

山岳トンネルのリスク低減に関する検討（その4）

— 地質環境に関するリスク管理 —

(株)大林組 ○正会員 木梨 秀雄 五洋建設(株) 正会員 土田 淳也
清水建設(株) 正会員 福田 毅 鹿島建設(株) 正会員 白鷺 卓

1. はじめに

トンネル工事において、対象となる地質の不確実性や地下水の湧出は、大きなリスク要因である。対象とする地山の地質と環境に関連したリスクに関し、過去40年間の既往文献調査を調査した結果、地下水による周辺環境へのリスク、地山から発生するガスによるリスクおよび、ずりに含まれる自然由来重金属等によるリスクの3項目を抽出した。以下では、これら3項目に関して調査・設計、施工、および維持管理の各段階におけるリスク要因を分析し、それらを低減するための対策について述べる。なお、本報告は土木学会トンネル工学委員会「山岳トンネルのリスク検討部会（部会長：神戸大学 芥川教授）」のうち地質環境WGでの検討内容を紹介するものである。

2. 地下水による周辺環境へのリスク低減

既往の文献調査から、地下水に関するリスクが潜在する地質としては60%が堆積岩であり、地質構造等では断層破碎帯や風化・未固結層、地層境界、鍾乳洞など、地山の脆弱部となる構造が関与することが分かった。また、地下水に関するリスク要因を分析した結果、地下水位低下と水質変化を抽出した。多数の事例について、計画・設計段階、施工段階、維持管理段階ごとに各々のリスク要因とその対策を分析し、提言としてまとめた。このうち、計画・設計段階におけるリスク要因と対策の提言内容を表-1に示す。

図-1には地下水位低下のリスクの概念をイラストで示す。



図-1 地下水位低下のリスクの概念

3. ガスによるリスク低減

既往の文献調査からトンネル工事で考慮すべきガスに関するリスクとしては、可燃性ガスによる爆発、有害ガスによる中毒、および酸欠空気による酸素欠乏症を抽出した。可燃性ガスは、主に古・新第三紀、第四紀層の地域にある油田・炭田のガスや水溶性ガスで、爆発はほとんどのケースでメタンが起こしている。また、メタンガス突出

表-1 地下水に関するリスク要因と対策への提言（計画・設計段階）

	リスク要因	対策への提言
地下水位低下	① 計画路線上に帯水層が分布する。 ② 湧泉等の水源や希少動植物が路線計画域に分布している。 ③ 路線計画域における水文調査が不足している。 ④ トンネル掘削に伴う周辺水環境への影響を過小または過大に評価している。 ⑤ 地下水位低下対策の検討が不十分である。 ⑥ リスクに対する地元住民を含めた利害関係者との合意形成ができていない。	① 水文調査や数値解析等を過不足なく行い、地下水位低下によるリスクを把握すること。 ② リスクがあれば、ルート変更を検討すること。 ③ リスクが不可避であれば、代替水源や防水型トンネル構造等の対策を検討すること。 ④ 必要に応じて、有識者に助言を求めること。 ⑤ リスクについて地元住民を含めた利害関係者との合意形成を図ること。
水質変化	① 計画路線下流域で井戸水や生活用水として地下水を利用、または農業、漁業を営んでいる。 ② 計画路線周辺流域に希少種の生息が確認されている。 ③ 計画路線の地山に自然由来重金属等が含まれている。	① 利水実態調査や地下水流動解析を実施し、地下水の水質変化によるリスクを網羅すること。 ② 周辺環境に配慮した線形計画を実施すること。 ③ 施工技術検討会等の設置により、有識者に助言を求めること。

キーワード 地下水位低下、水質変化、ガス爆発、酸素欠乏、有害ガス中毒、自然由来重金属

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組トンネル技術部 TEL03-5769-1320

のおそれがある地質構造として、断層破碎帯や褶曲地帯における背斜構造などが指摘されている。このほかに、地下水位の下がった層を掘削する際の酸化・還元状態の鉄分などによる酸欠空気、および火山地帯や新第三紀層の海成泥岩などに含まれる硫化水素等の有害ガスによる中毒をリスクとして抽出している。これらのうち、ここでは施工段階における可燃性ガスのリスク要因と対策への提言の内容を表-2 に示す。また、イラストにより可燃性ガスの貯留層の概念を表現したものを図-2 に示す。

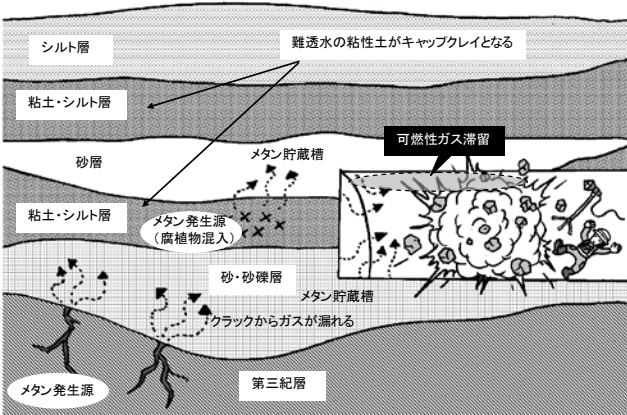


図-2 可燃性ガスの貯留層の概念

表-2 可燃性ガスによる爆発のリスク要因と対策への提言（施工段階）

リスク要因	対策への提言
① 可燃性ガスの地中での存在状況を的確に把握できていない。 ② ガスの希釈、排除等の適切な措置がなされていない。 ③ 火源対策が十分になされていない。 ④ 安全教育を含めた安全管理体制の確立による全作業員への周知徹底不足。	① 可燃性ガスの存在形態を理解し、濃度測定を行うこと。 ② 希釈の風速は少なくとも 0.5m/s 以上とし、メタンが定常的に湧出する場合は風速 1m/s とする。 ③ 火源対策を厳重に行い、日常的に換気設備および電気設備を点検すること。 ④ 定期的な爆発災害防止教育に努めること。

4. 自然由来重金属等のリスク低減

トンネルのずりに含まれる自然由来の重金属等について、定量的な分析を行った結果、処理が必要と判定された場合は、不溶化や封じ込め等の最終的な処理費に加え、運搬時やずり仮置き場での飛散・流出対策により大きな費用がかかるため、事業リスクとなる。また、重金属等の定量分析には通常数日間を要することから、施工条件によっては十分なずりの仮置き場を確保できないケースもある。この場合、仮置き場からずりが効率的に出せなくなり、掘削の停滞による工期遅延のリスクが懸念される。さらには有害物質拡散のリスクを加えて3つのリスクを抽出した。ここでは、施工段階における自然由来重金属等のリスク要因と対策への提言を表-3 に示す。

表-3 自然由来重金属等のリスク要因と対策への提言（施工段階）

	リスク要因	対策への提言
仮設備計画	① ずり仮置き場から重金属等を含有する水の流出や含有する粉じんの飛散が発生する。 ② ずり運搬時に重金属等を含有する水の流出や粉じんの飛散が発生する。 ③ トンネル湧水や工事用排水から重金属等を含有する水が流出する。	① 遮水性、排水管理、拡散防止対策および対策要否判断期間のずり保管量、切羽毎の分別等を考慮したずり仮置き場を計画する。 ② ずり運搬時の粉じん飛散防止対策を計画する。 ③ 重金属等に対応した濁水処理設備を計画する。
ずり処分	① 処分場から地下水等を経由して重金属等含有水が移動拡散する。 ② 処分場において人が直接採取する。 ③ 場外処分場の能力超過、運搬経路近隣住民の苦情により工事がストップする。	① 利用箇所周辺の動植物、周辺住民に対して溶出する地下水のリスク対策を検討する。 ② 直接採取によるリスク対策を検討する。 ③ 周辺の処分場処理能力、運搬距離を考慮した計画とする。 ④ 周辺住民に配慮した運搬経路を検討する。

5. おわりに

本報告では、山岳トンネル工事における地質と環境に関連するリスク要因、およびその低減対策についての検討結果の一部を紹介した。ライブラリーではここで取り上げた3項目について、実務者向けにわかりやすいイラストをまじえて解説し取りまとめているところである。

謝辞 地質環境 WG の執筆担当者であるフジタ・宇田川義夫氏、奥村組・岡村正典氏、エイト日本技術・河原幸弘氏、首都大学東京・土門剛氏、曙ブレーキ・芳賀博文氏、銭高組・森川淳司氏に謝意を述べる。