

まさ土細粒分を含む礫質土の非排水せん断特性について

中央大学 國生 剛治
中央大学○小見山 義朗
中央大学 諏訪 正博

1. はじめに 従来、礫質土は砂質土に比べ大きな均等係数と乾燥密度を有することから液状化強度が高いとされてきた。しかし、1995年の兵庫県南部地震では礫質地盤が大規模に液状化した。さらにその液状化したまさ土の礫質地盤はかなりの細粒分を含んでいた。そこで本研究は礫質地盤の液状化強度において、含まれている細粒分の影響を検討する目的で、堅硬で良配合の沖積砂礫に対してまさ土細粒分を0～30%に変化させた試料を用いて相対密度がほぼ50%程度の供試体での非排水繰返しせん断試験を行った。さらに非排水単調せん断特性についても検討する為、静的試験も併せて行った。

2. 試験装置 図-1に示す中型繰返し三軸圧縮試験装置を用いて非排水状態での繰返しせん断試験を行い、さらに単調載荷試験も行った。この試験装置は側圧一定タイプで、その載荷システムは下部を固定し上部から繰返し載荷できるのに加えて、上部を固定し下部からの単調載荷ができる。直径100mm、高さ200mmの供試体サイズを考慮し、最大粒径26.5mmの礫を含む材料を選択した。なお礫質土の液状化試験で常につきまとうメンブレンコンプライアンスの液状化強度への影響は微小ひずみ試験時の間隙水圧の測定値を用いて補正している^{1) 2)}。

3. 試験試料及び試験方法 試験に用いた試料は、堅硬で良配合($U_c = 13.1$)の砂礫試料に対してほぼ非塑性のまさ土細粒分含有率を0、2.5、5、10、20、30%に調整した6種類である。各試料の粒度分布を図-2に示す。供試体はウェットタンピング法で作成し、471gの重さのランマで軽く突き固めながら相対密度を調整した。供試体を拘束圧0.029Mpaで自立させ、供試体内に炭酸ガス、さらに脱気水を循環させ完全に飽和させた後、有効拘束圧0.098Mpaで等方圧密した。圧密時間は3時間としたが、全てのケースで一次圧密の終了を確認した。相対密度は50%を目標とし、等方圧密終了後にこの値にほぼ一致するよう努力した。なおB値は0.95以上を条件とした。

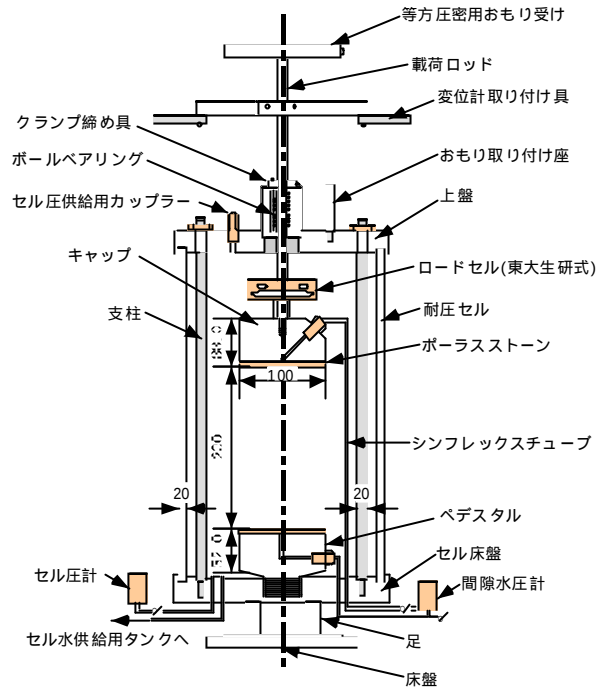


図-1 三軸圧縮試験機

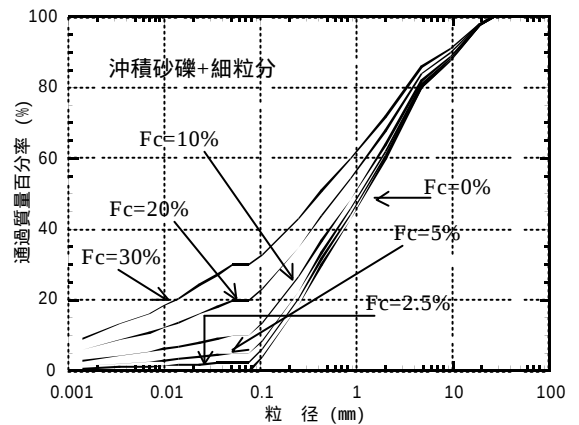


図-2 粒度分布

キーワード：非排水繰返しせん断試験、せん断強度、礫質土、まさ土細粒分

連絡先：郵便番号112 東京都文京区春日1-17-23 中央大学理工学部土木工学科

Tel 03-3817-1799 FAX 03-3817-1803

4. 非排水繰返しせん断試験 図-3に、相対密度が Dr 50% (45~57%) において両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に対する応力比 R_L と繰返し回数の関係を表した。載荷周波数は、0.1 Hz である。図中の数字は試験直前の Dr を示している。細粒分含有率 F_c が 0% ~ 30% までの各試料の強度曲線を示している。 F_c が増加するに従って、強度が大幅に低下する傾向が読み取れる。

図-4は相対密度 Dr 50%において、繰返し回数 20 回の液状化に必要とするせん断応力比 R_{L20} とまさ土細粒分含有率の関係を示したものである。この図から細粒分含有率 $F_c=10\%$ までは R_L が急激に低下し、それ以降では F_c の増加によって再びわずかに上昇していく傾向が得られた。図-4には F_c の変化による供試体の乾燥密度の変化も示しているが、 $F_c=10\%$ の付近で密度が最大となっていることがわかる。この為、 $F_c=10\%$ を境界に細粒分が非排水繰返しせん断のメカニズムに与える影響が変化するものと考えられる。すなわち F_c が 10% 以下では砂礫の骨格の間に散在する細粒分が何らかの理由で強度を弱める役割を果たすのに対し、10% 以上になると砂礫同士の直接的な骨格が保てなくなり細粒分に囲まれた状態となることにより、 R_L がわずかながら上昇していくものと推察される。

5. 非排水単調載荷試験 相対密度 Dr 50 において、平均有効主応力 0.098 Mpa の条件で非排水単調載荷試験を行った。図-5に各試料の有効応力経路を平均有効主応力 - 軸差応力関係で示す。図中に細粒分含有率 F_c 及び試験直前の Dr を示している。この図から、 $F_c=5\%$ 以下ではせん断破壊が生じた後、再び平均有効主応力が上昇するが、 $F_c=10\%$ 以上においては収縮的挙動を示すことがわかる。このような結果も $F_c=10\%$ を境界に細粒分がせん断破壊のメカニズムに与える影響が変化するものと考えられる。

6. まとめ まさ土細粒分を含む沖積砂礫に対して非排水繰返しせん断試験及び非排水単調載荷試験を実施し、細粒分の含有量が繰返しせん断強度及び単調せん断強度に及ぼす影響を検討した。主要な結果をまとめると以下ようになる。

1. 相対密度 Dr 50% において、繰返しせん断強度に及ぼす細粒分含有率の影響はかなり大きく、細粒分含有率 10% の試料が最も低い強度を示す。
2. 繰返し強度が最小となる細粒分含有率 F_c が 10% の付近で乾燥密度が最大となっており、ここで繰返しせん断のメカニズムが変化しているものと考えられる。
3. 相対密度 Dr 50% において、非排水単調せん断に及ぼす細粒分含有率の影響はかなり大きく、 $F_c=5\%$ 以下では再び平均有効主応力が上昇するが、 $F_c=10\%$ 以上においては収縮的挙動を示す。

参考文献 1) 原 忠、國生 剛治 (2000): 「砂礫の液状化強度および液状化後の非排水せん断強度に及ぼす粒度分布の影響」 土木学会論文集 No645pp245-254 2) 平岡良介 (2000): 「礫質土の物理特性が液状化強度に与える影響」 中央大学理工学部修士論文

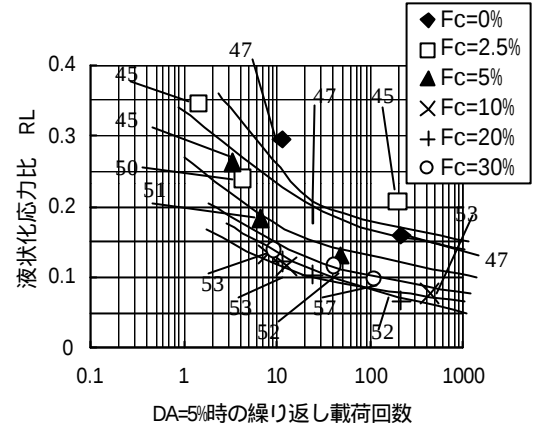


図-3 Dr 50%の液状化強度曲線

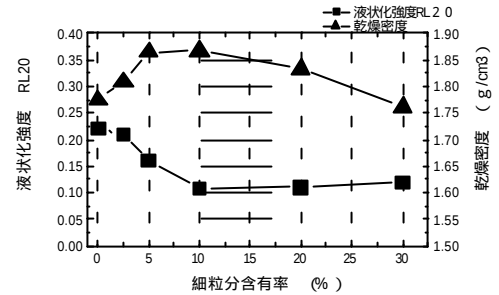


図-4 液状化強度と細粒分含有率の関係

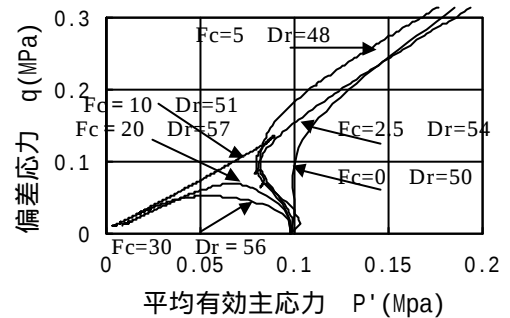


図-5 有効応力経路図