

Ⅲ-86 MAIS工法による超軟弱粘土の脱水について

大阪市立大学工学部

正員 三瀬 貞

〃

学生員 〇柳 大夏

〃

〃 山田 俊

MAIS工法における粘土の脱水現象を小規模な室内実験により検討し、その脱水機構について簡単な理論的考察を行なつた。

1. 試験装置および方法

内径56cm、高さ90cmの円筒型水槽に粘土を70cmの高さまで充填し、その中心に直径10cmの半透膜を有する有孔円筒管を挿入し、円筒管の内部に溶液を入れた。また透明なアクリル樹脂製の径30cm、高さ80cmの小型円筒型水槽を使って間ガキ水圧の分布を調べた。この間ガキ水圧の測定にはU字管型水柱を使用した。特にU字管内の水の蒸発を防ぐために、その表面に流動パラフィンを浮べた。

試験試料にはLLが80%、含水比110%の粘土を使用した。粘土を水槽中で十分にこね返した後、半透膜を有する有孔円筒管を挿入して、溶液のみわりに水を充填させておいて2週間静置した。これは粘土中に有孔円筒管を挿入する際に上昇した間ガキ水圧の低下を待たためである。強度の変化の測定には断面積10cm²のコーンを支軸につけた2重管式ベネトロメーターを使用した。なお測定時の自重の影響を防ぐためにCounter Balance Weightを用いた。

2. 実験結果

測定は約80日近く行なった。図-1に示した脱水量曲線よりみると80日で9.0近くの脱水を行なわれている。一方実験した粘土の含水比によれば初期含水比108%であつたものが98%と10%近く低下している。このときのコーン貫入抵抗値は図-2に示されるとおりで、50日の経過で0.2%、80日の経過で0.55%とかなりの強度増加を示し、またその分布は深さ方向に一樣である。間ガキ水圧の分布は図-3のようになり、値を生じている。これは水に張力な作用したためである。

3. 理論的考察

理論的に考察するため、次のように仮定する。

- (1) 土は等方、均質である。(2) 浸透圧は均等に加わり常に一定値を有す。(3) 脱水量は浸透圧に比例する。(4) 脱水速度は浸透圧傾度に比例する。

今、試料断面積をA、間ガキ率をPとし、半透膜側の試料端を圧縮厚とすると、一次元の脱水流と考えると、いかり、厚さありとある巨離にある断面を流れる水の量 ΔW は、脱水速度を U_x とすると Δt 時間内には次式で表される。

$$\Delta W = PA \cdot U_x \cdot \Delta t \quad \text{--- (1)}$$

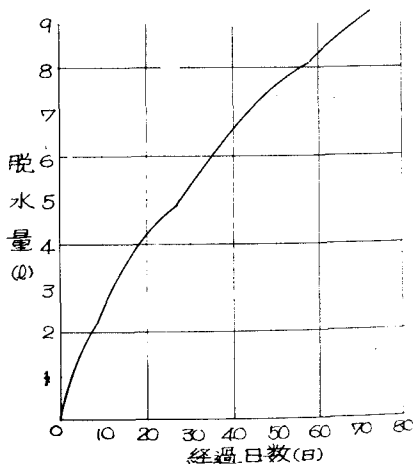


図-1. 脱水量～時間曲線

仮定(4)より $U_s = -R_i \frac{\partial \pi}{\partial x} \quad - (2)$

こゝに R_i は浸透圧 π による逆浸透透水係数とする。

(1), (2)式より

$$\Delta W = -R_i \cdot P \cdot A \frac{\partial \pi}{\partial x} \cdot dt \quad - (3)$$

(3)式より $d(\Delta W) = -R_i \cdot P \cdot A \frac{\partial \pi}{\partial x} \cdot dx \cdot dt \quad - (4)$

$d(\Delta W)$ は x と $x+dx$ における垂直断面でみこす微小 element 5りの脱水量 κ 等しい。故に次式で表される。

$$d(\Delta W) = AC_i \frac{\partial W}{\partial t} \cdot dx \cdot dt \quad - (5)$$

こゝに C_i は単位体積重量 κ に関する定数。

(4), (5)式より

$$\frac{\partial W}{\partial t} = - \frac{P R_i}{C_i} \cdot \frac{\partial \pi}{\partial x} \quad - (6)$$

一たび仮定(3)より $\frac{\partial W}{\partial t} = -\alpha \frac{\partial \pi}{\partial x}$ とおけば

(6)式は $\frac{\partial \pi}{\partial x} = \beta \frac{\partial^2 \pi}{\partial x^2} \quad - (7)$

こゝに $\beta = \frac{P R_i}{\alpha C_i}$; 逆浸透係数と呼ぶ

式(7)は熱伝導型の方程式である。

今 こ水を円筒座標に書きなおし、鉛直方向の

流れを無視すると、軸対称の関係より

(7)式は次式となる。

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = \beta \left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \pi}{\partial r} \right) \quad - (8)$$

π を求めるために R と θ のみの関数、 T と t のみの関数とすれば、 $\pi = R \cdot T \quad - (9)$ とおける。

1度おいて(8)式は

$$\frac{1}{R} \frac{dT}{dt} = \frac{1}{R} \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{1}{R} \frac{dR}{dr} \quad - (10)$$

(10)式の両辺を定数 $-K^2$ に等しくおくと

$$\frac{1}{R} \frac{dT}{dt} = -K^2 \quad - (11)$$

(11)式を解くと $T = C_2 \cdot e^{-K^2 \beta t} \quad - (12)$

$$\frac{1}{R} \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{1}{R} \frac{dR}{dr} = -K^2 \quad - (13)$$

(13)式を解くと $R = A J_0(Kr) + B Y_0(Kr) \quad - (14)$

J_0 は0次の第1種 Bessel 関数。

Y_0 は0次の第2種 Bessel 関数

A, B, C_2 は積分定数、故に(9)式は $\pi = \{A J_0(Kr) + B Y_0(Kr)\} e^{-K^2 \beta t} \quad - (15)$ とする。

(15)式に境界条件を代入することにより、浸透圧 π による、粘土の脱水機構を明らかにする。この場合、水の補えがないときは、時により、脱水によって不飽和状態となり、またこの際、脱水量と変形量は必ずしも対応しないため、不飽和状態をも含めた脱水機構については別に検討中である。

この実験を行なうにあたり、鈴木明子、由良研次郎、その他の方々に御協力をいただいたことを感謝する。

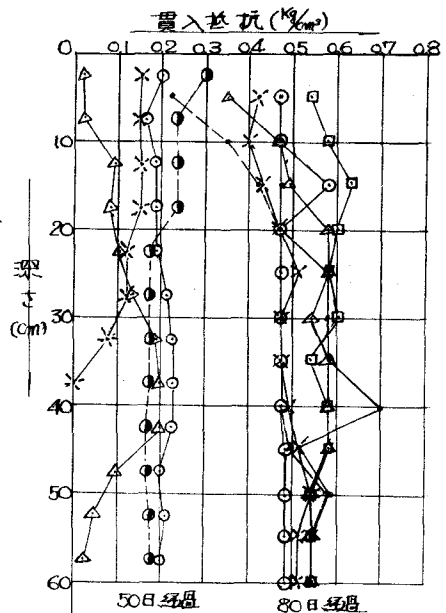


図-2 コーン入抵抗値

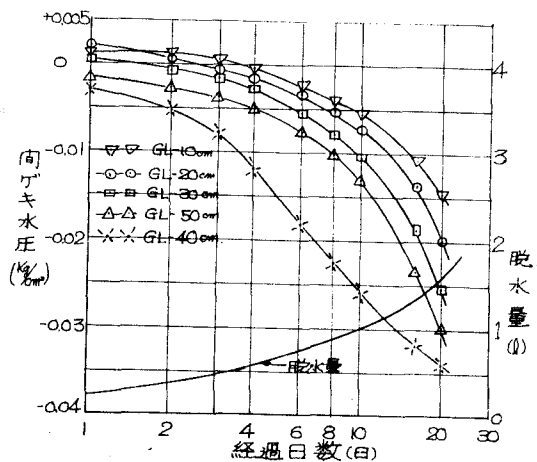


図-3 同ゲキ水圧へ時間曲線