

III-158

繰返し荷重を受けた正規圧密粘土の再圧密

西日本工業大学 正員 安原一哉

西日本工業大学 正員○平尾和年

1・まえがき 粘土が地震や交通荷重あるいは波浪などの繰返し荷重を受けると、過剰間隙水圧が生じ、有効応力が低下する。その後、繰返し載荷が停止し、累積された過剰間隙水圧が消散するための時間的余裕があれば、有効応力が初期の状態に回復する。このとき粘土地盤は排水（再圧密）を伴う可能性がある。このような粘土の再圧密挙動については、筆者の1人がドラメン粘土を用いた繰返し単純せん断試験により検討した結果は既に報告している。^{1,2),3)}

今回は、同様な実験を繰返し三軸圧縮試験機を用いて行ない、正規圧密粘土が非排水状態で繰返し荷重を受けることによって誘起された間隙水圧と再圧密過程の体積ひずみとの関係を考察する。次いで、先に示した再沈下計算法²⁾の三軸条件下での適用性について検討する。

2・実験概要 実験試料は、繰返し再圧密した有明粘土を含水比 93%前後に調整したものを使用した。試料の物理的性質は、比重 $G_s = 2.65$ 、液性限界 $w_L = 129\%$ 、塑性指数 $I_p = 69$ であり、供試体寸法は、直径 3.5cm、高さ 8.75 cm である。試験方法は、供試体に拘束圧と同じ背圧を負荷する。その後所定の拘束圧を加え、24hr 先行圧密する。次に、非排水条件で所定の繰返し荷重を軸方向のみ負荷し、その後、排水を許し再圧密を行う。引き続いて $\dot{\epsilon} = 0.1\%/min$ の速度で単調載荷の非排水せん断を行う。このような試験の載荷手順は図-1に、また、実験条件は表-1に示している。

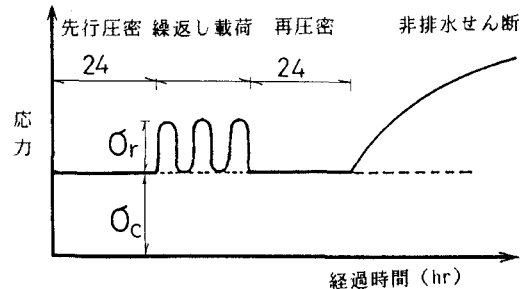


図-1 載荷手順

表-1 実験条件

実験 No.	周波数 f Hz	拘束圧 σ_c kgf/cm ²	繰返し荷重 σ_r kgf/cm ²	繰返し回数 N cycles
C-1	1	2	1.0	3600
2	1	2	1.2	172800
3	1	2	1.4	3600
4	1	2	0.8	172800
5	1	2	0.8	3600
6	0.1	2	0.8	17280
7	0.1	2	0.8	360
10	1	2	0.8	5000
11	1	2	0.8	87000
12	0.1	2	0.8	3600

3・繰返し荷重履歴後の再圧密 異なる応力履歴による正規圧密粘土の状態経路を図-2に示している。粘土が非排水状態で繰返し荷重を受けると過剰間隙水圧が生じ、図-2(a)のA→Bへと状態が変化する。次に、排水を許すと累積された間隙水圧が消散し、B→Cの経路を辿って初期の有効応力状態に復帰する。このとき、排水に伴って Δe なる体積変化が生じることになる。ここでは、再圧密の過程を図-2(b)のような等方圧密試験による有効応力の変化に近似的に等価と仮定している。既報で、繰返し単純せん断試験結果に用いられた、繰返し荷重履歴後の再圧密過程の体積変化の予測式は次式である。

$$\epsilon_{vr} = C_r / (1 + e_c) \log (1 / (1 - \Delta u_{cy} / \sigma'_c)) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 C_r ：再圧縮指数、 e_c ：先行圧密後の間隙比

Δu_{cy} ：繰返し荷重による累積間隙水圧、 σ'_c ：有効拘束圧

いま、式(1)の中で最も問題なのは再圧縮指数 C_r をどのように決めるかである。また、この再圧縮指数 C_r は過圧密比に依存することが既に分かっているので、今回は同じ供試体に対して除荷→載荷を繰返しことによって過圧密比を4種類変化させた静的等方圧密試験を行い、再圧縮指数 C_r を求めた。この再圧縮指数 C_r と次のように定義した、みかけの過圧密比 n_q で

整理すると図-3 が得られる。

$$nq = \sigma'_0 / \sigma'_c = 1 / (1 - \Delta u_{cy} / \sigma'_c) \quad \dots\dots (2)$$

これより、再圧縮指数 C_r はみかけの過圧密比 nq の増加に伴って大きくなる傾向が認められる。言い換えれば、再圧縮指数 C_r は繰返し載荷によって累積した間隙水圧に依存する。

次に、載荷条件が異なる全ての実験の再圧密過程の体積ひずみ ε_{vr} と間隙水圧 $\Delta u_{cy} / \sigma'_c$ の関係を図-4 に示している。図中には、式(1) による計算曲線と式(1) 中の C_r の代わりに静的等方圧密試験から得られる膨張指数 C_s を用いた計算曲線を併記している。これより、体積ひずみ ε_{vr} は繰返し載荷条件（繰返し荷重レベル、載荷周波数、載荷回数）によらず、累積間隙水圧 $\Delta u_{cy} / \sigma'_c$ に依存することが分る。

また、実験値と計算曲線との比較は、間隙水圧 $\Delta u_{cy} / \sigma'_c = 0.15$ 付近での対応はあまり良くないが、その他の実験値は計算曲線と良い対応を示していると言えよう。したがって、計算上のパラメータとしては、 C_s を用いるより C_r を使用する方がより実験値を説明できそうである。

4・結論

- 1)排水に伴う体積ひずみは、繰返し載荷時の条件によらず、繰返し荷重によって生じた間隙水圧により一義的に決まる。
- 2)この体積ひずみは、等方圧密試験による再圧縮指数 C_r を用いて予測可能と思われる。
- 3)したがって、繰返し単純せん断試験に適用した再圧密過程の体積ひずみの予測式が三軸条件下でも適用可能である。

引用文献

- 1)Yasuhara, K. and K.H. Andersen (1987): Clay behaviour under long-term cyclic loading, Proc. 22th Conf. Japanese Society of SMFE, Vol.1, pp.635-638.
- 2)安原一哉・ K.H. Andersen (1987):繰返し波浪荷重を受ける粘土地盤の沈下、海底地盤に関するシンポジウム論文集、PP.151-156.
- 3)安原一哉・ K.H. Andersen(1988):繰返し荷重を受けた正規圧密粘土の構造形成と再沈下、昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.346-347.

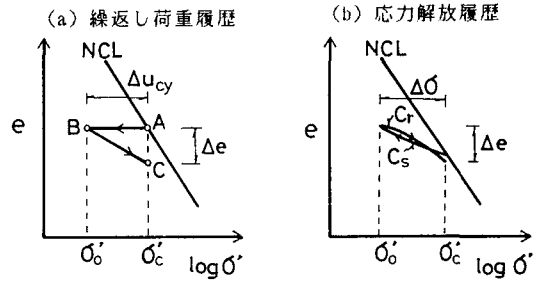


図-2 異なる応力履歴による
正規圧密粘土の状態経路

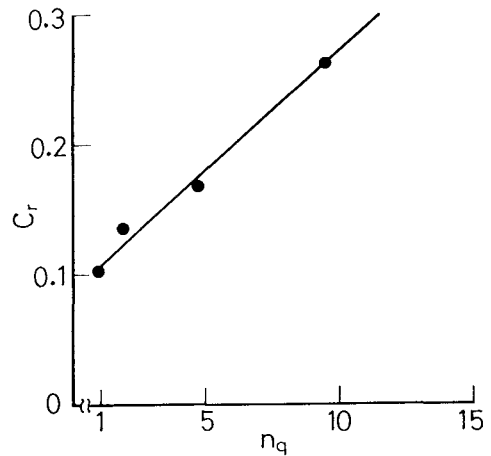


図-3 再圧縮指数と過圧密比の関係

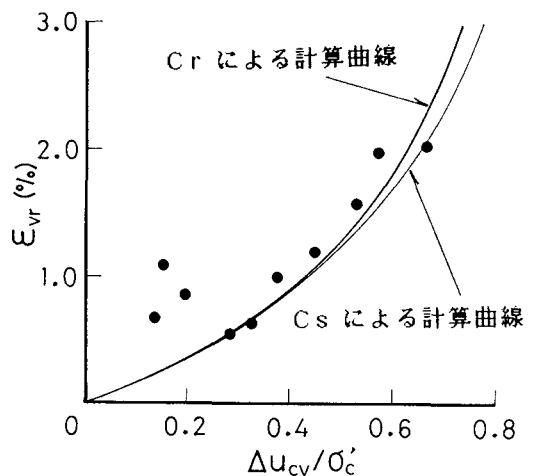


図-4 再圧密による体積ひずみと
累積した間隙水圧の関係