

地下水流動対策委員会
第2回委員会

調査等報告

平成20年2月22日

西日本高速道路株式会社
関西支社大阪工事事務所

1 . 調査・解析等方針

(現地水理水文調査と地下水影響解析)

委員会での調査・解析に関する基本方針

全体計画の策定

感度解析の実施

解析モデルと調査測定項目の提案

地下水影響解析結果の評価

トンネル掘削に伴う

地下水影響に対する対策工の検討

トンネル工事前・中・後の調査測定に対する提言

2 . 対象区間、調査測定地点と調査測定

1) 対象区間 :

- 東畦野トンネル (仮称)
- 箕面トンネル (仮称)
- 竜王山トンネル (仮称)
- 原トンネル (仮称)
- 神峯山寺トンネル (仮称)
- 成合切土(高槻 IC) (仮称)



トンネル掘削により、自然環境や利水への影響が大きいと予想される流域について、以下の水理水文に関する項目について調査中である。

2) 調査・測定項目

連続流量測定

自記記録による連続測定：通年
流量測定

定期流量測定：月2回

基底流量測定

春季・梅雨期・秋季・冬季渇水期
：1週間以上連続測定

ボーリング調査

(調査位置・規模等については未定)

孔内観察

透水性調査

現場透水試験，湧水圧試験

地表踏査・ボーリング調査・原位置試験
結果の整理

水理地質図・水理定数の整理

減水深測定、河川・ため池等水位測定

3 . 解析モデルの選定

高速道路建設（トンネル，切土）に伴う地下水への影響評価とその対応

施工時・完成後の水文環境への影響を予測

影響が発生する可能性がある場合

既往対策事例を整理し，対策工を検討する

施工前・中・後における水文環境の変化の
監視手法の提案

過去に実施された水文解析は，詳細調査前に実施されたもので，定数等は「**全て仮定**」である

平成19年度：

- ・ 解析モデルの選定
- ・ 各水理定数に対する「**感度解析**」の実施

感度解析：予測精度の向上を図る

（どの定数が最も予測精度に影響を与えるかを把握し，調査項目選定の資料とする）

トンネル工事区間における最適解析法の抽出

解析方法	対象規模		予測精度		
	小規模 切盛土 橋脚基礎	広域大規模 トンネル 地下水保全	定性的評価 影響有無 影響範囲	定量的評価 影響量 変動幅 影響位置	厳密的評価 影響量 変動幅 影響位置
水文学的方法	×			×	×
水理公式					×
統計的手法	×			×	×
断面2次元解析		×			×
準3次元浸透流解析	×			×	×
準3次元水収支 シミュレーション解析	×				
3次元浸透流解析					

NEXCOエンジニア関西作成

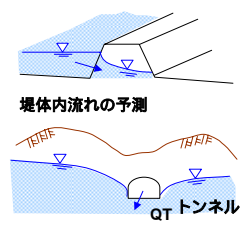
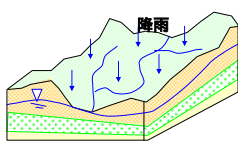
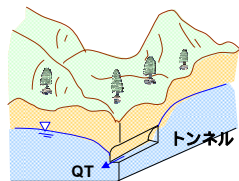
トンネル施工区間における解析法

「3次元飽和 - 不飽和浸透流解析」を提案

(トンネル横断・縦断方向の地下水挙動予測に適する)

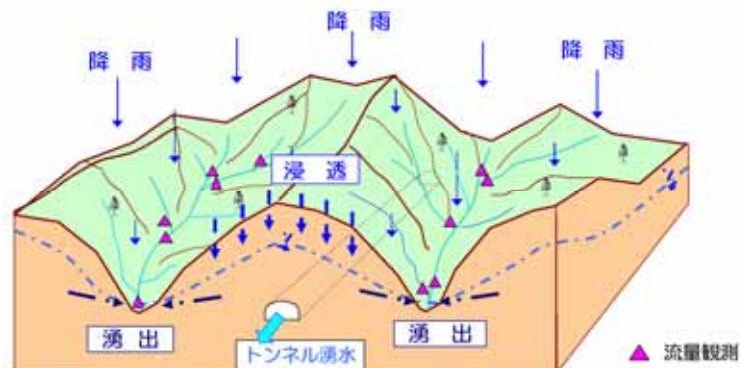
飽和 - 不飽和領域が取扱え、解析手法上仮定が少ない

ただし、成合切土は断面2次元解析、または準3次元解析で行う)

	鉛直2次元解析	準3次元解析	3次元解析
解析対象	 <p>堤体内流れの予測</p> <p>トンネル掘削による水位低下・湧水量予測に適する。</p>	 <p>降雨を考慮した広域地下水予測に適する。</p>	 <p>トンネル横断，縦断方向の地下水挙動予測に適する。</p>

各種解析手法の模式図

用語の定義



浸透量：

解析範囲全体において、降雨によって地下に浸透する全量。

湧出量：

解析範囲全体において、地下から湧き出す全量。

トンネル湧水量：

トンネル掘削によって、トンネル内部から湧き出す全量。

浸透の支配方程式

$$(\beta S_s + C) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_r \left(K_{s_{ij}} \frac{\partial \psi}{\partial x_j} + K_{s_{i3}} \right) \right) - q$$

$$i, j = 1, 2, 3, (1: x, 2: y, 3: z)$$

ただし、

ψ : 圧力水頭

S_s : 比貯留係数 (dn/d)

C : 比水分容量 d/d

K_s : 飽和透水係数(地盤依存)

K_r : 相対透水係数(飽和度依存、 $K_r K_s$)

: 定数 (飽和領域=1、不飽和領域=0)

q : 単位体積当たりの流出 / 流入流量 (浸出時、 $q > 0$)

4 . 感度解析の概要

4.1 目 的

トンネル掘削による周辺水文環境に及ぼす影響予測は次のようにする。

有限要素法による飽和-不飽和浸透流解析を使用
水文環境への影響等の解析を実施

感度解析結果からどのような定数が解析に最も影響を与えるかを検討

各結果をトンネル影響解析に反映させ，より精度の高いモデルを構築

今回は，(仮)原トンネルで感度解析を実施
モデルの考え方

(初期条件，側面水位，浸透特性等を仮定)
水理定数の変化に伴う予測値の変動

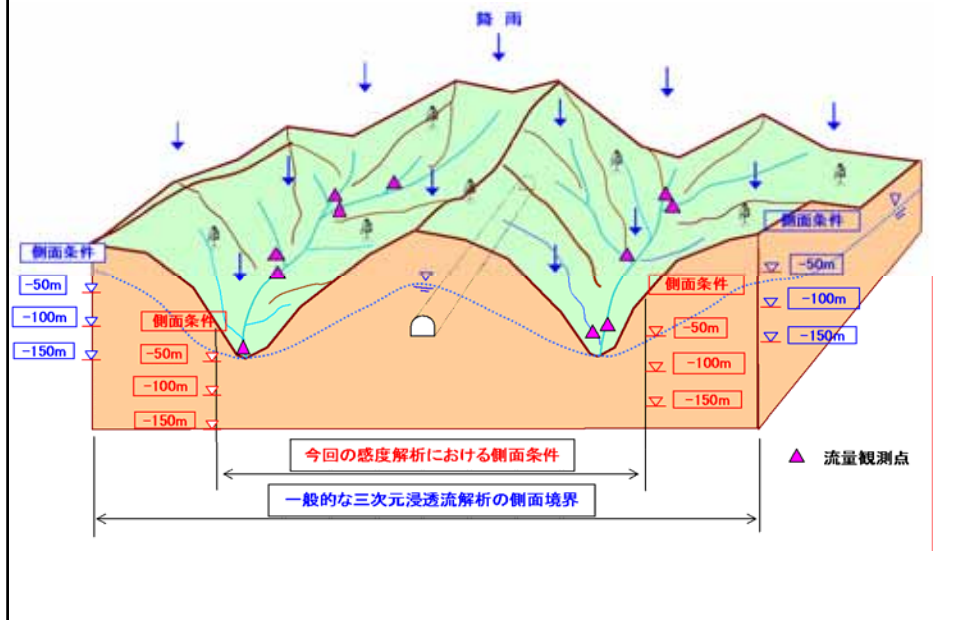
4.2 結 果

(1) 解析条件 (数値は全て仮定)

以下の仮定条件の組合せで解析を実施

- ・ 降雨浸透量：
1400mm/年 (既往解析に準じる)
- ・ 浸透率：
0.3, 0.4, 0.5 (3段階)
- ・ 側面水位 (境界条件)：
50m, 100m, 150m (3段階)
- ・ 地表風化部(地表下10m)：
 $k = 1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ (3段階)
- ・ 地山全体：
 $k = 1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ (5段階)

側面水位（境界条件）条件



（水位が上昇すると）

- ・トンネル掘削前
湧出量は増加，浸透量はほとんど変動無し
- ・トンネル施工後
トンネル湧水量は，ほとんど影響を受けない。

よって，

「側面水位（境界条件）」
の設定が重要となる。

(浸透率が増大すると)

- ・ 湧出量・浸透量は比例的に漸増。
- ・ トンネル湧水量は比例的に増加。

したがって、

「浸透率の大きさ」

がトンネル湧水量に大きく影響を与える。

この感度解析では基盤の透水性 $k=10^{-5}$ cm/sec
付近を境にして。

- ・ 透水性が大きくなる場合 湧出量は急激に増加。
- ・ 透水性が小さくなる場合 湧出量は、ほぼ一定。
- ・ 浸透率が一定の場合 浸透量は、ほぼ一定。
- ・ 透水性が大きくなると、トンネル湧水量はそれに比例して増加する。

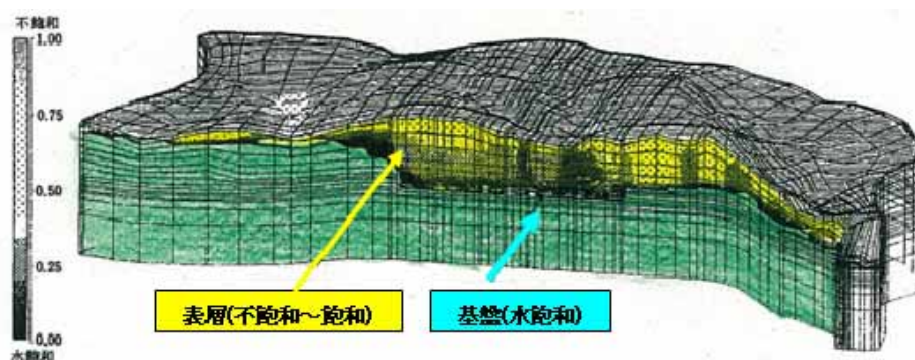
よって、

「基盤の透水係数の把握」

が最も重要となる。

- 地表面への湧出量
 表層の透水係数・層厚の増加
 施工前・後ともに増大
 （表層の透水性・層厚に大きく影響される）
- 浸透量
 浸透率が一定のため、浸透量は一定
- トンネル湧水量
 表層の透水係数が増加 トンネル湧水量は減少
 （表層で浸透したものが直ちに湧出してしまう）
 よって、
 沢水流量やトンネル湧水量の把握には、
「表層の厚さと透水性」
 の把握が重要となる。

表層の厚さと不飽和帯との関係事例



(3) まとめ

側面水位が変化する場合は、湧出量に影響を及ぼすが、トンネル湧水に大きな影響はない。

浸透率が増加する場合、湧出量・浸透量・トンネル湧水量が増加する。

感度解析結果を各トンネルの影響予測に反映することによって、より精度の高い「飽和 - 不飽和浸透流解析」が可能となる。

地盤の透水性は、最もトンネル湧水量に影響を与える。

沢水影響量 (= 湧出量) は、表層の透水性・層厚に大きく影響される。また、基盤の透水性がある大きさに達し、それ以上の透水性を有すると、湧出量が急激に増加する。

トンネル湧水量は、表層の透水性の増加とともに減少する。これは、水が表層で湧出するため基盤まで浸透しない状態となるためである。

4.3 平成20年度に向けて

平成20年度：詳細な水理水文調査の実施

基底流量の把握：

基底流量の算出，各沢の比流量，平均透水係数の調査

透水係数の把握：

地表風化部・地山・断層破碎帯等での垂直・水平方向の透水係数の調査

側面境界条件：

境界河川流量や分水嶺などの条件設定

5 . 平成20年度以降活動内容

平成20年度以降の活動：

- ・ 現地調査と，浸透流解析による影響範囲の推定。
沢水流量・トンネル湧水量等の推定。
- ・ 地下水・表流水減水に伴う対策工事例の提示，
対策工の検討。

5.1 現地調査

より詳細な現地調査等を実施し，水理地質構造，水理定数を用いることによって，飽和 - 不飽和浸透流解析に結果を用いる

連続流量測定（自記水位計測定）

流量測定（定期流量測定）

流量測定（基底流量測定(平水期・豊水期)）

ボーリング調査（亀裂の状況・頻度）

透水性調査（原位置試験による透水係数）

地表踏査結果の整理

（水理地質図の作成・水理定数の整理など）

5.2 影響評価

以下の事項を調査し，条件設定を行う。

地表風化部・地山・断層破碎帯等での垂直・水平方向の透水係数の調査を実施する

側面境界条件を境界河川流量から設定する

流域単位やトンネル区間の評価を含めたパラメータ評価を実施する

飽和 - 不飽和浸透流解析によって影響範囲などを推定する