

近赤外分光法による塩化物イオン濃度の推定手法に関する検討

フジタ建設コンサルタント 正会員 ○山本 晃臣
 フジタ建設コンサルタント 正会員 郡 政人
 徳島大学大学院 学生会員 古川 智紀
 徳島大学大学院 正会員 上田 隆雄
 徳島大学大学院 フェロー会員 水口 裕之

1. はじめに

著者ら¹⁾はコンクリート構造物中の劣化成分の検出を目的として、近赤外分光法を用いたセメント硬化体中の塩化物イオン（以下、 Cl^- と記述）濃度の推定手法を研究してきた。この手法を用いれば、化学分析を行うことなく現位置で比較的簡単に短時間で硬化コンクリート中の Cl^- 濃度の推定が可能である。

実構造物を対象としてコンクリート中の Cl^- 濃度を推定する場合、対象構造物へのダメージを最小とすることが要求される。そこで、小径のドリルにより穿孔し、所定深さの穿孔先端面の測定によりコンクリート中の Cl^- 濃度を推定する方法について検討した。この場合、測定範囲内に骨材が存在すると、その骨材の面積比（厳密には微少な体積比）が大きくなるほど、検出される Cl^- 濃度が少なくなると考えられる。さらに、粗骨材はその岩組成により様々な吸光度特性を示す²⁾ため、仮に Cl^- 濃度の測定波長域内に影響する粗骨材が存在すると、 Cl^- 濃度を精度よく推定できない場合が想定される。そこで、粗骨材の影響を取り除く方法として、ドリル穿孔による穿孔先端面のモルタル部のみを測定する方法とした。また、ドリル穿孔時に採取した粉体を0.15mm以下に微粉碎して電位差滴定法により全 Cl^- 濃度を測定し、近赤外分光測定による吸光度との相関関係を整理することで、実用的な適用手法について検討した。

2. 対象構造物

対象とした構造物を図-1に示す。本橋梁は建設後30年程度経過した山間部に位置する2径間のPC橋梁で、冬季には比較的多くの凍結防止剤が散布され、伸縮装置からの漏水も見られる構造物である。また、約10年前に中間橋脚の柱部がRC巻立てにより耐震補強が施工されている。本検討では、凍結防止剤の散布により Cl^- の浸透が想定される中間橋脚を対象とした。

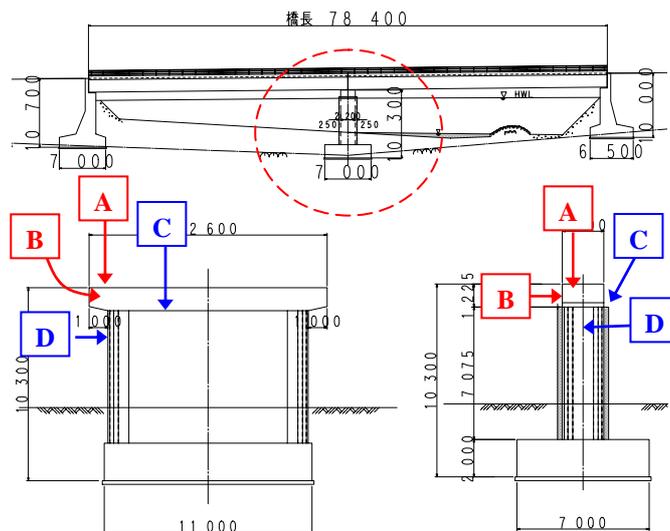


図-1 対象構造物と調査箇所

3. 測定概要

調査箇所は図-1に示すように、梁上面A、梁側面B、脚柱RC巻立て部上面C、および同RC巻立て部側面Dの4箇所とした。ここで、著者らの研究¹⁾において、セメント硬化体に中性化が生じるとフリーデル氏塩が遊離して検出波長域の吸光度が大きく変化することを確認している。そこで、本検討においては試料採取前に中性化深さを調査し、表面付近の中性化部分(0.3~3.4mm)の試料を排除することとした。

近赤外分光測定において、穿孔時に先端面のモルタル部の確認が可能である事が条件である。このため、穿孔径は構造物中の粗骨材の最大寸法以上として、直径25mmのドリルビットを使用した。また、このドリル穿孔により採取する粉体試料がφ100mmのコア1本と同等の精度を得るために1調査箇所あたり5孔を穿孔した。この穿孔により、深さ2cm間隔の試料採取を深度10cmまで、深さ1cm間隔の近赤外分光測定を深さ6cmまで実施した。

キーワード 近赤外分光法, ドリル穿孔, 塩化物イオン濃度, 吸光度, 重回帰分析

連絡先 〒771-0204 徳島県板野郡北島町鯛浜字原 87-1 (株)フジタ建設コンサルタント TEL.088-698-2155

A, B, C, D の4調査箇所において、深さ方向に2 cm 間隔の試料を5種類 (5深度) 採取し、電位差滴定法により全Cl⁻濃度を測定した。その深さ方向の全Cl⁻濃度の分布を図-2に示す。

調査箇所D (柱側面) の近赤外分光法による測定状況を写真-1に示す。深度方向の測定は1cm間隔で深さ6cmまで実施しており、5孔それぞれについて1点測定し、5孔の平均値を各深度位置における測定値とした。

4. 近赤外分光測定と重回帰分析

調査箇所A (梁上面) の各深度の吸光度スペクトルを図-3に示す。図-3において、図中のAに続く数字は測定した深さ(cm)を示している。全Cl⁻濃度と相関関係を確認している¹⁾ 波長2,260nm付近のピークが深度とともに減少しており、これは図-2の全Cl⁻濃度分布と同じ傾向を示す。

著者らのセメント硬化体による研究¹⁾において、式(1)を用いて波長2,230nm, 2,252nm, 2,266nm, および2,300nmの4波長の吸光度により重回帰分析を行った結果、全Cl⁻濃度と良い相関関係を得ている。そこで、本測定においても同様に、式(1)を用いて重回帰分析により全Cl⁻濃度と吸光度との相関関係を検討した。全Cl⁻濃度に対する吸光度は、同じ調査深さ範囲における平均値を用いた。本検討では、各調査箇所の深さ6cmまでの全Cl⁻濃度と吸光度を使用し、A~Dの4箇所合計12の測定数とした。重回帰分析の結果を図-4に示す。電位差滴定法による全Cl⁻濃度と重回帰分析の結果は良い相関が得られた。このことから、式(1)を用いることで、吸光度から全Cl⁻濃度を推定するための検量線が得られたことになる。

$$C_{total} = a + b \cdot A_{2,230} + c \cdot A_{2,252} + d \cdot A_{2,266} + e \cdot A_{2,300} \quad (1)$$

ここに、C_{total} : 全Cl⁻濃度 (kg/m³)

a,b,c,d,e : 定数

A : 各波長 (nm)における吸光度

以上の結果から2段階の調査による全Cl⁻濃度の推定方法が考えられる。まず事前調査で全Cl⁻濃度とモルタル部の吸光度を測定して式(1)の重回帰分析により検量線を作成する。次に、本調査で同構造物の任意位置を穿孔し、その先端面のモルタル部の吸光度から上記検量線を用いて全Cl⁻濃度を推定することが可能と考えられる。

参考文献

- 1) 郡政人, 古川智紀, 上田隆雄, 水口裕之: 近赤外分光法を用いたセメント硬化体中の塩化物イオン量の推定, Cement Science and Concrete Technology, No.61, 2008
- 2) 山口靖: 地球と惑星のリモートセンシング, 地質ニュース 473号, pp.43-49, 1994.1

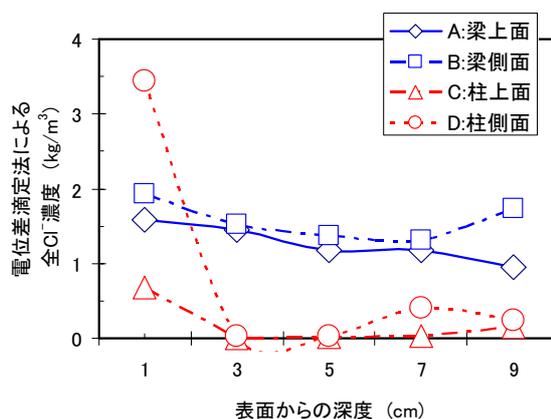


図-2 ドリル穿孔による粉体の全Cl⁻濃度の分布



写真-1 ドリル穿孔面の測定状況 (D: 柱側面)

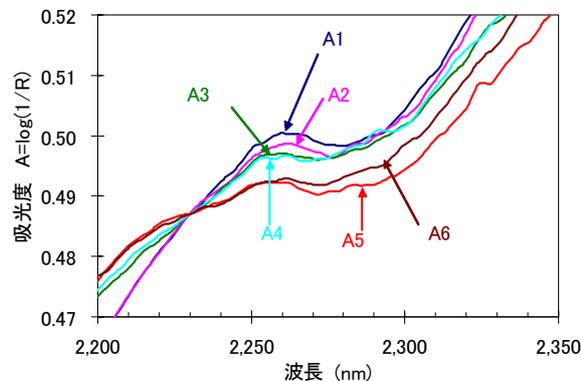


図-3 各深度の吸光度スペクトル (調査箇所A)

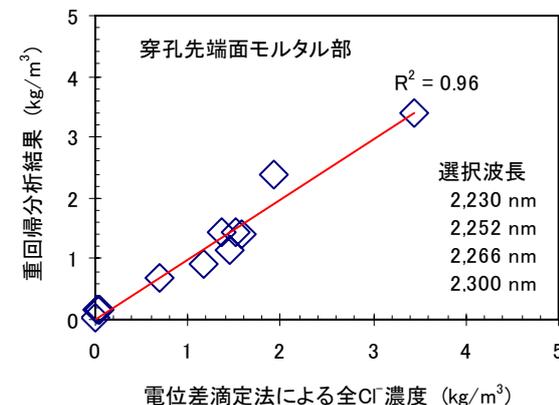


図-4 重回帰分析の結果