

ねじりせん断試験機による砂質土の変形特性

山口大学工学部 正会員 大原 資生
 山口大学工学部 正会員 松田 博
 名古屋大学大学院 学生員 ○杉山 吉則

1. まえがき： 1964年に生じた新潟地震で砂の液状化現象が注目を集め多くの研究が行われてきた。本研究室においても、飽和砂の液状化強度についての研究を長期にわたって行っており、近年は研究の対象を粘性土にまでひろげている。

これらの研究に対する実験装置としては、従来より単純せん断試験機と繰返し三軸試験機を用いている。このうち、単純せん断試験機は供試体内での応力分布が不均一であり、かつ側方の拘束圧を直接測定できない等の欠点がある。そこで、これらの欠点を除去することを目的として、今回あらたにねじりせん断試験機を作製したので、豊浦標準砂を用いた結果を報告する。

2. 実験装置の概要： 今回作製したねじりせん断試験機の概略を、Fig.1に示す。また、切室付近の詳細をFig.2に示す。本装置では、Fig.2に示すように、供試体は中空円筒形で、その下面は水平面に対して 21.6° の勾配をもたせている。なお、本装置では下部ペダスタルを交換することにより、供試体の上下面を平行としたケースについても実験を行える。供試体は、図中に示したように、その外周と内周がゴム膜で包まれている。せん断中供試体に加わる応力を示したものが、Fig.3であって、供試体の内周と外周に側圧 σ_h が加わり、上下面には σ_v と τ_{vh} が作用する。ここに、 τ_{vh} はせん断応力で、鉛直軸まわりのトルクを T とすると、次式で与えられる。

$$\tau_{vh} = 3T / \{2\pi(R_1^3 - R_2^3)\} \quad (1)$$

ここに、 R_1 、 R_2 は供試体の外径と内径である。このような応力が作用したとき、供試体内部の主応力は次のようにならわされる。

$$\textcircled{1} \text{ 圧密時: } \sigma_1 = \sigma_v, \quad \sigma_2 = \sigma_h, \quad \sigma_3 = \sigma_h \quad (2)$$

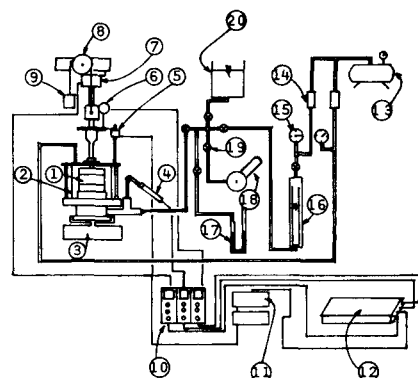
$\textcircled{2}$ せん断時:

$$\sigma_1 = (\sigma_v + \sigma_h) / 2 + \{(\sigma_v - \sigma_h)^2 / 4 + \tau_{vh}^2\}^{1/2}$$

$$\sigma_2 = \sigma_h$$

$$\sigma_3 = (\sigma_v + \sigma_h) / 2 - \{(\sigma_v - \sigma_h)^2 / 4 + \tau_{vh}^2\}^{1/2} \quad (3)$$

せん断力は上部ペダスタルを固定し、下部ペダスタルを回転することによって与えられる。このときトルクは、装置の上部に取り付けたトルク計により、回転角はポテンシオメータによって計測した。ポテンシオメータと載荷軸は、せん断中供試体の鉛直変位の拘束を避けるためにゴム膜で連動するようになっている。また、間隙水圧の測定は供試体の下面で行った。



- | | |
|-------------------|------------------|
| ① Specimen | ⑪ Multimeter |
| ② Cell | ⑫ Recorder |
| ③ Base | ⑬ Air Compressor |
| ④ P.P. Transducer | ⑭ Air Regulator |
| ⑤ Potentiometer | ⑮ Pressure Meter |
| ⑥ LVDT | ⑯ Burette |
| ⑦ Torque Trans. | ⑰ Manometer |
| ⑧ Pulley | ⑱ Cylinder |
| ⑨ Counter Balance | ⑲ Valve |
| ⑩ Strain Amp. | ⑳ Water Tank |

Fig. 1

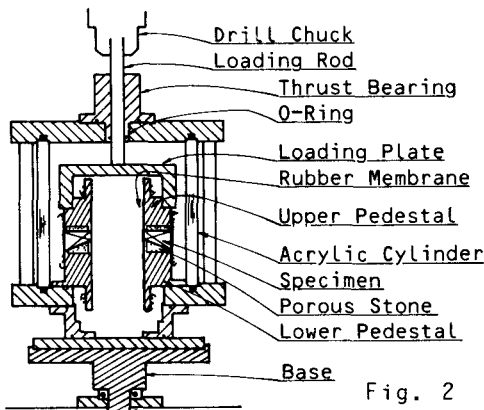


Fig. 2

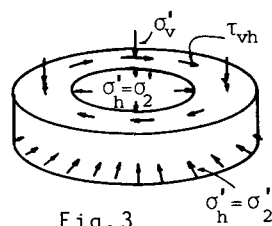


Fig. 3

3. 実験方法： 実験は、豊浦標準砂を用い、真空引きによって十分飽和させた後、静的せん断試験と繰返しせん断試験を行った。そのうち、静的せん断試験では、応力比 $K=\sigma_h/\sigma_v=1.0, 0.8, 0.6$ とし、それぞれについて圧密圧力を $\sigma_v=49, 98, 147\text{kPa}$ とした。せん断は Fig. 1において、 ν -スの中に収められたインダクションホーターを用い、今回はひずみ速度を $13.3\%/min$ とした。一方、繰返しせん断試験については、等方圧密 ($\sigma_v=\sigma_h=98\text{kPa}$) した供試体についてのみ行った。繰返しせん断の周期は約40秒である。

4. 実験結果： Fig. 4 は $K=0.8$ として得た $(\sigma_1-\sigma_3)/2 \sim P'$ の関係を示したものである。図中の斜直線は $k=0.8$ の線である。また曲線は、 $\sigma_h=49, 98, 147\text{kPa}$ として得られたものである。この場合、内部摩擦角 ϕ は約 $33-36^\circ$ となる。一方、繰返しせん断試験の結果を示したものが Fig. 5, 6, 7 である。Fig. 5 は応力波形を示したものである。今回は繰返しせん断応力の負荷を手動で行ったために、波形に多少乱れを生じているが、ほぼ振幅は一定となっている。Fig. 6 は間隙水圧の上昇過程を示したものである。繰返し回数の増加とともに間隙水圧も上昇しており、繰返し回数が16回ではほぼ間隙水圧は 98kPa となり、液状化していることがわかる。Fig. 7 はせん断ひずみとせん断応力の関係を示したものであって、5サイクル程度までせん断剛性率の変化はほとんどみられないが、それ以降は図中の履歴曲線の勾配も小さくなっており、これは間隙水圧の上昇曲線とも対応している。

5. まとめ： 今回はねじりせん断試験機を新たに作製し、静的試験と繰返しせん断試験を行った。本試験機を作製した根拠は、従来より粘土の動的性質を調べるために単純せん断試験機を用いているが、その欠点を補うことを目的としたものである。今回は試験機の特性を把握するために、従来より多くの研究が行われている豊浦砂を用いて実験したものである。今後はいくつかの改良を行ったうえで粘土についての実験に移行したい。

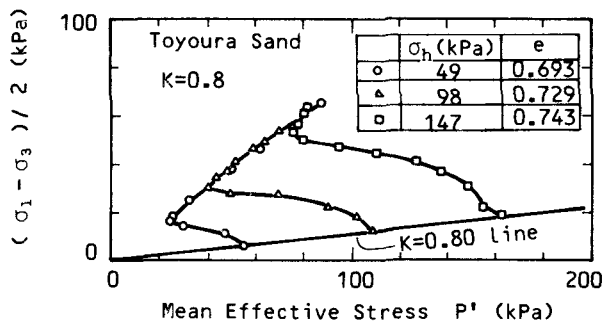


Fig. 4

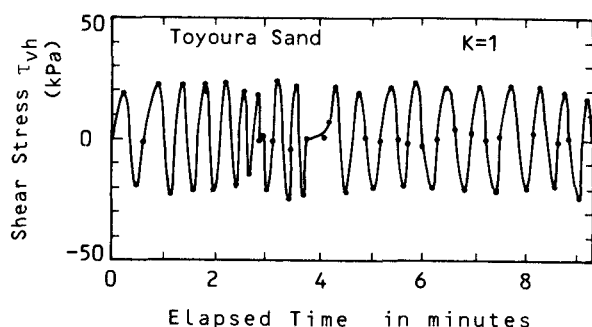


Fig. 5

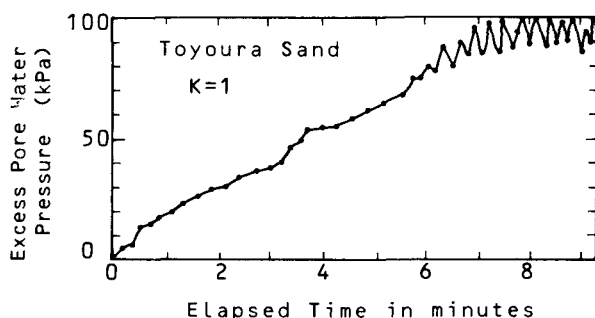


Fig. 6

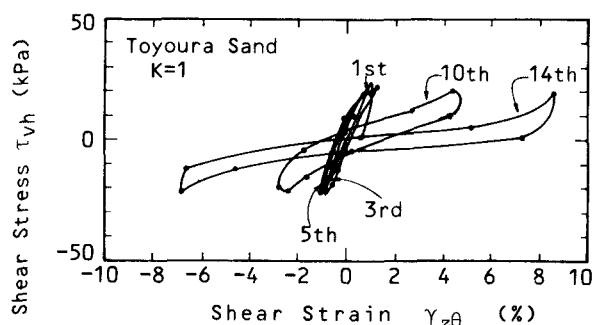


Fig. 7