

橋梁補修マニュアル (平成 27 年度改訂)

平成 28 年 3 月

静岡県交通基盤部 道路局 道路整備課



目 次

	頁
§ 1. 総 則	1
1- 1 目 的	1
1- 2 適用範囲	1
1- 3 維持管理	3
§ 2. 詳細調査	5
2- 1 適用範囲	5
2- 2 損傷原因の推定	5
2- 3 損傷の概要	7
2- 4 詳細調査の選定	20
2- 5 詳細調査試験	24
§ 3. 補 修	65
3- 1 適用範囲	65
3- 2 補修の要否判定	65
3- 3 鋼部材（防食機能劣化・腐食）	65
3- 4 鋼部材（亀裂・破断）	69
3- 5 鋼部材（ボルトのゆるみ・脱落）	74
3- 6 RC床版（鋼橋）	76
3- 7 コンクリート部材（中性化等）	83
3- 8 コンクリート部材（塩害）	89
3- 9 コンクリート部材（アルカリ骨材反応）	94
3-10 基礎工	98
3-11 支承・杓座	103
3-12 伸縮装置	107
3-13 付属物等	111
3-14 舗装	113
§ 4. 補修事例	114
4- 1 補修事例	114
4- 2 補修工法単価	130
§ 5. 参考資料	161
5- 1 補修施工後の確認方法	161
5- 2 補修・補強の記録	162
5- 3 耐震補強実施の必要性判定	164
5- 4 補修設計例	165

補修マニュアル案の構成（参照ページ）

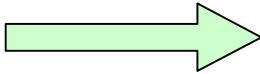



1. 鋼部材

部材損傷事例 (健全度別)	損傷原因の概要	詳細調査の概要	補修工法
鋼部材		調査選定目安 P22	
	防食機能劣化・腐食 P9	腐食範囲調査 P31 板厚測定 P32 塗装劣化範囲調査 P31 塗膜厚測定 P34 表面付着塩分量調査 P43 溶接ビードのど厚測定 P40	①塗替え塗装工 P68 ②橋面防水工 P68 ③当て板補修工法 P69 ④部材取替え工法 P69
	亀裂・破断 P10	板厚測定 P32 亀裂範囲調査 P31 溶接ビードのど厚測定 P40 磁粉探傷試験 P36 超音波探傷試験 P38 変形量測定 P41	①溶接補修工法 P72 ②ストップホール工法 P72 ③当て板補修工法 P73 ④構造詳細改良工法 P73 ⑤形状改良工法 P74
	ボルトのゆるみ・脱落 P11	ゆるみ・破断調査 P42 たたき試験 P42	①ボルト取替え工法 P76

2. RC床版（鋼橋）

部材損傷事例 (健全度別)	損傷原因の概要	詳細調査の概要	補修工法
RC床版 (鋼橋)		調査選定目安 P23	
	床版ひび割れ 剥離・鉄筋露出 P12	ひび割れ範囲調査 P44 鉄筋腐食度・かぶり厚調査 P49 鉄筋探査(電磁レーダ法) P50 鉄筋探査(電磁誘導法) P52 コア採取 P53 圧縮強度試験(反発度測定) P54 圧縮強度試験(室内試験) P56 塩分含有量試験(室内試験) P56 塩分含有量試験(ドリル法) P61 中性化試験(室内試験) P56 中性化試験(ドリル法) P60 外観変状調査(たたき他) P63	①橋面防水工 P79 ②表面被覆工法 P79 ③ひび割れ補修工法 P80 ④断面修復工法 P81 ⑤上面増厚工法 P81 ⑥縦桁増設工法 P82 ⑦下面増厚工法 P82 ⑧炭素繊維接着工法 P83 ⑨プレキャスト PC軽量床版工法 P83

3. コンクリート部材（コンクリート橋の主構、床版、下部工躯体、袖擁壁）

部材損傷事例 (健全度別)	損傷原因の概要	詳細調査の概要	補修工法	
コンクリート部材 (主構、床版、 躯体、袖擁壁)		調査選定目安 P23		
		中性化等 P13 	ひび割れ範囲調査 P44 鉄筋腐食度・かぶり厚調査 P49 鉄筋探査(電磁レーダ法) P50 鉄筋探査(電磁誘導法) P52 コア採取 P53 圧縮強度試験(反発度測定) P54 圧縮強度試験(室内試験) P56 中性化試験(室内試験) P56 中性化試験(ドリル法) P60 外観変状調査(たたき他) P63	①ひび割れ補修工法 P86 ②断面修復工法 P87 ③部分打換え工法 P87 ④表面被覆工法 P88 ⑤防錆処理工法 P88 ⑥防水工 P88 ⑦再アルカリ化工法 P89 ⑧全体打換え工法 P89
		塩害 P14 	ひび割れ範囲調査 P44 鉄筋腐食度・かぶり厚調査 P49 鉄筋探査(電磁レーダ法) P50 鉄筋探査(電磁誘導法) P52 コア採取 P53 圧縮強度試験(反発度測定) P54 圧縮強度試験(室内試験) P56 塩分含有量試験(室内試験) P56 塩分含有量試験(ドリル法) P61 外観変状調査(たたき他) P63	①ひび割れ補修工法 P91 ②断面修復工法 P92 ③部分打換え工法 P92 ④表面被覆工法 P93 ⑤防錆処理工法 P93 ⑥防水工 P93 ⑦電気防食工法 P94 ⑧脱塩工法 P94
		アルカリ骨材 反応 P15 	ひび割れ範囲調査 P42 鉄筋腐食度・かぶり厚調査 P49 鉄筋探査(電磁レーダ法) P50 鉄筋探査(電磁誘導法) P52 コア採取 P53 圧縮強度試験(反発度測定) P54 圧縮強度試験(室内試験) P56 アルカリ骨材反応試験 P62 外観変状調査(たたき他) P63	①ひび割れ補修工法 P96 ②断面修復工法 P97 ③部分打換え工法 P97 ④表面被覆工法 P97 ⑤防錆処理工法 P98 ⑥防水工 P98 ⑦全体打換え工法 P98

4. その他

部材損傷事例 (健全度別)	損傷原因の概要	詳細調査の概要	補修工法
基礎工	沈下・移動・傾斜 P16	基礎調査 P64	①地盤改良工法 P100 ②基礎耐力増加工法 P100 ③基礎作用力減少工法 P102
	洗掘 P16	洗掘調査 P64	④河床の洗掘防止工法 P103
支承		調査選定目安 P24	
	腐食 P17	腐食範囲調査 P64	①部分補修工法 P106 ②取替え工法(同形式) P106
	支承の機能障害 P17	外観調査 P64	③取替え工法(他形式) P106
	沈下・移動・傾斜 P17	沈下・移動量測定 P64	④防錆工法(金属溶射) P107 ⑤防錆工法(補修塗装) P107 ⑥沓座モルタル補修工法 P107
伸縮装置		調査選定目安 P24	
	遊間の異常 P18	外観調査 P64	①部分補修工法 P110
	路面の凹凸 P18	移動量測定 P64	②取替え工法(同形式) P110
	異常音 P18		③取替え工法(他形式) P111 ④後打ち部打換え工法 P111 ⑤非排水化工法 P113
付属物等		調査選定目安 P24	
高欄、防護柵、 遮音施設、照明、 標識、地覆(鋼)、 点検施設、添架物	防食機能劣化・腐食 P19	腐食範囲調査 P65	部分補修工法 P113
	変形・欠損 P19	外観調査 P65	取替え工法 P113
防護柵、地覆 (RC)	ひび割れ、剥離・鉄筋 露出 P19	外観調査 P65	コンクリート部材参照 P86
排水装置	漏水、滞水 P19	外観調査 P65	排水装置取替え工法 P113
舗装		調査選定目安 P24	
	路面の凹凸 P20	外観調査 P65	表面処理 P114
	漏水、滞水 P20		舗装打換え P114

§ 1. 総 則

1-1 目 的

本マニュアル案は、静岡県が管理する道路橋について、定期点検（A）および定期点検（B）の結果に基づき、詳細調査（外部委託）、判定（事務所および橋梁係）、補修（外部委託）を効率的かつ効果的に実施するために、職員が維持管理業務を円滑に進めることを目的として、取りまとめたものである。

ここで、判定とは、緊急対応の有無、詳細調査の必要性、補修の必要性、補修工法の選定および経過観察の必要性等の事項に係わるものとする。

1-2 適用範囲

本マニュアル案は、静岡県が管理する道路橋の維持管理のうち、詳細調査（外部委託）、判定（事務所および橋梁係）、補修（外部委託）に関する事項に適用する。その適用範囲は、点検の損傷種類のうち、管理橋梁の分析から特徴のある損傷について整理した代表的な損傷・劣化要因とする（表－1.1）。また、定期点検における部材別の損傷種類は、表－1.2 に示す。

表－1.1 部材・劣化要因別の適用範囲

部 材	損傷・劣化要因		備 考
鋼部材	防食機能劣化・腐食		主構、下部工躯体等
	亀裂・破断		
	ゆるみ・脱落		
RC床版(鋼橋)	床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出等		
コンクリート部材	ひび割れ、剥離・鉄筋露出等	中性化等	主構、下部工躯体、袖擁壁等
		塩害	
		アルカリ骨材反応	
基礎工	沈下・移動・傾斜、洗掘		
支承	腐食、支承の機能障害、沈下・移動・傾斜等		支承本体、杓座、落橋防止等
伸縮装置	遊間の異常、路面の凹凸等		鋼製、ゴム製等
付属物等	防食機能の劣化・腐食、亀裂、変形・欠損等		高欄・防護柵、地覆 その他鋼部材(遮音施設、照明、標識施設、排水施設、点検施設、添架物等)
舗装	路面の凹凸、舗装の異常、漏水・滞水等		

表-1.2 部材別損傷種類 (18 部材)

工種	部 材	材 料	損傷種類	概略点検対象	備 考
上部工	主構	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、遊間の異常、異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損、その他	腐食	主桁、主構(上・下弦材、斜材、垂直材、アーチリブ、補剛桁、吊材、支柱など)
		コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、コンクリート補強材の損傷、うき、遊間の異常、定着部の異常、変色・劣化、異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損、その他	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰	
	床版	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、異常な音・振動、変形・欠損、その他	腐食	鋼床版
		コンクリート	剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、コンクリート補強材の損傷、床版ひびわれ、うき、定着部の異常、変色・劣化、その他	剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、床版ひびわれ	床版、桁間の間詰め
	主構・床版以外	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、異常な音・振動、変形・欠損、その他	—	縦桁、床桁、横桁、対傾構、横構
		コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、コンクリート補強材の損傷、うき、定着部の異常、変色・劣化、異常な音・振動、変形・欠損、その他	—	
下部工	躯体	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、漏水・滞水、異常な音・振動、変形・欠損、その他	腐食	
		コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、コンクリート補強材の損傷、うき、定着部の異常、変色・劣化、漏水・滞水、変形・欠損、その他	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰	
	基礎	鋼・コンクリート	沈下・移動・傾斜、洗掘	—	
支承部	支承本体	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、支承の機能障害、漏水・滞水、変形・欠損、土砂詰り、沈下・移動・傾斜、その他	異常音、腐食、部品脱落	
		ゴム	支承の機能障害、変色・劣化、漏水・滞水、変形・欠損、土砂詰り、沈下・移動・傾斜、その他	ゴムの損傷・硬化・脱落	
	沓座	コンクリート	ひびわれ、うき、変形・欠損	滞水、ひびわれ、欠損	沓座モルタル、台座コンクリート
	落橋防止	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、変形・欠損、その他	—	
コンクリート		ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、うき、変形・欠損、その他			
路上	高欄・防護柵	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、変形・欠損、その他	車両衝突による破損、道路利用者の通行危険箇所	
		コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、うき、変色・劣化、変形・欠損、その他		
	遮音施設 照明、標識	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、異常な音・振動、変形・欠損、その他	—	
路面	地覆	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、変形・欠損、その他	路面の凹凸、ひびわれ、危険箇所	地覆、中央分離帯、縁石
		コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、うき、変色・劣化、変形・欠損、その他		
	舗装	アスファルト	路面の凹凸、舗装の異常、漏水・滞水、その他	路面の凹凸、ひびわれ、危険箇所	
		コンクリート			
伸縮装置	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、遊間の異常、路面の凹凸、変形・欠損、土砂詰り、その他	段差、破損		
	ゴム	遊間の異常、路面の凹凸、変色・劣化、土砂詰り、その他			
その他	排水施設	鋼その他	破断、変色・劣化、漏水・滞水、変形・欠損、土砂詰り	土砂詰り、破損	
	点検施設 添架物	鋼	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化、異常な音・振動、変形・欠損、その他	—	
	袖擁壁	コンクリート	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、コンクリート補強材の損傷、うき、定着部の異常、変色・劣化、漏水・滞水、変形・欠損、その他	—	

1-3 維持管理

維持管理における管理水準および管理指標については、「土木施設長寿命化計画 橋梁ガイドライン」（以下、「橋梁ガイドライン」とする）に準拠する。

1-3-1 目標管理水準

目標管理水準は、状態の変化を基に算出された評価値（健全度）に対して設定することとし、橋梁固有の特徴や社会的位置付けなどを考慮して定める。また、全管理橋梁のグルーピングによる分類を表-1.3に示し、各橋梁に対する維持修繕シナリオを表-1.4に示す。

表-1.3 橋梁のグルーピングと維持管理区分

グループ	橋梁の特徴		定期点検の種類
A	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 重交通路線への影響が大きい橋梁¹⁾（跨道橋・跨線橋等） ▶ 緊急輸送路²⁾を構成する橋梁 ▶ 橋長 100m 以上の長大橋 ▶ 落橋時に孤立集落が発生する橋梁 ▶ 環境条件の厳しい橋梁（塩害橋梁等） 	橋長 15m 以上	定期点検 (A)
A'	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 重交通路線への影響が大きい橋梁¹⁾（跨道橋・跨線橋等） ▶ 緊急輸送路²⁾を構成する橋梁 ▶ 落橋時に孤立集落が発生する橋梁 ▶ 環境条件の厳しい橋梁（塩害橋梁等） 	橋長 15m 未満	
B	A, A' 以外の橋梁	橋長 15m 以上	定期点検 (B)
C	A, A' 以外の橋梁	橋長 15m 未満	
D	ボックスカルバート	—	

1) 東海道新幹線,東海道本線, JR 御殿場線, JR 身延線, 伊豆急行, 伊豆箱根鉄道, 大井川鉄道, 天竜浜名湖鉄道, 東名高速道路, 新東名高速道路, 国道 1 号, 国道 139 号, 西富士道路を跨ぐ橋梁

2) 「静岡県地域防災計画（地震対策の巻）H26.6」 地震-40 緊急輸送路の整備 より

第 1 次緊急輸送路：高規格幹線道路、一般国道等広域的な重要路線及びアクセス道路で輸送の骨格をなす道路

第 2 次緊急輸送路：第 1 次緊急輸送路と重要な指定拠点とを結ぶ道路

第 3 次緊急輸送路：第 1 次又は第 2 次緊急輸送路と指定拠点とを連絡する道路及びその他の道路

表-1.4 維持修繕シナリオの設定

維持補修シナリオ	維持補修シナリオの内容	目標管理水準
予防保全型	・ 損傷が軽微なうちに損傷の進行を防止するために、予防的に対策を実施	健全度 I (HI ₁) = 60
事後保全型	・ 損傷が進行し顕在化した後に、損傷状況に対応した比較的大規模な対策を実施	健全度 I (HI ₁) = 40
維持型	・ 定期的な点検、及び部分的に軽微な補修を継続し、損傷が深刻化した時点で、部材の取替えまたは更新を実施	健全度 I (HI ₁) = 20

健全度 I (HI₁) が示す一般的な部材の状態の目安を表-1.5 に、維持修繕シナリオと健全度 I (HI₁) による目標管理水準の関係を図-1.1 に示す。

表-1.5 健全度 I (HI₁) が表す一般的な部材の状態の目安

健全度 I	部材の状態
$80 \leq HI_1 \leq 100$	・ ほぼ新橋状態で問題はない。 損傷は認められるが、継続的な点検を実施すれば問題はない。
$60 \leq HI_1 < 80$	・ 現状の供用に問題はないが、軽微な補修あるいは継続的な点検が必要。
$40 \leq HI_1 < 60$	・ 当面の供用に問題はないが、補修を実施。
$20 \leq HI_1 < 40$	・ 現状の供用が望ましくない状態であり、至急補修を実施。
$0 \leq HI_1 < 20$	・ 現状の供用が望ましくない状態であり、大規模な補修・更新が必要。

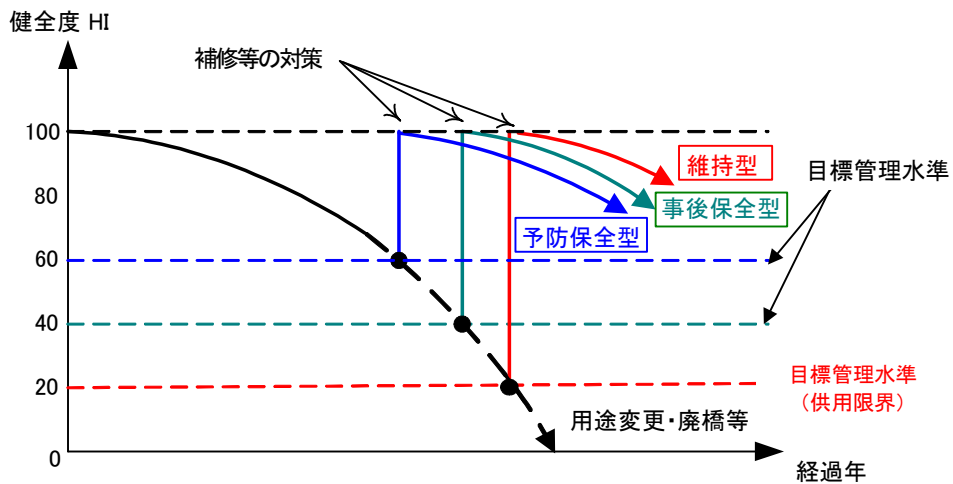


図-1.1 橋梁グループ別の維持修繕シナリオと管理水準の関係

§ 2. 詳細調査

2-1 適用範囲

詳細調査は、各損傷における発生原因の究明および損傷の進行性を把握し、補修の必要性を検討することを目的とする。調査方法は、詳細な目視調査に加え、計測機器を用いた形状調査、各種非破壊検査、コア採取や資料による強度試験、化学的試験・分析などがある。

2-2 損傷原因の推定

詳細調査の実施する調査項目を限定するためには、設計・施工資料ならびに維持管理段階で蓄積された既存資料などより損傷原因を推定することが必要である。代表的な損傷原因を表-2.1に示す。

表-2.1 代表的な損傷原因

主な推定原因		損傷原因
外的原因	外力作用	繰返し荷重、持続荷重、衝突、偏土圧・圧密沈下、洗掘・侵食、地震、火災
	環境	乾燥収縮・温度変化、塩害、凍害、化学的腐食
内的原因	材料劣化	アルカリ骨材反応、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

表-2.2 鋼部材の損傷原因

主な損傷	主な推定原因					主な発生部位
	外力作用	環境	材料劣化	製作・施工	構造	
防食機能劣化・腐食	火災 (防食機能劣化)	塩害、 化学的腐食	品質不良	製作・ 施工不良 防水・ 排水工不良	構造形式・ 形状不良	主桁、 副部材、 他鋼部材全般
亀裂、破断(破損)	繰返し荷重、衝突、 地震	—		製作・ 施工不良		
ゆるみ、脱落		繰返し荷重、衝突、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震、 火災	—	製作・ 施工不良		主桁、 鋼製橋脚他
異常振動	繰返し荷重、地震	—	—	—	主桁他	

表-2.3 コンクリート部材の損傷原因

主な損傷	主な推定原因					主な発生部位
	外力作用	環境	材料劣化	製作・施工	構造	
ひび割れ	繰返し荷重、 持続荷重、衝突、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震、火災	乾燥収縮・ 温度変化、 塩害、 凍害、 化学的腐食	アルカリ 骨材反応、 中性化、 品質不良	製作・ 施工不良、 防水・ 排水工不良	構造形式・ 形状不良	主桁、床版、 橋脚、橋台、 壁高欄、地覆 など
剥離・ 鉄筋露出	繰返し荷重、衝突、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震、火災					
漏水・遊離石灰	—	乾燥収縮・ 温度変化、 塩害、凍害				
豆板・空洞	—	—	品質不良			
変色・劣化	火災	乾燥収縮・ 温度変化、 塩害、 化学的腐食	アルカリ 骨材反応、 中性化、 品質不良	—	—	
抜落ち	繰返し荷重、衝突、 地震	塩害、凍害	アルカリ 骨材反応、 中性化、 品質不良	製作・ 施工不良、 防水・ 排水工不良	構造形式・ 形状不良	床版、 壁高欄、 地覆など
変形・傾斜、 沈下・移動	繰返し荷重、衝突、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震	—	品質不良	製作・ 施工不良		橋脚、 橋台など

表-2.4 橋梁付属物等の損傷原因

主な損傷	主な推定原因					主な発生部位
	外力作用	環境	材料劣化	製作・施工	構造	
遊間の異常	繰返し荷重、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震	乾燥収縮・ 温度変化	—	製作・ 施工不良	構造形式・ 形状不良	伸縮装置
段差・ コルゲーション						舗装、 伸縮装置
舗装のひび割れ、 わだち掘れ、 ポットホール、局部隆起	繰返し荷重、地震	温度変化	品質不良	製作・ 施工不良、 防水・ 排水工不良		舗装
漏水、滞水	衝突、地震	—				排水装置、 伸縮装置等
異常音	繰返し荷重、衝突、 偏土圧・圧密沈下、洗 掘・侵食、地震、火災	乾燥収縮・ 温度変化	—	製作・ 施工不良		伸縮装置、 支承、 落橋防止装 置等
異常振動、 異常なたわみ	繰返し荷重、地震	—				点検施設等
変形	繰返し荷重、衝突、地震、 火災	—	品質不良	製作・ 施工不良		高欄、 防護柵等
移動	繰返し荷重、 偏土圧・圧密沈下、 洗掘・侵食、地震	乾燥収縮・ 温度変化	—	—		支承

2-3 損傷の概要

橋梁の部材別損傷について、項目別に概要を整理する。

ここで、鋼橋における代表的な損傷は、以下の通りである。

- (1) 鋼部材における防食機能劣化および腐食
- (2) 鋼部材の溶接部、継手部、切欠き部等における疲労による亀裂・破断
- (3) 継手部における高力ボルトの遅れ破壊、リベットのゆるみ
- (4) R C床版における損傷（ひび割れ、剥離・鉄筋露出等）



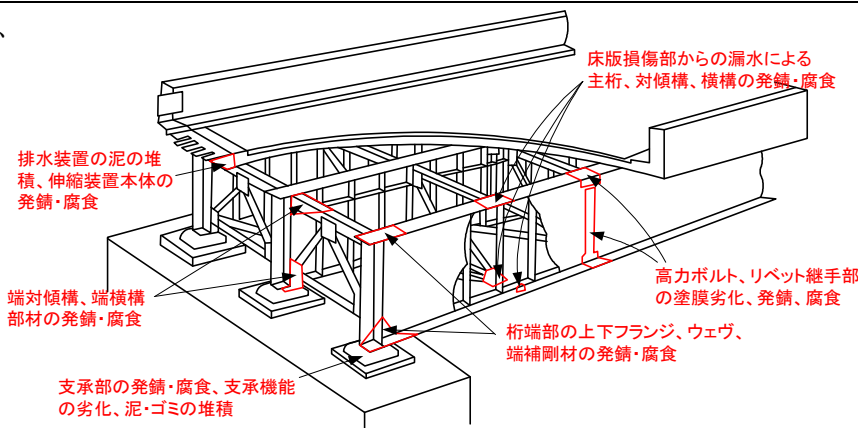
これら以外にも車両の衝突や地震・火災による部材の変形や座屈、支承機能の低下に伴う桁端部の変形などの損傷がある。

また、コンクリート橋における代表的な損傷は、以下の通りである。



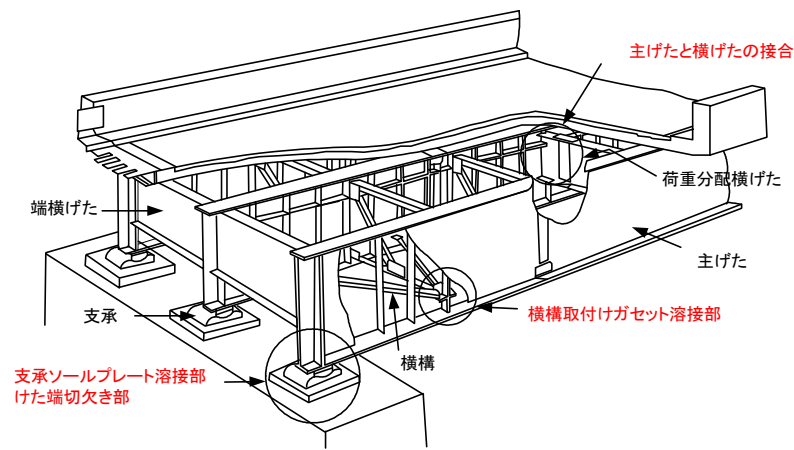
- (1) 中性化等のコンクリート部材の劣化
- (2) 塩害によるコンクリート中の鋼材腐食
- (3) アルカリ骨材反応によるコンクリート部材のひび割れ

その他、基礎工、支承、伸縮装置、付属物等、舗装における損傷についても概要を整理する。



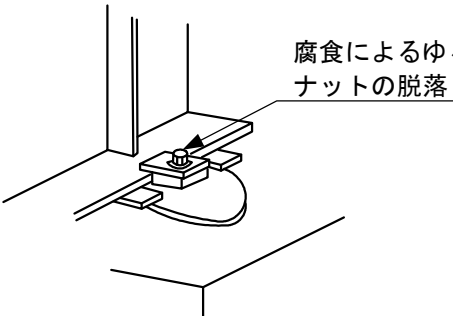
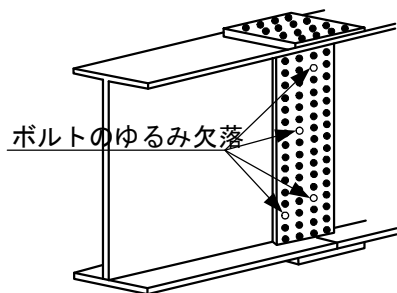
2-3-1 鋼部材（防食機能劣化・腐食）の損傷と原因

鋼部材(防食機能劣化・腐食)		詳細調査  P49	補修工法  P88
損傷概要	<p>鋼部材の腐食を防止するためには、塗膜の劣化状態に応じた定期的な塗装の塗替えを実施することが適切な方法である。しかし、特殊な要因による局所的な塗膜劣化に関しては、点検・調査による確認が難しく、腐食が著しく進行することもある。また、海岸への近接や凍結防止剤散布などの環境条件が、湿気・温度などの自然環境条件と重なり、予想以上に早期に塗膜が劣化し腐食が生じた事例もある。以下に代表的な腐食事例を示す。</p> <p>(a) 特殊要因による局所的な腐食</p> <p>① 桁端部の腐食 桁端部の伸縮装置の排水機能が不十分な場合は、この部位から雨水が漏水し、主桁端部のフランジ、ウェブや端対傾構部材などに腐食が発生する。</p> <p>② 床版漏水部の腐食 RC床版の打継ぎ部やひび割れ劣化部からの漏水が、鋼桁部の腐食を発生することがある。床版内を伝わった雨水はアルカリ性であり、アルカリに弱い塗装系では、塗膜が早期に劣化し、桁のフランジやウェブ部が局所的に腐食する場合がある。</p> <p>③ 箱桁内部の腐食 箱桁内部に水が滞水し、フランジやウェブ、縦リブなどに腐食が生じた事例がある。湿気のこもりや結露などが原因の一つと考えられ、高力ボルト継手部におけるすき間や桁端ダイヤフラムの開口部からの雨水の浸入も大きな要因である。</p> <p>(b) 塩害による腐食 海岸付近の橋梁は、飛来塩分の付着が腐食を促進し、上部構造全体に腐食が進行している事例がある。また、山間寒冷地などにおいて凍結防止剤が路面に散布される橋梁においても同様の腐食の生じることがある。</p> <p>(c) 耐候性鋼材の裸使用部材における異常さびの発生 桁端部や漏水部などでは、さびの安定化のための環境条件が得られにくく、進行性の異常さびが生じる場合がある。また、部材の下面、上下線間の内桁部など、雨水に洗われにくい部位では、飛来塩分や凍結防止剤が付着堆積し、層状剥離さびと呼ばれる進行性の異常さびが発生する場合がある。</p>		
	<p>点検時における着目点は、右図を参照とする。</p> 		
損傷原因と種類	腐食原因の分類	腐食原因	腐食の種類
	特殊要因による局所的な腐食	桁端部伸縮装置からの漏水	・橋台上に泥状の堆積物に起因する
		RC床版劣化部からの漏水	
		箱桁内部への雨水の侵入	
塩害による腐食	沿岸部に近く飛来塩分による腐食	・付着塩分が堆積する部位断面欠損が大きい	
	寒冷地及び山間部での凍結防止剤による腐食	・桁端部等層状剥離さび断面欠損が大きい	



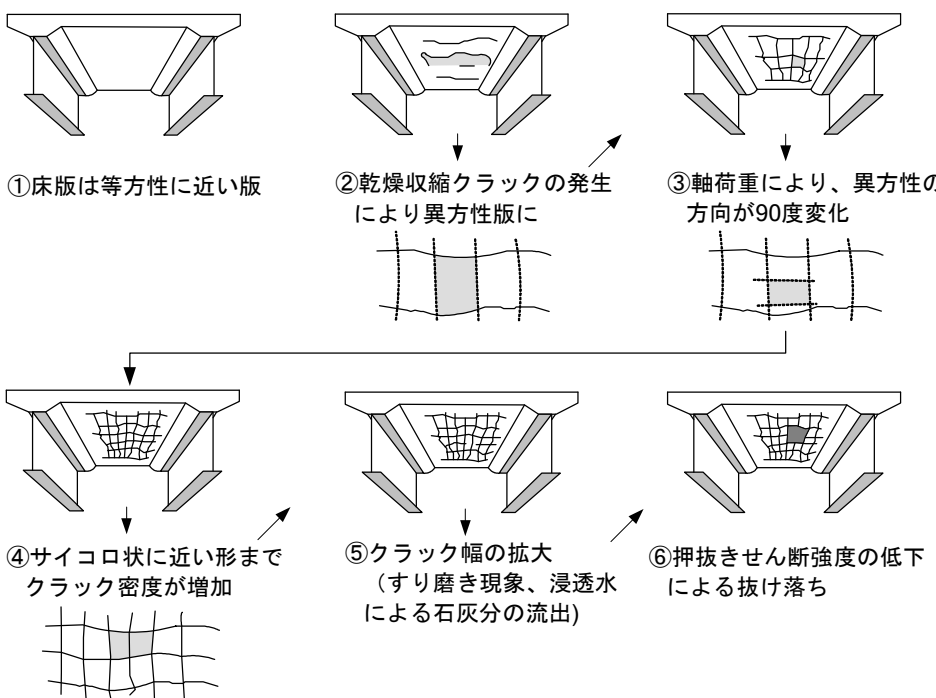
2-3-2 鋼部材（亀裂・破断）の損傷と原因

鋼部材（亀裂・破断）		詳細調査  P49	補修工法  P93
損傷概要	<p>疲労の発生原因は、直接的には車両の走行に伴う応力の繰り返し作用であるが、それを助長する要因が種々ある。疲労が確認された場合には、まずは既存の事例を調査し、それらの適応の可否を含め、発生原因の判定や対策について十分に検討することが必要である。</p> <p>これまで確認された代表的な疲労部位とその主な要因は以下の通りである。なお、疲労の詳細やその対策については、「鋼橋の疲労(日本道路協会 平成9年)」に記載されている。</p> <p>(a) RC床版における対傾構と主桁の取付部 要因：車両走行に伴う床版のたわみや対傾構の荷重の分配に伴う2次応力の発生と構造細目における応力集中の発生。</p> <p>(b) 鈹桁・箱桁支承ソールプレート溶接部 要因：支承機能（移動、回転など）の低下に伴う2次応力の集中発生、およびソールプレート取付位置での断面急変に伴う応力集中。</p> <p>(c) 鈹桁・箱桁のけた端切欠き構造部 要因：切欠きコーナー部における構造詳細特有の応力集中。</p> <p>(d) 上路アーチ橋の垂直材取付部 要因：垂直材取付部に関しての設計仮定と実挙動との相違。（設計仮定は軸力のみを伝達、実挙動は曲げモーメントも伝達）に伴う過度な2次応力の発生。</p> <p>(e) トラス橋およびアーチ橋の床組材（縦桁と横桁）の接合部、横桁と主構との接合部 要因：取付部に関しての設計仮定と実挙動との相違（設計仮定はせん断力のみを伝達、実挙動は曲げモーメントも伝達）に伴う2次応力の発生。</p> <p>(f) 鋼製橋脚の柱-梁隅角部 要因：シェアラグに伴う応力集中の発生、構造詳細上の不適切さ（未溶接部の発生）</p>		
	<p>点検時における着目点は、右図を参照とする。</p> 		
損傷原因と種類	疲労原因の分類	疲労原因	疲労の種類
	作用外力からみた要因	活荷重による影響	<ul style="list-style-type: none"> ・輪荷重の繰り返し回数 ・風により励起された振動の繰り返し回数
		活荷重以外の荷重の影響	
	設計上の要因	構造的な応力集中を引き起こす不適切な構造（ディテール）の採用	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製橋脚の梁-柱の隅角部
過大な二次応力の発生（モデル化と実構造の挙動の相違）		<ul style="list-style-type: none"> ・トラス・アーチ橋床組み部材の床組材の接合部、横桁と主構の接合部 	
製作上の要因	製作誤差や溶接品質の不良に伴う応力集中	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁板継部 	



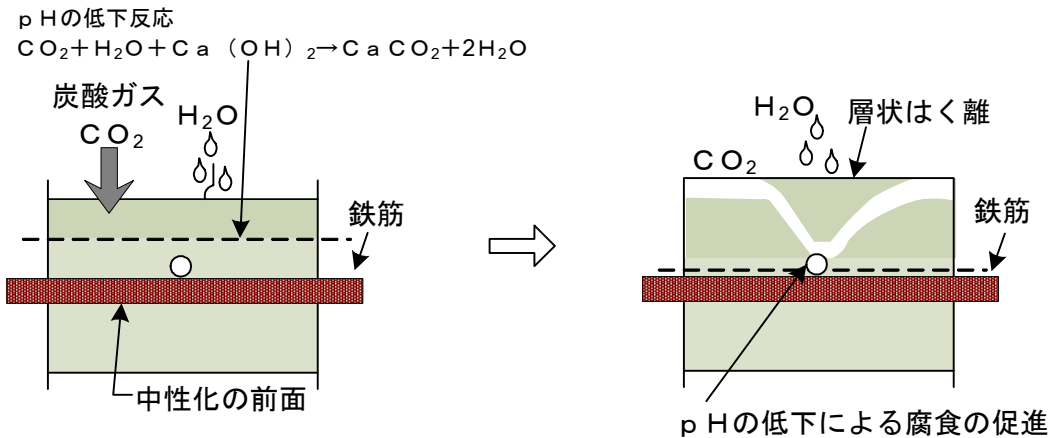
2-3-3 鋼部材（ボルトのゆるみ・脱落）の損傷と原因

鋼部材(ボルトのゆるみ・脱落)		詳細調査  P49	補修工法  P99
損傷概要	<p>鋼橋の現場継手部に用いられている高力ボルトまたはリベットの劣化は、継手の耐荷性能に影響を及ぼし、高力ボルト、リベットの桁下への落下の恐れもあることから、劣化が確認された場合には、早急に対策を実施しなければならない。</p> <p>高力ボルトあるいはリベットの劣化としては、以下の通りである。</p> <p>(a)腐食による劣化</p> <p>現場継手（高力ボルトおよびリベット継手）部における添接板、ボルト・リベットの頭部などの形状が、一般部と比べて複雑で凹凸があるため、塗膜厚の不均一が生じやすく、鋼材の腐食が発生しやすい箇所である。高力ボルトの腐食が進行した場合、頭部やナット部の断面が減肉し、それに伴い締め付け軸力の低下が生じ、継手のすべり耐力の確保が損なわれる場合がある。</p> <p>また、リベットの腐食に関しては、その頭部のみでなく、リベット軸部にまで腐食が進行した場合は、支圧強度の低下、ゆるみの発生につながる。</p> <p>(b)リベットのゆるみによる劣化</p> <p>リベット接合においては、高力ボルト接合の場合と異なり、締め付け軸力が導入されていないことから、腐食などによりゆるみが発生しやすい。ゆるみが発生した場合は、継手部に隙間が生じ、さらに腐食が進行し、支圧接合としての継手強度の低下により、継手の安全性を確保することができなくなる場合がある。</p> <p>(c)高力ボルトの遅れ破壊による劣化</p> <p>遅れ破壊は、静的な荷重のもとで、ある時間経過後、外見上ほとんど変形を伴うことなく、突然脆性的に破壊する現象である。遅れ破壊の発生は、いずれも外観からは確認することができないため、実橋ではボルトの叩き点検や超音波探傷試験などにより、割れが内在しているボルトを推定することになる。</p> <p>遅れ破壊の発生限界は、ほぼ引張強さ 1200N/mm²程度と言われており、現在用いている高力ボルト F10T（引張強さ 1000-1200N/mm²）では、遅れ破壊の発生事例は報告されていない。</p> <p>F11T（引張強さ 1000-1200N/mm²）では、遅れ破壊の可能性がある。また、鋼材の成分等の関係から昭和 50 年代後半に施工されたものに遅れ破壊が発生している。</p>		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>腐食によるゆるみ ナットの脱落</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ボルトのゆるみ欠落</p> </div> </div>		
損傷原因と種類	劣化原因の分類	劣化原因	劣化の種類
	腐食	環境及び塗膜厚の不均一	締め付け軸力の低下に伴いすべり耐力の低下
	リベットのゆるみ	腐食	支圧接合としての支圧耐力の低下、継手の安全性の低下
高力ボルトの遅れ破壊	環境、温度、応力分布、強度レベル、化学成分、熱処理温度、表面処理等々	外観から確認することは出来ない	

2-3-4 RC床版の損傷と原因

RC床版		詳細調査 	P64	補修工法 	P102
損傷概要	<p>橋梁の主要部材の中でも活荷重の作用割合が高いRC床版は、自動車交通の増大と大型化がみられた1964年（昭和40年）前後から、コンクリートの剥離、陥没あるいは抜け落ちといった損傷事例が顕著になった。それ以降、RC床版の損傷問題は道路橋の維持管理上の大きな課題となっている。</p> <p>RC床版は、乾燥収縮等により橋軸直角方向（主筋方向）にひび割れが入りやすい。床版の損傷の第1段階が、この橋軸直角方向のひび割れの発生である。微細なひび割れはさらに進展し、曲げ耐力に耐え切れなくなった床版は橋軸方向にも亀裂が発生し、大きな格子状の亀裂を呈するようになる。このような現象が繰り返され、やがて床版全体にサイコロ状の亀裂が進展する。</p> <p>床版の損傷により路面から雨水等が亀裂内部に浸透するため、床版下面には雨水、泥水、石灰分の浸透跡が見られる。また、舗装面には連続したポットホール等が確認できるようになる。</p> <p>（道路橋マネジメントの手引き （財）海洋架橋・橋梁調査会 参照）</p>				
	 <p>①床版は等方性に近い版</p> <p>②乾燥収縮クラックの発生により異方性版に</p> <p>③軸荷重により、異方性の方向が90度変化</p> <p>④サイコロ状に近い形までクラック密度が増加</p> <p>⑤クラック幅の拡大（すり磨き現象、浸透水による石灰分の流出）</p> <p>⑥押抜きせん断強度の低下による抜け落ち</p>				
損傷原因と種類	損傷原因の分類		損傷原因		損傷の種類
	荷重増加による影響		輪荷重増加、交通量増大による繰り返し変形 路面の不陸段差による衝撃荷重の増加		・ひび割れ、はく離、抜け落ち ・たわみ
	設計・施工による影響	設計	示方書改訂		
			設計荷重変更による床版耐荷力の低下（平成6年道示改定以前の荷重は、25tf荷重に未対応）		
			配力鉄筋量の不足（昭和42年道路局長通達以前の床版は、配力鉄筋量が主鉄筋の25%程度）		
		経済性重視、鉄筋の許容応力の過大評価と床版厚の極薄化による剛性不足（昭和31年鋼道示改定以前は、最小床版厚の規定なし）			
	設計		輪荷重の走行軌跡と主桁との位置関係		・貫通ひび割れ、はく離、抜け落ち ・鉄筋腐食
床版縁端部および打ち継ぎ目における付加曲げモーメントの作用					
支持桁の不等沈下による付加曲げモーメントの作用					
設計		主桁効果による負の曲げモーメントの作用		・貫通ひび割れ、はく離、抜け落ち ・鉄筋腐食	
施工		かぶり不足			
施工		施工不良、コンクリート品質の不均一		・豆板、初期ひび割れ、鉄筋腐食	

2-3-5 コンクリート部材（中性化等）

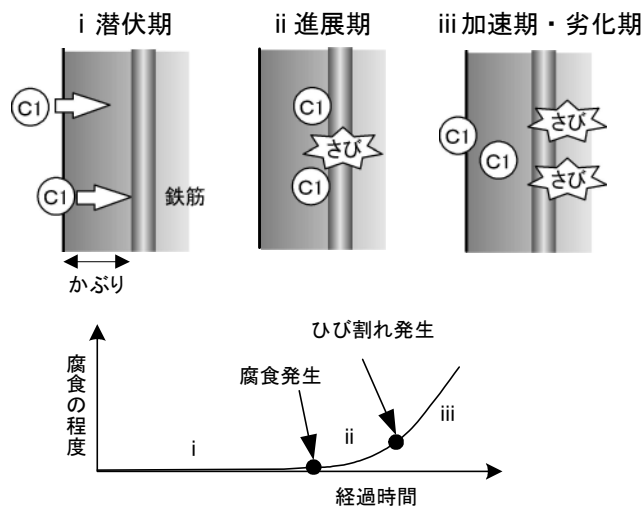
コンクリート部材(中性化等)		詳細調査  P66	補修工法  P111
損傷概要	<p>コンクリート部材の中性化とは、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に浸入し、水酸化カルシウムなどのセメント水和物と反応し、コンクリートの pH を低下させる現象である。</p> <p>コンクリートは、セメントの水和物である水酸化カルシウムによって高いアルカリ性を呈しており、鋼材を錆びから保護している。中性化により、アルカリ性が中和されるため、コンクリート中の鋼材に対する防錆能力が失われ、酸素と水分の供給により鋼材腐食が進行する。</p>		
	<p>pHの低下反応 $CO_2 + H_2O + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$</p>  <p>炭酸ガス CO_2 H_2O 鉄筋 中性化の前面</p> <p>H_2O 層状はく離 CO_2 鉄筋 pHの低下による腐食の促進</p>		
損傷原因と種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
	環境による影響	二酸化炭素	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートのひび割れ ・コンクリートの剥離、剥落 ・内部鋼材の腐食
		水分の進入	
	コンクリートの品質による影響	コンクリートの強度、セメントの種類	
中性化速度 含水率・水セメント比			
設計・施工による影響	鉄筋のかぶり不足		

2-3-6 コンクリート部材（塩害）

コンクリート部材(塩害)	詳細調査☞ P66	補修工法☞ P118
--------------	-----------	------------



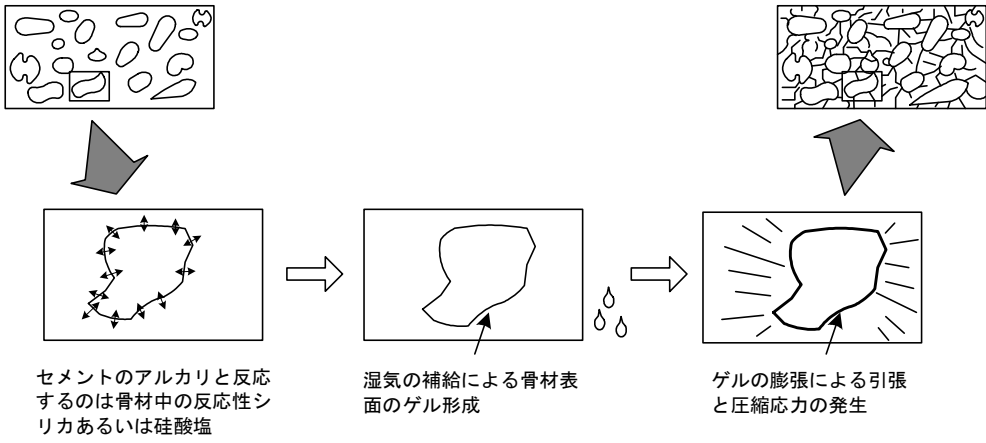
損傷概要

コンクリート部材の塩害とは、コンクリート中の鋼材が塩化物イオンにより腐食を促進され、コンクリートのひびわれ、剥離、鋼材の断面欠損等を生じる劣化現象である。
 海岸線近くで海からの潮風、寒冷地では凍結防止剤の散布により、構造物の外部から塩分がもたらされる環境にある構造物の場合、この塩分が徐々にコンクリートの内部に侵入し、塩害による劣化を生じさせる恐れがある。
 コンクリート中の鋼材は、通常、コンクリートの強アルカリ環境により腐食から守られているが、鋼材の周囲に多量の塩分（塩化物イオン）が侵入すると、鋼材表面の不動態皮膜が破壊され、腐食が始まる。
 そこで、塩害による劣化の発生・進行を予測する際には、コンクリート中に含まれる塩化物イオン量を測定することが重要となる。（「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）」国土交通省 参照）



損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
環境による影響	飛来塩分量、表面塩分量	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材方向のひび割れ 錆汁の滲出 コンクリートの剥離、剥落 内部鋼材の露出、断面欠損 変形、変位
	海岸からの距離、海面からの高さ	
	気候(温度、湿度、風向、年間降雨量)	
	地形状況(離岸堤の位置、河川、山岳の位置等)	
	融雪剤の散布	
コンクリートの品質による影響	コンクリートの強度、セメントの種類	
	初期塩分量(現状の分布)	
	中性化速度	
	含水率・水セメント比	
設計・施工による影響	鉄筋のかぶり不足	コンクリートの剥離、剥落

2-3-7 コンクリート部材（アルカリ骨材反応）

コンクリート部材(アルカリ骨材反応)		詳細調査  P66	補修工法  P125
損傷概要	<p>コンクリート部材のアルカリ骨材反応とは、アルカリシリカ反応性鉱物を含む骨材（反応性骨材）が、コンクリート中の高アルカリ性水溶液と反応して、コンクリートに異常な膨張及びそれに伴うひび割れを発生させる劣化現象である。</p> <p>アルカリ骨材反応は、反応性骨材の存在、限界値以上のアルカリの存在、十分な水分の供給の3条件がすべてそろった場合に進行し、コンクリートに大きな亀甲状のひび割れを生じ、ひび割れ部に白い折出物が出る場合が多い。</p>		
	 <p>セメントのアルカリと反応するのは骨材中の反応性シリカあるいは珪酸塩</p> <p>湿気の補給による骨材表面のゲル形成</p> <p>ゲルの膨張による引張と圧縮応力の発生</p>		
損傷原因と種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
	環境による影響	乾湿の繰り返し	<ul style="list-style-type: none"> ・亀甲状のひび割れ ・ゲルの滲出 ・コンクリート表面の変色 ・鉄筋の破断
		融雪剤の散布	
		水分の進入	
コンクリートの品質による影響	反応性骨材の使用		
設計・施工による影響	鉄筋のかぶり不足		



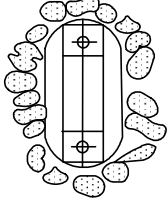
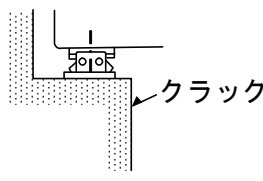
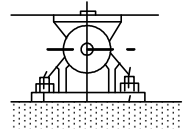
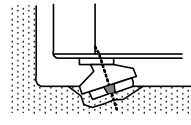
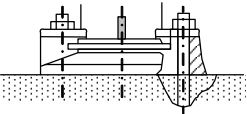
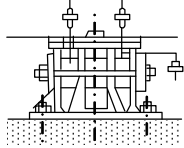
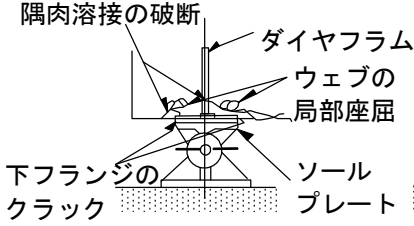
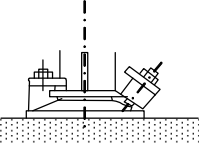
2-3-8 基礎工

基礎工(沈下・移動・傾斜、洗掘)	詳細調査 P84	補修工法 P131
------------------	-----------	------------

損傷概要	<p>基礎工における主な損傷は、沈下・移動・傾斜及び洗掘が挙げられる。</p> <p>(a)沈下 沈下は、基礎と支承が対象であり、基礎の沈下は、路面からも確認しやすい。支承の沈下は、目視では確認が難しく、アンカーボルトや沓座モルタルの変状から推測する必要がある。</p> <p>(b)移動 移動は、基礎と支承が対象であり、基礎の移動は、周辺地盤の側方流動や偏土圧等により、橋台が前面に押し出されたものである。支承の移動は、沓が地震時などに桁や沓座と異常な相対変位を生じた損傷のことである。</p> <p>(c)傾斜 傾斜は、基礎と支承が対象であり、基礎の傾斜は、周辺地盤の側方移動や不同沈下のために橋台、橋脚が傾斜していることである。支承の傾斜は、沓が地震時などに異常に傾斜した損傷のことである。</p> <p>(d)洗掘 洗掘は、基礎本体や周辺の土が流水により削られ流されることである。河川の上流付近に架かっている橋は特に注意が必要であり、直接基礎において洗掘が著しい場合は、落橋の恐れがある。また、洗掘により生じたフーチング下面の空隙により、橋脚の沈下・傾斜等が生じ、転倒に至る場合がある。</p>

損傷原因の種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
損傷原因の種類	地盤の変状	<p>圧密沈下 支持層下面に軟弱粘性土地盤がある場合の直接基礎では粘性土層の圧密沈下に伴い、躯体の沈下、傾斜を生じさせることがある。</p> <p>側方流動 周辺地盤の沈下、橋台背面盛土の変状(路面の沈下、法面の変状)、水抜き孔の目詰まり、基礎前面地盤のはらみだしやひび割れなどの変状を伴う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高欄、地覆の軸線のずれ ・伸縮装置の遊間量の異常 ・桁端とパラペットの接触 ・パラペットのひび割れ ・可動沓のすきま余裕の異常 ・支承のずれ ・沓座モルタルのひび割れ ・アンカーボルトの変状 ・路面の沈下・法面の変状 ・地盤のはらみだし、ひび割れ
	河床の洗掘	<p>下部工周辺の河床の異常(洪水時、洪水後の土砂堆積)</p> <p>河川流心方向の変化</p>	

2-3-9 支承

支承		詳細調査  P84	補修工法  P137
損傷概要	<p>支承部は、橋全体の安全性、耐久性に係わる重要な部材であり、常に支承部の機能が確実に保持されなければならない。支承部の機能が損なわれることにより、橋梁本体への悪影響を及ぼす。</p> <p>支承における主な劣化は、以下の通りである。</p> <p>(a) 鋼部材における塗膜の劣化および鋼部材の腐食</p> <p>(b) 本体及び付属部材の損傷</p> <p>(c) 沓座の損傷</p>		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>沓座モルタル破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>沓座付近の下部工の破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アンカーボルト引抜き</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>支承転倒</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>アンカーボルトの破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>上沓セットボルトの破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>鋼桁支承取付け箇所の破損</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>下沓立上り部の破損</p> </div> </div>		
損傷原因と種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
	形式の選定、設計条件等の計画、設計、施工による影響	可動支承の移動と回転の方向が一致していない	<ul style="list-style-type: none"> ・支承本体のクラック、われ ・ピン・ローラーのわれ ・サイドブロックの脱落、損傷 ・ローラーのずれ、脱落 ・ピンのキャップ等の損傷 ・アンカーボルトの切断、引き抜け ・ボルト・ナットの抜け落ち
		支承の横方向移動	
		使用材質(鋳鉄品の使用)昭和55年以前	
		モルタル充填不足	
	負反力の検討及びアンカーボルトの設計施工が不適切	中央径間に比較して側径間が著しく短い橋梁	
		斜角が小さい橋梁	
		小半径の曲線橋	
	下部工との関係	支承縁端距離の不足	<ul style="list-style-type: none"> ・沓座のせん断ひび割れ ・沓座モルタルの圧壊 ・台座コンクリートの圧壊 ・支承の沈下、傾き ・アンカーボルトの切断、引き抜け ・ゴム支承のひびわれ
		台座コンクリートの施工不良	
沓座モルタルの施工不良			
排水装置の欠陥	桁端部の漏水	<ul style="list-style-type: none"> ・各部材の腐食 ・すべり面・転がり面の腐食 ・沓座モルタルのひび割れ 	
	桁端部の泥化		
	飛来塩分・凍結防止剤散布		



2-3-10 伸縮装置

伸縮装置	詳細調査 P84	補修工法 P142
------	-----------	------------



損傷概要	<p>伸縮装置は桁間の移動量、回転量を吸収し、併せて、橋面の雨水が桁下への侵入を防ぐ機能が求められている。伸縮装置の損傷を分類すると以下の通りである。</p> <p>(a) 伸縮装置本体の損傷 (b) 目地周辺の損傷または後打ち材の損傷 (c) 段差 (d) 遊間の異常 (e) 漏水 (f) 異常音</p>
------	---

損傷原因の種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
損傷原因の種類	設計時の配慮不足	伸縮装置の構造形式及び種類の選定の誤り	鋼製フィンガー ・フェイスプレートの破断、破損 ・フェイスプレートとウェブとの取付け溶接部の破断等とこれらに起因する金属音等 ・鋼材、アンカーの腐食 ・接合高力ボルトのゆるみ、破断、それらに起因する騒音 ・後打ち材の損傷 ・前後フェイスプレートの段差 ・遊間異常 ・排水樋の腐食
		伸縮量の誤り	
		床版端部、桁端部の剛度不足	
		伸縮装置アンカー部の強度不足	
		伸縮装置本体の剛度不足	
	製作・施工時の不良	伸縮装置設置不良	ゴムジョイント ・フェイスゴムの摩耗、さく裂、劣化、剥離、浮き上り ・取付ボルトのゆるみ、損失 ・後打ち材の損傷 ・段差による車輪通過時の騒音 ・アンカーボルトの取付け不良、ゆるみによる騒音 ・アンカー材、アンカー部の破損 ・シール材、目地材の脱落
		溶接接合部の不良	
		アンカー部の施工不良	
		後打ち材の施工不良	
	維持管理上の問題 排水装置の欠陥	輪荷重および繰り返り頻度の増大	
		床版の老朽化	
		伸縮装置前後の路面の凸凹	
		排水樋の泥詰まりなどによる漏水	
		下部工の側方移動、沈下	
		支承の沈下等の損傷	
取付土工部の陥没、沈下			
火災、地震などの異常事態の発生			

2-3-11 付属物等

付属物等		詳細調査  P85	補修工法  P147																			
損傷概要	<p>橋梁付属物として、排水装置、高欄・防護柵および地覆を取り上げる。鋼製の部材である遮音施設、照明、標識、点検施設、添架物等については、鋼部材の損傷を参照とする。</p> <p>(a)排水装置の損傷</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 柵本体の損傷（鉄蓋の破損等） ② 排水柵の塵埃等のつまり ③ 排水管本体の損傷（腐食、割れ） ④ 排水管の接続部の損傷（継手のはずれ、溶接部の割れ、屈曲部の損傷など） ⑤ 取付金具の損傷（腐食、破損） ⑥ 排水管の塵埃等のつまり（受柵の詰まり） <p>(b)鋼製高欄の損傷</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 変形、破損（車両の衝突等による） ② 腐食 <p>(c)地覆の損傷</p> <ol style="list-style-type: none"> ① ひび割れ ② 剥離 ③ 鉄筋の露出・腐食 ④ 漏水・遊離石灰 <p>(d)遮音施設、照明、標識、点検施設、添架物等</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 防食機能劣化・腐食 ② 亀裂・破断 ③ ゆるみ出・脱落 ④ 変形・欠損 																					
	損傷原因と種類	<table border="1"> <thead> <tr> <th>損傷原因の分類</th> <th>損傷原因</th> <th>損傷の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">設計・施工等</td> <td>接続部の溶接欠陥</td> <td rowspan="7">排水装置の損傷 ・柵本体の損傷 ・排水柵のつまり ・排水管本体の損傷 ・排水管の接続部の損傷 ・排水管の塵埃等のつまり（受柵の詰まり）</td> </tr> <tr> <td>スリーブ長（ラップ長）が短い</td> </tr> <tr> <td>屈曲部が折管形式</td> </tr> <tr> <td>取付金具の締付け不足、温度、桁の振動</td> </tr> <tr> <td>縦断勾配の凹部、S字曲線の変曲部</td> </tr> <tr> <td>柵の面積が小さい、関係が小さい</td> </tr> <tr> <td>横引管の勾配が小さい</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">外力、環境、施工等</td> <td>屈曲部が折管形式</td> <td rowspan="4">鋼製高欄の損傷 ・変形、破損（車両の衝突等による）腐食</td> </tr> <tr> <td>車輻耐荷力を超えた荷重の载荷</td> </tr> <tr> <td>凍結防止剤散布、飛来塩分</td> </tr> <tr> <td>かぶり不足</td> </tr> <tr> <td></td> <td>初期の乾燥収縮</td> <td>地覆の損傷 ・ひび割れ、剥離 ・鉄筋の露出・腐食 ・漏水・遊離石灰</td> </tr> </tbody> </table>	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類	設計・施工等	接続部の溶接欠陥	排水装置の損傷 ・柵本体の損傷 ・排水柵のつまり ・排水管本体の損傷 ・排水管の接続部の損傷 ・排水管の塵埃等のつまり（受柵の詰まり）	スリーブ長（ラップ長）が短い	屈曲部が折管形式	取付金具の締付け不足、温度、桁の振動	縦断勾配の凹部、S字曲線の変曲部	柵の面積が小さい、関係が小さい	横引管の勾配が小さい	外力、環境、施工等	屈曲部が折管形式	鋼製高欄の損傷 ・変形、破損（車両の衝突等による）腐食	車輻耐荷力を超えた荷重の载荷	凍結防止剤散布、飛来塩分	かぶり不足		初期の乾燥収縮
損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類																				
設計・施工等	接続部の溶接欠陥	排水装置の損傷 ・柵本体の損傷 ・排水柵のつまり ・排水管本体の損傷 ・排水管の接続部の損傷 ・排水管の塵埃等のつまり（受柵の詰まり）																				
	スリーブ長（ラップ長）が短い																					
	屈曲部が折管形式																					
	取付金具の締付け不足、温度、桁の振動																					
	縦断勾配の凹部、S字曲線の変曲部																					
	柵の面積が小さい、関係が小さい																					
	横引管の勾配が小さい																					
外力、環境、施工等	屈曲部が折管形式	鋼製高欄の損傷 ・変形、破損（車両の衝突等による）腐食																				
	車輻耐荷力を超えた荷重の载荷																					
	凍結防止剤散布、飛来塩分																					
	かぶり不足																					
	初期の乾燥収縮	地覆の損傷 ・ひび割れ、剥離 ・鉄筋の露出・腐食 ・漏水・遊離石灰																				

2-3-12 舗装

舗装		詳細調査  P85	補修工法  P150	
損傷概要	<p>舗装における主な損傷は、段差・コルゲーション、舗装のひび割れ、わだち掘れ、ポットホール等が挙げられる。</p> <p>(a) 段差・コルゲーション 段差・コルゲーションは、路面の凹凸であり、段差・コルゲーションによって生ずる衝撃は、一般的に橋軸方向の凹凸 20mm 程度以上になると無視できないものとなる。</p> <p>(b) 舗装のひび割れ 舗装のひび割れは、橋梁区間で 5mm をこえる場合には床版の損傷も考えられ、路下からの点検が必要となる。</p> <p>(c) わだち掘れ わだち掘れは、橋軸直角方向の凹凸であり、降雨により滞水を招き、水はね、高速走行時のすべり抵抗低下の原因となる。</p> <p>(d) ポットホール ポットホールは、舗装面の局所的な小穴であり、ポットホール、はがれ、陥没は通行車両（特に 2 輪車）の走行に影響を及ぼし、交通安全上の問題となることが多い。また、窪みの深さが 50mm 以上の場合には床版の損傷も考えられ、路下からの点検が必要となる。</p>			
	損傷原因と種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
		路面性状に関する損傷	混合物の品質不良、転圧温度の不適	局所的なひび割れ、ヘアクラック
			伸縮装置と舗装の剛性の違い、構造物継目の不陸、摩耗	段差、伸縮装置附近の凹凸
			過大な重交通、混合物の安定性不足、品質不良、床板の不陸、軟質アスファルト	わだち掘れ、縦断方向の凹凸、コルゲーション
混合物の品質不良、転圧不足、雨水等の浸入、鋼床板の連結ボルト			ポットホール、はく離	
構造に関する損傷		たわみの大きな橋（鋼桁等）	舗装のひび割れ（線状、亀甲状）	
		橋の振動		
		混合物の品質不良		
	アスファルトの劣化			

2-4 詳細調査の選定

詳細調査の実施に当たっては、対象橋梁の損傷状況、現地の状況（交通量、迂回路の有無、施工の難易）、緊急性および調査費用などを考慮して適切な調査方法を選定する必要がある。

(1) 損傷等級 E に対する詳細調査は、緊急性かつ現地補修に即した調査方法を優先する。

(2) 損傷等級 D に対する詳細調査は、補修・補強の要否を判定するため、損傷の原因、大きさ、および進行性の有無の判断材料となる調査方法を選定する。

各損傷の原因が推定された場合、調査方法の選定目安について鋼部材、コンクリート部材、付属物別に表-2.5～表-2.7 に参考として示す。

表-2.5 鋼部材の調査項目選定目安

損傷	調査項目		腐食範囲調査	板厚測定	塗装劣化範囲調査	塗膜厚測定	表面付着塩分量調査	亀裂範囲調査	溶接ビードのど厚測定	非破壊検査 PT UT MT RT ET	変形量測定	たたき試験	高力ボルトゆるみ・破断調査
	外力作用	推定される原因											
防食機能劣化	外力作用	火災				◎							
	環境	塩害				◎							
		化学的腐食					○						
	材料劣化	品質不良					○						
		製作・施工不良			◎	◎							
	製作施工	防水・排水工不良					○						
構造		構造形式・形状不良											
腐食	環境	塩害				◎							
		化学的腐食					○						
	材料劣化	品質不良	◎	◎	○	○	○		○			○	
		製作・施工不良											
	製作施工	防水・排水工不良					○						
構造		構造形式・形状不良											
亀裂	外力作用	繰返し荷重											
		衝突・地震											
	材料劣化	品質不良					○	○	◎			○	
		製作・施工不良											
構造	構造形式・形状不良									○			
破断	外力作用	繰返し荷重		○								○	
		衝突・地震											
	材料劣化	品質不良		○						○			○
		製作・施工不良		○									
構造	構造形式・形状不良									○			
ボルトのゆるみ・脱落	外力作用	繰返し荷重								○			
		衝突・地震											
	材料劣化	品質不良										◎	◎
		製作・施工不良											
構造	構造形式・形状不良												
変形	外力作用	繰返し荷重											
		衝突・地震、火災								○			
		偏土圧・圧密沈下		○								◎	
	製作施工	製作・施工不良											
		構造	構造形式・形状不良										
異常振動	外力作用	繰返し荷重											
		地震										○	
	製作施工	製作・施工不良											
構造		構造形式・形状不良											

◎ : 有効な調査

○ : 必要に応じた調査

表-2.6 コンクリート部材の調査項目選定目安

損傷	調査項目 推定される原因		厚さ・鉄筋の腐り調査	測定たわみ量	塩化イオン含有量試験	ひび割れ状況調査	中性化試験	アルカリ量・骨材反応	圧縮試験	沈下・移動量測定	たたき試験
ひび割れ	外力作用	繰返し荷重									
		衝突、地震、火災									
		偏土圧・圧密沈下									○
		洗掘・侵食									○
	環境	乾燥収縮・温度変化									
		塩害、化学的腐食	○		◎	◎	○		○		
	材料劣化	アルカリ骨材反応	○		◎			◎			
		中性化	○				◎				
	製作施工	品質不良									
		製作・施工不良	○	○							
防水・排水工不良											
構造	構造形式・形状不良		○								
剥離・鉄筋露出	外力作用	繰返し荷重									
		衝突、地震、火災									○
		偏土圧・圧密沈下									○
		洗掘・侵食									○
	環境	乾燥収縮・温度変化									
		塩害、化学的腐食	◎	○	◎	◎	○		◎		
	材料劣化	アルカリ骨材反応			◎			◎			
		中性化					◎				
	製作施工	品質不良									
		製作・施工不良									
防水・排水工不良											
構造	構造形式・形状不良										
漏水・遊離石灰	環境	乾燥収縮・温度変化									
		塩害	○		◎		○				
	材料劣化	アルカリ骨材反応	○		◎	◎		◎			
		中性化	○				◎				
	製作施工	品質不良									
		製作・施工不良	○								
構造	防水・排水工不良										
	構造形式・形状不良										
抜落ち	外力作用	繰返し荷重									
		衝突、地震									○
	環境	塩害			◎		○				
		凍害									
	材料劣化	アルカリ骨材反応	◎	○	◎	◎		◎			
中性化						◎					
製作施工	品質不良										
	製作・施工不良										
構造	防水・排水工不良										
	構造形式・形状不良										
空洞・板	製作施工	品質不良									
		製作・施工不良	○						○		◎
変色・劣	外力作用	製作・施工不良									
		防水・排水工不良									
	環境	火災				◎					
		乾燥収縮・温度変化									
	材料劣化	塩害			◎		○				
化学的腐食											
製作施工	アルカリ骨材反応			◎			◎				
	中性化					◎					
品質不良	製作・施工不良										
	防水・排水工不良										
変傾沈移	外力作用	繰返し荷重									
		衝突、地震									
		偏土圧・圧密沈下									○
	材料劣化	洗掘・侵食								◎	
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										

◎ : 有効な調査 ○ : 必要に応じた調査

表-2.7 橋梁付属物の調査項目選定目安

損傷	調査項目		状況調査 外観・破損	たわみ調査	ひび割れ 状況調査	移動量測定 沈下・	たたき試験	騒音・振動 温度測定	異常量測定	
	推定される原因									
伸縮装置の常遊間異	外力作用	繰返し荷重	◎				○	○	◎	
		偏土圧・圧密沈下				○		○		
		洗掘・侵食				○		○		
		地震				◎		○		
	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					○				
伸縮装置・舗装の段差コルゲーション	外力作用	繰返し荷重	◎						◎	
		偏土圧・圧密沈下				○				
		洗掘・侵食				○				
		地震				◎				
	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									
舗装のひび割れわだち掘れポットホール局部隆起	外力作用	繰返し荷重	◎		◎			○		
		地震					○			
	環境	乾燥収縮・温度変化							○	
		塩害、凍害								
	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・滞水	外力作用	衝突・地震	◎		○	○				
		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			○						
伸縮装置・支承等の異常音	外力作用	繰返し荷重	◎			◎	◎	◎		
		衝突・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									
支承等の移動	外力作用	繰返し荷重	◎			◎				
		偏土圧・圧密沈下								
		洗掘・侵食								
		地震								
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									
点検施設の異常振動・異常たわみ	外力作用	繰返し荷重	◎	◎		○	◎			
		地震								
	製作施工	製作・施工不良								
構造	構造形式・形状不良									
高欄等の変形	外力作用	繰返し荷重	◎		◎	○		◎		
		衝突・地震			◎					
	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			◎						

◎：有効な調査

○：必要に応じた調査

2-5 詳細調査試験

2-5-1 実橋における詳細調査試験

(1) 目的

県管理橋梁の損傷の特徴を十分に把握し、適切な補修・補強の事例等を検討する上で、モデル橋梁を2～3橋選定し、現地において代表的な各種詳細調査試験等を実施した。以下に詳細調査および試験の成果を整理する。

調査試験対象橋梁

コンクリート橋：塩害劣化の影響を受けている橋梁、内陸部の橋梁

鋼橋：桁端部からの漏水等により、主桁・横桁・支承部等が腐食している橋梁

(2) 調査試験対象橋梁の選定

調査試験対象橋梁は、点検調書及び現地踏査の結果、以下の3橋を調査対象として選定した。

来光川橋（鋼桁橋, L=46.4m, 損傷(主構, 支承)）：沼津土木 熱海函南線
 廻沢橋（RC T桁, L=23.6m, 損傷(主構, 床版)）：富士土木 清水富士宮線
 仲川橋（プレテンT桁, L=17.0m, 損傷(主構)）：熱海土木 国道135号

(3) 調査試験項目

橋梁の健全度を把握するために有効な調査試験のうち、モデル橋梁において実施した調査試験項目一覧を表-2.8に示す。

表-2.8 調査・試験項目一覧

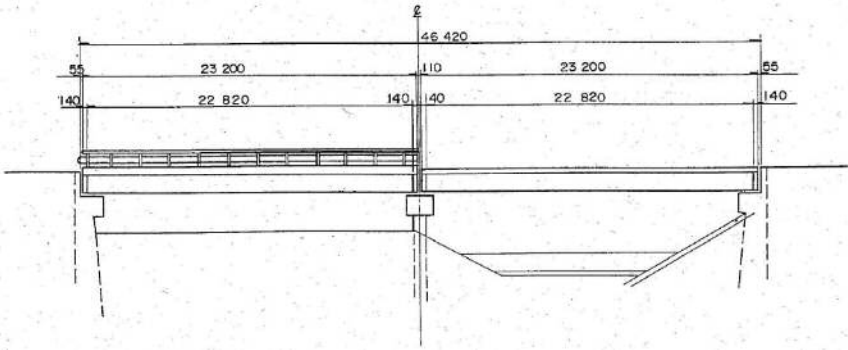
調査項目	調査方法	調査部位	対象橋梁
腐食範囲調査	外観調査、板厚測定	上部工桁端部	来光川橋
塗装劣化調査	外観調査、塗膜厚測定	上部工桁端部	
亀裂範囲調査	外観調査、磁粉探傷試験 MT 超音波探傷試験 UT	上部工桁端部	
溶接ビードのど厚測定	外観調査	上部工桁端部	
変形量測定	外観計測調査	上部工主桁	
高力ボルトのゆるみ・破断調査	外観調査、たたき試験	上部工桁端部	
表面付着塩分量調査	付着塩分量計測	端部腹板	
ひび割れ範囲調査	外観調査	端部床版	
鉄筋腐食度・かぶり厚調査	はつり調査	下部工	廻沢橋、仲川橋
コア採取（室内試験）	中性化試験、圧縮強度試験 塩化物イオン含有量	下部工	
ひび割れ範囲調査	外観調査	下部工	
圧縮強度調査	反発硬度法（表面強度）	下部工	
コンクリートの浮き・剥離調査	たたき試験	上部工・下部工	廻沢橋
表面付着塩分量調査	付着塩分量計測	上部工・下部工	仲川橋

(4) 橋梁概要

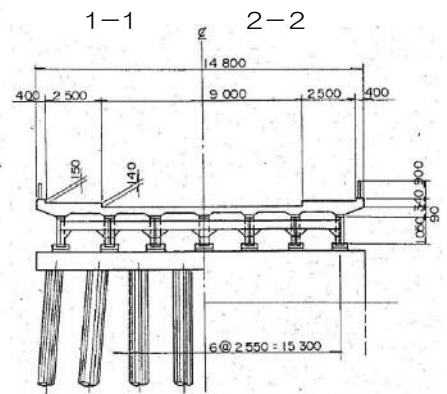
1) 来光川橋 (鋼橋)

来光川橋 (鋼桁橋、L=46.4m、損傷(主構、支承)) : 沼津土木 熱海函南線

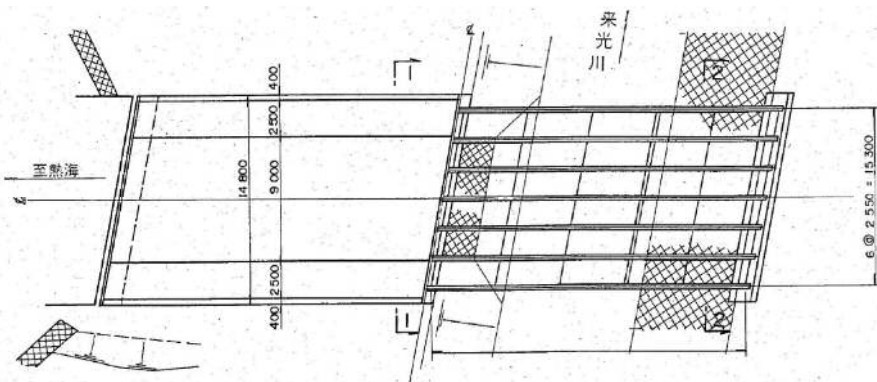
側面図



断面図

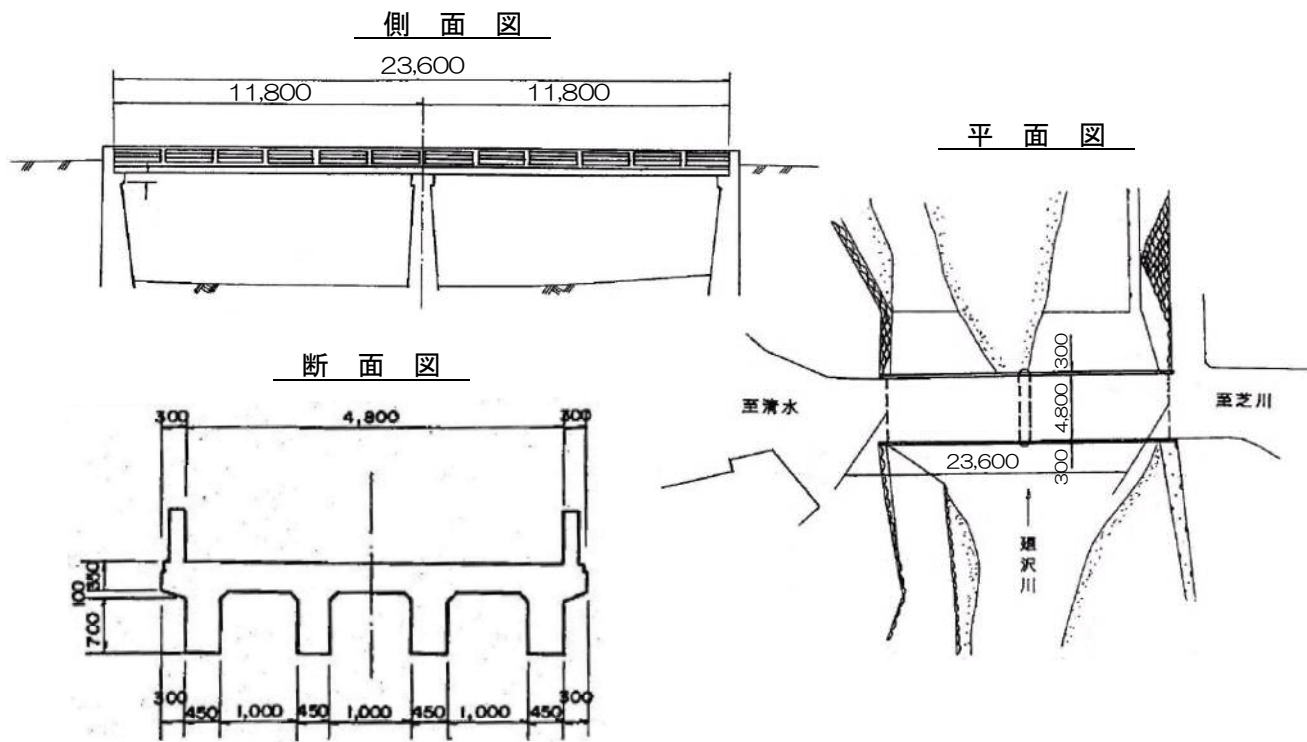


平面図



2) 廻沢橋 (RC橋)

廻沢橋 (RCT桁、L=23.6m、損傷(主構、床版)) : 富士土木 清水富士宮線



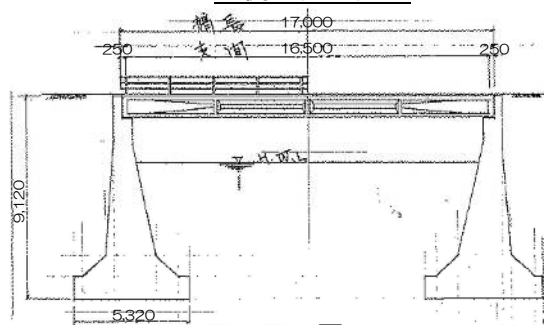
3) 仲川橋 (PC橋)

仲川橋 (プレテンT桁, L=17.0m, 損傷(主構))

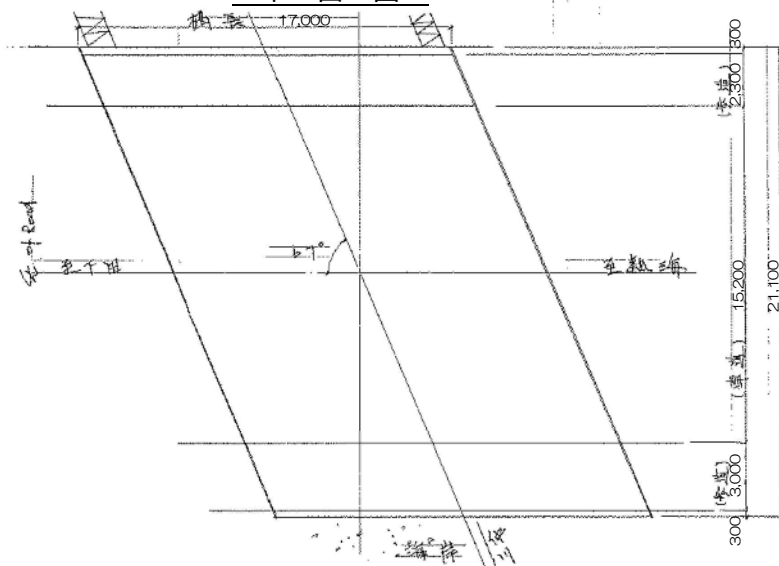
: 熱海土木 国道 135 号

橋梁一般図

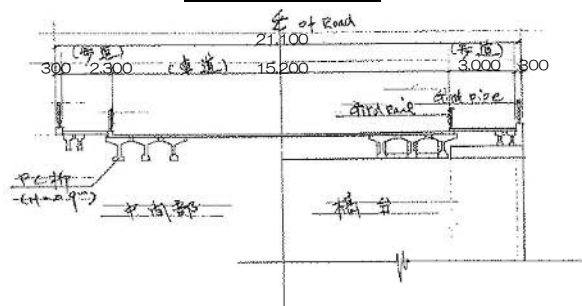
側面図



平面図



断面図



2-5-2 調査試験の概要

(1) 鋼部材

1) 調査試験の概要

鋼部材の調査試験は、来光川橋（2径関連続鋼桁橋、L=46.4m）を調査対象橋梁として実施し、その調査方法および結果について整理する。

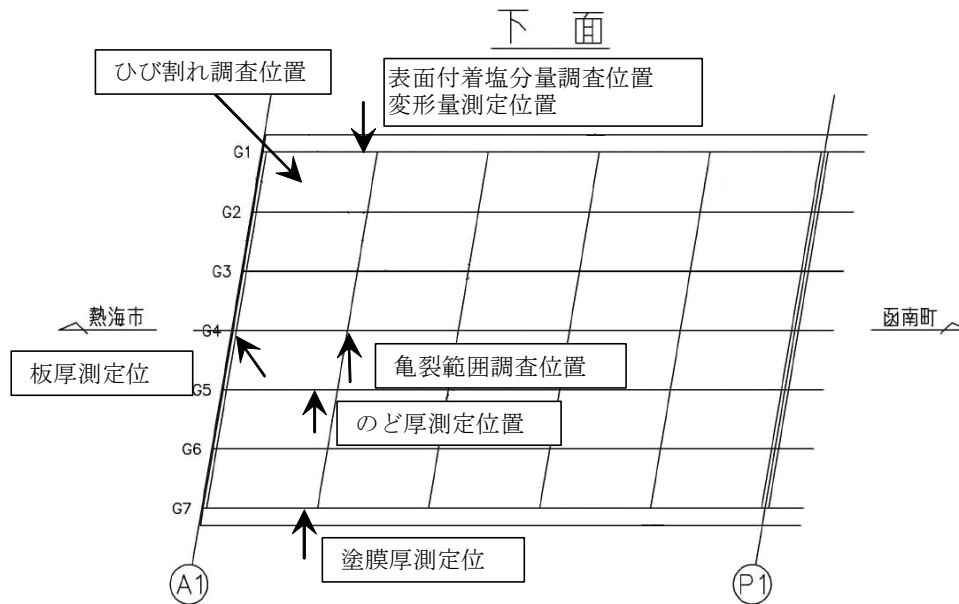


図-2.1 調査位置図（来光川橋）

(a) 腐食範囲調査

腐食しやすい部位としては、漏水の多い桁端部、支承周辺、通気性の悪い連結部、泥・ほこり・塩分の堆積しやすい下フランジの上面、下フランジエッジ部および下面などがある。

腐食が進行すると断面欠損が生じている場合は、その発生部位が耐荷力・耐久性に影響を及ぼし、さらに進行した場合には、橋梁全体への影響が懸念されるため、板厚測定によって断面欠損量を計測する。また、環境や発生原因となる水の浸入源についても調査を行う。

(b) 塗膜劣化範囲調査

塗膜劣化の現象として、膨れ、割れ、はがれなどがあり、経年劣化により防錆性能を失い景観も損なう。これらの形態、範囲は外観検査や写真記録で行う。

(c) 亀裂範囲調査

鋼構造物に発生する亀裂は、繰り返し応力あるいは局所的な応力集中により発生する。構造形状の急変部、切り欠き部、ボルト孔部、腐食箇所、変形箇所等に発生しやすい。

本調査においては、亀裂・破断の有無を調査する実用的な試験として、磁粉探傷試験MTおよび超音波探傷試験UTを行う。（有資格者必要）

(d) 溶接ビードのど厚測定

溶接の脚長・のど厚の過不足は、鋼部材の強度不足や応力集中等を招くおそれがあるため、ノギス等の測定機器により測定する。

(e) 変形量測定

鋼部材の座屈による変形量を確認するため、水系、スケール等の測定機器により測定する。

(f) 高力ボルトのゆるみ・破断調査

高力ボルトのゆるみ・破断調査は、目視検査およびたたき試験により状況を調査する。




たたき試験は、ハンマーによりナット側を3～4回たたき、ハンマーの打撃角度と90°～180°の位置に当てた指に伝わる振動、異常音によって損傷の有無を確認する。

(g) 表面付着塩分量調査

塩分が付着すると塗膜が濡れたままの状態が長く続き、塗膜内部に侵入することによって鋼面に錆を生じさせ、塗膜の寿命を著しく短くするため、付着塩分量の測定を行う。

調査部分は、鋼橋の腹板において、塗膜上に50cm×50cm(0.25cm²)にマスキングし、蒸留水に湿したガーゼを用いて3回繰り返し拭き採取する。採取塩分測定は、塩素イオン検知管を用いる。

2) 調査試験および結果

① 損傷範囲調査（腐食、塗装劣化、亀裂等）	
<p>概要</p> <p>架橋環境を考慮して、下記の項目に着目して全体を目視調査する。</p> <p>塗膜劣化の現象として、膨れ、割れ、はがれなどがあり、経年とともに劣化して防錆性能を失い景観も損なう。</p> <p>腐食しやすい部位としては、漏水の多い桁端部、支承周辺、通気性の悪い連結部、泥・ほこり・塩分の堆積しやすい下フランジの上面、下フランジエッジ部および下面などがある。</p> <p>また、環境や発生原因となる水の浸入源についても調査を行う。</p> <p>概要</p> <p>鋼構造物に発生する亀裂は、繰り返し応力あるいは局所的な応力集中により発生する。構造形状の急変部、切り欠き部、ボルト孔部、腐食箇所、変形箇所等に発生しやすい。</p>	<p>調査手順</p> <p>調査手順を以下に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">① 調査箇所の選定</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">② 調査</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">③ データの記録</div> <ul style="list-style-type: none"> ・塗膜劣化は橋梁全体の経年劣化として評価を行う。架橋環境考慮(写真記録)。 ・腐食の多くは局部的に生じるため橋梁の着目点調査を行う。原因調査。 ・亀裂損傷は近接調査。1次調査は塗膜割れ等の有無の確認。損傷位置、損傷規模の推定損傷の原因を究明する。 <ul style="list-style-type: none"> ・調査終了後、データを野帳に記録する。
<p>調査試験状況</p>	   

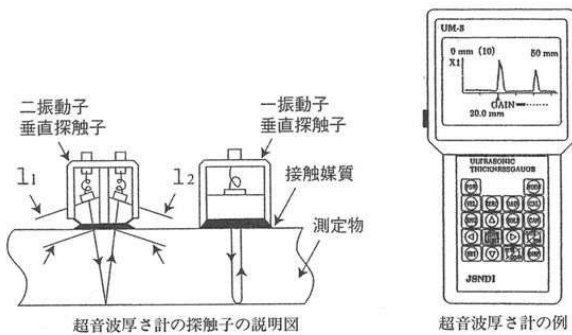
②板厚測定

概要

測定物の厚さを超音波が往復する時間を測定し、音速で校正して実際の厚さに対応する数値を表示する。

超音波厚さ計は、探触子で超音波を送受信する点ではパルス反射式の探傷器と同じであるが、音速調整やゼロ点調整を進めやすくした厚さ測定専用器である。厚さ計用の探触子には2種類あり、保守検査で通常用いる二振動子探触子は、送信用と受信用の2個の探触子を一つにあわせた構造である。2個の振動子探触子は、0.1mm単位で測定する保守検査に使いやすい。特製の一振動子探触子は二振動子探触子が苦手とする薄物や細管の厚さ測定で威力を発揮する。今回は、二振動子探触子で測定を行った。

使用機材

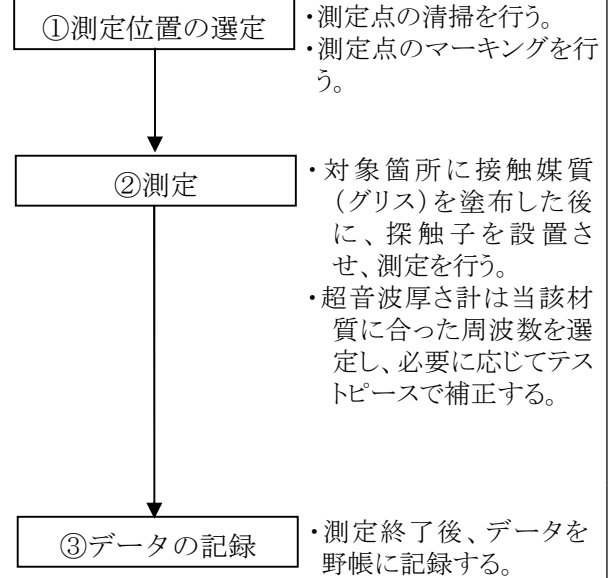


超音波厚さ計の探触子の説明図

超音波厚さ計の例

測定手順

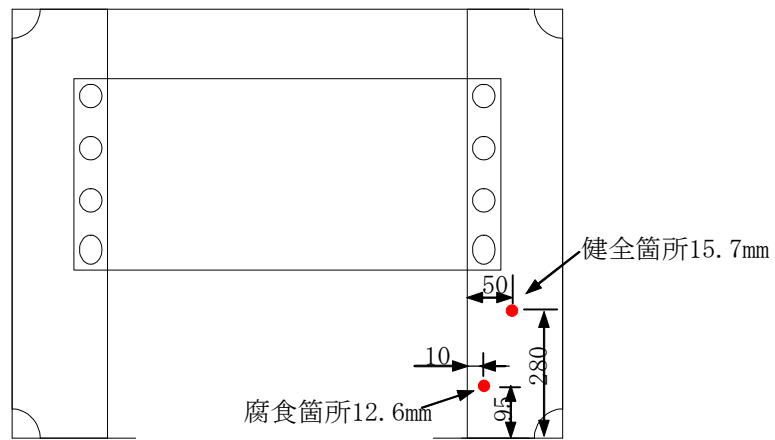
測定手順を以下に示す。



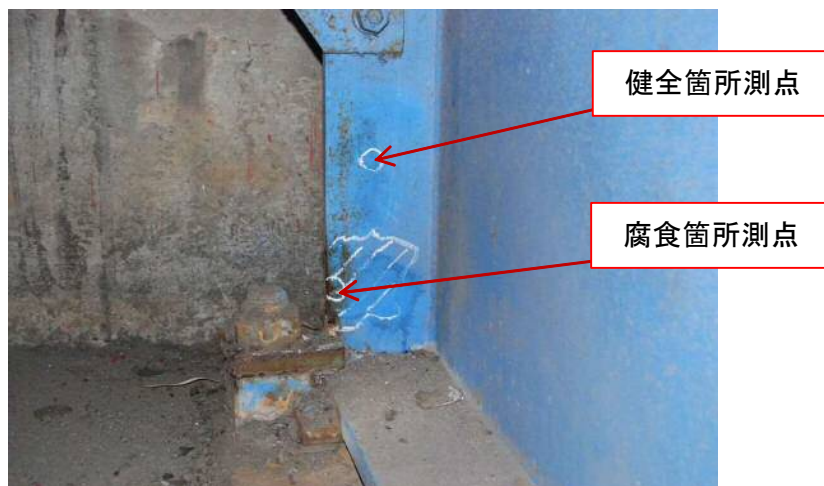
調査試験状況



調査結果



測定位置および測定結果



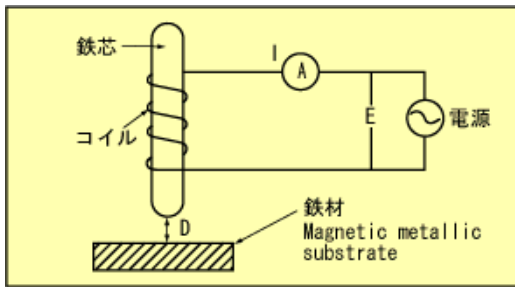
測定位置状況写真



測定位置背面状況写真

③塗膜厚測定

塗膜厚の測定に使用する超音波厚さ計は、鉄芯入りコイルの先端に鉄を近づけた場合、その距離のわずかな変化に対応して、コイルのインダクタンスが変化することを利用して塗膜の厚さを測るものである。(電磁誘導式)



概要

測定手順

測定手順を以下に示す。

- ①測定位置の選定
 - ・測定点の清掃を行う。
 - ・測定点のマーキングを行う。
- ②測定
 - ・対象箇所 contacts 接触媒質(グリス)を塗布した後に、探触子を設置させ、測定を行う。
 - ・超音波厚さ計は、当該材質に合った周波数を選定し、必要に応じてテストピースで補正する。
- ③データの記録
 - ・測定終了後、データを野帳に記録する。

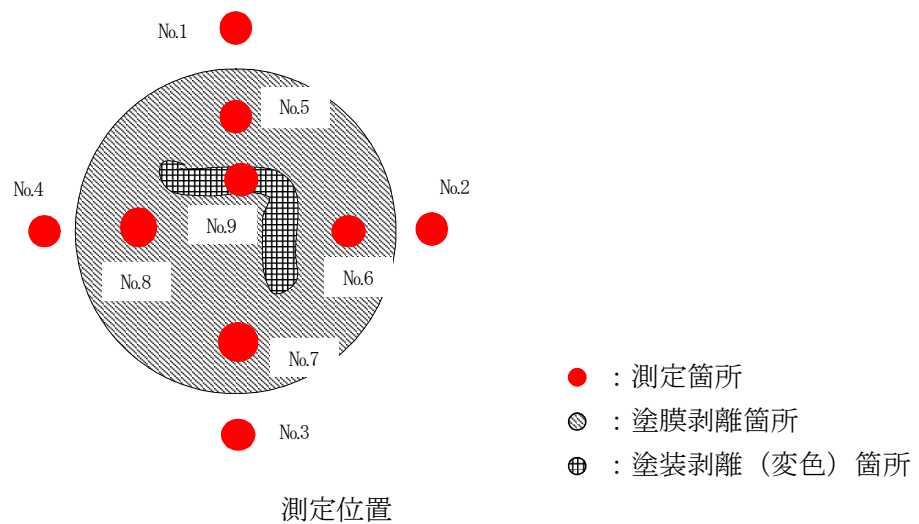
調査試験状況



調査結果

測定結果

測点	No.	塗膜厚 μm	備考
健全部	No.1	256	
	No.2	290	
	No.3	255	
	No.4	269	
塗膜剥離箇所	No.5	89	
	No.6	92	
	No.7	88	
	No.8	108	
塗膜剥離(変色)箇所	No.9	71	



測定位置

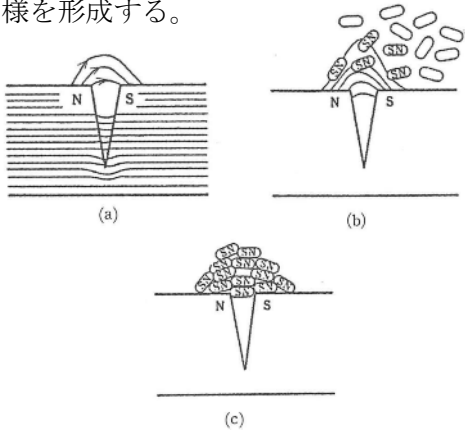


測定位置状況写真

④磁粉探傷試験

概要

鉄鋼材料などの強磁性体を磁化し、傷部に生じた磁極に磁粉が付着することを利用して、傷を検出する非破壊試験方法である。試験体に磁束の流れを発生させた場合、図-(a)に示すように表層部に欠陥があると磁束はその部分を迂回して流れ、一部は空气中に漏洩する。このように磁束が空气中に漏洩している部分ではその両側にN極とS極の一組の磁極が生じる。この磁極によってつくられる磁界の中に微細な鉄粉を近づけると、図-(b)のように鉄粉は欠陥部両端の磁極に吸着されるとともに相互に吸着しあい、図-(c)のように欠陥の幅よりも広い幅の模様を形成する。



測定手順

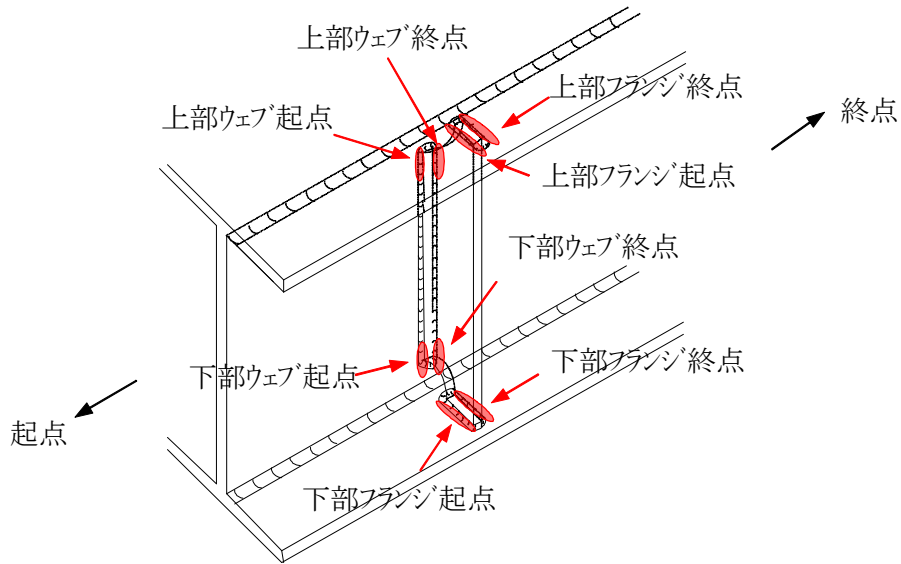
測定手順を以下に示す。

- | | |
|----------|--|
| ①前処理 | <ul style="list-style-type: none"> 探傷面のサビ、スケール等の付着物は、ワイヤブラシ等により除去する。 塗装がある場合、パフ等により、塗装を剥離する。 油脂類の付着物は、浸透探傷検査で使用する洗浄液で除去する。 溶接部及び治具跡部の著しい断面急変部は、グラインダー等にて整形する。 |
| ②探傷試験 | <ul style="list-style-type: none"> 交流極間式磁粉探傷装置を使用し、湿式連続法にて行う。 磁粉液の適用は、検査液が容易に流れる試験面については、通電開始と同時に検査液を適用し、探傷範囲上方より吐出し、泡だつことなく静かに流れて探傷面に達するようにする。この場合、検査液の適用時間は3秒、通電時間は5秒以上とする。また、検査液が流れにくい個所は、検査液を探傷範囲に直接適用し、その後3秒以上通電する。 |
| ③磁分模様の観察 | <ul style="list-style-type: none"> 磁粉模様の観察は、一磁化操作ごとに行う。磁粉模様が検出された場合、再度磁化操作を行い欠陥磁粉模様であることを確認する。なお、判別が困難なものはグラインダー等で表面を研磨し、再度磁化操作を行い確認し判定を行う。 試験面における紫外線強度は、$1000 \mu W / cm^2$以上とする。 |

調査試験状況



調査結果



詳細図

● 測定位置

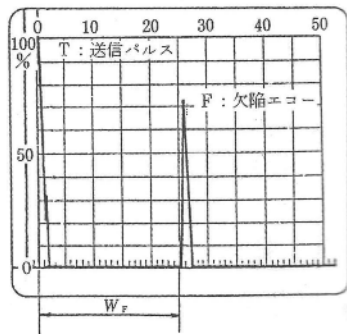
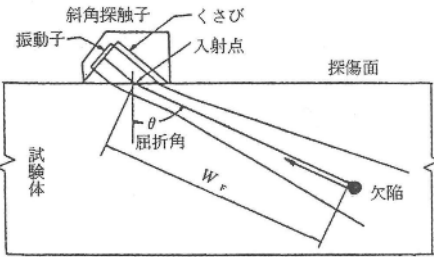
測定結果

測点		きずの有無		備考
上部	フランジ	起点	L=10mmの線上指示模様あり	施工時のものと思われる
		終点	L=10mmの線上指示模様あり	施工時のものと思われる
	ウェブ	起点	無し	
		終点	無し	
下部	ウェブ	起点	無し	
		終点	無し	
	フランジ	起点	無し	
		終点	無し	

⑤超音波探傷試験

超音波を物体中に伝えたときに、物体が示す音響的な性質を利用して、物体内部の傷や材質などを調べる非破壊検査試験である。

主な方法としては、反射法、透過法、共振法があり、また、パルス波と連続波を使用するものに大別されるが、今回はパルス波の反射法を用いて実施した。



概要

測定手順

測定手順を以下に示す。

①前処理

- 探傷面のサビ、スケール等の付着物は、ワイヤーブラシ等により除去する。
- 塗装がある場合、バフ等により、塗装を剥離する。
- 油脂類の付着物は浸透探傷検査で使用する洗浄液で除去する。
- 溶接部及び治具跡部の著しい断面急変部は、グラインダー等にて整形する。

②探傷試験

- テストピースにより調整を行う。
- 対象箇所接触到媒質(グリス)を塗布した後に、探触子を設置させ、測定を行う。
- 波形から内部欠陥および割れの有無を確認する。

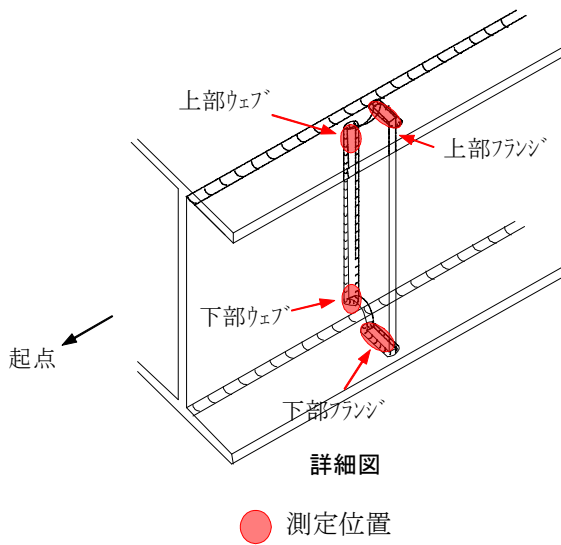
③データの保存

- 測定した波形を測定器に保存する。

調査試験状況



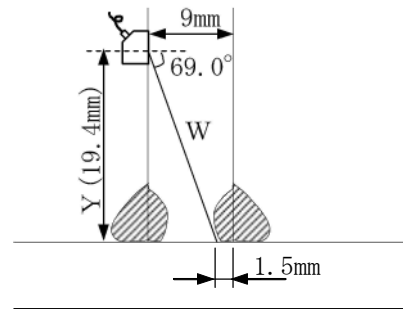
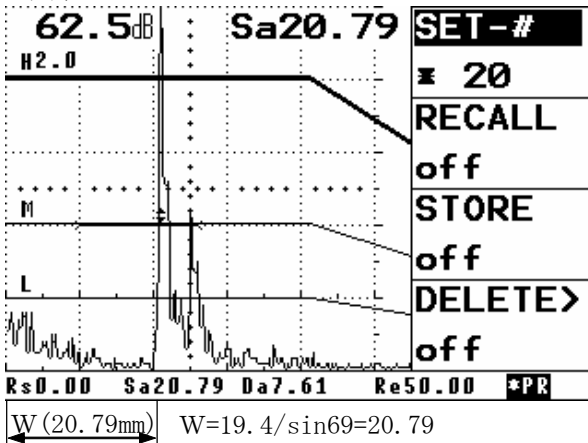
調査結果



測定結果

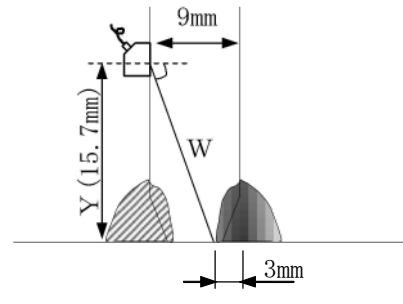
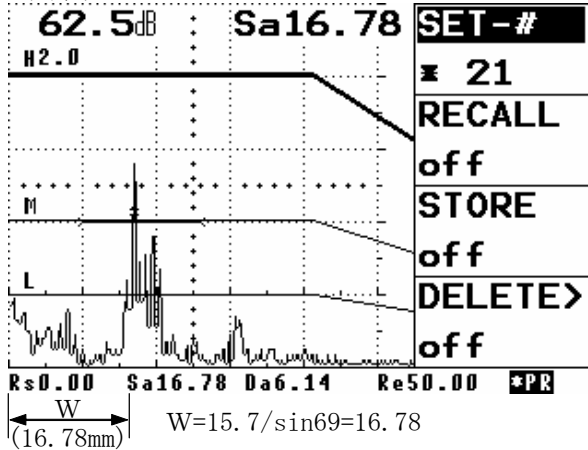
測点			内部欠陥、きずの有無
上部	フランジ	起点	無し
	ウェブ	起点	無し
下部	ウェブ	起点	無し
	フランジ	起点	無し

・下部フランジ



※設計図面が無いため、断定はできないが、上図の様な溶接と推測する。
溶接きずは無し。

・下部ウェブ



※設計図面が無いため、断定はできないが、上図の様な溶接と推測する。
溶接きずは無し。

⑥溶接ビードのど厚測定

概

溶接の脚長・のど厚の過不足は、鋼部材の強度不足や応力集中等を招くおそれがあるため、溶接量測定機器により、脚長、のど厚を測定する。

要

測定手順

測定手順を以下に示す。

①測定箇所の選定

②測定

・溶接量測定機器により、溶接のサイズおよびのど厚を測定する。

③データの記録

・測定終了後、データを野帳に記録する。

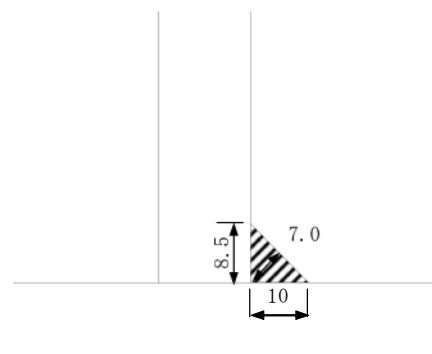
使用
機材

溶接量測定機器




調査
試験
状況



測定結果



⑦変形量測定

<p>概要</p>	<p>地震、衝突、火災等の被災後、桁の変形を測定する方法を以下に示す。 数々の測定方法がある中で、主桁腹板の倒れ量を測定する方法を示す。 鋼部材の座屈による変形量を確認するため、下げ振り、水系、スケール等の測定機器により測定する。</p>	<p>測定手順</p> <p>測定手順を以下に示す。</p> <p>①測定箇所の選定</p> <p>↓</p> <p>②測定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・腹板上端に下げ振りを固定し、腹板からの離れ量を一定値に押さえる。 ・中間点の桁からの離れを計測。 <p>↓</p> <p>③データの記録</p> <ul style="list-style-type: none"> ・測定終了後、データを野帳に記録する。
<p>使用機材</p>	<p>下げ振り、曲尺、メジャー</p>	
<p>調査試験状況</p>	 	

⑧高力ボルトのゆるみ・破断調査

概要

高力ボルト、リベット等の損傷は腐食と遅れ破壊（F11T）とがある。
 腐食環境が大きな要因となるため、架橋状況全体の把握が重要である。
 目視検査およびたたき試験によりボルトのゆるみ、破断の状況を調査する。
 たたき試験は、ハンマーによりナット側を3～4回たたき、ハンマーの打撃角度と90°～180°の位置に当てた指に伝わる振動、異常音によって損傷の有無を確認する

使用機材

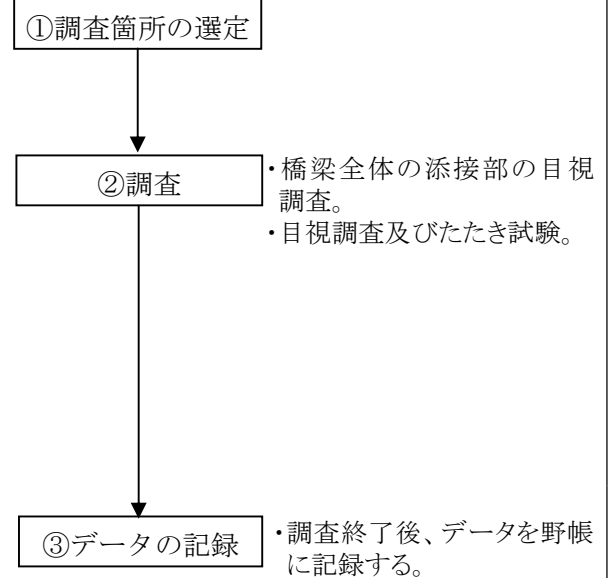
試験ハンマー

調査試験状況



調査手順

調査手順を以下に示す。

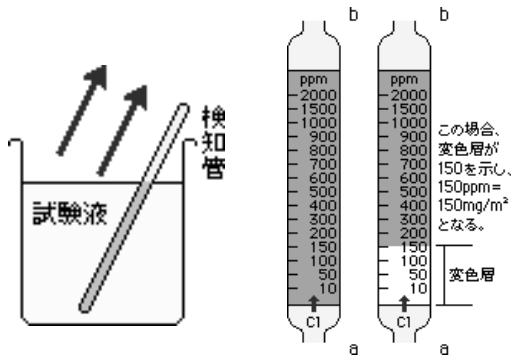


⑨表面付着塩分量調査

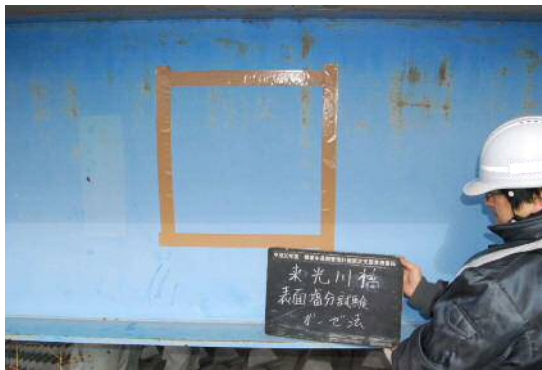
概要

飛来塩分、凍結防止剤散布による表面付着塩分量の測定を目的とする。
 表面の付着塩分量測定は、ガーゼ法（JHS 408）に従い、測定範囲 50cm×50cm 程度で拭き取り、北川式塩素イオン検知管により測定を行う。北川式検知管の測定フローを示す。
 ①検知管の両端（a・b）をヤスリで切り取り、下図のように試料液の中に検知管の一端（a）を入れる。料液は下端（a）より次第に進出し上端にいたる。
 ②試料液中に塩素イオンがあれば、下図のように下端より白色の変色層ができる。ガラス管内の検知剤の上端（綿栓）まで浸透したら、検知管を取り出し、検知管の濃度目盛りと変色層の境界で読み、測定値とする。

使用機材

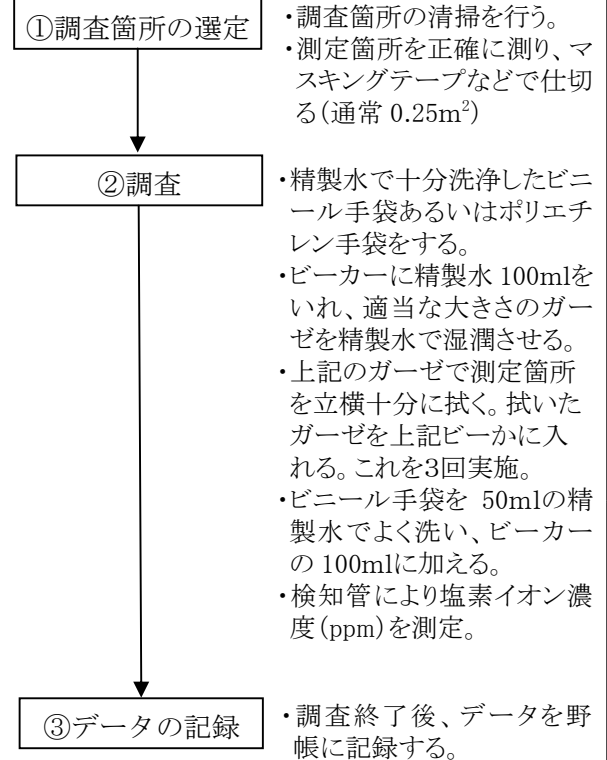


調査試験状況



調査手順

調査手順を以下に示す。



表面付着塩分試験結果

塩分採取面積 (m ²)	蒸留水使用量 (?)	塩素イオン濃度 (ppm)	表面付着塩分量 (mg/m ²)
0.25	0.146	3	3

(2) RC床版（鋼橋）

1) 調査試験の概要

RC床版の調査試験は、来光川橋（2径連続鋼桁橋、L=46.4m）を調査対象橋梁として実施し、調査方法について整理する。

(a) ひび割れ範囲調査（状況調査）

コンクリートのひび割れは、様々な要因によって、様々な形状や規模で発生する。

ここでは、表面に生じたひび割れや剥離、鉄筋露出、遊離石灰、ジャンカ・空洞・すりへり・侵食、抜け落ちなどの幅や広がりをもルーペ、クラックゲージ、スケール等で調査を行う。

2) 調査試験

①ひび割れ範囲調査	
<p>概要</p> <p>RC床版におけるひび割れは、乾燥収縮等の初期に発生しているひび割れと、繰り返し荷重等による疲労ひび割れとがある。</p> <p>走行の衝撃等の影響が大きい床版端部等に留意する必要がある。ひび割れの調査を実施するなかで、局所的な損傷と橋梁全体の疲労損傷劣化を区別して考える。併せて、ハンチ部等の浮きの有無をたたき試験により確認する。</p> <p>健全度ランクは、表-3.21に従うものとする。基本的にひび割れ密度で評価する。</p>	<p>調査手順</p> <p>調査手順を以下に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">①調査箇所の選定</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">②調査</div> <p style="text-align: center;">↓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">③データの記録</div> <ul style="list-style-type: none"> ・舗装面・床版全体の目視調査。 ・RC床版下面のひび割れ近傍へのチョーキング。 ・ひび割れ長さ、幅、間隔の測定表示。 <ul style="list-style-type: none"> ・スケッチ図作成・写真等を記録する。
<p>使用機材</p> <p>巻尺、ひび割れゲージ、点検ハンマー</p>	
<p>調査試験状況</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>

②応力頻度計測

概

橋梁部材に作用する応力範囲とその頻度を把握するための直接的な方法として、部材にひずみゲージを取り付け、一定期間測定を行う方法である。

測定データからは、その橋梁の交通特性、主構造間の荷重分配効果や路面の凸凹による衝撃の影響が測定される。

ひずみゲージの貼付位置と継手等級

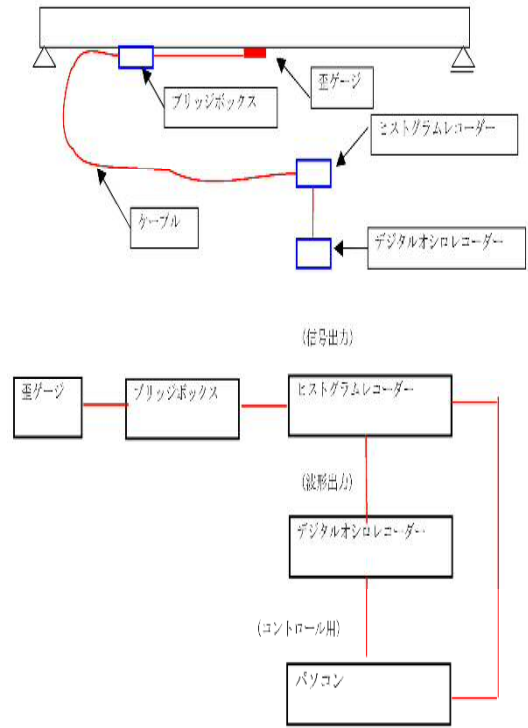
(1) 公称応力に基づく疲労の評価が可能な構造部材の測定の場合は、公称応力が測定できる位置にひずみゲージを貼付ける。継手等級は、公称応力範囲で整理された疲労等級を用いる。

要

(2) 公称応力に基づく疲労の評価が難しい構造部材の場合は、応力集中の影響を含んだ応力を測定できる位置にひずみゲージを貼付ける。

構造的な応力集中の影響を考慮した疲労強度の等級を用いる。

概念図



調査試験状況



(3) コンクリート部材

1) 調査試験の概要

コンクリート部材の調査試験は、廻沢橋（単純RC T桁2連、L=23.6m）および仲川橋（単純プレテンT桁、L=17.0m）を調査対象橋梁として実施し、その調査方法および結果について整理する。

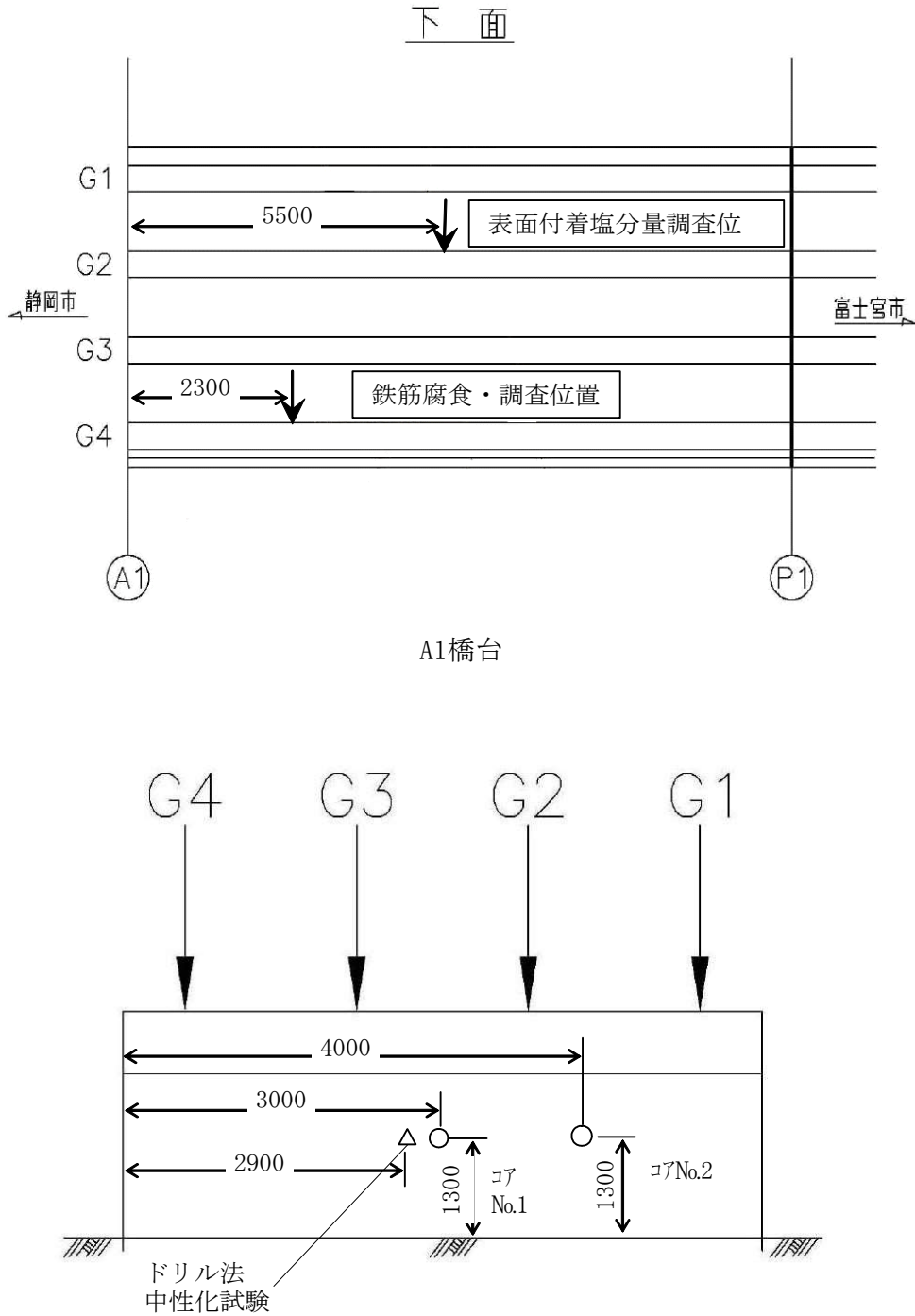


図-2.2 調査位置図（廻沢橋）

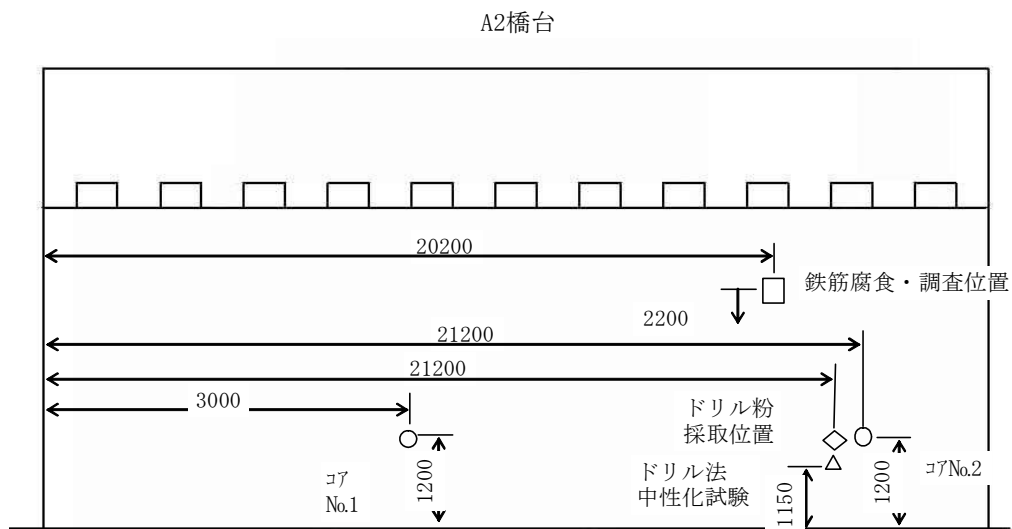
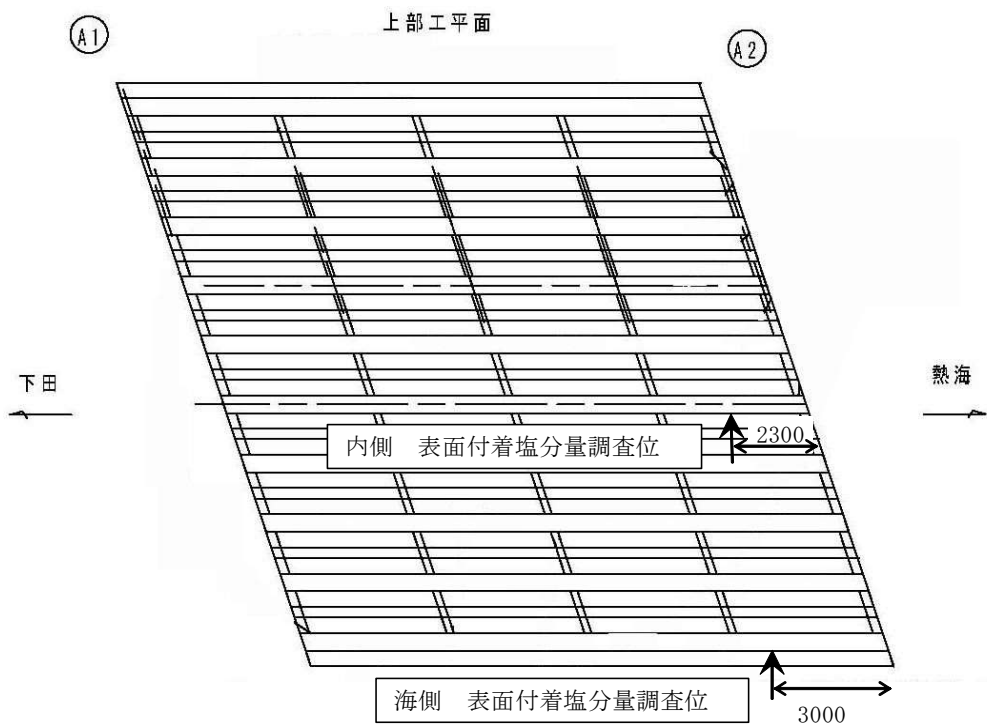


図-2.3 調査位置図（仲川橋）

(a) 鉄筋腐食度・かぶり厚調査

鉄筋のかぶり厚不足は、鉄筋の腐食、コンクリートの剥離、欠陥の原因となるため、所定のかぶり厚さが確保されているかを調査する。また、鉄筋の腐食度についても目視調査を行う。

かぶり厚は、鉄筋探査計によっても測定が可能であるが、かぶり厚が大きくなるに従って、必ずしも精度はよくない。

(b) コア採取（下部工）

コンクリート部材の塩化物イオン含有量、中性化量、圧縮強度を調べるため、以下のコアを採取して、室内試験を実施する。コア採取に先立ち、RCレーダによる鉄筋探査を行う。

塩化物イオン含有量試験（φ100 供試体）

中性化試験・圧縮強度試験（φ100 同一供試体）。

(c) ひび割れ範囲調査（状況調査）

コンクリートのひび割れは、様々な要因によって、様々な形状や規模で発生する。

表面に生じたひび割れや剥離、鉄筋露出、遊離石灰、ジャンカ・空洞・すりへり・侵食、抜け落ちなどの幅や拡がりをもろ、クラックゲージ、スケール等で調査を行う。

(d) 圧縮試験

反発硬度法により、簡易にコンクリートの圧縮強度を推定する。表面強度であるため、環境等によりばらつきが多い。したがって、精度の高い推定値を必要とする場合は、前述のコアの試験結果により補正することが必要となる。

(e) たたき試験

ハンマーによるたたき試験により、コンクリートの浮き、剥離を調べる。

(f) 表面付着塩分量測定

塩分が付着するとひび割れ等からコンクリート内部に侵入することによって、鉄筋、PC鋼材等に錆を生じさせ、腐食の原因となるため、付着塩分量の測定を行う。

調査部分は、対象箇所において、50cm×50cm（0.25cm²）にマスキングし、蒸留水に湿したガーゼを用いて3回繰り返し拭き採取する。採取塩分測定に塩素イオン検知管を用いる。

2) 調査試験

①鉄筋腐食度・かぶり調査

概	<p>はつり調査は、概念図に示すように 200mm 角程度をはつり、鉄筋を露出させ鉄筋の腐食状況、かぶり、鉄筋径の計測を行う。</p> <p>観察後、プレミックスタイプの補修用モルタルを充填に用い補修した。また、鉄筋腐食の評価方法を下図に示す。評価は、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2003-（日本コンクリート工学協会）」に示される方法で実施する。</p>	<p>概念図</p> 																																	
要	 <p>腐食度：腐食なし（グレード：Ⅰ）</p> <p>腐食度：A（グレード：Ⅱ）</p> <p>腐食度：B（グレード：Ⅲ）</p> <p>腐食度：D（グレード：Ⅳ）</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">調査箇所</th> <th colspan="3">鉄筋状況</th> </tr> <tr> <th>鉄筋径</th> <th>かぶり（mm）</th> <th>腐食状況（グレード）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>廻沢橋 主桁</td> <td>配力筋 φ9</td> <td>48</td> <td>なし（Ⅰ）</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">仲川橋 橋台</td> <td>縦筋</td> <td>φ13</td> <td>表面錆（Ⅲ）</td> </tr> <tr> <td>横筋</td> <td>φ12</td> <td>点錆（Ⅱ）</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>グレード</th> <th>錆評点</th> <th>鉄筋の状態</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ⅰ</td> <td>0</td> <td>黒皮の状態、またはさびは生じていないが全体に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。</td> </tr> <tr> <td>Ⅱ</td> <td>1</td> <td>部分的に浮きさびがあるが、小面積の斑点状である。</td> </tr> <tr> <td>Ⅲ</td> <td>3</td> <td>断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の周囲または全長にわたって浮きさびが生じている。</td> </tr> <tr> <td>Ⅳ</td> <td>6</td> <td>断面欠損を生じている。</td> </tr> </tbody> </table>	調査箇所	鉄筋状況			鉄筋径	かぶり（mm）	腐食状況（グレード）	廻沢橋 主桁	配力筋 φ9	48	なし（Ⅰ）	仲川橋 橋台	縦筋	φ13	表面錆（Ⅲ）	横筋	φ12	点錆（Ⅱ）	グレード	錆評点	鉄筋の状態	Ⅰ	0	黒皮の状態、またはさびは生じていないが全体に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。	Ⅱ	1	部分的に浮きさびがあるが、小面積の斑点状である。	Ⅲ	3	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の周囲または全長にわたって浮きさびが生じている。	Ⅳ	6	断面欠損を生じている。
調査箇所	鉄筋状況																																		
	鉄筋径	かぶり（mm）	腐食状況（グレード）																																
廻沢橋 主桁	配力筋 φ9	48	なし（Ⅰ）																																
仲川橋 橋台	縦筋	φ13	表面錆（Ⅲ）																																
	横筋	φ12	点錆（Ⅱ）																																
グレード	錆評点	鉄筋の状態																																	
Ⅰ	0	黒皮の状態、またはさびは生じていないが全体に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。																																	
Ⅱ	1	部分的に浮きさびがあるが、小面積の斑点状である。																																	
Ⅲ	3	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の周囲または全長にわたって浮きさびが生じている。																																	
Ⅳ	6	断面欠損を生じている。																																	
調査試験状況																																			

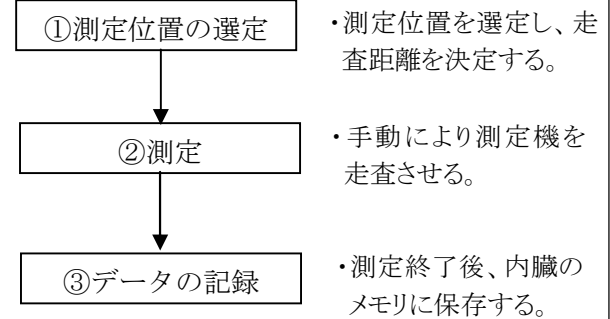
②鉄筋探査（電磁波レーダ法）

概

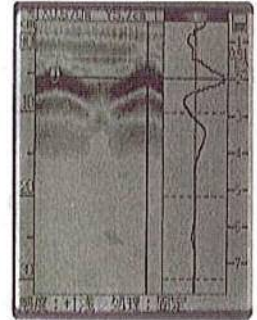
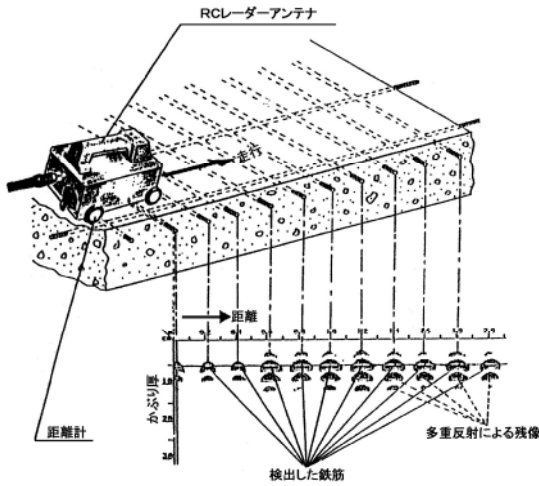
電磁波レーダ法の原理は以下の通りである。センサーとなるアンテナを測定対象物表面（橋台、橋脚面）で走査させる。アンテナからコンクリート躯体内部へ電磁波を発信すると、入射した電磁波は躯体内部の空隙や鉄筋から反射され、受信アンテナに到達するまでの時間から鉄筋までの距離を測定する。一方、アンテナに取り付けられたタイヤには、走行距離を表示するエンコーダーが内蔵されており、センサーが測定開始点からどれだけの距離を測定したかを表示し、空隙や鉄筋の位置およびかぶりを知ることができる。測定概念図を下図に示す。

測定手順

測定手順を以下に示す。



要



調査試験状況



調査結果

鉄筋探査結果（電磁波レーダ法）

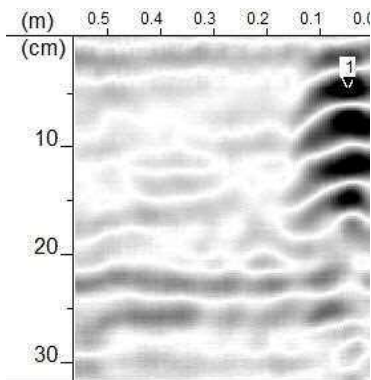
橋梁名	調査箇所	平均かぶり (mm)		平均配筋間隔 (mm)		確認本数		備考
		縦筋※1	横筋※2	縦筋※1	横筋※2	縦筋※1	横筋※2	
廻沢橋	主桁	46	41	-	432	1	3	
	橋台	鉄筋と思われる反射なし						
	橋台 縁端拡幅部	50	66	298	110	4	4	
仲川橋	主桁	44	30	125	228	2	3	
	橋台上部	37	82	185	-	5	1	
	橋台下部	鉄筋と思われる反射なし						

※1：縦筋は、橋台の場合であり、主桁は主筋を示す。

※2：横筋は、橋台の場合であり、主桁は配力筋を示す。

廻沢橋主桁

主筋



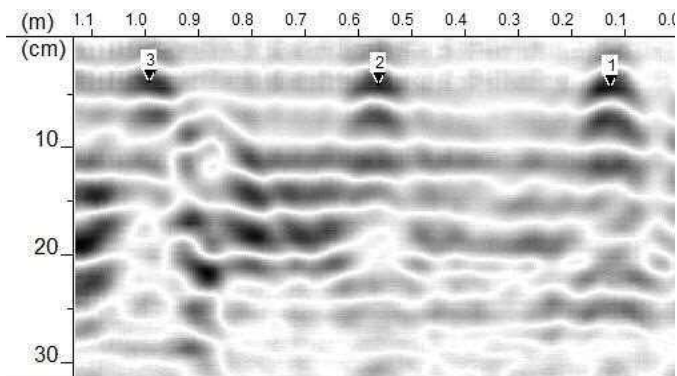
主筋

鉄筋番号	1	2	3	最小	最大	平均
鉄筋位置 (mm)	50	-	-	-	-	-
かぶり (mm)	46	-	-	46	46	46
配筋間隔 (mm)	-	-	-	-	-	-

配力筋

鉄筋番号	1	2	3	最小	最大	平均
鉄筋位置 (mm)	130	565	995	-	-	-
かぶり (mm)	43	41	39	39	43	41
配筋間隔 (mm)	-	435	430	-	430	432

配力筋



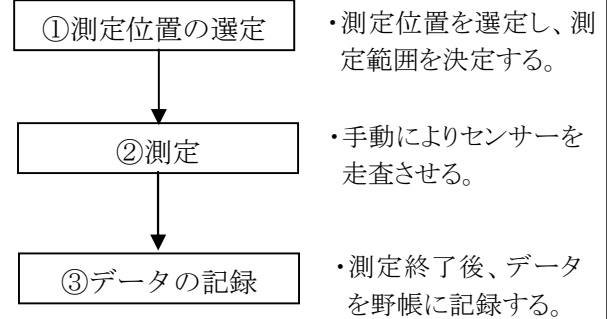
③鉄筋探査（電磁誘導法）

概

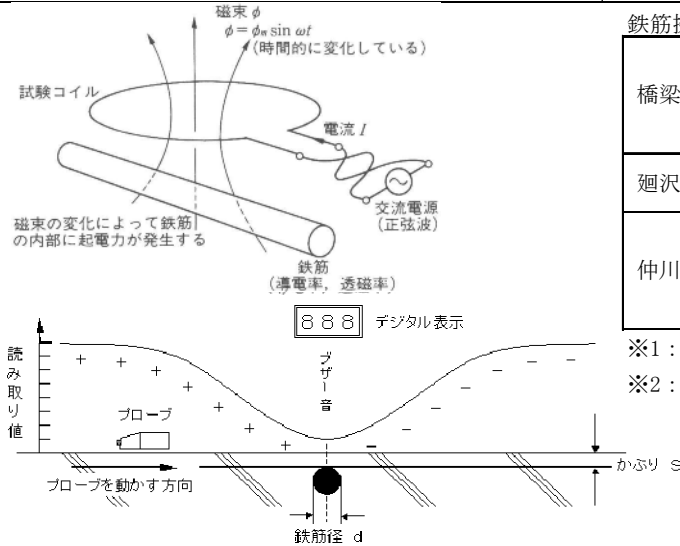
電磁誘導法の原理は以下の通りである。センサー内のコイルに電流を流し発生した交流磁場内に鉄筋などの磁性体が存在すると、この磁性体に起電流が流れると同時にこの起電流によって逆に新たな磁場を形成する。この新たな磁場により、今度は逆にセンサー内部のコイルに電流が発生し、結果的にコイル電圧が変化する。プロフォメーターは、このようなコイル電圧の変化を内蔵されているマイクロコンピュータで演算して、かぶり、鉄筋位置、鉄筋径を測定するものである。下図に測定原理図および測定概念図を示す。

測定手順

測定手順を以下に示す。



要



鉄筋探査結果（電磁誘導法）

橋梁名	調査箇所	平均かぶり (mm)		確認本数	
		縦筋※1	横筋※2	縦筋※1	横筋※2
廻沢橋	主桁	50	43	1	3
仲川橋	主桁	51	33	1	3
	橋台上部	32	65	5	1

※1：縦筋は、橋台の場合であり、主桁は主筋を示す。
 ※2：横筋は、橋台の場合であり、主桁は配力筋を示す。

調査試験状況

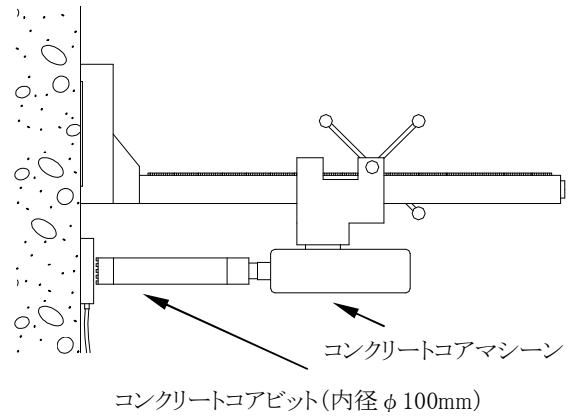


④コア採取

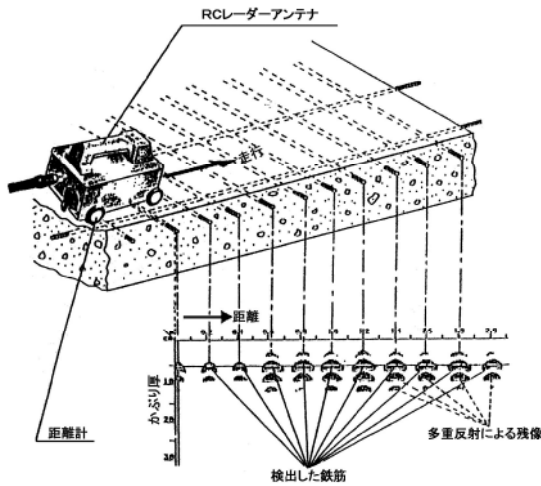
概

コア採取は、下図に示すように事前に鉄筋探査機で鉄筋位置を確認した後に、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮試験方法」に準じて、概念図に示すように、コンクリートコアマシンによりφ100mm×深さ200mm程度のコアを採取する。
採取後のコア孔は、プレミックスタイプの補修用モルタルを充填に用い補修した。

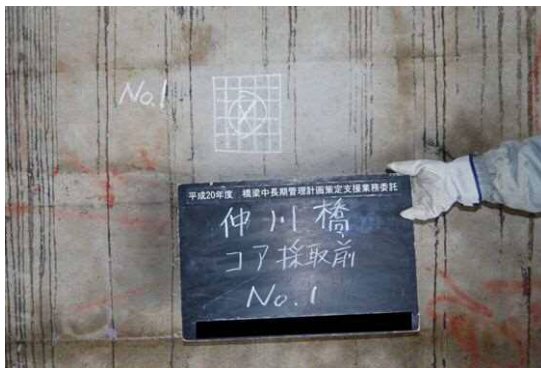
概念図



要



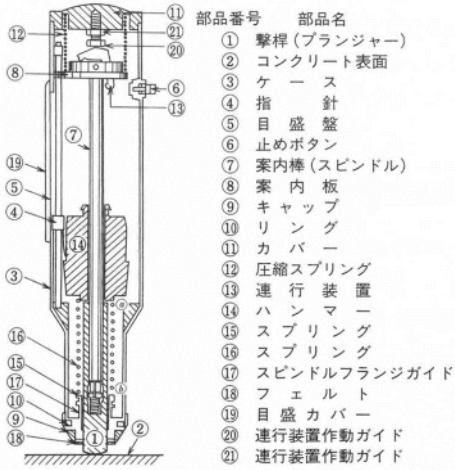
調査試験状況



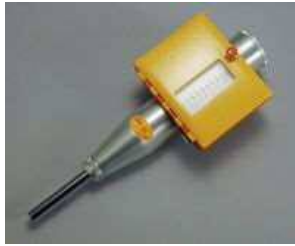
⑤ 圧縮強度試験(反発度測定)

概要

シュミットハンマーは、下図に示すように躯体表面を打撃し、ハンマー内の重錘跳ね返り量を反発度(R)で示し、この反発度の大小によってコンクリートの圧縮強度を推定する。



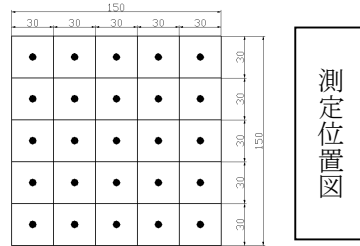
反発度からテストハンマー強度への換算は、土木学会標準示方書に示される「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(JSCE-G504-1999)」に準じて実施する。



測定手順

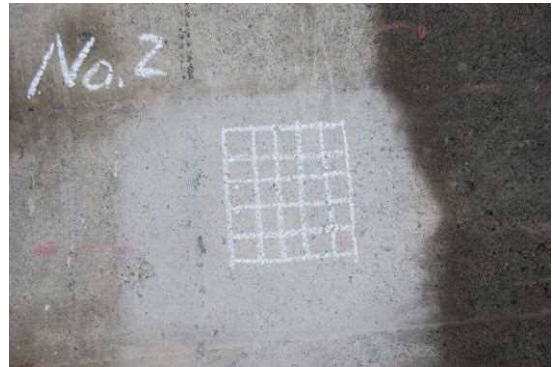
測定手順を以下に示す。

- ①測定箇所の特定
 - ・平らな面を選び、ひびわれや豆板等の損傷箇所を避ける。
 - ・仕上材、上塗りのある場合、それらを全て除去する。
 - ・測定対象物の厚さは、100 mm以上とする。
 - ・柱、梁などの場合、隅角部から60 mm以内に測定点を設けない。
- ②測定箇所の研磨
 - ・砥石を用いて躯体表面が平滑になるよう研磨する。
 - ・測定面の付着物を除去する。
- ③測定点の特定
 - ・測定点は、最低有効数20点となるよう行う。
 - ・測定点間隔は、相互に30 mmとする。測点ごとの位置図を以下に示す。
- ④測定
 - ・測定は、水平打撃を基本とし、測定面に対して垂直に打撃する。



● 打撃点

調査試験状況



調査結果

圧縮強度試験結果（反発度測定結果）

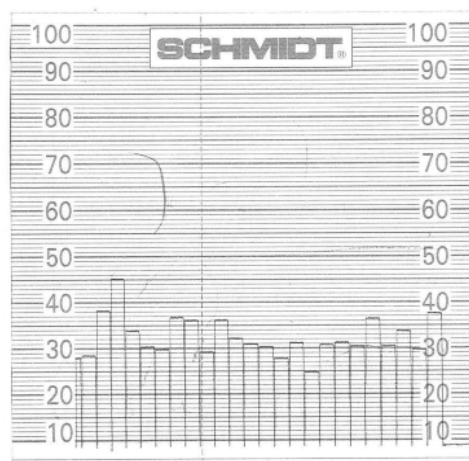
橋梁名	部位	測定No.	平均値 (R 0)	打撃角度 (°)	補正值 (△R)	基準反発度 (R)	テストハンマー強度 (N/mm ²)
廻沢橋	橋台	No.1	32.0	±0°	0	32.0	22.6
廻沢橋	橋台	No.2	34.2	±0°	0	34.2	25.4
仲川橋	橋台	No.1	43.5	±0°	0	43.5	37.2
仲川橋	橋台	No.2	40.3	±0°	0	40.3	33.2

反発度測定結果

名称	部位		測定No.		
廻沢橋	橋台		No.1		
各点の反発度	平均値 (R 0)	打撃角度 (°)	補正值 (△R)	基準反発度 (R)	テストハンマー強度 (N/mm ²)
28 28 38 45 34 30 30 37 36 29 36 32 31 30 28 31 25 31 31 30 36 30 34 30 37	32	±0°	0	32	22.6



反発度測定面



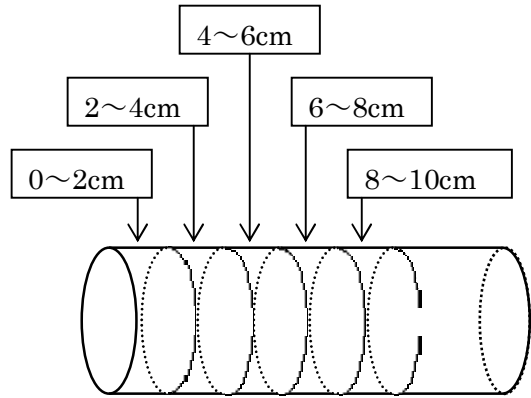
測定データ

⑥圧縮強度試験、中性化試験、塩分含有量試験(室内試験)

概要

- (1) 圧縮強度試験、静弾性係数試験
 採取したコアにおいて、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて圧縮強度、静弾性係数試験を行う。
- (2) 中性化深さ試験
 採取したコアにおいて、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準じて採取したコアの割裂面において中性化深さ試験を実施する。中性化深さ試験は、試験体にフェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧し、赤色に変化しない部分の深さを測定する。
- (3) 塩化物イオン濃度試験
 採取したコアを用い、日本コンクリート工学会の JCI-SC4 (硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法) で示される電位差滴定法により、コンクリート中の全塩分量を測定する。粉末試料を採取する位置を左図に示す。試料は 149 μ m のふるいを全通するように粉砕し、均一に混ざった状態にし、その後、試料に硝酸溶液を加え、煮沸および不溶分を濾過し、電位差滴定法で測定する。

概念図



塩化物イオン濃度試料採取位置図

調査試験状況



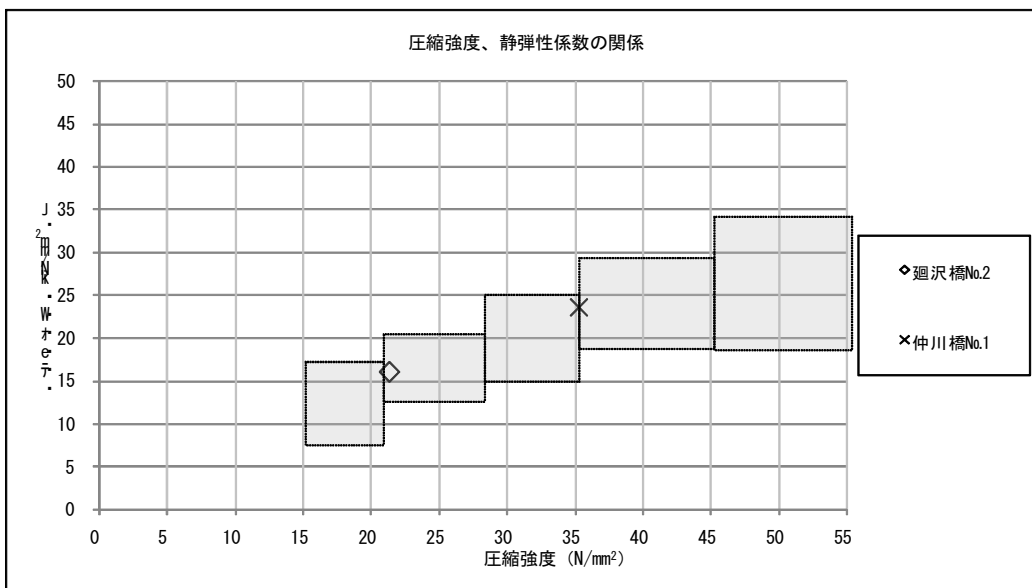
調査結果

圧縮強度試験結果

橋梁名	測定No.	圧縮強度試験結果 (N/mm ²)	
		反発度	圧縮強度試験
廻沢橋	No.1	22.6	18.4
	No.2	25.4	21.4
仲川橋	No.1	37.2	35.3
	No.2	33.2	26.4

圧縮強度、静弾性係数試験結果

橋梁名	コアNo.	単位容積質量 (kg/m ³)	質量 (g)	直径 (mm)	長さ (mm)	h/d	補正係数	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (KN/mm ²)	備考
廻沢橋	1	2400	2133	103.2	106.4	1.03	0.88	175	18.4	-	
	2	2340	3557	103.1	182.5	1.77	0.98	182	21.4	16.0	
仲川橋	1	2380	3028	103.0	152.6	1.48	0.97	303	35.3	23.5	
	2	2400	3557	103.3	176.8	1.71	0.98	226	26.4	-	



■ は健全度診断マニュアル (土木研究所) が示す標準値

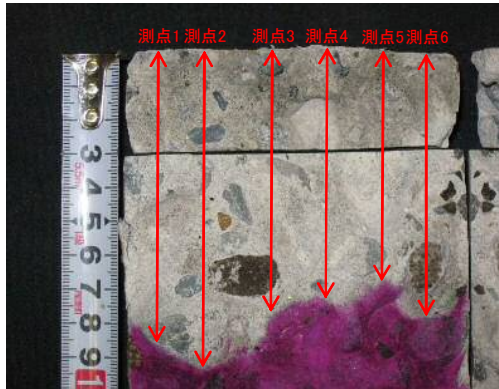
調査結果

中性化深さ試験結果

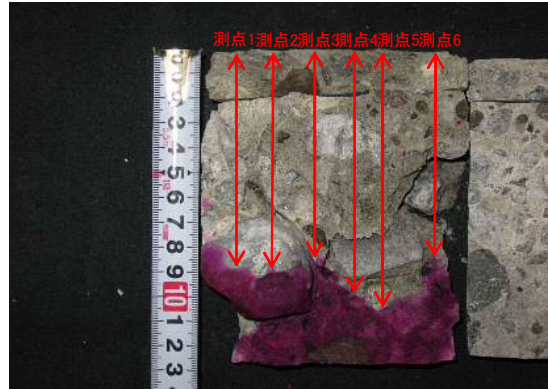
橋梁名	中性化深さ (mm)		備考
	ドリル法	コア	
廻沢橋	113.7	92.0	コアNo.1
仲川橋	17.0	22.3	コアNo.2

中性化深さ試験結果

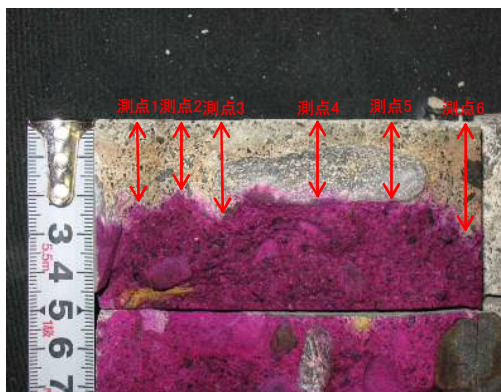
橋梁名	コアNo.	中性化深さ (mm)						平均値
		測点1	測点2	測点3	測点4	測点5	測点6	
廻沢橋	1	88.5	90.0	85.0	98.5	105.5	84.5	92.0
	2	86.5	93.0	77.0	73.0	67.5	78.0	79.2
仲川橋	1	22.5	19.0	25.5	21.5	21.5	30.0	23.3
	2	27.0	27.0	21.0	14.0	23.0	22.0	22.3



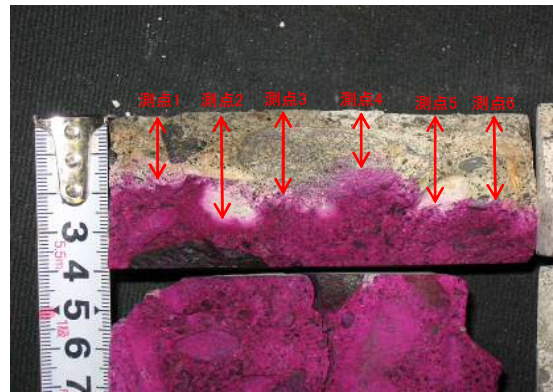
廻沢橋 コアNo.1



廻沢橋 コアNo.2



仲川橋 コアNo.1



仲川橋 コアNo.2

調査結果

塩化物イオン濃度試験結果

橋梁名	塩化物イオン濃度測定結果 (kg/m ³)		
	測定深さ (mm)	ドリル粉	コア
仲川橋	0~20	2.53	2.51
	20~40	3.22	3.11
	40~60	2.44	2.33
	60~80	1.43	1.37
	80~100	0.87	0.78

仲川橋の調査結果は、表面から 60~80mm の位置まで発錆限界値*1.2 kg/m³を超えており、かなり高い数値を示している。鉄筋位置で発錆限界値を超えており、さらに海岸から近いため、鉄筋や PC 鋼線のシース等の腐食が進行する恐れがある。

*発錆限界値とは、鋼材を腐食させる塩化物イオン量の限界値で、土木学会では 1.2 kg/m³と規定されている。

塩化物イオン濃度試験結果 (コア)

橋梁名	コアNo.	測定深さ (mm)	Vo (ml)	W (g)	R	X (ml)	NaCl 塩分量 (%)	平均NaCl 塩分量 (%)	塩化物イオン濃度 (kg/m ³)		
廻沢橋	1	0~20	1.027	40.0	500	10.0	0.037	0.037	0.52		
			1.014	40.0	500	10.0	0.037				
		20~40	1.021	40.0	500	10.0	0.037	0.038	0.53		
			1.029	40.0	500	10.0	0.038				
		40~60	0.919	40.0	500	10.0	0.034	0.034	0.47		
			0.918	40.0	500	10.0	0.034				
		60~80	0.673	40.0	500	10.0	0.025	0.025	0.35		
			0.671	40.0	500	10.0	0.024				
			0.672	40.0	500	10.0	0.025				
			0.681	40.0	500	10.0	0.025				
		仲川橋	2	0~20	4.914	40.0	500	10.0	0.179	0.180	2.51
					4.950	40.0	500	10.0	0.181		
20~40	12.196			40.0	500	20.0	0.223	0.223	3.11		
	12.207			40.0	500	20.0	0.223				
40~60	4.584			40.0	500	10.0	0.167	0.167	2.33		
	4.575			40.0	500	10.0	0.167				
60~80	2.657			40.0	500	10.0	0.097	0.098	1.37		
	2.686			40.0	500	10.0	0.098				
80~100	1.525			40.0	500	10.0	0.056	0.056	0.78		
	1.536			40.0	500	10.0	0.056				
桁から剥離したコンクリート	-			-	3.716	40.0	500	10.0	0.136	0.135	1.88
					3.682	40.0	500	10.0	0.134		

塩化物イオン濃度試験結果 (ドリル粉)

橋梁名	コアNo.	測定深さ (mm)	Vo (ml)	W (g)	R	X (ml)	塩分量 (%)	平均塩分量 (%)	塩化物イオン濃度 (kg/m ³)
仲川橋	-	0~20	0.157	10.0	200	10.0	0.112	0.110	2.53
			0.150	10.0	200	10.0	0.107		
		20~40	0.398	10.0	200	20.0	0.141	0.140	3.22
			0.392	10.0	200	20.0	0.139		
		40~60	0.302	10.0	200	20.0	0.107	0.106	2.44
			0.297	10.0	200	20.0	0.105		
		60~80	0.434	10.0	200	50.0	0.062	0.062	1.43
			0.430	10.0	200	50.0	0.061		
		80~100	0.270	10.0	200	50.0	0.038	0.038	0.87
			0.262	10.0	200	50.0	0.037		

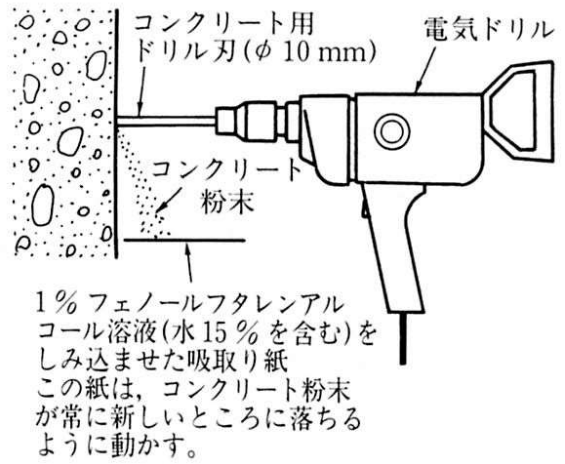
⑦中性化試験(ドリル法)

概要

中性化深さ試験は、「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法」(社)日本非破壊検査協会 NDIS)に準じて行う。
測定方法を以下に、測定概念図を右図に示す。

- (1) 鉄筋探査機により鉄筋位置を測定する。
- (2) ろ紙に噴霧器等を用いて試験液(1%フェノールフタレインエタノール溶液)を噴霧し、吸収させる。
- (3) 削孔開始前に、ろ紙を削孔粉が落下する位置に保持し、対象面に電動ドリルでゆっくりと削孔する。
- (4) 落下した削孔粉がろ紙の一部分に集積しないように、ろ紙をゆっくりと回転させる。
- (5) 落下した削孔粉がろ紙に触れて赤色に変色したとき、直ちに削孔を停止する。
- (6) ドリルの刃を孔からゆっくりと抜き取り、ノギスのデプスバーと本尺の端部を用いて、孔の深さを測定し、中性化深さとする。
- (7) 削孔した孔は、試験終了後、プレミックスタイプの補修用モルタルを充填に用い補修した。

概念図



調査試験状況

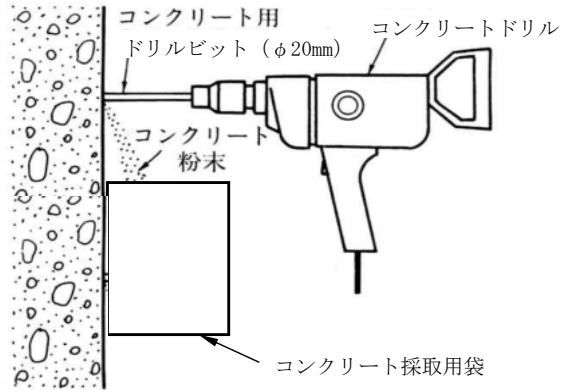


⑧塩化物イオン濃度試験（ドリル法）

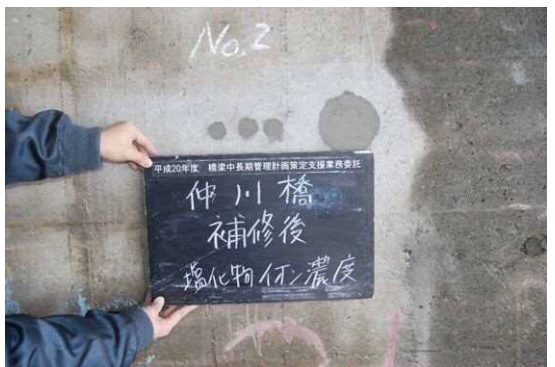
概要

ドリルによる試料採取は、コンクリート用のハンマードリルを使用し、深さ 2cm 毎に 5 試料を 1 試料当り 40g 程度採取する。
 試料採取時には、骨材の影響による試料の偏りをなくするために 3 箇所程度削孔する必要がある。
 また、削孔中にドリルが既に削孔した孔にずれ込むのを防ぐ為に削孔間隔は、3cm の間隔をあけて削孔する。
 採取後のドリル孔は、プレミックスタイプの補修用モルタルを充填に用い補修した。

概念図



調査試験状況



⑨アルカリ骨材反応試験

概

要

コンクリート構造物からコアを採取して、骨材周面の反応リングやゲルの浸出を観察し、アルカリ骨材反応の有無を確認するとともに、リングやゲルの程度の把握を行う。

コア採取後、直ちに 20℃、湿度 100%の標準養生を行い、開放膨張量を測定してそれが安定した後同コアの 40℃、湿度 100%の促進養生を行い、残存膨張量を測定する。

この開放膨張量および残存膨張量を合せた全膨張量により「アルカリ骨材反応」潜在を推定する。

また、骨材の特性を詳細に把握するためには、次の調査を実施するのが望ましい。

- ・岩種の判定
- ・鉱物の判定
- ・反応性骨材の含有率
- ・有害度の判定
- ・全アルカリ量の推定
- ・可溶性アルカリ量の推定

試験例

〔促進膨張試験〕（参考例）

促進膨張試験として、JCI-DD2「アルカリ骨材反応を生じたコンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法（案）」に準拠して行う。

養生

解放膨張の養生は、測定時を除いて濡れた布に包んだ試験体をプラスチック製の密封容器に入れ、20 ± 2℃の恒温室内で28日間行う。また、残存膨張の養生は、測定時を除いて同密封容器を40 ± 2℃の恒温機内に入れ約3ヶ月間行う。

測定

測定は、JIS A 1129 に規定するコンタクトゲージを用い、コア試験体に装着したステンレス製のバンドに接着されたゲージプラグの材齢による変化を計測する。

調査試験状況（参考）



⑩外観変状調査(たたき他)

概要

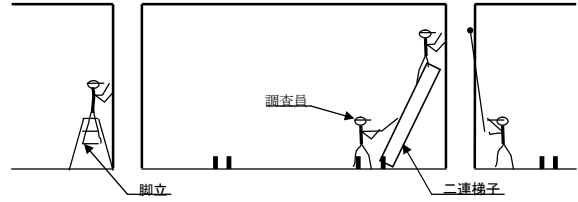
調査項目および記録方法を下表に、変状の凡例を左表に示す。また、右図にたたき点検の調査方法概念図を示す。

目視調査では、可能な範囲でひび割れ、剥離・剥落および漏水等を中心に形状、寸法等が分かるよう記録する。

また、たたき点検では、テストハンマーを用いてコンクリート表面を打撃し、その打音(清音、濁音)から浮きや表面近傍の内部欠陥の有無を判定する。なお、第3者に影響があると思われる浮き、剥離に関しては、梯子などを使用し、可能な範囲でたたき落としを実施する。

調査項目	記録方法
ひび割れ	長さおよび最大幅を記入
遊離石灰	範囲および長さを記録
浮き、剥離・剥落	範囲、最大長さおよび幅を記録
豆板、空洞	範囲、最大長さおよび幅を記録
漏水	範囲、最大長さおよび幅を記録
段差	範囲および最大段差を記録
鉄筋露出	露出鉄筋の長さを記録
その他	変状状態を記録

概念図



項目	表示法	項目	表示法
ひびわれ (na)		漏水跡	
角落ちのあるひびわれ		遊離石灰	
欠落および剥離		鉄筋露出・腐食	
空洞・豆板		施工目地	
コードジョイントおよび打継ぎ損傷		コンクリートの浮き上がり	
補修跡		その他	

調査試験状況



(4) 基礎工

① 調査試験項目

橋梁の健全度を把握するために実施する調査試験項目一覧を表-2.9に示す。

表-2.9 調査・試験項目一覧

調査項目	調査試験	
地質調査	ボーリング調査 サウンディング 土質試験	
基礎の 形状調査	インテグリティ試験	杭頭部にセンサーを設置し、杭頭部を軽打して衝撃弾性波を発生させ、反射波、反射時間等を測定
	ボアホールレーダ調査	ボーリング孔等を通して、小型のレーダ機器を地中に下ろして調査
	磁気探査	ボーリング孔等を通して、小型の磁気センサー類を地中に下ろして調査
基礎の 変状調査	インテグリティ試験	杭頭部にセンサーを設置し、杭頭部を軽打して衝撃弾性波を発生させ、反射波、反射時間等を測定
	アコースティックエミッション法	材料中で起こる局所的な変化（微破壊など）により生じる弾性波をモニタリングし評価
	ボアホールカメラ調査	ボーリング孔等に小型の高性能カメラなどを通して、内部状況を撮影
	衝撃振動試験	重さ 30kg 程度の錘で打撃し、得た振動から固有振動数を算出して、変状の有無等を判定
洗掘調査	河床地形形状：超音波探査、地下レーダー（電磁波） 地層：弾性波探査、電気探査、地下レーダー（電磁波）、サウンディング	

※（社）日本道路協会：道路橋補修・補強事例集(2007年版) に加筆

(5) 支承・伸縮装置

支承の移動は、桁の伸縮量（桁の温度変化、たわみ、乾燥収縮、クリープなど）が支承の移動量の大半を占めている。また、異常が発見された場合は、下部工の移動や傾斜なども考えられるため、橋梁全体の詳細な変状調査が必要となる。詳細調査に当たり、土砂の堆積、漏水などの清掃を行い、調査しやすい状態にする必要がある。

伸縮装置の損傷は、遊間の異常が主な損傷であり、小さい場合は主桁等への付加応力が発生し、大きい場合は車両の衝撃が大きくなる等、損傷の原因となっている。伸縮装置は、種々の型式があり、それらの機能や施工法、交通状態などの条件により、損傷原因を追及することもできる。

(6) 付属物等

付属物等における損傷の原因を調査するために実施する調査試験項目は、鋼部材及びコンクリート部材に準ずるものとし、以下に一覧を表-2.10に示す。

表-2.10 調査・試験項目一覧

調査項目	調査方法
腐食範囲調査	外観調査、板厚測定
塗装劣化調査	外観調査、塗膜測定
亀裂範囲調査	外観調査、磁粉探傷試験 MT 超音波探傷試験 UT
溶接ビードのど厚測定	外観調査
変形量測定	外観計測調査
ボルトのゆるみ・破断調査	外観調査、たたき試験

(7) 舗装

舗装における損傷の原因を調査するために実施する調査試験項目一覧を表-2.11に示す。

表-2.11 調査・試験項目一覧

調査項目	調査方法	調査部位
段差・コルゲーション	橋軸方向の 10mm 以上の段差の箇所を測定する	路面
舗装のひび割れ	橋面に 50cm のメッシュを切り、3mm 以上のひび割れのあるメッシュの数が橋面積に占める割合を求める	
わだち掘れ	橋軸方向に 5 m または 10m ごとの横断測量を行う	
ポットホール	深さ 30mm 以上の箇所と直径を測定する	

§ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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)	<ul style="list-style-type: none"> ・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					
	製作・施工					製作・施工不良
			◎			防水・排水工不良

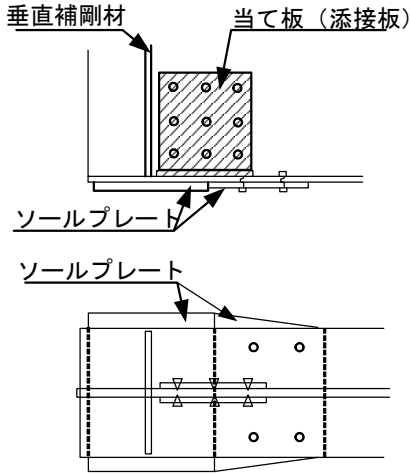
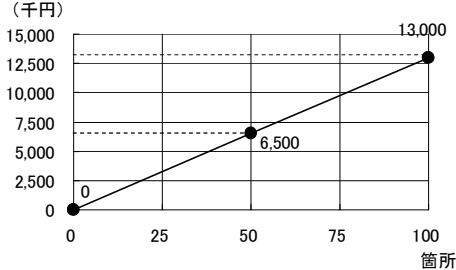
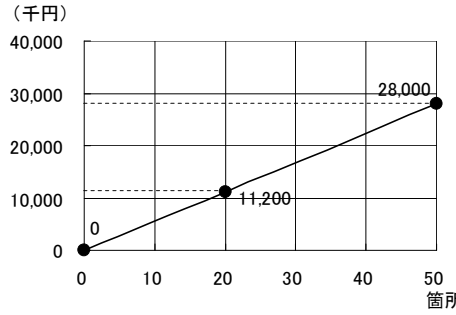
◎：適用可 ○：適用検討

(3) 補修工法概要

表-3.3 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;">* 上記、単価は 1000 m²以上の場合とし、下記グラフは、橋面防水工、橋面積当り</p>	防水工(橋面)	6.0 千円/m ²								
防水工(橋面)	6.0 千円/m ²											
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> <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>	橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	1,000	6,000	2,000	12,000		
橋面積 (m ²)	概算工事費 (千円)											
0	0											
1,000	6,000											
2,000	12,000											

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>	参考概算工事費(直工)						
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>							
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、吊足場設置時の荷下し程度必要。</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							
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>	参考概算工事費(直工)						
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、吊足場設置時の荷下し程度必要。</p>							
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>	<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							

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
	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)

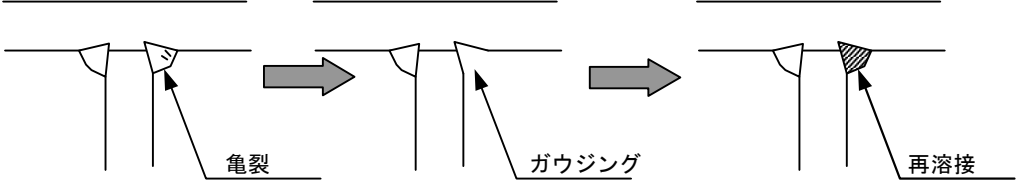
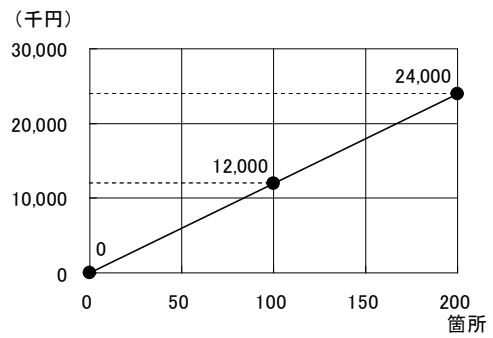
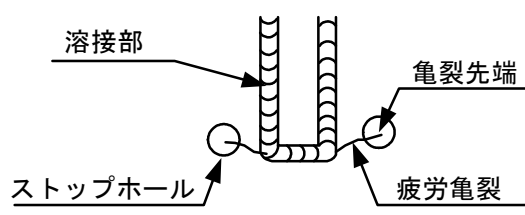
①溶接補修工法							
工法概要	<p>溶接部に発生した亀裂部分を除去し、再溶接して補修する。再溶接部の止端部は十分に仕上げを行って疲労強度を向上させる。</p> 						
施工性	部分的な吊り足場等の設置が必要となる。						
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。					
適応性および問題点	<p>溶接形状による局所的な応力集中が原因の場合は、溶接補修後にTIG処理またはグラインダーにより、溶接止端部を滑らかにし、疲労強度を向上させる。</p> <p>亀裂発生の原因は、疲労亀裂(応力集中、二次応力の発生など)が最も多く、発生原因を除去した後、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>						
	参考概算工事費(直工)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>溶接補修工法</td> <td>100 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> 	溶接補修工法	100 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)
溶接補修工法	100 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						
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											
工法概要	<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 										
施工性	<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) (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>	当て板補修工法	110 千円/箇所	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		
	当て板補修工法	110 千円/箇所									
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										
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>		<p>(千円)</p> <table border="1"> <tr><th>箇所</th><th>千円</th></tr> <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> </table>	箇所	千円	0	0	50	6,500	100	13,000
箇所	千円										
0	0										
50	6,500										
100	13,000										
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、注意が必要である。</p>										
④ 構造詳細改良工法											
工法概要	<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>										
	施工性	<p>部分的な吊り足場等の設置が必要となる。</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>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>		
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>									
	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>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>									
		参考概算工事費(直工)								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">ボルト取替え工法 (1箇所当り 100 本と想定)</td> <td style="text-align: right;">1.1 千円/本</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">110 千円/箇所</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分) (1箇所当り 4m²と想定)</td> <td style="text-align: right;">5.1 千円/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">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		110 千円/箇所	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									
	110 千円/箇所									
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" style="margin-top: 10px;"> <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 R C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

R C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PC 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>	<p>橋面防水工 6.0 千円/m²</p>								
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>通行規制条件 片側交互通行規制が必要。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>橋面防水工 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>6,000</td> </tr> <tr> <td>2,000</td> <td>12,000</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	1,000	6,000	2,000	12,000
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)										
0	0										
1,000	6,000										
2,000	12,000										
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>	<p>表面被覆工法 12.0 千円/m²</p> <p>吊り足場工(部分) 5.1 千円/m²</p>								
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>	<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>	<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1"> <caption>表面被覆工法 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>8,550</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>17,100</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	8,550	1,000	17,100
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)										
0	0										
500	8,550										
1,000	17,100										

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									
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>	<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									

表-3.17 補修工法概要 (その3)

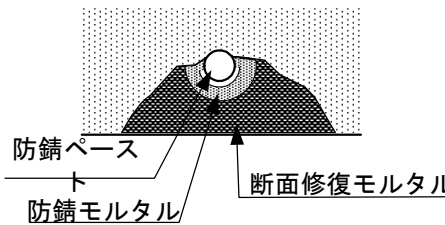
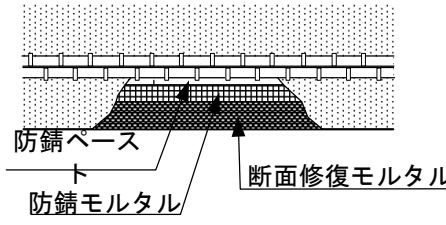
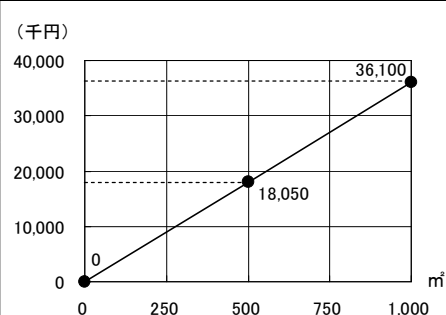
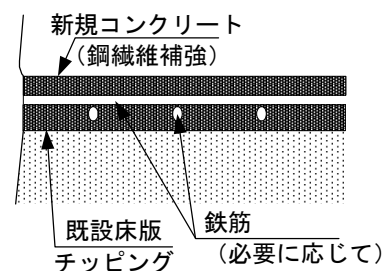
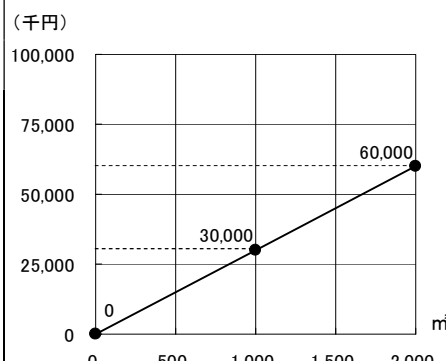
④断面修復工法								
工法概要	<p>断面欠損部に対して、下地処理後、断面修復材をコテ、ヘラなどによって数回塗込んで断面を修復する工法である。断面修復材料は、ポリマーセメントモルタル、コンクリート、エポキシ樹脂モルタル、無収縮モルタルなどが用いられる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>							
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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。	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">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> <p style="text-align: center;">(千円)</p>  <p style="text-align: center;">参考概算工事費(直工)</p>	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。							
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>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>							
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> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">通行規制条件</td> <td>橋面の全面または、片側交互通行規制が必要。</td> </tr> </table>	通行規制条件	橋面の全面または、片側交互通行規制が必要。	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">上面増厚工法</td> <td style="text-align: right;">30.0 千円/m²</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">(千円)</p>  <p style="text-align: center;">参考概算工事費(直工)</p>	上面増厚工法	30.0 千円/m ²		
通行規制条件	橋面の全面または、片側交互通行規制が必要。							
上面増厚工法	30.0 千円/m ²							
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>							

表-3.18 補修工法概要（その4）

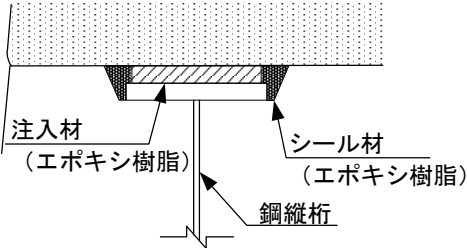
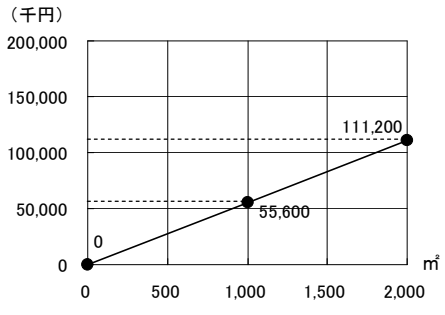
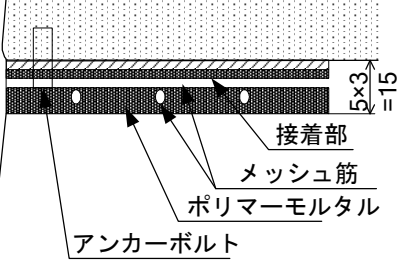
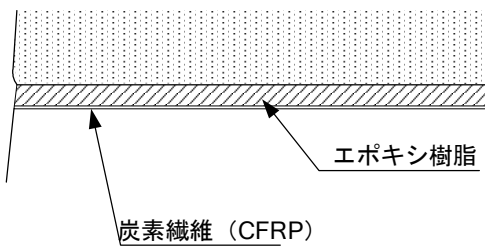
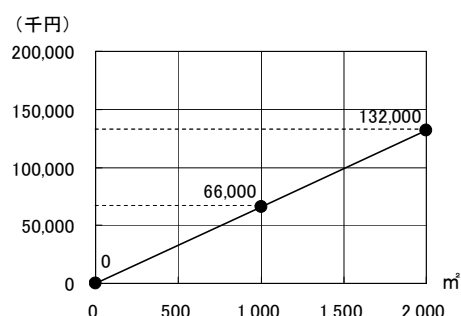
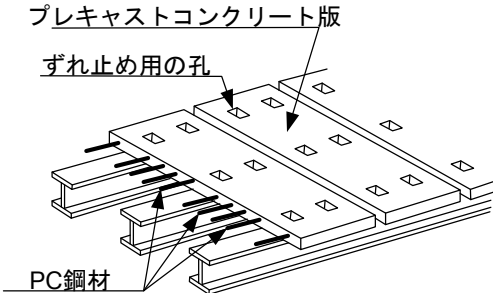
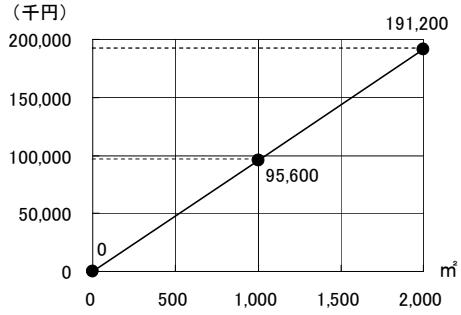
⑥縦桁増設工法						
工法概要	<p>既設横桁を支持材とし、縦桁を増設して床版支間を短縮する工法である。増設縦桁と床版の一体化は、縦桁上フランジと床版の隙間に充填剤を注入する方法がある。配力筋方向の補強は別途考慮する必要がある。</p>					
施工性	<p>桁下の全面吊足場が必要とされる。 低温時の施工における樹脂の温度管理、および樹脂の注入管理が必要。 部材寸法が大きいため、施工上の制約を受けやすい。</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>縦桁増設工</td> <td>50.0 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					
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>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">参考概算工事費(直工)</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。 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>	<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>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>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>炭素繊維接着(格子2層)</td> <td style="text-align: right;">53.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ注入(下地処理除く)</td> <td style="text-align: right;">8.0 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>	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							
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>							
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>	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>床版取替え工</td> <td style="text-align: right;">90.0 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>	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							
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>							

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)</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）

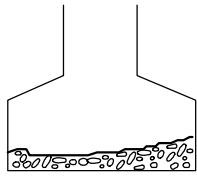
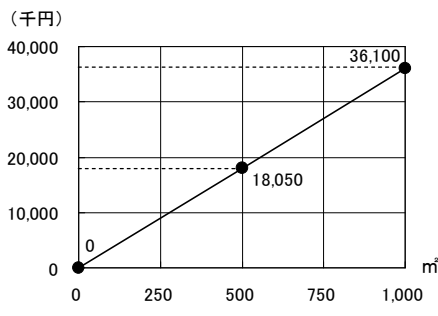
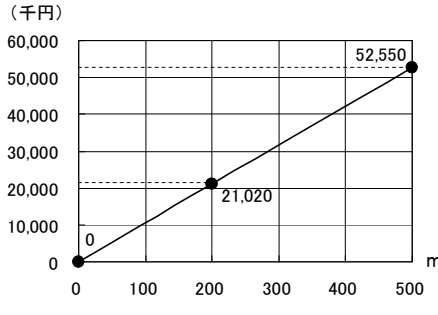
②断面修復工法							
工法概要	<p>粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。</p> <p>プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。</p> <p>注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用されている。</p>						
	 <p>プレパックドコンクリートの例</p>						
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>						
	通行規制条件	<p>通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。</p>					
適応性および問題点	<p>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>						
<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <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						
							
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>					
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>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>						
<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td>100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>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-3.24 補修工法概要 (その3)

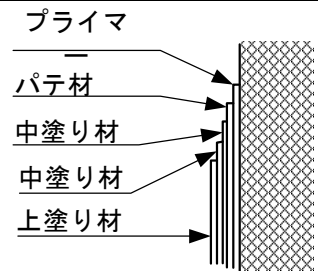
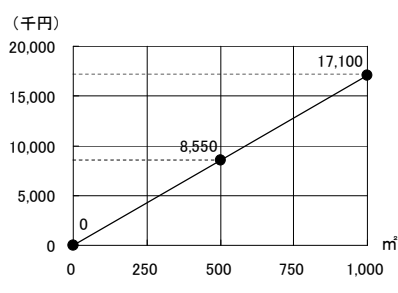
④表面被覆工法							
工法概要	<p>コンクリートの表面を塗装により被覆することで、コンクリートの劣化要因である水分、塩分、炭酸ガス及び酸素等の浸透を防止する工法である。</p>						
施工性	<p>コンクリートの表面を清掃・下地処理し、不陸調整を行った後、中塗り材や上塗り材を塗布する。</p>		<p>参考概算工事費(直工)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>表面被覆工法</td> <td>12.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(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に腐食電流が集中し、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									
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> <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>								
施工性	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <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> </td> <td style="width: 50%; text-align: right;"> <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> </td> </tr> </table>	<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		
<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								
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> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small; 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>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> </div> </div>	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)

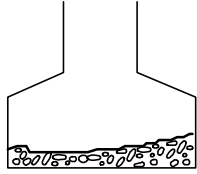
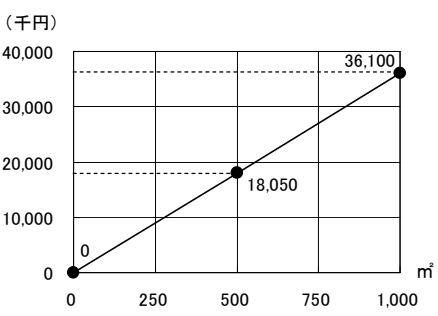
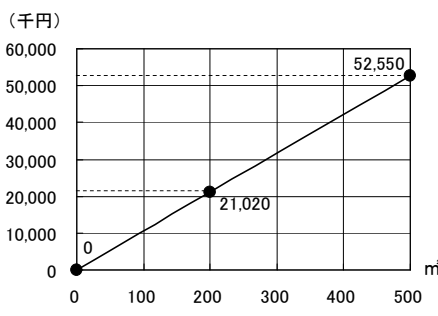
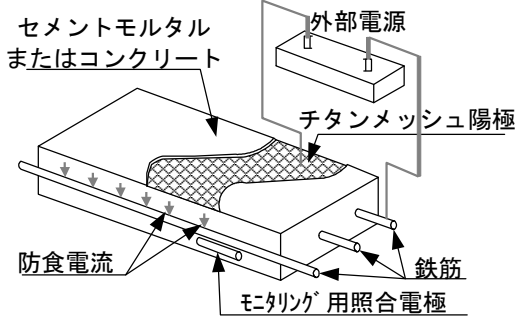
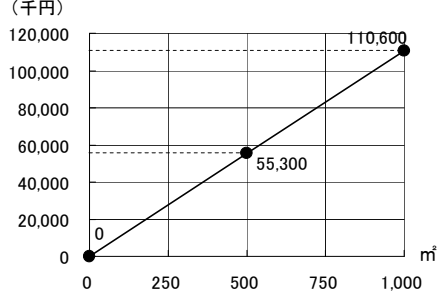
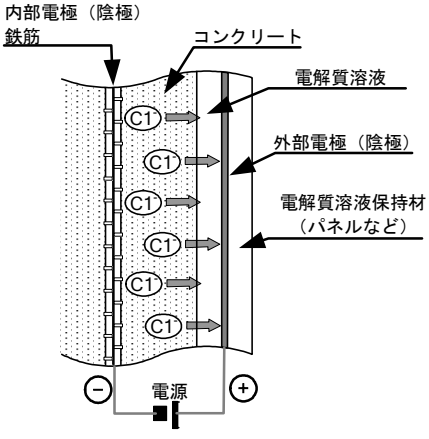
②断面修復工法						
工法概要	<p>粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。</p> <p>プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。</p> <p>注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用されている。</p>					
	 <p>プレバックドコンクリートの例</p>					
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>					
	通行規制条件	通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸し程度必要。				
適応性および問題点	<p>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="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <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> <div style="display: inline-block; writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; font-weight: bold;">参考概算工事費(直工)</div> <div style="display: inline-block; text-align: right;">  </div>			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					
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>					
	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>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="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td>100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円/m²</td> </tr> </table> <div style="display: inline-block; writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; font-weight: bold;">参考概算工事費(直工)</div> <div style="display: inline-block; text-align: right;">  </div>			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									
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>	<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;"> <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>8,550</td> </tr> <tr> <td>1,000</td> <td>17,100</td> </tr> </tbody> </table>	面積 (m ²)	概算工事費 (千円)	0	0	500	8,550	1,000	17,100
面積 (m ²)	概算工事費 (千円)									
0	0									
500	8,550									
1,000	17,100									
適応性および問題点	<p>塩害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に腐食電流が集中し、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="width: 40%;">105.0 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(全面)</td> <td>5.6 千円/m²</td> </tr> </table>	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>	 <p style="text-align: center;">C1: 塩化物イオン</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>					
	<p>通行規制条件</p> <p style="text-align: center;">通行規制不要。</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部分打換え工	④表面被覆工	⑤防錆処理工	⑥防水工	⑦全体打換え工	
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;"> </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>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; font-size: small; 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>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> </div> </div>	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-3.35 補修工法概要 (その2)

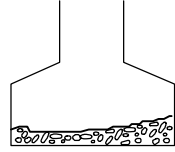
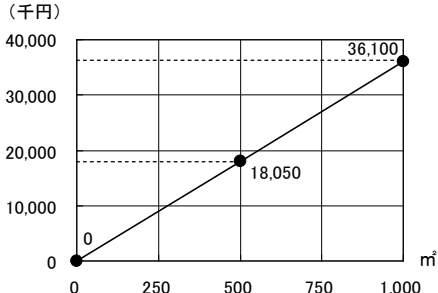
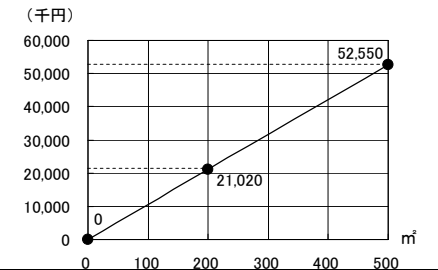
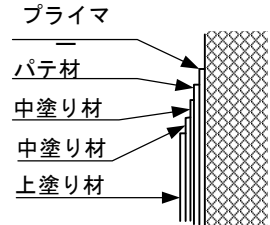
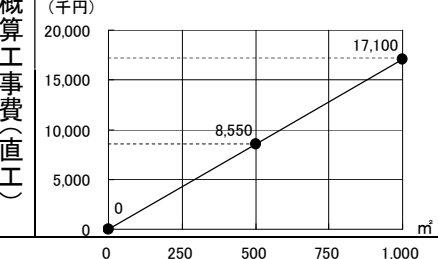
②断面修復工法							
工法概要	<p>粗骨材をあらかじめ型枠の中に詰め、その空隙にモルタルを注入充てんしてコンクリートを作り断面修復する工法である。</p> <p>プレパックドコンクリートは、断面欠損が大きく下から上に向けた逆打ちコンクリートの施工に適している。</p> <p>注入モルタルは、ポリマーセメント系モルタルがよく使用される。</p>		 <p>プレパックドコンクリートの例</p>				
施工性	<p>施工が容易で、作業スペースが確保できればすべての部位に適用可能である。</p>		<table border="1"> <tr> <td>断面修復工法</td> <td>31.0 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						
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>	<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>	<p>参考概算工事費(直工)</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"> <tr> <td>部分打換え工法</td> <td>100 千円/m²</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>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>	<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相当である。</p> <p>また、鉄筋、型枠の組立が困難な狭窄部も不相当である。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> 				
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"> <tr> <td>表面被覆工法</td> <td>12.0 千円</td> </tr> <tr> <td>吊り足場工(部分)</td> <td>5.1 千円</td> </tr> </table>	表面被覆工法	12.0 千円	吊り足場工(部分)	5.1 千円
	表面被覆工法	12.0 千円					
吊り足場工(部分)	5.1 千円						
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>	<p>劣化原因に応じた塗装材料を選択する必要がある。</p>	<p>参考概算工事費(直工)</p> 				

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き場合は、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料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>		
	工 法 概 要	<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>		適 応 性 お よ び 問 題 点
	通 行 規 制 条 件	通 行 規 制 不 要。	
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>		
	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>		適 応 性 お よ び 問 題 点
	通 行 規 制 条 件	通 行 規 制 不 要。	
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>		
	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>		適 応 性 お よ び 問 題 点
	通 行 規 制 条 件	通 行 規 制 不 要。	

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>他工法に比べて基礎が大きくなり、工期、工費も増大する。</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>アンカーの引張り力による下部工の変位や、鉛直分力の基礎にあたる影響を検討する必要がある。</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>	
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>地盤の側方移動が生じた事後対策としての補強は一般的に困難であり、事前対策として採用する場合が多い。</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>						
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。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。</p> <p>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。</p>						
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> <p>通行規制条件</p> <p>通行規制(徐行)が必要な場合もある。</p>						
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>						
		参考概算工事費(直工)	<table border="1" style="width: 100%;"> <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						

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>									
適応性および問題点	通行規制条件	通行規制不要。									
	<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>										
		参考概算工事費(直工)	<table border="1"> <tr> <td>支承補修工(亜鉛溶射)</td> <td>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										
			<p>(千円)</p> <table border="1"> <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>										
	通行規制条件	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。									
適応性および問題点	<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	

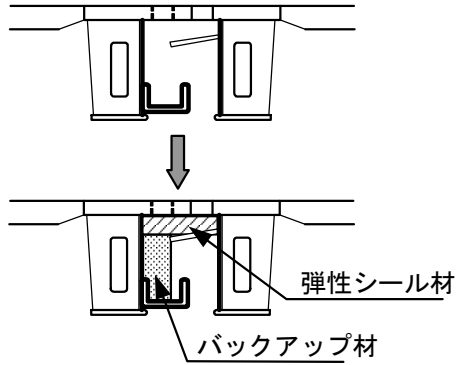
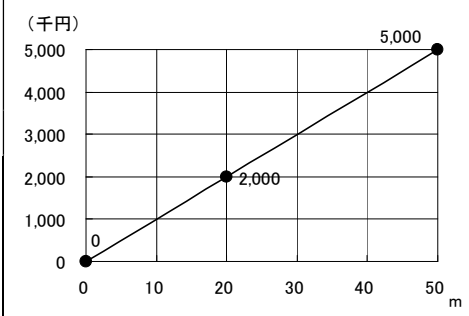
◎：適用可 ○：適用検討

(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	<p>部品補修・取り替えで可能な場合にのみ適用される。</p>										
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>	<p>参考概算工事費(直工)</p>									
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、クリッ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>										
		伸縮装置取替え工	250 千円/m								
		<table border="1"> <caption>参考概算工事費(直工)のデータ</caption> <thead> <tr> <th>距離 (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>		距離 (m)	概算工事費 (千円)	0	0	20	5,000	50	12,500
距離 (m)	概算工事費 (千円)										
0	0										
20	5,000										
50	12,500										

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	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。			
	通行規制条件	通行規制必要。		
適応性および問題点	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。			
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>	 <p style="text-align: right;">弾性シール材 バックアップ材</p>		
施工性	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。			
	通行規制条件	通行規制必要。		
適応性および問題点	弾性シール材を注入する工法では、交通規制が必要なため、完成の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。			
参考概算工事費(直工)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">非排水化工法</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">100 千円/m</td> </tr> </table>  <p style="text-align: center;">(千円)</p> <p style="text-align: center;">5,000 4,000 3,000 2,000 1,000 0</p> <p style="text-align: center;">0 10 20 30 40 50 m</p>		非排水化工法	100 千円/m
非排水化工法	100 千円/m			

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	<p>通行規制が必要な場合もある。</p>	
問題点および適応性	<p>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。</p>	
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	<p>通行規制必要。</p>	
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		
工法概要	<p>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行う。</p>	
施工性	<p>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。</p>	
通行規制条件	<p>通行規制(片側)必要。</p>	
問題点および適応性	<p>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。</p>	

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）

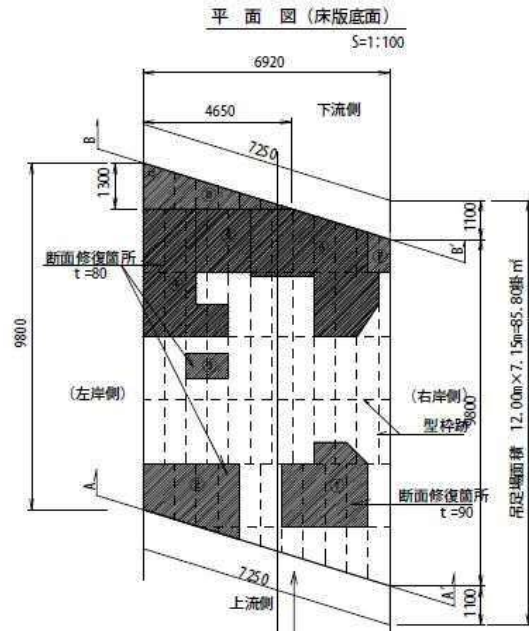
①断面修復工（東沢橋：御前崎土木）

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

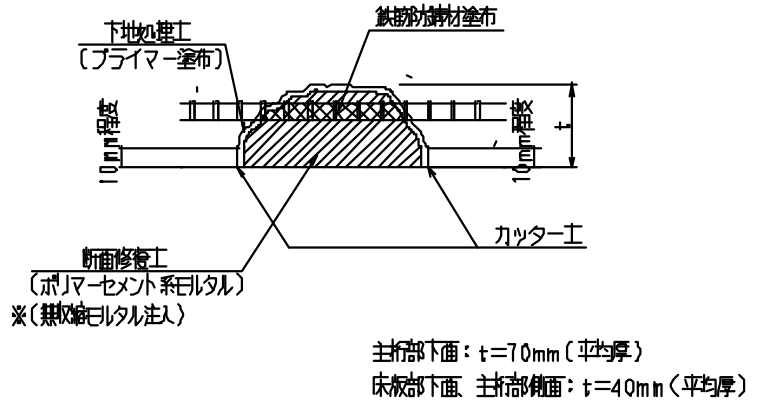
②断面修復工（広沼橋：富士土木）

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

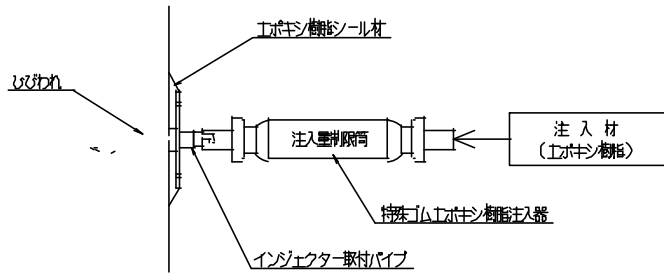
③ひび割れ補修工（広沼橋：富士土木）

施工概要

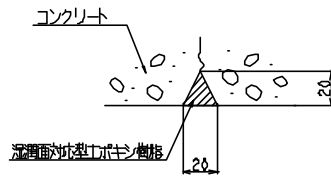
RC 桁のひび割れ補修工法の施工事例である。
 損傷箇所のひび割れ注入を施し、シーリングを行っている。

概要図

ひびわれ注入工詳細図



Vカットシーリング工
 (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



シーリング工

④鋼板接着工（広沼橋：富士土木）

施工概要

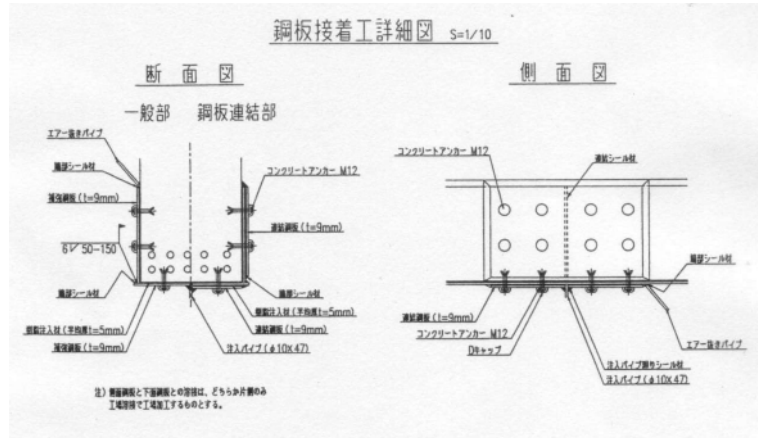
RC 桁における鋼板接着工法の施工事例である。

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

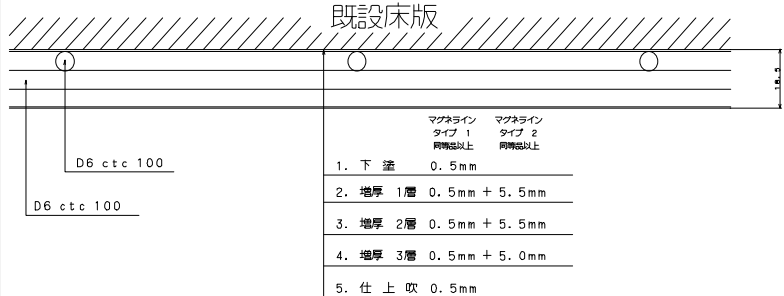
⑤下面増厚工（広沼橋：富士土木）

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）

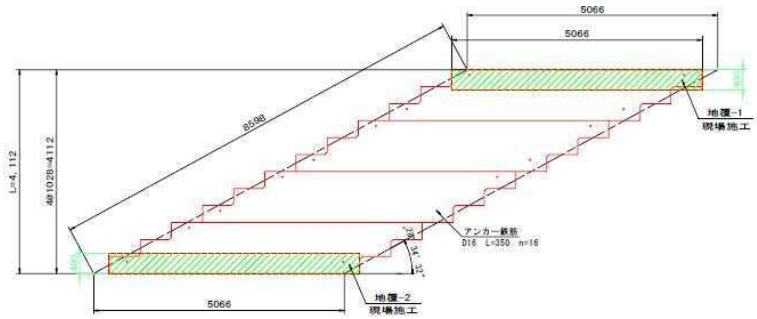
施工概要

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。

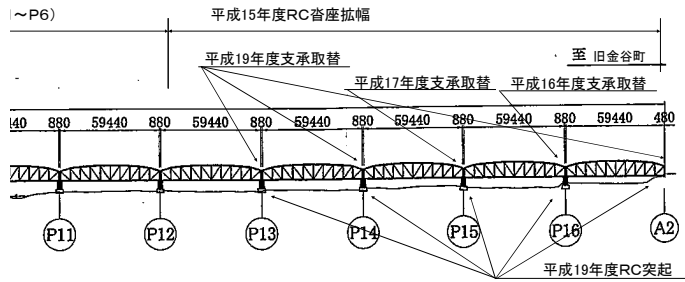
- ①可動支承は、ローラーの腐食が顕著であり、機能不良。
- ②可動支承の機能不良から、固定支承の上沓に変位が生じアンカーボルトが変形。

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



現況状況



補強材取付



ジャッキアップ

施工状況



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

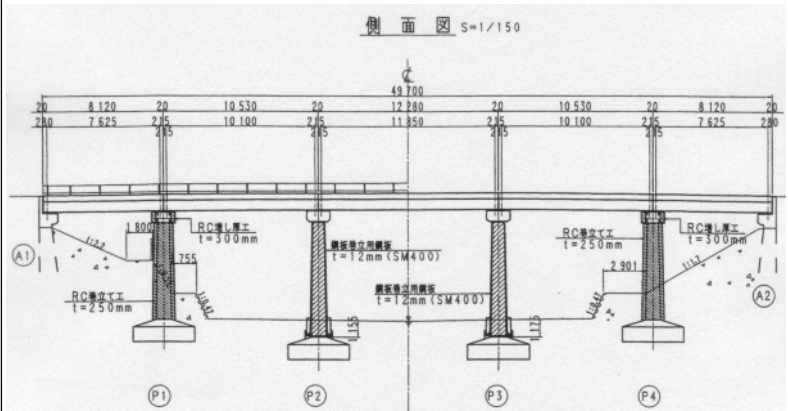
RC巻立て工の耐震補強工法の施工事例である。

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

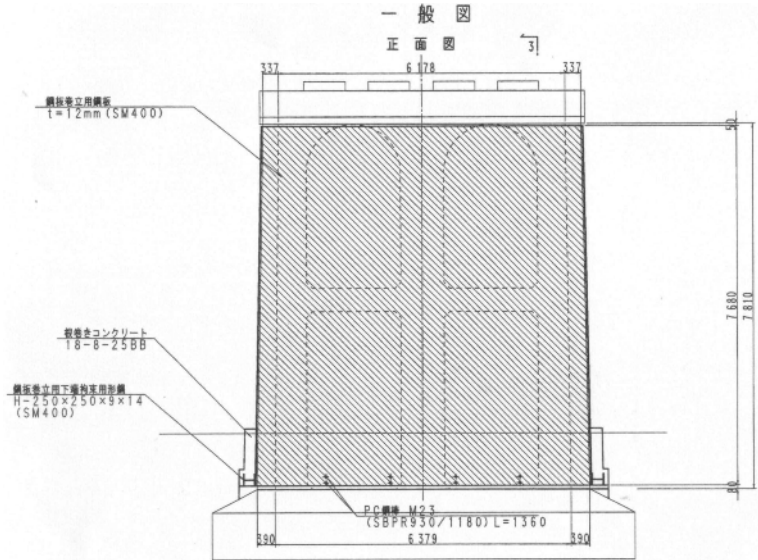
鋼板巻立て工の耐震補強工法の施工事例である。

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



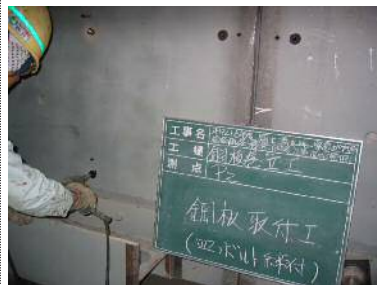
ずれ止めアンカー工



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



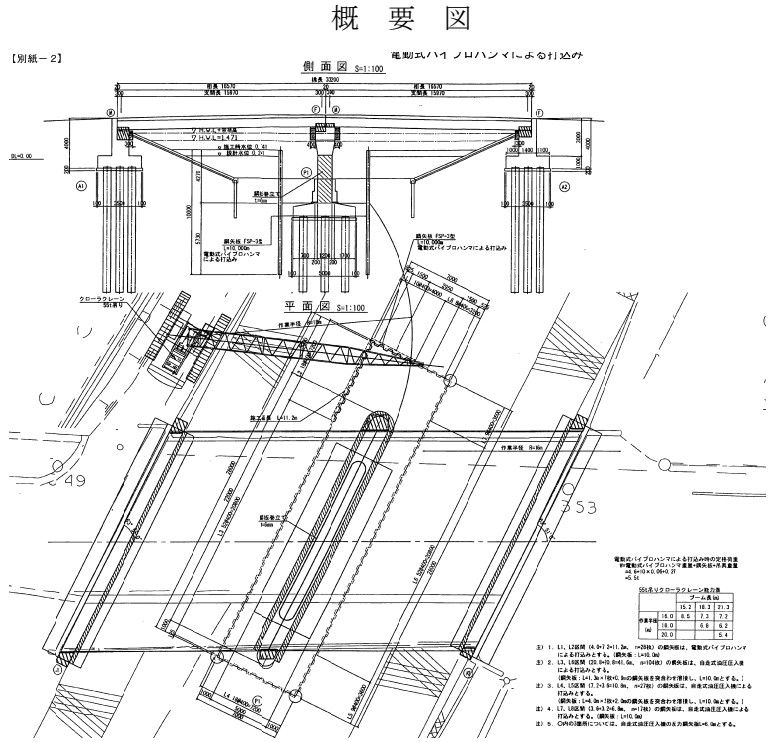
完成

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）



現況状況



鋼矢板溶接状況



鋼矢板圧入状況

施工状況



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