

電磁波レーダを活用した RC 床版上面の非破壊調査システムの開発

床版キャッチャー

永塚 竜也

現在我が国の道路橋は、全国に約 70 万橋あり、その多くは高度経済成長期に集中して建設されたものである。10 年後には、その 4 割以上が建設後 50 年を経過¹⁾することより、修繕を含めた維持管理の重要性は一層増してきている。特に床版は、舗装をとおして交通荷重を直接支持する重要な部材である。床版上面の損傷は、舗装の破損に繋がり交通事故など第三者被害を招きかねない。そこで橋梁の床版、特に RC 床版上面の状態を非破壊で把握できる調査システムを開発した。本稿では、同システムと実橋梁での調査事例について紹介する。

キーワード：RC 床版、砂利化、土砂化、非破壊、電磁波レーダ、長寿命化

1. はじめに

RC 床版は、舗装をとおして交通荷重を直接支持する重要な部材である。橋梁の架替に関する調査²⁾によれば、RC 床版の破損は、上部構造の損傷による架替理由の上位であることなどから、RC 床版の劣化・損傷を早期に把握して長寿命化を図ることが望まれている。しかし、RC 床版の上面に発生する劣化・損傷は、舗装で覆われていることから目視で発見することが困難であり、舗装の異常として顕在化した時点では、打ち替えなど大掛かりな補修が必要となる場合がある。それらを解決するためには、舗装を剥ぎ取ることなく、RC 床版上面の状態を把握することが望ましい。そこで、電磁波技術を活用し RC 床版上面の状態を非破壊で調査可能な「床版キャッチャー」（以下「本システム」という）を開発した。以降に、本システムと調査事例を述べる。

2. 装置

(1) 概要

本システムの外観を写真—1に示す。本システムは、車両後方に設置したレーダ装置から橋面に電磁波を発信し、RC 床版上面や内部の鉄筋等の反射波を受信し解析することで、RC 床版上面の状態を把握する技術である。本システムによる調査は、一般の車両と同等の速度で調査が可能であることより、車線規制することなく RC 床版上面の状態を把握することができる。

ラインセンサカメラ



レーダ装置

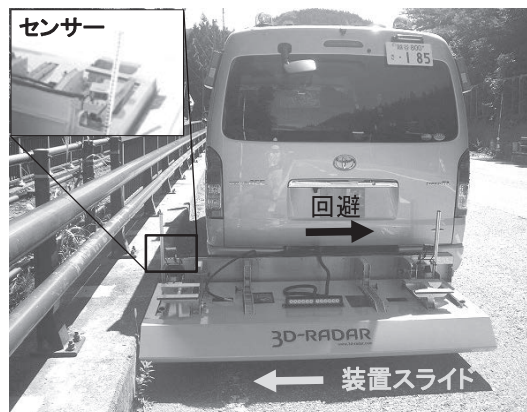
写真—1 本システム 床版キャッチャー

また、車両前方にはラインセンサカメラを設置し、電磁波データとともに路面の画像を撮影する。このラインセンサカメラは、路面性状自動測定装置^{*}と同等の性能を有しており、撮影された路面画像から幅 1 mm 以上のひび割れを識別できる。これにより、路面の状態と RC 床版上面の状態を合わせた評価が可能となる。
※路面性状自動測定装置の性能確認試験（一般財団法人土木研究センター）に合格した装置

(2) レーダ装置のスライド機構

RC 床版上面に生じる損傷は、疲労に加えて凍害や塩害、ASR 等に起因する損傷³⁾が確認されており、いずれも水の存在が損傷を顕在化する引き金となっている。特に塩害や ASR 等に起因する損傷は、輪荷重が作用しない路肩部でも損傷が生じているケースが確認されている⁴⁾。RC 床版の路肩は、その構造より水が溜まりやすく損傷のリスクが高い。このことから、

本システムは、車道部と同時に路肩のデータを取得し、RC床版全面の状態を把握する。しかし、路肩のデータ取得は、車線規制の中でハンディタイプのレーダによりデータを補完する必要がある。そのため車線規制を伴う調査は、非破壊調査の利点である機動性を損なうことがあった。これらの課題を解決するために、路肩のデータまでもれなく取得できるレーダ装置のスライド機構を開発した（写真—2）。この装置により、車線規制をすることなく、路肩のデータ取得が可能となった。また路肩は、高欄から構造物が突起している場合が想定され、それらにレーダ装置が接触し構造物を破損する恐れがあった。これに対し、レーダ装置にセンサーを設置することで、レーダ装置が瞬時に構造物を回避する仕組みを装備した（写真—2）。なお、路肩測定時の走行速度は低速となるため、車両後方に後備警戒車を配置する。

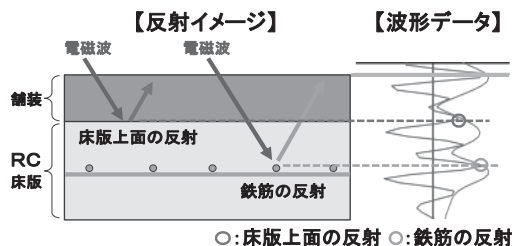


写真—2 レーダ装置のスライド機構

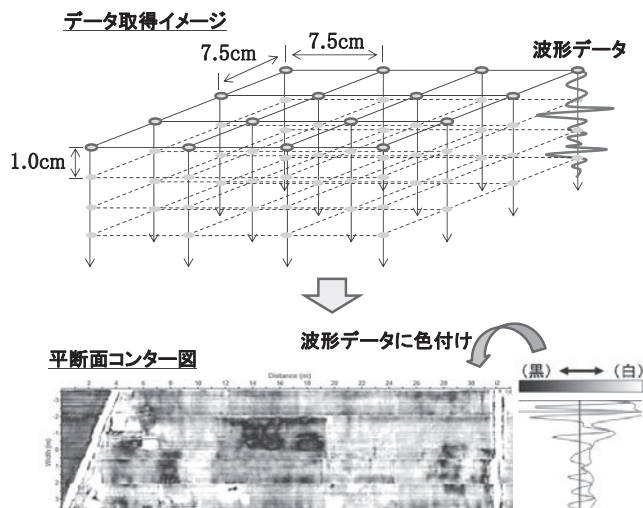
3. 取得データと解析方法

(1) 電磁波の特性

電磁波は、物体に発信すると材質（比誘電率）の異なる境界面で反射する特性を持つ。橋梁に電磁波を発信した場合は、舗装とRC床版上面の境界面や、RC床版内部の鉄筋で電磁波は反射する。これらの反射の特性は、波形データから確認できる（図—1）。波形データは、横断方向 7.5 cm、縦断方向 7.5 cm 間隔で面的



図—1 電磁波の反射と波形データ例

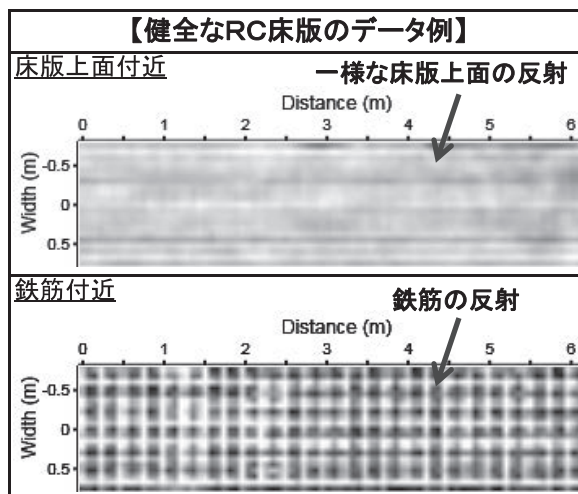


図—2 データイメージ

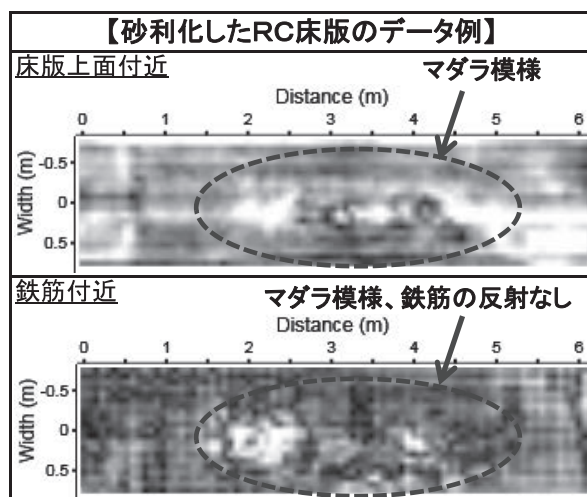
に取得されるが、RC床版全面の波形データをすべて確認することは現実的ではない。このことから実際の解析では、この波形データの振幅に応じて白から黒色の濃淡で色付けした平断面と縦横断のコンター図を用いて解析を行う（図—2）。

(2) 解析の仕組み

図—3、4に健全なRC床版と砂利化したRC床版のデータ例を示す。健全なRC床版は、RC床版上面で色の変化のない様な反射が取得され、その下方にある鉄筋の反射も明瞭に確認される。一方、RC床版上面が砂利化など重篤な損傷がある場合は、RC床版上面の反射は不均一に取得されることより、平断面コンター図ではマダラ模様が確認される。また、かぶりコンクリートの砂利化層により、鉄筋まで透過しようとする電磁波が遮られ鉄筋の反射は不明瞭となる。この特性を利用し、RC床版上面に損傷の疑いがある範囲を特定する。



図—3 健全なRC床版の平断面コンター図例



図—4 砂利化した RC 床版の平断面コンター図例

4. 調査事例

(1) RC 床版

(a) 解析

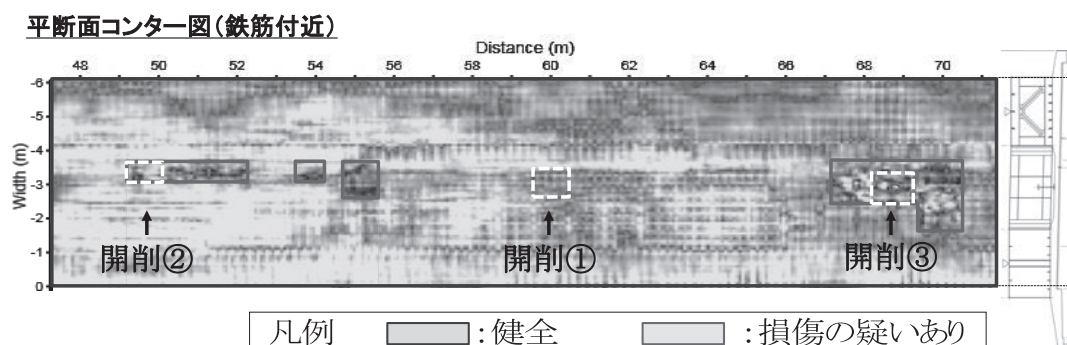
RC 床版（昭和 49 年建設）の調査事例を紹介する。取得データより、RC 床版上面の反射が一様に取得され、鉄筋の反射が明瞭な範囲を特定した（図—5）。この範囲が、“健全”と推定される範囲である。それ以外の範囲は、RC 床版上面の反射が不均一に取得され、平断面コンター図でマダラ模様が確認されることより、RC 床版上面の“損傷の疑いがある範囲”である（図—5）。

(b) 開削調査による状態の確認

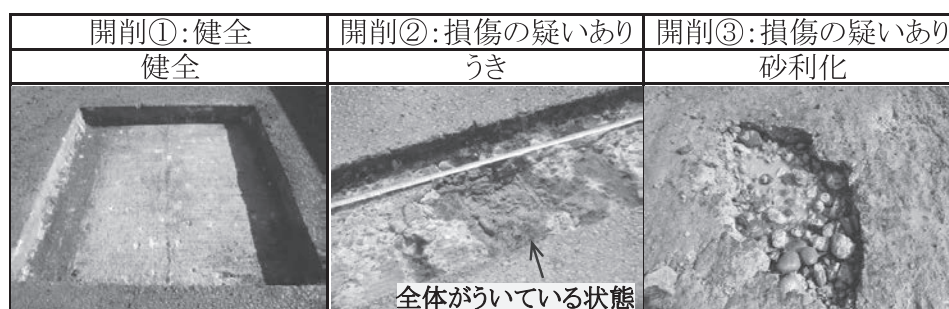
(a) で特定した範囲について、実際の RC 床版の状態を確認するため図—5 に示す位置で開削調査を行った。開削結果を図—6 に示す。健全と判定された開削①の RC 床版上面の状態は、舗装と RC 床版は密着しており、健全な状態であることが確認された。RC 床版の損傷が疑われる範囲の開削②は、かぶりコンクリートのうきが確認され、開削③では、RC 床版上面の砂利化が認められた。以上の結果より、本調査結果と実態が整合していることを確認できた。

(2) 中空床版（ボイド管の浮上がり）

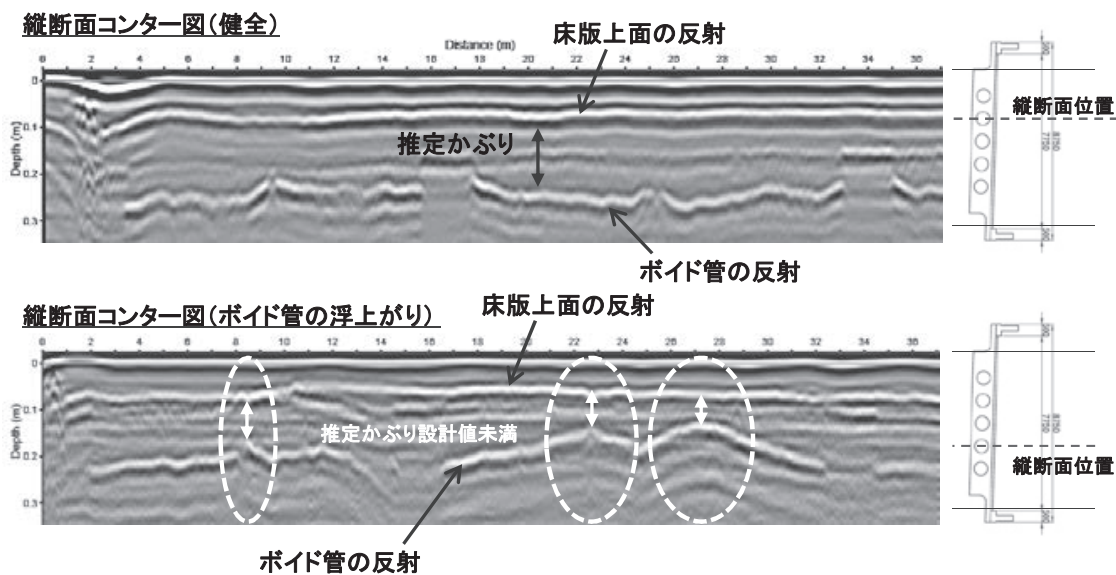
中空床版は、円筒型枠（以下、ボイド管）により桁内部の空洞化を図ることで、自重を低減し経済性に優れた構造となっている。昨今、このボイド管が施工時に浮上がり、かぶり厚が設計値を満たしていないことが要因で、床版上面が損傷し抜け落ちに至るケースが報告されている。そこで、本調査システムにより、ボイド管の浮上がり調査を行った。図—7 に取得データ例を示す。健全なボイド管は、一様な深度にボイド管上面の反射が確認される。一方、ボイド管の浮上がりが疑われる範囲では、ボイド管上面の反射が極端に浅い位置で確認される。これより、当該範囲は、設計かぶり厚を満たしておらず、ボイド管の浮上がりの疑いがあると判断した。なお、当該橋梁は、本調査結果を詳細調査の基礎資料とした。



図—5 平断面コンター図と判定結果



図—6 開削調査結果



図ー7 縦断面コンター図 (ボイド管の反射)

5. おわりに

電磁波レーダを活用した調査は、交通規制することなく一般の交通の流れに乗って非破壊で調査が可能であり、効率的なRC床版の調査を実現する。このことから本システム床版キャッチャーは、今後一斉に老朽化する橋梁に対して注意すべき橋梁を効率的にスクリーニングでき、橋梁の長寿命化に対して一層の寄与ができるものと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言(平成26年4月)国土交通省
- 2) 橋梁の架替に関する調査結果(Ⅳ)国土技術政策総合研究所資料 NO.444
- 3) 鉄筋コンクリート構造の疲労破壊—破壊機構と性能評価の将来像を探る—土木学会コンクリート技術シリーズ
- 4) RC床版上面の損傷と路面のひび割れ 平成27年度土木学会 第70回年次学術講演会

【筆者紹介】

永塚 竜也 (ながつか たつや)
ニチレキ(株)
道路エンジニアリング部

