

非破壊検査によるコンクリート内部を貫通する鋼材の界面亀裂検出

東京都市大学		内田 英作
東京都市大学	正会員	白旗 弘実
東京大学生研	正会員	岸 利治

1. はじめに

構造物の多くが建設後40～50年を経過しており、経年劣化対策の問題が指摘されるようになってきている¹⁾。損傷事例として、図-1に示すように、平成19年6月20日に木曽川大橋においてコンクリート床版を貫通するトラス第一径間部斜材の腐食による破断が発見された²⁾。

破断にいたるまでのメカニズムの完全な説明は今も検討の余地があるが、何らかの要因により、斜材とコンクリート床版の間にき裂が生じ、降雨などによる滞水の繰り返しにより、鋼材が徐々に腐食していったのではないかと指摘されている。このような構造詳細は一般的には認められていないようであるが、同様の構造をもった橋梁は他にも多く存在し、同様の事故を防ぐことは重要である。

本研究では、コンクリート部材に埋め込まれた鋼材の界面き裂を検出することで、腐食が予想される箇所を検出することを目的としている。検出に際しては、検査対象箇所が非常に多いことから、一度に広範な範囲を検査することのできる非破壊検査手法を適用することをこころみた。非破壊検査手法としては、赤外線サーモグラフィ法および磁粉探傷法を用いた。コンクリート床版を貫通する鋼材に腐食減厚が発生している状態を模擬的に再現した供試体を作成した実験を行った。

2. 供試体

作製した供試体を図-2に示す。コンクリートモルタルとしており、粗骨材は入っていないが、水セメント比(W/C)は50%、細骨材セメント比(S/C)は2.0としている。供試体は鋼材が貫通しているが、鋼材

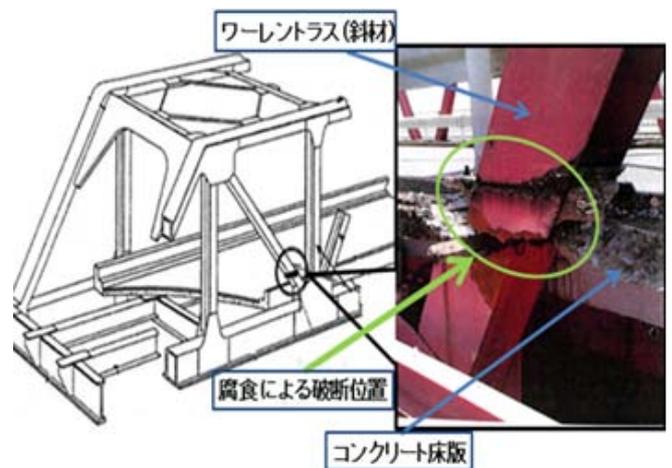


図 1 木曽川大橋の埋め込み部の破断^{1) 2)}

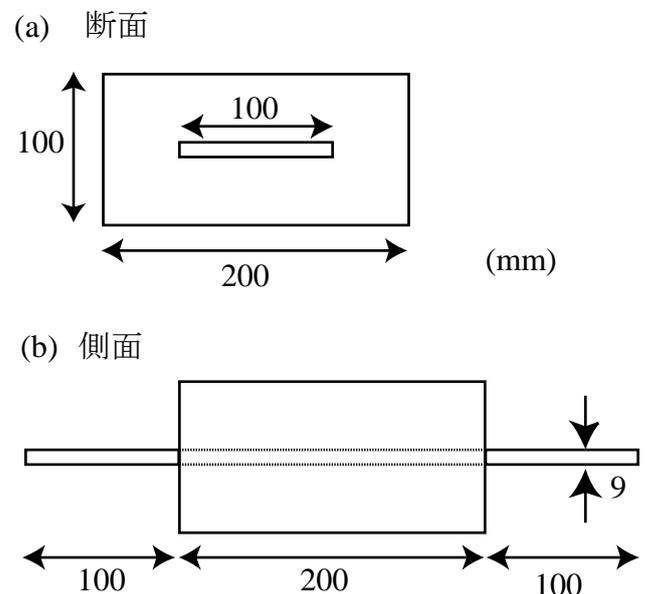


図-2 供試体概要

は厚さ9mmである。

供試体作製時において、コンクリート打設する際に、グリースを塗った厚さ0.1, 0.2, 0.4および1.0mmのアクリルシートを鋼材表面にくっつけておき、数時間後にアクリルシートを引き抜いて、鋼材とコンクリート間に隙間を生じさせた。アクリルシートを用いないで打設した箇所もあり、以下では、き裂幅0.0, 0.1, 0.2, 0.4および1.0mmの供試体と呼ぶこととする。

写真-1に供試体を示す。



写真-1 供試体外観

3. 実験方法

(1) 赤外線サーモグラフィ法³⁾

赤外線波長領域のエネルギーを検知する赤外線カメラは、一般に温度分布を可視化する装置である。赤外線カメラを用いた非破壊検査手法には、単なる赤外線画像を捉えるパッシブ法と、何かしらのエネルギーを与え熱的な変化を強制的に与えるアクティブ法がある。ここでは、コンクリート床版とトラス鋼材境界面に発生する亀裂幅の検出限界観察するために熱的な変化を与えるアクティブ法を用いて実験を行った。

赤外線カメラでの実験にあたり、カメラの角度をコンクリートに対して、いくつか変化させて測定を開始した。その結果、界面を明確にとらえるには、コンクリートに対してほぼ垂直になるように測定を行うことがよいことがわかり、そのような角度で計測を行った。

また、ここでは、熱源として温水を吹きかけることとした。熱湯を霧吹きに入れて界面を中心に吹き

かけたが、湯温は50°Cに低下していた。吹きかけた後、温度の変化を2分おきに熱画像の写真を撮ることで測定し、30分程度継続して測定した。それぞれの供試体で同様にした測定を行った。

(2) 磁粉探傷試験法⁴⁾

磁粉探傷試験を行う前処理として、異物を取り除いた。磁化を行うために本来はき裂があると思われる位置をまたいで磁化する必要があるが、コンクリート床版がある実際の構造物では困難である。界面に平行になるように磁場が生じるようにして磁化を行った。

また、磁粉は紫外線を照射すると蛍光発光するものを使用している。きず部に付着した磁粉模様を観察するにはできるだけ見やすい環境で行う必要があり、本研究では、蛍光磁粉なので多少暗くした観察を行った。後処理として、観察終了後に磁粉を拭き取った。

本研究では、磁粉探傷試験を行うときは、測定する面に対してほぼ45度にし、磁化を行いながら、磁粉を吸着させて紫外線照射灯をし、模様を観察することで亀裂の有無の観察を行った。また、磁粉は蛍光発光するものであり、部屋を暗くした。これにより、容易に目視検査することができる。

4. 実験結果

(1) 赤外線サーモグラフィ法

き裂幅0.0mm(欠陥なし)・0.2mm・0.3mm・0.4mm, 1.0mmの実験で撮影した熱画像のうち、き裂幅1.0mmのものを図-3に、き裂なしのものを図-4に示す。これらの熱画像は温水を噴霧した直後に撮影したものである。

図-3と図-4を比較すると、界面き裂のある図-3では、き裂部分の温度が低くなっていることがわかる。き裂のない場合は温度が低くなっていない。温度の低下を調べることにより、き裂の検出が可能になると考えられるが、き裂幅0.4mm以下では顕著な温度低下がなく、検出限界は1.0mmあたりと考えられる。図-5は各供試体の2分おきの温度変化を示している。

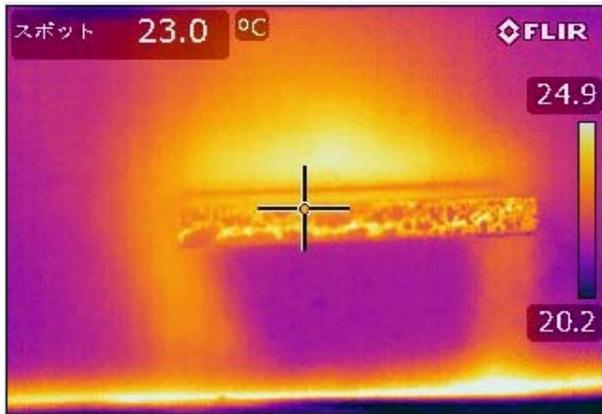


図-3 赤外線画像 (1.0mm)

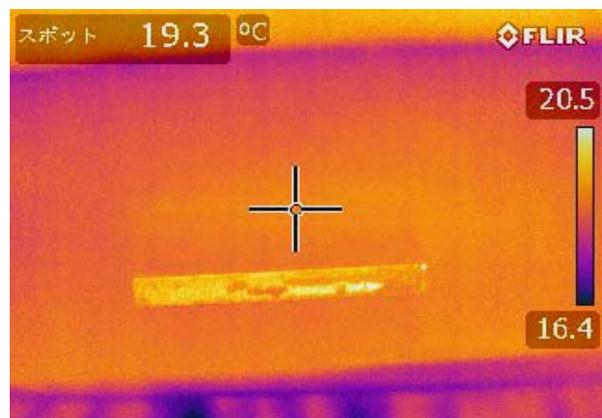


図-4 赤外線画像 (0.0mm)

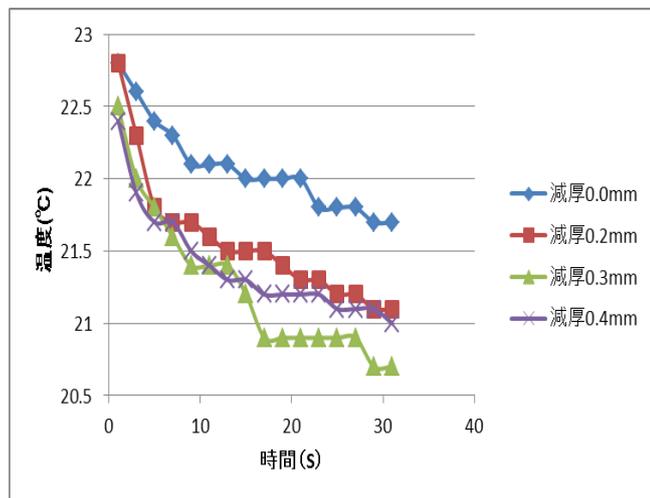


図-5 温度変化分布

(2) 磁粉探傷試験法

磁粉を吸着させる前に、供試体に紫外線を照射し、観察を行った。それを写真-2に示す。また、実験にもちいた供試体の腐食減厚、それぞれ0.0mm (欠陥なし)・0.2mm・0.3mm・0.4mm・1.0mmを観察し

たいくつかの結果を、写真3, 4, 5, に示す。



写真2 (磁化前0.3mm)

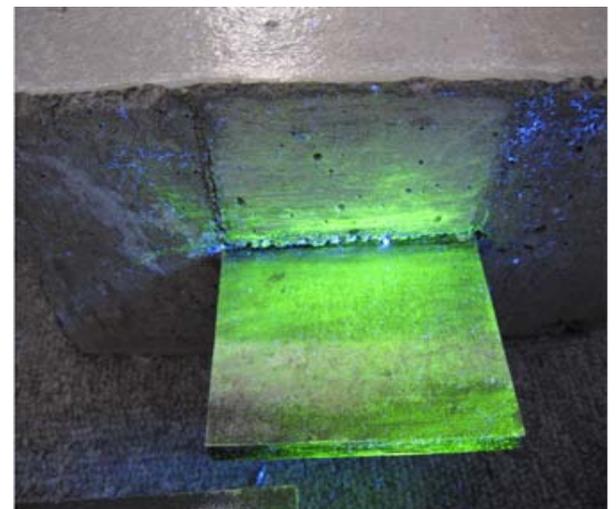


写真3 (磁粉噴霧後1.0mm)

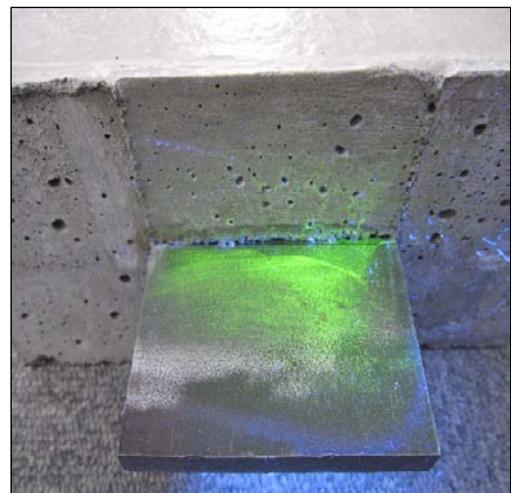


写真4 (磁粉噴霧後0.2mm)

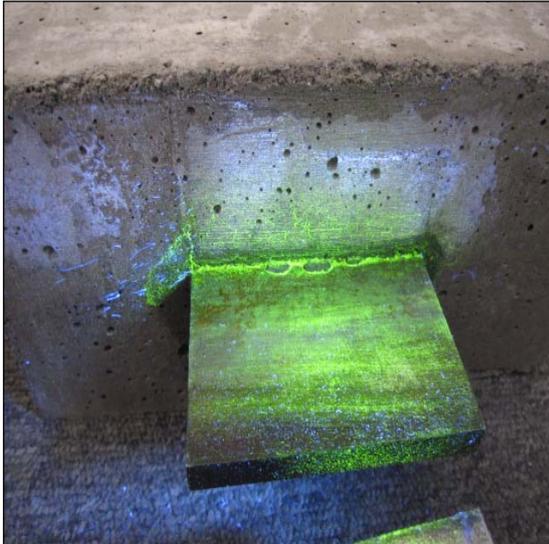


写真5 (磁粉噴霧後0.0mm・欠陥なし)

以上のように、実験結果は、実験にもちいた複合構造物を表した供試体の腐食減厚がない場合(0.0mm)に磁粉の蛍光発光がすじ模様としてあらわれた。そのほかの供試体においては、模様はあらわれなかった。

また、それぞれの供試体に対して複数回の実験を行ったが、すべて同様の結果となった。

5. 考察および検討

(1) 赤外線サーモグラフィ法

赤外線カメラで測定を行ったところ、1.0mmまではしっかりと測定することはできたが、それ以下になると判断が難しく赤外線画像を見ただけでは判断ができなと考えられる。しかし、温度変化分布図より、ごくわずかであるがある程度の腐食減厚を見ることができると考えられる。

(2) 磁粉探傷試験

実験結果より、実験にもちいたした複合構造物を表した供試体供試体のように腐食減厚がないときに磁粉がすじ模様としてあらわれることが判明した。普通、磁粉探傷試験は、鋼材だけを対象としたとき、きずがある場合にすじ模様があらわれるが、本研究でのコンクリートと鋼材の複合構造物においては上記したように腐食減厚がないときにあらわれる逆の結果がでた。この理由として、腐食減厚があるときは、隙間に磁粉が入り込むことによってすじ模様と

してあらわれなかったと考えられる。また、腐食減厚がないときは、コンクリートにせき止められる形ですじ模様になったと考えられる。以上より、本研究で対象とした橋梁などの構造物を磁粉探傷試験で非破壊検査を行った場合、腐食減厚が存在しないときはすじ模様がで、腐食減厚が存在するときは筋模様がでないと考えられる。

6. まとめ

本研究では、対象とした複合構造物の実橋梁で非破壊検査を行うことを想定にして、赤外線サーモグラフィと磁粉探傷試験をもちいた簡易的な実験的検討を行った。2つを比較したところ、磁粉探傷試験がより精度の良い値のものをみることができ、コンクリート床版とトラス鋼材境界面に発生する亀裂の有無を調査・検討することができた。

謝辞

本研究は科学研究費補助金の助成を受けています。ここに記して関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 魚本健人 コンクリート構造物の非破壊検査技術 pp17-19 2008/01
- 2) 山田健太郎 木曾川大橋の斜材の破断から見えるもの 土木学会誌 vol.93 no.1 January 2008 30
- 3) 鎌田敏郎・六郷恵哲 「サーモグラフィによる鋼-コンクリート間における空隙寸法の評価」 土木学会第55回年次学術講演会概要集 V-453. (2000)
- 4) MARKTEC 非破壊検査・マーキングの総合メーカー <http://www.marktec.co.jp/product/ndt/mpt/principle.html>

閲覧日 2013年1月18日