

塩害を受けた RC 構造物の効果的な補修方法の検討

クエストエンジニア 正会員 ○平野 誠志 金沢工業大学 正会員 宮里 心一
 クエストエンジニア 正会員 青山 實伸 元金沢工業大学大学院 正会員 山本恵理子

1. はじめに

積雪寒冷地の道路橋をはじめとする RC 構造物では、凍結防止剤による塩害が進行している。特に塩害腐食が進んだ RC 道路橋の調査によれば、写真 1 に示すとおり、表面側鉄筋下側において局部的に腐食が進行し、一方内部鉄筋では塩分濃度が高いにもかかわらず腐食がほとんど見受けられない特徴が確認された。これらの特徴から、RC 構造物の補修工法は、塩分濃度が高い環境下においても再腐食の発生を抑制する電気防食工法（流電陽極方式）や防錆剤混入断面修復工法が有効であると考えられる。しかし、上記補修工法は、防食効果の有効性や施工方法などが十分解明されていないのが現状である。本研究では、流電陽極材の種類や防錆剤との併用による防食効果の影響について、現場を模擬した供試体を作製し、鉄筋腐食の速度分布を把握・評価して、効果的な補修方法の検討を行った。

2. 実験概要

実験ケースを表 1 に、供試体の概要を図 2 に示す。実験ケース No. 1 は防錆剤の亜硝酸リチウムを鉄筋下面まで混入した。実験ケース No. 2, 3 は亜鉛 (Zn)・アルミニウム (Al) の各流電陽極材を供試体底面に 1/2 埋め込み、リード線で鉄筋と接続した。実験ケース No. 4 は防錆剤と流電陽極材 (Zn) を合わせて設置した。実験ケース No. 5 は補修なしとした。供試体は水セメント比 50% のモルタルを用い、二軸方向分割鉄筋を 1 本埋設した。塩分濃度は、鉄筋下面までを高濃度 (10kg/m³) とし、鉄筋下面から深部を低濃度 (7kg/m³) とした。初期養生は水中 (20 ± 2℃) において 28 日間行い、その後、下面以外の 5 面をエポキシ樹脂にて被覆した。暴露方法は、浸漬 (20℃, 3%塩化ナトリウム水溶液) 3 日間と乾燥 (20℃, 60%RH) 4 日間を 1 サイクルとし、乾湿を繰り返す塩害促進暴露を行った。

二軸方向分割鉄筋の概要と要素番号を図 3 に示す。二軸方向分割鉄筋は異形棒鋼 (SD295A、D9mm) を用い、上側鉄筋と下側鉄筋の間で形成される腐食セルを把握するため、上下 (6.5mm) および左右 (40mm) に分割し、1 本の分割鉄筋につき鉄筋要素を 6 つとした。なお、各鉄筋要素にはリード線をハンダ付けし、隣接する鉄筋要素間にはエポキシ樹脂により絶縁した後に、鉄筋要素からのリード線を全て接続することで電氣的に 1 本の鋼材とした。

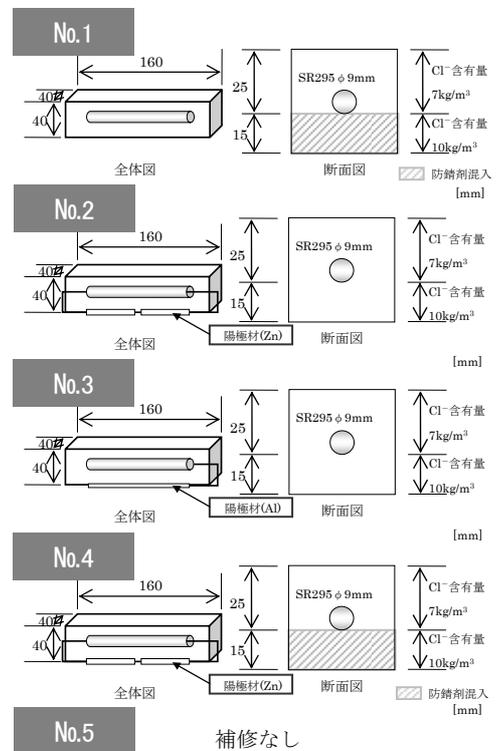
測定は暴露 3 ヶ月後に実施し、測定方法は鉄筋要素間電流密度を無抵抗電流計により、鉄筋要素内腐食電流密度を周波数応答解析装置



写真 1 鉄筋腐食状況(例)

表 1 実験ケース

No.	目的	補修方法	
		工法	種類
1	防錆剤の効果確認	防錆剤混入断面修復工	亜硝酸リチウム (LiNO ₂)
2	流電陽極材の効果確認	電気防食工 (流電陽極方式)	亜鉛 (Zn)
3	工法併用時の影響確認	流電陽極 + 防錆剤	アルミニウム (Al) 亜鉛 + 亜硝酸リチウム
4	比較用	補修なし	普通モルタル



(供試体形状, 含有塩分量は同じ)

図 2 供試体の概要

キーワード 塩害, RC 構造物, 防錆剤, 流電陽極, 分割鉄筋

連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 (株)クエストエンジニア TEL076-264-7872

(FRA)により行った。なお、鉄筋腐食の進行程度を表す方法は、測定された鉄筋要素間電流密度と鉄筋要素内電流密度の和である「総腐食電流密度 ($\mu A/cm^2$)」を用いる。

3. 実験結果

3.1 補修工法及び流電陽極材の評価

補修工法及び流電陽極材の種類による総腐食電流密度の測定結果を図4に示す。防錆剤混入断面修復工法及び亜鉛 (Zn) を用いた流電陽極方式は総腐食電流密度の値が低く、防食効果が高いと判断する。アルミニウム (Al) を用いた流電陽極方式は総腐食電流密度の値が高く、無対策 (比較用) と同等以上の値を示している。従って、アルミニウム (Al) を用いた流電陽極方式は防食効果が低いと評価する。

3.2 流電陽極方式と防錆剤を併用した場合の評価

流電陽極方式 (亜鉛) と防錆剤を併用した場合の総腐食電流密度の測定結果を図5に示す。また、比較用として防錆剤単独と補修なしの結果も合わせて示す。流電陽極方式 (亜鉛) と防錆剤を併用した場合の総腐食電流密度は、防錆剤単独の場合とほぼ同等の低い値を示している。従って、流電陽極方式 (亜鉛) と防錆剤を併用した場合でも悪影響を与えることなく防食効果を発揮することができると評価する。

3.3 鉄筋要素ごとの評価 (流電陽極方式 (亜鉛) の場合)

流電陽極方式 (亜鉛) の場合における鉄筋要素ごとの総腐食電流密度の測定結果を図6に示す。また、比較用として補修なしの結果も合わせて示す。補修なしの総腐食電流密度は、鉄筋要素番号4が極端に高い値を示し、その他の鉄筋要素は低い値を示している。これは、鉄筋要素番号4の位置がアノード部、その他鉄筋要素がカソード部となり、鉄筋腐食が進行しているものと推察する。流電陽極方式 (亜鉛) の場合、いずれの鉄筋要素も総腐食電流密度の値は低い。このことより、流電陽極材 (亜鉛) がアノード部、すべての鉄筋要素がカソード部となり、その結果、防食効果を発揮しているものと推察する。

4. 考察

防錆剤混入断面修復工法は、高い防食効果があると評価する。

ただし、本実験では普通モルタル打設と防錆剤混入モルタルの打設を同時に行っており、本来の補修工法とは防錆剤の浸透速度が異なっていることを考慮する必要がある。

流電陽極材に関して、亜鉛 (Zn) は高い防食効果があると評価する。アルミニウム (Al) は防食効果が認められなかった。これは、アルミニウムは不動態化しやすい物質であることが影響していると考えられる。

流電陽極方式 (亜鉛) と防錆剤の併用に関して、併用しても防食効果に悪影響を与えないと評価する。このことにより、流電陽極方式の即効性と防錆剤の持続性を合わせた補修工法の開発が可能になると考える。

5. まとめ

今回の実験・検討結果より、防錆剤混入断面修復工法と亜鉛 (Zn) を流電陽極材に用いた電気防食工法 (流電陽極方式) に関して高い防食効果があることが確認できた。また、両工法を併用しても防食効果に悪影響を及ぼさないことを確認した。

参考文献

・宮里心一ほか：分割鉄筋を用いたマクロセル電流測定方法の実験的・理論的検討 コンクリート工学年次論文集 Vol.23 pp.547-552 2001

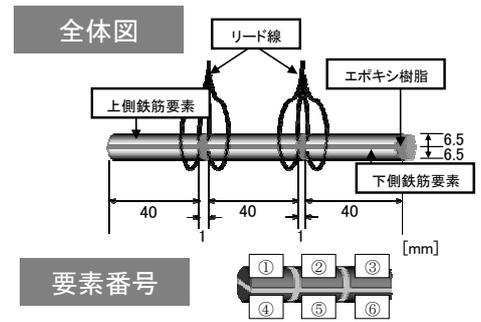


図3 二軸方向分割鉄筋の概要

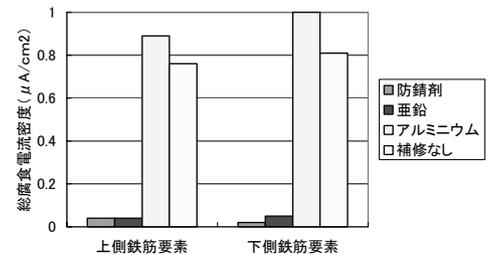


図4 実験ケースごとの総腐食電流密度

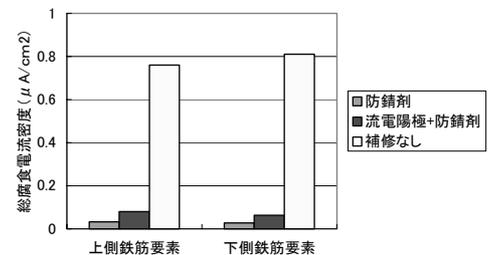


図5 流電陽極+防錆剤の総腐食電流密度

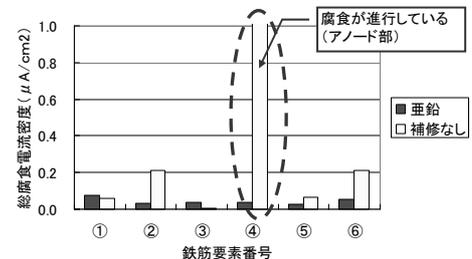


図6 鉄筋要素ごとの総腐食電流密度 [流電陽極方式 (亜鉛) の場合]