

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	橋本 和明
審査委員	主査 大賀 水田生 副査 曾我部 雄次 副査 氏家 勲

論文名 赤外線サーモグラフィ法による高精度なコンクリート損傷の検出手法の開発

審査結果の要旨 (2,000字以内 標準書式：日本工業規格A4, 11ポイント, 1行38字, 1頁40行, 左右余白25mm)

近年、日本各地でコンクリート構造物の高齢化問題が顕在化し鉄筋腐食等に伴うコンクリート剥離落下事故が多数報告されることが背景となり、既存コンクリート構造物に対して5年ごとの近接目視が義務づけられるようになってきている。コンクリート構造物の剥離損傷検査は一般に打音検査により行われているが、打音検査には多額の費用や熟練した技術者が必要となる問題が指摘されている。赤外線サーモグラフィ法は、離れた場所からの面的な検査が可能となる効率的で将来性豊かな検査法であるが、打音検査と比較して損傷の検出精度が低いことが問題となっている。本研究では、赤外線サーモグラフィ法の技術的な課題を明らかにするとともに、検出精度の向上を目指して調査に適切な熱的環境や新たなコンクリート損傷の判別法を提案するとともに、コンクリート劣化進行速度の推定法についての検討を行い、コンクリート構造物の効率的な維持管理システムを提案している。

赤外線サーモグラフィ法の技術的課題と赤外線カメラの選定

コンクリート損傷を非破壊で検出可能な検査手法を調査するとともに、これまでに提案されている赤外線サーモグラフィ法に関する調査基準を整理し、コンクリート損傷における検査環境、赤外線カメラの性能に関する理論的な裏づけが不十分であることを指摘している。次に、コンクリート損傷の形状と温度差の関係に着目し、非定常熱伝導解析と実験を行うことで赤外線サーモグラフィ法による検出可能深さを明らかにしている。さらに、赤外線カメラの特性と赤外線の反射率の関係を把握するため赤外線分光分析を行い、屋外で使用可能な赤外線カメラはインジウムアンチモン (InSb) 検出器を搭載したカメラが最も有効であることを明らかにしている。

赤外線サーモグラフィ法に適した熱的循環を考慮した損傷検出方法

日射エネルギーに着目し、コンクリート構造物中の熱流発生状況について、既往の研究を調査し、実橋での熱流に関する研究事例が少ないことを述べている。次に、橋種別、部位別のコンクリート表面温度と気温、日射量の履歴を計測し、橋梁中の熱流発生状況はコンクリート供試体で確認できる一様な熱流でなく非常に複雑であることを指摘している。さらに、非定常熱伝導解析を行うことで部材厚300mm未満の熱流発生時間帯を明らかにするとともに、調査橋梁の熱流発生

状況を確認するための模擬的な損傷を設けたコンクリート版を橋梁に直接貼りつける損傷検出法を提案している。

画像フィルター処理と統計的手法を導入した赤外線サーモグラフィ法によるコンクリート損傷検出システムの開発

赤外線サーモグラフィ法を用いてコンクリート橋の損傷検出実験を行い、精度低下の検証を行い、コンクリート損傷領域を見逃すこと（未検出）及び健全部をコンクリート損傷として誤判定すること（誤検出）が精度低下の原因であることを明らかにしている。未検出に対しては温度分布の移動平均に着目し、損傷とは無関係に構造物に存在する温度ムラを画像処理により取り除き、損傷の存在による温度変化のみを強調することによる精度向上手法、誤検出に対しては浮き・剥離による損傷による温度分布と表面に存在する遊離石灰や表面凹凸による温度分布の幾何学的及び空間的特徴が異なることを利用して、両温度分布を統計学的に区別することによる精度向上手法を提案するとともに、本研究で提案する赤外線サーモグラフィ法による診断結果と従来の打音検査による結果を比較することにより、提案する検出法の精度は打音検査と同等であることを明らかにしている。

赤外線サーモグラフィ法を導入したコンクリート構造物の維持管理戦略

コンクリート橋の剥落の危険性を定量評価することを目的に異なる損傷段階の供試体を用いて鉄筋腐食膨張圧実験を行い、凍結防止剤の散布量が多く、かつ供用年数が20年を超えると劣化進行速度が大きくなることを明らかにするとともに、コンクリート構造物の効率的な維持管理戦略の立案手法について述べている。

以上記してきたように、本論文は赤外線サーモグラフィ法による既存コンクリート構造物の損傷検出法を提案するとともに、従来の検出法との比較を通じて、提案した検出法は効率的かつ実用的なコンクリート構造物の損傷検出法であることを明らかにするとともに、本検出法を導入したコンクリート構造物の維持管理戦略を示していることから、工学的に有用な知見を提供しており、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認められる。