

遠赤外線照射を用いたアクティブ赤外線法における連続走行試験結果

帝都高速度交通営団	正会員	○田辺 将樹
帝都高速度交通営団	正会員	菅原 孝男
三菱重工業(株)	正会員	栗田 耕一
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	戸島 敦嗣

1. はじめに

営団では、遠赤外線を用いたトンネル変状検知装置を開発中である。この装置は、遠赤外線照射装置、赤外線カメラ、可視カメラを組み合わせた検査装置となっている。開発の過程としては、まず、実験室レベルでの遠赤外線照射により、コンクリート内部の剥離検知の検証を行った。この検証により遠赤外線照射の有効性が確認された。この結果を踏まえ、遠赤外線照射装置を製作し、実トンネルにおける剥離検知の実証を行なった¹⁾。本報告では、本手法の実機運用への有効性を確立すべく、実トンネル壁面を検査対象とした連続走行試験を実施したので、その結果と今後の方針について報告する。

2. 現地連続走行試験概要

(1) 検査場所の選定

検査場所として従来のハロゲンランプによるトンネル検査の結果が得られている箇所を選定した。これにより、従来装置で得られた赤外線画像との性能比較が可能となる。また、検査部の打音検査やコア抜き及びはつりが比較的容易なトンネル側壁を対象として実施した。

(2) 検査方法

連続走行試験では検査装置を一定速度で移動させながら検査する必要があるため、従来のトンネル検査装置に搭載されている油圧制御機能を使用して一定走行を実現した。図1に連続走行試験で使用した装置を示す。この装置は、検査幅 2[m]用に製作した遠赤外線照射装置である。遠赤外線の拡散を防ぎ、トンネル壁面を効率良く均一に照射するために、装置に曲率を持たせ、装置の両側にも鏡面仕立ての反射板を設置している。この他に、剥離検知に必要な赤外線画像の取得には測定波長帯域 8~12[μ m]帯の赤外線ラインセンサカメラを使用した。また、ひび割れ検知に必要な可視画像の取得は、画素数が 6000 画素の可視ラインセンサカメラを使用した。可視画像の取得に必要な光源として、メタルハライドランプを使用した。表1に連続走行試験条件をまとめる。試験条件の目標としては、検査幅 2[m]、検査速度 4[km/h]（現在の 2 倍）、赤外線照射エネルギー密度 0.55[J/cm²]とした。

表1 連続走行試験条件

検査幅	0.5、2[m]
検査速度	1、4[km/h]
赤外線照射エネルギー密度	0.20~0.55[J/cm ²]
赤外線画像取得時間	遠赤外線照射後 6~16[s]

3. 連続走行試験結果

連続走行試験で得られた赤外線画像の結果を図2に示す。本試験で得られた結果を検査速度が 1[km/h]で、検査幅が 2[m]の場合を上段に、検査速度が 4[km/h]で、検査幅が 2[m]の場合を下段に示す。なお、検査箇所は検査速度毎に異なった場所を選定している。

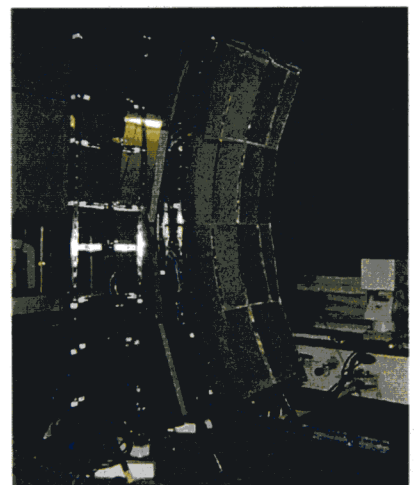


図1 遠赤外線照射装置

キーワード 赤外線非破壊検査, トンネル, コンクリート, 遠赤外線照射装置, 赤外線カメラ

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野三丁目19番9号 帝都高速度交通営団 TEL 03-3837-7094

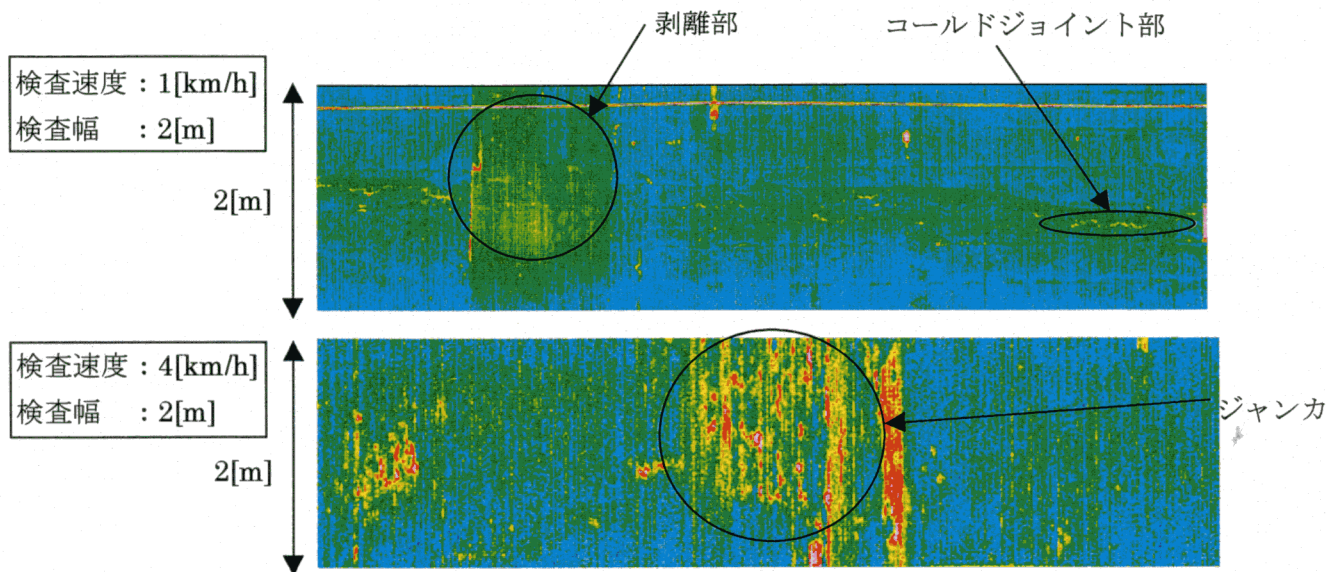


図2 赤外線画像の比較

連続走行試験で得られた赤外線画像を比較することにより、以下の事項が明らかになった。

- ①従来のトンネル検査装置（光照射エネルギー密度 $2.75[\text{J}/\text{cm}^2]$ ）で得られた赤外線画像に比べて、本手法により遠赤外線（従来装置の約 $1/5$ のエネルギー密度 $0.55[\text{J}/\text{cm}^2]$ で照射）を照射して得られた赤外線画像の方が剥離やコールドジョイントを明確に検出している。
- ②従来法の最大検査速度は $2[\text{km}/\text{h}]$ であったが、本手法により検査速度 $4[\text{km}/\text{h}]$ での検査が可能であることを実トンネルにおける連続走行試験で実証した。
- ③赤外線画像と同時に可視画像を取得することにより、ひび割れの検知幅も、従来の $1[\text{mm}]$ から $0.5[\text{mm}]$ に向上可能であることを実トンネルで実証した。

4. 打音検査との比較

本研究では実トンネルの壁面に対して遠赤外線照射によるアクティブ赤外線法で剥離を実施したが、これに引き続き、打音検査も併せて実施した。打音検査の場合はアクティブ赤外線法のように定量的なデータを得ることができない。そこで、土木業務経験者 40 人（打音検査未経験者含む）による健全度判定結果をグラフ化し、定量的な評価に供することを試みた。

得られた結果の一例を図3に示す。この結果は、土木経験年数として0～5年、6～10年、11～30年の3つのカテゴリーに分けて、結果を表示している。評価は、特Aが最も健全度が低く、A,B,Cの順に健全度が高くなり、Sは最も健全度が高いことを表している。

このように、打音検査では検査者により健全度の評価に差異が生じる場合がある。

従って、本研究で実施したアクティブ赤外線法により、得られた画像データから定量的な判定を実施し、構築の安全維持管理に役立てていくことが重要である。

5. まとめと今後の方針

遠赤外線照射を用いたアクティブ赤外線法により、実トンネルにおいて良好な試験結果を得ることができた。今後は、更に本手法による走行試験を行ない、様々な変状に対応できる検査装置の製作に繋げたい。

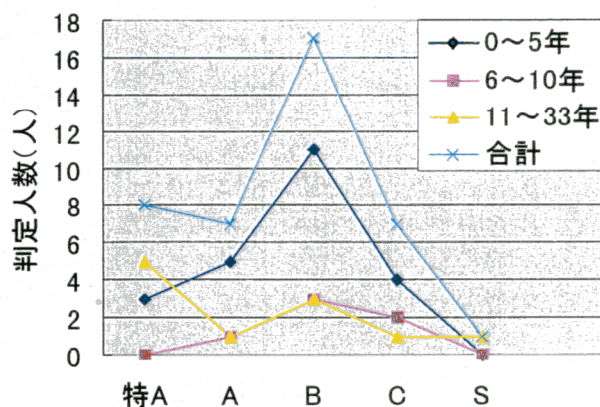


図3 打音検査結果の一例

参考文献

- 1)土木学会第57回年次学術講演会VI-447[遠赤外線照射装置を用いたトンネル覆工の変状検知]