

臨海油槽所の棧橋に採用されたアルミニウムめっきの耐食・防食性能に関する検討

九州大学 学生会員 ○劉 少博 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
九州大学大学院 学生会員 八木 孝介 九州大学大学院 学生会員 平尾みなみ
日本溶融アルミニウムめっき協会 正会員 橋本 幹雄 内田運輸㈱ 非会員 宇都 章彦

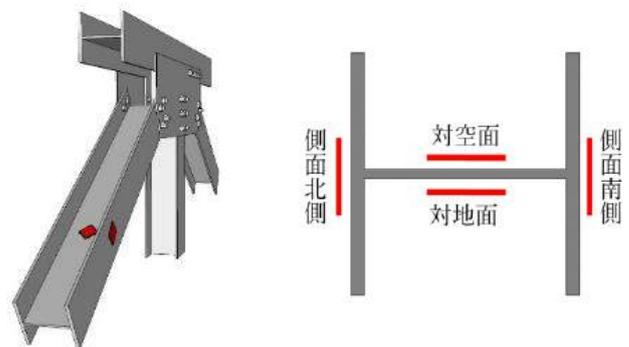
1. はじめに 溶融 Al めっき (以下, Al めっき) は, 優れた耐食性等の特性を有することから, これまで棧橋, 防潮柵などの鋼構造物や橋梁の検査路などに用いられてきた. しかし, 塗装や溶融 Zn めっきに比して, Al めっきの耐食・防食性能に関する先行研究が少ないため, その性能については十分に明らかにされていない. そこで, 本研究では 25 年間供用された臨海油槽所内の Al めっき棧橋を対象として, 各構造部位における Al めっき皮膜の耐食・防食性能を検討することを目的とした. そのために, 小片裸普通鋼板 (以下, MSP) を各部位に貼付し, 大気暴露することで部位レベルの腐食性を評価した. また, MSP の貼付部位近傍における部材断面の Al めっき層と鋼部材の状態を EPMA による元素マッピングにより分析した.

2. 腐食性評価と元素分析の方法 対象とした構造物は, 25 年間供用されたトラス構造を有する棧橋 (Lat.31°29'N, Long. 130°32'E) である. その概要と MSP の貼付位置を図 1 に示す. MSP には JIS G 3106 SM490A の鋼板を用い, その寸法は 60×60×3mm とした¹⁾. また, MSP の表面は, 大気暴露試験後の早期に腐食生成物を鋼材表面に均一に形成させるためにブラスト処理 (溶解アルミナサンド (モース硬度: 12, JIS 粒度指数: 57.8, 比重: 4.0), ISO8501-1 Sa2.5) した. MSP は斜材あるいはガセットの対空面, 対地面および側面に計 46 枚貼付した. なお, 対象部位と MSP の温度差を極力低減するために, 熱伝導ゲルシート (熱伝導率: 6.5W/m·K) を介して貼付した¹⁾. MSP の暴露期間は 2015 年 4 月から 2016 年 5 月の約 1 年間とした. 回収した MSP の腐食性は, 腐食生成物層の厚さ $t_{r,mean}$ と平均腐食深さ d_{mean} を測定することで評価した. $t_{r,mean}$ は電磁式デジタル膜厚計 (測定範囲: 0~10mm, 分解能: 1 μ m (0~999 μ m), 0.01mm (1~10mm)) を用いて測定した. また, d_{mean} は MSP の腐食生成物を pH1 の塩酸系溶液 (塩酸 9.5%, アルキルトリメチルアンモニウム塩) を用いて化学的に除去し, MSP の重量減少量に基づき算出した. 対象部位 g, h および j のウェブについては, それらの断面のコアを採取し, EPMA 分析することでめっき層と鋼部材の腐食状況を観察した.

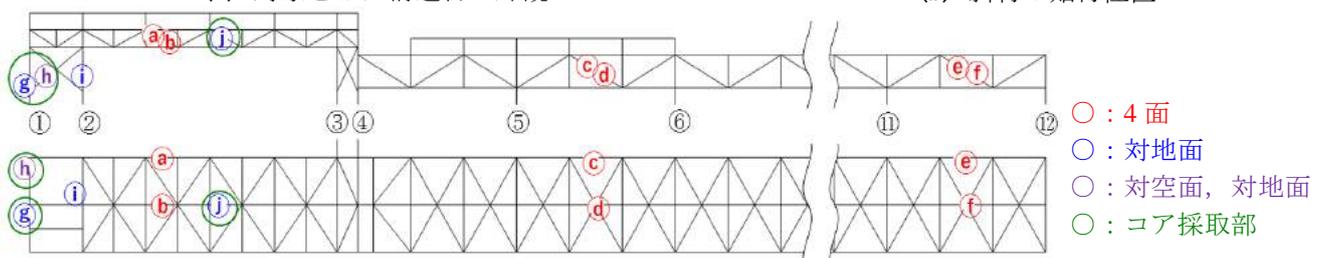
3. 腐食性評価と元素分析の結果 部位 a, g および j における MSP の腐食生成物層の厚さ $t_{r,mean}$, および平均腐食深さ d_{mean} をそれぞれ図 2 および図 3 に示す. 対地面の $t_{r,mean}$ と d_{mean} は, 他の設置角度に比して大きくなっている. 45°の対空面と対地面, および 90°の設置方向で実施した暴露試験結果²⁾についても同様の傾向があった. これは降雨による付着海塩の洗浄効果 (以下, 雨洗効果) がある対空面と側面に比して, 雨洗効果の無い対地面は塩化物が付着・蓄積することで, 腐食の進行が促進されやすいためと考えられる. コアを採取した部位 g の対空面, および部位 j の対地面における表面状態を図 4 に示す. 部位 g の対空面では, Fe の腐食生成物が生じていないため,



(a) 対象とした構造物の外観



(b) 斜材の貼付位置



(c) MSP の貼付位置

図 1 対象とした構造物の概要と MSP の貼付位置

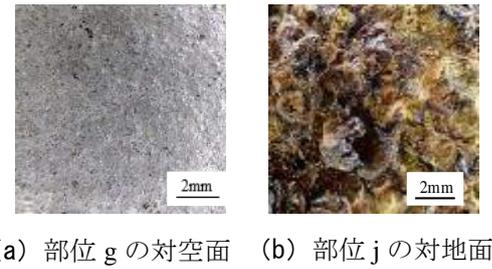
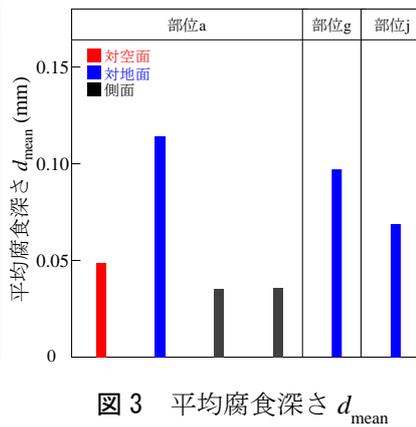
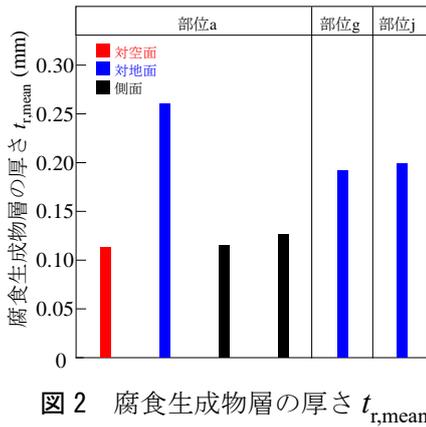
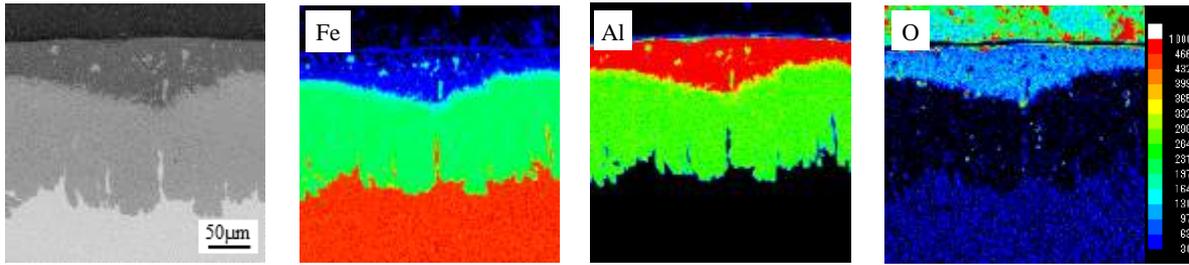


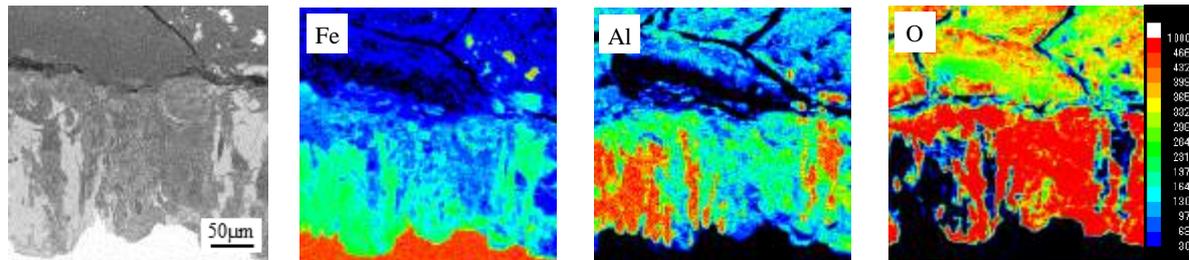
図2 腐食生成物層の厚さ $t_{r,mean}$

図3 平均腐食深さ d_{mean}

図4 コアを採取した部位の表面状態



(a) 部位gの対空面



(b) 部位jの対地面

図5 EPMAによる元素マッピング

Alめっき皮膜は健全であると考えられる。一方、部位jの対地面については、赤褐色の腐食生成物が観察されることから、Fe由来の腐食生成物が生じていると考えられる。図4で示した部位から採取したコアの断面のEPMAマッピングを図5に示す。部位gの対空面については、Al層には微量のOが含まれているが、Al層、Al-Fe合金層およびFe層は、いずれも健全な状態であると言える。部位jの対地面については、Alリッチの層が観察されず、Al層が完全に消失している。Al-Fe合金層にOが多量に観察されるため、図4(b)の赤褐色の腐食生成物は、Al-Fe合金層から生じたと言える。しかし、Fe層についてはOが観察されないことから、鋼材自体は健全であると言える。大気環境では一般にAl表面に緻密な酸化皮膜 Al_2O_3 が形成される。そのため、Al層とAl-Fe合金層の腐食電位はFe層に比して貴になる³⁾。一方、飛来海塩が問題となる高腐食性環境においては、Al表面の緻密な酸化皮膜が破壊されやすくなるため、Feに比して活性なAl本来の腐食電位を示す。そのため、卑な電位となるAl-Fe合金層と貴な電位を示すFe層の境界部において腐食が進行したと考えられる³⁾。H形鋼の斜材におけるウェブの対空面と側面については、降雨により付着した塩化物が雨洗されるため、酸化皮膜が形成されやすい環境にあるため、Al層の表面に酸化皮膜 Al_2O_3 が形成されやすい。一方、ウェブの対地面については雨洗効果が無く、塩化物が付着・蓄積しやすいため、Al層に加えてAl-Fe合金層にも腐食が進行したと考えられる。

4. まとめ 1) 付着海塩の雨洗のある対空面や側面の腐食性は、雨洗の無い対地面に比して低くなる傾向にある。2) 斜材のウェブの対空面におけるめっき層は健全な状態であった。一方、ウェブの対地面については、Al層の消失に加え、Al-Fe合金層も一部消費していたが、鋼部材自体は健全な状態であった。3) 臨海部における栈橋などの鋼構造物に溶融アルミニウムめっきを適用する場合、鋼材に対するめっきの防食性能は25年間以上期待できる。

参考文献 1) 貝沼重信：鋼橋の腐食性・腐食環境評価のための小片裸鋼板とACM型腐食センサの適用とその事例，防錆管理，Vol.60, No.11, pp.34-42, 2016. 2) 貝沼重信，山本悠哉，伊藤義浩，林秀幸，押川渡：腐食生成物層の厚さをを用いた無塗装普通鋼材の腐食深さとその経時性の評価方法，材料と環境，Vol.61, No.12, pp.483-494, 2012. 3) 真木純：Al系溶融めっき鋼板，表面技術，Vol.62, No.1, pp.20-24, 2011.