

圧密過程における繰返し粘土の強度増加

九州大学 工学部 学 ○藤井 郁男 正 落合 英俊
正 林 重徳 正 梅崎 健夫

1. はじめに

軟弱粘土地盤上の築堤において、盛土の施工過程は近似的に非排水状態と見なすことができるため、基礎地盤のせん断強度は非排水強度として捉えることができる。軟弱粘土地盤の非排水強度は、圧密の進行にともない増加する。圧密度に応じた強度増加を的確に推測することは、盛土基礎地盤のすべり破壊に対する安全性の検討や施工時間の短縮化などに関わる非常に重要な課題である。本報告は、 K_0 圧密過程において増加する繰返し粘土の非排水強度を、“換算圧密圧力”を用いて評価する手法を提案したものである。さらに、 K_0 圧密・平面ひずみ試験の結果と比較することにより評価法の妥当性の検討を行った。

2. 換算圧密圧力の概念と非排水強度の評価

圧密過程における非排水強度の評価は、次の一般式で提案されている¹⁾。

$$\Delta CU = Cu_t - Cu_0 = (Cu/p) \cdot \Delta p \cdot Up \quad (1)$$

ここで、 Δp は荷重による応力増分、 Cu_t は Δp の下での圧密時間 t における非排水強度、 Cu_0 は圧密前の非排水強度、 Cu/p は強度増加率、 Up は圧密度($Up = (p' - p_0)/(p_1 - p_0)$)である。したがって(1)式は、 Cu/p と Up の評価法に集約される。

図-1は、圧密過程における間隙比(e)・有効応力(p')・非排水強度(Cu)の関係である。圧密過程の e - p' 関係は、図-1(a)に示すように正規圧密線(通常24時間線を基準とする)とは異なる経路を辿り、強度増加率(通常24時間線を基準とする)は、図-1(b)のように必ずしも一定ではない。

ここで、非排水強度が破壊時の間隙比と一義的な関係があるとすれば、圧密過程における任意の状態を間隙比一定として基準線上に投影することにより、全圧密過程において非排水強度を正規圧密線上で統一的に評価できる。このような圧密圧力を、“換算圧密圧力(p^*)”と定義する。 p^* は、次式で

$$p_t^* = p_0 \cdot \exp\{(e_0 - e_t)/\lambda\} \quad (2)$$

示される。ここで、 p_t^* は圧密時間 t における換算圧密圧力である。 (p_0, e_0) は、初期の間隙比と圧密圧力である。 e_t は圧密時間 t の間隙比、 e_0 は初期の間隙比である。 $\lambda = 0.434Cc$ (Cc : 圧縮指数)である。すなわち、任意の圧密時間における強度増加率は通常24時間圧密により求めた強度増加率(Cu_0/p_0)に等しく、全圧密過程において適用できる。

$$Cu_0/p_0 = Cu_t/p_t^* = \text{const} \quad (3)$$

さらに、換算圧密圧力を用いると、次のように新たな圧密度(Up^*)が定義される。 Up^* は、一次圧密領域で $Up^* \leq 1$ 、間隙水圧消散後には $Up^* > 1$ を表現できる。

$$Up^* = \Delta p^* / \Delta p = (p_t^* - p_0) / (p_1 - p_0) \quad (4)$$

したがって圧密過程における強度の増加量は、(3)式と(4)式を用いることにより次式で評価できる。

$$\Delta CU = (Cu_0/p_0) \cdot \Delta p \cdot Up^* = (Cu_0/p_0) \cdot \Delta p^* \quad (5)$$

3. 評価法の妥当性の検討

1) 実験の概要²⁾ ; 本実験で用いた試料は、繰り返した有明粘土($Ip=69, W_L=105\%, G_s=2.59$)である。実験は、

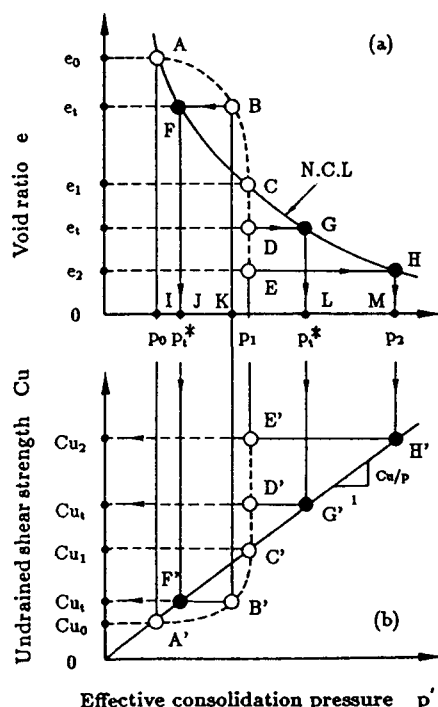


Fig.1 Key sketch for evaluation of undrained shear strength under consolidation

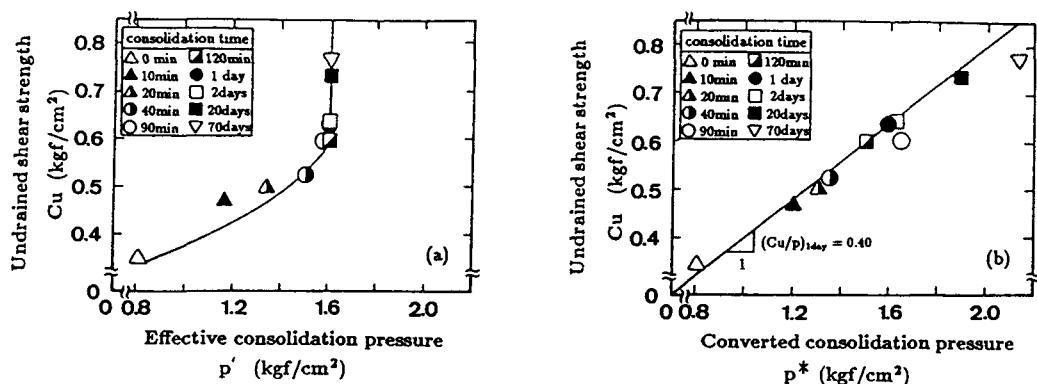


Fig.2 Relationships between undrained shear strength and consolidation pressure

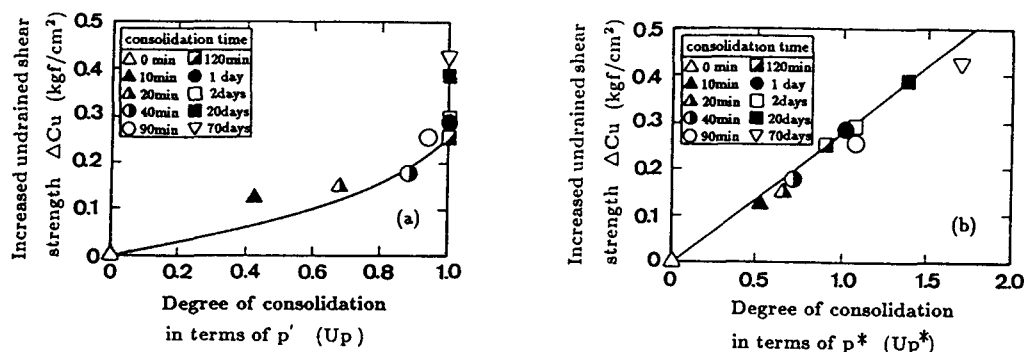


Fig.3 Relationships between increased undrained shear strength and degree of consolidation

供試体(52x52x60mm)を圧密圧力0.8(kgf/cm^2)で24時間圧密後、圧密圧力を1.6(kgf/cm^2)に増加させ、所定の圧密時間で K_0 圧密を終了させた。その後非排水状態で平面ひずみ圧縮試験(ひずみ速度0.07%/min)を行った。排水は、供試体周囲のろ紙を介して行い、間隙水圧は供試体底部中心で測定した。なお、せん断前に非排水状態で一定時間放置し、間隙水圧の均一化を図った。

2) 強度増加率 ; 図-2 (a), (b)は、各圧密時間における非排水強度(C_u)と有効応力(p')および換算圧密圧力(p^*)の関係を示したものである。実験結果は、図-2 (a)に示すように24時間圧密を基準とする強度増加率線($(C_u/p)_{1\text{day}}$)とは異なる。すなわち、強度増加率(C_u/p)は、一定ではなく、圧密時間に大きく依存する。一方、図-2 (b)に示すように、換算圧密圧力を用いることにより $(C_u/p)_{1\text{day}}$ は、圧密時間に依らず一定として取り扱うことができる。

3) 圧密度 ; 図-3 (a), (b)は、非排水強度の増加量(ΔC_u)と応力に関する圧密度(U_p)および換算圧密圧力を用いた圧密度(U_p^*)の関係を示したものである。応力に関する圧密度(U_p)は、図-3 (a)に示すように、強度増加量を統一的に評価できない。一方、換算圧密圧力を用いた圧密度(U_p^*)は、図-3 (b)に示すように全圧密過程を通して強度増加量を統一的に評価できる。

4. まとめ

換算圧密圧力を用いることにより、強度増加率は、圧密時間に依らず一定となる。また、間隙水圧の有無に依らない圧密度を定義できる。したがって、全圧密過程において非排水強度を評価できる。

参考文献 1) 土質工学会編 : 軟弱地盤の調査・設計・施工法, 土質工学会 (1966) 2) 古川(他) : 圧密過程における非排水強度の評価 第26回土質工学研究発表会 (1991)