

鋼橋塗装の部位別劣化状況と対策に関する調査

(独) 土木研究所寒地土木研究所 道央支所 ○田畑浩太郎
 同 上 耐寒材料チーム 林田 宏
 同 上 道央支所 宮本 修司

鋼橋塗装の塗替え時期については、定期的に点検を行い防食効果が維持されるよう、適切に決定する必要がある。一般的には橋梁全体の状況を確認し、その結果をもとに塗替え時期を決定している。通常の場合、作業足場などの経済的観点から、橋梁全体を一斉に塗替える「全面塗替え」が行われている。しかしながら、実際の橋梁では特定の部位の塗膜が著しく劣化（以下、早期劣化箇所と記す）し、それ以外の部位と大きな違いが生じることが多い。そこで北海道開発局では、積雪寒冷地域における橋梁の早期劣化箇所と、それ以外の箇所の劣化状況の違いを考慮した試験塗装を行い、寒地土木研究所でその有効性を確認するため追跡調査を行っている。本論文では、試験施工から2年が経過した現在の状況を報告する。

キーワード：維持・管理、鋼橋塗装、部分塗り替え、目視調査

まえがき

鋼橋塗装は、鋼材を腐食環境から保護し健全な状態を保つために重要である。また、架設後の定期的な塗替え塗装は、防食効果を維持し、鋼橋の機能保持に欠かすことができないものである。

塗装の塗替え時期については、定期的な点検により劣化状況を的確に把握し、防食効果が合理的かつ経済的に維持されるよう適切に決定する必要がある。一般的には、劣化により塗替えが必要と判断された場合、作業足場などの経済性の観点から、橋梁全体の塗替えを一斉に行う「全面塗替え」が行われている。

しかし、鋼橋では特定の部位の塗膜が著しく劣化することが多い¹⁾（以下、本報告ではこのような部位を早期劣化箇所と記す）。

そこで北海道開発局では、積雪寒冷地における塗装の劣化格差を考慮し、合理的・経済的な塗替え方法を確立するため、早期劣化箇所の塗装厚を増強した試験施工（以下、早期劣化対策と記す）を実施した。

本文は、試験施工から2年が経過した現在の状況について、寒地土木研究所でその有効性を確認するため行った追跡調査の結果を報告する。

国町と229号蘭越町にある計3橋とした。（図-1）
 表-1に調査対象の3橋梁の諸元を示す。

これらの橋梁は、いずれも鋼道路橋塗装便覧²⁾で定められている腐食環境分類で、飛来塩分の影響を強く受ける「厳しい腐食環境」とされる日本海側の海岸部に架橋されている。



図-1 調査対象橋梁の位置図

1. 調査対象橋梁

調査対象とした橋梁は、一般国道228号松前町、上ノ

表-1 調査対象橋梁の諸元

橋梁名	清部大橋	トッペ沢橋	磯谷橋
所在地	松前町 (一般国道228号)	上ノ国町 (一般国道228号)	蘭越町 (一般国道229号)
河川名	鴨津川	トッペ山の川	尻別川
上部形式	4径間連続鋼合成鋼桁	3径間連続鋼桁	3径間、2径間連続鋼桁
橋長	124m	125m	210m
幅員	9.3m	7.5m	8.5m
架設年度	1973年 (架設後経過35年)	1979年 (架設後経過29年)	1970年 (架設後経過38年)

2. 早期劣化対策の試験施工概要

鋼道路橋塗装・防食便覧³⁾では、特定部材に早期劣化が発生する原因の一つとして塗膜厚不足が記述されており、対策として塗膜厚の増強やエッジ部のR加工が推奨されている。

また、早期劣化が生じやすい部材として、素地調整が難しい主桁腹板や下フランジのボルト継手部、下フランジのエッジ部、鋭角な部位を多く保有している2次部材などが明らかになっている⁴⁾。

今回の試験施工では、これらの知見を基に、早期劣化が生じやすい特定部材を対象に「塗膜厚増強」と「エッジ部のR加工」を行った。

2. 1 塗膜厚増強

標準部の塗装仕様を表-2に示す。試験施工では、この標準仕様に対して、

- ① 下塗り1層増（以下、「増塗り1層」と記す）
材料：弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗、
60 μm ×1層 を下塗りに追加（表-3）
- ② 下塗り2層増（以下、「増塗り2層」と記す）
材料：弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗、
60 μm ×2層 を下塗りに追加（表-4）
- ③ 下塗り1層の膜厚を60 μm から300 μm に変更
（以下、「超厚膜」と記す）
材料：超厚膜形エポキシ樹脂塗料
下塗り1層を300 μm ×1層に変更（表-5）

の3パターンについて調査を行った。

塗膜厚増強の対象部位を図-2に示す。ボルト継手部、下フランジ、2次部材、ガセットを試験施工の対象とした。なお、下フランジについては、隅角部が弱点となるのを防ぐため、10cmまで立ち上げを行った。（図-3）

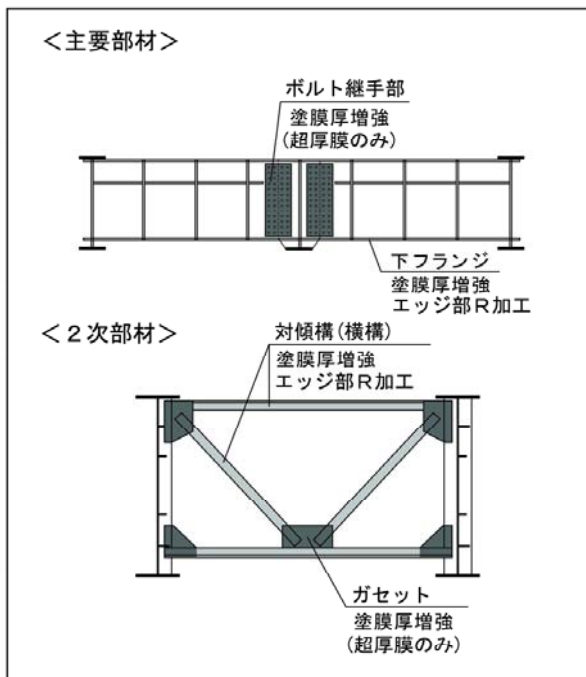


図-2 塗膜厚増強部位

表-2 標準部塗装仕様

	規 格	膜厚(μm)
素地調整	2種	—
下塗り	有機ジンクリッチペイント	75
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
中塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料中塗	30
上塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料上塗	25

表-3 「増塗り1層」塗装仕様

	規 格	膜厚(μm)
素地調整	2種	—
下塗り	有機ジンクリッチペイント	75
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
増塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
中塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料中塗	30
上塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料上塗	25

表-4 「増塗り2層」塗装仕様

	規 格	膜厚(μm)
素地調整	2種	—
下塗り	有機ジンクリッチペイント	75
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
増塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
増塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
中塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料中塗	30
上塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料上塗	25

表-5 「超厚膜」塗装仕様

	規 格	膜厚(μm)
素地調整	2種	—
下塗り	有機ジンクリッチペイント	75
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗り変更	超厚膜形エポキシ樹脂塗料	300
中塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料中塗	30
上塗り	弱溶剤形フッソ樹脂塗料上塗	25

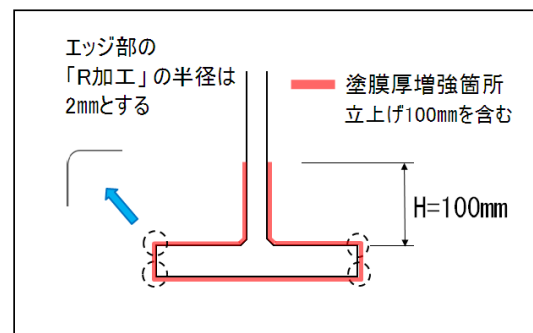


図-3 下フランジ塗膜厚増強範囲拡大図

2. 2 エッジ部R加工

鋼道路橋塗装・防食便覧⁴⁾や佐々木らの報告⁵⁾によると、鋭い角度をもつ部位（シャープエッジ部）は塗料が十分に付着せず塗膜厚不足になることが多いため、早期劣化しやすく、その対策として角部のR加工（曲面仕上げ）が推奨されている。今回の調査では、その効果を検証するため、主桁下フランジ、2次部材、ガセットの各エッジ部でR加工を実施した。R加工の半径は2mmとした（図-3）。

3. 評価方法

本調査では、塗膜の腐食状態を定量的に検討するため、米国材料試験協会（ASTM）及び米国鋼構造物協会（SSPC）の「腐食面積とさびの評価判定図」（以下、評価判定図と記す）（図-4）を用いた。¹⁾

実際の調査は、目視により部位毎のさび発生率を確認し、調査対象の部材毎の全体面積に対する腐食割合を求め、評価判定図の9段階にあてはめた。

今回の報告では、このようにして判定したさび発生率を、部材毎、早期劣化対策種類毎に集計し、さび発生率の出現度合いを求めた。なお、今回は、データ数の確保と全体の傾向を確認するため、3橋のデータを一つにまとめて報告する。

4. 調査結果

4. 1 主要部材及び2次部材

主要部材及び2次部材の、早期劣化部位における塗膜厚増強箇所と標準塗装箇所のさび発生率の出現状況を図-5に、今回の調査における主要部材のさび発生状況を写真1～4に示す。

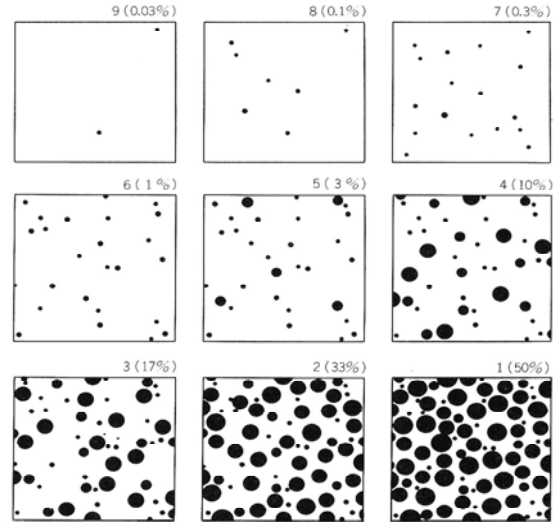


図-4 腐食面積とさびの評価判定図
(参考文献¹⁾より抜粋)



写真-1 横構の状況写真
(「標準」さび発生評価：0.1%)



写真-2 横構の状況写真
(「増塗り1層」さび発生評価：0.03%)

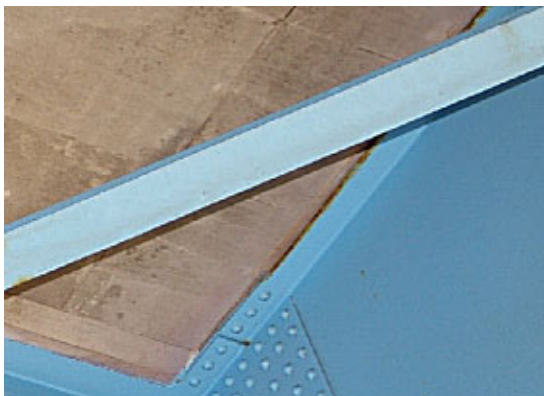


写真-3 横構の状況写真
(「増塗り2層」さび発生評価：0%)



写真-4 横構の状況写真
(「超厚膜」さび発生評価：0%)

さび発生率0%と評価した部材数の出現割合を見ると、「標準」に対して「増塗り1層」は約1.6倍、「増塗り2層」は約1.9倍、「超厚膜」は約2.2倍になった。同じく0.03%以下と評価した部材数の出現割合は、「標準」に対して、それぞれ約1.4倍、約1.5倍、約1.5倍になった。

次に、飛来塩分など外部の腐食環境の影響を確認するため、外桁の外側の部分（以下、外側と記す）と、内側および内桁の部分（以下、内側と記す）のさび発生状況を比較した結果を図-6に示す。この図より、さび発生率0%と評価した部材数の割合は、「内側」の部材が多くなっており、外部環境の違いがさび発生率の違いとして表れたと思われる。ただし、その違いはわずかであり、今後とも継続的に調査する必要がある。

4.2 ボルト継手部

ボルト継手部の調査結果を図-7に示す。

さび発生率0%と評価した部材数の出現割合を見ると、「標準」の5.6%に対して、「超厚膜」は54.8%になった。同じく0.03%以下と評価された部材数の出現割合は、61.2%と97.8%になった。

写真-5と写真-6は、今回の調査での、主桁下フランジにおける対策を行っていない「標準」箇所と、ボルト継手部の「超厚膜」による早期劣化対策箇所のさび発生状況の例である。

4.3 エッジ部

エッジ部については、塗膜厚増強とともに、R加工の効果についても調査を行った。（図-8）

まず、塗膜厚増強の効果について、さび発生率で0%と評価した部材数の出現割合を見ると、「標準」の12.5%に対して「増塗り1層」は20.4%、「増塗り2層」は6.7%、「超厚膜」は20.6%となり、「増塗り2層」は「標準」よりも割合が少なくなった。一方、さび発生率0.3%以上と評価した部材数の出現割合を見ると、「標準」は約60%に達しているが、これに対して「増塗り1層」が6.2%、「増塗り2層」が23.3%、「超厚膜」は7.6%と少なくなった。

次に、R加工の効果について、「増塗り1層」のR加工では、さび発生率で0%と評価した部材数の出現割合は、R加工が無い方が割合が大きく、0.03%以下と評価した部材数の出現割合では、ほとんど違いは見られなかった。「増塗り2層」では、R加工による効果が顕著に表れたが、R加工しなかった時の値が「増塗り1層」の場合を下回っており、単純な比較は出来ない。「超厚膜」については、さび発生率にほとんど違いが無かった。

5. まとめと考察

(1) 今回の調査では、主要部材及び2次部材に対する早期劣化対策として「超厚膜」が最も効果があった。続いて「増塗り2層」「増塗り1層」の順となっており、下塗り塗装の厚さと、さび防止効果には、正の相関があると言える。

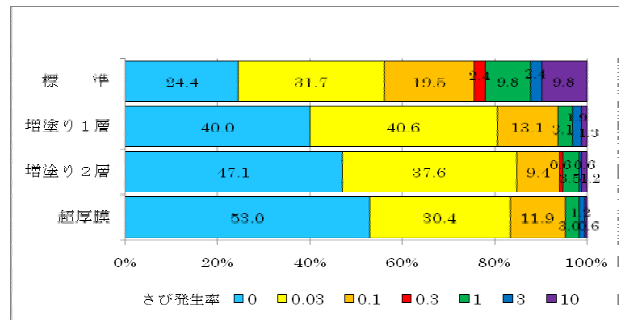


図-5 調査結果（主要部材及び2次部材）

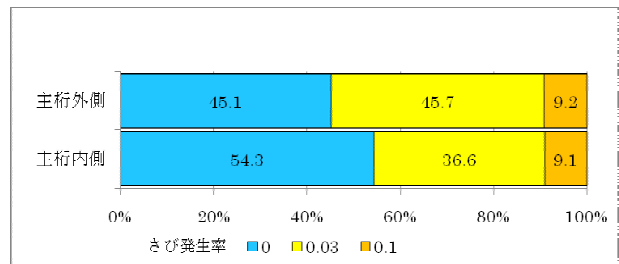


図-6 調査結果（外側部材と内側部材）

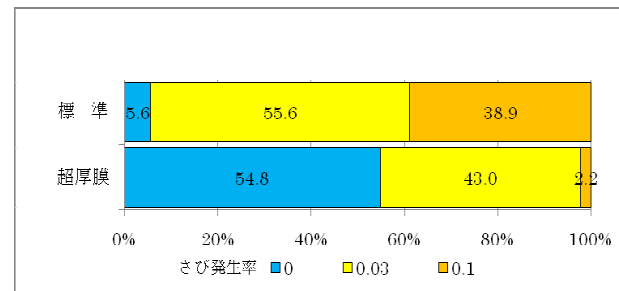


図-7 調査結果（ボルト継手部）

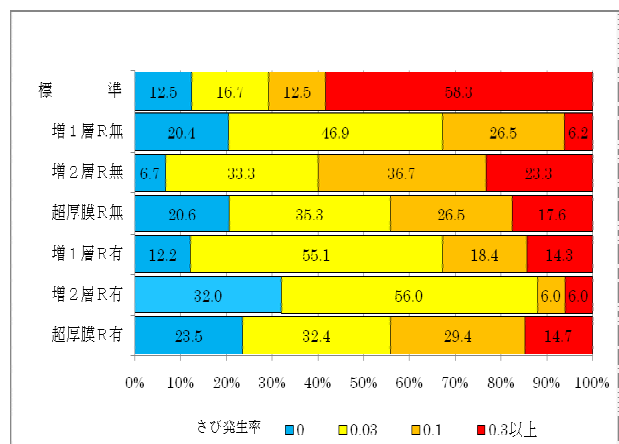


図-8 調査結果（エッジ部）

このことから、早期劣化対策として塗装厚増強を選定する際には、対策を行っていない通常箇所
の全面塗替えサイクルに合わせて、施工出来る様に劣化度合いを設定することが必要である。そのためは、各種対策の相対的評価ばかりではなく、通常箇所との関係も合わせて調査を行う必要がある。

- (2) ボルト継手部に対しては「超厚膜」のみが試験施工の対象であったが、効果が顕著に表れた。ボルト継手部は、凹凸がある形状のため、ケレン作業が難しいことから、主要部材及び2次部材に対して最も効果が大きかった「超厚膜」による早期劣化対策を行うことが望ましい。
- (3) エッジ部に対しても、対策を行っていない標準部と比較して、増塗りを行った効果が見られた。しかしながら、対策別に比較するとほとんど違いが見られなかった。その理由として、エッジ部では、塗装の厚さを厚くすることが難しいことが考えられ、実際の塗装厚を計測するなど、より詳しい調査が必要と思われる。
- (4) エッジ部のR加工の効果については、「増塗り2層」との組み合わせで大きな効果が見られるものの、「増塗り1層」と「超厚膜」との組み合わせでは、ほとんど効果がなかった。しかしながら、経過年数が2年と短く、さび率も小さいことから、一概には判断出来ない。R加工の効果については、今後とも調査を継続し、塗膜厚の実態調査など、詳細な検証を行う必要がある。
- (5) 主桁の外側と内側の比較より、飛来塩分などの外的要因がさび発生率に与える影響について、さびの発生状況にわずかな違いが見られたが、現在のところ明確な違いとはなっていない。今後は、飛来塩分量など、外的要因も含めた調査を継続的に行う必要がある。

6. あとがき

公共事業は、高度経済成長期に整備された社会インフラが一斉に更新の時期を迎えることもあり、維持管理がますます重要になっている。一方、本格的な少子高齢化社会を迎えるに当たり、財政の制約はますます厳しく、公共事業のコスト削減は至上命令である。このような社会情勢に応えるには、「ライフサイクルコスト」を意識した社会インフラの維持管理がますます重要となる。今回報告した早期劣化対策は、品質を確保しつつ、コストを削減する手法として有望であり、普及に向け今後とも調査を継続したいと考えている。



写真一5 ボルト継手部の状況写真
（「標準」さび発生評価：0.1%）



写真一6 ボルト継手部の状況写真
（「超厚膜」さび発生評価：0%）



写真一7 エッジ部の状況写真
（「標準」さび発生評価：3%）



写真一8 エッジ部の状況写真
（「増塗り2層R有」さび発生評価：0%）

謝辞

本調査に当り、御協力を頂いた小樽開発建設部岩内道路事務所及び函館開発建設部江差道路事務所の関係各位に、改めて感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 塗装技術者のための鋼橋塗装の知識、山海堂、1978年8月
- 2) 鋼道路橋塗装便覧、社団法人日本道路協会、2002年6月
- 3) 鋼道路橋塗装・防食便覧、社団法人日本道路協会、平成17年12月
- 4) 林田宏、後田悟、伊藤健一：北海道におけるC塗装系の鋼橋塗膜劣化調査・予測に基づく早期劣化対策及び部分塗替えの検討、第50回（平成18年度）北海道開発局技術研究発表会
- 5) 佐々木慎一、田口史雄、嶋田久俊：鋼橋塗装の塗膜劣化に関する調査、北海道開発土木研究所月報No.594、2002年11月