

III-570

準三次元浸透流解析における浸出面処理

清水建設(株) 大崎研究室 正会員 ○ 鈴木 誠
 清水建設(株) 技術開発本部 正会員 百田 博宣

1. はじめに

準三次元浸透流解析は、三次元的な広域地下水の検討を効果的に行うことができる簡便な手法である¹⁾²⁾。しかし、地形の起伏が多く浸出面があらわれるような場合、適切な処理方法が必要となる。ここでは、準三次元浸透流解析における浸出面処理方法を提案し、2、3の数値シミュレーションを実施して適用性を検討する。

2. 浸出面処理方法

準三次元浸透流解析の基礎方程式を定常問題で表すと次式ようになる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial h}{\partial y} \right) = 0 \quad (1)$$

ここに、 x, y : 水平面上の座標、 h : ピエゾ水頭、 T : 透水量係数である。また、式(1)をガラーキン法で離散化すると次式ようになる。

$$A_{nm}h_n + q_n = 0 \quad (n, m=1 \sim N, N: \text{節点数}) \quad (2)$$

ここで、 A_{nm} : 透水量係数テンソル、 q_n : 節点流量ベクトル(領域外に流出する場合を正值)を表す。

従来の準三次元浸透流解析では、収束過程において計算水面が地表面を超える場合は、これを地表面と一致させていた。しかし、浸出面を形成する浸透流問題では、収束過程でまた計算水面が地表面を超え、計算が収束しない状況となる。そのため、地表に仮想地盤をつけて対処するなどの方法が取られてきた³⁾。本検討では、図-1のように鉛直二次元などの飽和・不飽和浸透流解析で用いられている浸出面の境界条件を準三次元浸透流解析に組み込み、収束過程で境界条件を変更できるようにした。図-2に鉛直二次元浸透流解析での境界面の概念図を示すが、浸出面は解析領域外に正值の流出量があらわれる境界といえる。したがって、準三次元浸透流解析では計算水面が地表面を超えたとき浸出面の可能性がある。ここでは、次に示すような境界処理を行う。① 自由度をもつ節点で計算水面が地表面を超える節点はポテンシャル境界に変更し(自由度を消去)、地下水面を地表面と一致させてもう一度計算する。② 自由度を消去された節点は地下水面が地表面と一致しているポテンシャル境界であるから、流出量が正值でないときには流速境界に変更する(自由度を与える)。このような条件で地下水面の収束判定を行い、全節点で満足したときに所要の解が得られたことになる。図-1に示す節点流量の算出と浸出点における境界条件の変更が今回提案する浸出面処理を考慮した部分である。

3. 数値シミュレーションによる適用性検討

浸出面が生じる斜面モデルにおいて、今回提案した準三次元浸透流解析を鉛直二次元浸透流解析の結果と比較することにより検討した。図-3に解析モデルと自由地下水面の結果を示す。解析は、法面勾配1:1, 1:2, 1:4

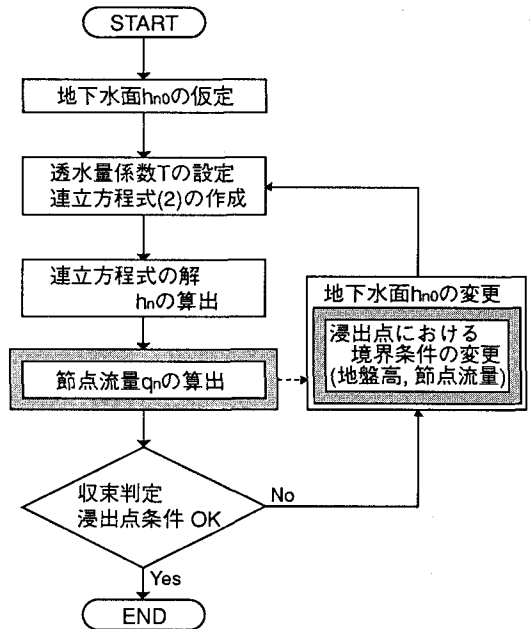


図-1 浸出面処理を考慮した準三次元解析フロー

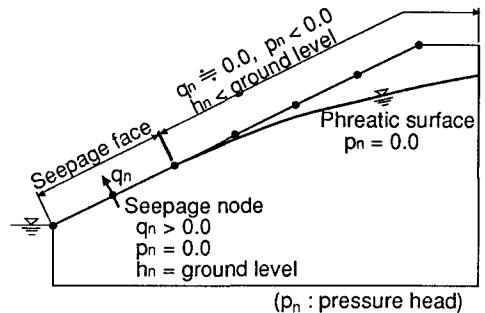


図-2 鉛直二次元解析における境界面の概念

と変化させた3ケース(Case-1, 2, 3)を対象とした。また、地盤は均一で 10^{-3}cm/s の透水係数を有するものと仮定した。図-3より自由地下水面は準三次元浸透流解析結果の方が鉛直二次元浸透流解析結果よりも低く、特に法面勾配が急になるほど顕著となった。さらに浸出点も若干少なくなるが、法面勾配が1:4と緩くなるとこれらの誤差はほとんどない。これは同一の透水係数でも準三次元浸透流解析では鉛直方向の距離が無視されていることから、鉛直二次元浸透流解析よりも浸透しやすいためと考えられる。次に、図-4に流出量の比較を示し、図中の番号は図-3の節点位置での値を示す。ただし、鉛直二次元解析のPoint 1は2点の総和で表現している。全体的な傾向としては、準三次元浸透流解析の方が法面先端での流出量が多く、逆に法肩に向かうにしたがって鉛直二次元解析の方が多くなる。また、法面勾配が緩くなるとほとんど一致する。全体流出量は表-1に示すようになり、鉛直二次元解析を正解値とすると誤差は最大でも2.9%となった。

4. まとめ

本研究では浸出点を考慮できる準三次元浸透流解析を提案し、簡単な斜面モデルで適用性を検討した。検討の結果、山岳地帯での沢のような浸出面が生じるような場合でも、簡便に精度よい広域地下水流解析が行うことができることがわかった。さらに、一般的に準三次元浸透流解析を適用するような成層地盤の広域問題では、法面勾配もそれほど急なケースはなく、また水平流が卓越するため実用的な手法と考えられる。

参考文献

1) 河野伊一郎・西垣誠：有限要素法による広域地下水の準三次元解析，岡山大学工学部土木工学教室 Report, No.82-1, 1982. 12.
2) 百田博宣・佐藤邦明：割れ目系地山のトンネル・空洞を対象とした地下水の三次元挙動の解析，土木学会論文集，第364号/Ⅲ-4，pp.41-50, 1985. 12.
3) 百田博宣・藤城泰行・青木謙治・花村哲也：降雨浸透を考慮した岩盤中の地下水挙動に関する解析的検討，土木学会論文集，第379号/Ⅵ-6，pp.74-82, 1987. 3.

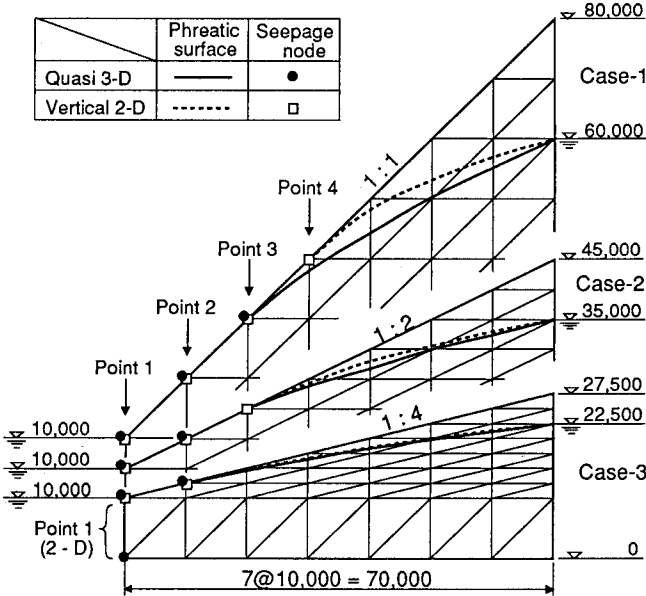


図-3 解析モデルと地下水面解析結果の比較

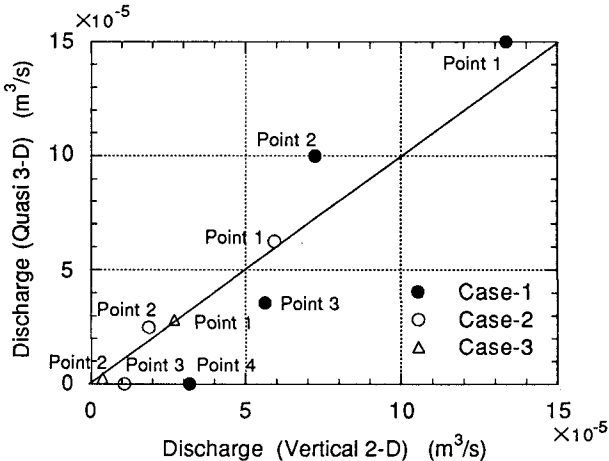


図-4 浸出点における流出量の比較

表-1 全体流出量の比較 ($10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$)

	Quasi 3-D	Vertical 2-D	Error (%)
Case-1	28.577	29.424	2.9
Case-2	8.747	8.899	1.7
Case-3	3.072	3.092	0.8