

塩害を受けるコンクリート中亜鉛めっき鉄筋の耐食性について

鹿児島大学大学院 学生会員 ○山本 乾雄 非会員 竹下 麗華
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司・山口 明伸・審良 善和・小池 賢太郎

1. はじめに

一般的に高アルカリ性の環境下にある亜鉛めっき鉄筋は、非常に速い溶解を示すことから、亜鉛めっき鉄筋を高アルカリ性の環境下となるコンクリート内部に配置した場合、亜鉛めっき被覆の早期消失が危惧されている。そこで本研究では、コンクリート内部を模擬した飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を用いた2年間の浸漬試験により、亜鉛めっき鉄筋の耐食性を評価した。また同時に、塩害における海洋環境下において、亜鉛めっき鉄筋を用いたコンクリート供試体の暴露試験を実施し、コンクリート中における亜鉛めっき鉄筋の耐食性を検討した。

2. 浸漬試験による亜鉛めっき鉄筋の耐食性

2.1 浸漬試験の概要

浸漬試験に用いた供試体には、図-1に示すように試験面の長さが8cmとなるように亜鉛めっき鉄筋の両端をエポキシ樹脂で被膜したものをを用いた。また、浸漬試験では、試験体ごとに容器を準備し、4種類の溶液に浸漬させた。浸漬溶液の種類を表-1に示す。浸漬溶液には、蒸留水およびコンクリート中を模擬した飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を用いた。pHは12.6である。また、塩化物イオンの影響も評価するため、それぞれの浸漬溶液に対しNaCl濃度で0%および0.2%の濃度になるように調整した溶液も用いた。浸漬期間は0.75年、1年、2年である。なお、浸漬本数は浸漬溶液ごとにそれぞれ3本とした。

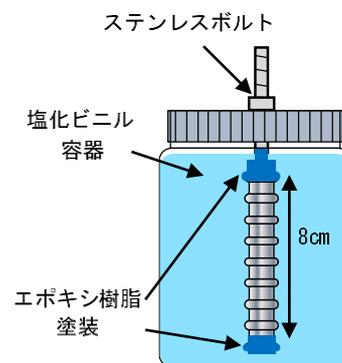


図-1 供試体概要

2.2 結果および考察

表-1に、浸漬試験で得られた亜鉛めっき皮膜の腐食速度を示す。また、亜鉛めっき被膜の残存膜厚の経時変化を図-2に示す。いずれの浸漬溶液に暴露した場合も、浸漬期間の経過とともに、亜鉛めっき皮膜の残存膜厚が減少する傾向を示した。ただし、その腐食速度は浸漬溶液により大きく異なり、飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液に浸漬した亜鉛めっき鉄筋の腐食速度は、溶液中の塩化物イオン量の如何に関わらず、蒸留水よりも明らかに小さな値となった。なお、NaCl濃度0.2%の蒸留水に浸漬した亜鉛めっき鉄筋の残存膜厚の変化が最も大きく、腐食速度で37.4 ($\mu\text{m}/\text{年}$)となった。一方、NaCl 0%の飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液に浸漬させた亜鉛めっき鉄筋の腐食速度は1.8 ($\mu\text{m}/\text{年}$)であり、高い耐食性が確認された。また、NaClを0.2%混入させた場合には、若干腐食速度が高くなるものの、高い耐食性が確認される。このことから、コンクリートを模擬した飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液は、高アルカリ性環境となるものの、中性環境である蒸留水よりも亜鉛めっきの溶解に伴う腐食速度は小さくなることが明らかとなった。これは、亜鉛・カルシウム水酸化物のさびが保護錆となって作用したものと推察される。

表-1 溶液の種類と腐食速度

溶液	pH	NaCl 濃度 (%)	腐食速度 ($\mu\text{m}/\text{年}$)
蒸留水	-	0	11.86
		0.2	37.4
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	12.6	0	1.88
		0.2	5.95

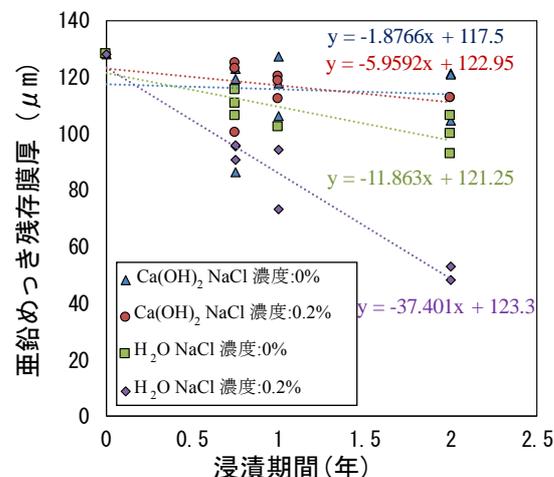


図-2 残存膜厚の経時変化

キーワード: 塩害, 亜鉛めっき鉄筋, 異種金属接触腐食, 耐食性, 亜鉛めっき残存膜厚

連絡先: 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL099-285-8480

3. コンクリート中亜鉛めっき鉄筋の耐食性

3.1 海洋暴露試験の概要

図-3 に供試体形状を示す。供試体の形状は10cm×10cm×60cmの角柱である。供試体中には、かぶり3cmの位置に普通鉄筋および亜鉛めっき鉄筋を1本ずつ埋設させた。どちらもD10の異形鉄筋を用い、亜鉛めっき鉄筋の膜厚は100μmである。なお、2本の鉄筋は、外部接続なしとして、それぞれが単独での状況で暴露される場合と、外部接続ありとして、普通鉄筋と亜鉛めっき鉄筋を電氣的接続させたものも併せて準備した。また、供試体養生後、供試体の中央部に予め0.2mmのひび割れを導入し、ひび割れが閉塞しないように両端をボルトにより拘束させた。暴露試験は海上大気中および干満帯において供試体を設置し、1年間行った。

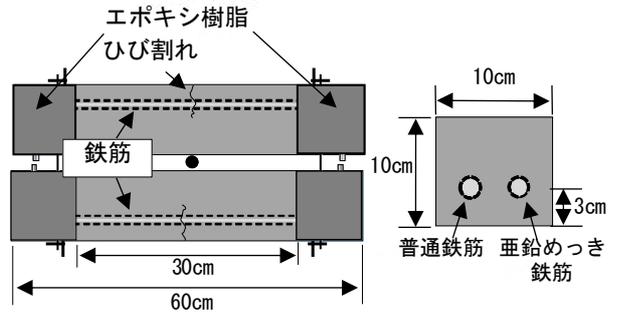


図-3 供試体形状

3.2 結果および考察

干満帯における暴露1年経過後の普通鉄筋と亜鉛めっき鉄筋の外観について、健全部(ひび割れのない部分)の状況を写真-1、ひび割れ部の状況を写真-2に示す。健全部の亜鉛めっき鉄筋は少々の変色がみられる程度であり、普通鉄筋の腐食はみられなかった。一方で、ひび割れ部の亜鉛めっき鉄筋は亜鉛由来の白錆が多く確認された。また、外部接続なしの鉄筋に比べ外部接続ありの鉄筋では亜鉛による白錆が多いことも確認された。普通鉄筋の腐食状況は、外部接続なしでは著しい腐食がみられるのに対して、外部接続ありでは腐食はほとんどみられなかった。この理由として、イオン化傾向の異なる亜鉛と鉄が接続することで、亜鉛めっき鉄筋がアノード、普通鉄筋がカソードとなる異種金属接触腐食が生じ、亜鉛の腐食が大きくなる中で、普通鉄筋が防食されたためであると考えられる。海上大気中および干満帯に暴露した外部接続あり、なしの供試体の亜鉛残存膜厚を図-4に示す。ひび割れ部分の残存膜厚が健全部に比べ小さくなる傾向を示し、ひび割れの影響を受けていることがわかる。また、外部接続なしに比べて外部接続ありのほうが亜鉛めっき被膜は明らかに溶解しており、異種金属接触腐食の影響を受けていることがわかる。接続がある場合のひび割れ部の亜鉛めっき皮膜の腐食速度は、10μm/年程度と著しく減少することが確認された。

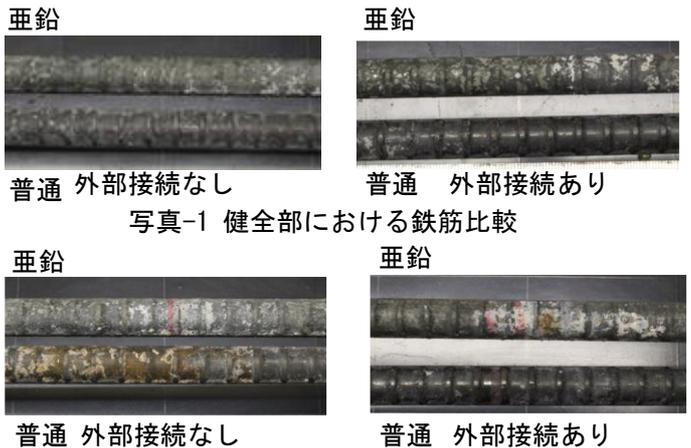


写真-1 健全部における鉄筋比較
写真-2 ひび割れ部における鉄筋比較

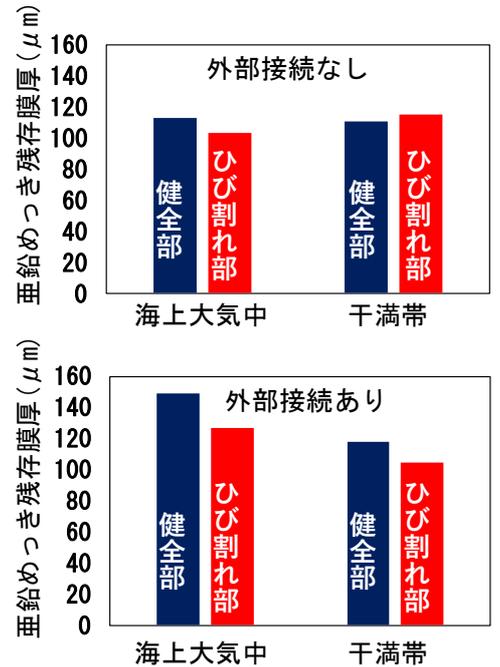


図-4 亜鉛残存膜厚の比較

4. まとめ

浸漬試験の結果より、亜鉛めっき鉄筋は、コンクリート内部を模擬した飽和Ca(OH)₂水溶液中では、高アルカリ環境であるにも関わらず、腐食速度が遅くなり高い耐食性が確認できた。また、海洋環境下における暴露試験においても健全部の亜鉛めっき鉄筋の耐食性が確認された。しかし、亜鉛めっき鉄筋は、コンクリートのひび割れの影響を受けること、亜鉛と鉄を接触させることで亜鉛の溶解が促進されることが確認された。

<参考文献>武若耕司:コンクリート構造物の塩害対策における防食補強材について,第34回防錆防食技術発表大会講演予稿集, p99, 100 2014. 7