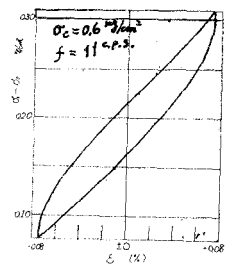
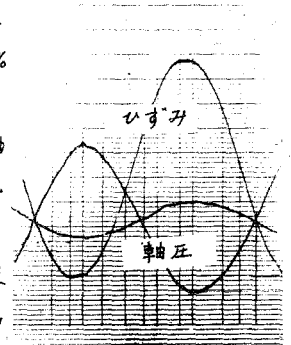


京都大学防災研究所 正員 村山朔郎  
 京都大学大学院学生 学生員 中野英彦  
 京都大学学生 学生員 福岡啓内

まえがき 地盤の耐震問題のうちで土の弾性係数は基本的ものの一つであるが、動的に測定された弾性係数は測定法によって大きく異なる。地震を対象に考えて著者は地震の周波数( $10^{0.5} \sim 10^{2.5}$ )に近い低周波数において、比較的大きい振幅の振動荷重を粘土に与えて弾性係数の変化を調べるとともに、振動荷重によるエネルギーの減衰も調べてみた。

実験装置と方法 実験に用いた振動発生装置は文献(1)に示すものを低周波数においても波形の乱れをなくするよう改良したものである。用いた試料は室内で人工的に再圧密した粘土でその物性は  $PL 32.6\%$ ,  $LL 68.0\%$ , 比重  $2.55$ , 粘土含有量  $42\%$  である。この試料を直径  $3.57\text{cm}$ , 高さ  $8\text{cm}$  に成形し三軸セル内でペーパードレーンを併用して等方圧  $\sigma_c$  で圧密した後、振動軸圧を負荷した。なお軸ひずみ振巾、軸圧の測定には抵抗線歪計と応用した transducer を用い、記録は光學式電磁オシログラフを用いた。

振巾一定・振動数変化の実験 周圧を  $\sigma_c$  に保持したまま軸圧を平均値  $(\sigma_1 - \sigma_3)_m$  まで上げて十分後、周波数  $f$  ( $10^{0.5}$ ) の振動軸圧を負荷した。軸圧振幅  $(\sigma_1 - \sigma_3)_0$  を一定に保ち各周波数について6分間振動荷重を与えて次の周波数段階に移る。 $10^{0.5}$  まで上げた後また  $f = 10^{0.5}$  まで下げる。各周波数段階の初期と終期においてもまた周波数の上昇時と下降時においても、ひずみ振幅には顕著な差はみられなかった。軸圧と軸ひずみとの記録例を Fig. 1 に示す。この記録から一周期にわたって同一時刻における軸ひずみと軸圧とを読み取り、応力～ひずみ関係を求めたのが Fig. 2 である。Fig. 1 の軸圧と軸ひずみの位相差は Fig. 2 においては履歴曲線となって現われている。(以下周波数  $f$  の代りに角速度  $\omega$  を用いる。)



弾性係数  $E(\omega)$  を Fig. 2 より  $(\sigma_1 - \sigma_3)_0 / \Delta \epsilon$  で定義し、 $E(\omega)$  と角速度  $\omega$  との関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より  $\omega$  の増加とともに  $E(\omega)$  の増加が見られるが、これは粘土を粘弾性体と考えると当然の現象である。次に Fig. 2 の履歴曲線の囲む面積をプランメーターで測定し、その面積をエネルギー減衰  $W_0$  とする。軸圧と軸ひずみとを正弦曲線と考えるとその位相差  $\delta$  は

$$\tan \delta = \frac{W_0}{\pi P A} \quad \left( \begin{array}{l} P \text{ 軸方向力の最大振幅} \\ A \text{ 軸方向変位の最大振幅} \end{array} \right)$$

$\delta$  と  $E(\omega)$  を用いてレオロジーで用いられる損失弾性率  $E''(\omega)$  を次式で求め  $\omega$  との関係を Fig. 4 に示す。

$$E''(\omega) / E'(\omega) = \tan \delta, \quad E(\omega) = \sqrt{E'(\omega)^2 + E''(\omega)^2}$$

$\delta$  が小さい値のときは  $E''(\omega) \approx E(\omega) \delta$

静的な圧縮クリープ試験の結果と上に述べた動的な試験結果を比較する場合、クリープ速度と $E'(\omega)$ とは関係があり、次の近似な関係がある。

$$E'(\omega) = \frac{\pi E'_{cr}}{2} \frac{d \log E}{d \log t}$$

動的な試験における応力条件とはほぼ似かよった繰り返しクリープ試験の結果をFig. 5に示す。Fig. 5より $\frac{d \log E}{d \log t}$ を求め、上式の右辺を計算すると $6.00 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2 \sim 9.8 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2$ の間にあり、左辺はFig. 4より $4.3 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2 \sim 7.00 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2$ の間にあり、オーダーの上で一様している。上式が最も大きな近似式であり、クリープと動的試験の応力条件がわずかながら異なっていることが、両者の値の差となってあらわれているものと思われる。静的試験から動的試験における値のある程度の目安のつくのは好都合である。

**振動数一定・振幅変化の実験** 軸圧を平均値 $(0.05)_{\text{max}}$ まで上げて5分後、周波数を固定して振動軸圧を負荷した。小さな圧力振幅から漸次段階的に、同一圧力振幅を6分間負荷して次の振幅段階に移る。前に行なったと同じ整理を行って、軸圧振幅と軸圧振幅との関係をFig. 6に示す。軸圧振幅と $E'(\omega)$ との関係をFig. 7に示す。Fig. 7より $E'(\omega)$ は軸圧振幅の小さなときは非常に大きい。軸圧振幅の増加につれて急激に減少している。Fig. 8に $\omega_0$ と軸圧振幅との関係を示す。軸圧振幅の小さな $0.1 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2$ 以下においては、 $\omega_0$ は軸圧振幅のほぼ2乗に比例して増加するが、軸圧振幅が大きくなれば、ほぼ2.8乗に比例する。すなわち軸圧振幅が大きくなればノイズル中に消散されるエネルギーは指数的に増加していく。

あとがき 従来求められていた動的弾性係数は必ずしも振幅を小さくした、高周波数を用いたうえで測定されたものが多かったが、これらの条件は実際の地震と比べると、必ずしも振幅の真では小さすぎ、周波数の真では高すぎるので、地震を対象とする場合、上の二点と考慮しなければならぬ。

(1) 村山 八木達 小島 正典 「工の振動三軸試験」

工機工学学会第10回シンポジウム(1965)

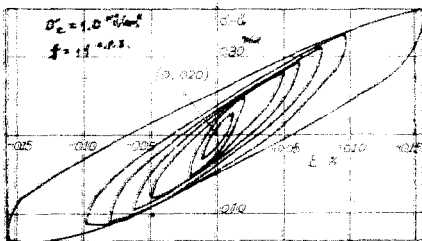


Fig. 6

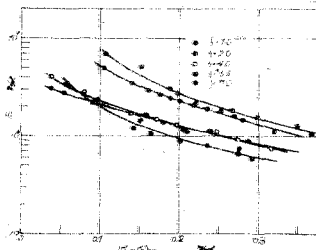


Fig. 7

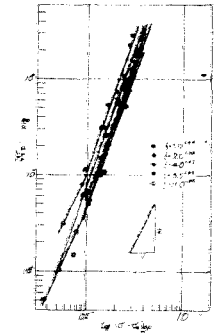


Fig. 8

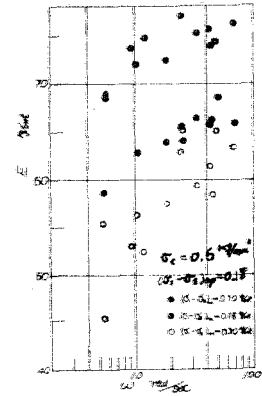


Fig. 3

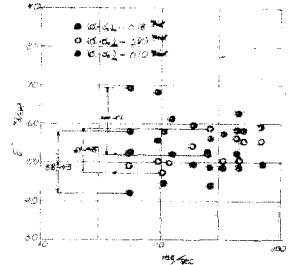


Fig. 4

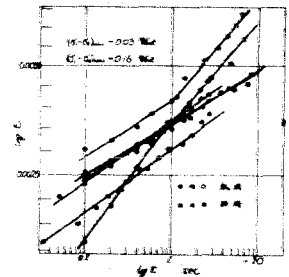


Fig. 5