

広域地下水解析による地表流出量と空洞湧水量の評価手法

清水建設(株)	正会員	○鈴木 誠
清水建設(株)	正会員	百田 博宣
九州大学大学院	正会員	神野 健二

1. はじめに

地下水面変動やトンネル湧水量は地表流出や河川流出などの水文・流出状況にも影響を与えるため、これらを考慮した広域地下水解析法の開発が必要と考えられる。そこで、本研究では準三次元FEM解析をとりあげ、降水時の地表流出量と同解析では今まで考慮できなかった空洞湧水量を評価する解析法を提案する。さらに、実サイトに空洞掘削を想定したシミュレーションを実施し、湧水量推定問題への適用性を検討する。

2. 地表流出と空洞湧水の近似評価法

空洞湧水量と地表流出量の推定を考慮した準三次元解析はかなり複雑になる。ここでは、詳細に示すことをできないので、手法の概略をまとめる。空洞湧水量は地下水位に依存するため、空洞位置周辺の複数節点の地下水位 h の平均値 H と空洞湧水量 Q_c の関係を利用する。たとえば、湧水量推定用の節点を空洞横断面上に設定し、 H と Q_c の関係を別途、断面二次元浸透流解析などの定常計算にて求める。準三次元解析の各時刻ステップで、 $H \sim Q_c$ の関係から Q_c を仮定し、反復計算過程で Q_c を更新すれば、地下水位が収束した時点で Q_c が求められる。また、地表面処理方法と地表流出量および河川流量の推定法は、図-1に示すように地表面を不飽和域と飽和域に分け、それぞれの領域における地表流出量と地下浸透量を算定する。不飽和地表面に位置する節点では、 P_r が地表から流出し、空洞に Q_c が湧出する。この残りが地下浸透量となる。飽和地表面に位置する節点では、地下に浸透可能な量 Q は解析で得られ、空洞湧水量は Q_c であるから地表流出量は $P - Q_c - Q$ となる。このように、不飽和地表面と飽和地表面の満足すべき地表面条件が、節点の地下水位と水収支から規定される。

3. 提案手法の適用

観測記録として、Mダムの1991年から5年間にわたる日降水量と日流出量を図-2に示す。図-3にMダムの水収支域の準三次元FEM解析の解析モデルを示す。このモデルにおいては、新鮮岩盤層を底面～地表面下

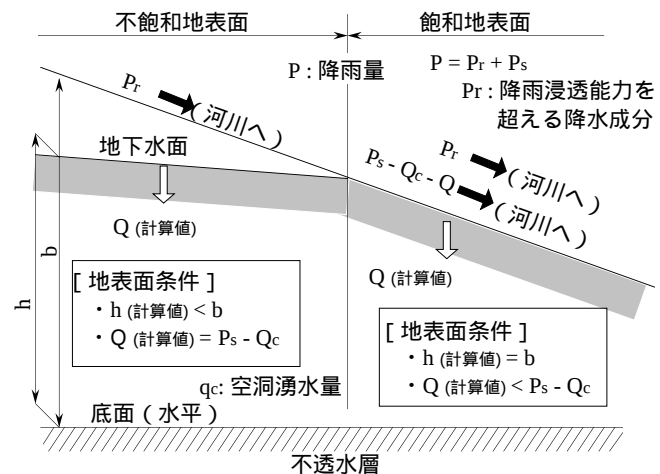


図-1 地表面条件を考慮した地表流出成分と地下浸透成分

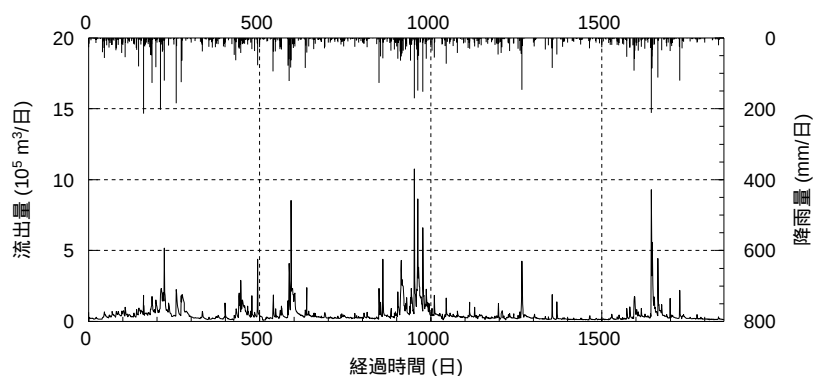


図-2 観測された日降水量と日流出量

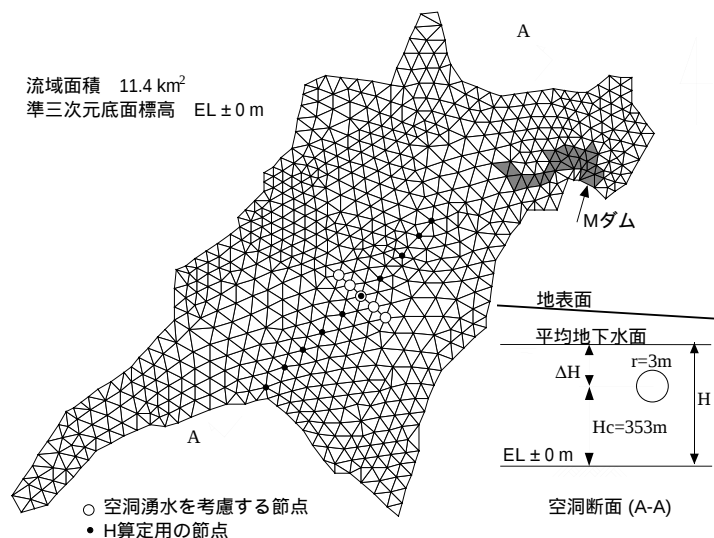


図-3 準三次元解析モデル

Keywords: 岩盤、地下水、取水システム、浸透流、流出量、降雨

連絡先: 〒100-0011 東京都千代田区幸町2-2-2 富国生命ビル 清水建設(株) TEL03-3508-8101 FAX03-3508-2196

20m, 表土・風化層を地表面下20m～地表面の2層とし, 解析上の底面はEL ± 0mとする。ここでは, Mダムの水収支域に対して, 提案する準三次元解析法を適用して, 流出量評価への適用性と地下水状況を示す。また, 対象水収支域内に仮想の空洞モデル(空洞長730m)を設置し, 空洞湧水量の推定と流出量や地下水状況への影響検討を行う。飽和透水係数Kは, 表土部と岩盤部をそれぞれ 10^{-4} , 10^{-5} cm/sと設定し, 不飽和浸透特性は文献1)に示す。解析領域周囲は不透水境界で, Mダム貯水池のみ水位を指定した境界で, 沢等には水位等を与えない条件とする。また, 水収支を評価する上で必要となる蒸発散量は, 文献2)や水収支を考慮して1.196mm/dayと設定した。なお, 浸透能の制限は設けていない。解析は, 空洞湧水量を考慮しないケースと考慮したケースの2ケースとする。図-4に別途計算した平均地下水位Hと空洞湧水量Qcの関係を示す。両ケースとも, 時刻間隔1日の条件で5年間にわたる非定常計算を行うが, 初期条件として, 初期水位は地表面標高で与えている。空洞湧水量を考慮しないケースについて, 日流出量を図-5に示す。また解析の特徴である地表面浸出点を検討するため, 800日経過後の比較的少雨時期の地下水位, 流速, 浸出点などを図-6, 7に示す。図-6は地下

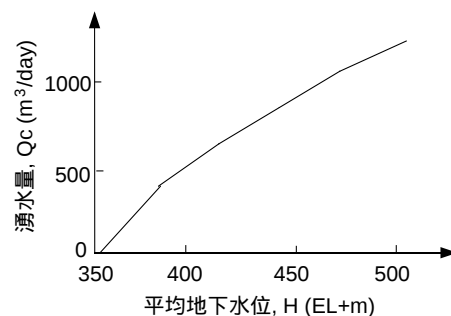


図-4 HとQcの関係

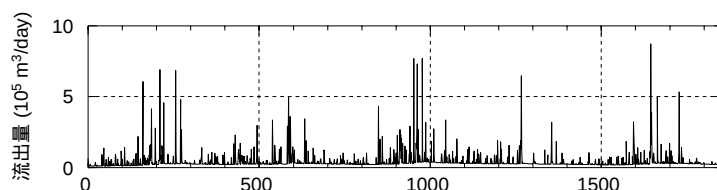


図-5 計算日流出量

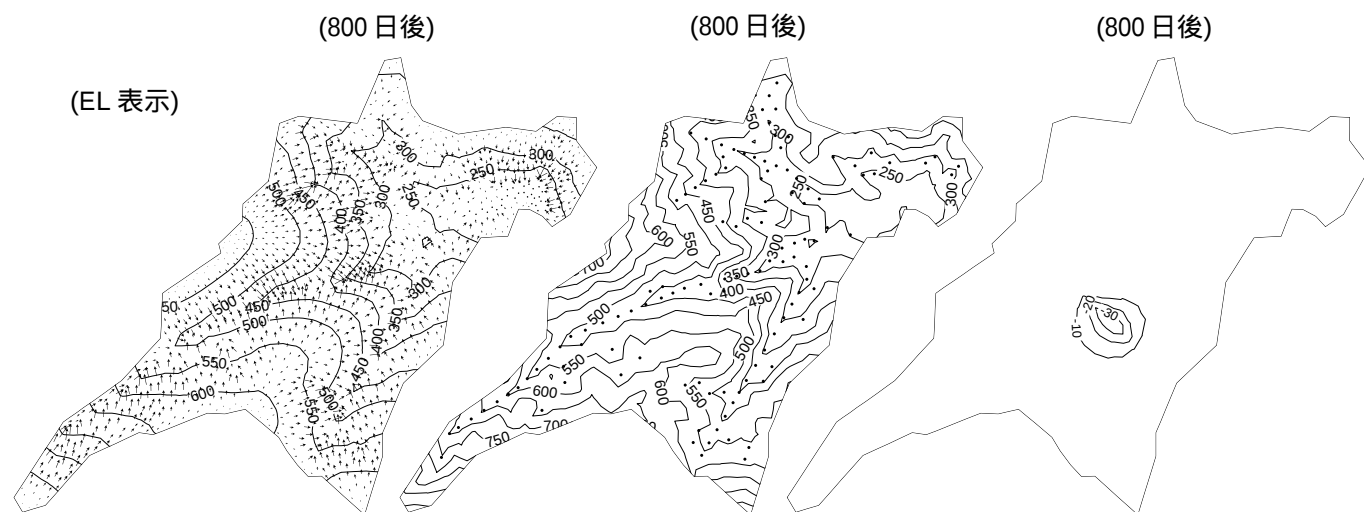


図-6 等地下水位線と流速分布

図-7 地表面標高と地表浸出点分布

図-8 地下水位差分布

水位と流速分布を, 図-7は地表面標高と地表浸出点を「・」で表現した。浸出点は, 地表面標高と重なることにより, 沢や河川近傍に形成されている様子がわかり, 実際の地形を考慮して浸出点を算出でき, 地表面浸出点の処理をうまく行うことができた。同様の時刻で空洞湧水量を考慮したケースの結果を比較すると, 地下水位分布は50mピッチの等高線では9m程度の差はほとんど判定できない。図-8に示す800日経過後の地下水位差の分布から, 地下水面低下が空洞位置を中心に生じていることがわかる。また, 両ケースのHの差は9m程度で時刻にかかわらず一様であり, どの時刻の地下水位差もほぼ同様ということもわかった。さらに, 示していないが日流出量も両ケースともほぼ同じ結果になり, この程度の湧水量は流出量には影響が小さいことが把握できた。

5. おわりに

本研究では, 降水の地表面処理方法を含む地表流出および空洞湧水量を考慮可能な準三次元解析を提案し, 同解析を実地に適用した。得られた結果をまとめると次の通りである。(1) 地表浸出点や地下水位分布は, 降水量や地形などを反映した合理的なものであった。(2) 空洞湧水量を考慮した場合も, 空洞設置位置に応じた地下水面低下や水位低下に伴う空洞湧水量および日流出量が得られ, 空洞設置に対する適用性も確認された。

参考文献

- 1) 百田・楠本: 多孔質地山の地下空洞を対象とした三次元地下水解析, 第29回水理講演会論文集, pp.739-744, 1985.2
- 2) 近藤, 中園・渡辺・桑形: 日本の水文気象(3), 森林における蒸発散量, 水文・水資源学会誌, Vol.5, No.4, pp.8-18, 1992.