

## 掘削に伴う山岳トンネル内湧水の予測と再利用について

長崎大学 工学部 正会員 棚橋 由彦      長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静  
長崎県 土木部 村里 静則      長崎大学工学部 学生員 ○首藤 茂満

### 1. はじめに

社会基盤整備により都市部にトンネルの建設例が近年増加している。このような場所では地下水が生活用水等に使用されていることがあり、トンネル掘削による河川水の減少、地下水変動など周辺の地下水環境への影響が懸念される。また、自然環境保全の見地から、これまで以上の管理が要求されるケースが増しており、地盤状況を的確に把握し、地下水変動の影響を予測・評価することが重要な課題である。このような現状により本研究は、掘削に伴う都市トンネル内湧水の予測法について検討し、実トンネルへの適用を試みる。

### 2. 研究対象となるオランダ坂トンネルの概要

長崎市は、地形的な制約から、市中心部に一点集中型の幹線道路となっているため、慢性的な交通混雑を呈している。オランダ坂トンネルは地域の活性化および地域間交流の促進を図るために計画された出島バイパスの中心となるものである。トンネルは、住宅密集地の下を掘削し、新地側では地表面までの土被りが小さい所で 10 数 m の場所が存在する。また、このトンネルルート周辺には現在使用されている井戸が約 400 箇所に及んでおり、これらの井戸の大半は新地側坑口より約 1km 区間に集中して分布しており、井戸が社会生活に密着している。トンネル掘削により、トンネルルートの 2 箇所(図 - 1 の A、B)で湧水量が著しく増加し、周辺地域の井戸や観測用ボーリングでの水位低下が確認されている。そのため、トンネル掘削に伴う地下水変動の影響により井戸の枯渇や地盤沈下などで、社会環境に与える影響が懸念されている。

### 3. トンネル湧水量と井戸水位の関係

調査によれば、井戸水位の変化には以下の 3 パターンが見られ、a) A 地点の影響により水位変化が生じたもの； b) B 地点の影響により水位変化が生じたもの； c) トンネルとは関係なく水位変動が見られないものがある。a) の場合は、トンネル掘削断面には凝灰角礫岩が主に分布しており、トンネル内の総湧水量は 40t/h 発生した。地下水の変化は、ゆっくり低下し、トンネルから約 500m 離れた地点でも水位の変化が見られた。b) の場合は、掘削断面には火山角礫岩が主に分布しておりトンネル内の総湧水量は上り線で 60t/h、下り線で 140t/h が発生した。c) の場合は、トンネルに近接していても水位の変化が見られなかった。上下線湧水の間接性を見ると、A 地点までは、ほぼ同じ量である。A ~ B 間は、下り線のほうが 30 ~ 40t/h と多い。また、B 地点からは下り線における湧水量の増加が大きく上下線との差は、約 80t/h にも及んでいる。また、A、B 地点の共通点は両者とも地質の替り目であり、湧水の著しい箇所は地質状況の変化によるものではない

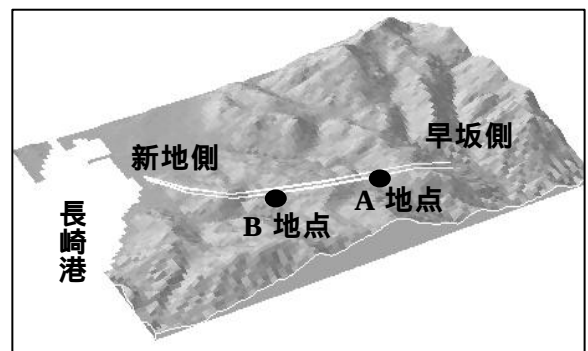


図 - 1 解析領域



図 - 2 地質状況断面図

キ - ワ - ド：トンネル、湧水、3 次元可視化、3 次元モデリング、透水係数

連絡先：〒852 - 8521 長崎市文教町 1 - 14 長崎大学工学部 Tel:095 - 847 - 1111(代) Fax:095 - 848 - 3624

かと考えられる。

#### 4. 地盤状況の可視化

図 - 1 に解析領域トンネル周辺の地形を表し、トンネル周辺地域のボーリングデータなどに基づいて地盤状態の三次元可視化を行う。この領域のトンネルに沿った断面図（図 - 2）に示したように、6 層の地層からなっており、地質概要を表 - 1 に示す。尚、地盤の賦存状況の領域における推定方法について説明する。図 - 3 のように、数本のボーリングデータを内挿することにより、その間にある地質状況を推定する。ボーリングの間隔とその間の地層の変化傾向に応じて幾つかの内挿関数を用意する。これを基本として、複雑な地盤状況についても表現が可能である。なお、地形は国土地理院の数値地図データ(50m メッシュ)を用いている。

#### 5. トンネル湧水解析のモデリングについて

以上に示した地盤状況の可視化法を用いて作成した三次元地盤モデル（図 - 4）にトンネル部のメッシュを再分割すれば、掘削に伴う地下水の変動とトンネル内への湧水を解析することが出来る。ここでは、地層ごとの透水係数などの各種パラメータは現場観測又は室内試験に基づいて入力し、解析を行う。解析結果の一例として B 地点の全水頭、圧力水頭、流速ベクトル図をそれぞれ図 - 5、6、7 に示す。図 - 5 の全水頭図を見ると、切羽周辺で全水頭が小さくなっており、特に切羽面付近でそれが顕著に表れている。図 - 6 の圧力水頭図において、圧力水頭が 0(ゼロ)m が地下水位の位置を示している。図から、トンネル掘削によって地下水位が低下していることが読み取れる。流速ベクトル(図 - 7)は、切羽周辺域でトンネル切羽を巻き込むように流速ベクトルが発生しており、地下水流動の様子が伺える。次に、降雨量と湧水の関連性、トンネル地質状況による湧水発生パターンの違いについて検討を行い、またトンネル掘削に伴う湧水量の予測法を構築するとともに、周辺地域に与える影響の解析的評価を行う。

#### 6. おわりに

本研究は、トンネル湧水によって生じた地下水位変動を評価するための三次元地盤状況モデリングの方法を示し、実現場への適用を行った。今後はトンネル掘削時及び完成後の湧水解析を実施して地盤状況と湧水量に見られる関連性を明らかにしていく。また、湧水量を的確に予測することにより、トンネルの排水施設の選定やトンネル湧水の水資源としての再利用の可能性について更に検討していく。

表 - 1 地質概要

| 記号     | 地 質      | 透水係数(cm/s)           |
|--------|----------|----------------------|
| Vb - w | 強風化火山角礫岩 | $2.4 \times 10^{-4}$ |
| Vb     | 火山角礫岩    | $8.4 \times 10^{-5}$ |
| An2    | 安山岩自破碎部  | $3.7 \times 10^{-4}$ |
| An1    | 安山岩溶岩    | $1.4 \times 10^{-3}$ |
| Tb     | 凝灰角礫岩    | $9.1 \times 10^{-5}$ |
| Lt     | 火山礫凝灰岩   | $1.0 \times 10^{-5}$ |

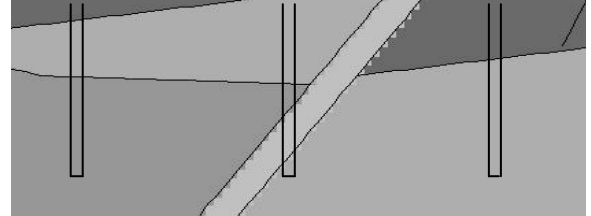


図 - 3 ボーリングに基づく地盤状況の推定

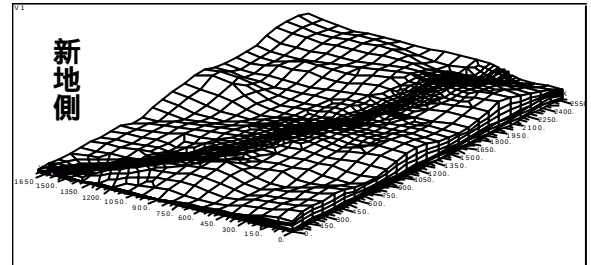


図 - 4 解析モデル

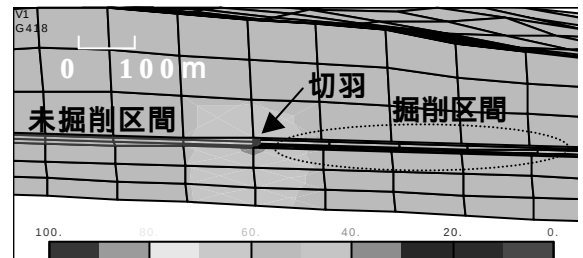


図 - 5 全水頭図 (単位：m)

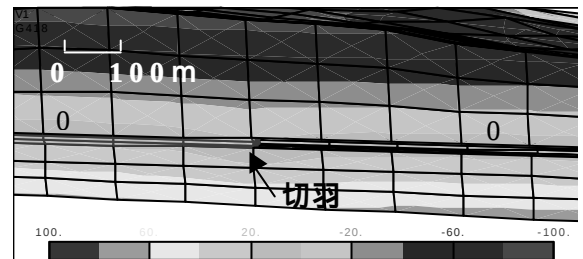


図 - 6 圧力水頭図 (単位：m)

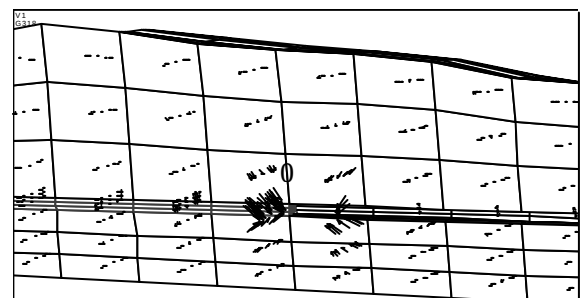


図 - 7 流速ベクトル図