

樹脂吹付けによる覆工表面の劣化対策工法の適用について

西日本旅客鉄道(株) 正会員 小浦貴明
西日本旅客鉄道(株) 井手祐二

1. はじめに

既往の研究により、蒸気機関車の煤煙に含まれる窒素酸化物や亜硫酸ガスが漏水に溶解することで発生する酸性水によって、粗骨材周囲のモルタル分が侵食され、トンネル覆工表面が劣化することが知られている¹⁾。この劣化は酸性水の影響をさらに受け、粗骨材が付着力を失うことで剥落という被害を及ぼすことが懸念される。

また、当社は広い範囲に及ぶローカルエリアの土木構造物を維持管理している。限られた時間・経費・労働力の中で、変状の程度に差はあるものの、このような箇所を簡易に修繕できる対策を必要としている。

本件ではこれらの問題を解消すべく、効果と効率に重点をおいた対策工法として浸透性の樹脂吹付けによる維持補修を行った。その施工方法と施工実績について報告する。

2. 対策工法の概要

本工法は、覆工表面の劣化した不安定な部分を予め除去したあとに、一液型エポキシ樹脂接着材料を吹付け、あるいははけ塗りすることにより、表層部の骨材間を接着させて部分的な骨材の落下を防止するものである(図-1)。この樹脂は低粘度であることから骨材間への含浸効果があり、水分と反応して硬化するという特徴を有する。その使用材料の特徴を表-1に示す。

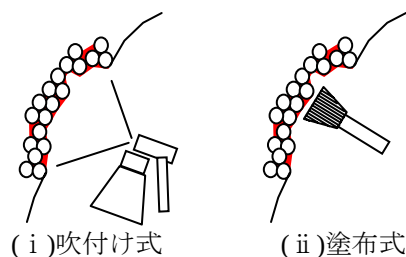


図-1 樹脂塗布方法概要図

表-1 使用材料の概要

		材料A
材料名称		常温硬化型硬質一液エポキシ樹脂系 接着剤
主成分		(変性)エポキシ樹脂
反応		空気中の被着体の水分で硬化
特徴		・湿潤面接着性を有する(漏水は×) ・含浸による強度、接着性の向上
硬化時間	完全	24時間程度
	指触	2～3時間程度
引張接着強度		2.35N/mm ² (塗布量0.3kg/m ²)

3. 施工対象トンネルの概要

本工法を施工したトンネルの概要を表-2に示す。トンネルA~Cはどれも覆工表面の劣化が著しく、その中でもα(要対策)と判断した箇所を修繕した。各トンネルの施工概要を以下に示す。

- ・ **トンネルA:**昭和初期に場所打ちコンクリートで建設されたトンネルであり、平成17年1月にこのトンネルを対象として試験施工を実施した。
- ・ **トンネルB:**ブロックトンネルへの適用を目的に平成17年9月から施工を実施した。
- ・ **トンネルC:**覆工表面の劣化による剥落防止対策としてモルタルを吹付けたが、漏水等の影響により部分的な剥落が認められたため、これを除去することになった。モルタルを除去すると、劣化したブロック表面が露出することになるため、その応急処置として施工した(H18年12月施工)。

表-2 施工箇所の概要

施工対象	構造		延長(m)	問題点	備考
トンネルA	コンクリート覆工 (場所打ち)	単線	377	①覆工表面の劣化 ②覆工厚不足、背面空洞	試験施工実施
トンネルB	コンクリートブロック	単線	1,714	覆工表面の劣化	
トンネルC	コンクリートブロック	単線	88	覆工表面の劣化	応急処置

キーワード：煤煙，樹脂吹付け，樹脂ネット，LCC

連絡先：JR 西日本和歌山施設区 〒640-8343 和歌山市吉田 105-2 連絡先：(073)425-6118

4. 施工

4.1 試験施工による施工方法の検討

施工方法の検討として、下地処理 3 パターン(①水洗浄+エアブロー、②ブラシ洗浄+エアブロー、③ブラシ洗浄のみ)と塗布方法 3 パターン((a)吹付け、(b)刷毛塗り、(c)吹付け(+刷毛塗り))を組み合わせた試験施工を行った(塗布量:0.3~0.35kg/m²)。各施工方法の検討結果を以下に示す。

- (1) 下地処理方法: 下地処理方法の違いにより、樹脂の付着状況に明確な差が見られなかったことから、最も簡易な下地処理方法である③ブラシ洗浄のみで十分と判断した。
- (2) 塗布方法: (b)刷毛塗りのみでは骨材間の塗布不足が見られたため、施工性と仕上がりを考慮して(c)吹付け(+刷毛塗り)が最適であると判断した。この塗布方法は、吹付け施工を基本とするが、樹脂垂れや仕上げ面に塗布不足がある場合に刷毛で塗均しを行うという方法である(写真-1)。



写真-1 樹脂吹付け状況

4.2 効果の検証および施工後の取扱いについて

本工法を施工してからトンネル A は 2 年以上、トンネル B は約 1 年半が経過するが、入念な打音検査を行ったところその状態はどちらも良好であり、打音という定性的評価であるものの明らかに剥落の可能性が低減したと考える。このことより、応急処置材料としての十分な性能を有することが確認できた。

現行では、このような変状を不安定なジャンカと同様に管理をしているが、長期的な効果を確認してから解消することを前提として、当面の処置は継続して監視することとした。

4.3 トンネルCの施工実績について

応急処置として施工したトンネルCの実績を紹介する。トンネルCは吹付けモルタル撤去後、その撤去面であるアーチ部とクラウン部の全面にわたって本工法を実施したトンネルである。このトンネルの一日当りの線閉間合いはおよそ 210 分、3 日間で約 400m²の広範囲の施工を実施した。

5. 他工法との比較

施工性や経済性の評価を行うために、簡易な剥落対策工法として用いられる樹脂ネットとの比較を行った。

施工時間、施工単価および編成人員を比較した結果を表-3 に示す。

表-3 より、本工法は施工時間が短く、かつ低コストであると言える。

次に、どの程度耐久性が確保できれば LCC 削減効果が得られるかを確認するために、LCC の比較評価を試みた。なお、ネットの耐用年数については支持材料であるアンカーボルトの耐用期間を 10 年として査定している。本工法の耐用年数については 5 年、10 年と仮定して評価を行った。結果を図-2 に示す。本工法が 5 年以上の耐用期間を確保できれば LCC 削減の可能性があると推定できる。

工法	施工時間(分/m ²)		施工単価(円/m ²)	編成
樹脂吹付け	下地処理	3.5	11,400	3名(特作1名、普作1名、 塗装工1名)
	吹付け	3.5		
ネット	22		25,600	4名(特作2名、普作2名)

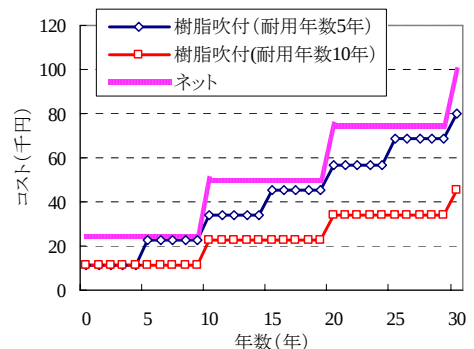


図-2 LCC の比較

6. まとめと今後の課題

効果と効率に重点をおいた対策として、樹脂吹付けによる工法の検証を行った。そこで得られた結果を以下にまとめる。

- ① 施工して 2 年以上が経過するが、入念な打音検査を行ったところその状態は良好である。
- ② 本工法は他工法と比較して施工時間が短く、かつ低コストである。
- ③ 今後の課題として、定量的な評価手法を定める必要がある。

今回検証した樹脂吹付け工法は、簡易な補修工法として有効であり、さらに長期的な効果の確認を行うことでより有効な工法になるものと考えている。

〔参考文献〕

- 1) 老朽化トンネルにおける粗骨材剥離現象の発生機構と対策: 西尾壮平, 2005 年 11 月総研報告