

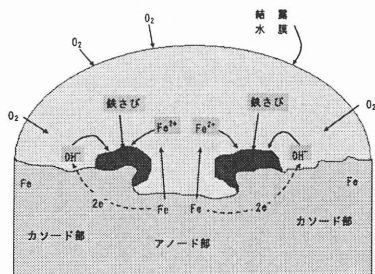
第6回基礎講座「防食基礎講座」

講義2 めっき・金属溶射

第1章

大気中での腐食

局部腐食の模式図



腐食促進因子

1. 異種金属の接触 異種金属間に働く電池作用
2. 酸素の濃淡 酸素の供給量が異なることによる腐食電池 (濃気差電池)
3. 溶液の濃度差 希薄溶液に接する鋼材面がアノードとなる
4. 温度差 高温側がアノードとなる
5. 塩分 塩分の潮解性により水の電気伝導率を大きくする
6. 酸性溶液 無機酸の接触により生成される物質が水に溶解する

鉄は、酸化物の状態が安定状態

1. 大気中で鉄は、水の介在の元で酸素と反応して酸化膜を生成する。
2. 水、酸素、塩化物などを遮断することによって鉄を防食する。

第2章

金属の防食

環境遮断膜

遮断膜の生成

1. 人工的に生成する膜

塗膜

熔融亜鉛めっき皮膜

金属溶射皮膜

2. 自然生成される膜

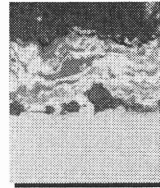
Al (アルミニウム)

Ti (チタニウム)

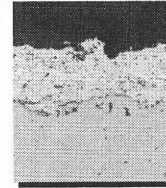
SUS (ステンレス鋼)

などの不動態皮膜

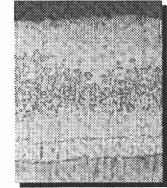
溶射皮膜および熔融亜鉛めっき皮膜の断面写真



金属溶射皮膜



合金溶射皮膜



熔融亜鉛めっき皮膜

第3章

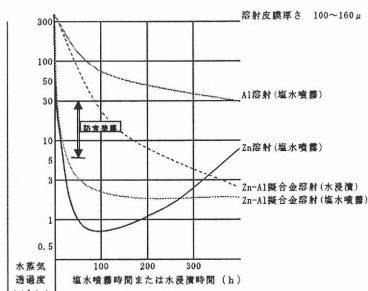
防食原理

防食原理

環境遮断性

電気化学的防食作用

環境遮断性能データ

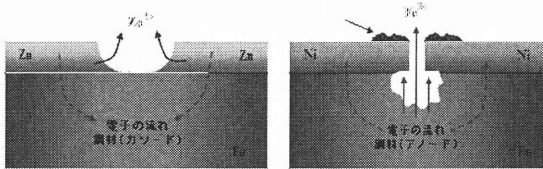


金属のイオン化傾向

海水中における金属のイオン化傾向

イオン化傾向		金属及び合金	
↑	小	Pt	白金
	↑	Au	金
	↑	ISCr-80I-33Mo	ステンレス鋼
	↑	Ag	銀
	↑	18Cr-8Ni	ステンレス鋼
	↑	70Ni-30Cu	ニッケル
	↑	70Cu-30Ni	キュプロニッケル
	↑	Cu	銅
	↑	60Cu-40Zn	黄銅
	↑	Sr	ストロンチウム
	↑	Pb	鉛
	↑	Fe	鉄、鋼
	↑	Al	アルミニウム
↑	Zn	亜鉛	
↑	Mg	マグネシウム	
↓	大		

金属皮膜の欠陥部の防食・腐食の概念



第4章

金属皮膜の種類と特徴

金属溶射と熔融亜鉛めっきの比較表

	金属溶射	熔融亜鉛めっき
施工方法	溶射ガンによる吹きつけ	亜鉛めっき層への浸漬
使用金属の種類	亜鉛、アルミニウム 亜鉛・アルミニウム合金 亜鉛・アルミニウム複合金 (アルミニウム・マグネシウム合金)	亜鉛 (亜鉛・アルミニウム合金)
熱影響	なし	亜鉛溶融温度による鋼材への熱影響
大型構造物への対応	可能	めっき槽の大きさに制限される
構造上の留意点	狭隙部を作らない構造の検討 溶射施工可能な構造(1㎡)	不めっき部が生じない構造の検討 熱歪み対策
耐久性	塩分およびNa ₂ SO ₄ の多い環境では耐久性の低下	塩分およびNa ₂ SO ₄ の多い環境では消耗がはやい

腐食環境分類

一般環境	やや厳しい環境	厳しい環境
飛来塩分の影響を受けず自動車の排気ガスや工場の煤煙を強く受けない田園、山間部	飛来塩分の影響を受け、自動車の排気ガスや工場の煤煙を強く受ける都市部、工業地帯など	濃霧が強く、飛来塩分の影響を強く受ける海上、海浜地区および高温多湿帯など

飛来塩分量を主たる指標として腐食環境を分類する

推定耐久性

単位：年

防食法	A-1塗装	C-4塗装 ふっ素樹脂	熔融亜鉛 めっき	溶射 100%	溶射 + ふっ素塗装	耐久性 備考
一般の環境	15	60	100	100	—	100
やや厳しい環境	10	45	60	70	—	100
厳しい環境	—	30	25	60	50	—

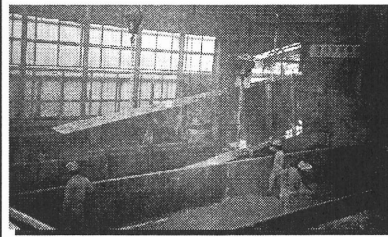
※ 溶射は射孔処理を含む

(社)日本橋梁建設協会

第5章

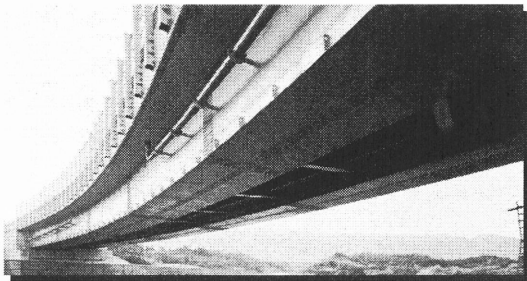
熔融亜鉛めっきと金属溶射

熔融亜鉛めっき

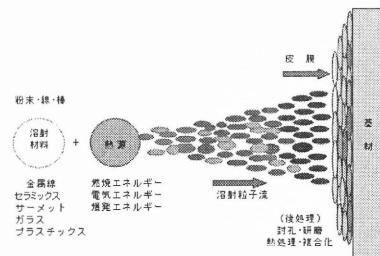


① 脱脂工程	付着している油膜等の除去
② 酸洗い工程	さびの除去
③ 7分入処理工程	めっきまでのさびの発生を防止し、補めっき面を洗浄化する
④ めっき工程	熔融亜鉛と鋼との反応による合金層と純亜鉛層からなるめっき被膜を形成する
⑤ 仕上げ工程	余剰付着亜鉛および付着酸化物を除去する(グラインダー仕上げ等)

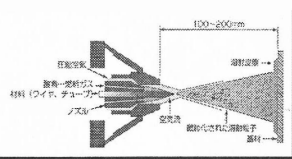
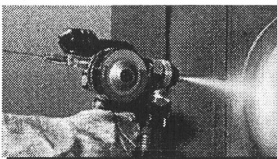
熔融亜鉛めっきの施工例



溶射法の構成と成膜機構の模式図

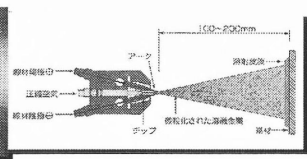
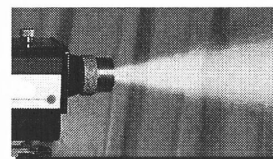


防錆・防食用溶射機の例



ガスフレイム溶射機

防錆・防食用溶射機の例



アーク溶射機

JIS工法(合金溶射) MS工法(擬合金溶射)との相違点

項目	MS工法(擬合金溶射)	JIS工法(合金溶射)
系地調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼皮材の場合: ISO-8a2 以上 ・ 鋼管・鋼材の場合: ISO-8E1 以上 ※粗し粗面形成材を適用しない場合は ISO-8a2'1 以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼皮材: ISO-8a2'1 以上
粗面化処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ セラミック粒子含有エポキシ樹脂系塗料 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (不要)
金属溶射方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気アーク溶射(交流電流) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガスフレイム溶射およびアーク溶射
塗料	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亜鉛(50%) + アルミニウム(50%) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亜鉛、アルミニウムおよびそれらの合金
封孔処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ ビニル樹脂系封孔処理剤 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 無機系または有機系封孔処理剤
主な特徴	<ol style="list-style-type: none"> ①溶射時に発生する金属の蒸気(ヒューム)が比較的少ない。 ②耐熱性の低い素材に対しても溶射が可能である。 ③熱応みによる収縮が小さいので溶射後鋼の収縮割れが起こりにくい。 ④金属の酸化が少ない。 ⑤粗面形成材による粗面処理が適用できるのでプラスト処理が省略される。 	<ol style="list-style-type: none"> ①加工物の温度を 100℃以下に制御することが可能であるため加工物に対し変形、割れ、強度劣化などの影響を与えない。 ②ガスフレイム溶射の場合、溶射後鋼が安直である。 ③溶射金属の種類によっては、亜鉛皮で金属蒸気(ヒューム)となり強い刺激臭がある。 ④プラストにより重量比を行うので疲労応力による割れは起こらない。

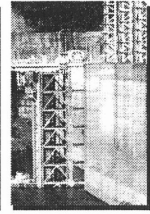
亜鉛溶射



関門橋 Zn80 μ + 塗装

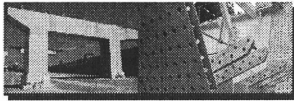


橋木沢水路橋 Zn120 μ



早明浦ダム Zn150 μ + 塗装

亜鉛・アルミニウム合金溶射および擬合金溶射

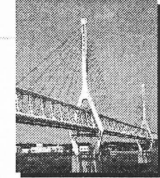


福岡都市高速5号線 Zn-Al 100 μ + 封孔処理

アルミニウム溶射



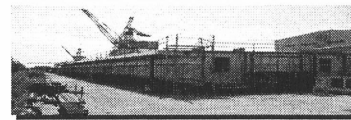
鬼怒川水管橋 Al 150 μ + 封孔処理、上塗



那珂川水管橋 Al 150 μ + 封孔処理、上塗



御引川水管橋 Al 100 μ + 封孔処理、上塗

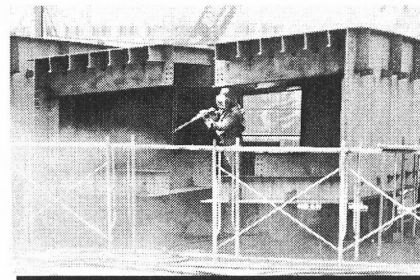


香椎連絡橋 Al 150 μ + 塗装

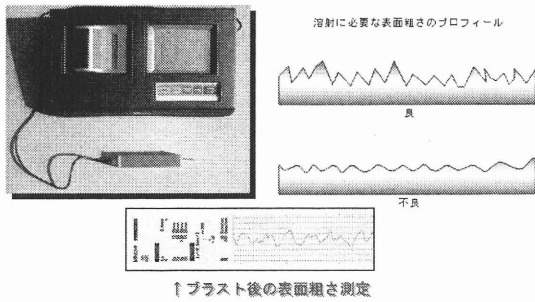
第6章

金属溶射の工程

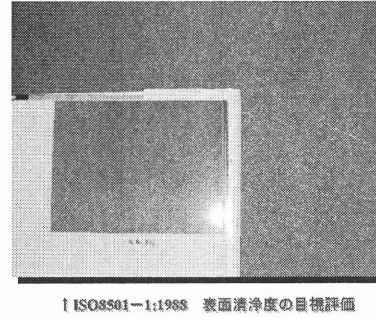
プラストによる素地調整作業



触針式表面粗さ計



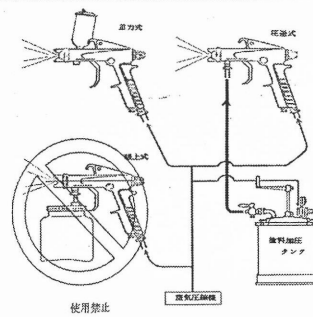
素地調整完了後・・・標準見本写真比較



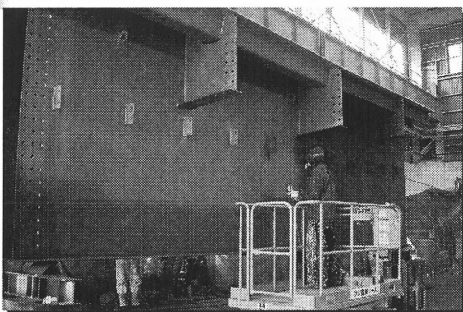
動力工具による素地調整作業(MS工法)



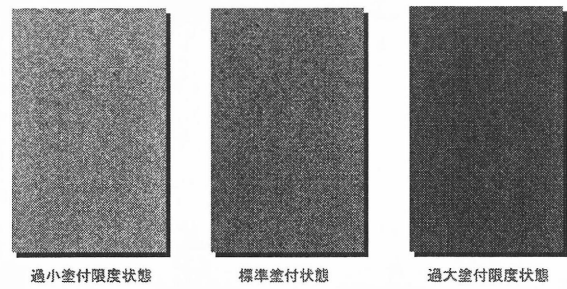
粗面形成材塗付使用機器(MS工法)



粗面形成材塗付状況(MS工法)

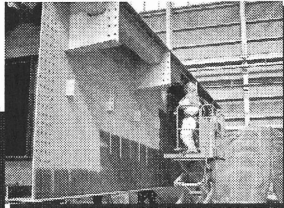
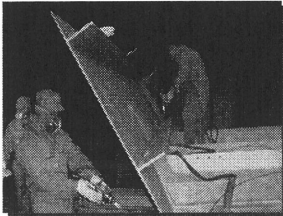


粗面形成材の限度見本(MS工法)



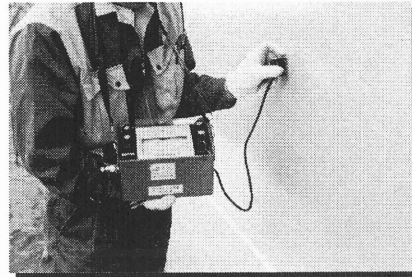
金属溶射作業

ガスフレーム式



アーク式

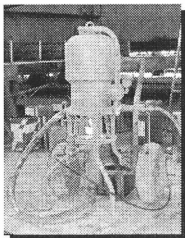
溶射施工後の膜厚測定



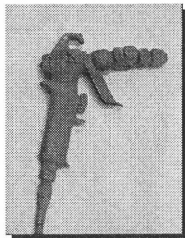
電磁式膜厚計

封孔処理用機材

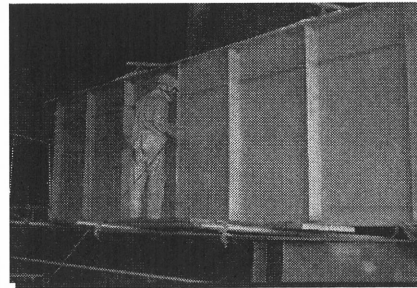
エアレス塗装機



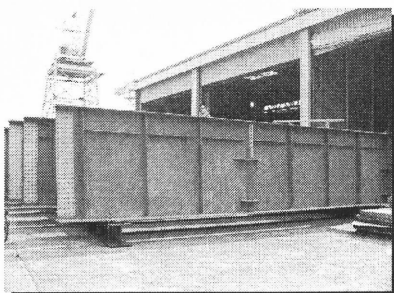
スプレーガン



封孔処理作業



溶射および封孔処理完成品



第7章

維持管理

鋼橋の代表的な防錆・防食法

	主たる防錆防食原理	損傷低下形態 (予想外の劣化進行)	損傷発生時の 補修方法
塗装	塗膜による大気環境遮断	塗膜の劣化	塗替え
耐食性 鋼材	緻密な錆の発生による腐食の抑制	腐食剥離さびの発生と それに伴う断面減少	塗装等
溶融亜鉛 めっき	亜鉛酸化物による保護皮膜 および亜鉛による犠牲防食	亜鉛層の減少	溶射 又は 塗装
金属溶射	溶射金属の保護皮膜および溶射金属 (Al-Zn, Zn-Al合金・合金, Al-Mg合金) による犠牲防食	溶射金属層 (Al-Zn, Zn-Al合金・合金, Al-Mg合金) の減少	溶射 又は 塗装

(社)日本橋梁建設協会

維持管理計画

金属皮膜は必ず劣化する。(劣化速度の問題)

健全な状態を保つためには維持管理が必要

維持管理計画の作成

・点検計画(「橋梁定期点検要領(案)」国土交通省)

・維持・補修などの計画

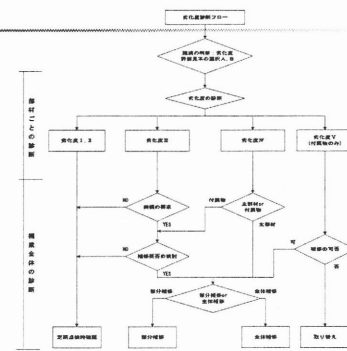
・記録

めっき橋の劣化度の評価基準

「溶融亜鉛めっき橋維持管理マニュアル」

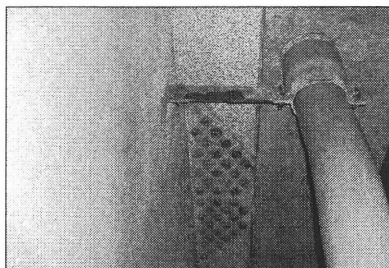
評価	I	II	III	IV	V
A (一般環境)					
B (塩分の影響を受け易い環境)					

劣化度診断フロー



溶融亜鉛めっき橋での事例

塩害を受けためっき橋梁の事例



金属溶射皮膜の劣化

比較的新しい工法のために経年劣化した橋梁事例なし。

刊行予定の「塗装・防食便覧」を参照されたい。

ご清聴ありがとうございました。