

III-218 砂の静的単純せん断試験

山口大学工学部 正会員 ○ 山本 哲朗
 宇部工業高等専門学校 正会員 大原 資生
 山口大学工学部 百合野博司

1. まえがき 普通のケルマン型単純せん断試験機ではその構造上せん断時に供試体に生じる水平応力が正確に測定できないという欠点があることは周知のとおりである。

著者らは先に供試体の周囲に塩基板製リングを積み重ねた型のケルマン型単純せん断試験機を用い、中間のリングに小型圧力変換器をはめ込んで砂の繰返しせん断時の水平応力を測定した¹⁾。本報告ではこの試験機を用い、密度の異なる2種の砂供試体について静的せん断時の水平応力を測定した結果がのべられている。

2. 実験装置および方法 今回の実験に用いた装置を図-1に示す。これは前回の実験¹⁾で用いたケルマン型単純せん断試験機にせん断力負荷装置⑬および換力計⑭(容量:4.9kN)を取り付けたものである。

供試体①の周囲は厚さ1mmのゴム膜⑦で包まれ、その回りには塩基板製のリング⑤が5枚積み重ねられている。中間のリングには、せん断時に供試体に生じる水平応力を測定するために、せん断方向およびそれと直交する方向にそれぞれ2個ずつ合計4個の小型圧力変換器⑪(容量:196kPa)がはめ込まれている。供試体は直径30cm、高さ約5cmで、塩基板は厚さ1.0cmで、内径30.2cm、外径35.0cmである。

重錘⑨の枚数によって、供試体表面での鉛直応力 σ'_z は9.8、29.4、49.0kPaの3とおりに変えることができるが、今回は $\sigma'_z=49.0$ kPaの場合について実験を行った。

実験は次のようにして行った。まず、せん断箱内に気乾状態の豊浦砂をゆる詰めあるいは密詰め状態で詰める。ゆる詰め供試体の間隙比 e は0.873(相対密度 $D_r=22.8\%$)で、密詰め供試体は $e=0.673(D_r=90.1\%)$ である。次に供試体表面に重錘を載せた後、せん断力負荷装置を用いて供試体表面上にせん断応力 τ_{zr} を加える。せん断速度は0.01mm/secで、変位量は最大で10mmとした。実験時には供試体に生じる水平応力を4個の小型圧力変換器、せん断変位および鉛直変位を変位変換器(容量:10mm)、せん断力を換力計で測定し、すべてペン書きオシログラフに記録した。豊浦砂の物理常数は次のとおりである。 $G_s=2.642$ 、 $D_{max}=0.84$ mm、 $D_{50}=0.21$ mm、 $U_c=1.71$ 、 $e_{max}=0.941$ 、 $e_{min}=0.642$

3. 結果および考察 図-2はゆる詰め供試体(Test-1)の応力とひずみの関係をせん断ひずみ $\gamma=3\%$ までの範囲で示す。同様に図-3は密詰め供試体(Test-2)の場合を示す。図中、 $\sigma'_r(1)$ と $\sigma'_r(2)$ はせん断方向の水平応力であるが、前者はせん断を加えている側の水平応力、後者はそれと向かい合う側の水平応力を示す。 $\sigma'_r(3)$ と $\sigma'_r(4)$ はせん断方向と直交する方向の水平応力である。

図-2、3の水平応力についてみることにする。図-2のゆる詰め供試体の場合には $\gamma=1.8\%$ までは $\sigma'_r(1)$ は他の3つの水平応力よりも若干大きく、 $\gamma=1.0\%$ において減少し始めることがわかる。この実験では $\sigma'_r(2)$ は $\sigma'_r(3)$ および $\sigma'_r(4)$ とほぼ同じ値となったが、これ

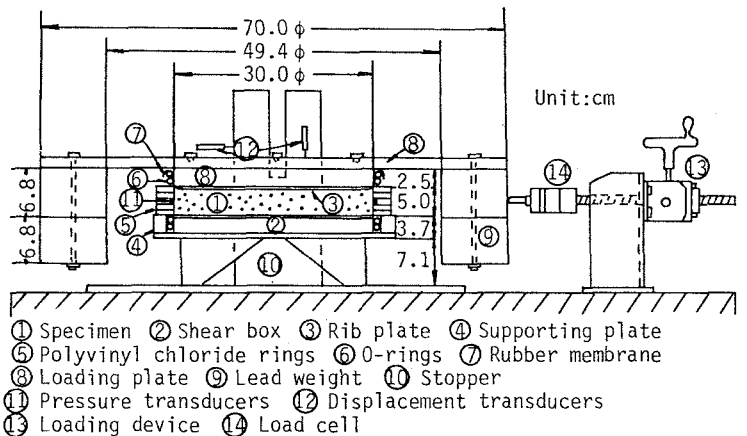


図-1 実験装置

ら3つの σ'_r は $\gamma=3\%$ までの間で増加し続けている。せん断方向とそれと直交する方向での水平応力の大きさの違いをみるために、 $\sigma'_r(1)$ と $\sigma'_r(2)$ の平均値と $\sigma'_r(3)$ と $\sigma'_r(4)$ の平均値を比べると $\gamma=1.0\%$ のときに前者は後者の1.1倍となる。図-3の密詰め供試体の場合には $\sigma'_r(1)$ と $\sigma'_r(2)$ は $\sigma'_r(3)$ と $\sigma'_r(4)$ よりも明らかに大きい。試料詰めの際に $\sigma'_r(3)$ の初期応力が他よりも著しく小さいので、これを除いて得られた倍率は、 $\sigma'_r(1)$ が減少し始めるとき($\gamma=1.7\%$)で1.4倍となった。

このように本実験でも砂のせん断方向の水平応力はそれと直交する水平応力よりも大きい、その倍率は他の結果よりも小さいとの結論が得られた。例えば、ケンブリッジ型単純せん断試験機を用いた実験ではゆる詰めおよび密詰め Buzzard sand のせん断実験からは2方向の水平応力の倍率は最大でそれぞれ2.4倍、1.6倍という結果が得られている²⁾。

上述したように $\sigma'_r(1)$ についてはゆる詰め供試体の場合には $\gamma=1$

.0%のときに、密詰め供試体の場合には $\gamma=1.7\%$ で最大値となり、それ以後は減少する傾向がみられる。これはせん断力を加えている付近の砂に主動状態の破壊が生じたことによるためと考えられる。著者らの砂箱(高さ50cm)に詰めた非常にゆるい状態の豊浦砂層($D_r=9\%$)の土圧実験によると、可動壁が回転角 2.16×10^{-3} radほど変位したときに砂層は常時の主動土圧状態に入ることがわかっている³⁾。

次に、せん断応力 τ_{zr} についてみると両供試体ともに τ_{zr} は γ が小さい範囲で急増し、それ以後は γ の増加とともに漸増している。また体積ひずみ ϵ_v をみると、ゆる詰め供試体はせん断中に収縮し続けているが、密詰め供試体ではせん断の開始のごく初期で収縮し、それ以降は膨張し続けていることがわかる。

4. まとめ せん断時の水平応力が測定できるように改良したケルマン型単純せん断試験機を用いてゆる詰めおよび密詰め砂の静的せん断を行い、砂に生じるせん断方向の水平応力はそれと直交する方向の水平応力よりも1.1~1.4倍大きくなるという結果が得られた。

参考文献 1) 大原・山本:繰返しせん断を受けているときの砂の土圧係数について、土木学会論文集、第412号/III-12, pp.89-97, 1989 2) Budhu, M.: Lateral Stress Observed in Two Simple Shear Apparatus, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.111, No.6, pp.698-711, 1985 3) 大原・山本:粘着力をもつ土の地震時主動土圧に関する実験的研究、土と基礎、Vol.30, No.4, pp.33-38, 1982

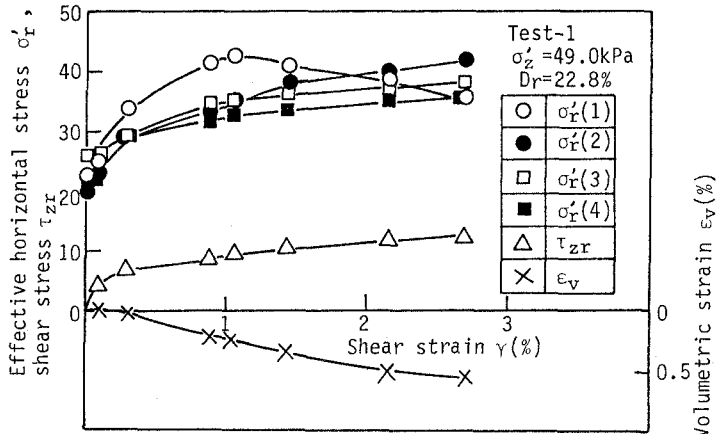


図-2 応力とひずみの関係(ゆる詰め供試体)

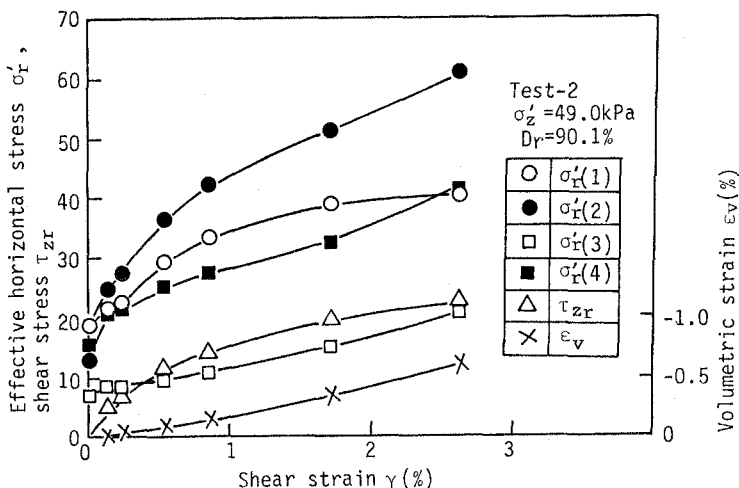


図-3 応力とひずみの関係(密詰め供試体)