

Ⅲ-A80

均等係数の異なる礫質土の液状化強度

中央大学 学生員 原 忠

正会員 國生剛治

1. まえがき

1995 年の兵庫県南部地震においては、礫分を多く含んだまき土埋め立て地盤が大規模に液状化した。同様なことは 1987 年の米国ボラーピーク地震や 1993 年の北海道南西沖地震の液状化によっても生じている。このような礫質土は均等係数が大きく、乾燥密度は砂に比べて大きいことなど、砂のような液状化は生じにくいと考えられてきた。本研究においては、粒度分布の異なる 3 種類の砂礫材料について供試体径 100 mm の中型三軸試験機により行った非排水繰返しせん断試験結果から、均等係数や相対密度の違いが液状化強度に与える影響について検討する。

2. 実験材料

図 1 に本研究で使用した礫質土の粒度分布を示す。試験に用いた試料は、利根川砂礫などから人工的に粒度配合して作成した堅硬な粒子を有する砂または礫質材料である。表 1 には礫質材料の物理特性を示す。最大・最小密度は、供試体径 195 mm、高さ 200 mm の中型モールドにより求めた値¹⁾を用いた。試料 3 では $e_{max}=0.585$ 、 $e_{min}=0.303$ であり、砂に比べてかなり小さくなっている。

液状化試験中のメンブレン滲入効果は、液状化試験前に行う微小振幅荷重時の間隙水圧計測²⁾による補正を施した。

3. 液状化試験

供試体は粒子分級による影響を最小限に押さえるため、ウェットタンピング法によって作成した。間隙水圧係数 B が 0.95 以上であることを確認した後、

有効拘束圧 98 kPa で 1 時間程度等方圧密し、0.1 Hz の正弦波を非排水状態で加え液状化試験を行った。各試料とも相対密度の違いが液状化強度に与える影響を検討するため、相対密度は $Dr=10\%$ 、 30% 、 50% 、 60% 、 70% の 5 段階に変化させた。

図 2(a)～(c)は、異なる 3 種類の礫質土により得られた液状化試験結果を、両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ について整理したものである。図 2(a)の $Dr=10\%$ 供試体においては、粒度分布が異なる 2 種類の試料とも液状化強度はほぼ等しく、繰返し荷重回数に対する応力比の変化傾向も類似している。しかし図 2(b)の $Dr=50\%$ においては、粒度分布の広い良配合の試料 3 の液状化強度は豊浦標準砂の相対密度 $Dr=50\%$ と同程度の強度を有する試料 1、2 より大きくなり、豊浦標準砂の $Dr=80\%$ のそれに近い。また繰返し荷重回数に対する繰返し応力比の変化傾向も試料 1、2 とは大きく異なり、密な砂と同様の挙動を示している。図 2(c)の $Dr=70\%$ では、均等係数の違いが液状化強度の及ぼす影響が再び見られなくなり、応力比の変化傾向も材料によらずほぼ同一となる。

図 3 に、相対密度と両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に至るまでの繰返し荷重回数 $N_c=20$ 回に対する繰返し三軸強度比 R_{L20} の関係をまとめる。各試料とも供試体の相対密度のある程度のばらつきを平均化して表している。

キーワード: 液状化、礫質土、均等係数、相対密度

連絡先: 〒112-8551 文京区春日1-17-23 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-0817-1799 FAX 03-3817-1803

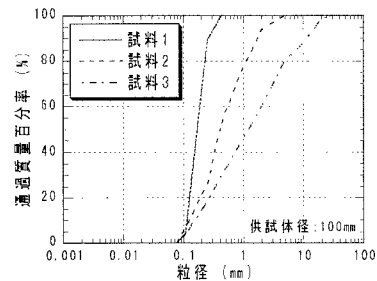


図 1 礫質土粒径加積曲線

表 1 礫質土の物理特性

	D50 (mm)	Uc	ρ_s (g/cm ³)	ρ_{dmax} (平均値) (g/cm ³)	ρ_{dmin} (平均値) (g/cm ³)	e_{max}	e_{min}
試料 1	0.14	1.44	2.696	1.502	1.198	1.250	0.794
試料 2	0.40	3.79	2.697	1.839	1.421	0.898	0.467
試料 3	1.15	13.1	2.655	2.038	1.675	0.585	0.303

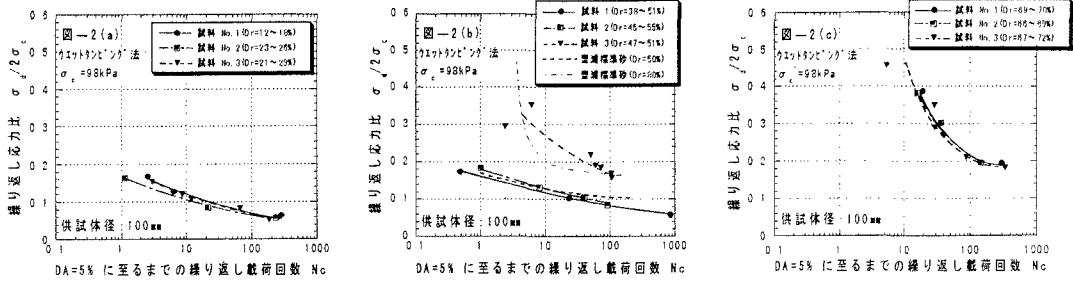


図2 礫質土液状化試験結果 ($Dr \approx 10\%$ 、 30% 、 50%)

試料 1、2 が $Dr \approx 20\% \sim 50\%$ の範囲内で相対密度によらず R_{L20} がほぼ一定であるのに対し、試料 3 では $Dr \approx 50\%$ で上昇しており、均等係数の大きな礫質材料の液状化強度は均等係数の小さい砂質材料に比べて小さい相対密度から上昇するものと思われる。しかし、 $Dr \approx 60\%$ 、 70% においては、均等係数が液状化強度に与える影響は再び見られなくなり、各試料ともほぼ同程度の強度が得られている。

図 4(a) に、相対密度と両振幅軸ひずみ $DA=2\%$ に至るまでの繰返し載荷回数 $Nc=20$ 回に対する繰返し三軸強度比 R_{L20} の関係を示す。図 4(b) に、両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ に至るまでの同様の関係を示す。試料 3 においては、相対密度 $Dr \approx 70\%$ に対する $DA=10\%$ のデータが得られていないが、両プロットとも $DA=5\%$ について整理した結果と同様、 $Dr \approx 50\%$ 程度を除いて粒度分布の異なる 3 種類の礫質土の液状化強度はほぼ一致していることがわかる。これらのことから、礫質土の液状化強度は繰返し載荷回数 $Nc=20$ 回に対する繰返し三軸強度比 R_{L20} で比較した場合、 $Dr \approx 50\%$ を除いて粒度分布の違いによらずに相対密度のみで一義的に求まるものと推察される。

4. 結論

1) 礫質土の液状化強度は、 $Dr \approx 10\% \sim 30\%$ の緩い供試体においては、均等係数の差異によらず、相対密度に対してほぼ同一となる。しかし、現状では $Dr \approx 50\%$ においては、粒度分布の広い礫質材料の強度が貧配合の砂礫材料のそれに比べて大きくなるデータが得られている。

2) 繰返し載荷回数 $Nc=20$ 回に対する繰返し三軸強度比 R_{L20} について比較した場合、両振幅軸ひずみが 2% 、 5% 、 10% のいずれの場合においても $Dr \approx 50\%$ 供試体を除いて礫質土の液状化強度はほぼ一致する。

3) 今後ともデータの集積は必要ではあるが、礫質土の液状化強度は $Dr \approx 50\%$ 供試体を除いて試料の均等係数の如何を問わず、相対密度のみで一義的に定義できる可能性が考えられる。

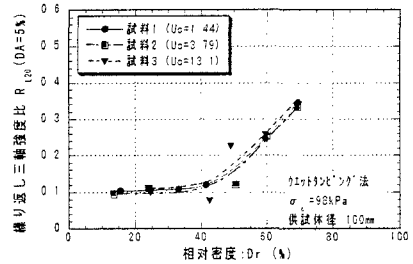


図3 相対密度と繰返し三軸強度比 R_{L20} の関係

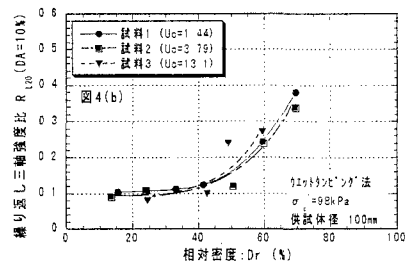
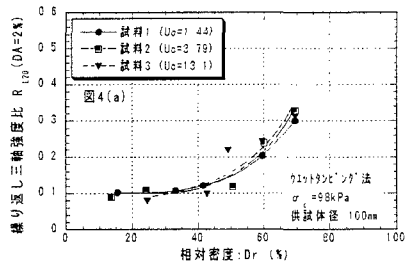


図4 相対密度と繰返し三軸強度比 R_{L20} の関係

《参考文献》1) 國生剛治、原 忠 (1997):「礫質土の最大・最小密度試験法の検討」土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第三部 (A)、pp.20-21
2) 田中幸久、國生剛治、吉田保夫、工藤康二 (1988):「システムコンプライアンスによる砂礫の動的測定誤差の評価方法」電力中央研究所研究報告 U89040
3) Evans, MD., and Zhou, S. (1995):「Liquefaction Behavior of Sand-Gravel composites」Journal of Geotechnical Engineering, ASCE Vol.121, No.3
4) 原 忠、國生剛治、岩澤 大、黒田友紀 (1998):「均等係数の異なる礫質土の液状化強度特性」第 25 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.386-387