

砂・粘土混合土における動的変形特性に対する細粒分含有率の影響

山口大学大学院 学生会員 石田純也 正会員 兵動正幸  
 山口大学大学院 学生会員 金子崇 正会員 中田幸男  
 山口大学大学院 正会員 吉本憲正

1. はじめに

実地盤は様々な性質を持つ土から成っているが、設計においては全ての土が砂か粘土のいずれかに大別して取り扱われる。軟弱な粘土地盤では圧密沈下が、砂地盤では地震時の液状化の問題が最大の関心事である。しかし、現実には『中間土』と呼ばれ、砂か粘土かに区分しがたい土で構成される地盤も存在する。土の動的せん断弾性係数は、一般に土の間隙比と有効応力の関数として定式化されるが、砂と粘土の混合土についてもそれぞれの間隙比で普遍的に評価することは困難である。本研究では、砂と粘土を種々の混合率で混合した試料に対し、中空ねじりせん断試験機により一連の動的変形試験を行った。その結果から、粘土混じり砂のせん断弾性係数  $G$  に及ぼす細粒分含有率の影響について考察を行った。

2. 実験試料及び実験条件

本研究では、粒度調整を行った三河珪砂 ( $F_c=0\%$ ) と、山口県岩国港で採取した海成粘土 ( $F_c=98\%$ ,  $I_p=47.5$ ) をいくつか割合で混合し混合土試料を作製した。試料の砂に対する粘土の混合割合は、乾燥重量比で 100:0、95:5、90:10、85:15 の 4 通りである。なお、岩国粘土は 2% の砂分を含んでいたため、混合土試料の細粒分含有率はそれぞれ  $F_c=0$ 、4.9、9.8、14.7% であった。

試料は乾燥した砂と初期含水比が約 140% の粘土を所定の体積比で混合し、均一となるように十分にかき混ぜて作成した。次に、 $F_c=16.7\%$  以下の混合土試料については高さ 10cm、外径 10cm、内径 6cm の中空円筒モールドに試料を 5 等分に分けて投入し、所定の 3 種類の突固めエネルギー ( $E_c=5$ 、47、373kJ/m<sup>2</sup>) で突き固めることにより作製した。

動的変形試験は、地盤工学会基準「土の変形特性を求めるとの中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験方法」(JIS 0543-2000) に定められる方法に基づいている。圧密条件は各試料に対し有効拘束圧  $\sigma'_c=100\text{kPa}$  の等方圧密状態とし、繰返しせん断は非排水条件で供試体に周波数  $f=0.1\text{Hz}$  の正弦波形の繰返し荷重を 11 回与えて行なった。繰返しせん断後は、排水状態にして過剰間隙水圧を消散させ、次のステップの実験へと進んだ。

3. 試験結果

図 - 2 に間隙比と細粒分含有率  $F_c$  の関係を示す。間隙比は一定の値に収縮していく傾向が見られた。図 - 3 は有効拘束圧 100kPa で圧密された後の骨格間隙比と細粒分含有率の関係を示す。骨格間隙比とは粗粒分の

表 - 1 (三河珪砂と岩国粘土の物理特性)

Sample	Mikawa silica sand	Iwakuni clay
Fine content (%)	0	98
clay content (%)	0	38.8
Gs	2.652	2.61
Ip	NP	47.54
D <sub>50</sub> (mm)	0.861	0.006
Uc	4.04	-

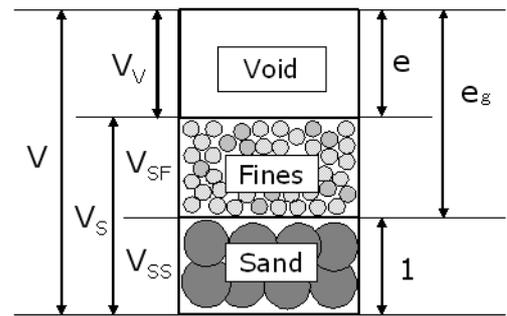


図 - 1 混合土の三相モデル

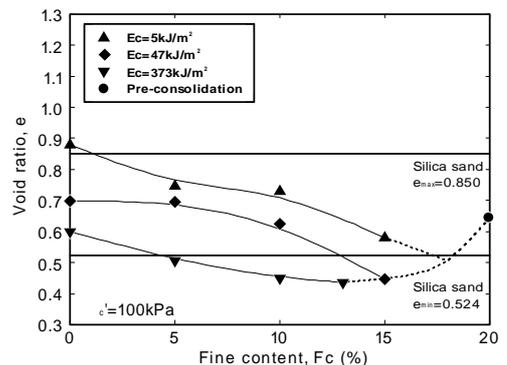


図 - 2 間隙比と細粒分含有率の関係

みを構造の主体とし、細粒分は間隙とみなす考え方である。図 - 1 において通常の間隙比は  $e = \frac{V_V}{V_S} = \frac{V_V}{V_{SS} + V_{SF}}$  と表され、骨格間隙比

$$e_g = \frac{V_V + V_{SF}}{V_S - V_{SF}} = \frac{V_V + V_{SF}}{V_{SS}}$$

は  $e_g = \frac{V_V + V_{SF}}{V_S - V_{SF}} = \frac{V_V + V_{SF}}{V_{SS}}$  と表される。間隙比は締固めエネルギーに関わらず細粒分含有率が 17 ~ 18% で一定の値に収束する傾向が見られた。また骨格間隙比も細粒分含有率が 17 ~ 18% で三河珪砂の最大間隙比を上回る結果が見られた。このことから細粒分含有率が 17 ~ 18% を越えるあたりから細粒分が粗粒分の骨格構造を破壊し、細粒分が骨格構造を形成すると考えられる。

図 - 4 (a), (b) に有効拘束圧  $\sigma'_c = 100 \text{ kPa}$ 、突固めエネルギー  $E_c = 5, 373 \text{ kJ/m}^2$  で突固めた試料の繰返し載荷 10 回目のせん断弾性係数  $G_{eq}$  と片振幅せん断ひずみ  $(\gamma)_{SA}$  の関係を示す。図 - 4 (a) には突固めエネルギー  $E_c = 5 \text{ kJ/m}^2$  で作製した供試体についてのせん断弾性係数のせん断ひずみ依存曲線を、図 - 4 (b) には突固めエネルギー  $E_c = 373 \text{ kJ/m}^2$  で作製した供試体のそれを示している。せん断弾性係数は突固めエネルギー  $E_c = 5 \text{ kJ/m}^2$  の場合には、細粒分含有率の増加に伴い増加する傾向が、 $E_c = 373 \text{ kJ/m}^2$  では減少する傾向が認められる。これは、密に詰めた供試体は細粒分含有率が増加するにつれ骨格間隙比が増加する。それによって細粒分が粗粒分の骨格構造を破壊することが原因と考えられる。この結果から緩い供試体と密な供試体では細粒分の影響が逆の効果をなすことが明らかとなった。

#### 4.まとめ

本研究は、砂と粘土の混合土に対する動的変形特性を中空ねじり試験機を用いて把握することを目的とした。

その結果、間隙比は突固めエネルギーに関わらず細粒分含有率が 17 ~ 18% で一定の値に収束する傾向が見られた。また骨格間隙比も細粒分含有率が 17 ~ 18% で三河珪砂の最大間隙比を上回る結果が見られた。このことから細粒分含有率が 17 ~ 18% を越えるあたりから細粒分が骨格構造の主体になると考えられる。

また密な供試体では細粒分の増加に対しせん断弾性係数は減少するが、緩い供試体では逆に細粒分の増加に伴いせん断弾性係数が増加する傾向が認められた。密な供試体で等価せん断弾性係数が減少するのは、細粒分が粗粒分の骨格を破壊するためと考えられる。一方、緩い供試体で細粒分含有率が増加するにつれせん断弾性係数が増加するのは、細粒分が間隙を埋めるためだと考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 土質力学 河野伊一郎・八木則男・吉国洋 編著 技報堂出版
- 2) 善功企, 山崎浩之, 梅原靖文: 地震応答解析のための土の動的特性に関する実験的研究, 港湾技術研究所 報告, Vol.26, No.1, 1997.
- 3) Mitchell J. K.: Fundamentals of Soil Behaviour, Wiley, 1976.

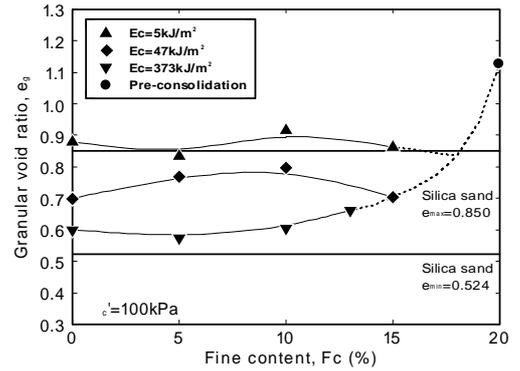
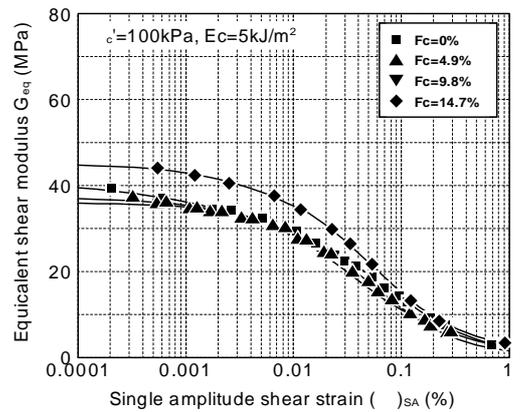
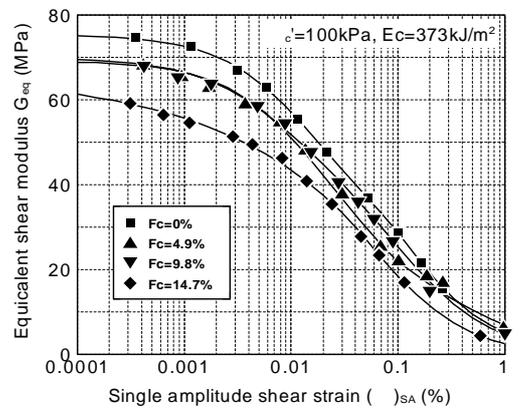


図 - 3 骨格間隙比と細粒分含有率の関係



(a)  $E_c = 5 \text{ kJ/m}^2$



(b)  $E_c = 373 \text{ kJ/m}^2$

図 - 4 動的変形特性とせん断片振幅ひずみ関係