

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2：検査装置の構想)

三菱重工業(株) 正会員 ○栗田 耕一
 三菱重工業(株) 井上 政雄
 帝都高速度交通営団 正会員 菅原 孝男
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取 誠一

1. はじめに

トンネル検査の自動化・高精度化を実現するため、トンネル検査用遠赤外線照射装置とラインセンサ型赤外線カメラを組合せたシステムを試作・構築した。この装置を用いて、実トンネルにて局所的な検査、及び連続走行検査を実施した。

2. 背景

剥離検知深さ 50[mm]程度までの検出が可能なトンネル検査装置を具体化するため、遠赤外線照射法を利用した試験を実施した。遠赤外線を照射する方法は、帝都高速度交通営団と三菱重工業株式会社は共同で開発運用中であるハロゲンランプによりトンネル覆工を照射し加熱する方法に比べ、トンネル覆工によく吸収され効率的であるという利点がある。その一方で、トンネル検査用に設計された遠赤外線照射装置は存在しないという課題があった。また、トンネル検査装置は発電機を搭載して運転する構造であるため、発電容量を抑えて排気ガス中の黒煙等の発生を基準値以下で運用する必要がある。従って、このような使用電力制約下でも使用可能な効率の良い遠赤外線照射装置の開発が切望されていた。

3. 装置構想

具体的には、コンクリートに対して吸収率が高い遠赤外線を加熱用光源として使用する手法を開発した。さらに、実機適用を考慮してトンネル検査専用の遠赤外線照射装置を試作した。また、従来の 3~5[μm]帯の赤外線カメラに替えて、8~12[μm]帯のラインセンサ型赤外線カメラを使用したシステムを構築した。

図1は遠赤外線照射法によるトンネル検査装置の装置概念図である。装置進行方向前方に遠赤外線照射装置を配置し、トンネル覆工を照射する。その後、装置後方に配置したラインセンサ型赤外線カメラで赤外線画像を撮像する。得られた赤外線画像と可視カメラで得られた可視画像は画像処理により解析され、検査評価結果と共に色分けし表示される。

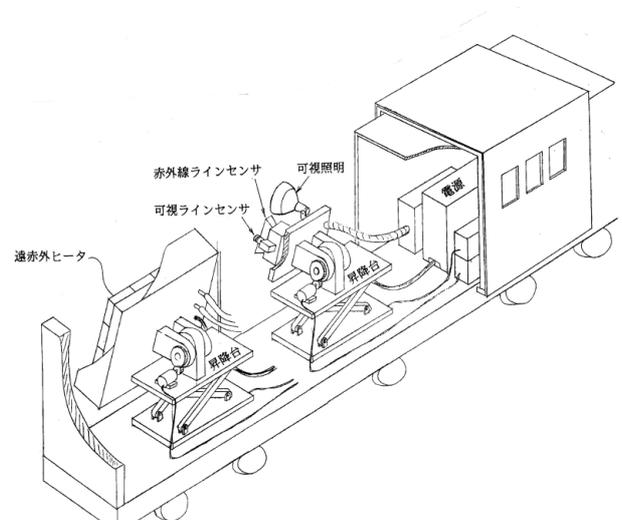


図1 トンネル検査装置の概念図

4. 遠赤外線照射装置

トンネル検査専用の遠赤外線照射装置を試作した。トンネル覆工に遠赤外線を効率良く照射するため、遠赤外線照射装置の端部から発生する遠赤外線を効率良く利用した。具体的には、曲率を有する赤外線照射装置を試作し、遠赤外線を無駄なくトンネル覆工に照射できる構造を採用した。このような装置を試作することにより、従来装置に比べ約 42%遠赤外線照射性能を向上させた。図2には、幅約 2[m]のトンネル覆工を照射するための赤外線照射装置を示している。この試作装置では、遠赤外線の拡散を防ぐため、装置の両側にも鏡面仕立ての反射板を設置し、この装置を縦に配置して走行しながらトンネル覆工を照射する。

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 〒733-0036 広島市西区観音新町4丁目6-22 三菱重工株式会社広島研究所 TEL082-294-9830

試作装置の遠赤外線出力分布を計測した結果を図3に示す。中心部から400[mm]まではほぼ一定の強度を維持しているが、端部の1[m]では中心部の強度の約82[%]である。

- ・遠赤外線照射面のサイズ：高さ1900[mm]×幅225[mm]
- ・遠赤外線照射装置の投入電力：8[kW]

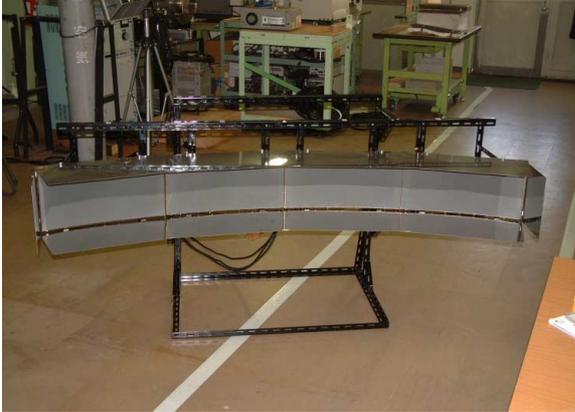


図2 遠赤外線照射装置

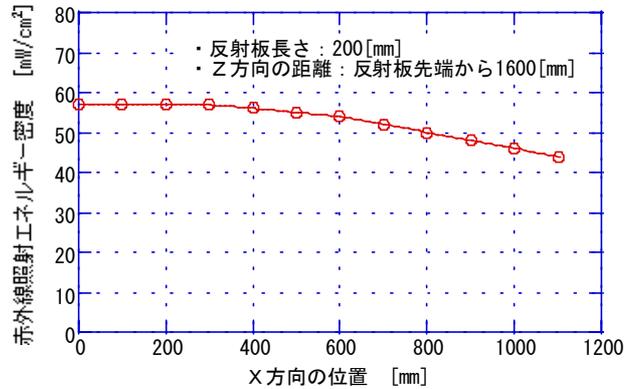


図3 遠赤外線照射エネルギー分布

5. ラインセンサ型赤外線カメラ

赤外線カメラは通常、2次元画像を同時に取り込むエリア型カメラが使用されるが、用途に応じてラインセンサ型赤外線カメラが使われる。トンネル検査のように連続して計測する場合には、検査車両を等速運転しながら、画像を切れ目なく連続で撮影可能となる。本開発では、赤外線検出素子が1素子のラインセンサ型赤外線カメラを用いることにより、画像を高速で取得することが可能となった。

このラインセンサ型赤外線カメラの性能を確認するため、模擬空隙を有するコンクリートサンプルを対象に、遠赤外線加熱後の赤外線画像を撮影した。計測配置図を図4に示す。ラインセンサ型赤外線カメラは、視野を1次元でスキャンする方式であるため、相対速度を与えないと2次元画像を得ることはできない。そこで、ラインセンサ型赤外線カメラを上下に等速移動させて2次元画像を得た。図5に、このようにして得られた赤外線画像を示す。模擬空隙の深さがそれぞれ10,20,30[mm]のサンプルに対して、剥離を検出していることが確認でき、ラインセンサ型赤外線カメラ有効性を検証できた。

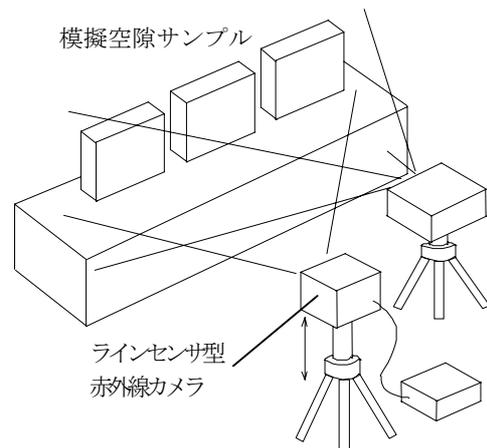


図4 赤外線画像計測配置図

空隙深さ

30[mm]

20[mm]

10[mm]

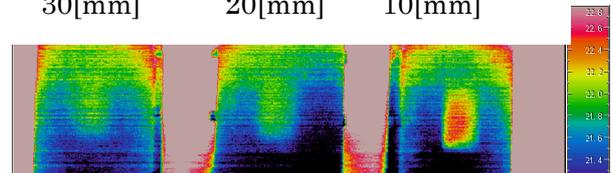


図5 模擬空隙サンプルの赤外線画像

6. まとめと今後の予定

遠赤外線照射装置とラインセンサ型赤外線カメラを組合せたトンネル検査装置を構築した。今後、実トンネルに本試作装置を適用して有効性を検証する予定である。

参考文献

- ・非破壊検査第51巻3号 p134-138