

大阪市立大学工学部

正員 三笠正人

〃

〃 〇高田直俊

まえがき 粘土地盤を割土や水位低下によって圧密改良するプレロード工法は、圧密終了まで載荷状態を続けると長時間を要するので、所定の強度、許容沈下量に対応する圧密度を待つて載荷重の除去・軽減を行なうことになる場合が多い。ところで除荷直後の粘土層内では排水面付近は膨張を生じる一帯、排水面から離れた所ではプレロードによる圧密がしばらく続き、やがて排水面の境界条件の影響を受けて、除荷後の荷重による最終応力状態へと圧密が進む。この膨張と圧縮が混在しながら進む圧密過程はあまり取り上げられていないが、地盤の沈下（もしくは上がり）挙動、最終的な粘土の体積比分布、せん断強度を知るための粘土の応力経路などを知る必要がある。この問題を不均等地盤の圧密問題として解いた例を紹介したい。

計算方法 正規圧密状態 P_1 にある粘土層に圧密圧力 P_f まで載荷し、圧密度 U に達したときに、圧密圧力を P_{ff} に減らす。この場合の粘土層中の応力の等時線を模式的に示せば図-1 となる。同図の Z_0 の深さにおける応力の経路は図-2 のように、 (P_1, f_1) から出発して正規圧密 $f-\log P$ 線上を (P_f, f_f) に向う。除荷後しばらくはこの上を進むが、除荷の影響が伝わり、応力が減少はじまると、膨張 $f-\log P$ 上を (P_{ff}, f_{ff}) までとどる。折り返し点は圧密降伏応力 P_g である。

計算手順はまず一様地盤の圧密方程式 $\partial S/\partial t = C_v S^2 \partial S^2/\partial Z^2$ (自重の影響を含まず) で初期状態 (P_1, f_1) から P_f と与えて解き、圧密度 U に達したときの f , P の分布を求め、次いでこれを初期条件として、除荷後の圧密荷重 P_{ff} と境界条件として、次の不均等地盤の圧密方程式

$$\frac{\partial E}{\partial t} = C_{vr} \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \left\{ \frac{\partial^2 E_r}{\partial Z^2} + \frac{f-f_2}{f} \left(\frac{\partial E_r}{\partial Z_0} \right)^2 \right\} + \frac{\partial C_{vr}}{\partial Z_0} \frac{\partial E_r}{\partial Z_0} \quad \text{---(1)}$$

$$\text{---(1)} \quad E_r = \int dE_r = \int dFr / Fr$$

$$Fr = (f-f_2)/(f_1-f_2) \quad \left(\begin{array}{l} f_1, f_2 \text{ は 1 組の応力 } P_1, P_2 \text{ (この} \\ C_{vr} = k/m_{vr} \cdot \gamma_w \text{ (場合は } 1, 10000 \text{ N/m}^2 \text{) における体} \\ m_{vr} = dE_r/dp \text{ (値比)} \end{array} \right)$$

を差分式化して用い、夏のエズミが生じるときから、その深さの圧密特性を膨張のものに変え（したがって膨張過程の圧密特性、 f_1, f_2, C_v は深さによって異なる）、数値計算で逐次等時線を求め、それを積分して沈下量（膨張量）を得る。除荷後の最終体積比分布は、全域が膨張過程に入って、 $f-\log P$ 関係が決まったときに P_{ff} と与えて計算できる。

計算条件 粘土層の $f-\log P$ 関係は、正規圧密では図-3 のとおりとし、膨張過程では $CC = 0.2$ とした。 C_v の値は、正規圧密では $C_v = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{day}$ とし、膨張過程では、正規圧密過程と同じ f の値に対して同じ透水係数をとるものとする。そうすると m_{vr} は $f-\log P$ 関係から決まるが、 C_v は次のようになる。

$$\text{正規圧密 } m_{vr} = \frac{2.3 K_3 CC_2}{f \cdot P_2} \cdot 10^{\frac{1}{CC_2}(f-f_2)} \quad \text{膨張 } m_{vr} = \frac{2.3 K_3 CC_1}{f \cdot P_2} \cdot 10^{\frac{1}{CC_1}(f-f_2)}$$

$$\text{過圧密 } C_{v1} = \frac{k}{m_{v1} \gamma_w} = C_{v2} \frac{m_{v2}}{m_{v1}}$$

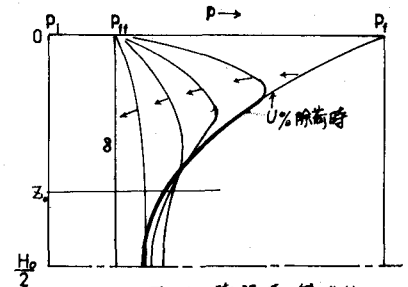


図-1 膨張時の等時線

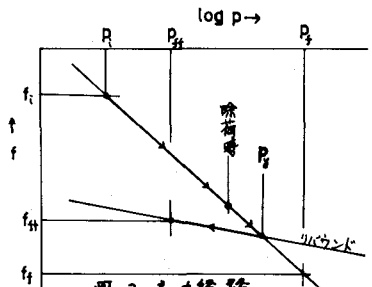
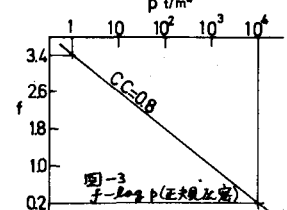


図-2 応力経路

図-3 $f-\log P$ (正規圧密)

$$= C_{v2} \frac{CC_2}{CC_1} \frac{1}{10} \left\{ \frac{1}{\alpha_2} (f - f_{22}) - \frac{1}{CC_1} (f - f_{21}) \right\} \quad \text{---(2)}$$

m_v , C_v , CC , f_2 の添字 1, 2 はそれぞれ過圧密(膨張), 正規圧密を示す。

表-1

case	P_i (初期)	β (荷重)	U (除荷時圧密度)	P_f (除荷後)
1	$2 \frac{t}{m^2}$ ($f_i=3.16$)	$10 \frac{t}{m^2}$ ($f_f=2.6$)	75%	$2 \frac{t}{m^2}$
2	2	10	75	3.5
3	2	10	75	5
4	2	10	90	2
5	2	20 ($f_f=2.36$)	75	4
6	2	20	90	4

なお式(1)の諸係数の添字は"relative"を意味し、 ε_r と ε_c , C_{vr} と C_v の間には $d\varepsilon_r = f/(f - f_2) d\varepsilon_c$ の関係がある。

荷重条件および除荷時の圧密度は表-1のように選んだ。ただし粘土層の自重の影響は考えない。

計算結果

図-4, 5 および 6, 7

には case 1 および

case 3 の p および f

の等時線を示した。また

図-8 には全 case

の膨張の時間経過を示

した。計算結果の解析

から得た結論は

① 膨張の際には C_v が大

きいたために短時間で全

域が膨張域に入る。

② したがって粘土層中

央部に於いても p_f は除

荷時からの U が増え

ない。

③ 除荷量が大きいと、

この傾向が強くなり

p_f は除荷時の p とあまり変わ

ない。

④ 除荷量が小さいと正規圧密域

の沈下が除荷後もかなり出て、

ふくみ上り量は小さくなる。

⑤ 時間-膨張量の関係は双曲線

型とはならず、 C_v 増加型の圧密

に似てくる。

⑥ 膨張終る時の径線比分布は粘土層内の応力履歴が深さによって異なる

ため逐次計算によらずには推定できない。

あとがき

この計算例では膨張過程の圧縮指数を $CC=0.2$ とか

大きくとっている。実際の圧密試験では除荷量が少ないところでは $CC=$

0.05~0.1 くらいに選んでいるので、図-8 の膨張量や膨張に要する時間はいくら

小になると考えられる。文献：三笠、高田 過圧密粘土の膨張に於ける圧密の計算例 建築学会 1974

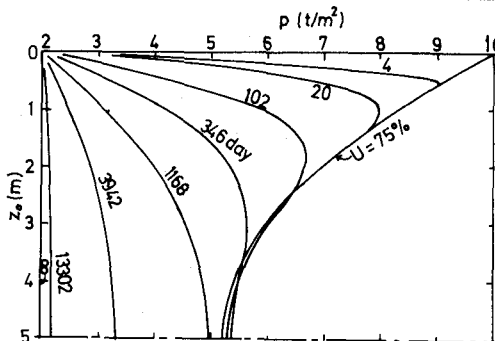


図-4 case 1 p の等時線

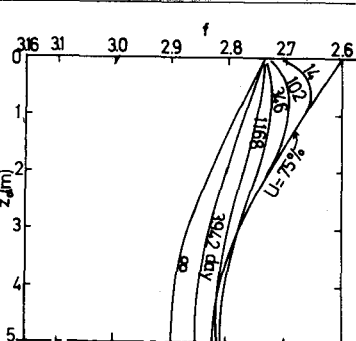


図-5 case 1 f の等時線

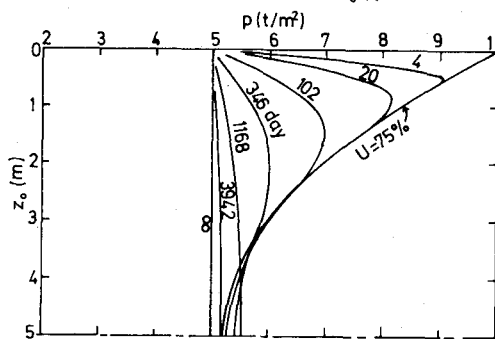


図-6 case 3 p の等時線

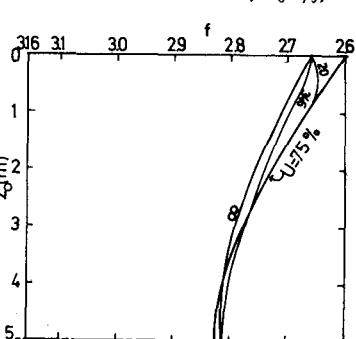


図-7 case 3 f の等時線

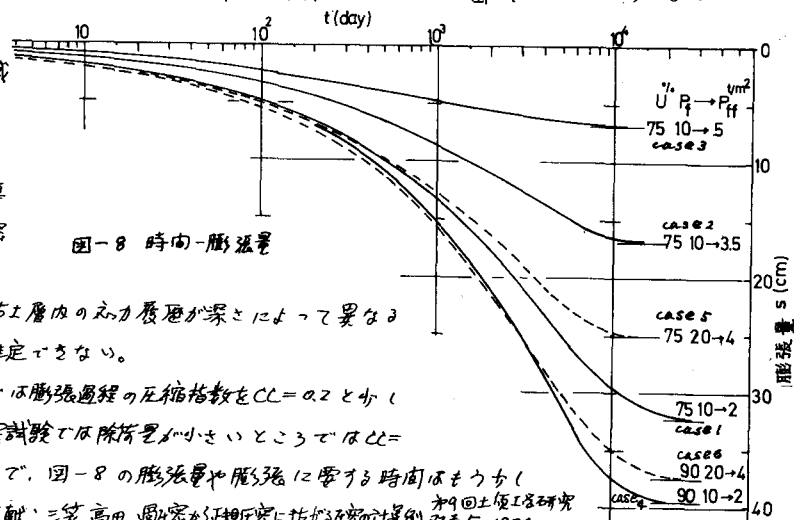


図-8 時間-膨張量