

浸透型亜硝酸塩系防錆剤による中性化コンクリート中鉄筋の防食試験

NTTインフラネット(株) 正会員 ○本多 文夫

NTTインフラネット(株) 吉岡 直史 椎名 久男

(株)大東

江向 直美

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋の腐食に対して亜硝酸塩系防錆剤の使用は大規模なハツリや断面修復作業を必要とすることなく、非破壊的にコンクリート内部に腐食抑制環境をつくり出す鉄筋防食手法として有力である。

この亜硝酸塩系防錆剤に関して多くの試験報告があるが、今回著者らは、鉄筋コンクリート全体を促進中性化した試験体を作製し、その表面に浸透型防錆剤を塗布して試験をおこなった。試験は 18 カ月にわたって実施し、コンクリート試験体中の亜硝酸イオンの浸透状況、コンクリート中鉄筋の自然電位の変化、鉄筋の発錆状況を調べた。

2. 実験概要

2.1 試験体の作製および中性化

(1)試験体の形状・寸法

鉄筋コンクリート試験体は 200×100×40mm の立方体で、その内部に D13 の異形鉄筋を1本配した(図1)。鉄筋には長さ 30 cmのリード線を片側端面に取り付けた。取り付けはビス止め、半田付けをおこない、樹脂で防護した。鉄筋のかぶり厚は 10mmとした。試験体は1水準について3個作製した。

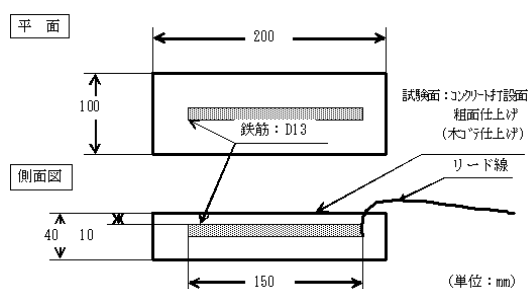


図1 試験体の形状・寸法

(2)試験体の作製

コンクリート試験体の配合は表1のとおりである。

表1 コンクリートの配合

セメント 種類	Gmax (mm)	スランプ (cm)	空気 量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	重量 (kg/m ³)				28日 圧縮 強度 MPa
						W	C	S	G	
普通	15	7.7	7.8	65	48	152	234	864	966	42

また塩化ナトリウムを、塩化物イオン量(Cl⁻)として 0.3 kg/m³

キーワード 浸透型防錆剤、亜硝酸、促進中性化、発錆率

連絡先 〒112-0002 東京都文京区小石川1-18-3 03-5800-9771

および 0.6kg/m³ 混入し、混入しない試験体を加え3種類の試験体を作製した。試験体の作製後 20 の室内で湿布養生、材齢 6 日で脱型した。

(3)促進中性化

材齢7日より温度 20 、湿度 60%、炭酸ガス濃度5%の条件で促進中性化を開始した。中性化深さが 20mm 程度、試験体の全体が中性化された時点の材齢 10 週で、促進中性化を止めた。ワイヤブラシにて試験体の上面のレイタンスを除去した。

2.2 初期値測定および防錆剤塗布

(1)水分付与

促進中性化により試験体が乾燥したため目標水分量 4.5 ± 0.5%になるように 1.5 時間水中に浸漬して水分を付与した。水分計および質量測定により水分量を確認した。その後 20 、80%の恒温・恒湿環境下で7日間封緘養生した。

(2)初期値の測定

防錆剤の塗布の直前に鉄筋の自然電位を測定し、鉄筋の発錆の観察、発錆率を測定した。これを初期値とした。

(3)防錆剤の塗布

防錆剤は亜硝酸塩を主成分とする浸透型防錆剤・サビラン A (浸透性向上剤配合)である。防錆剤は無塗布および塗布量 400 ml/m²である。防錆剤を塗布した後、試験体は1個ずつポリエチレン袋で二重に封緘し、20 、80%の恒温恒湿室内において養生した。

2.3 測定

(1)自然電位測定

鉄筋腐食診断計「コロージョンハンター」を用いて測定した。

(2)コンクリート表面のひび割れ発生調査

(3)鉄筋の発錆状況の観察および発錆面積率の測定

コンクリート試験体より鉄筋を取り出し、発錆分布を測定した。

(4)亜硝酸イオン濃度および塩化物イオン濃度の測定

防錆剤塗布面からコンクリート深さ 10mm ごとにコンクリートカッターを用いてスライスカットし、これをハンマーによって粉碎する。粉碎粉の含水率を測定した後、純水を加え、室温にて抽出。この抽出水をイオンクロマトグラフを用いて分析した。

3. 実験結果

3.1 鉄筋の自然電位

防錆剤の塗布後1月ごとに 18 カ月までコンクリート試験体中鉄筋の自然電位を測定した。その結果を図2に示す。

鉄筋の自然電位は防錆剤を塗布することによりプラス側に上昇した。塗布直後には大きく、その後は徐々に上昇した。

コンクリート中塩化物イオン量が少ないほど自然電位は上昇し、18ヶ月後に添加塩化物イオン0では -70mV(vs. SCE)に、塩化物イオン 0.3kg/m³では -170mV に、塩化物イオン 0.6kg/m³では -200mV まで上昇した。コンクリート中鉄筋表面の不動態化が進んでいると推定される。

防錆剤無塗布の場合は鉄筋の自然電位の変化は少なく、マイナス側へ下降した。鉄筋の腐食が継続している。

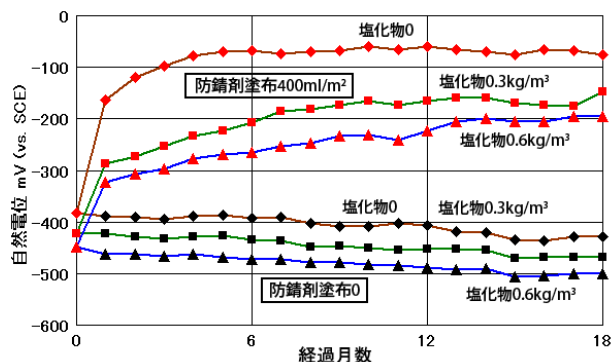


図2 防錆剤塗布及び無塗布による各種塩化物条件におけるコンクリート鉄筋の自然電位の経時的変化

3.2 コンクリート表面のひび割れ観察

防錆剤塗布後 18 カ月までひび割れ等は認められなかった。

3.3 亜硝酸イオンの浸透状況および NO₂ / Cl 比(モル比)

コンクリート試験体の水分中亜硝酸イオン量および塩化物イオン量の測定結果(測定深さ 10 ~ 30mm、平均)を図3に示す。

亜硝酸イオンはスムーズに試験体内部に浸透している。

コンクリート試験体の水分中亜硝酸イオンと塩化物イオンの比を計算した。防錆剤塗布後 6 ~ 18 カ月の間、亜硝酸イオン / 塩化物イオン比(モル比)はコンクリート中塩化物イオン量 0.3kg/m³で約2、塩化物イオン量 0.6kg/m³では1.1であった。

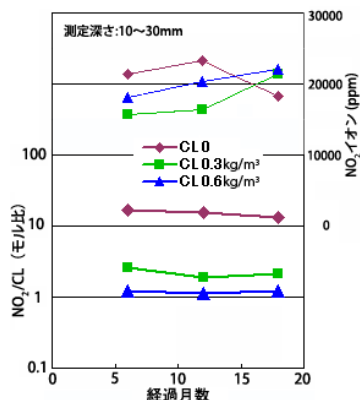


図3 コンクリート試験体の水分中亜硝酸イオン量および亜硝酸イオン・塩化物イオンの比(モル比)(測定深さ 10 ~ 30mm)

3.4 鉄筋の発錆状況および発錆面積率

防錆剤無塗布の場合の鉄筋の発錆に比較し、防錆剤を塗布した場合の鉄筋の発錆は少なかった。

18 カ月後の発錆面積率を測定し、防錆剤塗布直前の初期発錆率を差し引いて発錆面積率の変化量として計算した。その結果を図4に示す。

防錆剤の塗布後 18 カ月に、防錆剤無塗布試験体中の鉄筋の発錆面積率の増加量が 10 ~ 14% であるのに比較し、防錆剤を塗布した場合には鉄筋の発錆面積率の増加量は 0 ~ 4% と小さな値であった。防錆剤を塗布すると錆の進行は小さいことが明確に認められた。

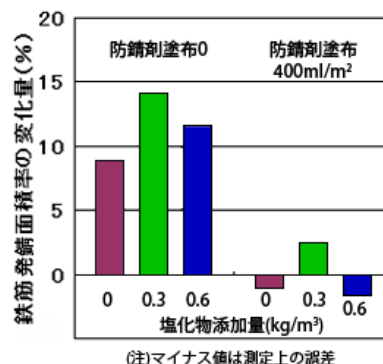


図4 防錆剤塗布および無塗布の場合の鉄筋の発錆面積率の変化量の比較

4. まとめ

中性化した鉄筋コンクリートに関する浸透型防錆剤の試験結果は以下のとおりである。

防錆剤の塗布後、鉄筋の自然電位は急速にプラス側に変化していき、塗布後 18 カ月後には塩化物イオン 0.3kg/m³では -170mV まで、塩化物イオン 0.6kg/m³では -200mV に上昇した。コンクリート中鉄筋表面の不動態の再生が進んでいると考えられる。

防錆剤を塗布した試験体の鉄筋の発錆面積率は、無塗布の場合に比較して、添加塩化物イオン量 0 および 0.3、0.6 kg/m³ のいずれの場合においても抑制された。防錆剤塗布後 18 カ月では、防錆剤無塗布の試験体の場合、鉄筋の発錆面積率の増加量が 10 ~ 14% 程度であるのに比較し、防錆剤を塗布した場合には鉄筋の発錆面積率の増加量は 0 ~ 4% と小さい値になった。

イオンクロマトグラフによる抽出水のイオン分析によりコンクリート中に防錆剤が浸透されたことが確認された。また防錆剤の塗布後 6 ~ 18 カ月の間、亜硝酸イオン / 塩化物イオン比(モル比)は1以上であり、鉄筋表面の不動態を再生させるに十分な亜硝酸イオンの浸透が確認された。(以上)