

# 熱画像データの空間統計指標に基づく鋼矢板 - コンクリート複合材の欠損検出

## Detection of Defects in Steel Sheet Pile - Concrete Composite using Infrared Images with Spatial Statistics Parameter

○高橋航\*・鈴木哲也\*\*・小林秀一\*\*\*

○Kou TAKHASHI, Tetsuya SUZUKI and Syuichi KOBAYASI

### 1. はじめに

わが国では戦後から農業基盤施設の大規模整備が進められ供用されてきた。本研究ではそれらの施設の中で鋼矢板排水路に対し行った鋼矢板 - コンクリート複合材による腐食部の補修工法内部の人工的な欠損を対象とし、赤外線サーモグラフィ法を用いて補修工内部の人工欠損部の検出の可能性について検討した。補修工適応時に内部に人工的に施工不良部を作り対象表面の画像データを赤外線カメラにより撮影した。取得した画像データを空間統計学手法を用い解析した。

### 2. 計測施設概要および計測方法

計測対象施設は施工後およそ 45 年が経過した亀田郷土地改良区山崎排水路である。農業水利施設に用いられる鋼矢板は鋼材の腐食反応により断面を減少させる<sup>1)</sup>。本対象地においても干満帯に腐食が確認され補修工事が行われた。

対象施設では、干満帯腐食部に対して鋼矢板 - コンクリート複合材による補修を行った。本研究では、鋼矢板 - コンクリート複合材による補修工適応時に、内部に厚さの異なる発泡スチロール片を 6 つ挿入し疑似的に人工欠損部とした。各人工欠損部に対し、解析範囲を設定し A~F とした。加えて、健全部から損傷部と同一の大きさで解析範囲 G を設定し、赤外線画像による検出を試みた。図-1 に各解析範囲の概要図を示す。

赤外線画像の撮影方法は太陽光を熱源と

して用い自然状態での加熱により赤外線画像を取得するパッシブ法を用いて計測を行った<sup>2)</sup>。

現地調査では、2015 年 12 月 7 日の 7:00 から 13:00 まで 6 時間の時系列変化を定点観測した。20 分に 1 枚の間隔で静止画像の撮影を行い、12:30 から 13:00 までは 1 Hz で動画の撮影を行った。

### 3. 解析方法

解析では空間統計学手法の一つであるセミバリオグラムモデルを用いて赤外線画像の表面温度より補修工内部の欠損の検出を試みた。セミバリオグラムモデルは、解析範囲内の任意の 2 点の物理量の相関性を求めることができる<sup>3)</sup>。この事から解析範囲が広くなる鋼矢板水路における人工欠損部位の検出に適している。横軸に計測間隔であるラグ ( $\text{lag}, h$ ) と、その最大値レンジ ( $\text{range}$ )、縦軸がばらつきの指標であるセミバリアンス ( $\text{semi-variance}, \gamma(h)$ ) と、その最大値シル ( $\text{sill}$ ) を取り、その関係性を評価した。

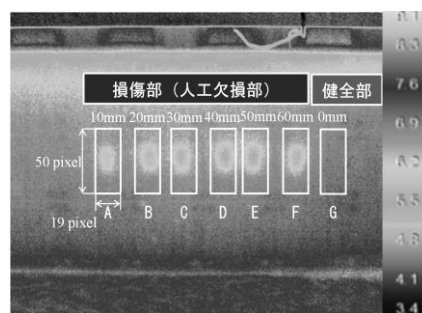


図-1 赤外線画像解析範囲概要図

\*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\*新潟大学自然科学系(農学部) Faculty of Agriculture, Niigata University

\*\*\*株式会社水倉組 Mizukuragumi Co.Ltd.

キーワード：鋼矢板 - コンクリート複合材, 赤外線サーモグラフィ, セミバリオグラム,

## 4. 結果および考察

### 4.1. 人工欠損部と健全部の熱特性評価

図-2 に確率密度関数による表面温度分布の比較結果を示す。低温度時の画像を合算し、疑似的に加熱を行い検出を試みた結果、確率密度関数の最大値が健全部では1.08、人工欠損部平均は0.47となった。健全部の0.43倍となり正規分布から大きく逸脱し人工欠損部を明確に検出したものと考えられる。

図-3 に合算画像に対するセミバリオグラムモデルによる解析結果を示す。各欠損部におけるセミバリエンスの最大値は、欠損部Eにおいて最大1.51、欠損部Aにおいて最小0.90となった。健全部の最大値は0.15であった。人工欠損部と健全部の最大値に明確な差を確認した。欠損厚毎にセミバリエンスが増加する傾向から、人工欠損部を明確に検出し、欠損厚の推定が可能であることが明らかになった。

### 4.2. 人工欠損部解析範囲評価

加熱が十分な時間(10:20)の画像の解析範囲Aを拡大しセミバリオグラムモデルによる人工欠損部の検出精度の検証を行った。結果、レンジが173 mmから224 mmの範囲で確認され、シルが0.10から0.56の範囲となった。図-4に各解析範囲におけるレンジとシルの比較結果を示す。全ての範囲において表面温度のばらつきを検出し、検出精度に差は生まれたがレンジの値において人工欠損部の縦の大きさ(200 mm)を検出でき検出処方の有効性が示された。

## 5. まとめ

損傷の顕在化した鋼矢板水路において行った鋼矢板-コンクリート複合材による補修工内部に存在する欠損を空間統計解析におけるセミバリオグラムを用いて解析した。結果、ノイズを含む低温時の画像を合算することで統計学手法を用い損傷部を検出することができ、損傷部の10倍の解析範囲を用いて効率的な検出が可能であった。

これにより、鋼矢板-コンクリート複合材内部の損傷の実地での効果的な検出の可能性が示唆された。

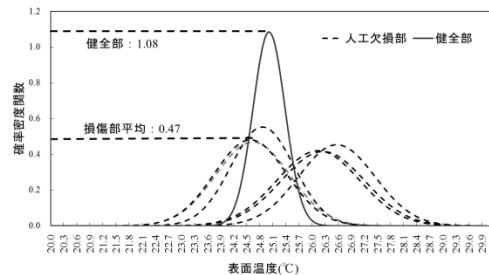


図-2 確率密度関数比較結果

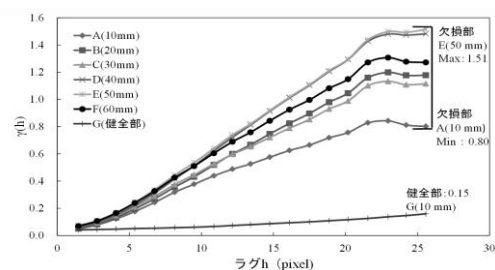


図-3 セミバリオグラムモデル比較結果

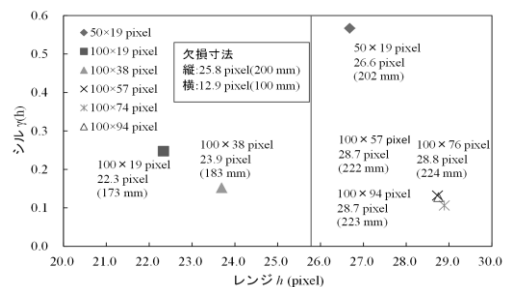


図-4 範囲拡大時レンジおよびシル比較

## 参考文献

- 1) 鈴木哲也, 森井俊広, 原齊, 羽田卓矢: 地域資産の有効活用に資する鋼矢板リサイクル工法の開発, 農業農村工学会誌, Vol. 80, No. 10, pp. 21-24, 2012.
- 2) 日本非破壊検査協会: 赤外線サーモグラフィによる設備診断・非破壊評価ハンドブック, p. 45, 2007.
- 3) 間瀬茂, 武田純: 空間データモデリング-空間統計学の応用, pp. 112-117, 2010.