

## 1.5 塗装

橋梁の種類には大きく分けて鋼橋とコンクリート橋がある。鋼橋とコンクリート橋の間には、製作方法や施工方法、性能について様々な違いがあるが、ここでは鋼橋にのみ起こる腐食に対し防食として行う「塗装（塗料）」に着目し、色調やつやと景観面について検討を行う。

### 1.5.1 鋼橋の防食

鋼橋において材料に鉄を使用しているため、防食対策を行わない場合は、空気と水による腐食（発錆）は避けられない。

鋼橋の防食方法としては、鋼材表面を覆う「塗装」「めっき」「溶射」や、鋼材材質による「耐候性鋼材（安定錆の発生）」「ステンレス鋼」の使用が主である。



その中でも塗装は、耐候性鋼材を使用した桁の端部にも施され最も多く採用されている。

#### （1）塗装方法

橋梁の防食で多用されている塗装について、代表的な塗装方法としては、工場塗装ではエアレススプレー、現場塗装では刷毛やローラーが使用されており、全て人の手によるものである。

これに対して車などは、エアースプレーによる自動静電塗装がメインで一部手吹きが行われている。塗装方法と特徴を表 1.5.1 に示す。

表 1.5.1 塗装方法

	はけ	ローラー	エアースプレー	エアレススプレー
図・写真				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>塗料の飛散は出にくいいため現場塗装で使用される。</li> <li>刷毛目と言われる凹凸が生じる。(毛による直線の筋のようなもの)</li> <li>一回塗りでの塗膜厚には限度がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塗料の飛散は出にくいいため現場塗装で使用される。</li> <li>刷毛に比べると塗装効率は良い。</li> <li>ローラー目と言われる凹凸が生じる。(盛り上がった山谷のようなもの)</li> <li>細部や隙間には使用出来ない。</li> <li>空気を巻き込み易い。(美観上の上塗りには適さない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空気と塗料を同時にガン先より噴出し、空気によって粉碎された微粒化した塗料を塗着させるため、平滑な塗膜が形成される。</li> <li>時間当たりの塗装面積は大きい。</li> <li>自動車の塗装などで使用される(一部のみ)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼橋の工場塗装などで使用されている。</li> <li>塗料を直接加圧し霧状になった塗料を吹き付ける。</li> <li>施工効率が高く、広い面積を均一な厚さに塗布しやすいが、塗料粒子はエアースプレーよりも大きいため塗膜の表面が波を打ったゆず肌状になる。</li> <li>時間当たりの塗装面積はエアースプレーより大きい</li> </ul>
徴				

## (2) 塗装の種類

一般的な塗装（塗料）に求められる性能は、「表面保護」や「風合い（色調や美観）」などであり、「塗装」に使用する塗料については、その使用目的に応じて塗料メーカーにより多種多様な種類と色が製造されている。

車や家具や電化製品といった商品においては、「風合い」が重視され消費者もそれを求めている。一方、鋼橋において求められる塗装は、防食に対する性能を重視している。そのため、塗装に関する景観検討や色彩計画は、環境色に調和した色彩の選定が主であり、色調や表面の風合いといった要素については求められていない。

塗装の種類を表面の風合いの違いで分類してみると、車のような「つややかな塗装」、家電製品のような「つけ消し塗装」、貼り紙防止塗装のような凹凸のある表面の粗い「ザラザラ塗装」などがある。「つややかさ」や「つや消し」は光沢度で示すことができ、塗料メーカーでは表 1.5.2 に示す基準で一般的なつやの要求に応じた塗料を提供している。

表 1.5.2 つやの程度と光沢度の関係

つやの程度	光沢度	車の場合	橋梁の場合
つや有り	70以上	一般的使用下で80以上あり	橋梁の塗装では、同じ塗装でも場所や塗装方法によって計測値にバラツキがあるため光沢度として分類するのは困難である。
7分つや	60±5		
5分つや	40±5		
3分つや	20±5		
つや消し	5以下		溶射（封孔処理のみ）

### <光沢度について>

光沢度の数値は、塗膜表面の乱反射の程度を表すもので、屈折率 1.567 の磨いた黒色ガラスが反射する光を 100 とした場合、実際の対象物が反射する光の割合をいう。光沢度の計測は、下図のような光沢度計にて容易に計測する事が可能である。

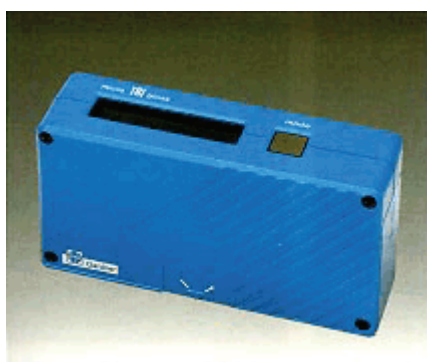


図 1.5.1 光沢度計



図 1.5.2 光沢度計測風景

## 1) つややかな塗装

光沢は光沢計で計測した数値で示すことができる。数値が高いほど光沢があり「つややか」であると言える。車の光沢度は、一般的な使用下の計測値でメタリック系：90～100 程度、クリア層のないホワイト：80 程度（新車時の数値は10～20 程度高い）である。

これに対して橋梁における塗装の光沢度については、塗料メーカーの試験などで計測されているが、バラツキが大きく参考となる数値はないため、光沢保持性で示している。これは、塗装直後の光沢度を初期値として1年後の光沢度がどの程度低下したかを示すものであり、初年度80 に対して1年後40 であれば保持率50%となる。

光沢保持性は、フッ素樹脂塗料→ポリウレタン樹脂塗料→フタル酸樹脂塗料の順に高いが初期の光沢は施工状況等によって変わってくる。また、塗装は大きく分けて下塗、中塗、上塗に分かれており各層の要求性能により以下の特徴がある。

**下塗**：防錆顔料を多く含んでいるため、樹脂分の割合が少なく、それほど光沢がない。

**中塗**：下塗、上塗の付着を良好にする目的、膜厚保持の目的で顔料、樹脂分は、下塗上塗の中間。

**上塗**：樹脂分の割合が多く、顔料分が少なくなっている。樹脂分が多いため、光沢が出る。

一般的に顔料分が多いと光沢が少なく、樹脂分が多いと光沢が高くなる傾向にある。自動車などは、樹脂のみのクリア塗料を一番上に塗装し光沢を出している。

それに加え、「光沢度」は、素地の平坦度や仕上げの平坦度が大きく影響する。

## 2) つや消し塗装

車のような「つややか」な塗装に対して、「つや消し」塗装は電化製品や建築塗装の分野など広い範囲で使用されている。塗料中につや消し剤を入れて「つや」を消す。つや消し剤は、細かな顔料で入れる割合により光沢の程度を調整可能である。

樹脂の持つ光沢を無理やり落とす目的で細かい顔料を入れるため、耐候性が低下するなどの問題がある。また、膜厚のばらつきにより「つや消し」度合いが変わるため均一な塗膜が要求される。

橋梁で使用される「溶射」（封孔処理のみ）の光沢度は、塗料メーカーの実測結果でつや消しの基準の光沢度である（光沢度1～3）。

金属溶射に用いる金属は、亜鉛（Zn）・アルミニウム（Al）・亜鉛アルミニウム合金類があり、これらの金属を熔融状の微粒子として鋼材表面に溶射ガンにより吹き付け皮膜を形成することにより防食する塗装方法である。刷毛などでのタッチアップが出来ないため、構造上も考慮が必要である。

また、金属溶射面は非常に多孔質であるため、塗膜にピンホールが生じやすいので一般的に封孔処理を施す必要がある。

封孔処理剤に着色のための顔料を添加しても、溶射被膜の粗さに影響されて塗膜のような良好な光沢や均一な仕上がりが得られないため、処理後のまだらなどが目立ちにくいクリアー及び白色系がよく用いられる。図1.5.3は封孔処理にグレー系を使用している。



図 1.5.3 溶射

### 3) ゴザゴザ塗装

歩道橋の橋脚や照明柱などに使用されている貼り紙防止塗料のような「ゴザゴザ塗装」は、上塗り塗料に骨材（珪砂、ガラスビーズなど）を入れて塗膜表面に凹凸をつけて貼り紙が付着し難くしている。

表面は凹凸がありデコボコしているが、上塗り塗料としてはポリウレタン樹脂塗料などを使用しているため光沢はある。

#### 1.5.2 鋼橋への適用

塗装の種類「つややかな塗装」、「つや消し塗装」、凹凸のある表面の粗い「ゴザゴザ塗装」について橋梁への適用を検討する。

##### (1) つややかな塗装

「つややかな」塗装は、塗料だけで決まるものではなく、塗装方法、磨き、設備によって決まる。また、塗膜の美観は、塗膜の光沢と平滑さによる。ここでは、商品の性質から防食と美観と両方を求められる「車」と防食を重視した「橋梁」の塗装方法の比較を行うことで橋梁の塗装にも「つややかな」塗装が可能か検討する。橋梁塗装と自動車塗装の違いを表 1.5.3 に示す。以下の比較より橋梁の塗装では「平滑さ」を確保することが困難であることがわかる。

表 1.5.3 橋梁塗装と自動車塗装の違い

	橋梁	車
塗装方法	エアレススプレー 塗料を直接加圧し霧状になった塗料を吹き付ける。 施工効率が高く、広い面積を均一な厚さに塗布しやすいが、塗料粒子はエアレススプレーよりも大きい。	エアースプレー 空気と塗料を同時にガン先より噴出し、空気によって粉碎された微粒化した塗料を塗着させるため、平滑な塗膜が形成される。
塗装作業	人力による手吹き 塗装者の技量により仕上がりに差が出る。 部材が大きいため自動ロボット化は設備が大規模になり困難。	自動ロボット・細かい箇所は手吹き 均一で同品質の塗装が可能。
塗料	レベリング性（平滑性）に劣る ダレにくい。 厚膜に塗装出来るがゆず肌の波状の仕上がりとなる。	レベリング性（平滑性）が良い ダレやすく一度に薄膜にしか塗装できない。 ダレやすく薄膜に均一にする必要があるため、エアレスより技術を要する。
母材	平面寸法大 部材が大きく平面が広いと歪みが目立つ。 重量が重く取り回しが容易でないため、輸送時や加工時の当て傷などの凹凸が付きやすい。	平面寸法中～小 輸送時は梱包可能な大きさのものもある。
塗装場所	屋内・屋外 未硬化時の塗料への埃や虫の付着が発生する可能性がある。	温度・湿度管理されたブース内 未硬化時の塗膜への埃などの付着を軽減できる。 温度管理により同品質の塗膜が可能
乾燥	自然乾燥 天候により硬化時間にムラが出来る。(湿度など)	乾燥炉での焼き付け 未硬化時の期間が短いと埃の付着を防止出来る。
研磨	なし	あり 研ぎ工程にて微量の埃も除去し平滑な表面を形成できる。
重視	防食重視 上塗りに光沢はあるが、現場塗装部は刷毛塗りなどによる凹凸も発生する。研磨は行わない。	外観重視 上塗りでクリアー（樹脂のみ）塗装を行い光沢を出す。 研磨によりより光沢を出す。
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場塗装完成後の輸送時に傷が付く場合がある。</li> <li>補修はタッチアップ（刷毛）で行う</li> <li>現場塗装は刷毛のため工場塗装とのムラがある。</li> <li>現場塗装は野外のため埃や虫の付着などが考えられる。</li> <li>完成後の管理で洗浄などは行わない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工場ラインのみで塗装が完成する。</li> <li>完成時の輸送は専用の積載車にて輸送する。積載車との固定も塗装面ではない箇所の金具と固定。</li> <li>使用後も洗車やワックスにて光沢を維持している。</li> <li>平滑であるため凹凸が目立ちやすい。</li> </ul>

鋼橋において、自動車の塗装のような景色がはっきりと写り込む程の「つややかな」塗装は、平滑さの施工が困難なため不可能である。しかし、橋梁に使用される一般的な上塗塗装でも完成直後には図 1.5.4 のような光沢が見られる。

光沢の減少は、塗料そのものもつ光沢保持性だけでなく「汚れ」が影響する。完成後に排気ガスや粉塵の付着により「汚れ」が生じて光沢が低下するため、完成時の光沢を維持するのは困難である。



図 1.5.4 つややかな塗装

近年は「汚れ」対策として底汚塗料・防汚塗料がなどの研究が行われている。橋梁における完成時程度の「つややかな」塗装は、上塗りに樹脂を多く含み、光沢保持率の高い塗料を使用し、完成後も水洗いなどの処置により「汚れ」を除去できれば可能であると考えられるが、車のような「つややかな」塗装は、鋼橋の塗装方法や部材の大きさにより困難であることが解った。光沢度だけで言えば、光沢の高い化粧板パネルのようなものを使用すれば可能と思われるが、車と同様な維持管理（洗浄や研きなど）については困難である。

## （2）つや消し塗装

電化製品のような小さな範囲では目立たないが橋梁のような大きな部材の広い範囲では塗り継ぎ部でつやムラが生じる。当て傷等の補修部も同様につやムラとなる。つやムラが生じた場合は美観を損ねることとなるため「つや消し塗装」も、車における「つややかな塗装」と同様、橋梁の塗装として美観を要求する品質を確保し難い塗装と言える。つや消しと同じ光沢度の溶射については、溶射皮膜を環境から遮断し耐久性を向上させたり、環境との調和のため表面を着色する目的で溶射皮膜の上から塗装を施す場合がある。溶射皮膜表面は凹凸があるので、塗装仕上げを行う場合の塗料使用量を通常より若干多することで、おおむね平滑に仕上げている。

今後の封孔処理への着色技術向上や、塗装仕上げ時の塗料使用量の調整（平滑を求めない）により、溶射皮膜の凹凸を活かした「つや消し塗装」や「ザラザラ塗装」の表面が得られる可能性があると考えられる。耐候性鋼材についても緻密で均一な安定錆びの発生により「つや消し」効果が期待できるが、外観色は茶褐色のみである。

## （3）凹凸のある表面の粗い「ザラザラ」塗装

本来の塗装性能が、貼り紙防止で美観重視でない塗装であり景観を重視する場合に採用しない塗装であると考えられるが、ザラザラは骨材によるもので塗料としては一般的塗料と同じように光沢がある。

塗料に骨材が混入しており、工場内でのエアレススプレー使用が出来ないため上塗り塗装がローラー又は刷毛によるものとなる。ローラーと刷毛による塗装が可能と言う点では現場塗装が可能であるため橋梁への採用は可能と考えられる。ただし、大面積を塗装する場合に人の手によるものになるため時間が掛ることとなる。

一般的には狭い面積に使用されている塗装であるが、橋梁などの広い平面に使用した場合にどのような景観評価が得られるか確認する価値がある。ある程度寸法がある模型にて「ザラザラ塗装」を再現すれば評価可能と思われるが、高評価と成った場合でもコスト面との比較を行い判断する必要がある。

### 1.5.3 まとめ

現在、鋼橋に求められる塗装は、防食性能を重視されている。また、美観については、景観検討や色彩計画にて環境色に調和した色彩の選定が主であり、色調や表面の風合いといった要素までは検討されていない。

本検討では、一般の商品に求められる美観と同じような塗装（つややかさ、つや消し）による表面の風合い演出が可能かどうかを調べた。調査の結果、鋼橋の製作における塗面の下地処理、塗装方法、輸送方法、完成後の維持管理などについて電化製品や自動車といった商品と同じような美観を求める事は困難であることが確認できた。

今後の課題として、橋梁への摘要の可能性がある「着色を行ったつや消し塗装」と「凹凸で光沢のあるザラザラ塗装」について上部工のデザインや環境との調和を考慮した景観評価を行うとともに、塗装方法が一般的でないためコスト面からの検討を行う必要がある。