

3 次元浸透流解析によるトンネル掘削に伴う水位低下の評価および抑制対策について

戸田建設（株） 正会員 ○山口洋平 生島直輝
三上英明 辻川泰人

1. はじめに

新名神高速道路宇治田原トンネルは、トンネル延長上り線 1,984m、下り線 1,924m であり、東工事は上り線 1,162m、下り線 932m を施工するものである。当初は上り線を先に貫通させ、下り線を掘削する計画であったが、トンネル断面の3車線化で掘削土量の増加、地質不良による掘削に遅れが発生する前に避難連絡坑を利用した下り線掘削に着手した。坑口から約 450m 地点に最小土被り、上り線 20m、下り線 10m がある。地表面に河川があり、トンネル掘削による地下水への影響が懸念される。河川下流域に扇状地が広がっており、浅井戸が 100 ヶ所以上あることから、地下水の保全は急務である。本稿では、3 次元浸透流解析によるトンネル掘削に伴う水位低下の評価および対策を行ったので報告する。

2. 地質概要

本トンネル地質は、石灰紀からジュラ紀の遠洋性岩類および陸源砕屑岩類からなる丹波帯の頁岩が主体である。間に砂岩や砂岩頁岩互層、一部にチャートを挟む。チャートは、露頭のもので 177Mpa と非常に硬質であるものの、地層は連続性に乏しく、一様ではないとされている。地質は、北西-南西の走向で中角度から高角度で南西方向に傾斜していることから、東側から掘削する当工事は差目であり、地質的に不利と考えられている。全体として付加帯特有の開口した亀裂が発達していると考えられており、崩壊・崩落の危険性が高いと設計されている。

3. 3次元地質構造モデルの構築

水位低下モデルの構築は水収支を考慮した広域のモデル範囲を採用した。トンネル周辺は、地質縦断図を優先的に取り入れ、不足する範囲については、産業総合研究所の地質図幅 5 万分の1「京都東南部」や国土地理院の基盤地図情報を参考にして、モデル構築作業を行った（図-1）。

4. 解析・検討の方法

予測解析を行うにあたってトンネル掘削開始前と掘削途中における3観測井（B2-5, B2-6, B2-7）の実測水位の再現解析を行った。照査範囲を図-2に示す。

- Term 1：掘削開始前の3観測井の実測水位を再現解析。
- Term 2：掘削途中の3観測井の実測水位、坑内湧水の変化を再現解析。
- Term 3：今後のトンネル周辺の地下水位およびトンネル坑内湧水量の予測解析。

表-1 工事概要

工事名	宇治田原トンネル東工事
工事場所	京都府綴喜郡宇治田原町禅定寺～荒木
工期	2018年5月～2024年9月
工事内容	掘削断面積149㎡(D I)(内空断面積124㎡)
	トンネル掘削 上り線1162m・下り線932m
	盛土工 310,000㎡
	橋台4基（新設橋台2基、既設橋台拡幅2基）

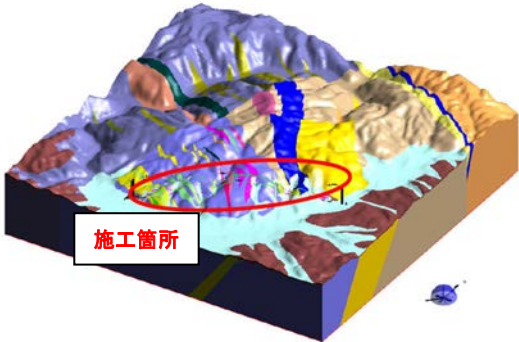


図-1 地質・地形モデル



図-2 照査位置図

キーワード 3次元浸透流解析, 水位低下, 坑内湧水量, 止水対策, 水位再現解析
連絡先 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町 1-13-47 戸田建設（株）大阪支店 TEL:06-6531-6095

5. 解析結果

5.1 初期水位再現解析

掘削開始前の初期定常実測水位と解析の結果を図-3に示す。いずれの観測水位に対しても解析結果は良好な再現精度を得ることができ、決定係数 R^2 は 0.97 程度と高い相関が得られた。したがって、地下水位の高い山体上位から低地部までの水位標高の傾向をよく再現した水理地質構造が同定できたと考えられる。

5.2 実測水位および坑内湧水量の再現解析

非定常解析による 2019/12/24～2022/11/30 までの実測水位と解析結果を比較した（図-4）。B2-5 の実測は、EL=155m付近まで低下したが、解析値は EL-160m であった。水位低下の時期や低下量は実測の挙動を的確に捉えており、再現性は全体を通して概ね良好と判断した。2021/1/27 以降に実測坑内湧水量が 500L/min に増加した。解析結果もやや遅れてはいるが、坑内湧水量増加の傾向を捉えている（図-6）。この時期は、B2-5 の水位が実測、解析ともに極端な低下を示した時期と一致していることから、地下水位の解析と坑内湧水量の解析結果が相互関係のもと再現できている。

5.3 水位低下抑制対策および予測解析結果

改良剤ごとに地山の透水係数低減率の調査をした結果、止水剤は通常のものと比較して低減効果は 20 倍高かった。水位低下抑制対策として止水剤による周辺地山の改良を行った。今後の施工において改良剤ごとの坑内湧水量を予測解析すると、止水剤の使用で 160L/min（230.4t/min/日）抑制できる結果となった（図-7、図-8）。

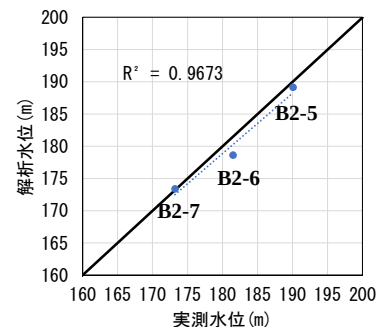


図-3 実測水位と解析結果の比較

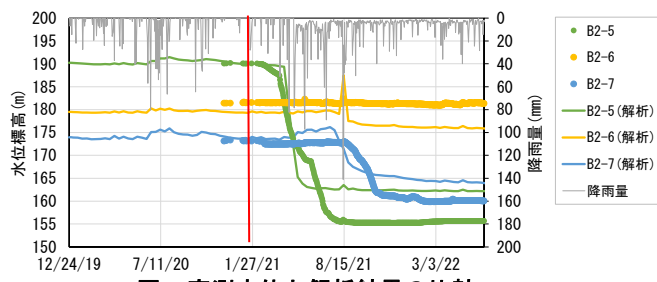


図-4 実測水位と解析結果の比較

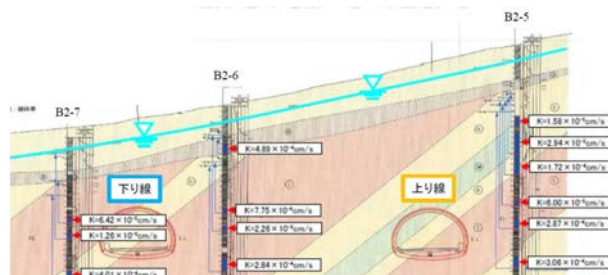


図-5 トンネルと観測井の位置関係

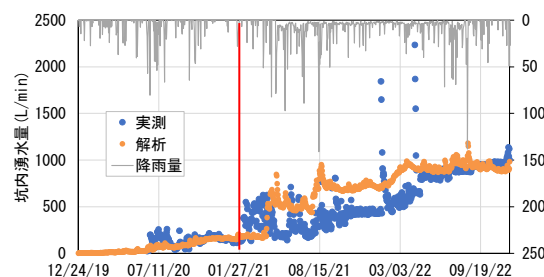


図-6 実測坑内湧水量と解析結果の比較

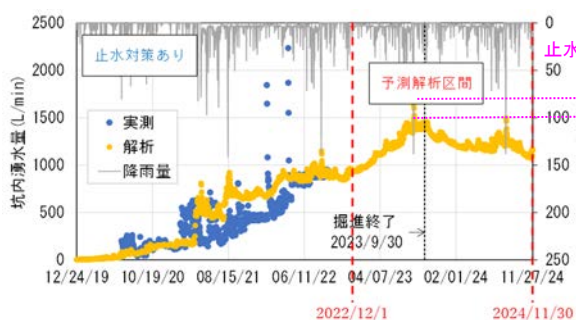


図-7 坑内湧水量の経時変化（止水対策あり）

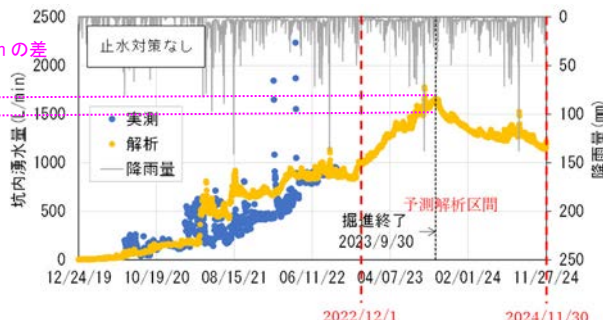


図-8 坑内湧水量の経時変化（止水対策なし）

6. まとめ

今後の施工において、照査領域への地下水低下影響の可能性が確認された。解析値に対する坑内実績湧水量に留意するとともに、対象域の定期観測の実施を行っていく。また、降雨による季節変動の大きさも確認されているため、実測降雨量についても考慮しつつ観察を行っていく。