

トンネル施工中に発生した崩落現象に対する対策工について

東日本高速道路株式会社 北海道夕張工事事務所 正会員 計良 清隆

東日本高速道路株式会社 北海道夕張工事事務所 森 俊介

(株)大林組・(株)浅沼組・JFE 工建特定建設工事共同企業体 正会員 中間 祥二

(株)大林組・(株)浅沼組・JFE 工建特定建設工事共同企業体 正会員 ○柏原 宏輔

1.はじめに

久留喜トンネルは、現在建設中の道東自動車道夕張～トマム間において、夕張 IC を過ぎて最初に通過する全長 481m のトンネルである。計画路線沿いには JR 石勝線、国道 274 号線が並行している。

本稿では、STA.452+47 (終点方坑口より 115m) の地点を掘削中に発生した天端崩落 (約 140m³) に対する対策工についての報告である。

2.久留喜トンネルの概要

当地の地質は新生代古第三紀の幌内層群幌内層を基盤岩とし、その上位に未固結堆積物が分布している。幌内層は塊状均質な泥岩を主体として、一部に軟質な凝灰岩層を介在する脆弱な地山である。また、未固結堆積物は、段丘堆積物、崖錐、地すべり崩積土などにより構成されている (図-1)。

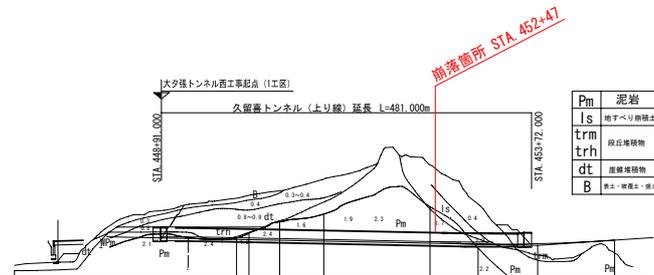


図-1 地質縦断面図

終点側坑口付近は、ホルカクルキ川の攻撃斜面となっており、この斜面では幅約 60m、長さ約 60m 程度の崩落が発生しており、大規模な地すべり土塊が存在する。久留喜トンネルの工事概要を表-1 に示す。

表-1 工事概要

工事名称	大夕張トンネル西工事
発注者	東日本高速道路株式会社
施工者	大林組・浅沼組・JFE 工建特定建設工事共同企業体
施工場所	北海道夕張市楓
工期	平成18年3月～22年11月
トンネル名	久留喜トンネル
トンネル延長	L=481.0m
掘削断面積	76.7～98.9m ² (上下半)
トンネル掘削	NATM(機械掘削・上半先進ショートベンチカット)

3.TD115m 地点での崩落時の概要

2008 年 12 月 4 日 TD115m 地点を掘削中、鏡面および天端部の崩落が発生した (写真-1)。崩落の規模は推定 140m³程度であり、この地点の土被りは約 30m である。表-2 に崩落時切羽近傍の A 計測の結果を示す。計測データより天端沈下量は 30mm 程度、内空変位は 15mm 程度で収束傾向であった。また、B 計測の結果より、支保の応力状態には余裕があったため、今回の崩落発生を予見することはできなかった。崩落時の施工概要は表-3 の通りである。



写真-1 崩落状況

表-2 A 計測データ

測点	沈下(mm)	変位(mm)
	天端	水平測線
TD82m	-24.9	-13.8
TD88m	-32.4	-5.9
TD99m	-21.0	-10.2
TD111m	-8.1	-5.6

表-3 崩落時の施工パターン

崩落箇所	久留喜トンネル STA.452+47(TD115m)
掘削工法	上半先進ショートベンチカット
掘削方式	機械掘削方式
実施パターン	DI-b ロックボルト(耐力170kN) L=4.0m×19本@1,200 吹付けコンクリート t=150(上半のみ金網有) 鋼アーチ支保工 H-125(上下半)
補助工法	注入式フォアボーリング L=3.0m×21.5本@600 注入材:シリカゼン 注入量=25kg/本
地質状況	凝灰質粘土混じり風化泥岩、湧水は滴水程度
土被り	30m

4.対策工の検討

対策工を施工する上での基本となる条件を以下に示す。

- a) 崩落発生後の迅速な対応が可能な方法であること
- b) 対策工に要する資材材の調達が可能であること
- c) 地表からのアプローチは気候条件、地形条件から不利であり、坑内からの対策を基本とすること
- d) 地すべりへの影響を極力少なくし、長期的な安定を確保できる方法であること
- e) 施工の安全性を確保できる方法であること

キーワード 地すべり、崩落対策、長尺鋼管フォアボーリング、長尺鏡ボルト、

連絡先 〒068-0753 北海道夕張市登川 1 番地 (株)大林組 TEL0123-53-8600 E-mail : kashihara.kosuke@obayashi.co.jp

f) 総合的な観点で経済的な方法であること
以上より検討した対策工の施工フローを図-2 に示す。

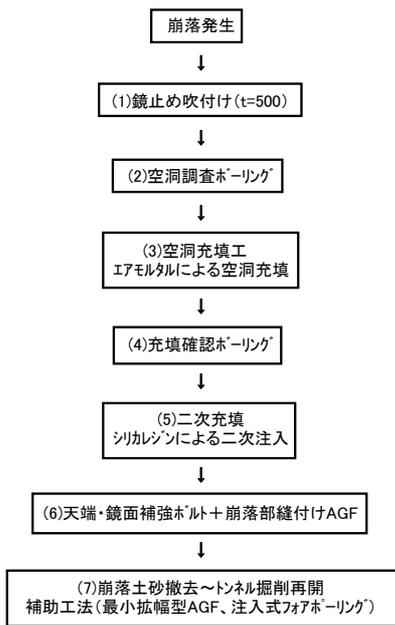


図-2 対策工フロー

5.対策工の施工概要

(1) 空洞調査ボーリング～二次充填

空洞調査ボーリングを行った結果、崩落箇所空洞は約 100m³、トンネル天端から 7m程度であると推定された(図-3)。空洞充填材に関しては、充填性を重視してエアモルタルを採用した。次に充填確認ボーリングを行い、空洞がないことを確認したが、空洞周辺に広がったゆるみ域の確実な充填を行うため、図-3 に示すようなGFRP管(φ76mm、注入材：シロカレジン)を用いた二次注入を行い、圧力上昇を確認した時点で注入完了とした。

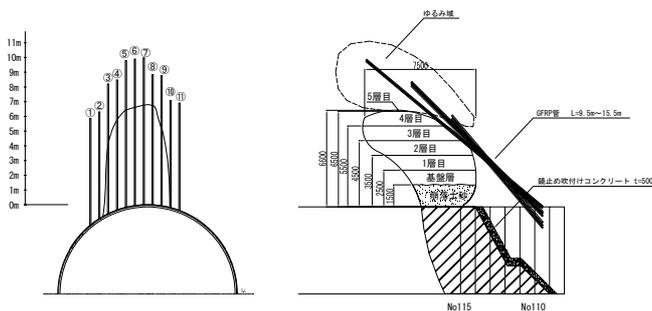


図-3 二次充填概要図

(2) 天端・鏡面補強ボルト～崩落部縫付けAGF

次に図-4 に示すように崩落箇所を縫付けるように長尺鋼管フォアパイリング(L=12.65m、φ114.3mm、注入材シロカレジン)を打設した。しかし既設吹付け面からAGFを施工する際に、打設角度が制約を受けるため、AGFとトンネル施工面の離隔が大きくなってしまい、この箇所の補強が必要である。そのため鏡面、天端周方向

においては、掘削再開後に撤去可能な長尺鏡ボルト(L=6.5m、GFRP管、注入材シロカレジン)をAGF打設前に施工した。表-4 に施工実績を示す。注入材に関しては、最大で設定注入量の200%となるように管理した。

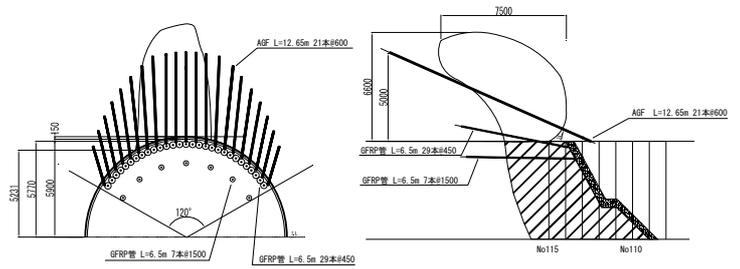


図-4 長尺鏡ボルト、縫付けAGF概要図

表-4 長尺鏡ボルト、AGF注入実績表

管径・材質	施工位置	管長	本数/ピッチ	定量注入量	実績注入量
φ76mm GFRP管	天端	L=6.5m	29本@450	奇数孔:90kg/本 偶数孔:90kg/本 ~最大180kg/本	90kg×15本 180kg×12本 120kg程度×2本
	鏡面	L=6.5m	7本@1500	90kg/本	90kg×7本
合計		234.0m	36本	3,240kg	4,378kg(135%)

管径・材質	打設角度	管長	本数/ピッチ	定量注入量	実績注入量
φ114.3mm 鋼管 STK400	最大で 上向き 24°	L=12.65m	21本@600	220kg/本	220kg×21本
合計	-	265.65m	-	4,620kg	4,620kg(100%)

(3) 崩落土砂撤去～トンネル掘削再開

崩落土砂を撤去した後、掘削を再開し最小拡幅型AGF、注入式フォアボーリングを適時採用することで脆弱地山を通過することができた。計測工に関しても、坑内からのA、B計測に加え、地表面の動態観測を行ったが、地すべり等の動きは見られなかった。

6.おわりに

大きな地すべり土塊が存在するトンネルで発生した大規模な崩落に対して、エアモルタルによる空洞充填と長尺ボルトによる先受け、シロカレジンによる空隙注入を行った結果、その後の大規模な崩落なく施工することができた。本トンネルの地山は風化泥岩が主体であるが、地殻変動による褶曲の影響で、複雑な地質構造を形成しており、想定を超えた切羽の急変に幾度となく晒されてきた。現在は前方地山を事前に見極めながらのトンネル掘削を行っている。平成21年3月31日現在で全長481mのうち246mまで掘削完了している。

参考文献

ジオフロンテ研究会：注入式長尺先受け工法(AGF工法)技術資料(五訂版)2006.12