

III-581

非線型材料の一次元圧密問題に対する混合法有限要素解析の適用

鳥取大学工学部(正) 清水正喜

鳥取大学大学院(学) 〇上羽敏史

鳥取大学大学院(学) 梅谷 彰

1. 序論

変位法に基づく有限要素解では、応力が要素間で不連続となり、有限要素解の誤差の一因となる。この問題点は、応力も未知量とする混合法を適用することにより解消できる。

地盤の圧密問題において、変位と間隙水圧を有限要素内で節点近似する方法を採用した場合、間隙水圧は要素間で連続となるが有効応力は要素間で不連続となる。このように、有効応力と間隙水圧に対する近似方法が異なる。清水ら(1991)¹⁾は、このような観点から弾性地盤の2次元圧密問題に対して、混合法によるひとつの定式化の方法と解析例を示した。

本報告の目的は、清水ら(1991)¹⁾が示した定式化の方法を非線型材料から成る地盤の1次元圧密問題に適用することである。

2. 定式化

概要のみを記す。詳細は文献1)を参照されたい

2.1 支配方程式

場の方程式として、応力のつり合い式と間隙水の連続式を考える。さらに、Darcyの法則と土の構成式を考慮する。微小変形を仮定した。間隙水の圧縮性は評価したが、土粒子は非圧縮と仮定した。

2.2 混合法における応力評価

以下、節点値に“-”を付ける。

全応力を有限要素近似する方法を採用した。

$$\{\Delta \sigma\} = \langle N \sigma \rangle \{\Delta \bar{\sigma}\} \quad (5)$$

$\langle N \sigma \rangle$ は内挿関数。有効応力ひずみ関係の要素における重み付き残差をゼロにする条件から

$$\{\Delta \sigma\} = [i]^{-1} [g] \{\Delta \bar{u}\} + \{\Delta \bar{p}\} \quad (6)$$

$[i]$ 、 $[g]$ は内挿関数およびその微分から構成される積分。(6)式を応力のつりあい式の重み付き残差に代入することによって $\{\Delta \bar{u}\}$ と $\{\Delta \bar{p}\}$ を未知量とする要素剛性方程式が得られる。

有限要素解 $\{\Delta \bar{u}\}$ 、 $\{\Delta \bar{p}\}$ から、応力を評価する方法を示す。(5)、(6)式から、

$$\Delta \sigma = \langle N \sigma \rangle ([i]^{-1} [g] \{\Delta \bar{u}\} + \{\Delta \bar{p}\}) \quad (7)$$

$$\Delta \sigma' = \Delta \sigma - \Delta p \quad (8)$$

有限要素解 $\{\Delta \bar{u}\}$ 、 $\{\Delta \bar{p}\}$ は、要素間で連続であるので、それらから評価される有効応力も要素間で連続となる。

4. 解析方法

4.1 解析モデル

地表面から順に、砂層(厚さ5m)、粘土層(厚さ15m)、砂層を想定した。地表面に10tf/m²の荷重を瞬時に載荷した。粘土地盤は均質で、正規圧密状態を仮定した。境界条件は両面排水、下端固定とした。初期の間隙水圧を静水圧状態と仮定した。

構成関係として $e - \log \sigma'$ と $\log k - \log \sigma'$ の直線性を仮定した。詳細は文献^{2), 3)}に記している。用いた材料定数を表1に示す。

表1 解析に用いた構成パラメータの値

圧縮指数	正規圧密領域 λ	0.321
	過圧密領域 κ	0.326
基準透水係数 k_0 (m/day)		3.024×10^{-4}
透水性に関するパラメータ	ξ_{NC}	1.425
	ξ_{OC}	0.325
基準間隙比 e_0		2.090
基準有効応力 σ'_0 (MPa)		0.481

4.2 内挿関数および積分

変位は2次の、間隙水圧と全応力は1次の内挿関数を用いた。剛性方程式において構成パラメータ m 、 v 、 k を含んだ項は数値積分を行った。ルジャンドル

ガウスの2点積分公式を用いた。それ以外の項は、実際に積分した。

5. 結果

図1に時間-沈下量曲線を示す。変位法と混合法は同じ結果を示している。図は示していないが、間隙水圧の分布は両方法で同じになった。

有限要素解から、節点および積分点における応力を求めた。図2(a)は変位法による有効応力分布である。同図(b)は、浅い部分の拡大図である。要素間で不連続になっていること、また要素内で振動する現象がみられる。図3(a)、(b)は、混合法による結果である。要素間で連続、要素内でも滑らかな分布をしていることがわかる。

6. 結論

非線型構成材料の1次元圧密問題を混合法有限要素法で解き、変位法にの解と比較した。その結果、混合法によって、よりよい応力解を得られることがわかった。

参考文献

- 1) 清水・前田・前田(1991)混合法による有限要素解析の圧密問題への適用、第26回土質工学研究発表会、pp.1263-1266
- 2) 清水・檜原(1993)定ひずみ速度圧密試験の整理法の比較検討、平成5年度土木学会年次学術講演会（投稿中）
- 3) 清水(1992)地下水位の変動による地盤沈下挙動の有限要素解析-実用的モデル化と解析例-、土質工学会中国支部論文報告集、Vol.10, No.1, pp.43-54

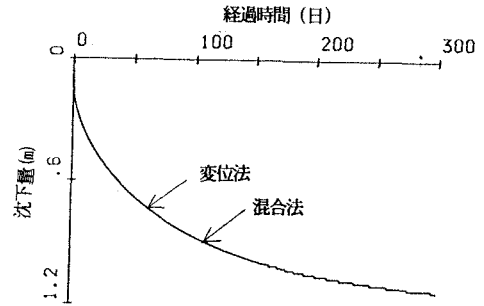


図1 地表面沈下

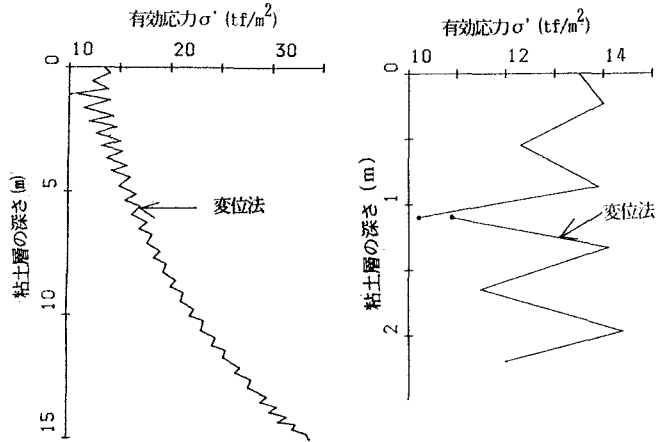


図2 有効応力分布（変位法、100日経過後）

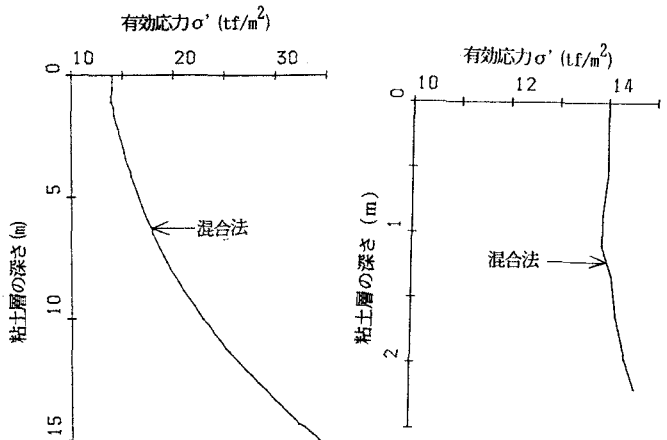


図3 有効応力分布（混合法、100日経過後）