

# 道路の切土工事に伴う周辺地下水への影響検討事例

株式会社 ソイル・ブレーン  
技術部調査課 麻生健介

## 1. はじめに

道路建設に伴う切・盛土工事が予定されていた調査地は、上水道の未整備地区であり、井戸のみによって生活を営む世帯が路線周辺に多く存在した。また、井戸の水量が少なく、工事前の段階で十分な水量を確保できていない世帯が多く存在する地域であった。したがって、切土工事によって周辺の地下水位が低下した場合には、住人の生活に支障をきたすことが予想された。そのため、工事による水位低下の範囲および程度を事前に予測し、井戸枯れなどの深刻な地下水位低下が予測される井戸に対する事前補償を検討するための資料を作成することを目的として、準三次元浸透流解析を実施した。

本発表では、準三次元浸透流解析の手順と結果を示すとともに、工事開始後の実測地下水位との比較を行い、解析手法の有効性を評価・考察する。

## 2. 調査地概要

調査地の全体図を図-1 に示す。

### (1) 地質概要

調査地の基盤岩は中生代白亜紀の領家変成帯に属する片麻状花崗閃緑岩である。この基盤岩を不整合に覆う第四紀未固結堆積層として、山裾や山体に囲まれた谷部には崖錐堆積物及び段丘堆積物が、海岸沿いや河川沿いの低地には沖積層が分布している。

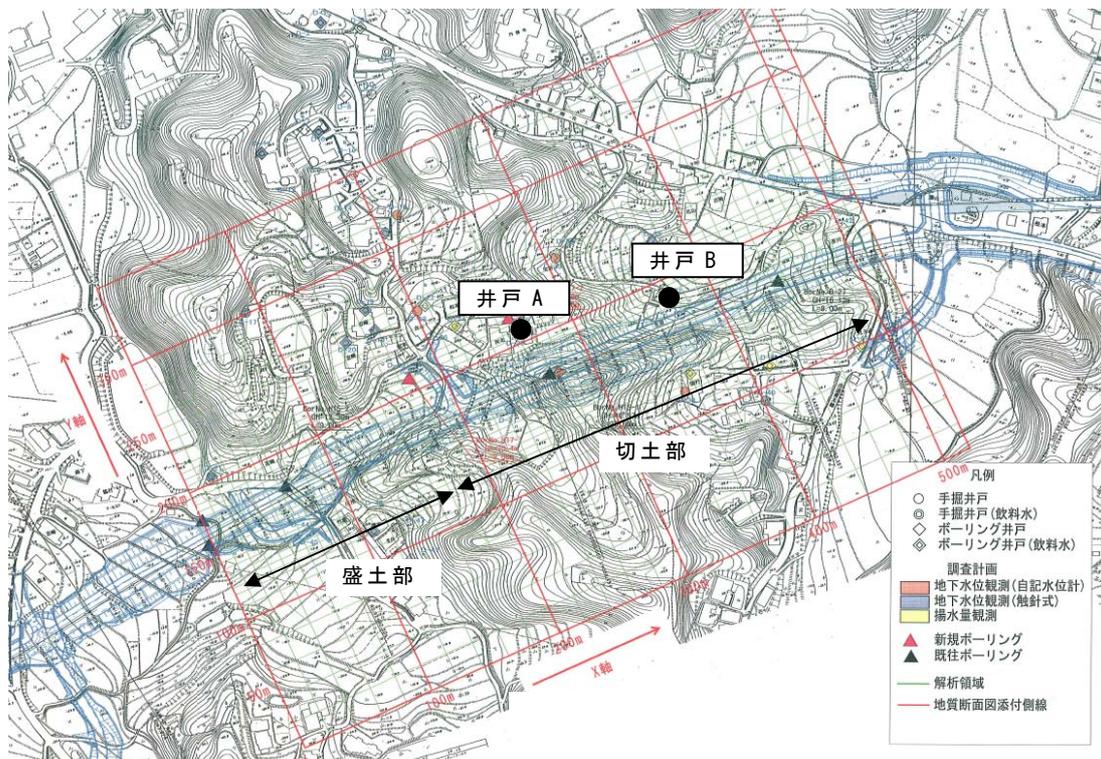


図-1 調査地全体図

## (2) 道路計画概要

調査地は標高 400m 程度の山体から海岸に伸びる尾根の先端部に位置しており、計画路線は風化作用により差別的に侵食を受けて取り残された丘陵地を通る形となっている。

施工区分は主に切土と盛土であり、切土については調査地中央部で最大切土高約 22m の長大切土が予定されている。

## (3) 井戸の利用状況

調査地では 27 世帯に聞き込みを行い、49 箇所 of 井戸が確認された。上水道が整備されていないことから、井戸の使用率は高く、49 箇所中 42 箇所が現在も使用されていた。

井戸の深度は、1.26m～約 100m(住人への聞き込みによる)であり、0m～10m が 16 箇所、10m～が 32 箇所、深度不明が 1 箇所であった。

井戸の使用目的は、飲料水として使用が 27 箇所、飲料水以外の生活雑用水として使用が 14 箇所、農業用水が 4 箇所、未使用が 4 箇所であった。

井戸の揚水量は、3.3～28.5L/min(平均 16.3L/min)であり、0～10L/min が 9 箇所、10～20L/min が 20 箇所、20L/min～が 10 箇所であった。揚水量 0～10L/min の井戸のうち、6 箇所については、その世帯の主要井戸であった。

## 3. 地下水影響解析

### (1) 解析手法について

地下水影響解析にあたっては、地質構造(広域的な多層地盤を反映できること)及び地下水分布の状況(帯水層が 1 層と評価できること)などを考慮したうえで、準三次元浸透流解析を適用することにした。なお、解析プログラムは AC-GWAP(西垣他, 岡山大, Ver. 2003.09)を使用した。

準三次元浸透流解析<sup>1)</sup>とは、断面(鉛直)二次元浸透流解析の欠点(平面的な広がり解析ができない)を克服し、多層地盤を考慮することができる解析手法として開発されたものである。この手法は、透水量係数、貯留係数を水位の関数にとることで多層地盤が扱え、被圧帯水層だけでなく不圧帯水層及び両者間の移行が取り扱える点で従来の水平二次元浸透流解析と異なっている。

地下水影響解析の手順は、図-2 に示すとおりである。

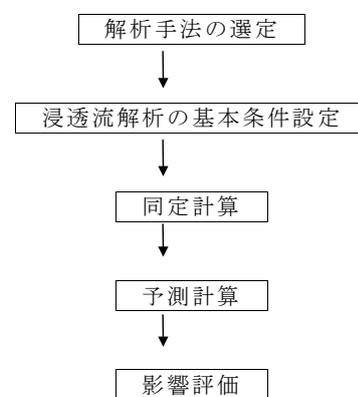


図-2 地下水影響解析の流れ

### (2) 同定計算の手順

同定計算とは、地層・水理定数等の土質調査データ、地下水位等の観測データ、降雨量等の気象データなどに基づき解析モデルを作成し、現地の水位状況を再現できるモデルを構築する作業である。

#### 1) 基本条件設定

解析の基本条件は以下のとおりである。

- ・ 解析領域及び解析メッシュ(図-1 参照)

一般的な揚水井戸の影響範囲も考慮したうえで、路線両側に 180m ずつの計 360m 間を解析領域とした。また、メッシュ作成にあたっては、路線からの距離に応じてメッシュ

間隔を変化させ、最大 20m×20m、最小 10m×5m とした。節点数は 1725、要素数は 1720 となった。

・解析対象地層及びモデル

解析モデルで考慮した地層は、ボーリング調査結果において確認された崖錐堆積物(dt層)、花崗閃緑岩(DL, DM, DH, CL層)とした。地層モデルの作成にあたっては、地表踏査結果やボーリング結果を基に、領域内の全てのメッシュで地層断面図を作成して各節点に地層情報を設定した(図-3及び図-4参照)。

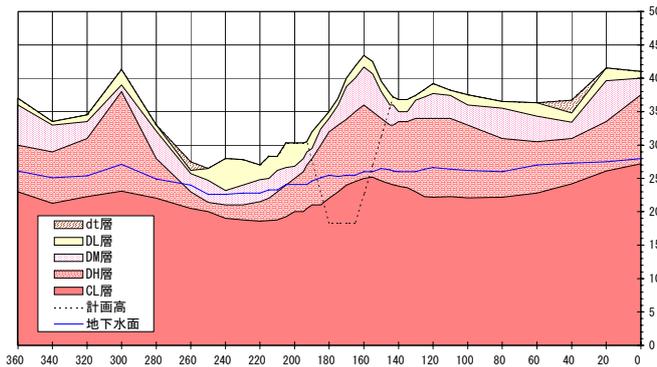


図-3 地層断面図例(路線横断方向, X=280)

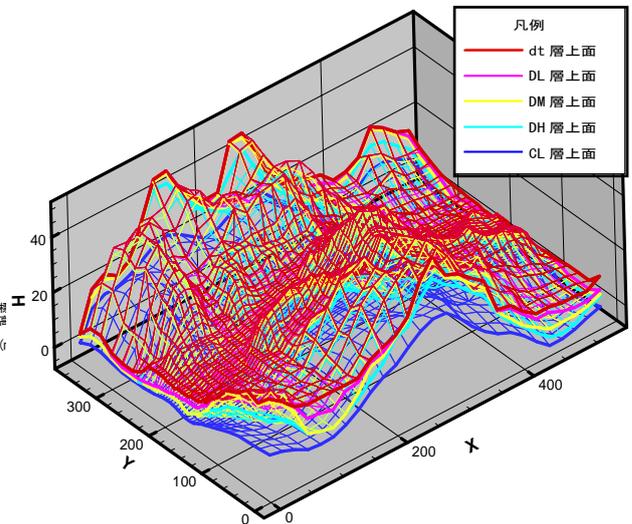


図-4 同定計算解析モデル概要図

2) 初期入力定数

当初設定した入力値は、以下のとおりである。

・境界条件

調査地の分水嶺を考慮し、解析領域横断(Y軸)方向の両端(Y=0, Y=360)の水位を固定条件した。

・初期水位

井戸の水位測定データ(平成16年10月7日~22日)を基に調査地の水位コンターを作成し、初期水位とした。なお、解析領域端付近の標高が低い地域では水位データが不足したため、井戸標高-井戸水位から求められる近似式( $y=1.032x-1.39$ )を用いて、地形から水位を推定した(図-5参照)。

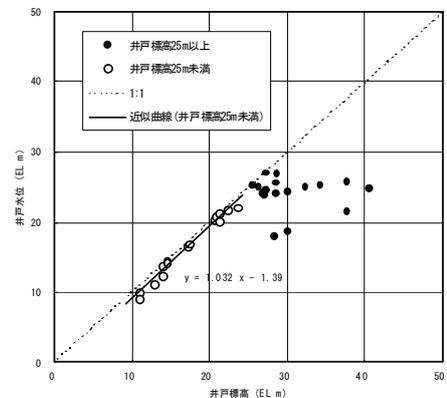


図-5 井戸標高-井戸水位関係図

・水理定数

解析に必要な水理定数は、透水係数、有効間隙率(貯留係数)である。透水係数はボーリング調査における現場透水試験結果、及び粒度試験結果から推定し、有効間隙率については一般値を用いた(表-1参照)。

・降水量条件

降水量は、調査地に最も近い箇所のアメダスデータを利用することとした。なお、降雨浸透能は流域の特性などに応じて異なるものであるが、一般的な値の0.3~1.0の範囲内である0.5と仮定した。

### 3) 同定計算結果

同定計算は、まず当初設定した境界条件、水理定数、降水量条件で計算を行い、その後、透水係数、有効間隙率、浸透能の値を変化させ、各々の定数変化に伴う計算水位の変化を確認した。

当初モデルと最終モデルについて、計算条件の比較表を表-1に、実測水位が得られている全地点での実測水位と計算水位の関係図を図-6に示す。図において実測水位と計算水位が1:1の関係に近づくほど、現地の水位状況を再現できていることとなる。

また、それぞれの地点における実測水位と計算水位の変動図の例を図-7～図-8に示す。

計算結果に最も影響するのは透水係数の値であり、地下水位変動傾向も加味すると当初設定した透水係数を1/2とした場合が最も適合性がよかった。有効間隙率の値は、地下水上昇傾向については当初設定値の1/2とした場合が適合するが、湧水期の地下水低下傾向は当初設定値のほうが適合していた。今回は工事に伴う地下水位低下の影響を予測するのが主眼であるため、当初設定値が妥当と判断した。また、浸透能は値を当初設定値の0.5から0.7とした場合に、標高の低い地点の適合性が増した。

以上より、透水係数は1/2の値、有効間隙率は当初の設定値、浸透能は0.7と決定し、その後、計算初期の降雨量及び水位固定境界を若干微調整した。

表-1 計算条件比較表

入力項目	初期値	最終値
初期水位	井戸設備調査(H16.10.7~10.22)での実測水位から求めた	同左
境界条件	解析領域断端(Y軸)方向の両端(Y=0, Y=360)の水位を固定	X=0~60, Y=360の水位固定点を地形に合わせて修正
水理定数	現場透水試験結果及び粒度試験結果から求めた値 dt層 3.17×10 <sup>-5</sup> cm/sec DL層 6.00×10 <sup>-5</sup> cm/sec DW層 6.00×10 <sup>-5</sup> cm/sec DH層 3.60×10 <sup>-4</sup> cm/sec CL層 2.63×10 <sup>-4</sup> cm/sec	初期値の1/2 dt層 1.59×10 <sup>-5</sup> cm/sec DL層 3.00×10 <sup>-5</sup> cm/sec DW層 3.00×10 <sup>-5</sup> cm/sec DH層 1.80×10 <sup>-4</sup> cm/sec CL層 1.32×10 <sup>-4</sup> cm/sec
	地層ごとの一般値 dt層 0.05 DL層 0.1 DW層 0.1 DH層 0.2 CL層 0.2	同左
降雨量条件	計算期間中の実際降雨量 H16.10.22~10.31 : 3.40×10 <sup>-3</sup> m/day H16.11.1~11.30 : 1.63×10 <sup>-3</sup> m/day H16.12.1~12.31 : 2.06×10 <sup>-3</sup> m/day H17.1.1~1.31 : 5.16×10 <sup>-3</sup> m/day H17.2.1~2.28 : 2.57×10 <sup>-3</sup> m/day H17.3.1~3.31 : 4.94×10 <sup>-3</sup> m/day H17.4.1~4.30 : 2.80×10 <sup>-3</sup> m/day H17.5.1~5.31 : 3.65×10 <sup>-3</sup> m/day H17.6.1~6.30 : 1.37×10 <sup>-3</sup> m/day H17.7.1~7.31 : 2.20×10 <sup>-2</sup> m/day H17.8.1~8.31 : 1.16×10 <sup>-3</sup> m/day H17.9.1~9.30 : 9.50×10 <sup>-3</sup> m/day	最初の10日間の降雨量を増加 H16.10.22~10.31 : 2.20×10 <sup>-2</sup> m/day H16.11.1~11.30 : 1.63×10 <sup>-3</sup> m/day H16.12.1~12.31 : 2.06×10 <sup>-3</sup> m/day H17.1.1~1.31 : 5.16×10 <sup>-3</sup> m/day H17.2.1~2.28 : 2.57×10 <sup>-3</sup> m/day H17.3.1~3.31 : 4.94×10 <sup>-3</sup> m/day H17.4.1~4.30 : 2.80×10 <sup>-3</sup> m/day H17.5.1~5.31 : 3.65×10 <sup>-3</sup> m/day H17.6.1~6.30 : 1.37×10 <sup>-3</sup> m/day H17.7.1~7.31 : 2.20×10 <sup>-2</sup> m/day H17.8.1~8.31 : 1.16×10 <sup>-3</sup> m/day H17.9.1~9.30 : 9.50×10 <sup>-3</sup> m/day
	降雨浸透能 一般値(0.5)	一般値(0.7)

※同定計算期間：平成16年10月22日～平成17年9月30日

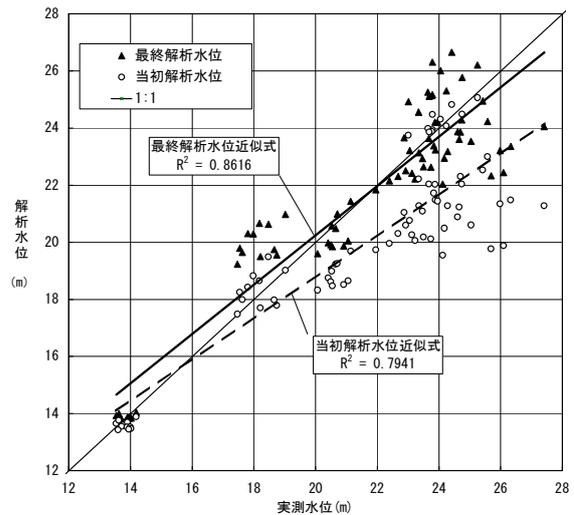


図-6 実測水位-計算水位関係図

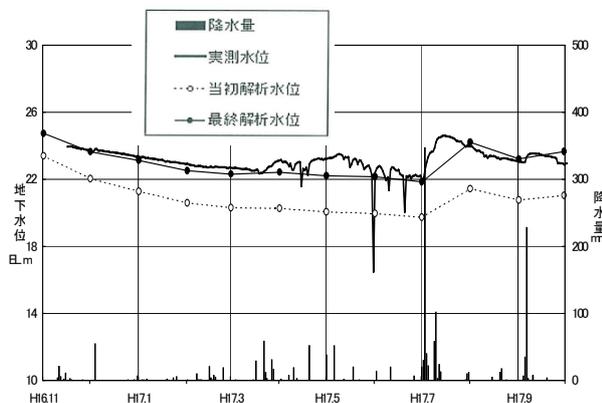


図-7 実測水位-計算水位変動図1  
(井戸 A, X=263, Y=207)

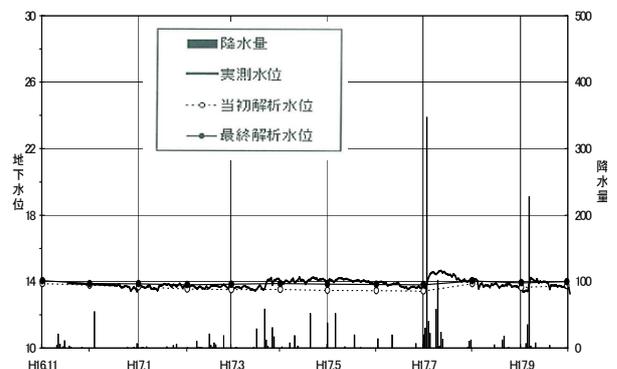


図-8 実測水位-計算水位変動図2  
(井戸 B, X=370, Y=185)

### (3) 予測計算結果

予測計算は、同定計算で決定した解析モデル及び入力定数を基に行った。工事による影響は、工事のない場合の水位予測結果と工事条件を考慮した場合の水位予測結果との差を比較することで求めた。

また、工事完成後水位が定常状態に落ち着く状態を把握するために、別途、非定常解析を1年間行った。その結果、影響の遅い地点でも工事完成後3ヶ月で定常低下水位の約40%、半年後で70%となり、水位変化の影響は比較的早いことがわかった。

#### 1) 工事のない場合の水位予測

降水量として10年間の平均日降水量を入力して定常計算を行い、これにより求めた水位を工事無しの場合の水位と考えた。その他の計算条件は同定計算で最終的に決定した解析モデル及び入力定数である。

#### 2) 工事完成後の水位予測

解析モデルを工事条件を反映した地形・地質モデルに修正し、切土面・道路面を浸出面と考え、その他の条件は同じとして定常計算で求まる水位を工事完成後の水位(最も危険側)と考えた。

#### 3) 予測計算結果

予測計算の結果を図-9に示したが、切土部周辺では最大4m以上の水位低下を生じ、0.5m以上低下する範囲は路線中心線より約130mの範囲まで及ぶことがわかった。一方、盛土部近傍では逆に水位が最大1m程度上昇することがわかった。

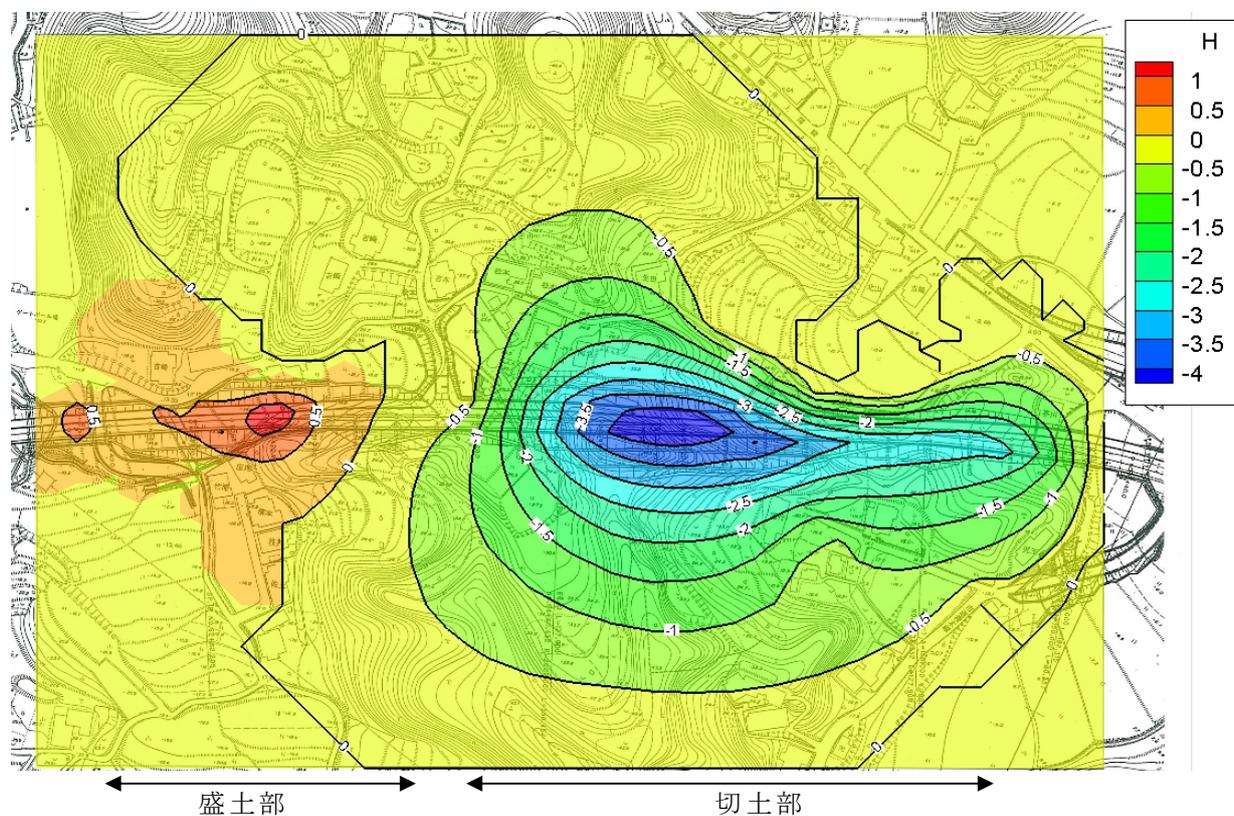


図-9 工事に伴う地下水位低下影響範囲

なお、調査地の井戸について、観測によって実測した最低水位から、それぞれの井戸での水位低下量を差し引くと、21 地点中 5 地点の井戸で井戸枯れを生じると予測された。また、井戸枯れは発生しないものの、2 地点の井戸で井戸底からの湛水深が 1m 未満となり、揚水量がかなり減少すると予測された。これらの 5 地点の井戸は、事前補償が必要な井戸であると考えられる。

#### 4. 予測水位と工事開始後の実測地下水位の比較

現在、調査地では部分的に工事が開始されている。調査地中央の長大切土部は未着工であるが、図-10 に矢印で示した切土区間では、平成 18 年 11 月～平成 19 年 3 月かけて工事が実施されており、工事に伴って切土上流側に位置する井戸 C において地下水位低下が発生した。

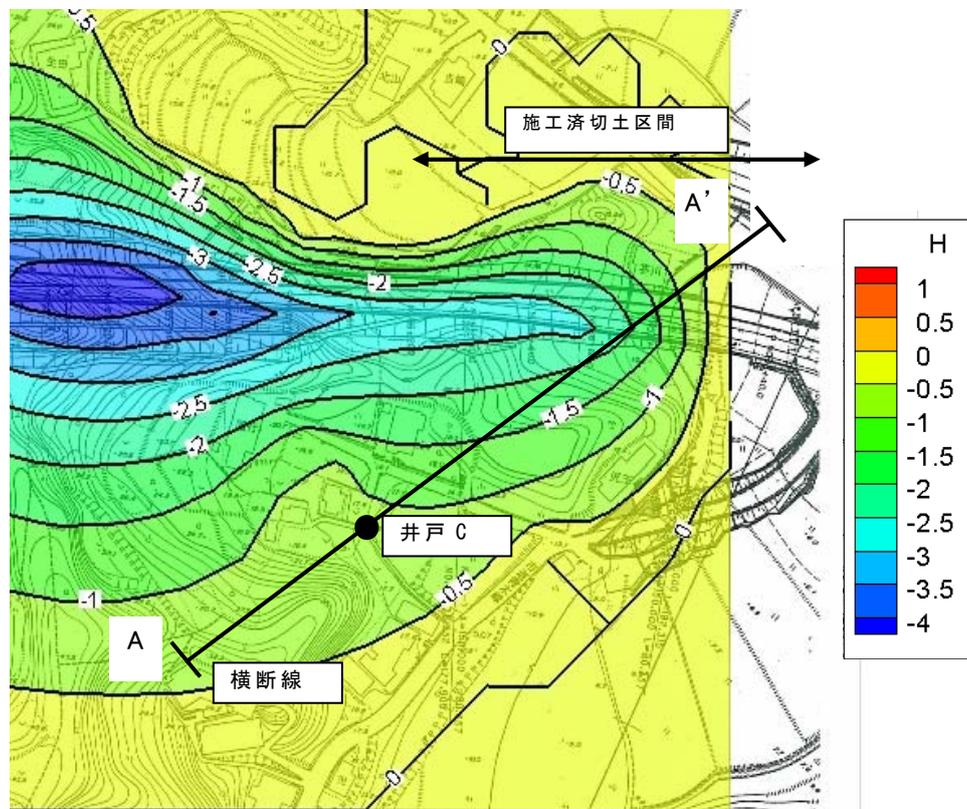


図-10 井戸 C 周辺の地下水位低下影響範囲図

以下では、井戸 C について予測水位と工事開始後の実測地下水位との比較を行い、今回実施した水位予測の有効性を評価する。

井戸 C は、農業用水として利用されている深さ 4.74m (井戸天端-m) の手掘り井戸であり、予測計算において工事により 0.84m の水位低下が発生すると予測した地点である。

地下水位の低下を考えるにあたっては、この水位低下が工事による影響なのか、降水量が少ないための影響なのかを客観的に判定する必要がある。そこで、経時的に測定した実測データを基にタンクモデル解析による影響評価を行った(図-11 参照)。タンクモデル解析とは、地下水位変動をいくつかのタンクの組合せに置き換えて考える方法であり、工事が行われなかった場合の地下水位を予測することができる。したがって、この予測水位と実測水位を比較することで、工事による影響の評価が可能である。

図より、工事開始後の平成 18 年 11 月以降は、水位が低い傾向が認められているが、自

記水位計による連続観測を実施した平成19年9月以降の平均水位低下は0.88mであり、最低水位を記録した平成19年11月26日の水位低下は1.08mとなった。

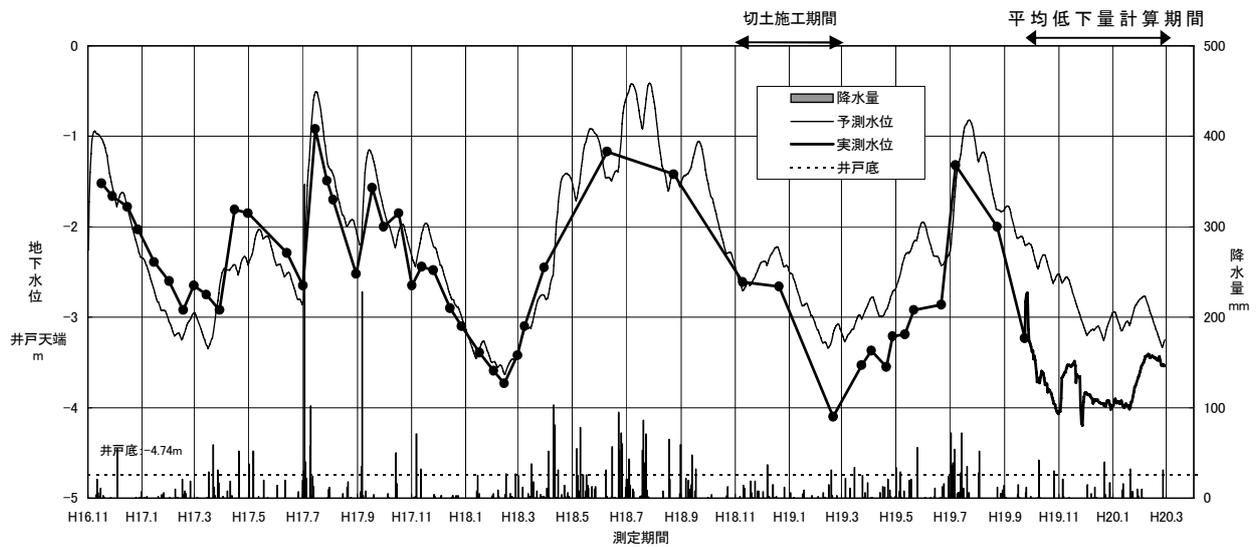


図-11 タンクモデルによる時系列解析図(井戸C)

また、最低水位時の井戸周辺の水位断面図を図-12に示したが、切土工事によって上流側に位置する井戸Cの水位が低下したものと判断できる。

以上のことから、井戸Cの地下水位低下は、工事の影響によるものと判断され、その影響程度は、工事が行われなかった場合の水位に対して0.88m程度の水位低下と考えられる。

準三次元浸透流解析による事前予測計算において求められた水位低下量は0.84mであることから、現在未着工の長大切土が施工された場合の影響が不明ではあるものの、ほぼ良好な結果が得られていると判断される。

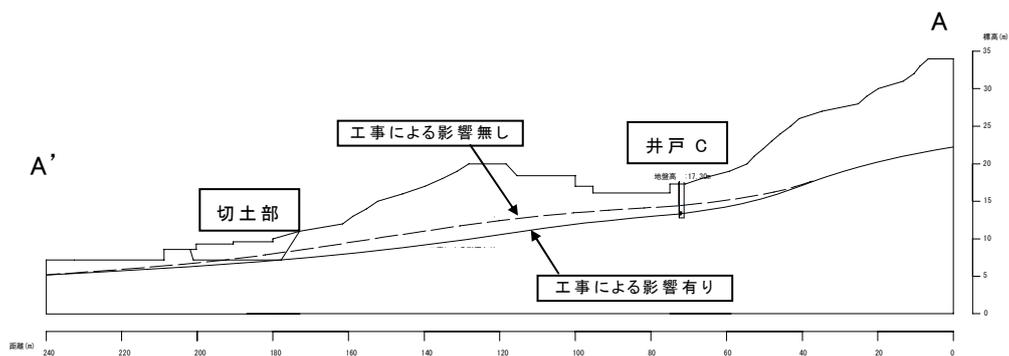


図-12 井戸C周辺の水位横断面図(縦1:1000,横1:2000)

## 6. まとめ

本発表では、工事による水位低下の範囲および程度を事前に評価することを目的として準三次元浸透流解析を実施し、その予測結果の有効性について評価した。現在はまだ工事が完了していないため、事前に予測された水位低下と実測水位との比較は施工済みの一部工事周辺についてのみであるが、ほぼ良好な結果が得られている。

今回の解析結果から、現地の地下水状況を再現できる解析モデルを構築すれば、切土・

盛土などの工事において準三次元浸透流解析が十分適用でき、適切な事前補償計画を考えるにあたっては非常に有用であることがわかった。ただし、そのためには何よりも適切な解析モデルの構築が重要である。今後もこのような解析モデルを作成するにあたっては、各種入力データの収集や同定計算など、最終的な精度に影響を与える作業を適切に実施してゆきたいと考える。

**【参考文献】**

1) 高坂信章, 河野伊一郎, 西垣誠 (1982): 有限要素法による広域地下水の準三次元浸透解析, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第3部, pp. 531-532