

地下水位の変動による地盤沈下挙動のF. E. M解析

鳥取大学工学部 正会員 清水正喜
鳥取大学大学院 学生会員 前田暢夫
○ 柳森本組 正会員 高島康雄

1. はじめに

鳥取平野では、昭和49年来顕著な地盤沈下が観測されていて、地下水位低下が主な原因とされてきた。ところが、同平野の地下水位は、単調に低下しているわけではなく、季節変動を繰り返しながら、近年では、平均的には上昇さえしていることがわかった。沈下速度は、確かに、小さくなりつつあるが、沈下はまだ進行している。地下水位低下による地盤沈下は、限られた地域に対しては1次元圧密現象として捉えることができる。しかし、水位境界条件が時間的に変動し、また、圧密粘土層内の土性も均一でないので、解析的に現象を扱うことが困難である。本研究の目的は、このような広域の地盤沈下現象を1次元圧密有限要素法で解析し、その有効性を検討することである。また、通常、地盤調査業務で行われる標準圧密試験の結果の、この問題に対する適用性を調べることも目的の一つである。

2. 解析方法

2. 1 有限要素法定式化

応力の釣合式と間隙水の連続式に重み付き残差法を適用し、ガラーキン法により定式化した。変位と間隙水圧を未知量とした。変位については2次3節点、間隙水圧については線形2節点の要素を用いた。

2. 2 構成式

鳥取平野の沖積層から採取された乱さない粘土の標準圧密試験結果から構成関係をモデル化した。

(1) 応力ひずみ関係： 有効応力増分-ひずみ増分関係を体積圧縮係数 m_v によって表した。間隙比 e -有効応力 σ' の対数の直線性を仮定した(図1)。このとき、 m_v は有効応力によって変化するが、応力とひずみの対応する増分に対して一定とした。 $\Delta \sigma' = (1/m_v) \Delta \varepsilon'$

$$m_v = \frac{\beta}{1 + e_0} - \frac{1}{\sigma'}$$

正規圧密領域($\sigma' > p_c$)では $\beta = \lambda$ 、過圧密領域($\sigma' < p_c$)では $\beta = \kappa$ 。ここに、 e_0 ：基準間隙比、 λ ：処女圧縮指数、 κ ：過圧密領域での圧縮指数

(2) 透水係数 圧密係数 c_v と m_v から、透水係数 k を評価した。 c_v は、過圧密領域で有効応力に依存するが、正規圧密領域では一定とした(図2)。結局 k も応力に依存する。

2. 3 解析モデル

解析対象のモデル地盤と有限要素モデルを図3に示す。変位の境界条件は上端自由、下端固定、地下水位の変動を下端境界の水圧の変動として解析をおこなった。上端は常に静水圧とした。水圧の境界条件を図4に示す。1980年から1

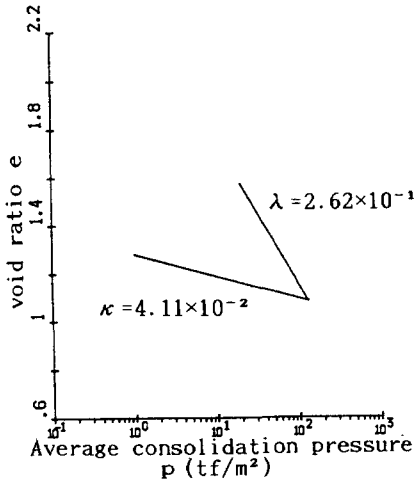


図1：e-log pモデル

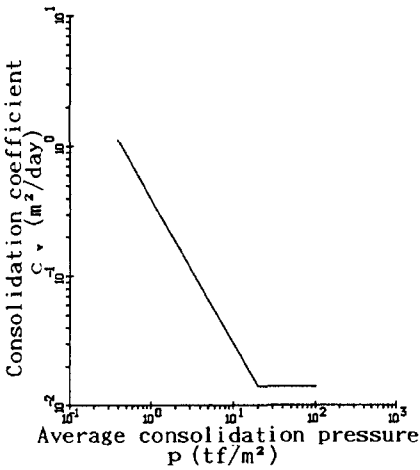


図2： c_v -平均圧密圧力関係

982年までの3年間の地下水位観測記録から決定した。水位が季節変動を繰り返しながら、長期的には上昇している。実際の計算では、図に示すように、水位変動を時間間隔1日毎の階段状とし、その間は水位が一定とした。

3. 結果と考察

地盤沈下量の経年変化を図5に示す。水位が長期的に上昇しているにも拘らず、沈下が継続している様子が計算されている。図6に、層の上部 (Element 1)、中央部 (10)、下部 (20) における、計算によって得られた有効応力-ひずみ関係を示す。下部の要素では有効応力とひずみの変化が大きいが上部の要素では、応力とひずみの変化がほとんど見られない。粘土層下部では、地下水位の変動に伴う圧密が、小さい時間的遅れで進行するのに対して、層上部では時間的遅れが大きく圧密が進行していないことを表している。

4. おわりに

季節変動を繰り返しながら長期的に地下水位が上昇しているにもかかわらず沈下が継続する現象が、1次元圧密有限要素法で再現できることがわかった。また、解析に用いた構成式は、通常の地盤調査に際して行われる試験結果から評価されたものであって、複雑な繰り返しモデルを用いなくても、地盤沈下挙動を解析できることがわかった。

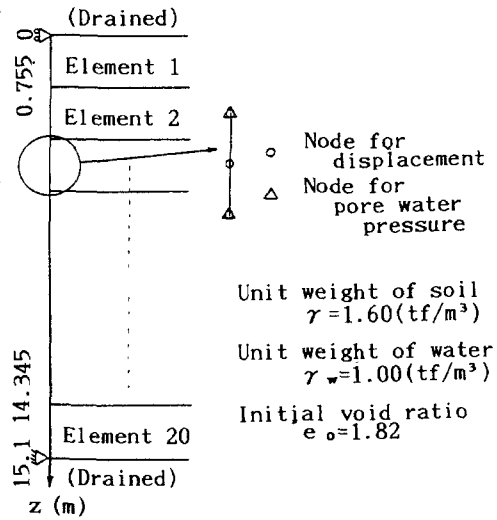


図3：解析地盤の有限要素モデル

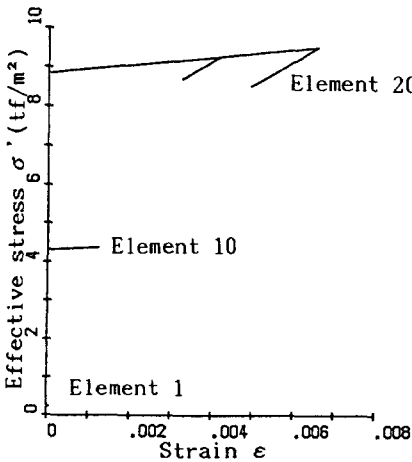


図6：有効応力-ひずみ関係（計算結果）

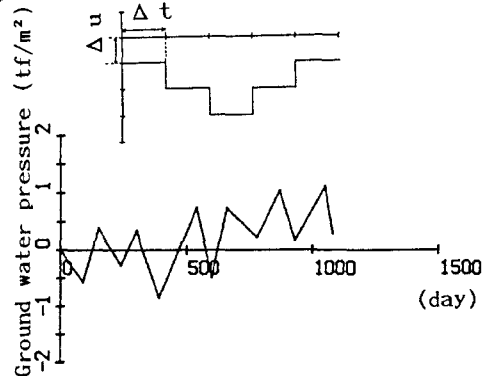


図4：地下水位変動モデル

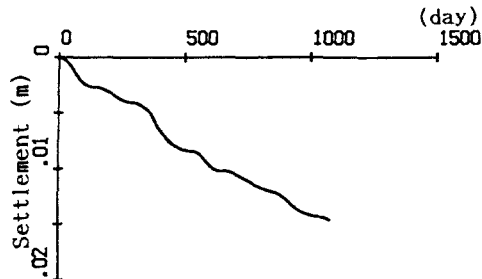


図5：沈下時間関係（計算結果）