

各種防錆剤の防食効果と鉄筋引抜き耐力に関する実験的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○中村隆一郎 向 俊成 芦澤良一 柳井修司

1. 目的

橋梁下部工と上部工のように、大規模な土木工事では次工事の着工までの間に先行工事部の鉄筋が外気や風雨に曝されるケースが散見される。このような場合、鉄筋の腐食を防ぐ方法の一つとして鉄筋表面に防錆剤を塗布する方法があるが、大気中に長期間暴露される鉄筋を対象とした防錆剤の効果に関する研究は少ないのが現状である¹⁾。本検討では、市販されている防錆剤の防錆効果およびコンクリートとの付着力を比較するため、屋外に暴露した鉄筋の腐食状況の観察および JSCE-G-503 に基づいたコンクリートとの付着強度の測定を行った。

2. 実験概要

2.1 実験ケース

検討水準を表-1に示す。A1～C1は防錆剤として一般に販売されている製品である。A1およびA2は鉄筋表面に塗膜を形成するタイプ(以下、塗膜型とする)の防錆剤であり、B1およびB2は鉄筋表面に生じた赤錆と反応し黒錆の保護層を形成させるタイプ(以下、錆転化型とする)の防錆剤である。C1はポリマーセメントモルタル系の防錆剤である。また、比較として熱収縮チューブによる被覆(以下、NTとする)、静電粉体塗装によるエポキシ樹脂塗装鉄筋(以下、Epoとする)、無対策の鉄筋(以下、Refとする)を検討要因に加えた。

2.2 実験方法

写真-1に示すように鉛直方向にコンクリートから1m程度突出させたD32鉄筋(SD295)に刷毛塗りにて、前述の各製品の標準量を塗布した。防錆剤を塗布した鉄筋は関東地方内陸部(神奈川県大和市)の屋外にて6月から1月までの7ヵ月間暴露し、1ヶ月に1回程度の目視評価により発錆状況の評価を行った。多くの鉄筋防錆剤は防錆可能な有効期間を定めており、使用した製品の最短の有効期間が2ヵ月(B2)であったので、防錆剤の塗布から2ヵ月間屋外に暴露したのちに付着試験を行った。付着試験はJSCE-G-503に基づき、採取した鉄筋の先端部分を200mm角のコンクリートに埋め込み、引抜試験用の試験体を作製した。また、モルタル系のC1は製品の仕様に従い、モルタル分を除去せずに試験を行った。熱収縮チューブはコンクリートの打込み前に除去して試験を行った。引抜試験用の試験体に使用したコンクリートの使用材料を表-2に、配合を表-3に示す。コンクリートはJSCE-G-503に示される圧縮強度(30±3N/mm²)を目標とし、鉄筋とコンクリートの付着に影響を与える

表-1 実験水準

No.	記号	有効期間	種別	塗布量(g/m ²)
1	A1	6-12ヵ月	塗膜型	130
2	A2	12-18ヵ月	塗膜型	200
3	B1	6ヵ月	錆転化型	100
4	B2	2-3ヵ月	錆転化型	100
5	C1	-	モルタル系	1000
6	NT	-	熱収縮チューブ	-
7	Epo	-	エポキシ樹脂塗装鉄筋	-
8	Ref	-	無対策	-



写真-1 実験状況

表-2 使用材料(コンクリート)

材料名	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
混和材	LP	石灰石微粉末 比表面積 3650 cm ² /g
細骨材	S1	砕砂 表乾密度 2.61g/cm ³ 粗粒率 2.78
	S2	山砂 表乾密度 2.61g/cm ³ 粗粒率 1.70
粗骨材	G1	砕石 表乾密度 2.64g/cm ³ 実積率 61.8%
	G2	砕石 表乾密度 2.63g/cm ³ 実積率 61.4%
混和剤	AD	AE減水剤標準型I種(リグニン系)

表-3 コンクリート配合

W/C (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)							
		W	C	LP	S1	S2	G1	G2	AD
61.6	4.5	160	260	40	801	79	467	466	3.60

キーワード: 鉄筋防錆剤, 暴露試験, 引抜試験, 付着強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6749

ブリーディングを抑制するため石灰石微粉末を使用した。作製した試験体は材齢 28 日まで水中養生した後、10kN/秒以下となるように単調な引張载荷を行い、鉄筋がすべり出すとされている鉄筋の変位が鉄筋径の 0.002 倍となった時の荷重、および最大荷重を試験区間の鉄筋の表面積で除して、0.002D 付着応力度および最大付着応力度とした。

3. 実験結果

写真-2 に暴露試験の結果のうち、2, 7 カ月目の鉄筋中央部分の発錆状況を示す。塗膜型の A1 および A2 は暴露開始 7 カ月目まで塗膜の変状は認められなかった。錆転化型である B1 および B2 は 6 カ月目から塗膜が変色し始めた。モルタル系の C1 は塗布時に生じたと思われるピンホール部分に 7 カ月目で発錆がみられた。NT は、7 カ月目まで熱収縮チューブに変状は見られなかった。また、2 カ月で被覆を除去した際は、鉄筋に若干の発錆がみられたが、暴露開始時の Ref と同程度であり、鉄筋の組立てなどの作業中など熱収縮チューブによる被覆の前に生じたものと考えられる。Epo は 7 カ月目で塗膜が白く変色した。Ref は 7 カ月目で鉄筋全面に発錆がみられた。

鉄筋とコンクリートの最大付着応力度と 0.002D 付着応力度を図-1 に示す。なお、ブリーディングの抑制として石灰石微粉末を使用したため、载荷時のコンクリートの強度は 38N/mm^2 となり JSCE-G-503 に示された値をやや超過した。Ref の鉄筋は NT と比較して、最大付着応力度、0.002D 付着応力度ともに大きな値となった。これは、暴露中に生じた錆の影響と考えられる。付着に対する鉄筋表面の錆の影響を取り除くため、発錆の比較的少ない NT を基準に各防錆剤の付着を検討することとした。Epo は NT と同程度の付着応力度であり、土木学会指針に示されるエポキシ樹脂塗装鉄筋のコンクリートとの付着強度（無塗装鉄筋の 0.85 倍）を超える付着強度を示した。塗膜型防錆剤である A1 および A2 は NT と比較して最大付着応力度、0.002D 付着応力度ともに低く、最大付着応力度は熱収縮チューブで被覆した場合の 0.79 倍および 0.89 倍となった。この結果から塗膜型の防錆剤を使用する際は、鉄筋の定着部や継手の設計、施工に特別な配慮が必要であると考えられる。錆転化型の防錆剤である B1, B2 およびモルタル系の C1 の最大付着応力度、0.002D 付着応力度は NT と同程度かやや大きくなった。以上から、塗膜の種類が鉄筋とコンクリートの付着力に影響を及ぼすことが確認された。

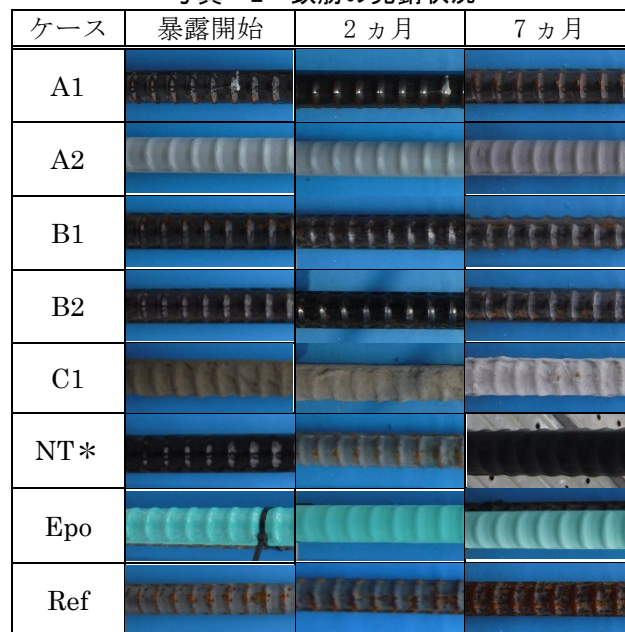
4. まとめ

市販されている種々の防錆剤について、防錆効果と引抜き耐力を評価した。その結果、本検討の範囲では塗膜型の防錆剤は鉄筋表面に変状が現れるまでの期間は長い、付着力が低下する傾向があること、錆転化型の防錆剤はこれとは逆に表面の変状が半年程度で生じるが、付着力が比較的大きくなることが確認された。

参考文献

- 1) 角陸純一: 組み立てた鉄筋の防錆に関する暴露試験, コンクリート工学テクニカルレポート, Vol. 47, No. 12, 2009

写真-2 鉄筋の発錆状況



* 暴露開始時と 7 カ月目はチューブがある状態

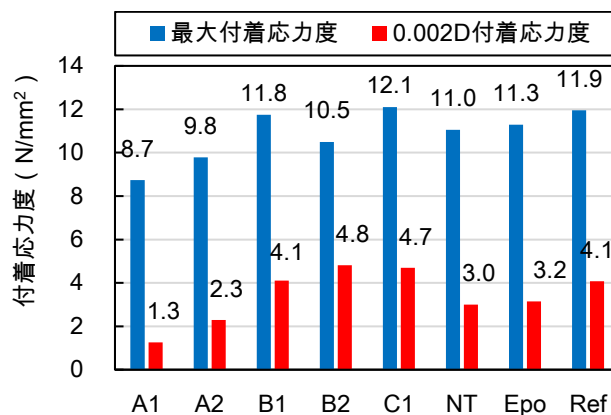


図-1 引抜き試験結果