

## 第6章 補修・補強設計

### 6.1 補修・補強工法選定の基本方針

補修・補強とは、部材に発生している変状について、除去あるいは進行の抑制を行い耐久性・耐荷力の回復または向上を目的としたもので、耐震性能の向上を目的とした補強とは区別するものとします。本マニュアルでは前者について示すこととします。

補修工法の選定は、定期点検及び詳細調査で確認した損傷の程度、範囲、原因に応じた適切な補修工法の選定を行う必要があります。

#### 【解説】

補修設計にあたっては、同じ損傷を繰り返さないために、損傷自体の対策だけでなく、損傷の発生原因に応じた対策を行わなければなりません。

補修工法の選定は、予防保全、残存共用期間を考慮のうえ、最小のLCCを実現できる工法を採用することが望ましいです。ただし、本マニュアルについては損傷原因を含めて適切に補修することを主眼としているため、補修工法の抽出については、損傷の原因、程度、範囲から選定することとしています。

## (1) 埼玉県における統一事項

橋梁の補修・補強工法の選定にあたり、埼玉県では以下の事項について順守します。

表 6.1.1 埼玉県における補修・補強工法選定の統一事項

補修項目	統一事項
鋼部材の塗替え	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 塗替え仕様は以下を原則とする。</li> <li>① 塗装の塗替えについては、重防食塗装へ移行することを基本として、Rc-Ⅰとする。</li> <li>② 鉛等有害物等を含有する塗膜の塗替えは素地調整Ⅲ種とする。</li> <li>③ 鋼材腐食部分の有害物を含む塗装塗替えは、腐食部を健全にする必要があるため、素地調整Ⅱ種以上とする。</li> <li>④ PCB を含有する塗膜の除去は、旧塗膜を完全に除去する必要があり、剥離剤による塗膜除去後、素地調整Ⅱ種以上とする。</li> <li>※ ①について 工事上の制約によって Rc-Ⅰ 塗装系ができない場合には、RC-Ⅲ 塗装系で行ってもよい。</li> <li>※ ③、④について 剥離剤により防食下地が完全に除去できる場合は、素地調整Ⅰ種とする。</li> </ul>
アルカリ骨材反応による損傷に対する補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 補修項目は「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)」に準じ、選定することとする。</li> </ul>
塩害（凍結防止剤の飛散）による損傷に対する補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 補修項目は「塩害橋梁維持管理マニュアル（案）」を参考に示すこととする。</li> </ul>

## 6.2 鋼部材

## 6.2.1 適用可能な補修工法

鋼部材の損傷に対して、一般的に適用される補修・補強工法を表 6.2.1 に示します。

表 6.2.1 鋼部材の主な補修・補強工法

適用可能な補修工法	対策方針	主な対応損傷	掲載頁
①塗装塗替え工 ・全面塗替え工法 ・部分塗替え工法	・防食機能の回復	・防食機能の劣化 ・腐食	P. 101
②当て板補修工	・腐食減厚部の断面回復	・腐食	P. 107
③ストップホール工	・亀裂の先端除去	・亀裂	P. 108
④溶接補修工	・亀裂の除去、疲労強度の向上	・亀裂	P. 109
⑤形状改良工（溶接継手部）	・溶接継手の疲労強度改善、亀裂の除去	・亀裂	P. 110
⑥構造詳細改良工	・応力集中箇所の改良	・亀裂	P. 111
⑦全体構造改良工 <sup>※1</sup> ・縦桁増設工法 ・上面増厚工法（床版） ・下面増厚工法（床版）	・発生応力の低減について根本的な対応を行う。（床版補強が一般的）	・亀裂	P. 112
⑧ボルト取替え工	・ボルトの強度等級の変更	・ボルトのゆるみ・脱落	P. 113
⑨部材取替え工	・腐食減厚部の断面回復	・腐食 ・亀裂 ・変形	P. 114
⑩加熱矯正工	・変形した部材の強制	・変形	P. 115
床版ひびわれ補修 <sup>※2</sup> 床版防水工 <sup>※2</sup>	・漏水源の除去	・床版のひびわれ、打継ぎ不良部からの漏水	P. 122 P. 135
漏水対策工 <sup>※3</sup>	・漏水源の除去 ・桁端部の止水 ・路面の滞水の改善	・漏水・滞水	P. 136

※1：主に床版の補強を意味するため、各工法の詳細についてはコンクリート部材（P. 139～141）を参照してください。

※2：詳細についてはコンクリート部材（P. 122、P. 135）を参照してください。

※3：詳細については伸縮装置（P. 149）と併せて参照してください。

6.2.2 損傷原因と補修工法の目安

鋼部材に見られる損傷の原因と補修工法の目安を表 6.2.2 に示します。

表 6.2.2 鋼部材の主な損傷および損傷原因と補修・補強工法の目安

損傷	①塗装塗替え工	②当て板補修工	③ストップホール工	④溶接補修工	⑤形状改良工	⑥構造詳細改良工	⑦全体構造改良工	⑧ボルト取替え工	⑨部材取替え工	⑩加熱矯正工	床版防水工	漏水対策工
防食機能の劣化	◎										○	○
腐食	◎	○							○		○	○
亀裂		◎	○	◎	◎	○			○			
破断		○		○		○			○			
ゆるみ・脱落								◎				
変形・欠損		○							○	○		
異常な音・振動									○			

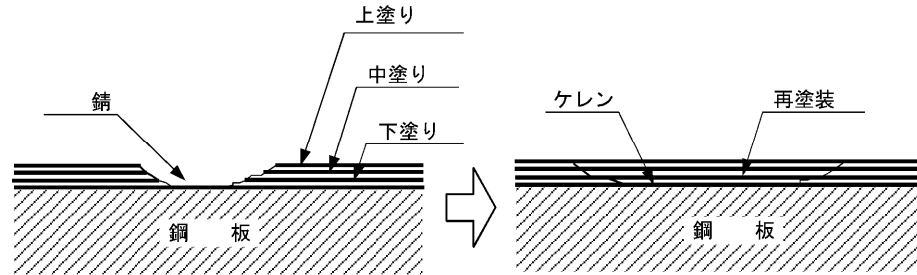
◎：主に適用 ○：適用検討

6.2.3 対策工法の特徴及び留意点

① 塗装塗替え工

**工法概要**

- ・素地調整後、補修塗装を行い、鋼材の腐食を防止します
- ・部分的に著しい塗膜劣化の生じている箇所は、部分塗替えを検討します



**施工性**

- ・施工は、吊足場等の足場施設が必要です
- ・通行規制は原則不要ですが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

**設計時の留意点**

1) 塗装系について

塗装塗替えは塗装のLCC、環境対策、景観上の配慮等の観点から、従来よりも耐久性に優れる重防食塗装系を基本とします。

塗替えは素地調整程度1種により旧塗膜を除去するRc-I塗装系が基本となりますが、工事上の制約等によりそれが出来ない場合、素地調整程度3種による塗替えであるRc-III塗装系を行ってもよいこととします。ただし、Rc-I塗装系に比べて塗膜の耐久性は大幅に劣るので注意が必要です。

《Rc-I塗装系（スプレー）》<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup> 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成17年12月 日本道路協会

2) 素地調整

素地調整は下記の表にて行い、塗装仕様は「鋼道路橋防食便覧」によることとします。

対応については、塗膜除去に関する動向を踏まえ、以下の点に留意する必要があります。

- ① 鉛等有害物等を含有する塗膜の塗替えは素地調整Ⅲ種とします。
- ② 鋼材腐食部分の有害物を含む塗装塗替えは、腐食部を健全にする必要があるため、素地調整Ⅱ種以上とします。
- ③ PCB を含有する塗膜の除去は、旧塗膜を完全に除去する必要があり、剥離剤による塗膜除去後、素地調整Ⅱ種以上とします。

《素地調整と施工方法》

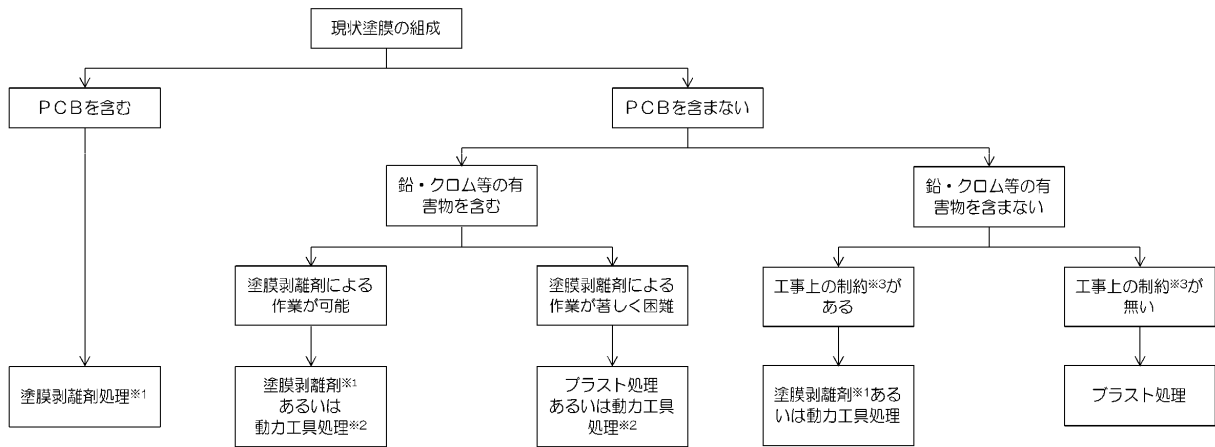
塗替え塗装系	対象	素地調整	仕上がり	素地調整施工
Rc-Ⅰ	・有害物を含まない塗装 ・剥離剤で下地まで処理できる場合	1種	鋼面の露出	【1次施工】 プラスト工法 【仕上げ工法】 プラスト工法
Rc-Ⅰ相当	・有害物を含む塗膜における鋼材腐食部	1種相当	鋼面の露出	【1次施工】 集塵機能付きダイヤモンドホイール 【仕上げ施工】 電動プラスト面形成動力工具 電解質アルカリイオン水噴霧工法併用
Rc-Ⅱ	・有害物を含む塗膜を大面積に塗替える場合 ・塗膜剥離剤を使用して塗替える場合	2種	鋼面の露出 (一部活膜残存)	【1次施工】 集塵機能付きダイヤモンドホイール 集塵機能付きサンドディスクサンダー
Rc-Ⅲ	・工事上の制約でプラスト出来ない場合 ・有害物を含む塗膜の場合	3種	塗膜劣化部の除去	【仕上げ施工】 サンドディスクサンダー (番手 40 番指定)

- ・①について、鉛等を含む塗膜については、防食下地の活膜が残存している場合は、無理に防食下地を除去せずに残すこととし、素地調整Ⅲ種とする。この場合、旧塗膜が残存することとなることから、旧塗膜仕様や含有有害物質の情報を確実に記録として残すこととします。
- ・②について、鋼材が腐食している場合に錆を完全に除去する必要がありますが、鉛等を含んでいる場合は湿式による除去を行わなければなりません。このため、電解質アルカリイオン水を併用した素地調整Ⅰ種相当とします。これは、通常の水だとすぐに鋼材露出面がさびてしまうからです。ただし、大部分が腐食し大面積で鋼材部分を露出させる必要がある場合など、剥離剤塗布の方が優位の際は、剥離剤塗布により塗膜除去後、素地調整Ⅱ種以上による仕上げを行うものとし、剥離剤により防食下地が完全に除去できる場合は、素地調整Ⅰ種とします。また、防食下地がジンクリッチプライマーやジンクリッチペイントの場合は残すことができるため、素地調整Ⅱ種とします。
- ・③について、PCB を含有する塗膜は大面積を全て除去する必要があることから、剥離剤による塗膜除去後、素地調整Ⅱ種による仕上げを行うこととします。剥離剤により防食下地が完全に除去できる場合は、素地調整Ⅰ種とします。なお、剥離剤の標準塗布回数は2回としますが、試験施工により必要な回数を設計変更にて計上します。

3) 塗膜除去について

a) 塗膜剥離方法の選定

塗膜剥離は下記フローにより選択します。



《塗膜剥離方法の選定フロー》

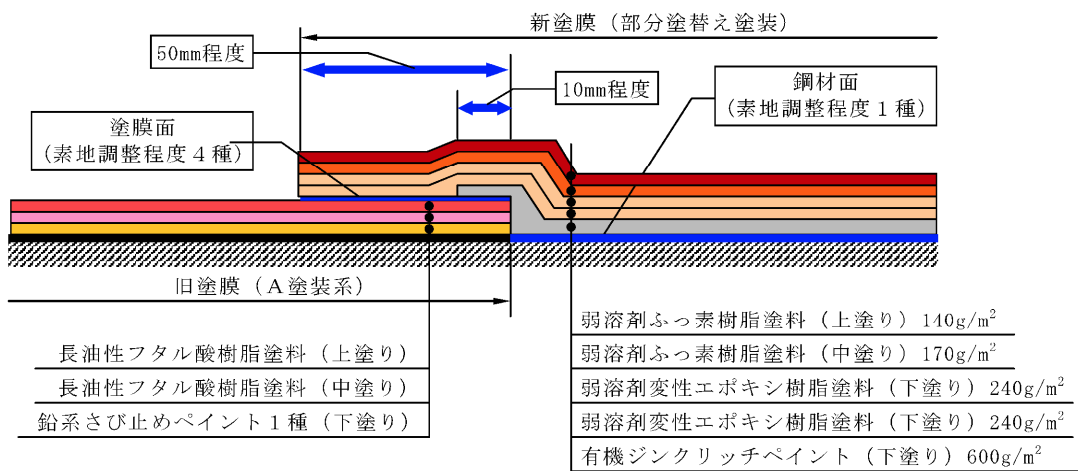
- ※1：塗替え塗装系で定められた素地調整の仕上がり程度に適合するよう、必要に応じてプラストや動力工具での後処理を行う。
- ※2：湿式による塗膜剥離作業と同程度の粉塵濃度まで低減させる方策、作業者の安全確保策、周辺環境の汚染防止策を確実に講じた上で作業を行う。
- ※3：工事上の制約とは、狭隘部の施工の場合や第三者によってプラストの使用が容認されない場合等を意味する。

b) その他注意点

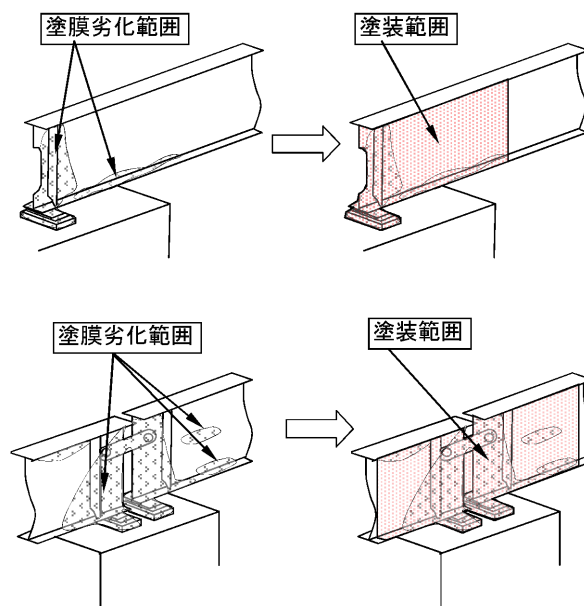
- ・剥離剤の品質については、「土木鋼構造物用塗膜剥離ガイドライン（案）」の規定を満足することとします。
- ・「土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）」では、剥離剤にて塗膜除去を行う場合は、剥離剤による既存塗膜への影響が不明であることから、素地調整3種での塗替え塗装には適用できません。ただし、旧塗膜の防食下地がジンクリッチペイントである場合は除きます。
- ・作業環境については、「労働安全衛生規則」「鉛中毒予防規則」「粉じん障害防止規則」「特定化学物質障害予防規則」等を順守して、作業者の安全確保と健康被害を防止する設備と装備を備えて施工することとします。
- ・有害物を含有する塗膜くずは、「廃掃法」「PCB特措法」などに順守して適切に処理する必要があります。有害物質の含有する塗膜除去時に使用したシートや防護服等も合わせて処理する必要があります。また、PCB含有塗膜くずの場合、管轄自治体によっては、排出事業者を発注者に限定する場合がありますため、注意が必要です。
- ・塗膜剥離に使用する動力工具等の仕様は、首都高速道路(株)の「鋼橋塗装設計施工要領」を参考とするのが良いでしょう。
- ・塗料に含まれる有害物質の調査は、埼玉県県土整備部道路環境課の通知に基づき行います。ただし、過去の塗歴より有害物質の含有が無いことが明らかな場合は調査を省略してもよいこととします。

4) 部分塗替え工法

- 特定の部材または他の部位に比べて塗膜の劣化が著しく進行している場合に、その部分のみを対象として塗替えを行う工法です。
- 全面塗替えと同様に、塗替え対象部位の旧塗膜を完全に除去して塗替える方法と、活膜を残して劣化部分のみ塗替える方法があります。
- 塗膜劣化の原因が判明している場合は、塗替えに先立ちその原因を除去することが必要です。
- 一部で錆や腐食が発生している場合は、それらを完全に除去することが重要で、活膜を残して塗替える場合は、その部位に補修塗装を行った上で塗替え部の塗装を行う必要があります。
- 既存の塗膜と新たに塗替える塗膜の境界部には塗り重ね部を設けるものとします。
- 桁端部を対象とする場合は、腐食環境に配慮し、橋座面上を塗装の最小範囲とします。
- 塗装範囲について、腐食が局部的であっても将来の維持管理を考慮して、タッチアップ塗装のように局部塗りは原則として行わず、ある範囲をまとめて塗替えるものとします。



《新旧塗膜の塗り重ね部の処理 (旧塗膜がA塗装系の場合)》



《劣化部位に応じた塗装範囲の決定例》



## 5) 耐候性鋼材

- a) 耐候性鋼材の使用環境として不適合な場合は、良好でない錆が発生します。
- b) 耐候性鋼材を使用した橋梁において防食機能劣化が見られた場合には、腐食速度を低減できるように損傷原因の排除を第1に考えなければなりません。
- c) 部材の腐食原因の調査を行い、損傷原因を排除できない場合は、耐候性鋼材のまま使用するか、塗装仕様への変更を検討するか、判断する必要があります。なお、変更の場合、塗装仕様は Rc-I を基本とします。

a) について、以下の環境に該当する場合、良好でない錆（うろこ状、層状等）の発生環境となります。

- ① 飛来塩分の影響を受ける
- ② 凍結防止剤散布の影響を受ける
- ③ 湿気の影響を受ける

- ①・②について、離岸距離のある地域においても、凍結防止剤が散布される地域では、桁端部の伸縮装置から漏水し、この漏水が飛散、流下した桁端部に異常さびが発見される場合があるので注意が必要です。
- ③について、橋梁の桁端部など、橋梁の構造や周辺地域（植生を含む）によって湿潤環境が作り出され、橋梁の一部に良好でない錆が発生する場合があります。



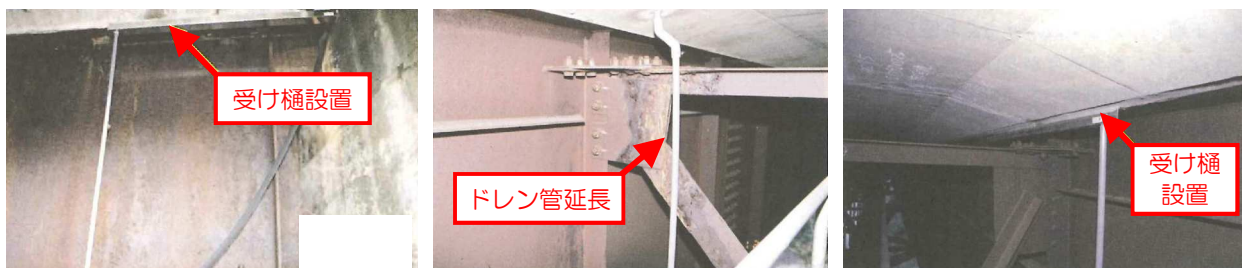
(i) 良好でない錆（うろこ状）



(ii) 良好でない錆（層状）

b) について、耐候性鋼材において漏水が原因で良好でない錆が発生している場合には、漏水を止めることが先決です。伸縮装置からの漏水に対する対策は伸縮装置の項 (P. 149) に示しているのので、参考にしてください。

ただし、漏水箇所については経年劣化で再度漏水する可能性があるため、止水ではなく、「導水」という考え方が有効である場合があります。以下にこのような考え方にに基づき補修された事例を紹介します。



≪漏水対策事例（左：伸縮装置、中：ドレン管、右：床版ひびわれ）≫<sup>2</sup>

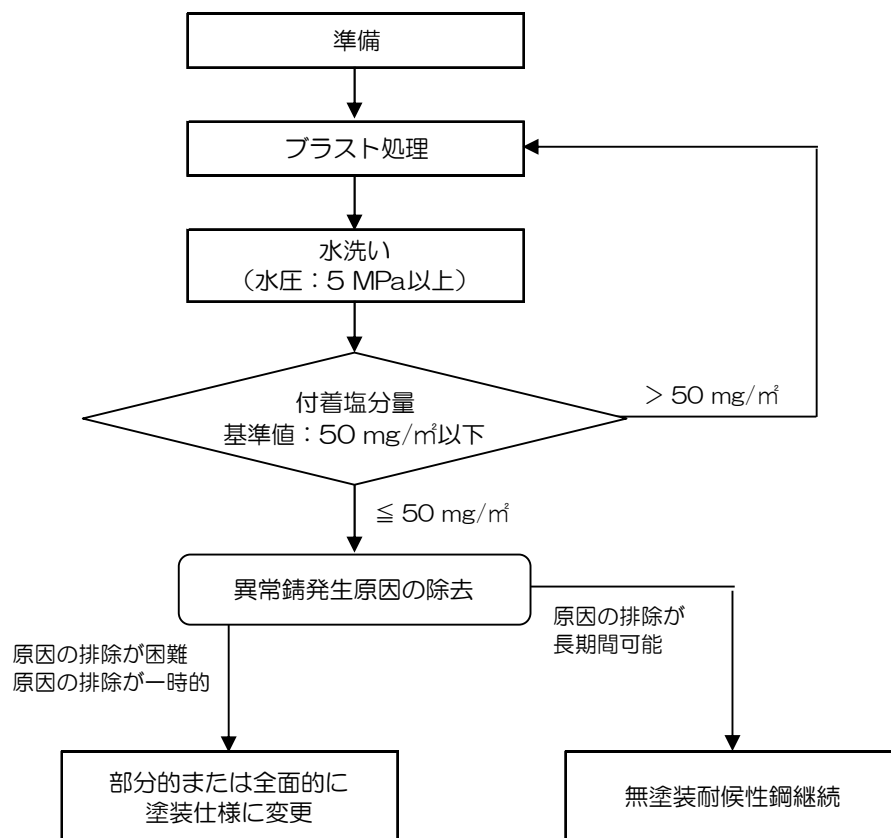
<sup>2</sup> 腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法 平成 26 年 5 月 土木学会（一部修正）

c) について、耐候性鋼材に防食機能劣化が生じた場合は、うろこ状さびや層状さびの除去および、詳細調査により付着塩分量を測定し、必要に応じてブラスト処理や水洗い等により付着塩分の除去を行うことが望ましいです。なお、付着塩分の除去の目安として塩分量が  $50\text{mg}/\text{m}^2$  程度を超えている場合に実施することが重要です。

また、その後の補修方法の検討では、腐食損傷の発生原因を的確に把握しその根源を除去することが必要ですが、確実に原因が除去できるか否かによって次のように処置が異なるので注意が必要です。

- ① 原因の排除が長期間可能な場合
- ② 原因の排除が困難、原因の排除が一時的

- ①について、腐食原因の除去が可能でその効果の持続が期待できる場合は、錆の除去および、必要に応じて付着塩分の除去を行うことで初期の環境状態に復元できるため、塗装など他の方法による補修の必要はなく、耐候性鋼材の無塗装使用を継続することができます。
- ②について、腐食原因の除去が困難もしくはその効果の持続が期待できない場合（伸縮装置からの漏水の影響や、狭い空間で湿気がなかなか抜けない桁の端部や地山近接箇所、橋梁の並列配置による隣接橋からの飛沫の影響を受ける箇所など）は、その不適合部分について耐候性鋼材の無塗装使用とせず、塗装等により防食機能を回復する必要があります。なお、塗装仕様は Rc-I を基本とします。

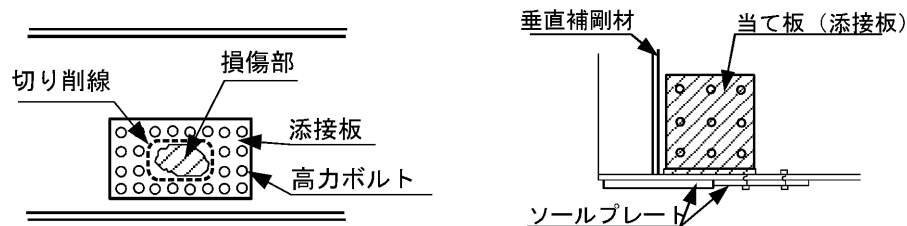


≪異常錆発見時の補修塗装フロー（耐候性鋼材）≫

## ② 当て板補修工

## 工法概要

- 腐食箇所や亀裂発生箇所等に当て板を設置することで、変状に伴う断面欠損を補います
- 取付け方法としては、品質確保の確実性から、高力ボルトを用いるのが一般的です
- 溶接は、溶接部が新たに疲労強度上の弱点となりやすいなどの理由から、特殊な場合を除いて避けるものとします



## 施工性

- 部分的な吊り足場等の設置が必要です
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

## 設計時の留意点

## 1) 接合方法について

- 接合する方法として、高力ボルトによる方法と現場溶接による方法がありますが、高力ボルトを用いるのが一般的です。
- 高力ボルトによる連結は交通供用下の施工も可能であり、確実に連結することができ、疲労耐久性に優れます。
- 一方、現場溶接による接合は連結ボルトの配置が不要なため補修範囲を最小限にできるものの、交通供用下では振動等により溶接の品質に影響を与えます。

## 2) 溶接面の不陸整生

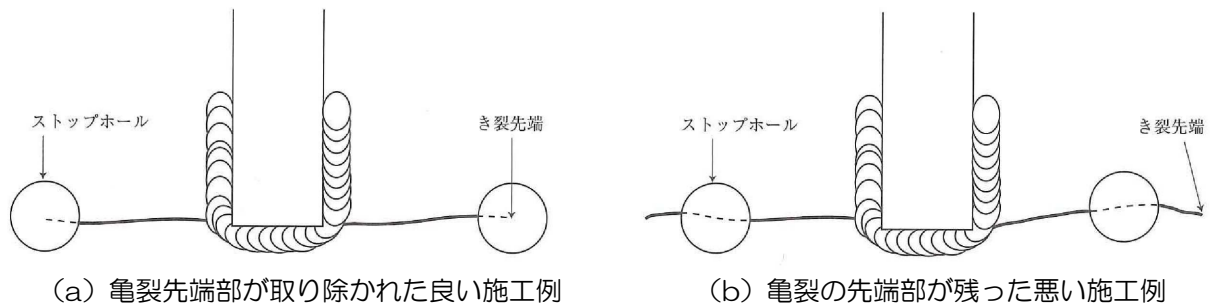
- ケレン後の母材は不陸が生じているため、当て板との間に隙間が生じ、高力ボルトで締め付けても摩擦接合継手としての性能を発揮することができない恐れがあります。また、隙間から水が浸入し、再劣化も懸念されます。
- ケレン後は母材と当て板との間にエポキシ樹脂や金属パテを塗布し、隙間を充填して不陸を整正し、接着面を確保する必要があります。
- また、当て板の全周にシール材を充填し、水の浸入を防ぐことが望ましいです。

③ ストップホール工

工法概要

- 応急的な対策として用いられる工法で、亀裂の先端に丸い孔（ストップホール）を削孔し、先端部分を除去します
- 円孔を設けることで、応力集中が緩和されるため、亀裂の進展を遅くし、また亀裂の急速な進展による脆性破壊への移行を抑止する効果があります
- 一般に、既設部材に大きな孔を設けることは適切でなく、あまり小さい径のストップホールを設置しても効果が得られないことは認識しておく必要があります

《概念図》<sup>3</sup>

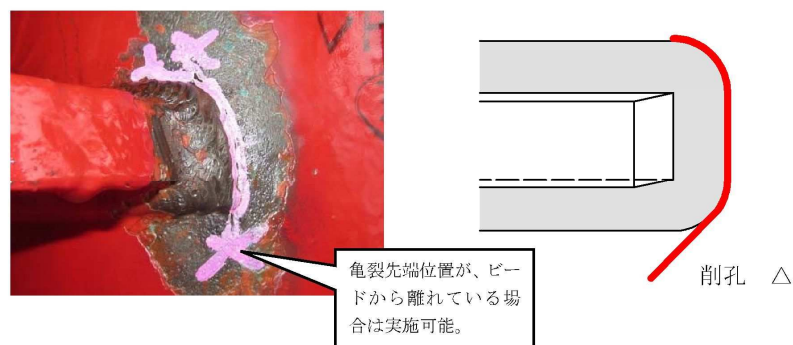


施工性

- 部分的な吊り足場等の設置が必要です
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

設計時の留意点

- ストップホール工法は、あくまで応急的な対策であるため、他の対策工法との併用を検討することが望ましいです。
- ストップホール施工後、孔面から新たな亀裂が発生しないよう棒グラインダー等を用いて孔面仕上げを行うと同時に、孔面に亀裂が残存していないか確認する必要があります。
- ビード部に近い位置に亀裂先端がある場合は、ストップホールが溶接線に干渉する可能性があるため、慎重に対応方法を決定する必要があります。



《ビード部に近い位置に亀裂があるケース》

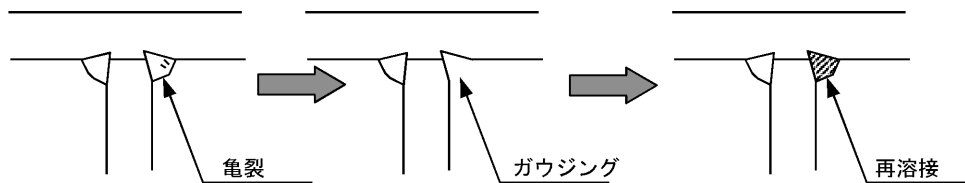
<sup>3</sup> 道路橋補修・補強事例集（2012年版）平成24年3月 日本道路協会

## ④ 溶接補修工

## 工法概要

- 軽微な亀裂をグラインダー等で除去した後に再溶接することで損傷部を補修します
- 再溶接部の止端部は十分に仕上げを行って疲労強度を向上させます
- 損傷の主原因が溶接欠陥や工場傷等であり、溶接補修によりこれらの原因を除去することが可能である場合のみ亀裂の再発防止に対して有効な方法です

## 《概念図》



## 施工性

- 部分的な吊り足場等の設置が必要です
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

## 設計時の留意点

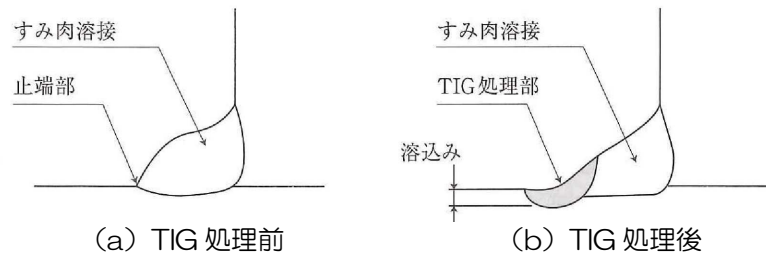
- 再溶接による残留応力、ひずみの増加、新たな溶接欠陥の発生など損傷発生前の状態よりも疲労強度の低下をきたす可能性があるため、所要の品質が確保できるような溶接方法および施工管理を決定することが必要です。
- 損傷が軽微な場合や、他の恒久対策との組合せを前提とする場合に採用するのが良いでしょう。
- グラインダー、ガウジングなどで亀裂を完全に除去してしまふことが必要です。なお、十分な施工性が確保できない場合は、ガウジングによる亀裂除去は避けるべきです。
- 補修が現場溶接となるため、溶接できない箇所や、溶接作業の困難な場所での補修には不適當です。無理な姿勢による溶接は溶接欠陥が生じやすく、十分な改良ができないことに留意する必要があります。

## ⑤ 形状改良工

## 工法概要

- 溶接部のビード形状を改良することにより、止端部の局所的な応力集中を低減し、継ぎ手の疲労強度を向上させる工法です
- 形状を滑らかにする方法としては、グラインダーにより切削加工する方法と、特殊な溶接により止端部を再溶接して形状を滑らかにする方法（TIG 処理）があります

≪溶接継手の疲労強度改善例≫<sup>4</sup>



## 施工性

- 部分的な吊り足場等の設置が必要となります

## 設計時の留意点

- グラインダーによる方法は、TIG 処理による方法に比べ、作業者の技量や使用する砥石の種類などによる品質のばらつきが大きく、定量的に管理するのが難しいことが課題です。
- TIG 処理は、加熱溶融に溶接機を用いて行うことから施工条件を管理することができ、グラインダーによる処理よりも一定品質の仕上げが得られます。
- TIG 処理では母材の板厚方向への溶け込みが期待できるため、亀裂深さが浅い場合には TIG 処理により亀裂の溶かし込みが可能です。ただし、溶け込み深さは 1～2mm 程度であり、これ以上の深さを有する亀裂についての溶かし込みは不可能です。
- 溶接補修後は検査を実施します。

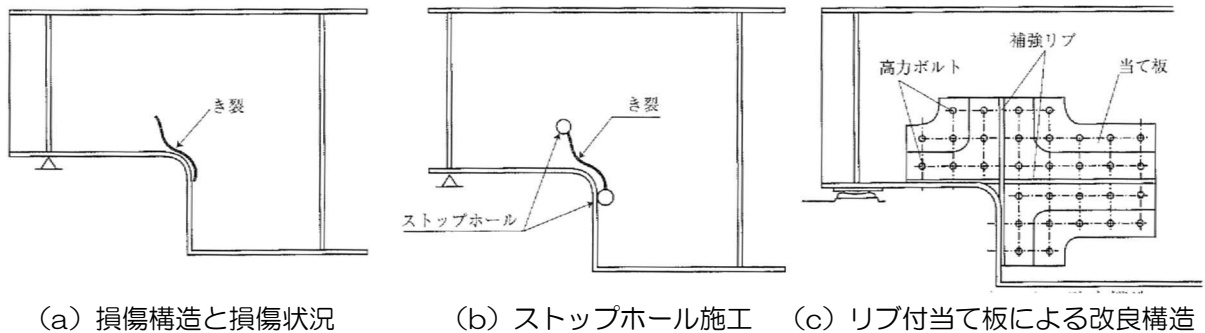
<sup>4</sup> 道路橋補修・補強事例集（2012 年版） 平成 24 年 3 月 日本道路協会

## ⑥ 構造詳細改良工

## 工法概要

- 疲労亀裂の発生は、局所的な応力状態に支配されるため、ディテールに固有な応力集中が亀裂の原因となることが多いと言えます。このため構造のディテールを改良し、「応力の伝達を円滑にする」、「構造ディテールの剛性を増加させ発生する応力を低減する」、「接合部における変形に対する拘束を開放し拘束によって生じた二次応力の発生をなくす」等の対策を講じる必要があります。
- 当て板補修工と併用されることも多いです
- 下図は、桁端切欠き部周辺に亀裂が生じた場合の補修方法であり、応力の集中を無くし、力がスムーズに流れる構造詳細に構造を改良した例です。

≪桁端切欠き部における当て板の設置と細部構造の改良の併用<sup>5</sup>≫



## 施工性

- 部分的な吊り足場等の設置が必要となります

## 設計時の留意点

- 補剛材を追加する接合方法の場合、欠陥・応力集中を避けるために、疲労強度の高いボルト接合を用いることが望ましいです。
- 剛性を上げることで、さらなる応力集中が生じる場合もあるため、構造に十分な検討が必要です。

<sup>5</sup> 道路橋補修・補強事例集（2012年版）平成24年3月 日本道路協会

## ⑦ 全体構造改良工

**工法概要**

- 全体構造の改良としては、二次応力の発生原因となる主桁や床版の変位を減少させるために部材を取り付けるなどの方法があります
- 発生応力そのものを低減させる恒久的な対策となりますが、一般に施工費が高くなります
- 横桁、対傾構連結部の補強対策として単独で用いられることはほとんどなく、床版劣化や車両大型化に対応するための床版補強として行われることが多いです
- 縦桁増設工法                      ➡ P. 139
- 上面増厚工法（床版）          ➡ P. 140
- 下面増厚工法（床版）          ➡ P. 141

**施工性**

- 新たに部材を取り付けるため施工が大がかりとなります

**設計時の留意点**

- 部材追加等により既設部材と新設部材の接合部の応力や変形性状がどのように変化するかを十分把握し、既設構造に悪影響を与えないようにすることが重要です。



⑧ ボルト取替え工

**工法概要**

- ・継手部の損傷した高力ボルト・リベットを取り外し、新しい高力ボルトを用いて補修します。ボルトが脱落した場合も同様です
- ・脆性遅れ破壊の懸念があるF11T高力ボルトから、S10TもしくはF10Tの高力ボルトへ取替えを行います
- ・これまでの損傷事例などから、F11T高力ボルトのうち昭和46年～52年頃に建設された橋梁に遅れ破壊が多く見られます（F11Tは昭和55年(1980年)に道示Ⅱ鋼橋編の規定から削除）

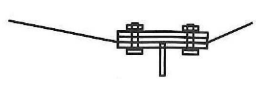
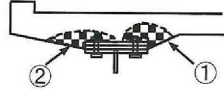
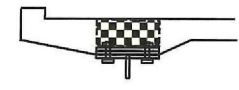
**施工性**

- ・施工が容易で、作業スペースが確保できれば全ての添接箇所にも適用可能です
- ・通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

**設計時の留意点**

- ・取替えの際、元のボルトはF11Tであることが多いため、ボルトの許容値の違い（5%）について、継手部耐力の照査を行い、要求性能について確認することが必要です。
- ・継手の全数のボルト・リベットを取り替える場合には、継手に必要なボルトを残して少しずつ取替えます。
- ・添接板の裏側の母材間の隙間部分が腐食して断面が欠損していることも考えられるので、添接板をよく点検し、断面欠損のある場合には添接板も取替える。
- ・腐食したリベットの補修では、高力ボルト支圧接合、もしくは高力ボルト摩擦接合への取替えを行う場合があります。しかし、リベットと高力ボルトの力の伝達機構は全く異なり、一部を取り換えた場合の挙動については不明な点が多いため、補修方針の設定には注意が必要です。
- ・上フランジなどでコンクリート部分に接触している高力ボルトの取替えは、ボルトの損傷状況や交通規制の可否などの条件を十分調査した上で、取替え方法を決定するものとします。下表に取替え方法の一例を示します。

《コンクリート部分に接触した損傷ボルトの取替方法》<sup>6</sup>

取替方法 比較項目	方法① 六角ボルトによる取替	方法② ハンチを削る方法	方法③ 手はつりによる方法
施工概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上フランジ下側から既存ボルトを取り外す</li> <li>・ボルトの締付けは回転角法によって管理する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハンチ部のコンクリート①または②の方向から削る</li> <li>・ボルトナット共取替える</li> <li>・ハンチ部の補修は無収縮モルタルを注入する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋面上から手はつりで床版に孔をあける</li> <li>・ボルトナット共取替える</li> <li>・床版部の補修は無収縮モルタルを注入する</li> </ul>
	<p>ナットは既存のまま</p>  <p>六角ボルトに取替え</p>		
交通規制	不要	不要	要（長期間）

<sup>6</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成29年8月 近畿建設協会（一部修正）

## ⑨ 部材取替え工

## 工法概要

- ・腐食等により機能低下の生じた部材を新設部材と取替えることにより新設時のレベルまで機能を回復させることを目的とします
- ・主に一時的に取り外しても橋梁全体の安全性を確保できる二次部材を対象とすることが多く、部分補修するよりも取替える方が得策である場合が多いです
- ・部材の変形の場合は、加熱矯正による修復が困難であり、施工上取替えが可能な場合には部材取替え工について検討します。
- ・部材が局部的に腐食や衝突などにより著しく損傷した場合、新しい部材を高力ボルトにより接合します。その場合、二次部材については、全体取替え工と比較検討して決定します

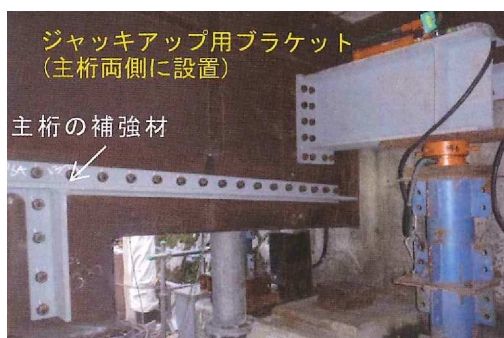
## 施工性

- ・部分的な吊り足場等の設置が必要となります
- ・通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

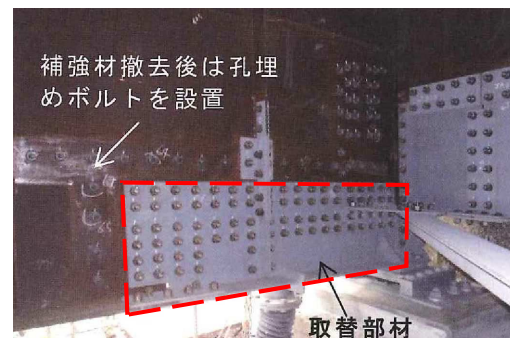
## 設計時の留意点

- ・部材を取替える場合は、取外した時の安全性を確認しておく必要があります。安全性に問題がある場合には、仮設材（支保材）を設けて対処する必要があります。
- ・特に曲線・桁橋での部材交換は注意が必要です。
- ・取替えは、対象箇所の補強が必要な場合を除き、竣工当初の設計断面と同等の部材を設置します。
- ・変形した部材を取替える際は、部材に予想外の力が作用していることがあるため、ガス切断などの応力解放時には、部材の跳ね上がり等を考慮した安全対策を講じる必要があります。
- ・伸縮装置からの漏水により著しく腐食・減肉・欠損が進行した桁端部（主桁ウェブ、主桁下フランジの接合部付近）は、支承のソールプレートと近接しているため、ボルト接合は困難であり、当て板では十分な補修効果が得られないことから部材取替えを検討する。
- ・下図は主桁断面の腐食損傷が著しく進行した場合の補修方法である。桁端部の部材交換は、支点の仮受け後に腐食部分の撤去、新設部材への取替えを行う。

≪主桁断面の腐食損傷による一部取替状況≫<sup>7</sup>



(a) ジャッキアップと腐食部位撤去後の状況



(b) 取替部材の設置完了状況

<sup>7</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成29年8月 近畿建設協会（一部修正）

## ⑩ 加熱矯正工

**工法概要**

- 変形した部材は常温で矯正するためにはかなりの塑性変形を作用させる必要があり、矯正後のじん性の低下を考慮すると加熱矯正を用いるのが一般的です
- 矯正は、一般にジャッキを用いて変形の大きい箇所から始めて、小さいほうに向かって徐々に矯正し、これを何回も繰り返します。

**施工性**

- 部分的な吊り足場等の設置が必要となります
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

**設計時の留意点**

- 非調質鋼材の加熱矯正の適正な温度は、900℃程度である。調質鋼材は加熱による材質および強度への影響を調べる必要があり、一般に適切な加熱温度は非調質鋼材よりも低いです。
- 加熱終了後、荷重を載荷できる温度は約 250℃であり、放熱時間は一般の鋼材の場合 30～40 分を要します。
- 冷却はできるだけ水をかけずに、自然放冷とするのが望ましいです。ただし、300℃以下であれば水冷してもあまり材質に悪影響を及ぼさないと考えられます。
- 加熱矯正による修復が困難であり、施工上取替えが可能な場合には部材取替え工について検討します。

## 6.3 コンクリート部材

コンクリート部材については、補修対象とすべき損傷の種類、程度、範囲、原因および劣化機構を明確にした上で、現状の劣化段階を考慮し、適切な補修工法を選定する必要があります。

## 【解説】

異なる損傷が近接している場合や、損傷原因が複数ある場合は、いずれの損傷や原因に対しても対策を実施しなければなりません。後述する損傷原因に応じた工法（表 6.3.2）および劣化段階に応じた工法（表 6.3.4）から適用可能な補修・補強工法を抽出し、LCC の観点から比較検討を行い選定することが望ましいです。

## 6.3.1 適用可能な補修工法

コンクリート部材における損傷に対して、一般的に適用可能な補修・補強工法を表 6.3.1 に示します。

表 6.3.1 コンクリート部材の主な補修・補強工法

適用可能な補修工法	補修方針	主な対応損傷	掲載頁
①ひびわれ補修工 ・被覆工法 ・注入工法 ・充填工法	・水、酸素等の劣化因子の遮断 ・コンクリートの一体化	・ひびわれ ・床版ひびわれ	P. 122
②断面修復工 ・左官工法 ・吹付け工法 ・充填工法	・劣化したコンクリートの除去 ・欠損した断面の修復	・ひびわれ ・剥離・鉄筋露出	P. 125
③表面被覆工 ・有機系被覆工法 ・無機系被覆工法	・水、酸素等の劣化因子の遮断	(劣化の進展抑制)	P. 128
④表面含浸工	・劣化因子の抑制	(劣化の進展抑制)	P. 131
⑤電気防食工	・劣化因子の抑制	・ひびわれ ・剥離・鉄筋露出	P. 132
⑥脱塩工	・劣化因子の除去	・ひびわれ ・剥離・鉄筋露出	P. 133
⑦再アルカリ化工	・劣化因子の除去	・ひびわれ ・剥離・鉄筋露出	P. 134
⑧床版防水工	・床版上からの水や塩化物イオン等の劣化因子の抑制	・漏水・遊離石灰	P. 135
⑨漏水対策工	・桁端部の止水 ・路面の滞水の改善	・漏水・滞水	P. 136
⑩床版打換え工 ・部分打換え工法 ・全面打換え工法	・部材自体の交換 ・各種工法では必要な耐荷力や耐久性が確保できないと判断される場合に実施	・床版ひびわれ ・漏水・遊離石灰 ・抜け落ち	P. 138
⑪縦桁増設工	・床版の曲げ耐力の向上	・床版ひびわれ	P. 139
⑫上面増厚工	・床版の曲げ耐力の向上	・床版ひびわれ	P. 140
⑬下面増厚工			P. 141
⑭連続繊維接着工	・床版の曲げ耐力の向上および耐久性の改善	・ひびわれ ・床版ひびわれ	P. 142
⑮鋼板接着工			P. 143
⑯外ケーブル工	・曲げモーメントやせん断力に対する耐荷性能の向上	・ひびわれ	P. 144

6.3.2 損傷原因と補修工法の目安

コンクリート部材に見られる損傷の原因と補修工法の目安を表 6.3.2 に示します。

表 6.3.2 コンクリート部材の主な損傷および損傷原因と補修・補強工法の目安

部位	損傷	① ひびわれ 補修工	② 断面 修復工	③ 表面 被覆工	④ 表面 含浸工	⑤ 電気 防食工	⑥ 脱塩 工	⑦ 再アル カリ化 工	⑧ 床版 防水工	⑨ 漏水 対策工	⑩ 床版 打換え 工	⑭ 連続 繊維 接着工	⑮ 鋼板 接着工	⑯ 外ケ ーブル 工	
主桁・ 横桁	ひびわれ	◎	○	○	○				○	○		○	○	○	
	剥離・鉄筋露出 うき		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	○			○	○	○	
	漏水・遊離石灰	○	○	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	◎			○			
	抜け落ち		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	○				○		
床版	床版ひびわれ	◎	○	○	○				○	○	○	○	○		
	剥離・鉄筋露出 うき		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	○			○	○	○	
	漏水・遊離石灰	○	○	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	◎			○			
	抜け落ち		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1	○				○		
下部工 躯体	ひびわれ	◎	○	○	○					○		○	○	○	
	剥離・鉄筋露出 うき		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1				○	○	○	
	漏水・遊離石灰	○	○	◎	◎	※1 ※2	※2	※1				○			
	抜け落ち		◎	◎	◎	※1 ※2	※2	※1					○		
補修・補強材の損傷	補強鋼板の腐食 : 鋼部材 (表 6.2.2) を参照 補強鋼板のうき : エポキシ樹脂注入 被覆材料のうき、はがれ : 補強材の再設置														

◎ : 主に適用 ○ : 適用検討

※1 : 中性化による損傷の場合に適用検討

※2 : 塩害による損傷の場合に適用検討

## 6.3.3 劣化機構と補修工法の目安

コンクリート部材に発生する損傷の劣化機構として、繰り返し荷重による疲労、中性化、塩害、アルカリ骨材反応、凍害が考えられますが、本マニュアルではこれら複数の要因による複合劣化の影響も考慮し、劣化進行過程を潜伏期、進展期、加速期、劣化期の4段階に区分し、それぞれについて劣化過程の判定基準と対策工法の適用性を示します。

劣化機構ごとの各劣化過程における劣化の状態を整理したものを表 6.3.3 に、標準的な対策工法を整理した一覧表を表 6.3.4 に示します。

表 6.3.3 個別および複合劣化の要因に対する劣化過程の定義および損傷の内容<sup>8</sup>

劣化機構	劣化過程	外観上の劣化の状態
疲労	潜伏期	数本程度の一方向ひびわれ
	進展期	格子状のひびわれ
	加速期前期	ひびわれの細網化（亀甲状）
	加速期後期	角落ち、ひびわれのスリッド化
	劣化期	貫通ひびわれに伴う梁状化、陥没
中性化	潜伏期	中性化深さが鋼材の腐食発生限界に達するまで
	進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひびわれが発生するまで
	加速期前期	腐食ひびわれ発生により鋼材の腐食速度の増大
	加速期後期	腐食ひびわれの進展とともに、剥離・剥落
	劣化期	腐食量の増大による耐力低下
塩害	潜伏期	塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度に達するまで
	進展期	鉄筋の腐食が始まり腐食ひびわれが発生するまで
	加速期前期	腐食ひびわれ発生により腐食速度の増大
	加速期後期	腐食ひびわれが多数発生、部分的な剥離・剥落
	劣化期	腐食量の増大による耐力低下
アルカリ骨材反応	潜伏期	ASR が進行するが膨張に伴うひびわれの発生が無い
	進展期	水分やアルカリの供給化で反応が促進しひびわれが発生
	加速期	ASR 膨張が最大、内部の鉄筋が腐食する場合もある
	劣化期	ひびわれが増大し部材の一体性が損なわれ耐力が低下
凍害	潜伏期	ポップアウトの発生
	進展期	スケールングにより骨材が露出
	加速期前期	スケールングの深さが鉄筋付近
	加速期後期	スケールングにより鉄筋が露出
	劣化期	鉄筋の露出とコンクリートの砂利化
複合劣化	加速期	疲労 + 塩害・凍害・ASR の床版上面の加速期劣化・損傷状態
	劣化期	疲労 + 塩害・凍害・ASR の床版上面の劣化期劣化・損傷状態

<sup>8</sup> 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016 平成 28 年 10 月 土木学会（一部修正）

表 6.3.4 劣化機構別の対策工法の適用性<sup>9</sup>

劣化機構	劣化過程	①ひび割れ補修工	②断面修復工	③表面被覆工	④表面含浸工	⑤電気防食工	⑥脱塩工	⑦再アルカリ化工	⑧床版防水工	コンクリート床版					⑭連続繊維接着工	⑮鋼板接着工	
										⑩部分打換え工法	⑩全面打換え工法	⑪縦桁増設工	⑫上面増厚工	⑬下面増厚工			
疲労	潜伏期	*								◎	※1	※1	*	*	*	*	*
	進展期	△									※1	※1	○	○	○	○	○
	加速期前期	△									*	*	○	○	○	○	○
	加速期後期	△									*	*		○	△	△	○
	劣化期										○	○					
中性化	潜伏期			◎	*	*								*	*	*	*
	進展期	◎	○	◎	◎	*								*	*	*	*
	加速期前期	◎	○	◎	◎	○		○	◎					*	*	*	*
	加速期後期	△	◎	△	△									*	*	*	*
	劣化期	△	◎	△	△									○	○	○	○
塩害	潜伏期			◎		*					◎	※1	※1		*	*	*
	進展期	△	○	△		○	○					※1	※1		※2	※2	※2
	加速期前期	△	○	△		○	○					*	*		※2	※2	※2
	加速期後期	△	○	△		△	◎					*	*		※2	※2	※2
	劣化期	△	◎	△		△	◎					○	○				
アルカリ骨材反応	潜伏期			◎	◎						◎	※1	※1		*	*	*
	進展期	◎		◎	◎							※1	※1		*	*	*
	加速期	◎		◎	◎							○	*		○	○	○
	劣化期	○	○	○								○	○				
凍害	潜伏期			◎							◎	※1	※1				
	進展期	◎	○	◎								※1	※1				
	加速期前期	△	◎	△								*	*				
	加速期後期	△	◎	△								*	*				
	劣化期	△	◎	△								○	○				
複合劣化	加速期		○	○	○	※2	※2				◎	○	○		※2	※2	※2
	劣化期		○	○	○	※2	※2					○	○		※2	※2	※2

◎：主に適用 ○：適用検討 △：他工法との併用で適用検討 \*：予防保全として適用検討

※1：予防保全として適用可能であるが、損傷が軽度であるため一般的に適用しない劣化過程を示す。

※2：他工法との併用で、予防保全として適用可能

<sup>9</sup> 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016 平成 28 年 10 月 土木学会（一部修正）



## 6.3.4 PC 構造物における対策

PC 部材について対策が必要と判定された場合には、前述の内容によるほか、PC 構造に適切な対策工法を選定し、実施するものとします。

## 【解説】

## 1) グラウト再注工

詳細調査によりグラウト充填不良が確認され、ひびわれから錆汁が出ている等、損傷の進行が確認された場合には、グラウト再注工を行います。

再注工の際は、端部にグラウトホースを設置できないこと、充填部の空隙が十分確保されていないこと、水の浸透や錆の発生、ひびわれ欠損等阻害要因があることに注意する必要があることから、注入口は充填不良が生じている区間内で低い削孔穴とし、高い削孔穴から PC グラウトを排出するように計画する必要があります。

## 2) 外ケーブル工法

PC 鋼材の著しい腐食による断面欠損や破断が見られる場合は、プレストレスの追加や耐荷力の改善を目的として外ケーブル工法が一般的に適用されています。

ただし、既設部材への剛性の付与ができないことや、既設部材の応力状態を変化させるため、詳細な設計検討が必要になります。

## 3) 予防保全対策

通常、PC 構造物は設計荷重作用時においてひびわれを生じさせないように設計されているため、PC 構造物の対策は予防保全を基本とすることが一般的です。やむを得ず、劣化が顕在化した後で補修・補強を行う場合は、プレストレスの変化を考慮しながら、できるだけ速やかに実施することが重要です。

表 6.3.5 予防保全対策の選定例（PC 鋼材の腐食・破断に関するもの）<sup>10</sup>

着目箇所	予想される劣化	有効な予防保全対策
端支点部 ・桁端部の漏水	凍結防止剤を含む漏水による鉄筋・PC 鋼材の腐食	・桁端防水の実施（コンクリート表面保護） ・伸縮装置の取替え
支間中央部、支間 1/4 部 ・ウェブや桁下縁のエフロレッセンス、水しみ	PC グラウトの充填不足と水の侵入による PC 鋼材の腐食	・橋面防水 ・PC グラウト再注工
打継目部、セグメント目地部、後埋め部 ・打継部や目地部等からエフロレッセンス、漏水	橋面滞水による鉄筋・PC 鋼材および定着部の腐食	・橋面防水 ・コンクリート表面保護
橋面、舗装 ・舗装のひびわれ、剥離 ・排水施設や水抜き孔から漏水	橋面滞水、漏水による鉄筋・PC 鋼材および定着部の腐食	・橋面防水 ・排水柵清掃
伸縮装置 ・伸縮装置から漏水	漏水による鉄筋、PC 鋼材の腐食	・非排水型への取替え ・ノージョイント化

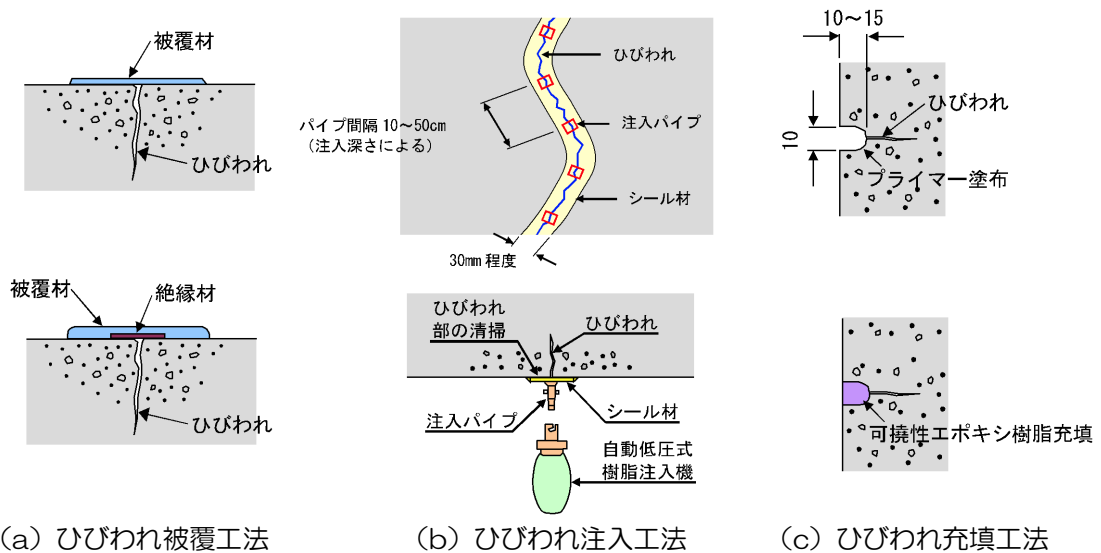
<sup>10</sup> PC 構造物の維持保全-PC 橋の更なる予防保全に向けて [2015 年版] 平成 27 年 3 月 プレストレスト・コンクリート建設業協会（一部加筆）

6.3.5 対策工法の特徴及び留意点

① ひびわれ補修工

**工法概要**

- コンクリートのひびわれに樹脂系あるいはセメント系の材料を塗布、注入および充填等を行い、防水性および耐久性を向上させる補修工法です
- 中性化や塩害等の損傷原因により、ひびわれ周辺のコンクリート劣化部分を除去する必要がある場合は、断面修復工法の併用を検討することが望ましいです。
- 一般に以下の3種類の方法が適用されています
  - (a) ひびわれ被覆工法
  - (b) ひびわれ注入工法
  - (c) ひびわれ充填工法



**施工性**

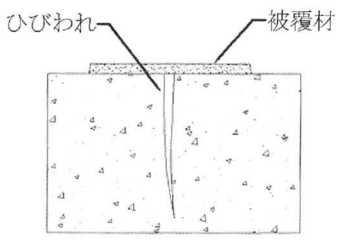
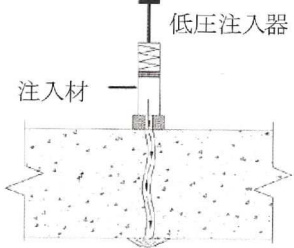
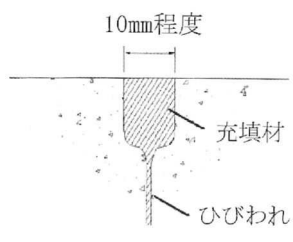
- 施工が容易で、作業スペースが確保できれば全ての部位に適用可能です
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

**設計時の留意点**

- 採用工法および注入材料はひびわれの発生原因、状況（幅、長さ、形状、変動の有無、漏水の有無）および環境等を考慮して決定する必要があります。特に変動の有無、漏水の有無等は材料選定を間違えると施工不良に繋がる可能性が高いので特に注意する必要があります。
- 各種注入工法は、座金をひびわれ中心に合わせる必要があります。これを正確に行わないと注入が来ないので注意する必要があります。
- 橋梁路下の状況により、注入材が流出すると環境および第三者に対して影響を及ぼす可能性があるためシールは入念に行う必要があります。

1) 各工法の概要

《各ひびわれ補修工法の概要》<sup>11</sup>

工法名	(a) ひびわれ被覆工法	(b) ひびわれ注入工法	(c) ひびわれ充填工法
概要図			
ひびわれ幅の目安	0.2mm 以下	0.2mm~1.0mm	1.0mm 以上
ひびわれ幅の変動	小		大
主な使用材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無機系セメント</li> <li>・エポキシ樹脂系パテ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超微粒子セメント</li> <li>・エポキシ樹脂</li> <li>・アクリル樹脂</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・弾性系エポキシ樹脂</li> <li>・ポリマーセメントモルタル</li> </ul>

➤ (a) ひびわれ被覆工法

- ・ひびわれ幅の変動が大きい場合や進行性のひびわれの場合には、ひびわれの挙動により被覆部にひびわれを生じる恐れがあるため、可とう性（弾性変形のし易さ）のある材料の採用や被覆部の下に絶縁材等の処理をする必要があります。

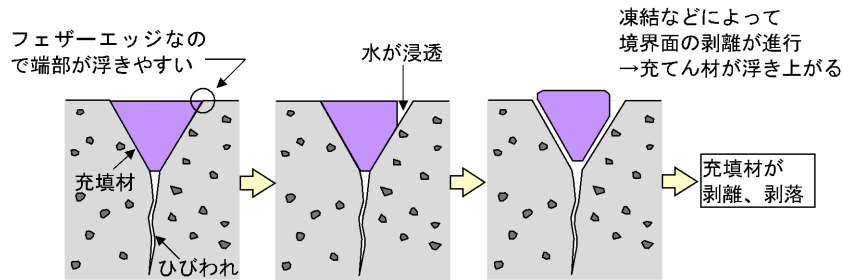
➤ (b) ひびわれ注入工法

- ・使用する合成樹脂や、断面修復工事に使用するポリマーセメント系材料は、低温時（5℃以下）に硬化が遅くなることがあります。
- ・注入工法としては、機械を用いて注入する高圧注入工法と、機械を使わず注入する低圧注入工法があります。
- ・高圧注入工法では、注入量や注入圧は、流入計や圧力計を使って管理できますが、注入圧力が高いとひびわれを押し広げてしまうことや、注入量を十分チェックできないことから、常にひびわれ部の状況を確認する必要があります。
- ・低圧注入工法は、注入量を容易にチェックできる反面、複数の注入孔から同時に注入した場合、ひびわれ部内部の空気が閉じこめられて、内部に未充填部が残されるという問題もあります。このため、特に低圧注入工法では、施工時期に応じた可使時間やひびわれの幅に適應した粘度をもつ材料を選定することが重要です。

<sup>11</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成 29 年 8 月 近畿建設協会（一部修正）

➤ (c) ひびわれ充填工法

- ひびわれ面のカット部処理について、カット部の端部を鋭角にすると、カット部の処理が不十分となり、カット部と充填部との間から水の浸透により、充填材を劣化させる要因になりかねません。特に、V形にカットした場合は、浸透した水が凍結し充填材を押し出すことによって充填材が剥離し、剥落する場合がありますので端部は 10mm 程度カッター目地を入れてフェザーエッジとならないうようにしなければなりません。



《充填工法で生じる補修箇所の不具合》

2) 各種注入材料の特徴

《各種注入材料の特徴》<sup>12</sup>

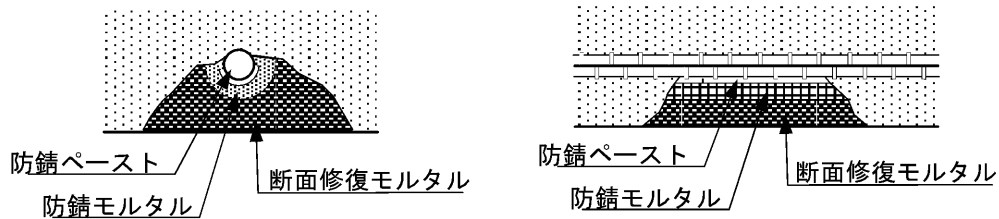
材質	エポキシ樹脂	アクリル樹脂	セメント系
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 動きのあるひびわれにも適用可能（アルカリ骨材反応対策としても適用可能）</li> <li>• 低粘度～中粘度があり汎用性が高い</li> <li>• 湿潤対応可能な製品もある</li> <li>• 強度性能が全般に高く耐久性に優れる</li> <li>• 施工実績が最も多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 硬化速度が速いため工程が短縮できる</li> <li>• 低温（0℃）でも施工可能</li> <li>• 湿潤面施工が可能</li> <li>• 耐久性に優れる</li> <li>• 施工実績は他の材料に比べて少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体積収縮が少ない</li> <li>• 材料費が安価である</li> <li>• 湿潤面施工が可能</li> <li>• コンクリートの性質に極めて近い物性値を持つ</li> <li>• 注入前にひびわれ内部を湿潤状態にする必要がある</li> <li>• 施工実績が多い</li> </ul>

<sup>12</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成 29 年 8 月 近畿建設協会（一部修正）

## ② 断面修復工

## 工法概要

- コンクリート構造物が劣化により断面を喪失した場合の修復や中性化、塩化物イオンなどの劣化因子を含むかぶりコンクリートを撤去した場合の断面修復を目的とした工法です
- 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、コンクリートやポリマーセメントモルタル等の断面修復材により復旧します



## 施工性

- 施工が容易で、作業スペースが確保できれば全ての部位に適用可能です
- 施工規模、施工方向、環境条件、供用条件、施工条件、使用材料等を勘案して適切な施工法を選定します。施工方法は一般に、以下の3種類の工法が適用されます。
  - (a) 左官工法
  - (b) 吹付け工法（湿式・乾式）
  - (c) 充填工法
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

## 設計時の留意点

- 鉄筋の腐食が認められる場合は、鉄筋の防錆処理工法を併用して施工する必要があります。
- 各断面修復工法に使用される材料は修復部材、環境条件、施工方法などにより様々な要求性能があるため、これらの材料特性、施工方法の特徴を理解して工法を選定することが重要です。
- 断面修復の範囲は、損傷原因、環境条件、施工方法、使用材料を考慮して適切に検討する必要があります。（例：塩害損傷に対する断面修復で補修範囲が適切でないと、鋼材にマクロセルが生じ、鉄筋の発錆が促進される場合があります）
- 部材の耐荷力が不足している場合は、併せて補強工法として炭素繊維接着工法、鋼板接着工法、外ケーブル工法等の併用を検討する必要があります。

1) 各施工方法の概要

《各施工方法の概要》<sup>13</sup>

工法名	(a) 左官工法	(b) 吹付け工法(乾式・湿式)	(c) 充填工法
概要図			
概要	型枠を設置せず、コテを用いて人力にて断面修復材を塗付ける	型枠を設置せず、圧縮空気や遠心力により断面修復材を吹付ける	型枠を設置し、流動性を有する断面修復材を流し込む
適用断面	比較的小規模	中規模～大規模	比較的大規模
施工規模	0.5～1.0 m <sup>3</sup> /箇所 複雑な断面形状でも施工可能	～10 m <sup>3</sup> /箇所 中～大規模の施工に適している	数 10 m <sup>3</sup> /箇所 大規模断面の補修に適している。型枠の設置が必要
締固め方法	人力	圧縮空気による吹付け	振動機が標準。高流動材料による自己充填方式も可能
仮設備	特に必要としない	ミキサ・コンプレッサ・吹付け機の設置ヤードを要する	ミキサーおよびポンプの設置ヤードが必要
使用材料	・ポリマーセメントモルタル ・樹脂モルタル	・ポリマーセメントモルタル ・特殊セメントモルタル	・無収縮モルタル
経済性	○	×	△

➤ (b) 吹付け工法について、乾式吹付け工法と湿式吹付け工法があります。

《吹付け工法の特徴》<sup>14</sup>

工法名	乾式吹付け工法	湿式吹付け工法
概要図		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粉体だけを送り乾式ノズル内で水と混練するため、職人の技能によって施工性及び材料品質が左右される</li> <li>・湿式工法に比べ、圧送距離(最大 200m 程度)及び厚付け性能(最大 200mm 程度)が優れている</li> <li>・施工場所から吹付けプラントまでの距離がある場合には有効な工法である</li> <li>・施工終了後の水洗浄は、先端の乾式ノズルのみでよく、多くの水を必要としない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混練した材料を圧送するため、材料の品質が安定している</li> <li>・左官仕上げ性能が優れている</li> <li>・乾式工法に比べ、圧送距離(最大 50m 程度)及び厚付け性能(最大 30mm 程度)が劣る</li> <li>・施工終了時に機械の水洗浄が必要であり、排水処理を考える必要がある</li> </ul>

<sup>13, 14</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成 29 年 8 月 近畿建設協会 (一部修正)

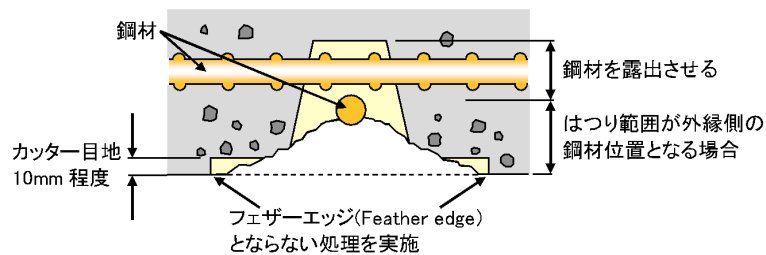
2) 各種断面修復材料の特徴

《断面修復材料の特徴》<sup>15</sup>

工法名	ポリマーセメントモルタル	特殊セメントモルタル	軽量エポキシ樹脂モルタル
原材料等	砂と数種の特種混和材、ガラス繊維及びポリマーを添加したプレミックスモルタル	砂と数種の特種混和材、繊維を添加したプレミックスモルタル	エポキシ樹脂と特殊軽量骨材を配合した、軽量で高強度の特種エポキシ樹脂モルタル
特徴	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐久性に優れる</li> <li>・耐凍害、滞水、吸水、耐中性化等の機能を有する</li> <li>・厚付け可能タイプを有する</li> <li>・吹付け、左官工法どちらにも使用可能</li> </ul>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・透水性が高い</li> <li>・強度の発現が速い</li> <li>・低価格である</li> <li>・硬化養生が短いため塗り重ねが可能</li> <li>・耐凍害、耐塩害、化学抵抗性等の耐久性に優れている</li> <li>・吹付けが可能</li> <li>・ポリマーを混入することにより、ポリマーセメントモルタルとして使用可能</li> </ul>	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・強度の発現が速く、硬化養生時間を短縮できる(速硬化型)</li> <li>・硬化養生が短いため塗り重ねが可能(速硬化型)</li> <li>・凍結融解等、耐候性に優れ、長期耐久性がある</li> <li>・下地への接着性が良く、薄塗り作業においてもドライアウトを起こさない</li> </ul>
	<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・硬化養生時間が必要</li> <li>・薄塗りの場合、剥離が発生する可能性がある</li> </ul>	<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薄塗りの場合、剥離が発生する可能性がある</li> </ul>	<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エポキシ系樹脂を使用するため有機溶剤が必要</li> <li>・高価格である</li> </ul>
実績	最も多い	比較的少ないが近年増	多い

3) 防錆処理工

- ・鋼材が腐食している場合は、鋼材の裏側までコンクリートをはつり取り、鋼材のさびを除去して鋼材の防錆処理を行う必要があります。
- ・鋼材の断面欠損が著しい場合には、新たに鋼材（添え筋）の追加を検討します。なお、ひびわれが発生していない部分の鉄筋も腐食していることが多いのでこの部分も含めて補修することが重要です。
- ・塩害による損傷の場合は、マクロセル腐食を防ぐために残留する塩化物イオン量が 2.0kg/m<sup>3</sup> 程度以下)となるようにはつり範囲を設定します。PC 鋼材が露出するなどはつり範囲が大きく耐力に影響を及ぼす場合は、外ケーブル等による補強を検討する必要があります。ただし、はつりによる応力再分配、外ケーブルによるオーバーストレスなどにより補強による既設部材の応力改善が図れない場合は、電気防食工法や脱塩工法等の採用について検討する必要があります。



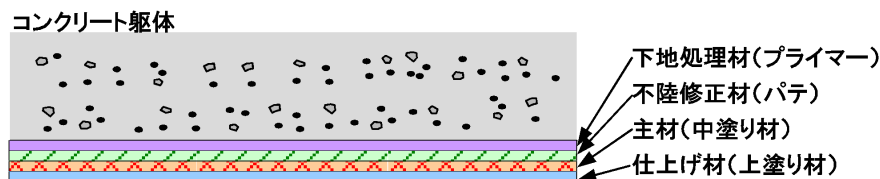
《断面修復工のはつり範囲》

<sup>15</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成 29 年 8 月 近畿建設協会（一部修正）

## ③ 表面被覆工

## 工法概要

- 表面処理工は、コンクリート部材の表面を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、防止する工法です
- 表面被覆材は、コンクリート表面に被膜を形成するもので、下地処理材(プライマー)、不陸調整材(パテ)、中塗り材、上塗り材等で構成されます
- コンクリートに劣化、損傷がある場合には、ひびわれ補修工や断面修復工を先行して行います。



## 施工性

- 表面被覆材の施工において、コンクリートの下地処理が最も重要となります
- 下地処理が不十分な場合は、表面被覆材のふくれ、剥がれ等が生じやすくなります。そのため損傷状況に応じて適切な前処理を行う必要があります
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

## 設計時の留意点

- 中性化など劣化が顕在化した後からでも、その補修効果が期待できる場合と、塩害や凍害のように劣化が顕在化した後では、その補修効果が十分に期待できない場合があります。
- 適用にあたっては、劣化の原因、範囲を特定するための十分な調査を行い、構造物の、現状を把握し、今後の劣化予測や維持管理の難易度等を考慮して適用を検討する必要があります。
- 橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工、伸縮装置からの雨水対策等も併せて検討する必要があります。
- 次頁より、有機系および無機系の表面処理材に期待される性能と適用効果との関係を示します。



(a) 有機系被覆工法

- 有機系被覆工法は、「塗装工法」と「シート工法」に大別されます。
- 一般には、作業性に優れる塗装工法が適用されます。
- 剥落防止を主目的とする場合、シート工法を選択します。
- 工程（プライマー工、パテ工、中塗り工、上塗り工）が長いです。
- 水蒸気透過性が無いことによりふくれが生じやすいです。

《有機系被覆工法に期待される性能と適用効果》<sup>16</sup>

	塗装工法				シート工法 <sup>※2</sup>						
	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
	標準系	厚膜形	柔軟系	柔軟 圧膜形							
樹脂およびシートの種類 <sup>※1</sup>	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、 アクロイル	エポキシ、 ポリウレ タン、フッ 素	エポキシ、 ポリウレ タン、アク リルゴム、 クロプロ レンゴム、 ポリブタ ジエン、ポ リウレア	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、 クロプロ 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 <sup>※3</sup> 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		1000 ~ 2000	1000	
期待される性能											
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	△	△	△	△	*	*	*	*	*	*	
ひびわれ追従性	△	△	○	○	*	*	*	*	*	*	
美観・景観に関 する性能	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
剥落抵抗性	—	—	—	—	○	○	○	○	*	○	

注) 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)、—は適用の対象外を示す

※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: 剥落防止を主目的とする。\*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。

※3: 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食技術指針・同マニュアル(平成14年12月)を参照した。

<sup>16</sup> 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) 平成17年4月 土木学会(一部修正)

## (b) 無機系被覆工法

- 有機系被覆材に比較して紫外線劣化に対する抵抗や耐久性や難燃性に優れます。反面、ひびわれ追従性に劣ります。
- 中塗り（主材）として使用する無機系被覆材は、ポリマーセメント系の実績が多い。
- 中塗りだけの被覆を施した「単層による塗布工法」、中塗りおよび上塗り材で構成される「複層による塗布工法」、中塗りの中にメッシュを入れた剥落防止効果を有する「メッシュ工法」の3種類が主に適用されます。

《無機系被覆工法に期待される性能と適用効果》<sup>17</sup>

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 <sup>※3</sup>
	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 <sup>※1</sup>	△	—	△	△	*
ひびわれ追従性	○	△	○	△	*
美観・景観に関する性能	△	△	○	○	*
剥落抵抗性 <sup>※2</sup>	—	—	—	—	○

注) 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

※1：アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性による判定

※2：剥落抵抗性は付着性を基本に判定した

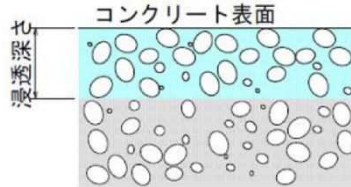
※3：メッシュ工法の「\*」については、単層および複層による塗布工法と併用して使用するために、その適用範囲は、使用する無機系被覆の各工法の適用範囲に準ずることを示す。

<sup>17</sup> 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）平成17年4月 土木学会（一部修正）

④ 表面含浸工

**工法概要**

- コンクリート表面に塗布した表面含浸材がコンクリート内部に含浸して劣化因子の侵入抑制または新たな性能（防水性、アルカリ性、表層部の固化等）を付与する効果をもたらす工法です
- 表面含浸材は、撥水タイプの「シラン系」と固化タイプの「けい酸塩系」に大別されます。



**施工性**

- 表面被覆工のような複数の材料の重ね塗りが不要で、表面含浸材を数回（1～3回）程度含浸させることで施工します
- 施工後の品質は技能者の熟練度に左右されにくく、比較的簡単に施工でき、施工管理も容易です
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もあります

**設計時の留意点**

- 表面含浸工は、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、コンクリート組織が相当に緻密である場合および、コンクリート表層部の脆弱化が相当に進んでいる場合などは、性能を十分に発揮できない場合もあるため適用にあたっては十分な注意が必要です。
- シラン系では表層が緻密化されないため、水の圧力に対する抵抗性を求める場合や水の滞留が懸念される環境の場合は、けい酸塩系表面浸材の採用を検討します。
- けい酸塩系は、施工で生じた微細なひびわれを充填する対策として有効であるが、ひびわれの追従性を有していないため、進展性のひびわれへの採用には留意が必要です。

《表面含浸材に期待される性能と適用効果》<sup>18</sup>

期待される性能	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	
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 <sup>※1</sup>	○	○	△	
美観・景観に関する性能	○	○	○	
剥落抵抗性 <sup>※2</sup>	—	△	△	

注) 表中の○は適用対象、△は適用する場合検討が必要（他の工法との併用など）、—は適用対象外を示す

※1：アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性による判定

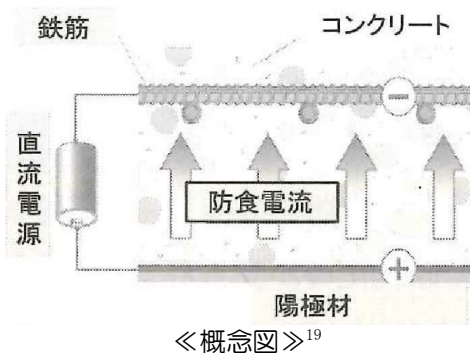
※2：剥落抵抗性は付着性を基本に判定した

<sup>18</sup> 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）平成17年4月 土木学会（一部修正）

## ⑤ 電気防食工

## 工法概要

- 電気防食工は、コンクリートに設置した陽極システムから鋼材へ電流を流すことにより鋼材の電位をマイナス方向へ変化させ、鋼材の腐食を電気化学的に抑制する工法です
- 大きく、外部電源方式と流電陽極方式の2つの方法に分けられます
  - ① 外部電源方式：コンクリート構造物内の鉄筋を陰極、コンクリート表面に設けたチタン金属を陽極に保ち、直流電流を流すことによって電気化学的にコンクリート内の鉄筋を不活性状態にして腐食の進行を止めます
  - ② 流電陽極方式：亜鉛防食板（犠牲陽極材）をコンクリート表面に固定し、鉄筋に配線することにより防食電流を供給します



## 施工性

- 費用が高く工事も大がかりとなるため、通常の防食では不十分な特殊な場合に採用されます
- 通行規制は原則不要です
- 電気防食工法の設計・計画には、専門的な要素が多く含まれるため、工法の採用にあたっては、初期段階より技能者の意見を聞くようにした方がよいでしょう

## 設計時の留意点

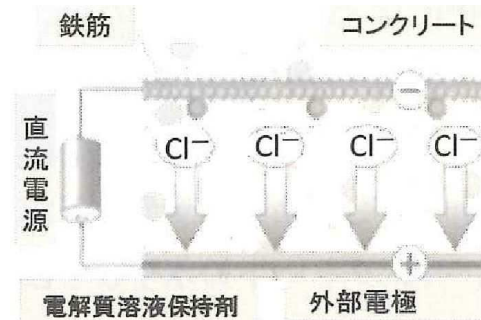
- 電気防食工では、システムが効果的に稼働しているかを確認するために、定期的な保守点検が必要です。（特に外部電源方式で注意が必要）
- 流電陽極方式は、電源のない場所でも適用できますが、犠牲陽極材が消耗しきると防食効果が無くなります。また非常に乾燥した環境では防食電流が発生しにくいです。

<sup>19</sup> 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016 平成 28 年 10 月 土木学会

## ⑥ 脱塩工

## 工法概要

- 外部電極を仮設し、コンクリート内の鉄筋との間に直流電流を流して、コンクリート内の塩分を取り出す工法です



《概念図》<sup>20</sup>

## 施工性

- 脱塩工法では、通常はコンクリート表面積 1 m<sup>2</sup> 当たり約 1 A の電流密度の電流を約 8 週間連続して流す必要があります
- 通行規制は原則不要です
- 電気化学的脱塩工法の設計・計画には、専門的な要素が多く含まれるため、工法の採用にあたっては、初期段階より技能者の意見を聞くようにした方がよいでしょう。

## 設計時の留意点

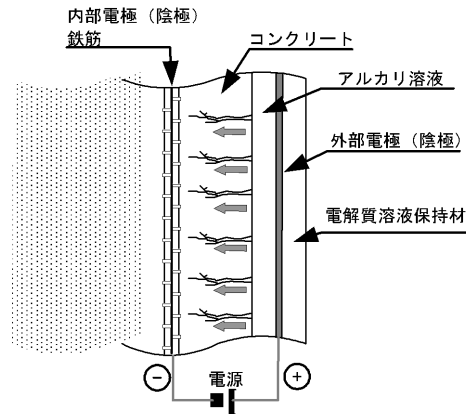
- 脱塩工を適用するのは、鉄筋位置の塩分濃度が発錆限界以上（1.2～2.0kg/m<sup>3</sup>）に到達している場合、または、放置した場合に濃度増加予想される場合です。
- 以下の環境下では適用できません。
  - 足場が設置できない箇所
  - 表面に絶縁表面保護工が実施されている場合
  - コンクリート面が湿潤な場合
  - ボルトなど導電物質が露出している場合

<sup>20</sup> 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016 平成 28 年 10 月 土木学会

## ⑦ 再アルカリ化工

## 工法概要

- 外部電極を仮設し、コンクリート内の鉄筋との間に直流電流を流して、仮設材中に保持したアルカリ性溶液をコンクリート中に強制浸透させて再アルカリ化します



## 施工性

- 再アルカリ工法では、通常は中性化の深さが30mm以下の場合には、コンクリート表面積1㎡当たり約1Aの電流密度の電流を1週間連続して流す必要があります
- 通行規制は原則不要です

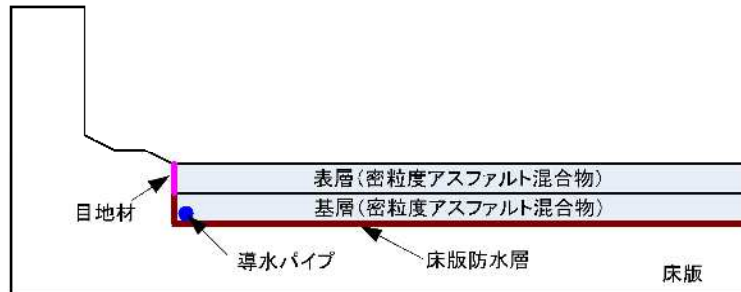
## 設計時の留意点

- 再アルカリ工を適用するのは、鉄筋位置まで中性化が進行している場合、または放置した場合に中性化が進行し鉄筋の腐食が懸念される場合です。
- 中性化の進んだコンクリートの劣化部分を取り除いて、断面修復する工法が適当でない場合には有力な工法です。
- 以下の環境下では適用できません。
  - 足場が設置できない箇所
  - 表面に絶縁表面保護工が実施されている場合
  - コンクリート面が湿潤な場合
  - ボルトなど導電流物質が露出している場合

⑧ 床版防水工

工法概要

- 橋面から浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように床版上面に防水シートを接着または防水材を塗布する工法

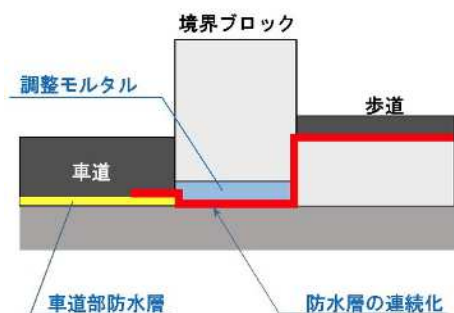


施工性

- 主として路面上の施工となるため、通行規制が必要となります
- 鋼床版や床版上面に連続繊維シート接着工法が施工された床版では別途検討が必要です

設計時の留意点

- 橋梁点検結果から、床版のひびわれから漏水の跡が確認された場合には、原則として床版防水工を施すものとします。
- ひびわれ、漏水などが確認されない場合でも、舗装の打換えと同時に、床版防水工を施すことが望ましいです。
- コンクリート桁やコンクリート床版を下面から補修・補強する場合に、路面から漏水があると、部材内に滞水することとなり更に劣化が進行しやすくなるため、防水層を必ず設置するものとします。
- 床版防水工は、「シート系」と「塗膜系」の2種類が多く用いられます。
- 床版防水工法の設計にあたっては、設計条件等を整理したうえで特段の理由がない場合において要求性能を満たす工法が複数ある場合には、経済性の比較を行い、最も経済的な工法を選定します。
- 地覆部に導水層、排水マスを設置し、防水層上の滞留水を適切に排出する必要があります。
- 縁石等との境界部では防水装置を立ち上げる必要があります。
- 半断面施工時のセンターライン周辺や、歩車道境界部などは防水が不連続になりやすく、漏水が生じやすい場所です。このため、防水層を確実にラップさせる等の配慮をしなければなりません。



※ガードレールのアンカー、定着鉄筋との干渉に注意

《歩車道境界部の防水構造例》

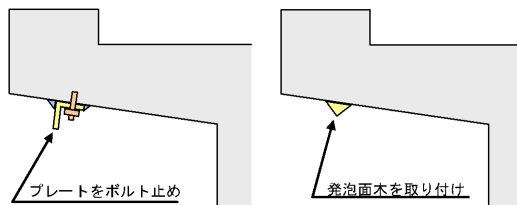
## ⑨ 漏水対策工

## 工法概要

- ・漏水が見られる場合は、水の遮断・抑制を図るため、伸縮装置の非排水化、床版防水、排水流末処理等の計画を行う必要があります
- ・漏水対策としては主に以下の方法に大別されます
  - (a) 伸縮装置の非排水機能の回復
  - (b) 張出し部水切り機能の回復
  - (c) 床版防水機能の回復
  - (d) 排水管の対策
  - (e) 流末処理の対策
  - (f) 定着部後打処理部の対策

## 設計時の留意点

- (a) 伸縮装置の非排水機能の回復
  - ・伸縮装置が非排水構造となっていない場合、または非排水化機能が損失している場合は、非排水化機能を回復するための対策工を実施する必要があります。
    - ☞ 詳細については、伸縮装置の項（P. 148）に記載しますので参照してください。
- (b) 張出部水切り機能の回復
  - ・張出し床版に水切りを設けていない橋梁は、地覆からの回り水により、張出し床版下面の損傷を引き起こすこととなります。従って、水が回り込まないように張出し床版下面に 20mm 程度以上の突起（発泡面木、プレート等）を設けることが望ましいです。
  - ・地覆部側面に簡易な水切りを設置することも考えられます。



《張出床板の後付水切り構造例》



《地覆部側面の後付け水切り事例》<sup>21</sup>

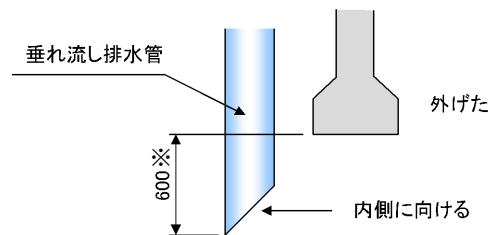
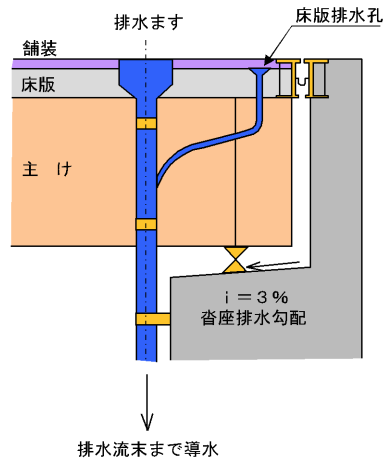
- (c) 床版防水機能の回復
  - ・外桁については、床版の防水工が機能していても、凍結防止剤の散布地域では地覆からの回り水による塩害が顕在化する恐れがあるので、水切り工の設置や外桁の表面処理工を検討する必要があります。
  - ・内桁についても、床版の防水工が機能していないと床版間詰め部からの漏水により、塩害が顕在化することが予想されるので床版防水工による水の遮断が必要です。
    - ☞ 詳細については、床版防水工（P. 134）に記載しますので参照してください。

<sup>21</sup> 道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック 平成 29 年 8 月 近畿建設協会（一部修正）



## (d) 排水管の対策

- 排水管に損傷があり沓座面・上部工部材に排水が垂れ流されている場合や排水管が短くて風の吹き上がりで排水が部材に飛沫している場合などは、排水管を補修し、適切な箇所への導水を考慮する必要があります。



※ 耐候性鋼材を使用した橋梁の場合、下フランジから突出長を十分確保した構造が望ましい(1m程度)

《排水管下端処理例》

## (e) 流末処理の対策

- 床版に設置した水抜き孔、伸縮装置の樋に設置したドレーンの流末が適切ではなく、橋座面、上部工部材に排水が垂れ流されている場合は、流末を排水管に接続する必要があります。
- 排水管に接続が困難な場合は、桁に水がかからない様に適度な長さを設定し、下フランジ等へ固定することが考えられます。

## (f) 定着部後打処理部の対策

- PC鋼材定着具を保護するための後埋めコンクリートが、乾燥収縮によるひびわれ、本体コンクリートとの一体性不十分などにより、この部分から水が浸入すると定着具の腐食、シースへの水の浸入の原因となります。このような場合は、後埋めコンクリートをはつり取り、密実なコンクリートを打設し直すとともに、水の浸入を防止する必要があります。

## ⑩ 床版打換え工

**工法概要**

・床版の劣化が橋梁全体に及んでいる場合に、床版全体を取り除き、道路橋示方書に準じた床版に取替える工法です

(a) 部分打換え工法：局部的にひび割れが進展し、すり磨き作用による角落ちが広がっている状態では、耐荷力の低下により部分的な抜け落ちが懸念されるため、局部打換え工法による補修を検討する必要があります

(b) 全面打換え工法：疲労劣化や材料劣化等による耐荷性能の低下により供用に支障が生じた、もしくは生じる恐れがある場合に抜本的な対策工法であり、劣化床版の撤去後に新設橋梁と同様場所打ち工法やプレキャスト床版を架設することにより新規に床版を構築します

**施工性**

- ・桁下の全面吊足場が必要
- ・橋面の全面または、片側交互通行規制が必要

**設計時の留意点**

## (a) 部分打換え工法

- ・原形復旧が基本であることから耐荷性能、耐久性能が最新基準の要求レベルに改善されません。
- ・経年的に劣化が進んだ既設部と局部打換え部は剛性が異なるため、境界部に応力集中が生じ、構造的な弱点となったり、舗装境界部から漏水が生じて劣化が進行することがあるため注意が必要です。

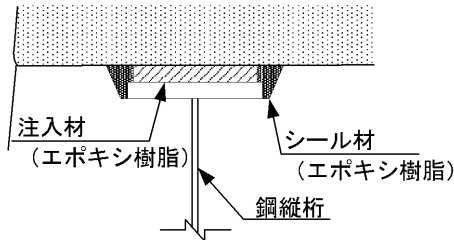
## (b) 全面打換え工法

- ・現況基準に準拠した床版構造となるため、耐荷性能、耐久性能が最新の要求レベルに改善されるが、主桁は竣工時のものを利用する機会が多いため、既設上部工、下部工を含めて検討が必要です。
- ・床版打換えの際は、主桁に対し、施工段階ごとの応力度、カンバーの照査が必要になります。
- ・打換え床版の床版厚は、現行基準に合わせるため、既設床版に比べて床版厚が厚くなる傾向にあります。この結果、主桁に作用する死荷重が大きくなります。
- ・合成桁橋で片側交互通行による床版撤去を行うと、打換え付近の主桁は、合成されるべき床版が無い状態で活荷重を載荷することとなるため、応力超過となり横倒れ座屈を起こす恐れがある等、非常に不安定な状態となります。
- ・床版打換え時には施工上、床版と主桁の合成がとれない場合が多く、主桁は非合成桁の状態になります。
- ・一般的には、一部の車線を交通開放して行われることが多く、一部の桁が非合成の状態では活荷重に抵抗する状況になるため、事前に照査が必要です。
- ・合成桁の床版打換え時には、主桁の下側に仮設材として外ケーブルを設置し、これに緊張力を導入し主桁に偏心軸力を与えることによって、打換え時の主桁の安定性を確保できる「外ケーブル工法」や、新旧床版の目地部に複数の軸力を伝達させる部材を配置する「軸力導入工法」などを用いて施工を行うことが重要です。

## ⑪ 縦桁増設工

## 工法概要

- 床版支持桁間に新たに1～2本の縦桁を増設し、床版支間を短くする工法です
- 主に既設橋梁の上部工が鋼I桁および鋼箱桁の場合に適用される工法です



## 施工性

- 狭隘な桁下での施工性に劣ることから、近年施工事例は少ないです
- 施工は床版下面で行われるため交通開放をしながらの施工が可能です

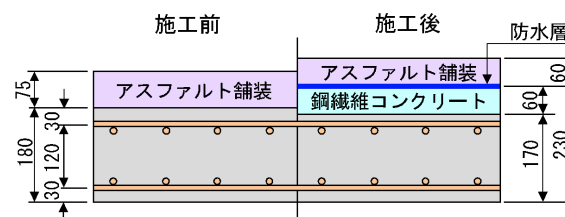
## 設計時の留意点

- 本工法は、損傷が軽微な床版に対して適用することが望ましいです。これは、損傷が進展し貫通ひび割れが形成されている床版に対しては、押し抜きせん断耐力を増加させる効果は少ないため、大きな補修効果は期待しにくいことに起因します。
- 増設桁が車輪走行位置の直下ないと、押し抜きせん断力に対して有効に機能しないため、留意しておく必要があります。
- 床版と増設する縦桁の間には一定の隙間を保って樹脂などを充填し、床版と縦桁間に隙間が生じないようにしなければなりません。
- 既設橋の場合、すでに耐震補強として落橋防止システムや、橋脚補強が行われている場合が多く、縦桁増設による死荷重増の影響を確認しなければなりません。
- 河川橋の主桁間には添架管が配置されていることが多いため、縦桁、横桁の配置が困難となる場合があるため注意が必要です。

## ⑫ 上面増厚工

## 工法概要

- 床版上面に必要な応じて鉄筋網を設置して鋼繊維補強コンクリートを打設し、既設床版と一体化させる工法です
- せん断および曲げに対する耐荷力の向上に有効です
- 専用の施工機械が必要です。床版上面からの施工となり、交通規制が必要です
- 伸縮装置の嵩上げが必要です
- 既設床版と一体化していることが前提であり、既設床版上面が局部的に劣化している場合などにはコンクリートのはつりや部分打換えを実施する必要があります



《上面増厚の構成断面の例》

## 施工性

- 供用下での施工においては、通過交通による振動で再劣化が生じる恐れがあるため適用にあたっては十分に留意しなければなりません。
- 供用下で実施する場合、交通規制が必要になります。交通規制の時間的制約、規制範囲を十分考慮した上で計画する必要があります。

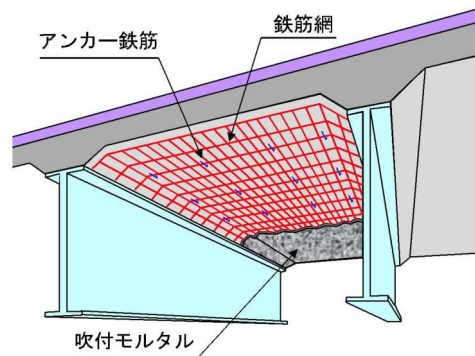
## 設計時の留意点

- 床版上面増厚量は、増厚後の厚さが現行の道路橋示方書に示された値以上になるようにします。ただし、施工性を考慮して増厚コンクリートの最小厚は5cm程度以上とします。
- 既設床版の床版上面の劣化部を確実に除去するため、1cm程度を切削します。
- 遊離石灰を有する二方向のひびわれ間隔が50cm以内の箇所は、打換えを実施した後に床版上面増厚工を実施します。
- 床版の切削において、床版上側の鉄筋を欠損しないように行う必要があり、鉄筋に欠損を生じさせてしまった場合は、補強筋を配置することなどにより耐荷力、耐久性について問題とならないように措置することとします。
- 上面増厚部材は、既設床版との付着が確実に取れるように留意する必要があります。(1.0N/mm<sup>2</sup>以上)
- 上面増厚工法は床版耐荷力補修の効果は高いが、混合繊維が鋼繊維の場合は補修時の路面切削により、鋼繊維の毛羽立ちにより、防水層損傷の恐れがあるため注意が必要です。

## ⑬ 下面増厚工

## 工法概要

- 床版下面に補強鉄筋を配置し、ポリマーセメントモルタル、鋼繊維補強超速硬モルタル等を用いて既設床版と一体化させる工法です
- 曲げに対する耐荷力の向上に有効です
- 床版上部から雨水の浸透があると、既設床版と補強部界面に浸透水が滞水し、疲労耐久性が低下するため、床版防水工が必要です



## 施工性

- 桁下の全面吊り足場が必要とされます
- 近年では吹付け施工が可能となり、施工性・経済性が改善されています
- モルタルが硬化するまで床版に振動や変形を与えないために、交通規制を行うなどの処置が必要になります

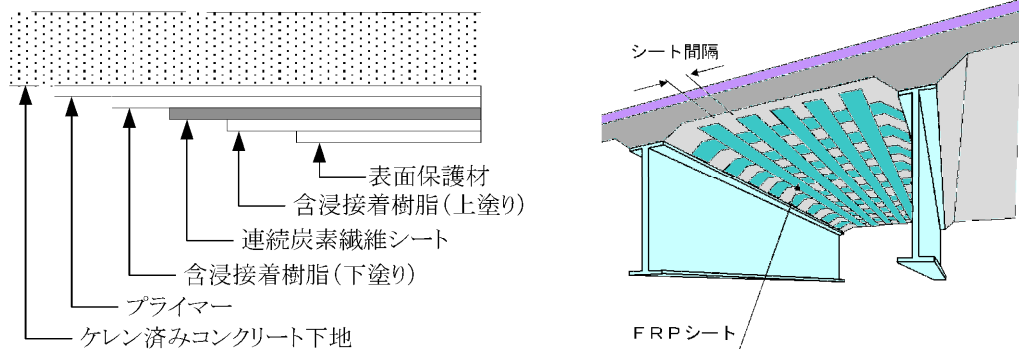
## 設計時の留意点

- 床版下面は長期に渡る供用により、表面が劣化して脆弱層があります。この脆弱層がモルタルと既設床版との付着に悪影響を及ぼすことから、ウォータージェット工法もしくはブラスト工法により床版下面の脆弱層を取り除き、研掃する必要があります。
- 補修材で床版の下面全体を覆う工法は、床版上面からの雨水の侵入により補修材の上面で滞水することが懸念され、それが原因で腐食や凍結融解による補修材の剥離が生じる可能性があることに十分留意しなければなりません。
- 下面増厚部の最大厚さは70mm（設計要領第二集橋梁保全編(NEXCO)）とし、過度に増厚を行った場合、材料重量増加の影響により、主桁の応力超過、補修材の剥落の恐れがあることから十分な検討が必要です。

## ⑭ 連続繊維接着工

## 工法概要

- 炭素繊維の連続シートを、一定の間隔をあけて格子状に貼り付ける工法です
- 橋面からの浸透水があっても格子の隙間から抜けるため、床版下面での滞水の可能性が少なく、床版に与える悪影響が少ないことが特徴です
- 格子部からコンクリートが露出しているため、施工後も目視により経過を観察できます
- 現場で含浸接着材を含浸・硬化させた FRP の連続繊維シートを接着する場合があります



## 施工性

- 桁下の全面吊り足場が必要とされます
- 低温時の施工における樹脂の温度管理が必要です
- 繊維シートは、軽量であり、現場成形が容易であるため作業性に優れています
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制等が必要な場合もあります
- 床版防水層の設置と併用します
- 高目付量の場合、樹脂の含浸性が悪くなるため、目付量に応じて塗布量を変動させます。

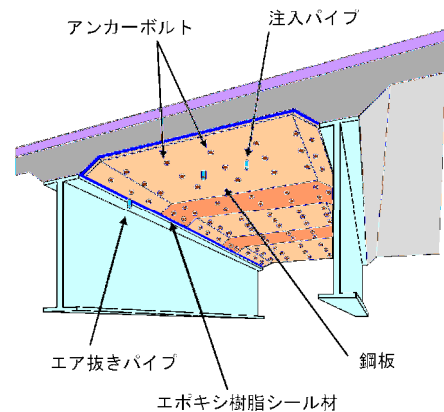
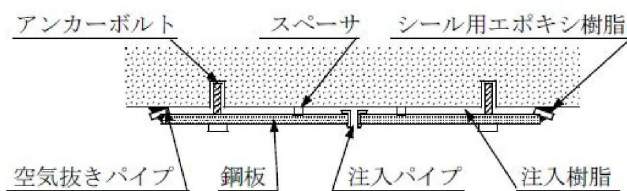
## 設計時の留意点

- 連続繊維シートは面外せん断剛性のない材料であるため、床版の損傷が格子状に進展して遊離石灰が見られるなど、せん断耐力が著しく低下した段階には適用できません。
- 炭素繊維接着補修が採用できる目安としては、二方向のひびわれが発生し角落ちが生じていない段階までです。ただし、ひび割れが一方の場合でも漏水、遊離石灰があり、0.2mm 以上の角落ちを伴うひび割れが主となる場合は適用にあたり十分な検討が必要です。
- 近年では、格子状に補修を行ったものでも補修後早期に劣化が生じた事例があるため、適用に際しては床版の損傷グレードに応じて適切に実施するとともに、必ず床版防水工を先行して行う必要があります。
- シート接着工の設計に当たっては、標準補強量を確保した前提のもと、経済性を十分に考慮した設計を行う必要があります。指針等において標準補強量等としている種類以外の使用は妨げられるものでないことから、目付量の多いシートを選択し、層数を少なくする検討等を行う必要があります。

## ⑮ 鋼板接着工

## 工法概要

- コンクリート部材に対して、引張応力や斜め引張応力作用面に鋼板を接着し、既設部材と一体化させることにより、必要な性能の向上を図る工法です
- アンカーボルトを用いて、鋼板をコンクリート面に取付け、エポキシ樹脂の充填によりコンクリート面に密着させます



## 施工性

- 桁下の全面吊り足場が必要とされます
- 低温時の施工における樹脂の温度管理が必要です
- 鋼板は重量が大きいため、軽量の炭素繊維接着工法よりも作業性は劣ります
- 通行規制は原則不要ですが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制等が必要な場合もあります

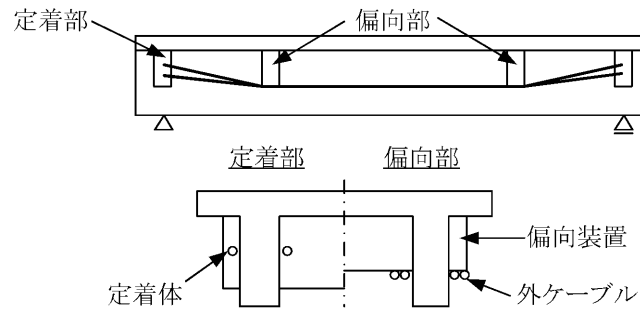
## 設計時の留意点

- 鋼板と既設部材が確実に一体化するように施工時に十分な注意が必要です。
- コンクリートとの接着面は表面処理が必要です。
- 既設コンクリートの変状が著しく進行している場合は、事前に適切な補修（断面修復など）が必要です。
- コンクリート面を鋼板で覆うため、ひびわれなどの変状の進行が確認しづらいことが課題です。
- 上面からの水が滞水することもあるため、水抜き孔を設ける、短冊状の鋼板を接着するなどの配慮を行う場合もある。
- 鋼板の接着はエポキシ樹脂の注入によるものとし、樹脂厚は 3mm 程度とします。
- 鋼板の最小厚は樹脂の注入圧による変形防止や施工性を考慮して 4.5mm 程度以上とします。
- 鋼板配置は、断面の急変による応力集中の影響を低減するため、ハンチ下端まで延ばして固定します。なお、その端部はシール材の施工を考慮し 20mm 程度あけておくことに留意します。
- アンカーボルトは M8×30 を標準とし、配置は 7 本/m<sup>2</sup> 程度以上、ピッチは 500mm 程度以下とします。

## ⑩ 外ケーブル工

## 工法概要

- コンクリート部材に仮設用のPCケーブル等の緊張材を配置してプレストレスを導入す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を向上させる目的で適用される工法です



## 施工性

- PC橋やRC橋の桁や主版、橋脚のはりなど、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ます
- 偏向装置の取付け部付近、定着部付近の既設コンクリート部材の補強が必要です
- 一般的に交通規制を必要としません

## 設計時の留意点

- 補強効果が力学的に明確で、補修後の維持管理が比較的容易です。
- 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ません。
- 部材剛性の向上は期待できません。
- プレテンション桁橋は、桁高が低く既設PC鋼材配置など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などから、適用する場合には十分な検討が必要です。



## 6.4 その他付属物

## 6.4.1 支承

## (1) 適用可能な補修工法

支承（鋼製、ゴム製）に対して、一般的に適用可能な補修工法を表 6. 4. 1 に示します。

表 6. 4. 1 支承の主な補修工法

適用可能な補修工法	補修方針	主な対応損傷	掲載頁
①部分補修工	・局所的な損傷の補修	・腐食 ・亀裂、破断	P. 146
②支承取替え工	・支承本体の交換	・ゆるみ・脱落 ・移動	P. 147
③沓座モルタル補修工	・損傷した沓座モルタルの部分あるいは全体補修	・沓座モルタルのひびわれ	P. 148
④支承の防錆工	・支承本体の防錆処理	・腐食、塗装劣化	P. 148

## 【解説】

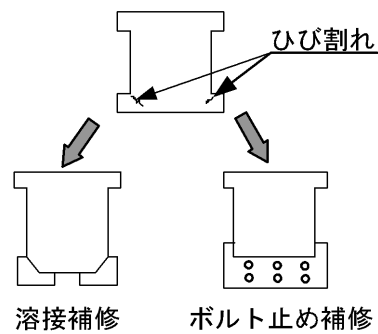
- ・損傷原因に適合しない補修工法を選定した場合、補修した部分が比較的短期間に再度損傷する事例が見られる事があります。従って、補修工法を選定に際しては、損傷原因を十分把握し、損傷に適合した工法を選定する事が重要です。
- ・下部工の側方移動、沈下や伸縮装置の漏水が支承の移動や腐食等の損傷の原因となる場合もあります。このような場合には、支承の補修と併せてこれらの部位・部材の補修・補強を行う必要があります。
- ・支承を交換する場合にはジャッキアップ作業が必要となるため、主桁・横桁の補強や橋台・橋脚の沓座の拡幅補強等、十分な検討が必要となります。

## (2) 支承における各対策工法の特徴及び留意点

## ① 部分補修工

**工法概要**

- 損傷が局所的で、損傷を受けた部品の補修、取り替えで済む場合には部分補修を行います。
- 部分補修工の代表的な事例を以下に示します。
  - (a) 1本ローラー支承でのローラーのみの取り替え
  - (b) 上沓、下沓の拡幅
  - (c) 支承板支承での上沓および支承板の取り替え
  - (d) アンカーボルトナットのゆるみの締直し
  - (e) 移動制限装置の亀裂、破断部の補修
  - (f) 変形または破断した上沓の取り替え、または、ソールプレートの補修

**施工性**

- 施工が容易で、作業スペースが確保できれば施工可能です
- 通行規制は原則不要ですが、工法によりジャッキアップが必要な場合は通行規制が必要となります

**設計時の留意点**

- 損傷を受けた箇所のみ補修、交換の場合にのみ適用します。

## ② 支承受替え工

**工法概要**

## (a) 同形式への取替え

- ・ 損傷原因が支承形式に起因せず、既設支承形式で構造的な不具合が生じない場合は、同形式の新しい支承に取り替えます

## (b) 他形式への取替え

- ・ 損傷原因が支承形式に起因し、既設支承形式では損傷の原因を除去できない場合は、他形式の支承に取り替えます

**施工性**

- ・ ジャッキアップが必要であるが、ジャッキアップ量は一般的に5mm程度で制約することで、通行止めせずに施工を行うことが可能です
- ・ 通行規制が必要な場合もあります

**設計時の留意点**

- ・ 支承全体の取替えを行うときは、主桁を仮受けする必要があります。
- ・ 支承の前面で仮受けする場合は、仮受けする位置の橋座縁端を拡幅する必要性が生じることがあるので確認を行います。
- ・ 既設アンカーボルトをできるだけ利用し、下部工の鉄筋を傷つけないようにはつり、新旧のアンカーボルトの接続を確実な方法で行う必要があります。

## (a) 同形式への取替え

- ・ 鋼製支承本体の圧縮や割れにより支持機能が果たせない場合、腐食が大きく重要箇所著しい断面欠損が生じている場合などの選定が一般に多いです。
- ・ 鋼橋の支承は、上沓と桁がボルトとナットで結合されており、既設の上沓の取り替えが容易です。
- ・ しかし、コンクリート橋の支承は、上沓のアンカーボルトが桁に埋込まれており、既設支承の撤去が容易ではありません。

## (b) 他形式への取替え

- ・ 他形式の支承に取り替えることにより既設計と支承条件が変わる場合には、損傷した支承のみの取り替えではなく、同一支承線上の支承全てを取り替える必要があります。
- ・ また、支承変更後の移動量と遊間量の確認を行う必要があります。
- ・ 可動・固定支承を反力分散支承（ゴム支承）に変更した場合には、各下部工が負担する反力の分担が異なるため、下部工の安定・断面照査を実施する必要があります。

## ③ 沓座モルタル補修工

**工法概要**

- ・桁仮受け、ジャッキアップを行い、破損した沓座モルタルをはつり、無収縮モルタルを打設します。
- ・モルタルの破損した箇所のアンカーボルトが発錆している場合には、アンカーボルトの補修も併せて行います。

**施工性**

- ・施工が容易で、作業スペースが確保できれば施工可能です
- ・通行規制は原則不要ですが、全面補修の場合はジャッキアップが必要となり、通行規制が必要となります

**設計時の留意点**

- ・モルタル内部に高さ調整用の鋼材がある場合には、その腐食がモルタルの破損の原因となるため、鋼材を取り除いてモルタルを打設するのが望ましいです。

## ④ 支承の防錆工

**工法概要**

## (a) 亜鉛溶射

- ・ブラストにてケレンを行うため、支承高が低く、人力によるケレンが不可能でもブラストによる完全なケレンが可能です。
- ・亜鉛および亜鉛アルミニウム合金の溶射皮膜に浸透性エポキシ樹脂でコーティング塗装を行うので、防錆効果は普通塗装より優れますがコストは高くなります
- ・経年または伸縮装置からの漏水の浸入および塵埃の堆積による腐食に有効です

## (b) 補修塗装

- ・錆が発生した箇所をケレンした後、補修塗装を支承の外面に施し支承の腐食を防止します
- ・ケレンおよび塗装作業が可能なスペースが確保できることが条件となります

**施工性**

- ・施工が比較的容易で、作業スペースが確保できれば施工可能です
- ・通行規制は原則不要です。

**設計時の留意点**

- ・腐食により支承の可動機能が損なわれている場合には、潤滑剤の注入を併せて行うのが望ましいです。

## 6.4.2 伸縮装置

## (1) 適用可能な補修工法

伸縮装置（鋼製、ゴム製）に対して、一般的に適用される補修工法を表 6.4.2 に示します。

表 6.4.2 支承の主な補修工法

適用可能な補修工法	補修方針	主な対応損傷	掲載頁
①伸縮装置の非排水化	・伸縮装置の非排水化	・桁端部からの漏水	P. 150
②伸縮装置の取替え	・伸縮装置の交換	・遊間の異常 ・路面の凹凸	P. 151

## 【解説】

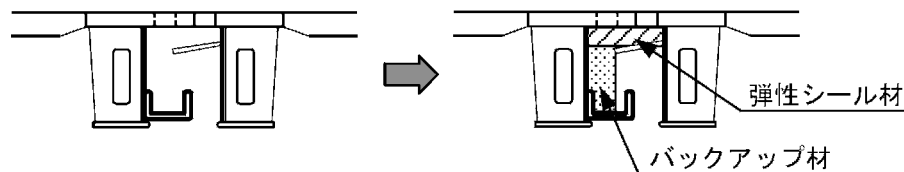
- ・伸縮装置本体が損傷し、交通安全性に問題のある状況である場合は速やかに応急復旧を行い、本体の交換を実施する必要があります。
- ・伸縮装置の非排水化機能が無いまたは損傷している場合は、伸縮装置の種類や遊間に応じて、非排水化対策を実施するか伸縮装置取替えを実施するかなどを検討する必要があります。対策工法の選定に当たっては、維持管理（点検・清掃等）がし易い工法とすることが望ましいです。
- ・伸縮装置は橋梁部位の中でも、過酷な条件下のもとで機能しており、ゴム製ジョイントは交換を前提に設計されているものもあります。従って、寿命により損傷に至ったものは基本的に同形式の部品に交換しますが、不具合があって損傷に至ったものについては、その原因を十分調査して、補修後損傷が再発しないように補修工法を検討する必要があります。
- ・下部工の側方移動、沈下や支承の不具合、床版の損傷が伸縮装置の損傷の原因となる場合もあります。このような場合には、伸縮装置の補修と併せてこれらの部位・部材の補修・補強を行う必要があります。

## (2) 伸縮装置における各対策工法の特徴及び留意点

## ① 伸縮装置の非排水化

## 工法概要

- 伸縮装置が非排水構造となっていない場合、または非排水化機能が損失している場合は、非排水化機能を回復するための対策工を実施する必要があります
- 特に中小規模の橋梁の場合に非排水構造となっていない伸縮装置が多く、この場合は雨水が下部構造へ垂れ流しとなってしまいます
- 非排水化の方法としては、遊間にバックアップ材、弾性シール材を充填して行う方法があります
- 非排水化の構造には、ステンレス樋タイプとウェブタイプの2通があります
- バックアップ材には、ポリウレタン系、ポリエチレン系などが使用されますが、最近は高弾性ウレタンフォームが多く用いられており、弾性シール材の上部に発泡ゴムを設けて、シール材の飛び出しを防止する構造がとられています



## 施工性

- 基本的に通行規制が必要となります
- 規制条件に基づき、施工計画を検討する必要があります

## 設計時の留意点

- 伸縮装置の非排水化施工が可能な条件を以下に示します。

## &lt;橋面からの施工の場合&gt;

- 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、シール材を充填して非排水化を図る
- 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
- 橋面から補修材料を挿入するため、フィンガージョイントの遊間が 40×40mm 程度確保可能

## &lt;桁下からの施工&gt;

- 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って非排水化を行う
- 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の間）が確保可能（一般的には50cm以上の空間が確保できれば、施工可能と言われている。）
- 排水用の樋が設置されている場合は、撤去する必要あり

## ② 伸縮装置の取替え

**工法概要**

- ・ 既設伸縮装置を撤去し、新たに伸縮装置を設置します
- ・ 現況の遊間および対象目地の伸縮量やたわみ量、交通量を考慮した上で形式を選定します

**施工性**

- ・ 基本的に通行規制が必要となります
- ・ 鋼製伸縮装置の取替えは、既設伸縮装置のガス切断および床版のはつり作業が生じるなど、多大な労力が必要となります

**設計時の留意点**

- ・ 補修前の形式で不具合がなく、寿命等により取り替えが必要な場合には、同形式の伸縮装置に取り替えることが多いです。その際は、事前に必ず遊間量・伸縮量のチェックを行い、補修前の伸縮装置が求められた遊間量・伸縮量の適正範囲内であれば、同形式の伸縮装置に取り替えても問題はありません。
- ・ 補修前の形式で不具合のある場合には、他形式の伸縮装置に取り替えます。同形式への取替え時と同様に、事前に必ず遊間量・伸縮量のチェックを行い、適正範囲に合致した他形式の伸縮装置に取り替えます。
- ・ 取替えの際は、後打ち部の打換えを併せて実施します。
- ・ 伸縮量に対して遊間が大きすぎる場合には、床版端部の補修も検討する必要があります。また、伸縮量が小さい場合には埋設型への変更についても検討する必要があります。

## 6.4.3 高欄

高欄を含むその他鋼部材（高欄、遮音施設、照明、標識、点検施設、添架物等）の損傷については、前出の鋼部材（P. 4）を参照としますが、一般に適用可能な補修工法の概要を表 6. 4. 3 に示します。

また、コンクリート部材（壁高欄、地覆等）については、前出のコンクリート部材（P. 116～121）を参照してください。

表 6. 4. 3 高欄に適用可能な補修工法

適用可能な補修工法	補修方針	主な対応損傷
①部分補修工	・ 部品の補修・塗替え	・ 腐食、防食機能の劣化 ・ 破断
②部材取替え工	・ 取替え	・ ゆるみ・脱落 ・ 変形
① 部分補修工		
<p><b>工法概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高欄、遮音施設、照明、標識、点検施設、添架物等の鋼製部材については、鋼部材の補修工法を参照とし、代表的な部分補修事例を以下に示します</li> <li>(a) 塗装塗替え</li> <li>(b) 破断箇所の溶接補修工</li> <li>(c) ボルト等の交換</li> <li>(d) その他部材の交換</li> </ul> <p><b>施工性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日常の維持管理において、部品の補修・取替え程度で対応可能な場合が多いです</li> <li>通行規制が必要な場合もあります</li> </ul> <p><b>設計時の留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>部品の補修・取り替えおよび部分的な補修で可能な場合にのみ適用されます。</li> </ul>		
② 部材取替え工		
<p><b>工法概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>部分補修工で補修できない場合には、全体を新しいものと取り替えます</li> <li>補修前の形式で不具合がなく寿命により取り替えが必要な場合には、同形式に取り替えます</li> </ul> <p><b>施工性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全体取替えの場合は、通行規制が伴うため、規制条件に基づき、施工計画を検討する必要があります</li> </ul> <p><b>設計時の留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高欄は、既存不適格となっている場合は多いため、取替えの際は現行基準に適合させます。</li> <li>材質の選定はLCCを考慮して選定します。</li> <li>全体取替えを実施する場合には、事前に必ず付帯工の有無を確認し、通行規制を伴う場合は、なるべく他の工事とまとめて行うことが望ましいです。</li> </ul>		



## 6.4.4 舗装

舗装の損傷に対して、一般的に適用される補修工法を表 6.4.4 に示します。

表 6.4.4 舗装に適用可能な補修工法

適用可能な補修工法	補修方針	主な対応損傷
①表層補修工 ・シールコート ・パッチング	・応急処置として、部分的な補修	・路面の凹凸 ・舗装の異常
②舗装打換え工	・損傷箇所を含め、全面打換え	
① 表層補修工		
<p><b>工法概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・表面処理の補修工法として一般的な工法は、シール材注入工法とパッチングがあります</li> </ul> <p><b>施工性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日常の維持管理において、部分補修程度で対応可能な場合が多いです</li> <li>・通行規制が必要です</li> </ul> <p><b>設計時の留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・局所的な損傷に対する補修工法であり、部分的な補修で可能な場合にのみ適用されます。 ☞ 前出の「第3章 日常管理 (P. 26)」に記載しますので参照してください。</li> </ul>		
② 舗装打換え工		
<p><b>工法概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装の全面打換えを行います</li> <li>・橋面に防水工が施工されていない場合は、同時に施工を行う必要があります</li> </ul> <p><b>施工性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装打換えの場合は、片側交互通行による規制が伴うため、施工計画を検討する必要があります</li> <li>・通行規制が必要です</li> </ul> <p><b>設計時の留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁部のみの舗装打換えではなく、橋梁部を含む道路区間として、施工を行うことが効率的とります。</li> </ul>		

## 6.5 新技術・新工法の紹介

新技術・新工法の採用にあたっては、現状の劣化状況を十分に把握し、従来技術との補修効果、経済性、施工性等を比較検討して採用することが必要です。

以下に平成30年12月時点における新技術・新工法について工種別に整理します。なお、内容についてはNETISにて「事後評価：有」の工法について整理したものです。事後評価された技術は現場で活用及び活用効果調査が実施されたものであるため、活用に際してはこれらの評価情報の有無と評価内容を指標としてください。

NETIS 新技術情報提供システム：<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Explanation/MainExplanation.asp>

表 6.5 新技術・新工法一覧

種目	新技術・新工法	比較対象となる従来技術	掲載頁
塗装塗替え工	循環式エコクリーンブラスト工法	エアブラスト工法	P. 155
	NK さび安定化防錆工法	素地調整（1種ケレン）	P. 156
	ブラスト面（素地調整1種）を形成できるハンディ動力工具『プリストルブラスター』	ブラスト処理法	P. 157
	エボガードシステム	再塗装（フッ素樹脂）	P. 158
形状改良工 （溶接継手部）	鋼構造物溶接止端部の疲労強度向上工法	グラインダー工法	P. 159
ひびわれ補修工	CS-21 ひび割れ補修セット	表面被覆工	P. 160
	リハビリシリンダー工法	ひび割れ注入工	P. 161
	ショーボンドCAP工法	注入器具によるひび割れ注入工	P. 162
断面修復工	なおしタル工法	ポリマーセメントモルタル用いた吹付け工法	P. 163
表面被覆工	かため太郎	ポリマーセメントはけ塗り	P. 164
	ハイブリッド形表面被覆材アロンブルコートZ-X、Z-Y工法	エポキシ樹脂	P. 165
	ダイナミックレジン タフレジンME-A工法	連続繊維シート	P. 166
表面含浸工	珪酸塩系含浸コンクリート保護材	ウレタン樹脂	P. 167
	ニュースパンガード	シラン系表面含浸材（3回塗り）	P. 168
	クリアクロス工法	剥落防止（はつり+モルタル復旧）	P. 169
	シリケートガード	けい酸塩系表面含浸材（1液性）	P. 170
	無機質けい酸塩系含浸材「ポルトガードプレクサス」	散水養生を必要とするけい酸塩系含浸材	P. 171
脱塩工	N-SSI工法	亜硝酸リチウム等の導入	P. 172
下面増厚工	スーパーホゼン式工法	鋼板接着工法	P. 173
接着工	フォルカストランドシート工法	炭素繊維接着工、鋼板接着工	P. 174
	ボンドユニエポシリーズ	常温硬化型エポキシ樹脂（2液型）	P. 175
コンクリート表面処理	ウォータージェット表面処理同時吸引工法	ウォータージェット工法	P. 176
支承	支承の若返り工法	塗装塗替え（重防食塗装）	P. 177
	超小型ゴム支承装置(UCB)	支承取替え（積層ゴム支承）	P. 178
	支承補修用ジャッキ	ジャッキアップを必要とする支承取替工	P. 179
簡易排水装置の設置	トータク簡易排水装置	伸縮装置非排水化工	P. 180

技術名称：循環式エコクリーンブラスト工法

NETIS 登録番号：CB-100047-VE

比較対象となる従来工法：エアブラスト工法

#### 工法概要

- 構造物の下地処理を行うブラスト処理工法です。
- ドライ施工が可能になり、工場塗装でしか使用できなかった金属系研削材を現場塗装で採用することができ、循環式ブラストシステムを実現しました。
- 研削材を効率よく回収分離して再利用することにより、産業廃棄物の発生を大幅に削減できます。
- 旧塗装に PCB、鉛、クロムや重金属が含まれている場合には、研削材と分離し、塗装剥離物のみを処分できます。



《循環式エコクリーンブラスト装置》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- 研削材と剥離物を集積分離して、研削材を再利用する循環再利用システムとしたこと。
- 研削材に硬質なスチールグリットを採用したこと。
- コンクリート構造物への使用は、非金属系研削材を使用します。

##### 期待される効果

- 研削材が再利用ができ、産業廃棄物の発生を大幅に削減できます。
- 硬度に優れ破碎しにくいいため、粉塵の発生が少なく、作業環境の改善が図れます。
- 研削材再利用の結果、廃棄物回収作業が省力化され、また、研削材の硬度が高まった事による研削時間の短縮もあり、全体として施工時間が縮減できます。

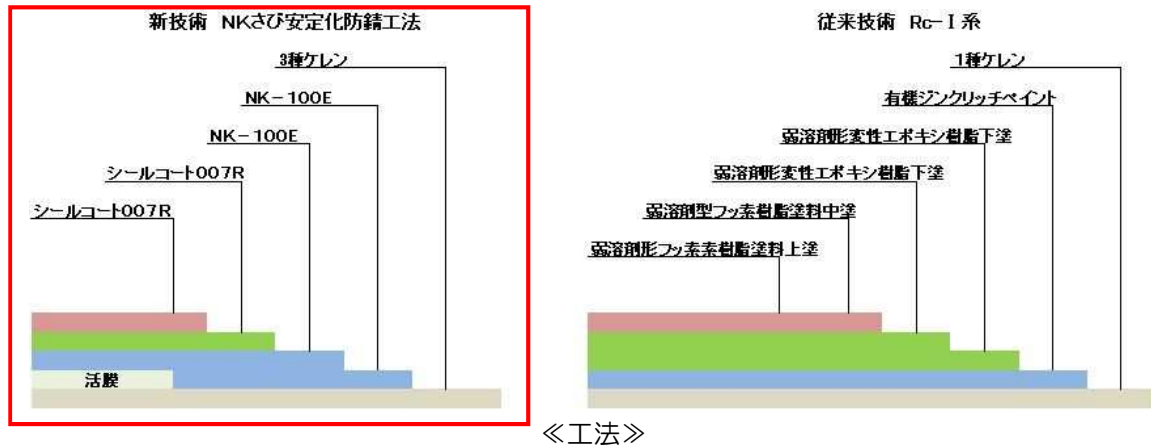
技術名称：NK さび安定化防錆工法

NETIS 登録番号：SK-100009-VR

比較対象となる従来工法：素地調整（1種ケレン）

**工法概要**

- 橋梁等鋼構造物を腐食から保護する目的で開発された防錆システムです。
- 適用可能な工事は、橋梁等鋼構造物全般です。特にプラストの打てない狭隘部に対して有効です。



<新規性及び期待される効果>

**新規性**

- 3種ケレンでよく、素地調整費の低減が可能になります。
- さび安定化防錆剤 NK-100E で安定化させます。一般的に有機ジンクリッチペイントは亜鉛等を含有していますがNK-100E は有害な重金属類を一切使用していないため安全です。
- 電気絶縁性と耐候性に優れた無機系塗料を使用することで耐久性を確保します。
- 4層塗であり、塗装回数を削減できます。
- 一部、1日二回塗が可能で所要日数を低減できます。
- 上塗塗料の選択により目的に応じた塗装系とすることができます。

**期待される効果**

- 下塗り塗料 NK-100E は錆をマグネタイト化して安定させ、上塗塗料であるシールコート 007R は高い耐候性と電気絶縁性によって従来技術同等以上の耐久性をもちます。
- 1種ケレン(プラスト処理)が不要になるため、粉塵や騒音を低減でき、環境改善を行うことができ、施工者はもちろん、近隣への環境配慮ができます。また、プラストにともなう産業廃棄物は発生せず、廃棄物量を削減できます。

技術名称：ブラスト面(素地調整 1 種)を形成できるハンディ動力工具『プリストルブラスター』

NETIS 登録番号：CG-110021-VE

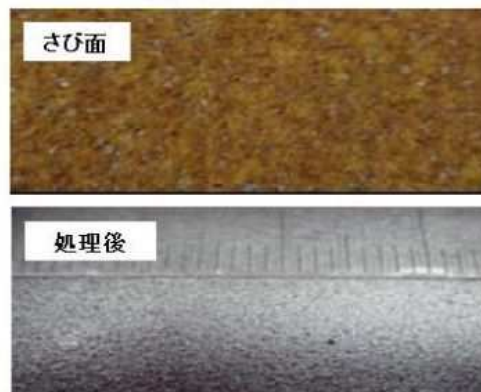
比較対象となる従来工法：ブラスト処理法

#### 工法概要

- 本技術は鋼構造物の塗替前の素地調整において、素地調整程度 1 種の処理ができるハンディ動力工具です。



#### 処理面の外観



《プリストルブラスターの外観と処理面》

#### ＜新規性及び期待される効果＞

##### 新規性

- 回転する特殊金属ワイヤブラシがアクセルバーによって加速され、その衝撃力によって素地調整品種 1 種をハンディな動力工具によって可能にしたものです。

##### 期待される効果

- 研削材を使用しないため、重装備な養生や足場等の防護工が不要で、産廃物量も殆どなく、産廃物処理費用が大幅に削減できます。
- 研削材や除去物の粉塵飛散が殆どなく、騒音も少なく、作業環境や周辺環境が改善されます。
- 大型機材や装置および多量の研削材が不要であり、十分な作業スペースが確保できます。

技術名称：エポガードシステム

NETIS 登録番号：CB-080011-VR

比較対象となる従来工法：再塗装（フッ素樹脂）

#### 工法概要

- 鋼構造物全般に対する赤錆から黒錆転換への防食及び鋼構造物(母材)の延命技術です。



《エポガードシステム断面》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

##### ①安定錆の形成

- 赤錆を緻密で安定した黒錆に転換させることを特徴とします。

##### ②1種ケレン(ブラスト)が不要

- エポガードシステムは素地表面が安定錆(黒錆)化しているため1種ケレンからの工程が不要となります。

##### ③有害金属の未使用

- 鉛、クロム、亜鉛等の有害金属は使用していません。

##### ④塗装工程の簡略化

- 3層(標準)塗装とすることができます。

##### ⑤維持管理等

- 素地が安定錆に転換しているため、上塗り層が劣化して来た時には表層部の塗り替え作業で済みます。

##### 期待される効果

上記5つの特徴に対して、以下のメリットがあります。

- 安定錆となるため、長期防食性能を確保でき、安定錆は鋼材の有する構造強度を維持できます。
- 1種ケレン(ブラスト処理)が不要となるため、粉塵や騒音を極端に低減できます。また、エポガードシステムは重ね塗りの適合性に優れているため、上層を目荒しケレン(表面に傷を付け上層塗料との密着性を向上させる為)することで、上塗り塗料は白化(チョーキング)した部分の塗り替えとなり、工程の短縮やコスト削減ができます。
- 環境問題に配慮でき、施工作業者に配慮できます。
- エポガードシステムは、塗装工程が簡略化できることにより施工面の大幅なコスト削減ができます。

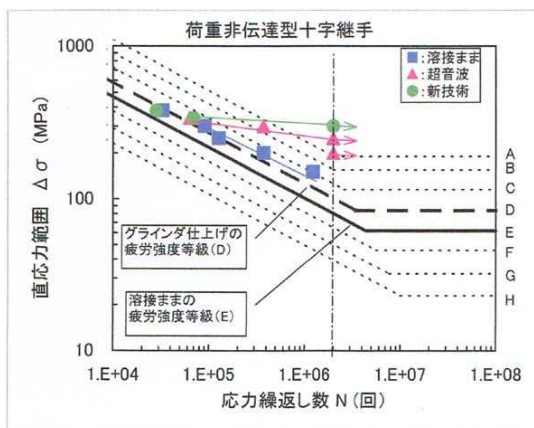
技術名称：鋼構造物溶接止端部の疲労強度向上工法（ニードルピーニング）

NETIS 登録番号：CB-120011-VE

比較対象となる従来工法：グラインダー工法

### 工法概要

- ニードルピーニング工法は溶接止端部を局部的に塑性変形させることによって、溶接止端部に残留している引張応力を圧縮応力に改質する技術です。ピーニングにより付与された圧縮応力により、溶接継手部の疲労寿命が向上します。
- 本技術を用いて溶接止端部をニードルピーニング処理することにより、止端部の曲率を増大させ、止端部における応力集中を低減させる効果も得られます。



《試験結果》



《装置外観》

### ＜新規性及び期待される効果＞

#### 新規性

- 溶接止端部の曲率の増大とともに、疲労強度を低下させる要因である溶接止端部の引張残留応力を圧縮残留応力に変えることが可能であり、これにより、疲労強度を向上させることができます。

#### 期待される効果

- 処理速度が向上することにより、施工工程が短縮できます（従来技術対比 84%削減）。
- 特別な養生を必要としないため、工場施工の鋼構造物だけでなく、現場施工の鋼構造物に対してピーニング施工が可能となります。
- 溶接止端部をピーニングすることにより、溶接部の品質が向上し、疲労寿命延長が期待できます。
- 粉塵の発生も少なく、かつ、投射材の飛散も無いため、作業者の労働環境の向上および第三者への環境影響の低減を図ることができます。
- 将来的な補修頻度や補修箇所の減少や耐用年数の向上が期待できます。

技術名称：CS-21 ひび割れ補修セット

NETIS 登録番号：CG-110003-VE

比較対象となる従来工法：表面被覆工

#### 工法概要

- 硬化したコンクリートに発生したひび割れに対して、CS-21 クリアー(コンクリート改質剤)を浸透させ、微細なひび割れ内部を緻密化し自閉効果を促進させ、CS パテ(乾燥硬化型パテ材)を擦込み充填させることで、躯体と一体化し劣化因子の侵入を防ぐ技術です。
- 補修後のコンクリート構造物は健全化し耐久性が向上され、また、色合わせも可能なので補修跡も目立たなく景観を損なわない技術です。新設・既設コンクリートを問わず補修可能です。



《CS-21 ひび割れ補修セット》

#### ＜新規性及び期待される効果＞

##### 新規性

- ひび割れ部を CS-21 クリアーの塗布を行い微細部まで浸透させ、さらに、CS パテの擦込みによる充填でひび割れ部のみを短時間で補修できます。
- 従来技術は有機系材料ですが、無機系材料による補修となります。
- CS パテが三色(グレイ・シルバー・シルバーホワイト)あり任意の色合わせが可能であるため、補修対象構造物の色に合わせることができます。
- 湿潤状態でも施工可能です。

##### 期待される効果

- 健全な部分の施工が不要となることと補修工程が少ないので施工時間が大幅に短縮できコストダウンができます。またコンクリート劣化因子の侵入を防ぎコンクリート構造物の耐久性を向上させます。
- 無機系材料なので有機系材料に比較して紫外線等の影響にも強く、また環境への負荷がほとんどありません。
- 現地のコンクリート色に合わせられ全体的より部分的な補修となり補修跡が目立たなく景観を維持できます。
- 水溶性であるので天候等に左右されず工期と施工性が向上できます。



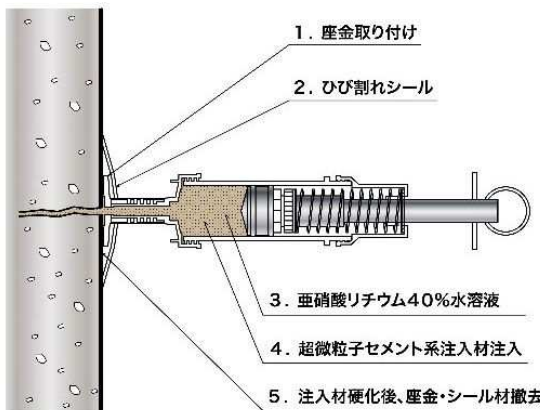
技術名称：リハビリシリンダー工法

NETIS 登録番号：CG-110017-VR

比較対象となる従来工法：ひび割れ注入工

### 工法概要

- 本技術はコンクリート構造物に発生したひび割れの補修を目的としたひび割れ注入工法であり、超微粒子セメント系注入材と亜硝酸リチウムを自動低圧注入器「リハビリシリンダー」を用いて注入する技術です。
- 超微粒子セメント系注入材は微細なひび割れまで充填されるため、以後の劣化因子の侵入を防ぎます。また、注入材として亜硝酸リチウムを併用することによって鉄筋防錆効果および ASR 膨張抑制効果を付与することができるため、塩害、中性化、ASR に起因するひび割れの補修工法として適しています。



《リハビリシリンダー工法 概念図》



《リハビリシリンダー工法 施工状況》

### <新規性及び期待される効果>

#### 新規性

- ひび割れ充填・閉塞に加え、亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食抑制効果および ASR 膨張抑制効果を付与しています。
- 分解清掃が容易に行えるため、再利用が可能です。

#### 期待される効果

##### ◇亜硝酸リチウムによる補修効果

- 腐食環境にある鉄筋周囲に亜硝酸イオンが浸透拡散することによる鉄筋防錆効果。
- コンクリート表層部にリチウムイオンが浸透拡散することによる ASR 膨張抑制効果。

##### ◇リハビリシリンダーのメリット

- 低圧で奥行きが深いひび割れ先端部まで確実に注入できるため、補修後のコンクリートの品質が向上します。
- 強弱二重のスプリング圧力は増減することができるため、ひび割れ幅に応じて適切な注入圧力を調整することができます。
- 分解することができるため、注入量や残量を正確かつ容易に計測することができます。また分解清掃が容易に行えるため、再利用が可能となり、経済性に優れます。

技術名称：ショーボンド CAP 工法

NETIS 登録番号：KT-120057-VR

比較対象となる従来工法：注入器具によるひび割れ注入工

#### 工法概要

- 注入材を表面に塗布することでひび割れ内部に浸透させ接着できるひび割れ補修工法です。



《ショーボンド CAP 工法》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- ひび割れ注入材について、従来の浸透性の低いものから浸透性の高いものとなります。

##### 期待される効果

- 浸透性の高いものに変えたことにより、注入作業はひび割れ表面への塗布となりシール材が不要となるため、材料費が低減され経済性の向上が図られます。
- 浸透性の高いものに変えたことにより、注入作業はひび割れ表面への塗布となりシール材の設置撤去工程が不要となるため、工程の短縮が図られます。
- 浸透性の高いものに変えたことにより、補修作業はローラーによる接着剤の塗布作業のみになるため、施工性の向上が図られます。
- 浸透性の高いものに変えたことにより、注入作業はひび割れ表面への塗布となりシール材が不要となるため、シール材撤去に伴う粉塵発生が無く、また、撤去後のシール材廃棄が無いため、周辺環境抑制が図られます。

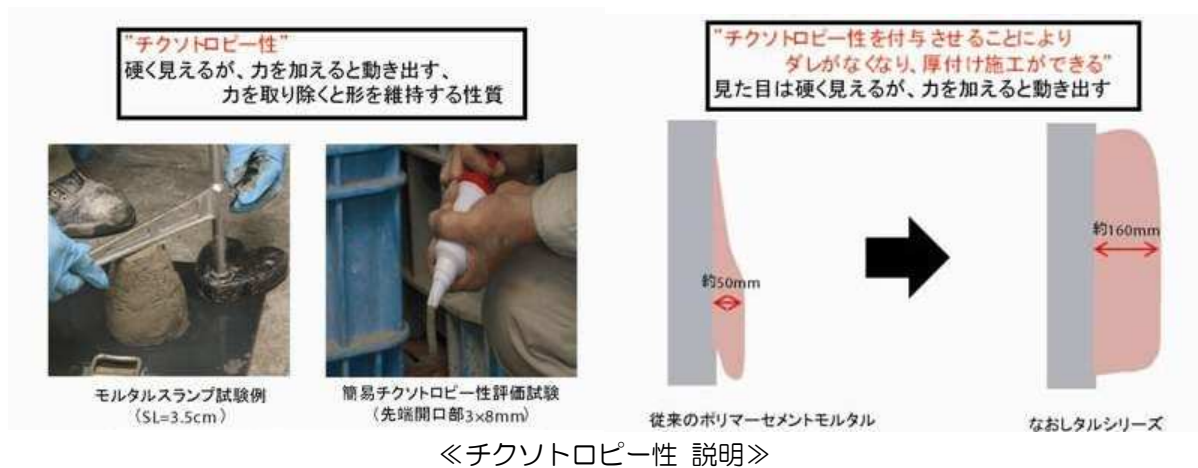
技術名称：なおしタル工法

NETIS 登録番号：KT-100051-VR

比較対象となる従来工法：ポリマーセメントモルタル用いた吹付け工法

### 工法概要

- 高チクソトロピータイプの特殊ポリマー系モルタルを用いた湿式吹付け工法です。



### ＜新規性及び期待される効果＞

#### 新規性

- 従来のポリマーセメントモルタルに含まれるポリマー(エマルジョン)をエマルジョン以外の特殊ポリマーに変えました。
- セメント、シリカフェーム、砂、その他材料の粉体粒度分布を調整することで高チクソトロピー性を付与させました。

#### 期待される効果

- 耐火性に優れ、剥離が少なくため、安全性の向上が図れます。
- コテ離れがよくなるため、施工性の向上を図れます。
- 強度特性、無収縮性能およびヤング係数が高くなるため、品質向上を図れます。
- 高チクソトロピー性を付与させたことにより、ダレがなくなり、1回で厚付け施工が可能となり、工程短縮が図れます。
- 高チクソトロピー性を付与させたことにより、最終施工厚までの吹付け回数が減るため、経済性が向上します。

技術名称：かため太郎

NETIS 登録番号：KT-120036-VE

比較対象となる従来工法：ポリマーセメントはけ塗り

#### 工法概要

- ・エポキシ樹脂スプレーによるコンクリート構造物の応急的補修材料です。



《かため太郎製品》



《新技術のワンプッシュスプレー施工》

#### ＜新規性及び期待される効果＞

##### 新規性

- ・補修材を、ポリマーセメントから 1 液型エポキシ樹脂に変えました。

##### 期待される効果

- ・補修方法をはけ塗りから、スプレー作業に変えることができるため、施工性が向上します。
- ・下地材に対する強化作用があるため、補修の品質が向上します。
- ・樹脂によるさび面の被覆効果が大きくなり、スプレー後の鉄筋の防錆が向上するので、補修の品質が向上します。
- ・スプレー作業により材料の練混ぜやはけ塗り作業が不要になるので、労務費や施工具経費が低減可能となるため、経済性が向上します。
- ・スプレー作業により施工時間が短くなり、工程が短縮します。
- ・スプレー作業により噴射ボタンを押すだけで手軽に行えるため、施工性が向上します。

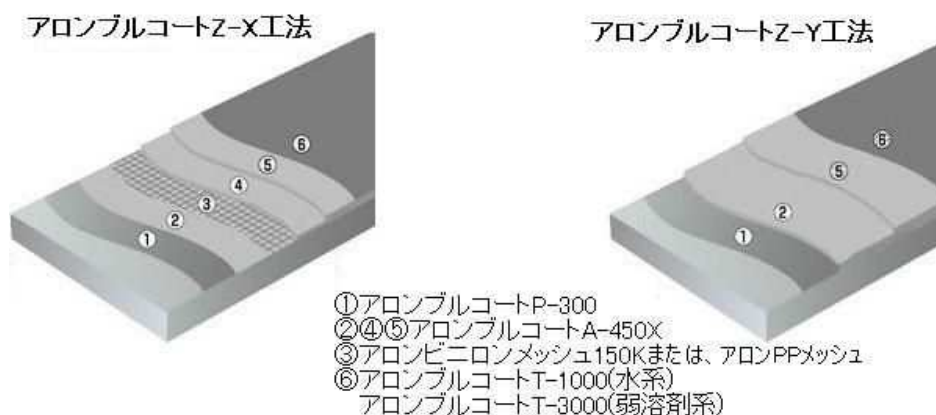
技術名称：ハイブリッド形表面被覆材アロンプルコート Z-X、Z-Y 工法

NETIS 登録番号：CB-120013-VR

比較対象となる従来工法：エポキシ樹脂

#### 工法概要

- アロンプルコート Z-X、Z-Y 工法は、コンクリート構造物の表面被覆することにより、コンクリートの劣化因子である塩分や二酸化炭素、水をコンクリート中に浸入を防ぎ、且つコンクリートのひび割れに追従する性能があるため、長期間に亘りコンクリートの劣化を防ぐ技術です。
- また、アロンプルコート Z-X 工法は、コンクリート劣化防止に加え、コンクリート塊が落下等により第三者に被害を及ぼさないように剥落防止の性能がある工法です。



《アロンプルコート Z-X,Z-Y 工法 仕様図》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- セメント系無機質硬化剤と有機系のアクリルゴムを組み合わせることにより、塗膜が硬化する時間が短くなり、次工程への時間の短縮と天候に影響されにくくなりました。
- 水系材料で構成されているので、揮発性有機化合物や発癌性物質など含まず、有機臭も出しません。

##### 期待される効果

- コンクリートの劣化因子である塩分や二酸化炭素、水の遮断性があるため、塩害、中性化、アルカリ骨材反応による劣化の進行抑制が期待できます。
- ひび割れ追従性が非常に優れているため、コンクリートの経年に伴うひび割れにも追従し、コンクリート構造物の耐久性向上も期待できます。
- 硬化して成膜する時間が短くなり、また天候(気温)にも左右され難くなったため、施工の確実性と工期短縮が可能となります。
- 塗装材料よりの臭気等が激減するため、周辺住民の施工時の社会環境を改善します。

技術名称：ダイナミックレジン タフレジン ME-A 工法

NETIS 登録番号：TH-100027-VR

比較対象となる従来工法：連続繊維シート

#### 工法概要

- 緻密で結合力の高く、硬化性の速いウレア結合と伸縮性に優れるウレタン結合を併せ持つことで、強く伸びる塗膜物性を有するウレアウレタン樹脂塗膜により、連続繊維シートを必要とせずに、橋梁等のコンクリート構造物に関してコンクリート片のはく落を防止する技術です。



《施工完了後》



《補強層(ウレアウレタン樹脂)施工写真》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- 連続繊維シートを必要としないウレアウレタン樹脂を用いることにより、シート貼り工程を削減でき、工期も短縮できます。
- 連続繊維シートを必要としないため、出隅および入隅など連続繊維シートの貼り付けが難しい部位での施工が容易になります。
- 速硬化性のウレアウレタン樹脂を使用しているため、補強層二工程を同日に施工可能です。

##### 期待される効果

- 連続繊維シートの必要性がなくなるため、交通規制期間の大幅短縮および工事の際の道路の渋滞緩和が期待できる。
- 構造物の出隅、入隅など連続繊維シートの貼り付けが難しい部位での施工が容易となり、作業効率の向上が期待できる。

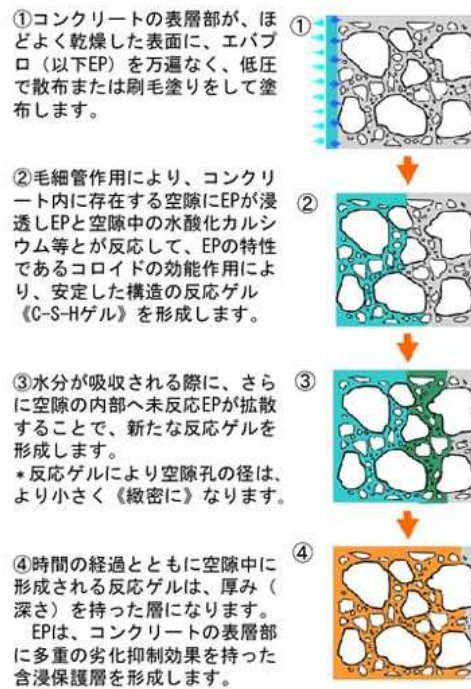
技術名称：珪酸塩系含浸コンクリート保護材

NETIS 登録番号：KT-080005-VR

比較対象となる従来工法：ウレタン樹脂

### 工法概要

- 本技術は、新設コンクリート及び既存コンクリートの表面に塗布し、含浸させることによりコンクリート中の有害孔を無害孔とし、劣化因子の進入を防ぎコンクリートの耐久性を向上させる技術です。



《作用メカニズム》

<新規性及び期待される効果>

### 新規性

- 有機材を無機材とし、浸透性を高めました
- 含浸してコンクリート中の有害孔を無害孔にする機能としました
- 粒子の比表面積を大きくし、劣化因子を吸着する機能を高めました

### 期待される効果

- コンクリート構造物の防水性及び耐久性を向上させます
- コンクリート中の有害孔を無害孔にし、劣化因子の進入を妨げ、コンクリートの中性化及び鋼材の腐食を防止します
- 養生中のコンクリート表面に散布浸透させ湿潤性を保持し、収縮クラックの発生を防止します
- 維持管理上のライフサイクルコストの低減に寄与します
- 施工性・耐候性に優れるためメンテナンス費用が低減できます
- コンクリート中の物質 Ca、C、Fe 及び Cl の酸化を抑制します
- 住民及び環境に対し、無公害性、安全性の高さを保証します

技術名称：ニュースパンガード

NETIS 登録番号：QS-100008-VR

比較対象となる従来工法：シラン系表面含浸材（3回塗り）

#### 工法概要

- ・橋梁上部工、下部工などのコンクリート構造物を対象として、半透明のシラン系表面含浸材を、ローラーバケ(ローラーバケで作業できない箇所は刷毛)で1回塗布するだけで、コンクリート表面に緻密なシリコンポリマー保護層を形成します。このシリコンポリマー保護層が、外部からの水分、塩化物イオンなどの浸透を抑制することによって、コンクリート構造物の劣化防止・予防保全を実現します。



《ニュースパンガードを塗布したコンクリートの断面》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- ・従来のシラン系表面含浸材(3回塗)と比較すると、1回塗布するだけで十分であり、施工性に優れています。
- ・形成されたシリコンポリマー保護層は、吸水防止性に優れるので、コンクリート内部の鋼材を保護します。
- ・形成されたシリコンポリマー保護層は、長期の耐久性を有します。
- ・半透明の材料であり、コンクリート構造物の外観を損ないません。

##### 期待される効果

- ・形成されたシリコンポリマー保護層によって、コンクリート構造物の劣化因子である、水分、二酸化炭素、塩化物イオンの浸透を大幅に抑制します。
- ・耐凍害性に優れています。
- ・半透明の材料を塗布するだけであり、コンクリート構造物の外観を損ないません。
- ・従来のシラン系表面含浸材と比較すると、短期間で施工でき、直接工事費を低減できます。
- ・1液性なので、作業が非常に簡単です。



技術名称：クリアクロス工法

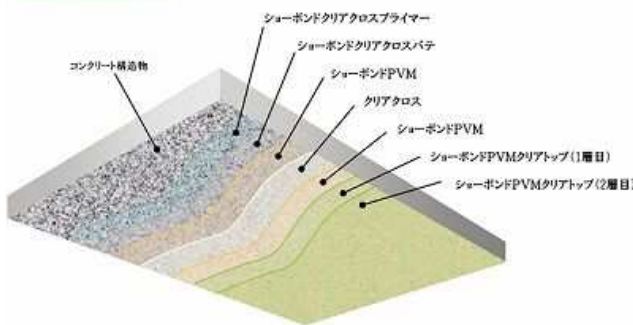
NETIS 登録番号：KT-110052-VR

比較対象となる従来工法：剥落防止（はつり+モルタル復旧）

**工法概要**

- ・含浸により透明になる特殊ビニロンクロスを用いたコンクリートは剥落防止工法です。

**クリアクロス工法**



《クリアクロス工法 概要》

**はく落防止効果**



押抜き試験状況

**下地視認性**



**耐候性**

文字入りプレートを配置した試験片にクリアクロス工法を適用し、促進耐候性試験を実施しました。



施工直後



促進耐候性試験  
3500時間

《クリアクロス工法の特長》

＜新規性及び期待される効果＞

**新規性**

- ・モルタルによる補修を、含浸により透明になる特殊ビニロンシート接着に変えました。

**期待される効果**

- ・はつり作業が不要となり、産業廃棄物が低減し騒音が発生しないため、経済性の向上、周辺環境への影響抑制となります。
- ・対策後も下地コンクリートの視認性が確保され、下地コンクリートの変状(はく落・ひび割れ)が目視にて確認できるため施工性が向上します。
- ・養生時間が短い材料を使用でき、上塗り材塗布は早期(2時間以上)に2層目の仕上げが可能のため工程の短縮が期待できます。

技術名称：シリケートガード

NETIS 登録番号：KT-130009-VR

比較対象となる従来工法：けい酸塩系表面含浸材（1液性）

#### 工法概要

- 施工時に反応促進剤を混合する2液性のけい酸塩系表面含浸材です。



《シリケートガード》

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- 表面含浸材を、施工時に薬液を混合しない1液性のタイプから、施工時に反応促進剤を混合する2液性のタイプに変えました。

##### 期待される効果

- 2液性のタイプに変えたことにより、反応性が向上し、1回の塗布回数で施工できるため、施工性が良くなり、工期の短縮、経済性の向上が図れます。
- 反応性が向上し、散水養生が不要となるため、施工性が良くなり、工期の短縮が図れます。
- 摩耗抑制率が向上し、コンクリートの耐摩耗性が向上するため、耐久性の向上が図れます。

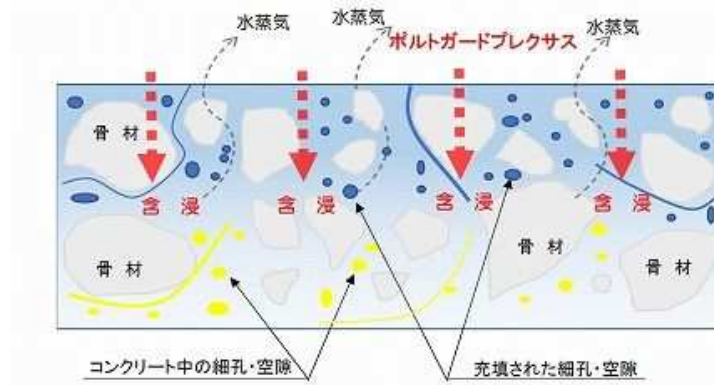
技術名称：無機質けい酸塩系含浸材「ボルトガードプレクサス」

NETIS 登録番号：KT-130065-VE

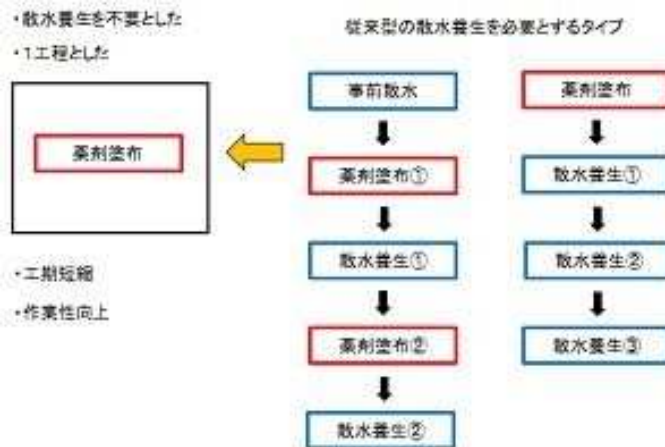
比較対象となる従来工法：散水養生を必要とするけい酸塩系含浸材

**工法概要**

- コンクリート表面保護に用いる散水養生不要のけい酸塩系含浸です。



《コンクリート表層部含浸状況図》



《施工フローの比較、散水養生を不要とし、省力化が可能》

＜新規性及び期待される効果＞

**新規性**

- けい酸塩系含浸材の成分のうちカリウム成分の含有比率を高めました。

**期待される効果**

- カリウム成分の含有比率を高めたことにより、散水養生の工程が不要となり、施工費が削減できるため、経済性が向上します。
- 散水養生の工程が不要となるため、工期が短縮されます。
- カリウムの反応促進作用により、散水養生が不要となるため施工性が向上します。
- 塗布工程を2回から1回に削減できるので、施工性が向上します。

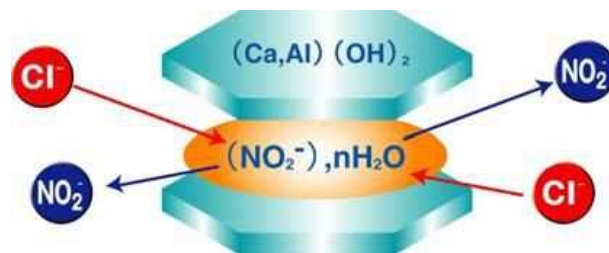
技術名称：N-SSI 工法

NETIS 登録番号：KK-100009-VR

比較対象となる従来工法：亜硝酸リチウム等の導入

#### 工法概要

- ・コンクリート中における鉄筋の腐食環境を防錆環境へと品質改善を行うことが可能な技術です。
- ・「塩分吸着剤」により、鉄筋の残存錆やコンクリート中に存在する有害な塩化物イオンを吸着固定し、かつ亜硝酸イオンを放出することで安定かつ長期的にわたりコンクリート中に高い防錆環境を創出するコンクリート品質改善型断面修復技術です。



≪「塩分吸着剤」の構造・反応模式図≫

#### <新規性及び期待される効果>

##### 新規性

- ・亜硝酸リチウム、亜硝酸カルシウム等の防錆材に代わり、塩化物イオンを吸着無害化し亜硝酸イオンを放出するイオン交換機能を有した「塩分吸着剤」により防錆環境を創出する機能を持たせました。
- ・従来技術では、コンクリート中に含まれる塩化物イオン量が  $2\text{kg}/\text{m}^3$  までが使用限界でありましたが、本技術においては塩化物イオン量が  $10\text{kg}/\text{m}^3$  を超えても使用可能としました。
- ・従来技術では、ポリマーセメントモルタル等で充填を行っていたが、「塩分吸着剤」が配合された遮塩モルタルを充填に使用することとした。
- ・コンクリートのある程度の深部まで塩化物イオンを吸着することが可能なため、ハツリ深度を軽減することができる。

##### 期待される効果

- ・イオン交換機能を有した「塩分吸着剤」により、鉄筋の残存錆やコンクリート中に含まれる塩化物イオンを吸着無害化し亜硝酸イオンを放出するため高い防錆効果が得られます。
- ・コンクリート中に含まれる塩化物イオン量が  $2\text{kg}/\text{m}^3$  を超える場合においても、本技術による防錆効果は高く、過去のデータなどから、塩化物イオン量が  $10\text{kg}/\text{m}^3$  を超えても経年とともに腐食環境から防錆環境へ移行させることが可能です。
- ・外部からの塩化物イオンの浸入については遮塩モルタルにより表層でトラップするので、表面保護材とあわせ二重の防御機能を有します。

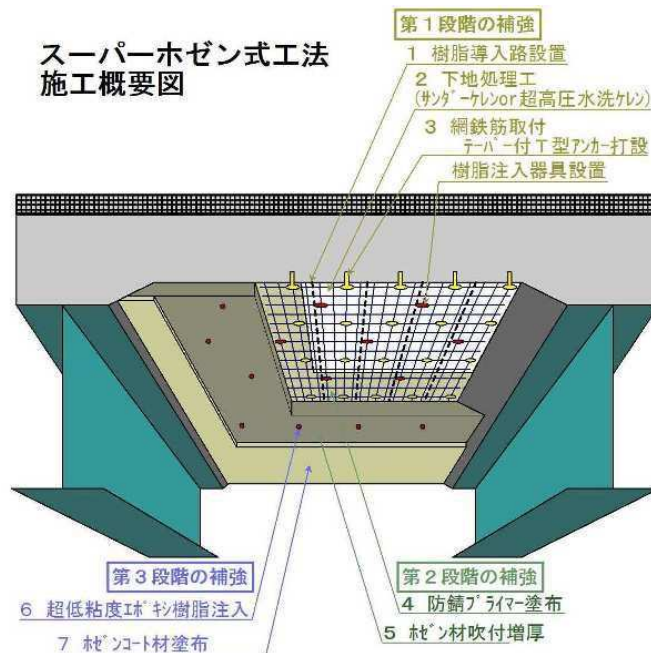
技術名称：スーパーホゼン式工法

NETIS 登録番号：CG-110038-VR

比較対象となる従来工法：鋼板接着工法

### 工法概要

- 経年劣化等により耐久性、および耐荷力が低下(不足)し、ひび割れが発生した道路橋の鉄筋コンクリート床版について、エポキシ樹脂注入および下面増厚を行い長寿命化する技術です。



《スーパーホゼン式工法 施工概要図》

### ＜新規性及び期待される効果＞

#### 新規性

- 樹脂導入路を設け超低粘度エポキシ樹脂を注入することで、ひび割れや微細空隙を補修して既設床版と完全な一体化を実現しました。
- 防錆効果とプライマー機能を持つ、亜硝酸リチウムを含む防錆プライマーを採用しました。
- ポリマーセメントモルタル(ホゼン材)による増厚をコテ塗りから、吹付工法に改善しました。

#### 期待される効果

- 材料の軽量化・施工性の向上により、工費削減、及び工程短縮が可能です。
- ひび割れや微細空隙を補修するため欠陥のない完全な一体化補強効果が期待できます。
- 防錆効果を持つプライマーを採用し、腐食抵抗性の向上が期待できます。
- 増厚を、コテ塗りから吹付工法に改善したことで作業性および、品質の安定性向上が期待できます。
- 接着強さは勿論のこと耐中性化・塩化物イオンの浸透阻止に加え凍結融解に対する抵抗性にも優れ耐久性向上が期待でき、かつ表面の塗装塗替えが不要のため維持管理費用を削減できます。
- 表面塗装が不要で、仕上がり面がコンクリート表面と同じために施工後の変状等、目視点検・調査による確認が容易にできます。
- 施工後に変状が確認された場合、変状箇所のみを対象とした部分補修が容易です。

技術名称：フォルカストランドシート工法

NETIS 登録番号：QS-080011-VE

比較対象となる従来工法：炭素繊維接着工、鋼板接着工

#### 工法概要

- ・フォルカストランドシート工法は、炭素繊維などをエポキシ樹脂で棒状に硬化し、一方向に配列させすだれ状に加工した強化繊維シート「ストランドシート」を、エポキシ樹脂等の常温硬化型接着剤を用いて対象物の表面に貼り付けるだけで、コンクリート構造物の補修・補強をする施工性に優れた工法です。



《フォルカストランドシート》



《ストランドシート貼付工》

#### ＜新規性及び期待される効果＞

##### 新規性

- ・従来、補強材として使用されてきた鋼板よりも、軽量で薄い素材を手作業で貼り付けるだけで施工できるので、簡便かつ短納期で補修・補強が可能です。

##### 期待される効果

- ・軽量で薄く、死荷重の増加や建築限界への影響が少ないです。
- ・重機械が不要で軽量な材料を手作業で貼り付ける簡便な作業なので、現場・施工条件の制約を受けにくいです。
- ・鋼材は錆びますが、本工法は炭素繊維、エポキシ樹脂などの錆びない素材で構成されているため、耐蝕性に優れ、塩害対策にも有効です。
- ・RC に準拠した構造補強計算が可能です。

技術名称：ボンドユニエポシリーズ

NETIS 登録番号：KT-150022-VR

比較対象となる従来工法：常温硬化型エポキシ樹脂（2液型）

#### 工法概要

- ・コンクリート構造物の補修・補強工法などに使用する常温硬化型エポキシ樹脂を1液化する技術です。



1液型常温硬化型エポキシ樹脂



2液型常温硬化型エポキシ樹脂

《1液型エポキシ樹脂と2液型エポキシ樹脂の違い》

#### ＜新規性及び期待される効果＞

##### 新規性

- ・従来のエポキシ樹脂の硬化剤成分を主剤と硬化剤が直接化学反応を起こす硬化剤成分から、主剤と混在していても化学反応は起こさず、空気中の湿気がきっかけとなり1次反応を起こし、自動的に2次反応(主剤と硬化剤の反応)へ展開して硬化する機能を持った潜在性硬化剤にした。

##### 期待される効果

- ・潜在性硬化剤にしたことにより、これまでの2液型の硬化不良の原因となる計量ミスによる配合のブレや攪拌混合不良の心配がなくなるので、品質の向上が図れます。
- ・可使時間の制約が無くなるので、作業時間にとらわれることなく開封直後と同様に塗布作業ができ常に均一な塗膜を確保できるため品質の向上が図れます。
- ・2液型のように計量・攪拌混合の手間が発生しないので省力化が図れます。
- ・計量・攪拌混合の手間が無くなり作業の効率化が図れるため、作業員がかぶれの原因となるアミンとの接触時間も短縮され作業環境の向上が図れます。また、アミンがケチミンとしてブロックされているので刺激臭が少なくなります。

技術名称：ウォータージェット表面処理同時吸引工法

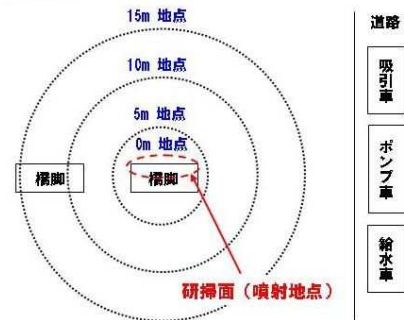
NETIS 登録番号：CB-100021-VE

比較対象となる従来工法：ウォータージェット工法

**工法概要**

- 本工法は、高圧水によってコンクリート表面処理を行う技術です。
- コンクリート表面処理は、コンクリートまたは断面補修材の打継ぎ等において、新旧部材の一体化を図る目的で、既設コンクリート表面の脆弱層、レイトンス、ごみ等を取り除くために 1mm 程度の研掃を行い、コンクリート表面の目荒らしを行う処理です。

**■騒音測定条件**



《施工写真(横向き施工)》

**■測定結果**

機材	計測地点				
	0m	5m	10m	15m	
噴霧音	—	65	66	63	65
スピガン	吸引なし	108	92	88	86
ハンドジェット	吸引なし	103	87	84	82
ハンドジェット	吸引あり	91	79	75	74

《騒音測定結果》

＜新規性及び期待される効果＞

**新規性**

- 従来工法ではウォータージェットによる施工排水を自然落下させ、ポンプで汲み上げて回収していたが、本工法では噴射と同時に排水の吸引回収を行います。

**期待される効果**

- 施工排水の飛散防止により、周辺環境への影響を低減し、漏水不可の部分でもウォータージェット施工が可能となります。
- 施工時の騒音低下により周辺環境への影響を低減するとともに、施工可能条件が拡大し、夜間あるいは都市部における施工にも適用可能です。
- 同時吸引方式により施工面の密閉性が高まるため、無吸引のウォータージェット工法と比較して約 10%の騒音低下が可能であり、作業環境が改善されます。



技術名称：支承の若返り工法

NETIS 登録番号：HR-100013-VR

比較対象となる従来工法：塗装塗替え（重防食塗装）

### 工法概要

- ・既設鋼製支承に金属溶射することより長期間防食し、同時に潤滑性防錆剤を注入する技術です。



<新規性及び期待される効果>

### 新規性

- ・防食対策を重防食塗装(Rc- I 塗装系)から金属溶射と樹脂コーティングに変更しました。
- ・潤滑性防錆材を注入することとしました。
- ・独自の施工基準(マニュアル)を設けました。

### 期待される効果

- ・金属溶射と樹脂コーティングにより耐久性の向上が期待できます。
- ・金属材料に変更したことにより、有機溶剤の使用量が減少し環境に優しいです。
- ・潤滑性防錆材の注入により支承のすべり機能回復が期待できます。
- ・独自の施工基準(マニュアル)により、品質確保に必要な要点が確認できます。
- ・金属溶射により工程が少なくなり工期の短縮が可能となります。

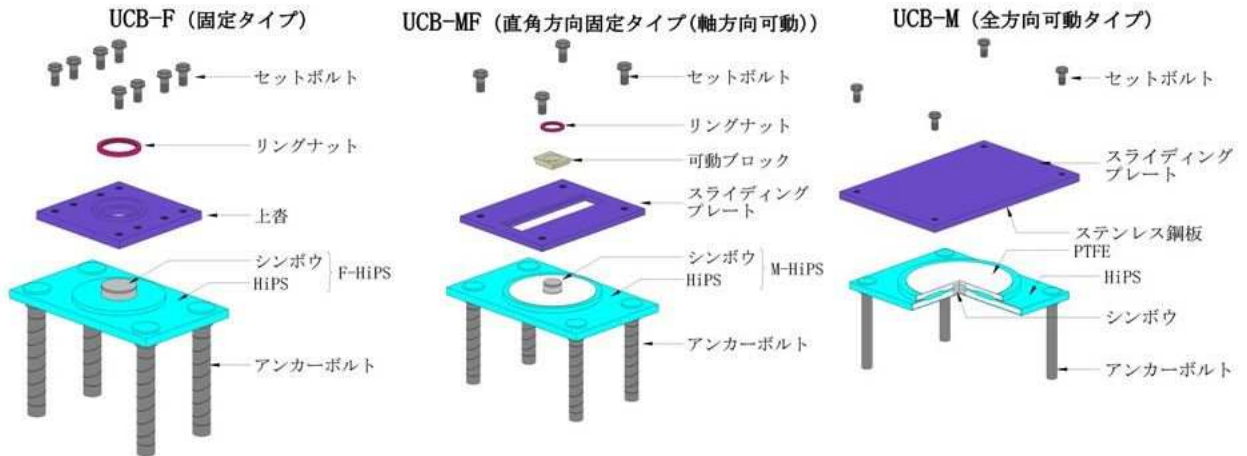
技術名称：超小型ゴム支承装置(UCB)

NETIS 登録番号：KK-100022-VE

比較対象となる従来工法：支承取替え（積層ゴム支承）

**工法概要**

- 部品数を削減し、支承の高さを低くしたゴム支承です。
- 固定装置をサイドブロック方式からシンボウ方式にした支承です。



《各部品構成図》

＜新規性及び期待される効果＞

**新規性**

- 荷重支持板(HiPS)の下鋼板にベースプレート機能を兼ねさせたことにより、ベースプレートが不要になり、支承高を低くすることができます。
- 従来技術では、固定装置をサイドブロック2箇所に対応していましたが、ゴムの中央部1箇所に集約させたことにより、支承形状を小さくすることができます。

**期待される効果**

- 部品数の削減および支承のサイズが小さくなったことで、支承自体の重量が軽くなり、作業性が向上します。
- 既設橋梁の支承の取替えにおいて、積層ゴム支承および鋼製支承に比べ支承高が低いため、既存の桁下空間に収まります。

技術名称：支承補修用ジャッキ

NETIS 登録番号：KK-080028-VR

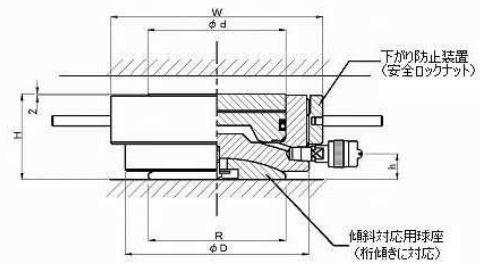
比較対象となる従来工法：ジャッキアップを必要とする支承取替工

**工法概要**

- ・ 支承取替工事において、一般的なジャッキを改良し、既設桁ジャッキアップ作業時に本ジャッキを活用する技術です。

支承補修用 ジャッキ 仕様(低床式油圧ジャッキ)

規 格	単 位	形 式		
		F-314089	F-315077	F-315078
揚 力	KN	1,500	2,000	2,500
ス ト ロ ー ク	mm	20	20	20
疊 低 高 さ(H)	mm	100	120	130
シリンダー 外 径(D)	mm	220	255	285
シリンダー 内 径(d)	mm	165	190	215
所 要 油 量	cc	430	570	730
重 量	kg	35	55	75
ロ ッ ド 径(W)	mm	254	299	340
球 座 直 径(R)	mm	165	190	215
カ ッ プ ラー までの高さ(h)	mm	30	45	50
許 容 可 傾 度	度	3	3	3
所 有 台 数	台	265	105	25



《支承補修用ジャッキ》

＜新規性及び期待される効果＞

**新規性**

- ・ 下記の改善により、従来できなかった狭隘なスペースでのジャッキアップを可能にします。
  - ・ 油圧ジャッキの高さを低床(1/2 程度の高さ)に抑えました。
  - ・ 主桁の勾配(3 度)に追従できるよう、ジャッキ本体下部に傾斜対応球面構造を取り入れました。
  - ・ 万一の油漏れに対し、油圧に頼らず機械的に荷重の保持ができるよう安全ナット(下がり防止装置)を装備しました。
  - ・ ジャッキ本体下部に傾斜対応球面構造をとり入れたことで、安全ナットも勾配(3 度)に追従できるようになりました。
  - ・ ジャッキ重量の約 64%に軽量化(55kg:200t ジャッキ)することで、作業性、ハンドリング性が向上しました。

**期待される効果**

- ・ 事前の仮受け用仮設ブラケット工事が不用となり、工程短縮やコストダウンが可能です。
- ・ 既設主桁の勾配(3 度)に追従できるよう、ジャッキ本体下部に傾斜対応球面構造を採用し、施工精度が向上します。
- ・ ジャッキ設置時間が長い供用下施工時でも安全ナットの採用により安全性が向上します。
- ・ ジャッキ重量が軽量化し、ジャッキセット時の作業性、安全性が向上します。

技術名称：トータク簡易排水装置

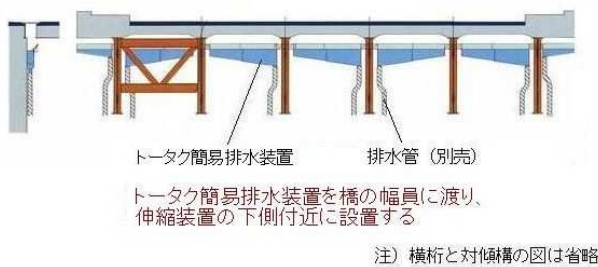
NETIS 登録番号：KT-100033-VE

比較対象となる従来工法：伸縮装置非排水化工

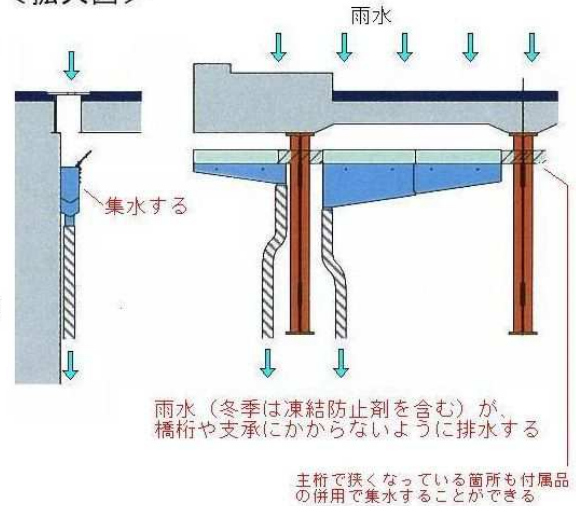
### 工法概要

- 伸縮装置遊間部からの漏水を橋の下側で集水し、迂回集排水する工法です。

#### <設置概要図>



#### <拡大図>



#### <<トータク簡易排水装置 設置概要図>>

### <新規性及び期待される効果>

#### 新規性

- 伸縮装置からの漏水を遊間部内の充てん材で止水していたものを、本製品と別売のフレキシブル排水管用で集排水するように変えました。
- 橋面上の施工から橋の下側からの施工に変えました。
- 製品の固定にプライマーなどの溶剤を使用せず、一般的なボルト、ナット等で機械的に固定するように変えました。
- 排水勾配が取れない雨樋に対し、製品自体に大きな排水勾配を設けた構造にしました。
- 製品幅しか集水できない雨樋に対し、広く集水できる構造(付属パネルを併用)にしました。

#### 期待される効果

- 橋の伸縮・振動による影響を受けなくなり、耐久性(止水性の維持)が向上します。
- 橋の下側からの施工に変えたことにより、交通規制の制約がなくなり、安全性が向上、また、工程が短縮します。
- 一般的なボルト、ナット等で機械的に固定するように変えたことで、特殊作業や熟練作業が不要で、少量の雨天や温度条件を問わずに施工が可能となり、施工性が向上します。
- 大きな排水勾配構造により、土砂の堆積が生じにくくなります。
- 広く集水できることにより、橋下側の鋼材部への雨水飛散を極力防止できるようになります。

## 第7章 施工

### 7.1 基本事項

#### (1) 基本方針

補修・補強工事の施工は、「第6章 補修・補強設計」の工法の選定及び設計に基づいて適切な施工計画を行い、これに従って実施します。

各工種の一般的な作業フローおよび施工時の留意点については以下の文献が大変参考となります。

- 1) 改訂版 橋梁補修の解説と積算 (H28.11) 建設物価調査会

なお、以下の文献には各工種の施工に関わる内容が詳述されているので、施工にあたっては以下を併せて参考としてください。

- 2) 鋼道路橋防食便覧：日本道路協会
- 3) コンクリート構造物の電気化学的補修工法 設計・施工マニュアル：コンクリート構造物の電気化学的補修工法研究会
- 4) すぐに役立つセメント系補修・補強材料の基礎知識 [第2版]：セメント協会
- 5) 塩害を受けたコンクリート構造物の脱塩工法に関する共同研究報告書：土木研究所
- 6) 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)：土木学会
- 7) 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) 土木学会
- 8) 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]：土木学会
- 9) コンクリートのひびわれ調査 補修・補強指針 2013：日本コンクリート工学会
- 10) コンクリート診断技術'14：日本コンクリート工学会
- 11) 道路橋補修・補強事例集(2012年版)：日本道路協会
- 12) 鋼道路橋防食便覧：日本道路協会
- 13) 伸縮装置設計の手引き(2010年3月)：日本道路ジョイント協会
- 14) プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き(案) [断面修復工]：プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 15) 外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル(案) [改訂版]：プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 16) PC床版設計・施工マニュアル(案)：プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 17) 設計要領 第二集 橋梁保全編：東日本高速道路 中日本高速道路 西日本高速道路
- 18) 構造物施工管理要領：東日本高速道路 中日本高速道路 西日本高速道路