

III-169 鉛直スライスを用いた地盤浸透の準三次元解析

京都大学工学部 大西有三
京都大学大学院 ○今井政人

1. はじめに

土質力学及び岩盤力学の分野で地盤内浸透流の挙動を考慮することが重要である。特に、近年電子計算機の進歩により有限要素法がこの分野の研究に多く用いられるようになってきたが、その中でも二次元、三次元解析を補う準三次元解析が開発され、その有用性が認められている。本研究では、解析領域を数枚の鉛直方向のスライスに分割し、スライス内は、鉛直二次元飽和不飽和浸透流解析を用い、スライス間の浸透は、一次の棒要素とタンクモデルを用いる手法を提案する。

2. 解析方法と基礎方程式

解析の概念図は、図1に示す。また、解析の手順¹⁾としては、次の通りである。

- ①各スライスで独立に有限要素法による飽和不飽和領域を加味した二次元浸透流解析を行い、各スライスの水頭の値を独立に求める。
- ②求められた各スライスの水頭の値より後述の方法でスライス間の流量を求める。
- ③求められたスライス間の流量を考慮した解析を行い各スライスの水頭の値を求める。
- ④求められた水頭の値と、同じタイムステップ内で一回前に求めた水頭との差を計算し、許容誤差内に収まっているかを調べてやりいらない場合は①～③の手順を繰り返す。
- ⑤許容誤差内にある場合は、その水頭の値を解として次のタイムステップへ進む。

j 番目のスライスに対する基礎方程式は、飽和不飽和領域を含めた圧力基準系の方程式を用いると次式のようになる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K^j(\Psi^j) \frac{\partial \Psi^j}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[K^j(\Psi^j) \frac{\partial \Psi^j}{\partial x} + K^j(\Psi^j) \right] \\ = [c^j(\Psi^j) + \alpha S_{sj}] \frac{\partial \Psi^j}{\partial t} + \frac{Q^j}{w^j}$$

ここで Ψ^j : j 番目の圧力水頭
 $K^j(\Psi^j)$: j 番目のスライスの不飽和透水係数
 $c^j(\Psi^j)$: j 番目のスライスの比水分容量
 α : 0 : 不飽和領域 1 : 飽和領域
 S_{sj} : j 番目のスライスの比貯留係数
 w^j : j 番目のスライスの厚さ
 Q^j : 系外部への流量と(j-1)番目のスライスへの流量と(j+1)番目のスライスへの流量の和

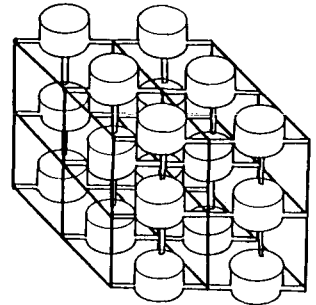


図1 概念図

3. スライス間の流量の考慮方法

スライス間を連結する一次要素によるスライスjへのスライスj-1からの流量は次式で与えられる。²⁾

$$q_1^j = \frac{2 k_{j-1} k_j}{w_{j-1} k_j + w_j k_{j-1}} h_{j-1} h_j$$

ここで、 k_j : j 番目のスライスの透水係数 h_j : j 番目のスライスの全水頭

さらにスライス間の貯留や鉛直方向の流れを考慮するためにタンクモデル³⁾を用いると、スライス間の流量は次式で与えられる。

$$q_2^j = (1 - \gamma) q_1^j \quad \gamma = 1 - \alpha_1 - \alpha_2$$

ここで、 γ : 減衰率 α_1 : 流出率 α_2 : 浸透率

また、減衰率の決定方法であるが、半減期を一定にし、時間増分が単位時間である場合は流出率と浸透率の和が貯留係数 β に等しくなるようにしたため次式で定められる。なお、流出率と浸透率の比は3:1とした。

$$(1 - \beta)^{\Delta t} = \gamma$$

4. 解析例

簡単なトンネル問題の非定常浸透流解析を行い、トンネルからの湧水量と水位低下について、三次元解析との比較を行い、図2と図3(a)～(c)に結果を示した。

透水係数は 10^{-4} cm/sec 貯留係数は0.35とした。そのため時間増分と流出率、浸透率の関係は図4の通りである。結果としてはかなり一致しているが二番目のスライスにおける水位低下が大きすぎるため湧水量も小さくなっていると考えられる。

5. おわりに

タンクモデルとスライスを組み合わせた準三次元解析が有効であることが解ったが、より実際問題を近似できるような減衰率やスライス間隔の決定法が今後の課題である。

参考文献

- 1) 松本元生；多層地盤における地下水の準三次元解析、岡山大学修士論文、1985
- 2) 西野賢治；地盤浸透の準三次元解析に関する基礎的研究、京都大学修士論文、1986
- 3) 菅原正巳；流出解析法、1972, pp.25~75

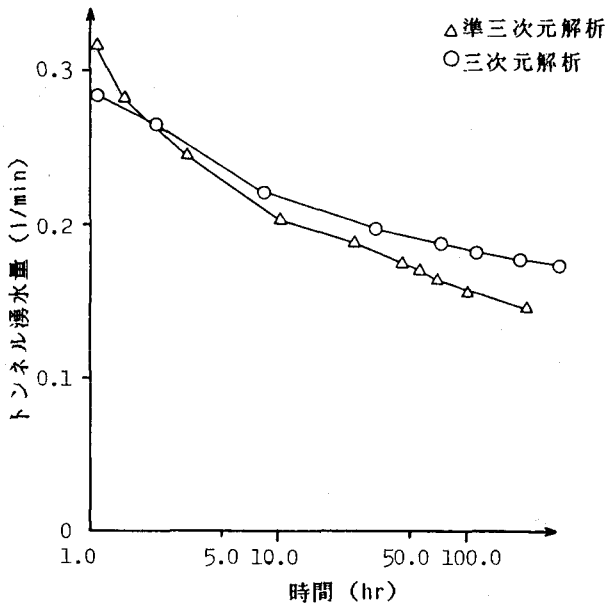


図2 トンネル湧水量の経時変化

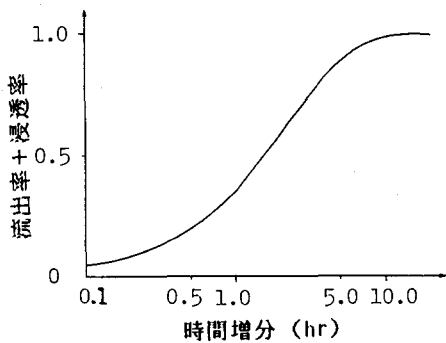


図4 時間増分と流出率、浸透率の関係

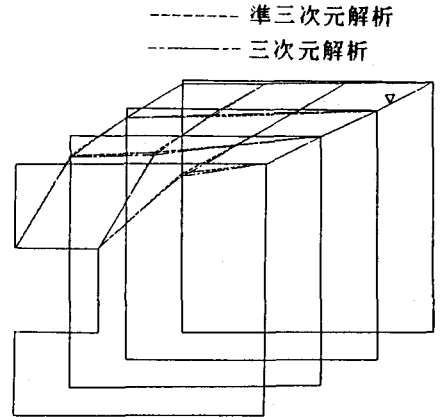


図3(a) 自由水面の変化（2時間後）

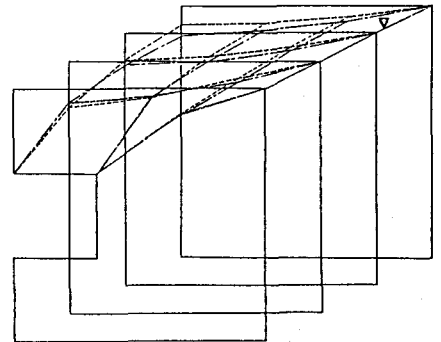


図3(b) 自由水面の変化（30時間後）

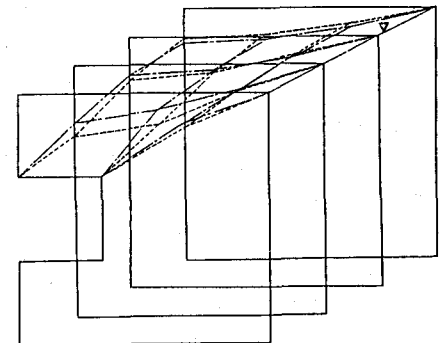


図3(c) 自由水面の変化（110時間後）