

赤外線画像解析法によるコンクリートの浮き・はく離の検出精度の検証

日本道路公団試験研究所 正会員 吉田 敦
 日本道路公団試験研究所 正会員 本村 均
 基礎地盤コンサルタンツ 正会員 天野 勲
 東京大学工学系研究科 フェロー 藤野 陽三

1. はじめに

これまで我々は、コンクリート構造物の浮きやはく離を生じた損傷部を、客観的かつ効率的に検出する非破壊検査手法として、パッシブ法によって得た赤外線画像をコンピュータ解析する赤外線画像解析法に着目し、実際のトンネル覆工と橋梁床版を対象に、赤外線画像を撮影する季節や天候、時間帯といった条件による損傷部の検出精度について検討を行ってきた。¹⁾

ここでは、この赤外線画像解析法によるコンクリート構造物の点検システムの実用化に際し、赤外線画像の撮影条件を明確にするため、損傷部を模したコンクリート試験体を作成し室内試験により実施した、大気温度並びにコンクリート表面温度の変化と損傷部の検出精度に関する検討結果、さらに複数の異なる仕様の赤外線画像撮影装置による検出精度の比較結果について報告する。

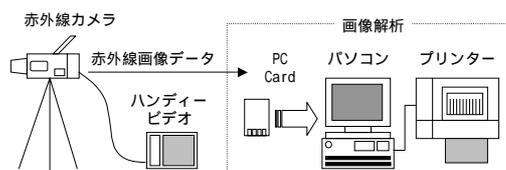


図 2.1 赤外線画像解析システムの概要

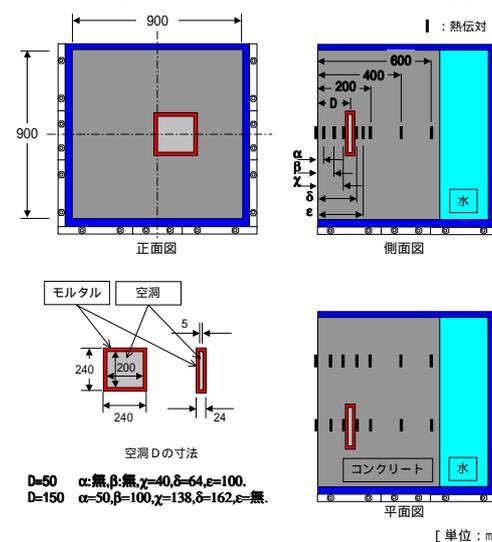


図 2.2 試験体の概要

2. 試験方法

2.1 赤外線画像解析法

赤外線画像解析法による、コンクリート構造物の損傷部検出システムの概要を図 2.1 に示す。撮影された赤外線画像データには、各種のノイズ（撮影距離・撮影角度・使用レンズ・対象表面の汚れなどによる赤外線放射率の変化、太陽光や周囲からの反射）が含まれているが、これらのノイズをコンピュータ処理により除去することで、本システムでは、微小な温度変化の場合でも浮き・はく離の損傷部の検出が可能となっている。

2.2 試験体

試験体の概要を図 2.2 に示す。試験体は2体作成し、それぞれに損傷部として 200×200×5mm の空洞を、深さ 50mm と 150mm の位置に埋設した。この試験体作成に用いたコンクリート強度は 26.7N/mm²(材令 28 日)であった。このコンクリートの配合は表 2.1 のとおりである。

表 2.1 試験体のコンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混練剤 AE減水剤
20	15	58.5	45.2	165	280	831	1037	2.800

2.3 試験室内の温度条件

表 2.2 のとおり、本試験では大型恒温恒湿室において、温度変化が小さく赤外線法の適用が困難と考えられるトンネル坑内について、その大気温度を2種類再現し、毎正時毎に赤外線画像の撮影を実施した。

表 2.2 試験室内の温度条件

恒温恒湿室	寸法 (mm)	5500(L) × 3600(W) × 3400(H)
		温度 (°C)
	湿度 (%)	40 ~ 95
再現した大気温度条件	Case1	トンネル延長 L 1700m の 1/2L 地点 夏・晴天日 (坑内気温の日較差 5.7 °C)
	Case2	トンネル延長 L 11000m の 9/10L 地点 夏・晴天日 (坑内気温の日較差 1.4 °C)

2.3 画像撮影装置

本試験で用いた赤外線画像撮影装置の仕様を表 2.3 に示す。このうち、A については、これまで使用してきた装置である。また、B ~ D については、温度分解能が A 以上の性能を有する装置から選定した。

キーワード 赤外線, 画像解析, 非破壊検査, コンクリート, 温度

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団試験研究所 TEL 042-791-1621

3. 試験結果

3.1 大気温度の変化と損傷部の検出精度の関係

従来から使用している赤外線画像撮影装置Aを使用して、大気温度やコンクリート表面温度の変化と損傷部の検出精度の関係を検討した結果を図3.1に示す。この図中における、「適用可能」とは、埋設した空洞の面積を50%以上検出できる場合である。また、図3.2には、実際の赤外線画像の解析結果例を示した。

Case1は、大気温度とコンクリート表面温度が交差する温度環境である。空洞深さ50mmにおいて、適用可能と判断される時間帯は2つに分けられ、大気温度の上昇過程では、大気温度がコンクリート表面温度と交差する時刻の前後3時間、大気温度の下降過程では、大気温度が最高に達する時刻の前後からコンクリート表面温度と交差する時刻までの間、それぞれ適用可能と判断される。一方、空洞深さ150mmの場合、坑内大気温度が最高に達した時間帯以降で、2時間程度は適用可能と判断されたが、それ以外の時間帯では、空洞部を検出することはなかった。

Case2は、常に大気温度がコンクリート表面温度より高い温度環境である。空洞深さ50mmの場合、一日を通じ最低でも空洞面積の50%以上を検出しており、一日中適用可能と判断された。一方、空洞深さ150mmの場合、坑内大気温度が最高に達した時間帯で、3時間程度適用可能と判断されたのみであった。

3.2 複数の異なる仕様の赤外線画像撮影装置による検出精度の比較

温度分解能等の仕様が異なるAからDの赤外線画像撮影装置による空洞の検出結果について、図3.3にまとめて示す。

この図より、従来の赤外線画像撮影装置Aに比べ、B～Dの装置を用いることで、赤外線画像解析法の適用時間帯が拡大すると共に、150mmと深い位置の空洞に対しても有効な場合があることが確認された。

4. おわりに

今回の室内試験により、大気温度の変化と赤外線画像解析法による劣化損傷部の検出精度の関係が明らかになった他、高温分解能(0.025)の赤外線画像撮影装置を用いることで、赤外線画像の撮影時間帯を拡大できることが確認された。今後は、赤外線画像解析法によるコンクリートの点検システムの構築に向けた詳細検討を進めていく予定である。

参考文献

1) 本村・吉田・菅野・藤野：赤外線画像解析法を用いたコンクリート構造物の浮き・剥離の検出 第56回年次学術講演会講演概要集 pp324-325

表2.3 赤外線画像撮影装置の仕様一覧

記号	A (従来装置)	B (高温分解能装置)	C (高温分解能装置)	D (高温分解能装置)
検出器	PtSi/C-MOS	InSb	InSb	GaAs, QUIP
検出波長帯	FPA(256×256)	FPA(256×256)	FPA(256×256)	FPA(320×240)
検出波長帯	3.4～5μm	3.5～4.1, 4.5～5.1μm	3～5μm	8～9μm
温度分解能	0.07	0.025以下	0.025	0.02
露光時間	1/60秒	1/120～1/1000秒	2μ秒 mini	1/60～1/900秒
視野角	17°×16°	14.6°×14.6°	17.5°×17.5°	20°×15°

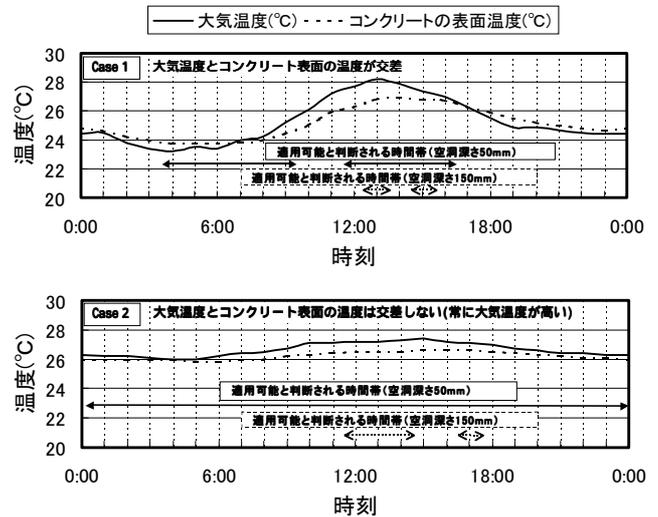


図3.1 大気温度の変化と赤外線画像解析法の適用性

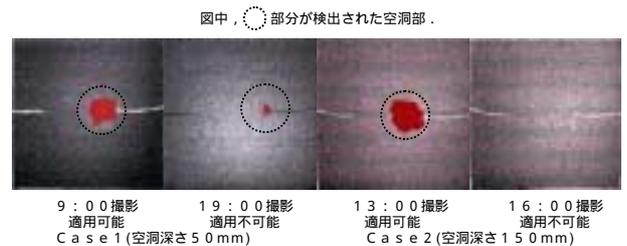


図3.2 赤外線画像の解析結果例

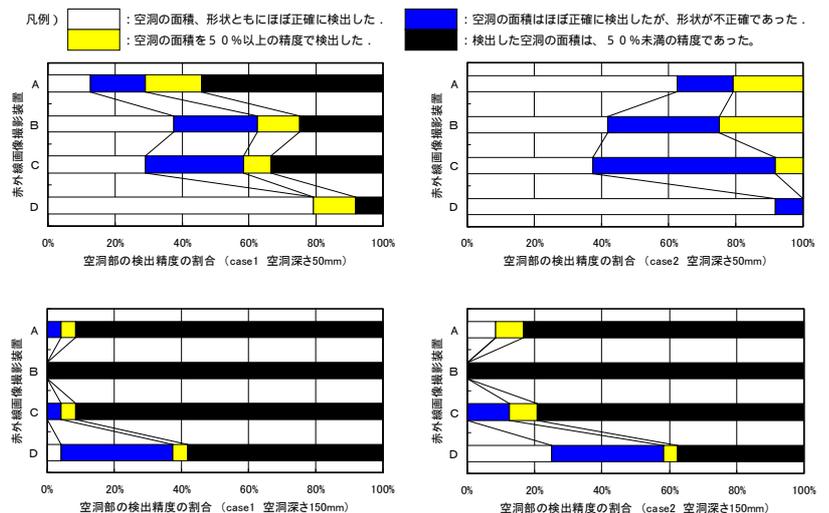


図3.3 各種赤外線画像撮影装置による空洞検出結果