建材用 着色亜鉛鉄板の特性とその利用

Prepainted Galvanized-steel Sheet for Exterior Use

図3 着色亜鉛鉄板表面一曲げ加工における変形の模型

着色亜鉛鉄板における塗料の役割と、屋外建材としての特性についてのべる。

1. ま え が き

我が国では国内で消費される着色亜鉛鉄板のはば90%が建材用、特に屋根・下見などの外部建材用であり、建材用表面処理鋼板は、すなわち着色亜鉛鉄板であるといっても過言ではない。

着色亜鉛鉄板（カラートタン）は、工場で塗料を塗装ずみの亜鉛めっき鋼板であり、建築工事の最終工程である塗装工事を省略でき、また塗膜の性能も、工場で充分な管理のもとで生産されているため、品質が高く安定しているという有利な点がある。しかし適用を誤ると、施工後短時間で錆を生じて消費者を失望させることもないとはいえない。

米国においては、着色亜鉛鉄板は耐久性建材として消費者から、安定して強い信頼を得ているのに対し、我が国では、一部の消費者に“着色亜鉛鉄板は錆び易く、長もちしない”

松 平 忠 志*

Tadashi Matsudaira

という印象を持たれており、今後、一層の品質改善と適用における配慮が望まれる。

以下、着色亜鉛鉄板の建材用としての特性や注意事項について述べてみたい。

2. 着色亜鉛鉄板とは

着色亜鉛鉄板は、亜鉛鉄板（JIS G 3302「亜鉛鉄板」）を母材とし、これに塗装されたものであるが、塗膜の密着性と耐食性を向上させるため、塗装直前に表面処理を行ない緻密な無機質の表面処理皮膜を形成させる。

表面処理の種類としては、リン酸亜鉛系、クロメート系、複合酸化皮膜系などがある。

また塗装は、表は2回塗り、裏は1回塗りが一般的であるが、表・裏ともに1回塗りの場合もある。欧米では表・裏ともに2回塗りのことが多い。

いずれにしろ、外観は同じような着色亜鉛鉄板であっても、①板の厚さ、②亜鉛めっき

* 関西ペイント(株)・技術二部、第二担当課長
〒254 神奈川県平塚市東八幡4-17-1
☎0463 (23) 2111

* Kansai Paint Co., Ltd.
17-1, Higashi-yawata 4chome, Hiratsuka-shi,
Kanagawa 254

図1 着色亜鉛鉄板の構成

の厚さ、③1回塗りか、2回塗りか、④塗装皮膜の厚さ、⑤上塗り塗料のタイプ

など、さまざまであり、性能もそれに伴って異なってくる注1) (図1)。

市販品の使用に際してはJIS等の規格を参考にするのがよい。また今後は、要求機能に対応した、きめの細かい仕様も必要になると思われる。

3. 着色亜鉛鉄板用塗料

塗装されない裸の亜鉛鉄板は大気中に曝されると、亜鉛層が腐食されて消耗していくので、亜鉛層を腐食環境から保護するため塗料を塗装して焼付けしている。

塗膜は一般に水や酸素、亜硫酸ガス、塩類などの液体や、気体、イオンに対する拡散抵抗となるため、どんなタイプの塗料でも、ある程度の防食性をもっている。しかし、着色亜鉛鉄板用の塗料は、特に下塗り塗料で原板との密着性および耐食性、上塗り塗料で耐候性をもつように設計されている。

注1) JIS G 3312 では、板の厚さ、亜鉛めっきの厚さ、1回塗りと2回塗りを区別して表示することになっており、また、亜鉛鉄板会では屋根を対象に、板厚：0.35mm、亜鉛めっきの付着量305g/m²以上、表は2回塗り、裏は1回塗りのものを“屋根用カラーコート”として規格化して推奨している。

しかし塗料のタイプや厚さについては、まだ規格化されるに到っていない。

また、この他に、プリント鋼板、絞り用カラーコート、塩ビ鋼板などがあるがここでは省略する。

3-1 下塗り塗料

塗料の主要成分は樹脂と顔料であるが、着色亜鉛鉄板用下塗り塗料には、クロム酸塩系の防錆顔料が配合されている。クロム酸亜鉛、クロム酸ストロンチウムなどの防錆顔料は適度の水溶性をもっており、溶出したクロム酸イオンは亜鉛や鉄面に吸着され、これらを酸化して緻密な不働態皮膜を形成させるため、亜鉛や鉄の腐食は抑制される。鉄を不働態化するに必要な、クロム酸イオンの最低濃度は 10^{-3} ~ 10^{-4} mol/lといわれているが、防錆顔料は、スリ傷や加工傷などの塗膜欠陥部分に、この最低濃度のクロム酸イオンを維持し得るにたる溶解度をもち、かつ短時間に溶けるほど溶解度が高くてもいけない。

建物が完成した時点で着色亜鉛鉄板表面には可能な限り、スリ傷や加工傷はないことが望ましいが、塗膜厚が薄いことや、加工および施工時の変形や取扱いによって、塗膜に傷や欠陥部分がある程度生ずることは避けられないので、このような欠陥部分における集中的な腐食が深部に進行するのを防ぐ防錆顔料の役割は大きい。

なお腐食の進行する過程では、腐食部はアルカリ性となり(電気化学的な腐食の過程で、陰極部分には水酸イオンOH⁻の濃度が増しアルカリ性となる)、耐アルカリ性の悪い樹脂を使用すると塗膜ははく離していく傾向があるため、通常、下塗り塗料には耐アルカリ性と金属に対する付着性のよいエポキシ樹脂が用いられる。

3-2 上塗り塗料

下塗り塗料に用いられるエポキシ樹脂は耐候性はなく、太陽光線にさらされると紫外線によって分解劣化をうけるため、上塗り塗料によって紫外線を遮断する必要がある。上塗り塗料は耐候性の良好な樹脂と着色顔料を主成分とし、その塗料の性能、特に耐候性は用いられる樹脂によってほぼ決まってくるた

図2 暴露試験における樹脂系別光沢保持率

め、樹脂の種類によって分類される。

我が国で実用されているタイプは、アルキド系、アクリル系、ポリエステル系、シリコーンポリエステル系、およびフッ素樹脂系（フッ化ビニリデン樹脂系）などである。耐候性はこの順序により、フッ素樹脂が最も良好である。

なお現在、JIS G 3312の規格適合品として市販されているものは、主としてアクリルおよびポリエステル系であり、シリコーンポリエステルとフッ素樹脂系は特別価格の高級カラータタンにのみ用いられる。これら樹脂系塗料の暴露試験における光沢保持率の変化を図2に、また、暴露における塗膜の損耗量を表1に示す。

米国では、屋外建材には既にシリコーンポリエステルが主体になっているが、我が国でも今後高級品の耐候性が認識され、普及することと考えられる。以下、これらの樹脂について簡単に述べると、

(1)アルキド系（アミノアルキド系）

フタル酸と多価アルコール、および脂肪酸の縮合反応によりアルキド樹脂が作られ、これにメラミン樹脂が混合使用される。

表1 暴露試験における樹脂系別、塗膜損耗量

樹脂系	1 年	2 年
アクリル	0.8μ	2.0μ
ポリエステル	0.4	0.7
シリコーンポリエステル	0.2	0.2

塗色：ライトブルー

平塚地区にて南面35°暴露

乾性油脂脂肪酸は耐候性を低下させるので、不乾性油脂脂肪酸、又は合成不乾性脂肪酸が用いられる。

(2)アクリル系

スチレン、メタクリル酸エステル、アクリル酸エステルを主成分とし、焼付硬化性を与えるための官能性モノマー（モノマー分子中にカルボキシル基、ヒドロキシル基、アミド基、グリシジル基などをもつ）を共重合させて得られる「熱硬化性アクリル樹脂」を用い、多くの場合メラミン樹脂を混合使用する。

(3)ポリエステル系

二塩基酸と多価アルコールを主成分とし、縮合反応によって作られる「オイルフリーポリエステル」とメラミン樹脂を混合使用する。

(4)シリコーンポリエステル系

前述の「オイルフリーポリエステル」に低分子量のシリコーン樹脂中間体を反応させたものであって、一般にシリコーンの量は30%くらいである。

シリコーン樹脂中間体を導入することによって、耐候性は大幅に向上する。

(5)フッ素樹脂系

フッ化ビニリデン（ $-\text{CF}_2-\text{CH}_2-$ ） n の高分子量の樹脂を主成分とする。この塗膜は、紫外線、 γ 線に対して強く、10年間屋外にさらされても変色や光沢低下がほとんどない。高価であるが、シリコーンポリエステルより更に屋外耐候性のすぐれた塗料である。

なお、スプレー塗装工業では、塗装、乾燥

過程で発生する廃水や廃気が大きな公害問題となり、その対策の一つとして塗料のタイプを粉体塗料や水性塗料など、いわゆる公害対策塗料に切り換える動きが活発であるが、これに伴い性能が安定しないとか、価格が上がるなどの不具合点も、時に生じている。

これに対し、着色亜鉛鉄板の塗装は、ロールコーター塗装であるため、設備面からの公害対策を行ないやすいという特徴があり、事実設備面での対策がとられており、公害対策塗料は実用されていないといってよい。

4. 着色亜鉛鉄板の加工

着色亜鉛鉄板は、型曲げ、ロール曲げ、しぼり加工、張り出し加工などの加工を受けるが、この中で最も広く行なわれる曲げ加工をとりあげて、そのときの機械的変形、劣化について考えてみたい。

着色亜鉛鉄板を加工したとき、亜鉛層、表面処理層、塗膜などは母材の鋼板にくらべてきわめて薄く、その強度も小さいので加工の際の変形応力は母材の鋼板がうけもつと考えてよい。すなわち、板の表面には加工によって塑性変形の分布が生じ、亜鉛層や塗膜は、母材の表面のひずみと同じひずみをうける。ここで曲げの外側は引っ張りひずみ、内側は圧縮ひずみである。

一方、亜鉛層は溶融めっき法によって形成されているため、鋳物構造の微細結晶¹⁾からなり、圧縮には強いが、引っ張りには弱く、4S曲げ（同じ厚さの板を4枚はさんだ折りたたみに相当する曲げ半径）程度の厳しい加工をうけたときは、亜鉛層には微細なヒビ割れが生じ、鉄面が露出する。この部分の塗膜も当然亜鉛層に密着しているため、ヒビ割れを生ずる（図3カット）。つまり、この部分は切断端部と同じ状態となる。

一般には、曲率半径を3mm程度²⁾、又は、

それ以上にとることが望ましい。

5. 耐候性・耐久性

傷のない正常な着色亜鉛鉄板について、暴露による劣化状態の観察を続けていくと、まず光沢が低下し、それが進むと白亜化（チョーキング）と呼ばれる状態になる。この状態は上塗り塗膜の表面が風化して徐々に脱落、消耗しつつあるときであり、膜厚は薄くなっていくが見かけの変化は少ない。この現象を積極的に利用した塗料をセルフ・クリーニング型塗料と呼ぶ事もある。

上塗り塗膜の膜厚が限度を越えて薄くなると、紫外線や雨水の影響で、下塗り塗膜が劣化し、防食機能が低下して白錆発生に至る。上塗り塗膜を 15μ 、1年で 1μ ずつ消耗していくとすると、最低限度の膜厚として 10μ は欲しいので約5年で補修、塗りかえするのがよいことになる。屋根の場合、年間の消耗量は $0.5\sim 1\mu$ と見てよい。

しかし、現実に施工後5年程度の物件について劣化の状態を調査してみると、山間部や内陸部では劣化は一樣であるが、都市部や海塩粒子の影響をうける地域では（地形にもよるがかなり範囲が広い）、劣化は一樣ではなく、加工して変形をうけた部分に、白錆や赤錆が認められる。また、加工をうけない平坦な部分にもスリ傷から錆を発生しており、加工、施工あるいは取扱いの過程で予想以上に多数のスリ傷がついたことを物語っていることが多い。

以上のような、着色亜鉛鉄板の風化劣化の過程を模式的にまとめてみよう。

〔第1次劣化〕

上塗り塗料が光沢減少、チョーキングの現象を示しながら消耗していく。

〔第2次劣化〕

加工変形部の微細な割れ、施工時のスリ

傷、暴露中の砂塵による傷などによって下塗り塗膜、又は素地が露出し、プライマー中の防錆顔料が溶出消耗していく。亜鉛の溶出は抑制されている。

〔第3次劣化〕

これらの欠陥部分で防錆顔料の効果が失われ、亜鉛が犠牲陽極として溶出消耗していく。溶出した亜鉛の一部が白錆となる。母材の鉄の腐食は抑制されている。

〔第4次劣化〕

これら欠陥部分で亜鉛が消費されてしまい、鉄の腐食が進む。

このように考えてみると、屋外用着色亜鉛鉄板にとって、亜鉛層と塗膜の厚さが非常に重要であることが改めて理解される。

6. 促進試験方法

天然の暴露試験では試験結果が明確になるのに長期間を要し、また、暴露地間、或いは、その年毎の気象条件の差により、劣化速度が一定しないという不便さがあり、実験室的な促進試験機によれば、再現性がよく、試験期間を短縮し得るという便利さがある。

なお、一般に用いられている促進耐候試験は、紫外線カーボンアークを用いるスタンダード促進耐候試験、サンシャインカーボンアークを用いるサンシャイン促進耐候試験、デュースサイクル促進耐候試験、紫外線ランプを用いるQUV、太陽光を集光するEMMAQUAなど多くのタイプがあるが、促進倍率は樹脂のタイプが変わると異なり、場合によ

っては顔料種によっても促進倍率が異なる。我々は、デュースサイクル促進耐候試験と、EMMAQUAが、山間部などの清浄な大気環境での暴露における光沢度の低下とかなりの相関があることを認めてはいるが、あくまでも天然暴露試験の結果を基礎に判断すべきだと考える。

7. 着色亜鉛鉄板を使用する際の注意事項

着色亜鉛鉄板を使用する際の注意事項を以下に列記する。

(1)出来る限り、板厚、亜鉛めっき厚、塗膜厚の厚い材料を用いる。

(2)曲げ加工における曲率半径を3mm以上にとり、ロールフォーミングにおいては、加工機の保守、クリアランスに注意する。

可能ならばロールフォーミングなどの機械加工の前にワックス（ワックス塗布）を行なって傷の発生を防ぐ。

(3)取扱い、施工時に丁寧に扱い傷の発生を防ぐ。

(4)溶接作業や、かしめ加工などで塗膜に損傷をうけた部分は、補修塗料を塗装して保護する。

文 献

- 1) H. Leidheiser, D. K. Kim; Mod, Paint & Coatings, p. 23, Dec. (1976)
- 2) 亜鉛鉄板会編；亜鉛鉄板・着色亜鉛鉄板性能構法ハンドブック