

鋼橋に用いられる金属防食被膜の腐食耐久性に関する基礎的研究

名古屋大学 正会員 ○伊藤義人, 学生会員 肥田達久, 正会員 金 仁泰
日本道路公団 忽那幸造, 横河ブリッジ 正会員 小山明久

1. はじめに

鋼橋において腐食は、長期間の間に徐々に進行する劣化現象であり、美観性を失うだけでなく、部材の断面を減らし、部材強度を低下させ安全性に影響を及ぼす最も重要な要因の1つである。土木構造物に対して、建設段階だけでなく維持管理を含めたライフサイクルを考慮した上で安全性、経済性、環境負荷低減性などが要求されており、腐食や防錆・防食技術はより一層注目されている。近年、鋼橋の防錆技術はより耐食性に優れた重防食塗装や、溶融亜鉛めっきや金属溶射などの防錆方法が開発され適用され始めている。

本研究では、塗装防食の5種類の仕様（A 塗装系、重防食 C 塗装系、薄膜型重防食 I 塗装系）、溶融亜鉛めっき、および金属溶射の3種類の仕様（亜鉛-アルミニウム合金溶射、亜鉛-アルミニウム擬合金溶射、アルミニウム溶射）を対象に、長期間（300日）にわたる環境促進腐食実験を行い、それぞれの防食方法の経時的な腐食劣化特性を求め、それらの耐久性や防食性能について比較・検討を行った。防食被膜の寿命や耐久性および防錆性能について、長期間の環境促進腐食実験を用いた実験的手法による評価を行い、実験結果を鋼橋のライフサイクルアナリシスに適用するための方策を検討した。本論文においては、金属被膜を用いた防食方法の実験結果についてまとめる。

2. 実験方法

本実験は、試験槽内の寸法が幅 2,000×奥行 1,000×高さ 500mm の複合サイクル試験機（スガ試験機社製）を用いた。実験条件は、塩水噴霧試験 0.5 時間、95%の湿潤試験 1.5 時間、50℃の熱風乾燥試験 2.0 時間、30℃の温風乾燥試験 2.0 時間を1サイクルとし、このサイクルを繰り返す条件とした（JIS K 5621 一般用さび止めペイント参照）。本実験で用いた供試体の下地鋼板は溶接構造用圧延鋼材 SM490A であり、表-1 に示すような方法で防錆処理を行った供試体を 12 体ずつ用いた。供試体のサイズは縦 150×横 70×厚さ 9mm である。

実験開始から 100 日後、200 日後に各 3 体ずつ取り出し、JIS Z 2371（塩水噴霧試験方法）の「試験後の試験片の取扱い」に従い、酢酸アンモニウムを用いて白錆を除去した後、電磁誘導／高周波渦電流式デュアルタイプ膜厚計（分解能：100 μm 未満 ±0.1 μm, 100 μm 以上 ±1.0 μm）を使用して、膜厚計測を行い膜厚減少量を算出し、経時変化から耐久性の評価を行った。

3. 実験結果及び考察

外観経時変化を示す写真を表-2 にまとめる。また、供試体の一般部 5ヶ所において膜厚を計測し、減少量の平均値とその標準偏差を図-1 にプロットする。図中に示す点線は、それぞれ最小二乗法による近似曲線を示し、併せて近似式を示す。（社）日本溶融亜鉛鍍金協会が行った溶融亜鉛めっきの大気暴露実験結果¹⁾によると、膜厚は線形的に減少していくことが知られており、本実験結果においても、溶融亜鉛めっき被膜は線形的に膜厚が減少していくことが確認された。しかし、亜鉛-アルミニウム合金溶射（JIS 工法）、亜鉛-アルミニウム擬合金溶射（MS 工法）は、犠牲防食作用によって被膜が溶け出し、2次関数的に膜厚が減少し続けることがわかった。

表-1 実験供試体一覧

	防錆方法名称	上塗り塗料 および皮膜金属	設計膜厚 (μm)	供試体数
塗装	A-1 塗装 (道路橋塗装便覧)	長油系フタル酸 樹脂塗料	125	12
	C-2 塗装 (道路橋塗装便覧)	ポリウレタン 樹脂塗料	250	12
	I 塗装 薄膜型重防食塗装	ポリウレタン 樹脂塗料	130	12
		シリコン変性アクリル 樹脂塗料	130	12
		ふっ素樹脂塗料	130	12
金属 皮膜	溶融亜鉛めっき	亜鉛	550g/m ²	12
	亜鉛アルミ合金溶射 (JIS工法)	亜鉛アルミ合金	100	12
	亜鉛アルミ擬合金 溶射(MS工法)	亜鉛アルミ擬合金	100	12
	アルミ溶射 (JIS工法)	アルミニウム	100	12
	裸鋼板	-	-	12

キーワード 環境促進実験, 腐食耐久性, 溶融亜鉛めっき, 溶射

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学地圏環境工学専攻 TEL 052-789-3732

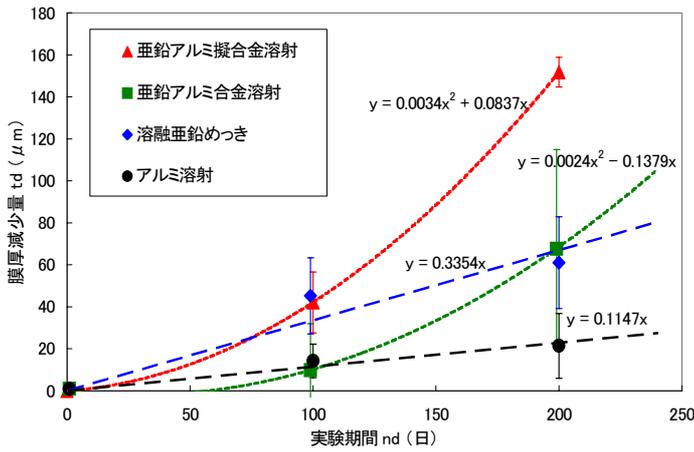


図-1 膜厚減少量の経時変化

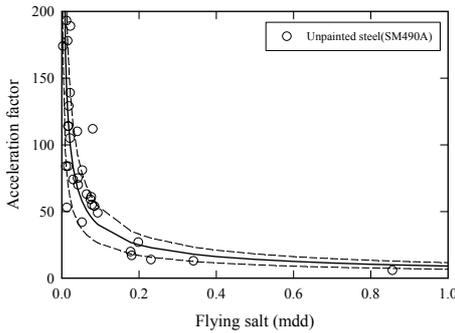


図-2 裸鋼板の促進倍率

表-2 外観写真

	溶融亜鉛めっき	Zn-Al合金	Zn-Al擬合金	Al溶射
初期状態				
100日後				
200日後				

一方、アルミ溶射については、表面でアルミニウムが不動態化することによって白錆の発生を防ぎ、その被膜効果によって膜厚減少量が小さい結果となり、外観変化も同様にアルミ溶射がよい耐久性を示すことがわかった。図-1 において示した環境

表-3 各環境における金属被膜の推定耐用年数

実験供試体	耐用年数（年）（膜厚：100 μm）		
	山間部	都市部	海岸部
溶融亜鉛めっき	39～140	52～132	4～55
亜鉛-アルミ合金溶射	33～117	43～110	4～46
亜鉛-アルミ擬合金溶射	22～78	29～73	2～31
アルミニウム溶射	114～	151～	13～161

促進腐食実験による金属被膜の劣化曲線と伊藤ら²⁾が提案した図-2 に示す促進倍率を用いて金属被膜の耐用年数を推定した。JIS H 8641 溶融亜鉛めっきにおいて、耐用年数は、めっき皮膜の90%が消耗するまでの期間を計算しており、本研究においても JIS に従って算出した。初期膜厚を 100 μm とした場合の推定耐用年数を表-3 に示す。亜鉛-アルミ擬合金溶射の耐用期間を 1 とした場合、亜鉛-アルミ合金溶射は 1.5 倍、溶融亜鉛めっきは 1.8 倍、アルミニウム溶射は 5.2 倍の耐久性があることが分かった。

4. まとめ

本研究では鋼橋に用いられる防食方法の腐食耐久性の評価を行うために、長期間の環境促進腐食実験を行い、防食被膜の膜厚の経時変化を中心に実験結果をまとめ、鋼橋のライフサイクルアナリシスへの適用方法について検討した結果をまとめる。膜厚減少量の経時変化および外観観察から、亜鉛-アルミ合金溶射と亜鉛-アルミ擬合金溶射は犠牲防食作用によって被膜が溶け出し、膜厚が減少し続けることが観察され、実験期間と平均膜厚減少量は 2 次曲線で近似することができることを示した。また、溶融亜鉛めっきは、既往の暴露実験結果と同様に、付着した白錆層によって腐食速度が遅くなり、アルミニウム溶射は被膜が不動態化し、被膜効果を発揮することから、線形関数で近似できることを示した。

参考文献 1) (社)日本溶融亜鉛鍍金協会：溶融亜鉛めっき鋼材の耐食性，鉛と亜鉛，第 213 号，pp.27-35，2000。
 2) 伊藤義人，岩田厚司，貝沼重信：鋼材の腐食耐久性評価のための環境促進実験とその促進倍率に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.48A，pp.1021-1029，2002。