

III-A 32

細粒分を含む砂の等方圧密・単調非排水せん断特性

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 ○中澤 博志
 東京工業大学 正会員 桑野 二郎
 東京理科大学大学院 学生会員 杉原 弘一
 東京理科大学大学院 学生会員 矢部 浩史

はじめに

地震時の地盤被害の1つとして液状化現象による被害が挙げられる。これまで液状化研究は粒径のそろったきれいな砂に対してかなり行われてきた。しかし、近年の地震などでも見られた細粒分を含む砂の液状化現象は十分には研究されていない。そこで、本研究では細粒分を含む砂の等方圧密特性、および単調非排水せん断特性を調べた。

試験試料

試料は細粒分としてカオリン（IP=36.6）を粗粒分として豊浦標準砂を用いた混合砂（以下、カオリン混合砂）、及び細粒分として藤の森粘土（IP=37.7）の細粒分を粗粒分として藤の森粘土の細砂と豊浦標準砂を重量比1：2で混合した砂を用いた混合砂（以下、藤の森混合砂）を使用した。なお、細粒分の影響を調べるために準備した細粒分含有率FCは0, 10, 20, 30, 40, 100%¹⁾である。

実験方法

供試体作製方法として気乾状態の混合試料を漏斗より落下、堆積させ供試体を作製する空中落下法を用いた。また供試体作製後、供試体は二重負圧法によって飽和させ、0.96以上のB値を得た。等方圧密試験では、飽和供試体に49kPaから392kPaの間で有効拘束圧を増加させ圧密量を二重管ピュレットで、軸方向変位をダイヤルゲージで測定した。また、せん断試験では飽和供試体を有効拘束圧98kPaで圧密し、軸ひずみ速度0.4%/minで非排水圧縮・伸長三軸試験を行った。

実験結果

(1) 等方圧密特性

図1, 2にカオリン混合砂、藤の森混合砂の等方圧密試験時の軸ひずみ～水平ひずみ関係の傾き ϵ_a/ϵ_r と細粒分含有率の関係を示す。図1のカオリン混合砂の結果を見ると、細粒分含有率が低い時は ϵ_a/ϵ_r が1以下で水平方向に圧縮されやすく、細粒分含有率が増加すると、 ϵ_a/ϵ_r が1以上となり鉛直方向に圧縮されやすくなっている。細粒分含有率が低いときは空中落下法のように重力の下で粒子を落下させ、一次元的に堆積させると粒子の長軸方向が水平方向に卓越し、水平方向に圧縮されやすい初期構造になると思われる。一方、細粒分含有率が高いと、細粒分の存在によって粒子の長軸方向が水平方向に配列することを妨げ、粒子の落下時の配列のまま堆積し、長軸方向が鉛直方向に卓越し鉛直方向に変形しやすい初期構造になると想像される。

図2の藤の森混合砂の結果を見ると、緩詰め供試体ではFC=10%まで若干水平方向に変形しやすい特性を示している。またFC=20%を越えると鉛直方向に変形しやすい特性を示し、細粒分を含む供試体では水平方向から鉛直方向へと変形特性が遷移した。一方密詰め供試体では細粒分を含むと水平方向に変形しやすくなった。

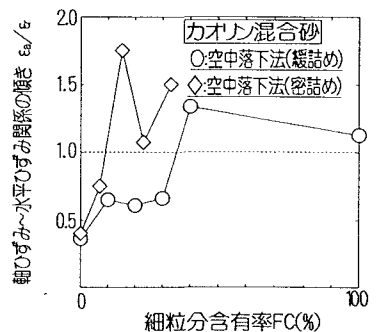


図1:カオリン混合砂の変形特性

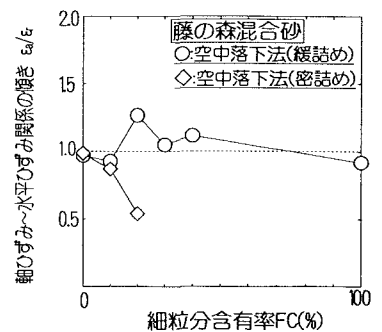


図2:藤の森混合砂の変形特性

カオリン混合砂と藤の森混合砂の変形特性を比較すると、全体的に藤の森混合砂の方が等方的に変形している。これは、藤の森混合砂の方が粒度配合が良く、骨格を形成する粒子の配列方向が偏りにくかったためと思われる。

(2) 単調非排水せん断特性

図3, 4にカオリン、藤の森混合砂の圧縮、伸張試験の有効応力径路を示す。まずカオリン混合砂の有効応力径路を見てみる。FC=0%では密度によらず圧縮・伸張の有効応力径路が異なっており異方性を示している。一方、細粒分を含む砂の供試体では、有効応力径路は圧縮・伸張でいずれも収縮性を示し、細粒分を含まない供試体のような強い異方性を見られない。次に、藤の森混合砂を見てみる。藤の森混合砂のFC=0%では、密詰め供試体こそ圧縮・伸張で異方性が見られるが、緩詰め供試体では圧縮・伸張ともに有効応力の減少によって軟化現象を示しており等方的である。また、藤の森混合砂では細粒分を含んでも、圧縮・伸張で等方的な挙動を示している。このように、藤の森混合砂ではカオリン混合砂のように細粒分の混入によって、大きく挙動のタイプが変化する事はない。これも、粒度分布の影響を受けているものと考えられるが、なお検討の余地が残る。さらに、各供試体の強度異方性を調べるため、図5, 6に細粒分含有率と残留強度、ピーク強度、変相点における変相点強度、一時的なせん断強度の減少を示す準定常状態における最低強度を表す準定常状態強度との関係を示した。カオリン混合砂では、細粒分の増加に伴いピーク強度と残留強度の値が近づいてくる。一方、藤の森混合砂では細粒分含有率が低くても、ピーク強度と残留強度の値の差はそれほどない。

まとめ

粒度分布の連続性、不連続性により、圧密特性、単調非排水せん断特性が受ける細粒分の影響は異なった。

参考文献 1) 矢部ら：細粒分を含む砂の大変形時非排水せん断挙動、第51回土木学会投稿中

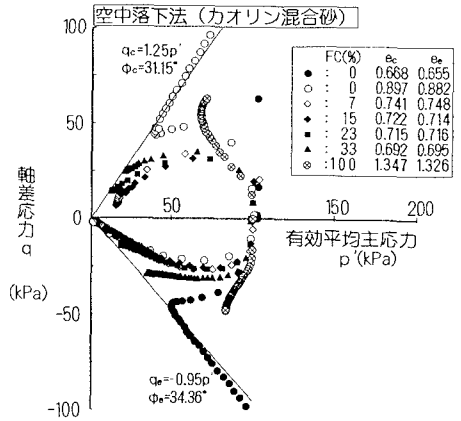


図3: 圧縮・伸張の有効応力径路(カオリン混合砂)

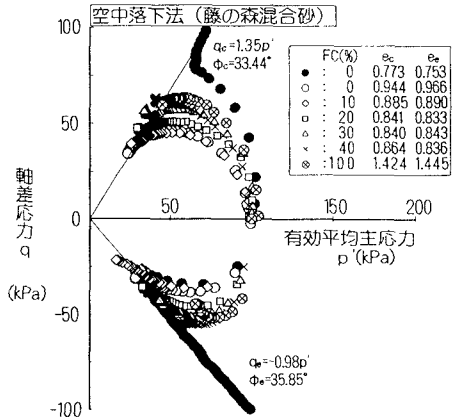


図4: 圧縮・伸張の有効応力径路(藤の森混合砂)

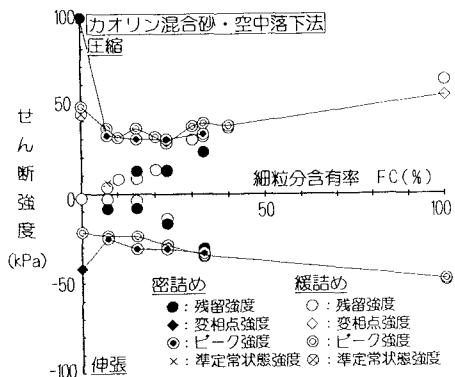


図5: せん断強度～細粒分含有率の関係(カオリン混合砂)

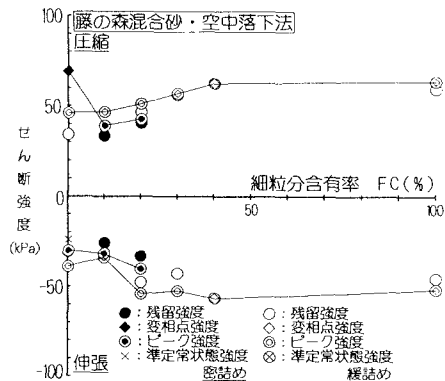


図6: せん断強度～細粒分含有率との関係(藤の森混合砂)