

港大橋塗装塗り替えにおける塗膜調査と塗装仕様

阪神高速道路管理技術センター
調査部 調査第1課 坂根 英樹

(社) 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
近畿地区委員長 ○ 森川 肇



まえがき

港大橋は1970年（昭和45年7月）に着工し4ヵ年の歳月と355億円の巨費を投入されて完成、1974年開通した自動車専用道では当時、世界第一位を誇る全長980mのゲルバートラス橋で日本を代表する長大橋である。その後1985年（昭和60年）に下路が追加架設された。高度成長期に建設されたこの長大橋を将来に渡りメンテナンスしていくことが、大きな課題であり、そのための塗膜調査と塗装仕様を検討した。

1. 概要

下路以外の上路、トラス部については1985年（昭和60年）～1993年（平成5年）までの間に塗り替え塗装が行われた。その結果、下路の塗膜は約16年経過し、上路、トラス部の塗替えられた塗膜については15年～9年経過し、塗膜の損傷が見られるようになった。本稿では、今後の塗装塗り替え計画立案の基礎資料を得るために実施した、塗膜損傷程度の調査と施工方法に関する調査結果及び塗装仕様について報告する。

2. 塗膜調査（外観調査・計測測定・分析調査）

外観調査は鋼桁を 91 格点に分割し、さび、はがれ、われ、ふくれ、変退色、汚れ、漏水、について調査した。調査は検査路、走行台車、ゴンドラ、周辺路面から行い、調査の点検基準は「道路構造物の点検基準（土木構造物編）平成 8 年 5 月阪神高速道路公団」によって行った。

計測測定は損傷程度を正確に掌握するために代表的な部材と部位について塗膜厚測定、基盤目試験、付着強さの測定、塗膜の劣化度測定、白亜化の測定、変色度の測定を行った。

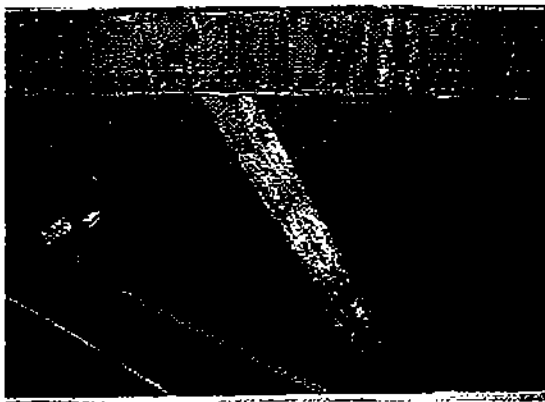
分析調査は水可溶成分の陽イオン、陰イオンの定量分析を行った。

3. 調査結果と劣化原因

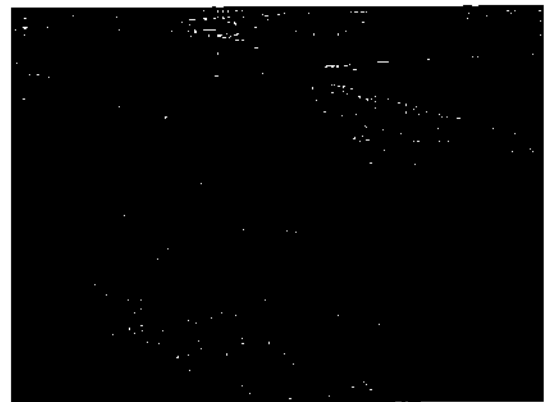
（1）外観調査結果

①本橋トラス部

錆は全体的に少ないが、横桁下面と高力ボルト接合部及び横構下面に著しい錆が認められ横桁下面と高力ボルト接合部には部分的に孔食ヶ所が見られた。本橋トラス部は弦材を中心として上塗り塗膜の消耗、トラス上面の変退色が大きく、はがれがあり損傷度が高い。この損傷の程度を塗り替えが必要な状態の部材比率で見ると昭和 62 年～63 年に塗装された南港よりのトラス部では 80% と多く、その後の平成 1 年～平成 3 年にかけて塗装された中央部のトラス部では 60%～70%、平成 4 年～平成 5 年に塗装された築港寄りのトラス部では 20% であった。消耗とはがれは特に上部及び外側面に多く紫外線による上塗り塗膜の劣化が原因と考えられる。塗膜の消耗とはがれは時間経過とともに進行しているので本橋トラス部の塗り替えは南港側から順次行うことが望ましい。



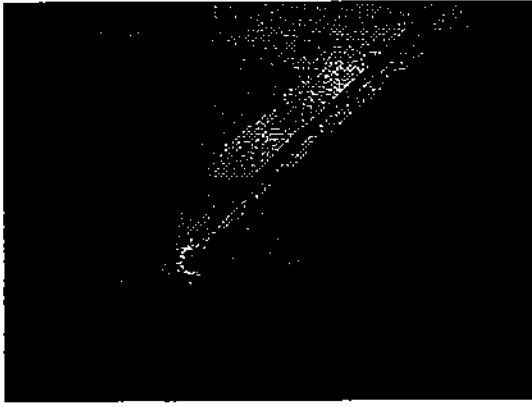
上路上部 各部材（中・上塗消耗）



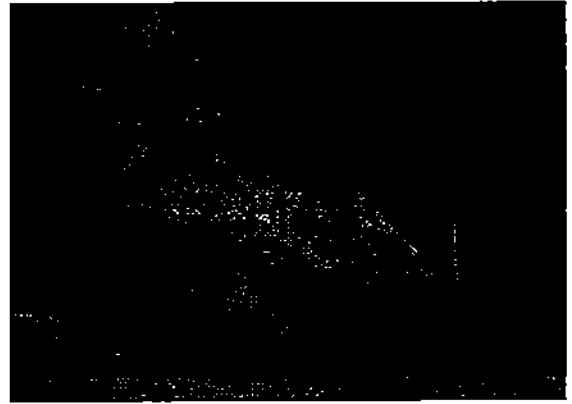
上路上部 上支材（中・上塗消耗、はがれ）

②本橋鋼床版部

本橋の鋼床版部は塗装後 16 年経過しているにもかかわらず損傷が少ない。この理由は、塗装系に長期防錆型塗装仕様を適用されているためと考えられる。（トラス部とは仕様は異なる。）しかし高力ボルト接合部と縦支承には著しい孔食があり、この部分については部分補修が必要である。また汚れは部分的確認されたがその程度は少なかった。



上路下部 上横桁（ふくれ、さび）



下路下部縦桁下フランジ（さび、はがれ）

③アプローチ部

築港側においてトラス外面において塗膜の変退色と消耗が著しい箇所が見られた。横桁下面と横構下面には錆が集中しており特に横桁下面にはふくれが発生している。鋼床版は一般部の劣化は軽度であるが、高力ボルト接合部には劣化があり、特に横桁周辺の劣化が多く、これは水分の影響が高いと考えられる。



上路下部 横桁（ふくれ、さび）



上路下部 横桁（ふくれ、さび）

④劣化原因

したがって本橋の錆は水分、海塩粒子、車両排気ガス等の蓄積の多い箇所に見られ、日照による乾燥、雨水によって洗浄される箇所には少なかった。またトラス材の変退色の著しい箇所は、強い紫外線によるものである。

(2) 計測調査結果

①塗膜厚測定結果

下路鋼床版桁は新設から塗り替えが行われていない新設時の塗膜であり、塗膜厚のバラツキはやや多い感があるが、規定膜厚250ミクロンに対して測定膜厚の平均は276ミクロンあり妥当な数値を示している。トラス下弦材は塗り替えが行われた部分である。規定膜厚の合計355ミクロン（新設時の塗膜+塗り替え塗膜）よりもかなり多く塗装されており、測定膜厚の平均は484ミクロンであった。

②白亜化測定結果

白亜化の傾向はトラス部、下路縦桁外側ウェブ、下路縦桁下フランジ下面の順に多い。これは直射日光の当たる順位に相応する。

③基盤目試験結果

下路の縦桁はいずれも良好である。トラス部の大半は良好であるが、付着性不良の箇所もみられる。

④アドヒージョン試験結果

一般的には2.0MPa(20kg/cm²)以上の値があれば塗膜の付着力は良好といわれている。全体的にほぼ数値がクリアされていた。

⑤インピーダンス測定結果

tan δ は塗膜のイオン透過性の目安になるものであり、数値が小さいほど塗膜は良好である。一般には1.0KHzのtan δ が0.2以下であれば良好と言われているが全体的には良好であった。

4. 塗装仕様の検討

(1) 塗装仕様の変遷と方針

今までの塗装仕様は新設時及び塗り替え時共に、各部材に対して同じ塗装仕様で塗装を行っている。以下に新設時から前回塗り替え時の塗装仕様を示す。

- ・1974年の新設時の仕様は、
鉛系さび止めペイント+フェノール樹脂 MIO 塗料+塩化ゴム系
- ・1985年に下路の追加架設時の仕様は、
ジンクリッチペイント+エポキシ樹脂塗料+ポリウレタン樹脂塗料
- ・1986年から1992年の塗り替え塗装(下路以外)時の仕様は、
変性エポキシ樹脂塗料+ポリウレタン樹脂塗料

上記のとおり、新設時から年数を追う毎に高性能の塗料が開発され、耐久性も向上したスペックを採用されている。しかし、今回の調査結果から構造や部材、自然環境等の影響によって塗装性能、耐久性に大きな差が出ていることが確認されているので、港大橋の過去の塗装仕様を踏まえ、より高耐久性の仕様と損傷箇所の度合いが各部材により異なることから、部材の損傷度合いにより塗料の選定及び部分的に塗り回数を増やすといった均一的に性能を維持させる仕様を検討した。

(2) フッ素樹脂塗料の採用

下路の新設時から採用されているポリウレタン樹脂塗料は、重防食橋梁用塗料として現在主流であるが、港大橋は海上橋として厳しい腐食環境にあり、特にトラス部は構造上、紫外線の影響を受けやすく、また景観も要求されるが現況のポリウレタン樹脂塗料では十分な耐候性を示していない。よって長期間にわたり外観を保持するためには、耐候性に最も優れているフッ素樹脂塗料の採用が望ましいと考え、各適用箇所及び部位について中・上塗り塗料として採用した。

(3) 塗装仕様と適用

港大橋塗り替え塗装仕様

適用箇所及び部位	素地調整	補修塗装	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	合計膜厚
トラス外面 鋼床版裏面 垂れめっき部	パワーツール処理 (Ge一般)	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	ふっ素樹脂 塗料中塗 30μm	ふっ素樹脂 塗料上塗 25μm	—	—	175μm
トラス上・下弦材 横桁下面	パワーツール処理 (Ge一般)	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	ふっ素樹脂 塗料中塗 30μm	ふっ素樹脂 塗料上塗 25μm	—	235μm
高力ボルト接合部 鋼床版桁縦支承	パワーツール処理 (Ge一般)	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	超厚膜形 エポキシ 樹脂塗料 150μm	超厚膜形 エポキシ 樹脂塗料 150μm	変性エポキシ 樹脂塗料 弱溶剤下塗 60μm	ふっ素樹脂 塗料中塗 30μm	ふっ素樹脂 塗料上塗 25μm	475μm

①港大橋は、湾岸地域で厳しい腐食環境にあること、構造上紫外線の影響を受けやすく景観も要求されることから、a-4の仕様を基本とした。

②素地調整はパワーツール処理とするが、孔食部分についてはディスクサンダーだけでなく、ジェットたがね等も併用してさびを完全に除去することが必要である。

③トラス上・下弦材と横桁下面には孔食部分があるため、下塗りの変性エポキシ樹脂塗料を1回増し塗りして3回塗りとした。

素地調整によって下地の鉛系さび止めペイントや塩化ゴム系塗料の層が露出することが予想されるので、変性エポキシ樹脂塗料には下地を侵すことの少ない弱溶剤形を使用した。

この塗装部分には超厚膜形エポキシ樹脂塗料の適用も考えられたが、平滑な仕上がりが得にくいので変性エポキシ樹脂塗料を1回増し塗りすることにした。

④高力ボルト接合部と鋼床版桁縦支承は、腐食が著しく平滑部分ではないので、超厚膜形エポキシ樹脂塗料を適用することにした。

5. 施工における問題点

作業は検査路、走行台車、ゴンドラ、吊り足場、格点足場など併用し行うものであるが、路下の通行車両、海上、周辺へのケレンの粉塵、塗料の飛散防止対策を十分行わなければならない。

本橋は海上橋であるので塩分付着量が高いため、素地調整や高圧洗浄等で水洗いし被塗面の塩分付着量を 100mg/m²・NaCl 以下となるように清掃しなければならないと同時に素地調整については、孔食部分は特にブラスト処理が望ましいが、海上橋であり、道路規制上の問題、周辺への影響を考慮すると施工が難しいので、塗料の性能を十分発揮させ、性能を維持させるためにも錆の除去が重要である。

あとかき

本橋の塗り替え塗装工事は今年度を皮切りに、本橋部の南港側1～5格点間の各部材を対象に既発注され、塗装仕様については本検討の仕様が採用されています。本仕様の期待耐用年数は15年であり、品質を確保することが構造物の耐久性保持とコスト縮減にもつながると考えています。そのためには現場における品質・工程管理がとても重要であるとともに、塗装前の工程である塗装用足場の安全性や素地調整の精度も本橋の塗装工事における品質を確保するための主要な工程の一つである。