

Ⅲ - A90

礫分含有率および礫の粒径が砂の液状化強度特性に与える影響

九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生 廣岡 明彦
九州工業大学大学院 学生会員 ○栗屋 宜典
大分県(元九州工業大学工学部) 小田 雅一

1. はじめに

古くは 1915 年の関東地震や 1948 年の福井地震、また近年では 1995 年に発生した兵庫県南部地震で砂礫地盤の液状化が生じている。これらの地震被害から砂礫地盤は大きな地震力のもとでは安定したものとはいえず、液状化に対するその強度特性を知ることは非常に重要である。

これまで筆者らは礫の形状が砂の液状化強度特性に与える影響を調べ、角張った礫よりも丸い礫を混合した時の方が大きい液状化抵抗を示すことを報告している¹⁾。そこで、本研究では中型繰返し三軸試験装置を用いて、礫の粒径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 ($G_s=2.637$, $e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.609$) に筑後川礫 (粒径 $4.76\sim 9.5\text{mm}$, $G_s=2.460$) を図-1 の礫分含有率 $GC=W_g/W$ が 0, 10, 30, 50% になるように、また筑後川礫 (粒径 $9.5\sim 19\text{mm}$, $G_s=2.552$) を GC が 0, 30, 50% になるように一様に混合して用いた。試料の粒径加積曲線を図-2 に示す。供試体寸法は直径 15cm、高さ 30cm の円柱形で、 $GC=0, 10, 30, 50\%$ 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。したがって、砂分の詰まりかたはすべて同じになっており、礫の影響のみを純粹にみることができる。

供試体作製方法としては、供試体の上下方向を 6 層 (1 層当り 5 cm) に分けて、一層毎に豊浦砂の含水比 w が 10% の試料を突固めて作製し、その供試体を凍結させる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ことができる、②相対密度のばらつきを抑える、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試験を行った。液状化の判定は所定の両振幅軸ひずみ DA に達したところとし、液状化強度比 R_{120} は繰返し回数 $N=20$ の繰返し応力比 R とした。

3. 結果および考察

3-1 礫分含有率の影響

図-3 は礫分含有率 GC の異なる試料の両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ における繰返し応力比 R と繰返し回数 N 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。この図より液状化強度は $GC=$ 液状化、繰返し荷重、砂、粒径、礫

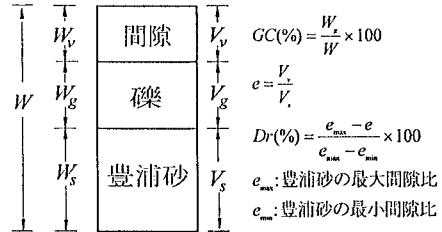


図-1 礫分含有率および相対密度説明図

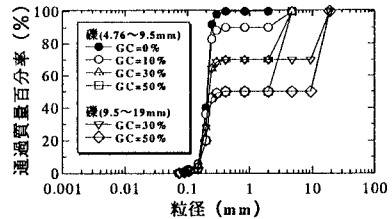


図-2 粒径加積曲線

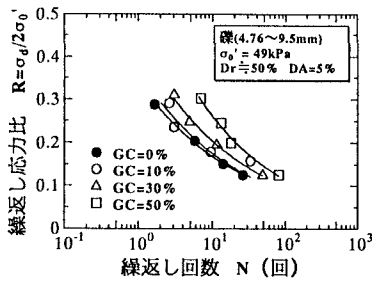


図-3 繰返し応力比～繰返し回数関係

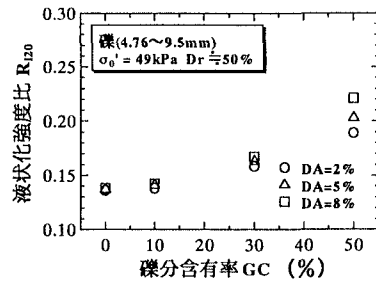


図-4 液状化強度比～礫分含有率関係

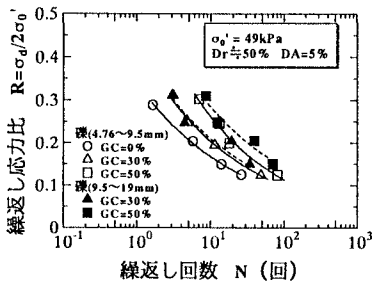


図-5 繰返し応力比～繰返し回数関係

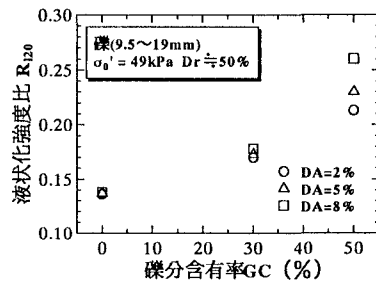


図-6 液状化強度比～礫分含有率関係

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分かる。これは GC=30%辺りから礫どうしの接触が現れ、GCの増加に伴い礫どうしの接触点が増加し、礫により骨格が形成されてきているためと考えられる。

図-4に礫分含有率GCと軸ひずみ両振幅DA=2, 5, 8%における液状化強度比 R_{120} 関係を示す。これより、GC=30%から R_{120} が増加していることがわかる。また、同一のGCで比べた場合、GC=30%からDA=2%とDA=8%の強度差が大きくなっていることがわかる。このことより礫どうしの接触が現れたと思われるGC=30%辺りから、液状化の状態に到達しても軸ひずみが急増せず、徐々に増加する、いわゆる“ねばり”が発生し、さらにGCが増加すると、その傾向はより顕著に現れると考えられる。

3-2 礫の粒径による影響

図-5に粒径の異なる試料の両振幅軸ひずみDA=5%における繰返し応力比 R ～繰返し回数 N 関係を示す。GC=30%ではあまり粒径の影響は見られないが、GC=50%では混合する礫の粒径が大きくなると液状化抵抗が大きくなっている。また、粒径が大きくなってもGCの増加に伴って、液状化抵抗が大きくなっている。

図-6に礫分含有率GCと軸ひずみ両振幅DA=2, 5, 8%における液状化強度比 R_{120} の関係を示す。図-4に比べGC=50%でみた場合、図-6の方がDA=2%とDA=8%の強度差が大きくなっているのがわかる。このことより、粒径が大きくなると“ねばり”もより顕著に現れることが考えられる。

4. まとめ

礫分含有率および礫の粒径が砂の液状化強度特性に与える影響を調べるため、砂分の相対密度を一定にして繰返し三軸試験を行ったところ、次のことが明らかになった。

1. 礫を混入することによりGC=30%辺りから液状化抵抗が増加し、ねばりを示す性質が現れる。
2. 礫の粒径が大きくなると液状化抵抗は増加し、ねばりもより顕著に現れる。

参考文献

- 1) 栗屋宜典・永瀬英夫・廣岡明彦・小田雅一：礫分含有率および礫形状の違いが砂の液状化強度特性に与える影響，第32回地盤工学会研究発表会（投稿中），1997