

ポリウレア樹脂を用いたトンネル覆工の剥落防止対策の現地試験施工

鉄道総合技術研究所 正 会 員 ○野城 一栄 嶋本 敬介 鎌田 和孝  
東日本旅客鉄道(株) 正 会 員 込山 実

1. はじめに

現在、トンネルの剥落対策工には繊維シート接着工やネット工が多く用いられており、鉄道の安全な運行に寄与している。しかし、繊維シート接着工は著しい凹凸や不陸に対して施工が困難であり、ネット工は剥離そのものは防止できないなど、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、吹付け型の剥落対策工を開発している<sup>1),2)</sup>。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、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という特徴がある。これまでに筆者らは模型実験により樹脂の剥落抑制効果を確認し<sup>1)</sup>、試験施工により閉鎖空間でも施工性が良いこと、十分な付着力が確保できることを確認してきた<sup>2)</sup>。今回、廃線トンネルの経年が進み表面の状態が比較的悪い条件の覆工にて施工試験を行い実用化に向けた確認を実施したのでその結果を報告する。

2. 試験方法

ポリウレア樹脂は筆者らが剥落対策用として用いている製品<sup>2)</sup>を使用した。



図-3 ケース 4~6 施工箇所の漏水状況(降雨後)

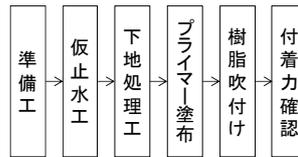


図-4 施工手順

試験施工は、廃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)にて実施した。このトンネルは材料不良あるいは経年等により覆工表面に粗骨材が露出し煤煙が付着するなど凹凸が著しい条件となっている(図-1)。既報<sup>2)</sup>と比較し施工条件の厳しい覆工において、施工後の漏水発生の可能性の有無と下地処理方法に着目し、表-1、図-2に示す計6ケースの施工試験を実施した。ケース4~6は、坑口に近い側で土被りが小さく、降雨により漏水が発生しやすい箇所(図-3)で実施した。なお、止水セメントによる仮止水を実施し表面を乾燥状態にしたのち、下地処理、プライマー塗布、吹付けを行った。ここで、仮止水は施工に必要な最低限の止水であり、漏水箇所において将来的に吹付け背面に水が回りえる状況を設定している。施工手順を図-4に、施工状況を図-5に示す。下地処理方法には、ウォータージェット(15MPaの高圧水、以下WJ)、ディスクサンダー(紙やすりタイプのディスクを用いたサンダーケレン、以下DS)、ブラシ(サンダーにブラシを装着しブラシがけする)を設定した。なお、当初は下地処理なしを予定していたが、事前の試験により下地処理を全く行わない場合は、表面のホコリ等の介在によって、所定の付着力が得られないことが判明したため、代わりにブラシを設定した。吹付け1週間後に建研式接着力試験により付着力を確認した。

表-1 実施ケース

ケース No.	漏水	下地処理
1	なし	WJ
2		DS
3		ブラシ
4	あり	WJ
5		DS
6		ブラシ



図-1 施工前の覆工の状況

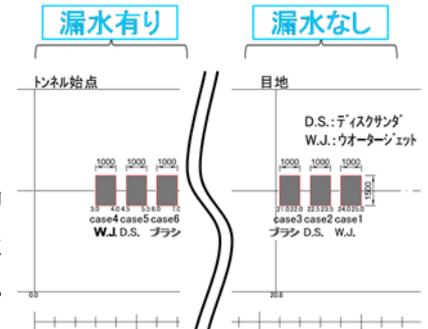


図-2 施工位置



図-5 施工状況

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

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 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)

### 3. 試験結果

吹付け完了後の覆工表面の状況を図-6に示す。凹凸が多い覆工においてもポリウレア樹脂は凹凸に回り込む形で覆工表面に密着しており、凹凸が多い覆工においても適切に施工できたものと判断した。ケース毎のサイクルタイムを図-7に示す。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。下地処理に要する時間は、WJ<ブラシ<DSの順に施工の所要時間が長くなっている。なお、WJは作業時間そのものは短時間で済むが、施工面積が広くなると養生や排水処理のために要する時間が無視できなくなる点に留意が必要である。樹脂吹付けの所要時間は1分程度であり、既報<sup>2)</sup>と同様に短時間で施工できたが、プライマーは凹部に十分に塗布するため既報よりも時間を要した。図-8に施工完了1週間後の付着強さを示す。図中に基準<sup>3)</sup>における剥落対策工(小片はく落対策工)の付着強度の規定値(1.5N/mm<sup>2</sup>以上)をあわせて示す。全ケースにおいて既定値以上であり、十分な付着強度を有していることを確認した。WJ、DSという丁寧な下地処理により良好な付着強度が得られたが、一方で、ブラシにより表面についた付着物をこすり落とす程度の簡易な下地処理でも既定値を満足した。これは、今回は凹凸が多い覆工での施工であり、凸凹の存在により見た目の付着面積が増加して樹脂の覆工への食いつきが良くなったことによるものと考えられる。既報<sup>2)</sup>と同様に、漏水無しに比べて漏水有りの付着強さが若干大きい。覆工表面の粉じん等の汚れが漏水により流されていたことが理由として考えられる。

### 4. まとめ

ポリウレア樹脂吹付けによるトンネル覆工剥落対策工法に着目し、実トンネルへの適用に向けて、凹凸が多く施工条件の厳しい廃線トンネルにおいて試験施工を実施した。ポリウレア樹脂はこのような覆工でも適切に施工が可能であった。さらに、建研式引張試験の結果、下地処理はウォータージェット、ディスクサンダーが効果的であること、また、ブラシによる表面の清掃という簡易な方法でも規格値を満足できることがわかった。今後、同トンネルで長期的な耐久性についても確認していく予定である。

謝辞：試験施工の実施にあたり、東日本旅客鉄道(株)に多大なるご協力を頂いた。ここに記して関係各位に謝意を表す。

なお、本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

### 参考文献

- 1) 興石正己, 野城一栄, 井出一直: 構造物の機能保持技術(タフコート)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, VI-324, 2015.9
- 2) 伊藤直樹, 野城一栄, 興石正己, 井出一直: ポリウレア樹脂を用いた吹付け型剥落対策工の開発, 土木学会第71回年次学術講演会, VI-554, 2016.9
- 3) 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-6 吹付け完了後の覆工表面

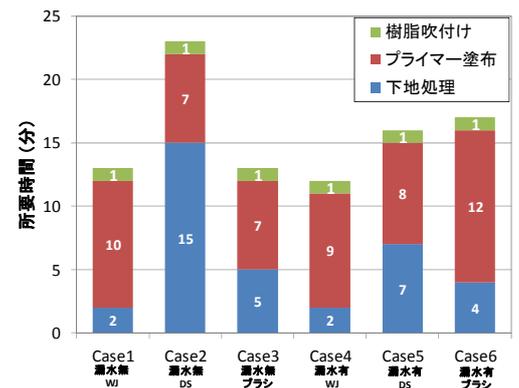


図-7 サイクルタイムの状況

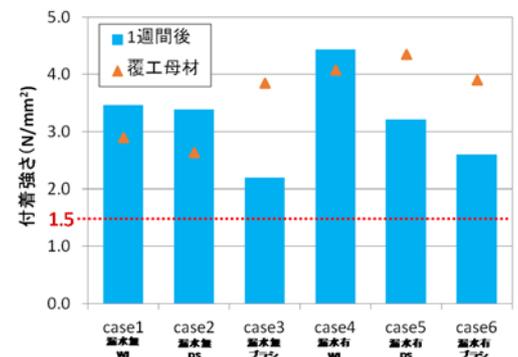


図-8 施工完了1週間後の付着強さ