

鋼橋上フランジ上面に適用されたガラスフレーク塗装の塗膜劣化状態の追跡調査

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○三條 剛嗣  
 東海旅客鉄道(株) 正会員 庄司 朋宏  
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 坂本 達朗

1. はじめに

鋼鉄道橋において、まくらぎを桁上に直載する構造では、まくらぎとの隙間が湿潤状態になりやすいことや列車通過時にまくらぎを介して列車衝撃荷重が加わり、他の部位に比べて腐食しやすい<sup>1)</sup>。この部位の防食対策としてガラスフレーク塗料を用いる塗装系 S が鋼構造物塗装設計施工指針<sup>2)</sup>において提案されているが、適用事例が少なく、ガラスフレーク塗装の耐久性について把握できていないのが現状である。本稿では、ガラスフレーク塗装の塗膜性能を把握するための基礎調査として、26年前にガラスフレーク塗装が試験施工された縦桁上フランジ上面の塗膜劣化状態における追跡調査結果について報告する。

2. 調査橋梁概要

調査橋梁は、1925年1月に架設された下路プレートガーター、開床式の桁である。なお、湾岸からの離岸距離は約15kmである。当橋梁は、1988年にガラスフレーク塗装が試験施工され、試験施工から経過7年までは調査が実施されており、まくらぎ下、まくらぎ間と共に塗膜は良好な状態であった<sup>3)</sup>。なお、一部の箇所においては、試験施工後10年目に調査が実施されている。調査箇所の塗装系を表-1に示す。

表-1 塗装系

工程	塗料名	標準使用量 (g/m <sup>2</sup> )	塗装間隔 (H:時間, D:日)
第1層目	専用プライマー	はけ300	16H~7D
第2層目	ガラスフレーク塗料(エポキシ樹脂系)	はけ1050	24H~7D
第3層目	ガラスフレーク塗料(エポキシ樹脂系)	はけ1050	

3. 調査方法

塗料に要求される主な性能項目は、耐衝撃性、耐耐摩耗性、防食性である。そこで、本調査では、これらの項目に係る塗膜特性を評価するため、過去の調査内容を踏まえ、当橋梁のまくらぎ2本(起点側から数えて98本目、103本目,以下No.98、No.103とする)を移動させ、その範囲近傍のまくらぎ下面とまくらぎ間の調査を実施した。表-2に調査概要を示す。

表-2 調査概要

	調査項目	調査方法	評価項目
1	外観調査	目視	耐衝撃性、耐摩耗性、防食性
2	膜厚測定調査	電磁式膜厚計 カット式膜厚計	耐摩耗性
3	打音調査	メカニカルハンマー	耐衝撃性、防食性
4	塗膜変状調査	インピーダンス測定	防食性
5	付着性調査	アドヒジョン試験 (JIS K 5600-5-7)	耐衝撃性、防食性

4. 調査結果

1) まくらぎ下面

まくらぎ下面の縦桁上フランジ上面の外観を写真-1に示す。ガラスフレーク塗膜は塗装面積あたりの残存量が20%以下とほとんど残存せず、部材の錆によるものと考えられる黒色の外観を呈しており、付着性調査(アドヒジョン試験)は実施できなかった。なお、塗膜が残存している部分は、上フランジ上面の端部であり、まくらぎが接触していない部分であると考えられる。まくらぎ No.98 においてガラスフレーク塗膜が僅かに残っている膜厚を測定した結果、400~500μmであった。なお、残存した塗膜において打音



写真-1 外観調査

キーワード 鋼橋、縦桁上フランジ、ガラスフレーク塗装

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545-33 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5374

調査した結果では、塗膜の浮きや割れはなかった。次に、過去に行われた試験結果を含めてまくらぎ下面のインピーダンス測定結果を表-3に示す。測定では、残存塗膜の上に電極を貼り付け、対となる電極にはカルボキシメチルセルロース水溶液を塗布したアルミ箔を使用し、電極の貼付けから約40分後にLCRメータを用いて交流インピーダンス(R)を測定した。その結果、過去の測定値よりも非常に低いインピーダンスを示した。したがって、残存塗膜においては、素地まで達する塗膜割れ等の損傷が生じている可能性が高いと考えられる。

表-3 インピーダンス測定結果

おおよその経過年	調査箇所	0.2kHz			0.5kHz			1.0kHz			
		R	C	tanδ	R	C	tanδ	R	C	tanδ	
左側上フランジ まくらぎ間	2年	No.100~101	13	0.10	0.06	5	0.10	0.07	2	0.10	0.08
	3年	No.100~101	10	0.12	0.06	4	0.11	0.07	2	0.11	0.08
	5年	No.88~99	9	0.11	0.08	4	0.10	0.08	2	0.10	0.09
	10年	No.85~86	6	0.02	0	3	0.16	0.08	2	0.15	0.07
	26年	ガラスフレーク塗膜上に塗り替え塗膜存在していたため未実施									
左側上フランジ まくらぎ下	2年	No.100	19	0.11	0.04	4	0.11	0.08	2	0.10	0.09
	3年	No.100	10	0.12	0.06	4	0.11	0.08	2	0.11	0.08
	5年	No.100	8	0.11	0.08	3	0.11	0.09	2	0.11	0.08
	10年	未実施									
	26年	No.98	0.001	2700	1.23	0.001	1700	1.11	0.001	1300	0.87
	No.103	ガラスフレーク塗膜が殆ど消失していたため未実施									

2) まくらぎ間

単位:R(×10<sup>6</sup>Ω)、C(×10<sup>6</sup>Ω)

まくらぎ間の縦桁上フランジ上面においては、2011年に上塗り塗装が実施されている。カット式膜厚計により塗膜を円錐状に切削した場合の塗膜断面を写真-2に示す。塗膜の色相からガラスフレーク塗膜とその上に塗替え塗膜が存在していることが確認できた。また、電磁式膜厚計を用いて残存膜厚を測定した結果、塗替え塗膜を含むガラスフレーク塗膜(平均膜厚)は約1mmであることを確認した。カット式膜厚計により確認された塗替え塗膜厚が約150μmであることから、ガラスフレーク塗膜の残存膜厚は約850μmとなる。試験施工時のガラスフレーク塗膜の膜厚が1mmを考慮すると、試験施工から塗替えまでの間に、紫外線によるエポキシ樹脂の白亜化による塗膜の減耗量(10μm/年)と概ね一致する。なお、打音調査した結果では、塗膜の浮きや割れはなかった。表-4に過去に行われた調査結果を含めたアドヒジョン試験結果を示す。引張強さは約1.8~3.6MPaであった。過去の試験結果と比較しても、塗膜破断時の引張強さに極端な数値の変化はなく、施工から26年経過しても比較的に良好な付着性能を有していると考えられる。

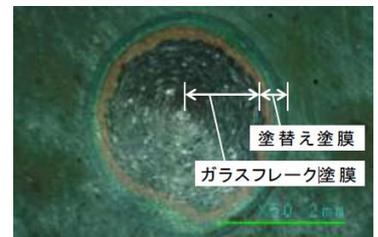


写真-2 塗膜断面

表-4 アドヒジョン試験結果

おおよその経過年	調査箇所	測定結果			
		引張強さ	破断状況		
エポキシ樹脂系 上り継・終点側 右側上フランジ	1年	n=1	No. 100-101	2.0 MPa	S/A10%, A/G50%, G40%
	2年	n=1	No. 100-101	4.9 MPa	A/G100%
	3年	n=1	No. 100-101	2.6 MPa	A100%
	5年	n=1	No. 98-99	2.2 MPa	A/G100%
		n=2	No. 85-86	2.2 MPa	A/G100%
	10年	n=1	No. 91-92	4.6 MPa	S/A90%, A/G10%
		n=1		1.8 MPa	A/C25%, C/G75%
		n=2	No. 104-105	2.1 MPa	A/C10%, G90%
	26年 (今回調査)	n=3		3.3 MPa	G100%
		n=1	No. 105-106	3.8 MPa	G100%

注：表中の記号は、以下の材料を示す。S：ジグ、A：接着剤、C：塗替え塗膜、G：ガラスフレーク塗膜、P：専用プライマー、F：素地、単体の記号は当該材料での凝集破壊を示し、スラッシュ/は当該材料間の層間はく離を示す。

5. 考察

- まくらぎ下面では、プライマーを含むガラスフレーク塗装が試験施工されてから26年経過までの間で殆ど消失していた。当橋梁の架設箇所の離岸距離が約15kmであり、他の部材では殆ど腐食が生じていないことから腐食性の高い環境とは考えにくいことや、打音調査結果より塗膜の浮きや割れも見られなかったことから、当橋梁の塗膜損傷要因は腐食や列車通過時の衝撃力ではなく、列車通過時に作用する摩擦による塗膜の減耗により塗膜消失に至ったと考えられる。
- まくらぎ間では、塗膜剥がれの部分的な発生や白亜化に伴う塗膜の消耗が確認されたが、残存する塗膜は概ね800μm以上の膜厚であり、良好な付着性を有していた。このことから、外力の作用を受けないガラスフレーク塗膜は試験施工時期を踏まえ、26年以上の長期耐久性を期待できると考えられる。

参考文献

- 1) 正司, 中山, 大都, 坂本, 丸山, 松井: まくらぎ下防食おける塗膜劣化メカニズムの推定, 第64回土木学会年次学術講演会講演概要集, 5-261, 2009.9
- 2) (公財) 鉄道総合技術研究所, 鋼構造物塗装設計施工指針, 2013
- 3) 町田, 江成, 遠藤, 田中: 枕木下用ガラスフレーク塗料の長期耐久性について, 第19回鉄構塗装技術討論会発表予稿集, p.31, 1996