

繰返し等方応力による粘土の圧密特性

九州大学 正 落合 英俊 九州大学 正 林 重徳
九州大学 正 坂井 晃 東海大学 正 兵動 正幸
九州大学 学〇松本 江基

1. まえがき

近年、軟弱地盤上に築造された低盛土道路の異常な沈下が問題となっている。この沈下は、盛土荷重だけでなく、自動車の走行荷重の影響を強く受けて引き起こされると考えられている。最近、このような動的問題にも適用できる構成モデルが、種々提案されているが、ここでは、パラメータの個数が少なく、しかもその決定が容易なCam-clayモデルを、繰返し載荷時の問題に適用することを試みた。Cam-clayモデルに含まれるパラメータは、せん断試験から求まるMと、等方圧密試験から求まる λ 、 κ の3個であるが、限界状態を規定するMの値は繰返し載荷を受けても変わらないと考えられるため、残り2つのパラメータ λ 、 κ のうち、変形に大きな影響を及ぼす λ に着目した。本文では、 λ の値は等方応力の繰返し載荷回数とともに変化すると考え、ある載荷回数に対する λ_n の求め方を示し、それを用いて等方応力の繰返しによる圧密変形量を算定する式を与えた。さらに、新たに定義した λ_n の繰返し応力比依存性について検討した。

2. 試料及び供試体

試料は、繰り返した有明粘土で、その物理的性質は表-1に示す通りである。供試体は、含水比200%で繰り返した試料を、 $0.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ まで段階的に一次元圧密を行なった後、直径5cm、高さ10cmの寸法で切り出した。なお試料の作成は恒温室で行ない、予圧密の終了には10日間を要した。

表-1 試料の物理的性質

比重	Gs	2.602
液性限界	WL	122.4%
塑性限界	WP	50.9%
塑性指数	IP	71.5
λ		0.352
κ		0.072
M (=1.75(1- $\frac{\kappa}{\lambda}$)) ⁽¹⁾		1.392

1) 転部：
第20回土質工学シンポジウム
pp. 45~69, 1975

3. 実験方法

実験は、供試体セット後、バックプレッシャー2.0 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ を有効拘束圧0.1 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ で一昼夜負荷したのち、所定の有効拘束圧(0.6)で24時間等方圧密を行なった。排水条件は周面排水とし、排水量は、常にバックプレッシャー2.0 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ を負荷した状態で、内径4mmの硬質チューブ内のマノメータオイルの移動量から測定した。その精度は、0.013 $\frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^3}$ である。また、繰返し載荷中の供試体の変形状態を知るため、軸変位も測定した。繰返し応力($\Delta\sigma_c$)は、周波数0.1Hzで矩形波(片振り)を 10^4 回作用させた。なお実験は、恒温室内(18℃)で行なった。

4. 実験結果及び考察

4.1 繰返し載荷時の圧密変形

図-1は、 $e-\ln P$ 上で示した本実験の模式図である。繰返し載荷過程では、有効拘束圧 σ'_{c0} から等方応力 $\Delta\sigma_c$ を繰返し載荷した。図-2は、繰返し載荷時の体積ひずみ ϵ_v と繰返し回数Nとの関係を示しており、従来知られているように、繰返し応力比($\frac{\Delta\sigma_c}{\sigma'_{c0}}$)が大きくなるにつれて、体積ひずみは増大する。また、 10^4 回の繰返しに対しても変形はなお進行しており、繰返し載荷による圧密は、長期間継続することがうかがえる。また、繰返し載荷中の体積ひずみと軸ひずみの値から算定した側方ひずみは、軸ひずみの測定値とはほぼ一致しており、供試体は等方的変形をしていることが確認された。

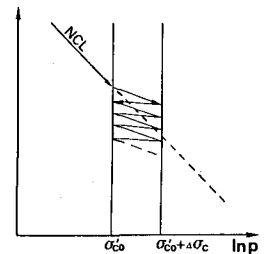


図-1 繰返し載荷の模式図

② 繰返し載荷時の圧密変形の定量化

Cam-clayモデルのパラメータを繰返し回数ごとに变化させ、繰返し載荷時の圧密変形を定量化する方法は以下の通りである。この考えを模式化したのが図-3である。正規圧密線上のA点にある粘土に対して、等方向圧力 $\Delta\sigma_c$ を繰返し載荷すると、間隙比 e は繰返し回数とともに減少してB点に至る。このB点を通る間隙比一定線と $\sigma' = \sigma'_{c0} + \Delta\sigma_c$ 線の交点としてC点が得られる。この時、A点とC点を結ぶ直線の傾きを、ある繰返し回数Nにおける λ_N として、 λ_N と定義する。この λ_N の値を用いると、繰返し応力比 $(\Delta\sigma_c/\sigma'_{c0})$ をN回繰返し載荷したときの体積ひずみは、次式で算定できる。

$$(dV_c)_N = \frac{\lambda_N}{1+e_0} \ln \left(1 + \frac{\Delta\sigma_c}{\sigma'_{c0}} \right) \quad (1)$$

新たに定義したパラメータ λ_N の値が、繰返し応力比の影響をどれほど受けるか検討しておくことは、簡便な解析を進めていく上で重要である。図-4は、繰返し応力比ごとの、繰返し回数Nと λ_N との関係である。 λ_N の値は、繰返し載荷の初期段階では、繰返し応力比の影響をほとんど受けない。また、 λ_N は載荷回数の増加につれて、繰返し応力比の値とともにいくぶん大きくなるが、さらに載荷回数が多くなると、応力比の値にががわらずほぼ同じ値に収束する傾向がある。繰返し応力比による λ_N の差が、体積ひずみに対してどれほどの差として表われてくるかを検討するため、図-4の実験結果を、図中に示す一本の破線で代表させ、式(1)を用いて各繰返し応力比に対して体積ひずみを算定し、実験結果と比較した。図-5がその結果である。図-4の $\lambda_N \sim N$ 関係を一本の破線で代表させて計算した値と実測値の差は、図にみられるようにさほど大きくない。以上より、本実験での応力の範囲内では、 λ_N に及ぼす繰返し応力比の影響は小さく、従って、 λ_N は回数のみによって定めることができる。

5. まとめ

繰返し載荷を受ける圧密変形問題を解析するためにCam-clayモデルを利用する方法を述べた。すなわちモデル中のパラメータ入が、繰返し回数とともに变化すると考え、新たに入なる量を導入した。この λ_N は、繰返し応力比の影響をあまり受けず、繰返し回数のみによって表現できるようである。

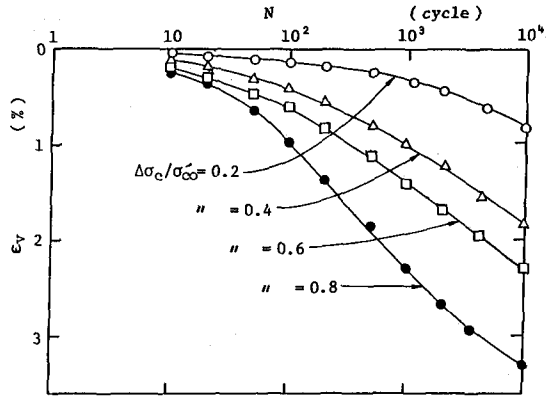


図-2 繰返し回数と体積ひずみの関係

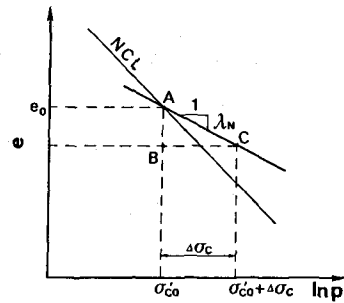


図-3 λ_N の決定法

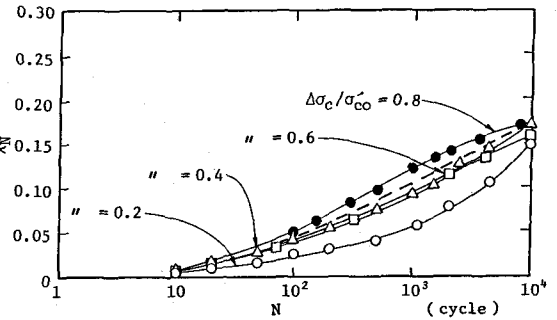


図-4 繰返し回数と λ_N の関係

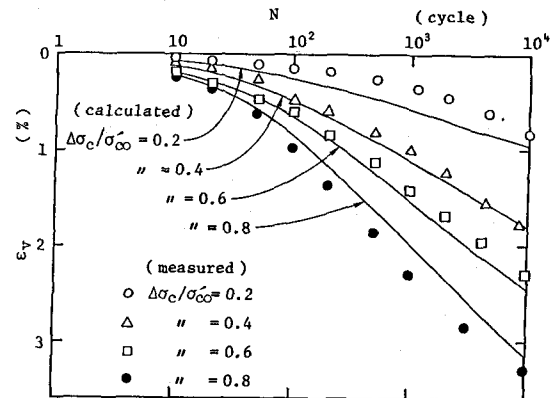


図-5 計算値と比較した
繰返し回数と体積ひずみの関係