

豊浦砂を用いた超大型三軸圧縮試験機の適用性確認試験

(株)フジタ 技術研究所 正会員 北島 明
(株)フジタ 技術研究所 正会員 福島 伸二

§ 1. はじめに

大規模開発での高盛土、山岳空港、人工島やフィルダムなどの築造に使用される岩塊を含む粗粒盛土材の強度・変形特性を調べるには原粒度かあるいはそれに近い粒度状態で試験するのが望ましい。そこで、著者らは供試体寸法 $D/H=1000\text{mm}/2000\text{mm}$ の粗粒土用の超大型三軸圧縮試験機を開発した¹⁾。このような大型試験で注意すべきは、供試体が大きいために自重やセル水位の影響のため一様な変形をしないため、一様な変形をする小型試験と同じ試験結果が得られる保証はない。そこでここでは、超大型試験機の適用性を確認するために、豊浦砂を用いて実施した超大型三軸圧縮試験も含めて供試体寸法の異なる 3 種類の三軸圧縮試験の比較結果を報告したい。

§ 2. 超大型三軸圧縮試験による試験結果

図-1 に超大型三軸圧縮試験(以下超大型三軸という)の三軸セル全体図を示すが、試験機概要は参考文献 1)を、軸応力 σ_a と側方応力 σ_r の算定方法は参考文献 2)を参照されたい。供試体はモールドで保護したゴムスリーブ内に空気乾燥状態の豊浦砂を出口寸法 $5 \times 300(\text{mm})$ の砂撒きロートから自由落下させる空中落下法により作製し、負圧 $\sigma_{NE} = -0.5\text{kgf/cm}^2$ により自立させ、三軸セル組立て、セル内に所定水位まで給水してから σ_{NE} と側圧 σ_c を置換させ、 $\sigma_3 = 1.0\text{kgf/cm}^2$ まで等方圧密して排気状態でせん断した(せん断速度約 $0.3\%/min.$)。せん断中の供試体の体積変化はセル内水位測定による外体積法により測定した。超大型三軸では供試体応力状態が高さ方向に非一様で、乾燥状態供試体では上端面が最も応力比 $R(=\sigma_a/\sigma_r)$ が大きく(例えば $\sigma_3 = 1.0\text{kgf/cm}^2$ では内部摩擦角 $\phi=40^\circ$ の時、供試体上・中・下の各応力比はそれぞれ $R = 4.60, 4.32, 4.09$ となる)、破壊は摩擦による端面拘束の影響を無視すれば上端面から始まることになる。このため供試体の σ_a と σ_r は供試体 $1/2$ 高さ位置で算定した。図-2 に密度を変えた豊浦砂の典型的な応力～ひずみ曲線を示す(供試体密度は $\sigma_3=0.5\text{kgf/cm}^2$ 自立時の間隙比 $e_{0.5}$ で表示)。密な供試体で偏差応力がピーク付近で急減するのは供試体が一様に変形せず局部的に破壊が進行するため、変形した局部の軸ひずみを採用すればこのような応力低下した応力～ひずみ関係にならないと思われる。このため正確な応力、ひずみの算定が必要な試験では供試体の局部的ひずみの計測をすべきであろう。



写真-1 超大型三軸圧縮試験機全景

§ 3. 大型・小型三軸圧縮試験による試験結果との比較

超大型三軸による結果と比較するために、大型三軸圧縮試験($D/H=300\text{mm}/600\text{mm}$)と小型三軸圧縮試験($D/H=75\text{mm}/150\text{mm}$)の供試体密度を変えた $\sigma_3 = 1.0\text{kgf/cm}^2$ での試験を行った。供試体は、超大型三軸と同様に、空気乾燥状態の豊浦砂を出口寸法が大型では $3 \times 60(\text{mm})$ 、小型では $2 \times 20(\text{mm})$ の砂撒きノズルから自由落下させて作製した。大型・小型三軸の供試体は完全飽和状態(背圧 $\sigma_{BP}=1.0\text{kgf/cm}^2$)とし、また σ_a と σ_r の算定では超大型三軸同様に自重、セル水位及びゴムスリーブ張力の補正を行った。図-3 と図-4 にはゆる詰めと密詰めの供試体の $\sigma_3 = 1.0\text{kgf/cm}^2$ での 3 種の供試体の試験による応力～ひずみ関係をそれぞれ示す。これらの図から寸法で供試体の最大約 13 倍、体積で約 2370 倍もの差に関わらずよい一致度をみせているが、超大型三軸では体積ひずみがやや小さい。これは破壊が供試体上端面から始まり一様変形をしないためと考えられる。次に、図-5 には粘着力を無視した最大偏

キーワード：超大型三軸圧縮試験 粗粒土 応力～ひずみ 強度 内部摩擦角 豊浦砂
連絡先 (〒243-0125 厚木市小野 2025-1 TEL0462-50-7095 FAX 0462-50-7139)

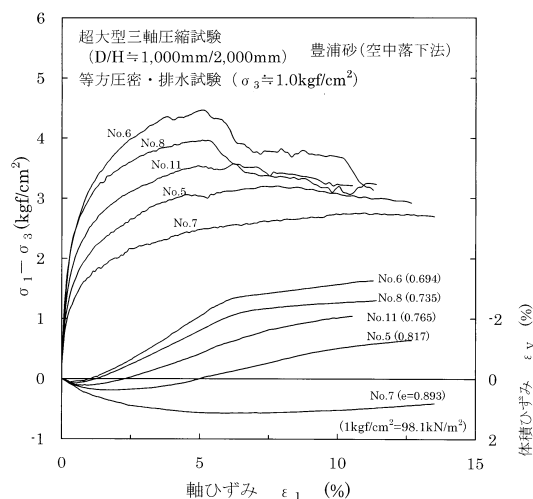


図-1 応力～ひずみ曲線（超大型）

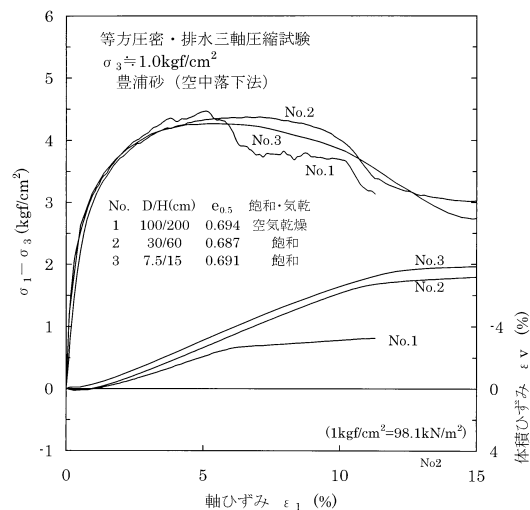


図-2 応力～ひずみ曲線（密）

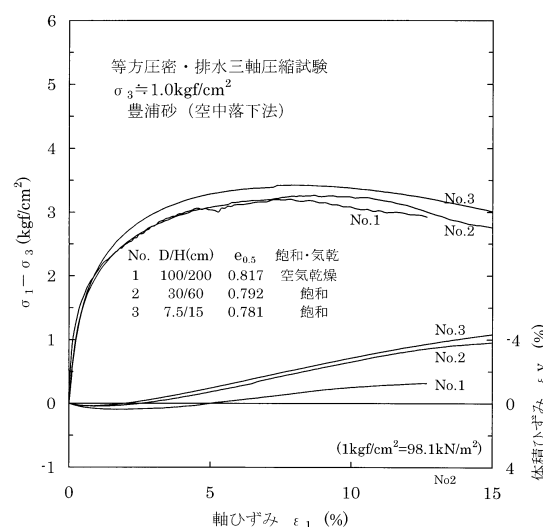


図-3 応力～ひずみ曲線（緩）

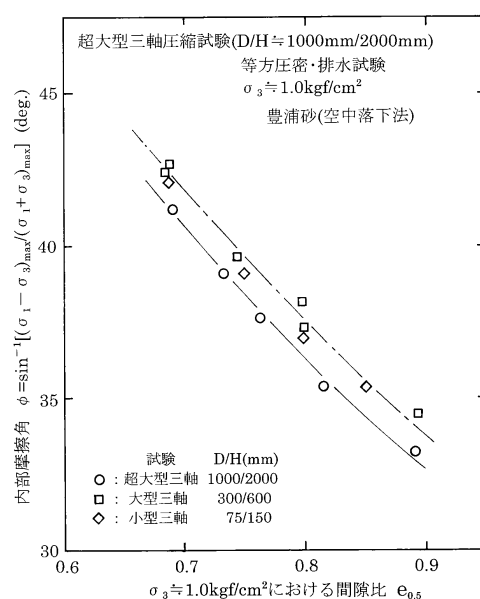


図-4 間隙比～内部摩擦角

差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ による内部摩擦角： $\phi = \sin^{-1}[(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max} / (\sigma_1 + \sigma_3)_{\max}]$ と間隙比 $e_{0.5}$ の関係を示す。この図から、各供

試体の ϕ は寸法の相違にもかかわらず比較的一致度はよい。ただし、超大型三軸による ϕ がやや小さいのは、供試体の破壊が上端面付近から始まり局所的な変形のため十分なダイレイタンスー効果が発揮されないためと考えられる。超大型三軸による $\sigma_3 \approx 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の試験は、供試体寸法の影響を単純に考えると、大型では $\sigma_3 \approx 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 、超大型では $\sigma_3 \approx 0.075 \text{ kgf/cm}^2$ と超低拘束圧領域における試験に相当する。従って、超大型三軸では、供試体作製時などでは多少ラフな取扱いが許容される反面、供試体の応力の算定には注意が必要なことを強調しておきたい。

§ 4. おわりに

新たに開発した超大型三軸の適用性を確認するために、供試体寸法の小さい大型・小型三軸による豊浦砂を用いた比較試験を実施し、超大型供試体は応力状態の非一様性の影響があるものの小型供試体とほぼ同じ応力～ひずみ関係・内部摩擦角となることを確認した。ただし、超大型三軸は大寸法供試体のために、小型三軸の試験では一般的な拘束圧領域における試験でも、超低拘束圧領域での試験に相当していることに注意が必要である。

参考文献

- 1) 福島伸二・北島 明：超大型三軸圧縮・平面ひずみ圧縮(中間主応力制御型三軸)試験機の開発, 土と基礎, 48-5, 2000.
- 2) 北島 明・福島伸二：新たに開発した超大型三軸圧縮試験(D/H=1000mm/2000mm)の適用性, 第 35 回土質工学研究発表会, 2000.