

橋梁の耐久性向上に資する排水構造と 排水設備に関する技術標準（案）

平成 31 年 3 月

はじめに

我が国が近代化する過程において、その重要性が認識されていた社会基盤の構築は時間をかけて丁寧に進められてきた。そのひとつである橋梁も同様に整備されてきた。戦後の復興においては、安く、早く、多くの橋梁を架けてきたことが、海外から奇跡と呼ばれる発展を遂げたといっても過言ではない。特に、最適設計と呼ばれた最小重量設計などの力学的効率を追求した設計法の向上や構造解析法の高度化、道路橋示方書をはじめ規準類の整備による標準化、さらに、製作や架設の機械化促進により、橋梁を造る技術の飛躍的な進展が大きく貢献したことは明らかである。竣工時の初期性能を長期にわたって保持するには、使われ方を知った上で、その性能を維持することに努めることが求められる。しかしながら、供用中の多くの橋梁が耐久性の課題に曝されている現状にあることは、その保持が難しい橋梁の存在を示しており、点検や診断、補修補強技術の必要性が高まっている。加えて、床版防水など、橋梁の耐久性を損ねる排水処理は極めて重要であることが認識されるようになった。初期性能を長期間保持するだけでなく、性能の劣化を見越した上で、余裕のある初期性能と実施可能な維持管理法を組み合わせる選択肢も考えられ、橋梁計画・設計段階から、供用後の維持管理を考慮して、長期間の安全性を保証する耐久性能が最も優先される性能として重視されなければならない。

本技術標準（案）は、主として橋梁排水に起因して生じる腐食損傷に対する抵抗力を高めるための最新の知見を、新都市社会技術融合創造研究会「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術開発研究」プロジェクト（平成 25～27 年度）でまとめた「橋梁における雨水排水対策手引き（案）」に基づき、同「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」プロジェクト（平成 28～30 年度）において、腐食マトリックスの具体化を図って、設計便覧の利用時に参照して有効に活用できるようにまとめたものである。

最新の知見を持続的に設計便覧が参照するものとして位置づけていくためには、次の 3 点が重要である。

- a) 目指す目標の明示と防食に対する考え方
- b) 最新の知見に基づいた新規項目の追加や現項目の改善の提案
- c) 腐食抵抗力を高める対策法の提案とより具体的対策の提示

設計便覧において示されている「道路設計にあたっての基本的な考え方」として、構想・調査・計画段階では「災害に強い」「復旧が容易」「管理しやすい」「相応しいサービス水準」が明示され、設計段階では「維持管理が容易な橋梁形式」として「検査路の設置」「耐候性鋼材の適切な使用」「桁端部の重防食塗装」「台座コンクリートの設置と橋座面の排水勾配の確保」「支承まわりの空間の確保」と共に、「新技術の活用検討」が挙げられている。これらを具体的に実現していくと共に、新技術の活用と開発が不可欠である。主要な橋梁

排水に関わる腐食損傷に特化すると、床版、桁端部、およびゲルバー構造の中間ヒンジを含む支承まわりを主たる対象にすることができることから、上述の a) から c) について、より具体的に考えることができる。

まず、a) については、次のように記述できる。

1) 理想の設定

「計画寿命(第四の寿命)」に対する防食フリーを理想とする。

2) 選択肢の追加

超長期耐食性を、それを可能とする材料、構造、および排水設備の組み合わせで実現する。材料と構造と排水設備については、それらの長寿命ポテンシャルを活用するだけでなく、清掃や交換による超長期機能性の保持という選択肢も加える。

3) 柔軟な対策

漏水については、止めるという対策だけでなく、流すという考えに基づいた対策も含め、腐食負荷と腐食環境から、効果的な防食対策を選択できるように、対策に柔軟性を持たせる。

4) 指標と対策の提示

効果的な防食対策を選択できるように、腐食負荷と腐食環境から得られる指標とその対策法を提示することに努める（対策法がない場合は空白としてよい）。

5) 継続性の担保

耐食性向上に繋がっていく継続性を担保する。

次に、b) については、次の3点に整理できる。

I) 床版防水

床版防水の強化と、適切な防水工の評価と選択が重要である。シート系または塗膜系防水層の選択、使い方、改善などが課題である。

II) 桁端部の防食

ゲルバー構造の掛け違い部も含め、漏水による腐食が大きな課題である。様々な改善法が提案されている。さらなる改善と、適切な防食対策の選択が重要である。漏水を食い止める方法と、漏水が避けられないのなら止めないで流下させる方法も選択肢となるが、適用の可否の判断と維持管理対策が求められる。

III) 支承まわり

漏水による影響が支承にも及ぶことから、様々な改善法が提案されている。自由度のある新設橋とは異なり、既設橋では損傷時の補修・補強対策が制限されるため、適切な選択肢が重要となる。

c) については、次のことが必要となる。

イ) 実績のある対策の適用例

ロ) 対策の選択に参考となる評価手法とその指標

ハ) 補修・補強を行ったものも含む既設橋や、新設橋で採用された防食対策の評価と、

その継続による評価の改善

これらにおいて、ロ) に示す指標に基づいて適用例を分類することが重要である。対策の選択に参考となる指標については、本技術標準（案）で提案する腐食マトリックスを活用するものとする。ハ) で示したように、補修・補強を行ったものも含む既設橋や、新設橋で採用された防食対策の評価を、定期点検を通して行うことにより、対象橋梁毎に腐食マトリックスの具体化が明瞭となり、より適切な防食対策に繋がっていくことになる。

本技術標準（案）の特徴は、上述した通りであるが、それを簡潔に記せば、「より適切な防食対策に繋がっていく」仕組みを目指していることである。この技術標準（案）が提案されて、完成したのではなく、今これから、これを用いることにより、橋梁排水に起因して生じる腐食損傷に対する抵抗力を高める取り組みが始まるのである。すなわち、この取り組みが進むに従い、この技術標準（案）を進化させることが、取り組みの成果を示すことに繋がっていくことになる。本技術標準（案）に示された 3 次元の腐食マトリックスにおける、腐食環境、腐食負荷および腐食耐性の 3 要素について、それらの評価指標の精度を高めていくことは、腐食損傷に対する抵抗力が高く手のかからない超長寿命橋梁の実現に不可欠であり、その実現を強く望むものである。

新都市社会技術融合創造研究会「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」プロジェクトリーダー

奈良 敬

橋梁の耐久性向上に資する排水構造と
排水設備に関する技術標準（案）
目 次

第1章 総論	1-1
1.1 目指す目標と考え方	1-1
1.2 技術標準（案）の目的と背景	1-1
1.3 適用の範囲	1-2
第2章 腐食マトリックス	2-1
2.1 腐食マトリックスの基本的な考え方	2-1
2.2 腐食マトリックスにおける腐食環境、腐食負荷、腐食耐性	2-4
2.2.1 腐食環境の構成因子と評価基準	2-4
2.2.2 腐食負荷の構成因子と評価基準	2-6
2.2.3 腐食耐性の構成因子と評価基準	2-7
第3章 排水計画	3-1
3.1 排水計画の要点	3-1
3.2 排水計画上の留意事項	3-1
3.3 維持管理性への配慮	3-2
3.4 今後の必要な技術開発	3-2
第4章 鋼橋	4-1
4.1 桁端部の構造	4-1
4.1.1 構造的改善	4-1
4.1.2 防錆処理の改善	4-4
4.1.3 その他	4-5
4.2 床版漏水部の構造改善	4-7
4.3 防食機能の向上	4-10
4.3.1 構造的改善	4-10
4.3.2 防錆処理の改善	4-15
4.3.3 その他	4-17
第5章 コンクリート橋	5-1
5.1 桁端部の構造	5-1
5.1.1 構造的改善	5-1
5.1.2 その他	5-3
5.2 床版排水	5-4
5.2.1 床版防水	5-4
5.2.2 橋面排水	5-6
5.2.3 端部損傷防止	5-7
5.3 上部構造	5-9
5.3.1 PC ケーブル	5-9
5.3.2 滞水防止	5-11
5.3.3 点検性向上	5-13
5.3.4 補修の容易性向上	5-15
第6章 付属物	6-1

6.1 支承	6-1
6.1.1 支承本体の構造	6-1
6.1.2 支承取替え構造	6-3
6.1.3 橋座の構造	6-4
6.2 伸縮装置	6-5
6.2.1 伸縮装置設置について	6-5
6.2.2 止水部の性能	6-6
6.2.3 他構造との取り合い詳細	6-8
6.3 排水装置	6-11
6.3.1 排水桝	6-11
6.3.2 排水管	6-13
6.3.3 流末処理	6-15
6.3.4 排水金具	6-16
第7章 腐食マトリックスの適用による耐食性能の改善	7-1
7.1 腐食マトリックスの活用法	7-1
7.1.1 腐食マトリックスの適用についての基本的な考え方	7-1
7.1.2 腐食マトリックスの活用	7-1
7.1.3 対策工法の選択	7-3
7.2 既設橋	7-4
7.2.1 腐食マトリックスの適用法	7-4
7.2.2 腐食環境の評価と改善	7-4
7.2.3 腐食負荷の評価と改善	7-5
7.2.4 腐食耐性の評価と改善	7-6
7.3 新設橋	7-9
7.3.1 腐食マトリックスの適用法	7-9
7.3.2 腐食環境の評価と改善	7-9
7.3.3 腐食負荷の評価と改善	7-10
7.3.4 腐食耐性の評価と改善	7-11
7.4 腐食マトリックスの適用と耐食性能の改善法	7-14
7.4.1 腐食環境と腐食負荷の分類と評価	7-14
7.4.2 既設橋への適用と改善法	7-17
7.4.3 新設橋への適用と改善法	7-21
7.5 データの蓄積と腐食マトリックスの精度向上	7-25
第8章 継続的データ収集と技術標準の見直し	8-1
8.1 継続的なデータ収集と分析	8-1
8.2 収集データの評価と技術標準の改訂	8-1

【付録】 損傷対策事例集

付 1.1 鋼橋	付 1
付 1.2 コンクリート橋	付 13
付 1.3 伸縮装置	付 17
付 1.4 排水装置	付 26

プロジェクトチーム構成員名簿

<学識経験者>

◎プロジェクトリーダー	奈良 敬	大阪大学名誉教授
◎プロジェクトリーダー	廣畑 幹人	大阪大学准教授 2018.4～
アドバイザー	松井 繁之	大阪大学名誉教授

<事務局>

幹事長	石崎 茂	(株) 富士技建
副幹事長	古市 亨	(株) 古市
幹事長代理	水内 将司	(株) 富士技建

<構成員>

(コンクリート WG)	西村 勝	川田建設(株)
〃	倉田 豊	(一財) 橋梁調査会
〃	倉富 芳朗	極東興和(株)
〃	鍋谷 佳克	三井住友建設(株)
(鋼 橋 WG)	西村 晃	(株) IHI インフラシステム
〃	石川 晋介	(株) 横河ブリッジ
〃	松野 正見	(株) 横河住金ブリッジ
〃	吉田 賢二	川田工業(株)
(排 水 WG)	杉田 均	ショーボンド建設(株)
〃	小倉 浩則	ショーボンド建設(株)
〃	廣本 泰洋	(株) 川金コアテック
(設 計 WG)	澤田 幸治	中央復建コンサルタンツ(株)
〃	小野 拓海	中央復建コンサルタンツ(株)
〃	福田 浩之	(株) 東京測器研究所
〃	森崎 静一	(株) オリエンタルコンサルタンツ
〃	岡本 典之	(株) オリエンタルコンサルタンツ
〃	村上 辰哉	(株) 橋梁コンサルタント
〃	久野 恭弘	東洋技研コンサルタント(株)
〃	鈴木 仁	(株) 建設技術研究所
(オブザーバー)	先本 勉	(一財) 災害科学研究所
(学生構成員)	松本 星斗	大阪大学大学院生

<官側担当者>

河合 良治	道路部 道路保全企画官 2017. 4～
大西 正毅	道路部 道路構造保全官 2018. 4～
藤本 昭彦	道路部 道路工事課長
芦谷 次郎	道路部 道路工事課 課長補佐
奥村 信太郎	道路部 道路工事課 構造係長 2018. 4～
阿茂瀬 浩	近畿技術事務所 副所長
濱本 敬治	近畿技術事務所 維持管理技術課長 2018. 4～
南城 輝美	近畿技術事務所 維持管理技術課

維持管理技術第一係長

旧構成員	福本 匡城	近畿技術事務所 技術情報管理官
	松田 好生	道路部 道路保全企画官 ～2017. 3
	三浦 淳	道路部 道路構造保全官 ～2018. 3

黒田 光永	道路部 道路工事課 構造係長	～2017.3
大森 功一	道路部 道路工事課 構造係長	～2018.3
片山 則哲	近畿技術事務所 維持管理技術課長	～2018.3

第1章 総論

1. 1 目指す目標と考え方

本技術標準（案）は、水に起因する道路橋の主として予期しない腐食劣化を制御するために、橋梁毎に腐食環境と腐食負荷を評価するとともに、橋梁毎に必要なとされる腐食耐性を明らかにし、道路橋の超長寿命化を実現できる仕組みづくりを目指すものである。このためには、新設橋では計画と設計段階から、種々の制約が予想される既設橋では維持管理において、腐食環境、腐食負荷および腐食耐性を、適切な評価基準に基づいて、適正かつ総合的にこれらを選択し、その選択に見合った効果的な維持管理方法を選定しなければならない。

【解説】

道路橋の劣化については、点検や補修・補強工事から多くの実例が収集されている。そして、これらの実例では、適切な長寿命化技術が開発、使用され、効果を挙げている事例も多い。しかし、架橋場所が異なるように、道路橋が供用後に受ける腐食環境と腐食負荷は様々であり、求められる腐食耐性が一律でないことは明らかである。さらなる長寿命を有する超長寿命橋梁の実現には、上述の損傷事例に健全な橋梁も加えて、管理対象となる個々の橋梁毎に腐食環境と腐食負荷を制御または改善し、橋梁毎に腐食耐性を適切に選択するという考え方を導入することが求められる。さらに、この考え方を実行かつ改善できる設計施工ならびに維持管理の技術開発を促し、第2章で記述される腐食マトリックスに基づく評価を持続的に改善できる仕組みの導入が不可欠である。特に、維持管理技術については、排水設備の比較的短い機能的寿命を飛躍的に向上させるために、一定期間の機能的寿命の保持と定期的な交換技術の組み合わせや、長期の機能的寿命を確保できる省力かつ効果的の清掃技術などの、実践的な維持管理の選択肢は多く、技術開発の余地は大きい。

1. 2 技術標準（案）の目的と背景

本技術標準（案）は、既設の道路橋における水に起因する種々の損傷に対する分析から、既設橋梁の耐久性向上のための路面水の排水構造、および伸縮装置の排水構造を含む橋梁桁端部の排水構造の改良に関する設計、施工時に配慮しておくべき事項についてまとめている。また、今後新設する橋梁に対しては、主に橋梁排水の観点から橋梁全体の長寿命化をはかることを目的として、設計・施工時に配慮しておくべき事項について取りまとめたものである。

【解説】

新都市社会技術融合創造研究会、「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」プロジェクトでは、最近多発している既設の道路橋における水に起因する種々の劣化・損傷に対し、橋梁各部位・部材毎の劣化・損傷形態の分析、および劣化・損傷発生要因の分析を通して、既設橋における橋梁全体の長寿命化を図るための構造細目の改良・改善、および劣化・損傷の進展防止対策について種々の角度から検討を加えてきた。そして、その成果として、既設橋梁における水に起因する劣化・損傷に対する構造細目の改良・改善や対策工法を選定・実施するための技術標準（案）としてとりまとめた。

上記の既設橋における水に起因する劣化・損傷に対する構造細目の改良・改善や、劣化・損傷の進展を防止する対策工法を模索する中で、新設橋設計時に配慮しておくべきと考えられる事項も多々含まれていることが判明した。このため、今後新設する橋梁に対して、設計時に配慮しておくべき事項についても技術標準（案）として別途整理しておく必要があるとの結論に至った。

さらに、本技術標準（案）においては、橋梁の立地条件、環境条件、設計条件等を整理し、腐食負荷、腐食環境、腐食耐性の3つの軸を橋梁の腐食対策の構成項目に選定し、さらにこれらを3次元的に構築した腐食マトリックスを提案することで、橋梁の排水性能の向上による橋梁全体の耐久性向上に資する新たな概念を取り入れている。また、路面勾配、降雨量、排水柵間隔等を入力する

と橋面の排水状況を推定できる橋面排水解析手法を提案し、本解析手法による解析結果を技術標準に反映することを試みている。なお、本解析手法に関しては、現場における橋面排水実験を実施し、その精度の確認も行った。

本技術標準（案）は、このように橋梁の耐久性向上対策を排水の視点から取りまとめたものであり、新設橋設計時に配慮すべき橋梁全体の劣化・損傷を促進する水の制御を目的とする前述のマトリックスの概念も取り入れ、路面水や融雪水の排水計画に始まって、鋼橋・コンクリート橋それぞれに対する水の制御を目的とした構造細目や、水に起因する劣化・損傷の進展防止対策、および支承、伸縮装置、排水設備等の付属物における水の制御方法について取りまとめている。

今後は、本技術標準（案）に示した既設橋梁の水に起因する劣化・損傷の防止対策や、新設橋梁設計時に配慮しておくべき新工法を含むそれぞれの構造細目や対策工法の現場実践をとおして、提示した諸策の実施工上の問題点を明らかにし、本技術標準（案）がさらに改善、改良されることを望むものである。

1. 3 適用の範囲

- （１）道路橋の排水に関する本技術標準（案）は、既設橋梁の耐久性向上のための路面水の排水構造、および伸縮装置の排水構造を含む橋梁桁端部の排水構造の改良、及び新設橋の計画・設計時に配慮すべき排水構造に関する設計、施工に適用する。
- （２）本技術標準（案）は、既設橋梁の排水構造の改良、及び新設橋の計画・設計時に配慮すべき排水構造に関する実務者の技術標準（案）として位置付ける。

【解説】

- （１）道路橋の排水に関する本技術標準（案）は、既設橋梁の補修・補強時の計画や設計、及び新設橋梁の計画や設計において、水に起因する橋梁各部材の劣化・損傷に対する耐久性向上を目的として、路面水や融雪水の排水構造、および伸縮装置の排水構造を含む橋梁桁端部の排水構造の改良・改善に関する設計、施工に適用する。

適用にあたっては、本技術標準（案）に記載された、排水、または止水構造に関する対策法の基本的な考え方を十分に理解した上で、実際の現場に適した方法で適切に対策することが望まれる。

- （２）本技術標準（案）は、橋梁の計画、設計、及び維持管理を担当する実務者の手引書として活用されることを目的としてとりまとめたものである。

第2章 腐食マトリックス

2. 1 腐食マトリックスの基本的な考え方

道路橋の排水不良や漏水等に起因する腐食損傷に対する耐久性は、その橋梁の置かれた環境や橋梁自体が保有している耐腐食性能に応じて、図 2. 1. 1 に示すような腐食マトリックスによって評価することができる。この腐食マトリックスの概念を導入することで、今後の橋梁の長寿命化対策を効果的に実施するための一助となるものとする。

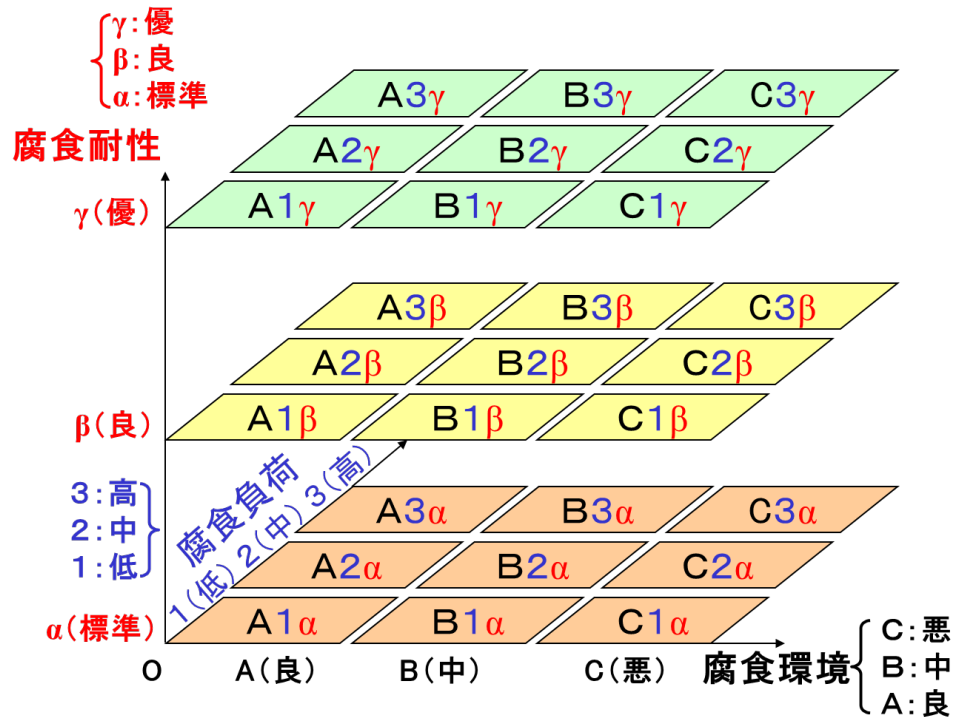


図 2. 1. 1 腐食マトリックス

【解説】

道路橋の排水不良や漏水等に起因する腐食損傷は多様であるが、図 2. 1. 2 に示すように、主として点検調書に基づく要因分析が重要である。この分析によって、表 2. 1. 1 に示すように、腐食損傷に対する負荷ならびに環境と腐食損傷部位・程度との関連付けが可能となる。

腐食要因	要因となる主原因	腐食損傷への負荷	原因分析
1. 腐食環境	・設置環境 ・構造詳細	・気候や設置位置 ・凍結防止剤散布	・床版防水 ・床版損傷
2. 不具合の発生 (予想可)	・機能的寿命 ・過大な負荷	・融雪散水 ・重交通量 ・詳細構造	・止水低下 ・排水不備 ・その他
3. 不具合の発生 (想定困難)	・腐食環境の変化 ・構造改変 (改変時想定可否)		

点検調書をはじめとするデータから代表例を抽出

図 2. 1. 2 腐食要因分析

表 2.1.1 腐食損傷に対する負荷・環境と腐食損傷部位・程度との関連性

	負荷・環境項目	腐食損傷の部位と程度									
		A. 床版		B. 桁端部		C. 不連続部		D. 下部工		E. その他	
		排水口部		支承	下フランジ						
腐食損傷に対する負荷と環境	1 排水負荷 a)降水量 b)散水量 c)凍結防止剤 d)横断勾配 e)縦断勾配										
	2 腐食環境 a)日照 b)風 c)桁下空間										
	3 交通量										
	4 排水機能低下 a)伸縮装置 b)排水設備 排水口 排水柵 排水管										
	5 橋梁構造 a)桁端部 b)不連続部 c)道路部との接続 d)竣工年or補修年										

表 2.1.2 橋梁部位毎の腐食損傷要因分析

①腐食箇所	②漏水箇所	③漏水原因	④腐食負荷	⑤腐食環境
1)桁端部	・伸縮装置 ・地覆間	・短寿命 ・多水量 ・間隙	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量	・陽当たり ・風通し ・植生
2)床版	・防水層 ・排水設備 ・張出部	・浸水漏水 ・浸水漏水 ・土砂流入 ・浸水	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量 ・交通量	・陽当たり ・風通し ・水はけ ・植生
3)主構部	・排水設備 ・伸縮装置 ・床版	・浸水漏水 ・土砂流入 ・多水量 ・漏水貫通	・雨水 ・凍結抑制 ・散水量 ・交通量	・陽当たり ・風通し ・結露
4)				

表 2.1.3 腐食負荷と環境の2次元マトリックス

④ 腐食負荷	3 高	A 3	B 3	C 3
	2 中	A 2	B 2	C 2
	1 低	A 1	B 1	C 1
		A 良	B 中	C 悪
		⑤腐食環境		

表 2.1.1 に示す腐食損傷に対する負荷・環境と腐食損傷部位・程度との関連性から、表 2.1.2 に示すように、部位毎に要因を整理すれば、影響する腐食負荷と腐食環境を部位毎に定量化でき、表 2.1.3 に示すような腐食負荷と腐食環境の2次元マトリックスで評価することができる。

ところで、防食性能を保持できなければ、腐食に伴う構造安全性能の低下が進行し、図 2.1.3 に示すように、補修・補強を余儀なくされ、場合によっては交通規制やその遮断が不可避となる。また、予防保全を実施するには安全限界に至るまでの性能低下曲線の予

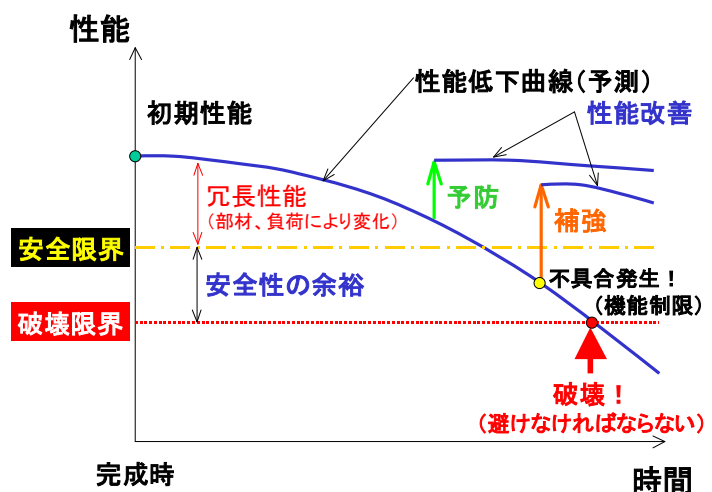


図 2.1.3 補修・補強を伴う維持管理と予防保全

測が必要となる。一方で、防食性能を適切に保持できれば、冗長性能を活用して、腐食に伴う構造安全性能の低下を制御できる。これより、腐食負荷と腐食環境に加えて、腐食損傷に対する抵抗力、すなわち、腐食耐性を適切に選択すれば、新設時ならびに供用中の維持管理において、図 2.1.4 に示すように、補修・補強をすることなく、適切な維持管理下において、長期にわたって腐食に対して橋梁を健全な状態に保持することが可能となる。

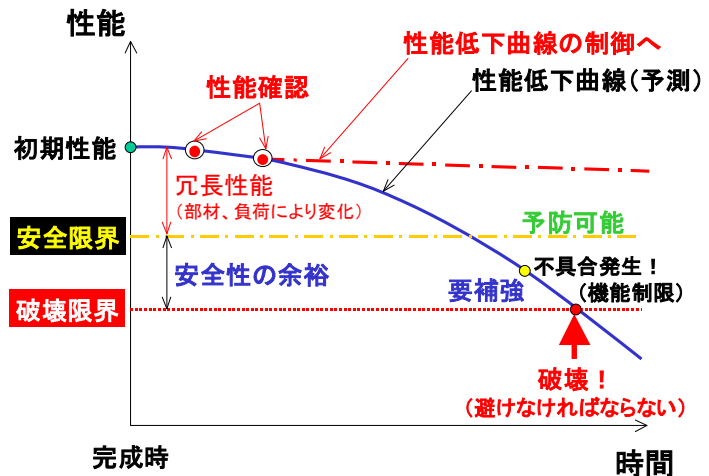


図 2.1.4 計画的制御による超長期耐食健全橋梁

腐食損傷の現象は、鋼橋とコンクリ

ート橋では一般的に異なり、構造安全性能低下曲線も様々に変化するが、腐食損傷の部位と要因には両者に大きな差はない。腐食負荷と腐食環境が橋梁の腐食損傷に与える影響を、個々の橋梁毎に評価すれば、個々の橋梁毎に必要な防食性能が明確になる。これに基づき、既設橋梁の再防食時や、新設橋梁の防食性能を適切に選択することにより、当該部位の腐食耐性を選択し、その制御を可能にできる。

これを、図 2.1.1 に示すように、3次元の腐食マトリックスを利用して、個々の橋梁毎に耐腐食性能を評価することとする。腐食マトリックスは、腐食負荷、腐食環境および腐食耐性の3要素から成り、個々の橋梁毎に損傷対象部位に対して、適切に状態を表すものである。図 2.1.1 では腐食負荷、腐食環境および腐食耐性の3要素をそれぞれ3段階に分類していることから、27の状態を表すことになる。点検調査に基づき、上述の評価を継続すれば、防食性能の選択精度と腐食耐性の評価精度が改善されるので、点検結果を継続して活用して、橋梁毎に評価を改善していくことが重要である。腐食負荷、腐食環境および腐食耐性の3要素を必要に応じて3段階を5段階により細かくしたり、あるいは思い切った単純化を図ったりするなどして、充実した情報の蓄積により改善することが可能である。

その結果、橋梁毎に腐食負荷や腐食耐性を適切に制御して、長期にわたって計画的に腐食耐性を保持することが可能となる。

2. 2 腐食マトリックスにおける腐食環境、腐食負荷、腐食耐性

3次元で表現される腐食マトリックスの評価軸は、「腐食環境」、「腐食負荷」、「腐食耐性」の3つから成る。

腐食環境は、架橋位置の自然環境に由来するものである。

腐食負荷は、橋梁の設置路線や道路線形等の影響も含め、人工的・人為的な要因による評価とする。

腐食耐性は、橋梁の持つ性能に由来するものとする。

【解説】

「腐食環境」「腐食負荷」「腐食耐性」を各々評価することにより、任意の橋梁が3軸の腐食マトリックス内に置かれる位置（評価レベルと記す）を定めることができ、橋梁の効率的な維持管理や長寿命化対策の適切な判断に寄与するものと考えている。

また、橋梁の架橋位置や道路線形、桁下状況等の与条件が決定された際に、腐食環境及び腐食負荷の評価レベルが定まるため、当該橋梁の効率的な長寿命化のためにはどの程度の腐食耐性とするべきかの指標となると考えられる。

なお、3軸を評価するためのパラメータは、橋梁一覧表や橋梁定期点検調書、カルテ、橋梁台帳等から容易に入手できる項目・数値等とすることが望ましい。

2. 2. 1 腐食環境の構成因子と評価基準

腐食環境を『人が制御できない自然環境条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子（抽出項目）を構成因子とし、これらから評価可能なパラメータ（評価項目）を選定し、評価レベルを算出する。

【解説】

腐食環境の構成因子としては様々な因子が考えられるが、そのうちから評価可能な項目を選定してパラメータとし、それぞれに評価基準及び重み係数を設けることで、「腐食環境」の評価レベルを算出することとした。

パラメータ並びに評価基準、重み係数については、適宜見直すことが望ましい。

表 2.2.1.1 腐食環境のパラメータ、評価基準、評価レベル

腐食環境 (架橋位置の自然環境に由来)								
抽出項目	選定項目	選定理由等	パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
				a良	b中	c悪		
桁下環境(河川・湖沼、道路・鉄道、公園・緑地、荒地)	桁下の湿度度合い(桁下が河川・湖沼等かそれ以外か)	架橋状況から定性的に評価可能	① 塩害地域区分	D	CⅢ	CⅡ以上 (BSB I.BⅡ、 BⅢ.CS.C I、 CⅡ)	5	aを1、bを2、cを3点とする。 ①×5+②×2+③×3+④×4 全て【a良】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c悪】の場合:42点となる。 A良:20点以下 B中:21~27点 C悪:28点以上
飛来塩分量	塩害地域	定期点検調書から判定可能	② 降水量	大阪、姫路(2)、兵庫	滋賀(161以外)、福知山、京都、姫路(29)、奈良、和歌山	福井、滋賀(161)、豊岡、和歌山(42)、紀南	2	
降水量	降水量の多い地域を事務所別・路線別で評価	気象庁の年平均降水量からデータ取得可能	③ 桁下状況	河川・湖沼等以外	—	河川・湖沼等	3	
日照量	—	環境特性として評価	④ その他の環境特性	腐食しづらい	中位	腐食しやすい	4	
湿度	—	桁下状況で評価	その他の環境特性 例 ・塩害地域区分がDであるが、海水の影響(飛沫、汽水域等)を受ける ・通気性が悪く、湿気がある ・植生の繁茂が激しい ・跨線橋であり、日常点検が困難 ・その他					
桁下・桁端部の湿度(桁下水面までの距離?)	桁下・桁端部の湿度度合(風通し含む)	湿度で評価(風通しは評価困難)						
架橋位置(山間部、市街地、河川、海峡)	全体的な環境特性(その他の評価項目で評価されない項目)	架橋位置やその他の要因で腐食しやすさが左右される。						
排水樹土砂詰り易さ(橋台背面が切土の場合、詰まり易い?)	—	腐食負荷で評価						
交差物件(OVがあるか)	—	環境特性として評価						
除雪車走行有無、除雪作業有無(冬期通行止め)	—	腐食負荷の凍結防止剤で評価						

- ① 塩害地域区分は、「道路橋示方書 コンクリート橋編 平成 29 年 11 月」に定められている区分であり、近畿地方整備局管内では下表のとおりである。

表 2.2.1.2 塩害地域区分

地域区分	地域	海岸線からの距離	塩害の対策区分
A	沖縄県	(近畿地整以外のため割愛)	
B	福井県(近畿地整管内のみ表記)	海上部および海岸線から 100m まで	S
		100m をこえて 300m まで	I
		300m をこえて 500m まで	II
		500m をこえて 700m まで	III
C	上記以外の地域	海上部および海岸線から 20m まで	S
		20m をこえて 50m まで	I
		50m をこえて 100m まで	II
		100m をこえて 200m まで	III
D	その他	—	

- ② 降水量は、気象庁の過去 10 年の平均年降水量のデータを基に、事務所毎、路線毎に 3 段階に振り分けた。
- ③ 桁下の湿気度合いは、桁下が河川等（河川・湖沼や港湾等、水分の多い箇所）か否かの二択とした。河川等の場合は腐食しやすいものと考えた。
- ④ その他の環境特性は、上記①～③で評価できない腐食しやすさを定性的に評価するものとして、評価基準を設定した。

2. 2. 2 腐食負荷の構成因子と評価基準

腐食負荷を『人が制御できる人工的負荷条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子（抽出項目）を構成因子とし、これらから評価可能なパラメータ（評価項目）を選定し、評価レベルを算出する。

【解説】

腐食負荷の構成因子としては様々な因子が考えられるが、そのうちから評価可能な項目を選定してパラメータとし、それぞれに評価基準及び重み係数を設けることで、「腐食負荷」の評価レベルを定めることとした。

パラメータ並びに評価基準、重み係数については、適宜見直すことが望ましい。

表 2. 2. 2. 1 腐食負荷のパラメータ、評価基準、評価レベル

腐食負荷 (人工的、人為的な要素)									
抽出項目	選定項目	選定理由等		パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
					a低	b中	c高		
伸縮装置を通過する 水量(水理解析)	—	解析を要するた め、現時点で判定 不可		① 伸縮装置への路面排水 負荷 (該当伸縮装置が受け 持つ橋面排水面積)÷ (当該範囲の排水樹個 数)	120m2以 下	120m2を超 え、200m2 未満	200m2以 上	2	aを1、bを2、cを3点とする。 $① \times 2 + ② \times 1 + ③ \times 5 + ④ \times 2 + ⑤ \times 2 + ⑥ \times 2$ 全て【a低】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c高】の場合:42点 となる。 1低:20点以下 2中:21~32点 3高:33点以上
降雨集水面積(幅 員、橋長)	—	—		② 合成勾配	3.5%以下	3.5%を超 え、 5%未満	5%以上	1	
路面勾配(縦横断)	合成勾配	急な場合は伸縮 装置へ路面水が 多く供給される。		③ 凍結防止剤散布量	大阪、兵 庫、和歌 山、紀南	京都、姫 路、奈良	福井、滋 賀、福知 山、豊岡	5	
排水樹 設置間隔	排水樹 個数	個数が少ないと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。		④ 大型車交通量(台/日) (上下分離の場合は1/ 2とする。)	3000未満	3000を超 え、 10,000未満	10,000以上	2	
舗装(粗度係数)	—	—		⑤ 排水樹土砂詰り状況 (対象範囲の全体樹数 に対する土砂詰り樹数 の割合)	0	5割未満	5割以上	2	
凍結防止剤散布量	維持作業の年平均散 布量	量の大小≒負荷		⑥ その他の腐食負荷	負荷が低 い	中位	負荷が高 い	2	
交通量	大型車交通量(セン サスデータ)	量の大小≒負荷		その他の腐食負荷例 ・清掃頻度が高い ・清掃が容易 ・桁端に後付けの落橋 防止システムがあり、十 分な点検ができない ・その他					
路面清掃頻度(体制、 状況)	定期点検結果におけ る排水樹土砂詰りの 有無	土砂詰り樹が多い と伸縮装置へ路面 水が多く供給され る。							
橋梁規模(橋長、幅 員、面積)	当該桁端部に係る橋 面集水面積 橋の長さ×幅	面積が大きいと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。							
排水装置が排水樹か 鋼製排水溝か	—	—							

③ 凍結防止剤は、事務所毎の凍結防止剤購入量（5年平均）に基づき、3段階に設定した。

⑥ その他の腐食負荷は、①～⑤で評価できない腐食負荷を定性的に評価するものとして、評価基準を設定した。

2. 2. 3 腐食耐性の構成因子と評価基準

腐食耐性を『橋梁の持つ特性（腐食耐性）』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子（抽出項目）を構成因子とし、これらから評価可能なパラメータ（評価項目）を選定し、評価レベルを算出する。

【解説】

腐食耐性の構成因子としては様々な因子が考えられるが、そのうちから評価可能な項目を選定してパラメータとし、それぞれに評価基準及び重み係数を設けることで、「腐食耐性」の評価レベルを定めることとした。

パラメータ並びに評価基準、重み係数については、適宜見直すことが望ましい。

表 2. 2. 3. 1 腐食耐性のパラメータ、評価基準、評価レベル

腐食耐性 (橋梁の持つ特性)										
抽出項目	選定項目	選定理由等		パラメータ (評価項目)	評価基準				重み 係数	評価レベル
					a標準	b良	c高	d優		
設計基準等(設計・施工時期)	架設年度	採用されている設計基準によって耐久性が異なる。	→	① 架設年度	1973年以前	1974年～1980年	1981年～2001年	2002年以降	3	aを1、bを2、cを3、dを4点とする。 ①×3+②×2+③×3+④×1+⑤×2+⑥×1 全て【a標準】の場合：12点 全て【b良】の場合：24点 全て【c高】の場合：36点 全て【d優】の場合：45点となる。 ・α標準：20点以下 ・β良：21～28点 ・γ優：29点以上
桁材質(塗装鋼材、耐候性鋼材、めっき、溶射、RC、PC)	—	架設年度で代替(防食方式で代替が望ましい)	→	② 伸縮装置からの漏水の有無(直近の点検結果)	有り・多い	有り・少ない	無し	—	2	
鉄筋かぶり	—	架設年度で代替	→	③ 定期点検結果の健全度	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	3	
コンクリート設計基準強度	—	〃	→	④ 橋梁の斜角	60度未満	60度以上75度未満	75度以上85度未満	85度以上	1	
伸縮装置区分(荷重支持型、突合せ型、埋設型、鋼製、ゴム製、特殊合材)	伸縮装置の止水性能	伸縮装置からの漏水の影響が最も大きい ため、止水性を評価する	→	⑤ 塗装経過年数	21年以上	15年を超え20年以下	10年を超え15年以下	10年以下	2	
橋梁構造形式	—	評価するのは困難	→	⑥ その他の腐食耐性	耐性が低い	中位	耐性が高い	—	1	
桁端部の風通し	—	状態を評価するのは困難	→	その他の腐食耐性例 ・桁端の重防食 ・高い防水措置 ・排水の流末処理が不適切 ・その他						
防水工の有無	—	ほぼ対策済み。劣化度合いは評価不可	→							
遊間	—	評価不可能	→							
健全度(橋単位)	橋梁定期点検結果健全度	全橋梁で評価済み	→							
損傷程度	—	健全度で評価	→							
橋梁構造形式(上路・下路、鈑桁、トラス、アーチ、吊り橋等)	—	評価困難	→							
防食方式(塗装鋼材、耐候性鋼材、めっき、溶射)	防食方式	耐久性への影響が大きいが情報取得が困難。塗装経過年数で代替	→							
供用後経過年数	供用後経過年数	架設年度と同様	→							
補修履歴	腐食に関する補修有無と経過年数	再塗装等が実施されている場合は、その時点からの劣化となる	→							
斜角	斜角	桁端部耐久性への影響が大きい	→							

- ③ 定期点検の健全度は、「橋梁定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課」による橋梁の健全性の診断の判定区分（下表）を示す。

表 2. 2. 3. 2 橋梁の健全性の診断の判定区分

区分		定義
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

- ⑥ その他の腐食耐性は、①～⑤で評価できない腐食耐性を定性的に評価するものとして、評価基準を設定した。

第3章 排水計画

3. 1 排水計画の要点

道路橋の排水計画は、架橋地点の自然環境、供用環境、維持管理性の確実性等を考慮して適切に定めるものとする。

【解説】

道路橋は、架橋地の自然環境、構造部位毎の湿潤状況、供用中に凍結防止剤を散布する量などの供用環境によって耐久性に大きな影響を受ける。道路橋の損傷や劣化進行には常に水が関与しているため、水の作用による劣化進行のメカニズムを理解しておくとともに、水の浸入経路を把握し、遮断することが排水計画において重要である。

排水計画の検討・設計にあたっては、架橋地の腐食環境・腐食負荷について把握、評価し、排水計画、構造を適切に定めることが重要である。排水における課題として、桁端部への雨水の浸入、床版漏水、主構部の腐食、伸縮装置及び排水設備の機能不全などが挙げられ、その構造については以下に示す4つの視点が重要である。

- 1) 水を溜めない構造
- 2) 水を通さない構造
- 3) 水による腐食劣化を抑制する構造
- 4) 排水設備や伸縮装置の維持管理が容易な構造

また、排水管や伸縮装置の非排水構造等は、橋梁の供用期間中すべてにわたってその機能が確保される場合は少なく、多くの場合、機能回復のための措置として堆積土砂の除去等の維持管理や損傷の補修・交換等の作業を要することから、排水計画の立案にあたっては、点検や維持管理、補修の確実性・容易性にも十分留意する必要がある。

3. 2 排水計画の留意事項

排水計画では、耐久性を確保するため、構造各部の排水が確実かつ速やかに行える構造とする。また、確実に維持管理ができるように配慮する。

【解説】

排水計画では、構造各部の排水が確実に行える構造とする必要があるほか、供用期間中に確実に機能が保持されるよう、維持管理の計画と整合し、かつ必要な耐久性を有する構造とすることが重要である。

- 1) 伸縮装置の計画にあたっては、水密性を有する非排水型とするとともに、高い耐久性を有し、かつ非排水機能の回復措置が容易な構造を採用するものとする。また、伸縮装置の取り換えについても考慮して計画することが望ましい。さらに、伸縮装置からの漏水は、地覆部の間隙から浸入し、桁下に落下している事例が散見されることから、地覆部も含めた止水構造とする。また、非排水機能の点検は橋面及び桁下からの目視点検が容易に行える構造を基本とする。
- 2) 桁端部は、支承まわりの滞水を防止するため、橋座には橋台前面側に排水勾配を設けることを基本とする。さらに、支承まわりに排水管等から橋面水が流れこまないようにするとともに、排水管は排水流末まで導水することを基本とする。また、通気性を確保のほか、架設時や維持管理における作業空間を確保することを基本とする。

桁端部（伸縮装置）からの漏水が避けられない場合は、止めないで流下させる方法もひとつの選択肢として検討してもよい。

- 3) 床版に水が浸入すると耐久性が急速に低下する傾向にあるほか、凍結防止剤を散布する地域では、劣化の進展時に床版内部に水が浸入すると水に塩化物イオンが含有していることが

あり鋼材の腐食を促進させ耐荷力や耐久性への悪影響が生じることが懸念される。よって、床版の防水層、舗装及び排水設備に関して総合的な対応を計画することが重要である。土工部からの水の流入防止、排水装置の配置計画・構造、床版水抜き孔の配置等について計画することが望ましい。

- 4) 既設橋では、排水計画の考え方は新設橋と異なるため留意が必要である。既往点検結果や補修等の履歴、構造や現場状況、損傷や劣化の要因、施工条件、今後の維持管理計画を考慮した、効果的で効率的な補修補強方法の検討が必要である。特に、損傷の要因となっている漏水の経路等について十分に把握し、その要因を除去または軽減できる対策を検討することが重要である。
- 5) 伸縮装置、排水設備、床版防水、地覆、桁端部などの各部位における単独対策ではなく、橋梁全体の排水計画としての総合対策が重要である。架橋地点における、腐食環境・腐食負荷に応じて効果的な対策を選択する必要がある。
- 6) 個別の対策については、第4章鋼橋、第5章コンクリート橋、第6章付属物を参照すること。

3. 3 維持管理性への配慮

排水計画では、維持管理の確実性及び容易さに配慮し、点検の方法を含めて計画する。

【解説】

橋梁支点部の損傷は、近年維持管理上の問題として広く認識されはじめており、新設構造物を計画する際には、支点部延命化を考慮した支点部の構造詳細を検討するほか、維持管理の確実性及び容易さにも配慮し、点検の方法も含めて計画する必要がある。

3. 4 今後必要な技術開発

- (1) 排水に起因する腐食損傷に対する耐久性を高めるため、さらなる技術提案が必要である。
- (2) 耐久性向上の改善サイクルが機能する仕組みを確立させる必要がある。

【解説】

- (1) 排水に起因する部材の腐食には、橋梁を構成する以下の部材への対策が必要である。各々の損傷事例と求められる技術提案を以下に示す。

1) 地覆、壁高欄部材

[損傷事例]

目地、ひび割れ等から雨水など水分の浸入により、部材下側での漏水、遊離石灰、剥離・鉄筋露出、鋼部材腐食の原因となっている。

[求められる技術提案]

- ・地覆立ち上げ面、上面などひび割れからの浸入を防ぐための勾配、塗装仕様の提案

2) 橋面排水構造及び床版防水

[損傷事例]

橋面勾配が緩やかな場合、滞水の原因となっている。

床版防水工では、地覆等がある端部からの漏水が床版下の鋼桁腐食の原因となっている。

[求められる技術提案]

- ・橋面勾配や橋梁規模(橋長、幅員)に応じた橋面排水構造の提案
- ・端部の二重防水など防水工の強化、詳細仕様の提案

3) 伸縮装置

[損傷事例]

止水材の劣化・損傷、ゴム製品の損傷による漏水や後打ちコンクリートのひび割れから漏水が発生し、下側部材の腐食原因となっている。

[求められる技術提案]

- ・ 止水材やゴム製品及び後打ちコンクリートの材料及び構造の開発
- ・ 土砂堆積、漏水の原因分析に基づく技術提案
- ・ 土砂堆積させないための排水樋や二次止水の排水勾配、排水流末の構造提案

4) 支承まわりの滞水、支承の腐食抑制

[損傷事例]

沓座の滞水・土砂堆積が原因で、支承本体の腐食、鋼桁腐食の原因となっている。

[求められる技術提案]

- ・ 部材上に滞水、土砂堆積させない構造の開発
- ・ 支承まわりの排水勾配・塗装仕様の提案
- ・ 沓座排水方法の提案

5) 桁端部材のかぶり損傷、鉄筋の腐食、鋼桁の腐食

[損傷事例]

桁端部では、伸縮装置からの漏水や、結露などが損傷発生の原因となっている。

[求められる技術提案]

- ・ 腐食環境・腐食負荷に応じた、コンクリートかぶり厚、塗装仕様の提案

- (2) 今後、補修・補強を行った既設橋や新設橋で採用した防食対策について評価すると共に、データを蓄積し、腐食マトリックスや技術標準（案）の見直し、更新を行うことで、耐久性向上の改善サイクルが機能する仕組みを確立させることが重要である。

第4章 鋼橋

4. 1 桁端部の構造

桁端部は、点検等の作業空間を確保するとともに、桁端部の漏水対策や将来の支承交換といった維持管理に配慮して構造細目を計画する。

4. 1. 1 構造的改善

- (1) 桁端部に作業空間を確保する。また、橋座面及び支承回りの排水機能を付与する。
- (2) 伸縮装置は非排水型を原則とするが、必要に応じて排水型の採用も検討する。
- (3) 漏水に備え、水切り板や止水板を設置する。
- (4) 桁内の排水として、水抜き孔の設置や止水対策を検討する。
- (5) 漏水等の可能性がある下部工部位には表面保護を施す。
- (6) 端横桁は対傾構形式として風通しを良くするか、コンクリート巻立てにより鋼材を覆う構造とする。

【解説】

- (1) 維持管理の作業空間対策として、パラペットと桁端部との空間を確保し、支承交換作業等の作業性を向上させる。また、橋座面の滞水防止対策として、橋座部には排水勾配を設置、排水溝と排水管を設置するとともに、桁端部の湿潤防止対策として、支承台座を高くとり、漏水の排水性・通風性を向上させる。

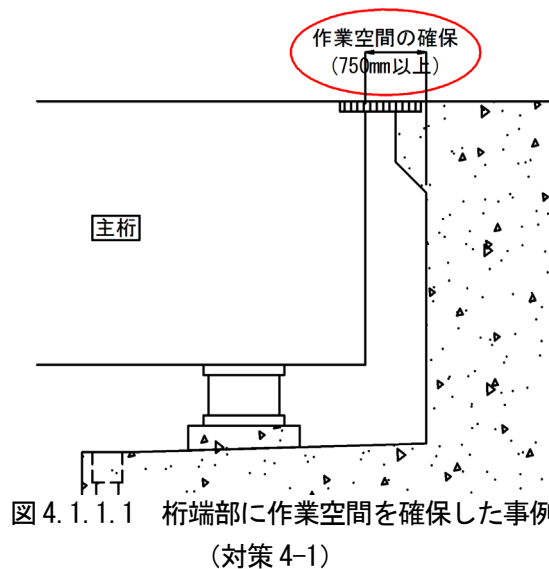


図 4.1.1.1 桁端部に作業空間を確保した事例
(対策 4-1)

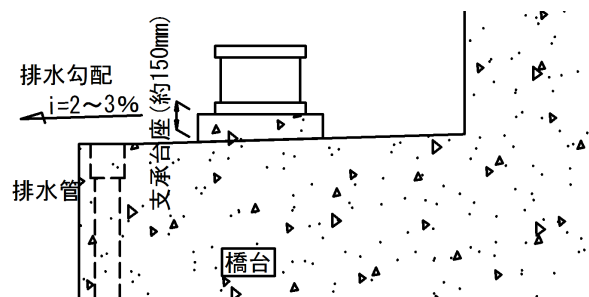


図 4.1.1.2 支承回りの排水機能向上対策事例
(対策 4-2)

(出典) 近畿地方整備局 設計便覧(案) 平成24年4月

- (2) 交通規制が取りづらく伸縮装置からの漏水が発生した場合にも対処しづらい場合や、縦断勾配の関係から排水勾配の最下端となり橋面の伸縮装置上に滞水する場合などで、排水型の伸縮装置のために設ける排水溝の維持管理も可能な場合には、排水型の伸縮装置の採用も検討する。

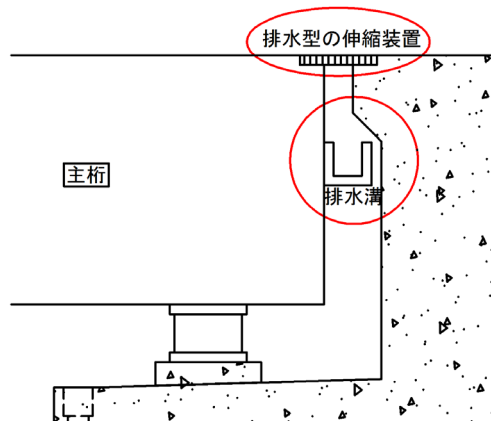


図 4.1.1.3 排水型伸縮装置の構造事例
(対策 4-3)

- (3) 伸縮装置からの漏水に備え、桁端部主桁ウェブに水切り板を設置する。また、主桁からの漏水が支承にかからないように、縦断勾配が低い側の支承部前面には、主桁（外桁）の下フランジに止水板を設置する。ただし、下フランジ上面の止水板の設置は、山岳部等で落葉等がたまりやすく腐食環境が助長される箇所についてはこの限りでない。

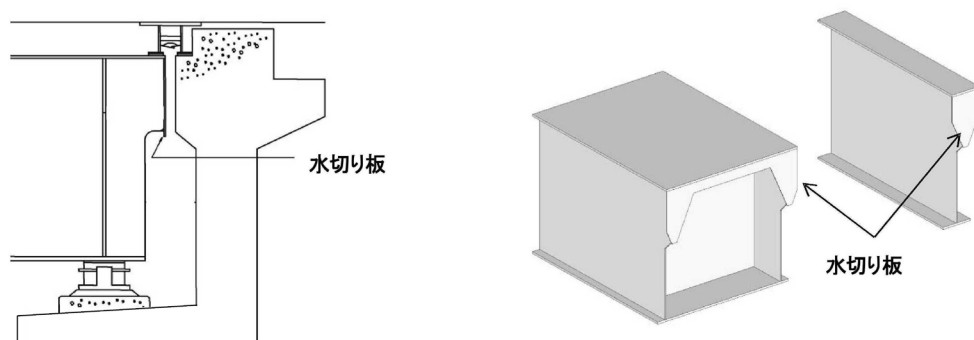


図 4.1.1.4 水切り板設置事例
(対策 4-4)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

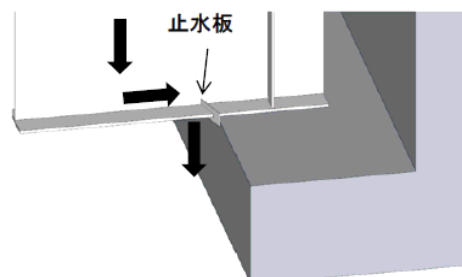


図 4.1.1.5 止水板設置事例
(対策 4-5)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

(4) 箱桁内において、継手部、マンホール部等から浸入した雨水、結露水の排水を目的に水抜き孔を設置する。また、支点上補強リブに雨水浸入防止の蓋を設置する。

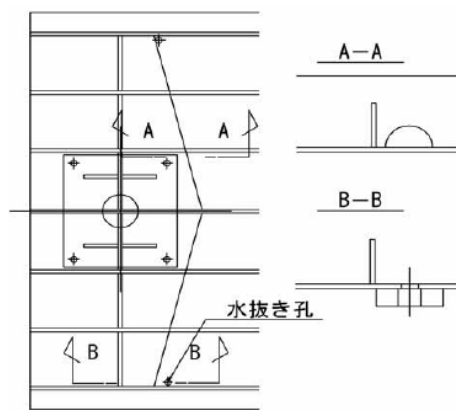


図 4. 1. 1. 6 水抜き設置事例
(対策 4-6)

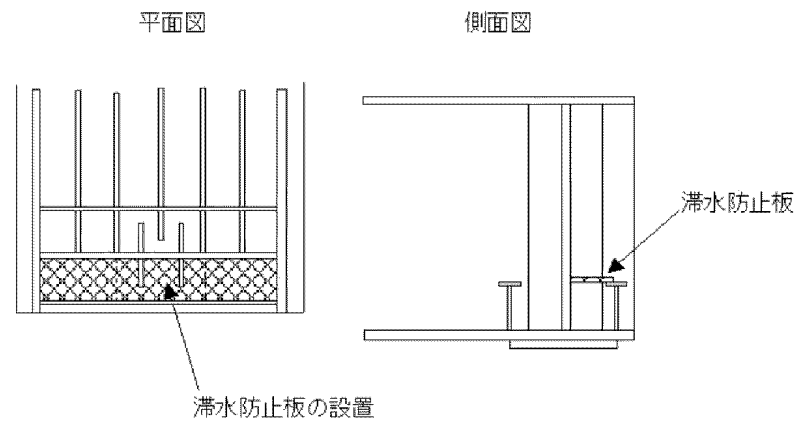


図 4. 1. 1. 7 雨水浸入防止蓋の設置事例
(対策 4-7)

(出典) 名古屋高速道路公社 鋼構造物設計基準 平成 15 年 10 月

(5) 伸縮装置を有する橋台及び橋脚の橋座周辺部は表面保護のために表面含浸材を塗布する。

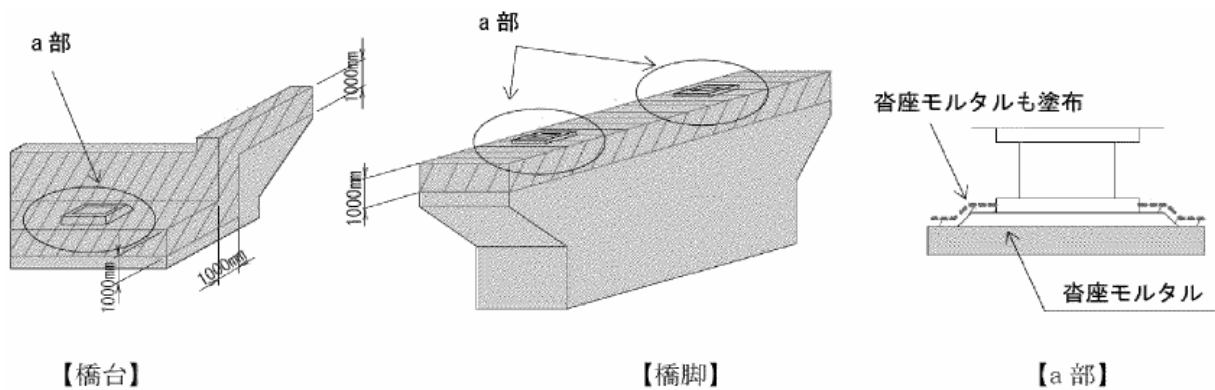


図 4. 1. 1. 8 下部工の表面保護対策事例
(対策 4-8)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

(6) 端横桁は対傾構形式として風通しを良くするか、コンクリート巻立てにより鋼材を覆う構造とする。ただし、既設橋への適用にあたっては、維持メンテナンス空間に配慮して採用可否を判断する。



対傾構形式の例



コンクリート巻立て構造の例

図 4. 1. 1. 9 端横桁構造
(対策 4-9)

4. 1. 2 防錆処理の改善

桁端部や支承には重防食を施す。

【解説】

桁端部の防錆には、塗装の増し塗りや金属溶射＋塗装を採用し、支承部の防錆としてメッキ＋塗装を採用することで、耐久性を向上させる。具体的な採用例については、4.3 節に記載する。

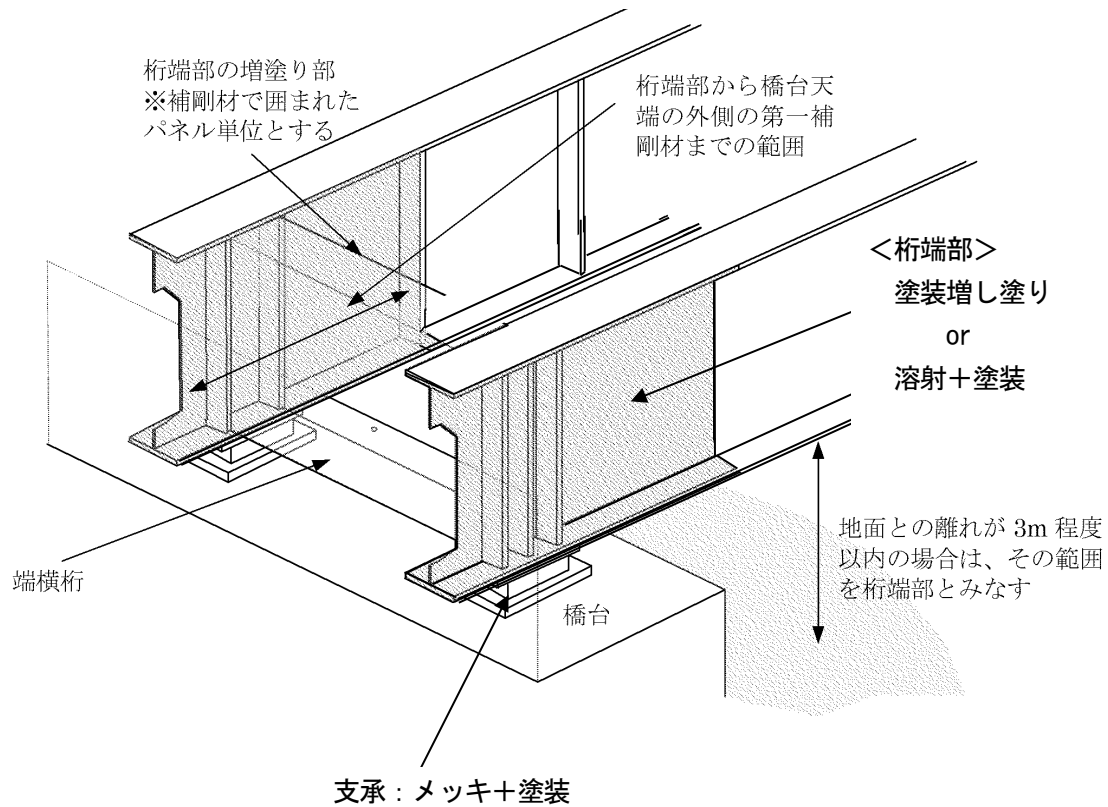


図 4.1.2.1 桁端部の防錆仕様例
(対策 4-10)

4. 1. 3 その他

- (1) 将来の支承受替えに備え、ジャッキアップスペースを確保するとともに、補剛材や反力表示板を設置する。
- (2) 隣り合う径間の動線に配慮して下部工検査路を計画する。

【解説】

- (1) 将来の支承受替えや損傷補修に備えてジャッキアップスペースを確保し、ジャッキアップ用補剛材を設置する。ただし、現地状況やその他の条件により、これによりがたい場合は別途検討し対策を定めるものとする。また、施工時の利便性に配慮し、桁にジャッキアップ位置と反力を記載する。

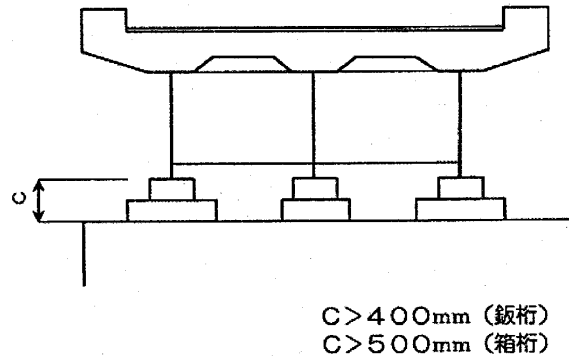
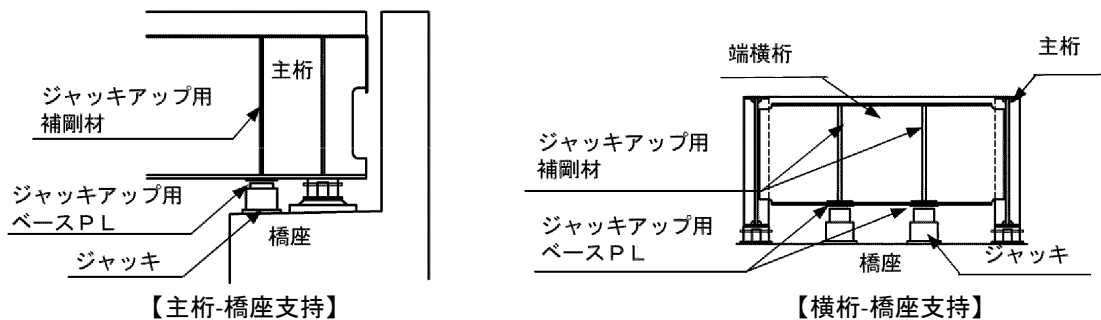


図 4.1.3.1 桁下空間の確保事例

(対策 4-11)

(出典) 近畿地方整備局 設計便覧 (案) 平成 24 年 4 月



※ 橋座面で作業ができない場合、桁下空間が不足している場合

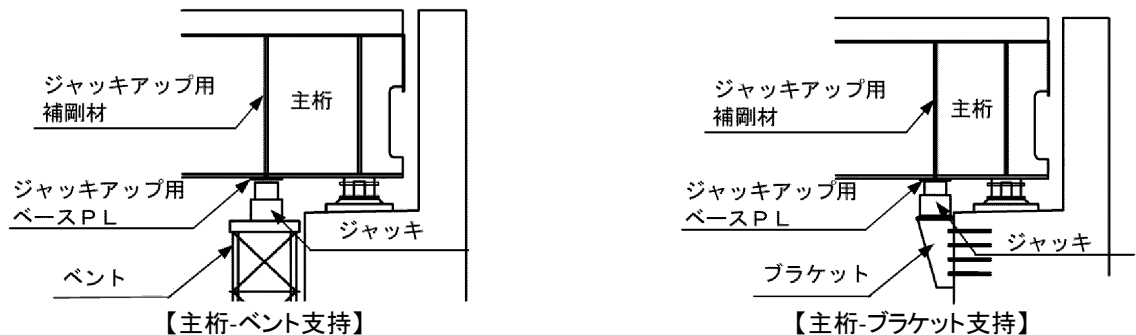


図 4.1.3.2 ジャッキアップ用補剛材設置例

(対策 4-12)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

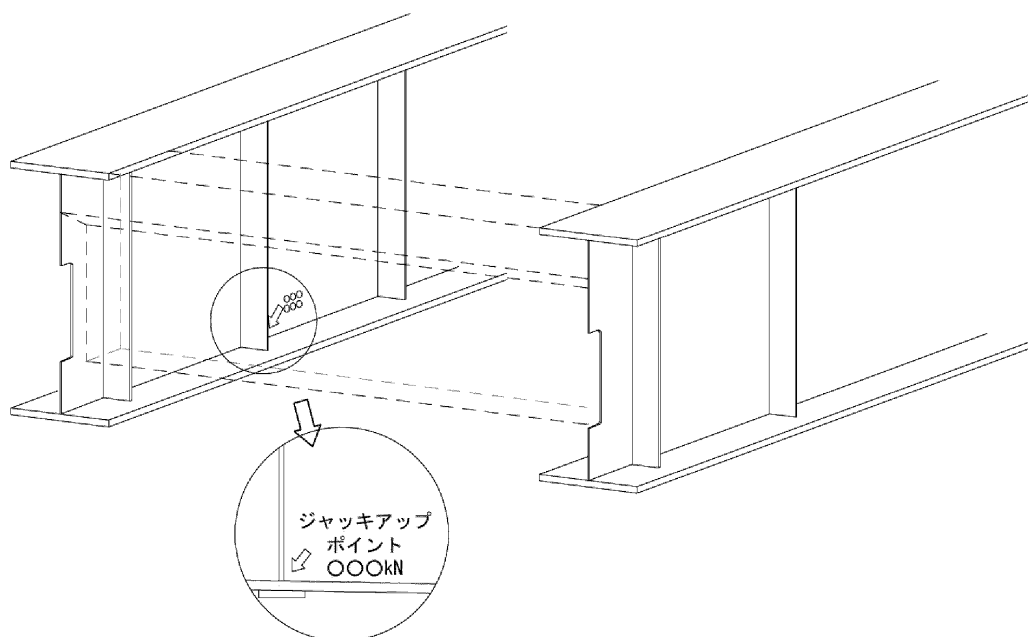


図 4.1.3.3 反力表示板設置例

(対策 4-13)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月
 (2) 隣り合う径間の動線を確保するため、下部工検査路の平面配置形状は、ロ又はコの字型とする。

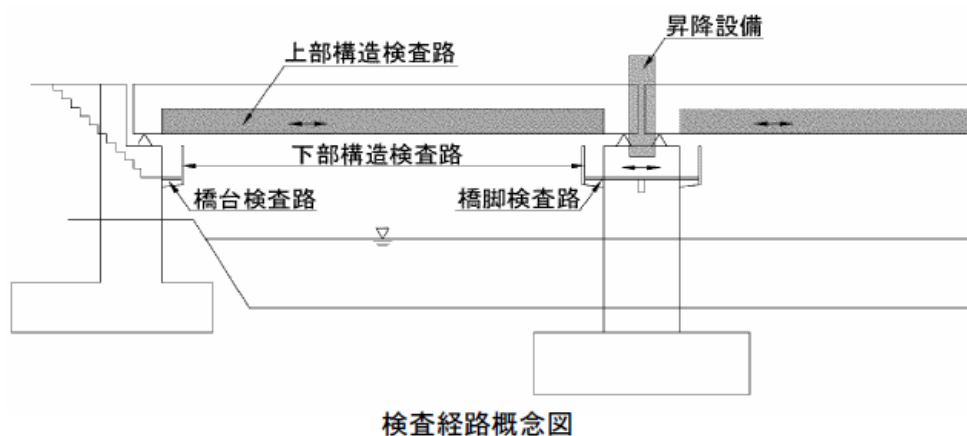


図 4.1.3.4 下部工検査路設置例

(対策 4-14)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

4. 2 床版漏水部の構造的改善

床版からの漏水対策として、水はけや滞水、通気性に配慮して構造細目を計画する。

【解説】

鋼桁部材のうち、滞水・堆積等の発生する可能性がある場合には、構造的に可能であれば止水板や水抜き孔を明け積極的に排水を促す。また、鋼部材が床版を貫通する部位では、積極的に床版に貫通口を設置するなどの対策を講じる。以下に具体例を示す。

- 1) 主桁下フランジに止水板を設置することにより、床版からの漏水が主桁下フランジ上に滞水することを防ぐことができる。また端支点、中間支点部の手前に設置することで、支点部への雨水の流入を防ぐことができる。

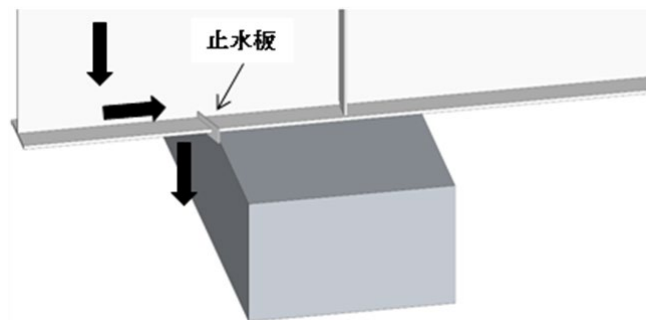


図 4.2.1 止水板対策事例
(対策 4-15)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

- 2) 滞水・堆積等の発生する可能性がある場合、構造的に可能であれば水抜き孔を明け積極的に排水を促す。

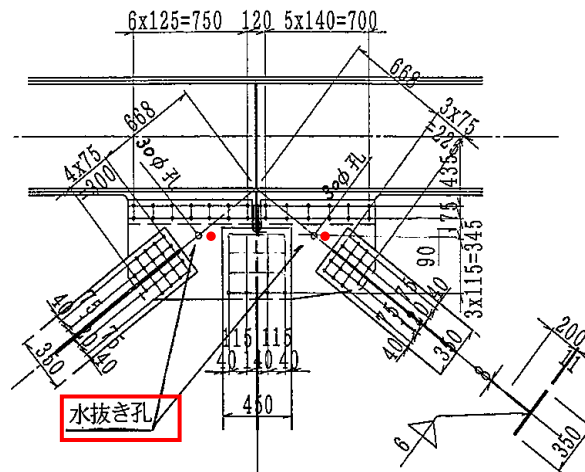


図 4.2.2 水抜き孔対策事例
(対策 4-16)

- 3) 主桁下フランジの連結板に勾配を設けることにより、床版からの漏水が主桁下フランジ上に滞水することを低減することができる。

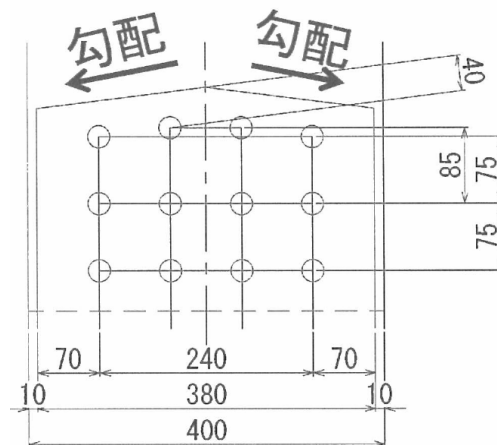


図 4.2.3 連結板への勾配対策事例
(対策 4-17)

(出典) 道路橋の耐久性向上のための構造細目や仕様に関する共同研究 (平成 27 年度～平成 29 年度)

- 4) 箱桁上フランジ上面にハンチを打ち下ろさない構造で、床版からの漏水が生じた場合、床版型枠埋め殺し部にも水が溜まるため、下記のような水抜き構造を、縦断勾配の低い側の桁端部に設置する。また、桁端部以外にも設置する場合には、上フランジ連結板に対して縦断勾配の高い側に設置する。

(出典) 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋構造詳細の手引き (改訂 2 版) (平成 25 年 6 月)

図 4.2.4 箱桁上フランジへの水抜き対策事例
(対策 4-18)

- 5) 下路のトラスやアーチ橋などにおいて、鋼部材が床版を貫通する部位では、積極的に床版に貫通口を設置する。これにより、鋼部材とコンクリートの境界部を無くすことができ、滞水、湿潤環境を改善することができる。



(出典) 近畿地方整備局：橋梁損傷及び対策事例集

事例集の写真参照

(出典) 社団法人 日本道路協会 道路橋補修・補強事例集（2012年版）平成24年3月

事例集の図参照

(出典) 社団法人 日本橋梁建設業協会 鋼橋の補修・補強事例集 平成14年10月

図 4.2.5 床版貫通部材対策事例
(対策 4-19)

4. 3 防食機能の向上

防食に関する細目や工法は現場条件に合わせて計画し、耐久性の向上を図る。また、防食機能を保持する維持管理についても検討しておく必要がある。

4. 3. 1 構造的改善

- (1) 河川橋はH.W.Lに対して十分な桁下余裕を確保する。
- (2) 箱桁には換気孔および開口部には止水ゴムを設置する。また、マンホールは水が入りにくい構造とする。
- (3) 鋼製橋脚根巻コンクリートの鋼部材とコンクリートの境界部には腐食対策を施す。
- (4) 鋼製橋脚内の排水として、水抜き孔等の設置を検討する。
- (5) 排水管や床版水抜き孔の導水管を箱桁内部に設置しない。

【解説】

- (1) 河川上の橋梁計画で、桁下面位置はH.W.Lに対して十分な余裕を確保する。

構造令の図参照

図 4.3.1.1 桁下空間

(対策 4-20)

(出典) 社団法人 日本河川協会 解説・河川管理施設等構造令 平成12年1月

(2) 箱桁内の湿度を外気と同じにし、結露水の発生を抑制するために換気孔を設置する。また、箱桁内への雨水等の浸入防止を目的に、開口部に止水ゴムを設置する。

マンホールのゴムパッキン等の劣化を想定し、マンホール上部に庇や段差を設けるなど、水が入りにくい構造とする。また、マンホールは直接雨水がかかる箇所には設置しない。(鋼製橋脚天端部は、桁間とするなど。)

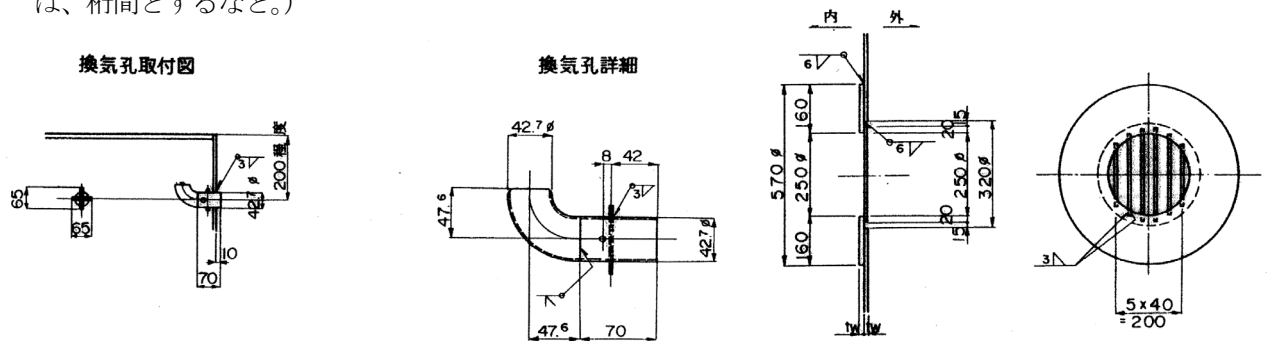


図 4.3.1.2 換気孔対策事例
(対策 4-21)

出典) 阪神高速道路株式会社 設計基準 第4部 構造物設計基準 (付属構造編) 平成 23 年 11 月



図 4.3.1.3 止水ゴム対策事例
(対策 4-22)

(事例) 新潟県 東真更大橋

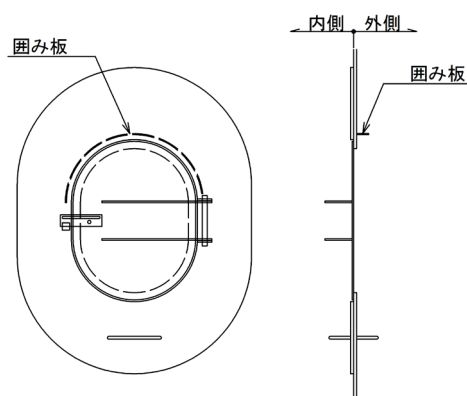


図 4.3.1.4 マンホール底設置事例
(対策 4-23)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

- (3) 鋼製橋脚基部などのコンクリート巻き立て部において、鋼部材とコンクリートの境界部に重防食塗装を施した上で、排水勾配の設置やシーリングにより腐食損傷を抑制する。

事例集の図参照

施工フロー

図 4.3.1.5 コンクリート巻き立て対策事例 (対策 4-24)

(出典) 社団法人 日本道路協会 道路橋補修・補強事例集 (2012 年版) 平成 24 年 3 月

- (4) 隅角部の梁には勾配の低い側に水抜きを設ける。この場合、梁下面には水切りプレートを設置する。隅角部の柱には水抜き孔のみ設ける。

手引きの図参照

図 4.3.1.6 隅角部の排水例

(対策 4-25)

(出典) 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋構造詳細の手引き 平成 25 年 6 月

中詰めコンクリートには止水板および集水勾配を設けるのがよい。

手引きの図参照

図 4.3.1.7 中詰めコンクリートの排水例

(対策 4-26)

(出典) 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋構造詳細の手引き 平成 25 年 6 月

- (5) 箱桁内部への漏水を避けるため、排水管は極力箱桁内には設置しない。
景観性向上対策などやむを得ず設置する場合は、2重管構造とするなど漏水対策を施す。

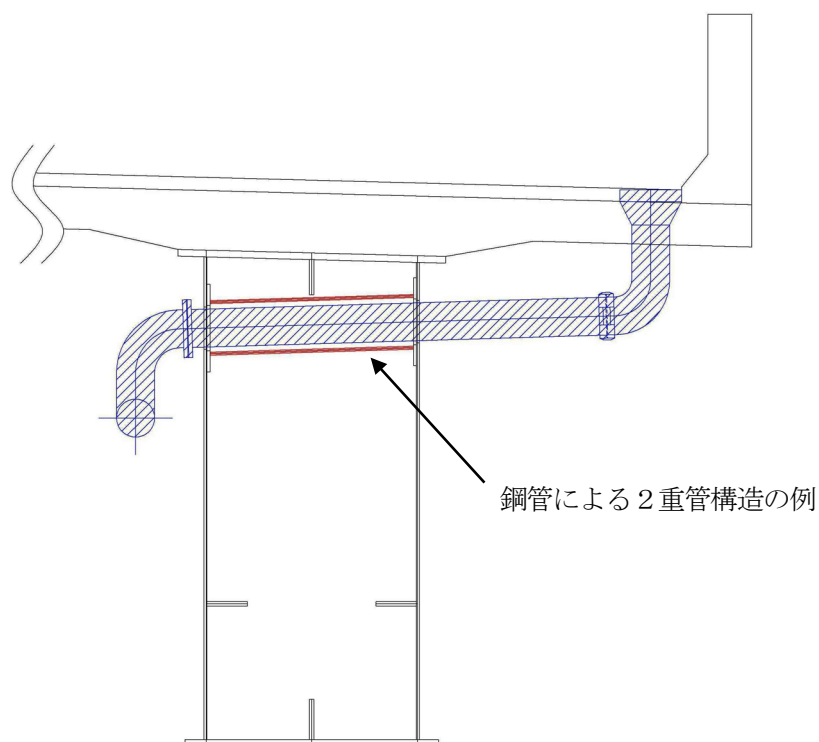


図 4.3.1.8 箱桁内に排水管を設置した例
(対策 4-27)

4. 3. 2 防食処理の改善

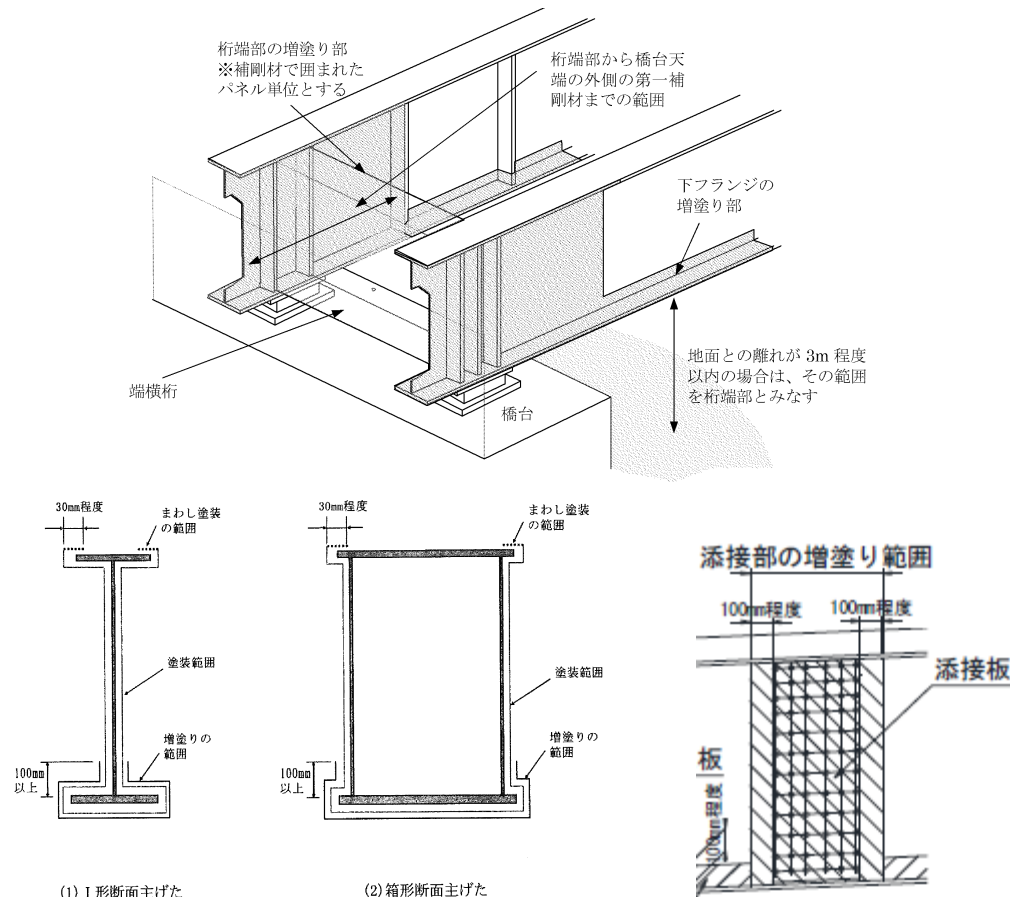
- (1) 厳しい腐食環境となる部位では、通常の塗装仕様に対して、塗装の増し塗りを検討する。
(2) 特に厳しい腐食環境となる部位では、金属溶射による高い防食仕様への変更も検討する。
(3) 架橋地点が厳しい腐食環境の場合、付属物の防錆についても検討する。

【解説】

- (1) 主桁下フランジやボルト連結部、桁端部など厳しい腐食環境となる部位では、通常の塗装仕様に対して、さらに塗装を増し塗りすることで、局部的に防錆仕様を強化することを検討する。

		塗料名	使用料 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	備考
製鋼工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160	(15)	
橋梁製作工場	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	600	75	
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	160	—	
	下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	540	120	
		エポキシ樹脂塗料下塗	540	120	増塗り
	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	170	30	
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	140	25	

C-5 系塗装の場合



増塗り範囲例

図 4.3.2.1 増塗り塗装対策事例
(対策 4-28)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

(2) さらに、桁端部など特に厳しい腐食環境となる部位では、金属溶射による高い防食仕様に変更し、局部的に防錆仕様を強化することも検討する。

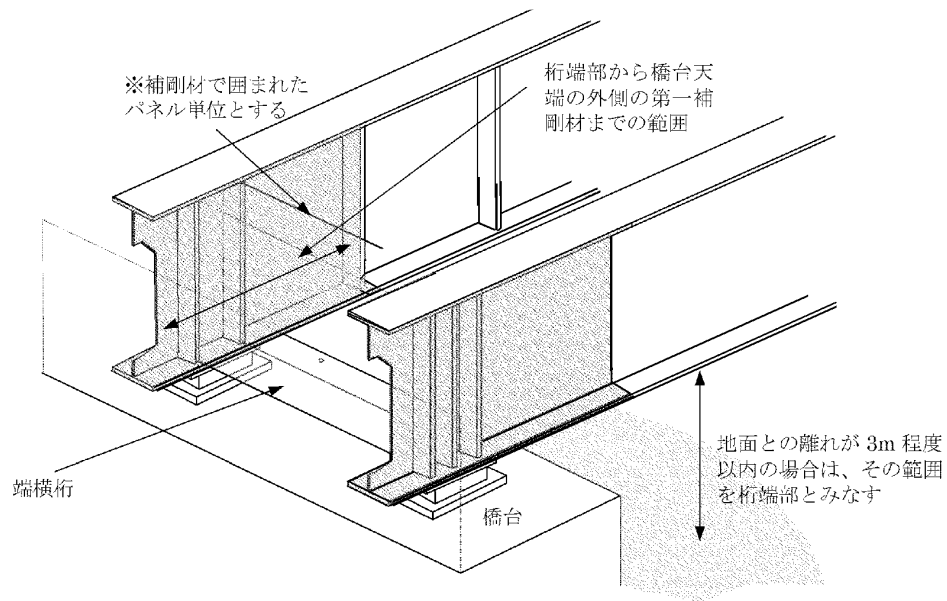


図 4. 3. 2. 2 金属溶射対策事例
(対策 4-29)

(3) 検査路等の材質をアルミニウム製やFRP 製とすることで、防錆仕様が強化できる。
飛来塩分量が多いなどの厳しい腐食環境の場合、本体構造の防食仕様の強化とともに、点検用の検査路も同様に防錆仕様を強化することが望ましい。



図 4. 3. 2. 3 海岸付近の架橋位置でアルミニウム製検査路を用いた例
(対策 4-30)

4. 3. 3 その他

- (1) 鋼部材のコバの角部は面取りして塗装膜厚を確保する。
- (2) トルシア形高力ボルトのピンテール破断部は塗装前に入念に研磨する。
- (3) 普通ボルト部には弛み止め対策を講じる。
- (4) 必要に応じて鋼桁を水洗いするなどの維持管理についても検討する。
- (5) 異種金属接触腐食に配慮する。

【解説】

(1) コバ面の面取り

鋼部材のコバの角部は、塗膜厚が確保されにくく塗装の弱点となる。そこで、部材コバ面を面取りして塗装膜厚を確保する。尚、確実な塗膜確保の観点からは、半径 2mm 以上の曲面仕上げが望ましい。

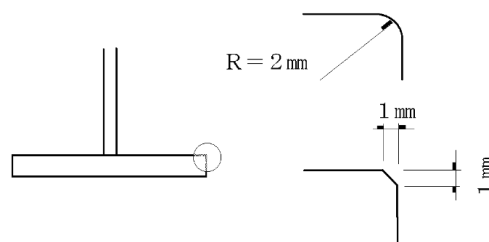


図 4.3.3.1 コバ面の面取り対策事例
(対策 4-31)

(出典) 近畿地方整備局 設計便覧 (案) 平成 24 年 4 月

- (2) トルシア形高力ボルトのピンテール破断部などを塗装前に入念に研磨する。鋼部材のコバの角部は、塗膜厚が確保されにくく塗装の弱点となる。そこで、部材コバ面を面取りして塗装膜厚を確保する。



仕上前

仕上後



図 4.3.3.2 ピンテール跡仕上げ事例
(対策 4-32)

- (3) 普通ボルト部には、必ずいずれかの弛み止め対策を講じる。(弛み止めナット、ダブルナット、バネ座金、その他製品等)

便覧の図参照

便覧の図参照

<U ナット>

<ハードロックナット>

図 4.3.3.3 緩み止め対策事例
(対策 4-33)

(出典) 社団法人 日本道路協会 鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 5 月

(4) 水洗い

土砂などが堆積することで湿潤状態が続き、腐食を助長している場合などに、鋼桁を水洗いすることで腐食環境を改善する。また、特に飛来塩分に対しては、外桁面よりも桁間の方が付着塩分量が多い事例もあり、このような箇所では、定期的な水洗いが有効と考えられる。



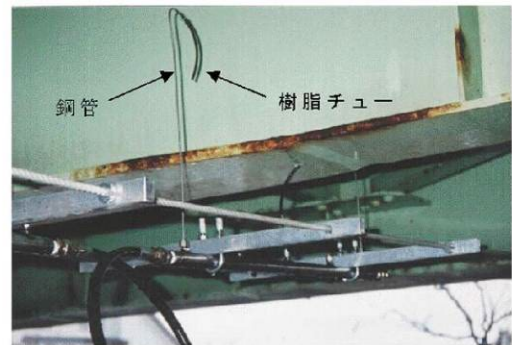
簡易移動足場
(主桁下フランジに固定)



簡易移動足場を用いた洗浄状況



チューブノズルの簡易洗浄装置



簡易洗浄装置の設置状況



洗浄後の洗浄効果確認用のCCDカメラ

図 4. 3. 3. 4 水洗い対策事例
(対策 4-34)

- (5) 異種金属接触腐食とは、電位の異なる金属が接触し、そこに雨水等が付着することで、電位が卑である側の金属が著しく腐食する現象である。電位差が大きい異種金属を組み合わせる場合は、絶縁ワッシャーなどにより電氣的に絶縁するなどの配慮をする必要がある。

便覧の図参照

便覧の図参照

(a) 塗装桁にステンレスボルトを用いた例

(b) めっき金具にステンレスボルトを用いた例

図 4.3.3.5 異種金属接触腐食

(対策 4-35)

(出典) 社団法人 日本道路協会 鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月

第5章 コンクリート橋

5. 1 桁端部の構造

桁端部は、点検等の作業空間を確保するとともに、桁端部の漏水対策や将来の支承交換といった維持管理に配慮して構造細目を計画する。

5. 1. 1 構造的改善

- (1) 伸縮装置の非排水構造が損傷した場合に影響を受けやすいコンクリート橋の桁端部を対象に、表面含浸材によるコンクリート表面の保護を実施する。
- (2) 表面保護工の適用範囲は、伸縮装置の排水機能の劣化等により漏水が発生した場合、橋座面に滞水しやすくその湿気等による劣化の進行が懸念されるため、橋台前面までを標準とする。

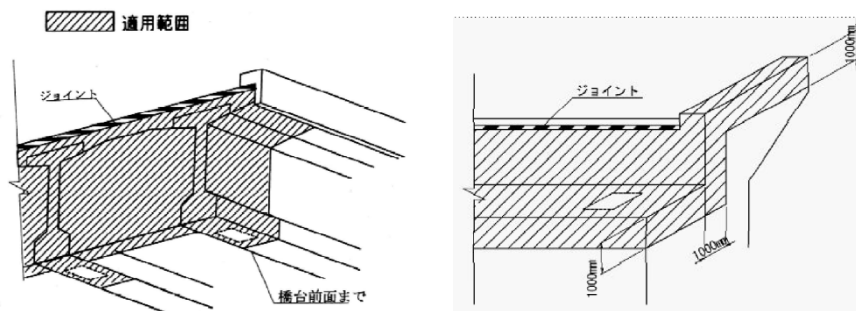


図 5.1.1.1 表面保護工適用範囲の例 (対策 5-1)

(出典)北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点 (案) 平成 26 年 3 月

- (3) 表面保護工の仕様は、現場状況や使用目的の整理し、表面含浸材の種類による適用性や経済性等も考慮すること。
- (4) 桁端部には、通気性と維持管理スペースを確保するため、原則として切り欠きを設けることとする。
- (5) 土工部からの排水が流入する場合は、極力橋梁部に導かれないように配慮する必要がある。
- (6) 伸縮装置の排水機能の劣化等による橋座部への漏水対策として、橋梁計画時に上部工の床版を土工部まで延長し、伸縮装置を土工部上に設置する等の検討を行うことが望ましい。

【解説】

- (1) 桁端部の漏水対策は、伸縮装置の止水効果が低下した場合におけるフェールセーフとしての役割を考慮し、桁端部の劣化損傷抑制対策として、表面含浸材による表面保護工の施工を推奨する。

コンクリート標準示方書・維持管理編(土木学会)では、補修工法の設計と施工の中で、コンクリートの表面処理(保護)工法として表面被覆工法と表面含浸工法の2工法を示している。このうち、表面含浸工法については、“寒地土木研究所報告第133号”で主な長所を下記のように挙げている。

- 1) 少ない工程でかつ短期間で施工が行えるため、簡便で安価。
- 2) 材料が液状のため、隅角部や狭小部での施工ムラが生じにくい。
- 3) 施工範囲を劣化の発生・進行が懸念される特定の部位に限定することが可能であり、効率的な対策が行える。
- 4) コンクリートの質感・外観を大きく変えることがないため、施工後も目視による日常点検・維持管理が可能。

- 5) 材料を被せる被覆材とは異なり、材料を含浸させる工法であるため、表面では紫外線劣化を受けても、含浸部(表層)では紫外線の影響をほとんど受けない。

これらの長所は、どれも橋梁の維持管理には重要で、さらに4)および5)は表面被覆工法では得られない利点であることから、コンクリート橋の表面保護工法として表面含浸工法の採用を推奨する。

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点(案) 平成26年3月

- (2) 設置範囲は桁端部周辺の漏水に対する水処理と合わせて適切な範囲とすることが重要である。例えば、橋座面から現地盤までの高さが低い場合、上部工排水柵と近接する場合などがあるため、橋梁の架橋条件や排水装置との取り扱い等を考慮して表面保護工の設置範囲を検討する必要がある。

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点(案) 平成26年3月

- (3) 表面含浸材の材料を選定する際は、塩化物イオンの侵入抑制、凍結融解抵抗性、防水性等についての要求性能を検討し、施工時も含め現地の条件や使用目的等を整理し、表面含浸材の種類による適用性や経済性等も考慮すること。表面含浸材の種類による適用性については、“コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針(案) 表面含浸工法マニュアル(土木学会)”の表面含浸工の選定等を参考とされたい。

また、経年劣化等による表面含浸材の性能が低下した際の将来の再含浸を見据えた選定を行う必要がある。例えば、シラン系を施工した表面へのケイ酸塩系の上塗り施工は、内部に残存するシラン成分がケイ酸塩成分の浸透を拒むか検討の上、各々の材料に対しての異なる種類の再含浸が可能か否かの判断も考慮し選定しなければならない。将来の再含浸に備え、工事完成図等の工事記録に表面含浸材の仕様を明記したプレートを設置等し、仕様を保存することも重要である。

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点(案) 平成26年3月

- (4) 桁端部には、架設時における作業空間の確保や、支承や落橋防止装置の点検・維持管理及び取替え時などに必要な空間を確保することを原則とする。そのため、桁遊間が不足している場合には、主桁に切り欠きを設け、維持管理スペースを確保する。

ただし、PCプレテンT桁橋、PCポステンT桁橋のPCプレキャスト桁や現場打ち中空床版橋等では、桁端部に切り欠きを設けることが困難なため、橋台胸壁に切り欠きを設けることで維持管理スペースを確保するものとする。

切り欠きを設ける場合参考例を図5.1.1.2に示す。

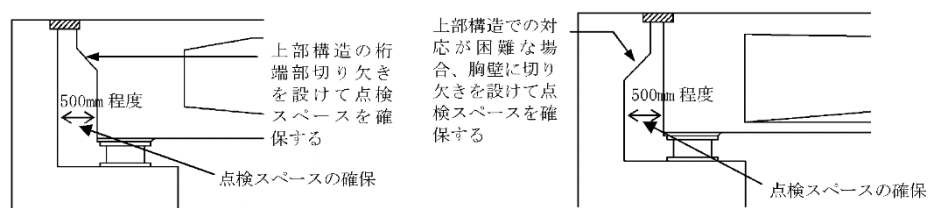


図5.1.1.2 桁端部及び橋台胸壁の切り欠き形状の例（対策5-2）

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案) 平成25年3月

- (5) 路面勾配により土工部の排水が、橋梁部に導かれないように配慮する。土工部で集水した路面水については、橋梁に影響しない所に排水することとし、必要に応じて自由勾配側溝(図 5.1.1.3) の採用を検討することとする。

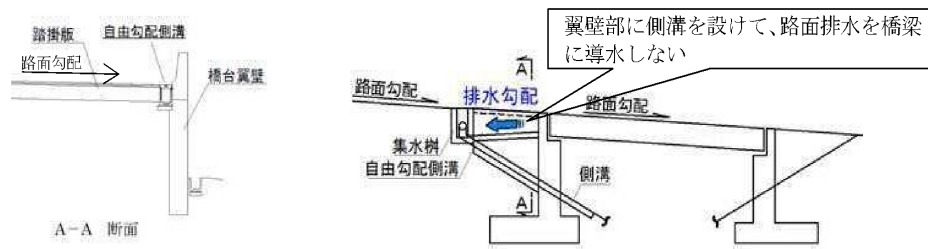


図 5.1.1.3 自由勾配側溝を用いた路面水集水事例(対策 5-3)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案) 平成25年3月

5. 1. 2 その他

地覆・壁高欄の表面保護として、飛来塩分や凍結防止剤による損傷が懸念される場合は、必要に応じ表面含浸材による表面保護工を行っても良い。

【解説】

地覆・壁高欄に飛来塩分や凍結防止剤の散布の影響と思われる塩害損傷が確認されていることから、現地状況や近隣箇所の損傷状況を踏まえ、地覆及び壁高欄に表面含浸材による表面保護工の施工も検討することとする。

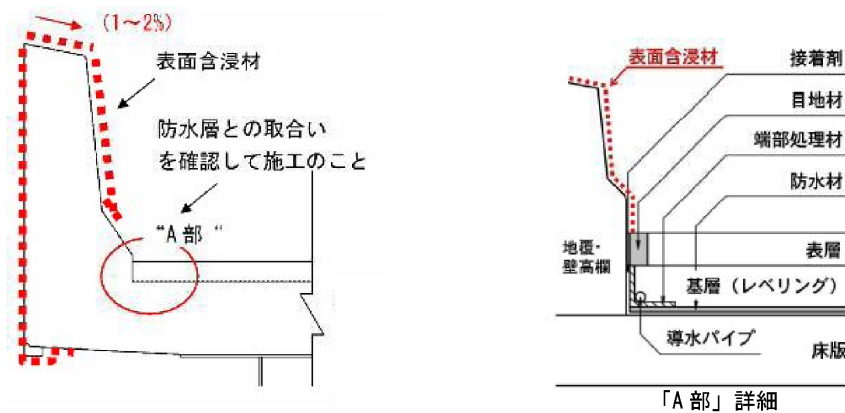


図 5.1.2.1 地覆・壁高欄表面保護工範囲例(対策 5-4)

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点(案) 平成 26 年 3 月

5. 2 床版排水

橋梁構造物の長寿命化を図るためには、橋面上の滞水を防止する排水計画に留意した対策を行うことが重要である。

5. 2. 1 床版防水

- (1) 地覆・壁高欄の立ち上げ部、伸縮装置部および排水柵周囲からの水の浸入を防ぐため、床版防水層の端部の立ち上げ処理を以下のように行うこととする。

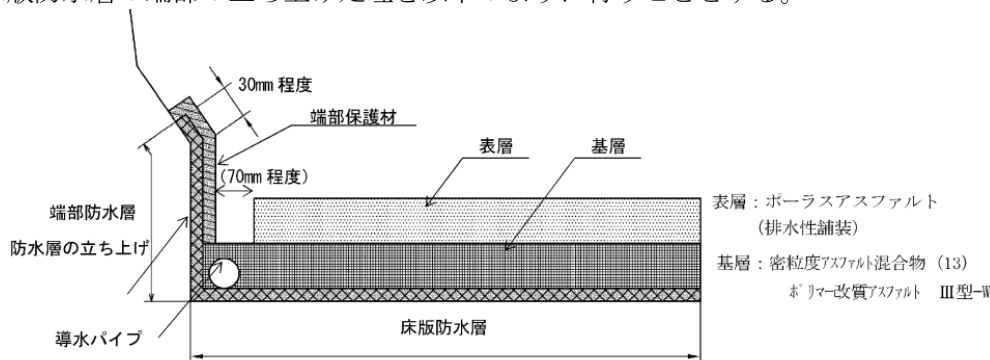


図 5.2.1.1 地覆部の防水層の立ち上げ例（対策 5-5）
ポーラスアスファルト（排水性舗装）の例

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

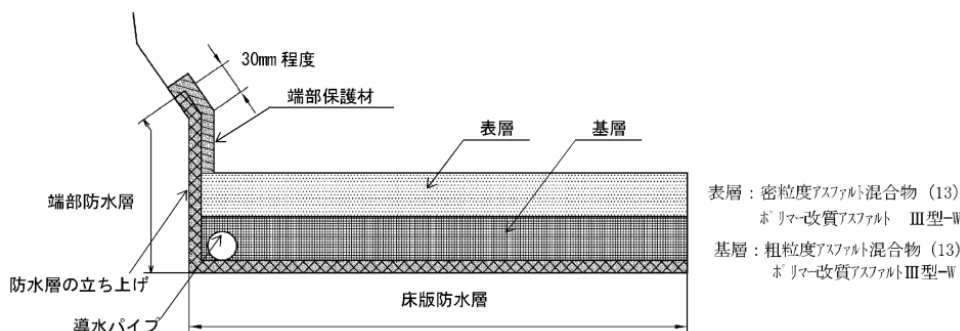


図 5.2.1.2 地覆部の防水層の立ち上げ例（対策 5-6）
密粒度アスファルトの例

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

- (2) 伸縮装置や排水柵周りにおいても、床版への路面水の浸入がないよう考慮することとし、以下の防水処理を施すこととする。
- 1) 伸縮装置の後打ちコンクリートと舗装の境界部では、防水層を基層まで立ち上げる。
 - 2) 舗装端部に導水パイプを設置し、排水柵に引き込む。
 - 3) 排水柵には水抜き孔を設ける。
- (3) 床版端部等においては既往設備を確認した上で、確実な水切り対策を講じることが望ましい。
- (4) 床版防水の設計を行う際には、「道路橋床版防水システムガイドライン（案） 2012 年 公益社団法人 土木学会」を参考にすると良い。
- (5) 再舗装時の床版切削によるかぶり不足を考え、標準かぶり（道示Ⅲ）に 10mm の余裕量を見込んだかぶり厚を確保すると良い。

【解説】

- (1) 床版は、通常舗装を介して直接交通荷重が载荷される厳しい条件にさらされる部位であり、損傷時には、道路利用者への安全性に著しく影響するだけでなく、補修時の通行規制による迂回措置や交通制限等社会的影響が大きいことに加え、これら直接工事費以外の仮設費用も増大することが考えられる。

また、一方で劣化したコンクリート床版に水が浸入すると耐力が急速に低下する傾向にあるほか、凍結防止剤を散布する地域では、劣化・損傷の過程時に床版内部に水が浸入すると水に塩化物イオンが含有していることがあり鋼材の腐食を促進させ耐荷力や耐久性への悪影響が懸念される。

このことから、床版防水工だけでなく舗装や排水設備も含め複合的に十分な床版保護を考える必要がある。

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

- (2) 伸縮装置周辺の防水対策としては、伸縮装置手前の舗装の転圧不足により路面水が浸入することが考えられるため、伸縮装置を舗装施工より先行して施工する場合には、舗装端部が転圧不足とならないよう配慮する必要がある。参考として下図のように伸縮装置後打ち部は斜めにするなど考えられる。

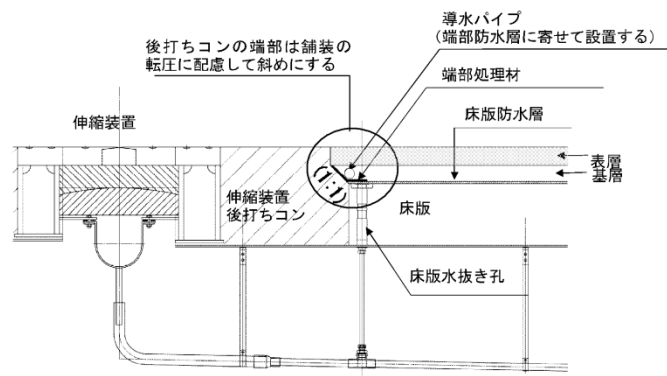


図 5.2.1.3 伸縮装置部の防水層の構造 (例) (対策 5-7)

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点 (案) 平成 26 年 3 月

- (3) 水切り対策としては、これまで施工されてきた橋梁をみると地覆下面に 3cm 程度の水切り部や V カット構造の水切りを設置したものが多い。特に V カット構造は、直接コンクリート躯体自体で水を切るため、水切りとしての性能を十分に発揮せず、水切り内部に滞水し、かぶり不足と相まって、コンクリートの剥落などにより、第三者被害が生じやすい。

この対策として、新たに効果的な水切り材を設置することがよい。実施例を図 5.2.1.4 に示す。

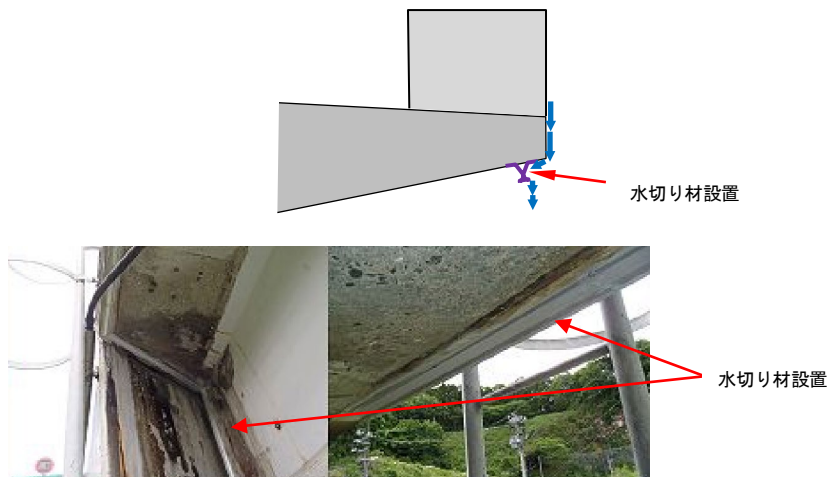


図-5.2.1.4 水切り材の設置例（対策5-8）

5.2.2 橋面排水

（1）床版内の滞水による床版の劣化損傷を防止するため、床版水抜き孔は、床版の縦断勾配と横断勾配に応じて、床版上の滞水しやすい箇所に適切に配置する。表 5.2.2.1 の設置間隔で配置することとし、橋面上で最も低い箇所となる伸縮装置前面には、床版上の浸透水を排水するために必ず配置する。

表 5.2.2.1 水抜き設置間隔

縦断勾配	設置間隔 L (m)
1%以下	5
1%を超える場合	10

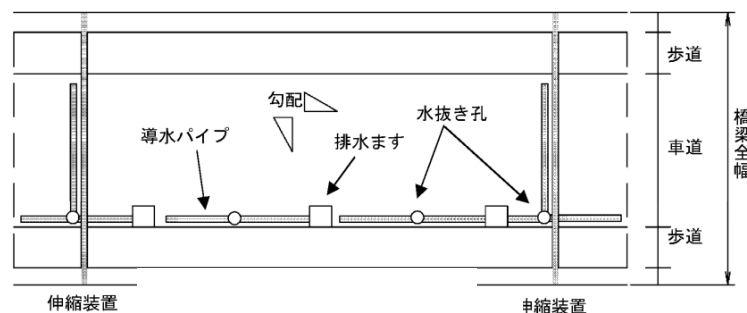


図 5.2.2.1 排水水抜き孔の設置例（対策5-9）

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

（2）床版水抜き孔からの排水が部材にかかって腐食や塩害損傷の原因となる場合があるため、床版水抜き孔の流末処理を確実に行うものとする。

【解説】

（1）床版水抜き孔は、雨水等の滞留による舗装の劣化を抑制することのみならず、万一、防水層が防水機能を保持できなくなった場合においても、雨水等を速やかに排水することによりコンクリート床版の劣化を抑制するために設置するものである。

床版水抜き孔は、縦横断勾配に応じて配置する必要がある。また、伸縮装置の手前、調整コンクリートの立ち上げ位置、マウンドアップ歩道との境界、排水柵では処理しにくい箇所など、滞水しやすい箇所に設置する。

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

(2) PC橋でも床版水抜き孔からの排水が部材にかかることにより、腐食や塩害損傷の原因となる場合があるため、床版水抜き孔の流末処理を確実に行うものとする。

- 1) 垂れ流し部の水抜き孔の流末は、上部工桁下に突出させる。突出長は桁下 200mm 程度とする。
- 2) 垂れ流しが出来ない区間の場合には導水管で排水管に接続する。
- 3) 排水管が近くに無い場合は誘導管を設置して排水管まで誘導する。

なお、床版水抜き孔に接続するフレキシブルチューブは、土砂つまりの原因になるので、急激に曲げないようにする。曲がっている場合は緩やかな曲げに、可能な場合には戻すこと。

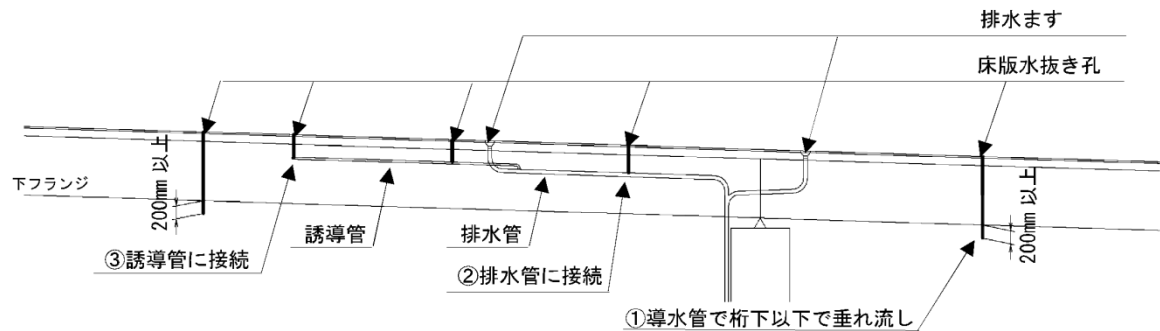


図 5.2.2.2 床版水抜き孔の流末処理方法の例（対策 5-10）

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

5. 2. 3 端部損傷防止

地覆・壁高欄部床版上面の止水として、舗装面からの雨水の浸入を防ぐための対策を講ずる。

【解説】

(1) 水切り形状

壁高欄や地覆の側面を伝った雨水が床版下面から主桁に達することによるコンクリートの劣化を防止するため、床版端部下面に水切りを設置する。

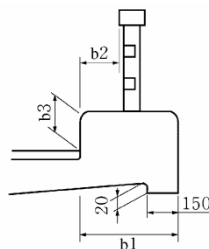


図 5.2.3.1 突出型の水切り例（対策 5-11）

（出典）近畿地方整備局 設計便覧（案）平成 24 年 4 月

(2) 地覆壁高欄部床版上面の止水対策

床版と後打ち地覆(壁高欄)の接触面から水が浸透し伝わらないよう、打継処理を適切に実施することに加え、万が一、橋面防水工の劣化等により路面排水が打継ぎ目から漏水した場合には、地覆部の鉄筋腐食によるコンクリート剥離が懸念される。そのため止水板の設置、または車道側へ1～2%の横断勾配を設けた事例がある。

なお、止水板を設置する際は、施工の容易さを考慮して床版の勾配は一定とし、勾配に応じて止水板の設置位置を変更することが望ましい。また、止水板の材質は雨水の浸入にあたって止水板が腐食しないものを選定する必要がある。

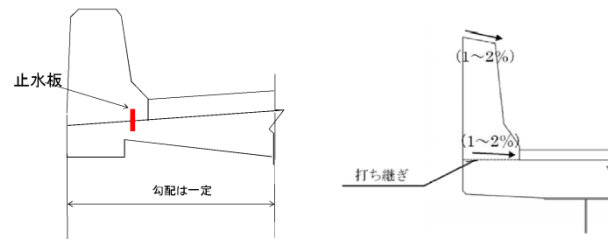


図 5.2.3.2 止水板と横断勾配の設置例（対策 5-12）

（出典）北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

5. 3 上部構造

コンクリート橋の長寿命化を図るためには、P C鋼材の健全性確保や排水機能の向上、点検性向上に留意した対策を行うことが重要である。

5. 3. 1 P Cケーブル

コンクリート橋の長寿命化を図るためには、P C鋼材の健全性が耐久性に及ぼす影響が大きいため、設計の段階で十分に認識し適切な施工品質が得られるよう設計する。

- (1) 定着部のかぶり（70mm 以上）を確実に確保するため、P C鋼材の各定着工法に定める定着具の形状寸法及び緊張に要する切り欠き形状に留意して切り欠き形状を決定する。
- (2) 後打ちコンクリートには膨張コンクリートまたはセメント系無収縮モルタルを用いるとともに、切り欠き表面の打継目処理、モルタル接着材の塗布を行う等、後打ちコンクリートと本体構造の一体化を確実にを行った上で防水処理を実施するものとする。
- (3) グラウトホースのあと処理部からの水の浸水による鋼材の腐食等を防止するため、防水工を施すこととする。また、グラウトホースは、2 本以上を束ねて配置しないこととする。

【解説】

- (1) 既設橋等において、過去の技術基準の変遷によるP C鋼材定着部のかぶり不足や、後打ちコンクリート部からの浸水等による剥落、P C鋼材及び定着具の腐食等の損傷事例があることから、定着部のかぶり（70mm 以上）を確実に確保する。

P C鋼材の定着工法には様々な工法があるが、各工法で定着具の形状や緊張に要する切り欠き寸法が異なるため、各工法において規定している形状寸法を十分確認したうえで切り欠き寸法を決定しかぶりを確保するものとする。

グラウトキャップを埋め込んで使用する場合は、かぶりを十分確保できるように切り欠き寸法を検討すること。

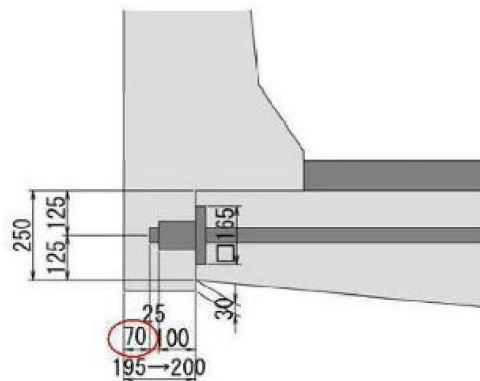


図 5.3.1.1 定着部のかぶり（対策 5-13）

（出典）北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

(2) 打継目やグラウトホースからの水および腐食性植物の侵入を防ぐため、部材端面あとと埋め部の打継目やグラウトホースの切断面は防水処理を施す構造を標準とする。

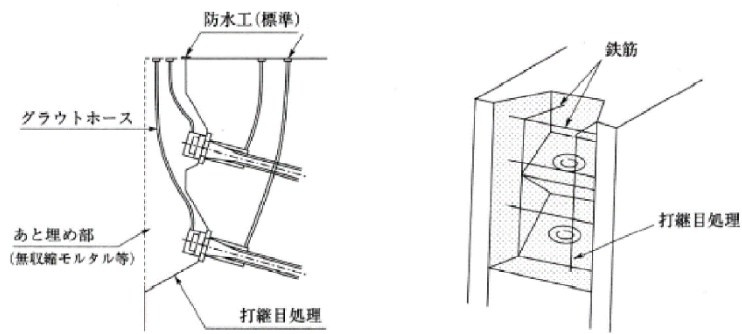


図 5.3.1.2 主ケーブルの端部定着部のあと処理例（対策 5-14）

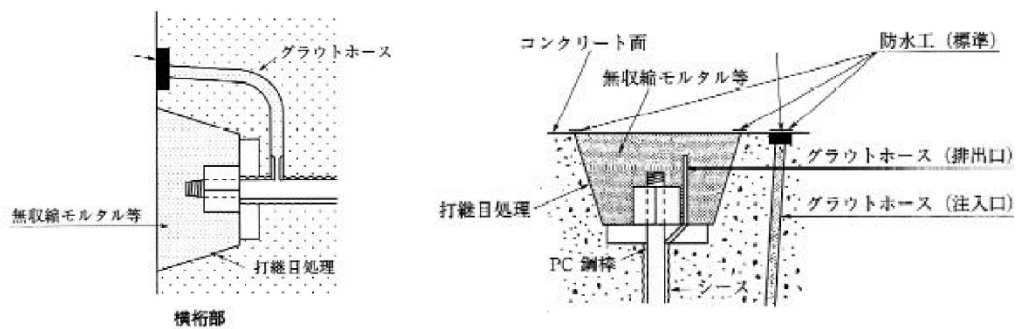


図 5.3.1.3 横締め・鉛直鋼棒定着部のあと処理例（対策 5-15）

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

(3) グラウトホースの最小間隔を粗骨材の最大寸法の $\frac{4}{3}$ 以上と規定していることから、グラウトホースを束ねて配置することはできない

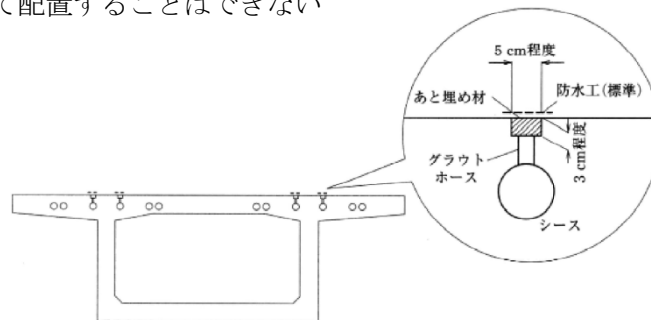


図 5.3.1.4 グラウトホースのあと処理例

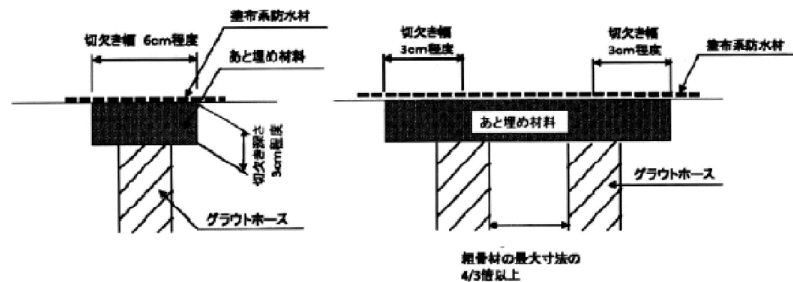


図 5.3.1.5 グラウトホースのあと処理例（詳細）（対策 5-16）

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

5. 3. 2 滞水防止

コンクリート橋では滞水や漏水による床版、主桁及び箱桁内の損傷を防止する対策を実施する。ただし、現地状況やその他の条件により、これによりがたい場合は別途検討すること。

(1) 箱桁内部に設置された排水管や床版水抜き孔の導水管が損傷して、箱内に滞水することのないように、原則として排水管や床版水抜き孔の導水管を箱内に設置しないこととする。やむを得ず排水管が箱桁を貫通する場合は、鞘管（防護管）を用いた二重管構造とするなどの配慮が必要である。また、結露や浸水等で箱桁内に滞水しないよう十分に考慮する必要がある。

(2) スラブ桁の地覆部には水切りを必ず設置する。

【解説】

(1) 箱桁内部に排水管を設置すると、万が一排水管が損傷した場合、桁内に滞水した水によってコンクリート表面が劣化損傷しやすい。したがって、箱桁内に排水管を設置しないこととする。やむを得ず排水管が箱内を貫通する必要がある場合でも、桁の縦断方向には設置せず、速やかに箱桁の外へ排水するため、箱桁内の排水管の延長をできるだけ短くするよう計画する。この場合、箱桁貫通部は鞘管（防護管）を用いた二重構造とするなど、万一、排水管から水漏れが生じて箱桁内の滞水を防止するような配慮が必要である。

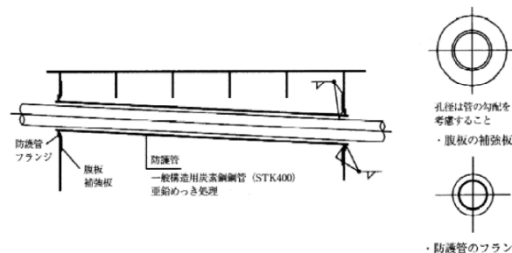


図 5.3.2.1 箱桁を横に貫通する場合の例

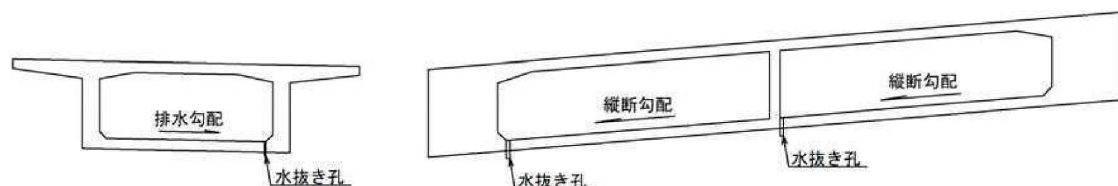


図 5.3.2.2 水抜き孔の設置例（対策 5-17）

（出典）北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

床版水抜き孔の導水管を箱桁外に設置する場合は、流末が桁、下部工にかからないように処理する。また、上下線一体構造で中央分離帯（剛性防護柵）が設置される場合は、中央分離帯下面に水抜き孔を設置する。水抜き孔が目詰まりすることがないように、径の決定には十分に注意すること。

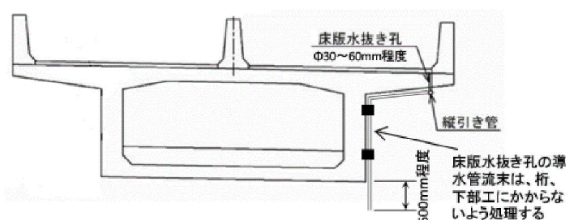


図 5.3.2.3 床版水抜き孔の導水管設置例
（箱桁外とした場合）（対策 5-18）

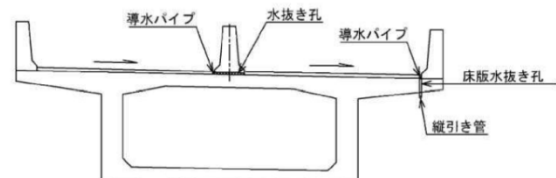
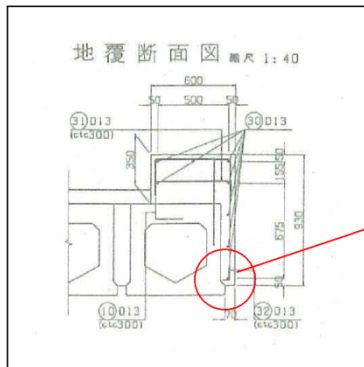


図 5.3.2.4 床版水抜き孔設置例
（上下線一体橋）（対策 5-19）

（出典）北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点（案） 平成 26 年 3 月

(2) 橋面水が地覆から床版の張り出し部分を通して、主桁に影響を与えないように地覆下面には水切りを設けるものとしている。しかし、プレテン床版橋については、標準図集における水切り機能兼用の地覆の長さが不足しているため、下フランジに雨水や橋面水が流れ出している事例が見られる。このため、プレテン床版橋についても、水切り兼用の地覆コンクリートを主桁下フランジ下面よりも 5cm 長くし、水切り機能を確実なものとする。



水切りが主桁途中で省略されている



図 5.3.2.5 【標準図集】プレテン床版橋の地覆下部の水切り
(水切り機能兼用の地覆長さが不足)

図 5.3.2.6 プレテン床版橋の地覆下部の水切り
(主桁への漏水後が見られる)

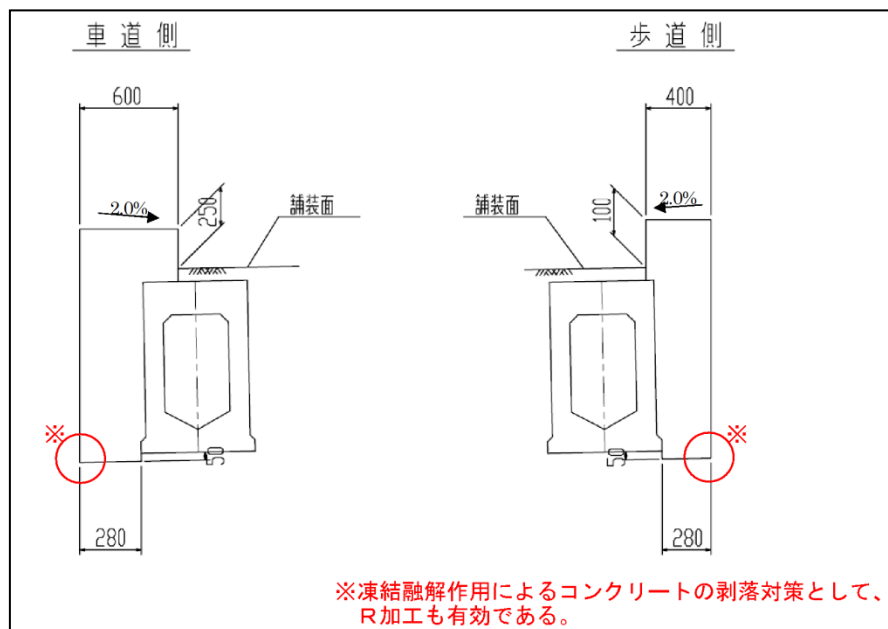


図 5.3.2.7 プレテン床版橋の地覆下部の水切り例（改良版）（対策 5-20）

(出典) 東北地方整備局 新設橋梁設計における留意点について 平成 26 年 10 月

5. 3. 3 点検性向上

(1) 箱桁内には、点検の際に、はしご等の大きな器材を持ち込むことが困難である。そのため、桁高が高く、桁内点検が困難であると予想される場合は、箱桁内部にも検査路やそれに代わる施設の設置を検討する。

(2) 点検や補修工事の際に必要な吊足場の架設が容易に設置できるよう、設計時には維持管理計画を考慮した上で、必要に応じて吊足場用金具が設置できるよう、インサート等の施工を検討すること。また、吊足場用金具は、防錆仕様とすること。

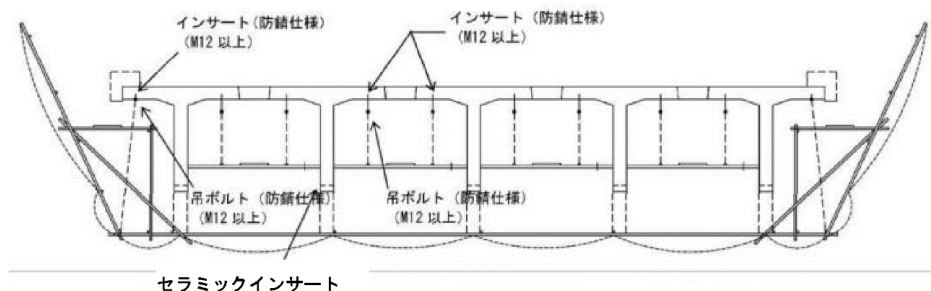


図 5.3.3.1 吊り足場図 (参考図) (対策 5-21)

(出典) 北陸地方整備局 新設橋梁の設計時留意点 (案) 平成 26 年 3 月

(3) 箱桁内部に進入するためのマンホールには、点検を容易にするため開閉しやすい構造の蓋を設置するものとする。また、マンホールの蓋には不法進入防止のため、鍵を設置する。

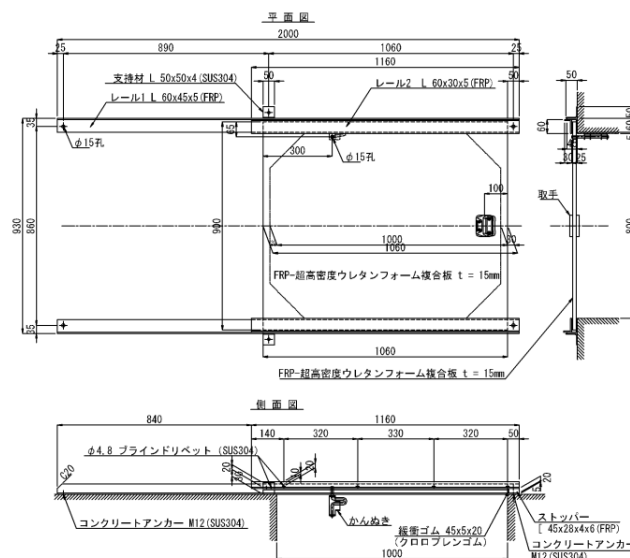


図 5.3.3.2 マンホール蓋の例 (対策 5-22)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月

【解説】

(1) 検査路を設ける事例として外ケーブルを使用した箱桁では、外ケーブル定着部及び偏向部が点検の着目部位となる。このため、点検の着目部位に近接して変状を早期に発見できるよう、下床版上面から 3m 程度以上の位置に外ケーブル定着部及び偏向部がある場合は箱桁内部に検査路を設けることとする。なお、持ち運びが容易な脚立にて近接目視が可能な桁高（3m 未満）においては、桁内検査路を省略してもよい。

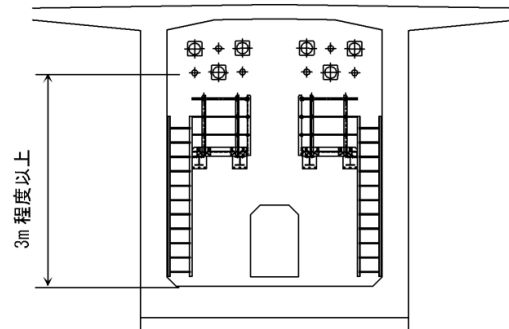


図 5.3.3.3 箱桁内部の外ケーブル定着部・偏向部の点検用検査路の設置例（対策 5-23）

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

5. 3. 4 補修の容易性向上

- (1) ジャッキアップは、主桁で行うことを基本とし、主桁下面と橋座との間に 400mm 以上の空間を確保する。
- (2) 支承取替え時にジャッキを設置する箇所の主桁や横桁には、ジャッキアップによる作用荷重に対して、補強鉄筋を検討し設置すること。

【解説】

- (1) 支承取替えのジャッキアップは主桁で行うこととする。ただし、橋座上にジャッキを設置するスペースを確保できない場合や、ジャッキアップ時に下部工の耐力が得られない場合は、横桁でジャッキアップすることとする。また、ジャッキアップスペースの確保の際には、落橋防止構造や横変位拘束構造等との取り合いを考慮して計画を行うものとする。

横桁にてジャッキアップできない場合は、支承取替え時にブラケットやベントを設置するなどして、主桁でジャッキアップすることとする。

従って、ジャッキアップスペースを確保するための橋座拡幅は行わない。

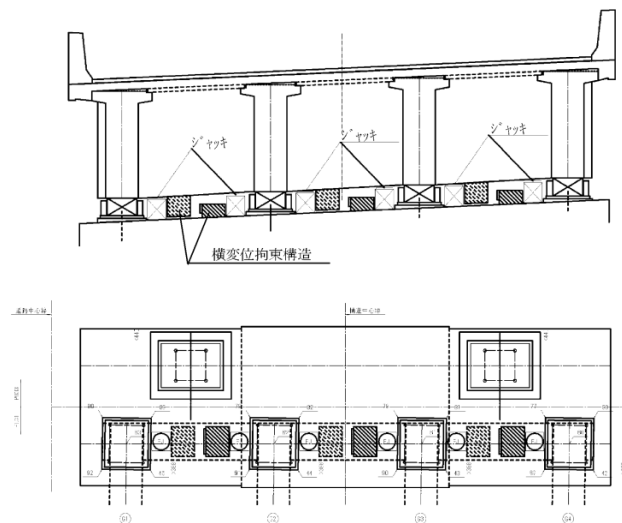


図 5.3.4.1 ジャッキアップスペースの確保例（対策 5-24）

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

- (2) 支承取替え時にジャッキを設置する主桁や横桁には死荷重と活荷重によるせん断力が発生するため、主桁や横桁の補強の必要を検討し、必要に応じてスターラップ鉄筋径を大きくする等の補強を行うものとする。

（出典）中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き（案） 平成 25 年 3 月

第6章 付属物

6. 1 支承

支承は、支承本体構造を理解し、将来の取替えや橋座面の構造等維持管理に配慮して計画する。

6. 1. 1 支承本体の構造

- (1) 支承部は、塵埃、水の滞留等の劣化要因に対する耐久性や施工、維持管理及び補修の確実性や容易さに配慮しなければならない。
- (2) 支承部は、支承本体の取替えが可能な構造を標準とする。
- (3) 支承部が取り付けられる上下部構造の部位は、支承部の維持管理の確実性及び容易さ並びに支承部の取替えに配慮した構造とするのがよい。

【解説】

- (1) 支承部の構造や支承の選定にあたっては、初期の費用の他、点検、補修、取替え等が容易かつ迅速に行えるようにしておく必要がある。

支承部は桁端部の漏水等により、湿潤状態になることが多く、土砂や枯葉の堆積等により腐食が進みやすい環境となることが多い。

支承本体の防錆処理は溶融亜鉛メッキを原則とするが、海岸部などの腐食環境の悪い箇所では、メッキ上にさらに塗装を行うことや金属溶射や耐候性防水材で支承全体を覆うことも有効である。下図に、防食仕様による耐久年数の違いを示す。(対策 6-1)

デザインデータブックの図参照

図 6.1.1.1 防食部の耐用年数

(出典) 日本橋梁建設協会 デザインデータブック H28 年

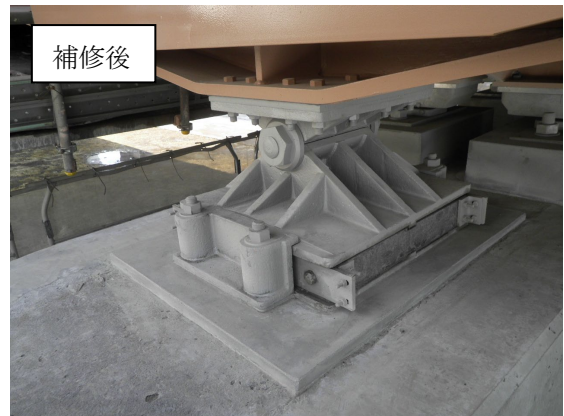


図 6. 1. 1. 2 既設支承の金属溶射による支承防錆
(対策 6-1)

ゴム支承において、ゴム部のオゾン劣化が耐久性に影響を与えることがわかっており、耐久性向上策としてゴム部に耐候性に優れたコーティング行うことも有効である。金属支承では、支承の追従機能を妨げないカバーを設置した事例などがある。（対策 6-2）

維持管理の確実性および容易さを念頭に、構造部材の見える化により、補修や容易に点検ができる手法を検討しておくことが重要である。

- (2) ゴム製の支承本体、鋼製の支承本体、鋼製の取付部材等の支承部の主要な部位に経年劣化による損傷が生じると、地震時に確保すべき本来の機能が発揮できなくなる場合もあるため、支承部には適切な維持管理を行うことが重要である。また、支承部が地震により損傷した場合や、経年劣化による損傷等により取替えが必要となる場合も想定し、取替え作業が行えるだけの作業空間を確保するなどの構造的な配慮を検討するのがよい。

6. 1. 2 支承取替え構造

支承の設計においては、支承本体を将来、交換することが可能なように、作業に必要な空間の確保とジャッキアップを行うための上部構造等の補強を行うこととする。ただし、現地状況や橋梁条件、その他の条件により、これによりがたい場合は、別途検討し対策を定めるものとする。

(1) 支承を交換する場合の支承取替えスペースとして、ジャッキの設置にともなう平面及び高さ空間を確保することとする。支承交換時に特殊なジャッキアップ機材を使用する場合は別途検討すること。

(2) 支承交換に伴う仮支点箇所は、ジャッキアップ補強を行うものとする。

【解説】

(1) 支承は、地震時の橋の耐震性能を確保する非常に重要な部位となっている。このため、支承部は劣化及び損傷した部材の取替え可能な構造の採用、維持管理が行い易い空間の確保、交換時の施工性について十分な検討が必要である。

支承の交換が可能となるように、桁下空間は原則として鈑桁で 400mm 以上、箱桁で 500mm 以上確保する。ただし、仮支点の位置や反力に応じたジャッキの種類・能力を設定し、ジャッキの設置に必要な平面及び高さ空間を確保することが必要である。

(2) 支承交換時に既設橋梁の補強を行うことは作業スペースの確保が難しく、作業性を低下させる他、上部構造を傷める可能性が高いことから、新設橋梁の建設時の対応が耐久性の向上に繋がる。ジャッキアップは、原則として主桁で行うものとするが、不可能な場合は端横桁で行うことも検討する。鋼橋の場合、仮支点箇所には、ジャッキアップ用のベースプレート・補剛材が必要であり、橋梁によっては、桁下空間確保のため、支承に台座コンクリートが必要な場合もある。作業方法・作業空間を踏まえた上で、仮支点位置決定にあたっては十分注意が必要である。

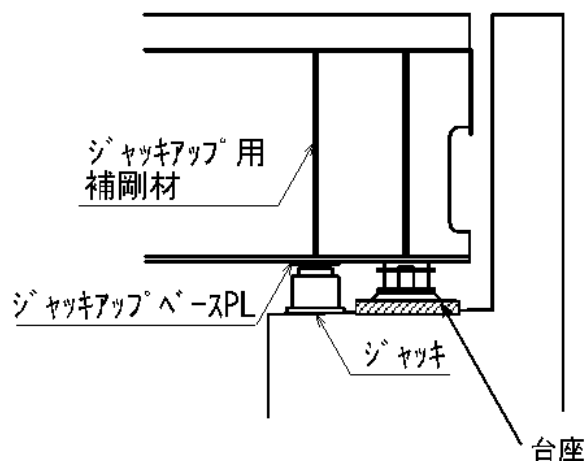


図 6.1.2.1 台座コンクリートとジャッキ位置

(対策 6-3)

6. 1. 3 橋座の構造

支承部の排水性及び通風性を向上させる観点から、橋座面は以下の点に留意する。

- (1) 橋座面は滞水対策のため、2～3%の排水勾配を設けるものとする。
- (2) 伸縮装置の非排水機能が喪失した場合を想定し、胸壁前面に排水溝を設け、漏水した水を強制的に排水する。
- (3) 桁端部の湿潤防止対策として、支承の台座コンクリートを 150mm 以上確保し、漏水の排水性及び通風性を向上させる。

【解説】

- (1) 上部構造に耐候性鋼材を使用した場合の構造設計上の留意点として、橋座面に排水勾配を設けることとなっているが、排水勾配に関する明確な基準がない。耐候性鋼材の使用にかかわらず、鋼橋の場合には橋座面へ2～3%の排水勾配を設けるものとする。
- (2) 伸縮装置の非排水構造には二重止水構造が多用されているが、非排水機能が喪失した場合を想定し、漏水対策として胸壁前面に点検・補修時に施工の妨げとならない大きさの排水溝を設けるものとする。
- (3) 桁端部に設けられている支承の損傷の大半が滞水によるものであることから、その対策として台座コンクリートを 150mm 以上（桁下 400mm以上）程度確保し、漏水の排水性及び通風性を向上させる。

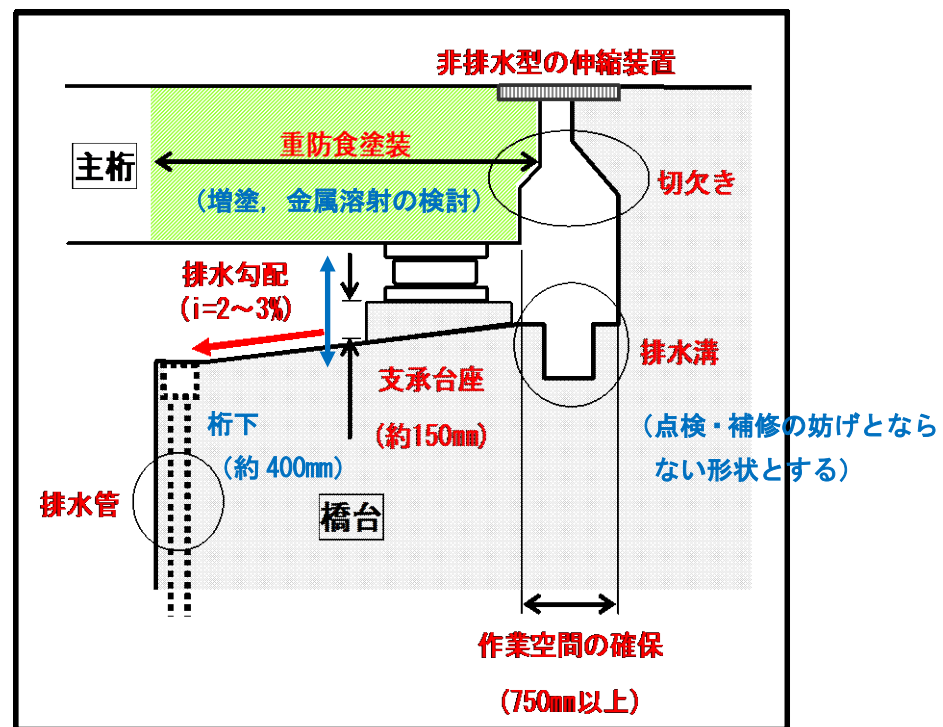


図 6.1.3.1 桁端部及び橋座面の構造例

(対策 6-4)

(出典) 近畿地方整備局 橋梁新設時における橋梁支点部の延命化対策 平成 21 年 3 月

6. 2 伸縮装置

伸縮装置は形式や本体構造等を理解し、排水機能（耐久性）確保に配慮して計画する。

6. 2. 1 伸縮装置設置について

新設時の伸縮装置については以下の点に留意する。

(1) 伸縮装置からの漏水を防止する。

- 1) 非排水型の伸縮装置の採用を原則とし、必要に応じて二次止水構造の設置を検討する。
- 2) 排水型の伸縮装置を採用する場合には、排水樋等の設置等により伸縮装置遊間からの橋面水が確実に排水される構造とする。

(2) 維持管理の作業空間確保

伸縮装置止水部の維持管理等を考慮し、パラペットと桁端部との間に作業可能な空間を確保することが望ましい。

(3) 適用伸縮装置の記録および保存

適用する伸縮装置の形式や形状寸法および施工年次に関する記録を保存する。

【解説】

(1)

- 1) 伸縮装置部からの漏水は、桁端部の腐食や、支承部の損傷の原因となる場合が多いため、非排水型の伸縮装置を設置することにより漏水を防ぐことを基本とする。また、伸縮装置止水材の劣化等による漏水発生時のフェールセーフとして二次止水構造を必要に応じて検討する。

- 2) 排水型の伸縮装置を採用する条件の事例として、交通規制が取りづらく伸縮装置からの漏水が発生した場合にも対処がしづらい場合や伸縮装置部が両側から集水するような排水勾配の最下端となっており橋面に滞水する恐れがあるような場合等の特殊な条件に限定される（**対策 6-5**）**図 4.1.1.3** 参照。排水型の伸縮装置を採用する場合には、排水樋等の設置により伸縮装置部からの漏水を防ぐ構造とする必要がある。この場合は、排水樋に土砂等が堆積し排水機能が低下する可能性があるため、排水樋の清掃を考慮した維持管理方法や、排水樋への橋面水の流入量を考慮して設置の可否を検討する必要がある。

- (2) 伸縮装置止水部の点検や補修の実施においては、パラペットと桁端部との間に十分な作業空間が確保されていることが望ましい。そのため、設置する伸縮装置の維持管理方法を考慮した上で、適切な作業空間を確保することを考慮する。

- (3) 伸縮装置の維持管理においては、適用する伸縮装置の形式や形状寸法および施工年次等の記録が重要となる。これらの記録は損傷原因の推定や、伸縮装置の取替えにおける形式の選定における資料となるため、適切にこれらの記録を保存することが必要である。記録の保存方法としては、竣工図書その他、橋歴板（補修においては補修歴板）等により、確実に保存される方法を検討する。

6. 2. 2 止水部の性能

伸縮装置からの漏水については以前から課題であり、止水性と耐久性を両立する止水部構造を実現するのは難しいのが現状である。伸縮装置本体（表面鋼製、ゴム部材）には損傷が無い場合でも止水部分が劣化し漏水が発生することから伸縮装置の交換が必要であるケースも多い。また、伸縮装置の漏水発生箇所として多くみられるのが地覆等の段差が生じる箇所や伸縮装置本体の製品継目、施工継目部である。これらの漏水に対して止水性を高めた構造としていくのが重要である。

【解説】

伸縮装置の止水部性能については、路線重要度、架橋条件や伸縮装置下面の状況、各構造の適用性、点検や補修作業の容易さ等を勘案して総合的に判断すべきである。

1) 伸縮装置の二次止水構造

非排水部の弾性シール材等の一次止水構造が破損した場合に、排水樋等の設置により下面への漏水を排水、導水可能な構造とする。近年では止水部分の耐久性向上も進んでいるが、一次止水部分が破損した場合のフェールセーフとして二次止水構造の設置事例が増えている。次頁図 6.2.2.1 に示すように弾性シール材等の下部に樋構造を設置することにより橋座面への橋面水の滴下を防ぐものである。

2) 地覆部や歩車道境界部、壁高欄部等の伸縮装置端部からの漏水を確実に防止するため、地覆部の立上げや漏水防止壁構造の設置を行う。

伸縮装置の地覆側端部及び縁石部、壁高欄部との接合部は、排水勾配の低い箇所であり、雨水が集中する。そこに滞水する事例も多く、伸縮装置端部からの漏水の大きな原因となる。伸縮装置端部を立上げ構造とし、止水性能を高めた漏水に強い構造とする。

3) 伸縮装置の継目部（施工継目）については各伸縮装置メーカー推奨の施工方法によって接続処理を行い、漏水防止に留意する。

伸縮装置の施工継目については、地覆部等の施工端部に次いで漏水の原因となる箇所であり、確実な接続処理が必要となる。施工方法については基本的には弾性シーリング材の充填や接着剤の塗布等になるが、各伸縮装置メーカーにて推奨する材料や方法があり、その方法にて行うことが望ましい。

4) その他の止水部構造としては、以下のものが挙げられ、各構造毎に水回りの経路や降雨量等を検討し、総合的に止水性能の向上を図ることが重要である。（対策 6-6）

- ・乾式止水材を設置することにより止水部とする構造
- ・止水部分の取替え可能な構造の採用（ゴム製ジョイント、モジュール式ジョイント等）
- ・伸縮装置とは別に排水樋を設置する構造（排水型の伸縮装置を採用する場合）
- ・特殊弾性舗装材内部に弾性目地材や特殊瀝青テープ（止水テープ）を設置し水密性を高める構造（埋設ジョイント）
- ・裏込めコンクリートに耐久性の高い材料を採用する。

工場製作の鋼製フィンガージョイントを採用する場合は、「鋼橋伸縮装置設計の手引き 日本橋梁建設協会」等を参考とし、止水性の高い構造を採用する。

二次止水構造の設置の事例を下図に示す。

手引きの図参照

図 6.2.2.1 二次止水構造例
(対策 6-7)

(出典) 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋伸縮装置設計の手引き 平成 21 年 9 月

二次止水構造への漏水流入時は、地覆側端部では路面の排水勾配に応じて橋面水が流れることになる。よって、設計段階から地覆側端部下面にて排水処理を行うことが望ましい。

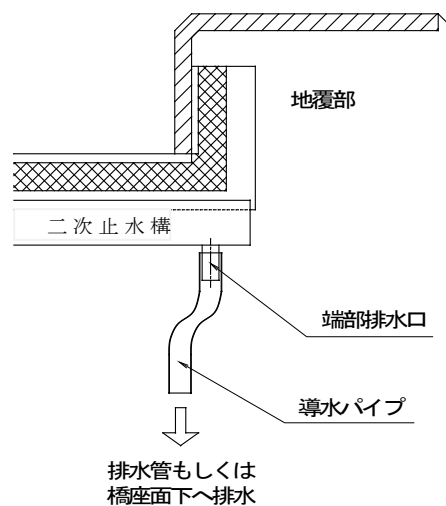


図 6.2.2.2 二次止水構造排水例
(対策 6-8)

6. 2. 3 他構造との取合い詳細

伸縮装置を設置する箇所は橋梁の端部を横断する位置であり、延長方向、幅方向及び厚さ方向に各部材との取合いが生じることとなる。これらの取合い箇所は漏水原因となりやすい箇所であるため、次に示す構造詳細に細心の注意を払う必要がある。

- (1) 縁石部、歩道部
- (2) 壁高欄
- (3) 地覆部
- (4) 床版防水層

【解説】

代表的な取合い部の詳細事例を示す。これによらない場合は想定される漏水経路を十分に検討し、たうえで細部構造を決定すること。

(1) 縁石部、歩道部

縁石部は車道部伸縮装置と歩道部伸縮装置が接続される箇所であり、漏水の原因箇所となる場合が多い、よって、地覆部と同様に縁石部においても、連続または立上げ処理を行い、漏水を防止する。

手引きの図参照

図 6. 2. 3. 1 縁石部、歩道部処理事例

(対策 6-9)

(出典) 日本橋梁建設協会 鋼橋伸縮装置設計の手引き H21. 9

(2) 壁高欄

壁高欄との接続部についても地覆部と同様に立上げ処理を行うことによって止水性向上が可能となる。なお、壁高欄上部の伸縮遊間部分は別途止水ゴム板やシーリング材等により雨水の浸入を防止するのが望ましい。(可能な限り外側も止水処理を行う)

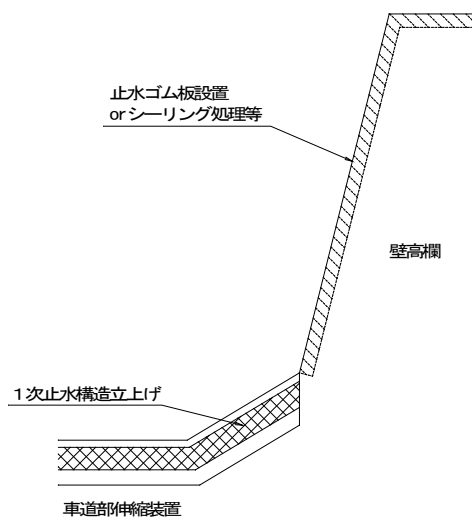


図 6. 2. 3. 2 壁高欄部処理事例

(対策 6-10)

(3) 地覆部

地覆部では伸縮装置の立上げ処理が望ましい。止水板の設置、地覆カバー部材の設置等が考えられ、地覆部からの漏水防止に配慮する。

手引きの図参照

図 6.2.3.3 地覆上部止水事例

(対策 6-11)

(出典) 社団法人 日本橋梁建設協会 鋼橋伸縮装置設計の手引き 平成 21 年 9 月

(4) 床版防水層

床版防水層及びアスファルト舗装の施工と伸縮装置の施工順序が変わる場合がある。各々留意点が異なり、現場での工程や最終路面仕上げも考え合せた上で決定する必要がある。また、裏込めコンクリートに耐久性の高い材料を使用することも有効である。(対策 6-12)

1) 伸縮装置を先に施工する場合

新設橋梁では、先行して伸縮装置を施工する場合が多い。アスファルトと裏込めコンクリートに擦り付けて施工するため、舗装面との間で不陸が発生しやすい。床版防水層については伸縮装置裏込めコンクリート部分の立上げ処理を行う。

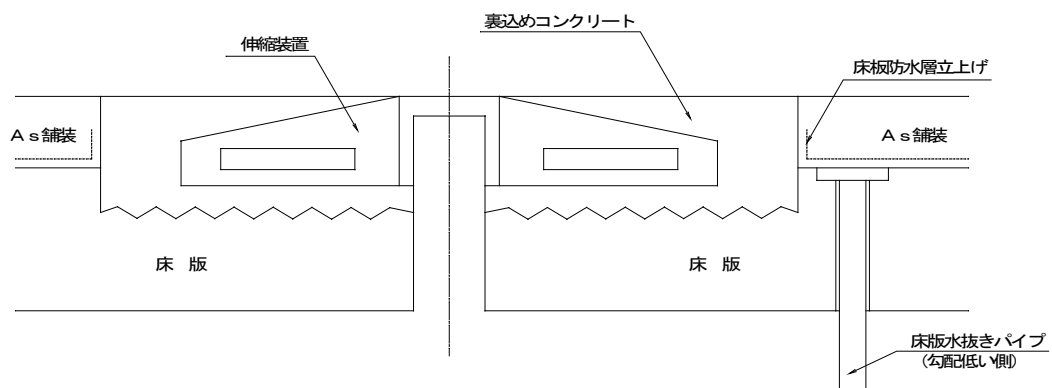


図 6.2.3.4 床版防水層端部事例

(対策 6-13)

2) 防水・舗装を先に施工する場合

伸縮装置の補修工事では防水・舗装が先に施工されていることが多い。舗装高さにあわせ施工することから、橋面上の平坦性確保が行いやすい。裏込めコンクリート横の防水層が縁切りされるため、当該部分の防水処理が重要となる。コンクリート打設部分の鉛直面に打継用接着剤を塗布して防水性を高めるのも有効な手段である。

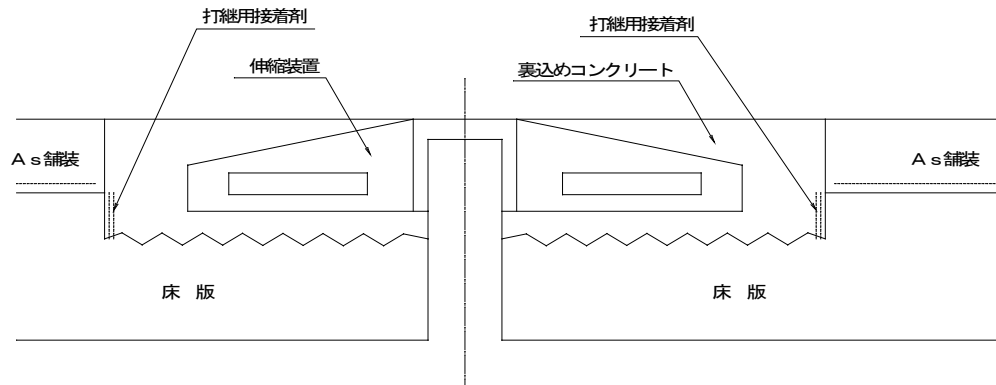


図 6. 2. 3. 5 打継用接着材塗布事例
(対策 6-14)

6. 3 排水装置

排水装置は、橋面の雨水を外部へ排出する重要なシステムである。速やかに排出することが構造物への影響も小さくなり、長寿命化へと繋がることを認識し対策を行うことが重要である。

6. 3. 1 排水枡

- (1) 排水枡の材質は、鋳鉄製 (FC250) が一般的である。近年では FRP 製及び床版排水や防水層との取り合いを考慮した高機能排水枡も用いられている。現場環境に応じた仕様選定が重要である。
- (2) 蓋の構造は、維持管理性に配慮したものとし、飛散防止構造（フェイルセーフ機能）の設置が望ましい。
- (3) 排水枡と排水管の接続部は、一定の隙間を確保する必要がある。また、維持管理及び補修の確実性や容易さに配慮しなければならない。

【解説】

(1) 排水枡の仕様

1) 鋳鉄製 (FC250)

標準仕様が整備されており、複雑な形状のものでも比較的製造が容易である。

2) FRP 製

軽量であり施工性が良い。本体はガラス繊維の為、耐食性、耐塩害性に優れている。

3) 溶接接合タイプ

SM 材等を用いた溶接集成部材で形成されており、主に鋼床版で用いられる。

4) 高機能排水枡 1

本体とグレーチングが分離構造の為、床版の出来形にあった高さ調整が可能である。

5) 高機能排水枡 2

防水層定着プレート付排水枡は床版コンクリートとの界面からの漏水を防止する。

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き (案) 平成 25 年 3 月



図 6.3.1.1 高機能排水枡 1



図 6.3.1.2 高機能排水枡 2

(対策 6-15)

排水桝が設置されている床版付近は、防水工との取り合いが難しい箇所である。特に、排水桝と床版の境界面は雨水が溜まり易く、床版下面への漏水や遊離石灰の発生が懸念される。



図 6. 3. 1. 3 排水桝付近の漏水例

(出典) 近畿地方整備局 橋梁における雨水排水対策手引き (案)

(2) 排水桝の外径に排水管内径を差し込むが、隙間が無い状態で設置される場合がある。鋼製の排水桝は、経年劣化等の腐食により、錆発生分の肉厚が増す。排水桝の管径の増幅により、排水管にひび割れが生じることがある。損傷防止の為に、隙間を 20 mm (10 mm+10 mm) 程度設けることが望ましい。



図 6. 3. 1. 4 新設時の設置状況

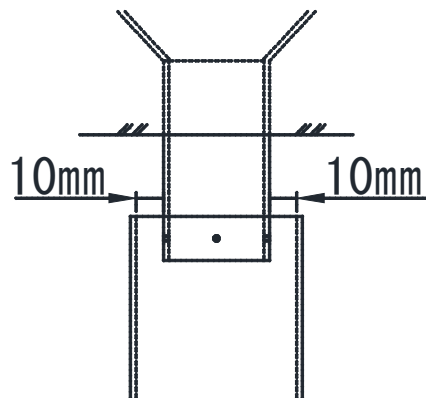


図 6. 3. 1. 5 排水桝と排水管の推奨間隔

(対策 6-16)

- (3) 床版下端における、排水桝と排水管の接続部では、清掃時に使用される高圧洗浄機による強い水圧が作用するため、片持構造では取付け金具および排水管に大きな負荷が生じ、接続不良等が生じる可能性があるため、接続部付近で固定する必要がある。固定方法の例を下図に示す。

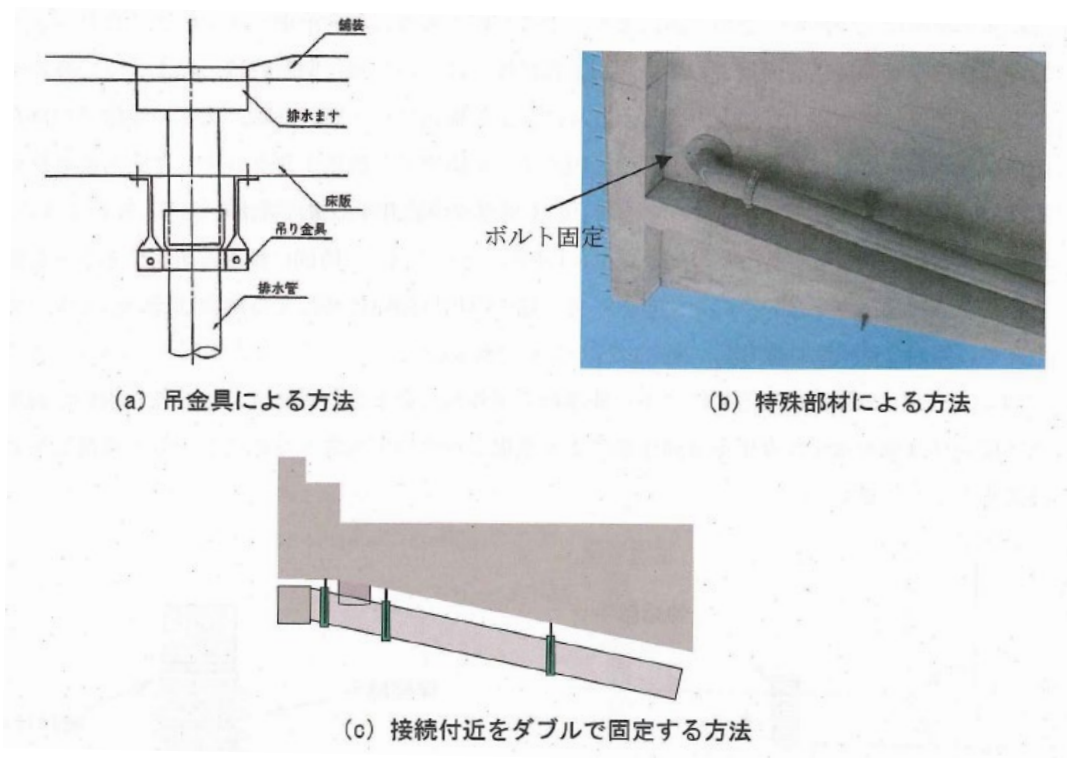


図 6.3.1.6 排水桝と排水管の接続部の固定方法

(対策 6-17)

(出典) NEXCO 設計要領第二集

6.3.2 排水管

- (1) 排水管取付け時の施工誤差により、設計図面との相違が発生する場合は、排水管の流水経路に合わせて排水金具を製作することを基本とする。
- (2) 箱桁内に排水管を配置しないこととする。
- (3) 排水管の設計において、土砂堆積および水の凍結による破損等の劣化要因に対する耐久性や橋梁の振動等に対応した構造・仕様を採用するものとし、施工、維持管理及び補修の確実性や容易さに配慮しなければならない。

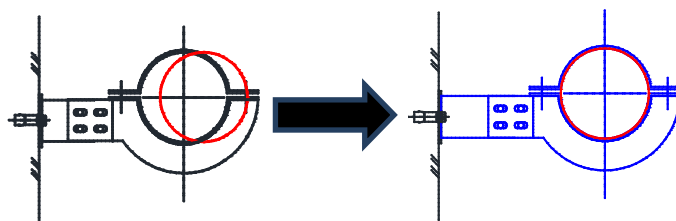
【解説】

- (1) 排水管の設置時に、排水管の桁からの離れが相違する事例が多い。また、複雑な加工管が使用されている橋梁でも設置の際に流水経路に誤差が生じる場合がある。その際、施工時に製作が完了している排水金具に合わせて排水管を取付けるのではなく、排水管の流水経路に合わせて排水金具を取付けることを基本とする。

施工時に製作が完了している排水金具に合わせて排水管を無理に取付けた場合、負荷に弱い継手部や溶接部に応力が集中する。その場合、供用開始後、振動等の外力が重なり、損傷する可能性が高い。相違する場合は排水金具の再製作が基本であり、それが難しい場合、協議の上、誤差を吸収できる可とう継手を設ける等の配慮が必要である。



図 6.3.2.1 新設時の設置状況



※流水経路に誤差が生じた場合は、排水金具の再製作が基本

図 6.3.2.2 流水経路の誤差対策

- (2) 原則として、箱桁内に排水管を配置しないこととする。止むを得ず配置する場合は、箱桁内部の滞水を防止する為、防護管を用いる二重構造とする。排水管を箱桁内部へ設置すると排水管に損傷が生じた場合、主桁内部が滞水し橋梁の耐久性に影響を与えることがある為、特殊な事例を除き、箱桁内部へ導水しないよう留意する必要がある。

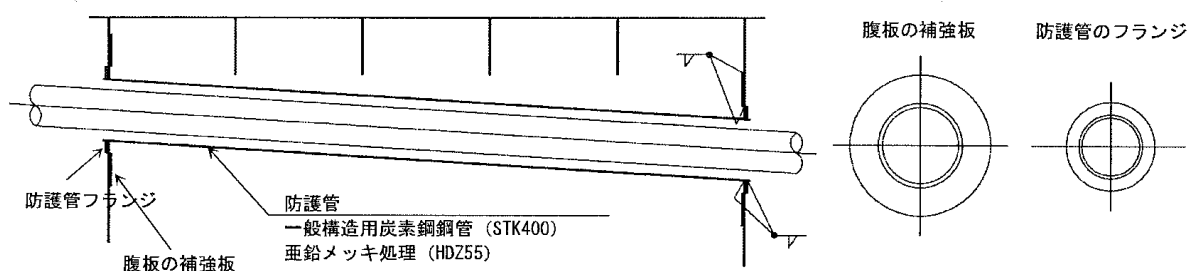


図 6.3.2.3 箱桁内部の防護管構造例 (対策 6-18)

(出典) 中部地方整備局 橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案)(第2版) 平成25年3月

(3) 排水管の仕様 (対策 6-19)

排水管の損傷事例の主なものは、腐食・脱落・破損の損傷である。橋梁の振動に対応できる構造とするとともに、耐久性が高く、部材取替の回数を極力減らす検討が望ましい。一般にはVP管やSGPが使用されているが、高耐久性の排水管も用いられている。以下に、排水管に使用される仕様の種類を挙げる。

1) 高気密ステンレス排水管

ステンレスを使用しており、耐久性に優れる。衝撃を受けても飛散せず、寒冷地でも使用可能。

2) FRP管

耐食性・耐候性に優れ、耐圧仕様のため寒冷地でも使用可能。軽量で取り回しに優れる。

3) ライニング鋼管

管同士の密着性に優れており、給水管として使用される。鋼管の強度を持ち耐食性に優れる。

6. 3. 3 流末処理

垂れ流し排水管は、設置スペースに余裕がある場合、現地状況に応じて桁フランジ面や橋座面から突出させて設置するのが望ましい。

【解説】

近畿地方整備局設計便覧(案)に則ると、『垂れ流しの場合、排水管の下端は桁下より 20cm 度まで伸ばすものとする。ただし、橋台・橋脚に近接する位置の排水管の下端は橋座面より下側に 20cm 度まで伸ばすものとする。』と明記されている。しかし、風の影響により、滴下する排水が桁部材ならびに橋座コンクリートに飛散して、鋼部材の腐食やコンクリート面が劣化する事例が確認されている。そのため、設置スペースに余裕がある場合はマニュアルに捉われることなく、現地状況に応じて規定より突出（20～100cm 程度）して設置する。

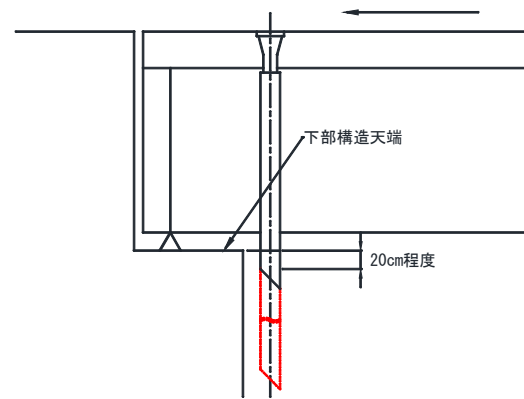
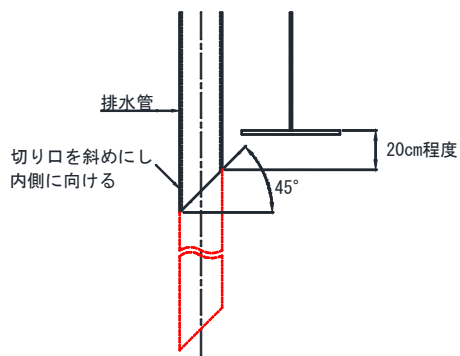


図 6.3.3.1 垂れ流し式排水管の下端

図 6.3.3.2 下部工付近の垂れ流し式
排水管の下端

(対策 6-20)

(出典) 近畿地方整備局 設計便覧(案) 平成 24 年 4 月

(出典) 近畿地方整備局 土木工事標準設計図集 平成 17 年 2 月

6. 3. 4 排水金具

- (1) 排水金具は、排水管を固定する重要な部材である。
- (2) 排水金具は、鋼製の溶融亜鉛メッキ品が標準であるが、防錆効果の高い SUS 製も現場環境に応じて検討する必要がある。

【解説】

(1) 脱落、破損を防止する為にも、固定位置や形状を十分に検討した上で設置する必要がある。また、ボルト・ナットは、橋梁の振動及び地震による脱落が懸念されることから、ゆるみ止めボルト・ナットを使用するのが望ましい。



図 6. 3. 4. 1 緩み止め機能付ボルト



図 6. 3. 4. 2 緩み止め機能付ナット

(対策 6-21)

- (2) 普通鋼と混在してステンレス鋼等の異種金属を使用する場合は、その高い耐食性を発揮させるために、異種金属接触腐食などが生じないように、絶縁ワッシャーや絶縁ブッシュにより電氣的に絶縁するなど、設計ならびに施工への留意が不可欠である。

(出典) 日本鋼構造協会 ステンレス鋼土木構造物の設計・施工指針 (案) 2015 年 11 月

第7章 腐食マトリックスの適用による耐食性能の改善

7. 1 腐食マトリックスの活用法

7. 1. 1 腐食マトリックスの適用についての基本的な考え方

腐食マトリックス適用により橋梁毎に腐食耐性を評価して、適切な防食性能の維持に努めなければならない。

【解説】

第2章において考え方と評価例を記述した腐食マトリックスは、新設または補修・補強時に各橋梁が保有している腐食に関する評価を示したものである。本章では、実橋（既設橋・新設橋）において改善（標準案への追加対策や補修・補強工法）を行った場合に、その効果確認を明確に評価できるように腐食マトリックスの適用法と腐食損傷した橋梁の改善例を示している。

7. 1. 2 マトリックスの活用法

腐食マトリックスを橋梁毎に繰り返し活用することにより、その活用効果が高められるため、継続して活用するものとする。

【解説】

図 7.1.2.1 に示すように、橋梁毎に腐食マトリックスの3成分である腐食環境、腐食負荷、腐食耐性が定量的に評価されるが、この評価値は固定されたものではなく、新設時あるいは既設橋の補修・補強時に判断された暫定値である。定期点検や腐食損傷を受けた補修・補強時に見直されることによって、評価値の信頼性が増すことになる。

例えば、図 7.1.2.2 に示すように、新設時または補修・補強時に腐食マトリックスにおいて、 $A1\alpha$ 、 $A3\alpha$ 、 $C1\alpha$ 、 $C3\alpha$ と評価された4例について考えてみる。いずれの場合にも、図 7.1.2.3 に示すように、腐食耐性を α から β または γ に向上させることにより、腐食に対する長寿命化を図ることが可能である。具体的には、図 7.1.2.4 に示すように、腐食環境と腐食負荷に応じて適切な防食を選択して防食性能を高めることにより、耐食性能の向上を図ることができる。

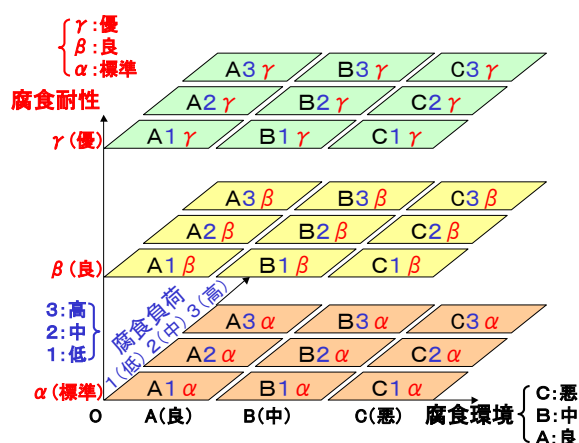


図 7.1.2.1 腐食マトリックス

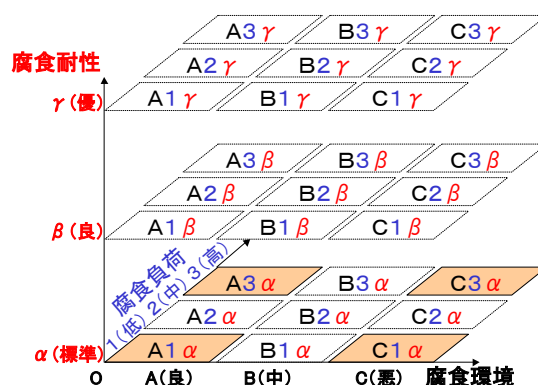


図 7.1.2.2 腐食マトリックス評価

一方、図 7.1.2.5 に示すように、耐食性能の向上しかない $A1\alpha$ を除けば、 $A3\alpha$ の場合には腐食負荷を3から2または1に軽減、 $C1\alpha$ の場合には腐食環境をCからBまたはAに改良、さらに、 $C3\alpha$ の場合には、腐食負荷の軽減と腐食環境の改良を同時に行うことも選択肢となる。腐食環境については、植生による風通しや日照時間の確保などが該当するため、既設橋での改良は容易ではないが、腐食負荷については、構造改良や橋面排水の改善だけでなく、排水設備の清掃、交通荷重の制御など、道路としての機能にも目を向けた軽減策が考えられる。

このように、新設時には、設計時だけでなく、橋梁計画や道路線形計画の段階から、制約の多い既設橋では、考えられる最善の腐食耐性向上策を検討することが、橋梁の長寿命化に不可欠である。

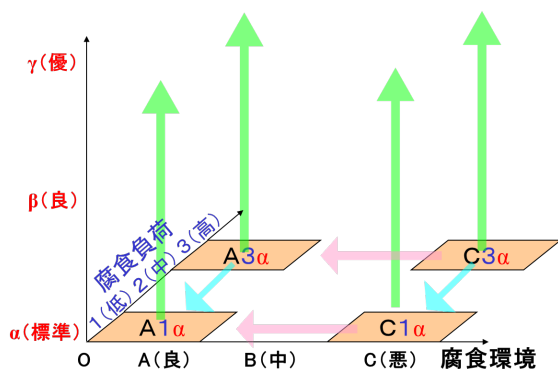


図 7.1.2.3 腐食耐性の向上

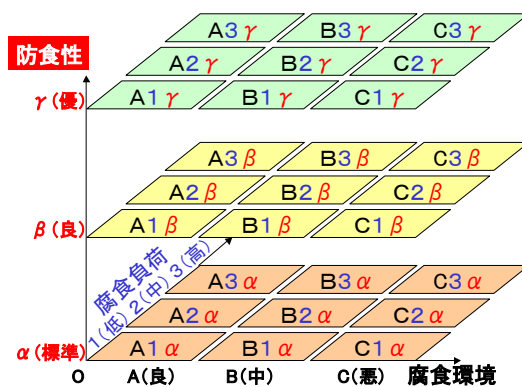
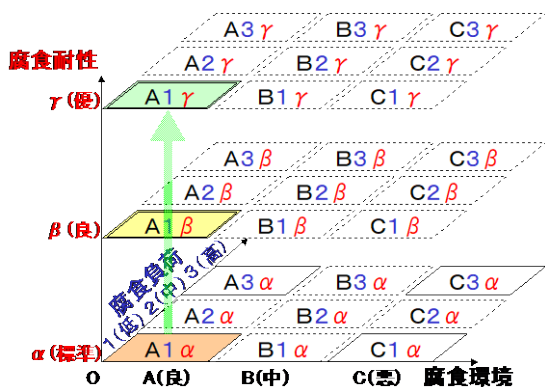
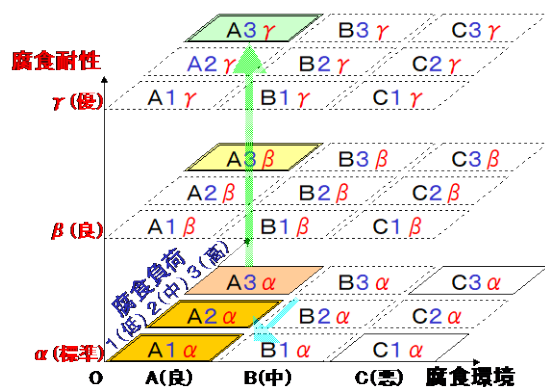


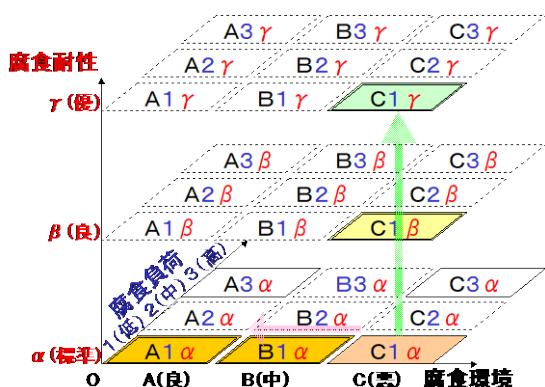
図 7.1.2.4 耐食性向上のための防食マトリックス



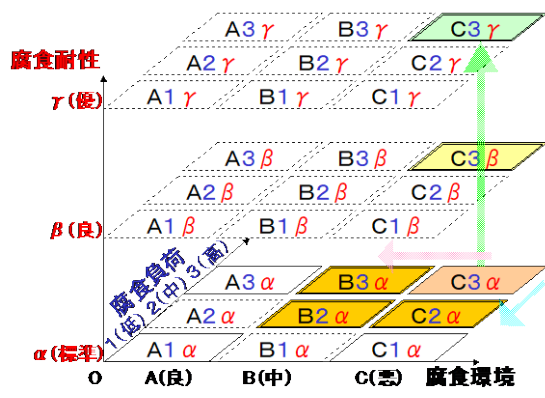
(a) A1α の場合



(b) A3α の場合



(c) C1α の場合



(d) C3α の場合

図 7.1.2.5 新設橋ならびに既設橋の腐食マトリックスを用いた腐食耐性向上策の検討

7. 1. 3 対策工法の選択

腐食マトリックスを活用することにより、腐食環境の改善、腐食負荷の低減、腐食耐性の向上を実現するには、実績のある有効な工法や必要とされる新工法など、適切な対策や補修・補強工法を選択しなければならない。

【解説】

腐食マトリックスを活用するためには、どのような改善を行うかを明確にする必要がある。このため、腐食環境の改善、腐食負荷の低減、腐食耐性の向上について、第4章、第5章、第6章にて提案した各工法をその指標とすることとした。

改善により効果が期待できると考える工法を表7.1.3.1に示す。工法は、新設橋のみに適用可能なもの、既設橋・新設橋で利用できるもの、既設橋のみに適用するものに分類しており、さらに、その改善により、腐食環境、腐食負荷、腐食耐性のどの項目に効果があるかの分類を行っている。

表7.1.3.1において、効果が期待できる工法・対策については、随時追加していくことが望まれる。

表 7.1.3.1 改善により効果が期待できると考えられる工法（案）一覧

				対策NO	対策工法	3軸	新設or既設	評価項目
鋼橋	桁端部	構造的改善		対策 4 - 1	桁端部に作業空間を確保	環境	新設	風通し・点検性向上
				対策 4 - 2	支承回りの排水機能向上	耐性	新設	防食対策(滞水対策)
				対策 4 - 3	排水型伸縮装置の構造	一般	新設・既設	
				対策 4 - 4	水切り板設置	耐性	新設・既設	防食対策(水切り)
				対策 4 - 5	止水板設置	耐性	新設・既設	防食対策(止水板)
				対策 4 - 6	水抜き設置	耐性	新設・既設	防食対策(水抜き箱桁)
				対策 4 - 7	雨水浸入防止蓋の設置	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策箱桁)
				対策 4 - 8	下部工の表面保護対策	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策)
				対策 4 - 9	端横桁構造	耐性	新設	風通しの向上
		防錆処理の改善		対策 4 - 10	桁端部の防錆仕様	耐性	新設・既設	防食機能の向上(仕様選定)
		その他		対策 4 - 11	桁下空間の確保	環境	新設	風通し
				対策 4 - 12	ジャッキアップ用補剛材設置	一般	新設・既設	
				対策 4 - 13	反力表示板設置	一般	新設・既設	
				対策 4 - 14	下部工検査路動線の確保	一般	新設・既設	
	床版漏水部	構造的改善		対策 4 - 15	止水板対策	耐性	新設・既設	防食対策(止水板)
				対策 4 - 16	水抜き対策	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策)
				対策 4 - 17	連結板への勾配対策	耐性	新設	防食対策(滞水対策)
				対策 4 - 18	箱桁上フランジへの水抜き対策	耐性	新設	防食対策(滞水対策箱桁)
				対策 4 - 19	床版貫通部材対策	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策特殊橋梁)
				対策 4 - 20	桁下空間	環境	新設	河川H.W.L距離
	防食機能の向上	構造的改善		対策 4 - 21	換気孔対策	耐性	新設・既設	風通しの向上
				対策 4 - 22	止水ゴム対策	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策箱桁)
				対策 4 - 23	マンホール底設置	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策箱桁)
				対策 4 - 24	コンクリート巻き立て対策	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策橋脚)
				対策 4 - 25	隅角部の排水	耐性	新設・既設	防食対策(水抜き箱桁)
				対策 4 - 26	中詰めコンクリートの排水	耐性	新設・既設	防食対策(水抜き箱桁)
				対策 4 - 27	箱桁内に排水管を設置	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策箱桁)
		防食処理の改善		対策 4 - 28	増塗り塗装対策	耐性	新設・既設	防食機能の向上
				対策 4 - 29	金属溶射対策	耐性	新設・既設	防食機能の向上(仕様選定)
				対策 4 - 30	海岸付近の架橋位置でアルミニウム製検査路の使用	一般	新設・既設	
		その他		対策 4 - 31	コバ面の面取り対策	耐性	新設	防食機能の向上
				対策 4 - 32	ピンテール跡仕上	耐性	新設・既設	防食機能の向上
				対策 4 - 33	緩み止め対策	一般	新設・既設	
				対策 4 - 34	水洗い対策	負荷	既設	飛来塩分・土砂堆積対策
				対策 4 - 35	異種金属接触	一般	新設・既設	

表 7.1.3.1 (つづき)

			対策NO	対策工法	3軸	新設or既設	評価項目
コンクリート橋	桁端部	構造的改善	対策 5 - 1	表面保護工適用	耐性	新設・既設	防食機能の向上
			対策 5 - 2	桁端部及び橋台胸壁の作業空間確保	耐性	新設	風通し・点検性向上
			対策 5 - 3	自由勾配側溝を用いた路面水集水	負荷	新設	土工部からの流入調整
	床版排水	その他	対策 5 - 4	地覆・壁高欄表面保護工の適用	耐性	新設・既設	防食機能の向上
			対策 5 - 5	地覆部の防水層の立ち上げ構造	耐性	新設・既設	橋面滞水防止
			対策 5 - 6	伸縮装置部の防水層の構造	耐性	新設・既設	橋面滞水防止
		床版防水	対策 5 - 7	伸縮装置部の防水層の構造	耐性	新設・既設	橋面滞水防止
			対策 5 - 8	水切り材の設置	耐性	新設・既設	防食対策(水切り)
			対策 5 - 9	排水水抜き孔の設置	耐性	新設・既設	橋面滞水防止
		橋面排水	対策 5 - 10	床版水抜き孔の流末処理	耐性	新設・既設	橋面滞水防止
			対策 5 - 11	突出型の水切り	耐性	新設・既設	防食対策(水切り)
			対策 5 - 12	止水板と横断勾配の設置	耐性	新設・既設	防食対策(止水板)
	上部構造	PCケーブル	対策 5 - 13	定着部のかぶり	耐性	新設	防食対策(本体)
			対策 5 - 14	主ケーブルの端部定着部のあと処理	耐性	新設	防食対策(本体)
			対策 5 - 15	横締め・鉛直鋼棒定着部のあと処理	耐性	新設	防食対策(本体)
			対策 5 - 16	グラウトホースのあと処理	耐性	新設	防食対策(本体)
		滞水防止	対策 5 - 17	水抜き孔の設置	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策箱桁)
			対策 5 - 18	床版水抜き孔の導水管設置(箱桁外とした場合)	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策)
			対策 5 - 19	床版水抜き孔設置(上下線一体構)	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策)
			対策 5 - 20	プレテン床板橋の地覆下部の水切り(改良版)	耐性	新設・既設	防食対策(滞水対策)
		点検性の向上	対策 5 - 21	吊り足場用具の設置	一般	新設	
			対策 5 - 22	開閉しやすいマンホール蓋の設置	一般	新設・既設	
			対策 5 - 23	箱桁内部の外ケーブル定着部・偏向部の点検用検査路の設置	一般	新設	
		補修の容易性の向上	対策 5 - 24	ジャッキアップスペースの確保	一般	新設	
付属物	支承	支承本体構造	対策 6 - 1	支承の防錆仕様	耐性	新設・既設	支承防食機能の向上(仕様選定)
			対策 6 - 2	支承ゴムコーティング・保護カバー設置	耐性	新設・既設	支承防食機能の向上
		支承取替え構造	対策 6 - 3	台座コンクリートとジャッキ位置	一般		
	伸縮装置	橋座構造	対策 6 - 4	桁端部及び橋座面の構造	耐性	新設	防食対策(滞水対策)
		一般	対策 6 - 5	排水型伸縮装置の採用	一般		
		止水構造	対策 6 - 6	伸縮装置止水対策の実施	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 7				
		他構造との取り合い	対策 6 - 8	二次止水の流末処理	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 9	縁石部、歩道部の止水処理	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 10	壁高欄部止水処理	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 11	地覆部止水処理	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 12	裏込めコンクリートに耐久性の高いコンクリートの使用	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 13	床版防水層の端部処理	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
			対策 6 - 14	打継用接着剤塗布	耐性	新設・既設	伸縮装置止水性能向上
	排水装置	排水樹	対策 6 - 15	高機能排水樹の採用	耐性 負荷	新設	排水樹の工夫
			対策 6 - 16	排水樹、排水管接続部の改善	耐性	新設・既設	排水樹の工夫
			対策 6 - 17			新設・既設	
		排水管	対策 6 - 18	箱内部の保護管の設置	耐性	新設・既設	排水管の工夫
			対策 6 - 19	排水管の仕様	耐性	新設・既設	排水管の工夫
		流末処理	対策 6 - 20	排水管の流末処理	耐性	新設・既設	排水管の流末処理
		金具	対策 6 - 21	緩み止め対策	一般		
			対策 6 - 22	異種金属接触	一般		

7. 2 既設橋

7. 2. 1 腐食マトリックスの適用法

既設橋の補修補強にあたっては、腐食マトリックスを構成する腐食環境、腐食負荷及び腐食耐性の評価レベルに基づき、工法や構造を適切に選定して、橋梁毎に必要な改善を検討する。

【解説】

既設橋における改善の評価については、腐食マトリックスを構成する3軸の基本的な考えは2章と同様であるが、3軸それぞれに耐腐食性能を改善する各種工法を適用した場合、その効果の指標として「改善による効果」の評価項目を追加し、3軸の改善による評価レベルの変化を明確にすることとした。

本節では、既設橋で耐腐食性能の改善(対策：補修・補強)を行った場合の腐食マトリックス各軸における評価レベルの変化を明確に示すため、既存の腐食マトリックスに新たな評価項目「改善による効果」を追加して、腐食マトリックスを使ってその改善効果を定量的に評価できるようにしている。

7. 2. 2 腐食環境の評価と改善

既設橋の腐食環境については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、橋梁毎に腐食環境の改善効果があり、選定可能な評価項目の改善を検討する。

【解説】

腐食環境を『人が制御できない自然環境条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出しているため、評価可能なパラメータ（評価項目）の抽出項目は2章と同様であるが、評価項目に「改善による効果」を追加している。

腐食環境に関しては、評価可能なパラメータ（評価項目）は2章と同様であるが、表7.2.2.1に示すように「改善による効果」を追加している。

ただし、腐食環境は『人が制御できない自然環境条件』であるため、大規模な改築のような改善でなければ、表7.2.2.2に示す改善による効果はあまり期待できない。

表 7.2.2.1 既設橋に対する腐食環境の評価表

腐食環境 (架橋位置の自然環境に由来)								
抽出項目	選定項目	選定理由等	パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
				a良	b中	c悪		
桁下環境(河川・湖沼、道路・鉄道、公園・緑地、荒地)	桁下の湿度を含む(桁下が河川・湖沼等かそれ以外か)	架橋状況から定性的に評価可能	① 塩害地域区分	D	CⅢ	CⅡ以上 (BS,BⅠ,BⅡ, BⅢ,CS,CⅠ, CⅡ)	5	aを1、bを2、cを3点とする。 ①×5+②×2+③×3 +④×4+I 全て【a良】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c悪】の場合:42点 となる。 A良:20点以下 B中:21～27点 C悪:28点以上
飛来塩分量	塩害地域	定期点検調査から判定可能	② 降水量	大阪、姫路(2)、兵庫	滋賀(161以外)、福知山、京都、姫路(29)、奈良、和歌山(42以外)	福井、滋賀(161)、豊岡、和歌山(42)、紀南	2	
降水量	降水量の多い地域を事務所別・路線別で評価	気象庁の年平均降水量からデータ取得可能	③ 桁下状況	河川・湖沼等以外	—	河川・湖沼等	3	
日照量	—	環境特性として評価	④ その他の環境特性	腐食しづらい	中位	腐食しやすい	4	
湿度	—	桁下状況で評価	その他の環境特性例 ・塩害地域区分がDであるが、海水の影響(飛沫、汽水域等)を受ける ・通気性が悪く、湿度がある ・植生の繁茂が激しい ・路線橋であり、日常点検が困難 ・その他					
桁下・桁端部の湿度(桁下水面までの距離?)	桁下・桁端部の湿度を含む(風通し含む)	湿度で評価(風通しは評価困難)						
架橋位置(山間部、市街地、河川、海峡)	全体的な環境特性(その他の評価項目で評価されない項目)	架橋位置やその他の要因で腐食しやすさが左右される。						
排水・土砂詰り易さ(橋台背面が切土の場合、詰まり易い?)	—	腐食負荷で評価						
交差物件(OVがあるか)	—	環境特性として評価						
除雪車走行有無、除雪作業有無(冬期通行止め)	—	腐食負荷の凍結防止剤で評価	I 腐食環境の改善効果	表7.2.2.2参照			-1	

表 7.2.2.2 既設橋における腐食環境の改善を示す評価表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		a無し	b小	c中	d大		
①	その他の腐食環境の改善	改善なし	改善効果小	改善効果中	改善効果大	1	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食環境向上による効果とする。

7. 2. 3 腐食負荷の評価と改善

既設橋の腐食負荷については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、橋梁毎に腐食負荷の改善効果があり、選定可能な評価項目の改善を検討する。

【解説】

腐食負荷を『人が制御できる人工的負荷条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出しているため、基本的には評価可能なパラメータ（評価項目）の抽出項目は2章と同様であるが一部、「改善による効果」を追加している。

腐食負荷に関しては、評価可能なパラメータ（評価項目）は2章と同様であるが、表7.2.3.1に示すように「改善による効果」を追加している。

腐食負荷は改善（対策・補修・補強）の実施により、構造・条件を変化させることが可能な項目が含まれていることから、改善により、評価基準を変更することができる。ただし、既設橋については各種条件のより変更項目に制約があるため、表7.2.3.2に示すように、大規模な改築のような改善でなければ、改善による効果はあまり期待できない。

表 7.2.3.1 既設橋に対する腐食負荷の評価表

腐食負荷 (人工的、人為的な要素)									
抽出項目	選定項目	選定理由等		パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
					a低	b中	c高		
伸縮装置を通過する 水量(水理解析)	—	解析を要するた め、現時点で判定 不可		① 伸縮装置への路面排水 負荷 (該当伸縮装置が受け 持つ橋面排水面積)÷ (当該範囲の排水樹個 数)	120m2以 下	120m2を超 え、200m2 未満	200m2以 上	2	aを1、bを2、cを3点とする。 ①×2+②×1+③×5+④×2 +⑤×2+⑥×2+Ⅱ 全て【a低】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c高】の場合:42点 となる。 1低:20点以下 2中:21～32点 3高:33点以上
降雨集水面積(幅 員、橋長)	—	—		② 合成勾配	3.5%以下	3.5%を超 え、5%未満	5%以上	1	
路面勾配(縦横断)	合成勾配	急な場合は伸縮 装置へ路面水が 多く供給される。		③ 凍結防止剤散布量	大阪、兵 庫、和歌 山、紀南	京都、姫 路、奈良	福井、滋 賀、福知 山、豊岡	5	
排水樹 設置間隔	排水樹 個数	個数が少ないと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。		④ 大型車交通量(台/日) (上下分離の場合は1/ 2とする。)	3000未満	3000を超 え、 10,000未満	10,000以上	2	
舗装(粗度係数)	—	—		⑤ 排水樹土砂詰り状況 (対象範囲の全体樹数 に対する土砂詰り樹数 の割合)	0	5割未満	5割以上	2	
凍結防止剤散布量	維持作業の年平均散 布量	量の大小≒負荷		⑥ その他の腐食負荷	負荷が低 い	中位	負荷が高 い	2	
交通量	大型車交通量(セン サスデータ)	量の大小≒負荷		その他の腐食負荷例 ・清掃頻度が高い ・清掃が容易 ・桁端に後付けの落橋防 止システムがあり、十分な 点検ができない ・その他					
路面清掃頻度(体制、 状況)	定期点検結果におけ る排水樹土砂詰りの 有無	土砂詰り樹が多い と伸縮装置へ路面 水が多く供給され る。		Ⅱ 腐食負荷の 低減効果	表7.2.3.2参照			-1	
橋梁規模(橋長、幅 員、面積)	当該桁端部に係る橋 面集水面積 橋の長さ×幅	面積が大きいと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。							
排水装置が排水樹か 鋼製排水溝か	—	—							

表 7.2.3.2 既設橋における腐食負荷の低減を示す効果表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		a無し	b小	c中	d大		
①	路面負荷の改善(樹の追加)	改善なし		120-200	120m以下	1.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食負荷改善による効果とする。
②	勾配の改善	改善なし		3.5-5%	3.5%以下	1.0	
③	高機能排水樹の採用 (大きさ・構造)	改善なし	対策6-15	対策6-15		1.0	
④	日常管理(水洗い対策)	実施なし	5年毎	3年毎	毎年	1.0	
⑤	その他の腐食負荷の改善	改善なし	改善効果 小	改善効果 中	改善効果 大	1.0	

7. 2. 4 腐食耐性の評価と改善

既設橋の腐食耐性については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、維持管理の視点から橋梁毎に選定可能な評価項目の改善を検討する。

【解説】

腐食耐性を『橋梁の持つ特性(腐食耐性)』と定義し、腐食耐性に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出しているため、基本的には評価可能なパラメータ(評価項目)の抽出項目は2章と同様であるが、評価項目に「腐食耐性向上による効果」を追加している。

腐食耐性に関しては、評価可能なパラメータ(評価項目)は2章と同様であるが、表7.2.4.1に示すように評価項目に「腐食耐性向上による効果」を追加している。

既設橋においては、腐食環境、腐食負荷における大きな改善は望めないことから、腐食環境が劣悪で、腐食負荷が高く腐食しやすい橋梁に対しては、橋梁それ自身のもつ腐食耐性を向上させることが有効である。表7.2.4.2に腐食耐性向上による効果が期待できる各種工法の評価基準を示す。

これらの改善を実施することにより、腐食耐性をγ優（29 点以上）に向上させることを目指すのが良い。

表 7.2.4.1 既設橋に対する腐食耐性の評価表

			腐食耐性 (橋梁の持つ特性)						
抽出項目	選定項目	選定理由等	① パラメータ (評価項目)	評価基準				重み 係数	評価レベル
				a標準	b良	c高	d優		
設計基準等(設計・施工時期)	架設年度	採用されている設計基準によって耐久性が異なる。	① 架設年度	1973年以前	1974年～1980年	1981年～2001年	2002年以降	3	aを1、bを2、cを3、dを4点とする。
桁材質(塗装鋼材、耐候性鋼材、めっき、溶射、RC、PC)	—	架設年度で代替(防食方式で代替が望ましい)	② 伸縮装置からの漏水の有無(直近の点検結果)	有り・多い	有り・少ない	無し	—	2	①×3+②×2+③×3+④×1+⑤×2+⑥×1+Ⅲ
鉄筋かぶり	—	架設年度で代替	③ 定期点検結果の健全度	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	3	全て【a標準】の場合：12点 全て【b良】の場合：24点 全て【c高】の場合：36点 全て【d優】の場合：45点となる。 ・α標準：20点以下 ・β良：21～28点 ・γ優：29点以上
コンクリート設計基準強度	—	〃	④ 橋梁の斜角	60度未満	60度以上75度未満	75度以上85度未満	85度以上	1	
伸縮装置区分(荷重支持型、突合せ型、埋設型、鋼製、ゴム製、特殊合材)	伸縮装置の止水性能	伸縮装置からの漏水の影響が最も大きい ため、止水性を評価する	⑤ 塗装経過年数	21年以上	15年を超え20年以下	10年を超え15年以下	10年以下	2	
橋梁構造形式	—	評価するのは困難	⑥ その他の腐食耐性	耐性が低い	中位	耐性が高い	—	1	
桁端部の風通し	—	状態を評価するのは困難	その他の腐食耐性例 ・桁端の重防食 ・高い防水措置 ・排水の流末処理が不適切 ・その他						
防水工の有無	—	ほぼ対策済み。劣化度合いは評価不可							
遊間	—	評価不可能							
健全度(橋単位)	橋梁定期点検結果健全度	全橋梁で評価済み							
損傷程度	—	健全度で評価							
橋梁構造形式(上路・下路、飯桁、トラス、アーチ、吊り橋等)	—	評価困難	Ⅲ 腐食耐性の向上効果	表7.2.4.2参照				1	
防食方式(塗装鋼材、耐候性鋼材、めっき、溶射)	防食方式	耐久性への影響が大きい 情報が情報取得が困難。塗装経過年数で代替							
供用後経過年数	供用後経過年数	架設年度と同様							
補修履歴	腐食に関する補修有無と経過年数	再塗装等が実施されている場合は、その時点からの劣化となる							
斜角	斜角	桁端部耐久性への影響が大きい							

表 7.2.4.2 既設橋における腐食耐性の向上を示す評価表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		aなし	b小	c中	d大		
①	防食機能の向上(仕様選定)	対策なし	対策4-10	対策4-10		2.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食耐性向上による効果とする。
			重防食	重防食			
		対策なし		対策4-29	対策4-29	2.0	
				溶射	溶射		
②	防食機能の向上	対策なし	対策4-28	対策4-28		1.0	
		対策なし	対策4-32			1.0	
		対策なし	対策5-1	対策5-1		0.5	
		対策なし	対策5-4			1.0	
③	防食対策(止水板)	対策なし	対策4-5			1.0	
		対策なし	対策4-15	対策4-15		1.0	
		対策なし	対策5-12			0.5	
④	防食対策(水抜き箱桁)	対策なし	対策4-6	対策4-6		0.5	
		対策なし	対策4-25	対策4-25		0.5	
		対策なし	対策4-26	対策4-26		0.5	
⑤	防食対策(滞水対策)	対策なし	対策4-8	対策4-8		1.0	
		対策なし	対策4-16			0.5	
		対策なし	対策5-18			0.5	
		対策なし	対策5-19			0.5	
		対策なし	対策5-20	対策5-20		0.5	
⑥	防食対策(滞水対策橋脚)	対策なし	対策4-24			0.5	
⑦	防食対策(滞水対策特殊橋梁)	対策なし	対策4-19	対策4-19		1.0	
⑧	防食対策(滞水対策箱桁)	対策なし	対策4-7			0.5	
		対策なし	対策4-22			0.5	
		対策なし	対策4-23			0.5	
		対策なし	対策4-27			0.5	
		対策なし	対策5-17			0.5	
⑨	防食対策(水切り)	対策なし	対策4-4	対策4-4		0.5	
		対策なし	対策5-8			1.0	
		対策なし	対策5-11			1.0	
⑩	風通しの向上	対策なし	対策4-21	対策4-21		0.5	
⑪	橋面滞水防止	対策なし	対策5-5			1.0	
		対策なし	対策5-6			1.0	
		対策なし	対策5-7			1.0	
		対策なし	対策5-9	対策5-9		0.5	
		対策なし	対策5-10	対策5-10		0.5	
⑫	支承防食機能の向上(仕様選定)	対策なし	対策6-1			1.0	
			塗装				
		対策なし		対策6-1		1.0	
				メッキ			
		対策なし		対策6-1	対策6-1	1.0	
				溶射	溶射		
⑬	支承防食機能の向上	対策なし	対策6-2			0.5	
⑭	伸縮装置止水性能向上	対策なし	対策6-6	対策6-6		0.5	
		対策なし	対策6-7	対策6-7		0.5	
		対策なし	対策6-8	対策6-8		0.5	
		対策なし	対策6-9			1.0	
		対策なし	対策6-10			1.0	
		対策なし	対策6-11	対策6-11		0.5	
		対策なし	対策6-12	対策6-12		1.0	
		対策なし	対策6-13			0.5	
		対策なし	対策6-14	対策6-14		0.5	
⑮	排水管の工夫	対策なし	対策6-18	対策6-18		0.5	
		対策なし	対策6-19	対策6-19		0.5	
⑯	排水管の流末処理	対策なし	対策6-20			1.0	
⑰	排水樹の工夫	対策なし	対策6-16	対策6-16		0.5	
		対策なし	対策6-17	対策6-17		0.5	
⑱	その他 改善による工夫	対策なし	A	B	C		

7. 3 新設橋

7. 3. 1 腐食マトリックスの適用法

新設橋の設計にあたっては、腐食マトリックスを構成する腐食環境、腐食負荷及び腐食耐性について、維持管理の視点から適切な評価レベルを検討し、橋梁毎に必要な構造や工法を選定する。

【解説】

新設橋における耐腐食性能改善の評価については、腐食マトリックスを構成する「腐食環境」「腐食負荷」の2軸は2章に示したように橋梁の立地条件や構造要件によって定まるが、「腐食耐性」に関しては、管理する耐腐食性能のレベルをどのように設定するかを意味する。

ここでは、腐食マトリックスの3軸それぞれに対応する各種の改善工法の効果を提示し、腐食マトリックスの3軸における耐腐食性能の改善による評価レベルの変化を明確にすることとした。

新設橋においては、腐食環境については制約があるが、腐食負荷、腐食耐性について、よりグレードの高い工法を選択することで、腐食環境に対応できる可能性もあり、どのレベルで橋梁を管理するかにより、選択する工法が異なってくる

例えば、環境や負荷の条件が良く定期的に塗装塗り替えを実施できる橋梁においては、比較的グレードの低い塗装系を採用できるが、そうでない橋梁においては、メンテナンスフリーを目指した防食性能を選択する必要がある。このため、設計者は、橋梁の維持管理のサイクルを考慮し、耐性のレベルを設定する必要がある。

7. 3. 2 腐食環境の評価と改善

新設橋の腐食環境については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、腐食環境の改善効果があり、維持管理の視点から重要な評価項目を、橋梁毎に検討する。

【解説】

腐食環境を『人が制御できない自然環境条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出しているため、評価可能なパラメータ（評価項目）の抽出項目は2章と同様であるが、「腐食環境の改善による効果」の指標を追加している。

基本的に、評価可能なパラメータ（評価項目）は2章と同様であるが、表7.3.2.1に示すように、この項目に「腐食環境の改善による効果」を追加し、当該橋梁の立地条件を勘案した環境改善を実施した場合、その改善による効果をマトリックスに反映できるようにしている。

なお、2章で定義した「腐食環境」に関するパラメータは、基本的には負の要因であるため、改善による効果は正となる。このため、改善による効果の重みは-1（マイナス）としている。

また、表7.3.2.2に示すように、腐食環境の改善による効果の腐食環境については『人が制御できない自然環境条件』との考え方から、桁下環境、その他の環境特性などの項目しか、改善が期待できないことに留意する必要がある。

表 7.3.2.1 新設橋に対する腐食環境の評価表

腐食環境 (架橋位置の自然環境に由来)								
抽出項目	選定項目	選定理由等	パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
				a良	b中	c悪		
桁下環境(河川・湖沼、道路・鉄道、公園・緑地、荒地)	桁下の湿度度合い(桁下が河川・湖沼等かそれ以外か)	架橋状況から定性的に評価可能	① 塩害地域区分	D	CⅢ	CⅡ以上 (BS,BⅠ,BⅡ,BⅢ,CS,CⅠ,CⅡ)	5	aを1、bを2、cを3点とする。 ①×5+②×2+③×3+④×4+I 全て【a良】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c悪】の場合:42点となる。 A良:20点以下 B中:21～27点 C悪:28点以上
飛来塩分量	塩害地域	定期点検調査から判定可能	② 降水量	大阪、姫路(2)、兵庫	滋賀(161以外)、福知山、京都、姫路(29)、奈良、和歌山(42以外)	福井、滋賀(161)、豊岡、和歌山(42)、紀南	2	
降水量	降水量の多い地域を事務所別・路線別で評価	気象庁の年平均降水量からデータ取得可能	③ 桁下状況	河川・湖沼等以外	—	河川・湖沼等	3	
日照量	—	環境特性として評価	④ その他の環境特性	腐食しづらい	中位	腐食しやすい	4	
湿度	—	桁下状況で評価	その他の環境特性例 ・塩害地域区分がDであるが、海水の影響(飛沫、汽水域等)を受ける ・通気性が悪く、湿気がある ・植生の繁茂が激しい ・路線橋であり、日常点検が困難 ・その他					
桁下・桁端部の湿度(桁下水面までの距離?)	桁下・桁端部の湿度度合(風通し含む)	湿気で評価(風通しは評価困難)						
架橋位置(山間部、市街地、河川、海峡)	全体的な環境特性(その他の評価項目で評価されない項目)	架橋位置やその他の要因で腐食しやすさが左右される。						
排水樹土砂詰り易さ(橋台背面が切土の場合、詰まり易い?)	—	腐食負荷で評価						
交差物件(OVがあるか)	—	環境特性として評価						
除雪車走行有無、除雪作業有無(冬期通行止め)	—	腐食負荷の凍結防止剤で評価	I 腐食環境の改善効果	表7.3.2.2参照			-1	

表 7.3.2.2 新設橋における腐食環境の改善を示す評価表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		a無し	b小	c中	d大		
①	風通し・点検性向上			対策4-1	対策4-1	1.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食環境向上による効果とする。
②	桁下空間の改善	改善なし	対策4-11	対策4-11	対策4-11	1.0	
		改善なし	対策4-20	対策4-20		1.0	
③	その他の腐食環境の改善	改善なし	改善効果小	改善効果中	改善効果大	1.0	

7. 3. 3 腐食負荷の評価と改善

新設橋の腐食負荷については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、腐食環境の改善効果があり、維持管理の視点から重要な評価項目を、橋梁毎に検討する。

【解説】

腐食負荷を『人が制御できる人工的負荷条件』と定義し、腐食に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出しているため、基本的には評価可能なパラメータ(評価項目)の抽出項目は2章と同様であるが、「腐食負荷の低減による効果」の指標を追加している。

基本的に、評価可能なパラメータは(評価項目)2章と同様であるが、表7.3.3.1に示すように、この項目に「腐食負荷の低減による効果」を追加し腐食負荷の低減を図る対策を実施した場合、その改善による効果をマトリックスに反映できるようにしている。

なお、2章で定義した「腐食負荷」に関するパラメータについては、基本的には負の要因であるため、改善による効果は正となるため、改善による効果の重みは-1(マイナス)としている。

新設橋においては、腐食負荷を低減する対策を実施することにより、表7.3.3.2に示すように構造・条件を変化させることが可能な項目が含まれていることから、改善により、評価基準を変更することができる。

表 7.3.3.1 新設橋に対する腐食負荷の評価表

腐食負荷 (人工的、人為的な要素)									
抽出項目	選定項目	選定理由等		パラメータ (評価項目)	評価基準			重み 係数	評価レベル
					a低	b中	c高		
伸縮装置を通過する 水量(水理解析)	—	解析を要するた め、現時点で判定 不可		① 伸縮装置への路面排水 負荷 (該当伸縮装置が受け 持つ橋面排水面積)÷ 当該範囲の排水樹個 数)	120m2以 下	120m2を超 え、200m2 未満	200m2以 上	2	aを1、bを2、cを3点とする。 ①×2+②×1+③×5+④×2 +⑤×2+⑥×2+Ⅱ 全て【a低】の場合:14点 全て【b中】の場合:28点 全て【c高】の場合:42点 となる。 1低:20点以下 2中:21～32点 3高:33点以上
降雨集水面積(幅 員、橋長)	—	—		② 合成勾配	3.5%以下	3.5%を超 え、 5%未満	5%以上	1	
路面勾配(縦横断)	合成勾配	急な場合は伸縮 装置へ路面水が 多く供給される。		③ 凍結防止剤散布量	大阪、兵 庫、和歌 山、紀南	京都、姫 路、奈良	福井、滋 賀、福知 山、豊岡	5	
排水樹 設置間隔	排水樹 個数	個数が少ないと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。		④ 大型車交通量(台/日) (上下分離の場合は1 ／2とする。)	3000未満	3000を超 え、 10,000未満	10,000以上	2	
舗装(粗度係数)	—	—		⑤ 排水樹土砂詰り状況 (対象範囲の全体樹数 に対する土砂詰り樹数 の割合)	0	5割未満	5割以上	2	
凍結防止剤散布量	維持作業の年平均散 布量	量の大小≒負荷		⑥ その他の腐食負荷	負荷が低 い	中位	負荷が高 い	2	
交通量	大型車交通量(セン サデータ)	量の大小≒負荷		その他の腐食負荷例 ・清掃頻度が高い ・清掃が容易 ・桁端に後付けの落橋防 止システムがあり、十分な 点検ができない ・その他					
路面清掃頻度(体制、 状況)	定期点検結果におけ る排水樹土砂詰りの 有無	土砂詰り樹が多い と伸縮装置へ路 面水が多く供給さ れる。							
橋梁規模(橋長、幅 員、面積)	当該桁端部に係る橋 面集水面積 橋の長さ×幅	面積が大きいと伸 縮装置へ路面水 が多く供給され る。							
排水装置が排水樹か 鋼製排水溝か	—	—							
				Ⅱ 腐食負荷の 低減効果	表 7.3.3.2参照			-1	

表 7.3.3.2 新設橋における腐食負荷の低減を示す評価表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		a無し	b小	c中	d大		
①	路面負荷の改善(樹の追加)	改善なし		120-200	120m以下	1.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食負荷改善によ る効果とする。
②	勾配の改善	改善なし		3.5-5%	3.5%以下	1.0	
③	高機能排水樹の採用 (大きさ・構造)	改善なし	対策6-15	対策6-15		1.0	
④	日常管理(水洗い対策)	実施なし	5年毎	3年毎	毎年	1.0	
⑤	橋面流入の調整	改善無なし	対策5-3	対策5-3		1.0	
⑥	その他の腐食負荷改善	改善無なし	改善効果 小	改善効果 中	改善効果 大	1.0	

7. 3. 4 耐食性能の評価と改善

新設橋の腐食耐性については、その構成因子から得られる評価レベルに基づき、維持管理の視点から橋梁毎に適切な評価項目について検討する。

【解説】

腐食耐性を『橋梁の持つ特性(腐食耐性)』と定義しているが、新設橋においては、腐食に対して効果があると考えられる腐食耐性向上工法を抽出し、評価可能なパラメータ(評価項目)を選定した。

新設橋においては、前節までに定義した腐食環境と腐食負荷の評価レベルが設定されるが、どのレベルで橋梁を管理するかにより、選択する工法が異なってくる。表 7.3.4.1 に、新設橋における腐食耐性の評価表を作成した。「腐食耐性」に関するパラメータについては、基本的には正の要因で、改善による効果も正となるため、改善による効果の重みは+1(プラス)としている。

また、その管理レベルに合わせて、表 7.3.4.1 改善により効果が期待できると考えられる工法（案）に示した工法から、実橋に適用できる工法を選定し、その効果の合計点で腐食耐性を評価することとした。

このため、腐食耐性の向上による効果を表 7.3.4.2 に示すように設定し、改善（工法）毎に配点を行った。また、改善による効果を細分化するため、重みは 0.5 刻みとしている。また、他の改善手法があれば、随時追加するのが良い。

ただし、同じ工法を選択しても、劣化・損傷のレベル、腐食環境、腐食負荷により効果は異なるため、基準値（a, b, c, d）は管理者の判断で変更しても良い。

表 7.3.4.1 新設橋に対する腐食耐性の評価表

腐食耐性 (橋梁の持つ特性)											
抽出項目	選定項目	選定理由等		パラメータ (評価項目)	評価基準				重み 係数	評価レベル	
					a標準	b良	c高	d優			
斜角	斜角	桁端部耐久性への影響が大きい	→	① 橋梁の斜角	60度未満	60度以上 75度未満	75度以上 85度未満	85度以上	1	aを1、bを2、cを3、dを4点とする。	
					② その他の腐食耐性	耐性が低い	中位	耐性が高い	—	1	①×3+②×2+③×3 +④×1+⑤×2+⑥×1 +Ⅲ
					その他の腐食耐性例 ・桁端の重防食 ・高い防水措置 ・排水の流末処理が不適切 ・その他						全て【a標準】の場合：12点 全て【b良】の場合：24点 全て【c高】の場合：36点 全て【d優】の場合：45点 となる。
					Ⅲ 腐食耐性の 向上効果	表 7.3.4.2参照				1	・α 標準：20点以下 ・β 良：21～28点 ・γ 優：29点以上

表 7.3.4.2 新設橋における腐食耐性向上を示す評価表

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		aなし	b小	c中	d大		
① 防食機能の向上(仕様選定)	対策なし	対策4-10	対策4-10			2.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食耐性向上による効果とする。
		重防食	重防食				
	対策なし		対策4-29	対策4-29		2.0	
			溶射	溶射			
② 防食機能の向上	対策なし	対策4-28	対策4-28			1.0	
	対策なし	対策4-31	対策4-31			1.0	
	対策なし	対策4-32				0.5	
	対策なし	対策5-1	対策5-1	対策5-1		1.0	
	対策なし	対策5-4	対策5-4			1.0	
③ 防食対策(止水板)	対策なし	対策4-5	対策4-5			1.0	
	対策なし	対策4-15	対策4-15			1.0	
	対策なし	対策5-12				0.5	
④ 防食対策(水抜き箱桁)	対策なし	対策4-6	対策4-6			0.5	
	対策なし	対策4-25	対策4-25			0.5	
	対策なし	対策4-26	対策4-26			0.5	
⑤ 防食対策(滞水対策)	対策なし		対策4-2	対策4-2		1.0	
	対策なし	対策4-8	対策4-8			1.0	
	対策なし	対策4-16				0.5	
	対策なし	対策4-17				1.0	
	対策なし	対策5-18				1.0	
	対策なし	対策5-19				1.0	
	対策なし	対策5-20	対策5-20			1.0	
	対策なし		対策6-4	対策6-4		1.0	
⑥ 防食対策(滞水対策橋脚)	対策なし	対策4-24	対策4-25			1.0	
⑦ 防食対策(滞水対策特殊橋梁)	対策なし	対策4-19	対策4-19			1.0	
⑧ 防食対策(滞水対策箱桁)	対策なし	対策4-7				0.5	
	対策なし	対策4-18				1.0	
	対策なし	対策4-22				0.5	
	対策なし	対策4-23				0.5	
	対策なし	対策4-27				1.0	
	対策なし	対策5-17	対策5-17			1.0	
⑨ 防食対策(本体)	対策なし	対策5-13	対策5-13			1.0	
	対策なし	対策5-14	対策5-14			0.5	
	対策なし	対策5-15	対策5-15			0.5	
	対策なし	対策5-16	対策5-16			0.5	
⑩ 防食対策(水切り)	対策なし	対策4-4	対策4-5			0.5	
	対策なし	対策5-8	対策5-8			1.0	
	対策なし	対策5-11	対策5-11			1.0	
⑪ 風通し・点検性向上	対策なし		対策4-1	対策4-1		1.0	
	対策なし		対策5-2	対策5-2		1.0	
⑫ 風通しの向上	対策なし	対策4-9	対策4-9			0.5	
	対策なし	対策4-21	対策4-21			0.5	
⑬ 橋面滞水防止	対策なし	対策5-5	対策5-5			1.0	
	対策なし	対策5-6	対策5-6			1.0	
	対策なし	対策5-7	対策5-7			1.0	
	対策なし	対策5-9	対策5-9			1.0	
	対策なし	対策5-10	対策5-10			0.5	
⑭ 支承防食機能の向上(仕様選定)	対策なし	対策6-1	対策6-1			1.0	
		塗装	塗装				
	対策なし	対策6-1	対策6-1			1.0	
		メッキ	メッキ				
	対策なし		対策6-1	対策6-1		1.0	
			溶射	溶射			

表 7.3.4.2 (つづき)

評価項目		改善による効果が期待できる評価値				重み係数	評価値
		aなし	b小	c中	d大		
⑮	支承防食機能の向上	対策なし	対策6-2			1.0	aを0、bを1、cを2点、dを3点とする。 評価値に重み係数を乗じた合計値が腐食耐性向上による効果とする。
⑯	伸縮装置止水性能向上	対策なし	対策6-6	対策6-6		0.5	
		対策なし	対策6-7	対策6-7		0.5	
		対策なし	対策6-8	対策6-8		0.5	
		対策なし	対策6-9	対策6-9		1.0	
		対策なし	対策6-10	対策6-10		1.0	
		対策なし	対策6-11	対策6-11		0.5	
		対策なし	対策6-12	対策6-12		1.0	
		対策なし	対策6-13	対策6-13		1.0	
		対策なし	対策6-14	対策6-14		0.5	
⑰	排水管の工夫	対策なし	対策6-18	対策6-18		0.5	
		対策なし	対策6-19	対策6-19		0.5	
⑱	排水管の流末処理	対策なし	対策6-20	対策6-20		0.5	
⑲	排水樹の工夫	対策なし	対策6-15	対策6-15		1.0	
		対策なし	対策6-15	対策6-16		1.0	
		対策なし		対策6-17		1.0	
㉔	その他 改善による工夫	対策なし	A	B	C	1.0	

7. 4 腐食マトリックスの適用と腐食耐性の改善法

前節までに示された腐食マトリックスの適用法に基づき、橋梁毎に得られる腐食環境、腐食負荷及び腐食耐性の評価レベルを制御して、橋梁毎に適切な腐食耐性の評価レベルを検討する。

7. 4. 1 腐食環境と腐食負荷の分類と評価

既設橋の点検や補修補強時に、腐食環境と腐食負荷及び腐食耐性の評価レベルを蓄積して、それらの評価レベルの閾値で分類することにより、必要な腐食耐性の評価レベルについて評価することが可能となる。

【解説】

近畿地方整備局内橋梁のうち、今回の分析に用いた損傷が著しい橋梁及び、健全橋梁 計 103 橋（鋼橋）について、提案した腐食環境、腐食負荷に対する評価を実施し、全 103 橋に対し現状の腐食環境、腐食負荷に関する分類を行った。また、103 橋に対して、腐食耐性も含めた分布を作成した。

1) 既設鋼橋における腐食環境と腐食負荷の分布図

103 橋を横軸に腐食環境、縦軸に腐食負荷の評価値を採りプロットした分布図を図 7.4.1.1 に示す。この図より、全般的に見て健全な橋梁は腐食負荷が低く腐食環境の良好な原点に近い側に分布しており、損傷が著しい橋梁は腐食負荷が高めで、腐食環境が悪い側に分布していることが分かる。

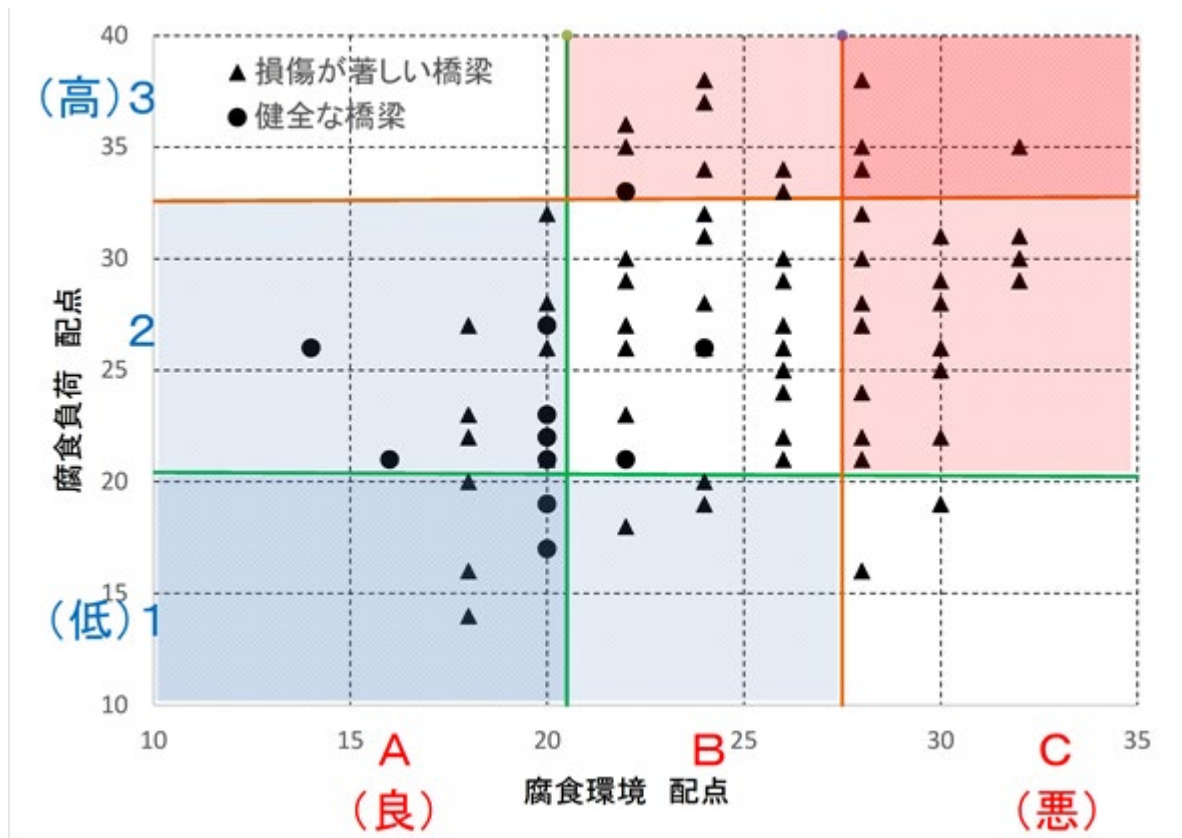


図 7.4.1.1 既設鋼橋における腐食環境・腐食負荷の分布図

しかしながら、縦軸、横軸とも広範囲に分布しているとも言える。

2) 現状の腐食耐性

図 7.4.1.2 には、図 7.4.1.1 を腐食耐性のグレード毎に分類して表示したものである。腐食耐性毎の分布形状に大きな差はなく、分類はある程度表現されている。

赤色の部分は改善を行う必要がある橋梁を示し、黄色の部分は改善が望まれる橋梁である。

赤色、黄色とも色が濃い方の優先順位が高く、腐食環境が C、腐食負荷が 3 の赤の濃い橋梁については改善が特に必要と考えられる。

腐食耐性が標準、腐食環境が劣悪で腐食負荷が高い箇所は対策工法選定時に標準工法より上位の工法を選ぶのが良い。改善が必要な優先順位は以下のとおりである。

★優先順位例 $C3\alpha > C2\alpha, B3\alpha > C3\beta, C1\alpha, B2\alpha, A3\alpha > C2\beta, B3\beta, B1\alpha, A2\alpha > C1\beta, A2\beta, A3\beta$

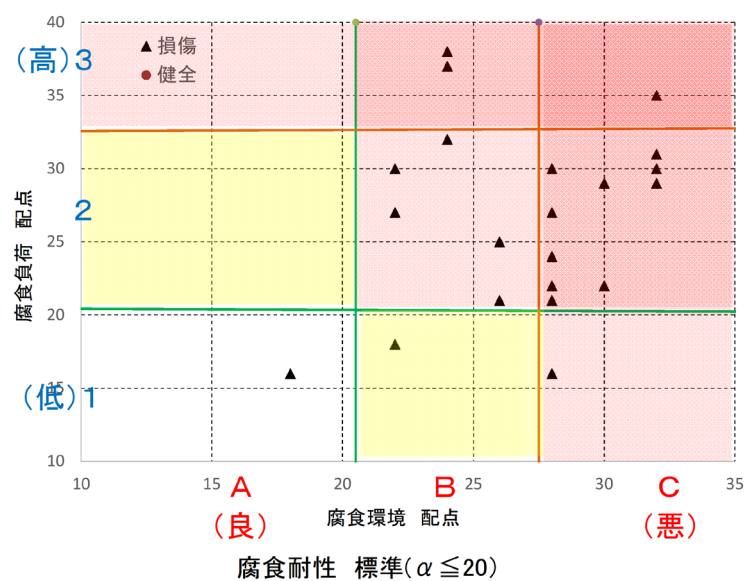
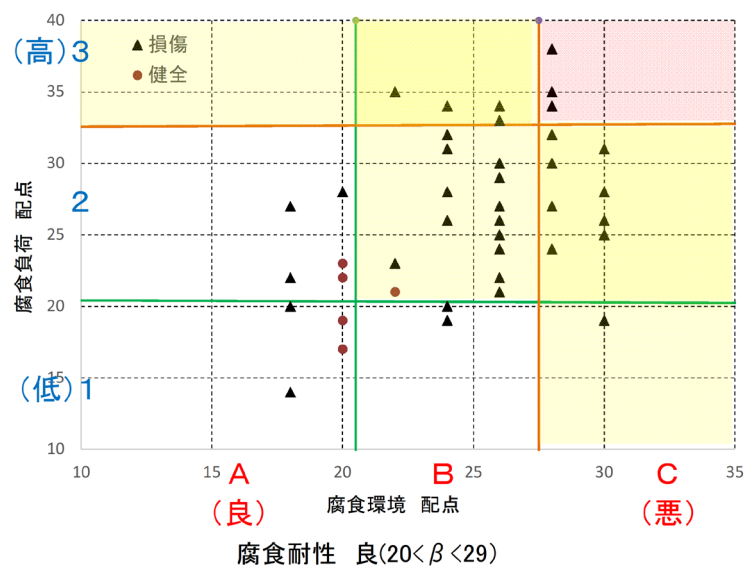
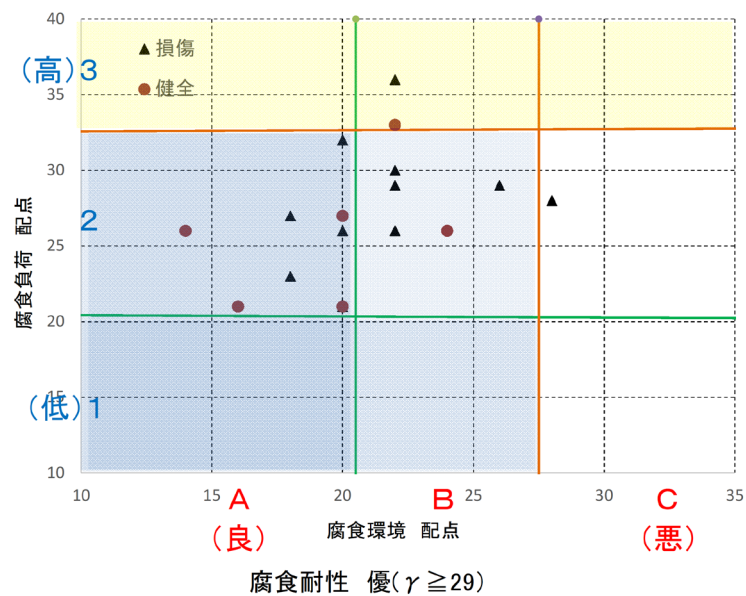


図 7. 4. 1. 2 既設鋼橋 103 橋における腐食耐性毎の腐食環境と腐食負荷の相関

既設橋においては、腐食マトリックスを適用して、腐食環境、腐食負荷及び腐食耐性の評価レベルを変化させて、適切な改善を行う。

評価項目		選択工法				評価点		
		aなし	b小	c中	d大	点数	重み係数	合計点
評価点		0.0	1.0	2.0	3.0			
①	防食機能の向上(仕様選定)				対策4-29	3.0	2.0	6.0
					溶射			
③	防食対策(止水板)			対策4-15		2.0	1.0	2.0
④	防食対策(水抜き箱桁)			対策4-6		2.0	0.5	1.0
⑫	支承防食機能の向上				対策6-1	3.0	1.0	3.0
					溶射			
合計								12.0

▲ 改善による各評価の効果

表 7.4.2.2 K-008 橋各評価の効果

	K-008		
	現況	改善後	改善の効果
環境	32.0	32.0	B→B
負荷	35.0	29.0	3→2
耐性	18.0	30.0	$\alpha \rightarrow \gamma$

◇K-022 橋の場合（仮定）

▲ 腐食負荷の低減

- 1) 排水装置への路面腐食負荷が大きかったため、排水柵清掃し、負荷を小さくした。

表 7.2.3.1⑤の低減対策を実施 配点 3 点×重み 2=6 点

- 2) 排水装置への路面腐食負荷が大きかったため、排水柵を若干増やし、負荷を小さくした。

表 7.2.3.1①の低減対策を実施 配点 3 点×重み 2=6 点

▲ 腐食耐性の向上

以下の工法を採用した。

対策 4-29、対策 4-15、対策 6-1、

以上の改善による評価点の変化を表 7.4.2.3 に示す。

表 7.4.2.3 K-022 橋腐食耐性の向上(評価点)

評価項目		選択工法				評価点		
		aなし	b小	c中	d大	点数	重み係数	合計点
評価点		0.0	1.0	2.0	3.0			
①	防食機能の向上(仕様選定)				対策4-29	3.0	2.0	6.0
					溶射			
③	防食対策(止水板)			対策4-15		2.0	1.0	2.0
④	防食対策(滞水対策)			対策4-8		2.0	1.0	2.0
⑫	支承防食機能の向上				対策6-1	3.0	1.0	3.0
					溶射			
合計								13.0

▲ 改善による各評価の効果

表 7.4.2.4 K-022 橋各評価の効果

	K-022		
	現況	改善後	改善の効果
環境	24.0	24.0	B→B
負荷	38.0	26.0	3→2
耐性	17.0	30.0	$\alpha \rightarrow \gamma$

★改善による効果のまとめ

K-008 については、改善前は腐食環境C、腐食負荷3、腐食耐性 α と赤色が最も濃い色であったが、下記の改善により、腐食負荷は2に、腐食耐性は γ と大きく改善した。

K-022 については、改善前は腐食環境B、腐食負荷3、腐食耐性 α と薄い赤色であったが、下記の改善により、腐食負荷は2、腐食耐性は γ と改善している。

ただし、腐食環境の改善は難しく、既設橋については、腐食耐性をいかに改善するかが、大きな耐腐食性向上の要因となる。

改善による座標値の変化を図7.4.2.1に示す。

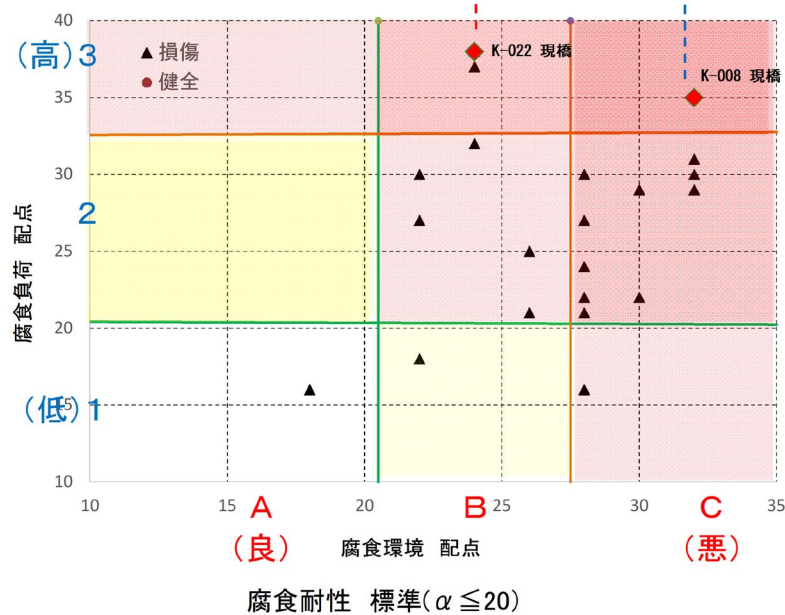
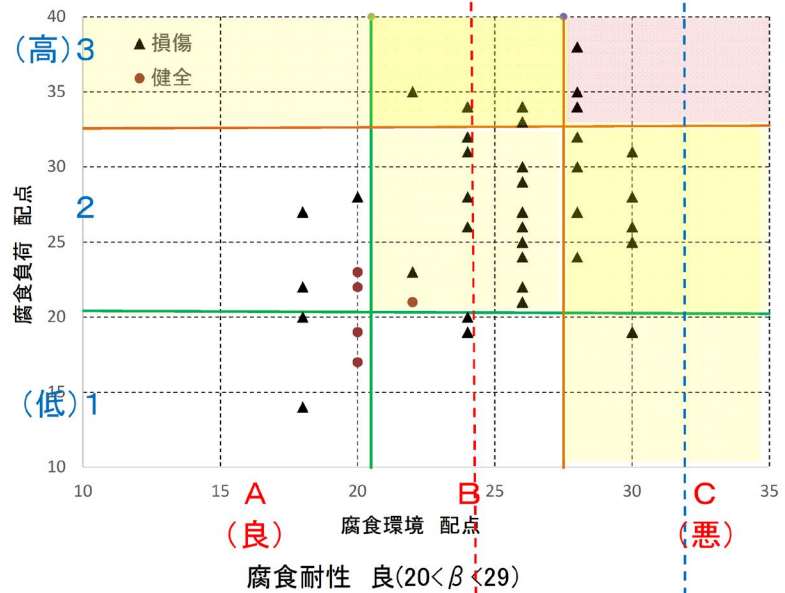
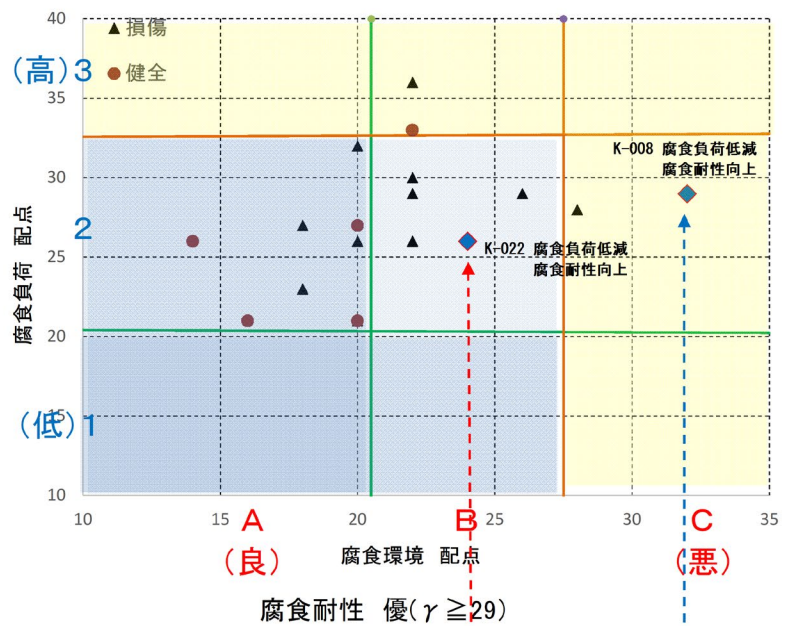


図 7.4.2.1 既設橋における改善のイメージ

7. 4. 3 新設橋への適用と改善法

新設橋においては、腐食マトリックスを適用して、維持管理の視点から、腐食環境、腐食負荷及び腐食耐性の評価レベルを適切に選択し、標準案に加えて改善が必要な場合は、効果的な評価項目から適正な構造と工法を検討する。

【解説】

新設橋においては、環境と負荷が定義されるが、どのレベルで橋梁を管理するかにより、選択する工法が異なってくる。

新設橋では目標とする腐食耐性のグレードを設定する必要があるが、解説に新設橋における腐食マトリックスの実橋への適用と改善のイメージを示す。

新設橋についての腐食環境、腐食負荷、腐食耐性の改善例を下記に示すが、既設橋に比べると対策費用増とLCCとの比較は必要となるが、改善手法の選択の範疇は大きくなる。新設橋は、腐食環境に対して、立地条件、環境条件に関する制約は受けるが、桁端部での作業空間確保、支承を高くし桁下空間を確保、H.W.L.に対して十分な余裕を確保するなど、設計段階での構造形状の変更により、改善は可能となる。腐食負荷についても、排水桝の増加、設計上の勾配を改良、高機能排水桝の採用などの採用が実施できる。腐食耐性の向上については、設計の初期段階であることから、多くの対策工法の採用を行うことができることになる。しかし、対策工法の選定においては、立地条件、橋梁の形式、構造の特徴、対策工法の特性、改善効果を十分理解した上で、総合的な判断を行うことが重要となる。

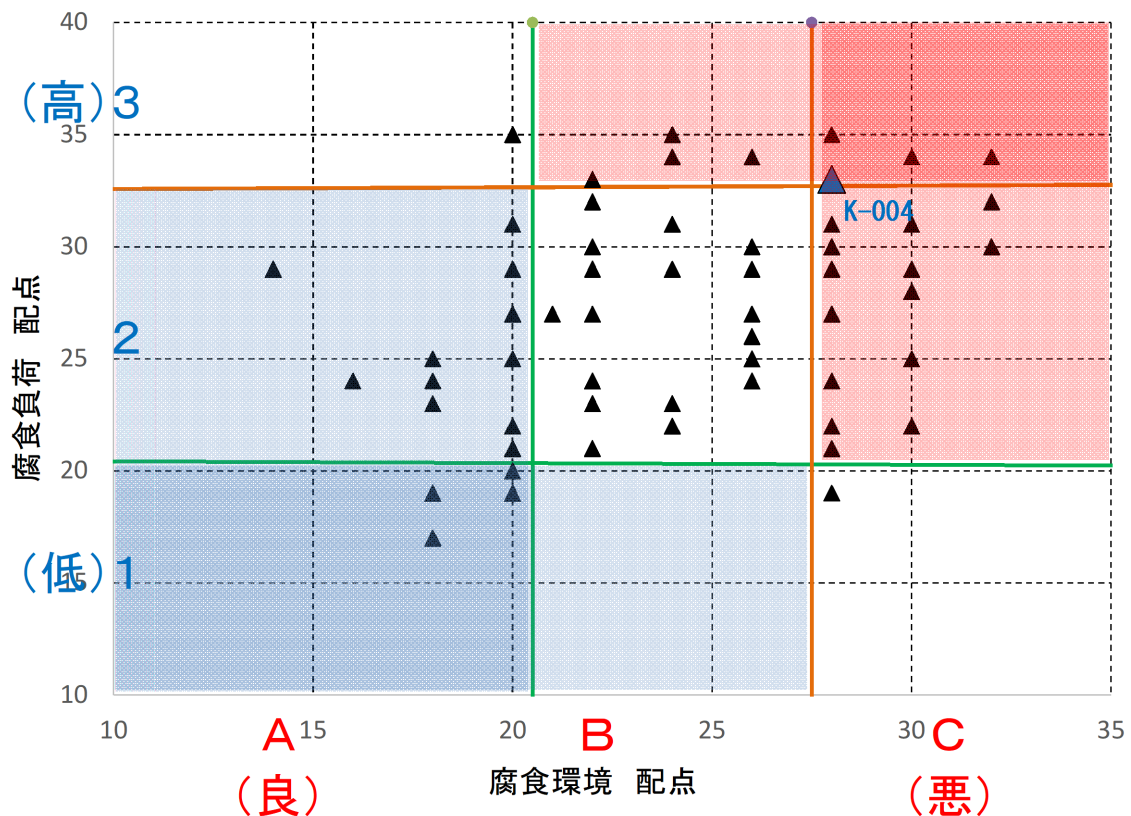


図-7.4.3.1 新設橋における腐食環境、腐食負荷の分布図

以上を踏まえ、改善による効果のイメージを以下に示す。

図 7.4.3.2 は、図 7.4.3.1 を腐食耐性のグレード毎に分類して表示したものである。また後述の改善による効果も示している。

全て標準工法で橋梁を架設する場合には、腐食環境、腐食負荷も現状で、腐食耐性は標準であることから、すべて最下段の腐食耐性「標準α」に分類される。この場合、腐食環境が良好で、腐食負荷が低い場合は標準工法で問題ないが、腐食環境が悪く、腐食負荷が高い場合には、腐食耐性向上させる工法を採用する必要がある。

採用した腐食耐性の向上手法とその効果の例を以下に示す。

■腐食環境と腐食負荷の改善

◇K-004 橋を用いて改善を行うと仮定した。

★ 改善例 1（腐食環境、腐食負荷の改善）

▲ 腐食環境の改善

- 1) 桁端部に作業空間を確保することで、風通しを良くした。

対策 4-1 を実施 配点 3 点×重み 1=3 点

- 2) 支承を高くし、桁下空間を確保した。

対策 4-11 を実施 配点 2 点×重み 1=2 点

- 3) H.W.L に対して、十分な余裕を確保した。

対策 4-20 を実施 配点 2 点×重み 1=2 点

▲ 腐食負荷の低減

- 1) 排水装置への路面腐食負荷が大きかったため、排水柵を増やし負荷を小さくした。

表 7.3.3.1①の低減対策 配点 1 点×重み 2=2 点

- 2) 設計上の勾配を若干改善した。（勾配：2 点×1=2 点）

表 7.3.3.2②の低減対策 配点 2 点×重み 1=2 点

- 3) 集水を考え、高機能排水柵を採用した。（対 6-15：2 点×1=2 点）

対策 6-15 を実施 配点 2 点×重み 1=2 点

★ 改善例 2（腐食耐性による改善）

▲ 腐食耐性の向上

以下の各工法の採用を決定した。

対策 4-29、対策 4-5、対策 4-8、対策 4-25、対策 4-26、対策 4-19、対策 6-2、対策 6-6、対策 6-7、
対策 6-8、対策 6-9、対策 6-11、対策 6-16、対策 6-17、対策 6-20

新設橋における腐食耐性の評価点の基準点は、表 7.2.4.1 既設橋に対する腐食耐性の評価表内で最低評価をした場合の合計点 12 点とする。

表 7.4.3.1 腐食耐性向上(評価点)

評価項目		選択工法				評価点		
		aなし	b小	c中	d大	点数	重み係数	合計点
評価点		0.0	1.0	2.0	3.0			
①	防食機能の向上(仕様選定)				対4-29	3.0	2.0	6.0
					溶射			
③	防食対策(止水板)			対4-5		2.0	1.0	2.0
④	防食対策(水抜き箱桁)		対4-25			1.0	0.5	0.5
			対4-26			1.0	0.5	0.5
⑤	防食対策(滞水対策)		対4-8			1.0	1.0	1.0
⑦	防食対策(滞水対策特殊橋梁)			対4-19		2.0	1.0	2.0
⑬	支承防食機能の向上		対6-2			1.0	1.0	1.0
⑭	伸縮装置止水性能向上			対6-6		2.0	0.5	1.0
			対6-7			1.0	0.5	0.5
				対6-8		2.0	0.5	1.0
			対6-9			1.0	1.0	1.0
			対6-11			1.0	0.5	0.5
⑯	排水管の流末処処理		対6-20			1.0	0.5	0.5
⑰	排水樹の工夫			対6-16		2.0	1.0	2.0
				対6-17		2.0	1.0	2.0
合計								21.5

▲ 改善による各評価の効果

表 7.4.3.2 K-004 橋各評価の効果

	K-004		
	現況	改善後	改善の効果
環境	28.0	21.0	C→B
負荷	33.0	27.0	3→2
耐性	※12.0	33.5	$\alpha \rightarrow \gamma$

※印は対策を行わない場合の基準として仮定した。

★改善による効果

標準設計では、C4 橋は、腐食環境C、腐食負荷3、腐食耐性 α と赤色が最も濃い色であったが、腐食環境、腐食負荷の改善により、腐食環境B、腐食負荷2と平面内での改善がみられた。

次に、腐食耐性の向上により、腐食環境、腐食負荷は現状のままであるが、腐食耐性は γ まで向上した。

さらに、両者の改善を同時に実施すると、腐食環境B、腐食負荷2、腐食耐性 γ と、すべてに改善が見られ、長期的に腐食への抵抗が期待できる改善となった。

注) この改善のイメージについては、机上での仮定によるものであり、実橋に適用できるかは明確ではない。また、腐食環境、腐食負荷の改善についても述べているが、実際には難しい事例が多いことが予想される。このため、腐食耐性を向上させる手法の適用が最も有効な手段になると推測できる。

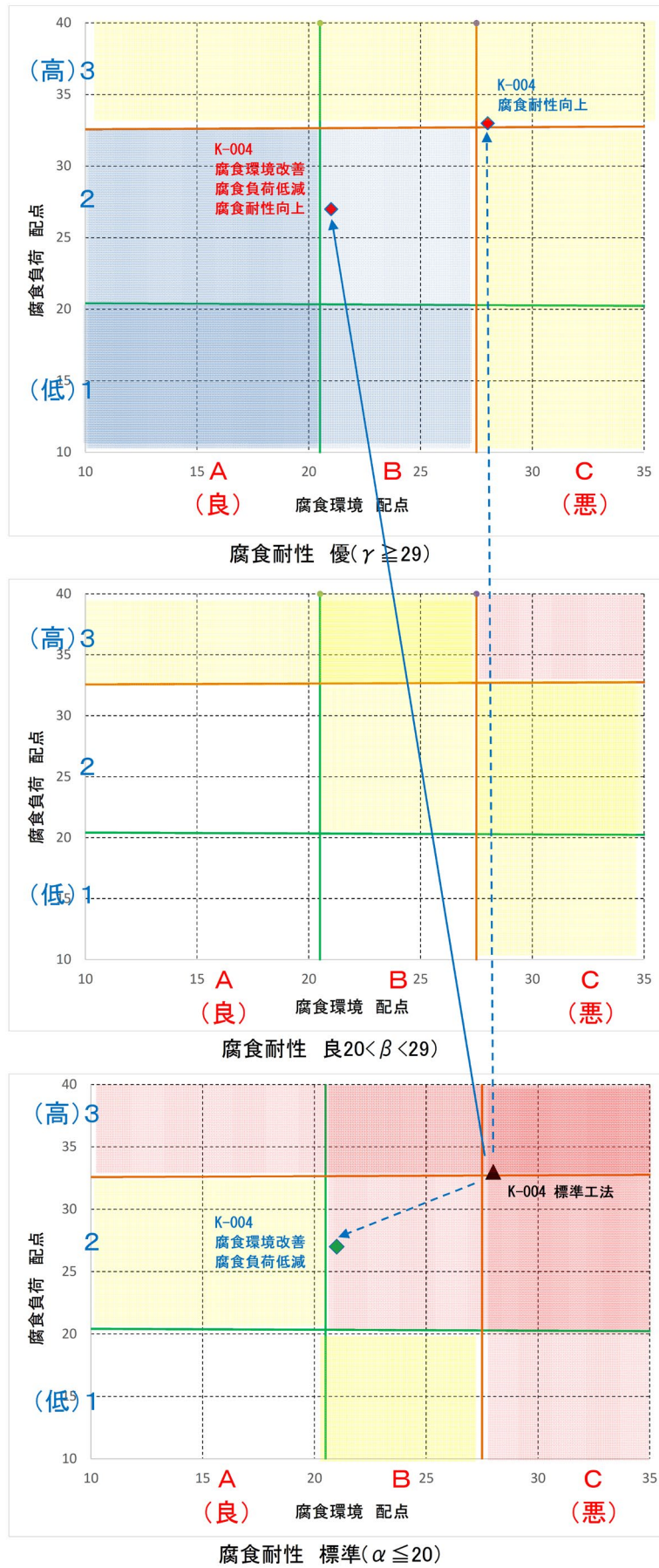


図 7.4.3.2 腐食耐性向上のイメージ図

7. 5 データの蓄積と腐食マトリックスの精度向上

今後、腐食マトリックスの精度を向上させていくためには、より多くの既設橋梁に対する、データの整理・蓄積が必要であり、実施した各種対策工法に対する施工後のモニタリングにより工法の有効性について評価を行い、本技術標準（案）を改訂する。

【解説】

技術標準（案）に示された腐食マトリックスの精度を向上させるためには、さらに数多くの既設橋の分析と、ここに示された、腐食耐性向上を目的とした対策が、十分な役割や機能を果たしているかどうかを確認するため、施工完了後においてもモニタリングを行い、その有効性を評価していく必要がある。

また、それらを行うことで、腐食マトリックスの評価項目・評価基準・重み係数などの見直しを行い、既設橋の腐食損傷に対する対策工法の選定ができるよう、腐食マトリックスの精度向上を図っていく必要がある。

第8章 継続的データ収集と技術標準の見直し

8. 1 継続的なデータ収集と分析

本技術標準（案）の第1章～第7章では、橋梁の耐久性を損なう損傷が主に水に起因するものであることを鑑みて、橋梁の排水構造に関し、既設橋梁の補修補強及び新設橋の設計・施工時に配慮すべき水に対する対処方法について記したが、これらの方法が適切に機能しているかどうかは、適用された対策工法について、点検データを基に管理者が継続的にデータ収集を行い、評価分析を行う。

【解説】

前章までに、水に起因する劣化・損傷に対する構造細目の改良・改善や、劣化・損傷の進展を防止する対策工法を提案し、工法の選定は、腐食環境、腐食負荷、目標とする腐食耐性により使い分けを行っていくことを示したが、選択した工法や手法が適切に機能を発揮しているかどうかを確認し、より効果のある改善方法を見出していくためには、継続的にデータ収集を行い評価・分析していくことが重要である。そして、その評価・分析結果に基づいて、対策工法の再検討を行い、新たな課題が見つければ、本技術標準（案）の見直しや追加を行うことが重要である。

8. 2 収集データの評価と技術標準の改訂

収集されたデータはその都度分析、評価することにより、常に技術標準（案）の見直しを行い、常時、改良・改訂されるサイクルを作り上げる。

【解説】

ここで示した技術標準（案）は、一旦、作成してしまうと、それで完了するものではなく、PDCAのサイクルを回し、常に改良・改訂されるサイクルを作り上げるとともに、常に最新の技術を導入でき、より効果のある対策工法を盛り込むようなシステムとしていくことが重要である。

おわりに

本技術標準（案）は、新都市社会技術融合創造研究会「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術開発研究」プロジェクト（平成 25～27 年度）でまとめた「橋梁における雨水排水対策手引き（案）」に基づき、同「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」プロジェクト（平成 28～30 年度）において、まとめることができたものである。近畿地方整備局が管理する橋梁の点検調書に基づき、腐食損傷が見られる橋梁を対象に、腐食要因分析を行うと共に、腐食損傷の見られない橋梁にも目を向け、両者の腐食環境や腐食負荷の違いについても考察を行って、個々の橋梁の腐食耐性を向上させる考え方と方法を提示することができた。

これを可能としたのは、腐食環境、腐食負荷、ならびに腐食耐性の 3 成分からなる腐食マトリックスを提案し、それを使えるようにするために上述の 3 成分の評価指標を作成できたことにあるが、膨大な点検調書の整理分析や腐食対策事例集の収集などの、成果の土台となる地道な作業を粘り強く続けた構成員の努力に負うところが大きい。また、腐食耐性の向上に特化した試験施工や散水実験を行えたことは、産官学連携を象徴する「見える」取り組みであり、新都市社会技術融合創造研究会ならではの成果といえることができる。

技術標準（案）という成果は、近畿地方整備局、橋梁調査会、主として日本橋梁建設協会から成る鋼橋WG、主としてPC建設協会から成るコンクリート橋WG、主として日本ジョイント協会から成る排水WG、さらに日本建設コンサルタンツ協会から成る設計WGを構成する技術者はもちろん、研究会の運営と成果のとりまとめに腐心いただいた災害科学研究所から成る幹事団の努力に負うところが大きい。ここに、深く感謝の意を表したい。

技術標準（案）の提示を持って、本プロジェクトは終了するが、技術標準（案）はこれから活用されるものである。腐食損傷事例は予測できるものが増える一方ではあるが、損傷した橋梁の腐食環境や腐食負荷、腐食耐性は様々である。腐食マトリックスの適用を通して、その 3 成分における評価項目や評価指標のさらなる改善が求められる。実務で使えるだけでなく、個々の橋梁の腐食耐性を効果的に向上させる強力な武器として、本技術標準（案）を育て、既設橋だけでなく新設橋の超長寿命化への実現に繋がることを期待するものである。

新都市社会技術融合創造研究会「橋梁の耐久性向上に資する排水構造と排水設備に関する技術標準の策定」プロジェクトリーダー

奈良 敬
廣畑 幹人