

III-60

繰返し荷重を長期間受ける飽和粘土の変形挙動の簡易予測法

佐賀大学理工学部 正員 坂井 晃

" " 正員 三浦哲彦

1. まえがき

軟弱粘土地盤上に築造された低盛土道路や堤防などの土構造物に交通荷重・波浪等の繰返し荷重が作用する場合には、静的解析では得られない過剰間隙水圧の発生や沈下が長期間にわたって生じている。このような長期にわたる繰返し効果によって静的な圧密・変形量を上回る被害が指摘されており、現在これらの地盤変形の予測法と対策が急がれている。従来、軟弱地盤上の低盛土道路の沈下予測法としては、交通荷重による衝撃の影響を考慮した交通相当荷重を算定し、そのときの変形量を求める方法が提案されている¹⁾。また、長期にわたる繰返し効果を評価する簡便的方法として、ダイレイタンス特性を考慮した静的等価応力の考え方も提案されている²⁾。これらの予測法は、長期間繰返し荷重を受ける飽和粘土の変形挙動を、静的載荷問題に置き換える簡便的方法である。本研究も飽和粘土の繰返し問題に対して同様の方法を採用しているが、ここではCam-clayモデルの適用法について提案し、繰返し非排水せん断時の飽和粘土の変形挙動について実験値と比較検討したものである。

2. Cam-clayモデルの適用法

非排水せん断時におけるCam-clayモデルの降伏関数は次式で与えられる。

$$q = Mp / (1 - \kappa / \lambda) \ln(p_0 / p) \quad (1)$$

このCam-clayモデルを繰返し載荷問題に適用する場合には、上式の降伏関数を繰返し回数の増加とともに逐次変化させる方法が考えられる。本文では、この降伏曲線の繰返し回数に伴う移動を表現する方法として、以下に示す2つの方法を取り上げる。

(1) p_0 を変化させる方法（方法1）

この方法は、式(1)において、任意の繰返し回数における平均有効主応力と一致するように p_0 を変化させるものである。すなわち、降伏曲線は、図-1(a)に示すように、繰返し回数 N の増加に伴って仮定の拘束圧 $(p_0)_N$ の曲線に移動するものとする。また、このときの $e - \ln p$ 関係を示したのが図-1(b)である。 $e - \ln p$ 関係の傾き λ は一定であり、 $(p_0)_N$ が繰返し回数の増加とともに $(p_0)_{N1}$ 、 $(p_0)_{N2}$ と平行移動する。

(2) $(1 - \kappa / \lambda)$ を変化させる方法（方法2）

Cam-clayモデルの材料定数 κ 、 λ を変化させる方法で、任意の繰返し回数において式(1)を満足するように $(1 - \kappa / \lambda)_N$ を変化させるものである。図-2(a)は、降伏曲線の変化傾向を示したものであり、モデル1に比べ p_0 が固定されている点が特徴的である。一方、 $e - \ln p$ 関係は、図-2(b)に示すように κ 一定とするとA点を中心に回転することになり、またCSLと e_0 の交点における p_0 は $p_0 = p_0 \exp(\kappa / \lambda - 1)_N$ から繰返し回数とともに移動する。

3. 繰返し非排水せん断試験

実験結果との比較

繰返し非排水せん断試験³⁾は、繰り返した有明粘土（比重2.602、液性限界122%、塑性指数72）を用いて、周波数0.1Hzの片振り正弦波を側圧一定のもとで載荷した。

(1) 方法1

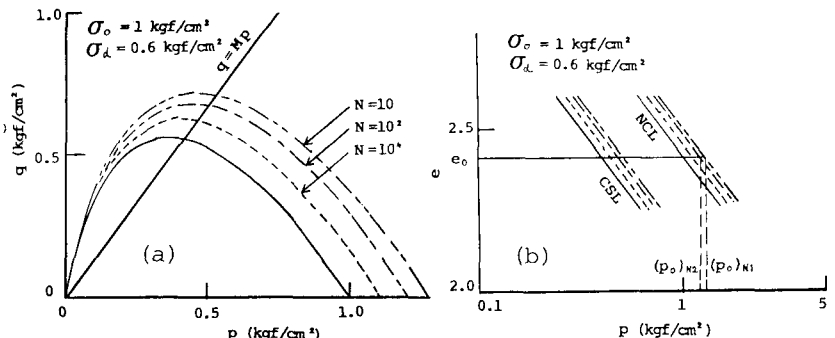
図-1 p_0 を変化させる方法（方法1）

図-3は、方法1によって求めた $(p_0)_N$ を繰返し回数 N に対してプロットしたものである。この図から、繰返し応力比0.9以外は、 $(p_0)_N$ が繰返し回数の増加に伴って次第に減少する傾向がみられ、その値は繰返し応力比に依存しているのがわかる。

この $(p_0)_N$ を用いて、Cam-clayモデルによるせん断ひずみ $\epsilon^p (=2/3(\epsilon_1 - \epsilon_3))$ を求め、実測値と比較したのが図-4である。計算値による ϵ^p は、繰返し回数に対する実測値の増分よりも幾分小さな値を示し、また逆に載荷初期に幾分大きな値を示す傾向がある。

(2) 方法2

方法2によって求めた $(1-\kappa/\lambda)_N$ と繰返し回数 N の関係を図-5に示す。 $(1-\kappa/\lambda)_N$ は、繰返し回数の増加とともに増大していく傾向がある。その値は拘束圧と繰返し応力比に依存しているようであるが、本実験結果から明確な関係は得られなかった。

図-6は、この $(1-\kappa/\lambda)_N$ の値を用いて、Cam-clayモデルによるせん断ひずみ ϵ^p を求めたものである。方法2では、繰返し載荷初期には実測値とほぼ一致し、繰返し回数に対する ϵ^p の増分率は方法1の場合よりも幾分大きいことがわかる。

4. あとがき

以上、繰返し載荷問題に対するCam-clayモデルの適用法について非排水せん断を対象に述べてきたが、これらの方法は排水せん断にも適用可能であると思われる。今後、種々の載荷条件下における $(p_0)_N$ 、 $(1-\kappa/\lambda)_N$ と繰返し回数の関係を明かにする必要がある。

参考文献 1)久楽他：第26回土質工学シンポジウム、pp. 23-30、1981。2)落合他：第31回土質工学シンポジウム、pp. 23-26、1986。3)落合他：第21回土質工学研究発表会、pp. 669-670、1986。

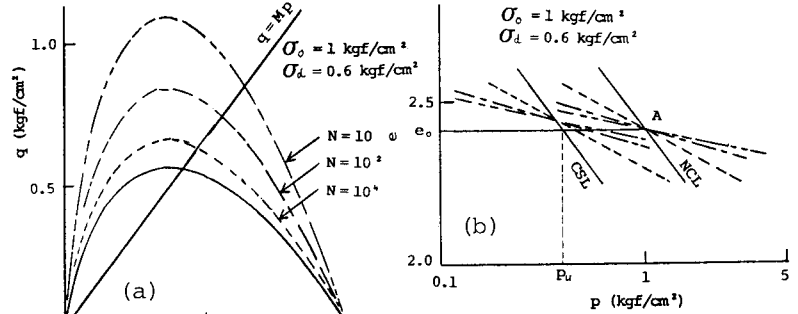


図-2 $(1-\kappa/\lambda)_N$ を変化させる方法(方法2)

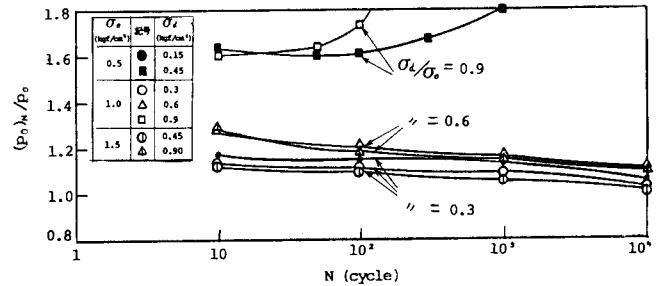


図-3 $(p_0)_N/p_0$ と繰返し回数の関係(方法1)

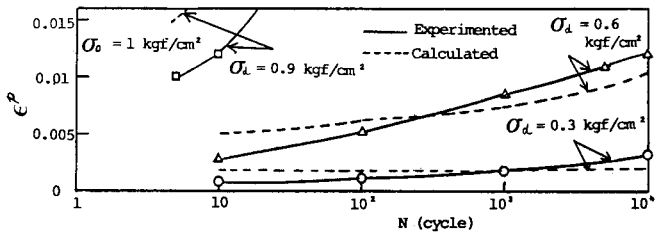


図-4 せん断ひずみ ϵ^p と繰返し回数の関係(方法1)

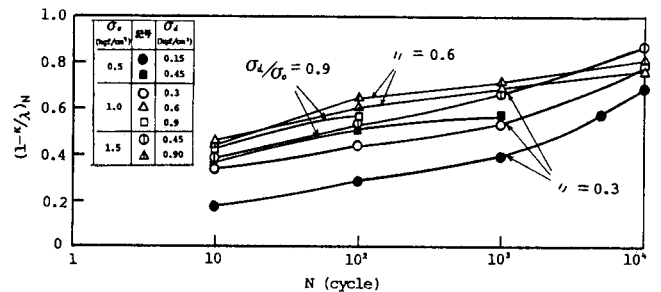


図-5 $(1-\kappa/\lambda)_N$ と繰返し回数の関係(方法2)

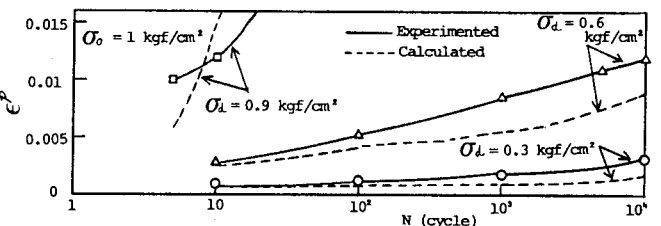


図-6 せん断ひずみ ϵ^p と繰返し回数の関係(方法2)