

重度腐食した鋼部材の電気化学的素地調整法に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○飯尾 翔磨

九州大学大学院

フェロー会員

貝沼 重信

(株)三井 E&S マシナリー

正会員

石原 修二

1. はじめに 飛来海塩などにより無塗装耐候性鋼橋に重度な腐食損傷が生じた場合には、無塗装仕様から塗装仕様に変更されるケースが多い。しかし、耐候性鋼材の腐食生成物層は普通鋼材に比して緻密で強固であるため、従来の素地調整法で除去することは困難である。特に、腐食孔底部については、除去難度が著しく高くなる。そこで、著者らは架橋型アクリレート繊維（以下、繊維シート）と純チタン板を用いた外部電源による電気化学的素地調整法を考察した。この方法は、鋼材に固着している腐食生成物を完全に還元して Fe_3O_4 化することで、腐食生成物を体積収縮させること、およびこの腐食生成物が固着している鋼素地表面に僅かな腐食反応を生じさせることにより、鋼素地から腐食生成物層を剥離・離脱させる電気化学的手法¹⁾³⁾である。本研究では、基礎的研究の位置づけとして、その剥離・離脱効果を実験で著しく腐食した鋼板を用いて検証した。この検証は高い吸水・保水・導電機能を有する繊維シートと対極に純チタン板を組み合わせて製作した試験体の電気化学試験を実施することで行った。

2. 試験方法 試験体は腐食鋼板に、繊維シートと対極を設置することで製作した。なお、腐食鋼板にはブラスト処理（溶融アルミナ（モース硬度：12，JIS 粒度指数：57.8，比重：4.0），ISO8501-1 Sa2.5）した JIS G 3106 SM490A 材（70×150×6mm）（以下、普通鋼）と JIS G 3114 SMA490AW 材（70×150×6mm）（以下、耐候性鋼）を北海道苫小牧市内南側海岸から約 2m に位置する海岸線（Lat.42°35'N，Long.141°27'E）で 4 年間大気暴露した裸鋼板を用いた。大気暴露地点の大気腐食環境のパラメータを表-1 に示す。繊維シートには架橋型アクリレート繊維¹⁾³⁾（70×150mm）を用いた。対極には純チタン板（70×150×2mm）を用いた。繊維シートを鋼材に密着させるために、チタン板上にアクリルブロック（300g）を設置してチタン板と鋼板に等分布荷重（0.0295gf/mm²）を作用させた。なお、試験には電解液の 3.5mass% NaCl aq に浸漬して、飽和吸水させた繊維シートを用いた。腐食鋼板のカソード分極曲線は、腐食鋼板と純チタン板をポテンシヨ/ガルバノスタットに接続することで測定した。電解液と照合電極には、それぞれ 3.5mass% NaCl aq と Ag/AgCl 電極を用いた。分極速度は 0.167mV/sec とした。本試験では、はじめに定電位下で電流の経時変化を計測し、次に定電流として電位の経時変化を計測した。

3. 試験結果 電解液中におけるカソード分極曲線を図-1 に示す。カソード分極曲線には、電極上での電荷移動の

表-1 暴露地点の大気腐食環境

Temperature (°C) (2014/11-2018/11)	Relative humidity (%) (2014/11-2018/11)	Airborne sea salt (mdd) (2014/11-2018/05)	Average precipitation (mm/day)
9.0	78.0	2.4	3.6

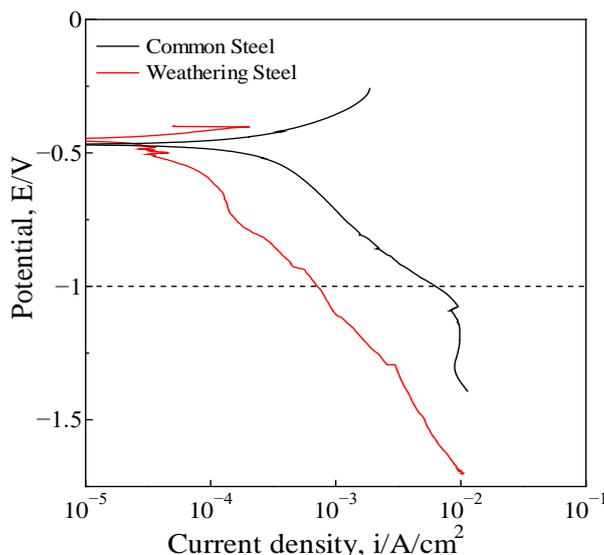


図-1 溶液中でのカソード分極曲線

キーワード 耐候性鋼，腐食損傷，素地調整，電気化学的素地調整

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL:092-802-3392

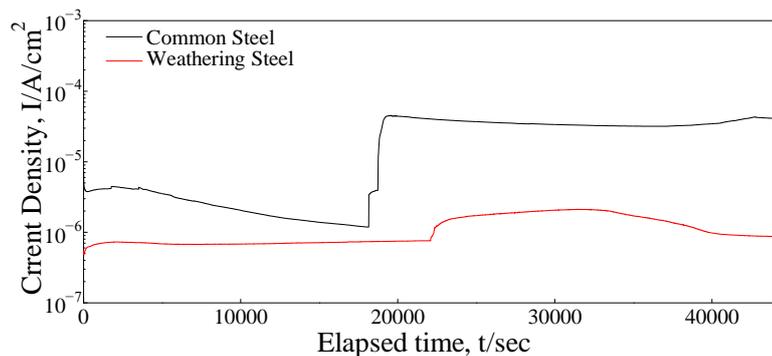


図-2 電流密度の経時変化

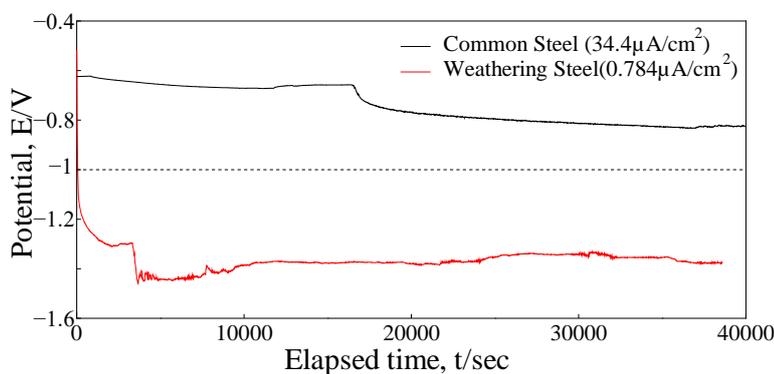
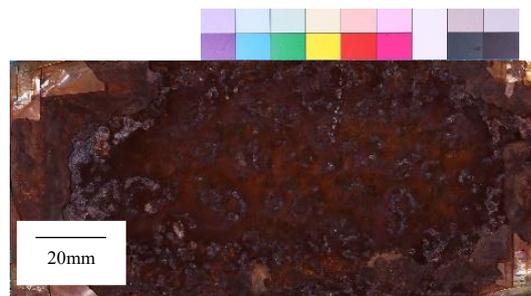


図-3 電位の経時変化



(a) 試験前



(b) 試験中



(c) 試験後

図-4 鋼板の外観

反応が律速であり、電位と電流密度が線形関係となるターフェル領域がある。この領域では外部電源から供給された電子による腐食生成物層の還元反応が律速であると考えられる。普通鋼では、ターフェル領域で最も卑な電位は $-1.08\text{V vs. Ag/AgCl}$ であり、 -1.2V vs. Ag/AgCl よりも卑な電位では、電極表面に気泡が観察されたことから、腐食生成物層の還元反応が安定すると考えられる -1.0V vs. Ag/AgCl を保持電位として設定した。電位を -1.0V vs. Ag/AgCl に一定にした場合の電流密度の経時変化を図-2 に示す。電流が安定していることから、繊維シートを介した電解液においても外部電源による回路が安定して形成されたと言える。 -1.0V vs. Ag/AgCl を維持するために必要と考えられる定電流値は、普通鋼と耐候性鋼に対して、それぞれ $34.4\mu\text{A}/\text{cm}^2$ と $0.784\mu\text{A}/\text{cm}^2$ とした。定電流下の電位変化を図-3 に示す。約 $20,000\text{sec}$ 以降、通電開始時に比して電位は卑となり安定している。したがって、定電流の場合についても電位は安定するため、腐食生成物層の還元反応が安定して生じると考えられる。しかし、保持電位とした -1.0V vs. Ag/AgCl とは異なるため、腐食生成物層の組成との関連を確認する必要がある。そこで、耐候性鋼板の外観の経時変化を観察した。この外観変化を図-4 に示す。試験開始後、外部電源から供給された電子により、鋼板の腐食生成物は還元され黒色の Fe_3O_4 に変化し、最終的に外観上の色相は明色となり初期の腐食生成物層が剥離・離脱した。これは初期の腐食生成物層の割れを起点に、直下の鋼素地で新たな腐食が生じることで、初期の腐食生成物層の密着性が低下したためと考えられる。電気化学試験後、図-4(c) に示すように、初期の腐食生成物が剥離・離脱した鋼素地には、鋼素地との密着性が低い新たな腐食生成物が観察された。したがって、本研究の素地調整法は、耐候性鋼材の緻密で強固な腐食生成物層を剥離・除去する上で有効な手法であると言える。

4. まとめ 1) 架橋型アクリレートの繊維シートと純チタン板を用いることで、飛来塩環境で重度に腐食した鋼材の素地表面に対しても外部電源による電子回路は形成される。2) 重度に腐食した鋼材の素地表面に強固に付着した腐食生成物を本研究の架橋型アクリレート繊維シートと外部電源を用いた電気化学的素地調整法により剥離・離脱できる。実構造物では照合電極の設置や管理を必要としない電流管理が望ましいため、今後は定電流下における検討を実施する予定である。

参考文献 1)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. 2)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 合金鑄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. 3)S.Kainuma, M.Yang, S.Ishihara, A.Kaneko and T.Yamauchi :Corrosion Protection of Steel Members Using an Al-Zn Base Sacrificial Anode and Fiber Sheet in an Atmospheric Environment, Construction & Building Materials, Vol.224, pp.880-893,2019.