

## - 5 劣化要因を内在した RC 造における各種補修工法の効果 Rehabilitation Effect on RC Building Inhering deterioration Factor

(研究期間 平成 14 ~ 15 年度)

材料研究グループ

Dept. of Building Materials and Components

濱崎 仁

Hitoshi Hamasaki

Synopsis- As for the RC building inhering deterioration factor such as a chloride ion, we construct the various repairing methods (for example, surface coating, repairing mortar). This report shows the result of rehabilitation effect of repairing methods by the outdoor exposure test for 15 years.

**【研究目的及び経過】** 鉄筋コンクリート構造物が塩化物等の劣化要因を内在する場合、一般的な補修工法として、ひび割れ等の劣化が顕在化していない場合や塩化物量が比較的少ない場合には、表面被覆材あるいは浸透性吸水防止材等を用いて、鉄筋の腐食を抑制する補修工法が行われる。また、内部の鉄筋が腐食し、ひび割れやかぶりコンクリートの剥離等の劣化現象が見られる場合には、断面修復工法による補修が行われる場合が多い。

しかしながら、これらの補修工法に関する長期的なデータの蓄積は十分でなく、特に屋外環境下における長期的な腐食抑制効果についての報告は数少ない。本研究は、劣化要因として内在塩分を想定し、劣化が潜在的な状態および顕在化した状態に対して、各種の補修工法を施した試験体の 15 年間の屋外暴露試験の結果から、鉄筋腐食に対する各種補修工法の腐食抑制効果についてまとめたものである。今回の実験に用いた試験体は、昭和 59 年度より建設省建築研究所(当時)と住宅・都市整備公団(当時)の共同研究の一環として設置されたものであり、都市基盤整備公団および宇都宮大学との共同研究として研究を実施した。

**【研究内容】** 実験は、劣化が顕在化した状態を想定した劣化症状と潜在的な状態を想定した劣化症状の 2 シリーズとしている。劣化症状では、促進中性化の後に乾湿繰り返しによる鉄筋腐食の促進試験を行っているため、補修を行う段階ではすでに鉄筋が腐食している。

鉄筋腐食の要因と水準を表 - 1 に示す。中性化深さは、目標の中性化深さになるまで、30・60%R.H.・CO<sub>2</sub>濃度 5%の条件下で促進中性化を行った。屋外暴露試験は、建築研究所ばくろ試験場の地上 70cm ~ 150cm の高さに設置し、6.8 年および 15 年経過時に評価試験を行った。促進試験および暴露 6.8 年の結果については、文献<sup>1)</sup>に報告されている。試験体は、W×D×H=400×200×100mmの試験体に、断面修復材1本、表面被覆材2本の鉄筋を埋設し、それぞれ所定の劣化状態とした後に補修を施したにもを用いた。コンクリートの調合は、単位水量185kg/m<sup>3</sup>、水セメント比60%、細骨材率47%とした。鉄筋は、黒皮付きの丸鋼 13mmを使

用した。補修に用いた材料および組合せを、断面修復工法を表 - 2aに、表面被覆工法を表 - 2bに示す。なお、補修材料および工法は、試験体の作製当時(約15年前)に、適用されていたものであり、現在適用されている工法とは異なる仕様もある。

表 - 1 腐食要因の組合せ  
Combination of Deterioration Factor

かぶり厚さ	塩分量	中性化深さ
10mm	0.00% (0kg/m <sup>3</sup> )	20mm
20mm	0.15% (0.75kg/m <sup>3</sup> )	30mm
	0.30% (1.50kg/m <sup>3</sup> )	

: 添加した塩分量で NaCl/砂質量 (=823kg/m<sup>3</sup>)  
( ) 内は、Cl/m<sup>3</sup> に換算した場合の概算値

表 - 2 a 補修材料の組み合わせ (断面修復工法)  
Combination of Repair Materials (Repairing Mortar)

記号	防錆処理材	埋戻し材	備考
S1	PCP(SBR系)	PCM(SBR系)	防錆剤入
S2	PCP(SBR系)	PCM(SBR系)	カチオン型
S3	PCP(SBR系)	PCM(SBR系)	特殊浸透剤入
A1	EP	PCM(アクリル系)	低粘度
A2	PCP(アクリル系)	PCM(アクリル系)	防錆剤入
A3	PCP(アクリル系)	PCM(アクリル系)	当時公団仕様
E1	EP	EPM	低粘度
E2	EP	EPM	中粘度
N	-	-	無処理

PCP: ポリマーセメントペースト  
EP: エポキシ樹脂  
PCM: ポリマーセメントモルタル  
EPM: エポキシ樹脂モルタル

表 - 2 b 補修材料の組み合わせ (表面被覆工法等)  
Combination of Repair Materials (Surface Coating)

分類	記号	補修材料・仕様
表面被覆	SF	防水形仕上塗材(複層)
	ST	防水形仕上塗材(単層)
	E	複層仕上塗材E
	MA	マスチックA
	RP	リフレッシュペイント
浸透性吸水防止材	SM	シラン化合物系含浸材
	PS	ポリエステル系含浸材
	KS	アクリル系含浸材
	AQ	シリコーン系含浸材
	N	無処理

補修効果の評価は、試験体の目視観察、鉄筋の腐食グレード、腐食面積率、質量減少率およびコンクリートの含水率について行った。

【研究結果】 図 - 1 に断面修復工法における非補修部と補修部および境界部の腐食面積率の関係を示す。

暴露開始後 6.8 年の段階では、防錆処理材としてエポキシ樹脂を塗布した A1、E1、E2 を除いた工法について腐食抑制効果が認められるものの、15 年を経過した段階においては、塩分量が多くなると S1 を除いて腐食の抑制効果はほとんど見られない。セメント系の断面修復材では、ポリマーの種類による明確な差異は認められない。補修部では、断面修復材と基材の境界および断面修復材にひび割れが生じた S3 (塩分量: 0.0%) の腐食面積率が非補修部と比較して増加した。また、内在する塩化物量が多い場合、樹脂系 E1、E2 の腐食面積率が增大する傾向が見られた。これらには、防錆処理材として使用したエポキシ樹脂で被覆された部分に、特に激しい腐食が認められた。境界部においても、補修部と同様に E1、E2 の腐食面積率が增大しており、補修部と非補修部の間にマクロセルが形成された可能性も考えられる。また、補修材内部の塩化物イオン量の分析結果では、当初混入したよりも多量の塩化物イオンが検出されており、エポキシ樹脂中の塩化物イオンが溶出した可能性もあると考えられる。

図 - 2 に各補修工法の劣化抑制材料および塩分量別の腐食速度を示す。腐食速度は、6.8 年および 15 年経過時における質量減少率を、切片 0 の直線近似した場合の傾きとして求めている。また、図 - 3 に各試験体の含水率と腐食速度の関係を示す。

いずれの補修工法、塩分量の場合も、無処理 N と比較して腐食の抑制効果が確認される。また、腐食速度の傾向は含水率の傾向と概ね一致しており、塩化物が混入された場合であっても、含水率が相対的に低い値であれば腐食は抑制されている。

表面被覆材 SF~RP では、SF の腐食速度がいずれの塩化物量においても若干大きい傾向を示す。含水率も同様に相対的に高い値を示すことから、長期的な防水性能が低いか、あるいは内部の乾燥に対して不利に作用した可能性があると考えられる。浸透性吸水防止材 SM~AQ では、SM の腐食速度が相対的に大きいものの、表面被覆材と比較しても同程度かそれ以下である。また、SM では含水率も相対的に大きい傾向にある。含水率は、各補修材料の水分遮断性に左右され、ひび割れの発生によって大きくなる。本実験の範囲では、試験体に発生したひび割れがひび割れ先行型か鉄筋腐食先行型かの判断はできないものの、少なくともコンクリートが十分に乾燥した状態で表面被覆、吸水防止材等の補修が施された場合には、各工法ともに腐食抑制効果が期待できる。

【参考文献】

1) 梶田, 友澤, 福士, 佐野, 田中, 松林, 庄司, 鹿毛: 「表面被覆材・浸透性吸水防止材による鉄筋腐食抑制効果に関する実験 (その 1,2)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (A-1), pp.1103-1106, 1995.9

[備考] 本研究の詳細については以下を参考のこと  
 山本, 梶田, 田中, 濱田, 篠田, 鹿毛, 濱崎: 「鉄筋腐食に対する各種補修工法の腐食抑制効果に関する屋外暴露試験 (その 1,2)」 日本建築学会大会学術講演梗概集 (A-1), pp.869-872, 2003.9

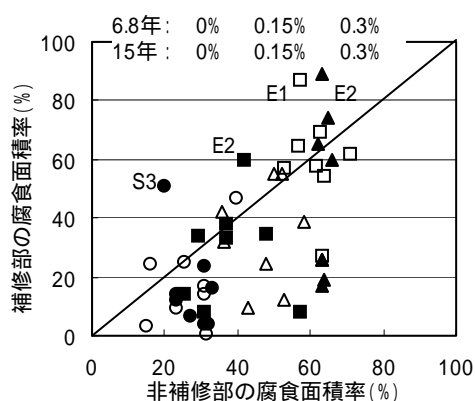


図 - 1 非補修部と補修部の腐食面積率の関係  
 Relationship of Corrosion Area between Repair and Non-Repair Portion of Specimen

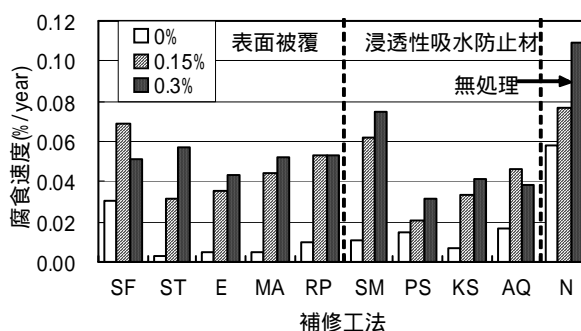


図 - 2 表面被覆工法等における腐食速度  
 Corrosion Speed on Repair of Surface Coating Materials

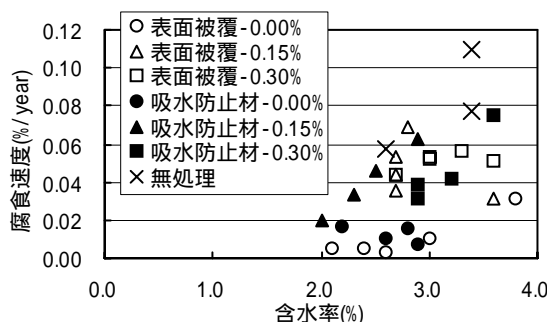


図 - 3 含水率と腐食速度の関係  
 Relationship between Water Content and Corrosion Speed