

相対密度が非常に小さい供試体の作製に関する基礎的研究

九州工業大学 工学部 学生員 ○宍道 玲
 同 上 正会員 安田 進
 同 上 正会員 永瀬 英生
 九州工業大学 大学院 学生員 柳畑 亨

1. まえがき

新潟地震や日本海中部地震の震害調査によると、日本海沿岸部の砂丘地や砂丘間低地などで液状化が発生したことが報告されている。この辺りは非常緩い砂層が堆積していることが推定されており、その堆積状況を再現して、その液状化特性を検討することが必要である。しかしこのような場所においては、液状化特性はおろか変形特性についてもあまり論じられていないのが現況である。筆者らはその最大の障害となっているのが、供試体の作製方法であると考えている。そこで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非排水三軸試験を行い、相対密度と液状化強度比の関係を検討している¹⁾が、今回は作製方法の違いが相対密度に与える影響について調べてみた。

2. 実験方法

供試体の作製にあたっては前回¹⁾と同様、試料に事前に水の粒を混ぜる方法で行なった。このときに、混ぜる水の粒に関しては、その大きさを(1)0.84~2.00mmのふるい目に留まるものと(2)2.00~4.76mmのふるい目に留まるものの2種類とし、その重量混合率は(2)の水を基準として(I)0%、(II)25%、(III)50%、(IV)75%、(V)100%の5種類とした。試料としては豊浦標準砂を使用した。その物理定数は次のとおりである。 $G_s=2.637\text{g/cm}^3$ 、 $e_{\max}=0.973$ 、 $e_{\min}=0.609$ 。供試体は全ての場合において $\phi=7.5\text{cm}$ 、 $h=15\text{cm}$ の供試体作製用のアクリル製モールドを用いて作製した。また、供試体を飽和するための脱気水の通水についても(a)供試体作製後速やかに通水する方法と(b)供試体作製後水が解けるのを待って通水する方法の2種類について検討してみた。実験ケースを表-1に示し、以下に供試体の作製方法を述べる。①乾燥して冷却しておいた試料に所定の粒径の水の粒を砂の重量800gに対して200g混合し、両者がほぼ一様に混ざるまで混ぜる。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、この際に氷が解けないように速やかに行なわれなければならない。③セル圧0、背圧 -0.3kgf/cm^2 の状態上で述べた(a)、(b)のそれぞれの方法で供試体内に通水する。なお、供試体の寸法測定は、(a)の場合では、供試体作製直後と脱気水通水後の2時点で行ない、(b)の場合では、供試体作製直後と脱気水通水前、脱気水通水後の3時点で行なった。ここで通水方法に関わらず、供試体作製直後の体積を α_v とし、脱気水通水前、脱気水通水後の体積をそれぞれ β_v 、 γ_v とする。

3. 実験結果および考察

図-1に重量混合率と体積維持率($=\gamma_v/\alpha_v$)の関係を示す。(a)の方法では、同じ混合率においても体積維持率がかなり分散していることが分かる。一方、(b)の方法では混合率が高ければ体積維持率が大きく、混合率が低ければ体積維持率が小さくなるといった相関関係が得られている。このことは、(a)の方法では、氷が融解する前に脱気水が通水されるため、水で作られていた「見かけ」の空隙は、水の融解とともに空隙水で満たされることとなる。そうなると砂の粒子間の摩擦力が減少し、粒子は他の粒子との接点を持つ位置

表-1 試験ケース表

試験 ケース	重量混合率					通水方法	
	I	II	III	IV	V	a	b
A-1	●					●	
A-5					●	●	
B-1	●						●
B-2		●					●
B-3			●				●
B-4				●			●
B-5					●		●

まで移動する。この一連の現象により供試体の間隙が減少し、体積が収縮すると考えられる。ところが、(b)の方法では、「見かけ」の間隙を形成していた水が融解すると、その水は粒子の表面水となり粒子間に水の表面張力による疑似の粘着力が生じることとなる。1つの粒子に対して接点の無い部分での体積収縮は起こるが、複数の粒子で構成されている間隙は、粒子間の疑似の粘着力によって減少することなく、もし仮に、水で形成されていた「見かけ」の間隙が全て無くなるほどの粒子の「大きな」移動があったとしても、この粒子間の間隙は保たれたまま移動すると考えられる。このような疑似の粘着力によって、粒子間に「見かけ」の拘束力が作用し、間隙が破壊することなく、脱気水によって間隙水に置換されるのである。すなわち、(a)の方法では、砂粒子の骨格構造を崩してしまう度合いが大きく、(b)の方法では、表面水の作用により、骨格構造が崩れにくい。この水が融解することによって生じる水の振る舞いが、両通水方法での体積維持率の差となって現れている。続いて、図-2に重量混合率と相対密度の関係を示す。図-1の関係と同様に(a)の方法では同じ混合率においても、相対密度にばらつきがあるが、(b)の方法ではばらつきが少なく、混合率が大きくなれば小さい相対密度になるようである。これは上述した融解水の量として影響しているのではないだろうか。最後に(b)の方法において、脱気水通水前と脱気水通水後における供試体の軸ひずみ ϵ_a と体積ひずみ ϵ_v (共に圧縮を正とする)の関係を図-3に示す。図中には比較のために等方状態における関係式($\epsilon_v = 3\epsilon_a$)を実線で示している。軸ひずみが生じているにもかかわらず通水後の体積はほとんどの場合において変化していなかった。これは供試体側面に凹凸があるため、測定時に生じる誤差のためではないかと考えられる。

4. まとめ

砂に水を混ぜることによって、相対密度が数%～マイナス数%といった非常に緩い(筆者らはこの状態を超緩詰め状態と呼んでいる)供試体が作製できた。また、混合する水の粒の大きさによっても相対密度に影響がでてくることが分かった。さらに、飽和化のための脱気水の通水方法の違いが供試体の体積の変化に影響してくることも分かった。今後は、水の重量混合率や「見かけ」の間隙を形成するために用いる(水に代わる)混合物、細粒分を多く含む試料などについて検討を重ね、超緩詰め状態の供試体の作製方法を確立させていきたいと考えている。

<参考文献>

1. 永瀬、安田、古閑、柳畑：超緩詰め状態での砂の液状化特性、平成3年度土木学会西部支部研究発表会

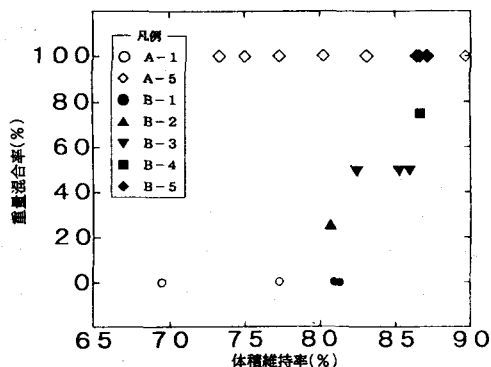


図-1 重量混合率～体積維持率関係

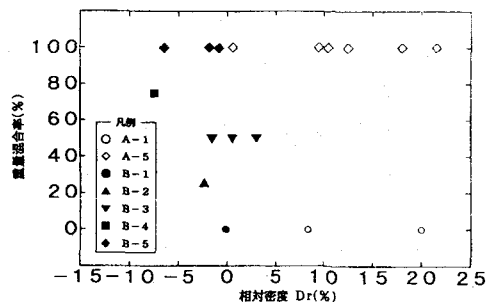


図-2 重量混合率～相対密度関係

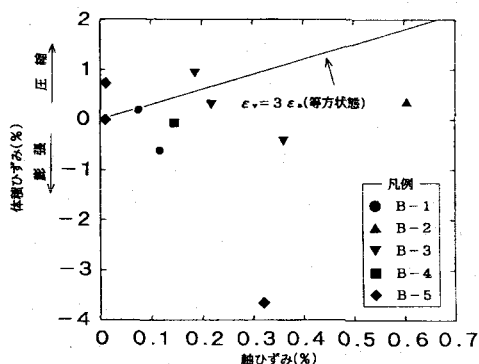


図-3 体積ひずみ～軸ひずみ関係