

近赤外イメージングによるセメントペースト表面の塩化物量の推定

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○石川 幸宏
 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人
 芝浦工業大学大学院 正会員 矢島 哲司

1. はじめに

近年、コンクリートの非破壊検査手法が数多く提案されている。現在提案されている手法は、主にコンクリートのひび割れ、浮き・剥離、鉄筋位置等、コンクリートの物理的特性を得ることができる。しかし、実際のコンクリートの劣化を考えた場合、劣化の結果生じるコンクリートの化学変化の情報が得られれば、コンクリート構造物を維持管理していくうえで、非常に有益な情報となる。そこで、本研究では食品や医療などの分野において、成分分析や品質管理として導入されている近赤外分光法を用いてコンクリート表面の塩化物量を推定することを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、鉄筋腐食の主要因である塩害に着目し、塩化物量が変化した場合の近赤外域におけるスペクトル特性を利用して、セメントペースト表面の塩化物量の推定を行った。

2.1 供試体

表-1 に対象とした供試体の種類を示す。使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、W/C は 50% 一定とした。供試体は、塩化物量を 0~30kg/m³ の 4 水準とした。

表-1 供試体の種類

No	塩化物量混入量 (kg/m ³)
N-50	0.0
N6-50	6.0
N16-50	16.0
N30-50	30.0

3. 予備実験

近赤外分光法 (Foss NIRSystems 社製 NIR 6500 Series) を用いコンクリート中の塩分濃度が変化した場合のスペクトルを測定した。試料は、セメントペースト (W/C 50%) を粉砕したものを用いた。その結果、図-1 に示すとおり波長 2266nm において、塩化物量が多くなるに従って、吸光度が高くなるという特性があった。また、各供試体の 2200nm と 2320nm を結んだ線における吸光度の差分値を差スペクトルとし、差分値は次の式(1)で算出される。

$$\Delta A_{2266} = A_{2266} - \left(A_{2200} + \frac{A_{2320} - A_{2200}}{\lambda_{2320} - \lambda_{2200}} \times (\lambda_{2266} - \lambda_{2200}) \right) \quad (1)$$

A: 吸光度 λ: 波長

図-2 は、図-1 に示した波長 2266nm における差スペクトルをプロットしたものである。セメントペースト中の塩化物量と差スペクトルとの間には、非常に高い相関関係が見られた。したがって、差スペクトルから含有塩分量の推定が可能であることが分かった。

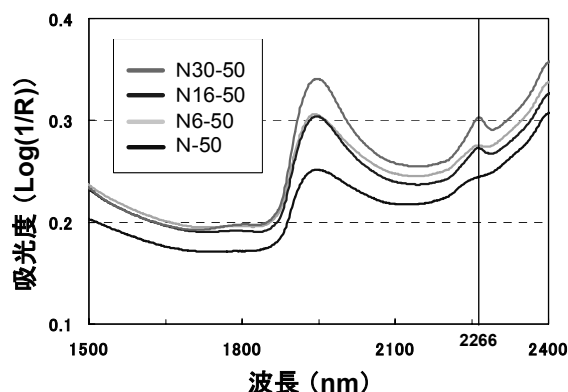


図-1 塩化物量が増加した場合のスペクトル

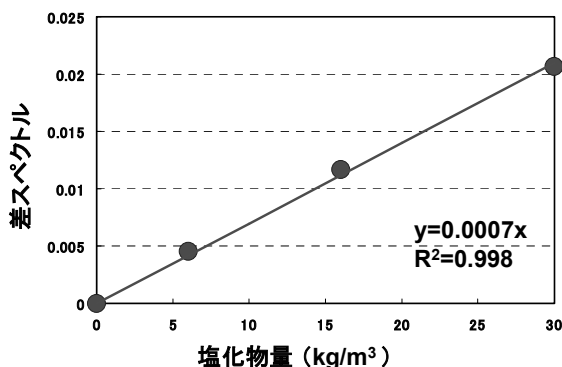


図-2 塩化物量が増加した場合の差分

キーワード 近赤外イメージング, 近赤外分光法, スペクトル特性, 差スペクトル

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学 TEL 03-3452-3201

4. 実験結果

供試体表面のスペクトルの測定には、近赤外イメージング分光測定器（SPECTRAL IMAGING 社製 AISA Hawk）を使用した。供試体とカメラの距離を約 50cm 離し、写真-1 に示すような形式で行った。光源はハロゲンランプを 2 個、白色校正板は, Labsphere Inc. 製 Spectralon を使用した。

4. 1 近赤外イメージング

セメントペースト表面の塩化物量の推定に関しては、2266nm を特徴波長域として選択した。写真-2 は、2266nm における分光画像である。塩化物量が多くなるに従って、分光画像は暗く写ることが分かる。

4. 2 表面のスペクトル特性

図-3 は、写真-2 で示された各供試体表面の平均のスペクトルを表したものである。セメントペースト中の塩化物量が多くなると、2266nm 付近での吸光度が高くなる傾向が見られるが、図-1 と比較して、吸光度のピークがシャープに表われなかった。その原因として、本研究で使用した近赤外イメージング分光測定が、予備実験で使用したものと比較して、波長分解能が 2nm から 5.5nm と粗くなったこと、光源の光量のピークが 1200nm であり、2266nm の波長域を測定するに当たって適切ではなかったことが考えられる。

4. 3 差スペクトル

図-3 から式(1)を用いてセメントペースト表面の差スペクトルを求め、その値から塩分量を推定した結果を表-2 に示す。表-2 から誤差が大きいものもあり、差スペクトルから含まれる塩化物量を定量的に推定できるほどの精度は得られなかった。今後、前述したような点を改善することにより、測定精度を向上する方法について検討する必要がある。

5. まとめ

吸光度のピークが 2266nm にあることが確認できたため、2266nm を特定波長域に選択することで、セメントペースト表面の塩化物の濃度を画像化することができた。セメントペースト表面の平均のスペクトル特性は、予備実験で測定した場合と同様の傾向を示しており、近赤外イメージング分光測定器とハロゲンランプが改良されれば、表面の塩分量を定量的に測定できる可能性がある。

参考文献

- (1) 尾崎 幸洋：実用分光法シリーズ 近赤外分光法，アイピーシー出版部，1998. 3. 20

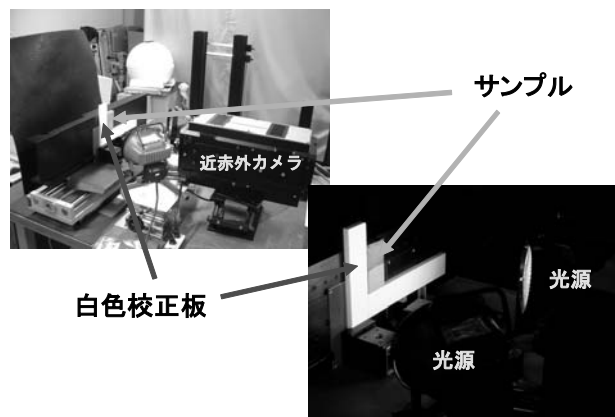


写真-1 測定風景

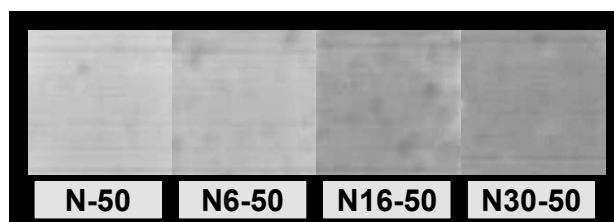


写真-2 近赤外分光イメージング

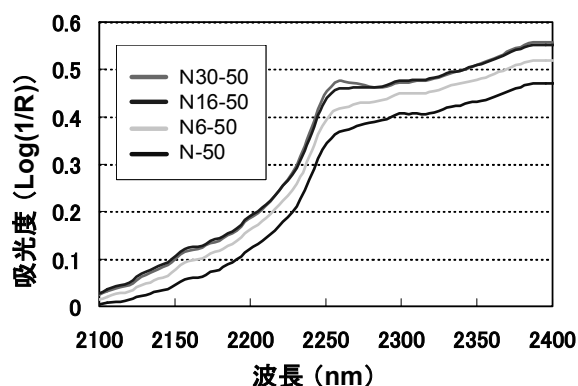


図-3 塩化物量が増加した場合のスペクトル

表-2 塩分量の推定結果

No	差スペクトル	実測値 (kg/m ³)	設定値 (kg/m ³)
N-50	0.0000	0.0	0.0
N6-50	0.0012	1.7	6.0
N16-50	0.0106	15.1	16.0
N30-50	0.0294	41.9	30.0

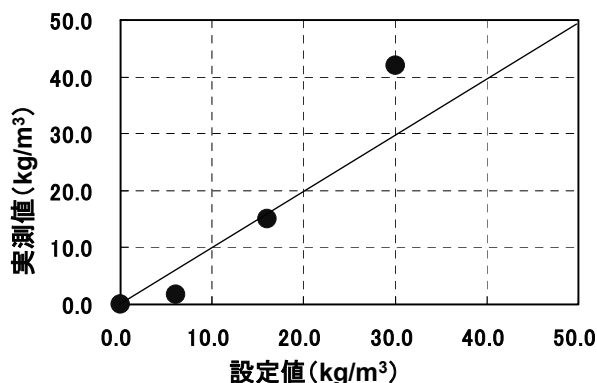


図-4 塩化物量の予測値と実測値の関係