

2-4 簡単な平面ひずみ試験について

山口大学工学部 正員 大原賢生
〇宮内 彰

1. まえがき

堤体や連続基礎のように、一様な断面の長い構造物の付近の土塊は平面ひずみ状態にあり、そのせん断破壊は構造物の長さ方向の変位を生じない状態での破壊である。しかし現在これらの設計において用いられる土の強度定数は必ずしも平面ひずみ条件での試験から求められているわけではない。したがって土の強度定数をできる限り実際の地盤中の状態に近ずけるために1965年前後から数ヶ所の実験室でこの平面ひずみ条件でのせん断試験や試験機の試作等が行われ、それらの結果と現在実用化されている三軸試験の結果との比較などが発表されているが、その実験操作が非常にむづかしく試験機自体もかなり複雑な機構をもっていて、広く一般には実用化されていない状態である。

著者の実験室では1969年より従来の三軸試験を利用して比較的簡単に平面ひずみ圧縮試験を行ない、砂に関して一応の成果を収めた。今回は、砂のせん断強度に最も影響を与えられると考えられる間げき比の値を変化させてせん断試験を行ない、その時の内部まっ角が平面ひずみ試験と三軸試験とでどのような対応関係を生じているかを比較検討した。その結果、一応期待どおりの実験結果をうる事ができたので、その方法および結果について述べる。

2. 試料

本実験に使用した試料は図-1に示す二種類の乾燥砂である。供試体の作成は後述の成形用モールドを用いた。均等体数から分るとあり粒のよくそろった砂である。

3. 実験装置

この実験では三軸試験機をほぼそのままの形で利用したので、三軸試験に関しては説明を省略し、平面ひずみ試験を行なうために変更した部分や特に使用した器具について述べる。

平面ひずみ試験の供試体は図-2に示したとおりである。ただし供試体の高さは所定の間げき比を得るために一定ではないが8.0cm以上とした。これは幅に対して長さおよび高さが2倍以上ということ考慮。

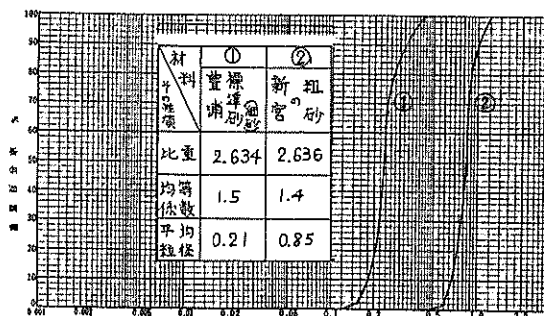


図-1

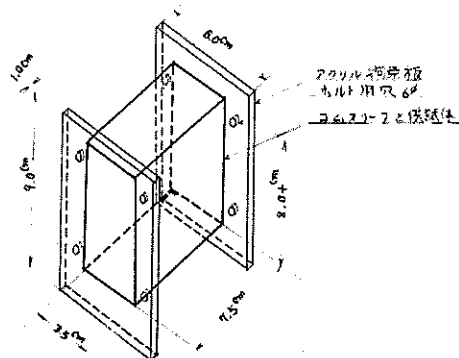


図-2

して定めた。次に三軸室内での上、下加圧板は供試体と接する面が 75×3.5 cm のものにとりかえて使用した。それを図-3に示す。

図-2に示した拘束板はせん断中に供試体の長さ方向の変位を拘束するためのもので、厚さ1cm、縦9cm、横6cmの2枚の亚克力板からなり供試体を左右からはさみ、互いに四隅をボルト、ナットで緊結して使用するものである。供試体成形用のモールドは内側にポーラスメタルが張っており、乾燥砂等の試料の場合には、モールドの内面にゴムスリーブを張って、モールドの支管を負圧に連結し、ゴムスリーブをモールド内壁に密着させて後、砂を入れて供試体を作るのに用いる。

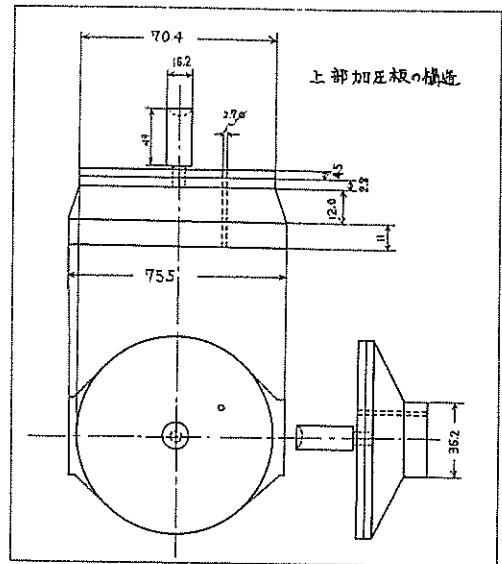


図-3

4. 実験方法

まず成形用モールドを下部加圧板の上に立て、その中にゴムスリーブを入れ、モールドの支管を負圧につないでゴムスリーブをモールドの内面に密着させる。その際、スリーブにしめがけないようにする。次に所定の間げき比になるように約8cmの高さまで砂を入れ、場合によっては振動機で側方から振動を与える。上部表面にも濾紙を敷き、上部加圧板をとりつけ輪ゴムでスリーブを加圧板に緊結し、供試体内部を所定の負圧にして供試体が自立するようにした後にモールドをははずす。供試体の寸法を測定する。次に中間主応力方向のみすみ拘束板をとりつけるが、亚克力板と供試体すなわちゴムスリーブとの接触面にはシリコングリスを塗り、拘束板面に平行な方向の供試体の変形が拘束板とゴムスリーブとの間のきまつによって拘束されないようにした。本実験では三軸、平面のみすみ試験ともに圧縮速度は 1 mm/min とした。

5. 実験結果

図-4は本実験で得られた応力-ひずみ曲線の一例である。縦軸に主応力差 $(\sigma_1 - \sigma_3) \text{ kg/cm}^2$ 、横軸に軸方向圧縮ひずみと名をとって整理したものである。実線は平面のみすみ試験の結果で、破線は三軸試験の結果である。この図からいえることは、平面のみすみの破壊ひずみ量は三軸試験のそれよりも小さく、破壊点における主応力差のピーク値のあらわれ方が顕著で、しかもその値は平面のみすみ試験の方が大であることである。次に図-5は本実験で行った結果の一部で、細砂と粗砂についてそれぞれ $\sigma_3 = 0.9 \text{ kg/cm}^2$ における平面のみすみ試験と三軸試験との結果が間げき比とどのような関係にあ

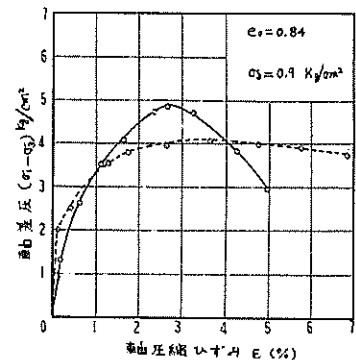


図-4

3をピックアップして明示したものである。

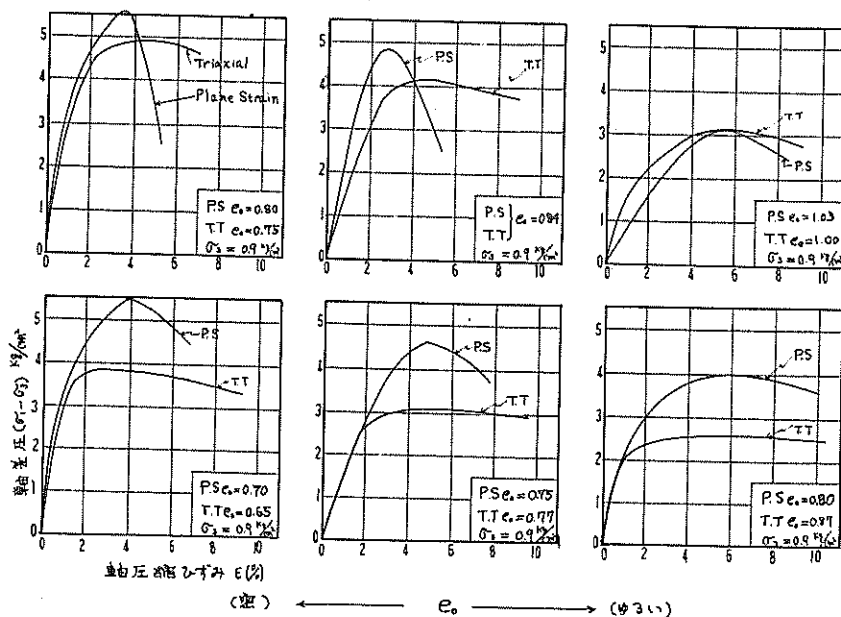


図-5

図-5で、それぞれの開けき比はかならずしも一致していないが、密な状態のものを左側に、ゆるい状態のものを右側に示してある。この図から砂の状態が密実なものからゆるいものになるにしたがって破壊ひずみ量は大きくなることかわかる。

図-6はわれわれのせん断試験から得た内部まっ角-初期開けき比の関係である。細砂、粗砂ともに平面ひずみ試験、三軸試験において同一初期開けき比のもとで3回以上の実験を行ない、かつ3種類の初期開けき比についての値を記入したものである。当然のことながら本実験においても細砂、粗砂のいずれの場合も、初期開けき比が大きくなるにつれて、すなわち、ゆるい状態になるにつれて破壊時の内部まっ角が小さくなることを示した。

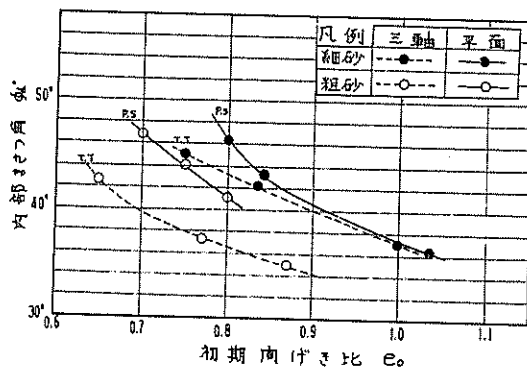


図-6

図-6から①同一初期開けき比のもとでは、平面ひずみ試験から得られた内部まっ角は三軸試験のそれよりもいくらか大である。②両者の差は初期開けき比が小さい場合が大きくなり、初期開けき比が大きくなるにつれて小さくなることかわかる。このことは、より開けき比の小さいものほど砂粒子間のまっ角抵抗が大きくなることに帰因しており、これまでの報告もこのことに言及しているが、さらにそのまっ角抵抗を決定する要素のうち砂粒子の淘汰のされ方の度合いがせん断特性の定量的な報

い方によりよい指針を与えるものと考えられる。

次に図-7において平面ひずみ試験と三軸試験とのそれぞれの破壊時の軸ひずみ E_f の大きさも比較して示した。これよりわかるように平面ひずみ試験での破壊ひずみ E_{fp} が三軸試験での破壊ひずみ E_{ft} より大きくなる例は一つもない。この図から平面ひずみ試験の破壊ひずみ量は三軸試験のそれの約65%程度とされていることがわかる。

6. 結論

以上述べたように著者等は現在使用されている三軸試験機を利用しての平面ひずみ試験を行なつてみ

た。その結果、上、下の加圧板をかえることや拘束板やモールド等を用意することだけで比較的容易に平面ひずみ試験を行なうことができた。そして、実験結果も他所で現在までに行なわれた平面ひずみ試験の結果ともよく一致する結果が得られた。結果を要約すると

- 1) 平面ひずみ試験より得られる乾燥砂の内部まざつ角は三軸試験より得られるそれよりも数度大きく、両者の差は初期間けき比が小さいほど大きい。
- 2) 主応力差—ひずみ曲線において、平面ひずみ試験の方がピーク値が高く、かつピークの表われ方が明瞭である。
- 3) 平面ひずみ試験の破壊時の軸ひずみ量は三軸試験のそれよりも小さく、その減少割合は、細砂の方が粗砂にくらべて大きい。

おわりにこの実験については細砂、粗砂ともに粒径のよくそろつたものを使用したものであって、砂粒子の基本的要素のうちの粒度組成に重点を置いて行なっており、集合状態での砂粒子は図-1に示したとうりのよくまとまつた状態のものであって、基礎的実験であることを付記する。

参考文献

- ・大森資生；平面ひずみ状態でのせん断試験，山口大学工学部研究報告，第21巻，1号，1970 pp 97-111
- ・Kenneth L. Lee；Comparison of Plane Strain and Triaxial Test on Sand，Jour. Soil Mech. Found. Div. No. SM 3，1970 pp 901-923
- ・中瀬明男；土のせん断，土質力学（技報堂）最上武男編著，第5巻 1969，pp 499-622
- ・小田匡亮，榎本文男，鈴木正；砂粒子の形状、組成が砂の土質工学的性質に及ぼす影響に関する研究，土と基礎，第19巻，2号，1971，pp 5-21

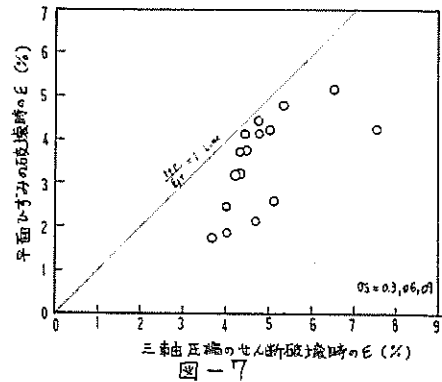


図-7