

赤外線サーモグラフィ法による鋼板巻立て工法における充填度検査

金沢大学大学院 学生員 松田康孝 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之
東 亜 合 成 (株) 正会員 福島浩一 真 柄 建 設 (株) 正会員 竹内勝信

1. はじめに

阪神大震災以後、鋼板巻立て工法が橋脚の補強に積極的に採用されている。本工法では、鋼板とコンクリートの隙間をエポキシ樹脂又はポリマーセメントモルタルにて充填し、両者間の一体化を図っている。しかし、両者の隙間はかなり狭く、エポキシ樹脂等で完全に充填するのはかなり困難であることが報告されている。エポキシ樹脂等の充填度は、補強された橋脚の耐力及び耐久性に影響を及ぼすことも予想され、エポキシ樹脂等の充填度を現場にてリアルタイムに検査できる手法の確立が望まれている。

本研究では、鋼板巻立て工法におけるエポキシ樹脂等の充填度の検査システムを確立することを目的として、鋼板接着コンクリート試験体におけるエポキシ樹脂等の充填状況を赤外線サーモグラフィ法により検討した。

2. 実験概要

本研究に用いた鋼板接着コンクリート試験体の概要を図-1 に示す。建設省道路局復旧仕様¹⁾に従って、鋼板厚を6mm及び9mm、鋼板と鉄筋コンクリート版との隙間を4mmとした。またコンクリート版(500×700×100mm)は、赤外線サーモグラフィによる撮影を行う面以外に、すべて発泡スチロール板を貼り付け、外部からの温度の影響を遮断した。充填材料は、エポキシ樹脂夏用(略号; EPO (S))、エポキシ樹脂冬用(略号; EPO (W))、アクリル樹脂(略号; AAR)、ポリマーセメントモルタル(略号; PCM)の4種類である(表-1 参照)。充填材料は、試験体の下端に設けた注入口より小型ポンプを用いて注入し、その時の鋼板の熱画像の撮影を行った。撮影した熱画像は、映像装置に内蔵されている記録装置にてフロッピーディスクに記録し、実験終了後にコンピューターにより熱画像の解析を行った。また、鋼板の表面及び裏面、コンクリート版の表面に熱電対を設置し、データローガより各位置の温度の経時変化を記録した。

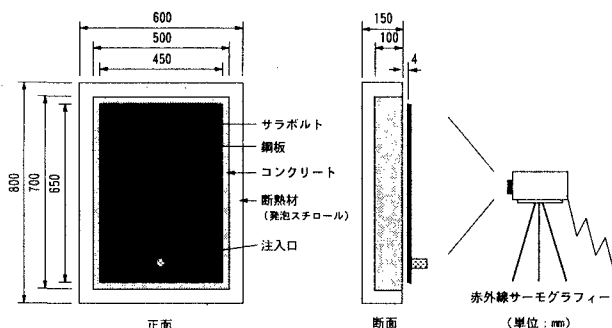


図-1 鋼板接着コンクリート試験体の概要

表-1 各種充填材料の諸性質

充填材料名	主成分		粘度*	硬化時間
	主材(ベース)	硬化材(フィラー)		
EPO	エポキシ樹脂	変性ポリアミン	2000cps 以下	8 時間(20℃)
AAR	変性アクリル	変性イソシアネート	1600cps 以下	12 時間(20℃)
PCM	アクリルエマルジョン	水硬性無機粉体	500cps 以下	24 時間(20℃)

* 20℃、B 型粘度計にて測定

3. 実験結果及び考察

3.1 充填材料の種類による検査の難易度

赤外線サーモグラフィによる原画像での充填度の検査の難易度を表-2 に示す。鋼板接着コンクリート試験体からの熱伝達と各充填材料の発熱特性(発熱量、ピーク温度及びピーク温度に達する時間)との関係で、赤外線サーモグラフィによる充填度検査の難易が充填材の種類により相違した。すなわち、アクリル樹脂は、鋼板厚に関係なく充填度の確認が可能であったが、エポ

表-2 赤外線サーモグラフィの原画像及び二値画像における充填度検査の難易度

充填材料名	原画像		二値画像	
	鋼板厚		鋼板厚	
	6mm	9mm	6mm	9mm
EPO (S)	×	×	×	×
EPO (W)	×	×	○	×
AAR	○	○	○	○
PCM	×	×	○	×

(○: 確認可能、×: 不可能)

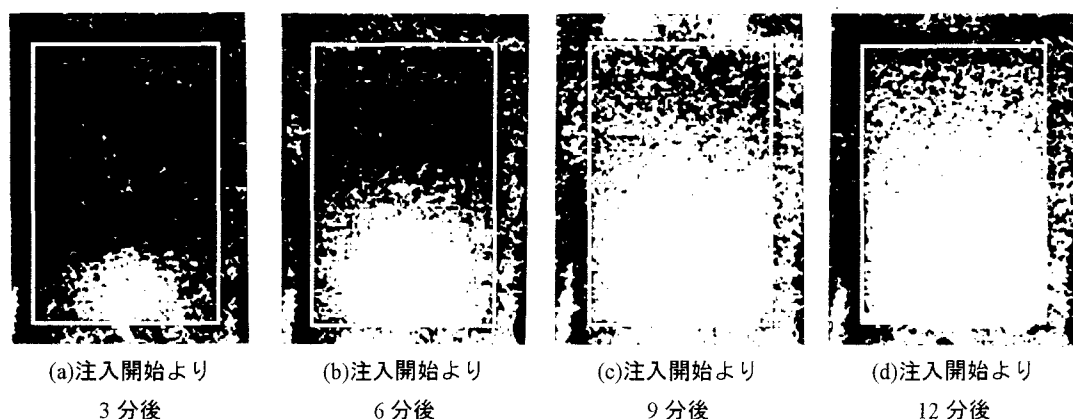


写真-1 充填材料としてアクリル樹脂を使用した試験体の充填状況（鋼板厚：6mm）

キシ樹脂（冬用）及びポリマーセメントモルタルは鋼板厚が6mmの場合の二値画像のみ充填度の確認が可能であった。また、エポキシ樹脂（夏用）はいずれの場合も赤外線サーモグラフィでの充填度の確認は不可能であった。

3.2 画像処理による検査精度の向上

画像処理手法としては二値画像表示方法を用いた。本手法は、充填材料の注入を行う前の画像（初期画像）と注入開始後の画像との間で差分処理を行い、両者の温度変化量にしきい値を設定する方法である²⁾。

写真-1(a)~(d)は、充填材料としてアクリル樹脂を用いた試験体（鋼板厚：6mm）の注入開始から、3分後、6分後、9分後、及び12分後の二値画像を示したものである。これらの写真より、しきい値0.6℃の条件で二値画像処理を行うと、時系列的に温度変化部分が抽出できるため、十分な精度でアクリル樹脂の隙間への充填状況を確認することができる。

3.3 各種試験体の温度上昇値と充填度検査の難易との関係

各種試験体の初期画像と注入開始15分後（充填完了）の画像との間で差分処理を行い、得られた画像の鋼板表面の画素温度ヒストグラムより得られた温度上昇値を表-3に示す。この表より、鋼板表面の温度変化が大きくなる充填材料ほど、赤外線サーモグラフィによる充填状況の確認がしやすいことが分かる。すなわち、1℃以上の温度変化を示すアクリル樹脂は鋼板6mmと9mmとの相違がなく、原画像及び二値画像ともに充填度の確認が可能、0.5℃以上1℃以下のエポキシ樹脂（冬用）及びポリマーセメントモルタルは二値画像のみ充填度の確認が可能、0.5℃以下のエポキシ樹脂（冬用）は原画像及び二値画像ともに充填度の確認は不可能、と判断された。

表-3 鋼板表面の温度上昇値

充填材料名	鋼板厚	
	6mm	9mm
EPO (S)	0.46	0.2
EPO (W)	0.8	0.45
AAR	1.30	1.35
PCM	0.5	0.25

（単位：℃）

4.まとめ

赤外線サーモグラフィ法の鋼板巻立て工法の充填度検査への適用性を検討した結果、以下に示すことが明らかになった。

- (1) 赤外線サーモグラフィ法の充填度検査への適用性は、充填材料の種類によって相違し、エポキシ樹脂（夏用）＜エポキシ樹脂（冬用）＝ポリマーセメントモルタル＜アクリル樹脂の順番で評価が可能となった。
- (2) 原画像では充填度の検査が困難であるものでも、差分画像の二値画像処理をすることによって検査精度が向上した。
- (3) 充填材料の発熱による鋼板表面の温度変化が1℃を越えると、鋼板の厚さに関係なく赤外線サーモグラフィによる充填度検査が可能となった。

[参考文献]

- 1) 建設省道路局：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様 1995.2
- 2) 相良健一 他：炭素繊維シートで補修・補強されたRC構造物の欠陥の検知について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp.1203-1208、1996。