

間隙水の慣性の影響を考慮した高透水性土の動的即時沈下解析

名古屋大学 正会員 ○豊田 智大

フェロー会員 野田 利弘

1. はじめに

飽和土の水～土骨格連成解析手法は、間隙水の静的浸透を仮定した近似解法である u - p formulation により定式化されることが多い。著者らは、この仮定を導入しない厳密解法としての u - w - p formulation に基づく解析手法を新たに開発してきた¹⁾。昨年度の報告では、本定式化の有効性を示すとともに、ダルシー減衰のほとんど効かない高透水性土の圧密沈下問題において解かれる減衰振動現象について考察した²⁾。本稿では、 u - w - p formulation を用いた高透水性即時沈下解析の初期において「特異な」水压変動が観測されうることを示すとともに、この数値解析上の現象を1次元モデルを用いて解釈する。

2. 支配方程式

地盤の動的／静的水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**³⁾の支配方程式は、 u - w - p 形式で以下のよう記述される。

$$\text{混合体の運動方程式} \quad \rho_s D_s \mathbf{v}_s + \rho_f D_f \mathbf{v}_f = \text{div} \mathbf{T} + \rho \mathbf{b} \quad (1)$$

$$\text{液相の運動方程式} \quad \rho^f D_f \mathbf{v}_f = -\gamma_w \text{grad} h - \frac{\gamma_w}{k} \mathbf{w} \quad (2)$$

$$\text{連成式} \quad \text{div} \mathbf{v}_s + \text{div} \mathbf{w} = 0 \quad (3)$$

ここに、 ρ_s 、 ρ_f 、 ρ^f はそれぞれ固相、液相、間隙水の密度、 D_s 、 D_f は固相、液相からみた物質時間微分、 $\mathbf{v}_s$ 、 $\mathbf{v}_f$ は固相、液相の速度、 $\mathbf{w} = n(\mathbf{v}_f - \mathbf{v}_s)$ は間隙水の相対平均流速、 $\mathbf{T}$ は全応力テンソル、 $\mathbf{b}$ は物体力、 h は全水頭、 n は間隙率、 k は透水係数、 γ_w は間隙水の単位体積重量である。また、構成式には亜弾性 Hooke 則を用いた。なお、式(2)右辺第2項は相間相互作用力を表す。

3. 解析条件

有限変形場における一次元弾性圧密問題を u - w - p formulation で解く。有限要素メッシュと弾性体の材料定数はそれぞれ図-1、表-1のように設定する。ここでは、瞬間載荷に等価な初期条件として模型全体に初期水压 10000kPa を与え、これが 0kPa まで消散する過程での圧密沈下量 ρ と水压 p の推移を調べる。透水係数は $k=10^{-3}$ cm/s (やや高透水性) とした。

4. 解析結果

解析により得られる地表面での沈下～時間関係を図-2に示す。間隙水の慣性により沈下～時間関係がS字カーブになることは既に前報³⁾で確認している。これについて更に詳細に議論するため、模型内の下から1番目～100番目の代表的な要素における水压～時間関係を図-3に示す。ただし、初期の現象を観察するため、時間は対数軸で表示した。時刻 $t=10^{-5}$ sec以降、上端の排水条件に近い要素から順に水压が消散してゆく様子が確認できる(一次圧密)。だが、それ以前の解析のごく初期段階においては、初期水压として $p_0=10000$ kPa を与えているにもかかわらず、水压 $p_1=5479$ kPa が一様に解かれており、その後、時刻 $t=10^{-8}$ sec～ 10^{-5} secにかけて水压が 10000kPa まで回復する現象が解かれることが確認された。そこで次に、なぜ 5479kPa という間隙水压が解かれることとなったのか、簡易的な1次元モデルを用いて考察する。

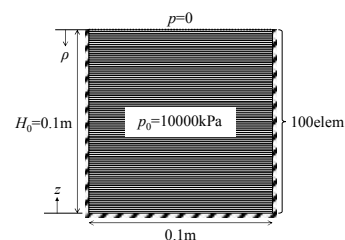


図-1 有限要素メッシュ

表-1 材料定数

Young's modulus E	100000 kN/m ²
Poisson's ratio ν	0.35
Initial porosity n_0	0.50
Density of soil particle ρ^s	2.65 g/cm ³
Density of water ρ^f	1.00 g/cm ³

キーワード Full-formulation, u - w - p formulation, 水～土骨格連成解析, 高透水性, 有限変形, 有限要素法
連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部 9号館 3階 TEL: 052-789-3834

