

赤外線サーモグラフィ法によるトンネル覆工の欠陥検出試験

○近畿日本鉄道(株)	正会員	原 文人
大阪大学大学院工学研究科	正会員	阪上 隆英
(株)コンステック		込山 貴仁
(株)中研コンサルタント	正会員	鈴木 宏信

1. はじめに

著者らは、赤外線サーモグラフィ法のコンクリート構造物検査への適用性を検討している。その一つとして、トンネル覆工の剥離検出に対する同法の適用性を検証するため、作業用トンネル内に人工剥離欠陥を導入したコンクリート供試体をトンネル覆工に見たてた形で施工して、トンネル覆工に剥離が発生している状況を人工的に作りだし、赤外線サーモグラフィ法による欠陥検出実験を行った。その結果について報告する。

2. 人工剥離導入トンネル覆工の概要

(1) 人工剥離欠陥を導入した供試体

寸法および形状：1000mm×1000mm×200mmの直方体

剥離の表面からの深さ：20mm, 30mm, 50mm

剥離の寸法：100mm角, 150mm角, 200mm角

(2) 供試体を設置したトンネル

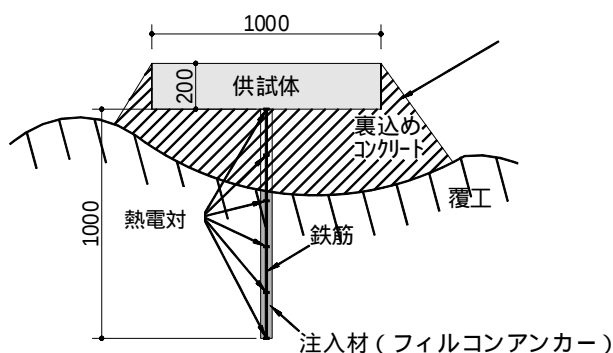
NATM工法で掘削し、二次覆工を省略した吹き付けコンクリートむき出し状態の作業用トンネル

(3) 供試体の設置方法

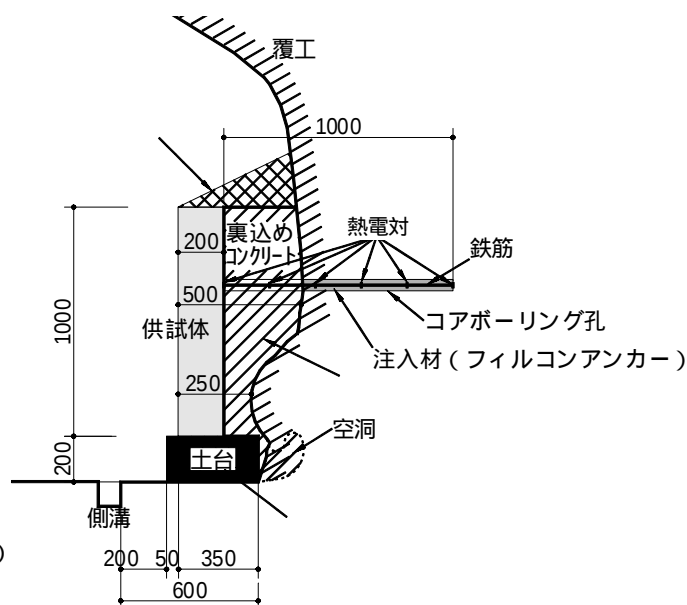
図1に示すとおり、欠陥を導入した供試体を吹き付けコンクリート覆工前面に設置し、その間をコンクリートで充填した。設置状況を図2に示す。



図2 供試体設置状況



平面図



断面図

図1 供試体の設置

キーワード：非破壊検査，赤外線サーモグラフィ，トンネル覆工

連絡先：〒630-8025 奈良市尼辻北町10-1 近鉄技術開発センター TEL 0742-35-8215 FAX 0742-35-8211

3. 計測方法

前述の人工剥離導入トンネル覆工に対してアクティブ加熱を行い，供試体表面温度を赤外線サーモグラフィで計測することにより，剥離検出の可能性を調べた．計測装置および計測方法は以下の通りである．

(1) 赤外線サーモグラフィ

機種：Raytheon 社 Radiance HS，温度分解能：0.025℃，計測波長域：3～5μm，画素数：256×256

(2) アクティブ加熱装置

輻射・熱伝達併用型の加熱手法で、広範囲を均質に加熱することが可能なブライトヒータを使用した．

(3) 計測方法

供試体から 3mの距離にブライトヒータを配置し，10～15 分間供試体表面を加熱した後，供試体表面の温度分布画像を赤外線サーモグラフィで計測した．季節によるトンネル坑内温度と地山の温度の変化を考慮して，7 月と 12 月，すなわち夏と冬の 2 回計測を行った．

4. 計測結果および考察

7 月計測時の加熱前，加熱後 30 分経過後，加熱後 1 時間以上経過した後の温度分布画像を図 3 に示す．また，12 月計測時の加熱前，加熱後 30 分経過後の温度分布画像を図 4 に示す．温度分布画像において温度は白黒で階調表示されており，白色部が高温となっている．7 月の加熱前の画像を見ると深さ 30mm までの欠陥箇所が局所的に高温になっていることがわかる．坑内気温と地山温度の温度差により覆工表面から内部に向かう熱移動が生じており，この熱が剥離による断熱効果で遮られた結果，表面に局所的な高温部が現れたものと考えられる．12 月の実験においては，加熱前には供試体表面には剥離による温度変化はほとんど見られなかった．図に示した加熱前画像に見られるわずかな温度変化は，実験開始後の坑内温度上昇により表面から内部に向かう熱移動がわずかに発生したことに起因する．欠陥部の局所的な高温部位は，7 月の画像ほど鮮明でなく，欠陥検出は困難である．加熱後 30 分経過後の画像を見ると，7 月計測，12 月計測のいずれのケースも，深さ 50mm の欠陥箇所まですべて鮮明に局所的な高温箇所として現れている．ブライトヒータの加熱により表面から内部に向かって大量の熱移動が行われ，この熱が剥離による断熱効果で遮られた結果，供試体表面に局所的な高温部が現れたものと考えられる．また，加熱後 1 時間以上経過した画像においても導入した全ての欠陥箇所が局所的な高温箇所として検出できており，一度加熱をすればサーモグラフィを用いてゆっくり時間をかけて検査することが可能であることが確認できた．なお，詳細データは紙面の都合で省略したので，講演時に紹介する．

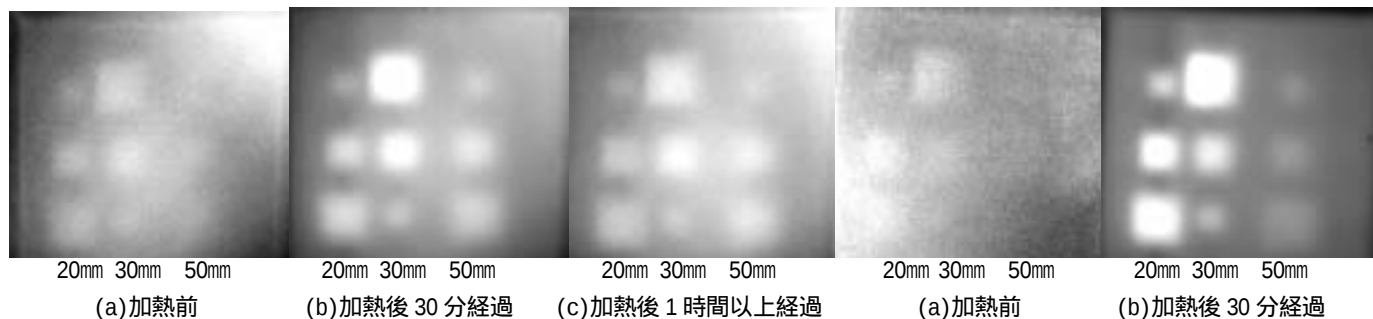


図3 7月計測の温度分布画像

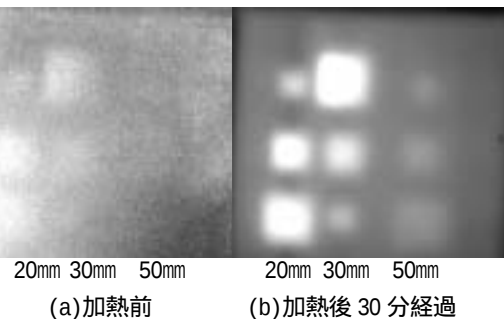


図4 12月計測の温度分布画像

5. まとめ

以上の実験より，季節によってはアクティブ加熱なしでも深さ 30mm 程度までの浅い箇所の欠陥は十分に検出が可能なこと，アクティブ加熱を行えば季節に関係なく深さ 50mm 程度までの欠陥検出が可能なこと，10 分程度の加熱を行えば 1 時間以上に亘って欠陥検出が可能な状態が持続すること，等が確認できた．