

III-245 沈下に伴う盛土の浮力増加を考慮した圧密

大阪市立都島工業高校（正） 中野 毅

大阪市立大学 工学部（正） 高田直俊

はじめに 水面下の地盤、あるいは地下水位が地表面にある地盤上に盛土して粘土層を圧密する場合、沈下に伴う盛土の浮力増加のため、圧密圧力が漸減する。この圧密は圧密圧力と沈下量が相互に関係する不静定問題で、粘土層中央部は正規圧密を続けるが、排水面付近には除荷膨張の過圧密部が発生し、これが粘土層内部へ広がっていく。ここでは全層一様な圧密特性を持ち、自重圧密状態にある粘土層のこのような圧密過程の計算を行ない、遠心力模型実験との比較、近似計算法を示した。

計算式 この圧密過程には正規圧密と過圧密とが混在するので、計算には三笠の圧密方程式を不均質粘土層に拡張した次式を用いた。

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = c_{vr} \left[\left(\frac{f_0}{f} \right)^2 \left[\frac{\partial^2 \varepsilon_r}{\partial z_0^2} + \frac{f-f_2}{f} \left(\frac{\partial \varepsilon_r}{\partial z_0} \right)^2 \right] - \frac{f_0}{f} \frac{d}{d\varepsilon_r} (m_{vr} \gamma') \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial z_0} \right] + \frac{f_0}{f} \frac{\partial c_{vr}}{\partial z_0} \left[\frac{f_0}{f} \frac{\partial \varepsilon_r}{\partial z_0} - m_{vr} \gamma' \right] \quad (1)$$

ここに z_0 は原始座標で、粘土が全層にわたって

一様な応力状態 p_0 (原始状態) にあるとした

$$F_r = \frac{f-f_2}{f_1-f_2} \quad (2)$$

固定座標、 f_0 は p_0 に対応する体積比、 γ' は

$$\varepsilon_r = \int d\varepsilon_r = \int \frac{-dF_r}{F_r} \quad (3)$$

粘土の水中単位体積重量で、 ε はひずみ、 t は

$$m_{vr} = \frac{d\varepsilon_r}{dp} \quad (4)$$

時間である。 ε_r は相対ひずみで式(3)で表

わされる。 F_r は式(2)で定義される相対体積

$$c_{vr} = \frac{k}{m_{vr} \gamma_w} \quad (5)$$

比で、図-1のように直線的な f - $\log p$ 関係群

に対して共通な p の関数である。また m_{vr} は式

$$\frac{d\varepsilon_r}{d\varepsilon} = \frac{m_v}{m_{vr}} = \frac{c_{vr}}{c_v} = \frac{f-f_2}{f} \quad (6)$$

(4)、 c_{vr} は式(5)で定義される。これらと ε 、

m_v 、 c_v とは式(6)の関係にある。過圧密域の

c_v は、透水係数が正規圧密と過圧密で共通な

f のみの関数として導いた次式による。

$$c_{ve} = c_{vp} \frac{C_{cp}}{C_{ce}} 10^{\left\{ \frac{(f-f_p)}{C_{cp}} - \frac{(f-f_e)}{C_{ce}} \right\}} \quad (7)$$

添字 e 、 p は過圧密、正規圧密を示す

実験 圧密特性が図-2の粘土試料を含水比130% (f

$=4.44$) に練り混ぜ、内径12cmの透明アクリル円筒に

13.25cm厚に入れて、100gの遠心加速度場で自重圧

密すると、層厚10cm(重力場の原型層厚10m)の自重

圧密地盤ができる。同じ供試体を4本作り、うち1本

は深度方向の含水比分布を測定して、これから f - $\log$

p 関係(図-2)を求めた。あと3本は図-3に示すよう

に、粘土層上下面の水位が粘土表面に一致し、圧密

中も変わらないように圧密容器に排水孔を設け、そ

れぞれ表-1に示す3種類の載荷板を載せて再び100g

場で圧密し、沈下を観測した。

計算法 差分計算で圧密過程を求める。始めに全

差分点に正規圧密の圧密特性を与え、表-1の p_1 を初

期上載圧とし、差分計算1回ごと (Δt ごと) に沈下

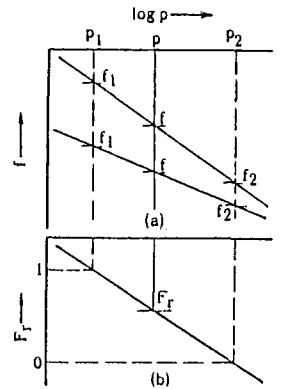


図-1 f - $\log p$ の正規化

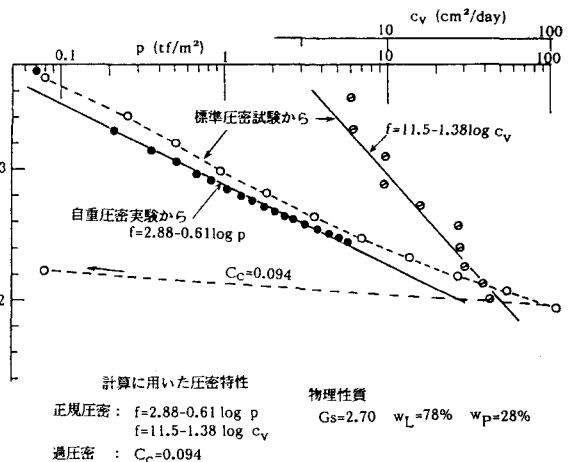


図-2 圧密特性

量 s を計算して、 p_i から浮力 $s \cdot \gamma_w$ を差し引いた圧力を新たな上載圧として与える。この過程で差分点のひずみ増分 Δe が負になると、その時点の応力が圧密降伏応力となるので、過圧密の圧密特性に換える。その後圧縮側に向い、この圧密降伏応力を越えることがあれば、もとの正規圧密の圧密特性に戻す。この計算では圧密特性が最後まで確定しない差分点が残るため、最終状態は計算時間を長くして収束点を外挿することになる。

結果 図-4は時間-沈下関係で、スケールは重力場の原型で表わしている。遠心力実験結果との対応は良い。同図に示した近似解は、最終沈下量を、1)初期の p_i をそのまま保つ、2)応力の減少に対しても正規圧密の f - $\log p$ 関係が可逆的であるとし、沈下量 s と浮力補正した盛土荷重($p_i - s \cdot \gamma_w$)との平衡点を試算で求める、の2つの方法で求め、沈下過程は正規圧密の圧密特性を用いて粘土の自重の影響を考慮した圧密方程式の数値計算で求めた。2)の方法は沈下が少し遅れるものの、沈下量については十分な精度がある。

図-5に f の等時線(原始座標表示)を示した。圧密圧力減少によって生じる過圧密領域は排水面付近の狭い範囲に限られている。

またほぼ最終状態と

考えられる12500day

の等時線の正規圧密部は、2)の近似解に

よる最終状態とはほとんど一致した。圧密

実験後の供試体の含水

比分布から計算した f の分布は計算に

よるものと形は似て

いるが値は少し小さい。

文献 三笠、高田

:膨張過程を含む圧

密の計算、第30回土

木学会、Ⅲ-71、19

75

表-1 載荷板の諸元

	載荷板		
	No.1	No.2	No.3
厚さ cm	2.28	3.77	5.07
単位体積重量 tf/m^3	1.61	1.64	1.65
初期荷重* $p_i \text{ tf/m}^2$	3.65	6.19	8.37

*遠心加速度 100g 場の値

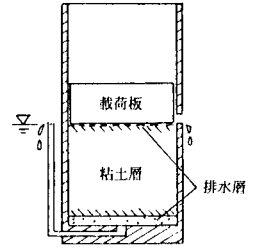


図-3 圧密供試体

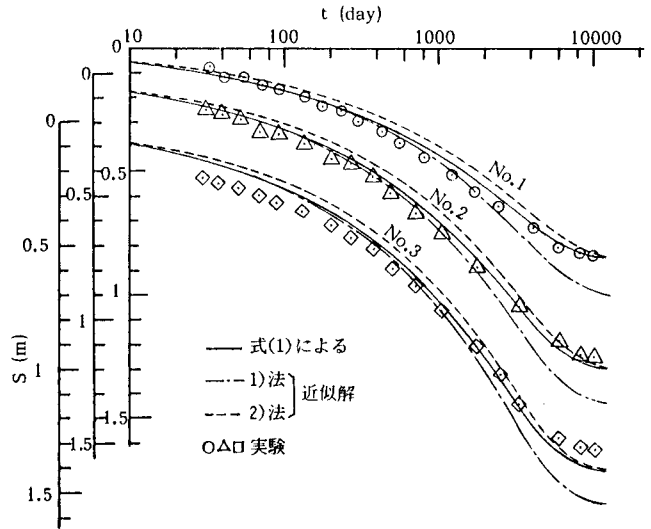


図-4 時間-沈下関係

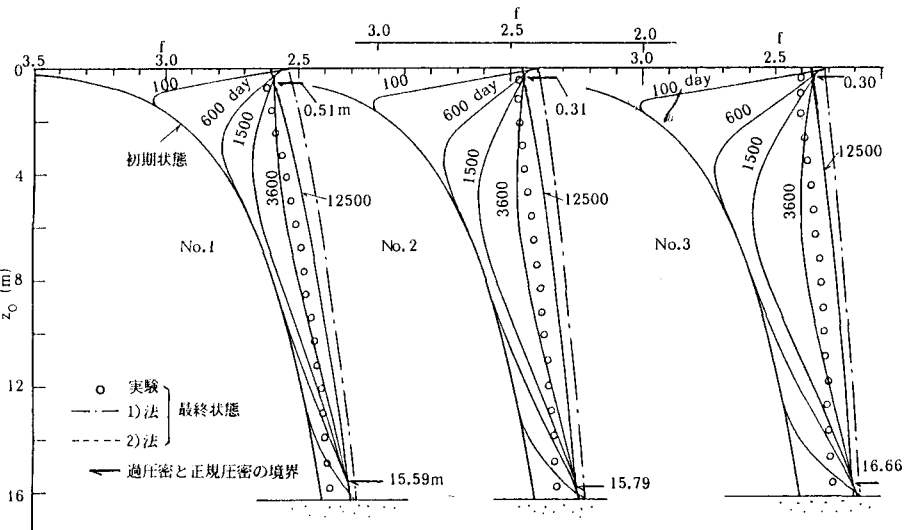


図-5 体積比の等時線