

熱赤外線映像法による覆工コンクリート健全度評価について（その2）

- 供用中のトンネルでの実測事例 -

独立行政法人北海道開発土木研究所	○正会員	渡邊	一悟
独立行政法人北海道開発土木研究所	正会員	池田	憲二
（株）ダイヤコンサルタント	非会員	原	享
（株）ダイヤコンサルタント	正会員	杉浦	高広

1. 緒言

近年、トンネル内覆工などコンクリート片剥落事故が相次いで発生して大きな社会問題となり、これ以降点検・調査等に用いる新技術の開発が行われている。中でも熱赤外線映像法は、コンクリートの浮きや剥離などを検出する非破壊検査診断方法として着目されているが、温度変動の少ないトンネル内では強制的な加熱を行い遅延計測するのが効果的だと考えられる¹⁾。そこで、本方法を供用中のトンネルに適用し、その実用性について検討したのでここに報告するものである。

2. 加熱・計測方法

既に実施した解析および室内検証実験に基づき¹⁾、加熱方法および計測方法を決定した。加熱は図-1および図-2に示すように、防火シートで囲まれたトラック荷台に灯油式遠赤外線ヒーター(32,000kcal/h/台)を4台設置した加熱車両で行う。防火シートはスライド式の骨組みに取り付けられており、トンネル半断面上半部の加熱箇所を遮蔽し、約10分間の限定加熱をした後、次の加熱箇所へ移動する。これを繰り返してトンネル延長方向に順次加熱を行う。

計測は赤外線サーモカメラ（測定温度範囲：-20～80℃、最小検知温度差：0.15℃）を用いて、限定加熱した箇所の覆工コンクリート表面温度を15分、30分、60分後に計測する。つまり、加熱車両は区域限定加熱を繰り返して進行し、加熱終了後の各箇所で所定時間後に赤外線サーモカメラを移動・設置し、遅延計測を行うものである。



図-1 加熱車両

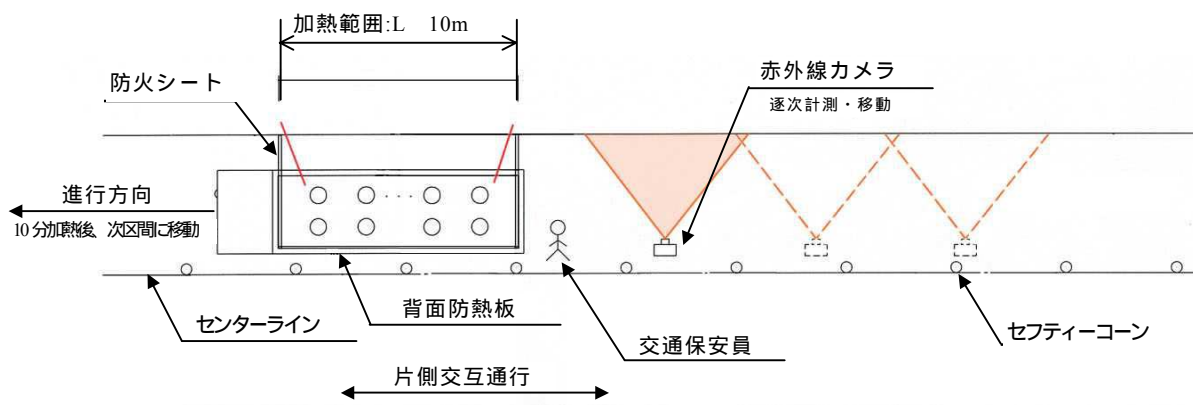


図-2 供用中トンネル内での加熱・計測方法概略平面図

keyword：トンネル点検；コンクリート探傷法；熱赤外線映像法；サーモグラフィ；非破壊試験；現場実験

連絡先：（独）北海道開発土木研究所 構造部 構造研究室 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 011-841-1698

3. 計測箇所

計測は供用中の道路トンネルのほぼ中央付近で、漏水防止板を一時的に撤去し、片側交互通行規制を行いながら実施した。なお計測箇所は、漏水防止板設置区間であったため、従来のトンネル点検において打音検査やはつり等は行われておらず、図-3に示すように部分的なクラックや遊離石灰（湧水後）が見られた。なお、本試験調査後に亀裂調査・打音検査も行い、剥離の可能性のある部位は所定の補修対策を行ってから漏水防止板を再設置した。



図-3 コンクリート剥離箇所

4. 計測結果

図-3に示す箇所の自然状態と加熱後15分、30分後のコンクリート表面温度状況（赤外線画像）を図-4に示す。漏水箇所（目地部、亀裂部位）など、コンクリート表面あるいは内部に滲水のある箇所では、自然状態で健全な部位より約1℃低温区域として捉えられた。また、漏水防止板取付金具も外気温（計測時期は11月末）の影響を受け、低温となっている。

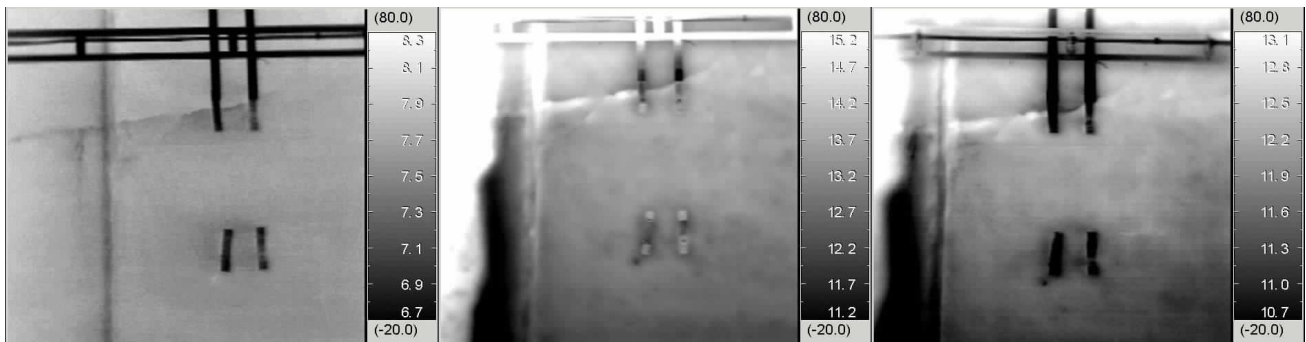


図-4 赤外線画像（左から自然状態、加熱終了15分後、30分後

加熱終了15分後では、亀裂沿いに高温部（健全部より約1～2℃高温）が分布し、30分後の画像ではさらに高温域の範囲が広がり、後に行った打音検査でも、この範囲で濁音が確認された。しかし、取付金具およびアンカーボルトの周辺は、金属部の急冷却の影響を受け高温領域が不明瞭となった。なお、60分後の画像も記録したが、坑内風（交通車両によるものも含む）による冷却のため加熱前と同様な状態であった。

図-5に調査箇所のはつり状況を示す。赤外線画像により不健全であると思われた箇所を打音検査にて再調査し、はつった結果、図-4にて高温域であった範囲周辺に浮き・剥離が確認され、本方法により得られた結果が適正であることが分かった。



図-5 はつり状況

このほか、補修箇所で充填モルタルの浮いた箇所なども上記と同様に高温部として捉えることが出来た。

5. 結言

強制加熱に遅延計測を組み合わせた熱赤外線映像法により、供用中の道路トンネルで覆工コンクリートの健全度調査を行った結果、漏水箇所などを除き、比較的深度が浅い部分の浮きや剥離などは、打音検査とほぼ同程度の精度で検出可能であることがわかった。また、本方法は連続計測も可能で、加熱車両の長さを十分に取れば、時間的にも詳細な打音検査と同程度であり、今後の更なる検討・研究により、十分に実用可能な手法になり得るものと期待される。

参考文献：

1) 池田，畑山，渡邊，藤野戸，杉浦，原：土木学会北海道支部論文報告集第58号， - 25, pp.840-843, 2002.