

九州大学 工学部 正員 山内豊聡
 西日本工業大学 同 丹原一哉
 西日本工業大学 同 〇平塚和年

1. はじめに 繰返し荷重をうけると思われる飽和粘土地盤の地下計算に資するために三軸繰返し圧縮試験を行っている。その結果これまでにその主眼点は平衡時の応力・ひずみ関係 (Roscoe-Burland 理論²⁾) に時間効果を表わすグループ項目を重ね合わせることでより比較的良く説明していることを示した。今回は通常の三軸圧縮試験における変形と繰返し三軸圧縮試験における変形挙動の相違、及び排水条件が変形挙動に及ぼす影響について検討した結果を報告する。実験方法等は先に報告している¹⁾のでここでは省略する。

2. 繰返し荷重をうける飽和粘土の応力・変形特性 載荷回数 $N \div 10^4$ 回の元の体積ひずみ、せん断ひずみを応力比 $(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_m$ ($\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$) に対しプロットすると図 1 のようになる。同じ条件 ($\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$) における通常の排水せん断試験 (ひずみ制御、ひずみ速度 $0.017 \% / \text{min.}$) の結果を併記している。両者を比較してみると前者によるひずみが明らかに大きく表われており、繰返し載荷回数を十分大きくすればこの差異は一見顕著となる。

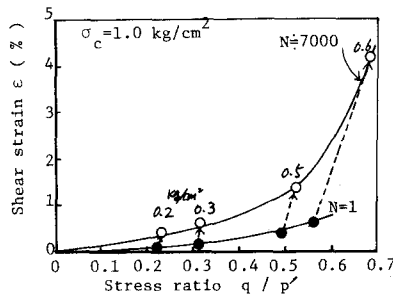
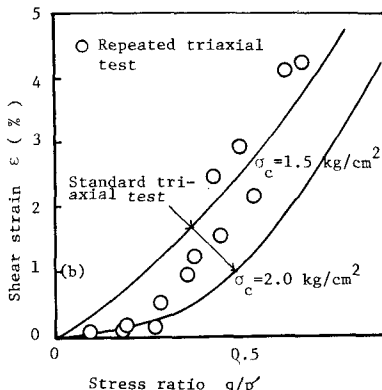
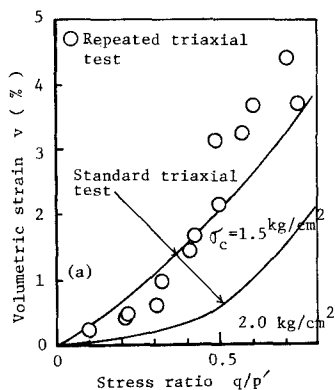


図 2 繰返し排水三軸圧縮試験におけるひずみ

図 1 (a) 繰返し排水三軸圧縮試験におけるひずみと通常の三軸圧縮試験のひずみとの関係

次に、非排水繰返し三軸圧縮試験におけるせん断ひずみと応力比の関係を図 2 に示す。Roscoe - Burland 則による非排水せん断時の応力・ひずみ式は次式で与えられる。

$$d\epsilon = \frac{2(1-\nu)}{(1+\nu)} \cdot (M^2 - \eta^2) \left\{ 2\eta d\eta / (M^2 \eta^2) - (1-\nu) \cdot 2\eta d\eta / \lambda (M^2 \eta^2) \right\} \quad (\eta = \frac{q}{p'}) \quad (1)$$

図中には式による計算曲線と通常の非排水せん断試験結果を併記している。これから飽和粘土試験体が排水繰返し時に比べて非排水繰返し応力をうける方が平衡時の計算結果との差異は著しいことがわかる。

3. 応力・変形・時間挙動 上記の繰返し応力下における飽和粘土の時間効果を平衡時の応力・ひずみ関係式に繰返しの重ね合わせることを試み、繰返し応力を負荷した後におけるひずみ速度 $(\dot{\epsilon}(N)/N)$ と時間(載荷回数) N との関係を実験式として時間効果項とした。ここでは、この方法をさらに発展させるために各試験条件による $\log(\dot{\epsilon}(N)/N) \sim \log N$ 挙動の相違を調べることにする。図 3 は排水繰返し三軸圧縮試験、非排水繰返し三軸圧縮試験および一軸的繰返し圧縮試験における荷重増段階毎の $(\dot{\epsilon}/N)$ と N の関係を示している。これらのうち後半部の直線部分を二次圧密部分とすると、Mitchell の方法によつて

$$\dot{\epsilon}_s / N = A \exp(\beta \eta) (N_0 / N)^m \quad (2)$$

の式に表わされる。A, β , m は実験定数、 N_0 は単位繰返し載荷回数である。このうち m については図 4 に示すように排水条件においてかなり異なり排水繰返しの方が非排水繰返しよりも大きな傾向がみられる。上式からひずみ速度 $d\epsilon_s / dN$ は

$$d\epsilon_s / dN = (1-m) A \exp(\beta \eta) (N_0 / N)^m = (1-m) (\dot{\epsilon}_s / N) \quad (3)$$

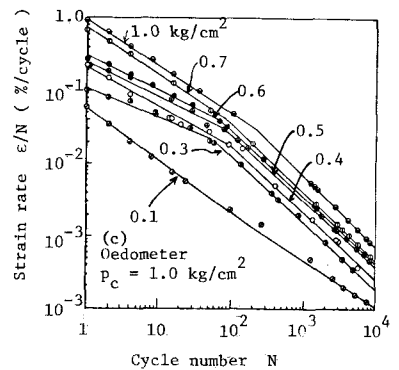
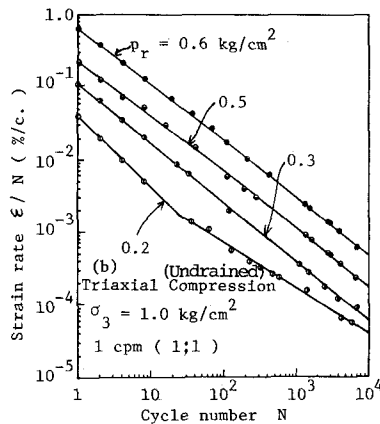
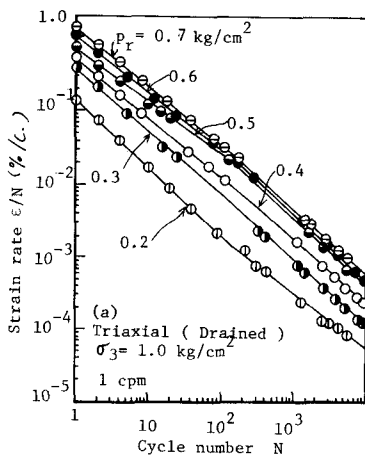


図-3 繰返し圧縮(密)試験におけるスミ速度 (ϵ/N) と載荷回数となる。1. (a) K_0 圧密状態 (σ_{v0} , σ_{h0} , e_0) から外力をかけた時の応力状態へ移行するとき、土中の水圧が平衡した後の σ_3 によるスミには等方力による体積変化は無視し、土の圧縮係数 ϵ_1 は式 (4) で与えられる。

$$\epsilon_1 = \int_{N_0}^{N_f} (1-m) A \exp(\alpha N) \left(\frac{N_0}{N} \right)^m dN \quad (4)$$

4. 繰返し荷重をかける土質試体の最終スミの予測方法

これまで筆者らは主に排水に起因する低密土路下の軟弱路床土の地下の荷重の予測法を提案し、実測値と予測値が良く対応することを確認している。その基本は繰返し圧縮過程における主スミ ϵ_j は非回復スミ ϵ_j^p と回復スミ ϵ_j^e からなるものとし、式 (5) を仮定した。

$$\Delta \epsilon_j = \Delta \epsilon_j^e + \Delta \epsilon_j^p \quad (j=1, 3) \quad (5)$$

このうち $\Delta \epsilon_j^e$ は載荷回数の増加に伴って変化するかまたは減少する傾向がある。すなわち $\Delta \epsilon_j^e / \Delta \epsilon_j \rightarrow 1.0$ に相当する N_f までのスミを収束スミ $\epsilon_{j,f}$ と近似して見做しても大きな誤りはないであろう。この方法は締固め土について提案したものを拡張したものである。図-5 は先の三種の試験条件の相違による $(\epsilon_j^p / \epsilon_j) \sim \log N$ (関係を示す) のあり、三軸圧縮条件の方が一軸圧縮条件の場合より収束回数、収束スミが大きくなる傾向がみられる。このことは図-6 を外挿しても確かめられる。

5. あとは、繰返し荷重をかける飽和粘土の変形を通常の三軸圧縮試験における変形と比較してその異同とその原因について議論し、さらに変形性状に及ぼす排水条件の影響に関する若干の実験結果を示す。また、繰返し荷重をかける土質試体の変形を予測する簡便法が試験条件に無関係に適用し得ることを示す。現在排水かつ試験の相関性を検討している。実験を担当した前園耕夫君(現財団法人)に謝意を表す。

引用文献 1) 山内・安原・前園 (1976); 財団法人土質工学研究発表会講演集, 冊153-156, 2) Roscoe, K.L. & J.B. Burland (1968); Eng. Plasticity, pp.535. 3) Mitchell, J.K. (1968); Proc. ASCE, SMI, Vol. 94., 4) Yamanouchi, T. & K. Yasuhara (1975); Symp. at Univ. of N.S.W., pp.337-351., 5) Yamanouchi, T. & K. Yasuhara (1975); Proc. 5th Asian Reg. Conf. SMFE, Vol.1, pp.77-83, 6) 山内・青砥 (1969); 第24回土木学会年次講演会報告書, 冊99-102, 7) 山内・安原 (1975); 第30回年報, 冊75-96.

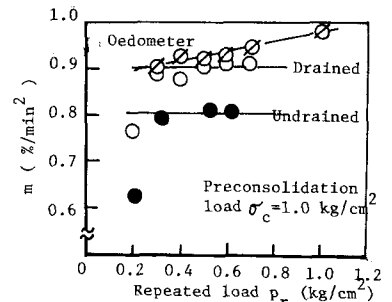


図-4 二次圧縮部分の圧縮率勾配

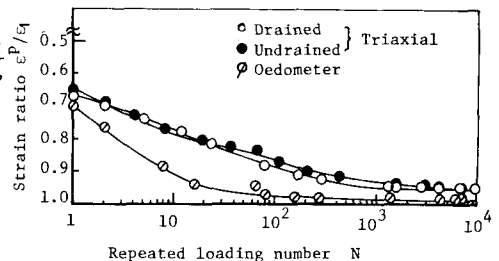


図-5 主スミ比と繰返し載荷回数

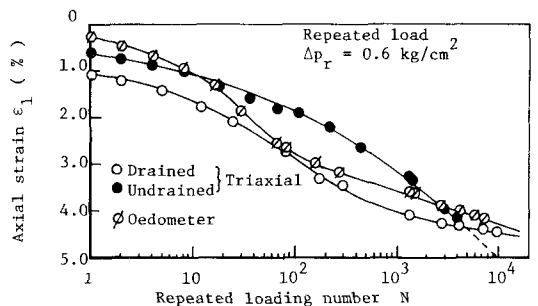


図-6 繰返し荷重による変形