

## 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

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

### 1. はじめに

第三者被害により社会的問題となったコンクリートの剥落事故に対して、打音点検によるコンクリート構造物の総点検が全国的に行われている。この打音点検は、コンクリート打撃音の差異を聞き分けて判定されるが、技術者の熟練度による判定のばらつきや、高所における不自然な姿勢での作業が問題となっている。

そこで、客観的判定が可能で効率的な非破壊検査として、コンクリート構造物の浮き・剥離の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注目し、トンネル覆工と橋梁床版に適用した。ここでは、自然の温度変化に依存する本手法（パッシブ法）が撮影環境条件に影響を受けることから、季節・天候・時間帯の組み合わせを変えて赤外線撮影を行い、本手法の検出精度と適用性について検討した。

### 2. 赤外線画像解析法

#### 2-1 赤外線撮影

コンクリート構造物を 0.1 の分解能を持つ赤外線カメラで撮影する。撮影された赤外線画像データは、図 - 1 に示す PC カードに記録される。それを室内に持ち帰り、コンピュータによる画像解析を行う。

なお、赤外線画像のノイズ除去の参考とするために、可視カメラでコンクリート構造物の現況を撮影しておく。

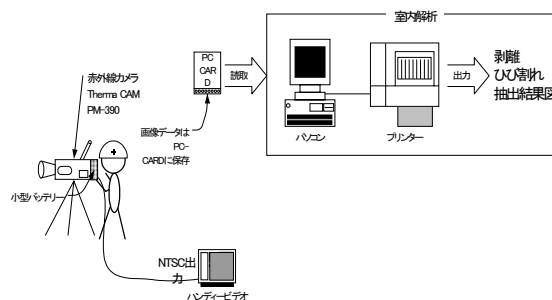


図-1 赤外線撮影システム

#### 2-2 画像解析

赤外線画像データには、各種ノイズ（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劣化部の検出精度を向上させることができる。ノイズレベルは 1 前後にもなることがあるが、これらを除去することにより 0.1 程度の微小な温度分布までも判別できるようになる。これにより、肉眼では難しかった温度変化の小さな場合においても、浮き・剥離やひび割れの劣化部検出が可能となった。

### 3. 現地調査

現地での撮影は、比較評価のために同一構造物に対して複数の環境条件で行った。

#### (1) 橋梁

- a) 撮影範囲 (20m + 14m) × 10m (幅員) = 340 m<sup>2</sup>  
 b) 撮影条件 季節：夏・秋及び冬, 時間帯：昼及び夜間, 天候：晴天及び曇天

#### (2) トンネル

- a) 撮影範囲 30m(延長方向) × 10m(横断方向) × 2(地点) = 600 m<sup>2</sup>  
 地点：1/2 及び 1/4 地点 (トンネル延長 1,700m)  
 b) 撮影条件 季節：夏・秋及び冬, 時間帯：昼及び夜間 (秋のみ)

キーワード：赤外線, 画像解析, 非破壊検査, コンクリート, 浮き, 剥離, ひび割れ, 診断, メンテナンス  
 連絡先：〒194 - 8508 東京都町田市忠生 1 - 4 - 1 TEL 042 - 791 - 1621 FAX 042 - 792 - 8650

## 4. 調査結果

### 4-1 劣化部検出の解析図

橋梁及びトンネルで撮影した赤外線画像の解析を行い、浮き・剥離やひび割れの検出結果を図化処理した。図-2にトンネル覆工における劣化分布の展開図を示す。

撮影は2車線トンネルを1車線の交通規制下で行ったが、その間は絶え間なく、走行車両の外気引き込みによる風(3m/秒前後)が観測されている。

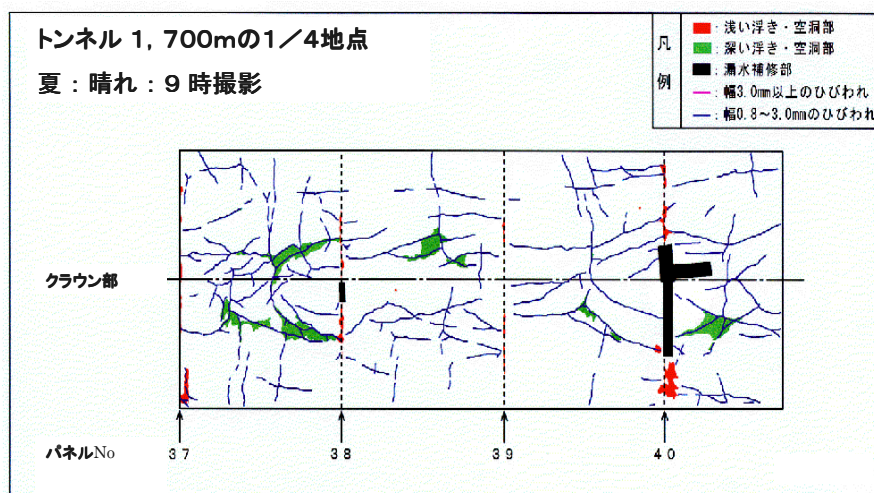


図-2 トンネル覆工の浮き剥離・ひび割れの解析

### 4-2 打音法と赤外線画像解析法との比較

浮き・剥離の劣化部検出精度を検証するため、a)赤外線画像解析法とb)1/2ポンドハンマーによる従来の打音点検について、検出箇所数の比較を表-1に示す。なお、正確な劣化部箇所として、c)大小4種のハンマーを使用し精密な打音検査を後日行った。また、検出結果に差が見られる箇所については、内視鏡(ミニボアスコープ)による観察を実施しており、20cmの深さまでについては内視鏡観察結果とc)精密打音検査結果との相関が最も良いことが確認されている。

赤外線画像解析法は、赤外線撮影時における天候や交通規制による制約条件の影響で十分な環境条件ではなかったと考えられるが、浮き・剥離の検出精度(c:精密打音検査に対する検出率)はトンネル・橋梁とも約70%であり、少なくとも打音点検における見落とし等のヒューマンエラーが生じない分、検出精度が高いことが確認できた。

表-1 各調査手法により確認された浮き・剥離箇所

単位：箇所

調査点検手法	トンネル (調査 60m)	橋梁 (調査 34m)
a)赤外線画像解析法	45	20
b)打音点検(詳細点検)	23	未実施
c)精密打音検査	61	30

## 5. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に述べる。

- (1) 赤外線画像解析法は小さな大気温度変化でもコンクリートの劣化部検出ができるため、従来の打音点検に比べて、より高い精度で浮き・剥離の箇所を検出できる非破壊調査手法といえる。
- (2) 昼間における橋梁は太陽直射の影響を受けるので、撮影条件としては、太陽の反射が弱く・気温差が大きく・微風が吹いている日の夜間が理想的である。各季節とも、曇天日の昼間を除き劣化部の検出が可能である。
- (3) トンネルは太陽直射の影響を受けないので、撮影条件としては、気温差の大きい晴天日が理想的である。太陽直射の直射を受けないことから季節に関係なく、日の出から正午までが撮影に適している。なお、長大トンネル内においても気温変化が生じる要因として、走行車両の外気引き込みによる微風の影響が考えられる。