

佐賀国道における鋼橋塗替え管理計画の策定

野尻浩人・向窪広幸・安波博道・落合盛人・五島孝行・中島和俊

1. はじめに

国土交通省が直接管理する橋梁の点検・診断については、平成16年に「橋梁定期点検要領(案)」が発行され、これに基づく点検・診断が実施されて以降、橋梁の損傷データが順次蓄積されるようになってきた。

この内、鋼橋に着目すると、損傷の大半が腐食や防食機能の劣化であり、これらを放置すると、将来的に構造安全性の低下が懸念される。このため、長寿命化修繕計画では、塗替え工事のために膨大な費用が必要となってきた。

このような現状を踏まえた上で将来を見据えると、「橋梁全体の構造安全性を保持し続けるために、塗替えを如何にして低コストかつ適切な方法で実施するか」が最大の課題と考える。

また塗替え計画策定を合理的に行うには、定期点検より得られる損傷情報を有効活用することが必須であり、そのためには、「橋梁定期点検と連動させた塗替え管理手法の導入」が望まれる。

佐賀国道事務所では、持続可能な長寿命化計画実現の一環として、上記2つの観点に立ち、管内の鋼橋132橋を対象に、塗替え管理計画策定要領の検討と同管理計画策定を実施した。本稿は、その内容について報告する。

2. 塗替え管理計画立案の基本方針

(1) 持続可能な維持管理の実現

維持管理の基本的考え方を、「1橋でも多くの橋を、構造上、手遅れにならないよう、適切な時期に適切な方法で修繕すること」、また「財源的に持続可能かつ継続的な計画とすること」とした。

(2) 「構造的安全性」を重視した塗替え要否判定

1橋でも多くの橋に対応できるよう、塗替えの目的を、従来に比べより合理的に考え、「塗膜の健全性」ではなく、「構造的安全性」とした。すなわち、防食性能を従来の塗装に期待するのではなく、風化等で塗膜の防食機能が喪失した後の鋼材自身の耐食

性に期待し、将来において過度に腐食が進行しない限り塗膜の劣化を許容することとした。

(3) 合理的な塗替え計画の策定

これまで塗替えは、全面塗替えを基本としていたが、本計画では、国土交通省「鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)」に示す「部分塗替え」を採用し、腐食状況や現行の塗装仕様に応じて桁端部のみの塗替えと全面塗替えを選択する計画とした^{1),2)}。さらに、塗装仕様も従来のRc-III塗装系ではなく、腐食生成物の完全除去とケレン面の定量的な品質管理が可能なRc-I塗装系を採用した。これにより、塗替えコストの縮減(部分塗替えの採用)と耐久性の向上(Rc-I塗装系の採用)により財源的に持続可能な計画となることをめざした。なお、塗膜が一般塗装系(A, B塗装系)の場合には、腐食環境が厳しい地域や部位については、塗膜が健全であっても積極的に重防食塗装であるC塗装系(Rc-I塗装系)に移行していくこととし、コスト縮減だけでなく、予防保全の考え方も取り入れた。

(4) 橋梁定期点検結果の活用

将来にわたり継続的に計画が更新できるよう、塗替えの必要性判定や塗替え範囲の決定は、橋梁定期点検で得られた損傷データや対策区分判定結果を用いて行うこととした。

3. 塗替え管理計画立案要領

塗替え管理計画は、対象とする全ての橋梁について、①次回の塗替え時期、②塗替えの範囲、③塗装仕様を設定するものとした。また、塗替え時期は、1年以内、2年～5年以内、6年～10年以内、11年以降の4区分に分類した。

計画の対象は、鋼橋の桁本体とした。なお、橋面付属物や桁下付属物は、機能性や美観性等橋梁本体とは異なる別の管理目的が存在すること、また塗替えではなく交換による維持管理が選択される場合も多いことから塗替え計画の対象外とした。

また、箱桁橋の場合の箱内面塗装は、一般的に塗替えではなく部分補修での対応となることが多いため、対象外とした。

以下に具体的塗替え管理計画立案要領を示す。

3.1 計画の単位

多径間の橋梁の場合、1橋を以下に示す単位（対象区分）に分け、個々について計画立案を実施した（図-1）。

(1)構造形式

1つの橋梁の中で構造形式が異なる場合（連続桁、単純桁等）は、腐食の部位が各々異なるため、構造形式毎を対象区分とした。

(2)ローカル腐食環境（桁下等の環境）、周辺状況

同一の構造形式であっても桁下等の腐食環境（陸上、河川上、海上等）が明らかに異なる場合には、その環境が異なる径間毎に別の対象区分とした。なお、鉄道を跨ぐ跨線径間は、施工条件が異なるため、別の対象区分とした。

(3)防食仕様

既設の塗装系（一般塗装系、重防食塗装系、耐候性鋼）によってその防食機構や劣化特性が異なり、塗替え要否や範囲が異なるため、塗装系毎に別の対象区分とし、塗替え必要性判定フロー等計画要領も塗装系別に設定した（3.3参照）。

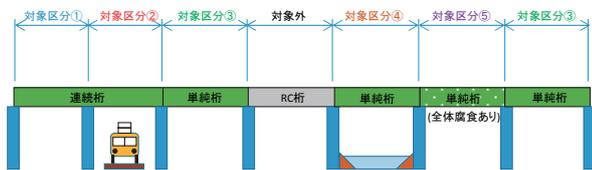


図-1 計画単位（対象区分）のイメージ

3.2 計画に用いる情報（判定指標）

(1)橋梁定期点検結果

1)損傷程度の評価結果（塗替え要否の判定指標）

橋梁定期点検では、橋梁の要素毎に、「損傷の程度」をa～eの5段階で評価し記録している。本計画要領では、同評価結果の内、主桁部材の要素（桁端部、中間部）の、「①腐食」の評価結果d、eの割合を塗替え要否の判定指標に用いた。

なお、判定指標に「⑤防食機能の劣化」を用いなかったのは、基本方針で述べたとおり、塗替えの目的を、「塗膜の健全性」ではなく「構造の安全性」に置いたことにより塗膜の劣化を許容したためである。

2)対策区分判定結果（塗替え時期の判定指標）

本計画要領では、主桁部材に対する①腐食の対策区分判定結果A～C、およびEを、塗替え時期の判定指標に用いた（図-2）。具体的には、主桁の各部材（G1、G2桁等）に付された判定結果の内主桁

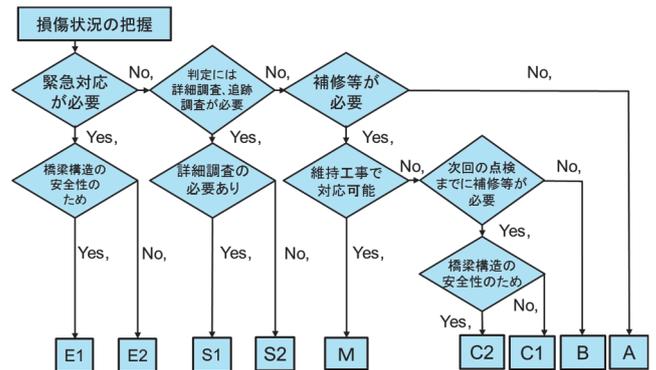


図-2 対策区分判定の内容³⁾

全体として最も多い判定結果を判定指標に用いた。

(2)その他の情報

塗替え要否判定には、上述の橋梁定期点検結果に加え以下の情報も合わせて評価指標とした。

1)マクロ腐食環境（橋梁全体が置かれた環境）

海からの距離によりマクロ腐食環境を分類した（表-1）。この分類は、道路橋示方書鋼橋編に示す耐候性鋼の適用範囲を参考とした。

表-1 本計画要領で用いたマクロ腐食環境の分類

腐食要因	判断基準	腐食環境
海からの距離	日本海沿岸部5km以内	厳しい
	太平洋沿岸部2km以内	
	上記以外	穏やか

2)橋長

橋長が15m未満の橋梁は桁端部と中間部に分ける経済的メリットが少ないことから、塗替え必要と判定された場合には全面塗替えとした。

3)ローカル腐食環境（桁下等の環境）

径間毎のローカル腐食環境を、表-2のとおり分類した。

表-2 径間毎のローカル腐食環境の分類

ローカル腐食環境項目	指標(目安)	環境分類
河川・海上で水面近接	水面から2.0m程度以内	厳しい
陸上部で桁下湿潤状態	桁下に植栽が繁茂している	
上記以外	—	穏やか

4)過去の塗替え履歴

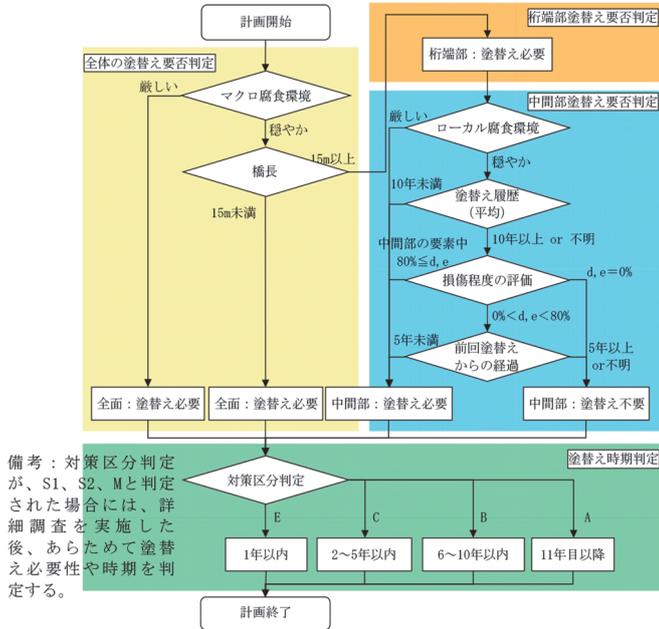
過去の塗替え履歴から腐食の進行度を推測することとした。なお、過去の塗替え履歴としては、以下の2種類に着目した。

- ① これまでの平均塗替え周期
- ② 前回塗替えから現在までの経過年（これは、現在ある程度顕著な腐食が発生している場合に参照することとした。図-3フロー参照）

土研センター

3.3 塗替え判定フロー

3.2に挙げた判定指標を用いて、既設塗装系毎に判定フローを作成し、塗替え要否と塗替え範囲および塗替え時期の判定を行うこととした（一般塗装系の場合を、図-3に示す）。



備考：対策区分判定が、S1、S2、Mと判定された場合には、詳細調査を実施した後、あらためて塗替え必要性や時期を判定する。

図-3 塗替え判定フロー（既設塗装系が一般塗装系の場合）

既設の塗装系が一般塗装系の場合、最初に「マクロ腐食環境」および「橋長」に着目し、該当する場合には、腐食の有無に係わらず「全面塗替え必要」と判断した（同図黄色の領域）。これは、基本方針に示す「現行塗装系が一般塗装系の場合の、腐食環境が厳しい地域や部位について、積極的に重防食塗装系に移行していく」に該当する。

上記に該当しない場合でも、「桁端部」については、「腐食環境が厳しい部位」であるとして、無条件に塗替える（重防食塗装系に移行することとした（同図黄土色着色部）。

「中間部」は、「ローカル腐食環境」、「過去の塗替え履歴」、「損傷程度の評価結果」をもとに塗替え要否を判定することとした（同図水色着色部）。

以上の要領により対象区分全体の塗替え要否と塗替え範囲を決定する。

塗替え時期の判定は、「対策区分判定結果」により1年以内、2年～5年以内、6年～10年以内、11年以降の4区分に分類した。（同図緑色着色部）

3.4 塗替え管理計画診断表

対象区分毎に実施した塗替え判定結果を図-4に示す診断個票として記録することとした。

本票には、橋梁の基本諸元を掲載した上で、本

計画の結果である塗替え要否・塗替え範囲、塗替え時期、およびその判定根拠とした損傷程度のデータ等根拠情報一式、さらには塗装に関するこれまでの履歴情報を一枚にまとめた。

また、塗替え範囲に関連して、塗替え工事計画時の目安となる塗替え塗装面積と概算工費も合わせて記載することとした。

図-4 塗替え管理計画診断個票の例

4. 塗替え管理計画結果

4.1 既設橋の防食仕様と健全度の現況

既設橋の防食仕様については、表-3のとおり、佐賀国道管内全鋼橋の未だ6割以上が一般塗装系であり、新設の重防食塗装系や重防食塗装系への塗替えが完了した橋梁は全体の1割にも満たない。

表-3 佐賀国道管内鋼橋の現在の防食仕様内訳

	橋数	比率	
一般塗装系	87	64%	
重防食塗装系	C系新設	3	2%
	Rc-I, II	7	5%
耐候性鋼	38	28%	
計	135	100%	

※132橋中3橋が2種類の塗装仕様の混合橋のため、本表では3橋が重複に計上

一方既設橋の健全度については、表-4のとおり、全橋の9割がほぼ健全な状態を維持できている状況である。

表-4 既設鋼橋の健全度（対策区分判定結果）

	橋数					
	A	B	C	E	計	
一般塗装系	36	37	14	0	87	
重防食塗装系	C系新設	2	1	0	0	3
	Rc-I, II	4	3	0	0	7
耐候性鋼	15	16	0	0	31	
計	57	57	14	0	128	
	45%	45%	11%	0%	100%	

※耐候性鋼の7橋は、供用後間がなく橋梁定期点検未実施のため、本表に含まず

4.2 塗替え管理計画策定結果

(1) 塗替え計画結果

表-5のとおり、一般塗装系の63%が桁端部のみの部分塗替えでよい結果となった。重防食塗装系は全ての橋梁が塗替え不要、耐候性鋼については63%の橋梁が塗替え（塗装）不要、残る37%も、桁端部について、現状健全な状況ではあるが、予防保全を目的に将来の腐食発生に備えて塗装を施すこととなった。

表-5 塗替え管理計画策定結果

現在の防食仕様	塗替え計画 (対象区分数)			
	全面:Rc-I	桁端部のみ:Rc-I	塗替え不要	計
一般塗装系	47 (36%)	82 (63%)	2 (2%)	131 (100%)
重防食塗装系 C系新設	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	3 (100%)
Re-I, II	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	7 (100%)
耐候性鋼	0 (0%)	15 (37%)	26 (63%)	41 (100%)
計	47 (26%)	97 (53%)	38 (21%)	182 (100%)

※本表は、橋数ではなく対象区分数での集計結果を示す。

表-6は、一般塗装系で全面塗替えとなった47橋を対象に、その主たる決定要因を分析したものである。これによると、塗替え要因は、腐食発生ではなく、マクロやローカルの腐食環境による予防保全を目的とするものである。

なお、径間長が15m未満のために全面塗替えとなった橋梁が7橋あるが、これについても実際は桁端部みの部分塗替えでよいものである。これも含めて考えると、先の部分塗替えの適用性は68% ((82+7)/131) と7割近くが適用可能となる。

表-6 A、B塗装系橋梁の全面Rc-I塗替えの決定要因分析結果

決定要因	対象区分数
中間部d.eが”80%以上”	0 (0%)
マクロ腐食環境が”厳しい”	14 (30%)
ローカル腐食環境が”厳しい”	26 (55%)
径間長が”15m未満”	7 (15%)
計	47 (100%)

(2) 塗替え時期検討結果

塗替え時期は、対策区分判定結果より表-7の通りとなった。

表-7 塗替え時期検討結果

対象区分数	塗替え時期 (対象区分数)				
	1年以内	2年～5年以内	6年～10年以内	11年以上	塗替え不要
0	15	59	74	39	187
(0%)	(8%)	(32%)	(40%)	(21%)	(100%)

4.3 部分塗替え導入によるコスト縮減効果

今回計画に取り入れた部分塗替えを主体とした塗替え要領と、従来の全面Rc-III塗替え、および参考として全面Rc-I塗替えの場合の工費を表-8で比較する。これにより、今回の要領は、従来に比べ49%、全面Rc-I塗替えの場合に対しては65%の削減効果が得られる結果となった。

表-8 従来工法との塗替え工費比較

塗装仕様による比較	塗装工直接工事費(百万円)		
	今回の計画	従来の塗替え 全面:Rc-III	(参考) 全面:Rc-I
	820	1,598	2,345
今回計画の効果	—	820/1,598 49%削減	820/2,345 65%削減

5. おわりに

本計画立案の結果、一般塗装系の橋梁の63%に桁端部みの部分塗替えの適用が可能となり、その結果、計画立案対象橋梁全体の塗装工事費は、従来の全面塗替えに比べ49%のコスト縮減が期待される結果となった。

また、塗替え管理計画手法については、フローチャートを用いた具体的計画要領を用い、橋梁定期点検結果と連動させることによって、一連の判定を定期的かつ画一的に実施するための道筋を構築することができたと考える。

参考文献

- 1) 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、2015.7
- 2) 安波博道他：「茨城県新長茂橋における部分塗替え塗装と経過観察」、第69回年次学術講演会、I-569、2014.9
- 3) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領、2014.6

野尻浩人



国土交通省九州地方整備局佐賀国道事務所 技術副所長
Hiroto NOZIRI

向窪広幸



国土交通省九州地方整備局佐賀国道事務所 管理第二課専門員
Hiroyuki MUKAIKUBO

安波博道



(一財)土木研究センター材料・構造研究部長、博(工)
Dr.Hirofumi YASUNAMI

落合盛人



(一財)土木研究センター材料・構造研究部 主幹研究員
Morito OCHIAI

五島孝行



(一財)土木研究センター材料・構造研究部 主幹研究員
Takayuki GOTO

中島和俊



(一財)土木研究センター材料・構造研究部 主任研究員
Kazutoshi NAKASHIMA