

UAV 搭載型熱赤外カメラによるコンクリート剥離深さの検出精度に関する一考察

日本大学 学生会員 ○川村 郷 日本大学 正会員 朝香 智仁
 日本大学 正会員 渡部 正 日本大学 正会員 野中 崇志
 日本大学 正会員 岩下 圭之

1. はじめに

熱赤外線法は、非接触で且つ遠隔からの観測により、コンクリート構造物などの劣化部分を検出する手法である。パッシブ法は、自然発生的な熱遷移による温度分部から健全部と劣化部を検出する手法で、従来からコンクリート剥離部の検出に利用されてきた¹⁾。近年、UAV Unmanned Aerial Vehicle (UAV) に搭載できる熱赤外カメラが登場し、構造物などの点検への適用が試みられている²⁾。しかしながら、熱赤外カメラの観測精度による部分も大きい、UAV から観測方法とその検出精度に関する研究事例は少なく、その適用条件等を取りまとめることは重要であると思われる。

そこで本研究では、夏季および冬季において UAV に搭載した熱赤外カメラによって取得される画像から、コンクリート内部の剥離が検出可能な条件について考察することを目的とした。

2. 研究手法

本研究では、実験対象とする直方体のコンクリート試験体を地上に設置し、表-1 に示す UAV と熱赤外カメラで、高度 10m から観測した熱赤外画像を解析することとした。試験体には、模擬剥離として壁面 (UAV から観測する面) から深さ 10mm, 深さ 20mm, 深さ 30mm, および深さ 40mm に、100mm×100mm×1mm の空洞に模した発泡スチロールを、15cm の間隔をあけて 4 つ埋め込んである。

観測は 2021 年 8 月 6 日、2021 年 12 月 22 日のともに晴れの状態で実施した。観測間隔は、11 時から 18 時 30 分までの 1 時間 30 分毎とし、冬季は 17 時で日没になったため測定を中止した。また、観測後には、トータルステーションによる測量を実施し、熱赤外画像をジオコーディングするために試験体の四隅

の公共座標を取得した。さらに、ジオコーディングした画像を試験体周辺部だけ切り出して、解析に使用することとした。

3. 結果と考察

図-1 は、8 月 13 日の 11 時に試験体を観測した可視画像と熱赤外画像である。また、図-2 は、12 月 22 日の 11 時に試験体を観測した可視画像と熱赤外画像である。図中の sp1~sp4 は、深さ 10mm, 20mm, 30mm, および 40mm に設置した模擬剥離の位置を示したものである。

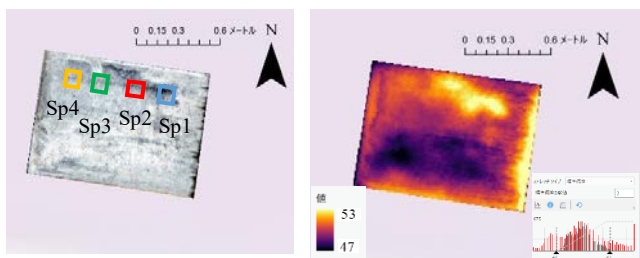
図-1(b) から、sp1, sp2 の部分は検出することができ、図-2(b) では、sp3 も僅かではあるが検出することができた。また、図からは夏季は sp1, sp2 が繋がったように見えるが、冬季は sp1, sp2 が分離できることも確認できた。また、本研究においては、夏季の 11 時、12 時 30 分、17 時、18 時 30 分、冬季の 11 時、12 時 30 分の熱赤外画像から、模擬剥離が認識できた。この結果について定量的に分析するため、夏季と冬季に観測した各剥離部と健全部の温度差を算出した時系列グラフを図-3 および図-4 に示す。この時系列グラフに剥離部を検出できた観測時刻を重ねると、

表-1 UAV および熱赤外カメラの諸元

UAV サイズ	810 × 670 × 430 mm
UAV ホバリング精度	垂直： ±0.1 m (ビジョンシステム有効時)
	水平： ±0.3 m (ビジョンシステム有効時)
センサ	非冷却 VOx マイクロボロメータ
レンズ	DFOV (対角視野) : 40.6°
	焦点距離 : 13.5 mm 絞り : F1.0
温度分解能	≤50 mK @ f/1.0

キーワード パッシブサーモグラフィ法, インフラ点検

連絡先 〒275-8575 東千葉県習志野市泉町 1 丁目 2-1 日本大学生産工学部 TEL047-474-2201



(a) (b)
図-1 可視画像および熱赤外面像
(2022年8月13日, 11:00 観測)

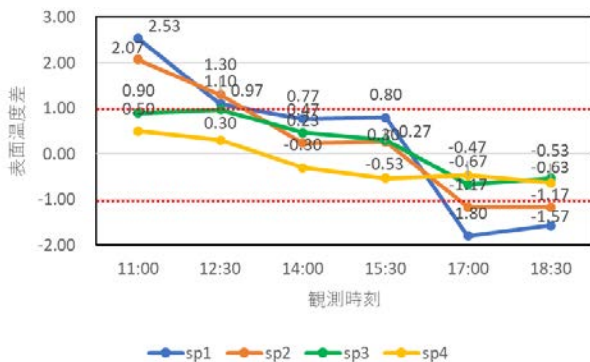
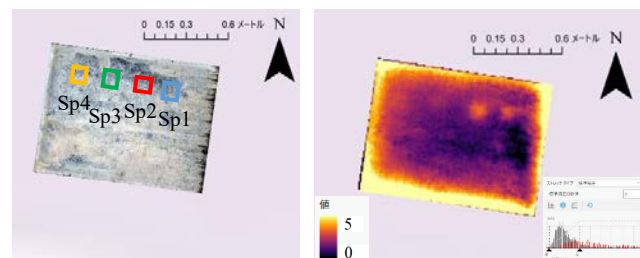


図-3 夏季 剥離深度の違いから生じる
表面温度差の時系列変化



(a) (b)
図-2 可視画像および熱赤外面像
(2022年12月22日, 11:00 観測)

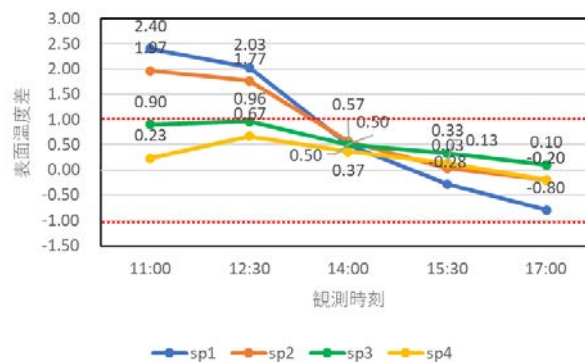


図-4 冬季 剥離深度の違いから生じる
表面温度差の時系列変化

概ね 1.0°C 以上の温度差があれば sp1, sp2 までは検出できると考えられる。一方で, sp4 は検出することが不可能で, sp3 については夏季よりも冬季の方がおぼろげながらも検出できる可能性を示した。なお, 図-3 からは, 日射量の強い時間帯は剥離部の方が健全部より表面温度が高く, 周辺の建造物の影響により日射が遮られた時刻(17時)からは, 剥離部の方が健全部よりも表面温度が小さくなる, 典型的な現象³⁾も確認することできた。長田ら⁴⁾は, コンクリートの剥離部と健全部の温度差 0.5°C を, 判別可能な限界しきい値としている。本研究で使用した熱赤外カメラの場合には, 温度差 0.5°C では検出が難しいが, センサの諸元によるところ大きいため, ある程度妥当な解析結果であったと考えられる。

4. おわりに

本研究では, UAV 搭載型熱赤外カメラによって, コンクリート構造物内部の模擬剥離を検出する実験を行い, 深度 20mm に存在する模擬剥離を明確に検出するには剥離部と健全部の差が少なくとも 1.0°C 以上でなくてはならないことがわかった。今後は, ドローンでの撮影日の天候が与える影響を模索すること

を検討している。

参考文献

- 1) 阪上 隆英, 赤外線サーモグラフィによる非破壊検査, マリンエンジニアリング, 2006, 41 巻, 5 号, pp. 683-690.
- 2) 福岡 知隆ほか, ドローンと画像処理と赤外線画像による水圧鉄管点検業務の省力化の研究, AI・データサイエンス論文集, 2020, 1 巻, J1 号 pp. 606-612.
- 3) 久保 昌史, 天野 勲, 中山 聡子: 赤外線熱画像と可視画像によるコンクリート構造物の劣化診断技術の開発と適用, コンクリート工学, 52 巻, 8 号, p. 644-651, 2014.
- 4) 長田 文博ほか, 熱画像による鉄道高架橋コンクリートのはく離診断手法の開発, 土木学会論文集 No. 760/V-63, 121-133, 2004.