

熱赤外線映像法の道路橋変状調査への適応

後藤恵之輔*・浅利公博**・山中 稔***
後藤健介****・渡邊浩平*・後藤松生*

Application of Thermal- Infrared Imaging Method
to Bridge Deterioration Survey.

by

Keinosuke GOTOH*, Kimihiro ASARI**, Minoru YAMANAKA***, Kensuke GOTO****,
Kohei WATANABE* and Matsuo GOTO*

A damage survey for road bridge needs many cost and much time in general. But it is considered that the thermal-infrared imaging method is able to survey any damage part at low cost and in short time. In this paper, damage survey for two concrete road bridges in Oita Prefecture were carried out used by the method. As a result of the survey it was confirmed the thermal-infrared imaging method has possibility to find some damage parts of two bridges.

1.はじめに

構造物は、外見的には健全な構造物であると見えても、構造物内部では重大な変状部が存在している場合がある。また、表面に現れてきた小さな欠陥等から内部の変状が推定されるとしても、それが実際にどのくらいの規模であるかはその構造物を破壊もしくは超音波調査等の様々な方法によって時間をかけて確かめてみなければ把握することはできない。しかし、その構造物が日常の中で重要な役割を果たす道路橋や鉄道橋である場合にはそれを破壊して確かめることは難しい。また、短時間の調査で確かめることが可能であればそれにこしたことはない。

そこで本研究では、大分県南部に存在する構造物を実際に調査し、構造物内部の変状部の規模や具合等を熱赤外線映像法を適用することによって、より短時間に把握することができないかを試みるのである。

2.現地調査地点

現地調査は大分県内の2つのコンクリート橋梁（A橋とB橋）を対象とした。

図-1にA橋とB橋の位置図を示す。この2つの道路橋は一般国道10号線に架かっている橋梁である。国道10号線は、北九州市を起点に大分市、宮崎市を経て鹿児島市を終点とする東九州の大動脈となる道路である

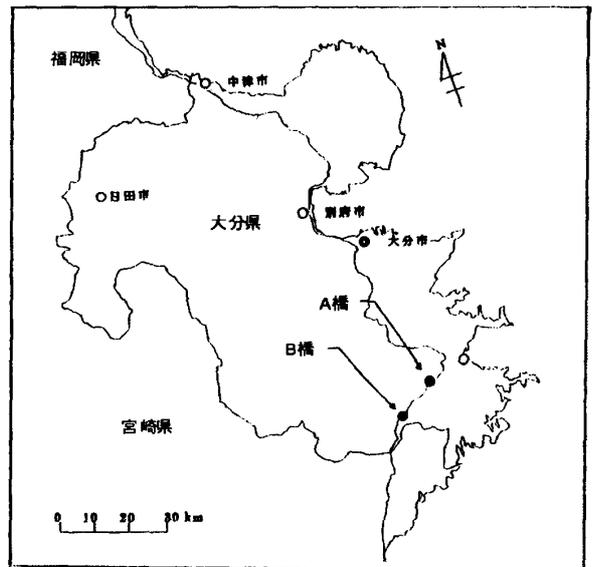


図-1 現地調査地点位置図

といえる。

3.調査方法

3.1 熱赤外線映像法および装置の概要

熱赤外線映像法は物体から放射される熱赤外線エネルギーを検知し、その表面温度を平面的に映像化することによって物体内部の状態や性質を調査する方法で

平成12年10月27日受理

* 大学院生産科学研究科 (Graduate School of Science and Technology)

** 西鉄シー・イー・コンサルタント (株) (Nishitetsu C.E.Consultant Co.,Ltd.)

*** 社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

**** 大学院海洋生産科学研究科 (Graduate School of Marine Science and Engineering)

ある¹⁾。今回の観測対象物である道路橋の観測箇所
の内部に剥離箇所または漏水箇所等が存在すれば、その
部分は健全部と比べると加熱冷却における温度の経時
変化が異なってくると考えられる。

今回使用した熱赤外線装置は、受動形の高感度赤外
放射温度計で、測定対象物から自然放射されている赤
外放射を光学走査することにより、温度信号を二次元
的な電気信号に変換し、温度分布画像を得るための装
置である。検出部から送られたアナログ信号を、コン
トロール部に送り、処理することでディスプレイに対
象物をカラー、または白黒の熱画像として表示する。

用いた熱赤外線装置の特徴を以下に示す。

- 1) 小型、軽量であるため現場、研究用、製造ライ
ンや温度異常の監視に使用できる。
- 2) オートフォーカス、自動環境反射補正、オート
レベル、自動感度設定、自動室温補正等の必要機

能に自動処理機能があり、容易に観測することが
できる。

- 3) 光学ズーム機能により、遠い測定対象物でも大
きく見ることができる。また画像分解能もそのま
まで鮮明な画像を得ることができる²⁾。

3.2 A橋における調査方法

図-2および図-3に調査箇所を示す。写真-1および
写真-2は現地での調査状況である。このA橋は、昭和
35年に架設されたRC3径間連続T桁橋である。

(a) 橋梁上面の調査方法

橋梁上面については、アスファルト舗装面に亀裂部
分が存在している。そこに水を注入すると、あふれる
ことなく舗装内部に浸透した。これは、アスファルト
舗装と調整モルタルもしくは調整モルタルと桁上面が

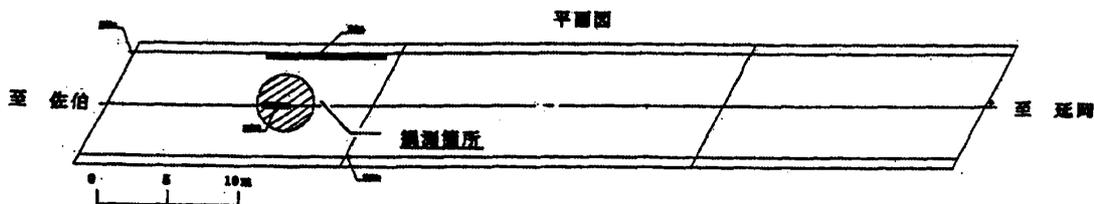


図-2 A橋上面調査箇所

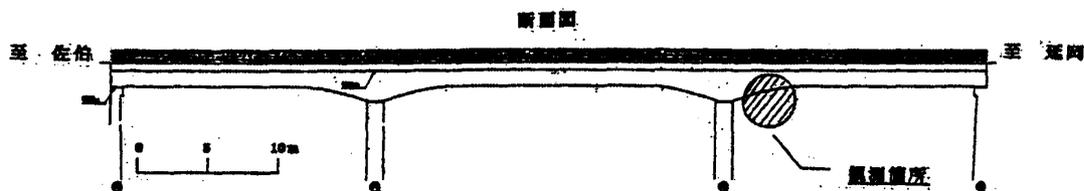


図-3 A橋底面調査箇所



写真-1 A橋上面調査状況



写真-2 A橋底面調査状況

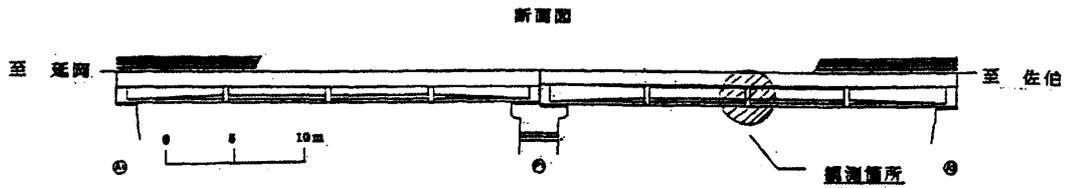


図-4 B橋調査箇所

剥離しており、その剥離層に水が浸透していったためではないかと考えられる。そこで熱赤外装置を用いて、アスファルト舗装の剥離箇所を推定しようとするものである。調査方法は、その亀裂部分に冷水（約5℃）を注入し、道路脇に設置した熱赤外線装置から冷水の注入によるアスファルト舗装面の温度変化を観測して、剥離部分の抽出を行った。観測時間は7:00から19:00とし、対象物の中心温度を28.0℃、温度間隔を0.7℃として観測を行なった。

(b) 橋梁底面の調査方法

橋梁底面については、剥離箇所または漏水箇所等の変状箇所の推定を行うものである。調査方法は、観測箇所を加熱するためにジェットヒーターを用いて底面を加熱し、橋梁下に設置した熱赤外線装置より、床板等の底面の加熱過程および冷却過程の温度変化の観測を行った。観測時間は16:00から18:50までとし、対象物の中心温度を21.0℃、温度間隔を0.7℃として観測を行なった。

3.3 B橋における調査方法

図-4にB橋における調査箇所を示す。写真-3は現地での調査状況である。B橋は昭和41年に架設されたPC2径間単純ポストテンションT桁橋である。

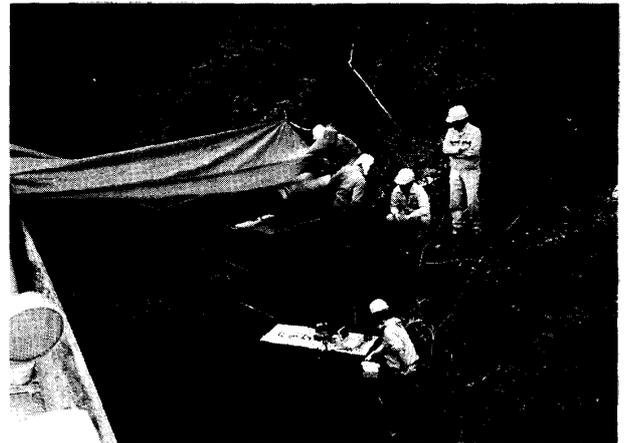


写真-3 B橋調査状況

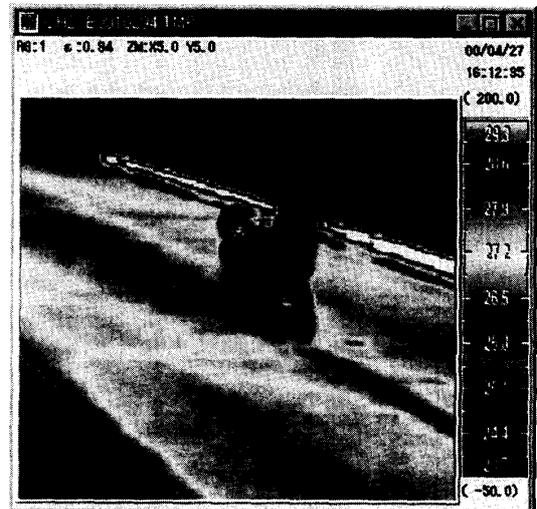
このB橋においては、橋梁主桁桁側面における変状箇所の推定を行った。調査方法は、調査箇所である橋梁主桁側面をジェットヒーターにより加熱し、橋梁横に設置した熱赤外線装置を用いてA橋底面の場合と同じく、加熱過程から冷却過程の温度変化の観測を行なった。観測時間は9:00から11:30までとし、中心温度を17.0℃、温度間隔を1.0℃として観測を行った。

4. 調査結果および考察

4.1 A橋における調査結果および考察



画像-1 冷水注入中



画像-2 冷水注入後

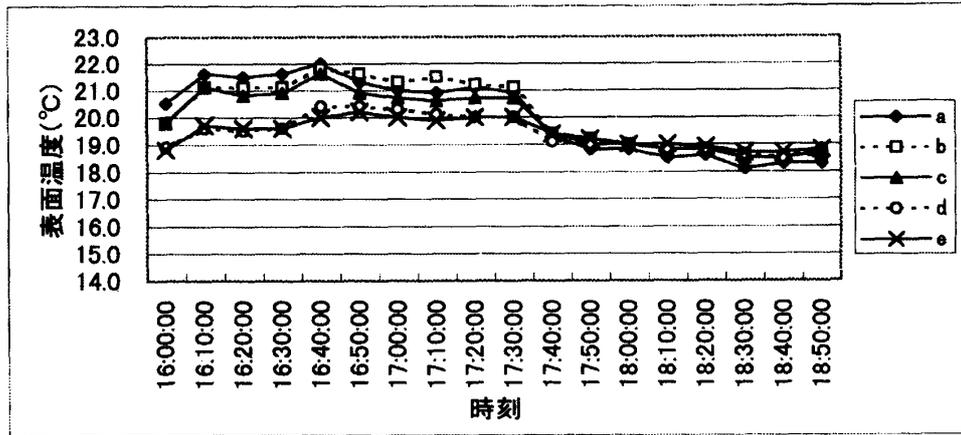
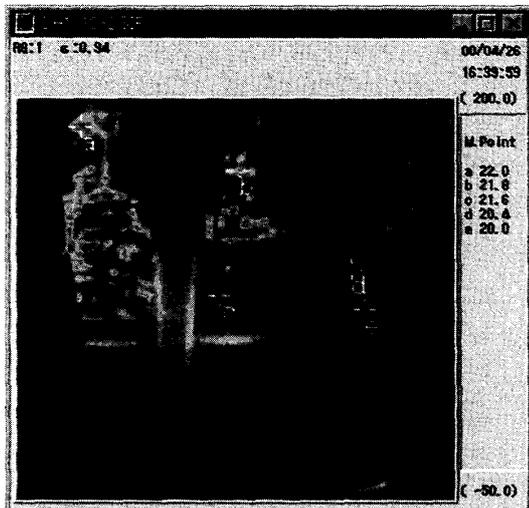
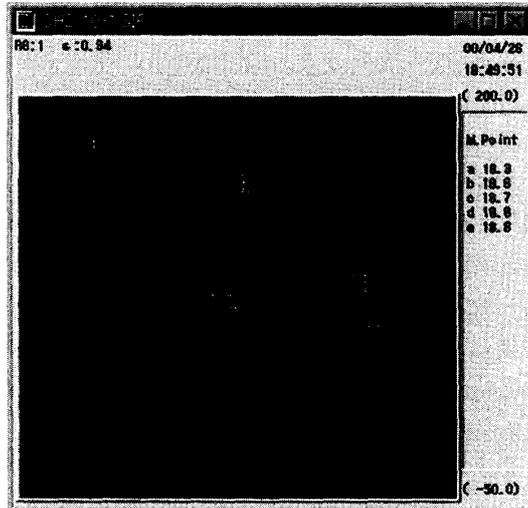


図-5 A橋における観測点温度の経時変化



画像-3 加熱過程における最高温度状態



画像-4 冷却過程における最低温度状態



画像-5 最低温度状態-最高温度状態の差画像

(a) 橋梁上面の調査結果および考察

画像-1に冷水注入中の状態を示し、画像-2に冷水注入後の画像を示す。

画像-1および画像-2から見てとれるように、冷水を注入することで、冷水注水箇所を中心にアスファルト舗装面の温度が低下していることがわかる。このことは、注水した冷水がアスファルト層下の剥離層に浸透していったためではないかと考えられる。別途、アスファルト舗装および調整モルタルの部分の撤去調査においても、剥離部分に帯水していた雨水と思われる水の染み出しが確認されている。

(b) 橋梁底面の調査結果および考察

画像-3に、ジェットヒーターによる底面の加熱過程における最高温度状態を示し、画像-4に冷却過程での最低温度状態を示す。

A橋底面のジェットヒーターによる加熱および冷却過程を観測した結果、温度変化の大きい箇所が存在していることが分かった。それら箇所の温度経時変化を調べるために温度変化の大きな所に観測点 a ~ c を設定し、温度変化の比較的小さい所に観測点 d ~ e を設定した。なお、観測点は画像-3および画像-4に示して

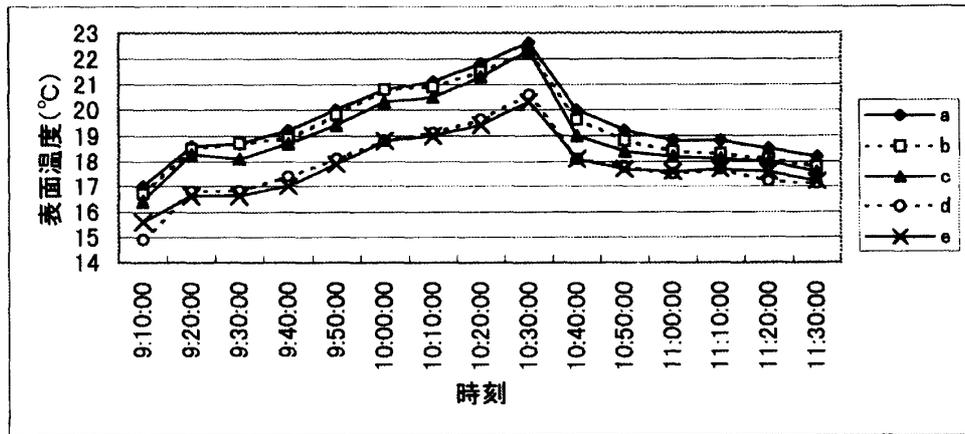
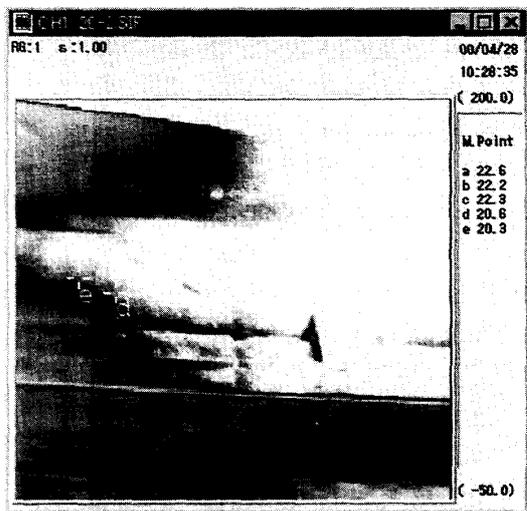
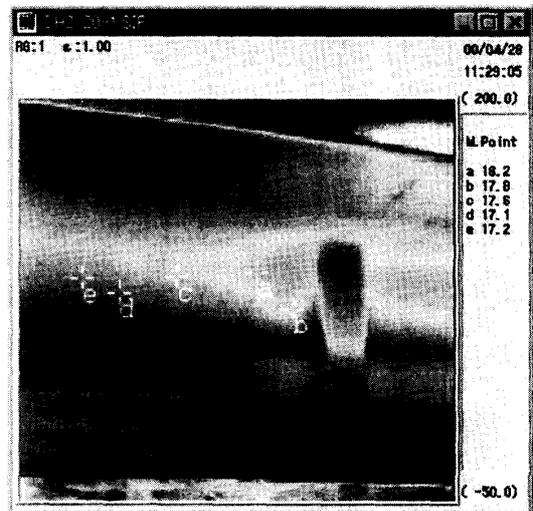


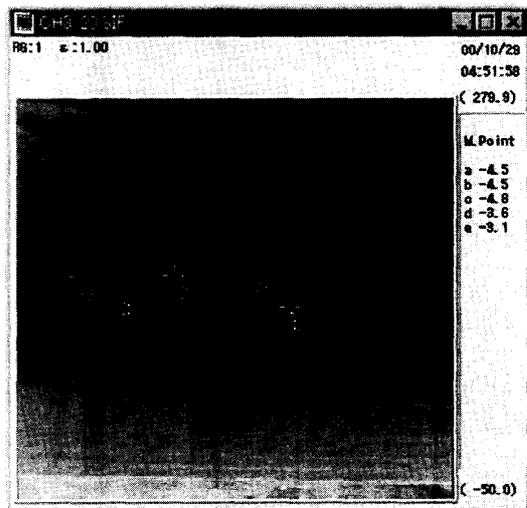
図-6 間庭橋における観測点温度の経時変化



画像-6 加熱過程における最高温度状態



画像-7 冷却過程における最低温度状態



画像-8 最低温度状態-最高温度状態の差画像

cでは観測を開始した16:00の時点で既に温度変化の比較的小さい観測点d～eに比べて温度が高くなっている。16:40付近で観測点は最高温度に達したが、その後冷却過程に入り冷却が進むと今度は観測点a～cは急速に冷まされ観測を終えた18:40には、観測点d～eよりも温度が低くなった。これは観測点a～cのそれぞれの位置に剥離箇所または漏水箇所等の変状部が存在することを示唆するものである。特に観測点aは、A橋の変状図に記されている剥離箇所と一致している。しかし、これは観測箇所全体のデータでなく、点的なデータであるのでその変状部の規模は見てとることはできない。そこで観測箇所の温度変化のデータを面的に捉えるため、また観測箇所の汚れ等による表面温度分布への影響を取り除くために最低温度状態の画像から最高温度状態の画像を差引いて差画像を求めた。

画像-5に求めた差画像を示す。この差画像から温度差の大きい箇所が面的に確認できる。これらの箇所を、別途、目視調査で得た変状図と比較すると、剥離また

ある点である。

図-5は観測点a～eの温度経時変化を示したもので、これを見ると、温度変化の大きかった観測点a～

は漏水等が確認されている所が差画像においても、特に観測点 a 付近でよく一致していることがわかった。また、この他にも剥離あるいは漏水箇所と思われる所が認められる。これらの箇所は、これまでの変状調査等で確認することのできなかつた変状部分ではないかと考えられる。

4.2 B橋における調査結果および考察

画像-6にジェットヒーターによる側面の加熱過程における最高温度状態を示し、画像-7に冷却過程における最低温度状態を示す。

B橋側面のジェットヒーターによる加熱および冷却過程の観測においても熱しやすく冷めやすい箇所が存在することが分かった。ここでもこれら箇所の温度の経時変化を調べるためにそれらの箇所から温度変化の大きい所に観測点 a～c を設定し、温度変化の比較的小さい所に観測点 d～e を設定した。なお、観測点は画像-6および画像-7に示している点である。図-6に観測点 a～e の温度の経時変化を示す。ここでも温度変化の大きかった観測点 a～c は観測の開始時間から温度変化の小さかった観測点 d～e に比べて温度が高くなっている。18:30にすべての観測点が最高温度に達し、その後、冷却過程に入っている。冷却が進むにつれて観測点 a～c は観測点 d～e との温度差が小さくなり、観測を終えた11:30には、ほとんど差がなくなっている。これは、観測点 a～c のそれぞれの位置に変状部分の存在が考えられる。これを面的に捉えるた

めに最低温度状態から最高温度状態を差引いた差画像を求めた。求めた差画像を画像-8に示す。これを見ると、画像の中央部分に変状部と思われる箇所が現れている。調査のために表面が削られた箇所も明瞭に現れていることが分かる。

5. 結論

今回の調査から、道路橋の床板および桁側面にジェットヒーター等の熱源を用いることで、熱赤外線映像法による変状部分の推定を行うことができた。コンクリート橋の健全度を評価する調査は数多くあるが、今回のこのジェットヒーターを熱源とした熱赤外線映像装置を用いる調査方法は、種々の調査に比べ、短時間でより広い範囲の調査がおこなえる所に大きな特徴を有している。また遠隔地から安全に危険箇所の推定が行える所も大きな特徴である。本方法によって、変状部分の推定が行えれば今後増加していくであろう道路橋等のコンクリート構造物の変状調査に多大な威力を発揮するであろうと思われる。

参考文献

- 1) 熱赤外線映像法によるのり面診断研究会：熱赤外線映像法による吹付けのり面変状診断マニュアル，建設省 土木研究所，pp.13～14
- 2) NEC 三栄編：サーモトレーサーコントロール部 TH3100シリーズ 取扱説明書，pp.1-2～1-3.1996.