

論文

[1133] ポリマーエマルジョンと亜硝酸リチウムによる鉄筋の防錆効果

正会員○小泉 徹 (石川工業高等専門学校)

高桑信一 (石川工業高等専門学校)

正会員 榎場重正 (北陸建設技術研究所)

1. はじめに

塩害によるコンクリート構造物の耐久性の低下は大きな問題となっている。石川県下の北陸自動車道は海岸線に接近して走行する区間が長く、冬期の気象条件の激しさなどから完成後10年程度のコンクリート構造物のいくつかに内部鉄筋の腐食による塩害損傷が見られた。このような構造物の劣化に対し、社会資本としての価値を保つために維持・補修対策の確立が重要になっている。

塩害を受けたコンクリートの補修対策は、一般に劣化・損傷部分の断面修復と表面被覆の組合せで行われているが、塗膜などの被覆により外部から侵入する塩分の遮断が確認されている補修済み箇所でも、補修後数年を経て再補修の必要が生じたものもあり、コンクリート内部に残存している塩分の影響が大きいことがうかがえる[1]。

内部塩分への対策のひとつとして防錆剤の使用が考えられる。亜硝酸塩をコンクリート表面に塗布したり、あらかじめフレッシュコンクリートに大量に添加することで塩化物による鉄筋腐食を抑制する試みがなされている[2][3]。しかし、鉄筋の発錆を防ぐに必要とされる量をコンクリート表面に塗布するには多くの時間を要し、またいずれの場合も鉄筋周辺に必要量が浸透により確保されているかが懸念される。本研究は、鉄筋の発錆を防ぐに必要とされる量の亜硝酸塩（亜硝酸リチウム）を含むポリマーモルタルを鉄筋の周囲にまき付けることで、より高い防錆効果を発揮する補修方法の確立を目的として行った実験について述べるものである。

2. 実験概要

2.1 供試体作製

鉄筋の発錆を防ぐのに必要な防錆剤量として、友沢らは NaCl/コンクリートが 0.3%以下であれば $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ のモル比が 0.6、それ以上では 1.0 という結果を示している[3]。

本実験では外部からの塩分が

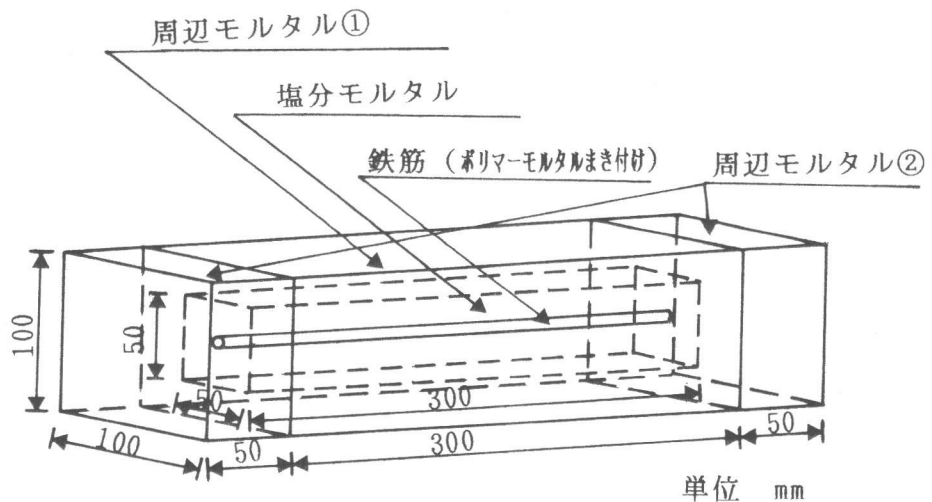


図-1 供試体の概要

遮断されても、内部塩分により鉄筋が腐食する状況を想定して、鉄筋をその中心に持つ塩分が NaCl/モルタル 0.2、0.5%である 5×5×30cmの角柱モルタル（以下塩分モルタルという）を、さらにその周囲を塩分を含まないモルタル（以下周囲モルタルという）で取り囲んだ10×10×40cmの角柱供試体を作製した。中心にある鉄筋は塩分モルタル中のNaClに対してNO₂⁻/Cl⁻が 0.6、1.0となるのに必要な LiNO₂を含むポリマーモルタルをまき付けたものと、NO₂⁻/Cl⁻が 0となる無処置のものである。

供試体は材令14日まで20℃水中にて養生した後、腐食促進試験を行った。供試体を図-1に、作製から腐食促進開始までのフローを図-2に示す。

2. 2 使用材料、各モルタルの配合

(1) ポリマーモルタルと鉄筋

ポリマーモルタルは、まき付け用パウダー（早強セメントと珪砂を1：2でプレミックスしたもの）と LiNO₂を27wt%含むポリプロピレン系ポリマーを主成分とする混和剤Aを4：1の割合で混練したものである。鉄筋にまき付けるポリマーモルタルの重量は、塩分モルタル中のNaClに対してNO₂⁻/Cl⁻が 0.6、1.0となるのに必要な量とし、それぞれの供試体で異なる。

使用した鉄筋はφ10mm×30mmのみがき棒鋼である。

(2) 塩分モルタル、周囲モルタル

塩分モルタルは市販の普通セメントと標準砂を1：2とした W/C= 55%のモルタルで、混練水は蒸留水を使用した。塩分はNaCl試薬1級を用いた。

周囲モルタルは塩分モルタルの配合の塩分をゼロとしたものである。それぞれのモルタルの配合を表-1に示す。

2. 3 腐食促進条件、腐食量測定

腐食促進は図-3に示すように温度条件を70℃一定とし84時間湿潤～84時間乾燥（1週間）を1サイクルとする繰り返し試験にて行った。

それぞれの供試体は 5、10、15、30サイクルまで促進後割裂し、中の鉄筋を取り出して錆の発生が認められるものについて表面を透明紙にてトレスして発錆面積を測定した。

表-1 各モルタルの配合

モルタル種類	単位量 (kg/m ³)			
	C	W	S	NaCl
塩分モルタル NaCl 0.2%	602	331	1204	4.3
塩分モルタル NaCl 0.5%	602	331	1204	10.7
周囲モルタル	602	331	1204	0

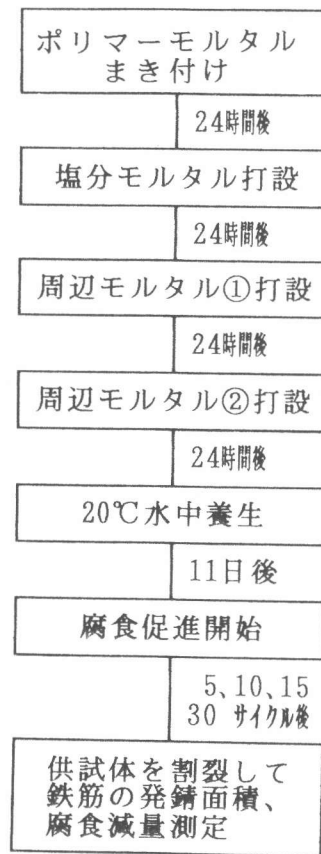


図-2 実験フロー図

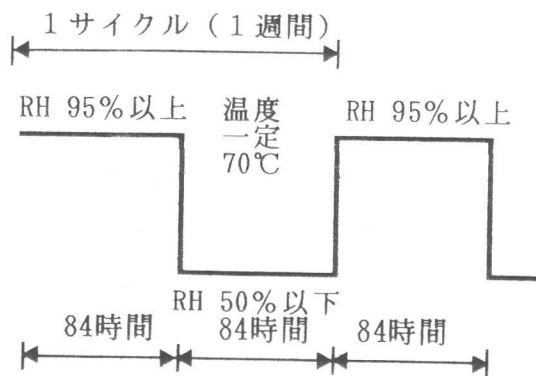


図-3 腐食促進条件

発錆面積の測定後、臭酸アンモニウムにて除錆して腐食減量を測定した。供試体は同一条件に対して2本とした。

3. 実験結果と考察

図-4に各サイクルでの $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ と腐食減量との関係を示す。腐食減量は供試体2本の平均値である。

塩分が0.2%の場合 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 0$ では、各サイクルで10~20 mg/cm^2 の腐食減量を示したのに対し、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 0.6$ では15サイクルを除いて腐食減量が小さくなった。15サイクルのものが他のものより大きな腐食減量を示したのは、鉄筋の目視観察より、鉄筋の半分に錆を生じ残りの部分は健全な状態であったことより、まき付けたポリマーモルタル中の NO_2^- 濃度が不均一であったためにマクロセルによる腐食を生じたと考えられる。 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 1.0$ ではいずれのサイクルでも腐食減量は小さい。

塩分が0.5%の場合は $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 0$ できわめて大きな腐食減量を示した。15サイクルと30サイクルの供試体は、いずれも所定のサイクル数に達する前(8~13サイクル)に大きな縦ひび割れを生じた。図中のデータは、その時点で腐食減量を測定した結果である。とくに15サイクルの腐食減量が大いだが、これは供試体にひび割れが発生ことに気づかず促進を継続したとも考えられる。

$\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 0.6$ では、30サイクルにおいて塩分0.2%で腐食減量が見られなかったのに対し大きな値を示した。これより塩分0.5%では NO_2^- 量を多くしなければ防錆効果は示されないようである。

$\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 1.0$ では15サイクルのものが大きな腐食減量を示したが、それ以外は全く腐食しなかった。15サイクルのみが腐食減量を示したのは、目視観察より腐食部分と健全部分にはっきりと区別されていることより、マクロセルによる腐食と考えられる。

これらのマクロセルによる腐食はポリマーモルタル内のブリージング等による水セメント比の変動によるものと考えられるが、ポリマーモルタルの水セメント比をできるだけ小さくし、入念

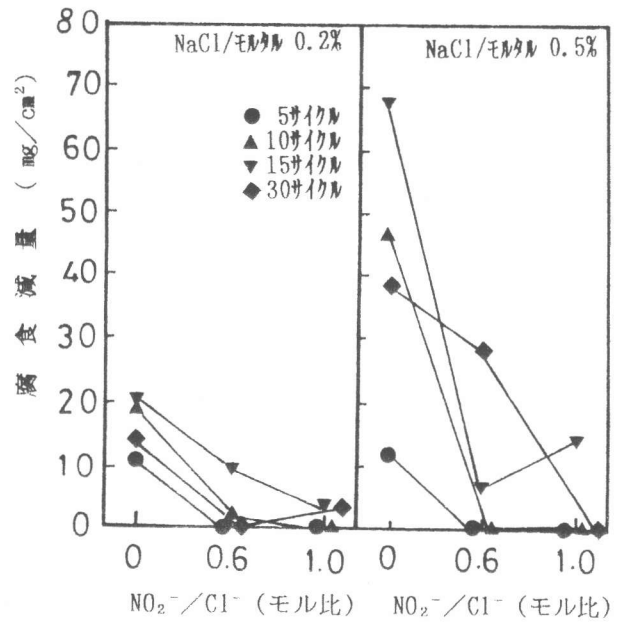


図-4 腐食減量

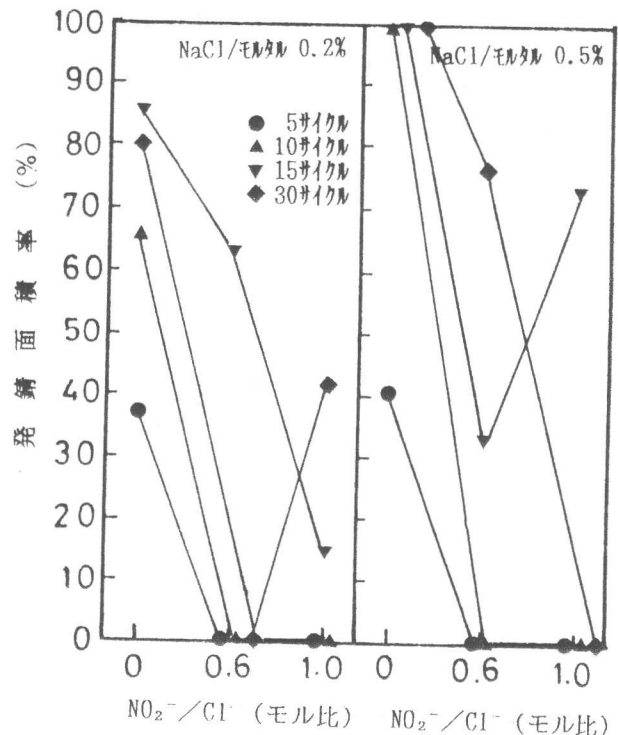


図-5 発錆面積率

な施工が必要といえる。

図-5に各サイクルでの $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ と発錆面積率との関係を示す。発錆面積率は供試体2本の平均値である。

発錆面積率の結果からも図-4と同様に、マクロセルによる腐食を生じたと考えられる場合を除き、塩分0.2%では $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 0.6$ であれば、 NO_2^- による防錆効果が期待されるが、塩分が0.5%では $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^- = 1.0$ としなければならぬといえる。

図-6に発錆面積率と腐食減量の関係を示す。図より、

腐食面積率が0~80%の範囲で直線関係が見られるがそのばらつきは大きい。小林らは腐食面積率0~60%の範囲でばらつきの少ない直線関係となることを示したが[2]、本研究の結果のばらつきは鉄筋周囲にまき付けたポリマーモルタル内の NO_2^- 濃度の変動によるものと考えられる。

4. まとめ

本研究は塩害を受けた構造物の補修工法の開発を目的として行ったものである。行った実験の条件下において、 NO_2^- を含むポリマーモルタルを鉄筋にまき付けると高い防錆効果が示された。外部からの塩分が遮断されても内部塩分による鉄筋の腐食が考えられる構造物には本手法は有効と考えられる。しかし、一部の供試体にはマクロセルによると考えられる腐食が発生したことより、これらへの対策が重要な課題といえる。

また、鉄筋周辺の NO_2^- 濃度のばらつきにより防錆効果の違いも見られたが、友沢らの結果において示された塩分が0.3%以下であれば $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ が0.6、それ以上では1.0という値で十分な防錆効果があった。友沢らの結果はコンクリート全体に対しての NO_2^- 量であり、本研究は鉄筋の周囲部に全 NO_2^- をもつことより、防錆効果の限界 NO_2^- 量はもう少し低い値と考えられる。これらに対して今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 財団法人 高速道路技術センター 「北陸自動車道コンクリート橋塩害対策検討報告書」、平成3年3月
- 2) 小林昭夫・牛島 栄・越川松宏：コンクリート中の鉄筋発錆に対する塗布型腐食抑制剤の効果、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.13-1、pp.539~544、1991
- 3) 友沢史紀・榊田佳寛・田中 斉・福士 勲・高倉 誠・堀 孝廣・東 純彦：防錆剤大量添加による環境塩害の抑制に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集A、pp.291~292、1987

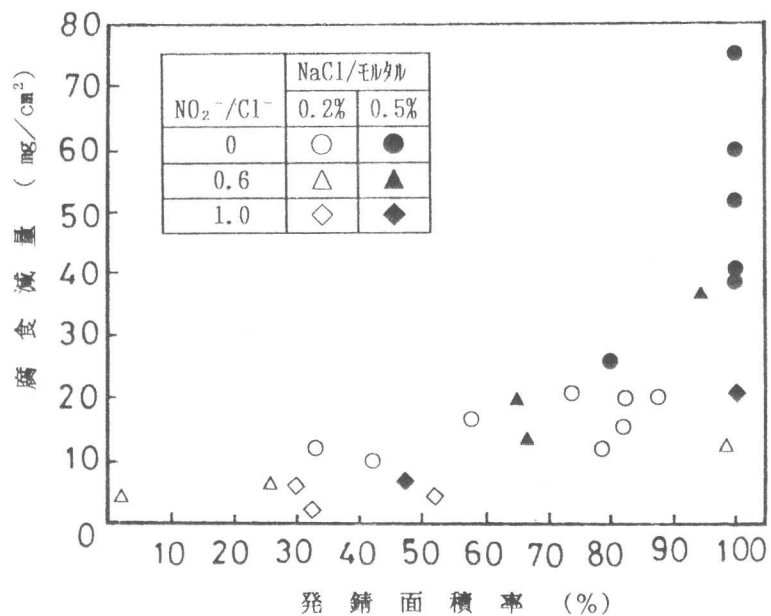


図-6 発錆面積率と腐食減量