

8. 鋼橋塗替えの高度化に関する調査

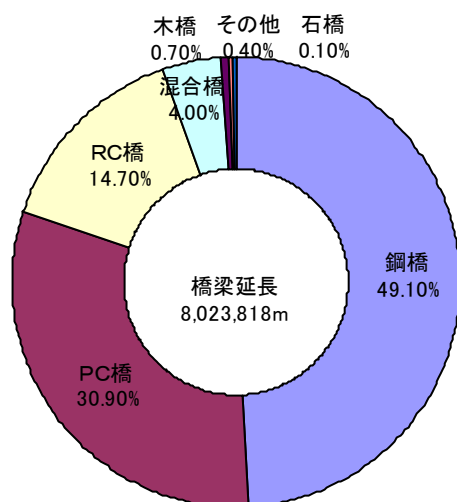
独立行政法人 土木研究所 ○石松 豊、山元 弘

1. はじめに

我が国の社会資本ストックは、その増加や老朽化を背景に、維持管理の合理化や長寿命化が求められている。鋼橋等の鋼構造物は、塗装等によって耐久性を確保しており、定期的な塗替え塗装を必要とする。ここで、塗膜耐久性は、塗料の性能と素地の品質によって決まるものであり、塗替え塗装時には、特に素地調整の影響が大きいと言われている。このため、本研究は、塗装間隔の延長化、維持管理の効率化を図ることを目標として、塗替え塗装時における素地調整の施工法の各種条件の設定を明らかにし、塗膜の品質の確保を図るものである。

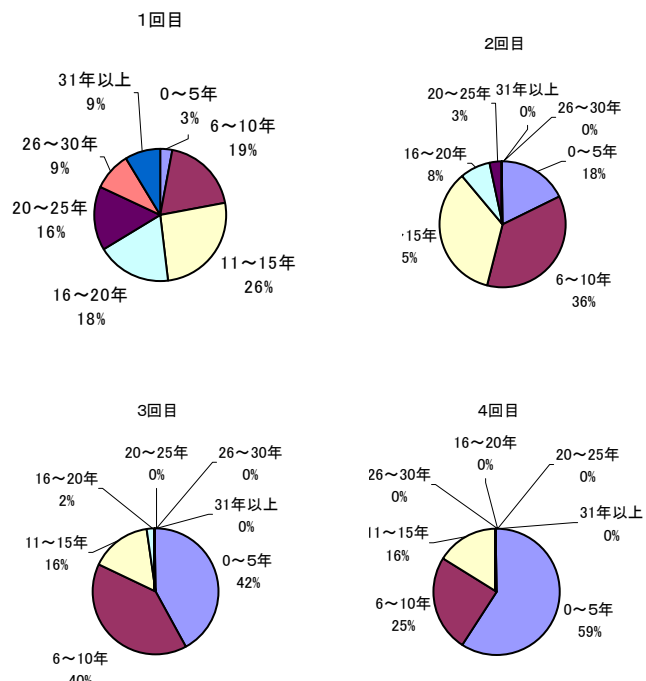
1. 鋼橋塗替え塗装の実態調査結果

①道路橋は 13.6 万橋（うち 40%が鋼橋、図一1より橋梁延長では約 49%）を超えているが、1970 年代に建設された鋼橋が団塊世代をなしており、今後、補修が必要となる。



図一1 橋種別橋梁延長比率

②素地調整の品質は、塗装の耐久性に大きく影響すると一般的にいわれているが、このことが鋼橋の塗替え周期の調査から、具体的実績に基づき示された（図一2より）。



図一2 塗装補修履歴

③付着塩分量の実態を調査した。まず、現況の鋼橋における付着塩分採取については、都市部、山間部、海浜部の3地域に分けて採取した。これは、都市部では大気環境、山間部では凍結防止剤（NaCl）の影響、海浜部では海風による塩の影響を考えたものであり、この3点の付着塩分量の実態を調査した。なお、採取部分は最も腐食の著しい主桁下フランジ下面とした。（写真一1、写真一2）

付着塩分量の測定には、吸光光度法により塩素イオンを検知し、塩分（NaCl）量に換算した。また、分析方法は、採取物を5%硫酸溶液に浸漬し、さびを完全に溶解させて塩分を抽出し、濾過したものである。

表一1 付着塩分量（NaCl mg/m²）測定結果

地域	採取場所	mg/m ²
都市部	主桁下フランジ下面	4,000~5,000
山間部	主桁下フランジ下面	25,000~35,000
海浜部	主桁下フランジ下面	40,000~50,000



写真-1 海浜部主桁下フランジ下面 錆採取前

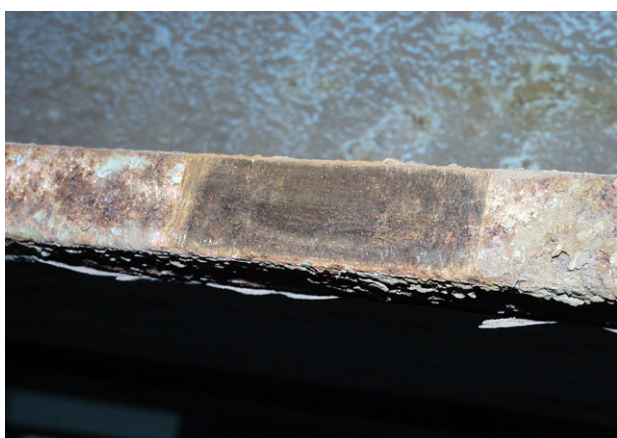


写真-2 海浜部主桁下フランジ下面 錆採取後

2. 塗膜劣化による素地調整と付着塩分量との関係

鋼橋塗装において、素地調整の品質が塗膜劣化に大きく影響することは周知の事実である。素地調整は、鋼材表面に残存する錆、劣化塗膜、塩分等の介在物を除去し、鋼材表面を清浄でかつ適度に粗にする作業である。素地は、ブラスト処理等によって鋼材表面の素地調整を適切に確保することにより、錆や劣化塗膜を除去するとともに、水洗い等の洗浄を行うことにより、付着塩分を除去している。付着塩分に関しては、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会）では、塗膜上ではその許容量は $\text{NaCl } 100 \text{ mg/m}^2$ 以下が多いとされている。しかし、これまでの塗替え塗装の素地調整では動力工具による方法が一般的であったため、ブラスト法による場合は、その処理が明確になっていないのが現状である。

表-2 試験片の洗浄方法

	設定時	参考文献 ⁴⁾
水 圧	7.5MPa	6～8MPa
ノズルから洗浄面までの距離	約0.8m	1 m
流 量	3.5L/m ²	3.5～4L/m ²
洗 浄 回 数		2 回以上

表-3 試験片のブラスト処理方法

	設定時	参考文献 ⁵⁾
空気圧	0.5MPa	0.5～0.7MPa
ノズル口径	8mm	6～8mm
噴射距離	約500mm	200～500mm
噴射角度	約70°	60～90°

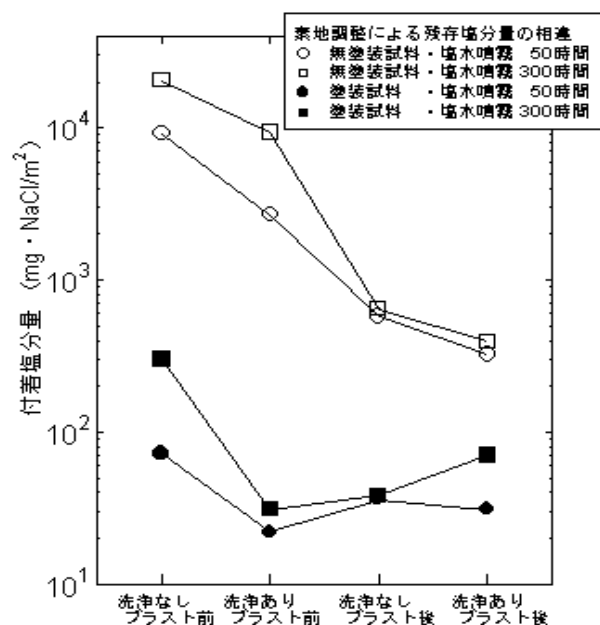


図-3 付着塩分量の変化

そこで、一般的なブラスト処理の有無と洗浄の有無（一般的というのは、ISO Sa 2.5、洗浄常温0～20℃1回）による付着塩分量の変化を調べた促進試験として、塩水噴霧試験を無塗料試料と塗料試料の2つの場合に分け、洗浄の有無、ブラストの有無をパラメータとして、実験した結果が図-3である。実験結果から、無塗料試料については、200mg/m²NaCl以上あり、洗浄、ブラスト処理後も塗膜上の許容値を上回る結果となった。一方、塗料試験は、許容値を下回っている。

このことは、錆のある部分は、通常の洗浄、ブラスト処理を行っても許容値（素地上の許容値は明確なものは現在ないので、今のところ塗膜上のもので

述べている)まで付着塩分がとれない可能性が高いことが明白になった。

3. 複合サイクル試験 (JIS K5621) 日数と付着塩分量との関係の算出

現況の鋼橋において、洗浄やブラスト処理を施しても付着塩分量が許容値を上回る可能性がわかったが、本来曝露試験を行って明らかにする必要がある。しかし、曝露試験では時間がかかり過ぎるため、曝露に近いとされている複合サイクル試験で、現況の鋼橋に近似した試験片を作成して実験することに置き換えることが望ましい。そこで、曝露試験と比較的相関の良い日本塗料検査協会サイクル(S-6) (図-4) による複合サイクル日数と付着塩分量との関係を実験式で表せれば、実態に近い試験片を作成することができ、その試験片を使って、素地の処理実験を行うことができる。

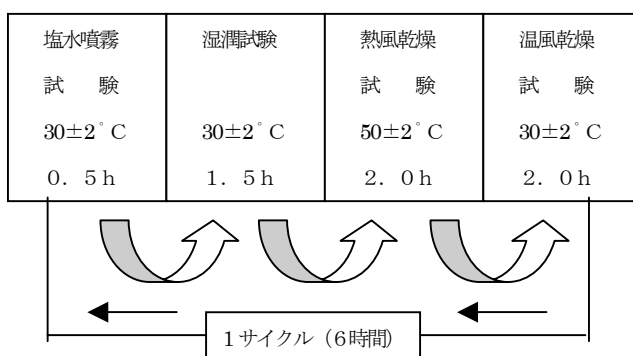


図-4 複合サイクル試験 (S-6)

データを採取する試験片として、次の通りとした。

材 質: SS400

試料寸法: 150mmH×70mmW×3.2mmT

塗 装: フタル酸樹脂塗料 (鋼道路橋塗装便の A 塗装系に基づく)

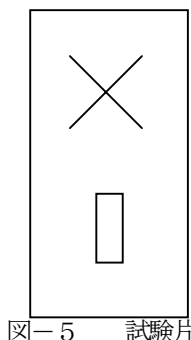


図-5 試験片

図-5のように塗装面の上面の中央部に約4cmの鋼面に達する傷(クロスカット)を、下に10mm×20mmの塗り残しを作成した。試験日数は100日とし、データは5日毎に採取して吸光光度法による分析により塩分を測定した。

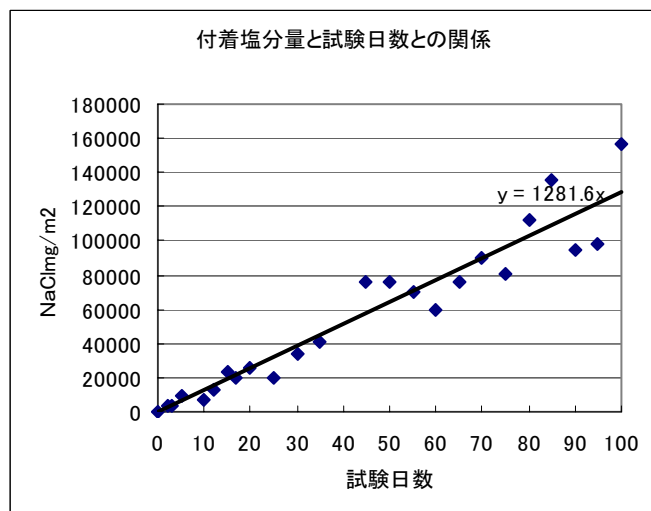


図-6 付着塩分量と試験日数との関係

図-6は、その実験により得られたものである。過去において、付着塩分量と曝露試験日数との関係が直線式で表されており、この場合も直線近似式が妥当であると考えた。図-5より次式が導き出された。

$$Y = 1.28 \times 10^3 X$$

Y: 付着塩分量 (NaCl mg/m²)

X: 複合サイクル試験日数 (日)

これにより、実態の付着塩分量を上式に代入することにより、促進試験である複合サイクル試験の日数を求めることができ、実態の鋼橋の錆の部分にあった近似的な試験片を作成することができる。

4. ふっ素樹脂における素地上の付着塩分に対する塗膜劣化の許容付着塩分量の解明について

塗膜上の許容付着塩分量は、「鋼道路橋塗装便覧」によると、「一般にNaCl 100mg/m²以下としている場合が多い」とうたわれている。しかし、素地上での許容量については、現在のところわかっていない。また、塗装によっても変わってくるものと思われる。ここでは、腐食の発生しやすい場所の現場塗替え塗装

では今後よく使われるであろう、ふっ素樹脂塗料についての許容付着塩分量を解明するため、以下のような実験をおこなった。まず、寸法150mmH×70mmW×3.2mmT（材質SS400）の試験片の片面をブラストによりISO Sa3まで処理した。次にNaCl溶液をはけにより塗布し、付着塩分量がそれぞれ0、50、100、150、200、250、300、400mg/m²になるように付着させ、これを各3枚作成した。これを表-4のように塗装し、JIS K 5600-7-1のソルトスプレー試験を実施した。

表-4 ふっ素樹脂塗料塗装系

塗 料 名	塗 膜 厚
有機ジンクリッチペイント	75 μ m
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	60 μ m
弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料	60 μ m
弱溶剤ふっ素樹脂塗料用中塗り	30 μ m
弱溶剤ふっ素樹脂塗料用上塗り	25 μ m
合 計	250 μ m

ソルトスプレー試験による塗膜劣化の評価：膨れの等級（JIS K 5600-8-2）評価によって、許容付着塩分量を推定した。実験結果を図-7に示す。この結果から、付着塩分量200mg/m²以下については、膨れの現象があらわれなかった。よって、許容付着塩分量は200mg/m²以下と推察できる。

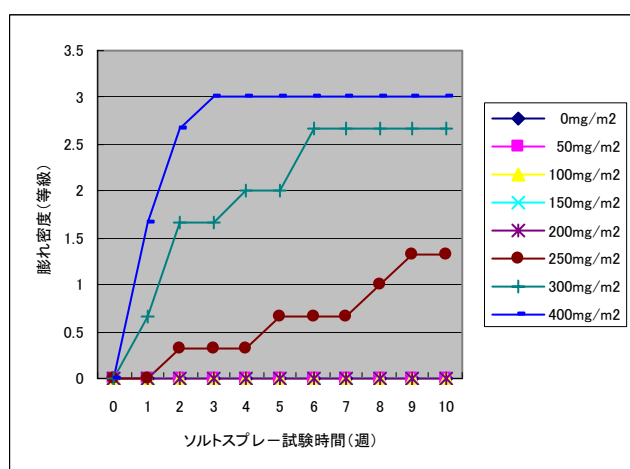


図-7 ソルトスプレー試験時間と膨れ密度の関係

5. 塗替え時の素地調整品質確保の試験

図-6により得られた実験式により、試験片を作成し、塩分除去に有効であると考えられる影響因子を全部取り入れて、素地調整の品質確保の試験を行った。ケレン作業は、ISO 8501-1によるSa3の処理を施した。ブラスト材は、一般に普及しているアルマダイトガーネットを使用した。洗浄については、スチームを使用し、洗浄回数を1回と2回、水量を約4L/m²と8L/m²とに分けて実施した。その結果が図-8である。

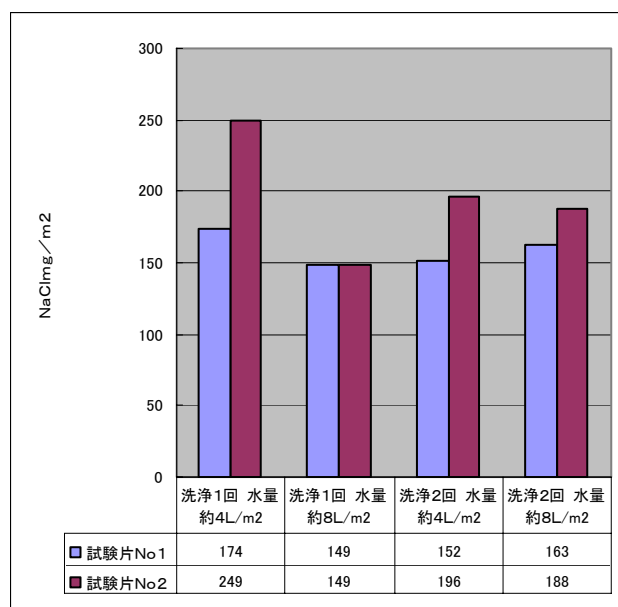


図-8 素地調整後の付着塩分量

この結果から、素地調整後の付着塩分量は、ほぼ、ふっ素の許容付着塩分量200mg/m²以下になっており、素地調整の品質確保が達成されている。また、洗浄の回数や水量には、特段の関係は見あたらないように推察される。

6. おわりに

一応、許容付着塩分量を満足する品質確保の条件は出たが、さらに詳細な試験をして、なるべくスチームではなく常温の水で、さらには洗浄無しで実施できる方が施工機器が少なく済み、その分全体のコストが下がり、LCCにも影響してくるのは周知の事実である。今後、より詳細に設定条件を整理していく必要がある。