

箱桁橋梁塗り替え用塗装ロボットの開発

廣田 昭次・河野 正樹・土山 正己

従来、本州四国連絡橋における塗り替え塗装方法は人力に限られていたが、今回、箱桁橋梁の塗り替え用塗装ロボットを開発した。本ロボットは、既設の桁外面作業車に搭載して桁外面作業車を走行させることにより、素地調整作業から塗装作業まで一連の塗り替え作業ができるものである。

キーワード：箱桁橋梁、塗り替え塗装、塗装ロボット、回転ブラシ、塗装ロール

1. はじめに

本州四国連絡橋は、多数の長大橋梁で接続された自動車専用道路である。海峡部橋梁は鋼橋であるため塗装を施しているが、紫外線や大気中の有害成分により劣化するため15～20年程度のサイクルで塗り替えが必要となる。この作業は膨大な面積を対象とした、高所かつ寒風または酷暑の中での苦渋作業となるため機械化が望まれていた。また、維持管理費を縮減するには、塗り替え費用の低減が必要になる。

これらの課題を克服し、塗装作業の省力化、高速化、そしてコスト縮減へ取組むために図-1の概念に沿って箱桁橋梁塗り替え用塗装ロボットを開発した。

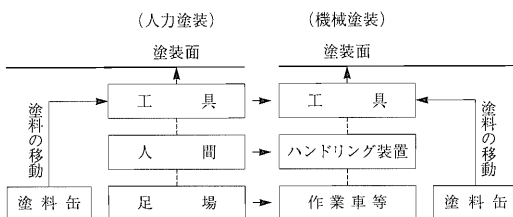


図-1 機械化の概念

2. 機械化の基本方針

橋梁塗り替え塗装の機械化は、次の方針に沿って進めることとした。

- ① 箱桁を対象とする
- ② 全体の95%を占める平滑部を対象とする
- ③ 対象作業は4種素地調整+2層塗り替えとする

- ④ 添接部は人力施工とする

3. 機械化における技術的課題

これまでに、橋桁の塗り替え作業を機械施工した事例は皆無であり、次の技術的課題を克服しなければならない。

- ① 塗料ミストが飛散しない塗装方法の開発
- ② 橋桁表面の溶接ビードや溶接歪みによる凹凸に影響されない素地調整方法と塗装方法の開発

4. 塗装ロボットの全体構成

塗装ロボットの全体構成を図-2に示す。橋桁下面の全長にわたって走行する桁外面作業車上に、塗装ロボットを搭載する。

本ロボットは超小型クレーンのイメージであり、上下方向に昇降する伸縮自在の多関節アームの先端に、素地調整用回転ブラシまたは塗装用塗装ロールを取付けて桁面に押付け、桁外面作業車の走行と連携して作業する。走行端に達すると、作業幅分(50cm)だけシフトさせ元の位置まで走行する。この繰返しで橋桁全面を塗装するものである。

5. 塗装ロボットの構造

本ロボット(図-3参照)は重量約500kg、5自由度の多関節アーム、コンプレッサ、集塵機、塗料ポンプ及び制御装置等を有し、素地調整用回転ブラシや塗装用塗装ロールを作業位置に支持する

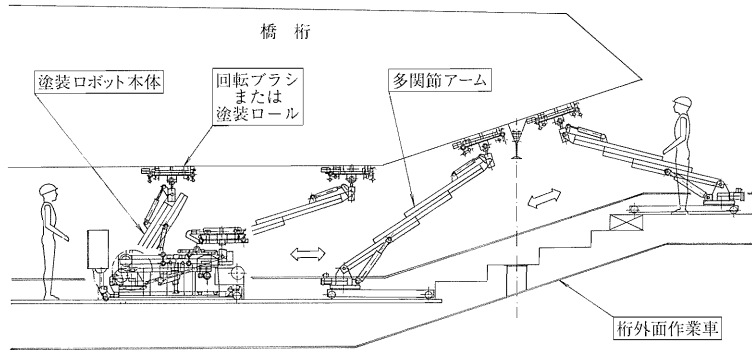


図-2 塗装ロボットの全体構成

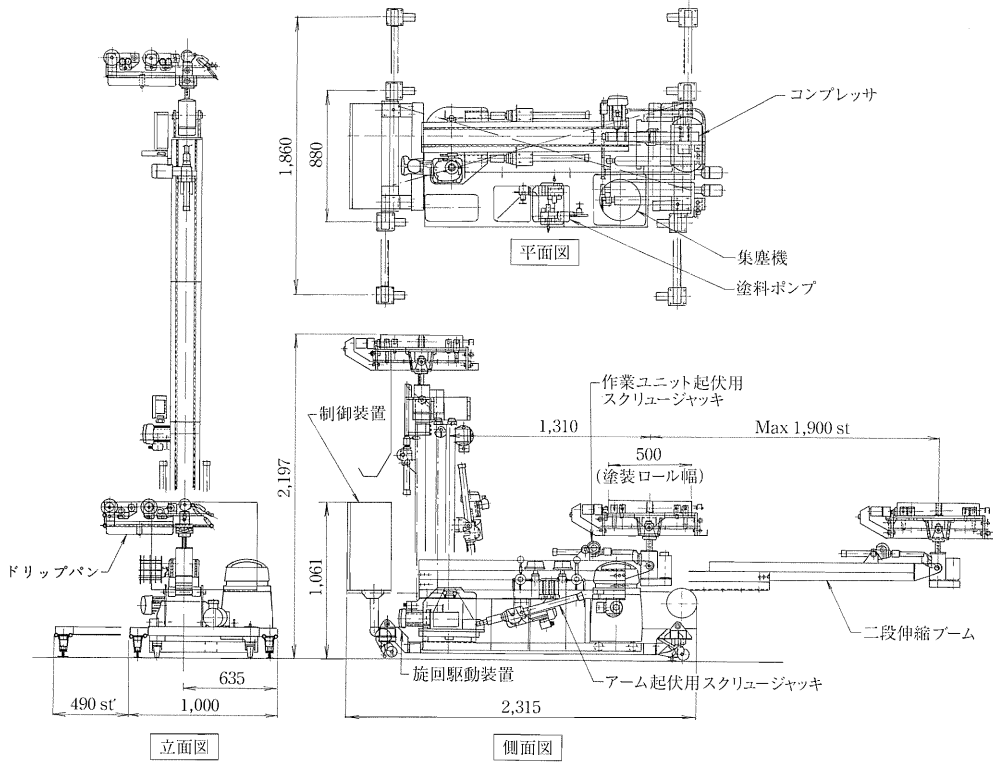


図-3 塗装ロボット一般図（塗装ロール装着時）

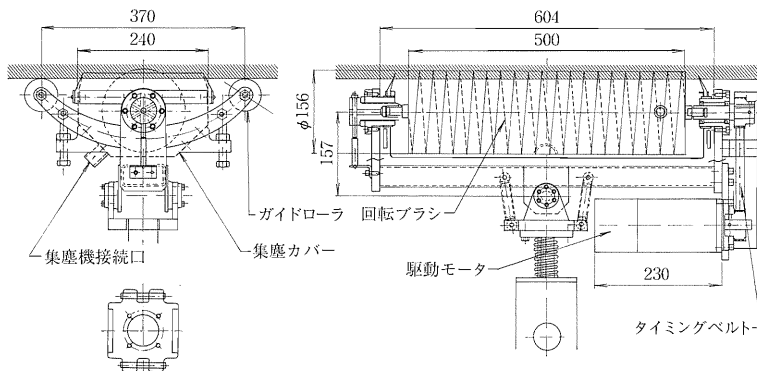


図-4 回転ブラシ一般図

ものである。回転ブラシ及び塗装ロールの構造は、前述の技術的課題を踏まえて室内実験を行い決定した。

(1) 回転ブラシの構造

図-4に回転ブラシの一般図を示す。回転ブラシは、凹凸面におけるアンカーパターンと4種素地調整度合の均一性を確保できるよう、ブラシ材質として砥粒入りナイロンブラシを選定した。ブラシ繊維は、凹凸面に馴染むように柔軟な材質を採用した。また、ケレン粉の飛散防止用に回転ブラシをカバーで覆い、集塵機で吸引する構造とした。

(2) 塗装ロールの構造

図-5に塗装ロールの一般図を示す。塗料ポンプから圧送ロールへ塗料を圧送し、圧送ロール表面から浸み出した塗料を塗装ロールへ転着させて塗装する。塗装ロールの下面にはドリップパンを設け、塗料滴下を防止している。

塗装ロールは図-6に示すように、塗装面の凹凸を吸収するスポンジゴム、スポンジゴムを保護するゴム膜、塗料を塗装面へ運ぶ起毛材(ネル生地)から構成している。スポンジゴムに塗料の溶

剤が浸入すると、スポンジゴムが硬化して凹凸を吸収できなくなり、均一な塗装面とならない。したがって、ゴム膜は重要な役割を担うため、室内実験で確認して、耐溶剤性に優れるウレタンゴムを採用した。

このロールを、図-7に示すように、進行方向に対して先行ロールを正転、後行ロールを逆転させて、一定の塗装品質を確保した。また、塗装品質を均一にするには、塗装ロールの全幅へ均一に塗料を転着させる機能を有する圧送ロールが不可欠となる。この圧送ロールは、軸方向に内部が10区画に分割されており、全区画に同一量の塗料を

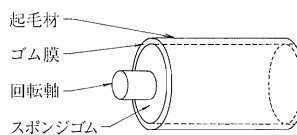


図-6 塗装ロールの構成

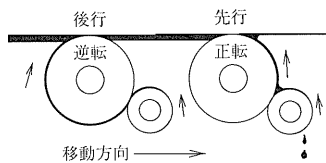


図-7 ロールの回転方向

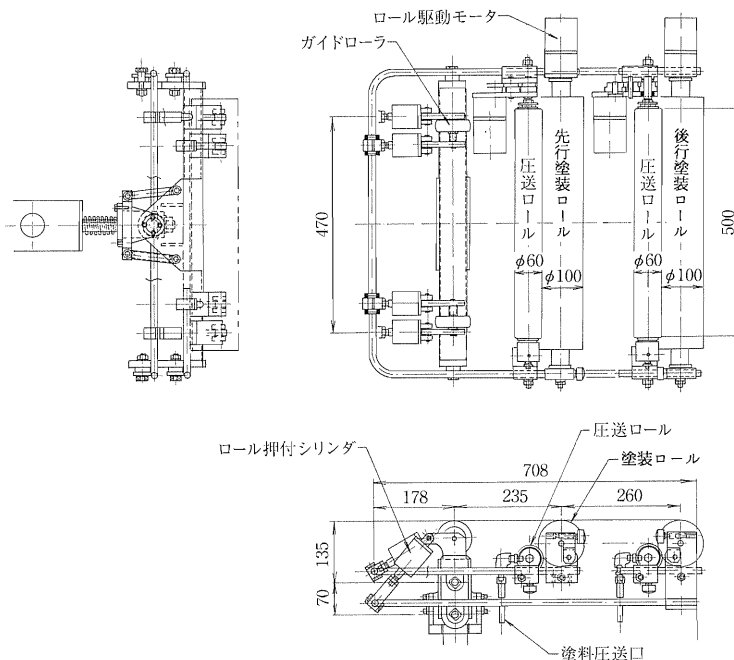


図-5 塗装ロール一般図

供給できる仕組みであり、箱桁の傾斜面や鉛直面にも対応できる。

6. 実橋実験

本ロボットの性能確認を行うために、箱桁橋であるしまなみ海道の大島大橋（図-8参照）において素地調整作業・塗装作業の実験を実施した。

写真-1に現場全景、写真-2に塗装ロボットの全姿を示す。

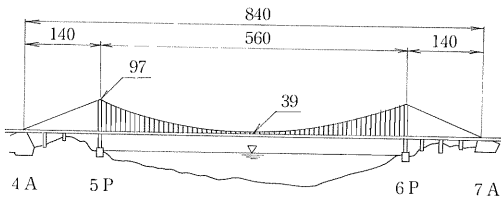


図-8 大島大橋模式図

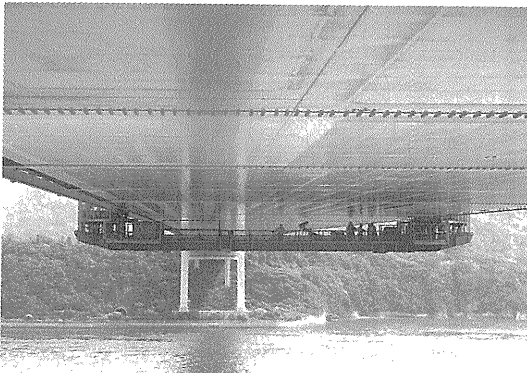


写真-1 現場全景

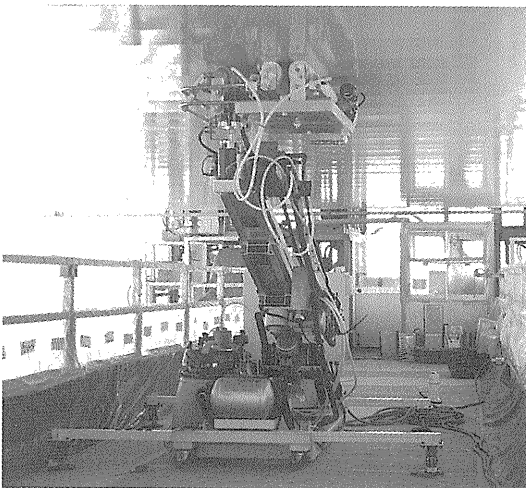


写真-2 塗装ロボット全姿（塗装ロール装着時）

(1) 実験概要

- ・施工対象面積：約 3,000 m²
- ・施工範囲：幅 17 m × 長さ 178 m
- ・素地調整仕様：第 4 種
- ・塗装仕様：中塗り エポキシ樹脂塗料，
30 μm 以上
上塗り フッ素樹脂塗料，25
μm 以上
- ・桁外面作業車仕様：主要寸法 27 m × 3 m
走行速度 5～30 m/分
搭載重量 1,600 kg
給電方式 長尺型三相絶
縁トロリ

(2) 実験結果

(a) 素地調整

素地調整品質は、一般部はもとより不陸部や溶接ビード部においても第 4 種を満足しており、ブラシが塗装面に十分に馴染んでいることが確認された。また、均一なアンカーパターンを得ることができる基準として、光沢度計による測定値が 20% 以下として管理した。実験ではブラシの回転数が 4,000 rpm 時で 10～20% の光沢度に管理できた（写真-3 参照）。

(b) 塗装

塗装は、一般部はもとより不陸部や溶接ビード部においても均一に施工できており、塗装ロールが塗装面に十分に馴染んでいることが確認できた。

塗装直後の塗膜厚は、ウェットフィルムゲージで適宜測定した。その結果、中塗り・上塗りともに塗料メーカーの示す現場管理値である 70 μm

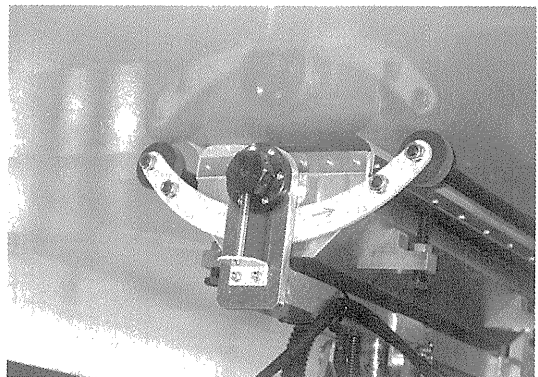
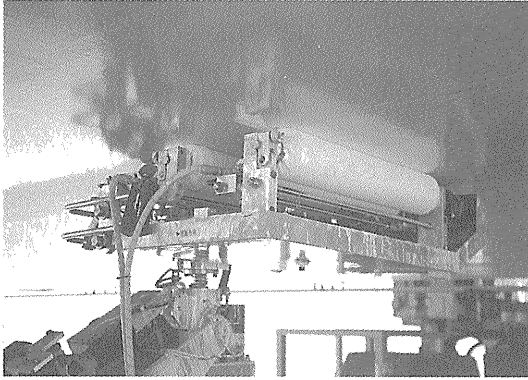


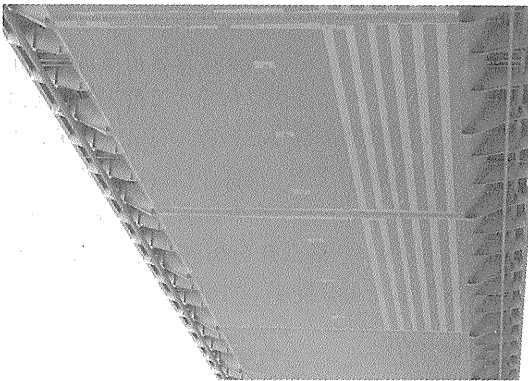
写真-3 素地調整状況

を目標に管理できた。

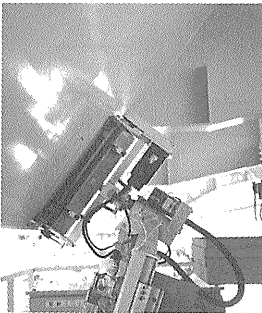
乾燥膜厚については、新橋の工場塗装の基準膜厚値である中塗り $30\mu\text{m}$ 、上塗り $25\mu\text{m}$ を準用した。電磁膜厚計で 350 点測定した膜厚平均値は、中塗り $37\mu\text{m}$ 、上塗り $32\mu\text{m}$ であり管理値を満足した（写真—4、写真—5 参照）。



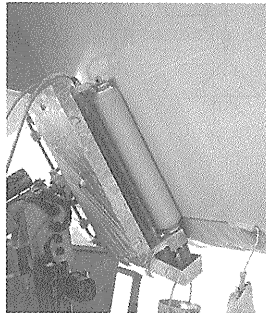
写真—4 塗装状況



写真—5 桁下面の塗装状況



写真—6 傾斜部素地調整



写真—7 傾斜部塗装

(c) 傾斜部の品質

箱桁の傾斜部にて、素地調整及び塗装の品質を確認したところ、水平部と同様に問題なく施工できた。塗装については、塗料だれにより膜厚が不均一となる懸念があったが、ウェット膜厚を上下方向に 3 箇所測定し、均一であることを確認した（写真—6、写真—7 参照）。

7. おわりに

今回開発した橋梁塗り替え用塗装ロボットは、施工能力を人力の 10 人分相当である $500\text{ m}^2/\text{日}$ に設定していたが、今回の実験において $500\text{ m}^2/\text{日}$ 以上の能力を有することを確認した。

機器自体が非常にコンパクトであるため、桁外面作業車が設置されている箱桁橋梁であれば、他橋にも転用できることから、建設業界の労働者不足にも対応でき、我々の命題である橋梁維持管理技術の向上、維持管理費の縮減に貢献できるものと確信している。

【筆者紹介】

廣田 昭次（ひろた しょうじ）
本州四国連絡橋公団
第三管理局
保全部
機械課
課長代理



河野 正樹（こうの まさき）
本州四国連絡橋公団
第三管理局
保全部
機械課



土山 正己（つちやま まさみ）
株式会社ブリッジ・エンジニアリング
施設部
部長

