

赤外線熱計測による地下鉄トンネル覆工コンクリートの浮き・はく離検出

株式会社パスコ	正会員	○日下	義政
株式会社パスコ	正会員	黒須	秀明
株式会社パスコ	正会員	前田	近邦
東京地下鉄株式会社	正会員	小西	真治
東京地下鉄株式会社	正会員	川上	幸一
株式会社メトロレールファシリティーズ		沢田	秀樹

1. はじめに

我が国の地下鉄は、歴史が古く経年40年を越える区間も多く存在する。この様な中、構造物の調査・点検等のメンテナンスを行い、世界で最高水準の安全を確保している。

点検で発見されるトンネル覆工コンクリート内部の浮き・はく離といった変状は、目視点検で判断が困難であることから、主に打音検査による点検を実施している。トンネル覆工の打音検査は、列車の運転時間帯に実施できないため、運行終了から始発までの夜間(主に1:00~4:00)に実施している。なお、打音検査は、足場を必要とする高所作業の場合があり、限られた時間の中で足場の架設から点検までを効率的に実施することが必要である。これらの理由より、トンネル覆工面の変状検出を、非破壊・非接触で効率的に実施する新しい検査方式の開発が求められている。

新しい検査方式として道路トンネル等では車両に赤外線カメラを搭載し、通行規制を伴わず移動しながら覆工面の変状を検出する方法^{1) 2)}の適用が進みつつあり、地下鉄トンネルへの応用も期待されている。このような状況を踏まえて、赤外線熱計測に適した環境条件を整理するために、地下鉄トンネル内で試験的な赤外線熱計測を行った結果を報告する。

2. 赤外線熱計測概要

赤外線熱計測は2路線の開削トンネル部の6工区を選定し、24時間の連続計測を、3時期(9月、11月、1月)に実施した。なお、撮影位置は、覆工コンクリートに変状があり、赤外線カメラを24時間設置

し、計測できる場所を選定した。また、変状箇所を特定するために、高所も含めて打音検査による調査を行った。その結果、赤外線熱計測を実施する6工区で浮き・はく離と思われる変状が21箇所発見された。なお、赤外線熱計測は、赤外線カメラの画像データのほか、気温・湿度・風速のデータを同時に取得するために、計測用架台に計測機器を固定し、実施した。機器の外観を図1に示す。

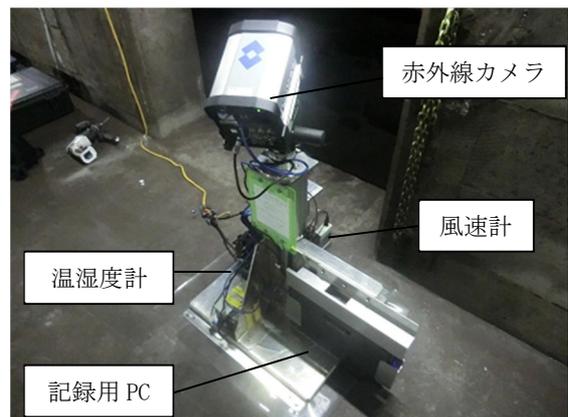


図1. 赤外線熱計測機器外観

3. 計測データ解析

赤外線熱画像の解析は、打音検査において変状と確認した場所の中央を変状部温度、変状部の外側で温度が安定している場所を健全部温度として、その変化を分析することにした。図2に、調査箇所を撮影した可視画像と、打音検査の結果(変状部を枠で示す)を重ねた例を示す。また、赤外線熱計測画像により覆工コンクリートの浮きが確認できた箇所のサンプルを図3に示す。なお、今後の赤外線計測の運用を考慮し、夜間のき電停止時間帯(1:00~4:00)に作業を実施することが望ましいため、その時間内

キーワード 赤外線検査法, 赤外線サーモグラフィカメラ, トンネル覆工コンクリート

連絡先 〒227-0062 横浜市青葉区青葉台2-6-17 株式会社パスコ インフラマネジメント事業部 TEL045-985-1741

に撮影した赤外線熱画像をもとに分析を実施した。

打音検査で発見された21箇所の変状部と健全部の温度差の絶対値の平均で比較した結果、差が0.10℃となり、これを基準(閾値)として変状部の特定をする事とした。変状部と健全部の温度推移を比較した例を図4に示す。この様に、24時間に渡って+0.20℃以上の温度差がある場合は、0.10℃の閾値より大きいいため、赤外線熱計測により変状部が特定されたこととなる。しかし、温度推移の状況は、計測場所、計測部位・部材、季節および時間帯によって異なるため、赤外線熱計測を利用し変状を検出するために望ましい環境条件についても考察することとした。

4. 検出に適した環境条件

検出に適した条件と季節を確認するために、き電停止後の時間帯において、閾値とした0.10℃以上の温度差が確認できた箇所数を整理した(表1)。

この結果から、3時期のいずれかの時期において閾値以上の温度差が確認できた変状は90.5%となっており、高い検出率になっている。一方で月毎の検出率を確認すると57.1%~71.4%となっており、調査時期によって変動がある状況が確認されている。また、今回の限られたデータではあるが、単独の月で検出率が高いのは9月である結果となっている。

5. おわりに

今回、限られたデータではあるが、赤外線熱計測によって地下鉄トンネルの覆工コンクリートにおいて、浮き・はく離の変状を捉えることができた。また、本検証で適用した閾値は、部位・部材を考慮せずに0.10℃としているが、今後、検出率を上げるために環境を含めた様々な条件を取り入れて適切な閾値を検討していく。

参考文献

- 1) 黒須ら, 赤外線熱計測によるトンネル覆工コンクリートの損傷検出1 -高速走行計測
土木学会第67回年次学術講演会概要集, 2012.9
- 2) 清水ら, 赤外線熱計測によるトンネル覆工コンクリートの損傷検出2 -詳細点検との比較検証
土木学会第67回年次学術講演会概要集, 2012.9

表1. き電停止の時間帯検出率

検出時期	検出率	検出箇所数
3時期いずれか	90.5%	19/21箇所
9月	71.4%	15/21箇所
11月	57.1%	12/21箇所
1月	66.7%	14/21箇所



図2. 打音検査結果の例
枠内が打音検査による変状部

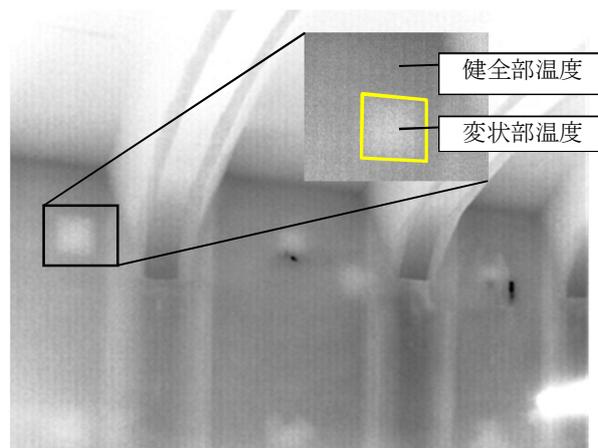


図3. 赤外線熱計測画像の例
変状部の拡大、温度計測位置

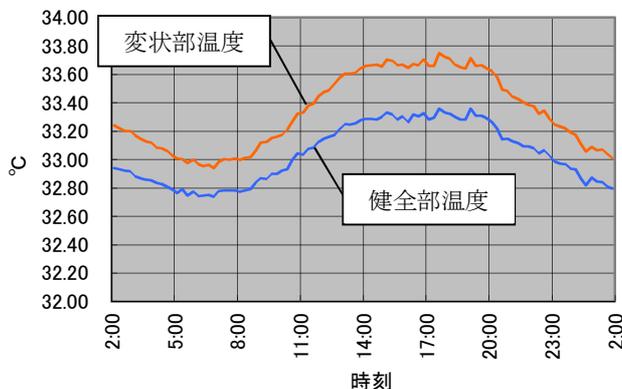


図4. 変状部と健全部の温度推移の例