

橋梁修繕マニュアル

滋賀県 土木交通部 道路保全課

令和4年3月

目次

1.概要	1
1.1 目的	1
1.2 適用の範囲	2
1.3 修繕・補強の定義	2
1.4 修繕の基本	4
1.5 メンテナンスサイクルの構築	5
2.修繕設計	6
2.1 設計の流れ	6
2.2 資料収集・現地踏査	9
2.3 現地調査	10
2.4 詳細調査	11
2.5 修繕要否判定	28
2.6 修繕工法検討	39
2.7 修繕設計	40
2.8 関連図書及び出典	41
3.修繕工法	43
3.1 施工管理等基準	43
3.2 コンクリート部材	44
3.2.1 ひび割れ注工	45
3.2.2 ひび割れ充填工	50
3.2.3 断面修復工	52
3.2.4 表面保護工	56
3.2.5 グラウト再注工	72
3.2.6 外ケーブル工	77
3.2.7 電気防食工	83
3.2.8 ゲルバーヒンジ部修繕工	84
3.3 鋼部材	87
3.3.1 塗装塗替え工	90
3.3.2 ストップホール工	103
3.3.3 当て板修繕工	104
3.3.4 部材取替え工	105
3.4 その他部材	106
3.4.1 支承	106
3.4.2 伸縮装置	119
3.4.3 橋面防水	128
3.4.4 高欄・防護柵	136

1.概要

1.1 目的

本マニュアルは、滋賀県が管理する橋梁について、適切に保全し長寿命化を実現していくことを目的として、橋梁の修繕設計の実施において必要となる「現地調査」、「修繕要否判定」、「修繕工法検討」、「修繕設計」に関してとりまとめたものである。

【解説】

滋賀県の管理する橋梁は約3,050橋あり、建設後50年を経過した橋梁数の割合は図-1.1.1に示すとおり現時点で全体の39%であり、10年後は58%に、20年後は78%に達し、急速に高齢化橋梁の割合が増大することになる。

このため、滋賀県では、従来の事後的な修繕及び架替えから予防的な修繕及び計画的な架替えへと円滑な展開を図ることにより、幹線道路ネットワークの安全性・信頼性の確保と橋梁のライフサイクルコストの縮減を図ることを目的とした道路橋の長寿命化修繕計画を策定し、計画的な修繕・点検を行っているところである。

しかしながら、道路橋の修繕に関する道路橋補修便覧(昭和54年2月 日本道路協会)は発刊より約40年が経過しており、最新の修繕工法について網羅されたものとなっておらず、また、道路橋の修繕に関する技術資料も多岐に及んでおり、その基準の適用にあたっては煩雑な状況にあるため、滋賀県における統一的な修繕マニュアルの策定が望まれている状況にある。

このため、本マニュアルは、滋賀県が管理する橋梁について、適切に保全し長寿命化を実現していくことを目的として、橋梁の修繕設計の実施において必要となる「現地調査」、「修繕要否判定」、「修繕工法検討」、「修繕設計」に関してとりまとめたものである。

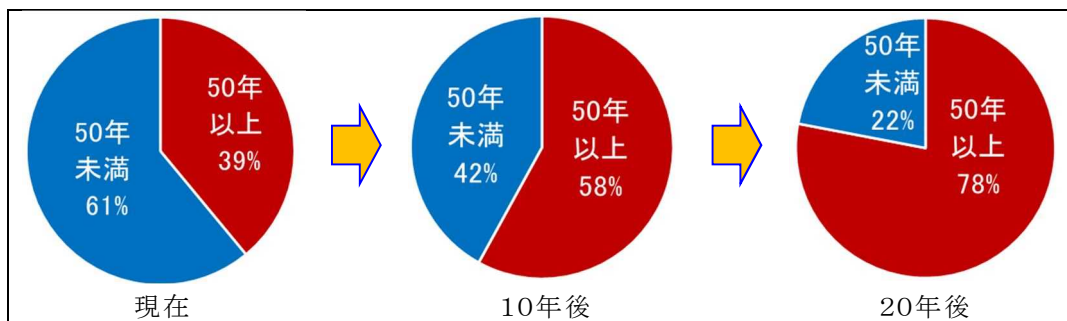


図-1.1.1 今後の管理橋梁数全体に占める高齢化橋梁数の割合

1.2 適用の範囲

本マニュアルは、定期点検結果を受けて策定された「橋梁の長寿命化修繕計画」に基づいて実施する「修繕設計」を行う際の参考となるマニュアルである。

【解説】

本マニュアルは、橋梁点検・診断結果から修繕が必要と判断された橋梁について、現地調査から修繕設計に至る過程で適用可能なマニュアル(参考書)として、既往の各種技術資料の要点や、滋賀県の統一的な運用方針を取りまとめたものである。

本マニュアルの内容は、損傷要因の推定、詳細調査の選定・実施・評価、対策工法の選定の目安、修繕設計等の要点について網羅的に概要をとりまとめ、詳細については参考となる技術資料を列挙しているので、適宜参照するとよい。

一方、橋梁の損傷状況は、橋梁の構造形式及び交通量、供用年数、周辺環境等によって千差万別であり、実際の修繕設計にあたっては、本マニュアルを参照した上で個々の橋梁の状況に応じた適切な対策の実施に向け、十分な検討を行う必要がある。また、機械的に本マニュアルを適用して業務を進めることは、マニュアルで網羅されてない事象の見落とし等につながるおそれもある。このため、本マニュアルは修繕設計を進める際の補助的な参考資料と位置付け、技術者らが自ら判断することの重要性についても十分認識し、本マニュアルを活用する必要がある。

1.3 修繕・補強の定義

【修繕(補修)】

第三者への影響の除去あるいは美観や耐久性の回復もしくは向上を目的とした対策。

【補強】

供用開始時に構造物が保有していたよりも高い性能まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能を向上させるための対策。¹⁾

【解説】

構造物や部材の耐力や剛性等の力学的な性能に関して、劣化や損傷等で低下した性能を、供用開始時に保有していた性能レベルまで回復する場合は修繕、供用開始時に保有していた性能レベルより向上させる場合は補強と定義した(図-1.3.1)。一方、耐久性や第三者影響度に関し、これらの要求性能が満足されない場合に実施される対策については、供用開始時に保有していた程度までの回復、もしくはそれを上回る水準までの向上を含め、全て修繕と定義した。¹⁾

例えば、床版更新及び支承更新は、修繕。床版活荷重補強、耐震補強は、補強とし、橋梁修繕では補強を行わない。

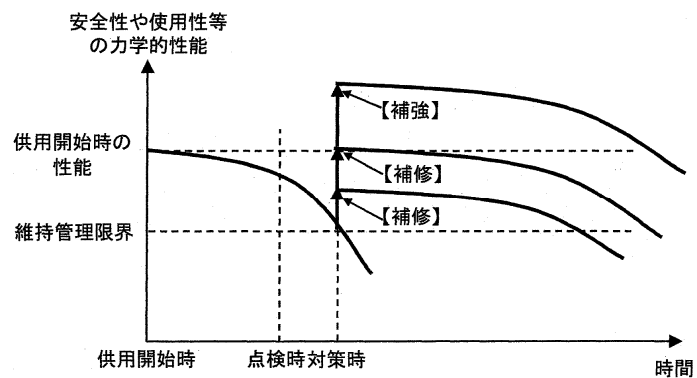


図-1.3.1 力学的な性能に対する修繕(補修)及び補強の定義¹⁾

< 出典 >

1) (公社)土木学会:2013年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]、平成25年10月

1.4 修繕の基本

- (1) 橋梁定期点検で対策が必要と判定された橋梁は、対策を施すことにより健全性を確保する。
- (2) 対策を施す橋梁は、定期点検において橋単位で判定された健全性を基に決定する。

表-1.4.1 橋単位の判定区分

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

- (3) 対策を施す損傷は、定期点検において部材・損傷形態単位で判定された対策区分を基に決定する。

表-1.4.2 部材単位の対策区分

判定区分	判定の内容
A	変状が認められないか、変状が軽微で修繕を行う必要がない
B	状況に応じて修繕を行う必要がある
C1	予防保全の観点から、速やかに修繕等を行う必要がある
C2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに修繕等を行う必要がある
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある
E2	その他、緊急対応の必要がある
M	維持工事に対応する必要がある
S1	詳細調査の必要がある
S2	追跡調査の必要がある

【解説】

(1) 要対策橋梁は、道路交通の安全性を確保するために修繕を行う。これは、メンテナンスサイクルを確立させることにより、繰返し実施されることになる。修繕の繰返しのみでは所定の健全性(性能)確保が困難となった場合は、更新も含めて検討する必要がある。

なお、更新とする場合や重大な変状に関する修繕が必要となる場合は、道路保全課と協議を行うこと。

(2) 表-1.4.1に示した橋単位の健全性の判定区分は、橋単位で対策を施す場合の基準を示したものである。

(3) 同一橋梁の中には程度の異なる損傷があり、部材・部位の役割や重要度によって種々の対策区分が設定されている。要対策となっている変状については、全て対応することが理想であるが、費用や効果を考慮すると必ずしも効率的とはならないため、部材・損傷形態単位での対策を施す目安を表-1.4.2に示した。

対策区分がA、Bの変状対策は、直ちに修繕するほどではないことから、個々の部材や変状がおかれた状況に応じて個別に判断する。なお、対策区分がC1、C2、E1、E2の変状対策に必要な仮設が共用できる場合は修繕対象にするとよい。

対策区分がMの変状対策は、維持工事に対応するものであるが、土砂詰りや漏水・滞水が生じやすい等の構造的な欠陥がある場合は、修繕工事で同時に改良することが望ましい。

1.5 メンテナンスサイクルの構築

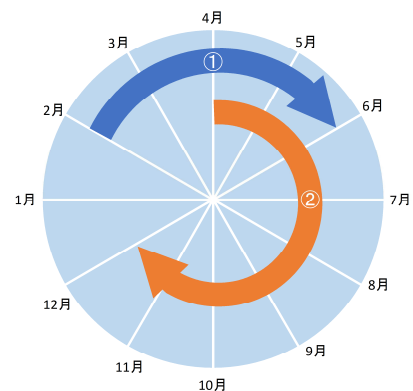
点検、修繕の結果は、道路施設データベースシステムに登録する。

【解説】

損傷橋梁の健全度、措置時期、措置内容などの正確な情報蓄積のため、データベース内の登録データの過不足確認等を定期的に行うこととする。これにより、道路施設の把握とメンテナンスサイクルを構築する。

これは、修繕後の再劣化や他の損傷が生じた場合に、過去の修繕履歴を踏まえた適切な措置の検討を確保するものである。

データベースへの重点的な登録期間は、図-1.5.1に示す。



①新設・撤去施設、修繕設計、竣工図などを登録

②定期点検結果の登録

※基本的には、①②は通年で可能

図-1.5.1 重点的に登録する期間

2.修繕設計

2.1 設計の流れ

- (1) 修繕に際しては、詳細設計を行うものとする。
- (2) 修繕設計は、現地調査を行い、必要に応じて詳細調査により損傷要因を特定した上で対策を検討する。
- (3) 修繕設計は、工事の積算に必要な資料を作成する。
- (4) 修繕設計は、施工時に予想される懸念事項等を図面に表示する。
- (5) 必要に応じて関係機関との協議を行う。

【解説】

- (1) 修繕設計業務の一般的な流れは、**図-2.1.1**に示すとおりである。

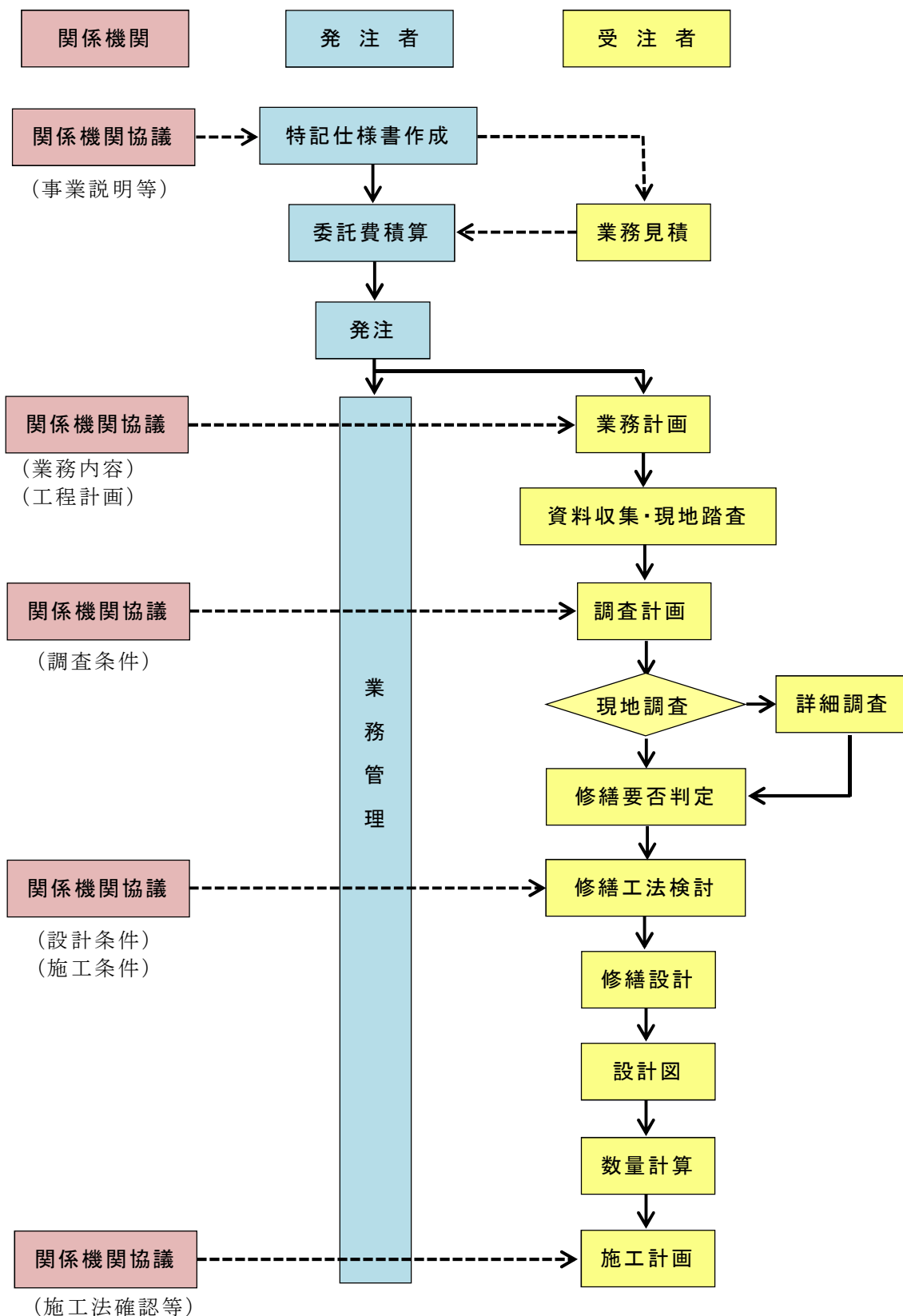


図-2.1.1 修繕設計業務の流れ

(2) 修繕設計においては、損傷要因に応じた修繕工法を選定する必要がある。この選定を誤ると十分な効果が発揮できないばかりか、劣化を早める結果を招く場合があるため、損傷要因の特定を行わなければならない。

損傷要因の特定は、目視のみでも可能な場合があるが詳細調査が必要となる場合もあるため、個々の状況に応じて対応する必要がある。現在の技術では要因の特定に至らない場合も考えられるが、その場合でも最も可能性の高い要因を推定する必要がある。

なお、定期点検で対策区分がS1と判定された変状についても、修繕設計業務で詳細調査を実施し、対策区分を再判定する必要がある。

(3) 修繕設計の成果は、設計図及び数量計算、積算に必要な仮設計画や施工方法についても示さなければならない。

やむを得ず設計業務の時点で施工条件が確定できない場合は、想定によってもよいが、図面等には想定であることを明記しなければならない。

(4) 既設橋梁の現地調査は、知り得る情報に限界があるため、修繕工事では予想外のトラブルが発生することも珍しくない。詳細な確認が不十分な状態で修繕設計を行わざるを得ない場合は、予想されるトラブル等の懸念事項を図面に表示し、施工者に確実に伝えるのがよい。

(5) 橋梁は、管理者が異なる交差物上に架橋されていることが多く、修繕工事を実施する際にはこれらの関係機関との協議が必要となる。関係機関協議の実施時期は、設計完了後に協議を行うと協議結果によって仮設計画等の前提条件が変更となり大きな手直しが必要となる場合も考えられるため、業務の節目で行うのが望ましい。

設計業務における現地踏査や現地調査時においても、関係機関とのトラブルを避ける意味でも協議を行うこととする。

特に、跨道橋や跨線橋は、協議に時間を要することも考えられ、費用も高くなることから道路保全課と協議を行うこと。

2.2 資料収集・現地踏査

- (1) 修繕設計に際しては、必要な資料を収集する。
- (2) 現地踏査による現地状況の把握を受注者に指導する。

【解説】

(1) 修繕設計に必要な資料は、多岐にわたるため一括で収集できることはむしろまれである。そのため資料収集は、段階的とならざるを得ないが、以下に示すような資料は業務発注以前に揃えておくことが望ましい。

- ・ 橋梁諸元
- ・ 点検結果
- ・ 竣工図

次に、以下に示す項目等に関する資料は、現地踏査で確認されるケースも多い。ただし、あらかじめ把握できている場合は、業務発注前に収集しておくことが望ましい。

- ・ 架空線、添加物、埋設物等の占有物件
- ・ 過去の調査試験記録(コア採取跡、ひび割れ幅計測用のピン等)
- ・ 過去の修繕・補強記録(修繕・補強の痕跡)
- ・ 不法に占拠している配管、配線や係留船等
- ・ 漁業権
- ・ 農業用取水施設
- ・ 樋管

(2) 現地踏査は、修繕設計業務における最初の現地確認作業であり、その後の現地調査等に必要な現地の情報を把握するためのものであるため、以下の事項を受注者に指導するのがよい。

- 1) 現地踏査においては、主要な状況を写真に撮影し、その結果を現地踏査記録としてまとめること。
- 2) 収集が必要となる資料のうち、現地踏査を行うことにより判明することが多い事例を前項に示したが、この場合は、資料収集先についても可能な限り現地で確認するのがよい。例えば漁業権等は、連絡先が示された看板があることが多い。その他の影響を及ぼすと考えられる施設については、近隣の住民に尋ねる等の方法がある。ただし、近隣住民に尋ねることの可否について受注者に連絡しておくこと。
- 3) 民地内に入る必要がある場合は、必ず地権者の同意を得ること。地権者から業務内容の説明を求められる場合があるので、身分証明書を携帯し行政情報の伝え方をあらかじめ受注者に指示しておくこと。
- 4) 現地踏査において確認すべき事項の例は、次のとおりである。

- ・ 対象橋梁の周辺状況(民家、商店の有無、地形等)
- ・ 交通状況(大型車交通、歩行者、概ねの交通量)
- ・ 前後の道路線形(平面曲線、縦断勾配)や交差点の有無
- ・ 桁下の状況と進入方法(調査時、施工時)
- ・ 対象となる変状の状況(点検結果との対比、変状の種類・程度・範囲)
- ・ 想定された接近方法の可否(橋梁点検車の進入や据付けの可否)
- ・ 想定された詳細調査方法の可否(試料採取箇所の状態、試験機器の設置等)
- ・ 調査用車両の待機場所
- ・ 修繕工事における資材ヤード等の有無
- ・ 協議が必要となる関係機関

2.3 現地調査

- (1) 現地調査に際しては、実施前に調査実施計画の立案を受注者に指示する。
- (2) 現地調査は、必要に応じて形状寸法計測を行う。
- (3) 現地調査は、損傷形態・程度(幅、深さ等)・範囲(延長、面積等)を記録する。

【解説】

(1) 受注者に対して、既存資料及び現地踏査結果を基に必要な作業、接近方法、桁下への進入方法、機材・機器、要員、工程計画、交通規制の有無、安全管理計画、連絡体制等調査実施計画の立案を指示する。

作業内容や交通規制等によっては、関係機関と協議しなければ調査実施計画が立案できない場合もあるので注意する。

(2) 既存資料から構造寸法が確認できない場合は、修繕設計に必要な形状寸法の計測を行う。

(3) 現地調査では、修繕の対象となる損傷形態(損傷の種類)を確認し、施工数量を算出するための損傷程度や範囲を計測する。

代表的な損傷形態に対する計測項目は、表-2.3.1に示すとおりである。

表-2.3.1 代表的な損傷形態(損傷の種類)の計測項目

損傷形態	計測項目
防食機能の劣化、腐食	損傷範囲(形状寸法等)
亀裂	亀裂の延長及び亀裂幅
ひび割れ	ひび割れ延長及びひび割れ幅
剥離・鉄筋露出	損傷範囲(形状寸法)、深さ
漏水・遊離石灰	損傷範囲(形状寸法)
うき	損傷範囲(形状寸法)

2.4 詳細調査

- (1) 詳細調査に際しては、実施前に調査実施計画の立案を受注者に指示する。
- (2) 損傷要因は、詳細調査の結果を基に特定する。
- (3) コア採取等の試料採取箇所は、現況復旧する。
- (4) 定期点検で対策区分がS1と判定された変状については、詳細調査の結果を基に対策区分の再判定を行う。

【解説】

(1) 受注者に対して、現地踏査結果を基に損傷要因を特定するために必要な各種試験、試験方法、機材・機器、工程計画等現地調査の調査実施計画の立案と合わせて指示する。

各種試験については、発注時に想定された方法・数量が妥当であるか、それ以外の試験等の必要性はないかを検討する。この検討は、試験の結果より得られるデータが損傷要因特定及び修繕工法検討、数量算定に役立つものか等の視点で行うとよい。

必要な詳細調査は、修繕工法によって異なるため、ある程度修繕工法を想定しながら立案することになる。足場が必要な箇所や跨線橋等においては、容易に追加調査が行えないので、要否が未確定であっても必要となる可能性がある詳細調査は実施するのがよい。

(2) 損傷要因の特定は、次の視点によって推定することが重要である。

- ・ 通常使用下での経年劣化によるものか
- ・ 施工不良あるいは品質不良によるものか
- ・ 材料に起因するものか(アルカリシリカ反応等)
- ・ 外部環境の影響によるものか(凍結防止剤散布等)
- ・ 地震等の短期的な荷重によるものか
- ・ 構造的な欠陥はないか(水がたまりやすい等)

代表的な損傷要因の例は、表-2.4.1に示すとおりである。

表-2.4.1 代表的な損傷形態と損傷要因の例

損傷形態	推定される損傷要因	
腐食 防食機能の劣化	構造・外力	構造形式・形状不良
	使用・環境条件	自然環境、塩害、その他化学作用
	材料	防食機能の劣化、品質不良
	製作・施工	製作・施工不良、防水・排水不良
亀裂 破断	構造・外力	繰返し荷重、応力集中、衝突、地震、構造形式・形状不良
	使用・環境条件	腐食
	材料	品質不良
	製作・施工	製作・施工不良
ゆるみ・脱落	構造・外力	繰返し荷重、衝突、地震、構造形式・形状不良
	使用・環境条件	腐食
	材料	品質不良、高耐力ボルト(F11T以上)の遅れ破壊
	製作・施工	製作・施工不良
ひび割れ 剥離・鉄筋露出 うき	構造・外力	繰返し荷重、持続荷重、衝突、偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食、地震、構造形式・形状不良、不同沈下
	使用・環境条件	塩害、凍害、中性化、火災、その他化学作用
	材料	アルカリシリカ反応(ASR)、品質不良
	製作・施工	製作・施工不良、防水・排水不良、乾燥収縮・温度変化
漏水・遊離石灰	構造・外力	構造形式・形状不良
	使用・環境条件	水の浸入
	材料	アルカリシリカ反応(ASR)、品質不良
	製作・施工	製作・施工不良、防水・排水不良
床版ひび割れ	構造・外力	繰返し荷重、持続荷重、構造形式・形状不良(配力筋不足、薄い床版厚等)、主桁作用による引張応力、支持桁の不同沈下
	使用・環境条件	塩害、凍害、中性化、火災、その他化学作用
	材料	アルカリシリカ反応(ASR)、品質不良
	製作・施工	製作・施工不良、防水・排水不良、乾燥収縮・温度変化

(3) 詳細調査においては、損傷要因特定等のために試料を採取する場合がある。これらの試料採取箇所は、構造的な弱点となる可能性があるため現況復旧を行わなければならない。

(4) 定期点検で対策区分がS1と判定された損傷は、点検結果だけでは対策要否が判定できないため、詳細調査を行うものである。したがって、詳細調査の結果を基に対策区分について再判定を行う。

再判定の結果、対策区分がC1、C2、E1、E2のいずれかに判定された場合は、同時に設計を行うこととする。対策区分がB、Mと判定された場合は、当該業務での修繕対象とするか検討を行う。

2.4.1 各種試験

(1) 各試験項目

各種試験の項目及び概要は、表-2.4.2に示すとおりである。

表-2.4.2 各種試験の項目

	項目	概要	適用
各種試験	コア採取	各種試験のための供試体採取	
	圧縮強度試験	より詳細なコンクリート圧縮強度の確認	
	静弾性係数試験	コンクリートの静弾性係数の測定	
	反発硬度試験	コンクリートの圧縮強度の確認、圧縮強度試験との比較	
	鉄筋探査	鉄筋間隔、かぶり等の確認	
	はつり調査	鉄筋の種類、径、鉄筋間隔、かぶり、腐食状況、中性化深さ等の確認	
	中性化試験	中性化深さの測定	中性化による損傷、かぶり不足の場合等
	塩化物イオン含有量試験	塩化物イオン含有量の測定	塩害による損傷、塩害環境下の場合等
	残存膨張量試験	アルカリシリカ反応(ASR)による今後の膨張量を測定	ASRの疑いがある場合
	グラウト充填調査(非破壊)	非破壊調査(インパクトエコー法、衝撃弾性波法、X線透過法等)によるグラウト充填状況の判定・確認	変状状況や建設時期、構造形式及び架橋環境等によりグラウト充填不良やPC鋼材腐食の疑いがある場合
	グラウト充填調査	削孔・CCDカメラ等によるグラウト充填状況やPC鋼材腐食状況の確認、非破壊調査の精度確認	
	板厚調査	鋼橋の現在の板厚を測定	鋼材が腐食している場合等
	塗膜厚調査	鋼橋の現在の塗膜厚を測定	塗装が劣化している場合等
	亀裂調査	鋼橋の疲労亀裂を確認	鋼材に亀裂の疑いがある場合等
含有量試験	鉛等有害物(鉛、クロム、PCB)の含有を測定	塗替時には基本的に実施する	

(2)コンクリートの代表的な損傷要因に対応した調査の方法

表-2.4.3 詳細調査項目一覧

調査の方法	調査項目、得られる情報	代表的な損傷要因				
		塩害	中性化	アルカリ骨材反応	凍害	PC桁のグラウト充填不良
コア採取	試験の検体	○	○	○	○	
圧縮強度（コア採取法）	コンクリートの圧縮強度	○	○	○	○	
静弾性係数試験（コア採取法）	コンクリートの静弾性係数	○	○	○	○	
反発硬度試験	テストハンマー強度（圧縮強度）	○	○	○	○	
鉄筋探査 （電磁誘導法、電磁波反射法）	鉄筋間隔、かぶり	◎	◎	◎	○	◎
はつり調査	鋼材腐食状況、中性化深さ、配筋状況（かぶり、径、間隔など）	◎	◎	○	○	
中性化深さ調査	中性化深さ	◎	◎			
塩化物イオン含有量調査	塩化物イオン含有量	◎		○	○	
残存膨張量（JCI-DD2法）	コンクリートの残存膨張量			◎		
残存膨張量（カナダ法）	コンクリートの残存膨張量			○		
グラウト充填調査 （非破壊）	非破壊調査グラウト充填状況の判定・確認					◎
グラウト充填調査	CCDカメラによるグラウト充填状況とPC鋼材の腐食状況の確認					◎

凡例 ◎：可能な限り実施する（後述する第3章で必要になる調査）

○：必要に応じて実施する

無印：参考になることもある

1) 塩害

塩害に対する詳細調査は、構造物全体あるいは損傷が著しい箇所に対し鉄筋の腐食状況やコンクリート中の塩化物イオン濃度分布などの把握を目的に実施する。塩害と中性化が複合的に作用することもあるので、供用開始が古い橋梁では中性化についても検討することが望ましい。

2) 中性化

中性化に対する詳細調査は、構造物全体あるいは損傷が著しい箇所に対し鉄筋の腐食状況やコンクリートの中性化深さ、中性化速度係数などを把握することを目的に実施する。

3) アルカリ骨材反応（以下「ASR」という。）

アルカリ骨材反応に対する詳細調査は、構造物全体あるいは損傷の著しい箇所に対し劣化状況や今後のアルカリ骨材反応の進行の可能性などを把握することを目的に実施する。

構造物が塩害を受ける可能性が考えられる場合、塩害に対する調査も必要となる。

4) 凍害

凍害に対する詳細調査は、構造物全体あるいは損傷の著しい箇所に対し損傷状況や表面の脆弱度、凍害深さなどを把握することを目的に実施する。

5) PC 桁のグラウト充填不良

PC 桁のグラウト不良については①主桁の各シースにグラウト不良があるか否かの判定のための調査（上記の調査）の後、②グラウト不良区間を特定する調査（X線法、水通し）の2段階で実施する。

2.4.2 コア採取・復旧

(1) 概要

コア採取は、事前に鉄筋探査機で鉄筋位置を確認した後に、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」に基づいて、写真-2.4.1に示すとおりコンクリートコアマシンによりφ100mm×長さ200mm程度のコアを採取するものである。

1つのコアで、圧縮強度試験、静弾性係数試験、中性化試験、塩化物イオン含有量試験を行うことができる。



写真-2.4.1 コア採取の例

(2) 目的

コア採取は、コンクリートの品質確認や各種試験に使用する供試体を採取する。

(3) 留意点

圧縮強度試験は、一般に粗骨材最大寸法の3倍以上の直径を持つ試料を採取するものとされており、粗骨材最大寸法20mm、25mmの場合はφ100mmのコア、粗骨材最大寸法40mmの場合はφ125mmのコアが必要になる(一般にはφ100mmのコアが用いられることが多い)。

ただし、配筋状況等からφ100mmのコア採取が困難な場合や既設の構造物に与える影響が大きい場合は、φ50mm～φ75mmのコアを採取することとする。

採取後のコア孔は、ポリマーセメントモルタル等を用いて適切に復旧を行う。

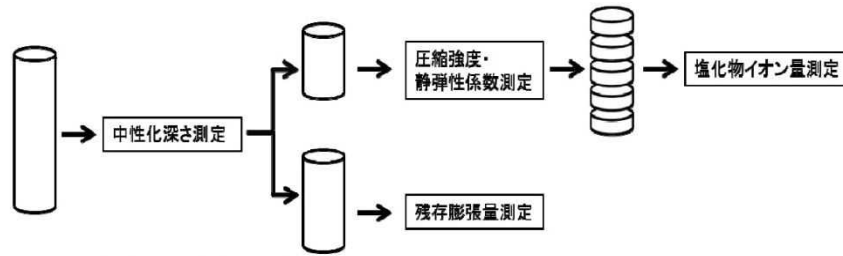
(4) コア採取から各種試験の流れ

1) ASRの疑いがない場合



※ 中性化試験は割裂面で測定する場合もある。

2) ASRが疑われる場合



※ 中性化試験は割裂面で測定する場合もある。

(5) コア採取箇所

1) 反発硬度試験との併用

- ・ コア採取は、反発硬度試験箇所の近傍で行う(圧縮強度試験結果と反発硬度試験との関係を求めることにより、他の反発硬度試験箇所でも、より正確に圧縮強度を推定できる)。

2) 塩害が生じている可能性がある場合

- ・ 鋼材の腐食が疑われる箇所(錆汁や鉄筋に沿ったひび割れ付近)。
- ・ 橋脚張出し部等の塩分供給が多い箇所(上部構造の陰になる箇所は避けること。また、地形状況を考慮し、上部工の外桁と内桁(又は海側と山側)のように、比較出来ると良い)。
- ・ 過去に調査した箇所があれば、比較するためにその近傍の箇所が良い(過去の調査資料の保存が必須)。

3) 中性化が生じている可能性がある場合

- ・ 塩害との複合劣化の可能性があるので、塩害調査時のコアを使用する。
- ・ かぶり小さいと考えられる箇所(鋼材の腐食が疑われる箇所のひび割れ、剥離、錆汁付近)。
- ・ コンクリート表面が乾燥しやすい箇所(北向きの面よりも南向きの面)。
- ・ はつり箇所にフェノールフタレイン溶液を塗布して測定することも可能。

4) ASRが生じている可能性がある場合

- ・ 変状が比較的軽微な箇所(ひび割れを避けた箇所)。
- ・ かぶり小さいと考えられる箇所(鋼材の腐食が疑われる箇所のひび割れ、剥離、錆汁付近)。
- ・ 残存膨張量試験は、表面部より構造物内部のコアを用いることが望ましい。

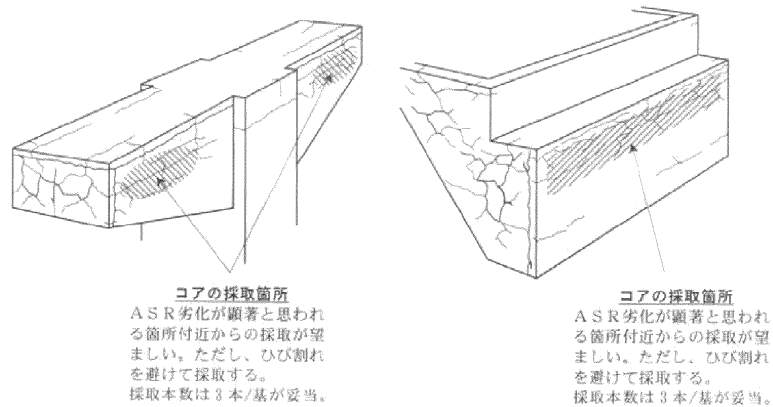


図-2.4.1 残存膨張量試験に用いるコアの採取箇所の例¹⁾

2.4.3 圧縮強度試験・静弾性係数試験

(1) 概要

圧縮強度試験及び静弾性係数試験は、採取したコアにおいて、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に基づいて行うものである。また、圧縮強度試験、静弾性係数試験は、同時に実施することができる。



• 圧縮強度 F (N/mm²)

$$F = P_{\max} \times 4 / \pi d^2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、

P_{\max} : 最大荷重(N)

d : 供試体の平均直径(mm)

• 静弾性係数(N/mm²)

$$E_c = (S_1 - S_2) / (\tau_1 - \tau_2) \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、

S_1 : 最大荷重の 1/3 に相当する応力(N/mm²)

S_2 : 供試体の縦ひずみ 50×10^{-6} のときの応力(N/mm²)

τ_1 : 応力 によって生じる供試体の縦ひずみ

τ_2 : 50×10^{-6}

ひずみゲージを貼付

写真-2.4.2 圧縮強度試験及び静弾性係数試験の例

(2) 目的

圧縮強度試験(静弾性係数試験)は、設計時に設定した設計基準強度(弾性係数)と圧縮強度試験(静弾性係数試験)結果を比較することにより、コンクリートの品質や健全性を確認する。試験結果は、修繕設計の設計基準強度の設定及び工法検討等に使用する。

(3) 留意点

- アルカリシリカ反応を起こしたコンクリート構造物の場合、反応の進行に伴い圧縮強度及び静弾性係数が低下することが報告されており、なかでも静弾性係数の低下が著しい(1/3～1/5になる場合がある)。

- ・ 竣工年度から想定されるコンクリート強度よりも大きい場合は、想定した設計基準強度を採用する。小さい場合は、以下の判定の目安を参考に設計基準強度を設定する必要がある。

(4) 判定の目安

1) 圧縮強度

コンクリートコアの圧縮強度の評価は、表-2.4.4に示すとおりである。

表-2.4.4 コンクリートコアの圧縮強度の評価²⁾

圧縮強度	評価
すべての供試体の圧縮強度が設計基準強度以上である場合	健全である
圧縮強度が設計基準強度を下回っている供試体もあるが、すべての供試体の圧縮強度が設計基準強度の80%以上である場合	構造的に問題はないと判断してよい
圧縮強度が設計基準強度の80%を下回っている供試体がある場合	構造的な検討も必要である

2) 静弾性係数

コンクリートコアの静弾性係数試験結果の評価及び静弾性係数の標準値は、表-2.4.5～表-2.4.7に示すとおりである。

表-2.4.5 静弾性係数試験結果の評価²⁾

静弾性係数	評価
すべての供試体の静弾性係数が下表で示される標準値より大きい場合	健全である※
すべての供試体の静弾性係数が下表で示される標準値の範囲に含まれる場合	健全である※
静弾性係数が下表で示される標準値より小さい供試体がある場合	アルカリシリカ反応あるいは凍害が生じている可能性も考えられ、場合によっては構造的な検討も必要である
※一般的には、静弾性係数の試験結果が標準より高い場合でも、構造物の健全度には影響がないと考えられる。しかし、圧縮強度及び静弾性係数の試験方法に問題がなかったかどうか確認することが望ましい。	

表-2.4.6 静弾性係数の標準値²⁾

コアの圧縮強度 (N/mm ²)	コアの静弾性係数の標準値 (kN/mm ²)
15以上 21未満	8.4 ~ 17.8
21以上 27未満	13.1 ~ 21.3
27以上 35未満	16.2 ~ 25.8
35以上 45未満	19.7 ~ 29.8
45以上 55未満	19.1 ~ 34.2

表-2.4.7 コンクリートのヤング係数 (N/mm²)³⁾

設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
ヤング係数	2.35×10^4	2.5×10^4	2.65×10^4	2.8×10^4	3.1×10^4	3.3×10^4	3.5×10^4

2.4.4 反発硬度試験

(1) 概要

反発硬度試験は、コンクリートに打撃を与え返ってきた衝撃により圧縮強度を推定する方法である。コンクリートの反発度は、リバウンドハンマーを用いて測定し、測定方法はJIS A 1155「コンクリートの反発度の測定方法」により、反発度法によるコンクリートの圧縮強度の推定は、反発度と圧縮強度の換算式を用いて行うものである。



写真-2.4.3 反発硬度試験の例

(2) 目的

反発硬度試験は、リバウンドハンマーを用いてコンクリート表面の反発度を測定し、その結果からコンクリートの圧縮強度を推定する方法であり、試験結果は修繕設計の設計基準強度の設定及び工法検討等に使用する。

(3) 留意点

- ・ 反発硬度試験は、構造物を傷つけることなく簡易に実施できるが、コンクリート表面の乾燥状態や材齢等によってばらつきがあり、強度推定精度は必ずしも高くない。

- ・ 反発硬度試験は、コンクリートの品質に大きな異常が生じていないか、あるいは測定箇所毎の比較を行うといった目的には有効な手段であるが、正確な圧縮強度の推定にはコアを採取して圧縮強度試験と併用すること。
- ・ 床版の測定における厚さ10cm以下の場合及び柱と梁の測定における一辺の長さが15cm以下の場合、測定誤差が大きいため適用できない。

2.4.5 鉄筋探査

(1) 概要

鉄筋探査は、電磁反射法（レーダー法）あるいは電磁誘導法等により鉄筋位置及びかぶり等を測定するものである。



写真-2.4.4 鉄筋探査の例







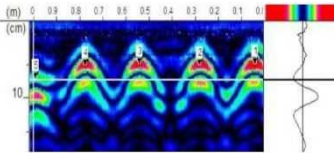
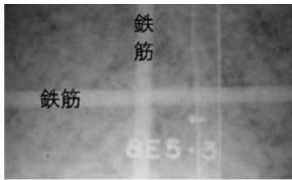
(2) 目的

鉄筋探査は、鉄筋位置及びかぶりを測定し、試験結果はコア採取位置の確認、復元設計、修繕設計の設計条件等に使用する。

(3) 留意点

各種鉄筋探査の特徴は、表-2.4.8に示すとおりである。

表-2.4.8 各種鉄筋探査の特徴

	電磁波反射(レーダー)法	電磁誘導法	放射線透過(X線)法
精度	○	○	◎
使いやすさ	◎	◎	△
経済性	◎	◎	△
適用範囲 (かぶりの目安)	200mm(300mm)程度まで	80mm(200mm)程度まで	350mm(400mm)程度まで
長所	<ul style="list-style-type: none"> イメージとして認識しやすく、安価 	<ul style="list-style-type: none"> 数値表示のためばらつきが少なく安価 コンクリート表面の影響(湿潤等)を受けない 	<ul style="list-style-type: none"> 適用深度が深く、精度が良い。 グラウト充填不足も判別可能
短所	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋径は検出不可 コンクリート表面の影響(湿潤等)を受ける 	<ul style="list-style-type: none"> 密な鉄筋間隔では検出不可 	<ul style="list-style-type: none"> 設備が大きく、狭小な箇所は不可 放射線のため資格が必要で高価
装置(例)			
使用状況			 (八線元生表具取具伏化)
測定結果 (例)		<pre> ***** # PROFOMETER 5 # Model SCANLOG ***** Date: Object No. 171023 d= 13mm Number n= 3/Mean x= 56mm Min/Max= 54/58mm sa= +/-2.0mm 58 56 54 </pre>	

2.4.6 はつり調査

(1) 概要

はつり調査は、調査箇所のコンクリートを30cm角程度の大きさで鉄筋位置まではつり取り、鉄筋の腐食状況を確認するものである。



写真-2.4.5 はつり調査の例

(2) 目的

はつり調査は、かぶりコンクリートをはつり、配筋状況及び鉄筋の種類、鉄筋径、腐食状況、コンクリートの中性化深さ等を目視で確認する調査方法であり、はつり調査の結果は修繕設計及び復元設計の設計条件、工法検討等に使用する。

(3) 留意点

- ・ はつり深さは、鉄筋表面が現れる程度を原則とするが、鉄筋の腐食状況等を詳細に調査したい場合等の目的に応じて、構造物の損傷を拡大しない程度に鉄筋背面まではつってもよい。
- ・ 対象構造物がプレストレストコンクリート部材の場合は、コンクリートの応力状態を事前に検討し、はつり調査を実施するかどうか慎重に検討しなければならない。
- ・ 調査箇所は、ポリマーセメントモルタル等を用いて適切に復旧を行う。

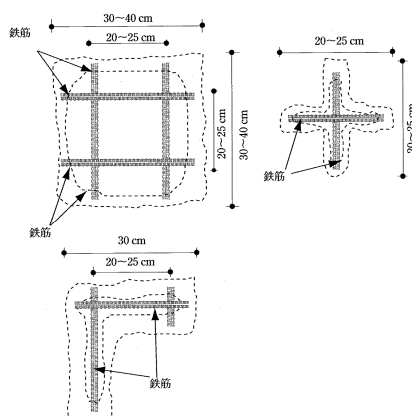


図-2.4.2 鉄筋のはつりだし例²⁾

2.4.7 中性化試験

(1) 概要

中性化試験は、試験体にフェノールフタレインアルコール溶液を噴霧し、赤紫色に変化しない部分のコンクリート表面からの距離をノギス等で測定する試験であり、はつり調査または採取したコアにより、JIS A 1152 「コンクリートの中性化深さの測定方法」に基づいて行うものである。



はつり調査による方法



採取したコアによる方法

写真-2.4.6 中性化試験の例

(2) 目的

中性化試験は、損傷要因の推定(中性化)及び損傷状況の確認、今後の進行予測を行うために中性化深さを測定する試験であり、試験結果は修繕設計の工法検討等に使用する。

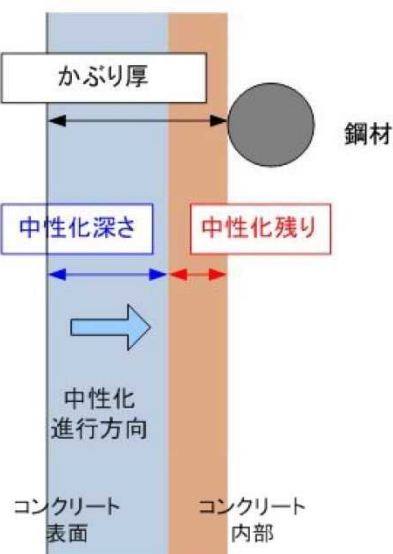


図-2.4.3 中性化のイメージ

(3) 留意点

- ・ 中性化試験は、現在の中性化深さを測定することができるが、修繕設計にあたっては中性化による劣化を定量的に予測しなければならない。
- ・ 中性化の進行予測の例： \sqrt{t} 則⁴⁾

$$y = b \sqrt{t}$$

ここに、y: 中性化深さ(mm)

t: 中性化期間(年)

b: 中性化速度係数(mm/ $\sqrt{\text{年}}$)

(計算例)

供用期間 t_0 : 16年、中性化深さ y_0 : 20mmの場合

$$b = y_0 \div \sqrt{t_0} = 20 \div \sqrt{16} = 5$$

供用期間 t_1 : 25年(9年後)の中性化深さ y_1 を予測。

$$y_1 = b \sqrt{t_1} = 5 \times \sqrt{25} = \underline{25\text{mm}}$$

- ・ 中性化による鋼材腐食開始の判定は、原則として中性化残りを10mmで対策が必要とするが、道路改良計画及び河川改修計画等により架替計画がある橋梁については今後の供用期間を考慮した上で対策の要否判定を行う。

(4) 判定の目安

中性化による鋼材の腐食可能性の評価は、表-2.4.9に示すとおりである。

表-2.4.9 中性化による鋼材の腐食可能性の評価²⁾

中性化残り	中性化による鉄筋腐食の可能性
0mm未満	腐食が生じうる
0mm以上10mm未満	場合によっては中性化による腐食が生じる可能性がある
10mm以上30mm未満	将来的には中性化による腐食が生じる可能性がある
30mm以上	当面の間は中性化による腐食が生じるおそれはない

2.4.8 塩化物イオン含有量試験

(1) 概要

塩化物イオン含有量試験は、採取したコアを深さ方向にスライスし(1cm~2cm程度)、微粉碎した試料を分析する試験であり、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により、各試料の塩化物イオン濃度を測定するものである。

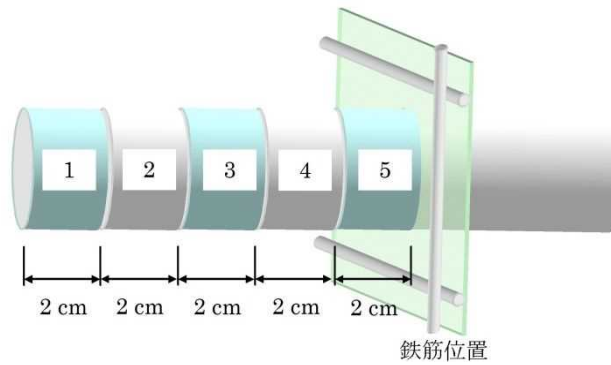


図-2.4.4 塩化物イオン含有量試験の例

(2) 目的

塩化物イオン含有量試験は、損傷要因の推定(塩害)及び損傷状況の確認、今後の拡散予測を行うために塩化物イオン濃度を測定する試験であり、試験結果は修繕設計の工法検討等に使用する。

(3) 留意点

塩化物イオン含有量試験は、現在のコンクリート部材の深さ方向の塩化物イオン濃度分布を把握することができるが、修繕設計にあたっては塩害による劣化進行を定量的に予測しなければならない。

$$C(x,t) = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{0.1 \cdot x}{2\sqrt{D_{ap} \cdot t}}\right) + C_i \quad (\text{解 3.3.1})$$

ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (mm), 供用期間 t (年) における塩化物イオン濃度 (kg/m³)
 C_0 : 表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)
 D_{ap} : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数 (cm²/年)
 C_i : 初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m³)
 erf : 誤差関数
 γ_{cl} : 予測の精度に関する安全係数

図-2.4.5 塩化物イオンの拡散予測式⁴⁾

(4) 判定の目安

鋼材腐食の開始時期は、鋼材表面におけるコンクリート中の塩化物イオン含有量で判定することを原則とし、腐食発生限界塩化物イオン濃度は図-2.4.6の算式に基づき1.6kg/m³を採用する。

(a) 普通ポルトランドセメントを用いた場合	$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$	(解 3.3.8)
(b) 高炉セメント B 種相当, フライアッシュセメント B 種相当を用いた場合	$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1$	(解 3.3.9)
(c) 低熱ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメントを用いた場合	$C_{lim} = -2.2(W/C) + 2.6$	(解 3.3.10)
(d) シリカフェュームを用いた場合	$C_{lim} = 1.20$	(解 3.3.11)
ここに, C_{lim} : 鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度 (kg/m^3)		
W/C : 水セメント比 ($0.30 \leq W/C \leq 0.55$)		

図-2.4.6 腐食発生限界塩化物イオン濃度⁴⁾

腐食発生限界塩化物イオン濃度は、一般的な使用材料である(a)及び(b)についてW/Cを0.55として算出した値のうち小さい値を採用した。

(計算例) W/C=0.55の場合

$$\text{(解6.3.12)} : C_{lim} = 1.7 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{(解6.3.13)} : C_{lim} = \underline{1.6 \text{ kg}/\text{m}^3} \text{ (採用)}$$

2.4.9 残存膨張量試験

(1) 概要

残存膨張量試験は、採取したコアを高温、高湿、高アルカリ等の促進環境で養生させ、膨張量を測定するものである。



写真-2.4.7 残存膨張量試験の例⁵⁾

(2) 目的

残存膨張量試験は、損傷要因の推定(ASR)と今後ASRによる劣化が生じるかの推定を行うために残存膨張量を測定する試験であり、試験結果は修繕設計の工法検討等に使用する。

(3) 留意点

- ・ 残存膨張量試験は、構造物の耐荷力に影響があるような著しい変状が見られた場合のみ行う。
- ・ 残存膨張量試験は、今後、ASRによる劣化が生じるかどうかを推定することができるが、既にASRの反応が終息している場合は、劣化原因がASRであったとしてもコアは膨張しない。

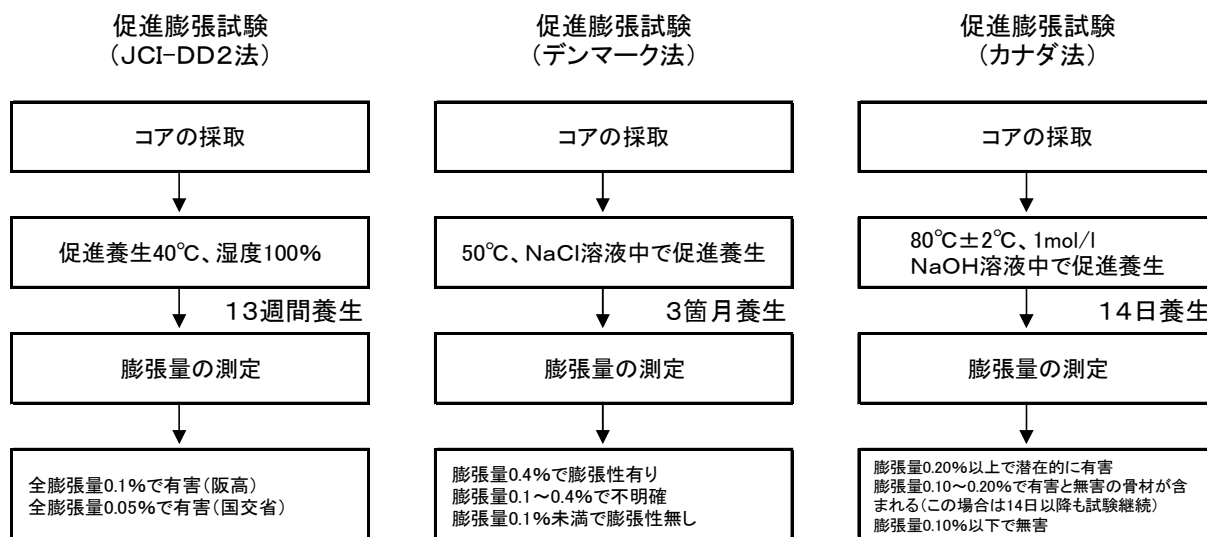


図-2.4.7 残存膨張量試験方法

2.4.10 グラウト充填度調査

グラウトの充填状況を確認する方法は、主に以下の手法が挙げられる。

- 1) インパクトエコー法
- 2) 衝撃弾性波法
- 3) X線透過法
- 4) 削孔・CCDカメラ
- 5) 空圧法

< 出典 >

- 1) 国土交通省:アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修ガイドライン(案)、平成20年3月
- 2) (独)土木研究所、日本構造物診断技術会:非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル、平成15年10月
- 3) (公社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説、平成24年3月
- 4) (公社)土木学会:2013年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】、平成25年10月
- 5) (公社)日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術'16、平成28年5月

2.4.11 板厚調査

(1) 概要

腐食鋼板の残存板厚の測定は、腐食が進んだ部材の力学性能を評価するために実施される。引張強度を検討する場合には、抵抗断面の減少の程度が重要であり、圧縮強度を検討する場合には、抵抗断面の減少の程度とともに、部材や部材を構成する板の座屈を誘発するような形で、部分的あるいは局部的に腐食が進行していないかが重要となる。

腐食が進んだ部材の残存板厚を測定する場合、実構造物を破壊して測定することは一般的ではないので、特別な場合を除いて非破壊による測定が行われている。以下に非破壊による測定方法を述べる。

(2) ノギスによる測定

腐食の平面的な大きさを測定する場合にはノギスを用いる。使用するノギスは、外側ジョウがチップタイプ (図-2.4.8) のものを用いる。また、腐食深さを測定する場合は、ノギスのデプスバーを使用すれば簡単に測定が可能であるが、デプスバーの先端は 1mm 角となっているので、これより小さいピットは測定できない。その場合は、デプスゲージを用いて正確に測定する。

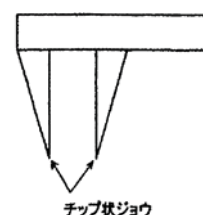


図-2.4.8 チップ状ジョウ

(3) マイクロメーターによる測定

マイクロメータは、下フランジのように鋼材の断面が測定できる箇所に使用する。ウェブ面のように鋼材の断面を確認できない場合は、超音波厚さ計などを用いる。

(4) デプスゲージによる測定

デプスゲージは、孔食の深さを正確に測定する場合に用いる。デプスゲージの構成は図-2.4.9 に示すとおりである。

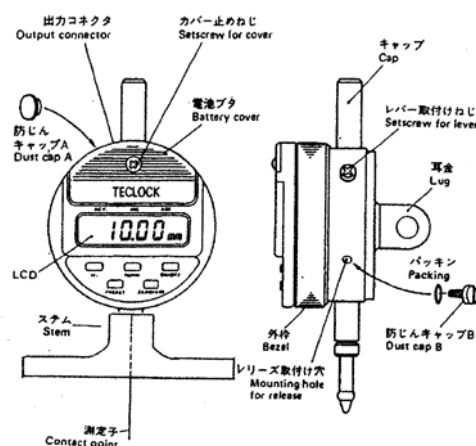


図-2.4.9 デプスゲージ

(5) 超音波厚さ計による測定

腐食が進行した鋼板に対して超音波厚さ計 (超音波パルス反射法) を適用しようとした場合、表面を錆が覆っている場合には超音波の入射が困難である。また、一般に腐食した鋼板の表面には凹凸があり、測定端子と鋼板とが密着せず、入射できる超音波が微弱となることや、入射と反対側の面に凹凸がある場合には反射波が散乱することなどから、SN比や精度の低下を招く。よって、腐食により凹凸の生じた鋼板の板厚を測定するためには、測定面を平滑化するための処理が必要となる。JIS Z 2355 (超音波パルス反射法による厚さ測定方法) では、「測定面に腐食による錆、浮いたスケール、異物の付着または剥離している塗装の場合には、これをワイヤブラシまたは剥離剤などによって除去し、砥石、サンドペーパーなどを用いて表面粗度を 25a(LOOS)以下に仕上げる。」となっている。

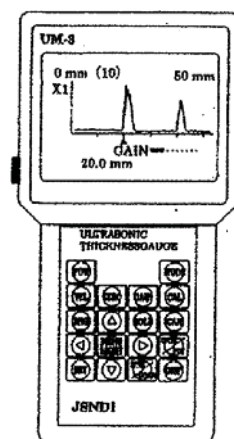


図-2.4.10 超音波厚さ計

(6) 板厚調査の留意点

板厚調査は、目視調査により断面減少が確認された箇所の補修・補強要否判定および補修・補強設計に必要となる情報が得られるように、調査作業の経済性、効率性を考慮した上で必要最低限の調査箇所、調査数量を検討する必要がある。以下に留意事項を示す。

- ・腐食による断面減少が生じている部材の重要性（主部材、二次部材）、部位、範囲、拡がりなどを考慮する。
- ・主部材においては、最も腐食減厚量が大きいと推測される箇所を優先する。
- ・同一部材において腐食減厚量に大きな相違があると推測される場合は、その程度に応じて代表箇所を選定する。
- ・腐食範囲が大きい場合は、腐食減厚量の面的な情報を得られるよう 1 箇所当たり複数点で計測を行う。
- ・調査を精度よく行うためには、腐食部を確実に除去することが重要になるため、それを念頭において調査を行う。
- ・減厚量を当初板厚のパーセンテージで表現する場合は、腐食による減厚がない箇所で計測した板厚を当初板厚とすることを原則とする。（設計板厚ではなく、実際の板厚を原則とする）ただし、広範囲にわたって腐食による減厚が生じている場合など、当初板厚の計測が困難な場合は、竣工図面などから確認した板厚を当初板厚としてもよい。
- ・調査を行った跡は、常温亜鉛めっき（NETIS：KK-090014-VR）等で防錆を行う。

2.4.12 塗膜厚調査

(1) 概要

塗膜が劣化している場合等で、残存塗膜厚を評価する場合に実施する。

鋼橋のような複雑な形状の大型構造物の塗装をはけやスプレー塗装機によって行う場合、塗布作業を良好に行っても塗料を均一な厚さに塗付することは難しい。

また、鋼材面には $50\sim 80\mu\text{m}$ R_{zJIS} 程度の粗さがあり、塗膜厚の測定精度も測定のやりかたや測定箇所形状などによってばらつく。したがって、塗膜厚の測定値は1点ごとに異なっており、塗膜厚の評価は多くの測定値を統計処理して行う。

(2) 調査ロットの大きさ

新設橋梁における膜厚試験の調査ロットは $200\text{m}^2\sim 500\text{m}^2$ となっているが、修繕の場合は劣化している箇所での膜厚評価を行うことから、含有量試験や塗替え塗装対象箇所との整合を図り調査箇所を決定する。

(3) 測定数

新設では、1ロット当たりの測定数は25点以上、各点の測定は5回の平均値を用いる。修繕においては新設時に所要の膜厚は確保されていたとし、ロットごとに数点計測するなど、目的に応じ数量を決定する。計測値のばらつきを考慮し、1箇所当たりの最小計測数は3点とする。

(4) 留意点

1層当たりの乾燥塗膜厚を直接測定することは不可能であり、乾燥塗膜厚の管理は、基本的には測定時の塗膜全厚に対して行う。

2.4.13 亀裂調査

(1) 概要

点検結果で亀裂が確認された箇所や目視調査により新たな亀裂の存在が予想される箇所に対しては、亀裂の有無・位置・幅・長さ・深さなどの詳細を把握するために、非破壊による亀裂検出調査を行う。亀裂は、繰返し応力あるいは過大応力が作用することによって、構成部材の断面急変部や溶接接合部など応力集中部に生じる。この亀裂を調査する場合、まず塗膜上から目視あるいは拡大鏡を用いて観察し、亀裂の存在が予想される箇所については、その位置・幅・長さ・深さなどの詳細について非破壊調査を実施する。なお、非破壊調査は原則として塗膜を除去してから実施する。

(2) 各種調査の特徴

各種亀裂検出調査について、特徴と亀裂検出性能を表-2.4.10 に示す。

表-2.4.10 各種亀裂検出調査の特徴とその性能

調査方法 「検出対象」	特徴		亀裂検出性能	
			検出限界	寸法推定 ・精度
目視調査 「表面」	長所	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜割れ、錆汁により判断でき手軽。 時間が短い。 	塗膜上 4.0mm 塗膜除去 8.0mm	バラッキ大
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 個人の経験に頼る面が多い。 亀裂が小さい場合は不可能。 		
磁粉探傷試験(MT) 「表面」	長所	<ul style="list-style-type: none"> 表面亀裂の形状、測定精度に優れる。 微妙な亀裂にも有効である。 	塗膜除去 2.0mm	適正值
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 表層のみ、内部探傷は不可能。 塗膜上からの検出は不可能。 表面が著しく凸凹の場合は困難。 		
浸透探傷試験(PT) 「表面」	長所	<ul style="list-style-type: none"> 表面および表層部の欠陥の検出に適す。 安価で手軽である。 	塗膜除去 8.0mm	過小評価
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 表面欠陥にも適用可能。 小さい亀裂は検出困難。 1箇所当たりの検査時間が長い。 		
渦流探傷試験(ET) 「表面」	長所	<ul style="list-style-type: none"> 表面および表層部の欠陥の検出に適す。 安価で手軽である。 	塗膜除去 5.0mm	不可
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 表層にしか適用できず、内部探傷は不可能である。 		
超音波探傷試験(UT) 「内部」	長所	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥の検出に有効である。 検査時間が短い。 亀裂のような面状亀裂に有利である。 片面からのみの検査が可能である。 	塗膜除去 5.0mm	過大評価
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂の位置、大きさによりバラッキ大 欠陥の区別がつきにくい。 記録性に乏しい。 技術者の経験、技量に左右される。 		

(3) 磁粉探傷試験(MT)

鋼材を磁化すると鋼材の中を磁束が通るが、磁束を遮るような不連続部が存在すると磁束は迂回して外側に漏れてくる。そこに鉄粉を近づけると鉄粉が磁化され凝集吸着し磁粉模様が形成される。

亀裂の検出には、一般にスプレー式の蛍光磁粉を用い、吹きつけた箇所に紫外線を照射して変状の有無や長さなどを調べる。

他に、紫外線灯の不要な非蛍光磁粉や溶剤を用いない乾式もある。

[使用機材]

- ・ 発電機
- ・ 塗膜剥離材
- ・ 蛍光磁粉
- ・ 安定器
- ・ 紫外線照射灯
- ・ 磁化装置
- ・ カメラ、記録用紙
- ・ 定規
- ・ タッチアップ（補修用）塗料

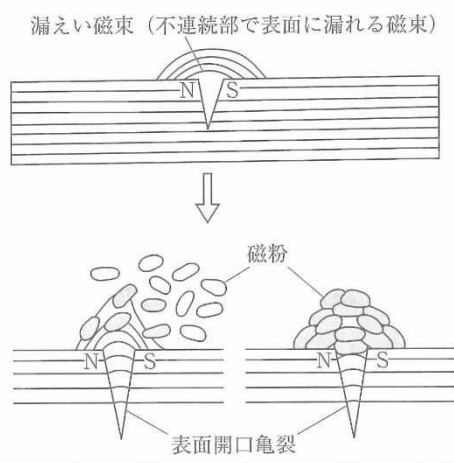


図-2.4.11 磁粉探傷試験概念図¹⁾



写真-2.4.8 磁粉探傷試験状況¹⁾

(4) 浸透探傷試験(PT)

部材表面に浸透液を塗布すると亀裂内に浸透液が浸み込む。表面の浸透液を拭ってから現像剤を用いると、亀裂内の浸透液が現像剤の微粉末中に吸い出され、指示模様が表れる。

亀裂の検出精度を高めるには、浸透液の浸み込みと定着に一定の時間をかける必要がある。

[使用機材]

- ・塗膜剥離材
- ・洗浄液
- ・浸透液
- ・現像液
- ・ウェス (布)
- ・カメラ、記録用紙
- ・定規
- ・タッチアップ塗料

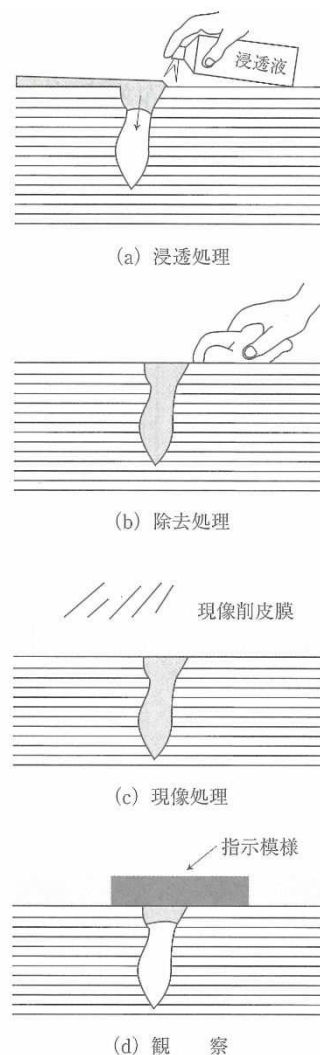


図-2.4.12 浸透探傷試験の手順¹⁾

(5) 渦流探傷試験(ET)

鋼材に交流を流したコイルを近づけると、電磁誘導による起電力のために、鋼材に円形電流が誘導される(渦電流という)。鋼材表面にキズがあると渦電流の流れが変わり磁束が変化してコイルのインピーダンスも変化する。この性質を利用して、渦電流の変化を電気的信号として探知し、信号の振幅および位相から鋼材の変状を把握する方法。

[使用機材]

- ・渦流探傷装置
- ・バッテリー
- ・記録用紙

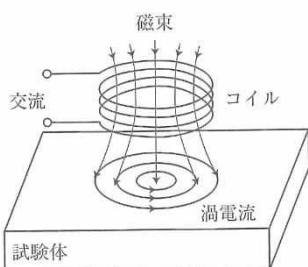


図-2.4.13 渦流誘導現象の概念図¹⁾

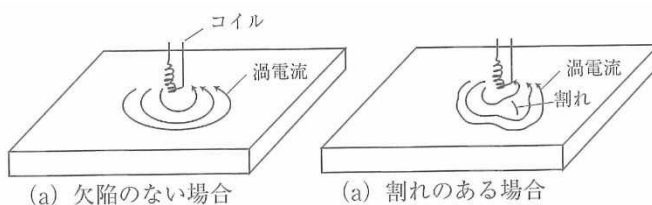


図-2.4.14 渦流探傷試験の基本原理¹⁾

(6) 超音波探傷試験(UT)

超音波パルスを鋼材表面に当てた探触子より伝播させ、内部から戻ってくる反射波（エコー）を観察する。表れるエコーの位置と高さにより欠陥の位置、深さ、大きさを知ることができる。超音波の入射方法により、垂直探傷法と斜角探傷法に分けられる。

[使用機材]

- ・ グラインダー
- ・ 超音波探傷装置
- ・ バッテリー
- ・ 探触子
- ・ 定規
- ・ 記録用紙
- ・ タッチアップ塗料

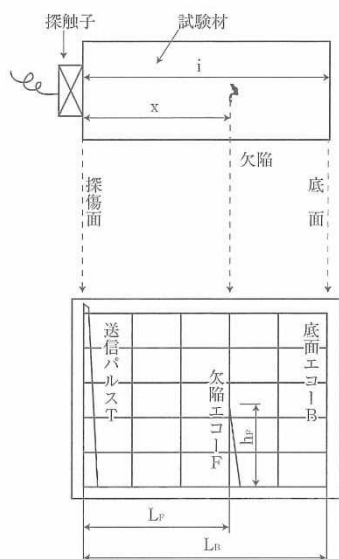


図-2.4.15 垂直探傷法の概要¹⁾

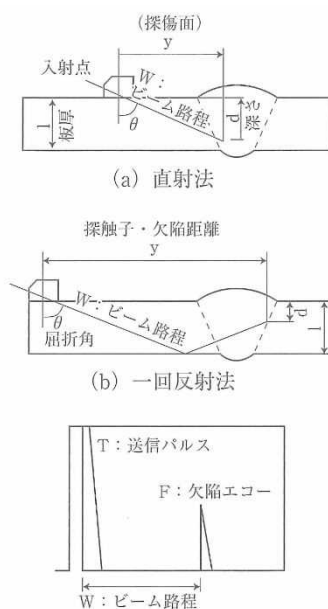


図-2.4.16 斜角探傷法の概要¹⁾



写真-2.4.9 垂直探傷法の概要¹⁾



写真-2.4.10 探触子(斜角 70 度)¹⁾

2.4.14 含有量試験

(1) 概要

塗替え塗装を検討するにあたり、塗膜除去作業時の安全性と廃棄物の観点から塗膜に有害物が含まれているか試験を行う。対象とする有害物は PCB、鉛、クロムを対象とする。

(2) PCB

1) 試験方法

PCB の含有試験は、「低濃度 PCB 含有廃棄物に関する測定方法（第 5 版）※1」（令和 2 年 10 月環境省）による。これに基づき、測定方法は含有量試験である「GC/HRMS 法※2」によるものとする。

塗膜くずに関しては、この測定方法により、PCB 濃度が 0.5mg/kg（0.5ppm）を超え 100,000mg/kg（100,000ppm）以下の場合には、低濃度 PCB 含有廃棄物に分類される（無害化処理認定施設で処理可能）。また、100,000mg/kg を（100,000ppm）超える場合には、高濃度 PCB 含有廃棄物に分類される。

なお、従来の「部材採取法（厚生省告示 192 号平成 4 年 7 月）」により、PCB が検出されている場合は、再度「GC/HRMS 法※2」により測定を実施する。

※1. <https://www.env.go.jp/recycle/poly/guideline.html>

※2. 「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成 4 年厚生省告示第 192 号 別表第二

2) 判定値

①作業員の健康被害防止に対する判断

「特定化学物質障害予防規則（昭和 47 年）」より判断する。
判定値：1.0%（10000 mg/kg）を超える。

②廃棄物に対する判断

PCB が特別管理産業廃棄物に該当するかを確認する
判定値：0.5mg/kg を超える。

<見積徴収時の仕様および滋賀県、点検・工事受注者認識事項>

1. 「低濃度 PCB 廃棄物に関する測定方法（第5版）8. 塗膜くず」による測定とし、測定操作は「GC/HRMS 法※」とする。

※「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」平成4年厚生省告示第192号 別表第二

2. 測定結果報告書には、以下の記載を求める。

- GC/HRMS 法による測定を行ったとする記載
- 下限値の記載(0.15mg/kg 以下の設定を確認)
- PCB 濃度が 0.5mg/kg(0.5ppm) を超える場合は、その組成について記載。具体的には、PCB 製品由来なのか、有機顔料中に非意図的に副生したものであるのかを組成表などを基に記載

2) 含有量試験対象橋梁

PCB 含有試験の対象は、2016 年 1 月より前に架設および塗装塗り替えを行った橋梁とする。PCB は昭和 40 年代の塗装に対して行われているところではあるが、鋼構造物塗膜調査マニュアル³²⁾には近年の塗料であっても非意図的に PCB が含有されていることがあると示されている。塗膜調査は塗装の年代によらず、PCB 含有量調査を実施するものとした。ただし、2016 年 1 月以降に 1 種または 2 種ケレンにより全面塗膜除去による塗り替え履歴が確認できる場合は対象外とする。

なお、低濃度 PCB の処理期間は、令和 9 年 3 月 31 日であるため、定期点検や修繕設計の際に含有試験を実施し、適正な措置を行う。

(3) 鉛

1) 含有量試験

塗替え塗装時の作業員の健康被害防止の観点から実施する試験であり、JIS K5674により試験を行う。試験結果は、平成 30 年 7 月 30 日厚生労働省「鉛中毒予防規則等の「含鉛塗料」の適用について」より判断する。

鉛含有量の有害判定値:0.06%を超える。

2) 溶出量試験

塗替え塗装による廃塗膜が特別管理産業廃棄物に該当するかを判定する試験であり、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法(平成 12 年 1 月)」により試験を行う。

試験結果は環境省特別管理産業廃棄物の判定基準により判断する。

鉛溶出量の有害物判定値:0.3 mg/L を超える。

(4) クロム

1) 含有量試験

塗替え塗装時の作業員の健康被害防止の観点から実施する試験であり、JIS K5674により試験を行う。試験結果は、「特定化学物質障害予防規則(昭和 47 年)」より判断する。

クロム含有量の有害物判定値:1.0%(10000 mg/kg)を超える

2) 溶出量試験

塗替え塗装による廃塗膜が特別管理産業廃棄物に該当するかを判定する試験であり、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法(平成 12 年 1 月)」により試験を行う。

試験結果は環境省特別管理産業廃棄物の判定基準により判断する。

クロム溶出量の有害物判定値:1.5 mg/L を超える。

2.5 修繕要否判定

- (1) 修繕要否判定は、部材、損傷形態ごとに修繕の要否を判定する。
- (2) 修繕が必要とされた損傷形態については、修繕目的を明確にする。
- (3) 道路改良計画及び河川改修計画等により架替計画がある橋梁については、道路保全課と協議する。

【解説】

(1) 現地調査の結果、目指す機能を満たさないと考えられる損傷は、修繕が必要と判定する。対策区分がA、Bの変状対策は、直ちに修繕するほどではないことから、個々の部材や変状がおかれた状況に応じて個別に判断する。なお、対策区分がC1、C2、E1、E2の変状対策に必要な仮設が共用できる場合は、修繕対象にするとうい。

対策区分がMの変状対策は、維持工事に対応するものであるが、土砂詰りや漏水・滞水が生じやすい等の構造的な欠陥がある場合は、修繕工事で同時に改良することが望ましい。

(2) 工法選定や施工時の工法変更を適切に行えるように、修繕目的を明確にすることとした。ひとつの損傷形態に対する修繕目的は、必ずしもひとつではなく、複数の目的を設定することも可能である。

修繕目的は、部位・部材の役割や損傷の状況を考慮して定めるのがよく、一律に設定することは難しいが一般的には表-2.5.1に示す項目から選定してよい。

表-2.5.1 修繕目的

修繕目的	内容
機能回復	設計時の性能を上回ることを期待しない範囲で、低下した機能を向上させる
原因除去	損傷を生じさせている外的要因を取り除く、あるいは抑制する
進行抑制	損傷の進行を止める、あるいは緩和させる
第三者被害予防	第三者被害を予防するために対策を施す

(3) 架替計画がある橋梁は、架替までの供用期間や損傷形態に応じて修繕の要否判定や修繕目的を設定する必要がある。

2.6 修繕工法検討

- (1) 修繕工法は、修繕目的と一致した工法を選定する。
- (2) 工法選定では、必要に応じてライフサイクルコスト(LCC)を検討するのがよい。
- (3) 構造形式が損傷を誘発していると考えられる場合は、これの改善も検討する。
- (4) 修繕後の維持管理の効率化を図ることができる工法についても検討する。

【解説】

(1) 修繕工法は、前節で明確にした修繕目的を達成できるような工法を選定しなければならない。例えば、表面含浸材は、類似の工法であっても目的によって用いる材料が異なるので注意が必要である。

(2) 修繕効果の持続性とコストが異なる工法が比較案として挙げられる場合は、初期費用、維持費用、再修繕費用等のトータルコストについて今後100年間のLCCを算出し、最適な工法を選定するのがよい。なお、修繕よりも架替の方が経済的に優れる場合があるため、必要に応じて架替を工法選定に入れる。

(3) 損傷要因に構造的な問題が内在している場合は、問題となる部分の改善についてその可否、効果、費用等について検討し、費用に対する効果が見込める場合は、構造改善を設計に反映させる。

具体的な例は、次のようなものがある。

- ・ 排水管が短く、雨水が主桁に掛かることで腐食を誘発している。
- ・ 橋台の背面盛土が橋座面に近く、土砂がたまりやすい。

(4) 既設橋梁、特に古い橋梁では、維持管理の容易さへの配慮に欠ける構造が少なからず見受けられる。これらについては、可能な限り改善するのがよい。(表-2.6.1)

特に、コンクリートに対する鋼板接着や保護塗装は、施工後に状態の確認が困難となるので、その採用にあたっては慎重な検討が必要である。

表-2.6.1 維持管理の効率化対策の具体例

現況	対策の例
渓谷や急勾配護岸における桁下への進入路がない	階段、タラップの設置
漏水・滞水を繰り返す伸縮装置	止水材のみの取替が可能となる製品の採用
支承部を確認する足場がない	検査路の設置:橋座の清掃作業場としても有効

2.7 修繕設計

- (1) 修繕設計は、耐荷力等を確認する必要がある場合は設計計算を行う。
- (2) 設計図には、施工時の留意事項を含めて必要な情報を過不足なく記載する。
- (3) 数量計算は、工事積算に必要な数量を漏れなく計上する。
- (4) 施工計画は、仮設、規制、施工順序等について検討し、立案する。

【解説】

(1) 修繕設計で、力学的な対応が必要な場合は応力計算により修繕断面を検討する。原則として性能が向上するものは修繕に含まれない。

なお、既設橋の設計計算書や設計図がない場合等は、必要に応じて復元設計により鉄筋等の推定を行う。このような場合は、はつり調査で鉄筋径、鉄筋間隔を確認しておくのがよい。

(2) 設計図は、設計時点で確認が困難な条件もあり、施工時に変更せざるを得ない場合もあるため、設計者は設計図どおりの施工ができない可能性を念頭に置き、変更の判断材料となる情報(設計の考え方等)を設計図に記載することが、円滑な工事のために必要である。図面に記載することが望ましい点を以下に列挙する。

- ・ 設計時において、状況が充分確認できていない箇所や損傷とその内容
- ・ 再採寸や施工時における詳細調査の要否(例:損傷の寸法、鉄筋探查等)
- ・ 各工法における修繕目的(特に防水、止水の場合)
- ・ 材料及び品質管理における要求性能
- ・ 現場判断のみで変更してはいけない箇所(例:鉄筋の継手位置等)
- ・ 仮定に基づいている場合は、その項目と内容(例:シーす内の空洞)
- ・ 継続的な維持管理のための修繕履歴板(参考図)の作成
- ・ 仮設参考図(足場、支保工)

(3) 数量計算は、設計時において精度の高い数値の算出ができない場合においても、必要と考えられる工種・作業については仮定条件を明示して計上すること。積算基準があるものは、それに基づいて計上し、ないものについてはメーカー等に必要な項目をヒアリングするのがよい。

(4) 施工計画は、関係機関との協議、工事費積算において重要な資料であり一般的に表-2.7.1の項目について立案する。

表-2.7.1 施工計画で立案する項目

項目	内容
施工手順	作業手順をフローで示す
使用機械、機器	使用する機械、機器等の規格・配置を示す
仮設計画	足場、防護施設、締切等の規格・配置・クリアランスを示す
規制計画	工事に伴う交通規制図を示す
工程表	修繕工事について、制約期間を考慮した工程を示す

設計時においては、施工条件が確定できないことも考えられる。その場合には、条件を想定した上で施工計画を立案し、想定であることを資料に明記するのがよい。

施工計画は、施工者への意思・情報を確実に伝達するために図面としてまとめるのがよい。
(施工日数の計算等は図化する必要はない)

足場の計画等は、関係機関との協議において必要となることが多い。特に、吊足場の下面高さ、足場の占有範囲等は、重要な資料となる。

2.8 関連図書及び出典

本マニュアルは、修繕設計に関する図書、技術資料を参考に作成している。

【解説】

本マニュアルは、表-2.8.1に示す図書、技術資料を参考に作成している。なお、本マニュアルに示されていない事項は、道路橋示方書・同解説（日本道路協会）及びコンクリート標準示方書（土木学会）、国土交通省近畿地方整備局の土木設計業務等共通仕様書（案）で規定する主要技術資料及び参考図書等によるものとする。また、橋梁の修繕に関する主な技術資料は、表-2.8.1に示す以外にも（公社）日本コンクリートエ学会、（一社）日本橋梁建設協会、（一社）日本鋼構造協会、（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会等から各種規格基準類が発行されているため、参考にするとよい。

表-2.8.1 関連図書、出典一覧

番号	名称	発行者・編集者等	発行年月
1	道路橋補修・補強事例集【2012年版】	(公社) 日本道路協会	H 24. 03
2	道路橋床版防水便覧	(公社) 日本道路協会	H 19. 03
3	鋼道路橋防食便覧	(公社) 日本道路協会	H 26. 05
4	道路橋支承便覧	(公社) 日本道路協会	H 16. 04
5	鋼道路橋の疲労設計指針	(公社) 日本道路協会	H 14. 04
6	鋼橋の疲労	(公社) 日本道路協会	H 09. 05
7	道路橋補修便覧	(公社) 日本道路協会	S54. 02
8	道路橋支承部の改善と維持管理技術	(公社) 土木学会	H 20. 05
9	2013年制定 コンクリート標準示方書【設計編】	(公社) 土木学会	H 25. 03
10	2013年制定 コンクリート標準示方書【施工編】	(公社) 土木学会	H 25. 03
11	2013年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】	(公社) 土木学会	H 25. 10
12	コンクリートライブラリー107 電気化学的防食工法 設計施工指針(案)	(公社) 土木学会	H 16. 08
13	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)	(公社) 土木学会	H 17. 04
14	コンクリートライブラリー123 吹付けコンクリート指針(案)[補修・補強編]	(公社) 土木学会	H 17. 06
15	コンクリートライブラリー137 けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)	(公社) 土木学会	H 24. 07
16	コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針- 2013 -	(公社) 日本コンクリート工学会	H 25. 04
17	コンクリート診断技術' 16	(公社) 日本コンクリート工学会	H 28. 05
18	複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会報告書	(公社) 日本コンクリート工学会	H 13. 05
19	土木構造物の点検・診断・対策技術- 2013年度版-	(一社) 日本鋼構造協会	H 25. 08
20	プレストレストコンクリートの構造物の補修の手引き(案)【断面修復工法】	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会	H 21. 09
21	支承部補修・補強工事施工の手引き	(一社) 日本橋梁建設協会	H 25. 01
22	鋼橋の損傷と点検・診断(点検・診断に関する調査報告書)	(一社) 日本橋梁建設協会	H 12. 05
23	設計要領第二集 橋梁保全編	東日本高速道路(株)、 中日本高速道路(株)、 西日本高速道路(株)	H 24. 07
24	道路構造物の補修要領	阪神高速道路(株)	H 24. 07
25	鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)	国土交通省	H 21. 09
26	塩害橋梁維持管理マニュアル(案)	国土交通省 (橋梁塩害対策検討委員会)	H 20. 04
27	アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン(案)	国土交通省 (ASRに関する対策検討委員会)	H 20. 03
28	非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル	編著:(独) 土木研究所、 (一社) 日本構造物診断技術会	H 15. 10
29	道路橋マネジメントの手引き	(一財) 橋梁調査会	H 16. 08
30	橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】	(財) 道路保全技術センター	H 13. 07
31	既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針	(公社) プレストレストコンクリート工学会	H 28. 09
32	鋼構造物塗膜調査マニュアルJSSIV03-2018	(一社) 日本鋼構造協会	H30. 02
33	ポリ塩化ビフェニル 汚染物 等の該当性判断基準について	環循規発第1910112号	R01. 10
34	道路橋示方書書・同解説	(公社) 日本道路協会	H24. 03

3.修繕工法

修繕工法の選定においては、各修繕工法の概要を十分に理解した上で、適用範囲や施工条件等を示した工法選定の留意点を参考にして、適切な修繕工法を選定する。

【解説】

修繕工法の選定においては、各修繕工法の概要を十分に理解した上で、適用範囲や施工条件等選定の留意点を踏まえて選定する。

3.1 施工管理等基準

修繕工事は施工条件や施工内容が多様であり、施工管理のための基準の定めが無いことがあり、受注者が過去の実績等を参考にして、施工計画書の「施工管理計画」で施工管理の項目、規格値等を検討の上、監督職員と協議して施工管理基準を定め、その基準に基づいて施工管理を行っているのが現状である。

このような現状から、国土交通省 国土技術政策総合研究所が出来形管理基準、品質管理基準、写真管理基準について、実際の施工計画書を参考に作成されているので、これを参考にすると良い。

「維持修繕工事の事例集(案) 平成 29 年 2 月 国土交通省 国土技術政策総合研究所」
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/kpr/prn0063pdf/kp006311.pdf>

3.2 コンクリート部材

コンクリート部材における基本的な修繕工法選定の流れは、図-3.2.1に示すとおりである。

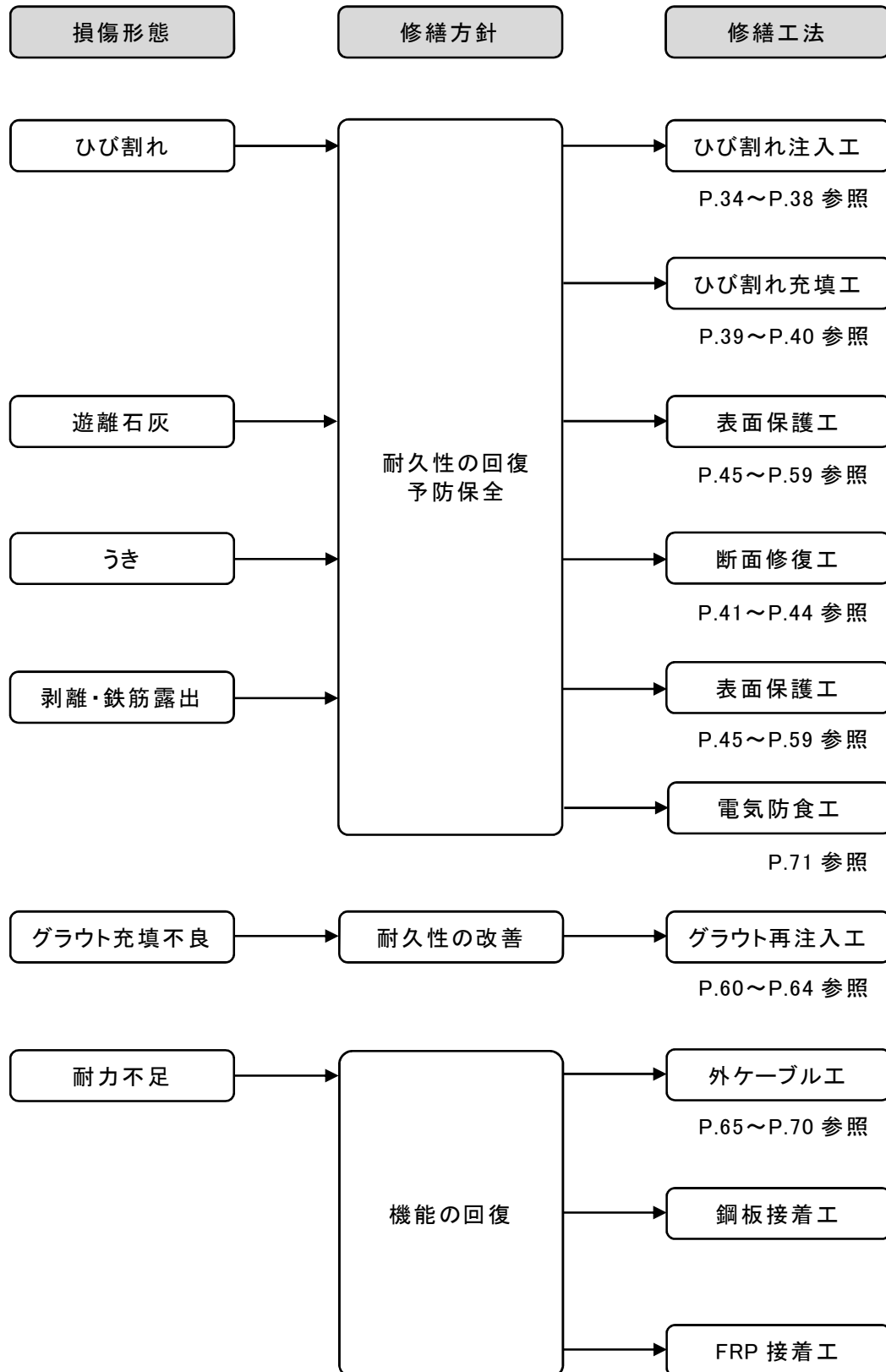
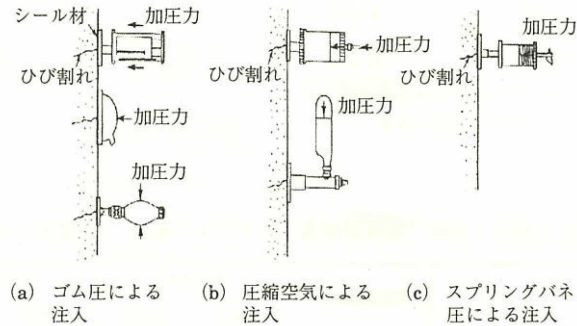


図-3.2.1 コンクリート部材の修繕工法選定

3.2.1 ひび割れ注入工

(1) 工法概要

ひび割れ注入工は、コンクリート構造物補修対策施工マニュアル(案)平成28年8月(土研)を参考にひび割れ幅が0.2mm以上5.0mm未満のひび割れに対して、エポキシ樹脂やポリマーセメント等の修繕材料を深部まで注入し、ひび割れ部への水分や塩化物、二酸化炭素の浸入を防止する工法である。



(2) 注入材の選定

注入材は、ひび割れの性状に合わせ、樹脂系、セメント系から選定する。

表-3.2.1 樹脂系ひび割れ注入材の選定例

(コンクリート構造物補修対策施工マニュアル(案)平成28年8月(土研)p. IV-7より抜粋)

	硬質形				軟質形		
	超低粘度	低粘度	中粘度	高粘度	低粘度	中粘度	高粘度
粘度(mPa・s)	250 以下	1000 以下	2000 以下	—	1000 以下	20000 以下	—
対象となる表面ひび割れ幅(mm)	0.1~	0.2~1.0	0.5~5.0	1.0~5.0	0.2~1.0	0.5~5.0	1.0~5.0
ひび割れ幅と深さの関係	幅狭・深:○ 幅広・深:×	幅狭・深:○ 幅広・深:△	幅狭・深:△ 幅広・深:○	幅狭・深:× 幅広・深:○	幅狭・深:○ 幅広・深:△	幅狭・深:△ 幅広・深:○	幅狭・深:× 幅広・深:○
貫通ひび割れ	△※1	○※1	○	○	○※1	○	○
挙動有り	×				○		
湿潤環境	○(水中硬化型),△(一般用)※2						
寒冷環境	○	○※3	×	×	○※3	×	×

○：適用可、△：一部適用、×通常不可

※1：高温では排出面で流下する可能性あり ※2：一般用でも多少の湿潤に適用可 ※3：一般用でも養生条件では適用可

表-3.2.2 セメント系ひび割れ注入材の選定例

(参考：コンクリート構造物補修対策施工マニュアル(案)平成28年8月(土研)p. IV-7)

	ポリマーなし		ポリマーあり	
	貫通ひび割れなし	貫通ひび割れあり	貫通ひび割れなし	貫通ひび割れあり
対象となる表面ひび割れ幅(mm)	0.1~5.0	0.1~0.5※1	0.1~5.0	0.1~1.0※1
ひび割れ幅と深さの関係	幅狭・深:○ 幅広・深:×	幅狭・深:○ 幅広・深:×	幅狭・深:○ 幅広・深:×	幅狭・深:○ 幅広・深:×
ひび割れ	○	△※1	○	△※1
挙動有り	×			
湿潤環境	○※2			
寒冷環境	△※3		○※3	

○：適用可、△：一部適用、×通常不可

※1：注入する反対側の排出面でモルタルが流下する可能性あり ※2：常時湿潤箇所への適用には検討必要

※3：対凍害性があり、凍結しない環境での適用が原則

エポキシ樹脂系注入材の品質規格は、表-3.2.3を満足するものとする。

表-3.2.3 エポキシ樹脂系注入材の品質規格²⁾

項目		単位	1種	2種	3種	試験方法	
ひび割れ進行区分 ^{注1)}		—	進行度A	進行度B	進行度C	—	
ひび割れ幅 ^{注2)}		mm	0.2~5.0	0.2~5.0	0.2~5.0	—	
未硬化の注入材	粘度($\times 10^{-3}$) [*]	Pa·S	1,000以下	—	1,000以下	JIS K 6833	
	チキソトロピック係数 ^{注3)} *	—	—	4 \pm 1	—	JIS K 6833	
	可使用時間 ^{注4)} *	min	30以上	30以上	30以上	温度上昇法 ^{注5)}	
	収縮率	%	3.0以下	3.0以下	3.0以下	JIS A 6024	
硬化した注入材	伸び率	%	—	50以上	100以上	JIS K 7161 JIS K 7162	
	モルタル 付着強さ	乾燥面	N/mm ²	6以上	6以上	6以上	JIS A 6024
		湿潤面	N/mm ²	3以上	3以上	3以上	JIS A 6024
	付着力耐久性保持率	%	60以上	60以上	60以上	JIS A 6024	

※これらの項目については、施工条件等を勘案の上、必ずしも基準値を満足する必要がないものと判断される場合には、参考値として取り扱うことができるものとする。

注1) ひび割れ進行区分

進行度A:日変化または温度変化によるひび割れの挙動および構造に起因するひび割れの発生を対象とし、異常なひび割れ幅の進行がないもの。

進行度B:完全にひび割れの進行が止まった保証が得られない場合。

進行度C:ひび割れ幅の増加が進行している場合。

注2) 0.5mm以上のひび割れは別途考慮することとしているが、材料は、5.0mmまで対応するものを示した。

注3) チキソトロピック係数とは、液状試料の揺変性の程度を表す。試験方法は、JIS K 6833を準用し、同一ローターでの2rpmにおける粘度と20rpmにおける粘度の比をチキソトロピック係数とする。

注4) 機械式注入工法の場合は、可使用時間の規定は適用しない。

注5) 温度上昇法とは、混合物の試料300gを500ccのポリ容器に採取し、試料の中央部に温度計または熱電対温度計を設置し、一定時間毎に試料の発熱温度を測定する。測定開始時間は混合開始からとする。発熱温度が急激に立ち上がる試料は、その立ち上がり時間の70%を可使用時間とする。発熱温度の急激な立ち上がりのない試料は、最高発熱温度到達時間の50%を可使用時間とする。

エポキシ樹脂系注入材は、表-3.2.4に示す適用条件を参考に選定する。

表-3.2.4 エポキシ樹脂系注入材の選定

エポキシ樹脂系	適用条件
1種	前回点検からひびわれの進行が見られない橋台及び橋脚柱等
2種	前回点検からひびわれの進行が見られない上部工及び橋脚梁等
3種	前回点検からひびわれの進行が見られる場合

(3) 工法選定の留意点

- ・ 幅0.2mm未満のひび割れは、経過観察とする。
- ・ 従来は、手動や足踏み式の機械注入方式が行われていたが、現在ではゴムの復元力やスプリング等を使用した専用の治具が開発され、注入圧力0.4MPa以下の低圧かつ低速で注入する工法が主体となっている。
- ・ 低圧低速注入工法は、①注入量のチェックが容易である、②注入精度が作業員の熟練度に左右されない、③ひび割れ深部のひび割れ幅が0.05mm程度の狭い場合でもほぼ確実に注入できる等の特徴を有している。
- ・ 注入箇所が漏水や湿潤状態にある場合は、接着不良を起こす可能性があるため、注入材は性能の確認された湿潤面用注入材を使用しなければならない。

(4) 施工方法

ひび割れ注入工の施工方法は、**図-3.2.2**に示すとおりである。

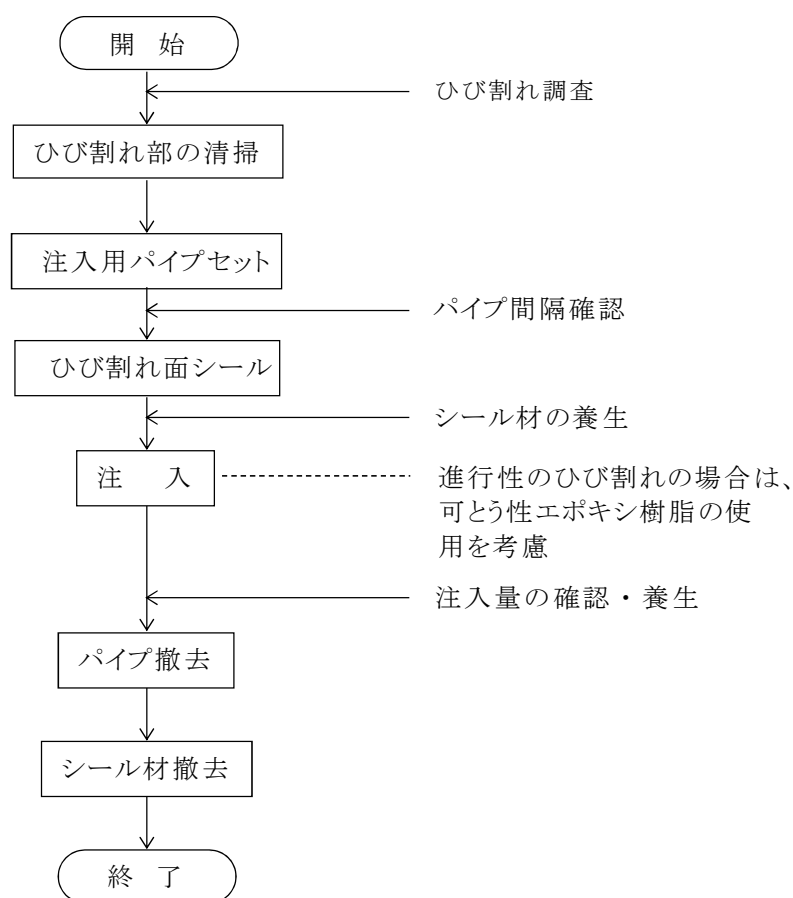


図-3.2.2 ひび割れ注入工の施工フロー¹⁾

(5) 数量算出

ひび割れ注工の数量算出の考え方は、以下を基本とする。

1) ひび割れの深

- ・ アルカリシリカ反応によるひび割れ : 150mm
- ・ 上記以外のひび割れ : 100mm

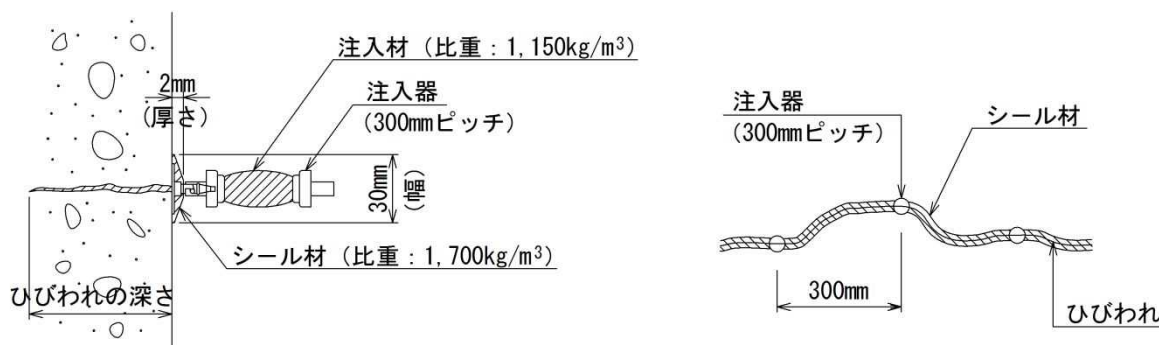


図-3.2.3 ひび割れ注工の施工概要図

2) 材料のロス

- ・ シーラ材のロス率 : 37%
- ・ 注入材のロス率 : 15%
- ・ 注入器残留量 : 0.02kg/個(施工管理上必要)

※なお、ロス率の数値については、最新の「土木工事標準積算基準書 一般財団法人 建設物価調査会 発行」に記載があれば、これを優先的に使用すること。

3) 数量の算出例(ひび割れ幅:0.2mm、深さ:100mm、延長:100mの場合)

- ・ シーラ材

$$W = 0.03\text{m(幅)} \times 0.002\text{m(厚さ)} \times 100\text{m(延長)} \times 1,700\text{kg/m}^3\text{(比重)} \times 1.37\text{(ロス率)}$$

$$= \underline{13.97\text{kg}}$$

- ・ 注入材

$$W1 = 0.0002\text{m(幅)} \times 0.1\text{m(深さ)} \times 100\text{m(延長)} \times 1,150\text{kg/m}^3\text{(比重)} \times 1.15\text{(ロス率)}$$

$$= 2.65\text{kg(躯体注入分)}$$

$$W2 = 0.02\text{kg/個} \times 100\text{m(延長)} \div 0.3\text{m(ピッチ)} = 6.67\text{kg(注入器残留分)}$$

$$W = W1 + W2 = 2.65\text{kg} + 6.67\text{kg} = \underline{9.32\text{kg}}$$

- ・ 注入器

$$W = 100\text{m(延長)} \div 0.3\text{m(ピッチ)} = \underline{333.3\text{個}}$$

※なお、比重等の数値については、最新の「土木工事標準積算基準書 一般財団法人 建設物価調査会 発行」に記載があれば、これを優先的に使用すること。

《参考：施工事例写真》

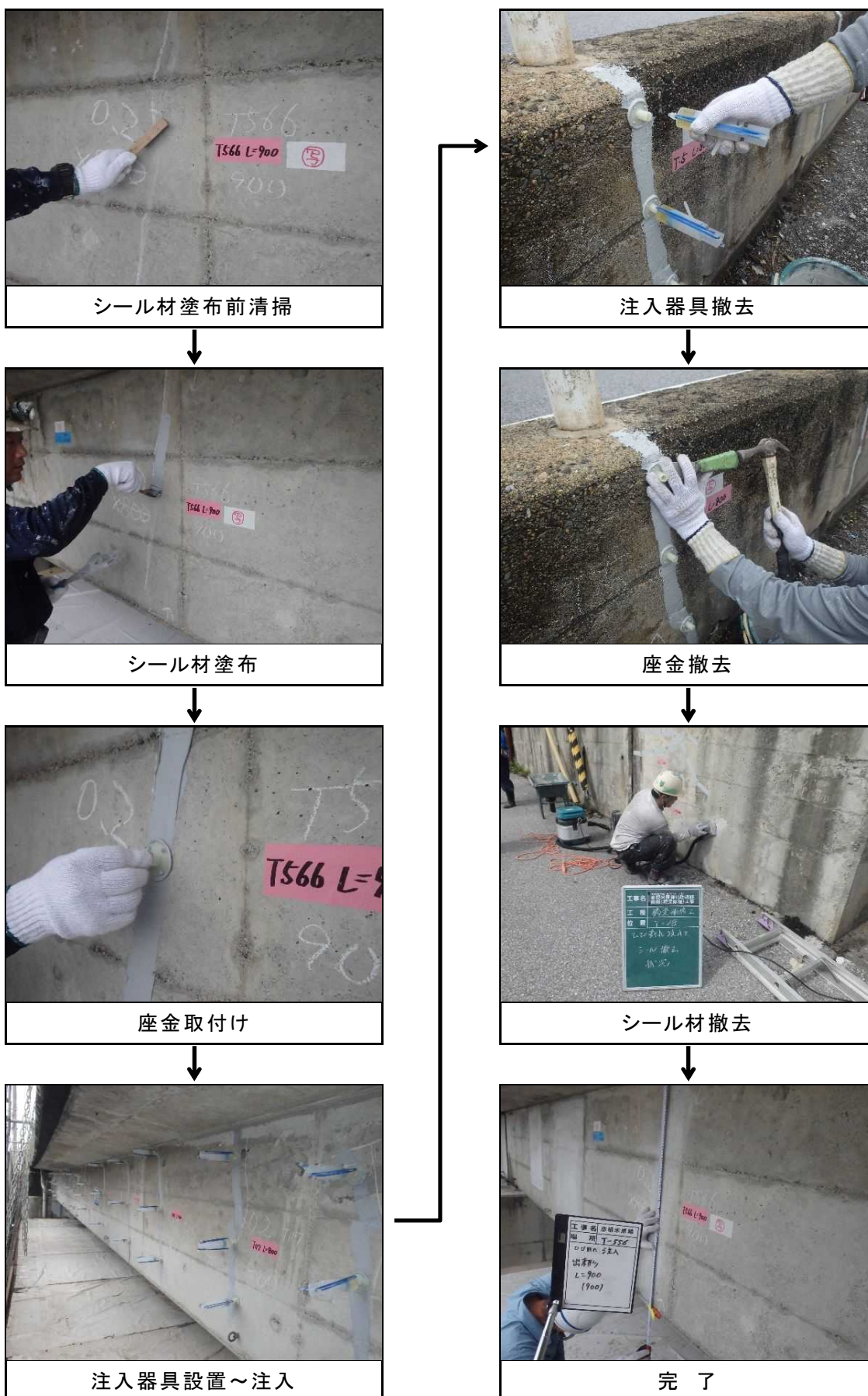


写真-3.2.1 ひび割れ注入工の流れ

3.2.2 ひび割れ充填工

(1) 工法概要

ひび割れ充填工は、ひび割れ幅が1.0mm以上のひび割れに対して、ひび割れに沿ってコンクリートをU字型にカットして修繕材料を充填し、ひび割れ部への水分や塩化物イオン、二酸化炭素の侵入を防止する工法である。



図-3.2.4 ひび割れ充填工の概要図¹⁾

(2) 充填材の選定

充填材は、ひび割れに動きがある場合は、ウレタン樹脂やシリコン樹脂のシーリング材や可とう性エポキシ樹脂等、変形追従性の大きな材料を選定する(比重例:1.15)。

また、ひび割れに動きがない場合は、ポリマーセメントモルタルを選定する(比重例:1.80)。

(3) 要求性能

充填材の要求性能は、表-3.2.5に示すとおりである。

表-3.2.5 充填材の要求性能³⁾

(試験温度:20℃)

	ひび割れ 進行区分 ^{*1}	粘度 (mPa/s)	可使時間 (分)	硬化時間 (時間)	硬化収縮 (%)	伸び率 (%)	モルタル付着 強さ(乾燥面) (N/mm ²)	付着耐久性 保持率 (%) ^{*2}
土木補修用 充填材 ポリマーセメント系	B	10,000以下	30以上	16以内	0.1以下	—	6以上	60以上
土木補修用 充填材 シーラント系	A, B	だれを認めず	240以上	24以内	—	800以上	たわみ量10mm 以上で破壊 すること	60以上

※1 : A=ひび割れが進行している、B=ひび割れの進行が止まっている

※2 : 規格に対する百分率

(4) 工法選定の留意点

- 表面のカット部分には修繕材が充填されるが、その奥にあるひび割れには充填されないままとなる可能性がある。このため、充填部近傍から塩分等が浸透する場合は、ひび割れを伝って内部に浸透する可能性があるため、塩害地域において本工法を採用する場合は十分注意が必要である。
- 上記のような場合は、ひび割れ注入工との併用が有効である。

(5) 施工方法

ひび割れ充填工の施工方法は、**図-3.2.5**に示すとおりである。

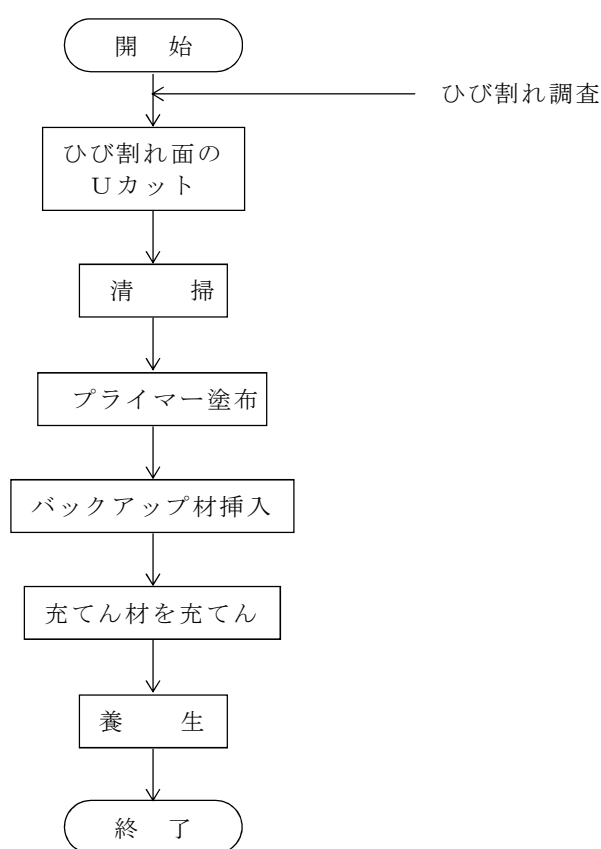


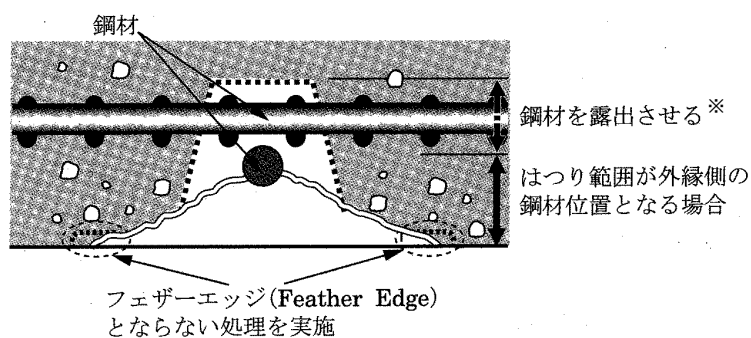
図-3.2.5 ひび割れ充填工の施工フロー¹⁾

3.2.3 断面修復工

(1) 工法概要

断面修復工は、鉄筋の発錆等により生じた既設コンクリート構造物の剥離、剥落や劣化部を取り除いた断面欠損部に対して前処理(下地処理、プライマーまたは防錆ペースト塗布)を施した後、断面修復材により復旧する工法である。

プライマーは、エポキシ及びアクリル等の樹脂系がある。



※ 現場状況に応じて鋼材の裏側までコンクリートをはつり取る

図-3.2.6 断面修復工の概要図¹⁾

(2) 断面修復材

断面修復材は、ポリマーセメントモルタル及び無収縮モルタル、エポキシ樹脂モルタル等があるが、断面修復は既設コンクリートとの接着性が重要となるため、接着性が高く経済的であるポリマーセメントモルタルを基本とする。(表-3.2.6)

表-3.2.6 断面修復材の比較(参考)

断面修復材	接着性	施工性	経済性	評価
ポリマーセメントモルタル	○	○	○ (90万/m ³)	○
無収縮モルタル ^{※1}	×	○	○ (70万/m ³)	×
エポキシ樹脂モルタル ^{※2}	○	△	△ (150万/m ³)	△

※1 無収縮モルタルは、接着性に乏しく剥離する恐れがあるため適切ではない。

※2 エポキシ樹脂モルタルは、紫外線劣化の可能性があるのでポリウレタン等の表面被覆が別途必要となり、施工性や経済性に劣る。

(3) 施工方法の選定

断面修復工は、表-3.2.7に示す施工方法に分類され、表-3.2.8を参考に施工方法を選定する。

表-3.2.7 断面修復工の分類

工 法	左官工法	吹付け工法	充てん工法
施工規模	比較的小面積 10m ² 以下	比較的大面積 10~100m ² 程度	大面積 100m ² 以上
工法概要	型枠を設置せず、金ゴテや木ゴテ等を用いて、人力によって断面修復材を塗りつける工法。	型枠を設置せず圧縮空気や遠心力等を用いて断面修復材を吹き付ける工法。乾式吹付け工法と湿式吹付け工法が	型枠を設置して、流動性を有する断面修復材を打ち込む工法。
概要図			
施工方向	下向き、横向き、上向きのすべてにおいてバランスよく適用が可能。	主として上向きや横向きの施工。湿式であれば、下向きにも適用が可能。	主に上向きの施工。
施工範囲	作業者の行動範囲	圧送距離	ポンプ圧送および運搬距離
留意点	大面積には不向き	型枠の設置が必要	型枠の設置が必要 騒音に注意
最小施工厚	5mm 以上	10mm 以上	10mm 以上

表-3.2.8 断面修復工法の適用性⁴⁾

補修部位の位置	下面	側面	上面
施工の方向	上向き施工	横向き施工	下向き施工
補修面積			
小			
大			

(4) 工法選定の留意点

- 鋼材が腐食している場合は、発錆している鋼材の裏側までコンクリートをはつき取り、鋼材のさびを除去し、マクロセル電流の防止も考慮して、鋼材の防錆処理を確実に行う。
- 鋼材の断面欠損が著しい場合は、新たに鋼材(添え筋)を追加する。

- ・ 断面修復は、原形復旧を基本とするが、鉄筋のかぶり厚がない場合は道路保全課と協議を行うこと。
- ・ 断面修復の範囲は、修繕後マクロセル電流による鋼材腐食により修復範囲周辺の劣化の進行が加速する可能性があるため、ひび割れ、剥離等が顕在化している箇所だけを対象とせず、余裕をもって修繕範囲を設定する必要がある(図-3.2.7)。
- ・ 許容量以上の塩化物イオンが含まれるコンクリートの断面修復は塩分吸着剤入りの断面修復材等を検討する。
- ・ はつり箇所の端部は、10mm程度の Cutter 目地を入れ、フェザーエッジを回避する(図-3.2.8)。

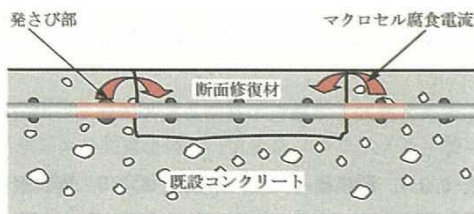


図-3.2.7 マクロセル電流による鋼材腐食¹⁾

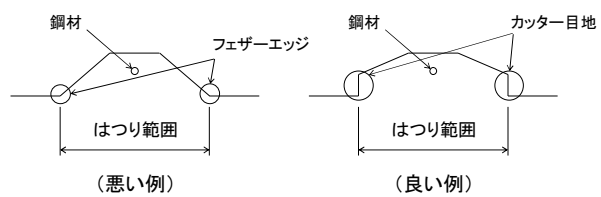


図-3.2.8 はつり箇所の端部処理

(5) 施工フロー

断面修復工の施工方法は、図-3.2.9に示すとおりである。

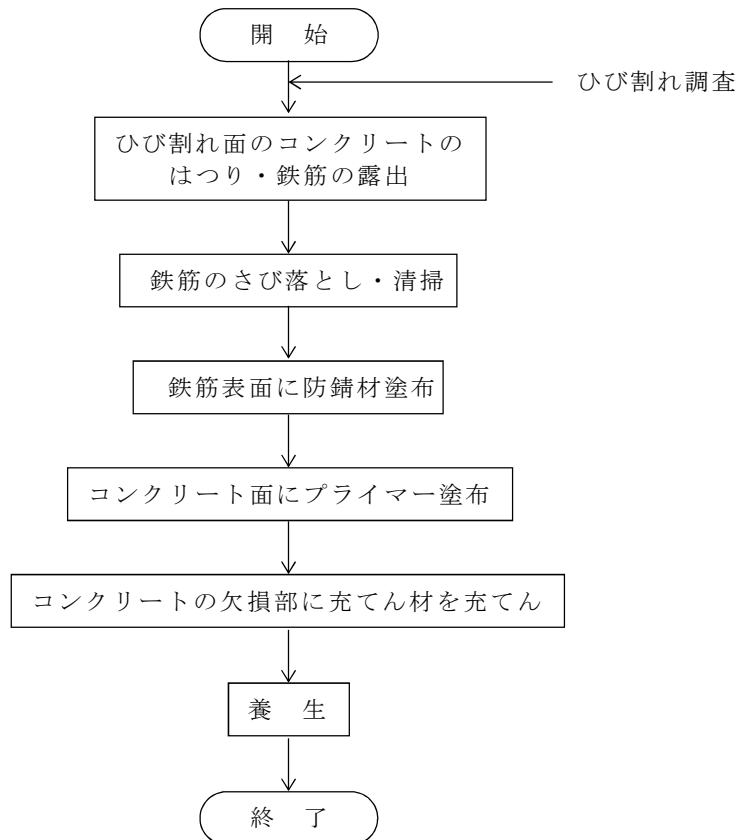


図-3.2.9 断面修復工の施工フロー¹⁾

(6) 施工管理・品質管理の留意点¹⁰⁾

断面修復材の性能は、養生期間によって異なってくる。断面修復材の開発メーカーは、通常、製品の仕様として養生期間と養生方法を明示しており、施工者は、その仕様に従って確実に養生を行う必要がある。また、強度発現はコンクリート同様に温度環境によって異なることに留意する必要がある。

なお、養生に関する仕様が製品仕様に明記されていない場合や、その工事独自の養生を行う場合などは、養生を継続する期間の判断基準として、現場養生した供試体の圧縮強度が10N/mm²に達するまでの期間を標準とする資料もあることから、参考にとすると良い。

《参考：施工事例写真》

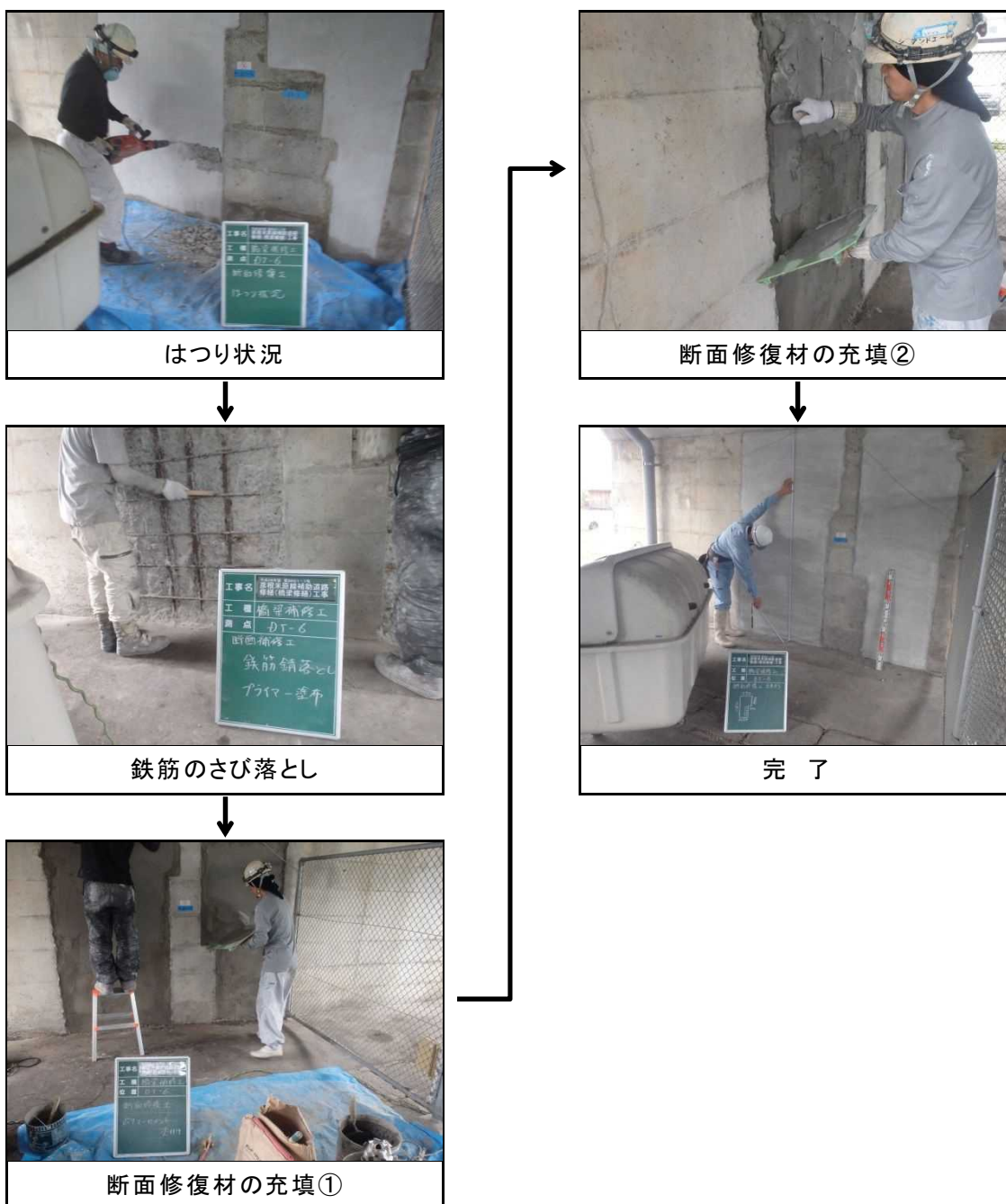


写真-3.2.2 断面修復工(左官工法)の流れ

3.2.4 表面保護工

(1) 工法概要

1) 表面保護工の分類

コンクリート構造物の表面保護工は、表面近傍断面に表面含浸材の含浸層を形成させる工法(以下、表面含浸工)、表面に被覆を施す工法(以下、表面被覆工)があり、これらの工法を適用したコンクリート構造物は、外来劣化因子による構造物の劣化の進行が抑制される効果が期待できる。

また、表面被覆工の場合は、コンクリートのはく落による第三者被害を防止する効果を得ることを目的として、繊維メッシュ等を併用する工法(以下、はく落防止工)がある。

以上より、ここでは、コンクリート構造物の表面保護工を次の3種類に分類する。

- ① 表面含浸工
- ② 表面被覆工
- ③ はく落防止工

2) 表面保護工の適用範囲及び性能評価例

構造物の要求性能に対する表面保護工の適用範囲は、表-3.2.9に示すとおりである。

表-3.2.9 表面保護工法の適用範囲⁵⁾

要求性能に関連する項目	表面保護工法	表面処理工			断面修復工(法)	メッシュ(工法)	シート(工法)
		表面被覆工		表面含浸工法			
		有機系	無機系				
適用構造物		新設・既設	新設・既設	新設・既設	既設	新設・既設	新設・既設
劣化に対する抵抗性	中性化	○	○	○	○	*	○
	塩害	○	○	○	○	*	○
	凍害	○	○	△	○	*	*
	化学的侵食	○	△	—	○	*	○
	アルカリ骨材反応	△	△	△	○	*	*
	乾湿繰返し	○	○	○	○	*	*
	摩耗(キャビテーション抑制など)	○	○	△	○	*	*
	疲労によるひび割れ	—	—	—	—	△	△
水密性	構造物中の劣化部分の除去	—	—	—	○	—	—
	防水対策	○	○	○	○	*	○
美観・景観	落書き防止	○	△	△	—	*	—
	排ガス付着防止	○	△	△	—	*	—
	防藻・防かび	○	△	△	—	*	—
	意匠性向上	○	○	—	—	*	—
	外観維持	—	—	○	—	—	—
第三者影響度に関する性能	はく落抵抗性	—	—	△	—	○	○
機能性	耐火性向上(爆裂防止)	△	○	—	○	*	—
	収縮によるひび割れ抑制	○	○	—	○	*	—
	保温性向上	△	○	—	—	*	—
	海洋生物付着防止	△	—	—	—	*	—
	融雪溝の雪溜り向上	△	—	—	—	*	—
	車両走行安全性向上、視認性向上	△	—	—	—	*	—
	ぜい弱部の強度回復(固化)	—	—	○	—	—	—

○は適用の対象、△は適用する場合に検討が必要(他の工種、工法との併用など)、—は適用の対象外を示す。

*:本表では、メッシュ(工法)あるいはシート(工法)によって付加される効果のみを示す。メッシュ(工法)、シート(工法)は、表面被覆工法(有機系、無機系)と併用して使用するために、その適用範囲は、使用する表面被覆工の適用範囲に準ずる。

各表面保護工に対する一般的な性能評価例は、表-3.2.10に示すとおりである。

表-3.2.10 表面保護工に対する一般的な性能評価例⁵⁾

性能	表面被覆工法		表面含浸工法
	有機系	無機系	
構造物の劣化に対する抵抗性	A	B	C
施工のし易さ	C	B	AまたはB
保護層の維持管理のし易さ	B	B	AまたはB
環境側面に関する性能	BまたはC	A	B
初期コスト	B	B	A

※ 各性能に関して、それぞれの工法を比較して優れている順にA、B、Cで示した。

(2) 表面含浸工

1) 工法概要

表面含浸工は、所定の効果を発揮する表面含浸材をコンクリート表面から含浸させて、コンクリート表層部の組織を改質して、コンクリート表面部への特殊機能を付与することで部材を保護し、コンクリート構造物の耐久性を向上させる工法である。

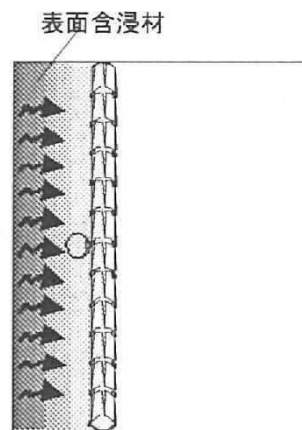


図-3.2.10 表面含浸工の概要図⁵⁾

汎用的な表面含浸工は、次の3種類に大別される。また、各表面含浸材の機能は、表-3.2.11に示すとおりである。

- ① シラン系表面含浸材を用いた表面含浸工
- ② けい酸リチウム系表面含浸材を用いた表面含浸工
- ③ けい酸ナトリウム系表面含浸材を用いた表面含浸工

表-3.2.11 表面含浸材の機能⁶⁾

	機能
シラン系表面含浸材	浸透性吸水防止材とも称され、コンクリート表層部に含浸させることにより吸水防止層を形成し、外部からの水や塩化物イオンの侵入を抑制する
けい酸リチウム系表面含浸材	浸透性固化材や浸透性アルカリ付与材とも称され、コンクリート表層部に含浸させることにより、ぜい弱なコンクリート表層部を硬化したり、中性化したコンクリート表層部にアルカリ性を付与して鉄筋の腐食環境を改善する
けい酸ナトリウム系表面含浸材	浸透性固化材や浸透性防水材料、あるいはコンクリート改質材とも称され、コンクリート表層部に含浸させることにより、細孔内部に不溶性の結晶体を生成し、外部からの水や炭酸ガスの侵入を抑制したり、中性化したコンクリート表層部にアルカリ性を付与して鉄筋の腐食環境を改善する

2) 表面含浸材の選定

表面含浸材の選定にあたっては、表-3.2.12に示す構造物に要求される性能に対する表面含浸工の適用範囲を参考にする。

表-3.2.12 表面含浸工の適用範囲⁶⁾

要求性能に関する項目	表面含浸工	けい酸塩系			その他の系
		シラン系	けい酸リチウム系	けい酸ナトリウム系	
適用構造物		新設・既設	新設・既設	新設・既設	新設・既設
劣化に対する抵抗性	中性化抑制(中性化対策)	△	△	○	
	塩化物イオンの侵入抑制(塩害対策)	○	-	○	
	凍結融解抵抗性(凍害対策)	○	-	○	
	化学的侵食抑制	-	-	-	
	アルカリ骨材反応抑制(アルカリ骨材反応対策)	○	○	△	
	乾湿繰返し抑制	○	-	-	
	摩耗抑制(水理構造物のキャピテーション等)	-	△	△	
	疲労によるひび割れ制御 構造物中の劣化部分の除去	-	-	-	
水密性	防水	○	-	○	
美観・景観	落書き防止	△	-	-	
	排ガス付着防止	△	-	△	
	防藻・防カビ	△	-	△	
	意匠性向上	-	-	-	
	外観維持	○	○	○	
第三者影響度に関する性能	はく落抵抗性	-	△	△	
各種機能付加	耐火性向上(爆裂防止)	-	-	-	
	収縮によるひび割れ抑制	-	-	-	
	保温性向上	-	-	-	
	海洋生物付着防止	-	-	-	
	融雪溝の雪溜り防止	-	-	-	
	車両走行安全性向上(蓄光塗料、視認性向上) ぜい弱部の強度回復(固化)	-	-	○	△

注) 表中の○は適用対象、△は適用する場合検討が必要(他の補修工との併用等)、-は適用対象外を示す。

3) 要求性能

表面含浸材の要求性能は、表-3.2.13に示す評価基準と比較することによって、表面含浸材の品質を確認することができる。評価基準として示した性能グレードは、表-3.2.14及び表-3.2.15による。

表-3.2.13 評価項目と評価基準⁶⁾

要求性能	評価項目	評価基準			
		シラン系	けい酸塩系		その他の系
			けい酸リチウム系	けい酸ナトリウム系	
表面含浸材に要求される基本的性能	外観変化	NC,SC,CCのいずれか			
	含浸性	IS	IL	IN	I0
コンクリート構造物の劣化を抑制する性能	中性化深さ	C	B	B	-
	塩化物イオン浸透抵抗性	A	C	C	
	透水性	A	C	C	
	吸水性	A	C	C	
	酸素遮断性	*1			
	水蒸気透過性	B	B	B	
	アルカリ性の付与	*2			
	耐摩耗性	*3			

- 注) *1: JSCE-K521-1999(表面被覆材の酸素透過性試験方法)等の試験を適用して、表面含浸材を含浸したモルタルまたはコンクリート試験体の酸素透過性試験を行い、表面含浸材の含浸によって酸素遮断性が付与されるかどうかを確認する。
 *2: 中性化したモルタルまたはコンクリート試験体に表面含浸材を含浸して、含浸部分のアルカリ性が回復することを確認する。
 *3: JIS A 1453(建築材料および建築構成部分の摩耗試験方法—研磨紙法)等の試験を適用して、表面含浸材を含浸したモルタルまたはコンクリート試験体の摩耗試験を行い、表面含浸材を含浸しない試験体に比べて、耐摩耗性が改善されることを確認する。

表-3.2.14 外観変化及び含浸深さのグレード⁶⁾

評価項目	グレード	内容
外観変化	NC	外観変化なし
	SC	わずかに変化(濡れ色を呈する程度の変化)
	CC	著しい変化
含浸深さ	IS	シラン系
	IL	けい酸リチウム系
	IN	けい酸ナトリウム系
	I0	その他の系

表-3.2.15 劣化要因に対する性能のグレード⁶⁾

評価項目		グレード		
性能	評価値(%)	A	B	C
透水に対する抵抗性	透水抑制率	80以上	80~60	60以下
吸水性に対する抵抗性	吸水抑制率	80以上	80~60	60以下
透湿性	透湿比	80以上	80~60	60以下
中性化に対する抵抗性	中性化抑制率	30以上	30~10	10以下
塩化物イオン浸透抵抗性	塩化物イオン浸透抑制率	80以上	80~60	60以下

4) 工法選定の留意点

- 本工法は、コンクリート表面の外観を著しく損ねることがなく、表面被覆工と比較すると、少ない工程でかつ短期間で施工できるという特徴を有している。また、経年後に再施工する場合、表面含浸材を再度含浸させるだけで効果を発揮できる。
- 下地となるコンクリート表層部が多量の水分を含む場合及びコンクリートの組織が相当に緻密である場合、コンクリート表層部の脆弱化が相当進んでいる場合は、表層部の状態によってはその性能を十分に発揮できない場合があるため、注意が必要である。
- ASRによる変状の進行を抑制するために用いる場合は、外部からの水分の進入を防ぐ一方で内部からの蒸発を妨げず、コンクリートの含水率を低下させることがその主目的であるから、特に透水及び吸水阻止性やコンクリートからの水蒸気透過性に関して優れた材料を選定するのがよい。
- シラン系材料は、浸透性吸水防止材とも呼ばれ、コンクリートから数mmの厚みの範囲には水層(吸水防止層)が形成され、水分や塩化物イオン等の劣化因子の侵入を防止することができる。
- 本工法は、施工後の対策有無を現地確認できないため、維持管理を適切に行う必要性から、銘板等により現地に施工記録を表示する。

比較検討を行う場合は、経済性、材料の化学的性質及び力学的性質等の諸元を列記し、3案程度を比較することが望ましい。表面含浸工の例は、表-3.2.16に示すとおりである。

表-3.2.16 表面含浸工の例(参考)

工法	技術名称	NETIS 登録番号	工法の対策効果						㎡あたり 単価	市場 単価の適用	性能グレード (JSCE)					
			中性化 抑制	塩化物イ オンの侵 入抑制	凍結融 解抵抗 性	アルカリ シリカ反 応抑制	防水	鉄筋防 錆			透水に 対する 抵抗性	吸水に 対する 抵抗性	透湿性	中性化 に対する 抵抗性	塩化物イ オン浸 透抵抗 性	
シラン系	浸透性吸水防止材「マジカルリベラー」「マジカルリベラーHV」	掲載終了	-	○	○	○	○	-	2,650	○	A	A	A	A	A	
	無溶剤タイプジェル状シラン系表面含浸材(アクアシール)	掲載終了	○	○	○	○	○	-	3,731	○	A	A	A	A	A	
	無溶剤シラン系表面含浸材「ウォーターガード」	掲載終了	○	○	○	○	○	-	2,288	○	A	A	A	A	A	
	ニュースバンガード	掲載終了	-	○	○	-	○	-	2,782	○	A	A	A	A	A	
	含浸系表面保護材「プロテクトシルBH-N」	掲載終了	-	○	○	○	○	-	3,024	○	A	A	A	B	A	
	コンクリート表面保護材「パーミエイトHS-300」	掲載終了	○	○	○	○	○	-	3,361	○	A	A	A	A	A	
	高粘性浸透性吸水防止材	掲載終了	○	○	○	○	○	-	3,707	-	A	A	A	B	A	
	浸透性吸水防止材「レジソークType1」	掲載終了	○	○	○	-	○	-	4,900	○	A	A	A	A	A	
	ビルテクト-100E	掲載終了	○	○	○	-	○	○	5,546	○	A	A	A	A	A	
	コンフィックスSM-9	掲載終了	○	○	-	○	○	-	2,275	○	A	A	C	A	A	
	鉄筋腐食抑制工法「プロテクトシルCIT」	掲載終了	-	○	○	○	○	○	6,000	-	A	A	A	A	A	
	無機系コンクリート浸透改質材「リフレバセットD70」	掲載終了	○	○	-	○	○	-	2,497	○	A	A	A	A	A	
	高性能シラン系含浸材「U-エルシーワンSF」	掲載終了	○	○	○	○	○	-	3,595	○	A	A	A	A	A	
	浸透性吸水防止材・コンクリート表面保護剤(含浸剤)LEOTECT(レオテクト)シリーズ	掲載終了	○	○	○	○	○	-	3,000	○	-	A	-	A	A	
	低温、高温環境でも施工可能な浸透性エチルシラン撥水剤サンハイドロックL	掲載終了	○	○	○	○	○	-	2,830	○	A	A	A	C	A	
	T&C防食-塩害用-	掲載終了	○	○	○	○	○	-	4,900	○	-	A	A	A	A	
	シラン・シロキサン系複合超高濃度含浸材を用いた親水性工法	KK-220004-A	-	-	-	-	○	-	3,962	-	-	-	-	-	-	
シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材を併用した、コンクリート表面処理材	KT-180004-A	○	○	○	○	-	-	3,020	-	-	-	-	-	-		
ハイブリッド系	コンクリート表面含浸工法【シッカリート工法】	掲載終了	○	○	-	-	○	-	3,800	○	A	C	C	B	A	
	コンクリートキーパーシリーズ	掲載終了	○	○	-	○	○	-	3,300	○	-	-	-	-	-	
	Sクリート工法	KT-160122-A	○	○	○	-	○	-	6,130	-	-	-	-	-	-	
けい酸塩系	リチウム酸系	けい酸質リチウム系コンクリート改質剤「Osmo」	掲載終了	○	○	○	-	-	3,500	○	-	-	-	-	-	
		亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法「プロコンガードシステム」	掲載終了	○	○	-	-	○	○	4,769	-	-	-	-	-	
		けい酸リチウム系混合型表面含浸材「RCガードCE TYPE-Li」	KT-180024-A	○	○	○	-	-	-	12,500	-	-	-	-	-	
	けい酸ナトリウム系	マクサム工法	掲載終了	○	○	○	-	○	-	1,900	○	-	-	-	-	-
		省力施工型コンクリート改質・劣化防止剤「リアル・メンテ」	掲載終了	○	-	-	-	○	-	2,702	○	-	-	-	-	-
		ハイドロフィット工法(含浸複合注入工法)	掲載終了	○	○	-	○	○	-	6,180	-	-	-	-	-	-
		けい酸塩系コンクリート含浸材「SUPER SHIELD」	掲載終了	○	○	-	-	○	○	4,277	○	-	-	-	-	-
		コンクリート改質剤CS-21	掲載終了	○	○	○	-	○	-	2,500	○	B	C	B	A	C
		コンクリート浸透性改質剤[RCガードックス]	掲載終了	○	○	○	-	○	-	3,900	○	-	-	-	-	-
RCGインナーシール	掲載終了	○	○	○	-	○	-	3,400	○	B	B	A	A	C		
珪酸塩系含浸コンクリート保護材	掲載終了	○	○	○	○	○	○	3,900	○	-	-	-	-	-		
無機質けい酸塩系含浸材「ボルトガードプレクサス」	掲載終了	○	○	○	-	○	-	3,500	○	-	-	-	-	-		

令和3年3月現在

5) 施工方法

表面含浸工の施工方法は、**図-3.2.11**に示すとおりである。

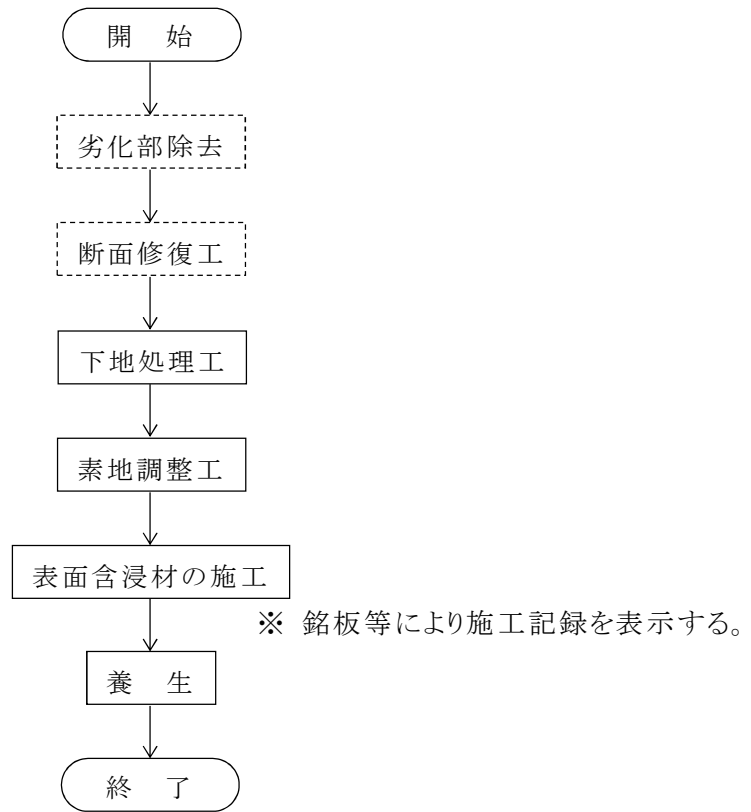


図-3.2.11 表面含浸工の施工フロー

表面含浸工の施工記録の表示は、**表-3.2.17**を参考とする。

表-3.2.17 銘板の一例(15×20cm)⁷⁾

構造物の名称	〇〇橋
施工部位	地覆コンクリート(L・R両側、天端面、道路側面)
施工年月	平成〇年〇月〇日
使用材料(製品名)	〇〇〇〇〇〇
材料製造者	〇〇〇〇株式会社
施工者(工事管理者)	株式会社〇〇〇〇 〇〇 〇〇

(3) 表面被覆工

1) 工法概要

表面被覆工は、コンクリート構造物の表面に、有機系または無機系被覆材により被覆を施し、劣化因子の侵入を抑制、防止して、コンクリート構造物の耐久性の向上または劣化の進行を抑制する工法である。

一般に施工後は内部が視認できないため、「景観性が不要な場合」または「外来からの劣化因の侵入を強制的に遮断する必要がある場合」以外は、採用しないことが望ましい。

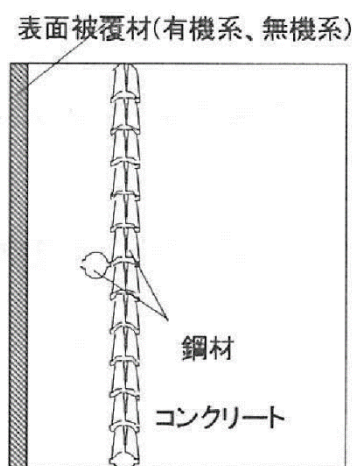


図-3.2.12 表面被覆工の概要図⁵⁾

表面被覆工は、表面被覆材の種類により次の2種類に大別される。

- ① 有機系被覆工
- ② 無機系被覆工

有機系被覆工は、コンクリート構造物の劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、酸素等の侵入を抑制する効果の高い有機系被覆材の特質を生かした表面保護工であり、大きな特徴の1つは、ひび割れ追従性の要求に対応した柔軟形エポキシ樹脂やゴム系材料等柔軟性の大きい材料を選定することが可能なことである。また、劣化因子の遮断に優れるが、湿潤面等での施工に制約があり、一般に施工後は内部が視認できない等の欠点もある。

無機系被覆工は、コンクリート構造物の劣化因子である二酸化炭素、塩化物イオン、水分、酸素等の侵入を抑制する効果の高い無機系被覆材の特徴を生かして、コンクリート表面を厚さ1～5mm程度の単層または複層によって構成される各種無機系材料で被覆する表面保護工法である。また、無機系表面被覆材は、有機系被覆材に比較して、紫外線劣化に対する抵抗や耐候性に優れていると同時に難燃性に優れている特徴を有するが、その反面、ひび割れ追従性に劣るものもある。

2) 表面被覆材の選定

表面被覆材の選定にあたっては、表-3.2.18及び表-3.2.19に示す各被覆工法に期待される性能と適用効果を参考にする。

表-3.2.18 有機系被覆工に期待される性能と適用効果⁵⁾

	塗装工法				シート工法 ³⁾						
	中塗り材の種類				塗布接着形シート工法 (クロスシート、メッシュシート、等)						張付け接着 形シート工法
	標準形	厚膜形	柔軟形	柔軟厚膜形	ガラス繊維シート (クロスシート、メッシュシート、等)		ビニロン繊維シート/ エポキシ、 アクリル、ク ロロプレ ンゴム		カーボン繊維シート/ エポキシ、 アクリル		
樹脂および シートの種類	エポキシ	エポキシ、アクリル、ビニルエステル、ポリエステル、アクリル	エポキシ、ポリウレタン、ふっ素	エポキシ、ポリウレタン、アクリルゴム、クロロプレンゴム、ポリブタジエン、ポリウレタ	ガラス繊維シート 1層/2層/ エポキシ	ビニロン繊維シート/ エポキシ、 アクリル、ク ロロプレ ンゴム	アラミド繊維シート/ エポキシ	カーボン繊維シート/ エポキシ、 アクリル	ガラスマット ⁴⁾ 1層/2層/ エポキシ/ ビニルエ ステル/ ポリエステル	ラミネートシート/ エポキシ	
膜厚(μm)	100未満	100以上	100未満	100以上	500/1000	500	700	積層数により変化	1000-2000	1000	
期待される性能 ²⁾											
中性化抑制	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
塩化物イオンの侵入抑制	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
凍結融解抵抗性	△	△	△	○	*	*	*	*	*	*	
化学的侵食抑制	△	○	△	○	○	-	*	○	○	*	
アルカリ骨材反応抑制	△	△	△	△	*	*	*	*	*	*	
ひび割れ追従性	△	△	○	○	*	*	*	*	*	*	
美観・景観に関する性能	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
はく落抵抗性	-	-	-	-	○	○	○	○	*	○	

- 1) 樹脂系に記載のものは全てではなく、市販の代表的な有機系被覆材を載せた。
 2) 期待される効果は主要なもののみ示した。表中の○は適用対象、△は適用する場合に検討が必要(他の工法との併用など)、-は適用対象外を示す。
 3) はく落防止を主目的とする。それ以外の用途として下水道構造物の劣化防止に使用されることもある。*印は、同様の樹脂系のものを用い、かつ膜厚が同じ場合は、塗装工法と同様の適用効果を期待できることを示す。膜厚は目安を示した。
 4) ガラスマットについては、日本下水道事業団編「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防腐技術指針・同マニュアル(平成14年12月)」を参照した。

表-3.2.19 無機系被覆工に期待される性能と適用効果⁵⁾

期待される性能	単層による塗装工法		複層による塗装工法		メッシュ工法 ⁴⁾
	柔軟形	標準形	柔軟形	標準形	
中性化抑制	○	○	○	○	*
塩化物イオンの侵入抑制	○	○	○	○	*
凍結融解抵抗性	○	○	○	○	*
化学的侵食抑制	△	-	△	△	*
アルカリ骨材反応抑制 ²⁾	△	-	△	△	*
ひび割れ追従性	○	△	○	△	*
美観・景観に関する性能	△	△	○	○	*
はく落抵抗性 ³⁾	-	-	-	-	○

- 1) 表中の○は適用対象、△は適用する場合に検討が必要(他の工法との併用など)、-は適用の対象外を示す。
 2) アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性により判定した。
 3) はく落抵抗性は付着性を基本に判定した。
 4) メッシュ工法の「*」については、単層および複層による塗布工法と併用して使用するために、その適用範囲は、使用する無機系被覆の各工法の適用範囲に準ずることを示す。

3) 有機系被覆材の要求性能

有機系表面被覆材及び被覆システムに要求される性能は、表-3.2.20に示すとおりである。

表-3.2.20 有機系被覆材及び被覆システムの評価項目⁶⁾

要求性能	有機系被覆工法の適用対象となる構造物の劣化								
	中性化	塩害	凍害	化学的 侵食	アルカリ 骨材反応	景観 美観	はく落	水密性 (防水性)	乾燥収縮 温度 ひび割れ
耐候性	○	○	○	○(屋外)	○	○	○	○	○
耐アルカリ性	○	○	○	○	○	○	○	○	○
耐酸性	—	—	—	○	—	—	—	—	—
耐薬品性	—	—	—	○	—	—	—	○	—
一体性 (付着強さ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
二酸化炭素 透過阻止性	◎	—	—	—	—	—	—	—	—
透水阻止性 (透水量)	△	◎	◎	◎	◎ (防水系)	△	—	◎	—
水蒸気透過阻 止性(透湿性)	△	○	○	○	△	△	—	○	—
水蒸気透過性 (透湿性)	—	—	—	—	◎ (はっ水系)	—	—	—	—
酸素透過 阻止性	—	◎	—	—	—	—	—	—	—
塩化物イオン 透過阻止性	—	◎	◎	○	△	—	—	—	—
硫黄の浸透 阻止性	—	—	—	◎	—	—	—	—	—
凍結融解 抵抗性	—	—	○	—	—	—	—	—	—
ひび割れ 追従性	△	△	△	△	◎	—	◎	△	◎
ひび割れ 拘束性	—	△	—	—	△	—	—	—	—
防汚性	—	—	—	—	—	△	—	—	—
はく落防止性	—	—	—	—	△	—	◎	—	—
再補修性	△	△	△	△	△	△	△	△	△

◎:劣化を抑制・防止する性能 ○:基本的に要求される性能 △:必要に応じて要求される性能

4) 無機系被覆材の要求性能

無機系表面被覆材及びシステムに要求される性能は、表-3.2.21～表-3.2.27に示すとおりである。

表-3.2.21 中性化に対する抵抗性で期待される項目及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ
中性化による劣化を抑制・防止する性能	中性化抑制	中性化深さ
	水分の侵入防止(防水性)	透水量
	酸素の侵入抑制	酸素透過性

表-3.2.22 塩害に対する抵抗性で期待される項目及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ
塩分浸透による劣化を抑制・防止する性能	塩化物イオンの侵入抑制	塩化物イオンの浸透深さ
	酸素の侵入抑制	酸素透過性
	湿度の低下(鉄筋の腐食抑制)	透湿度
	水分の侵入防止(防水性)	透水量

表-3.2.23 凍害に対する抵抗性で期待される項目及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	凍結融解抵抗性	質量減少、相対弾性係数
	一体性	付着強さ
凍結融解による劣化を抑制・防止する性能	水分の侵入防止(防水性)	透水量
	塩化物イオンの侵入抑制	塩化物イオンの浸透深さ
	湿度の低下	透湿度

表-3.2.24 化学的侵食に対する抵抗性で期待される項目及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ
化学的侵食による劣化を抑制・防止する性能	水分の侵入防止(防水性)	透水量
	塩化物イオンの侵入抑制	塩化物イオンの浸透深さ
	湿度の低下	透湿度

表-3.2.25 アルカリ骨材反応に対する抵抗性で期待される項目及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ
アルカリ骨材反応による劣化を抑制・防止する性能	水分の侵入防止(防水性)	透水量
	塩化物イオンの侵入抑制	塩化物イオンの浸透深さ
	湿度の低下	透湿度

表-3.2.26 美観・景観に対して期待される効果及び評価項目⁶⁾

要求される諸性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	紫外線劣化に対する耐久性	耐候性
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ
	汚れが付き難い・除去し易い性能	防汚性
美観・景観の低下を抑制・防止する性能	中性化抑制	中性化深さ
	水分の侵入防止(防水性)	透水量
	酸素の侵入抑制	酸素透過性

表-3.2.27 はく落抵抗性で期待される効果及び評価項目⁶⁾

要求される基本性能	期待される効果	評価項目
基本的要求性能	コンクリート片をはく落させない性能	はく落防止性(押し抜き強度)
	アルカリに対する抵抗性	耐アルカリ性
	一体性	付着強さ

5) 工法選定の留意点

- コンクリート構造物に断面欠損部や脆弱部がある場合は、構造上の問題を検討した上で劣化部を除去し、断面修復工により修復した後に、下地処理や素地調整を行い、有機系あるいは無機系被覆材にて被覆する。
- 有機系材料は、劣化因子の侵入抑制の他、耐候性、コンクリートとの付着性、耐アルカリ性に優れた材料がある。また、繰返し荷重やアルカリ骨材反応を対象としたひび割れ追従性に優れた材料もある。
- 塩害対策、中性化対策、凍害対策、ASRの進行抑制等、目的に適した材料を選定することが重要である。
- ASRが発生している構造物に対しては、表面保護を施す範囲の選定が適切でないとコンクリートの含水率がさらに高まり、かえってASRによる劣化を促進させてしまうことも考えられるため、構造物中に浸入した水分が蓄積されないように計画することが重要である。

6) 施工方法

表面被覆工の施工方法は、**図-3.2.13**に示すとおりである。

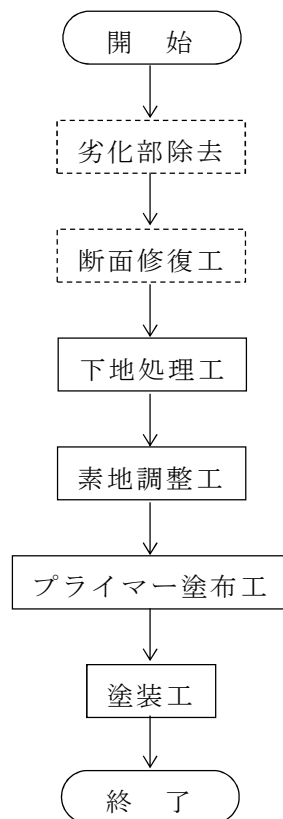


図-3.2.13 表面被覆工の施工フロー

(4) 鉄筋腐食抑制工

1) 概要

表面含浸工の1種であり、鉄筋腐食抑制工として使用される表面含浸工を取りまとめた。

表面含浸工はコンクリート表面を改質して撥水性や二酸化炭素等の劣化因子の浸透を抑制することで劣化速度を遅らせるものに対し、鉄筋腐食抑制工はコンクリート深くまで含浸することで鉄筋の腐食環境を改善する働きを有する。主に表面保護工では対応出来ない場合に用いられる。

2) 鉄筋腐食抑制工の種類

工法	技術名称	NETIS 登録番号	工法概要	備考
シラン系	ビルテクト-100E	CB-110027-A	ビルテクトがコンクリート内部に深く浸透し、コンクリート中のけい酸質と結合することでコンクリート表層部と内部に強固な防水保護層を形成する。この防水層が劣化因子の浸透抑制することで鉄筋腐食も抑制される。	浸透深さ 約 10mm 程度
	鉄筋腐食抑制工法 「プロテクトシル CIT」	HR-060004-V	プロテクトシル CIT がコンクリート内部に深く浸透し、外観を変えることなく塩化物イオンの侵入を阻止する吸水防止層を形成することで、鉄筋の廻りに保護層を形成し腐食を抑制する。	浸透深さ 吸水防止層 約 10mm 鉄筋保護層 約 80mm
けい酸 リチウム系	亜硝酸リチウム併用型表面含浸工法「プロコンガードシステム」	CG-150013-A	亜硝酸リチウムを併用した表面含浸工法である。劣化因子の遮断に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋防錆効果とアルカリシリカゲル膨張抑制効果を付加価値として備えており、劣化過程が潜伏期だけでなく、既に鉄筋腐食やASR膨張が生じつつある進展期や加速期前期などでも適用性がある。	
けい酸 ナトリウム系	けい酸塩系コンクリート含浸材「SUPER SHIELD」	QS-150019-A	毛細孔、ひび割れ等へのコロイド溶液（無機質）の浸透により緻密化させることで、劣化抑制を実現させる。 コンクリートに深く浸透することで鉄筋の腐食環境改善するほか、0～2.0mm程度のひび割れを閉塞する効果（SSP工法）も兼ね備えています。	浸透深さ 約 40mm 程度

3) 留意事項

- ・鉄筋腐食抑制工としての機能の他、表面含浸工としての特徴も併せ持つため、工法選定にあたっては、表面含浸工の留意点も考慮する事。
- ・コンクリート表面が脆弱化している場合は性能を十分に発揮できない場合があるため、注意が必要である。ひび割れ、剥離が広範囲に生じている場合、鉄筋腐食が著しい場合は、電気化学的鉄筋防食工法を含めた検討を行うこと。
- ・本工法は、施工後の対策有無を現地確認できないため、維持管理を適切に行う必要性から、銘板等により現地に施工記録を表示する。

(5) はく落防止工

1) 工法概要

はく落防止工は、コンクリートのはく落による第三者被害を防止する効果を得ることを目的として、表面被覆工と併せて繊維メッシュ等を併用する工法である。

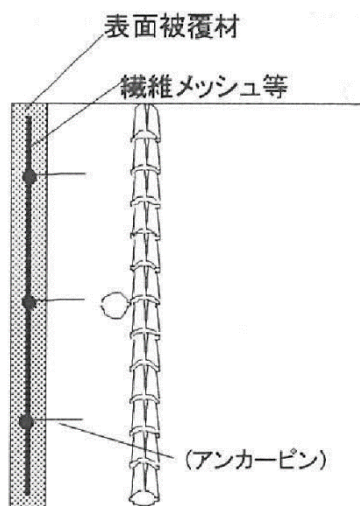


図-3.2.14 はく落防止工の概要図⁵⁾

表-3.2.18に示す有機系表面被覆工のシート工法は、劣化因子の侵入抑制の効果も有するが、主としてコンクリートのはく落防止を目的として適用される。

表-3.2.19に示す無機系表面被覆工のメッシュ工法は、中塗りの中にメッシュ等を入れることにより表面保護とはく落防止の2つの効果を持たせた工法である。

2) 工法選定の留意点

- ・ 新技術・新工法では、従来のシート工法及びメッシュ工法のみならず塗布系のはく落防止工法が開発されており、部材形状に応じて使い分けが考えられる。
- ・ はく落防止工法の選定は、今後の維持管理を考慮した場合、対策後のコンクリート表面の確認が可能となる無色透明が望ましい。

比較検討を行う場合は、経済性、材料の化学的性質及び力学的性質等の諸元を列記し、3案程度を比較することが望ましい。はく落防止工の例は、表-3.2.28に示すとおりである。

表-3.2.28 はく落防止工の例(参考)

工法	技術名称	NETIS 登録番号	備考		
シート系	非透明	はく落防止工法 FF-VSE工法	掲載終了		
		ONR工法(はく落防止仕様)	掲載終了		
		省工程はく落防止工法『レジガードSD工法』	KT-120079-VR		
		コンクリート剥落防止対策ネット工法	SK-140006-VR	表面保護機能無し	
		完全水系はく落防止工法『VFRM-トンネル内装システム』	CB-120014-VR		
		ボンドKEEPメンテ工法VM-3	掲載終了		
		ショーボンドハイブリッドシート工法	掲載終了		
	透明	不織布複合繊維シート貼付けコンクリート片剥落防止工法	KT-150030-VR		
		クリアクロス工法	掲載終了		
		タフメッシュ工法	掲載終了		
		超薄膜スケルトンはく落防災コーティング	CG-120025-VE		
		コンクリート片のはく落に対する予防保全・補強工法(PVM工法)	掲載終了	格子状により透明部分あり	
		塗布系	非透明	タフガードQ-R工法	掲載終了
				タフガードスマート バルーン工法	掲載終了
ワンステップガード工法	KT-120082-VR				
コンクリート剥落防止塗装 ペイントガードCV	KT-150090-VR				
湿潤面対応コンクリート剥落防止工法「コンテクトWE100工法」	掲載終了				
透明	透明はく落防止対策 RTワンガードクリア工法		掲載終了		

令和4年3月現在

3.2.5 グラウト再注入工

(1) 工法概要

グラウト再注入工は、PCポストテンション方式T桁のグラウト充填不良が確認された場合にグラウトを再注入してPC鋼材の耐久性及び付着の回復を図る工法である。

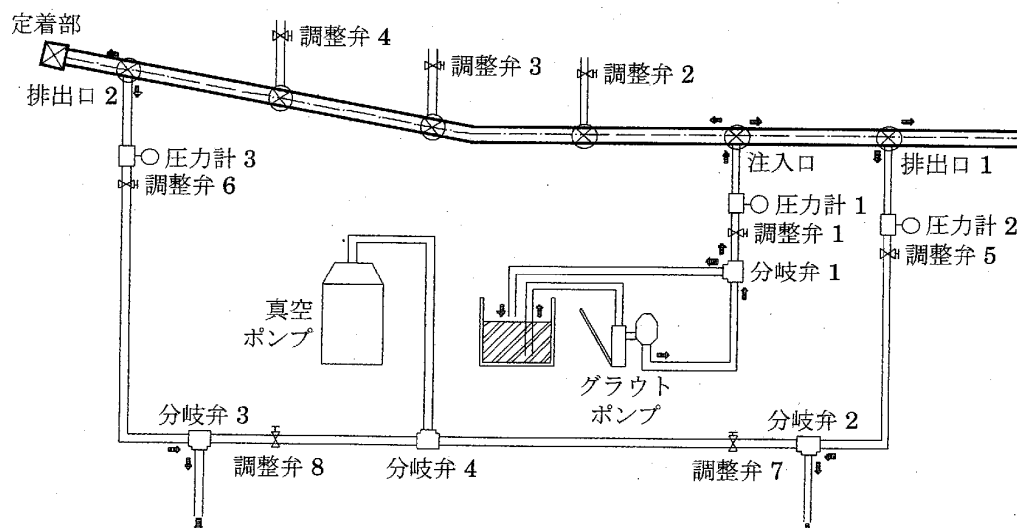


図-3.2.15 グラウト再注入工の概要図¹⁾

(2) 調査時及び工事設計時の留意点

設計業務の段階で、1橋あたり1箇所以上の「鉄筋探査」→「調査孔削孔」→「充填状況確認(目視)」→「塩分量調査」→「調査孔閉塞」を実施すること。

調査の結果、グラウト未充填が確認された場合は、PC鋼材が損傷している可能性もあることから、工事発注時には必要な対策工種を計上しておくこと。

また、グラウト再注入工については、立ち上げ部のみならず桁下部の水平区間においても未充填箇所があるものと想定して、数量を計上すること。

なお、設計段階の事前調査を重点的に実施することは、構造物に多数の削孔等を行うこととなるので、好ましくない。

このため、工事発注後の調査において、数量が増減することはやむを得ないものとするが、これまでの経験を踏まえ、予め工事発注時には必要な対策工種を計上しておくこと。

グラウト再注入工を実施した主な橋梁

- ・本庄橋 南船木西万木線(高島市安曇川町北船木他)
- ・佐久良川橋 八日市蒲生線(東近江市桜川東町他)

(3) 工法選定の留意点

- ・ 事前にX線等による充填不良区間の確認が不可欠であり、確認結果に基づいてグラウト再注入計画を立案する。
- ・ 事前にシースの気密性を確認し、気密性が確保できていない場合は、注入しても十分な充填ができないため予めひび割れ部の修繕を実施する必要がある。
- ・ グラウト再注入に使用する注入材料は、ブリーディングがないこと、硬化時の収縮量が少なく十分な充填性を確保できるものであること等の条件を満たす材料を使用する必要がある。

(4) 施工方法

グラウト再注入工の施工方法は、**図-3.2.16**に示すとおりである。

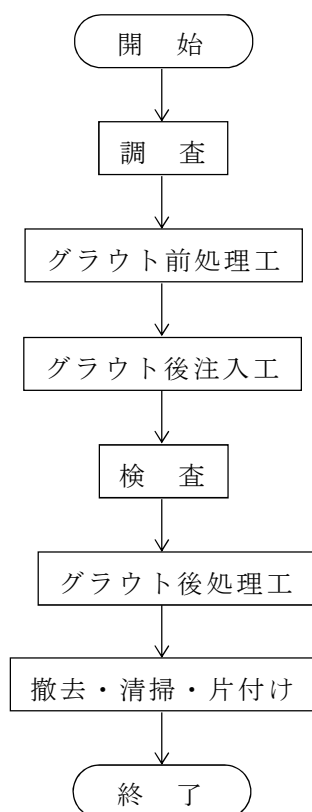


図-3.2.16 グラウト再注入工の施工フロー

(5) 施工時の留意点

- ・ 削孔位置は、設計図書またはX線等の調査結果から判断し、鉄筋探査により鋼材位置を確認してから決定すること。
- ・ 漏水箇所、注入材料の漏れが想定される箇所は、予め適当な材料でシールする。
- ・ グラウト再注入は、注入口と排出口を別々に設ける2穴の注入方法を基本とし、注入口をもっとも低い位置の削孔穴に、排出口をもっとも高い位置の削孔穴に設置する。
- ・ 注入は、手動ポンプを用いて材料の漏れに注意しながら行う。
- ・ 注入作業は、注入した材料が排出口から排出したら、排出口を閉め、さらに注入圧が0.5MPaになり、そのまま1分間放置しても低下しなくなった後、注入口を閉め、注入を完了する。
- ・ 排出口からグラウト材が排出されない場合は、注入圧を0.5MPaに上げ、そのまま1分間程度放置する。このとき、注入圧が下がる場合は、同じ手順の作業を繰り返し、注入圧に変化がない場合は注入不可能と判断する。
- ・ 注入不可能と判断された場合は、注入口と排出口を逆にして注入作業を行う。
- ・ 注入材料の可使時間は、最大60分とする。

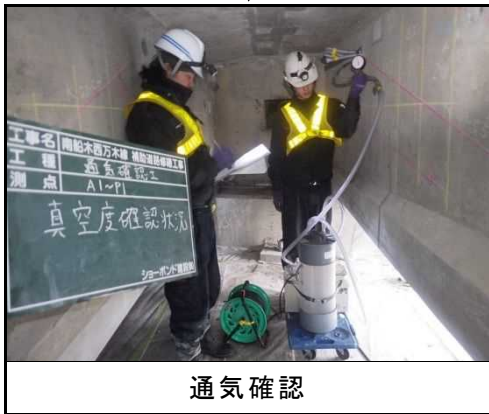
《参考：本庄橋の施工事例写真》



写真-3.2.3 グラウト充填調査の流れ



コア削孔



通気確認



導通確認



亜硝酸リチウム水溶液注入



電位測定



グラウト材の注入



削孔箇所のプライマー塗布



削孔箇所の断面修復

写真-3.2.4 グラウト再注入の流れ

3.2.6 外ケーブル工

(1) 工法概要

外ケーブル工は、緊張材をコンクリート部材の外部に配置し、定着部あるいは偏向部を介して部材に緊張力を与えることにより応力を改善し、曲げモーメントやせん断力に対する耐荷性能の回復を図る工法である。

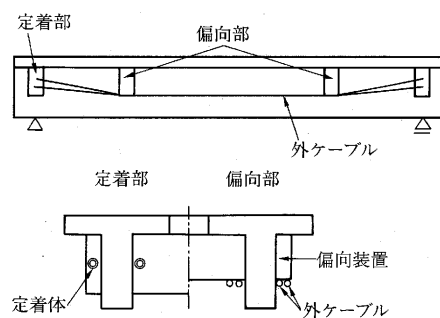


図-3.2.17 外ケーブル工の概念図⁸⁾

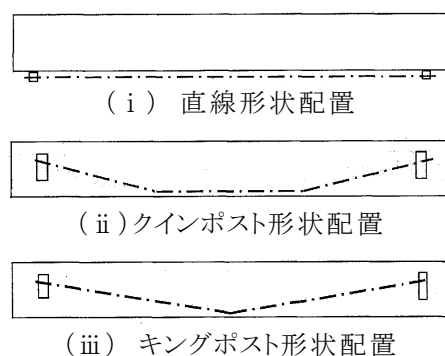


図-3.2.18 外ケーブルの配置形状例⁹⁾

(2) 工法選定の留意点

- ・ 本工法が適用されている部材は、PC橋やRC橋の桁や主版、橋脚のはり等、主に1方向の曲げやせん断応力が卓越する部材に対する応力改善を目的として用いられている。
- ・ 構造物の局所的な補強よりは、むしろ構造系の変更、断面力の改善を目的として利用されることが多く、以下に示すような特徴がある。
 - a) 補強効果が力学的に明確である。
 - b) 偏向部をせん断補強部に設置し、外ケーブルの鉛直分力を考慮することにより、設計せん断力を軽減できる。
 - c) 補強後の維持管理が比較的容易である。
 - d) 基本的に施工において交通規制を必要としない。
 - e) コンクリートの強度不足や劣化に対しては、効果を期待できない。
 - f) 外ケーブルによりプレストレスを導入しても、剛性は向上しない。

- ・ 定着部や偏向部を既設部材に取り付ける場合は、接合面にずれせん断力が作用するため、固定用ボルトもしくはPC鋼棒による摩擦接合方法が採用されている。特に定着部の固定は、外ケーブル工の要であるため、その固定方法については特別の配慮が必要である。
- ・ プレテンション桁橋は、桁高が低く既設PC鋼材配置等により定着部の設置位置に制約が多いこと、PC鋼材の偏心量を大きくできないこと等から、適用する場合は十分な検討が必要である。
- ・ コンクリートゲルバー桁の切り欠き部に生じる引張応力に起因した損傷が発生している場合は、切り欠き部を削孔してPC鋼材を配置し緊張力を加える修繕工法等も有効である。

(3) 施工方法

外ケーブル工の施工方法は、図-3.2.19に示すとおりである。

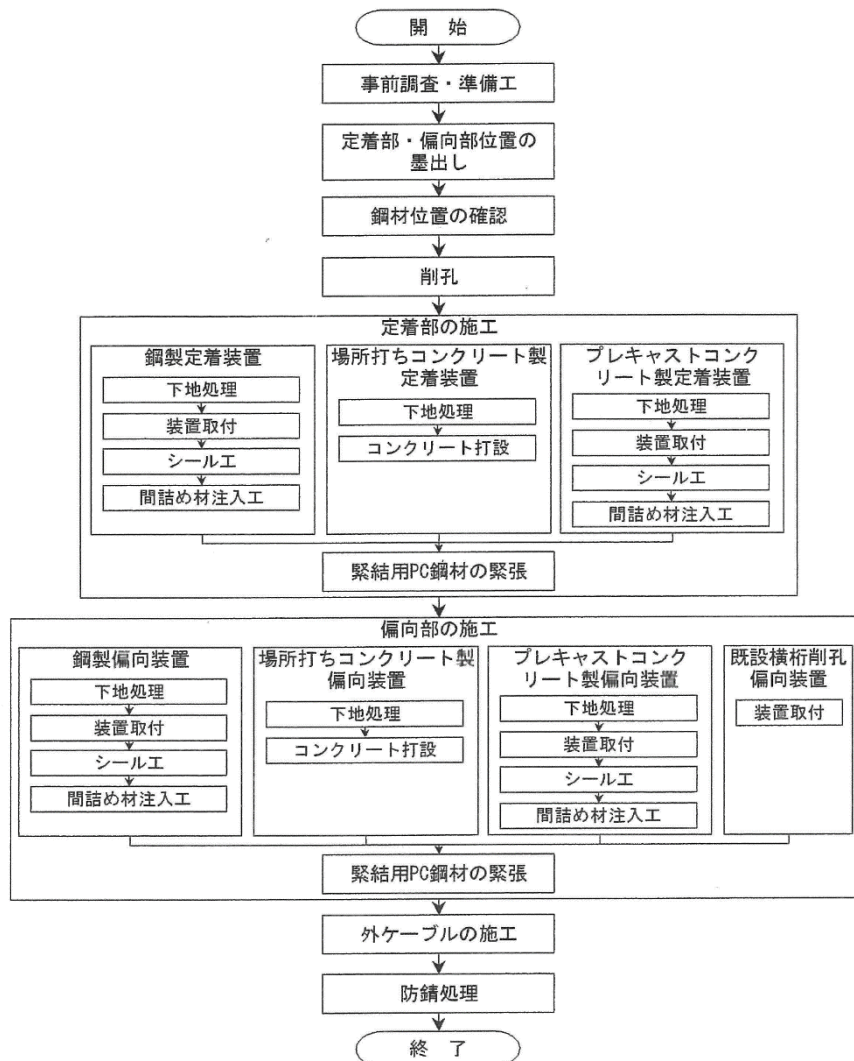


図-3.2.19 外ケーブル工の施工フロー

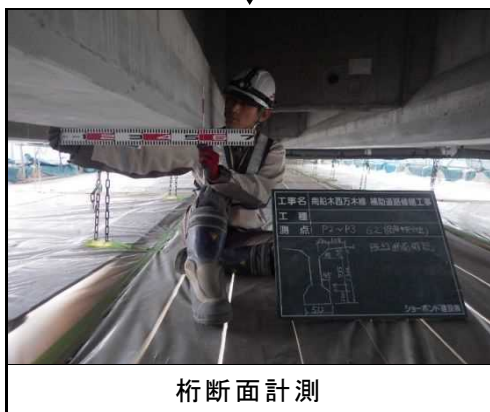
(4) 施工時の留意点

- 定着装置や偏向装置を固定する場合、あと施工アンカーやPC鋼材等を配置するため、既設コンクリートに対して削孔する必要があり、本体構造に配置されているPC鋼材や鉄筋に損傷を与えないように、鉄筋探査により鋼材位置を確認する必要がある。
- 既設コンクリートが劣化している状態では、接合面として所定の効果が得られないため、定着部のコンクリート劣化状況を十分に調査し、下地処理の深さ等を判断することが必要である。特に、既設横桁と主桁との接合部は、コンクリートの充填不良等が懸念されるため、偏向装置を設ける場合はたたき点検等入念に調査することが望ましい。
- 定着部背面と既設構造との間隔が狭い部位については、使用するジャッキの緊張スペースが確保されているかどうかを事前に確認する。使用するジャッキの選定においては、特にケーブル長が長くなる場合は通常のジャッキストロークでは不足するため、ロングストロークジャッキの使用や継ぎ足し緊張用ジャッキの使用等を事前に検討するとよい。また狭い空間でのジャッキの吊り上げ方法や保持方法についても事前に検討する必要がある。
- 既設コンクリートへの接合面は、定着装置等を確実に固定するため、健全なコンクリート面が露出するように下地処理する必要がある。

《参考：本庄橋の施工事例写真》



施工前



桁断面計測



鉄筋探査



X線探査



コア削孔



チッピング



中空鋼棒取付



鉄筋組立①(スパイラル筋)

写真-3.2.5 外ケーブル工の流れ(1)



鉄筋組立②



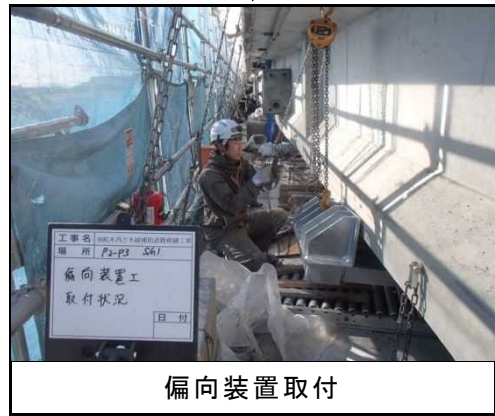
型枠設置



コンクリート打設



偏向装置取付箇所ドリル削孔



偏向装置取付



偏向装置取付完了



振止装置取付箇所ドリル削孔

写真-3.2.6 外ケーブル工の流れ(2)



振止装置取付



コーキング処理



振止装置取付完了



保護キャップ取付



補強ケーブル組立



完了①



補強ケーブルの緊張



完了②

写真-3.2.7 外ケーブル工の流れ(3)

3.2.7 電気防食工

(1) 工法概要

主として塩害により劣化した構造物が対象であり、コンクリート表面に陽極材を設置し、コンクリートを介して鋼材に防食電流を供給することにより、鋼材表面におけるアノード反応を停止させて腐食を防止する工法である。

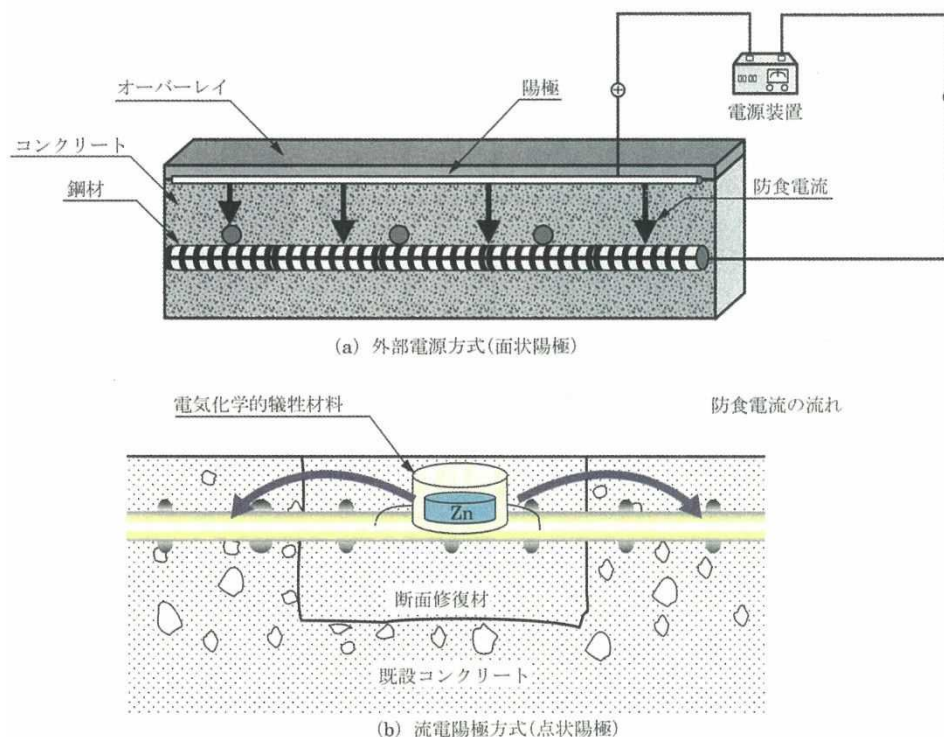


図-3.2.20 電気防食工の概要図¹⁾

(2) 工法選定の留意点

- ・ 本工法には、外部電源方式と流電陽極方式がある。これらの方式は、陽極材の形状や電源方式によって各種の適用方法があり、適用にあたっては環境条件、設置コスト、電気防食用機材の耐用年数等を検討することが望ましい。
- ・ 外部電源方式は、電源装置からコンクリート表面に配置した陽極材を通じて防食電流（10～30mA/m²程度の直流電流）をコンクリート内部の鋼材に向かって流す工法である。
- ・ 外部電源方式においてチタン金属を陽極材に用いる工法は、チタンメッシュ方式、導電塗料方式、チタングリッド方式、内部挿入陽極方式等、メーカーにより方式が異なるので、現場条件に適合した様式を選定することが重要である。
- ・ 流電陽極方式は、コンクリート内部の鋼材よりマイナス側の電位を持った陽極材（電気化学的犠牲材料）と鋼材間の電位差を利用し、陽極材が酸化する時に発生する電流が防食電流として鋼材に向かって流れる工法である。
- ・ 本工法を永続的に適用するためには、定期的な保守点検及び陽極材の交換が必要となる。

3.2.8 ゲルバーヒンジ部修繕工

ゲルバーヒンジ部の修繕は、各橋梁の条件に基づいて比較検討を行った上で工法を選定する(表-3.2.29)。

表-3.2.29 ゲルバーヒンジ部修繕工法比較一覧表(例)

	①ゲルバーヒンジ部打ち替え	②添え桁補強案	③方杖補強案	④連結化案
概要図				
工法概要	既設ヒンジ部を撤去し、打ち替えるを行う。打ち替えるに合わせ支承の交換も実施する。(RCゲルバー一橋のため対応可能な工法)	受け桁の荷重伝達機能を下面支持部材にて補完すること、ゲルバー一部の損傷の進行を抑制することが可能である。	既設脚よりトラス式の方杖工を設け、吊り桁の端部下面を方杖で直接支持すること、ゲルバー一部の損傷の進行を抑制することが可能である。	ゲルバーヒンジ部の遊間を無収縮モルタルで充填し、上下面に鉄筋を必要量配置することで、剛結構造とするものである。
構造的	現況と同様の構造であるが、掛け違い部の形状を改善することで応力集中を緩和させることが有効である。	支持部材に定着した支持部材にて吊り桁の荷重を分担することにより、損傷の進行を抑制することが可能となる。	荷重の載荷位置が下側に変更となる程度で現況と同様の構造系といえる。トラス部材は現況の受け桁の剛度強度を確保しない補強効果が薄れる。	橋梁の構造系を変更し、ゲルバーヒンジ部を剛結構造とした案である。
施工性	半断面施工にて実施する。コンクリートの養生等を考慮すると、4ヶ月程度の期間片側交互通行規制(昼夜連続)が必要となる。吊り桁部を支持するため、ベントを配置しする必要がある。既設の落橋防止システムについては、撤去再設置となる。	桁下面からの施工が可能であり、交通規制は不要である。既設の落橋防止システムは補強部材と干渉するため、新設が必要となる。既存の桁かかり部の補修(手が届く範囲のみ)は、盛況目地材等を型枠にモルタル充填はつり後に盛況目地材等を型枠にモルタル充填とする。桁かかり部の損傷が大きいため、安全面を考慮し、吊り桁下部にベントを配置を行う必要がある。	桁下面からの施工が可能であり、交通規制は不要である。既存の落橋防止システム(橋梁位置向更構造)については、撤去再設置となる。既存の桁かかり部の補修(手が届く範囲のみ)は、盛況目地材等を型枠にモルタル充填はつり後に盛況目地材等を型枠にモルタル充填とする。桁かかり部の損傷が大きいため、安全面を考慮し、吊り桁下部にベントを配置を行う必要がある。	半断面施工にて実施する。2週間程度の期間片側交互通行規制(昼夜連続)が必要となる。既存の桁かかり部は、狭小な空間のため、門を用いた撤去部はつり及び既設鉄筋の筋割を行い、無収縮モルタルを充填することから、施工時の桁かかり部の損傷が大きいため、安全面を考慮し、吊り桁下部にベントを配置することが望ましい。
その他	ゲルバーヒンジ部への漏水対策を十分に考慮する必要がある。(非排水型の伸縮装置、桁かかり部塗装など)	ゲルバーヒンジ部への漏水対策を十分に考慮する必要がある。(非排水型の伸縮装置など)	ゲルバーヒンジ部への漏水対策を十分に考慮する必要がある。(非排水型の伸縮装置の補強を必要とする。)	連結化により伸縮装置が不要となるため、撤去する。連結鉄筋は配置し、かつり部の確保が困難であるためかぶり厚さを薄くすることが可能なPAB系ポリマーセメントを採用する。
評価	長期の交通規制が必要となるが、損傷部の完全な復旧が可能である。掛け違い部の形状の改善及び支承の取替、十分な漏水対策の実施により、将来的な損傷の発生抑制が期待できる。	支持桁の桁かかり部への荷重軽減により損傷の進行を抑制する。交通規制を伴わない補修という面で優位である。ゲルバー一部の損傷を直接改良するものではないため、継続的な維持管理を要する。	方杖工の設置による柱の剛度の大きな上昇(一荷重の集中)より地震時の水平力に対する影響が懸念される。又、H2、H3のゲルバーヒンジ部の下部交差部周辺の建築限界への影響が懸念される。上記より本案は不適と判断する。	ゲルバー部位がなくなることから、伸縮装置も不要となり、維持管理面で優位である。構造系の変更に伴って応力分布が変更となる。詳細については「ゲルバー部の連結化の検討書」としてとりまとめらる。

《参考：伊香具橋の施工事例写真》



着工前



はつり状況



はつり完了



鉄筋設置孔の削孔



鉄筋組立状況



鉄筋組立完了



型枠設置～コンクリート打設



完了

写真-3.2.8 ゲルバーヒンジ部修繕工の流れ

<出典>

- 1) (公社)日本コンクリート工学会:コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-、平成25年4月
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社:構造物施工管理要領、平成24年7月
- 3) 建設省:コンクリートの耐久性向上技術の開発、昭和63年11月
- 4) (公社)土木学会:吹付けコンクリート指針(案)[補修・補強編]、コンクリートライブラリー123、平成17年6月
- 5) (公社)土木学会:表面保護工 設計施工指針(案)、コンクリートライブラリー119、平成17年4月
- 6) (公社)土木学会:表面保護工 設計施工指針(案)[工種別マニュアル編]、コンクリートライブラリー119、平成17年4月
- 7) 北海道開発局道路設計要領 第3集橋梁 第2編コンクリート橋 参考資料2 B.道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項
- 8) (公社)日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術'16、平成28年5月
- 9) 産業調査会 辞典出版センター:コンクリート補修・補強マニュアル、平成15年8月
- 10) 国立研究開発法人土木研究所、土木研究所資料『コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)、平成28年8月

3.3 鋼部材

鋼部材における基本的な修繕工法選定の流れは、図-3.3.1に示すとおりである。

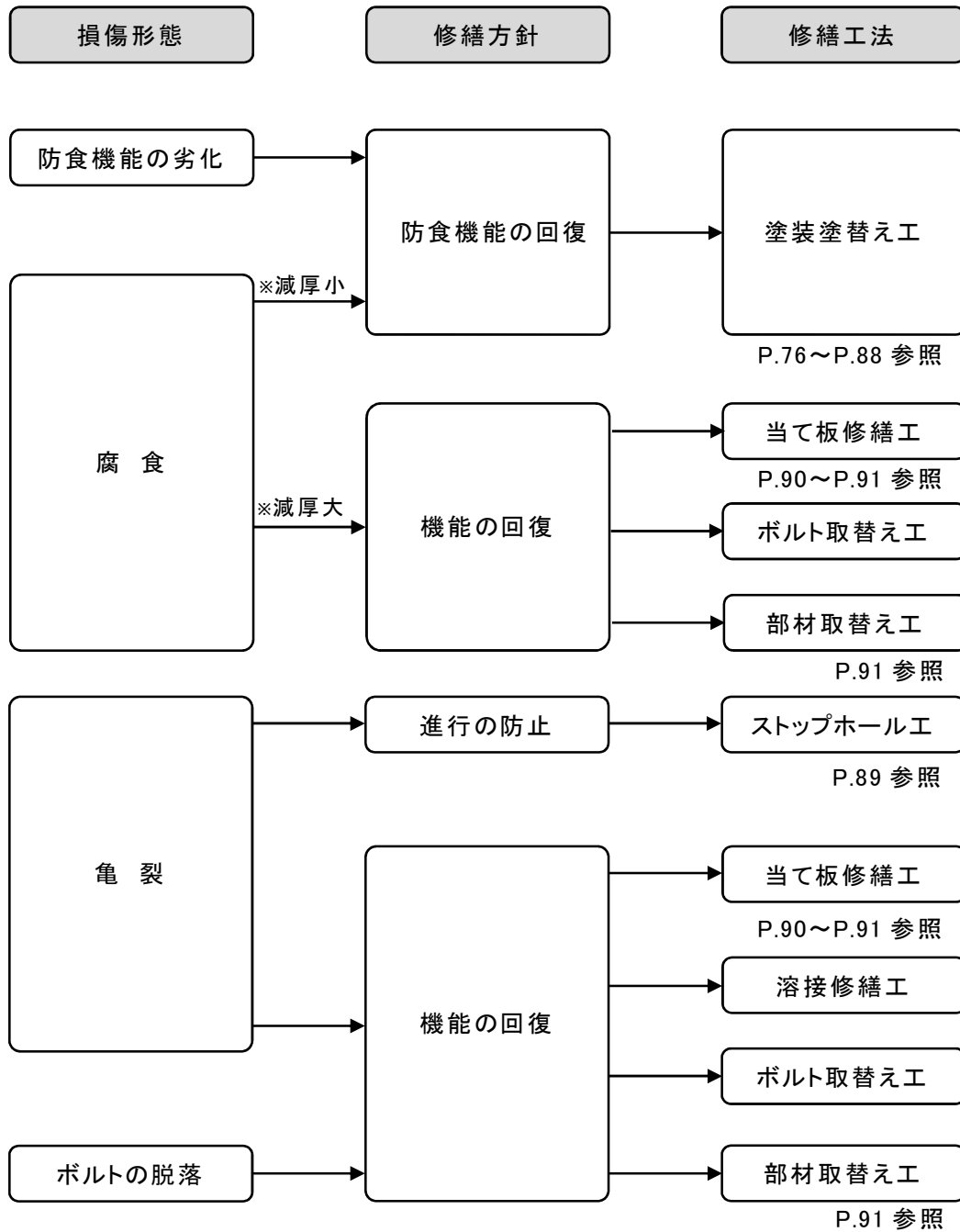


図-3.3.1 鋼部材の修繕工法選定

(2) 板厚減少を伴う腐食の補修工法選定フロー

1) 選定フロー

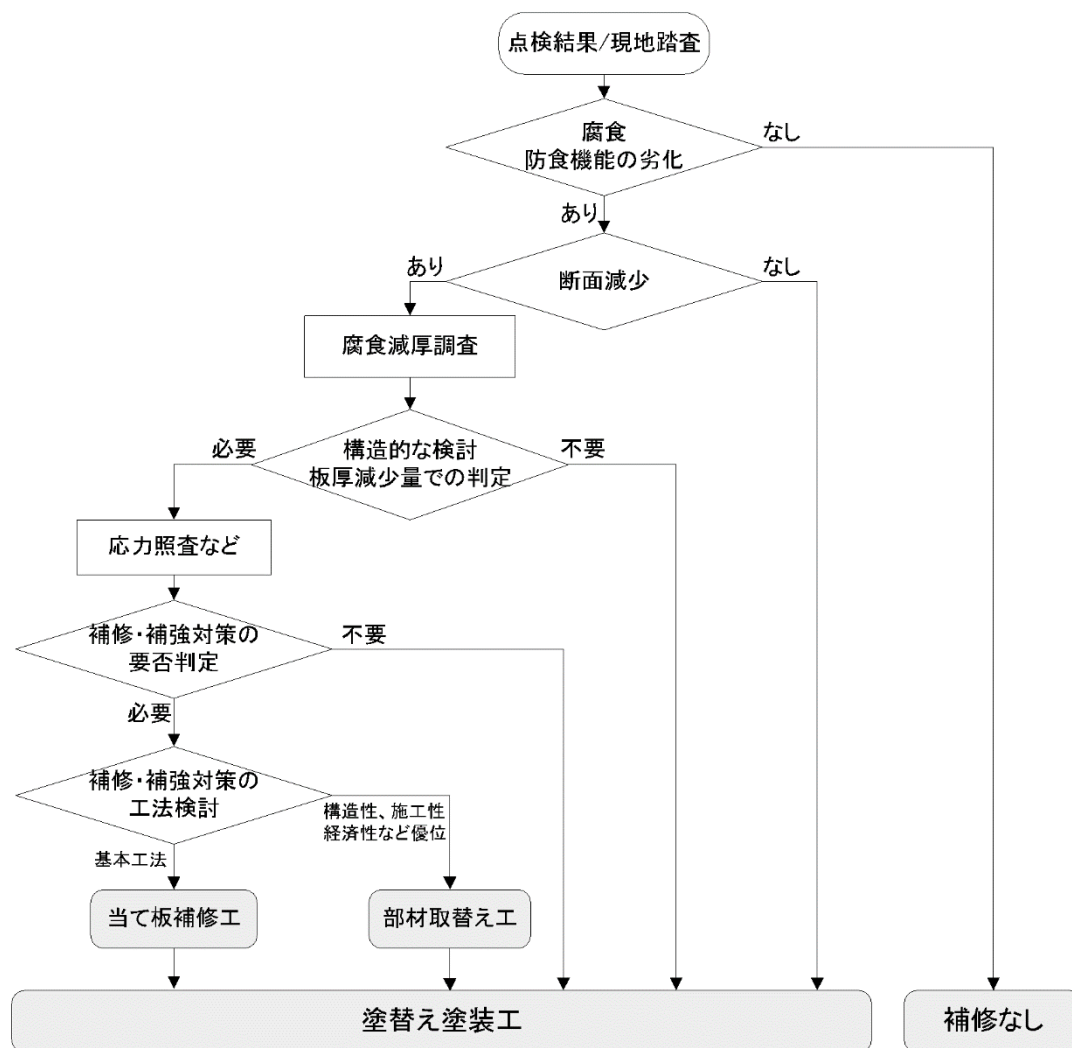


図-3.3.2 腐食・防食機能の劣化における補修・補強要否判定フロー(例)

2) 留意点

①フローの腐食、防食機能の劣化が「あり」とは、点検結果において『対策区分:C判定』の場合を示す。ただし、『対策区分:B判定』の場合でも、前回の塗装時からの経過年数や塗装の劣化状態などを考慮して、「あり」と判定してもよい。一方、腐食・防食機能の劣化が「なし」の場合には、補修なしと判定してもよい。

②腐食に伴う断面減少の有無は、点検結果報告書や土木学会「鋼構造シリーズ 18 腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアルの第 3 章 詳細評価」などに準じて判定することを基本とする。「断面減少が確認されていない腐食」の場合は、『要補修』と判定し、『塗替え塗装工』を補修工法として選定することを基本とする。一方、「断面減少が確認された腐食」に対しては、腐食の原因を検討するとともに板厚の減少量を確認することを基本とする。

- ③腐食に伴い減厚した全部材に対して、板厚減少量の確認、塗替え塗装工以外の対策工法の検討、構造的な対策検討などを行うことは、多大な労力と時間を必要とすることから実施することは難しい。したがって、板厚減少量の確認や検討の対象とする部材は、主要部材(主桁、横桁、支承部、対傾構など)に限定するものとし、さらに「構造的な検討」の要否判断を行う際に、『腐食減厚量:5%※』を閾(しきい)値とする。このため、腐食減厚量が健全部の計測板厚の5%未満であれば、『構造的に問題が無い』とみなすことができる。なお、『構造的に問題が無い』とみなされる場合は塗替え塗装工を基本とする。
- ④「構造的な検討」とは、塗替え塗装工以外の別対策(当て板補修工や取替え工など)の必要性を判断するために行う検討を示し、応力照査などが挙げられる。ただし、本節で示す「構造的な検討」とは、応力照査の実施を原則とするものではなく、応力照査を実施しなくても部材の重要性(主要部材、二次部材など)や腐食箇所の重要性(支間中央、桁端張り出し部など)を考慮した工学的な判断を含めてもよい。
- ⑤図-3.3.2 のフロー図は、塗装による防食を行った鋼部材を対象としているため、溶融亜鉛めっきや耐候性鋼材など他の防食機能を有する鋼部材については、社団法人日本道路協会「鋼道路橋防食便覧(平成 26 年 3 月)」および社団法人日本道路協会「鋼道路橋塗装・防食便覧資料集(平成 22 年 9 月)」などに基づいて補修・補強要否判定を検討することを基本とする。
- ⑥腐食による板厚の減少が著しい(腐食減厚量:5%を大幅に上回る、定期点検対策区分 S など)場合には、部材の耐力について照査を実施し、必要に応じて当て板補修(腐食減厚分の補修)や部材の取替え等の補修対策を行うことを原則とする。

3.3.1 塗装塗替え工

(1) 工法概要

塗装塗替え工は、防食機能の劣化や景観・美観等橋の塗装に要求された性能の劣化を回復させる工法であり、さびの発生箇所ではケレンして塗替えを行うことによって、鋼材の腐食を防止するものである。

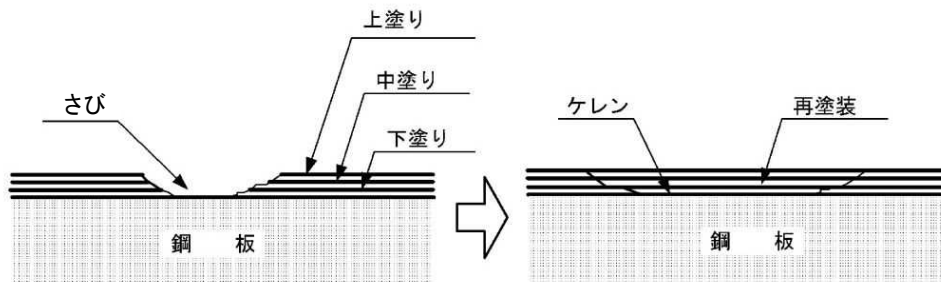


図-3.3.3 塗装塗替え工の概要図(さび発生箇所)

(2) さびとはがれの評価

さびとはがれの評価は、塗替えの時期を判定する上で必要になるため、塗膜の外観を調査し、塗膜の状態を標準写真等と対比して4段階(1:健全、2:ほぼ健全、3:劣化している、4:劣化が著しい)で評価する。



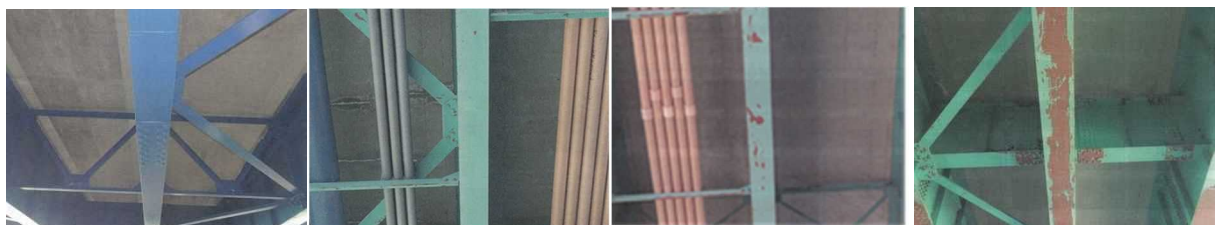
評価1

評価2(発生割合約0.4%)

評価3(発生割合約6%)

評価4(発生割合約57%)

さびの程度



評価1

評価2(発生割合約2%)

評価3(発生割合約7%)

評価4(発生割合約65%)

はがれの程度

写真-3.3.1 塗膜劣化程度の標準写真(代表)¹⁾

(3) 塗替え時期

塗替え時期は、表-3.3.1に示すとおり塗膜のさびとはがれの程度に応じて決定する。

表-3.3.1 塗替え時期の判定¹⁾

		はがれの程度			
		1	2	3	4
さびの程度	1	①		②	
	2	①		②	
	3	②		③	
	4			③	

- ① : 当面塗替えの必要性はない。
- ② : 数年後に塗替えを計画する。
- ③ : 早い時期の塗替えを検討する。

(4) 塗替え方式

塗替え方式は、一般的に全面塗替えと部分塗替えがあり、選定の目安は、表-3.3.2に示すとおりである。

表-3.3.2 塗替え方式(参考)

塗替え方式	概要	選定の目安
全面塗替え	<p>塗膜は、一様に劣化することではなく部位によって塗膜劣化程度が異なる。塗膜に劣化が見られた時点で直ちにその部分を塗替えることが理想的であるが、作業足場の架設や塗装効率といった経済性や作業条件等の様々な制約がある。</p> <p>このため、橋の安全性、景観や美観等に影響がない場合は、部分的な塗膜劣化を許容し、全面的に塗膜劣化が生じた時点で塗替えを行う。</p>	全面的に塗膜劣化が生じている状態
部分塗替え	<p>塗膜は、特定の部位の塗膜がほかの部位に比べて劣化が著しくなる傾向があるので、この部分を適切に維持管理することによって、上記の全面塗替え時期を延ばすことが可能である。</p> <p>部分塗替えの選定は、対象部位や作業条件を考慮する必要がある、部分足場の利用や長期的な維持管理費用の検討結果に基づき判断することが好ましい。また、景観や美観上の要求がある場合は、この要素も踏まえる必要がある。</p>	桁端部及び連結部、下フランジ下面等、特定の部位での塗膜劣化が著しい状態または部分的な塗替えで対応できる状態

(5) 塗装仕様

塗装仕様を選定する一般的な手順は、**図-3.3.3**に示すとおりである。

塗装仕様は、耐久性に優れた重防食塗装系(Rc-I 塗装系:素地調整1種)を基本とする。ただし、工事上の制約により素地調整1種が困難で素地調整3種による塗装を行う場合は、塗膜の耐久性が大幅に劣るため、道路保全課と協議を行うこと。

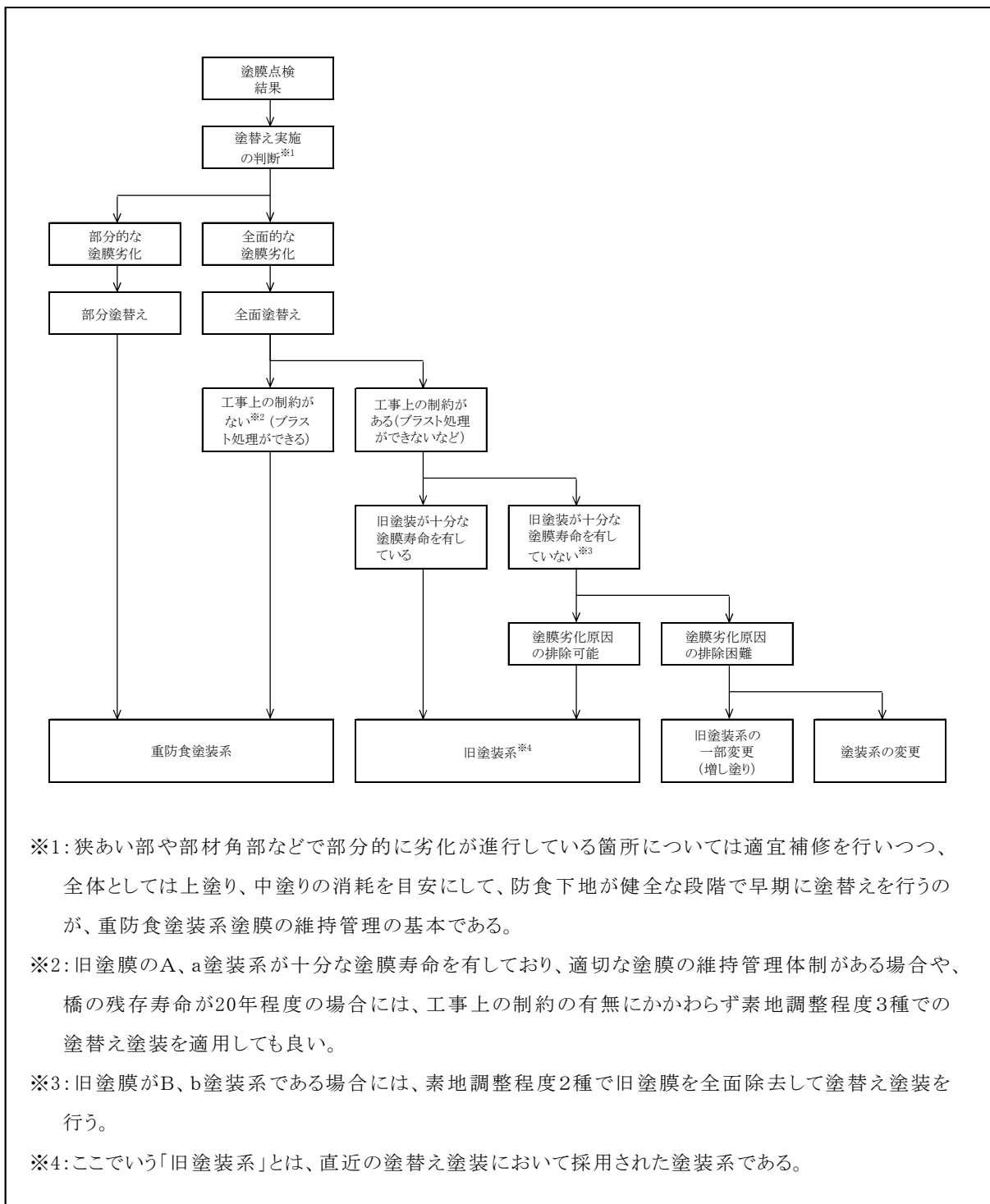


図-3.3.3 塗替え塗装系の選定手順¹⁾

表-3.3.3 Rc-I 塗装系(スプレー)¹⁾

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	1種		4時間以内
防食下地	有機ジンクリッチペイント	600	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～10日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1日～10日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	170	1日～10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1日～10日

表-3.3.4 Rc-III 塗装系(はけ、ローラー)¹⁾

塗装工程	塗装名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	3種		4時間以内
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (鋼板露出部のみ)	(200)	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1日～10日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1日～10日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	1日～10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1日～10日

表-3.3.5 Rc-IV 塗装系(はけ、ローラー)¹⁾

塗装工程	塗装名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	4種		4時間以内
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	1日～10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1日～10日

表-3.3.6 Rc-Ⅱ 塗装系(はけ、ローラー)¹⁾

塗装工程	塗装名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	2種		4時間以内
防食下地	有機ジンクリッチペイント	(240)	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1日～10日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	1日～10日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	1日～10日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	1日～10日

表-3.3.7 旧塗膜と塗替え塗装系の組み合わせ¹⁾

塗替え 塗装系	旧塗膜 塗装系	素地 調整	特 徴
Rc-I	A、B a、b、c	1種	ブラスト工法により旧塗膜を除去し、スプレー塗装する。
Rc-Ⅲ	A、B、C a、b、c	3種	工事上の制約によってブラストできない場合に適用する。 耐久性はRc-I 塗装系に比べて著しく劣る。
Rc-Ⅳ	C c	4種	C塗装系の塗替えで下塗には劣化がおよんでない場合に適用する。
Rc-Ⅱ	B b、c	2種	工事上の制約によってブラストできなく、かつ、ジンクリッチプライマーを用いたB塗装系の旧塗膜、又はC塗装系の局部補修に適用する。
Ra-Ⅲ	A a	3種	A塗装系の塗替えで十分塗膜寿命を有していて、適切な維持管理体制がある場合や橋の残存寿命が20年程度の場合に適用する。
Rd-Ⅲ	D d	3種	暗く換気が十分に確保されにくい環境の内面塗装に適用する。

表-3.3.8 素地調整程度と作業内容²⁾

素地調整程度	さび面積	塗膜異常面積	作業内容	作業方法
1種	—	—	さび、旧塗膜を完全に除去し鋼材面を露出させる。	ブラスト法
2種	30%以上	—	旧塗膜、さびを除去し鋼材面を露出させる。 ただし、さび面積30%以下で旧塗膜がB、b塗装系の場合はジंकプライマーやジंकリッチペイントを残し、他の旧塗膜を全面除去する。	ディスクサンダー、ワイヤホイールなどの動力工具と手工具との併用、ブラスト法
3種A	15～30%	30%以上	活膜は残すが、それ以外の不良部(さび、割れ、ふくれ)は除去する。	同上
3種B	5～15%	15～30%	同上	同上
3種C	5%以下	5～15%	同上	同上
4種	—	5%以下	粉化物、汚れなどを除去する。	同上

(6) 塗替えの留意点

- ・ 塗替え対象の塗膜にPCBが確認され、有害と判定された場合は全面塗替えとする。
- ・ 鉛等有害物(鉛、クロム、PCB等)を含有する塗料の剥離やかき落とし作業を行う場合は、塗料における鉛等有害物の使用状況を適切に把握した上で、鉛中毒予防規則等関係法令を遵守し、状況に応じた適切なばく露防止対策を講じる必要がある(平26技術管理第267号の2)。
- ・ 「鋼道路橋塗装・防食便覧(平成17年12月)」では、一般外面塗装系でA塗装系(A-1、A-2、A-3、A-4)、B塗装系(B-1)、C塗装系(C-1、C-2、C-3、C-4)に使用される有害な鉛・クロムを排除した、鉛・クロムフリーさび止めペイントを適用した一般塗装系が適用となった。このため、これ以前に新設、塗替えが行われた橋梁については、塗膜に鉛・クロムが含まれている可能性があることから、塗替え時に橋周辺への塗膜の飛散防止対策と法令に基づいた廃棄物の処理が必要となるため、各溶出量試験を実施する。
- ・ 鉛や六価クロムの試験方法は、「産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル(環境省)」にある溶出量試験で行い、鉛又はその化合物が0.3mg/l超、六価クロム又はその化合物が1.5mg/l超の場合には、有害な特別管理産業廃棄物となる。
- ・ 昭和42年～昭和49年4月16日までに製造された塩化ゴム系塗料は、一部に可塑剤としてPCBが配合されている可能性がある。PCBは、特別管理産業廃棄物として取り扱われているため、この期間に新設、塗替えが行われた橋梁については含有量試験を実施し適切な措置を講ずる。
- ・ 産業廃棄物の処理は、廃棄物処理法に基づいて行う。

(7) 素地調整

1) ブラスト工法の選定

素地調整工法は、産業廃棄物量と処分費の削減が見込める研削材の再利用工法等の新技术を含めて検討する。

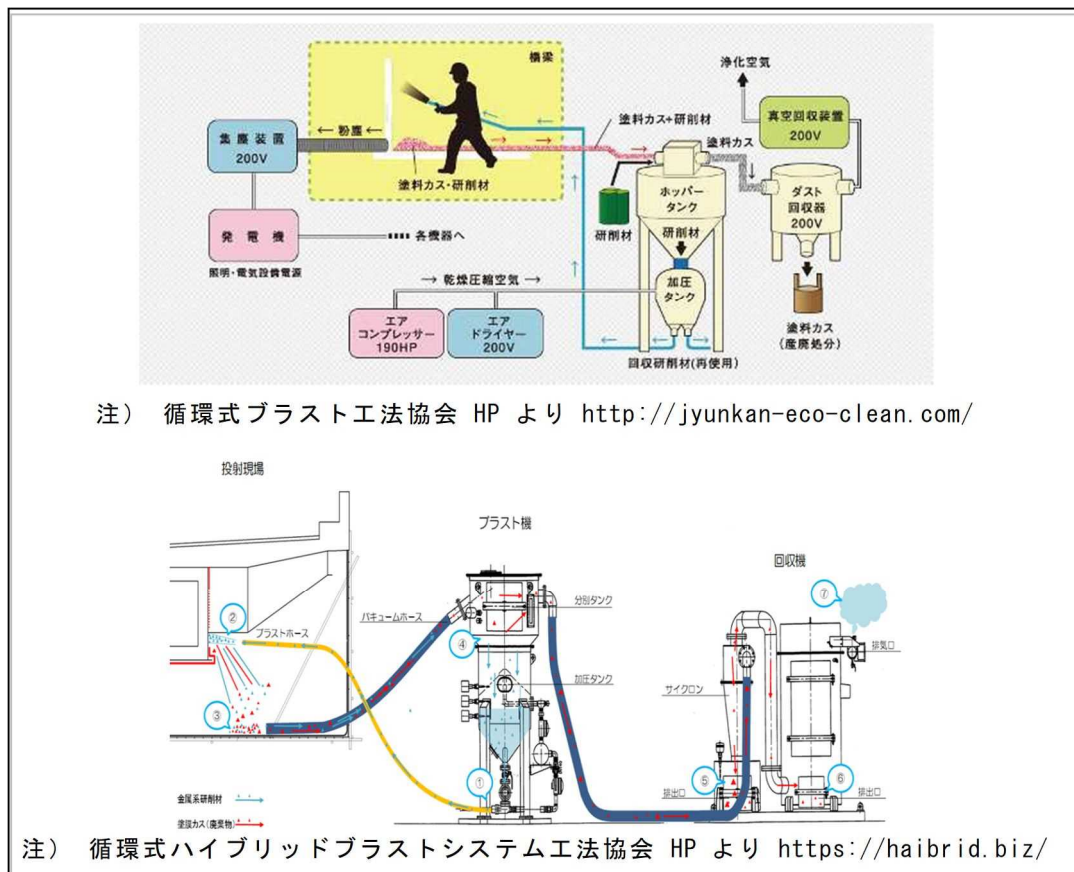


図-3.3.4 参考:循環式ブラスト

なお、ブラスト機械設備のスペース確保が困難な場合など適用が不合理と判断される場合は、塗膜剥離剤による素地調整を含めて検討する。また、塗膜剥離剤は可使温度等の条件があるため、施工時期等によっては適用できない場合が生じる。このため補修設計での工法選定は経済性のみで決定し、積算上の参考に留める。国土交通省中国地方整備局で作成された塗膜剥離剤の試験施工結果が以下URLに示されている。各工法の適用性や施工単価の目安として参考とされたい。また、塗膜剥離剤使用時の労働災害防止について事務連絡が出ているため留意すること。

■参考資料 URL

『土木鋼構造用塗膜剥離剤技術』の試験結果等を公表します

<https://www.cgr.mlit.go.jp/kisha/2019mar/190327-1top.pdf>

■事務連絡

「剥離剤を使用した塗料の剥離作業における労働災害防止について」

基安化発0817第1号(令和2年8月17日)

《参考：野洲川橋の施工事例写真》



クリーンルーム



化学防護服一式



エアシャワー



呼吸保護具



ブラスト機械設備養生



作業状況

写真-3.3.2 循環式エコクリーンブラストの施工事例

2) 産業廃棄物の処理

ブラストにより発生した産業廃棄物処分会社(鉛、六価クロム、低濃度PCB等)の連絡先は、表-3.3.9に示すとおりである。

表-3.3.9 産業廃棄物処分会社の連絡先

会社名	所在地	電話番号
エコシステムジャパン株式会社 SDリサイクル部	東京都千代田区外神田4-14-1	03-6847-7011
株式会社クレハ環境 低濃度PCB営業部	福島県いわき市錦町四反田30	0246-63-1331
三重中央開発株式会社 営業部	三重県伊賀市予野字鉢屋4713	0595-20-1119
三池精錬株式会社 熔錬工場	福岡県大牟田市新開町2-1	0944-53-7262

高濃度PCBの処分は、国が中心となって中間貯蔵・環境安全事業株式会社(JESCO)を活用して全国に5箇所の事業所に処理施設が整備されている。



図-3.3.5 JESCOが設置している処理施設

3) 素地調整の留意点

- ・ ブラスト工法は、乾式と湿式の2つに分類され、乾式を基本とする。乾式とは、研削材を高圧の空気や遠心力等で鋼材面に打ち付けてブラストする方式で、最も標準的な工法である。湿式とは、水分を含んだ研削材や水を高圧下で鋼材面に打ち付けてブラストする方式であり、現在のところ鋼橋塗装への適用には課題が多い。

- 鉛中毒予防規則において、湿式とは、含鉛塗料のかき落とし面を方法のいかんを問わず十分湿らせて行うことをいう(図-3.3.6)。
- 工事においては、負圧集塵機、セキュリティールーム、エアシャワー等を計上するが、関係機関等の協議により変更が生じた場合は、道路保全課と協議を行うこと。
- 素地調整によって生じた旧塗膜のケレンダストは、有害物を含んでいることが多いので、周辺の土壌や河川を汚さないようにするとともに、その廃棄は適切に行う。
- 古い部材では、角部に面取りや曲面仕上げが行われていないことにより塗料が十分に付着せず、早期に発錆しやすくなる場合があるため、新設時と同様に角部の処置を行う(図-3.3.7)。

鉛中毒予防規則 (39条~42条)

<p style="text-align: center;">【関連政令】</p> <p>別表第四 鉛業務(第六条、第二十一条、第二十二条関係)(抄)</p> <p>八 鉛ライニングを施し、又は含鉛塗料を塗布した物の破碎、溶接、溶断、切断、鋸打</p> <p style="text-align: center;">【安衛施行令】</p> <p>第四十条 事業者は、令別表第四第八号に掲げる鉛業務のうち含鉛塗料を塗布した物の含鉛塗料のかき落としの業務に労働者を従事させるときは、次の措置を講じなければならない。</p> <p>一 当該鉛業務は、著しく困難な場合を除き、湿式によること。</p> <p>二 かき落としした含鉛塗料は、すみやかに、取り除くこと。(根 二二(1))</p>	<p style="text-align: center;">【解釈例規】</p> <p>ち(加熱して行なう鋸打に限る。)、加熱、圧延又は含鉛塗料のかき落としの業務</p> <p style="text-align: center;">【解釈例規】</p> <p>第一号の「著しく困難な場合」とは、サンドブラスト工法を用いる場合又は塗布面が鉄製であり、湿らせることにより錆の発生がある場合等をいうこと。</p> <p>第二号の「湿式」とは、含鉛塗料のかき落とし面を方法のいかんを問わず十分湿らせて行なうことをいうこと。(昭四二・三・三一 基発第四四二号)</p> <p style="text-align: center;">【鉛化合物のかき出し】</p> <p>第四十一条 事業者は、鉛化合物の焼成炉からのかき出しの鉛業務に労働者を従事させるときは、次の措置を講じなければならない。</p> <p>一 鉛化合物を受けるためのホッパー又は容器は、焼成炉のかき出し口に接近させること。</p> <p>二 かき出しには、長い柄の用具を用いること。(根 二二(1))</p>
---	---

図-3.3.6 鉛中毒予防規則³⁾

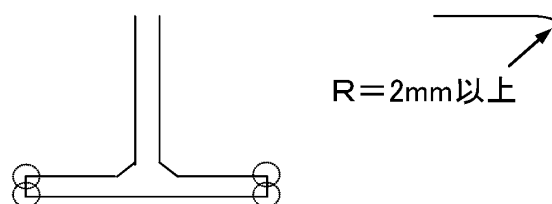


図-3.3.7 各部の曲面仕上げの例⁴⁾

(8) 塗装記録

塗装記録は、最終塗装の完了後に橋体起点側(左)または終点側(右)の外桁腹板に、ペイントまたは耐候性に優れたフィルム状の粘着シートにより、**図-3.3.8**のとおり記録する。

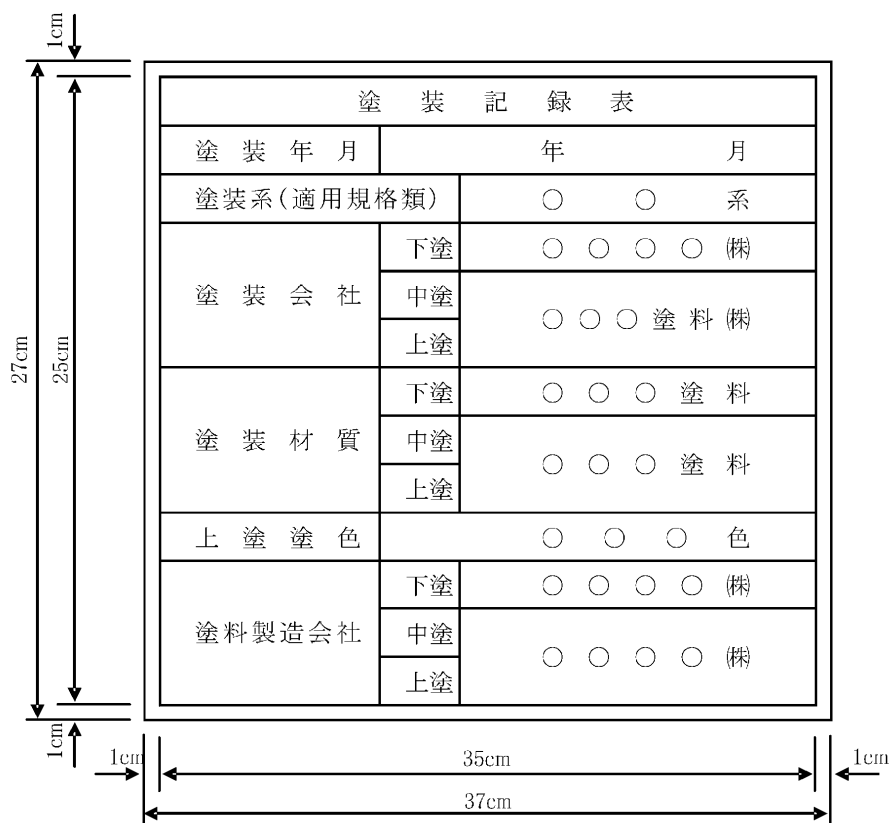


図-3.3.8 塗装記録表の仕様²⁾

(9) 部分塗替え

1) 塗替え範囲

塗替え範囲は、桁端部を対象とする場合、腐食環境に配慮して橋座面上を塗装の最小範囲とする(図-3.3.9)。また、地形等の特徴から桁下空間が確保されず、風通しが悪い等良好な環境が望めない範囲についても塗替え対象に含めるのが望ましい(図-3.3.10)。

塗替え範囲は、腐食が局部的であっても維持管理を考慮する範囲をまとめて塗替えるものとし、局部的な塗装(タッチアップ塗装)は原則として行わない。

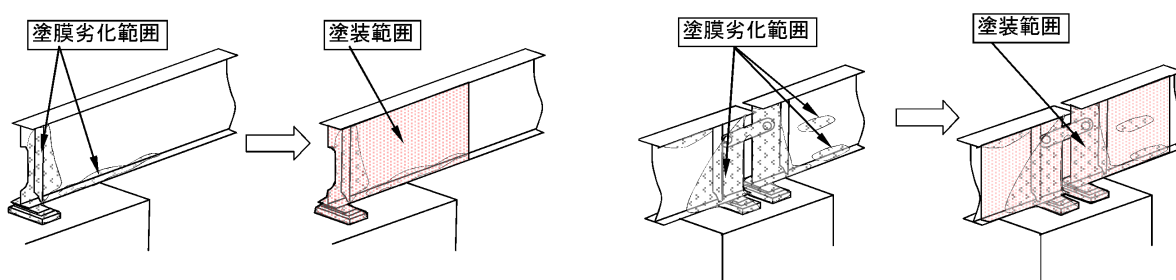


図-3.3.9 劣化部位に応じた塗替え範囲の例⁴⁾

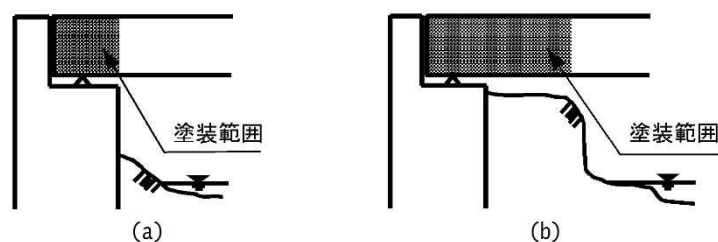


図-3.3.10 部分塗替えの範囲(桁端部)⁴⁾

2) 塗り重ね部の処理

新旧塗膜の塗り重ね部は、塗膜の付着性に配慮して、良好な品質が確保されるように処理する。

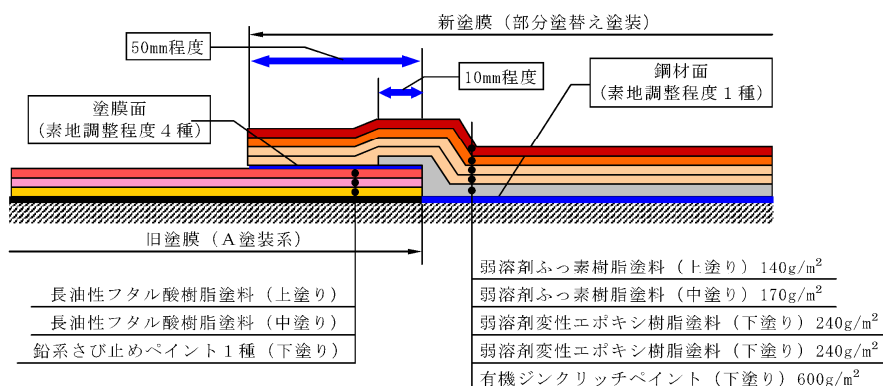
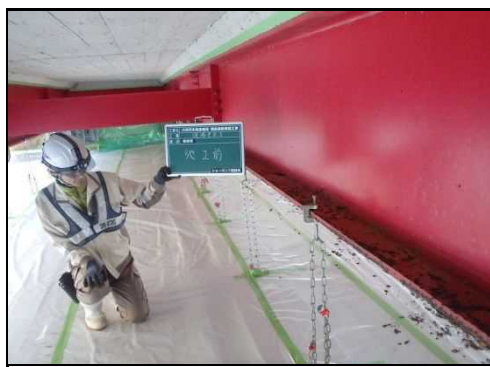


図-3.3.11 新旧塗膜の塗り重ね部の処理(旧塗膜がA塗装系の場合)⁴⁾

《参考：轆轤橋の施工事例写真》



着工前



動力工具処理



剥離材塗布



素地調整



剥離材塗布完了



素地調整完了



剥離作業



塗装完了

写真-3.3.3 塗膜剥離剤による塗装塗替え工の流れ

3.3.2 ストップホール工

(1) 工法概要

ストップホール工は、応急的な対策として、亀裂の先端に丸い孔を削孔し、亀裂先端部の応力集中を除去することで、亀裂の進展を防止するものである。

ストップホールの孔径は、 $\phi 24$ (M22高力ボルトに対する径)を基本とする。

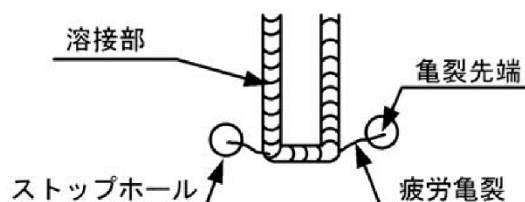
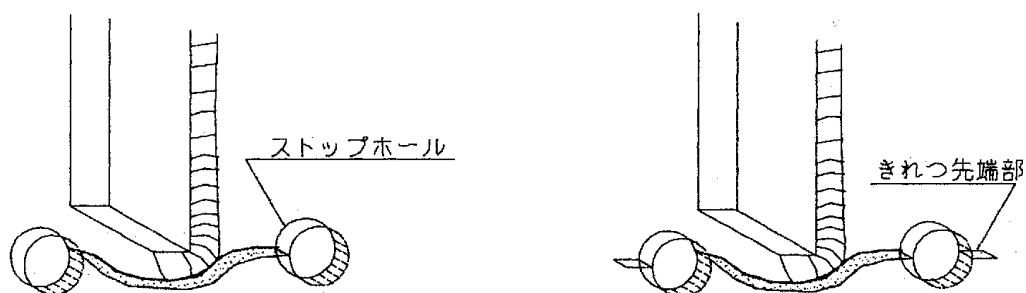


図-3.3.12 ストップホール工の概要図

(2) 工法選定の留意点

- ストップホールは、亀裂の先端を確実に捉え、除去することが最も重要である。亀裂先端が円孔の縁に残った場合はかえって亀裂の進展を加速させてしまうことがある。このため、その先端を磁粉探傷試験等により確認し、正確に孔位置を決定しなければならない。
- ストップホールの効果を高めるためには、ストップホールに高力ボルトを挿入して締付けるとよい。
- すみ肉溶接部のルート部先端から亀裂が発生している場合は、表面に現れていない亀裂が溶接ビード内に生じていることもあるため、ストップホールは避けるのが望ましい。
- 溶接止端部から発生している亀裂の先端が溶接部にかかる場合は、亀裂先端の位置を見誤らないように特に注意して施工する必要がある。



(a) 亀裂先端部が取り除かれたよい施工例 (b) 亀裂先端部が残った悪い施工例

図-3.3.13 ストップホール工の施工例⁵⁾

3.3.3 当て板修繕工

(1) 工法概要

当て板修繕工は、亀裂が比較的大きく進展している場合や腐食による断面欠損が大きく、塗装塗替え工での修繕が困難な場合に適用されるものである。

当て板は、母材と同等以上の強度を確保できる鋼板を使用し、添接板への応力伝達を円滑に行わせるため、亀裂を挟んである程度広範囲に当て板を設置することが望ましい。

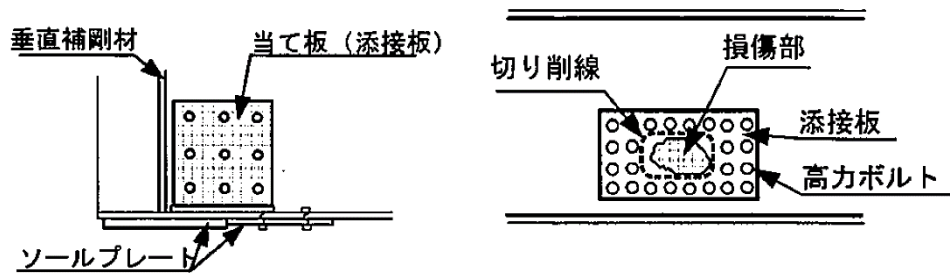


図-3.3.14 当て板修繕工の概要図

(2) 工法選定の留意点

- ・ 当て板の接合は、高力ボルトによる接合を基本とする。溶接による接合は、溶接部が新たな弱点となりやすく、品質確保、疲労強度等の観点から極力避けるべきである。
- ・ 亀裂に対する当て板修繕工は、ストップホール工法と併用することが望ましく、ストップホールと当て板接合ボルトの位置を合わせるような配慮を行うことが望ましい。
- ・ 修繕部は、当て板が密着しておらず隙間への浸水やボルトの緩みが発生した事例があることから、さびや塗膜を完全に除去して隙間を残さないことに注意する。
- ・ 当て板は、仮付溶接してはならない。

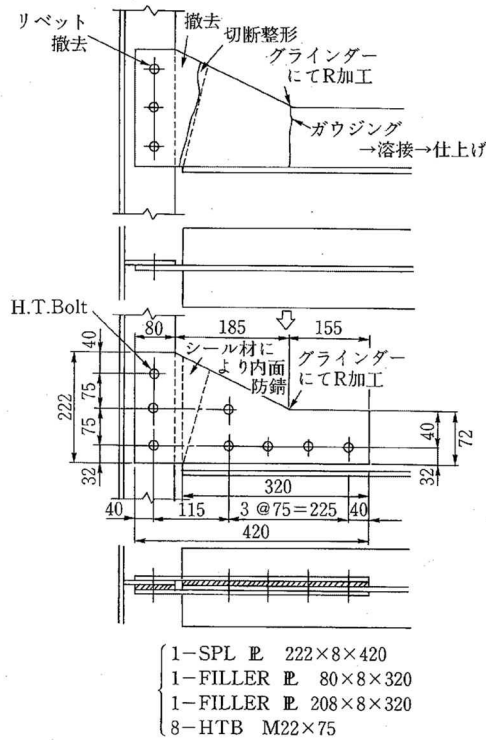


図-3.3.15 当て板修繕工の施工例⁶⁾

< 出典 >

- 1) (公社)日本道路協会:鋼道路橋防食便覧、平成26年3月
- 2) 滋賀県:一般土木工事等 共通仕様書、平成28年4月
- 3) 労働調査会:安衛法便覧、平成28年8月
- 4) 国土技術政策総合研究所:鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)、平成24年4月
- 5) 東・中・西日本高速道路株式会社:設計要領第二集 橋梁保全編、平成23年7月
- 6) (公社)日本道路協会:鋼橋の疲労、平成9年5月

3.3.4 部材取替え工

2次部材(対傾構、横鋼など)が腐食などによって損傷し、断面欠損が著しい場合、欠損部の部分交換(部分補修含む)と比較検討(費用、今後の維持管理など)のうえ、部分交換より得策の場合は、損傷した部材全体を取り外して新しい部材と交換する。

部材全体を交換する場合には、取り外した時の構造的安全性を確認し、安全性に問題がある場合は、仮設材(支保材)を設けて対処する。

3.4 その他部材

3.4.1 支承

(1) 修繕工法の選定

修繕工法を選定する一般的な手順は、図-3.4.1に示すとおりである。

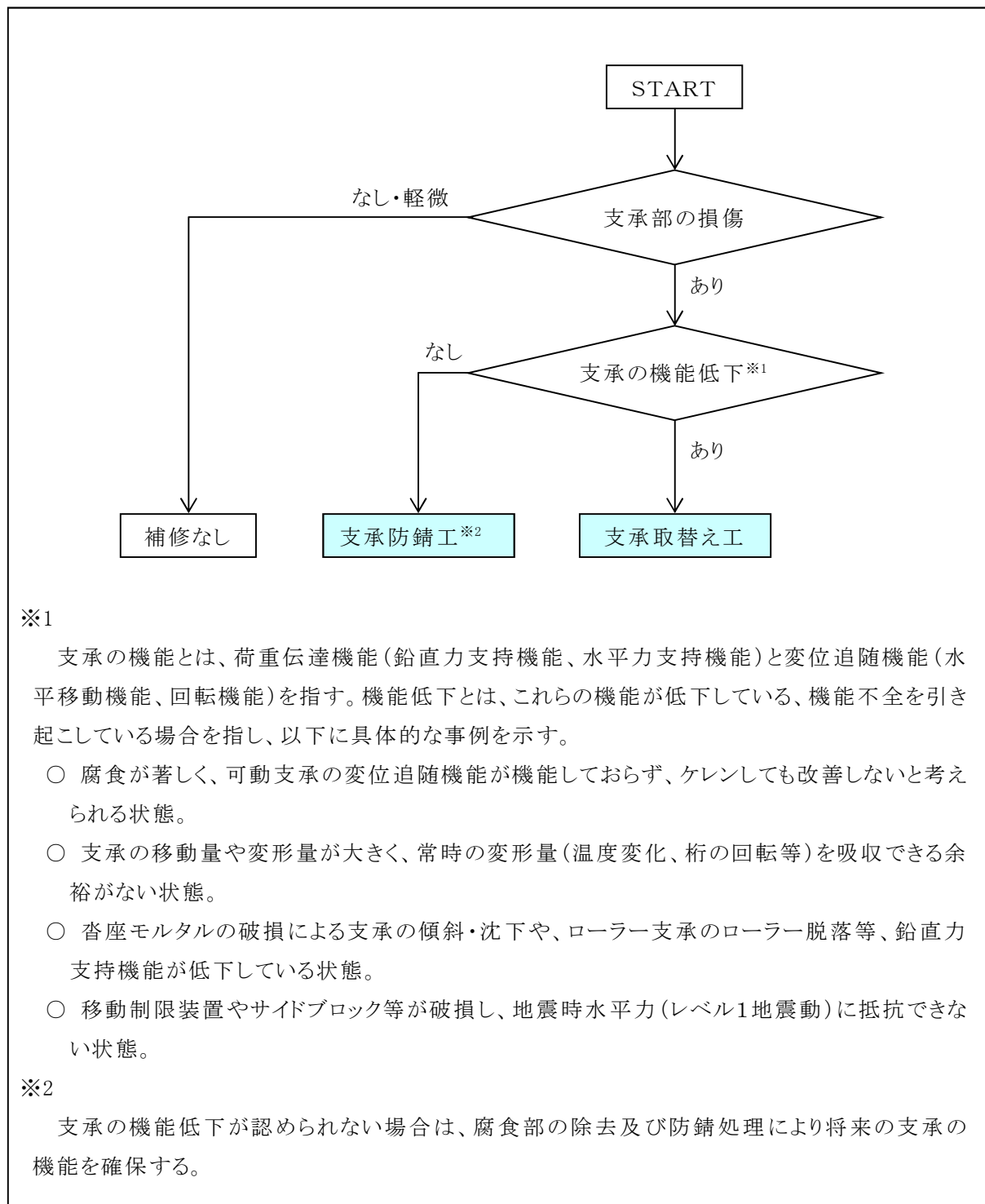


図-3.4.1 修繕工法の選定フロー

(2) 支承防錆工

支承防錆工は、LCC(今後100年)や施工性を考慮し、原則として金属溶射工を選定するものとするが、鋼橋の塗装塗替え工と同時施工の場合は、同じ塗装系による塗装塗替え工を選定してもよい。

① 金属溶射工

1) 工法概要

金属溶射工は、ショットブラストにより錆を除去した後、亜鉛及び亜鉛アルミニウム合金等の金属を溶射し、その上にエポキシ樹脂で塗装するものである。



写真-3.4.1 金属溶射工の施工例

2) 工法選定の留意点

- ・ 本工法の適用には、腐食の除去(ケレン)及び溶射作業が可能な施工スペースを確保できることが条件となる。
- ・ 本工法は、溶射作業となるため支承高が低い場合でも対応できる。ただし、作業員の手が入る程度の施工スペースは必要である。
- ・ 本工法は、亜鉛及び亜鉛アルミニウム合金の溶射膜に浸透性エポキシ樹脂で塗装を行うため、防錆効果は普通塗装より優れるが、初期コストが高い。
- ・ 亜鉛及び亜鉛アルミニウム合金の溶射膜は、鉄材に対して卑なる金属であるため、犠牲陽極的な働きにより防錆効果を高める。
- ・ 腐食により支承の変位追従機能が損なわれている場合は、潤滑剤の注入を併せて行う。
- ・ 養生や手待ち等の工程のインターバルがないため、短期間での施工が可能である。

3) 施工方法

金属溶射工の施工方法は、**図-3.4.2**に示すとおりである。

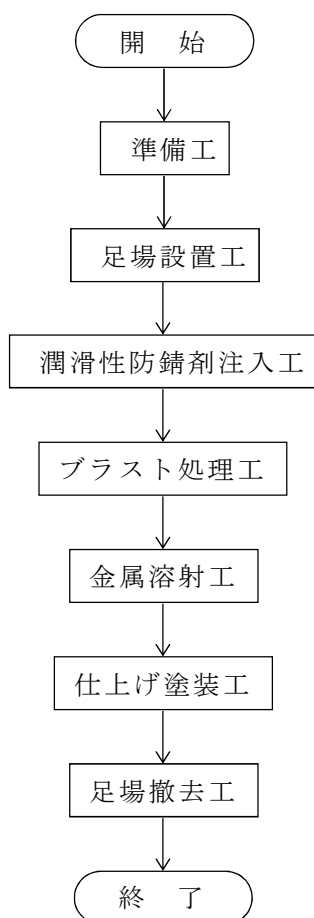


図-3.4.2 金属溶射工の施工フロー

② 塗装塗替え工

1) 工法概要

塗装塗替え工は、腐食が発生した箇所のさび等を除去した後、塗装を外面に施し、支承の防錆機能を回復するものである。



写真-3.4.2 塗装塗替え工の施工例

2) 工法選定の留意点

- ・ 本工法の適用には、さびの除去(ケレン)及び塗装作業が可能な施工スペースを確保できることが条件となる。
- ・ 腐食により支承の変位追従機能が損なわれている場合は、潤滑剤の注入を併せて行う。

(3) 支承取替え工

1) 工法概要

支承取替え工は、支承が有する荷重支持機能や変位追従機能が低下した場合に、新規の支承に取替えるものである。

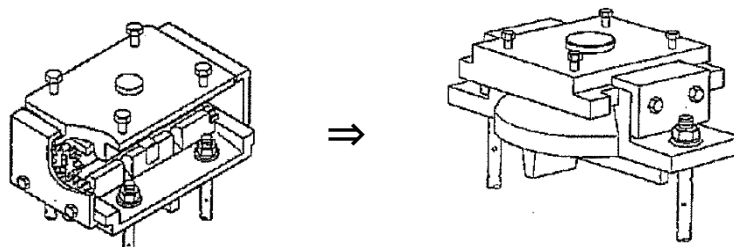


図-3.4.3 支承取替え工の概要図(1本ローラー支承を支承板支承に取替え)

2) 支承構造の選定

支承構造の選定は、一般的に考えられる鋼製支承とゴム支承の中から耐久性や施工性、経済性、LCC(今後100年)等を総合的に評価し、最適な支承構造を選定する。

一般的には、取替え前の形式で構造的に不具合が生じない場合は同形式に、取替え前の形式では損傷の原因を除去できず、将来同様の損傷が発生すると推定される場合は他の形式に取替えることが多い。

3) 工法選定の留意点

- ・ 鋼橋の支承は、上沓と桁がボルト等で接合されているため、既設の上沓の取替えが比較的容易であるのに対し、コンクリート橋では上沓のアンカーボルトがコンクリート桁の内部に埋め込まれているため、既設支承の撤去が困難である場合がある。
- ・ 支承取替え工は、施工時に上部構造を仮受けする必要があるため、適切な仮受け構造を選定し、かつ上下部構造の仮受け位置の安全性を確保することが重要である。
- ・ 同一支承線上の支承は、形式が異なるものを配置すると、たわみや変形性能が設計で想定したものと異なることとなるため原則同一形式とする。

4) 設計の留意点

支承の取替え範囲を検討する際は、①橋梁全体、②一連の上部構造の支承すべて、③一連の上部構造の一部の支承の中から、支承の損傷範囲や損傷要因等を勘案して適切な取替え範囲を選定する。

ただし、支承の取替えを行う場合は、同一支承線上の支承はすべて取替えることを基本とする。これは、橋梁の挙動に対しすべての支承(同一支承線上のすべての支承)で機能す

ることが望ましいこと、同一支承線上の支承には同様の損傷が発生していることが多いことを踏まえたものである。

支承に関する設計法は、建設当時のものに対して考え方が変更になっている場合があるため、支承本体の設計及び橋梁本体の照査を行う場合には、取替え後の条件において最新の設計基準に準拠した設計、照査を行わなければならない。基本となる設計基準は、道路橋示方書及び道路橋支承便覧が挙げられる。

なお、支承取替え工の計画、設計においては、耐震補強計画の有無や予定年度等の確認を行い、必要に応じて耐震補強設計を合わせて行う。

支承取替え工の計画、設計において、対象橋梁の構造特性による計画、設計時の留意点を以下に示す。

(i) 計画時

- ・ 設計荷重を確認する。
- ・ 鋼製支承とゴム支承では構造特性が異なるため、それぞれの特性を踏まえて、取替え前の支承の機能を損なうことがないように取替え後の支承を選定する。
- ・ 支承の製作工程を考慮して、現場工事の工程を計画する。
- ・ 施工場所が河川、道路及び鉄道の場合は、関係者と協議が必要となる。
- ・ 工事による騒音・振動が生じる恐れがあるときは、地域住民に事前説明が必要となる。

(ii) 支承の設計時

- ・ 取替え支承の高さは、既設支承高以下となっているか確認し、取替え後に下部構造の天端に食い込まないようにする。
- ・ ゴム支承に変更すると、鋼製支承に比べて面積が大きくなるので、上部構造の支点部から支承が大きく飛び出すことがないように、また飛び出しがある場合は支点反力の伝達が十分な構造になっているか確認する。
- ・ 負反力に対する配慮は問題ないか、固定支承を仮受けする場合には橋軸方向水平力に抵抗可能な部材が設置されているか確認し、仮受け時に支持機能を損なわないようにする。
- ・ 既設アンカーボルトの健全度を確認し、再利用できるものは可能な限り再利用しているか、また、その場合の構造は適切か確認する。

(iii) 上部構造の設計時

- ・ 支承取替え時は、ソールプレートの取替えやセットボルト孔の変更等、上部構造支点部の変更を伴うことも多いため、他の部材との干渉や施工スペースについて確認する。
- ・ ジャッキアップ位置の補強が行えるか、補強材を取付けるための施工スペースは確保できるかを確認する。
- ・ 箱桁の場合、補強部材を箱桁内に搬入できるか確認する。

(iv) 下部構造の設計時

- ・ 支承縁端距離の確保は問題ないか、仮受け位置を支承前面とする場合に下部コンクリートの角欠けを照査しているか確認する。
- ・ ジャッキアップ位置とはつり範囲が干渉していないか確認する。
- ・ アンカー削孔位置の延長線上に鉄筋等の支障物がないか、アンカー削孔径は下部構造の鉄筋間隔以下か、アンカー削孔機械の設置スペースは確保できるか確認する。
- ・ 沓座の照査を行っているか確認する。

(v) 周辺構造物との関連

- ・ 仮受け時及び取替え後の支承と落橋防止システムとが干渉していないか確認する。
- ・ 補強材と既設部材あるいは添架物との取り合いは適切か確認する。

5) 仮受け工の留意点

桁の仮受け工は、対象橋梁の構造形式、施工条件等を考慮し、適切な工法を選定しなければならない。また、仮受け工の設計時においては、仮受け時における橋梁本体の照査及び仮設部材の設計を行わなければならない。

仮受け工を検討する際の留意事項を以下に示す。

(i) 鋼橋における桁の仮受け構造

桁の仮受けは支点付近で支持するのが望ましいが、一般には作業空間の確保のため本来の支点位置より離して支持する場合、仮支持用に別途横桁やブラケット等の部材を設置して支持する場合、下部構造側に仮支持に対応できる対策を施す場合等がある。

鋼橋における代表的な仮受け構造は、表-3.4.1に示すとおりである。

表-3.4.1 鋼橋における代表的な仮受け構造

仮受け構造	工法概要	概要図
主桁支持工法	<p>横桁が対傾構形式で、主桁下側や支承から下部構造縁端までの間にジャッキ作業スペースを確保できる場合には、主桁の支点部付近で仮受けできるこの工法が望ましい。この場合は、ジャッキアップ位置と仮受け位置を同じ位置にする必要があるため、ロック機構付きのジャッキを使用する。この工法では、主桁ウェブに垂直補剛材を設置して補強するため、ブラケットや横桁などの仮設物を追加する必要がなく、工期も短くなる。</p>	
主桁付き ブラケット工法	<p>主桁下側にジャッキ作業スペースを確保できない状況でも、主桁の横方向に作業スペースを確保できる場合には、主桁にブラケットを設置する工法を用いる。主桁ウェブには、ブラケットを取付けるための垂直補剛材を取付ける場合もある。また、ブラケットではジャッキアップ位置と仮受け位置の両方を設けることが可能な場合も多く、安定した施工が可能である。</p>	
横桁支持工法	<p>主桁下側にはジャッキ作業スペースを確保できないが、フルウェブの横桁の場合には、横桁を補強して仮受けする工法を用いる。横桁は、既設の物を使用する場合と既設を改造あるいは新設の横桁を利用する場合がある。作業性は、主桁付きブラケットと同様である。</p>	
下部工付き ブラケット工法	<p>下部構造の天端に、ジャッキ設置スペースが確保できなくて、下部構造周辺にベントを設けられない場合は、下部構造にブラケットを設置して仮受け位置とする。ブラケットアンカーの施工に日数を要するため施工性は劣る。また、主桁支持工法と同様に、ロック機構付きのジャッキを使用する。</p>	
ベント工法	<p>下部構造の天端に、ジャッキ設置スペースが確保できなくて、下部構造周辺にベントを設けられる場合は、ベントや架台を設置して仮受け位置とする。ベントの基礎には杭基礎、下部構造フーチング利用及びコンクリート基礎などがあるが、ベントの設置・解体の施工に日数を要するため施工性は劣る。</p>	

(ii) PC橋における桁の仮受け構造

PC橋の場合、一時的に主桁あるいは支点横桁に仮支持点を設けることは鋼橋の場合と同様であるが、コンクリートの許容支圧応力度以下となるように支持面積を確保することで、一般的には主桁あるいは支点横桁を補強する必要はない。ただし、橋台、橋脚頂部側面のブラケットで仮支持する方法や橋台、橋脚前面のベントで仮支持する方法の場合におけるブラケットやベントの設計は、鋼橋の場合と同様に行う必要がある。

(iii) 仮受け点の上部構造、下部構造の照査

仮受け方法の選定と同時に、仮受け点の桁の照査及び下部構造の応力度照査を行い、補強が必要となった場合は、補強設計を行う。

補強材の取付けは、高力ボルトによるものとし、適切な材料の選定及び施工品質の確保が重要となる。

(iv) ジャッキ、仮受け構造等の照査

仮受け工に使用するジャッキは、設置箇所のスペース、桁の縦断勾配や横断勾配、反力等を考慮し最適な形式のものを使用する。また、能力や揚程の他、現地作業の実状に合った機械高や重量等を考慮し使用する。高揚程の油圧ジャッキは、機械高が高く、桁の回転に対して追従できない構造であり、他のジャッキと比較すると安定性が悪いため、使用する場合にはジャッキ箱、ジャッキ台等を用いて安定を考慮した構造とする。

ジャッキ設置箇所の高さが低い場合は、機械高の低いタイプのものがある。また、作業空間が狭い箇所のためにジャッキアップと桁の仮受けを同一箇所で行えるロック機構付きジャッキ等がある。

(v) ジャッキで仮受けし、その状態で長時間作業を行う場合の留意事項

支承の取替え工事は、仮受け状態での不測の事態に対処できるようにロック機構付きのジャッキを使用するか仮受け台を併用することを基本とする。

また、仮受け台及びジャッキ位置で移動制限機構を設置するのは困難な場合が多いが、ジャッキ台頭部を改良したり、他の箇所で同様な機能を持つものを設置する等、仮受け状態での不測の事態に備えるのが望ましい。

(vi) 固定支承を仮受けする場合の留意事項

固定支承を仮受けする場合は、橋梁の水平方向の変位を拘束しているのが固定支承であるということから、特に水平力の作用が考えられるため、水平力に対し抵抗できる機構を設置する。

また、同時に修繕を行わず順次修繕することにより、残りの支承で予想される水平力を抵抗させる(支承の応力度検討が必要)等の方法で、橋体が移動しないようにする。

(vii) 狭隘な場所でのジャッキ設置

桁下空間や作業空間の極めて狭い場所では、フラットジャッキ(機械高さ:30mm)の選定が有効である。フラットジャッキの構造は、周囲に半円形の凹みを有する2枚の薄い軟鋼板を溶接により接合したもので、注入口より液圧をかけるとジャッキの両面は互いに引き離されるように鋼板が塑性変形し、揚力を発生する。

フラットジャッキの使用方法は、ジャッキアップ及びジャッキダウンのみに使用する仮受け方式とフラットジャッキを新設支承の直下に配置する新設方式の2つに大別される。新設方式は、鋼製沓座型枠にフラットジャッキとゴム沓を配置し、荷重を受け替えた後モルタルを打設してフラットジャッキ本体を埋め込むものである(既設支承は撤去しないことが多い)。

この方式は、支点断面の剛度が大きく、橋座部の支間側に新しい支承を設けることができるコンクリート橋での適用例が多い。

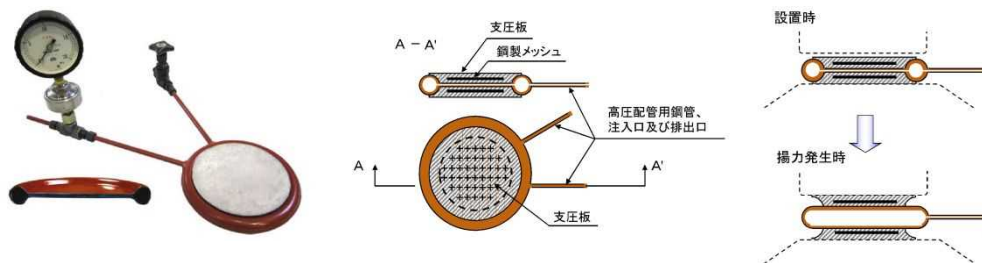


図-3.4.4 フラットジャッキの構造

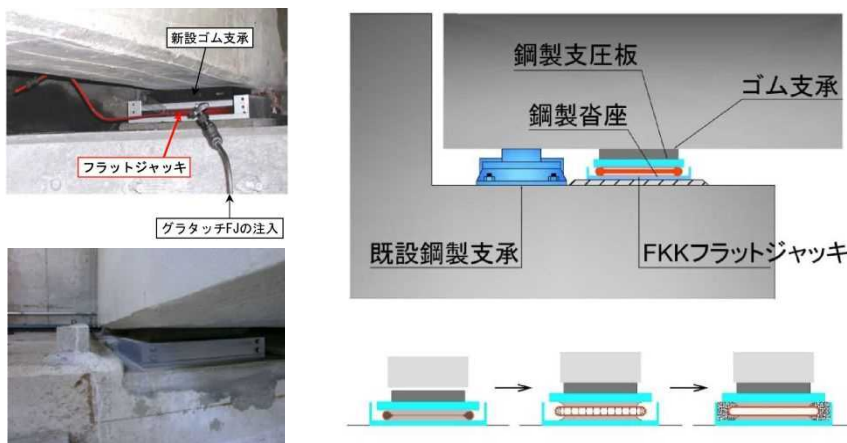


図-3.4.5 フラットジャッキのコンクリート橋への適用例

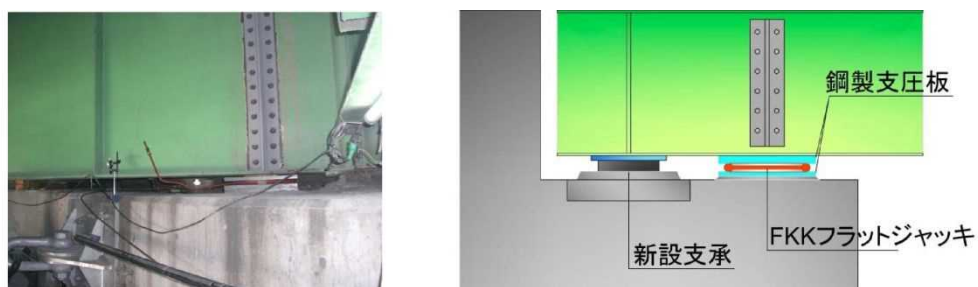


図-3.4.6 フラットジャッキの鋼橋への適用例

6) 仮設時の留意点

仮設時の設計にあたっては、次の荷重を考慮するものとする。

- ① 水平荷重
- ② 支点移動の影響
- ③ 不均衡荷重
- ④ 予想される特殊な荷重

(i) 水平荷重

水平荷重は、鉛直荷重に比べて不確定な要素が多く、明確に算出することが困難な場合が多い。このため、特に水平荷重が予想されない施工条件のもとでも、安全を図る意味で必要最小水平荷重として鉛直死荷重に0.05を乗じた水平荷重を考慮する。

この数値は、「鋼構造物架設設計指針(土木学会編)」において、通常の架設ではこの係数を0.05としている例があるが、この場合架設する構造物の形状、架設工法等によるが、水平震度0.05の地震に等しく、さらに一般の道路橋示方書によれば、15m/s前後の風による荷重に相当するものとして取扱われている。また、「鋼道路橋施工便覧(日本道路協会)」でも0.05としていることを踏まえたものである。

(ii) 支点移動の影響

ジャッキアップする最大量は3mmとし、一支承線をすべて均一に下げることが厳守すれば、一般的な橋梁の端支点では概ね支点移動の影響は無視できることから、中間支点を橋軸方向でジャッキアップする場合、不均等に仮支持する場合、あるいは支点数を減らして支持する場合のみ支点移動の影響を考慮すればよい。

また、温度変化の影響(T)を無視したのは、ジャッキ頭部にゴム支承等を介在させることにより、施工時の温度変化による移動量を解放していることを基本としたためである。

なお、ジャッキアップした時点で支点反力を事前に確認して反力の管理を行う。また、ゴム支承については、反力のバラツキが耐久性に悪影響を及ぼすため、施工後のゴムのひずみ量を計測することにより反力の確認を行い、必要であれば修正を行う。

(iii) 不均衡荷重

ジャッキアップする際、各ジャッキに均等な荷重が作用するとは限らないため、ジャッキに作用する反力の不均等を考え、支持点の鉛直反力に0.1を乗じた荷重を考慮する。

(iv) 予想される特殊な荷重

特殊な荷重がある場合は別途考慮する。

なお、仮支持点で施工中の移動及び回転を考慮できない構造を用いる場合、あるいは移動量や回転量が大きく対処しきれない場合等では、支点拘束条件の変化に伴う上部構造に働く内部拘束力を考慮する。

7) 施工方法

支取替え工の施工方法は、**図-3.4.7**に示すとおりである。

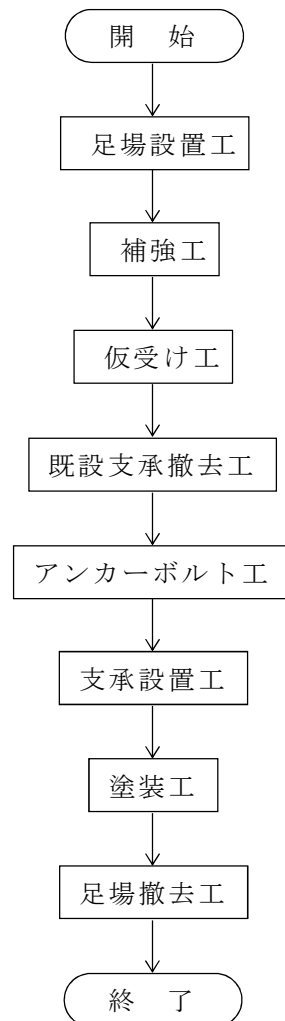


図-3.4.7 支取替え工の施工フロー

8) 施工時の留意点

- ジャッキアップ位置(仮受け位置)は、支承位置に近い主桁や横桁とするが、補強量が最小限となるように、また、取替え作業が安全に行えるように選定する。
- 上部構造の付加応力、床版のクラックを防止するため、同一支承線上の桁を同時、あるいはジャッキアップ量に差が生じないよう均等にジャッキアップする。特に、多主桁をジャッキアップする場合は、作業手順をよく検討する。
- ジャッキアップ量は、取替え作業に必要な最小限とする。供用中の橋梁では、路面段差等への影響を考慮し、ジャッキアップ量は2mm～5mm以下で行うことが望ましい。
- 作業中は、路面段差等の管理には十分な注意を払い、必要に応じて車線規制や速度制限を行う。

- 連続桁等の不静定構造は、橋軸方向の支点すべてを同時にジャッキアップすることは困難であるため、1支承線ずつの作業とする。この場合、ジャッキアップ量は必要最小限にとどめるとともに、上部構造に生じる部材力や反力を確認する。
- はつりの範囲は、作業条件、取替え前後の支承の大きさを考慮して決定する。はつり深さは、新設支承下面のモルタル充填性を考慮して、適切な空間を確保する。平面的な範囲は、沓座モルタルをすべて除去し、上沓せん断キーのかわし方や下沓リブの有無等を考慮した撤去や搬入方法に合わせた範囲で最小限とする。
- はつり作業時は、以下の点に注意する。
 - a) 既設鉄筋を傷つけないようにする。
 - b) はつり出した表面はチップングし、うきやひび割れのある部分は取り除く。
 - c) 騒音や振動が発生するため、施工場所の状況に応じて、作業時間を選定する。
 - d) 作業場所の養生を行い、コンクリート片の飛散や落下を防止する。
- 支承を設置する際は、支承の高さ調整及び遊間調整を行う。新設支承にゴム支承を使用する場合は、死荷重反力によるゴム支承の鉛直変形量を把握し、変形量を見込んだ高さに設置する。
- ジャッキダウンは、無収縮モルタルが所定の強度に達したことを確認してから作業を行う。
- 橋面上の補修工事がある場合は、支承取替え後に行う。

3.4.2 伸縮装置

(1) 修繕工法の選定

修繕工法を選定する一般的な手順は、**図-3.4.8**に示すとおりである。

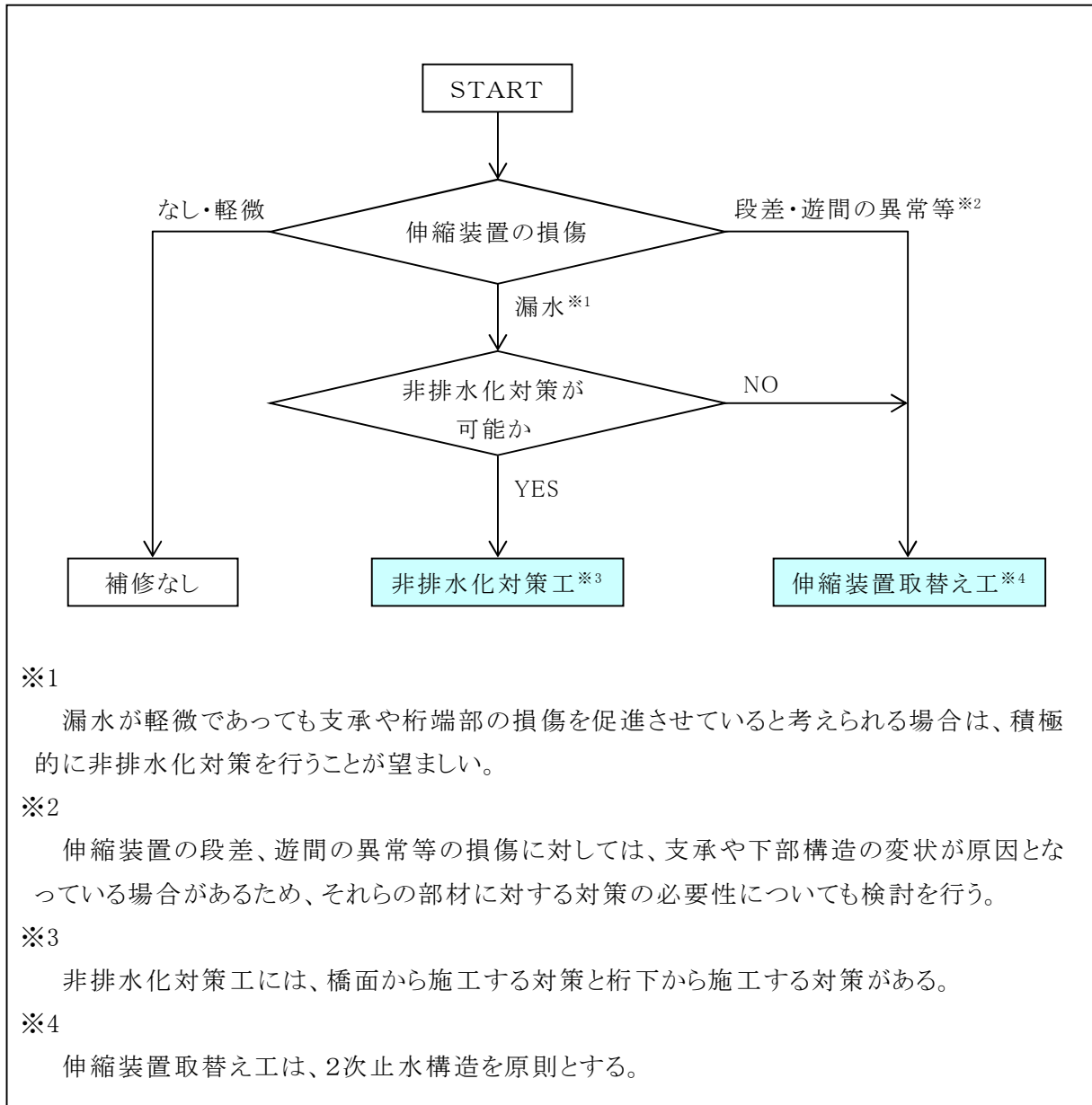


図-3.4.8 修繕工法の選定フロー

(2) 伸縮装置取替え工

1) 工法概要

伸縮装置取替え工は、伸縮装置の損傷が局部的でなく、また漏水や路面の凹凸、遊間の異常等の損傷が他の修繕工法で解消できない場合に新規の伸縮装置に取替えるものである。

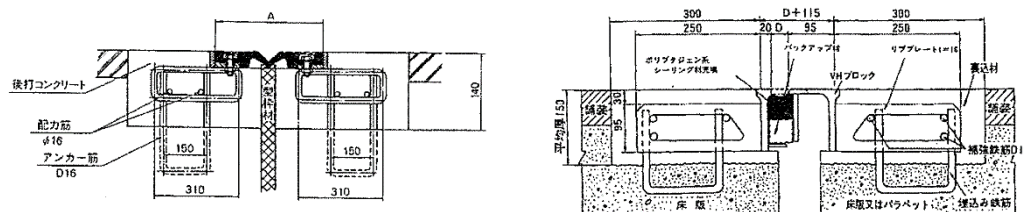


図-3.4.9 伸縮装置取替え工の概要図

2) 伸縮装置の形式選定

伸縮装置は、ゴム製及び鋼製、埋設型等の中から床版遊間や設計伸縮量を踏まえた上で、適用性、耐久性、走行性、騒音性、維持管理、経済性、LCC(今後100年)等を総合的に評価し、最適な形式を選定する。

一般的には、取替え前の形式で構造的に不具合が生じない場合は同形式に、取替え前の形式では損傷の原因を除去できず、将来同様の損傷が発生すると推定される場合は他形式に取替えることが多い。

表-3.4.2 伸縮装置の形式選定例(参考)

形式	ゴム製伸縮装置	鋼製伸縮装置	埋設型伸縮装置
イメージ図(代表)			
伸縮構造	床版の遊間部で輪荷重を支持できる荷重支持型、支持しない突合せ型がある。	◎ 床版の遊間部で輪荷重を支持できる荷重支持型、支持しない突合せ型がある。	◎ 高弾性舗装材(特殊合材)を使用して、伸縮装置が露出しない埋設型である。遊間100mm以上は対応が難しい。
耐久性	伸縮部がゴムであるため、衝撃と経年の劣化によって長期間の耐久性はない。耐用年数は、約15年(参考)である。	○ 伸縮部が鋼製である為、耐久性に優れている。耐用年数は、約20年(参考)である。	◎ 本体金具は直接輪荷重等の影響を受けないため耐久性に優れているが、交通量が多い場所では長期間の耐久性はない。耐用年数は、約10~15年(参考)である。
走行性	設置当初の走行性は良好である。しかし、構成する部材の磨耗度が異なることから、経年とともに境界段差が発生する。	○ 鋼製ジョイントの部類においては施工初期の走行性は良い。しかし、各部材の磨耗度が異なる為、供用経過とともに段差が発生し、走行性に問題が生じる。	○ 埋設型で、走行性に優れる。また、高弾性舗装材は、通常のアスファルト舗装とは同等の磨耗度を有していることから、違和感は小さい。
騒音性	供用経過とともに、各部材の磨耗度の違いから段差が発生。車両通過時に騒音・振動が発生する。	○ 供用経過とともに、各部材の磨耗度の違いから段差が発生。車両通過時に騒音・振動が発生する。	○ 境界段差の発生しにくい性状により、振動・騒音の発生は非常に少ない。
維持管理性	伸縮ゴム部の破損に対しては、大半が伸縮装置の全体交換での対応となる。	○ 伸縮本体自体の耐久性は評価できず、破損に対しては、全体交換となる。	○ 損傷の大小にかかわらず、同質系の材料で部分補修が可能である。舗装修繕時(切削オーバーレイ)に、表層部分の高弾性舗装材を打ち替える事により簡便に機能回復を図る事が可能である。ただし、表層の打替えスパンは短い。

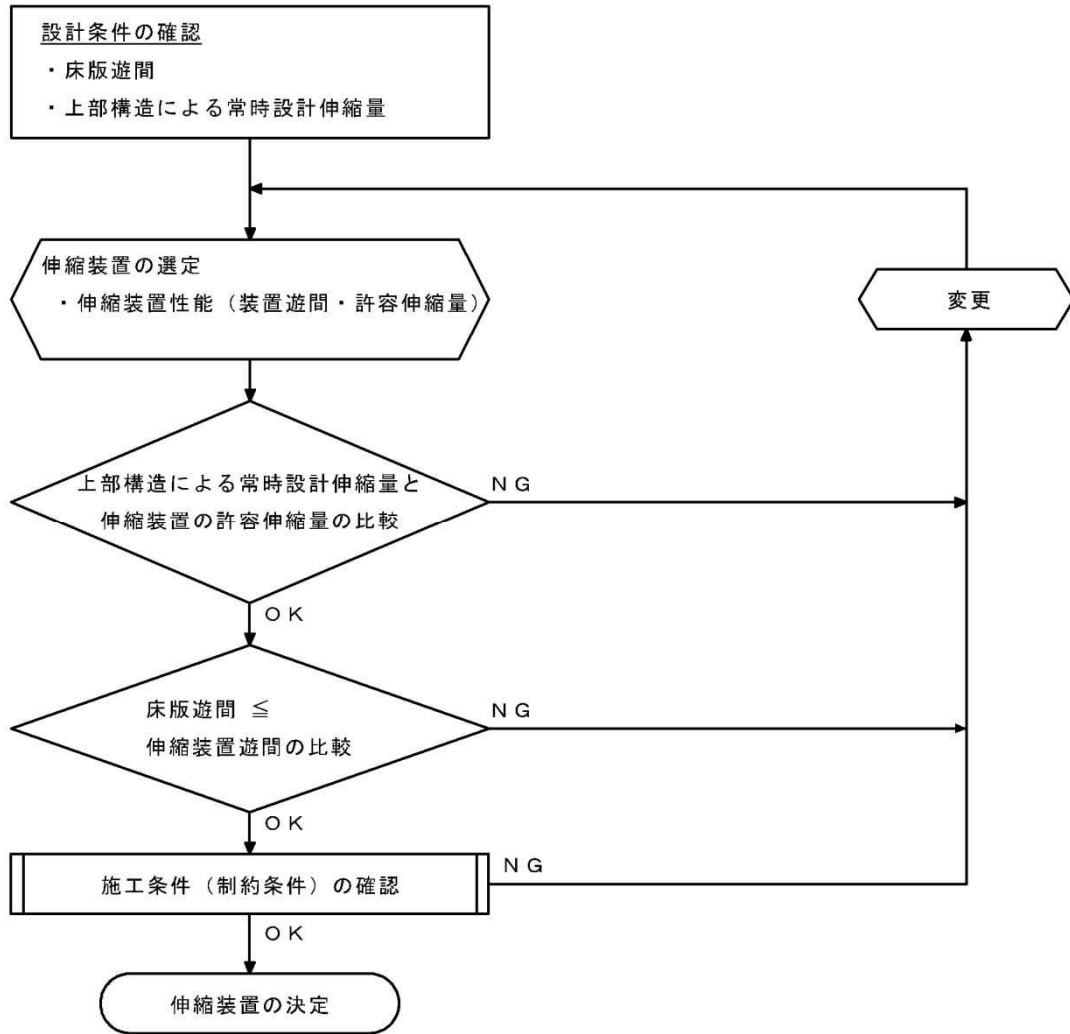


図-3.4.10 伸縮装置の選定フロー(参考)¹⁾

3) 工法選定の留意点

- ・ 工法選定の際は、先付工法と後付工法の使い分けを検討する。
- ・ 除雪を行う地区では、除雪誘導板を考慮した検討を行う必要がある。
- ・ 除雪車のブレードにより伸縮装置表面が削られ、伸縮装置が破損する場合がある。除雪地区では鋼製ジョイントを優位に検討する。
- ・ 埋設型伸縮装置は、交通量の影響によっては長期間の耐久性に劣るため、既設が埋設型伸縮装置である場合を除いては採用しないことが望ましい。
- ・ 鋼製伸縮装置(フィンガージョイント等)の取替えは、既設伸縮装置のガス切断及び床版のはつり作業が生じる等多大な労力が必要になるため、交通規制期間やコスト等を総合的に評価して伸縮装置取替えの是非を検討する必要がある。
- ・ 伸縮装置は、遊間量と伸縮量の検討を行い、遊間量と伸縮量が適用範囲に合致した形式を選定する。また、必要に応じて遊間調整等の措置を行い、遊間量を調整する。

4) 設計の留意点

設計を行う際は、環境条件や施工条件、伸縮装置の遊間等を十分に検討しなければならない。設計上の留意すべき事項を以下に示す。

(i) 環境条件

- ・ 交通量及び大型車混入率(修繕サイクル、耐久性への配慮)
- ・ 沿線環境(騒音、振動が少ない形式の選定)
- ・ 積雪地区(スノープラウ誘導板の設置の有無)

(ii) 施工条件

- ・ 交通規制の方法及び範囲、時間
- ・ 既設伸縮装置の形式確認(鋼製フィンガー、スライド式等)
- ・ 修繕に要する時間(修繕規模、方法、材料)
- ・ 施工時の気象条件
- ・ 沿道環境(工事中の騒音及び振動、防水対策)

(iii) 伸縮装置の遊間

現地における伸縮装置の遊間は、架設誤差及び支点移動、設計計算誤差等の要因により設計値と異なる場合がある。適用遊間に合致しない伸縮装置の選定は、損傷の要因となるため、伸縮装置の取替えに際しては遊間量及び伸縮量の見直しを行う。

伸縮量の算出式は、表-3.4.3に示すとおりである。

伸縮装置は、伸縮量と最大遊間量に適合したものを選定する。特にコンクリート橋においては、クリープや乾燥収縮がほとんど終了して桁遊間が必要以上に大きくなっている場合があるので注意する。桁遊間が過大な場合には、伸縮装置の設置に先立って桁遊間の調整を行う。

また、伸縮装置の据付けは、設置時の温度に対応してセットしなければならない。

表-3.4.3 伸縮量の簡易算定式²⁾

橋種	鋼橋	鉄筋コンクリート橋	プレストレストコンクリート橋	
伸縮量	① 温度変化	0.61(0.721)	0.41(0.51)	0.41(0.51)
	② 乾燥収縮	—	0.21 β	0.21 β
	③ クリープ	—	—	0.41 β
	基本伸縮量 (①+②+③)	0.61 (0.721)	0.41+0.21 β (0.51+0.21 β)	0.41+0.61 β (0.51+0.61 β)
	余裕量	基本伸縮量×20%、ただし、最小10mm (施工誤差等が大きい場合は別途考慮)		

l=伸縮けた長(m)、 β = 低減係数(表-3.4.4)

表中の()内は、寒冷な地域に適用

表-3.4.4 乾燥収縮及びクリープの低減係数²⁾

コンクリートの材令(月)	1	3	6	12	24
低減係数(β)	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

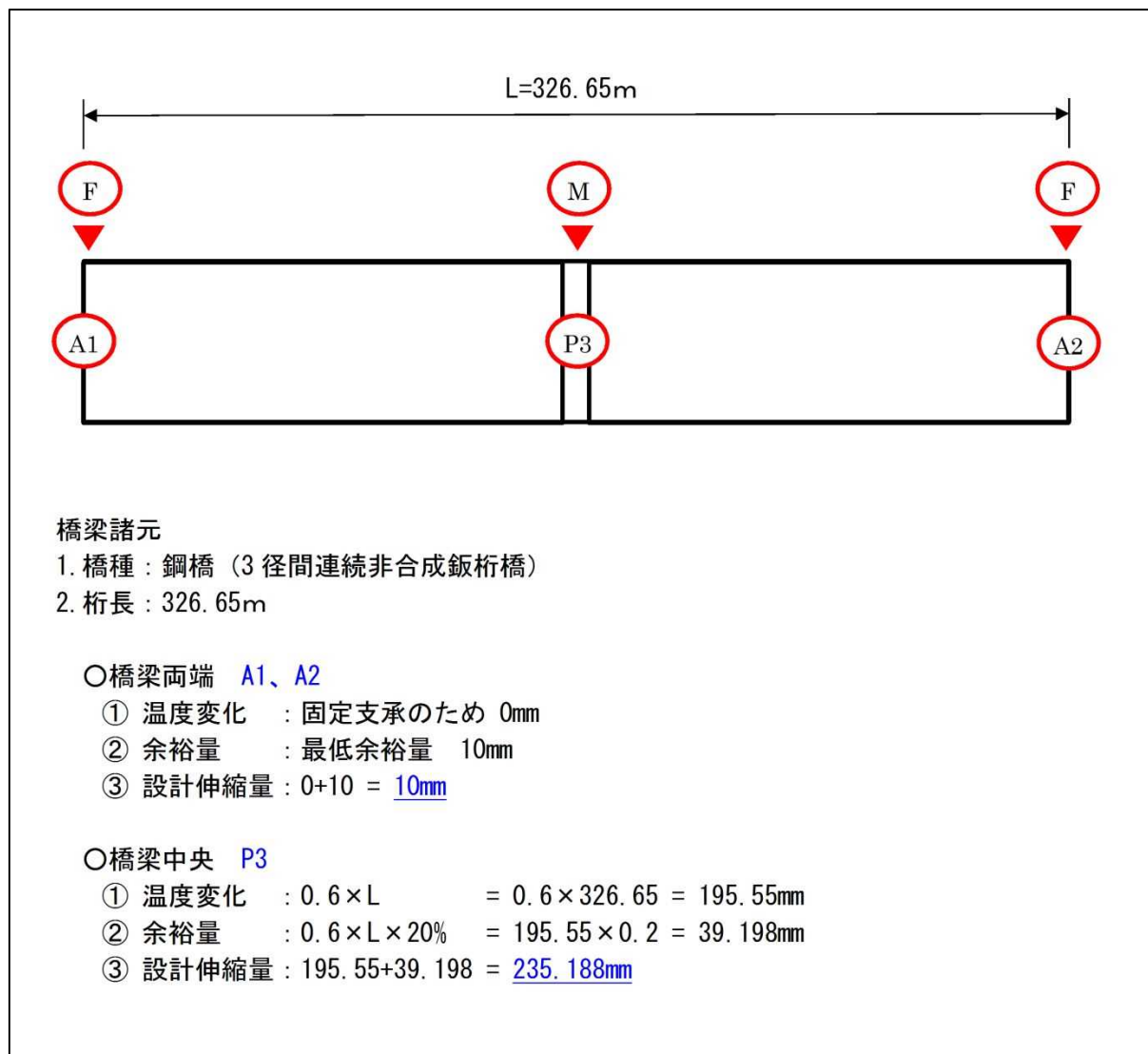


図-3.4.11 伸縮量の算出例(参考)

5) 施工方法

施工方法は、**図-3.4.12**に示すとおりである。

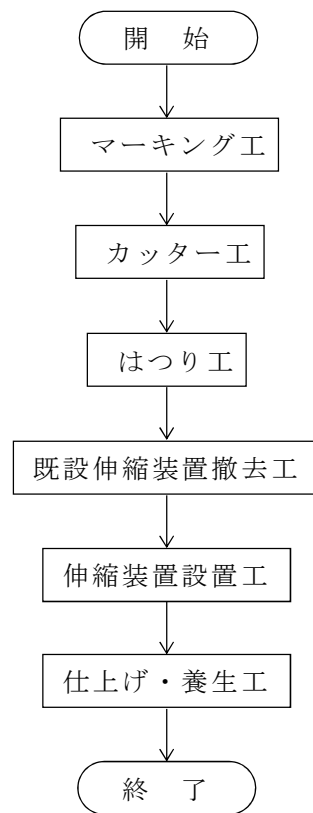


図-3.4.12 施工フロー

6) 施工時の留意点

- ・ カッター切断時の汚れは、乾燥すると除去できないため、作業中及び作業終了後速やかに十分な水で洗浄する。
- ・ 既設伸縮装置を撤去する際には、コンクリートのはつり作業の騒音が沿道住民に影響がないようはつり作業の時間帯を検討する。
- ・ 切断した舗装部分や既設伸縮装置の撤去は、ブレーカやチップパーで床版を傷つけないよう注意して行う。
- ・ ブレーカでの作業においては、舗装に角欠けが生じないように注意する。
- ・ コンクリート脆弱部は、除去する。
- ・ 伸縮装置設置時において、遊間が異常な場合は、遊間調整を行い、路面高さや縦断勾配を確認する。
- ・ コンクリートが所定の強度を発現していることを確認してから、規制を解除する。

《参考:吉川港大橋の施工事例写真》

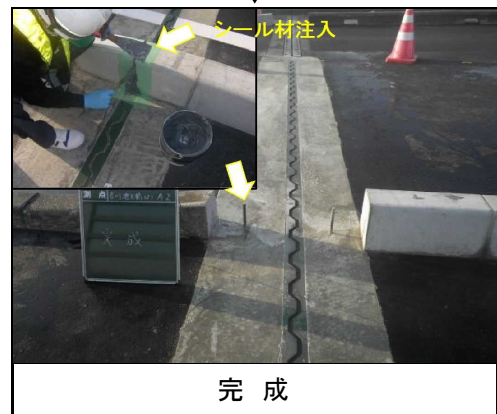
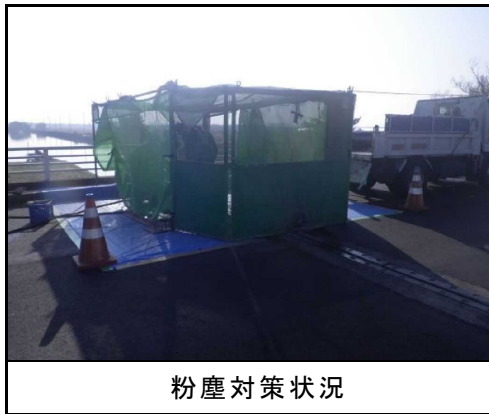


写真-3.4.3 伸縮装置取替え工の流れ

(3) 非排水化対策工

1) 工法概要

非排水化対策工は、伸縮装置を取替えることなく非排水化構造に変更する工法である。非排水化対策工には、橋面から施工する方法と桁下面から施工する方法があり、各々の適用条件を十分に理解した上で選定する。

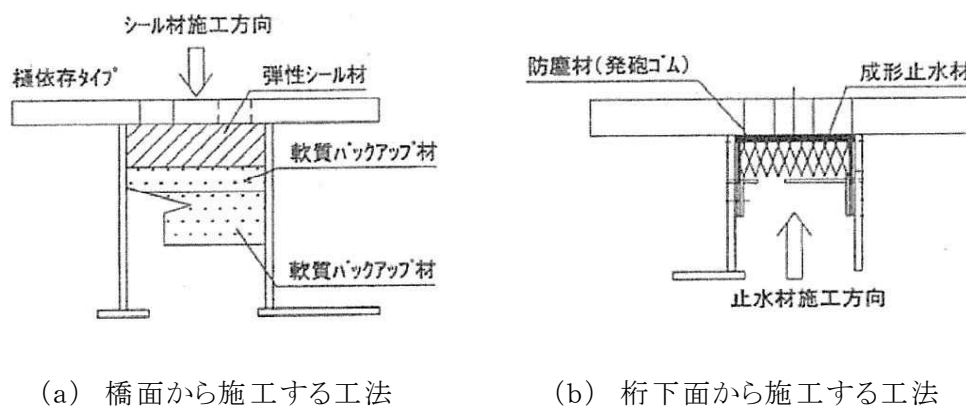


図-3.4.13 非排水化対策工の概要図

2) 非排水化対策の工法選定

非排水化対策は、一般的に考えられる乾式止水材及び簡易排水装置、弾性シール材等の中から適用性及び構造的性、施工性、維持管理、経済性、LCC(今後100年)等を総合的に評価し、最適な工法を選定する。

一般的には、施工性や維持管理の観点から乾式止水材が選定されることが多い。

表-3.4.5 非排水化対策の工法選定例(参考)

	乾式止水材 (NEIS登録:KK-050116-V)	簡易排水装置 (NEIS登録:KT-100033-A)	弾性シール材 (従来工法)
イメージ図			
概要・特徴	◆ 高架橋のフィンガー・ジョイント、特に多径閉化や免震化によって大型化した遊間に対し、発泡材と止水シートの組み合わせで構成した材料を用いることで止水する。 ◆ 補修・新設を問わず、フィンガー・ジョイントからの漏水を防止する止水材として適用できる。	◆ 高架橋のフィンガー・ジョイント、特に多径閉化や免震化によって大型化した遊間からの漏水を橋の下側から排水し、迂回排水する。 ◆ 補修・新設を問わず、フィンガー・ジョイントからの漏水を迂回排水する装置として適用できる。	◆ 一般的なフィンガー・ジョイントに用いる止水方法である。 ◆ 弾性シール材に上り止水性を確保する。 ◆ 橋面上り注入施工を行うため、交通規制が必要である。
適用条件	◆ 遊間量：100mm程度。 ○	◆ 遊間量：100mm程度。 ○	◆ 特になし。 ○
構造的性	◆ 高発泡スポンジとゴムシートで構成されている。 ◆ 実績は多い。 ○	◆ 簡易排水装置をアンカーボルトで固定し、フレキシブル排水管を配管する構造である。 ◆ 平成22年8月に登録された新技術であり、実績は少ない。 ○	◆ 弾性シール材とバックアップ材(ウレタン等)で構成されており、一般的な構造である。 ◆ 施工実績は多いが、伸縮機能により鋼材とシール材に隙間が生じやすい。 △
施工性	◆ 桁下での作業となるが、特に問題はない。 ◆ 橋面での作業の必要がなく、現況交通に影響を及ぼさない。 ◆ 挿入スプレーがない場合は施工ができない。 ○	◆ 桁下での作業となるが、特に問題はない。 ◆ 橋面での作業の必要がなく、現況交通に影響を及ぼさない。 ○	◆ 橋面上り施工を行うため、桁下が狭小空間であっても施工は可能である。 ◆ 橋面を施工ヤードとして使用するため交通規制が必要。 △
維持管理	◆ 施工実績もあり、特に問題はない。 ◆ 乾式止水材の撤去が容易である。 ○	◆ 施工実績は少ないが、特に問題はない。 ◆ 定期的に排水装置の清掃が必要である。 ○	◆ 従来は一般的に用いられていたが、近年では隙間が生じるなどの不具合が生じている。 ◆ 弾性シール材の撤去が困難である。 △

3) 工法選定の留意点

- 橋面から施工する工法は、排水用の樋にバックアップ材を挿入し、橋面から発泡ウレタンフォームやシール材を充填して非排水化する工法である。適用条件は、以下のとおりである。
 - (i) 排水用の樋が設置されており、バックアップ材の挿入が可能な程度に健全である。
 - (ii) 橋面から修繕材料を挿入するため、フィンガーの遊間が40×40mm程度必要である。
- 桁下から施工する工法は、工場で製作した非排水化フォームを現場で設置することにより非排水化を行う工法である。適用条件は、以下のとおりである。
 - (i) 伸縮装置下方の桁下空間(端対傾構、あるいは端横桁と橋台胸壁との間)が確保できる。一般的には、50cm以上の空間が確保できれば施工可能である。
 - (ii) 排水用の樋が設置されている場合は、撤去する必要がある。

3.4.3 橋面防水

(1) 修繕工法の選定

修繕工法を選定する一般的な手順は、**図-3.4.14**に示すとおりである。

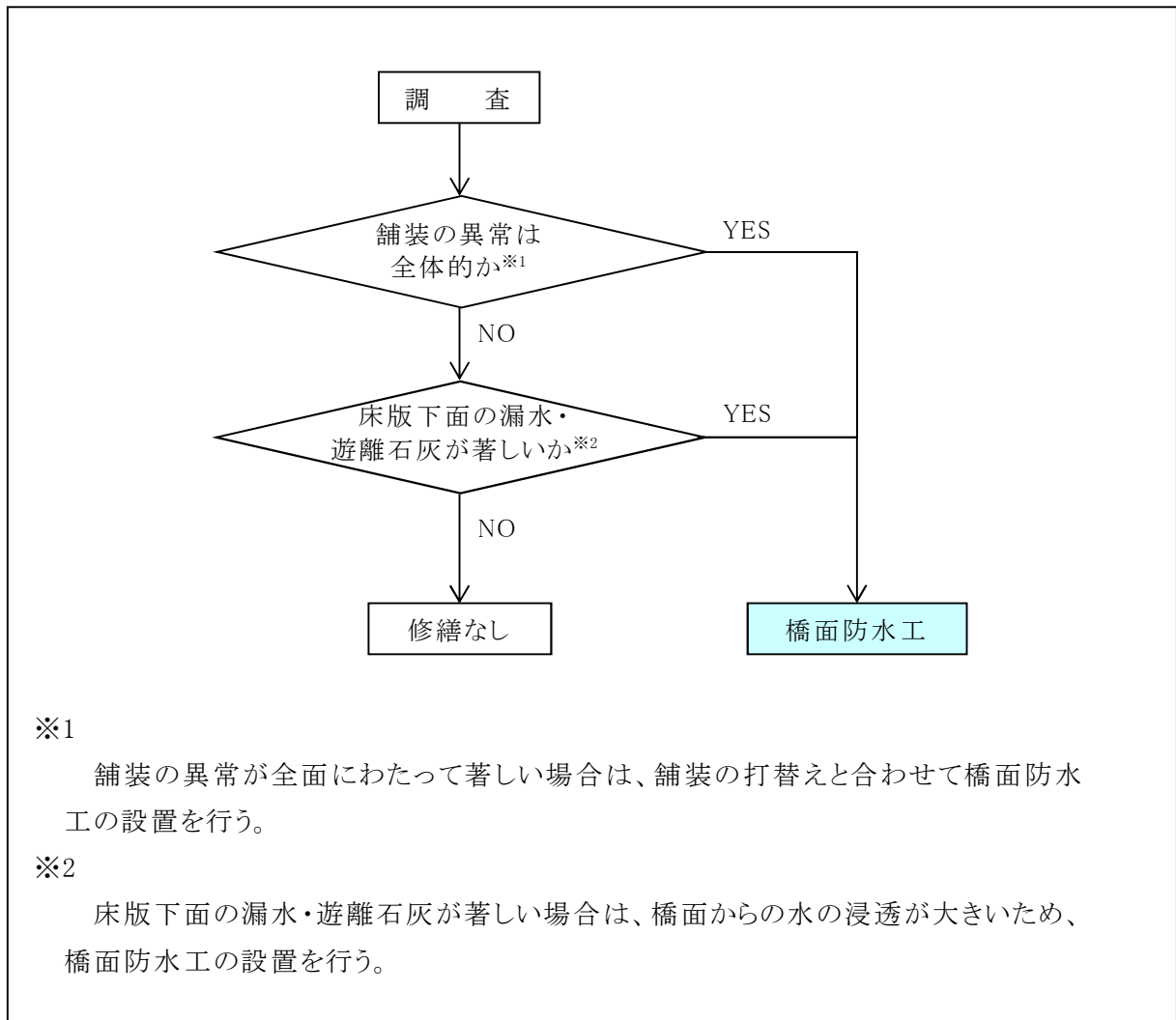


図-3.4.14 修繕工法の選定フロー

(2) 橋面防水工

1) 工法概要

橋面防水工は、床版からの漏水が主部材の損傷を促進する要因となっている場合に、床版上面に防水層を設置して要因を排除するものである。

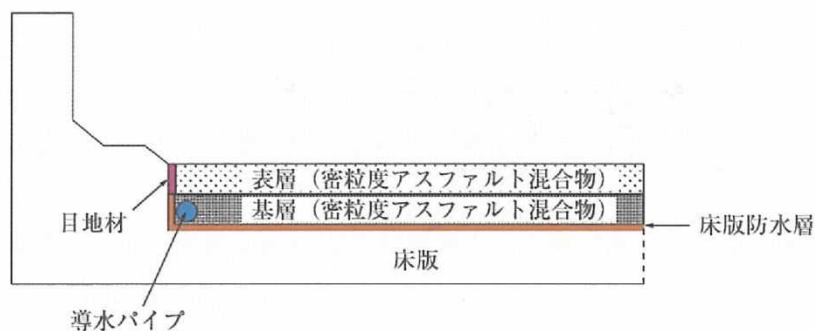


図-3.4.15 橋面防水工の概要図³⁾

2) 床版防水層の選定

床版防水層は、塗膜系床版防水層とシート系床版防水層があるが、修繕においては塗膜系床版防水層を基本とする。

表-3.4.6 床版防水層の種類

床版防水層	特 徴
塗膜系床版防水層	<ul style="list-style-type: none"> ・ 舗装全層打替え時の床版面への適用性や、舗装厚の薄い歩道部への適用に優れる。 ・ ブリスタリング(空気だまり)が生じる可能性が比較的低い。
シート系床版防水層	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防水の確実性、床版及び舗装との接着性、床版のひび割れへの追従性に優れる。 ・ 舗装厚が薄い場合は、ブリスタリング(空気だまり)が生じる可能性が比較的高い。 ・ 凹凸がある場合は、不陸調整が必要である。

3) 塗膜系床版防水層の材料

塗膜系床版防水層の一般的な材料は、表-3.4.7に示すとおりであり、性能、施工性、条件に対する適用性等を踏まえて選定する。

一般的には、性能や施工性の観点からアスファルト加熱型が選定されることが多い。

表-3.4.7 塗膜系床版防水層の材料(参考)

塗膜系床版防水層		アスファルト加熱型	ゴム溶剤型	反応性ウレタン型	反応樹脂型エポキシ系	反応樹脂型メタクリル系(MMA系)
概要	組成	アスファルトに合成ゴムや合成樹脂を添加したもの	揮発性溶剤に合成ゴムを溶かしたもの	2液混合型のウレタン樹脂	2液混合型のエポキシ樹脂	2液混合型のメタクリル樹脂
	防水層の厚さ	1.0～1.5mm	0.3～0.8mm	1.0～3.0mm	約1mm	0.5～3.0mm
施工方法		アスファルトハケなどで塗布、または、機械で散布	ローラ刷毛などにより数回重ね塗り	2液衝突混合式エアレススプレーによる吹き付け	ローラ刷毛、ゴムレーキなどによる1回塗り	2液混合式エアレススプレーによる吹き付け、または、自在ホウキなどによる塗布
性能	床版や舗装との接着性	良好	良好	普通	良好	良好
	防水性	普通	普通	非常に良好	良好	良好
	ひび割れ追従性	普通	普通	非常に良好	小さい	良好
	プリスタリング発生の可能性	比較的低い	低い	比較的低い	低い	比較的低い
	舗装時の防水層の破損の可能性	舗装合材温度の高いものは注意が必要	少ない	少ない	dry type: 少ない wet type: 確認ができない	少ない
施工性	作業員(人/班)および機械構成	4～6人/班 アスファルト溶融釜	5～7人/班 ローラハケ	6～7人/班 2液先端混合式素スプレ	5～7人/班 ローラハケ	5～10人/班 2液先端混合式スプレ、または、自在ホウキ
	舗装時日当たり施工規模	500～700㎡程度	300～500㎡程度	300～500㎡程度	300～500㎡程度 小規模工事に適する	500～700㎡程度
	養生時間	なし	約2時間	約1時間	なし	約1時間
条件に対する適用性	舗装基層打換時の床版不陸	良好(凹部での溜まりに注意)	良好(凹部での溜まりに注意)	良好(凹部での溜まりに注意)	良好(凹部での溜まりに注意)	良好(凹部での溜まりに注意)
	舗装基層打換時に残留アスファルトが除去しきれない場合	残留アスファルト付着が良好の場合は適用可能なプライマーに含まれる溶剤に注意	要検討。溶剤でアスファルトがカットバックし、付着性が低下する。	残留アスファルト付着が良好の場合は適用可能なプライマーに含まれる溶剤に注意	残留アスファルト付着が良好の場合は適用可能なプライマーに含まれる溶剤に注意	残留アスファルト付着が良好の場合は適用可能なプライマーに含まれる溶剤に注意
	打ち継ぎ目の多い床版	要検討	要検討	適用性が高い	要検討	適用可
	舗装部が薄い場合(4～5cm)	普通	普通	普通	dry type: 良好 wet type: 注意が必要(舗装時に滑りやすい)	普通
歩道部への適用		適用性が高い	適用性が高い	適用可	適用性が高い	適用可
積雪寒冷地における適用		普通	普通	普通	要検討	普通

注記) 1. 各項目のコメントは、「道路橋床版防水便覧」による。
2. 表中の着色は、青:優位、朱:劣位を示す。

4) 要求性能

橋面防水の要求性能は、表-3.4.8に示すとおりである。

表-3.4.8 橋面防水の要求性能と設計における照査方法³⁾

照査方法 要求性能	室内試験による確認		要領類の確認 (必須)
	基本照査試験 (必須)	追加照査試験 (必要に応じて一部または 全部を適用してもよい)	
① 防水性	防水試験 I (または防水性試験 II)	—	—
② 遮塩性	防水試験 I (または防水性試験 II)	—	—
③ 接着性	引張接着試験 せん断試験 水浸引張接着試験	—	—
④ 耐変形性	せん断試験 ひび割れ追従性試験 I (またはひび割れ追従性 試験 II)	ひび割れ開閉負荷試験 せん断疲労試験	—
⑤ 耐熱性	引張接着試験 せん断試験	—	—
⑥ 耐薬品性	—	—	—
⑦ 耐荷性	—	はがれ負荷試験 局部変形性試験 ホイールトラッキング負荷試験	—
⑧ 耐久性	—	ホイールトラッキング負荷試験 ひび割れ開閉負荷試験 せん断疲労試験	施工実績の確認
⑨ 排水性	—	—	試験施工または施工実 績の報告書の確認
⑩ 環境安全性	—	—	MSDSの確認
⑪ 維持管理性	—	—	維持管理要領の確認
⑫ 施工性	—	プリスタリング抵抗性試験 はがれ負荷試験 局部変形性試験	施工要領及び施工管 理要領の確認

(3) 導水パイプ

導水パイプは、排水柵や水抜き孔へ確実に接続する。導水パイプの規格は、樹脂製φ20mmを標準とする。

水抜き孔の設置間隔は、表-3.4.9を基本とするが、既設の排水柵を利用する場合には、導水パイプを排水柵に接続することで水抜き孔として利用する。水抜き孔を床版に設置する場合は、支承や桁、橋脚、橋台、検査路等に排水が掛からないように流末処理を行う。

表-3.4.9 水抜き孔の設置間隔³⁾

縦断勾配	設備間隔 (m)
1%以下	5
1%を超える場合	10

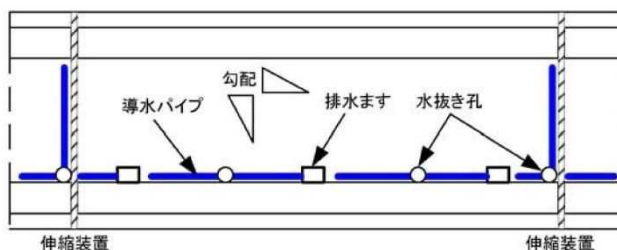


図-3.4.16 床版の水抜き孔の設置例³⁾

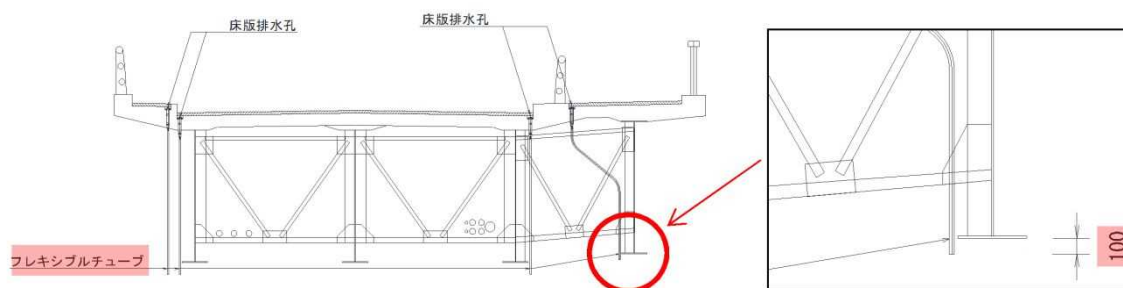


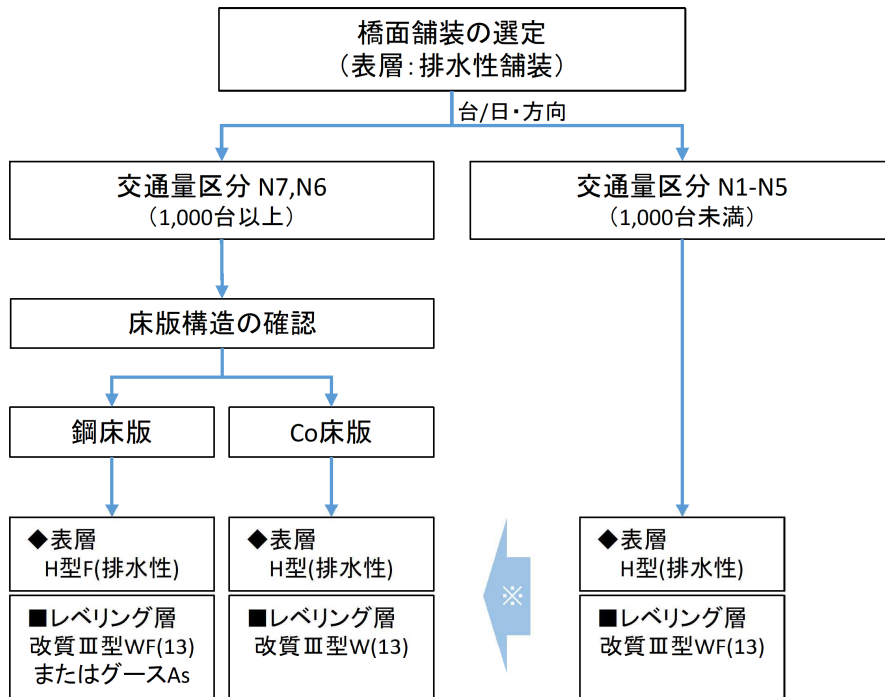
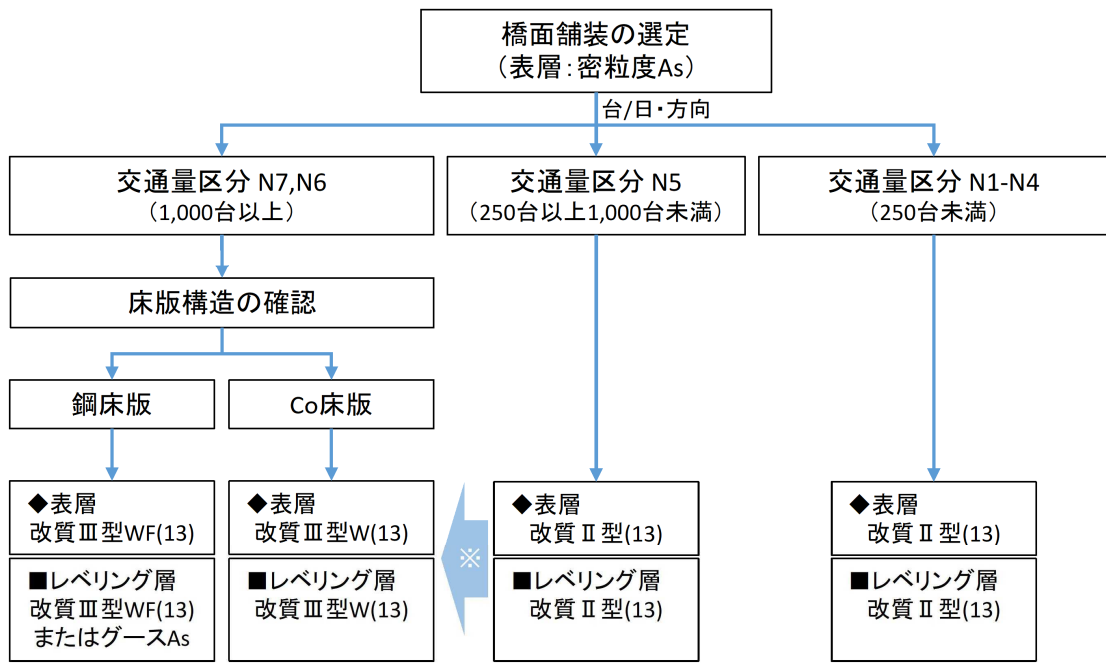
図-3.4.17 水抜き孔の流末処理例

(4) 舗装

舗装厚は、車道80mm(40mm×2層)、歩道30mmを基本とするが、既設車道の舗装厚が70mm以下である場合は表層1層施工とする。

アスファルト混合物を選定する手順は、図-3.4.18に示すとおりであり、交通量区分の舗装計画交通量(台/日・方向)は、舗装設計便覧の定義による。また、アスファルト混合物を選定する際の留意点は、以下のとおりである。

- ・ 交通量の区分は、最新の現況交通量より決定する。
- ・ 舗装構成が1層の場合は、レベリング層を選定する。
- ・ 渋滞等によりわだち掘れが発生している場合または発生が予想される場合は、上位仕様を選定する。



※状況に応じて、上位舗装の採用可

図-3.4.18 アスファルト混合物の選定フロー⁴⁾

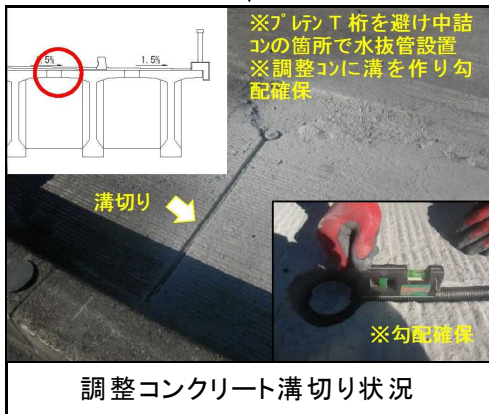
《参考:吉川港大橋の施工事例写真》



鉄筋探査状況



水抜き孔、スラブドレイン設置



調整コンクリート溝切り状況



切削後床版清掃状況



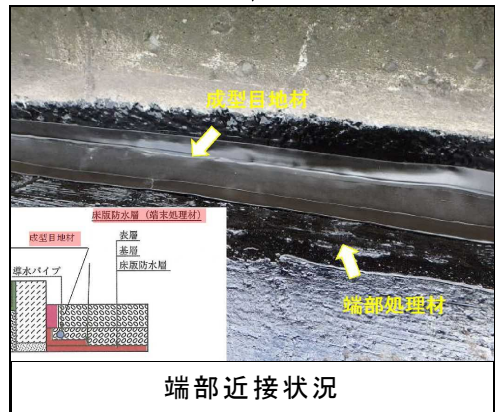
床版防水材のプライマー塗布



端部処理材貼付け



成型目地材貼付け



端部近接状況

写真-3.4.4 橋面防水工の流れ(1)

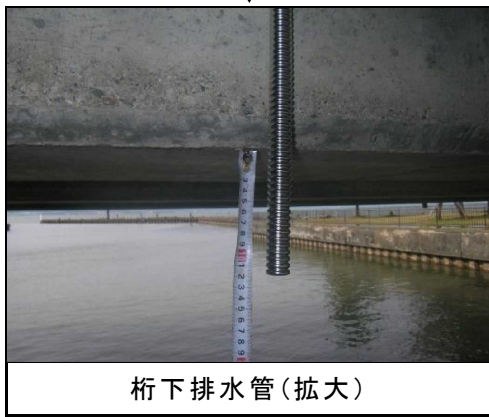
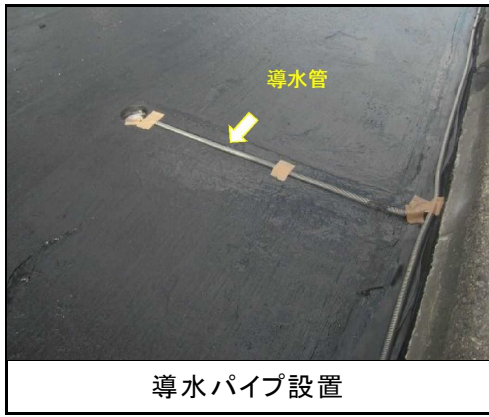


写真-3.4.5 橋面防水工の流れ(2)

3.4.4 高欄・防護柵

(1) 修繕工法の選定

修繕工法を選定する一般的な手順は、**図-3.4.19**に示すとおりである。

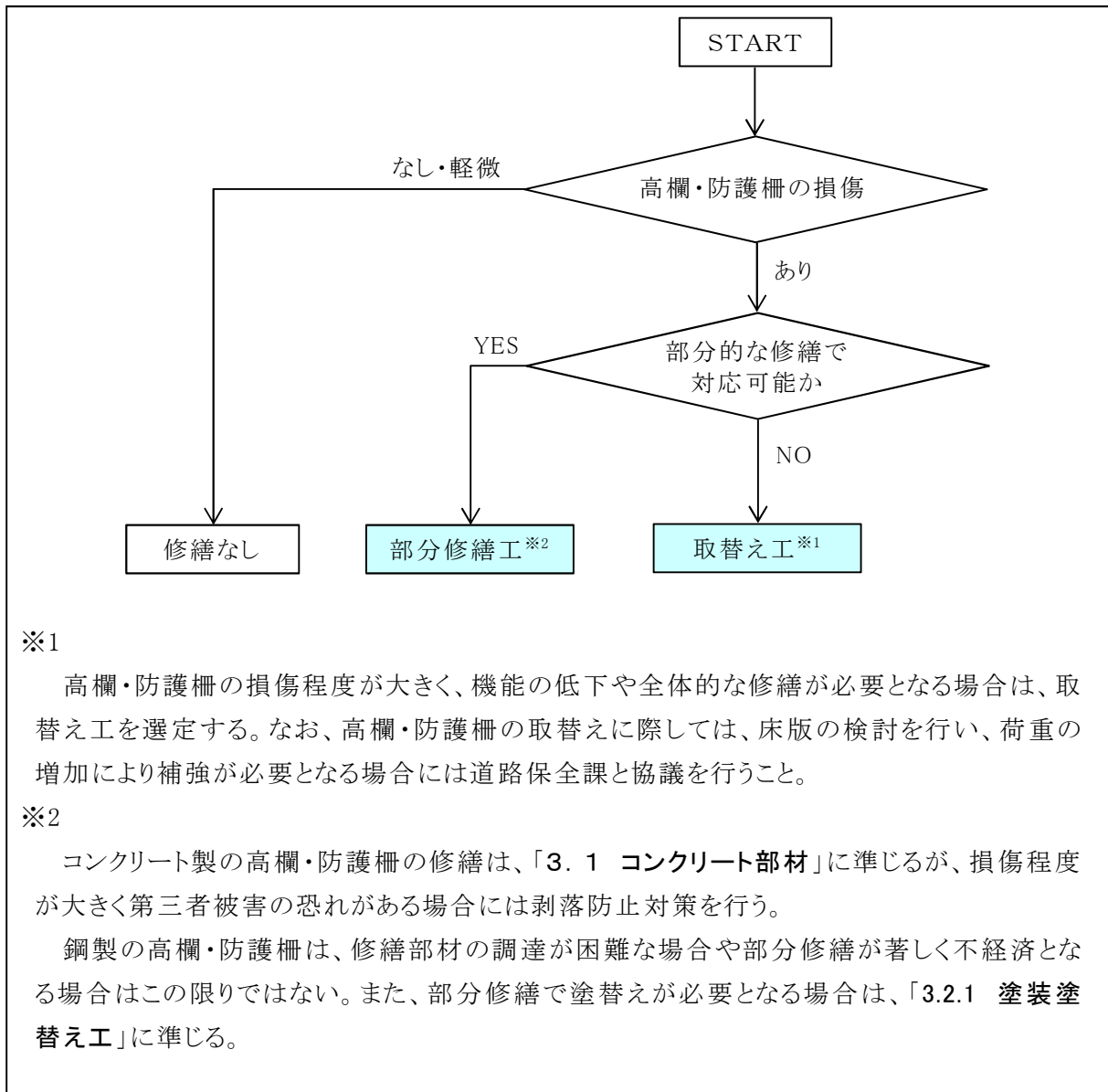


図-3.4.19 修繕工法の選定フロー

(2) 取替え工

1) 工法概要

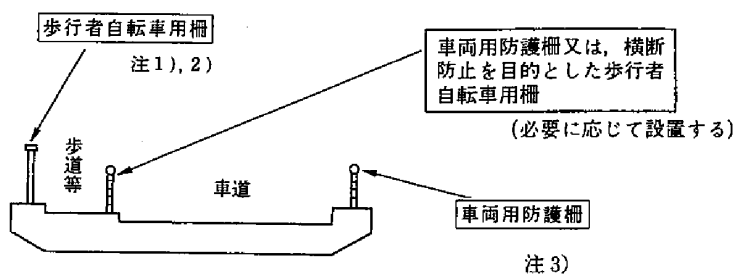
取替え工は、高欄・防護柵の損傷程度が大きく、機能の低下や全体的な修繕が必要となる場合に新規の高欄・防護柵に取替えるものである。なお、高欄・防護柵の取替えに際しては、死荷重が増加しないよう配慮する。

表-3.4.10 高欄・防護柵の高さ

種類	設置場所	設置高さ (cm)	設置要領標準図
歩行者自転車用柵	歩道端部	110 (地覆高10+ 高欄高100)	
車両用防護柵	車道端部	60以上100以下 (車道面より防 護柵上端まで)	
	歩車道境界部	60以上100以下 (車道面より防 護柵上端まで)	
歩行者自転車用柵 を兼用した車両用防 護柵	車道端部 (歩行者、自転車 通行のある場合)	110 (地覆高25+ 高欄高85)	
	歩道端部	110 (地覆高10+ 高欄高100)	

〔注1〕車両の橋梁、高架外への逸脱を防止する必要がある区間で、歩車道境界に車両用防護柵を設置することが困難である場合には、転落防止機能を有する歩行者自転車用柵を兼用した車両用防護柵を設置するものとする。

〔注2〕歩車道境界に車両用防護柵がない橋梁、高架区間の路側に種別SPのアルミニウム合金製歩行者自転車用柵を設置する場合は、ハイテンション型のアルミニウム合金製歩行者自転車用柵を用いるものとする。



〔注3〕自転車が車道通行をする場合や歩行者等が混入するおそれのある場合には、必要に応じて転落防止機能を有する歩行者自転車用柵を兼用した車両用防護柵を設置するものとする。

図-3.4.20 高欄・防護柵設置の考え方⁵⁾

2) 地覆構造

地覆の基本的な形状寸法は、表-3.4.11に示すとおりである。

車道に設置する防護柵は、車道の建築限界を侵さないように地覆端から防護柵の前面までの距離(b2)を250mm以上確保する。

表-3.4.11 地覆の形状

寸法	車道に接する地覆	歩道に接する地覆
b1	600mm	400mm
b2	250mm以上	—
b3	250mm	100mm

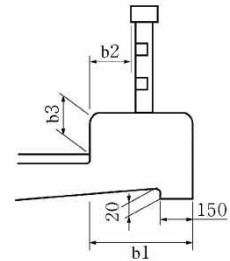


図-3.4.21 地覆の形状⁶⁾

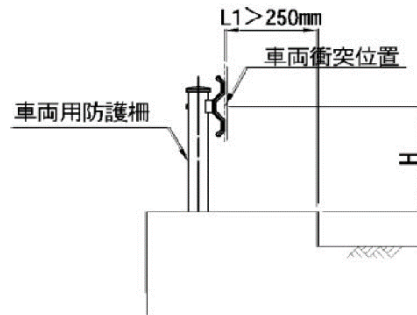






図-3.4.22 地覆端から防護柵の前面までの距離⁶⁾

3) 材料の選定

高欄・防護柵の材料は、一般的に考えられる鋼製及び鋳鉄製、アルミ製、ガードレール等の中から適用性、施工性、経済性、LCC(今後100年)等を総合的に評価し、最適な材料を選定する。なお、現地状況により地覆端から防護柵の前面までの距離を250mm以上確保できない場合は、必ずしも確保する必要はない。

アンカーボルトやナットは、異種金属同士の接触による腐食が発生しない材料を選定し、必要に応じて異種金属接触に対する対策を行う。

表-3.4.12 高欄・防護柵の材料(参考)

	鋼製	アルミ製	鋳鉄製	ガードレール
イメージ写真				
必要な地覆幅 (車道の建築限界を確保)	40cm以上	50cm以上	60cm以上	50cm以上

4) 高欄・防護柵の種別

高欄の種別は、SP種を基本とする。

防護柵の種別は、表-3.4.13に示すとおり、道路区分及び設計速度に応じて種別を決定する。

表-3.4.13 種別の適用⁵⁾

道路の区分	設計速度	一般区間	重大な被害が発生する恐れのある区間	新幹線などと交差または近接する区間
高速自動車国道 自動車専用道路	80km/h以上	A、Am	SB、SBm	SS
	60km/h以下		SC、SCm	SA
その他の道路	60km/h以上	B、Bm、Bp	A、Am、Ap	SB、SBp
	50km/h以下	C、Cm、Cp	B、Bm、Bp ^{注)}	

注) 設計速度40km/h以下での道路では、C、Cm、Cpを使用することができる。

《参考：施工事例写真》



施工前



施工後



施工前



施工後

写真-3.4.6 轆轤橋



施工前



施工後



施工前



施工後

写真-3.4.7 上頃橋

(3) 水切り工

水切り工は、地覆下面に水切りがなく、地覆からの伝い水が桁に損傷を与える恐れがある場合に設置するものである。

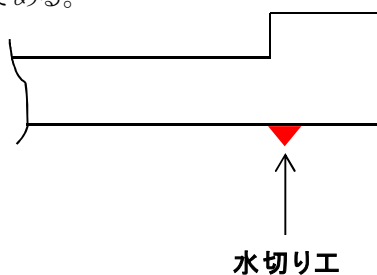




表-3.4.14 水切り工材料

	アンカー固定タイプ	接着タイプ
概要		
	めっき・ステンレス・FRP 等のL型部材をアンカーボルトにて固定する。	発砲樹脂面木またはビニール製の三角形の製品を接着剤にて固定する。
長所○ 短所▲	○アンカーボルトによる固定のため、耐久性・安全性に優れる。 ▲後付けと判るため、景観面は劣る。 ▲施工時に鉄筋探査が必要である。 ○アンカーボルトによる固定のため、比較的耐久性が高い。 ▲ボルトが腐食する可能性があるため、更新が比較的困難である。	○小型かつ軽量で施工性に優れる。 ○コンパクトであり、景観面でも違和感が少ない。 ○施工は接着であり、鉄筋探査は不要。 ▲接着剤による固定のため比較的耐久性に劣る。 ○施工は接着であり、再施工は容易である。
適用例	・施工が容易ではない箇所でも耐久性を重要視する橋。 ・活荷重たわみの大きい長支間の鋼橋	・脱落時に第三者被害の恐れがない橋 ・桁下への進入が容易で、設置・取替えが比較的容易な橋 ・活荷重たわみの少ない短支間のコンクリート橋

<出典>

- 1) 日本道路ジョイント協会:伸縮装置設計の手引き、平成26年7月
- 2) (公社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説、平成24年3月
- 3) (公社)日本道路協会:道路橋床版防水便覧、平成19年3月
- 4) 滋賀県土木交通部:舗装補修ガイドライン(案)、平成26年3月
- 5) (公社)日本道路協会:防護柵の設置基準・同解説、平成28年12月
- 6) 国土交通省近畿地方整備局:設計便覧(案)、平成27年9月

4. 補修設計を省略できる損傷と対策工法

4.1 概要

橋梁の修繕を実施する際には、現在は、点検結果から補修が必要な橋梁を抽出して、その橋梁を対象に補修設計を実施して、設計成果をもとに修繕工事を実施している。補修設計においては、再度、現場調査を実施する場合も多く、点検と併せると重複した作業が発生しており、コストが嵩む要因の一つとなっていると考えられる。

一般的かつ特殊な技術を必要としない損傷について、橋梁点検時の記録を利用して図面・数量を作成し、積算・工事発注を試行する際の標準図を示すものである。

4.2 橋梁補修設計を省略できる損傷

対策工法が確定できる小規模で劣化要因が明確な損傷の抽出は、以下の観点で行う。

- ・一般的に多く発生する損傷であること
- ・補修工法として特殊な技術を必要としないこと
- ・小規模であれば、構造安全性への影響は小さいこと
- ・溝橋から運用を始めて、状況に応じて対象橋梁を拡大していく

以上の観点を踏まえ抽出した損傷と対策工法を表-4.1に示す。

表-4.2.1 補修設計省略の対象とする損傷

対象とする損傷	対策工法
ひび割れ	ひび割れ注入・ひび割れ充填
剥離・鉄筋露出	コンクリート構造物の断面補修

4.3 橋梁補修の標準化

次頁以降に、補修工法の標準図を示す。なお、各工法の詳細はマニュアル「3.修繕工法」を参照する。

(1) ひび割れ注入工法

ひび割れに対してエポキシ樹脂によるひび割れ注入工法を採用する。注入する材料はエポキシ樹脂、1種から3種までがあり、適用においては以下の方針とすれば良い。

- ①エポキシ樹脂1種：ひび割れ幅に変動が無いと判断できるひび割れに対し、適用する。
(例：下部工)
- ②エポキシ樹脂2種：ひび割れ幅に変動があると思われるが、3種まで必要ないと思われる場合。
- ③エポキシ樹脂3種：ひび割れ幅に変動があると思われ、ひび割れの変動幅が判らない場合に適用する。
(例：上部工、地覆、ASRや塩害と思われる構造物)

表-4.3.1 「建設省総合技術開発プロジェクト」のひび割れ注入材使用一覧

項目	材料の種類	土木補修用エポキシ樹脂注入材 1種	土木補修用エポキシ樹脂注入材 2種	土木補修用エポキシ樹脂注入材 3種	土木補修用充てん材ポリマーセメント系	土木補修用充てん材シーラント系
ひび割れ進行区分*1		B		A	B	A, B
ひび割れ幅(mm)		0.2~5.0			5.0<	
粘度(mPa・s)		1 000 以下	4±1*2	1 000 以下	10 000 以下	ダレを認めず
可使時間(分)		30 以上	30 以上	30 以上	30 以上	240 以上
硬化時間(時間)		16 以内	16 以内	24 以内	16 以内	24 以内
硬化収縮(%)		0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	—
伸び率(%)		—	50 以上	100 以上	—	800 以上
モルタル付着強さ(乾燥面)(N/mm ²)		6 以上	6 以上	6 以上	6 以上	たわみ量 10mm 以上で破壊すること
付着力耐久性保持率(%) ³		60 以上	60 以上	60 以上	60 以上	60 以上

*1: A=ひび割れが進行している、B=ひび割れの進行が止まった

*2: チキソトロピック係数 2rpm/20rpm の粘度で表す

*3: 規格に対する百分率

(2) ひび割れ充填工

5.0mmを超えるひび割れはひび割れ充填工法を採用する。ひび割れ充填材料はポリマーセメントとシーラントがあり、適用においては基本的には以下の方針とする。

①ポリマーセメント系: ひび割れ幅に変動が無いと判断できるひび割れに対し、適用する。

(例: 下部工)

②シーラント系: ひび割れ幅に変動があると思われる場合。

(例: 上部工、地覆、ASRや塩害と思われる構造物)

(3) 断面修復工

剥離、鉄筋露出、浮きに対し、断面修復を採用する。断面修復は鉄筋防錆処理を行うかで工法を検討すれば良く、以下の方針とする。

①鉄筋ケレン、防錆処理含む: 欠損断面に鉄筋が見えている場合、剥落面に鉄筋が見えている場合。

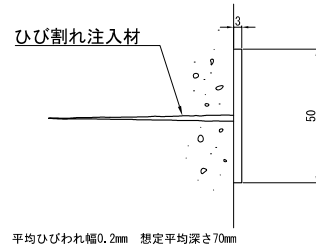
(例: 剥落面に錆が出ている場合、ポップアウト、角欠け)

②鉄筋ケレン、防錆処理含む: 剥落面に鉄筋や錆が見られていない場合。

(例: ポップアウト、角欠け)

ひび割れ補修工 補修標準図 (その1)

低圧注入工法(エポキシ樹脂系1種)



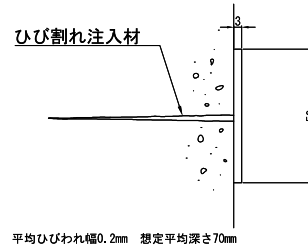
低圧注入工法(エポキシ樹脂1種)数量表 100m当り

名称	規格	単位	数量	備考
注入材	エポキシ樹脂系	kg	0.8	注入器含む 1200kg/m ³
シール材	エポキシ樹脂系	kg	25.5	1700kg/m ²
注入器	低圧注入器具	組	334	1組/300mm

注意

- ひびわれ補修対象は、幅0.2mm以上とする。
- 注入材は、エポキシ樹脂系の注入材とする。
- 注入量 = (ひびわれ幅) × (深さ) × 1/2 × 1200kg/m³
- ひびわれ深さは鉄筋かぶり程度 (70mm) を想定した。
- ひび割れ注入の注入材使用量の決定について、
ひび割れ注入の注入材使用量の決定は、各構梁毎に施工完了後の
空袋・充袋の数量により決定するものとする。なお、空袋・充袋については、
監督職員の確認を得ること。
- 注入器の設置間隔は30cmを標準とする。
- 上記数量はロスを含む。

低圧注入工法(エポキシ樹脂系2種)



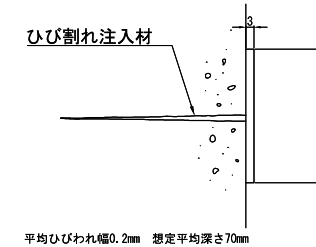
低圧注入工法(エポキシ樹脂2種)数量表 100m当り

名称	規格	単位	数量	備考
注入材	エポキシ樹脂系	kg	0.8	注入器含む 1200kg/m ³
シール材	エポキシ樹脂系	kg	25.5	1700kg/m ²
注入器	低圧注入器具	組	334	1組/300mm

注意

- ひびわれ補修対象は、幅0.2mm以上とする。
- 注入材は、エポキシ樹脂系の注入材とする。
- 注入量 = (ひびわれ幅) × (深さ) × 1/2 × 1200kg/m³
- ひびわれ深さは鉄筋かぶり程度 (70mm) を想定した。
- ひび割れ注入量の決定について、
ひび割れ注入の数量は注入目安量であり、当該工事完了後の
空缶検査によって決定する。なお、空缶検査については、監督
員と協議を行うこと。
- 注入器の設置間隔は30cmを標準とする。
- 上記数量はロスを含む。

低圧注入工法(エポキシ樹脂系3種)



低圧注入工法(エポキシ樹脂3種)数量表 100m当り

名称	規格	単位	数量	備考
注入材	エポキシ樹脂系	kg	0.8	注入器含む 1200kg/m ³
シール材	エポキシ樹脂系	kg	25.5	1700kg/m ²
注入器	低圧注入器具	組	334	1組/300mm

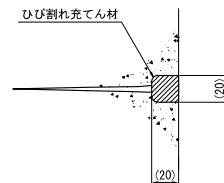
注意

- ひびわれ補修対象は、幅0.2mm以上とする。
- 注入材は、エポキシ樹脂系の注入材とする。
- 注入量 = (ひびわれ幅) × (深さ) × 1/2 × 1200kg/m³
- ひびわれ深さは鉄筋かぶり程度 (70mm) を想定した。
- ひび割れ注入量の決定について、
ひび割れ注入の数量は注入目安量であり、当該工事完了後の
空缶検査によって決定する。なお、空缶検査については、監督
員と協議を行うこと。
- 注入器の設置間隔は30cmを標準とする。
- 上記数量はロスを含む。

認可：実施	当初第 回変更
年度：番号	令和 * 年度 第 **** 号
河川名	△△川
路線名	*****
地名	—
工事名	—
地名	** ㊦ ****
図面名	ひび割れ補修工 補修標準図 (その1)
縮尺	—
図番番号	** 枚ノ内 **
滋賀県〇〇土木事務所	

ひび割れ補修工 補修標準図 (その2)

充てん工法(ポリマーセメント系)



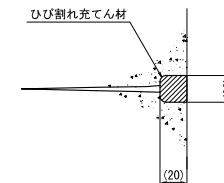
充てん工法(ポリマーセメント系) 数量表 100m当り

名称	規格	単位	数量	備考
充てん剤	ポリマーセメント系	kg	72.0	充てん器具含む 1800kg/m ²

注記

1. ポリマーセメント系の充てん剤とする。

充てん工法(シーラント系)



充てん工法(シーラント系) 数量表 100m当り

名称	規格	単位	数量	備考
充てん剤	シーラント系	kg	58.0	充てん器具含む 1450kg/m ²

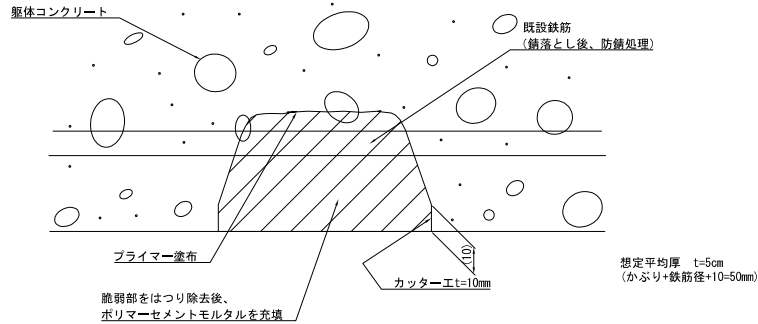
注記

1. シーラント系の充てん剤とする。

認可：実施	当初第 回変更
年度：番号	令和*年度 第****号
河川名	△△川
路線名	*****
地区名	—
工事名	—
地名	**㊦****
図面名	ひび割れ補修工 補修標準図 (その2)
縮尺	—
図面番号	** 枚ノ内 **
滋賀県〇〇土木事務所	

断面修復工 補修標準図

左官工法（鉄筋ケレン、防錆処理含む）詳細図



断面補修 数量表

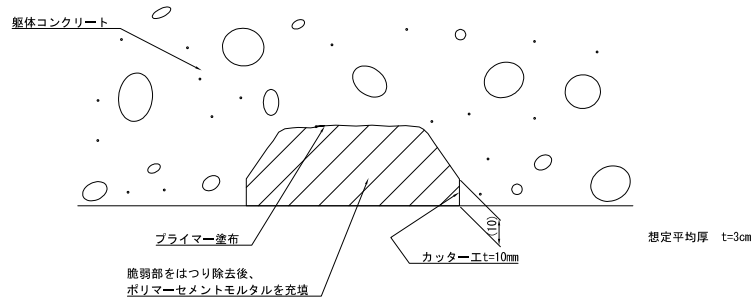
名称	規格	単位	数量	適用
断面補修	ポリマーセメントモルタル Mt=5cm	m ³	0.1	清掃、防錆剤塗布含む
下地処理	チッピング	m ²	2.0	

補修部材：主桁 (σ_{ck}=24N/mm²)
 平均補修厚：t = 50 mm
 補修材料：ポリマーセメントモルタル (圧縮強度 24N/mm²)

注記

- 1) はつり面の処理（例えば下地処理、チッピング等）を計画し、数量を計上する事
- 2) 損傷周辺から10cm程度拡大してハツリを行い、たたき検査後、うき等が確認される場合は、ハツリとたたき検査を繰り返して、脆弱部を残さないように補修する。
- 3) かぶり表層部の鋼材（金属スペーサーやセパレータ、結束番線など）は、ハツリ時に撤去する。
- 4) セパレータ等すべての撤去が困難な場合は、表面から3cm程度ハツリ取り、修復材で補修する。

左官工法（鉄筋ケレン、防錆処理含まない）詳細図



断面補修 数量表

名称	規格	単位	数量	適用
断面補修	ポリマーセメントモルタル Mt=3cm	m ³	0.1	清掃、防錆剤塗布含む
下地処理	チッピング	m ²	3.3	

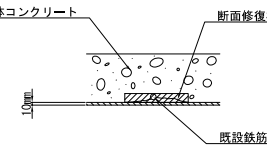
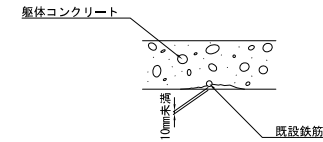
補修部材：主桁 (σ_{ck}=24N/mm²)
 平均補修厚：t = 30 mm
 補修材料：ポリマーセメントモルタル (圧縮強度 24N/mm²)

注記

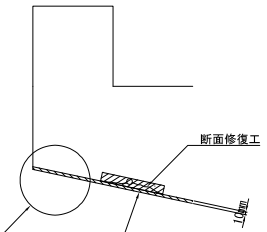
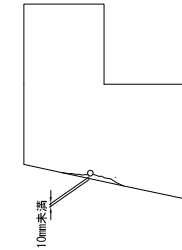
- 1) はつり面の処理（例えば下地処理、チッピング等）を計画し、数量を計上する事
- 2) 損傷周辺から10cm程度拡大してハツリを行い、たたき検査後、うき等が確認される場合は、ハツリとたたき検査を繰り返して、脆弱部を残さないように補修する。
- 3) かぶり表層部の鋼材（金属スペーサーやセパレータ、結束番線など）は、ハツリ時に撤去する。
- 4) セパレータ等すべての撤去が困難な場合は、表面から3cm程度ハツリ取り、修復材で補修する。

かぶり不足の対策

断面の増厚



断面の増厚



断面の増厚
 (断面修復部分は最低限増厚する。)

認可：実施	当初第 回変更
年度：番号	令和 * 年度 第 **** 号
河川名	△△川
路線名	*****
地名	■■■■
工事名	—
地名	** ⑧ ****
図面名	断面修復工 補修標準図
縮尺	
図番号	** 枚ノ内 **
滋賀県〇〇土木事務所	

橋梁修繕マニュアル

平成29年 4月 初版

令和 3年 3月 改訂

令和 4年 3月 改訂

編集 滋賀県土木交通部道路保全課

〒520-8577

滋賀県大津市京町 4-1-1

TEL 077-528-4134
