

一次元圧密問題の有限変形FEM解析

鳥取大学工学部 清水正喜
(株) 鴻池組 ○ 梅谷 彰
鳥取大学大学院 上羽敏史

1. はじめに

地盤の圧密現象のFEM解析では、微小変形理論による支配方程式が用いられることが多い¹⁾。しかし、実際の地盤の圧密現象では、変形は必ずしも微小ではない。そこで本研究では、微小変形理論で無視されている層厚変化、したがって物体力変化を考慮した有限変形理論による支配方程式を用いて、一次元圧密問題のFEM解析を行なった。微小変形理論と有限変形理論で2種類の問題、すなわち瞬時載荷問題と地下水位低下問題を解析した結果と比較検討する。

2. 支配方程式

有限変形理論に基づく応力の釣合い式を示す。式の詳しい説明については、梅谷²⁾に示している。

$$\frac{\partial \delta \sigma}{\partial x} - \delta f \left(1 - \frac{\delta \varepsilon}{1 - \varepsilon}\right) + f \left(\frac{\delta \varepsilon}{1 - \varepsilon}\right) = 0$$

ここに、 $\delta \sigma$ は全応力の増分、 δf は物体力増分、 $\delta \varepsilon$ はひずみ増分である。

3. 解析方法

(1) 構成モデル

$e - \ln \sigma'$ 関係および $\ln k - \ln \sigma'$ 関係の直線性を仮定した。(図1)

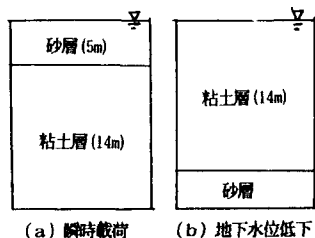


図1：想定した地盤構成

(2) 解析条件

①地盤構成・・・図2に示す地盤を想定した。

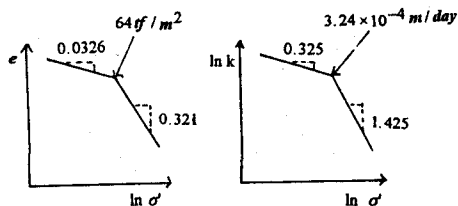


図2：FEM解析で仮定した構成モデル

②瞬時載荷問題・・・10tf/m²の荷重を瞬時載荷した。

③地下水位低下問題・・・解析領域下部の砂層の水位を30日で5m低下させその後一定とした。

4. 結果

(1) 瞬時載荷問題

図3は、間隙水圧の100日目での分布である。有限変形による結果の方が消散が早い。

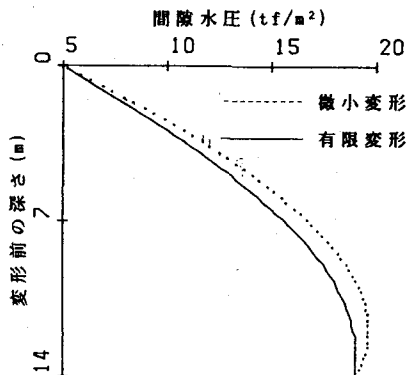


図3 瞬時載荷問題の間隙水圧分布 (t=100日)

図4は、100日目での圧密度の分布である。ここに圧密度は次のように求めた。

$$\text{圧密度} = 1 - \frac{(p_w - p_{w1})}{(p_{w2} - p_{w1})}$$

ここに、 p_{w1} は圧密後の平衡状態での間隙水圧分布、 p_{w2} は載荷直後の圧密前の最大の間隙水圧分布、 p_w は現在の間隙水圧である。有限変形の方が圧密の進行が速い。

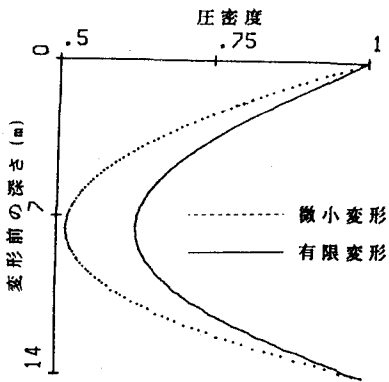


図4 瞬時載荷問題の圧密度分布 ($t=100$ 日)

図5は、時間-沈下量曲線である。有限変形理論の方が初期に沈下量が大きくなっている。しかし、最終的には微小変形の方が大きくなった。

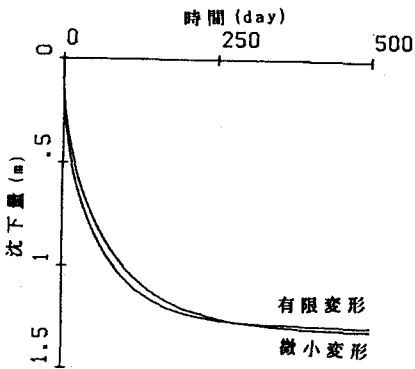


図5 瞬時載荷問題の沈下量

2) 地下水位低下問題

図6は、間隙水圧の150日目での分布である。微小変形と有限変形の差が瞬時載荷ほど大きくない。図7は、時間-沈下量曲線を示している。 $t < 50$ 日では、有限変形の方がわずかに沈下量が大きくなっていた。しかし、最終的には微小変形の方が沈下量は大きくなる。

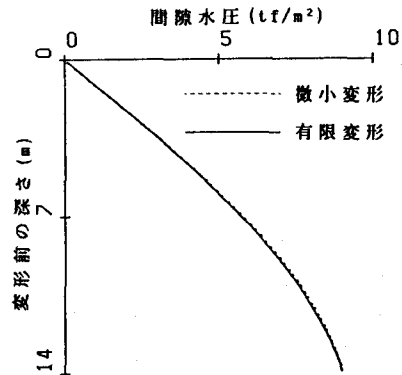


図6 地下水位低下問題の間隙水圧分布 ($t=150$ 日)

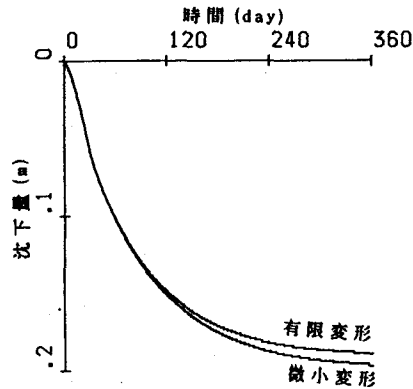


図7 地下水位低下問題の沈下量

5. 結論

有限変形理論では、層厚変化を考慮しているため沈下問題では排水距離が短くなる。したがって、間隙水圧の消散が有限変形の方がは速くなり、圧密が収束するのも早くなる。しかし、微小変形では層厚変化を考慮しないため、間隙水圧の消散は有限変形より遅い。また、沈下量を有限変形解析に比べて過大に評価する。

参考文献

- 1) 清水(1992)：地下水位変動による地盤沈下挙動の有限要素解析－実用的モデルと解析例－、地盤と建設Vol. 10, No. 1, 1992, pp43. -54.
- 2) 梅谷(1994)：一次元圧密問題の有限ひずみ理論に基づく解析的研究、－混合法有限ひずみ理論の適用－、鳥取大学大学院修士論文