# 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

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	神戸大学	学生員	中野	好祐
大阪工業大学	フェロー	松井	繁之	川田工業株式会社	正会員	街道	浩

#### 1. 目的

鋼・コンクリート合成床版(以下合成床版と略する)は、高い疲労耐久性などから少数主桁橋梁や取替床版 に適用される橋梁が年々増加している. 合成床版の品質を確保するために、建設時コンクリートの充填性を担 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 いことなど課題も多い.本研究では、建設時の合成床板狭隘部におけるコンクリートの充填性を、赤外線サー モグラフィを用いて可視化し、定量的に評価する手法を構築することを目的とする.

### 2. 計測原理

コンクリートの充填性評価には、図1(a)に示すパッシブ法、および図1(b)に示すアクティブ法を用いる. フレッシュコンクリートと鋼板に温度差がある場合,打設時にコンクリート・鋼板の間で熱の移動が生じる. このとき、コンクリートが充填されている部分と、コンクリートが未充填あるいは充填が不完全な部分では鋼 板表面温度に違いが現れると考えられる.パッシブ法では、この温度の違いを赤外線サーモグラフィで計測す ることにより、コンクリートの充填性を評価する.アクティブ法においては、図1(b)に示したように、底鋼 板直下から未充填箇所を含む領域を均一に加熱した場合、空隙部における断熱性の影響により、健全部と空隙 部における底鋼板下面の温度に違いが生じる.この温度差を赤外線サーモグラフィにより検出することにより, コンクリートの充填性を評価する.本研究では、パッシブ法とアクティブ法により、コンクリート充填性を評 価することを検討する.

#### 3. 実験方法および結果

実験にはロビンソン型合成床版構造を模擬した試験体を用い, 模擬欠陥を設けていない健全試験体と、発泡スチロールおよび ジャンカブロックを設置した模擬欠陥試験体の比較を行った. 模擬欠陥は図2に示すハンチ部と呼ばれる底鋼板傾斜部と補強 リブの間の隙間,および底鋼板の水平部に設置した.実験は, コンクリート打設時中の温度計測、およびアクティブ加熱計測 (38kW 灯油燃焼ヒーター使用)の2 種類を行った.計測条件を 表1に示す.計測カメラおよび模擬欠陥種類による差異はほと図1 赤外線サーモグラフィを用いた充填性評価 んど見られなかったことから,本稿では高性能赤外線カメラ SC7350および発泡スチロール模擬欠陥を用いた結果を示す.

健全試験体および模擬欠陥試験体を用いたコンクリート打設 時の温度計測結果を、図3および図4にそれぞれ示す.図3の 温度画像より、コンクリートの流動の様子が温度分布の変化と して現れていることがわかる.また,ハンチ部の底鋼板と補強 リブの間の隙間部分において、コンクリートが充填されたこと による温度上昇が確認された.一方,図4より,ハンチ部に設 置した発泡スチロールによる模擬欠陥部では、コンクリート充 填による温度上昇が現れず、周囲の健全部に比べて低温状態と なっていることがわかる. したがって、コンクリート打設時の 底鋼板下面の温度分布変化を計測することにより, ハンチ部に おけるコンクリート未充填部の検出が可能であることがわかっ た. 図 3(d)および図 4(d)に示した健全試験体および模擬欠陥試験







表1	計測条件
気温, コンクリート温度	15°C, 20°C
合成床版厚	200mm(底鋼板含む)
底鋼板厚, 材質	8mm, SS400
表面処理	無塗装
模擬欠陥	発砲スチロール、ジャンカブロック
計画ナメニ	SC7530(温度分解能0.025°C)
計別リスノ	H2640(温度分解能0.06°C)

キーワード 赤外線サーモグラフィ, 合成床板, コンクリート充填性, パッシブ法, アクティブ法 連絡先 〒550-0014 大阪府大阪市西区北堀江 1-22-19(シルバービル)川田工業株式会社 TEL 06-6532-4897

体の各箇所における時系列の温度変動波形を、図 5(a)および図 5(b)にそれぞれ示す.図 5(a)より、ハンチ部の 温度曲線は、計測開始約 50 秒後までは健全部とほぼ同様の傾向を示し、その後横リブ設置箇所における曲線 に近づいている. 底鋼板と補強リブの間では、コンクリートの熱は補強リブと底鋼板に伝わる. すなわち充填 直後はコンクリート温度が底鋼板へと伝わるが、同時にコンクリートの熱は補強リブにも奪われる.したがっ て、打設時における底鋼板下面の温度分布からコンクリートの充填性を評価するためには、コンクリートが注 入された直後の温度データを用いる必要があることがわかった.

次に、健全試験体および模擬欠陥試験体に対して灯油燃焼ヒーターによる1分間のアクティブ加熱を行い、 加熱中・加熱後の底鋼板下面の温度分布変化を赤外線カメラにより計測した.その結果を図6に示す.画像は 加熱直後の温度分布から加熱前の温度分布を引いた温度差分画像を示している.図 6(b)より,ハンチ部および 水平部の模擬欠陥部において局所的な温度変化が現れており、これに基づき未充填部の検出が可能であること が示された.図7に切断した試験体のハンチ部充填状況を示す.健全試験体のハンチ部にはコンクリートが充 填されており、赤外線サーモグラフィの計測結果を裏付けている.

## 4. まとめ

本研究では、ロビンソン型合成床版を模擬した試験体を使用し、赤外線サーモグラフィを用いたコンクリー トの充填性評価手法について検討を行った. その結果, パッシブ法, アクティブ法によりコンクリートの充填 性を評価できることが分かった.これらを併用することで,より精度よく欠陥部を検出することが可能となる. 今後、塗装、メッキ等の底鋼板の表面処理の違いが温度画像に与える影響、また健全部と欠陥部の温度波形の 差異などから欠陥部を定量的に検出する手法を確立させることを課題と考え検討を行っていく予定である.









(a) 計測開始 14 秒後

(b) 計測開始 32 秒後 (c) 計測開始 59 秒後 図 3 打設中の温度分布計測結果(健全試験体)









(d) 計測視野の詳細と波形抽出箇所 (a) 計測開始 16 秒後 (b) 計測開始 40 秒後 (c) 計測開始 173 秒後 図4 打設中の温度分布計測結果(模擬欠陥試験体)











アクティブ加熱計測結果

(a) 健全試験体 (b) 模擬欠陥試験体 図7 ハンチ部充填状況