

熱変質を受けた自破碎溶岩によるトンネル変状部の施工

国土交通省 北海道開発局 帯広開発建設部 広尾道路事務所 非会員 佐々木 隆
(前所属： 北海道開発局 札幌開発建設部 滝川道路事務所)

清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体 正会員 中澤 俊
清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体 正会員 ○石黒 聡
清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体 正会員 宇治川 徳夫

1. はじめに

一般国道 231 号は、北海道の中核都市である札幌市を起点とし、石狩市を經由し、留萌市に至る総延長約 129km の主要幹線道路である。

新送毛トンネルは、昭和 52 年に開通した送毛トンネルを大きく迂回するように路線設定された延長 2,995m の道路トンネルで、既設トンネルの劣化が進行しているため、早期の開通が望まれている (図-1)。

掘削は、札幌側と留萌側の両坑口から進めた。途中、留萌側切羽鏡面全体から 2t/min を越える突発湧水が発生するなど困難な状況を克服し、平成 24 年 5 月に札幌側より 1686.4m の地点で貫通した。

ところが、貫通直後に貫通点に近い 2 か所において盤膨れが発生し、縫返し掘削が必要となった。

本稿は、有識者を交えた対策検討会の提言を受けたトンネル変状区間における縫返し工の施工について報告する。



図-1 新送毛トンネル位置図



写真-1 インバートコンクリートの盤膨れによる隆起

2. 地質概要

図-2 に地質縦断図を示す。留萌側の新第三紀の安山岩溶岩 (非変質) Ba(0 1) が、札幌側の安山岩溶岩・自破碎溶岩 (弱～中変質) Ba(aa, a) を覆うように分布している。安山岩溶岩 (非変質) Ba(0 1) は、亀裂の発達が顕著であるものの、硬質な岩盤である。安山岩溶岩・自破碎溶岩は全体に変質を被っており、部分的に脆弱な泥岩層や火砕岩層が介在する。

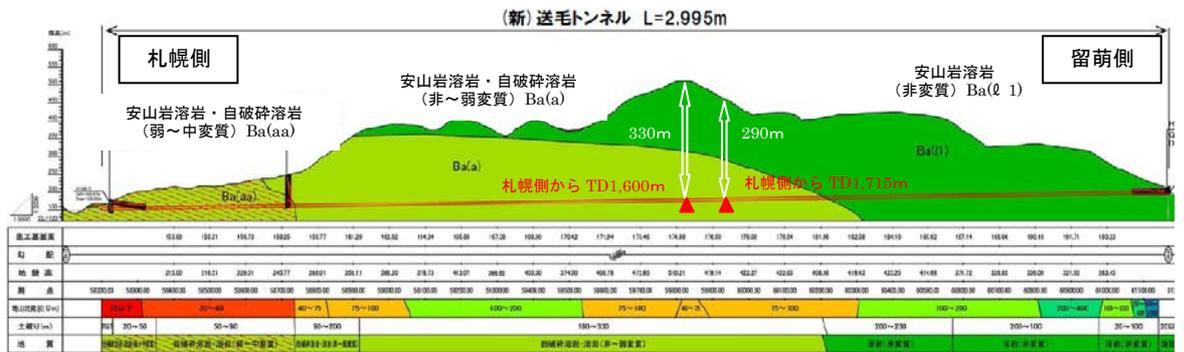


図-2 地質縦断図および変状位置

実施支保パターンは 48% が C II パターンであったが、多量の湧水やスレーキングで路盤の泥濁化も著しいことから、長期的なトンネルの安定性確保のため、全線においてインバートを設置した。

3. 変状と発生要因

札幌側から 1,600m 付近ならびに 1,715m 付近の C II 区間のインバートにおいて、コンクリート打設翌日から徐々に躯体が隆起し、1 か月ほどの短期間に最大 101mm の隆起が観測された (写真-1)。図-3 に縫返し掘削前の 1,717m 地点の A 計測データを示す。天端沈下、内空変位ともに 2 次管理値を超え、さらに吹付けコンクリートのクラック及びロックボルトの破断が見られた。

キーワード NATM, 縫返し工, 熱変質自破碎溶岩, 盤ぶくれ, インバート隆起

連絡先 〒060-8617 札幌市中央区北 1 条西 2 丁目 1 札幌時計台ビル 清水建設(株)北海道支店 TEL(011)214-3531

ボーリング調査の結果、主にインバート下面に出現した熱水変質を受けた膨張性の自破碎溶岩に起因していることが分かった。
 室内岩石試験結果によれば、これらの一軸圧縮強度は 1.8MPa ~62.7MPa と不均質で、土被りが 300m 程度あるので比較的小さな強度の火砕岩、自破碎溶岩では、地山強度比が 1 よりもかなり小さな値となる。また、スメクタイトの含有率は 30%を超えるものが多い。

これらのことから、今回の変位は、トンネル周辺のゆるみと粘土鉱物の膨張圧が複合的に作用したものと推測された。

4. 縫い返し掘削の施工実績

切羽の観察結果からは、軟弱層分布区間は札幌側で 28.8m、留萌側で 27.6m であった。しかしながら、軟弱層がトンネル掘削面に出現していなくとも、トンネル近傍に軟弱層が存在すれば変状を起こす可能性がある。そこで影響範囲として、軟弱層出現区間の前後約 5m を対策区間とし、札幌側、留萌側ともに延長 40.8m を縫返し対策工の施工区間と設定した。

図-4 に縫返し工で実施した支保パターンを示す。吹付けコンクリート設計基準強度 $f'_{ck}=36$ MPa、吹付け厚さ 35cm、鋼製支保工 H200@1m で、インバート部についてもこれを適用した。

縫返しは留萌側 L=40.8m の上半から開始した(写真-2~3)。上半完了後、変状した既設のインバートコンクリートを 3~4m の範囲で取り壊し、下半・インバートストラットを並行して施工した。上半掘削時の安全対策として、縫返し前に増しロックボルトを施した。さらに施工時には、1次吹付コンクリートと注入式フォアポーリングを実施した。図-5 に縫返し掘削時の A 計測データを示す。天端沈下、内空変位ともに 1次管理値以内で収束した。

5. おわりに

熱変質自破碎溶岩による特異な変状の原因を、計測、調査ボーリング、室内試験で明らかにし、安全にかつ効率よく縫返し工を施工することができた。最後に、本工事の設計・施工にあたり、北海道大学大学院 藤井義明教授、児玉淳一准教授、北海道土木技術会トンネル研究委員会委員の皆様方、関係各位より格別のご指導賜りましたことをここに記し、謝意を表する次第です。

参考文献

- 1) 佐藤・多田・佐々木・石黒・宇治川・福田: 北海道土木技術会トンネル技術研究発表会論文集, pp21-32, 2013



写真-2 上半縫返し掘削状況



写真-3 インバートストラット吹付け状況

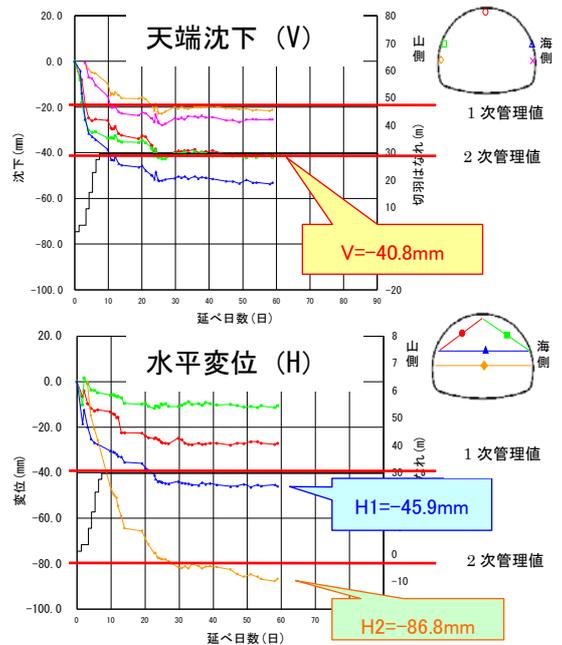


図-3 変状区間 (TD1,717m) の A 計測グラフ (天端沈下、水平変位)

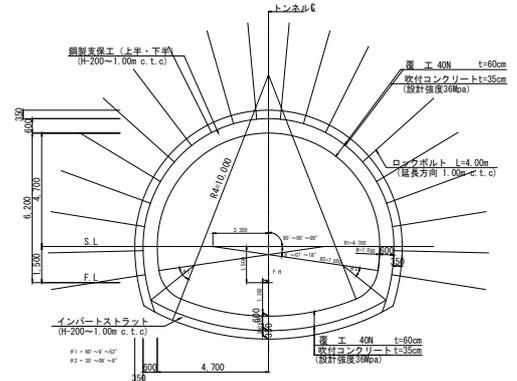


図-4 変状対策工標準断面図

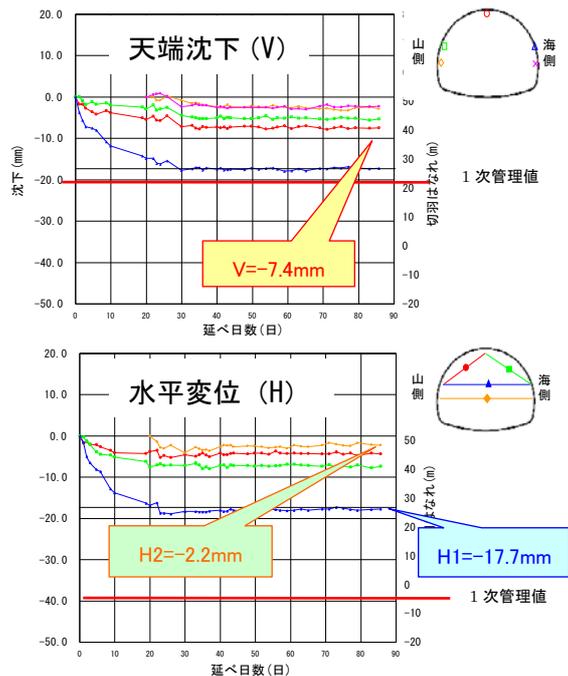


図-5 縫返し区間 (TD1,714m) の A 計測グラフ (天端沈下、水平変位)