防錆剤を添加した塩化物系凍結防止剤の鋼材腐食劣化特性

岐阜大学　学生会員　○竹尾拓真　　岐阜大学　正会員　木下幸治
岐阜大学　学生会員　蓮池里菜　　（株）興栄コンサルタント　正会員　畑佐陽祐

1. はじめに

我が国では，冬季の道路凍結防止の為に塩化ナトリウム等の塩化物系凍結防止剤が多く散布されている．一方，これにより道路構造物等の腐食が発生しており，その腐食の抑制を目的に，非塩化物系凍結防止剤や塩化物系凍結防止剤に添加して使用する防錆剤の開発が行われている．非塩化物系凍結防止剤について，塩化物系凍結防止剤と非塩化物系凍結防止剤の混合割合を 9:1 とした凍結防止剤の散布による効果検証が実橋梁で進められ，腐食の抑制が確認されている[1]．これに対し，この混合凍結防止剤と，防錆剤を 1%添加した塩化物系凍結防止剤を用いて腐食促進試験を実施した結果，9:1 の混合凍結防止剤と比較して防錆剤の 1%添加による腐食の抑制効果は確認されなかった．

そこで本研究では，効果的な防錆剤の添加量を明らかとすることを目的に，防錆剤の添加量を変化させた凍結防止剤を用いて，塗装鋼材および亜鉛めっき鋼材に対して室内腐食試験を実施し，外観観察，質量増加量，塗装の膨れ幅および膜厚に基づき鋼材腐食劣化特性を評価する．

2. 試験方法

2.1. 試験体の概要

図 1 に試験体寸法を示す．塗膜に傷が入った場合の腐食状態を把握するため，**図 1** に示すように JIS Z2371 の規定の従い，クロスカット（線長 40mm）を設けた[2]．防錆剤の添加量の検討，および非塩化物系凍結防止剤との比較を行うため，対象とした凍結防止剤は**表 1** に示す 9 種類とした．

2.2. 腐食促進試験方法

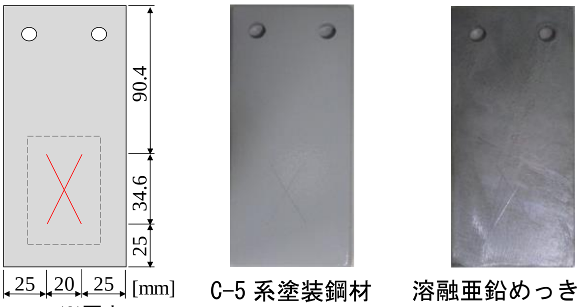
腐食促進試験は，これまでの研究[3]と同様に，1 日 1 回，試験体を 3%濃度の各水溶液へ 1 分間浸漬し，それ以外の時間は気中に曝露するサイクルを 150 日間行う．試験環境は温度 40℃，湿度は塩化ナトリウムの吸湿臨界湿度である相対湿度 74%以上とする．

表 1 試験体一覧

試験体		対象とする凍結防止剤
塩化物系凍結防止剤		塩化ナトリウム（塩ナト）
防錆剤添加	1%	塩ナト（34.0g）に防錆剤を1%（0.34g）添加
	2%	塩ナト（34.0g）に防錆剤を2%（0.68g）添加
	5%	塩ナト（34.0g）に防錆剤を5%（1.70g）添加
	10%	塩ナト（34.0g）に防錆剤を10%（3.40g）添加
非塩化物系凍結防止剤		プロピオン酸ナトリウム（プロナト）
塩化・非塩化混合凍結防止剤	9：1	塩ナト：プロナト=9:1
	5：5	塩ナト：プロナト=5:5
	1：9	塩ナト：プロナト=1:9

表 2 計測項目

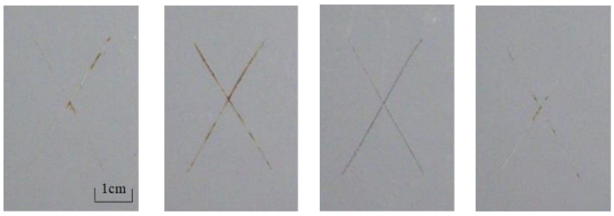
計測項目	計測方法	計測サイクル
外観観察	デジタルカメラで写真撮影	試験開始から1週間ごと
質量増加量	はかりで重量計測	
塗装の膨れ幅	板厚方向に電子ノギスで計測	
膜厚	試験体表面を膜厚計で計測	



C-5 系塗装鋼材　溶融亜鉛めっき鋼材

※厚さ 8mm

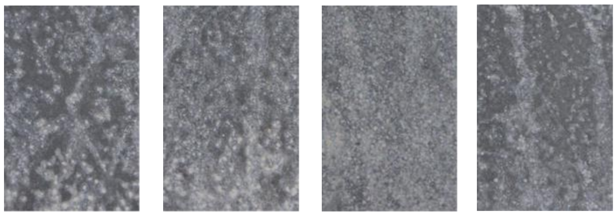
図 1　試験体および試験体寸法



塩化物系凍結防止剤　防錆剤添加 1%　防錆剤添加 10%　9:1

※図 1 の点線範囲内を拡大

図 2　112 日経過後の塗装鋼材の外観



塩化物系凍結防止剤　防錆剤添加 1%　防錆剤添加 10%　9:1

※図 1 の点線範囲内を拡大

図 3　112 日経過後の亜鉛めっき鋼材の外観

2. 3. 腐食速度の評価方法

表 2 に計測項目を示す．塗装の膨れ幅は，クロスカット部の交点からカット線上に 10mm 離れた 4 箇所を計測する．膜厚は，上記 4 箇所に加えて試験体上部の 6 箇所を計測する．

3.　試験結果

3. 1. 外観観察

図 2，**図 3** に塗装鋼材と亜鉛めっき鋼材の塩化物系凍結防止剤，防錆剤添加 1%および 10%，9:1 の試験体のクロスカット部の外観写真を示す．発錆状況について，塗装鋼材では，塩化物系凍結防止剤，防錆剤添加 1%では 9:1 と同様に赤さびが発生しているが，防錆剤添加 10%では発生していなかった．これより，防錆剤を 1%添加することで 9:1 と同等の効果を得ることが可能であった．一方亜鉛めっき鋼材では，全試験体で試験体表面に赤さびではなく，亜鉛の腐食による白さびが発生していた．発錆状況については塗装鋼材と同様であり，防錆剤添加 1%によって 9:1 と同等の効果を得ることが可能であった．

3. 2. 質量増加量

図 4，**図 5** に 112 日経過後の塗装鋼材と亜鉛めっき鋼材の質量増加量の推移を示す．塩化物系凍結防止剤の質量増加量を 100%とすると，塗装鋼材では，防錆剤添加 1%～10%の質量増加量はそれぞれ 98%，87%，85%，65%となった．9:1 は 89%となっており，防錆剤添加 2%と同程度の結果であった．亜鉛めっき鋼材では，防錆剤添加 1%～5%では塩化物系凍結防止剤と同等の質量増加量であり，防錆剤の添加による質量増加量の低減は確認されなかった．一方，防錆剤添加 10%では 64%となっており，これは 9:1 の 80%と比較して防錆剤添加 10%が最も近い結果であった．

3. 3. 塗装の膨れ幅

図 6 に 112 日経過後の塗装鋼材の両面の膨れ幅の平均値とその標準偏差を示す．両面ともに塩化物系凍結防止剤は 0.13mm 程度で最も膨れ幅が増加していた．これに対し，防錆剤を 2%添加することで 0.09mm 程度に抑えることができ，これは 9:1 と同等の膨れ幅であった．一方，亜鉛めっき鋼材はどの試験体も膨れ幅は増加しなかった．これは，亜鉛めっき鋼材特有の犠牲防食作用により，鋼材自体に腐食が生じなかったためと考えられる．

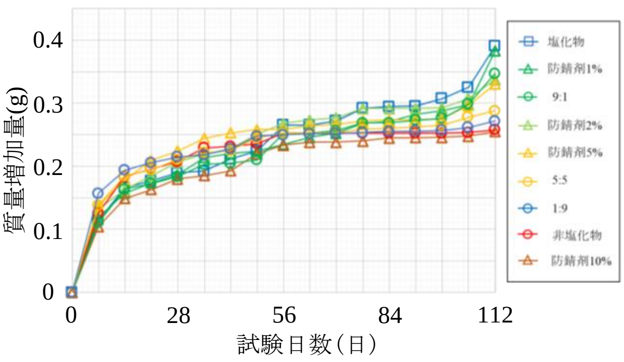


図 4　112 日経過後の塗装鋼材の質量増加量

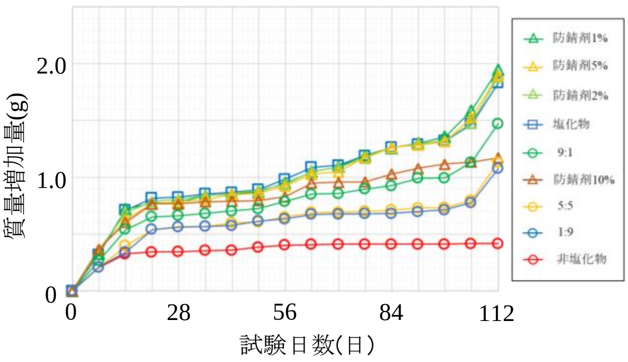


図 5　112 日経過後の亜鉛めっき鋼材の質量増加量

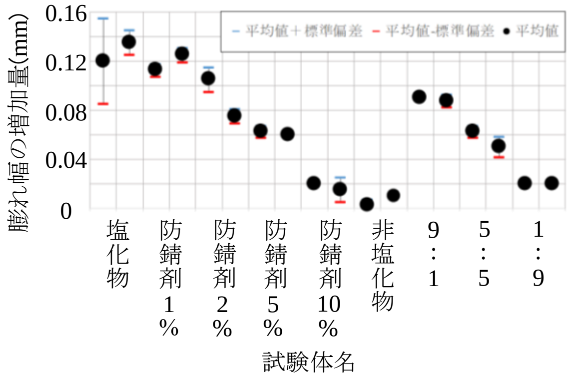


図 6　112 日経過後の塗装鋼材の膨れ幅の増加量

4.　結論

現時点の結果から，塗装鋼材には防錆剤添加 2%，が効果的な添加量ではないかと考えられる．一方，亜鉛めっき鋼材には，鋼材自体に腐食が生じていないために，引き続き腐食促進試験および経過観察を継続した後に検討したい．

参考文献

1)NEXCO 中日本ニュースリリース：http://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/4445.html
2)伊藤義人，坪内佐織，金仁泰：環境促進実験による塗替え塗装鋼板の腐食劣化特性に関する研究，土木学会論文集 A VOL.64 No.3，pp.556-570，2008
3)蓮池里菜，木下幸治，畑佐陽祐：塩化・非塩化混合凍結防止剤による腐食生成物の組成に基づく検討，鋼構造年次論文報告集，第 26 巻，pp.762-767，2018