

Ⅱ-26 深さ方向に圧縮性の異なった地盤の圧密計算 (オ一報)

大阪市立大学工学部 正員 三笠 正人

同 学生員 高田 直俊

同 学生員 磯野 昭

粘土層の土質が均一でなく、深さ方向に変化している場合の一次元圧密に対して三笠は新しい圧密理論¹⁾を拡張し、相対ヒズミ ε_r を用いた微分方程式を導²⁾いたが、その最も一般的な式(土質の違い、 k , m_v , 層厚, C_u の圧密中の変化, 自重の影響を考慮)は非常に複雑で計算が容易でない。

注) $\varepsilon_r = \int d\varepsilon_r = \int \frac{-dF_r}{F_r}$, F_r は相対体積比; これは液性指数のような土質によらず圧力だけで定まるように定めたい、たとえば $p=10 \text{ t/cm}^2$, 1000 t/cm^2 に対応する f ($=1+e$: 体積比) 値を f_{10} , f_{1000} とするとき $F_r = (f_{10} - f) / (f_{10} - f_{1000})$ として定義する。

一方従来の Terzaghi 理論も不均等地盤に拡張しようとする試みは層状地盤の場合 (Gray, Abbott, 梶原) や k や m_v が直線的に変化する場合 (Edelman, 山口) によってなされてきたが、昨年の Schiffman と Gibson の論文³⁾は最も進んだものと言えよう。彼らは Terzaghi と同様に k , m_v が圧密中一定との条件の下にこれらの深さ方向の変化を考慮した方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v(z) \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1}{k} \frac{dk}{dz} \frac{\partial u}{\partial z} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

を導き、 k , m_v のいろいろの分布状態について計算例を示した。ここに C_v 三笠の一般方程式は自重の影響、層厚の変化を考えなければ次のように簡単になる。

$$\frac{\partial \varepsilon_r}{\partial t} = \frac{f}{f - f_{lim}} \left\{ C_{vr} \frac{\partial^2 \varepsilon_r}{\partial z^2} + \frac{\partial C_{vr}}{\partial z} \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial z} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに f_{lim} は $f-p$ 曲線群の収束する f の値で $p=1000 \text{ t/cm}^2$ で収束する f とは f_{1000} としておく。
 C_{vr} : 相対圧密係数 ($= k / m_{vr} \cdot \gamma_w$), m_{vr} : 相対体積圧縮係数 ($= d\varepsilon_r / dp$), これは土質によらず圧力だけの関数である。圧密中 C_{vr} が一定と仮定すると式(2)は次のように変形される。

$$\frac{\partial \varepsilon_r}{\partial t} = C_v \left\{ \frac{\partial^2 \varepsilon_r}{\partial z^2} + \frac{1}{k_0} \frac{dk_0}{dz} \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial z} \right\} \dots\dots\dots (3) \quad k_0: k \text{ の初期値}$$

これは式(1)の u を ε_r に置きかえた形であるが、 k , m_v が圧密中に減少する場合 (C_{vr} 一定なように) にも適用できる。なお式(3)は圧密中 C_v 一定と仮定せねば解けないので元の C_{vr} 一定の条件と多少違いがある。したがって応力の変動量の大きいときは式(2)をそのまま C_{vr} 一定の条件で解くほうが側面ではあるが多少ともな方法と言えよう。しかも実際のデータを見ると C_{vr} 一定よりも C_{vr} 一定(このとき C_u は圧密されると多少増していく)に近い場合が多いようである。

今回はまず圧縮性だけが深さ方向に異なり、透水性が同じである場合の簡略化された式(2), (3)

$$\frac{\partial \varepsilon_r}{\partial t} = \frac{f}{f - f_{lim}} C_{vr} \frac{\partial^2 \varepsilon_r}{\partial z^2} \dots\dots\dots (4) \quad \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 \varepsilon_r}{\partial z^2} \dots\dots\dots (5)$$

を差分方程式に直し、それぞれ C_{vr} 一定, C_u 一定の条件で図-1のような4通りの m_{v0} (初期の m_v) の分布状態に対し IBM 1620 型電子計算機によって計算した。粘土の $f - \log p$ 関係として $p=1000 \text{ t/cm}^2$

$f_{100} = 1.4$ を通る直線群を想定し、有効応力は初期に 10% 圧密後 20 % とした。このような条件で圧密速度の変わる長は一樣な地盤と異なっている。

計算の結果式(5)の解は Schiffman らのものとはあまり差がなかったが、式(4)はだいぶ違った結果を与えた。ここには式(4)の結果だけを示す。図-2, 3 は Case 1, 2 の深さ-ヒズミの分布を、図-4 はそれらの有効応力の分布を示したものである。また図-5 は Case 1~4 の圧密度 U を時間係数 $T_r (= \frac{C_v t}{H^2})$ に対して $\log$ プロットしたもので、平均の m_v を持つ一樣地盤と比較して示した。

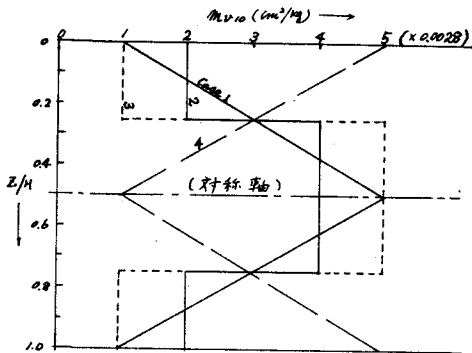


図-1 計算に用いた4種の初期 m_v 値の分布
(上下対称；両面排水； m_v の平均値は同一)

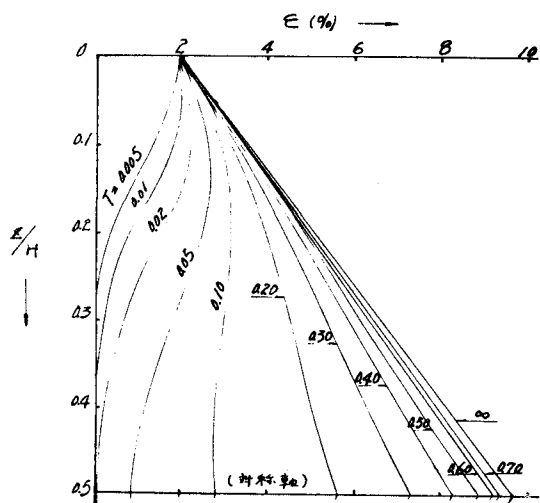


図-2 圧密中の圧縮ヒズミの分布 (case 1)

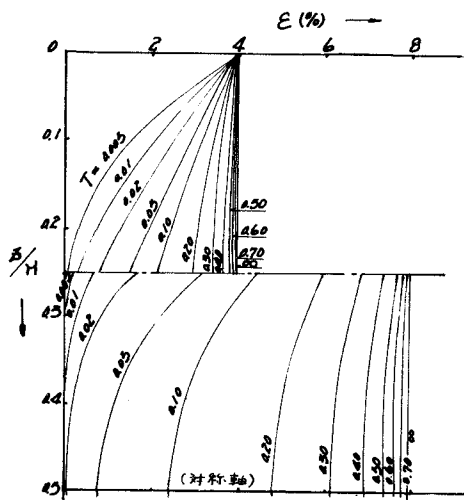


図-3 圧密中の圧縮ヒズミの分布 (case 2)

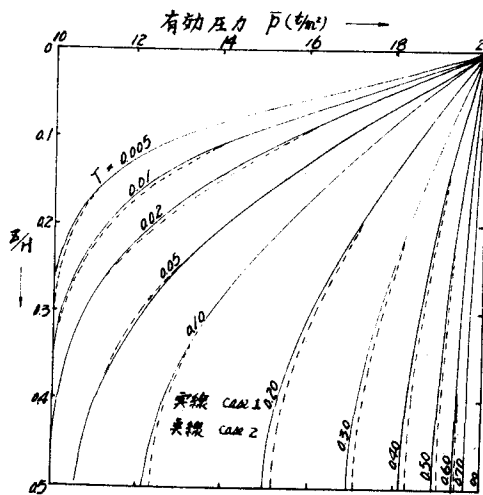


図-4 圧密中の有効応力の分布 (case 1&2)

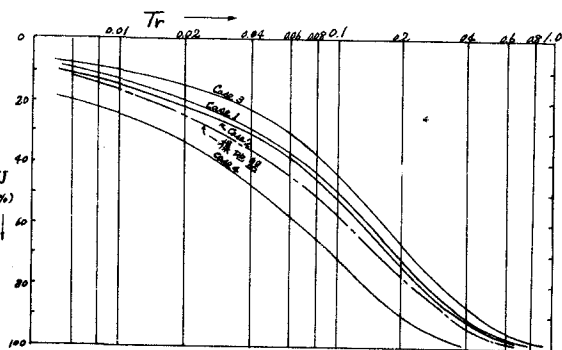


図-5 時間係数 T_r と圧密度 U の関係

以上の計算には神戸製鋼の肥後春生氏、三田村武氏

にたいへんお世話になった。ここに謝意を表したい。

文献 1) 三田：軟弱粘土の圧密 1963, 2) 三田：不均等地盤の圧密計算法 1963, 3) Schiffman & Gibson: Consolidation of Nonhomogeneous Clay Layers, Journal of the S.M. & P. Division ASCE 1964