

§ 3. 補 修

3-1 適用範囲

補修は、定期点検および詳細調査の結果から、補修が必要と判断された損傷に対して行う。

- (1) 補修は、部材に発生している損傷について、除去あるいは進行の抑制を行い、耐久性の改善を目的としたもので、耐荷力の向上を目的とした補強とは区別する。
- (2) 補修は、第三者被害を未然に防止し、耐久性の改善による構造物の長寿命化を目的として行う。

補修は、第三者被害の恐れのある場合や道路交通に支障をきたす場合は、できるだけ早期に行うことが望ましい。ただし、橋梁の耐荷性及び耐久性は、急激に低下しないため、耐荷性及び耐久性の回復を図るための補修は、実状に応じて実施時期を考慮することが望ましい。

3-2 補修の要否判定

補修の要否判定は、その健全度ランクにおける交通の安全、橋梁の耐荷性・耐久性、第三者被害、補修費用等および維持管理優先順位を総合的に検討して決定する。

補修の要否においては、点検結果から得られた健全度 I (HI_1) を基に、各橋梁の使用状況や環境状況等を勘案して判定する必要がある。

3-3 鋼部材（防食機能劣化・腐食）

3-3-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

鋼部材（防食機能劣化・腐食）における適用可能な補修工法の概要を表-3.1 に示す。

- ① 塗膜の劣化及びさび・腐食が確認された場合は、適切な時期に塗装の塗替えを実施する。
- ② 塗膜の劣化、腐食の原因が特定できる場合は、腐食環境改善策を実施する。
- ③ 腐食による部材板厚の減少が著しく、部材の耐荷性能に重大な影響を及ぼす場合は、断面補強を実施する。

表-3.1 適用可能な補修工法（防食機能の劣化・腐食）

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
塗装工法	①塗替え塗装工(部分、全体)	<ul style="list-style-type: none"> ・防食機能の回復 ・適切な塗装系の選定 ・適切な塗替え期間の設定 ・飛来塩分・凍結防止剤等の塩害に対する補修 重防食塗装系塗料の使用、塩分堆積部の 水洗い、構造検討(塩分堆積を防ぐ)
防水工	②橋面防水工	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水源の除去 ・桁端部の止水 伸縮装置の非排水化、取替えを検討 ・RC劣化部からの漏水 床版の補修、取替えを検討 ・路面の滞水 排水装置の補修を検討
部材補修工法	③当て板補修工法	・腐食減厚部の断面回復
取替え工法	④部材取替え工法(一部、全体)	・腐食部材の機能回復

(2) 損傷原因と補修工法の目安

鋼部材の防錆機能劣化・腐食による損傷と補修工法の目安を表-3.2に示す。

表-3.2 損傷原因と補修工法の目安

損傷	損傷原因	補修工法				備考
		①塗替え塗装工	②橋面防水工	③当て板補修工法	④部材取替え工法	
防食機能劣化	環境	◎				塩害、化学的腐食
	材料劣化					品質不良
	製作・施工					製作・施工不良
◎					防水・排水工不良	
腐食	環境	◎		○	○	塩害、化学的腐食
	材料劣化					品質不良
	製作・施工					製作・施工不良
			◎			

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.3 補修工法概要 (その1)

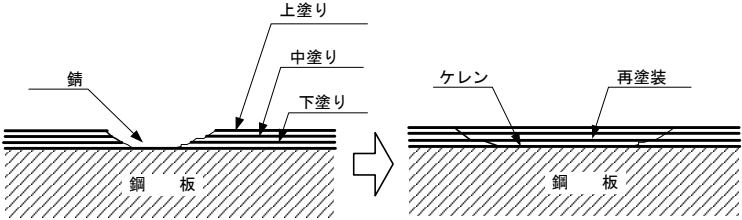
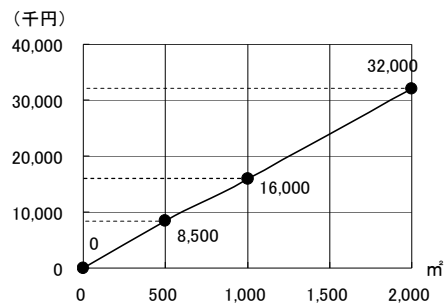
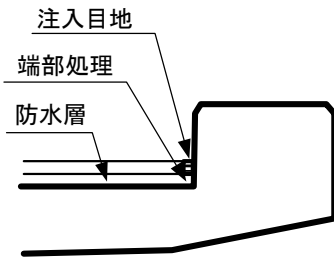
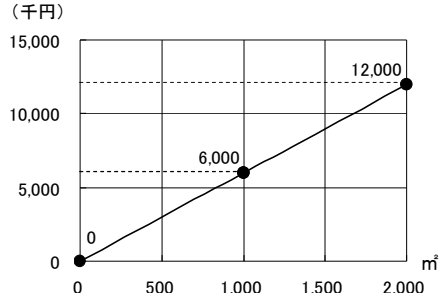
① 塗替え塗装工												
工法概要	<p>錆の発生箇所をケレンし、補修塗装を行い、鋼材の腐食を防止する。部分的に著しい塗膜劣化の生じている箇所は、部分塗替えを検討する。</p> <p>発錆原因の除去対策を行わない場合は、再塗装が必要となるため、適切な対応を検討する。</p> <p>例えば、漏水が原因の場合は、止水対策工を行った後に塗装工を行う必要がある。</p>											
施工性	<p>施工は、吊足場等の足場施設が必要である。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>塗替え塗装工(Rc-Ⅲ) (橋面積当り)</td> <td style="text-align: right;">3.5 千円/m² (11) 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>塗替え塗装工(Rc-Ⅰ) (橋面積当り)</td> <td style="text-align: right;">7.5 千円/m² (23) 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td style="text-align: right;">5.0 千円/m²</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">* 上記、単価は 1000 m²以上の場合とし、下記グラフは、塗替え塗装工(Rc-Ⅲ)、橋面積当り</p>	塗替え塗装工(Rc-Ⅲ) (橋面積当り)	3.5 千円/m ² (11) 千円/m ²	塗替え塗装工(Rc-Ⅰ) (橋面積当り)	7.5 千円/m ² (23) 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.0 千円/m ²				
塗替え塗装工(Rc-Ⅲ) (橋面積当り)	3.5 千円/m ² (11) 千円/m ²											
塗替え塗装工(Rc-Ⅰ) (橋面積当り)	7.5 千円/m ² (23) 千円/m ²											
吊り足場工(全面)	5.0 千円/m ²											
適応性および問題点	<p>塗装の塗替え時期に満たないうちに発錆箇所が橋梁全体に及ぶ場合には、以下の原因が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当初塗装の不具合 ・当初塗装系の現地環境不適合 <p>海岸沿岸地域の塩害、重工業地帯の亜硫酸ガスなどの発生箇所のように、周辺環境条件の厳しい箇所では、環境条件に適合した重防食塗装を実施することが望ましい。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p>  <table border="1" style="font-size: x-small; margin-top: 5px;"> <caption>参考概算工事費(直工) (千円)</caption> <tr><th>橋面積 (m²)</th><th>概算工事費 (千円)</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>500</td><td>8,500</td></tr> <tr><td>1,000</td><td>16,000</td></tr> <tr><td>2,000</td><td>32,000</td></tr> </table>	橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	8,500	1,000	16,000	2,000	32,000
橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)											
0	0											
500	8,500											
1,000	16,000											
2,000	32,000											
② 橋面防水工												
工法概要	<p>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設置された橋面防水工について、不十分な防水の場合、漏水を招き、漏水箇所の鋼材の発錆、腐食の原因となる。そのため、十分な防水工を実施する。</p> <p>桁端部の伸縮装置からの漏水事例が多く、伸縮装置は非排水型に変更し、漏水が生じている場合は、早期に補修することが望ましい。</p>											
施工性	<p>主として路面上の施工となるため、通行規制が必要となる。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>防水工(橋面)</td> <td style="text-align: right;">6.0 千円/m²</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">(千円)</p>  <table border="1" style="font-size: x-small; margin-top: 5px;"> <caption>参考概算工事費(直工) (千円)</caption> <tr><th>橋面積 (m²)</th><th>概算工事費 (千円)</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1,000</td><td>6,000</td></tr> <tr><td>2,000</td><td>12,000</td></tr> </table>	防水工(橋面)	6.0 千円/m ²	橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	1,000	6,000	2,000	12,000
防水工(橋面)	6.0 千円/m ²											
橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)											
0	0											
1,000	6,000											
2,000	12,000											
適応性および問題点	<p>床版からの漏水が鋼材の腐食を招くこともあるので、橋面防水工が設置されていない床版は、防水工を設置する。</p> <p>排水装置の損傷が鋼材の腐食の原因となることもあり、鋼桁に悪影響を及ぼす排水装置の損傷は早期に補修することが望ましい。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p>										

表-3.4 補修工法概要 (その2)

③ 当て板補修工法										
工法概要	<p>激しい腐食による鋼部材の減厚が生じた箇所は、腐食箇所を取り囲むように当て板(添接板)を施し、高力ボルトを用いて摩擦接合し補修する。</p> <p>当て板補修工法により、以下の効果が期待できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・腐食減厚部の応力度の低減 ・腐食減厚部の剛性を高める 									
施工性	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</p>	<table border="1"> <tr> <td>当て板補修工法</td> <td>110 千円/箇所</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>(1箇所当り 4m²と想定)</td> <td>20 千円/箇所</td> </tr> </table>	当て板補修工法	110 千円/箇所	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²	(1箇所当り 4m ² と想定)	20 千円/箇所		
当て板補修工法	110 千円/箇所									
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²									
(1箇所当り 4m ² と想定)	20 千円/箇所									
適応性および問題点	<p>溶接による接合は、新たな応力集中箇所が発生したり、溶接欠陥が生じたりすることにより、疲労強度が補修前より低下する恐れがあるため注意を要する。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>箇所数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6,500</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>13,000</td> </tr> </tbody> </table>	箇所数	概算工事費(千円)	0	0	50	6,500	100	13,000
箇所数	概算工事費(千円)									
0	0									
50	6,500									
100	13,000									
④ 部材取替え工法										
工法概要	<p>二次部材が、腐食などによって損傷し、断面欠損が著しい場合は、損傷した部材全体を取外して新しい部材と取り替える。二次部材の場合は、一時的に取外しても橋梁全体の安全性を確保できるため、部分補修するより取り替える方が得策の場合が多い。</p> <p>部材を取り替える場合は、取外した時の安全を確認しておく必要がある。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。</p> <p>部材が局所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する。その場合、二次部材については、全体取り替え工と比較検討する。</p>									
施工性	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</p>	<table border="1"> <tr> <td>部材取替え工法</td> <td>500 千円/箇所</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>(1箇所当り 12m²と想定)</td> <td>60 千円/箇所</td> </tr> </table>	部材取替え工法	500 千円/箇所	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²	(1箇所当り 12m ² と想定)	60 千円/箇所		
部材取替え工法	500 千円/箇所									
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²									
(1箇所当り 12m ² と想定)	60 千円/箇所									
適応性および問題点	<p>損傷部材は、撤去時の断面欠損が生じる。そのため、橋梁全体の安全性確認が必要となる。撤去時は、応力の再分配が生じるため、補修箇所周辺は応力増となる可能性があり、安全性の確認が必要である。</p> <p>損傷断面の撤去が、他の健全な部材に影響を与えることが想定される場合は、施工前に支保工等により対処する。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>箇所数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>11,200</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>28,000</td> </tr> </tbody> </table>	箇所数	概算工事費(千円)	0	0	20	11,200	50	28,000
箇所数	概算工事費(千円)									
0	0									
20	11,200									
50	28,000									

3-4 鋼部材（亀裂・破断）

3-4-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

鋼部材（亀裂・破断）における適用可能な補修工法の概要を表-3.5に示す。

- ① 鋼部材の疲労に対する補修工法の選定に際しては、疲労の発生部位、原因、進行程度を十分に考慮する。
- ② 疲労に対する補修・補強は、以下の対策を適切に組合せ実施する。
 - (a) 局部応力の低減、継手強度の向上を目的とした主な対策
 - ・ ストップホール
 - ・ 溶接補修と溶接継手の疲労強度向上
 - ・ 当て板補強
 - ・ 構造詳細の改良
 - (b) 主桁の一次応力を低減させることを目的とした主な対策
 - ・ 主桁断面補強工法

表-3.5 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
亀裂補修工法	①溶接補修工法	・数cmの亀裂長の場合 疲労の起点となった欠陥や不良部を排除することで、疲労の再発を防止することが可能。 溶接部の十分な品質検査が行えない場合には、当て板補強板（ボルト接合）が必要。 再溶接部の品質を確保することが重要。
	②ストップホール工法	・数十cmの亀裂長の場合 亀裂の先端にストップホールを設け、当て板のボルト接合（ストップホールのボルト締付けも兼用）により、抵抗断面を確保する工法（当て板補強）を検討。 早急な対策が必要であり、亀裂部を溶接補修すると、新たな欠陥を残すことや溶接補修時に亀裂が急激に伝播する危険性が高い。
	③当て板補修工法	
取替え工法	④部材取替え工法（一部、全体）	・構造詳細の改良により、二次応力や局所的な応力集中を改善 応力の伝達をスムーズにし応力の集中を低減。 部材の拘束開放により二次応力の発生を除去。 部材の抵抗断面を増加させることで発生応力を低減。 支承機能を回復させ二次応力の発生を除去。
改良工法	⑤形状改良工法	・一次応力が原因かどうかの判定は、実橋の応力計測結果や立体 FEM 解析結果に基づき行う ・疲労照査の結果、継手強度の改善では十分な疲労耐久性の確保が困難な場合には、主桁、主構の一次応力低減のため主桁断面補強を検討
緊急対策工法	原因究明や補修・補強対策の選定に時間を要する場合 ・桁の仮受 ・ストップホールと当て板補強（ボルト接合）	・亀裂の発生が、主要部材の引張領域に及び、すでに数十cmに成長している場合は、脆性的な破壊に移行し、一気に部材が破断する危険性あり

(2) 損傷原因と補修工法の目安

鋼部材の亀裂・破断による損傷と補修工法の目安を表-3.6に示す。

表-3.6 損傷原因と補修工法の目安

損 傷	損傷原因	補修工法					備 考
		① 溶接補修工法	② ストップホール工法	③ 当て板補修工法	④ 構造詳細改良工法	⑤ 形状改良工法	
亀 裂	外 力	◎	○	◎	○	◎	繰返し荷重
							衝突、地震
	材料劣化			○	○	○	品質不良
	製作・施工	◎		○	○	○	製作・施工不良
	構 造					○	構造形式・形状不良
破 断	外 力	○		○	○		繰返し荷重
					◎		衝突、地震
	◎		品質不良				
	○		製作・施工不良				
	材料劣化				◎		品質不良
	製作・施工	○			○		製作・施工不良

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.7 補修工法概要 (その1)

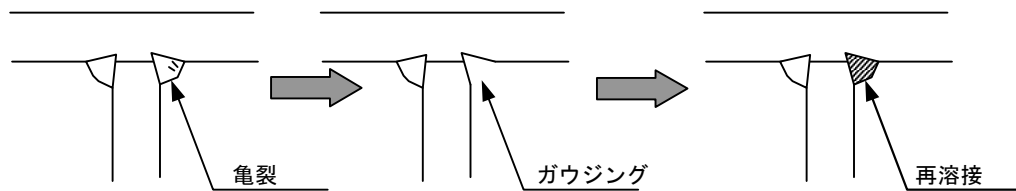
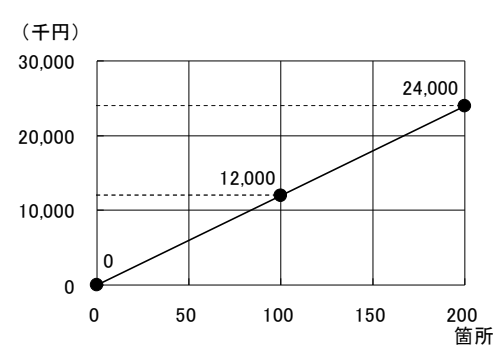
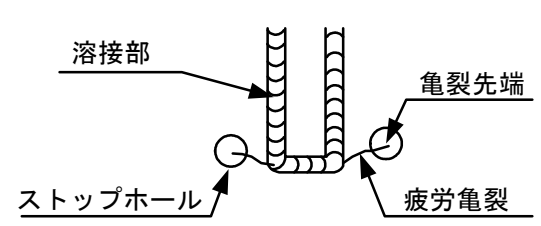
①溶接補修工法											
工法概要	<p>溶接部に発生した亀裂部分を除去し、再溶接して補修する。再溶接部の止端部は十分に仕上げを行って疲労強度を向上させる。</p> 										
施工性	部分的な吊り足場等の設置が必要となる。		溶接補修工法								
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	100 千円/箇所								
適応性および問題点	<p>溶接形状による局所的な応力集中が原因の場合は、溶接補修後にTIG処理またはグラインダーにより、溶接止端部を滑らかにし、疲労強度を向上させる。</p> <p>亀裂発生の原因は、疲労亀裂(応力集中、二次応力の発生など)が最も多く、発生原因を除去した後、溶接補修を行う。</p> <p>溶接補修工は、現場溶接のため溶接作業の困難な箇所は、溶接欠陥が生じやすく十分な施工ができないことから、別の対策工法を検討する。</p>		吊り足場工(部分) (1箇所当り 4m ² と想定)								
			20 千円/箇所								
			参考概算工事費(直工)								
			 <table border="1" style="display: none;"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>箇所数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>12,000</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>24,000</td> </tr> </tbody> </table>	箇所数	概算工事費(千円)	0	0	100	12,000	200	24,000
箇所数	概算工事費(千円)										
0	0										
100	12,000										
200	24,000										
②ストップホール工法											
工法概要	<p>ストップホール工法は、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。補修効果をもとめるため、高力ボルトを挿入し締め付ける工法が一般的であるが、ボルトの挿入・締め付けが困難な場合は、ストップホールのみとする。</p> <p>ストップホールの削孔径は、M22高力ボルトに対する径とし、ドリルにてφ24mmの削孔径で行う。</p> 										
施工性	部分的な吊り足場等の設置が必要となる。										
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。									
適応性および問題点	ストップホール工法は、あくまで応急的な対策工法であるため、他の対策工法との併用を検討する。										

表-3.8 補修工法概要 (その2)

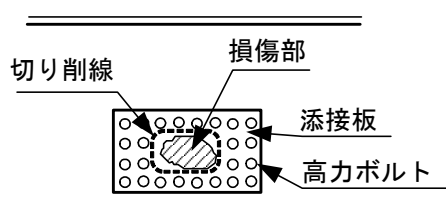
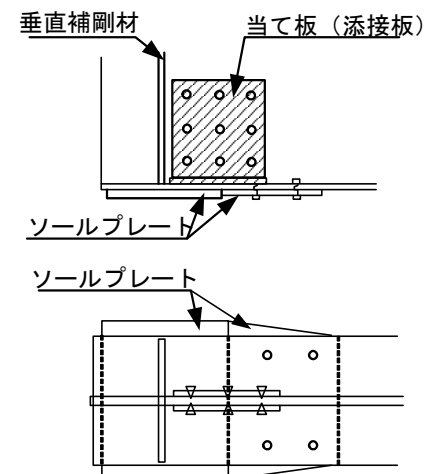
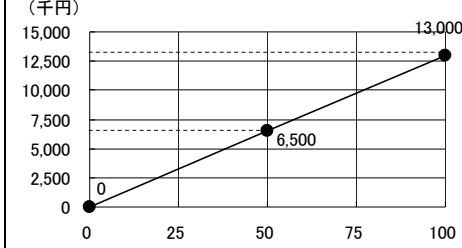
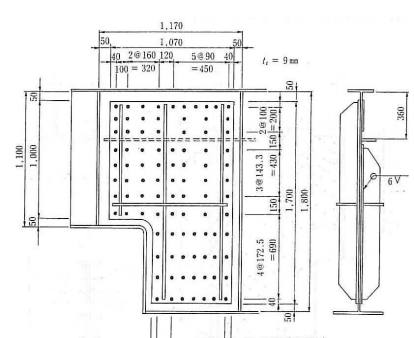
③ 当て板補修工法								
<p>工法概要</p>	<p>亀裂部の溶接補修が困難な場合や、亀裂発生部の応力度を低減したい場合に、亀裂の発生部を取り囲むように当て板(添接板)を施し、高力ボルトを用いて摩擦接合して補修する。</p> <p>当て板の使用により以下の効果が期待できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・亀裂発生部の応力度の低減 ・亀裂発生部の剛性を高める ・万一亀裂が進展しても応力が添接板に流れる 							
<p>施工性</p>	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <tr> <td>当て板補修工法</td> <td>110 千円/箇所</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>(1箇所当り4m²と想定)</td> <td>20 千円/箇所</td> </tr> </table>	当て板補修工法	110 千円/箇所	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²	(1箇所当り4m ² と想定)	20 千円/箇所
当て板補修工法	110 千円/箇所							
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²							
(1箇所当り4m ² と想定)	20 千円/箇所							
<p>適応性および問題点</p>	<p>溶接による接合は、新たな応力集中箇所が発生したり、溶接欠陥が生じたりすることにより、疲労強度が補修前より低下する恐れがあるため、注意が必要である。</p>							
④ 構造詳細改良工法								
<p>工法概要</p>	<p>損傷部の構造詳細を改良する工法で</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 応力の流れをスムーズにする構造に改良する。 2) 二次応力が発生しない構造に改良する。 <ul style="list-style-type: none"> ・剛性を上げることで、発生応力を低減させる ・接合部における変形による拘束を開放する <p>右図は、掛け違い部の切り欠き周辺に亀裂が生じた場合の補修方法であり、応力の集中をなくし、力がスムーズに流れる構造詳細に構造を改良した例である。</p>							
<p>施工性</p>	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</p>							
<p>適応性および問題点</p>	<p>補剛材を追加する接合方法の場合、さらに、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が望ましい。</p> <p>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ある。</p>							

表-3.9 補修工法概要 (その3)

⑤形状改良工法			
工法概要	<p>溶接止端部等の亀裂は、亀裂部を除去し、溶接止端部の形状をグラインダー処理やTIG処理などにより、滑らかにすることで、継手部の疲労強度を向上させ再発を防止する。</p> <p>微小な亀裂 → グラインダーで削り取り滑らかに仕上げる</p> <p>隅肉溶接 溶込み TIG処理</p>		
施工性	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。		
適応性および問題点	<p>溶接形状による局所的な応力集中による疲労が原因の場合に有効な工法である。</p> <p>亀裂が小さい場合(亀裂深さが表面から0.5mm程度)は、亀裂をグラインダーで除去し溶接ビード形状を改善することで経過観察を行う。</p>		

3-5 鋼部材（ボルトのゆるみ・脱落）

3-5-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

鋼部材（ボルトのゆるみ・脱落）における適用可能な補修工法の概要を表-3.10に示す。

- ①高力ボルトは、腐食により締付け軸力が低下するため、腐食量（ナット肉厚やボルト頭の掛かり長が半分程度で急激に軸力低下）により、新規ボルトに取替え、腐食環境を改善する。
- ②F11T 高力ボルトは、遅れ破壊や腐食等の劣化が生じる恐れがあるため、その場合は、F10T 高力ボルトあるいは S10T 高力ボルトに取替え、腐食環境を改善する。
 - ・劣化ボルトのみ取替え
 - ・劣化ボルトの発生した添接部の全ボルトの取替え
 - ・劣化ボルトと同一ロット製造の全ボルトの取替え
- ③リベット軸部の腐食やゆるみの生じたリベットは、F10T あるいは S10T ボルトに取替える。
 - ・劣化リベットのみ取替え
 - ・劣化リベットの発生した継手部の全ボルトの取替え

表-3.10 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
ボルト取替え	①高力ボルト取替え工法 ・F10Tまたは、S10T への取替え ②リベット取替え工法 ・F10Tまたは、S10T への取替え	・防錆処理ボルトの使用(防錆ボルト・防錆キャップ) ・腐食環境の改善(桁端部の漏水防止、箱桁内への雨水侵入防止) ・取替え方法の選定 劣化ボルトのみの取替えは、劣化後 10 年以上経過し新たな劣化が発生しない場合のみ適用可能。 添接部の全ボルトおよび同一ロットの取替えは、連結部の照査が必要。 ・落下が生じた橋梁は、第三者被害の防止処置を実施 防護ネット、落下防止キャップ ・リベット頭と母材部の接面に腐食が生じる前に取替え

(2) 損傷原因と補修工法の目安

鋼部材（ボルト）のゆるみ・脱落による損傷と補修工法の目安を表-3.11に示す。

表-3.11 損傷原因と補修工法の目安

損傷	損傷原因	①ボルト取替え工法	備考
ゆるみ・脱落	外力 材料劣化 製作・施工	◎	繰返し荷重、衝突、地震 品質不良 製作・施工不良

◎：適用可

(3) 補修工法概要

表-3.12 補修工法概要

①ボルト取替え工法											
工法概要	<p>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する。ボルトが脱落した場合も同様である。</p> <p>建設年度の古い橋梁の高力ボルトにはF11T以上の高強度の材料が使用され、遅れ破壊が生じることが知られている。</p> <p>ボルトの損傷原因が、高強度のボルトの使用による場合は、損傷が生じていないボルトも含め、全数の高力ボルトを取り替える場合もある。</p> <p>リベットは支圧接合、高力ボルトは摩擦接合であり、接合のメカニズムが異なる。したがって、継手群の一部分のリベットを高力ボルトに取り替える場合には、異種の継手の混用となるので、継手の安全性を確認する必要がある。</p>										
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての添接箇所に応用可能である。</p>	参考概算工事費(直工)	<table border="1"> <tr> <td>ボルト取替え工法 (1箇所当り100本と想定)</td> <td>1.1 千円/本</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分) (1箇所当り4m²と想定)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20 千円/箇所</td> </tr> </table>	ボルト取替え工法 (1箇所当り100本と想定)	1.1 千円/本	吊り足場工(部分) (1箇所当り4m ² と想定)	5.1 千円/m ²		20 千円/箇所		
ボルト取替え工法 (1箇所当り100本と想定)	1.1 千円/本										
吊り足場工(部分) (1箇所当り4m ² と想定)	5.1 千円/m ²										
	20 千円/箇所										
	<table border="1"> <tr> <td>通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。								
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。										
適応性および問題点	<p>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り替える。</p> <p>また、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り替える。</p>										
			<table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)のグラフデータ</caption> <thead> <tr> <th>箇所数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>13,000</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>26,000</td> </tr> </tbody> </table>	箇所数	概算工事費(千円)	0	0	100	13,000	200	26,000
箇所数	概算工事費(千円)										
0	0										
100	13,000										
200	26,000										

3-6 RC床版（鋼橋）

3-6-1 補修・補強工法の選定

(1) 適用可能な補修・補強工法

RC床版（鋼橋）における適用可能な補修・補強工法の概要を表-3.13に示す。

表-3.13 適用可能な補修・補強工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
補修工法	①橋面防水工	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水源の除去 ・路面の滞水 排水装置の補修を検討
	②表面被覆工法 <ul style="list-style-type: none"> ・防錆処理、塗装材料による表面被覆工法 ・剥落防止を目的とした表面被覆工法(FRP接着) 	<ul style="list-style-type: none"> ・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
	③ひび割れ補修工法 <ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ樹脂による自動式低圧注入工法 ・ひび割れに沿って約10mmの幅でコンクリートをUまたはV形にカットした後、カットした部分に補修材を充填する工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版の一体化 ・補修後の水分、酸素の浸入抑制
	④断面修復工法 <ul style="list-style-type: none"> ・断面修復モルタル工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化コンクリートの除去 ・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
補強工法	⑤上面増厚工法 <ul style="list-style-type: none"> ・既設舗装を撤去後、床版上面を切削し必要に応じて補強鉄筋を設置し、超高速コンクリート等を打設して床版厚を増す工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗断面を増すことで、せん断耐力、曲げ耐力を向上 ・縦断の変更を伴う
	⑥縦桁増設工法 <ul style="list-style-type: none"> ・既設横桁を支持材に縦桁を増設して床版支間を短縮する工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・主鉄筋方向の曲げモーメントを低減 ・配力筋方向の補強は別途検討
	⑦下面増厚工法 <ul style="list-style-type: none"> ・既設床版の下面を表面処理後、補強鉄筋を設置し、ポリマーモルタルを吹き付けあるいはコテ塗りにより床版厚を増す工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗断面を増すことで、せん断耐力、曲げ耐力を向上 ・橋面防水工との併用
	⑧炭素繊維接着工法 <ul style="list-style-type: none"> ・既設床版の下面を表面処理後、炭素繊維を樹脂で接着する工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・床版と炭素繊維を一体化することにより、せん断耐力、曲げ耐力を向上 ・橋面防水工との併用
	⑨プレキャストPC軽量床版工法 <ul style="list-style-type: none"> ・床版の損傷が厳しい状況、せん断耐力の劣化が進んでいる場合に適用できる工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・現況床版をプレキャストPC軽量床版に取替え、耐荷力、耐久性を向上

(2) 損傷等級と補修・補強工法の目安

R C床版における損傷等級と補修工法の目安を表-3.14 に示す。

表-3.14 損傷区分と補修・補強工法の目安

健全度ランク	補修・補強工法									備考
	① 橋面防水工	② 表面被覆工法	③ ひび割れ補修工法	④ 断面修復工法	⑤ 上面増厚工	⑥ 縦桁増設工	⑦ 下面増厚工	⑧ 炭素繊維接着工	⑨ プレキャストPCC 軽量床版工法	
II	◎			◎						
III		◎	◎	○	○	○	○			
IV					◎	◎	◎	◎		
V						○	○	○		◎

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修・補強工法概要

表-3.15 補修工法概要 (その1)

①橋面防水工						
工法概要	<p>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設置された橋面防水工について、不十分な防水の場合、漏水を招き、漏水箇所の鋼材の発錆、腐食の原因となる。そのため、十分な防水工を実施する。</p> <p>桁端部の伸縮装置からの漏水事例が多く、伸縮装置は非排水型に変更し、漏水が生じている場合は、早期に補修することが望ましい。</p>					
	施工性	<p>主として路面上の施工となるため、通行規制が必要となる。</p>	参考概算工事費(直工)			
適応性および問題点	<p>床版からの漏水が鋼材の腐食を招くこともあるので、橋面防水工が設置されていない床版は、防水工を設置する。</p> <p>排水装置の損傷が鋼材の腐食の原因となることもあり、鋼桁に悪影響を及ぼす排水装置の損傷は早期に補修することが望ましい。</p>	<table border="1"> <tr> <td>橋面防水工</td> <td>6.0 千円/m²</td> </tr> </table>		橋面防水工	6.0 千円/m ²	
橋面防水工	6.0 千円/m ²					
②表面被覆工法						
工法概要	<p>コンクリートの表面を塗装により被覆することで、コンクリートの劣化要因である水分、塩分、炭酸ガス及び酸素等の浸透を防止する工法である。</p>					
	施工性	<p>コンクリートの表面を清掃・下地処理し、不陸調整を行った後、中塗り材や上塗り材を塗布する。</p>	参考概算工事費(直工)			
適応性および問題点	<p>一般劣化、中性化、塩害等の目的に応じた塗装材料を選択する必要がある。</p>	<table border="1"> <tr> <td>表面被覆工法</td> <td>12.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> </table>		表面被覆工法	12.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)
表面被覆工法	12.0 千円/m ²					
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²					

表-3.16 補修工法概要 (その2)

③ひび割れ補修工法										
工法概要	<p>ひび割れ箇所に対し、エポキシ樹脂材、ポリマーセメントなどの補修材料を注入あるいは充てんし、水分や塩化物などの浸入を防止する工法である。</p> <p>中性化や塩害などの損傷原因により、ひび割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。</p> <p>低粘度のエポキシ樹脂材は、0.2～5.0mm 程度のひび割れ補修に適しており、低圧力で注入するのが一般的である。5℃以下の低温の場合、エポキシ樹脂が硬化しないため、施工には注意が必要である。5mm 以上のひび割れの場合は、ひび割れに沿ってU型の溝を設け、ポリマーセメントモルタルを充てんする。</p>									
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>	<table border="1"> <tr> <td>ひび割れ注入工法</td> <td>11.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>4.4 千円/m²</td> </tr> </table>	ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²				
	ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²								
吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²									
<p>通行規制条件</p>	<p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>7,700</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>15,400</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	7,700	1,000	15,400
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)									
0	0									
500	7,700									
1,000	15,400									
適応性および問題点	<p>進展性ひび割れは、ひび割れの拡大に材料が追従できないため、一般的にひび割れ注入工は適さない。</p> <p>また、樹脂系の注入材は、漏水の著しい箇所での施工は適さない。</p>									

表-3.17 補修工法概要 (その3)

④断面修復工法										
工法概要	<p>断面欠損部に対して、下地処理後、断面修復材をコテ、ヘラなどによって数回塗込んで断面を修復する工法である。断面修復材料は、ポリマーセメントモルタル、コンクリート、エポキシ樹脂モルタル、無収縮モルタルなどが用いられる。</p>									
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>									
	<p>通行規制条件</p>	<p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷下し程度必要。</p>								
適応性および問題点	<p>断面欠損が比較的小さく、修復深さが5cm 未満と比較的浅い場合に適用される。</p>									
<p>参考概算工事費(直工)</p>										
		<table border="1"> <tr> <td>断面修復工法</td> <td>31.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> </table>	断面修復工法	31.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²				
断面修復工法	31.0 千円/m ²									
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²									
		<table border="1"> <caption>断面修復工法 参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>18,050</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>36,100</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	18,050	1,000	36,100
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)									
0	0									
500	18,050									
1,000	36,100									
⑤上面増厚工法										
工法概要	<p>既設舗装の撤去後、床版コンクリート上面を 1cm程度切削し、切削面をスチールブラスト等で研掃した後、鉄筋コンクリートまたは鋼繊維補強コンクリートを打設する。鉄筋コンクリートまたは鋼繊維補強コンクリートと既設床版との一体化により、床版厚の増加を図る工法である。</p>									
施工性	<p>上面施工のため作業性はよい。</p>									
	<p>通行規制条件</p>	<p>橋面の全面または、片側交互通行規制が必要。</p>								
適応性および問題点	<p>縦断線形の変更を伴う。 死荷重の増加は比較的大きいため、既設橋梁本体への考慮が必要となる。</p>									
<p>参考概算工事費(直工)</p>										
		<table border="1"> <tr> <td>上面増厚工法</td> <td>30.0 千円/m²</td> </tr> </table>	上面増厚工法	30.0 千円/m ²						
上面増厚工法	30.0 千円/m ²									
		<table border="1"> <caption>上面増厚工法 参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>30,000</td> </tr> <tr> <td>2,000</td> <td>60,000</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	1,000	30,000	2,000	60,000
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)									
0	0									
1,000	30,000									
2,000	60,000									

表-3.18 補修工法概要（その4）

⑥縦桁増設工法						
工法概要	<p>既設横桁を支持材とし、縦桁を増設して床版支間を短縮する工法である。増設縦桁と床版の一体化は、縦桁上フランジと床版の隙間に充填剤を注入する方法がある。配力筋方向の補強は別途考慮する必要がある。</p>					
施工性	<p>桁下の全面吊足場が必要とされる。 低温時の施工における樹脂の温度管理、および樹脂の注入管理が必要。 部材寸法が大きいため、施工上の制約を受けやすい。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>縦桁増設工</td> <td>50.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td>5.6 千円/m²</td> </tr> </table>	縦桁増設工	50.0 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²
	縦桁増設工		50.0 千円/m ²			
吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²					
適応性および問題点	<p>足場が桁下環境を侵さないかを検討する必要がある。 死荷重の増加は比較的大きいため、既設橋梁本体への考慮が必要となる。</p>					
⑦下面増厚工法						
工法概要	<p>床版下面に鉄筋などの補強材を配置し、主として増厚材料に付着性のモルタルを用いコテ塗り、または吹き付け施工することにより、増厚一体化することで床版の耐力向上を図る工法である。 増厚材料は、ポリマーセメントモルタルが主として用いられている。</p>					
施工性	<p>桁下の全面吊足場が必要とされる。 現在は吹き付け施工が可能となり、施工性・経済性が改善されている。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>下面増厚工</td> <td>10.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td>5.6 千円/m²</td> </tr> </table>	下面増厚工	10.0 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²
	下面増厚工		10.0 千円/m ²			
吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²					
適応性および問題点	<p>足場が桁下環境を侵さないかを検討する必要がある。 死荷重の増加は比較的大きいため、既設橋梁本体への考慮が必要となる。</p>					

表-3.19 補修工法概要 (その5)

⑧炭素繊維接着工法									
工法概要	<p>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連続繊維シートを1方向あるいは2方向に配置し、既設床版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ある。</p> <p>炭素繊維シートを格子状に接着する工法であり、現場で含浸接着剤を含浸・硬化させた、FRPの連続繊維シートを接着する場合もある。</p>								
	施工性	<p>桁下の全面吊足場が必要とされる。</p> <p>低温時の施工における樹脂の温度管理が必要。</p> <p>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る。</p> <p>橋面防水層の設置と併用する。</p>							
適応性および問題点	<p>足場が桁下環境を侵さないかを検討する必要がある。</p> <p>死荷重の増加は比較的小さい。</p> <p>上面(張り出し部)施工には比較的適さない。</p>	<p>通行規制</p> <p>通行規制不要。ただし、橋面防水層の設置と併用の場合は、片側交互通行規制が必要。</p>	<table border="1"> <tr> <td>炭素繊維接着(格子2層)</td> <td>53.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ注入(下地処理除く)</td> <td>8.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td>5.0 千円/m²</td> </tr> </table> 	炭素繊維接着(格子2層)	53.0 千円/m ²	ひび割れ注入(下地処理除く)	8.0 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.0 千円/m ²
炭素繊維接着(格子2層)	53.0 千円/m ²								
ひび割れ注入(下地処理除く)	8.0 千円/m ²								
吊り足場工(全面)	5.0 千円/m ²								
⑨PCプレキャスト軽量床版工									
工法概要	<p>工場製作されたプレキャスト床版を主桁に設置し、橋軸方向にプレストレス導入して一体化する。</p> <p>軽量化により、主桁等の補強が不要となり、場合によっては、載荷荷重のグレードアップや拡幅等も可能となる。</p>								
	施工性	<p>桁下の全面吊足場が必要とされる。</p> <p>プレキャスト製品のため、施工の効率化が図れ、施工性に優れる。</p>							
適応性および問題点	<p>足場が桁下環境を侵さないかを検討する必要がある。</p> <p>死荷重の低減が可能となる。</p>	<p>通行規制</p> <p>橋面の全面または、片側交互通行規制が必要。</p>	<table border="1"> <tr> <td>床版取替え工</td> <td>90.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td>5.6 千円/m²</td> </tr> </table> 	床版取替え工	90.0 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²		
床版取替え工	90.0 千円/m ²								
吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²								

3-7 コンクリート部材（中性化等）

3-7-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

コンクリート部材における一般劣化（中性化等）について、適用可能な補修工法の概要を表-3.20に示す。

表-3.20 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
ひび割れ補修工法	①ひび割れ補修工法 ・エポキシ樹脂による自動式低圧注入工法 ・ひび割れに沿って約 10mmの幅でコンクリートをUまたはV形にカットした後、カットした部分に補修材を充填する工法	・部材の一体化を図る ・補修後の水分、酸素の浸入抑制
断面修復工法	②断面修復工法 ・断面修復モルタル工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の水分、酸素の浸入抑制
打換え工法	③部分打ち換え工法 ⑧全体打ち換え工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の水分、酸素の浸入抑制 ・部材の機能確保
表面被覆工法	④表面被覆工法 ・防錆処理、塗装材料による表面被覆工法 ・剥落防止を目的とした表面被覆工法(FRP接着)	・補修後の水分、酸素の浸入抑制
防錆処理工法	⑤防錆処理工法	・鉄筋の防錆処理
防水工法	⑥防水工法	・補修後の水分の浸入抑制 ・漏水箇所の止水
再アルカリ化工法	⑦電気化学的再アルカリ化工法	・中性化したコンクリートのアルカリ性回復

(2) 損傷と補修工法の目安

コンクリート部材の一般劣化（中性化等）による損傷と補修工法の目安を表-3.21に示す。

表-3.21 損傷と補修工法の目安

損傷	損傷原因	補修工法								備考	
		①ひび割れ補修工法	②断面修復工法	③部分打換え工法	④表面被覆工法	⑤防錆処理工法	⑥防水工法	⑦再アルカリ化工法	⑧全体打換え工法		
ひび割れ	外力	◎	○		○	○				繰返し荷重、持続荷重、衝突、地震、火災、偏土圧・圧密沈下、洗掘	
	環境	◎	○		○	○				乾燥収縮・温度変化	
		○	◎			◎				凍害、化学的腐食	
	材料劣化		◎		○	◎				中性化	
		○								品質不良	
製作・施工	◎	○		○	○		◎		製作・施工不良 防水・排水工不良		
剥離・鉄筋露出	外力				○					繰返し荷重、持続荷重、衝突、地震、火災、偏土圧・圧密沈下、洗掘	
	環境				○					乾燥収縮・温度変化、凍害、化学的	
	材料劣化		◎	○	◎	◎	○		○	中性化	
					○					品質不良	
	製作・施工				○			◎		製作・施工不良 防水・排水工不良	
遊離石灰・漏水	環境				○					乾燥収縮・温度変化、凍害	
	材料劣化				◎				○	中性化	
		○	◎	○	○	◎	◎			品質不良	
	製作・施工				○					製作・施工不良 防水・排水工不良	
抜け落ち	外力				○					繰返し荷重、衝突、地震	
	環境				○					凍害	
	材料劣化			◎	◎	◎			○	◎	中性化
					○						品質不良
	製作・施工				○				◎	製作・施工不良 防水・排水工不良	
豆板・空洞	材料劣化									品質不良	
	製作・施工		◎		○	◎			◎	製作・施工不良 防水・排水工不良	
変色・劣化	外力		◎		○					火災	
	環境				◎					乾燥収縮・温度変化、化学的腐食	
	材料劣化				◎				○	◎	中性化
					○						品質不良
	製作・施工				○					製作・施工不良 防水・排水工不良	

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.22 補修工法概要 (その1)

①ひび割れ補修工法													
<p>工法概要</p> <p>ひび割れ箇所に対し、エポキシ樹脂材、ポリマーセメントなどの補修材料を注入あるいは充てんし、水分や塩化物などの浸入を防止する工法である。</p> <p>中性化や塩害などの損傷原因により、ひび割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。</p> <p>低粘度のエポキシ樹脂材は、0.2~5.0mm 程度のひび割れ補修に適しており、低圧力で注入するのが一般的である。5℃以下の低温の場合、エポキシ樹脂が硬化しないため、施工には注意が必要である。5mm 以上のひび割れの場合は、ひび割れに沿ってU型の溝を設け、ポリマーセメントモルタルを充てんする。</p>													
<p>施工性</p> <p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p> <p>通行規制条件 通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>	<table border="1"> <tr> <td>ひび割れ注入工法</td> <td>11.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>4.4 千円/m²</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)のデータ</caption> <thead> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>7,700</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>15,400</td> </tr> </tbody> </table>	ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	7,700	1,000	15,400
ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²												
吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²												
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)												
0	0												
500	7,700												
1,000	15,400												
<p>適応性および問題点</p> <p>進展性ひび割れは、ひび割れの拡大に材料が追従できないため、一般的にひび割れ注入工は適さない。</p> <p>また、樹脂系の注入材は、漏水の著しい箇所での施工は適さない。</p>													

表-3.23 補修工法概要（その2）

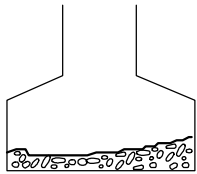
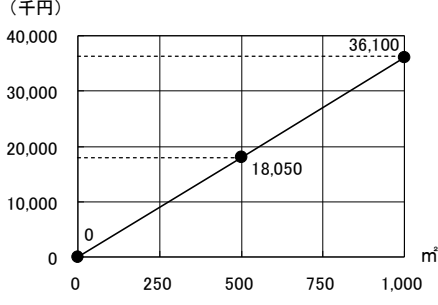
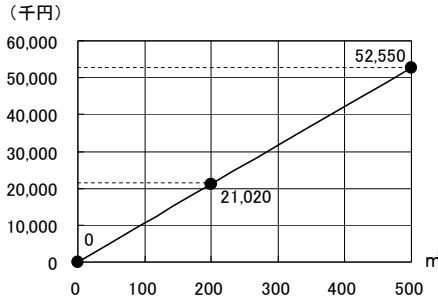
②断面修復工法							
工法概要	<p>粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。</p> <p>プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。</p> <p>注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用されている。</p>		 <p>プレパックドコンクリートの例</p>				
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>断面修復工法</td> <td style="text-align: right;">31.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table>	断面修復工法	31.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²
	断面修復工法	31.0 千円/m ²					
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
適応性および問題点	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>	参考概算工事費(直工)					
<p>鉄筋の腐食が認められる場合は、鉄筋の防錆処理工法も併用して施工を行う必要がある。</p>							
③部分打換え工法							
工法概要	<p>抜落ちや剥離などによるコンクリート断面の損傷箇所は、鉄筋の継手長部分を確保し損傷部分を切断後、新たに鉄筋を設置し、損傷箇所のコンクリートを打設して修復する。</p> <p>床版、壁高欄などの部分的に取除いても、橋梁全体にあまり影響のない部位の損傷に適用される。</p>						
施工性	<p>桁下の部分的な吊り足場が必要である。</p>		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td style="text-align: right;">100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table>	部分打換え工法	100 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²
	部分打換え工法	100 千円/m ²					
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
適応性および問題点	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>	参考概算工事費(直工)					
<p>新旧鉄筋は、重ね継手またはフレア溶接で確実に連結する必要があるため、継手長が確保できない場合は不適當である。</p> <p>また、鉄筋、型枠の組立が困難な狭窄部も不適當である。</p>							

表-3.24 補修工法概要 (その3)

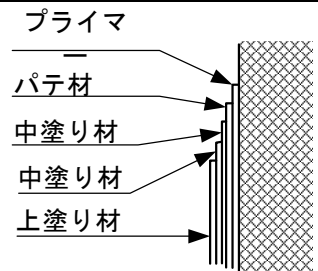
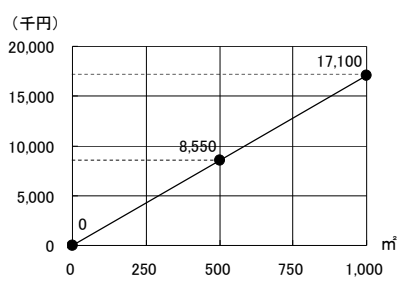
④表面被覆工法							
工法概要	<p>コンクリートの表面を塗装により被覆することで、コンクリートの劣化要因である水分、塩分、炭酸ガス及び酸素等の浸透を防止する工法である。</p>						
施工性	<p>コンクリートの表面を清掃・下地処理し、不陸調整を行った後、中塗り材や上塗り材を塗布する。</p>		<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr> <td>表面被覆工法</td> <td>12.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> </table>	表面被覆工法	12.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²
	表面被覆工法	12.0 千円/m ²					
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
通行規制条件	<p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>						
適応性および問題点	<p>一般劣化、中性化等の目的に応じた塗装材料を選択する必要がある。</p>						
⑤防錆処理工法							
工法概要	<p>コンクリートをはつり、鉄筋露出後、鉄筋の錆をケレンして、鉄筋に防錆材を塗布する工法である。鉄筋の断面欠損が大きな場合は、新たな鉄筋の追加などの処置が必要である。</p> <p>コンクリート断面の修復は、断面修復工により行う。露出した鉄筋の腐食の進行を抑えるため、暫定的な対策として行われる場合もある。エポキシ樹脂塗料、ポリマーセメント系塗布材などが使用される。</p>						
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>						
	通行規制条件	<p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>					
適応性および問題点	<p>防錆処理が不完全な場合において、鉄筋の被覆が一部されていない箇所へ腐食電流が集中し、鉄筋の腐食を加速することもある。</p>						
⑥防水工法							
工法概要	<p>防水工は、防水を目的として水がコンクリート内に浸透しないように、コンクリート表面に防水材を布設または塗布する工法である。</p> <p>止水工は、漏水している亀裂部に止水セメントなどを充てんして、止水する工法である。</p>						
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>						
	通行規制条件	<p>通行規制不要。</p>					
適応性および問題点	<p>漏水箇所の止水の場合、止水材料にはセメント系止水材、セメント系浸透性防水材、ウレタン樹脂系止水材などがある。</p>						

表-3.25 補修工法概要（その4）

⑦電気化学的再アルカリ化工法			
工法概要	<p>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する。</p> <p>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ある。</p> <p>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ある。</p>		
施工性	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。		
適応性および問題点	<p>以下の環境下では適用できない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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る。</p>		
⑧全体打換え工法			
工法概要	<p>広範囲の著しい損傷やコンクリートの品質・施工不良による補修・補強の適用困難な場合において、現況と同じ部材形状の全体打換えを行う工法である。</p>		
施工性	<p>施工が大規模となり、周辺状況の制約条件に十分配慮した施工が必要である。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">通行規制条件</td> <td>施工時の全面交通止めまたは車線規制必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	施工時の全面交通止めまたは車線規制必要。
通行規制条件	施工時の全面交通止めまたは車線規制必要。		
適応性および問題点	<p>施工時の全面交通止めまたは車線規制が必要であり、車両の一部通行による分割施工の場合は、打設コンクリートの硬化までの間、過度な振動や衝撃および変形を与えないよう通行車両の速度規制などを考慮する必要がある。</p>		

3-8 コンクリート部材（塩害）

3-8-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

コンクリート部材における塩害について、適用可能な補修工法の概要を表-3.26に示す。

表-3.26 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
ひび割れ補修工法	①ひび割れ補修工法 ・エポキシ樹脂による自動式低圧注入工法 ・ひび割れに沿って約10mmの幅でコンクリートをUまたはV形にカットした後、カットした部分に補修材を充填する工法	・部材の一体化を図る ・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
断面修復工法	②断面修復工法 ・断面修復モルタル工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
部分打換え工法	③部分打ち換え工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
表面被覆工法	④表面被覆工法 ・防錆処理、塗装材料による表面被覆工法 ・剥落防止を目的とした表面被覆工法(FRP接着)	・補修後の塩化物イオン、水分、酸素の浸入抑制
防錆処理工法	⑤防錆処理工法 ⑦電気防食工法 ・外部電源方式、流電陽極方式	・鉄筋の防錆処理 ・浸入した塩化物イオンの除去
防水工法	⑥防水工法	・補修後の水分の浸入抑制 ・漏水箇所の止水
脱塩工	⑧電気化学的脱塩工法	・浸入した塩化物イオンの除去

(2) 損傷と補修工法の目安

コンクリート部材の塩害による損傷と補修工法の目安を表-3.27に示す。

表-3.27 損傷と補修工法の目安

損傷	補修工法								備考
	①ひび割れ補修工	②断面修復工	③部分打換え工	④表面被覆工	⑤防錆処理工	⑥防水工	⑦電気防食工	⑧脱塩工	
ひび割れ		◎		○	◎				
剥離・鉄筋露出		◎	○	◎	◎		○	○	
遊離石灰・漏水	○	◎	○	◎	◎	◎	○	○	
抜け落ち			◎	◎	◎		○	○	
変色・劣化				◎			○	○	

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.28 補修工法概要 (その1)

①ひび割れ補修工法									
<p>工法概要</p>	<p>ひび割れ箇所に対し、エポキシ樹脂材、ポリマーセメントなどの補修材料を注入あるいは充てんし、水分や塩化物などの浸入を防止する工法である。</p> <p>中性化や塩害などの損傷原因により、ひび割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。</p> <p>低粘度のエポキシ樹脂材は、0.2~5.0mm 程度のひび割れ補修に適しており、低圧力で注入するのが一般的である。5℃以下の低温の場合、エポキシ樹脂が硬化しないため、施工には注意が必要である。5mm 以上のひび割れの場合は、ひび割れに沿ってU型の溝を設け、ポリマーセメントモルタルを充てんする。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>								
<p>施工性</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</td> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</td> </tr> </table>	施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。		通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。				
施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。									
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。								
<p>適応性および問題点</p>	<p>進展性ひび割れは、ひび割れの拡大に材料が追従できないため、一般的にひび割れ注入工は適さない。</p> <p>また、樹脂系の注入材は、漏水の著しい箇所での施工は適さない。</p>								
<p>参考概算工事費(直工)</p>									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>ひび割れ注入工法</td> <td>11.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>4.4 千円/m²</td> </tr> </table>		ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²				
ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²								
吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²								
<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>参考概算工事費(直工)のデータ</caption> <thead> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>7,700</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>15,400</td> </tr> </tbody> </table>		面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	7,700	1,000	15,400
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)								
0	0								
500	7,700								
1,000	15,400								

表-3.29 補修工法概要 (その2)

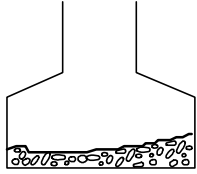
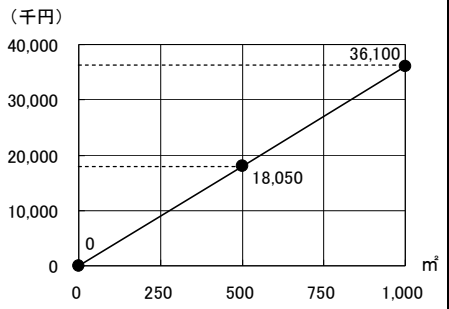
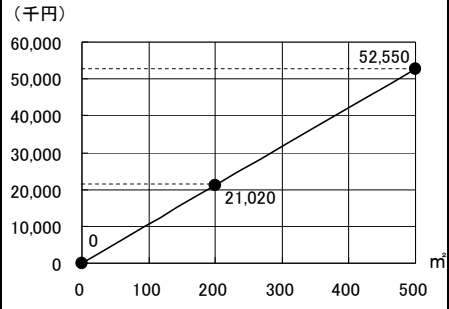
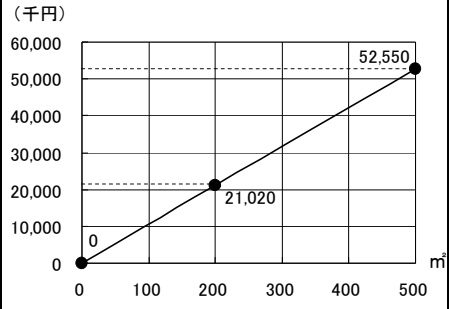
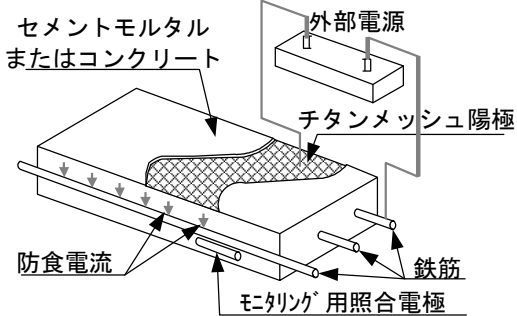
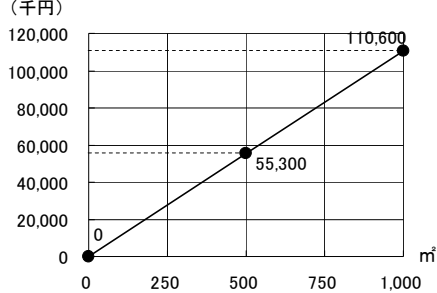
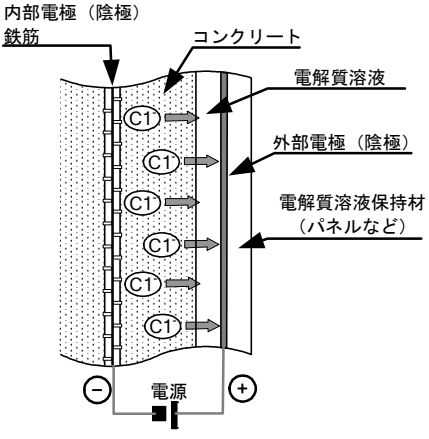
②断面修復工法							
工法概要	<p>粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。</p> <p>プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。</p> <p>注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用されている。</p>		 <p style="text-align: center;">プレバックドコンクリートの例</p>				
	施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>		参考概算工事費(直工)			
適応性および問題点	<p>鉄筋の腐食が認められる場合は、鉄筋の防錆処理工法も併用して施工を行う必要がある。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>断面修復工法</td> <td style="text-align: right;">31.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table> 	断面修復工法		31.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²
断面修復工法	31.0 千円/m ²						
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
施工性	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸し程度必要。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td style="text-align: right;">100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table> 	部分打換え工法	100 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²	
部分打換え工法	100 千円/m ²						
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
③部分打換え工法							
工法概要	<p>抜落ちや剥離などによるコンクリート断面の損傷箇所は、鉄筋の継手長部分を確保し損傷部分を切断後、新たに鉄筋を設置し、損傷箇所のコンクリートを打設して修復する。</p> <p>床版、壁高欄などの部分的に取除いても、橋梁全体にあまり影響のない部位の損傷に適用される。</p>						
	施工性	<p>桁下の部分的な吊り足場が必要である。</p>		参考概算工事費(直工)			
適応性および問題点	<p>新旧鉄筋は、重ね継手またはフレアー溶接で確実に連結する必要があるため、継手長が確保できない場合は不適當である。</p> <p>また、鉄筋、型枠の組立が困難な狭窄部も不適當である。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td style="text-align: right;">100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table> 	部分打換え工法		100 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²
部分打換え工法	100 千円/m ²						
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						

表-3.30 補修工法概要 (その3)

④表面被覆工法													
工法概要	<p>コンクリートの表面を塗装により被覆することで、コンクリートの劣化要因である水分、塩分、炭酸ガス及び酸素等の浸透を防止する工法である。</p>												
施工性	<p>コンクリートの表面を清掃・下地処理し、不陸調整を行った後、中塗り材や上塗り材を塗布する。</p>		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>表面被覆工法</td> <td style="text-align: right;">12.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> </table>	表面被覆工法	12.0 千円/m ²	吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²						
	表面被覆工法	12.0 千円/m ²											
吊り足場工(部分)	5.1 千円/m ²												
適応性および問題点	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸し程度必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸し程度必要。	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">参考概算工事費(直工)</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>面積 (m²)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>8,550</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>17,100</td> </tr> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	8,550	1,000	17,100
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸し程度必要。												
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)												
0	0												
500	8,550												
1,000	17,100												
⑤防錆処理工法													
工法概要	<p>コンクリートをはつり、鉄筋露出後、鉄筋の錆をケレンして、鉄筋に防錆材を塗布する工法である。鉄筋の断面欠損が大きな場合は、新たな鉄筋の追加などの処置が必要である。</p> <p>コンクリート断面の修復は、断面修復工により行う。露出した鉄筋の腐食の進行を抑えるため、暫定的な対策として行われる場合もある。エポキシ樹脂塗料、ポリマーセメント系塗布材などが使用される。</p>												
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>												
	通行規制条件	<p>通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸し程度必要。</p>											
適応性および問題点	<p>防錆処理が不完全な場合において、鉄筋の被覆が一部されていない箇所には腐食電流が集中し、鉄筋の腐食を加速することもある。</p>												
⑥防水工法													
工法概要	<p>防水工は、防水を目的として水がコンクリート内に浸透しないように、コンクリート表面に防水材を布設または塗布する工法である。</p> <p>止水工は、漏水している亀裂部に止水セメントなどを充てんして、止水する工法である。</p>												
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>												
	通行規制条件	<p>通行規制不要。</p>											
適応性および問題点	<p>漏水箇所の止水の場合、止水材料にはセメント系止水材、セメント系浸透性防水材、ウレタン樹脂系止水材などがある。</p>												

表-3.31 補修工法概要（その4）

⑦電気防食						
工法概要	<p>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る方法である。</p>					
施工性	<p>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る。</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">電気防食工法</td> <td style="text-align: right;">105.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td style="text-align: right;">5.6 千円/m²</td> </tr> </table>	電気防食工法	105.0 千円/m ²	吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²
電気防食工法	105.0 千円/m ²					
吊り足場工(全面)	5.6 千円/m ²					
適応性および問題点	<p>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ある。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p> 				
⑧脱塩工法						
工法概要	<p>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ある。</p> <p>塩害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ある。</p>					
施工性	<p>脱塩工法では、通常はコンクリート表面積1m²当たり約1Aの電流密度の電流を約8週間連続して流す必要がある。</p>					
適応性および問題点	<p>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/m³)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ある。</p> <p>また、以下の環境下では適用できない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 					

3-9 コンクリート部材（アルカリ骨材反応）

3-9-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

コンクリート部材におけるアルカリ骨材反応による損傷について、適用可能な補修工法の概要を表-3.32に示す。

表-3.32 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
ひび割れ補修工法	①ひび割れ補修工法 ・エポキシ樹脂による自動式低圧注入工法 ・ひび割れに沿って約 10mmの幅でコンクリートをUまたはV形にカットした後、カットした部分に補修材を充填する工法	・部材の一体化を図る ・補修後の水分浸入抑制
断面修復工法	②断面修復工法 ・断面修復モルタル工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の水分浸入抑制
打換え工法	③部分打ち換え工法 ⑦全体打ち換え工法	・劣化コンクリートの除去 ・かぶりコンクリートの確保 ・補修後の水分浸入抑制 ・部材の機能確保
表面被覆工法	④表面被覆工法 ・防錆処理、塗装材料による表面被覆工法 ・剥落防止を目的とした表面被覆工法 (FRP接着)	・補修後の水分浸入抑制
防錆処理工法	⑤防錆処理工法	・鉄筋の防錆処理
防水工法	⑥防水工法	・補修後の水分浸入抑制 ・漏水箇所の止水

(2) 損傷原因と補修工法の目安

コンクリート部材におけるアルカリ骨材反応による損傷と補修工法の目安を表-3.33に示す。

表-3.33 損傷原因と補修工法の目安

損傷	補修工法							備考
	①ひび割れ補修工	②断面修復工	③部分打ち換え工	④表面被覆工	⑤防錆処理工	⑥防水工	⑦全体打ち換え工	
ひび割れ	◎	◎		○	◎			
剥離・鉄筋露出		◎	○		◎		○	
遊離石灰・漏水	◎	◎	○		◎	◎	○	
抜け落ち			◎		◎		◎	
変色・劣化								

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.34 補修工法概要 (その1)

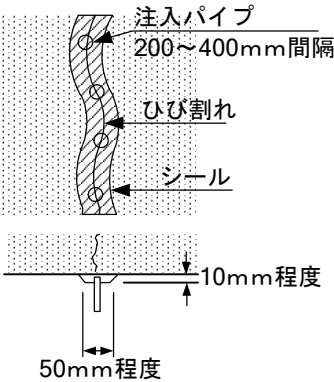
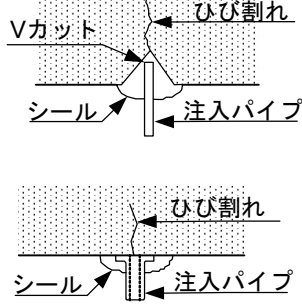
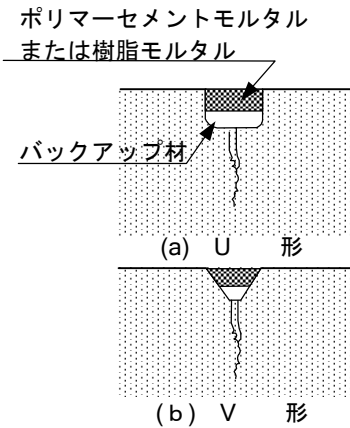
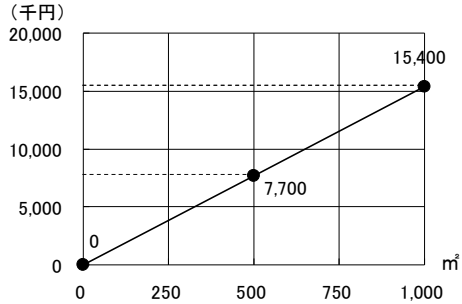
①ひび割れ補修工法									
<p>工法概要</p>	<p>ひび割れ箇所に対し、エポキシ樹脂材、ポリマーセメントなどの補修材料を注入あるいは充てんし、水分や塩化物などの浸入を防止する工法である。</p> <p>中性化や塩害などの損傷原因により、ひび割れ周辺のコンクリート劣化部分を除去する必要がある場合は、断面修復工法の併用を検討する。</p> <p>低粘度のエポキシ樹脂材は、0.2~5.0mm 程度のひび割れ補修に適しており、低圧力で注入するのが一般的である。5℃以下の低温の場合、エポキシ樹脂が硬化しないため、施工には注意が必要である。5mm 以上のひび割れの場合は、ひび割れに沿ってU型の溝を設け、ポリマーセメントモルタルを充てんする。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>注入パイプ 200~400mm間隔 ひび割れ シール</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Vカット ひび割れ シール 注入パイプ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ポリマーセメントモルタル または樹脂モルタル バックアップ材 (a) U形 (b) V形</p> </div> </div>								
<p>施工性</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</td> <td>ひび割れ注入工法</td> <td>11.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>通行規制条件</td> <td>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</td> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>4.4 千円/m²</td> </tr> </table>	施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。	ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²	
施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。	ひび割れ注入工法	11.0 千円/m ²							
通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	吊り足場工(部分)	4.4 千円/m ²						
<p>適応性および問題点</p>	<p>進展性ひび割れは、ひび割れの拡大に材料が追従できないため、一般的にひび割れ注入工は適さない。</p> <p>また、樹脂系の注入材は、漏水の著しい箇所での施工は適さない。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; margin-right: 10px;">参考概算工事費(直工)</div> <div>  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>ひび割れ長さ (m)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>7,700</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>15,400</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	ひび割れ長さ (m)	概算工事費 (千円)	0	0	500	7,700	1,000	15,400
ひび割れ長さ (m)	概算工事費 (千円)								
0	0								
500	7,700								
1,000	15,400								

表-3.35 補修工法概要 (その2)

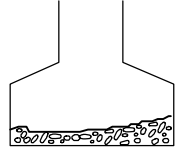
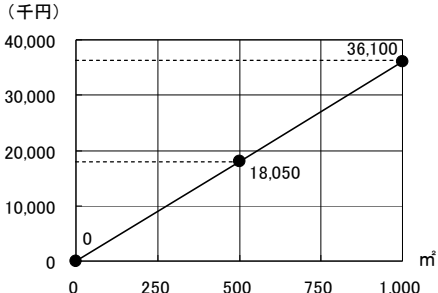
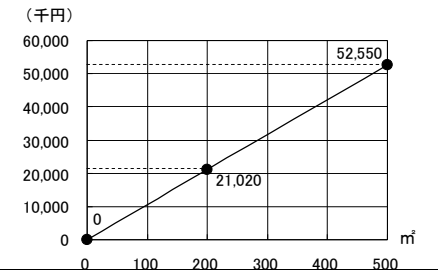
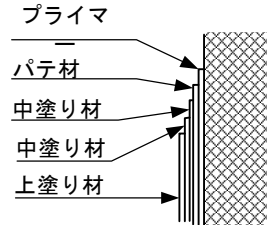
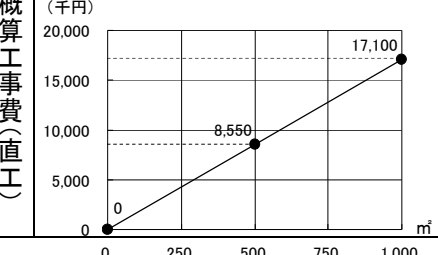
②断面修復工法			
工法概要	粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。 プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。 注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用される。		 <p>プレパックドコンクリートの例</p>
施工性	施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。		参考概算工事費(直工) 断面修復工法 31.0 千円/m ² 吊り足場工(部分) 5.1 千円/m ²
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	
適応性および問題点	鉄筋の腐食が認められる場合は、鉄筋の防錆処理工法も併用して施工を行う必要がある。		
③部分打換え工法			
工法概要	抜落ちや剥離などによるコンクリート断面の損傷箇所は、鉄筋の継手長部分を確保し損傷部分を切断後、新たに鉄筋を設置し、損傷箇所のコンクリートを打設して修復する。 床版、壁高欄などの部分的に取除いても、橋梁全体にあまり影響のない部位の損傷に適用される。		
施工性	桁下の部分的な吊り足場が必要である。		参考概算工事費(直工) 部分打換え工法 100 千円/m ² 吊り足場工(部分) 5.1 千円/m ²
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	
適応性および問題点	新旧鉄筋は、重ね継手またはフレアー溶接で確実に連結する必要があるため、継手長が確保できない場合は不適當である。 また、鉄筋、型枠の組立が困難な狭窄部も不適當である。		
④表面被覆工法			
工法概要	コンクリートの表面を塗装により被覆することで、コンクリートの劣化要因である水分、塩分、炭酸ガス及び酸素等の浸透を防止する工法である。		
施工性	コンクリートの表面を清掃・下地処理し、不陸調整を行った後、中塗り材や上塗り材を塗布する。		参考概算工事費(直工) 表面被覆工法 12.0 千円 吊り足場工(部分) 5.1 千円
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。	
適応性および問題点	劣化原因に応じた塗装材料を選択する必要がある。		

表-3.36 補修工法概要（その3）

⑤防錆処理工法		
工法概要	<p>コンクリートをはつり、鉄筋露出後、鉄筋の錆をケレンして、鉄筋に防錆材を塗布する工法である。鉄筋の断面欠損が大きな場合は、新たな鉄筋の追加などの処置が必要である。</p> <p>コンクリート断面の修復は、断面修復工により行う。露出した鉄筋の腐食の進行を抑えるため、暫定的な対策として行われる場合もある。エポキシ樹脂塗料、ポリマーセメント系塗布材などが使用される。</p>	
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>	
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。
適応性および問題点	<p>防錆処理が不完全な場合において、鉄筋の被覆が一部されていない箇所には腐食電流が集中し、鉄筋の腐食を加速することもある。</p>	
⑥防水工法		
工法概要	<p>防水工は、防水を目的として水がコンクリート内に浸透しないように、コンクリート表面に防水材を布設または塗布する工法である。</p> <p>止水工は、漏水している亀裂部に止水セメントなどを充てんして、止水する工法である。</p>	
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p> <p>全面交通止めまたは車線規制を行う必要がある。</p>	
	通行規制条件	通行規制不要。
適応性および問題点	<p>漏水箇所の止水の場合、止水材料にはセメント系止水材、セメント系浸透性防水材、ウレタン樹脂系止水材などがある。</p>	
⑦全体打換え工法		
工法概要	<p>広範囲の著しい損傷やコンクリートの品質・施工不良による補修・補強の適用困難な場合において、現況と同じ部材形状の全体打換えを行う工法である。</p>	
施工性	<p>施工が大規模となり、周辺状況の制約条件に十分配慮した施工が必要である。</p>	
	通行規制条件	全面通行止めまたは、片側交互通行規制が必要。
適応性および問題点	<p>施工時の全面交通止めまたは車線規制が必要であり、車両の一部通行による分割施工の場合は、打設コンクリートの硬化までの間、過度な振動や衝撃および変形を与えないよう通行車両の速度規制などを考慮する必要がある。</p>	

3-10 基礎工

3-10-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

基礎工について、適用可能な補修工法の概要を表-3.37に整理する。

表-3.37 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
地盤改良工法	・地盤改良工法、深礎混合処理工法、サンドコンパクションパイル工法、地中連続壁工法	・周辺地盤の改良による基礎耐力の向上
基礎耐力増加工法	・フーチング拡大工法、増し杭工法、地中連続壁増設工法、鋼管矢板基礎増設工法、ケーソン基礎増設工法	・構造物の対策による基礎耐力の増加
基礎作用力減少工法	・軽量盛土工、アースアンカー工、中間橋脚の増設	・基礎作用力の減少による負担軽減
河床の洗掘防止	・根固め工、矢板を用いた工法	・河床への対策による洗掘防止

(2) 損傷原因と補修工法の目安

基礎工の損傷と補修工法の目安を表-3.38に整理する。

表-3.38 損傷原因と補修・補強工法の目安

損傷	損傷原因	補修・補強工法									備考
		地盤改良工法	フーチング拡大工法	増し杭工法	地中連続壁増設工法	鋼管矢板基礎増設工法	ケーソン基礎増設工法	アースアンカー工法	軽量盛土工	河床の洗掘防止工	
沈下・移動・傾斜	環境に起因	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎		
洗掘	環境に起因							○	○	◎	

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.39 補修工法概要 (その1)

①地盤改良工法	
<p>工法概要</p> <p>液状化地盤での流動化対策として以下に示すような地盤改良工法があるが、対象橋梁の諸条件に応じて適切に選定する。</p> <p>(1) 液状化を発生させない方法 土の性質改良や間隙水圧に関する条件を改良する。あるいは基礎周辺に剛性の大きい地中壁を作り、せん断変形を抑制する。</p> <p>(2) 基礎耐力を向上させる方法 流動圧あるいはフーチング下端に作用する外力に耐えるように基礎耐力を増強させる。</p> <p>(3) 基礎に及ぼす流動量を減少させる方法 基礎近傍に設置した地中壁などの構造体で背後地盤の流動量を減少させる。</p>	
<p>施工性</p> <p>(1) 深層混合処理工法、サンドコンパクションパイル工法、地中連続壁工法 液状化対策工法としては実績もあり、耐震性に優れている。施工範囲が広い。</p> <p>(2) 根固め工 液状化対策も兼ねることができる。</p> <p>(3) 地中連続壁工法、鋼管矢板基礎工法 剛性、根入れを確実に行えば効果は高い。</p>	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制不要。</p>
<p>適応性および問題点</p> <p>(1) 深層混合処理工法、サンドコンパクションパイル工法、地中連続壁工法 既設基礎には手を加えなくてよい。</p> <p>(2) 根固め工 増し杭工法が適さないときに用いる。既設フーチングの鉄筋欠損が生じる場合が多い。</p> <p>(3) 地中連続壁工法、鋼管矢板基礎工法 流動化の方向に注意が必要。既設基礎には手を加えなくてよい。</p>	
②フーチング拡大工法	
<p>工法概要</p> <p>基礎形式が直接基礎の場合の安定性の向上、あるいはフーチングの耐力向上を目的としてフーチングを拡大する工法である。</p>	
<p>施工性</p> <p>既設フーチング側面のはつりを行い、鉄筋を接続してコンクリートを打設するが、新旧コンクリートの一体化には十分に留意する必要がある。</p>	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制不要。</p>
<p>適応性および問題点</p> <p>フーチングの応力照査で非常に大きな鉄筋量が必要になる場合や、橋軸または直角の一方のみに拡大する場合は、プレストレスを導入する方法が有効である。</p> <p>ただし、フーチングは剛性が高いため、大きなプレストレスが必要になること、プレストレスを導入するための作業スペースが必要であるなど留意点が多い。</p>	

表-3.40 補修工法概要（その2）

③増し杭工法			
工法概要	<p>増し杭工法は、既設杭の周囲に新たな杭を増設して補強する方法である。</p> <p>増し杭と既設フーチングとの結合は、既設フーチングを拡大することによって行うが、拡大した部分のフーチングと既設フーチングの一体化が重要である。</p>		
	施工性	<p>施工実績も比較的多い。</p> <p>通行規制条件 通行規制不要。</p>	
④地中連続壁増設工法			
工法概要	<p>既設杭の周囲に鉄筋コンクリートまたは鋼製の地中連続壁を構築して、その頂版と既設フーチングを一体化して補強する方法である。</p> <p>増設基礎の剛性が高いため、基礎の大きさを小さくできる特徴がある。</p>		
	施工性	<p>一般的に施工時に大きなヤードが必要であり、また増し杭工法に比べて工期、工費は増大する。</p> <p>通行規制条件 通行規制不要。</p>	
⑤鋼管矢板基礎増設工法			
工法概要	<p>既設杭の周囲に鋼管矢板を建て込み、仮締切りと併用して頂版を打設し、既設部と一体化して補強する方法である。</p>		
	施工性	<p>鉛直支持力を期待しない場合には、鋼管矢板打設工法は圧入工法、振動工法なども採用できる。</p> <p>通行規制条件 通行規制不要。</p>	

表-3.41 補修工法概要 (その3)

⑥ケーソン基礎増設工法			
工法概要	<p>既設基礎の側面にケーソンを構築し、フーチングを拡大してケーソン頂版と既設フーチングを連結し一体化させる補強工法である。</p>		
施工性	<p>桁下に杭打ち機などが進入できない場合に施工可能であり、剛性の高い基礎とすることができるなど利点がある。</p>		<p>適応性および問題点</p>
	<p>通行規制条件</p>	<p>通行規制不要。</p>	
⑦アースアンカー工法			
工法概要	<p>橋台前面の地盤が洗掘や崩壊により、橋台の安定が低下した場合などに、安定の回復を目的として実施する。</p>		
施工性	<p>道路交通に支障なく施工ができるので、迂回路がない場合などには有効な補強工法である。</p>		<p>適応性および問題点</p>
	<p>通行規制条件</p>	<p>通行規制不要。</p>	
⑧軽量盛土工法			
工法概要	<p>軟弱地盤上の橋台などが、背面盛土の重量により移動や傾斜が生じる懸念がある場合に、橋台背面の盛土の重量を軽減して安定を向上させる。</p> <p>橋台の各部位において断面耐力が不足す場合にも、土圧軽減することにより耐力を確保することがあるが、背面の掘削作業がとれない迂回路などの交通対策の検討が必要である。</p> <p>背面盛土の荷重軽減としては、コルゲートパイプ、ボックスカルバート、軽量骨材、発泡スチロール、軽量コンクリートなど種々の工法がある。</p>		
施工性	<p>背面の掘削作業がとれない迂回路などの交通対策の検討が必要である。</p>		<p>適応性および問題点</p>
	<p>通行規制条件</p>	<p>全面通行止めの上、迂回路必要。</p>	

表-3.42 補修工法概要 (その4)

⑨河床洗掘削防止工法	
工 法 概 要	<p>a. 捨て石工法</p> <p>洗掘の進行により安定性や支持力を損なう可能性がある場合に実施する。乾式工法は仮締切りを実施して行うため安全確実であるが、多大な工期、工事費を要する場合が多く、水中工法の採用が多い。</p>
	<p>b. コンクリートブロック工法</p> <p>洗掘対策として信頼性が高く実施例も多いが、施工に当たっては流水の流れを変えてブロック据付け箇所の整地に留意する必要がある。</p>
	<p>c. 水中コンクリート工法</p> <p>基礎周辺の河床洗掘が進み、安定性や支持力を損なう可能性がある場合に実施する。本工法を採用するには、河川条件を十分調査し水中コンクリート打設の可能性などを十分に検討する必要がある。</p>
	<p>d. 鋼矢板締切り工法</p> <p>河床の洗掘が大きく、今後も河床変動が予想される場合などに採用例がある。</p> <p>既設基礎が杭基礎などの場合は、全周鋼管矢板基礎などと合せて比較検討する必要がある。</p>
	<p>e. 根固め工法</p> <p>下流側の構造物などで土砂を堆積させ、洗掘の防止を図る工法である。</p> <p>河川管理に対する条件が変化するとともに、自然に対する諸問題も伴うので、現地状況を十分に調査のうえ実施する必要がある。</p>

3-11 支承・沓座

3-11-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

支承・沓座の損傷について、適用可能な補修工法の概要を表-3.43に示す。

表-3.43 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
部分補修工	・部分補修工法	・局所的な損傷の補修
取替え工	・取替え工法(同形式) ・取替え工法(他形式)	・支承本体の交換
防錆工法	・金属溶射 ・補修塗装	・支承本体の防錆処理
沓座モルタル補修工	・沓座モルタル補修	・損傷した沓座モルタルの部分 あるいは全体補修

(2) 損傷原因と補修工法の目安

支承および沓座の損傷と補修工法の目安を表-3.44に整理する。

表-3.44 損傷原因と補修工法の目安

損傷	損傷原因	補修工法					備考	
		部分補修工法	取替え工法(同形式)	取替え工法(他形式)	防錆工法(金属溶射)	防錆工法(補修塗装)		沓座モルタル補修工法
腐食	環境	○	◎		◎	◎	塩害	
		◎					化学的腐食	
	材料劣化	◎	○	○	○	○	品質不良	
	製作・施工	◎	◎	○	○	○		製作・施工不良
				◎	◎		防水・排水工不良	
構造	○		◎	○	○		構造形式・形状不良	
亀裂・破断	外力	◎	○	◎			繰返し荷重、地震	
	材料劣化	◎	○	○			品質不良	
	製作・施工	◎	◎	○			製作・施工不良	
	構造			◎			構造形式・形状不良	
ゆるみ・脱落	外力	○	○	◎			繰返し荷重	
		◎		○			地震	
	材料劣化	◎	○	○			品質不良	
	製作・施工	◎	○	○			製作・施工不良	
構造			◎				構造形式・形状不良	
塗装劣化	外力				◎	◎	火災	
	環境				◎	◎	塩害、化学的腐食	
	材料劣化				◎	◎	品質不良	
	製作・施工				◎	◎	製作・施工不良、防水・排水工不良	
	構造	○		○	○	○	構造形式・形状不良	
モルタルのひび割れ	外力		○	◎			繰返し荷重	
							◎	地震
	環境						◎	乾燥収縮・温度変化、塩害、化学的腐食
	材料劣化						◎	中性化、品質不良
	製作・施工						◎	製作・施工不良、防水・排水工不良
構造			◎			○	構造形式・形状不良	
異常音、移動	外力	◎	○	◎			繰返し荷重、地震	
		◎	◎					偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食
	環境	◎		○				乾燥収縮・温度変化
	材料劣化	◎	○					品質不良
	製作・施工	◎	○					製作・施工不良
構造			◎				構造形式・形状不良	

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.45 補修工法概要 (その1)

①部分補修工法												
工法概要	<p>損傷が局所的で、損傷を受けた部品の補修、取り替えて済む場合には部分補修を行う。</p> <p>部分補修工の代表的な事例を以下に示す。</p> <p>(1) 1本ローラー支承でのローラーのみの取り替え</p> <p>(2) 上沓、下沓の拡幅</p> <p>(3) 支承板支承での上沓および支承板の取り替え</p> <p>(4) アンカーボルトナットのゆるみの締直し</p> <p>(5) 移動制限装置の亀裂、破断部の補修</p> <p>(6) 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</p>											
	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できれば施工可能である。</p>											
施工性	通行規制条件	通行規制は原則不要。工法によりジャッキアップが必要な場合は、通行規制必要。										
適応性および問題点	損傷を受けた箇所のみ補修、交換の場合にのみ適用される。											
②取替え工法												
工法概要	<p>(1) 同形式への取替え</p> <p>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る。</p> <p>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多い。</p> <p>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ある。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ない。</p>		<p>(2) 他形式への取替え</p> <p>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る。</p> <p>代表的な事例としては、1本ローラー支承のローラーの脱落損傷した場合に支承板支承に取り替えた例がある。</p> <p>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る。また、支承変更後の移動量と遊間量の確認を行う。</p> <p>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る。</p>									
	施工性	<p>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ある。</p>		<table border="1"> <tr> <td>支承取替え工</td> <td>900 千円/基</td> </tr> <tr> <td>足場工</td> <td>20 千円/基</td> </tr> </table>	支承取替え工	900 千円/基	足場工	20 千円/基				
支承取替え工	900 千円/基											
足場工	20 千円/基											
適応性および問題点	<p>支承全体の取り替えを行うときは、主桁を仮受けする必要がある。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が生じることがあるので確認を行う。</p> <p>また、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る。</p>		<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>基数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>46,000</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>92,000</td> </tr> </tbody> </table>		基数	概算工事費(千円)	0	0	50	46,000	100	92,000
基数	概算工事費(千円)											
0	0											
50	46,000											
100	92,000											

表-3.46 補修工法概要（その2）

③防錆工法										
工法概要	<p>(1) 亜鉛溶射 プ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プラストによる完全なケレンが可能である。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るがコストは高い。 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ある。</p> <p>(2) 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する。ケレンおよび塗装作業が可能スペースが確保できることが条件である。</p>									
施工性	<p>施工が比較的容易で、作業スペースが確保できれば適用可能である。</p>	参考概算工事費(直工)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">支承補修工(亜鉛溶射)</td> <td style="width: 30%;">100 千円/基</td> </tr> <tr> <td>足場工</td> <td>20 千円/基</td> </tr> </table>	支承補修工(亜鉛溶射)	100 千円/基	足場工	20 千円/基			
支承補修工(亜鉛溶射)	100 千円/基									
足場工	20 千円/基									
適応性および問題点	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制不要。</p> <p>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。</p>	<p>(千円)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>基数</th> <th>概算工事費(千円)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6,000</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>12,000</td> </tr> </table>	基数	概算工事費(千円)	0	0	50	6,000	100	12,000
基数	概算工事費(千円)									
0	0									
50	6,000									
100	12,000									
④沓座モルタル補修工法										
工法概要	<p>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する。モルタルの破損した箇所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う。</p>									
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できれば施工可能である。</p>									
適応性および問題点	<p>通行規制条件</p> <p>通行規制は原則不要。全面補修の場合は、ジャッキアップが必要となり、通行規制必要。</p>	<p>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、鋼材を取除いてモルタルを打設するのがよい。</p>								

3-12 伸縮装置

3-12-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

伸縮装置の損傷について、適用可能な補修工法の概要を表-3.47に整理する。

表-3.47 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
部分補修工	・部品の補修・取替え	・部品の補修・取替えにより、機能を改善する
取替え工	・取替え工(同形式、他形式)	・伸縮装置の交換
後打ち材打換え工法	・後打ち材打換え工法	・後打ちコンクリート部の補修
非排水化工法	・バックアップ材充填	・伸縮装置の非排水化

(2) 損傷原因と補修工法の目安

伸縮装置の損傷と補修工法の目安を表-3.48に整理する。

表-3.48 損傷原因と補修工法の目安

損傷	損傷原因	補修工法					備考
		部分補修工法	取替え工法(同形式)	取替え工法(他形式)	後打ち部打替え工法	非排水化工法	
腐食	環境	◎	○	○	○		塩害、化学的腐食
	材料劣化	◎	○	○	○		品質不良
	製作・施工	◎	○	○	○		製作・施工不良
		○				◎	防水・排水工不良
構造	○		◎	◎		構造形式・形状不良	
亀裂	外力	◎	○	○	○		繰返し荷重
			◎	◎	◎		地震
	材料劣化	◎	○	○	○		品質不良
	製作・施工	◎	○	○	○		製作・施工不良
構造	○		◎	◎		構造形式・形状不良	
脱落・欠損、破断	外力	○	○	◎	◎		繰返し荷重、地震
	材料劣化	◎	○	○	○		品質不良
	製作・施工	◎	○	○	○		製作・施工不良
	構造			◎	◎		構造形式・形状不良
異常遊間	外力		◎				繰返し荷重、地震、偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食
	環境		○				乾燥収縮・温度変化
	製作・施工		◎	◎	◎		製作・施工不良
	構造						構造形式・形状不良
段差	外力		◎				繰返し荷重、地震、偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食
	環境		◎				乾燥収縮・温度変化
	材料劣化		○	◎	◎		品質不良
	製作・施工		○				製作・施工不良
	構造						構造形式・形状不良
異常音	外力		○	○	○		繰返し荷重、地震、偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食
	環境			○	○		乾燥収縮・温度変化
	材料劣化		○	○	○		品質不良
	製作・施工		○	○	○		製作・施工不良
	構造			◎	◎		構造形式・形状不良
漏水	環境	○					乾燥収縮・温度変化、塩害、化学的腐食
	材料劣化	◎					品質不良
	製作・施工	◎				◎	製作・施工不良
							防水・排水工不良
構造	◎		○	○		構造形式・形状不良	

◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.49 補修工法概要 (その1)

①部分補修工法										
工法概要	<p>伸縮装置の損傷が局所的な場合は、部品の補修・取り替えで部分補修を行う。伸縮装置の代表的な部分補修事例を以下に示す。</p> <p>(1) 破損した取付けボルトの取り替え (2) 剥離したボルトホール充てん材の再充てん (3) 剥離した簡易鋼製ジョイントのゴム部分の取り替え (4) 鋼製フィンガージョイントの溶接亀裂の補修</p>									
施工性	<p>施工が容易であり、部品の補修・取り替えで可能な場合、適用可能である。</p>									
適応性および問題点	通行規制条件	通行規制必要。								
適応性および問題点	部品の補修・取り替えで可能な場合にのみ適用される。									
②取替え工法										
工法概要	<p>(1) 同形式への取り替え工法</p> <p>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。</p> <p>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ない。</p>	<p>(2) 他形式への取り替え工法</p> <p>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る。</p> <p>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る。</p> <p>他形式に取り替えた事例として、突き合せ型ゴムジョイントは脱落しやすいため、埋設型または荷重支持型ゴムジョイントに取り替えた例がある。</p>								
施工性	<p>全体取り替え工の場合は、通行規制(片側あるいは全面)が伴うため、規制条件に基づき、構造形式や施工計画を検討する。</p>	参考概算工事費(直工)								
適応性および問題点	<p>全体取り替え工を実施する場合には、事前に必ず遊間量・伸縮量のチェックを行い、後打ち部の打換え工を併せて実施する。</p> <p>補修時における伸縮量の算定には、施工誤差、乾燥収縮、クリープの影響は考慮しなくてよい。</p> <p>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。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る。</p>	<p>伸縮装置取替え工 250 千円/m</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)のデータ</caption> <thead> <tr> <th>長さ (m)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>12,500</td> </tr> </tbody> </table>	長さ (m)	概算工事費 (千円)	0	0	20	5,000	50	12,500
長さ (m)	概算工事費 (千円)									
0	0									
20	5,000									
50	12,500									
通行規制条件	通行規制必要(片側あるいは全面)。									

表-3.50 補修工法概要（その2）

③後打ち部打換え工法										
工法概要	<p>伸縮装置を固定するため、遊間の両側には後打ち材が打設されているが、後打ち材にびび割れや剥離が見られた場合には、既設の後打ち材をはつり取りブラストを行って後打ち材の打換えを行う。</p> <p>後打ち材の材料には樹脂コンクリート、樹脂モルタル、コンクリート、モルタルなどが使用されているが、補修時には早期に交通供用する必要があるため、超速硬コンクリートが用いられる。</p> <p>後打ち材の打換えは、損傷箇所を過小に限定すると再び補修が必要となるので、できるだけ幅広く打換えてしまうのがよい。</p>									
施工性	<p>後打ち部打換えの場合は、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。</p>									
	通行規制条件	通行規制必要。								
適応性および問題点	<p>後打ち部の損傷を放置しておく、伸縮装置の固定部が損傷し、伸縮装置全体に損傷が拡大する恐れがあるため、早期に補修するのがよい。</p>									
④非排水化工法										
工法概要	<p>古いタイプの鋼製フィンガージョイントは、ジョイントの下に排水樋を設けた形式が多いが、土砂などの堆積により十分な排水ができず、支承周りや下部工の損傷原因となりやすいため、遊間にバックアップ材、弾性シール材を充てんして非排水化するのが望ましい。</p> <p>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通がある。</p> <p>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るが、最近では高弾性ウレタンフォームが多く用いられている。また、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る。</p>									
施工性	<p>非排水化工法の場合は、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。ただし、通行規制を伴わないケースもあるため、構造に合わせ検討が必要となる。</p>	<table border="1"> <tr> <td>非排水化工法</td> <td>100 千円/m</td> </tr> </table>	非排水化工法	100 千円/m						
非排水化工法	100 千円/m									
	通行規制条件	通行規制必要。								
適応性および問題点	<p>弾性シール材を注入する工法では、交通規制が必要のため、完成長の85%に圧縮した成型止水材をジョイント下方から押込み、交通規制をしないで施工した事例もある。ただし、この場合、作業可能な桁遊間量が必要となる。</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)</caption> <thead> <tr> <th>長さ (m)</th> <th>概算工事費 (千円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>2,000</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>5,000</td> </tr> </tbody> </table>	長さ (m)	概算工事費 (千円)	0	0	20	2,000	50	5,000
長さ (m)	概算工事費 (千円)									
0	0									
20	2,000									
50	5,000									

3-13 付属物等

3-13-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

付属物（高欄・防護柵、遮音壁、照明・標識、点検施設、添架物、地覆、排水装置）は、鋼部材の損傷について、適用可能な補修工法の概要を表-3.51に整理する。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の3-7～9を参照とする。

表-3.51 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
部分補修工	・部品の補修・取替え	・部品の補修・取替えにより、機能を改善する
取替え工	・取替え工	・部材の交換

(2) 各付属物の対応

付属物ごとの補修対応について整理する。

表-3.52 付属物別の補修対応

付属物	補修対応
高欄・防護柵	高欄・防護柵は、鋼部材の一般的な損傷と同様である。ただし、対応としては、部分補修、塗り替えおよび取替えにより適切な対応を行う。
遮音壁	遮音壁は、排気ガス等によりよごれがひどい場合が多く、腐食の原因となることもあるため、洗浄が必要である。損傷は、車両の衝突等による破損や経年劣化による防食機能低下であり、部分補修や塗装塗替え等により適切な対応を行う。
照明・標識	照明・標識は、支柱や鋼板等の損傷が鋼部材の一般的な損傷と同様である。また、腐食や疲労等による落下の恐れがある場合は、緊急対応を必要とする。部分補修や取替えにより適切な対応を行う。
点検施設、添架物	点検施設（検査路等）および添架物は、鋼部材の一般的な損傷と同様である。ただし、補修対応は、部分補修や取替えにより適切な対応を行う。
地覆	地覆は、凍結融解による剥離が良く認められる。防護柵の支柱の安定性に影響を与える場合もあり、部分補修や全面打替え等、適切な対応を行う。
排水装置	排水装置は、漏水や滞水の原因となり構造部材への影響が大きいため、後回しせず対応を行う必要がある。特に排水柵の土砂詰りの解消、排水管の腐食による交換等、適切な対応を行う。

(3) 補修工法概要

表-3.53 補修工法概要 (その1)

①部分補修工法		
工法概要	<p>高欄、防護柵、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す。</p> <p>(1) 塗装塗替え (2) 破断箇所の溶接補修工 (3) ボルト等の交換 (4) その他部材の交換</p> <p>また、地覆、防護柵等のコンクリート部材は、コンクリート部材の補修工法を参照とする。</p>	
施工性	<p>日常の維持管理において、部品の補修・取り替え程度で可能な場合が多い。</p>	
通行規制条件	通行規制が必要な場合もある。	
問題点および適応性	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る。	
②取替え工法		
工法概要	<p>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る。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、同形式に取り替える。</p>	
施工性	<p>全体取り替え工の場合は、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。</p>	
通行規制条件	通行規制必要。	
問題点および適応性	<p>全体取り替え工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。</p>	
③排水装置取替え工法		
概要	排水装置取替え工は、路面上の排水樹、配水管(縦引き、横引き)等を取替えるため、柵の塗装工事や補修工事等と一緒にを行う。	
施工性	排水装置取替え工の場合は、通行規制(片側)が伴うため、規制条件に基づき、施工計画を検討する。	
通行規制条件	通行規制(片側)必要。	
問題点および適応性	排水装置取り替え工を実施する場合には、事前に必ず付帯工の有無を確認し、なるべく他の工事と一緒にを行う。	

3-14 舗装

3-14-1 補修工法の概要

(1) 適用可能な補修工法

舗装の損傷について、適用可能な補修工法の概要を表-3.54に整理する。

表-3.54 適用可能な補修工法

補修工法	適用可能な補修工法	補修方針
表面処理工法	・シーラコート ・パッチング	・応急処置として、部分的な補修
打換え工法	・舗装打換え	・損傷箇所を含め、全面打換え

(2) 補修工法概要

表-3.55 補修工法概要

①表面処理		
工法概要	表面処理の補修工法として一般的な工法は、シーラ材注入工法とパッチングがある。	
施工性	日常の維持管理において、部分補修程度で行う場合が多い。	
	通行規制条件	通行規制必要。
適応性および問題点	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る。	
②舗装打換え		
工法概要	舗装の全面打換えで、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る。	
施工性	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。	
	通行規制条件	通行規制必要。
適応性および問題点	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なる。	

§ 4. 補修事例

4-1 補修事例

静岡県内の補修橋梁における施工事例を以下に挙げる。

- ① 断面修復工（主桁：東沢橋）
- ② 断面修復工（主桁：広沼橋）
- ③ ひび割れ補修工（主桁：広沼橋）
- ④ 鋼板接着工（主桁：広沼橋）
- ⑤ 下面増厚工（床版：広沼橋）
- ⑥ 床版取替工（第2中谷橋）
- ⑦ 支承取替工（大井川橋）
- ⑧ RC巻立て工（橋脚耐震補強：広沼橋）
- ⑨ 鋼板巻立て工（橋脚耐震補強：広沼橋）
- ⑩ 鋼板巻立て工（橋脚耐震補強：江川橋）
- ⑪ パイルベント橋脚耐震補強（来光川橋）
- ⑫ 当て板補修工（天狗橋）

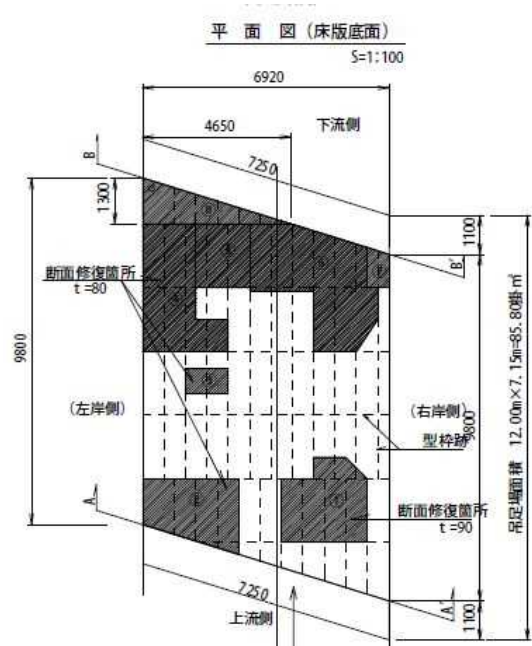
①断面修復工（東沢橋：御前崎土木）

施工概要

RC 桁の下面における剥離・鉄筋露出の損傷に対する補修工法（断面修復工）の施工事例である。
 損傷箇所のはつり工及び鉄筋に防錆処理を施し、断面修復工（ $t=80\sim 90\text{mm}$ ）と表面保護工を行っている。

概算工事費（直接工事費）
 断面修復工：31,000 円/m²
 表面被覆工：12,000 円/m²

概要図



施工状況



現況状況



劣化状況



鉄筋かぶり



鉄筋錆落工



高圧洗浄工



鉄筋防錆工



乾式吹付工



表面保護工



完成

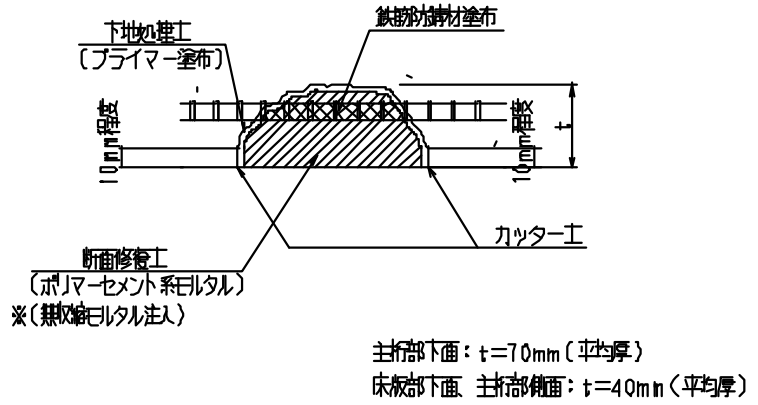
②断面修復工（広沼橋：富士土木）

施工概要

鋼鈹桁の床版下面におけるひび割れ、剥離・鉄筋露出の損傷に対する補修工法（断面修復工）の施工事例である。

延命対策として、ひびわれ補修・部分的な劣化コンクリートの除去・鉄筋の防錆・断面修復・表面保護工を施し、中性化の進行を抑制・鋼材の腐食因子の供給量低減を図った。

概要図



カッター工



はつり工

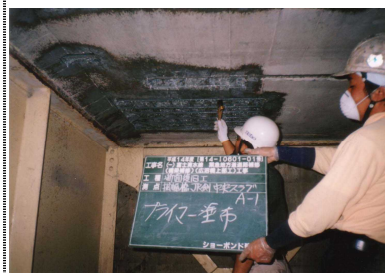


鉄筋錆落工

施工状況



鉄筋防錆工



プライマー塗布工



断面修復工



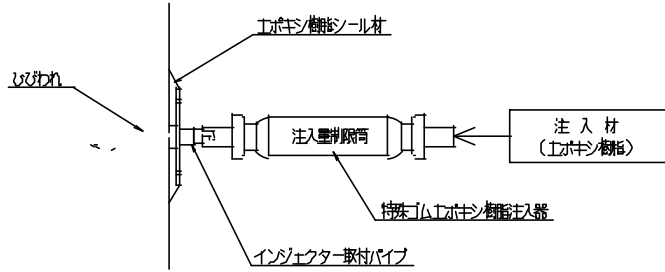
完成

③ひび割れ補修工（広沼橋：富士土木）

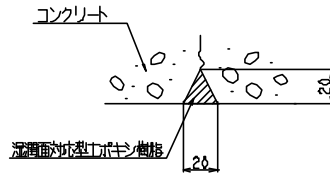
施工概要

RC 桁のひび割れ補修工法の施工事例である。
 損傷箇所のひび割れ注入を施し、シール工を行っている。

概要図
 ひびわれ注入工詳細図



Vカットシール工
 (遊離石灰部)



劣化状況



注入工

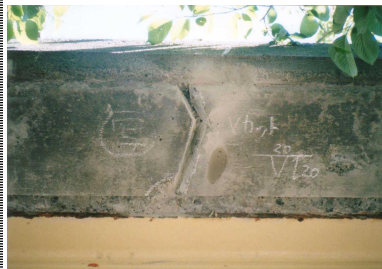


仕上げ工

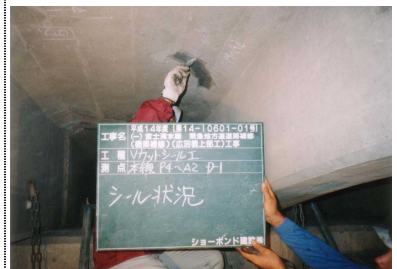
施工状況



Vカット工 (直前)



Vカット工



シール工

④鋼板接着工（広沼橋：富士土木）

施工概要

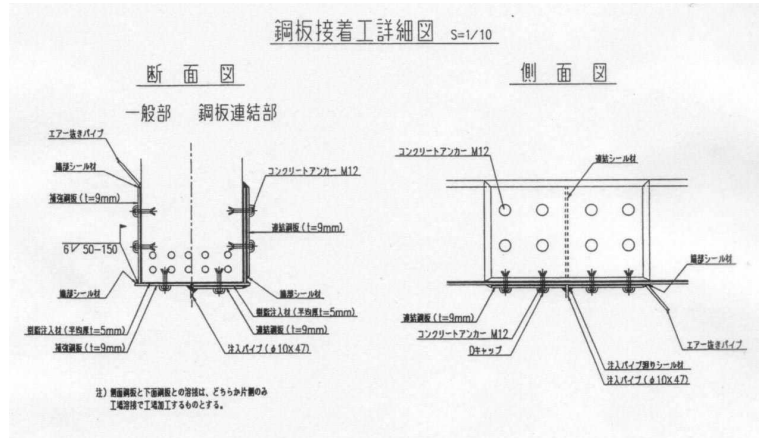
RC桁における鋼板接着工法の施工事例である。

照査により本線橋主桁では剥離・鉄筋露出の損傷に対する補修工法（断面修復工）P1～P4径間、床版では全ての径間で応力度が許容値を満足していないことが確認された。

主桁については、主桁下面への鋼板接着工法と炭素繊維接着工法を比較検討した結果、経済性に優れた『鋼板接着工法』を採用した。

工事費
鋼板接着工：57,000千円
工期：6ヶ月（H15.10～H16.3）

概要図



施工状況



下地処理工



仮付溶接工



削孔工



鋼板取付工



本締工



溶接工



注入工



完成

⑤下面増厚工（広沼橋：富士土木）

施工概要

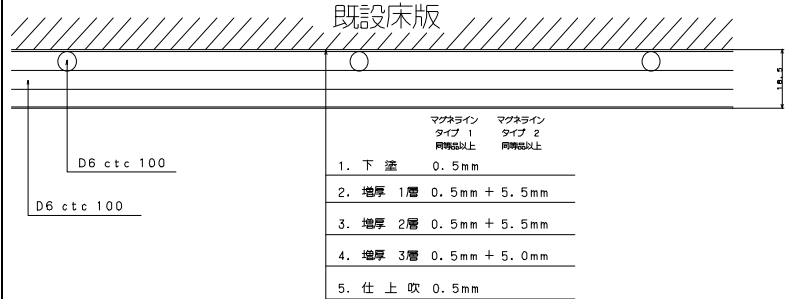
床版における下面増厚工法の施工事例である。

照査により本線橋主桁では剥離・鉄筋露出の損傷に対する補修工法（断面修復工）P1～P4 径間、床版では全ての径間で応力度が許容値を満足していないことが確認された。

床版については床版下面への鋼板接着工法、炭素繊維接着工法、下面増厚工法を比較検討した結果、経済性に優れた『下面増厚工法』を採用した。

工事費
下面増厚工：37,000 千円
工期：7 ヶ月（H15.2～H15.8）

概要図



施工状況



表面処理工



下塗り工



鉄筋取付工



増厚（吹付け工）



増厚（コテ塗り工）



完成

⑥床版取替工（第2中谷橋：下田土木）

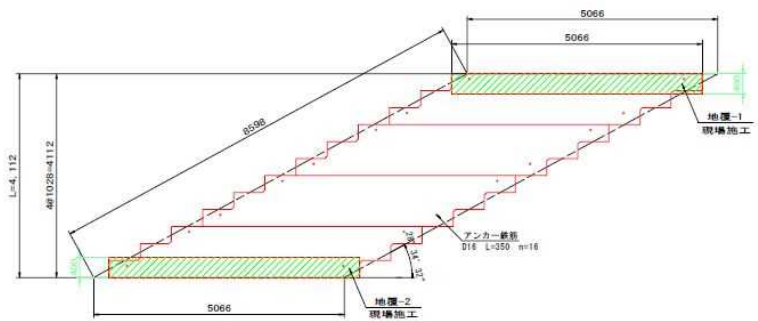
施工概要

床版橋における床版の損傷に対する補修工法（床版取替工）の施工事例である。

現況の床版は、現場打ち床版で床版下面は鉄筋が露出し、かなり危険な状態であり、床版橋としてはすぐ落ちてもおかしくない程度である。現在は補強をしてあるが危険な状態である。

RC床版工、PC床版工、ボックスカルバート工の比較の結果、PC床版が軽く、経済性に優れ、床版厚も現況と同じであるためPC床版工を採用した。

概要図



現況状況



劣化状況



コンクリートはつり工

施工状況



プレキャストPC床版設置工



エラストイト貼付工



設置完了



路面確認



完成

⑦支承取替工（大井川橋：島田土木）

施工概要

下路トラス橋における支承受替工法の施工事例である。

支承の損傷状況は、以下の通りであり、支承の取替を行った。

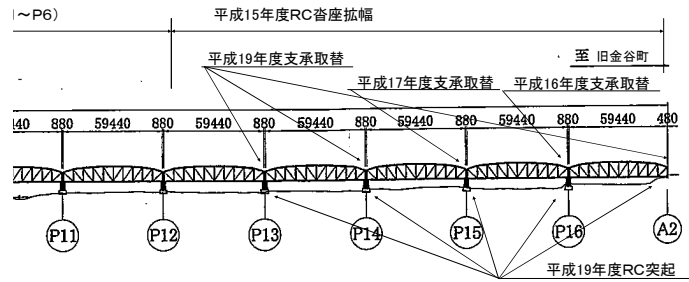
- ①可動支承は、ローラーの腐食が顕著であり、機能不良。
- ②可動支承の機能不良から、固定支承の上沓に変位が生じアンカーボルトが変形。

施工時のジャッキアップは支点より800mmの位置とし、ジャッキアップ量は5mm以下(2~3mm程度)とした。

既設の支承撤去については、ガス切断機にて切断し小割にして撤去した。

工事費（支承受替工）
 H16：20,000千円/4箇所
 H18：20,000千円/4箇所
 H19：45,000千円/10箇所

概要図



施工状況



現況状況



補強材取付



ジャッキアップ



旧支承撤去



ベースプレート設置



支承据付



鉄筋組立て工



モルタル打設工



完成

⑧ RC巻立て工（広沼橋：富士土木）

施工概要

RC巻立て工の耐震補強工法の施工事例である。

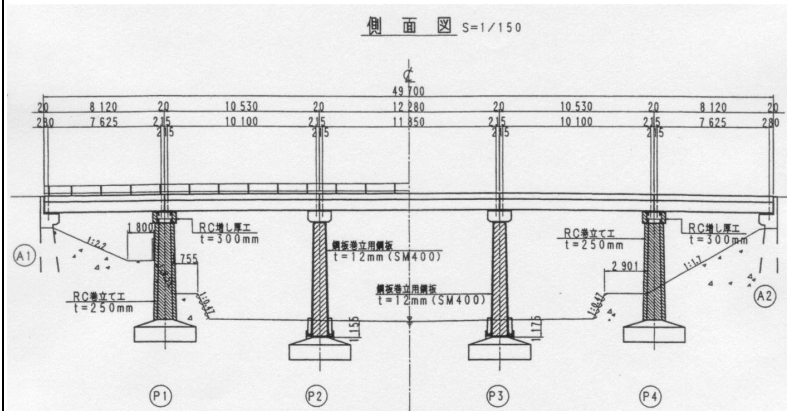
照査の結果、全ての橋脚で耐震性能を満足しないことが確認された。鉄筋コンクリートラーメン橋脚の補強工法として『鉄筋コンクリート増厚工法』『曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法』『鋼板巻立て工法』『鉄筋コンクリート巻立て工法』があげられる。

比較の結果、流下断面外に位置するP1・P4橋脚は経済性・補強後の重量の増加が最小である『鉄筋コンクリート巻立て工法』を採用した。

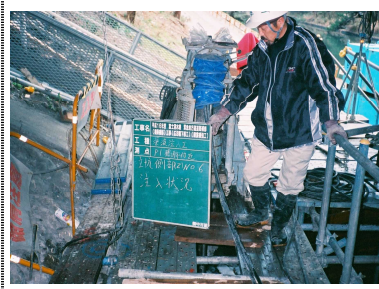
概算工事費（工事費）

RC巻立て工 P4：35,800千円
ライナープレート土留工含む
工期：8ヶ月（H18.1～H18.8）

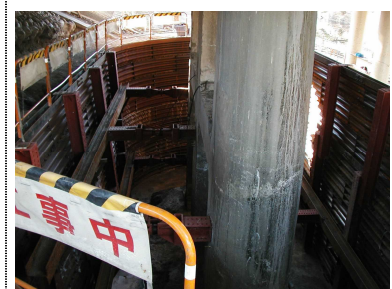
概要図



ライナープレート変形



薬液注入工



ライナープレート設置完了

施工状況



はつり工



鉄筋防錆工



鉄筋組立工



コンクリート打設工



RC巻立て工



完成

⑨鋼板巻立て工（広沼橋：富士土木）

施工概要

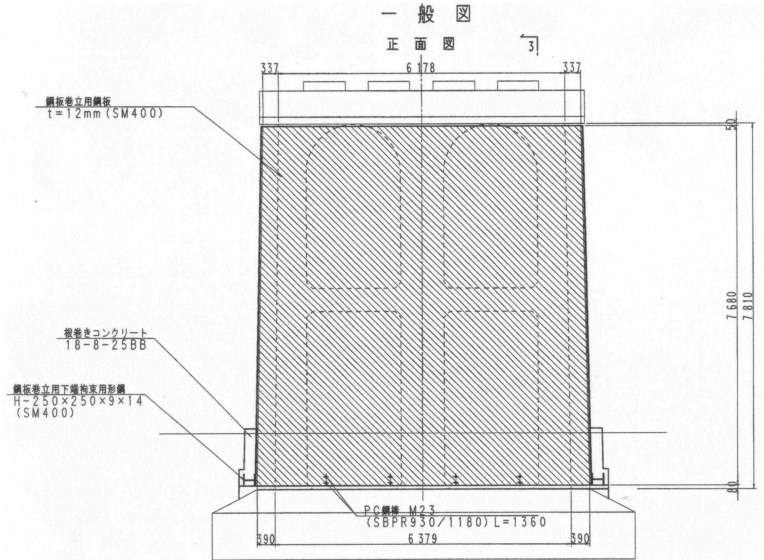
鋼板巻立て工の耐震補強工法の施工事例である。

照査の結果、全ての橋脚で耐震性能を満足しないことが確認された。鉄筋コンクリートラーメン橋脚の補強工法として『鉄筋コンクリート増厚工法』『曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法』『鋼板巻立て工法』『鉄筋コンクリート巻立て工法』があげられる。

比較の結果、P2・P3 橋脚は流下断面内に位置し、現況で河積阻害率を超過しており、これ以上の超過は好ましくないため『曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法』を採用した。

工事費
 鋼板巻立て工 P3 : 22,000 千円
 鋼矢板仮締切工 : 29,000 千円
 工期 : 7ヶ月 (H17.10~H18.4)

概要図



施工状況



矢板打込み完了



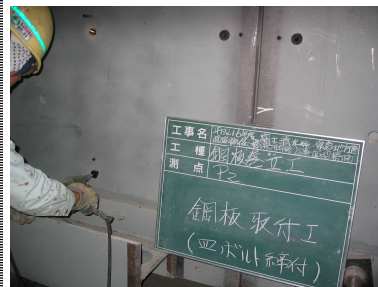
ずれ止めアンカー工



型枠設置工



コンクリート打設工



鋼板取付工



溶接工



塗装工



根巻き工



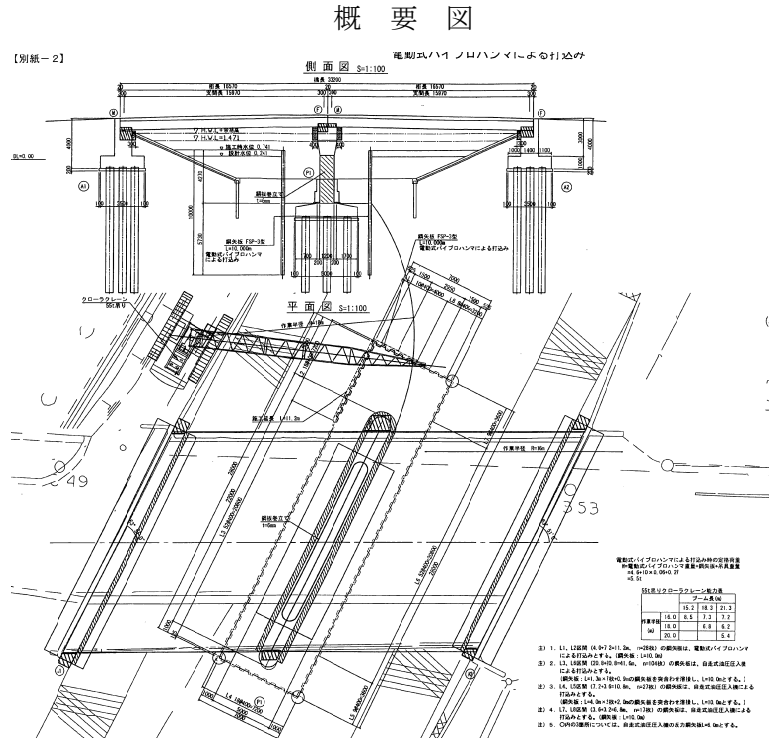
完成

⑩鋼板巻立て工（江川橋：袋井土木）

施工概要

鋼板巻立て工の耐震補強工法の施工事例である。
 既設橋脚耐震性能照査の結果に基づき、河積阻害率及び経済性・施工実績等から比較検討を行った結果、河積阻害率を満足し、実績も多く確実に耐震性能の向上が期待できる構造形式である鋼板巻立て工を採用した。

工事費
 鋼板巻立て工(仮締切工含む)：
 140,000千円/基
 工期：8ヶ月（H19.10～H20.6）



施工状況



現況状況



鋼矢板溶接状況



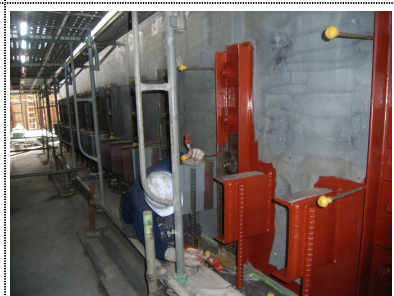
鋼矢板圧入状況



既設躯体状況



鋼板取付工



フーチングアンカー一定着工



塗装工



根巻きコンクリート工



完成