

鋼部材のコンクリート地際部に対する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 学生会員 ○高木 魁士
九州大学大学院 正会員 楊 沐野

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
日本工営(株) 正会員 赤堀 智幸

1. はじめに 近年、橋梁などの鋼構造物のコンクリートの地際部において、著しい局部腐食が発生・進行している。これらの損傷の発生は、図-1 に示すように、地際部の滞水によるマクロセル腐食が主原因である。本研究では著者が考案した鋼部材のコンクリート地際部における犠牲陽極防食技術を開発するための基礎的研究を行った。この防食技術では図-2 に示すように、吸水・保水機能を有する膨潤ゴムを用いることで、降雨時に雨水を給水し、それ以外の天候ではゴム内部の水分により、継続的に防食電流の発生を維持させる。また、膨潤ゴムが水分で大きく膨潤し、晴天時でも水分が蒸発しにくいため、膨潤ゴムは陽極板と対象部材の密着性を維持する機能も有している。本研究では膨潤ゴムに給水させる電解液の種類とその濃度、および膨潤ゴムと鋼板の面圧が水膨潤ゴムを用いた犠牲陽極防食技術の防食効果に及ぼす影響を評価するために、膨潤ゴムを用いたモデル試験体の抵抗測定を実施した。

2. 試験方法 膨潤ゴムに給水させる電解液の種類とその濃度が犠牲陽極防食効果に及ぼす影響を膨潤ゴムと鋼板の面圧を変化させて検討するため、図-3 に示す防食システムの抵抗測定と図-4 に示す膨潤ゴムと鋼板の接触による防食試験（以下、接触防食試験）を行った。試験体は吸水させた膨潤ゴム、普通鋼板（60×60×9mm、JIS G 3106 SM490A 材）および Zn 陽極板（40×40×1mm）を重ねることで製作した。ゴムの厚さは 5mm と 10mm とした。試験に先立って、膨潤ゴムを電解液濃度 0.1、1.0、5.0 および 10.0mass% とした NaCl および NaNO₂ aq に 20 日間浸漬することで吸水・膨潤させた。なお、陽極板と鋼板の面圧は、予備試験に基づき、 1.2×10^{-2} と 3.7×10^{-2} N/mm² の 2 種類とした。また、抵抗測定については、Pt 板をカウンター電極（CE）とし、普通鋼板を作用電極（WE）とした。接触防食試験の試験時間は 24h とし、試験後に鋼板の防食状況を確認した。

3. 試験結果 各試験体の比抵抗 ρ を図-5 に示す。また、算出方法を(1)式に示す。

$$\rho = \frac{R_s \cdot A}{t} \quad (1)$$

R_s : 吸水させたゴムの溶液抵抗, A : ゴムの面積, t : ゴムの厚さ

ρ は自由電子の数密度に大きく影響されるため、 ρ が低いほど、犠牲陽極による防食電流は流れやすくなっている。

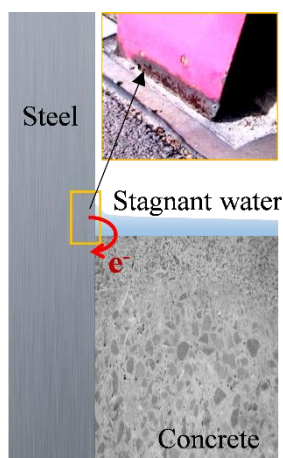
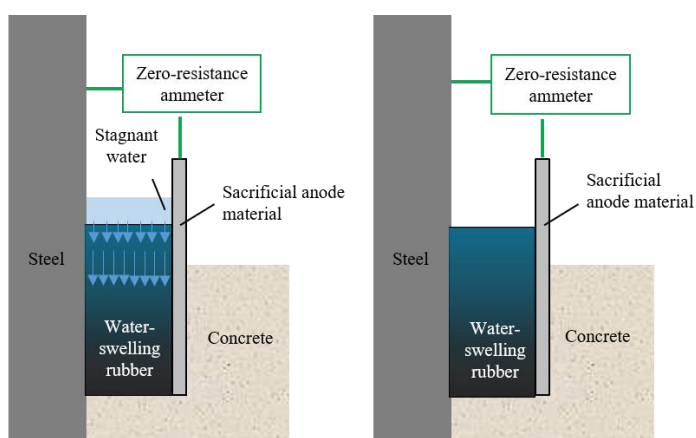


図-1 地際部の腐食メカニズム



(a) 浸漬環境

(b) 乾燥環境

図-2 水膨潤ゴムを用いた犠牲陽極による防食法

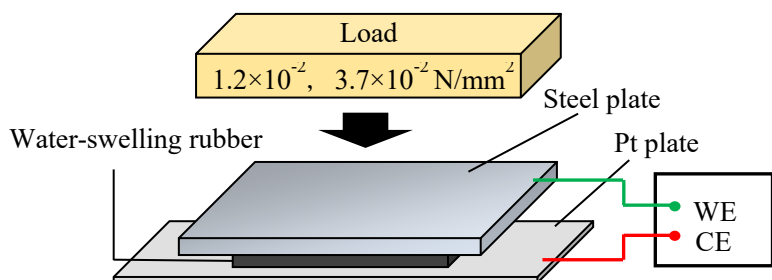


図-3 防食システムの抵抗測定の概要図

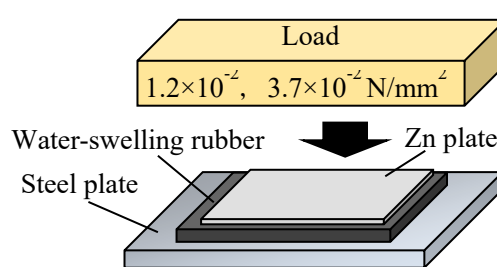


図-4 接触防食試験の概要図

キーワード 腐食, 犠牲陽極, 水膨潤ゴム, 比電気抵抗, 電気化学試験

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 九州大学 ウェスト2号館 1104号室 TEL 092-802-3392

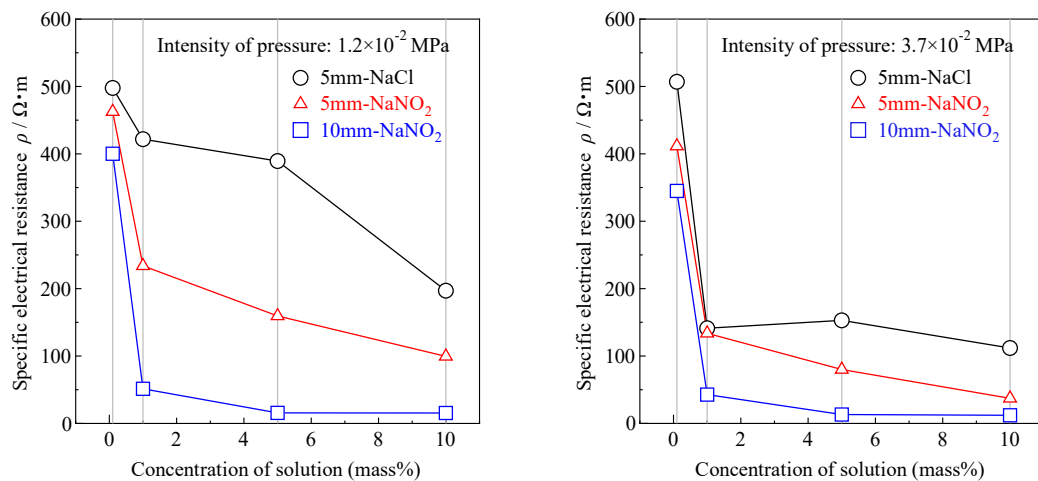
(a) 作用応力 1.2×10^{-2} MPa(b) 作用応力 3.7×10^{-2} MPa

図-5 水膨潤ゴムの比電気抵抗

表-1 鋼板表面の防食状況

| | NaCl | | NaNO ₂ | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1.2×10^{-2} MPa | 3.7×10^{-2} MPa | 1.2×10^{-2} MPa | 3.7×10^{-2} MPa |
| 0.1 mass% | | | | |
| 10 mass% | | | | |

また、吸水させる電解液の種類によらず、 ρ は濃度の増加に伴い、減少している。0.1mass%の電解液を吸水させたゴムの ρ が比較的高いことから、ゴムに吸水させる電解液の濃度が低い場合、十分な防食電流が得られないと考えられる。NaNO₂はNaClとは異なり面圧によらず、 ρ の減少傾向はほぼ同様である。1.0~10.0mass% NaNO₂ aqの ρ は、著しく小さいため、防食電流は流れやすいと言える。また、ゴムの厚さ10mmの試験体では ρ が最も小さくなるため、ゴムの吸水量が多いほど防食効果が高いと言える。また、 ρ は面圧の増加にしたがって減少している。これは面圧の増加によりゴムと鋼部材の密着度が増加することで、犠牲陽極防食作用が向上したと推察される。24h後の鋼板の防食状況を表-1に示す。ここでは、 t が5mmで電解液濃度が0.1mass%と10mass%の場合の結果を示す。鋼板の外観から、面圧が防食効果に及ぼす影響は小さいと言える。各電解液では0.1mass%濃度の防食効果が最も低く、各試験体のゴムの接触面の外側における腐食が観察される。一方、NaNO₂ aqを吸水させたゴムを用いた試験体では、10.0mass%の場合には腐食がほとんど発生していないため、防食効果が高いと考えられる。

4. まとめ 水膨潤ゴムが犠牲陽極防食に及ぼす影響を作用応力と電解液濃度の観点から得られた主な結果を以下に示す。1) 水膨潤ゴムと鋼板の接触面圧の増加に伴い、比抵抗が減少することで犠牲陽極効果が向上する。2) 電解液の濃度の増加に伴い、比抵抗が減少する。特に、NaNO₂ aqについては、高い防食効果が得られる。したがって、凍結防止剤を含む雨水が長時間滞水する環境では、良好な防食効果が期待できる。

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.