

Al-Zn 合金鑄造材と繊維シートを用いた腐食鋼部材の大気犠牲陽極防食に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○土橋 洋平
三井造船㈱ 正会員 石原 修二
日本軽金属㈱ 正会員 兼子 彬

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
三井造船㈱ 正会員 内田 大介
日本エクスラン工業㈱ 非会員 山内 孝郎

1. はじめに

大気環境における鋼構造物の防食方法には、一般に塗装による表面被覆が用いられる。しかし、塗装の塗り替え時の鋼素地に腐食生成物や塩化物等が残留されると塗膜の耐久性が著しく低下する場合が少なくない。そこで、著者らは腐食生成物や塩化物等が残留した鋼素地に対して、高い防食性能が期待できる多孔質焼結陽極材と保水性繊維シートを用いた防食技術を開発した¹⁾³⁾。本技術の防食性能は、既往の研究¹⁾³⁾の大気暴露試験等で確認している。本研究では、著者らが既往の研究¹⁾³⁾で用いた多孔質焼結陽極材に比して耐久性が高く、同様の Al と Zn で構成される合金鑄造材による腐食鋼板の犠牲陽極防食効果および腐食生成物の還元反応について検討することを目的とした。そのために、腐食鋼板の防食電流の経時性を室内試験により測定した。

2. 試験方法

試験体は腐食鋼板、繊維シートと鑄造材を組み合わせることで製作した。鋼板はウェザロサイズ (150×70×9mm) の普通鋼板 (JIS G 3106 SM490A) および耐候性鋼板 (JIS G 3114 SMA490AW) を用いた。この鋼板を海岸線から約 50m 離れた降雨の影響を受けない橋梁桁下 (Lat.33°35'N, Long.130°21'E) で約 5 年間 (2008/8/23～2013/7/11) 大気暴露を行うことで全面腐食させた。この腐食鋼板の犠牲陽極材と接する 66mm×66mm の領域以外の腐食生成物をブラスト処理により除去した。また、犠牲陽極材には、Al と Zn の配合比を 4:1 とした合金鑄造材 (66×66×5mm) を用いた。試験中に試験体外部からの水分を繊維シートに吸水させるよう、鑄造材にφ6.5 の円孔を 8 箇所設けた。繊維シートには水分を吸水・保持できる架橋型アクリレート繊維 (厚さ: 約 3mm, 目付量: 300g/m²) を用いた。また、犠牲陽極防食効果を発現しやすい環境下で試験を行うために、繊維シートはあらかじめ 26.4wt%NaClaq の電解液を含水させて試験に用いた。試験体の構造と試験条件を図 1 および表 1 に示す。試験体の温度 30℃ と相対湿度 100% に保持した恒温恒湿器内に設置し、試験体に生じる防食電流を無抵抗電流計により 10 分毎に計測・記録した。

3. 試験結果

試験体の防食電流の経時性を図 2 に示す。480hrs. から 760hrs. の間については、各試験体の防食電流が急激に低下し、防食電流が 0 で推移しているが、これは電流計の仕様によるもので、実際には負の電流となっていることを確認している。試験体内部の状況を確認するために、試験体 C-2、W-1 および W-2 をそれぞれ 700hrs., 640hrs. および 760hrs. 時に試験を終了した。試験終了後の試験体 C-2、W-1 および W-2 の鋼板表面の状況を図 3 に示す。既往の検討結果³⁾から、各試験体で防食電流が生じている間は、鋼板表面に生成した初期の腐食生成物である FeOOH が Fe₃O₄ に還元されていると考えられる。また、図 2 の防食電流が 0 で推移している間については、Fe₃O₄ 上での酸化反応に伴って、鋼板表面に新たな腐食生成物が形成していると考えられる。

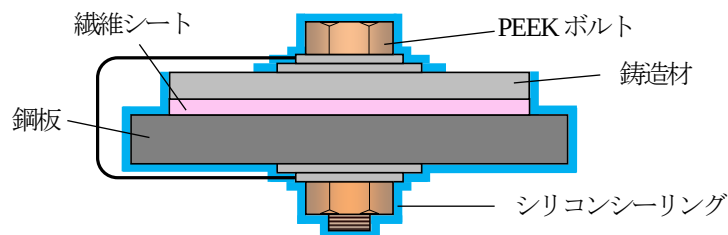


図1 試験体の構造

表1 試験条件

試験体	鋼種	繊維シートに 含水させた電解液	試験環境	
			温度 T(℃)	相対湿度 RH(%)
C-1	普通鋼	26.4wt%NaClaq	30	100
C-2				
W-1	耐候性鋼			
W-2				

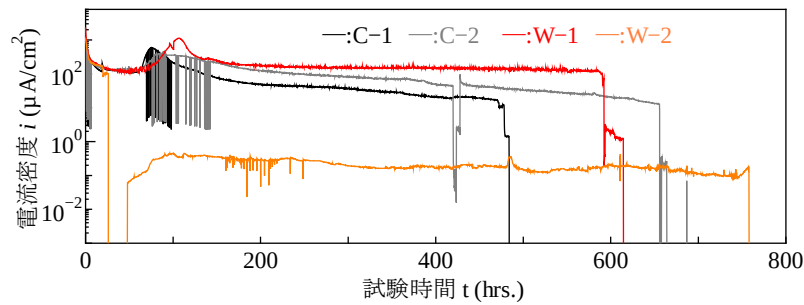


図2 防食電流の経時性

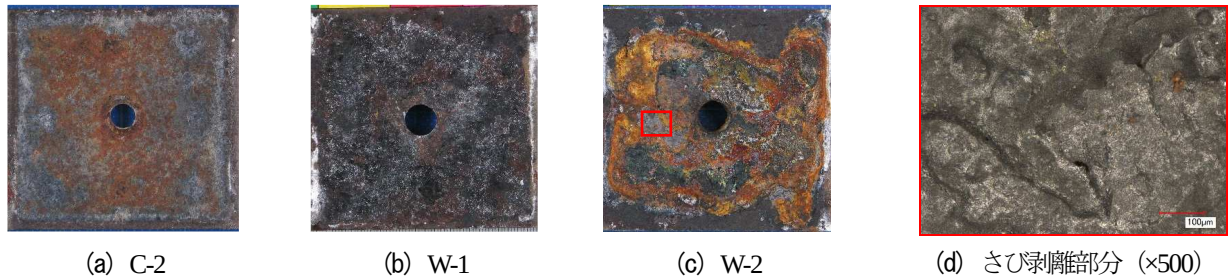


図3 試験終了後における各試験体の鋼板の表面状態

試験終了後における試験体 C-2 の鋼板の表面状態を図3(a)に示す。試験後の試験体 C-2 の鋼板表面は黒色と茶褐色の腐食生成物が確認できる。黒色の部分は FeOOH が陽極材の犠牲陽極防食効果により Fe_3O_4 に還元されたと考えられる。また、茶褐色の部分は防食電流が0で推移している間に Fe_3O_4 上での酸化反応により、新たな腐食生成物として生成されたと考えられる。

試験終了後における試験体 W-1 の鋼板の表面状態を図3(b)に示す。試験後の試験体 W-1 の鋼板表面には全面的に黒色の腐食生成物が確認できる。これは陽極材による犠牲陽極防食の効果によって初期の腐食生成物である FeOOH が Fe_3O_4 に還元されたためと考えられる。また、鋼板表面の白色の付着物は、繊維シート含水させた電解液が析出したものである。

試験終了後における試験体 W-2 の鋼板の表面状態を図3(c)に示す。試験後の試験体 W-2 の鋼板表面は、茶褐色および黒色の腐食生成物が発生している。茶褐色の腐食生成物は、初期の腐食生成物が犠牲陽極防食効果により Fe_3O_4 に還元された後に、酸化反応により、新たな腐食生成物として、 Fe_3O_4 上に生成したと考えられる。また、鋼板表面の赤い実線で示す領域では、さびが剥離し、鋼素地が露出している。さびの剥離部分をマイクロ스코プで観察した結果を図3(d)に示す。既往の検討結果³⁾から、この剥離部分は初期の腐食生成物が Fe_3O_4 に還元された際に、 Fe_3O_4 層と鋼素地の付着力が低下することで発生したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、腐食生成物を有する普通鋼と耐候性鋼に対して、Al-Zn 合金鋳造材による犠牲陽極防食効果と腐食生成物の還元反応について検討した。本研究で得られた主な知見を以下に示す。

- 1) 犠牲陽極材に Al-Zn 合金鋳造材を適用することで、鋼種によらず腐食した鋼部材に対して犠牲陽極防食が実現できる。
- 2) 腐食鋼材に Al-Zn 合金鋳造材による防食電流が流れている間、腐食鋼材の表面で FeOOH が Fe_3O_4 に還元される。
- 3) Fe_3O_4 層と鋼素地の付着力が低下し、腐食生成物が剥離することにより、鋼素地が露出する。

今後は、大気環境における長期的な防食効果を検証するために、実構造部材を模擬したモックアップを用いた室内試験と大気暴露試験を行う。また、実橋で著しく腐食した構造上の重要部位を対象として、本技術の実用性を検討する予定である。

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の特性, 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.