III－1　　一次元圧密の差分計算と分割節点数

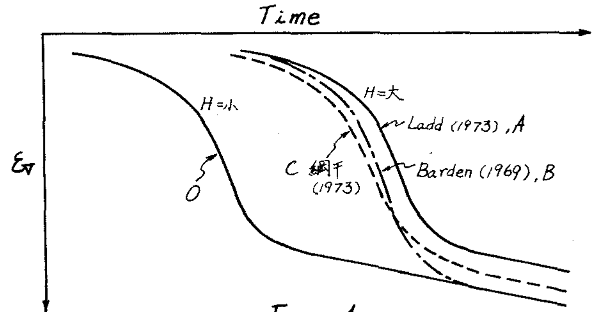
㈱建設企画コンサルタント　正員○白子　博明
東海大学土木工学科　　学員　江種　武典
東海大学土木工学科　　正員　赤石　勝

1．まえがき

標準圧密試験を実施するとほとんどの粘性土で二次圧密が観察される。この二次圧密は室内試験固有の現象であり，排水距離の大きな実際地盤では圧密時間が大きいので一次圧密に包含され表われないとされている[1]。

しかし，室内試験を長期間実施してみても，二次圧密速度は時間の対数に比例したままであり，いつ頃一定値に収束するか実験によって確認するのは困難と思われる。そこで著者らは，時間依存性の体積変化を考慮した一次元圧密解析を行い，二次圧密が寸法効果におよぼす影響について二三の報告を試みてきた[2]。

Fig～1は一次元圧密の寸法効果についてLaddがとりまとめたものである。



Fig～1

実際の沈下解析では排水距離Hの小さな室内圧密試験結果Oから排水距離Hの大きなA，B，Cを予測することになる。AはOを排水距離の2乗則に従い右側に平行移動したものである。Bはレオロジーモデルを用いた予測で二次圧密領域で排水距離の異なる2つの体積ひずみ～時間曲線が重なりあっている。Cは網干のスケールイフェクトに関する実験結果でありA,Bの中間に位置している。著者らのダイレイタンシーの時間依存性を考慮した解析ではBに近いが，二次圧密領域の体積ひずみ～時間関係は重さならず，Hの大きいほうが若干上側に位置している。しかし，Cほど大きな差ではない。

このような一次元圧密の寸法効果に関する差分計算を実施する場合，排水距離の大きな時は分割節点数が増加し，膨大な演算時間が必要となる。そこで今回は，演算時間短縮のため分割節点間距離の異なる差分計算を試みたので，その結果について報告する。

2．差分計算結果と考察

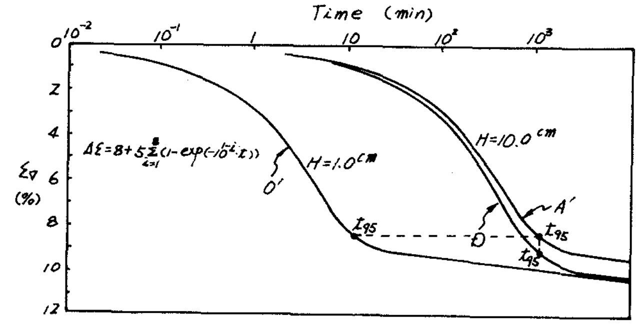
一次元圧密の差分計算には，式(1)で表わされる三笠のひずみに関する圧密方程式を用いる。

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial z^2} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに，C_vは圧密係数である。

2.1　分割節点数と排水距離

ある荷重によって10％の体積ひずみが生じ，そのうち2％が時間依存性のひずみで時間の対数に比例して生じるものとする。



Fig～2

$C_v=0.1\,cm^2/min$ で排水距離 $H=1cm$ と $10cm$ の場合について分割節点数を変化させて計算した結果が Fig~2 である。

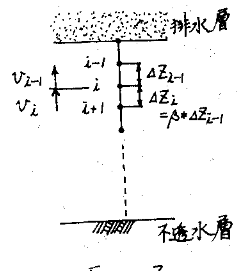
Fig~2 の O', A' は排水距離の異なる圧密計算を同じ節点数で計算した場合である。節点間距離 (ΔZ) の2乗と差分計算時間の間に比例関係を認め、さらに二次圧密の発生時間も排水距離の2乗倍のズレがあるとすれば Fig~2 の O', A' は Fig~1 の O, A と対応する。

排水距離が増加した時は節点数を増加させ等しい節点間距離で計算したのが Fig~2 の B である。前述したように二次圧密領域の体積ひずみ～時間曲線は、B のほうが O' より若干上側に位置し Fig~1 の B とは異なる。

式(1)を境界値問題として解いているのであるから、一次圧密中時間依存性の体積ひずみが生じても、圧密時間については排水距離の2乗則が成立するという保証がない限り、計算結果 B のほうが妥当と思われる。しかし、演算時間についてはかなり大きくなり、あまり経済的ではない。

2.2 節点間距離の異なる差分計算

演算時間の短縮を目的として、排水面に接する分割片の長さは排水距離が変化しても一定に保ち、圧密層内の節点間距離（分割片長さ）を変化させて計算を試みる。



Fig~3

圧密層内、任意点の流速は次式で示される。

$$v_{i-1,t} = C_v \frac{\varepsilon_{i-1,t}-\varepsilon_{i,t}}{\Delta Z_{i-1}} \quad \cdots\cdots(2)$$

$$v_{i,t} = C_v \frac{\varepsilon_{i,t}-\varepsilon_{i+1,t}}{\Delta Z_{i}} \quad \cdots\cdots(3)$$

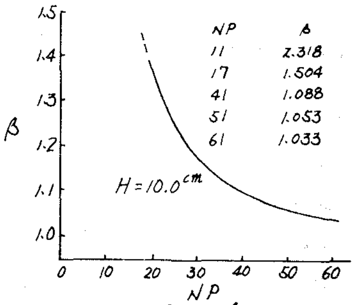
ここで、$v_{i-1,t}$, $v_{i,t}$ はそれぞれ節点 $i-1$ と i、i と $i+1$ 間の時間 t における流速である。

式(2),(3)を連続条件式に代入して得られる圧密方程式(1)を差分表示すると式(4)が得られる。

$$\varepsilon_{i,t+\Delta t} = \varepsilon_{i,t} + C_v \frac{2\cdot\Delta t}{\Delta Z_{i-1}^2\cdot\beta(1+\beta)}\left(\varepsilon_{i+1,t}-\varepsilon_{i,t}(1+\beta)+\beta\varepsilon_{i-1,t}\right) \quad \cdots(4)$$

ここに $\beta(=\Delta Z_i/\Delta Z_{i-1})$ は節点間距離の比である。

排水面に接する分割片長 $\Delta Z=0.1cm$ を共通にしても、β の大きさを調節することによって、節点数を減少させ演算時間の短縮を図ることが可能である。排水距離 $H=10cm$ の場合の β と節点数の関係を図示したのが Fig~4 である。さらに、Fig~4 に示した関係を用いて計算したひずみの経時変化を示したのが Fig~5 である。節点数 $NP=101$ で演算した結果と、(4)式を用いて節点数 $NP=17$ で計算した結果は同一の曲線上にあり提案法の有効性を示している。

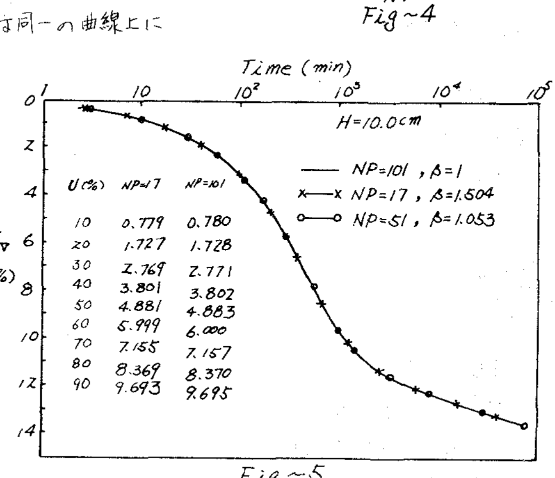


Fig~4

3. まとめ

分割節点間隔の異なる差分計算について Fig~5 に示すような結果が得られ、提案法の有用性が認められた。

また、計算時間は従来著者らの実施したものの約 1/5 ～ 1/6 程度に短縮された。



Fig~5

参考文献 1) 土質工学ハンドブック 第6章；土質工学会編

2) 赤石, 稲田, 白子 (1981)：一次元圧密における排水距離と圧密係数：土質工学会論文集 Vol.21 No.3 P132~136