

# 京都第二外環状道路北春日トンネルにおける 地下水対策について

滋野 勝稔<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 京都国道事務所 工務課  
(〒600-8234 京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808)

京都第二外環状道路北春日トンネル（全長約470m）では、地下水の保全が重要課題となっている。そのため、設計段階では、有限要素法を用いた3次元地下水流動解析による地下水流況の把握や、通水対策工法（通水ドレーン）の解析的検討を行い、NATM工法の実現性を検証した。現在はトンネル工事を進めており、トンネル周辺の観測井及びため池において、リアルタイムで地下水位計測を実施しながら、掘削時の湧水低減対策や、上流から下流への地下水の流れを阻害しない対策を講じている。工事完成後も、地下水位計測を継続し、地下水位の復水状況について確認する予定である。

キーワード 地下水保全，NATM，通水ドレーン

## 1. はじめに

京都第二外環状道路は、沓掛IC～久御山ICをつなぐ総延長15.7kmの片側2車線、上り下り合わせて4車線の道路である。平成15年度に久御山IC～大山崎IC間を供用しており、現在は、残る大山崎IC～沓掛IC間を平成25年3月の供用開始を目指し、工事を進めている（図-1）。

本報告における北春日トンネル（全長約470m）は、京都三山の一つである西山の大原野地区に位置しており、環境・景観の保全が重要な地域である。下流域にある大原野神社は、平安の時代にも登場する神社で、その井戸、ため池（鯉沢の池：保全対象箇所）は古い歴史を有している。このため、本検討に当たっては、地下水の保全が重要課題となっている。また、当該区間は土被りが3～15m程度と薄い状況であるが、環境・景観への影響を少なくするために、地表改変が少ない非開削工法を採用する地域としている。

過年度の研究発表において、工期短縮と経済性を考慮して、非開削工法の一つであるNATM工法の採用を決定した。NATM工法は、基本的に地下水位を低下させて掘削するため、地下水の保全と相反する一面がある。そこで、NATM工法の採用に先立ち、設計段階では、有限要素法を用いた3次元地下水流動解析による地下水流況の把握や、地下水保全のための通水対策工法（通水ドレーン）の解析的検討を行い、NATM工法の実現性を検証した。本研究発表では、施工段階における地下水対策および周辺の地

下水の状況について報告を行うが、次項に、設計段階におけるNATM工法の実現性に至った経緯を示す。

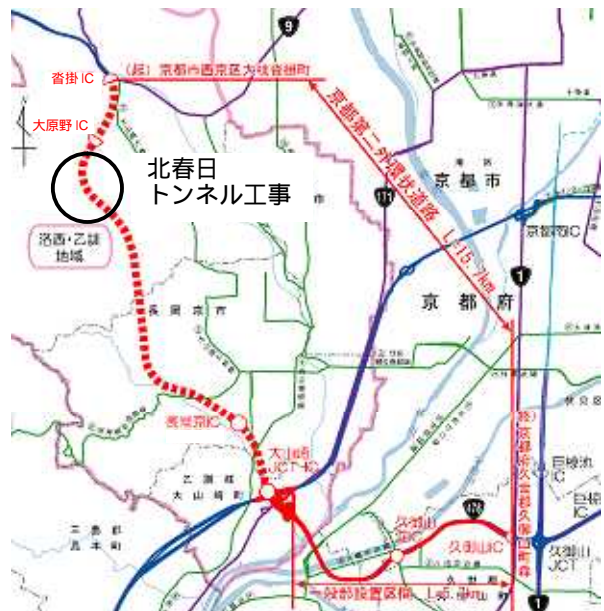


図-1 京都縦貫自動車道路線図

## 2. 設計段階におけるNATM工法実現性の検証

### (1) 現地地山の透水性評価

まず、既往の水文調査結果から、地山の透水性評価を行った。その結果、当該地山を構成する各土層

(地表面より、F:扇状地堆積物層、TH:段丘堆積物層、O:大阪層群)は、いずれも透水性が低く、現地地山の地下水は地山全体で保全された状態であることが確認された。

(2) 地下水流況の把握

続いて、通水対策工法を解析的に検討するため、有限要素法による三次元の地下水流動解析により、地下水流況の把握を行った。解析は、当該地の流域(尾根に囲まれた広大な範囲:南北1.8km×東西2.3km)の広域モデル(図-2)と、トンネル周辺流域(保全対象箇所である鯉沢の池、瀬和井を含む範囲:南北0.8km×東西0.6km)の狭域モデル(図-3)を組み合わせを行った。

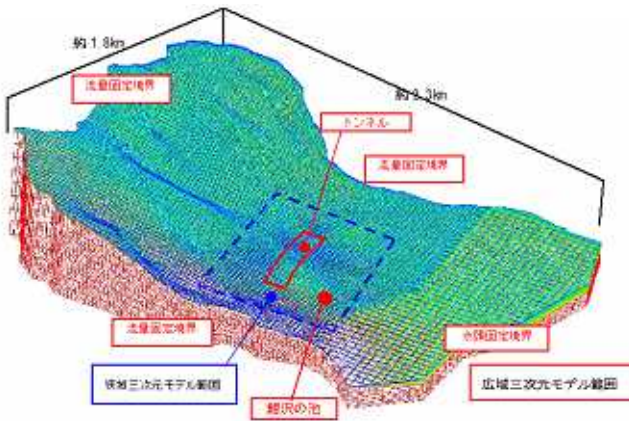


図-2 広域モデル図

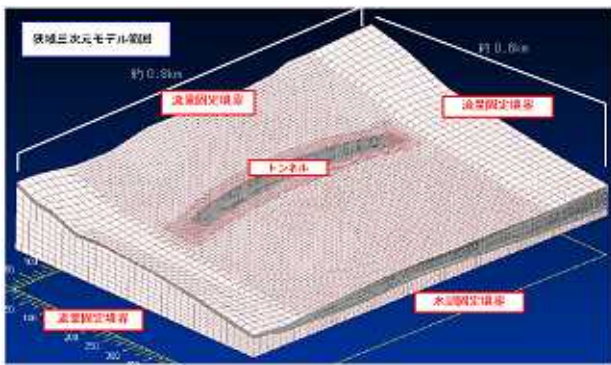


図-3 狭域モデル図

その結果、無対策(通水対策を実施しない)の場合は、トンネル施工による地下水の変動は、最大でダムアップ2.5m程度、ダムダウン2.0m程度が認められる結果となった。このダムアップとダムダウンは、時間経過とともに回復傾向を示すが、トンネル完成後約10年を経過した時点でも、2.0m程度のダムアップとダムアップが生じる(図-4)。この結果から、現況の地下水流動が一部影響を受けるため、通水対策工法の検討を行った。

(3) 通水対策工(通水ドレーン)の検討

対策工として、NATM工法において実績のある、通水ドレーン工を選定し、地下水保全効果について

検討を行った。その結果、通水ドレーン工による対策を実施(設置間隔約40m)した場合は、ダムアップ、ダムダウンを数10cm程度に抑制できる結果となった(図-5)。

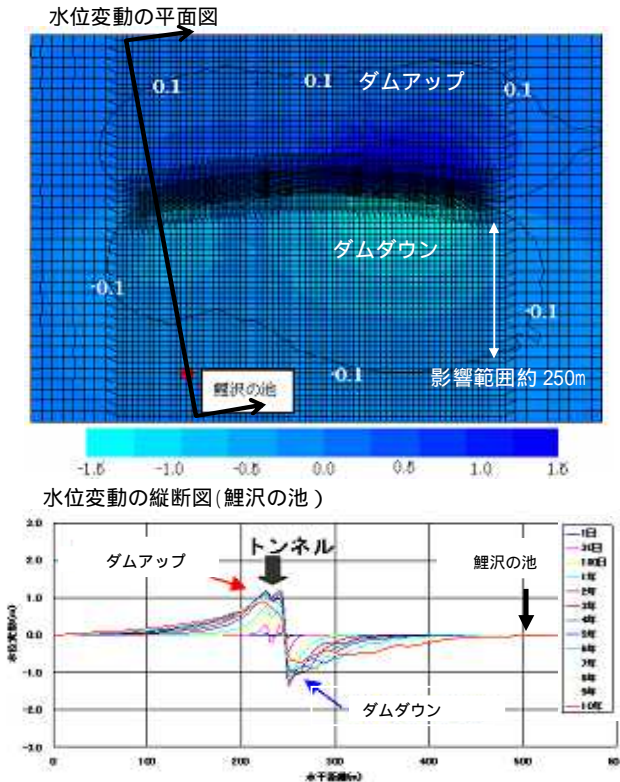


図-4 トンネル完成後の水位変動挙動(無対策の場合)

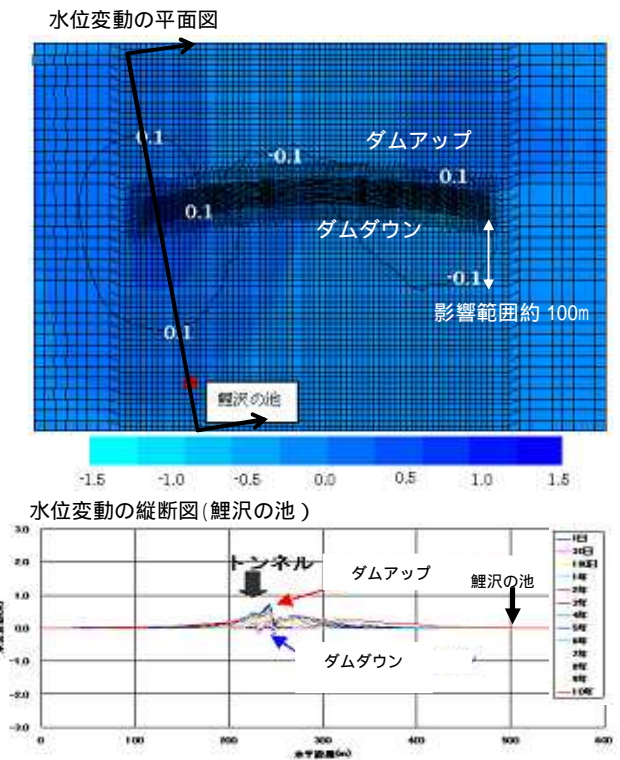


図-5 トンネル完成後の水位変動挙動(通水ドレーンによる対策工を実施した場合)

(4) トンネル掘削時の地下水湧水量の予測

掘削面及び吹付けコンクリート打設前の周面地山部（1m幅）からの湧水量を計算した結果，0.5～1.3m<sup>3</sup>/hr程度となった．この流量は，一般的な排水対策工で処理可能な流量である．

(5) 解析結果のまとめ

解析の結果から，通水ドレーン（図-6）を用いた通水対策を実施することにより，トンネル周辺の地下水位変動を数10cm程度に抑制することができ，下流部の地下水位変動はさらに小さな値に抑制することが確認された．また，トンネル掘削時の湧水量の計算結果から，施工に大きな支障をきたす湧水は生じないと想定された．

このことから，当該地におけるNATM工法の実現性が検証できたものと考えられる．

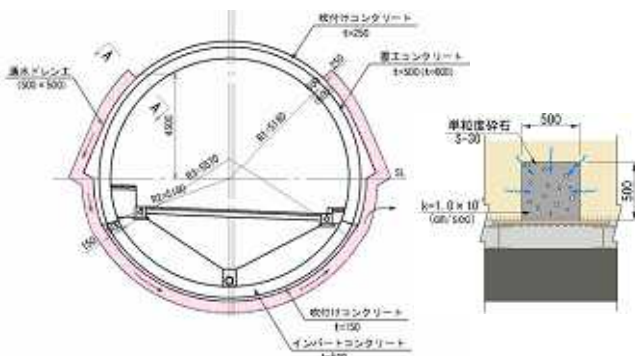


図-6 通水ドレーン

3. 施工段階における地下水への対策および状況

(1) トンネル掘削時の地下水低下への影響対策

トンネル掘削時の地下水低下への影響を低減する対策として，トンネル直近部において，吹付けコンクリートによる掘削底面の仮インバート完全閉合を行いながら掘削を進めている（図-7）．仮インバートによる完全閉合を行うことで，掘削底面からの湧水が低減できるほか，湧水による地山の緩みがなくなるため，切羽面の安定にもつながる．

トンネル切羽近傍からの湧水量は，インバート仮閉合なしの場合の湧水量の予測である0.5～1.3m<sup>3</sup>/hr程度に対し，現在は0.3m<sup>3</sup>/hr程度となっている．これは，仮インバート完全閉合を切羽直近で行っている効果に拠るところが大きいと考えられ，一部で地下水位が低下傾向にあるものの，地下水位低下の抑制に寄与している．

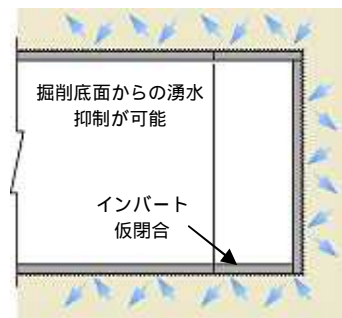


図-7 インバート仮閉合による効果

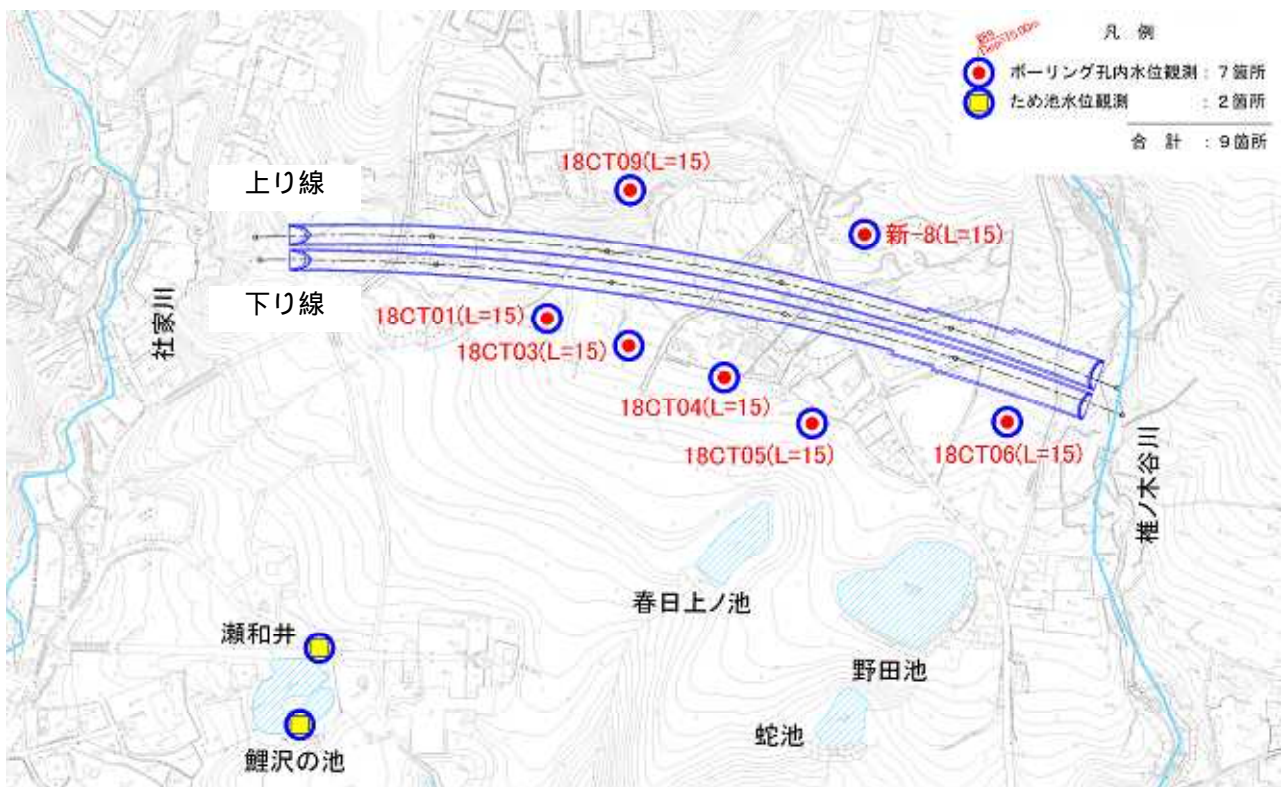


図-8 地下水位計測箇所



図-9 ボーリング孔18CT-01の地下水位状況



図-10 鯉沢の池の地下水位状況

(2) 施工中における地下水位の状況

トンネル掘削に先立ち、トンネル近傍のボーリング孔7カ所及び大原野神社内にあるため池2カ所（保全対象箇所である鯉沢の池、瀬和井）の計9カ所にて、平成23年12月より、リアルタイムによる地下水位自動計測を行っている（図-8）<sup>1,2)</sup>。ボーリング孔18CT-01と、鯉沢の池における、地下水位計測状況を示す（図-9、図-10）。

トンネル近傍に位置するボーリング孔18CT-01では、トンネル掘削の進行に伴い、地下水位の漸減傾向が見られる。その要因として、切羽近傍からの湧水及びトンネル施工に伴う一時的なダムダウンの影響が考えられる。

一方、トンネルから250m程度下流に位置する鯉沢の池では、地下水位の低下は観測されていない。その要因として、当該地山の透水性が低く、鯉沢の池へ流入する水の主な供給源が表層水であることが考えられる。また、トンネル掘削に伴う地下水位の影響範囲がトンネル周辺に限定されるといった、先の地下水流動解析の結果とも整合している。

(3) 地下水の流れを阻害しない対策

トンネル掘削中、上流から下流への地下水の流路を確保する目的で、トンネル掘削の初期段階である下半掘削直後から、上流側側壁部の通水ドレーンと下流側側壁部の通水ドレーンを仮設通水ドレーンで繋ぐ対策を取っている（図-11）。こうすることで、施工途中段階においても、地下水の流れを阻害せず、トンネル掘削を進めることが可能となる。

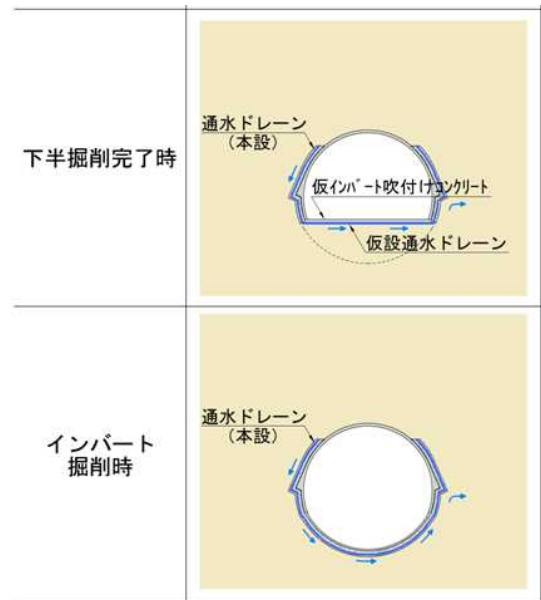


図-11 仮設通水ドレーンの設置

ている。今後も、地下水位変動の有無を確認しながら施工を進めていく予定である。

工事完成後も、トンネル周辺の観測井及びため池において地下水位計測を継続し、地下水位の復水状況について確認する予定である。

なお、現地地山の土質の不均一性などによる不確定要素が考えられるため、地下水位変動に関するリスクマネジメントとして、地表面から地下水を供給する工法等の対策案も検討しておく必要があるものとする。

4. 今後の検討課題

トンネル掘削工事を平成24年1月より開始し、平成24年5月末時点の進行は、下り線トンネルは469m貫通、上り線トンネルは348m/463mである。

トンネル近傍におけるボーリング孔において、地下水位低下が観測されているが、保全対象箇所である鯉沢の池においては、トンネル施工の影響による地下水位変動は観測されておらず、満水状態が続い

参考文献

- 1) 小野武, 西山哲: 無線センサデバイスを活用した道路管理手法について, 平成 23 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 新技術・新工法部門, 2011
- 2) 中川光雄, 成田穰, 里優: 道路防災管理のためのナノセンサデバイスの開発と適用, pg.27-28, 土木学会第 66 回年次学術講演会 (平成 23 年度), 2010