

応急塗装を考慮した部分塗替え塗装のコスト縮減効果に関する検討

茨城大学大学院 学生会員 ○川又 宗近
茨城大学大学院 正会員 原田 隆郎

1. はじめに

現在、日本では高度経済成長期に建設された橋梁の老朽化とそれに伴う維持管理費の増加が懸念されている。特に鋼部材の塗替え費用縮減のために部分塗替え塗装の導入¹⁾が検討されており、安波ら²⁾は部分塗替え塗装を全面塗替えの一時しのぎで利用するならば、ライフサイクルコスト (Life Cycle Cost, 以下 LCC) の縮減効果は限られることから、部分塗替え塗装を適用する桁端部以外の中間部は塗り替えしないことを提案している。一方、原田³⁾は部分塗替え塗装を行わない中間部にも簡易な応急塗装を行うことで、塗替えを実施しない中間部の劣化を抑制できることを示しているが、そのコスト縮減効果までは示していない。そこで本研究では、部分塗替え塗装に応急塗装を適用することの効果を示すため、部分塗替え手法ごとの LCC と構造の強度の低下をもたらす腐食量の増加の関係を総合的に評価し、応急塗装を考慮した部分塗替え塗装のコスト縮減効果について検討した。

2. 応急塗装を考慮した部分塗替え塗装モデルの提案

本研究では、図-1 に示すように、塗膜劣化予測と鋼材腐食予測を組み合わせ、中間部に対して定期点検時の応急塗装を施す場合の腐食抑制効果もモデル化することで、橋梁の様な塗膜劣化と鋼材腐食の関係性を定量的に評価し、塗替えを施した鋼材の塗膜劣化が進行する段階での鋼材腐食量増加の推移を予測できるような部分塗替え塗装モデルを設定した。塗膜劣化予測モデルは、藤原ら⁴⁾による二次曲線を用いて、橋梁の塗膜劣化に伴う経年によるさび面積率の増加を近似によって表現した。また、細井ら⁵⁾による部位別の塗膜寿命比率を用いて、厳しい腐食環境下にあるために局所的な腐食が発生する下フランジ、対傾構、横構、支承・桁端の弱点部と、それ以外の一般部の 5 つの部位における塗膜劣化曲線を作成し、各部位での塗替え塗装を行った際の塗膜劣化面積率の推移が表現できるモデルとした。また、鋼材腐食量の予測モデルとしては、鋼道路橋防食便覧⁶⁾のさびの評価において、さび面積率

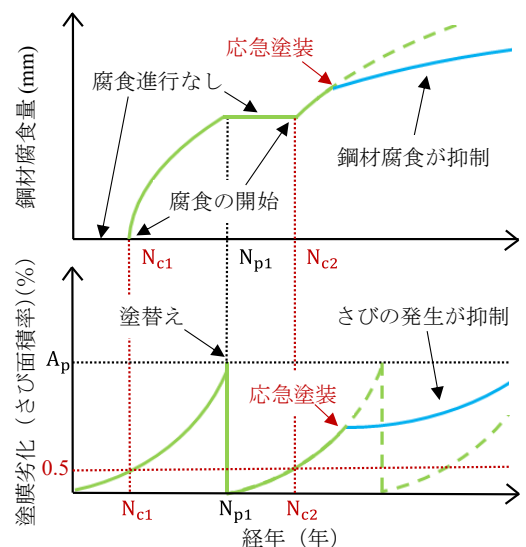


図-1 応急塗装を考慮した部分塗替え塗装における塗膜劣化(さび面積率)と鋼材腐食量の経年変化の考え方

0.5%で防食機能が損なわれ始め、8%で防食機能が完全に失われるとされていることから、架設年から計算してさび面積率0.5%となる N_{c1} 年目に腐食が始まり、塗替えを行う N_{p1} 年目に腐食進行が止まる、そして再度さび面積率が0.5%となる N_{c2} 年目に腐食が再開するといったサイクルを繰り返すモデルとし、供用年数50年での最大腐食量を算出することとした。ここで、 A_p は塗替え時のさび面積率であり、シミュレーションでのパラメータとなる。なお、応急塗装については、原田による複合サイクル促進試験の結果³⁾を用いて、鋼材の腐食予測式への当てはめ²⁾により、部位ごとの50年間の腐食量の予測を行った。さらに、50年間のLCCの算出については、対象橋梁における塗替えを行う部位の鋼材表面積、塗装系(塗料)ごとの補修費用単価を用いて算出した。

3. 提案モデルによるコスト縮減効果に関する検討

(1) 対象橋梁の設定

応急塗装を考慮した部分塗替え塗装のコスト縮減効果を検討するために、参考文献2)でワッペン式曝露試験が行われている橋梁を対象とした。対象橋梁における塗膜劣化予測モデルの塗膜寿命予測式は腐食環境の緩やかなマイルド環境の予測式を適用し、塗膜寿命比率は対象橋梁の周辺が一般的な環境であるため全環境の比率を適用した。

キーワード：部分塗替え、塗膜劣化、鋼材腐食、応急塗装、コスト縮減

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 TEL：0294-38-5172

(2) 検討シナリオとパラメータ

本研究では、提案した部分塗替え塗装モデルを用いて、塗替え塗装方法、塗装系（塗料）、塗替え基準にパラメータを設定し、その組み合わせにより作成した表-1 に示すシナリオによって、50 年間のコスト縮減効果を比較した。塗替え塗装方法として

表-1 各シナリオの塗替え手法

シナリオ	塗替え塗装方法	塗装系（塗料）	さび面積率による塗替え時期の基準
1	部分塗替え，全面塗替え	Rc- I 塗装系	さび面積率 5%
2	部分塗替え，全面塗替え	Rc-III 塗装系	さび面積率 5%
3	部分塗替え，全面塗替え	Rc- I 塗装系	さび面積率 10%
4	部分塗替え，全面塗替え	Rc-III 塗装系	さび面積率 10%
5	部分塗替え，応急塗装	Rc- I 塗装系，スプレー	さび面積率 5%
6	部分塗替え，応急塗装	Rc-III 塗装系，スプレー	さび面積率 5%
7	部分塗替え，応急塗装	Rc- I 塗装系，スプレー	さび面積率 10%
8	部分塗替え，応急塗装	Rc-III 塗装系，スプレー	さび面積率 10%

は、「全面塗替えと部分塗替えを繰り返す塗替え塗装方法」と、弱点部のみの部分塗替えと一般部への応急塗装により LCC 縮減を図った「応急塗装を組合わせた部分塗替え塗装」の 2 種類を、塗装系としては、「Rc-I 塗装系による塗替え」と「Rc-III 塗装系による塗替え」の 2 種類を、塗替え塗装時期としては、鋼材のさび面積率を塗替えの決定基準とし、「さび面積率 5%時での塗替え」と「さび面積率 10%時での塗替え」の 2 種類をパラメータとした。

(3) 応急塗装を考慮した部分塗替え塗装のコスト縮減効果

本研究は塗替え塗装手法におけるコスト縮減効果について検証するものであるが、LCC の縮減に伴って著しく腐食量が増加した場合、鋼部材の安全性の低減を招く可能性が生じる。よって、式(1)に示す 50 年間の塗替え塗装費用に対する鋼材の腐食量を用いて各シナリオのコスト縮減効果を定量的に評価した。そして、このコスト縮減効果が大きいほど、大きな鋼材腐食を起こさずにコスト縮減が図れたシナリオであると評価した。ここで、式中の「腐食量の閾値」は、普通鋼材における 50 年間の腐食量の閾値⁶⁾として、0.3 mm と設定した。

$$\text{コスト縮減効果} = \frac{\text{腐食量の閾値(mm)} - \text{腐食量(mm)}}{\text{LCC(百万円)}} \quad (1)$$

表-2 に、各シナリオにおける 50 年間での LCC と鋼材腐食量、コスト縮減効果を示す。塗替え塗装方法による比較として、応急塗装を組合わせた塗り替え塗装を行った場合(シナリオ 5,6,7,8)、塗替え面積の減少による塗装費用の抑制により約 100 万円のコスト縮減効果と、最大で 0.005 mm の鋼材腐食量の増加が見られ、高いコスト縮減効果が得られた。塗替え塗装系に対する比較では、Rc-I 塗装系での補修(シナリオ 1,3,5,7)は、塗替え回数の減少にとり約 80 万円のコスト縮減と、最大 0.003 mm の鋼材腐食量の増加が見られ、コスト縮減効果は高くなった。塗替え塗装時期に対する比較では、塗替え基準をさび面積率 10%として補修したシナリオ(シナリオ 3,4,7,8)において塗替え回数が減少し、コストは約 350 万円縮減された。鋼材腐食増加量は最大で 0.009 mm であり、高いコスト縮減効果が得られた。

表-2 50 年間におけるシナリオの LCC、鋼材腐食量、コスト縮減効果

シナリオ	LCC (百万円)	鋼材腐食量 (mm)		コスト縮減効果	
		一般部	弱点部	一般部	弱点部
1	11.30	0.062	0.074	2.11	2.00
2	13.89	0.063	0.077	1.71	1.60
3	8.20	0.064	0.083	2.88	2.64
4	8.12	0.065	0.083	2.89	2.67
5	10.48	0.033	0.079	2.55	2.11
6	10.61	0.033	0.079	2.51	2.09
7	7.38	0.033	0.083	3.61	2.93
8	8.26	0.033	0.085	3.23	2.61

4. おわりに

本研究では、鋼部材の塗膜劣化予測と鋼材腐食予測を利用した部分塗替え塗装モデルを提案し、応急塗装を含む異なる部分塗替え塗装における 50 年間での LCC と鋼材腐食量を算出することで、コスト縮減効果を比較した。その結果、応急塗装と部分塗替えを組合わせた塗替え手法、Rc-I 塗装系を用いた手法、さび面積率 10%において塗替える手法で、鋼材腐食量の顕著な増加は見られず、コスト縮減効果が確認できた。今後は腐食環境の激しい橋梁に対する検討や、部材をより細分化した上での塗替え手法の評価を行うことが課題である。

参考文献

- 1) 玉越隆史他：道路橋の部分塗替え塗装に関する研究—鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)，国土技術政策総合研究所資料，第 684 号，2012.4。
- 2) 安波博道他：一時しのぎでない鋼橋の部分塗替え塗装，橋梁と基礎，Vol.49，pp.18~23，2015。
- 3) 原田隆郎：橋梁点検時における応急塗装の腐食抑制効果に関する実験的検討，構造工学論文集，Vol.66A，pp.400-409，2020.3。
- 4) 藤原博他：鋼橋塗膜の劣化度評価と寿命予測に関する研究，土木学会論文集，No.696/I-58，pp.111-123，2002.1。
- 5) 細井章浩他：橋梁塗装の部分劣化対策に関するライフサイクルアナリシス，構造工学論文集，Vol.57A，pp.669~680，2011.3。
- 6) (公社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，2014.3。