

電磁波レーダを利用した RC 床版上面の異常検知に関する検証

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○松本 直士, 森本 敏弘, 石田 雅博, 金澤 文彦

1. はじめに

近年、鋼橋が有する RC 床版には、アスファルト舗装下の床版上面コンクリートが著しく劣化する砂利化と呼ばれる損傷が発生している。この砂利化の発生メカニズムは、現在十分な研究がなされておらず不明確な部分が多いが、床版上面に水分が供給され、様々な要因により進行すると考えられている。一方で、砂利化の生じた RC 床版は、断面補修などの部分補修や、広範囲に損傷が及ぶ場合は床版ごと打ち換えるなどの対策を講じてきた。しかし、この補修や打ち換えは、橋面上で作業する必要があることから交通規制や通行止め、道路種別によっては仮設ルートを用意して実施するなど大掛かりな補修計画、多額の工費が必要となる。

本研究では、今後、予防保全的に RC 床版を管理していくことを想定し、砂利化に至る前段階での損傷検知について検証を行った。具体的には、砂利化の進行に寄与すると考えられるアスファルト舗装と床版との境界面に存在する水分を電磁波レーダにて検知可能であるかを検証した。

2. 検証概要

本検証では、供用中の RC 床版を有する鋼橋に対し、電磁波レーダの計測、データからアスファルト舗装（以下 As）と床版の境界面の水分と思われる信号有無を3次的に分析、当該箇所の開削結果と実際の性状との整合の確認、を実施することとした。検証対象とする橋梁の諸元を表 1、電磁波レーダの仕様を表 2 に示す。電磁波レーダは、表 2 に示すような汎用的なマルチステップ周波数タイプを使用した。また、開削時に表面的な劣化が目視困難である可能性も考慮し、コア試料による室内試験を実施した。本検証で実施した調査項目を表 3 に示す。なお、検証対象とした Y 橋は、積雪寒冷地の市道に位置する橋梁である。調査当時、Y 橋は床版下面に「漏水・遊離石灰」、「舗装のひびわれ」を確認している。

表 1 検証対象橋梁諸元

橋梁諸元			
橋梁名	Y橋		
交差物件	河川		
橋長	88.0m	後間数	3
上部工形式	合成H型鋼橋		
下部工形式	逆T式橋台、RC柱橋脚		
架設年次	昭和47年	適用示方書	昭和39年
設計活荷重	TL-20	交通量	不明
防水対策	無し又は機能不全	凍結防止剤	散布あり

表 3 調査項目

調査・試験項目	
開削前	電磁波レーダ
開削後	コア削孔
室内試験	内在塩分量測定
	圧縮強度試験

表 2 電磁波レーダ システム概要

電磁波レーダ仕様			
会社名	3D-RADAR		変調方式
レーダ方式	変調連続波方式レーダシステム		
変調方式	ステップ周波数		送信周波数
計測方法			送信波形
	「ラインセンサカメラ」 路面画像取得 「アンテナ」 電磁波データ取得		
動作原理	離散的に変化する多周波数において、各周波数毎の送信波に対する反射波の振幅・位相を計測する		探査深さ
			最大1500mm

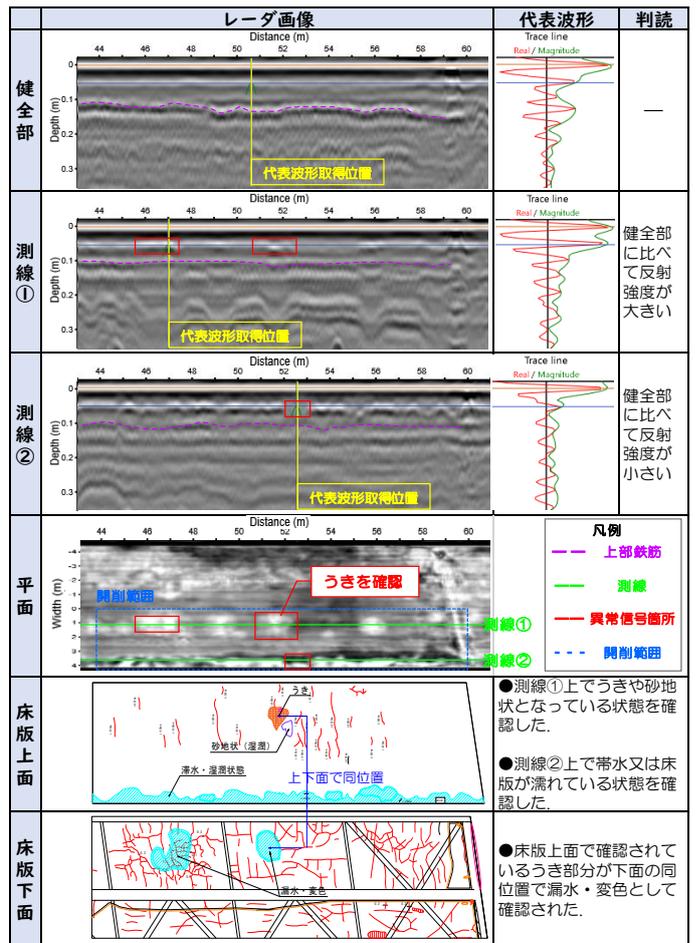


図 1 電磁波レーダ画像と開削後の床版上下面の損傷図

キーワード RC 床版, 土砂化, 砂利化, 非破壊検査, 電磁波レーダ, 塩害

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 橋梁構造研究グループ TEL029-879-6773

3. 検証結果

一般に、電磁波レーダは、受信する反射波が強い場合は水分、減衰している場合は空洞を検知していることが多いとされている。また、レーダデータから砂利化を判読する場合は、床版の上部鉄筋の反射波形が検知されているかが重要視されている¹⁾。しかし、本検証は水の検知を軸としており、また、橋梁の場合は、アスファルト/コンクリート境界面で As にうきがある場合や、コンクリート自体にうきがある場合も考えられることから、従来のレーダ判読に依らず、全体傾向から健全部の反射波形と比べて異常がある箇所を抽出することとした。本検証に用いたレーダ画像と開削後の床版上下面の損傷図を図 1 に示す。測線①、②の縦断面および平面図の赤枠が異常信号と疑われる箇所である。代表波形の反射強度に着目すると、青色線が示す As /コンクリート境界面において、健全部の反射強度に比べ、測線①が顕著に高い。この測線上では、他にも数箇所と同様の傾向が見られた。また、歩車道境界部である測線②においても、反射強度が顕著に高い箇所と、減衰して小さくなっている箇所が連続して見られた。

これら異常箇所を含む範囲の舗装を開削した結果、滞水やうきが確認された。レーダ画像と床版上下面の損傷図を比較したところ、うきが確認された箇所とレーダ画像、下面の漏水位置が一致した。また、開削時にうきの近傍でコア試料を採取し、材料試験を行ったところ、当該箇所のコンクリートは強度、静弾性係数ともに一般値に収まる結果となった(表 4)。加えて、同箇所でも上部鉄筋まで削孔し、鉄筋の腐食状態を確認したところ、断面減少を伴う腐食が見られた。鉄筋の腐食状態を確認した結果を表 5 に、近傍コアの塩化物イオン量計測結果を表 6 に示す。

表 4 圧縮強度試験結果

	採取コア	
圧縮強度	31.4 N/mm ²	※) 当該強度下での静弾性係数の標準値は、16.2~25.8 N/mm ²
静弾性係数	17.9 N/mm ²	

表 5 鉄筋腐食状況

鉄筋腐食状況調査		
かぶり	35mm	
腐食状況	断面減少を伴う腐食	
鉄筋径	D16	

表 6 塩化物イオン量測定結果

採取深度 (mm)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
塩化物イオン量 (kg/m ³)	1.32	1.07	0.87	0.62	0.51

4. 考察

電磁波レーダから判読した異常信号を基に開削調査を実施したところ、一部において滞水や、うき、鉄筋腐食が確認された。このうきは、床版上面のひびわれから塩化物イオンを含んだ水が浸透し、鉄筋が発錆、腐食膨張したものと考えられる。また、うきが確認された測線①上にはその他にも複数のひびわれが見られることから、時間の経過とともに同様のプロセスで損傷が進行するおそれがある。これらの損傷は残置しておくとも床版内部のひびわれ発生や水分供給により、今後、砂利化へ進展する可能性があることが報告されており²⁾、本検証で実施した電磁波レーダによる床版上面の異常・予兆検知は、RC 床版の予防保全的管理手法として一定の有効性があると考えられる。

5. おわりに

今回の検証により、電磁波レーダを予防保全的に用いることで、RC 床版の何らかの異常やその予兆を検知できうることが示された。今後は、変状に応じた検知の可否についても確認する必要がある。

また、既往研究³⁾では、砂利化に至る前の中間層の存在や、中間層における材料特性の違いなどについても示唆されており、今後、変状に応じた検知性能を検証する過程で、材料特性についても併せて確認し、砂利化の進行段階や状態別の進行速度などについて整理していく必要がある。

本研究は、平成 30 年度より実施している「AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」及び、「官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) 「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 永塚竜也, 小林大, 橋本竜也, 田代大樹: 電磁波レーダによる RC 床版上面の状態評価に関する実験的検討および現場適用事例, 第九回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp. 73-76, 2016. 7
- 2) 道路橋コンクリート床版の「土砂化」に関する調査報告, J-BEC レポート, 2014, Vol. 10
- 3) 田中良樹, 玉越隆史, 村井啓太, 藤本圭太郎: 道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査, コンクリート工学論文集, 40-2, pp. 1315-1320, 2018. 7