

III-431

二相（空気、水）浸透流解析と試験結果との比較

（株）ダイヤコンサルタント 正会員 〇田井中 彰
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 （株）ダイヤコンサルタント 山浦 昌之

1. はじめに

地盤内の空気および水の挙動は非常に複雑なものであり、その解析法はまだ確立していない。本研究では、飽和-不飽和領域を対象とした地盤内の気体・液体をダルシー非混合流体として扱う解析コードを用いて室内透気試験結果のシュミレーションを行い比較検討を行った。

2. 支配方程式

支配方程式は、液相気相それぞれに対してダルシー則と連続の式を用いることにより次式のようになる。ここで二相流は非混合流体とし、気体は圧縮性流体として扱う。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left[K_{ij} \lambda_i \left(\frac{\partial P}{\partial x_j} + \rho_i g \frac{\partial x_3}{\partial x_j} \right) + K_{ij} R \lambda_2 \left(\frac{\partial P}{\partial x_j} + \rho_2 g \frac{\partial x_3}{\partial x_j} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial t} \left[\phi \left(\frac{S_1}{\beta_1} + R \frac{S_2}{\beta_2} \right) \right] - q_i' \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \frac{k_{r1}}{\mu_1 \beta_1} \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{k_{r2}}{\mu_2 \beta_2} \quad (3)$$

$$S_1 + S_2 = 1 \quad (4)$$

ここで、K：固有透過係数、P：圧力、 ϕ ：間隙率、 ρ ：密度、 β ：構成体積率、Sw：飽和度、t：経過時間、R：液相の場合は気化率、気相の場合は溶解率、q：流出量、k：比透過係数、 μ ：粘性係数を表す。

また、添字1、2は、液相の方程式の場合は、1：液相成分、2：気相成分を表し、気相の方程式の場合は、1：気相成分、2：液相成分を表す。

3. 鉛直一次元排水試験および解析

図-1に非定常透気試験装置の概要図を示す。試験は鉛直一次元排水試験を行い、試験用カラム（アクリル製、長さ：240cm、断面積：8×5cm）の排水口は試料の下端と等しい高さで大気圧開放している。試験に用いた試料は豊浦標準砂（比重2.64）であり、供試体は脱気処理したイオン交換水中に落下させ、一定乾燥密度（1.54g/cm³）となるように締め固めて作成した。

体積含水率の測定は中性子水分計（図中①）を、間隙空気圧の測定は防水スプレーを塗布したガラスフィルターを先端に取り付けた圧力変換器（図中②）を用いて行った。

解析条件は、初期条件として供試体は飽和状態であり、試験開始と共にモデル底面を体気圧開放とする。また試料側面からの空気・水の排出は許さず、試料底面の空気・水の排出があるとする。また、解析に用いた代表的な入力物性値を表-1に、不飽和特性を図-2、3に示す。

今回の解析では、「バブリング境界」という境界条件をモデル全体に設定している。この境界は、ある点での空気圧と空気侵入値と水圧の関係から判断される境界であり、以下のように設定している。

- ① 空気圧<空気侵入値+水圧 の場合
空気の流れ無し
- ② 空気圧≥空気侵入値+水圧 の場合
空気圧=空気侵入値+水圧
空気の流れ有り

4. 解析結果

試験における各時刻の間隙空気圧分布を図-4に、一次元解析による結果を図-5に示す。間隙空気圧の最大値に着目すると試験結果とほぼ同等な解析結果が得られた。しかし試験結果に示されるような浸潤面の移動を解析では十分に表現できていない。このことより「バブリング境界」にまだ考慮すべき条件があるように考える。

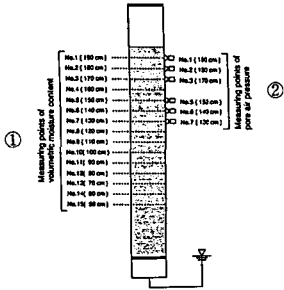


図-1 試験モデル概要図

表-1 代表的な入力物性値

気相の標準状態における密度 (kg/cm ³)	1.22×10^{-6}
液相の標準状態における密度 (kg/cm ³)	1.00×10^{-3}
気相の粘性係数 (CP)	1.80×10^{-3}
液相の粘性係数 (CP)	1.00
気相の組成体積因子	1.07
供試体の固有透過係数 (cm ²)	2.79×10^{-10}
供試体の飽和体積含水率	0.362
供試体の比貯留係数	1.0×10^{-6}
供試体の空気侵入値 (cm of water)	35.0

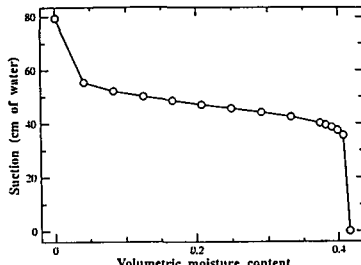


図-2 不飽和特性曲線

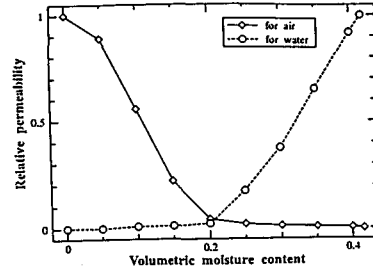


図-3 比透過係数曲線

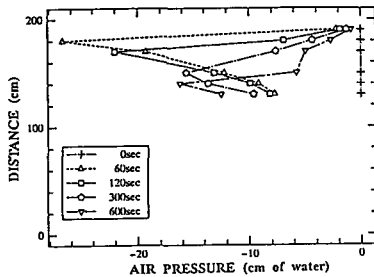


図-4 空気圧分布図（試験結果）

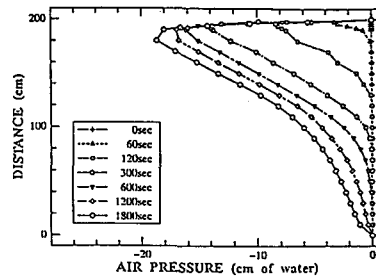


図-5 空気圧分布図（解析結果）

5. おわりに

今回は、一次元解析の比較検討を行ったが、バブリング境界条件等の研究を行い、より複雑な問題との比較検討を行うことにより、二相流解析法の有効性の検証をしていくつもりである。

【参考文献】1) 西垣, 越智: 二相流の浸透に関する研究, 岡山大学工学部修士論文, pp32-50, 1993