

亜硝酸 Ca を添加した防錆材の性能評価に関する一考察

福岡大学大学院 学生会員 ○行徳 圭洋 福岡大学 正会員 樋原 弘貴
福岡大学大学院 正会員 添田 政司 福岡大学 正会員 大和 竹史

1. はじめに

近年、塩害等によりコンクリート構造物が劣化した場合の補修方法の 1 つとして、断面補修工法が行なわれている。断面補修工法は、劣化または損傷によって損失した断面や、コンクリート劣化部を除去した断面を、当初の断面寸法に復旧する工法である。さらに、鉄筋位置まで劣化因子が侵入した構造物に対しては、鉄筋位置まではつり出した後、鉄筋への防錆材の塗装も行なわれている。様々な防錆材がある中で、今回は亜硝酸 Ca を添加した防錆材に着目した。この材料は、コンクリート用鉄筋防錆材として使用されている従来のものと同程度のコストを実現が可能であるが、実構造物の適用性については明確にされていない。そこで本研究では、この亜硝酸 Ca を添加した防錆材のコンクリート構造物への適用性を検討するため、耐食性試験および付着強度試験を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究の対象とした防錆材は、下塗り材と上塗り材の 2 種類の塗装を基本としている。アルカリ粉体として総粉体中の 25% に高炉セメントが混入しており、また、エマルジョン水溶液中に 4% 程度の亜硝酸 Ca が混入してある下塗り材を、所定の割合で混合し鉄筋に塗装する。さらに、その上から亜硝酸 Ca が流出しないために新たにポリマー系樹脂の上塗り材を塗装するものである。

2.2 実験方法

(1) 耐食性試験 塗装塗膜の不具合を考慮して、写真-1 に示す 2 種類の塗装鉄筋を用いた。1 つは鉄筋の半面だけに塗装を行った半面塗装鉄筋と、2 つめは予め所定の大きさで鉄筋の数箇所を塗装せずに鉄筋素地を露出させた塗膜欠損鉄筋である。腐食環境としては、塩化物イオンおよび中性化による鉄筋腐食をそれぞれ想定して行っている。塩化物イオンによる腐食を想定した場合には、各種鉄筋を 35℃ に保った塩水噴霧試験装置内に静置し、NaCl 濃度 5% の塩水の噴霧を最大 60 日間まで実施している。一方の、中性化による腐食を想定した場合には、各種鉄筋を二酸化炭素濃度 5%、温度 20℃、湿度 60% の環境下に 5 日間静置後、1 時間の水中浸漬の計 5 日間を 1 サイクルとし、これを最大 30 サイクルまで実施した。いずれも所定のサイクルごとに外観観察、鉄筋腐食状況を算出し、各種劣化因子に対する防錆性能の評価を行なった。

(2) 防錆剤使用鉄筋の付着強度試験 本試験は、JSCE-E 516-2003 の付着強度試験に準じて行った。表-1 に試験体の水準を示す。鉄筋径は D16、D19 の 2 種類とし、D19 のみ予め腐食した鉄筋の他に、腐食無しの鉄筋に塗装する場合も設けている。検討する塗装厚は、D16 に関しては 0 mm (無塗装) と 0.7 mm の 2 水準とし、D19 に関しては、0 mm (無塗装)、0.7 mm、1.4 mm の 3 水準とした。なお、塗装厚は上塗り材のみを変化させた。試験

用モルタル供試体は、図-1 に示すように 1 辺の長さ 15 cm の立方体供試体で、内部には鉄筋に引張荷重を载荷中にモルタルが割れる恐れがあるため、直径 2 mm、内径 100 mm、ピッチ 25 mm の鉄製スパイラルを配筋している。

3. 実験結果及び考察

(1) 耐食性試験 図-2 には、塩水噴霧試験 60 サイクル終了時の各種防錆材塗装を施した半面塗装鉄筋の腐食面積率の経時変化を示す。腐食面積は、防錆材を鉄筋から完全に剥がした後、セロハンテープを鉄筋に貼り付け、直接腐食している箇所を写し取ることによって算出した。無塗装鉄筋の腐食面積率は、20 サイクルにおいて 100% であっ

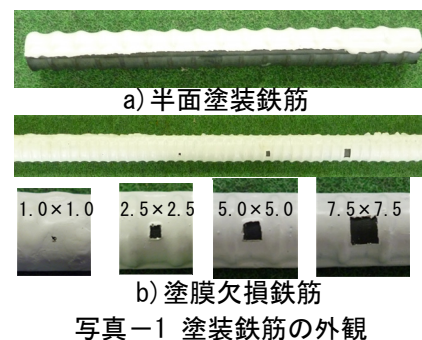


写真-1 塗装鉄筋の外観

表-1 試験体の水準

鉄筋径	腐食	塗装厚	モルタル強度
D16	有	0mm 0.7mm	30±3.0 (N/mm ²)
D19	無, 有	0mm 0.7mm 1.4mm	

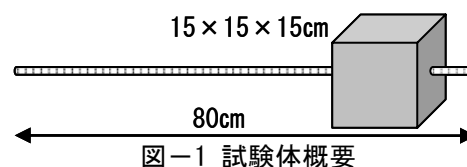


図-1 試験体概要

たが、いずれかの塗装を施した鉄筋の腐食面積率は、60 サイクルにおいても 4%以下と著しく小さくなった。また、下塗り材のみの場合よりも、上塗りを施した方は全く腐食が認められず、下塗り単体よりも防錆効果が高まることが分かった。次に、**図-3**には、各サイクル終了時の各種防錆材塗装を施した塗膜欠損鉄筋の腐食面積率を示す。この結果、40 サイクル終了時における下塗り材のみの塗装した鉄筋は、欠損面積の大きさに拘らず、いずれの場合も同程度の腐食面積率であったのに対し、下塗り・上塗りを施した鉄筋の場合には、欠損面積が大きくなるに従って腐食面積率も増加する結果を示した。60 サイクル目になると、下塗り材のみの塗装した鉄筋の腐食面積率は、いずれも増加しているのに対し、上塗り材を施した場合には、大きな腐食の増加は認められなかった。これは、上塗りを施した場合には、下塗り材のみとは異なり、欠損箇所のみで腐食していたことによるものと考えられる。なお、中性化に対する防錆性能においても、20 サイクル時において、いずれの防錆材も鉄筋腐食面積率は 1%以下と、無塗装と比べ明らかに腐食が抑制されている。従って、塩化物イオン及び中性化に対する防錆効果が確認された。

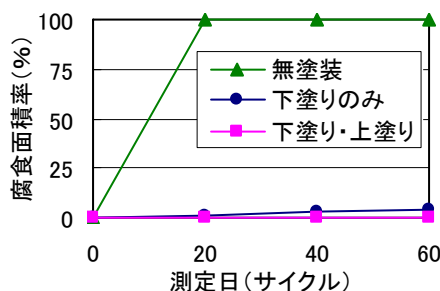


図-2 塩水噴霧による半面塗装鉄筋の腐食面積率

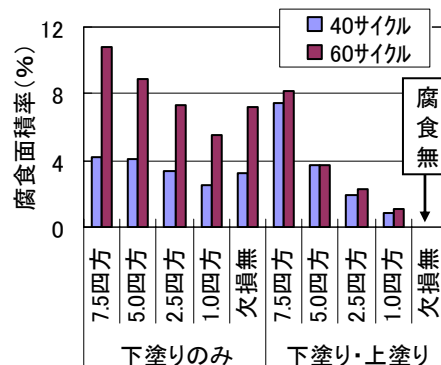


図-3 塩水噴霧による塗膜欠損鉄筋の腐食面積率

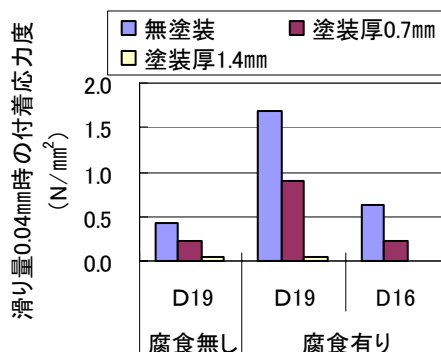


図-4 滑り量 0.04 mm 時の付着応力度

(2) 防錆材塗装鉄筋の付着強度試験 **図-4**には、鉄筋が滑り始めたときとされる滑り量 0.04 mmにおける付着応力度を示す。無塗装鉄筋の付着応力度は、腐食有りの方が腐食無しに比べて大きくなる結果を示した。これは、錆によってモルタルと鉄筋との付着面積が増加したことによるものと考えられる。防錆材を塗装した鉄筋は、塗装時における鉄筋の腐食の有無や鉄筋径に拘らず、いずれの場合も塗装厚が増すと付着応力度が低下することを確認した。これは塗装厚が増すことにより、鉄筋のリブが平らになりコンクリートとの接着面積が減少したことによるものと考えられる。

図-5には、無塗装鉄筋の最大付着応力度に対する割合を示す。無塗装鉄筋の最大応力度に対する割合は 85%以上と定義されている。無塗装鉄筋に対する付着応力度は、鉄筋径および腐食の有無に拘らず 50%程度であり、規格値である 85%を満たすことは出来なかった。また、塗装厚による大きな影響も確認されなかった。これは、鉄筋と下塗り材との付着力の不足が原因と考えられた。**写真-3**には、実際に付着強度試験終了後の鉄筋およびモルタルの外観を示しており、鉄筋と防錆材が剥がれ、またコンクリートに防錆材が付着している状況が確認された。

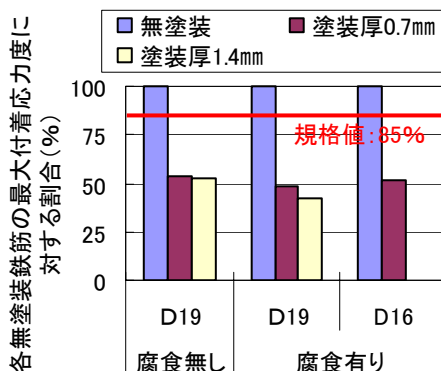


図-5 各種鉄筋の最大付着応力度の割合



写真-3 付着強度試験終了後の鉄筋及びモルタルの外観

4. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) 亜硝酸 Ca が添加された防錆材は、塩化物イオン及び中性化に対する防錆効果は十分に有しており、上塗り材を塗装した場合にはさらに防錆効果が高まることを確認した。また、塗膜欠損がある場合には下塗り材のみと下塗り・上塗りを施したものは、腐食の進行が異なることが分かった。
- (2) 付着強度試験の結果より、いずれの条件でも無塗装鉄筋の最大付着応力度に対する割合の規格値を満たすことが出来なかった。防錆材の強度および弾性係数の改善が必要であるものと考えられる。