

近赤外線分光スペクトルのケモメトリクス解析によるコンクリート中の塩化物濃度の測定

ハザマ 正会員 ○佐々木 肇
 ハザマ 田中 靖彦
 ハザマ 正会員 蓮井 昭則
 ハザマ フェロー会員 喜多 達夫

1. はじめに

既存構造物の延命化・維持管理の効率化が求められており、なかでもコンクリート構造物は塩害、凍害、中性化、アルカリ骨材反応や疲労などの劣化要因により、対応策が異なるため、コンクリートの状態を簡単に知る方法の重要性が高まっている。コンクリート中の塩化物濃度の測定は一般に、日本コンクリート工学協会による方法が用いられているが、この方法は現地コンクリートからコアを採取・粉砕して測定するため、定量的な塩化物濃度を知るまでに時間がかかる。そのため非破壊で塩化物濃度を測定するための研究が試みられており、金田らの研究¹⁾による近赤外分光イメージングを用いたコンクリート劣化に対する知見は、コンクリートの劣化状況を非接触・非破壊で知る方法として注目すべきものである。

この近赤外線を利用した調査のうちコンクリート中の塩化物濃度については、経済産業省の戦略的技術開発（構造物長寿命化高度メンテナンス技術開発）に係わる「マルチスペクトル法によるコンクリート劣化センシング技術開発（平成17～18年度）」として技術開発が実施され、そこでは波長2,266nmの差スペクトルに着目してコンクリート中の塩化物濃度の推定が試みられている。

しかし、既往の報告では波長2,266nmのピークは中性化により消失すると報告されている²⁾。このため、近赤外線分光スペクトルを実構造物の塩化物濃度測定に適用するには、中性化の影響を考慮に入れたデータの補正が必要となる。

筆者らは、中性化による影響を排除する目的で、これらの近赤外線を利用した研究成果をベースに、既知の塩化物濃度を有する供試体に波長1,600nm～2,400nmの近赤外分光を行い、スペクトルデータを化学分野でよく用いられているケモメトリクス手法による多変量データの解析を行い、コンクリートの塩化物濃度の測定を試みた。

2. 試験方法

供試体作製に使用した材料を表-1に示す。また、コンクリートの配合を表-2に示す。

近赤外線分光装置による塩化物濃度測定用の供試体は10×10×40cmとした。

校正用の塩化物濃度測定用供試体はΦ10×20cmとし、全量を粉砕して分析用試料とした。塩化物濃度の測定は、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準じて実施した。

表-1 使用材料

材 料	仕 様
水	つくば市水道水
セメント	普通ポルトランドセメント： 密度：3.16g/cm ³
細骨材	大井川産川砂： 密度：2.61g/cm ³ ，吸水率：1.04%
粗骨材	秩父産砕石： 密度：2.70 g/cm ³ ，吸水率：0.60%

表-2 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	目標スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				備 考
				水	セメント	細骨材	粗骨材	
50	8±2.0	1.0±1.0	45.0	170	340	835	1058	塩化物：0,1,2,3,5,10,20%

キーワード 近赤外線，コンクリート，塩化物，中性化

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間515-1 (株)間組 技術研究所 TEL029-858-8814

塩化物濃度の異なる供試体を用いて近赤外線分光装置により近赤外線分光スペクトルを測定し、JCI法による塩化物濃度を既存値として近赤外線分光スペクトルのケモメトリクス解析により検量線を作成した。作成した検量線は、検量線作成に用いた試料の塩化物濃度測定を行い検証するとともに、未知試料として実構造物から採取した試料の塩化物濃度（JCI法にて別途定量済み）を測定し、精度の検証を行った。

3. 試験結果

JCI法により塩化物濃度を測定するために微粉砕した試料を用いて近赤外線分光分析を行い、得られた分光スペクトルから検量線を作成し、未知試料として実構造物から採取したコアを同じく微粉砕した試料を用いて塩化物濃度を測定した結果を図-1に示す。この図から未知試料であっても比較的精度良く定量されていると考えられる。

しかし、同じ検量線を用いてコンクリート表面を測定した結果を解析した場合、図-2に示すようにJCI法の測定結果と異なる値になっている。この原因として試料の平滑度による反射率の違いの影響が考えられた。このため、検量線作成用試料に供試体コンクリート表面を測定した分光スペクトルを用いて検量線の作成を行い、コンクリート表面を測定した結果を図-3に示す。

図-2と比較して精度が向上されている。

4. 考察

近赤外線分光スペクトルのケモメトリクス解析を行いコンクリート中の塩化物濃度を検討した結果、粉砕した試料の場合には、同様に粉砕した試料で検量線を作成し、コンクリート表面の場合には、コンクリート表面試料で検量線を作成することにより精度よく塩化物濃度が測定できることが判明した。

参考文献

- 1) 金田尚志, 石川幸宏, 魚本健人: 近赤外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
- 2) 郡 政人, 古川智紀, 上田隆雄, 水口裕之: 近赤外線分光法を用いたセメント硬化体中の塩化物イオンの検出, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.769-774, 2007.7

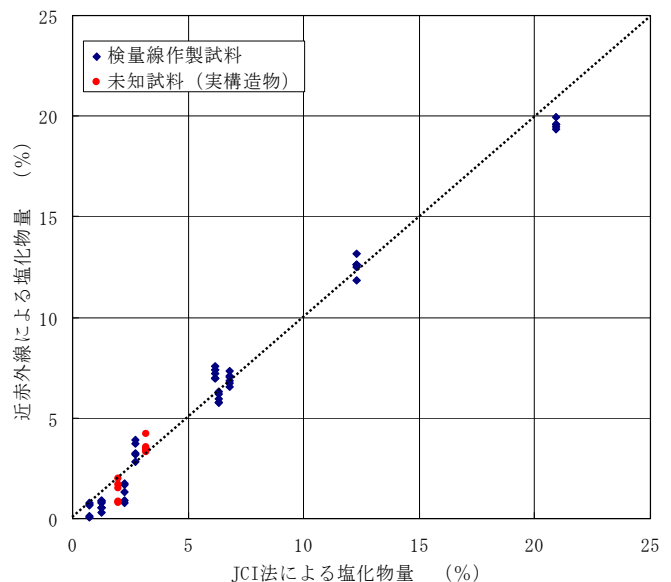


図-1 微粉砕未知試料の測定結果

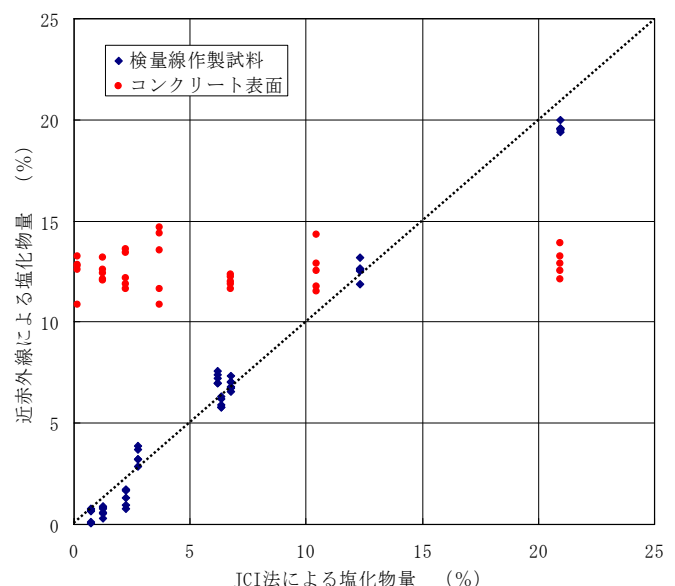


図-2 コンクリート表面の測定結果

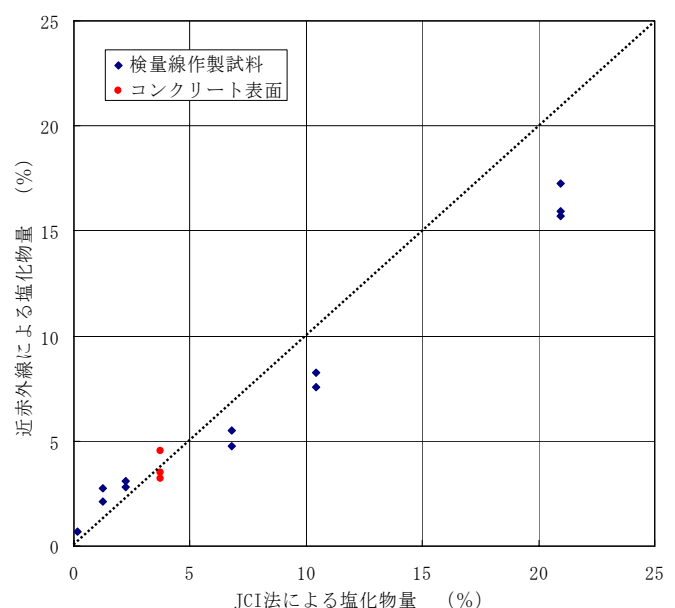


図-3 未知試料の測定結果