

耐候性鋼橋梁の漏水の水質と腐食生成物からの六価クロムの溶出量

松江工業高等専門学校 正会員 ○武邊勝道

松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠

松江工業高等専門学校 非会員 都田静樹

1. 目的

持続可能な環境配慮型社会の構築を目標として、長寿命化のために補修される鋼橋の数が増加している。こうした社会ストックの補修は持続可能な社会の構築に欠かせない一方で、増大する補修作業に伴う作業者の健康障害防止や環境負荷を議論することも必要である。現在、ライフサイクルコストを削減できる橋梁として耐候性鋼橋梁が広く供用されている。この橋梁は、適切な環境で用いれば、表面に生じる緻密な保護性さびが生成されることで高い耐腐食性を示す。ただし、場所によっては保護性さびが生成されず、厚い腐食生成物が形成される。こうした部位を補修する際には、腐食劣化部のケレン、ブラスト、水洗が行われ、この時、多量の掻き落とし物が生じる。平成26年には、厚生労働省から「鉛やクロムを含む塗料の剥離や掻き落とし作業に関わる労働者の健康障害防止に関する通達」が出され、掻き落とし物の有害性を確認することが推奨されている。本研究では、耐候性鋼を使用した橋梁の床板下面から漏水により生成した腐食生成物を採取し、六価クロムの溶出量を分析するとともに、その溶出条件について議論した。



図1 橋梁の外観。

2. 分析対象及び方法

島根県出雲市に2001年～2008年に架橋された8つの橋梁を対象とした(図1)。これらの橋梁の床板下面には耐候性鋼材が用いられており、床板下面の水抜き穴から漏水が見られ、その周辺に同心円状の腐食が生じている(図2)。こうした部位では、さび厚が400～1000 μmまで厚くなり、イオン透過抵抗法の評価でI-2やI-1に判断される状況に至っている(図3)。2017年8月にこれらの部位の浮きさびを採取し、イオン交換水を重量体積比10%の割合で混合し、振とう回数200回、振とう幅4 cmで、6時間連続で振とうを行った。その振とう溶液を対象に、主要溶存イオン組成、無機炭素濃度、Cr⁶⁺濃度の分析を行った。また、その内の3つの橋梁において、2019年7月の雨天時に、路面水及び床板下面の漏水部から水試料を採取するとともに、漏水部周辺の腐食生成物の採取した。水試料と腐食生成物の振とう溶液に対して、上述と同様の分析を行った。



図2 床板下面の漏水周辺の腐食状況

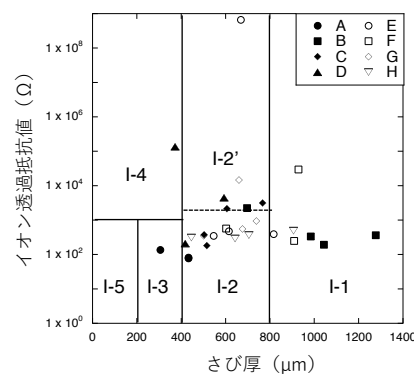


図3 イオン透過抵抗法による分析対象部位の腐食状況評価

3. 結果及び考察

図4に振とう溶液のCr⁶⁺濃度とpHの関係を示した。振とう溶液のpH>9の試料で、Cr⁶⁺濃度が0.2～0.4 mg/lを示す。このことは、高pH環境でCr⁶⁺が存在しやすいことと関係していると考えられる。振とう溶液中のpHは、無機C濃度やNa⁺濃度と正の相関関係を示し(図5, 6)、無機炭素濃度とNa⁺濃度の相関直線の傾きは、NaHCO₃のC/Na比と類似する。このことから、腐食生成物中にNaHCO₃が存在するた

キーワード 耐候性鋼, 腐食生成物, Cr⁶⁺

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町14-4 松江工業高等専門学校 TEL 0852-36-5182

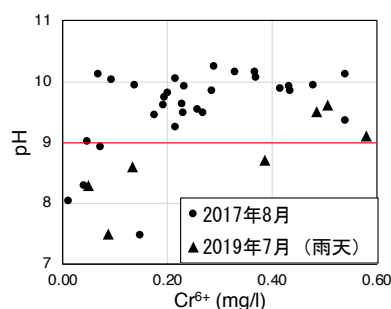


図 4 振とう溶液の pH と Cr^{6+} 濃度の関係

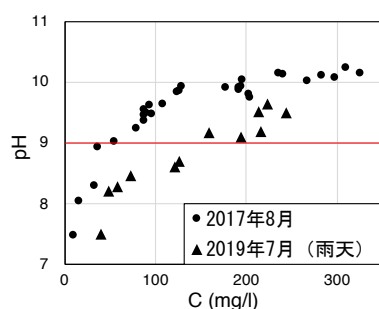


図 5 振とう溶液の pH と無機 C 濃度の関係

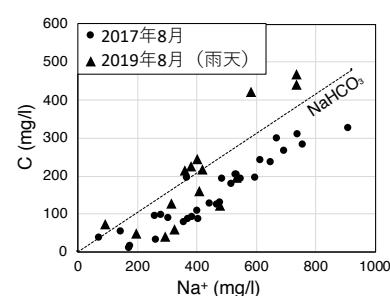


図 6 振とう溶液の pH と無機 C 濃度の関係

めに、振とう溶液が高い pH を示したと考えられる。

雨天時に得られた路面水と漏水を分析したところ、その pH は 7.5～8 と中性に近く、 Cr^{6+} は測定されなかった。図 7 には、漏水と腐食生成物の振とう溶液の主要溶存成分組成を比較するために、トリリニアダイアグラムに各水質をプロットしたものを示した。なお、陰イオンの相対濃度の計算においては、分析試料の pH が 7～10.5 の範囲であることを考慮して、水溶液中の無機炭素のほぼ全てが HCO_3^- として存在するとした。陰イオンに着目すると、路面水と漏水は Cl^- と SO_4^{2-} に乏しく、 HCO_3^- の相対濃度は 100 % に近い。一方で、腐食生成物の振とう溶液の HCO_3^- の相対濃度は、試料によって数 10～90 % までばらつきがある。陽イオンに着目すると、腐食生成物の振とう溶液は Na^+ の相対濃度が 100 % 近くを示し、 Ca^{2+} と Mg^{2+} に乏しい。その一方で、路面水と漏水は Ca^{2+} を含んでおり、路面水でより高い相対濃度を示す。以上のことから、漏水と腐食生成物では水溶性成分の組成に違いがあることが分かる。

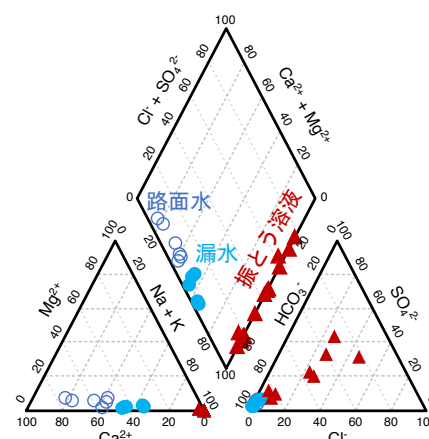


図 7 振とう溶液と漏水と路面水のトリリニアダイアグラム。

HCO_3^- 濃度が路面水と漏水で高いことから、腐食生成物中の HCO_3^- は漏水からもたらされた可能性が高いと考えられる。ただし、路面水と漏水の無機炭素濃度と Na^+ 濃度は正の相関関係を示すものの、モル濃度での無機炭素濃度は Na^+ 濃度の数倍高い。このため、漏水は NaHCO_3 水溶液のみからなるとは考えられず、そのことを反映して pH も中性に近い値を示している。したがって、腐食生成物の振とう溶液の高い pH に漏水が直接に関与しているとは考えられず、 NaHCO_3 は床版下面の腐食生成物中で生成した可能性がある。腐食生成物の振とう溶液では、 Cl^- と SO_4^{2-} 濃度は正の相関関係を示し、 Cl^- と SO_4^{2-} の比率は海水組成に類似する試料が多い。このため、橋梁の床板下面へは海塩粒子に由来する Cl^- と Na^+ が供給されていると考えられる。これらのことから、床板下面での乾湿の繰り返しの過程で、漏水由来の HCO_3^- と海塩粒子由来の Na^+ から NaHCO_3 が生成され、その結果、振とう溶液の pH が上昇して、 Cr^{6+} が溶出しやすい状況となった可能性がある。今後、 NaHCO_3 がどのように生成され、腐食生成物からの Cr^{6+} の溶出に関連するのかを詳しく分析する必要があると考えられる。

4. まとめ

床板下面が耐候性鋼からなる橋梁において、その一部が漏水により腐食している部位を対象に、腐食生成物から溶出する Cr^{6+} 量とその溶出条件を分析した。腐食生成物の振とう溶液を分析したところ、pH が 9 以上の試料で Cr^{6+} 濃度が 0.2～0.4 mg/l を示した。振とう溶液の pH の高さは、 NaHCO_3 が腐食生成物中に含まれていること関連しており、 HCO_3^- は漏水に由来すると考えられる。