付加体地山を貫く長大トンネルにおける地質リスクマネジメント

国土交通省東北地方整備局　赤石広秋
鹿島建設(株)　正会員　西川幸一　福田博之　川野広道
鹿島建設(株)　正会員　○小泉　悠　金本　凌　戸邉勇人

１．はじめに

新区界トンネルは，宮古盛岡横断道路の最大の難所である区界峠を貫く全長約 5km の長大トンネルである．現在，宮古側・盛岡側ともに，避難坑（内空断面積 約 18.2m^2）を先進させながら，避難坑と本坑（掘削断面積 約 110m^2）合わせて計 4 つの切羽での掘削を進めている．掘削対象となる地山は，緑色岩，粘板岩を主体とする硬質な混在岩と想定されていた．しかし，宮古側の避難坑および本坑では，滑石を含む軟質な葉片状蛇紋岩（**写真－1**）が出現し，本坑では，当初設計を変更し，地山の変形抑制を目的とした早期閉合（鋼アーチ支保工：H-200）による施工が必要となった．この蛇紋岩に関する地質リスク（リスク＝発現確率×発現時の重大性，本報文では蛇紋岩リスクと呼ぶ）の精度よい評価が，工事計画を策定するうえで重要となった．

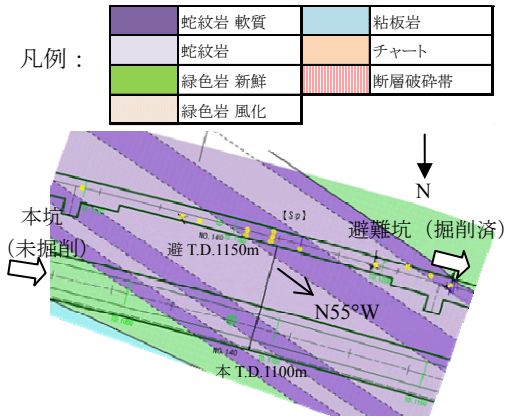
写真－1　蛇紋岩および緑色岩からなる切羽状況

２．地質概要及び地質調査段階での想定地質 [1)]

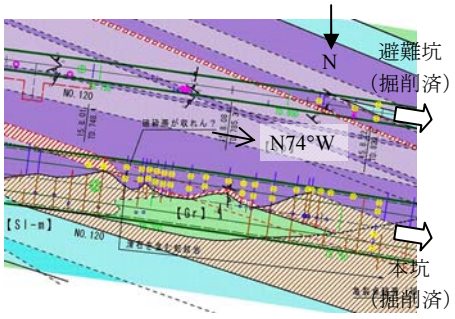
当トンネル周辺の地質は，古生代石炭紀に形成された付加体と考えられる根田茂帯混在岩で，緑色岩，粘板岩，砂岩，チャートといった岩が混在する．地質調査段階より，露頭およびボーリングコアで蛇紋岩が観察されており，葉片状構造を呈すること，滑石を伴うことが指摘されていた．しかし，緑色岩の一部が蛇紋岩化した後，緑色岩優勢混在岩に混在，分散したとの解釈に基づき，蛇紋岩が出現したとしても，切羽は自立・安定するものと想定されていた．

３．避難坑掘削時の地質実績に基づく本坑の地質予測とその限界

避難坑を有する長大トンネルにおいて，先進する避難坑は，本坑掘削のための地質調査坑としての役割が期待される．当工事でも，避難坑の切羽で観察された岩種と亀裂の走向傾斜を記録し，本坑地質の予測を目的とした平面図作成を行った．また，本坑の掘進に合わせ，予測地質を実績地質へと修正する作業を行った．それら作成図面の一例を**図－1** に示す．避難坑で出現した地質の連続性を本坑方向へ延長するにあたっては，切羽観察にて読み取った亀裂の走向に加え，根田茂帯の片理構造が基本的に WNW-ESE 走向を示すことを考慮した（**図－1 (a)**）．しかしながら，**図－1 (b)** に示すように，本坑で出現した蛇紋岩は，切羽左側にとどまって面積の増減を繰り返し，切羽左側から右側へと移動，消失していくことはなかった．当切羽の蛇紋岩は，付加体形成後に混在岩の弱部（不規則に分布）に固体貫入した可能性が考えられることから想定よりも脆弱で，また，当工事では地質の構造軸とトンネル軸とが平行に近いため，避難坑の地質実績から本坑の蛇紋岩リスクを精度よく評価することが難しいと考えられた．



(a)　避難坑地質実績から本坑地質を予測した平面図の例



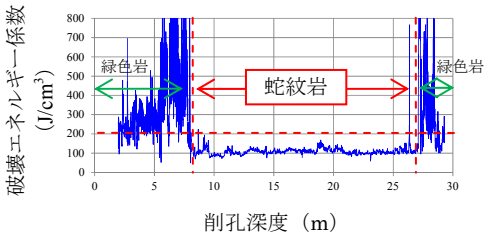
(b) 本坑地質実績に基づき予測を修正した平面図の例

図－1　避難坑掘削実績に基づく地質予測平面図

キーワード　蛇紋岩，避難坑，走向，削孔検層，コアボーリング
連絡先　〒028-2631 岩手県宮古市区界第 2 地割 466-2 新区界トンネル工事事務所　TEL 0193-77-3697

４．削孔検層による本坑切羽前方の地質調査とその効果

本坑切羽前方の蛇紋岩の分布を把握すべく，削孔検層（3m ロッド×10 本＝削孔長 30m）を 30m ごとに実施した．各種油圧データから破壊エネルギー係数を算出した結果の一例を**図－2** に示す．当トンネルでは，軟質な蛇紋岩と硬質な緑色岩との間で，硬軟に明瞭なコントラストがあったため，蛇紋岩出現の有無および出現位置を，削孔データ（破壊エネルギー係数 200J/cm^3 以下を蛇紋岩と判定）と粘土状のスライム（**写真－2**）から精度よく捉えられた．削孔検層は，2 週に 1 回，土曜日の昼勤の最終作業として実施し，地山の硬軟にもよるが，所要 1 時間程度で実施できた．結果は支保パターン変更や岩判定実施の要否，鋼アーチ支保工 H-200 調達の要否等，向こう 2 週間の短期的な工事計画を策定するうえで有効に活用された．



図－2　削孔検層の結果一例

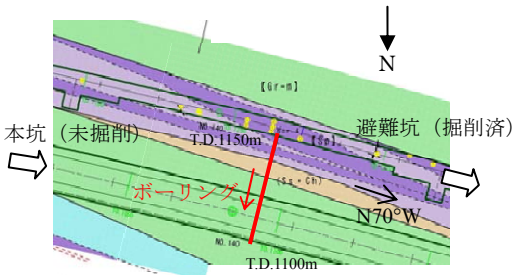
写真－2　蛇紋岩のスライム

５．避難坑側壁から実施した本坑断面を横断するコアボーリングとその効果

図－1（a）の地質予測平面図に示したように，本坑 T.D.1070m 付近以降において，切羽全面で軟質な蛇紋岩が出現するという悲観的予測がなされた．実際にこのリスクが発現した場合，数値解析による高度な設計検討，設計変更の協議，補助工法が必要となる場合の資材調達等を事前に進めておかなければ，長期の工事中断に至るものと考えられた．そこで，連休期間を利用し，避難坑側壁から本坑断面（T.D.1080m 付近）を横断するコアボーリング（φ66mm）を実施した．得られたコア（**写真－3**）は，避難坑側壁から 8.2m までは軟質な葉片状蛇紋岩であったが，それ以降は硬質な緑色岩および砂岩であった．このコアボーリングの結果を踏まえて修正した予測地質平面図（**図－3**）に基づき，本坑当区間での蛇紋岩リスクは小さいと評価し，事前の設計検討等は行わないこととした．

写真－3　コアボーリング試料

結果的に，修正後の予測地質（**図－3**）と本坑実績地質との間で乖離はほとんどなく，コアボーリング実施から 4 ヶ月後に，当区間を CⅡパターン（鋼アーチ支保工：H-150 で上半のみ）で無事施工できた．工事が中断した場合のコストや事前の設計検討を行った場合のコストを考慮すると，コアボーリングに要したコストは合理的なものであり，長期的な工事計画を策定するうえで有効に活用された．



図－3　コアボーリング結果を踏まえて修正した地質予測平面図

５．まとめ

トンネル工事では，事前の調査に基づく想定地質と実際の地質とが乖離する事例が多く報告されており，工事を進めながらの地質リスクマネジメントが重要となる．当トンネルでは，当初，先進する避難坑の地質実績から本坑地質が予測できるものと期待されたが，付加体地山で地質構造が複雑であることから，予測精度の確保が困難であった．そこで，蛇紋岩リスクを，短期的には削孔検層，長期的には避難坑側壁からのコアボーリングにより評価し，地質平面図を都度修正することで，適切な工事計画の策定に有効に活用できた．

参考文献

1）　国土交通省東北地方整備局 岩手河川国道事務所ほか：平成 24 年度 区界地区地質調査業務 報告書，2013.