

水膨潤ゴムを用いた犠牲陽極防食技術に関する基礎的研究

九州大学大学院
日本工営㈱

学生会員 ○孫 曉彤
正会員 末崎 将司

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
九州大学大学院 正会員 楊 沐野

1. はじめに 橋梁などの鋼構造部材において、地際部に雨水が長時間滞水することで、塗装が加水分解等で早期劣化し、著しい局部腐食が発生する事例が多数報告されている。地際部を長期間確実に防食するためには、樹脂や鋼素地調整時の品質に影響を受ける従来の防食皮膜ではなく、地際部の腐食メカニズム上、犠牲陽極防食が効果的と考えられる。先行研究¹⁾²⁾ではアクリレート系吸水・保水性繊維シートを組み合わせることによる犠牲陽極防食技術を開発した。しかし、繊維シートで陽極材をコンクリート地際部に長期間安定的に定着させることは困難である。そこで、本研究では繊維シートに比して弾性係数が大きく、雨水等の水分を長期間保水できる水膨潤ゴムを用いた犠牲陽極防食技術を考案した。本研究では、このゴムと Al-3%Zn と Zn の 2 種類の陽極材を用いることで、犠牲陽極防食効果の検討をモデル試験体の電気化学試験を行った。また、鋼板と水膨潤ゴムの接触の有無が犠牲陽極防食効果に及ぼす影響についても検討した。

2. 試験方法 モデル試験体は図-1 (a) に示すように、普通鋼板 (JIS 3106 SM490A 材, ブラスト処理 (ISO 8501-1 Sa 2.5)), 水膨潤ゴム, 陽極板, アクリル板と PEEK ボルトを用いて製作した。試験中に陽極板と鋼板の短絡で発生する防食電流を計測するために外部導線を接続した。陽極板には Zn 板と Al-3%Zn 板を用いた。Al-Zn 板において Zn は 3%以上の含有量があると基金属である Al の陽極電位を卑な方向に移行させる効果があると報告されている³⁾。実環境においてはコンクリート地際部で鋼部材の腐食による表面起伏, 溶接変形, 溶接のスパッタ等でゴムが対象面に非接触となる場合が想定される。そこで、これらに対する本防食技術の適用性を検討するために、ゴムの非接触部を模して鋼板に溝 (幅: 2, 4 mm, 深さ: 3 mm) を機械加工した試験体を作製した。このモデル試験体の概要図を図-1 (b) に示す。図-1 (a) と図-1 (b) のモデル試験体の試験結果を比較・検討することで溝の有無が犠牲防食効果に及ぼす影響を検討した。これらの試験体を用いて、鋼板と陽極板に流れる防食電流を無抵抗電流計により 10 分間隔で測定した。なお、試験に先立って、水膨潤ゴムには 1.0 mass%NaNO₂ aq を 20 日間で吸水させた。また、実環境における地際部の滞水状態と乾燥状態を模擬するために、温度 18℃で相対湿度 75%の環境の恒温恒湿器内で 120 時間気中静置した後、3.5 mass%NaCl aq に 120 時間浸漬し、再度、前述の気中で 120 時間暴露した。

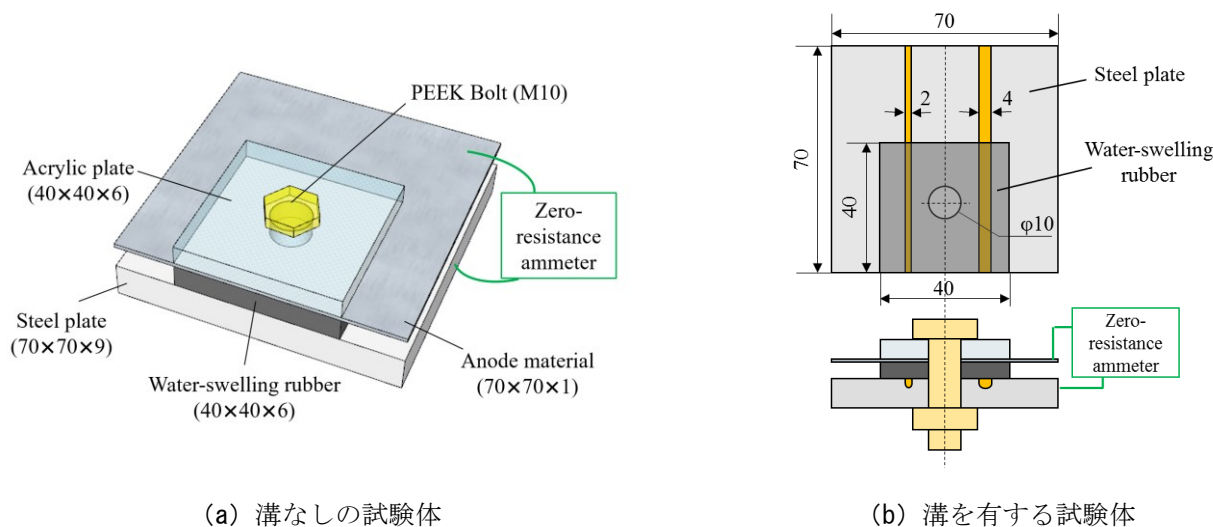


図-1 モデル試験体の概略図 (単位: mm)

3. 試験結果 各試験体の腐食電流密度 I_{corr} の経時変化を図-2 に示す。気中期間 A (0~120 hrs.) では、陽極材に Zn 板を用いた試験体の I_{corr} は Al-3%Zn 板の試験体に比して 1~3 倍程度大きくなっている。浸漬期間 (120~240 hrs.) と気中期間 B (240~360 hrs.) では、Al-3%Zn 試験体の I_{corr} は若干大きくなっている。各試験体の浸漬期間 (120~240 hrs.) の I_{corr} は気中養生期間 A に比して 10~30 倍程度大きくなっている。これは気中期間と浸漬期間で防食回路が変化したためと考えられる。すなわち、気中期間では、防食回路はゴム内の電解液を介して形成されるが、浸漬期間ではゴム内の電解液ではなく、浸漬している 3.5 mass%NaCl aq を介して形成される。

気中期間と浸漬期間における各試験体の総電気量 Q を図-3 に示す。各試験期間において、溝無に比して溝有の Q が小さくなっている。これは溝部では水膨潤ゴムが鋼板に接触しておらず、防食面積が減少するためと考えられる。また、溝の有無によらず、気中期間 B の Q が気中期間 A に比して大きくなっている。これは前述のように浸漬期間中に 3.5 mass%NaCl aq を吸水したためと考えられる。気中期間 A において、Zn 板を用いた試験体の Q は Al-3%Zn に比して大きいのが、3.5 mass%NaCl aq の浸漬環境 (120~240 hrs.) および NaCl aq をゴム内の電解液として吸水した

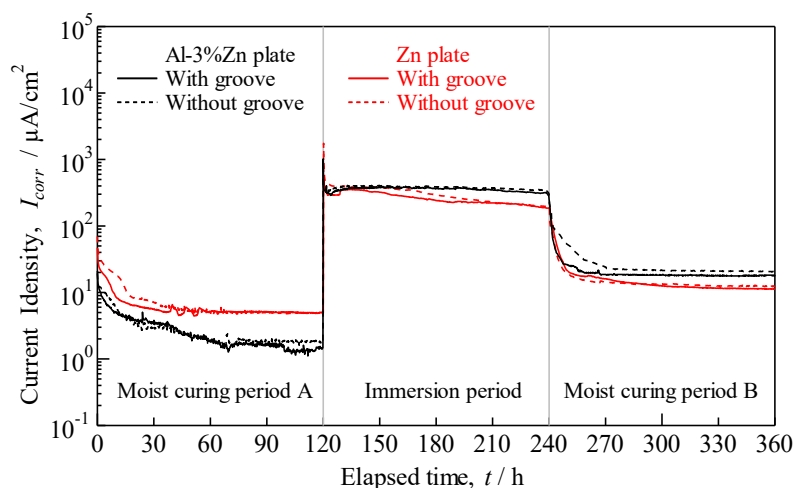


図-2 電流密度の経時変化

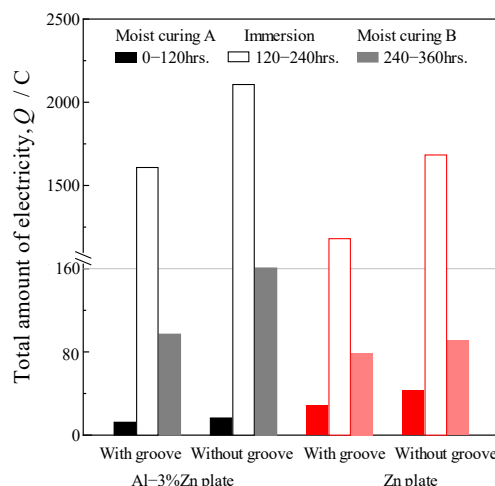
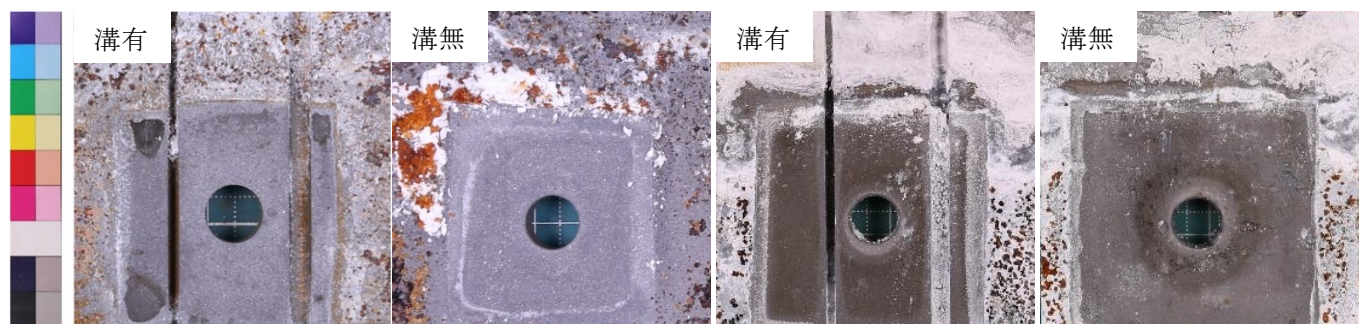


図-3 各陽極板の総電気量



(a) Al-3%Zn

(b) Zn

図-4 試験終了後のモデル試験体の鋼板の表面状態

気中期間 B (240～360 hrs.) では、Al-3%Zn 板の Q は比較的大きくなっている。これは Cl^- イオンの含量が高い浸漬環境において、Al-3%Zn の酸化皮膜の生成を Cl^- イオンが阻害するため、犠牲陽極防食のために有効な電位差が保たれ、防食電流が高くなったと推察される。

試験終了後の各試験体の鋼板の表面状態を図-4 に示す。各試験体のゴムの接触面では鋼板に鉄由来の腐食生成物は観察されないため、防食効果が十分発現できていると言える。しかし、Al-3%Zn 板を用いた試験体の溝部については、鉄由来の腐食生成物が確認された。Zn 板を用いた試験体では、ゴムが非接触の溝部においても腐食が生じておらず、幅 4 mm の溝部で白色系の生成物の付着が観察される。これは Zn 板の犠牲陽極作用によって生成された Zn 由来の酸化物であると考えられる。Zn の酸化物が溝部に付着・堆積したことで、腐食要因物質に対して鋼板の保護作用が生じたため、気中期間においても防食されたと考えられる。したがって、Zn 板を陽極材の溝部の防食性能は Al-3%Zn 板に比して高いと言える。

4. まとめ 1) Zn あるいは Al-3%Zn の陽極板と水膨潤ゴムを用いることで、コンクリート地際部における犠牲陽極防食が期待できる。2) 水膨潤ゴムが鋼板に接触する部位では、陽極板 (Zn, Al-3%Zn) によらず、犠牲陽極作用により鋼板を防食できる。3) 水膨潤ゴムが鋼板に接触しない部位については、Al-3%Zn の陽極板による防食効果は期待できないが、Zn の陽極板については Zn 由来と考えられる白色系の腐食生成物の保護性により、鋼板の防食が期待できる。

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) 柳田清實, 波多野郁夫, 河合正純: 流電陽極用アルミニウム合金 (第 1 報), 軽金属, Vol.17, No.1, pp.12-17, 1967.