

## 金属溶射と重防食塗装の取合部における耐久・防食特性に関する研究

楊, 昊軒

<https://hdl.handle.net/2324/7182422>

---

出版情報 : Kyushu University, 2023, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



氏 名 : 楊 昊軒

論文名 : 金属溶射と重防食塗装の取合部における耐久・防食特性に関する研究

区 分 : 甲

## 論文内容の要旨

飛来海塩や凍結防止剤に曝される鋼道路橋において、重度の腐食損傷が発生しており、構造物の崩壊に直結する主部材の破断事故に至った事例もある。これらの重度損傷や致命的事故を回避するとともに、維持管理費を縮減する目的で塗装に比して耐久性や防食性に優れた金属溶射の採用が増加している。溶射は塗装に比して高コストとなるため、既設構造物では致命損傷が生じやすい特定部位で適用されることが多い。そのため、溶射部と塗装部に取合部が生じ、取合部の溶射上に塗装が部分的に塗布されることが多い。新設構造物では防食性のさらなる向上を期待して、全部材に溶射して、その上に塗装する防食仕様が採用された事例もある。溶射は犠牲陽極作用で鋼素地を防食するため、溶射上に塗装することで、傷部や溶射できないコンクリート部材の境界・接触部などの近傍の溶射皮膜では、溶射のアノード反応が著しく促進される。その結果、溶射と塗装の重ね皮膜（以下、重ね皮膜）が促進劣化し、重ね皮膜の耐久性や防食性が溶射単膜に比して著しく低下する場合がある。しかし、重ね皮膜の劣化機構については、基礎的研究が十分に行われておらず、不明な点が多い。

これまで、溶射の優れた耐久性や防食性が国内外で注目され、溶射皮膜に関する基礎的研究が精力的に行われてきた。また、溶射単膜の皮膜劣化については、電気化学と材料科学の視点から分析されている。これらの先行研究では、溶射単膜の耐久性や防食性に主眼がおかれており、重ね皮膜についても劣化に伴う外観評価が主として行われてきた。しかし、既設構造物で採用される溶射上に塗装が部分的に重ね塗りされる重ね皮膜の早期劣化機構、および耐久・防食性の評価法については検討されていない。また、鋼構造物の各部位で異なる様々な腐食環境における重ね皮膜の劣化特性にも着眼されておらず、構造物に実装可能な研究成果は得られていない。

本研究では、鋼構造物の飛来海塩や凍結防止剤に曝される腐食性が高い部位に着目して、その重ね皮膜のモデル試験体の腐食促進試験と大気暴露試験を行った。また、劣化した試験体を電気化学や材料科学などの学際的視点に基づき分析・評価した。さらに、重ね皮膜を早期劣化させる腐食環境を Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサ（以下、ACM センサ）から推定した濡れ時間、塩化物量および日平均電気量に基づき明らかにした。これらの結果に基づき、重ね皮膜の早期劣化特性とこの特性に及ぼす腐食環境の影響を解明した。また、ACM センサの出力結果に基づいて、重ね皮膜の早期劣化と腐食進行性の予測手法を提案した。さらに、重ね皮膜の早期劣化起点を排除する施工法を提案することで、重ね皮膜の高耐久性化手法を提案した。

本論文は第1章から第7章までの7つの章で構成されている。各章の概要は以下のとおりである。

第1章では、本論文の研究の背景および目的について述べるとともに、溶射と塗装の重ね皮膜の早期劣化機構、および溶射単膜と重ね皮膜が様々な腐食環境における耐久・防食性やそれらの適用性などの課題点について述べた。また、本論文に関連する先行研究として、腐食環境や溶射金属の

種類などが溶射した鋼板の耐久性に及ぼす影響，溶射鋼板の電気化学特性および溶射と塗装の重ね皮膜部の劣化挙動に関する調査・研究などについて述べた．

第2章では，金属溶射の種類，施工条件などの情報，重防食塗装の概要，重ね皮膜や突合せ皮膜などの各種防食皮膜仕様の皮膜構成，および人工欠陥の加工法なども含み，本論文に用いた試験体の詳細を示した．

第3章では，AlとZn系の溶射単膜，およびそれらと重防食塗装の重ね皮膜部の耐久・防食特性を検討すること，および重ね皮膜の劣化機構を解明するために，人工傷を導入した溶射単膜，および溶射上に重防食塗装した試験体の複合サイクル腐食促進試験を実施した．また，試験体の鋼素地の腐食や溶射単膜劣化による重ね皮膜部の膨れ性状を評価するために，各防食皮膜の表面性状の外観観察を行い，膨れ性状を測定した．溶射単膜の電気化学的特性は，電気化学インピーダンス測定（以下，EIS測定）と分極測定を行うことで明らかにした．さらに，塗膜の耐候性評価，SEM-EDXによる断面元素およびXRDにより溶射単膜の表面化合物を同定することで，溶射単膜と重ね皮膜部の劣化メカニズムを明らかにした．

第4章では，付着海塩の雨洗作用の有無，および飛来海塩量に着目した大気腐食環境における溶射皮膜とRc-I系重防食塗膜の重ね部の耐久・防食特性を解明することを目的とした．そのために，溶射と塗装の重ね皮膜部に鋼素地露出部を導入した試験体を用いて，飛来海塩とその雨洗作用に着目した計5地点で大気暴露試験を行った．また，鋼素地の腐食や溶射皮膜の劣化による皮膜の膨れ性状を測定した．さらに，EIS測定，SEM-EDXとEPMAによる元素分析，およびXRD分析により腐食生成物同定を行うことで，重ね皮膜部の皮膜劣化を評価し，溶射と塗装の耐久・防食特性を解明した．

第5章では，第4章で述べた海塩の雨洗作用が無い大気環境における重ね皮膜部を対象として，ACMセンサから推定した濡れ時間，塩化物量および日平均電気量に基づき重ね皮膜の劣化による膨れの発生と劣化進行性の予測手法を提案することを目的とした．そのために，付着海塩の雨洗作用が無い大気腐食環境で溶射と重防食塗装の重ね皮膜のモデル試験体を用いた大気暴露試験を実施した．また，試験終了後の重ね皮膜部の膨れ性状を定量評価した．

第6章では，Al-5Mg溶射皮膜と塗膜の境界部の耐久性向上のために考案した施工法について，溶射施工が塗膜の耐候性に及ぼす影響を検討するために，ふっ素塗膜の酸化チタン光触劣化を促進させる過酸化水素水スプレー型促進耐候性試験を実施した．また，重ね皮膜の耐候性を検討するために，光沢度，色差およびEISの測定に加え，SEM-EDXによる元素分析を行った．また，提案した施工法で製作した重ね皮膜の試験体を用いて，飛来海塩環境における耐久・防食特性を明らかにした．

第7章では，本研究で得られた知見について総合的に整理し，金属溶射と重防食塗装の取合部における耐久・防食特性について結論を示した．