

亜鉛面塗装仕様の作成

(社)日本鋼橋塗装専門会
亜鉛面塗装仕様作成分科会

1. 研究の目的

長期の防食を目的として施工される屋外鋼構造物の各種亜鉛被覆の中では、その皮膜厚の確保の容易さと施工性から、熔融亜鉛めっきを用いることが圧倒的に多い。

橋梁の場合は橋梁本体をはじめ検査路、自動車防護柵、照明柱、標識柱など各種の部材に採用されているのはほとんど熔融亜鉛めっきである。

これらの熔融亜鉛めっきは、美観の付与や長期防食（亜鉛めっきと塗装による二重防食効果）を目的として塗装されることも多い。

しかし、熔融亜鉛めっき面は、鋼面に比べ一般的に塗料の付着が悪く、短期間のぼくろで、ふくれ、われ、はがれなどの塗膜欠陥が発生することがしばしば見られる。

この原因として、亜鉛面と有機塗膜の付着性が本質的に小さい（結合エネルギーが小さい）こと、亜鉛の反応性が大きいこと、めっき処理時の亜鉛面の残留物（塩化アンモニウムなど）や不安定な二次生成物（水酸化亜鉛、塩化亜鉛など）の存在、表面粗さが小さい、などが挙げられる。

塗装の設計や施工にあってはこれらの付着不良要因を取り除くことが重要であり、付着性の良い塗装系の選択と、被塗面の状態に適合した素地調整の方法や、その調整程度の確立が必要である。

本研究では熔融亜鉛めっき橋梁に対し、付着性の優れた長期耐久性のある塗装系の選択と、施工方法の確立を主目的としたものであるが、同時に熔融亜鉛めっきの塗装について、理解を深めることも目的の一つである。

2. 溶融亜鉛めっきの橋梁への適用

2. 1めっきの方法

作業方法はJ I S - H 9 1 2 4 溶融亜鉛めっき作業標準による。

	(工 程)	(目 的)	(作 業 方 法)
前 処 理 工 程	受入 検査	・外観上の異常の有無の確認	・目視による 錆、付着物(塗膜 油脂) 変形、破損 等の確認
	脱 脂	・付着物(塗膜、脂類)の除去	・加温した10%のアルカリ水溶 液に浸漬
	水 洗	ブラスト 処理 ・溶接スラグ、鋳物砂の除去	・水洗時に水をハジク場合は再 脱脂
	中間 検査		
	酸 洗	・さびの除去	・加温した7~10%の硫酸水 溶液に浸漬
	水 洗		
	中間 検査	・酸洗状態のチェック	・除錆が不十分の場合は再度 酸洗
め っ き 工 程	ブラスト 処理	・被めっき面を清浄化 めっきまでの発錆防止	・加温した飽和状態に近い塩化 アンモニウム水溶液に浸漬
	中間 検査	・前処理状態全般のチェック	
	めっき準備	・良好なめっきが行えるよう 所定の治具にセット	
	め っ き	・溶融亜鉛と鋼の反応による 合金層と純亜鉛層よりめっ き膜を形成	・440~460℃の範囲でその製品に 適した温度の溶融亜鉛浴に浸 漬所定の時間経過後引上げる
	冷 却	・合金反応を止め安定しため っき皮膜の形成	・通常温水に浸漬するが歪が発 生する製品の場合は空冷する
	検 別	・めっき外観のチェック	・目視又は手触り
	仕 上 工 程	仕 上	・余剰付着亜鉛及び付着酸化 物等の除去
製品 検査		・外観検査及びめっき試験	・外観検査は目視又は限度見本 で行う。めっき付着量試験お よび 均一性試験はJ I S - H 0 4 0 1 の溶融亜鉛めっき 試験方法による
出 荷			

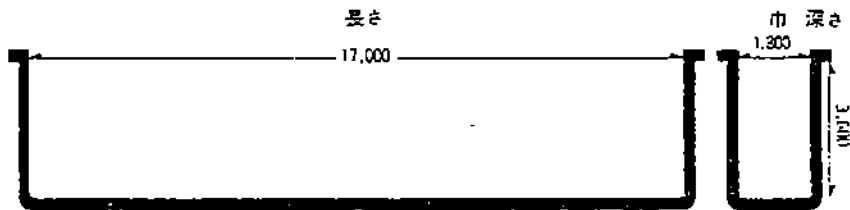
2. 2 溶融亜鉛めっき槽の種類

製品の サイズ・形状・特徴に応じ最も適した生産が行えるよう 大型めっき槽から小型専用めっき槽が装備され、めっきの外観・品質の安定化を図る。

大型槽

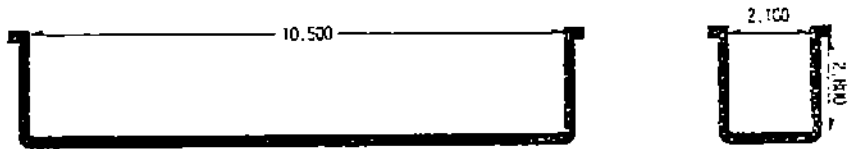
一度漬けて大型長尺構造物のめっきが可能

溶融亜鉛量 : 730トン



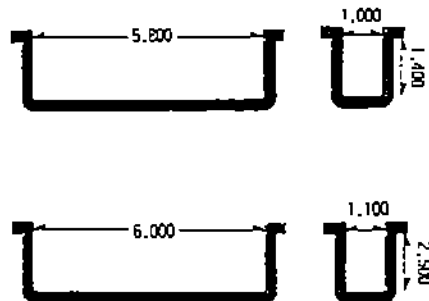
中型槽

溶融亜鉛量 : 400 トン



小型槽

溶融亜鉛量 : 110 トン



2. 3 溶融亜鉛めっき皮膜の組成

溶融亜鉛めっき皮膜の断面は顕微鏡で見ると、写真1に示すように鉄と亜鉛の反応で形成された金属間化合物の合金層と合金層の上に付着する亜鉛層の二つの層から成っている。

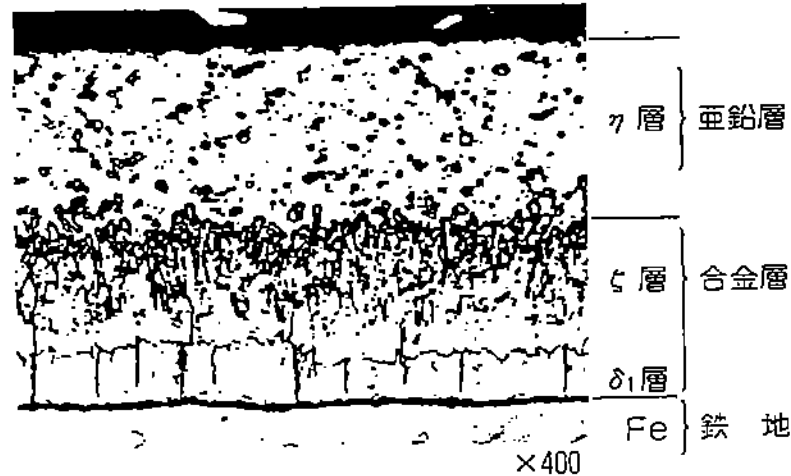


写真1. 溶融亜鉛めっき皮膜断面顕微鏡組織

通常のめっき条件で見られる溶融亜鉛めっきの組織は、鉄地に近いほうから $\delta 1$ （デルタワン）合金層、つぎに ζ （ツェータ）合金層とその上にめっき浴組成と同じ η （イータ）亜鉛層の三層から成っている。

$\delta 1$ （デルタワン）層：通常鉄地に接して存在する層で緻密な組織を示し、複雑な六方晶系の構造で靱性、延性に富んでいるのが特長である。
その構造は $FeZn_{17}$ で示され、鉄含有量は7～11% である。

ζ （ツェータ）層：最も顕著なもので単斜晶系に属し柱状組織を示す。
その構造は $FeZn_{13}$ で示され、鉄含有量は6%程度ある。

η （イータ）層：最上部の純亜鉛層で稠密六方晶系に属し、軟らかく展延性に富むため変形加工等の外力を受けても破壊し難い性質を有する。亜鉛の純度は98.5%以上である。

この他、鉄地に接した部分で γ （ガンマ）層が形成されていることもあるが非常に薄い層であるため通常は認められない。

2. 4 溶融亜鉛めっき橋梁の主な実績

完工年度	橋名	発注者	所在地	橋長 (M)	施工会社
S 6 0	松戸駅西口高架遊歩道	千葉県	松戸	100.1	駒井
S 6 0	西岩田高架橋南	日本道路公団	大阪	451.4	三井、駒井
S 6 0	中央跨線橋	柏崎市	新潟	303.1	東骨、トピー、NKK
S 6 1	徳合川橋	日本道路公団	新潟	103.2	楷崎
S 6 1	山賀高架橋西	日本道路公団	大阪	646.5	宮地、松尾
S 6 1	松戸駅自由道路	JR 東日本	千葉	74.9	駒井、桜田、横河
S 6 2	真間川専用橋	東京電力	千葉	85.9	桜田
S 6 2	境橋	日本道路公団	新潟	78.1	丸誠
S 6 2	月山ダム1号橋	東北地建	山形	158.5	横河
S 6 2	亀井高架橋南	日本道路公団	大阪	501.0	住重、富士車
S 6 2	久宝寺南高架橋	日本道路公団	大阪	934.0	川田、片山
S 6 2	御宿橋	日本道路公団	静岡	43.5	酒井
H 1	汐見大橋	羽咋市	石川	120.4	I H I
H 2	川口駅東口西口 ^テ 々東西自由通路橋	川口市	埼玉	10.0	横河、川田
H 2	白坂橋	日本道路公団	愛媛	51.0	宮地
H 3	江汐湖橋	山口県	山口	110.0	宇部
H 3	渋川駅東西連絡橋	渋川市	群馬	37.6	日車
H 4	琴電話田川橋梁	琴平電鉄	志度線	94.5	川田
H 5	満屋橋	日本道路公団	岩手	190.6	宇部

3. 亜鉛めっき橋梁調査

3. 1 本州四国連絡橋Dルート（児島～坂出ルート）

(1) 日時：平成9年9月

(2) 調査対象：本州四国連絡橋Dルート 北備讃瀬戸大橋の溶融亜鉛めっき
構造物（管理路、自動車防護柵、レール等）

(3) 調査結果

1) 管理路、自動車防護柵：（無塗装、供用後9.5年経過）

管理路、自動車防護柵とも白錆が発生している。特に管理路は床版下にあり雨露による洗浄効果が少ないためか、白錆が目立つ。

2) 上部水平材壁高欄レール：（変性エポキシ～ウレタン系塗装

供用後9.5年経過）

補修用ゴンドラの吊り元となるフレームの車輪がレール上を移動するために、メカニカルなダメージは散見されるが、それ以外は極めて健全な塗膜状態であり、めっき面の保護も十分である。

3) まとめ

本州四国連絡橋Dルートでは、亜鉛めっき部材は基本的には無塗装である。供用後10年近く経過し、全体的に亜鉛の消耗が進んでいると思われる。今後更に消耗が進んだ場合の処置については色々考えられるが、現時点での公団の考え方は新規部材の交換ということである。いわゆる構造物でない補助的な部材等についてはそのような考えも成り立つと思われる。簡単に取りかえのできない部材等については、一部、上部水平材壁高欄ルート等に見られるように、変性エポキシ～ウレタン系で塗装が行われているが、10年経過時点で健全な防食状態にある。

3. 2 日本道路公団近畿自動車道の調査

(1) 日時：平成10年9月

(2) 調査対象：近畿自動車道（東大阪JCT～八尾IC間）

(3) 調査結果

近畿自動車道は名神高速吹田JCTから南下して東大阪の平野部に継続し、西名阪自動車道松原JCTに至る高架橋である。約20年前から最近にかけて建設された南部は、溶融亜鉛めっき桁（板桁）が多用されている。（最も古い桁は1976年架設）北部でも最近拡張された部分は、古いコンクリート桁の外面に新しいめっき桁が見られる。いずれの桁も無塗装である。

1) 外観：汚れがひどく、古いものはほとんど黒ずんでいる。これは、付近に工場地帯が多く、しかも高架道の下を一般道が走っているための汚染と考えられる。ただし、内部の高架橋という環境の良さもあり、白錆等の発生もなく防食性は十分と見受けられた。

2) 塗装桁との比較：上り線が塗装桁で下り線がめっき桁という場所であった。（建設時期が異なる）図らずも塗装桁とめっき桁の比較になったが

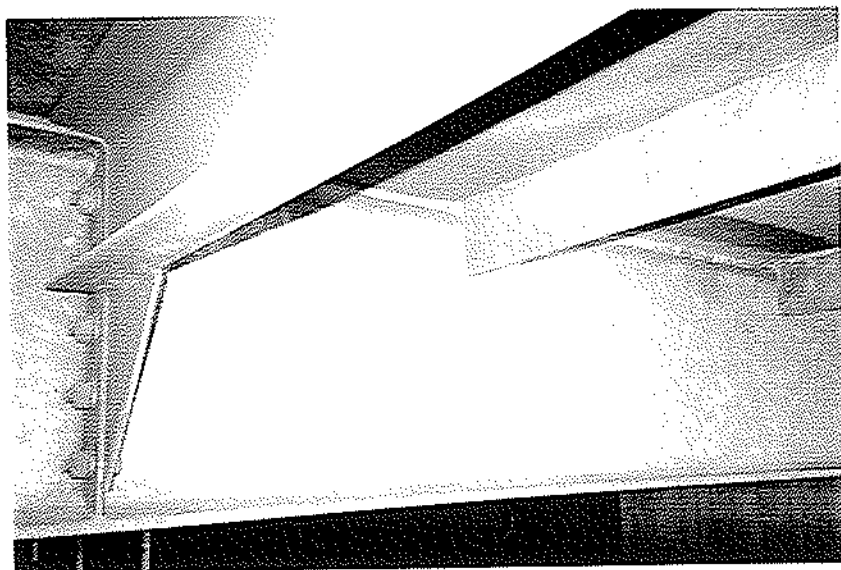
視覚的に言えば、断然塗装桁が目に優しいといえる。

(4) まとめ

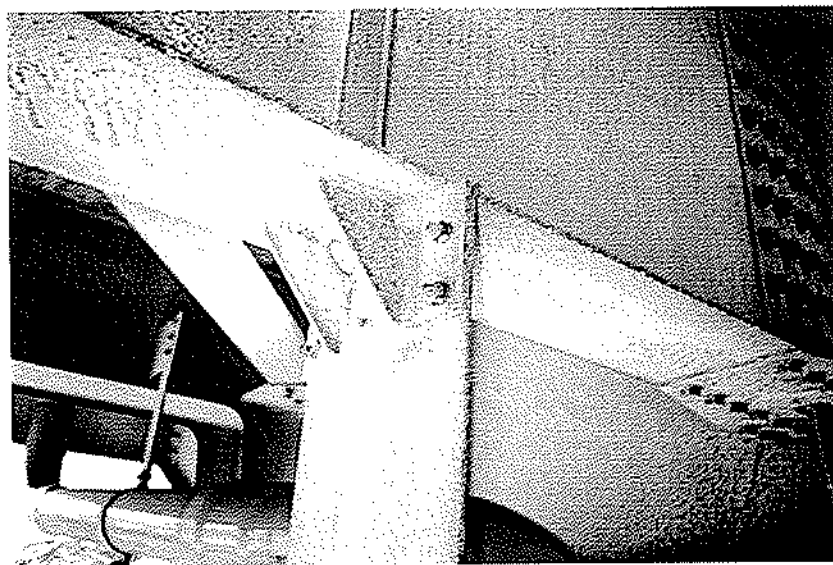
近畿自動車道は全線高架道であるため、メンテナンスフリーの観点から溶融亜鉛めっき桁（およびコンクリート桁）が多用されたものと思われる。付近に工場地帯が多いこともこれらを許容する要因のあったであろう。内陸部でもあり、本四橋のような厳しい環境で早期に亜鉛が消耗することもないために、メンテナンスフリーの観点からは一応成功した事例と思われる。しかし、近年、都市部の構造物の、排ガス等による汚染が問題になる折柄、メンテナンスフリーは一步間違えればホッタラカシと受け取られかねない危険性もはらんでいる。エフロで汚れたコンクリート桁、排ガスで真っ黒になっためっき桁等々を見るとその思いを強くする。その点塗装は、そのメンテナンスの必要性によって、逆説的であるが常に美観を保つことが出来ていると考えることができる。

海岸地区の亜鉛めっき面の状態

良好な状態
海面からの高さがある



白さびの発生が著しい
ボルトには赤さびがでている



3. 4 北陸海岸地区、T橋の調査

(1) 日時：平成10年2月

(2) 調査結果

本橋は日本海沿いであって、海に向かってせり出した丘陵地帯の深い谷間をまたぐ橋梁である。

海岸線から直線距離で200mほどの場所にあり、冬の日本海特有の季節風が、多量の高塩粒子を乗せて吹き抜けて行く腐食の厳しい環境の中に架設されている。

トラスを構成している部材は、ほぼ全面に白錆が発生している。

下弦材（支材、横構）や垂直材、斜材の下部は腐食による亜鉛の消耗は比較的少ない。

しかし、補剛桁、上横構などの床版に近い橋梁上部では腐食が激しく、一般面でも凹凸面になっており、白錆もポーラスな積層を呈している。

また、白錆の中に僅かながら赤錆の混在が見られる箇所もあった。

橋梁上部の部材のボルト部、エッジ部などは明確な赤錆が見られ、検査路の手摺パイプには、完全にめっきが消失し、連続した赤錆面になっている部分も多い。

(3) まとめ

本橋が架設されている環境は海岸側近で海からの潮風を大きく受ける風道に位置している。

このため、多量の高塩粒子と湿気の影響が大きく、亜鉛めっき面は安定した二次生成物ができにくく、またこの二次生成物を溶解してしまうなどで亜鉛の消耗も多いものと思われる。

下弦材付近と比べ、床版下に近い橋梁上部の腐食が激しいのは降雨などによって塩分が洗い流されることが少なく蓄積すること、通風が悪く湿気がこもることなどが原因するものと思われる。

4. 熔融亜鉛めっきの塗装の課題

4. 1 亜鉛めっきの防食性の特徴

金属である亜鉛（Zn）は、元来酸やアルカリのいずれとも反応する非常に活性な両性元素であり、腐食しやすい性質を持っている。しかし鉄鋼材にめっきされた場合には、大きく分けて次の2つの要素によりその防錆性・防食性を発揮する

(1) 犠牲防食作用

亜鉛（Zn）は、鉄鋼材の鉄（Fe）に比べてイオン化傾向が大きいいため、何らかの原因で亜鉛めっきに損傷やピンホール等が発生した場合でも、亜鉛が犠牲陽極となって鉄よりも先に溶出すると共に、鉄素地に防食電流を流し電気化学的作用により鉄面の腐食を抑制する。塗装の場合と比較すると図1のようになる。

(2) 物理的保護作用

田園地帯等の汚染の少ない大気中では、亜鉛表面に緻密な水酸化亜鉛や不動態被膜の酸化亜鉛及び不溶性の塩基性炭酸亜鉛を形成し、外部の腐食性物質の鉄鋼材への接触を遮断する。

しかし、海塩粒子や硫化物等の存在する汚染された大気中では、水に溶解しやすく脆い水酸化亜鉛や塩化亜鉛・硫酸亜鉛等が生成し、亜鉛の消耗が大きくなる。

一般的な亜鉛の消耗速度は、環境条件によって大きく異なるが工業地帯での消耗が最も大きく、次いで海岸地域で内陸・田園地域では消耗が最も少ない。図2に環境別耐用年数の例を示す。

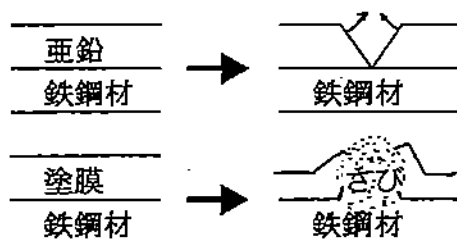


図1.犠牲防食作用

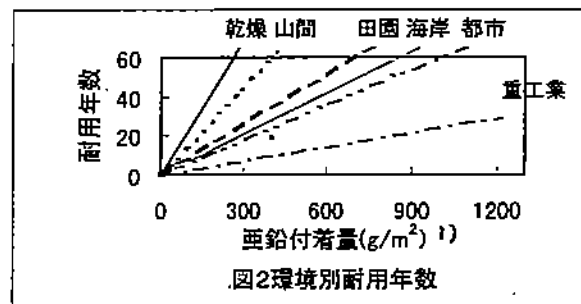


図2環境別耐用年数

4. 2 塗装の必要性

工業地帯や海岸地帯のような亜鉛の消耗の激しい場所では、亜鉛めっきの長期寿命保持のため耐水性・耐薬品性の良好な塗装を施すことが重要である。表1に亜鉛めっきをしたままと、その上に塗装した場合の鉄鋼材の平均耐用年数の報告例を示す。

表1、熔融亜鉛めっき単独の場合および熔融亜鉛めっき法と塗装の二重防食方式の場合の鋼の平均耐用年数 (年)²⁾

熔融亜鉛めっき層の亜鉛付着量 (片面の付着量)		田園地帯の大気		海洋の大気		工場地帯の大気	
単位 oz/ft ²	単位 g/m ²	熔融亜鉛めっき単独 単位：年	二重防食 単位：年	熔融亜鉛めっき単独 単位：年	二重防食 単位：年	熔融亜鉛めっき単独 単位：年	二重防食 単位：年
0.35~0.75	107~229	4~15	10~25	2~11	7~24	1~4	5~15
1.00~1.60	305~488	18~37	35~50	13~28	25~46	5~16	12~30
1.60~2.50	488~763	35~60	45~70	28~40	37~60	15~21	20~32

一方、亜鉛めっき面の色彩は元来銀灰色であるが、それが置かれる条件によって変化する。

暴露環境や構造物の部位などによって、白錆の出方や明度が異なってくる。環境調和などの問題で色彩コントロールを必要とする場合や、保安上の問題で安全表示をする場合などは、塗装による色彩調色が必要である。

4. 3 溶融亜鉛めっき面の塗装

亜鉛めっきは鉄鋼材の防食被覆材として大変に優れており、古くから様々な分野で活用され、最近ではその利用分野も更に多様化している。

更に、工業地帯や海岸地区での長期耐久性の保持あるいは美観や周辺との調和等の目的で、亜鉛めっき面に塗装されるケースが増えてきている。しかしながら一般的に亜鉛めっき面に対しての塗料及び塗装に関して、十分な理解と経験が不足しているため、塗膜のふくれやはがれ等の事故につながるケースも多い。

今後も亜鉛めっき面への塗装の必要性が大きくなっていくものと考えられるが、通常の鉄鋼材の塗装と比べて亜鉛めっき面の塗装は異なるため、亜鉛めっきの特性を充分考慮した上で、適切な塗料の選定や施工方法を得ることが出来れば、更に長期間の防食・防錆性を得ることが出来るものとする。

(1) 溶融亜鉛めっき面への塗料の付着性

溶融亜鉛めっき面は鋼材面に比べて一般に付着性が悪く、短期間でふくれ、われ、はがれなどの塗膜欠陥がしばしば見られる。溶融亜鉛めっき面に対する塗膜付着不良要因としては次のようなことが挙げられる。

塗装の設計や施工に当たってはこれらの付着不良要因を取り除くことが重要である。

- 1) 鋼材面と有機塗膜の付着性と、亜鉛面と有機塗膜の付着性を比べると後者の方が本質的に付着性が小さい。

すなわち、亜鉛面の方の結合エネルギーが小さいと考えられる。

- 2) 亜鉛面は活性度が強く反応性に富んでいる。

塗膜を通過した腐食性物質は亜鉛面と反応し、亜鉛と塗膜の界面に腐食生成物を形成する。

- 3) めっき時の残留物としてフラックス（塩化アンモニウム、塩化亜鉛）な痔が存在する場合、これらは潮解性があるため、腐食性物質が塗膜を通過した場合塗膜にふくれを生じる。

- 4) 不安定な亜鉛の二次生成物（白錆）が存在するとこれらは水可溶性であるため塗膜を通過してきた水によって溶質し塗膜を浮き上がらせる。

- 5) 表面粗さが小さく塗膜の足がかりがないので付着性も低くなる。

(2) 溶融亜鉛めっき面に付着性の良い塗料

最近では、亜鉛めっき面に付着性の良好な塗料としてエポキシ樹脂を用いた塗料が多く採用されるようになってきた。

エポキシ樹脂塗料は亜鉛めっき面に対して反応性があるわけではなく、用いられている樹脂が本質的に付着性が優れているといえる。

亜鉛めっき面用塗料としてはこれらの樹脂に鉛酸カルシウム、クロム酸亜鉛、

リン酸亜鉛、その他の顔料を組み合わせることで亜鉛の溶出を極力抑え、また塗膜を柔軟性にして内部応力を小さくするなど配慮がなされている。

エポキシ樹脂塗料の特徴は強靱で付着性が良く、耐水性、耐薬品性などに極めて優れている。このため、一般の鋼構造物においても厳しい腐食環境の長期防食に多用されている。しかし、紫外線等に分解されやすいなど耐候性に乏しい難点があり、また強靱であるがゆえに、内部応力も大きく剥離に発展する原因ともなる。

亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料としては、内部応力を減じるために、塗膜に柔軟性を付与する種々の配慮がなされている。また、亜鉛めっき面には比較的柔軟性のある、変性エポキシ樹脂塗料を用いることも多い。

エポキシ樹脂塗料は耐候性に乏しいので美観性を重視する場合は塗装系として上塗に耐候性の良いポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などが用いられる。

(3) 塗装前の表面処理について

- 1) 新しい亜鉛めっき面はフラックス処理による残留物、加工や運搬中に付着したグリースなどの油脂類の付着、活性が強いために発生する初期の白錆などがあり、これらを除去しなければならない。

また、活性な新しい亜鉛面であり、塗料の十分な付着性が得られないため表面に粗さを付ける必要がある。

表面に付着しているグリース、油脂その他のものは溶剤や水によって除去し、乾燥した後、ブラストなどによって処理をする。

この処理によって白錆を除去し、表面粗さを形成するものである。

なお、表面粗さは亜鉛めっき表面に傷を付けたり、一部を削り取ることなどによって得られるので、必要以上の処理は避けるべきである。

ディスクサンダーによる処理は番手の大きい（細かい）サンドペーパーを選び、ブラスト処理の場合は粒度の細かい研掃剤を用いて低圧で処理するなど配慮が必要である。

- 2) 通常の大気ですべてに生成し、亜鉛面に緻密に固着した安定な二次生成物（灰～灰黒色）のある面は、必ずしもこの腐食生成物を除去しなくても良い。ただし、表面の不安定な白錆は完全に除去する必要がある。

この状態では亜鉛面の活性は小さく、塗料の付着性も良いので必ずしも表面粗さを形成させなくても良い。

処理工具としてはディスクサンダー、ディスクホイールなどの動力工具や研掃材を混入した海綿状たわしなどが妥当である。

- 3) 重工業や海浜地区など厳しい腐食の環境にさらされた亜鉛めっきの場合、積層した白錆になっていたり亜鉛の消耗により表面に凹凸が形成されることが多い。この場合の腐食生成物は硫化亜鉛や塩化亜鉛になっていることもあり、脆弱で亜鉛面への付着性や保護作用が劣り、水にも溶解しやすいので十分な除去が必要である。

表面には凹部が形成され、凹部には不安定な白錆が存在しており、動力工具ではこれらを十分除去することが出来ないため、原則的にはブラスト処理が必要で

ある。

研掃材の飛散や腐食因子の除去という点を考慮すると、ウォーターサンドブラストが望ましい。なお、ブラスト処理については、健全なめっき皮膜を破壊（剥離）する事があるので注意を要する。

乾式ブラストの場合は腐食因子を除去するために高圧水洗を必要とする事がある。

- 4) 厳しい環境にさらされ亜鉛の腐食が進んで、部分的に赤錆の発生あるいは白錆、赤錆の混在している場合、この場合は積層した白錆および赤錆の存在や表面の孔食による凹凸が形成されていることが多い。

腐食生成物の性質とその処理については、3) で述べた内容と基本的に同じであるが、赤錆部については赤錆を除去し、鋼材面を露出させることが必要である。

参考文献

- 1) 鋼構造物の溶融亜鉛めっきQ&A；亜鉛めっき鋼構造物研究会
- 2) 溶融亜鉛めっき鋼塗装マニュアル；日本鉛亜鉛需要研究会

5. 塗装仕様の検討

5. 1 前処理

亜鉛めっき面は、前述の通り塗膜との付着性が鋼材に比べて劣り、また塗膜との付着を阻害する一般的な汚れ、フラックス、油脂、白錆等が表面に付着しており、必ず塗装する前には前処理が必要となる。

通常、塗装前処理の方法を選択する場合は、設備費、人件費、材料費等総合的に考慮する必要があり、さらに新設か塗替えあるいは環境等によって塗装品質に差が生じるので慎重に選択しなければならない。

現在実施されている塗装前処理を以下に述べる。

(1) 新設溶融亜鉛めっき面

新設亜鉛めっきは、フラックス処理による残留物、加工中に付着した油脂や活性が強いために発生する白錆や表面が平滑であるため付着力が小さい等のため、前処理が必要となる。

現在一般的に行われている塗装前処理は下記の通りである。

処 理 方 法	長 所	短 所
脱脂及び動力工具	施工作业が容易 コスト低減	塗膜欠陥の可能性大
スリーブブラスト	塗装品質良好	粉塵 亜鉛めっきの損傷 設備、コスト大
化成処理 (リン酸塩、クロム酸塩)	塗装品質良好	大型部材不適 (浸漬) 設備、コスト大 生産効率劣る

(2) 既設溶融亜鉛めっき面

既設亜鉛めっき面は、暴露された環境によってその表面状態は大きく変化しており、前処理も通常の大気、重工業地帯や海浜地区等で架設されている場所によって大きく異なる。

環 境 条 件	表 面 の 状 態	処 理 方 法
通常の大気 (内陸、田園地区)	安定な白錆大	動力工具・手工具 (不安定な白錆のみ)
厳しい環境 (重工業、海浜地区)	不安定な白錆大 海塩粒子 硫化物その他	動力工具・手工具 スリーブブラスト 高圧水洗
	不安定な白錆 海塩粒子 硫化物、その他 赤錆	動力工具・手工具 ブラスト (鋼材を露出させる) 高圧水洗

5. 2 塗装系の調査

(1) 新設用溶融亜鉛めっき面用塗装系

亜鉛めっき面に使用される塗料は大きく大別して2通りあり、1つは金属亜鉛と直接化学反応させて強固なリン酸亜鉛層を生成させ付着をさせるタイプの反応型タイプと、もう一つは、エポキシ樹脂塗料または変性エポキシ樹脂塗料に亜鉛に有効な防錆顔料を加えまた内部応力を抑制した等の亜鉛めっき面用エポキシ（変性エポキシ）樹脂塗料タイプに分かれる。

反応型タイプは、前処理として脱脂及び動力工具による処理のみでも良好な付着性を発揮する。ただしこの塗料は化成処理等の処理をした亜鉛めっき面には付着性は良くないので注意が必要である。

亜鉛めっき面用エポキシ（変性エポキシ）樹脂塗料は、脱脂及び動力工具でその性能を発揮することは可能であるが、前処理の状態及び過酷な環境に暴露された場合においては、はがれ・ふくれ等を生じることも少なくなく、スweepプラストによる前処理が最も付着性等安全な方法と考えられる。

中塗及び上塗は一般的な塗料を使用し、用途に応じてポリウレタン樹脂塗料やアクリルシリコン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料が適用される。

(2) 既設亜鉛めっき面用塗装系

既設亜鉛めっき面は、暴露等により表面に亜鉛生成物が生成され活性度も低下しており、また表面も新設面のような金属光沢もなく適度に荒れており、一般的には通常のエポキシ樹脂塗料（変性エポキシ樹脂塗料）下塗が使用されている。また中塗及び上塗は、新設亜鉛めっき面用と同様に一般的な塗料を使用し、用途に応じてポリウレタン樹脂塗料やアクリルシリコン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料が適用される。

各塗料メーカーの亜鉛めっき面用下塗を調査した結果を下記に示す。

塗料メーカー	新設面用	既設面用	新・既設兼用
関西ペイント	1	2	—
日本ペイント	1	2	—
大日本塗料	1	2	—
トウベ	—	—	2
中国塗料	1	2	—
川上塗料	—	—	3
カナエ塗料	—	—	1
神東塗料	4	2	—

注) 1. 亜鉛めっき面エポキシ樹脂塗料

2. 変性エポキシ樹脂塗料

3. 水性特殊変性ビニル樹脂塗料

4. 3液型ポリウレタン樹脂塗料

なお、詳細な塗装系は資料編に示す。

5.3 熔融亜鉛めっきの高圧水洗・ブラスト処理試験

(1) 試験概要

下記のブラスト設備により白錆の発生した熔融亜鉛めっき鋼板について素地調整の試験実施した。なお熔融亜鉛めっき鋼板は約4カ月間屋外にばくろ（随時塩水を噴霧して白錆を促進）したものを用いた。

試験方法は、研掃材として水のみ、水と重曹、水と重曹・ガラスビーズ混合の3種類とし、研掃材の種類に合わせてガンの種類を選んだ。

高圧水洗機 使用水量：12 L/min
 最高水圧：1050 kgf/cm²

サンプル番号	メディア材	ガンの種類	鋼板とガンの距離 (cm)	研掃速度
1	水のみ	ロータリーガン	50	
2	水のみ	ロータリーガン	10	
3	水と重曹混合	ファンガン	50	
4	水と重曹混合	ファンガン	5~10	ゆっくり
5	水と重曹混合	ファンガン	30	
6	水と重曹・ガラスビーズ混合	ハートトリックガン	40	
7	水と重曹・ガラスビーズ混合	ハートトリックガン	10	ゆっくり
8	水と重曹・ガラスビーズ混合	ハートトリックガン	10	ゆっくり

(2) 試験結果

(2.1) サンプル番号1~2

ロータリーガンを使用して、高圧水のみで実施。

亜鉛めっき表面の粗さの目立つ部分の白錆は完全に除去できなかったが、全体的にはかなりの不純物や白錆が除去されたと思える。水のみということもあって、鋼材とガンの距離によって、洗浄程度が左右される。

(2.2) サンプル番号3~5

水と重曹を混合して高圧水洗を実施。

水のみとの洗浄と比べると、白錆がかなり除去された。亜鉛めっき面表面の粗い部分に発生した白錆が残った程度であり、清浄さにおいては、なんら問題なさそうである。

亜鉛めっき自身においてもめっき層の減少もほとんどなく、水洗によって防錆力の低下につながることはなさそうであった。

(2.3) サンプル番号6~7

水と重曹・ガラスビーズ混合（高圧水洗+ブラスト）して実施。

白錆はほとんど除去され、表面の塗膜付着における阻害因子物は、ないように

見うけた。

ガンの取り扱いにおける洗浄+ブラストのパターンの動きが人為的であるため、外観的にむらを生じ、亜鉛めっき層も減少の傾向が見られた。しかし、めっき層の減少はあまり大きくなく、防食性にはあまり影響しないと考えられる。

(3) 評価

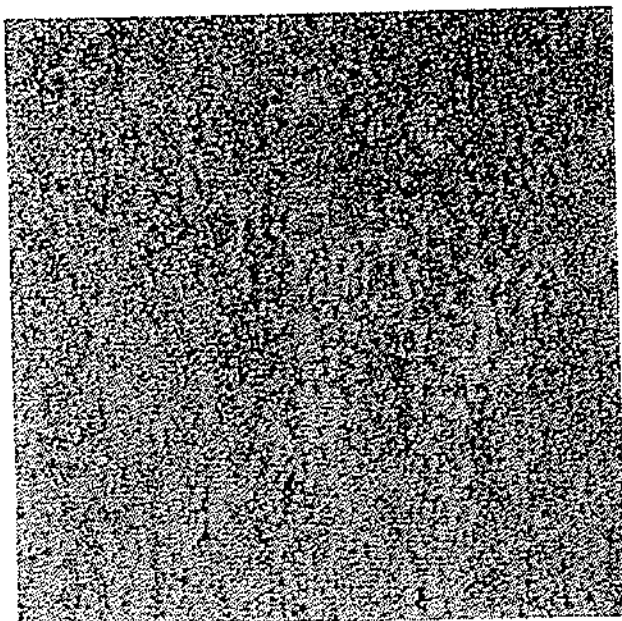
それぞれの方法で、清浄度の違いはあるが、白錆の除去が確認された。

水洗に関しては、電動工具を使用する方法よりも、亜鉛めっき表面につまった塗膜付着阻害因子を除去できることは、効果的であった。

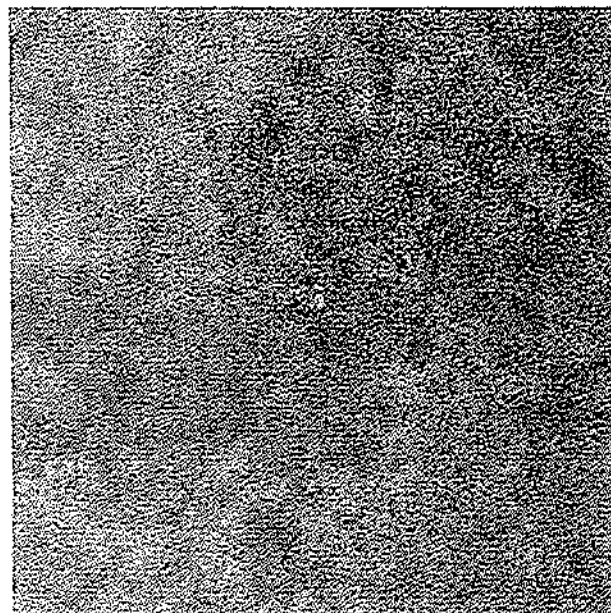
白錆の除去と亜鉛めっき層の確保又、コスト面も含めて考えれば、白錆の発生具合と汚れの状況により、白錆の除去時間に違いが生じてくるが、水と重曹の混合による方法でも、十分な効果が期待できる。

白さび発生亜鉛面の高圧水洗・ブラストによる処理結果

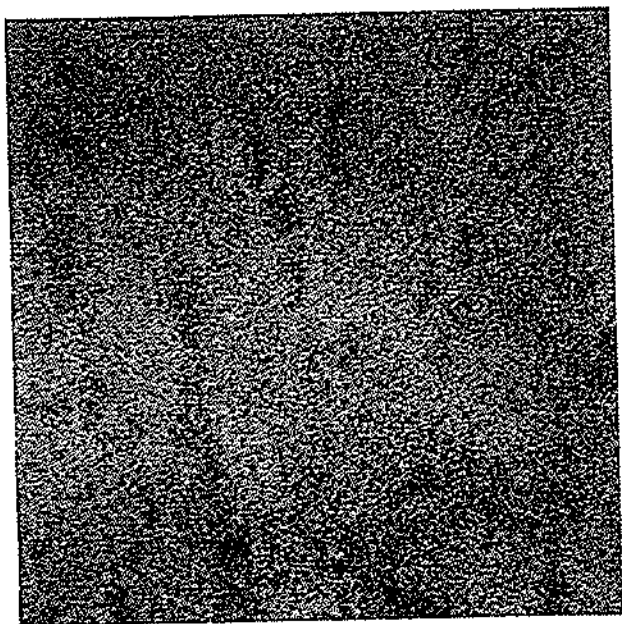
処理前の状態
白さびが発生している



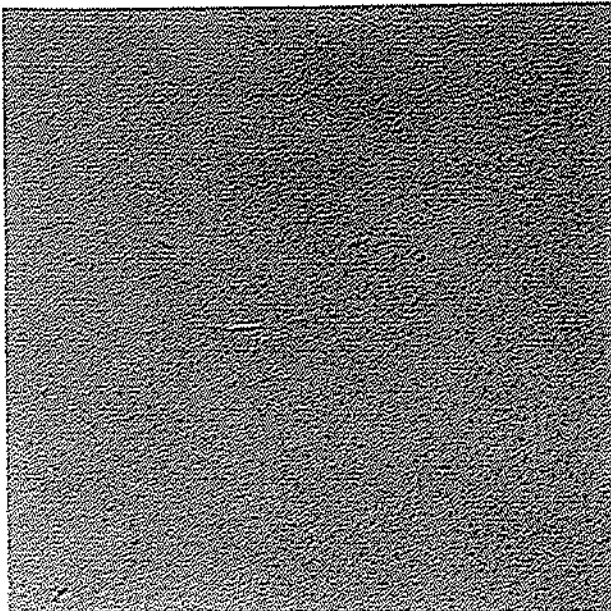
水のみによる処理
白さびがやや残存している



水と重曹による処理
白さびが除去されている



水と重曹とガラスビーズによる処理
白さび等が完全に除去されている



6. 塗装仕様の提案

亜鉛めっき面は、非常に活性であるために、亜鉛めっき施工時の条件や施工塗装時の前処理や塗料の種類により、早期に塗膜がはがれたりする欠陥が生じる例も多くあり塗装に関する十分な注意が必要である。

いままで亜鉛めっき面に対する塗装の必要性及び塗装の留意事項等を述べてきたが、最後に下記の通り最も望ましい前処理及び塗装系を提案する。

6. 1 前処理

(1) 新設溶融亜鉛めっき面

物理的处理方法（動力工具及びスリーブブラスト）と化学的处理方法（化成処理）の二通りに大別できる。

化学的处理方法は化成処理や水洗するための多くのまた大きな浴槽が必要であり、また加熱設備や廃液処理が必要であり、設備コストが高くなる。

また、動力工具及び手工具は塗膜剥離等の欠陥の危険性を覚悟する必要がある。

スリーブブラスト処理による前処理が最も生産効率及び塗膜欠陥のリスクが少ない方法であり、新設溶融亜鉛めっき面の前処理として最適である。

(2) 既設溶融亜鉛めっき面

現地作業となるため動力工具や手工具が主体と考えられるが、ここでは溶融亜鉛めっき面が一般環境と厳しい環境に晒された場合の2通りの前処理を提案する。

1) 内陸・田園地帯（通常の大気）

設置環境が内陸部や田園地帯等の緩やかな環境では、溶融亜鉛めっき面の表面状態は安定な白錆が主体であり、動力工具や手工具により不安定な白錆を除去する。

2) 重工業・海浜地区（厳しい環境）

重工業地区や海浜地区等の厳しい環境では、溶融亜鉛めっき面の表面状態は不安定な白錆が多く生成しまた赤錆の発生もあり、さらに表面は凹凸も形成されており動力工具や手工具では、特に凹部の白錆や赤錆の処理不足が予想され付着不良等の要因となる可能性がある。周囲への環境問題と表面清掃等を兼ねて湿式サンドブラスト処理の適用が最善の方法である。

6. 2 塗装

(1) 新設溶融亜鉛めっき面用

現在亜鉛めっき面用塗料として使用されている代表的な塗料は、アルキド樹脂系、塩化ゴム系、エポキシ（変性エポキシ）樹脂系に大別されるが、設置環境が重工業地帯や海浜地区であることより、下塗りとして亜鉛めっき面用エポキシ（変性エポキシ）樹脂系を用い、上塗としてウレタン樹脂系やアクリルシリコン樹脂系及びふっ素樹脂系塗料を使用する。

(2) 既設溶融亜鉛めっき面用

塗り替塗装で一般的に使用されている、悪素地面にも適用できる変性エポキシ樹脂塗料を下塗りとして、上塗はウレタン樹脂系やアクリルシリコン樹脂系及びふっ素樹脂系塗料を使用する。なお、赤錆が出ている箇所については前処理後に下塗りを一回補修塗りをすることが必要である。

推奨塗装仕様

1) 新設溶融亜鉛めっき面用

工程	塗料名	塗回数	標準膜厚 (μm)	塗装間隔 (20°C)
素地調整	スリーブプラスト処理			4時間以内
第一層	亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料 下塗	1	50	1日~10日
第二層	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	1	30	1日~10日
第三層	ポリウレタン樹脂塗料上塗	1	25	—

2) 既設亜鉛めっき面用

- 通常の大気に架設された亜鉛めっき面(内陸・田園地区)

工程	塗料名	塗回数	標準膜厚 (μm)	塗装間隔 (20°C)
素地調整	脱脂及び清掃、白錆は電動工具等により除去			—
補修塗り	変性エポキシ樹脂塗料下塗	1	(50)	1日~10日
第一層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	1	50	1日~10日
第二層	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	1	30	1日~10日
第三層	ポリウレタン樹脂塗料上塗	1	25	—

● 厳しい環境に仮設された亜鉛めっき面（重工業・海浜地区）

工程	塗料名	塗回数	標準膜厚 (μm)	塗装間隔 (20°C)
素地調整	湿式サンドブラスト処理			—
補修塗り	変性エポキシ樹脂塗料下塗	1	(50)	1日～10日
第一層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	1	50	1日～10日
第二層	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	1	30	1日～10日
第三層	ポリウレタン樹脂塗料上塗	1	25	—

注1) 赤錆が発生している箇所は、下塗りを補修塗りする。

注2) 中塗及び上塗は、アクリルシリコン樹脂塗料及びふっ素樹脂塗料も可能。

亜鉛面塗装委員名簿（北陸地区）

氏 名	会 社 名	〒	住 所	T E L
山崎三樹雄	(株) 山崎塗装店	910-0017	福井県福井市 文京2-2-1	0776-24-2088
住澤壯吉	住澤塗装工事(株)	939-8261	富山県富山市 萩原72-1	0764-29-6111
三村雄治	三村塗装(株)	939-1500	富山県東砺波郡 福野町1380	0763-22-7211
平川 潔	平川塗装(株)	950-0951	新潟県新潟市 鳥屋野278-10	025-281-9258
今井利光	東北塗装工業(株)	950-0031	新潟県新潟市 船江町1-96	025-272-0811
山際康之	(株)若宮塗装 工 業 所	920-0968	石川県金沢市 幸町9-17	0762-31-0283
今村光則	(株) 山崎塗装店	910-0017	福井県福井市 文京2-2-1	0776-24-2088
松尾俊一	神東塗料(株)	136-0082	東京都江東区 新木場4-12-12	03-3522-2117
新内敏和	中国塗料(株)	520-2323	滋賀県野洲郡 野洲町三上 2306-7	077-587-4082