

腐食した鋼部材の大気犠牲陽極防食技術に関する基礎的研究（その4）
－腐食生成物が犠牲陽極作用に及ぼす影響－

九州大学大学院 学生会員 ○松尾 和哉 九州大学大学院 正会員 貝沼 重信
三井造船(株) 正会員 石原 修二 日本軽金属(株) 正会員 兼子 彬
日本エクスラン工業(株) 正会員 山内 孝郎

1. はじめに 鋼構造物の塗装塗り替え時において、板組が複雑な部位や狭隘部では、素地調整の品質が十分に確保できず、塗膜が早期劣化し、比較的早期に腐食が再発する 경우가少なくない。また、無塗装耐候性鋼橋では供用後に保護性さびが形成されない場合、塗装に仕様変更されることが多い。しかし、耐候性鋼材の腐食生成物は、普通鋼に比して強固であるため、素地調整の品質が確保できず、著しい局部腐食が生じた事例も報告されている。そのため、塗装や金属溶射などの防食に不可欠とされる高品質の素地調整を必要としない新しい防食技術の開発が望まれている。そこで、著者らは既往の研究^{1), 2)}により、陽極材として Al および Zn の金属粉を高温で圧縮・焼結することで製作した多孔質焼結板（以下、多孔質板）、および吸水・保水材として繊維シートを用いた大気環境における犠牲陽極防食技術を提案した。また、本防食技術の無腐食鋼板に対する防食効果を確認した。本研究では本防食技術の腐食鋼板に対する犠牲陽極作用を検討するため、腐食電流測定と大気暴露試験を実施した。

2. 腐食電流測定 本防食技術の鋼板表面の腐食生成物や表面凹凸が犠牲陽極作用に及ぼす影響を検討するために、腐食電流の測定を行った。試験には表-1 に示す計 6 種類の表面状態の鋼板を用いた。本試験は室温および相対湿度をそれぞれ約 25℃ および約 40%とした室内で実施した。測定システムを図-1 に示す。アクリル板を多孔質板上面に載せることで、多孔質板の表面に等分布荷重を作用させた。測定に際し、繊維シートに電解液を飽和吸水させることで、多孔質板と鋼板との間に腐食回路を形成させた。電解液には雨水および凍結防止剤を含む雨水を想定し、それぞれ 0.1wt%および 26.4wt%NaCl（飽和）を用いた。

試験開始 30 分後の腐食電流密度 i ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) を図-2 に示す。 i は測定開始 30 分でほぼ一定の値となった。 i は腐食電流を多孔質板と繊維シートのみかけの接触面積で除すことで算出した。図中の破線は、一般的に海水中で防食に必要とされる電流密度 $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ を示している³⁾。各試験体において、電解液濃度の上昇に伴い i が大きくなって

表-1 試験体の表面状態および鋼種

No.	腐食表面状況	鋼種
1	ブラスト処理した無腐食鋼板	JIS G3106 SM400A
2	腐食促進試験 (JIS K5600 D サイクル) 40cycles 後、純水に 40 分間浸漬し、塩分除去した鋼板	
3	博多湾の海岸線から約 70m 南方に位置する福岡北九州高速道路 1 号線の橋梁桁下 (Lat.33°35'N, Long.130°21'E) で 2 年 3 カ月間暴露後に、2) と同様に脱塩処理した無塗装耐候性鋼板	JIS G3114 SMA400AW
4	腐食損傷を有する鋼製壁高欄基部 (供用後 37 年) から切り出した鋼板	JIS G3101 SS400
5	4) を 3 種ケレンした鋼板	
6	4) を 1 種ケレンした鋼板	

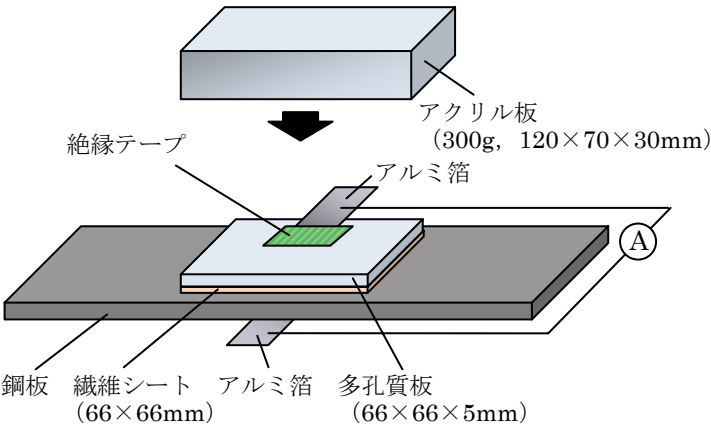


図-1 腐食電流の測定方法

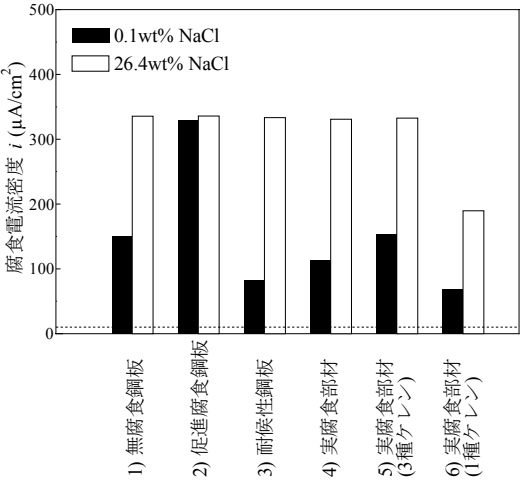


図-2 腐食電流密度

キーワード：腐食，防食，犠牲陽極，多孔質焼結板，繊維シート
〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 九州大学大学院 工学府 都市環境システム工学専攻

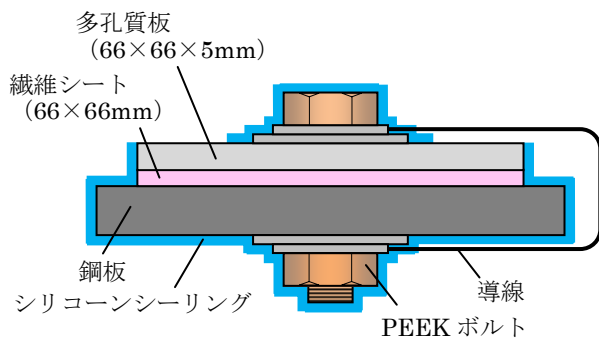


図-3 暴露試験体断面図

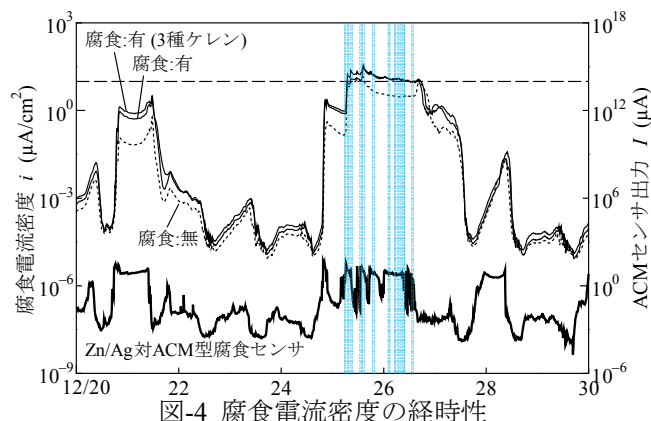


図-4 腐食電流密度の経時性

いる。しかし、腐食促進試験後の 2) については、0.1wt%NaCl の場合であっても、26.4wt%NaCl の場合と同程度の電流値が生じている。この原因として、腐食促進試験時の NaCl が鋼板表面近傍の腐食生成物から十分に除去できなかったことが考えられる。また、0.1wt%NaCl を用いた場合の i が各鋼板で異なっている。これは、各鋼板の表面性状の相違によるものと考えられる。緻密な腐食生成物を形成する耐候性鋼板 3) の i は、実腐食部材 4) の i に比して低いことから、 i は腐食生成物下の鋼板表面の活性な有効面積に依存していると考えられる。ケレンの違いによる影響を比較すると、3 種ケレンを行った鋼板 5) の表面は、無腐食鋼板と同程度の活性を有していると考えられる。一方、1 種ケレンを施した鋼板 6) については、26.4wt%NaCl においても i が低い値を示している。これは腐食生成物を除去したことで、鋼板表面の凹凸が著しくなり、繊維シートと鋼板に非接触部が生じた可能性が高いと考えられる。これらの結果から、鋼板表面に腐食生成物が残留するような場合についても、本技術の犠牲陽極作用による防食効果が期待できると言える。

3. 大気暴露試験 本防食技術の実環境における適用性を検討するため、図-3 に示す試験体を製作し、大気暴露試験を行うことで、雨水や結露水等の水分供給により発生する腐食電流をモニタリングした。試験は琉球大学千原キャンパス構内 (Lat.26°15'N, Long.127°46'E) で実施した。試験体には事前に同暴露場で約 7 ヶ月間 (2010/4/9～2010/11/5) 大気暴露した腐食鋼板 (650×220×9mm)、および無腐食鋼板 (200×80×9mm) を用いた。試験体の供試鋼材は、JIS G3106 SM400A とした。また、ケレンの違いが犠牲陽極作用に及ぼす影響を検討するため、3 種ケレンした鋼板を追加した。なお、試験体は多孔質板の上面を除き、周囲にシリコンシーリングを施した。これにより、水分の供給経路を多孔質板表面のみに制限し、多孔質板と繊維シートで覆われた部分を無限範囲とみなした。試験体の出力である腐食電流は 10 分毎に測定した。また、試験体の対象面に位置する大気マイクロ腐食環境と試験体の腐食電流との相関を評価するため、Zn/Ag 対 ACM 型腐食センサ (以下、ACM センサ) の出力を 10 分毎に測定した。

試験体および ACM センサによる腐食電流の経時性 (2010/12/20～12/29) の一例を図-4 に示す。図中の破線は、一般的に海水中で防食に必要とされる電流密度 $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ である³⁾。また、縦帯は降雨期間⁴⁾を示している。鋼板の表面状態によらず、腐食電流の増減が確認できる。特に、降雨期間において電流値の増加が顕著になっている。ACM センサの出力と比較しても、同様の増減となっていることから、水分供給に反応し、犠牲陽極回路が形成されていると言える。また、降雨期間では $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ より大きい値となっていることから、海水中に比して大きい防食電流を必要としていると考えられる。この原因として、雨水は海水中のような海流等の影響を受けないため、高い酸素濃度を維持していることが考えられる。降雨がない期間においても、腐食電流が発生しており、結露水等の大気中の水分を多孔質板が吸水することで、犠牲陽極回路を形成していると考えられる。これにより、雨水が供給されない期間についても防食効果が期待できると言える。なお、各試験体について鋼板表面の状態によらず、同様の挙動を示していることから、腐食生成物が犠牲陽極作用に及ぼす影響は、ほとんど無いものと考えられる。

4. まとめ 腐食電流測定および大気暴露試験を実施することで、犠牲陽極作用が腐食生成物の有無によらず発揮されることを確認した。今後は大気暴露試験体を回収・解体し、鋼板の防食状況から腐食進行の停留効果を検討する予定である。また、ACM 型腐食センサの出力と本技術による防食電流の相関を定量評価する手法を確立することで、本技術の適用前に犠牲陽極材の構成成分、その配合や気孔率を最適化するとともに、防食効果および陽極材の消耗量を評価する方法を提案する予定である。

参考文献

- 1) 宇都宮一浩, 貝沼重信, 石原修二, 内田大介: 鋼構造年次論文報告集, Vol.18, pp.543-546, 2010.
- 2) 石原修二, 貝沼重信, 宇都宮一浩, 内田大介: 鋼構造年次論文報告集, Vol.18, pp.563-566, 2010.
- 3) 玉利昭一: 7.電気防食 腐食の事例と対策, 材料, Vol.36, No.405, pp.636-641, 1987.
- 4) 気象庁: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>