

### 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 石原 洋  
 阪神高速道路公団 正会員 曽根 英樹  
 パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 安田 亨

**1. 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し、導水路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たことから、掘削に伴う影響解析を図-1に示す手順で実施した。

図中の～については、昨年度報告した。今回は、地山の水理特性を吟味し今後の施工に反映させるとともに、導水路トンネルへの長期的影響を評価するために実施した、の3次元非定常浸透流解析による検証解析について報告する。

**2. 検証解析** トンネル湧水量及び交差部近傍のNO.2観測孔水位の影響予測解析結果と実績の対比を図-2に示している。これによると、NO.2観測孔水位の低下時期・集中湧水の発生時期、トンネル湧水量、トンネル湧水量の時間的推移に予測と実績で差異が認められた。そこで、これらを解析における修正ポイントとし、坑口～交差部までの掘削実績をもとに、3次元モデルの修正を行い、3次元非定常浸透流解析による検証・評価を行うこととした。3次元モデルの修正内容について図-3に示す。

**3. 解析結果** トンネル湧水量及びNO.2観測孔水位の検証解析結果と実績の対比を同じく図-2に示す。これによると、2.項の～については概ね再現できたものと判断している。また、影響予測解析時及び検証解析時のトンネル掘削に伴う、断層破砕帯を介した導水路トンネルからの予測引水量を表-1に示す。両解析時とも、現行通水量の約2%程度であり、導水路トンネル通水量の変動幅内におさまるもので、特に問題となるものではないと判断した。

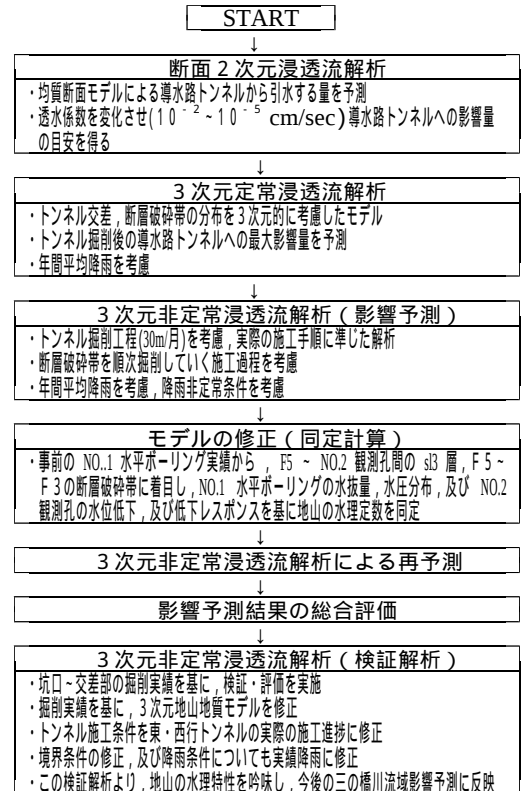


図-1 解析手順

| F4～F3断層破砕帯通過時のF8～F3区間の引水量 |                                        |                                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|
|                           | 導水路トンネルの最大引水量<br>(m <sup>3</sup> /min) | 導水路トンネルの最大時間引水量<br>(m <sup>3</sup> /hour) | 現在の通水量<br>(m <sup>3</sup> /hour) |
| 影響予測                      | 2.228                                  | 133.7                                     | 9,000                            |
|                           |                                        |                                           | 14,000                           |
| 検証                        | 2.865                                  | 171.9                                     | 9,000                            |
|                           |                                        |                                           | 14,000                           |

表-1 導水路トンネル引水量

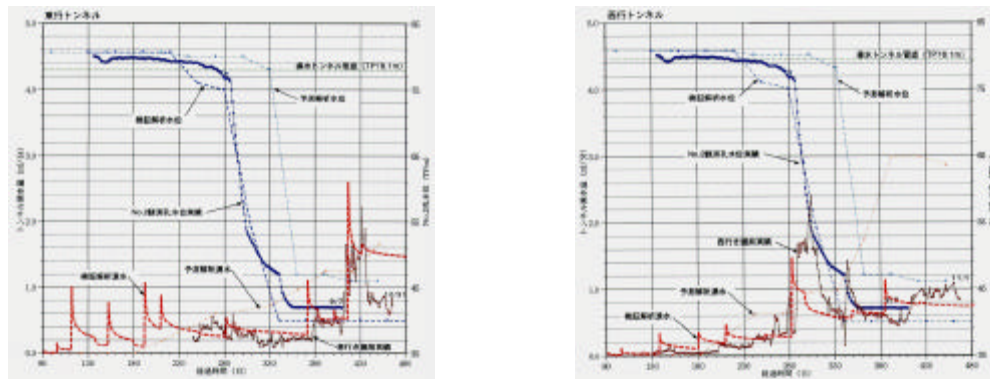
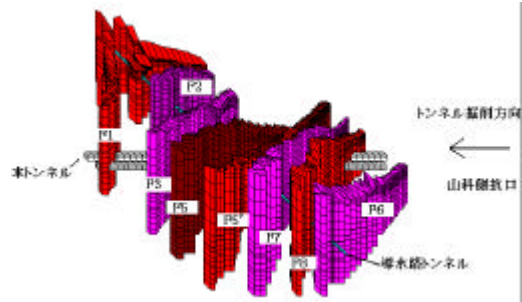
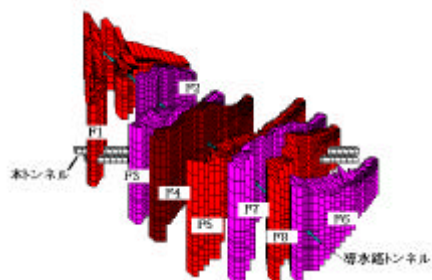
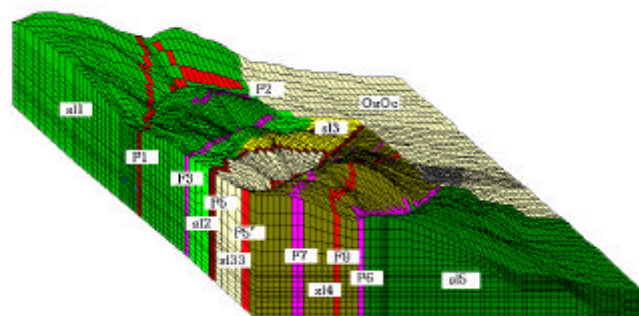
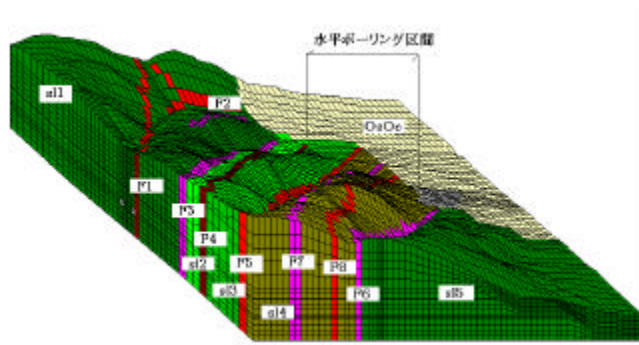


図-2 掘削実績と影響予測解析及び検証解析結果の対比

キーワード：トンネル、地下水、浸透流解析、3次元モデル、断層破砕帯

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）



・水理定数

| 記号    | 地質名   | 透水係数 (cm/sec)      |                    |                    | 体積含水率 (%) | 比貯留係数 $S_s$ (cm <sup>-1</sup> ) |
|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------------------------|
|       |       | X方向                | Y方向                | Z方向                |           |                                 |
| sl1   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl2   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl3   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-4}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl4   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl5   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| F1～F6 | 断層破砕帯 | $1 \times 10^{-2}$ | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-2}$ | 7         | 0.0001                          |
| Oc～Os | 砂礫層   | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 10        | 0.0001                          |

・降雨強度 : 1.500mm/year

・浸透率 : 0.1

・トンネル形状: 稲荷山トンネル 10m × 10m の矩形断面

導水路トンネル 3m × 3m の矩形断面

・壁面条件 : 両トンネルとも完全漏出節点, 2 次覆工 CO, 吹付 CO ともに無し

・水理定数

| 記号    | 地質名   | 透水係数 (cm/sec)      |                    |                    | 体積含水率 (%) | 比貯留係数 $S_s$ (cm <sup>-1</sup> ) |
|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------------------------|
|       |       | X方向                | Y方向                | Z方向                |           |                                 |
| sl1   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl2   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl3   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-4}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl33  | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-4}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl4   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| sl5   | 砂泥互層  | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 5         | 0.0001                          |
| F1～F6 | 断層破砕帯 | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-2}$ | 7         | 0.000001                        |
| F5'   | 断層破砕帯 | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-3}$ | $1 \times 10^{-2}$ | 7         | 0.000001                        |
| Oc～Os | 砂礫層   | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-5}$ | 10        | 0.0001                          |

| 修正項目      | モデルの修正内容                                                                                                                                                                                                         |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 断層破砕帯     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・F4断層は存在しない。</li> <li>・F6, F7, F5断層は, 断層幅を小さくする。</li> <li>・F5断層の走向を実績に合わせる。</li> <li>・F5断層手前に, F5'断層を加える。</li> <li>この断層で西行トンネルは, 集中湧水が発生し, NO.2孔の地下水位が急激に低下した。</li> </ul> |
| 破砕帯間の砂泥互層 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂泥互層は, 一様に評価できない。</li> <li>・F5'～F5断層間の砂泥互層の帯水層区分。</li> <li>・F5～F3断層間の砂泥互層の帯水層区分。</li> </ul>                                                                              |
| 境界条件      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル周辺の境界条件は, 影響予測解析モデルと同様に, 導水路トンネル掘削後の周辺境界の初期流量を境界流量条件とする。</li> <li>導水路トンネルは, 影響予測解析モデルと同じ, 水位固定条件とする。</li> </ul>                                                       |

(影響予測解析モデル)

(検証解析モデル; 影響予測解析モデルを修正)

図 - 3 3次元解析地山モデル

4. おわりに 上記のとおり、3次元解析は地形、地質、トンネル構造、交差条件が3次元的に複雑で、地下水流が岩盤の亀裂に支配され、透水係数の異方性を考慮する場合には効果的であった。

今回難関であった導水路トンネル交差部を、本解析結果を基に情報化施工により、通水量に有意な影響を与えることなく通過することができた。今後は本掘削実績を、次なる影響予測解析に反映することとしたい。