

24. 橋梁塗装の自動化

建設省関東技術事務所：*唐沢 則次・高山 和法

1. まえがき

現状の橋梁塗替作業は、大掛りな吊り足場や防護工を架設し、閉鎖空間内で人力により施工されている。作業は高所作業のため危険を伴い、粉塵等が発生する中での汚れ作業で労働環境が非常に厳しく、さらに特殊技能と熟練を要し、作業員の確保など多くの問題をかかえている。

一方、昨今のメカトロニクス分野に代表されるように、建設技術に関しても近年の技術躍進は目覚ましいものがあることから、建設省でも安全性向上や苦渋作業の解消と施工の合理化を目的に、橋梁塗装の自動化システムの調査開発を行ったものである。

2. 現 況

2-1 橋 梁

塗装の自動化を推し進めるにあたり、対象とする橋梁の指標を得るため、関東地方建設局管内の道路橋を対象に実態調査を行った。

これによると図-1に示すように塗装の塗替を要する鋼橋が約70%を占め、さらに構造形式では図-2のように鉄桁構造のものが約80%を占めている。



図-1 橋梁材質分類表



図-2 鋼橋構造形式分類表

これらの橋梁は、橋長20~100m、径間は30m前後で3~4径間のものが多く、架設場所は渡河橋が約70%で、このうち歩道付が半数であった。

2-2 塗替作業

塗装作業の実態は6~7年の周期で、関東地方建設局管内の塗替件数は年間約70橋前後である。作業はあらかじめ橋桁下に単管吊足場等、作業員の足場を架設し、清掃・素地調整による周辺への飛散や塗料・工具等の滴下及び落下を防止するためのシート囲いを主体とした防護

を架設する。次に7～8人パーティの塗装工が、先づディスクサンダを主体とした素地調整（ケレン作業）を行ない、次にハケ塗りによる下塗、中塗、上塗を行っている。図-3に作業手順を、図-4、図-5に素地調整作業と塗装作業状況を示す。

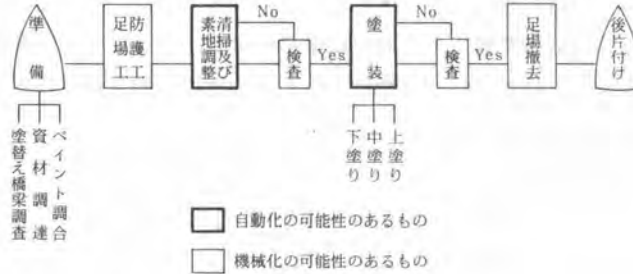


図-3 塗替作業手順



図-4 素地調整作業



図-5 塗装作業

2-3 橋梁の維持管理関係の自動化

塗装作業をはじめとする橋梁の維持管理に関する自動化の現況は、大規模な橋梁で常備用の検査車が多くなってきたが、一般橋梁では橋梁点検車などが数台しかなく、汎用性の高い機械足場は未開発であり、これらは諸外国でも同様である。



図-6 常備用検査車（英国、ハンバー橋）

2-4 産業用ロボット

塗替作業を人手に代って自動化するという見地から、技術躍進が著しい産業用ロボットの現況を調査した。その結果、人間に代り単純作業や危険作業、汚れ作業、重労働的な作業などにロボットは活躍しているが、これらのロボットはあらかじめ人間が動作パターンを教示し、単純にそれを繰り返す行うティーチング・プレイバックロボットが主流であり、作業内容やその手順などを理解し、作業対象物の現況を的確に判断し自ら適所、適法による作業を行える知能ロボットの開発には至っておらず、現状では作業の順序、位置決め、動作速度などの作業情報

を、計算機により数値化し与え、指令された作業を行う数値制御（NC）ロボットが最も高性能なロボットといえる。

3. 自動化のための基本方針

既設橋梁や塗替えの実態等を踏まえ、対象橋梁や作業方法などについて関東地方建設局管内の「橋梁塗装自動化委員会」に答申し、自動化する上での指導、助言を受けるとともに、表-1に示す基本方針を設定し、開発を推し進めた。

項目	基本方針
自動化への必要性	高所作業による危険からの回避 ……安全性 ダーク作業による若年労働力不足 ……省力化 足場仮設による資材労力軽減 ……省力化 新技術導入による技術開発と活性化 ……効率化
対象橋梁	建設省標準設計にもとづく钣桁及び箱桁とし、径間長30m、径間数3～4、歩道付の2車線で渡河橋とする。
素地調整	現行の3種ケレンを目標とし、防塵対策を施す。
塗装	飛散防止対策を十分に施したスプレー塗装とする。

表-1 橋梁塗装の自動化基本方針

4. 自動塗装システム

産業用及び建設用ロボットの現状、動向並びに適応性などを基に、基本方針に既応しかつ、現状で実用可能な先端技術を導入すること、及び周辺環境への影響度の低減などを前提とし、基礎実験等を実施してシステムの検討を行った。

4-1 素地調整と塗装方法

素地調整の方法には、手工具、動力工具、プラストに大別できるが、周辺環境に及ぼす影響、装置の大型化等と施工性に関する諸試験の結果、現状では動力工具をロボットが持ち作業を行うことを基本とした。

また、塗装の方法は現状ではハケ塗りで行われているが、ロボットによる自動塗装の場合、複雑、微妙で熟練性の極度に高いこの方法で行うことが現状では難しいことから、吹き付け方法とし、かつ環境面を重視し、溶着効率のよいホットエアレス方式とした。

4-2 橋梁への装置装着と移動方式

塗替作業は橋下の主桁、横桁、対傾構等橋の主構造部分の作業のため、ロボットが作業するための移動足場を設けなければならない。橋上、橋下などからの方法を検討した結果、橋上の交通障害、橋下移動の容易性と精度面などから、当面钣桁橋の主桁下フランジに4組（8個）のクランプで懸架し、このクランプで橋軸方向へ尺取虫のように移動するものとした。

4-3 自動塗装システム

各種の実験及び検討等の結果、図-7に示す橋梁自動塗装システムを開発した。

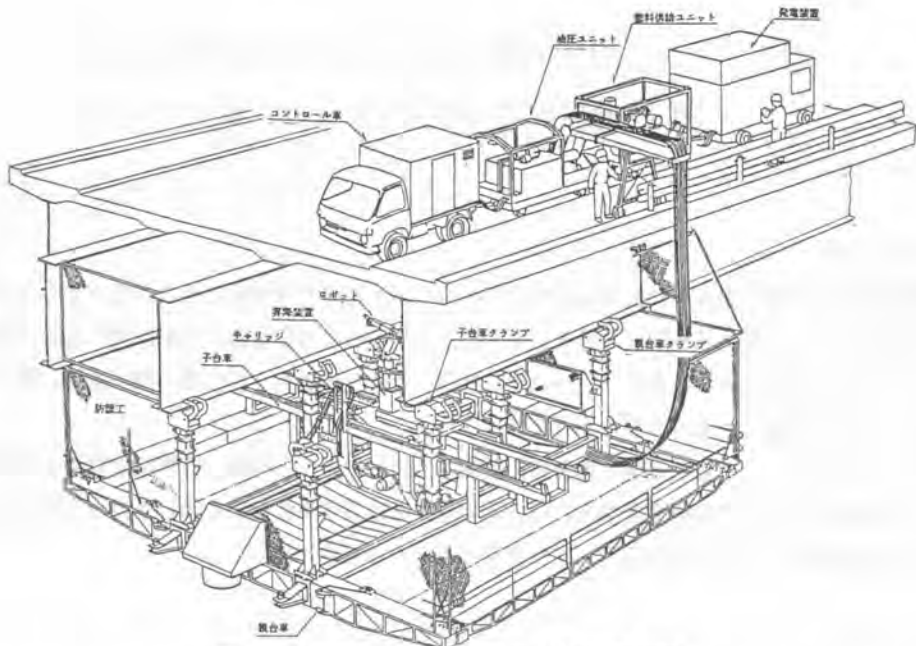


図-7 橋梁自動塗装システム全体装置図

本システムは(1)素地調整・塗装作業用ロボット(6軸多関節型、油圧式)と、(2)ロボットの基台となり橋下を自在に移動可能な懸架装置、(3)作業時に発生する粉塵、塗装霧の周辺への飛散を防止する防護工装置、(4)ロボットや懸架装置、塗装機器などの動力・制御などを行う支援装置から構成される。

システムによる塗替作業は、あらかじめ対象橋梁の構造・寸法などを基にNCによる作業プログラムを作成し計算機に収納する。次に鉸桁の下フランジに懸架装置をクランプにより架設し、ロボットを搭載し組立てる。また、支援装置を橋上等に置き、懸架装置・ロボット等を結束し、防護工装置などを組立て、NCの作業プログラムにより素地調整と下塗作業を対傾構間を1ブロックとし、繰り返し全面施工した後、順次中・上塗作業を行う。なお前述したように、本システムは素地調整をディスクサンダー方式を、塗装はホットエアレススプレー方式とし、主桁下フランジを尺取虫のようにクランプ掴み替えながら移動し、ロボットが作業を行うものである。当面自動作業は素地調整と塗布作業であり、装置の設置、施工ブロック間の移動、防護工装置の展開・収納などは人力が主体となる。

5. あとがき

現状の技術を踏まえ、効果的と思われる方法・装置等を各検討し、橋梁自動塗装システムの開発のため、調査・試験を実施して、システムを浮き彫りにしてきた。しかし、全自動化を今後推し進めるためには、知能ロボットの開発などこれからの技術躍進に期待する要素が大きい。また、橋梁の形状は個性化、多様化の方向にあるが、塗装システム等維持管理用設備が容易に橋下へ懸垂できるレールの設置や、橋梁添架物の集合化など橋梁側でも考慮していくことも必要と思われる。