

# 熱画像の空間分布特性を用いたコンクリート水路壁面の損傷度評価 Damage Evaluation of Concrete Channel Wall Using Spatial Thermal Properties

山本 大祐\*1・鈴木 哲也\*1・青木 正雄\*1・仲里 義光\*2

Daisuke Yamamoto, Tetsuya Suzuki, Masao Aoki and Yoshimitsu Nakazato

## 1. はじめに

社会基盤であるコンクリート構造物の早期劣化が社会問題化し、補修・改修工の需要が増大している。この状況において、コンクリート損傷の定量化は重要な課題となっている。

本研究では、損傷が進行したコンクリート水路壁面を対象に、赤外線サーモグラフィ法により計測した熱画像を空間分布構造の観点から評価したものである。評価手法には、空間データの解析手法の一つである地質統計学のセミバリオグラムを用いた。

## 2. 計測地

計測対象は神奈川県に立地している相模川左岸幹線用水路である。対象となるコンクリート壁面には断面部の欠損や鉄筋露出が確認された（写真1）。

## 3. 計測方法

計測には熱源として2台の写真撮影用ライト（500W）を使用した。計測開始時より3分間の強制加熱を行い、強制加熱終了後から12分間の計15分間計測を行った。計測は日射を遮断した条件下で行い、30秒に1枚の間隔で熱画像を撮影した。コンクリート壁面から赤外線カメラまでの距離は1mであり、ライトは70cmである（図1）。計測対象となる範囲は縦40cm、横50cmの範囲であり、取得した熱画像を80要素に分割し空間的特性を評価した。



写真1 コンクリート水路壁面損傷部

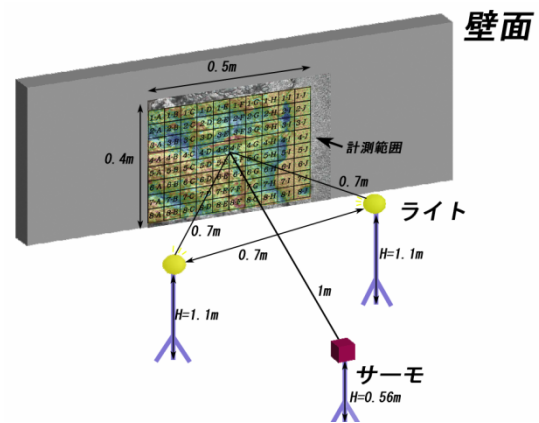


図1 赤外線サーモグラフィ計測方法

(● : ライト, ■ : 赤外線カメラ)

## 4. 解析手法<sup>1)</sup>

評価手法には、地質統計学のセミバリオグラムを用いた。これは、横軸にラグ(lag,  $h$ : サンプル間隔)、縦軸にセミバリエンス(semi-variance,  $\gamma(h)$ )をとり、ラグ $h$ のセミバリエンス $\gamma(h)$ は、距離 $h$ だけ離れた全ての組み合わせ $N(h)$ の評価値間のばらつきの程度を表す(図2)。本研究対象であるコンクリート壁では、局所的な損傷が無い限り、空間的に連続して物性値が変化すると考えられる。その際、セミバリオグラムは連続し、

\*1 日本大学生物資源科学部 Nihon Univ. College of Bioresource Sciences, Dept. of Bioenvironmental and Agricultural Engineering

\*2 神奈川県県央地域県政総合センター Kanagawa Prefecture

キーワード：コンクリート水路構造物, 損傷, 地質統計学, セミバリオグラム

図2のような形状を示す。セミバリエンスの最大値をシル(sill)といい、データの内在的なばらつきを表す。シルに達する時のラグをレンジ(range)という。レンジは空間依存性の限界を表す。ラグ0におけるセミバリエンスをナゲット(nugget)と呼び、実験誤差等の偶然のばらつきを示している。

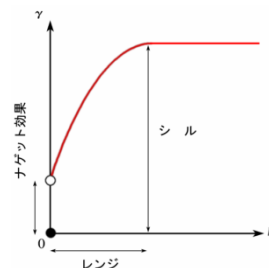


図2 セミバリオグラム概念図

各パラメータを解析的に求めるには、ラグとセミバリエンスの関係から最少2乗法による回帰分析により求められる。一般的には、球形モデル、指数モデルおよび直線モデル等が用いられている。本研究では、球形モデルを用いて検討を行った。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2(n-h)} \sum_{i=1}^{n-h} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (1)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[ \frac{3}{2} \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad (0 < h \leq a) \quad (2)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad (h > a) \quad (3)$$

ここで、 $C_0$ : ナゲット、 $C_0+C$ : シル、 $a$ : レンジ である。

## 5. 結果および考察

セミバリエンス  $\gamma(h)$  は、評価対象であるコンクリート水路壁面の縦40cm、横50cmの範囲を横方向に5cmピッチで10分割し、各区分ごとに壁面の上端から底版方向に5cmピッチのラグ  $h$  を設定し、式(1)を用いて評価した。解析値は、球形モデル 式(2)および式(3)を用いて評価した。その際、ナゲット効果は0.0と仮定した。

損傷部のセミバリオグラムを図3に示す。損傷部では、ラグ  $h=5\text{cm} \sim 10\text{cm}$  において4.0以上のセミバリエンス  $\gamma(h)$  を記録した。これは鉄筋露出や剥離等の損傷の影響によるものと考えられる。表面被覆工処理後のセミバリオグラムを図4に示す。表面被覆工を施工した後は、セミバリエンス  $\gamma(h)$  はラグ  $5\text{cm} \sim 10\text{cm}$  において0.1~0.2のセミバリエンス  $\gamma(h)$  を記録した。ラグ  $h$  の増加に伴い、分布範囲が拡大し、明確なセミバリオグラムが確認された。

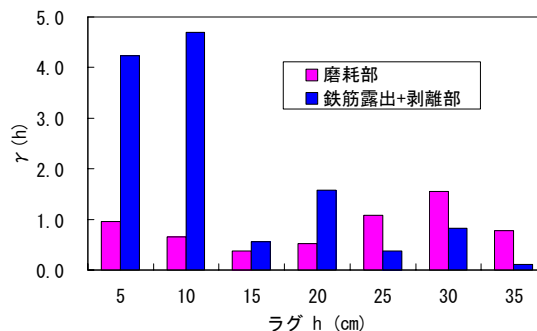


図3 セミバリオグラム(損傷部)

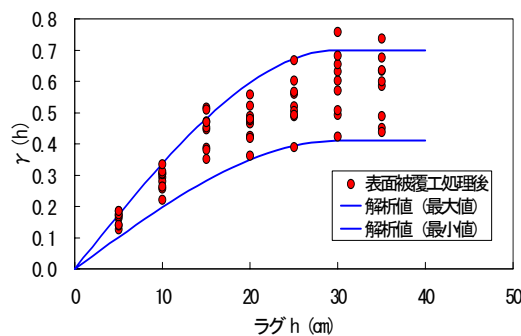


図4 セミバリオグラム(表面被覆工後)

## 6. 結論

本研究では損傷が進行したコンクリート水路構造物の損傷を熱特性の空間分布の観点から評価した。その結果、損傷断面と表面被覆工施工後断面では明らかなセミバリエンスの違いが確認された。熱画像データの解析においてセミバリオグラム特性を用いることにより、コンクリート損傷度の定量的評価が可能であることが本研究結果から示唆された。

## 引用文献

- 1) 間瀬茂, 武田純: 空間モデリング-空間統計学の応用, pp140-142, 2001.