

平面ひずみ試験装置を用いた超緩詰め砂の非排水せん断特性

九州工業大学工学部 学生員 ○太田 稔
 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 学生員 柳畑 亨
 九州工業大学工学部 学 生 山口 勝弘

◆はじめに

非常に緩い状態にある砂(超緩詰め砂)は、一方向に作用するせん断応力によって液状化型の破壊を示すことが知られている。筆者らはこれまで、三軸試験装置を用いて超緩詰め砂の非排水圧縮・伸張試験を行い、液状化型の破壊を示す密度の存在を明らかにしてきた。しかしながら、三軸試験はせん断中において3主応力の内、中間主応力が最大または最小主応力と等しい試験であるため、実地盤でのすべての応力状態を再現しているとは言い難い。そこで、中間主応力が最大または最小主応力と異なり、実地盤での応力状態に比較的近いとされる平面ひずみ圧縮試験を行って、超緩詰め砂の非排水せん断特性について調べた。

◆実験方法

実験には、試料として豊浦標準砂($G_s=2.637$, $e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.609$)を、供試体作製方法として不飽和砂凍結法¹⁾を用いた。供試体は8cm(σ_1, ϵ_1 方向)×8cm(σ_2, ϵ_2 方向)×5cm(σ_3, ϵ_3 方向)の直方体である。また、締め固め方向は σ_1 方向と一致させている。平面ひずみ試験装置(図1参照)はキャップとベDESTALがジュラルミン製であり、供試体との摩擦を軽減する目的で厚さ0.2mmのラテックスゴムの間にシリコングリースを塗布した摩擦軽減層を設けてある。また、拘束板と供試体の間にもシリコングリースを塗布している。なお、本文中の主応力の算出においてはメンブレン力および端面摩擦力の補正は行っていない。平面ひずみ供試体は、試験装置にセットした後、間隙空気を二酸化炭素で置換して脱気水を通水し、背圧を196kPa与えて飽和化している。初期有効拘束圧 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ で等方圧密した後、変位速度0.6mm/分のひずみ制御方式で間隙圧係数B値が0.95以上の供試体に対して非排水圧縮試験を行った。

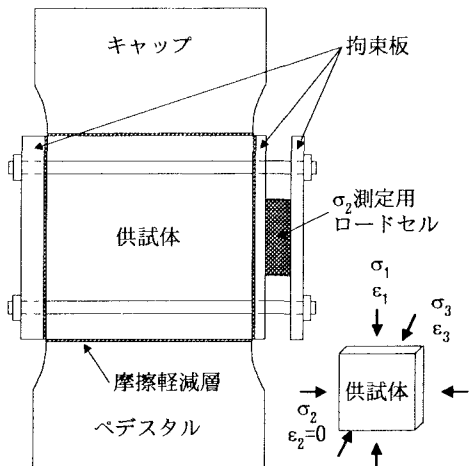


図1 平面ひずみ試験装置概略図

◆実験結果および考察

図2に相対密度 $Dr=-6.3$, 12.9, 27.7%における最大主応力 σ'_1 ー最小主応力 σ'_3 ・過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ ・軸ひずみ ϵ_1 関係を、写真1に $Dr=-6.3\%$ での供試体破壊状況を示す。図2より、相対密度 Dr が大きくなるのに伴って主応力差の最大値 $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{max}$ が大きくなっていることがわかる。また、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ については、相対密度 $Dr=-6.3$, 12.9%では軸ひずみ ϵ_1 の進行に伴って $\Delta u/\sigma'_0$ の値が大きくなり、ある値に到達した時点からほぼ一定の値を示しているが、 $Dr=27.7\%$ では ϵ_1 の進行に伴って $\Delta u/\sigma'_0$ の値が増加した後減少していき、再び増加していることがわかる。なお、相対密度 $Dr=-6.3\%$ においては、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ は正確には1.0に達していないが、写真1を見ると、この破壊状況は三軸圧縮試験で液状化に至ったものの破壊

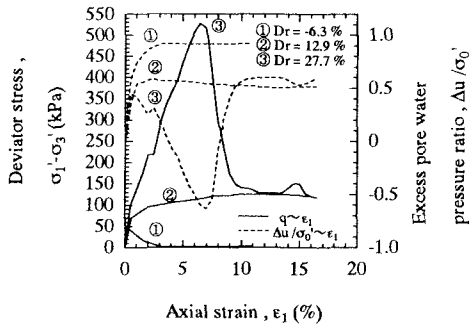


図2 $\sigma_1' - \sigma_3' \cdot \Delta u / \sigma_0' \sim \epsilon_1$ 関係

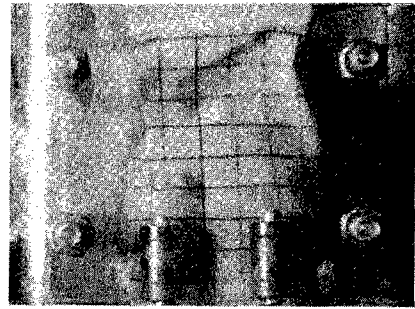


写真1 $Dr = -6.3\%$ での破壊状況

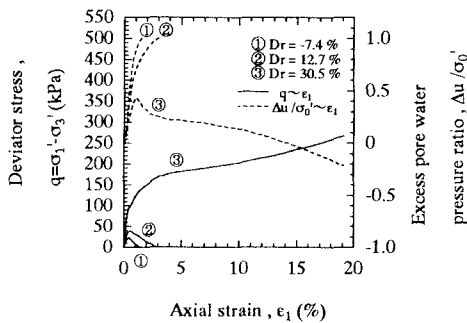


図3 $\sigma_1' - \sigma_3' \cdot \Delta u / \sigma_0' \sim \epsilon_1$ 関係

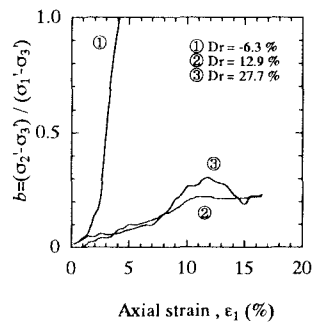


図4 $b \sim \epsilon_1$ 関係

状況に極めて近いものである。図3に非排水三軸圧縮試験 ($\sigma_0' = 98 \text{ kPa}$) での相対密度 $Dr = -7.4, 12.9, 30.5\%$ における軸差応力 $q = \sigma_1' - \sigma_3'$ ・過剰間隙水圧比 $\Delta u / \sigma_0' \sim$ 軸ひずみ ϵ_1 関係²⁾を示す。図3において、相対密度 $Dr = -7.4, 12.9\%$ は過剰間隙水圧比 $\Delta u / \sigma_0'$ が 1.0 まで上昇しており、液状化に至っていることがわかる。これらの図より、試験時の主応力状態の違いによって、主応力差 $\sigma_1' - \sigma_3'$ ・過剰間隙水圧比 $\Delta u / \sigma_0' \sim$ 軸ひずみ ϵ_1 関係が異なってきており、相対密度 Dr が 30% 程度まで大きくなったときの $\sigma_1' - \sigma_3' \cdot \Delta u / \sigma_0' \sim \epsilon_1$ 関係は著しく異なっていることがわかる。また、平面ひずみ圧縮試験では相対密度 $Dr = 12.9\%$ においても液状化に至っていないことから、平面ひずみ圧縮試験において液状化型の破壊を示す密度は、三軸圧縮試験におけるそれよりも小さいことがわかる。図4に中間主応力係数 $b = (\sigma_2' - \sigma_3') / (\sigma_1' - \sigma_3')$ $\sim$ 軸ひずみ ϵ_1 関係を示す。この図より相対密度 $Dr = 12.9\%$ において、軸ひずみ ϵ_1 が 10% を越えたあたりから中間主応力係数 b 値が 0.2 程度になっているが、せん断初期において b 値がゼロに近い状態になっていることがわかる。この点に関しては、試験方法の改良も含め、今後検討していく予定である。

◆まとめ

超緩結め砂の非排水せん断特性に及ぼす主応力状態の影響を調べるために、非排水平面ひずみ圧縮試験を行った。その結果、同程度の相対密度においても応力 $\sim$ ひずみ関係は、非排水三軸圧縮試験の結果と異なる傾向を示し、液状化型の破壊を示す境界の相対密度は三軸試験での結果よりも小さいことが明らかとなった。

- 《参考文献》 1) 安田進・他：砂の超緩結め供試体の作製方法，第28回土質工学研究発表会発表講演集，Vol.1，pp.885-886，1993。
2) 永瀬英生・他：超緩結め砂の液状化特性に関する非排水三軸試験，第23回地震工学研究発表会講演概要集，pp.325-328，1995。