

掘削に伴う都市道路トンネル内湧水の予測と有効利用に関する研究

長崎大学工学部 正会員 棚橋 由彦
長崎県常務理事 正会員 村里 静則

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 学生員 〇首藤 茂満

1. はじめに

近年、都市の人口集中・生活様式の多様化における都市問題の一つとして水需要の増大による水資源の量的不足がある。また、社会基盤整備により都市部にトンネルの建設例が増加しており、本研究は新たな水資源としてトンネル湧水に着目し、トンネル湧水量の予測から実設計例までの実証研究を行う。なお、検討事例として現在建設中の長崎県出島バイパスの中心となるオランダ坂トンネル（図-1）を対象として考える。オランダ坂トンネルが完成したら、平均で数 t/min の湧水があり、それを処理するために膨大な施設と投資が必要となる。しかし一方で、それを親水公園の噴水やトンネル火災防止のための消防用水や生活用水などとして、つまり水資源として有効利用出来れば、環境への負荷を大幅に低減させることが可能となる。

2. 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。このトンネルは長崎市新地町から九州横断自動車道の起点となる早坂町（長崎 I.C）までを結ぶ上り線（全長 2918.0m）、下り線（全長 2961.5m）として建設されている。トンネルは、住宅密集地の下を掘削し、土被りが 35m 以下の区間が延長約 500m にわたって存在する。

3. 地盤状況の三次元可視化とトンネル湧水解析モデルについて¹⁾

地盤状況は不連続的に存在しており、その相互関係を把握することは困難である。本研究では国土地理院の数値地図とトンネル周辺地域の図-1 に示す調査ボーリングデータなどに基づいて地層相互の関係を推定し、地盤状態の三次元モデリングを試みた。

解析対象であるトンネルは両側に標高約 200m 前後の山地が形成されており、ちょうど谷のような部分に位置している。図-2 に示すように、三次元地盤モデルを 100m ×

100m でメッシングしたものにトンネル部のメッシュを再分割することによって湧水量を推定する。トンネル周

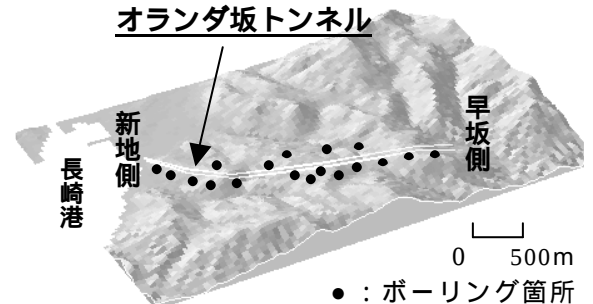


図-1 研究対象領域とボーリング位置

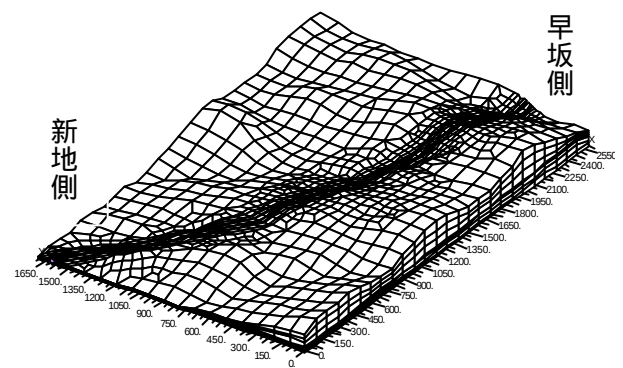


図-2 トンネル湧水解析モデル

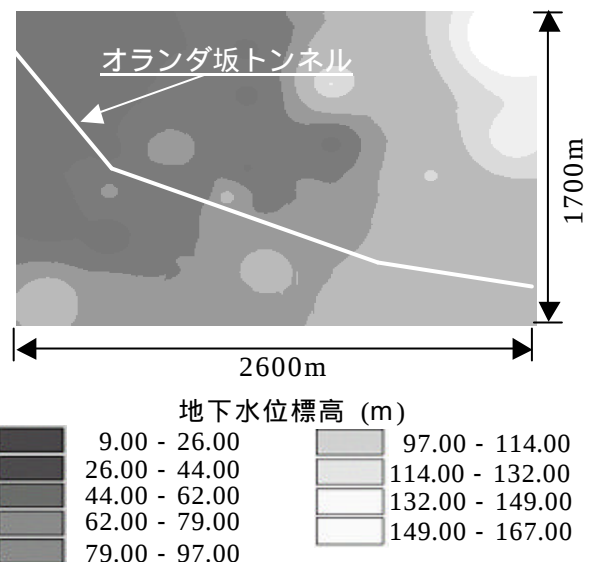


図-3 地下水位分布例(2001年夏)

辺におけるメッシュについてはトンネル付近の地下水の変動を正確に表現するため、トンネル側面から約 80m までの範囲を 20m 前後まで再分割した。トンネル掘進速度は実現場に合わせて設定し、早坂側から掘削を行い、解析による掘削はトンネル部分の要素を取り除くことで表現した。解析領域の地下水分布については、調査ボーリングなどの地下水位の計測結果から作成し、トンネルから離れた場所においては既存の調査ボーリングデータから地形変化を考慮して解析対象領域全体の地下水位の推定した。なお、季節毎(春:3~5 月、夏:6~8 月、秋:9~11 月、冬:12~1 月)に平均化した地下水位を解析に用いている(図 - 3)。

4. 解析結果と考察

文献 1)に示した三次元浸透流解析モデルを用いて解析による掘削に伴う湧水量の推定を行い、これを実測値と比較検討、予測したものを図 - 4 に示す。図を見ると、2000 年 7 月～10 月にかけて毎分 4t 近くまで上昇している。この区間においては、トンネル掘削断面に火山角礫岩が主に分布し、地質分布の分かれ目でもあり現場において著しく湧水が発生した箇所である。それら以外は解析値が計測値とほぼ同量の値を示している。掘削完了後における予測結果においても毎分 1.5t 前後での増減を繰り返し発生しており、恒常湧水として一定の湧水を確保できる可能性を示唆している。地下水位は時間経過によってある程度回復することから、掘削以前の地下水位に戻ったと仮定して仮定して解析を行った結果、トンネル供用後の季節毎のトンネル湧水量は図 - 5 が得られ、2.2 ~ 2.4 t/min の湧水量が発生する。したがって、トンネル貫通後の恒常湧水は 1.5 ~ 2.4t/min にあることが分かった。

5. オランダ坂トンネル湧水の有効利用の提案

長崎アーバンルネッサンス構想は「シーサイドパーク」や「水辺のプロムナード」はコンセプトとして、人々が自然との共生を体感でき、心やすらぐ緑と水の空間の創造が目的とされている。トンネル湧水を現在計画の親水公園の噴水などに有効利用することを提案している。新たな水資源としてトンネル湧水を活用することにより、湧水の放流量を抑制させるなど環境への負荷を低減させることが可能である。

6. おわりに

本研究は、トンネル掘削に伴う湧水量を評価するための三次元地盤状況モデリングと三次元浸透流解析モデルを示し、実現場への適用を行った。トンネル湧水を推定する浸透流解析モデルにおいて、掘削時・供用後の湧水量の推定では、約 1.5 ~ 2.4 t/min の湧水が確認でき、トンネル湧水を水資源として有効利用できることが判明された。今後は、トンネル湧水の水質分析・管理により使用目的に応じた湧水の利用法について検討していきたい。

【参考文献】

- 1) 村里静則, 蔣宇静, 首藤茂満, 棚橋由彦: 掘削に伴う都市トンネル内湧水の予測法に関する研究, 土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集審査付論文, Vol.7, pp.119-128, 2002.

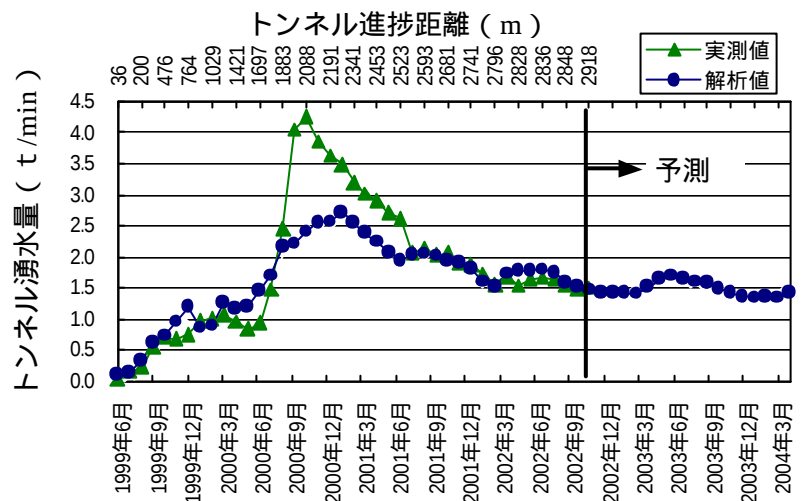


図 - 4 掘削に伴う湧水量の実測値との比較

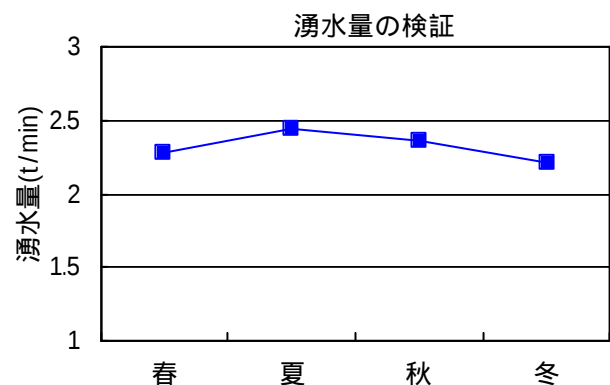


図 - 5 季節毎のトンネル湧水量の予測