III－15　多層地盤の圧密沈下速度の計算法

東海大学　正員　稲田 倍穂
東海大学　正員　赤石 勝
東海大学　正員　○山田 道男

1．まえがき

軟弱地盤は、複雑な層状に堆積していることが多い。しかし従来圧密沈下速度を予測する場合には、簡便な単一層に置き換える層厚換算法を用いている例が多く、また実用上十分であると考えられてきた。しかしこの方法を泥炭地盤のような圧縮性の異なる層状地盤に適用したとき実際と著しく異なる沈下曲線のえられることが明らかになっている。近年は電子計算機の発達に伴なう数値計算法の進歩により、地盤の成層状態や不均質性を考慮した差分法による厳密計算も可能である。この論文は、従来設計計算に使われている層厚換算法に多少の修正を加え，各層ごとの時間～沈下量関係を考慮することにより信頼性があるとされている差分法による厳密解と比較しても大差のない値が得られることを明らかにしたものである。

2．従来の代表的な多層地盤圧密沈下速度計算法

多層地盤の圧密沈下速度の計算法のうち代表的なものとして、平均値単一法，層厚換算法，および差分法などが上げられる。平均値単一法は，軟弱地盤の層序を無視し各層の圧密係数の平均値で不均質地盤の圧密沈下速度を求めようとすることに無理がある。また従来から行なわれてきた層厚換算法は、ある一定の圧密係数で代表させるため各層の厚さを増減するという点に特色があるが、各層の圧縮性が著しく異なるとき実際と相異した結果がえられる。また差分法より厳密解を求める方法は，電子計算機を利用することなどから複雑な境界条件の問題も比較的簡単に解くことができるが、計算に用いられる土の定数がそれに伴なわないのが現状であろう。

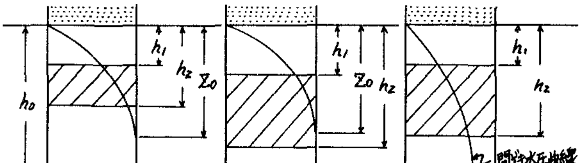
3．軟弱層の層序を考慮した層厚換算法

ここで提案する方法は目新しいものではなく、むしろ層厚換算法の正しい使い方というべきものである。載荷後任意時間tにおける多層地盤の圧密沈下量S_tは，ごく軟弱な粘土を除いて$t \to \infty$すなわち圧密度$U=100\%$における各層ごとの圧密沈下量をS_nとすれば、

$$S_t = \Sigma (S_n \times U_n) \qquad (1)$$

となる。しかし従来の層厚換算法では、通常各層の圧密度U_nの代り全体の平均圧密度Uを用いて(2)式によって近似的に圧密沈下量を計算している。

$$S_t = U \times \Sigma S_n \qquad (2)$$



図·1　ただし，$Z_0 = 2\sqrt{3C_v t}$

したがって層の順序や各層の圧縮性が変化しても同じ圧密沈下速度が得られるのは当然であり、(1)式の代りに(2)式を使用できるのは、各層の圧密係数と圧縮率がほぼ等しい場合に限られる。また各層の圧密係数が等しければ層厚換算法を使う必要もないと思われる。したがって多層地盤の圧密沈下速度を求めるには、単一層に対する圧密等時線を描いて各層ごとの，U_n～tおよびS_n～tの関係を求め時間tごとの沈下量を(1)式によって求めればよい。単一層における深さごとの圧密度を求めるには次の方法が利用できる。層厚換算後の単一層内の間ゲキ水圧曲線が放物線をなすと考えれば、深度h_1からh_2間の層の圧密度U_nは次のように表わされる。

(a)　$0 \leq t \leq h_0^2/12C_v$ ，$0 \leq h_1 \,\&\, h_2 \leq 2\sqrt{3C_v t}$

$$U_n = 1 - \frac{1}{12C_v t}\left\{2\sqrt{3C_v t}\,(h_2 + h_1) - \frac{1}{3}(h_2^2 + h_2 \times h_1 + h_1^2)\right\} \qquad (3)$$

(b) $0 \leq t \leq h_0^2/12C_v$, $0 \leq h_1 \leq 2\sqrt{3C_v t}$, $2\sqrt{3C_v t} \leq h_2 \leq h_0$

$$U_n = \frac{Z_0 - h_1}{h_2 - h_1}\left[1 - \frac{1}{12C_v t}\left\{2\sqrt{3C_v t}\,(Z_0 + h_1) - \frac{1}{3}(Z_0^2 + Z_0 \times h_1 + h_1^2)\right\}\right] \qquad (4)$$

(c) $h_0^2/12C_v \leq t \leq \infty$, $0 \leq h_1 \,\&\, h_2 \leq h_0$

$$U_n = 1 - \left(\frac{h_2 + h_1}{h_0} - \frac{h_2^2 + h_2 \times h_1 + h_1^2}{3h_0^2}\right)\exp\left\{-\left(\frac{3C_v t}{h_0^2} - \frac{1}{4}\right)\right\} \qquad (5)$$

式(3), (4), (5)はそれぞれ図.1の(a), (b), (c)に示す圧密度あるいは間ゲキ水圧分布の場合に相当する。またC_vは換算時基準となった圧密係数である。

4. 各計算法の比較

各計算法の比較のため図.2に示すようなCase 1, Case 2の二種類の地盤条件を用いた。Case 2はCase 1の層序が逆になったものであるがこのような地盤が現実に存在するか否かは別としてここではあくまでも計算法の比較のみを目的としている。図.2によれば平均値法と従来の層厚換算法では、Case 1とCase 2の圧密沈下量～時間曲線は全く同一となり、差分法のように層序の影響が全く表われない。図3はCase 1の地盤条件に関して、各層の圧密度を考慮した層厚換算法と従来からの層厚換算法ならびに差分法を比較したものである。提案した層厚換算法は、下部層から間ゲキ水圧の消散が始まるまで差分法とのズレが比較的少ない。これは間ゲキ水圧曲線が放物線近似をしているためである。下部層の圧密が始まると沈下量のズレが大きくなってゆく。しかし従来からの層厚換算法に比べて差分法とのズレは全圧密期間中かなり少ない。図.4(a)は圧密度がほぼ60%の時の間ゲキ水圧分布を表わしている。差分法に比べ放物線近似解では、上下部層の圧密度の合計が60%にならずかなりの誤差をもっている。さらにほぼ同じ圧密時間のときの間ゲキ水圧分布を示したのが図.4(b)である。同じ圧密時間でも圧密度にかなりの差がみられる。層厚換算法は境界条件を無視し、一定の圧密度に達する時間を基準に層厚換算を行なっているので多層地盤の圧密を単一層に換算するための誤差や放物線近似による誤差は含まれる。特に前者の影響は大きく圧密時間を過大に見積ってしまうことになる。

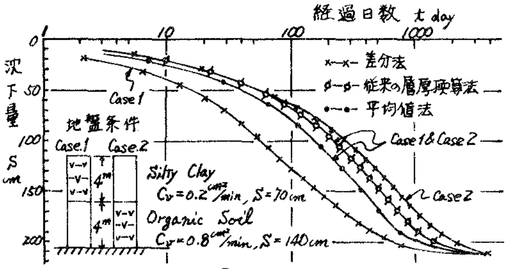


図.2

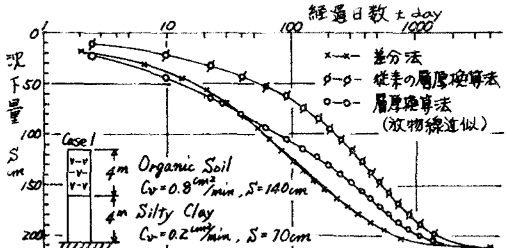


図.3

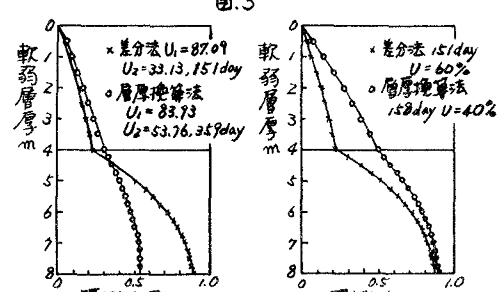


図.4

5. あとがき

提案した層厚換算法と他の2, 3の計算法と比較したが、以上要約すれば次のようになる。

(1) 層厚換算法によって多層地盤の圧密沈下速度を求める場合、各層の圧密度を別々に用いることによって地盤の層序の影響も取り入れた沈下速度を得ることができる。

(2) 層厚換算後各層の圧密度の算定に間ゲキ水圧の放物線近似解を適用すれば、差分法にくらべ簡単かつ実用的に十分な精度で沈下速度の予測ができる。

また、現実の地盤での比較検討は発表会において報告致します。

参考文献：土質工学会，土と基礎の設計計算演習