

電磁波レーダによる水分検知による床版土砂化の劣化診断の検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○野田 翼, 正会員 松本 直士, 石田 雅博
(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 フェロー会員 谷倉 泉, 正会員 内田 美生

1. はじめに

膨大な量の道路橋を効率的に維持管理するためには、潜在的な劣化箇所を適切な方法でスクリーニングし、確実に点検することが必要である。その中で、床版の劣化を著しく進行させる滞水箇所を検出することが有効だと考えられる。本研究では、電磁波レーダ法に着目し、床版上の滞水検出手法を検討するために実橋における計測を実施した。また、床版の劣化診断として小径微破壊コンクリート内部検査 (single i 工法) の適用を検討した。

2. 電磁波レーダ法による調査

調査橋梁は、積雪寒冷地に位置する橋梁であり、冬季期間は路面に多量の凍結防止剤を散布している横断勾配=2.0%のプレートガーダー橋である。床版下面には、ひび割れや遊離石灰の析出が確認されている。調査には、車載式電磁波レーダ(写真-1)を使用し、自然交通流での走行の下、電磁波レーダ信号を収録した。電磁波レーダは、3D-Rader 社製のマルチチャンネルのステップ周波数レーダである。このシステムでは、40km/h 程度で走行しながら約 1.5m 幅の計測が可能である。写真-2 に路面画像、図-2 に舗装と床版上面との境界面での計測平面図を示す。



写真-1 車載式電磁波レーダ

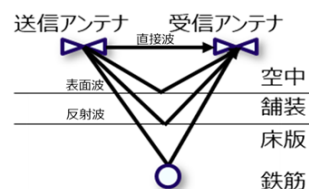


図-1 電磁波レーダ概要

3. 反射強度による滞水箇所分類

図-1のように電磁波が媒質の異なる境界面に達すると、その境界面で一部反射し、残りは透過する。この反射と透過の割合は境界面で接する二つの媒体の比誘電率によって決まる。健全な床版を計測する場合、舗装とコンクリートの反射波を計測する。しかし、舗装下に滞水がある場合は、舗装と滞水箇所の水の反射波を計測する。コンクリートと比較して水の比誘電率は81と大きく、大きな振幅として反射波を計測する。ここで、床版と舗装の境界面における反射波の最大振幅値と、直接波の最大振幅値の比を、反射強度として表現する。反射強度が0.26以上の箇所を滞水箇所と分類する。図-3に反射強度による滞水箇所の分類と分布を示す。分布図より、横断勾配が低い側の地覆部、舗装の施工目地、舗装補修箇所周辺に滞水の反応があることがわかる。滞水状態を確認するために、乾式舗装コア抜きを実施し、削孔箇所にて電気抵抗式水分計²⁾により水分量を計測した。滞水箇所の分布図とおおむね一致する結果となり、反射強度を抽出することにより、滞水箇所を検出する事が可能であると考えられる。

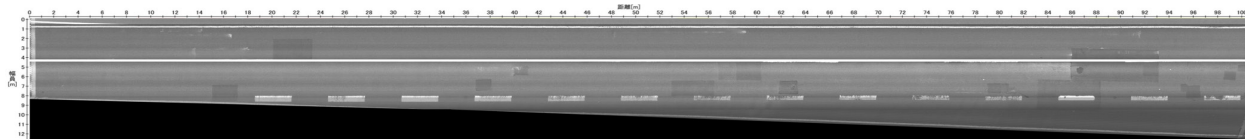


写真-2 路面画像

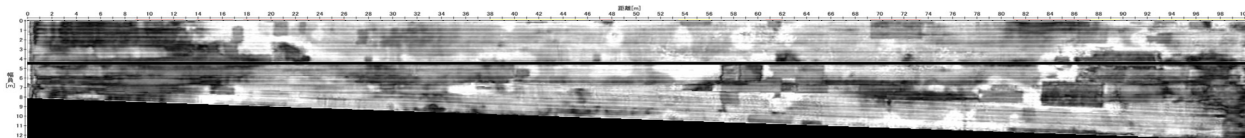


図-2 電磁波レーダ計測平面図（床版上面）

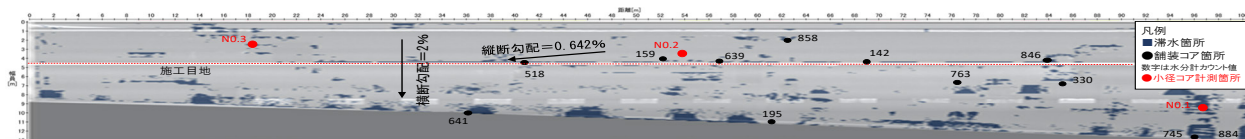


図-3 反射強度による滞水箇所の分類

キーワード 床版, 土砂化, 電磁波レーダ, 予防保全, 診断, 点検手法

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-677

4. 小径微破壊コンクリート内部検査による調査

図-3 は、舗装と床版の境界の水分に着目したものであり、床版の劣化状態を判断は出来ない。しかし、滞水箇所は床版の劣化を促進させるため、滞水箇所を点検することが重要である。そこで、舗装と床版下面の点検に併せて床版内部の損傷を確認できる小径微破壊検査（single i 工法）による床版の劣化状態の診断手法適用を検討した。調査方法は、電磁波レーダの計測結果から判断した測定箇所に直径 5mm で削孔を行い、削孔した孔に特殊樹脂を注射器により注入する。特殊樹脂が硬化した後、同じ孔に直径 10.5mm で再削孔を行い、削孔箇所に内視鏡カメラを用いて、特殊樹脂の有無を調査する。特殊樹脂が残存していることで、ひび割れを抽出し、画像解析によりひび割れ位置を確認する調査方法である。図-4 に小径微破壊コアの調査結果を示す。No.1 は、滞水箇所と分類された箇所の調査結果である。床版部は健全な状態であったが、舗装と床版の境界面にはく離が確認でき、この箇所の滞水を検出していると判断できる。No.2 のコアを確認すると深度 12cm 付近に大きなひび割れが確認できる。写真-3 は、調査橋梁の撤去床版である。配力筋に沿った水平ひび割れが確認でき、この水平ひび割れを観測できていると考えられる。No.3 のコアを確認すると、水平ひび割れの他に土砂化判断できる区間が確認できる。小径微破壊コアによる調査は、床版面の点でしか診断できないが、このように電磁波レーダ等の結果と組み合わせることにより、床版面として診断できる可能性がある。今後調査事例を増やして検討する必要がある。

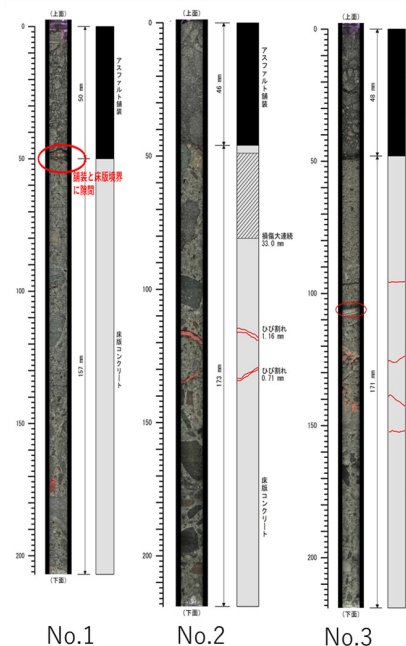


図-4 小径微破壊コアによる調査結果



写真-3 撤去床版（橋軸方向断面）

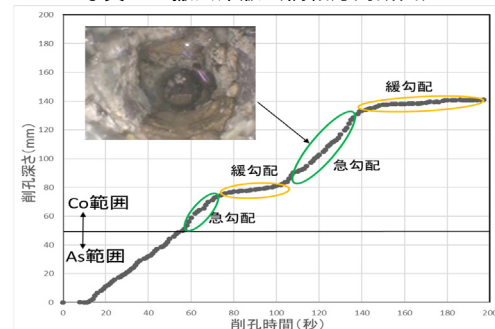


図-5 小径コア削孔トルク値管理図

5. 削孔トルク管理による床版の劣化診断手法の試行

削孔トルク管理による床版土砂化の劣化診断手法の試行を実施した。小径削孔機にトルクモータを設置し、設定トルク ($T=0.1\text{Nm}$ の 20%, 回転数 $N=500\text{rpm}$), 負荷力を一定に保った直径 15.5mm の自動削孔を実施した。削孔深さを巻込型変位計により測定し、削孔深さと経過時間の関係から削孔速度を得るものである。図-5 に削孔深さと削孔時間との関係を示す。舗装区間の削孔後、単位時間当たりの削孔深さが深い急勾配な区間と単位時間当たりの削孔深さが浅い緩勾配の区間が確認できる。また、深さ 80mm 付近について図中の写真のようなひび割れを含む損傷区間が確認された。緩勾配の区間は、コンクリートが健全な区間、急勾配の区間は、コンクリートが比較的脆弱な区間であると判断できる。調査箇所では、床版上面に浅い土砂化や鉄筋に沿った水平ひび割れの影響により床版内部が劣化していると考えられる。小径微破壊検査時にこの調査を実施するためには今後、削孔径、設定トルク、削孔速度の詳細仕様の検討が必要であるが、本手法による床版の簡易劣化診断が可能と判断される。

6. まとめ

電磁波レーダ法に着目し、床版上の滞水検出手法を検討するために実橋における電磁波レーダによる計測と小径微破壊内部コンクリート検査を実施した。床版上面における滞水状態を把握および小径微破壊内部コンクリート検査と併用することで、床版の予防保全を目的とした劣化診断することが可能と考えられる。

謝辞 本研究は、「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」の成果の一部である。また、現場調査にあたり東北地方整備局関係各位には多大なるご協力をいただきました。ここに謝意を記します。

参考文献

- 1) 松本直士ほか：電磁波レーダ法を用いた RC 床版の定量的状態判別手法，構造工学論文集 Vol.66A,2020.3
- 2) 谷倉泉ほか：床版防水工における水分計の適用性に関する研究，構造工学論文集 Vol.59A,2013.3