

大気腐食環境の相違が鋼材の犠牲陽極防食の効果に及ぼす影響に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○飯尾 翔磨
九州大学大学院 学生会員 山下 和也
(株)三井 E&S マシナリー 正会員 石原 修二
日本軽金属(株) 正会員 兼子 彬

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 竹田 智紀
(株)三井 E&S 鉄構エンジニアリング 正会員 井上 大地
日本エクスラン工業(株) 非会員 山内 孝郎

1. はじめに 塩害環境における塗装橋の塗替え時や無塗装耐候性鋼橋の塗装への仕様変更時の鋼素地調整が不適切である場合、鋼素地に塩化物を含む腐食生成物が残留するため、早期に塗膜剥離や塗膜下腐食が発生することが多い。そこで、著者らは塗装や溶射などの防食皮膜のように高品質の素地調整を必要としない Al/Zn 合金の犠牲陽極材と給水・保水繊維シートと組み合わせた新しい大気犠牲陽極防食技術を開発した¹⁾⁵⁾。本研究では大気腐食環境の相違が本技術の防食効果に及ぼす影響を検討することを目的とした。そのために、裸鋼板、Al-3%Zn 铸造材および繊維シートを組み合わせて製作した試験体を用いて、飛来付着海塩の雨洗作用の有無に着目した 2 地点で大気暴露試験を実施した。その際に、防食電流の経時変化をモニタリングした。

2. 試験方法 本試験で用いた犠牲陽極試験体の概要図を図-1 (a) に示す。鋼板にはブラスト処理（溶融アルミナ（モース硬度：12、JIS 粒度指数：57.8、比重：4.0）、ISO8501-1 Sa2.5）した JIS G 3106 SM490A 材（70×150×6mm）（以下、普通鋼）および JIS G 3114 SMA490AW 材（70×150×6mm）（以下、耐候性鋼）を用いた。先行研究¹⁾⁵⁾に基づき、陽極材には Al-3%Zn の組成の铸造材（66×66×5mm）（以下、铸造材）、繊維シートには水分の吸水・保水の性能に優れた架橋型アクリレート繊維（66×66mm）を用いた。铸造材の寸法を図-1 (b) に示す。铸造材には吸水経路を確保するために、24 個の円孔（φ：3.8mm）を並列配置した。铸造材と繊維シートは PEEK ボルトを用いて固定した。铸造材上面を除く鋼材表面およびタップ加工部、ボルト固定部をシリコン樹脂によりシーリングした。試験中の铸造材と鋼材間に発生する犠牲防食電流は、無抵抗電流計を用いて 10 分毎に計測・記録した。

大気暴露試験の状況を図-2 に示す。本試験の暴露地点は、沖縄本島の東側海岸線から約 2.3km、西側海岸線から約 4.4km に位置する琉球大学千原キャンパス構内（Lat.26°15'N, Long.127°46'E）（以下、琉球大学）および沖縄本島の西側海岸線から約 30m に位置する沖縄自動車道高架下（Lat.26°32'28"N, Long.127°57'51"E）（以下、許田）である。各暴露地点の大気腐食環境のパラメータを表-1 に示す。許田は琉球大学に比して飛来海塩量が多く、付着海塩の雨洗作用の無い腐食性の高い環境となっている。試験体は各暴露地点で水平に対して 45°で設置した。大気暴露の期間は 2017 年 9 月から 2018 年 9 月の 1 年間である。また、犠牲陽極防食効果を検討するため、各暴露地点に裸の普通鋼板と耐候性鋼板を 2015 年 3 月から 2016 年 3 月の 1 年間大気暴露した。

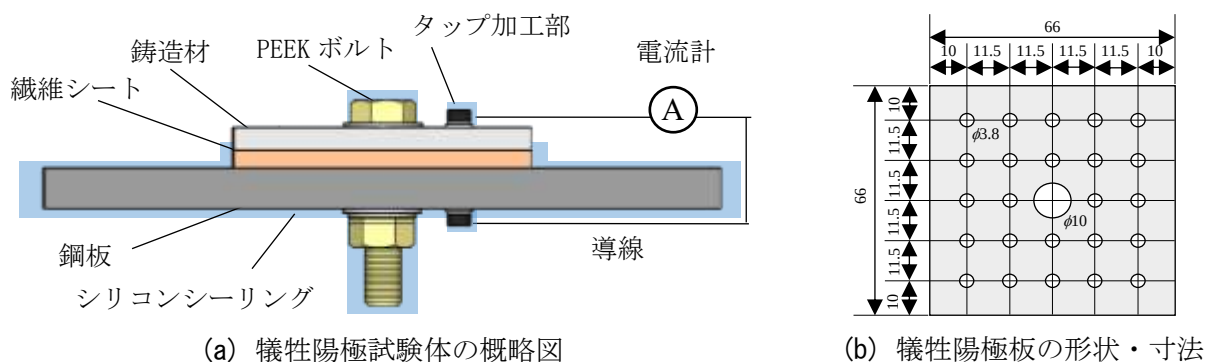


図-1 犠牲陽極試験体の概要図、および犠牲陽極板の形状・寸法



図-2 大気暴露試験の状況

表-1 暴露地点の大気腐食環境パラメータ

暴露地点	気温(°C)	相対湿度 (%)	飛来海塩量 (mdd)	付着海塩の 雨洗作用	平均降水量 (mm/day)	温湿度測定期間	飛来海塩測定期間
琉球大学	23.5	82.5	0.3	有	5.2	2015/01-2017/01	2006/07-2010/06
許田	23.0	83.5	0.5	無	5.3	2014/11-2015/11	2009/01-2018/03

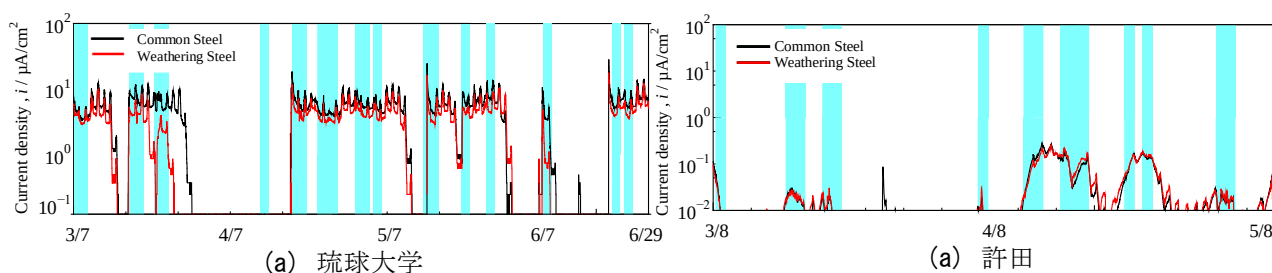


図-3 防食電流密度の経時変化

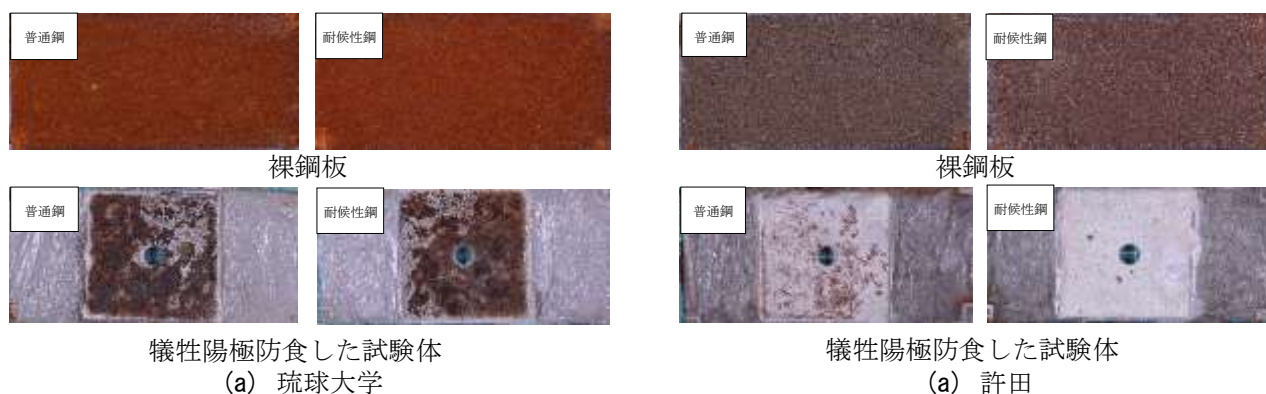


図-4 裸鋼板試験体の腐食状況, および犠牲陽極防食した試験体の防食状況

3. 試験結果 電流密度の経時変化を図-3に示す. 図中の水色で示す領域は, 気象庁の気象データより1日の合計降水量が0.5mm以上の期間を示している. 琉球大学では最大 $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度の防食電流密度が生じているが, 許田では約 $0.5\mu\text{A}/\text{cm}^2$ になっている. この電流密度の差は, 雨洗作用の有無が要因となり生じたと考えられる. 琉球大学における防食電流は, 主に繊維シートが降雨を直接吸水することで生じる. 一方, 許田については付着海塩の潮解性による水分と結露水を繊維シートが吸水することで生じると考えられる. 暴露地点によらず, 降雨時に防食電流が増加していることから, 雨洗作用の有無によらず降雨が防食性能に多大な影響を及ぼしていると考えられる. 1年暴露後の裸鋼材の腐食状況, および犠牲陽極防食した試験体の防食状況を図-4に示す. 琉球大学では犠牲陽極した試験体にも腐食が発生していたが, 図-3より防食電流は連続的に流れていることから, 犠牲防食作用は継続的に機能していると考えられる. しかし, 琉球大学における防食電流密度の最大値は, 春季から夏季の気温上昇に対して, $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度でほぼ一定であり増加していないため, 特に夏季の高温時に防食電流が鋼材防食に対して不足していた可能性がある. この対策として, 導通経路の電気抵抗を低減するなどの措置が考えられる. 一方, 許田については, 琉球大学に比して, 非常に小さい防食電流で推移しているが, 鋼材に腐食はほとんど発生していない. 一般に雨洗作用が無い腐食環境は, 有る環境に比べて, 著しい腐食が生じやすいが⁹⁾, 雨洗作用が無い許田では, 雨洗作用が有る琉球大学に比して少ない電流で十分な防食効果が得られている. これらの結果から, 大気犠牲陽極防食技術は, 塗装等の他の防食技術では十分な効果が得にくい雨洗作用が無い飛来海塩環境で効率的に機能すると考えられる.

4. まとめ 著者らが開発した大気犠牲陽極防食技術は, 飛来海塩量が多く雨洗作用の無い腐食性の高い環境で効率的な防食効果を発現する.

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, 宇都宮一浩, 石原修二, 内田大介, 兼子彬, 山内孝郎: 大気環境における鋼材の犠牲陽極防食効果に及ぼす Al-Zn 多孔質焼結板の配合・気孔率と繊維シート特性の影響, 材料と環境, Vol.62, No.8, pp.278-288, 2013. 3)石原修二, 貝沼重信, 木下優, 内田大介, 兼子彬, 山内孝郎: 多孔質焼結板と繊維シートを用いた腐食鋼部材の大気犠牲陽極防食効果に関する基礎的研究, 材料と環境, Vol.63, No.12, pp.609-615, 2014. 4)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 合金鋳造板と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基礎的研究, 材料と環境, Vol.65, No.9, pp.390-397, 2016. 5)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, Vol.73, No.2, pp.313-329, 2017. 6)貝沼重信, 山本悠哉, 伊藤義浩, 宇都宮一浩, 押川渡: 腐食生成物層の厚さ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.535-540, 2012.