

凍結防止剤の種類が鉄筋コンクリートの鋼材腐食等に及ぼす影響

首都高速道路技術センター 正会員 ○加藤穰 正会員 田嶋仁志
首都高速道路 正会員 臼井恒夫 日本大学 正会員 子田康弘 正会員 岩城一郎

1. はじめに

近年、積雪寒冷地域を中心とした凍結防止剤を散布する地域の鉄筋コンクリート(以下、RC)構造物において、凍結防止剤を散布による塩害が報告されている¹⁾。凍結防止剤には、主としてNaClが使用され、RC部材への侵入により鋼材腐食が顕在化しており、それを抑制する凍結防止剤に注目が集まり始めている²⁾。しかし、凍結防止剤の種類によるRC部材への影響に関しては同一条件で試験した例はなく、特に防錆剤を添加した塩化物系凍結防止剤についての評価は十分に行われていない現状にある。そこで本研究では、防錆効果を付与した凍結防止剤(NaCl)や非塩化物系材料といった各種凍結防止剤を用いた際のRC部材への侵入と鋼材腐食に関する実験的な検討を行った。本実験では、各種凍結防止剤を用いたRC供試体による塩害促進試験を実施し、その塩化物イオン濃度分布と鋼材腐食の程度を比較検討した。

2. 実験概要

表-1に、本研究で使用した凍結防止剤と実験条件を示す。表より、凍結防止剤の種類は、NaClと、NaClを主成分とし防錆剤を添加したもの(以下、防錆Aと防錆B)の2種類、および鋼材の発錆が生じないとされている非塩化物系の酢酸ナトリウムとCMA(カルシウム・マグネシウム・アセテイト)の計5種類とした。コンクリートは、水セメント比(以下、W/C)を65%と、比較用に55%とした。表-2に、配合とフレッシュ性状を示す。

塩害促進試験は、室温50℃、相対湿度60%の一定に制御された大型環境試験装置内で、10%の各種凍結防止剤溶液に各供試体を浸漬させ、3.5日毎に乾燥と湿潤を繰り返す塩害促進試験と、屋外に静置した自然曝露試験(この試験は溶液散布)で行った。図-1に、供試体形状を示す。図より、長さ400mm、幅100mm、高さ56mmの角柱供試体中にD13(SD295A)を純かぶり18mmとして2本設置したものであり、1条件につき3体とした。また、ひび割れからの凍結防止剤溶液の侵入による鋼材腐食を評価するひび割れ供試体も準備した。図-2は、ひび割れの保持方法であり、0.2mm幅のひび割れを保持するようボルトで供試体端部を固定した。これら供試体は、打込み面以外をエポキシ樹脂でシールし塩分侵入面を打込み面の一面のみとした。試験の評価は、促進開始から91日目と182日目に各条件より1体ずつ鉄筋を取り出し、腐食状況の観察と鋼材腐食減量試験を行った。なお、ひび割れ試験は182日目に評価を行った。本稿では、促進開始91日目の結果を示す。

3. 実験結果及び考察

図-3に、表層からの塩化物イオン濃度分布を示す。図より、W/C=65%の表面付近の濃度は50kg/m³と高濃度の塩化物が蓄積していた。鉄筋位置においても促進試験を行った供試体は10~20kg/m³前後の濃度であり、鉄筋

表-1 実験条件

	試験条件			凍結防止剤の種類					W/C(%)	
	基本試験 (塩害促進)	ひび割れ 試験 (塩害促進)	自然暴露 試験	NaCl	防錆 A	防錆 B	酢酸 ナトリウム	CMA	65	55
1	○			○	○	○	○	○	○	
2	○			○	○					○
3		○		○	○				○	
4			○	○	○				○	

表-2 コンクリートの配合とフレッシュ性状

W/C (%)	Gmax (mm)	スランブ (cm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)						フレッシュ性状	
				W	C	S①	S②	G	減水剤	スランブ (cm)	空気量 (%)
65	20	12.5±2.5	4.5	172	266	438	427	1005	3.990	13.0	4.9
55					314	417	409	1005	4.710	14.0	4.5

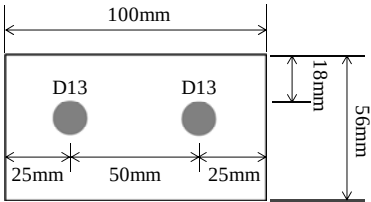


図-1 供試体断面図

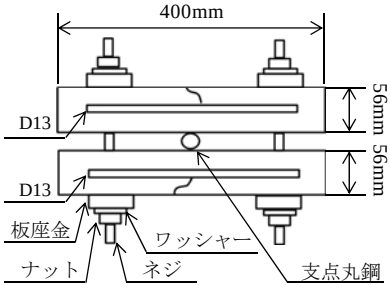


図-2 ひび割れ供試体概要

が腐食環境下にあることが確認された。一方、 $W/C=55\%$ については、 $W/C=65\%$ と比べ塩化物の侵入の程度は小さいが表面付近で $20\sim 30\text{kg/m}^3$ 前後の塩化物の蓄積が確認された。凍結防止剤に着目すると、 NaCl と、防錆 A および防錆 B の間の塩化物イオン濃度分布に明らかな差異は認められなかった。写真-1 に、解体直後の腐食状況の例を示す。写真のように塩化物系の凍結防止剤では、腐食が観察され、反対に非塩化物系には腐食は観察されておらず、促進 91 日目で凍結防止剤の種類による違いが生じた。

図-4に、試験開始後91日目の腐食減少率を示す。各供試体には鉄筋を2本ずつ設置しており、それぞれをNo.1, No.2と記し、これらの平均値も併せて示す。図より、腐食ひび割れの発生が確認された NaCl の $W/C=65\%$ と 55% 、そして防錆Bにおいては、 1.0% を超える腐食減量率が示された。非塩化物系であるCMAに関しては、No.2で 0.5% 程度の腐食減量率となっているがこの値は小さく、写真-1のように腐食は確認されておらず、ばらつきの範囲と解釈された。また、酢酸ナトリウムについては、解体直後の観察と腐食減量率より鋼材腐食は認められなかった。次に、試験条件に着目すると、自然暴露試験は基本試験に比べると腐食の程度は小さいが、防錆Aに鋼材腐食が確認された。ただし、その値は NaCl に比べ小さい結果であった。

図-5に、防錆効果を評価するため $W/C=65\%$ を対象に凍結防止剤それぞれの平均値の比較を示す。腐食減少率は、 NaCl が 0.78% 、防錆Aが 0.70% 、防錆Bが 0.74% と、塩害促進環境下においては防錆効果を付与したものが鋼材腐食を抑制するという傾向は明確には示されなかった。これに対して、非塩化物系である酢酸ナトリウムやCMAは材料の性質の通り、鋼材の腐食を防ぐ効果が確認された。

4. まとめ

本研究より、RC 部材への塩分侵入は、 NaCl と防錆剤を添加した NaCl で濃度分布に違いはなく、RC 部材への塩分侵入対策として防錆剤添加 NaCl を使用することは難しい。また、塩害促進 91 日目において塩化物系の NaCl に鉄筋に腐食が認められ、防錆 A と防錆 B という防錆効果を付与した凍結防止剤にも NaCl と同程度の腐食が認められた。すなわち、防錆剤を添加した凍結防止剤は、鋼材腐食対策として本実験の範囲内ではその有用性が評価されず、使用に当たっては防錆効果が発揮される環境条件評価といった再検討が必要と判断される。一方で、非塩化物系の酢酸ナトリウムおよび CMA は、凍結防止剤成分の通りに鋼材腐食は生じておらず、塩害の防止という観点からは有効といえる。

参考文献

- 1) 本荘清司他：凍結防止剤によって塩害劣化した鋼橋 RC 床版の詳細調査，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 10 巻，pp.51-56，2010。
- 2) 小山田哲也他：凍結防止剤がコンクリートの凍害に及ぼす影響，コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会報告書，pp.21-24，2008。

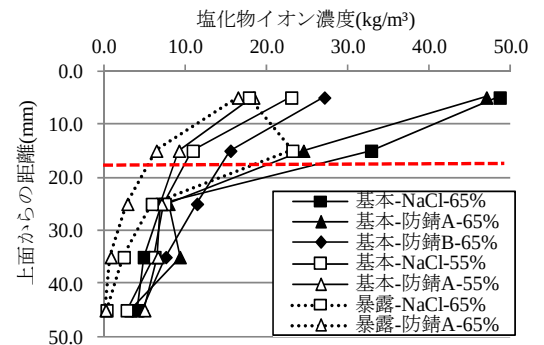


図-3 塩化物イオン濃度

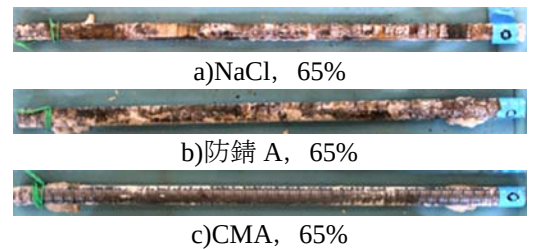


写真-1 鋼材腐食状況例(基本試験)

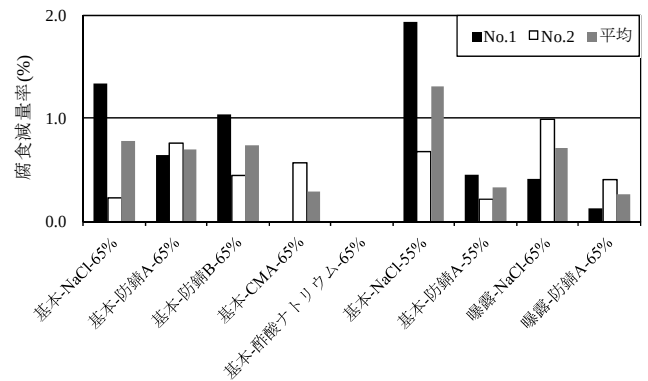


図-4 腐食減量率の比較

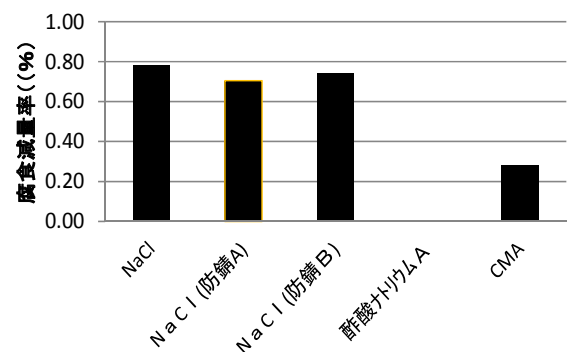


図-5 $W/C=65\%$ に着目した腐食減量率の比較