

防錆剤混入モルタルの防錆剤拡散性状の評価

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 正会員 ○平野 誠志
中日本高速道路 非会員 小林 大助
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 正会員 青山 實伸

1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋をはじめとする RC 構造物では、凍結防止剤による塩害が進行している。特に RC 道路橋の桁端部付近の損傷は著しく、写真 1 に示すとおり、かぶりコンクリートのはく落・鉄筋腐食が見られ、鉄筋位置を超える深部にまで高濃度の塩分浸透が確認されている。これらの損傷特徴から、RC 構造物の補修工法は、厳しい塩害環境下においても再腐食の発生を抑制する防錆剤混入ポリマーセメントモルタル（以下、防錆剤混入モルタル）を用いた断面修復工法及び貼付工法が有効であると考ええる。しかし、上記補修工法は、防錆剤（LiNO₂）内の亜硝酸イオン（以下、防錆成分）が拡散浸透し鉄筋の再不動態化を促進することを目的としているが、実構造物における防錆剤の拡散性状が十分解明されていないのが現状である。本研究では、実際の RC 道路橋で防錆剤混入モルタルを用いた断面修復工法及び貼付工法について、補修後 3～4 年経過時点のコアを採取し、防錆剤拡散性状の把握・評価を行った。



写真 1 損傷状況(例)

表 1 評価ケース

評価ケース			橋梁	補修 深さ (mm)	LiNO ₂ 混入量 (kg/m ³)	施工年度 (経過年数)
1	2	3				
拡散係 数Dcの 算出	高濃度	断面修復	A橋	45	50.0	H17(3年)
		貼付	A橋	10	55.0	H16(4年)
	低濃度	断面修復	B橋	10	55.0	H16(4年)
			A橋	80	3.1	H17(3年)

2. 評価概要

評価ケースを表 1 に、採取コアの分析概要を図 1 に示す。評価ケース 1 は、現状の防錆成分の拡散状況から防錆剤混入モルタル部と既設コンクリート部の見かけの拡散係数 Dc を算出し浸透性状を評価する。評価ケース 2 は、亜硝酸リチウム（以下、防錆剤）を施工可能な最大混入量である 50～60kg/m³ 程度混入した場合（以下、高濃度）と、防錆剤の混入量が 3kg/m³ 程度の場合（以下、低濃度）を比較し、防錆剤混入量の違いによる拡散状況の評価する。評価ケース 3 は、補修方法が、塩分浸透が進んだ既設コンクリートを除去した後に防錆剤混入モルタルによる断面修復工法を実施した箇所と、防錆剤混入モルタルをコンクリート表面に貼り付けた貼付工法を比較し、断面修復工法と貼付工法の違いによる拡散性状の評価する。

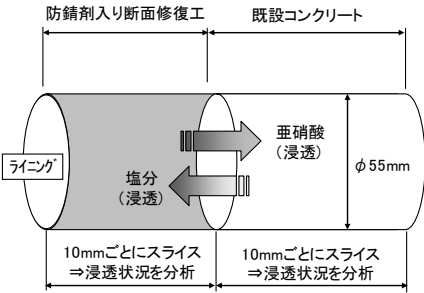


図 1 採取コアの分析概要

$$C(x,t)=C_0\left(1-\operatorname{erf}\frac{x}{2\sqrt{Dc\cdot t}}\right)+C(x,0)$$

..... (式 1)

$C(x,t)$: 深さ(cm), 時刻 (年) における
亜硝酸イオン濃度 (kg/m³)

C_0 : 表面の亜硝酸イオン濃度 (kg/m³)

Dc : 亜硝酸イオンの見かけの拡散係数
(cm²/年)

erf : 誤差関数

キーワード 塩害, RC 構造物, 防錆剤, 拡散係数, 亜硝酸イオン

連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋金沢支店 TEL076-264-7872

3. 評価結果

3.1 防錆剤の拡散性状

防錆成分の拡散状況を図2に示す。防錆剤混入濃度の違いにより浸透状況は異なるが、いずれも防錆成分が既設コンクリート内部に浸透していることが確認できる。また、防錆剤の拡散状況を基に、防錆成分の拡散係数 D_c を防錆剤混入モルタル部と既設コンクリート部について推定した。推定結果を表2、推定結果に基づく防錆剤の拡散性状と実測の比較を図3に示す。比較結果より、いずれの箇所でもほぼ同じ拡散性状を示しており、推定した拡散係数 D_c は実際の拡散性状を反映していると推察する。また、防錆剤混入モルタルの拡散係数 D_c の平均は $0.07\text{cm}^2/\text{年}$ 、既設コンクリートの場合は $0.75\text{cm}^2/\text{年}$ であった。この結果を比較すると、既設コンクリートに比べ防錆剤混入モルタルは「10倍以上拡散しにくい」結果となった。

3.2 防錆剤混入量の違いによる比較

既設コンクリート部における防錆剤混入量の違いによる亜硝酸イオンの拡散係数 D_c の比較を図4に示す。高濃度の拡散係数 D_c の平均は $0.92\text{cm}^2/\text{年}$ 、低濃度は $0.22\text{cm}^2/\text{年}$ であった。この結果より、高濃度の方が低濃度に比べ「約4倍拡散しやすい」結果となった。なお、防錆剤混入モルタルの場合は、混入量の違いによる差は認められなかった。

3.3 補修工法の違いによる比較

防錆剤混入が高濃度の場合において、既設コンクリート部における補修工法の違いによる亜硝酸イオンの拡散係数 D_c の比較を図5に示す。貼付工法の拡散係数 D_c の平均は $1.06\text{cm}^2/\text{年}$ 、断面修復工法は $0.66\text{cm}^2/\text{年}$ であった。この結果より、補修工法の違いによる差は1.6倍程度と「ほぼ同等の値」と評価する。なお、防錆剤混入モルタルの場合は、補修工法の違いによる差は認められなかった。

4. 考察

防錆剤混入モルタルを用いた補修工法は、補修後3～4年経過時点で、防錆剤は確実に既設コンクリートに拡散していることが確認できた。防錆剤混入モルタル部の方が防錆剤が拡散しにくい理由は、コンクリートに比べ緻密なポリマーセメントを用いているためと推察する。防錆剤混入量に関しては、高濃度の防錆剤を混入した方が確実に防錆成分が浸透すると評価する。補修工法に関しては、拡散係数の差がほぼ同等となり、補修工法による拡散性状の違いは確認できないと評価する。

5. まとめ

今回の評価結果より、防錆剤混入モルタルを用いた補修工法は、いずれも防錆剤の拡散浸透を確認できた。防錆剤混入モルタル部の亜硝酸イオンの平均拡散係数は $D_c=0.07\text{cm}^2/\text{年}$ であった。また、高濃度の防錆剤を混入した方が確実に防錆成分が浸透することを確認した。

参考文献

・青山實伸ほか：防錆剤混入モルタルによるコンクリート中への防錆剤の浸透性評価 土木学会年次学術講演会 V-275 2006

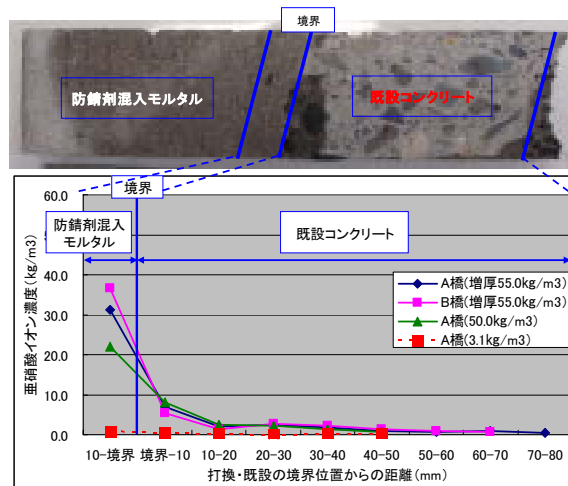


図2 防錆成分の拡散状況

表2 防錆成分の拡散係数 D_c

橋梁名	補修内容		見かけの拡散係数 D_c			
	補修工法	防錆剤区分	防錆剤混入モルタル ($\text{cm}^2/\text{年}$)	($\text{cm}^2/\text{秒}$)	既設コンクリート ($\text{cm}^2/\text{年}$)	($\text{cm}^2/\text{秒}$)
A橋(貼付55.0kg/m ³)	貼付	高濃度	0.06	0.18E-08	0.73	2.33E-08
B橋(貼付55.0kg/m ³)			0.05	0.17E-08	1.38	4.38E-08
A橋(50.0kg/m ³)	断面修復	低濃度	0.09	0.30E-08	0.66	2.08E-08
A橋(3.1kg/m ³)			0.06	0.20E-08	0.22	0.69E-08
見かけの拡散係数 D_c 平均			0.07	0.21E-08	0.75	2.37E-08

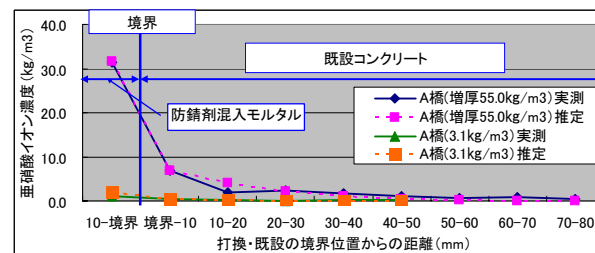


図3 推定 D_c による拡散性状と実測の比較

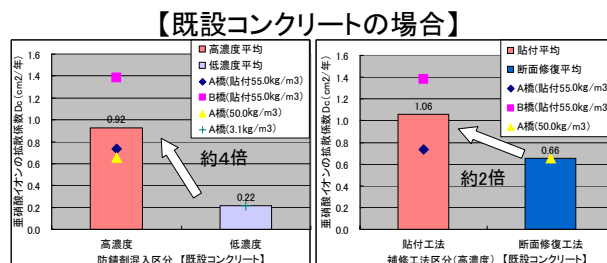


図4 防錆剤混入量の
違いによる D_c の比較

図5 補修工法の違い
による D_c の比較