

白鳥大橋におけるふっ素樹脂塗料の残存塗膜耐用年数推定に関する一考察

株式会社ドーコン 正会員 ○佐々木康史

北海道開発局 室蘭開発建設部 非会員 島田 武

1. はじめに

ふっ素樹脂塗料は高い耐候性を有していることから、20 年以上の長期耐久性が期待され、近年は橋梁の長寿命化に有効な塗料として広く用いられるようになった。しかしながら、鋼橋の防食仕様としての本格的な普及は、'90 年代後半からであり、耐久性を実橋で検証した事例が少なく、塗り替え計画策定に資する知見が不足しているという側面を有している。

北海道室蘭市に架かる一般国道 37 号白鳥大橋(写真-1, 2)は、ふっ素樹脂塗装(表-1)を採用した長大吊橋である。但し、表-2 に示すように、'92 年の主塔完成から数えると、現時点で 20 年が経過しており、ふっ素樹脂塗料を採用した橋梁としては、初期の橋梁と言える。また、本橋は海上に架かる長大橋梁であるため、塗装の塗り替えには多大な費用を要する。そのため、予防保全的手法に基づいた計画的な塗り替えを行うことが不可欠であり、的確に塗膜の残存耐用年数を予測評価することが必要である。このような観点から、本論文では、適切な塗り替え計画策定に向け、塗膜の残存耐用年数予測に関する検討を行ったので報告する。

2. 塗膜調査

本橋の塗膜は、本橋独自に策定された「白鳥大橋塗膜管理要領」に基づき管理されている。'00 年に設置された 11 箇所の塗膜調査用定点に対して、表-3 に示す複数の項目に関する計測を行ってきたが、'12 年の調査では、劣化予測に対して有用性の低い項目は除外した。現在は、『顕微鏡による膜厚計測』、『光沢度測定』、『付着性試験』を調査項目として、継続調査を行っている。当初、膜厚は、電磁膜厚計及び光学顕微鏡(450 倍)を用いて、『塗膜の総厚』を計測していた。しかしながら、これらの手法では、経年減少量を精度良く計測することが困難なため、高倍率の光学顕微鏡(600 倍)に変更し、マスキングを施して表面劣化を抑止した初期塗膜面との比較によって減少量を計測する方法に変更した。'08 年、'13 年に本手法による膜厚測定を行ったことで、塗膜減少量の微小な経年変化を捉えることが可能となった。写真-3 には、顕微鏡測定時に撮影された拡大写真を示している。



写真-1 白鳥大橋

表-1 白鳥大橋塗装仕様(建設時)

工程	塗料	使用量	標準膜厚
下塗1	無機ジンクリッチペイント	700g/m ²	75μm
下塗2	変性エポキシ樹脂塗料	240g/m ²	60μm
下塗3	変性エポキシ樹脂塗料	240g/m ²	60μm
下塗4	変性エポキシ樹脂塗料	240g/m ²	60μm
下塗5	変性エポキシ樹脂塗料	240g/m ²	60μm
中塗	ふっ素樹脂塗料用	140g/m ²	30μm
上塗	ふっ素樹脂塗料	120g/m ²	25μm

表-2 主要部材完成年次・塗装面積

完成年次	主要部位	塗装面積(m ²)	
		外面	内面
'92年	主塔	14,189	27,920
'92年	側塔	5,923	4,799
'95年	補剛桁	87,985	174,012
'96年	ケーブル	2,693	---

表-3 塗膜調査項目と調査年次

調査項目	第1回 '00年	第2回 '03年	第3回 '08年	第4回 '12年
電磁式膜厚計測	○	○	○	—
光学顕微鏡 膜厚計測	450倍 ○	○	○	—
	600倍 —	—	○	○
光沢度測定	○	○	○	○
付着性試験	○	○	○	○
チョーキング測定	○	○	○	—
FT-IR測定	○	○	○	—
剥離部変化観察	○	○	○	—
塩分付着量測定	○	○	○	—



写真-2 白鳥大橋主要部材 位置と方位

表-4 膜厚差計測結果 単位: μm

定点箇所	架設年	マスキングからの経年数	
		8 (08年)	12 (12年)
2P西	'92年	-5.52	-8.28
3P東	'92年	-1.28	-3.48
3P西	'92年	-0.43	-3.17
5P西	'92年	0.00	-3.80
2p-3p東	'95年	-0.85	-2.84
2p-3p西	'95年	-0.43	-2.85
3p-4p東	'95年	0.00	-2.84
3p-4p西	'95年	0.00	-2.85
2P-3P下	'95年	-0.43	-1.26
3P-4P下	'95年	0.00	---
ケーブル	'96年	-2.54	-2.22

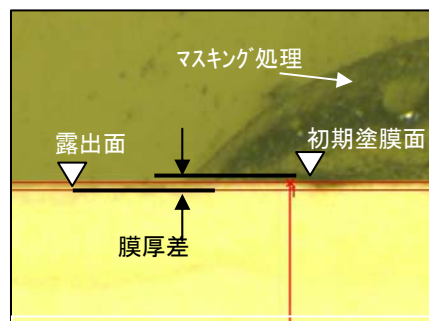


写真-3 膜厚減少測定部(拡大)

Keywords: 長大吊橋, ふっ素樹脂塗装, 塗り替え, 劣化予測, 維持管理計画,

連絡先: 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 tel:011-801-1540 fax:011-801-1541

3. 塗膜劣化予測

本研究では、塗膜の劣化予測は、各調査項目のうちで、最も有用であると考えられる『膜厚差』を用いて行うこととした。表-4 には膜厚差に関する計測結果を示している。なお、架設完了から膜厚差計測を開始するまでの間で計測の空白期間を有するが、その期間も膜厚は継続して減少すると仮定し、かつ誘導期間を4年と設定して架設時からの総減少量を推定した(図-1)。各予測式における始点を原点に重ね合わせた結果、塗膜の劣化速度は $1.0 \sim 0.5 \mu\text{m}/\text{年}$ の範囲に分布していることが明らかになった(図-2)。本橋は架け替えが不可能な長大橋であるため安全側で評価するものとし、本橋におけるふっ素樹脂塗料の劣化速度を $1.0 \mu\text{m}/\text{年}$ と設定した。

4. 耐用年数の算定

塗装の膜厚には、通常設計値の標準膜厚が指標として用いられる。しかしながら、均一な現場施工が不可能であるため、実膜厚にはバラツキが生じる。図-3 には本橋の上塗り塗膜の実測膜厚分布を示しているが、標準膜厚である $25 \mu\text{m}$ を下回る部分が存在していることが分かる。耐用年数算定に際しては、工学的に安全側となる膜厚の下限値を設定することが必要である。本橋では、下限値として、より安全側となる『 -2σ 膜厚($20.1 \mu\text{m}$)』を設定した。以上を踏まえ、試算した結果を図-4に示す。図より、塗装完了後24年目までに塗り替えを完了しなければ、塗膜が劣化して防錆機能を喪失し、鋼材に損傷を与える可能性があることが明らかになった。

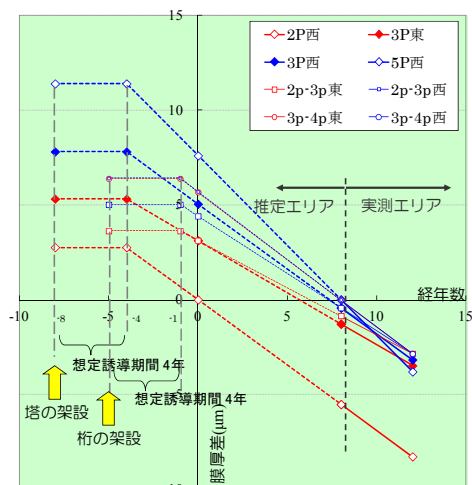


図-1 推定膜厚減少量

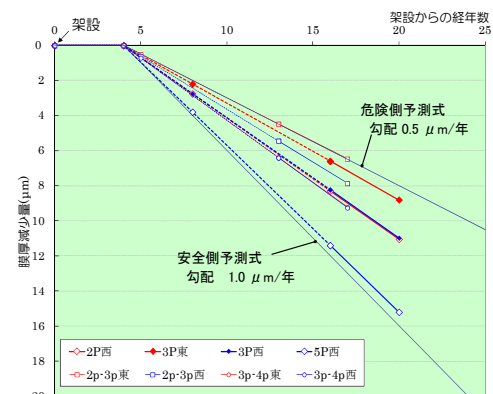


図-2 白鳥大橋劣化予測式

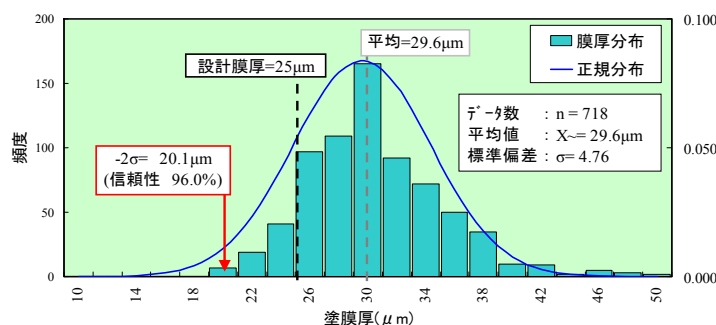


図-3 上塗り膜厚分布

5. おわりに

本橋の塗装は20年以上経過しているが、規模が大きいことから、本格的な塗り替えには10年程度の期間と、多大な費用を要する。そのため、長寿命化と共に管理コストを削減させるためには、塗膜の耐用年数を精度良く予測し、適切な時期に塗り替えを行なうことが必要である。現在、本橋では本検討結果に基づいた塗り替え計画の下、塗替補修が行われている。また、次回の塗り替えに向け、塗膜劣化速度の精度向上を図るために、定点数を増やした計測も継続して行われている。本論文で提案の塗膜劣化予測法が、今後増加する『ふっ素樹脂塗装橋梁』の塗り替え計画策定や他の長大橋の長寿命化に資すれば、幸いである。

謝 辞

本検討を行うに当たり、釧路高専 岸 徳光校長先生(室蘭工業大学名誉教授)を始め、白鳥大橋維持管理計画検討委員の皆様には、度重なるご指導を賜った。この場を借りて謝意を表する。

参考文献

- 1)本四技報 Vol. 32No. 1102008. 3本州四国連絡高速道路(株).
- 2)本四技報 Vol. 37No. 1192012. 9 本州四国連絡高速道路(株)
- 3)鋼道路橋防食便覧 (社)日本道路協会 平成26年5月.
- 4)重防食塗装 (社)日本鋼構造協会

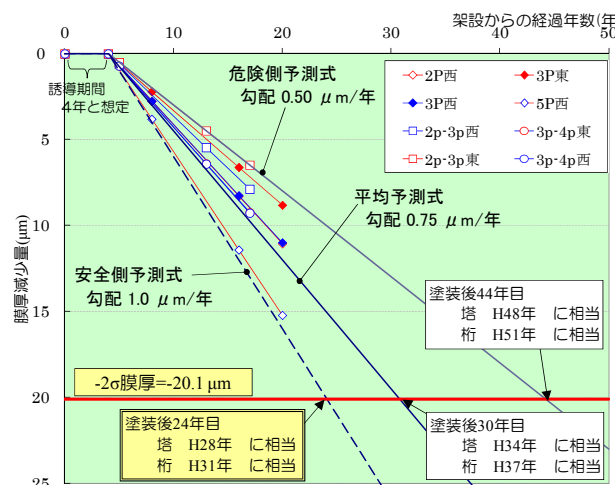


図-4 白鳥大橋塗膜耐用年数算定