

## 粉体塗装を中心とした屋外通信設備の防食技術に関する研究

### 学位論文内容の要旨

屋外通信設備は全国各地に設けられ、多種多様な環境にさらされている。今後の「マルチメディア」社会の土台になっていくのみならず、広くあまねく公平なユニバーサルサービスを維持するためにも、屋外通信設備には設置環境に依らない高い信頼性が要求される。特に、設備が鋼材を主体とすることを考えると、屋外環境において最も危惧すべき問題は腐食である。屋外通信設備の腐食対策は、一般の屋外鋼構造物の腐食対策と共通する点も多いが、設備量が膨大で、腐食を顕著に引き起こさない地域から海岸地帯等腐食地域まで広く存在する通信設備はそれらの防食に関して特徴的課題を有する。

本研究は、屋外環境における金属材料の腐食と防食について各種事例を基に検討を行い、特に、防食技術に関して粉体塗装を中心とした課題の解決を図るものであり、全6章から構成されている。

第1章は、屋外通信設備の腐食対策と現状を概説し、本研究の背景と目的について述べたものである。腐食対策においては、設備のメンテナンスフリー化技術に着目し、強塩害環境で30年以上のメンテナンスフリー化を図ることができる防食技術の必要性について示した。

第2章では、屋外環境における金属材料の腐食と防食に関する、これまで実際のフィールドにおいて経験してきた事例を基に、材料の高耐食性化を図るための高耐食性金属材料、陰極防食、防食塗装、の各方法の防食性能について研究を行った結果を述べた。高耐食性材料の代表的存在であるステンレス鋼で最も汎用のSUS304につき、マイルドな環境でも、すきま腐食や水素ぜい化に対し留意が必要であることを明らかにした。また、各種環境における高耐食性金属材料の耐食性評価として、電流振動解析の有効性を示した。一方、海洋環境における鋼製海底通信設備の防食方法として、実海洋環境において陰極防食と絶縁被覆を併用し、かつ絶縁被覆の下地処理として金属溶射を施した防食系を工夫した結果、防食電流値を低減でき、絶縁被覆の剥離を抑制できて長期信頼性が図れることを明らかにした。大気環境においては防食塗装法、即ち屋外通信設備に広く適用されている亜鉛めっき

鋼材に、さらに塗装を施す場合の各種塗装系について防食性能を把握した。

第3章では、屋外通信設備の防食技術における課題として、強塩害環境でのメンテナンスフリー防食系の実現に着目し、熔融亜鉛めっき鋼材への飽和ポリエステル樹脂粉体塗装技術と、塗装材の防食性能評価及び応用技術への展開を論じた。飽和ポリエステル樹脂粉体塗装については、高耐候性、低透湿性、かつ高強度な塗膜を得ることが期待されるが、塗装処理温度が約300°C以上と一般的な粉体塗装処理温度に比べて高いことから、加熱工程における亜鉛めっき表面の酸化進行に起因する塗膜付着性低下、脆い合金層の成長という解決すべき問題が存在することを明らかにした。そこで、熔融亜鉛めっき直後にその余熱を利用して粉体塗装する「直接焼付法」を考案し、塗装前の加熱工程を省いた塗装を試みた結果、高密着性でしかもめっき層脆化の生じない粉体塗装が実現できた。また、被処理体を加熱した後の表面を研削し塗装する「加熱後研削法」によっても、亜鉛めっき面に密着性の優れた塗装が可能であることを確認した。これらの粉体塗装法を用い、飽和ポリエステル樹脂粉体塗装の通信設備防食への適用を試みた結果、いずれも良好な特性が確認され、現在まで本格的に適用されている。

第4章は、前章で優れた防食性能を確認した飽和ポリエステル樹脂粉体塗装をベースに、塗膜表面のはっ水性や潤滑性を向上させた多機能化粉体塗装の研究について述べたものである。粉体塗料に四フッ化エチレン樹脂（P T F E）微粒子を5mass%程度分散させることにより、塗膜表面のはっ水性として、水に対する接触角で140度程度に、潤滑性として静止摩擦係数0.07に向上することを明らかにした。分散させたP T F E微粒子は、塗膜表面に偏在するため、比較的少ない量で効果的に表面特性を改質することがわかった。P T F E微粒子の塗膜表面への偏在については、マトリックス樹脂とP T F E微粒子の融点の違いに着目し、高融点のP T F E微粒子が塗膜表面に追いやられる機構を考察した。防食性能向上についても、塗膜表面のはっ水性が寄与することを明らかにして、防食・はっ水・潤滑性塗装の屋外通信設備への展開を可能とした。この塗装系は、無線アンテナ等の着雪水による回線故障対策として有効であり期待される。

第5章では、環境遮蔽性の高い厚膜型粉体塗装材の場合特に防食性能の鍵を握る塗膜付着強度の評価技術について述べた。厚膜及びP T F E微粒子分散塗膜に対しては、アドヒージョンテスター法等の従来の塗膜付着性評価方法では、十分な評価が行えないことから、表面/界面切削法並びに引っかき試験法の適用可能性について検討した。表面/界面切削法における塗膜付着強度評価値については、真の塗膜付着強度に加えて測定原理上の各種拘束力の寄与分を考慮する必要があることを明らかにした。引っかき試験による評価値は、塗装材の塗膜付着強度を含めた塗膜強度を示し、外力に対する塗膜の強さを総合的に把握できることを示した。それぞれの方法によるP T F E微粒子分散塗装材の塗膜付着強度評

価結果から、二層被覆粉体塗装の有効性を明らかにした。

最後に、本研究を総括して、第6章において結論を述べた。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 石 川 達 雄  
副 査 教 授 瀬 尾 眞 浩  
副 査 教 授 高 橋 英 明  
副 査 教 授 成 田 敏 夫

## 学位論文題名

### 粉体塗装を中心とした屋外通信設備の防食技術に関する研究

鋼材主体の屋外通信設備は、比較的温かな地域から苛酷な地域まで、広く設置されている。本論文は、このような多様な環境で高い信頼性が要求される屋外通信設備のメンテナンスフリー化を実現するため、塗装による防食技術に関し工学的研究を展開したものである。特に、鋼材への溶融亜鉛めっきから成る現行設備の高耐食化実現に、樹脂粉体塗装を図ったものであって、以下に要約する重要な知見と成果をあげている。

①屋外環境における実際のフィールドで経験した事例をもとに、耐食性金属材料、カソード防食および防食塗装の各種性能について比較検討した結果、SUS304ステンレス鋼でも比較的温かな環境でのすきま腐食や水素脆化が問題になること、および金属材料の耐食性評価として電流振動特性の解析が有効であることを明らかにしている。

②屋外大気環境中での現行設備に対して、効果的な高耐食化を図るため、厚膜型粉体塗装による二重防食技術に着目した。この際、優れた耐食性能を有するにもかかわらず、亜鉛めっき鋼材への塗装例のない飽和ポリエステル樹脂粉体を通常の方法で塗装すると、塗装処理温度が高いため、脆弱な界面合金相の形成が進行し良好な塗膜を得ることができなかった。これに対し、著者は溶融亜鉛めっき直後の余熱を利用する「直接焼付法」を開発し、高い密着力のもとに本来の優れた塗膜性能を十分に発揮させることに成功している。

③通信サービスの多様化に伴い、無線設備の着雪氷による回線故障対策の必要性が増している背景から、前述の飽和ポリエステル樹脂粉体塗装に四フッ化エチレン樹脂の微粒子を5%程度分散させるという独創的手法を考案し、接触角140度という高いはっ水性と静止摩擦係数0.07という良好な潤滑性を有する防食塗膜を実現させた。

④飽和ポリエステル樹脂粉体塗装材での高い塗膜付着強度が実現したのに伴い、従来の方法では評価できなくなったことに対処して、一般塗装材用に最近開発された「表面/界面切削法」を厚膜型塗装材へ適用することを試み、さらに新たな「塗膜ひっかき試験法」を考案し、その有効性を明らかにしている。

以上要するに著者は、厚膜型粉体塗装による屋外通信設備のメンテナンスフリー実現のため

広範な研究を行い、常識を超える塗膜性能を得ることに成功しており、腐食防食工学ならびに材料工学の進展に寄与するところ大である。

よって、著者は北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認められる。