

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・沓座	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	129
§ 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）

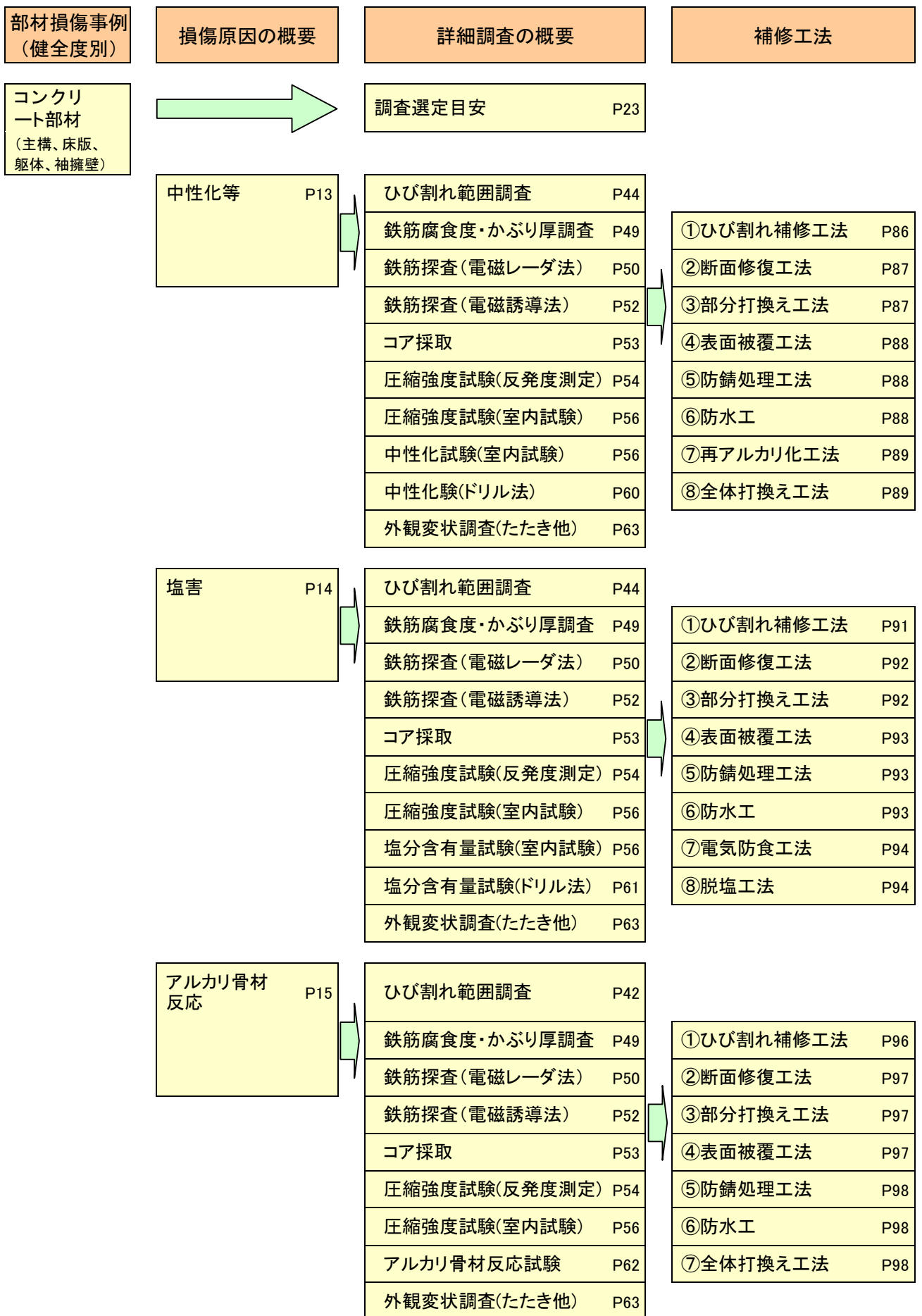
1. 鋼部材

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 P12 剥離・鉄筋露出	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）



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 コンクリート	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	
	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 (HI_1) 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 (HI_1) 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 (HI_1) 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。

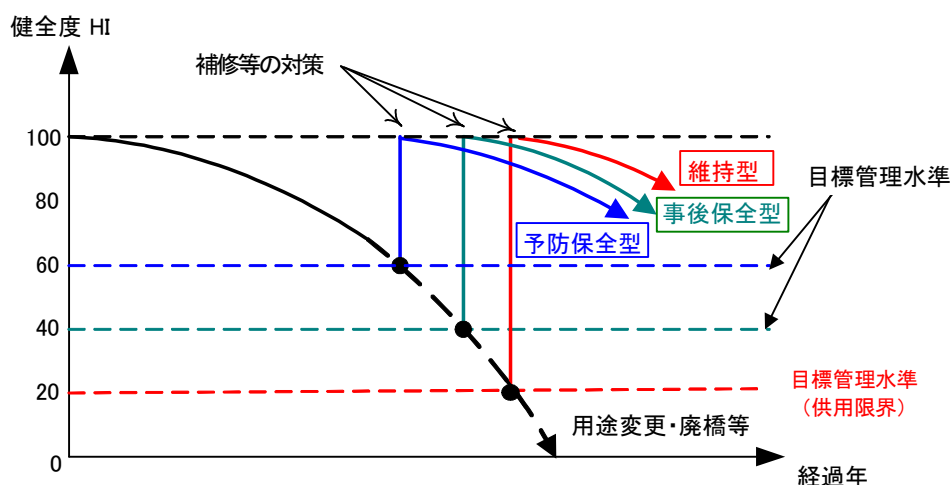


図-1.1 橋梁グループ別の維持修繕シナリオと管理水準の関係

§ 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	品質不良	—		
豆板・空洞	—	—				
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	—	—		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）



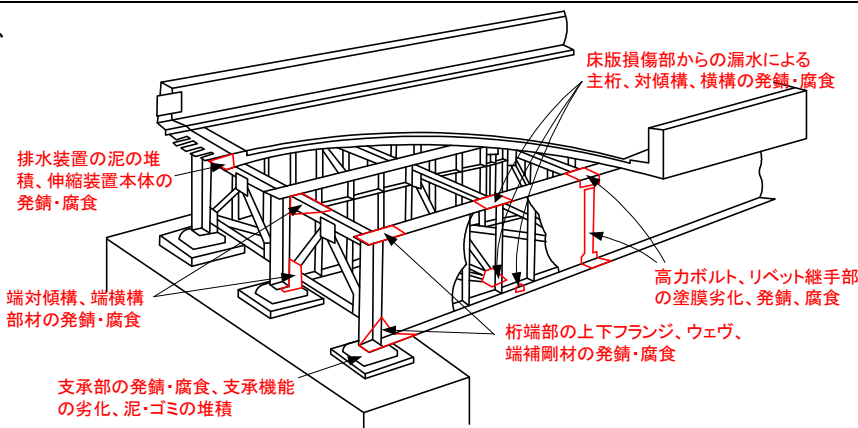
これら以外にも車両の衝突や地震・火災による部材の変形や座屈、支承機能の低下に伴う桁端部の変形などの損傷がある。

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。



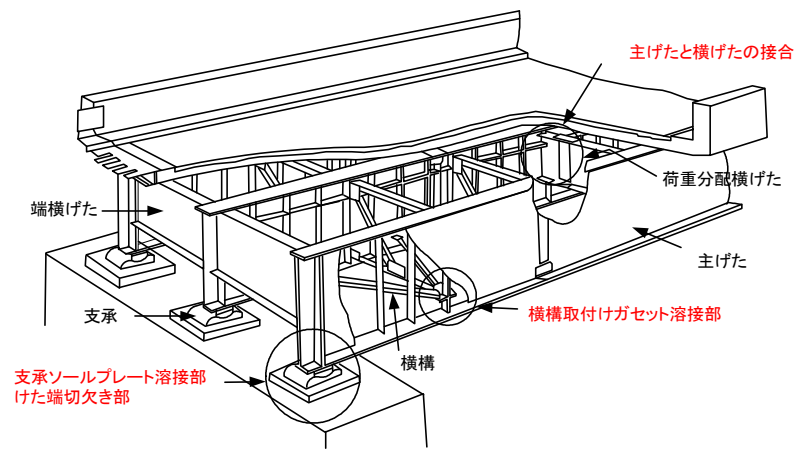
- (1) 中性化等のコンクリート部材の劣化
- (2) 塩害によるコンクリート中の鋼材腐食
- (3) アルカリ骨材反応によるコンクリート部材のひび割れ

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。



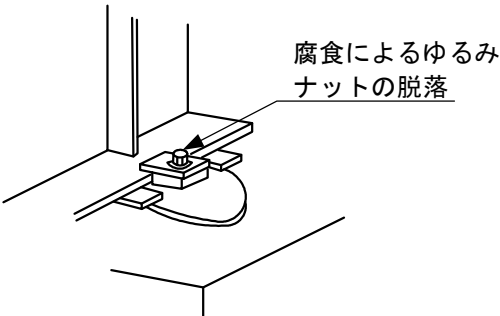
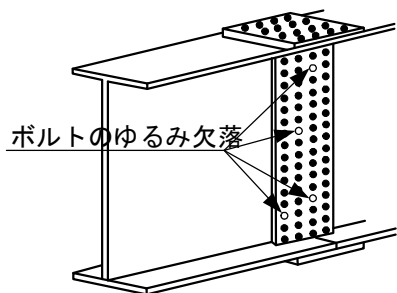
2-3-1 鋼部材（防食機能劣化・腐食）の損傷と原因

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 ・桁端部等層状剥離さび断面欠損が大きい	
	寒冷地及び山間部での凍結防止剤による腐食		

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; align-items: center;"> <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
------	-------	-----	-------	------

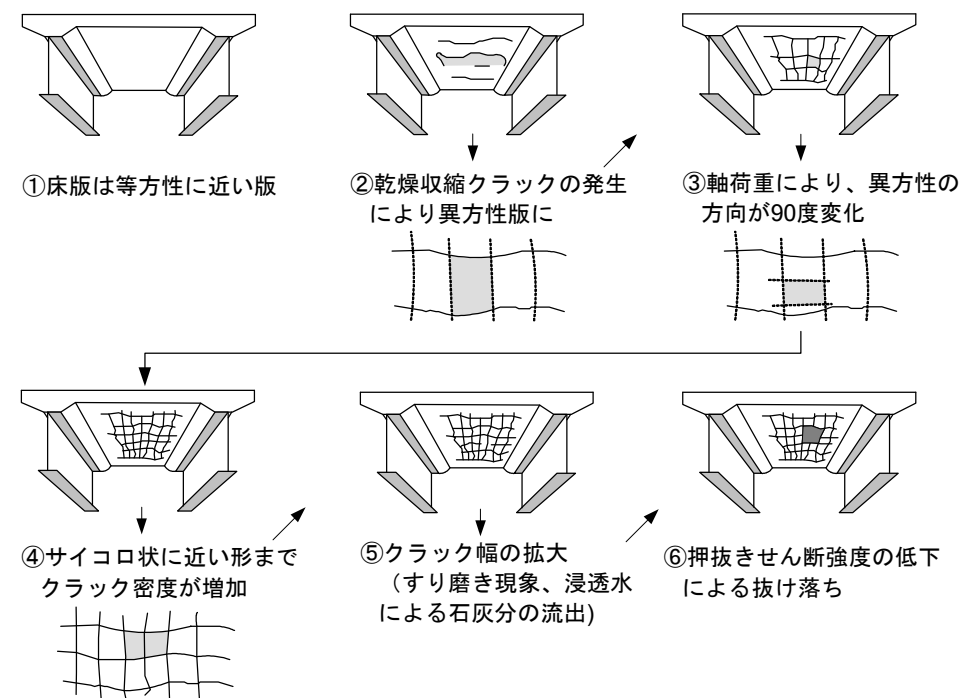
橋梁の主要部材の中でも活荷重の作用割合が高いRC床版は、自動車交通の増大と大型化がみられた1964年（昭和40年）前後から、コンクリートの剥離、陥没あるいは抜け落ちといった損傷事例が顕著になった。それ以降、RC床版の損傷問題は道路橋の維持管理上の大きな課題となっている。

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。

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。



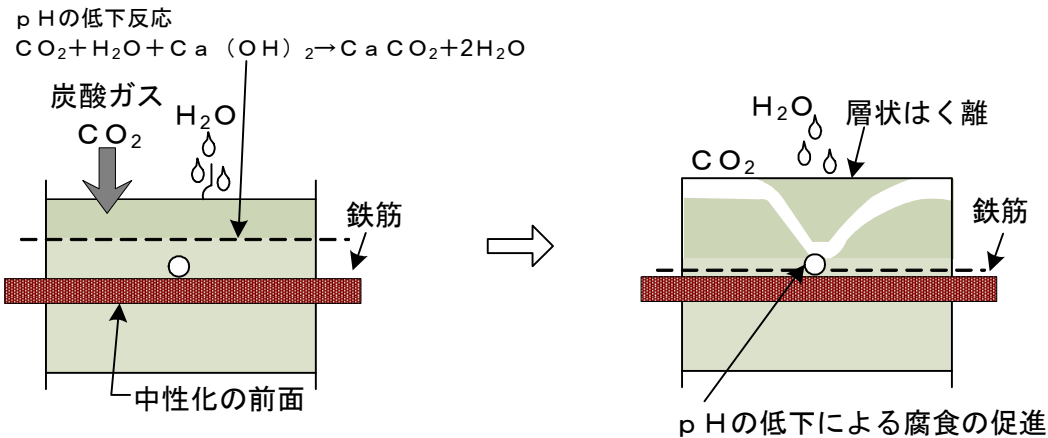
（道路橋マネジメントの手引き （財）海洋架橋・橋梁調査会 参照）

損傷概要



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	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ、はく離、抜け落ち ・たわみ
		路面の不陸段差による衝撃荷重の増加	
設計・施工による影響	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）	<ul style="list-style-type: none"> ・貫通ひび割れ、はく離、抜け落ち ・鉄筋腐食
		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	
		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	
施工	支持桁の不等沈下による付加曲げモーメントの作用		
	主桁効果による負の曲げモーメントの作用		
	かぶり不足	<ul style="list-style-type: none"> ・貫通ひび割れ、はく離、抜け落ち ・鉄筋腐食 	
		施工不良、コンクリート品質の不均一	<ul style="list-style-type: none"> ・豆板、初期ひび割れ、鉄筋腐食



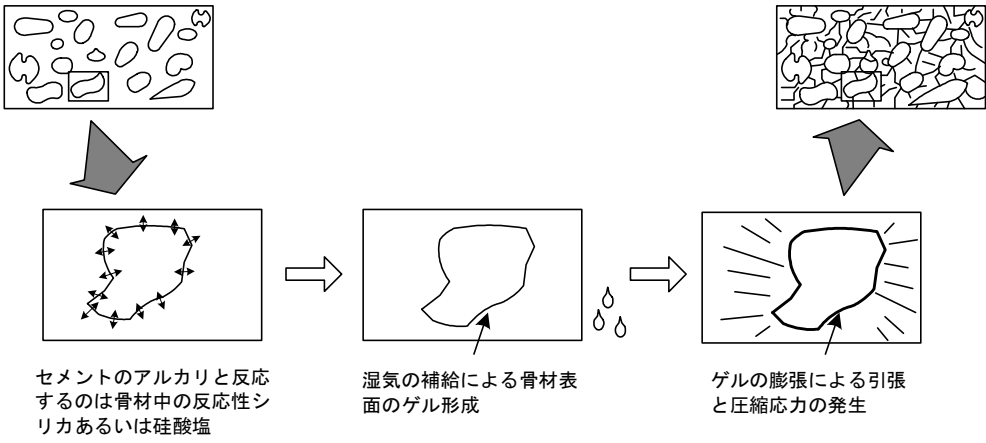
2-3-5 コンクリート部材（中性化等）

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> 		
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			
設計・施工による影響	含水率・水セメント比		
	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	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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）</p>		
	<p>The diagram illustrates the progression of chloride-induced corrosion in three stages: i 潜伏期 (Latency period): Chloride ions (Cl⁻) penetrate the concrete cover (かぶり) around the steel reinforcement (鉄筋). ii 進展期 (Progression period): Chloride ions reach the steel surface, causing corrosion (さび) to begin. iii 加速期・劣化期 (Acceleration/Degradation period): Corrosion (さび) intensifies, leading to concrete cracking (ひび割れ発生) and spalling. A graph below shows the degree of corrosion (腐食の程度) on the y-axis and time (経過時間) on the x-axis. The curve shows a long latency period (i), followed by a period of progression (ii) where corrosion begins, and finally an acceleration period (iii) where corrosion becomes severe.</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	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

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。

(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。



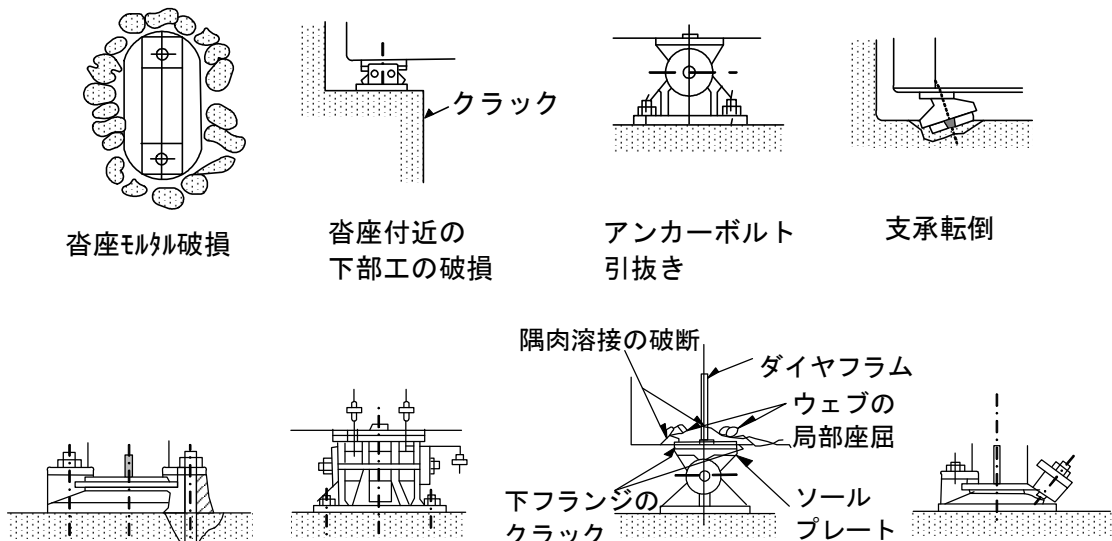
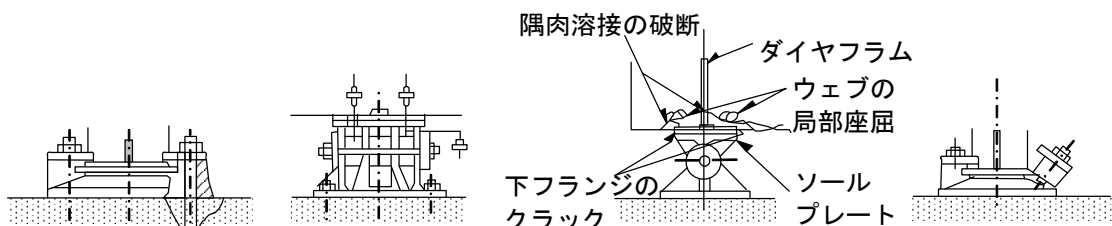
(b) 移動
移動は、基礎と支承が対象であり、基礎の移動は、周辺地盤の側方流動や偏土圧等により、橋台が前面に押し出されたものである。支承の移動は、沓が地震時などに桁や沓座と異常な相対変位を生じた損傷のことである。

(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。

(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。

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>	<ul style="list-style-type: none"> ・洗掘

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>		
	 <p>沓座モルタル破損 沓座付近の下部工の破損 アンカーボルト引抜き 支承転倒</p>  <p>アンカーボルトの破損 上沓セットボルトの破損 鋼桁支承取付け箇所の破損 下沓立上り部の破損</p> <p>隅肉溶接の破断 ダイヤフラム ウェブの局部座屈 ソールプレート</p> <p>下フランジのクラック</p>		
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>
------	---

損傷原因と種類	損傷原因の分類	損傷原因	損傷の種類
損傷原因と種類	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 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
		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	
		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	製作・施工不良			◎								
			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	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	外力作用	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	外力作用	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										○			
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	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												
		洗掘・侵食		○								◎		
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		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	骨材反応・アルカリ量	圧縮試験	沈下・移動量測定	たたき試験
	推定される原因										
ひび割れ	外力作用	繰返し荷重									
		持続荷重									
		衝突、地震、火災									○
		偏土圧・圧密沈下									○
	環境	洗掘・侵食									○
		乾燥収縮・温度変化									
		塩害	○		◎		◎	○		○	
	材料劣化	凍害、化学的腐食	○								
		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									
		持続荷重									
		衝突、地震、火災									○
		偏土圧・圧密沈下									○
	環境	洗掘・侵食									○
		乾燥収縮・温度変化									
		塩害	◎	○	◎		◎	○		◎	
	材料劣化	凍害、化学的腐食									
		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										
漏遊石灰	環境	乾燥収縮・温度変化									
		塩害	○		◎		○				
		凍害	○								
	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										
抜落ち	外力作用	繰返し荷重									
		衝突、地震									○
	環境	塩害			◎		○				
		凍害									
		アルカリ骨材反応	◎	○	◎		◎	◎		◎	
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										
豆板・空洞	材料劣化	品質不良									
	製作施工	製作・施工不良	○						○		◎
変色・変劣	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									
		塩害			◎		○				
材料劣化	化学的腐食										
	アルカリ骨材反応			◎			◎		◎		
製作施工	中性化					◎					
	品質不良										
変傾沈移	外力作用	製作・施工不良									
		防水・排水工不良									
		繰返し荷重									
	材料劣化	衝突、地震									
偏土圧・圧密沈下										○	
製作施工	洗掘・侵食					○			○		
	品質不良										
構造	製作・施工不良	○									
	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 遊間異	外力作用	繰返し荷重	◎				○	○	◎						
		偏土圧・圧密沈下				○		○							
		洗掘・侵食				○		○							
	環境	地震				◎				○	○				
		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				○									
	環境	地震				◎					○				
		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									○				
	環境	洗掘・侵食									◎		◎		
		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													
	環境	地震													
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（鋼板桁橋, 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

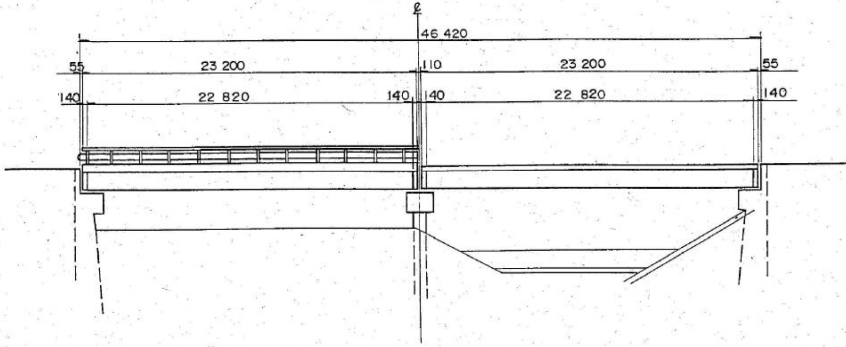
調査項目	調査方法	調査部位	対象橋梁
腐食範囲調査	外観調査、板厚測定	上部工桁端部	来光川橋
塗装劣化調査	外観調査、塗膜厚測定	上部工桁端部	
亀裂範囲調査	外観調査、磁粉探傷試験 MT 超音波探傷試験 UT	上部工桁端部	
溶接ビードのど厚測定	外観調査	上部工桁端部	
変形量測定	外観計測調査	上部工主桁	
高力ボルトのゆるみ・破断調査	外観調査、たたき試験	上部工桁端部	
表面付着塩分量調査	付着塩分量計測	端部腹板	
ひび割れ範囲調査	外観調査	端部床版	
鉄筋腐食度・かぶり厚調査	はつり調査	下部工	廻沢橋、仲川橋
コア採取（室内試験）	中性化試験、圧縮強度試験 塩化物イオン含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

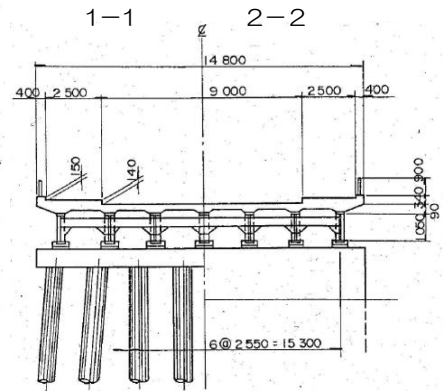
1) 来光川橋 (鋼橋)

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

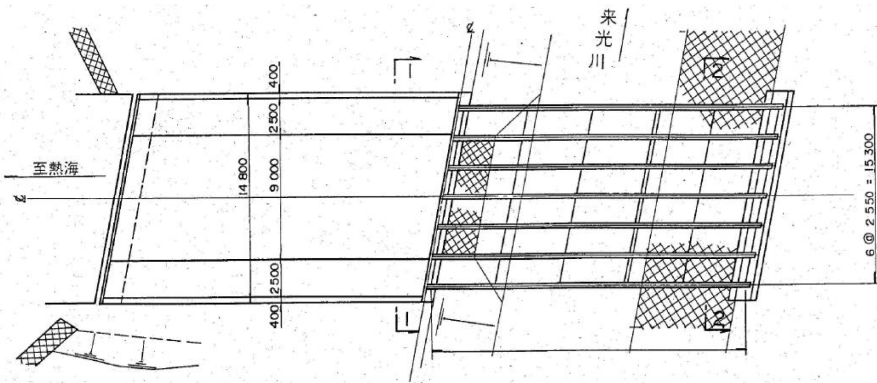
側面図



断面図

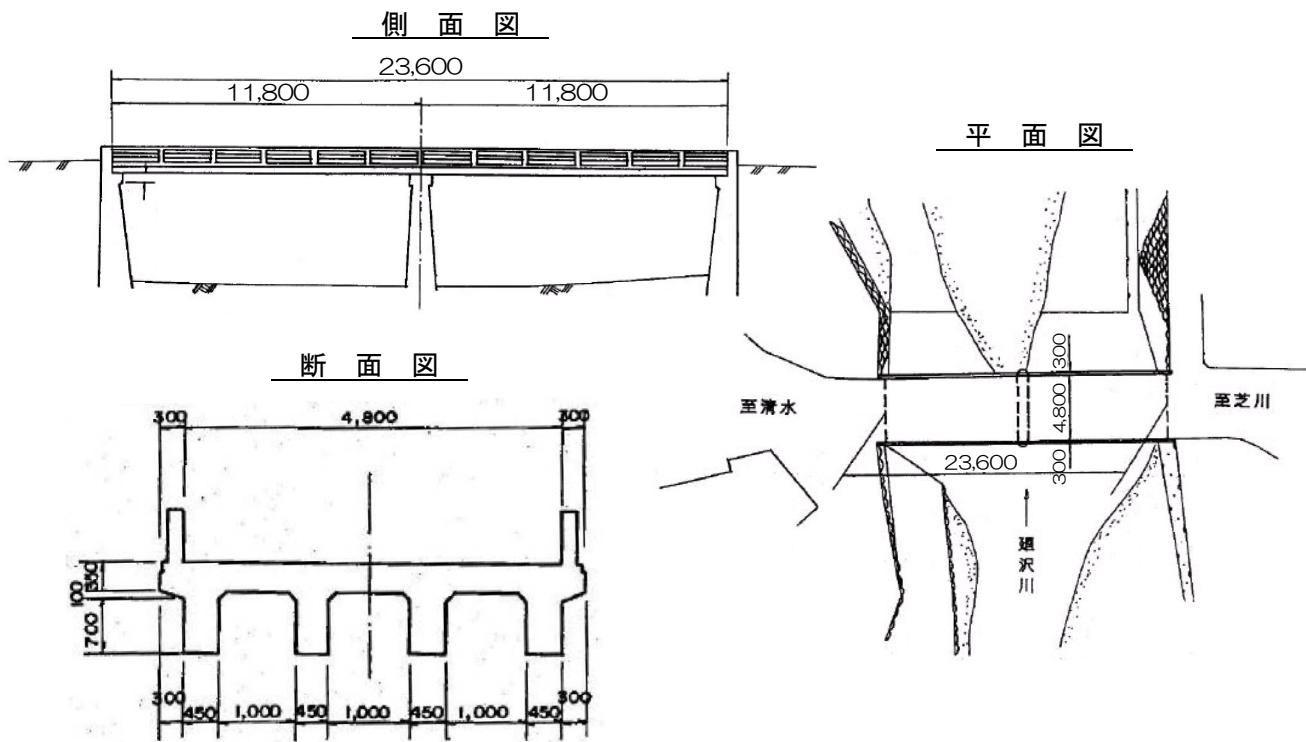


平面図



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



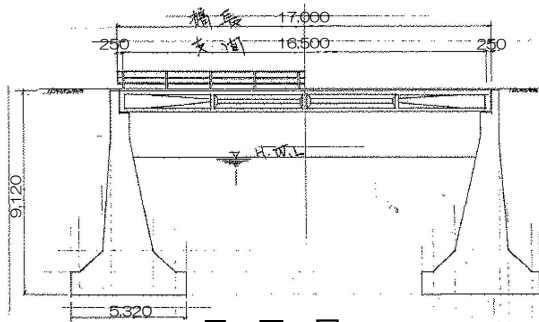
3) 仲川橋 (PC橋)

仲川橋 (プレテンT桁, L=17.0m, 損傷(主構))

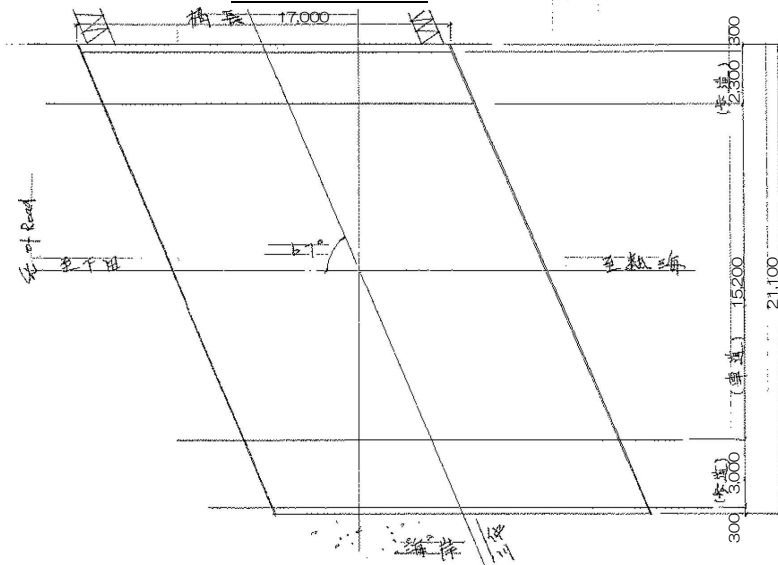
: 熱海土木 国道 135 号

橋梁一般図

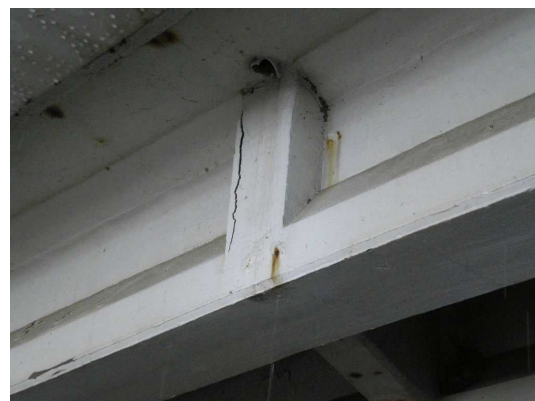
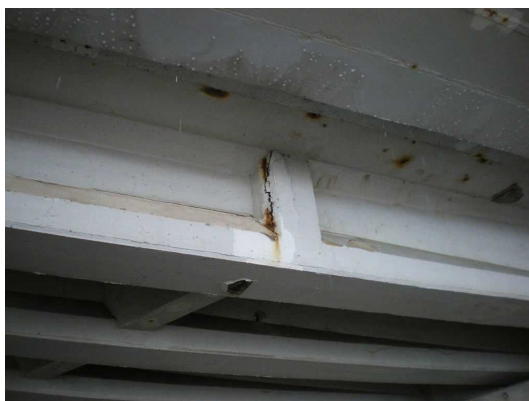
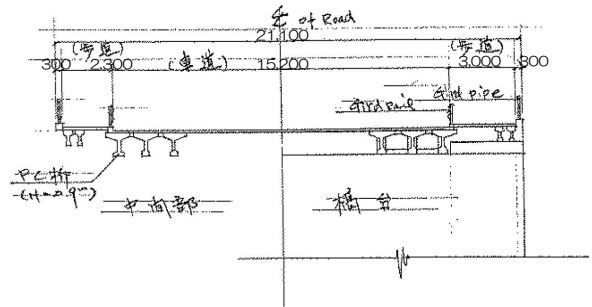
側面図



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。

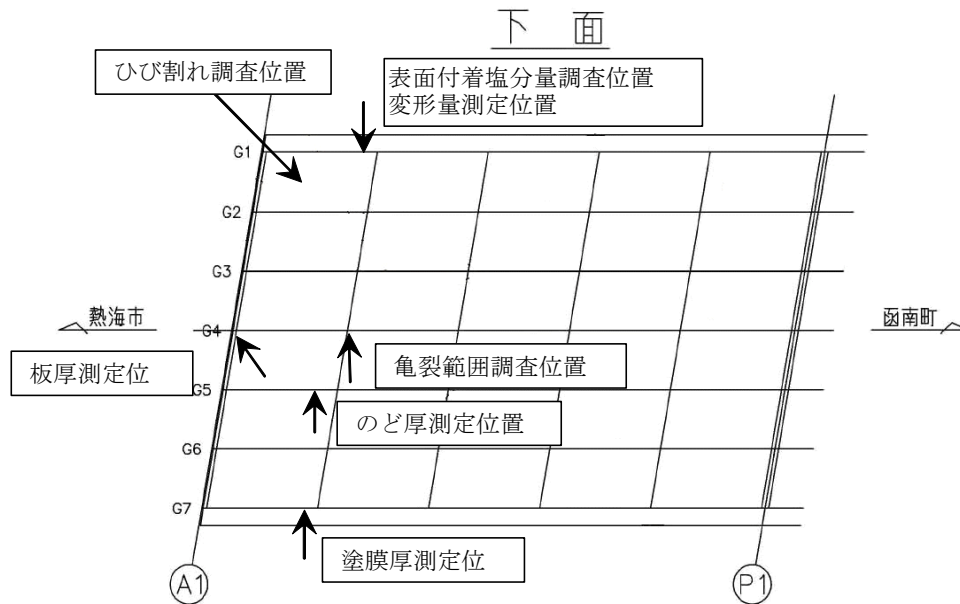


図-2.1 調査位置図（来光川橋）

(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、水糸、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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">② 調査</div> <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。 ・ 調査終了後、データを野帳に記録する。
<p>調査試験状況</p>	   

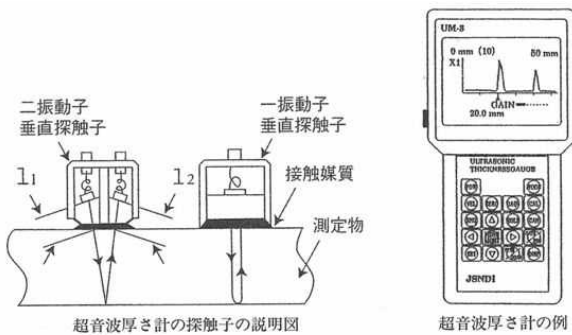
②板厚測定

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。

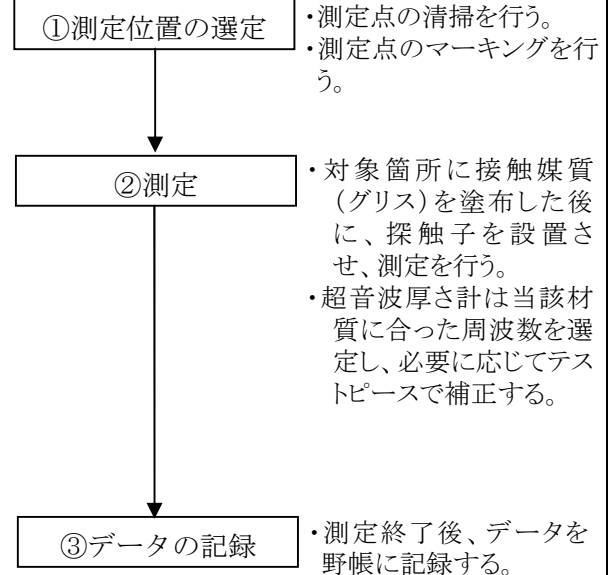
超音波厚さ計は、探触子で超音波を送受信する点ではパルス反射式の探傷器と同じであるが、音速調整やゼロ点調整を進めやすくした厚さ測定専用器である。厚さ計用の探触子には2種類あり、保守検査で通常用いる二振動子探触子は、送信用と受信用の2個の探触子を一つにあわせた構造である。2個の振動子探触子は、0.1mm単位で測定する保守検査に使いやすい。特製の一振動子探触子は二振動子探触子が苦手とする薄物や細管の厚さ測定で威力を発揮する。今回は、二振動子探触子で測定を行った。

使用機材



測定手順

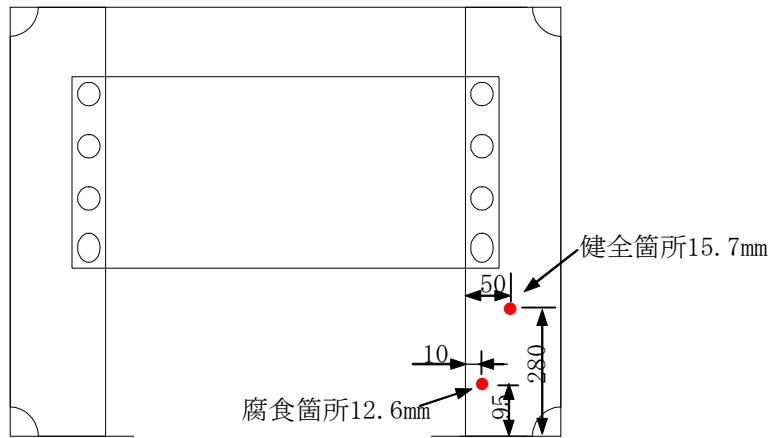
測定手順を以下に示す。



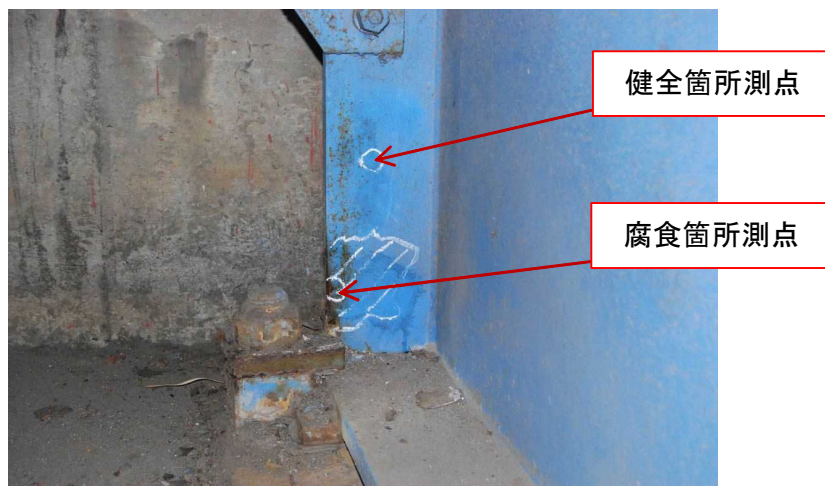
調査試験状況



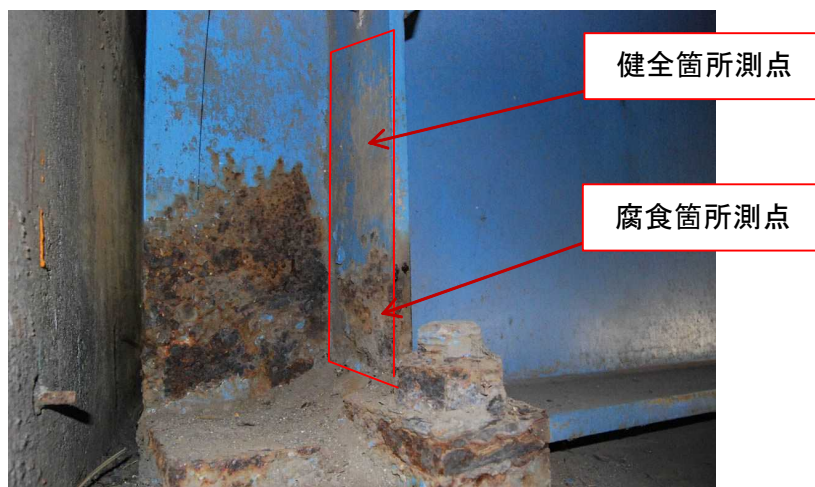
調査結果



測定位置および測定結果



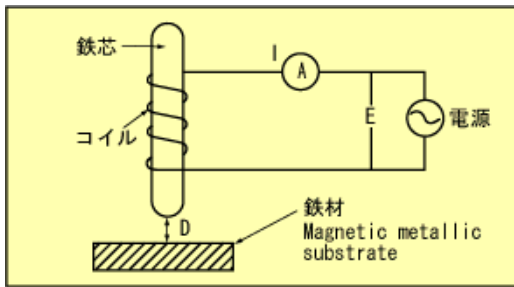
測定位置状況写真



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
 - ・対象箇所に接触媒質(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。

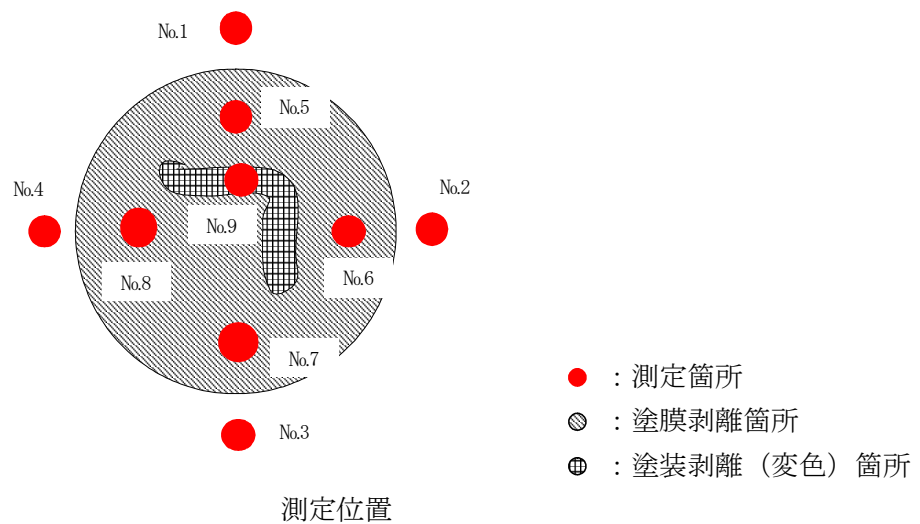
調査試験状況



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

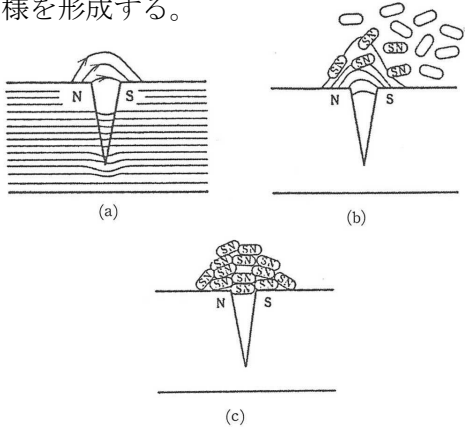


測定位置状況写真

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。

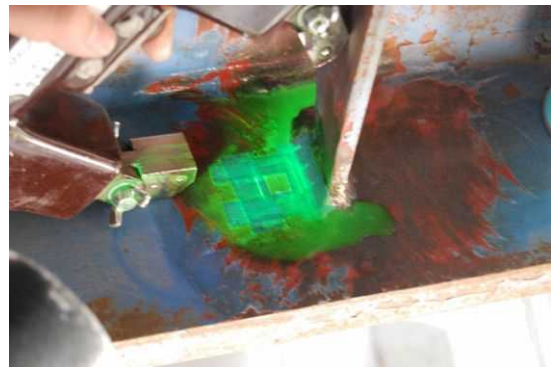


測定手順

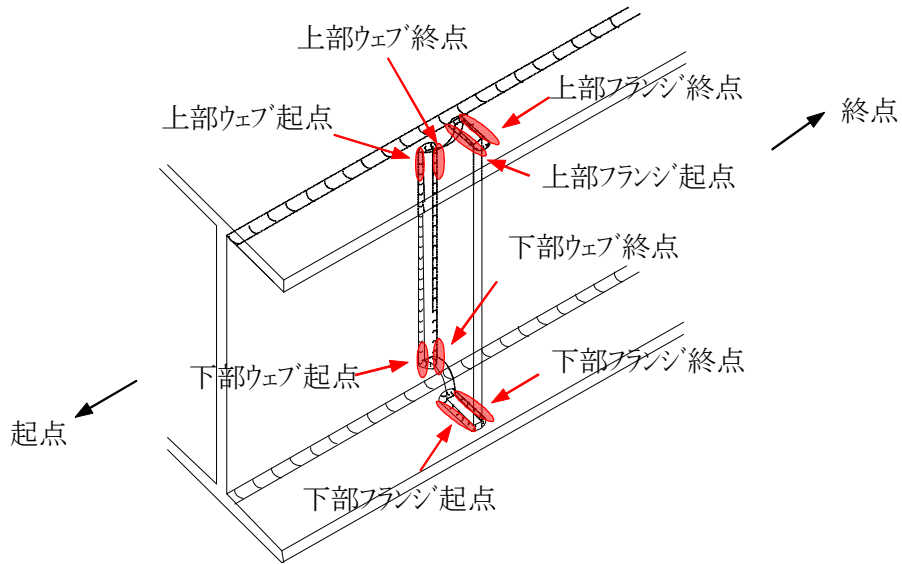
測定手順を以下に示す。

- | | |
|----------|--|
| 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、通电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、通电時間は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秒以上通电する。 |
| 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

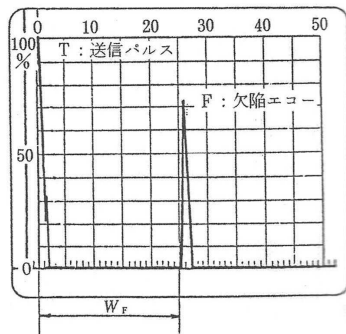
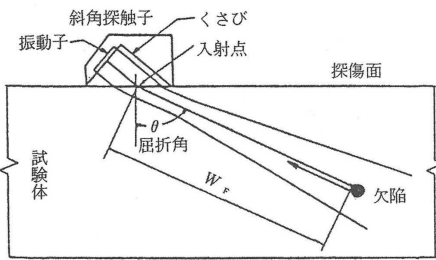
測点		きずの有無		備考
上部	フランジ	起点	L=10mmの線上指示模様あり	施工時のものと思われる
		終点	L=10mmの線上指示模様あり	施工時のものと思われる
	ウェブ	起点	無し	
		終点	無し	
下部	ウェブ	起点	無し	
		終点	無し	
	フランジ	起点	無し	
		終点	無し	

⑤超音波探傷試験

概要

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。



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 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。
- 波形から内部欠陥および割れの有無を確認する。

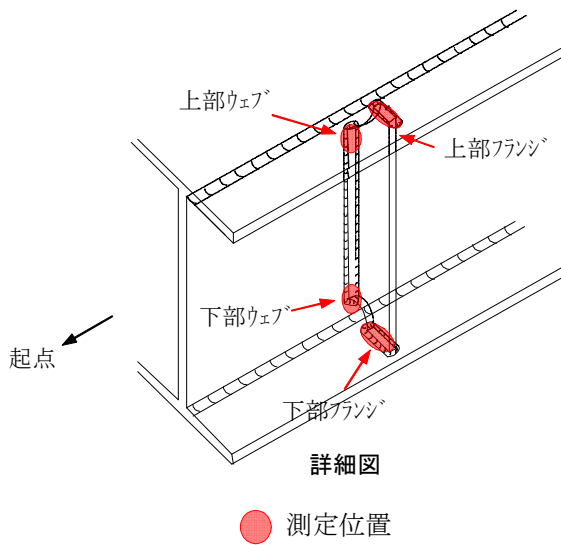
③データの保存

- 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

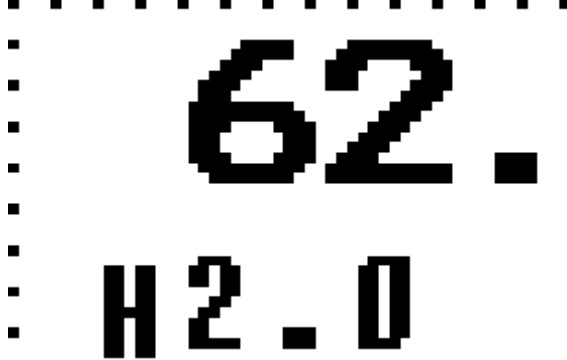
測点		内部欠陥、きずの有無	
上部	フランジ	起点	無し
	ウェブ	起点	無し
下部	ウェブ	起点	無し
	フランジ	起点	無し

・下部フランジ

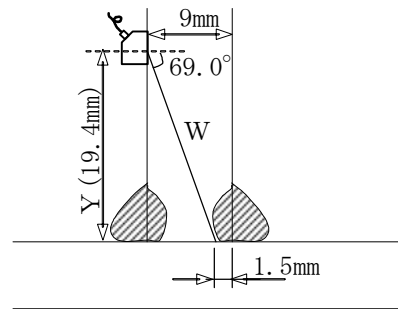


$W(20.79\text{mm}) \quad W=19.4/\sin 69=20.79$

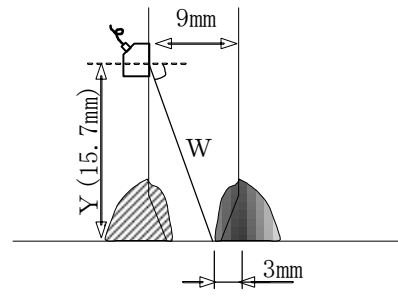
・下部ウェブ



$W(16.78\text{mm}) \quad W=15.7/\sin 69=16.78$



※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。



※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

<p>概要</p> <p>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。</p>	<p>測定手順</p> <p>測定手順を以下に示す。</p> <p>①測定箇所を選定</p> <p>↓</p> <p>②測定</p> <p>↓</p> <p>③データの記録</p> <p>・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。</p> <p>・測定終了後、データを野帳に記録する。</p>
<p>使用機材</p>	<p>溶接量測定機器</p>
<p>調査試験状況</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="248 1227 794 1592"> </div> <div data-bbox="858 1227 1406 1592"> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>測定結果</p> </div>

⑦変形量測定

概要

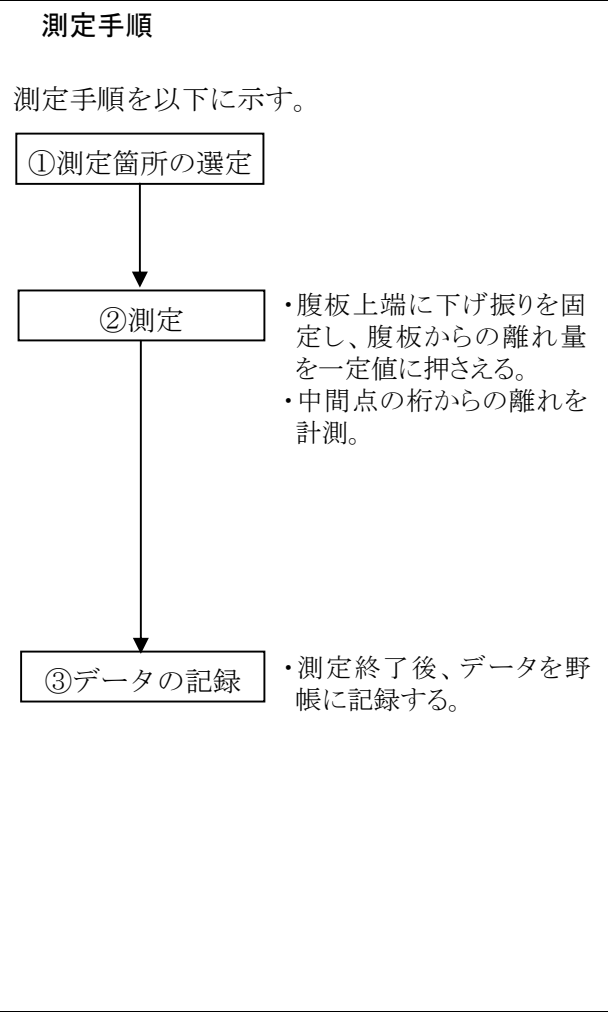
地震、衝突、火災等の被災後、桁の変形を測定する方法を以下に示す。
 数々の測定方法がある中で、主桁腹板の倒れ量を測定する方法を示す。

概要

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。

使用機材

下げ振り、曲尺、メジャー



⑧高力ボルトのゆるみ・破断調査

概要

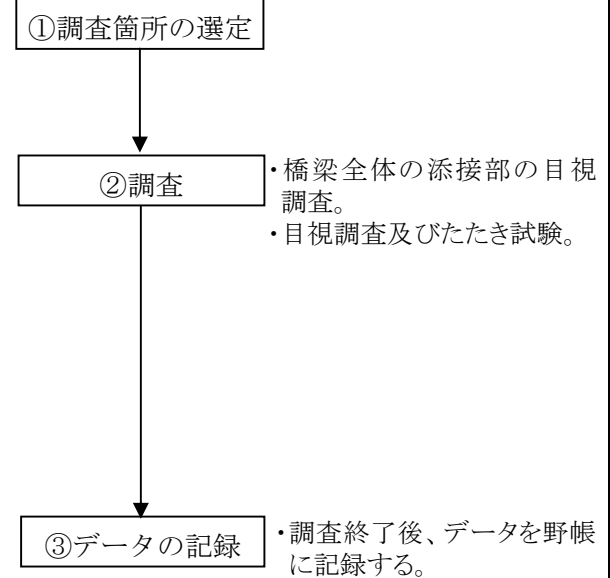
高力ボルト、リベット等の損傷は腐食と遅れ破壊（F11T）とがある。
 腐食環境が大きな要因となるため、架橋状況全体の把握が重要である。
 目視検査およびたたき試験によりボルトのゆるみ、破断の状況を調査する。
 たたき試験は、ハンマーによりナット側を3～4回たたき、ハンマーの打撃角度と90°～180°の位置に当てた指に伝わる振動、異常音によって損傷の有無を確認する

使用機材

試験ハンマー

調査手順

調査手順を以下に示す。



調査試験状況

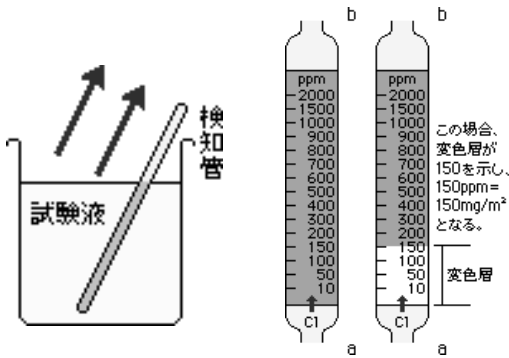


⑨表面付着塩分量調査

概要

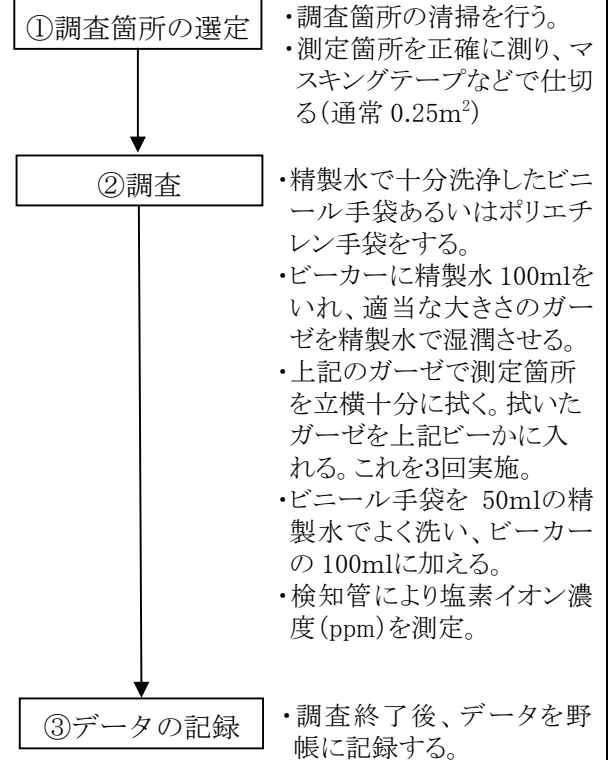
飛来塩分、凍結防止剤散布による表面付着塩分量の測定を目的とする。
 表面の付着塩分量測定は、ガーゼ法（JHS 408）に従い、測定範囲 50cm×50cm 程度で拭き取り、北川式塩素イオン検知管により測定を行う。北川式検知管の測定フローを示す。
 ①検知管の両端（a・b）をヤスリで切り取り、下図のように試料液の中に検知管の一端（a）を入れる。料液は下端（a）より次第に進上し上端にいたる。
 ②試料液中に塩素イオンがあれば、下図のように下端より白色の変色層ができる。ガラス管内の検知剤の上端（綿栓）まで浸透したら、検知管を取り出し、検知管の濃度目盛りと変色層の境界で読み、測定値とする。

使用機材

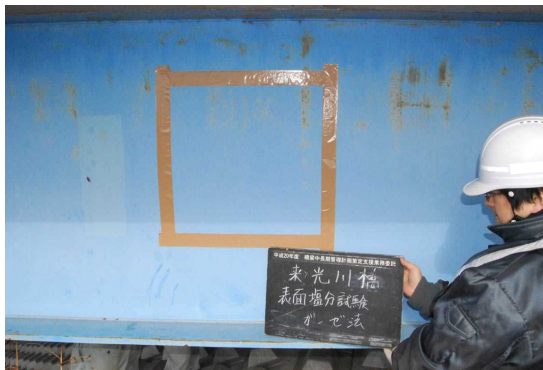


調査手順

調査手順を以下に示す。



調査試験状況



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ろ、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; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </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

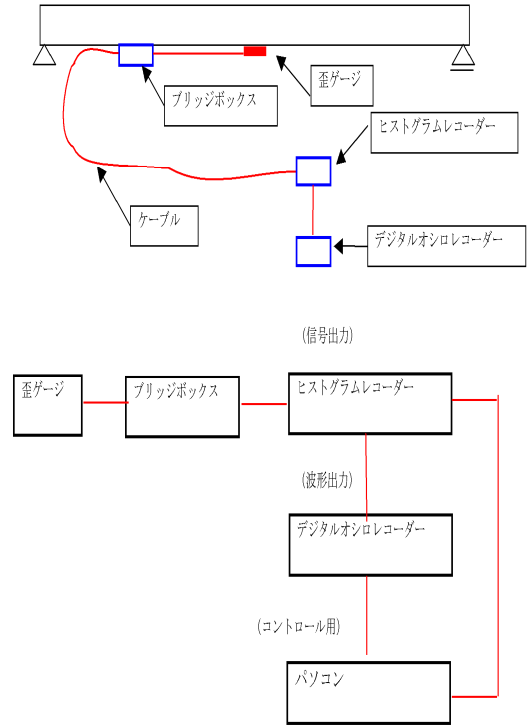
(1) 公称応力に基づく疲労の評価が可能な構造部材の測定の場合は、公称応力が測定できる位置にひずみゲージを貼付ける。継手等級は、公称応力範囲で整理された疲労等級を用いる。

要

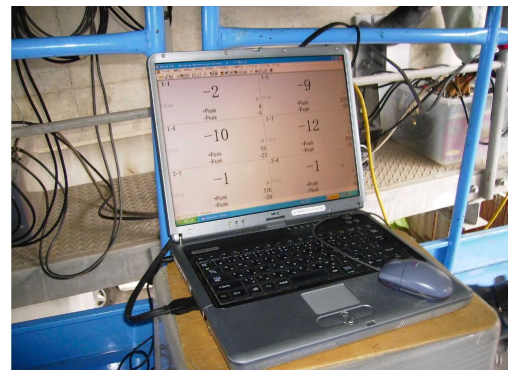
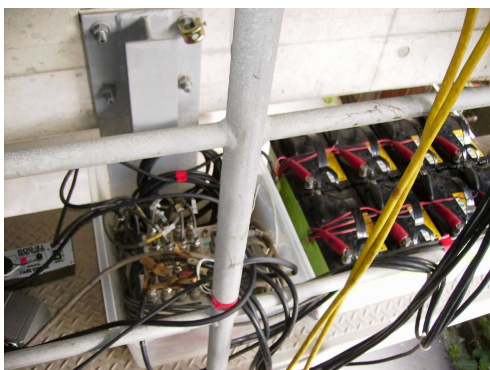
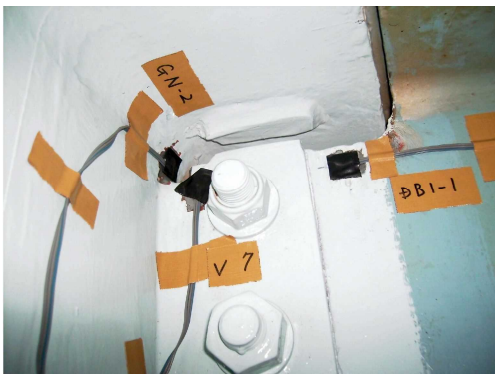
(2) 公称応力に基づく疲労の評価が難しい構造部材の場合は、応力集中の影響を含んだ応力を測定できる位置にひずみゲージを貼付ける。

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。

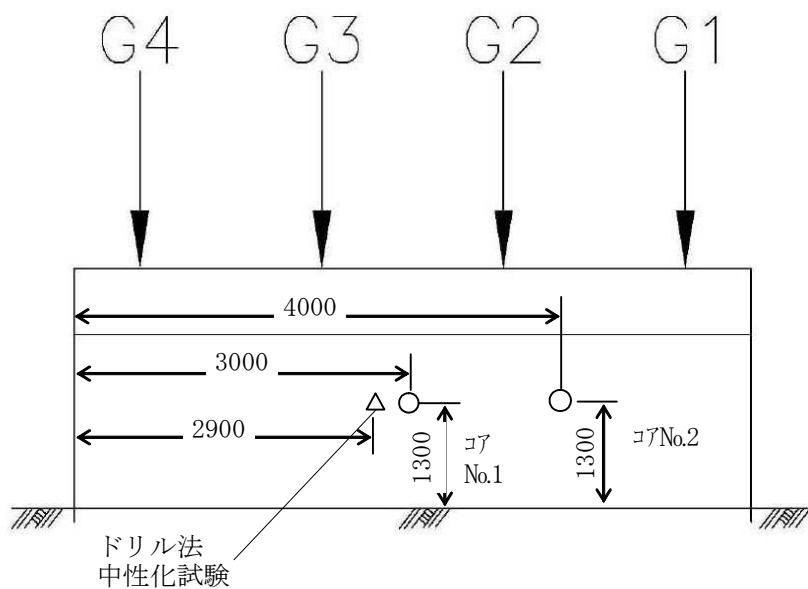
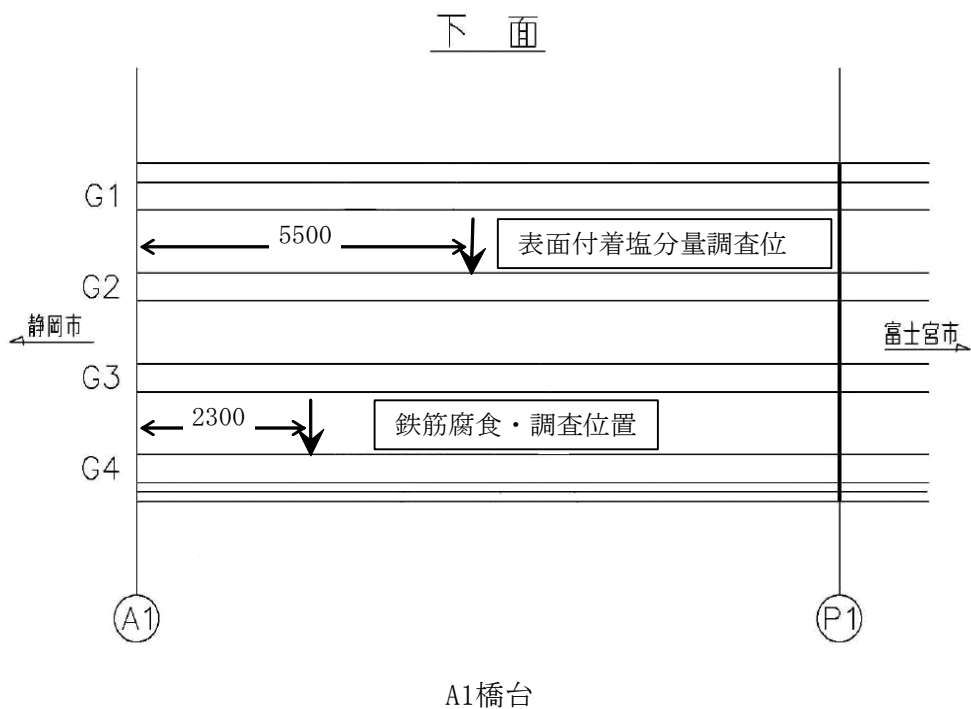


図-2.2 調査位置図（廻沢橋）

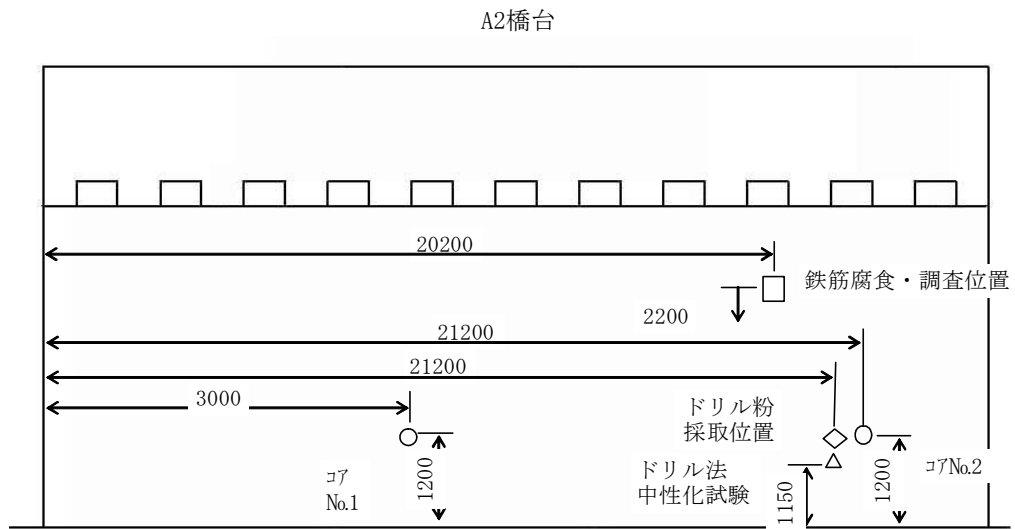
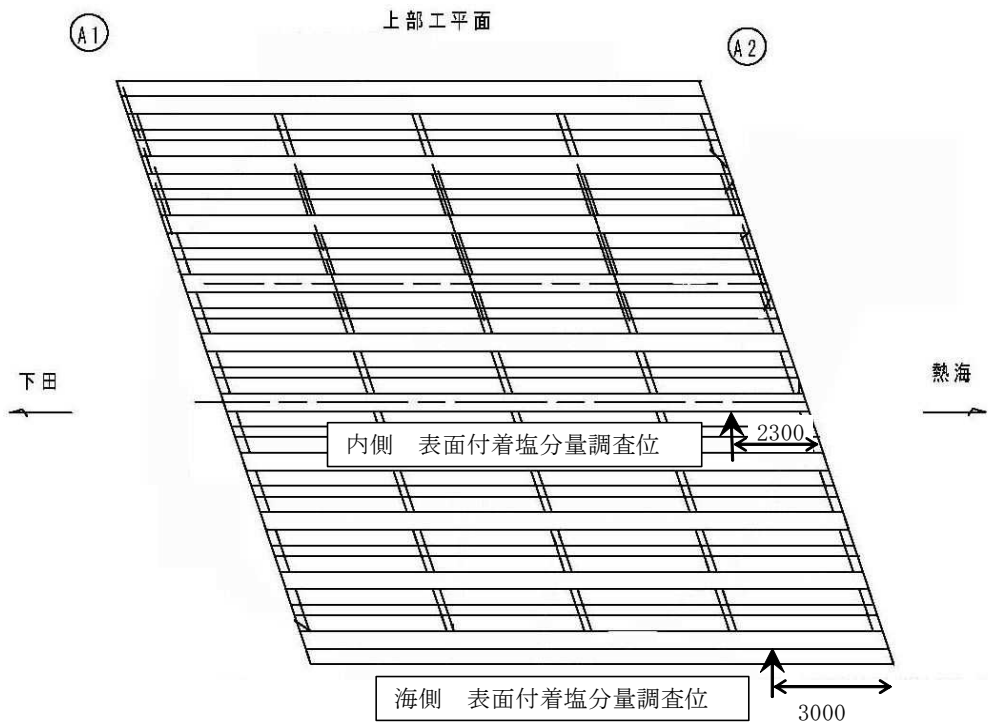


図-2.3 調査位置図（仲川橋）

(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、50 cm×50 cm (0.25 cm²) にマスクングし、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

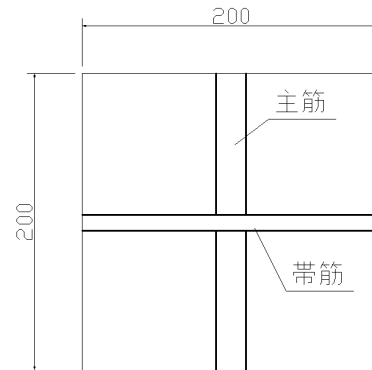
①鉄筋腐食度・かぶり調査

概

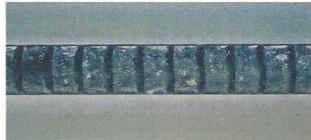
はつり調査は、概念図に示すように 200mm 角程度をはつり、鉄筋を露出させ鉄筋の腐食状況、かぶり、鉄筋径の計測を行う。

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。

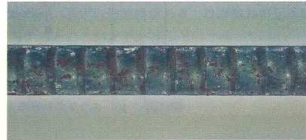
概念図



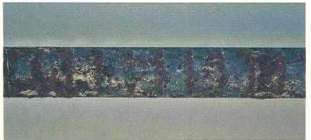
要



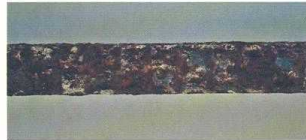
腐食度：腐食なし（グレード：Ⅰ）



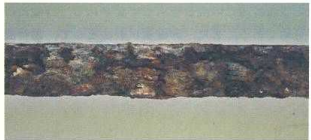
腐食度：A（グレード：Ⅱ）



腐食度：B（グレード：Ⅲ）



腐食度：C（グレード：Ⅳ）



腐食度：D（グレード：Ⅳ）

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	なし (Ⅰ)
	縦筋	φ13	表面錆 (Ⅲ)
仲川橋 橋台	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



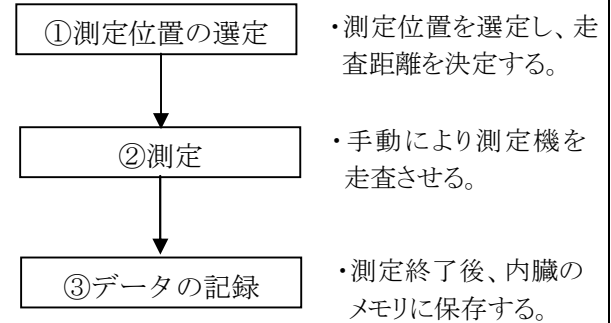
②鉄筋探査（電磁波レーダ法）

概

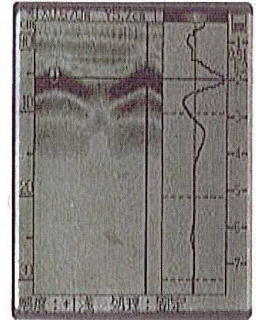
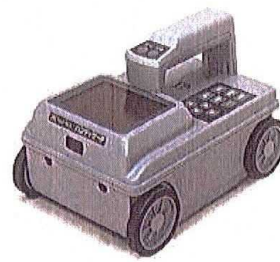
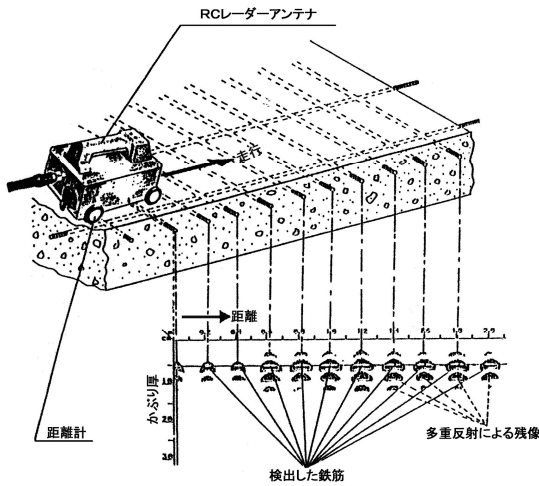
電磁波レーダ法の原理は以下の通りである。センサーとなるアンテナを測定対象物表面（橋台、橋脚面）で走査させる。アンテナからコンクリート躯体内部へ電磁波を発信すると、入射した電磁波は躯体内部の空隙や鉄筋から反射され、受信アンテナに到達するまでの時間から鉄筋までの距離を測定する。一方、アンテナに取り付けられたタイヤには、走行距離を表示するエンコーダーが内蔵されており、センサーが測定開始点からどれだけの距離を測定したかを表示し、空隙や鉄筋の位置およびかぶりを知ることができる。測定概念図を下図に示す。

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）

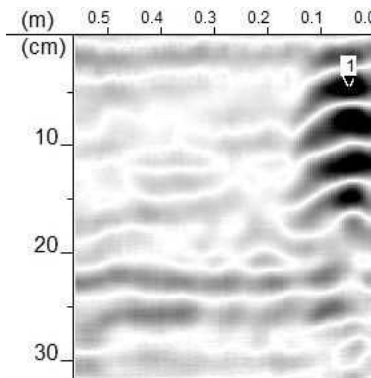
橋梁名	調査箇所	平均かぶり (mm)		平均配筋間隔 (mm)		確認本数		備考
		縦筋※1	横筋※2	縦筋※1	横筋※2	縦筋※1	横筋※2	
廻沢橋	主桁	46	41	-	432	1	3	
	橋台	鉄筋と思われる反射なし						
	橋台縁端拡幅部	50	66	298	110	4	4	
仲川橋	主桁	44	30	125	228	2	3	
	橋台上部	37	82	185	-	5	1	
	橋台下部	鉄筋と思われる反射なし						

※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



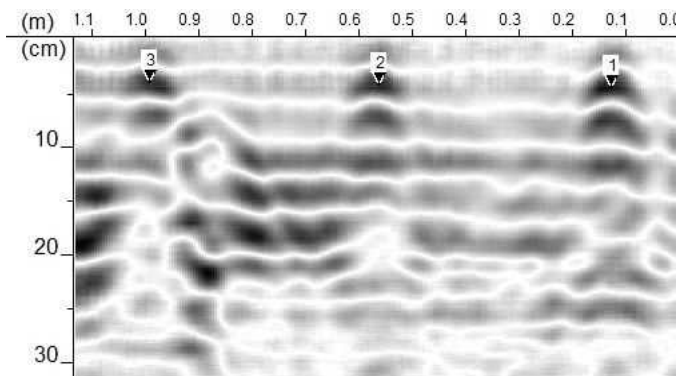
主筋

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

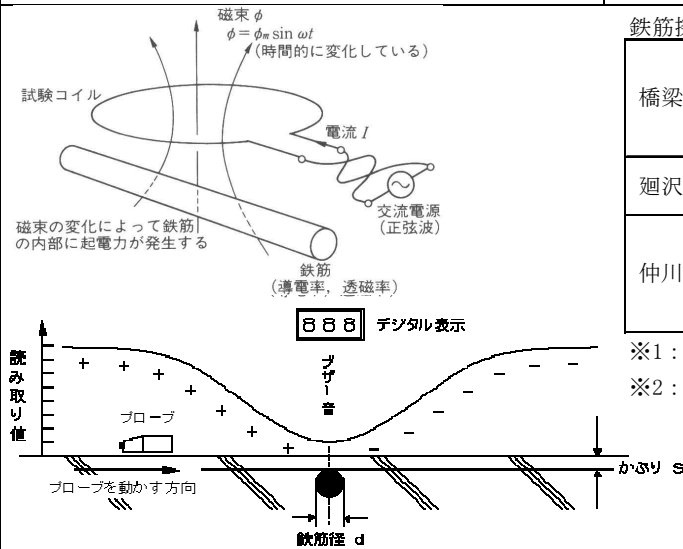
電磁誘導法の原理は以下の通りである。センサー内のコイルに電流を流し発生した交流磁場内に鉄筋などの磁性体が存在すると、この磁性体に起電流が流れると同時にこの起電流によって逆に新たな磁場を形成する。この新たな磁場により、今度は逆にセンサー内部のコイルに電流が発生し、結果的にコイル電圧が変化する。プロフォメーターは、このようなコイル電圧の変化を内蔵されているマイクロコンピュータで演算して、かぶり、鉄筋位置、鉄筋径を測定するものである。下図に測定原理図および測定概念図を示す。

測定手順

測定手順を以下に示す。

- ①測定位置の選定
 - ・測定位置を選定し、測定範囲を決定する。
- ②測定
 - ・手動によりセンサーを走査させる。
- ③データの記録
 - ・測定終了後、データを野帳に記録する。

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

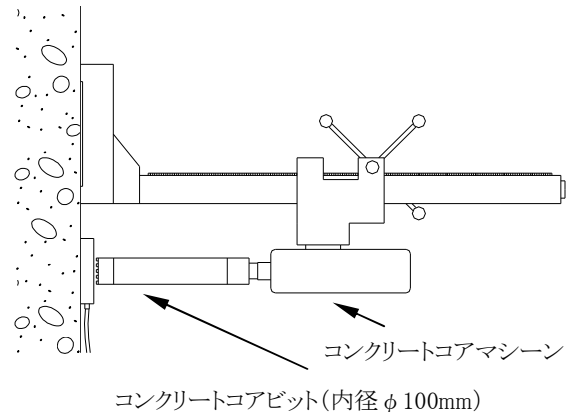


④コア採取

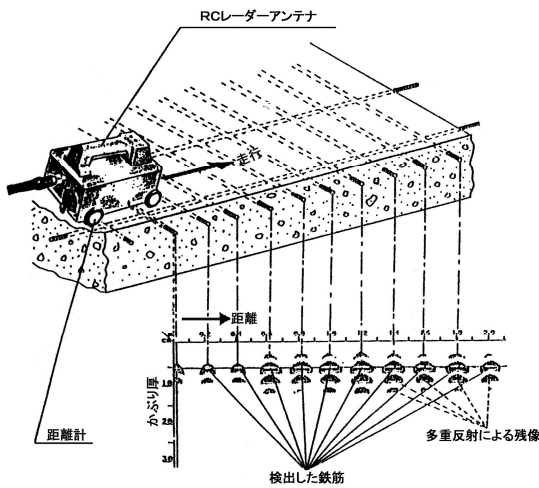
概

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。

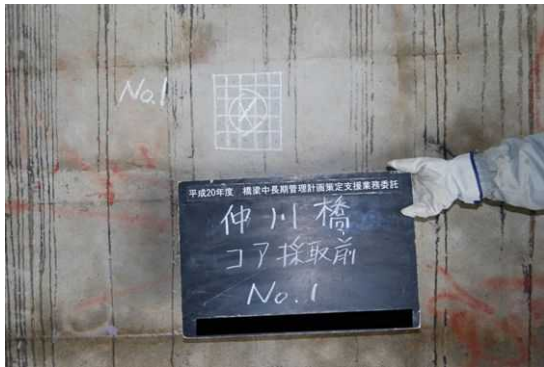
概念図



要



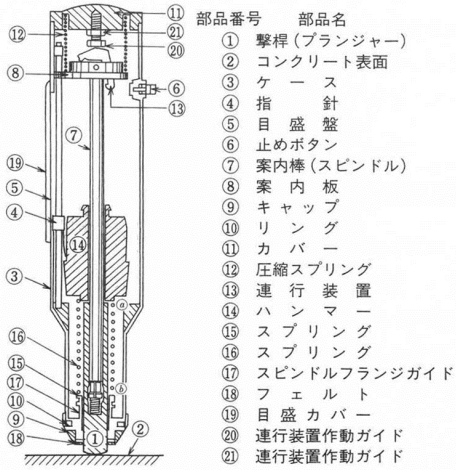
調査試験状況



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。



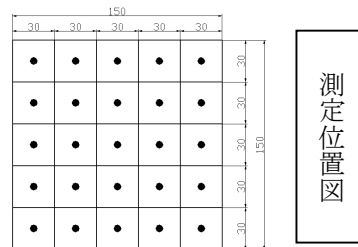
反発度からテストハンマー強度への換算は、土木学会標準示方書に示される「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法 (JSCE-G504-1999)」に準じて実施する。



測定手順

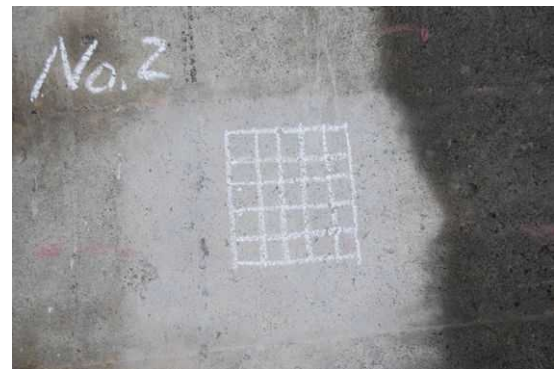
測定手順を以下に示す。

- 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 点となるように行う。
 - ・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）

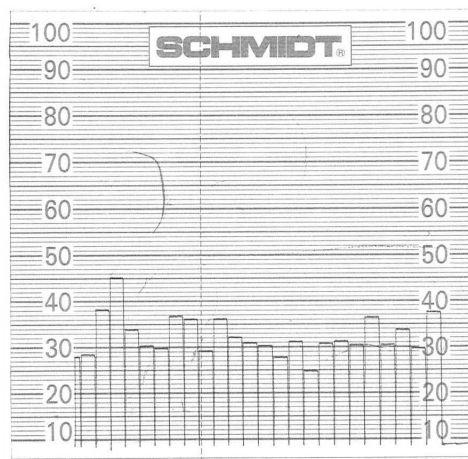
橋梁名	部位	測定No.	平均値 (R 0)	打撃角度 (\angle)	補正值 (ΔR)	基準反発度 (R)	テストハンマー 強度 (N/mm ²)
廻沢橋	橋台	No.1	32.0	$\pm 0^\circ$	0	32.0	22.6
廻沢橋	橋台	No.2	34.2	$\pm 0^\circ$	0	34.2	25.4
仲川橋	橋台	No.1	43.5	$\pm 0^\circ$	0	43.5	37.2
仲川橋	橋台	No.2	40.3	$\pm 0^\circ$	0	40.3	33.2

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 (\angle)	補正值 (ΔR)	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	$\pm 0^\circ$	0	32	22.6



反発度測定面



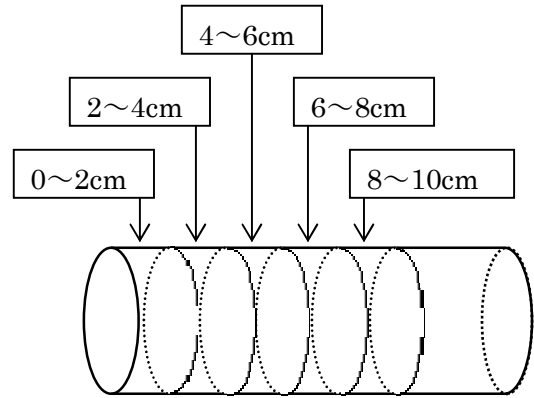
測定データ

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

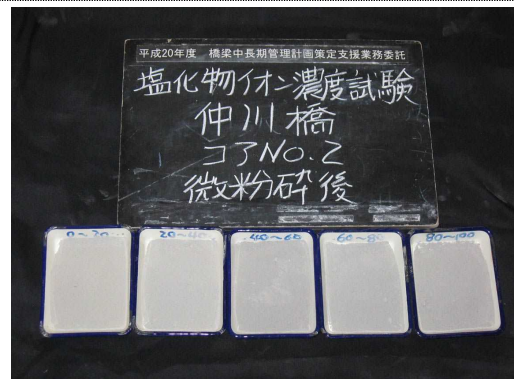
- (1) 圧縮強度試験、静弾性係数試験
採取したコアにおいて、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて圧縮強度、静弾性係数試験を行う。
- (2) 中性化深さ試験
採取したコアにおいて、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準じて採取したコアの割裂面において中性化深さ試験を実施する。中性化深さ試験は、試験体にフェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧し、赤色に変化しない部分の深さを測定する。
- (3) 塩化物イオン濃度試験
採取したコアを用い、日本コンクリート工学会の JCI-SC4 (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



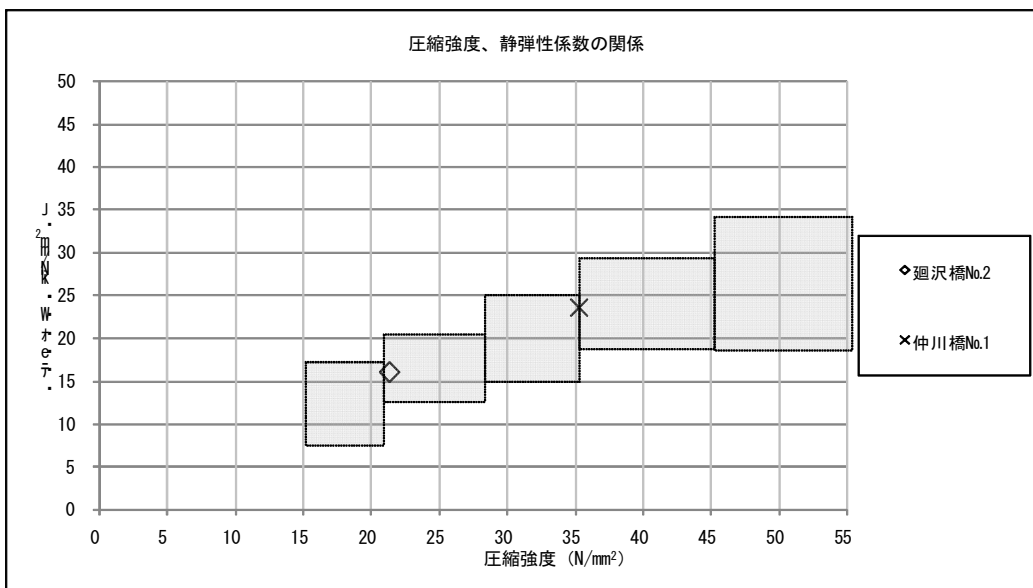
調査結果

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

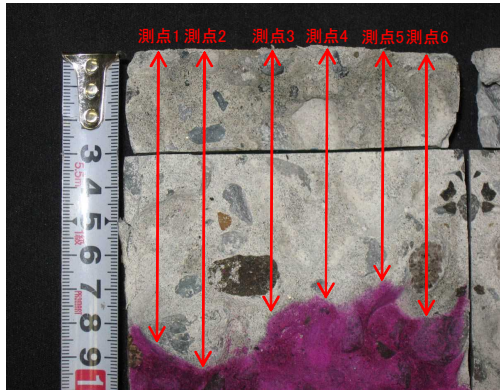
調査結果

中性化深さ試験結果

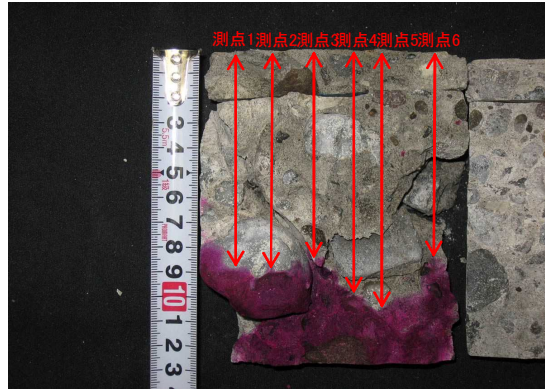
橋梁名	中性化深さ (mm)		備考
	ドリル法	コア	
廻沢橋	113.7	92.0	コアNo.1
仲川橋	17.0	22.3	コアNo.2

中性化深さ試験結果

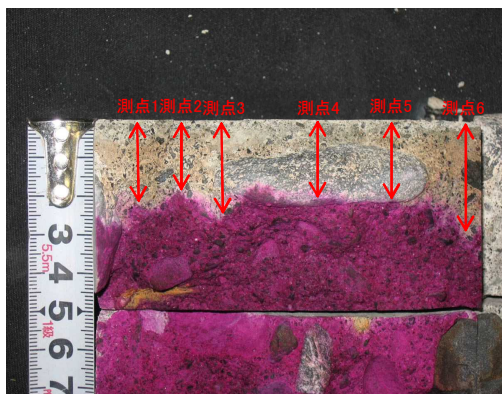
橋梁名	コアNo.	中性化深さ (mm)						平均値
		測点1	測点2	測点3	測点4	測点5	測点6	
廻沢橋	1	88.5	90.0	85.0	98.5	105.5	84.5	92.0
	2	86.5	93.0	77.0	73.0	67.5	78.0	79.2
仲川橋	1	22.5	19.0	25.5	21.5	21.5	30.0	23.3
	2	27.0	27.0	21.0	14.0	23.0	22.0	22.3



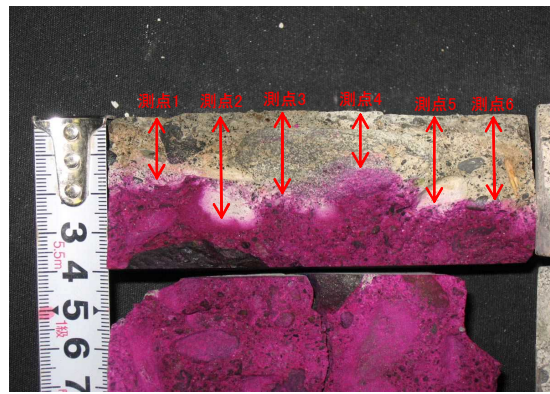
廻沢橋 コアNo.1



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		

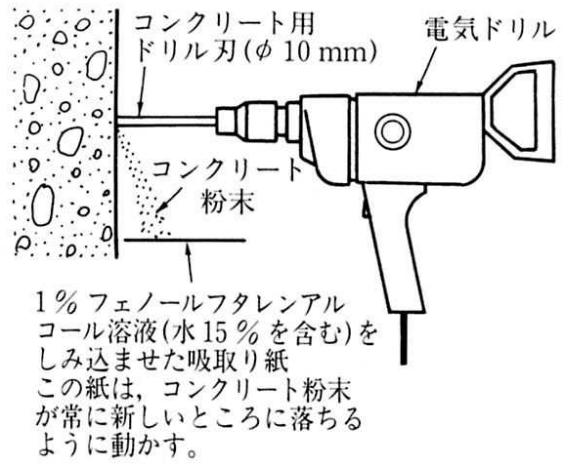
⑦中性化試験(ドリル法)

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

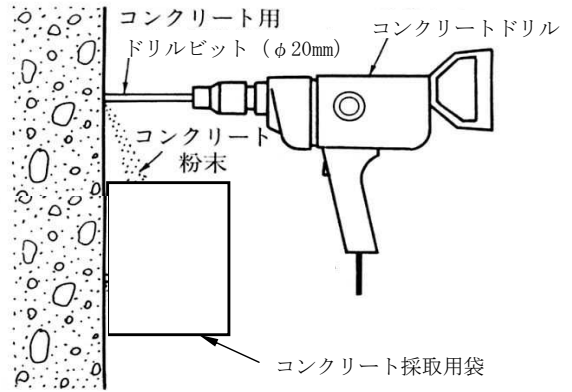


⑧塩化物イオン濃度試験（ドリル法）

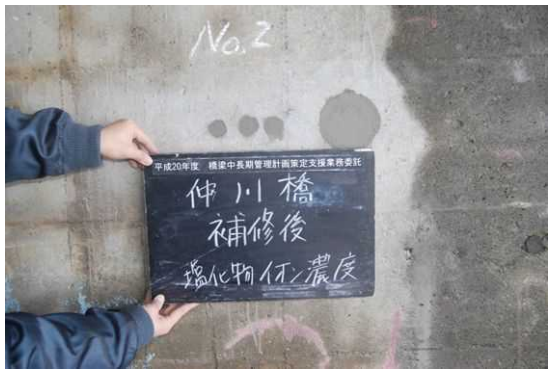
概要

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、骨材周囲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に同コアの 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わ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

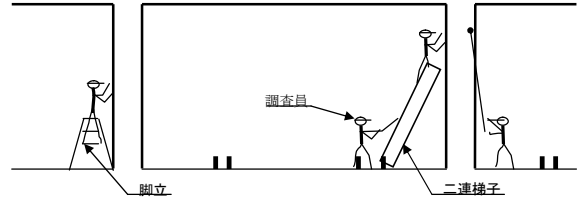
調査項目および記録方法を下表に、変状の凡例を左表に示す。また、右図にたたき点検の調査方法概念図を示す。

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 (mm)		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	