

広島大学 正 吉 國 洋
 兵庫県 正 O 玉 水 和 博

1. まえがき

圧密曲線が Terzaghi 的でないことは、圧密研究の初期から指摘され、Taylor, Merchant に始る多くの二次圧密論がある。そして、これらは二次圧密現象の原因を主として粘土の応力-ひずみ関係の時間依存性、即ち Bjerrum の提案する Instant Compression と Delayed Compression に求めている。確かに二次圧密現象の主要原因が、応力-ひずみ関係の時間依存性にあることに異論はないが、圧密特性を左右する今一つの因子に、粘土の透水特性の問題があるので、圧密曲線の Terzaghi 的でない部分をすべて変形特性に帰させることには幾分の懸念が残る。粘土の透水特性として、間隙水が流動を始める最小の動水勾配、即ち限界動水勾配が存在することは早くから多くの研究者によって指摘されている。粘土にこのような限界動水勾配が存在するとすれば圧密曲線を Terzaghi 的でないものにする。この報告は、間隙水の流れが、非 Darcy 的であるとすれば一次元の圧密過程にどのような影響を与えるかについて数値実験を行ったものであり、間隙水の非 Darcy 流れの影響を明確にするため、骨組の変形は弾性的であると仮定している。また実際の粘土に非 Darcy 流れが存在するかどうかを確かめるために変水頭の透水実験を行って調べた。

2. 圧密解析

粘土の応力-ひずみ関係は、線型弾性であり、間隙水の流れは、図-1 に示される非 Darcy 流れであると仮定し、定荷重のもとでの一次元圧密を考えてみる。この場合の条件式は

$$1) \text{釣合の式} \quad \sigma'_z + u = p \quad (1)$$

$$2) \text{応力-ひずみ関係} \quad \sigma'_z = \frac{1}{m_v} \varepsilon_z \quad (2)$$

$$3) \text{連続の式} \quad \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial t} = \frac{\partial v_z}{\partial z} \quad (3)$$

$$4) \text{間隙水の流動則} \quad 0 \leq i < 2i_0 \quad v_z = (k/a i_0) i^2 \quad (4)$$

$$i \geq 2i_0 \quad v_z = k(i - i_0) \quad (5)$$

であり、 i_0 は限界動水勾配である。なお、間隙水の流動則の $0 \leq i < 2i_0$ における非線型部分は、解析を簡単にするため放物線と仮定した。以上(1)~(5)式を集約すると圧密方程式は、

$$0 \leq i < 2i_0 \quad \text{のとき}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{2i_0 m_v \sigma_w} \frac{\partial u}{\partial z} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (6)$$

$$i \geq 2i_0 \quad \text{のとき}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \sigma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (7)$$

となる。図-2 は、(6) (7) 式を差分解析して求めた圧密曲線である。圧密曲線は次の量

$$\alpha = \frac{\Delta p}{i_0 \sigma_w H}$$

図-1

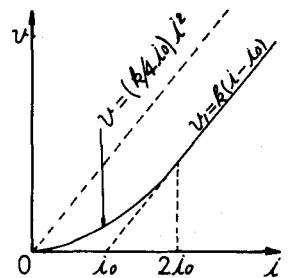
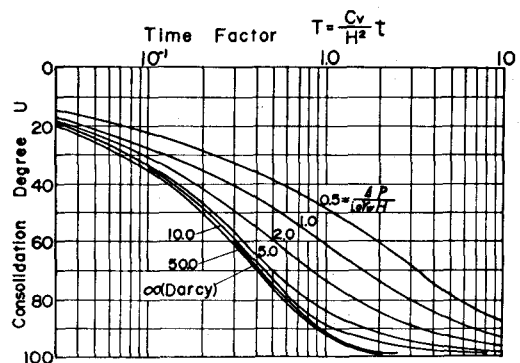


図-2



をパラメーターにして変動する。ここに Δp は荷重増分、 H は最大排水距離である。これを見ると圧密荷重の増分が小さい程、限界動水勾配や最大排水距離が大きい程、圧密曲線は二次圧密的になる事が分る。

試みに $i_0 = 0.5$ としてその影響を計算してみると

i_0	Δp	H	α
0.5	1.0 kg/cm^2	1 cm	2×10^3
"	"	100 m	2.0

であり、室内実験のように試料厚の小さい場合には殆んど影響を受けなげ、現場の圧密のように粘土層厚の大きい場合には影響の出る可能性がある。

3. 変水頭透水試験

図-3に示した変水頭透水試験装置を用いて透水試験を行い、水頭 h の時間的变化という形で結果を整理した(図-4)。間隙水の流れがDarcy流れであるなら $\log h - t$ 関係は直線的である筈であるが、観測結果は透水試験の終期にこの直線からずれてきている。そこで間隙水を、(4)式および(5)式に従って流動するものと仮定し、変水頭透水試験における i と $t/t_{i=0}$ の関係を i_0 をパラメーターにして計算したものである。ここに t はある i の値に達する実測の時間であり、 $t_{i=0}$ は間隙水の流れがDarcy流れである場合に同じ i の値に達する時間である。試みにこの計算曲線を図-4の観測曲線にフィットしてみると、 $i_0 \div 0.3$ であった。なお、透水試験に用いた粘土は、広島粘土で $w_L = 100.2\%$ 、 $w_p = 58.2\%$ 、 $PI = 42\%$ である。

4. あとがき

この研究は、圧密解析に必要な諸定数を求める試験を透水試験と変形試験に分離しようという目的に対する予備的研究であって、その第一段階として、限界動水勾配は、圧密過程にどのように影響するか、またその値はどの程度であるかを検討し、圧密解析に必要な諸定数を求めるための透水試験の必要性の有無を判断したものである。圧密のための透水試験は、動水勾配が極めて小さいのが問題なので、精度上、特殊な装置が必要で、その開発は今後の問題にしたい。この予備的研究の結論をまとめてみると、

- 1) 非Darcy流れが圧密過程に及ぼす影響は、粘土層の厚さが大きいとかなり顕著であり、圧密曲線をクリープ³⁾的にする。
- 2) 模型実験である現在の圧密試験からは、粘土の透水特性は求め得ないので、透水試験によらねばならない。そして限られたデータからではあるが、その必要性があると判断される。

なお、この研究は、昭和49年度文部省科学研究費(一般研究B)の援助を受けて行なわれたものであり、謝意を表する。

参考文献

- 1) J. K. Mitchell & J. S. Younger : Abnormalities in hydraulic flow through fine-grained Soils, AS.T.M., STP 417, 1967.

図-3

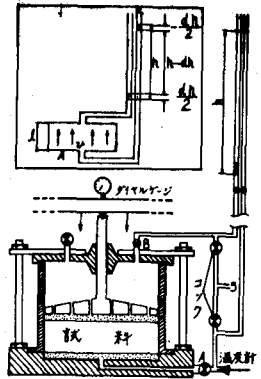


図-4

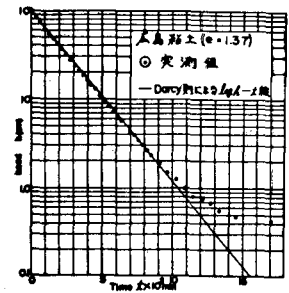


図-5

