

Ⅲ-A273 3次元モデルを用いたトンネル近接交差部の地下水挙動の解析検討

阪神高速道路公団 正会員 西林 素彦
京 都 大 学 正会員 大西 有三
パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 安田 亨

1. 工事概要 阪神高速京都1号線の稲荷山トンネル（仮称）は、東側坑口から約280mの地点で、上方に28mの離隔で上水用導水路トンネルと交差する（図-1）。この導水路の常時の通水量は約13,000m³/hrであるが、トンネル覆工部の老朽化により、地山との恒常的な水の出入が過去の調査で認められている。掘削が進行し導水路と交差する段階で、切羽から湧水が破碎帯を経た導水路からの引水、通水量の減少を伴うことが以前から懸念されていた。そこで、非定常の3次元飽和不飽和3次元有限要素解析により、掘削の進行に伴う地下水の挙動を事前に把握し、切羽の安全性、導水路の通水能力の確保のための対策の必要性について検討を行った。

2. 地質状況

交差部周辺は主に砂岩と粘板岩の互層からなる丹波層群で、北東～南西の断層破碎帯が密に分布している。

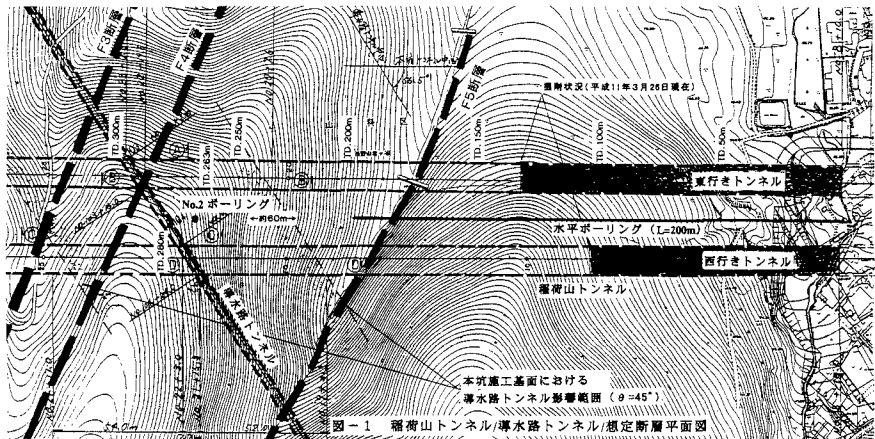


図-1 稲荷山トンネル/導水路トンネル/想定断層平面図

交差部直近にも3本の破碎帯（F3～F5）が確認されており、No.2ボーリング孔でのパージ試験によると、その透水係数は10⁻³～10⁻² cm/secであり、一般岩盤部の10⁻⁶～10⁻⁴ cm/secに比べて高透水性を示している。地下水位は、導水路の水面レベルに近似したGK-60m程度に位置している。

その後にトンネル坑口より約200mの水平ボーリング調査を実施した。図-2によると、F5断層手前に新たな断層（F8）

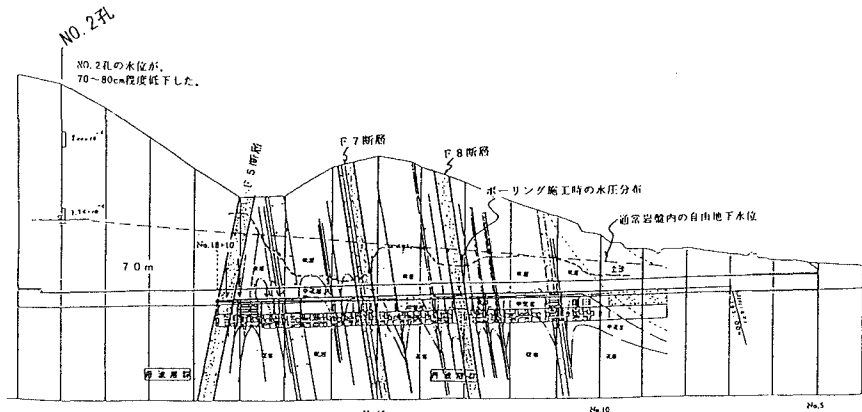


図-2 水平ボーリング結果（断層位置、水圧分布）

地質想定断面図

キーワード：トンネル、地下水、浸透流解析、3次元モデル、断層破碎帯

連絡先（京都市中京区烏丸通錦小路上ル烏丸中央ビル6F, TEL (075) 223-1867; FAX (075) 223-5898）

が存在し、通過時に 400L/min の突発湧水が発生した。また、F5 通過時に 800L/min 以上の湧水が発生し、同時期に No.2 ボーリングの水位が約 1m 低下し、導水路付近と断層の地下水が連動していることが判明した。

3. 解析方法 初期段階の有限要素法による 3 次元モデルを図-3、4 に、モデル上の仮定条件を表-1 に示す。なお、地下水面は、沢水流量や No.2 ボーリング孔内の水位を参考にして求めた。

水路からトンネルへの地下水供給量に応じて、直上の水面と坑内との間に不飽和域が発生する。そこで、質量保全則を基に、水面との接近度合や経過時間に応じた飽和領域と不飽和領域の複雑な変化を考慮した飽和不飽和領域の浸透流の支配方程式を用いた解析を行っている。そして、沢水の現況基底流量及び No.2 ボーリング孔の現況水位と導水路トンネルのみの存在を考慮した出力結果の比較により、モデルの同定検証を行った。

4. 解析結果 図-5 に掘削の進行に伴う地山の圧力水頭の時系列変化を示す。掘削の進行に伴って、地下水面が低下し、導水路トンネル付近の水圧分布の変化が確認できる。ここで、F5 通過時に、2 本のトンネルともに 650 ～ 720L/min の湧水量が発生すると予想される。一方、導水路トンネルからの引水量は 253L/min 程度である。更に、F4、F3 区間においては、トンネル湧水量の増加とともに約 1.0m³/min を引水するが、これは現況通水量の 0.7% 程度に相当する。

これらの解析結果は、覆工なしという安全側の解析条件を前提としているので、この段階での導水路トンネルへの影響は最小限に納まると考える。そして、交差部に止水ゲート等を行わなくとも、掘削の安全性は確保できることを示唆している。

5. おわりに 以上は、初期段階での 3 次元モデル解析結果の報告である。現在、水平ボーリングからの情報を基に、モデルの照査・修正を行い、より現実に忠実な解析を行っている。発表時には、その結果を交差部の掘削状況も併せて報告する予定である。

表-1 解析モデルの諸元・仮定条件

有限要素法モデル	64,293 要素、70,992 節点
透水係数(断層破碎帯)	10^{-2} cm/sec
透水係数(砂泥互層部)	10^{-5} cm/sec
貯留係数	10^{-2}
比貯留係数	10^{-4} cm ⁻¹
降雨強度	1,500mm/year
浸透率	0.1
トンネル掘削速度	30m/月
トンネル壁面条件	完全漏出節点(覆工無し)

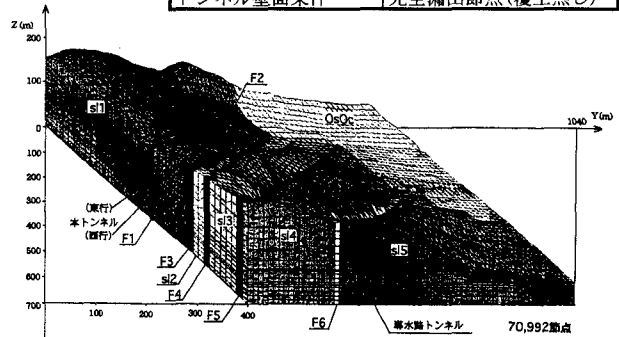


図-3 3次元地層モデル

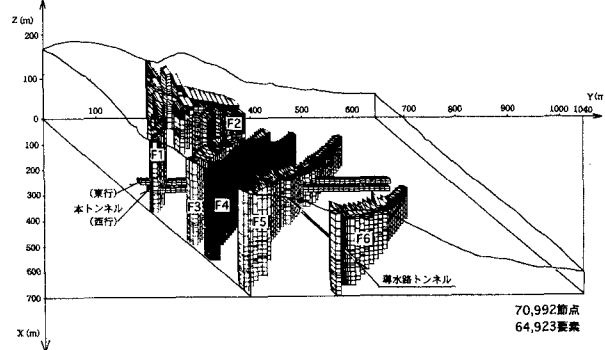


図-4 トンネルルートと破碎部モデルの位置関係

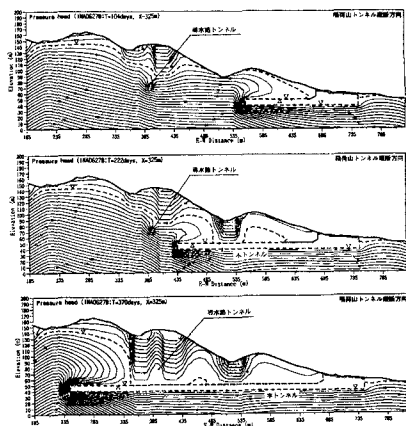


図-5 圧力水頭分布図（東行きトンネル）