

近赤外線分光法を用いたコンクリート表面塩分量推定の現場適用性

前田建設工業(株) 正会員 ○末永 怜士 正会員 中島 良光
 (株)トプコン 正会員 先村 律雄 正会員 半谷 一晴

1. はじめに

コンクリートの塩害劣化を調査する場合、コア抜きによる試料採取後、塩化物イオン量の測定を行うのが一般的である。しかし、破壊検査であることや、分析には多大な時間と費用を要することから、調査箇所は決して多くはない。例えば、道路コンクリート橋の特定点検（10年に1回）の場合、調査箇所数は、1橋梁あたり1箇所を原則とし、大規模な橋梁でも5径間あたりに1箇所程度の調査となっている¹⁾。このような背景から、近赤外線による非破壊のコンクリート劣化調査が注目されている^{2),3)}。

本研究では、コンクリート表面の塩化物イオン量を近赤外線を利用して推定することで、点検業務の効率化、信頼性の向上を目的としている。本報告では、実構造物において近赤外線分光法によって表面塩化物イオン量を推定した結果について報告する。

2. 測定概要

2.1 測定現場

海岸付近の河川護岸構造物と栈橋構造物の2現場を対象に近赤外線測定を行った。測定対象の外観を写真-1に示す。

(1) 現場 A（護岸構造物）

現場 A は河川の河口付近に位置する水門脇の護岸擁壁であり、潮の干満により海水と淡水の混じり合う汽水域である。測定面は、満潮水位の直上であるため、波しぶきや飛来塩分により塩分供給を受けている。また、藻や貝類などの塩分推定を阻害する付着物が散見される。

(2) 現場 B（栈橋）

現場 B は港の栈橋であり、梁の側面と下面を対象に測定を行った。測定面は、船の接岸により大きな波が発生するため、満潮水位時には海水を被るような状況である。コンクリート表面に異物は見られず現場 A よりもきれいな表面をしているものの、一部では塩害による鉄筋腐食によってコンクリートにひび割れが発生し、浮きがあるような状態である。

2.2 測定方法

測定面を 30cm 角～50cm 角のメッシュに区切り、1 区画に対して 3 回以上測定を行った。得られたスペクトルと事前に室内試験で作成した検量線により、塩化物イオン量の推定を行った（以下、推定塩化物イオン量とする）。また、測定したコンクリートの一部を電動ハンマやコアドリルにより採取し、表層 5mm の範囲について電位差滴定法（JIS 1154）により全塩化物イオン量を測定した（以下、室内試験塩化物イオン量とする）。

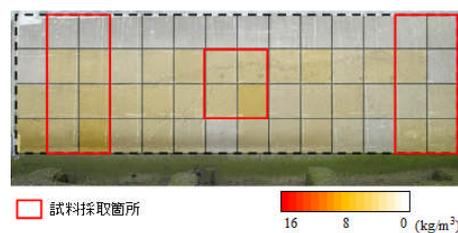


(a) 護岸構造物

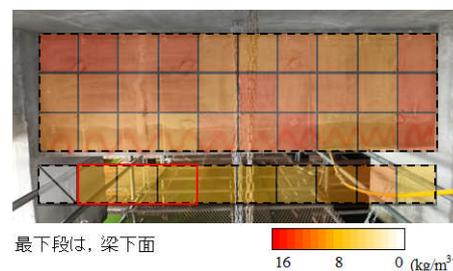


(b) 栈橋

写真-1 測定対象の外観



(a) 現場 A



(b) 現場 B

図-1 近赤外線による推定塩化物イオン量の分布

キーワード 近赤外線, 塩害, 塩化物イオン, 実構造物

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業 土木事業本部 土木設計部 TEL. 03-5276-5268

3. 測定結果

近赤外線による推定塩化物イオン量の分布を図-1に示す。現場Aでは、上から下に向かって塩化物イオン濃度が高くなっており、波しぶきによる塩分の影響を測定できているものと推察される。現場Bでは、上部の塩化物イオン量が高い傾向にある。このように、現地の表面塩化物イオン量を可視化することにより、調査箇所を選定補助や調査の信頼性向上、劣化の過小評価リスクの低減に寄与することが可能である。

塩化物イオン量の室内試験値と推定値の関係を図-2に、誤差分析結果を表-1に示す。なお、ここでの誤差とは室内試験値と推定値の差の絶対値を表すものとする。塩化物イオン量の室内試験値と推定値は相関があり、その誤差は、平均で 2.54kg/m^3 となった。誤差要因の一つとして、近赤外線スペクトルの測定誤差が考えられる。現場測定では、コンクリートの水分量の違いや藻や貝などの表面付着物により、近赤外線スペクトルが乱れ、塩分量の推定値に影響を与えている可能性がある。表面付着物については、事前に測定面を研磨することで外乱要因を除去し、誤差を低減できると考えられる。しかし、ここでは近赤外線スペクトルのノイズの一種と考え、室内試験データに現場測定データを加え再び多変量解析を行うことで、新たな検量線を作成した。その検量線を用いて再度、塩化物イオン量の推定を行った。

塩化物イオン量の室内試験値と推定値関係(再解析後)を図-3に、誤差分析結果(再解析後)を表-2に示す。再解析後では、誤差の平均値が 1.52kg/m^3 となり、概ね 2kg/m^3 以下となった。今後、様々な条件の現場で測定を行い、データを蓄積していくことで、より精度の高い検量線の作成が可能であり、塩化物イオン量の推定精度の向上につながると考えられる。

4. 結論

条件の異なる2現場にて現場測定を実施し、塩化物イオン量の推定を行った。得られた推定塩化物イオン量と室内試験塩化物イオン量と比較し、現場測定における適用性を検証した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 現場測定によりコンクリートの表面塩分量をマッピングすることで、調査箇所を選定や調査の信頼性の向上に寄与することができる。
- (2) 現場測定による塩化物イオン量の推定値と室内試験値には相関がある。
- (3) 今後、現場測定データの蓄積を行っていくことで、推定精度が向上する可能性がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領(案)，2004
- 2) 金田尚志，石川幸弘，魚本健人．近赤外線分光イメージングによるコンクリートの分析．コンクリート工学，Vol.44，No.4，pp.26-32，2006.4
- 3) 戸田勝哉，中村義彦，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，Vol.52，No.1，pp.53-58，2012.3

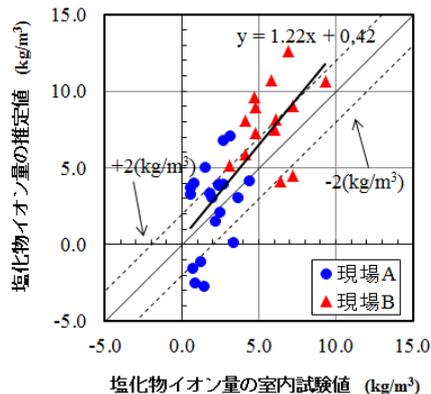


図-2 塩化物イオン量の室内試験値と推定値

表-1 誤差分析結果

標本数	34
誤差の平均値	2.54
誤差の標準偏差	2.67

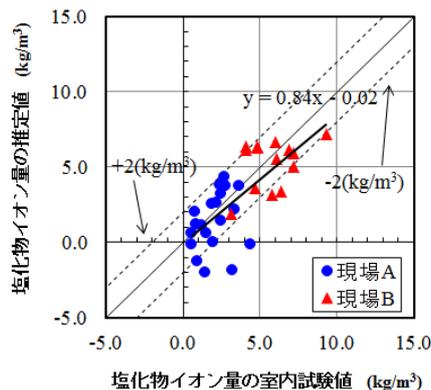


図-3 塩化物イオン量の室内試験値と推定値の関係(再解析後)

表-2 誤差分析結果(再解析後)

標本数	34
誤差の平均値	1.52
誤差の標準偏差	1.84