コンクリート構造物に対する

赤外線サーモグラフィ法非破壊検査の確立

| 明星大学 | 学生会員 | 〇近萠 | 綦 | 肇 |
|------|------|-----|---|----|
| 明星大学 | | 小山 | Ē | 忐 |
| 徳島大学 | | 石川 | 真 | 〔志 |
| 日本大学 | | 笹野 | 苵 | 行 |
| JAXA | | 八田 | 博 | 志 |
| JAXA | | 宇都富 | | 真 |
| KJTD | | 福井 | ŧ | 涼 |
| 防衛大学 | 1 | 小笠原 | 永 | 、久 |

【緒言】 高度経済成長期に数多くのコンクリート構造物が建設された. そのため建設時期から月日が経過し た近年では、社会インフラの老朽化が問題視されている. その例として橋梁が挙げられる. 老朽化が懸念され る橋梁は 2013 年において全体の 18 %程度だが,2023 年では 43 %,2033 年には 67 %となりこの先 10 年以内 に半数以上の橋梁で老朽化に起因する事故が懸念される. そのため早急にコンクリート構造物の検査・補修が 求められている. そこで一般的に行われている内部欠陥の検査が非破壊検査である. 現状, 橋梁の非破壊検査 では目視や打音検査などによる検査が一般的であるが,検査対象が高所に存在する場合は検査に際して足場な どの設置が必要になる.また,検査精度が検査者の技量に依って違いが出る,広範囲で検査を行う場合長時間 必要とすることなどの欠点が挙げられる.そこで本検討では赤外線サーモグラフィ法に着目した.赤外線サー モグラフィ法は目視・打音検査と異なり遠距離・非接触での検査が可能かつ簡易に検査が行うことができる利 点を有している.赤外線サーモグラフィ法は、昼夜の温度差や日照等の気象条件を利用したパッシブサーモグ ラフィ法,加熱ランプ等を用いて強制加熱を行うアクティブサーモグラフィ法が挙げられるが,未だに実用化 されておらず,検査時に数々の影響により検査精度の点で課題を有している.そこで本研究では実用化に向け てコンクリート構造物に対する赤外線サーモグラフィ法による非破壊検査の確立のため, PT 法及び PPT 法 1)を参考にアクティブサーモグラフィ法を用いた非破壊検査に着目した.一般的な鉄筋補強コンクリートは, コンクリート表面から約 50mm 程度にある鉄筋の腐食膨張により亀裂が発生,進展することが考えられる.そ こで, コンクリート表面から約 50mm 程度にある内部欠陥を検知可能とする非破壊検査手法の可能性を模索す るとともに、実構造体に対する実用化の観点から、アクティブサーモグラフィ非破壊検査における入熱条件の 設定,入熱角度の影響,白華現象等による入熱面の表面状態の影響について実験的な検討を行った.

【実験方法】 試験体として Fig.1 に示すように 300×300×100 mm で中心部の表面から深さ 50mm の位置に擬 似欠陥として 100×100×10 mm の発泡スチロールを内包するコンクリートを作製した.まず,本条件のサンプ

ルをモデルとした FEM による入熱解析により欠陥検知可能 な入熱条件を算出するとともに,同条件の実現可能な加熱ラ ンプの設計,作製を行った.

次に欠陥検知の実証試験,入熱角度の影響の確認,入熱面 状態の影響の確認のために,設計,作製した2kWのハロゲン ランプを用いて前述の試験サンプルに対してアクティブサー モグラフィ試験を行い,温度画像,および温度画像データか ら算出した位相画像データの取得を行った.試験条件として



Fig.1 Artificial defect sample.

キーワード 非破壊検査,アクティブサーモグラフィ法,コンクリート構造 連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-2-1 明星大学理工学部総合理工学科機械工学系 小山研究室 加熱距離 10m,加熱時間 200 秒,冷却時間 2000 秒として、サンプリング周波数 1Hz で表面温度変化を赤外線 カメラ(A315, FLIR Systems Inc.)を用いて取得した.入熱角度の影響の確認については、加熱ランプの入熱に対 してコンクリート試験片を 40°~70°間で 5°ずつ傾けてデータ取得を行った.また、表面状態の影響の確認に は、石灰を用いて表面を白色にすることで白華現象を模擬し、未処理のサンプルとの比較を行った.

【結果及び考察】 Fig.2 にコンクリート試験片に対する入熱試験で得られた温度画像と位相画像を示す.温度画像上において内部欠陥部と健全部における温度差が確認できた.位相画像においても欠陥部と健全部の位相差が確認され,欠陥検知が可能であることが示された.このことから深さ 50mm 以内の欠陥を有するコンクリートに対しアクティブサーモグラフィ法による欠陥検知が可能であることが示された.

次に入熱角度を変更し入熱試験で得られた温度画像と位相画像を Fig.3 に示す.温度画像では各入熱角度において欠陥部と健全部における温度差が確認できた.位相画像においても各入熱角度の欠陥部と健全部の位相

差が生じており欠陥検知が可能であるこ とが示された.このことから入熱角度は 欠陥検知に影響がなかったことがわかっ た.

最後に入熱面の変色の影響に対する試 験の温度画像と位相画像を Fig.4 に示す. 温度画像を見ると内部欠陥部と健全部に おける温度差が確認できなかった.しか し位相画像では各入熱角度の欠陥部と健 全部の位相差が確認され,検知が可能で あることが示された.これは入熱面の白 色化による試験片表面の反射率の増加に より,コンクリート表面に欠陥検知が可 能な入熱ができず,欠陥の検知ができな かったと考えられる.今後の課題として 温度画像による検知においては実用に向 けて表面状態の影響を考慮した加熱条件, 測定条件の最適化が挙げられる.

【結言】 コンクリート材料に対するアク ティブサーモグラフィ法による欠陥検知 試験において温度画像,位相画像を用いる ことで表面から 50mm 程度の位置におけ る内部欠陥検出が可能であることが示さ れた.さらに試験片の入熱角度を変更した







Fig.3 Image comparison result of heat input angle change by active thermography method for concrete specimen.



Fig.4 Image comparison result of heat input surface discoloration by active thermography method for concrete specimen.

場合においても欠陥検出が可能であることが示された.入熱面の変色の影響は温度画像での検出では大きく, 今後の課題として表面状態の影響も含め,実用化に向けて,計測環境を考慮した検査条件について検討を行っ ていく.

【参考文献】

1) X. Maldague et al., "Pulse phase infrared thermography", J. Appl. Phys. 79 (5) (1996) 2694-2698