

コンクリート構造物の塩化物イオン濃度測定における近赤外分光法の適用

(株) フジタ建設コンサルタント フェロー会員 〇郡 政人

(株) フジタ建設コンサルタント 正会員 山本晃臣

徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 正会員 上田隆雄

1. はじめに

コンクリート構造物の鋼材腐食等の劣化状態を詳細に調査する場合、構造物全体の劣化状態を把握して詳細調査位置を適切に選定することが重要である。特に塩害劣化を対象とした場合、コンクリート中に侵入した塩化物イオンは、構造物の部材や部位等によって濃度が大きく異なる事が報告されている¹⁾。

そこで、詳細調査位置選定のスクリーニング用資料を得る方法として、現位置で短時間に比較的簡単に測定が可能な近赤外分光法を用いた塩化物イオン濃度測定手法^{2), 3)}について、感潮河川部の樋門の表面付近を面的に測定することによって、その適用性を検討した。

2. 近赤外分光法

物質は様々な分子で構成されており、各分子にはその分子特有の光を吸収する性質を持っている。近赤外分光法は、その吸光特性を利用して物質に含まれる特定の分子や濃度を検出する技術の一つである。著者らが行ってきた近赤外分光法によるコンクリート内部の測定例を図-1に示す。

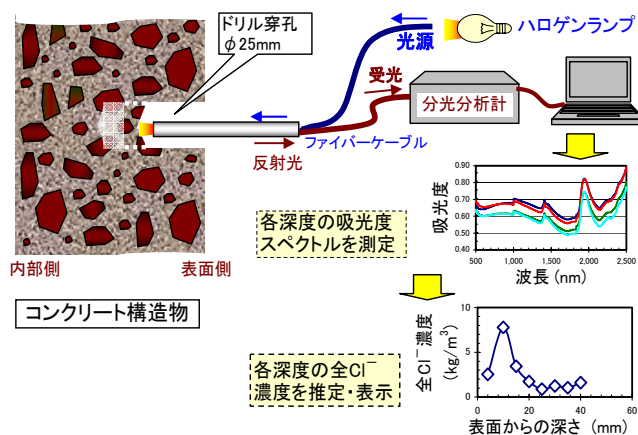


図-1 本手法の測定概念

3. 測定概要と結果

3.1 対象構造物

対象構造物と調査箇所を写真-1に示す。河川下流部の感潮区間に位置し、1978年に改築されたRC構造の樋門である。樋門断面はW=5.5m×H=6.65m×2門であり、外側面の平均潮位付近を測定対象とした。

3.2 表面付近の測定

写真-1に示す樋門の翼壁から函渠側面に対して鉛直方向に0.5m、水平方向に1.0m間隔の格子状の各点を測定した。測定に先立って、表面の付着物等の影響を排除するために直径φ25mmのドリルで深さ10mm穿孔し、その穿孔先端面の吸光度を測定した。

測定した吸光度から式(1)および(2)を用いて表面付近の全Cl⁻濃度を推定し、その結果を図-2に示す。

$$\text{全 Cl}^{-}\text{濃度} = \alpha \times \Delta A_{2,266} + \beta \quad (1)$$

$$\Delta A_{2,266} = A_{2,266} - \left(Aa + \frac{Ab - Aa}{\lambda b - \lambda a} \times (\lambda_{2,266} - \lambda a) \right) \quad (2)$$

ここに、 $\Delta A_{2,266}$: 差スペクトル α, β : 係数

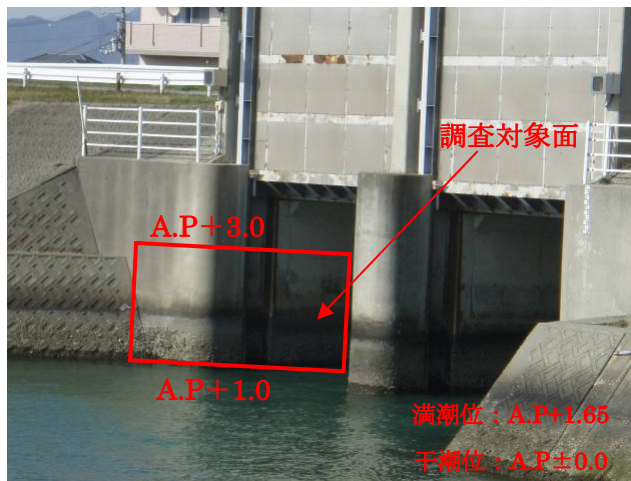


写真-1 対象構造物と調査範囲

$A_{2,266}$: 波長 2,266nm の吸光度

$\lambda a, \lambda b$: 波長 a(2,230), 波長 b(2,300)

Aa, Ab : 各波長における吸光度

キーワード: 近赤外分光法, 塩化物イオン濃度, 表面濃度分布, 差スペクトル, 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 TEL:088-698-2155 FAX:088-698-2242

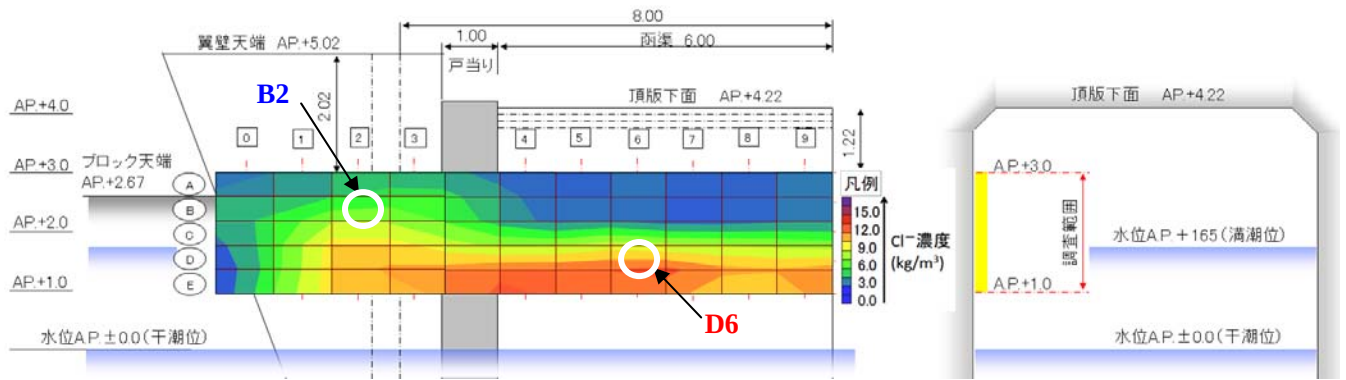
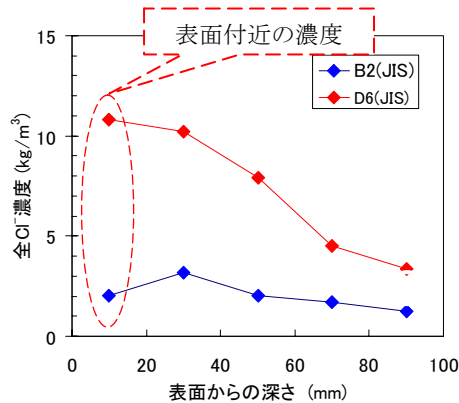
図-2 表面付近の全 Cl^- 濃度分布

図-3 JIS 法による結果

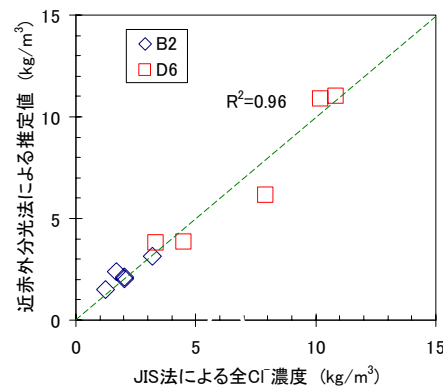


図-4 重回帰分析の結果

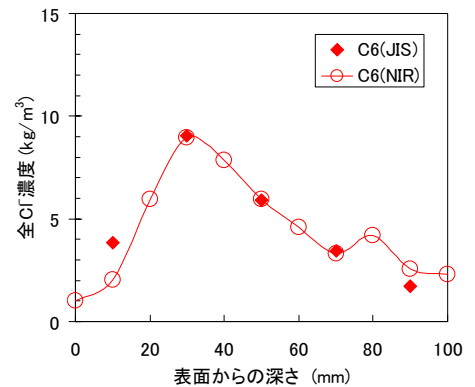


図-5 本手法と JIS 法の結果

図-2によると満潮位付近の濃度が高い。満潮位以上は塩分の供給が少なく、以深は牡蠣等の付着物により塩分の侵入が抑制されたものと推察される。また測線②は堰柱前面コーナー付近に位置するため比較的上方まで波しぶきが作用したものと考えられる。

3.3 深さ方向の測定

上記表面付近の分布より、B2 および D6 位置で深さ方向に $\phi 25\text{mm}$ のドリルで穿孔しながら、深さ 20mm 間隔でドリル粉末を採取し、JIS 法にしたがって全 Cl^- 濃度を測定した。またドリル穿孔時に深さ 10mm 間隔で近赤外分光法による吸光度測定も行った。JIS 法による結果を図-3に示す。表面付近(0~20mm)の濃度は図-2の濃度とほぼ一致している。

3.4 重回帰分析による全 Cl^- 濃度の推定

深さ方向の測定で得られた JIS 法による全 Cl^- 濃度の実測値と本手法による吸光度を用いて式(3)に示す重回帰分析を行った。その結果を図-4に示す。図-4によると、近赤外分光法による推定値と JIS 法による実測値とはほぼ一致していることが分かる。次に、C6 位置においても B2 および D6 と同様に両者による測定を実施した。ここでは、上記の重回帰分析で得られた a~e の係数と吸光度を用いて式(3)によって全 Cl^- 濃度を求めた。その結果と JIS 法による実測値を図-5に示すが、両者はよく一致している。

4. まとめ

詳細調査位置選定のためのスクリーニング用資料として本手法が活用できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 小松原健, 渡辺博志, 古賀裕久, 中村英佑: 塩害を受けたコンクリート構造物の塩化物イオン量の分布状況, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.2051-2056, 2006
- 2) 郡政人, 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, pp.189-196, 2008
- 3) M. KOHRI, T. UEDA, H. MIZUGUCHI: Application of a Near-Infrared Spectroscopic Technique to Estimate the Chloride Ion Content in Mortar Deteriorated by Chloride Attack and Carbonation, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.8, No.1, pp.15-25, 2010

$$C_{\text{total}} = a + b \cdot A_{2,230} + c \cdot A_{2,252} + d \cdot A_{2,266} + e \cdot A_{2,300} \quad (3)$$

ここに, C_{total} : 全 Cl^- 濃度 (kg/m^3)

a, b, c, d, e: 切片および定数

A: 各波長(nm)における吸光度