

III-151

正規圧密粘土における三軸非排水クリープ試験

名古屋大学大学院 学生会員 中野 正樹
 名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1. はじめに

正規圧密粘土のクリープ特性は、土質力学上重要な問題の1つである。この特性を解明するため数多くの実験を行ない、構成則に時間効果を取入れてモデル化されることが多かった。本報告ではしかし、非排水クリープ挙動を供試体内部の間隙水のマイグレーション(移動)により説明することを試みる。つまり載荷後、時間とともに間隙水のマイグレーションが生じ、含水比(間隙比)が不均質になりクリープ破壊に至るのである。そこで実際に非排水クリープ試験および弾塑性モデルを用いた非排水クリープ試験の数値シミュレーションを行ない、とくに「上限降伏値¹⁾」について考察する。

2. 非排水クリープ試験

実験に用いた粘土試料は京都深草粘土で、調整後直径3.5cm、高さ8cmの円筒供試体に成形し、圧密圧力 $p_0 = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ で約12時間等方圧密した後、クリープ荷重を $3.55 \sim 2.60 \text{ kgf/cm}^2$ として非排水クリープ試験を実施した。以下、代表的な3種類の荷重(A:3.45, B:3.25, C:3.00 kgf/cm^2)についてその結果を示す。図1は軸ひずみ速度と経過時間の関係を示したものである。

各荷重での最小ひずみ速度とクリープ破壊時間は $\dot{\epsilon}_1 \sim \log t$ プロット上でほぼ1本の直線に載っている。また 3.00 kgf/cm^2 より小さい荷重では破壊は起こらず、 3.00 kgf/cm^2 が上限降伏値と思われる。次に有効応力パスを図2に示すが、間隙水圧は供試体下端部より測定している。載荷直後は間隙水圧が最大となり、時間が経つにつれ間隙水圧が消散し破壊に至る。この間隙水圧の消散が間隙水のマイグレーションを起こし含水比が不均質になり破壊に至ると思われる。この傾向はどの荷重でもみられ、破壊点(最小クリープひずみ速度)は、原点を通る1本の直線に載っている。この直線は別途非排水試験で得られた限界状態線に一致している。図3は各荷重での5層に分割した供試体の含水比のばらつきである。荷重が小さくなるにつれ含水比はばらついている。荷重が大きいと少しの間隙水のマイグレーションで破壊に至り、荷重が小さいと十分マイグレーションが起こって破壊に至る。

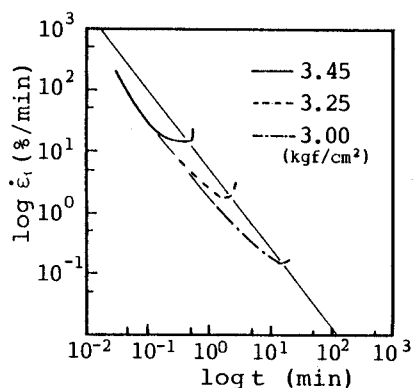


図1 軸ひずみ速度～経過時間関係

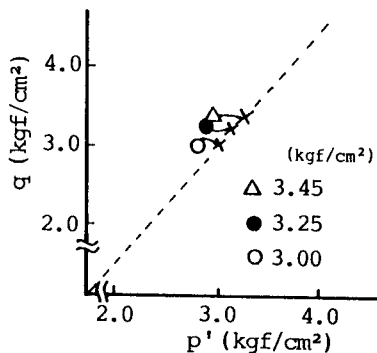


図2 有効応力パス

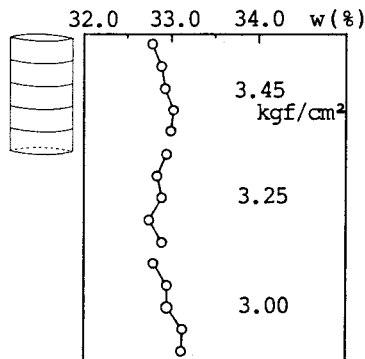


図3 含水比のばらつき

3. 弾塑性モデルを用いた数値シミュレーション

前章までで行なわれた非排水クリープ試験を弾塑性モデル(Cam clay model)を用いた数値シミュレーションにより再現する。その手順は文献2)に譲ることにして表1に弾塑性パラメータおよび透水係数を示す。まずクリープ荷重 $q = 3.45 \text{ kgf/cm}^2$ について、図4のように載荷後時間が経つにつれて支持力は下がり、 $t_f = 14 \text{ sec}$ で破壊する。図5は経過時間に対する供試体内部の間隙水圧の分布と含水比のばらつきを示している。載荷直後、キャップなどの端面拘束を受け端部に大きな間隙水圧を発生するが、時間とともに若干ではあるが均質になろうとする。それに伴い含水比は不均質になり破壊に至る。一方クリープ荷重 $q = 3.00 \text{ kgf/cm}^2$ については、図6に示すように載荷後時間とともに支持力は下がってくるが十分時間が経つと一定値に漸近し破壊は起こらない。供試体内部の間隙水圧分布や含水比のばらつきをみると(図7)、時間とともに間隙水圧は均質に含水比は不均質になるが、十分時間が経つと間隙水圧は完全に均質になりこれ以上含水比のばらつきは望めず支持力が一定になるのである。このようにして間隙水のマイグレーションに注目した数値シミュレーションを行うと、三軸試験をエレメントと見る弾粘塑性モデルでは説明のむずかしい上限降伏値を求めることはできる。しかし、今回の計算では上限降伏値は $3.00 \sim 3.45 \text{ kgf/cm}^2$ の間に存在し、実験値より大きな値を示してしまった。

表1 弾塑性パラメータ
および透水係数

λ	0.17
κ	0.13
M	1.4
e_0	0.928
D	0.0132
K_0	0.7
ν'	0.400
k	6.8×10^{-8}
	(cm/sec)

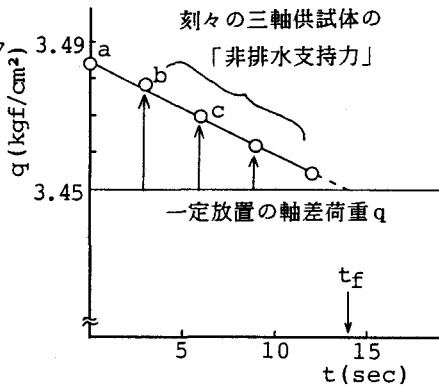


図4 図式解法($q = 3.45 \text{ kgf/cm}^2$)

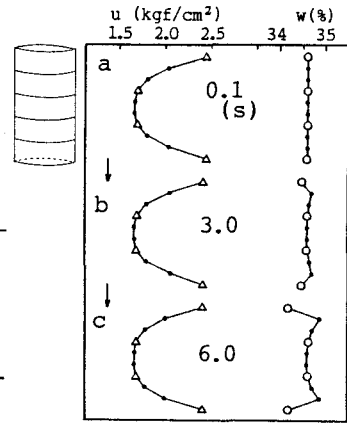


図5 間隙水圧分布および含水比のばらつき

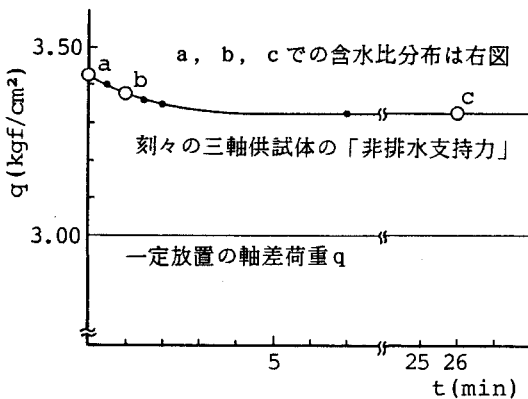


図6 図式解法($q = 3.00 \text{ kgf/cm}^2$)

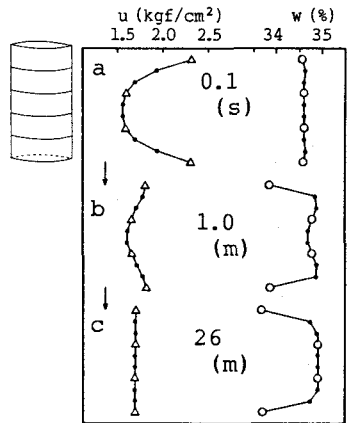


図7 間隙水圧分布および含水比のばらつき

4. 参考文献

- 1) Murayama, S. and Shibata, T. (1958): "On the rheological characters of clay-Part 1" Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 26, pp. 1-43
- 2) 中野正樹, 泉並良二, 浅岡顕: 正規圧密粘土における非排水せん断強度の載荷速度効果, 第26回土質工学研究発表会掲載予定, 1991.7.