

コンクリートの劣化対策に適用する透明塗料を用いた省力化表面保護工法の開発

東鉄工業株式会社 正会員 ○杉山 竜哉
株式会社エムビーエス 高木 弘敬

東鉄工業株式会社 正会員 松田 康紀
東鉄工業株式会社 正会員 羽矢 洋
株式会社エムビーエス 赤波江 卓也

1. はじめに

近年、鉄道構造物のトンネル覆工コンクリートや高架橋コンクリート、橋りょう等の経年劣化によるコンクリート片剥落事象が社会的問題となっている。国土交通省は、トンネル、橋等は近接目視により5年に1回の検査周期を基本とした点検を義務化し、鉄道構造物においては、2年毎の通常全般検査と10年毎の特別全般検査を近接目視で健全度を評価している。これにより、コンクリート構造物の健全度判定の結果、対策が必要とされた構造部は、簡易的なネット工あるいは、一定の耐用年数を有する剥落対策工が施される。

剥落対策工は、有機系被覆材または無機系被覆材と工法が多様化しており、その工法を対象部位や施工条件に応じて選定しているが、施工時間が制約される剥落対策工事では、施工工程の省力化が求められている。このような背景から、既に適用実績を有する有機系塗料とガラス繊維を組合せた透明な有機系被覆工法の改良を図り、施工フローを省力化し、可視化性能のある表面保護工法「T-One 工法」を開発したので報告する。

2. 工法の概要と性能評価

(1) 工法概要

開発した T-One 工法の構成概要は図1に示すとおりである。この工法は、透明な1液湿気硬化型ポリウレタン塗料を、塗布量 0.7l/m^2 (下塗り 0.35l/m^2 と上塗り 0.35l/m^2) でガラス連続繊維シートと構成し、プライマー工程と仕上げ工程を必要としない、対象部位を1日 (Oneday) で完了する表面保護工法である。

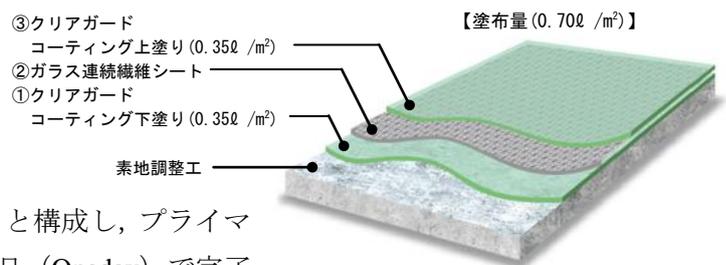


図1 T-One 工法 構成図

(2) 剥落防止性能の評価

適用基準値として、表1に示す東日本旅客鉄道株式会社 (JR 東日本) 編土木工事標準仕様書 (2016年9月)

「表面被覆工法の規格」に規定されている基準値を引用した。さらに、表2に示す日本高速道路株式会社 (NEXCO) 編トンネル施工管理要領 (2016年8月)「試験法 734, 735, 736 試験方法」に規定されている基準値を引用した。この結果より、保守管理者が制定した要求性能を満足することが確認でき、プライマー工程を省略した本工法が、剥落防止性能を満足するものであることが確認できた。

表1 JR 東日本規格 性能試験結果

試験項目	試験結果	基準値
接着性	標準養生後 : 4.0N/mm^2	標準養生後 : 1.0N/mm^2 以上
	耐アルカリ性試験後 : 1.8N/mm^2	耐アルカリ性試験後 : 0.7N/mm^2 以上
押し抜き荷重	2.7 kN	標準養生後, 押し抜き荷重 : 1.5 kN以上
ひび割れ追従性	1.7mm	常温時, 伸び量 : 0.2mm以上

表2 NEXCO 規格 性能試験結果

試験項目	試験結果	基準値
押し抜き性能	荷重0.7kN時 D=0.96mm	荷重0.7kN時の変位 D ≤ 50mm
	荷重0.8kN時 D=1.18mm	荷重0.8kN時の変位 D ≤ 50mm
	荷重1.1kN時 D=3.05mm	荷重1.1kN時の変位 D ≤ 50mm
付着強さ	湿潤接着強さ	3.0N/mm^2 以上
	温冷繰返し接着強さ	3.4N/mm^2 以上
		1.5N/mm^2 以上

(3) 表面被覆性能の評価

コンクリート構造物の表面を劣化因子から保護する性能の確認について、表3の JR 東日本編土木工事標準仕様書 (2016年9月)「表面被覆工法の規格」に規定されている

表3 JR 東日本規格 性能試験結果

試験項目	試験結果	基準値
外観	塗膜は均一で、流れ、むら、膨れ、割れおよび剥がれを認めない	塗膜は均一で、流れ、むら、膨れ、割れおよび剥がれがないこと
耐アルカリ性	塗膜に膨れ、割れ、剥がれ、軟化、溶出を認めない	水酸化カルシウム飽和水溶液に30日間漬しても、塗膜に膨れ、割れ、剥がれ、軟化、溶出のないこと
耐候性試験	白変化がなく、塗膜に膨れ、割れ、剥がれを認めない	促進耐候性試験3,000時間後に白変化がなく、塗膜に膨れ、割れのないこと
中性化抑制性試験	0mm	促進中性化試験10週後、中性化深さ3mm以下
水蒸気遮断性試験	$1.9\text{mg/cm}^2/\text{日}$	標準養生後、透湿度 $10\text{mg/cm}^2/\text{日}$ 以下
酸素遮断性試験	$0.04\text{mg/cm}^2/\text{日}$	標準養生後、 $0.05\text{mg/cm}^2/\text{日}$ 以下

キーワード 有機系被覆材, コンクリート, 劣化, 表面保護, 剥落防止, 可視化

連絡先 〒160-8589 東京都新宿区信濃町34番地 JR 信濃町ビル4階 東鉄工業(株)新幹線大規模改修部 TEL03-5369-7619

準値を引用し確認を行った。この結果より、仕上げ工程を施すことなく所要の供用期間中、劣化に対する抵抗性と耐久性を満足するものであることが確認できた。

(4) 透湿性の確認

剥落対策工では、コンクリート表面を被覆するため、コンクリート内部に存在する毛細管や空隙を通じて内部に浸入した水蒸気が温度変化を受け結露となり、剥落対策部とコンクリートの界面に蓄積する。その結果ふくれや剥がれが発生し（写真1）、剥落防止性能が発揮できなくなる。そこで透湿性レベルの確認として実施した水蒸気遮断性試験結果（表3）より、アルカリ骨材反応の膨張抑制効果を発揮した実績のある性能レベル $1.5\text{mg}/\text{cm}^2/\text{日}$ 以上¹⁾ の性能を満足することとなり、コンクリート内部に存在する水蒸気を滞留させることなく放出可能な性能を有していることが確認できた。



写真1 ふくれ

3. 難燃性とガス有害性の確認

一般的に有機系被覆材は、燃えることそのものを防ぐことが難しいとされ、トンネル火災時など炎に直接さらされた際に、燃焼に対しての抵抗性や有害な煙、またはガスが発生しないことが求められる。

写真2はNEXCO編トンネル施工管理要領「試験法738 延焼性試験方法」に準じた試験の結果で、消炎時間基準30秒以内に対し試験体1,2ともに0秒であった。また、上端延焼範囲基準600mm以下に対し試験体1は430mm、試験体2は330mmとなり基準を満たすことが確認できた。



写真2 延焼性試験

写真3は(一財)日本建築総合試験所制定「ガス有害性試験方法」に準じた試験の結果で、マウスの平均行動停止時間(X_S)が6.8分以上の基準に対し、試験体Aは10.89分、試験体Bは10.96分となり基準値を満たすことが確認できた。これにより、有機系被覆材のT-One工法は、火災時における燃焼抵抗性と、有害ガス発生時における避難時間の確保が可能な工法であることが確認できた。

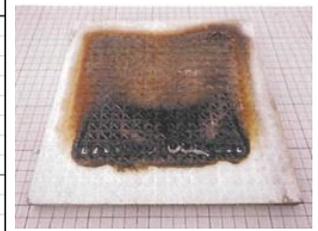
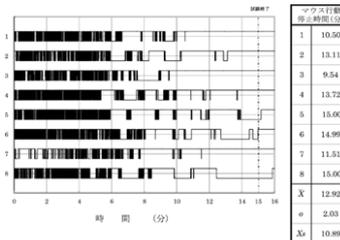


写真3 ガス有害性試験 (試験体Aの結果)

4. 透明塗料と特殊繊維による可視化性能

透明なポリウレタン塗料と、ガラス繊維の交点をずらす（繊維の交点が集中すると光の透過性が損なわれる）4軸組布ガラス連続シート（写真4）の組合せにより透明性を確保した。また、コンクリート表面の微細な凹凸や、空隙をなくし密着させることで0.1mmのひび割れの目視が可能となった（写真5）。これにより、剥落対策工の補修後、T-One工法の可視化性能によりコンクリートの表面まで目視で健全度を評価することが可能となった。

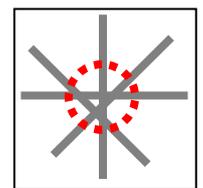
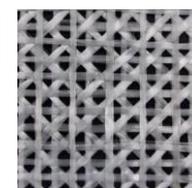


写真4 4軸組布 [ずらし配置]

写真5 施工後の写真

5. まとめ

施行フローを省力化した本工法が一定の耐用期間中、構造物の劣化対策として所要の性能を維持する表面保護工法として適用できる結果を報告した。近い将来想定される労働者不足に鑑み、今後はさらに作業性の向上に取り組み、実施工に即した改良を続けていく。

参考文献

- 1) 道路構造物の補修要領 第2部コンクリート構造物 第2編コンクリート構造物表面保護要領：阪神高速道路株式会社，2019.7
- 2) コンクリートライブラリー119「表面保護工法の設計施工指針（案）」：土木学会，2005