

### 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ー詳細点検との比較検証

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング	正会員	○清水	俊吾
(株)ネクスコ東日本エンジニアリング			新井 正典
(株)ネクスコ東日本エンジニアリング			塚田 芳則
(株)パスコ	正会員	内間	満明
(株)パスコ	正会員	黒須	秀明
(株)パスコ	正会員	前田	近邦

#### 1. はじめに

高速道路において、交通規制を伴わず、高速走行での赤外線熱計測により、外観で目に視えない路面下損傷を検出させる技術が確立されつつある<sup>1), 2), 3)</sup>。

また、従来では困難とされてきた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技術も開発が進んでおり(図1)、トンネル詳細点検のスクリーニング機能を果たし点検の効率化・高品質化を図る技術の確立が期待されている。

そこで今回、赤外線熱計測で取得したトンネル覆工コンクリートの熱画像解析結果を近接目視・打音検査(詳細点検)結果と比較検証することにより、熱画像で認められる熱(温度)変状について、ひび割れ、内部空隙/空洞、滞水等の損傷との関係づけを確定するために研究開発を行った。その結果、赤外線熱画像解析による損傷の判別及び判定率(詳細点検との合致率)について成果を得たので報告する。

#### 2. トンネル覆工コンクリートの損傷

赤外線熱計測の専用車に仰角 30° で前方斜め上方へ向けて赤外線サーモグラフィカメラを設置した。そして1車線ごとに法定速度 80km/h で高速走行し、トンネル天井部壁面の放射温度を計測した。

図1及び図2-1~図2-3に例示したように、トンネル覆工コンクリートの損傷として、高温変状を呈する壁面補修跡や補修材劣化跡、壁面の浮き、内部空隙/空洞、豆板、コンクリート小片の剥落、遊離石灰の溶出等がある。逆に低温変状を呈する損傷は、漏・滞水となる。壁面のひび割れについては、熱画像の解像度が7~8mmであることに影響されるため、赤外線熱計測で検出可能なのは、ほぼ2~3mm以上の幅のひび割れに限られる。

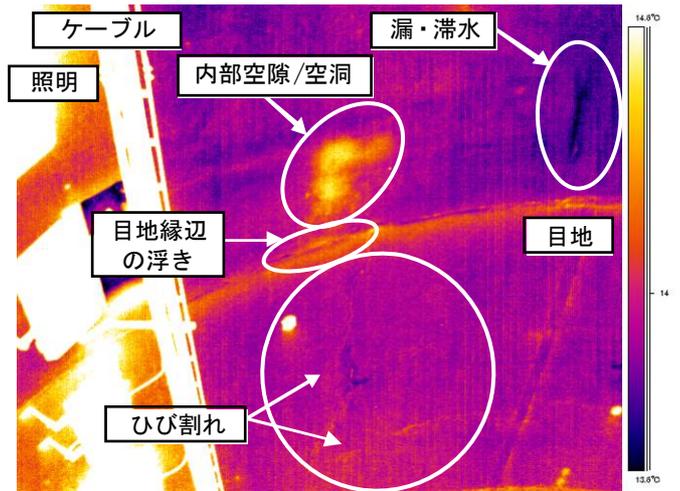


図1. トンネル天井部壁面の赤外線熱画像イメージ

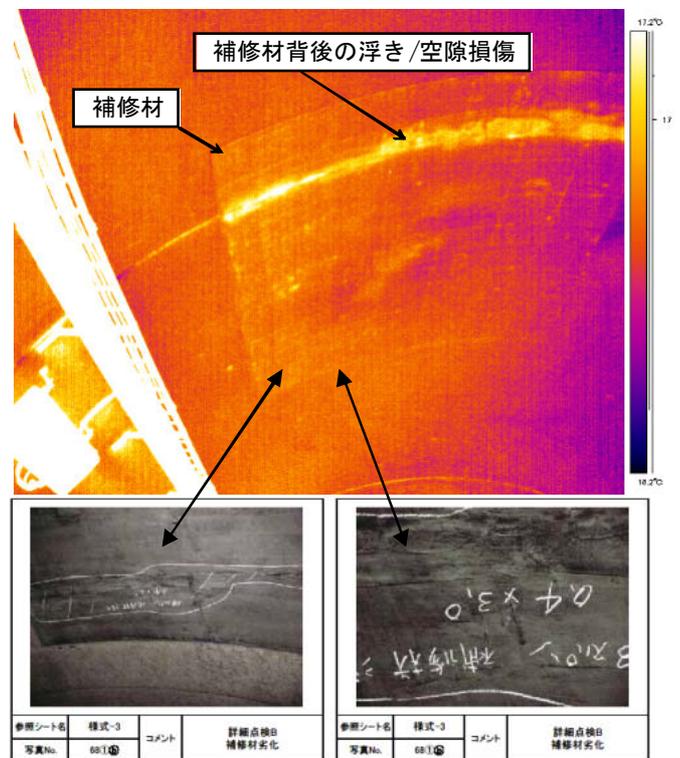


図2-1. トンネル覆工コンクリート天井部壁面損傷例① (上図は熱画像, 下図は詳細点検写真, 以下同じ)

キーワード 赤外線熱計測, 高速走行計測, トンネル覆工コンクリート, 壁面損傷検出, 内部損傷検出

連絡先 〒370-1203 群馬県高崎市矢中町 21-2 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング 高崎保全計画センター TEL 027-345-0130

3. 赤外線熱計測の損傷推定及び詳細点検との比較検証

トンネル覆工コンクリート壁面のひび割れについては前述したように、赤外線熱計測で検出可能なのはほぼ 2~3mm 以上の幅のものに限られるので、詳細点検結果との比較検証では、合致率は 56.7%と低かった (表 1 合計\*\*).

そこで、ひび割れを除いた浮き、空隙/空洞、漏・滞水、豆板、補修跡、補修材劣化、剥落及び遊離石灰について、詳細点検結果と比較検証した結果、合致率は 92~100%であった。従って、微細なひび割れを除いた損傷、特に目に視えない内部損傷の検出に対し、本手法の赤外線熱計測は有効と考えられる。

なお、トンネルは長大になるほど、中央部付近の温度変化が乏しいことにより、健全箇所と損傷箇所の放射温度差が小さくなるため、赤外線熱計測での損傷検出は難しくなる。しかし今回は延長 4,000m 超のトンネルの中央部付近においても、内部損傷を検出する事ができた。

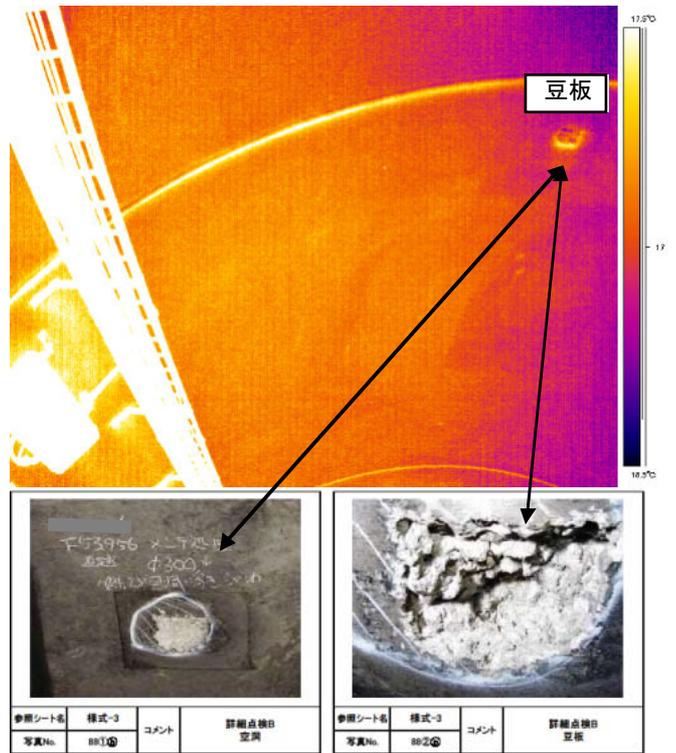


図 2-2. トンネル覆工コンクリート天井部壁面損傷例②

4. おわりに

赤外線熱計測は、トンネル覆工コンクリートの損傷について、ひび割れを除き、高率で検出できる有効な手法であることが明らかとなった。

今後、本知見を踏まえ、トンネル点検の効率的なスクリーニング機能を有する第一次調査技術として、さらなる技術向上に努めたい。

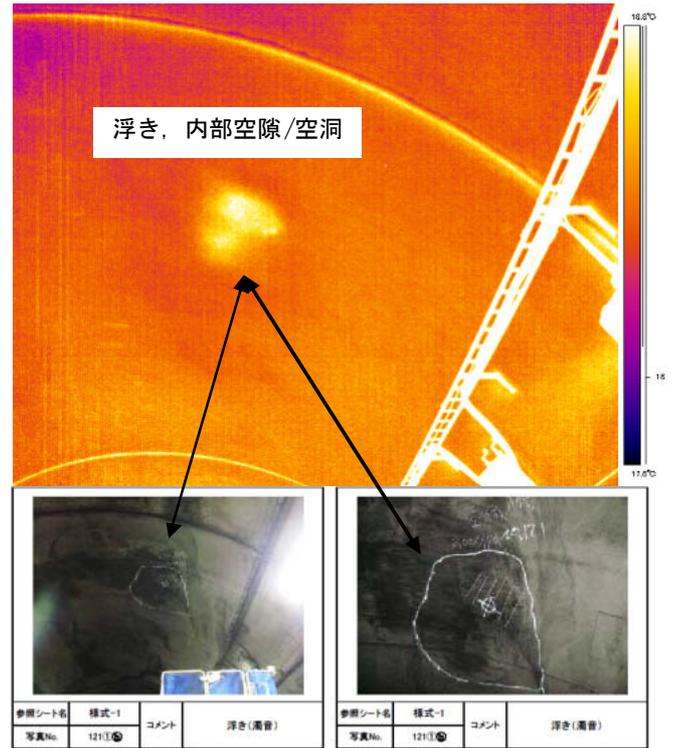


図 2-3. トンネル覆工コンクリート天井部壁面損傷例③

参考文献

- 1)内間ら, 熱赤外線計測法による鋼床版のUリブ滞水診断, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, VI-340, 2009. 9
- 2)塚本ら, 赤外線による舗装の点検手法, 舗装, Vol. 46, pp. 17-22, 2011. 7
- 3)内間ら, 赤外線検査法 (その 3) - 損傷の検出と分類, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, V-421, 2011, 9

表 1 延長 1,500m 超と 4,000m 超のトンネルの覆工コンクリート損傷に対する赤外線熱計測の推定と詳細点検の比較検証

1) 1,500m 超	浮き/空洞	漏・滞水	豆板	遊離石灰溶出	補修跡	補修材劣化	合計	合致率 (A/B) %
熱計測の推定	6	2	2	1	3	12	A 26	100.0
詳細点検の検証	6	2	2	1	3	12	B 26	
2) 4,000m 超	浮き/空洞	漏・滞水	豆板	剥落*	遊離石灰溶出	合計**	合致率 (A/B) %	
熱計測の推定	2	1	2	3	3	A 11	91.7	
詳細点検の検証	3	1	2	3	3	B 12		

剥落\*: 三日月ひび割れ/剥落 (1箇所), ひび割れ/剥落 (1箇所) を含む

合計\*\*: ひび割れを除く (ひび割れ箇所の確認は, 詳細点検で 30箇所, 熱計測で 17箇所であり, 合致率は 56.7%)