新たな非塩化物系凍結防止剤の鋼材腐食性に関する検討

岐阜大学大学院　学生会員　○蓮池 里菜
岐阜大学　正会員　木下 幸治
（株）興栄コンサルタント　正会員　畑佐 陽祐

1. はじめに

道路の凍結防止の為に，塩化ナトリウムなど塩化物系の凍結防止剤が散布されている．それらに含まれる塩化物が鋼材腐食を促進し，構造物の耐久性・供用年数を低下させ，ライフサイクルコストを下げる結果となっている．そこで著者らは，食品添加物として利用されており材料費の低減が期待される，プロピオン酸ナトリウムを利用した新しい非塩化物系凍結防止剤に着目した[1)]．これまでにも非塩化物系凍結防止剤の利用が考えられてきたものの，材料費が高額という理由で継続利用がされていない．よって，材料費の低減と，散布費用と劣化抑制効果を加味した維持管理のトータルコストに基づいて，非塩化物系凍結防止剤を利用する優位性を示す必要があると考えた．また，実橋梁での使用状況を考えると，冬季中散布され続けるため長期的な影響を把握する必要があると考える．更に，既に錆が存在する状態で凍結防止剤を使用する場合の影響も考慮する必要があると考えられる．

本研究では，凍結防止剤による長期的な影響と，構造物に既に存在している錆の影響を加味した非塩化物系凍結防止剤による鋼材の腐食劣化抑制効果について明らかとすることを目的とする．

2. 対象とする凍結防止剤

本研究では，以下を主原料とする凍結防止剤を対象とする．非塩化物系凍結防止剤として，プロピオン酸ナトリウム（以下，プロナト），酢酸カルシウム・マグネシウム（以下，CMA），酢酸ナトリウム（以下，酢酸ナト），ギ酸ナトリウム（以下，ギ酸ナト），尿素を対象とする．塩化物系凍結防止剤として，塩化ナトリウム（以下，塩ナト），塩化カルシウム（以下，塩カル），塩化マグネシウム（以下，塩マグ）を対象とする．また，非塩化物系のプロナトと，塩化物系の塩ナトを 2:8 の割合で配合したプロナト 20[1)]も対象とする．これは，塩ナトに比べて高額であるプロナトの使用量を減少させながら，腐食を抑制することが狙いである．さらに比較対象として，水道水でも同様に試験を行う．

3. 試験方法

試験体は，60mm×60mm×2.3mm の鋼板とする．試験体は，サンドブラストにより黒皮を除去した試験体(ブラスト試験体)と，黒皮除去後に塩化ナトリウム水溶液に 1 週間浸漬し錆を発生させた試験体(錆生成済試験体)の 2 種類とした．試験方法は，凍結防止剤の耐腐食性試験方法として用いられている乾湿繰り返し試験[2)]を参考に，以下のとおりとした．

1) 蒸留水 100cc に対し，各試料を 3.0g の割合で希釈した水溶液を用意する．ただし，水道水は，採取したものをそのまま用いる．
2) それぞれの水溶液に試験片を入れ，1 分浸漬した後，取り出して 1 日室内で暴露する．
3) これを 20 日間行い，図-1 のように試験片を 10%クエン酸水素二アンモニウム溶液（60℃）に適当時間浸漬し，錆を除去する[3)]．
4) 錆を除去した試験体を乾燥させ，重量を測定し，試験前後の重量変化から腐食減少量を算出する．

図−1 酸洗い時

キーワード：腐食，鋼材，凍結防止剤
連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1　岐阜大学工学研究科 社会基盤工学専攻　TEL：058-293-2424

4. 試験結果

図-2 に，ブラスト試験体の試験後の外観を示し，表-1 にブラスト試験体，錆生成済試験体の腐食減少量を示す．非塩化物系凍結防止剤と水道水の試験体では目立った錆は見られない．プロナトは，水道水や他の非塩化物系凍結防止剤と比較しても錆が少ない結果となった．プロナト 20 と塩ナトを比較すると，プロナト 20 の方が塩ナトよりも多少錆が少ないものの，塩ナトに近い錆び方となった．塩化物系凍結防止剤では全面的に錆びており，塩ナト，塩マグと比較して塩カルが最も錆びていた．

7 日間の試験を行った既往の研究結果[1]と，本研究結果を比較した図を図-3 に示す．プロナトおよびプロナト 20 に着目すると，既往の 7 日間試験における 10cm^2 当たりの腐食減少量は，それぞれ塩ナトの 1%程度，20%程度だったが，今回 20 日間の実験を行った結果では，それぞれ塩ナトの 21%程度，73%程度となり，試験期間の長期化により差が減少する結果となった．この傾向は他の非塩化物系凍結防止剤についても同様であり，既往の研究結果[4)等]と比較すると，長期間の試験では非塩化物系凍結防止剤と塩化物系凍結防止剤との腐食減少量の差が小さくなることが分かった．

また，錆生成済試験体においても，各凍結防止剤で同様の傾向を見ることができた．これより，既に錆が生成している構造物に対しても，非塩化物系凍結防止剤を用いることで腐食をある程度抑制することが見込まれる．

以上の結果より，非塩化物系凍結防止剤の利用によって，鋼材の腐食は抑制されているが，その影響は長期化に伴い減少していくと考えられる．今後，錆の生成過程をモニタリングしつつ，さらに長期的な実験を行い，検討を深める．

表-1 腐食減少量

凍結防止剤	腐食減少量[g]	
	ブラスト	錆生成済
プロナト	0.18	0.01
プロナト20	0.63	0.47
酢酸ナト	0.18	0.00
ギ酸ナト	0.15	0.01
尿素	0.16	0.03
CMA	0.17	-0.04
塩ナト	0.86	0.78
塩カル	0.97	0.77
塩マグ	0.74	0.43
水道水	0.14	-0.01

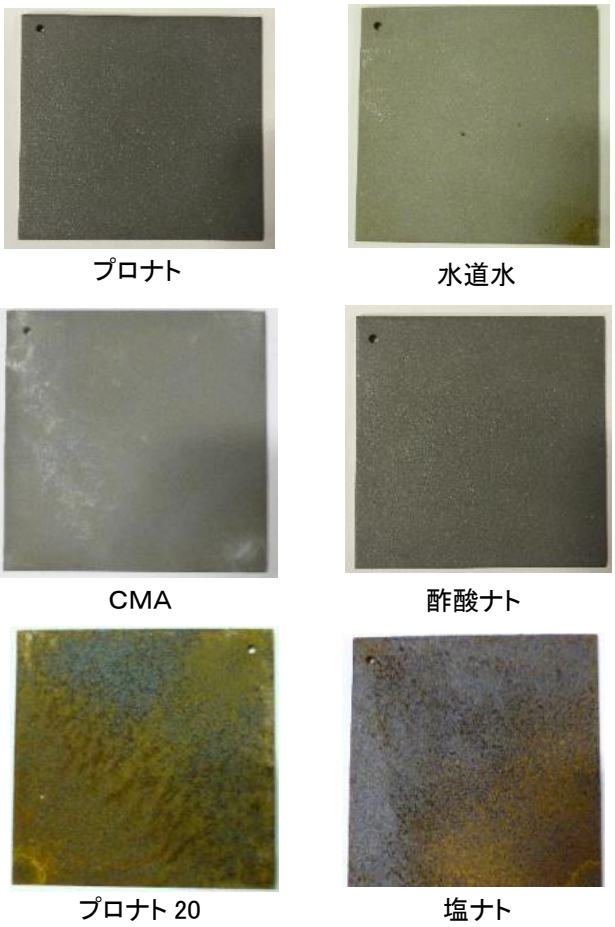

図-2 試験体の外観

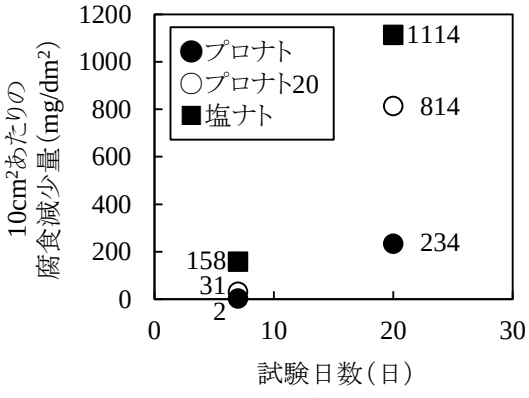

図-3 既往の試験[1)]との比較

参考文献

1) 佐藤ら：新たな非塩化物系凍結防止剤の開発に関する研究，北海道の雪氷，2015

2) 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構：凍結防止剤の耐腐食性試験方法（乾湿繰返し）

3) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準（案），技報堂，1987

4) 高木ら：凍結防止剤の金属腐食防止に関する一考察，土木学会第 49 回年次学術講演会，1994