

実構造物における塗布型防錆剤の亜硝酸イオンの浸透について

小 野 田 家室 育夫
西 日 本 旅 客 鉄 道 泉並 良二
西 日 本 旅 客 鉄 道 荒巻 智
ジェイアール西日本コンサルタンツ 松田 隆夫

1. はじめに

近年、細骨材に用いた海砂からの塩化物イオンが原因で鉄筋が腐食し、鉄筋の腐食膨張圧によってコンクリート構造物の損傷が顕在化するケースが増えている。これらの損傷に対して、一般に腐食因子を物理的に除去し断面修復を行う方法や電気化学的に除塩する方法などが用いられている。

事後保全的な上記の方法とは異なり、コンクリート内部に塩化物イオンが存在しているが、未だ顕著な損傷が認められない構造物を対象に、予防保全的措置としてコンクリート表面に塗布型の防錆剤を塗布する方法が提案されている。本報告は、実構造物に防錆剤を塗布し、12年経過した亜硝酸イオンの分布を測定した結果とその結果に基づき本方法の有効性について考察するものである。

2. 対象構造物

対象構造物は、1973年3月に竣工した鉄筋コンクリート造のラーメン高架橋で、1995年1月の阪神大震災時に損傷を受けた経歴がある。

3. 塗布型防錆剤

今回使用した塗布型防錆剤は、亜硝酸カルシウム水溶液で、塗布量は250、500、1,000および1,500g/m²の4水準とした。

塗布の時期は1988年3月で高架橋の床版下面にマーキングを施し、はけ及びローラーで所定の塗布量となるように塗り重ねた。現在までに塗布後約12年を経過している。

なお、防錆剤塗布後の床版コンクリート表面は特に表面処理を施していない。

4. 試料の採取方法並びに分析方法

防錆剤を塗布した範囲から、直径50mm、深さ約100mmのコンクリートコアを2本ずつ採取し、図-1に示す通り10mmごとに切断した。亜硝酸イオン分析用試料は、コンクリート表面から深さ方向に10,30,50,70,90mmの位置で試験片を粉砕して用いた。塩化物イオン分析用試料は、鉄筋位置での塩化物イオン量を測定するため、コンクリート表面から深さ約60mmの位置を試料とした。なお、亜硝酸イオンの分析は塗布後6ヶ月及び12年後に実施した。

亜硝酸イオンの分析はJIS K 0102「工場排水試験方法の内、亜硝酸イオン分析方法」、塩化物イオンの分析はJCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分量の簡易試験方法」に準じて実施した。

5. 分析結果

今回得られた分析結果を表-1及び図-2

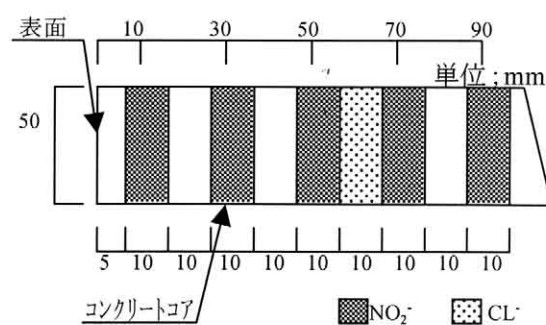


図-1 試料の採取方法

表-1 防錆剤塗布量と亜硝酸イオンの拡散状況(12年後)

防錆剤塗布量 (g/m ²)	亜硝酸イオン量(kg/m ³)					塩化物イオン量 (kg/m ³)	
	10 mm	30 mm	50 mm	70 mm	90 mm		
250	0.11	0.23	0.13	0.04	0.02	1.76	平均 2.01
500	0.59	0.47	0.18	0.05	0.01	2.08	
1,000	0.75	1.82	0.92	0.46	0.15	2.26	
1,500	2.94	2.86	1.18	0.42	0.08	1.94	

キーワード 塗布型防錆剤、亜硝酸イオン、塩化物イオン、モル比、拡散、実構造物

〒135-0016 東京都江東区東陽4-1-13 TEL.03-5683-2037 FAX.03-5683-2080 (家室)

に示す。本結果の値は、コンクリートの単位容積質量を 2.0 t/m^3 で計算している。

5. 1 塩化物イオン量

鉄筋位置での塩化物イオン量は平均 2.01 kg/m^3 を示し、これは土木学会塩化物総量規制値 0.3 kg/m^3 の約7倍近い値であった。

5. 2 亜硝酸イオン量の浸透状況

防錆剤塗布後12年経過した亜硝酸イオンの分布は、明らかにコンクリート表面に塗布した防錆剤の塗布量に左右され、コンクリート表面から30mm以上深くなるに伴い亜硝酸イオン量は小さくなる傾向にある。

かぶりが30～50mm位置での亜硝酸イオン量は、塗布量250、500、1,000及び1,500 g/m^2 でそれぞれ、0.23～0.13 kg/m^3 、0.47～0.18 kg/m^3 、1.82～0.92 kg/m^3 及び2.86～1.18 kg/m^3 の値を示した。

6. 考察

既往の文献や過去の実験結果から、塩化物イオン量に対する亜硝酸イオン量のモル比($\text{NO}_2^-/\text{CL}^-$)が0.6程度以上存在すれば高い確率で鉄筋の腐食を抑制する[1]事が分かっている。ここでは、塗布量1,000及び1,500 g/m^2 で塗布後6ヵ月および12年経過した亜硝酸イオン量について、以下の式に準じて塩化物イオンの1モルに対するコンクリート深さ位置でのモル比を表-2および図-3に示す。すなわち、かぶりを約30～40mmと仮定すると、鉄筋位置での亜硝酸イオンのモル比は、塗布量1,000 g/m^2 及び1,500 g/m^2 でそれぞれ0.5～0.7及び0.8～1.1を示し、2.0 kg/m^3 程度の塩化物イオン量が混入している構造物の鉄筋に対し腐食の抑制効果があると判断できる。

$$\text{CL}^- 1 \text{ モルに対する層毎の } \text{NO}_2^- \text{ モル} = \text{亜硝酸イオン量}(\text{kg}) \times 0.77^{*1} \div 2^{*2}$$

*1 ; $0.77 = 35.5/46$ (NO_2^- の分子量 ; 46 CL $^-$ の分子量 ; 35.5) *2 ; コンクリート中の塩化物イオン量

7. まとめ

本結果から得られた内容をまとめると以下の通りである。

- 1) 亜硝酸イオンの浸透量は防錆剤の塗布量が多いほど、深さ毎に高いイオン量を示す。
- 2) 防錆剤塗布後時間が経過する毎に、亜硝酸イオンはコンクリートの深さ方向に移動する。
- 3) 本構造物の環境条件において、防錆剤を1,000 g/m^2 以上塗布した場合、塗布後12年で30～40mmの位置で塩化物イオン量2.0 kg/m^3 に対抗できる亜硝酸イオン量が確保できる。

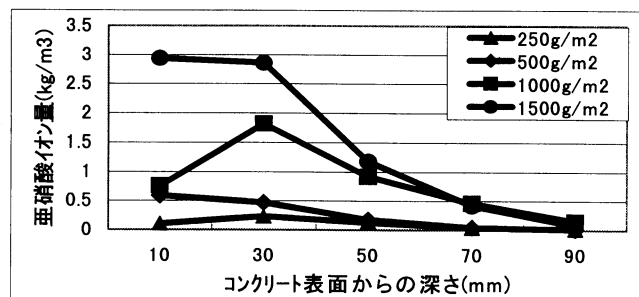


図-2 防錆剤塗布量と亜硝酸イオンの拡散状況

表-2 深さごとにおけるモル比($\text{NO}_2^-/\text{CL}^-$)

防錆剤塗布量 (g/m^2)	塗布後の経過 年数	モル比 ($\text{NO}_2^-/\text{CL}^-$)				
		10 mm	30 mm	50 mm	70 mm	90 mm
1,000	0.5	1.54	0.08	0.01	0	0
	12	0.29	0.7	0.35	0.17	0.02
1,500	0.5	2.00	0.09	0.01	0	0
	12	1.13	1.10	0.45	0.16	0.06

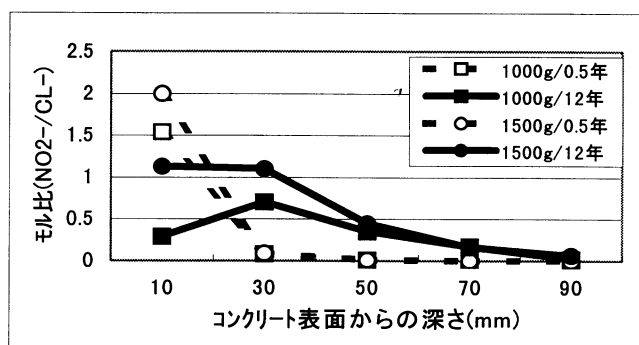


図-3 深さごとにおけるモル比($\text{NO}_2^-/\text{CL}^-$)

参考文献[1]

鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造部に対する亜硝酸塩の塗布による補修 (JCI 鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造物の補修方法に関するシンポジウム論文集 pp55～62 1989/1)