塗膜の劣化と鋼材の腐食劣化進展に関する基礎的研究

中部大学　正会員　○小林孝一，　新日本製鐵(株)　正会員　山本正弘

1. はじめに

鋼構造物は，防食のために何らかの防食工が施されたうえで供用されるが，防食工の寿命は一般に構造物の供用期間より短いため，鋼構造物を適切に維持管理するためには，防食工の残存性能を正しく評価する必要がある．しかしながら，コンクリート構造物の塩害劣化の場合と異なり，防食工の劣化も含めた鋼構造物の腐食劣化については，その過程については十分明らかにされているとは言い難く，確立された劣化過程のモデルも存在しないのが現状である．

そこで本研究では，海洋環境に長期間暴露された鋼材，および促進劣化させた鋼材の塗膜の性状を明らかにし，その残存性能を定量的に評価することを目指すこととした．

2. 実験概要

表－1 に本研究で使用した塗膜の仕様の一覧を示す．暴露材は大井川河口にて約 19 年間暴露された長さ 3800mm の塗膜付き L 字鋼を約 300mm × 120mm に切断したものであり，成型された供試体のうち，4枚は飛沫帯，6枚は干満帯，2枚は海中部に位置していた．暴露材比較用新規材は，新規の鋼材に対して上記の暴露材と同様の塗装を施した．一方，促進試験用の供試体には，タールエポキシ，あるいはエポキシの塗膜を施した．暴露材以外の寸法は，150mm × 75mm である．促進試験用鋼材の一部に対しては，JIS H 8502 に従い，2 時間塩水噴霧(35℃)，4 時間乾燥（60℃30%RH)，2 時間湿潤（50℃95%RH)の 3 過程からなる乾湿繰返し促進試験を行った．さらにこれら鋼材のうち一部に対しては，塗膜に X 字型の切込みを入れることにより，劣化の促進をはかった．残りの促進試験用鋼材に対しては，JIS K 5400 9.8 に従い，紫外線による劣化の促進を図った．

表－1　塗膜の仕様

		母材	下地処理	プライマー	中塗り塗装	上塗り塗装	総膜厚
暴露材		SS400	サンドブラスト	無機ジンク (75μm)	タールエポキシ (300μm)	タールエポキシ (300μm)	675μm
暴露材比較用新規材		SS400	サンドブラスト	無機ジンク (75μm)	タールエポキシ (200μm)	タールエポキシ (200μm)	475μm
促進用	タールエポキシ	SS400	グリッドブラスト	－	タールエポキシ (200μm)	－	200μm
促進用	エポキシ	SS400	グリッドブラスト	－	エポキシ (200μm)	－	200μm

暴露材と促進試験終了後の供試体について，交流インピーダンス法にて，塗膜の電気抵抗を測定した．また，供試体と無塗装裸鋼材を 200Ω の抵抗および塩橋を介して接続し，両者の間に流れるマクロセル電流量を測定した．

3. 結果と考察

すべての暴露材において，塗膜の劣化および母材の腐食が観察された（写真－1 左）．促進試験を行ったものに関しては，塗膜に X 字型の切れ込みのないものは，外見上の変化はほとんど見られなかったが，紫外線劣化試験を行ったものに関しては，塗膜の光沢が失われていた．一方，X 字型の切込みのあるものは，鋼材腐食部から周囲へ腐食が進行して，塗膜と鋼材の付着が切れた状態にあった．

図－1 に暴露材の塗膜の電気抵抗を示す．飛沫帯，干満帯，海中部の順に抵抗は小さくなり，塗膜の劣化が激しい．一方，図－2 に示すように，促進試験を行ったもので X 字型の切込みのないものについては，顕著な劣化は見られなかった．塗膜に切込みを入れたものに

写真－1　塗膜の劣化状況（左：暴露材，下：乾湿繰返し，切込みあり）

キーワード：鋼構造，腐食，海洋環境，塗膜，マクロセル腐食
〒 487-8501　春日井市松本町 1200，Tel. 0568-51-9187，Fax. 0568-51-1495

ついては，結果を図示していないが，いずれも抵抗が小さすぎ，抵抗を測定することができなかった．

図－3に，無塗装裸鋼材と暴露材間のマクロセル電流量を示す．暴露材をアノードとする場合の腐食電流を負で示してある．電流の流れる方向が正のものは，塗膜の劣化が著しく電気抵抗が測定できないようなものや，あるいは塗膜に大きな欠損のあるものであった．値の正負を問わず，電流量が大きかったのは，**図－1**に示した塗膜の電気抵抗が小さいか，測定不能であった供試体であるため，塗膜の電気抵抗が腐食速度と密接な関係にあるといえる．また，干満帯の下部が腐食電流が最も大きかった．

図-4に，塗膜に切込みの無い促進劣化材と暴露材間のマクロセル電流量を示す．塗膜の電気抵抗と同様に，塗膜の促進劣化が鋼材の腐食を増大させるには至らなかった．また，塗膜に切込みを入れたものについては，結果を図示していないが，電流量は-0.01~-0.02A/m^{2}と，暴露材とほぼ同様の値となった．ただし，**写真－1**に示したように，暴露材は塗膜の健全部と母材に腐食が生じている部分が混在しているのに対し，塗膜に切込みのある劣化促進材は切込み部周囲はすべて腐食している，というように，両者の腐食の形状は明らかに異なるため，今後，促進劣化の条件について，検討を行う必要があるものと考えられる．

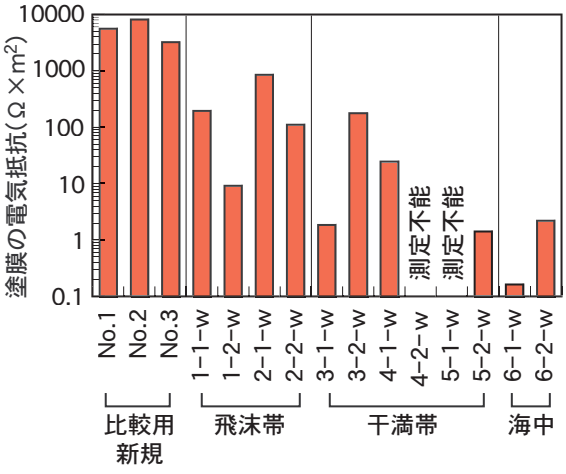
4. まとめ

1) 干満帯において塗膜の電気抵抗の低下が最も大きく，この位置が最も厳しい腐食環境である．

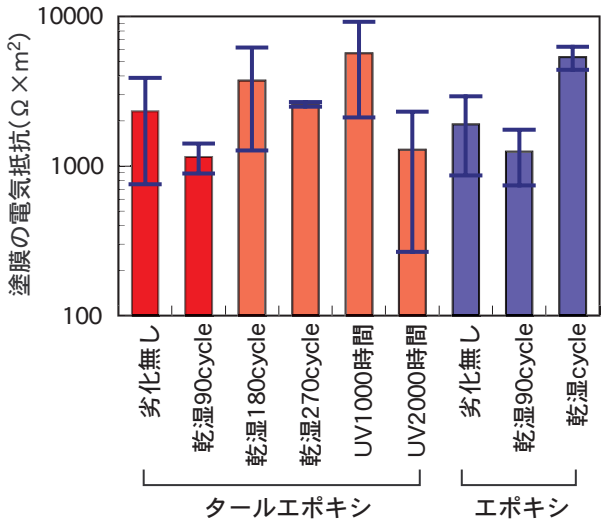
2) 塗膜に切込みの無い場合には，塗膜や鋼材の劣化はほとんど生じなかった．

3) 現時点では，促進試験は実環境暴露を再現できていない．

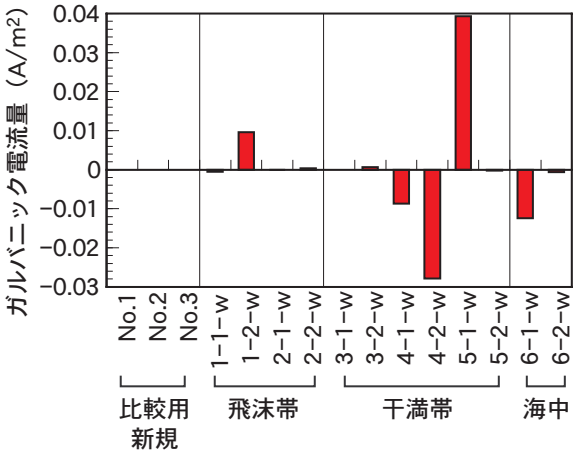
謝辞：本研究は，土木学会 構造工学委員会 沿岸環境における鋼･複合構造物の防食および耐久性能評価に関する研究小委員会（委員長：渡邊英一 京都大学名誉教授）のWG1（主査：大即信明 東京工業大学教授）の活動の一環として行われたものである．また本研究は(社)日本鉄鋼連盟の援助を受けた．ここに記して謝意を表す．



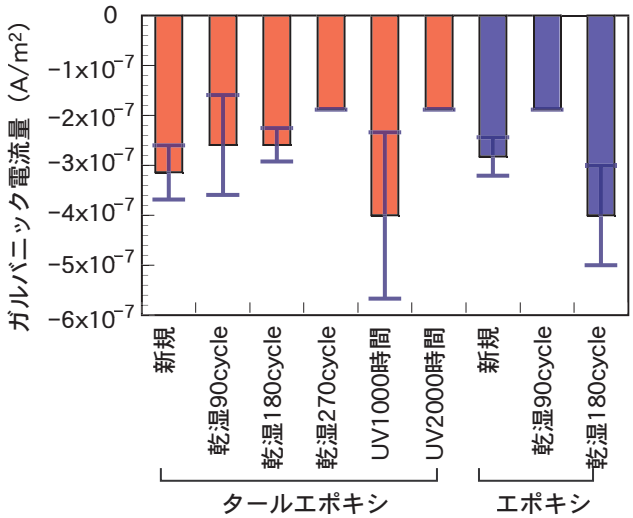
図－1　暴露材の塗膜の電気抵抗



図－2　劣化促進材（切込みなし）の塗膜の電気抵抗



図－3　暴露材におけるマクロセル電流



図－4　劣化促進材（切込みなし）における
マクロセル腐食電流