

砂および塑性の異なる粘土との混合土の動的変形特性

山口大学大学院 学生会員 ○東佳佑  
山口大学大学院 正会員 兵動正幸  
山口大学大学院 学生会員 坂口勇人  
山口大学大学院 正会員 中田幸男  
山口大学大学院 正会員 吉本憲正

1. まえがき

地盤には砂と粘土が様々な割合で混合した土が存在し、これらは中間土と呼ばれることもある。このような土から構成される地盤における地震時挙動を正確に予測するために中間土の動的変形特性を評価することは重要である。これまで著者らは、砂と自然粘土との混合土を対象に混合割合を変化させ、動的変形特性を調べてきた<sup>1)</sup>。その結果、混合土が砂的挙動と粘土的挙動を示す境界は、細粒分含有率  $F_c=20\sim30\%$  程度付近であることを示した<sup>2)</sup>。本研究では、砂および塑性の異なる粘土との混合土に対し中空ねじりせん断試験機により動的変形特性を明らかにすることを目的に行ったものである。

2. 実験条件

本研究では砂試料として粒度調整を行った三河珪砂、粘土試料として岩国粘土、有明粘土を用いてそれぞれ種々の細粒分含有率からなる混合土試料を作製した。混合土試料の細粒分含有率は岩国粘土が  $F_c=0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100\%$  であり、有明粘土が  $F_c=0, 3, 5, 7, 10, 50, 100\%$  とした。 $F_c=0, 3, 5, 7, 10\%$  においては供試体作製にあたってまず乾燥した砂と液性限界に均しい含水比からなる粘土を所定の割合で混合した。次に、高さ 10cm、外径 10cm、内径 6cm の中空円筒モールドに対して試料を 5 層に分けて投入し、所定の 3 種類の突き固めエネルギー ( $E_c=5, 47, 373\text{kJ/m}^3$ ) で突き固めることにより作製した。粘土側については液性限界の 2 倍の初期含水比で予圧密法により供試体を作製した。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 回与えて行った。繰返しせん断後は、排水状態にして過剰間隙水压を消散させた。

3. 実験結果

図-1, 2 に、砂と液性限界の含水比  $w=w_L$  の粘土を混合して突き固めエネルギー  $E_c=5, 47, 373\text{kJ/m}^3$  で作製した供試体を、有効拘束圧

表-1 珪砂、粘土試料の物理的性質

| Sample | Clay content(%)<br>(5 $\mu$ m) | $G_s$ | $W_p$ | $WL(\%)$ | $I_p$  | $A$<br>(5 $\mu$ m) |
|--------|--------------------------------|-------|-------|----------|--------|--------------------|
| 三河珪砂   | 0.0                            | 2.652 | —     | —        | —      | —                  |
| 岩国粘土   | 38.8                           | 2.61  | 29.89 | 77.34    | 47.45  | 1.22<br>普通粘土       |
| 有明粘土   | 58.2                           | 2.593 | 33.54 | 162.5    | 128.96 | 2.21<br>超活性粘土      |

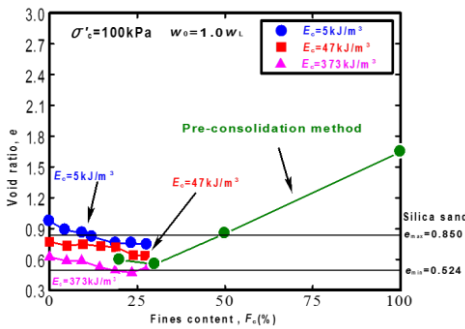


図-1 細粒分含有率と間隙比の関係  
(岩国粘土混合砂)

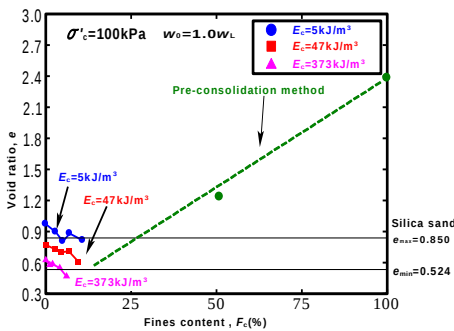


図-2 細粒分含有率と間隙比の関係  
(有明粘土混合砂)

キーワード 間隙比, 細粒分, せん断弾性係数

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

TEL 090-7126-2410

$\sigma'_c=100\text{kPa}$  で圧密した後の岩国粘土混合砂と有明粘土混合砂の間隙比  $e$  と  $F_c$  の関係を示す。いずれの突き固めエネルギーにおいても、 $e$  は  $F_c$  の増加に伴い減少する傾向が見られるが、岩国粘土混合砂では、有明粘土混合砂に比べて  $F_c$  の増加に対し  $e$  の大きな減少は認められない。これは岩国粘土が砂の間隙内に留まり、砂粒子を支える働きをしたためと考えられる。一方有明粘土混合砂においては、有明粘土の液性限界が非常に高く、含水比が高いことから、突き固めにより、粘土が砂の間隙をすり抜けて排出され、 $F_c=15\%$  以上の供試体は突き固めでは作製できない状態に至った。その結果、高い突き固めエネルギーの下では、間隙比  $e$  は小さくなる傾向を示している。

図-3, 4 は岩国粘土混合砂、有明粘土混合砂の高い突き固めエネルギー ( $E_c=373\text{kJ/m}^3$ ) で作製された供試体のせん断弾性係数  $G_{eq}$  および減衰定数  $h$  とせん断ひずみ  $(\gamma)_{SA}$  の関係を示したものである。岩国粘土混合砂のせん断弾性係数  $G_{eq}$  は  $F_c=5\%$  のとき最も高く、 $F_c$  が高くなると低下する傾向が認められる。また、減衰定数  $h$  は混合砂の場合、砂のみに比べて大きくなっている。有明粘土混合砂の  $G_{eq}$  に関しては、 $F_c$  の増加に伴い大きく低下する傾向を示している。 $h$  に関しては、 $F_c$  の大小によらず砂と比較しても大きな変化は見られなかった。図-5 は岩国粘土混合砂と有明粘土の、予圧密法により作製された供試体のせん断弾性係数  $G_{eq}$  および減衰定数  $h$  とせん断ひずみ  $(\gamma)_{SA}$  の関係を示したものである。両粘土 ( $F_c=100\%$ ) のせん断弾性係数  $G_{eq}$  を比較すると、初期せん断弾性係数は岩国粘土の方が有明粘土に比べ高くなっており、大ひずみ域ではせん断弾性係数の大きさが逆転する様子が認められる。減衰定数  $h$  はひずみ振幅の増加とともに増大していくが、有明粘土の方が低い傾向が認められる。岩国粘土混合砂は  $F_c=30\%$  の時、初期せん断弾性係数が最も大きな値をとっている。また、 $F_c$  が大きいほど  $h$  は小さくなる傾向が認められる。図-6 は、岩国粘土混合砂と有明粘土の  $GI/G_0$  と片振幅せん断ひずみの関係である。岩国粘土混合砂は  $F_c$  が増加するほど弾性域が広がっていることが認められる。また両粘土の  $F_c=100\%$  同士を比較すると、有明粘土の方が岩国粘土に比べて弾性域が広いことが明らかとなった。

#### 4. まとめ

1) 岩国粘土混合砂の場合は、粘土の含水比が比較的低く、粘土の作用によって砂の最大間隙比を大きく上回る骨格構造を形成されたと考えられる。2) 有明粘土混合砂の場合は、初期密度によりせん断剛性の大きさは異なるが、粘土分の増加に伴い低下していく傾向が認められる。3) 岩国粘土と有明粘土を比較すると、せん断剛性は岩国粘土の方が高く、弾性域は有明粘土のほうが広い。(参考文献) 1) 兵動正幸, 金郁基, 中田幸男, 吉本憲正: 砂・粘土混合土の非排水せん断強度特性の及ぼす細粒分の影響, 土木学会論文集C, Vol.66, No.1, pp.215-225, 2010. 2) 金子崇, 兵動正幸, 立場晴司, 山田卓, 中田幸男, 吉本憲正: 含水比の異なる砂・粘土混合土の初期せん断弾性係数, 土木学会論文集C, Vol.68, No.1, pp.188-198, 2012.

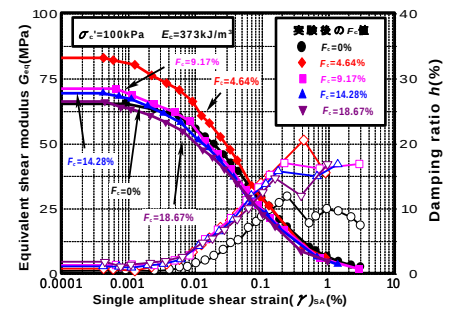


図-3 岩国粘土混合砂 ( $E_c=373\text{kJ/m}^3$ ) の動的変形特性

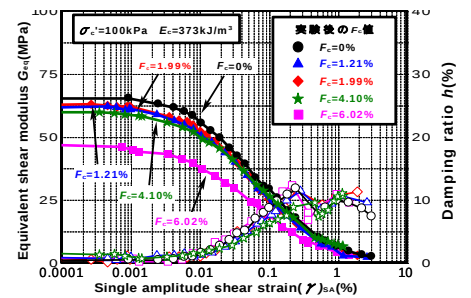


図-4 有明粘土混合砂 ( $E_c=373\text{kJ/m}^3$ ) の動的変形特性

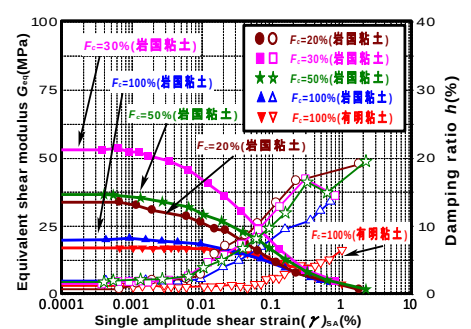


図-5 岩国粘土混合砂と有明粘土の動的変形特性(予圧密法)

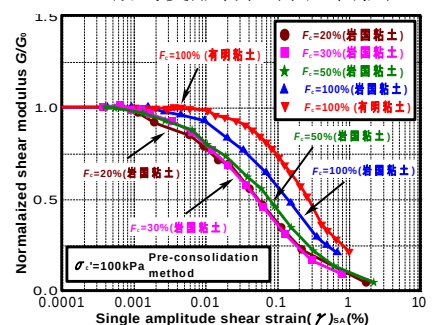


図-6 岩国粘土混合砂と有明粘土の  $GI/G_0$  と片振幅せん断ひずみの関係