



## 圧密に伴う粘土の強度増加特性

信州大学工学部社会開発工学科  
准教授 梅崎 健夫

### 1. はじめに

軟弱粘土地盤は、構造物の基礎地盤としての支持力が小さく圧縮性が高いため、多くの問題点を抱えている。例えば、盛土の築造においては、盛土基礎地盤のすべり破壊が大きな問題となる。この場合、軟弱粘土地盤におけるせん断強度は、透水性が極めて低いため、通常、非排水せん断強度 ( $c_u$ ) として捉えられる。一方、地盤内の変形は圧密とせん断が同時に生じ、圧密の進行に伴う非排水せん断強度の増加量の予測が必要となる。

圧密に伴う粘土の強度増加量 ( $\Delta c_u$ ) を予測するために、一般に次式が用いられている。

$$\Delta c_u = (c_u/p) \cdot \Delta p \cdot U \quad (1)$$

ここで、 $c_u/p$  は強度増加率、 $\Delta p$  は圧密圧力の増分、 $U$  は圧密度(式中では、100%のときに  $U=1.0$ ) である。 $c_u/p$  の値が圧密過程において一定か否か、圧密度をどのように定義するかが重要である。

本文では、一次圧密過程(過剰間隙水圧の消散過程)からその後の二次圧密過程における粘土の強度増加特性について論じる。

### 2. 地盤内の圧密挙動

図-1 に、アクリル円筒容器内で粘土を一次元圧密(底面からの片面排水)した場合の沈下量と過剰間隙水圧 ( $\Delta u$ ) の分布を示す。初期圧密圧力  $p=39.2\text{kN/m}^2$ 、 $\Delta p=39.2\text{kN/m}^2$ 、沈下量に関する圧密度  $U_s=(S_t/S_f) \times 100\%$ 、 $S_t$  および  $S_f$  はそれぞれ所定時間および一次圧密終了時の沈下量である。 $U_s=80\%$  においても、粘土層内にはかなりの過剰間隙水圧が残留しており、地盤内の圧密の進行に大きな差異がある。

図-2 は、上述のモデル地盤においてコーン貫入試験を実施し、所定の  $U_s$  における地盤内の強度増加を測定したものである。図中の実線は、初期状態と  $U_s=100\%$  におけるそれぞれの貫入抵抗の平均値を結んだものである。圧密の進行に伴って所定の  $U_s$  時における貫入抵抗の平均値は増加するが、地盤内の貫入抵抗には、図-1 と同様に、大きな差異が生じている。すなわち、(1)式の  $U$  に  $U_s$  を用いてはならない。

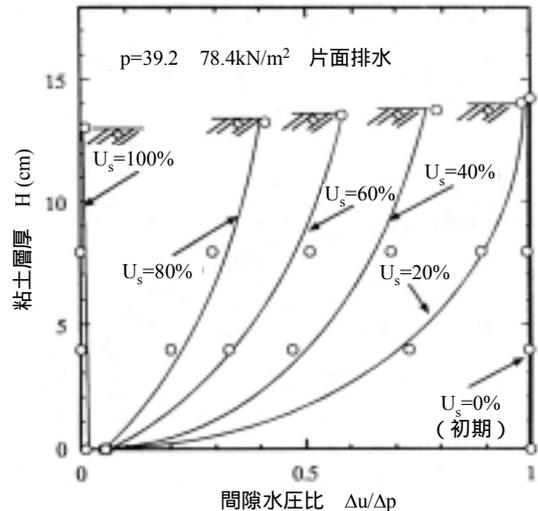


図-1 圧密過程における粘土層内の間隙水圧の等時曲線

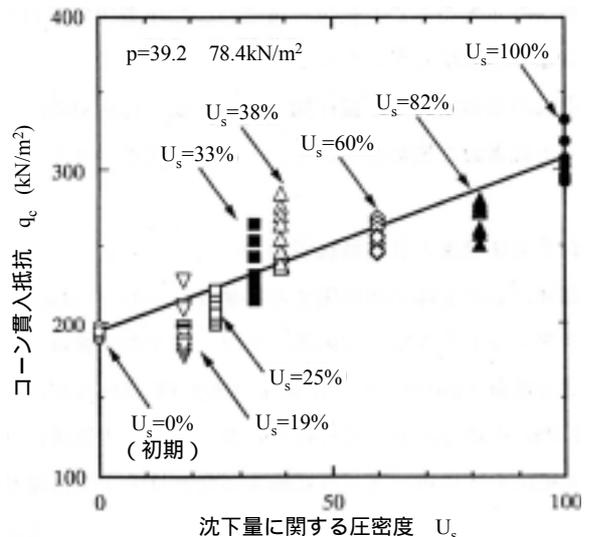


図-2 圧密過程におけるモデル地盤のコーン貫入抵抗と沈下量に関する圧密度の関係

### 3. 一次圧密過程および二次圧密過程における粘土の強度増加特性

圧密の進行は地盤内の場所ごとに異なるので、圧密度は地盤内の有効応力またはひずみ(間隙比  $e$  または含水比)の変化に基づいて定義する必要がある。有効応力に関する圧密度は  $U_p = \{1 - (\Delta u / \Delta p)\} \times 100\%$ 、ひずみに関する圧密度は  $U_e = (e_0 - e) / (e_0 - e_f) \times 100\%$ 、 $e_0$  および  $e_f$  はそれぞれ初期状態および一次圧密終了時の間隙比である。図-3 は、地盤内の要素を模擬するために排水面の

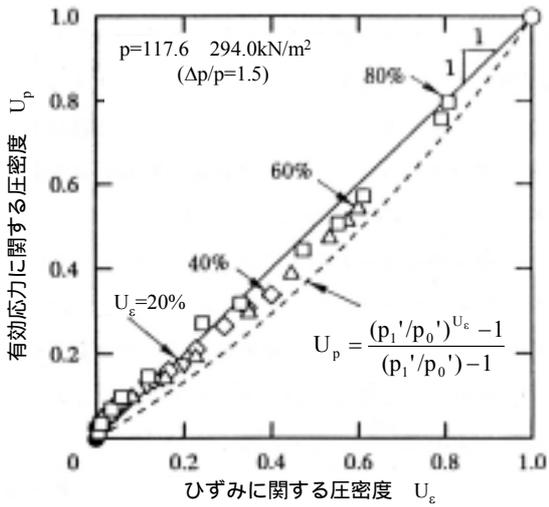


図-3 有効応力とひずみに関する圧密度の関係

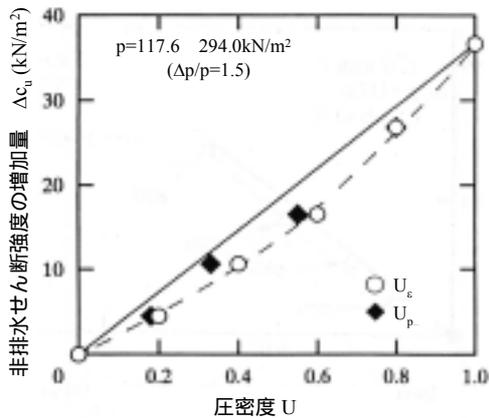


図-4 非排水せん断強度の増加量と圧密度の関係

間隙水圧を制御した三軸試験の結果である。三笠によれば、 $e-\log p$  の直線関係を前提として、 $U_p$  は  $U_e$  より常に遅れて進行する（図中の破線）。実験結果も同様の傾向を示している。

図-4に、上述の三軸試験（ $\overline{CU}$ ）における  $\Delta c_u$  と圧密度の関係を示す。 $\Delta c_u$  は、 $U_p$  および  $U_e$  に比例するのではなく、圧密度より遅れて発現する。また、図-5に示すように、有効応力の増分  $\Delta p'$  に対しても  $\Delta c_u$  は遅れて生じる。すなわち、 $c_u/p$  の値は圧密過程において一定ではない。

以上のことは、二次圧密過程においてより顕著である。軟弱粘土地盤においては二次圧密による残留沈下が長期間に及ぶ。二次圧密過程においては、通常、圧密度を定義できない。また、有効応力が一定の下で  $\Delta c_u$  が圧密の進行とともに大きくなる。もはや(1)式は適用できない。

図-6は、一次圧密から二次圧密までの全ての過程における  $c_u$  と  $e$  の関係を三軸圧縮試験（ $K_0\overline{CU}$ ）により検討したものである。全ての圧密過程において、 $e-\log c_u$  の直線関係が成り立ち、その傾きは圧縮指数  $C_c$  に等しい。すなわち、間隙比（含水比）の減少量により  $\Delta c_u$  を予測できる。

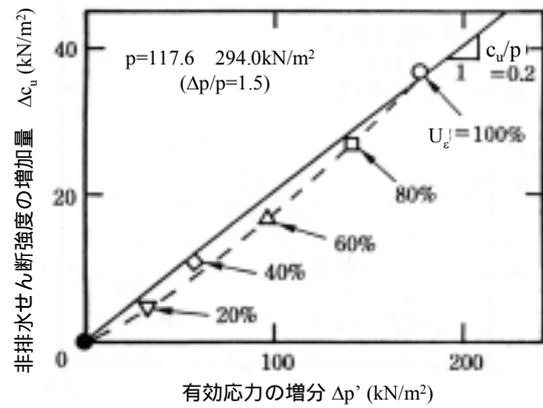


図-5 非排水せん断強度の増加量と有効応力の増分の関係

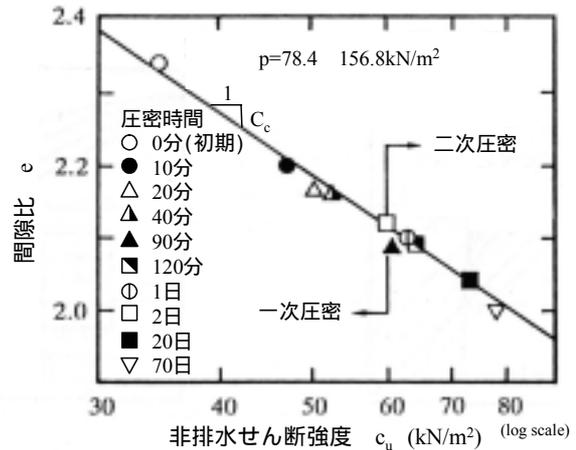


図-6 圧密過程における間隙比と非排水せん断強度の関係

#### 4. まとめ

実務設計において(1)式を用いる場合の留意点について論じた。実際には、軟弱粘土地盤の圧密は三次元変形であり、地盤内の強度増加量を精度良く予測することは容易ではない。未だ、多くの現場経験や詳細な動態観測および原位置試験に頼るところが大きい。

#### 参考文献

- 1) 梅崎健夫, 河村 隆: 一次圧密過程における粘土の強度増加特性-間隙水圧制御装置を用いた三軸圧縮試験-, 土と基礎, Vol.49, No.6, pp.11-13, 2001.
- 2) 梅崎健夫, 落合英俊: 圧密過程における粘土の非排水強度の評価法, 土木学会論文集, 505 / III-29, pp.307-317, 1994.

問い合わせ先: 信州大学工学部社会開発工学科  
(4月より土木工学科に変わります。) 梅崎 健夫  
〒380-8553 長野市若里 4-17-1  
TEL&FAX: 026-269-5291  
E-mail: umezaki@shinshu-u.ac.jp