

(株) 間組 技術研究所 ○ 何工 弘美, 大野 睦雄, 三原 正哉

1. まえがき

不飽和領域を同時に取り扱う飽和-不飽和浸透解析手法は、現実の浸透流を追跡する際の境界条件の考慮や非定常解析の容易さといったいくつかの点で、飽和領域のみを取り扱う従来の手法に比べて有利である。

本手法は Richards の毛管ポテンシャル理論を用い、不飽和土中の浸透状態を一様不飽和と仮定しており、従来の手法より精度の点で優れている反面、解析を進める上でいくつかの新しい考え方が必要となる。本文では、地表湛水の現地実験の結果と飽和-不飽和浸透解析の結果を比較しながら、2, 3 の問題点について考察を加える。

2. 飽和-不飽和浸透の解析手法

飽和-不飽和領域における浸透の支配方程式は次のように書ける。

$$\operatorname{div}(K(\psi)) \nabla \phi = C \frac{\partial \psi}{\partial t} - q \quad \dots (1)$$

ここに、 $K(\psi)$ は相対不飽和透水係数、 K_0 は飽和時の透水係数テンソル、 ϕ は全水頭ポテンシャル、 $C = \partial \theta / \partial \psi$ は比水分容量、 ψ は圧力水頭で不飽和領域で負、 q は湧き率である。

式(1)は水、土粒子および骨格の圧縮性を無視し、間隙空気圧が常に大気圧に等しいと仮定して導いたもので、次の条件のもとで解が得られる。

$$\left. \begin{array}{ll} (1) \text{ 初期条件} & ; \quad \psi(x_i, 0) = \bar{\psi}(x_i) \\ (2) \text{ 圧力水頭条件} & ; \quad \psi(x_i, t) = \bar{\psi}(x_i, t) \\ (3) \text{ 流量条件} & ; \quad v(x_i, t) = \bar{v}(x_i, t) \end{array} \right\} \dots (2)$$

有限要素法への定式化は Galerkin 法を用い、時間項については中央差分を用いて反復計算を行う手法とした。

3. 地表湛水の現地実験と解析結果の比較

細砂地盤上に実験貯水池(図-1)を設けて地表湛水の現地実験を行った。細砂の粒度分布を図-2に示す。

各ボーリング孔に圧力変換器を投入し、圧力水頭の自動観測を行った。結果を図-3に示す。

二相砂を用いた加圧療法によって求めた乾燥過程の相対不飽和透水係数を図-4に、貯水池の湛水率の変化を図-5に示す。

なお実験1は無処理、実験2は表層処理(ベントナイトソイル)後のものである。

本手法を用い、図-4, 5の条件を用いて二次元非定常解析を行った。結果を図-6に、実験値との比較を図-7に示す。

両者は一部を合わせると良好一致を示している。

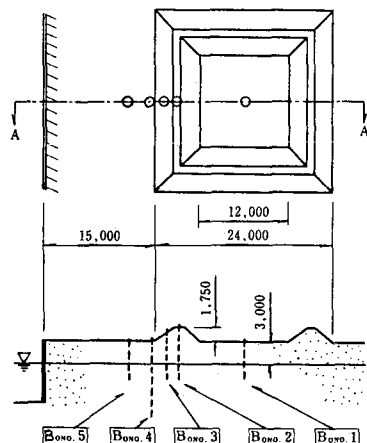


図-1 実験貯水池の概略

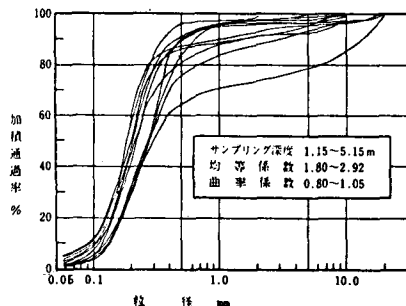
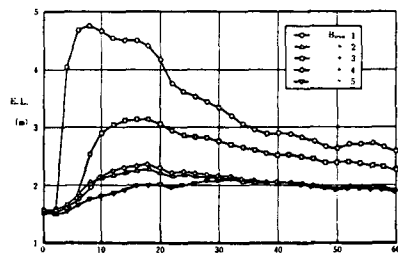
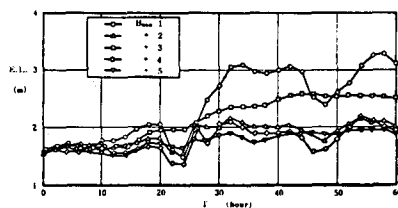


図-2 細砂の粒度分布



(a) 実験 1



(b) 実験 2

図-3 圧力水頭の変化

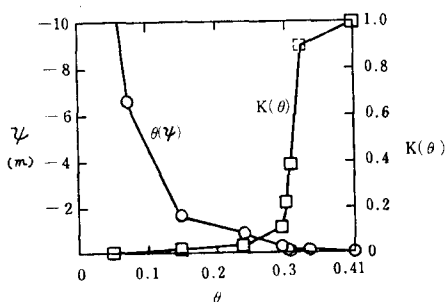


図-4 室内試験による相対不飽和透水係数

4. 考察

- (1) 不飽和透水係数については測定法が問題となる。図-4を得るまでに約一週間に亘ったが、毛管飽和附近の圧力調整は非常に困難である。今回の実験は如く不飽和浸透が互配的な現象では $K(\theta, \psi)$ が最も重要な条件となる。なおヒステリシスの効果については現在これに定説がない。
- (2) 間隙気体の排出が難易は不飽和の程度に左右される。したがって透気境界が十分な広さで分布してないと現象から離れ、適用性に限界を生じる。図-7(b)は定性的な一致に留まるが、これは表面処理による透気境界の制限に基づく。
- (3) 不飽和領域内の流速については不明確な点が残っており、non-Darcy への拡張、たわみ変形問題との結合、岩盤浸透への適用に際して問題が生じる。
- (4) 自由水面の定義は従来のものと若干異なり、本論文では $\psi = 0$ の点を連ねたもの（図-6）がこれに相当し必ずしも不透水境界ではない。この定義は現象からみても合理的なものであり、静水頭で水面形を示すものとは区別する必要がある。
- (5) 対象次元の違いに基づく誤差は図-7(a)の如く顕著であり、三次元解析が望ましい。ただし取扱いは表示の複雑化、計算時間などの点で必ずしも有利でない。

5. おわりに

本論文の適用範囲は広く複雑な浸透問題を扱う際の境界条件のことで取扱うことが出来る。以上の点を解決するこれにより信頼性の高い論文に発展させることが今後の課題である。今後現在、岩盤工中水分計算を用いた土中水分の追跡と模型実験を行っているので、機会を捉えて発表する予定である。

参考文献:

- 1) Freege, R.A., Water Resour. Res., Vol. 7, No. 2, 1971, pp. 347-365
- 2) Neuman, S.P., Proc. ASCE, HY, Vol. 99, No. 12, 1973, pp. 2233-2250
- 3) 赤井大西西垣, 土木学会論文報告集, 第264号, 1977, pp. 87-96
- 4) 草果河上三原北村, 開組研究年報, 1977

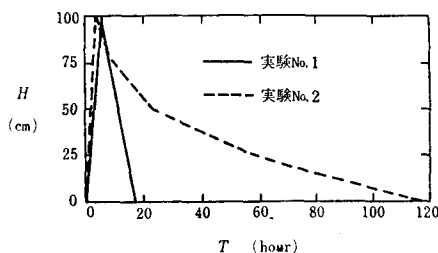
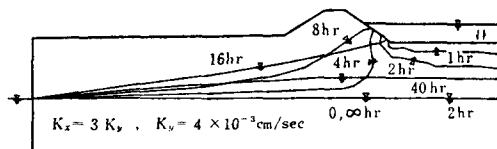
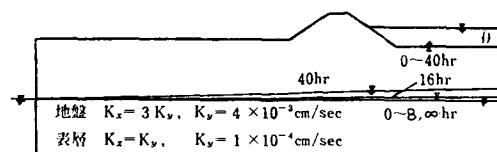


図-5 湛水時の変化

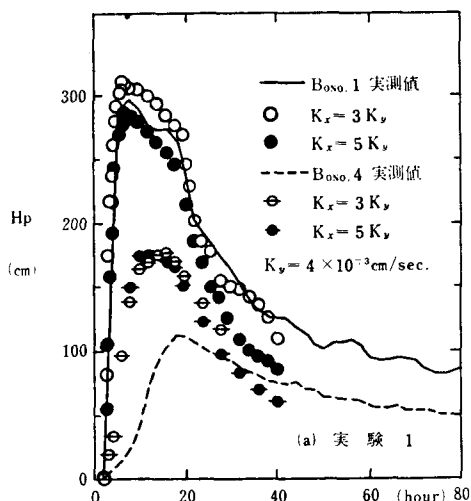


(a) 実験 1

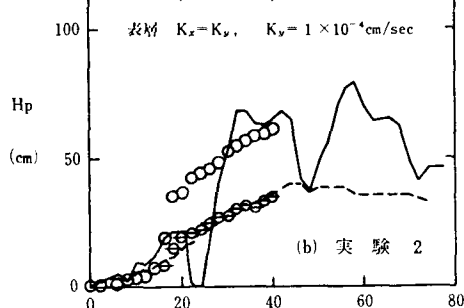


(b) 実験 2

図-6 解析結果



(a) 実験 1



(b) 実験 2

図-7 実測値と解析結果の比較