

鹿児島県における鋼橋の塗替え塗装の合理化

中野正則・安波博道・五島孝行・中島和俊・内藤哉良

1. はじめに

鹿児島県は県内に2,404橋の道路橋を有し、内319橋が鋼橋である。高度経済成長期以降に建設された多くの橋梁が今後急速に高齢化し、架替えや修繕に要する費用が急増することが懸念されていることから、橋梁長寿命化修繕計画を策定し、予防的な修繕による橋梁の長寿命化に努めている。同計画においては、鋼橋では全補修費のうち塗替え塗装費が大部分を占めるため、1橋当たりの塗替え塗装費を縮減できれば、より多数の橋梁を定期的に塗替えることが可能となり、予防保全の推進に大きく寄与できると考えられる。

このような状況の下、平成26年度には県内の5橋を対象として、構造上の安全性を確保した上で、1橋当たりの塗替え塗装費を大幅に縮減可能な“部分塗替え塗装”を取り入れた塗装設計を実施した。また、今後はこれらの塗装設計で得られた知見を基に、塗装設計に必要な変状や損傷、腐食環境などの情報の取得方法や、塗装に関する損傷の評価・判定方法を取りまとめ、「塗替え塗装設計要領（案）」として成案を目指している。

本報告は、平成26年度に実施した5橋の塗装設計（塗装の健全性評価と塗替え塗装設計）の概要をとりまとめて報告するものである。

2. 塗装設計

2.1 対象橋梁の概要

表-1に塗装設計を実施した5橋の諸元を示す。いずれの橋梁も河川を横過する道路橋である。一部の桁や径間で塗替えが行われているが、基本的に建設時の塗装のままであり、最も古いT橋では建設時の塗装から47年が経過している。

これらの橋梁は橋梁定期点検ならびに補修設計が行われ、腐食損傷に対する補修補強や、塗替え塗装が提案されている状況であった。

表-1 塗装設計対象橋梁の諸元

	T橋	N橋	D橋	M橋	I橋
橋長	33.0m	160.0m	70.9m	126.1m	13.5m
幅員	10.45m	16.22m	15.8m	15.8m	7.2m
形式	鋼単純合成I桁橋	単純合成鋼桁I桁橋5連	鋼2径間連続非合成鋼桁橋	鋼単純鋼床版箱桁橋3連	鋼単純鋼桁橋
架設年次	1969年	1985年	1994年	1978年	1982年
塗装経過年	47年	31年	22年	36年	34年

2.2 T橋の塗装設計

T橋は1969年に建設された橋梁で、薩摩半島の南端の山間部に位置する。海岸からの距離は約12kmあり飛来塩分の影響は受けないものの、冬期にはまれに凍結防止剤が散布される。建設から47年が経過するが、これまでに塗替え塗装は行われていない。既往の補修設計では桁端部をRe-I塗装系、その他をRe-III塗装系とする全面塗装の塗分け案が提示されていた。



写真-1 T橋の桁端部と中間部外観

桁端近傍では主桁ウェブ下端の一部に腐食による貫通穴が見られる（写真-1）ほか、外桁の下フランジではソールプレート手前に溝状の腐食が見られた。一方、中間部（桁端部を除く部分）では、主桁下フランジエッジに腐食が見られ、主桁ウェブで部分的な塗膜の剥がれや点錆が発生しているが、いずれも軽微な損傷に留まっていた。

主桁の付着塩分量は39～632mg/m²であった。ウェブ面は低い値を示す一方で、下フランジ下面においては平均的に高い値を示した。塗膜付着力

は1.0MPaを下回り、中塗り層内での破壊（凝集破壊）が主であった。2007年および2013年の定期点検と比較すると、桁端部では腐食が進行し、中間部は現在と同等の劣化状態であるとみられる。

これらの調査結果を次のように整理した。

桁端部：伸縮装置からの漏水による腐食の進行が顕著であり、腐食損傷部への構造的な補修のほか、**Re-I** 塗装系による塗替え塗装が必要である。

中間部：47年が経過した現在でも軽微な損傷に留まることから、現時点で耐食性に劣る**Re-III** 塗装系を施す必要はないと判断し、当面は塗替えを行わないこととした。

2.3 N橋の塗装設計

N橋は1985年に建設された橋梁で、鹿児島湾の海岸線から約3kmと比較的近い距離に位置する。静穏な内海ではあるが、河口までに地形的な障害はないため、飛来塩分の影響を受ける環境と推察された。また、橋梁下には公園・遊歩道が整備され、景観に配慮が必要な環境であった。既往の補修設計では、**Re-I** 塗装系による全面塗替えが提案され、平成26年度までに5径間の内の2径間を対象として塗替え塗装が実施済みであった。残りの3径間は31年間塗替えが行われていない。

桁端部では伸縮装置部からの漏水により一部に層状さびが見られた（写真-2）が、塗膜剥がれや防食機能の低下に伴う点錆が見られた程度の軽微な損傷に留まっていた。中間部ではフランジ上下面やエッジに軽微な腐食が見られたが、全体的に良好な状態であった。全体的に2007年の定期点検と同等の損傷程度とみられる。



写真-2 N橋の桁端部と中間部外観

主桁の付着塩分量は、内桁側フランジ上面で計測限界(1,999mg/m²以上)を超過しており、飛来塩分の影響が大きいと推察される。塗膜付着力は、概ね2.0MPaを上回る良好な結果となった。

これらの調査結果を次のように整理した。

桁端部：伸縮装置からの漏水があり、部分的に腐食が見られる。構造的な補修補強は不要だが、**Re-I** 塗装系による塗替え塗装が必要である。

中間部：変退色、点錆は見られるが全体的には錆は少ない。十分な塗膜厚・塗膜付着力が確保され防食機能は保持されていると考えられる。したがって当面は塗替えを行わないこととした。ただし、すでに5径間中2径間が全面塗替えを終えており、景観の観点から外桁外面のみを**Re-III**により塗替えることとした。

2.4 D橋の塗装設計

D橋は1993年に建設された橋梁で、鹿児島湾の海岸線から約1.1kmと近い距離に位置する。静穏な内海ではあるが、河口までに地形的な障害はなく飛来塩分の影響を受ける環境である。なお、前出のN橋は直線距離で5km弱の位置にあり、環境的に類似する。建設から23年を経過するがこれまでに塗替え塗装は行われていない。既往の補修設計では、**Re-I** 塗装系による全面塗替えが提案されていた。

桁端部は下フランジに軽微な錆が見られる程度で比較的良好であった（写真-3）。現時点では伸縮装置からの漏水は見られない。一方、中間部では主桁ウェブ・下フランジに塗膜剥離や点錆が多く見られ、桁端部よりも損傷が大きい。

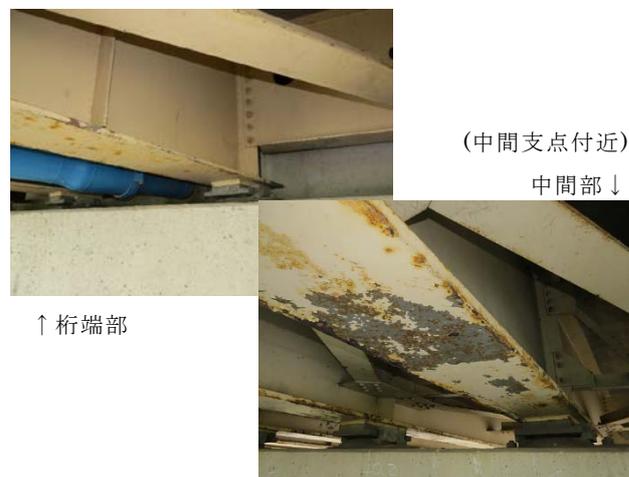


写真-3 D橋の桁端部と中間部外観

土研センター

また、排水管や床版のコールドジョイントからの漏水により局所的な腐食が見られた。2007年の定期点検と比較すると、中間部の損傷が進行していることが窺える。

主桁の付着塩分量は、内桁側フランジ上面で計測限界(1,999mg/m²以上)を超過していた。飛来塩分の影響が大きいと推察される。塗膜付着力は、大半の箇所で2.0MPaを上回る高い値を示したが、塗膜の層間剥離が随所で見られるため、建設時の塗装施工に問題があった可能性がある。

これらの調査結果から、本橋は塗膜の劣化速度が速く、橋梁全体に分布しているため、全面Rc-I塗装系による塗替え塗装を行うこととした。ただし、架橋環境が類似するN橋では穏やかな腐食環境であると考えられること、塗膜の層間剥離などの施工不良が原因と考えられる塗膜劣化が多く見られることから、適切な塗替え塗装が行われれば、D橋もN橋と同様の傾向を示す可能性があるため、次回以降は桁端部のみの部分塗替え塗装を検討すると良い。

2.5 M橋の塗装設計

M橋は1978年に建設された橋梁で、薩摩半島の北側内陸部に位置し、海岸線から約21km離れる。建設から38年を経過するがこれまでに塗替え塗装は行われていない。既往の補修設計では、Rc-I塗装系による全面塗替えが提案されていた。

桁端部では伸縮装置からの漏水により主桁や支承に腐食が見られた。また、中間橋脚上の桁遊間には、洪水時の流下物が堆積したままの状態となっており、腐食も見られた。一方、中間部は全般的に健全な状態であったが、歩道のPC版を支える縦桁には、床版との境界部からの漏水による

部分的な腐食が見られた(写真-4)。2013年の定期点検でも同様の損傷が報告されていた。

主桁の付着塩分量は、30~77mg/m²であった。塗膜付着力は、外桁ウェブで1.0MPaを下回り比較的低い結果であった。

これらの調査結果を次のように整理した。
桁端部：腐食損傷が集中していることから、Rc-I塗装系による塗替え塗装を行う。
中間部：大部分の塗膜が健全であること、また塗膜劣化後の腐食損傷がほとんど見られないことから、当面は塗替えを行わないことにする。歩道部の床版支持部材は、PC版との接合部構造を調査し、漏水の要因を先行して排除する必要があり、塗替えによる対策はそれ以降でよい。

2.6 I橋の塗装設計

I橋は1982年に建設されたH形鋼橋梁で、県北内陸部に位置し、海岸線からの距離は30kmを超える。建設から34年を経過するがこれまでに塗替え塗装は行われていない。凍結防止剤の散布や飛来塩分の影響はないが、河川の水面と主桁下端までの間隔が2,000mm以下と狭いため湿気の籠もりやすい環境である。

桁端部では主桁に著しい腐食が生じ、ソールプレートと上沓に層状錆が発生していた。超音波板厚計による測定の結果、最大で約4mmの減肉を確認した。中間部では全体的に塗膜が劣化し錆が発生しているが、減肉はほとんどない。2008年の定期点検に比べ、桁端部では腐食損傷が進行している一方、中間部では同程度の塗膜劣化・腐食損傷に留まっている。



写真-4 M橋の桁端部と中間部外観



写真-5 I橋の桁端部と中間部外観

主桁の付着塩分量は、65～367mg/m²で比較的小さい。塗膜付着力は、一部で1.0MPaを下回っているが全体的に高い値を示した。一方、本橋の塗膜は2層で構成され平均膜厚が100μmを下回り極端に薄く、点錆の発生が顕著であった。

これらの調査結果を次のように整理した。

桁端部：両桁端部を中心に腐食損傷が進行しているため、Rc-I 塗装系による塗替えを行う。

中間部：塗膜劣化は進行しているが、腐食による板厚減少は軽微である。塗替えは不要としてもよいが、小規模な橋梁であり部分塗装のメリットは小さいため、Rc-I 塗装系による塗替えを行う。(結果的に全面塗替えとなる。)

2.7 塗装設計結果の整理

前項までの塗装設計結果を取りまとめ、表-2に示す。表中の()内は既設計を示す。既設計、今回設計のどちらにおいても、腐食損傷が生じ、かつその進行速度が速いと見られる桁端部はRc-I 塗装系による塗替えを行うこととなった。

一方、T橋・N橋・M橋の中間部では、建設時塗装から30年から50年弱経過した現時点においても腐食損傷の発生が少なく、定期点検結果からも腐食損傷の進行速度が遅いと評価できるため、今回設計では当面塗替えを行わないこととした。この結果、既設計の塗装費に比べて1/3～1/5の塗装費に収まる結果となった。

図-1は、今回の塗装設計結果から想定される塗装寿命を基に費用を積み上げ、50年・100年後の費用をならべて評価したグラフである。ここで、D橋は次回以降の塗替えから桁端部のみの部分塗替えを繰り返すことと想定し、その他の橋梁は今回の塗装仕様を繰り返すものとした。5橋の積み上げの結果、必要な防食性能や景観を維持しつつ、今回で52%、100年後には63%のコスト削減が図られる結果となった。

表-2 塗装設計結果

		T橋	N橋	D橋	M橋	I橋
塗装仕様	桁端部	Rc-I (Rc-I)	Rc-I (Rc-I)	Rc-I (Rc-I)	Rc-I (Rc-I)	Rc-I (-)
	中間部	- (Rc-III)	Rc-III※ (Rc-I)	Rc-I (Rc-I)	- (Rc-I)	Rc-I (-)
塗装費直工 (百万円)		1.6 (9.4)	16.8 (68.6)	60.7 (60.7)	10.3 (49.3)	1.4 (-)

※外桁外面のみRc-III

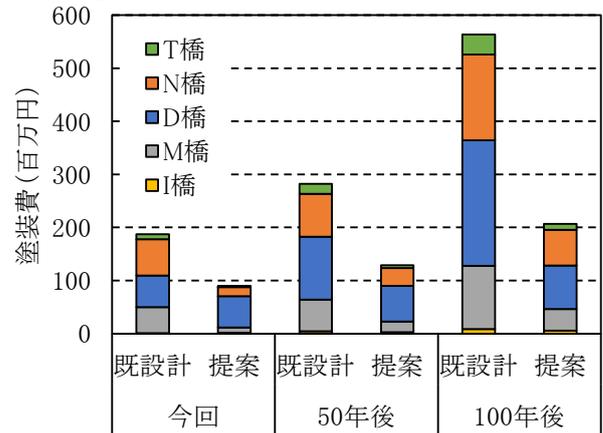


図-1 塗装費の積み上げ

3. まとめ

鹿児島県が管理する鋼道路橋を対象として塗替え塗装に関する現地調査と塗装設計を行った。この結果、5橋中3橋で桁端部のみを対象とした部分塗替え塗装が適用できる結果となり、必要な防食性能や景観を維持しつつ大幅なコスト削減を達成できた。今回塗替えを行わない部分についても、定期点検による継続的な観察で塗替えの要否を適切に判断できると考えている。今後、これら成果を基に「塗替え塗装設計要領(案)」を作成し、合理的な塗装仕様策定の一般化を図る予定である。

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

中野正則



(一財) 土木研究センター専務理事
Masanori NAKANO

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.Hirokazu ASUNAMI

五島孝行



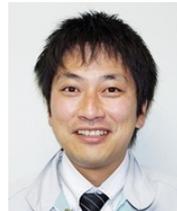
(一財) 土木研究センター材料・構造研究部 主幹研究員
Takayuki GOTO

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

内藤哉良



鹿児島県土木部道路維持課 技術主査
Chikara NAITO