

礫分含有率の異なる砂の液状化強度特性

九州工業大学大学院 学 〇栗屋宜典

九州工業大学工学部 正 永瀬英生 正 廣岡明彦 学部生 小田雅一

1.はじめに

礫は、貫入抵抗値が大きいことや透水性が高いことから力学的に安定であると考えられることが多く、それ故重要な構造物の基礎や重要な土構造物となることが多い。しかし、兵庫県南部地震では礫分を多く含んだまま土からなる地盤で液状化が生じ砂礫地盤の液状化という新しい問題が提起された。

そこで、本研究では、中型繰返し三軸試験装置を用いて、礫分含有率が液状化強度に与える影響について調べることを目的とした。

2.試料及び実験方法

試料には、豊浦標準砂と粒度調整した筑後川礫（粒径 4.76~9.50mm，比重 $G_s=2.460$ ）を図-1に示す礫分含有率 $GC=W_g/W$ が 0%，30%，50%になるように一様に混合した3種類を用いた。各試料の粒径加積曲線を図-2に示す。

供試体は直径 15cm，高さ 30cm の円柱形で、礫分含有率 $GC=0\%$ ，30%，50%のそれぞれにおいて図-1に示すように砂分のみの間隙比 $e=V_v/V_s$ から相対密度 D_r が 50%になるようにした。

供試体作製方法としてはその影響を見るために $GC=0\%$ の条件で、空中落打法、供試体の上下方向を6層（1層当り 5 cm）に分けて、一層毎に含水比 w が 10%の豊浦砂を突固める不飽和砂突固め法、不飽和砂突固め法によって作製した供試体を凍結させる不飽和砂凍結法の3種類を採用した。礫分含有率の影響を調べる場合は、不飽和砂凍結法を用いた。この方法を用いたのは、①凍結した供試体の表面部の凹凸部に不飽和の豊浦砂を貼り付けることによってメンブレンペネトレーションの補正を行う、②相対密度のばらつきをおさえる、③材料分離を防ぐ、等の理由からである。

作製した供試体は融解させた後、炭酸ガスを一定時間通気させ、脱気水を通水し B 値が 0.96 以上であることを確認した後、有効拘束圧 $\sigma'_v=49\text{kPa}$ で等方圧密した。その後、周波数 0.1Hz の正弦波荷重による非排水繰返し三軸せん断試験を行った。

3.結果および考察

図-3に供試体作製方法が異なる場合の繰返し応力比と繰返し回数の関係を示す。不飽和砂突固め法と不飽和砂凍結法の結果はほぼ同じ様な曲線形状をなしているが、空中落打法の曲線は他のものと大きく異なり、繰返し回数の小さいところで繰返し応力比に差があり、繰返し回数が大きくなるにつれて、その差がほとんどなくなる傾向を示している。図-3より、空中落打法、不飽和砂突固め法、不飽和砂凍結法それぞれによって得

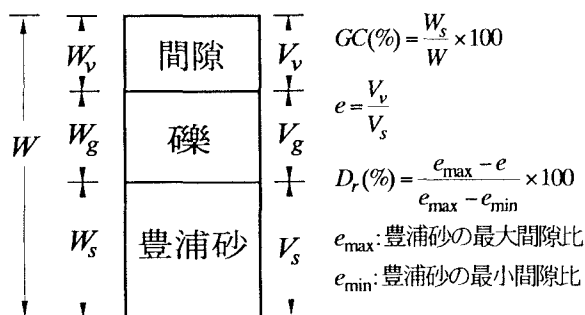


図-1 礫混入時の礫分含有率及び相対密度の説明図

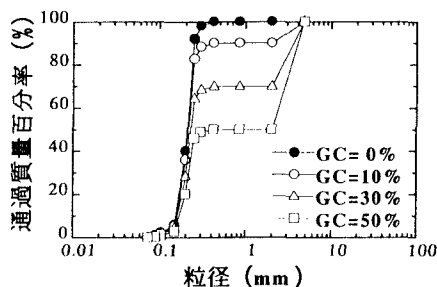


図-2 粒径加積曲線

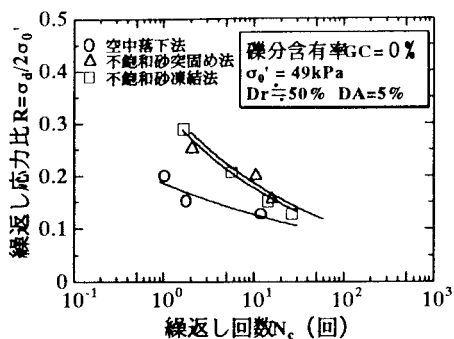


図-3 繰返し応力比～繰返し回数関係

られた液状化強度比 R_{120} は、0.113, 0.157, 0.146 となった。この結果によると、液状化強度特性に与える凍結の影響は小さいものと判断される。

図-4は両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に達した時の繰返し応力比 R と繰返し回数 N_c の関係を示したものである。なお、メンブレンペネトレーションの影響が大きいと思われた $GC=50\%$ の場合でも供試体表面の凹凸はほとんど見られなかったため、その補正は行わなかった。この図より液状化抵抗は $GC=0\%$ と 10% の条件ではほとんど変わらないが、 $GC=30, 50\%$ と増加するにつれ徐々に増加していることがわかる。このことは、 $GC=30\%$ 辺りから礫どうしの接触が現れ強度増加につながったのではないかとと思われる。

図-5に礫分含有率 $GC=50\%$ の時の時刻歴の代表例を示す。この図を見てみると、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ が1.0になっても軸ひずみは一気に発生せず徐々に増加する傾向、すなわちねばりが発揮されていると推察される。これも礫どおしの接触が増えたため、急激な破壊には至らなかったものと考えられる。

礫分含有率 GC が液状化強度比 R_{120} ($DA=2, 5, 8\%$) に及ぼす影響をよりわかりやすく示したものを図-6に示す。これより GC 増加に伴い、 R_{120} が増加していることがわかる。また、同じ礫分含有率 GC でみた場合、礫分含有率 GC 増加に伴って $DA=2, 5, 8\%$ での強度の差が大きくなっていることがわかる。このことより、図-5でも見られたように GC 増加に伴って、液状化時に発生する軸ひずみが徐々に増加する、いわゆるねばりが発生していると考えられる。

4.まとめ

今回の実験結果から、礫分含有率 $GC=30\%$ 辺りから礫どうしの接触が現れ液状化強度が増加し、液状化時に発生する軸ひずみが徐々に増加する、いわゆるねばりが発生することがわかった。

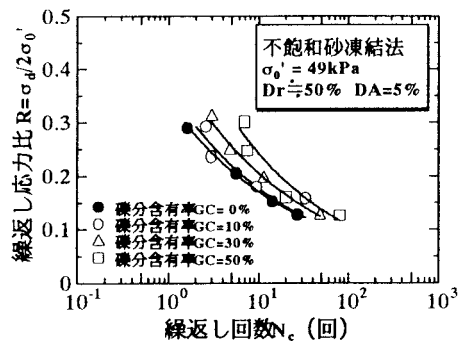


図-4 繰返し応力比～繰返し回数関係

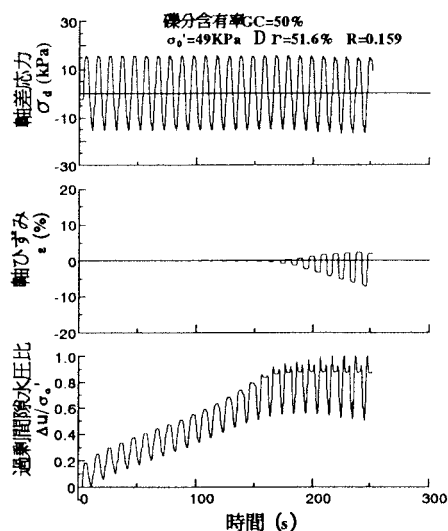


図-5 時刻歴

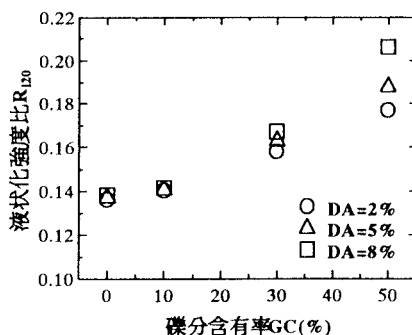


図-6 液状化強度比 R_{120} ～礫分含有率 GC 関係