

京都大学大学院工学研究科 学生会員 ○瀧 敏之

京都大学防災研究所 フェロー 岡 太郎

京都大学防災研究所 正会員 浜口 俊雄

1. はじめに

地下ダムは地表に河川の少ない離島などにおける有効な水資源開発手段である。しかし、地下水の流動は目に見えないため、地下ダムの設計から管理運用に至るまで、地下水流動モデルをシミュレーションして検討していくことになるが、そこには種々の未解明問題をはらんでいる。本研究では3次元飽和・不飽和浸透FDM解析を通して、モデル地下ダムを対象とした地下水流動特性について検討を行う。

2. 不飽和流の基礎方程式と解析方法

開放性不飽和流の理論に基づき、Richards式(1)を基礎式とする。

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \nabla \cdot \{K(\psi) \nabla (\psi + z)\} \quad (1)$$

式(1)は非線形微分方程式であるため、差分法を用いて離散化した後、タイムステップ毎に繰り返し計算を行って ψ の収束解を求める。なお、収束計算にはS.O.R.(Successive Over Relaxation)法を用いる。

3. モデル地下ダムへの適用

3.1 モデル地下ダムの諸元

計算に用いるモデル地下ダムを図1に示す。流下方向5%、ダム軸に平行な方向に50%となる傾斜面を持つ不透水性基盤の地下谷において、下流端から45mの位置に最深部の堤高が5mとなるダム堤体が存在するモデルを想定した。領域分割はX方向5m、Y方向1m、Z方向0.5mで等間隔に行った。また、解析に用いる砂質土の土壌水分特性を図2¹⁾に示す。水位境界には、下流端に水深が2mとなる定水位を与えた。

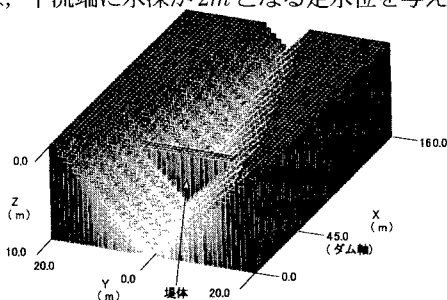


図1 モデル地下ダム

3.2 初期条件

地下ダム湖における地下水流動特性を堤体越流を含めて把握するために、本研究ではダム満水時の定常的な初期条件を不飽和流の解析から算出し、圧力水頭分布として定めた。図3はその初期条件の最深部の断面分布である。

Toshiyuki TAKI, Taro OKA, Toshio HAMAGUCHI

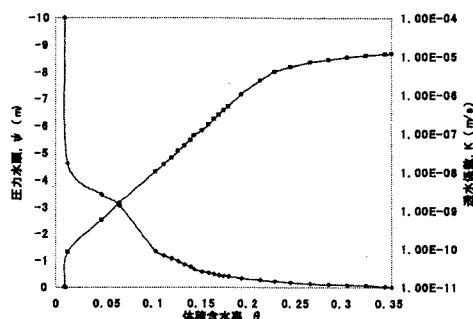


図2 土壌水分特性

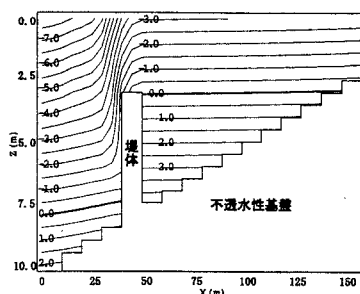


図3 初期圧力水頭分布

3.3 解析結果

境界からの流入量条件として、全領域の地表面に降雨強度25mmの雨を12時間与え、それ以降は降雨が無いものとした。時間ステップ Δt は100秒とした。最深部断面について、18・24・30時間後の圧力水頭と流速ベクトルの計算結果を図4～6に順に示す。また、断面解析について上記時間での計算結果を図7～9に示し、3次元解析結果と比較検討した。さらに $X = 50m, 150m$ でのダム軸に平行な断面において、各時間の結果をそれぞれ図10～12と図13～15に示す。

本稿の計算結果において降雨浸透による地下水位上昇は、およそ13時間後に最上流部から起こり、18時間後にはダム直上域でも見受けられた。これより地下水位上昇は、開始から18時間前後までは主として降雨浸透によって生じており、断面解析でも3次元解析と大きな差異は生じなかった。また、標高の比較的高い斜面上に飽和域が発生し、それが斜面に沿って地下ダム湖に流れ込むような現象が15時間を経過したあたりから生じてきて、上流に近いほど斜面からの流入による影響が顕著に現われることが確認された。その3次元的な流動特性によって2次元断面解析と大きな差異が生じていることが確認できた。

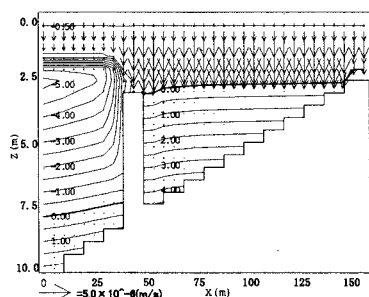


図 4 18時間後(3次元解析)

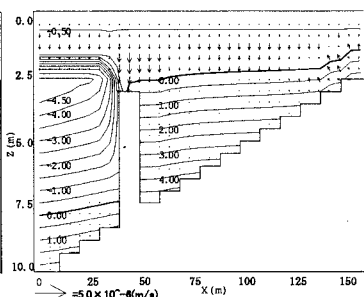


図 5 24時間後(3次元解析)

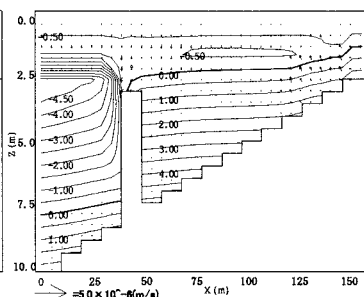


図 6 30時間後(3次元解析)

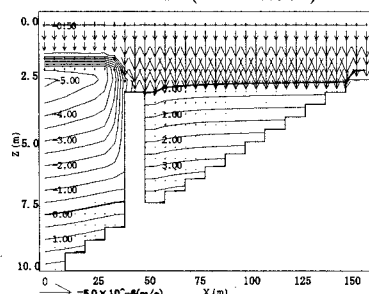


図 7 18時間後(2次元解析)

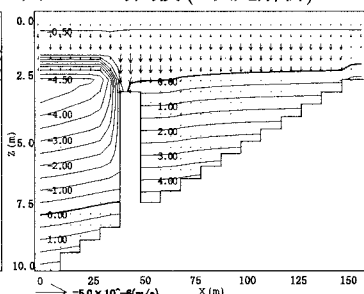


図 8 24時間後(2次元解析)

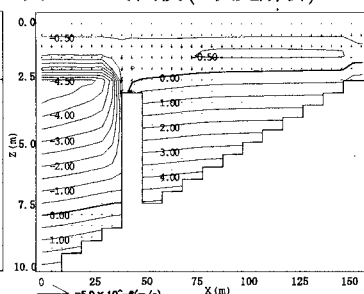


図 9 30時間後(2次元解析)

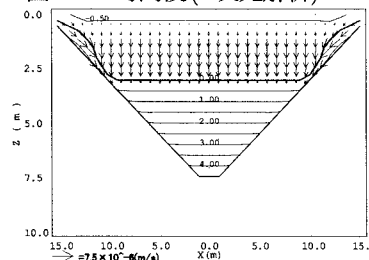


図 10 18時間後(X=50m)

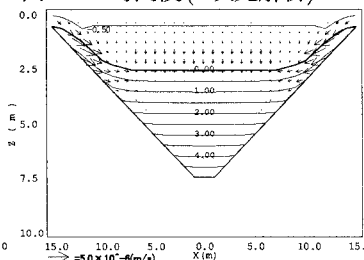


図 11 24時間後(X=50m)

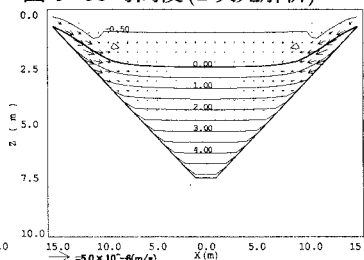


図 12 30時間後(X=50m)

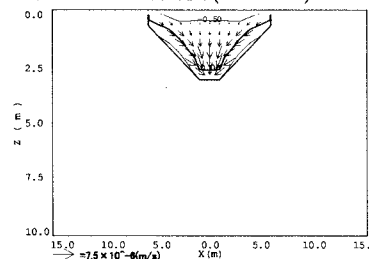


図 13 18時間後(X=150m)

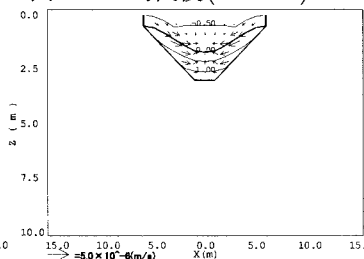


図 14 24時間後(X=150m)

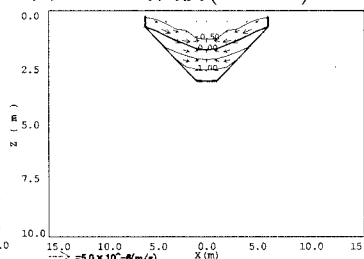


図 15 30時間後(X=150m)

4. 地下水流動特性

本研究の計算結果から、以下のような地下ダムサイトにおける流動特性が把握できる。

- ダム軸に平行な流れは斜面に沿った3次元挙動を示すため、それを表せない断面解析の結果と3次元解析の結果には比較的差異が生じる。
- 水深と集水域が下流と比べて小さいため、上流側の地下水位上昇は鋭敏で、変動幅も大きい。
- 下流側では集水域が上流と比べて広いため地下ダムへの降雨浸透による流入量は大きい、地下水位の変動は鈍い。

5. おわりに

本研究ではモデル地下ダムについて3次元解析を行い、その地下水の流動特性について検討した。今後は実問題について解析を行い、豪雨時の不飽和帯の土壌水分変化と、それによって変化する表面流発生条件、さらにはそのときの地下水流動などについて検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 岡 太郎, 野口 美具: 不飽和浸透流の拡散係数と透水係数の測定, 第24回水理講演会論文集, pp. 363-368, 1980