

ポリウレア樹脂を用いた吹付け型剥落対策工の開発

鉄道総合技術研究所 正 会 員 ○伊藤 直樹
 鉄道総合技術研究所 正 会 員 野城 一栄
 清水建設（株）フェロー会員 奥石 正己
 三井化学産資（株）正 会 員 井出 一直

1. はじめに

トンネルの要求性能として、覆工が剥落しないことは重要であり、繊維シート接着工やネット工など様々な対策が実施されている。しかし、繊維シート接着工は不陸に対して施工が困難であり、ネット工は小片はく落の恐れがあるなど、一部課題が残っている。そこで筆者らは、ポリウレア樹脂に着目した吹付け型の剥落対策工を開発中であり、今回、現地試験施工により実用化に向けた検討を実施したので報告する。

2. ポリウレア樹脂の特徴と剥落対策工への適用

ポリウレア樹脂とは、ポリイソシアネートとポリアミンとの化学反応によって形成されるウレア結合が主体となった化合物であり、主な特徴として、200%以上の伸び性能を有し、スプレーによる吹付け型の施工が可能であることが挙げられる。既往の研究¹⁾では、トンネル模型実験によりポリウレア樹脂の剥落抑制効果が確認されており、今回は、実際のトンネルにおいて試験施工を実施した。

3. 現地試験のケースと実施フロー

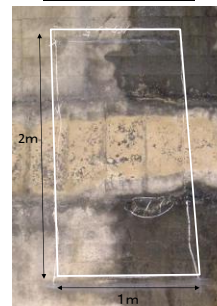
試験施工は北海道旅客鉄道株式会社の協力を得て、休止線となっている在来線単線トンネル（内空幅約4.8m、内空高さ約5.4m）で実施した。今回は、閉鎖空間における施工性の確認に加え、漏水状況と下地処理に着目し、表-1に示す全6ケース実施した。Case4～Case6については、施工後に水が回ってきた状況を模擬するために、漏水箇所止水セメントによる仮止水を実施したのち施工した（図-1）。ポリウレア樹脂の仕様を表-2に、施工フローを図-2に示す。準備工をした後に、仮止水工、下地処理工をそれぞれ実施し、その後、プライマー塗布、樹脂吹付け（厚さ1.5mm）を実施した。また、施工完了1週間後、1ヶ月後、5ヶ月後の計3回、建研式接着力試験により付着力を確認した。施工時の機械配置は、トンネル内の施工箇所にクローラー式高所作業車と鉄道工事用クレーン付トラック、トンネル坑口部に発電機と資材等を配置した（図-3）。

表-1 実施ケース

	漏水	下地処理
case1	無	ウエス
case2	無	圧搾空気
case3	無	ディスクサンダー
case4	有※	ウエス
case5	有※	圧搾空気
case6	有※	ディスクサンダー

※漏水有の箇所は止水セメントで止水後に施工

仮止水処理前



仮止水処理後

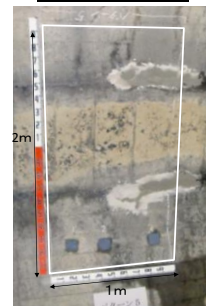


図-1 仮止水前後の状況

表-2 ポリウレア樹脂の仕様

吹付け厚さ	1.5mm
主剤	TC-100 A材
硬化剤	TC-100 R材
混合比(容積)	1:1
ゲルタイム	2～3秒
指触乾燥時間	6～8秒

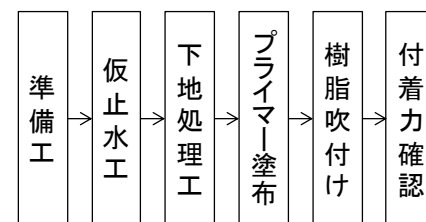


図-2 施工フロー

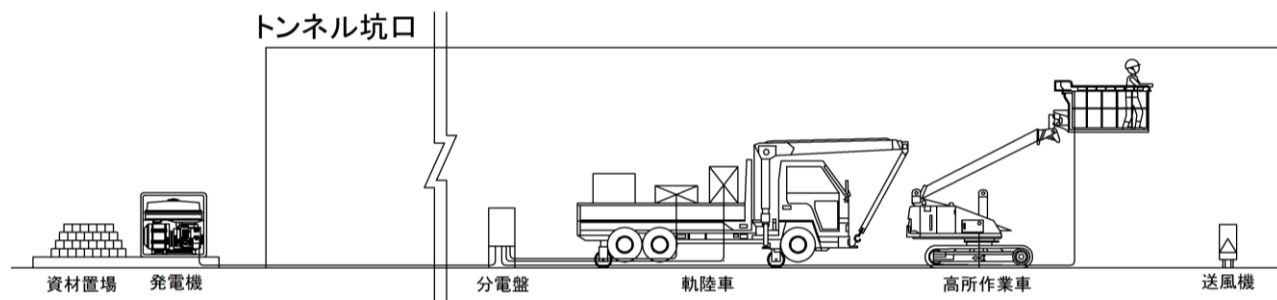


図-3 施工時機械配置図

キーワード 山岳トンネル、覆工、ポリウレア樹脂、吹付け型剥落対策工、現地試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部（トンネル）

4. 現地試験結果

図-4に施工状況写真、図-5に施工完了状況を示す。発電機やユニットハウスの設置などの準備工から資機材搬出や片づけなど全てを含め、7日間で施工完了した(図-6)。施工に要した時間は当初計画よりも短く、施工完了後に実施したポリウレア樹脂の目視検査で品質上の問題がなかったことから、閉鎖空間における施工は十分に可能と判断した。ケース毎のサイクルタイムを図-7に示す。このサイクルタイムは、高所作業車等の資機材が配置され、施工の準備が整った時点から施工完了までの所要時間を示しており、各作業における準備・片づけや材料の養生時間は含んでいない。3種類の下地処理を比較すると、圧搾空気、ウエス、ディスクサンダーの順に施工の所要時間が長くなっている。その差が最も大きいのは、Case5とCase6の4分であり、施工規模が小さい場合は大きな差が無い。また、樹脂吹付けの所要時間は2分であり、下地処理時間やプライマー塗布時間よりも短く、吹付け型の利点を確認した。図-8に施工完了1週間後、1ヶ月後、5ヶ月後の付着強さを示す。漏水無しに比べて漏水有りの付着強さが若干大きく、下地処理方法による差が少ない傾向となった。この理由としては、現場の覆工表面には多くの粉じんが付着しており、この粉じんが漏水により流されることにより、表面が清掃されたことが考えられる。下地処理の違いを漏水無しのCase1からCase3で比較すると、5ヶ月後の付着強さはウエス、圧搾空気、ディスクサンダーの順となり、下地処理の重要性を確認した。また、経時的な差をみると、全ケースにおいて少なくとも大きな低下はしていないことが分かる。高速道路株式会社でのトンネル施工管理要領²⁾では、剥落対策工(小片はく落対策工)の付着強度の規定値は 1.5N/mm^2 以上となっており、結果をみると、全ケースにおいて 1.5N/mm^2 以上であるため、十分な付着強度を有していることを確認した。

5. まとめ

ポリウレア樹脂塗布によるトンネル剥落対策工法に着目し、実トンネルへの適用に向けて、休止線トンネルにおいて試験施工を実施した。試験施工の結果、閉鎖空間における施工は問題無く完了し、サイクルタイムもそれぞれのパターンで大きなばらつきが無かった。また、品質確認として、建研式接着力試験を実施し、十分な付着力を有していることを確認した。今後、1年後の品質検査を実施し、実用化に向けた最終確認を実施する予定である。

謝辞：試験施工の実施にあたり、北海道旅客鉄道株式会社の廃線トンネルを借用した。ここに記してご協力頂いた関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 奥石正己ほか：構造物の機能保持技術(タフネスコート)によるトンネル覆工の剥落防止効果，土木学会第70回年次学術講演会，pp. 647-648，2015. 9
- 2) 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，東日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領，pp. 14，2014. 7



図-4 施工状況写真

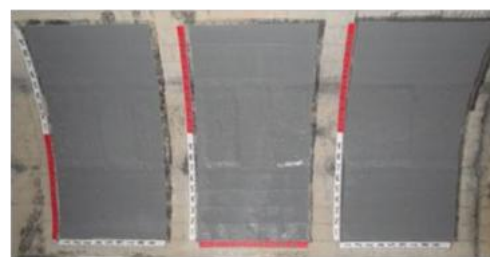


図-5 施工完了状況

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
準備工							
漏水処理							
下地処理							
プライマー							
現場養生							
ポリウレア塗布							
片づけ・搬出							

図-6 実施工程

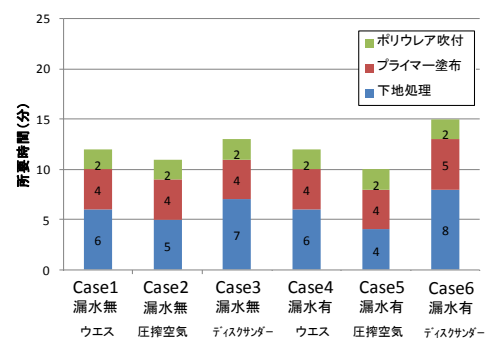


図-7 サイクルタイム

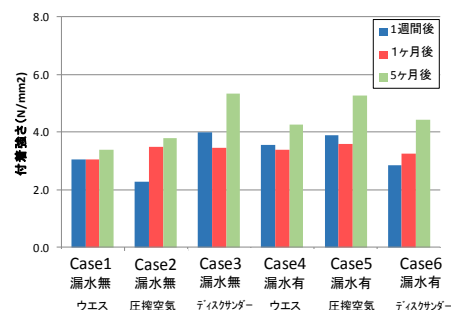


図-8 付着強さ