

# 有限変形理論に基づく定ひずみ速度圧密試験の整理法

鳥取大学工学部 清水正喜  
(株)竹中土木 ○榎原隆宏  
(株)鴻池組 梅谷 彰

## はじめに

Znidarcicら<sup>1)</sup>は、有限変形理論に基づいて定ひずみ速度圧密試験結果から圧密特性を決定する方法(整理法)を提案している。わが国で基準化されている整理法<sup>2)</sup>は、Wissaらの微小ひずみ理論に基づいている。しかし、実際の定ひずみ速度圧密試験は、微小変形ではない。本報告では、有限変形FEMによる数値実験の結果に対してZnidarcicらの方法を適用し、方法の妥当性、即ち構成関係の再現性を検討する。

## 検討方法

構成関係が既知の試料に対して定ひずみ速度圧密試験を有限要素解析すれば軸方向応力、底面間隙水圧と時間の関係が得られる。これらは、構成関係が既知の試料に対する実験データと考えられる。それにZnidarcicらの整理法(Z法)を適用して圧密諸定数を求め、有限要素解析で仮定した圧密諸定数と比較する。また、有限要素解析には、実際の試験により近い有限変形有限要素解析を用いた。

## 材料モデル<sup>3)</sup>

$e - \log \sigma'$  関係の直線性を仮定した。

また透水係数  $k$  は、有効応力  $\sigma'$  と次の関係にあると仮定した。

$$k = k_0 \left( -\frac{\sigma'}{\sigma'_0} - 1 \right)^\xi$$

ここに  $\sigma'_0$  は基準の有効応力であり、 $k_0$  は  $\sigma' = \sigma'_0$  の時の透水係数である。 $\xi$  は、 $\log k - \log \sigma'$  関係の傾きに相当し、正規圧密領域で  $\xi = \xi_{NC}$ 、過圧密領域で  $\xi = \xi_{OC}$  の値をとる。用いた材料定数を表1に示す。この材料モデルに対して2通り定ひずみ速度 ( $r\%/min$ ) でFEM解析による数値実験を行った。

## Znidarcicらの方法概要

非線型支配方程式を線型化するために、パラメータ ( $g$ ) が時間増分の間一定であると仮定して得られた解を利用する。上面と下面の  $e - \sigma'$  関係が一致するまで反復計算を行い、一致した  $e - \sigma'$  関係を試料の  $e - \sigma'$  関係とする。

## 結果

図1、図2に数値実験で与えた  $e - \sigma'$  関係及びZ法を適用して得られた  $e - \sigma'$  関係を示す。図1が  $r=0.3\%/min$ 、図2が  $r=0.003\%/min$  である。

表1 数値実験に用いた材料定数

|                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.65                  |
| 圧縮指数 正規圧密領域 $\lambda$                | 0.282                 |
| 過圧密領域 $\kappa$                       | 0.0378                |
| 先行圧密圧力 $\sigma_c$ (kPa)              | $1.38 \times 10^2$    |
| 基準間隙比 $e_0$                          | 1.20                  |
| 基準透水係数 $k_0$ (m/s)                   | $5.30 \times 10^{-8}$ |
| 基準有効応力 $\sigma'_0$ (kPa)             | $4.73 \times 10^2$    |
| 透水性に関するパラメーター $\xi_{NC}$             | 1.05                  |
| $\xi_{OC}$                           | 0.35                  |

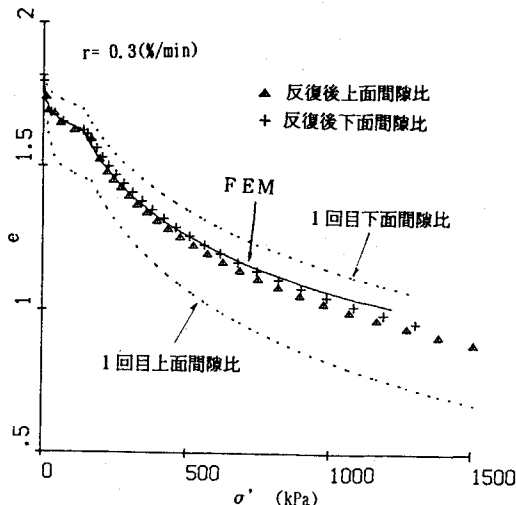
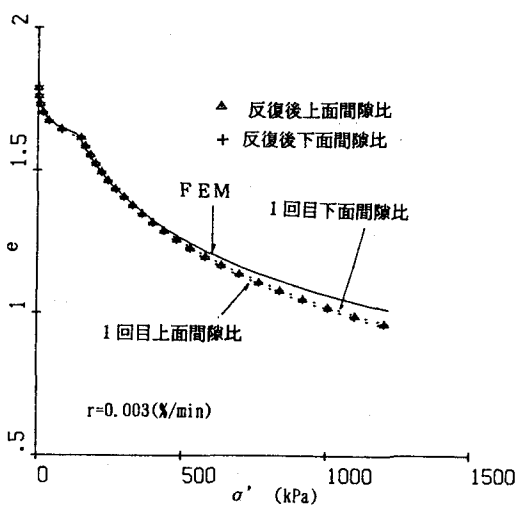
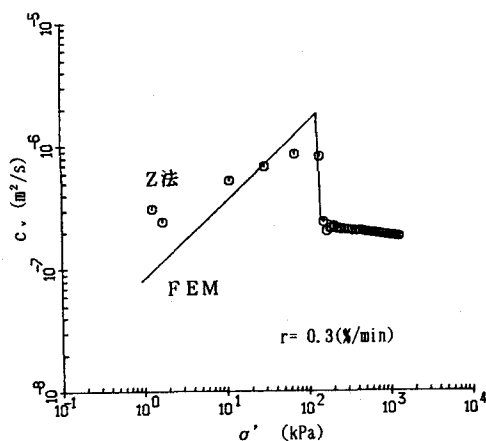
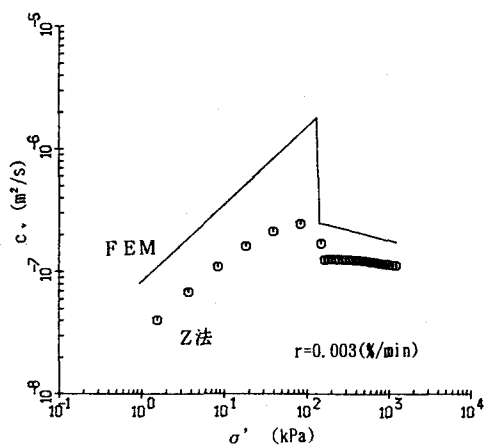


図1  $e - \sigma'$  関係

実線が、与えた構成関係である。ひずみ速度が速いとき（図1）は、反復計算の1回目では $e-\sigma'$ 関係は、上面と下面で相違が見られるが、反復計算によって両者は一致し、かつ与えた構成関係に近づいていることがわかる。ひずみ速度が遅い場合（図2）の $e-\sigma'$ 関係は、反復計算の1回目から上面及び下面の $e-\sigma'$ 関係が、ほぼ一致しているが、与えた構成関係、すなわち正解からは、はずれている。その後、反復計算を行っても最初の $e-\sigma'$ 関係と、ほとんど変わらなかった。図3、図4は、図1、図2に対応する $\log c_v-\log \sigma'$ 関係である。ひずみ速度が速い時（図3）は、特に正規圧密領域において与えた構成関係を満足している。ひずみ速度が遅いとき（図4）は、与えた関係からは、大きくはずれている事が分かる。

図2  $e-\sigma'$  関係図3  $\log c_v-\log \sigma'$  関係図4  $\log c_v-\log \sigma'$  関係

## 結論

数値実験の結果にZnidarcicらの提案した整理法を適用し、構成関係の再現性を検討した。

①上面及び下面の $e-\sigma'$ 関係が、反復計算によって一致するが、一致した関係が、正解を与えているとは限らないという問題点が、明らかになった。その結果、②最終的に求められた $e-\sigma'$ 関係はひずみ速度に依存しないが、 $\log c_v-\log \sigma'$ 関係は、与えた構成関係の再現性に関してひずみ速度による影響がみられた、即ち調べたひずみ速度の範囲では、ひずみ速度の大きい場合ほど、与えた $\log c_v-\log \sigma'$ 関係の再現性に優れていた。

## 参考文献

- 1) Znidarcic et al. (1986): Geotechnique, 36-2, pp. 227-237.
- 2) 土質工学会(1992): 土質工学会基準 (JSF T 412-1992)、土と基礎、40-8, pp. 50-55.
- 3) 清水(1993): 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