まくらぎに接する鋼鉄道橋上フランジ部に適用されたガラスフレーク塗装箇所の追跡調査

西日本旅客鉄道株式会社　正会員　○丸山　直樹
（財）鉄道総合技術研究所　正会員　田中　誠
西日本旅客鉄道株式会社　正会員　坂本　保彦

１．概要

まくらぎを直接受ける形式の鋼鉄道橋の上フランジ面に通常の防食塗料を適用した場合, 早期に塗膜が劣化する. そのため，1993 年に（財）鉄道総合技術研究所により改訂された鋼構造物塗装設計施工指針（以下，塗装指針）にガラスフレーク塗料を用いる塗装系が採用されているが，実施工上の制約条件の問題により適用事例が少ないのが現状である. ガラスフレーク塗装が過去に試験施工された鋼鉄道橋において追跡調査を行い, 防食性能を把握した. このことにより，実施工に適用しやすい防食手法を検討するための材料とすることを目標とした.

２．現状の課題

写真－1 は都心部の列車頻度の高い線区において鉄桁上フランジに長油性フタル酸樹脂系塗料による塗装を行い，1 年後にまくらぎを撤去して外観観察を行った際の写真である. まくらぎ下と記載されている箇所はまくらぎが設置されていた箇所である. まくらぎ間では塗膜の消失が少ないのに対し，まくらぎ下では塗膜の消失が見られる.

写真－1　鉄桁上フランジ塗装（長油性フタル酸樹脂系塗料）1 年後の状況

まくらぎ下環境用の塗装系としては, ガラスフレーク塗料を用いるものが塗装指針に採用されている. この塗装系の試験施工が 21 年前に実施された現場で追跡調査を行い, まくらぎ下環境での防食性能が維持できているかを確認し, 新たな防食手法に要求される性能の検討を行った.

３．ガラスフレーク塗装を用いる塗装系の耐久性に関する現地調査

ガラスフレーク塗料には通常の塗料の中にガラスフレーク顔料（厚さ 2～3μm，粒度数十～数百 μm）が配合されているため，厚膜塗装ができ，水・空気の遮断性能が高い. また，通常の塗料と比較して高い耐衝撃性・耐摩耗性を有している. 7 年間の現地曝露の経過により塗装指針に採用されたが，施工より 20 年程度経過した時点での劣化状態については知られていない.

現地調査対象橋りょうは 1911 年（明治 44 年）に製作された単線開床式上路プレートガーダーである. 試験施工は，ガラスフレーク塗装の耐久性に対するプライマ種別・塗料樹脂種別の違いによる影響度を把握することを目的に 1982 年に実施された. 表－1 にプライマと塗料の組み合わせ，変状面積率を示す. なお，塗膜はがれから鋼腐食に至っている状況を「さび・はがれ」, 塗膜はがれに至らない程度の塗膜割れ箇所やハンマリングで把握した浮きを「浮き・割れ」として分類した. また，塗膜の摩耗による減少の有無を外観観察で確認したが, 摩耗によって塗膜が減少した形跡は見られなかった.

表－1　プライマ・塗料の組合せと変状面積率（%）

	プライマ	塗料	まくらぎ下			まくらぎ間		
			さび・はがれ	浮き・割れ	計	さび・はがれ	浮き・割れ	計
①	変性ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	3	3	6	0	4	4
②	変性ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	1	14	15	0	1	1
③	ｴﾎﾟｷｼ樹脂ｼﾞﾝｸﾘｯﾁﾍﾟｲﾝﾄ系	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	10	20	30	0	23	23
④	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	5	15	20	0	9	9
⑤	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	ﾋﾞﾆﾙｴｽﾃﾙ樹脂系	0	30	30	0	6	6
⑥	ｴﾎﾟｷｼ樹脂ｼﾞﾝｸﾘｯﾁﾍﾟｲﾝﾄ系	ﾋﾞﾆﾙｴｽﾃﾙ樹脂系	13	30	43	0	15	15
⑦	ﾋﾞﾆﾙｴｽﾃﾙ樹脂系	ﾋﾞﾆﾙｴｽﾃﾙ樹脂系	3	63	66	0	30	30
⑧	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系	不飽和ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ樹脂系	6.5	10	16.5	0	6	6
⑨	ｴﾎﾟｷｼ樹脂ｼﾞﾝｸﾘｯﾁﾍﾟｲﾝﾄ系	不飽和ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ樹脂系	40	58	98	0	74	74

まくらぎ間での変状面積率に着目する

キーワード　鋼鉄道橋，ガラスフレーク塗装，防食，まくらぎ下，プライマ
連絡先　〒530-8341　大阪市北区芝田 2-4-24　西日本旅客鉄道株式会社　鉄道本部　技術部　TEL06-6376-8136

ことにより，材料そのものの耐久性を把握できる．プライマがエポキシ樹脂系または変性エポキシ樹脂系の場合は，塗料の種別によらず生じた浮きの面積率は 10%以下であったのに対し，エポキシ樹脂ジンクリッチペイント系，ピニルエステル樹脂系のプライマの場合は 10%以上であった．

写真－2　変性ｴﾎﾟｷｼﾌﾟﾗｲﾏ，ｴﾎﾟｷｼ系ｶﾞﾗｽﾌﾚｰｸ塗料施工箇所(②)

写真－3　ｴﾎﾟｷｼｼﾞﾝｸﾘｯﾁﾌﾟﾗｲﾏ，ﾋﾞﾆﾙｴｽﾃﾙ系ｶﾞﾗｽﾌﾚｰｸ塗料施工箇所(⑥)

また，塗料別で比較を行った．プライマがエポキシ樹脂ジンクリッチペイント系のもの（③，⑥，⑨）での比較によれば，不飽和ポリエステル樹脂系塗料のもの（⑨）だけ変状率が 74%と高い値であるのに対し，⑧と⑨で比較すると，同じ不飽和ポリエステル樹脂系塗料であっても変状面積率がそれぞれ 6%,74%と極端な違いが見られる．このことより，塗料単体による影響ではなくプライマと塗料の組み合わせによる影響と考えられる．

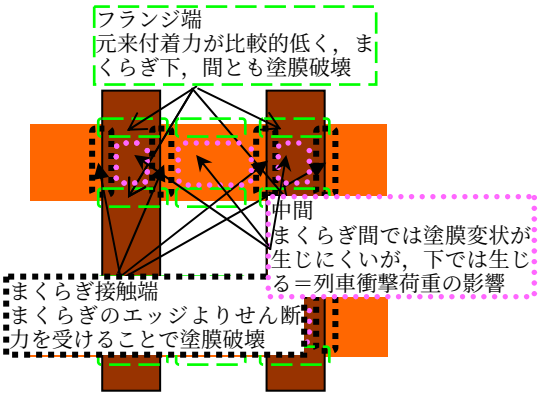
まくらぎ間とまくらぎ下では，まくらぎ下での変状率がまくらぎ間よりも高い．また，まくらぎ下においてもプライマ種別が変状率に対して支配的である．摩耗による塗膜の減少が少ないことも考慮すると，まくらぎ下での塗膜変状は衝撃力によるものと推察される．すなわち，まくらぎ下では列車による衝撃力が与えられるが，それにより地金と塗膜を接着しているプライマの付着力が弱められ，塗膜の浮き・割れ，さらに進展してさび・はがれに至っているものと考えられる．

表－2　まくらぎ下・まくらぎ間での変状部位の分布

	まくらぎ下				まくらぎ間			
	ﾌﾗﾝｼﾞ端	まくらぎ接触端	部材接合部	中間	ﾌﾗﾝｼﾞ端	まくらぎ接触端	部材接合部	中間
①	×	×	○	×	○	×	△	×
②	○	△	×	×	○	×	×	×
③	○	△	△	×	△	○	△	×
④	○	×	×	×	△	△	○	×
⑤	△	×	×	○	○	△	×	×
⑥	○	×	△	○	○	△	×	×
⑦	○	○	×	○	○	△	×	×
⑧	○	△	×	×	○	△	×	×
⑨	○	△	×	○	○	○	×	×

○：主要な塗膜変状部位　△：次いで多い塗膜変状部位
×：塗膜変状の少ない部位　部材接合部：リベット・ボルト周り，溶接部端部

表－2 に，外観観察によりどの部位において塗膜変状が生じているかを整理したもの，図－1 に部位ごとに推定される塗膜破壊形態を示す．まくらぎ下，間ともにフランジ端で塗膜変状が多いケースが大半だが，このことより元来付着力が比較的低い部位であることが推定される．まくらぎ接触端での塗膜変状は，まくらぎのエッジ部から列車衝撃荷重によるせん断力を塗膜が受けることが原因と考えられる．さらに，まくらぎ下では中間部での塗膜変状が多い箇所が見られたが，まくらぎ間ではこの部位での変状は見られない．列車荷重を受けないまくらぎ間では中間部での塗膜変状は生じにくいのに対し，まくらぎ間では列車衝撃荷重の影響によって中間部での変状が進んだとみられる．なお，中間部での変状は⑤，⑥，⑦，⑨のケースで生じたが，エポキシ樹脂系ガラスフレーク塗料では生じておらず，衝撃に対して強い可能性がある．



図－1　部位ごとの塗膜破壊形態

4．今後の課題

現地調査の結果から，まくらぎ下環境におけるガラスフレーク塗料の塗膜の減少はまくらぎから受ける列車衝撃荷重によるものであることが分かった．特に，まくらぎのエッジに当たる部位，まくらぎ直下の部分などでの変状が特徴的であった．ガラスフレーク塗料に代わりうるまくらぎ下防食手法には，列車衝撃荷重を受けても耐久性を保つ，すなわち鋼材表面と塗料の間での接着を維持し，塗料自体の破壊も進まないことが必要なことが明らかになった．衝撃荷重の鉄桁部材に対しての伝わり方，塗膜の破壊が進みやすい状況を今後明らかにし，求める要求性能を満たしうる手法を検討したい．

参考文献）町田洋人，江成孝文，遠藤三郎，田中誠　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 pp.31-36(平成 8 年 10 月)