



実用講座

鉄構造物の防錆と防食

第3回

高濃度亜鉛塗料

福谷 英二*

1. まえがき

土木施設用鉄鋼構造物の防食には、主として被覆法と電気防食法とが、それぞれ単独にまたは併用して用いられているが、大気中に暴露される部分の防食はもっぱら被覆法によっている。被覆法は防食しようと思う金属対象物を塗装、メッキ、ライニングなどによって、腐食性の環境と直接に接触させないことを目的としているが、主として発揮する防食機能から、さらに絶縁性被覆と電気防食的被覆に分類される。前者は油性塗料、樹脂塗料、樹脂ライニングなど電気抵抗の高い材料を用いる被覆であり、後者は亜鉛メッキ、亜鉛メタリコン、高濃度亜鉛塗料など鉄鋼より電位の卑な金属による電気防食効果を期待する被覆である。

絶縁性被覆は、いかに注意深く施工しても、いかに良質の材料を用いても、ピンホールを絶無にすることはできないし、運搬中、使用中に傷のできることも考えられるが、これらの被覆の欠陥部分は他の部分に比較すれば陽極的となって局部腐食を生ずるが、その腐食によって健全な塗膜も損傷されるので、絶縁性被覆のみでは完全な防食は期待できない点がある。電気防食的被覆は被覆に欠陥があっても下地を電気防食作用によって保護するので防食性は十分であるが、電気防食作用によって膜構成物質が消費されるから、膜厚によって防食寿命が限定される。よって最良の防食効果は、電気防食的被覆を下地被覆とし、絶縁性被覆をその上に施すことによって得られる。

高濃度亜鉛塗料は常温で刷毛塗り、スプレー塗りなどによって電気防食性被覆をつくる塗料で、いかに大形のものに対しても現場で施工できるのがメッキ法とことなる特徴である。電気防食作用を持つ塗料用の顔料としては、鉄鋼よりイオン化傾向の大きいこと、電気伝導性が

* 中川防蝕工業KK

大きいことを必要条件とする。鉄鋼よりイオン化傾向の大きい実用金属はマグネシウム、アルミニウム、亜鉛などであるが、これらの粉末のうち電気防食効果を持つものは亜鉛粉末だけである。マグネシウムやアルミニウムの粉末はあまりに活性であるため、粉末製造中に表面が厚い酸化膜に包まれ電気抵抗が高いため、電気伝導性のある塗膜をつくることはできない。亜鉛粉末が電気防食性被覆用の顔料として用いられる唯一の顔料であるが、亜鉛末の乾燥塗膜中の含有率によっては電気抵抗が高すぎて電気防食効果を発揮することができなくなる。表-1¹⁾はこの関係を示すものである。

表-1 塗膜の電気抵抗と亜鉛末濃度

顔料濃度(重量%)	電気抵抗 (Ω/in^2)
95	1 270
90	400
85	250
80	1 050
75	29 000
70	190 000
65	1 100 000

亜鉛末の含有率 80% までは電気抵抗が小さいが、75%以下となれば電気抵抗が急激に増加するので電気防食効果を発揮しにくくなる。よって、現在では乾燥

塗膜中の亜鉛末含有率 80% 以上のものを一般に高濃度亜鉛塗料と呼んでいる。しかし塗膜の電気抵抗と亜鉛末濃度の関係は常に一定であるとはいえない。粒子が小さくなればその活性を増し、亜鉛末中の酸化亜鉛の割合が小さければ活性を増し電気抵抗も小となるので、亜鉛末製造法の進歩に応じて高濃度亜鉛塗料の亜鉛末含有率は変わるであろう。現在用いられている亜鉛末は、主として粒径数 μ の球状粒子で金属亜鉛の純度約 96% のものであるが、近い将来にはく片状のもの、粒径 1 μ 以下の亜鉛末も用いられるようになることであろう。単位重量当りの表面積の大きい粒子、すなわち粒径の小さい粉末、はく片状の粉末などは防食効果が大きい²⁾。

高濃度亜鉛塗料と呼ばれていても、顔料は金属亜鉛のみとは限らない。鉛の酸化物、アルミナ、ベンガラ、アルミニウムのはく状粉末、マイカなどを混合使用して、亜鉛末の活性を調節したり、塗膜の透水性を改善したりする場合がある。プライマー用などにその例が多い。

高濃度亜鉛塗料の防食機能は電気防食作用によるものではあるが、被覆機能もまた重要な因子である。塗膜の損傷部では損傷部付近の亜鉛が犠牲陽極となって損傷部を保護するが、亜鉛の腐食生成物は水に不溶の塩基性炭酸亜鉛、水酸化亜鉛などになって塗膜の損傷部に充填され、損傷部の塗膜を補修する働きをもっているから、新しい傷ができなければ亜鉛がどんどん消耗することはない。高濃度亜鉛塗料の膜厚は一般に 40~60 μ であるが、このような比較的薄い膜厚であるにもかかわらず寿命がかなり長いのはこのためである。

塗膜の寿命は結着剤の種類、膜厚の大小などによって一率にはいえないが、それぞれの環境に最適の結着剤を

選り膜厚を 50 μ と仮定すれば、標準寿命は海水中浸漬約 4 年、洪水中浸漬約 7 年、大気中（工場地帯）10 年以上である。

2. 高濃度亜鉛塗料の種類

高濃度亜鉛塗料は結着剤の種類によって 2 種類に大別される。有機質および無機質がこれである。乾燥塗膜中に有機質が含まれているものを有機質高濃度亜鉛塗料といい、乾燥塗膜が無機質のみで形成されているものを無機質高濃度亜鉛塗料と呼んでいる。

(1) 有機質高濃度亜鉛塗料

亜鉛が電気防食作用によって溶解するときは、陰極となる鉄鋼表面ではアルカリ性が大きくなるから、油性の結着剤を使用するときは鹼化するので良質の塗料とはならない。高濃度亜鉛塗料に使用する樹脂はエポキシ、ウレタン、塩化ゴム、ポリスチレンなどである。使用する樹脂の種類によって塗膜の特性、用途などが規制される。

a) ポリアミド系エポキシ

2 容器型で、使用の直前に混合しかくはんして用いる。速乾性で接触乾燥は数分である。密着性、機械的性質は良好で耐海水性、耐油性、耐溶剤性もかなり良いので、造船用ショッププライマーとして広く用いられている。

b) エステル系エポキシ

エポキシ樹脂を脂肪変性したもので油性塗料に近い性質を持っているから、耐水性、耐油性、耐溶剤性は弱い。密着性、可撓性、溶接性などが他よりすぐれている。

大気暴露部分のプライマーおよび防食用として一般に使用できる。自動車用に良く用いられている。

c) ポリウレタン

エポキシ（ポリアミド系）に似た性質を持っている。とくに耐摩耗性、可撓性に富んでる。硬化するまで毒性があり高価である。あまり一般向きではない。

d) 塩化ゴム

耐水性、耐候性は良いが耐溶剤性は悪い。大気暴露部分のプライマーおよび防食用として一般に使用できる。

e) ポリスチレン

乾燥は比較的速い。貯蔵性が良く価格も比較的安い。耐油性、耐溶剤性、可撓性に劣り水中浸漬部分の防食には不適である。大気暴露部分の防食用として一般に広く用いられている。

(2) 無機質高濃度亜鉛塗料

結着剤の種類によってケイ酸ソーダ系、ケイ酸エチル系、燐酸塩系、塩化マグネシウム系、ブチルチタネート

系などにわかれているが、最も広く用いられているのはケイ酸系の 2 者である。ケイ酸系のもはいずれも 2 容器型で、使用の直前に混合して良くかくはんして塗装するのであるが、塗膜はケイ酸と金属亜鉛および酸化物のみから構成されているため耐高温性、耐候性、耐油性、耐溶剤性、耐水性などがいちじるしく強いのが特徴である。

a) ケイ酸ソーダ系

ケイ酸ソーダ系は無機質高濃度亜鉛塗料として最も歴史が古く、発明以来 20 年以上を経過している。結着剤としては、比重 1.3 のものと 1.1 のものが用いられている。ケイ酸ソーダの加水分解によってケイ酸ゲルを生じて鋼面と亜鉛粒子を物理的に接着させるものであるが、同時に化学的結着作用もある。清浄な鋼面にこの塗料を塗付するときはケイ酸鉄³⁾を生じ、ケイ酸鉄は耐食性を増すとともに塗膜の結着力を強める。亜鉛粒子とも化学結合を行ないケイ酸亜鉛を生ずるが、この反応は焼付けを行なうときは促進される。このように物理的、化学的結着をするので完全硬化後の密着性、耐摩耗性、耐熱ショック性⁴⁾などが大となる。

しかし、乾燥硬化は遅く特に比重 1.3 のものは自然硬化には長時間を要するから、一般に焼付けまたは硬化液の撒布を行なう。比重 1.1 のものでも気温 7°C 以下、湿度 50% 以下⁵⁾では硬化は困難となる。湿度 70% より高くても硬化しにくい。この塗膜はアルカリ性が強いから、有機塗料の上塗りを必要とするときに水洗処理を行なう必要がある。比重 1.3 のものは 1 回塗りで膜厚 60~70 μ となるから 1 回塗りを立前とし、比重 1.1 のものでは 1 回塗りの膜厚 20~25 μ であるから 2~3 回塗りを立前としている。塗り重ね時隔は 24 時間を標準としている。この塗料はタンカーのバラストタンクの塗装に広く用いられている。

b) ケイ酸エチル系

ケイ酸エチル重合体の加水分解によって、ケイ酸ソーダの場合と同様に物理的、化学的結着を行ない、硬化の際有機分は全部揮発して完全に無機質の乾燥塗膜を得られるのである。速乾性で接触乾燥は数分、完全硬化乾燥も数時間である。塗装時の温度、湿度にはあまり敏感でなく、特に高湿度は硬化の障害とはならない。塗り重ね時隔は 5 時間を標準としているが、スプレー塗装の場合には塗り重ね時隔を 10 分としても良い。1 回塗りの膜厚は 15~25 μ であるから、2~3 回塗りを立前としている。乾燥塗膜は中性であるから、有機塗料の上塗りを行なう場合に特に水洗処理を行なう必要はない。この塗料は速乾性で耐食性も大きいから、鉄構造物のショッププライマーとしてきわめて好適である。色沢を意としないところはこの塗料のみで防食できる。送電用高圧鉄

塔、油タンクや溶剤タンクの内面、タンカー・バラストタンクの塗装などはこの例である。シートパイルや鋼杭のスプラッシュゾーン以上の部分の塗装にはこの塗料をプライマーとして塗装し、上塗りとしてコールタールエポキシを塗装すれば理想的な塗装系となる。水道施設のアクセレーター、水タンクなどの塗装にはこの塗料のプライマー、上塗りにエポキシを塗装するのが理想的な塗装系となる。この塗料は硬化中はアルコール蒸気を発生するから上塗りの塗装はこのプライマーの完全硬化後⁵⁾に行なうように留意を必要とする。

3. 注意事項

(1) 塗装前処理

塗装の防食効果を最大に発揮させるためには、鋼板の前処理が最も大切である。優良高価な塗料を用いても前処理が不良であれば粗悪な塗料を使用したのと同様の成績しか得られない。Doolittle⁶⁾は前処理と寿命の関係を調査し、同様な環境にビニル塗装を行なった場合でも、前処理がワイヤブラシの場合には寿命6年以下、商業的ブラスト(密着したミルスケールは残る)のときは8年以下、ホワイトメタルブラスト(完全にミルスケール除去)のときは9年以上と報告している。ケイ酸ソーダ系塗料の場合には必ずホワイトメタルブラストを必要とするが、その他の場合には酸洗または商業的ブラスト処理でも差支えない。ブラストをする場合あまり粗大なショットやグリットを使用すれば鉄鋼面の凹凸で過大となって、凸部に点さびを生ずるから h_{max} (最初の谷から最高の山までの高さ)が $100 \mu^7)$ を越えないように留意を要する。溶接部のバリやさびはグラインダー、やすりなどで完全に除去することが必要である。前処理を行なった面は、当日中にプライマー塗装を行なうことが大切である。

(2) 塗装方法

結着剤の種類によって塗装要領は異なるから、製造業者の指示にしたがうべきであろう。一般に高濃度亜鉛塗料は顔料の比重が大であるから、使用前も使用中も極力良くかくはんして顔料の分散を十分に行なわせることが大切である。無機質のものでは特にこの点に留意を要する。

(3) 溶接および切断

溶接は膜厚 $20 \mu^8)$ までは、溶接速度にも溶接部の強度にもほとんど影響はない。切断速度は膜厚に影響される⁹⁾。膜厚 22.5μ のとき切断速度は 25 cm/min で、膜厚が 32μ のときは溶断速度は 20 cm/min となる。これらの点を勘案すれば、プライマーとしての高濃度亜鉛塗膜の膜厚は 20μ 以下が適当と認められる。

溶接、切断の際には亜鉛の酸化によって ZnO が発生するが、大気中の ZnO の濃度が大となるときは作業員が亜鉛熱を出すおそれがある。亜鉛熱は 40°C 程度の高熱であるけれども1時間程度で下熱するからさほど恐ろしい病気ではない。イギリスの保健省では大気中の ZnO の濃度の限度を 15 mg/m^3 と規定している。 20μ 以下の膜厚の場合には溶接、切断による ZnO の濃度は 5 mg/m^3 程度であるから、密閉室内または狭い場所以外ではあまり恐れる必要はない。しかし作業員はサク酸を含ませたマスクをつけることが好ましい。

参考文献

- 1) A.C. Elm : Offic. Dig. Federation Sec. Paint Technol., 29, No. 336 (1957).
- 2) G.R. Lester & P.M. Proudley : Paint Manufacture., (1914) Mar.
- 3) D.H. Gelfer : Mat. Prot., Vol. 2, No. 3 (1963) Mar.
- 4) V.L. Flack : Mat. Prot., Vol. 2, No. 3 (1963) Mar.
- 5) D.H. Gelfer : Mat. Prot., Vol. 3 (1964) Mar.
- 6) A.K. Doolittle : Mat. Prot., Vol. 2, No. 11 (1963) Nov.
- 7) Joseph Bigos : Corrosion., Vol. 15, No. 8 (1959) Aug.
- 8) E.J.W. Vogelzang : Paint Manufacture., (1964) Jan.

土木学会誌・論文集総索引

<土木学会創立 50 周年記念出版>

内 容 : 大正4年学会創立以来50年間(48巻)にわたり学会誌、論文集に登載された約5000件の題目を23章195節に整理し、他部門にまたがる論文は重複をいわず索引しうるよう、きわめて親切的な配慮をした。文献調査委員会がその総力をあげて編集にあたった本索引集は、付録として過去の文献抄録も配列してあるので、あらゆる面で利用価値にきわめて高い。会員各位の座右にあって大いに活用されることをおすすめする。

体 裁 : B5判 260 ページ 写真植字 オフセット印刷
定 価 : 800 円 (〒 100 円)