

特集 鉄鋼材料への機能性付与
鋼橋の防錆・防食機能

塗装による 橋梁の長寿命化

鋼橋では長年にわたり、防錆・防食対策として一般に塗装が用いられてきた。塗装はさびを防ぐだけでなく、外観を美しく見せる機能を持っている。しかしこれらの機能は時間経過とともに低下していく。要求される性能を維持するための塗り替え、補修が継続的に実施されることが、塗装橋の長寿命化につながっている。

日本海を望む海岸線に建つ餘部橋梁（兵庫・香美町）

90年の歴史を刻む餘部橋梁

山陰本線を走る列車は、険しい山間を走っていたかと思うと、突然驚くほど高い鉄の橋の上に出る。日本海から吹く強い風。見下ろせばリアス式海岸と断崖が連なる。餘部橋梁は、厳しい自然環境の中で、90年余の歴史を重ねてきた。

明治末期、山陰本線の建設が進み、餘部橋梁の建設が開始された。1909（明治42）年に着工し、1912年に完成した。米国USスチール社の子会社アメリカンブリッジ社の鋼材を海上輸送し、長さ310.59m、高さ41.45m、総重量1,010tという当時東洋一のトレスル型橋梁が完成した。

橋梁全体の塗装面積は21,380m²である。新設時には、現場でさび止めと上塗り塗料を調合し、さびを削り落とし、組立て前に2回塗布、組立て後に1回塗布したという記録が残っている。

餘部橋梁と海岸との距離は約150mしかない。周辺の兵庫県北部の但馬地方は、山陰地方でも降雨、降雪日数が多い環境である。餘部橋梁の歴史は、さびとの戦いだったと言っても過言ではない。最初の塗替え塗装は、建設から3年後のことで、大正6年からは専属の保守係が常時保守を担当した（以後、1958年までで終了）。1947年以降は、1回当たり約3,500m²ずつ分割して塗替え塗装をしてきた。塗替え周期は5～6年である。そのほか鋼材の取替えなどの補修も継続して行われてきており、現在でも、腐食部材の取替え



餘部集落周辺の海岸線では山が海岸線に迫っており、山陰本線の線路は多くのトンネルが山を貫いて走っている。そのため、餘部駅は集落から40m以上も高い位置にある。（国土地理院発行2万5千分の1地形図を元に作成）

や塗装の定期的な塗替えなど、他の鉄道橋にくらべてもかなり丁寧に保守が行われている。1968年から8年間にわたる大改修が行われ、多くの部材が取替えられたが、橋脚の主構と鉄桁本体は建設当時の部材がそのまま使われており、現在に至っている。

社会の要請に応じて進化してきた塗料

日本の終戦直後には、鉛系防錆顔料とボイル油とで製造された調合ペイントが、鋼橋の代表的な防食塗料であった。1950年代になると道路橋の建設需要が増大し、「鉛丹及び鉛系さび止め塗料と合成樹脂調合ペイント上塗り」の塗装系が主流となった。ただし当時は、ミルスケールが除去されていない鋼材に塗装していたとい

日本の鋼橋の始まり

日本で最初の鉄の橋は、1868年長崎に建設されたくろがね橋である。使用された錬鉄は海外から輸入され、英国、米国の技術者で建設された。国産の鉄が使われたのは、1878年の「弾生橋」（現在の八幡橋）が初めて、アーチ部は鋳鉄、アーチ下部を結ぶ水平材や腹板には錬鉄が使われた。1888年には初めて鋼材を使った鉄道橋である「天竜川橋梁」が建設された。1923年の関東大震災で、東京の橋は大きな被害を受け、その架け替えとして建設されたのが、今も隅田川に架かる永代橋や清洲橋である。この後、第二次大戦後にも、戦後の復興の時期に多くの鋼橋が建設された。

明治時代から昭和初期までは、防錆塗装にはボイル油と調合鉛丹を調合したものが多く使われていたが、その後、弁柄や鉛系さび止め顔料を主体とした調合ペイント、さらに油性さび止め塗料が次第に普及し始めた。



くろがね橋



八幡橋



清洲橋

う。1960年代には、高度経済成長期に入り、数多くの鋼橋が建設され始めた。またあらかじめ素地調整、一次プライマーを行った鋼材を、橋梁工場で加工、下塗りし、現場に運搬、架設後に中・上塗り塗装を行う工法は、この頃確立された。

戦後から1960年代ごろまでの間に、高分子化学の著しい進展とともに、長油性フタル酸樹脂塗料、塩化ゴム系塗料、エポキシ樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料など、現在使用されている大部分の塗料類が開発された。鋼橋に適用するための塗装仕様標準化は1965年ごろに始まり、ほぼ同時期に道路橋と鉄道橋で標準化が行われている。またこの頃、経済成長とともに大気汚染が深刻になり、耐久性の高い塩化ゴム系塗料などが採用されるようになった。

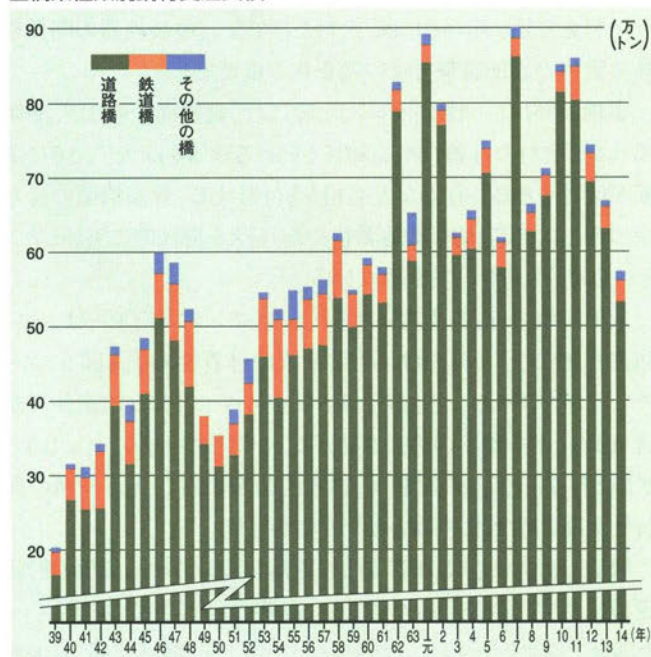
1971年本州四国連絡橋プロジェクトの基本計画の作成が開始され、土木学会により「本州四国連絡橋に適用する防錆塗装基準(案)」が答申された。

海上長大橋や海岸に近い橋梁の防錆塗装は、塗替えが難しいため塗替え間隔を長くせざるを得ない。そこで本四連絡橋では、無機ジंकリッチプライマーを塗装された鋼板が加工された後、ブロック組立てしてからプラストし、下塗りに厚膜型無機ジंकリッチペイント、中塗りに厚膜型エポキシ樹脂塗料、上塗りにポリウレタン樹脂塗料を用いた、いわゆる重防食塗装系（長期防錆塗装系）が確立された。すなわち、重防食系は亜鉛系被覆と合成樹脂塗料を組み合わせたシステムである。防食の機構は、亜鉛の犠牲防食作用によるもので、従来のように防錆顔料が鉄の表面と水や酸素との接触を妨げることを利用した防食機構とは異なっている。こ

の考え方を基本とした重防食塗装系は、海上、工業地帯など特に過酷な腐食環境や、長大橋などの塗替え困難箇所などを中心に、現在広く採用されている。

なお重防食塗装系は、開発当初、海岸等の厳しい腐食環境での耐久性が10～15年と推定されていたが、その後の実橋等における実績から、現在では20～30年の耐久年数が期待されるようになっている。

■橋梁種類別鋼材受注実績



(社)日本橋梁建設協会調べ

**特集 鉄鋼材料への機能性付与
鋼橋の防錆・防食機能**


本州四国連絡橋を契機に重防食塗装の採用が本格化した(写真は明石海峡大橋)



大型のHT使用橋である南港大橋

■重防食塗装系の例

工 程	塗料または素地調整程度	膜厚 (μm)
前処理	ブラスト前処理 ISO Sa 2 1/2	—
	無機ジंकリッチプライマー	15
2次素地調整	ブラスト2次素地調整 ISO Sa 2 1/2	—
防食下地	無機ジंकリッチペイント	75
—	ミストコート	—
下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗	120
中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗	30
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	25

JSSCテクニカルレポートNo.61 (2004) (社)日本鋼構造協会より

適切な素地調整と最適塗料系の選択

塗料を有効に用いるには、塗料だけでなく、塗装機器の開発や被塗装物の素地調整方法の適正化が重要である。

素地調整は、一般に「ケレン」と呼ばれ、被塗面上のさび、油脂、汚れなど塗料の付着性や防錆性を妨げる物質を除去し、さらに塗膜が付着するのに有効な表面粗さを付与する。餘部橋梁の長寿命の理由には、適切な素地調整と塗り替えを継続的に実施したことが効果的だった、と言われている。

素地調整後、直接素地に塗られるエッチングプライマーは、一次防錆と、その上に塗り重ねられる塗膜の付着性向上を図る。エッチングプライマーの上に塗られるさび止めペイントには防錆顔料が含有され、水や酸素の透過を妨げる。その上に中塗り、上塗りなどが施される。上塗りの塗膜は、物理的強度が高く、光沢や色の保持性が高く、耐食性の高いものが求められる。

鋼橋の腐食状態は、道路橋と鉄道橋などの用途や、橋梁の形状、環境によって異なる。道路橋では、高欄、縦桁、主桁、主構といった部分で腐食しやすい。またリベットやボルト部、鋼材端部、溶接部、

コンクリートと鋼材の接触部なども腐食が生じやすい。鉄道橋では、枕木が直載される上フランジ上面は、水分の残留時間が長く、列車通過時の振動により上フランジ摩耗が起るため、最も腐食しやすい部分の一つである。

また塗装への要求性能として、鉄道橋では新設時と塗替え時の防錆補修を重視するのに対し、道路橋では新設時の美観や消音性、耐熱性、運用時の耐汚染性などに配慮して塗装を計画することが多い。とくに都市部で人の目に触れることの多い道路橋では美観や耐汚染性などの要素も同時に重要となる。道路橋と周辺環境との調和を図るため、より耐候性、なかでも光沢保持性に優れたふっ素樹脂塗料などが使用されることが増えている。

最近では、塗料や塗装工事を検討する際に、環境への配慮が強く求められている。鋼橋の塗装に関係するものとしては、鉛やクロム等の有害重金属類による土壌汚染やVOC(揮発性有機化合物)による大気汚染の対策が求められている。このうちVOC対策としては、シンナーを使わずにすむ無溶剤系塗料や水系塗料の開発、実用化が進められている。また大気汚染、騒音、臭気などの対策を考える場合には、塗装作業における労働安全衛生対策についても考慮する必要がある。

鋼材を保護し、橋の美観を守るため、橋梁の塗装はすでに広く普及し、長い歴史を重ねてきた。今後も、橋梁を始めとする鋼構造物を長く使用して後世に残していくには、塗装技術が活用されていくだろう。

- 取材協力 建設塗装工業(株) 桐村勝也氏、(社)日本鉄鋼連盟
- 取材・文 杉山香里