

Al-Zn 合金鋳造板と繊維を用いた鋼部材閉塞部の犠牲陽極防食技術に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○水上 雄介
三井造船(株) 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
三井造船鉄構エンジニアリング(株) 正会員 内田 大介
日本エクスラン工業(株) 非会員 山内 孝郎

1. はじめに 標識・照明柱、送鉄塔、鋼管杭や道路鋼製高欄などにおいて、鋼素地調整や防食が困難である構造部材の閉塞部で著しい腐食損傷が生じる事例が多数報告されている。この損傷の主要因として、塩化物を含む雨水や結露水が部材内部に長時間滞水することが挙げられる。著者らは塩類や滞水により高腐食環境に曝される鋼部材閉塞部を対象として、Al-3%Zn 合金鋳造板と架橋型アクリレート繊維を用いた犠牲陽極技術を考案した。本研究では、この防食技術の有効性を電気化学的に検証することを目的とした。そのために、鋼管内部を Al-3%Zn 合金鋳造板（犠牲陽極板）と架橋型アクリレート繊維を用いて防食するモデル試験体を製作して、鋳造板と鋼管の間に生じる防食電流を測定・記録した。また、繊維に吸水される NaCl 電解液の濃度、および鋼管に充填する繊維量が防食性能に及ぼす影響について検討した。

2. 試験方法 試験体の概略図を図-1 に示す。試験体には JIS G 3444 STK400-E-G の鋼管（外径：76.3mm，高さ：120mm，板厚：4.2 mm）を用いた。鋼管内面は ISO8501-1Sa2.5 となるように、熔融アルミナサンド（モース硬度：12，JIS 粒度指数：57.8，比重：4.0）を用いてブラスト処理（投射圧力：0.7N/mm²，投射距離：20cm）した。防食試験は鋼管の試験体に Al-3%Zn 犠牲陽極板（160×50×5mm）と図-2 に示す架橋型アクリレート繊維を設置することで実施した。先行研究¹⁾⁴⁾に基づいて陽極板と繊維には、それぞれ Al-3%Zn 合金の鋳造板と水分の給水・保水に優れた架橋型アクリレート繊維を用いた。繊維は繊維内の水分を極力均一に保水させること、また、鋼管と陽極板の細部まで充填させることで、鋼管表面に防食電流を均一に発生させるために、カード開繊後に一辺が約 2cm の立方体になるように裁断した。なお、陽極板は鋼管中央に設置し、その下端が鋼管の底面より上側に 10mm となる位置に固定した。また、繊維は鋼管底面から 100mm の高さまで充填した。鋼管内に充填した繊維の質量は、繊維の膨張・収縮の予備試験結果である、乾燥過程で極力繊維が収縮・膨張しない量に基づいて 40g と 50g とした。繊維を鋼管に充填した後に 0.1mass%、3.5mass% および 10mass% NaCl aq の電解液を飽和吸水させた。電解液の質量は、繊維 40g と 50g に対して、それぞれ 230g と 270g とした。試験体は恒温恒湿槽（温度：30℃，湿度：45%RH）に設置し、鋳造板と鋼管の間の防食電流は、無抵抗電流計を用いて 10 分間隔で測定・記録した。恒温恒湿槽の温度と湿度は、乾燥を促進する環境とすることを目的として、それぞれ 30℃ と 45%RH とした。

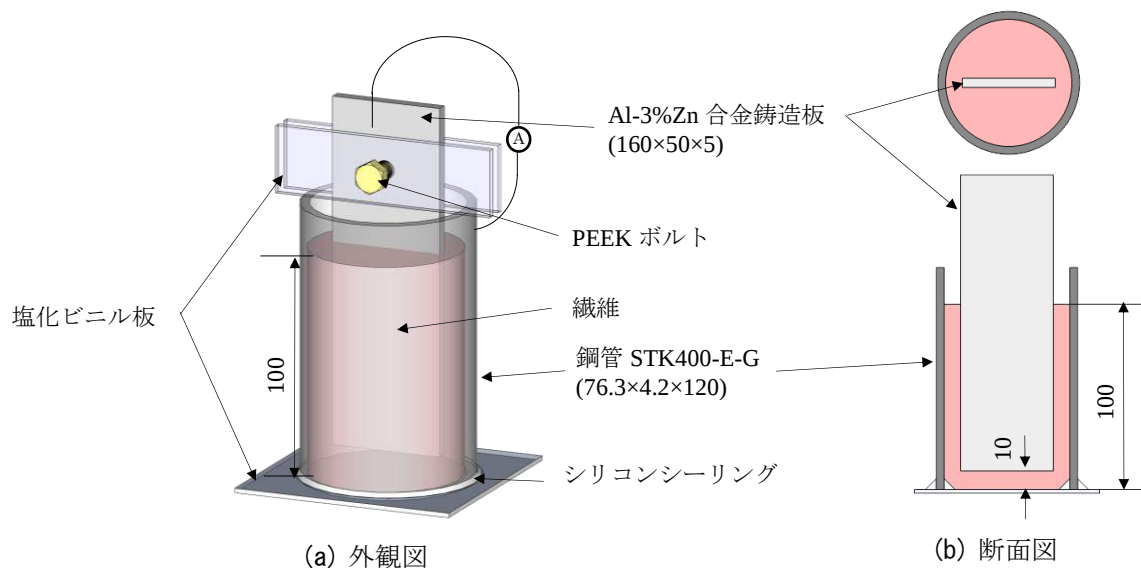


図-1 試験体の概略図（単位：mm）

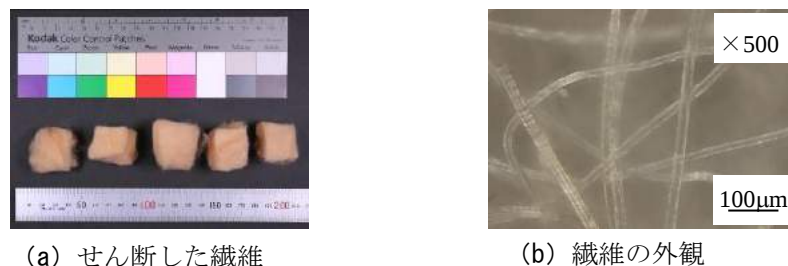


図-2 架橋型アクリレート繊維

3. 試験結果 計測開始後、約 1200 時間までの防食電流密度と電解液の質量の経時変化を図-3 に示す。実線および破線は、それぞれ防食電流密度 i と電解液の質量 m を示している。電解液の濃度が高い試験体ほど水分の蒸発

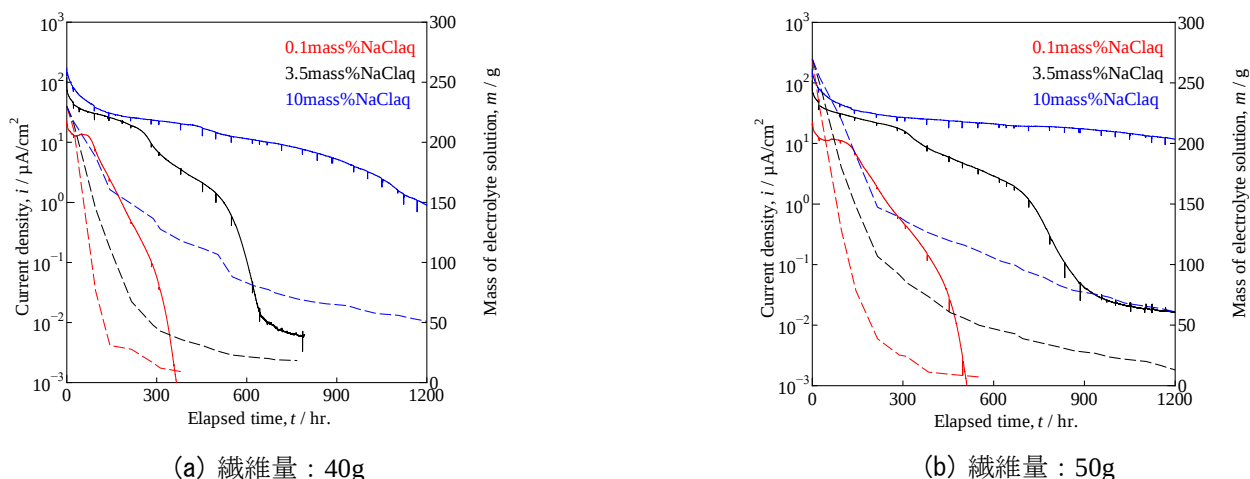


図-3 防食電流密度と電解液の質量の経時変化

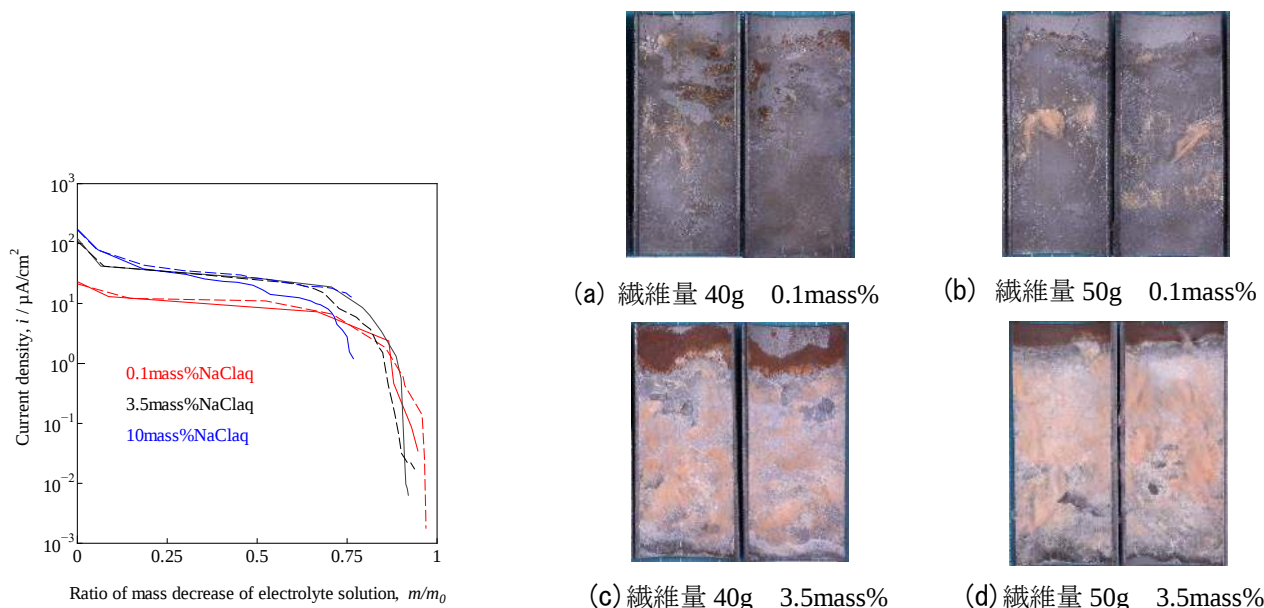


図-4 電解液の質量減少比率と電流密度の関係

図-5 試験体の防食状況と繊維の鋼管への付着状況

が緩やかで、防食電流が長時間持続し緩やかに減少している。電解液の濃度が 0.1mass% と 3.5mass% の試験体については、繊維 40g ではそれぞれ約 100 時間と 600 時間、繊維 50g ではそれぞれ約 120 時間と 700 時間経過後に i が著しく減少している。これは乾燥過程において繊維が収縮し、繊維と鋼管の接触面積が減少したためと考えられる。電解液の質量減少比率 m/m_0 と電流密度 i の関係を図-4 に示す。実線と破線はそれぞれ繊維が 40g と 50g の結果を示している。繊維量によらず m/m_0 が 0.75 以上になると i が減少している。したがって、電解液の質量が十分な環境では犠牲陽極作用が安定すると考えられる。実験終了後の試験体の防食状況と繊維の鋼管への付着状況を図-5 に示す。電解液濃度が 0.1 mass% の試験体について、繊維が 40g の場合は 50g に比して鉄由来の赤褐色の腐食生成物が繊維の充填領域で多量に観察された。この結果から、体積当たりの繊維の充填量が少ない場合、十分な防食作用が発現されないと言える。また、防食作用を十分発現するためには、繊維を $1.38 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 充填する必要があると言える。電解液の濃度が 3.5% の場合には、試験体鋼管に繊維が付着していたが、繊維除去後の鋼管表面には腐食は発生していなかった。

4. まとめ 1) 塩類や滞水により高腐食環境に曝される鋼管内部に対して、Al-3%Zn 合金鋳造板と架橋型アクリレート繊維を用いた犠牲陽極技術が有効であることを確認した。2) 電解液 NaClq の濃度が 3.5mass% 以上の環境であれば、鋼部材閉塞部に対して繊維を $1.10 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 充填することで十分な防食作用が期待できる。しかし、電解液の濃度が 0.1mass% の場合については、繊維を $1.38 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 充填する必要がある。

参考文献 1) 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.
2) 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.
3) 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.
4) 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.