

細粒分の分級構造が砂質土の液状化特性に及ぼす影響

東京都立大学大学院 学生会員 小池 令子
 東京都立大学 土質研究室 正会員 吉嶺 充俊

1. はじめに

砂の粒度分布が不均一であるとその液状化強度が著しく大きくなることが分かっている(小池・吉嶺,2002,2003)。細粒分を含む砂では粒度分布の不均一がより大きくなる可能性がある。自然地盤にはしばしば細粒分の分級による堆積構造が存在し、厚さ数 mm の微細なもので液状化や流動が発生した後その構造が残存していることが観察されている。本研究では、このような堆積構造に着目し、図1のような細粒分と粗粒分が層状に完全に分離した供試体と細粒分の分布が一様な供試体を作成して非排水三軸圧縮試験(単調載荷)及び非排水三軸繰返しせん断試験を行った。

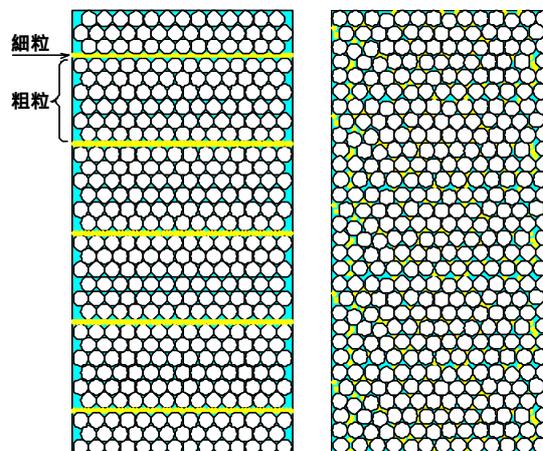


図1 分級供試体と均一な供試体の模式図

2. 実験概要

豊浦砂とカオリンを用いて細粒分含有率 $F_c=0\%$ 、 5% 、 10% 、 15% 、 20% 、 30% の試料を作成した。試料の粒径加積曲線を図2に示す。供試体は直径50mm高さ100mmの円柱形とし湿潤突固め法(Wet tamping)により作成した。非排水せん断前の有効拘束圧は等方100 kPaとした。大部分の実験では図1に示すように、分級供試体の層数は5(1層20mm)としたが、一部の試験では層数の多い場合について調べた。

3. 実験結果

図3に非排水三軸圧縮試験の代表例を示す。この図より層構造がある方がないものより間隙比が大きいのに関わらずはるかに強固な挙動を示すことがわかる。図4は非排水三軸圧縮試験における載荷過程での変相点における最小有効主応力 p' と間隙比 e の関係を示したものである。この図では変相点が左方・下方にあるほどせん断中に大きな過剰間隙水圧が発生し大きく軟化が生じることを示している。分級のない供試体では細粒分含有率の増加に伴って強度が低下しているのに対し、分級のある供試体は細粒分含有率によらずせん断抵抗はほとんど同じである。 $F_c=10\%$ 以上のものでは分級構造がある方がない場合より強度が大きくなり、 F_c が大きくなるほどその差は顕著である。次に、層の厚さ(分級の細かさ)を調べるために図5に分級層の厚さと変相点の相関図を示す。この図より層の数の増加つまり層厚の減少に伴って分級構造のない供試体の挙動に近づくことがわかる。また、砂の密度が小さく強度が小さいほど層厚による挙動の差が大きくなることが分かる。ここでもし層厚を豊浦砂の平均粒径 $D_{50}=0.2\text{mm}$ まで減少させると分級がない状態と同等とみなせることと、図4において分級のある供試体の $p'_{pr}=50\text{kPa}$ の挙動を示すものは間隙比が $e=0.80\sim 0.91$ 程度の狭い範囲に分布しているという点を考慮した上で、図4、図5における $p'_{pr}=50\text{kPa}$ のときの間隙比と層厚の関係を図6にプロットした。この図を用いれば $F_c=10\%$ 以外の場合についても様々な F_c に対する層厚の影響を予測することができる。最後に、図7に $F_c=0\%$ と $F_c=10\%$ の分級構造のあるものとなないものの非排水三軸繰返しせん断試験の結果を示す。これは繰返し回数10回で液状化するときの繰返しせん断応力比と間隙比の関係を示したものである。供試体が均一な場合には $F_c=10\%$ の液状化にはきれいな砂($F_c=0\%$)のものに比べて著しく小さくなっているが分級構造を有する砂は均一なものに比べて非常に強固でありきれいな砂と同程度の強度を発揮していることがわかる。

キーワード 砂, 細粒分, 液状化, 分級構造, 粒度分布

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学土木工学科, Tel: 0426-77-2773

4. まとめ

細粒を含む砂で構成される地盤の液状化特性を室内要素試験で評価する際に現地盤の分級構造を無視して均一な再構成供試体を用いて実験を行うと、その液状化抵抗を過小評価してしまう可能性があるため、十分な注意が必要である。自然地盤での被害事例健研究では細粒を含む砂は液状化しにくいと言われているにも関わらず、室内要素試験では逆の結果となることがあるがこの矛盾の原因も分級構造の有無に起因している可能性がある。

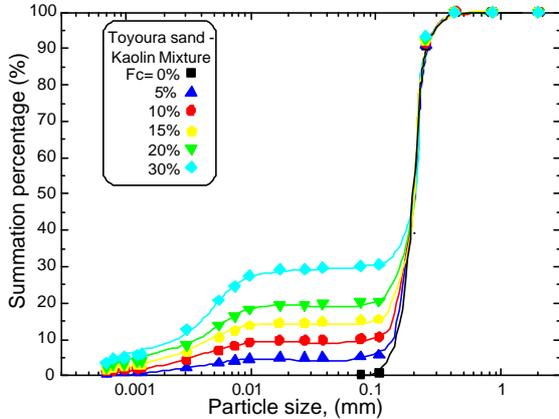


図2 実験に用いた試料の粒径加積曲線

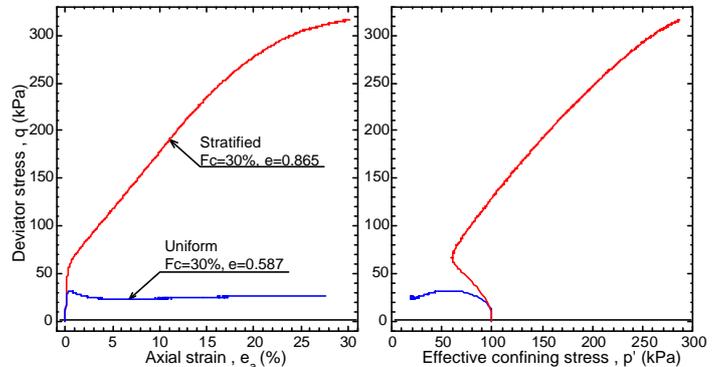


図3 応力ひずみ曲線・応力経路

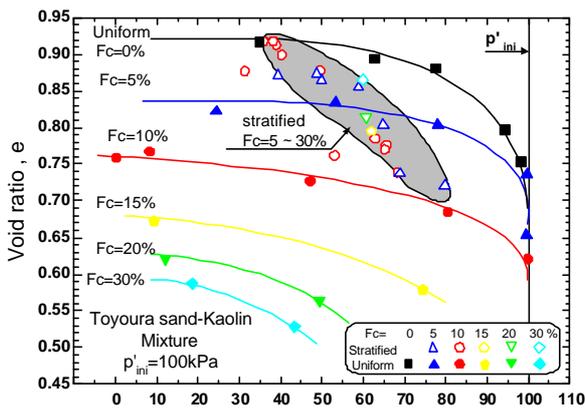


図4 間隙比と変相点の関係

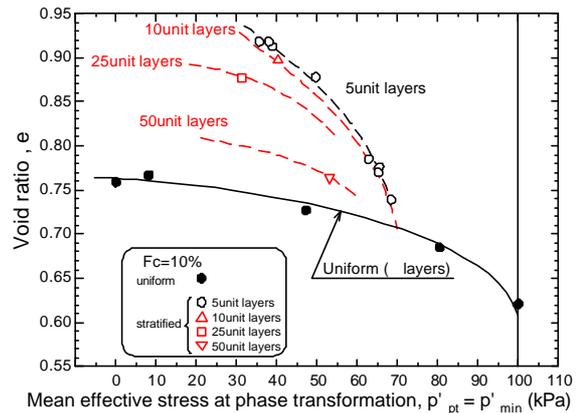


図5 層厚の違う供試体における変相線

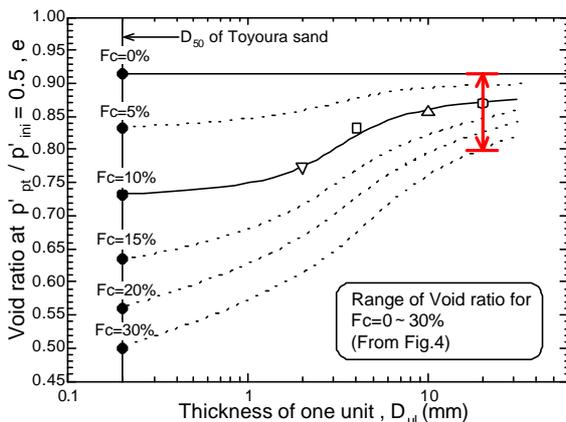


図6 層厚と変相線の相関図

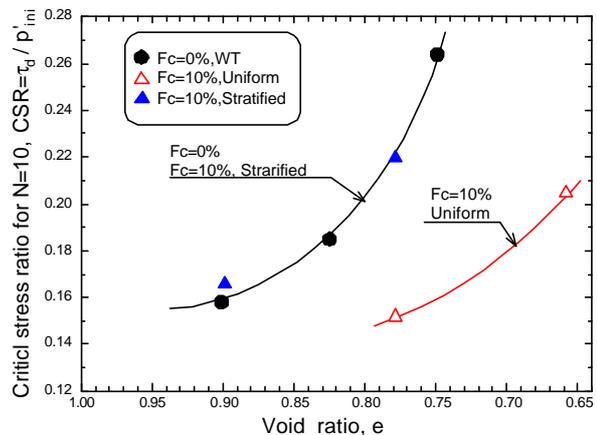


図7 繰り返しせん断応力比と間隙比の関係

参考文献 1)砂の分級堆積構造が液状化強度に及ぼす影響,小池令子・吉嶺充俊,土木学会第57回年次学術講演会,III-306, pp.611-612, 2002.
 2)層構造を有する砂の液状化試験における密度の評価方法と密度不均一性の影響,小池令子・吉嶺充俊,土木学会第58回年次学術講演会,III-243, pp.485-486, 2003.