

近赤外線分光法を用いたコンクリートの水分量の推定手法の検討

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○高木 岳 木更津工業高等専門学校 正会員 原田 健二

1. はじめに

コンクリートの乾燥収縮や ASR, 鋼材の腐食はコンクリート中の水分と密接な関係がある。コンクリート中の水分量を把握することはコンクリート構造物の劣化予測に大きく貢献すると考えられる。水分量を把握する方法は非破壊で迅速、簡便であることが望ましい。物質の水分量を非破壊で測定する方法として、近赤外線分光法が存在する。既往の研究¹⁾より、近赤外線領域においては、水の吸収ピークの一つに波長 1450nm が存在しており、その吸収ピークを用いることにより、水分量を推定することができるといわれている。

以上のことから本研究の目的は、近赤外線分光法を用いてコンクリートの水分量を推定することである。既往の研究と同様に、コンクリートの水の吸収ピークが 1450nm に存在していることを確認し、それを利用して水分量を推定できるか検討する。

2. 水分量の違いがコンクリートの近赤外線領域の吸光度に及ぼす影響の検討

2.1 実験概要

水分量の違いがコンクリートの近赤外線領域の吸光度に及ぼす影響の検討をするために、水分量の異なるコンクリートの表面を模擬したセメントペーストの吸光度を測定する実験を行った。以下に詳細を示す。供試体は温度 20℃ の環境で 28 日間封かん養生した W/C40% および 50% のセメントペーストを用いており、形状は 50×50×5mm の薄板のものとした。供試体は飽和塩法を用いて温度 20℃、相対湿度(%RH)は、11.3(LiCl)、33.1(MgCl₂)、59.1(NaBr)、75.5(NaCl)、85.1(KCl)の異なる環境下でそれぞれ供試体を 3 体ずつ暴露した。供試体質量がほぼ変化しなくなるまで暴露させたのち、吸光度を測定した。吸光度の測定に InnoSpectra 社の小型近赤外分光器(900~1700nm)NIR-S-G1 を用い、一つの供試体につき 10 点の吸光度を測定した。

水分量は暴露終了時点の質量と供試体の絶乾状態の質量の差分より求めた。また、飽和度は水分量を絶乾状

態と飽水状態の質量の差分で除した。

2.2 吸光度の測定結果

質量がほぼ変化しなくなった吸光度の測定結果を図 1、図 2 に示す。図 1、図 2 より、水分量が多くなると波長 1350nm から 1600nm 付近の凸部が大きくなることが確認できる。凸部の極値が波長 1443nm にあることが確認できる。一般的に水の吸収ピークは波長 1450nm であるため、このピークは水の吸収ピークによるものであるといえる。だが、近赤外線の吸光度には水以外の要因がかかわっているため、何かしらの計算処理が必要である。その処理の一つの方法として差スペクトル法²⁾がある。図 3 に示すように、吸収ピークの吸光度と凸部の始点と終点を結びできた線分の吸収ピークの波長の吸光度の差を差スペクトルという。本研究では、凸部の始点と終点をそれぞれ波長 1364nm と 1600nm とし

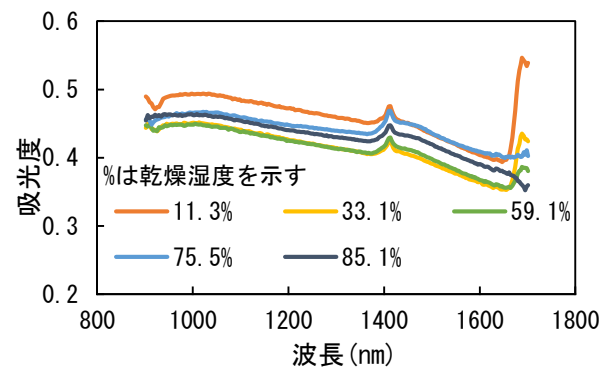


図 1 吸光度の測定値 (W/C40%)

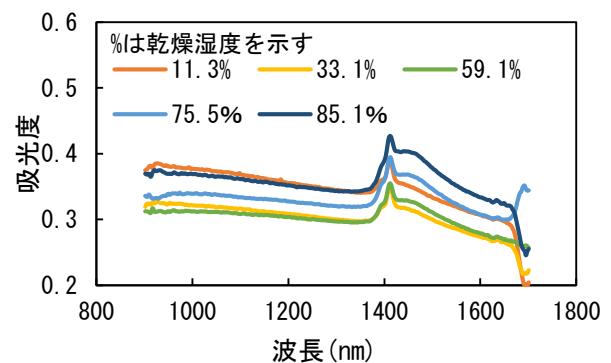


図 2 吸光度の測定値 (W/C50%)

キーワード 近赤外線分光法, 水分, 差スペクトル

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL : 0438-30-4164

差スペクトル(差吸光度)を式(1)のようになる。

$$\Delta A_{1443} = A_{1443} - \left(A_{1364} + \frac{A_{1600} - A_{1364}}{\Delta \lambda} \times (\lambda_{1443} - \lambda_{1364}) \right) \quad (1)$$

ここで、 A ：吸光度、 λ ：波長[nm]である。

2.3 コンクリートの水分量が差吸光度に及ぼす影響の検討

波長 1443nm の差吸光度を用いてコンクリートの水分量を表現することができるかを検討する。

図 4 に波長 1443nm の差吸光度の平均値と水分量の関係を示す W/C40%、50%ともに差吸光度と水分量に比例関係があることが確認できる。同程度の水分量を比較すると W/C40%のほうは差吸光度が小さくなることが確認できる。そのため、差吸光度によりコンクリート中の水分量を推定する際には、W/C の違いが差吸光度に及ぼす影響を考慮しなければならないと考えられる。

さらに、同程度の水分量でも供試体ごとのばらつきが W/C によって異なることが確認できる。特に、W/C40%の水分量が多い水準でばらつきが大きくなる。ここで、図 5 より差吸光度と飽和度の関係を見ると、飽和度が 70%より大きくなると値がばらつくことが確認できる。このことから、波長 1443nm の差吸光度により水分量を推定する際には飽和度が大きくなると精度が少し低下する可能性があると考えられる。

3. 近赤外線分光法によるコンクリートの水分量の推定

3.1 検量線概要

2.3 より波長 1443nm の差吸光度と水分量に比例関係があり、W/C の違いが波長 1443nm の差吸光度におよぼす影響を考慮する必要があることが確認できた。

それより、差吸光度と水分量は比例関係があり、W/C によって傾きと切片が変化するものとして検量線を作成する。検量線の切片および傾きは実験値と計算値の誤差二乗が最小になるように設定した。式 W/C40%の検量線を式(2)、W/C50%の検量線を式(3)に示す。

$$W_{w(40\%)} = 15.062\Delta A_{1443} - 0.072 \quad (2)$$

$$W_{w(50\%)} = 5.993\Delta A_{1443} - 0.049 \quad (3)$$

ここで、 W_w ：セメントペースト中の水分量[kg/m³]、 ΔA_{1443} ：波長 1443nm の差吸光度である。

3.2 実験値と計算値の比較

図 6 に水分量の実測値と式(2)、式(3)より求めた水分量の計算値の比較を示す。図 6 より、水分量の大小にかかわらず、実験値と計算値は同程度の値であることを確認できた。これより、コンクリートの W/C が既知

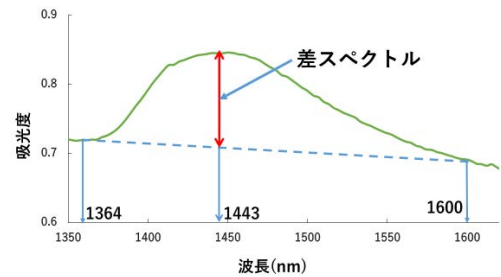


図 3 差スペクトル概要

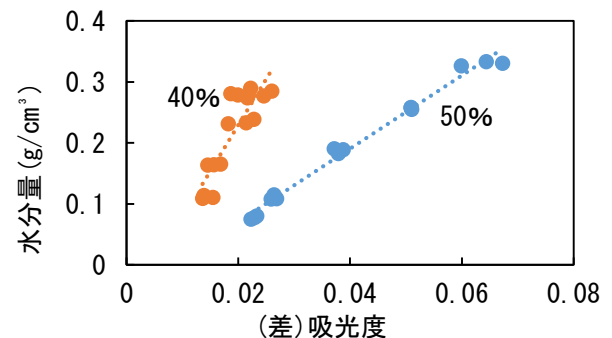


図 4 水分量と差吸光度の関係

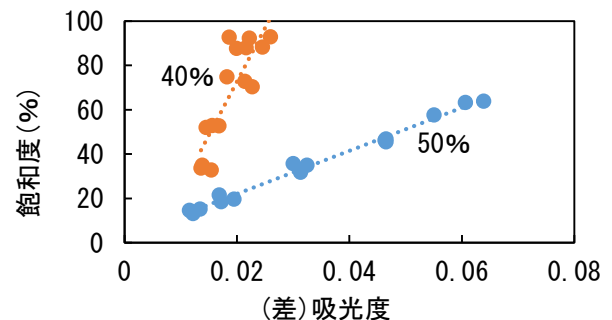


図 5 飽和度と差吸光度の関係

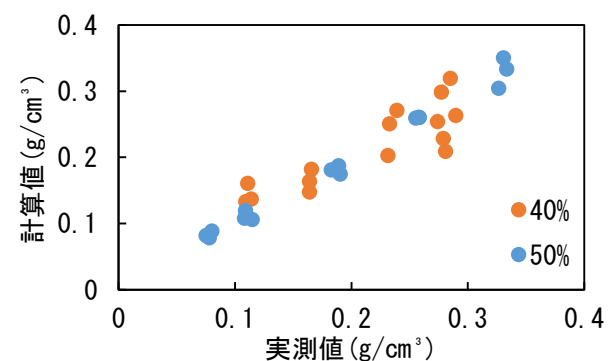


図 6 水分量の実験値と計算値の比較

であるのならば、近赤外線分光法によりコンクリートの水分量を精度よく推定できるといえる。

参考文献

- 1) 出口智博, 近赤外分光測定によるナイロン 6 の含水率評価, 島根県産業技術センター研究報告, Vol.52, pp20-22, 2016
- 2) 金田尚志, マルチスペクトル法によるコンクリートの劣化物質検出手法の開発, 東京大学学位論文, 2004