

マルチスペクトル法による中性化および塩害の診断手法に関する研究

石川島播磨重工業株式会社	正会員	○戸田 勝哉
石川島播磨重工業株式会社	正会員	西土 隆幸
石川島播磨重工業株式会社		高岡 啓吾
石川島播磨重工業株式会社		福岡 千枝
石川島検査計測株式会社		倉田 孝男

1. まえがき

マルチスペクトル法は、反射光により対象物の表面状態を非破壊で推定する技術として、ごみの分別や果実の糖度計などの分野に使われている¹⁾。近年、金田らの研究によるとコンクリート構造物の非破壊検査に本手法が有効であることが分かってきている²⁾。本手法が確立されれば、短時間でかつ非破壊で大面積のコンクリート表面の検査ができるためにコア抜きが禁止されている箇所や交通規制などが必要な箇所には有効である。本研究では、中性化および塩害に関して本手法の有効性および適用範囲を明らかにした。

2. 計測システム概要

図-1 に本研究で使用したシステムの構成図を示す。計測方法は、プローブに測定対象の試験体を置き、ハロゲンランプから出た光を試験体に当て反射光を分光器で分析する。データの分析方法は、差スペクトルおよび分析化学の分野で多変量解析に使用されているケモメトリックスの両方を用いて評価した。

なお、分光器の波長域は0.9～1.7 μm および1.7～2.5 μm の2種類を用いた。光源は6.5～150Wのハロゲンランプをそれぞれ使用した。さらに、試験体を粉砕しFTIR(Fourier Transform Infrared Spectrometer)により、吸光度と劣化度の関係を詳細に調べた。

3. 試験体概要

本試験で用いた試験体は、セメントペースト、モルタル、コンクリートの3種類である。中性化測定用試験体は、中性化促進環境下（二酸化炭素濃度：7%、温度：40%、湿度：50%）に所定の期間暴露した。塩害測定用試験体には、塩化物イオンを試験体中に所定の量を混入した。本研究で用いた試験体概要を表-1にまとめる。

4. 試験項目

4.1 中性化計測

本試験では、分光器を用いてセメントペースト、モルタル、コンクリートの波長1.42 μm 付近の吸光度を測定し相関関係を調べた。さらに中性化度は、フェノールフタレンを用いて中性化深さ、水酸化カルシウムおよ

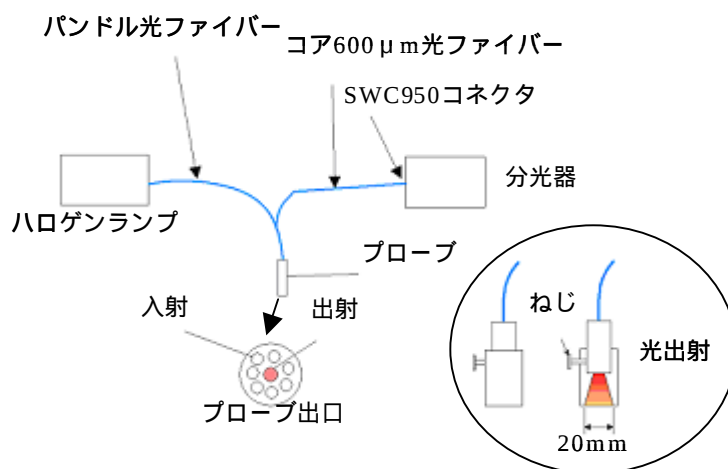


図-1 システム構成図

表-1 試験体概要

水セメント比	48.5%	
形状	セメントペースト、モルタル	4×4×16cm
	コンクリート	10×10×40cm
配合設計強度	30N/mm ²	
塩化物イオン量	0, 1, 3, 5, 10, 20kg/m ³	
中性化促進期間	0, 1, 3ヶ月	

キーワード：マルチスペクトル 中性化 塩害 吸光度 ケモメトリックス

連絡先：〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地 TEL 045-759-2864 FAX 045-759-2208

び炭酸カルシウムの量を熱天秤にて定量的に評価を行った。中性化の吸光度に関しては、主に試験体表面を測定した。

4.2 塩化物イオン濃度計測

塩化物イオン濃度計測に関しては、粉末や未粉碎の試験体表面に関して波長が $2.1 \sim 2.4 \mu\text{m}$ 付近の吸光度を測定した。

5. 測定結果および考察

5.1 中性化計測

図-2 に熱天秤から求めた水酸化カルシウム量および波長が $1.42 \mu\text{m}$ 付近における差スペクトルによる吸光度の測定結果を示す。本結果から、水酸化カルシウムの濃度と $1.42 \mu\text{m}$ の吸光度との間には相関関係があることが確認された。また、炭酸カルシウムに関しても $1.42 \mu\text{m}$ 以外にも FTIR では $3.98 \mu\text{m}$ 付近で吸光度と濃度との間に相関関係が見られた。以上の結果から、中性化に関しては分光分析により劣化度を定量的に測定することが可能である。

5.2 塩化物イオン濃度計測

波長域 $2.1 \sim 2.4 \mu\text{m}$ におけるセメントペースト粉末およびセメントペーストはつり面(中性化の影響を避けるため、表面から 1.5cm 程度の表面を除去)の吸光度の回帰ベクトルの結果、前者は $2.27 \mu\text{m}$ 、後者は $2.26 \mu\text{m}$ と $2.34 \mu\text{m}$ 付近にも相関が見られた。図-3 ケモメトリクス手法による PLS(Partial Least Squares)回帰分析結果を示す。それぞれの波長を考慮することにより相関関係を得ることができた。はつり面で複数のピークが観測された要因は、セメントペーストの凹凸や水分量などの影響と考えられるので本手法が有効であると考えられる。

6. まとめ

得られた結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 中性化の測定に関しては、本手法を用いれば非破壊非接触で劣化度の測定が可能である。
- 2) 塩害の測定に関しては、粉末にすれば塩化物イオン量を分光分析により計測することが可能であるが、非破壊では中性化や水分量などの影響により $2.26 \mu\text{m}$ 以外の波長域における吸光度が変化する可能性がある。実構造物では、さらに凹凸や汚れなどの他の因子による影響が想定されるので、複数波長を考慮するケモメトリクス手法が有効と考えられる。

参考文献

- 1) 倉田孝男：分光分析の現場計測への応用，IIC REVIEW, No.34, pp.39-44, 2005.10
- 2) 金田尚志，石川幸宏，魚本健人：近赤外分光法のコンクリート調査への応用，コンクリート工学，Vol.43, No.3, pp.37-44, 2005.3

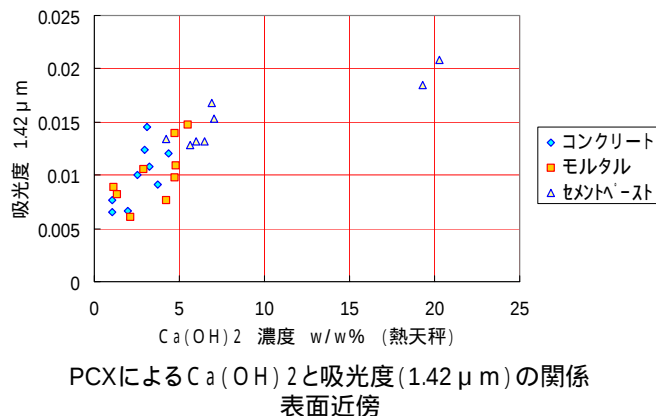


図-2 中性化計測結果

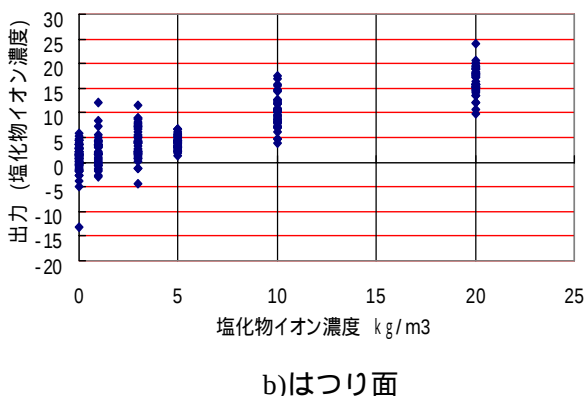
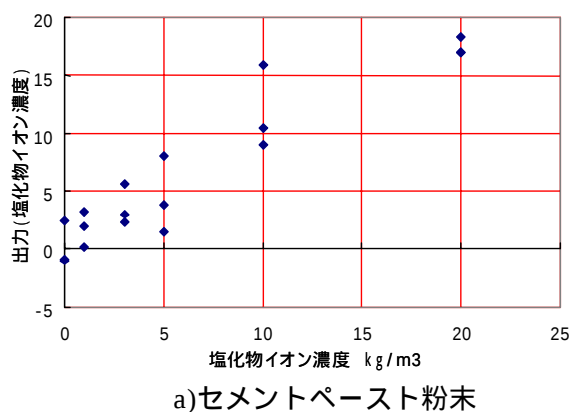


図-3 ケモメトリクスによる PLS 回帰分析結果