

# 極低圧下での砂の動的変形特性 II

## —実験結果—

Dynamic Deformation Properties of Sand at Extremely Low Pressures

—Test Results—

孔 憲 京\*・プラダン, テージ B.S.\*\*・龍 岡 文 夫\*\*・田 村 重四郎\*\*\*

KONG Xian Jing, Tej B.S. PRADHAN, Fumio TATSUOKA and Choshiro TAMURA

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>で示した実験装置を用いて得た実験結果について述べる。

### 2. 不飽和砂の実験結果

#### (1) 载荷回数の影響

図5は初期間隙比  $e_0=0.925$ , 拘束圧  $\sigma'_c=0.1 \text{ kgf/cm}^2$  の実験結果から得られた各荷重レベルにおける繰返し回数  $N_c=2, 5, 10$  での  $G, h \sim \gamma$  関係をプロットしたものである。この図から、繰返し回数  $N_c=2 \sim 10$  回の間でせん断変形係数  $G$ , 減衰係数  $h$  はほとんど変化しないことがわかる。実際、 $N_c=2 \sim 10$  回の間で  $1 \sim 2.5\%$  以内の変化である。この値は今回のデータ整理上の読み取り誤差の範囲である。したがって、 $N_c=5$  回での  $G, h$  を整理すれば、 $G \sim \gamma, h \sim \gamma$  関係を十分正確に表すことができることがわかる。以下では、 $N_c=5$  回での  $G, h$  を用いている。

#### (2) 拘束圧の影響

図6, 7はせん断変形係数  $G$  と減衰比  $h$  の拘束圧  $\sigma'_c$

の依存性を調べるため、初期間隙比  $e_0=0.93$  一定のもとで  $\sigma'_c$  を  $0.05 \sim 0.84 \text{ kgf/cm}^2$  の範囲で変化させて行った実験の結果である。これより、せん断ひずみの増大とともに、 $G$  は低下するが、 $h$  は増大することがわかる。一方、図7から、減衰比  $h$  はせん断ひずみが大きくなるに従い増大するのみならず、拘束圧の増加に伴い若干小さくなる傾向があることがわかる。ただし拘束圧の影響は大きくはない。つまり一定のせん断ひずみに対し、拘束圧が大きいほど  $h$  は小さい値を示すが、変化の度合は小さい。

微小ひずみでのせん断変形係数、すなわち初期せん断定数  $G_0$  としてひずみが  $10^{-6}$  のときの  $G$  をあてて、 $G/G_0 \sim \gamma$  関係を求めたものを図8に示した。これより、拘束圧が小さくなるほど  $G/G_0 \sim \gamma$  曲線が左側へ移動する現象が明瞭に見られる。このような現象は通常の拘束圧下での実験においても認められる。

#### (3) 間隙比の影響

図9, 10は間隙比の影響を調べるため拘束圧  $\sigma'_c=0.1 \text{ kgf/cm}^2$  を一定にして初期間隙比  $e_0$  を  $0.831 \sim 0.953$

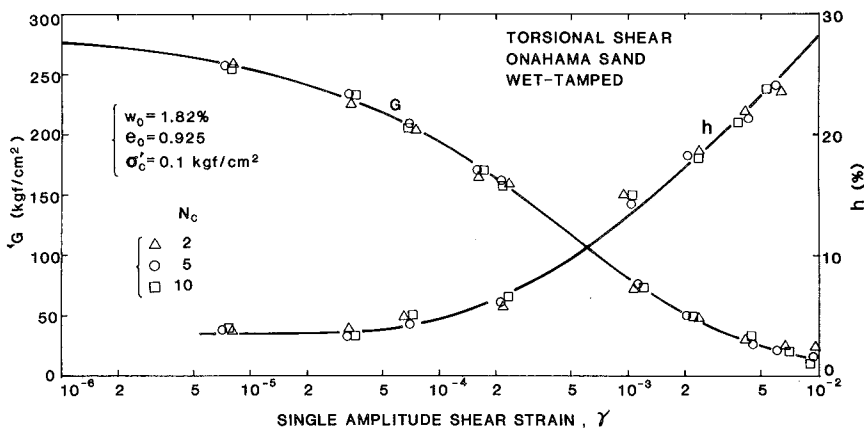


図5 繰返し载荷回数の影響

\* 中華人民共和国大連工学院 (元客員研究員)

\*\* 東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*\* 東京大学生産技術研究所 第1部

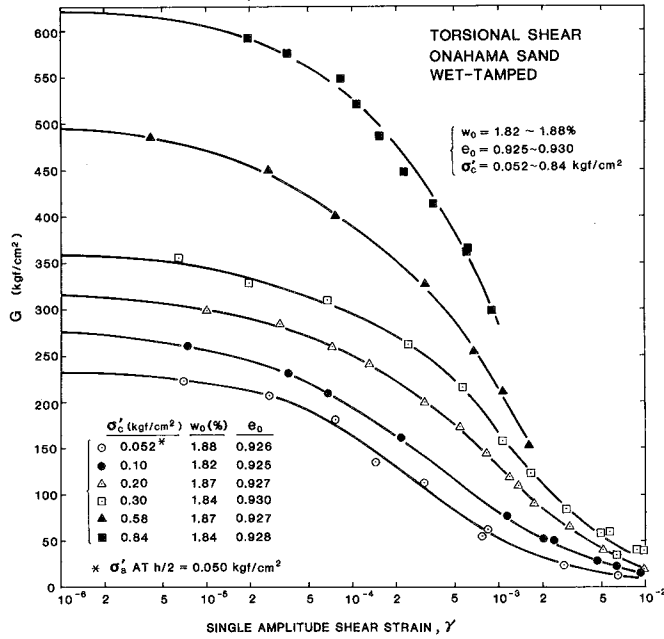


図6 不飽和供試体の  $G \sim \gamma$  関係に与える拘束圧の影響

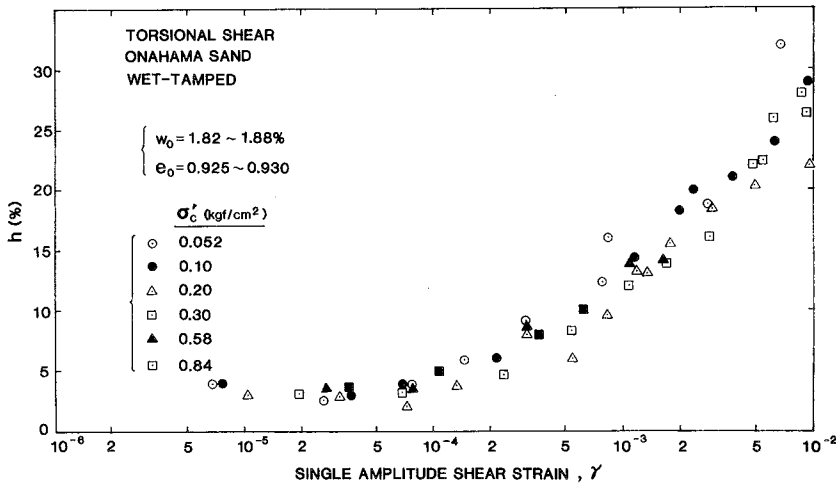


図7 不飽和供試体の  $h \sim \gamma$  関係に与える拘束圧の影響

の間で変化させて行った実験結果を図示したものである。図6、図7に示すデータと同じように、せん断ひずみの増大とともに、 $G$  は低下するが、 $h$  は増大することがわかる。一方図10から  $h \sim \gamma$  関係には間隙比の違いによる多少の差が認められる。間隙比が小さくなると  $h$  はやや小さくなる傾向が見られる。しかしながらその差は小さくて、試験値のパラツキと比べると大きくない。今回の間隙比の範囲では  $h$  は間隙比にほぼ無関係に決まるものと取り扱ってもよいであろう。また、図8と同様

に整理して、 $G/G_0 \sim \gamma$  の関係を求めた(図11)。この結果から本研究の実験条件内では  $G/G_0 \sim \gamma$  関係に与える間隙比の影響はさほど明瞭ではないことがわかる。

Hardin and Richart<sup>11)</sup>によると粒径が丸い Ottawa 砂について  $\gamma < 10^{-4}$  に対して

$$G = 700 \frac{(2.17 - e)^2}{(1 + e)} \sigma_c'^{0.5} \quad (17)$$

が成り立つ。(17)式で、 $G$  と  $\sigma_c'$  はともに  $\text{kgf/cm}^2$  であらわされている。一方、豊浦砂についても  $\gamma = 10^{-6} \sim 10^{-2}$  に

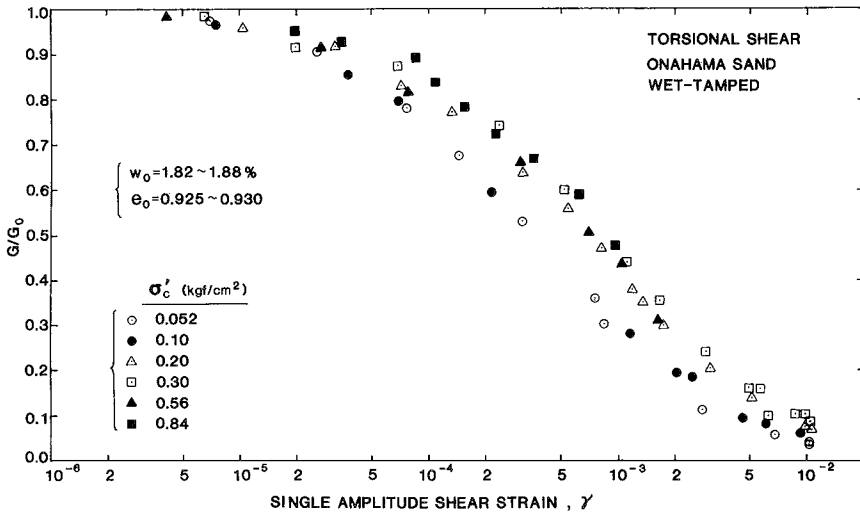


図8 不飽和供試体の  $G/G_0 \sim \gamma$  関係に与える拘束圧の影響

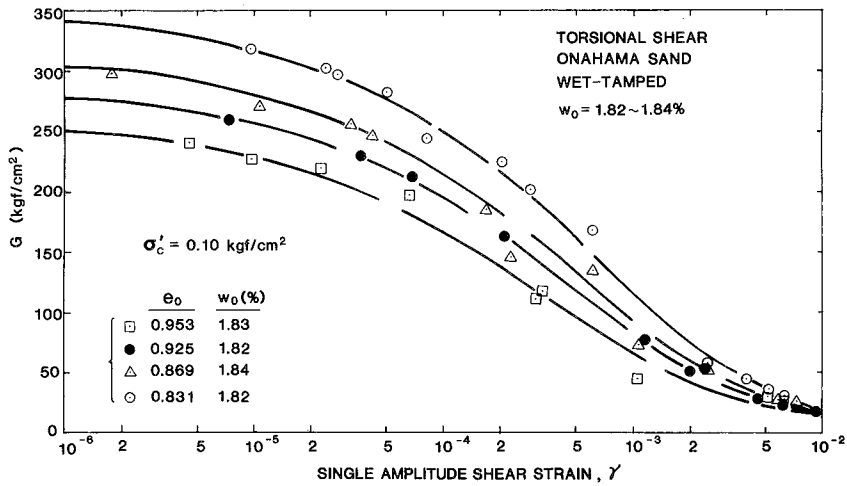


図9 不飽和供試体の  $G \sim \gamma$  関係に与える間隙比の影響

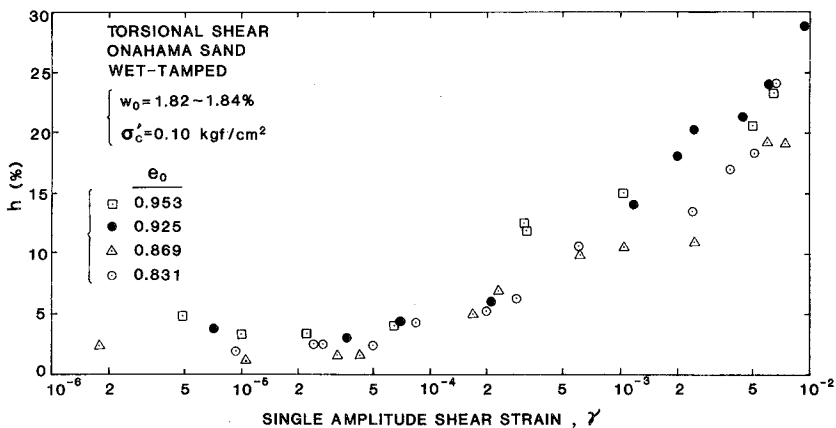


図10 不飽和供試体の  $h \sim \gamma$  関係に与える間隙比の影響

研究速報

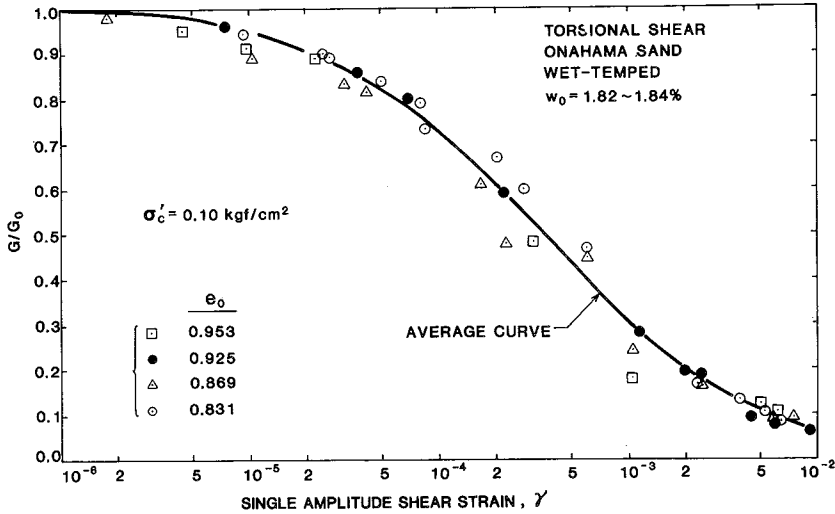


図 11 不飽和供試体の  $G/G_0 \sim \gamma$  関係に与える間隙比の影響

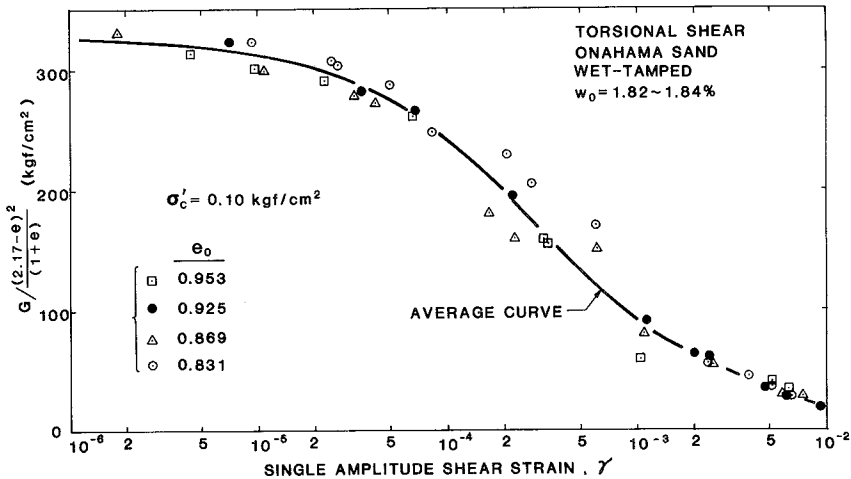


図 12 不飽和供試体の  $\sigma'_c = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$  における  $G / (2.17 - e)^2 / (1 + e) \sim \gamma$  関係

対して  $G$  は  $(2.17 - e)^2 / (1 + e)$  にほぼ比例することが示されている<sup>12)</sup>。

そこで図 9 に示した  $G$  の値を  $G / (2.17 - e)^2 / (1 + e)$  のように正規化してみた(図 12)。その結果全体としては間隙比にあまり依存しないことが認められた。したがって、今回のデータに対しても  $e$  の  $G$  に対する影響は関数  $\frac{(2.17 - e)^2}{1 + e}$  であらわせると考えてよいようである。

3. ま と め

今回の実験結果は従来の中圧域 ( $\sigma'_c > 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ ) での実験結果と基本的には類似した性質をもっている。しかしより詳細に検討すると、若干の極低圧で実施した実

験特有の現象が見いだされた。このことについては次回に報告する。(1985 年 11 月 19 日受理)

参 考 文 献

- 10) プラダン, テージ, B. S.・孔憲京・龍岡文夫・田村重四郎(1986), 極低圧下での砂の動的変形特性 I——実験方法の検討——, 生産研究, 38 卷 2 号, 24~27 頁
- 11) Hardin, B. O. and Richart, F. E., Jr., (1963), Elastic wave velocities in granular soils, Jour. SME Div., Proc. ASCE, Vol.89, No.SM 1, pp.35-65
- 12) Iwasaki, T., Tatsuoka, F. and Takagi, Y. (1978), Shear moduli of sands under cyclic torsional shear loading, Soils and Foundations, Vol. 18, No. 1, pp. 39-56