

2021年2月25日

豊橋技術科学大学長 殿

学位審査委員会
委員長

高島 和則



論文審査，最終試験及び学力の確認の結果報告

このことについて，博士学位論文審査を実施し，下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	小林 弘明		
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 応用化学・生命工学 専攻
博士学位論文名	塗装鋼板の腐食機構解明と塗装後の耐食性に優れる新規防食システムの提案 (Elucidation of the corrosion mechanism of coated steel sheets and a proposal for a new anticorrosion system)		
論文審査の期間	2021年1月14日 ～ 2021年2月24日		
公開審査会の日	2021年2月4日	最終試験の実施日	2021年2月4日
論文審査の結果※	合格	最終試験の結果※	合格
学力の確認日	2021年2月4日	学力の確認の結果※	合格
<p>審査委員会（学位規程第6条）</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について，論文審査，公開審査会，最終試験及び学力の確認を行い，別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので，学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長</p> <p>高島 和則 </p> <p>委員</p> <p>松本 明彦  松本 幸大 </p> <p>福本 昌宏  印</p>			

※論文審査の結果，最終試験の結果及び学力の確認の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は塗装鋼構造物の塗膜成分、めっき因子および素地成分相互の関連から塗装鋼構造物の腐食機構を総合的に解明し、亜鉛の犠牲防食作用に着目した塗装後の耐食性に優れる新規防食システムの構築を提案している。論文は以下の7章から構成されている。第1章では塗装鋼板の防食処理の現状・腐食を生じる種々の原因についてまとめ、新規防食システム提案のための課題をまとめている。第2章では塗膜塗装鋼板の腐食に対する塗膜の影響を交流インピーダンス法を用いて電気化学的に調べ、塗膜の付着性が良好な塗装鋼板は塗膜/素地鋼板界面での腐食反応を抑制することを示している。第3章では防錆塗料である亜鉛粉末を含むジンクリッチペイント塗装鋼板の防食機構の検証と素地組成と腐食生成物の関係を解明している。第4章では塗装しためっき鋼板の塗膜と素地金属の界面に生成した腐食生成物が更なる腐食の進行を引き起こすプロセスを生成物の分析と腐食電位を併用して考察し、めっき層中の元素が腐食の進行に影響することを明らかにしている。第5章では、前章までの塗膜による防食とめっき鋼板の腐食機構の研究結果に基づき、鋼製ワイヤブラシ、亜鉛またはニッケルめっき処理した鋼製ワイヤブラシによる鋼板素地の研磨を行い、各鋼板素地表面の表面自由エネルギーを測定し、塗膜の付着への影響を考察している。第6章では前章の結果に基づき、塗装後の耐食性に優れた新規な素地の調整方法を腐食試験による生成物の分析とカソード分極曲線の測定により調べている。第7章は全体を総括し、新規な防食システムの提案とこれからの課題について述べている。

審査結果の要旨

本論文は塗装鋼構造物の塗膜成分、めっき因子および素地成分相互の関連から塗装鋼構造物の腐食機構を総合的に解明し、亜鉛の犠牲防食作用に着目した塗装後の耐食性に優れる新規防食システムの構築を提案している。重要な社会基盤には鋼構造物が多く、その防食（防錆）は安定な社会の維持・発展に不可欠である。鋼構造物は錆の発生と進行によって劣化するため、防食のために塗装・めっき等の対策が施される。本論文は塗装鋼材に着目して、防食性を発現する塗装、めっきのそれぞれの機能と腐食の発現機構を、腐食生成物の分析と電気的な交流インピーダンス法、カソード分極曲線測定の結果から明らかにしている。

塗膜による防食機構については、塗膜の主成分である樹脂により腐食成分の酸素、水、イオンの浸透性に違いがあることに着目して、樹脂の種類が異なる塗膜で被覆しためっき鋼材を交流インピーダンス法により分析している。その結果、塗膜劣化により腐食が発生すると、0.1 Hzの交流インピーダンスが腐食前の 10^{-3} ~ 10^0 倍となることを見出し、塗膜の外観観察で腐食を判定するよりも早期に探査できることを明らかにした。また塗膜防食は塗膜樹脂の紫外線に対する耐性だけでなく、塗膜の金属素地への付着強度が大きく影響することを見出している。これらの知見は腐食の早期発見に有用であり、より有効な防食の実現に役立つものである。また、犠牲防食剤の亜鉛を含む塗膜を使用した亜鉛-異種金属めっき鋼板の腐食についても調べ、塗膜とめっき鋼板間の腐食生成物はめっき層中の異種金属の種類と偏在状態が影響し、特に偏在状態は腐食の進行方向に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。この知見は異種金属の偏在状態の制御による防食性向上への応用・発展をもたらすものと期待できる。

めっき鋼材表面の解析については、塗膜の付着の向上が防食性の向上に大きく影響することに着目して、付着を支配する表面自由エネルギーの分散成分と極性成分の測定を行った。防食技術に界面化学熱力学の概念を応用した点で新規性を認める。試料は亜鉛あるいはニッケルめっき鋼製ワイヤブラシで研磨した鋼板を用いており、研磨によってワイヤのめっき金属が鋼材表面に付着して表面自由エネルギーが変化することを見出している。特に、亜鉛めっき鋼製ワイヤブラシを用いて表面を研磨した鋼材は、従来の鋼製ワイヤブラシ研磨で素地調整した鋼板と比較して塗装後の耐食性に優れることを見出している。またその原因についても解析し、研磨により表面に残った亜鉛によって塗膜-鋼材間で生じた腐食生成物が腐食因子である酸素・水などの鋼材素地への拡散を阻害しているためであることを示した。さらに鋼材表面の表面自由

エネルギーの分散成分・極性成分の値に近くなるように塗料の表面張力の分散成分・極性成分を制御することで鋼板表面の付着性が向上することを示した。この知見は鋼材への濡れ性が高く付着強度の高い塗料の開発に資することが期待される。

これらの知見を総合して、申請者は鋼製ワイヤブラシを用いて腐食生成物や旧塗膜を除去後、亜鉛めっき鋼製ワイヤブラシを用いて素地金属の表面に亜鉛を付着させ、その後表面自由エネルギーの極性成分が約 3 mJ/m^2 の塗料を用いて防食加工するという新規防食システムを提案している。この提案により従来技術では得られなかった亜鉛の犠牲防食作用と塗料のぬれ性の改善による耐食性の向上が期待できる。

以上のことから、本研究は塗装鋼構造物の腐食を従来の外観検査よりも早期に検出する手法および簡易で効果的な新規防食システムの実現に資するものであり、今後の防食システムの発展の基礎となるものと期待される。

よって本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(要旨は1ページ以上可)