

III-251

繰返し圧密における載荷応力の一評価方法

九州大学 学○久保 明

九州大学 正 落合英俊

九州大学 正 林 重徳

佐賀大学 正 坂井 晃

1. はじめに

軟弱地盤を基礎とする盛土や堤防などの土構造物に、交通荷重や潮の干渉などによる繰返し荷重が作用する場合、圧密理論では予測できない大きな沈下が長期にわたって生じ、支障をきたしている。これまで、繰返し荷重を受ける飽和粘土の変形挙動に関する研究は数多くなされ、貴重な成果が得られているが、そのメカニズムは複雑で未解明な点も多い。本文は、繰返し荷重を受ける飽和粘土の沈下量を簡易に予測するため、繰返し応力を静的応力に置換えて評価する方法について検討したものである。

2. 試料および試験方法

試験に使用した試料は、含水比200%で練り返した有明粘土 ($G_w = 2.60$ $M_e = 122.4\%$, $I_p = 71.5\%$, $C_c = 0.92$) である。供試体は、練り返した試料を円筒モールド内で 0.4 kgf/cm^2 の応力で10日間圧密した後、直径6cm、高さ2cmに切り出して作成した。試験には、容器内部をテフロン加工した圧密試験装置を使用した。試験は、圧密応力 $P = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で24時間圧密した後、繰返し応力 $\Delta p = 0.6, 0.8, 1.0, 1.2$ を周波数0.1 Hzの片振り矩形波で約 10^4 回載荷した。また、圧密応力の影響を調べるため繰返し応力比 $\Delta p/p = 0.6$ については、圧密応力 $P = 0.5, 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の試験も行った。

3. 試験結果と考察

3-1 ひずみと繰返し回数の関係

図-1は、圧密応力 $P = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、繰返し応力比 $\Delta p/p = 0.6, 0.8, 1.0, 1.2$ の場合における除荷時のひずみの経時変化を載荷回数 N に対して整理したものである。いずれの繰返し応力比においても、繰返し回数 N の対数に対して、ひずみは載荷回数の初期に緩やかに増加し、ほぼ同じ繰返し回数で変曲点が現われ、その後一定の勾配でひずみが進行する。また圧密応力 P が一定の場合、繰返し応力比 $\Delta p/p$ が大きくなるほど、ひずみは大きくなり、沈下に対する繰返し応力比の影響が顕著である。一方、繰返し応力比 $\Delta p/p$ を一定とし、圧密応力 P の影響を示したのが図-2である。 $\Delta p/p = 0.6$ 、 $P = 0.5, 1.0, 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ の試験結果である。圧密応力の違いによるひずみの大きさや変化傾向には、有意な差が認められない。以上のことから、繰返し一次元圧密においてその変形には、繰返し応力比の影響が大きく、圧密応力の影響は小さいことがわかる。

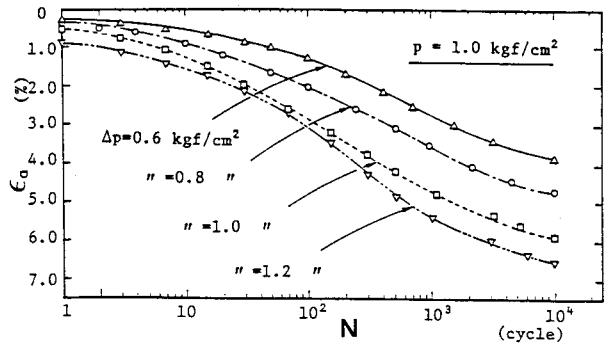


図-1 ひずみと繰返し回数の関係 ($P = \text{constant}$)

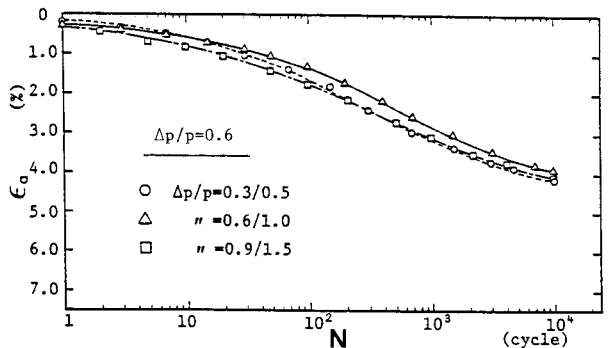


図-2 ひずみと繰返し回数の関係 ($\Delta p/p = \text{constant}$)

3-2 等価応力による繰返し応力の評価

3-2-1 等価応力の求め方

一次元の繰返し荷重を受ける飽和粘土の圧縮ひずみは、繰返し応力比 $\Delta p/p$ の影響を顕著に受ける。この繰返し応力比の影響を考慮し、沈下量を簡易に予測する方法のため、繰返し応力を繰返し回数ごとに静的応力に置換える等価応力の考え方を導入する。 $e \sim \log p$ 面において、正規圧密線上の圧密応力 p に対応するA点（間隙比 e_0 ）にある粘土が繰返し応力 Δp を受けると間隙比は減少し、繰返し回数 N でB点に至る。このB点における間隙比 e_N は、A点より圧密応力 $p + (\Delta p)_N$ で圧密して得られるC点の間隙比に等しく、この $(\Delta p)_N$ を繰返し回数 N における等価応力とする。なお $(\Delta p)_N$ は式で表わされる。

$$(\Delta p)_N = p \cdot (10^\alpha - 1) \quad \text{但し} \quad \alpha = \frac{e_0 - e_N}{C_c}$$

3-2-2 等価応力と繰返し回数の関係

等価応力 $(\Delta p)_N$ を繰返し応力 Δp で正規化した量 $(\Delta p)_N / \Delta p$ を用い、図-1の試験結果（ $p = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$, $\Delta p/p = 0.6, 0.8, 1.0, 1.2$ ）を繰返し回数 N に対して示したのが図-4である。 $(\Delta p)_N / \Delta p$ の変化傾向は、ひずみのそれと類似しており、変曲点が現れた後、一定値に収束する傾向を示す。さらに、 $(\Delta p)_N / \Delta p$ は繰返し応力比 $\Delta p/p$ の値にかかわらず、ほぼ一本の曲線によって表わすことができ、上述の等価応力の考え方をを用いれば、繰返し応力比の影響を考慮することができる。図-4に示す一本の実線を基にして沈下量を算定し、実験結果との比較を示したのが図-5である。かなりの精度で、各繰返し応力比毎の沈下傾向を表わすことができる。以上の結果は、等価応力の考え方をを用いれば、圧密応力が一定の場合、一つの繰返し応力比に対する試験結果から、他の繰返し応力比での結果を簡易に予測できることを示している。

4. まとめ

繰返し一次元圧密試験を行った結果次のことが明らかになった。

- i) 繰返し一次元圧密において、その変形には、繰返し応力比の影響が大きく、圧密応力の影響は小さい。
- ii) 等価応力 $(\Delta p)_N$ を用い、繰返し荷重を静的荷重に置換える方法によって、繰返し応力比の影響を考慮でき、簡易な沈下予測法を求める上で有効である。

謝辞) 本実験に協力された水元誠司氏（卒論生、現在東洋建設(株)）に謝意を表します。

参考文献) 落合、林、兵動、坂井：“粘土の繰返し圧密特性と変形解析への適用”，第21回土質工学研究発表会，1986

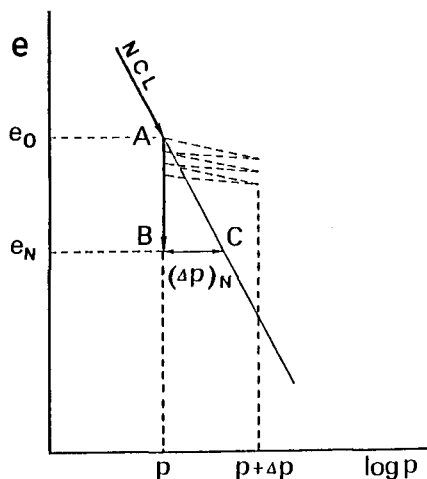


図-3 等価応力の求め方

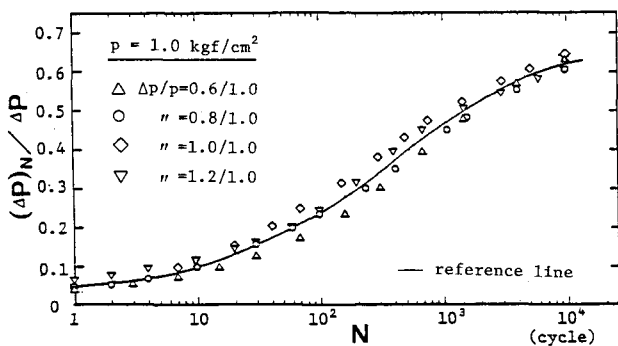


図-4 等価応力と繰返し回数の関係

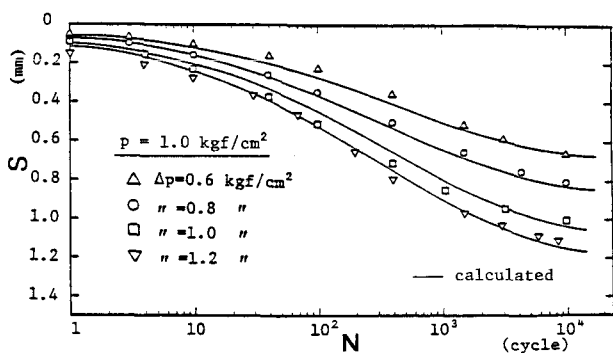


図-5 等価応力を用いた計算値と実測値の比較