

広島大学工学部 正員 網干寿夫

〃 〇丸山誠一郎

1. はじめに. 粘土の圧密常数を求めるとしては、いわゆる標準圧密試験法が一般に確定した方法として行われている。しかし現実の土はこの試験結果に比し、かなり異った性質を示すことが近年明らかになってきている。又この圧密試験法は土質試験の中で最も多くの時間を要するので先にこれに代る方法として定率漸増荷重による急速圧密試験法を提案した。試験法については第四回土質工学研究発表会に於て述べているので、ここでは標準試験と比較した実測データをいくつか示しその適用性について述べる。

2. 漸増荷重による圧密理論. 上載荷重を $P=P(t, z)$ 、有効応力を $P'=P(t, z)$ 、過剰間隙水圧を $U=U(t, z)$ とすれば

$$P = P' + U \quad (1)$$

漸増荷重に対する圧密方程式は一般には、

$$\frac{\partial U}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + \frac{\partial P}{\partial t} \quad (2)$$

である。今荷重が時間に関して直線関係にある場合上式

$$\text{は } \frac{\partial U}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + R \quad (3) \quad \text{ここに } R = \frac{P}{t}$$

この解は平均間隙水圧減少率の形にして次式で表される。

$$U = 1 - \frac{\bar{U}}{P} = 1 - \frac{\sqrt{2}}{\pi^2 T_v} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} \left[1 - \exp\left\{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2}{4} T_v\right\} \right] \quad (4)$$

$\frac{U(t, z)}{P}$ の形で表せば(5)式となりこの関係は図1のようである。

$$\frac{U}{P} = \frac{16}{\pi^2 T_v} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} \sin \frac{(2m+1)\pi z}{2H_0} \left[1 - \exp\left\{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2}{4} T_v\right\} \right] \quad (5)$$

本実験においては底面間隙水圧が対象となるので、底面における関係のみをとると、(6)式及び図2を得る。

$$\frac{U_0}{P} = \frac{16}{\pi^2 T_v} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{(2m+1)^2} \left[1 - \exp\left\{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2}{4} T_v\right\} \right] \quad (6)$$

有効応力 P' は荷重強度と平均間隙水圧の差から求められる。 $P' = P - \frac{2}{3} U_0$ には間隙水圧分布を放物線と仮定して底面の値の $\frac{2}{3}$ をとる。その応力に対する沈下量から e を求めれば $e \sim P'$ 関係が得られる。又実測された U_0/P を図2に入れ T_v を求め $C_v = T_v H_0^2 / t$ から C_v を求めることが

図1

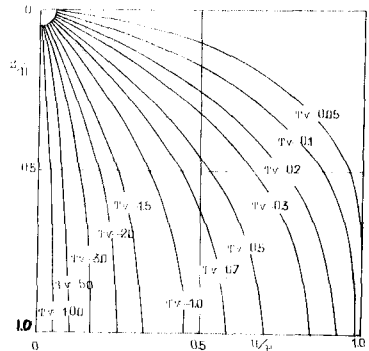
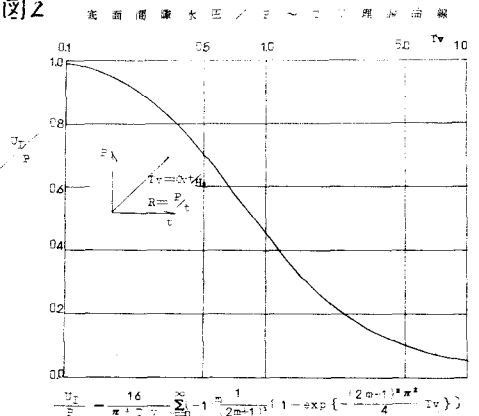


図2

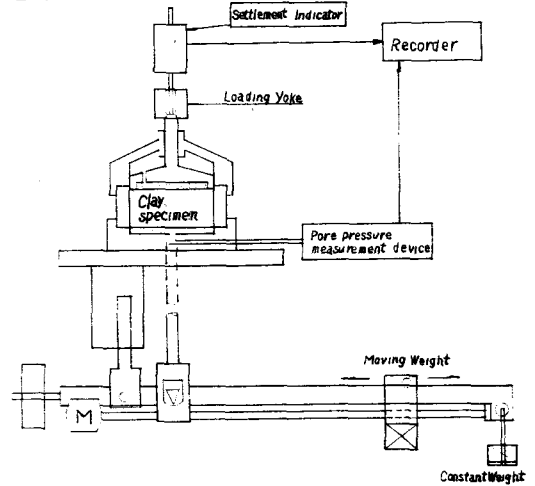


できる。

3. 圧密試験機のメカニズム 図3

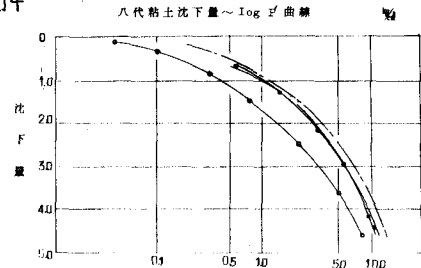
- 1) 圧密試験機の漸増荷重の装置としてはアームに可動型の分銅を取り付ける。
- 2) 変位の測定は差動トランスの変位計を用いる。
- 3) 間隙水圧の測定はU字管マンオメータによる Null Indicator を用い水銀柱で Back Pressure をかけて、その圧力を Pressure Cell で測定する。
- 4) 予圧密の装置は標準試験と同様におこなう。
- 5) 記録装置は、2ペン自動平衡記録計を使用し、変位、間隙水圧と同時に記録する。この試験法の利点は圧密試験が2~3時間で完了するだけでなく、全測定が自動化が極めて容易に行き得ることである。現在実用化試作試験機が製作されつつある。

図3



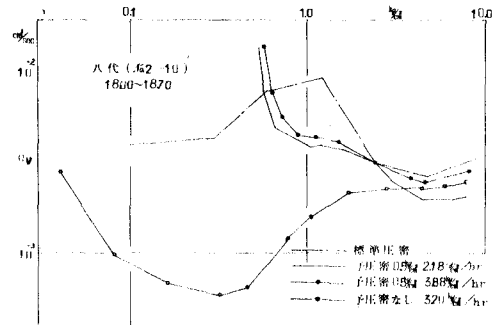
4. 実測データ 両試験法の比較とする場合 $e \sim \log P'$ の関係で表すと初期間隙比 e_0 の差が最後まで影響するので、ここでは P と沈下量の関係として表して比較した。

図4



1) 八代粘土 (図4)

この試料は現在サンドドレーン盛土が実施されていて未圧密の状態であり、土被り荷重として約2.5% σ_{vm} が推定される粘土である。予圧密荷重は厳密には考えず在来地盤における土被り荷重の1/2~1/3を考慮して0.5% σ_{vm} とした。この結果を見ると沈下量 $\sim \log P'$ 曲線がほぼ平行にずれていて圧密降伏荷重 P_c より大きい P' に対しては予圧密の有無、載荷速度のいかんにかかわらず C_c , C_v 共に標準試験に非常によく一致する。 P_c については厳密には一致しないが、ほぼ一致した値を得られる。予圧密のない試験のデータだけ離れたところに来ているが、 C_v の曲線の形も少しおがしいので、これは間隙水圧の測定に問題があったものと思われる。



2) 尾道~糸崎粘土 (図5)

深度2.00~2.80mの位置にあり土被り荷重0.2% σ_{vm} の粘土である。この場合 C_v , P_c , C_c 共に標準試験に一致しない。この原因としては、標準試験に使用した試料がたまたま多くの有機物を含んでいることに原因があるものと思われる。そこでこの試験では比較的有機物の少ない試料で実験を行った。漸増荷重による圧密試験と比較してみると、予圧密-低速圧密-高速圧密と右の方にずれ、クリープ

の影響がうかがえる。 C_u, P_c については載荷速度にはほとんど影響されず、試料の不均一性を考慮出来る程度で一致した。

3) 釣ヶ田粘土 図6

深度400~480mに位置し土被り荷重0.2%の粘土である。実験では載荷速度は同一にした。この粘土は P_c が小さいこともあつて、荷重の小さい段階から C_u, P_c へ沈下曲線及び P_c についてはほぼ一致する。しかし厳密に見ると、ここでもグループの影響は見られ標準試験の値が左による傾向がみられる。

5. $e \sim \log P$ 曲線における誤差の問題

実測データでは $e \sim \log P$ として表さず、沈下量と有効応力の関係で示したのは、前にも述べたように初期間隙比の影響が大きくひびき $e \sim \log P$ 曲線が平行に移動するため沈下量として表示したところ標準試験に非常によく似た関係が得られた。しかしこの試験法は急速圧密試験であり、比較的クワの影響の少ない試験であるから、標準試験と比較する場合はこれを無視することは出来ないと考えられる。(実験で使用した粘土は一次圧密比が約50%) 標準試験における一次圧密比と $e \sim \log P$ 曲線に表れる誤差との関係を調べてみると当然のことであるがわずかに一次圧密比の増加と誤差の減少の方向が一致するようであったが、今回の一連の実験中ではさほど問題はないようである。この原因として考えられることは、以前の発表でも述べているようにこの試験法が常に間隙水圧を発生させた状態で行われるので、側面摩擦の影響が減少する。一方標準試験の方は急速圧密試験に比し側面摩擦の影響が大きく働くため、相互に打消あつて一見ほとんど同じ沈下曲線を得るものと思われる。

6. 載荷速度の影響

これまでの実例にも見られるように極端に載荷速度が遅い場合は、間隙水圧の発生が少なく、測定精度が悪くなり側面摩擦の影響等が表れる。又速すぎては測定が完全にfollow出来ないし、間隙水圧分布が放物線的でなくなるので具合が悪い。実験室では試験時間を2~3時間に短縮することを目標に毎時1~4%の増加率で実験した結果、八代、尾道系山粘土に見

図5

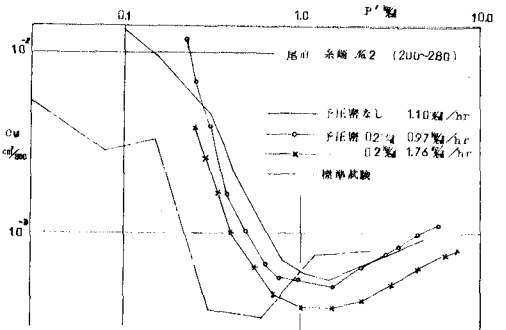
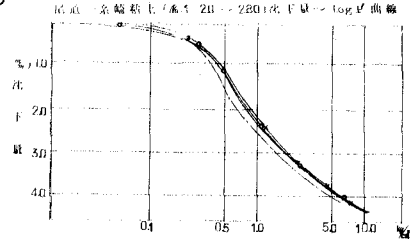
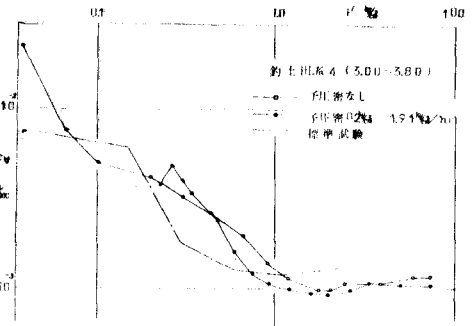
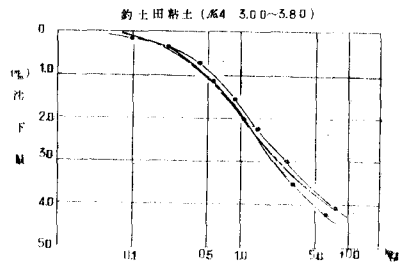


図6



られるように速度による影響は無視できる程度のものであった。

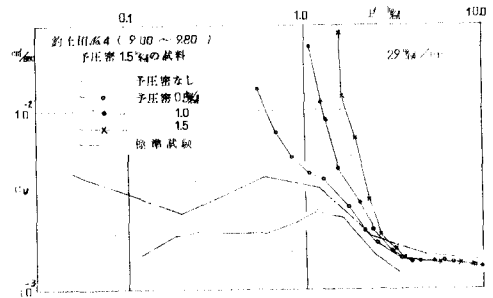
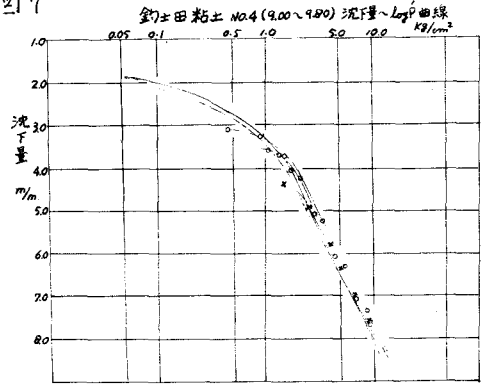
7. 適当な予圧密の定め方について

実測例にも見られるように試料が予圧密をうけていない場合の沈下量 $\sim \log P$, $P \sim C_u$ の関係は P_c 以前では安定性がない。この問題の解決のために予め15%の荷重で圧密した粘土を予圧密の荷重を4段階に分けて実験したものを標準試験に對比したのが図7である。この図に表された沈下量 $\sim \log P$ 曲線では、わずかに標準試験が左によりクリープ沈下の影響が及ぶ程度で沈下量 $\sim \log P$ は予圧密荷重の大きにかかわらず一致する。ただ全然予圧密のない試験では P_c 以前で C_u , e 共に不安定である。又予圧密荷重が P_c に近い場合は P_c 以上の C_u は標準試験に一致するが、 P_c 以前の C_u が標準試験に比較して異った値を示す。

8. まとめ

- 1) 漸増荷重による急速圧密試験では、標準試験に比してクリープ沈下の影響分だけ $e \sim \log P$ 曲線が右によると思われていたが、いくつかの試料についての実測例ではいずれもほとんど完全に一致した。又 C_u についても P_c 以上の荷重についてはほとんど同じ値が得られた。
- 2) 載荷速度については一般の粘土(C_u の値が $10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$)では毎時3~4 %/cmの載荷速度で2~3時間程度で実験を終了するのが適当であるう。
- 3) P_c 以前の段階で $P \sim C_u$, $e \sim \log P$ の関係を安定させるためには予圧密が必要となってくる。この値としては $(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3})P_c$ くらいが適当である。従って一般的には土被荷重の50%くらいをとればよい。この予圧密に要する時間は間隙水圧の消滅するまでとして、 C_u が $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 程度の粘土で約1時間を見込んでおれば十分である。

図7



参考文献

網干, 吉国, 丸山: 圧密試験法に関する研究 第4回土質工学研究発表会