

[論文 No. GR7]

「トンネル工事により水源等に減濁水が生じた場合の水文観測体制と管理基準設定例」

株式会社 ダイアコンサルタント ○新谷俊一・佐藤大紀・半田義人

1. 事例の概要

本事例は、道路トンネル工事の影響を受けたことにより周辺の地下水環境が変化し、井戸や湧水に減濁水が生じるリスクに対して、事前にリスク軽減を目的として水文観測の体制や、管理基準、並びにリスクに対する処置を検討した事例である。

本事例の工事箇所周辺には、集落、農地、工場が分布し、特に、トンネル上部斜面や台地部では大規模な牧場や工場が分布しており、深井戸から地下水を揚水している。また、トンネル周辺の地区は、上水道は未整備で湧水や井戸が生活用水として利用されている。

2. 事例分析のシナリオ（トンネル施工による周辺地下水環境へ与える影響）

トンネル設計時の地質調査では、以下の点が整理されていた。

- ・トンネル周辺の地山は新第三紀の凝灰角礫岩と安山岩から構成されている。凝灰角礫岩の基質部は未固結から半固結状で帯水している。安山岩は節理が多く地下水を多く胚胎している。
- ・地下水位はトンネル天端よりも上位に分布（トンネル区間で実施した区間水頭圧試験で確認）するため、施工中にトンネル内に地下水の流入が懸念される（図 1）。
- ・トンネル区間に出現する安山岩と地区で利用されている湧水の湧出地点に分布する安山岩は連結しており、トンネル掘削により地区で利用されている湧水の減濁水が懸念される（図 1）。
- ・安山岩以外にも凝灰角礫岩から恒常的に湧水が認められており湧水が豊富な地域である。

以上の調査結果や周辺地区の利水状況の実情から、トンネル施工により地山内の地下水環境に影響が生じ、水源等に影響が生じるリスクが抽出されたため、影響発生時の管理基準(マニュアル等)を施工前に策定した。

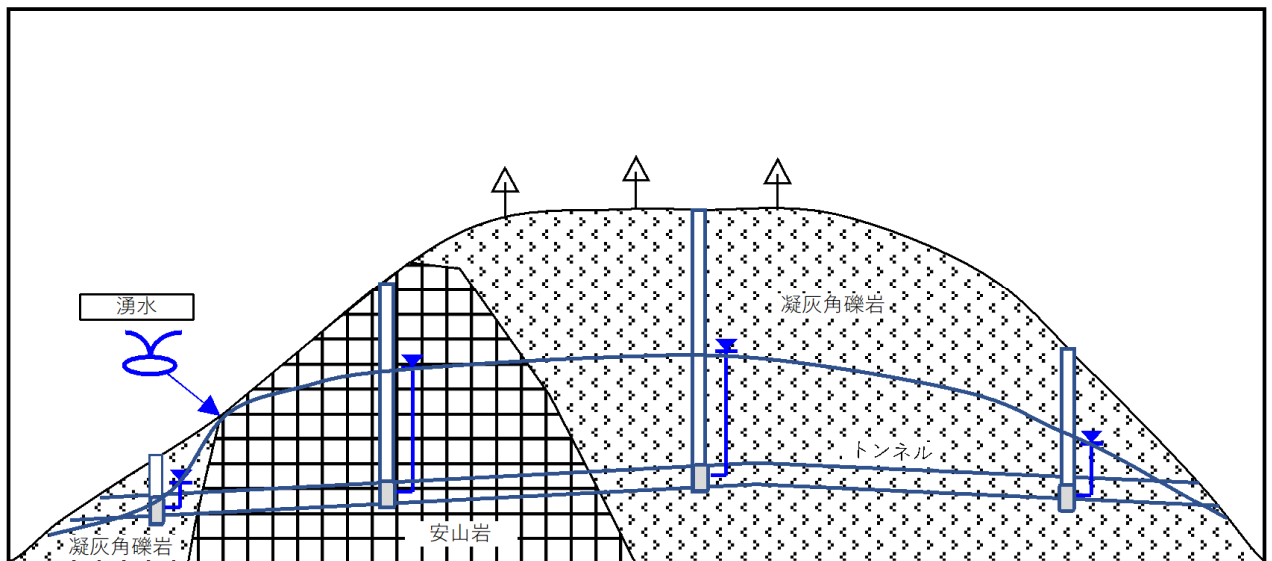


図 1 工事箇所周辺の地下水の分布概念図（イメージ図）

3. データの収集分析

(1) 管理基準(管理レベル)の設定

管理基準を設定するために、既往調査結果をもとに、水源の重要性や地下水位・水量の経年変動状況を整理し、重点観測箇所を選定した。重点観測箇所は以下の利用用途等を考慮して選定した。

表-1 重点観測箇所の選定基準

・ 畜産、農業等の事業用利用のある井戸
・ 上水道が未整備である井戸(飲用利用主体)
・ 複数の受益者を有する簡易水道水源井戸(飲用利用主体)

観測レベルは図2に示すA~Dの4段階で設定した。管理レベルの判定は、「既往観測値の最低値、月毎の月間最大減少値(最大減少量/月)、タンクモデルによる影響評価を用いて判定する。これらの管理レベルの判定は施工中の水文観測結果やトンネル湧水の発生タイミングの情報から判断し、発注者と協議の上、レベルの設定を行うことを提案した。

①管理レベルⅠ (管理体制A⇒B)

- ・ 定期観測時に最低値を更新した場合

※例えば、過去に観測された最低値(最低水位・最低水量)より小さい観測値が観測された場合。

②管理レベルⅡ (管理体制B⇒C)

- ・ 基底値を更新した箇所が複数箇所発生し、それぞれの距離が近くまとまって分布 + (最大減少値/月) を上回る観測値が確認された場合。

③管理レベルⅢ (管理体制C⇒D)

- ・ 水利用者からの苦情が発生した場合。水利用に支障が生じた場合

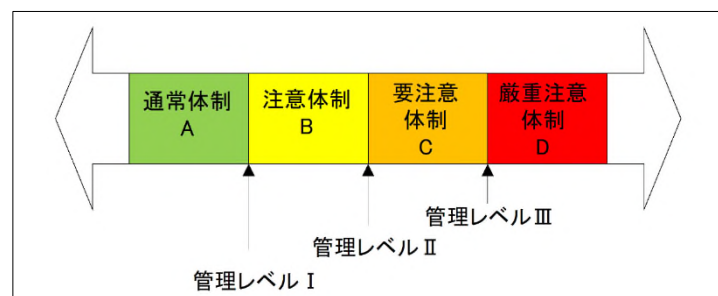


図2 管理レベルの検討

(2) 水文観測体制

管理レベル毎の水文観測体制を設定した。管理レベルがⅠ～Ⅱに移行した場合は、最小値を下回る箇所において月に2回の観測を実施することを提案した。また、管理レベルがⅡ以上に移行した場合は、同地区の重点箇所でも月に2回の観測を実施し、観測精度を向上させ、影響評価を行うことを提案した。

表-2 管理レベルと観測体制

管理レベル	区分	観測体制
I 以下	通常体制A	通常の観測箇所：(1回/月)
I～II	注意体制B	通常の観測箇所：(1回/月) 最小値を下回る箇所：(2回/月)
II～III	要注意体制C	通常の観測箇所：(1回/月) 最小値と月間最大減少値を下回る箇所+同地区の重点 箇所：(2回/月) 自記水位計追加検討
III以上	嚴重注意体制D	通常の観測箇所：(1回/月) 最小値と月間最大減少値を下回る箇所+同地区の重点 箇所：(2回/月)

(3) 施工体制

管理レベル毎に施工者や発注者が行う施工体制を設定した。施工体制については、表-3 に示した内容で提案したが、発注者-施工者間で協議を行いたいうえで決定することとした。管理レベルが I～II に移行した場合は、トンネル坑内からの湧水量の継続的な測定を行う。また、管理レベルが II 以上に移行した場合は、生活用水の確保を行うことを目的として給水車の配備、補償用井戸を掘削するための準備を行うことを提案した。管理レベルが II 以上に移行した場合は、給水車による配水や補償用井戸の施工を行うことを提案した。

表-3 管理レベルと施工管理体制

管理レベル	区分	施工管理体制
I 以下	通常体制A	通常施工、トンネル坑内湧水量測定
I～II	注意体制B	通常施工、トンネル坑内湧水量測定
II～III	要注意体制C	生活用水確保用の給水車配備 補償用井戸の準備
III以上	嚴重注意体制D	生活用水の給水車による給水開始 補償用井戸掘削、配管、給水

4. マネジメントの効果(リスクの措置)とまとめ

トンネル周辺の地区は上水道の配備が無い場合、井戸もしくは簡易水道を利用し生活している。そのため、施工の影響が発生した場合のリスクの措置について検討した。

応急対策は、管理レベルが III 以上に認定され、補償対象として認定された直後に、必要水量を応急的に配給するための作業である。恒久対策は、管理レベルが III 以上に認定され、補償対象として認定された箇所に対して、必要水量を恒久的に配給する設備を設置することである。

トンネル上部に位置する牧場や工場の井戸については影響を受ける可能性が高いことから、施工前に補償用の井戸を掘削することを提案した。

- ・トンネル周辺の地区 ⇒給水車による配給(応急対策)、補償用井戸掘削による補償
【掘削位置、掘削深度の計画・準備を施工前に実施】
- ・トンネル上部の牧場や工場 ⇒ 補償用井戸掘削による補償

現在、本事例のトンネル工事は施工が開始されており、トンネル湧水が増加傾向を示している。そのため、水文観測を実施しながら周辺の地下水環境のモニタリングを実施している段階であり、追加工事費等のマネジメントの効果については、現時点では評価が出来ない。今後の影響が生じた場合の迅速な対応と事業の円滑な進行のためには、発注者-施工者-観測者の三社連携が重要であり、地元住民への説明や湧水に対する計画・対策方針の提案などのリーダーシップやコーディネート力も求められる。

5. データ様式の提案

現在、本事例のトンネル工事は施工中であり事業が完了していない。そのため、データ様式に対策工事費、工事変更の内容等について記入するためには、今後の施工実績や湧水発生時の対応実績を収集する必要がある。

表 - 4 C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

大項目		小項目	データ	
対象工事	発注者		-	
	工事名		〇〇トンネル工事	
	工種		トンネル工事	
	工事概要		〇km程度のトンネルの施工	
	①当初工事費		-	
	当初工期		-	
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期	施工中 現時点ではリスク発現の判定は認められない。	
		トラブルの内容	想定されるリスク トンネル施工による地下水環境が変化し、トンネル周辺の井戸や湧水水源が枯渇する。	
		トラブルの原因	トンネル湧水	
		工事への影響	施工方法の見直し、施工の遅延	
	追加工事の内容	追加調査の内容	観測頻度の増加	
		修正設計内容	止水対策 湧水した水源への応急対策および恒久対策	
		対策工事	補償用井戸の施工、配管工事	
		追加工事	止水対策等	
		追加費用	追加調査	-
			修正設計	-
			対策工	-
			追加工事	-
			②合計	-
		延長工期	-	
間接的な影響項目	-			
負担者	-			
最 小 限	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	安山岩及び断層部にトンネル施工が差し掛かったタイミングでトンネル湧水が発生	
	予測されたトラブル		トンネル施工による地下水環境が変化し、トンネル周辺の井戸や湧水水	

			源が枯渇する。
		回避した事象	-
		工事への影響	施工方法の見直し、施工の遅延
リスク管理の実際		判断した時期	-
		判断した者	-
		判断の内容	-
		判断に必要な情報	水文観測箇所の水位・水量情報、 気象情報、施工情報(トンネル湧水量等)
リスク対応の実際	内容	追加調査	-
		修正設計	-
		対策工	-
	費用	追加調査	-
		修正設計	-
		対策工	-
		③合計	-
回避しなかった場合	工事変更の内容		-
	④変更後工事費		-
	変更後工期		-
	間接的な影響項目		供用開始時期の遅延、水源の枯渇 による利水不能
	受益者		発注者、利用者、納税者
リスクマネジメントの効果	費用④ - (①+②+③)		-
	工期		-
	その他		-