

大気環境の異なる Al 系および Zn 溶射皮膜の大気暴露特性

宮崎大学大学院（学）○豊田 祐樹 宮崎大学（正）森田 千尋
宮崎大学（正）中野 敦 琉球大学（正）押川 渡 株式会社ダイヘン 米沢 昇

1. はじめに

防食溶射は鋼構造物などの表面を大気環境から保護する表面改質技術として、長期健全性が求められる大型鋼構造物や円筒型変圧器など様々な分野で使用されている。自然環境における溶射皮膜の防食特性を評価する方法としては大気暴露試験が有効であり、その優位性が確認されているが^{1)~3)}、複数の皮膜組成について異なる大気環境で防食性能を比較した研究例は少ない。本研究では、Al 系および Zn 溶射皮膜を用いて大気環境条件の異なる地域において大気暴露試験を実施し、それらの防食特性について表面解析、膜厚測定、断面解析および分極試験を用いて暴露 1 年後の評価を行った。

2. 試験方法

供試体の寸法は 150×70×2.3 mm 材料の溶射鋼はブラスト処理により粗面である。供試材料はスチールグリットを用いてブラスト処理により素地調整した鋼板上に圧縮空気による電気アーク溶射法を用いて試験体を作製した。また、溶射皮膜との比較として溶解めっき法を用いて Zn めっき鋼板を作製した。溶射皮膜の組成は Zn-30mass%Al, Al-5mass%Mg および Zn である。AlZn 溶射皮膜の膜厚は 120 μm , AlMg 溶射皮膜の膜厚は 90 μm , Zn 溶射皮膜の膜厚は 60 μm とする。ZnHD 皮膜は、皮膜厚さを 100 μm とする。いずれの試験片においても封孔処理は施していない。大気暴露試験は宮崎大学木花キャンパスと宮崎大学延岡フィールドで行った。木花試験場は、海塩の影響が比較的少ない準沿岸環境であり、試験片の暴露面は南向きに設置した、延岡試験場は、海塩の影響が最も厳しい海浜環境であり、試験片の暴露面は海浜に面した北向きに設置した。また、木花試験場では、大気暴露試験に加えて、人工海水を塗布した促進暴露試験についても実施した。促進暴露試験とは、自然海水の塩分組成に近い人工海水



図-1 皮膜表面の白さび（延岡試験場）

を用いて、1 サイクルを 24 h とし試験片表面に 1 サイクル毎に塗布し、一般的な大気暴露試験に比べて塩化物による腐食への影響を促進する大気暴露試験である。

皮膜表面は目視による外観観察と、デジタルマイクロスコープを用いて皮膜厚さの変化を計測した。断面解析については、SEM 像観察および EDX 分析により評価した。断面解析用試験片は 20×20 mm に切断し、エポキシ樹脂に樹脂埋めした後、鏡面研磨を行った。各試験片の分極特性については、オートマチックポラリゼーションシステムを用いて、測定範囲を自然電位からアノード側+0.1 V, カソード側-1.5 V とし分極試験を行った。

3. 実験結果

(1) 暴露試験による皮膜の表面状態

1 年間の大気暴露試験により、木花試験場において AlMg90 は Cl の塗布有無ともに大きな変化はみられなかった。AlZn 溶射、Zn 溶射および ZnHD100 は、皮膜表面に白色の腐食生成物が確認された。また、Cl を塗布した場合では、Cl 無よりも白色の腐食生成物が多く確認された。延岡試験場では AlMg90 に大きな変化はみられず、それ以外の溶射皮膜に腐食生成物が確認され、特に Zn60 で顕著にみられた（図-1）。これにより、溶射皮膜の組成および初期膜厚による防食性能の差異が確認された。

(2) 腐食生成物の同定

AlZn120 の X 線回折の結果を図-2 に示す。初期材において Zn と Al のそれぞれの回折ピークが検出され、1 年間の大気暴露後は塩基性炭酸 AlZn の回折ピークが検出された。AlMg 溶射、Zn 溶射および ZnHD 皮膜に

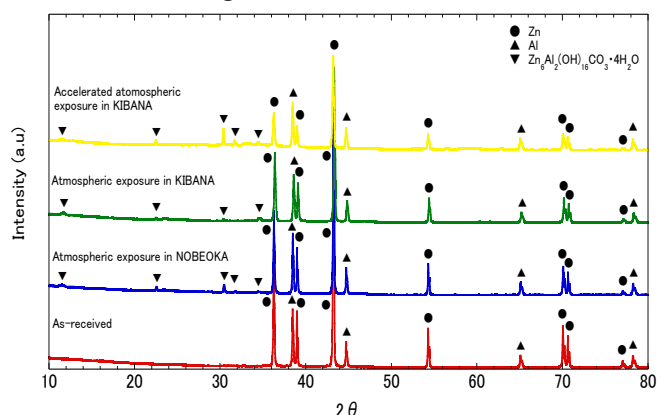


図-2 X 線回折 (AlZn120)

キーワード 大気腐食, 溶射皮膜, 人工海水, Zn, Al-Zn, Al-Mg
連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 TEL.0985-58-7324

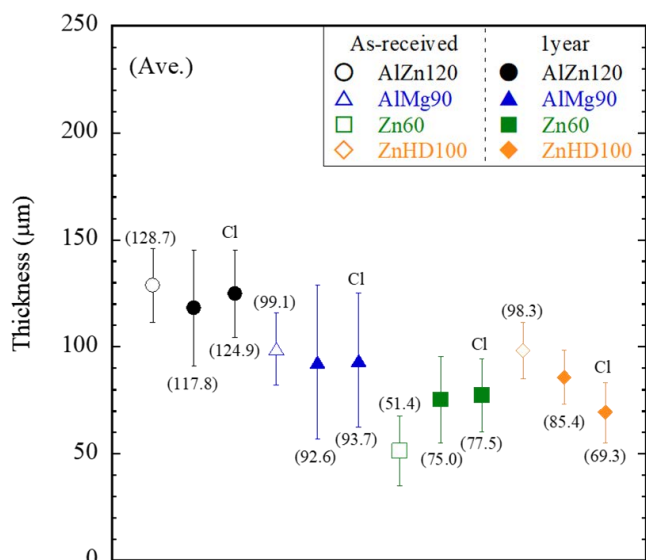


図-3 膜厚測定（木花試験場）

においても大気暴露試験後に各腐食生成物の回折ピークがみられたが Cl 塗布の有無による差異はみられなかった。

(3) 溶射皮膜厚さの測定

図-3 に木花試験場の膜厚測定を示す。1 年間の大気暴露試験において、木花試験場では AlZn120, AlMg90 の皮膜厚さは初期材に比べて大きな差異はみられない。Zn60 は大気暴露試験後に皮膜厚さは増加した。いずれの試験片において Cl 塗布の有無による大きな差異はみられない。ZnHD100 では Cl の塗布有無の双方で皮膜厚さは減少している。延岡試験場では木花試験場と同様に Zn60 の皮膜厚さは増加していた。

以上のように、双方の試験場において皮膜厚さが小さい Zn60 において溶射皮膜は増加しており、皮膜組成や皮膜厚さによって腐食特性に違いがみられた。

(4) EDX による SEM 観察および断面分析

木花試験場の暴露試験後の AlZn120 は O が皮膜内部に分散し、鋼と皮膜の界面にも分布していた。Al-Mg90 も同様に皮膜界面に O は分布していた。ZnHD 皮膜は皮膜内部の空隙は少なく、皮膜表面には O の分布は確認された。Zn 溶射、ZnHD 皮膜の Cl 塗布有では腐食因子となる Cl が皮膜表面に分布していた。延岡試験場も同様の傾向がみられた。

(5) 分極試験による皮膜の評価

図-4 に木花試験場における Cl 塗布有の溶射皮膜についてアノード/カソード分極特性を示す。AlZn および Zn 溶射皮膜の初期材の自然電位は同程度の値であり、暴露後も大きな変化はみられない。AlMg の自然電位はその他の溶射皮膜よりも貴側の値となり、暴露後はさらに貴側に移行している。暴露後のアノード特性は AlMg および Zn の電流密度は抑制されている。

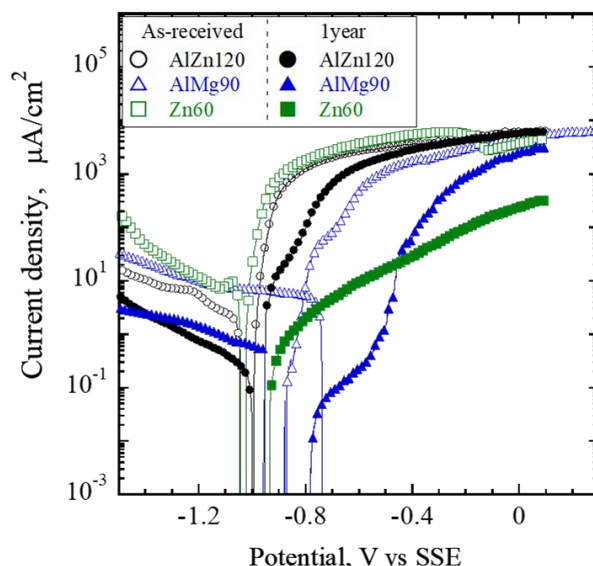


図-4 分極試験（木花試験場 Cl 有）

4. まとめ

- (1) 1 年間の大気暴露試験の結果、両試験場において Zn 溶射に白色粒状の腐食生成物が確認され、延岡試験場において腐食生成物は多く発生していた。また、木花試験場の促進暴露試験では、Zn 溶射において延岡試験場よりも腐食生成物は多く発生し、腐食の進行を確認した。
- (2) 膜厚測定の結果、両試験場において Zn 溶射の皮膜厚さは増加した。暴露試験場の違いによる皮膜厚さの差異はみられない。
- (3) 皮膜組成の違いにより溶射皮膜の腐食特性に差異がみられた。暴露試験場の差異は 1 年間の大気暴露試験では大きな差異は見られない。

参考文献

- 1) 片山英樹, 黒田聖治: 海浜地域に 33 年間暴露された Zn, Zn-30wt%Al 及び Al 溶射皮膜の長期大気腐食挙動, 防錆管理, Vol.54, No.4, pp.127-133, 2010.
- 2) 古賀義人: 複合サイクル試験による Al, Zn-Al 及び Al-Mg 合金溶射皮膜の耐食性, 溶射, Vol.41, No.3, pp109-112, 2004.
- 3) 中野敦, 押川渡, 米沢昇: 屋外促進暴露試験を用いた Zn-30mass%Al 溶射鋼の腐食特性評価, 材料と環境, Vol.68, No.7, pp.187-193, 2019