

武蔵工業大学 学生員 小林 司
東急建設㈱ 正会員 岡本 正広

1. はじめに

近年、原子力発電所施設などの重要構造物を砂礫地盤上に立地計画するようになり、砂礫地盤の強度・変形特性を定量的に評価する必要性が生じてきたが、砂礫地盤は、粒径が大きいために通常行なわれている小型の試験機よりも供試体寸法の大きい試験機を必要とする。

しかも、斜面安定、地盤の支持力、あるいは地震時などを考える場合、その破壊モードは単純せん断状態が主体であると考えられるので、単純せん断試験から求められた試験結果を用いるのが最も合理的である。

従来、理想的な単純せん断を再現する方法として中空供試体を用いたねじりせん断試験機があるが、粒径の大きい砂礫地盤に対しては、①薄肉供試体であるために粒径の大きさに限りがある。②不攪乱試料の成形が難しい。③メンブレンペネトレーションに代表されるシステムコンプライアンスの影響が大きい。④試験機の構造が複雑で作業に熟練を要する。などの問題点がある。

そこで、本研究では、従来の三軸試験と同様の簡単な試験手順で行なえるような大型（供試体直径30cm）の直接せん断試験機を製作し、この装置の実用性を検証する目的で、豊浦砂を用いて基本的な実験を行なってみた。

2. 試験装置および試験方法

図-1には、本試験装置の概略を示す。供試体の直径は $D=30\text{cm}$ 、高さは、 $H=15\text{cm}$ であり、通常のラバーメンブレンで覆って三軸セル内にセットされる。また、せん断力は水平に設置した油圧加振機と載荷ロードによってベDESTALを通じて供試体に加えられる。

実験に用いた砂は、豊浦標準砂（ $e_{\max}=0.977$ 、 $e_{\min}=0.605$ 、 $G_s=2.64$ ）である。空中落下法によって作製した供試体を飽和化後、所定の圧密応力で等方圧密したのち、ひずみ制御（ $\dot{\gamma}=0.1\%/min$ ）で排水せん断試験を行なった。等方状態は供試体の上端とした。また、実験条件は $e=0.651\sim 0.760$ である。

3. 応力・ひずみの算定

本試験で採用した応力・ひずみの定義を以下に示し、図-2にそのときの供試体の応力状態の模式図を示す。

$$\text{外見的なせん断ひずみ} \quad \gamma_{ave} = \Delta h_R / H_0 \quad \text{..... (1)}$$

$$\text{外見的なせん断応力} \quad \tau_{ave} = T / A_s \quad \text{..... (2)}$$

$$\text{外見的なせん断応力比} \quad \tau / \sigma'_a = \tau_{ave} / \sigma'_{a,ave} \quad \text{..... (3)}$$

ここに、 H_0 ：供試体の初期高さ、 Δh_R ：セルの外側で測定した水平変位、 T ：載荷した水平力、 A_s ：供試体の断面積

また、有効鉛直応力 $\sigma'_{a,ave}$ は次式を用いて求めた。¹⁾

$$\sigma'_{a,ave} = \sigma_{CP} + ((AL + PW - a \cdot \sigma_{CP}) - (hw \cdot a + h_c \cdot A_c) \cdot \gamma_w) / ((SV - DV) / (SH - AD)) - \sigma_{BP} \quad \text{..... (4)}$$

ここに、 PW ：（ピストンロッド＋ガイドロッド＋キャップ）の重量、 σ_{CP} ：セル圧、 σ_{BP} ：背圧、 a ：ロッドの断面積、 SV ：圧密後供試体体積、 SH ：圧密後供試体高さ、 AL ：鉛直荷重、 AD ：鉛直変位、 DV ：体積変化、 h_c ：キャップ高さ、 A_c ：キャップの断面積、 hw ：キャップ上のセル水位

4. 試験結果および考察

写真-1は、密な供試体（初期間隙比 $e_i=0.654$ ）のせん断状態であり、せん断ひずみが7.5%程度まではほぼ一様な変形をしているが、これ以上せん断ひずみが大きくなると、破壊面が発生してくる。

図-3は、有効拘束圧が $\sigma'_c=1.0$ および 0.5kgf/cm^2 のときの、せん断応力～ひずみ関係である。すなわち、いわゆる外見的なせん断ひずみを用いたときの応力～ひずみ関係である。同図にはねじりせん断試験結果²⁾も同時に示す。この図より、理想的な単純せん断状態を再現しているねじりせん断試験結果と比較すると、強度変形特性に大きな違いが見られる。

その主な理由は、供試体側面にせん断力が作用しないために生じる供試体内部の応力・ひずみ分布の非一様性に加え、

- ①鉛直応力 σ_a' を一定のまません断力を加えていくと σ_a の偏心量が大きくなるために供試体の有効鉛直応力の分布が著しく不均一になっている。
- ②供試体の高さ・直径比が1/2と比較的大きいため、①の影響が大きい。
- ③セルの外側で測定した平均的なせん断力およびせん断ひずみを採用している。

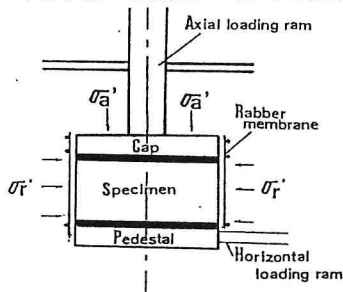
したがって、今後はキャップに分割型の二方向ロードセル³⁾を埋め込んでせん断力、鉛直力の分布を測定するとともに、供試体の両側面に非接触型の変位形を取り付けて、ひずみ分布も測定する予定である。

《謝辞》本研究において武蔵工大 内藤康晴氏には実験をするにあたり協力して頂きました。末筆ながら感謝致します。

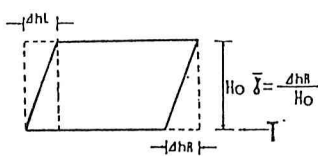
《参考文献》1)龍岡文男他：生研セミナーテキスト〈室内土質せん断試験〉，生研技術研究奨励会

2)福島伸二：ねじりせん断試験による砂の変形・強度特性の実験的研究，東京大学博士論文，1982

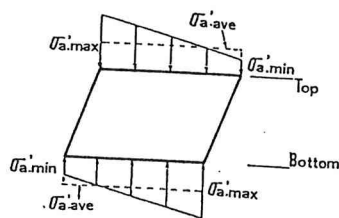
3)谷泰弘：切削加工の分野で使用されるロードセルについて，生産研究，vol.34, No.6, 1982



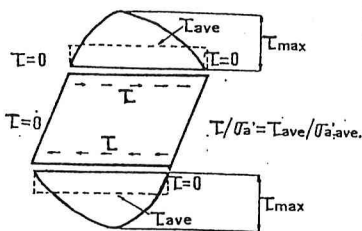
図一 単純せん断試験装置の概略図



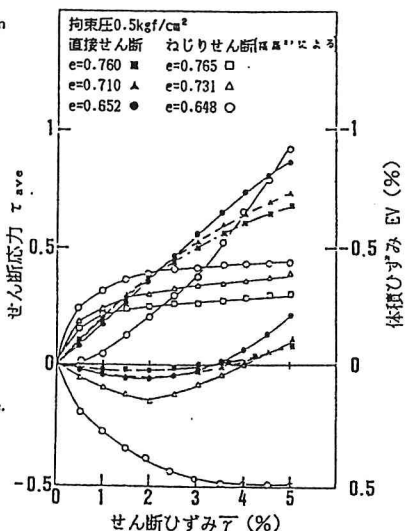
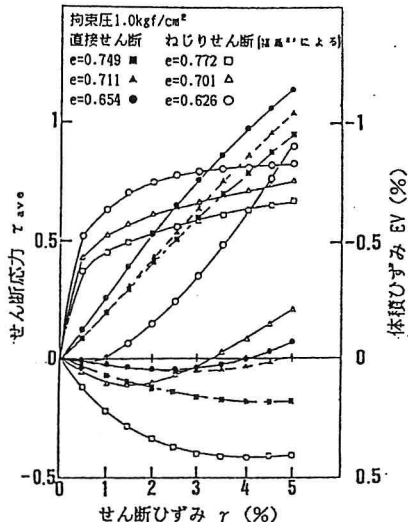
(a) 外見のせん断ひずみ



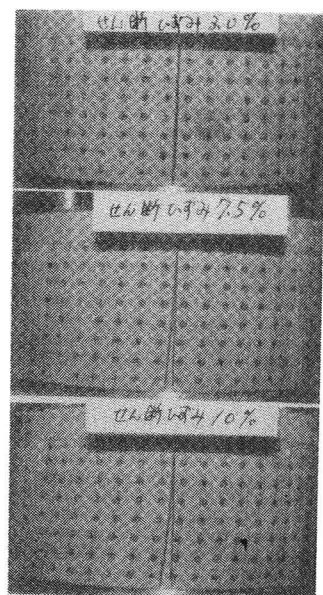
(b) 有効上載圧の分布



(c) せん断応力の分布



図三 せん断応力 ~せん断ひずみ
体積ひずみ ~せん断ひずみ



写真一 密な供試体のひずみ状態

図二 供試体の応力状態