

赤外線法によるコンクリート表面付近の塩分濃度モニタリングに関する基礎研究

芝浦工業大学 学生会員 ○大塚 淳平

芝浦工業大学 学生会員 高嶋 卓

芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1.はじめに

コンクリート構造物の塩害調査では、塩化物イオン含有量調査のために対象構造物からコアが採取される¹⁾。一般にコア採取は、外観調査により著しい損傷が確認された場所から健全な場所まで広範囲に行われるため、多大な労力と費用がかかると言われていた。また塩化物イオン含有量は周辺環境や部位によって大きく異なるため、コア採取の箇所選定は技術者の経験に頼らざるを得ない。このことから、コア採取前に少なくともコンクリート表面付近の相対的な塩分濃度分布の広範囲な情報を非破壊的に得ることができれば、コア採取作業の効率化が図れる可能性がある。

そこで我々は、塩分量の異なるコンクリートは熱的特性も異なる可能性があると考え、塩分量の違うコンクリート表面の温度履歴に変化が生じるか赤外線法により確認した。赤外線法は、広範囲な表面の温度分布が計測できるため、コンクリート表面付近の塩分濃度と表面温度に何かしらの関連性があれば、塩分濃度分布を非破壊的に広範囲に得ることができると考えられる。

2.実験方法

2.1 実験の概要

供試体の加熱方法は、アクティブ法とパッシブ法の2種類で検討した。なおアクティブ法の熱源には投光器、及び乾燥炉を用いた。乾燥炉を使用した理由は、供試体中の含水状態が熱的特性値に影響を及ぼすので²⁾、供試体を絶乾状態に近い状況にして温め、その誤差の少ないデータを得るためである。

投光器使用においては、供試体表面から30cmの位置に熱源を設置し、5分照射後、30分間温度計測を行った。なお温度計測の際には計測面以外全て断熱材で覆った。乾燥炉使用においては、40℃の炉の中

に供試体5日間入れ、その後約20℃の室内で、3時間温度計測を行った。

パッシブ法では、9:00~21:00の12時間屋外で温度計測を行った。なお全ての温度計測において、赤外線カメラと計測面は正対となるよう配慮した。

2.2 供試体の概要

供試体には、骨材の品質や吸水状態の影響を排除するため、セメント強さ試験に用いられるモルタルを使用し、縦136mm×横160mm×厚さ40mmの寸法で製作した。なお表-1に供試体に混入する塩分量を示すが、0~40kg/m³の7種類とした。なお供試体への塩分混入は、練り混ぜ水に塩化ナトリウムを溶解させた塩水を使用することにより行った。

表-1 配合表

No.	目標塩分濃度 (kg/m ³)	塩化物混入量 (g)	C(g)	W(g)	S(g)
0	0	0	225	450	1350
1	5	4.35			
2	10	8.70			
3	15	13.06			
4	20	17.41			
5	30	26.11			
6	40	34.82			

3.実験結果

3.1 計測温度の処理方法

本研究では、赤外線カメラで計測された表面温度の違いを明確化するために、積算温度で評価することとした。そのため、初期温度や熱供給の人為的誤差などによる最高温度の違いを排除する必要があり、図-1のように、時系列で計測された表面温度から①加熱前の初期表面温度を差し引くこと、さらに②加熱直後あるいは南中時の最高温度を差し引くことにした。積算温度を求めるために使用した式を次式とする。

$$(A_1 - X) - (Y - X) + \dots + (A_{\max} - X) - (Y - X) \\ = \sum_{Z=1}^{\max} (A_Z - Y)$$

Az: 各自系列の温度 X: 加熱前の初期温度 Y: 最高温度

キーワード：非破壊、塩害調査、赤外線法

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL：03-5859-8359 E-mail：me12014@shibaura-at.ac.jp

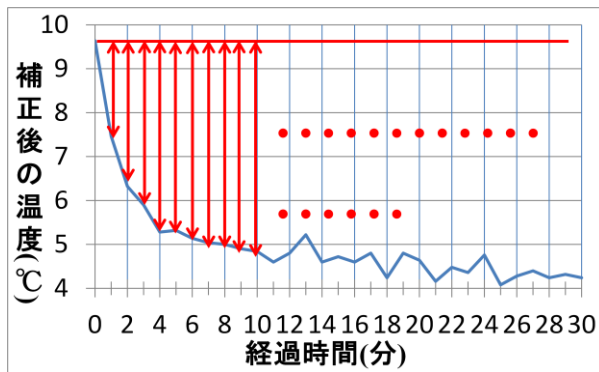


図-1 積算温度の求め方

3.1 投光器を熱源とした結果

図-2 は投光器を用いた場合の積算温度と塩分濃度の関係を示す。塩分濃度は表-1 に示す目標塩分濃度とした。なおこれ以降全ての目標塩分濃度を塩分濃度と表記する。図より、塩分濃度が高いほど積算温度が低い傾向にあり、放熱しやすいことが分かる。

3.2 パッシブ法による結果

今回、積算温度で表面温度の変化を把握するため、最高温度に到達した以降の放熱状態領域の計測温度のみを利用することとした。積算には、低下する直前の最高温度が計測された時刻から 10 分毎に 2 時間計測された温度を使用した。図-3 に積算温度と塩分濃度の関係を示す。図より、投光器を使用した場合と同様、塩分濃度が高いほど積算温度が低い結果が得られた。

3.3 乾燥炉を熱源とした結果

乾燥炉を使用した場合、5 日間乾燥炉に入れたこと、また取り出し直後の全ての供試体の表面温度がほぼ一緒であったことから、供試体の内部温度は定常状態にあると判断し、乾燥炉に入れる前(加熱前)の初期温度は差し引かず、計測直後の最高気温のみ時系列データから差し引くこととした。図-4 に結果を示すが、塩分濃度が大きいほど積算温度が小さいことから図-2 および図-3 と同様の結果が得られることが分かる。

5.まとめ

本研究では、3 種類の加熱方法によってモルタル中に含まれる塩分濃度の違いを赤外線法により把握した。その結果、3 種類の加熱方法ともに、放熱状態における表面温度の積算値は塩分濃度が高いほど小さくなることから、放熱しやすいため、表面塩分濃度の分布を赤外線法で相対的に評価できる可

能性があることが分かった。

なお、推測ではあるが、モルタルの塩分濃度が高くなると放熱しやすくなるのは、モルタル中の空隙が塩分によって満たされ、見掛け上、緻密化したことによるものと考えられる。すなわち空気は熱遮断性があり、空隙が多いものほど熱の移動が妨げられるためである。

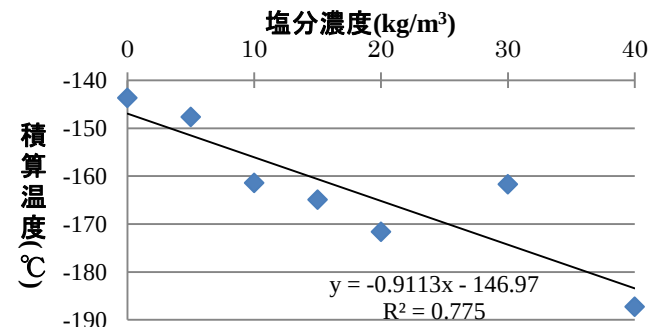


図-2 積算温度と塩分濃度の関係(投光器使用)

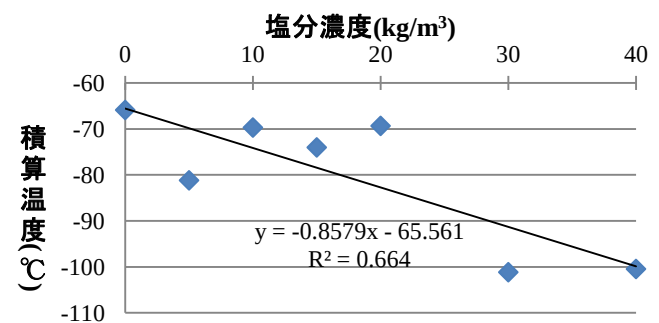


図-3 パッシブ法での積算温度と濃度の関係

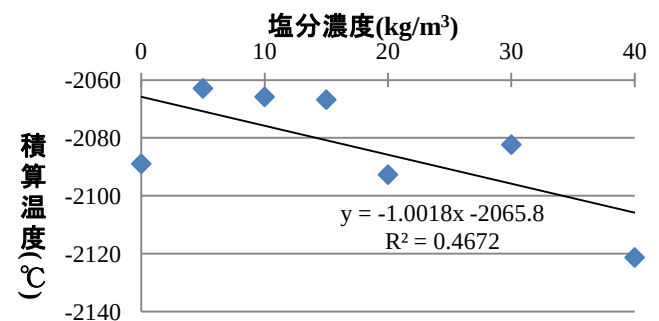


図-4 積算温度と濃度の関係(乾燥炉)

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)住友大阪セメント(株)セメント営業技術部: <http://www.soc.co.jp/cement/gijutsu/pdf/netu.pdf>