

## 小型中赤外分光装置によるコンクリートの2次元含水率計測手法

香川大学	学生会員	○橋本 悠
香川大学	正会員	岡崎 慎一郎
香川大学	非会員	石丸 伊知郎
香川大学	非会員	森本 裕介

### 1. はじめに

RC 構造物における鋼材腐食開始時刻や腐食速度は、かぶりコンクリート中の含水率に大きく依存する。2018年に制定されたコンクリート標準示方書維持管理編<sup>1)</sup>において、中性化による鉄筋腐食は水掛かりの影響を大きく受けることが明記されたことを契機として、コンクリートの含水率と中性化による鉄筋腐食速度に関する研究が多く発表されている<sup>2)</sup>。そのため、含水率の測定は、構造物の維持管理上不可欠である。現在、含水率測定方法は多く考案されており<sup>3)</sup>、さらに非破壊での測定技術も開発されているが、どれも接触型であることから足場を構築する手間が必要である。本研究では、ドローンに搭載可能な超小型結像型2次元フーリエ中赤外分光装置（以下、小型装置）（図1）を用いてコンクリート表面部の含水率分布を、非破壊で非侵襲かつ遠隔でイメージングする技術実現のための基礎的な検討を行う。

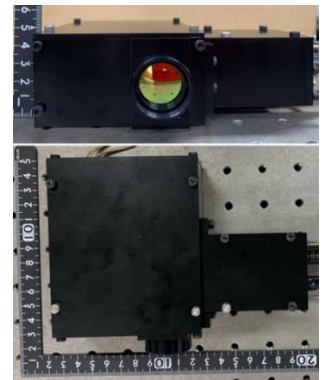


図1 小型装置

### 2. 実験概要

本研究では、かぶりコンクリート表面の含水率測定を想定しているため、モルタル試験体を対象に実験を行った。配合はW/Cが50%となる配合を基準として、S/Cが一定になるようにし、すべてのケースで単位細骨材量およびセメントペーストの容積が一定となるように配合設計を行った。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、W/Cは40,45,50,55,60%の計5種類とした。計測方法としては、まず水中に漬けておいた試験体を取り出して、試験体表面の水滴をウェスで軽くふき取り、秤の上に乗せる。次に光源を当てながら小型装置のレンズの焦点が試験体に合うように設置し即座に計測を開始する。計測時間は100 secごとに7000 secまで計測し、同時に秤の値を読み取った。計測後には試験体を絶乾状態にして重量を計測し、時刻ごとの質量基準質量含水率を算出した。ここで、中赤外域（8-14  $\mu\text{m}$ ）は温度によるスペクトル遷移が非常に大きいことから、プランクの法則を基底とした温度補正を行うため、黒体放射をリファレンスとして計測した。

### 3. 計測結果

プランク基底の分光特性をベースラインとして算出した赤外スペクトルを図2に示す。制約の関係上、W/C=50%のみ表示し、さらに図が煩雑さを解消するため、代表値として含水率が6,7,8,9,10%の時の吸光度を示す。この図を見ると、10  $\mu\text{m}$  付近より長波長側のみ含水率に伴って吸光度が上下していることが見て取れる。これはW/Cに関わらず、同様の傾向を示していた。

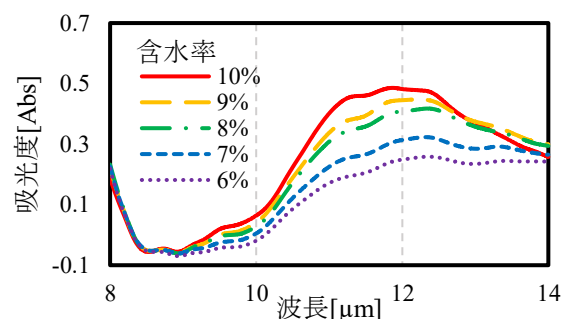


図2 含水率ごとのスペクトル

### 4. 含水率と吸光度の関係の定量的評価

実験から得られた10  $\mu\text{m}$  以降の変化が水によるものかを定量的に判断するため、アメリカ標準技術研究所が公開している水のスペクトルデータ（図3）と本実験で得られた低含水試験体と高含水試験体の吸光度差（図4）をユークリッド距離にて評価する。また、W/C=50%の含水率ごとのユークリッド距離を図5に示す。

キーワード 結像型2次元フーリエ分光装置, 赤外分光法, 非破壊検査, 含水率測定, 輻射熱

連絡先 〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 香川大学 創造工学部 TEL 087-864-2015

図3を見ると、10 μm 付近以降の吸光度が広範囲にわたって大きくなっていることがわかる。図4では、差分をとることで含水率の変化に伴う吸光度の変化が見られており、特に10 μm 付近以降の吸光度の変化が顕著である。さらに、図6を見ると、含水率の増加に伴うユークリッド距離の減少から、水を検出できている可能性が高いと判断できる。ここで、図4の8 μm 付近と14 μm 付近で吸光度差が小さくなっているが、これは小型装置の分光特性上の問題であり、計測可能波長帯の端部であるため、うまく計測できなかったと考えられる。

5. 検量線の作成と2次元分布

吸光度と含水率の検量線を作成することで、含水率が未知の試験体の吸光度を計測した際、即座に含水率を推定することができる。ここで、図3のように10 μm 付近以降の広範囲にわたって特徴的な吸光があるため、すべての試験体における10 μm 以降の吸光度の積分値を使用して積分値と含水率の検量線を作成した(図6)。この検量線をもとに、試験体中央に水を吹きかけ、その時の吸光度から含水率を2次元画像化し、コンクリートの含水率分布を表示することができた(図7)。

6. 謝辞

本研究は、国土交通省建設技術開発助成(課題名:超小型赤外分光カメラと磁気センシングの融合によるコンクリート構造物の完全非破壊による劣化診断, 代表者:岡崎慎一郎)により実施された。ここに謝意を記す。

参考文献

- 1) 土木学会:2018年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】,2018
- 2) 前原聡,伊与田岳史:雨掛かりの有無が中性化によるかぶりの剥離・剥落に及ぼす影響に関する研究,土木学会論文集 E2, Vol.74, No.2, pp.80-87, 2018
- 3) 湯浅昇,笠井芳夫:非破壊による構造物コンクリートの水分測定方法,コンクリート工学, Vol.32, No.9, pp.49-55, 1994

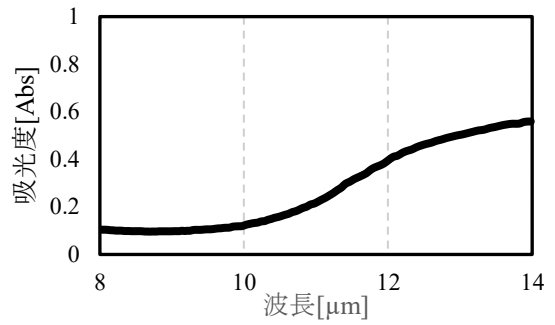


図3 水のスペクトルデータ

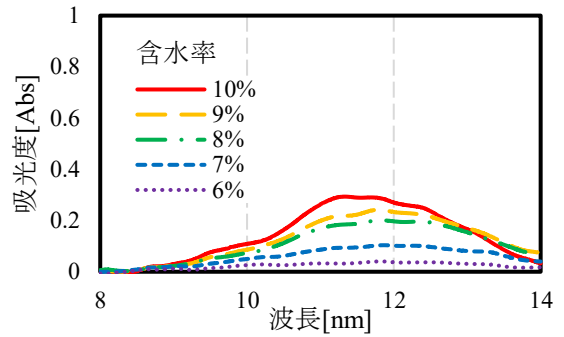


図4 低含水試験体と高含水試験体の吸光度差

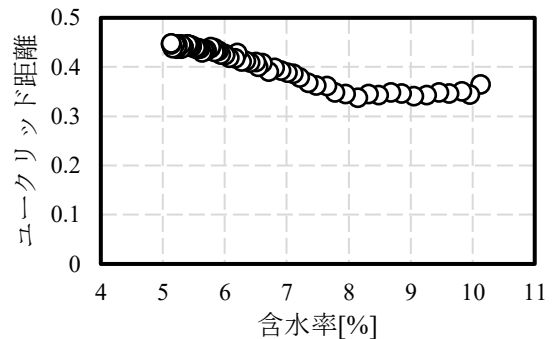


図5 水と吸光度差のユークリッド距離

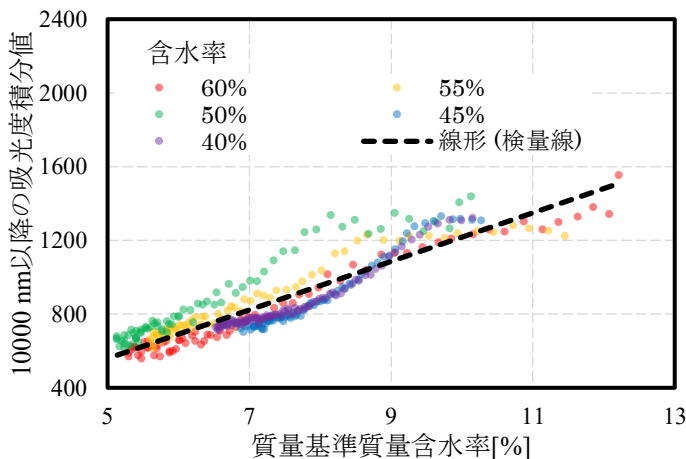


図6 含水率と10000 nm 以降の吸光度積分値の検量線

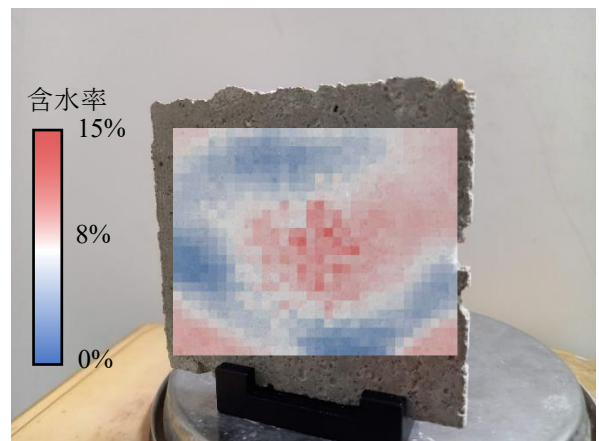


図7 含水率の二次元画像化