

運輸省 港湾技術研究所

梅原 靖文

○ 善 功 企

五 洋 建 設

立花 久嗣

1. まえがき

繰返し荷重を受ける粘性土の変形係数、履歴減衰エネルギーに影響をおよぼす要因として、平均有効主応力、ひずみ振幅、間げき比、ひずみ速度、繰返し回数などが考えられるが、これらの要因のうち、特にひずみ振幅の相違（ひずみ振幅：0.5～8%）の影響について調べた。

2. 実験方法および試料

装置は、慣用の三軸圧縮試験装置で、圧縮、伸張試験と可能にしたものである。試料は $w_L = 96.7\%$ 、 $w_p = 41.5\%$ 、 $I_p = 55.2\%$ の中枝粘土を繰返し、0.5 $\%/\text{min}$ の圧力で再圧縮したものを用いた。供試体の寸法は高さ8cm、直径3.5cmである。バックプレッシャー1.0 $\%/\text{min}$ 、圧密圧力2, 3, 4 $\%/\text{min}$ で24時間等方圧密し、一次圧密終了と確認後、非排水繰返し圧縮・伸張試験を行なった。載荷方法はひずみ振幅制御で、ひずみ速度は0.75, 1.5 $\%/\text{min}$ 、ひずみ振幅は0.5, 1, 2, 4, 8 $\%$ である。

3. 実験結果と考察

図-1は応力～ひずみ、間げき水圧関係の一例である。このような図から、応力～ひずみ曲線と等価線形モデルとして、変形係数 E_D を求め、ループの面積から一サイクル当りの履歴減衰エネルギー D を求めた。図-2は E_D とひずみ振幅 ε_a の関係を各平均有効主応力 σ'_m （圧縮側ピーク値）毎にプロットしたものである。 σ'_m が大きい場合に E_D は大きくなり、また、 $\varepsilon_a = 0.5 \sim 8\%$ の間では両対数紙上で E_D と ε_a はほぼ直線関係にあるとみなしうる。図-3は E_D と σ'_m の関係を示す。図中、黒印はひずみ振幅制御方式の場合の結果であり、白印は応力振幅制御方式の場合の結果である。応力振幅一定の場合には、各 σ'_m に対応するひずみと、そのときの軸差応力から E_D を求めている。ひずみ振幅一定の試験では、 E_D と σ'_m は拘束圧 σ_c に照関係に両対数紙上で直線関係が認められ、繰返し回数の増大とともに σ'_m が減少し、 E_D は図中の右上から左下へ実線に沿って変化する。応力振幅一定の試験では、繰返し回数の増大とともに、ひずみも増

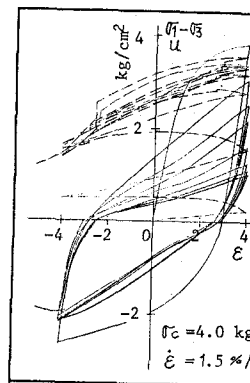


図-1 応力、間げき水圧とひずみの関係

加するので、 E_D は図中の破線に沿って変化する。 E_D は繰返し回数によって変化するが図-3に示すように、 σ'_m が整理すると繰返し回数には無関係に E_D が求まる。図-4は図-3の実線のこう配を ε_a に対してプロットしたものである。一般に $E_D \propto \sigma'_m^n$ といわれているが、指数 n の値は ε_a が5%程度までは一定

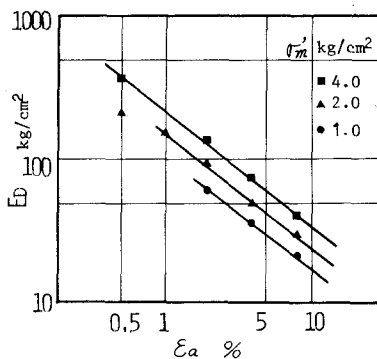


図-2 $E_D \sim \varepsilon_a$ 関係

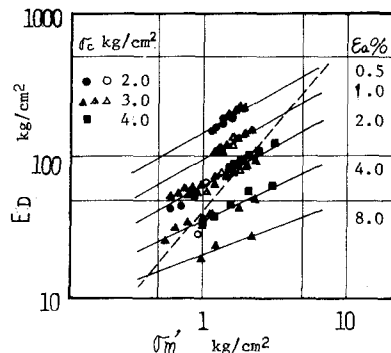


図-3 $E_D \sim \sigma'_m$ (黒印：ひずみ振幅制御、白印：応力振幅制御)

で、 $n = 0.5$ が得られた。図-5は $\varepsilon_a = 2\%$ における E_D の値を間げき比に対してプロットしたものである。 ε_a および σ_m' が一定の場合には、変形係数は間げき比にあまり影響を受けない。

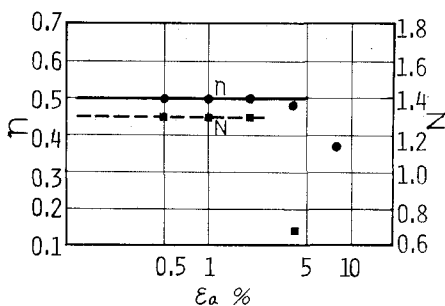


図-4 $n, n' \sim \varepsilon_a$

このことは、図-3で示したように、 σ_m' に無関係に E_D と σ_m' の間に両対数直線関係が存在することと一致している。以上の考察から、変形係数に影響する要因として、主に、ひずみ振幅と平均有効主応力があげられることが明らかであり、 E_D と ε_a 、 σ_m' の関係と $E_D = f(\varepsilon_a) \cdot \sigma_m'^n$ と置くことができる。 $f(\varepsilon_a)$ を求めるために、 $E_D/\sigma_m'^n$ と ε_a の関係を表わしたものが図-6である。この場合に、 n の値として図-4から $n = 0.5$ を用いている。図-6より、各 ε_a に対応する $E_D/\sigma_m'^{0.5}$ の値は、記号Iの範囲内にあり、両対数直線関係が成立つ。 $\varepsilon_a = 8\%$ に対応する $E_D/\sigma_m'^{0.5}$ の値が直線からはずれるのは、応力～ひずみ曲線が、 $\varepsilon_a = 8\%$ のとき、極端なS字型のループを描くことによるものと思われる。図-6から $\varepsilon_a < 5\%$ に対しては $f(\varepsilon_a) = d \cdot \varepsilon_a^m$ の型で与えられ、 $E_D = d \cdot \varepsilon_a^m \cdot \sigma_m'^n$ となる。本試料の場合、 $m = -0.67$ 、 $n = 0.5$ 、 $d = 100$ である。

図-6にTaylorら²⁾の結果を用い、応力～ひずみ関係が極端なS字型ループを描く以前の $E_D/\sigma_m'^{0.5}$ の値を求め、プロットしてあるが、 m の値として -0.67 が得られる。図-7は履歴減衰エネルギー D と σ_m' の関係を示しており、 $D \propto \sigma_m'^N$ 、 $N = 1.3$ となる。図-4、図-8より、 $\varepsilon_a < 3\%$ に対して、

E_D の場合と同様に $D = g(\varepsilon_a) \cdot \sigma_m'^N$ と置いて $g(\varepsilon_a)$ を求めると $g(\varepsilon_a) = \beta \cdot \varepsilon_a^M \cdot \sigma_m'^N$ となる。本試料の場合、 $M = 0.70$ 、 $N = 1.3$ 、 $\beta = 7 \times 10^{-3}$ の値が得られた。

4. まとめ

ひずみ振幅 $\varepsilon_a = 0.5 \sim 8\%$ の範囲の繰返し載荷を受ける粘性土の変形係数に影響する要因について調べ、

$E_D = d \cdot \varepsilon_a^m \cdot \sigma_m'^n$ 、 $m = -0.67$ 、 $n = 0.5$ 、 $D = \beta \cdot \varepsilon_a^M \cdot \sigma_m'^N$ 、 $M = 0.70$ 、 $N = 1.3$ 、 d, β : 定数を得た。

5. 参考文献

- 1) 梅原, 善, 立花, "繰返し載荷を受ける海成粘土の変形特性", 第11回土壌工学研究発表会, 1976, P. 335.
- 2) Taylor, P.W. & Bacchus, D.R., "Dynamic Cyclic Strain Tests on A Clay", Proc. 7th I.C. on SMFE, 1969.

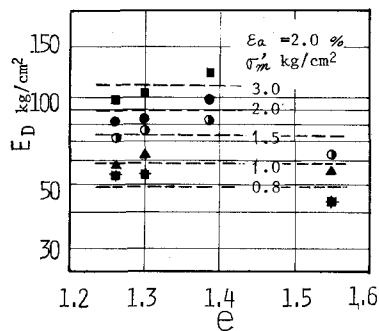


図-5 $E_D \sim \varepsilon$

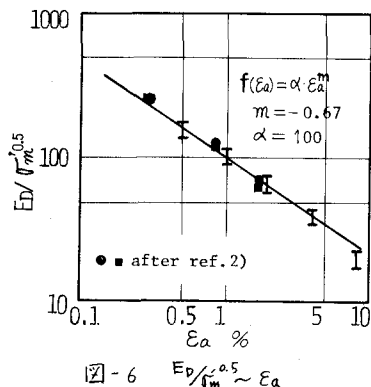


図-6 $E_D/\sigma_m'^{0.5} \sim \varepsilon_a$

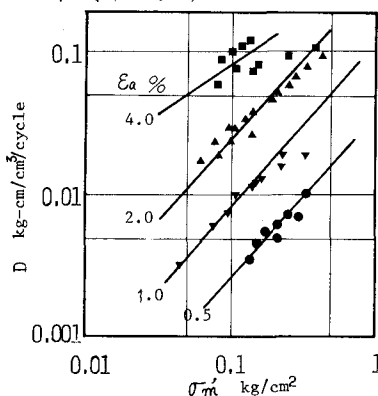


図-7 $D \sim \sigma_m'$

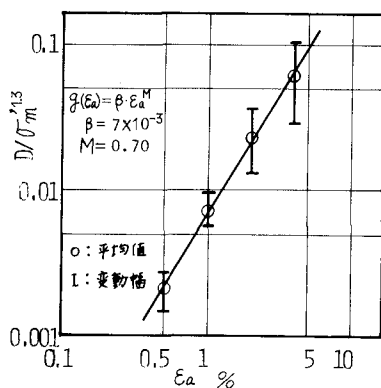


図-8 $D/\sigma_m'^{1.3} \sim \varepsilon_a$