

表面被覆材と含浸材の塗布面の違いが鉄筋の腐食抑制に及ぼす効果－屋外暴露試験－

(国研) 土木研究所 正会員 ○加藤智丈 熊谷慎祐 櫻庭浩樹 佐々木巖 西崎到

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の耐久性を保持するためには鉄筋の腐食を抑制することが重要であり、この対策としてコンクリート表面を補修材料により被覆する表面被覆工法や、コンクリートの表面付近に補修材料を含浸させる表面含浸工法などが実施されている。しかしながら、実際の構造物においては、その全ての面をこれらの方法で補修することは困難であるため、劣化因子の浸入抑制には限界があると考えられる。そこで筆者らは、実際の限定された条件を想定して、表面被覆工法・表面含浸工法による塩害補修の適用範囲が異なる場合における鉄筋の腐食抑制効果の違いについて検討を行っている。ここでは塩害環境に暴露した供試体の鉄筋の自然電位測定結果から、腐食抑制効果の相違について報告する。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製方法

供試体に用いた基材コンクリートの配合は表-1 に示すとおりであり、塩化物イオン量換算で 2.4kg/m^3 となるように塩化ナトリウムを混入して作製した。基材コンクリートの寸法は $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 500\text{mm}$ とし、図-1 に示すとおり、D13 の異形鉄筋 4 本をかぶり 30mm となるように配置した。

作製した供試体の種類は表-2 に示すとおりであり、使用材料や塗布範囲を変化させた供試体を作製した。供試体の名称は基準供試体を R とし、その他の名称記号は使用材料により分類した。また、各記号の後の数字は長手方向の断面における塗布面の数を示す。表面被覆工法では市販のエポキシ樹脂系の塗装仕様（プライマー、パテ、中塗り、上塗り、目標膜厚 $140\mu\text{m}$ ）の被覆を実施し（名称記号 E）、表面含浸工法ではシラン系表面含浸材（名称記号 S）、あるいはけい酸塩系表面含浸材（名称記号 N）を 200g/m^2 塗布した。

2.2 暴露環境

前項で作製した供試体の暴露試験は、沖縄県大宜味村の海岸に位置する暴露試験場にて 2014 年 7 月から開始した。また、供試体の暴露環境を確認するため、暴露開始から土研式塩分捕集器を使用して、各方位における飛来塩分量の調査を実施している。調査結果から、捕集した方位や季節により変動はあるものの、年平均飛来塩分量は 1.0mdd 以上であった。

表-1 コンクリートの示方配合

W/C [%]	単位量 [kg/m^3]				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
55	160	299	858	968	4.19

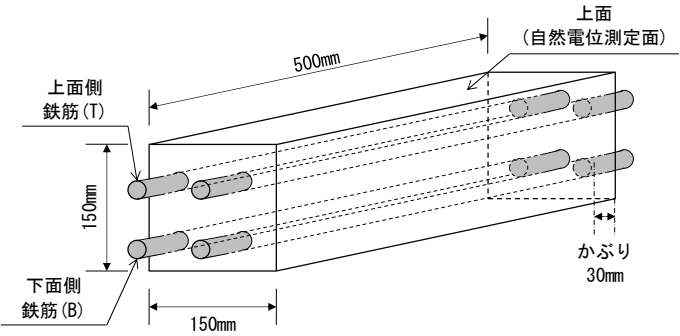


図-1 供試体の形状

表-2 供試体の種類

名称	長手方向の断面における塗布面		長手方向の断面概要
	被覆材	含浸材	
R	-	-	
E2	両側面	-	
E2S1	両側面	底面	
E3	両側面 底面	-	
S3 or N3	-	両側面 底面	

*E3 は長手方向の両端面にエポキシ樹脂系の塗装仕様の表面被覆材を塗布し、その他の供試体は両端面に塗布した。

キーワード 表面被覆, 表面含浸, 塩害環境, 鉄筋腐食, 自然電位
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL:029-879-6763

2.3 調査方法

暴露供試体の調査はこれまでに、2015年2月(暴露日数約200日)、同7月(約350日)、同11月(約500日)、2016年3月(約600日)の計4回実施した。調査項目は、供試体の外観調査、および鉄筋の自然電位測定である。外観調査は目視にて変状の発生を確認する方法で行い、変状が発生した場合は種類や形状などを記録した。鉄筋の自然電位測定は照合電極に銀塩化銀電極を用いて、供試体上面の長手方向(L=500mm)を6分割した約83mm間隔の5測点で測定を行った。また、測定対象の鉄筋は供試体の上面側、および下面側の各1本ずつとした。

3. 結果

暴露日数約600日で実施した外観調査の結果、全ての供試体の露出面にひび割れが確認された。Rに確認されたひび割れの状況を図-2に示す。Rに発生したひび割れの延長や幅は他の供試体に比べて大きかった。

エポキシ樹脂塗装材の塗布範囲が異なるR、E2、E3の自然電位測定結果を図-3に示す。一般的に用いられている鋼材腐食判定基準¹⁾と暴露日数約600日の測定結果を照らし合わせると、E3の下面側鉄筋(E3-B)は90%以上の確率で腐食なし、E2の下面側鉄筋(E2-B)は90%以上の確率で腐食ありと判定され、その他の鉄筋については不確定となる。上面側鉄筋の自然電位は、測定値は異なるもののいずれの供試体も暴露日数が増加するにつれて卑に変化した。一方、下面側鉄筋の自然電位では、R-BとE2-Bは卑に変化した、E3-Bは-200mVvsCSE程度でほぼ変化が見られなかった。この結果から、飛来塩分の浸入や供試体内部の含水状態の違いによって鉄筋周囲の環境が異なると考えられ、表面被覆の塗布範囲の違いが鉄筋の腐食抑制効果に影響することが確認された。

次に表面含浸工法を施工した供試体の自然電位測定結果を図-4に示す。鋼材腐食判定基準と暴露日数約600日の測定結果を照らし合わせると、S3の下面側鉄筋(S3-B)は90%以上の確率で腐食なし、N3の上面側鉄筋(N3-T)は90%以上の確率で腐食ありと判定され、その他の鉄筋については不確定となった。S3の上面側鉄筋の自然電位(S3-T)について、暴露日数600日の測定結果ではR(R-T)とほぼ同程度となったものの、500日までは-200mVvsCSE以上であった。また、下面側鉄筋(S3-B)では600日でも-200mVvsCSE以上となっている。これらの結果から、シラン系表面含浸材による鉄筋の腐食抑制効果が確認されたと考えた。また、S3とE2S1の下面側鉄筋(S3-BとE2S1-B)を比較すると、暴露日数約500日まではほぼ同様であるものの、暴露日数約600日における測定値に差がみられた。両者の違いは供試体の長手方向の断面における左右面の使用材料が異なるのみであり、使用材料の性能の違いが影響したと考えられるが、現段階では原因は不明である。一方、N3はRとほぼ同様の挙動を示しており、本実験ではけい酸ナトリウム系表面含浸材による鉄筋の腐食抑制効果を確認することはできなかった。

4. まとめと今後の予定

塩害環境に暴露した表面被覆材と含浸材の塗布面が異なる供試体について、鉄筋の自然電位を測定することで鉄筋の腐食抑制効果の違いを確認することができた。今後、暴露試験を継続するとともに、鉄筋の腐食速度などの電気化学的測定や供試体における塩化物イオンの濃度分布の確認を実施して、表面被覆材と含浸材の塗布面の違いが鉄筋の腐食抑制効果に及ぼす影響とそのメカニズムについて検証を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向(その2)ーコンクリート委員会腐食防食小委員会(2期目)報告ー、コンクリート技術シリーズ30、2000



図-2 Rのひび割れ状況

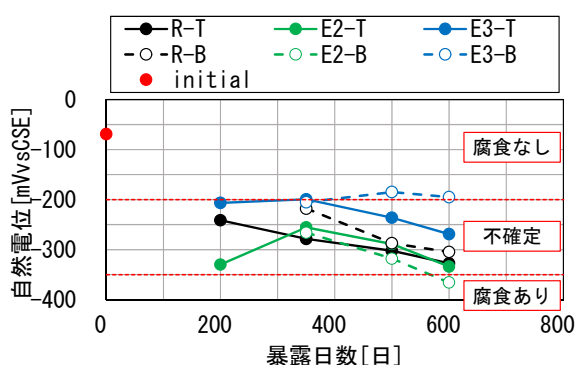


図-3 表面被覆供試体の自然電位測定結果
(記号 T: 上面側鉄筋, B: 下面側鉄筋を示す)

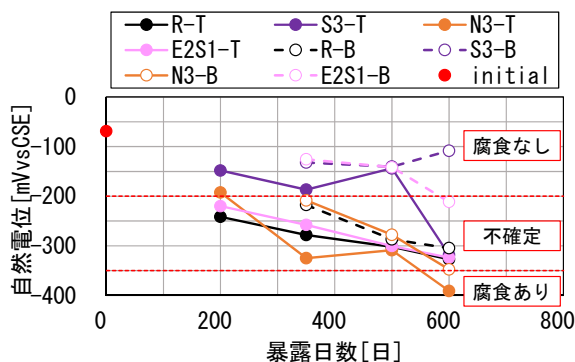


図-4 表面含浸供試体の自然電位測定結果
(記号 T: 上面側鉄筋, B: 下面側鉄筋を示す)