

熊本大学工学部 正会員 今 泉 繁 良
名古屋大学工学部 正会員 山 口 柏 樹
東洋建設㈱ 榎 内 康 夫

1. はじめに

著者らは、飽和粘土の強度・変形特性を把握するために、スラリー状のカオリン系粘土を正規圧密した供試体について、等方圧密三軸圧縮試験を実施してきた¹。その中で、非排水三軸試験結果として得られる初期弾性係数 E_{ui} と割線弾性係数 E_{uso} は、強度の場合よりも大きく速度効果をうけること、排水時の応力パスは修正カム粘土論でかなり予測しうることなどを示した。

ここでは、上記速度効果について補足実験を実施した結果と、非排水時の応力パスもまた修正カム粘土論でかなりの程度予測しうることを述べる。

2. 試料ならびに実験方法

試料は文献¹で使用したのと同じ市販のカオリン系粘土で、 $w_L=66.0\%$ 、 $w_p=38.6\%$ 、 $I_p=27.4$ 、 $C_c=0.276$ 、 $C_s=0.059$ である。この粘土を含水比が液性限界よりやや高い67-68%のスラリー状態から供試体作製用モールドを用いて直接に等方圧密($p_0=2.0\text{kgf/cm}^2$)し、供試体を作製した。次に、軸ひずみ速度を1.0, 0.2, 0.04, 0.02, 0.005%/minに変化させて非排水状態で軸圧縮力を加え、刻々の軸変形量と供試体底部での間隙水圧を計測した。

3. 軸ひずみ速度の弾性係数への影響

圧密非排水試験から得られた応力-軸ひずみ曲線から、軸ひずみ量の小さい部分(約0.5%以内)に対してのみ双曲線法²を適用し初期弾性係数 E_{ui} を求めた。また、主応力比 σ'_1/σ'_3 が最大となるときの強度 q_f を定め、この強度の1/2に対応する割線弾性係数 E_{uso} を計算した。

図-1は、弾性係数に及ぼす軸ひずみ速度の影響を示したものである。ひずみ速度を v_e とすると、 E_{ui} と E_{uso} の平均的關係は次のようになった。

$$E_{ui} = 237 \log v_e + 817 \quad (1)$$

$$E_{uso} = 57 \log v_e + 224 \quad (2)$$

すなわち、軸ひずみ速度が10倍速くなると E_{ui} では1.4-1.7倍の増加、 E_{uso} では1.3-1.5倍の増加になる。そして、この傾向は、強度に関する軸ひずみ速度効果、すなわち図-2に示した今回の実験結果(軸ひずみ速度10倍に対して1.02-1.06倍の増加率)やBjerrum³の実験結果よりも大きなものとなっている。結局、軸ひずみ速度効果は土の粘性に起因するため、破壊強度そのものよりもそこに至る応力-軸ひずみ関係を示す弾性係数に、しかもその初期部分においてより著しく影響が表れている。

4. 限界状態理論と実験値との対応

修正カム粘土理論が排水せん断試験の結果と良く対応することはよくたしかめられている^{1,4}。

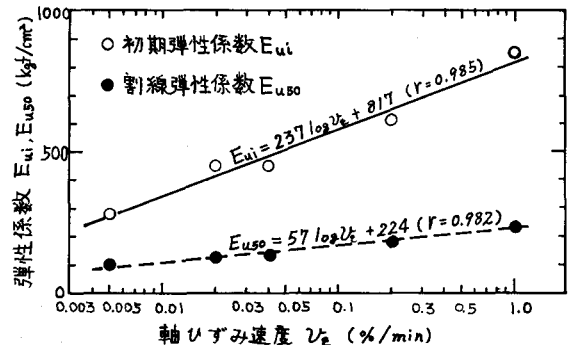


図-1 弾性係数に及ぼす軸ひずみ速度の影響

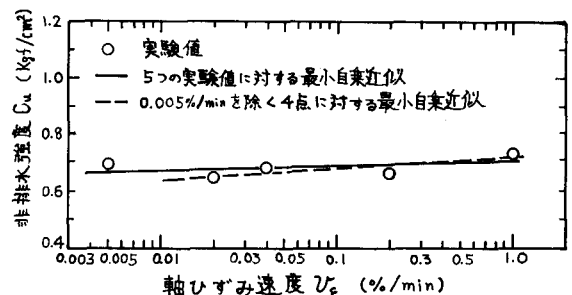


図-2 非排水強度に及ぼす軸ひずみ速度の影響

しかしながら、修正カム粘土論の非排水せん断試験結果に対する適用性を検討したものは以外と少ない。

いま、軸差応力 q と平均主応力 p の比を η とおくと、修正カム粘土論による $p-q$ 面上での降伏曲線は次のようになる。

$$\frac{p}{p_0} = \frac{M^2}{M^2 + \eta^2} \quad (3)$$

ここに、 p_0 = 等方圧密圧力

$$M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$$

(3)式に v (比体積) - p 面上での処女圧縮曲線ならびに膨張曲線を考慮すると、ロスコー面の表示式として

$$p = \frac{M^2}{M^2 + \eta^2} \exp \left\{ \frac{v_\lambda - v - \alpha \ln p}{\lambda - \alpha} \right\} \quad (4)$$

が得られる。ここに、 v_λ は処女圧縮曲線上の $p = 1 \text{ kgf/cm}^2$ に対する v の値である。非排水試験での応力パスを示す式は、(4) 式において $v = v_0 = v_\lambda - \lambda \ln p_0$ とおくことによって、(5) 式のようになる。

$$p = \frac{M^2}{M^2 + \eta^2} \exp \left\{ \frac{\lambda \ln p_0 - \alpha \ln p}{\lambda - \alpha} \right\} \quad (5)$$

図-3は、今回行った圧密圧力 $p_0 = 2 \text{ kgf/cm}^2$ の応力パスの実験値と理論値との対応を示したものである。軸ひずみ速度が $1.0 \text{ \% / min}$ と速い場合には両者の対応は良くないが、 $v_\epsilon = 0.005 \text{ \% / min}$ (これはCD試験の2倍の速さ)になると両者はかなり良く対応してくる。実験値の応力パスがC.S.L.を越えて存在するのは、 M の決定に際して他の圧密圧力に基づく最大主応力比点をも考慮した平均的關係として定めた¹ ためである。また、軸ひずみ速度が速い場合に両者が一致しないのは、理論計算に用いた変形特性 λ , α が圧密試験から求まる完全な有効応力に基づいているのに対し、三軸圧縮試験で軸ひずみ速度が速い場合には間隙水压を正しく計測することができず平均主応力 p の過大評価をするためであり、結果として図-3に示したように右側に膨らんだ形状になる。なお、図-3にはカム粘土論から計算した応力パスも示したが、実験値とは大きく異なっている。

5. まとめ

飽和正規等方圧密状態にあるカオリン系粘土に対して軸ひずみ速度を変えて非排水三軸圧縮試験を実施し、初期弾性係数 E_{u1} と割線弾性係数 E_{us} は軸ひずみ速度が10倍になるとそれぞれ1.4 - 1.7 倍、1.3 - 1.5 倍に増加すること、軸ひずみ速度が遅いときの応力パスは修正カム粘土論でかなりの程度予測しうることを明らかにした。

なお、本研究は文部省科学研究費補助金総合研究(A) No.58350029 (代表：山口柏樹) を受けて実施したものであることを付記する。

〈参考文献〉

- 1) 山口柏樹、他：飽和粘土のCUC, DCにおける強度・変形特性, 第19回土質工学研究発表回, 1984
- 2) R.L.Kondner: Hyperbolic Stress-Strain Response: Cohesive soils, Proc. ASCE, 1963
- 3) L.Bjerrum: Embankments on Soft Ground, Proc. of the Specialty Conf. on Performance of Earth and Earth-Supported Structures, 1972
- 4) K.H.Roscoe and J.B.Burland: Stress-Strain Behaviour of Wet Clay, Engineering Plasticity, 1968

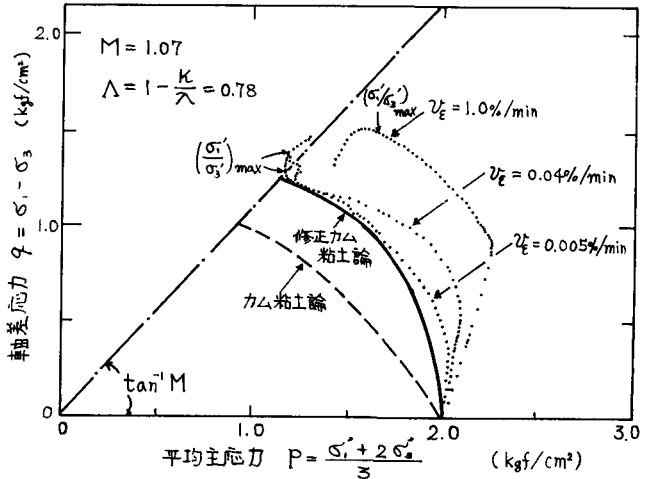


図-3 CUC試験の応力パスと理論値の対応