

超緩詰め状態での砂の液状化特性

九州工業大学工学部	正会員	○永瀬英生
九州工業大学工学部	正会員	安田 進
九州工業大学大学院	学生会員	古閑功一
九州工業大学工学部	学生	柳畑 亨

1. はじめに

最近の震害調査によると、液状化抵抗は微地形の影響を大きく受けることが明らかにされている。特に、日本海中部地震における被害の報告^{1)～3)}では、砂丘間低地等において非常に緩い砂層が堆積しているため、液状化が発生し易くなっていることも指摘されている。ところが、このような非常に緩い状態における砂の液状化特性に関してはまだあまり検討されていないようである。

そこで本研究では、供試体作製方法に工夫を凝らして相対密度がマイナスの値にまでなるような超緩詰め状態での砂の繰返し三軸試験を行い、砂丘間低地等の液状化特性について検討してみた。

2. 実験方法

試料には豊浦標準砂を用い、以下のような実験手順で繰返し三軸試験を行った。なお、豊浦標準砂の物理的特性は、 $G_s=2.637$ 、 $e_{max}=0.973$ 、 $e_{min}=0.609$ である。①乾燥した試料に2.0～4.76mmのふるい目に留まる水の粒を砂重量の約20%だけ混ぜる。②この試料を静かにスプーンで詰めて供試体を作製する。ただし、水が溶けないように速やかに行う。③供試体内にある水が溶けてから、 CO_2 と脱気水により供試体を飽和させ、 $0.5kgf/cm^2$ で等方圧密を行う。④1時間放置した後、圧密が終了したことを確認して、非排水繰返し三軸試験を実施する。なお、比較のために非排水状態での単調載荷試験も行った。

この試験では、脱気水を通してるとき供試体に大きな体積変化が生じるため、それにより起こる供試体径の変化は次のような方法で求めた。①セル圧0、背圧 $-0.3kgf/cm^2$ の状態を通水し、このときに発生する軸変位と供試体径の変化を測定する。②①の結果より通水時に起こる軸ひずみと側方ひずみの関係を求め、これを用いてせん断試験時の供試体径を補正する。

3. 実験結果および考察

図1は、非排水三軸圧縮試験による有効応力経路を示したものである。せん断の進行に伴って平均有効主応力が次第に減少し、ついには液状化に達している。図2には、同一の試験で得られた応力-ひずみ曲線を示している。これによると、軸ひずみか0.5%程度に達してから急激にせん断抵抗を失い、軸差応力が0の状態に到達していることが分かる。このように相対密度 D_r が6.3%まで小さくなれば、単調載荷の場合も液状化が発生するようである。ちなみに、このとき供試体が一瞬のうちに破壊されるのか観察された。

図3には、相対密度 $D_r=-21.2\%$ のときの非排水繰返し三軸試験により得られた有効応力経路を示している。この図では、8波目に至ってから急に平均有効主応力が減少し、一気に液状化の状態に到達していることが認められる。同一の試験結果を用いて応力-ひずみ曲線を表したのが図4である。最後の1波により圧縮方向へ大変形が起こり、軸ひずみがおよそ18%に達してから正のダイレイタンスにより剛性が回復しているようである。

図5は、液状化強度比と両振幅軸ひずみ DA が5%に達するまでの繰返し回数、すなわち液状化回数の関係を示したものである。この図には比較のため安田ら⁴⁾の結果($D_r=30.6\%, 57.6\%$)も示してある。これによると、今回の試験で用いた非常に緩い砂($D_r=-24.8\%$)は通常言われている緩い砂($D_r=30\sim 50\%$)に比べて、液状化強度が明らかに小さくなっていることが分かる。図6には、液状化強度比 RI_{50} ($DA=5\%$)を相対密度 D_r に対してプロットしている。今回のデータは相対密度が -24.8% とかなり小さいものであったが、安田らのデータと同一の曲線上にプロットされるようである。

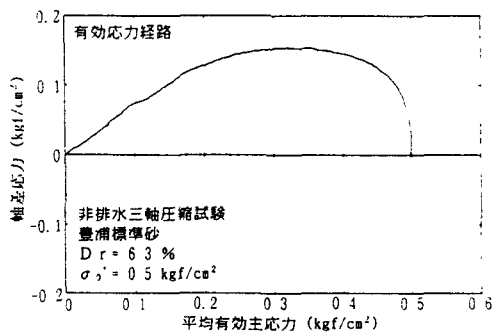


図1 有効応力経路

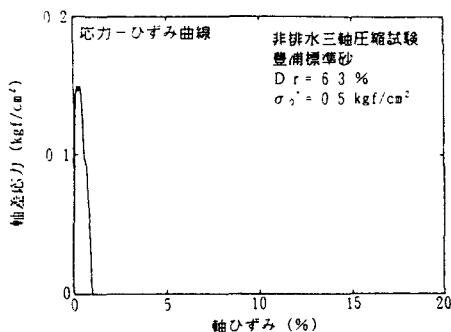


図2 応力-ひずみ曲線

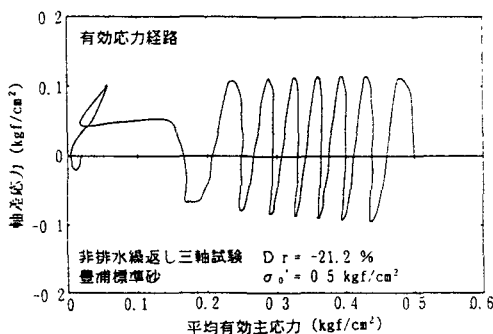


図3 有効応力経路

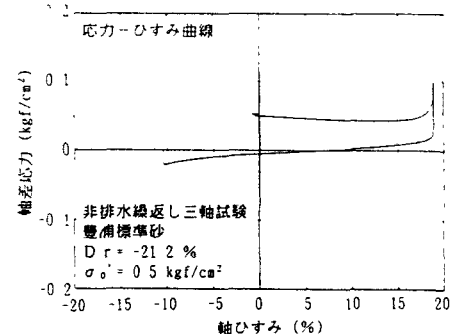


図4 応力-ひずみ曲線

4. まとめ

超緩詰め状態における砂の液状化特性を非排水繰返し三軸試験により調べた結果、非常に緩い砂は緩い砂に比べて、液状化強度が小さくなることか明らかになった。今後は、超緩詰め砂の供試体作製方法に関してさらに検討していく予定である。

本研究は文部省科学研究費補助金の支援を受けた。末筆ながら謝意を表する。

参考文献

- (1) 古藤田喜久雄・若松加寿江：日本海中部地震による液状化現象と地形条件との関係，土と基礎，Vol.32，No.9，pp.59-63，1984。
- (2) 陶野郁雄・安田進・社本康広：日本海中部地震における液状化現象とその被害状況，土と基礎，Vol.31，No.12，pp.13-20，1983。
- (3) 安田進・永瀬英生・古閑功一・小西武・柳畑亨：ベントナイトを用いた液状化対策に関する研究，第27回土質工学研究発表会に投稿予定。

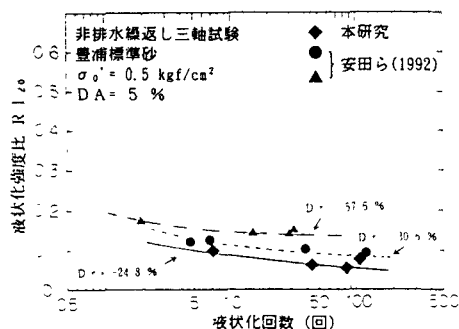


図5 液状化強度比と液状化回数の関係

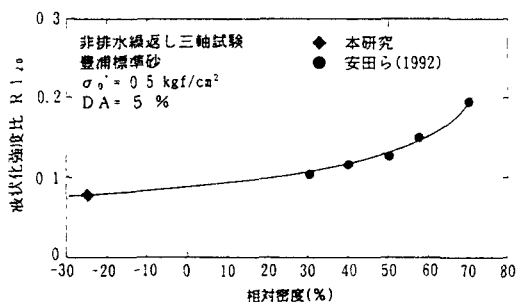


図6 液状化強度比と相対密度の関係