

Ⅲ-A21

一面せん断をうける砂供試体の変形

(株) エコー建設コンサルタント 正員 大藤 泰彦
徳島大学工学部 正員 上野 勝利
徳島大学工学部 正員 望月 秋利

1. まえがき

一面せん断試験は一軸圧縮試験や三軸圧縮試験に比べ、 K_0 圧密が容易に行える等の利点がある反面、i) せん断箱と試料の間に摩擦がある、ii) 進行性破壊が他の試験方法に比べて顕著であり、供試体寸法によって強度が異なる恐れがある、iii) 一般に応力とひずみを定義出来ないのでは変形定数を求めることができない、といった欠点がある。そこで直方体供試体の一面せん断試験機(以下二次元型と記す)を製作し、上記3つの欠点について検討を行ったので、報告する。

2. 試験方法

製作した二次元型一面せん断試験機を図-1に示す。せん断箱は、それぞれ長さ(L)300mm、幅(H ; 最大)200mm、深さ(t)40mmの固定箱と可動箱からなり、固定箱と可動箱の間の鉛直面がせん断面である。図中可動箱手前よりロードセルを介し、せん断速度0.25mm/min、最大20mmのせん断変位を手動ジャッキで与えた。供試体は乾燥豊浦砂($D_{max}=0.42$ mm, $U_c=1.57$, $\rho_s=2.649$ g/cm³, $\rho_{dmax}=1.655$ g/cm³, $\rho_{dmin}=1.347$ g/cm³)を用い、空中落下法(間隙比 $e=0.85$)によって作成した。せん断箱内部にアルミブロックを挿入し、供試体幅 H を100, 150, 200mmと変化させ、実験を行った。

実験は通常の定圧一面せん断試験と変形観察実験の2シリーズを行った。定圧一面せん断試験では、固定箱と可動箱の両方に、厚さ12mmのガラス板でそれぞれの上面に蓋をし、垂直圧 $\sigma=0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ kgf/cm²と変えて実験を行った。その結果を、直径60mm、幅20mmの円盤形供試体を用いた三笠式一面せん断試験結果と比較した。

変形観察実験では、ガラス面の摩擦による変形の拘束を避けるため、ガラス板を取り外し、垂直圧を与えずにせん断した。その間変位2mmごとに供試体上面より写真撮影を行い、供試体の変形を観察した。撮影した写真をおよそ0.23mm/ピクセルの解像度でパソコンに取り込んだ。そしてせん断変位が2mmづつ異なる2枚の画像に対し、41×41ピクセルの小画像のパターンマッチングを行い、供試体表面各点での水平変位を決定した。得られた水平変位をせん断変位ごとに累積し、1辺を20ピクセルとする四

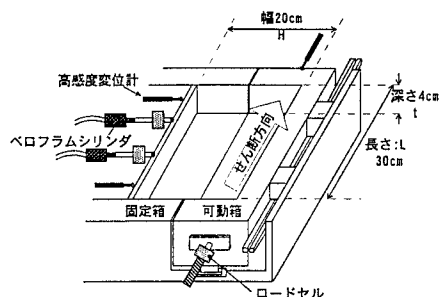


図-1 二次元型一面せん断試験機

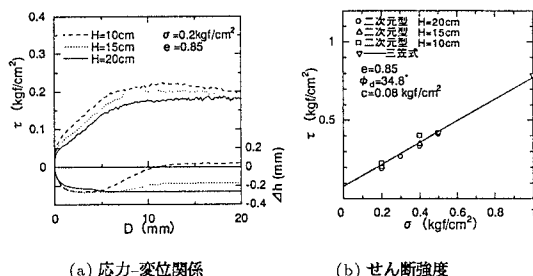


図-2 一面試験結果

辺形要素の節点での変位から、供試体表面のひずみ分布を算出した。この方法により最小値約2.5%の最大せん断ひずみ(γ_{max})を約5mmメッシュで得ることが出来た。

3. 実験結果

(1) 応力-変位-ダイレイタンス特性と強度特性

図-2(a)に二次元型試験機より得られた応力-変位-ダイレイタンス関係(垂直圧 $\sigma=0.2$ kgf/cm²)を示す。後述するように供試体幅によらずせん断域の幅はほぼ一定であり、したがって供試体幅が大きい程せん断変形に寄与しない部分が大きくなる。せん断箱内部での周面摩擦によるサイロ効果を考慮すると、供試体幅が大きな場合程、せん断域での垂直圧が小さくなることが予想される。その結果、供試体幅が大きくなるほど、動員されるせん断応力が小さくなったと考えられる。さらに体積膨張時には供試体幅が大きくなる程、せん断箱と供試体の間の周面摩擦により変形が拘束され、体積膨張量が少なくなったと考えられる。

図-2(b)に二次元型試験機と三笠式試験機の両者から得ら

Key Words: 一面せん断試験, 変形, 画像解析

〒770-8079 徳島県徳島市南常三島町2-1 徳島大学工学部 Tel/Fax 088-656-7342

れた定圧一面せん断試験結果の直応力-せん断応力関係を示す。二次元型試験機より得られた強度特性は、 $H=100\text{mm}$ の結果がやや高めの値を示し、上述のとおり供試体幅が大きくなるほど強度が低下する傾向が見られるが、いずれも三笠式とおおむね同程度の結果を示し、供試体寸法によるせん断強度の明確な違いは見られなかった。

(2) 供試体変形挙動の観察

図-3(a-d)は $H=200\text{mm}$ の変形観察試験で得られた最大せん断ひずみ($\gamma_{max} = \varepsilon_1 - \varepsilon_3$)分布を10%毎の等値線を示したものである。図より、せん断箱両端より中央に向かってせん断ひずみの卓越する領域が変位とともに発達していく様子が見られる。拘束されていない供試体表面で観察した変形であっても、大島ら¹⁾が示した通常の円盤型供試体中央断面の変形と類似している。このことから本報告で観察した供試体表面の変形は、拘束圧下での供試体中央の変形と類似したものであると判断している。

最大せん断ひずみが10%以上となる範囲は、変位4mmの時に連続した横S字形となり、変位 $D=8\sim 10\text{mm}$ までの間にその付近の変形はレンズ形に発達した。その後は変位が増加してもレンズ形の部分(せん断域)の大きさはほぼ変わらなかった。すなわちせん断ひずみが極端に集中した領域(せん断層)は、せん断箱の左右のエッジ部から供試体中央に向かってせん断変位の初期の段階から発達し、 $D=8\text{mm}$ 以降では、その大部分がせん断層に集中するという変形進展を示した。

図-4(a, b)は供試体幅 $H=100\text{mm}$ ならびに150mmの試験から得られた、せん断変位10mmの時の最大せん断ひずみ分布を、10%ごとの等値線によって示したものである。 $H=100\text{mm}\sim 200\text{mm}$ の範囲では、せん断域の幅は層厚によらず $63.5\text{mm}\sim 73.0\text{mm}$ とほぼ同じで、それは供試体長さの20~25%程度であった。

図-5はひずみを算出した要素の面積と単純せん断ひずみの値の積の総和を、せん断域幅と供試体長さの積($68\text{mm} \times L=300\text{mm}$)で除した、平均最大せん断ひずみと、せん断変位 D の関係を示したものである。図中には「せん断変位 D /せん断域幅」の2倍の値も直線で示した。せん断変位が10mm程度までの範囲では、最大せん断ひずみは(せん断変位 D /せん断域幅)の2倍の値とよく一致しており、せん断初期の平均最大せん断ひずみ γ_{max} は「せん断変位 D /せん断域幅」 $\times 2$ によって求められ、一面せん断試験より初期の変形係数が算出可能であることが期待できることを示している。

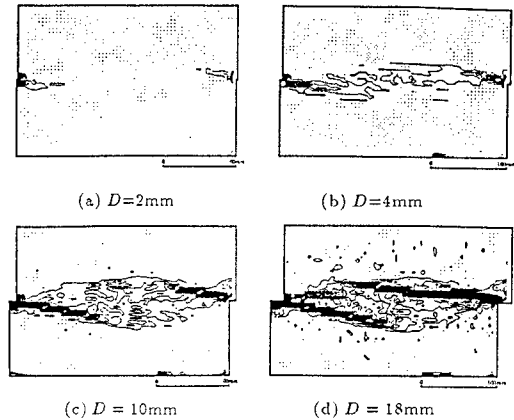


図-3 最大せん断ひずみ分布 ($H = 200\text{mm}$)

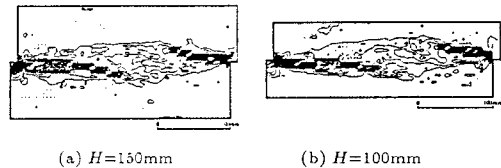


図-4 最大せん断ひずみ分布 ($D=10\text{mm}$)

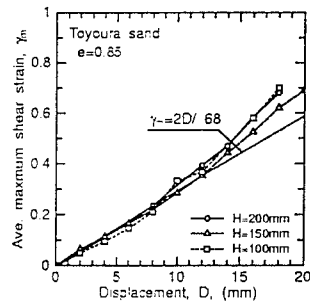


図-5 平均最大せん断ひずみ-せん断変位関係

4. あとがき

得られた主な結果を示す。1) 供試体と試料の摩擦の影響はあるものの、供試体寸法を変えてせん断した時の強度には明確な違いは見られなかった、2) 供試体表面のせん断域は供試体幅によらずほぼ一定であった、3) せん断初期にはせん断域内で単純せん断変形を生じた、4) せん断域幅は、今回の試験では供試体長さの20~25%程度であった。さらにこの点を検討すれば、 $\gamma - \tau$ 関係を求めることが可能となる。

参考文献

- 1) 大島ら(1999):定圧一面、単純せん断試験の供試体変形と強度特性の比較、第34回地盤工学研究発表会、掲載予定