

デジタル画像技術を用いたコンクリート劣化モニタリングシステムの開発

(株) コンステック 開発技術本部 正会員 ○佐藤 大輔

(株) コンステック 開発技術本部 込山 貴仁

(株) コンステック 開発技術本部 長野 隆洋

(株) コンステック 開発技術本部 工藤 修

(財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 正会員 羽矢 洋

(財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 正会員 稲葉 智明

小田急建設（株） 技術開発部 正会員 和田 光弘

1. はじめに

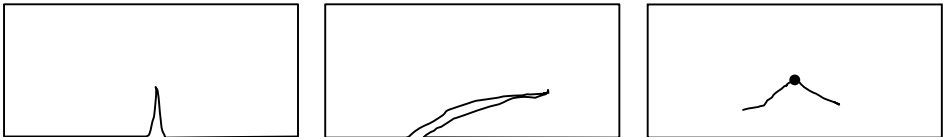
近年、デジタルカメラやサーモグラフィー等のデジタル画像技術を構造物の維持保全に利用する動きが加速している¹⁾。本研究では、レーザ測距計および角度センサから得られる距離および角度情報を用いて、同時撮影した可視画像と熱画像を重畳すると共に、その画像を用いて検出した損傷の位置および寸法を正確に算出できるシステムを開発した。以下、その概要について報告する。

2. 熱可視融合画像の作成方法

図1にひび割れの模式図を示す。例えば、(a)のような場合、落下による災害発生の可能性は小さいと考えられるが、(b)の場合は剥落の可能性が高い。熱画像で温度異常部として検出されるのはこの場合である。(c)のようにひび割れが表面まで達していない場合は短期的な落下の可能性は小さいが、熱画像には温度差が現れる。さらに、熱画像に現れる温度分布には、表面の汚れや変色等、浮きと誤認しやすい情報が含まれる。これらを判別するには可視画像が不可欠である。このように可視画像と熱画像を複合的に利用することにより、画像診断精度を向上できる。このために最も有効なのは、可視画像と熱画像を重畳し、しかも両画像の濃度配分を可変表示できる機能を有することである。この様な画像をここでは熱可視融合画像と呼ぶ。

同時撮影した可視および熱の画像を重畳するには、デジタルカメラと赤外線カメラの光軸を完全に一致させる必要があるが、これは両者の

レンズ材料が全く異なるため、困難である。このため、図2のように、カメラの光軸不一致に



(a) 可視画像で検出可 (b) 可視、熱画像で検出可 (c) 熱画像で検出可

起因する撮影範囲のずれ（パララックス）が生じる。しかし、パララックス量はカメラ間の位置ずれと被写体までの距離およびレンズの画角より式(1)で計算できるので補正可能である。

$$p = \frac{d}{A} \times 100 \cdots \cdots \text{式(1)}$$

ここに、

- p：パララックス量（%）
- d：カメラ間の位置ずれ（m）
- A：撮影範囲（m）

ただし、

$$A = 2L \tan \frac{\theta}{2} \cdots \cdots \text{式(2)}$$

ここに、

L：被写体までの距離（m）

θ ：レンズ画角（°）

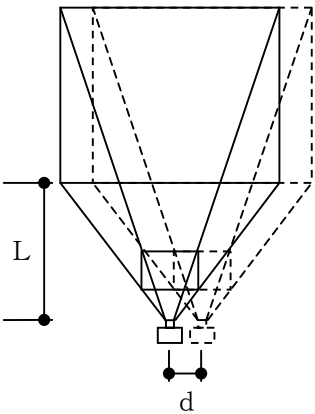


図2 パララックス

図3はパララックス補正前後の熱可視融合画像を示す。補正により、可視および熱画像の位置ずれを解消できることが分る。

3. 損傷の位置・寸法の算出方法

図4のように、鉛直な壁を下から見上げて撮影する場合を考えると、鉛直方向の撮影範囲 A_1 は式(3)で与えられる。

$$A_1 = L \tan\left(\frac{\theta_1}{2} + \theta_2\right) + L \tan\left(\frac{\theta_1}{2} - \theta_2\right) \cdots \cdots \text{式(3)}$$

ここに、

L ：壁までの最短距離（m）

θ_1 ：カメラの垂直画角（°）

θ_2 ：カメラの仰角（°）

したがって、カメラの垂直画素数を V とすると、近似的に1画素が占める鉛直方向の距離 a は、式(4)により得られる。

$$a = \frac{A_1}{V} \cdots \cdots \text{式(4)}$$

同様の処理を水平方向にも行うことにより、画像上に検出された損傷の位置・寸法を算出することができる。

4. 開発したシステム

開発したシステムの外観写真を図5に示す。赤外線カメラ、可視デジタルカメラおよびレーザ測距計は、各光軸を平行にしてフレーム上に固定され、角度センサは三脚に取付けている。充電電池で約8時間駆動し、全ての操作はタブレットPCで行うことができる。検出されたひび割れや浮きは、図6に示すように画面上をマウスでトレースすることにより自動集計される。

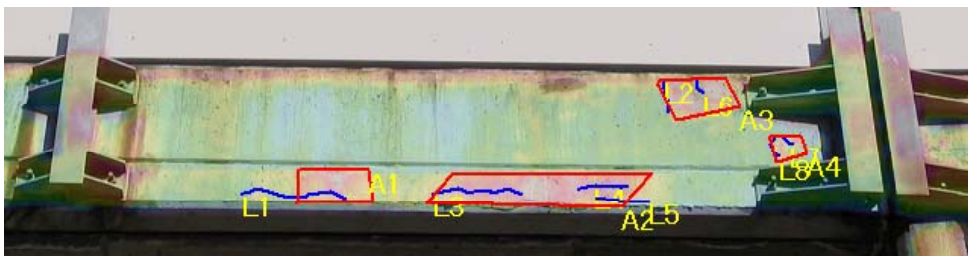


図6 損傷トレースの状況



図5 システム外観

5. まとめ

本報で述べたデジタル画像技術を用いたコンクリート劣化モニタリングシステムは、実構造物による試験を経て実用に供されている。今後は、ハードウェアのさらなる小型軽量化・ソフトウェアの高速化を実現すると共に、撮影結果のデータベース管理機能、経時変化の追跡機能等を付加し、構造物の維持保全に役立てたい。

謝辞：本システムの開発に多大なる貢献をいただいた株式会社日立超L S I システムズの諸氏に謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの診断技術'04[基礎編]，pp. 91-95, pp. 107-110，2004年1月