

地下鉄トンネルにおける打音点検箇所の自動抽出手法の検討

東京地下鉄(株)	正会員	○石川 幸宏
東京地下鉄(株)	正会員	田中 大介
東京地下鉄(株)	非会員	菅原 健
東京地下鉄(株)	非会員	富樫 真美

1. はじめに

地下鉄トンネルにおいて、コンクリートや補修モルタルのはく離（浮き）は、はく落（**図-1**）により運行支障をきたす恐れのある注意すべき変状の一つである。そのため、東京地下鉄株式会社（以下、東京メトロ）では、はく落を未然に防止するため、全般検査とは別に6年に1回、自主的に打音点検を行っている。この打音点検は移動式足場を用いて、近接目視によってはく落の危険性が高いと判断した箇所に対して打音し、必要に応じてコンクリート除去を行うものであり（**写真-1**）、人的リソースを多く要する業務である。地下鉄トンネルの維持管理においては、作業時間が終電から始発までの僅かな時間（**図-2**）であるため、打音点検業務の効率化が求められていた。また、人の判断で打音しているため、はく落の危険性が高い箇所を見落とす懸念がある。そこで、危険箇所の見落とし防止かつ打音点検の効率化の一手法として、打音点検箇所の自動抽出手法の検討を行ったので、本稿ではその内容について報告する。

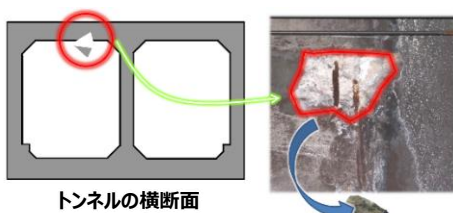


図-1 トンネル上床における
はく落発生のイメージ



写真-1 打音点検

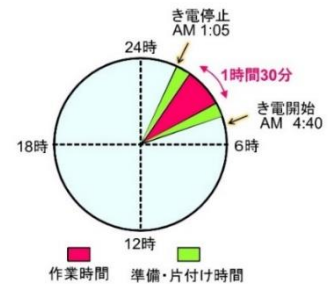


図-2 点検作業が可能な時間

2. 検討手順

打音点検箇所の抽出手法は、過去にはく離・はく落が発生した箇所や、打音点検でコンクリート除去を行っている箇所の変状の種類や組合せについて整理し、分析することで、同様な傾向が見られる箇所を抽出するものである。

検討手順を示す（**図-3**）。まず、ある路線の特定の区間を選定し、この区間の展開図に、打音検査でコンクリート除去を実施した箇所・全般検査の結果および可視画像から抽出した変状を登録した。最初の検討として、コンクリート除去部に存在する変状や検査結果の種類について整理・考察した。次に、その変状や検査

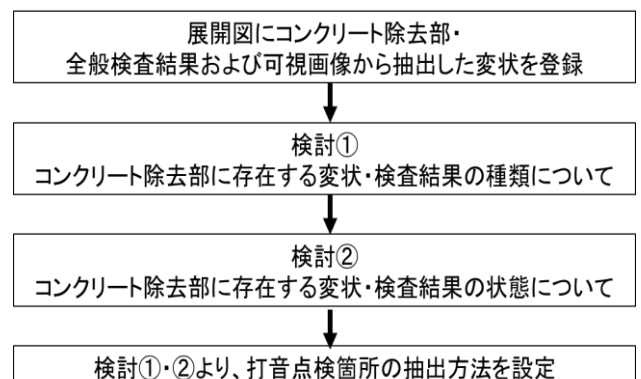


図-3 検討手順

キーワード 地下鉄トンネル, 維持管理, 打音点検, 可視画像

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野3丁目19番6号 東京地下鉄株式会社 工務部土木課 TEL03-3837-7171

結果の状態について整理・考察し、この2つの検討から、はく落の危険性が高い箇所（打音点検箇所）を抽出する方法を設定した。

3. 打音点検箇所の抽出検討

打音点検箇所の抽出にあたり、コンクリート除去部における変状種類について整理したところ、補修系・漏水系・ひび割れが多く見られた（図-4）。グラフより相関の高い変状を使用して抽出することで、はく落の危険性が高い箇所を見落とす可能性が低くなるものの、ひび割れなど、トンネル内全面に多数存在している変状を使用すると誤検出数が大幅に増えてしまう。また、トンネル内では、ひび割れからの漏水により鉄筋が腐食してはく離が生じているため、検査結果と変状の組合せについても検討することとした。変状状態においては、①単独変状、②複合交差変状、③複合非交差変状の3パターンに整理したが（図-5）、コンクリート除去部では複合交差変状が多く発生していることが確認できたため、③複合交差変状を使用することとした。以上より、コンクリート除去部に存在している変状・検査結果の複合交差変状を集計したところ、特に面漏水（漏水跡含む）と補修系の交差が多く見られたことから、この組合せを含む9組の交差パターンを設定した結果、コンクリート除去部を全て網羅して打音点検箇所を抽出することができた。なお、この交差パターンを可視画像（図-6）に読み込ませることで、メッシュ毎に交差パターンの合算値をヒートマップ形式で可視化している（図-7）。

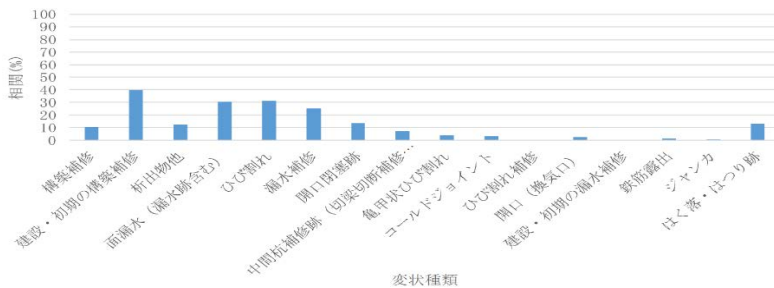


図-4 コンクリート除去部に存在する変状

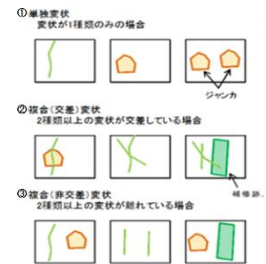


図-5 検討変状状態

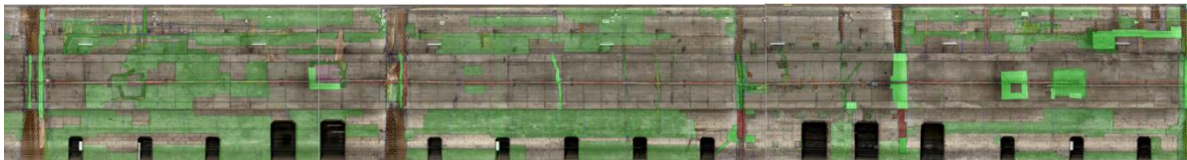


図-6 可視画像

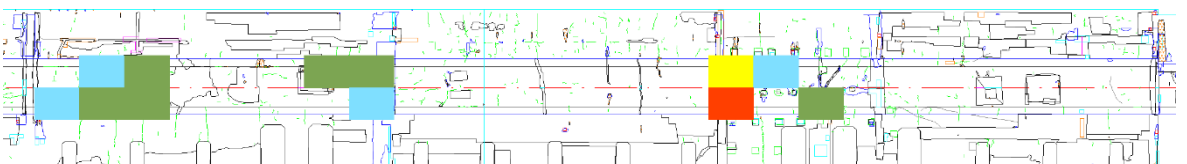


図-7 ヒートマップ

5. ヒートマップの検証

現在、ヒートマップの自動抽出箇所のみを打音した場合について検証したところ、通常の打音点検日数を70%削減することが可能であると確認できた。今後は、当区間以外においても打音点検を実施して自動抽出箇所とコンクリート除去部の照合を行い、検証を行う予定である。また検証結果をもとに、構造形式の違いや路線毎の特徴による抽出方法についても適宜検討する。

4. まとめ

今回、打音点検箇所の自動抽出手法の構築を目的に、設定した複合交差変状のパターンについて可視画像から自動抽出し、ヒートマップを作成した。今後は、試行区間以外での検証や、更に精度の向上を目指す予定である。