

正規異方圧密粘土の非排水せん断強度について

○ 琉球大学 正 原 久夫
琉球大学 正 上原 方成

I. 概要 異方圧密粘土の非排水せん断強度について、従来よりK。圧密粘土を中心にしたせん断試験の報告や構成式の提案がなされている。本報告では、数種類の異なる応力比で圧密された正規異方圧密粘土の非排水せん断試験結果から、同強度の推定式を導き、また数例の他者の実験データ^{1)~6)} に対して、その適用性を調べた結果について述べる。

II. 異方圧密粘土の非排水三軸圧縮試験結果及び強度推定式

図-1, 2に異方圧密粘土の非排水三軸圧縮試験によって得られた破壊時 ($q_f = q_{max}$) における平均有効応力 p , 偏差応力 q , 比体積 $f = 1 + e$ の関係を示す。ただし p , q , η は次式で与えられる。

$$p = \frac{\sigma_a - 2\sigma_r}{3}, \quad q = \sigma_a - \sigma_r, \quad \eta = \frac{p}{q} \quad (1)$$

両図は、異方圧密時の応力経路、圧密圧力の大きさが異なる条件下での非排水せん断試験結果^{7)~9)} についてプロットしたものである。使用した粘土は、島尻粘土(粘土分52%, $IP=28$, $LL=60$, $M=1.15$, $\lambda=0.17$, $\kappa=0.026$, $\Lambda=1-\kappa/\lambda=0.874$) である。これらの図から正規異方圧密粘土の限界状態線は圧密応力の経路、大きさの影響を受けず、 p , q , f 空間内において(2)式で表される曲線となることが確かめられる。

$$p = Mq, \quad f = \Gamma - \lambda \ln p \quad (2)$$

図-3, 4にこれらの関係を整理して示した。図中のA点が異方圧密の終了点であり、実験では、Cam clayモデルの降伏曲線上に乗るようにした。したがって、この実験では(3)式が成立している。

$$\ln \left(\frac{p_c}{p_A} \right) = \frac{\eta_A}{M} \quad (3)$$

図-3の幾何学的関係から、異方圧密粘土の初期応力状態から非排水せん断破壊までの偏差応力増分

$\Delta q = q_f - q_A$, 破壊時の間隙水圧 Δu_f , 間隙水圧係数 $A_f = \Delta u_f / \Delta q$ を (p_f / p_A) で表すと、次式のようなになる。

$$\frac{q_f - q_A}{p_A} = M \left(\frac{p_f}{p_A} - \frac{\eta_A}{M} \right) \quad (4)$$

$$\frac{\Delta u_f}{p_A} = 1 - \frac{p_f}{p_A} + \frac{M}{3} \left(\frac{p_f}{p_A} - \frac{\eta_A}{M} \right) \quad (5)$$

$$A_f = \frac{1}{3} + \frac{1 - p_f / p_A}{M (p_f / p_A - \eta_A / M)} \quad (6)$$

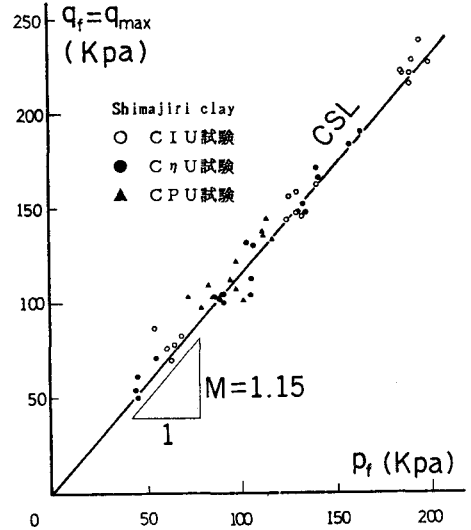


図-1 $p_f \sim q_f$ 関係

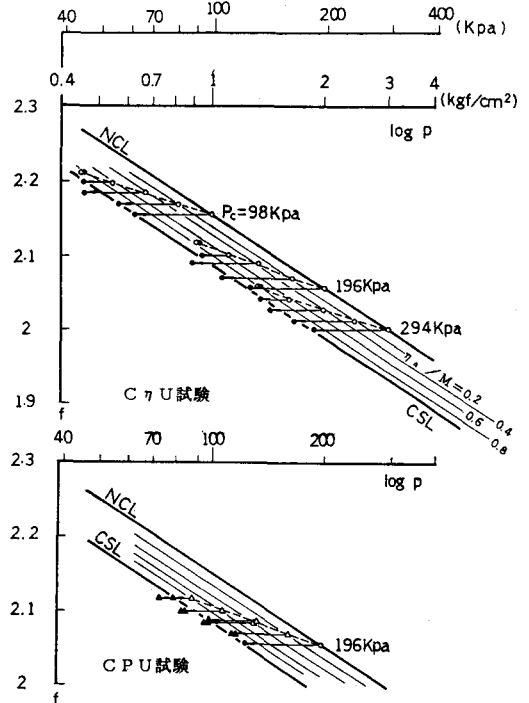


図-2 $f \sim \log p$ 関係

Cam clayモデルの場合 (3) 式と図-4 の関係から、

$$\ln \left(\frac{p_f}{p_A} \right) = \Lambda \left(\frac{\eta_A}{M} - 1 \right) \quad (7)$$

となる。従ってCam clayモデルが適用できる粘土の非排水せん断強度は、(4)、(7) 式を使って容易に求められる。この時、原理的にはC I U (等方圧密非排水せん断) 試験のデータさえあれば以下の手順で計算される。

- ① C I U 試験からMを求める。
- ② C I U 試験における p_f / p_A 値, $\eta_A / M = 0$ を (7) 式に代入して Λ を求める。
- ③ 任意の η_A / M に対する p_f / p_A 値を (7) 式から求める。次に (4) 式によって非排水せん断強度を求める。

この計算方法を、他者の実験データに対して適用してみた結果を図-5 に示す。図中の●印は、著者等の実験結果であり、○印は他の実験者による結果について計算してみたものである。

$(q_f - q_A) / p_A$ 値が小さいほど (つまり η_A / M 値が大きいくほど) 実験値と計算値との差が大きいくことが分かる。非排水せん断開始時の応力比が高い場合には (7) 式が成立せず、Cam clayモデルが適用できないようである。しかし、(4) ~ (6) 式は p_f / p_A 値をパラメータとして表されているので、非排水せん断試験開始時点における η_A / M と p_f / p_A の関係をより適切に表現することによって、非排水せん断強度推定精度を向上させることができる。

なお、(7) 式が成立するとして導いた q_f は、H. Ohta and A. Nishihara¹⁰⁾ が導いた式において正規圧密条件を考慮した式と一致する。また (4) ~ (6) 式における p_f / p_A の代わりに、間隙水圧係数A, 非排水せん断試験開始時点における土圧係数 $K = \sigma_v / \sigma_h$ を用いれば、中瀬¹¹⁾ による式と一致する。

参考文献: 1) R. G. PARRY, et al. (1973), Gotec., 24, No3, 345-358 2) NAKASE, et al. (1983), SOILS AND FOUND., 23, No1, 90-101: 3) 三田池他 (1986), 41 回土木学会, III-157, 313-314: 4) 大木他 (1983), 18 回土質工学会, No162, 413-414: 5) 亀井他 (1984), 19 回土質工学会 No157, 389-392: 6) 荒井他 (1985), 20 回土質工学会, No162, 409-410: 7) 原, 19 回土質工学会 No181, 445-446: 8) 原, S60 土木学会西部 III-10, 344-345: 9) 原, 40 回土木学会 III-238, 475-476: 10) H. Ohta, et al. (1985), SOILS AND FOUND., 25, No2, 73-86: 11) 中瀬, 土質力学, 技報堂, 556-557

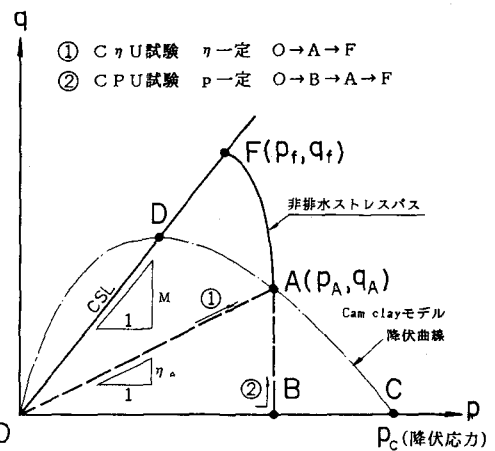


図-3 CηU, CPU試験の異方圧密応力経路

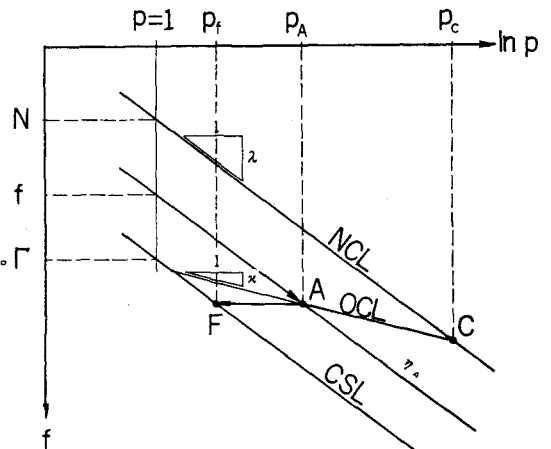


図-4 NCL, CSL, OCL, η_A 一定線の関係

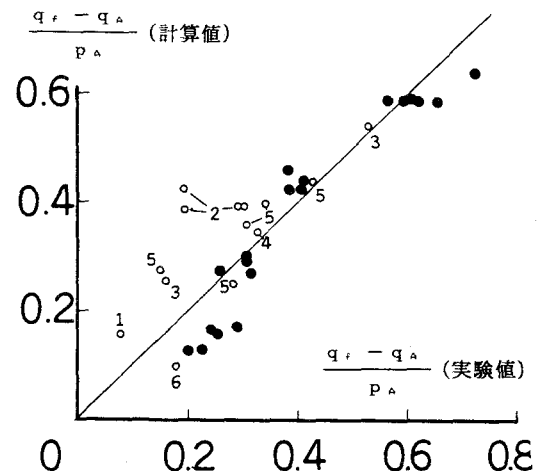


図-5 非排水せん断強度の実験値と計算値との比較