

長崎大学工学部 正員 ○落合英俊

同 正員 伊勢田哲也

同 沢渡啓介

## はじめに

自然に堆積した粘土地盤では、その堆積過程を通して薄片状の粘土粒子がある方向性をもって配列しており、そのせん断強度や圧密などの力学的特性には異方性があることが認められている。近年、残度の異方性を取り入れた安定解析法の提案もなされており、またサンドドレーンのように水平方向の水の流れをともなう圧密では、通常の鉛直方向供試体による試験結果から推定されるよりも沈下速度がきわめて速いという現場の報告も数多くなされている。本文では、自然に堆積した粘土地盤より採取した乱さない試料について、鉛直方向と水平方向に切り出した供試体の圧密試験を行ない、その諸特性値の差を実験的に検討するとともに、併せて、飽和粘土の一次元沈下曲線の性状についても若干の考察を行なった。

## 試料、供試体作製方法および試験方法

試料は、福岡県遠賀バイパス建設地点より採取した粘土で、比重2.660、液性限界143%、塑性限界38%である。自然含水比は深さ約5mまでと約12m以下で比較的低く、その間が高い。試験には、低含水比(約110%)と高含水比(約140%)の試料を用いた。供試体はソノウォルチューブより抜き取った試料について、その粒子構造を乱さないよ

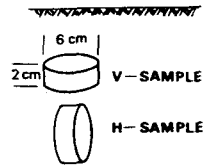


図-1

うに注意深く鉛直方向と水平方向に切り出した(図-1参照)。試験は荷重増加率  $\Delta P/p = 1$  の標準圧密試験を主体に行ない、また、圧密中の間げき水圧の消散過程を把握するため、片面排水で、載荷時間4日間の試験も行なった。間げき水圧測定にはひびみゲージ型の圧力変換器を圧密容器底板に直接取り付け行なったが、バックプレッシャーは加えなかった。

## 試験結果と考察

鉛直供試体と水平供試体では、粒子配列構造の影響を反映して、圧密降伏応力  $P_c$  (通常の鉛直供試体についての値) を境にしてその圧密特性は大きく異なる。図-2は、圧縮ひずみ  $\epsilon$ 、二次圧密係数  $C_s = \Delta \epsilon / \Delta \log t$  ( $t$ : 載荷時間)、圧密係数  $C_v$ 、一次圧密比の補正をした圧密係数  $C_v' = r \cdot C_v$  ( $r$ : 一次圧密比) について両供試体での比較であるが、これらの値は、 $P/P_r \approx 1$ 、すなわち、過圧密部分と正規圧密部分でその大小関係が明確に逆転することがわかる。過圧密部分では、 $\epsilon$ 、 $C_s$ は水平供試体の方が、 $C_v$ 、 $C_v'$ は鉛直供試体の方が常に大きく(鉛直供試体の方が沈下速度は速く、その量も小さい)、正規圧密部分になるとその関係が完全に逆になる。とくに、正規圧密部分において沈下速度は水平供試体の方が速いが( $C_v$ が大)、沈下量は鉛直供試体の方が常に大きいこと( $\epsilon$ 、 $C_s$ が大)、また、水平方向の圧密係数  $C_v(H)$ は鉛直方向の  $C_v(V)$ のたかだか2倍程度であることは、水平方向の水の流れをともなうサンドドレーンなどの設計に際して留意しておかねばならないことであろう。

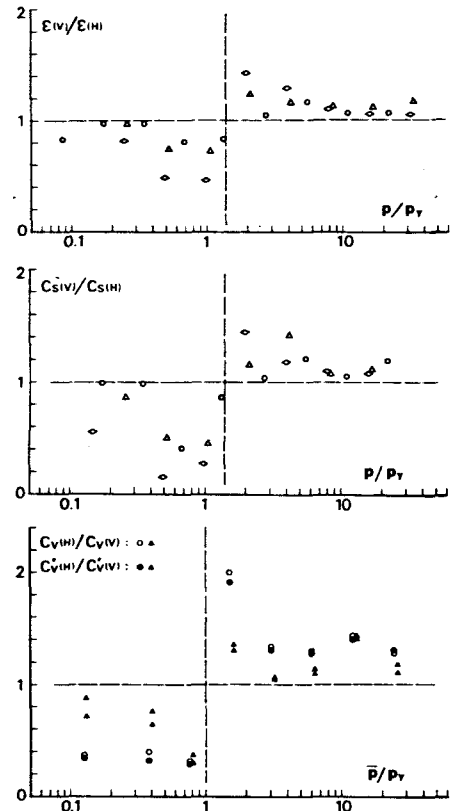


図-2 鉛直供試体と水平供試体の圧密特性の比較

図-3は間げき水圧の測定を行なった試験での沈下曲線の一例である。沈下の初期部分ではTerzaghi理論に良く合うが、時間の経過とともに、過剰間げき水圧が消散する過程にもかかわらず理論曲線から大きくはずれる部分があり続き、過剰間げき水圧がほぼ消散する付近から沈下は時間の対数に対してほぼ直線的になる。したがって、飽和粘土の一次元圧縮ひずみ $\epsilon$ は次のように3つの成分の和として表わすことができる。

$$\epsilon = \epsilon_i + \epsilon_{s1} + \epsilon_{s2} \quad (1)$$

ここに、 $\epsilon_i$ はTerzaghi理論に従う成分であり、

$$\epsilon_i = \{C_c^* / (1 + e_0)\} \cdot \log(p + \Delta p / p)$$

と表わせる。ただし、 $C_c^*$ は一次圧密量 $d'$ に対応する圧縮指数である。 $\epsilon_{s1}$ は間げき水圧消散過程でTerzaghi理論に合わない成分で、一次圧密中に含まれる二次圧密成分と解釈できる。図-4は、 $\Delta u \neq 0$ に対応するひずみと $\sqrt{t}$ 法による90%圧密に対応するひずみの差を全荷重にわたって累積した $\sum \epsilon_{s1}$ と荷重 $p$ との関係であり、正規圧密部分では顕著な直線関係がみられることより、次のように表わすことができる。

$$\epsilon_{s1} = a \cdot \log(p + \Delta p / p)$$

なお、この $\epsilon_{s1}$ の値は、近似的には、沈下曲線が時間の対数に対してほぼ直線的になり始める点と $\sqrt{t}$ 法による90%圧密に対応する点との差として求めてもよいであろう。 $\epsilon_{s2}$ は間げき水圧消散後の成分で、時間の対数に対してほぼ直線であり、次のように表わせる。

$$\epsilon_{s2} = C_s \cdot \log(t / t_0) \quad (t_0 \text{は } \Delta u = 0 \text{ となる時間})$$

図-5は二次圧密係数 $C_s$ を示したものであるが、正規圧密部分においても一定値とはならず、一般には、ある荷重までは増大し、その後は減少する傾向がある。以上より、荷重増分 $\Delta p$ を受けた飽和粘土の一次元圧縮ひずみは次のように表わされる。

$$\epsilon = \{C_c^* / (1 + e_0)\} \log(p + \Delta p / p) + a \cdot \log(p + \Delta p / p) + C_s \cdot \log(t / t_0) \quad (2)$$

この式は安原による提案式と同形である。安原は右辺第二項と第三項をまとめた形にし、さらにTerzaghi理論式を利用して

時間・沈下量関係式にまで発展させている。しかし、(2)式を時間・沈下量関係式にまで発展させるのに、第二項と第三項をまとめた形にしてTerzaghi理論式を利用するのは誤りである。何故ならば、第二項は間げき水圧消散過程でTerzaghi理論に合わない成分であり、Terzaghi理論そのものである第一項の $C_v$ と同じ値を第二項に用いることはできないし、その意味も異なるからである。したがって、(2)式を時間・沈下量関係式にまで発展させるには、右辺第二項と第三項はそのまゝの形にしておくべきであり、第二項をどのように評価し、また、時間とどのように関係づけるかが今後の課題であろう。なお、全ひずみに占める $\epsilon_i$ 、 $\epsilon_{s1}$ 、 $\epsilon_{s2}$ の割合は粘土の種類、粘土層の厚さ（排水距離）などによってかなり異なると考えられる。

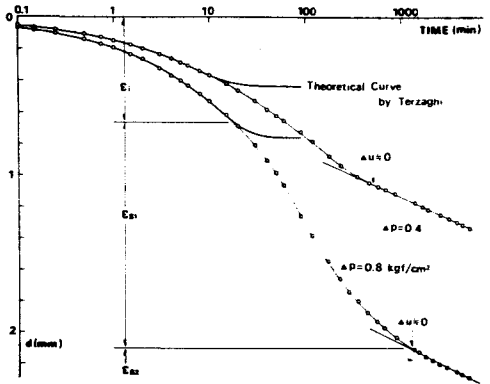


図-3 時間・沈下曲線の一例

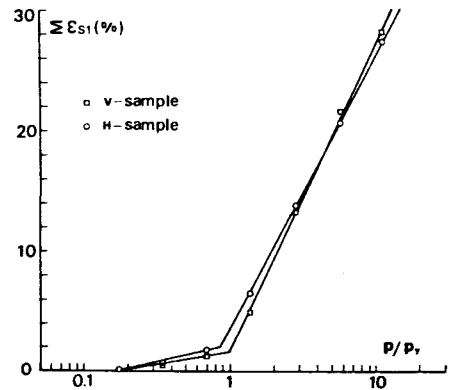


図-4  $\epsilon_{s1}$ と荷重 $p$ の関係

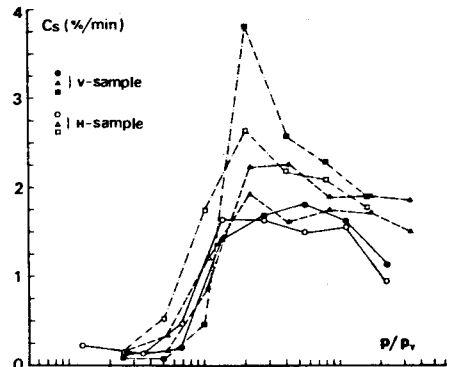


図-5 二次圧密係数 $C_s$ と荷重 $p$ の関係