

III-16

三軸圧縮および大型単純せん断試験結果の比較

日本大学工学部 学生員○松本 昇

日本大学工学部 正会員 森 芳信

日本大学工学部 正会員 梅村 順

1.はじめに 本文では、昨年製作した大型単純せん断試験装置¹⁾の検定のために、同装置を用いたCD試験と、三軸圧縮CD試験を豊浦砂を対象に行った。そして、両試験の結果を、せん断抵抗力の発揮因子、特にダイレイタンスの効果に着目して定性的に比較検討した。供試体は、両試験とも初期状態が $Dr=50\%$ ($e=0.796$)になるように、単純せん断試験では多重ふるいをういた空中落下法、三軸圧縮試験では水中落下法で作成したものとした。試験は、単純せん断試験では気乾状態、三軸圧縮試験では飽和状態で、ひずみ速度をそれぞれ $\Delta\gamma=0.1\%/min$ 、 $\Delta\varepsilon=0.1\%/min$ として行った。

2.試験結果 図-1に三軸圧縮試験の結果を示す。単純せん断試験と比較するため、 $(\sigma_1-\sigma_3)/2$ の値を縦軸に取った。三軸圧縮試験の $(\sigma_1-\sigma_3)/2-\varepsilon$ 関係はほぼ双曲形を、体積変化はせん断後半に膨張する傾向を呈した。単純せん断試験は、せん断時の垂直圧を供試体上面からエアバックを用いて空圧で作用させ、かつ底面のせん断方向に等間隔で並べた3つの土圧計で計測した。また、垂直変位は、供試体上面の土圧計直上3箇所 で測定した。図-2は、上面から294kPaを作用させた試験時における底面土圧計の計測結果を示したものである。装置の機構上、供試体周囲の摩擦の影響と、単純せん断変形に伴う底面の垂直応力が不均一になることを考慮して、せん断時の垂直応力は図に示す土圧計測定値の平均と上載圧の平均を取った。また、垂直変位も土圧計同様、不均一になるので、これら測定値の平均を垂直変位とした。そして、試験の結果を整理したのが図-3である。 $\tau-\gamma$ 関係は、せん断中 τ が増加し続け、体積変化はせん断後期に膨張したが、せん断中は全般にわたって収縮する傾向を呈した。

3.三軸圧縮・大型単純せん断試験の比較 本文ではせん断抵抗力にせん断モード、供試体寸法および供試体の水分状態の影響が含まれることを考慮して、また、両試験とも平均主応力を一定にしていなかったためにせん断に伴う体積変化にその影響が含まれることから、定性的な比較・検討を行った。まず、せん断抵抗力への寄与因子として、粒子相互のすべりによる摩擦およびダイレイタンスの効果を考えた。そして、ダイレイタンスの効果の評価式として強度に関するTaylor²⁾

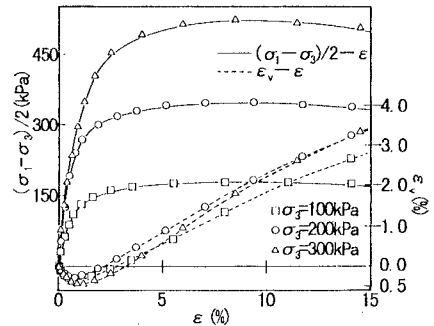


図-1 三軸圧縮試験結果

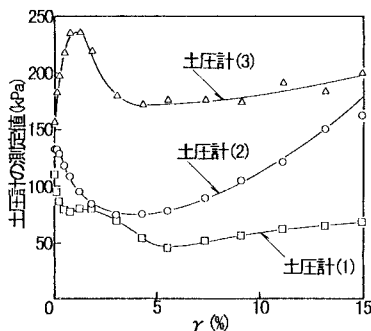


図-2 底面土圧計計測結果

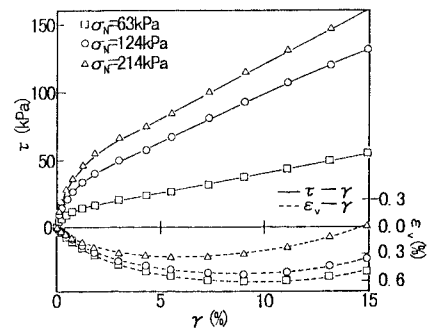


図-3 大型単純せん断試験結果

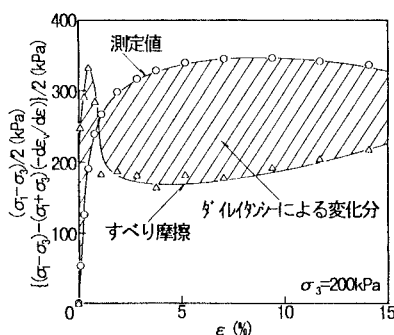


図-4 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 - \varepsilon$ 関係
 $\{(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3)(-d\varepsilon/d\varepsilon)\}/2 - \varepsilon$ 関係

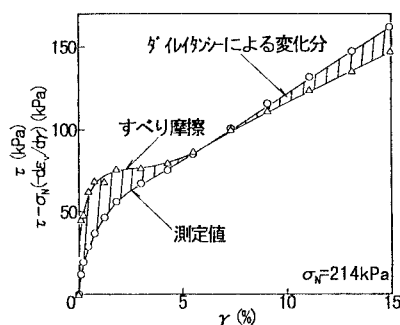


図-5 $\tau - \gamma$ 関係
 $\tau - \sigma_n(-d\varepsilon/d\gamma)$ (kPa) — γ 関係

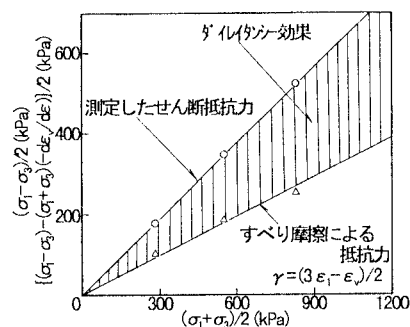


図-6 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 - (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 関係
 $\{(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3)(-d\varepsilon/d\varepsilon)\}/2 - (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 関係

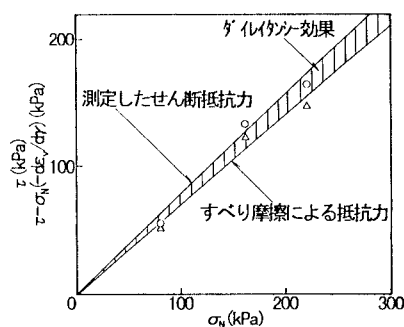


図-7 $\tau - \sigma_n$ 関係
 $\tau - \sigma_n(-d\varepsilon/d\gamma)$ (kPa) — σ_n 関係

および Bishop³⁾の提案式を参考にし、せん断抵抗力が次式で表せると考えた。

$$\langle \text{三軸圧縮試験} \rangle \quad \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_t}{2} + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \left(-\frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon} \right) \quad \langle \text{単純せん断試験} \rangle \quad \tau = \tau_t + \sigma_n \left(-\frac{d\varepsilon_v}{d\gamma} \right)$$

上二式とも、右辺第一項を粒子相互のすべりによる摩擦、第二項をダイレイタンスーの効果とした。

図-4は三軸圧縮試験 $\sigma_3 = 200 \text{ kPa}$ 時の、また、図-5は単純せん断試験 $\sigma_n = 214 \text{ kPa}$ 時の結果に上式を適用したものである。せん断初期には図-1、3に見られる体積収縮に対応して摩擦の効果が測定値を上回った。この部分については、ダイレイタンスーがせん断抵抗力に負の寄与をしたというよりも、供試体が緩詰め状態であったために、圧縮変形が大きく現れた部分と考えられる。そしてせん断が進行するに連れて、測定値が摩擦の効果を上回るようになった。これは、 γ の増加に伴ってダイレイタンスーの効果が大きくなっていることを示すと解される。三軸圧縮試験ではこの効果が $\varepsilon = 0.5 \sim 1\%$ 程度から現れ始めており、単純せん断試験の $\gamma = 6 \sim 7\%$ 程度に較べ、小さなひずみ段階から現れ始めた。また、三軸圧縮試験では、 $\varepsilon = 7\%$ 程度以降、この効果の大きさはほぼ一定となっているが、単純せん断試験では、せん断を終了した $\gamma = 15\%$ まで増加し続ける傾向にあることが認められた。これらは、単純せん断試験では供試体を剛板で拘束しているために、三軸圧縮試験に較べて明瞭なせん断面が形成されず、供試体全体が次第に抵抗力を発揮していることを反映したものと考えられる。図-6、7は、について、せん断後期の測定値に対する摩擦効果の寄与の割合を概念的に見るために、それぞれの $\gamma = 15\%$ 時の測定値と摩擦効果の値を求め、クーロンの規準式を適用して表したものである。 $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 、 σ_n が増加するに連れ測定値に対するダイレイタンスー効果の割合が増加する傾向にあること、三軸圧縮試験のその割合が大きいことが認められた。

参考文献 1)佐藤他:大型単純せん断試験装置の製作,平成8年度土木学会東北支部技術発表会講演概要,pp.326-327,1997. 2)Taylor, D. W.: Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1948. 3)Bishop, A. W.: Correspondence on "Shear Characteristics of a Saturated Silt, Measured in Triaxial Compression", Geotechnique, Vol.4, Pp.43-45, 1954.