

圧密特性が連続的に異なる粘土層の圧密計算例

大阪市立大学工学部 正員 高田直俊
同 大学院 学生員 ○大島昭彦

まえがき 圧密途中にある粘土層の将来の圧密過程をその時点の調査結果から推定するには、圧密前の初期状態を推定してそこから求めた圧密過程に現時点を記して将来を予測する方法と、現状を初期条件として計算する方法がある。後者の略算法の一つとして間隙水圧分布をSineカーブとした現下曲線がテリツァギーによって求められている。ここで取上げた圧密問題は、10数年前から埋立られているある埋立地の旧海底沖積粘土層の現下予測である。粘土層の圧密特性は深さ方向に相当異なっており、上記の略算法の適用性はないので、不均等地盤に対する一次元圧密理論¹⁾を用いて、現状を初期条件として数値解析により推定した。

地盤条件と圧密特性 図-1, 2に地盤条件と圧密特性を示した。地盤構成はGL-15 mまでは一般土砂と砂の埋立土で、その下に層厚23 mの沖積粘土層がある。粘土層の w_L は層中央で大きく、体積比 f_i も類似の分布を示している。 C_v は圧密によって減少傾向を示すので、ここでの応力範囲での値を示したが、その分布は w_L の分布と符合する。 f_i - $\log p$ 関係は正規圧密部を直線延長すると、点($p_2 = 500 \text{ t/m}^2$, $f_2 = 1.5$)に収束するので、この点と $p_1 = 5 \text{ t/m}^2$ における体積比 f_1 によって表わす。 f_i の深さ方向の分布も w_L と類似の分布を示す。 f_i 、 C_v の分布は図-1の実線に選んだ。

圧密計算法 図-3に示すように異なる f_i - $\log p$ 直線に対して2つの応力 p_1 , p_2 に対応する体積比 f_1 , f_2 を用いて相対体積比 F_r を式(1)で定義すると F_r は任意の f_i - $\log p$ 直線に対して p のみの関数となる。 F_r を用いて相対空隙 e_r 、相対体積圧縮係数 m_{vr} 、相対圧密係数 C_{vr} を式(2)~(4)のように定義すれば、これらはいずれも異なる f_i - $\log p$ 関係に共通な p のみの関数となる。

$$F_r = (f_1 - f_2) / (f_1 - f_2) - (1) \quad e_r = \int d e_r = \int -d F_r / F_r - (2)$$

$$m_{vr} = d e_r / d p \quad - (3) \quad C_{vr} = e_r / m_{vr} \gamma_w \quad - (4)$$

これらを用いて一様な圧密特性を有する粘土層に対する三笠の圧密方程式を不均等地盤に対する方程式に拡張すると次式となる。

$$\frac{\partial e}{\partial t} = C_{vr} \left\{ \left(\frac{1}{f} \right)^2 \left\{ \frac{\partial^2 e_r}{\partial z^2} + \frac{1}{f} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial e_r}{\partial z} \right) \right\} - \left(\frac{1}{f} \right) \frac{d}{d e_r} (m_{vr} \gamma) \frac{\partial e_r}{\partial z} \right\} + \left(\frac{1}{f} \right) \frac{\partial C_{vr}}{\partial z} \left\{ \frac{\partial e_r}{\partial z} \left(\frac{1}{f} \right) - m_{vr} \gamma \right\} - (5)$$

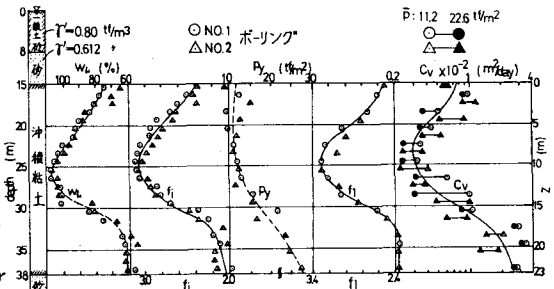


図-1 地盤条件と圧密特性

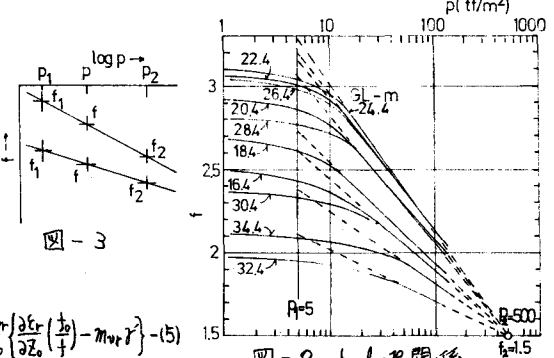


図-2 f_i - $\log p$ 関係

式(5)は圧密による粘土層厚の減少と粘土の自重の影響を考慮した式である。式中 f_0 は原始状態を示し、粘土層が一様圧力 p_0 (今回は $p_0 = 5 \text{ t/m}^2$)のもとにあると仮想したときの体積比(この場合には $f_0 = f_i$)で、 Z_0 はその状態における固定座標(原始座標)である。図-1の圧密特性の分布を原始座標に変換するには粘土層を分割し、各要素ごとに割り付けた f_i と、 $f-\log p$ から求めた f_0 を用いて $\Delta Z/\Delta Z_0 = f_i/f_0$ -(6)の関係によって書き直す。実座標系で $H_i = 23 \text{ m}$ の層厚は原始座標系で $H_0 = 24.5 \text{ m}$ となる。

初期条件は f_i の分布にとり、荷重条件は現在の土被り圧(10.68 t/m^2)のまま(Case 1)、これにさらに5 t/m^2 (Case 2)、10 t/m^2 (Case 3)の盛土を加えた3通りとした。また上下砂層の水位差はないものとし、差分間隔は $\Delta Z_0 = (24.5 \text{ m}/50) = 0.49 \text{ m}$ 、 $\Delta t = 2$ 日とした。

計算結果

図-4に時間-沈下曲線を、図-5~7にCase 1, 3の f 、 p および現時点をゼロとした f すみ $\bar{E}$ の等時線を原始座標系で示した。この場合の初期条件は圧密途中であるので $p_i = p_0$ のはずであるが、図-6の p_i は図-1の p_0 よりも全体に小さい。これは初期条件に f_i を採り、かつ $t-\log p$ 曲線の正規圧密部の直線に圧縮性を設定しているの、図-8のように決まる p_i が最大曲率付近で定義される p_0 よりも小さくなるためである。また圧密は排水面から内部へと進むので、 p_i は層中央で p の小さい方に凸なる分布を示すはずであるが、層中央は逆にへこんだ形になっている。この点は、過圧密部のこの配の大きい(たぶん乱れの影響大) $t-\log p$ 関係、フラットな(粘性の低い) $t-\log p$ 関係から図-8の方法で決まる p_i が小さ目になるからと思われる。この影響によって図-7に示すようにこの部分の f すみ $\bar{E}$ と f すみ速度は大きくなっている。

以上のように f_i の分布で決めた初期条件が p_i と不適合なために圧密計算の精度には疑問が残るが、等時線が初期値から行なわれるに従って、その影響は薄れていくものと思われる。時間-沈下関係、特にCase 1のように残留沈下を問題にする場合には、これらの影響によって初期の圧密速度は実際よりも大きいものと考えられる。この一連の計算を通じて圧密試験結果の解釈と適用法の確立の必要性[†]を痛感している。

三姓、高田、東田：不均等地盤の圧密計算例
文献) 第26回土木学会 Ⅲ-8、1971

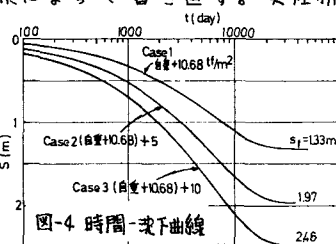


図-4 時間-沈下曲線

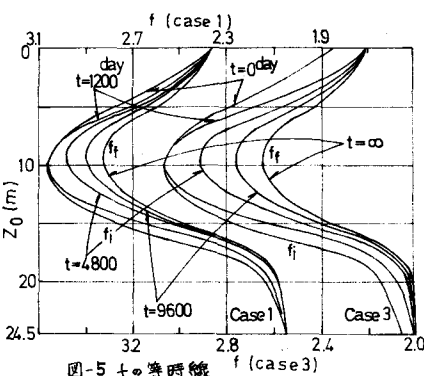


図-5 f の等時線

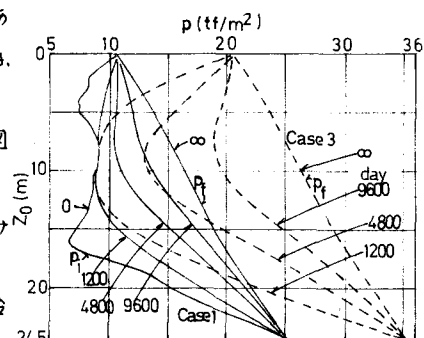


図-6 p の等時線

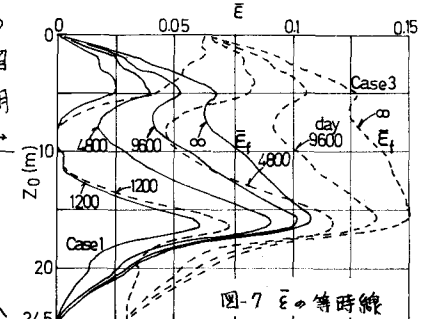


図-7 $\bar{E}$ の等時線

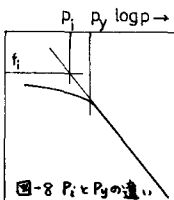


図-8 p_i と p_0 の違い