

論文

分光分析によるコンクリート橋梁の融雪剤の影響範囲に関する研究

戸田勝哉*, 楊 威**, 原田健二***, 下村 匠****

*工博, 株式会社 IHI インフラシステム開発部 (〒108-0023 東京都港区芝浦 3 丁目 17 番 12 号吾妻ビル)

** 工修, 株式会社 IHI インフラシステム開発部 (〒108-0023 東京都港区芝浦 3 丁目 17 番 12 号吾妻ビル)

***工修, 長岡技術科学大学環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

****工博, 長岡技術科学大学環境・建設系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

融雪剤によるコンクリート構造物の劣化は、範囲が局所的ではあるがその程度は激しく、断面剥離などを引き起こす。また、このような劣化が起こる箇所は、検査が困難な狭隘部が多く、コア抜きや目視を実施することすら困難である。分光分析は、コンクリートを破壊することなく、簡易的に塩分を測定する技術として広まりつつある。また、コンター図による表記が可能であるため、詳細調査位置の特定や補修範囲の設定に本技術は役立つ。今回の調査では、内陸にある融雪剤の影響を受けた供用中の橋梁に対して分光分析を試みた。また、同測定箇所において拭き取り調査を実施した。その結果両者の間には相関がみられたので、分光分析の有効性を確認することができた。

キーワード：塩害、融雪剤、非破壊検査、分光分析、拭き取り

1. はじめに

融雪剤による劣化は、局所的であるが鉄筋腐食による断面欠損やPC鋼線の破断など重大な損傷を引き起こす。また、劣化箇所は狭隘部分が多く、コア抜きによる診断が困難であり、目視をすることもほぼ不可能な場合がほとんどである。よって、狭隘部において非破壊検査で塩分分布を測定する方法、橋梁形式や置かれている環境における塩分分布を予測する方法が求められる。分光分析は、コンクリート表面にハロゲンランプを照射して、その反射光をスペクトルに分光して塩化物イオン濃度を知ることができる技術である。既に、筆者らは飛来塩分の影響を受けた橋梁等で、数多くの実績を示してきた¹⁾。本論文では、実際の融雪剤による影響を受けた橋梁

に対して、分光分析による塩分の分布状況、拭き取り検査との比較による精度検証を行った²⁾。

2. 分光分析測定システム

分光分析は、メロンなどの果物の糖度計測に対して既に確立された技術である。この技術を用いることで、果物に光を当てたスペクトルと、その果物を破壊して調べた糖度との相関関係を持つ検量線があれば、プローブヘッドの内部で光を当てただけで糖度を知ることが可能である³⁾。図-1に、測定状況に応じたプローブヘッドの種類を示す。それぞれ、広範囲の場所を測定する場合は走査型、遠方を測定する場合は聴診器型、狭隘部を測定する場合は平面型(厚さ 50 mm)と使い分けて使用した。



走査型



聴診器型



平面型

図-1 測定状況



A 橋梁外観



B 橋梁外観

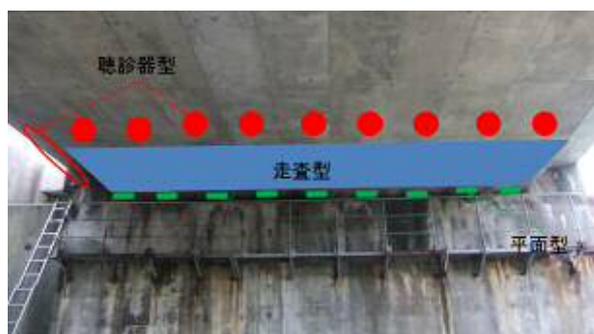
図-2 対象となる橋梁の外観

3. 融雪剤の影響を受けた橋梁測定例

3.1 対象となる橋梁の諸元および測定方法

今回測定した橋梁は、図-2 に示すように形式や環境の異なる2種類のコンクリート桁の橋梁である。A橋梁では、RCホロー桁で桁と橋台付近が湿った状態であり、桁端部に鉄筋腐食による断面剥離が見られた。B橋梁は、PC箱桁で桁間のジョイント付近より融雪剤の流れ出たような跡が見られた。B橋梁では、調査した範囲では外見上目立った損傷は見られなかった。

図-3 に、今回行った分光分析の測定範囲を示す。測定された橋梁は、A橋梁およびB橋梁それぞれ上り線と下り線の2か所で測定した。A橋梁に関しては、広範囲で測定する個所に関しては検査路より走査型で測定を行った。一方、張出部分は検査路から走査させることが困難であったので、聴診器型を用いて測定した。橋台と桁の間の狭隘な箇所では、平面型を用いて端部の桁下面の測定を行った。B橋梁に関しては、桁間付近や箱桁下面では走査型で測定を行った。橋脚周囲に関しては、検査路より聴診器型で測定した。このように分光分析の測定方法は、現場の環境に合わせて様々な種類の測定が可能となり、測定範囲がコア抜きより広範囲に実施できる。



A 橋梁測定範囲

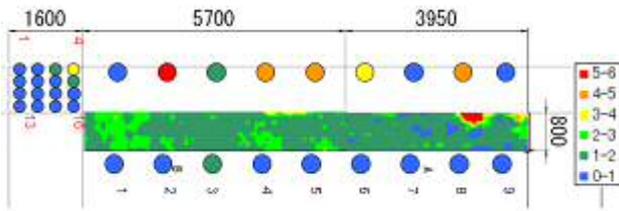


B 橋梁測定範囲

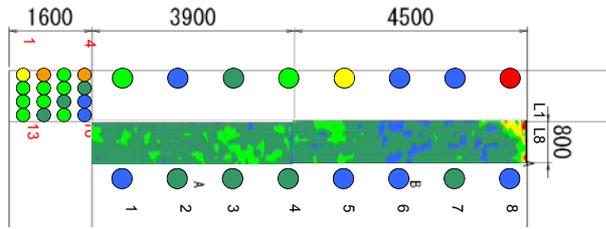
図-3 分光分析測定範囲

3.2 A 橋梁測定結果

図-4 に、今回測定したA橋梁の分光分析による測定結果を示す。図の凡例中の数値は、無次元であるがコア抜きなどで、コンクリート表面の値をキャリブレーションすることにより、塩化物イオン濃度 kg/m^3 の表記が可能である。走査型で示した範囲においては、測定可能な範囲のうち端部において塩化物イオン濃度が高くなる傾向を示した。一方、その位置からわずかに離れるとその数値は低くなった。桁端部と橋台付近は、平面型にロッドを装着して挿入することで図-1 の様に測定した。その結果、走査型で測定した個所で塩化物イオン濃度が高く出力された箇所の延長部分で数値が高くなる現象が見られた。また、走査型では数値が低く出力された箇所でも、延長線上では平面型で数値が高く出力された。聴診器型で測定した張出部分に関しては、上り線では数値が低くなる傾向を示したが、下り線では数値が高くなる傾向を示した。張出部分は外見上目立った損傷は確認されなかったが、横断方向の勾配により塩分の流れ出る方向が異なり、上り線と下り線で出力の差異が見られたと考えられる。桁端部で塩化物イオン濃度が高く出力された理由は、ジョイントの排水部分の一部が破損し、上部から融雪剤が流出したためと予想される。本橋梁は、破損箇所に於いて断面修復を行う予定であるが、その後の端部の処理には再劣化に注意する必要がある。



上り線



下り線

図-4 A 橋梁測定結果

聴診器型

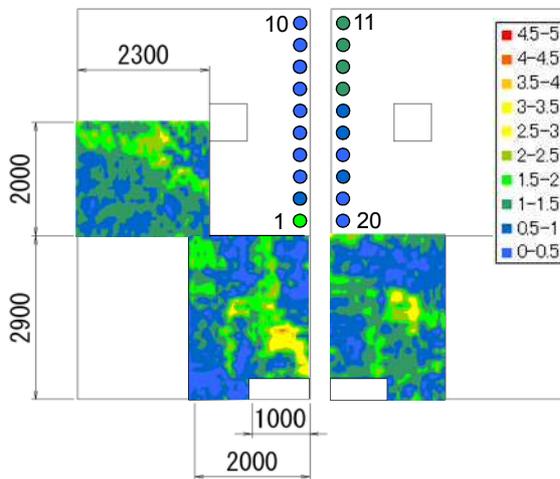


図-5 B 橋梁測定結果

3.3 B 橋梁測定結果

図-5 に、今回測定した B 橋の分光分析による測定範囲を示す。本橋梁に関しては、目立った損傷はみられなかったが、図-3 に示す通り桁間のジョイント部から融雪剤が流出した跡が確認された。この付近を中心に走査型で面的な塩化物イオン濃度の出力を試みた。その結果、ジョイント付近の数値と、それに伴う流出痕上の数値が他の箇所比べて高くなる傾向を示した。一方、脚の周囲は数値がそれほど高く出力されなかった。

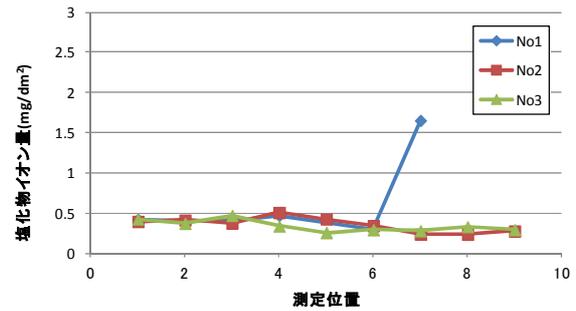
4. 拭き取り検査との比較

4.1 A 橋測定結果

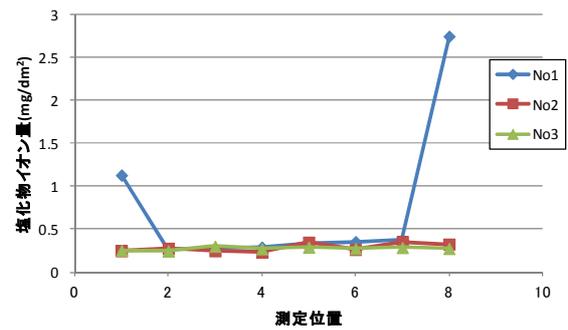
図-6 に、A 橋梁のガーゼによる拭き取り範囲を示す。走査型が測定した範囲で、上り線は 9 列 3 行 (No. 1 のみ 8 列)、下り線は 8 列 3 行で行った。拭き取り面は、20cm × 20cm の 400cm² で、ガーゼは 10cm × 10cm に裁断したものを 2 枚重ねて用いた。図-7 に、A 橋梁の上り線および



図-6 A 橋梁下り線拭き取り測定範囲



上り線



下り線

図-7 A 橋梁拭き取り測定結果

び下り線の拭き取り測定結果を示す。両箇所とも、桁端部の No. 1 の位置で塩化物イオン濃度が高く、そこから離れるに従って数値は極端に低くなった。上り線の測定位置 7 および下り線の測定位置 8 の数値が高い箇所は、分光分析で数値が高い箇所とほぼ一致した。よって、本橋梁では、塩害による劣化が起きる箇所は桁端部に限られており、局所的であると言える。このことより、本橋梁では、桁端部と橋台との間から侵入する融雪剤の侵入を防ぐことが延命化では重要であると判断できる。

4.2 B 橋測定結果

図-8 に、B 橋梁下り線のガーゼによる拭き取り範囲を示す。本橋梁では、走査型が測定した範囲では 3 行 3 列の 9 点で測定した。また、脚の周囲の聴診器型で測定した範囲において、10 箇所ですり取りによる測定を実施した。図-9 に、B 橋梁下り線脚回りの拭き取り結果を

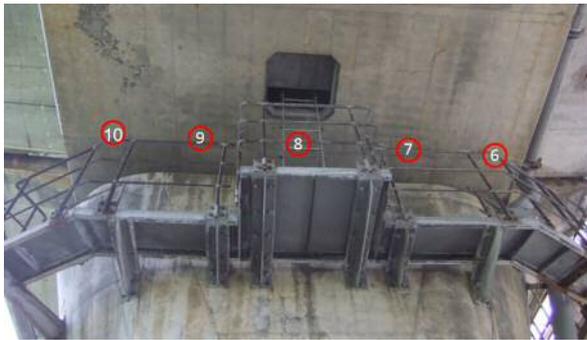
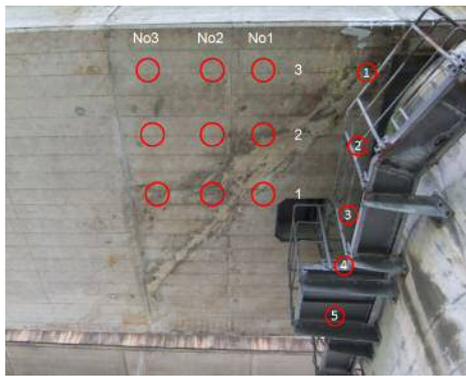


図-8 B橋梁拭き取り測定範囲

示す。融雪剤の流れた跡と思われる1の部分で、塩化物イオン量が高くなったが、それ以外の箇所では数値は低かった。目視検査では、1以外の部分では塩化物イオン量の数値が高くなく、A橋梁と比べて目立った損傷は見られていない。一方、図-10に示すように、桁下面で融雪剤の流出跡が見られた箇所での拭き取り測定結果では、そこでの塩化物イオン量数値が高くなったがそれ以外の箇所では数値が高くはならなかった。よって、本橋梁の場合では、桁間のジョイントから融雪剤による塩化物イオンが流出して、拡散したものと思われる。本橋梁においても分光分析と拭き取り測定結果との間に相関が確認された。

5. まとめ

今回実施した融雪剤の影響を受けた橋梁の塩化物イオンの分布状況は、桁端部やジョイント付近等極めて局所的な範囲であった。拭き取り測定を行った結果、分光分析との相関関係が見られたので、分光分析の測定精度の検証を実施することができた。融雪剤の影響を受ける箇所は、局所的で且つ狭隘部であり作業者の負担を軽減するため、平面型の様なロボット装置の開発が必要となる。更に、分光分析はコンクリート表面の塩化物イオン濃度の情報であるので、内部の数値を推定する際の解析方法の検討、飽和状態での塩化物イオンの拡散モデルの検証が、余寿命評価を算出する上で重要である³⁾。

余寿命評価をする上では、鉄筋位置での塩化物イオン濃度を類推する必要がある。その場合ではコア抜きにより正確な表面の塩化物イオン濃度、内部の拡散係数を算出することで鉄筋腐食発生までを予測できる。

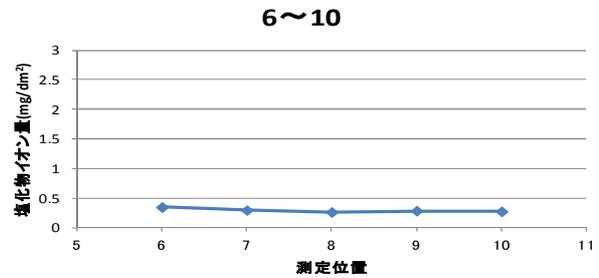
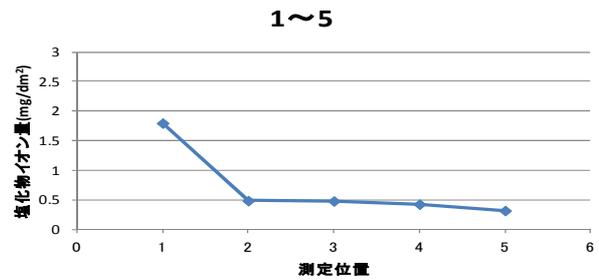


図-9 B橋梁脚回り拭き取り測定結果

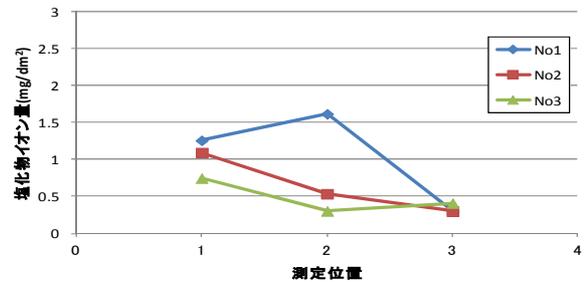


図-10 B橋梁流出部拭き取り測定結果

謝辞

本研究において、調査フィールドを提供していただいた東日本高速道路株式会社新潟支社湯沢管理事務所に対して記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 戸田勝哉, 中村善彦, 倉田孝男: 分光分析を用いたコンクリート劣化診断システムの開発, IHI 技報, Vol.52, No.1, pp.53-58, 2012
- 2) 戸田勝哉, 内田康平, 原田健二, 下村匠: 分光分析による融雪剤の影響を受けた橋梁の塩分分布測定結果, 土木学会第 68 回年次学術講演会, V-377, pp.753-754, 2013
- 3) 戸田勝哉, 倉田孝男, 喜多達夫, 魚本健人: ケモメトリックス手法を用いた近赤外領域でのコンクリート診断技術開発, コンクリート工学, VOL.45, No.11, pp.20-26, 2007
- 4) 戸田勝哉, 中村善彦, 倉田孝男: 分光分析法を用いたコンクリート劣化診断システムの開発, IHI 技報, No.52, No.1, pp.53-58, 2012