

# 砂の動的せん断強度について

大原資生\*・永田洋文\*

## Shear Strength of Sand under Pulsating Loading Condition

Sukeo ŌHARA and Hirofumi NAGATA

### Abstract

The dynamic shear strength of soil is one important problem in the earthquake engineering. In this field, there are many studies that Professor H.B.Seed carried out by the dynamic triaxial test and the dynamic simple shear test. Recently, the dynamic direct shear test of sand was carried out in our laboratory. This test apparatus consisted essentially of a shear box, an arrangement for applying a cyclic load to the soil and an electronic recording system. The entire assembly is shown in Fig. 1. A cyclic load was generated by a air cylinder and a cyclic period was controled by solid state timers. In these experiments, the shear strength of dry and wet sand under cyclic loading condition with 2 seconds cyclic period were obtained. From this results, we could find the difference between the static and the dynamic strength but we could still not clear this cause. We will continue these studies.

### 1. 緒言

土の動的せん断強度は地震工学上の一つの重要な問題である。すなわち、地盤や土構造物を構成する土が地震時に、その強度が低下するのが、どうかといった問題は地盤および構造物の耐震設計を行なう上に一つの重要な要素となることはいうまでもない。

これに関しては、動的三軸試験や動的純粋せん断試験によって行なわれた H. B. Seed 教授の多くの研究がある。

われわれはこの問題についての研究を始める手はじめとして直接せん断試験機を用い、そのせん断力を一定の周期で増減をくり返す、いわゆる動的せん断試験を乾燥砂および湿潤砂について行なった。試験方法の改良や実験結果の考察等が十分にできていないのであるが、第一報として発表しておく。

### 2. 実験装置

実験装置の概略は Fig. 1 に示す。通常の直接せん断試験機において、せん断箱にせん断力を加える部分を単働式の Air cylinder にかえた。Air cylinder に

圧縮空気が吹き込まれた時にロッドの推力が発生してせん断箱にせん断力が作用することになる。

圧縮空気が air cylinder に一定時間吹き込まれ、次の一定時間はき出されてせん断力がくり返しせん断力となるのであるが、この時間の調節、いかえればせん断力のくり返し周期は Timer と Relay によって構成された電気回路 (Fig. 2) とそれによって駆動される Solenoid valve によって行なわれる。

せん断力の大きさの調節は減圧弁による圧縮空気の調節によって行なう。

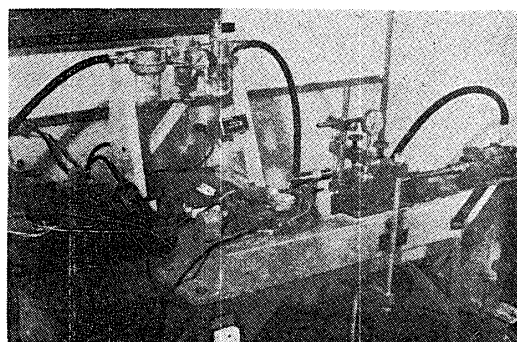


Fig. 1—A

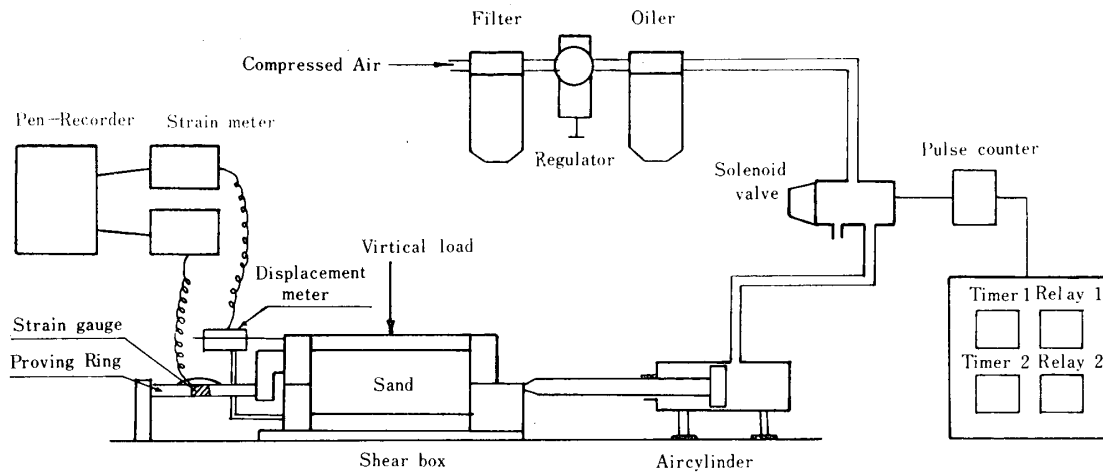


Fig. 1—B Test apparatus

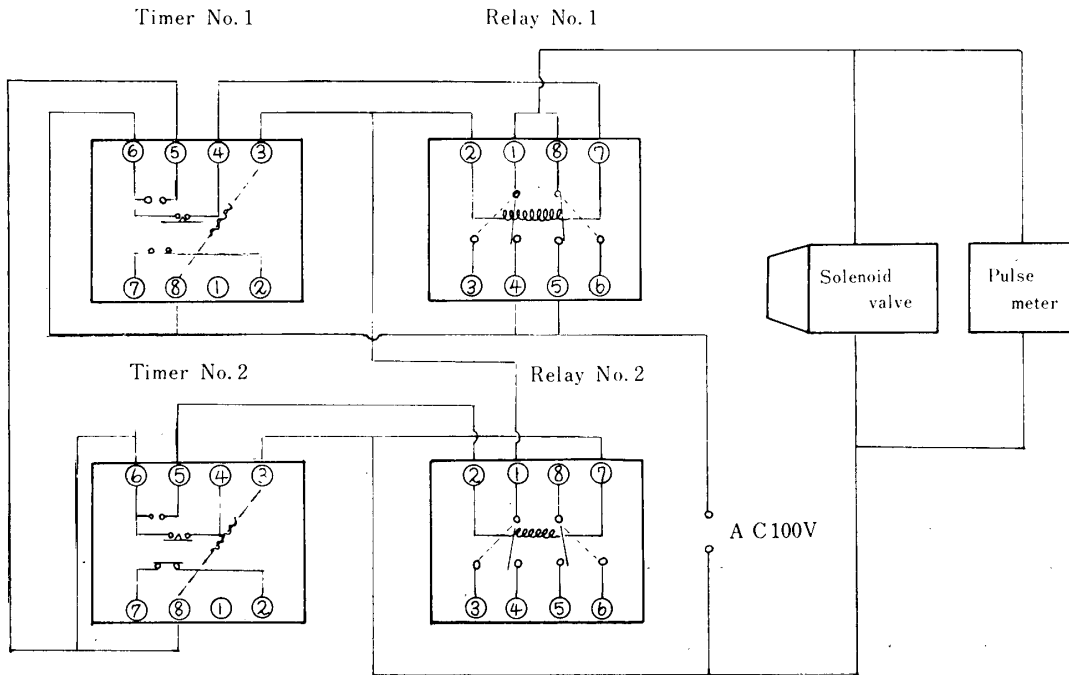


Fig. 2 Circuit diagram

試料に作用するせん断力はヒズミリングに貼布された電気抵抗線ヒズミゲージによってヒズミ計を経てペンオシロに記録される。又、試料の水平変位の測定には静的試験の際に用いられるダイヤルゲージのかわりに差動変圧器の変位計をとりつけて、これもペンオシロに記録された。

### 3. 試料および実験方法

試料としては平均粒径0.23mmの豊浦標準砂を気乾および湿潤の状態で用いた。静的試験の場合と同じように一定量(75g)の標準砂をせん断箱に入れて出来

るだけ均一な状態となるように詰める。この状態の試料の見掛密度  $\gamma_d = 1.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  で、間ゲキ比  $e = 0.93$  であった。今回の実験ではせん断力のくり返し周期は2秒とし、負荷時間、除荷時間それぞれ1秒とした。そして、静的実験の場合と動の実験とで砂のせん断強度がどのようにちがうかということを見るために、せん断力を初め零から次第に増加してゆき試料がせん断されたときのせん断応力を求めた。その場合、最初からせん断が生じるまでにその試料がうけたせん断力のくり返し回数がせん断時のせん断応力に影響することを考えてせん断力の増加の速度をかなり大幅に

かえてくり返し回数を最小5回から最大150回うけて破壊するような状態で実験が行なわれた。このような実験が鉛直圧力が0.3, 0.5, 0.7, 1.0(kg/cm<sup>2</sup>)であ

る場合について行なわれた。なお全ての試料はせん断に先立ってせん断箱の中で鉛直圧力1.0(kg/cm<sup>2</sup>)で圧密された。試料は径6cm, 厚さ2cmである。

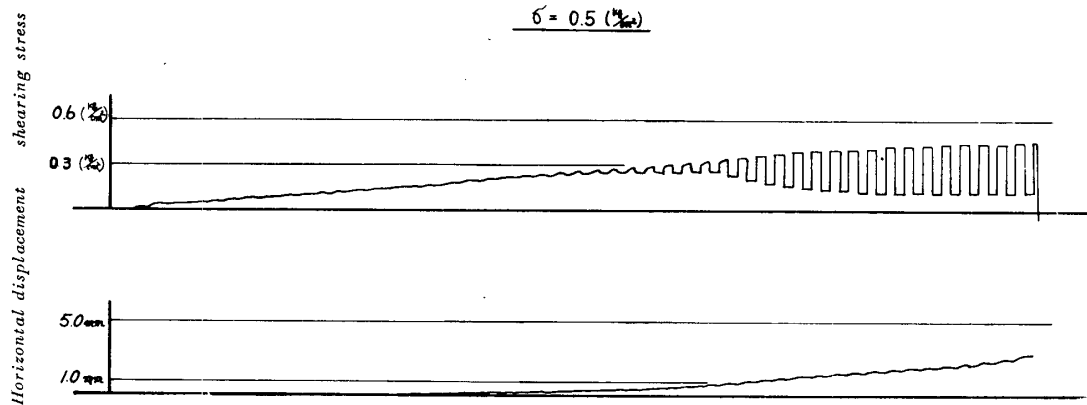


Fig.3 One example of record

4. 実験結果および考察

Fig. 3は乾燥砂の場合で、鉛直圧力が0.5(kg/cm<sup>2</sup>)くり返し回数50回でせん断が生じたときのベンオシロの記録を一例として示したものである。上の線がせん断力、下の線が水平変位の記録である。air cylinderにおいて、シリンダーとピストンとの間にマサツカ(せん断応力で0.27(kg/cm<sup>2</sup>)に相当する)があるのでくり返しせん断力の振幅がこの値より大きくなるとくり返しせん断力が試料に作用しないことになる。

それで、オシロの記録上にくり返しせん断力の山が現われ始めてからくり返し回数を数えるようにした。

このような記録から各鉛直圧力でのせん断時のせん断応力とくり返し回数とを求めて、両者の関係をプロットしたものが Fig. 4 である。いずれの鉛直圧力の場合でもくり返し回数が増加するといくらかせん断強度が増加しているように見える。この図中に実線のような平均値を定め、この図からくり返し回数10, 50, 100, 150回のせん断強度の値を求め、各くり返し回数毎の内部マサツ角φなるものを定めるべく Fig. 5を作った。この結果、乾燥砂、湿潤砂ともくり返し回数が大きくなるにしたがって内部マサツ角φが大きくなる傾向が見られ、Fig. 5 だけから見れば、動的せん断強度は静的せん断強度より大きいという結果となる

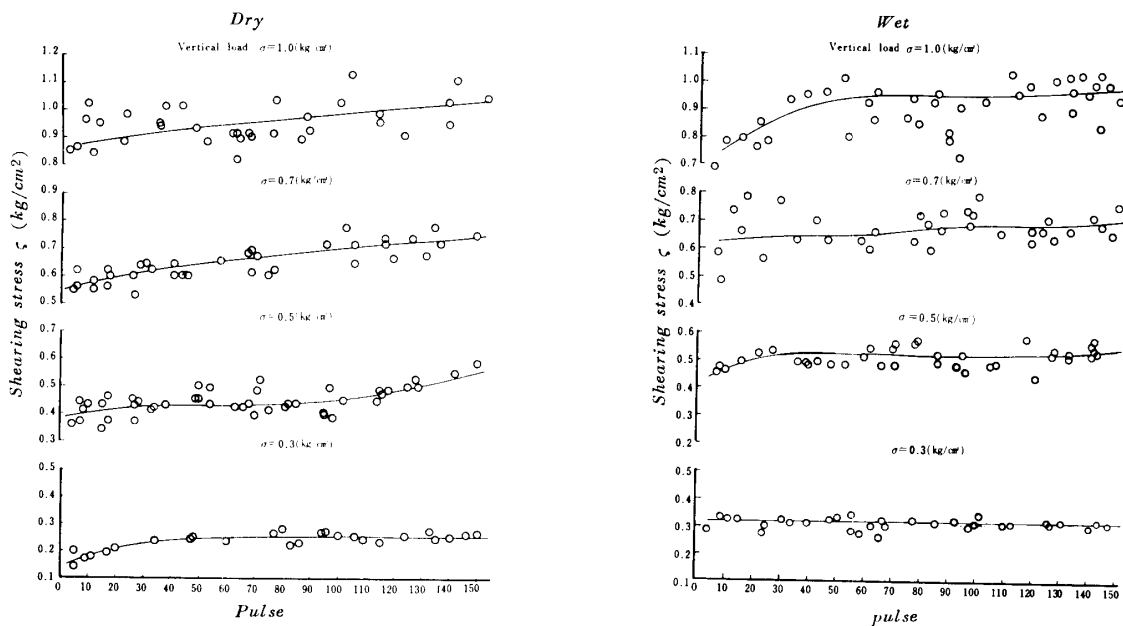


Fig.4 The relation between shearing stress and pulse

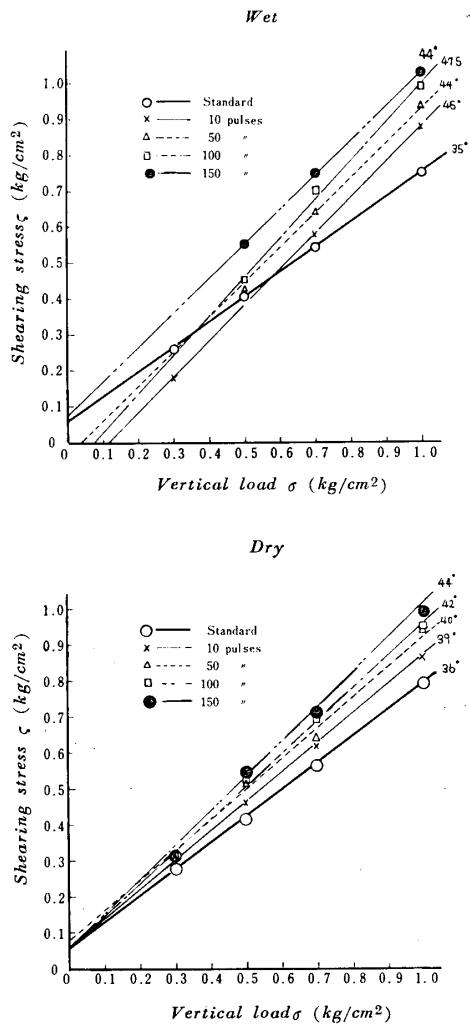


Fig.5 The relation between shearing stress and vertical load

が、この原因がくり返しせん断力による試料のしまりによるものかどうかといった点と、Fig. 5の乾燥砂の場合では破壊線をそのまま左の方に延長すると、いわゆる粘着力なるものが負の値をとるものもあるという点についての考察が充分なされていないので結論的なことはいえない。ただ後者について、その原因を探るためにせん断破壊時の試料の水平変位および鉛直変位の状態を示したのが、Fig. 6, 7である。静的な場

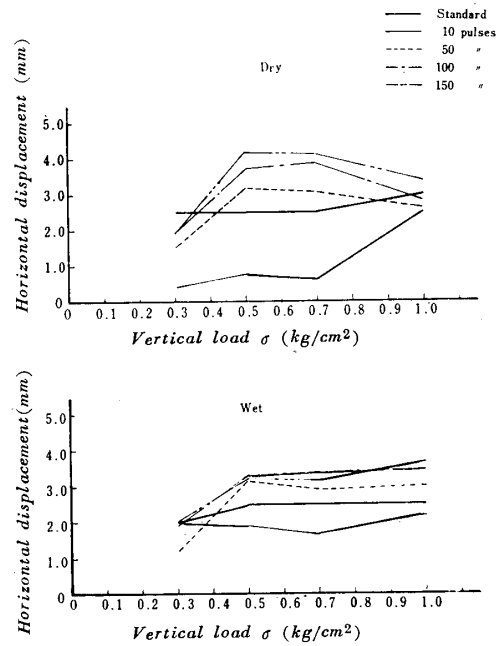


Fig.6 The relation between vertical load and displacement at failure

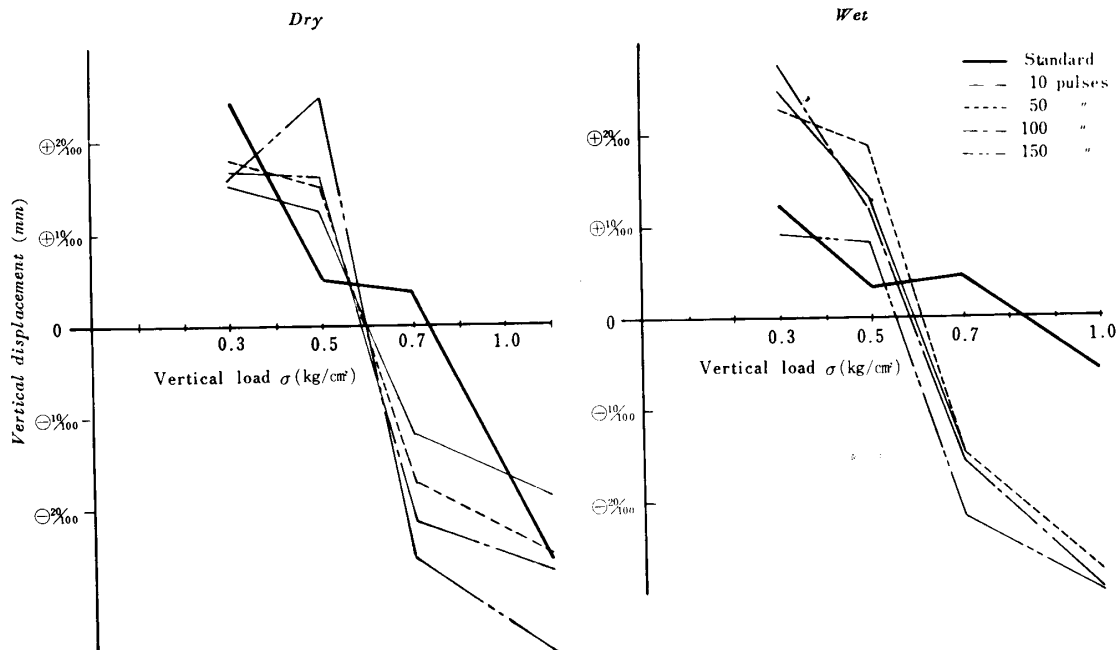


Fig.7 The relation between vertical load and vertical displacement at failure

合と動的な場合とではいくらかのちがいがみられるが、両者が全く異なった傾向をもつものとはいえないようであり、これから問題となっている事柄の原因はつかめなかった。ただここにいう垂直変位は連続記録によってせん断時の値を求めたものでなくダイヤルゲージによってせん断後の値がよみとられたものであるので厳密な意味でせん断時の値とはいわれない。しかしFig. 7から見ると、動的せん断の場合には垂直圧力  $0.6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  がせん断による Dilatancy が生じない限界状態となっており、垂直圧力が  $0.6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  より小さいところでは正、大きいところでは負の Dilatancy が生じていることは興味があると思われる。また、この  $0.6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  の値は静的せん断の際の同じような限界状態時の垂直圧力より小さいことも注目すべきことのように思う。

## 5. 結 言

以上、この報告は土の動的直接せん断試験を始めるに当たって手はじめに砂の動的せん断強度を求めた結果を報告したものである。実験方法の改良やその結果の考察は現在進行中であるので結論といったものはここに述べることは出来ないが、これまでの実験結果からは、次のことがいえるようである。

- (1) 砂の動的せん断強度はその静的せん断強度より大きい。
- (2) 砂の動的せん断強度はそれがせん断破壊時以前にうけたくり返しせん断応力の回数に比例して大きくなる。

(昭和44年4月21日)