

3 次元陸水シミュレーションによる岩盤取水システムの取水量の検討

清水建設 技術研究所 正会員○山田俊子
清水建設 技術研究所 フェロー会員 百田博宣
清水建設 技術研究所 フェロー会員 鈴木 誠

1. はじめに

図-1 に示す岩盤取水システムは、岩盤地下水を効率的に取水する水資源開発施設であり、広域の地下水位変動に伴う取水量や流出量は広域地下水解析により既に検討されている¹⁾。しかし、広域地下水解析は準3次元地下水解析に流出量と空洞湧水量の評価機能を加えたもので、各種の近似化が導入されている²⁾。そこで本研究では、地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション³⁾を、地下における水-空気の2成分2相流と地表流に適用し、岩盤取水システムの性能検討に加え、地表水環境および地下水環境への影響を検討したので報告する。

2. 3次元陸水シミュレーション³⁾

一般的な飽和-不飽和地下水解析は、地下水のみを対象とした1成分疑似2相系のシミュレータであるが、ここでは、3次元陸水シミュレーションを用いて、地下水流(水-空気の2成分2相流)と地表流を同時に解析する。地表流はマンニングの平均流速公式に従うものとし、ダルシー則と同一形式に変形することで地下水流と同時に扱うことができる。

なお、地表流の流動媒体として、地表上面に非常に高い浸透率を持つ間隙率1.0の多孔質体として大気層を設置し、地表面にマンニングの粗度係数を与えることにより、地表流を表現する。降水はこの大気層に注水量として与えられる。

3. 岩盤取水システムの検討

解析モデル・解析条件は文献1)と同一とし、図-2に示す地形の水収支域1に本システムを構築することを想定し、地形および地質構造をモデル化した。総格子数は89,621である。表層部、岩盤部それぞれの水相および気相の不飽和浸透特性を図-3に示す。大気層の浸透率は水平方向と鉛直方向に分け、水平方向には飽和率に比例して水と空気が移動し、垂直方向には降水がすみやかに落下するように設定した。間隙率は表層部0.2、岩盤部0.1、水残留飽和率は表層部0.2、岩盤部0.4とし、地盤の圧縮率は0.0とした。地表面の粗度係数は文献⁴⁾等を参考に $N=1.0\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ と設定した。降水量はわが国の平均的降水量 P と蒸発散量 E から、 $P-E=3\text{mm/日}$ とした。

解析は、まず本システム構築前のほぼ安定した地下水位を再現するため約20年間の非定常解析を行い、この結果を初期値($t=0$ 日)として、本システム稼動による $t=0\sim 365$ 日間の非定常解析を $t=0\sim 365$ 日行った。解析ケースについても文献1)と同一とし、図-4に示すように取水運転条件の立坑水位をパラメータとしたCase-1～3のケーススタディを行った。

解析結果として、取水運転による広域地下水流動の経時変化を図-5に示す。図-5(1)は集水トンネル中央部にある立坑位置A点での地下水位である。Case-1およびCase-2のように立坑水位が一定の場合、取水開始直後から地下水位は低下していくが、ある時間が経過すると地下水位はほぼ一定となることがわかった。地下水位が一定となる経過時間は立坑水位が低いほど長い結果となっている。これは、水収支域1の中で降水量、湧水量および流出量が平衡した状態に至るまでに必要な時間が長くなるためと考えられる。また、Case-3の結果より、取水によって地下水位は低下するが、立坑水位の管理によって地下水位低下量を制御できる可能性があることがわかった。図-5(3)はB部への流出量である。流出量の変化は、立坑水位制御による湧水量の変化と相関関係にあることがわかる。

4. おわりに

本報告では、単純なモデルを対象としたが、本システムによる取水量や地下水位の変化だけでなく、地表流出状況の変化を概略示すことができた。また、本報告では省略したが、文献1)の広域地下水解析結果とも概ね整合性のよいものであった。今後は、実サイトの複雑な地形地質構造・水理特性や時系列の降水量データに3次元陸水シミュレーションを適用し、取水量、地下水位変動、地表流出状況等に関する適用性を検討する予定である。

キーワード: 岩盤取水システム, 3次元陸水シミュレーション, 地表流, 地下水流, 2成分2相流

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL:03-3820-8779

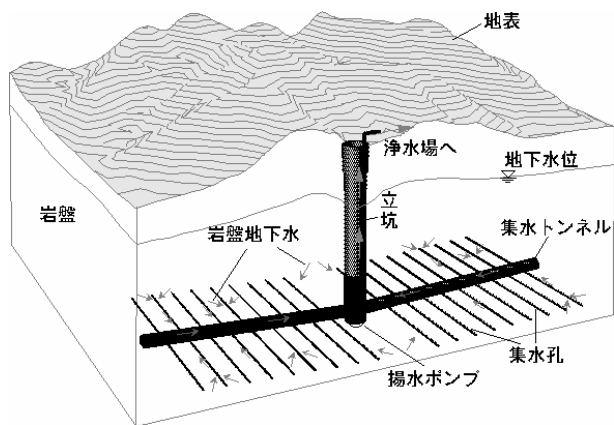
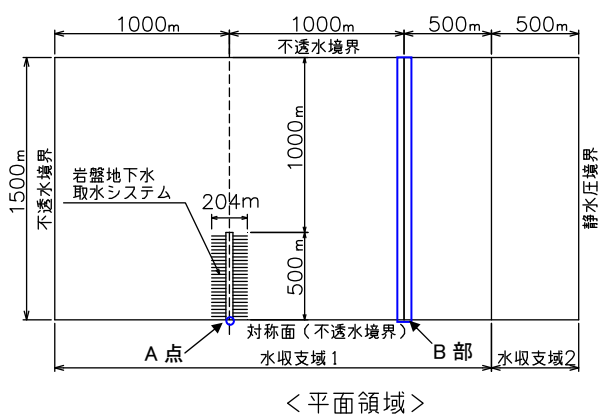
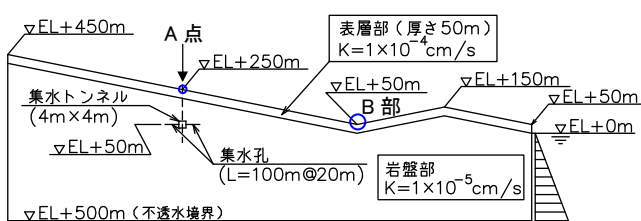


図-1 岩盤取水システム概念



<平面領域>



<断面領域>

図-2 3次元解析モデル

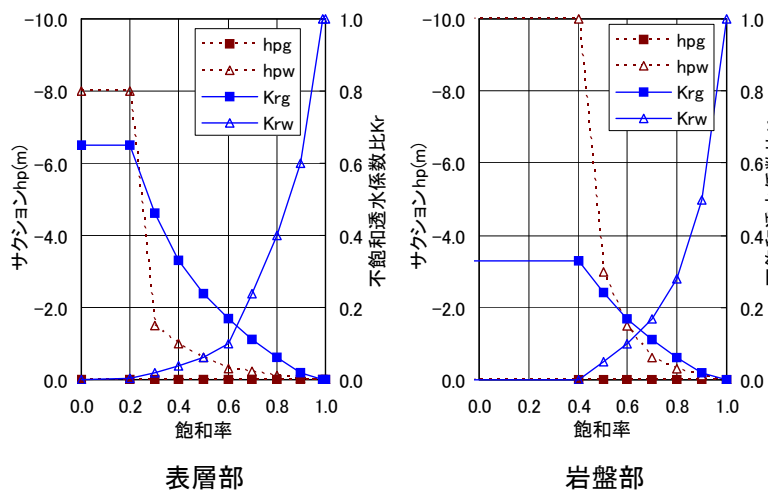


図-3 不飽和特性

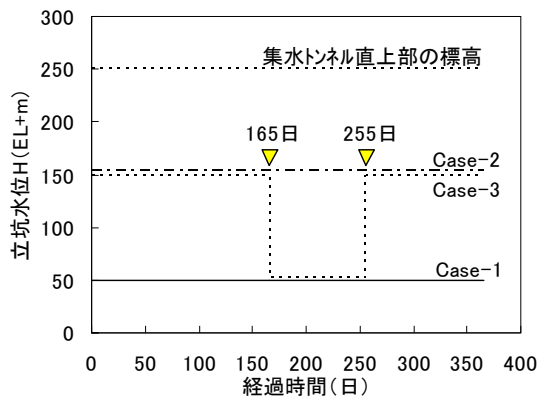
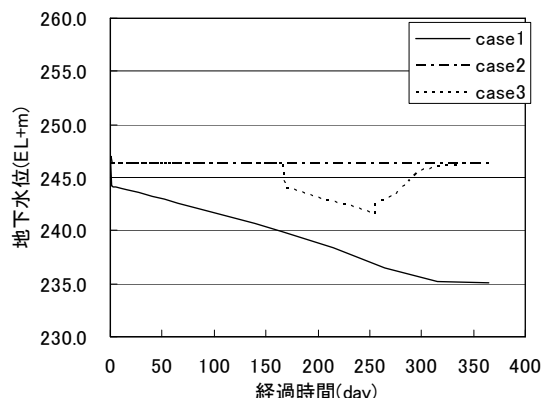
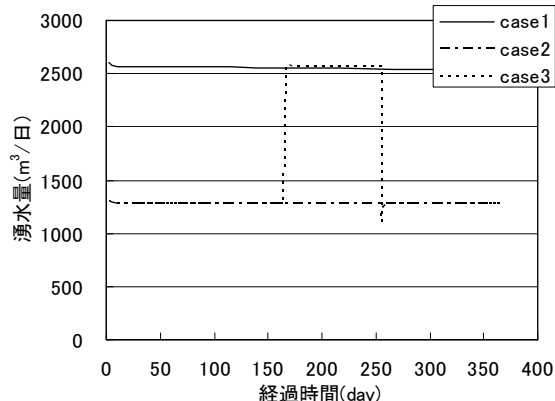


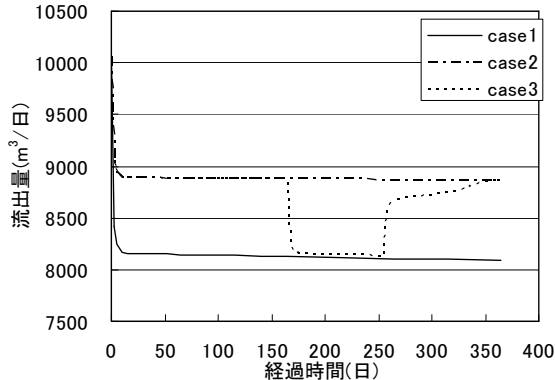
図-4 立坑水位による取水運転条件



(1)A 点の地下水位



(2)集水トンネル・集水孔の湧水量



(3)水収支1領域における流出量

図-5 岩盤取水システムの地表水・地下水流への影響

参考文献

- 1) 鈴木, 百田, 神野: 地下空間シミュレーション論文報告集第6巻, pp. 89-96, 2001 2) 鈴木, 百田, 神野, 長谷川: 土木学会論文集, No. 677/II-55, pp. 21-31, 2001 3) 登坂, 小島, 三木, 千野: 地下水学会誌, 38-4, pp. 253-267, 1996 4) 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編, p. 93, 1997