

西日本工業大学 正員 中原一哉
同 上 俊二

1. はじめに

飽和粘土の非排水せん断試験の結果を間隙水圧の面から再検討し、粘土地盤の変形解析に有用な力学モデルを提案しようとしたものである。

2. 実験概要

表-1に示す物性を有する沖積粘土に対し、表-2の試験条件で三軸非排水せん断試験を行った。間隙水圧は円筒供試体の底部で測定した。

3. 実験結果と考察

(1) 間隙水圧とビズミの関係:

図-1はせん断過程に生ずる間隙水圧と軸ビズミとの関係を示したものである。これによれば、非排水せん断時の $u \sim \varepsilon$ 関係には拘束圧、粘土構造、繰返し載荷・静的載荷の相違に無関係に、ユニークな関係があるとされているけれども、今回の実験では両者の関係は拘束圧の影響を受け、むしろ間隙水圧の値をせん断開始前の拘束圧で除した $u^* (= u/\sigma_c)$ と ε の間に単一の関係がありそうなることがわかった(図-1)。

表-1 沖積粘土の物性

比重 G_s	2.65
液性限界 $w_L(\%)$	115
塑性指数 I_p	58
先行荷重 p_c (kg/cm^2)	0.5
初期含水比 $w_i(\%)$	91

表-2 三軸試験条件

供試体高さ H (cm)	8.5
供試体径 D (cm)	3.5
拘束圧 σ_c (kg/cm^2)	1.0, 1.5, 2.0
背圧 (kg/cm^2)	$\sigma_c/2$
ビズミ速度 ($\%/min$)	0.08

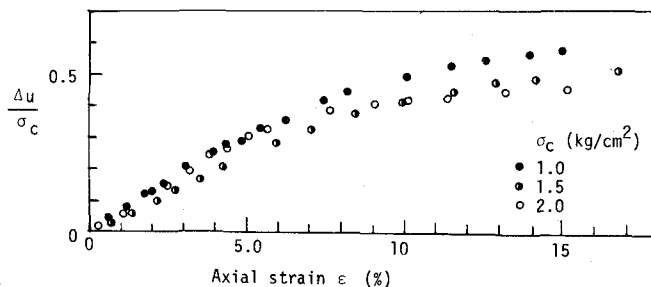


図-1 非排水せん断時の間隙水圧と軸ビズミの関係

一の関係がありそうなることがわかった(図-1)。これから $\Delta u^* \sim \varepsilon$ 間に双曲線と仮定して

$$\Delta u^* = \Delta u / \sigma_c = \varepsilon / (a + b\varepsilon) \quad \therefore \Delta u = \sigma_c \cdot \varepsilon / (a + b\varepsilon) \quad (1)$$

と表現することができる。ここで、 a, b は実験定数である。

(2) 間隙水圧と応力比の関係: セン断時の間隙水圧は一般に次式のよう表わされる。

$$\Delta u = \Delta p + A \Delta q = \Delta u_c + \Delta u_d \quad (ap = (\Delta \sigma_1 + 2\Delta \sigma_3)/3, \Delta q = \Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3) \quad (2)$$

ここで、 Δu_c は平均主応力によって、 Δu_d は偏差応力によって生ずる間隙水圧成分である。ところで、 Δu_d は、せん断ビズミ同様 q のものよりも q/p' によって整理する方がより普遍的に表現しうるのではないかと予測して式(2)を

$$\Delta u = \Delta p + f(q/p') \quad \therefore \Delta u - \Delta p = \Delta u_d = f(q/p') \quad (3)$$

と表わし、非排水せん断試験の結果からこの $f(q/p')$ をさめようとしたのが図-2である。これから筆者らの予測を裏付ける結果となっており、この挙動はまた、次の非排水せん断時のダイレイタンス挙動と表裏をなすもので興味深い知見と言えよう。

(3) 非排水せん断時のダイレイタンスと応力比の関係: 次に、非排水せん断過程に発現されていると考えられるダイレイタンスによる変形を調べよう。

同知のように飽和土の体積変化 Δv は圧密による Δv_c とダイレイタンスによる Δv_d との重ね合わせによって

$$\Delta V = \Delta V_c + \Delta V_a \quad (4)$$

と表わされると言われている。非排水せん断時においては $\Delta V = 0$ であるから式(4)より

$$\Delta V_a = -\Delta V_c = -\frac{\lambda}{1+e_0} \cdot \frac{dp'}{p'} \quad (5)$$

が得られることになる (λ : 圧縮指数)。

この量が非排水せん断時のダイヤランシー相当量と考えられるので、各試験からこれを求めそのときの応力比に対応させた結果が図-3 である。非排水時のダイヤランシーと同様にある応力状態を超える領域で

$$v_d = D \left(\frac{q}{p'} - c \right) \quad (6)$$

なる簡単な実験式が成り立ちそうなことがわかる。ここで、 c はおおよそ時間依存の実験定数、せん断時のヒズミ速度が遅くなるに伴って消失するものと予測される。

4. 飽和粘土の非排水せん断モデル

3. のべた非排水せん断試験結果を利用して、非排水せん断時の飽和粘土の構成モデルを仮定してみた。

まず、間隙水圧 Δu は図-4 に示すように時間非依存成分 $\Delta u(0)$ と時間依存成分 $\Delta u(t)$ とから成るとし次式を仮定する。

$$\Delta u = \Delta u(0) + \Delta u(t) \quad (7)$$

次に、式(1)を Δu に適用しうると

$$\Delta u = \sigma_3 \cdot \frac{\varepsilon}{a + b\varepsilon} \quad (8)$$

さらに間隙水圧変化速度 $\dot{\Delta u}$ と時間 t 関係が両対数紙上で直線的に表わされるという仮定を用いて得られる

$$\Delta u = A \exp(\alpha D) t_0^m \cdot \frac{1}{1-m} (t^{1-m} - t_0^{1-m}) \quad (9)$$

を式(8)へ代入することによって

$$\varepsilon = \frac{A \sigma_3 \cdot A \cdot \exp(\alpha D) t_0^m \cdot (t^{1-m} - t_0^{1-m}) / (1-m)}{1 - b \cdot \sigma_3 \cdot A \exp(\alpha D) t_0^m \cdot (t^{1-m} - t_0^{1-m}) / (1-m)} \quad (10)$$

これが非排水せん断時の応力-ヒズミ-時間モデルである。現在三軸試験によつて上式の妥当性を確かめつつある。

引用文献: (1) Lo, K.Y. (1969): The Pore pressure-strain Relationship of Normally Consolidated Undisturbed Clays, Part 1, Part 2, Canadian Geotechnical Journal, Vol.6, pp.383-412. (2) Singh, A. and J.K. Mitchell (1968): General Stress-Strain-Time Function for Soils, Proc. ASCE, Journ. of SMFE, Vol.94, No. SM1, pp.21-46.

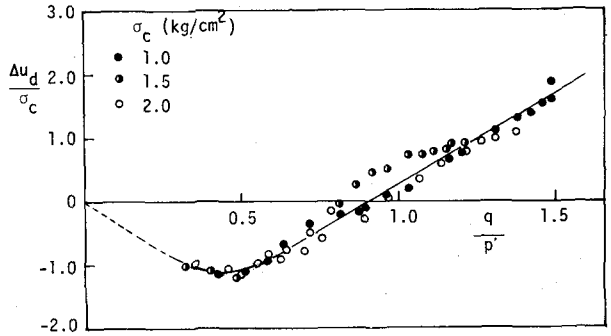


図-2 偏差応力による間隙水圧と応力比の関係

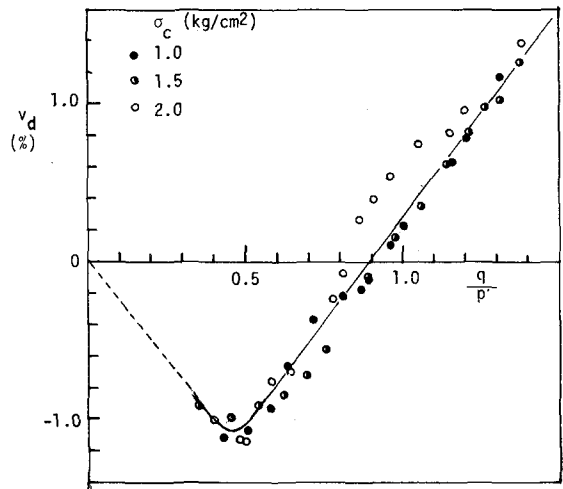


図-3 非排水せん断時のダイヤランシーと応力比の関係

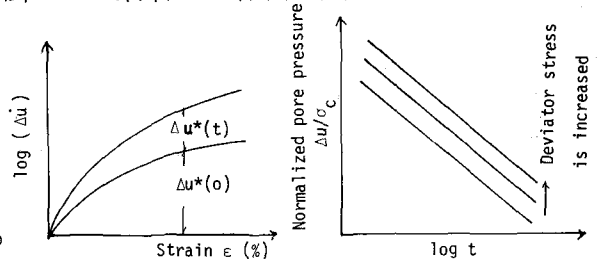


図-4 飽和粘土のヒズミ-間隙水圧-時間モデル