

V-91 非破壊検査機器を用いたRC床版の診断技術に関する検討

建設省土木研究所 正員 西川 和廣
 建設省土木研究所 正員 神田 昌幸
 建設省関東地方建設局 杉山 純
 建設省土木研究所 正員 ○内田 賢一

1. まえがき

現在、道路橋に用いられる鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版と略す)の健全度診断技術やコンクリート橋の鋼材の腐食発生の予知技術等の既設橋梁を適切に保全するための技術の開発が求められている。そこで、本研究では、既設RC床版および鋼板接着RC床版の健全性の評価技術を開発するため、非破壊検査機器として赤外線カメラ、電磁波レーダおよび超音波測定器を用いた計測を行い、その有効性について検討した。計測は、RC床版の種々の劣化損傷と鋼板接着による補修のはがれ等をモデル化した供試体を対象に計測を行うとともに、赤外線カメラについては実床版での計測を行い、その後実際の損傷状態と比較調査を行った。

2. 試験方法

①赤外線カメラを用いる方法

赤外線カメラを用いる方法は、図-1に示す床版の健全部と劣化部の温度変化の違いを利用している。一般に劣化部は、気温の上昇、下降に伴い暖まりやすく冷めやすく、ここで生じる健全部と劣化部のわずかな温度差から床版表面のひび割れや内部の異常を検出するものである。計測は、RC床版上面の脆弱化をモデル化した供試体でその有効性が確認が認められたため、実床版における温度、交通等の条件下での適用性を検討することを目的として橋梁の補修工事現場で行った。計測は車道部の片側車線(5.5m×35m=約200m²)について、床版の下面から行った。本計測に用いた赤外線カメラのセンサーは、電子冷却方式を用いており、液体窒素冷却方式と比較して公称精度が劣るが、ノイズの低下を図り精度を向上させている。また、これは赤外線を面で計測するタイプで面としての温度情報が正確であり、垂直面を撮影できる40度の広角レンズを使用できる等の利点がある。図-2に赤外線カメラを用いたRC床版下面の撮影状況を示す。

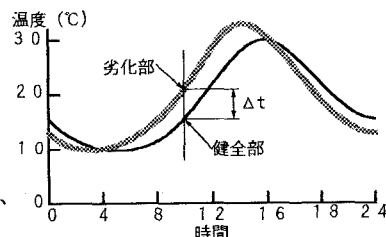


図-1 健全部と劣化部の温度変化の例



図-2 赤外線カメラを用いた

RC床版下面の撮影状況

②電磁波レーダを用いる方法

計測は、RC床版上面の脆弱化をモデル化した供試体(アスファルト舗装とコンクリート床版間に設けた箱抜き部に砂利と砂を詰めた)を対象に電磁波レーダを用いて行った。電磁波レーダによる方法は床版を断面方向に計測するものである。同方法では、床版内部の場所により電磁波の電波特性の異なる場合、その物性境界面において電磁波が反射、屈折、散乱することを利用している。レーダは物性境界面から電磁波の反射を観測し、その観測記録から逆に床版中の物性、境界面の分布を推定することにより劣化損傷の診断を行うものである。床版の断面画像に乱れや縞模様を生じさせるものとして劣化部、鉄筋、コンクリート中の空洞等がある。

③超音波測定器を用いる方法

鋼板接着のはがれ探査については、超音波測定器が有効と考えられる。そこで、鋼板接着のはがれ等をモデル化した供試体を対象に超音波測定器を用いた計測を行った。超音波測定器は、発信端子と受信端子の間で超音波測定を行うものであり、表示される超音波の伝播波形の変化により健全部と異常部を判別するものである。測定・診断は点で行い、ちょうど医師による聴診器での診断の要領となる。計測ではパルス波および連続波を用いる方法の有効性を調査した。

3. 試験結果

①赤外線カメラを用いる方法

図-3に実床版を対象にした床版下面の赤外線調査解析結果を示す。劣化損傷の顕著な幾つかの場所について、床版下面の画像解析図と実際に劣化損傷を調べた結果の比較を行い、赤外線による検査の有用性を検討した。その結果、床版下面からの解析画像に異常温度がある場合には、必ず床版に何らかの劣化が存在することがわかった。本計測では、実床版に対して赤外線カメラによる撮影を行うことより解析画像をパターン化し各解析画像と劣化損傷の関係を詳細に比較検討するとともに床版内部のひびわれの状況についての基礎的な資料を得ることができた。また、アスファルト舗装を施したコンクリート床版部の計測は、舗装上面からでは困難であり、床版下面からの撮影が有効であると判断された。

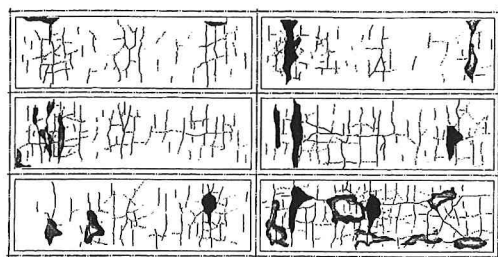


図-3 赤外線カメラを用いた計測の解析結果

②電磁波レーダを用いる方法

図-4に分解能の比較的高いアンテナ周波数 1000MHzを用いた場合の画像処理の例を示す。ここで対象としたモデル床版の損傷はすべて 150×150 mm の寸法で舗装厚は 5 cm であり、床版コンクリート上面の箱抜き深さは、3 cm と 1 cm である。計測結果は、箱抜き深さが 3 cm は明確に判断でき、箱抜き深さ 1 cm も明確ではないが判断できた。しかし、

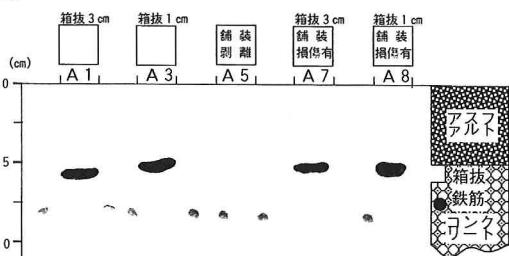
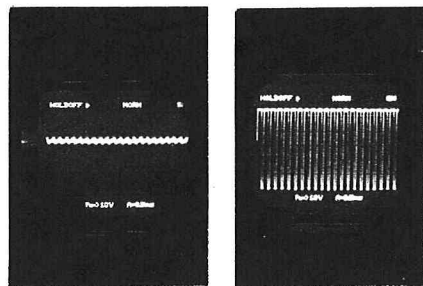


図-4 電磁波レーダを用いた計測の解析結果

舗装とコンクリート床版の剥離をモデル化したものは全く判断できないという結果になった。また、箱抜きおよび剥離をモデル化した劣化損傷に水を注入するとすべてのモデル化した劣化損傷が判断できた。したがって、床版コンクリート上面の損傷程度が大きい場合および損傷に水が溜まった場合に判断しやすくなる傾向にあると考えられる。

③超音波測定器を用いる方法

図-5にモデル床版での正常な鋼板接着位置と空洞を有する位置での連続波による波形の例を示す。連続波が乱れずに測定されるのが正常部、波形が変形し振幅が振り切れたような形になっているのが異常部である。連続波による測定では、正常部と異常部の違いは一目瞭然であり、判定は極めて簡便である。このため、超音波測定器を用いるとハンマを用いて音の変化を聞き分ける計測に比べて判定に熟練が必要なく明瞭である。



正常部の波形

空洞部の波形

図-5 超音波測定器を用いた計測の結果

4. あとがき

主な計測結果をまとめると以下の通りとなる。

- ①赤外線カメラによる床版の計測・診断は、画像解析の技術の進歩により実床版への適用が十分可能であることが理解された。また、赤外線カメラによる計測において異常温度部が目視による観察では発見できない床版内部の劣化損傷をも示すことがわかった。
- ②電磁波レーダーによるモデル床版を対象とした計測・診断は、舗装上面からコンクリート床版部の脆弱化等の劣化損傷が測定可能と判断され、床版コンクリートの損傷程度が大きいほど判断しやすい傾向にあった。今後、実床版を対象にした計測で適用性の確認が必要である。
- ③超音波測定器による鋼板接着部の計測は、連続波を用いた場合、パルス波に比較してその診断が極めて簡便であった。また、ハンマ等を用いる方法と比較しても実床版への適用性が大きいと判断された。