

補修剤に含有する亜硝酸イオンの溶脱に関する研究

北見工業大学大学院 学生員 ○野田 亮佑
 北見工業大学 正会員 井上 真隆
 日産化学工業株式会社 正会員 須藤 裕司

1. はじめに

亜硝酸塩系補修剤は、コンクリート表面に塗布またはポリマーセメントモルタル（以降、PCM）やポリマーセメントペースト（以降、PCP）に添加して表面被覆することで、補修剤に含有する亜硝酸イオン（以後、 NO_2^- ）がコンクリート内部の鉄筋周辺まで浸透し、破壊された不動態被膜を再生することで鉄筋腐食を抑制する効果がある。しかし、 NO_2^- は水に溶けやすく、外部からの水に対して表面から溶脱する。従って、亜硝酸塩系補修剤で補修したコンクリートは、降雨雪等の気象作用により被覆面から NO_2^- が溶脱することが指摘されている。また、亜硝酸塩系補修剤を使用する場合は、「水質汚濁防止法の排出基準」等の基準値を遵守する必要がある。

これまで、筆者らは、亜硝酸塩系補修剤で補修したコンクリートに対して降雨が作用した場合の NO_2^- の溶脱特性を把握することを目的として溶脱試験方法の検討の行ってきた¹⁾。

本研究では、亜硝酸塩系補修剤を用いた各種補修方法における補修面からの NO_2^- 溶脱量を把握することを目的として実験検討を行った。

2. 実験概要

実験条件を表-1に示す。また、コンクリート供試体の設置方法を図-1に、実験状況を図-2に示す。供試体はそれぞれ 35° 傾けて設置し²⁾、霧吹

表-1 実験条件	
温度	$20\pm1^\circ\text{C}$
湿度	$50\pm5\%$
散水量	$1.86\text{g}/\text{mm}^2$
乾燥日数	3日
散水日数	1日

きによる降雨を模擬した散水を行った。散水量は日本の年平均降水量（約 1700mm ）を参考に $1.86\text{g}/\text{mm}^2$ とした。試験サイクルは日本の年平均降水日数（約 128日）を参考に乾燥（3日）、散水（1日）の計4日を1サイクルとし、22サイクル（約3ヶ月）まで乾湿の繰返しを作用させた。散水日は10時から16時まで2時

間おきの計4回で行い、1回の散水では散水量の $1.86\text{g}/\text{mm}^2$ の4分の1の $0.465\text{g}/\text{mm}^2$ を散水した。散水後の溶液は、サイクル毎に回収し、イオンクロマトグラフ法により NO_2^- 濃度を測定した。



図-1 設置方法



図-2 実験状況

補修を施す母材となるコンクリート供試体の形状寸法を図-3に、コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの配合は、補修対象となる劣化したコンクリートを想定して水セメント比は60%とした。コンクリート供試体は、打設後材齢1日で脱型し、恒温恒湿室（ $20\pm1^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH}50\pm5\%$ ）で6日間水中養生した後、材齢28日まで気中養生を行った。養生終了後は、表面研磨・空気洗浄を行い、各種補修を施した。補修後は、7日間乾燥（ $20\pm1^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH}50\pm5\%$ ）させ、溶脱試験を開始した。なお、試験面以外からの NO_2^- の溶脱を防ぐために、試験面以外はエポキシ樹脂で被覆した。

亜硝酸塩系補修剤には、亜硝酸リチウム40%水溶液（以降、LN40）を使用した。表-3にLN40を用いた各種補修方法と補修材に含有する NO_2^- の固形分量を示す。補修方法には実際の現場で採用されている方法として、LN（LN40を塗布）、LNPCP（LN40を添加したPCPによる表面被覆）、LNPCM（LN40に添加したPCMによる表面被覆）、LN+PCM（LN40を塗布した後、PCMによる表面被覆）、これにN（無補修）を加えた計5ケースを選定した。LN40の塗布量は、標準的な塗布量の $200\text{g}/\text{m}^3$ とした。また、PCPによる表面被覆厚は2mm、PCMでは5mmとした。表-4にPCPおよびPCMの配合比を示す。

キーワード 亜硝酸塩系補修剤、亜硝酸イオン、溶脱、水質汚濁防止法

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165 北見工業大学 工学部 社会環境工学科 TEL0157-26-9488

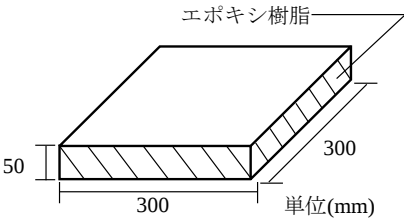


図-3 供試体寸法

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 (C×%) AE	スランブ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G			
60	42.1	175	292	743	1164	0.025	8.5	5.4

表-3 各補修方法及び NO₂⁻ 固形分量

供試体名	補修方法	固形分量(NO ₂ ⁻)
N	LN40 を未使用	-
LN	LN40 を塗布(200g/m ²)	6.260g
LNPCP	LN40 を添加した PCP による表面被覆(2mm)	12.40g
LNPCM	LN40 を添加した PCM による表面被覆(5mm)	22.90g
LN+PCM	LN40 を塗布後、PCM による表面被覆(5mm)	6.260g

表-4 PCP および PCM の配合比

被覆材	配合比				固形分/セメント(%)	
	セメント	砂	水	LiNO ₂	SBR	
PCM	100	200	40	0	10	
LNPCM	100	200	40	10	10	
LNPCP	100	100	40	10	10	

3. 実験結果および考察

図-4 に測定した NO₂⁻ 濃度の結果を、各補修方法における 22 サイクル目終了時点における NO₂⁻ の固形分が溶脱した割合を表-5 に示す。

LN は、サイクル初期から最も溶脱量が最も多く、NO₂⁻ の固形分の溶脱割合も約 15%を示した。これに対して LN+PCM では 1 サイクル終了時点における溶脱量は LN と比較し約 75%減少した。NO₂⁻ は被覆した PCM にも拡散するため溶脱するものと考えられるが、PCM を被覆することで溶脱量が抑制できることが確認された。

LN40 を添加した LNPCP と LNPCM を比較すると、後者の方が溶脱量は大きくなった。これは、LNPCP(被覆厚 2mm)よりも LNPCM(被覆厚 5mm)の方が補修時の被覆厚が厚く、補修層に含まれる NO₂⁻ の固形分量が多いためと考えられる。しかし、表-5 に示すように当初補修層内に含有していた NO₂⁻ 固形分量に対する溶脱割合で比較すると、LNPCP と LNPCM はほぼ同等の値

であり、PCP と PCM の違いが溶脱特性に及ぼす影響は小さいものと考えられる。また、その溶脱割合は LN に対して 1/5 程度であり、LN40 を PCP または PCM に添加することで NO₂⁻ 量の溶脱を抑制できると考えられる。

一方、NO₂⁻ 濃度の経時変化に着目すると、10 サイクル程度で NO₂⁻ 濃度の変化は見られなくなるとともに、無補修 N と同等の値に収束しており、NO₂⁻ がほとんど検出されなくなった。なお、各補修方法において差異はあるものの、全てのサイクルで NO₂⁻ の溶脱量は、NO₂⁻ 排出基準である 329ppm より小さな値を示した。

表-5 NO₂⁻ の固形分が溶脱した割合 (22 サイクル終了時点)

LN	LNPCP	LNPCM	LN+PCM
15.40%	3.10%	2.60%	5.80%

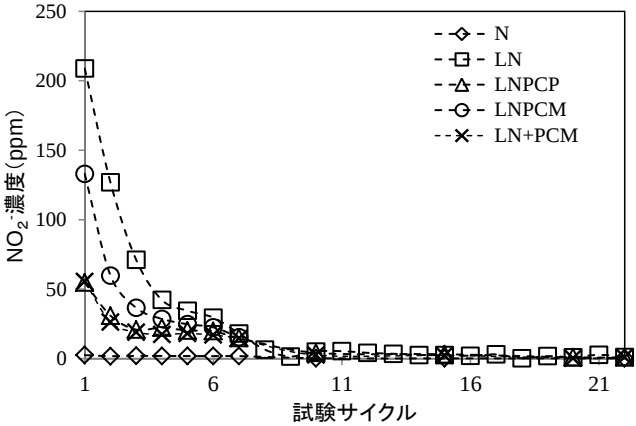


図-4 亜硝酸イオン濃度

4. まとめ

- 1) LN40 を PCP または PCM に添加する、あるいは LN40 塗布後に PCM で被覆することで NO₂⁻ の溶脱を抑制できる。
- 2) 補修方法に関わらず 10 サイクル程度で NO₂⁻ 溶脱量の変化は小さくなり NO₂⁻ がほとんど検出されなくなった。
- 3) 各補修方法において差異はあるものの、全てのサイクルで NO₂⁻ の溶脱量は水質汚濁防止法の排出基準で定められている 329ppm 以下であった。

【参考文献】

- 1) 野田亮佑, 井上真澄, 須藤裕司, 福田杉夫, 鮎田耕一, 岡田包儀: 亜硝酸系補修剤の溶脱試験方法の検討および亜硝酸イオンの溶脱量評価, 土木学会全国大会, 第 68 回年次学術講演会講演概要集, 2013.
- 2) JIS D 0205: 自動車部品の耐候性試験方法