

可視域・近赤外分光法を用いたコンクリート表面の塩化物有無の判別に関する一考察

芝浦工業大学 学生会員 ○白戸 駿久
芝浦工業大学 正会員 勝木 太
芝浦工業大学 正会員 中川 雅史

1. 研究背景及び目的

コンクリート構造物の塩害調査では、調査対象の構造物から採取されたコアを塩分分析することにより、コンクリート内部に浸透した塩分濃度が評価される¹⁾。このコア採取においては、その本数が増えると手間と費用がかかるほか、構造物への直接的なダメージを与えることから、採取するコアの本数を最小限にすることが望まれている。

一方、コンクリート表面から内部へ浸透した塩化物の量は、コンクリート表面に付着している塩化物量が多いほど高いと一般的に言われている。したがって、コンクリートの表面に付着している塩化物量を大断面において相対的に非破壊で評価することができれば、コアサンプルの採取量を軽減でき、また、コアサンプルの代表値によって構造物全体の塩化物浸透深さの推定を行える可能性がある。

そこで本研究では、非破壊でかつ広域に物体表面の物質情報を得ることができるリモートセンシング技術の一つである分光法を用い、コンクリート構造物表面の相対的な塩分量検出が可能であるか検討することを目的とした。なお分光法を用いた塩化物量の評価は、過去の研究²⁾により 2200nm-2300nm の波長の間に生じるピーク値によって評価できることが分かっている。しかし 2200nm-2300nm の波長領域を利用する場合、機器が高額なことや屋外で太陽光の影響を受けやすいことから、本研究では、屋外でより汎用的に利用できる可能性の高い近赤外域と可視域を利用することによりコンクリート表面の塩化物の有無の判別を行うことが可能か検討した。

2. 実験方法

2. 1 実験の概要

本研究は 950nm-1650nm の近赤外域、370nm-780nm の可視域の波長を利用し、分光法により供試体表面

の反射率、またはスペクトル値を測定した。また供試体表面の塩化物量は、JCI-SC400 の硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法³⁾を基に分析した。

2. 2 供試体の作成

供試体のセメントには普通ポルトランドセメントを用い、W/C が 55%，セメント細骨材比が 1：3 のモルタル供試体とした。

供試体への塩化物混入は供試体作成後に行うが、飽和度 50%，100%の塩水を利用し、浸漬と乾燥を繰り返したもの。霧吹きによってモルタル表面へ吹き付けたものの 2 方法で行った。表-1 にはそれぞれの塩化物混入サイクルを示すが、58 日間繰返し行った。

表-1 塩化物混入サイクル

乾湿繰り返しサイクル表				58日間			
	月	火	水	木	金	土	日
午前	湿潤	湿潤	湿潤	湿潤	乾燥	乾燥	乾燥
午後	湿潤	湿潤	湿潤	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥
塩水吹き付けサイクル表				58日間			
	月	火	水	木	金	土	日
12時	霧吹き	休み	霧吹き	霧吹き	霧吹き	休み	休み
14時	霧吹き	休み	霧吹き	霧吹き	霧吹き	休み	休み
16時	霧吹き	休み	霧吹き	霧吹き	霧吹き	休み	休み
18時	霧吹き	休み	霧吹き	霧吹き	霧吹き	休み	休み

3. 実験結果

表-2 には、JCI-SC400 に準拠した電位差適定試験によって測定された供試体表面の塩分濃度を示す。霧吹きを行った供試体は表面に白い結晶状の層が見られた為、その層を取り除かず試験を行ったものと、層を削り取ってから行ったものに分けて測定した(表記:そのまま・削り)。表-2 より表層を削ったものは削らなかったものより塩化物量が少ないため白い表層は塩化物の結晶だと考えられる。

次に、近赤外域と可視域の計測結果を図-3、図-4 にそれぞれ示すが、それぞれの図は塩化物を含まない供試体との差を明確にするため差分値で評価した。なお霧吹き供試体については、表層を削り取っていないものを使用した。図-3 より 1300nm 付近に反射率

キーワード：非破壊、塩害調査、分光法

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL：03-5859-8359 E-mail：h08051@shibaura-it.ac.jp

のピークが見られるが、乾湿 50%と霧吹き 100%の供試体のみであることから、表面塩分の影響によって反射率のピークが生じている可能性が低いと考えられる。図-4 のスペクトル値においては、435nm, 470nm, 545nm 付近に少量ではあるがピーク値が各供試体において存在することが確認された。

表-2 電位差滴定試験結果

電位差滴定法(全塩分)	
試料名	塩化物量(kg/m ³)
乾湿50%	38.80132267
乾湿100%	39.12332092
霧吹き50%(そのまま)	42.84109439
霧吹き50%(削り)	23.55649596
霧吹き100%(そのまま)	50.82104733
霧吹き100%(削り)	32.31286496

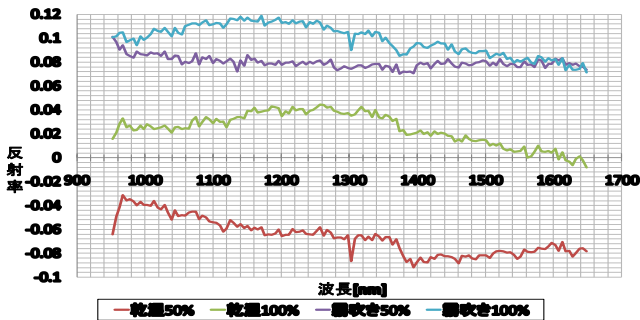


図-3 塩分を含まない供試体との反射率の差分値

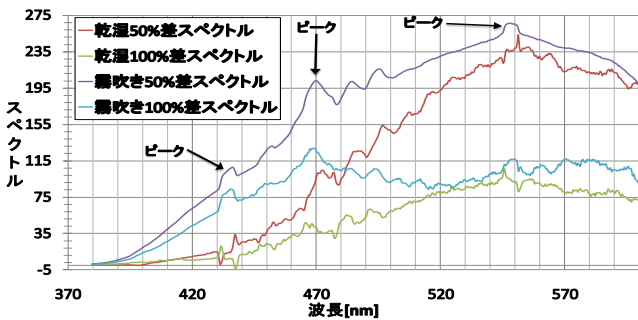


図-4 塩分を含まない供試体との差スペクトル

4. 可視域でのモノクロ CCD カメラを用いた判別

4. 1 実験の概要

可視光域である 435nm, 470nm, 550nm 付近に少量のピーク値が存在したことから、塩化物の有無の違いを屋外でより汎用的に可視化することができるモノクロ CCD カメラで試みた。また、カメラには 400nm～510nm と 510nm～660nm の波長を透過させるバンドパスフィルター(BPB45, BPB55)を使用し、特定の波長域に絞って計測できるようにした。光源は 350nm～800nm の光を安定して照射することができるキセノンライトを使用した。

4. 2 実験結果

図-5 には一例として、乾湿 100%の供試体を撮影した画像の濃度分布を示す。図より同一の供試体でもフィルターあるなし、およびフィルターの種類に

よって濃度分布が異なることがわかる。また、どのフィルター条件でも表面に塩化物が存在する乾湿 100%の供試体の方の階調が高くなっていることがわかる。特に 400nm～510nm で撮影したものが塩化物のない供試体との階調の差が大きいことがわかった。モノクロ CCD カメラの画像情報は輝度値で表される為、階調が高い＝反射率が高いと言える³⁾。そのため、モノクロ CCD カメラでも塩化物の有無の判別ができる可能性があることが分かった。

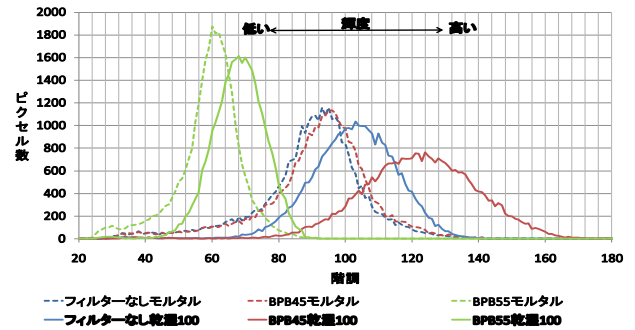


図-5 塩分未混入供試体と乾湿 100%の濃度分布

5. まとめ

本研究の範囲内において、以下のことを確認することができた。

- ①950nm-1650nm の近赤外域では塩分混入の有無を確認できなかった。
- ②可視域では 435nm, 470nm, 550nm 付近に塩分混入の有無を確認することができた。さらに、モノクロ CCD カメラでの判別も行える可能性があることがわかった。その際、波長域 400nm～510nm で行なったほうが塩化物の有無を顕著化できることも確認できた。

謝辞

本研究は、平成 22 年度文部科学省科学研究費(B) 22360174(研究代表者:魚本健人)による支援を受け、実施したことを付記する。

参考文献

- 1)石渡恭之, 浅野俊之: 非破壊によるコンクリート構造物の劣化診断の研究, 茨城県工業技術センター研究報告, 第 37 号, 2009. 9
- 2)金田尚志: マルチスペクトル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
- 3) 社団法人 日本コンクリート工学協会: JCI 基準集, 2004 年 4 月, p106 硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法
- 4)KEYENCE: <http://www.marking.jp/tech/mechanism.html>