

日本大学大学院 学生員 須藤秀雄
建設省土木研究所 正員 龍岡文夫
東亜建設工業(株) 正員 伊藤 裕

1. はじめに

低周波動的セン断試験機によつて平均主応力一定で圧密した砂を、セン断歪 $\gamma = 10^{\circ} \sim 10^2$ の歪範囲で圧密応力比が、豊満砂の動的変形特性(セン断変形係数 G 、減衰係数 β)に与える影響を調いた。

2. 実験概要

内径6^{mm}、外径10^{mm}、高さ10^{mm}の中空供試体も、下端固定で上端にねじり力を与え、このねじり力と供試体上端の回転角を測定することによりセン断歪 $\gamma = 10^{\circ} \sim 10^2$ の範囲の砂のセン断変形係数 G 、減衰係数 $\beta = \frac{1}{2} \frac{\Delta W}{W}$ を求めた。膨気した飽和豊満砂を、スプーンで水を満たしたモールド中に投入し、木づちで叩き密詰め供試体とした。豊満砂は、常にフレッシュなものを使用し、等方圧密後、平均主応力 P

$$P = \frac{1}{3} (\sigma_1 + 2\sigma_2) \quad (\text{kg/cm}^2)$$

(σ_1 :軸方向応力, σ_2 :側方向応力)

を、10%に保ち、軸荷重 σ_1 は、側圧を変化させて $\sigma_1 > \sigma_2$ の三軸圧縮応力状態、あるいは、 $\sigma_1 < \sigma_2$ の三軸伸張応力状態とした。実験は、 $\gamma = 5 \times 10^{\circ}$ 程度から段階的に歪レベルを上げてゆき各歪レベルで、荷重制御 $f = 0.1/\text{sec}$ で10回くり返し $\gamma = 10^{\circ}$ 程度まで測定を行なった。

3. 実験結果

G^* ~ γ 曲線

図-1, 2に示すのは、セン断変形係数 G の値を間引き比 e と平均主応力 P の影響を考慮し修正、正規化した G^*

$$G^* = 700 \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} P^{0.5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

で、除したものである。 G は、 $N = 10$ の値を用いた。ここで、図-1は、三軸圧縮、図-2は、三軸伸張の結果を反したもので、太線と斜線は、図-3に示す各種の供試体作成法による $\gamma = 10^{\circ}$ の実験結果の平均値とデータバラツキを示したものである。図-1, 2から三軸圧縮では各応力比で実験値は $\gamma = 10^{\circ}$ のデータバラツキの範囲にあり、三軸伸張では実験値は、 $\gamma = 10^{\circ}$ のデータの下側にありますが、その値は連続性を示している。

R ~ γ 曲線

図-4に示すのは、三軸圧縮、三軸伸張の実験結果から

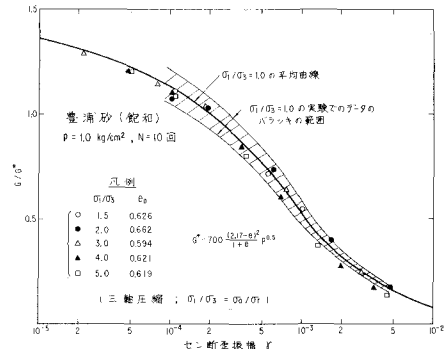


図-1 G^* ~ γ 曲線(三軸圧縮応力状態)

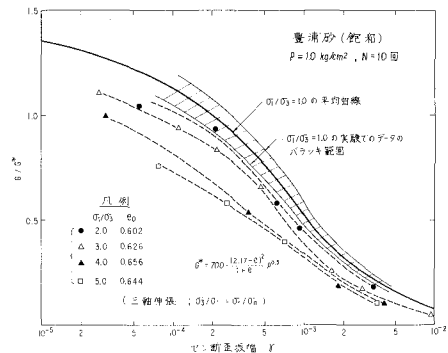


図-2 G^* ~ γ 曲線(三軸伸張応力状態)

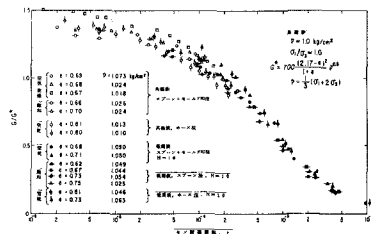


図-3 G^* ~ γ 曲線
 $\gamma = 10^{\circ}$ の実験結果

各応力比ごとに各歪レベルのせん断変形係数 G の値と、 $\sigma_3 = 10$ の各歪レベルの平均値で除したものである。図-4から三軸圧縮では平均主応力が一定ならば $\tau = 10^2 \sim 3 \times 10^3$ までは応力比 σ_3 による G の変化はあまりないが、 $\tau = 10^2 \sim 3 \times 10^3$ では、 $\sigma_3 = 20$ 付近をピークとして σ_3 の増加とともに G の値の減少がみられる。一方 三軸伸張応力状態では、 $\tau = 10^2 \sim 3 \times 10^3$ において、平均主応力一定のもとで、 σ_3 の増加によって G は減少する傾向にあり、三軸圧縮の場合より顕著であることが分かる。

$\tau \sim \gamma$ 曲線

図-5は、せん断歪 γ と減衰 τ の関係を表わし、 $\sigma_3 = 10$ の平均値に応力比の異なった実験結果を対比したものであり、太線は $\sigma_3 = 10$ の平均値、斜線はデータのバラツキを示す。減衰 τ に関して間接比 γ に対してせん断変形係数 G のような修正を行っていない。三軸圧縮応力状態では、 τ の値は $\sigma_3 = 10$ での平均値のやや下側にあり、三軸伸張応力状態では、やや上側にあるが全体としては $\sigma_3 = 10$ のデータのバラツキの範囲にあることが分かる。

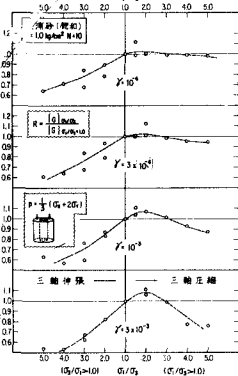


図-4 $R \sim \tau$ 曲線

図-6, 7は、 γ/γ_{10} と減衰 τ の関係を表わしたもので三軸圧縮応力状態では、各種の供試体作成法による $\sigma_3 = 10$ の実験結果とはほぼ同様な傾向がみられ、三軸伸張応力状態データでは $\sigma_3 = 10$ のデータ群平均値の下側にあることが分かる。これは、三軸圧縮応力状態では、 G と τ の値は共に応力比の影響をあまり強く受けないので三軸圧縮応力状態での $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ 曲線は、 $\sigma_3 = 10$ の場合とほぼ同様な結果となったのであろう。一方、三軸伸張応力状態では、 G の値は、応力比の影響を強く受け応力比が大きくなると大きく減少するのに対して、 τ の値は応力比の影響をそれほど強く受けない。従って、三軸伸張応力状態での $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ 曲線は $\sigma_3 = 10$ のデータの左側(下側)にづれているのであろう。

$\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ 曲線

図-6, 7は、 γ/γ_{10} と減衰 τ の関係を表わしたもので三軸圧縮応力状態では、各種の供試体作成法による $\sigma_3 = 10$ の実験結果とはほぼ同様な傾向がみられ、三軸伸張応力状態データでは $\sigma_3 = 10$ のデータ群平均値の下側にあることが分かる。これは、三軸圧縮応力状態では、 G と τ の値は共に応力比の影響をあまり強く受けないので三軸圧縮応力状態での $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ 曲線は、 $\sigma_3 = 10$ の場合とほぼ同様な結果となったのであろう。一方、三軸伸張応力状態では、 G の値は、応力比の影響を強く受け応力比が大きくなると大きく減少するのに対して、 τ の値は応力比の影響をそれほど強く受けない。従って、三軸伸張応力状態での $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ 曲線は $\sigma_3 = 10$ のデータの左側(下側)にづれているのであろう。

4. 結論

- (1) 三軸圧縮応力状態では、主応力 $\sigma_3 = 10 \sim 30$ の範囲では、 $\tau = 10^2 \sim 3 \times 10^3$ の範囲で平均主応力一定ならば、 G は応力比の影響を受けない。しかし、応力比 $\sigma_3 = 30$ を越えると、大きな歪 G は応力比の影響を強く受けるようになる。
- (2) 三軸伸張応力状態では、 $\tau = 10^2 \sim 3 \times 10^3$ の範囲で $\sigma_3 = 10$ を越えると G は応力比が大きい程、小さな値となる
- (3) 豊洲砂の減衰係数では、同一の平均主応力とせん断歪に対して、 G ほど応力比の影響を強く受けない。

最後に、実験にあたって、振動研究室岩崎敬男氏、高木養和氏の御指導を得た感謝の意を表します。

参考文献

- 1: 岩崎、龍岡、高木 “広範歪率領域での砂の動的せん断変形特性” 土木研究所資料 第1080号
- 2: 栗林、岩崎、龍岡、堀内 “土の動的変形特性” 土木研究所資料 第912号

図-5 $\tau \sim \gamma$ 曲線

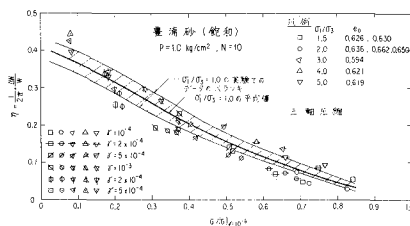


図-6 $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ の関係 (三軸圧縮応力状態)

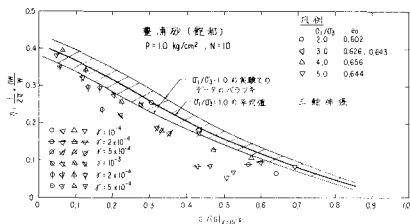


図-7 $\gamma/\gamma_{10} \sim \tau$ の関係 (三軸伸張応力状態)