

橋梁塗替塗装の機械化

本州四国連絡橋公団 正会員 ○香川 晃 河野正樹

1. はじめに

社会基盤のストックの増加に伴い保全費用の縮減が求められている。本州四国連絡橋の塗装面積は 400 万 m^2 を越えており、その塗替塗装費用を縮減するためには、塗替塗装の機械化が必要になる。塗替塗装の機械化は古くから望まれてきたが実現に至っていない。その要因としては、複雑な橋梁の構造、脆弱な足場、塗料粉や塗料ミストの飛散防止対策などが挙げられ、実現するには、これらの課題を解決しなくてはならない。今回、当公団では、これらの課題を解決し作業能率 500 $\text{m}^2/\text{日}$ （10 人相当）のロール塗装による塗替塗装装置を開発した。本論文では、箱桁用ならびに主塔用の塗替塗装装置の開発にあたっての課題と解決方法、実橋での実験結果を述べる。

2. 基本方針

（1）機械化の対象

橋梁の塗替方針には、基層の無機ジンクリッチペイントの現場塗装が難しいため予防保全としての表層 2 層の全面塗替（4 種素地調整、中塗、上塗）と、メカニカルダメージの部分塗替（2 種素地調整、下塗、中塗、上塗）がある。対象部位も平滑面、添接部、ブラケット、リブなど多岐にわたるが、そのほとんどは平滑面の全面塗替であり、添接部や部分塗替は全体の 5 % 程度に過ぎず、機械化の対象から外しても影響は少ない。

また、すべてを対象とすると機構を複雑にし、かえって全体の効率を悪くしかねないため、機械化の対象は平滑面の全面塗替とした。なお、実際の開発にあたっては平滑面が広範囲である箱桁、吊橋主塔の順でノウハウを蓄積しながら、課題の解決、要素技術の確立に努めた。

（2）目標性能

機械化に当たっての目標性能は、人力施工と同等の品質の確保及び作業能率 500 $\text{m}^2/\text{日}$ （人の 10 倍）とした。

（3）工具の選定

通常、素地調整にはディスクサンダーが、塗装には刷毛が使用され、どちらも作業員が塗膜の状況を確認しながら工具の押付力、角度、移動速度、塗料の量などをきめ細かく調整している。これらは機械化に加えて作業能率の確保が困難である。また、ブラストやスプレー塗装は塗料粉や塗料ミストの飛散を生じ、屋外での使用には過大な飛散防止対策が必要になる。

そこで、対象面の平滑に着目し、素地調整には回転ブラシ（写真 1）塗装にはロール塗装（写真 2）を採用した。回転ブラシはカバーを設け塗料粉を集塵機（業務用掃除機）で回収して飛散を防止し、ロール塗装はロールと塗装面が密着して、塗料が連続的に転写されるため塗料ミストの発生は皆無となる。

作業能率も帯状に連続処理できるため工具長さと移動速度の積に比例し、人の 10 倍の目標も十分満たすことが出来る。



写真 1 回転ブラシ



写真 2 塗装ロール

3. ロール塗装の課題とその対策

（1）ロール塗装のメカニズム

ロール塗装の構造は図 1 に示すように、ポンプから供給された塗料を圧送ロールで軸方向に均一に配分し、塗装ロールに転写、塗装ロールが塗料を塗装面に転写する。

キーワード 塗替塗装、塗装ロール、回転ブラシ

連絡先 広島県尾道市東御所町 1 番 20 号 電話 0848-22-5211（代） F A X 0848-23-8043

(2) 凹凸への対応

塗装面には、箱桁で±3mm、主塔で±0.5mm 程度の凹凸があるため、ロール内部をスポンジゴムとし、これを吸収した。また、スポンジゴムは塗料に侵されるため、耐溶剤性に優れるウレタン系ゴム材で被覆している。

なお、凹凸の大きさの違いから箱桁では2連装ロール（写真2）主塔では単ロール（図1）で対応している。

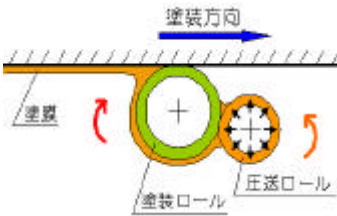


図1 ロール塗装メカニズム

(3) 塗膜厚の均一化

塗装面には水平面と鉛直面がある。特に鉛直面では、ロールを立てて塗装するため塗膜厚の均一化が重要となる。塗膜厚の均一化は塗料を分配する圧送ロールで決まり、図2のように塗料分配室の多室化で対応し、箱桁（水平面）では10室のものを、主塔（鉛直面）では24室とした。また、箱桁では塗料の均一化のため塗装ロール表面を起毛材で被覆したが、主塔では多室化により不要になった。

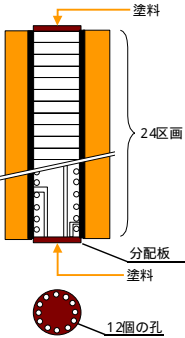


図2 圧送ロール



写真3 箱桁用塗装装置

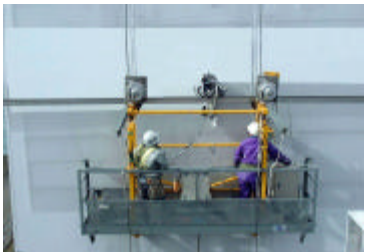


写真4 主塔用塗装装置

4. 橋梁塗替塗装装置の構成

(1) 箱桁用塗装装置

回転ブラシ又は塗装ロール、それらを支持する5自由度の多関節アームを有するユニット支持装置で構成し、既設の桁外面作業車に搭載する。塗装作業は作業車を走行させれば、塗装ロール長さ分（50cm）帯状に塗装できる。（写真3）

(2) 主塔用塗装装置

回転ブラシ又は塗装ロール、それらを支持し横行するシャトル及び横行レールで構成され、当公団で先に開発した磁石車輪ゴンドラに搭載する。作業はロールを立てて横方向に塗装し、ゴンドラの下降で次パスへ移動する窓拭きの要領とし、一連の動作を自動化している。（写真4）

5. 橋梁塗替塗装装置の性能（実橋実験結果）

(1) 素地調整品質

品質管理には、目視の他、光沢度で定量的に判断した。光沢度の目標は実施工の素面粗さから15～20%とした。素地調整の程度はブラシの回転数が支配的であり、塗膜の劣化状況により3000～4000rpmに調整した。品質は目視、光沢度ともに管理目標を満たしている。

(2) 塗装品質

品質管理には外観、塗膜厚、付着力があるが何れも人力施工と比較して遜色ないものであった。特に主塔（鉛直面）においても均一な塗膜厚（表1）を得られたほか、無起毛ロールにより気泡の発生も解消できることが解った。

(3) 作業能率

箱桁、主塔ともに素地調整、中塗、上塗のいずれもが作業能率100m²/hr以上であり、日実働6時間として目標とした500m²/日を十分に達成している。また、必要な作業員は箱桁で3名、主塔で2名であり大幅な省力化を達成し、その経済効果は本州四国連絡橋全体で4億円以上になる。

6. まとめ

本開発により、箱桁並びに吊橋主塔の塗替塗装を機械化することが出来たが、これらの対象面積は本州四国連絡橋全体の1割程度に過ぎない。今後は、これまでに得られた知見をフィードバックするとともに、より複雑、かつ対象面積の大きな鋼床板やトラス部材へ取り組む所存である。

表1 塗膜厚の比較（主塔）

実測値及び管理目標値		機械塗装		はけ塗り (多々羅)
		中塗り	上塗り	
実測値	基準膜厚(μm)	30.0	25.0	30.0
	最大値(μm)	53.1	45.2	49.0
	最小値(μm)	27.0	19.3	24.0
	平均値(μm)	33.8	32.5	36.5
	標準偏差	3.9	5.7	5.8
管理目標	変動係数(%)	11.7	17.6	16.0
	最小値>基準膜厚×0.7	21.0	17.5	21.0
	平均値>基準膜厚×0.9	27.0	22.5	27.0
	標準偏差<平均値×0.2	6.8	6.5	7.3
	中塗り719個、上塗り718個の上下方向、左右方向データより算出			