

橋梁フィンガージョイントとステンレス鋼製排水樋の電気化学機構に関する基礎的研究

九州大学大学院
阪神高速技術(株)
日本橋梁建設協会

学生会員 ○百田 寛之
正会員 塚本 成昭
正会員 井口 進

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
阪神高速道路(株) 正会員 田畑 晶子

1. はじめに 冬季に多量の凍結防止剤が散布される都市内高架橋において、フィンガージョイントに腐食損傷が生じた後に、疲労破断する事例が報告されている¹⁾。破断したフィンガージョイントは、雨水や凍結防止剤を含む土砂が堆積する腐食性の高い排水樋に長期間曝されていたケースが多い。排水樋にステンレス鋼が採用されている場合、鋼製のフィンガージョイントと短絡することで、進行性の高いガルバニック腐食が生じていることが懸念される。しかし、このフィンガージョイントの電気化学機構は、これまで検討されていない。そこで、本研究では鋼製フィンガージョイントとステンレス鋼製排水樋との電気化学機構を明らかにするために、モデル試験体を用いて自然電位と腐食電流を測定した。また、鋼材に比して卑な Al-3%Zn 鋳造材をフィンガージョイントに電気的に短絡させ、それらの電位差により防食する方法に関する基礎的検討をするために、3 極試験 (SUS304, Al-3%Zn および裸耐候性鋼材) を実施した。

2. 試験方法 試験体の供試鋼材には、JIS G 3114 SM490AW の耐候性鋼板と JIS G 4304 SUS304 の SUS 鋼板を用いた。耐候性鋼板と SUS 鋼板の寸法は、それぞれ 150×70×6mm と 400×150×1mm である。定性的な電気化学的特性の指標とするために、耐候性鋼板、SUS 鋼板および SUS 鋼板と耐候性鋼板の短絡時における耐候性鋼板の自然電位を測定した。なお、接触時における耐候性鋼板の自然電位は、20mm 間隔で測定した。10wt%NaCl_{aq} で飽和させた豊浦標準砂中で Ag/AgCl 電極の参照電極を用いて、自然電位を測定した。このとき、参照電極と試験体を電気的に接続するために、KCl の塩橋を用いた。接触時における電位測定の概略図を図-1 に示す。測定開始後、出力が安定した時点の値を試験体の自然電位とした。また、異種金属を同時に浸漬した場合の腐食特性を検討するために、陽極材と陰極材を電解液で飽和させた 2 種類の砂にそれぞれ浸漬させ、異種金属間に流れる電流値を測定した。試験には豊浦標準砂と都市内高架橋 (Lat.34°69'N, Long. 135°10'E) のフィンガージョイント下側に位置する排水樋から回収した土砂を用いた。なお、回収した土砂はイオン交換蒸留純水で洗浄後乾燥させた。砂の粒径加積曲線を図-2 に示す。試験体は 33×10×5mm に切り出した耐候性鋼板および 33×10×4mm に切り出した SUS 鋼板とした。さらに、試験体をテフロンテープで被覆し、反応面積を 160mm² に統一した。10wt%NaCl_{aq} で飽和させた砂に試験体を浸漬させ、測定開始後、出力が安定した時点の値をガルバニック腐食電流とした。また、犠牲陽極による防食性能を検討するために、耐候性鋼板と SUS 鋼板の間に Al-3%Zn 鋳造材を設置し、3 極のガルバニック腐食電流を測定した。腐食電流測定に用いた試験体に加え、Al-3%Zn 鋳造材を 33×7×1mm に切り出し試料電極とした。ガルバニック腐食試験装置の概略図を図-3 に示す²⁾。10.0wt%NaCl_{aq} で飽和した豊浦標準砂に試験体を浸漬させ、各カップリング間の電流を計測した。また、試験体を 15mm の間隔で設置した。SUS 鋼板、耐候性鋼板および Al-3%Zn 鋳造材の順に設置した場合を SUS/Fe/Al-Zn と示す。測定には無抵抗電流計を用いて、10 分毎に計測した。

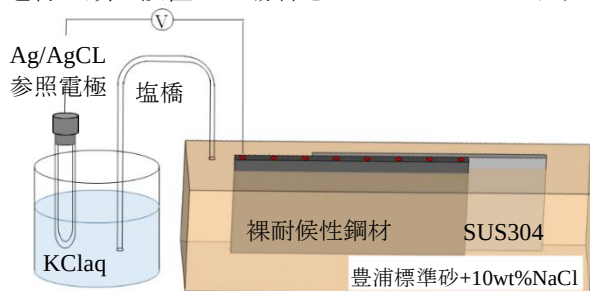


図-1 SUS 鋼板と耐候性鋼板の接触時の自然電位測定

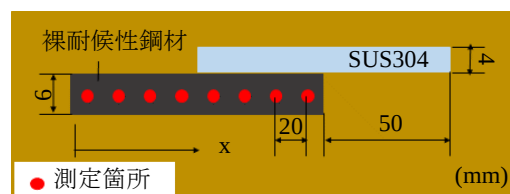


図-2 粒径加積曲線

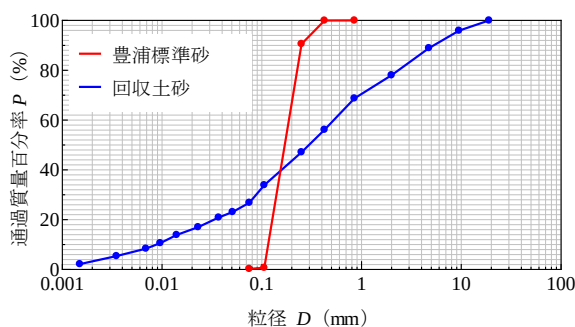


図-3 ガルバニック腐食試験

キーワード ガルバニック腐食 自然電位 腐食電流 犠牲陽極防食
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 TEL 092-802-3392

表-1 試験体の自然電位 E (V vs.飽和 Ag/AgCl)

材料	E (V vs. Ag/AgCl)
耐候性鋼材	-0.66
SUS304	-0.23

表-2 ガルバニック腐食電流密度 i ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

	i ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
10wt%NaCl + 豊浦標準砂	28.8
10wt%NaCl + 回収土砂	44.7

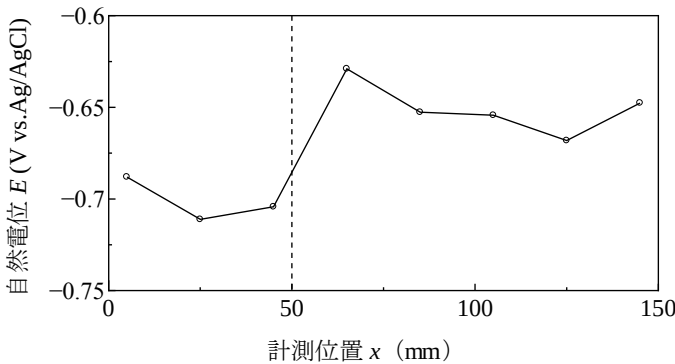


図-4 SUS 鋼板と接触時における耐候性鋼板の自然電位

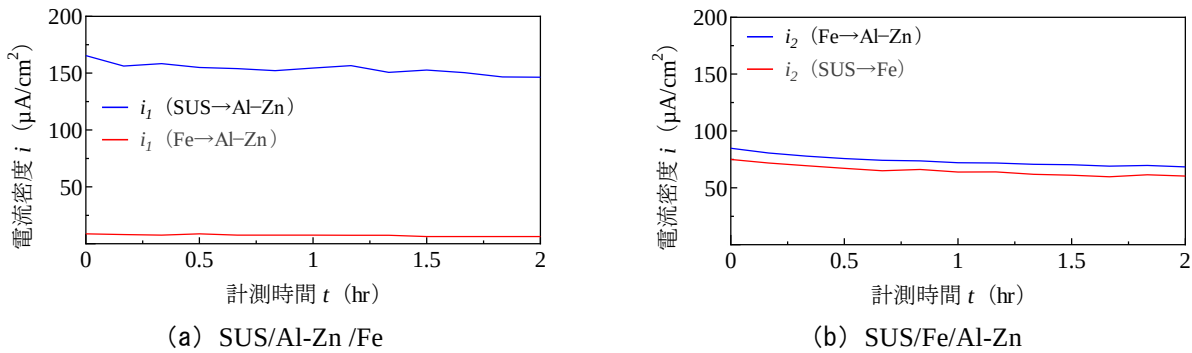


図-5 3 極 (SUS304, Al-3%Zn および裸耐候性鋼材) のガルバニック腐食電流密度

3. 試験結果 自然電位の測定結果を表-1 に示す。耐候性鋼材の自然電位は SUS 鋼板に比して、卑になっていることから、接続されることで耐候性鋼板が選択的に腐食する。SUS 鋼板との接触時における耐候性鋼板の自然電位を図-4 に示す。耐候性鋼板の自然電位は SUS 鋼板との接触面を境として電位に差が生じている。ガルバニック腐食電流の測定結果を表-2 に示す。腐食電流密度 i は測定したガルバニック腐食電流を浸漬面積で除して算出した。耐候性鋼板は SUS 鋼板に比して自然電位が卑になっている。そのため、SUS 鋼板に e^- を放出し、耐候性鋼板の腐食が促進される。また、豊浦標準砂と回収土砂を用いた両条件は同様の傾向にある。しかし、回収土砂の電流値は、豊浦標準砂の 1.5 倍程度になっている。これは粒度分布の差異から生じる透水性の影響と考えられる。したがって、2 極によるガルバニック腐食試験について、耐候性鋼板は SUS 鋼板と接触することでガルバニック腐食が生じると言える。SUS/Al-Zn/Fe と SUS/Fe/Al-Zn における 3 極のガルバニック腐食電流密度 i の測定結果を図-5 に示す。 i は SUS/Al-Zn と Fe/Al-Zn に流れる電流をそれぞれ $i_{\text{(SUS} \rightarrow \text{Al-Zn)}}$ 、 $i_{\text{(Fe} \rightarrow \text{Al-Zn)}}$ とした。SUS/Al-Zn/Fe は i_1 (SUS $\rightarrow$ Al-Zn) が約 $150 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ である。このことから、耐候性鋼板に対して Al-3%Zn 鋳造材の犠牲陽極が作用していると言える。一方、 $i_{2(\text{Fe} \rightarrow \text{Al-Zn})}$ は約 $6 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ で i_1 (SUS $\rightarrow$ Fe) に比して著しく小さい。また、SUS/Fe/Al-Zn は $i_{2(\text{Fe} \rightarrow \text{Al-Zn})}$ と $i_{2(\text{SUS} \rightarrow \text{Fe})}$ が同程度となっている。これは、SUS/Al-Zn/Fe と同様に Al-3%Zn 鋳造材が犠牲陽極として作用し、耐候性鋼板に対して e^- を放出しているためと考えられる。さらに、3 種の異種金属が同時に短絡した場合には、Al-3%Zn が優先的に溶出することで、耐候性鋼板を防食できると言える。

4. まとめ 本研究では耐候性鋼板、SUS 鋼板および Al-3%Zn 鋳造材の電気化学特性と金属間のガルバニック腐食電流の特性について検討した。以下に本研究で得られた主な結果を示す。1) 耐候性鋼板の自然電位は SUS 鋼板に比して卑になるため、耐候性鋼材は SUS 鋼材に対して犠牲陽極として作用する。2) 耐候性鋼板、SUS 鋼板および Al-3%Zn 鋳造材が短絡した場合、Al-3%Zn 鋳造材が耐候性鋼板に対して e^- を放出することで、耐候性鋼板を防食できる。

参考文献 1) 勝島龍郎, 塚本成昭, 杉岡弘一, 尾幡佳徳, 岡本亮二: 破面分析による鋼製伸縮継手の破断原因の推定, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.70, I-394, 2015. 2) 木本浩規: 溶融アルミニウムめっき鋼の海水中でのガルバニック腐食挙動におよぼす溶接金属の影響, 材料と環境, Vol.49, No.4, pp.228-234, 2000.