

真水流下によるコンクリート構造物内の塩化物イオン濃度の変化について

Change of Chloride Ion in Concrete Structure by Fresh Water Flow Down

苫小牧工業高等専門学校 専攻科 環境システム工学専攻	○学生員	藤川篤司 (Atsushi Fujikawa)
苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科	正 員	渡辺暁央 (Akio Watanabe)
苫小牧工業高等専門学校 環境都市工学科	正 員	廣川一巳 (Kazumi Hirokawa)
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋	正 員	石川裕一 (Yuuichi Ishikawa)

1. はじめに

積雪寒冷地域の道路では、冬期間の路面凍結を防止する目的で凍結防止剤(主成分:NaCl)の散布が頻繁に行われている。それに伴い、道路橋などの鉄筋コンクリート構造物は、凍結防止剤の影響を受けて塩害が発生する。この種の塩害の発生経路は、凍結防止剤中の塩化物イオンが路面水に溶け、伸縮装置部の漏水箇所から流出することにより発生する。路面排水が流出した箇所は、湿潤する範囲と湿潤しない範囲に分かれ、塩化物イオンが浸透していく。この影響により湿潤する範囲は、同一箇所であるため、塩化物イオンの浸透量が多くなってしまい、また、実際の環境下では、雨水によってコンクリート構造物内に浸透した塩化物イオンが流出するものと考えられている。既往の研究では、塩化物イオンが含まれた水の流出により湿潤した範囲の境界付近で、塩化物イオン濃度が高くなることがわかっているが、その後の雨水による、コンクリート構造物内の塩化物イオンの流出については詳しく解明されていない。

そこで本研究では、凍結防止剤を含んだ路面水の流出による塩害を再現するため、橋脚や橋台を模したコンクリート供試体を用いて、塩水を流下させる実験を行った。また、その後の雨水によるコンクリート構造物内の塩化物イオンの流出性状を確認するために、真水を流下させる実験を行った。これにより、コンクリート構造物内に既に浸透した塩化物イオンが、真水の流下によりどのように濃度が変化するのかを解明することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

寸法が高さ 600mm×幅 400mm×厚さ 120mm で、W/C=55%のコンクリート供試体を打設した。打設後 1 週間の湿潤養生を行った後、3 ヶ月間、屋外にシートを覆って放置した¹⁾。塩水流下実験装置は、図-1 のように、供試体の型枠脱型面(600mm×400mm)の半分に塩水を流下させる装置を作製した。供試体型枠は、メタルフォームを使用し、塩水流下面は、600mm×200mm のメタルフォームを連結し、塩水流下の境界を型枠継目と一致させることにより、コンクリートの若干の盛り上がりを作ることで、供試体の半分のみに流下するようにした。流下させる塩水濃度の設定根拠は、参考文献 2)より決定した。つまり、凍結防止剤が散布された直後の路面水の塩化物イオン濃度は 5~6%程度になり、その後、降雪や通行車両の影響により路面水は希釈され、塩化物イ

オン濃度が 1~2%になると追加散布が行われる。今回の実験では、凍結防止剤を含む水が橋脚や橋台に流出する現象を再現するため、平均値である 3.5%の濃度の塩水を使用した。

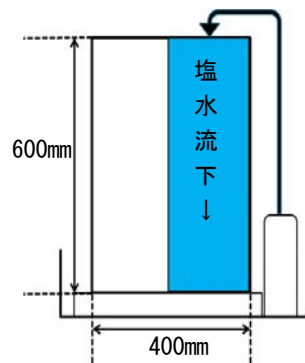


図-1 塩水流下実験装置

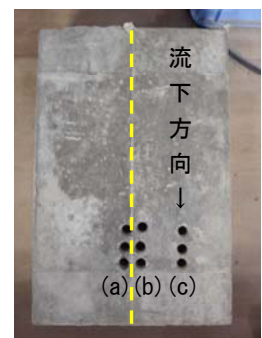


写真-1 粉末試料採取位置

2.2 塩水・真水流下実験

塩水と真水はポンプを用いて循環させ、 $1.0 \pm 0.1 \text{ l/min}$ の流量を流下させた。塩水の流下頻度は、1 日の塩水流下と 6 日間の放置(室内での自然乾燥)³⁾を繰り返すものを 1 サイクルとし、12 サイクル行った。その後、雨水による塩化物イオン濃度の変化を調べるため、真水を塩水と同じサイクルで 12 サイクルの流下実験を行った。塩水・真水流下実験開始後、1 サイクル毎に外観の目視観察を実施した。

2.3 塩化物イオン濃度試験

4 サイクル毎に塩水流下の境界付近での数か所において、JSCE-G 573-2003 に従い $\phi 20 \text{ mm}$ のドリルを使用して、深さ 0-20mm, 20-40mm, 40-60mm, 60-80mm で粉末試料を採取し、JIS A 1154 に従い塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法による塩化物イオン濃度試験⁴⁾を実施した。塩分浸透の経時変化を比較するため、塩水流下後の 4 サイクル(以下、1 ヶ月)、8 サイクル(以下、2 ヶ月)、12 サイクル(以下、3 ヶ月)と、真水流下後の 4 サイクル(以下、3+1 ヶ月)、12 サイクル(以下、3+3 ヶ月)での 5 回の試料採取を行った。採取位置は写真-1 のように、(a)塩水流下境界外側、(b)塩水流下境界内側、(c)塩水流下部の 3 ヶ所で行い、供試体の下から順に位置を変化させて削孔した。また、削孔後は補修を行い、削孔を通じて塩分が浸透しないようにした。

3. 結果及び考察

図-2 は、塩水・真水流下実験後の、コンクリート供試体内の塩化物イオン濃度の変化を、採取場所別に示したものである。真水を流下させた場合、塩水流下境界外側の表面において、塩化物イオンの浸透量は大きく減少していた。この原因として考えられるのは、コンクリート供試体表面上に付着していた白華が真水流下により流出したためと推察される。この白華はX線回折によりNaClが主成分であることを確認している。また、1ヵ月の真水流下では、塩水流下境界内側と塩水流下部の表面から20mmまでに浸透した塩化物イオンは流出しなかった。しかし、3ヵ月間の真水流下を行った場合には、すべての採取位置の塩化物イオン濃度は、最初の1ヵ月間で浸透した塩化物イオン量よりも低い値となった。この結果より、コンクリート構造物に浸透した塩化物イオンのうち、表面付近に浸透したものについては、真水の流下に伴い、流出することが確認された。20mmより深い部分の塩化物イオン濃度については、ほぼ変化がないことがわかる。つまり表面に付着していた塩化物イオンが流出しただけで、表面から20mm以上内部へと浸透している塩化物イオンに関しては、雨水によりあまり流出せずにコンクリート構造物内に蓄積し続けることを示唆している。

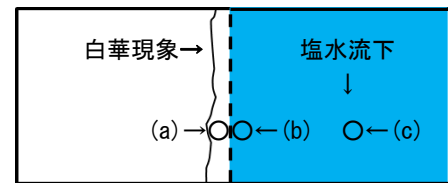
4. まとめ

本研究では、凍結防止剤を含んだ路面水の流出による塩害と、その後発生しうる、雨水によるコンクリート構造物内の塩化物イオンの流出する現象を再現するため、コンクリート供試体に塩水と真水を流下させる実験を行い、供試体内の塩化物イオン濃度を測定した。結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 真水流下実験では、20mmより深い範囲に浸透した塩化物イオンについては、流出せずに内部に蓄積することを示した。
- 2) 3ヵ月間の真水流下により、供試体表面から20mmまでの塩化物イオンの量は、最初の蓄積した量よりも減少していることが確認された。
- 3) 1ヵ月間の真水流下では、内部へと浸透した塩化物イオンは流出しないことがわかった。

参考文献

- 1) 渡辺暁央, 廣川一巳, 石川裕一, 青山實伸, 梶原慎平: 塩分供給境界における塩分拡散に関する実験的検討, 土木学会第65回年次学術講演会論文集, pp.359-360, 2010
- 2) 青山實伸, 松田哲夫: 凍結防止剤によるコンクリート構造物への塩分浸透性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.807-812, 2004
- 3) 渡辺暁央, 小保田剛規, 河野成弘: 凍結防止剤による下部工の塩化物イオンの浸透性に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.741-746, 2008
- 4) 土木学会: コンクリート標準示方書〔規準編〕, 2010



◎：試料採取位置

(a) 塩水流下境界外側

(b) 塩水流下境界内側

(c) 塩水流下部

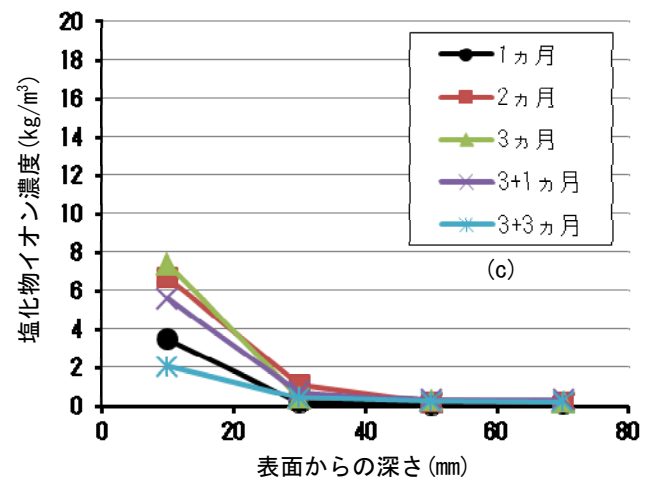
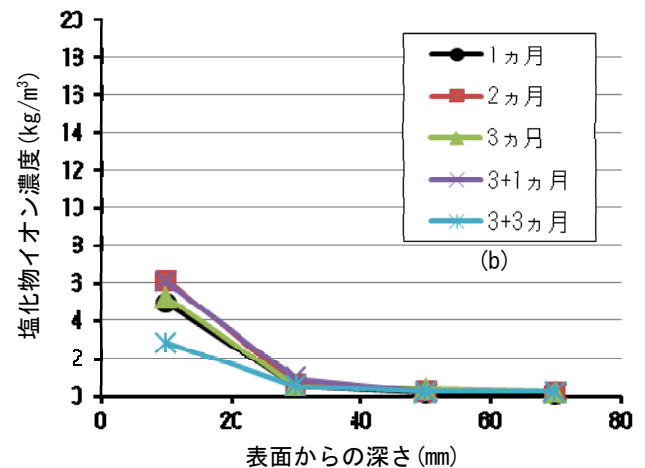
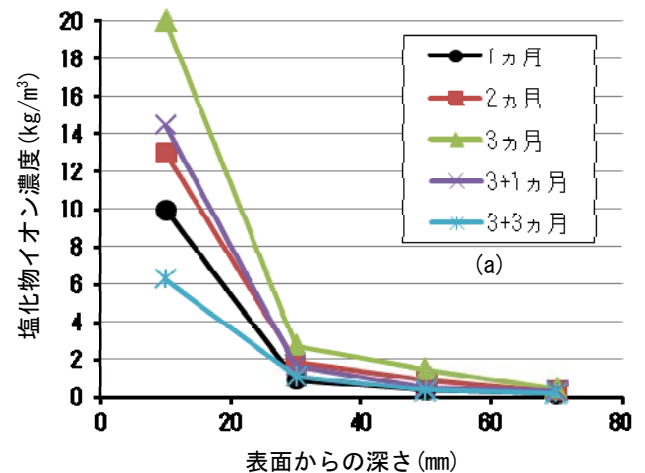


図-2 塩化物イオン濃度試験結果