

鋼構造物の塗膜剥離原因調査

首都高速道路(株) 正会員 ○福島 大貴

首都高速道路(株) 正会員 佐藤 歩

首都高技術(株) 正会員 濱野 裕己

1. はじめに

首都高速道路では、鋼橋の防食方法として主に塗装を用いている。定期点検において、塗装の損傷（塗膜劣化、割れ、はがれ、発錆、腐食など）が数多く発見されている中、大規模な塗膜剥離の事象が発生している箇所も確認されている。しかし、塗膜剥離が確認された箇所について、過去の定期点検の結果からは、塗膜剥離に至るような明確な兆候（ふくれ、浮きなど）は確認されなかった。

そこで、塗膜剥離の原因推定及び塗膜の劣化状況を把握するため、各種塗膜調査を行った。また、塗膜剥離に対する点検手法として、赤外線サーモグラフィ法の適用の検討を行った。

2. 塗装仕様

今回調査した塗膜剥離箇所は、飯田橋付近及び江戸川橋付近である。剥離した塗膜は、下塗りまたは下塗りと上塗りの界面から剥離しており、当該箇所の下塗りは鉛丹層であった。飯田橋付近では、1969年の新設時より計3回の塗装補修を実施しており、3回目は2007年に施工している。江戸川橋付近では、1969年の新設時より計2回の塗装補修を実施しており、2回目は1990年に施工している。なお、塗装補修はいずれも上塗りの塗替えであり、防食下地は新設時のままであった。（表-1）

表-1 新設時塗装仕様

昭和41年 鋼橋造物塗装基準				
名称及び使用箇所	塗装工程	塗料名称	使用量 g/㎡	合計 g/㎡
一般	工場	長ばく形ウオッシュプライマー	100	840
		鉛丹錆止めペイント1種	200	
		鉛丹錆止めペイント2種	180	
		調合波彩ペイント	150	
	現場	超長油性フタル酸樹脂	110	
		長油性フタル酸樹脂	100	

3. 塗膜調査手法と調査結果

(1) 塗膜厚測定

a) 目的

塗装補修（塗替え）を行うと、活膜として残した下層塗膜

に塗替塗装で塗装した塗膜が乾燥する際に発生する内部応力が蓄積される。この積み重ねが、下層塗膜の凝集破壊を引き起こし、塗膜剥離に繋がると考えられているため、塗膜厚測定により、過大な塗膜厚になっている箇所の有無を確認した。

b) 結果

塗膜厚測定結果を表-2に示す。表中の着色部は塗膜剥離が発生した径間である。塗膜厚が500μmを超えると塗膜割れや剥がれに至る事例が多いとされており、塗替えを3回実施した飯田橋付近では、測定箇所すべてで500μmを超えていた。江戸川橋付近の表中の着色部は塗膜剥離が発生し鉛丹層が露出した箇所ので膜厚を測定したため、小さい値となっている。その他の測定箇所では、ばらつきはあるものの500μm前後であった。

表-2 塗膜厚測定結果（単位：μm）

路線	箇所	測定箇所	最大値	最小値	平均
高速5号池袋線	飯田橋付近	①池-101～103	928	604	763
		②池-105～107	713	505	611
		③池-105～107	935	608	775
		④池-107～109	709	468	593
	江戸川橋付近	池-174～175	470	229	337
		池-175～176	78	30	49
		池-176～178	583	232	442

(2) アドヒージョン試験

a) 目的

塗膜付着力を測定することで、塗膜と素地及び塗膜の層間の最も弱い箇所を確認した。

b) 結果

引張付着試験の評価基準を表-3、引張付着試験結果を表-4に示す。平均値で2MPaを満たす箇所と満たしていない箇所は半々となっており、最大値と最小値の値にもばらつきがあることが確認できた。また、アドヒージョン試験の結果から、塗膜剥離は主に鉛丹錆止めペイントの層で発生していると推定できる。（写真-1）

表-3 引張付着試験評価基準（単位：MPa）

評価点 (RN)	引張付着力 (MPa)	良 ↑ ↓ 悪
0	$2 \leq X$	
1	$1.0 \leq X < 2.0$	
2	$0.0 < X < 1.0$	
3	$X = 0$	

表-4 引張付着試験結果（単位：MPa）

路線	箇所	測定箇所	最大値	最小値	平均
高速5号池袋線	飯田橋付近	①池-101～103	2.2	1.3	1.75
		②池-105～107	4.3	0.0	2.06
		③池-105～107	-	-	-
		④池-107～109	4.2	1.6	2.36
池袋線	江戸川付近	池-174～175	2.5	0.8	1.75
		池-175～176	2.7	0.2	1.09
		池-176～178	4.5	0.7	2.15

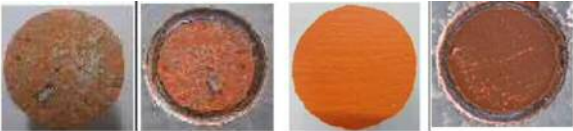


写真-1 引張付着試験状況

(3) クロスカット試験

a) 目的

塗膜のせん断・引張に対する抵抗性を確認した。

b) 結果

クロスカット試験の評価基準を表-5、クロスカット試験結果を表-6に示す。塗膜剥離をした箇所は比較的良好な結果となった。

表-5 クロスカット試験評価基準（単位：RN）

はく離状態	良 ← → 悪			評価点 1以上の はく離
評価点(RN)	3	2	1	0

表-6 クロスカット試験結果（単位：RN）

路線	箇所	測定箇所	最大値	最小値	平均
高速5号池袋線	飯田橋付近	①池-101～103	3	1	2.66
		②池-105～107	2	0	1.22
		③池-105～107	3	0	2.00
		④池-107～109	3	1	1.66
池袋線	江戸川付近	池-174～175	3	1	1.56
		池-175～176	3	3	3.00
		池-176～178	3	0	1.00

(4) 試験結果の整理

(1)～(3)に記載した各種試験結果について、相関性が見られるかを確認した(図-1)。塗膜厚が厚いほど付着力が低くなる傾向が想定されるが、今回の調査では相反する結果

となった。調査に用いたサンプル数が少ないため、今後はサンプル数を増やして整理する必要があると考えられる。

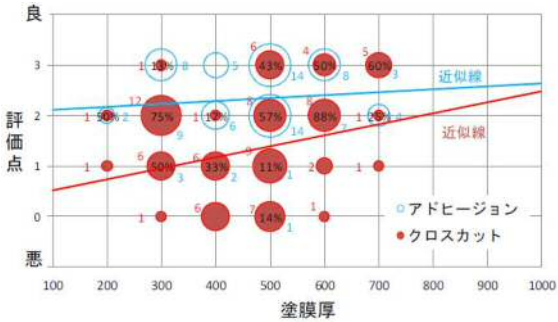


図-1 付着力試験評価と塗膜厚の関係

(円中央の%は2試験の一致率、数値は各データ数)

4. 赤外線サーモグラフィによる損傷部検知の検討

塗膜調査では、塗膜の劣化傾向の把握(剥離の前兆の推定)が難しいことがわかった。しかしながら、塗膜剥離は第三者被害に繋がる恐れのある損傷であり、塗膜剥離を確認した場合には、周辺で同様な損傷がどの程度あるのかを速やかに点検し、補修の検討資料とすることは重要である。そこで、赤外線サーモグラフィ法による点検(以下、赤外線点検という)が、塗膜劣化部を検知する有効な手法となり得るか検討を行った。最初のステップとして、明らかに塗膜劣化(ふくれ)が見られる箇所でも赤外線点検を行い、劣化箇所を温度変化部として検知できることを確認した。次のステップとして、遠望(高架下)からの点検の有効性を検証した。遠望目視では明らかな浮きやふくれが見られないが、赤外線点検で温度変化部として検知した箇所に接近し、塗膜の状況確認を行ったところ、塗膜の浮きを確認できた事例がいくつかあった。(写真-2)



赤外線画像(遠望) 接近目視

写真-2 赤外線点検状況

5. まとめ

塗膜調査からわかるように、塗膜は付着力や内部応力が一様でなく、そのため一様に劣化しない。同じ橋梁で同じ塗装履歴であっても供用環境や部位によって現地での塗膜剥離の程度は異なる。しかし、調査により弱点となっている箇所を明らかにし、原因を推測することや赤外線点検等で劣化範囲をある程度の精度で確認することは、維持管理上必要である。今回報告した調査方法を適切に活用し、可能な限り第三者被害防止に努めていきたい。