

Al-5Mg 合金溶射皮膜溶射劣化部に対する大気犠牲陽極防食技術の適用性に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 高木 魁士 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 飯尾 翔磨 (株)三井 E&S マテリアルズ 正会員 石原 修二
 日本軽金属(株) 正会員 兼子 彬 三井住友建設鉄構エンジニアリング(株) 正会員 井上 大地
 日本エクスラン工業(株) 非会員 住谷 龍明

1. はじめに Al-5Mg 合金溶射を適用した桁端部に凍結防止剤を含む雨水が漏水することで、溶射皮膜が早期に消耗・劣化する事例が報告されている。この劣化は凍結防止剤の塩類に加えて、コンクリート床板の水酸化カルシウムによる強アルカリにより促進されると考えられる。著者らは塩類や腐食生成物が部分的に残置された鋼素地調整に対する新しい防食方法として、Al-3Zn 合金鋳造板（以下、陽極板）と架橋型アクリレート繊維（以下、繊維シート）を用いた犠牲陽極防食技術を開発した¹⁾⁻³⁾。しかし、前述した劣化環境や Al-5Mg 合金溶射部に対する本技術の適用性については不明である。本研究では基礎的研究の位置づけとして、Al-5Mg 合金溶射皮膜と鋼素地（溶射皮膜の劣化部に相当）の取合部に対して、本防食技術を適用した場合の防食特性を解明することを目的とする。そのために、Al-5Mg 合金溶射皮膜と鋼素地の取合部に陽極板と中性とアルカリ性の電解液を含浸させた繊維シートを設置した犠牲陽極防食のモデル試験体を作製した。また、この試験体の自然電位と陽極板と鋼板の間のガルバニック防食電流をモニタリングした。

2. 試験方法 試験に用いた鋼板の外観を図-1に示す。本試験にはスチールグリット（モース硬度：10, JIS 粒度指数：52.6, 比重：7.4）でブラスト処理（投射角度：60°, 投射距離：300mm, 投射圧力：0.7MPa）した JIS G 3106 SM490A 鋼板（150×70×6mm）を用いた。劣化した溶射部に対して、鋼素地調整無しで本技術を適用した場合、および鋼素地調整後に本技術を適用した場合を模擬して、腐食鋼板の片側半分の領域をブラスト処理後に Al-5Mg 合金を溶射した鋼板（以下、腐食鋼板）と全面をブラスト処理した鋼板の片側半分の領域に Al-5Mg 合金を溶射した鋼板（以下、未腐食鋼板）の2種類を用いた。なお、腐食鋼板はブラスト処理した鋼板をサイクル D (JIS K5600-7-9) で7日間腐食促進させて作成した。モデル試験体は鋼板、陽極板（66×66×5mm）および繊維シート（150g/m²）を用いて製作した。試験体の概略図を図-2に示す。試験中に試験体外部から水分を繊維に吸水させるために、φ3.8mm の円孔の面積が陽極板の表面積に対して、6%となるように、24 個の円孔を陽極板に明けた。繊維シートには試験に先立って電解液を飽和給水させた。なお、電解液は中性環境とアルカリ性環境を模擬して、それぞれイオン交換水と pH11 の Ca(OH)₂aq に 0.1 および 3.5mass% となるよう NaCl を溶解させた電解液を用いた。試験は試験体を恒温恒湿槽に設置して、温度と湿度を 3hrs 毎に 55°C で 50%RH と 28°C で 90%RH の2条件で繰り返した。この際に鋳造材と鋼板の間の防食電流を無抵抗電流計により 10 分間隔で測定・記録した。また、鋼板の自然電位を Ag/AgCl の参照電極を用いて 7 日毎に測定・記録した。

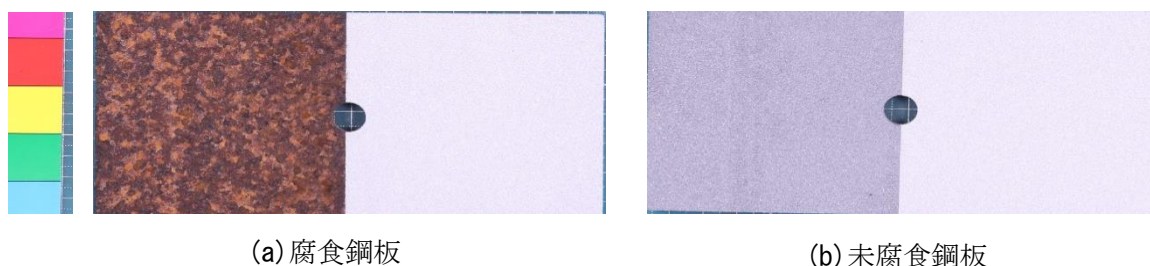


図-1 試験体の外観

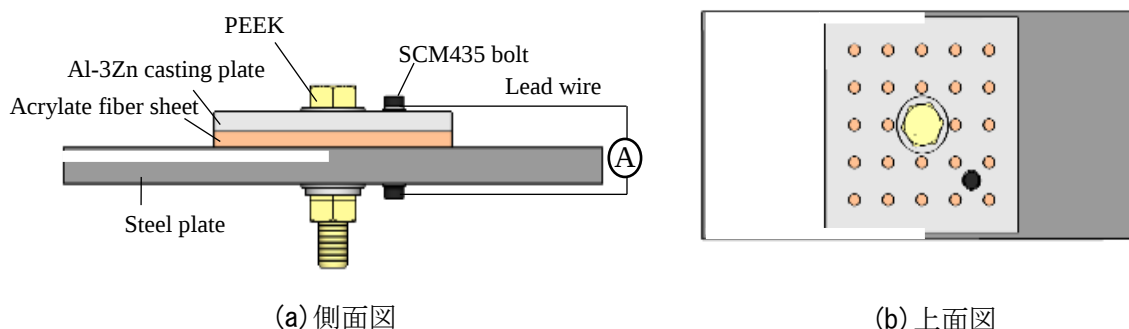


図-2 試験体の概略図

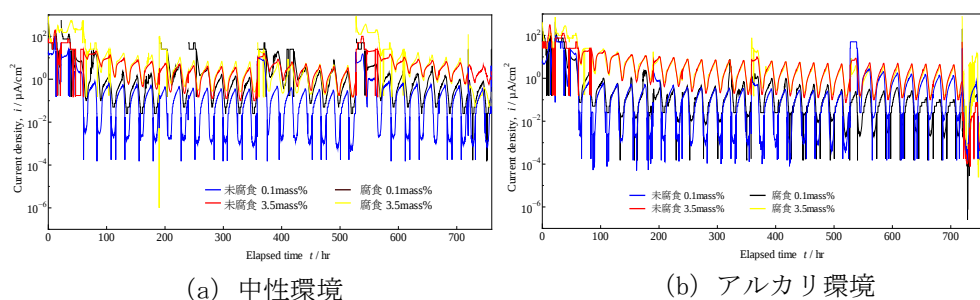


図-3 電流密度の経時変化

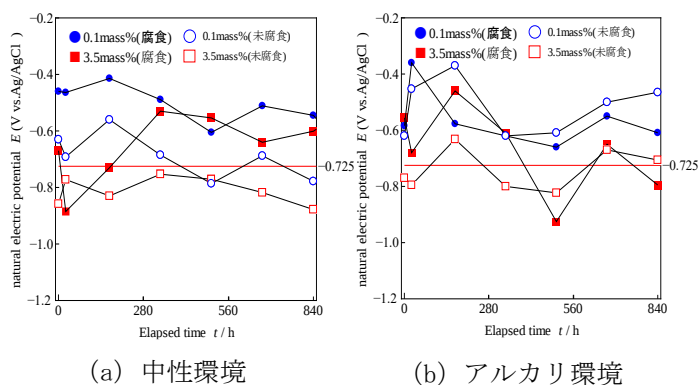


図-4 鋼板の自然電位

3. 試験結果 測定開始から 750h 後までの防食電流密度 i の経時変化を [図-3](#) に示す．電解液の濃度や腐食の有無によらず，陽極材から鋼材に防食電流が継続的に発生している．この結果から，実環境において Al-5Mg 合金溶射が施された部位に犠牲陽極防食技術を適用した場合，陽極板による鋼板の犠牲陽極防食効果が継続的に発現すると考えられる．また，高温低湿の期間でも防食電流が生じている．これは繊維シートの高い吸水・保水性能により水分を保持していたためと考えられる．一方，電解液の pH によらず 3.5mass% は 0.1mass% に比して大きい防食電流が発生した．測定開始から，840h 後までの腐食鋼板と未腐食鋼板の自然電位を [図-4](#) に示す．図中の赤線は，Fe の防食電位である $-0.725\text{V vs. Ag/AgCl}$ である．電解液の濃度や腐食の有無によらず，3.5mass% は 0.1mass% に比して自然電位からの分極が大きくなっている．一方，中性環境の腐食鋼板については防食電位より貴となっているものが多い．これは腐食鋼板では鋼素地の一部が局部アノードとなり溶出し，犠牲陽極反応が発現せず新たな赤さび (FeOOH) を生成したためと考えられる．その結果，鋼板の自然電位が一時的に Fe の防食電位より貴になったと考えられる．アルカリ環境においては防食電位より貴であるものが多いが，中性環境と同様に 3.5mass% は 0.1mass% に比して自然電位からの分極が大きい．この結果から，海塩などの塩化物の付着する鋼構造物の Al-5Mg 合金溶射部と未腐食の鋼材の境界部に対しては，高い防食効果が期待できると言える．

4. まとめ Al-3Zn 陽極板と架橋型アクリレート繊維を用いた犠牲陽極防食技術は，Al-5Mg 合金溶射された鋼構造物の溶射部と腐食部や未腐食部との境界部に対しても，本研究の犠牲陽極防食技術による防食効果が期待できる．また，本防食技術の防食効果は，コンクリートによる強アルカリ環境においても期待できる．

参考文献 1) 貝沼重信，宇都宮一浩，石原修二，内田大介，兼子彬：多孔質焼結板と繊維シートを用いた鋼部材の大気環境における犠牲陽極防食技術に関する基礎的研究，材料と環境，Vol.60，No.12，pp.535-540，2011． 2) 貝沼重信，土橋洋平，石原修二，内田大介，兼子彬，山内孝郎：Al-Zn 陽極材と吸水・保水繊維シートを用いた鋼部材の大気犠牲陽極防食技術に関する研究，土木学会論文集 A1，vol.73，No.2，pp.313-329，2017． 3) S.KAINUMA, M.YANG, S.ISHIHARA, A.KANEKO, T.YAMAUCHI: Corrosion Protection of Steel Members Using an Al-Zn Base Sacrificial Anode and Fiber Sheet in an Atmospheric Environment, Construction & Building Materials, Vol.224, pp.880-893, 2019.