

電源不要な点検機能を有したトンネル対策工 (Smart Repair) の開発 (その2)

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○栗林 健一
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	金塚 智洋
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社	正会員	鈴木 宣暁
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社	正会員	立石 晶洋

1. 開発の概要

トンネルの老朽化に伴い維持管理費用が今後増加すると予測される中、センサ等を様々なトンネルに設置し、新たな点検業務を追加することは経済的な観点から課題が残る。そこで、電源不要な点検機能を有した対策工 (Smart Repair) の開発を行い、点検業務の省力化およびメンテナンスサイクルのシームレス化を目指す。

特に列車の安全輸送に影響を及ぼす覆工コンクリート片の落下対策は、目視などの点検データをもとに繊維シートなどによる対策を実施している。しかし覆工表面を覆う剥落対策工の場合、対策後に生じる新たなひび割れは目視で捉えることはできない。

そこで、対策後に覆工コンクリートに生じる新たなひび割れを確認することが可能な剥落対策工の開発を行った。開発にあたっては、電池などを含め常設の電源が不要であること、またデータ取得業務の省力化が期待できる仕様であることを条件とした。

2. 蓄光繊維材料を活用したひび割れ可視化剥落対策シート工の開発

1) ひび割れ可視化剥落対策シート工の概要

図1にひび割れ可視化機構を示す。コンクリート表面に接着された剥落対策シート工はコンクリート表面の挙動に追従する。コンクリートにひび割れが生じると接着樹脂にも亀裂が入り蓄光性を有する発光繊維シートが露出し、紫外線を照射することで対策後に生じたひび割れを視認することができる。

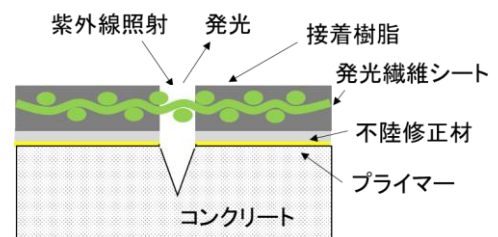


図1 ひび割れ可視化機構

2) 検証試験の概要

紫外線を遮蔽可能かつ破断伸びの小さい接着樹脂の開発を行い、室内検証試験で発光確認可能なひび割れ開口量の把握に加え、押し抜き試験で耐剥落荷重を考慮した仕様設計および発光の確認を行った。

またトンネル内での発光確認や視認性を検証するため、福島県白河市にJR東日本が建設した実物大模擬トンネルで押し込み試験を行った。

3) 室内検証試験の結果

発光確認可能なひび割れ開口の把握を行った。図2に示す試験体に可視化剥落対策シートを設置し、インストロン万能試験機を用いて引張試験を行い変位量ごとの発光状況の確認を行った。

試験結果より、開口変位 0.052 mm で FRP 層の樹脂が割れ、紫外線照射によるひび割れを視認できた。コンクリート構造物に有害な影響を与えるとされているひび割れ幅 (0.2mm)¹⁾ よりも小さなひび割れ幅から損傷の検知の可能性を確認することができた。

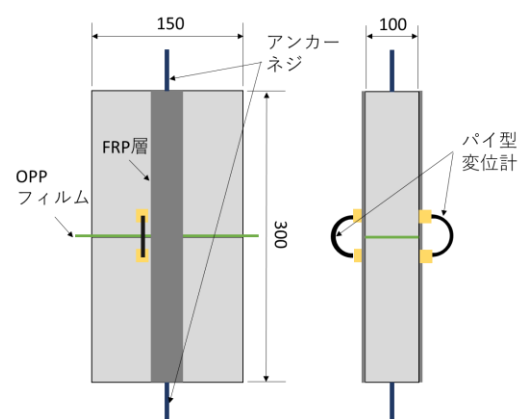


図2 開口量把握用の試験体

キーワード トンネル覆工、剥落繊維シート工、ひび割れ可視化、蓄光繊維材料

連絡先 〒331-8513 さいたま市北区日進町2丁目479番地 東日本旅客鉄道株式会社研究開発センター TEL048-651-2389

耐剥落性能を評価するために押し抜き試験 (NEXCO 試験法 734-2011 トンネルはく落防止用繊維シート接着工の押し抜き試験方法, 荷重速度: 1.0mm/min) を実施した. 繊維シートの構成は発光繊維シートのみの場合や通常の複数の繊維シートも組み合わせた場合についても試験を行った. ここでは, もっとも繊維の目付量が小さい発光繊維シート 1層構成の結果について報告を行う. なお使用樹脂は, 汎用品のプライマーおよび不陸修正パテに加え, 開発した接着樹脂を用いた. 図3に押し抜き荷重と押し抜き変位, ひび割れ幅を示す. 押し抜き変位 4mmまでにひび割れが確認され, 試験体 (n=2) の違いに関わらずほぼバラツキのない押し抜き変位-ひび割れ幅の関係を得た. また発光繊維シート 1層構成でも耐剥落荷重 1.5kN を満たす値となった. 引き続き耐剥落荷重や変位量また発光によるひび割れ視認性を踏まえながら繊維シートの構成について検討を進める.

4) 実物大模擬トンネルでの検証試験の結果

実物大模擬トンネルの覆工をダイヤモンドコアで削孔し, 覆工背面に M20 ボルトとナットを押し抜き治具に取り付け, 覆工内側に前述の室内試験と同じ発光繊維シート 1層の材料を設置した. 試験では M20 ボルトを回してコンクリートコアの押し抜きを実施した. 図4に試験状況を示し, 押し抜き変位と補強層のひび割れ幅の関係を図5に示す. 比較のため, 室内試験時の押し抜き変位と補強層のひび割れ幅の関係も合わせて示す. 変状検知は, 補強層のひび割れ幅が約 0.2mm 程度から確認された. 側壁部と天井部でひび割れが発生する押し抜き変位が異なっていたが, これは押し抜き試験初期の状態が異なっていたためと推測される. 補強層のひび割れ幅 0.2~0.35mm 範囲における, 押し抜き変位と補強層のひび割れ幅の関係はおおよそ同等であった.

紫外線照射による変状検知性について, ひび割れ幅 0.2mm から良好に確認することができた. また, 発光繊維シートの残光による点検も可能であることが確認され (写真1), 点検ミスの防止や点検記録を残しやすい点で優位性があると考えられる.

4. 今後の取り組み

室内及び実物大模擬トンネルを活用した検証試験により, 十分な耐剥落荷重を有した上で発光によるひび割れ視認が可能な発光繊維シートの開発を行うことができた. 今後は, 実際のトンネルで剥落対策工として施工し, 視認性などの検証を行うとともに, 保守用車などからの画像データ取得に向けた課題抽出を行う.

参考文献

- 1) コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針 日本コンクリート工学協会, 2013年

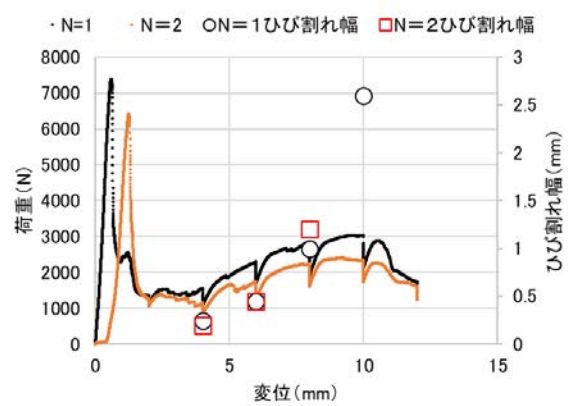


図3 押し抜き試験結果の一例



図4 実物大模擬トンネルでの検証状況

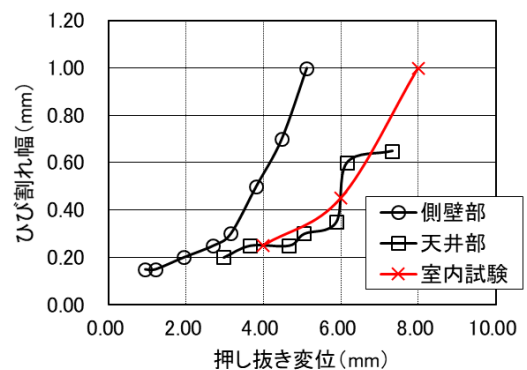


図5 実物大覆工での押し込み試験結果



写真1 残光による点検状況