

DBIR 法を用いた構造物の非破壊検査に関する実験的研究

長崎大学工学部 正会員 後藤 恵之輔
同 上 正会員 全 炳徳
長崎大学大学院 学生員 ○ 范 少峰

1. はじめに

今の世界には、20フィート以上の橋が575000個以上であるが、これらの橋の内、約200000個の橋が欠陥があると報告されている¹⁾。こうした膨大な数の構造物を適切に維持管理することは、重要な課題の一つである。熱赤外線を利用した構造物の非破壊検査により、沢山の表面特性の視覚的なデータが得られているが、隠された欠陥データ、特に、アスファルトによりカバーされたコンクリート床版等の構造物のデータはほとんどない。これについては、従来、主に目視による構造物の点検を行ってきたが、より客観的、かつ効果的な安全度診断技術の開発が求められていた²⁾。特に、このようなコンクリート床版とアスファルトによりカバーされたコンクリート床版等については、交通量増大の影響を強く受けており、補修を必要とするような損傷も数多く見られている。

そこで本研究では、デュアルのバンド赤外線(DBIR)を用いる方法による構造物の非破壊検査を導入することによって、床版モデルによる実験を行いその可能性を考察した。

2. DBIRによる非破壊検査の原理

デュアルのバンドの赤外線(DBIR)(波長3-5 μm と8-12 μm)による非破壊検査は、コンクリート及びアスファルトにより隠された劣化コンクリートの箇所をキャッチするための、非接触及び非破壊の評価手段である。特にDBIRによる映像比率は、表面温度対比を強化するため、マスク作業による表面放射率雑音(例えば汚れ、表面の凸凹、及びオブジェクト乱雑とコンクリート構成変化等)を取り除くことが可能である。また、反射率雑音による微小な温度違いが区別できる。

DBIRの原理は、Planck法則に基づいて展開したものである。展開の結果は次のとおりである。

$$I_{\lambda} \sim e_{\lambda} T^{50/\lambda}$$

ここに、 I_{λ} は波長の反射強度であり、 e_{λ} はその波長での放射率である。 T はケルビンの絶対温度であり、 λ はマイクロメートル単位の波長を示す。本研究では、黒体($e_5=e_{10}$ 時)に対して次の式を用いることにより鮮明なDBIR画像を得ることができた。

$$\frac{I_5}{I_{10}} = \frac{e_5 T^{50/5}}{e_{10} T^{50/10}} = \frac{e_5}{e_{10}} T^5$$

であるから、 $T = \frac{T}{T_{av}}$ とすれば

$$(T/T_{av})^5 = (SW/SW_{av})/(LW/LW_{av})$$

となる。

また、非黒体に対しては、次の式により強調されたDBIR画像を得た。

$$\frac{(I_{10})^2}{I_5} = \frac{(e_{10})^2 (T^5)^2}{e_5 T^{10}} = \frac{(e_{10})^2}{e_5}$$

であるから、

$$\text{E-ratio} = \frac{(LW/LW_{av})^2}{(SW/SW_{av})}$$

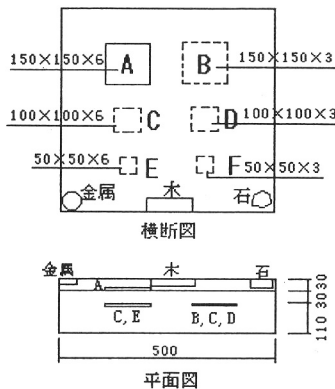
となる。

SW は短い波長強度であり、 SW_{av} は SW の画素のデジタル値の平均値である。同じく LW は長い波長強度を示しており、 LW_{av} は LW の画素のデジタル値の平均値を意味する。

3. 実験方法

実験では、コンクリート板を対象として考え供試体を作製した。欠陥部を作るため、コンクリートの供試体の表面から深さ3cmの所に、5つ(B、C、D、E、F)の発泡スチロールを埋めた。発泡スチロールの寸法は150×150mm、100×100mm、50×50mmとした。その厚さは3mmと6mmである(図-1参照)。また、供試体コンクリートの表面に150×150×6mmの発泡スチロール(A)を置いて、3cm厚さのアスファルトを全体的に被らせた。また、供試体の下部には金属、木、石をアスファルトの表面にお

いた。実験は、二種類の波長（4～4.8 μm と 8～13 μm ）の熱赤線映像装置を用いて、太陽光線の下で日出前から日没後まで約13時間測定した。



図－1 供試体の緒元（単位はmm）

4. 実験結果

図－2、図－3は、実験当日12時15分に撮影した、それぞれ短波長（4～4.8 μm ）と長波長（8～13 μm ）の熱赤外線画像である。図－2の熱画像から分かるように、供試体上部の左に表面から2.4cmにある欠陥部（A）の表面放射温度で、周囲との温度差が見られる。しかし、表面から6cmに存在する他の欠陥部の温度差はほとんど見られない。図－3の結果から見れば少しの温度差は見られるが、場所の指定が難しい。また、供試体表面の物体（金属、木、石）については全部の温度差が見られている。これらに対して、図－4は、DBIR方法により、長波長、短波長の両熱画像を利用して得た画像である。この画像から、供試体の上の右に表面から6cmの深さにある欠陥部（B）と中心から左の欠陥部（C）がはっきり見られている。供試体表面の物体（金属、木、石）も全部に見えている。

5. おわりに

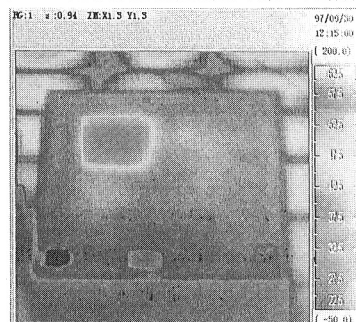
以上の実験結果から、DBIR方法を用いることにより、建造物の深い欠陥部を検知することができ、表面の様々な物体を区別することもできた。これらの結果は、土木分野における非破壊検査の範囲を広げるものである。特に、コンクリート床版やアスファルトにより覆われたコンクリート床版等の調査において、また、コンクリートの上層補強鉄筋の腐蝕やコンクリートとアスファルト合成の欠陥箇所調査等に有効に利用できると思われる。さらに、コンク

リート建物においても、柱、梁、板等の点検調査に利用可能性がある。

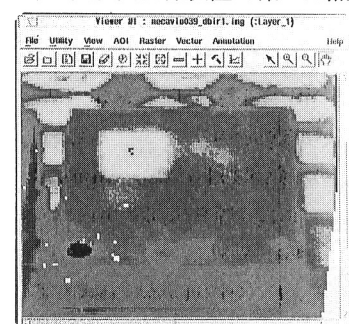
今回行った実験は、本研究の一部である。今後は、現場の建造物において、その表面温度の変化を測定し、DBIR方法を使用することにより、異常部の発生状況を把握していく予定である。



図－2 短波長映像装置で撮った熱画像



図－3 長波長映像装置で撮った熱画像



図－4 DBIR方法で解析して得た熱画像

参考文献

- 1) Nancy.K, Del Grande and P.F.Durbin : Using emissivity-corrected thermal maps to locate deep structural defects in concrete bridge decks, SPIE, Vol.2456, pp.250～261, 1995.9.
- 2) 西川 和広、神田 昌幸、内田 賢一： 赤外線による鉄筋コンクリート床版の健全診断、土木技術資料、Vol.37, No.6, pp.2～3, 1995.6.