

凍結防止剤の塩害を想定した温度環境における塩分浸透実験

苫小牧工業高等専門学校 正会員 ○渡辺 暁央
 金沢大学大学院 学生員 橋本庄一朗

1. はじめに

凍結防止剤の散布による鉄筋コンクリート構造物の劣化は、塩分が供給される局所的な範囲で急速に進行することが重大な問題として考えられている。飛来塩分による塩害では、構造物全体に劣化が進行し、Fick の拡散法則に則った塩分浸透挙動を示すため比較的劣化予測が容易といえる。それに対して、凍結防止剤の塩害を考えると、塩分浸透特性が Fick 法則によらず、毛管現象が重大な浸透要因となっているようであるし、供給される塩水の濃度も環境によって大きく異なっている。著者らも、凍結防止剤の塩害を模擬した実験により塩分浸透の特性を検討[1]しているが、環境条件の設定に苦慮しているのが現実である。

本研究では、凍結防止剤が散布される冬季の温度条件に焦点をあてて、コンクリート供試体の塩分浸透に関して検討することを目的とした。凍結防止剤の散布は、冬季に路面が凍結温度になるタイミングを見計らって実施することが多い。また、塩分を含む路面水が橋脚等のコンクリート構造物に流出するのも、温度状況が凍結時でなく融解時であると推定される。そこで、コンクリート供試体に塩水を供給した後、コンクリートが凍結融解を受ける環境を想定した実験により、塩分浸透性を検討することとした。さらに、塩害防止を比較的安価に行えることで注目されている表面含浸材を塗布による遮塩性の検討も実施した。

2. 実験概要

水セメント比が 45%、目標スランプが 10cm、空気量が 5%、最大骨材寸法が 25mm コンクリートを作製した。供試体寸法は 10cm × 10cm × 20cm であり、10cm × 20cm の面を打設面とした。打設後、材齢 7 日まで密封養生を行い、その後 5 日間は実験室内で自然乾燥させた。打設底面を除き、エポキシ樹脂にて 2 回の塗装を実施して、打設底面を試験面とした。さらに、10cm × 20cm の試験面のうち、半分の 10cm × 10cm の範囲をディスクサンダーにて素地調整を実施した。この供試体に対して、含浸材の遮塩性を評価する供試体にはシラン系表面含浸材を塗布し、塩分浸透実験の供試体とした。

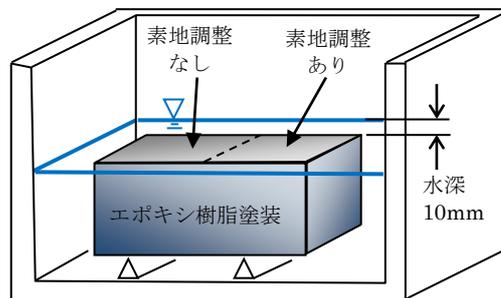


図-1 塩分供給方法

塩分浸透試験は、図-1 に示すように飽和塩化ナトリウム溶液に 30 分間浸漬させた後、コンクリート温度が図-2 に示すように供試体表面温度が +5℃ ~ -10℃ の範囲で変化するようプログラムされたプレハブ実験室内に 7 日間の凍結融解試験を行うことで 1 サイクルとして実験を行った。4 サイクルおよび 13 サイクルにて供試体を切り出し、表面から 10mm ごとにスライスして、塩化物イオン濃度を JIS A1154 の電位差滴定法により実施した。

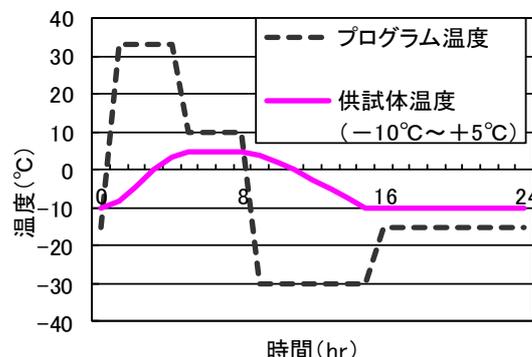


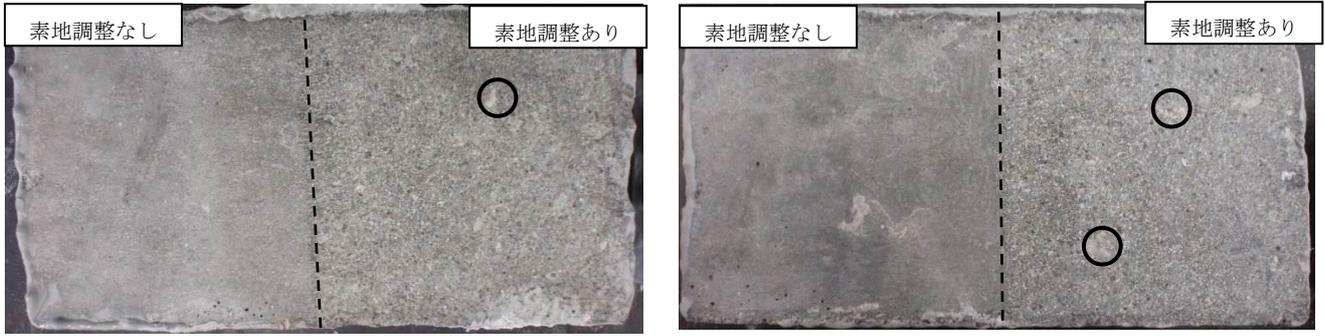
図-2 1日のコンクリート温度の変化
 (供試体温度を制御するためプレハブ内のプログラムは+33℃~-30℃に変化させた)

3. 結果および考察

図-3 は、13 サイクル終了後の試験面の様子である。一部に凍結融解作用によるものと推察されるモルタルのはく離が認められるものの、骨材のポップアウトやスケーリングのような顕著

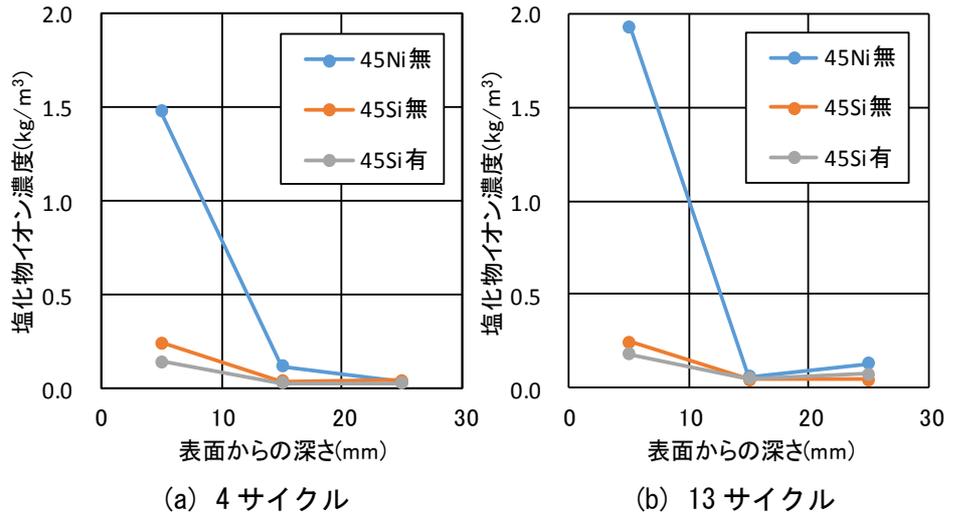
キーワード 凍結防止剤、塩害、表面含浸材、塩化物イオン濃度

連絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市字錦岡 443 苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 0144-67-8057



(a) 含浸材なし (b) 含浸材あり
 図-3 13 サイクル終了後の試験面の外観 (○印：モルタルのはく離)

な凍害劣化が発生しておらず、供試体を切断しても目視レベルでのひび割れの発生は認められなかった。モルタルのはく離は、粗骨材界面で発生しており、骨材界面のブリージングによる空隙が要因と推定される。しかし、このはく離は、ごく一部にのみ発生しているのみであるため、凍害による塩分浸透性への影響は大きくないと考えられる。この供試体について、素地調整を行っていない



(a) 4 サイクル (b) 13 サイクル
 図-4 塩化物イオン濃度

部分と行った部分から供試体を切り出し、塩分浸透量を確認した。なお、素地調整の有無の境界付近の 5cm 程度の範囲は、塩分試験の試料として使用していない。

図-4 は、4 サイクルおよび 13 サイクル終了後の供試体について、表面からの塩化物イオン濃度の変化を示したものである。記号は、45 : W/C=45%, Ni : 含浸材なし, Si : 含浸材塗布, 無 : 素地調整なし, 有 : 素地調整ありを示している。含浸材を塗布していない供試体では、表層部の 0-10mm の範囲で 1kg/m³ を超える塩化物イオン濃度になっており、試験サイクルが進むと増加する傾向を示している。また、表面から 10mm より深い範囲でも若干の塩分浸透が認められる。今回の実験では、30 分間の飽和塩化ナトリウム溶液に浸漬した後、+5°C から -10°C までを繰り返す試験を実施しているため、氷点下の温度になっている時間帯は毛細管空隙中の塩分を含む水の移動が抑制された可能性があり、内部への塩化物の浸透が少なかった要因の一つと考えている。含浸材を塗布したものについては、シラン系含浸材の撥水効果により、表層部の塩化物イオンの浸透も抑制されるという結果を得た。また、一般に含浸材の施工では、素地調整を行うことを原則とする製品が多く、今回使用した含浸材も素地調整を必要とするものであった。素地調整を行わずに含浸材を塗布した供試体では、若干であるが素地調整を実施したものより塩分の浸透が大きくなっており、素地調整の重要性が示された。

4. まとめ

- (1) 凍結融解を繰り返す環境下で、定期的に塩分の供給を行った場合、コンクリート内部への塩分の移動は比較的少ないようである。
- (2) 含浸材を塗布すると塩分浸透は非常に小さくなる。また、含浸材の施工には素地調整が重要である。

参考文献

[1] 藤川篤司, 渡辺暁央, 近藤崇, 石川裕一: 塩水流下によるコンクリート中の塩化物イオン浸透量に関する実験的検討, プレストレストコンクリート工学会 第 22 回シンポジウム論文集, pp. 173-176, 2013