

コンクリート中における損傷を付与した Al-Mg 溶射鉄筋の耐腐食性能

北見工業大学大学院	学生員	○八島一也
北見工業大学	正会員	井上真澄
北見工業大学	正会員	崔 希燮
NEXCO 西日本イノベーションズ(株)	正会員	広野邦彦
NEXCO 西日本イノベーションズ(株)	正会員	杵本正信

1. はじめに

Al-Mg(アルミニウム・マグネシウム)溶射は、優れた防食技術として鋼構造分野での普及が図られており、コンクリート用防錆鉄筋としての適用が期待される。Al-Mg 溶射皮膜は、皮膜による環境遮断作用とともに、Mg による自己修復効果を発揮することから高い防食性能を有する¹⁾が、コンクリート中における防食性能に関するデータは不足しており、コンクリート中に含有する塩化物イオン量の影響や皮膜に損傷を受けた場合の犠牲防食効果、エポキシ鉄筋等の既存防食鉄筋に対する優位性は不明である。

そこで本研究では、Al-Mg 溶射の特長である犠牲防食効果に着目し、損傷を付与した Al-Mg 溶射鉄筋を塩分含有コンクリート中に埋め込んだ供試体を作製して促進腐食試験を行い、その耐腐食性能についてエポキシ(EP)鉄筋と比較検討を行った。





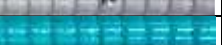



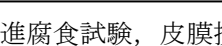
2. 実験概要

溶射に用いる金属には、アルミニウム(95%)・マグネシウム(5%)の合金を使用し、溶射方法はプラズマアーク溶射とした²⁾。所定の厚みで溶射を施し、耐アルカリ性を有するエポキシ樹脂系封孔剤を160g/m²塗布した²⁾。

表-1 に試験に用いた鉄筋の種類を示す。コンクリート中に埋設する鉄筋には健全な Al-Mg 溶射鉄筋に加えて、溶射の皮膜の一部を人為的に損傷させた鉄筋を用いた。損傷部は図-1 に示すように、全長 210mm の鉄筋中央部とその中央部から 50mm 離れた箇所計 3 点で皮膜に傷をつけ、鉄筋素地を露出させている。傷の大きさは直径 φ1, 3, 5mm の 3 種類とした。また、比較対象とした EP 鉄筋についても健全なものに加えて、Al-Mg 溶射鉄筋と同様の水準で皮膜損傷を付与した。

本実験では、コンクリート中における損傷を付与した Al-Mg 溶射鉄筋の耐腐食性能を把握することを目的として、JCI-SC3 の規準に準じた促進腐食試験を行った。供試体は厳しい塩分環境下に曝されたコンクリート構造物を想定し、コンクリートの塩化物イオン含有量は 12kg/m³ となるように、NaCl(一般試薬)を用いて調整した。図-2 に試験体の概略を示す。試験は、湿潤期間(温度 70°C, 相対湿度 90%)が 3 日間、乾燥期間(温度 15°C, 相対湿度 65%)が 4 日間を 1 サイクルとする乾湿繰返しを 20 サイクルまで行った。

表-1 使用した鉄筋の種類

鉄筋の種類		外観
普通鉄筋	N	
Al-Mg 溶射	Al-Mg(傷なし)	
	Al-Mg(傷 φ 1mm)	
	Al-Mg(傷 φ 3mm)	
	Al-Mg(傷 φ 5mm)	
EP 鉄筋	EP(傷なし)	
	EP(傷 φ 1mm)	
	EP(傷 φ 3mm)	
	EP(傷 φ 5mm)	

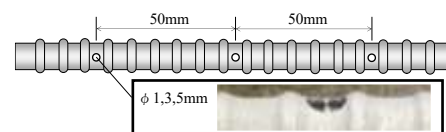


図-1 鉄筋の皮膜損傷状況

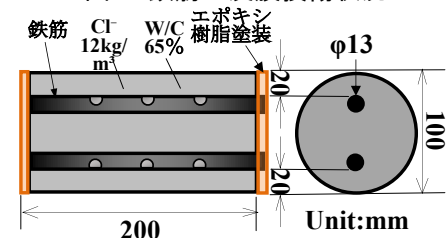


図-2 促進腐食用試験体概要

キーワード Al-Mg, 溶射鉄筋, 促進腐食試験, 皮膜損傷, 犠牲防食

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 北見工業大学 工学部 地域未来デザイン工学科 TEL0157-26-9513

3. 実験結果および考察

図-2に20サイクルまでの自然電位の経時変化を示す。普通鉄筋 N の自然電位をみると、乾湿繰返しサイクル初期から-500mV CSE という非常に卑な電位を示し、2 サイクル終了時点でコンクリート供試体のかぶり面に鉄筋に沿ったひび割れが発生しており、この段階でコンクリート中の鉄筋は腐食しているものと考えられる。その後、3 サイクル目以降は電位が貴な方向に急激に変化する傾向を示した。これは、鉄筋の腐食によって生成される錆の影響によるものと考えられる³⁾。すなわち、コンクリート中に含有する塩化物イオンの作用により不動態皮膜が破壊され、溶出した鉄イオンは溶存酸素と結合し酸化鉄となり、鉄筋表面に付着し錆層を形成し緻密化するため、鉄イオンの溶出を阻害することによるものと推察される。

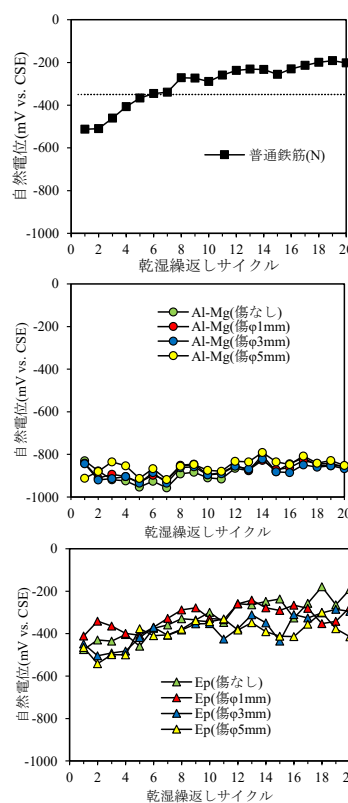


図-2 自然電位の経時変化

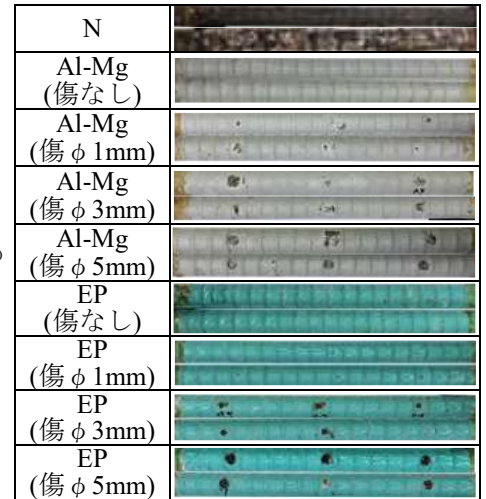


写真-1 鉄筋の腐食状況

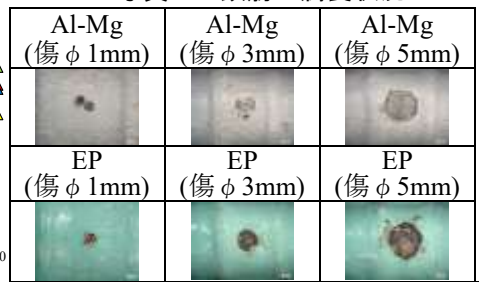


写真-2 損傷部の腐食状況

次に Al-Mg 溶射鉄筋及び EP 鉄筋の自然電位をみると、損傷の有無や大きさに関わらず概ね-800~-950mV, -250~-550mV CSE 程度を推移しており、乾湿繰返しサイクルに伴う特徴的な挙動は認められなかった。なお、Al-Mg 溶射鉄筋の電位は、普通鉄筋よりも卑な電位を示しているが、これは鉄筋表面に施した Al-Mg 溶射皮膜の電位を示していると推察される²⁾。

写真-1 に20 サイクル終了後コンクリート供試体から取り出した鉄筋の腐食状況を示す。普通鉄筋 N では、全域に渡って腐食が観察された。これに対して損傷を付与していない Al-Mg 溶射鉄筋および EP 鉄筋では、鉄素地の腐食は確認されなかった。一方で損傷を付与した場合、EP 鉄筋では、損傷を付与して鉄素地を露出させた部分で腐食が確認された。

写真-2 に損傷を付与した鉄筋の一例を拡大して示す。EP 鉄筋では、鉄素地を露出させた部分に腐食が観察されるとともに、部分的には損傷部周辺にもエポキシ樹脂塗装部の膨れや鉄素地の腐食が観察された。一方で Al-Mg 溶射鉄筋では、鉄素地を露出させた部分には腐食は確認されなかった。溶射皮膜に含有する Mg は、皮膜に傷が生じたとき水分や酸素が供給されると、犠牲防食作用により Mg の化合物が傷を塞ぐ自己修復効果を発揮することが知られており¹⁾、その効果により高濃度の塩分を含むコンクリート中においても鉄素地に腐食を生じなかったものと推察される。

4. まとめ

損傷を付与した Al-Mg 溶射鉄筋を塩分含有コンクリート中に埋め込んだ供試体を作製して促進腐食試験を行い、その耐腐食性能について EP 鉄筋と比較検討を行った。損傷を付与した場合、EP 鉄筋では損傷を付与して鉄素地を露出させた部分で腐食が確認されたのに対して、Al-Mg 溶射鉄筋では鉄素地を露出させた部分には腐食は確認されなかった。これは Al-Mg 溶射皮膜の犠牲防食効果によるものと推察される。

参考文献

- 1) 西日本高速道路株式会社：アルミニウム・マグネシウム合金溶射 設計施工管理要領，2015.7
- 2) 井上真澄，崔希燮，広野邦彦，杵本正信：コンクリート中における Al-Mg 合金溶射鉄筋の耐食性と付着特性に関する検討，セメント・コンクリート論文集，Vol.73，pp.272-278，2020.3
- 3) 仁平達也，井原啓知，関博：中性化および乾湿繰返しを受けるコンクリート中の鉄筋腐食について，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.815-820，2003