



Title	パッシブブロックイン赤外線サーモグラフィ法によるコンクリート構造物の非破壊検査の高度化に関する研究
Author(s)	鄭, 子揚
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59931
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【2】

氏 名	鄭 子 揚 (Cheng Tzu Yang)
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 5 5 7 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 6 月 15 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学 位 論 文 名	パッシブロックイン赤外線サーモグラフィ法によるコンクリート構造物 の非破壊検査の高度化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 久保 司郎 (副査) 教 授 箕島 弘二 准教授 平方 寛之 神戸大学大学院工学研究科機械工学専攻教授 阪上 隆英

論 文 内 容 の 要 旨

高度経済成長に建てられたコンクリート構造物は、すでに寿命を越えて使用され、経年劣化または早期劣化したコンクリート構造物に対して、検査を行うことが必要となっている。しかしながら、検査を行う技術者の不足、検査にかかる経費および時間が、コンクリート構造物の維持管理において問題になっている。しかしながら、既存の非破壊検査法は、一点一点の探傷が必要な技術が多く、検査の効率性の面で問題がある。そこで、赤外線サーモグラフィ法は、経済性・安全性・効率性などの長所があり、コンクリート構造物の非破壊検査に適している。パッシブ赤外線サーモグラフィ法は人工熱源を使用せず、日射や外気温の変動による試験体の表面温度変動を計測することにより、欠陥を検出する方法である。屋外で計測する時には、パッシブ法の適用事例が多い。そこで、本論文では、パッシブ赤外線サーモグラフィ法を用いて、第三者被害につながるコンクリート構造物のはく離を検出し、検出されたはく離の深さ同定手法およびタイル張りコンクリート構造物の壁面をパッシブ条件の下で検査する場合に遭遇する反射ノイズによる欠陥誤認識を低減する手法に関する検討を行っている。

本論文の構成は次の通りである。
第1章では、赤外線サーモグラフィ法による検査の適用性および問題点について、既往の研究をレビューしながら、本研究の位置付けならびに目的について述べている。

第2章では、赤外線計測の基礎、赤外線サーモグラフィ法による欠陥検出原理、アクティブおよびパッシブ赤外線サーモグラフィ法について述べている。

第3章では、フーリエ級数係数を用いたはく離深さ同定手法の、パッシブ赤外線サーモグラフィ法への適用性に

関する検討を行っている。パッシブ赤外線サーモグラフィ法では、測定対象物に対する加熱制御ができないため、人工はく離欠陥を有する試験体に対する実験結果をもとに、フーリエ解析に適する測定データを抽出できる温度変動傾向を確認している。さらにフーリエ級数係数を用いて、はく離深さを評価する手法を検討している。

第4章では、より多様な天候条件の下で、パッシブ赤外線サーモグラフィ法によるはく離深さ同定が可能な手法の開発を目的として、逆解析手法を用いたはく離深さ同定手法を検討している。四季を通じて得られた数回の実験結果から抽出された日射強度変動を用いて、試験体の非定常熱伝導解析を行い、これに逆問題解析手法の一つである残差最小化法を適用することにより、はく離深さの同定を行っている。

第5章では、パッシブ赤外線サーモグラフィ法を実構造物に適用するとき、必ず遭遇する対象物表面の背景反射の問題を解決するため、自己相関ロックイン処理に基づく反射低減手法を検討している。対象物として、高い反射率を持つラスタータイルを張付けた試験体を用いている。ハロゲンランプからの人工反射ノイズをうつり込ませた場合の、人工はく離を挿入したタイル試験体の時系列温度分布データに自己相関ロックイン処理を施し、反射低減効果を明らかにしている。

第6章では、本研究の結論を示し、パッシブ赤外線サーモグラフィ法による非破壊検査の今後の課題を示している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本学位論文は、経年劣化した鉄筋コンクリート造の建築・土木構造物の維持管理を目的とした、高効率な非破壊評価技術を提案・開発するための学術的研究成果を纏めたものである。

高度経済成長に建てられたコンクリート構造物は、すでに寿命を越えて使用され、経年劣化または早期劣化したコンクリート構造物の適切な維持管理を目的として、非破壊検査を行うことが必要となっている。しかしながら、検査を行う技術者の不足、検査に要する経費および時間が、コンクリート構造物の維持管理において問題になっている。既存の非破壊検査法には、一点一点の探傷が必要な技術が多く、検査の効率性の面で問題がある。構造物の表面温度計測結果から欠陥を検出する赤外線サーモグラフィ法は、経済性・安全性・効率性において他の検査法に優る長所がある。中でも、パッシブ赤外線サーモグラフィ法は、人工熱源を使用せず日射や外気温の変動による試験体の表面温度変動を計測することにより、欠陥を検出する方法であるため、コンクリート構造物の非破壊検査に適している。

パッシブ赤外線サーモグラフィ法は、これまで主として、計測された温度分布画像をもとに、コンクリート構造物の欠陥検出および 2 次元的な欠陥形状および寸法の同定に用いられてきた。しかしながら、維持管理上重要な欠陥の深さに関しては、これを定量的に計測する方法論がなかったため、パッシブ赤外線サーモグラフィ法により欠陥深さを計測した報告例は見当たらない。

本研究では、日射や外気温の変動に起因するパッシブ条件での温度変動に関する時系列データを処理することにより、コンクリート構造物に内在する欠陥の深さを定量的に計測するための二つの異なる方法論が示され、その有用性が実験的に検証された。

また、パッシブ赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物の非破壊検査においては、構造物表面の背景反射ノイズによる欠陥誤認識の問題が指摘され同法の現場適用における問題となっていた。本研究の後半においては、パッシブ条件での温度変動に関する時系列データを処理することにより、構造物表面の背景反射ノイズを軽減し、内在する欠陥を高精度に検出するための手法が提案された。

まず、パッシブ条件での温度変動に関する時系列データを処理することにより、コンクリート構造物に内在する欠陥の深さを定量的に計測するための第一の手法として、フーリエ級数係数を用いたはく離深さ同定手法が提案された。さらに、人工はく離欠陥を有する試験体に対する異なる季節の実験結果をもとに、提案した手法によりはく離欠陥の

深さ同定が可能であることが実証された。一方、本手法による正確な欠陥深さ同定のためには、比較的安定的な加熱および冷却が実現できる気象条件が必要であることが明らかとなった。

次に、より多様な天候条件の下で、パッシブ赤外線サーモグラフィ法によるはく離深さ同定が可能な手法の開発を目的として、逆解析手法を用いたはく離深さ同定手法が提案された。四季を通じて得られた数回の測定対象物表面温度変動データおよび日射強度変動と気温変動をもとにした非定常熱伝導解析による温度変動データに、逆問題解析手法の一つである残差最小化法を適用することによりはく離欠陥の深さ同定が行われた。深い欠陥に対する深さ同定結果に誤差がみられるが、浅い欠陥に対しては概ね高精度な同定結果が得られ、提案された手法の有用性が実験的に示された。

さらに、パッシブ赤外線サーモグラフィ法によるはく離欠陥検出を、タイル張り建築物に代表される表面反射率の高い測定対象物に適用する際に問題となる、背景反射の問題を解決するための手法が提案された。パッシブ条件で得られる時系列温度変動データの自己相関ロックイン処理に基づく、背景反射低減手法が提案されている。実験的検討においては、測定対象物として、高い反射率を持つラスタータイルを張り付けた人工はく離欠陥を有する試験体を用いられた。背景反射源としてハログランプを用い、試験体表面に反射ノイズがうつり込んだ状態で得られた時系列温度変動分布データに対して、自己相関ロックイン処理が施された結果、背景反射ノイズを低減させることができ、導入された人工はく離欠陥の形状および寸法が正確に同定できることが実証された。

以上のように、本論文では、経年劣化した鉄筋コンクリート造の建築・土木構造物の維持管理を目的とした、高効率な非破壊評価技術が提案・開発されており、提案された手法の有用性を実証するために行われた実験的検討においては、工学的および工業的に有用な知見が得られている。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。