

第5章 耐久性向上方策

5.1 構造詳細や塗装対策

5.1.1 一般

構造詳細の改良や塗装対策によって、鋼構造物の耐久性向上を図る場合は、塗膜や構造物の損傷の要因を明確にし、要因に対しての適切な対策を実施することが望ましい。

5.1.2 構造詳細の改良による耐久性の向上方策

以下のような腐食、劣化が進行しやすい部位に対して、構造的な配慮、改良によりできる限りの環境悪化要因を取り除いて、施された防食技術の本来の性能が発揮されるようにすることとする。

- (1) 雨水の溜まりやすい部位
- (2) 塗膜品質の確保しにくい部位
- (3) 塩分が付着、残留しやすい部位

【解 説】

(1) 構造詳細改良の目的

鋼橋の腐食による寿命は周辺環境によって異なるが、同一橋梁でも部位によって劣化速度に差異があり、寿命にそれぞれバラツキがあるのが現状である。腐食、劣化が進行しやすい部位として以下が挙げられる¹⁾。

- (a) 雨水の溜まりやすい部位 : 桁端部, 格点部, 排水管周辺部
- (b) 塗膜品質の確保しにくい部位 : 高力ボルト継手部, 部材コバ部
- (c) 塩分が付着、残留しやすい部位 : 中桁, 床組, 主桁下フランジ下面

防食の観点からの構造詳細改良の目的は、以上のような腐食、劣化が進行しやすい部位に対して、構造的な配慮、改良によりできる限りの環境悪化要因を取り除いて、施された防食技術の本来の性能が発揮されるようにすることにある。

(2) 漏水・滞水の対策

設計上計画されている排水路以外の箇所へ漏水や滞水が生じると、著しく腐食、劣化が進行する場合がありますので、雨水の溜まりやすい部位や排水管周辺部などは細部構造に留意する必要あり、十分に余裕を持った設計を行うことが望ましい。図-解5.1.1に漏水・滞水に配慮した構造詳細の例¹⁾を示す。

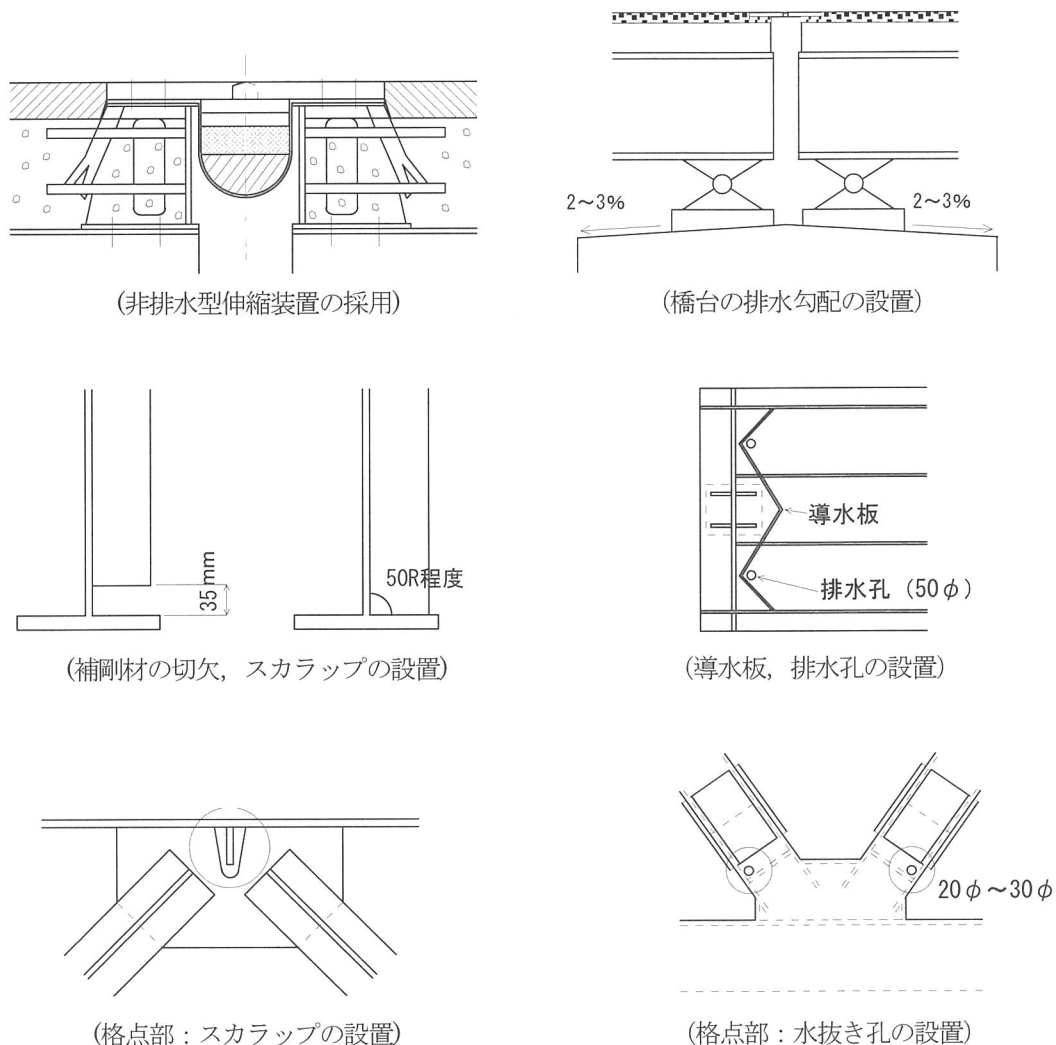


図-解 5.1.1 漏水・滞水に配慮した構造詳細の例¹⁾

(3) 塗膜品質の確保

塗膜品質のうち、塗膜厚の確保が難しい部位として高力ボルト継手部、部材コバ部が挙げられる。高力ボルト継手部は防錆処理ボルトを用いるほか、素地調整を十分に行い下塗りを1層増塗りするのが望ましい。また、部材のコバ部は2R以上のR面取り²⁾を行い、コバ部エッジの塗膜厚を確保するのが望ましいと言える。図-解 5.1.2 に塗膜品質の確保に配慮した構造詳細の例¹⁾を示す。

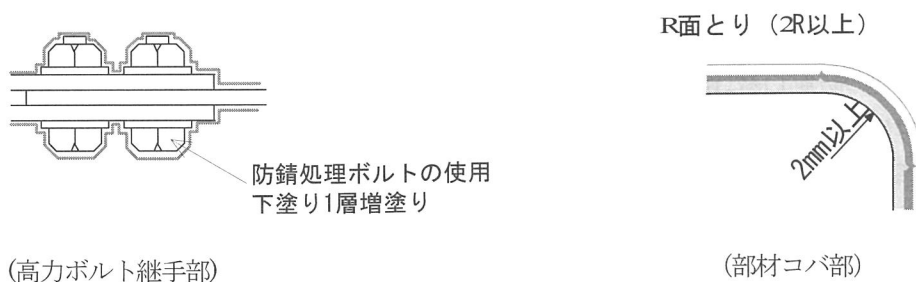


図-解 5.1.2 塗膜品質の確保に配慮した構造詳細の例¹⁾

(4) 通気性を考慮した構造

下フランジ下面は、通気性や水洗いの観点から、従来の構造通り下フランジ下面をオープンにした構造が望ましいと考えられる。また桁端部やコンクリート接触部なども通気性を確保し、点検しやすい構造にすることが望ましい。図-解 5.1.3 に通気性の確保に配慮した構造詳細の例¹⁾を示す。

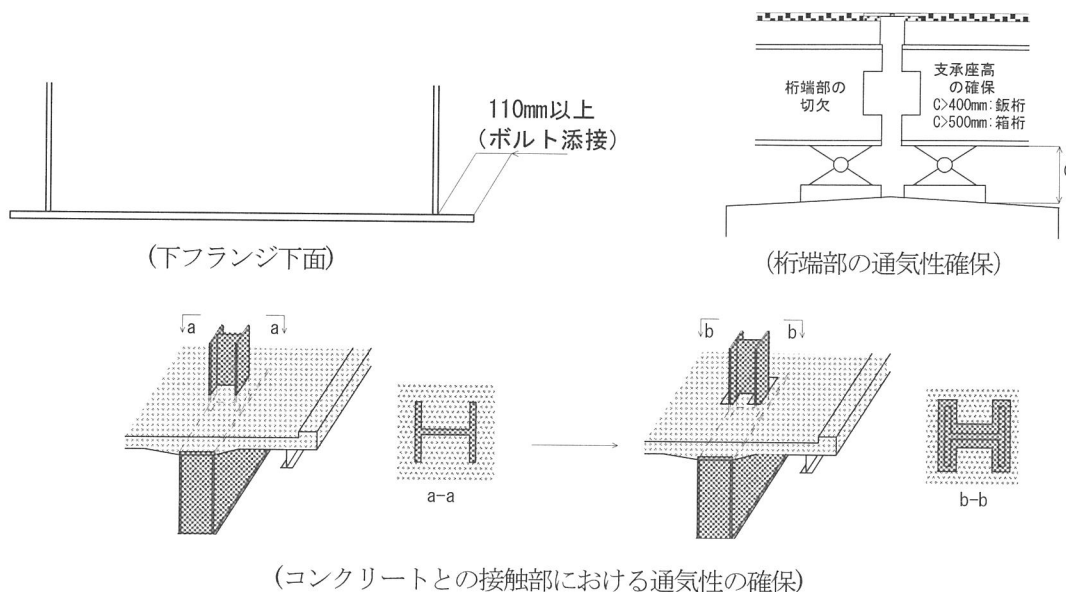


図-解 5.1.3 通気性の確保に配慮した構造詳細の例¹⁾

5.1.3 塗装対策

塗装施工にあたっては、(1)から(5)までに示す事項について検討を行い、所定の品質が確保できるように対策を講じる必要がある。

- (1) 塗装系、塗装仕様、塗料の種類とその特性
- (2) 対象構造物の構造や形状および製作工程
- (3) 対象構造物の塗装時期や塗装場所および塗装環境条件
- (4) 塗装施工の検査方法
- (5) 対象構造物の供用環境

【解説】

塗装は最も一般的な耐久性向上方策のひとつであり、防食原理や耐久性などの防食性能が明らかなものを用いる必要がある。塗装は液状の塗料を刷毛やスプレー等の用具を用い、塗るという容易な方法で施工することによって塗膜（固形）となり、対象構造物に美粧と防錆を付与する手段である。

また塗装は他の防食工法に比べ、対象構造物の形状や大きさ、対象構造物の製作等に係わる種々の制約にあまり影響を受けにくい有効な施工手段である。

(1) 塗装系、塗装仕様、塗料の種類とその特性

所定の耐久品質を得るためには、耐久品質に適合する適切な塗料と塗装仕様および塗装系の選定が重要である。橋梁、水門、煙突、タンクなどの大型鋼構造物の塗装については、その構造物の塗装に関する各種の便覧や基準や要領等を適用することが望ましい。これらの便覧や基準や要領等と塗料に関する材料共通仕様書や塗料メーカーの組成・試験成績表等を併せて見ることによって、所定の耐久品質を有する塗装

設計が確保される。要求される耐久品質が既存の便覧や基準や要領等がない場合や大きく異なる場合は、塗装系、塗装仕様、塗料について性能照査を行い選定する必要がある。

(2) 対象構造物の構造や形状および製作工程

塗装は、構造物製作の最終工程であるため、前工程の遅れや輸送、架設工程の制約により当初計画した計画の確保が困難になるなど、工程的な制約を生じやすい。良好な施工品質を確保するためには、対象構造物の製作工程や製作構造部材の塗装範囲や養生期間を踏まえ、塗料の特性に留意し行うことが重要である。また塗装後の塗膜の損傷を防止するために、製作構造部材の塗装後の保管や架設場所への輸送や架設作業について考慮し、具体的な方法を洗い出し、実施することが大切である。また製作工程に塗装作業を記した工程表や製作フロー図等を作成し、塗装作業を製作工程のひとつとして捉えた管理体制を整えることが望ましい。

(3) 対象構造物の塗装時期や塗装場所および塗装環境条件

塗装は温度、湿度、風等の気象環境条件によって、大きく影響されるため、塗装する時期や場所を考慮する必要がある。使用される塗料は、種類によって塗装作業性や乾燥性等が異なるため、各種の便覧や基準や要領等に記載の取扱い事項を熟知して、塗装施工することが大切である。

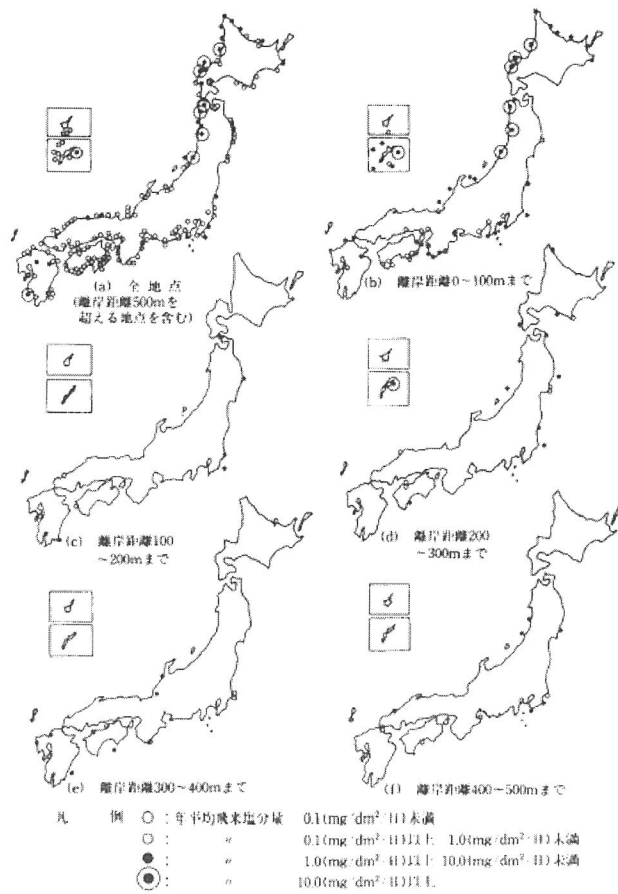
(4) 塗装施工の検査方法

適用する各々の塗料は、各種機関の塗料品質規格に該当する塗料の品質試験成績表を製作施工者に提出し、使用する塗料の品質が十分であることを明らかにすることが大切である。また適用する各々の塗料の塗装作業性や乾燥性および留意事項、検査や管理事項等を記した塗装作業に関する施工要領や施工手順書を作成し、それに従って塗装作業を実施し、塗装管理することが重要である。塗装による塗膜の膜厚は耐久性に大きく影響するため、施工要領や施工手順書等によって十分な検査を行い、管理する必要がある。具体的には膜厚測定による膜厚管理と塗料使用量による管理が実施されている。

(5) 対象構造物の供用環境

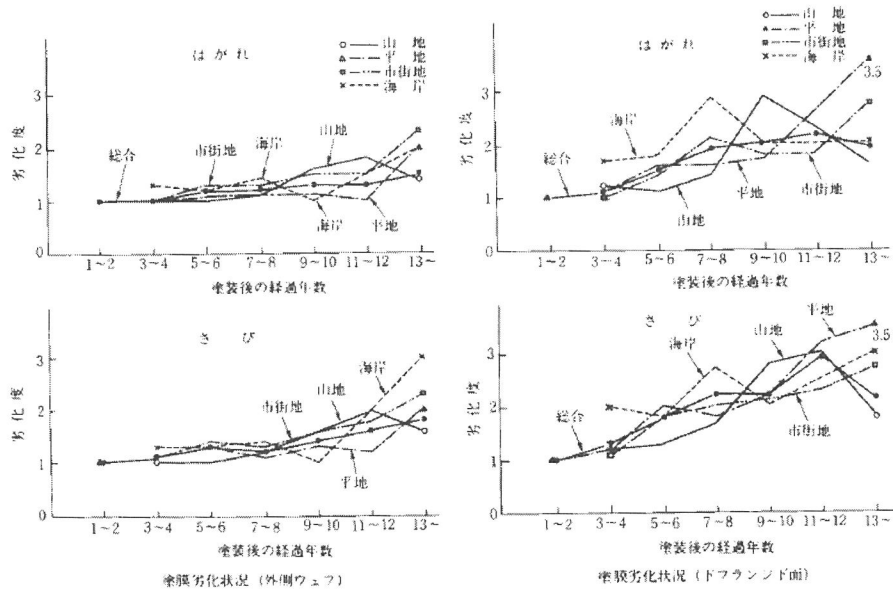
塗装された塗膜の耐久性は、鋼の腐食と同じように供用環境や運用状況によって大きく影響される。図-解 5.1.4 は飛来塩分の測定結果であり、同じ海岸部であっても季節風等の気象条件や外海、内海あるいは湾口部、湾奥部等の地理条件によって飛来塩分量が異なるため、要求される耐久性に適合する塗装系や塗装仕様を選定する必要がある。道路橋については、近年岩塩や塩化カルシウム等の塩化物を凍結防止剤として散布することが多く、この点について考慮する必要がある。

図-解 5.1.5 は一般塗装系と塗装した鋼道路橋についての塗膜劣化状態を調査した結果であり、塗膜劣化度が環境によって異なるとともに、部位によっても異なることが分かっている。一般には雨水や結露水が流れ落ちやすい腹板に比べ、水が滞留し濡れ時間が長くなりやすいフランジ下面や桁端部や支承部が塗膜劣化しやすいため、これらを考慮した塗装設計を立案することも重要である。



(土研資料第2687号飛来塩分量全国調査(Ⅲ))
 (昭和59年12月~昭和62年11月, 1~3年間の調査結果を含む)

図-解 5.1.4 飛来塩分量測定結果



(建設省直轄道路橋254橋についての調査結果) 鋼橋塗装Vol.9, No.4: 鋼道路橋塗装実態調査報告

図-解 5.1.5 供用環境と部位による塗膜劣化

5.2 補修設計および施工

腐食損傷を受け性能劣化が予想される鋼構造物は、適切な補修対策を施すことによって性能劣化の回避を図り、構造システム全体の耐久性を向上させることが望ましい。補修対策工法の選定については、責任技術者の判断に委ねるものとする。

5.3 補強設計および施工

5.3.1 補強対策工法の選定

- (1) 腐食損傷を受け性能が劣化した鋼構造物は、適切な補強対策を施すことによって劣化した性能の回復を図り、構造システム全体の耐久性を向上させることが望ましい。補強対策工法の選定については、責任のある技術者の判断に委ねるものとする。
- (2) 対象となる鋼構造物の建設年代によっては、補強対策適用時点とは材質が大きく異なる材料が使用されていることがあるため、工法の選定においては、十分に注意しなければならない。

【解説】

第4章の構造物の健全度評価により健全度が低く評価された鋼構造物は、適切な対策を施すことで劣化した性能を回復し、構造システム全体として耐久性を確保しなければならない。

- (1) 耐久性向上を図るための工法は多種多様であるが、これらの工法については、

- ・工法の効果
- ・工法の経済性
- ・工法の施工性
- ・工法的环境適応性

などから総合的に判断することが望ましい。また、それ以前に鋼構造物に対しては適用された例がない工法であっても、他の材料の構造物で実績がある工法については、性能回復に対する効果は十分に期待できる。

- (2) 一般に、腐食損傷の程度が大きく性能劣化が問題となる鋼構造物は、建設後かなりの年月を経過しており、鋼材規格が整備される以前のものも存在する。本報告書第Ⅱ部にもあるように、規格制定以前の鋼材には、降伏応力度や弾性係数などは現行材料と大きな相違はないものの、溶接性などに劣る材料が存在する。このため、補強工法の選定にあたり、使用されている材料の特性値を把握し、新たな部材の添接時に溶接を用いないなどの配慮が必要となる場合がある。

表-解 5.3.1 鋼材規格の一例

		JES 第 20 号		JES G 3101	JIS G 3106		
		SS39A	SS39B	SS41	SM41A	SM41B	SM41C
引張強度		39-47		41-50	41-50		
降伏応力度		規定なし		規定なし	23 以上		
伸び		21 以上		20 以上	21 以上		
化学 成分	P	0.06 以下	0.08 以下	0.06 以下	0.04 以下	0.04 以下	0.04 以下
	S	0.06 以下	0.06 以下	0.06 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下
	C	規定なし			0.23 以下	0.20 以下	0.18 以下
	Si				—	0.35 以下	0.35 以下
	Mn				2.5C 以上	0.60-1.20	1.40 以下

注 引張強度および降伏応力度の単位は kgf/mm^2 ，伸びの単位は %

5.3.2 補強対策工法の計画

性能を回復する程度については、補強対策の対象となる鋼構造物の社会的重要性などを考慮し、責任のある技術者が設定するものとする。

【解説】

本報告書第Ⅱ部「第6章 耐荷性能回復技術」では、腐食損傷を受けた鋼構造物の性能を回復する程度の目安として

- a) 現状の性能を維持あるいは性能の劣化を回避する程度
- b) 設計時の性能まで回復する程度
- c) 設計時の性能に新たな性能を付与する程度

の3つを想定している。補強対策の選定時にどの程度の性能回復を設定するかについては、対象となる構造物の社会的重要度だけではなく、地理的条件や構造システム内における対象部材の重要度などの影響で異なるため、将来の維持管理コストを含めたトータルコストに配慮して、性能回復の程度を設定することが望ましい。また、緊急性を要する場合などは、一回の補強対策で全ての性能回復の程度を満足する方法よりも、補強対策を複数に分けることでトータルコストの低減が可能となる場合がある。したがって、性能回復の程度や工法の適用時期および具体的な適用工法については、施工者と構造物の管理者が十分に協議した上で、責任のある技術者が判断することが望ましい。

また、性能回復の程度によっては十分な効果が期待できない工法もあることに配慮して、工法の選定を行わなければならない。

5.3.3 補強対策工法の設計

- (1) 補強対策工法による構造物の性能向上の照査は、「第4章 健全度評価」によるものとする。
- (2) 施工時あるいは完了後に、部材の撤去あるいは増設を伴う補強対策を適用する場合には、荷重伝達機構の変化に十分に注意しなければならない。
- (3) 補強対策が適用された構造物の性能照査においては、材料物性値として実構造物から採取した試験片による実測値を用いることが望ましい。

【解説】

- (1) 補強対策工法による構造物の性能向上の照査は、完成後だけではなく、施工中においても安全性を照査しなければならない。このときの照査方法は、責任のある技術者の判断のもので、第4章に示された方法あるいは道路橋示方書などの各種基準を参照してもよい。照査にあたっては、以下に示す点について、特に配慮することが望ましい。
 - (2) 補強対策によっては、新たな部材を追加あるいは構造システム全体を変更するなど、荷重伝達機構が変化する場合がある。この場合、各部位の荷重分担などを考慮し、安全性を確保する必要がある。また、施工時において、一時的に部材の撤去あるいは部材の追加を行う場合にも、荷重分担などに十分に留意して安全性を照査しなければならない。特に部材を撤去する場合には、ベント工やバイパス部材の使用などにより撤去部材以外の部材の荷重分担が大きく変化しないようにするなどの配慮が必要となる。
 - (3) 使用されている材料物性値を確認するためには、対象構造物から試験片を抽出し、試験片両面を平滑仕上げした上で各種材料試験を実施することを原則とする。これは、平滑仕上げをしない試験片を用いた材料試験では、腐食損傷を生じた表面の細かな凹凸に起因する応力集中などの影響が、材料物性値の測定結果に含まれ、純粋な材料自体の物性値を得る事が困難なためである。実構造物より試験片を採取することが困難な場合には、ミルシートによる値あるいは鋼材規格に定められた値を用いるなど、責任のある技術者の判断による適切な処置が必要である。

5.3.4 補強対策工法の効果と確認

補強対策工法の施工時および施工後には、その性能向上の効果を確認することが望ましい。

【解説】

補強対策工法による性能向上の効果を最大限に引き出すには、対策工法の設計時に仮定した力学条件などの各種条件が満足されていないといけない。例えば、バイパス工法により、部材の取り替えを行う場合には、バイパス部材の設置によって、対象部位の応力が解放されている必要があるため、施工時に応力度を実測するなどの方法により、対象部位の応力が解放されていることを確認することが望ましい。その他の補強対策工法を実施する場合においても、工法を適用する前提となる力学条件を明らかとし確認することが望ましい。また、これらの前提条件の確認方法は、ひずみ度や変位の測定、振動特性の測定など多種多様であるため、責任のある技術者の判断に委ねるものとする。

補強対策の目的とする力学量としては、たわみの抑制、腐食進行速度の抑制、作用応力度の低減など様々である。構造物の性能の維持、回復および増強などの目的で、各種補強対策工法を適用した場合には、工法適用の効果を確認することが望ましい。なお、効果の確認方法としては、代表部位のたわみやひずみ、応力度を実測することで短期的に確認する方法や、モニタリングにより長期的に確認する方法などが考えられるが、いずれの方法で確認するかについては、構造物の管理者と施工者が十分に協議した上で、責任のある技術者が判断するものとする。

第5章の参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会：鋼橋の長寿命化のための方策(塗装からの取り組み)、JSSC テクニカルレポート、No.57、2002。
- 2) (社)日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧、2006.3。