drnevich³⁾ が提案した双曲線関数による近似線も併せて示した。

$$\frac{G_{eq}}{G_0} = \frac{1}{1 + (\gamma_{sa} / \gamma_r)} \quad \dots (1)$$

γ_r は基準ひずみであり、 G_0 は微小なひずみにおける等価せん断剛性率だが、今回の場合を含め通常 $\gamma_{sa}=10^{-4}$ (%)に対する G_{eq} が適用される。図2から、 G_{eq}/G_0 関係はOCRの違いにかかわらずほぼ同一の曲線となり、その傾向はIc30、Ic50においても同様であったことから、過圧密履歴の違いによる影響は無いと考えられる。次に、初期せん断弾性係数 G_0 と過圧密比の関係を細粒分含有率 F_c をパラメータとして図3に示した。過圧密比の増加に対し G_0 は増加するが、 F_c が低いほど増加割合は高くなる傾向が認められる。図4では各試料のOCR=1および3の場合における初期せん断弾性係数 G_0 と、OCR=3における G_0 をOCR=1のときの値で正規化したものを細粒分含有率 F_c との関係でまとめた。一方、Hardin and Black⁴⁾は粘性土の初期せん断弾性係数を過圧密比の影響も含めて次式で与えた。

$$G_0 = A(t) \cdot (OCR)^K \cdot \frac{(2.973 - e)^2}{1 + e} \cdot (\sigma'_m)^{0.5} \quad \dots (2)$$

ここに、 $A(t)$ は圧密時間の関数、OCRは過圧密比、 σ'_m は平均有効主応力である。ここで、過圧密比のべき乗 K は塑性指数 I_p の関数であり I_p が高くなる程に K は大きくなるとされている。つまり、 I_p が0の時、 $K=0$ 、 I_p が100の時、 $K=0.5$ となり、結果 G_0 は増加するのだが、本研究の結果は、逆に塑性指数の増加に伴い G_0 が低下する結果を与えた。これは、本研究で対象とした砂混じり粘土においては、 I_p が低下するにつれ、砂の骨格構造の影響が顕著となり、圧密履歴により剛性がより大きく変化したためと推察されるが、今後詳細に検討を進めていく予定である。

4. まとめ

- ① 初期せん断弾性係数 G_0 におよぼす過圧密履歴の影響は、 $F_c=30 \sim 100\%$ の混合土では F_c が低いほどより顕著になる。
- ② 混合土の履歴減衰率 h と正規化されたせん断弾性係数 G/G_0 は過圧密の影響を受けない。

参考文献：

- 1) 山田卓 他, 広範な粒度と塑性を有する土の動的変形特性, 土木学会論文集 No.806/III-73, pp155-168, 2006
- 2) Kamei, T. Ogawa, S. and Tanaka, N.: The variation in undrained shear characteristics during consolidation process, Soils and Foundations, Vol.27, No.3
- 3) Hardin, B.O. and Drnevich, V.P.: Shear modulus and damping in soils: Design equations and curves, Proc. of ASCE, Vol.98, SM7, pp.667-692, 1972.
- 4) Hardin, B.O. and Black, W.L.: Sand stiffness under various triaxial stress, Proc. of ASCE, Vol.92, No.SM2, pp.27-42, 1966.

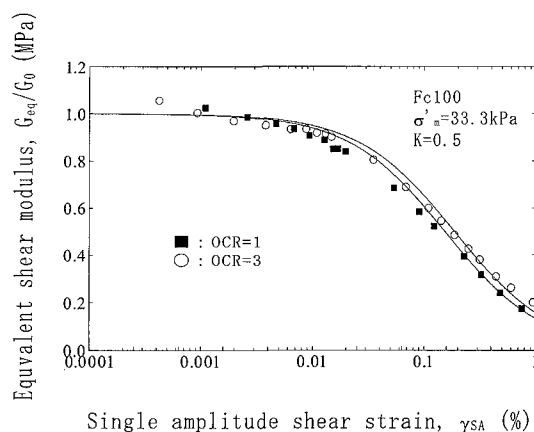


図2 $G_{eq}/G_0 - \gamma_{sa}$ 関係

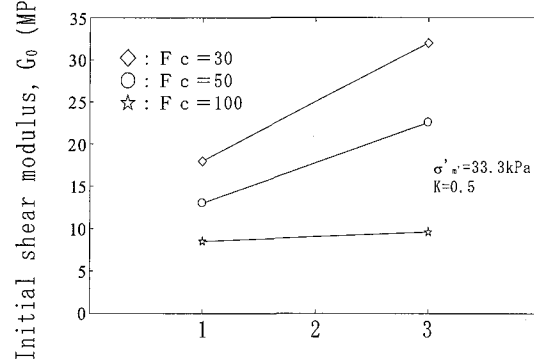


図3 供試体別に見た過圧密による増加率

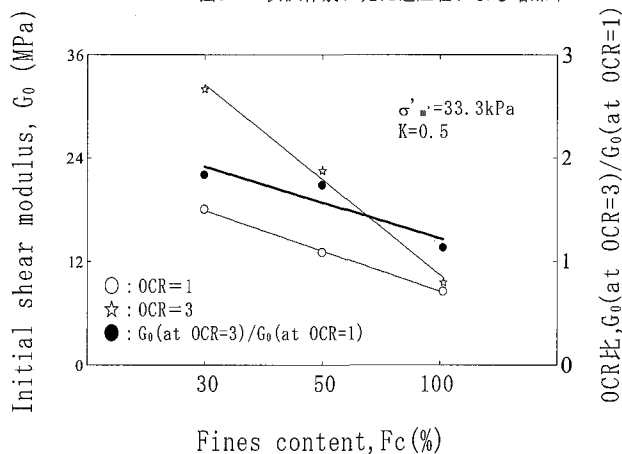


図4 F_c の変化が及ぼす G_0 への影響および ΔG_{eq}