

火災を受けたトンネルの対策工と覆工補強

北海道旅客鉄道(株) 正会員 ○綱嶋 和彦
北海道旅客鉄道(株) 川村 力

1. はじめに

函館線嵐山トンネルは、旭川近郊の石狩川沿いに位置し、地山は風化しやすい蛇紋岩や片岩で、漏水が非常に多い複線電化トンネルである。平成27年12月27日未明、上り線でき電トリップが発生し、トンネル上部に設置されている漏水防止工から出火(写真-1)、年末の輸送繁忙期に大きな輸送障害を引き起こした。出火は、何らかの原因で漏水防止工に高圧電流が流れて発生したものと推定された。

本稿では、この火災によるトンネルの被害と対策工、覆工補強について述べる。

2. 火災による被害と変状

消火後の詳細調査の結果、出火点を中心に覆工コンクリート表面の爆裂(写真-2)による剥落を確認した。また、火災を受けたコンクリートの特徴的変状である変色は認められず、覆工表面にすすが付着している程度であり、受熱温度は300℃以下で著しい強度低下はないものと判断した。

また、覆工本体にも鉄筋露出や覆工背面の空洞、部分的な断面欠損が確認された。

3. 対策工の検討

火災を受けたトンネルの対策工として、次の2項目を検討した。

(1) 漏水防止工の不燃化

当社ではトンネル内の漏水対策にサンペルカ工法(図-1)を採用している。この工法はこれまで、計画的に表面の防火コートを可燃性から難燃性へ変更する等の改良を重ねてきたが、今回の出火箇所は改良前の可燃性のものであった。

今回の火災を契機に、この防火コートの耐火性能をさらに向上させ、かつ付着力の優れた材料に改良することとした。

検討した材料と耐火・付着性能について表-1に示す。耐火性能を有する不燃性の4材料の付着力試験の結果、ファイヤコートが最も付着性能が優れて



写真-1 出火状況



写真-2 覆工コンクリート表面の爆裂

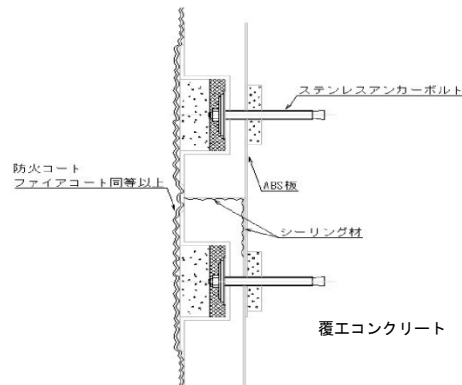


図-1 サンペルカ工法 断面図

表-1 防火コートの耐火・付着性能の比較

防火コートの種類	耐火性	付着力試験	
		付着力度 (N/mm ²)	破断面
ダンコートF (従来材料)	難燃性	0.11	断熱板
ダンセラボン	難燃性	—	—
ダンコートSF	難燃性	—	—
SKタイカシート	難燃性	—	—
スーパーウール	難燃性	—	—
膨張黒鉛	難燃性	—	—
ファイヤコート	不燃性	0.16	断熱板
ダンコート5	不燃性	0.01	断熱板と防火コートの境界
セラタイカ2号	不燃性	0.08	防火コート
KSタイカモルタル	不燃性	0.02	防火コート

キーワード 漏水防止工, 連続繊維 FRP 格子筋, FRP 帯板接着工法

連絡先 〒060-8644 札幌市中央区北 11 条西 15 丁目 北海道旅客鉄道株式会社 TEL 011-700-5794

おり、これを今後の漏水防止工の防火コートの標準仕様とした。

(2) 爆裂した覆工コンクリートの剥落対策

爆裂箇所の対策は、剥落防止を目的に工法を比較した(表-2)。この剥落対策でも不燃性または難燃性で不導体の材料を選定することとした。その結果、連続繊維 FRP 格子筋を用いたトゥメッシュ工法(写真-3)は接着剤を使用せず下地・止水処理が不要で、漏水があり湿潤面でも施工可能、取付けは覆工にアンカーを固定するだけで施工性に優れ、施工時間に制約のある営業線工事には最適であることから、この工法を採用することとした。

4. 覆工の補強

鉄筋露出や背面空洞、部分的な断面欠損が確認された覆工コンクリート本体も補強することとした。特に劣化が著しい箇所は地山が蛇紋岩で、建設時も施工が困難との記が残っている¹⁾。

この箇所の補強は、難燃性かつ不導体を念頭に工法を検討し、内巻き補強が適切と判断した。しかし、内巻きにより建築限界を支障する箇所が存在し、はじめに覆工を斫るとトンネルの安全性を損ねるため、事前に裏込注入工およびロックボルトを打設し偏圧対策を行うこととした。

この箇所以外にも、断面欠損等の変状を多数確認したため、ある程度の覆工補強効果と剥落対策を目的とする対策工を比較検討した(表-3)。その結果、FRP(バサルト)帯板接着工法²⁾(写真-4)が施工性に優れ、漏水や不陸の多い箇所でも適用可能であり、難燃性かつ不導体であることから、この工法を採用することとした。

5. 施工

以上の対策工および覆工補強を、夜間の約 3 時間の間合いを確保し線路閉鎖工事により施工した。効率的な施工に努め、工事は予定どおり完了した。

6. おわりに

火害を受けたトンネルの被害と対策工、覆工補強について述べた。今回の検討が、類似トンネルの補修・補強計画の参考になれば幸いである。

表-2 剥落対策の工法比較

	使用材料	定着方法	耐火性	導電性	付記
ネット張	ステンレス金網	アンカー	不燃性	導体	重量大
	被覆金網		難燃性		
	トリカルネット		可燃性		
シート張	アラミド繊維 (AAA工法)	接着+アンカー	難燃性	不導体	下地処理必要
	連続繊維FRP格子筋 (トゥメッシュ)	アンカー			
	炭素繊維	接着		導体	施工性良好
	グラスファイバー (タフシート)	接着+アンカー			
樹脂塗装	ウレタン繊維 (レジテクト)	接着	可燃性	不導体	下地処理必要
	ポリウレタ繊維 (タフネスシート)		難燃性		



写真-3 トゥメッシュ工法による剥落対策

表-3 覆工補強の工法比較

	FRP帯板接着	銅板接着	繊維シート	内巻き補強
補強効果	○	◎	△	◎
剥落防止効果	◎	△	○	◎
内空阻害	○ 3mm	△ 10mm	◎ 1mm	△ 6mm
施工性	◎	△	○	△ 6mm
耐火性	難燃性	不燃性	難燃性	不燃性
導電性	不導体	導体	不導体	不導体
付記	覆工を 目視可能		漏水箇所は 施工困難	施工費割高



写真-4 FRP 帯板接着工法による覆工補強

謝辞

本稿で報告した嵐山トンネル対策工に関しては、(公財) 鉄道総合技術研究所構造物技術研究部に多大な技術のご支援・ご指導を賜りました。ここに改めて厚く御礼申し上げます。

1) 前田建設工業(株)札幌支店旭川作業所: 函館本線嵐山ずい道工事誌, 昭和 44 年 3 月
2) 野城一栄, 岡野法之, 田中徹, 伊藤秀治: バサルト繊維補強プレートのトンネル覆工補強効果に関する研究, トンネル工学報告集, Vol.27, 1-10, 2017.11.