

遠赤外線照射装置を用いたトンネル覆工の変状検知

（その3：現地適用試験）

帝都高速度交通営団	正会員○柳沢有一郎
帝都高速度交通営団	古谷 兼市
（財）鉄道総合技術研究所	正会員 東川 孝治
三菱重工業（株）	正会員 栗田 耕一

1. はじめに

営団では目視・打音等によるトンネル検査方法の課題解消のため、光照射法を用いたコンクリート剥離検査装置を開発し、これを実用化したトンネル検査車を現在運用中である^{*)}。しかし、現在のトンネル検査車では剥離検知深さが10[mm]以下であるため、構造物を予防保全的に維持管理する立場からは、より深い位置の剥離の検出が望まれる。営団では装置の性能向上を目指し継続して検討を行ってきた。運用中のトンネル検査車はハロゲンランプによりトンネル壁面を加熱するが、今回は従来の技術では存在しない効率的な遠赤外線照射装置（図-1）を製作した。遠赤外線を用いる理由は、ハロゲン光源の場合に比べ、よりコンクリート内部への熱の浸透が期待できるためである。装置の検証としては、まず、実験室レベルの試験により装置の性能及び基本構造を具体化し、その後実トンネルにおける現地適用試験を行った。

本報告では、これらの試験のうち、実トンネルにおける現地適用試験の結果と課題について報告する。

2. 現地適用試験概要

実トンネルにおける現地適用試験として、（1）トンネル覆工面に対し局部的に遠赤外線を照射し加熱するバッチ式試験、（2）遠赤外線ヒータを走行させてトンネル覆工面に対し連続的に遠赤外線を照射し加熱する連続式試験を行った。両試験とも営団線にて行った。今回は、従来のトンネル検査車に採用している赤外線カメラより測定波長の長い8~12[μm]帯赤外線カメラを採用した。両試験とも、遠赤外線照射後にトンネル覆工面を赤外線カメラで撮影したとき、変状箇所に対応した温度分布を検知できるかどうかを検証するものである。

（1）バッチ式試験

検査場所としては、あらかじめ行った打音検査によりトンネル覆工面の変状が明らかになっている場所を対象とした。検査内容は次のとおりである。まず、可視カメラによりトンネル覆工面の状態を可視画像として撮影する。また、加熱を行う前のトンネル壁面の赤外線画像を撮影する。そして、トンネル壁面に遠赤外線を照射し加熱する。その後、加熱直後の赤外線画像、および加熱後30秒経過した時点での赤外線画像の撮影を行った。最後に赤外線画像の検証を行うため、検査箇所のコンクリートコアの抜き取り、または、はつりを行った。

（2）連続式試験

検査場所としては、従来の装置との比較ができるように、現在運用中であるトンネル検査車により結果が得られている箇所を対象とした。赤外線カメラとしては、今回新たに製作したラインセンサ型赤外線カメラを使用した。ラインセンサ型の採用は走行しながらの撮影の際にも画像に切れ目が無く、かつ高速で画像を取



（図-1） 遠赤外線照射装置

キーワード トンネル検査, 光照射法, 遠赤外線, 赤外線画像, 可視画像

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野 5-6-3 帝都高速度交通営団 工務部 工務事務所 TEL 03-3837-7211

得する必要があるためである。今回はこのラインセンサ型カメラの現地適用試験も兼ねて行った。検査方法は次のとおりである。一定速度で運行が可能な油圧制御機能付きのトンネル検査車に、今回製作した検査装置を載せたトロを連結して走行させた。トンネル覆工面の可視画像の撮影、および、遠赤外線ヒーターにより加熱した後の赤外線画像の撮影を行った。

3. 現地適用試験結果

(1) バッチ式試験

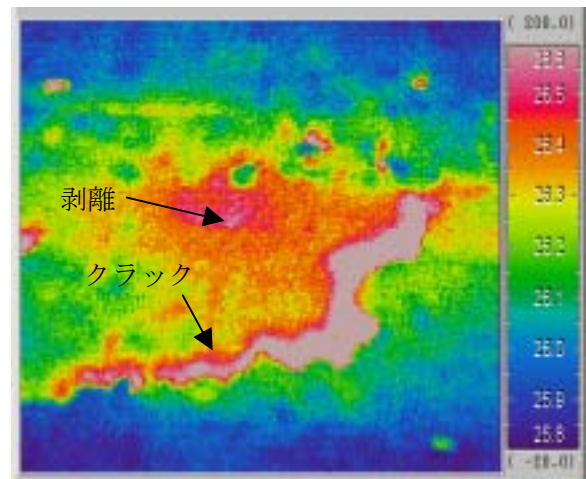
複数の対象箇所を検査した結果の代表的な画像として、可視画像を図-2、赤外線画像を図-3に示す。赤外線画像には剥離部と思われる温度上昇部が検出された。遠赤外線照射前の赤外線画像では、剥離部に相当する温度上昇部は検出されず、遠赤外線照射により剥離検知が可能であることが確認された。可視画像と赤外線画像の比較によって、コンクリート内部の剥離とひび割れの相関関係も確認された。抜き取ったコンクリートコアにも剥離を確認した。

(2) 連続式試験

連続式試験の結果である可視画像と赤外線画像をここでは省略する。赤外線画像には、赤外線画像採取の際のノイズと思われる箇所も見受けられたが、いずれも剥離部と思われる温度上昇部が検出された。結果は、従来のハロゲン光源による装置で検出した剥離箇所と良く一致した。さらに、ハロゲン光源による装置では検出できなかった剥離箇所についても、遠赤外線照射方式では検出されていることが確認された。よって、新たに製作した遠赤外線照射装置とラインセンサ型赤外線カメラが、走行試験においても適用可能であることが確認された。



(図-2)バッチ式試験 可視画像



(図-3)バッチ式試験 赤外線画像

4. 今後の課題

ハロゲン光源による検査装置の場合は、壁面全域をまんべんなく加熱することができ、取得したデータを全断面変状展開図として処理することが出来た^{*)}。しかし、今回製作した遠赤外線による検査装置は、現段階ではトンネル側面のみの加熱に留まっている。今後、ハロゲン光源による検査装置と同様に、加熱範囲をトンネル上面も含んだ断面全域に改良する必要がある。また、トンネルの断面形状は均一ではないため、多様な壁面の離隔にも対応できるように加熱装置を改良することも今後の課題となる。検査効率の面では、トンネル検査車の速度を現状の2[km/h]以上にし、効率の良い検査システムを構築する必要がある。そのため、検査車の速度を上げて現状の加熱効果を維持できるように、加熱装置およびラインセンサ型赤外線カメラを改良する予定である。

参考文献 *)第53回 年次学術講演会 VI-357「赤外線を用いたトンネル検査システムの開発(その3)」