

## 蛇紋岩帯における避難坑の変状および補修・補強

国土交通省東北地方整備局

大矢 剛

鹿島建設(株)

正会員

西川幸一

福田博之

川野広道

正会員 ○小泉 悠

池田 廉

### 1. はじめに

新区界トンネル(仮称)は、岩手県宮古市と盛岡市を結ぶ復興支援道路である宮古盛岡横断道路のうち、区界峠を貫く全長約 5km の長大トンネルである。宮古側・盛岡側の両坑口から掘進し、平成 29 (2017) 年 11 月、本坑(掘削断面積 約 110m<sup>2</sup>)・避難坑(掘削断面積 約 18.2m<sup>2</sup>)が貫通した。このうち宮古側では、硬質な緑色岩の出現が予想されていた区間で軟質な蛇紋岩が出現し、避難坑の T.D.550~1300m の範囲で、設計支保パターンの割付けを変更(ランクアップ)して施工した。このようにして支保耐力の向上を図ったものの、施工直後または一定の時間経過後、吹付けコンクリートのクラック発生(写真-1)やロックボルト(以下RB, L=2m)の破断、プレートの湾曲(写真-2)といった変状が発生した。供用後、避難坑は通常時利用されないものの、緊急時の重要性は極めて高い。また、当避難坑では覆工コンクリートが施工されず、供用後に受け得る外力は、現状の一次支保工で負担することとなる。そこで、地山物性や変状、地山変位の発生状況等を調査・検討し、変状箇所の補修(断面修復)および補強(構造上の耐力向上)を行った。

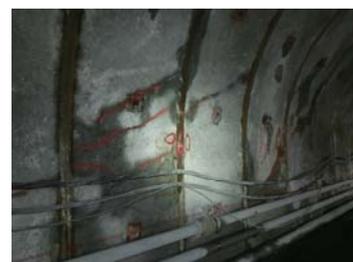


写真-1 吹付けコンクリートのクラック



写真-2 左:ロックボルトの破断 右:プレートの湾曲

### 2. 地質概要および蛇紋岩の物性

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、蛇紋岩、チャート等が混在した。このうち蛇紋岩が出現した区間と避難坑の変状区間は概ね一致した。蛇紋岩は滑石を含有し、葉片状~粘土状を呈した。各種試験を実施して得た当トンネルの蛇紋岩の物性を表-1に示す。当トンネルの蛇紋岩は、モンモリロナイト等の膨潤性粘土鉱物を含有せず、変形係数とスレーキングを除く各種膨張性指標は、膨張性判定基準<sup>1)</sup>を超過しないことが分かった。これより吸水膨張圧が支保工に作用する可能性は低いと考えられた。また、吹付けコンのクラックの補修・増吹きによる被覆効果の向上、また本坑貫通に伴う避難坑への地下水の流入減少により、浸水・スレーキングによる地山の経年劣化は抑制され、長期安定性が担保されると考えた。

表-1 蛇紋岩の物性

試験項目	物性	単位	測定値	参考) 膨張性判定基準 <sup>1)</sup>
孔内水平載荷試験	変形係数	MN/m <sup>2</sup>	55~336	800以下
吸水率試験	吸水膨張率	%	0.41~0.60	2超過
陽イオン交換容量試験	CEC値	cmol(+)/kg	2.3~8.2	35超過
スレーキング試験	浸水崩壊度	—	C~D	C~D
	スレーキング度	—	2~4	3~4
X線回折分析	含有鉱物	—	蛇紋石・滑石	モンモリロナイト等含

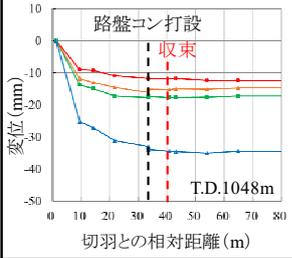
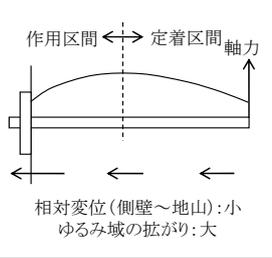
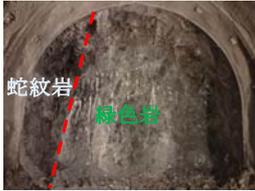
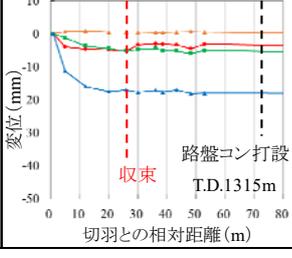
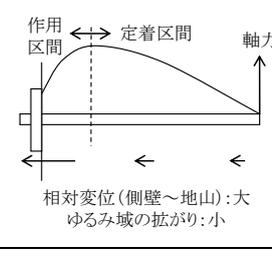
### 3. 変状・地山変位の評価および考察

変状区間における地山の変位は、沈下に対して水平内空が卓越した。そのため、吹付けコンのクラック、RBの破断、RBのプレートの湾曲といった変状は、天端やアーチ部ではほとんど発生せず、側壁部で多発した。これら吹付けコンおよびRBの変状は必ずしも同時に発生せず、吹付けコンのクラックが多発するもののRBの変状がわずかであるケースやその逆のケースが認められた。そこで、両ケースの代表区間を2つ取り上

キーワード 避難坑, 変状, 蛇紋岩, 補修, 補強

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

表-2 変状モードの異なる代表2区間の比較

区間	T.D.(m)	変状実績		掘削時の切羽写真	計測A	RBの推定軸力分布 (概念図)
		吹付け コンクリート	ロックボルト			
1	1035~ 1055 (20m)	クラック発生 ×6吹付け間 (左右土平)	ボルト破断 無し  プレート湾曲 ×6本 (左右土平)	 T.D.1041.4m 切羽評価点 28.3点		
2	1295~ 1315 (20m)	クラック発生 無し	ボルト破断 ×7本(左土平)  プレート湾曲 ×2本(左土平)	 T.D.1298.8m 切羽評価点 53.0点		

げ、切羽状況や地山変位の発生状況を比較した(表-2)。同表より、区間1では切羽全面に蛇紋岩が分布し、変位(水平内空)は切羽が40m(≒7.5D、掘削径D=5.3m)程度先進した時に約35mmで収束した。当現場では、重ダンプのトラフィカビリティ向上のために路盤コンクリート(t=150mm)を打設したが、変位の収束と路盤コンの打設時期は概ね一致していた。このことから、路盤コン打設によって、インバートによる断面閉合同様の変位抑制効果も発揮されたと考えられる。区間2では切羽の左側のみに蛇紋岩が分布し、変位(水平内空)は切羽が26m(≒5D)程度先進した時に18mm程度で収束した。一般に、変位が収束に至るまでの距離が2D以上となる場合、トンネル周辺地山にゆるみ域(非弾性域)が拡大することが知られている。区間1は区間2以上にゆるみ域が広がっていたと考えられ、この差異を踏まえたRBの推定軸力分布を表-2において概念的に示す。区間2では、区間1に対してRBの引張抵抗性能による内圧効果がよりよく発揮され、その結果、RBの破断が多発したと考えられる。一方、区間1では、プレートの湾曲が認められており、RBによる吹付け支持効果がある程度発揮されたと考えられる。しかし、RBが破断するほどの軸力(引張)は生じず、蛇紋岩の塑性圧を主に吹付けコンが負担した結果、クラックが多発したと考えられる。

4. 補修・補強実績

当トンネルの蛇紋岩が顕著な膨張性を示さず、長期的な変位の収束が認められることから、主には補修(断面修復=吹付けコンの吹直し、破断RB・プレートが湾曲したRBの打直し)で対応し、特に軟質な蛇紋岩が出現した区間や変位収束が確認できなかった区間に対し、補強を施した(図-1)。補強は、掘削時、路盤コンの打設により変位が収束した実績を踏まえ、ひび割れた路盤コンをはつり、蛇紋岩をインバート状の厚いコンクリートに置換した。なお、表-2に示した区間1は補強を、区間2は補修(RB再打設)を施した。のべ8日間かけて行った施工実績は、吹付けコンの補修延長がのべ256m、RBの補修が62本、補強延長がのべ36mであった。

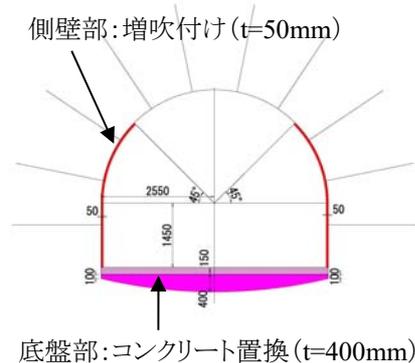


図-1 補強施工図

5. まとめ

軟質な蛇紋岩の出現に伴い、緊急時に重要な役割を果たす避難坑で変状が発生した。そこで、蛇紋岩の物性や、変状区間約750mの切羽性状と地山変位の計測結果を照査し、変状の要因分析と補修・補強方法を検討した。その結果、補強が必要な区間を適切に選定し、合理的かつ経済的な変状対策を実施した。

参考文献

1) 土木学会編：トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説，pp.45，2016。