

アクティブ赤外線サーモグラフィ法に基づく鋼・コンクリート合成床版の充填性評価

川田工業株式会社 正会員 ○水野浩 滋賀県立大学 正会員 和泉遊以
 神戸大学 正会員 阪上隆英 川田工業株式会社 非会員 栗田学
 大阪工業大学 フェロー 松井繁之

1. 目的

ロビンソン型鋼・コンクリート合成床版（以下合成床版と略する）は、鋼板とコンクリートを、鋼板に溶接したスタッドにより合成した高耐久性床版であり、少数主桁橋梁や取替床版への適用事例が年々増加している。合成床版の品質を確保するために、建設時のコンクリート充填性を担保することが重要である。弾性波による打音法など様々な非破壊検査手法が提案されているが、可視化しにくいことなど課題がある。著者らはこれまでに、赤外線サーモグラフィを用いたパッシブ法およびアクティブ法により、合成床版狭隙部におけるコンクリートの充填性を評価する手法について検討してきた⁽¹⁾。

本報では、アクティブ加熱法による合成床版の充填性評価実験を行い、被計測面の表面状態、および遠隔加熱時の加熱距離が欠陥検出性に与える影響について調べ、本手法の実用性について検討した結果を示す。

2. アクティブ加熱法

アクティブ加熱法の原理を図1に示す。被測定物に外部から熱負荷を与えた場合、欠陥による断熱効果により熱移動が妨げられた結果、欠陥部付近の計測表面は周囲の健全部に比べて高温状態になる。この局所的な温度変化領域を赤外線サーモグラフィで測定することにより、欠陥の検出と、欠陥の幾何学的形状の評価を行うことができる。

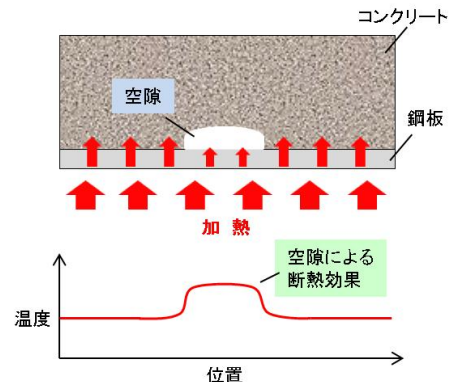


図1 アクティブ加熱法の原理

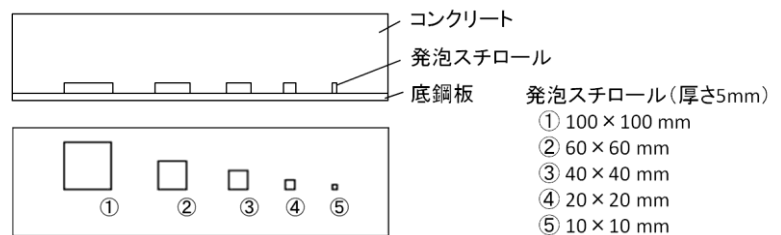


図2 試験体の概要

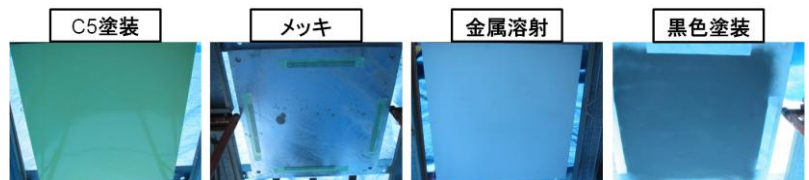


図3 計測表面の状態

3. 実験方法

被計測面の表面状態および遠隔加熱時の加熱距離が、アクティブ法における充填性評価に与える影響について実験的に検討する。実験に使用した試験体の概要を図2に示す。試験体は底鋼板厚 $t_s=8$ mm、コンクリート厚 $t_c=150$ mm であり、厚さ 5mm の平面寸法の異なる 5 個の発泡スチロールを疑似欠陥として設置した。試験体表面は、図3に示すように、一般に合成床版に使用される C5（フッ素樹脂系）塗装、メッキ、金属溶射の3種類と、既往研究で検討済みの放射率の高い黒色塗装（良好な温度計測を行うために使用される疑似黒体化のための塗料）の計4種類とした。実験は供試体を立て掛け水平方向に計測を行った。本手法は、コンクリートが硬化する前の充填性を評価し対処することを目的としているが、実験の都合上、手法の有効性を検討する上で問題はないと考えられたため、計測はコンクリートが硬化された状態で実施している。アクティブ加熱には、計測表面の状態を変えた実験ではハロゲンランプ 500W×4 灯（加熱距離 1m 程度の近距離加熱）を、加熱距離を変えた実験では直進性を有する光を生じさせることができる光加熱器（MY-0662, フィンテック社製）をそれぞれ使用した。図1に示したように、試験体の底鋼板表面に対して加熱を行い、得られた底鋼板表面の温度分布から欠陥の検出を行った。また温度画像は、加熱後の温度分布から加熱前の温度分布を差し引いた温度変化分布として表示し、評価した。

キーワード アクティブ加熱法, 赤外線サーモグラフィ, 合成床版, コンクリート充填性, 非破壊検査

連絡先 〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19(シルバービル) 川田工業株式会社 TEL 06-6532-4897

4. 実験結果

鋼板の表面処理を変えた場合の結果を図4に示す。図のコントラストは白が高温、黒が低温を表しており、また図中には欠陥検出の可否を併せて示している。また既往の研究⁽¹⁾により、鋼板の厚さが8mmの場合（黒色塗装を使用）、欠陥の最小検知寸法は20mm程度であることが分かっている。図4より、C5塗装、金属溶射および黒色塗装において、欠陥部における局所的な温度変化が観察された。しかしながら、メッキの場合においては、計測表面の放射率が極めて低いため、欠陥部における温度分布変化を検出することができなかった。

次に、加熱距離を変えた実験について検討する。加熱距離9mおよび12mの場合の結果を、図5および図6にそれぞれ示す。結果には、加熱時間を変えたいくつかの温度画像を併せて示している。図5の加熱距離9mの温度画像より、加熱時間が1分の場合では欠陥による温度変化が不鮮明であるが、加熱時間を増加させることにより欠陥部での温度変化がはっきりと表れていることが分かる。また図6より、加熱距離12mの場合においても、同様に欠陥部における温度変化が表れている。しかしながら、加熱距離9mで加熱時間5分の場合、および加熱距離12mで加熱時間11分の場合においては、欠陥部と健全部での温度境界が不鮮明であった。これは、長時間加熱したことにより、面内方向の熱移動が進行したためであると考えられる。したがって、欠陥の検出を良好に行うためには、加熱距離に応じた適切な加熱時間を設定する必要があることが分かった。

5. まとめ

本研究では、疑似欠陥を挿入した合成床版試験体を用いて、アクティブ加熱法による合成床版の充填生評価実験を行った。その結果、鋼板の表面処理については、実際の合成床版に用いられるC5塗装および金属溶射において未充填部の検出が可能であることが分かった。また直進性の高い光を励起させることができる光加熱器を用いることにより、遠隔から加熱を行った場合においても欠陥の検出が可能であることが分かり、本手法の有用性および実用性が示された。今後は、実現場での計測データを蓄積するとともに、本手法の実用化に向けて計測システムを構築する予定である。

参考文献 (1) 水野浩ほか、赤外線サーモグラフィを用いた鋼・コンクリート合成床版の充填性評価、第67回土木学会年次学術講演会講演論文集、土木学会、I-596、2012

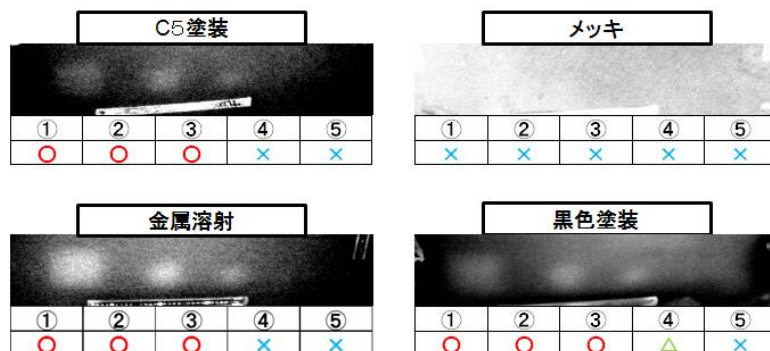


図4 鋼板の表面処理が欠陥検出性に及ぼす影響

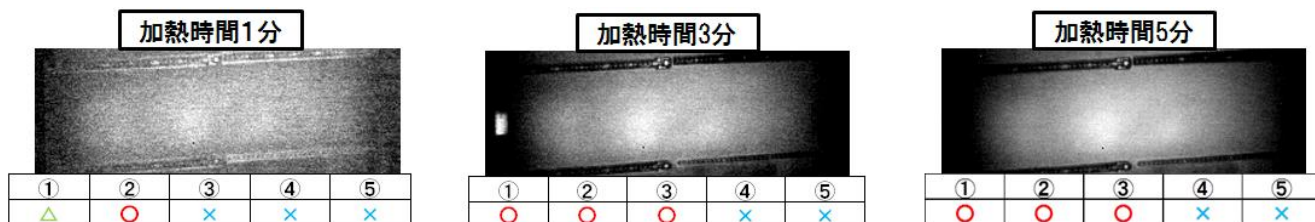


図5 遠隔加熱計測結果（加熱距離9m）

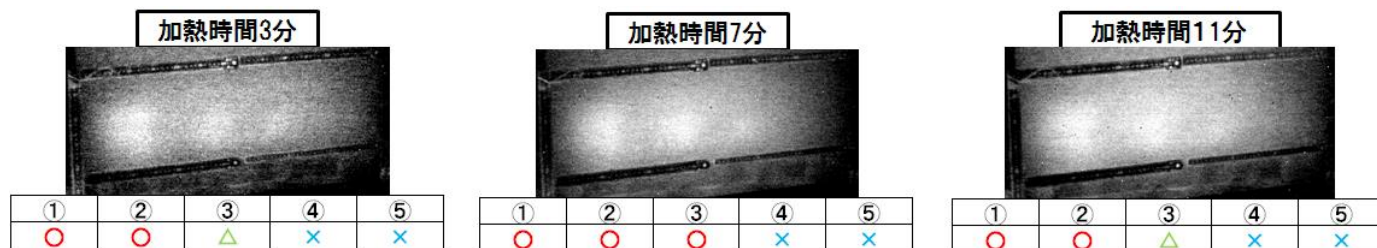


図6 遠隔加熱計測結果（加熱距離12m）