

III-78

異質材料による混合土のせん断特性

九州大学 工学部 学○大嶺 聖 正 落合 英俊
正 林 重徳 正 梅崎 健夫

1. まえがき

著者らは、これまでさまざまな粒度分布を持つ砂と粘土の混合土のせん断特性について考察し、粗粒分の含有率が少なく、マトリックスに粗粒子が浮いた状態では、マトリックスの変形に着目することにより、混合土の変形挙動をよく説明できることを示した¹⁾。このような混合土の変形挙動は、マトリックスの変形として捉えることができる。しかしながら、強度特性については、マトリックスのみに着目するだけでは十分とは言えず、細粒子と粗粒子双方の摩擦の影響を考慮する必要がある。そこで、前報²⁾では、混合土の変形挙動をモデル化し、粗粒子と細粒子間の摩擦の影響について考察した。本報告は、このような粒子間の摩擦の影響を検討するために新たに行ったガラスビーズと粘土の混合土の三軸試験およびこれまでの試験の結果をもとに、材質の異なる混合土のせん断特性について考察したものである。

2. 試料および実験方法

試料は、細粒材料として有明粘土とカオリンを、粗粒材料として豊浦砂、珪砂およびガラスビーズを用い、これらを全乾燥質量に対する細粒分($<10\mu\text{m}$)含有率 F が任意の割合となるように混合した、次の4つのタイプに分けられる。

混合土-A：有明粘土(蓮池)と珪砂の混合試料

($F=83, 50, 33\%$)

混合土-B：有明粘土(諸富)とガラスビーズの混合試料

($F=80, 56, 40\%$)

混合土-C：カオリンと豊浦砂の混合試料($F=100, 80, 60, 40\%$)

混合土-D：カオリンとガラスビーズの混合試料

($F=100, 70, 50\%$)

試料の粒径加積曲線を図-1に、物理的特性を表-1に示す。実施した試験は、等方圧密非排水三軸圧縮試験である。圧密圧力 P_c は、混合土-AおよびCの場合、1.0, 1.5, 2.0 kgf/cm^2 の三段階、混合土-BおよびDの場合、2.0 kgf/cm^2 のみとした。なお、実験方法の詳細は、前報³⁾を参照されたい。

3. 実験結果と考察

1) 変形特性 図-2は、混合土の応力比 η と軸ひずみ ϵ_1 の関係の例として、混合土-Dの場合を示したものである。ここで、 η は、軸差応力 $q (= \sigma_1 - \sigma_3)$ を平均有効応力 $p' (= (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3)$ で除した値である。図に示されるようにせん断初期の応力比は、同一のひずみに対して、細粒分含有率の減少に伴い大きくなるが、このような傾向は、いずれのタイプの混合土に対しても共通してみられる。せん断初期の応力比-軸ひずみ曲線の特徴を、その曲線における最大応力比の1/2の点での割線勾配 α_{50} で捉えてみる。図-3は、この α_{50} と細粒分含有率の関係を示したものである。

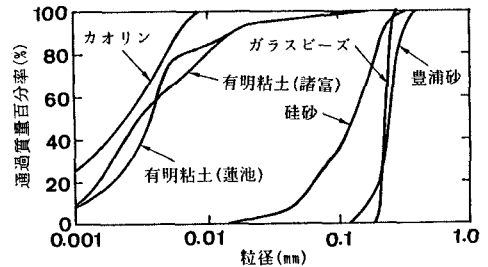


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理的特性

試料	比重	細粒分(%) ($<10\mu\text{m}$)	I_p
有明粘土(蓮池)	2.61	83	79.7
有明粘土(諸富)	2.58	80	60.5
カオリン	2.70	100	23.6
豊浦砂	2.65	0	—
珪砂	2.71	0	—
ガラスビーズ	2.48	0	—

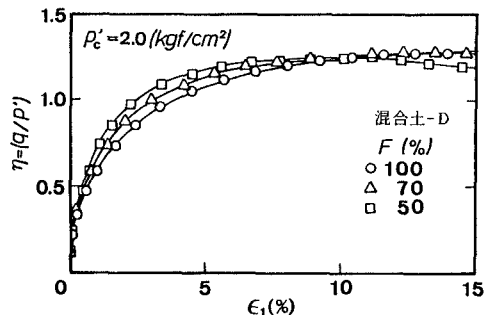


図-2 混合土の応力比と軸ひずみ関係例

α_{50} は、混合土の種類と無関係に、細粒分含有率に対して、ある一定の幅を持った範囲で示され、また、 α_{50} の値は、細粒分含有率の減少とともに次第に増加を示す。

このような細粒分の減少に伴う α_{50} の増加は、マトリックスの変形に着目することによって、ほぼ説明することができる¹⁾。

2) 限界状態の応力比と細粒分含有率の関係

著者らは、土を構成する土粒子の材料特性の違いを、粗粒子と細粒子間の摩擦特性の違いとして捉え、混合土の変形挙動をモデル化することによって、混合土の応力比-ひずみ増分比の関係を導いた²⁾。この式によれば、体積ひずみ増分がゼロですべりが生じている限界状態の応力比 $(q/p')_{ov}$ は、次式で与えられる。

$$(q/p')_{ov} = 2 \frac{(\mu_c + \xi \mu_t)}{(1 + \xi)} \quad (1)$$

ここで、 $q = \sigma_1 - \sigma_3$, $p' = (\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$

μ_c : 細粒子同士の摩擦係数, μ_t : 細粒子と粗粒子間の摩擦係数($\mu = \tan \phi_\mu$, ϕ_μ は粒子間摩擦角)

$\xi = (m_t/m_c)$: すべり状態にある細粒子と粗粒子の接触数 m_t と細粒子同士の接触数 m_c の比

細粒子のみ($F=1$)の場合は、 $m_t=0$ であるので $\xi=0$, また、粗粒子のみ($F=0$)の場合は、 $m_c=0$ であるので $\xi=\infty$ となる。これらを満足する一つの場合として、 $\xi=(1-F)/F$ とし、さらに、細粒子と粗粒子間の摩擦係数 μ_t が、細粒子同士の摩擦係数 μ_c と粗粒子同士の摩擦係数 μ_s の平均値($=(\mu_c + \mu_s)/2$)に等しい場合を考えると、式(1)は、次のようになる。

$$(q/p')_{ov} = (\mu_c - \mu_s)F + \mu_c + \mu_s \quad (2)$$

図-4は、限界状態の応力比と細粒分含有率の関係を示したものである。ここで、式(2)を適用すると、まず、 $F=100\%$ の応力比から μ_c を決定することができる。さらに、混合土-BおよびDは、いずれもガラスビーズを混合しているので、これらの二つの混合土の応力比の変化を最もよく捉えることのできるガラスビーズの μ_s を選ぶと、約0.45である。また、混合土-AおよびCの場合、混合する砂の種類は異なるが、粒子形状、粒度分布はそれほど変わらないので、これらの摩擦係数が等しいと考えて同様に砂の μ_s を決定すると、約0.64である。これらの値を用いて計算した限界状態の応力比の値は、実験結果とほぼ一致する。

4. まとめ

材質の異なる混合土のせん断特性について考察した結果、次のことが明かとなった。いずれのタイプの混合土においても、せん断初期の応力比は、同一のひずみに対して、細粒分含有率の減少に伴い大きくなる。一方、混合土の強度の違いは、細粒子と粗粒子の摩擦特性の違いとして捉えることができる。

参考文献 1)Omine, et al(1989): "Shear Properties of Clay-Sand Composite Soils", Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu Univ., vol.49, No.4, pp213-228. 2)大嶺他(1990): "細粒分の卓越する混合土の変形・強度特性", 第25回土質工学会研究発表会(投稿中). 3)大嶺他(1989): "混合土のせん断特性に及ぼす細粒分の影響", 第24回土質工学会研究発表会.

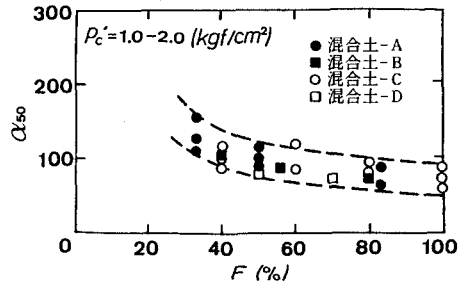


図-3 α_{50} と細粒分含有率の関係

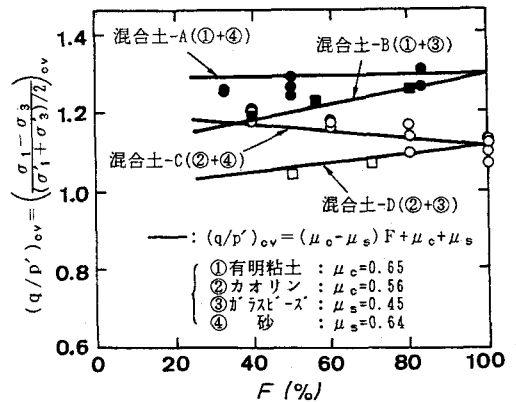


図-4 限界状態の応力比と細粒分含有率の関係