

鋼橋 RC 床版上面の土砂化に関する補修数量の算出精度向上方法の検討
(電磁波レーダ及び舗装はつり調査等による総合評価)

株式会社日本海コンサルタント 正会員 ○中野 秀平
株式会社日本海コンサルタント 正会員 町口 敦志
株式会社日本海コンサルタント 非会員 浦田 孔二
石川県石川土木総合事務所 非会員 越野 隆

1. 背景と目的

鋼橋の RC 床版の損傷形態には様々なものがあり、近年では床版上面の土砂化が生じた事例が多く報告されている¹⁾²⁾。また、床版上面は舗装下にあるため目視できないが、調査・設計時に大規模な舗装開削を行うことは現実的でない場合が多い。このような背景から、補修範囲のスクリーニングのために電磁波レーダ等の非破壊調査が行われている。しかしながら、電磁波レーダは滞水状況の確認等には有効と考えられるが、補修数量の算出の観点では精度に限界（設計と施工の数量差の例：1.1～1.5 倍）があり、補修数量をより高い精度で算出する手法の確立が課題といえる。本研究では、舗装や床版下面の損傷が、床版上面の損傷と相関があると仮定し、床版上面における断面修復工の補修数量を高精度で算出することを目的として、電磁波レーダ調査の結果に加え、舗装及び床版下面の外観目視調査や、舗装はつり調査の結果を総合的に評価することを試みた。

2. 研究方法

(1) 橋梁概要・詳細調査結果

対象橋梁は、北陸地方の積雪寒冷地（凍結防止剤散布路線）に架橋された鋼橋 2 橋である。

A 橋（図-1）は、詳細調査の結果（表-1）から、床版上面の著しい土砂化や床版ひび割れが発生しており（図-2）、また、圧縮強度の著しい低下は見られず、ASR や凍結防止剤による塩害の進行状況は軽微と考えられた。このため、土砂化の主たる要因は、床版上面の滞水及び繰り返し荷重であると推定し、早期に対策が必要と判断した。

B 橋（図-1）は、A 橋と同路線の近隣橋梁であり、同様の損傷が生じたため、R2 年度に電磁波レーダ調査の結果を利用し、断面修復工等の補修工事を実施している。

A 橋では、「車載式電磁波レーダ」を利用した電磁波レーダ調査を行い、併せて、舗装はつり調査により床版上面の実際の損傷状況を確認した。調査の結果、床版下面に漏水が確認された箇所の上で土砂化が確認される等、

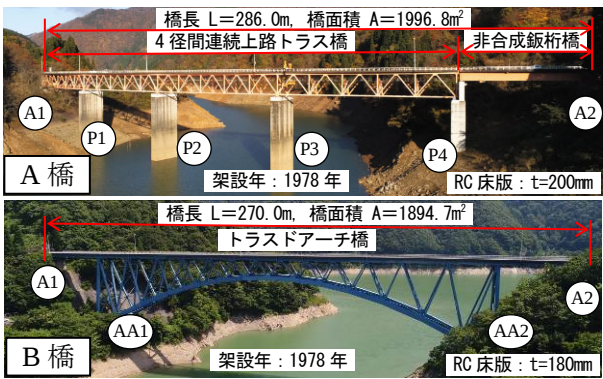


図-1 橋梁概要（A 橋・B 橋）

表-1 A 橋 床版の詳細調査項目

目的	調査項目	調査・試験結果
損傷推定	電磁波レーダ調査	損傷面積：橋面積の約 28%
損傷確認	舗装はつり調査（1m×3.5m×6 箇所）	床版上面土砂化等の状況、損傷範囲を確認 電磁波レーダ調査の結果を検証 面積は可能な範囲で大きく、箇所数は上面と下面の状況から特徴的な 6 箇所を選定
	外観損傷調査（床版下面・舗装）	舗装のポットホール、床版ひびわれ等 調査結果をグルーピングに活用
	棒形スキャナ、コア観察	軽微な水平ひび割れを確認（1/8 箇所） 反応性骨材含有の疑い有
	圧縮強度試験	設計基準強度以上（全箇所）
物性値確認	静弾性係数試験	圧縮強度に対して標準値（全箇所）
	塩化物含有量試験	腐食発生限界（1.75kg/m³）以下（全箇所）



図-2 A 橋 床版の損傷状況（R3 年度）

舗装下の床版上面の損傷（土砂化）と、床版下面（ひび割れ・漏水）及び舗装面（ポットホール等）の損傷には一定の相関があると推測した。

床版上面（はつり後）の目視・打音で得られた損傷範囲と電磁波レーダ調査の結果を比較すると、電磁波レーダの精度は、見逃しが 54%、誤検出が 61% となり、実損

キーワード：鋼橋 RC 床版、土砂化、電磁波レーダ、舗装はつり調査、補修数量算出、総合評価（グルーピング）
連絡先：〒921-8042 石川県金沢市泉本町 2 丁目 126 番地 （株）日本海コンサルタント TEL 076-243-8258 FAX076-243-9087

傷面積に対して±60%程度の大幅な誤差があると考えられるため、この結果を補修範囲として用いた場合、施工時に大幅な数量変更が生じる可能性が考えられた。

また、床版内部の水平ひび割れを確認するための補足調査として、床版に貫通コア（φ20）をあけ、「棒形スキャナ」によって内部を確認したが、水平ひび割れは土砂化箇所近傍の1箇所のみ（軽微）で生じており、床版内部は全体的に概ね健全であることが確認できた。

(2) 床版損傷の総合評価による補修数量の算出

補修数量の算出にあたり、まず、電磁波レーダ調査、舗装及び床版下面の外観調査の結果を基に、ひび割れや漏水の有無等から各々の点数評価（図-3）を行った。次に、各点数評価を総合的に評価し、床版パネル（縦桁と横桁に区切られた1区画）毎に床版損傷度（補修規模）のグルーピングを行い、パネル毎の補修数量を算出した。パネル毎に評価したのは、現地でパネル毎に損傷の傾向が違ふことを確認したためである。総合評価では、各々の点数の組合せから、グループ（Ⅰ～Ⅲ-2）を判定しており（例：舗装＝2、レーダ＝1、床版下面＝2であれば、Ⅲ-1と判定）、特に土砂化の可能性が高い要素（床版下面の漏水、舗装面の土砂噴出等）は、グループ（補修規模）が高くなるように組合せを設定している。

グループ毎の補修割合（表-2）は、舗装はつり調査から得られた実損傷面積をフィードバックして設定した。なお、調査位置は、適切にフィードバック可能な調査結果の取得と各グループの検証ができるように、調査前にグルーピング手法を試行し、傾向を把握したうえで計画しており、各グループの特徴的な6箇所を選定している。

3. 研究結果（補修数量の算出結果と精度の検証）

床版のグルーピングによる補修数量の算出結果を表-3に示す。A橋では、舗装はつり調査の実損傷面積に対する算出結果の整合率が88%となり、本手法が概ね実損傷と整合していることが確認できた。なお、電磁波レーダ調査のみでも90%の整合率であるが、前述の通り、見逃しと誤検出が多いため、面積の整合は偶然と考えられ、はつり調査箇所以外の舗装下未確認箇所では、損傷面積が実際と大きく異なる可能性が高いと考えられる。

B橋でも同様にグルーピングによる補正を行った結果（R3年度）、R2年度の断面修復工の実績（橋面積1894.7 m²の内、484.4 m²）に対する整合率は、電磁波レーダ調査のみで60%、グルーピングでほぼ100%であり、大幅な精度向上が確認された。また、数量補正後に行ったR4

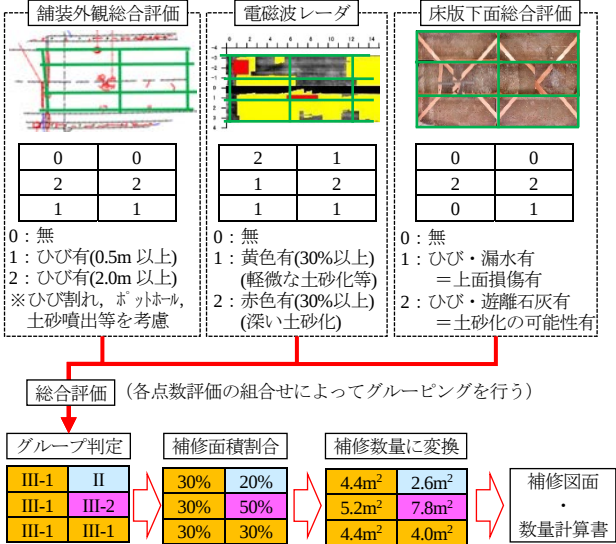


図-3 グルーピングのイメージ（1径間目6パネル分の例）

表-2 グループの定義（補修割合）

グループ	補修規模	①はつり面積	②実損傷面積	②/①	補修割合
I	健全	—	—	0%	0%
II	小規模	5.09 m ²	0.94 m ²	18.5%	20%
III-1	中規模	9.61 m ²	2.46 m ²	25.6%	30%
III-2	大規模	4.89 m ²	2.22 m ²	45.4%	50%

表-3 補修数量（面積）算出結果

対象(面積)	算出方法	橋面積	補修面積	補修割合	差	整合率
A橋 (1996.8 m ²)	電磁波レーダのみ	19.59 m ²	6.26 m ²	32%	+3%	(90%)※1
	グルーピング	19.59 m ²	6.35 m ²	32%	+3%	88%
	舗装はつり調査	19.59 m ²	5.61 m ²	29%	—	—
B橋 (1894.7 m ²)	電磁波レーダのみ	484.4 m ²	150.0 m ²	31%	-21%	60%
	グルーピング	484.4 m ²	251.5 m ²	52%	+0%	100%
	工事実績 (R2)	484.4 m ²	250.5 m ²	52%	—	—
B橋 (補正後)	R3 設計数量	84.6 m ²	52.2 m ²	62%	-1%	98%
	工事実績 (R4)	84.6 m ²	53.5 m ²	63%	—	—

※1：電磁波レーダの整合率は、見逃しと誤検出が多いことから参考値とする
※2：設計はR3年度に実施

年度工事（残り1410.3 m²の内、84.6 m²）では、工事実績に対する設計数量の整合率が98%となり、実際の工事においても高い補修数量の算出精度が認められた。

この結果から、電磁波レーダ調査に加えて、舗装はつり調査、外観目視調査を行い、これらを総合評価することで、補修数量の算出精度の向上が確認できた。なお、A橋は未施工であるため、今後の工事実績から検証し、必要に応じて見直しを実施することが望ましいと考える。

4. 今後の課題

本手法について、さらに異なる橋梁の構造や環境条件、劣化要因に対する適用性を確認することで、精度向上、適用範囲の拡大の可能性があると考えられる。また、赤外線サーモグラフィ（舗装）等、グルーピングに有効な情報を追加することで、さらなる精度向上が期待できる。

参考文献

1) 土木学会：道路橋床版の維持管理マニュアル 2020 (2020.10)
2) 点検 AI 開発グループ（土木研究所 他）：共同研究報告書第522号、AIを活用した道路メンテナンスの効率化に関する共同研究報告書（Ⅱ-2）(2022.3)