

福島県
橋梁補修調査設計要領（案）

平成 25 年 3 月
平成 29 年 8 月一部改訂

福島県土木部道路管理課

目 次

1. 総説.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 適用の範囲.....	1
1.3 維持管理の体系における位置付け.....	2
1.4 用語の定義.....	3
1.5 関係図書一覧.....	4
2. 技術基準の変遷.....	5
3. 補修補強の実施方針.....	15
3.1 補修補強の要否判定.....	15
3.2 補修補強工法の選定方針.....	18
3.3 架替え検討.....	19
3.4 第三者被害防止.....	20
3.5 補修補強後の記録.....	21
4. 橋種別における設計等の留意点.....	23
4.1 各橋種共通の長寿命化方針.....	23
4.2 コンクリート構造物における設計等の留意点.....	27
4.3 鋼構造物における設計等の留意点.....	76
5. 構造部位別における設計等の留意点.....	99
5.1 支承における設計等の留意点.....	99
5.2 伸縮装置における設計等の留意点.....	106
5.3 地覆・高欄における設計等の留意点.....	111

6. 補修・補強事例.....	114
6.1 補修・補強事例.....	114
6.2 不具合事例.....	126
6.3 不具合を防止するためのチェックリスト.....	134
7. 維持管理に配慮した設計等の留意点.....	139
7.1 新設設計・補修補強設計時の留意点.....	139
7.2 設計および施工上時の工夫点.....	144
8. 参考資料.....	146
8.1 橋梁補修調査設計委託の歩掛.....	146
8.2 関係機関協議資料.....	147

1. 総説

1.1 目的

本要領は、福島県が管理する橋梁について、適切な維持補修を実施することにより、各橋梁の長寿命化を図ることを目的として、橋梁の補修補強において必要となる「詳細調査」と「補修補強設計」に関してとりまとめたものである。

【解説】

福島県が管理する橋梁は4,561橋（平成25年3月現在）あり、今後既設橋梁の高齢化が急速に進む状況にある。既設橋梁の長寿命化修繕計画を実行するにあたり、補修補強工事費の増大は必至であり、財政状況が厳しくなるなかで、いかに経済的かつ効果的に維持補修を実施していくかが課題となる。

本要領は、効率化や高度化が求められる維持補修に関して福島県の標準となる指針を示すことによって、調査設計の共通化を図り、橋梁の長寿命化に有効な補修補強工法が適切に選定されるように策定したものである。

なお、最新の補修補強工法や材料、技術的な動向に対応するため、適宜本要領の見直しを行う予定である。

1.2 適用の範囲

本要領は、県職員を対象とし、福島県が管理する橋梁の「詳細調査」と「補修補強設計」に適用する。

【解説】

本要領は、福島県の橋梁の維持管理を担当する職員を対象とし、橋梁を長寿命化させるための補修補強工法の選定方法や設計における留意点などを整理したものである。

また本要領は、劣化損傷に対する補修補強設計を対象としており、耐震補強設計や耐荷力補強設計は対象としていないが、効率적かつ効果的に工事を実施するために、必要に応じて補修補強設計時にあわせて耐震補強設計や耐荷力補強設計を実施するものとする。

1.3 維持管理の体系における位置付け

本要領は、定期点検結果を受けて策定された「橋梁の長寿命化修繕計画」に準じて実施する「補修補強設計」を行う際の参考となる手引き書である。

【解説】

維持管理体系における補修補強設計の位置付けを図 1.1 に示す。

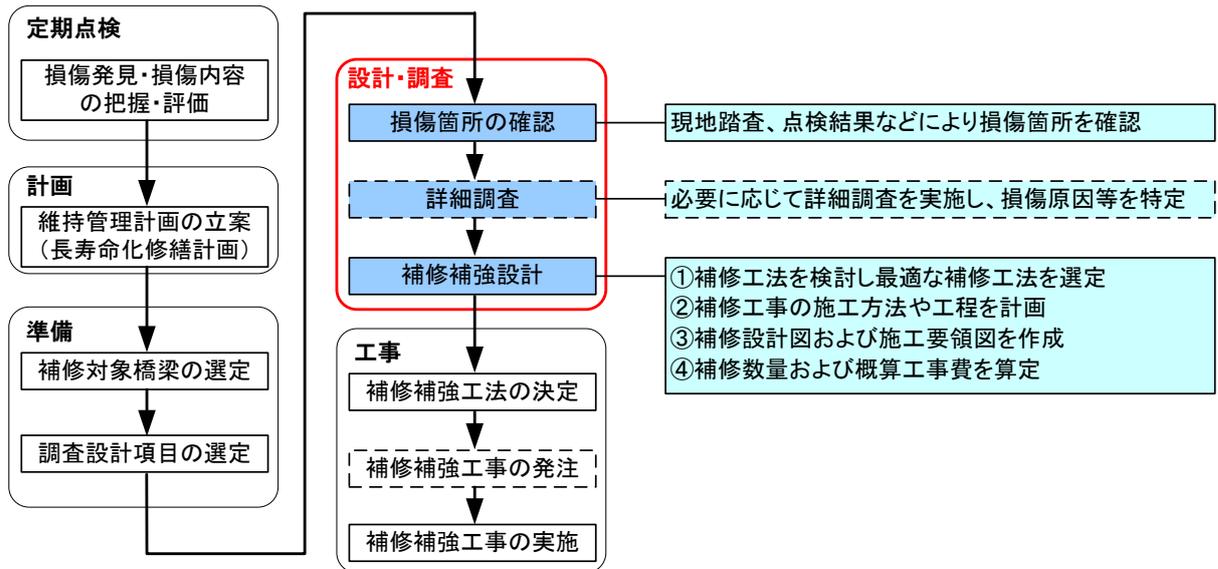


図 1.1 維持管理体系における調査設計の位置付け

1.4 用語の定義

本要領では、以下のとおり用語を定義する。

維持管理：橋梁について、円滑な道路機能の維持、耐久性、耐荷性の確保、第三者被害の未然防止を目的として行う、日常管理、点検、調査、診断、補修補強、記録管理などの一連の行為をいう。

定期点検：定期点検は、損傷状況の把握、対策区分の判定及びそれらの結果の記録を行うことを目的に、予め一定の期間を定めて定期的に行われるものである。

1)一般橋梁点検

定期点検のうち、県職員もしくは委託（建設コンサルタント等）により行う点検で、近接目視と遠望目視を併用（部分近接目視）し実施する。

2)特殊橋梁点検

定期点検のうち委託（建設コンサルタント等）により行う点検で、安全性を確保するため、橋梁点検車や足場等を使用し、近接目視により実施する。

詳細調査：補修などの必要性の判定や補修などの方法を決定するため、損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握する目的で実施する調査をいう。

緊急対応：点検で道路機能に影響を与えるような損傷、あるいは第三者に被害を及ぼすような損傷が発見された場合に、調査の実施期間や補修が実施されるまでの期間に、道路機能、橋梁の耐久性、耐荷性などに影響を及ぼさないように応急的に行う対策や交通規制などの応急措置をいう。

維持：既設橋の機能を保持するために行われる橋梁の保全行為であり、日常計画的に反復して行われる手入れまたは軽度な修理をいう。排水装置の清掃、支承周りに堆積した土砂の清掃などがこれにあたる。

補修：日常の手入れで及ばないほど大きくなった損傷部分の修理及び改修、当初の機能まで回復させる修理をいう。

補強：既設橋梁が有する機能向上を図ること。

更新：老朽化や陳腐化したことにより橋梁を新設すること。

機能：目的または要求に応じて構造物が果たす役割をいう。

性能：目的または要求に応じて構造物が発揮する能力をいう。

変状：損傷・劣化・その他の原因のため構造物に顕在化した異常をいう。

損傷：部材の一部あるいは全部が損失し、傷つくことをいう。

劣化：時間の経過に伴って進行する部材や材料の性能低下をいう。

健全度：構造物の機能や性能を満足する程度をいう。

予防保全：構造物の性能低下を引き起こさせないことを目的として、劣化が進む前にこまめに補修を実施する維持管理をいう。

事後保全：構造物の性能低下の程度に対応して実施する維持管理をいう。

1.5 関係図書一覧

関係図書を表 1.1 に示す。

表 1.1 関係図書一覧

関係図書	発刊年	発行
福島県道路長寿命化計画	H23. 3	福島県土木部
土木設計マニュアル〔橋梁編〕	H17. 5	福島県土木部
道路橋示方書・同解説（Ⅰ～Ⅴ）	H24. 3	(社)日本道路協会
鋼橋の疲労	H 9. 5	(社)日本道路協会
鋼道路橋の疲労設計指針	H14. 3	(社)日本道路協会
道路橋の塩害対策指針（案）・同解説	S59. 2	(社)日本道路協会
道路橋支承便覧	H16. 4	(社)日本道路協会
鋼道路橋塗装・防食便覧	H17.12	(社)日本道路協会
鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案）	H21. 9	国土交通省
鋼道路橋施工便覧	S60. 2	(社)日本道路協会
コンクリート診断技術' 12	H24.10	(社)日本コンクリート工学協会
土木鋼構造物の点検・診断・対策技術（2011年度改訂版）	H24. 3	(社)日本鋼構造協会
道路橋床版・防水便覧	H19. 3	(社)日本道路協会
防護柵の設置基準・同解説	H20. 2	(社)日本道路協会
道路橋補修・補強事例集	H24.3	(社)日本道路協会
道路橋補修便覧	S54.2	(社)日本道路協会
コンクリート標準示方書【設計編】【施工編】 【維持管理編】【規準編】	H20. 3	(社)土木学会
コンクリート構造物の維持管理指針（案）	H 7.10	(社)土木学会
表面保護工法 設計施工指針（案）	H17.4	(社)土木学会
鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案）	H21. 9	国土交通省
予防保全マニュアル	H19.10	国土交通省 東北地方整備局
設計施工マニュアル〔橋梁編〕	H17. 5	国土交通省 東北地方整備局
設計・施工・維持管理のための資料集	H19. 3	国土交通省 東北地方整備局
東北地方におけるコンクリート構造物設計施工ガイドライン（案）	H21. 3	国土交通省 東北地方整備局
東北地方における道路橋の維持・補修マニュアル（案）	H23. 6	国土交通省 東北地方整備局
道路橋マネジメントの手引き	H16. 8	(財)海洋架橋・橋梁調査会
コンクリートのひびわれ調査、補修・補強指針-2009-	H21. 3	(社)日本コンクリート工学協会
コンクリートの耐久性向上技術の開発	H1. 5	(財)土木研究センター
保全技術者のための橋梁技術の変遷	H11. 7	(財)道路保全技術センター

2. 技術基準の変遷

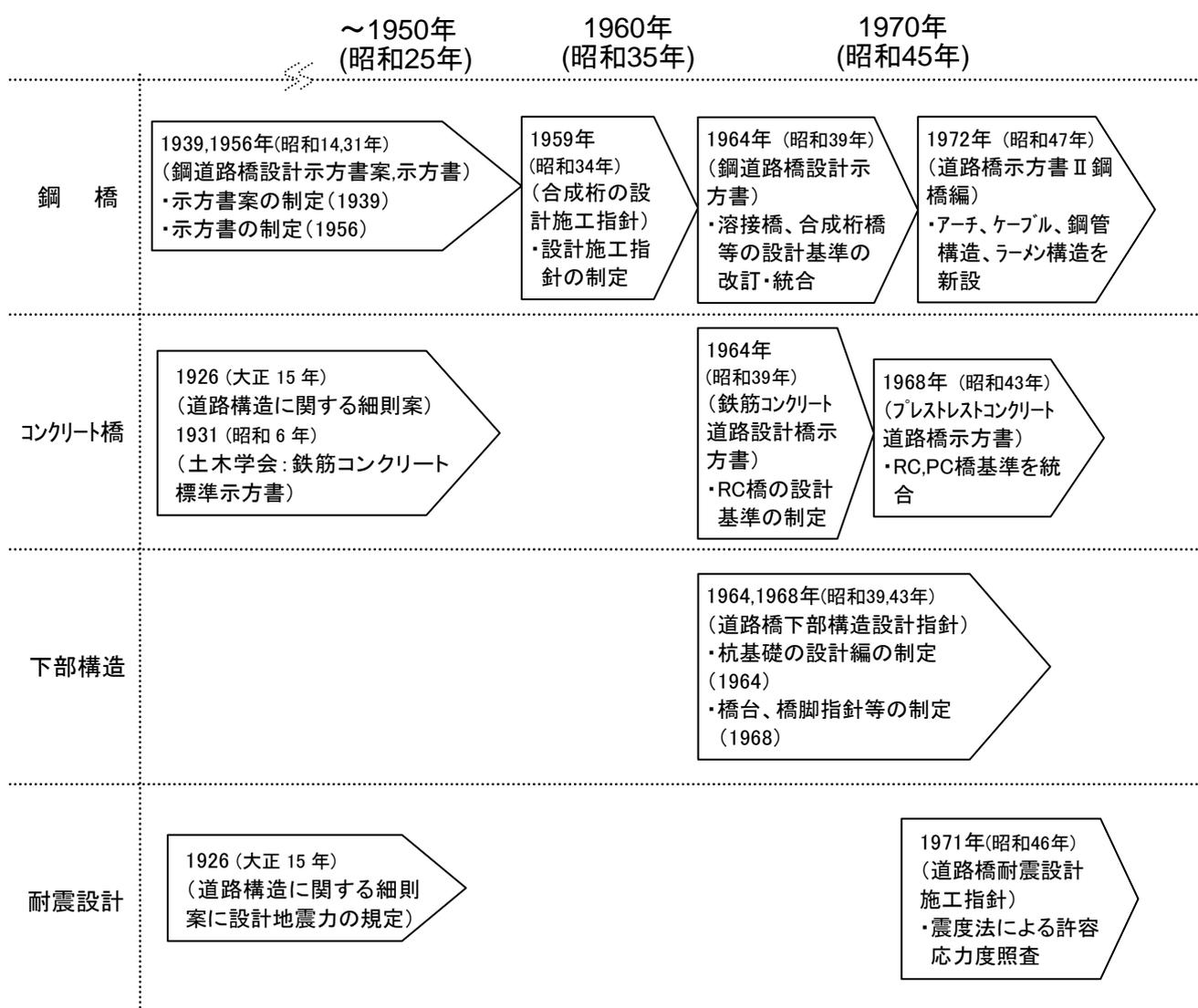
技術基準および各部材の変遷、特徴を以下に示す。

【解説】

(1) 技術基準の変遷

鋼橋、コンクリート橋、下部構造、耐震設計に関する主要な技術基準の変遷を以下に示す。

技術基準の変遷（1 / 2）



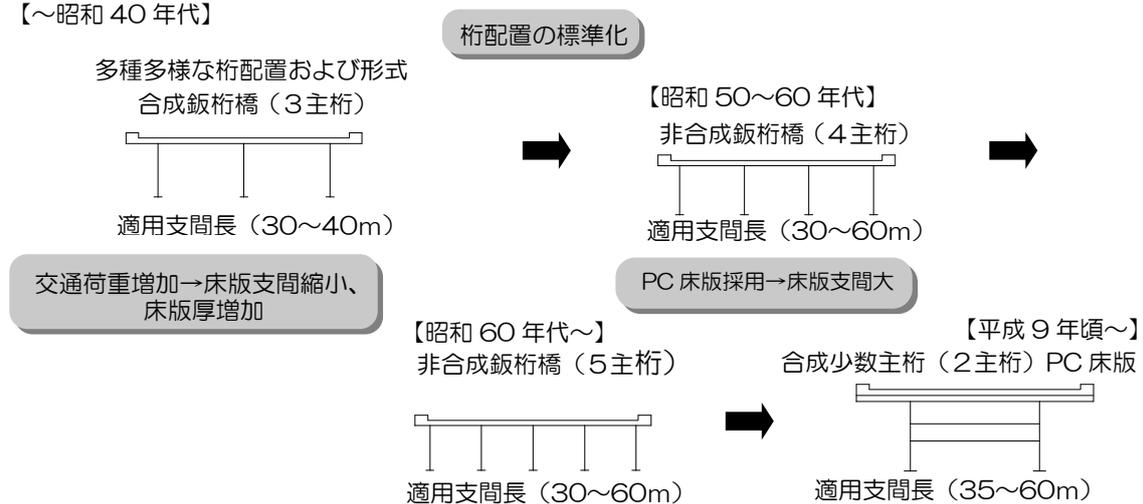
技術基準の変遷 (2 / 2)

	1980年 (昭和55年)	1990年 (平成2年)	2012年 (平成24年)
鋼 橋	<p>1980年(昭和55年) (道路橋示方書Ⅱ 鋼橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部材の許容応力度の一部見直し 	<p>1990,1994,1996,2002年 (平成2,6,8,14年) (道路橋示方書Ⅱ鋼橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型車両への対応等より活荷重を改訂(1993) ・疲労及び塩害損傷より基準を新設(2001) 	<p>2012年(平成24年) (道路橋示方書Ⅱ鋼橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新たに疲労設計の章を追加 ・鋼床版デッキプレート最小厚変更 ・圧縮力を受ける溶接箱桁断面の許容応力度を新たに規定 ・軸方向力と曲げを受ける部材の座査照査式の見直し ・高力ボルト摩擦接合継手の設計摩擦係数の見直し ・溶接施工の規定を充実
コンクリート橋	<p>1978年(昭和53年) (道路橋示方書Ⅲコン クリート橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・RC,PC道路橋基準を統合 	<p>1990,1994,1996,2002年 (平成2,6,8,14年) (道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・性能規定型を目指した書式の採用(2001) ・塩害損傷より基準を新設(2001) 	<p>2012年(平成24年) (道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高強度鉄筋(SD390,SD490)の規定導入 ・合理化桁の接合部規定見直し ・外ケーブル構造の規定充実 ・複合構造の接合部の安全性や耐久性に関する基本事項追加 ・耐久性向上のために施工に関する規定を充実
下部構造	<p>1980年(昭和55年) (道路橋示方書Ⅳ 下部構造編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎形式ごとに制定されていた指針を統合 	<p>1990,1994,1996,2002年 (平成2,6,8,14年) (道路橋示方書Ⅳ下部構造編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震時保有水平耐力の照査を新設(1990) ・プレホーリング杭、鋼管ソイルセメント杭工法等を新設(2001) 	<p>2012年(平成24年) (道路橋示方書Ⅳ下部構造編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高強度鉄筋の規定導入 ・支承、落防からの荷重規定充実 ・橋台ジョイントレス構造を規定化 ・橋台背面アプローチについて規定化 ・軟弱地盤及び斜面上の基礎に関する規定の導入 ・回転杭工法の規定を導入 ・深礎基礎の規定の充実
耐震設計	<p>1980年(昭和55年) (道路橋示方書Ⅴ 耐震設計)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支承部、落橋防止構造の規定を制定 	<p>1990,1994,1996,2002年 (平成2,6,8,14年) (道路橋示方書Ⅴ耐震設計編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震時保有水平耐力の照査を新設(1990) ・地震力と耐震性能を定義(2001) 	<p>2012年(平成24年) (道路橋示方書Ⅴ耐震設計編)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レベル2のタイプⅠ地震動見直し ・津波に関する防災計画等を考慮することが規定化 ・鉄筋コンクリート橋脚の水平耐力、水平変位の見直し ・支承、伸縮装置の規定見直し ・落橋防止システムの規定見直し ・液状化地盤上の基礎の耐震設計法の見直し

(2) 鋼橋の基準の変遷

1926(大 15)年の「道路構造に関する細則案」の後、1939(昭 14)年に「鋼道路橋設計示方書案」が作成された。その後、溶接橋、合成桁橋、高張力鋼、高力ボルト接合などの各種の鋼橋に係る基準の制定や改訂を経て、1973(昭 48)年に「Ⅱ鋼橋編」として統一され、現在に至っている。

【～昭和 40 年代】

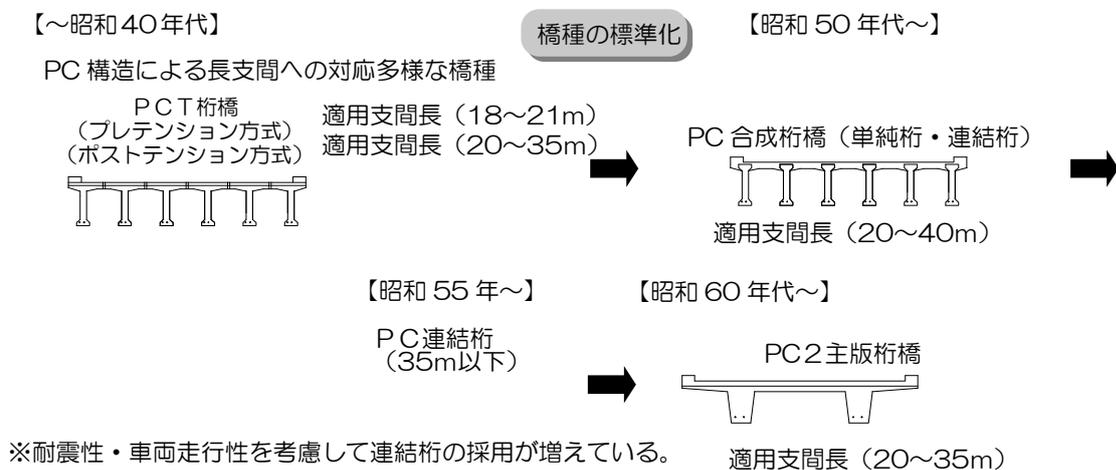


(3) コンクリート橋の基準の変遷

1926(昭和元年)年の「道路構造に関する細則案」以降は、1931(昭 6)年土木学会制定の「鉄筋コンクリート標準示方書（数次の改訂を経て、現在の「コンクリート標準示方書」に至る）などによっていた。1964(昭 39)年に「鉄筋コンクリート道路橋設計示方書」が、1968(昭 43)年に「プレストレストコンクリート道路橋示方書」がそれぞれ制定され、これらが 1978(昭 53)年に「Ⅲコンクリート橋編」として統合され、現在に至っている。

コンクリート橋の規定は、以前は、RC 橋は許容応力度のみに対して照査し、プレストレストコンクリート（以下 PC）橋は許容応力度と終局強度に対して照査するものであったが、1978(昭 53)年の「Ⅲコンクリート橋編」以降は、RC 橋、PC 橋ともに許容応力度と終局強度に対して照査を行うこととしている。

【～昭和 40 年代】



(4) 鉄筋コンクリート床版の基準の変遷

床版陥没が顕在化した後に改定された道路橋示方書(昭和47年3月)は、最小床版厚を16cmとすること、床版支間長は3.6m以下を原則とすること、配力鉄筋量は主鉄筋量の70%以上とすること、床版厚を厚くとると相対的に断面鉄筋比が下がることから、ひびわれ発生を緩和するために、鉄筋許容応力度に対して約20N/mm²程度の余裕をとることなど、疲労に係る基準改定がなされている。

表 2.1 鉄筋コンクリート床版の設計基準の変遷

制定年月	基準名称	設計活荷重	最小床版厚	床版支間長	配力鉄筋量	鉄筋の許容応力度
昭和14年2月	鋼道路橋設計示方書(案) (内務省土木局)	1等橋: T-13 P=5.2tf 2等橋: T-9 P=3.6tf	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし
昭和31年5月	鋼道路橋設計示方書 (日本道路協会)	1等橋: T-20 P=8.0tf 2等橋: T-14 P=5.6tf	14cm (最小有効厚さ11cm)	4m以下	主筋断面の25%以上	180N/mm ²
昭和39年6月	鋼道路橋設計示方書 (日本道路協会)				主筋断面の70%以上	
昭和42年9月	鋼道路橋の一方鉄筋コンクリート橋床版の配力、鉄筋量設計要領					
昭和43年5月	鋼道路橋の床版設計に関する暫定基準(案)					
昭和46年3月	鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について		t ₀ =3L+11 ≥16cm	3.6m以下を原則とする	140N/mm ²	
昭和47年3月	道路橋示方書 (日本道路協会)					
昭和48年4月	特定路線にかかる橋高架の道路等の技術基準 (建設省通達)	1等橋: T-20 P=8.0tf (大型車が1方向1000台/日以上の場合9.6tf)	t ₀ =3L+11 t=k1+k2・t ₀ k1: 交通量の係数 k2: 付加モーメントの係数	3m以下が望ましい	配力筋曲げモーメント式により算出	140N/mm ² で 20N/mm ² 程度余裕を持たせる
昭和53年4月	道路橋鉄筋コンクリート床版の設計施工について (建設省通達)	ただし、特定路線、湾岸道路、高速自動車道他にあっては、上記以外に以下の荷重を考慮し設計する。				
昭和55年2月	道路橋示方書 (日本道路協会)	TT-43 P=6.5tf 2等橋: T-14 P=5.6tf	原則として3m以下とする	4m以下		
平成2年2月	道路橋示方書 (日本道路協会)					
平成5年11月	橋、高架の道路等の技術基準における活荷重の取扱について (建設省通達)	T荷重 P=10.0t	B活荷重 P=10.0t A活荷重 P=10.0t	4m以下		
平成6年2月	道路橋示方書 (日本道路協会)					
平成8年2月	道路橋示方書 (日本道路協会)					
平成14年3月	道路橋示方書 (日本道路協会)					
平成24年3月	道路橋示方書 (日本道路協会)					

(5) 下部構造の基準の変遷

下部構造に関しては長い間、技術基準がなかったが、1964(昭 39)年の「道路橋下部構造設計指針：くい基礎の設計編」から、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎の設計や施工に関する指針が順次制定され、1980(昭 55)年に「IV下部構造編」として統合された。1995(平 7)年の兵庫県南部地震を契機に、1996(平 8)年に大幅に改訂された。

下部構造の規定は、従来は、常時と震度法レベルの地震時に対して、沈下、滑動、転倒など基礎の安定に関しては許容支持力などを照査し、部材の設計は許容応力度設計法によることとなっていた。1990(平 2)年の「IV下部構造編」では、RC橋脚に関しては、地震時の耐力と靱性（ねばり）を確保するために地震時保有水平耐力を照査するのが望ましいとした。1996(平 8)年の同編では、震度法レベルの照査に加えて、橋脚に関しては、躯体、フーチング、杭・ケーソンなどの基礎本体の設計と基礎の安定計算でも地震時保有水平耐力レベルの照査を行うこととなった。さらに2002(平 14)年の改訂では、レベル2地震時に対して橋台基礎の液状化も照査することとした。なお、従来の震度法レベルをレベル1地震時、地震時保有水平耐力レベルをレベル2地震時と定義しているが、これは「V耐震設計編」と同じである。

最新の2012(平 24)年の改訂では、高強度鉄筋（SD390、SD490）の使用による杭外周補強鉄筋の排除（過密配筋の解消）、橋台と上部構造を剛結し伸縮装置や支承を省略できる橋台ジョイントレス構造に関する規定などが追加された。

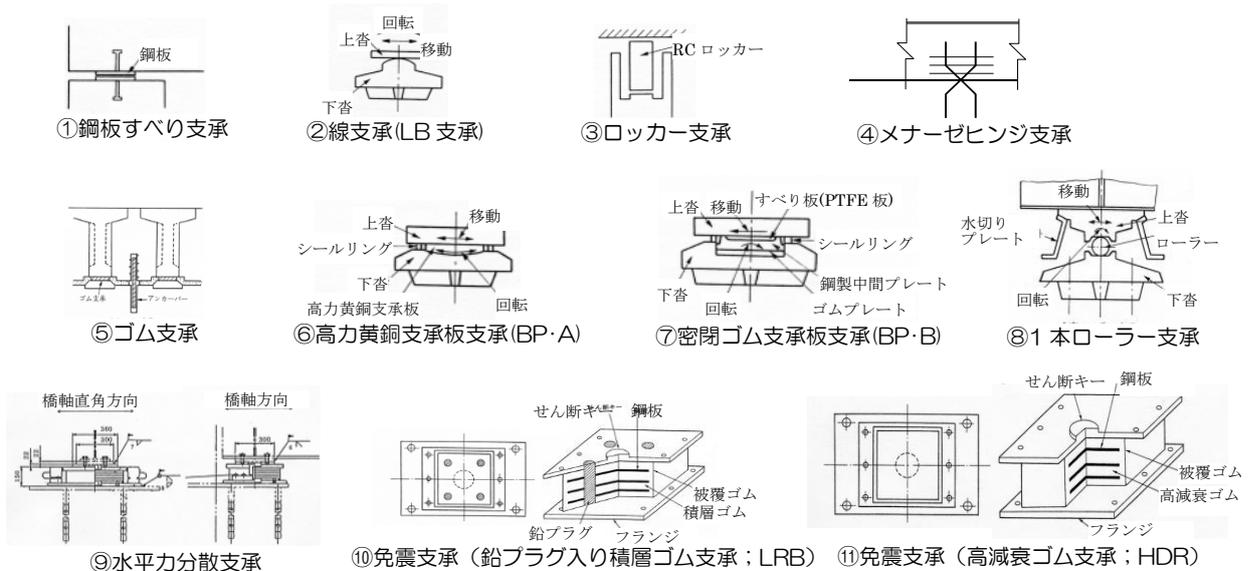
表 2.2 道路橋下部構造設計指針の変遷

制定年月	基準名称
昭和 39 年 3 月	道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計篇
昭和 41 年 11 月	道路橋下部構造設計指針 調査および設計一般篇
昭和 43 年 3 月	道路橋下部構造設計指針 橋台・橋脚の設計篇、直接基礎の設計篇
昭和 43 年 10 月	道路橋下部構造設計指針 くい基礎の施工篇
昭和 45 年 3 月	道路橋下部構造設計指針 ケーソン基礎の設計篇
昭和 48 年 1 月	道路橋下部構造設計指針 場所打ちぐいの設計施工篇
昭和 51 年 8 月	道路橋下部構造設計指針・同解説 くい基礎の設計篇改訂
昭和 52 年 12 月	道路橋下部構造設計指針・同解説 ケーソン基礎の施工篇改訂
昭和 55 年 5 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編
昭和 59 年 2 月	鋼管矢板基礎設計指針
平成 2 年 2 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編
平成 3 年 7 月	地中連続壁基礎設計施工指針
平成 6 年 2 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編
平成 8 年 12 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編
平成 9 年 12 月	鋼管矢板基礎設計施工便覧
平成 14 年 3 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編
平成 24 年 3 月	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編

(6) 支承の基準の変遷

昭和 30 年代までは、鋼板すべり支承（図中①）、線支承（図中②）など簡易な形式が多かったが、昭和 40 年以降から、支承板支承(BP-A、BP-B)が開発され、伸縮量の大きな形式に適用された。

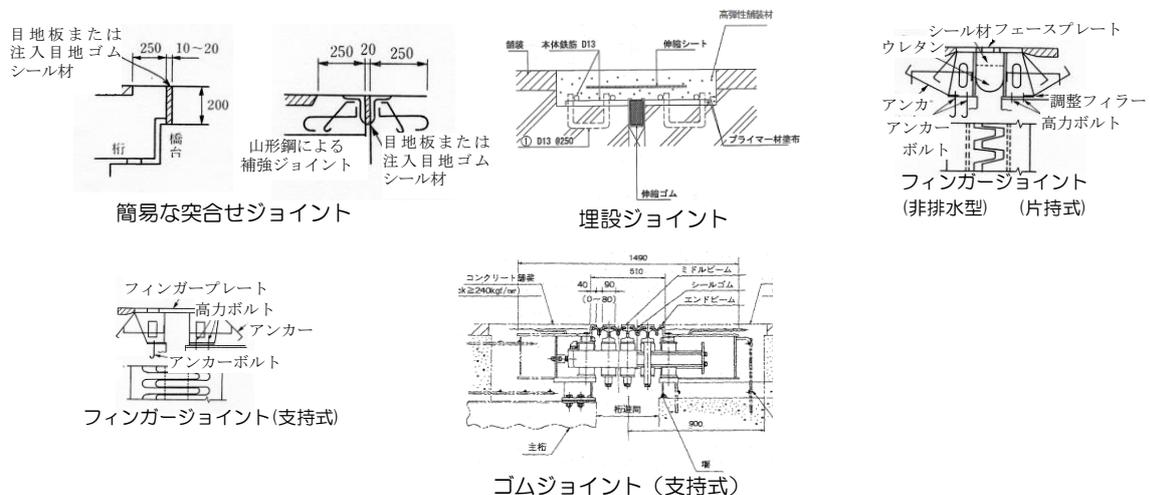
1996(平 8)年の道示改訂以降では、兵庫県南部地震 1995(平 7)年の経験を踏まえ、支承部は、地震時に上部構造に作用する慣性力を下部構造に確実に伝達できるものでなければならぬとして、水平力分散支承（図中⑨）、免震支承（図中⑩、⑪）等が採用されるようになった。



(7) 伸縮装置の基準の変遷

昭和 40 年代までは、簡易突合わせジョイントが多かったが、昭和 50 年以降から、鋼製フィンガージョイントが開発され、伸縮量の大きな形式に適用された。さらに、桁端部の漏水により主部材の腐食等を防止するために、非排水型伸縮装置が採用された。

平成元年以降は、橋梁の多径間化、ノージョイント化に伴い、埋設ジョイントの採用が増加した(伸縮量 50~100mm にも対応可能)。

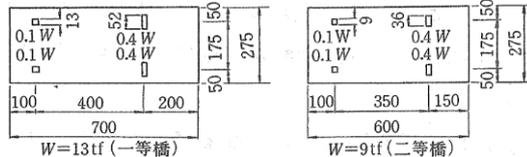
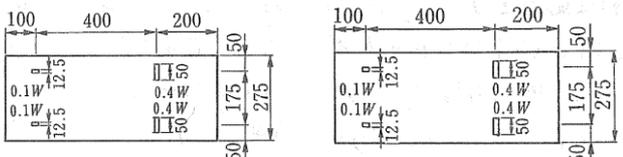
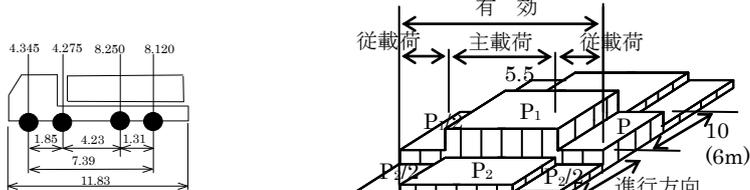


(8) 車両大型化

1956(昭 31)年鋼道路橋設計示方書により、一等橋 TL-20、二等橋 TL-14 で設計するように定められた。

道路交通法で自動車荷重の制限値が 25tf に変更されたことに合わせ、1994(平 6)年に道路橋示方書が設計荷重を中心に改訂された。

旧設計基準により設計施工された橋梁に対して、大型化対策として、外ケーブルによるプレストレス導入工法、炭素繊維シート接着、床版増厚工法等が適用される。

示方書 改訂年度	設計活荷重およびモデル車両
1939(昭 14)年	<p>車両荷重</p> <ul style="list-style-type: none"> 一等橋: 13tf $L < 30m$ 500kgf/m² $30m \leq L \leq 120m$ (545 - 1.5L)kgf/m² 二等橋: 9tf $L < 30m$ 400kgf/m² $30m \leq L \leq 120m$ (430 - L)kgf/m²  <p style="text-align: center;">W=13tf (一等橋) W=9tf (二等橋)</p>
1956(昭 31)年	<p>車両荷重</p> <ul style="list-style-type: none"> 一等橋: 20tf(TL-20) $L-20$ $a \times 5,000$ $a \times 350$ $a \times (430 - L)$ kgf/m kgf/m² kgf/m² 二等橋: 14tf(TL-14) $L-14$ 一等橋の 70%  <p style="text-align: center;">W = 20tf < T-20荷重 > (一等橋) W = 14tf < T-14荷重 > (二等橋)</p>
1994(平 6)年～	<p>車両荷重</p> <ul style="list-style-type: none"> 国道・県道等の橋: B活荷重 市町村道の橋: 大型車交通量に応じてA活荷重またはB活荷重を適用 B活荷重(A活荷重) <p>L荷重: 等分布荷重P_1: 1000kgf/m² 载荷長 10m(6m) 等分布荷重P_2: 350kgf/m²</p> <p><モデル車両 25t 車> <B活荷重(A活荷重)モデル></p> 

(9) その他補修設計時の留意点

1) 鋼橋の歴史

日本初の鋼橋は1868年（慶応4年）に架設された長崎市のくろがね橋である。大正期以降の鋼橋は、一般的には工場や現場でリベット接合により組立てられていた。1952年（昭和27年）に溶接構造用圧延鋼材がJISで規定されたのを受け、溶接鋼道路橋設計示方書が制定された。しかし、溶接時の変形量を事前に見込むことの難しさなどから普及が遅れ、工場において溶接接合による製作が一般化したのは、1955年（昭和30年）頃であった。

2) 鋼橋のたわみ制限

1964年（昭和39年）の示方書でたわみ制限が緩和（例：鋼I桁橋 L/600からL/500）されたこともあり、1972年（昭和47年）頃までの間に設計、建設された橋は、高張力鋼の導入や溶接構造の採用とあいまって、相対的に活荷重応力度が高くなり、また橋全体の剛性も小さく、たわみやすい橋梁となっており、疲労損傷などに注意が必要である。

3) 鋼橋の疲労設計

設計荷重に近い活荷重が比較的多く繰り返し載荷される鉄道橋では鋼部材の疲労の問題が早くから認識されてきたが、条件が異なる道路橋では疲労による損傷は生じにくいと考えられてきたため、道路橋示方書でも、鋼床版ならびに道路橋に軌道または鉄道を併用する場合などを除いて、一般には疲労を考慮しなくて良いとしていた。しかし、1980年（昭和55年）頃から、鋼道路橋の接合部材の疲労損傷がしばしば報告されるようになり、2002年（平成14年）に改訂された道路橋示方書では、疲労設計を行うことが新たに規定された。

4) 高力ボルトの遅れ破壊

高力ボルトに一定の引張荷重が加えられているとき、ある時間経過した後、外見上はほとんど変形することなく突然脆性的に破壊（遅れ破壊）することがある。

高力ボルトの遅れ破壊に関しては、昭和40年代前半にF13Tボルトを用いて問題となったため、それ以降はF11Tボルトが主に使用されるようになったが、昭和50年代に入りF11Tボルトにも遅れ破壊が生じたことから再び問題となった。

現在、遅れ破壊が問題になっているのは、主に昭和46年～52年頃に用いられたF11Tボルトである。

遅れ破壊が生じている高力ボルト継手では、F10Tボルトへ交換することが重要であるが、軸力の低下による接合耐力の低減が問題となる。ボルト径を太くする、本数を増やす等の対応が考えられるが、既設鋼構造物を供用しながらの工事は容易ではないため、実施が難しく維持管理上の重要な検討課題となっている。

5) 鉄筋の形状

架設年次の古い（昭和中期以前）のRC桁は、付着力の劣る丸鋼を使用していること、スターラップの径が細いこと、かぶりが少ないことなどから、現行構造物と比較して耐荷力に劣るとともに、劣化因子の侵入に対する抵抗性も小さい構造である。

1956年（昭和31年）のコンクリート標準示方書から異形鉄筋が加わったが、昭和32年の標準設計図ではまだ丸鋼を使用している。この標準図ではかぶりが25mmと少ないため（現行基準では、通常地域で35mm、塩害影響地域Ⅲで50mm、塩害影響地域Ⅱで70mm）凍結防止剤からの塩分の浸透、中性化の進行による劣化が早期に進行する。

特に、豆板、空洞等が見られる施工不良の橋梁は、「かぶりの薄いスターラップの腐食⇒スターラップ径が細くて破断⇒せん断ひびわれの発生（せん断耐力低下）」と損傷が進行するため、耐荷力の低下に留意する必要がある。（当時の構造は曲げ上げ鉄筋があり、スターラップだけでせん断力を負担しているわけではないが、せん断破壊は脆性的であるため注意が必要）

6) 鉄筋コンクリート床版の歴史

昭和40年代後半から疲労による床版下面のひびわれ発生とコンクリート剥落が見られるようになり、やがて鉄筋が健全であるにも係らずコンクリートのみが抜け落ちる現象が発生した。床版抜け落ちが顕在化した後の昭和47年には床版厚、床版支間、配力鉄筋量などの疲労に係る基準改正がなされた。その後も床版の設計基準は改定を重ねて現在に至っている。

7) 床版防水工

平成3年以前に完成した橋梁は、床版防水工がなされていない可能性が高い。舗装打換えに伴い発生する不陸調整を適切に実施したうえで、防水性能に優れ施工実績も多いシート系防水層（床版表面に凹凸が多い場合は、塗膜系防水層）により床版防水工を実施する。なお床版防水工は歩道下、歩車道境界への水の浸入も防止する必要がある。

平成14年の道路橋示方書改訂に伴い、橋面舗装をアスファルト舗装とする場合は防水層を設置することが条文で示された。

8) PC橋の歴史

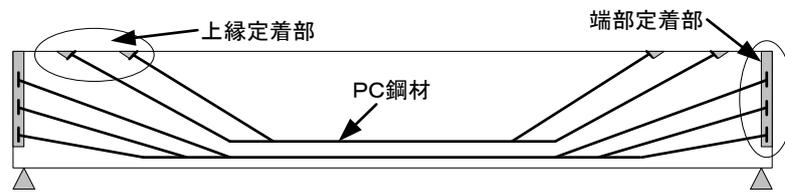
日本初のPC橋は1951年（昭和26年）に架設された石川県七尾市の長生橋である。その2年後（1955年）に土木学会からPC橋の基準として「プレストレストコンクリート設計施工指針」が初めて制定された。つまり、これ以前のコンクリート橋はRC橋である。

9) PCグラウト材の変遷（ポストテンションPCの場合）

グラウトの充填不良箇所では、ダクト内部の空隙に雨水が浸透し、凍結膨張によりひびわれが生じて遊離石灰が発生する。鋼材の腐食が生じると錆汁が流出する。平成8年以前は、ブリーディングの発生するグラウト材の使用、中間排気口の未設置、グラウトホースの折曲り等によりグラウトの充填不足が生じやすい。

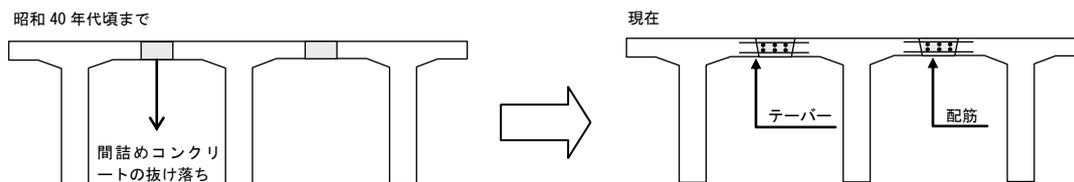
10) PC鋼材の床版上面定着（ポストテンションPCの場合）

平成5年以前のPCT桁（ポストテンション）は、主桁上縁にPC鋼材を定着しており、橋面から水が浸入しやすくなっているため注意が必要である。



11) PCT桁の床版間詰め部形状

PCT桁橋の床版間詰め部は、プレテンション桁においては、昭和46年改正から、ポストテンション桁においては昭和44年制定からテーパーが付けられるようになり、連結鉄筋により桁と床版が結合されるようになった。従ってこれ以前の橋梁は、床版と桁の打継ぎ目からの漏水、輪荷重による疲労などにより損傷が進行すると、間詰めコンクリートが抜け落ち、安全性に影響を及ぼすことから留意する必要がある。



12) 道路橋の塩害対策指針（案）

近年、海岸線近くに位置するコンクリート構造物において、塩分が浸透し内部の鋼材が腐食することでコンクリートにひびわれ・剥離が生じる「塩害」が深刻化している。道路橋においては、1984年（昭59）に新設橋に対して海からの飛来塩分に起因する塩害への対策として「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」が出版され、一定の成果を上げている。

13) アルカリシリカ反応の抑制対策

アルカリシリカ反応（ASR）が我が国で報告されて以降、ASR対策に関して様々な検討がなされてきている。1986年には、旧建設省がASR抑制対策について、(1)コンクリート中のアルカリ総量を 3kg/m^3 以下にする、(2)抑制効果のある混和材の使用、(3)無害な骨材の使用、の3つの対策を示している。この抑制対策が講じられて以降、ASRにより劣化した構造物は減少しており、上記の抑制対策は、非常に有効であると考えられる。

14) 緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム（H17～H19）

緊急輸送道路の耐震補強3箇年プログラムとして、平成17年度から平成19年度までの3箇年を対象期間として、新幹線、高速道路を跨ぐ橋梁の耐震補強が重点的に実施された。具体的には、道路管理者が選定した対象路線にある昭和55年道路橋示方書より古い基準を適用した橋梁のうち、特に優先的に耐震補強を実施する必要のある橋梁に対して、コンクリート製単柱橋脚の段落し部の補強、両端が橋台では単純桁の落橋防止システムの設置などが行われた。

3. 補修補強の実施方針

3.1 補修補強の要否判定

橋梁の補修補強は、各点検および詳細調査の結果、補修補強が必要と判断された損傷に対して実施するものとする。

補修の要否判定は、その損傷が道路交通の安全、橋梁の耐荷性、耐久性、第三者にあたえる影響、補修に要する費用、維持管理の優先順位などを総合的に検討して決定する。

【解説】

(1) 補修補強の要否判定

定期点検結果（「健全度ランク」、「対策区分の判定」、「損傷写真」、「損傷図」など）を参考に、各部材の補修補強の要否判定を行う。

定期点検結果のみでは補修補強の要否判定が困難な場合は、必要に応じて詳細調査（外部委託）を実施する。

福島県橋梁調査点検マニュアル（案）¹における健全度ランクの定義を表 3.1 に示す。

表 3.1 健全度ランク

健全度 ランク	判定区分	備考
1	健全	損傷が認められない
2	対策不要	損傷が軽微で補修を行う必要がない
3	状況に応じ早めに対策	状況に応じて補修を行う必要がある
4	早急に補修補強	速やかに補修等を行う必要がある
5	緊急対応の必要	緊急対応の必要がある

¹ 福島県橋梁調査点検マニュアル（案）平成 25 年 3 月 福島県土木部

(2) 補修補強の要否判定と補修工法選定の流れ

補修補強の要否判定とその後の補修補強工法選定の流れを図 3.1 に示す。

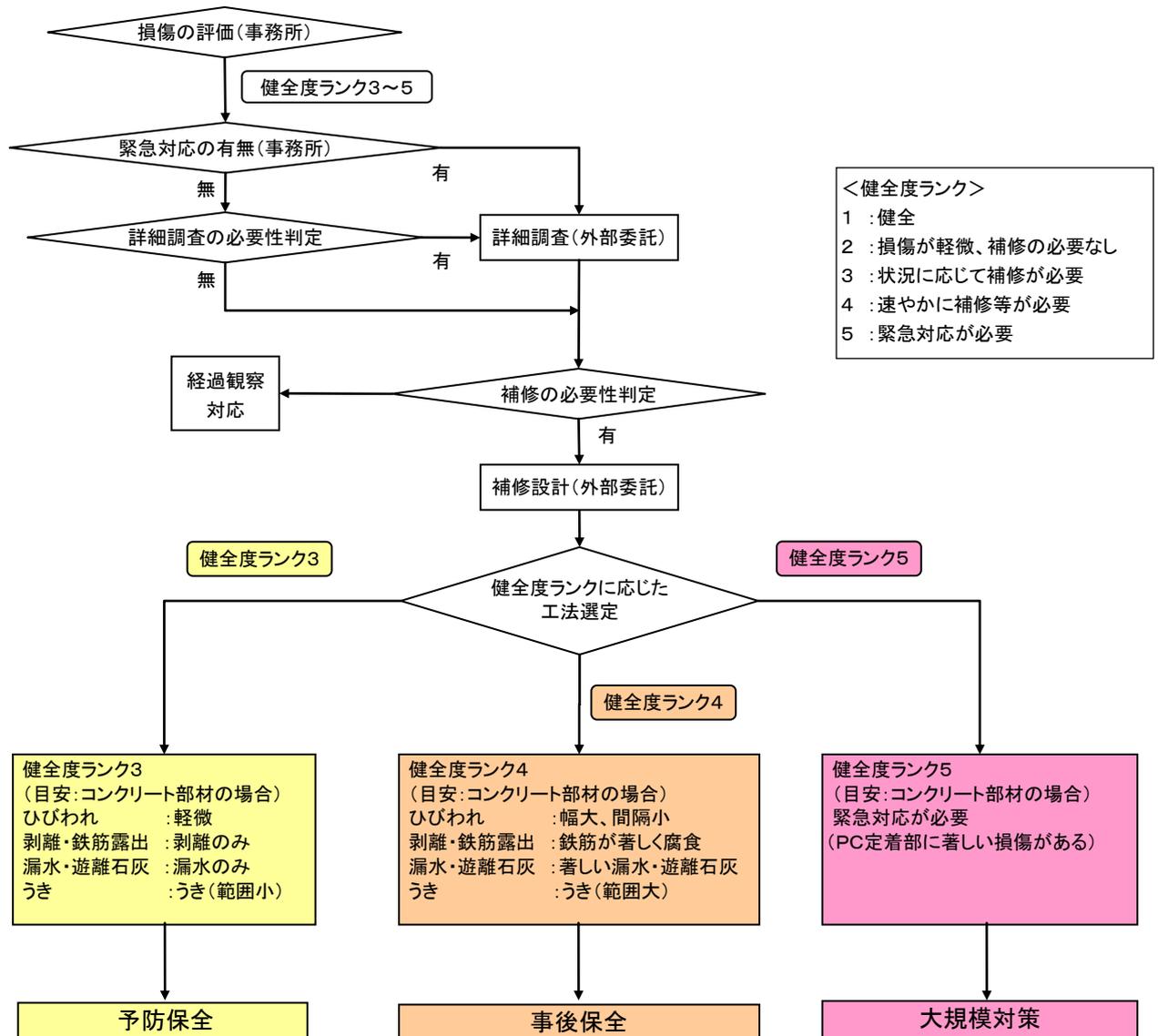


図 3.1 補修の要否判定および補修工法選定の流れ

(3) 橋梁の重要度と維持管理レベル

福島県道路長寿命化計画²では橋梁の重要度に応じて、維持管理レベルを設定し、メリハリの
ある維持管理の実現を目指している。

表 3.2 に橋梁の重要度と維持管理レベルの関係について示す。

表 3.2 橋梁の重要度と維持管理レベル

橋梁の重要度	維持管理レベル	内容
重要度：大 [グループA]	予防保全型(予防保全を 基にした維持管理)	(1) 劣化が顕著化した後では、対策が困難なもの。 (2) 劣化が外へ表れては困るもの。 (3) 設計耐用期間が長いもの。
重要度：中 [グループB]	事後保全型(事後保全を 基にした維持管理)	(1) 劣化が外に表れてからでも対策が可能なもの。 (2) 劣化が外へ表れても機能に影響しないもの。
重要度：小 [グループC]	観察保全型(目視観察を 主体とした維持管理)	(1) 可能な限り使用し続けるもの。 (2) 第三者影響度に関する安全性を確保できるもの。

(4) 橋梁の重要度に応じた補修補強の優先順位付け

各年度の補修計画は、各部材に対して、表 3.3 に示すように部材の健全度ランク、橋梁の重
要度に基づき優先順位付けを行う。

表 3.3 橋梁の重要度と補修補強の優先順位²

健全度 ランク	状態	対策工法の優先順位(施設重要度別)		
		重要度：大 [グループA]	重要度：中 [グループB]	重要度：小 [グループC]
1	損傷無し	—	—	—
2	軽微な損傷	—	—	—
3	損傷あり (維持工事に対応可)	③予防保全	予防保全	予防保全
4	安全性に影響をおよ ぼす損傷あり	②事後保全	④事後保全	事後保全
5	安全性が著しく損な われている	①緊急対策	①緊急対策	①緊急対策 または更新

○内の数字は優先順位

² 福島県道路長寿命化計画 『荒廃する“ふくしま”』としないために 平成 23 年 3 月 福島県土木部

3.2 補修補強工法の選定方針

- ・補修補強により得られる耐久性の改善度合いは、それぞれの工法によって異なるため、補修補強工法や実施時期の選定においては、ライフサイクルコストを念頭に置き、適切に選定する。
- ・補修補強工法は、損傷の原因を十分把握し、損傷の規模、範囲に応じて工法の組合せ、補修効果、施工性、経済性などを検討して選定する。
- ・補修補強工法の選定にあたっては、環境・景観にあたる影響についても考慮しておくのが望ましい。

【解説】

(1) 補修補強工法の選定

部材ごとに複数の補修補強シナリオ（工法の組合せ）案を設定し、シナリオ毎にライフサイクルコスト（LCC）を算出する。補修補強工法のメニューには、長寿命化を図る工法を考慮するものとする。

原則としてLCC最小となる補修補強シナリオが望ましいが、最終的に施工性や環境・景観にあたる影響なども総合的に考慮して、補修補強工法を選定する。

(2) ライフサイクルコストの算出期間

福島県道路長寿命化計画³では予防保全型の維持管理により、長寿命化を図ることを基本としているため、LCC比較用に長期間の算出期間（橋梁の想定供用年数－これまでの供用年数）とした。

平成24年3月に改訂された道路橋示方書・同解説 [I 共通編]⁴ (p6) にて「耐久性に関する項目については、(略) 100年間を目安に設定されている。」との記載があることから、橋梁の想定供用年数を概ね100年とした。

ただし、改良による架替え計画等がある場合は、それまでの期間とする。

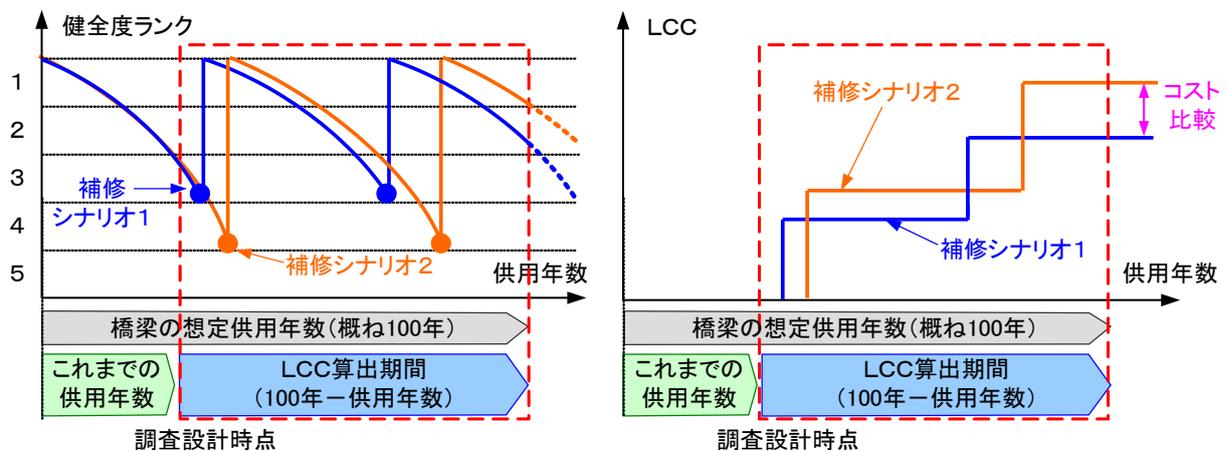


図 3.2 ライフサイクルコストの算出イメージ

³ 福島県道路長寿命化計画 『荒廃する“ふくしま”』としないために 平成23年3月 福島県土木部

⁴ 道路橋示方書・同解説 [I 共通編] 平成24年3月 社団法人 日本道路協会

3.3 架替え検討

- ・耐荷力不足により損傷している橋梁、損傷が著しい橋梁、補修設計時に供用から 100 年程度経過している橋梁については、架替えまたは補強の検討を行う。
- ・架替えか補強かの判断は、補修設計時に経済性、機能性、老朽化の度合い等を考慮して決定するものとする。

【解説】

以下に該当する橋梁は、必要に応じて架替え又は補強の検討を行う。

①耐荷力不足により損傷している橋梁

耐荷力不足により深刻な損傷（例：橋梁点検⁵における健全度ランク 4 以上）が発生している場合、大型交通の規制または架替え、補強を検討する。路線の重要性等から重量規制が可能な場合は、補修のみの対応も可とする。

②損傷が著しい橋梁

鋼主部材の破断やき裂、下部構造の沈下等が発生している橋梁は、補修との L C C 比較により対応を決定する。表 3.4 に損傷が著しい橋梁の事例を示す。

表 3.4 損傷が著しい橋梁の事例

着目部材		状態など
上部工	鋼橋	<ul style="list-style-type: none"> ・腐食による板厚減少が主桁の広範囲で確認される。 ・主部材の複数箇所疲労き裂が発生している。
	RC橋	<ul style="list-style-type: none"> ・主鉄筋に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている。 ・剥離、鉄筋露出が広範囲で確認され、鉄筋の腐食が著しい。 ※凍結防止剤を多く散布する路線の橋梁や海岸近くの橋梁において特に留意が必要
		<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷力不足によるひびわれが広範囲で確認される。 ※せん断ひびわれ、ゲルバー部のひびわれに特に留意が必要
PC橋	<ul style="list-style-type: none"> ・PC鋼材に沿ったひびわれが広範囲で確認され、錆汁混じりの遊離石灰も生じている。 ・剥離、鉄筋露出が広範囲で確認され、鋼材の腐食が著しい。 ※凍結防止剤を多く散布する路線の橋梁や海岸近くの橋梁において特に留意が必要 	
下部工		<ul style="list-style-type: none"> ・沈下、移動、傾斜が著しい(対策が困難)。 ・アルカリ骨材反応により著しい損傷が発生している。

③補修設計時に供用から 100 年程度経過している橋梁

主部材の耐力を十分に精査し、必要に応じて架替えまたは補強を検討する。

⁵ 福島県橋梁調査点検マニュアル(案) 平成 25 年 3 月 福島県土木部

3.4 第三者被害防止

こ線橋やこ道橋のようにコンクリート片の剥落により第三者に被害を与える可能性がある橋梁は、適切な第三者被害防止対策を施すものとする。

【解説】

コンクリート片の剥落によって第三者被害が予想されるこ線橋やこ道橋などでは、剥落防止を行なうものとする。確実にコンクリート片の落下防止を行うために、メッシュ工法、シート系工法を基本とする。

また、対象範囲はコンクリート片の飛散を考慮して交差物の端部から両側に 3m または交差物端部からふ角 75° 以上のうち広い範囲以上とする（図 3.3 参照）。

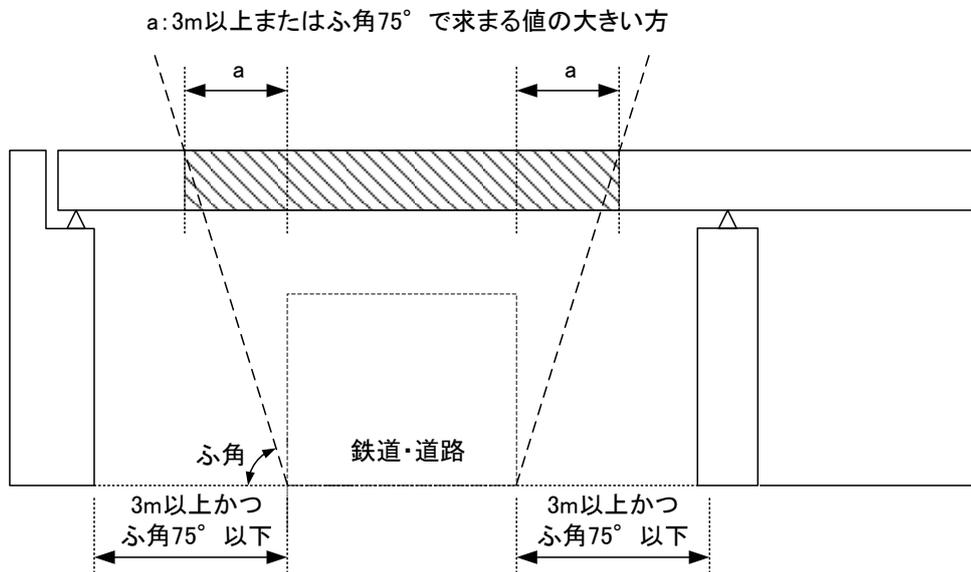


図 3.3 第三者被害防止を施す範囲

3.5 補修補強後の記録

- 各補修補強工法の実施後は、その工法の耐久性や効果などの持続性を把握するために、補修箇所を追跡点検を実施し、経年劣化の状態を記録しておくことが望ましい。

【解説】

(1) 補修補強後の橋梁点検

補修補強工事後は福島県橋梁調査点検マニュアル（案）⁶に基づいた橋梁点検を実施し、補修補強後の状態を記録する。

その際、補修補強工事により回復した損傷箇所がわかるように、損傷図を作成する必要がある。図 3.4 に橋梁点検マニュアルに基づく損傷図の作成イメージを示す。

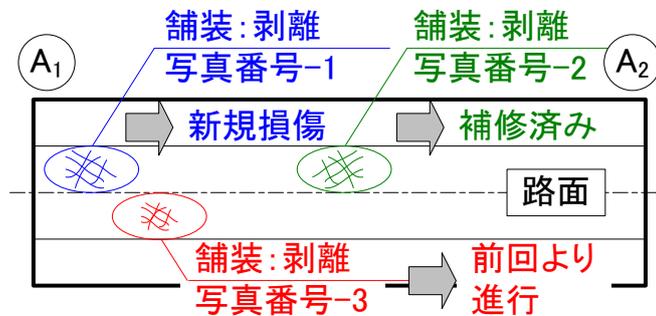


図 3.4 損傷図の作成イメージ

⁶ 福島県橋梁調査点検マニュアル(案) 平成 25 年 3 月 福島県土木部

(2) 補修補強後の再劣化確認方法

各補修補強の実施後は、その工法の耐久性や効果などの持続性を把握するために、表 3.5 に示す方法等により補修補強箇所の状況を継続的に確認することが望ましい。

表 3.5 補修施工後の確認項目および調査方法例

部材名	補修・補強工法	重要部位・箇所	確認項目	調査・試験方法
鋼部材	塗装塗替え		塗装仕様	外観目視、塗膜厚測定
	当て板補強工法 部材取替え工法	<ul style="list-style-type: none"> ・補修鋼材 ・現場溶接部 ・高力ボルト設置部 	補修鋼材取付け	外観目視
			現場溶接	外観目視、溶接ビードのど厚測定(すみ肉溶接)、超音波探傷試験(開先溶接)
	ボルト交換工法	・高力ボルト設置部	高力ボルト締付け	外観目視、たたき試験
RC床版 (鋼橋)	ひびわれ補修工法		ひびわれ	外観目視(クラックゲージ等)
	連続繊維シート 接着工法	・炭素繊維シート	表面処理	外観目視
コンクリート部材	断面修復工法		ひびわれ	外観目視(クラックゲージ等)
			鉄筋ピッチ、かぶり	電磁波レーダ法(RCレーダ)
	連続繊維シート 接着工法	・炭素繊維シート	表面処理	外観目視
支承	支承取替工	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャッキアップ量 ・ジャッキの支点反力 ・アンカーボルト ・据付高さ 	ジャッキアップ管理	ジャッキアップの施工時管理
			アンカーボルト定着長	超音波探傷試験
			据付精度 (土木工事管理基準参照)	計測(精度) 支承高さ±5 mm 支承中心間隔(直角)±5 mm 伸縮装置仕上げ高さ 舗装面から 0~-2 mm

4. 橋種別における設計等の留意点

4.1 各橋種共通の長寿命化方針

(1) 福島県における地域性

対象橋梁の地域特性を考慮して適切な補修工法を選定する。福島県のほぼ全域で凍結防止剤を散布しているが、特に散布量が多い地域や路線上の橋梁については、漏水・滞水箇所において凍結防止剤による塩害が急速に進行する恐れがあるため注意が必要である。

【解説】

①地域による劣化要因の違い

浜通り 太平洋沿岸：岸飛来塩分による塩害の恐れがある（海岸線からの距離 200m 以内※）

中通り 都市部、低温：凍害及び凍結防止剤による塩害の恐れがある地域

会津 山間地、豪雪：凍害及び凍結防止剤による塩害の恐れが高い地域

※道路橋示方書・同解説⁷における塩害の影響地域（福島県：地域区分C、対策区分S～III
[海岸線から 200m まで]）

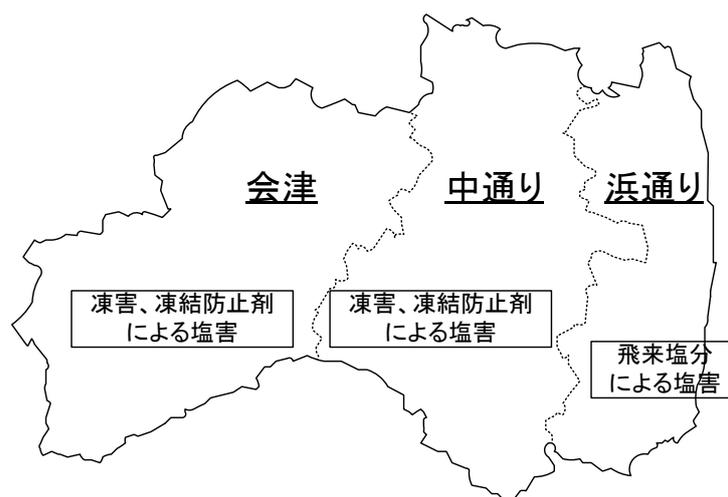


図 4.1 地域による劣化要因の違い

②地域性を考慮した補修工法の選定例

浜通り 飛来塩分による塩害対策として、海岸線から 200m 以内の橋梁については、コンクリート部材の表面保護（表面被覆工法）を積極的に実施する。伸縮装置等からの漏水対策は積極的に実施。

中通り 凍害、凍結防止剤による塩害対策として、必要に応じてコンクリート部材の表面保護（表面含浸工法）、床版の複合防水などを採用する。伸縮装置等からの漏水対策は積極的に実施。

会津 凍害、凍結防止剤による塩害対策として、コンクリート部材の表面保護（表面含浸工法）、伸縮装置等からの漏水対策、床版の複合防水などを積極的に実施する。

⁷ 道路橋示方書・同解説[IIIコンクリート橋編] 平成 24 年 3 月 社団法人 日本道路協会

(2) 漏水対策

伸縮装置からの漏水や地覆からの回り水など橋面からの雨水は、橋梁の劣化進行を早めるため補修設計時に適切な対策を検討する必要がある。

【解説】

①伸縮装置の非排水機能の回復

伸縮装置が非排水構造となっていない場合、または非排水化機能が損失している場合は、非排水化機能を回復するための対策工を実施する。伸縮装置を非排水化する構造としては、乾式止水材構造、止水ゴム構造、止水材充填工法などがある。対策工法の選定にあたっては、施工性、構造的性、経済性と併せて施工後の損傷例（止水材の再脱落の有無）などに着目して選定する必要がある。恒久対策実施までに損傷の進行が懸念される場合は、応急対策として仮樋を設置するなどについて検討する必要がある。

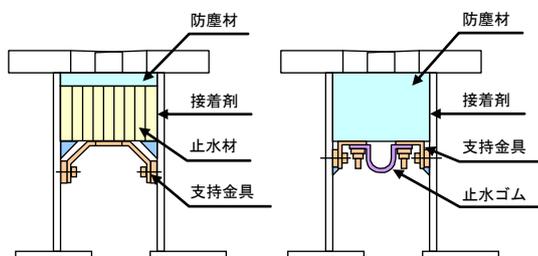


図 4.2 伸縮装置の非排水化例

②張出し部水切り機能の回復

張出し床版に水切りを設けていない橋梁は、地覆からの回り水により、張出し床版下面の損傷を引き起こすこととなる。従って、水が回り込まないように張出し床版下面に 20mm 程度以上の突起（発泡面木、プレート等）を設けるものとする。

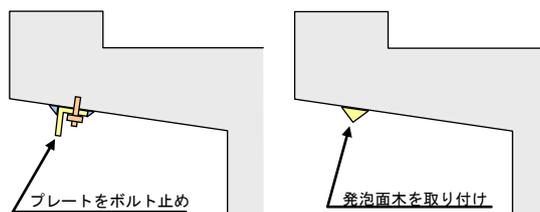


図 4.3 張出し床版の後付水切り構造例

③床版防水機能の回復

舗装打換えに伴い発生する不陸調整を適切に実施したうえで床版防水工を実施する。床版防水工は歩道下、歩車道境界への水の浸入も防止する必要がある。

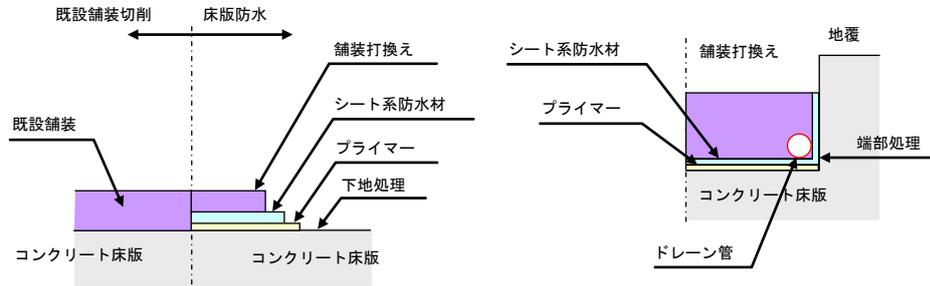


図 4.4 床版防水工

④排水管の対策

排水管に損傷があり沓座面、上部工部材に排水が垂れ流されている場合、排水管が短くて風の吹き上がりで排水が部材に飛沫している場合などは、排水管を補修する必要がある。

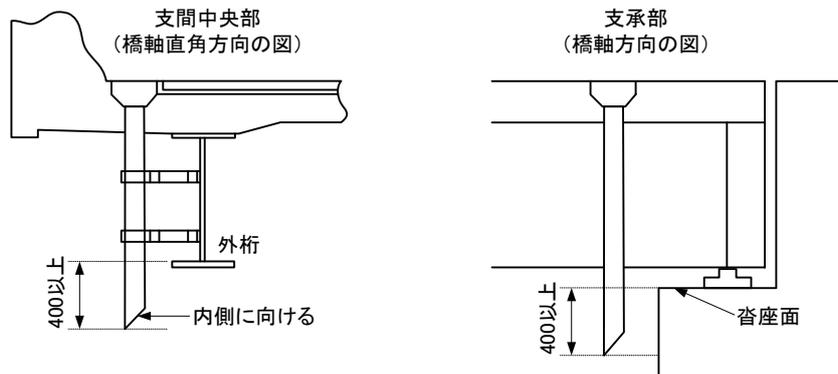


図 4.5 排水管の下フランジへの固定方法例（垂れ流しの場合）

⑤流末処理の対策

床版に設置した水抜き孔、伸縮装置の樋に設置したドレーンの流末が適切ではなく、橋座面、上部工部材に排水が垂れ流されている場合は、流末を排水管に接続する必要がある。

排水管に接続が困難な場合は、桁に水がかからない様に適度な長さを設定し、下フランジ等へ固定する。

⑥定着部後打処理部の対策

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

(3) 簡易な予防保全対策

橋梁の長寿命化に有効な軽微な損傷の対策（簡易な予防保全対策）についても、補修設計時に考慮し、補修計画に組み込みことが重要である。

【解説】

早期に対応することで橋梁の長寿命化に有効な損傷事例を以下に示す。

支承付近の土砂堆積



伸縮装置の土砂詰まり



排水ますの土砂詰まり



路面の土砂堆積



排水管の損傷



桁端部からの漏水



4.2 コンクリート構造物における設計等の留意点

(1) 補修・補強工法選定のための調査手法

1) 損傷原因の推定

適切な補修を実施するためには、設計・施工、維持管理段階で蓄積された既存資料および点検結果より、損傷原因を推定することが必要である。

【解説】

コンクリート構造物の主な損傷と損傷原因を表 4.1 に示す。

表 4.1 コンクリート構造物の主な損傷と損傷原因

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	
ひびわれ	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

2) 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。

【解説】

コンクリート構造物の主な調査・試験項目を表 4.2 に示す。

表 4.2 コンクリート構造物の主な調査・試験項目

調査項目	調査方法	目的
ひびわれ範囲調査	①外観調査	ひびわれ範囲、位置、形状などを詳細に把握
コンクリートのうき・剥離調査	②たたき試験	外観目視では把握できないうき・剥離範囲を把握
圧縮強度調査	③反発硬度法(表面強度)	簡易な手法によりコンクリートの圧縮強度を推定
コア採取(室内試験)	④圧縮強度試験 ⑤中性化試験、 ⑥塩化物イオン量試験	コア採取箇所における中性化深さ、圧縮強度、深さ方向の塩化物イオン含有量を比較的正確に把握
	⑦残存膨張量試験 (JCI-DD2法、カナダ法、デンマーク法など)	採取したコアの残存膨張量を計測し、アルカリ骨材反応の今後の進展性を推定
鉄筋腐食度・かぶり厚調査	⑧はつり調査	着目箇所における鉄筋腐食度およびかぶり厚を直接的に把握
表面付着塩分量調査	⑨付着塩分量計測	表面に付着している塩化物量を比較的簡易な手法により推定

各調査方法の詳細については、「コンクリート診断技術 公益社団法人 日本コンクリート工学会」などの文献を参照のこと。

コンクリート構造物における損傷の種類、劣化要因別の調査・試験項目選定フローを図 4.6 に示す。

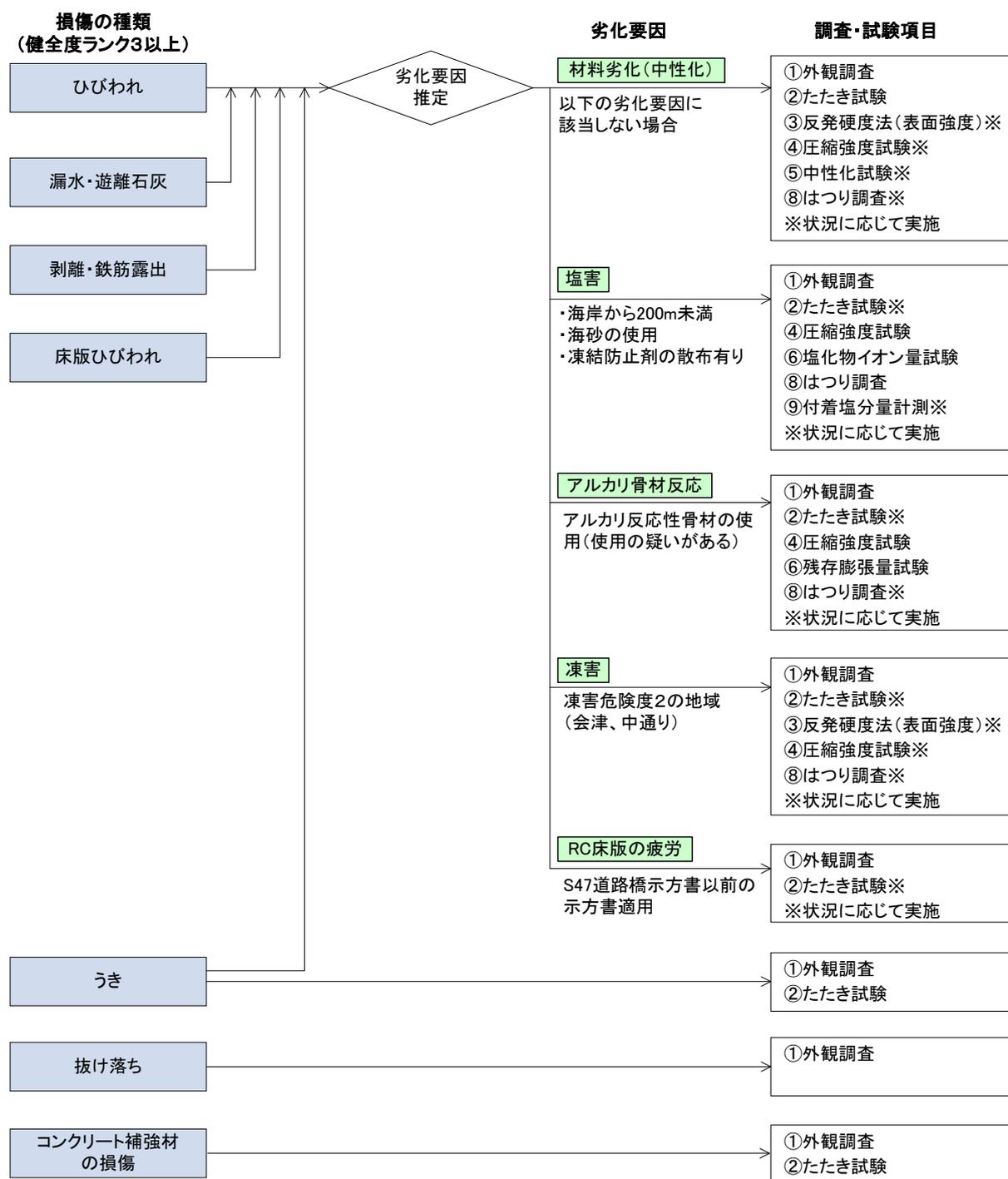


図 4.6 損傷の種類、劣化要因別の調査・試験項目選定フロー (コンクリート構造物)

< 調査方法の概要 >

①外観調査、②たたき試験

<概要>

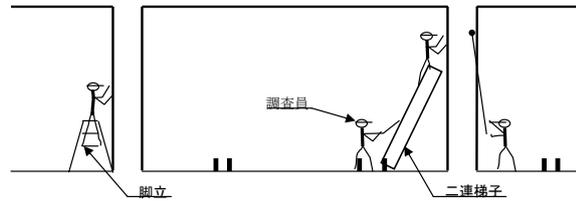
調査項目および記録方法を下表に、変状の凡例を左表に示す。また、右図にたたき点検の調査方法概念図を示す。

目視調査では、可能な範囲でひびわれ、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）からうきや表面近傍の内部欠陥の有無を判定する。なお、第三者に影響があると思われるうき、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
ひびわれ	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
うき、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>



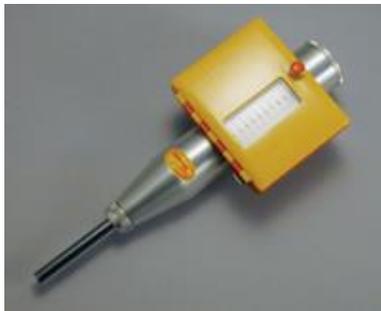
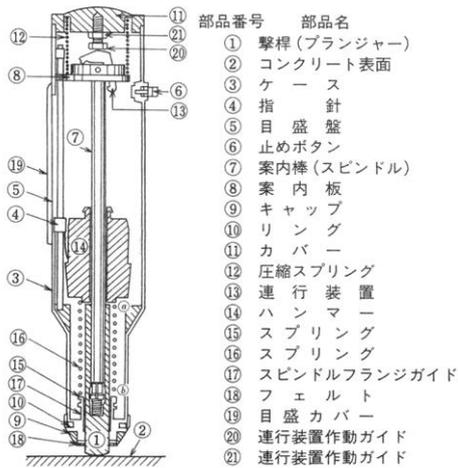
項目	表示法	項目	表示法
ひびわれ (mm)		漏水跡	
角落ちのあるひびわれ		遊離石灰	
欠落および剥離		鉄筋露出・腐食	
空洞・豆板		施工目地	
ジョイントおよび打継ぎ損傷		コンクリートの浮き上がり	
補修跡		その他	

③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。

測定方法は JIS A 1155 を基本とする。



<測定手順>

測定手順を以下に示す。

①測定箇所の選定

- 厚さが 100mm 以上の床版、または1辺の長さが 150mm 以上の断面をもつ柱やはり部材のコンクリート表面
- 部材の縁部から 50mm 以上離れた内部を選定
- 表面組織が均一で、かつ平滑な平面部を選定

②表面の処理

- 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

- 環境温度が 0~40℃の範囲で実施する。
- ハンマーが測定面に常に垂直方向になるように保持しながら、ゆっくりと押し打撃
- 1箇所の測定では、お互いに 25~50mm の間隔をもった 9 点について測定する。
- 反発度は、1 箇所の有効な計測値の平均値とする。

④圧縮強度試験、⑤中性化試験、⑥塩分含有量試験(室内試験)

<コア採取>

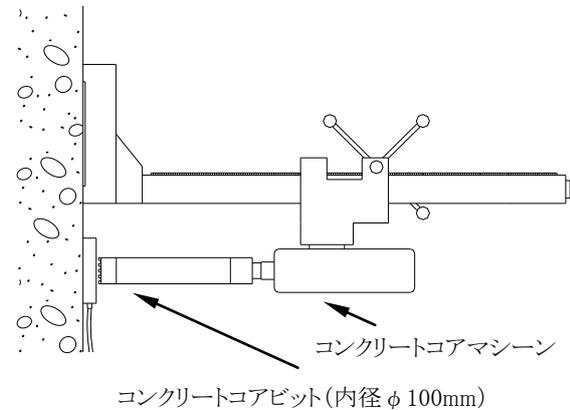
コア採取は、事前に鉄筋探査機で鉄筋位置を確認した後に、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮試験方法」に準じて、概念図に示すように、コンクリートコアマシンによりφ100mm×深さ200mm程度のコアを採取する。

採取後のコア孔は、ポリマーセメントモルタル等を用いて復旧を行う。

通常着目部材に対して、3箇所程度コア採取を行い、採取したコアから得られた値を平均して、部材の代表値とする場合が多い。

1つのコアで、圧縮強度試験、中性化深さ試験、塩化物イオン濃度試験の3試験を行うことができる。

<概念図>



<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。

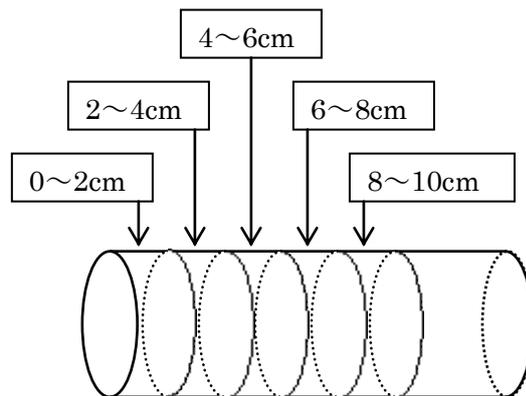
<中性化深さ試験>

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。

<塩化物イオン濃度試験>

採取したコアを深さ方向にスライスし(例えば2cmの間隔)、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により、各試料の塩化物イオン濃度を測定することで、コンクリート部材における深さ方向の塩化物イオン濃度分布を把握することができる。

<概念図>



塩化物イオン濃度試料採取位置図

⑦残存膨張量試験	
<p><概要></p> <p>採取したコアを用いて、膨張量試験を行い、アルカリ骨材反応の今後の進展を推測する。</p> <p>試験方法は JIS A 1145 を基本とする。</p>	<p>JIS A 1145 化学法</p> <p>粒度 0.15～0.3mm に調整した骨材試料 25g と 1N の NaOH 溶液 25ml を 80℃ の温度条件で 24 時間保持したときに得られたアルカリ濃度減少量 (Rc) と溶解シリカ量 (Sc) を判定図にプロットし、「無害」または「有害」を判定する。</p> <p><参考></p> <p>JIS A 1146 モルタルバー法</p> <p>モルタル供試体の膨張量を測定して、骨材のアルカリシリカ反応性を調べる試験である。セメントは、水酸化ナトリウムを加えて等価アルカリ量 $\text{Na}_2\text{O}=1.2\%$ に調整したものをを用いる。1回の試験に用いる供試体 (40mm×40mm×160mm) は 3本である。</p> <p>この方法は多量の骨材試料を必要とするため、既設構造物には現実的ではない試験である。</p>

⑧はつり調査																																						
<p><概要></p> <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われ調査、補修・補強指針-2009- (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>																																					
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>腐食度: 腐食なし (グレード: I)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>腐食度: A (グレード: II)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>腐食度: B (グレード: III)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>腐食度: C (グレード: IV)</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>腐食度: D (グレード: IV)</p> </div> </div>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">調査箇所</th> <th colspan="3">鉄筋状況</th> <th rowspan="2">腐食状況 (グレード)</th> </tr> <tr> <th>鉄筋径</th> <th>かぶり (mm)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>廻沢橋 主桁</td> <td>配力筋</td> <td>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>40</td> <td>表面錆 (III)</td> </tr> <tr> <td>横筋</td> <td>φ12</td> <td>75</td> <td>点錆 (II)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <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附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			腐食状況 (グレード)	鉄筋径	かぶり (mm)		廻沢橋 主桁	配力筋	φ9	48	なし (I)	仲川橋 橋台	縦筋	φ13	40	表面錆 (III)	横筋	φ12	75	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附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			腐食状況 (グレード)																																		
	鉄筋径	かぶり (mm)																																				
廻沢橋 主桁	配力筋	φ9	48	なし (I)																																		
仲川橋 橋台	縦筋	φ13	40	表面錆 (III)																																		
	横筋	φ12	75	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附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。																																				

(2) 補修・補強工法の選定

1) 適用可能な補修工法

対象とする損傷に応じて、適切な補修補強工法を選定する必要がある。

【解説】

コンクリート部材（主桁、床版、下部工躯体）に対して、一般的に適用される補修補強工法を表 4.3 に示す。

表 4.3 適用可能な補修補強工法の概要（コンクリート部材）

補修補強工法	概要	主な対応損傷
①断面修復工法	鉄筋の発錆等により生じた既設コンクリート構造物の剥離、剥落や劣化部を取り除いた断面欠損部に対して前処理を施した後、コンクリートやポリマーセメントモルタル等の断面修復材により復旧する工法	剥離・鉄筋露出
②ひびわれ補修工法 ・被覆工法 ・注入工法 ・充填工法	ひびわれ箇所に対し、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填し、水分や塩化物などの浸入を防止する工法	ひびわれ 床版ひびわれ
③表面被覆工法	コンクリート構造物(合成樹脂塗料やポリマーセメント塗布材など)で被覆し、コンクリートや内部の鋼材を劣化させる外部環境因子(酸素、水、炭酸ガス等)の浸透を遮断する工法	(劣化の進展抑制)
④表面含浸工法	所定の効果を発揮する表面含浸材をコンクリート表面から含浸させることで、コンクリート表面の組織を改質し、コンクリート表層部へ特殊機能(防水性、アルカリ性、表層部の固化等)を付与することでコンクリート構造物の耐久性向上を図る工法	(劣化の進展抑制)
⑤剥落防止工法	剥落防止を目的として、主桁下面、床版下面、下部工躯体、地覆など、剥落による第三者への被害を防止しなければならない箇所に表面被覆を適用する工法	剥離・鉄筋露出 うき
⑥床版防水工法	橋面から浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように床版上面に防水シートを接着または防水材を塗布する工法	漏水・遊離石灰
⑦連続繊維シート 接着工法	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、既設部材と一体化させることにより、必要な性能の向上を図る工法	ひびわれ 床版ひびわれ
⑧鋼板接着工法	コンクリート部材に対して、引張応力や斜め引張応力作用面に鋼板を接着し、既設部材と一体化させることにより、必要な性能の向上を図る工法	ひびわれ 床版ひびわれ
⑨外ケーブル工法	コンクリート部材にPC鋼材などの緊張材を配置してプレストレスを導入することにより応力を改善し、曲げモーメントやせん断力に対する耐荷性能を向上させる目的で適用される工法	ひびわれ
⑩床版打換え工法	床版の劣化が橋梁全体に及んでいる場合に、床版全体を取り除き、道路橋示方書に準じた床版に取替える工法	床版ひびわれ 漏水・遊離石灰
⑪電気防食工法	電気防食工法は、コンクリートに設置した陽極システムから鋼材へ電流を流すことにより鋼材の電位をマイナス方向へ変化させ、鋼材の腐食を電気化学的に抑制する工法	ひびわれ 剥離・鉄筋露出
⑫電気化学的工法	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	ひびわれ 剥離・鉄筋露出

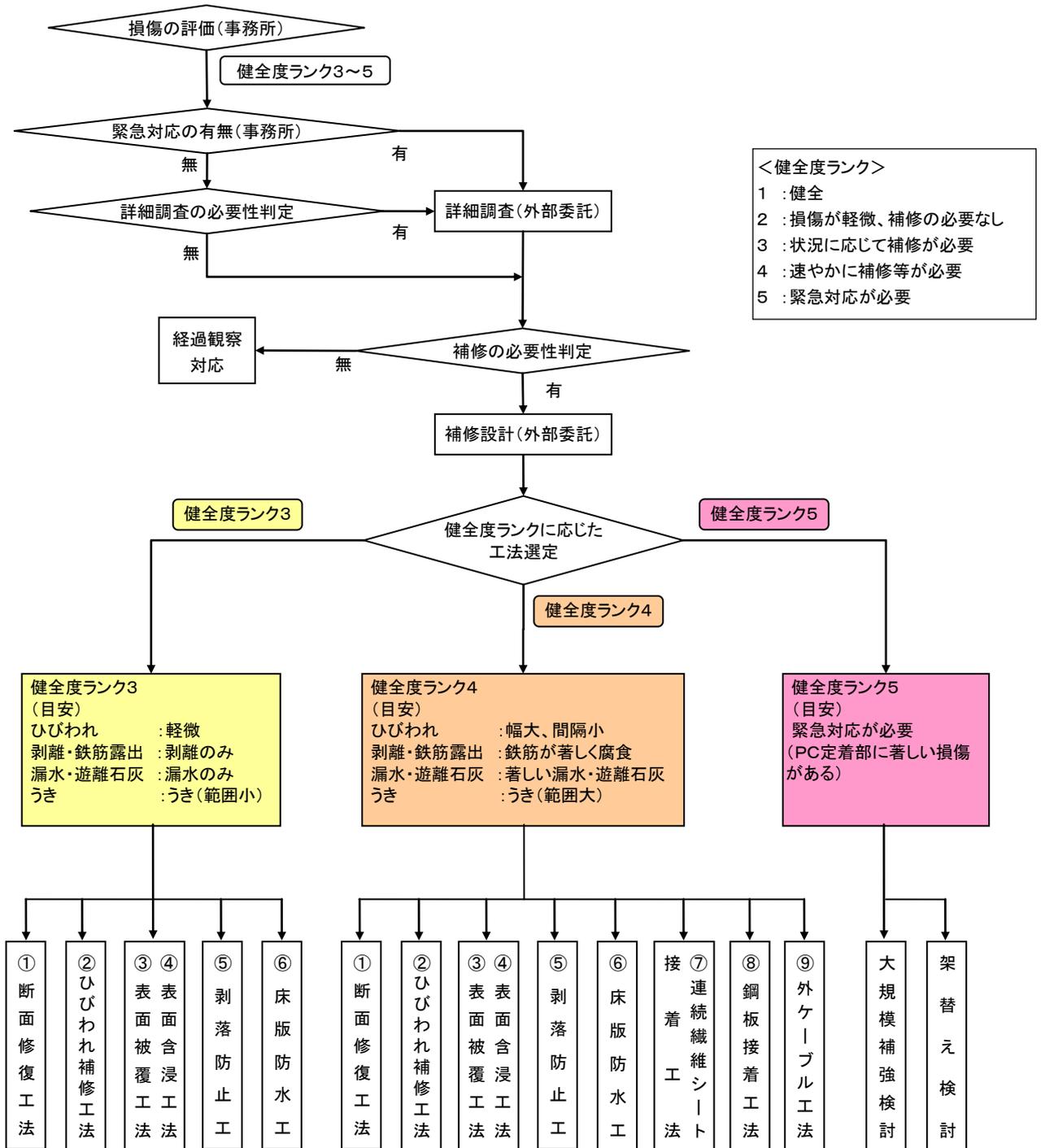
2) 補修・補強工法の選定フロー

損傷の種類および健全度ランク等を考慮して、適切な補修工法を選定する。

【解説】

①コンクリート桁

コンクリート桁（主桁・横桁）の標準的な補修・補強工法選定フローを以下に示す。



※損傷に応じた補修補強工法の組合せについては次頁参照

※漏水が原因の場合は、漏水対策も併せて実施

コンクリート桁における損傷と補修工法の目安を表 4.4 に示す。

表 4.4 損傷と補修工法の目安（コンクリート桁）

損 傷	補修工法											その他 漏水対策	
	① 断面修復工法	② ひびわれ補修工法	③ 表面被覆工法※1	④ 表面含浸工法※1	⑤ 剥落防止工法※1	⑥ 床版防水工法	⑦ 連続繊維シート接着工法※2	⑧ 鋼板接着工法※2	⑨ 外ケーブル工法	⑩ 電気防食工法	⑪ 電気化学的工法	桁端部等の漏水対策	排水装置補修
ひびわれ	○	◎	○	○		○	○	○	○	—	—	○	○
剥離・鉄筋露出	◎		◎	◎	○	○	○	○	○	—	—	○	○
遊離石灰・漏水	○	○	◎	◎		◎	○			—	—	○	○
抜け落ち	◎		◎	◎	○	○		○		—	—	○	○
変色・劣化	○		○	○		○				—	—	○	○

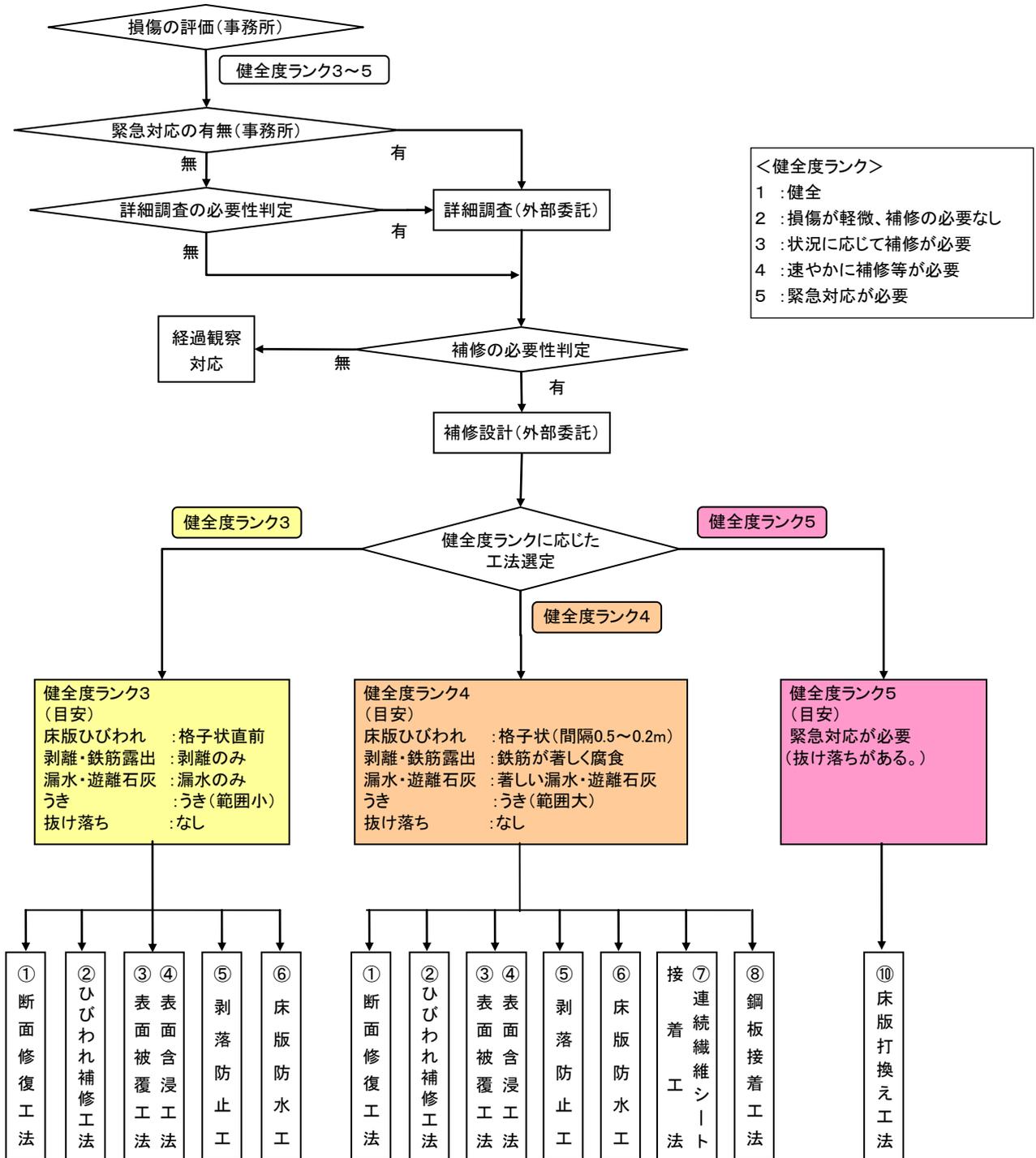
◎：主に適用、○：適用検討、—：原則適用しない

※1：原則的に同一部材内で併用することはない。

※2：原則的に同一部材内で併用することはない。

②コンクリート床版

コンクリート床版の標準的な補修・補強工法選定フローを以下に示す。



※損傷に応じた補修補強工法の組合せについては次頁参照

※漏水が原因の場合は、漏水対策も併せて実施

コンクリート床版における損傷と補修工法の目安を表 4.5 に示す。

表 4.5 損傷と補修工法の目安（コンクリート床版）

損 傷	補修工法											その他 漏水対策	
	① 断面修復工法	② ひびわれ補修工法	③ 表面被覆工法※1	④ 表面含浸工法※1	⑤ 剥落防止工法※1	⑥ 床版防水工法	⑦ 連続繊維シート接着工法※2	⑧ 鋼板接着工法※2	⑩ 床版打換え工法※3	⑪ 電気防食工法	⑫ 電気化学的工法	桁端部等の漏水対策	排水装置補修
ひびわれ	○	◎	○	○		○	○	○	○	—	—	○	○
剥離・鉄筋露出	◎		◎	◎	○	○	○	○	○	—	—	○	○
遊離石灰・漏水	○	○	◎	◎		◎	○			—	—	○	○
抜け落ち	◎		◎	◎	○	○		○		—	—	○	○
変色・劣化	○		○	○		○				—	—	○	○

◎：主に適用、○：適用検討、—：原則適用しない

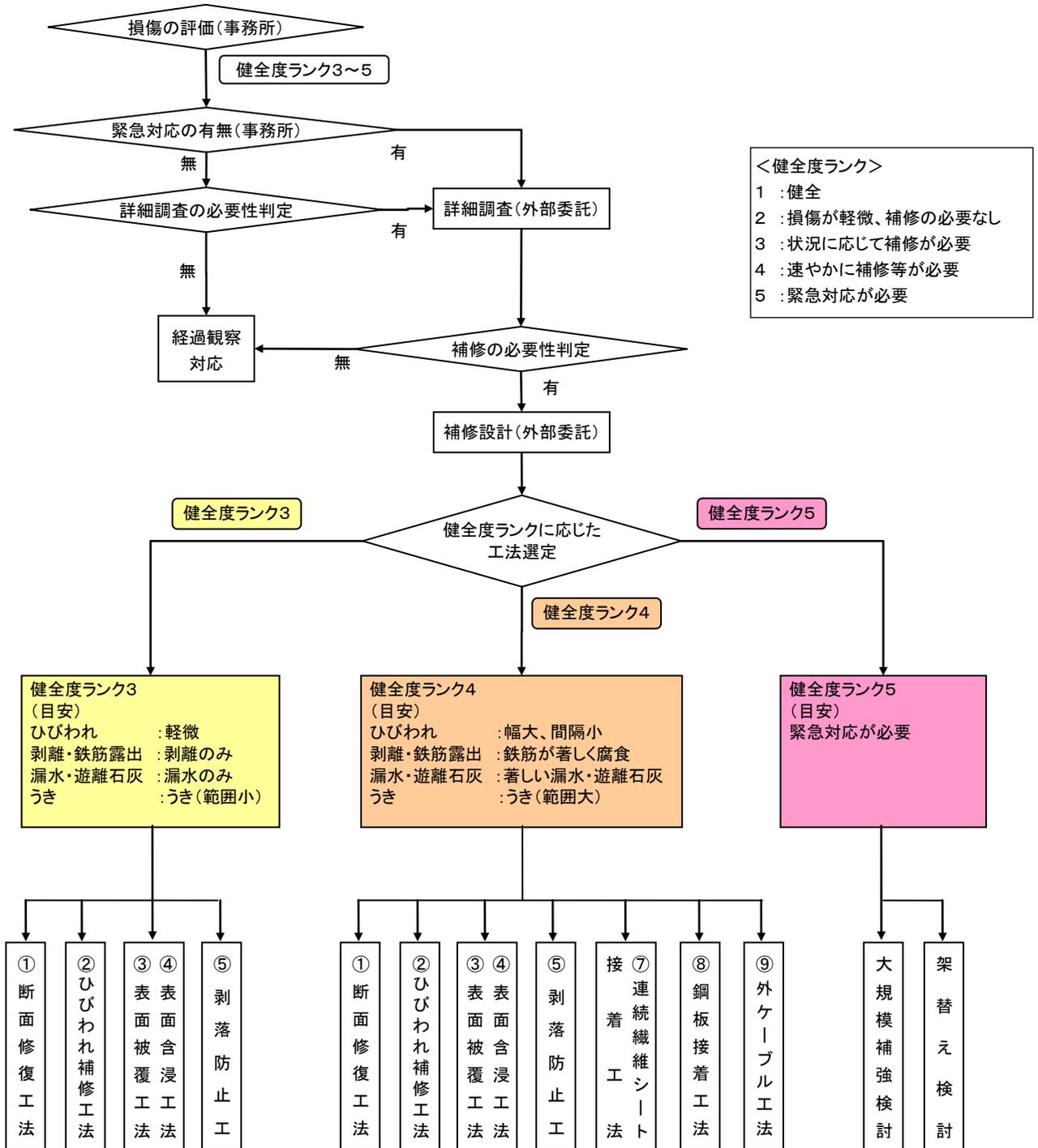
※1：原則的に同一部材内で併用することはない。

※2：原則的に同一部材内で併用することはない。

※3：原則的に他の補修補強工法と併用しない。

③コンクリート下部工

コンクリート下部工（橋台・橋脚）の標準的な補修・補強工法選定フローを以下に示す。



※損傷に応じた補修補強工法の組合せについては次頁参照

※漏水が原因の場合は、漏水対策も併せて実施

コンクリート下部工における損傷と補修工法の目安を表 4.6 に示す。

表 4.6 損傷と補修工法の目安（コンクリート下部工）

損 傷	補修工法										その他 漏水対策	
	① 断面修復工法	② ひびわれ補修工法	③ 表面被覆工法※1	④ 表面含浸工法※1	⑤ 剥落防止工法※1	⑦ 連続繊維シート接着工法※2	⑧ 鋼板接着工法※2	⑨ 外ケーブル工法	⑪ 電気防食工法	⑫ 電気化学的工法	桁端部等の漏水対策	排水装置補修
ひびわれ	○	◎	○	○		○	○	○	—	—	○	○
剥離・鉄筋露出	◎		◎	◎	○	○	○	○	—	—	○	○
遊離石灰・漏水	○	○	◎	◎		○			—	—	○	○
抜け落ち	◎		◎	◎	○		○		—	—	○	○
変色・劣化	○		○	○					—	—	○	○

◎：主に適用、○：適用検討、—：原則適用しない

※1：原則的に同一部材内で併用することはない。

※2：原則的に同一部材内で併用することはない。

(3) 各補修・補強工法の特徴および留意点

各補修補強工法の特徴および工法選定時の留意点を十分に把握した上で、各橋梁に対して適切な工法を選定しなければならない。

表 4.7 に補修補強工法と適用可能部材を示す。

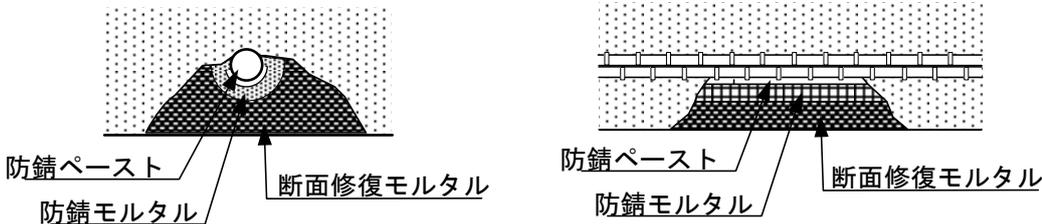
表 4.7 補修補強工法と適用可能部材（コンクリート部材）

補修補強工法	適用部材
①断面修復工法	コンクリート桁、コンクリート床版、コンクリート下部工
②ひびわれ補修工法	同上
③表面被覆工法	同上
④表面含浸工法	同上
⑤剥落防止工法	同上
⑥床版防水工法	コンクリート桁の上面、コンクリート床版の上面
⑦連続繊維シート接着工法	コンクリート桁、コンクリート床版、コンクリート下部工
⑧鋼板接着工法	同上
⑨外ケーブル工法	コンクリート主桁、コンクリート下部工(梁部)
⑩床版打換え工法	コンクリート床版
⑪電気防食工法	(福島県の管理橋梁で採用実績無し)
⑫電気化学的工法	(福島県の管理橋梁で採用実績無し)

【解説】

1) 断面修復工法

a) 特徴

工法名	断面修復工法
対象部材	主桁、床版、下部工躯体
工法概要	<p>・断面修復工法は、鉄筋の発錆等により生じた既設コンクリート構造物の剥離、剥落や劣化部を取り除いた断面欠損部に対して前処理(下地処理、プライマーまたは防錆ペースト塗布)を施した後、コンクリートやポリマーセメントモルタル等の断面修復材により復旧する工法</p> 
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・剥離や有害なひびわれが発生せず、鉄筋背面に充填可能な性能 ・劣化因子に対する抵抗性能:耐久性能 ・設計断面として考慮する場合における力学的性能:耐荷性能
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・施工規模、施工方向、環境条件、供用条件、施工条件、使用材料等を勘案して適切な施工法(左官工法、吹付け工法、充填工法)を選定する。 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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する必要がある。 ・樹脂系の材料は線膨張係数や弾性係数が既設コンクリートと大きく異なることや耐久性の問題等から、使用する際は十分な検討が必要である。 ・断面修復の範囲は、損傷原因、環境条件、施工方法、使用材料を考慮して適切に検討する必要がある(例:塩害損傷に対する断面修復で補修範囲が適切でない場合、鋼材にマクロセルが生じ、鉄筋の発錆が促進される場合がある)。
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復材料:ポリマーセメントモルタル、エポキシ樹脂モルタル、無収縮モルタルなど

b) 工法選定時の留意点

- ・橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工法、伸縮装置からの雨水対策なども併せて検討する必要がある。
- ・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する。
- ・部材の耐荷力が不足している場合は、あわせて補強工法として炭素繊維接着工法、鋼板接着工法、外ケーブル工法などの併用を検討する必要がある。
- ・断面修復の範囲は、損傷原因、環境条件、施工方法、使用材料を考慮して適切に検討が必要（例：塩害損傷に対する断面修復で補修範囲が適切でない場合、鋼材にマクロセルが生じ、鉄筋の発錆が促進される場合がある）。→多量の塩化物イオンを含むコンクリートは該当範囲をすべて除去

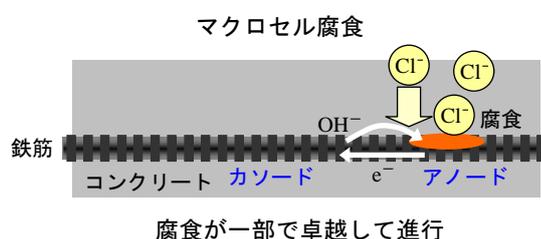


図 4.7 マクロセル腐食のイメージ

<施工方法>

施工規模に応じて「左官工法」、「吹付け工法」、「充填工法」を使い分ける。

表 4.8 断面修復の施工方法

	左官工法	吹付け工法	充填工法
概要	型枠を設置せず、コテを用いて人力にて断面修復材を塗付ける。	型枠を設置せず、圧縮空気や遠心力により断面修復材を吹付ける。	型枠を設置し、流動性を有する断面修復材を流し込む。
施工規模	0.5~1.0 m ² /箇所 小規模断面に適しており、複雑な断面形状でも施工可能	~10 m ² /箇所 中~大規模の施工に適している。	数 10 m ² /箇所 大規模断面の補修に適している。型枠の設置が必要。
締固め方法	人力	圧縮空気による吹付け力	振動機が標準。高流動材料による自己充填方式も可能
仮設備	特に必要としない	ミキサー・コンプレッサ・吹付け機の設備設置ヤードを要する。	ミキサーおよびポンプの設置ヤードが必要である。
経済性	○	×	△

＜断面修復材＞

断面修復工法に用いられる断面修復材は、セメントモルタル、ポリマーセメントモルタルおよびポリマーモルタルの中から選択される。これらの断面修復材は、その品質の安定化、均一性および使用性を考慮し、必要な粉体材料と粒状体材料（細骨材）があらかじめ適量に配合された材料（プレミックス材料）の形態として用いられる場合が多い。各断面修復材の期待される性能と断面修復材の適用効果との関係を表 4.9 に示す。

表 4.9 断面修復工法に期待される性能と適用効果⁸

期待される性能	断面修復材の種類		
	セメントモルタル	ポリマーセメントモルタル	ポリマーモルタル
力学的性能	○	○	○
ひびわれ抵抗性	○	○	○
中性化抑制	○	○	○
塩化物イオンの侵入抑制	△	△	○
凍結融解抵抗性	○	○	○
化学的侵食抑制	△	△	○
アルカリ骨材反応抑制 ^{※1}	△	△	○
美観・景観に関する性能	△	△	○
剥落抵抗性 ^{※2}	○	○	○

注) 表中の○は適用効果あり、△は適用効果を期待する場合検討が必要（他の工法との併用など）を示す

※1：アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性による判定

※2：付着性状による判定

⁸ コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) 平成17年4月 土木学会

<断面修復工法選定フロー>

断面修復工法の選定フローを図 4.8 に示す。

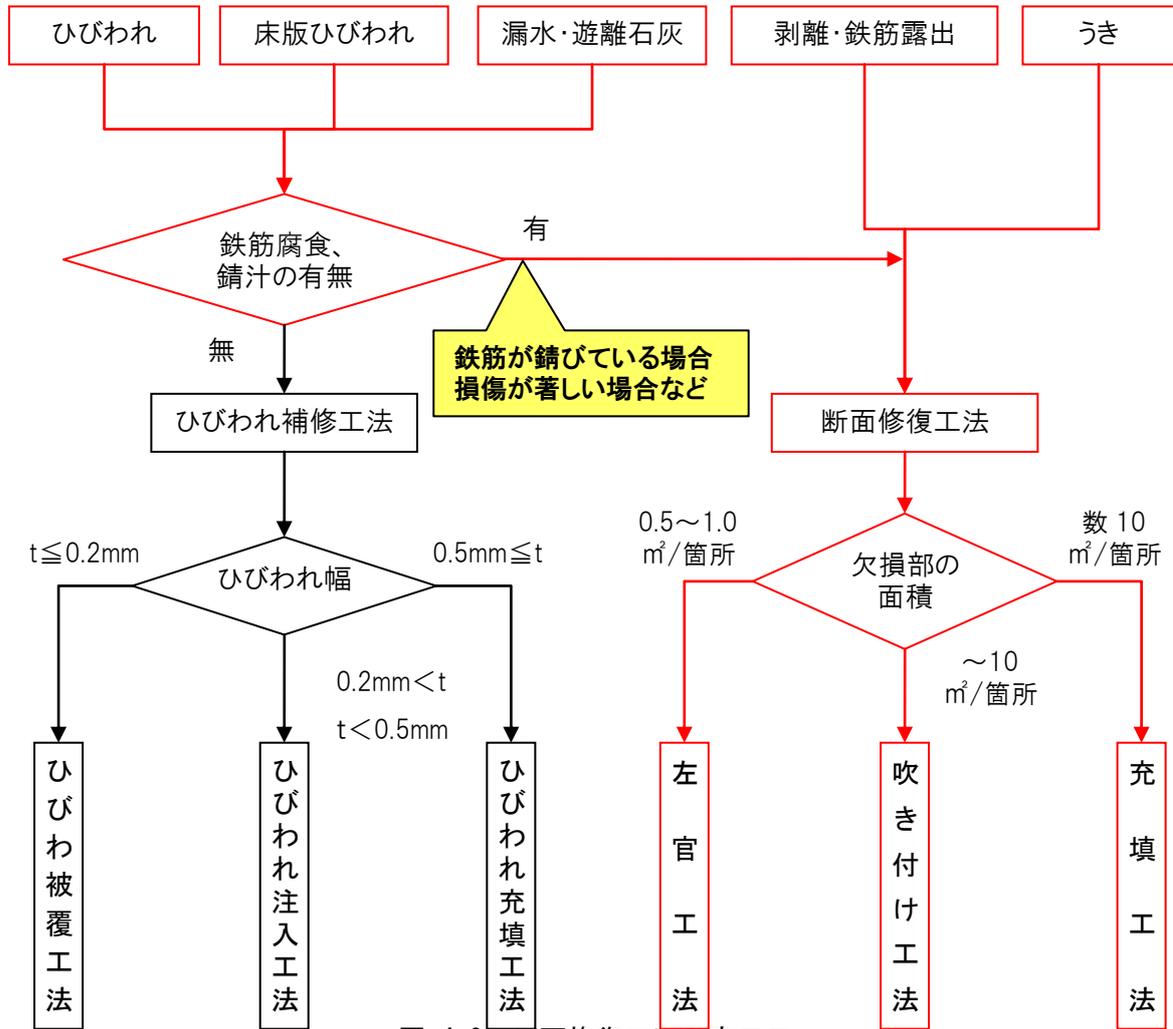
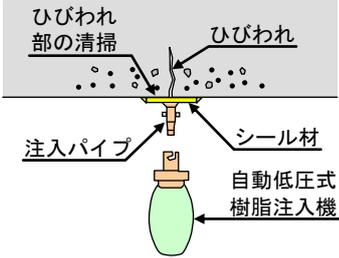
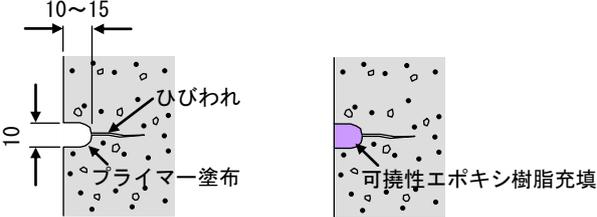


図 4.8 断面修復工法選定フロー

2) ひびわれ補修工法

a) 特徴

工法名	ひびわれ補修工法
対象部材	主桁、床版、下部工躯体
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれ箇所に対し、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填し、水分や塩化物などの浸入を防止する工法 ・中性化や塩害などの損傷原因により、ひびわれ周辺のコンクリート劣化部分を除去する必要がある場合は、断面修復工法の併用を検討 <div style="text-align: center;">  <p>a)ひびわれ被覆工法</p>  <p>b)ひびわれ注入工法</p>  <p>c)ひびわれ充填工法</p> </div>
要求性能	・ひびわれ部からコンクリート内部への通気および通水を遮断する性能
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・進展性ひびわれは、ひびわれの拡大に材料が追従できないため、一般的にひびわれ注入工は適さない。 ・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。 ・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

b) 工法選定時の留意点

- ・橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工法、伸縮装置からの雨水対策なども併せて検討する必要がある。
- ・鉄筋の腐食が認められる場合は、鉄筋の防錆処理工法後、断面修復工法を適用する。
- ・部材の耐荷力が不足している場合は、あわせて補強工法として炭素繊維接着工法、鋼板接着工法、外ケーブル工法などの併用を検討する必要がある。
- ・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。
- ・5℃以下の低温の場合、エポキシ樹脂やポリマーセメント系材料の硬化が遅くなるため、施工には注意が必要である。

<補修工法>

ひびわれ補修工法は、補修対象ひびわれの幅、ひびわれ部の挙動を考慮し、適切な工法、補修材料を選定する必要がある。

ひびわれ充填工法を適用する場合、ひびわれに沿ってU字型にカットすることを原則とする（V字型にカットした場合、カット部の処理が不十分となり、カット部と充填部との間から水の浸透により、充填材を劣化させる要因になりかねないため）。

表 4.10 ひびわれ補修工法

	ひびわれ部の挙動小			ひびわれ部の挙動大		
ひびわれ幅	0.2mm 以下	0.2～1.0mm	1.0mm 以上	0.2mm 以下	0.2～1.0mm	1.0mm 以上
補修工法	ひびわれ被覆工法	注入工法	充填工法	ひびわれ被覆工法	注入工法	充填工法
補修材料	塗膜弾性防水材 or ポリマーセメントペースト	エポキシ樹脂系注入材 or アクリル樹脂系注入材 or 注入用ポリマーセメント	ポリマーセメントモルタル or 可とう性エポキシ樹脂	塗膜弾性防水材	(軟質形)エポキシ樹脂系注入材 or アクリル樹脂系注入材	シーリング材(ウレタン樹脂) or 可とう性エポキシ樹脂

<補修材料>

建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」では、ひびわれの進行区分とひびわれ幅によって、使用する注入材の品質規格を規定している。

表 4.11 に、注入材および充填材の品質規格を示す。

表 4.11 ひびわれ注入材と充填材の品質規格⁹

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

※1：A=ひびわれが進行している、B=ひびわれの進行が止まった

※2：チキントロピック係数 2rpm/20rpm の粘度であらわす

※3：規格に対する百分率

⁹ コンクリートの耐久性向上技術の開発 平成元年 5 月 (財)土木研究センター

<ひびわれ補修工法選定フロー>

ひびわれ補修工法の選定フローを図 4.9 に示す。基本的に鋼材が腐食していない場合に適用可能な工法である。

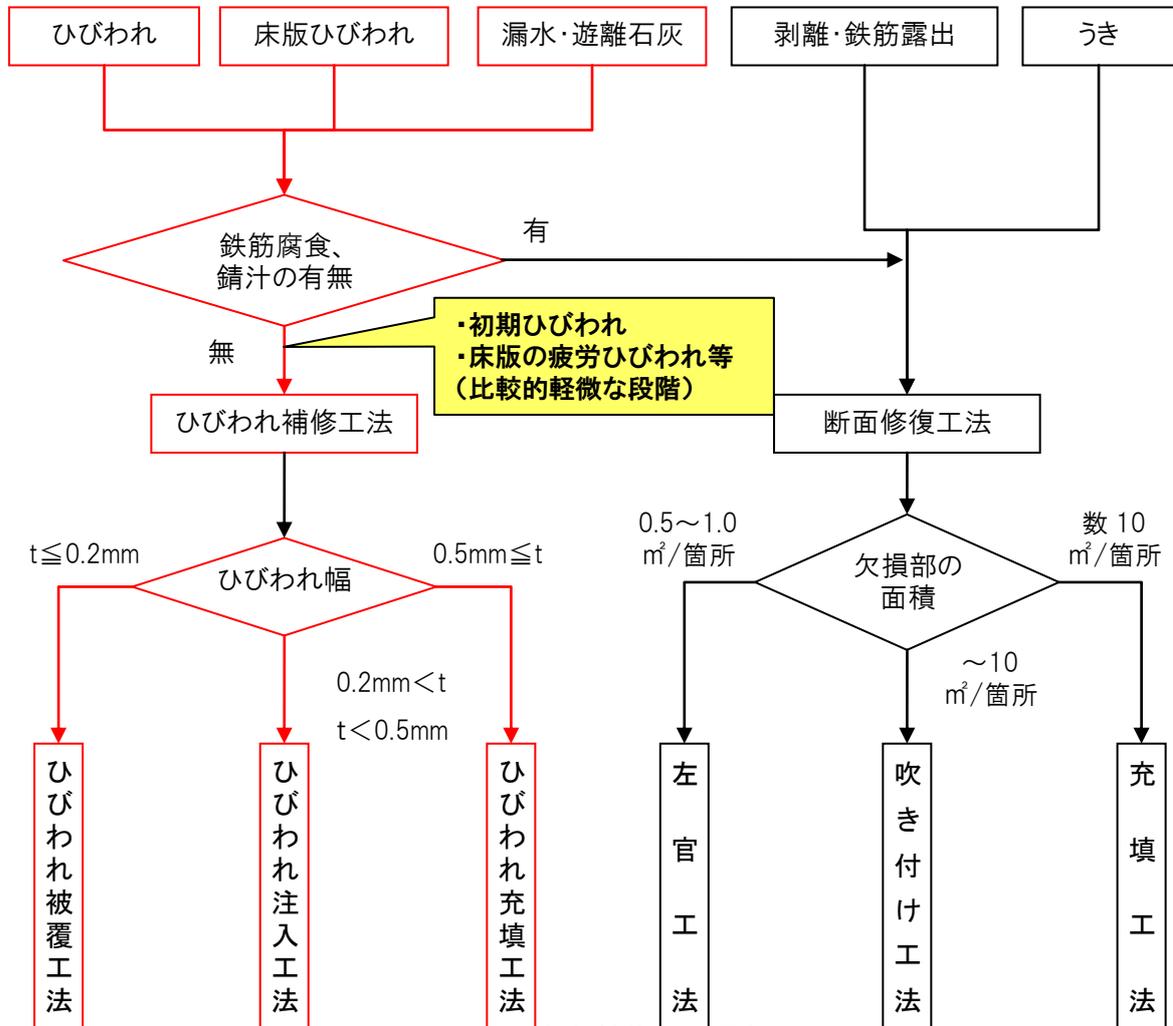
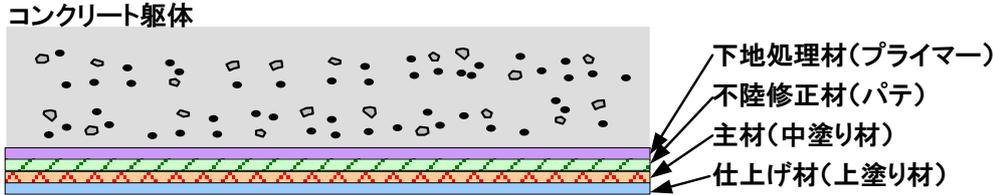


図 4.9 ひびわれ補修工法選定フロー

3) 表面被覆工法

a) 特徴

工法名	表面被覆工法
対象部材	主桁、床版、下部工躯体
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・表面被覆は、コンクリート構造物(合成樹脂塗料やポリマーセメント塗布材など)で被覆し、コンクリートや内部の鋼材を劣化させる外部環境因子(酸素、水、炭酸ガス等)の浸透を遮断する工法 ・塩害、中性化、凍害などで劣化したコンクリート構造物の劣化速度を抑制するために行う場合や、厳しい環境に建設されたコンクリート構造物の耐久性の確保を目的に行われる。 ・表面被覆材は、コンクリート表面に被膜を形成するもので、a)下地処理材(プライマー)、b)不陸調整材(パテ)、c)中塗り材、d)上塗り材などで構成される。 ・コンクリートに劣化、損傷がある場合には、ひびわれ補修工法や断面修復工法を先行して行う。 <div style="text-align: center;">  </div>
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因を遮断する性能:劣化因子のコンクリート構造物内部への侵入を遮断 ・ひびわれに追従する性能:活荷重および温度変化等の影響によるひびわれの開閉に追従 ・性能を維持する耐久性能:所定の期間内において上記の性能を維持
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・表面被覆材の施工において、コンクリートの下地処理が最も重要となる。下地処理が不十分な場合は、表面被覆材のふくれ、はがれ等が生じやすくなる。そのため損傷状況に応じて適切な前処理を行う必要がある。 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・中性化など劣化が顕在化した後からでも、その補修効果が期待できる場合と、塩害や凍害のように劣化が顕在化した後では、その補修効果が十分に期待できない場合がある。 ・適用に当たっては、劣化の原因、範囲を特定するための十分な調査を行い、構造物の現状を把握し、今後の劣化予測や維持管理の難易度などを考慮して適用を検討する必要がある。 ・対象とする劣化機構により、塗装材料に求められる特性が異なる。例えば塩害対策に用いる塗装材は、特に高い遮塩性、高いひびわれ追従性が必要となる。 ・ひびわれなどの損傷が隠され、劣化の進行が確認できない。 ・橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工法、伸縮装置からの雨水対策なども併せて検討する必要がある。
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・有機系材料:エポキシ樹脂、アクリル樹脂系、ポリウレタン樹脂系など ・無機材料系:ポリマーセメント塗布材など

b) 工法選定時の留意点

<表面被覆工法の材料>

表面保護工法は、有機系または無機系の被覆材により被覆を施し、劣化因子の侵入を抑制・防止する工法（表面被覆工法）と、コンクリート表面に塗布した表面含浸材がコンクリート内部に含浸して、劣化因子の侵入抑制、または新たな性能を付与する効果をもたらす工法（表面含浸工法）がある。

ここでは前者である表面被覆工法に着目し、各表面処理材の期待される性能と適用効果との関係を表 4.12（無機系被覆工法）、表 4.13（有機系被覆工法）に示す。

<無機系被覆工法>

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

表 4.12 無機系被覆工法に期待される性能と適用効果¹⁰

期待される性能	単層による塗装工法		複層による塗装工法		メッシュ工法 ^{※3}
	柔軟形	標準形	柔軟形	標準形	*
中性化抑制	○	○	○	○	*
塩化物イオンの侵入抑制	○	○	○	○	*
凍結融解抵抗性	○	○	○	○	*
化学的侵食抑制	△	—	△	△	*
アルカリ骨材反応抑制 ^{※1}	△	—	△	△	*
ひびわれ追随性	○	△	○	△	*
美観・景観に関する性能	△	△	○	○	*
剥落抵抗性 ^{※2}	—	—	—	—	○

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

※1：アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性による判定

※2：剥落抵抗性は付着性を基本に判定した

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

¹⁰ コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) 平成17年4月 土木学会

<有機系被覆工法>

- ・「塗装工法」と「シート工法」に大別される。
- ・一般には作業性に優れた塗装工法を適用
- ・剥落防止を主目的とする場合、シート工法を選択
- ・湿潤面等での施工に制約がある。
- ・工程（プライマー工、パテ工、中塗り工、上塗り工）が長い。
- ・水蒸気透過性が無いことによりふくれが生じ易い。

表 4.13 有機系被覆工法に期待される性能と適用効果¹¹

	塗装工法				シート工法 ^{※2}					
	中塗り材の種類				塗布接着形シート工法 (クロスシート、メッシュシート、等)					張付け接着形 シート工法
	標準形	厚膜形	柔軟形	柔軟圧膜形						
樹脂およびシート の種類 ^{※1}	エポキシ	エポキシ、 アクリル、 ビニルエス テル、ポリ エステル、 アクリル	エポキシ、 ポリウレタ ン、フッ素	エポキシ、ポリ ウレタン、ア クリルゴム、ク ロプレングム、 ポリブタジエ ン、ポリウレア	ガラス繊維 シート 1層 /2層/エポキ シ	ビニロン織 維シート/エ ポキシ、ア クリル、ク ロプレング ム	アラミド織 維シート/エ ポキシ	カーボン織 維シート/エ ポキシ、ア クリル	ガラスマッ ト ^{※3} 1層/2 層/エポキシ /ビニルエス テル/ポリエ ステル	ラミネートシ ート/エポキシ
膜厚 (μm)	100 未満	100 以上	100 未満	100 以上	500 /1000	500	700	積層数に より変化	1000~ 2000	1000
期待される性能										
中性化抑制	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*
塩化物イオンの 侵入抑制	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*
凍結融解抵抗性	△	△	△	○	*	*	*	*	*	*
化学的侵食抑制	△	○	△	○	○	—	*	○	○	*
アルカリ骨材反 応抑制	△	△	△	△	*	*	*	*	*	*
ひびわれ追従性	△	△	○	○	*	*	*	*	*	*
美観・景観に関 する性能	○	○	○	○	*	*	*	*	*	*
剥落抵抗性	—	—	—	—	○	○	○	○	*	○

注) 期待される効果は主要なもののみ示した。表中の○は適用対象、△は適用する場合に検討が必要（他の工法との併用など）、—は適用の対象外を示す

※1：樹脂系に記載のものは全てではなく、市販の代表的な有機系被覆材を載せた

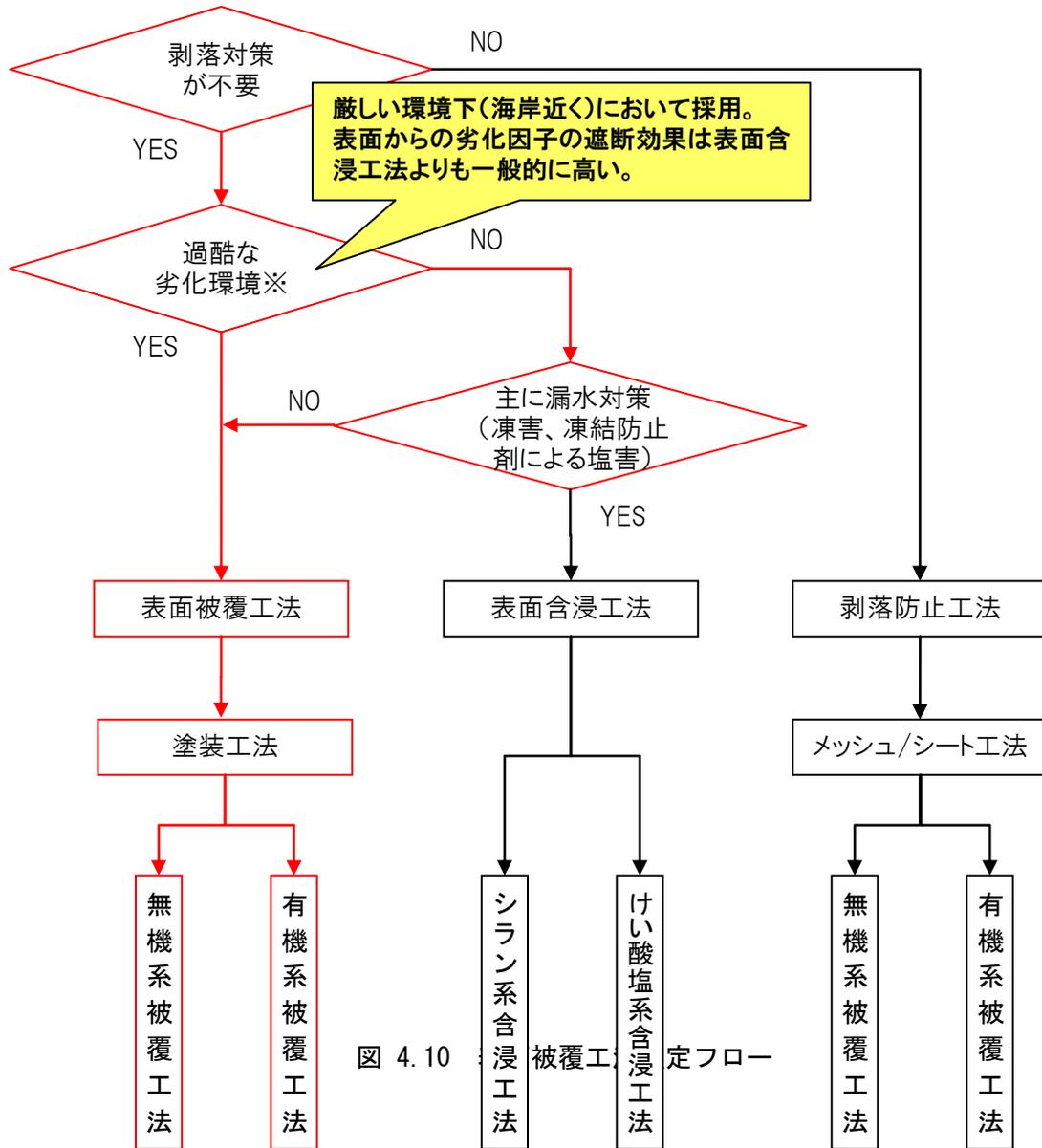
※2：剥落防止を主目的とする。*印は、同様の樹脂系のものを用い、かつ膜厚が同じ場合は、塗装工法と同様の適用効果を期待できることを示す。膜厚は目安を示した。

※3：ガラスマットについては、日本下水道事業団編「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル（平成14年12月）を参照した。

¹¹ コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) 平成17年4月 土木学会

<表面被覆工法選定フロー>

表面被覆工法の選定フローを図 4.10 に示す。



※海岸線近くに建設されるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

※凍結防止剤散布の影響をうけるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

4) 表面含浸工法

a) 特徴

工法名	表面含浸工法
対象部材	主桁、床版、下部工躯体
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・表面含浸工法は、所定の効果を発揮する表面含浸材をコンクリート表面から含浸させることで、コンクリート表面の組織を改質し、コンクリート表層部へ特殊機能(防水性、アルカリ性、表層部の固化等)を付与することでコンクリート構造物の耐久性向上を図る工法 ・表面含浸材は、撥水タイプのシラン系と固化タイプのけい酸塩系に大別される。 ・シラン系では表層が緻密化されないため、水の圧力に対する抵抗性を求める場合や水の滞留が懸念される環境の場合は、けい酸塩系表面含浸材の採用の可否を検討する必要がある。 ・けい酸塩系は、施工で生じた微細なひびわれを充填する対策として有効であるが、ひびわれの追従性を有していないため、進展性のひびわれへの採用には留意する必要がある。 <div data-bbox="571 913 1072 1176" style="text-align: center;"> </div>
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化要因を遮断する性能:劣化因子のコンクリート構造物内部への侵入を遮断 ・ひびわれに追従する性能:活荷重および温度変化等の影響によるひびわれの開閉に追従 ・性能を維持する耐久性能:所定の期間内において上記の性能を維持
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・表面被覆工法のような複数の材料の重ね塗りが不要で、表面含浸材を数回(1～3回)程度含浸させることでよい。 ・施工後の品質が技能者の熟練度に左右されにくく、比較的簡単に施工でき、施工管理も容易 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・表面含浸材の適用対象は、材料の種類により、中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応環境下におかれるコンクリート構造物である。 ・表面含浸工法は、下地となるコンクリート表層部が多量の水分を含む場合、コンクリート組織が相当に緻密である場合およびコンクリート表層部の脆弱化が相当に進んでいる場合などは、性能を十分に発揮できない場合もあるため適用にあたっては十分な注意が必要である。 ・橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工法、伸縮装置からの雨水対策なども併せて検討する必要がある。

b) 工法選定時の留意点

<表面含浸工法の材料>

表面保護工法は、有機系または無機系の被覆材により被覆を施し、劣化因子の侵入を抑制・防止する工法（表面被覆工法）と、コンクリート表面に塗布した表面含浸材がコンクリート内部に含浸して、劣化因子の侵入抑制、または新たな性能を付与する効果をもたらす工法（表面含浸工法）がある。

ここでは後者である表面被覆工法に着目し、各表面処理材の期待される性能と適用効果との関係を表 4.14 に示す。

表面含浸工法には多くの製品があり、製品の種類や成分によってコンクリート表層の改質機構が異なる。更に、適用する箇所の環境条件により、発揮される性能・効果や適用範囲が異なってくるため製品の選定時に留意する必要がある。

<工法選定時の留意点>

- ・コンクリート断面の損傷が著しい場合、断面修復工法と併用する。
- ・表面含浸材は、撥水タイプの「シラン系」と固化タイプの「けい酸塩系」に大別される。
- ・シラン系では表層が緻密化されないため、水の圧力に対する抵抗性を求める場合や水の滞留が懸念される環境の場合は、けい酸塩系表面浸材の採用を検討
- ・けい酸塩系は、施工で生じた微細なひびわれを充填する対策として有効であるが、ひびわれの追従性を有していないため、進展性のひびわれへの採用には留意が必要

表 4.14 表面含浸工法に期待される性能と適用効果¹²

期待される性能	シラン系	けい酸塩系		その他系
		けい酸リチウム系	けい酸ナトリウム系	
中性化抑制	△	△	○	
塩化物イオンの侵入抑制	○	—	○	
凍結融解抵抗性	△	—	△	
化学的侵食抑制	—	—	—	
アルカリ骨材反応抑制 ^{※1}	△	△	—	
美観・景観に関する性能	—	—	—	
剥落抵抗性 ^{※2}	△	—	△	

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

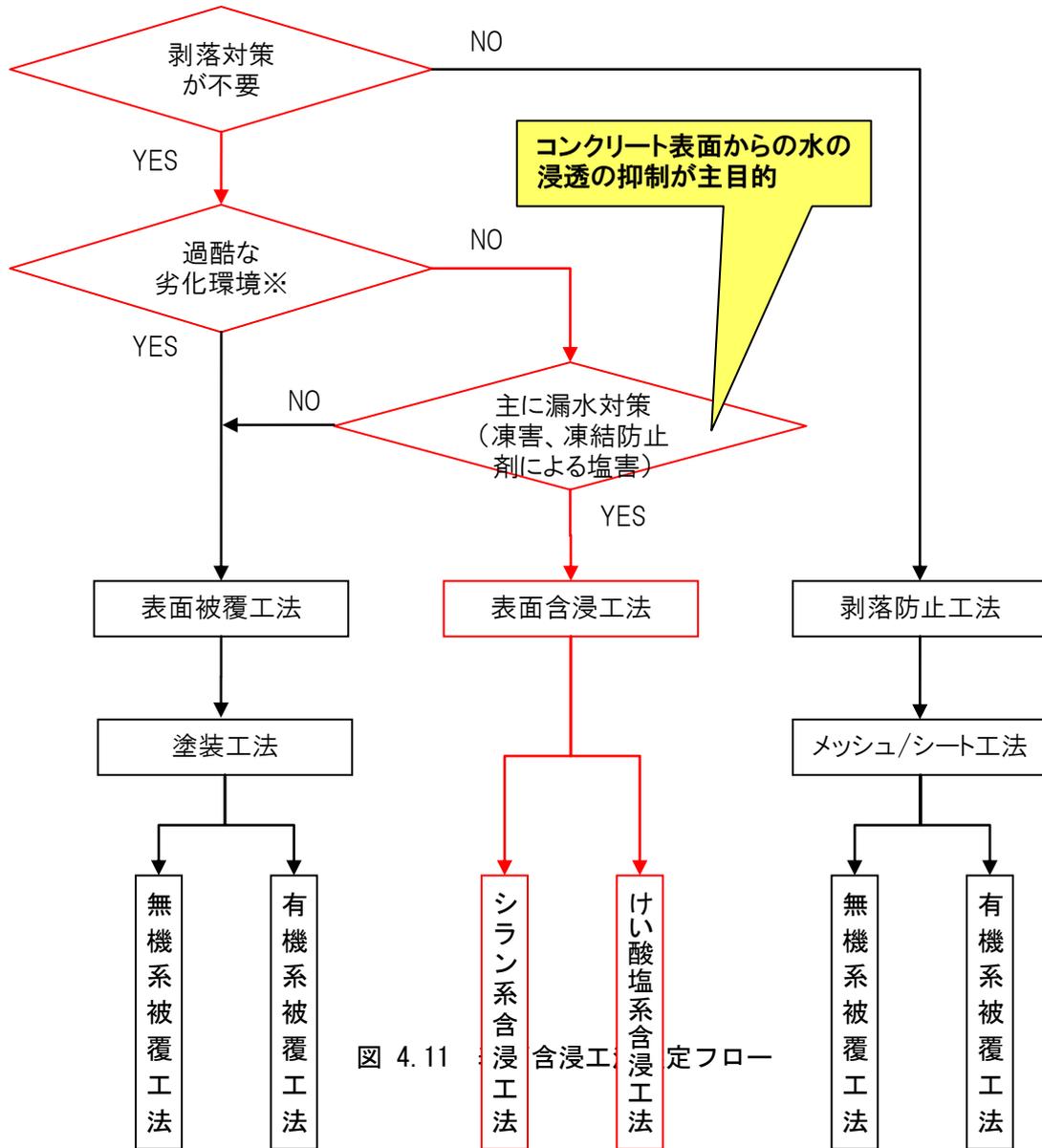
※1：アルカリ骨材反応抑制は、標準的な遮水性による判定

※2：剥落抵抗性は付着性を基本に判定した

¹² コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) 平成17年4月 土木学会

<表面含浸工法選定フロー>

表面含浸工法の選定フローを図 4.11 に示す。

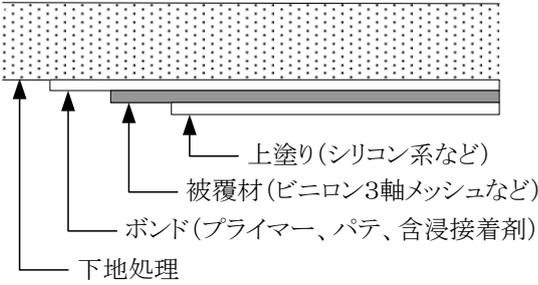


※海岸線近くに建設されるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

※凍結防止剤散布の影響をうけるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

5) 剥落防止工法

a) 特徴

工法名	剥落防止工法
対象部材	主桁、床版、下部工躯体、地覆など
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・剥落防止を目的として、主桁下面、床版下面、下部工躯体、地覆など、剥落による第三者への被害を防止しなければならない箇所に表面被覆を適用する工法 ・塗装系やメッシュ状のネットを設置する工法等がある。 ・一般に表面被覆と同様の工程で行われるが、主材(中塗り)塗布工程の際、塗膜に強度と変形追従性能を持たせるため、現場でエポキシ樹脂系接着剤などを、各種連続繊維シート・ネットに含浸してコンクリート表面に貼り付け、剥落防止層を形成する。 
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・剥落等により落下しようとするコンクリート片を剥落させない性能 ・構造物の予定供用期間中に、鋼材腐食を助長させる劣化因子の侵入を防止した上で、上記性能を維持する性能(耐久性能)
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・施工に足場が必要 ・低温時の施工における樹脂の温度管理が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・剥落防止工法は、施工時の気温、湿度や養生条件、施工規模によっては性能を確保できない場合がある。そのため施工条件に留意した上で、性能を満足する工法や材料を選定する必要がある。 ・橋面からの雨水が損傷原因の場合は、床版防水工法、伸縮装置からの雨水対策なども併せて検討する必要がある。
使用材料	ビニロンメッシュなど

b) 工法選定時の留意点

表面被覆工法を参照

<剥落防止工法選定フロー>

剥落防止工法の選定フローを図 4.12 に示す。

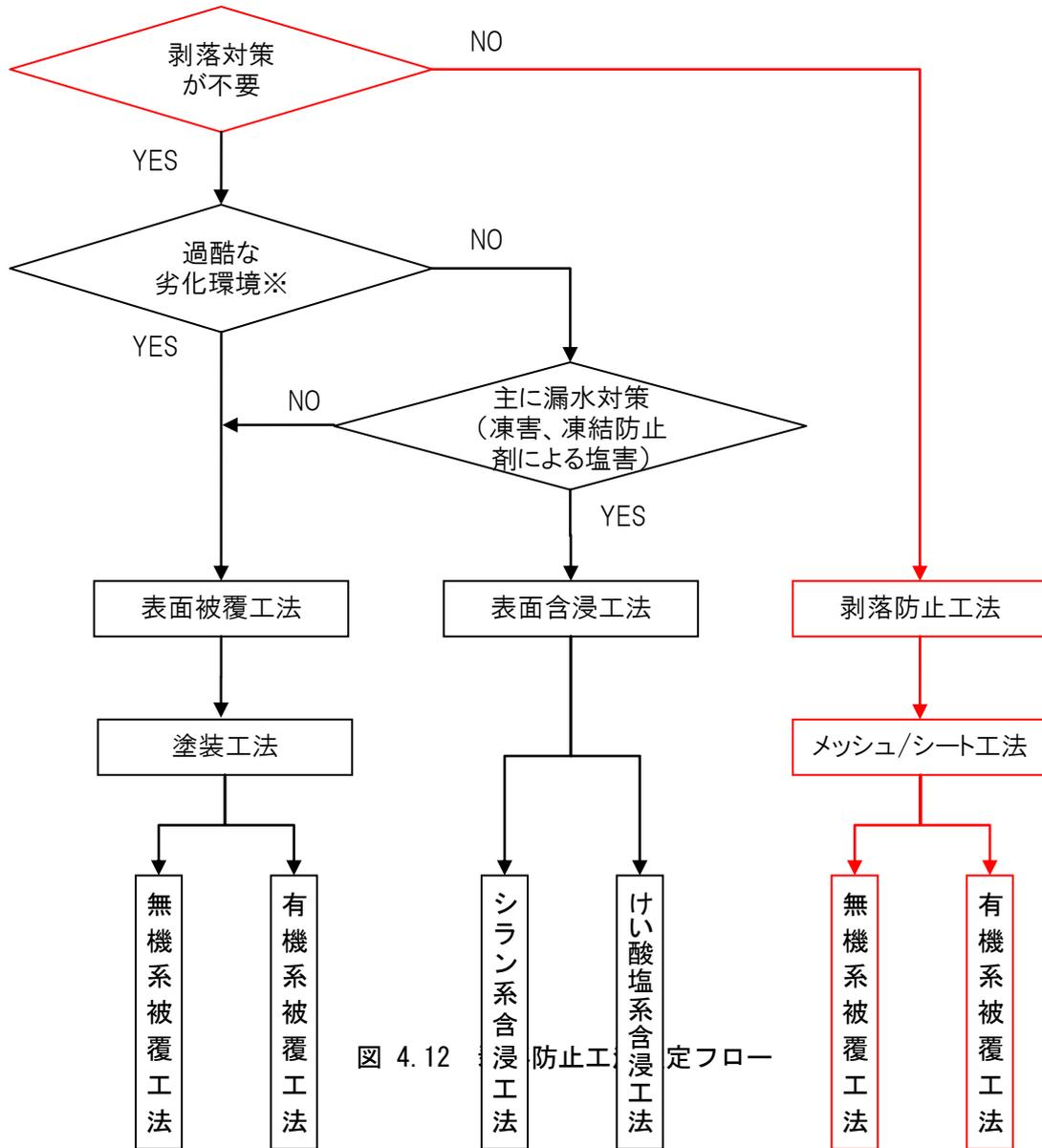


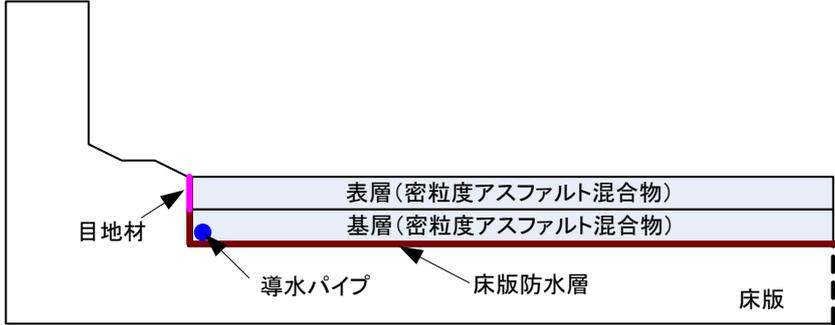
図 4.12 剥落防止工法の選定フロー

※海岸線近くに建設されるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

※凍結防止剤散布の影響をうけるコンクリート橋で塩害対策が必要な場合

6) 床版防水工法

a) 特徴

工法名	床版防水工法
対象部材	コンクリート床版
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床版上面に防水シートを接着または防水材を塗布する工法</p> <p><設置例：導水パイプを用いる場合の設置例¹³></p> 
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・防水性能: 水を通さない性能 ・接着性能: 床版防水層が舗装および床版とはがれたりずれたりしない性能 ・遮塩性能: 塩化物を通さない性能 ・ひびわれ追従性能: ひびわれ開閉に対する追従性能 ・雨水処理性能: 橋面の雨水を速やかに排水する性能
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・主として路面上の施工となるため、通行規制が必要 ・鋼床版や床版上面に連続繊維シート接着工法が施工された床版では別途検討が必要
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・縁石等との境界部では防水装置を立ち上げる必要がある。 ・地覆部に導水層、排水マスを設置し、防水層上の滞留水を適切に排出する必要がある。 ・床版からの漏水が鋼材の腐食を招くこともあるので、床版防水工が設置されていない床版は、防水工を設置することが望ましい。 ・既設舗装撤去後の床版上面の不陸等を考慮し、適切な防水層(シート系、塗膜系)を選定する必要がある。
使用材料	<p>シート系: 流し貼り型、加熱溶着型、常温粘着型</p> <p>塗膜系: アスファルト加熱型、ゴム溶剤型、反応樹脂型、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系など</p> <p>複合防水: 含浸系材料+塗膜系防水層</p>

¹³ 道路橋床版防水便覧 平成 19 年 3 月 社団法人 日本道路協会

b) 工法選定時の留意点

- ・橋梁点検結果から、床版のひびわれから漏水の跡が確認された場合には、原則として床版防水工を施すものとする。
- ・ひびわれ、漏水などが確認されない場合でも、舗装の打換えと同時に、床版防水工を施すことが望ましい。
- ・また、コンクリート桁やコンクリート床版を下面から補修・補強する場合に、路面から漏水があると、部材内に滞水することとなり更に劣化が進行しやすくなるため、防水層を必ず設置するものとする。
- ・床版防水工は、シート系と塗膜系の2種類が多く用いられる。
- ・不透水性に対する性能、床版および舗装との接着性、床版のひびわれに対する追従性など、シート系が優位であり耐久性が高い。
- ・ブリスタリング(空気だまり)発生の可能性は塗膜系(加熱型)が比較的低い。舗装厚の薄い舗装には、ブリスタリングが生じる可能性の高いシート系の適用は避けた方がよい。
- ・施工性は重ね塗りを必要とするが、塗膜性が良好であり、シート系に比べて施工が早い。
- ・床版の不陸に対する施工性に関して、塗膜系が良好である。
- ・シート系は車道部での施工実績が多く、塗膜系は歩道部で多い。
- ・シート系は塗膜系に対し、信頼度はあるが多少割高である。
- ・以上より車道部では信頼性の高いシート系を基本とするが、橋面の不陸や時間的な制約などによりシート系の採用が困難な場合は塗膜系を用いることができる。塗膜系を用いる場合、「7.1 (2) 2) ③コンクリート床版の複合防水工」に示す複合防水工を採用するなど、信頼性を確保するための検討が必要である。

<防水層選定フロー（アスファルト舗装）>

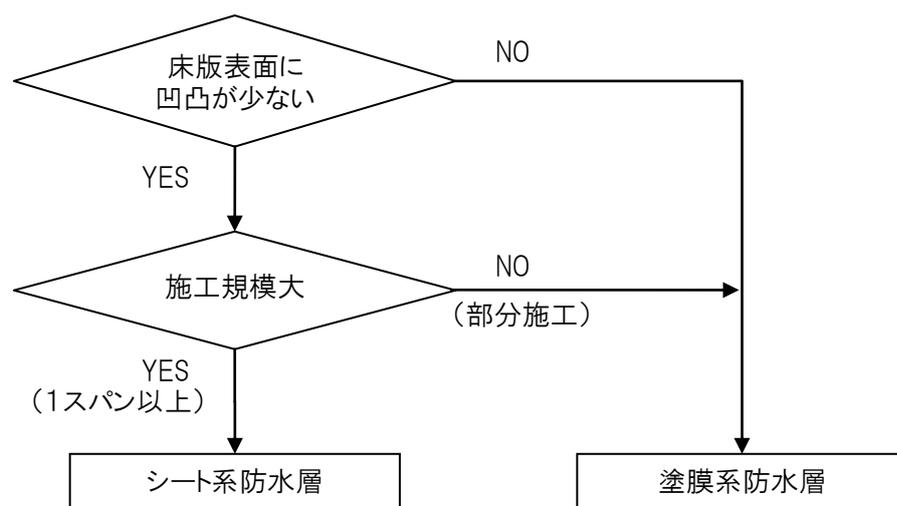


図 4.13 防水層選定フロー¹⁴

¹⁴ 福島県土木設計マニュアル[橋梁編] 第8編 補修・補強

<コンクリート舗装>

コンクリート舗装の場合は、切削によるアスファルトへの打ち換え（防水層設置）や含浸材等による防水を検討する。

<鋼床版>

防水層は設置しない。かわりに舗装の基層に不透水性の高いグースアスファルト混合物を使用する。

表 4.15 コンクリート床版防水層の選択基準の目安

道路区分	選択条件	要因	防水層の選択基準の目安
車 道	舗装撤去 床版面	防水層施工 後の養生	工程的に十分な時間がとれない場合は、養生時間の短いものを選ぶ。
		床版表面の 状態	床版面の不陸に対する施工性の良いものを選ぶ。
	交通条件	重交通路線	せん断強度の高いものを選ぶ
	道路構造	曲線部 坂 路	車両による遠心力や加速、制動に伴うせん断力が大きいことを考慮しせん断強度の高いものを選ぶ
	気象条件	温暖地	夏季の路面温度を考慮し、せん断強度および引張接着強度の高いものを選ぶ
寒冷地		冬季の路面温度を考慮し、低温時のせん断強度および伸び、引張接着強度の高いものを選ぶ。	
歩 道			車道に比べて舗装厚が薄いため、プスタリングが生じにくいものを選ぶ

c) 橋面舗装

車道部の橋面舗装は、原則としてアスファルト舗装とする。なお、舗装構成は、2層構造として、舗装厚は 8 cmを標準とする。又、鋼床版における舗装厚はボルト高を考慮して 8 cmを標準とする。

<コンクリート床版上の舗装構成>

コンクリート床版上の舗装構成は図 4.14 を標準とする。ただし、現状舗装厚が 5cm 以下の場合は、一般地域：密粒度 13+ポリマー改質Ⅱ型（1層）、積雪・寒冷地域：密粒度 13F+ポリマー改質Ⅱ型（1層）とする。

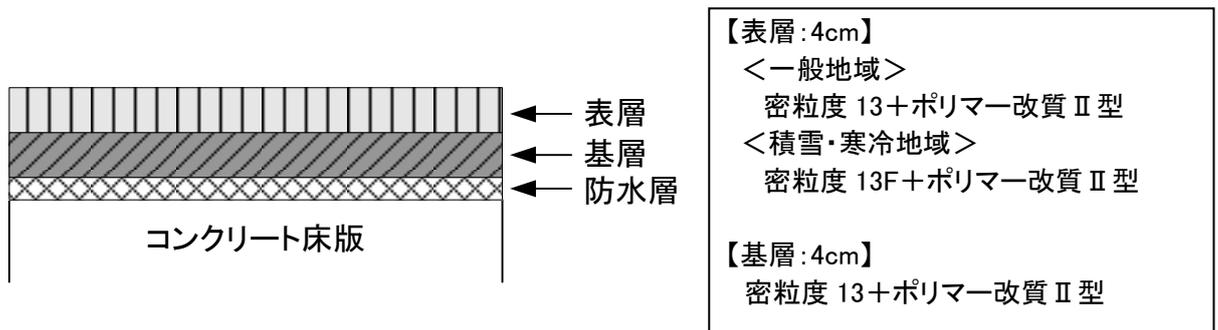
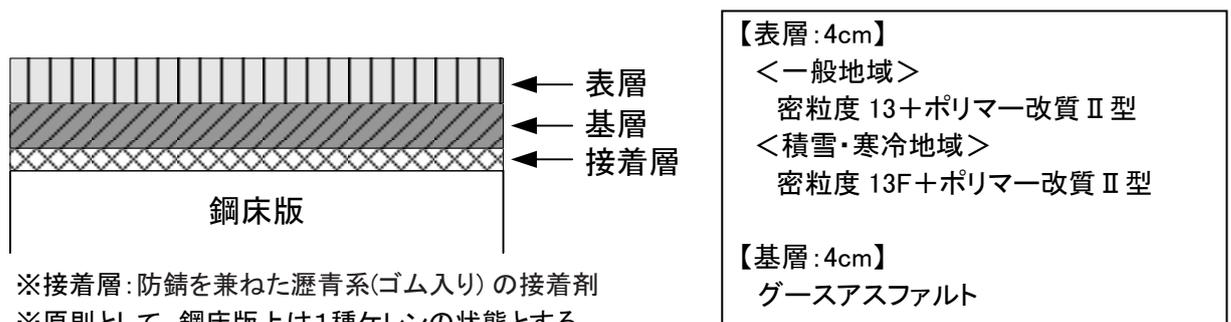


図 4.14 コンクリート床版上の舗装構成

<鋼床版上の舗装構成>

鋼床版上の舗装構成は図 4.15 を標準とする。



※接着層:防錆を兼ねた瀝青系(ゴム入り)の接着剤
 ※原則として、鋼床版上は1種ケレンの状態とする。

図 4.15 鋼床版上の舗装構成

<歩道部の舗装>

歩道部の橋面舗装は、原則としてアスファルト舗装とする。コンクリート床版上は細粒度アスコン、鋼床版上ではゲースアスファルトを用い、舗装厚は 3 cmを標準とする。

d) 床版の水抜き孔

床版の水抜き孔とは、床版上や床版防水層上の滞留水、導水パイプや導水帯によって集水された水を床版下面に排水するための、床版を貫通する鉛直方向の排水装置である。床版の不陸により床版上面に凹部があり滞水が避けられない場所にも床版の水抜き孔の設置を検討する。床版下面での流末処理は、排水管に接続するなど適切に行う必要がある。

床版の水抜き孔は、縦断勾配に応じて設置する必要がある。床版の水抜き孔の設置間隔の例を表 4.16 に示す。

水抜き孔は、直径が 30～60mm 程度のパイプで、材質にはステンレス製や樹脂製などがある。設置例を図 4.16 に示す。

詳細については、福島県 土木設計マニュアル [橋梁偏] に準ずるものとする。

表 4.16 床版の水抜き孔設置間隔の規定例¹⁵

縦断勾配	設置間隔 (m)
1 %以下	5
1 %を超える場合	10

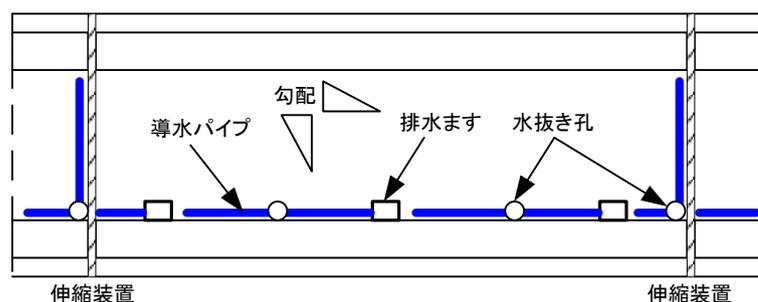


図 4.16 床版の水抜き孔の設置例¹⁵

¹⁵ 道路橋床版防水便覧 平成 19 年3月 (社)日本道路協会

e) 床版下面での流末処理

床版水抜き孔からの排水による床版の劣化損傷を防止するため、水抜き孔の流末の構造の留意点を以下に示す。

- ①垂れ流しの部の水抜き孔の流末は、上部工桁下へ導水し突出させるとともに、上部工に確実に固定するものとする。
- ②垂れ流しが出来ない区間（こ線部やこ道部）については、導水管等で排水管に接続する。
- ③排水管が近傍に無い場合は誘導管を設置し、排水管まで導水する。

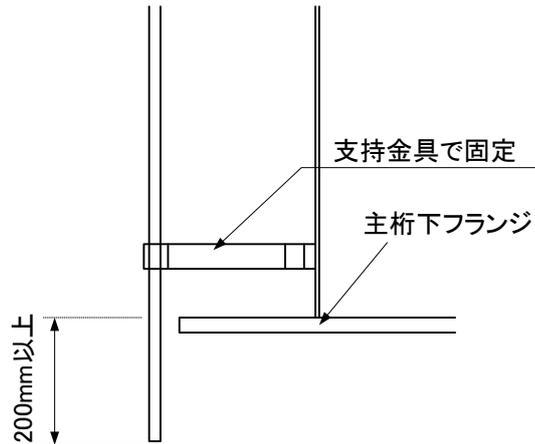


図 4.17 導水管の下フランジへの固定方法例（垂れ流しの場合）

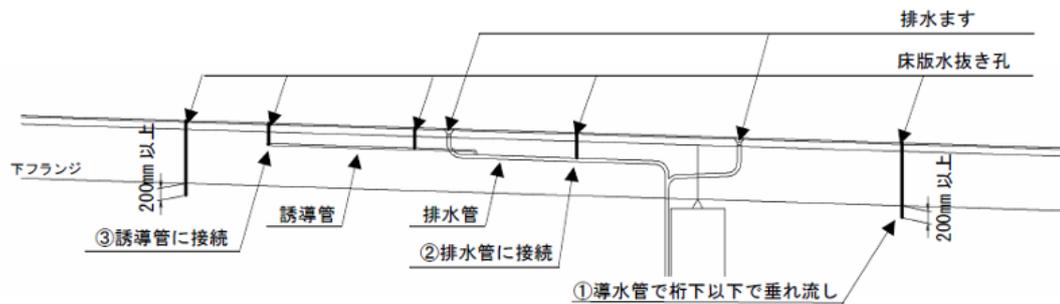
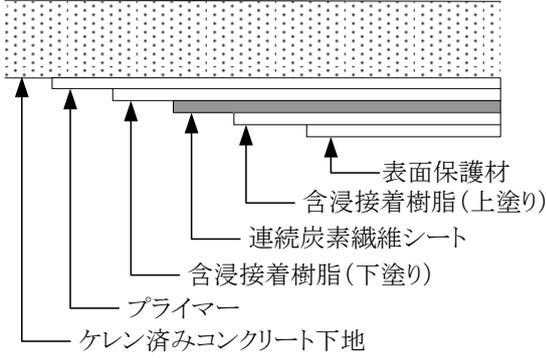


図 4.18 床版水抜き孔の流末処理の例（垂れ流しが出来ない場合）

7) 連続繊維シート接着工法

a) 特徴

工法名	連続繊維シート接着工法
対象部材	主桁、床版、下部工
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、既設部材と一体化させることにより、必要な性能の向上を図る工法</p> 
要求性能	<ul style="list-style-type: none"> ・以下の効果を発揮する適切な強度、弾性係数を有すること <ul style="list-style-type: none"> ○コンクリート部材の曲げモーメント作用方向に適用することにより、鉄筋の応力低減および応力分散効果 ○T桁橋や箱桁橋のウェブに適用することによるせん断補強効果 ・連続繊維シート接着工法に用いる上塗材は、耐候性に優れていること
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下の全面吊足場が必要 ・低温時の施工における樹脂の温度管理が必要 ・炭素繊維シートは、軽量であり、現場成形が容易であるため作業性に優れる。 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・耐食性に優れ、塩害地域のコンクリート構造物の補強にも適用できる。 ・ひびわれ拘束効果、耐荷性能の向上効果が期待でき、積層数の調節により適正補強量を選定可能 ・一定間隔をもって格子状に貼付けることにより、ひびわれの進展観察が可能となり、部材内の滞水も免れる。 ・断面剛性の増加が小さい。 ・損傷が著しい場合の補強効果については、別途検討が必要である。
使用材料	連続繊維シート: 炭素繊維、アラミド繊維

b) 工法選定時の留意点

連続繊維シート接着工法において、補強前に既に作用している永久荷重は、補強前の既設断面が負担するものとし、活荷重および補強後に作用する永久荷重は補強後の断面が負担するものとして、これらの荷重による応力度の合成応力度により照査する必要がある。

接着方法

連続繊維シート接着工法の貼り付けは、以前は床版下面全面に貼り付けていたが、近年は以下の理由により短冊状に貼り付けることが多くなっており、本要領においてもこの方法を基本とする。

- ・シート補強を床版全面に実施して路面から漏水があると、床版内に滞水することとなり更に劣化が進行しやすい。路面の防水工を実施することで漏水を防止できるが、長期にわたり完全に防止できない場合も想定される。短冊状に貼り付けることで、水の逃げ道を確保しておくことができる。
- ・短冊状に貼り付けることで、連続繊維シートを貼っていない箇所での床版の損傷（ひびわれ、遊離石灰等）の進行状況が確認できる。損傷の進行が確認できることにより、抜け落ち等の大きな損傷に至る前に必要な対策を講じることが可能である。

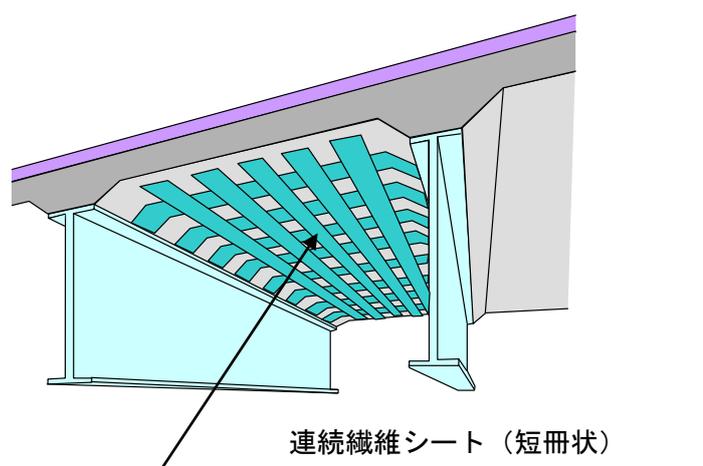


図 4.19 連続繊維シート接着工法の概要

適用可能な損傷程度

連続繊維シート接着工法は、シートの面外方向のせん断剛性のない材料であるため、床版の損傷が格子状に進展して遊離石灰が見られるなど、せん断耐力が著しく低下した段階には適用できない。連続繊維シート接着工法が採用できる目安としては、二方向のひびわれが発生し角落ちが生じていない段階までである。土木研究所で行った輪荷重走行試験では、このような損傷段階に対して連続繊維シート接着工法で補強することにより、疲労耐久性の大幅な改善が認められている。

連続繊維シート接着工法の材料

連続繊維シート接着工法の材料として一般的に用いられているCFRP（炭素繊維）シートについて、材料の諸定数の標準値を表 4.17 に示す。

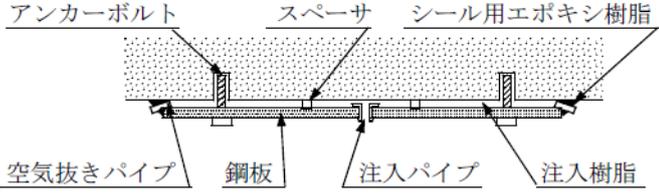
表 4.17 炭素繊維シートのヤング係数および繊維目付量断面積、厚さの標準値¹⁶

分類	ヤング係数 E_{cf} (kN/mm ²)	繊維目付量 W_{cf} (g/m ²)	断面積 A_{cf} (mm ² /m)	厚さ t_{cf} (mm)
高強度	245	200	111	0.111
		300	167	0.167
中弾性	390	300	165	0.165
	440	300	163	0.163
高弾性	540	300	143	0.143
	640	300	143	0.143

¹⁶ コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)－炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)－平成11年12月 建設省土木研究所

8) 鋼板接着工法

a) 特徴

工法名	鋼板接着工法
対象部材	主桁、床版、下部工
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート部材に対して、引張応力や斜め引張応力作用面に鋼板を接着し、既設部材と一体化させることにより、必要な性能の向上を図る工法 ・アンカーボルトを用いて、鋼板をコンクリート面に取付け、エポキシ樹脂の充填によりコンクリート面に密着 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下の全面吊足場が必要 ・低温時の施工における樹脂の温度管理が必要 ・鋼板は重量が大きいため、軽量な炭素繊維シート接着工法よりも作業性は劣る。 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼板と既設部材が確実に一体化するように施工時に十分な注意が必要 ・コンクリートとの接着面は表面処理が必要 ・既設コンクリートの変状が著しく進行している場合は、事前に適切な補修(断面修復など)が必要 ・塩害地域等の環境条件の厳しいコンクリート構造物の補強には適用できない。 ・コンクリート面を鋼板で覆うため、ひびわれなどの変状の進行が確認しづらい。 ・上面からの水が滞水することもあるため、水抜き孔を設ける、短冊状の鋼板を接着するなどの配慮を行う場合もある。
使用材料	<p>鋼板: 一般構造用鋼材 接着剤: 作業性に優れ、機械的強度が安定し、収縮の小さいもの</p>

b) 工法選定時の留意点

連続繊維シート接着工法において、補強前に既に作用している永久荷重は、補強前の既設断面が負担するものとし、活荷重および補強後に作用する永久荷重は補強後の断面が負担するものとして、これらの荷重による応力度の合成応力度により照査する必要がある。

以下に、施工時に留意すべき事項を示す。

- ・鋼板の接着はエポキシ樹脂の注入によるものとし、樹脂厚は 3mm 程度とする。
- ・鋼板の最小厚は樹脂の注入圧による変形防止や施工性を考慮して 4.5mm 程度以上とする。
- ・鋼板配置は、断面の急変による応力集中の影響を低減するため、ハンチ下端まで延ばして固定する。なお、その端部はシール材の施工を考慮し 20mm 程度あけておく。
- ・アンカーボルトは M8×30 を標準とし、配置は 7 本/m² 程度以上、ピッチは 500mm 程度以下とする。

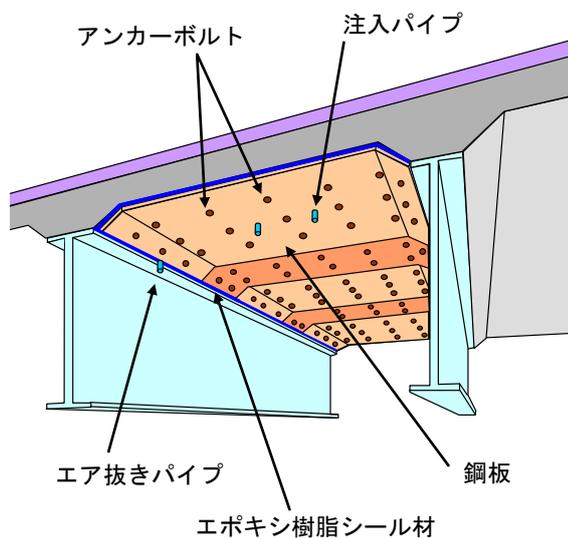
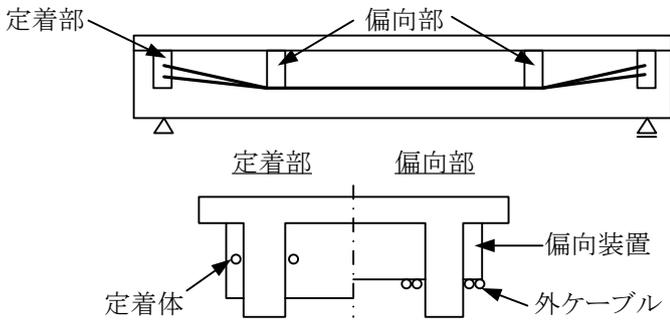


図 4.20 鋼板接着工法の概要

9) 外ケーブル工法

a) 特徴

工法名	外ケーブル工法
対象部材	主桁、コンクリート橋脚梁部、(鋼桁)
工法概要	<p>・コンクリート部材にPC鋼材などの緊張材を配置してプレストレスを導入することにより応力を改善し、曲げモーメントやせん断力に対する耐荷性能を向上させる目的で適用される工法</p> 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・PC橋やRC橋の桁や主版、橋脚のはりなど、主に1方向の曲げやせん断応力が卓越する部材に対する応力改善を目的として用いられる。 ・偏向装置の取付け部付近、定着部付近の既設コンクリート部材の補強が必要 ・一般的に交通規制を必要としない。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・補強効果が力学的に明確である。 ・補修後の維持管理が比較的容易である。 ・コンクリートの強度不足や劣化に対しては効果を期待できない。 ・部材剛性の向上は期待できない。 ・プレテンション桁橋は、桁高が低く既設PC鋼材配置などにより定着部の設置位置に制約が多いこと、PC鋼材の偏心量を大きくできないことなどから、適用する場合には十分な検討が必要
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・高密度ポリエチレンにより被覆されたPC鋼材 <p>(新工法: 板状に加工した炭素繊維プレートは配置してプレストレスを導入するアウトプレート工法)</p>

b) 工法選定時の留意点

PC橋の主桁は供用状態では全断面有効として設計されており、補修のためにコンクリートをはつり取ると、取り除いた断面にプレストレスが移行するため、補修の途中段階での応力の検証が必要となる。また、補修したコンクリート部分には、架設時に導入したプレストレスは有効とならず、耐荷力の回復等のために新たにプレストレスを追加する場合は、そのプレストレスのみが有効となる。従って、PC桁の補修設計にあたっては、プレストレスの移行や回復しないプレストレスを考慮して設計しなければならない。

耐荷力の低下や、比較的広範囲の断面修復などにより、外ケーブル等による追加プレストレスを導入する場合は、断面はつりによるプレストレスの再分配に加え、追加プレストレスが導入されることによる応力超過（オーバプレストレス）に注意し、施工段階ごとの応力照査が必要である。

①追加プレストレスの導入位置および導入順序

外ケーブル工法の場合、既設部材の図心からは離れた位置に外ケーブルを配置することになるので、緊張順序によっては既設部材の耐荷性能に影響を及ぼす恐れがある。格子桁の一部の主桁に追加プレストレスを導入すると、導入していない桁の応力状態にも影響する。このため、追加プレストレスの導入位置や導入順序についても検討が必要である。

②追加プレストレスによる二次力の発生

不静定構造物では、追加プレストレスを導入すると二次力が発生する。特に支間長に対して橋脚高さの比率が小さい連続ラーメン橋の場合、この二次力の発生により追加プレストレスの導入効率が低下するので注意する必要がある。

③断面はつりによる剛性の低下が大きい場合の影響

断面はつりによる剛性の低下が大きい（部材の高さに対するはつり深さの比率が大きい）場合には、局部応力が卓越したり、部材にひびわれが生じたりすることが想定される。これらの影響を正しく評価するには、FEM解析の採用を検討するのがよい。

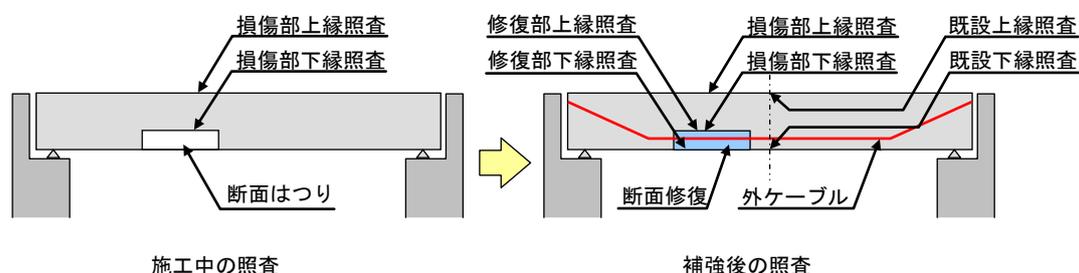
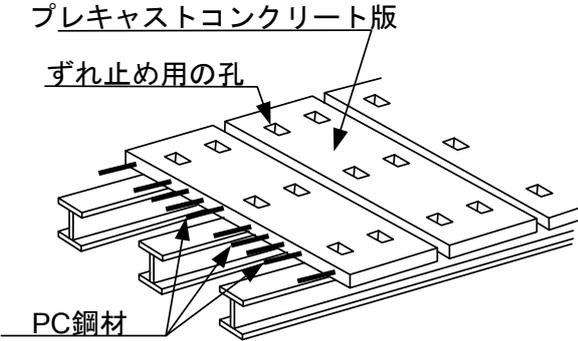


図 4.21 施工段階ごとの応力照査例

10) 床版打換え工法

a) 特徴

工法名	床版打換え工法
対象部材	鋼橋のコンクリート床版
工法概要	<p>・床版の劣化が橋梁全体に及んでいる場合に、床版全体を取り除き、道路橋示方書に準じた床版に取替える工法</p> <p><プレキャスト床版の例></p> 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・取替える床版は、現場打ち床版とプレキャスト床版について、交通規制時間、架設条件などを勘案して選定する。 ・交通規制時間が十分にとれ、養生などの施工管理に十分配慮できる場合は、現場打ち床版が経済的に優れる。 ・実際には諸条件が整うことは少なく、プレキャスト床版による打換えが多く行われている。 ・プレキャスト床版による打換えでは、交通規制時間の短縮が図れる他、コンクリートの養生などの品質に関する懸念も払拭される。 ・桁下の全面吊足場が必要 ・橋面の全面または、片側交互通行規制が必要
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・塩害地域などの架橋条件ではコンクリート系の床版 ・主桁の耐荷力が不足するような橋梁では死荷重が小さい合成床版、鋼床版
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・場所打ち床版 ・プレキャスト床版 ・プレキャスト合成床版 ・鋼床版 など

b) 工法選定時の留意点

床版打換え工は、施工段階ごとの主桁の応力度、キャンバー等に十分配慮して計画する必要がある。床版打換え時には、主桁に対し以下の状況となると考えられる。

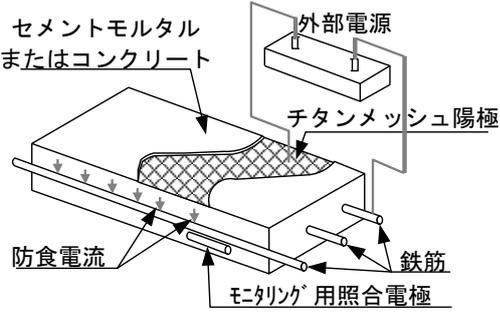
- ・打換え床版の床版厚は、現行基準に合わせるため、既設床版に比べて床版厚が厚くなる傾向にある。この結果、主桁に作用する死荷重が大きくなる。
- ・床版打換え時には施工上、床版と主桁の合成がとれない場合が多く、主桁は非合成桁の状態になる。
- ・一般的な条件下での床版打換えは、一部の車線を交通開放して行われることが多く、一部の桁が非合成の状態では活荷重に抵抗する状況になる。

以上のことから、主桁に対し、施工段階ごとの応力照査、キャンバーの照査が必要になる。以下に、合成桁と非合成桁の場合の主桁の照査項目を示す。

	主桁の照査項目
合成桁	<ul style="list-style-type: none">・既設床版撤去時（非合成状態）：交通解放部活荷重に対する照査・床版打換え時（非合成状態）：打換え床版荷重と交通解放部活荷重に対する照査・床版合成後（合成状態）：打換え床版荷重と橋面荷重と活荷重に対する照査
非合成桁	<ul style="list-style-type: none">・床版打換え後（非合成状態）：打換え床版荷重と交通解放部活荷重に対する照査

11) 電気防食工法

a) 特徴

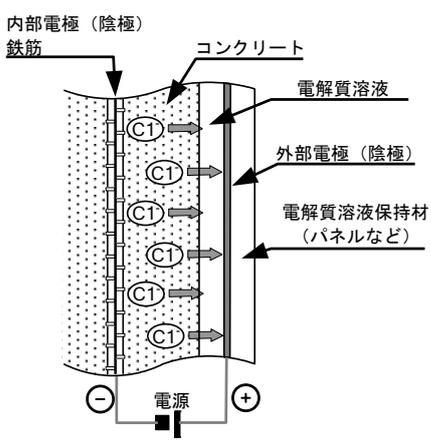
工法名	電気防食工法
対象部材	コンクリート橋の主桁、横桁、床版
工法概要	<p>・電気防食工法は、コンクリートに設置した陽極システムから鋼材へ電流を流すことにより鋼材の電位をマイナス方向へ変化させ、鋼材の腐食を電気化学的に抑制する工法</p> <p>・大きく、外部電源方式と流電陽極方式の2つの方法に分けられる。</p> <p>①外部電源方式 コンクリート構造物内の鉄筋を陰極、コンクリート表面に設けたチタン金属を陽極に保ち、直流電流を流すことによって電気化学的にコンクリート内の鉄筋を不活性状態にして腐食の進行を止める。</p> <p>②流電陽極方式 亜鉛防食板(犠牲陽極材)をコンクリート表面に固定し、鉄筋に配線することにより防食電流を供給する。</p> <p><外部電源方式の例></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> <p>・通行規制不要</p> <p>・電気防食工法の設計・計画には、専門的な要素が多く含まれるため、工法の採用にあたっては、初期段階より専門家の意見を聞くようにした方がよい。</p>
適応性および留意点	<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。(特に外部電源方式で注意が必要)</p> <p>・流電陽極方式は、電源のない場所でも適用できるが、犠牲陽極材が消耗しきると防食効果が無くなる。また非常に乾燥した環境では防食電流が発生しにくい。</p>
使用材料	<p>・陽極システムの形状</p> <ul style="list-style-type: none"> ○面状陽極:チタンメッシュ橋極方式、パネル陽極方式など ○線状陽極:チタンリボメッシュ方式、チタングリッド方式など ○点状陽極:チタンロッド方式など

b) 工法選定時の留意点

福島県の管理する橋梁に対して採用実績がないため、原則として採用しない。

12) 電気化学的脱塩工法

a) 特徴

<p>工法名</p>	<p>電気化学的脱塩工法</p>
<p>対象部材</p>	<p>コンクリート橋の主桁、横桁、床版</p>
<p>工法概要</p>	<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</p>  <p>C1⁻: 塩化物イオン</p>
<p>施工性</p>	<p>・脱塩工法では、通常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約8週間連続して流す必要がある。</p> <p>・通行規制不要</p> <p>・電気化学的脱塩工法的设计・計画には、専門的な要素が多く含まれるため、工法の採用にあたっては、初期段階より専門家の意見を聞くようにした方がよい。</p>
<p>適応性および留意点</p>	<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 ○ボルトなど導電流物質が露出している場合

b) 工法選定時の留意点

福島県の管理する橋梁に対して採用実績がないため、原則として採用しない。

4.3 鋼構造物における設計等の留意点

(1) 補修・補強工法選定のための調査手法

1) 損傷原因の推定

適切な補修を実施するためには、設計・施工、維持管理段階で蓄積された既存資料および点検結果より、損傷原因を推定することが必要である。

【解説】

鋼部材の主な損傷と損傷原因を表 4.18 に示す。

表 4.18 鋼部材の主な損傷と損傷原因

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
き裂、破断(破損)	繰返し荷重、衝突、 地震	—		製作・ 施工不良		
ゆるみ、脱落						
変形	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		

2) 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。

【解説】

鋼部材の主な調査・試験項目を表 4.19 に示す。

表 4.19 鋼部材の主な調査・試験項目一覧

調査項目	調査方法	目的
腐食範囲調査	①外観調査 ②板厚測定	腐食範囲の把握、 着目位置における断面欠損量を計測
塗装劣化調査	①外観調査 ③塗膜厚測定	塗装劣化範囲の把握
き裂範囲調査	①外観調査 ④磁粉探傷試験 MT ⑤超音波探傷試験 UT	応力集中によってき裂の発生が予想される箇所について、外観調査を行い、必要に応じて非破壊検査により疲労き裂の有無を確認
高力ボルトのゆるみ・破断調査	①外観調査 ⑥たたき試験	ボルトのゆるみ等を確認

各調査方法の詳細については、「土木鋼構造物の点検・診断・対策技術 社団法人 日本鋼構造協会」等の文献を参照のこと。

鋼構造物における損傷の種類別の調査・試験項目選定フローを図 4.22 に示す。

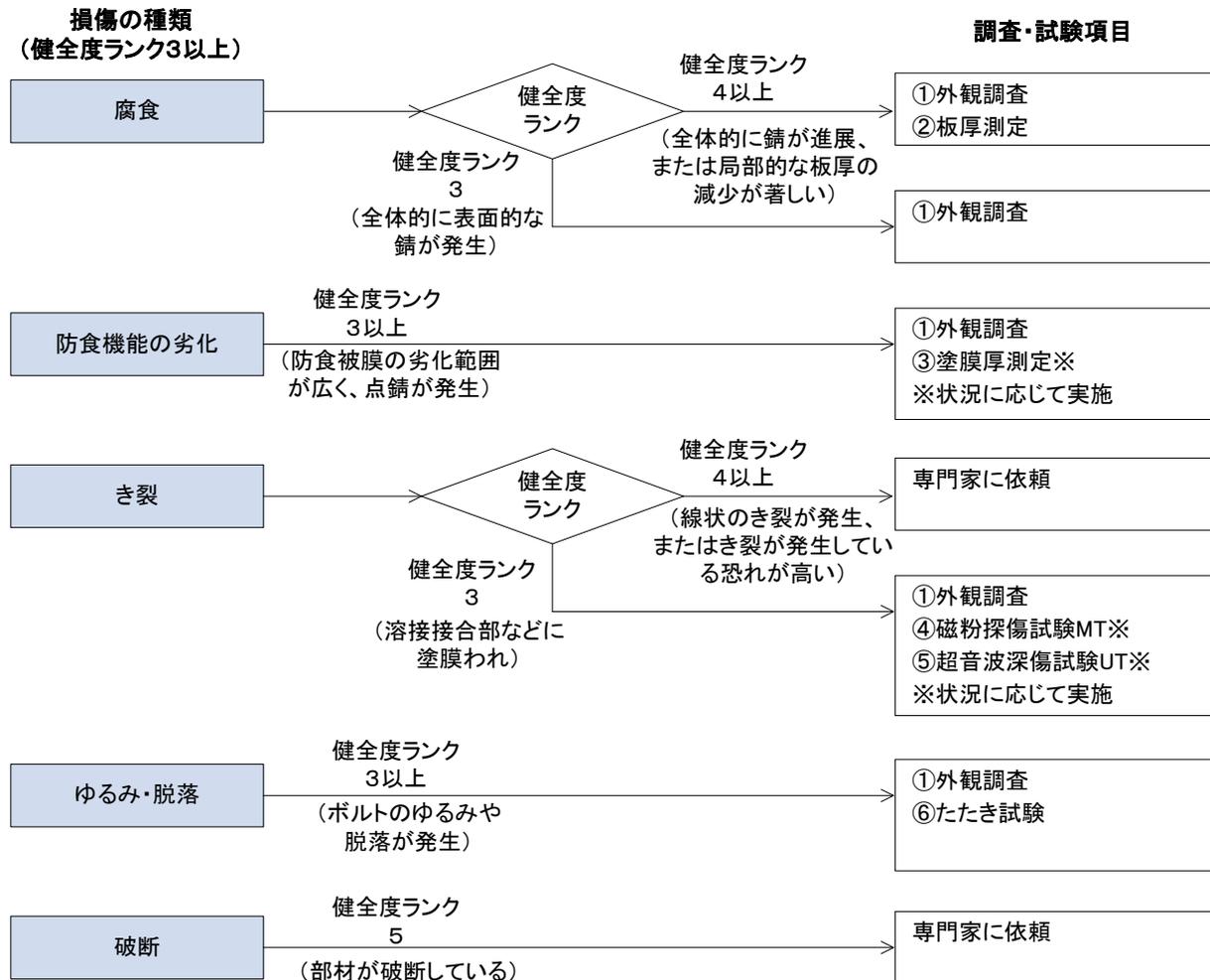


図 4.22 損傷の種類別の調査・試験項目選定フロー（鋼構造物）

< 調査方法の概要 >

①外観調査（腐食、塗装劣化、き裂等）	
<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、ふくれ、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>鋼構造物に発生するき裂は、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="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">①調査箇所の選定</div> <div style="margin: 0 10px;">↓</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">②調査</div> <div style="margin-left: 20px;"> <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。 ・き裂損傷は近接調査。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。 </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">③データの記録</div> <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・調査終了後、データを野帳に記録する。 </div> </div>

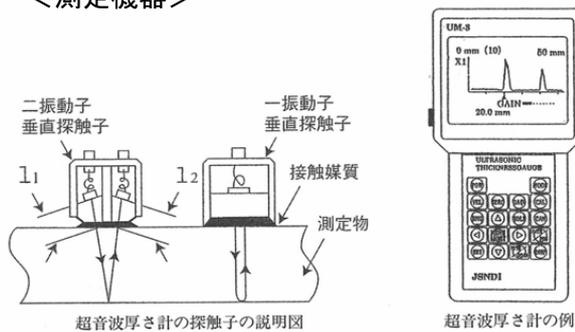
②板厚測定

<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。

<測定機器>

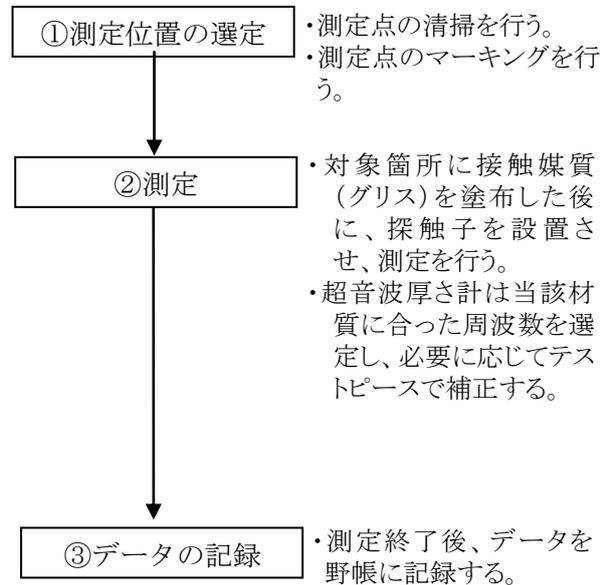


<測定イメージ>



<測定手順>

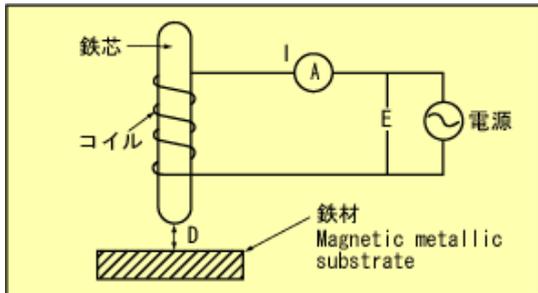
測定手順を以下に示す。



③塗膜厚測定

<概要>

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)



<測定機器>



<測定イメージ>



<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。

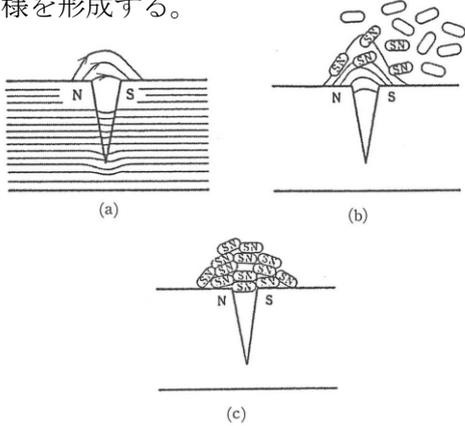
③データの記録

- ・測定終了後、データを野帳に記録する。

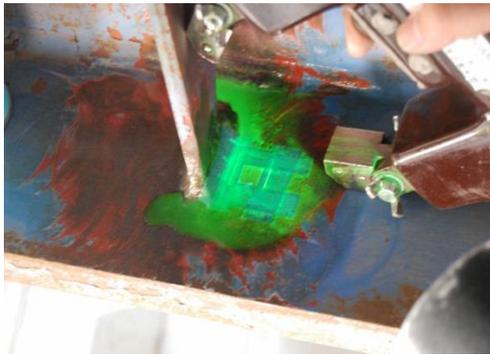
④磁粉探傷試験 MT

<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。

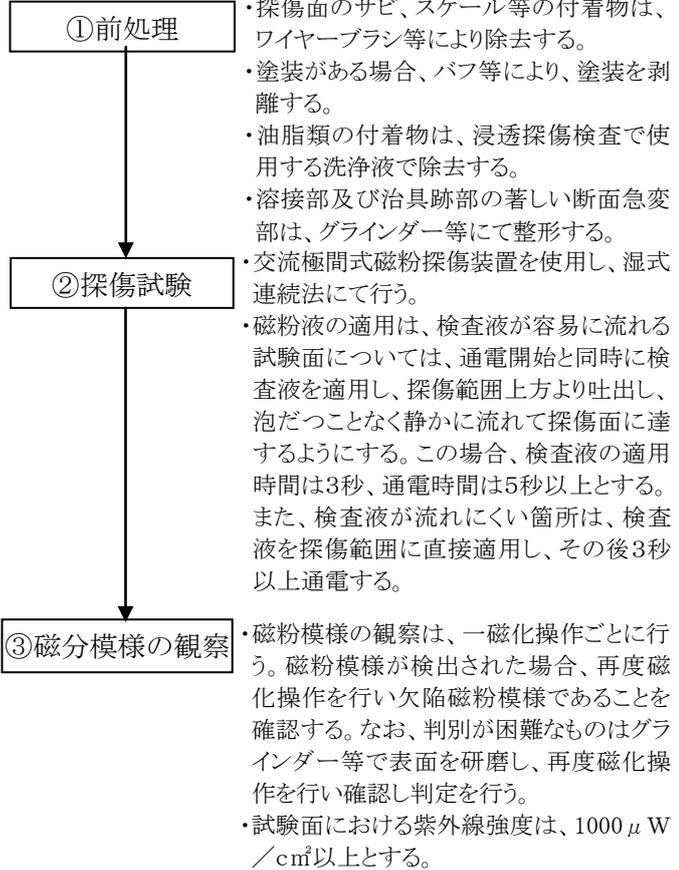


<測定イメージ>



<測定手順>

測定手順を以下に示す。

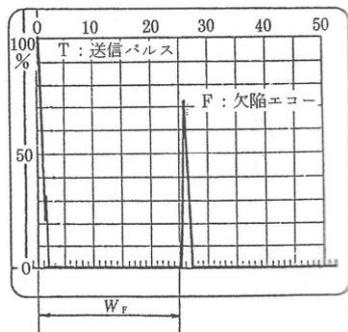
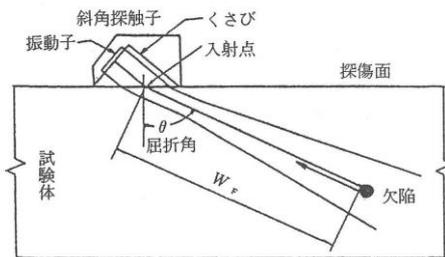


⑤超音波探傷試験 UT

<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。

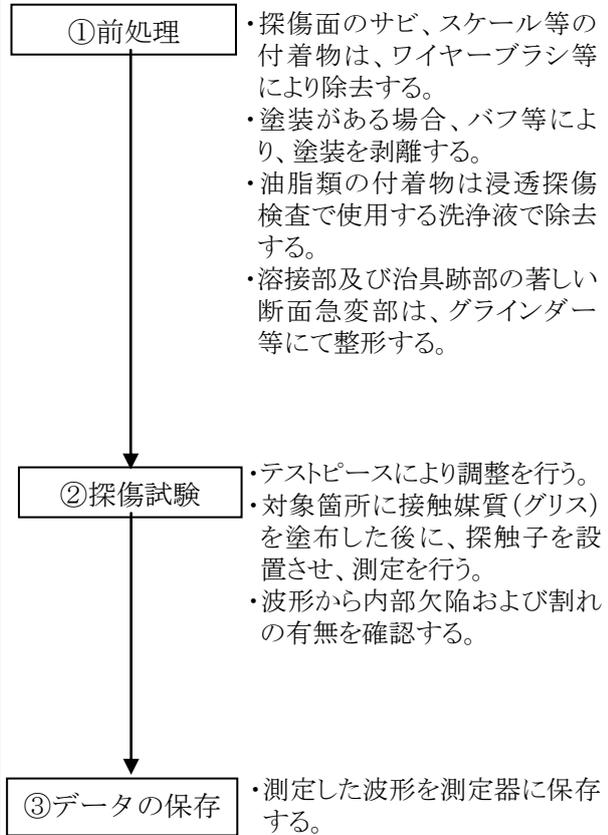


<測定イメージ>



<測定手順>

測定手順を以下に示す。



⑥たたき試験（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。

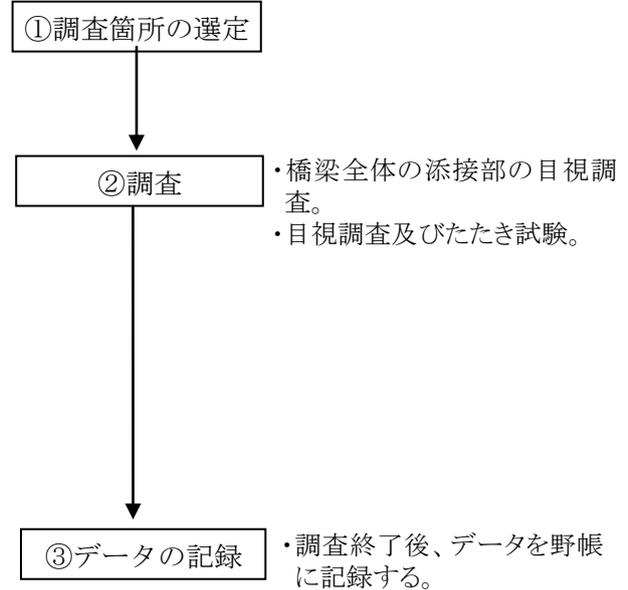
腐食環境が大きな要因となるため、架橋状況全体の把握が重要である。

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

<調査手順>

調査手順を以下に示す。



(2) 補修・補強工法の選定

1) 適用可能な補修工法

対象とする損傷に応じて、適切な補修補強工法を選定する必要がある。

【解説】

鋼部材（主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚）に対して、一般的に適用される補修補強工法を表 4.20 に示す。

表 4.20 適用可能な補修補強工法の概要（鋼部材）

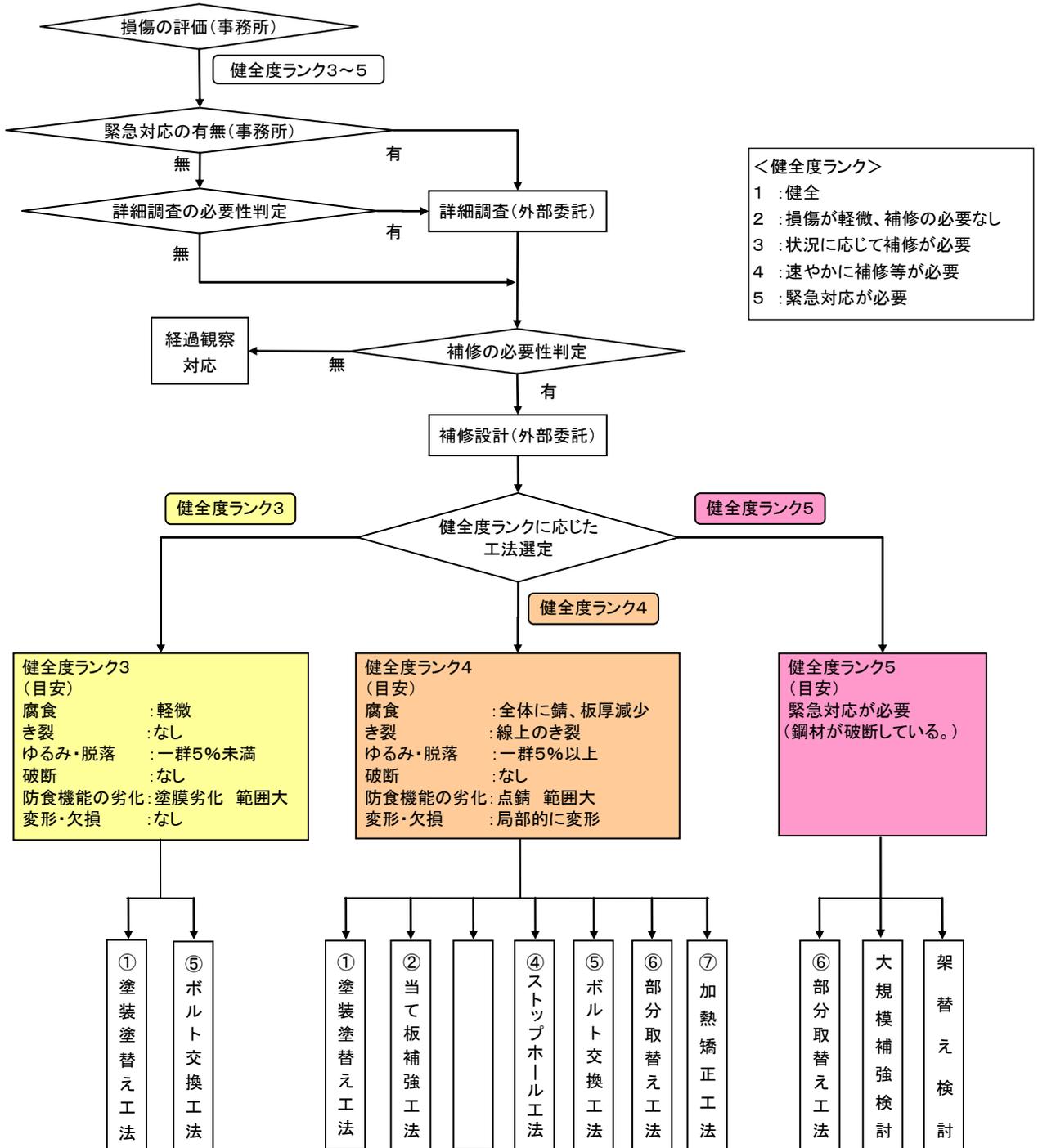
補修補強工法	概要	対象損傷
①塗装塗替え工法	錆の発生箇所をケレンし、補修塗装を行い、鋼材の腐食を防止、部分的に著しい塗膜劣化の生じている箇所は、部分塗替えを検討	・防食機能の劣化 ・腐食
②当て板補強工法	激しい腐食による鋼部材の減厚が生じた箇所は、腐食箇所を取り囲むように当て板（添接板）を施し、高力ボルトを用いて摩擦接合	・腐食による鋼部材の減厚
③溶接補修工法	溶接部に発生したき裂部分を除去し再溶接する。再溶接部の止端部は十分に仕上げを行って疲労強度を向上させる。	・き裂
④ストップホール工法	応急的な対策として用いられる工法で、き裂の先端に丸い孔を削孔し、き裂先端部の応力集中を除去することで、き裂の進展を防止	・き裂
⑤ボルト交換工法	著しく腐食しボルト断面が欠損している場合、ボルトが破断し欠損している場合、遅れ破壊が認められる F11T を使用している場合などにボルトを交換	・ボルトのゆるみ・脱落
⑥部材取替え工法 （一部、全部）	主に二次部材が、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替える。	・腐食による鋼部材の減厚 ・き裂
⑦加熱矯正工法	変形した鋼部材を加熱後、一般にジャッキを用いて変形の大きい箇所から始めて、小さいほうに向かって徐々に矯正し、これを何回も繰り返す。	・変形

2) 補修・補強工法の選定フロー

損傷の種類および健全度ランク等を考慮して、適切な補修工法を選定する。

【解説】

鋼構造物の補修・補強工法選定フローを以下に示す。



※※損傷に応じた補修補強工法の組合せについては次頁参照

※漏水が原因の場合は、漏水対策も併せて実施

鋼構造物における損傷と補修工法の目安を表 4.21 に示す。

表 4.21 損傷と補修工法の目安（鋼構造物）

損 傷	補修工法							その他 漏水対策		
	① 塗装 塗替え 工法	② 当て板 補強工 法	③ 溶接 補修工 法	④ ストップ ホール 工法	⑤ ボルト 交換工 法	⑥ 部材取 替え工 法	⑦ 加熱矯 正工法	床版防 水工法	桁端部 等の漏 水対策	排水装 置補修
腐食	◎	◎				◎		○	○	○
き裂		◎	◎	◎		◎		○	○	○
ゆるみ・脱落					◎			○	○	○
破断		◎				◎		○	○	○
防食機能の劣化	◎					○		○	○	○
変形・欠損						○	◎	○	○	○

◎：主に適用、○：適用検討、－：原則適用しない

(3) 各補修工法の特徴および留意点

各補修補強工法の特徴および工法選定時の留意点を十分に把握した上で、各橋梁に対して適切な工法を選定しなければならない。

以下に補修補強工法と適用可能部材を示す。

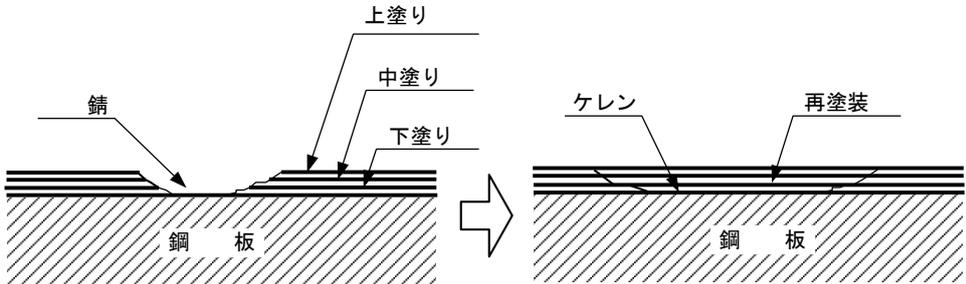
表 4.22 補修補強工法と適用可能部材（鋼部材）

補修補強工法	適用部材
①塗装塗替え工法	鋼主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
②当て板補強工法	同上
③溶接補修工法	同上
④ストップホール工法	同上
⑤ボルト交換工法	同上
⑥部材取替え工法（一部、全部）	同上
⑦加熱矯正工法	同上

【解説】

1) 塗装塗替え工法

a) 特徴

工法名	塗装塗替え工法
対象部材	主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚、(鋼製支承)
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・素地調整後、補修塗装を行い、鋼材の腐食を防止 ・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 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・施工は、吊足場等の足場施設が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・発錆原因の除去対策を行わない場合は、短期間で再劣化するため、適切な対応を検討(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実施)
使用材料	<p>< Rc- I 塗装系の例 ></p> <p>素地調整: 1種ケレン</p> <p>下 塗: 有機ジンクリッチペイント+弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗(2層)</p> <p>中 塗: 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗</p> <p>上 塗: 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗</p>

b) 工法選定時の留意点

頻りに塗替えを繰り返すことは、不経済になるばかりか、素地調整の騒音等の社会的な影響も大きいことから耐久性に優れる重防食塗装系を採用することを原則とする。

旧塗膜が一般塗装系である A 塗装系、B 塗装系の場合は塗装・防食便覧に示される Rc- I 塗装系に準拠し表 4.23 の使用によることを原則とする。また、C 塗装系又は耐候性鋼材、溶解亜鉛めっき、金属溶射については別途検討が必要である。

また、旧塗膜が鉛系の場合、ブラスト廃材受け入れの際に成分検査が必要となるため、十分に注意が必要である。

表 4.23 Rc- I 塗装系 (スプレー) ¹⁷

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

表 4.24 旧塗膜と塗替え塗装系の組合せ ¹⁷

塗替え塗装系	旧塗膜	素地調整	特徴
Rc- I	A、B	1種	ブラスト工法により旧塗膜を除去し、スプレー塗装する。
Rc-III	A、B、C	3種	工事上の制約によってブラストできない場合に適用する。 耐久性は Rc- I 塗装系に比べて著しく劣る。
Rc-IV	C	4種	旧塗膜に欠陥がなく、美観を改善するために行われる。
Ra-III	A	3種	A 塗装系の塗替えで十分な塗膜寿命を有していて、適切な維持管理体制がある場合などに適用する。
Rc- II	B	2種	工事上の制約によってブラストできなく、かつ、B 系、b 系の旧塗膜に適用する。
Rd- III	D	3種	暗く換気が十分に確保されにくい環境の内面塗装に適用する。

¹⁷ (社)日本道路協会 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成 17 年 12 月

c) 素地調整

旧塗膜が一般塗装系である A 塗装系、B 塗装系より塗装塗替えを行う際の塗装仕様は、耐久性を考慮して下塗にジンクリッチペイントを塗付する重防食塗装系が原則である。ジンクリッチペイントは、適切な素地調整がなされれば良好な防食性能を発揮することが既往の促進試験¹⁸でも確認されており、素地調整はブラスト法により素地調整程度 1 種、ISO Sa2^{1/2} 相当以上に仕上げをすることを原則とする。

高力ボルト接合部や凹凸のある箇所に対してブラスト法による素地調整を行った場合は、研掃材が直接打撃されない部材凸部の陰の部分や隅角部等でさびや劣化塗膜が残存する可能性が高く特に注意を払う必要があり、このような部材又は部位に対しては、機械工具を併用するなどによって仕上げを行い、残存塗膜やさびを確実に除去する必要がある。

鋼橋等において塗装塗替えを計画する箇所は、腐食環境に劣る桁端部など狭隘な空間が少なくない。そのような箇所では、補剛材・対傾構・横構・支承等の各部材が複雑に組み合わさっており、それらの素地調整は十分な作業空間を確保できないなど困難を伴う場合がある。そのため、素地調整の方法は、対象とする箇所の作業性や作業効率等も考慮のうえ適切に選択する必要がある。素地調整の方法の選択にあたっては、表 4.26 に示す素地調整工法別の性能比較を参考にして検討するとよい。

表 4.25 素地調整と作業内容¹⁹

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

¹⁸ 山本，後藤，藤代，守屋：鋼構造物塗替塗装の性能規定化に関する検討，第 30 回鉄構塗装技術討論会，2007

¹⁹ (社)日本道路協会 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成 17 年 12 月

表 4.26 素地調整工法別の性能比較（狭隘部での施工性）

項目	オープンブラスト	バキュームブラスト	機械工具
除せい度	◎ 施工対象部分が目視確認できれば、ISO Sa2 ^{1/2} 相当の除せい度が確保できる。ただし、ボルト頭、部材片、隅角部などでは、十分に除去できない可能性がある。	◎ バキュームノズルが設置できる空間が確保されれば、ISO Sa2 ^{1/2} 相当の除せい度が確保できる。 ただし、ボルト頭、部材片、隅角部などでは、十分に除去できない可能性があり、専用の治具を必要とする。	△ ブラストによって除去できないようなボルト頭周辺、板厚方向面など狭い範囲での施工に有利である。 ただし、時間を要しても、ISO Sa2 ^{1/2} 相当の除せい度を確保するのは難しい。
作業性	オープンスペースで作業を行うため、作業姿勢は良い。 研掃材や粉塵が噴出するため、作業環境はバキュームブラストに劣る。	バキュームノズルが設置できる空間が確保されれば、作業性は良い。	機械工具が設置できる空間が確保されれば、ある程度の作業性は得られる。
作業効率	凹凸部分が多い狭隘部で、かつ、施工面積が広い場合は有利である。	狭隘部でも必ずしも作業効率は悪くない。 ただし、施工面積が広い場合や塗膜が厚い場合では、作業量も増大し効率は劣る。	ブラストによって除去できないような箇所では有利である。

d) 塗装履歴の記録方法

塗装工事者は塗装工事終了後に桁端部の腹板等の見やすい位置に塗装記録表を残すことを原則とする。図 4.23 に塗装記録表の例を示す。

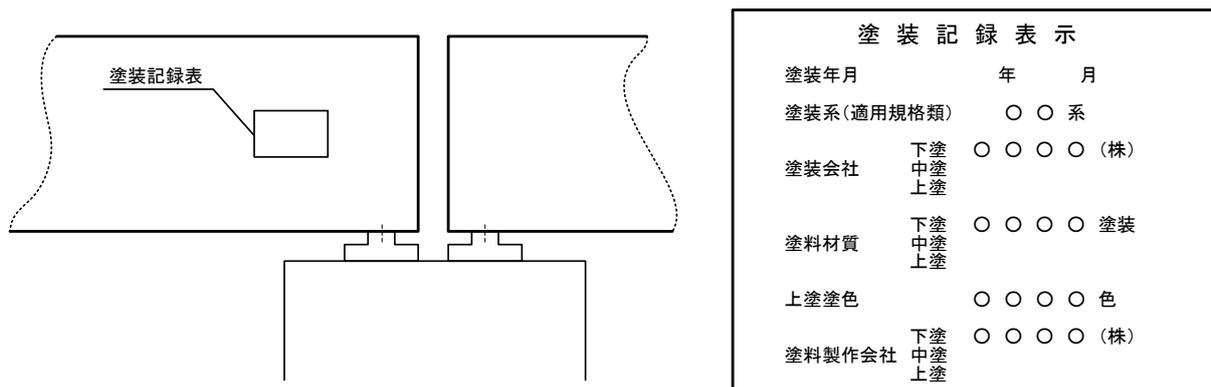


図 4.23 塗装記録表の表示位置、塗装記録表の例²⁰

²⁰ (社)日本道路協会 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成 17 年 12 月

e) 部分塗替え塗装

- ・部分塗替え塗装は、特定の部材又は部位の劣化が著しい場合に、その箇所を含むある範囲を塗替えることを示す。
- ・部分塗替え塗装系は重防食塗装系を採用することを原則とする。
- ・新塗膜と旧塗膜との境界部には、塗り重ね部を設けるものとする。
- ・塗装範囲は腐食が局部的であっても維持管理を考慮する範囲をまとめて塗替えるものとし、局部的な塗装は原則として行わない（タッチアップ塗装のような施工は行わない）。
- ・桁端部を対象とする場合は、腐食環境に配慮し橋座面上を塗装の最小範囲とする。
- ・旧塗膜が一般塗装系である A 塗装系、B 塗装系の場合は塗装・防食便覧に示される Rc-I 塗装系に準拠することを原則とする。C 塗装系又は耐候性鋼材、溶解亜鉛めっき、金属溶射については別途検討が必要である。

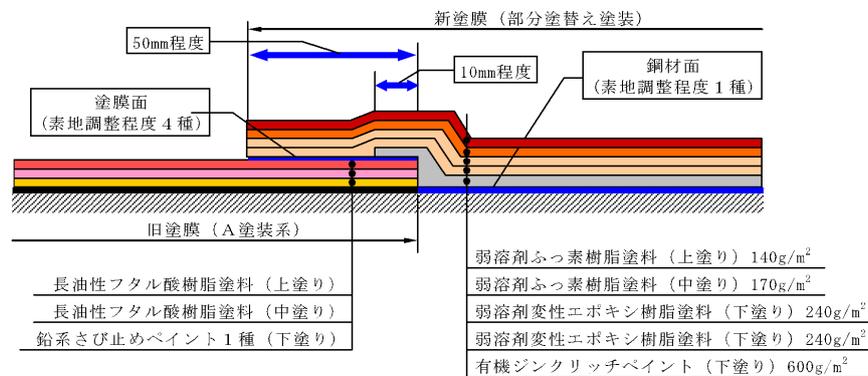


図 4.24 新旧塗膜の塗り重ね部の処理²¹

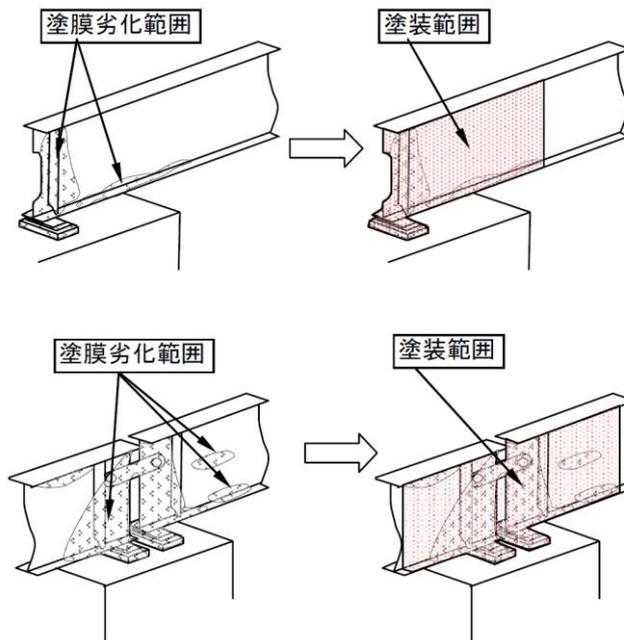
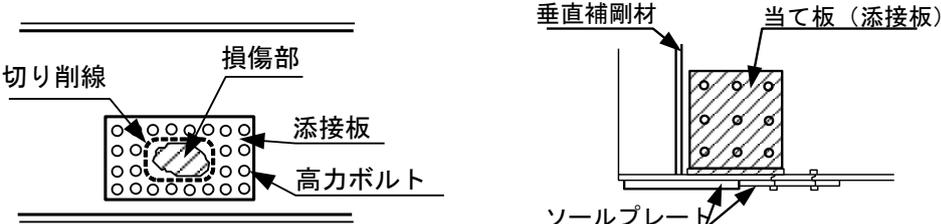


図 4.25 劣化部位に応じた塗装範囲の決定例²¹

²¹ 鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案) 平成 21 年 9 月 国土交通省

2) 当て板補強工法

a) 特徴

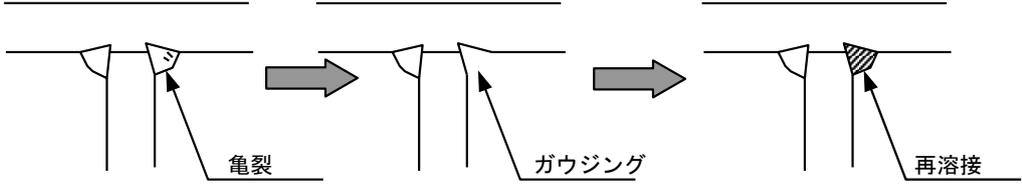
工法名	当て板補強
対象部材	主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・激しい腐食による鋼部材の減厚が生じた箇所は、腐食箇所を取り囲むように当て板（添接板）を施し、高力ボルトを用いて摩擦接合 ・当て板補修工法により、腐食減厚部の応力度の低減、腐食減厚部の剛性の向上が期待できる。 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・部分的な吊り足場等の設置が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
設計等における留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

b) 工法選定時の留意点

- ・き裂部の溶接補修が困難な場合や、き裂発生部の応力度を低減することを目的とした場合に適用される。き裂が既に大きく進展している場合の補修対策として採用されることが多い。
- ・腐食による断面欠損が大きく、塗装塗替え工法のみでは当初の性能を確保できない場合に、減少した断面を補う方法として採用されることが多い。
- ・当て板の接合は、高力ボルトによる接合を基本とする。溶接による接合は、溶接品質上の問題や作業環境上の問題があるため、極力避けるべきである。
- ・当て板には母材と同等以上の強度を確保できる鋼板を使用し、添接板への応力伝達を円滑に行わせるため、き裂を挟んである程度広範囲に当て板を設置することが望ましい。
- ・当て板補修工法は、ストップホール工法あるいは溶接補修工法と併用することが望ましい。
- ・ストップホール工法と併用する場合は、ストップホールと当て板接合ボルトの位置を合わせるような配慮を行うことが望ましい。
- ・当て板補修工に使用する材料は、小口での調達になる場合があるため、市場性に配慮して使用材料を選定することが重要である。

3) 溶接補修工法

a) 特徴

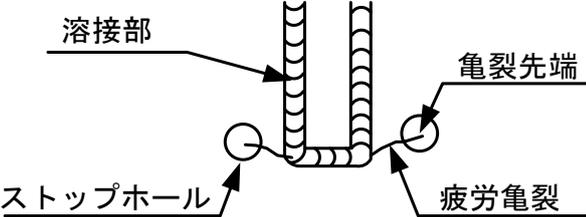
工法名	溶接補修工事
対象部材	主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	<p>・溶接部に発生したき裂部分を除去し、再溶接して補修する。再溶接部の止端部は十分に仕上げを行って疲労強度を向上させる。</p> 
施工性	<p>・部分的な吊り足場等の設置が必要</p> <p>・通行規制は原則不要であるが、吊り足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。</p>
設計等における留意点	<p>・溶接形状による局所的な応力集中が原因の場合は、溶接補修後にTIG処理またはグラインダーにより、溶接止端部を滑らかにし、疲労強度を向上させる。</p> <p>・き裂発生の原因は、疲労き裂(応力集中、二次応力の発生など)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>

b) 工法選定時の留意点

- ・ 損傷原因が部材中に残された溶接欠陥や工作傷などであり、溶接補修によりこれらの要因を除去することが可能である場合のみき裂の再発防止に対して有効である。
- ・ 局所的な応力の集中や変形の発生が主要であるような損傷に対しては本工法のみでは不十分であり、必ず溶接継ぎ手の疲労強度向上と併用する必要がある。
- ・ 再溶接による残留応力、ひずみの増加、新たな溶接欠陥の発生など損傷発生前の状態よりも疲労強度が劣る場合があることから、所定の品質が確保できるような溶接方法、施工管理方法を検討する必要がある。
- ・ 基本的には、損傷が軽微な段階、もしくは他の恒久対策との組合せを前提とする場合のみ適用すべきである。
- ・ グラインダー、ガウジングなどでき裂を完全に除去してしまふことが必要である。なお、十分な施工性が確保できない場合は、ガウジングによるき裂除去は避けるべきである。
- ・ 補修が現場溶接となるため、溶接できない箇所や溶接作業の困難な箇所での補修には不適當である。無理な姿勢による溶接は溶接欠陥が生じやすく、十分な改良ができないことに留意する必要がある。

4) ストップホール工法

a) 特徴

工法名	ストップホール工法
対象部材	主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・応急的な対策として用いられる工法で、き裂の先端に丸い孔を削孔し、き裂先端部の応力集中を除去することで、き裂の進展を防止 ・補修効果を高めるため、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。 ・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。 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・部分的な吊り足場等の設置が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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

b) 工法選定時の留意点

- ・基本的には、き裂進展の一時的な停止であり、補修および補強対策立案のための時間を確保することが必要である場合の応急的な対策として用いられる。
- ・他の補修補強対策と併用することにより、き裂の進展を恒久的に停止することも可能である。
- ・ストップホールが効果的なき裂先端部分の発生応力度は、公称面内応力度で 50N/mm² 程度までであると言われている。
- ・ストップホールの効果を高めるため、ストップホールには高力ボルトを挿入し、締め付けるとよい。
- ・ボルトの挿入あるいは締め付けが不可能な場合には、ストップホールのみとし、孔周辺の角部についてはグラインダーを用いてR加工するものとする。
- ・ストップホールの孔径はφ24 (M22 高力ボルトに対する径) を標準とする。
- ・磁粉探傷試験等によりき裂の先端を正確に把握し、ストップホール位置を決定することが重要である。

5) ボルト交換工法

a) 特徴

工法名	ボルト交換工法
対象部材	主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	・著しく腐食しボルト断面が欠損している場合、ボルトが破断し欠損している場合、遅れ破壊が認められる F11T を使用している場合などにボルトを交換
施工性	・部分的な吊り足場等の設置が必要 ・遅れ破壊等により損傷しているボルトを新しいボルトに取替える場合、原則として1本ずつ交換 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	・F11T から交換するボルトは S10T を基本とし、トルシア用締め付け工具が使用できない場合は F10T をトルクレンチにより締め付ける。 ・F11T から S10T または F10T へ取替える場合は、ボルトの許容力が約 5%低下するため、継手部の設計照査を行い、許容応力度を満足していることを確認 ・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 ・リベット頭と母材部の接面に腐食が生じる前に取替え

b) 工法選定時の留意点

橋梁点検結果から、ボルトまたはリベットで「腐食」、「ゆるみ」、「脱落」、「破断」の損傷が発生している場合は、以下に示す基本方針で対策を行う。

○腐食が進行し断面欠損に至っている場合

→原則としてリベットでは再塗装を行い追跡調査とする。高力ボルトでは交換もしくは追跡調査とする。

○ゆるみ、脱落、破断がある場合

→原則として高力ボルトに交換もしくは追跡調査とする。

○F11T、F13T の高力ボルトを使用しており、第三者被害の対策を実施する必要がある場合

→原則として落下防止対策を実施するかもしくは全ボルトを交換するものとする。

6) 部材取替え工法

a) 特徴

工法名	部材取替え工法
対象部材	鋼主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・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替える方が得策の場合が多い。 ・部材を取替える場合は、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。 ・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、全体取替え工と比較検討する。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・部分的な吊り足場等の設置が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。

b) 工法選定時の留意点

- ・一般的には、対傾構や横構などの二次部材の損傷が著しい場合（腐食による断面欠損が大規模、大規模な変形など）に採用されることが多い。
- ・変形量が大きく、加熱矯正工による修復が困難である場合で、施工上取替えが可能である場合にも採用されることが多い。
- ・工法選定および施工計画に先立ち、所定の位置に部材が搬入可能か、取り合いを十分に確認する必要がある。
- ・部材を取替える場合には、撤去時の安全性を確認する必要がある。特に変形した部材には、予想外の力が作用している場合があるため、注意が必要である。
- ・既設部材撤去時の安全性に問題がある場合は、必要に応じて仮受け材を設置する。また新規部材を取り付ける場合、所定の応力を導入するための応力調整が必要になる場合もある。

7) 加熱矯正工法

a) 特徴

工法名	加熱矯正工法
対象部材	鋼主桁・主構、鋼床版、鋼製橋脚
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・変形した部材は常温で矯正するためにはかなりの塑性変形を作用させる必要があり、矯正後のじん性の低下を考慮すると加熱矯正を用いるのが一般的である。 ・矯正は、一般にジャッキを用いて変形の大きい箇所から始めて、小さいほうに向かって徐々に矯正し、これを何回も繰り返す。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・部分的な吊り足場等の設置が必要 ・通行規制は原則不要であるが、吊足場設置時の荷卸しのために路肩規制などが必要な場合もある。
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・非調質鋼材の加熱矯正の適正な温度は、900℃程度である。調質鋼材は加熱による材質および強度への影響を調べる必要があり、一般に適切な加熱温度は非調質鋼材よりも低い。 ・加熱終了後、荷重を載荷できる温度は約 250℃であり、これに要する放熱時間は一般の鋼材では 30～40 分である。 ・冷却はできるだけ水をかけずに、自然放冷とするのが良い。ただし、300℃以下であれば水冷してもあまり材質に悪影響を及ぼさない。

b) 工法選定時の留意点

- ・橋梁の下を横切る道路上を、高さ制限を超えた車両が通過し、主桁下フランジや下弦材に衝突して、鋼部材を局部的に変形させた場合などに適用する。
- ・変形量が大きく、加熱矯正工による修復が困難である場合で、施工上取替えが可能である場合には、部材取替え工法が採用されることが多い。
- ・加熱矯正工法や部材取替え工法を単独で実施する場合もあるが、例えば、縦リブの変形は加熱矯正、添接部は添接板や高力ボルトの交換などのように補修の必要性や施工性によって複数の補修方法を併用する場合がある。
- ・橋梁の当初設計強度を低下させない程度までの補修を実施する必要がある。
- ・同じ変形を生じていても構造物の部位によってその影響度が異なるため、対象となる部位の応力度の余裕などを考慮に入れて、補修の実施の有無、補修工法を選定する。

5. 構造部位別における設計等の留意点

5.1 支承における設計等の留意点

(1) 補修・補強工法の選定

1) 適用可能な補修工法

対象とする損傷に応じて、適切な補修補強工法を選定する必要がある。

【解説】

支承（鋼製、ゴム製）に対して、一般的に適用される補修補強工法を表 5.1 に示す。

表 5.1 代表的な補修補強工法（支承）

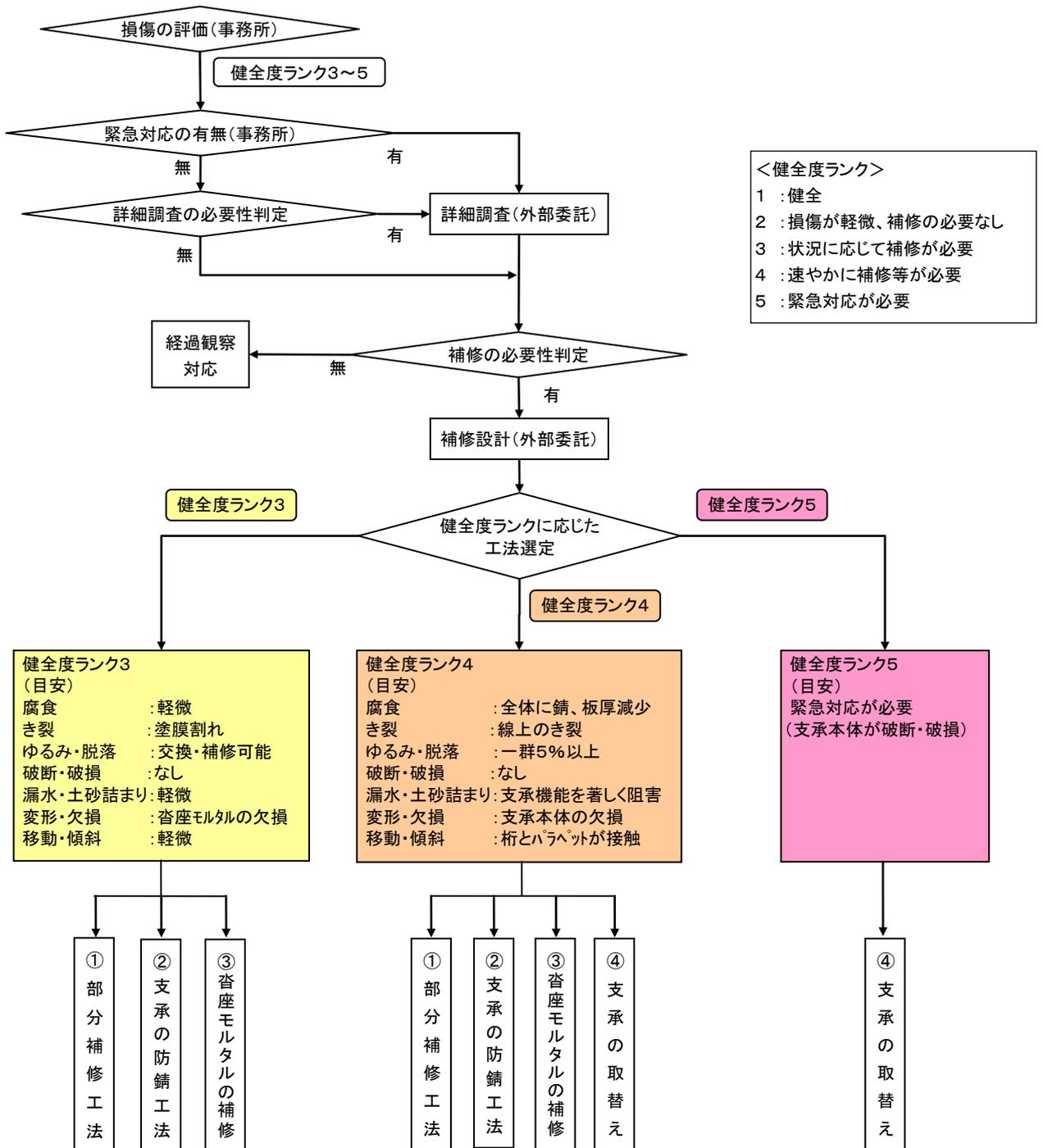
補修補強工法	概要	対象損傷
①部分補修工法	<ul style="list-style-type: none"> ・損傷が局所的で、損傷を受けた部品の補修、取替えて済む場合には部分補修を行う。 	防食機能の劣化 腐食 支承の機能障害 沓座モルタルの損傷
②支承の防錆工法	(1)亜鉛溶射 ・亜鉛および亜鉛アルミニウム合金の溶射皮膜に浸透性エポキシ樹脂でコーティング塗装を行うので、防錆効果は普通塗装より優れる(コスト:高)。 (2)補修塗装 ・錆が発生した箇所をケレンした後、補修塗装を支承の外面に施し支承の腐食を防止	防食機能の劣化 腐食 支承の機能障害
③沓座モルタルの補修	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	沓座モルタルの損傷
④支承の取替え	(1)同形式への取替え ・損傷原因が支承形式に起因せず、既設支承形式で構造的な不具合が生じない場合は、同形式の新しい支承に取替え (2)他形式への取替え ・損傷原因が支承形式に起因し、既設支承形式では損傷の原因を除去できない場合は、他形式の支承に取替え	支承の機能障害

2) 補修・補強工法の選定フロー

損傷の種類および健全度ランク等を考慮して、適切な補修工法を選定する。

【解説】

支承の補修・補強工法選定フローを以下に示す。



※漏水がある場合は、漏水対策も併せて実施
 ※橋座に土砂が堆積している場合は、堆積土砂を撤去

(2) 各補修工法の特徴および留意点

各補修補強工法の特徴および工法選定時の留意点を十分に把握した上で、各橋梁に対して適切な工法を選定しなければならない。

表 5.2 に補修補強工法と適用可能部材を示す。

表 5.2 補修補強工法と適用可能部材（支承）

補修補強工法	適用部材
①部分補修工法	鋼製支承、ゴム支承
②支承の防錆工法	鋼製支承、ゴム支承（鋼製の部分）
③沓座モルタルの補修	鋼製支承、ゴム支承
④支承の取替え	同上

【解説】

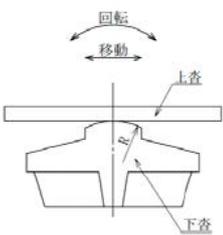
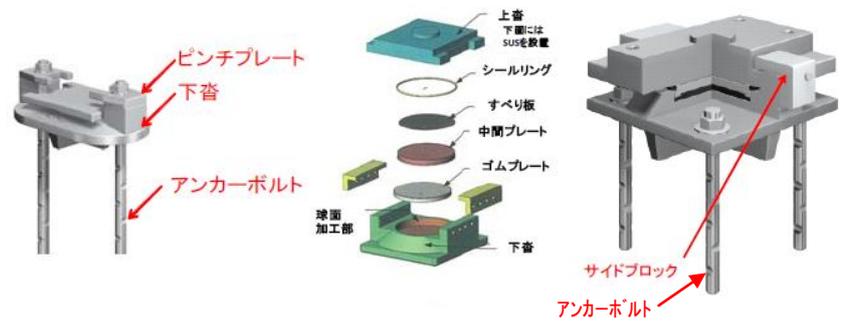
支承の補修・補強工法の選定においては、損傷の発生箇所や損傷要因、他部材への影響度合いなどを十分に考慮して適切な工法を選定するものとする。

以下に工法選定時の留意点を示す。

＜工法選定時の留意点＞

- 支承部に大量の土砂が堆積している場合は、堆積した土砂により支承の機能が損なわれている可能性があるため、支承の状態にかかわらず堆積土砂の撤去を行う。
- 支承の機能障害が認められない場合は、腐食部の除去および防錆処理により将来の支承機能を確保することができると考えられるため、補修工法として支承の防錆工法を選定する。
- 支承の機能低下が認められる場合に、セットボルトやサイドブロックなどの部分交換などで対応できる場合は部分補修、部分補修が不可能な場合は支承の取替えを選定する。
- 支承の機能とは、荷重伝達機能（鉛直力支持機能、水平力支持機能）と変位追従機能（水平移動機能、回転機能）を指す。機能低下とは、これらの機能が低下している、機能不全を引き起こしている場合を指す。以下に具体的な事例を示す。
 - ◇ 腐食が著しく、可動支承の変位追従機能が機能しておらず、ケレンしても改善しないと考えられる状態
 - ◇ 支承の移動量や変形量が大きく、常時の変形量（温度変化、桁の回転など）を吸収できる余裕がない状態
 - ◇ 沓座モルタルの破損による支承の傾斜・沈下や、ローラー支承のローラー脱落など、鉛直力支持機能が低下している状態
 - ◇ 移動制限装置やサイドブロックなどが破損し、地震時水平力（レベル1地震動）に抵抗できない状態
- 沓座モルタルや台座コンクリートの損傷に対しては、断面修復や必要に応じて沓座モルタルの再施工を行う。

1) 部分補修工

工法名	部分補修工法
対象部材	鋼製支承、ゴム支承
工法概要	<p> 損傷が局所的で、損傷を受けた部品の補修、取替えで済む場合には部分補修を行う。 <部分補修の代表的な事例> (1) 1本ローラー支承でのローラーのみの取替え (2) 上沓、下沓の拡幅 (3) 支承板支承での上沓および下沓の取替え (4) アンカーボルトナットのゆるみの締直し (5) 移動制限装置のき裂、破断部の補修 (6) 変形または破断した上沓の取替え、または、ソールプレートの補修 </p> <p> <参考: 支承板支承の例>  </p> <p> <参考: BP-B 支承の例>  </p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> • 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
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> • 工法によりジャッキアップが必要な場合は、路面段差などの影響を考慮し、ジャッキアップ量を必要最小限とする。 • またジャッキアップする際は、上部構造を均等にジャッキアップしないと床版にひびわれが生じる恐れがあるため注意が必要。

2) 鋼製支承の防錆工法

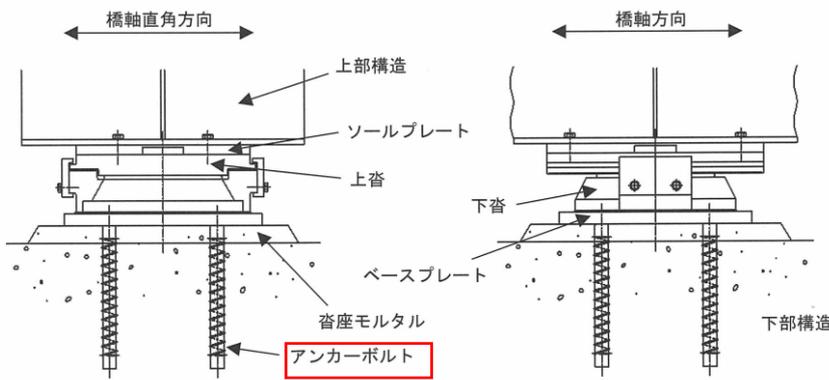
工法名	鋼製支承の防錆工法
対象部材	鋼製支承、ゴム支承(鋼製の部分)
工法概要	<p>(1)金属溶射</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブラストにてケレンを行うため、支承高が低く、人力によるケレンが難しい箇所でもケレン可能 ・亜鉛、アルミニウムまたは亜鉛・アルミニウム合金の溶射皮膜に浸透性エポキシ樹脂でコーティング塗装を行うので、防錆効果は普通塗装より優れる(コスト:高)。 ・経年または伸縮装置からの漏水の浸入および塵埃の堆積による腐食に有効 <p>(2)補修塗装</p> <ul style="list-style-type: none"> ・錆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 ・ケレンおよび塗装作業が可能なスペースが確保できることが条件 <p><金属溶射の例:NETIS 登録 No.HR-100013-A></p> <p>ブラスト処理 金属溶射 樹脂塗装</p> 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・通行規制不要 ・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
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・金属溶射(亜鉛・アルミニウム合金および擬合金など) ・補修塗装(Rc-I、Rc-IIIなど)

<参考：金属溶射に用いる溶射金属の特徴>

県内のほぼ全域で凍結防止剤を散布する福島県において金属溶射を採用する場合、耐久年数及び自然電位低下が遅く、総合的に優れた「亜鉛・アルミニウム擬合金」を基本とする。近年、さらに厳しい塩害環境用として「アルミニウム・マグネシウム合金」が採用される場合もある。

種類	特徴
亜鉛	塩分量が多い環境下では溶解速度が大きく、塩分と水が多く供給される地域では、皮膜の消耗速度が大きくなる。
アルミニウム	塩分量が多い環境でも表面に形成される酸化物が安定化しているため、溶解速度が遅く、比較的安定した耐久性が得られる。ただし、酸化膜が厚くなり、電位が高くなって鋼の電位に近づいてくることで、電気的防食効果が低下することもある。
亜鉛・アルミニウム合金および擬合金	亜鉛単独被膜とアルミニウム単独被膜の中間の挙動を示す。

3) 沓座モルタルの補修

<p>工法名</p>	<p>沓座モルタルの補修</p>
<p>対象部材</p>	<p>沓座モルタル</p>
<p>工法概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 破損した沓座モルタルをはつり、無収縮モルタルを打設 モルタルの破損した箇所のアンカーボルトが発錆している場合には、アンカーボルトの補修も併せて実施 <p><参考: 鋼製支承の構造図></p> 
<p>施工性</p>	<ul style="list-style-type: none"> 全面的に沓座モルタルの再施工を行う場合は、ジャッキアップが必要 ジャッキアップ量を必要最小限とすることで通行規制無しで施工も可能
<p>適応性および留意点</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。

4) 支承の取替え

工法名	支承の取替え
対象部材	支承
工法概要	<p>(1)同形式への取替え ・損傷原因が支承形式に起因せず、既設支承形式で構造的な不具合が生じない場合は、同形式の新しい支承に取替え</p> <p>(2)他形式への取替え ・損傷原因が支承形式に起因し、既設支承形式では損傷の原因を除去できない場合は、他形式の支承に取替え</p> <p style="text-align: center;"><u>主な手順例</u></p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph LR A[準備工] --> B[借受工 ジャッキアップ工] B --> C[支承撤去工 ・沓座部のはつり ・既設支承の撤去] C --> D[支承設置工 ・ベースプレート設置 ・沓座モルタルの打設 ・支承の設置] D --> E[ジャッキダウン工] </pre> </div>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・通行規制(徐行)が必要な場合もある。 ・ジャッキアップが必要であるが、ジャッキアップ量を 5mm 程度に制約することで、通行規制無しで施工も可能
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・支承の前面で主桁を仮受けする場合、条件によっては仮受けする位置の橋座縁端を拡幅する必要がある。 ・既設アンカーボルトを利用する場合、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。 ・支承を取替える場合、同一橋座上の全支承線を同時に取替える必要がある。 ・タイプA支承を取替える場合、橋梁全体の構造系バランス、耐震補強計画などとの関連を総合的に考慮して、タイプB支承に取替えるか、同形式に取替えるか判断する。
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼製支承(線支承、支承板支承、ピン支承など) ・ゴム支承(ゴム支承、地震時水平力分散ゴム支承、免震支承など) ・コンクリートヒンジ

5.2 伸縮装置における設計等の留意点

(1) 補修・補強工法の選定

1) 適用可能な補修工法

対象とする損傷に応じて、適切な補修補強工法を選定する必要がある。

【解説】

伸縮装置（鋼製、ゴム製）に対して、一般的に適用される補修補強工法を以下に示す。

表 5.3 代表的な補修補強工法（伸縮装置）

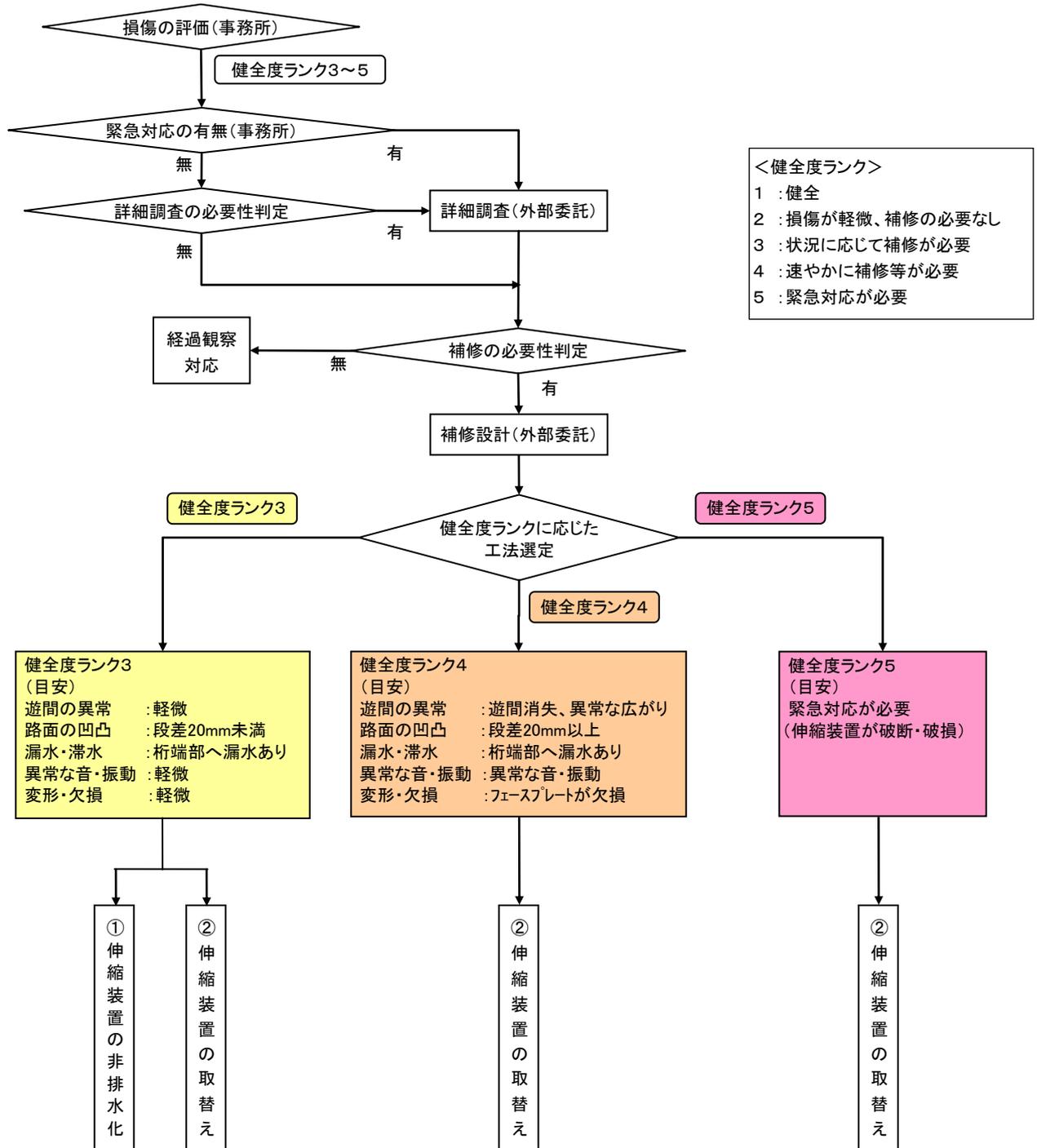
補修補強工法	概要	対象損傷
①伸縮装置の非排水化	・古いタイプの鋼製フィンガージョイント等の遊間にバックアップ材、弾性シール材を充填し非排水化を図る。	桁端部からの漏水
②伸縮装置の取替え	・既設伸縮装置を撤去し、新たに伸縮装置を設置 ・現況の遊間および対象目地の伸縮量やたわみ量、交通量を考慮した上で形式を選定	遊間異常 路面の凹凸

2) 補修・補強工法の選定フロー

損傷の種類および健全度ランク等を考慮して、適切な補修工法を選定する。

【解説】

伸縮装置の補修・補強工法選定フローを以下に示す。



(2) 各補修工法の特徴および留意点

各補修補強工法の特徴および工法選定時の留意点を十分に把握した上で、各橋梁に対して適切な工法を選定しなければならない。

以下に補修補強工法と適用可能部材を示す。

表 5.4 補修補強工法と適用可能部材（伸縮装置）

補修補強工法	適用部材
①伸縮装置の非排水化	鋼製、ゴム製
②伸縮装置の取替え	同上

【解説】

伸縮装置の補修補強工法を選定においては、損傷の発生部位、要因、進行程度を十分に考慮して適切な工法を選定するものとする。以下に工法選定時の留意点を示す。

<工法選定時の留意点>

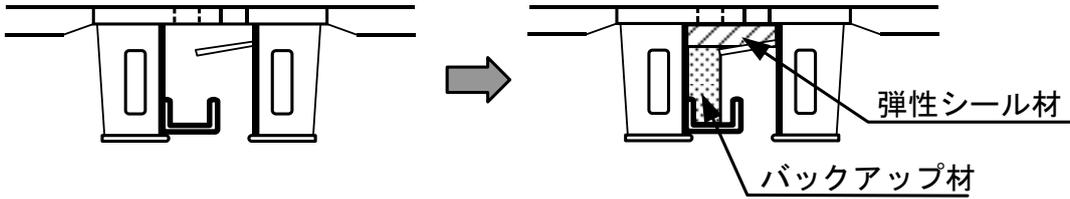
鋼製伸縮装置

- 伸縮装置から漏水が生じている場合は、非排水化を検討する。なお漏水が軽微であっても支承や桁端部の損傷を促進させていると考えられる場合は、積極的に非排水化対策を検討する。
- 伸縮装置の段差、遊間の異常などの損傷に対しては、支承や下部構造の変状が原因となっている場合があるため、それらの部材に対する対策の必要性についても検討を行い、適切に対策を行う。
- 鋼製伸縮装置の非排水化対策には、橋面から施工する対策と桁下から施工する対策があり、各々適用できる条件がある（伸縮装置の非排水化の留意点参考）。
- 段差、遊間の異常が生じている場合で、パッチングや嵩上げ、ジャッキアップなどによる段差の解消、フィンガー切断による遊間異常の解消が可能な場合は実施する。
- 上記の対応が困難な場合、または非排水化対策が困難な場合は、伸縮装置を取替えることとする。
- 既設の排水型の鋼製伸縮装置は、遊間からの雨水の浸入や土砂の落下、堆積により、排水機能が著しく低下するとともに、橋梁本体に悪影響を及ぼすため、排水化対策を行うことを基本とする。

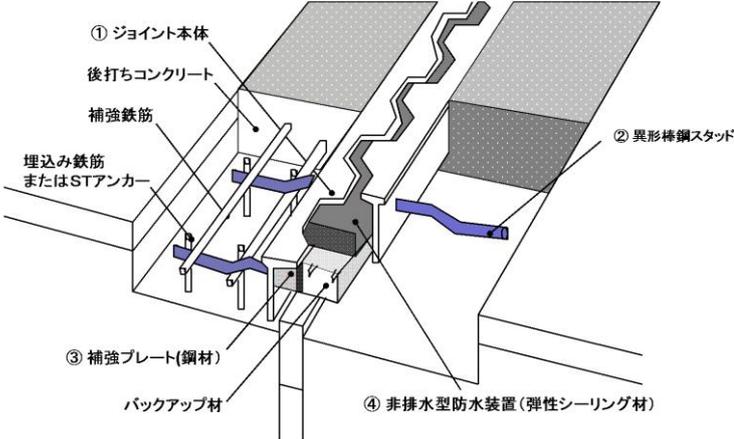
ゴム製伸縮装置

- 伸縮装置の損傷が局部的で、部品の補修・交換で済む場合には、部分補修工を採用する。代表的な部分補修工を以下に示す。
 - ・破損した取り付けボルトの交換
 - ・剥離したゴム部材の取替え
- 部分補修工の適用が困難である場合は、伸縮装置を取替えることとする。

1) 伸縮装置の非排水化

工法名	伸縮装置の非排水化
対象部材	伸縮装置
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、弾性シール材を充填して非排水化するのが望ましい。</p> 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・通行規制が必要 ・規制条件に基づき、施工計画を検討
適応性および留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・非排水化の構造は、ステンレス樋タイプとウェブタイプ ・バックアップ材は、ポリウレタン系、ポリエチレン系など、最近は高弾性ウレタンフォームが多く用いられている。 ・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る。 ・非排水化が可能な適用条件を以下に示す。 <ul style="list-style-type: none"> <橋面からの施工> <p>排水用の樋にバックアップ材を挿入し、橋面か発砲ウレタンフォーム、シール材を充填して非排水化を図る工法。適用条件を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> →排水用の樋が設置されており、バックアップ材の挿入が可能な程度に健全 →橋面から補修材料を挿入するため、フィンガージョイントの遊間が 40×40mm 程度必要 <桁下からの施工> <p>工場で製作した非排水化フォームを現場で設置することによって非排水化を行う工法。適用条件を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> →伸縮装置下方の桁下空間(端対傾構あるいは端横桁と橋台胸壁の間)が確保可能(一般的には 50cm 以上の空間が確保できれば、施工可能と言われている。) →排水用の樋が設置されている場合は、撤去する必要がある。

2) 伸縮装置の取替え

<p>工法名</p>	<p>伸縮装置の取替え</p>
<p>対象部材</p>	<p>伸縮装置</p>
<p>工法概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・既設伸縮装置を撤去し、新たに伸縮装置を設置 ・現況の遊間および対象目地の伸縮量やたわみ量、交通量を考慮した上で形式を選定 
<p>施工性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・通行規制が必要 ・鋼製伸縮装置の取替えは、既設伸縮装置のガス切断および床版のはつり作業が生じるなど、多大な労力が必要となる
<p>適応性および留意点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現在の伸縮継ぎ手と同タイプのものを設置するのみではなく、損傷原因と使用条件に照らして、他のタイプに変更することも含めた検討が必要 ・排水処理に留意する必要がある(非排水型の適用あるいは排水機構の明確化) ・鋼製伸縮装置の取替えは、交通規制期間やコストなどを総合的に評価して伸縮装置取替え工の是非を検討する必要がある。 ・遊間量と伸縮量の再検討を行い、遊間量、伸縮量が適用範囲に合致した形式を選定する。必要に応じて遊間調整などの措置を行い、遊間量を調整する。 ・伸縮量が小さい場合には、埋設ジョイントへの変更も検討する(主にコンクリート橋)。 ・鋼橋においては、原則として鋼製ジョイントを採用する。 ・雪荷重を考慮する地域においては、除雪車に対する配慮として、スノープラウ防護材または誘導板を取り付けるものとする。
<p>使用材料</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・埋設ジョイント ・ゴム系ジョイント ・鋼製ジョイント

5.3 地覆・高欄における設計等の留意点

(1) 補修・補強工法の選定

1) 適用可能な補修工法

対象とする損傷に応じて、適切な補修補強工法を選定する必要がある。

【解説】

地覆・高欄に対して、一般的に適用される補修補強工法を以下に示す。

表 5.5 代表的な補修補強工法（地覆・高欄）

補修補強工法	概要	対象損傷
①塗装塗替え工法	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、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	・防食機能の劣化 ・腐食
②部分補修工法	損傷が局所的で、損傷を受けた部材の補修、取替えで済む場合には部分補修を行う。	・き裂、破断 ・ゆるみ、脱落 ・変形、欠損 ・剥離、ひびわれ
③全面取替え	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替える。補修前の形式で不具合がなく寿命により取替えが必要な場合には、同形式に取替える。	・腐食 ・き裂、破断 ・ゆるみ、脱落 ・変形、欠損 ・剥離、ひびわれ

※地覆の補修補強工法については「4.2 コンクリート構造物における設計等の留意点」を参照

(2) 各補修工法の特徴および留意点

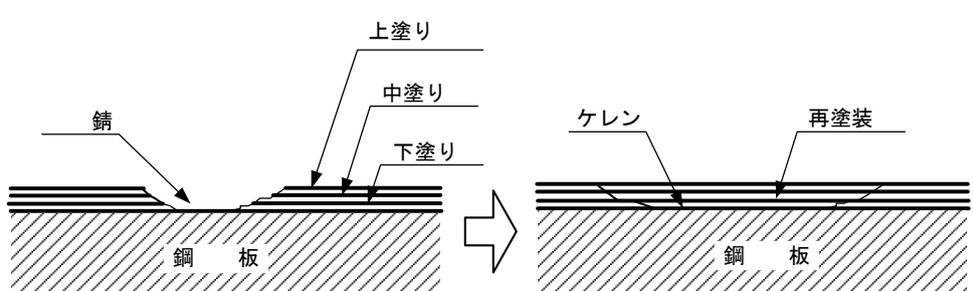
各補修補強工法の特徴および工法選定時の留意点を十分に把握した上で、各橋梁に対して適切な工法を選定しなければならない。

以下に補修補強工法と適用可能部材を示す。

表 5.6 補修補強工法と適用可能部材（地覆・高欄）

補修補強工法	適用部材
①塗装塗替え工法	地覆・高欄
②部分補修工法	同上
③高欄・地覆の取替え	同上

1) 塗装塗替え工法

工法名	塗装塗替え工法
対象部材	鋼製高欄
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> ・素地調整後、補修塗装を行い、鋼材の腐食を防止 ・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 
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に通行規制が必要 ・施工は、吊足場等の足場施設が必要
設計等における留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

2) 部分補修工法

工法名	部分補修工法
対象部材	高欄・地覆
工法概要	<p>損傷が局所的で、損傷を受けた部材の補修、取替えで済む場合には部分補修を行う。</p> <p><部分補修の代表的な事例></p> <p>(1) 破断箇所の溶接補修工 (2) ボルト等の交換 (3) 高欄の部分的な交換 (4) 地覆の断面修復</p>
施工性	・通行規制が必要な場合もある。
設計等における留意点	・部品の補修・取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。

3) 高欄・地覆の取替え

工法名	高欄・地覆の取替え
対象部材	高欄・地覆
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替える。補修前の形式で不具合がなく寿命により取替えが必要な場合には、同形式に取替える。</p>
施工性	<p>全体取替え工の場合は、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>
設計等における留意点	<p>・全体取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> <p>・高欄全体を取替える場合は、地覆や張出し床版等の耐力を必ず確認すること。</p>

6. 補修・補強事例

6.1 補修・補強事例

(1) 鋼主桁

事例－1：鋼橋 主桁 塗装塗替え（Rc-I）

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名：A橋
- ・事務所：A建設事務所
- ・橋長：72.8m
- ・支間割：2@35.9m
- ・構造形式：鋼2径間単純鈹桁橋
- ・建設年：1994年



(2) 損傷の概要

主桁に腐食および全体的な防食機能の劣化がみられる。
腐食-c、防食機能の劣化-e



(3) 対策の考え方（選定の考え方）

竣工年（1994年）より一度も塗装塗替えは実施されていない。竣工から約20年が経過しており、全体的な塗装の劣化が確認できるため、上部工について再塗装工を実施する。

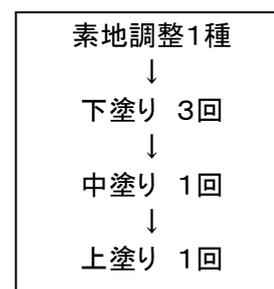
鋼道路橋塗装・防食便覧に示す塗替え塗装系の組合せから、①Rc-I（C系塗装）、②Rc-III（C系塗装）のケースについてのライフサイクルコストを算定し、最適な塗装仕様を選定

→LCCを比較し、①Rc-I（C系塗装）を採用

(4) 対策工法概要

- ・鋼道路橋塗装・防食便覧 Rc-I（C系塗装） 全面吊足場が必要

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



(5) 調査設計時のポイント

- ・Rc-I（C系塗装）、Rc-III（C系塗装）の2ケースについて、ライフサイクルコストを比較して、最適な塗装仕様を選定

事例－2：鋼橋 主桁 塗装塗替え（Rc-Ⅲ）

(1) 橋梁概要

- ・ 橋梁名 : B 橋
- ・ 事務所 : B 建設事務所
- ・ 橋長 : 7.35m
- ・ 支間割 : 1 径間
- ・ 構造形式: 単純H桁橋
- ・ 建設年: 1966 年



(2) 損傷の概要

主桁は全体的に腐食している。
特に外桁は桁端部において、
腐食による板厚減少が生じている。
腐食－e、防食機能の劣化－e



(3) 対策の考え方（選定の考え方）

主桁は遊間及び縦目地部からの浸水により腐食が著しいため、マイクロメータを用いた主桁の板厚計測を実施している。A1 橋台側の G1・G6 桁において、橋面水の浸水を主因とする「腐食による板厚減少(平均-3.4~-6.2mm)」が確認されたが、部材自体に深刻な損傷が発生していないことから、現状の機能・耐力を維持することを目的とし、再塗装による補修
推定残存供用年数を 14 年とし、耐用年数を満足する Rc-Ⅲ（C 系塗装）を採用

(4) 対策工法概要

- ・ 鋼道路橋塗装・防食便覧 Rc-Ⅲ（C 系塗装） 全面吊足場が必要

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



(5) 調査設計時のポイント

- ・ 推定残存供用年数を想定し、ライフサイクルコストを比較することで、低コストで推定残存供用年数を満足する工法を採用

(2) コンクリート主桁

事例－１：PC橋 主桁 断面修復

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名 : C橋
- ・事務所 : C建設事務所
- ・橋長 : 58.10m
- ・支間割 : 41.40m+15.21m
- ・構造形式 : PCT桁+PCホロー桁
- ・建設年 : 1979年



(2) 損傷の概要

主桁端部に剥離、鉄筋露出が確認できる。

- 剥離・鉄筋露出－c
- 漏水・遊離石灰－d



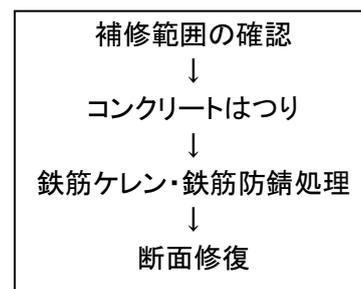
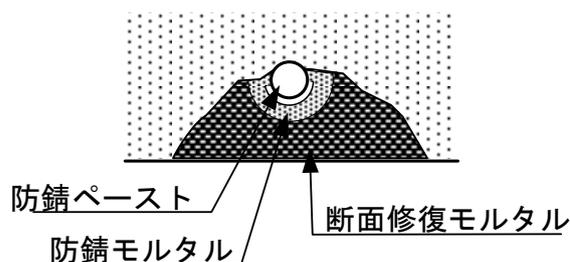
(3) 対策の考え方（選定の考え方）

損傷断面はコンクリート断面に剥離、鉄筋露出を生じていることから、これを復旧する断面修復工を行う。「表面保護工法設計施工指針(案) ((社)土木学会)」より、補修対象が小規模で、かつ点在しているため、左官工法による断面修復工を選定

断面修復工法に使用する材料は、旧日本道路公団(現 NEXCO)「コンクリート片剥落防止対策マニュアル」より、既設構造物との接着性や軽量性において優位性のあるポリマーセメント系モルタルを選定

(4) 対策工法概要

- ・鉄筋の発錆等により生じた既設コンクリート構造物の剥離、剥落や劣化部を取り除いた断面欠損部に対して前処理(下地処理、プライマーまたは防錆ペースト塗布)を施した後、ポリマーセメントモルタルにより復旧



(5) 調査設計時のポイント

- ・補修対象が小規模で、かつ点在しているため、左官工法による断面修復工を選定
- ・既設構造物との接着性や軽量性において優位性のあるポリマーセメント系モルタルを選定

事例-2：RC橋 主桁・下部工 ひびわれ補修（注入）

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名：D橋
- ・事務所：D建設事務所
- ・橋長：65.50m
- ・支間割：3@21.00m
- ・構造形式：RC単純T桁
- ・建設年：1965年



(2) 損傷の概要

- 主桁側面に軽微なひびわれ
ひびわれ：2
- 沓座拡幅部に軽微なひびわれ
ひびわれ：2

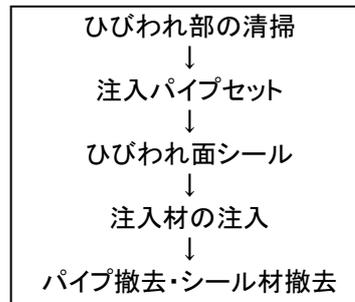
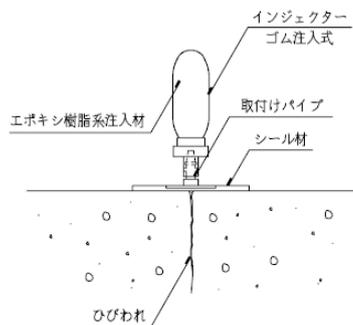


(3) 対策の考え方（選定の考え方）

ひびわれ補修工法はひびわれ幅が 1.0mm 以下であることから、ひびわれ注入工法を採用する。注入材の種類により、細かいひびわれから幅の大きなひびわれまで注入・充填が可能である。コンクリートへの接着性に優れるため、注入後コンクリートとの一体化が期待できる。低粘度のエポキシ樹脂系注入材を使用することにより、細かいひびわれ（0.2～1.0mm）に注入・充填が可能

(4) 対策工法概要

- ・ひびわれ部分にエポキシ樹脂系注入材を注入し、コンクリート躯体を一体化し、劣化物質の侵入を防ぐ工法



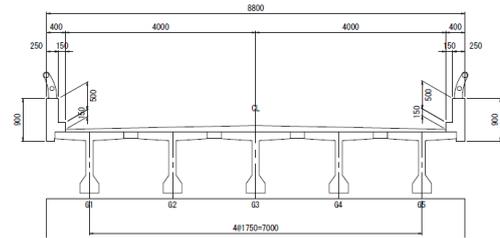
(5) 調査設計時のポイント

- ・ひびわれ幅が 1.0mm 以下であることから、ひびわれ注入工法を採用
- ・細かいひびわれ（0.2～1.0mm）に注入・充填が可能で注入後コンクリートとの一体化が期待できる低粘度のエポキシ樹脂系注入材を使用

事例－3：RC橋 主桁・床版 剥落防止工

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名：E橋
- ・事務所：E建設事務所
- ・橋長：23.00m
- ・支間割：2@11.00m
- ・構造形式：ポステンT桁橋
- ・建設年：1970年



(2) 損傷の概要

主桁端部下面に施工不良が原因と考えられる鉄筋露出
 床版下面にかぶり不足が原因と考えられる鉄筋露出

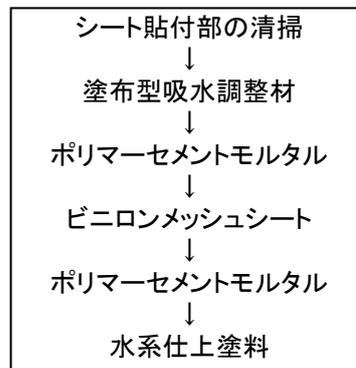
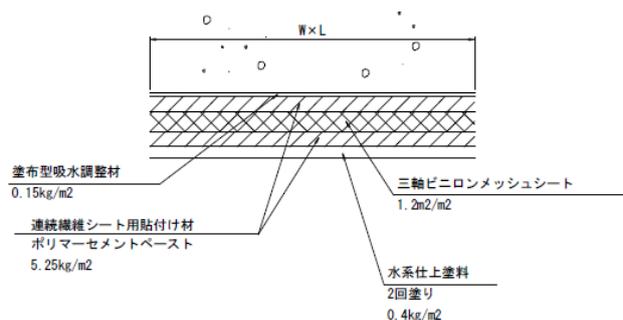


(3) 対策の考え方（選定の考え方）

鉄筋腐食によって失われたコンクリート断面復旧を目的として、鉄筋防錆処理も含めた断面修復工法を選定している。また、断面修復工法の採用だけではコンクリートのかぶり不足は解消されず、さらに橋梁下の民家へのコンクリート剥離による被害を予防する為に、剥落防止工を併用して補修を行うものとしている。

(4) 対策工法概要

- ・第三者被害が懸念されるコンクリート部材にビロンメッシュシートを貼り付け、コンクリート片の剥落を防止する。



(5) 調査設計時のポイント

- ・鉄筋防錆処理も含めた断面修復工法を選定
- ・橋梁下の民家へのコンクリート剥離による被害を予防する為に、剥落防止工を併用

事例－４：PC橋 主桁・床版：表面被覆（上塗り：ポリウレタン）

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名 : F橋
- ・事務所 : F建設事務所
- ・橋長 : 181.00m
- ・支間割 : 17.80m+2@17.70m
+19.70m+28.70m
+18.70m+2@17.70m
+17.80m
- ・構造形式 : 単純ポステンT桁橋
- ・建設年 : 1970年



(2) 損傷の概要

主桁は、H7にコンクリート保護塗装を実施しているが、伸縮装置からの漏水の影響により、主桁側面のコンクリート保護塗装が剥離（300×200×30）している。

遊離石灰：3、コンクリート補強材の損傷：3

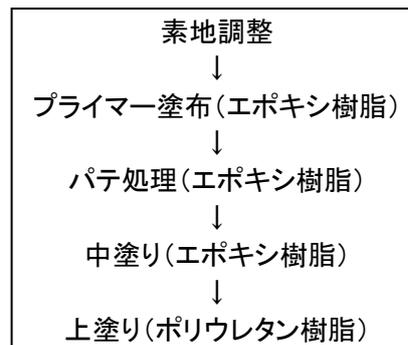
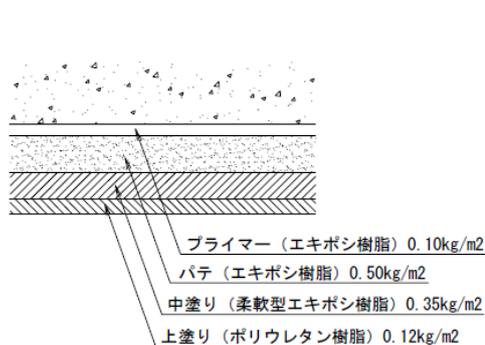


(3) 対策の考え方（選定の考え方）

主桁および床版は、H7にコンクリート保護塗装の補修を実施しているが、伸縮装置からの漏水の影響や経年劣化により、コンクリート保護塗装が剥離していることから、H7補修時と同材料にて補修を実施する。

(4) 対策工法概要

- ・素地調整後、プライマー塗布、パテ処理、中塗り、上塗りを実施



(5) 調査設計時のポイント

- ・過去に実施した表面被覆材と同じ材料を採用しているが、再劣化しているため劣化要因（伸縮装置からの漏水）を考慮し、他材料も含めた材料を比較選定すべきである。
- ・伸縮装置の交換など、桁端部からの漏水対策をあわせて実施

(3) 床版

事例：鋼橋 床版 炭素繊維シート

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名：G橋
- ・事務所：G建設事務所
- ・橋長：102.1m
- ・支間割：3.0m+4@23.5m+3.0m
- ・構造形式：鋼単純桁橋
+RC単純床版橋
- ・建設年：1954年



(2) 損傷の概要

床版下面に格子状の床版ひびわれ
健全度ランク：3



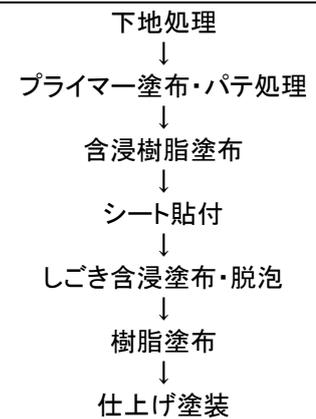
(3) 対策の考え方（選定の考え方）

- ・下面からの作業となるため交通に影響を与えない
- ・大がかりな重機を必要としない（人力施工）
- ・重量増加がほとんどない（無視できる）
- ・将来の河川改修を見据えた橋梁余寿命は30年程度であり、工事目的である延命化の観点に合致する（30年間の再補修を不要とする）
- ・補修目的で採用する場合でも、補強効果がある

(4) 対策工法概要

炭素繊維シートは、補修後の漏水対策と損傷進行の目視点検が可能ないように、シートを短冊状に張り付ける。土研資料の繊維目付量 300g/m² の高強度型炭素繊維シート（引張強度 3.4kN/mm²、ヤング係数 245kN/mm²）を1層接着と同程度の短冊貼りを行うためには、引張剛性 $E_{cf} \cdot A_{cf}$ (kN/mm) が同程度となる材料を使用する。

	線維目付量 300g/m ² 高強度型シート	線維目付量 300g/m ² 高弾性型シート
引張強度 σ_{cf}	3.4 kN/mm ²	1.9 kN/mm ²
ヤング係数 E_{cf}	245 kN/mm ²	640 kN/mm ²
断面積 A_{cf}	167 mm ² /m	143/2=71 mm ² /m*
引張剛性 $E_{cf} \cdot A_{cf}$	40.9 kN/mm	< 45.4 kN/mm



(5) 調査設計時のポイント

- ・施工条件、余寿命などを総合的に考慮して工法を選定
- ・炭素繊維シートは、補修後の漏水対策と損傷進行の目視点検が可能ないように、シートを短冊状に張り付ける。

(4) 床版防水

事例－1：PC橋 床版防水（塗膜系）

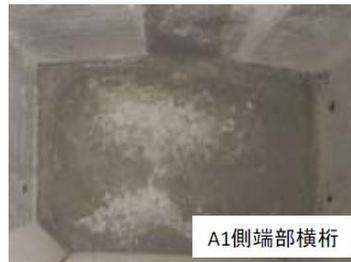
(1) 橋梁概要

- ・橋梁名：H橋
- ・事務所：H建設事務所
- ・橋長：16.66m
- ・支間割：16.66m
- ・構造形式：PC単純T桁橋
- ・建設年：1980年



(2) 損傷の概要

横桁に橋面からの雨水等の侵入による
漏水・遊離石灰：d



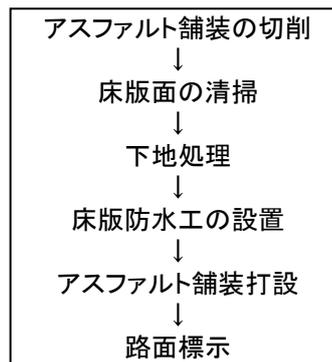
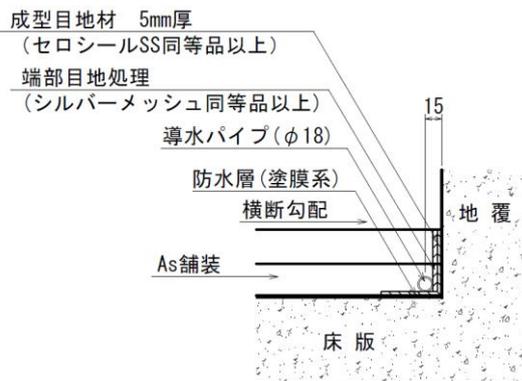
(3) 対策の考え方（選定の考え方）

床版防水工は、大別してシート防水系と塗膜防水系に分けられる。下記の要求事項に最も適合する床版防水の種別として塗膜系床版防水層-アスファルト加熱型を選定している。

- ・不陸への追随性が優れるもの（不陸追随）
- ・低温時のせん断強度、変位量、引張接着性の高いもの（寒冷地）
- ・養生が短いもの（養生期間）

(4) 対策工法概要

アスファルト舗装を切削し、床版上面の下地処理後、塗膜系防水材料を塗布し、導水管を設置する。



(5) 調査設計時のポイント

- ・「不陸への追随性」、「低温時のせん断強度、変位量、引張接着性の高いもの」、「養生が短いもの」という3つの条件を満足する塗膜系床版防水層-アスファルト加熱型を選定
- ・適切な排水処理（導水パイプ、端部目地処理など）

事例－２：鋼橋 床版防水（シート系）

(1) 橋梁概要

- ・ 橋梁名 : I 橋
- ・ 事務所 : I 建設事務所
- ・ 橋長 : 37.6m
- ・ 支間割 : 36.6m
- ・ 構造形式 : 鋼単純桁橋
- ・ 建設年 : 1981 年



(2) 損傷の概要

床版ひびわれは、幅 0.10mm 以下が主方向は 1 方向で、間隔も 25cm 程度
対傾構は腐食が進行
路面舗装にき裂



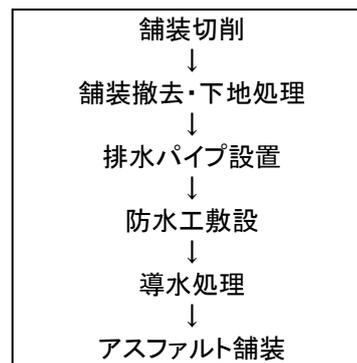
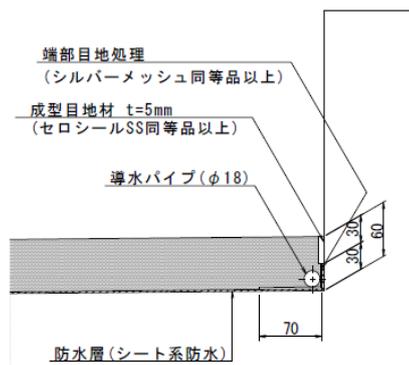
(3) 対策の考え方（選定の考え方）

舗装の打換えと併せて床版防水工を行う。漏水は橋体工の腐食に直接影響しているために、できるだけ早急に防水工を設置して漏水を防止する

防水工の種類は、道路橋床版防水便覧「6.3.1 床版防水層の分類」、「6.3.2 シート系床版防水層」、「6.3.3 塗膜系床版防水層」に記載してある通り、一般的に車道部はシート系防水、歩道部は塗膜系防水が用いられるが、本橋は歩道部舗装厚が車道部と同じ $t=60\text{mm}$ であることから歩道部もシート系防水を用いることとする。

(4) 対策工法概要

アスファルト舗装を切削し、床版上面の下地処理後、防水シートを貼付け、導水管を設置する。



(5) 調査設計時のポイント

- ・ 道路橋床版防水便覧に準じてシート系の防水層を選定しているが、シート系と塗膜系の施工条件やLCCを比較した上で、工法を選定すべきである。

(5) 橋台・橋脚

事例：橋台・橋脚 表面被覆

(1) 橋梁概要

- ・橋梁名 : J橋
- ・事務所 : J建設事務所
- ・橋長 : 50.25m
- ・支間割 : 2×24.61m
- ・構造形式: 鋼単純合成H桁橋
- ・建設年 : 1984年



(2) 損傷の概要

橋脚天端付近に漏水痕
梁部に遊離石灰が発生
健全度ランク : 3



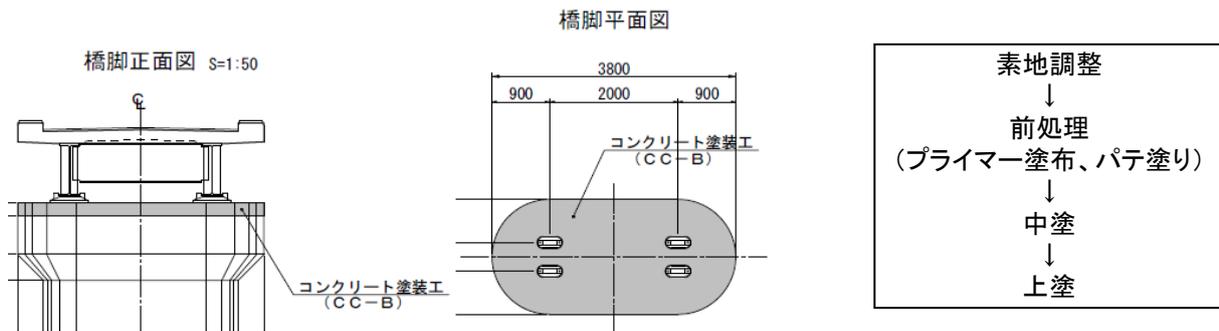
(3) 対策の考え方 (選定の考え方)

漏水は伸縮装置の補修で改善されるが、雨水や雪の影響は残るため、水の侵入を止めることを目的に天端部にコンクリート塗装を施す。

コンクリート塗装は、ひびわれ追従性に優れた「CC-B」仕様とする。

(4) 対策工法概要

塗布面の素地を調整し、前処理 (プライマー塗布、パテ塗り)、中塗・上塗を行う。



(5) 調査設計時のポイント

- ・桁端部からの漏水は伸縮装置の補修で改善されるが、水の侵入を完全に止めることを目的に、フェールセーフの観点から橋脚天端部のコンクリート塗装を選択している。

(6) 支承

事例：支承 金属溶射

(1) 橋梁概要

- ・ 橋梁名 : K橋
- ・ 事務所 : K建設事務所
- ・ 橋長 : 44.00m
- ・ 支間割 : 2×22.05m
- ・ 構造形式 : 2径間連結
プレテンT桁橋
- ・ 建設年 : 1968年



(2) 損傷の概要

A2橋台上の支承に伸縮装置からの漏水を原因とした腐食

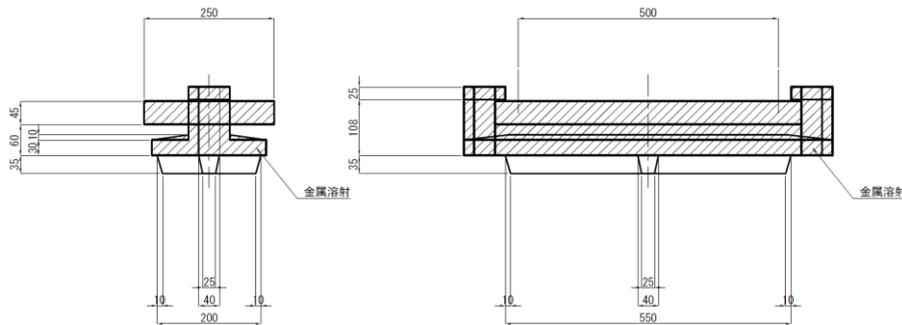


(3) 対策の考え方（選定の考え方）

樹脂塗装系（Rc-I系）と金属溶射のライフサイクルコストを比較し、初期コストは高いが50年間のライフサイクルコストの合計で優れている金属溶射を選定

(4) 対策工法概要

溶射金属には、電気化学的防蝕作用に優れる亜鉛被膜と環境遮断作用に優れるアルミニウム被膜両者の特徴を併せ持つ亜鉛・アルミニウム合金を用いている。



(5) 調査設計時のポイント

- ・ ライフサイクルコストを比較し、初期コストは高いがLCCで有利となる工法を選定

(7) 伸縮装置

事例：伸縮装置 取替え

(1) 橋梁概要

- ・ 橋梁名 : L橋
- ・ 事務所 : L建設事務所
- ・ 橋長 : 24.00m
- ・ 支間割 : 23.20m
- ・ 構造形式 : 鋼単純鈹桁橋
- ・ 建設年 : 1986年



(2) 損傷の概要

- ・ 後打ちコンクリートにひびわれ : e
- ・ 既設の伸縮装置は垂れ流し形式であり、橋面水が支承や桁端部・下部構造に影響を及ぼしているため、非排水形式への変更が望ましい。

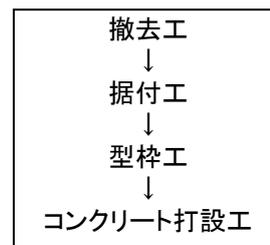
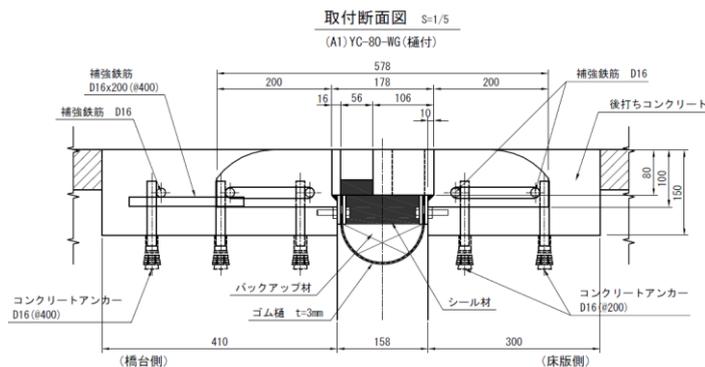


(3) 対策の考え方 (選定の考え方)

伸縮装置の非排水形式については、既設伸縮装置の下面より止水材を設置し非排水構造とする工法もあるが、作業スペースが確保できないため施工は困難である。また、止水材の設置が行なえたとしても、ケレン不良から本来の止水性は期待できない。よって、非排水構造とするために伸縮装置取替えとする。

(4) 対策工法概要

既設の伸縮装置を撤去し、非排水型の伸縮装置を設置する。



(5) 調査設計時のポイント

- ・ 施工上の制約条件や非排水化後の再劣化について十分に検討した上で、最終的に取替えを選択

6.2 不具合事例

現地との不整合や施工時の手戻りを防止し適切な品質を確保するため、設計時には支障物件や施工条件等に十分に配慮する必要がある。

【解説】

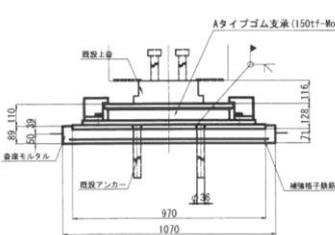
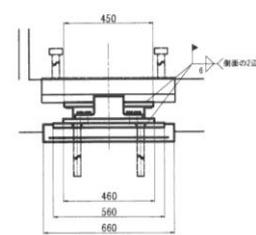
(1) 不具合事例一覧

設計時の参考とするため、支障物件や施工条件等への配慮不足の事例を以下に示す。

表 6.1 不適切な設計等事例一覧

No	工事概要	不適切な内容	不具合の原因
1	支承取替え	取り付け出来ない。	設計者と施工者の意思疎通不足
2	支承取替え	ジャッキアップ用横桁の取付けが困難	設計段階での検討不足
3	支承取替え	桁下空間が狭く溶接不可	現状調査せずに設計
4	床版防水工	不陸によりシート系防水の施工困難	塗膜系への設計変更不許可
5	支承取替え	ジャッキアップ用ブラケットの取付けが困難	設計段階での調査不足
6	支承取替え	アンカーボルトの再利用が困難	設計段階での調査不足
7	鋼箱桁連結	腐食により継手接合を確保困難	設計段階での詳細調査不足
8	当て板補強	桁下空間が狭く溶接不可、疲労に対する配慮不適切	設計者の鋼橋補修の知識不足
9	増桁、床版打換え	ベント2基を設置できない。	現地調査の不備、設計者の施工経験及び技術力不足
10	下部工補強	支持層が想定より深く、支持層までの締切り排水、掘削が困難	施工計画時の配慮不足
11	排水管の増設	排水管と下部構造が干渉し設置が困難	取合い部（下部構造）に対する配慮不足
12	上下部構造の拡幅	既設橋梁の拡幅部の外側線が他者の敷地上空に抵触	計画段階で用いた既設橋梁の座標と実際の座標の不整合
13	横構の取替え	主桁の水平補剛材と横構面の間隔が狭くHTBの締め付けが困難	設計時点での配慮不足
14	伸縮装置取替え	取替えた埋設ジョイントの早期損傷	設計時の配慮不足

事例 3 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 支承取替に伴う現場溶接作業
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中空コンクリート床版の支承取替を行う際、新設支のベース P L 及びベース P L と下査について現場溶接を行う設計図であったが桁下空間が 150mm 程度と狭いため作業が行えない。
<p>概要図</p>	<p style="text-align: center;">取替え後</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>断面図</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  </div> </div>
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状調査せずに設計された発注図であった。

事例 4 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 床版防水工の設置
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 舗装版を撤去したところ、床版に不陸がみられ、防水シートの施工が不可能であることが分かった。 ・ 不陸を解消するため床版にジェットコンクリートを打設して平滑に仕上げることになったが、骨材の粒径が 20mm なのに対して、打設厚が 20mm に満たない箇所が多々あり出来形管理上、難しい作業となった。
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発注者に塗膜系防水工法の提案をしたが車道上での施工実績がないとのことで、認められなかった。

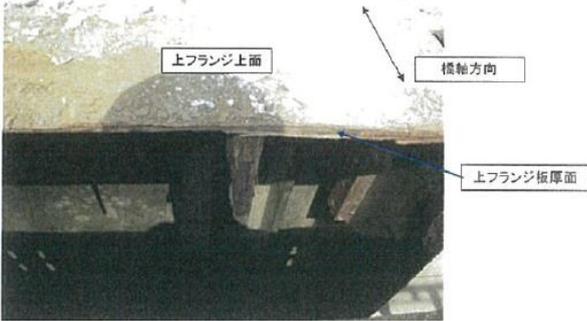
事例 5 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャッキアップによる沓交換
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャッキアップ用のブラケットが、排水管等のブラケットにぶつかり取り付け出来ない状況であった。
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・設計コンサルの調査不足

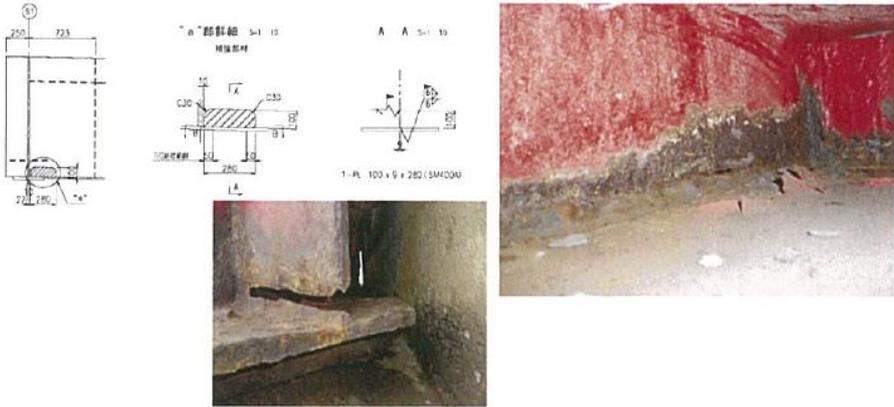
事例 6 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・支承のサイドブロックの損傷が発生し、損傷した支承の取替え工事 ・既設の支承アンカーボルトは再利用し、アンカーボルト天端にBase PLを溶接し、そこに新しい支承を溶接する計画
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルト全数について、超音波による調査を行ったところ、長さが不足している疑いのある箇所が多数あった。
<p>概要図</p>	<p>アンカーボルトが、不適切に曲げ加工されており、加工部分で強度が不足、簡単に折れてしまった。</p>
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・支承のアンカーボルトは健全であるという前提で計画がされていたが、健全であるか否かの調査が行われていなかった。

事例 7 :

<p>工事内容</p>	<p>・既設伸縮装置を撤去し、箱桁の上フランジに連結板を高力ボルトにて固定したうえで型枠、鉄筋を組立て、コンクリートを打設して床版を連続化する工事</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・桁連結板は上フランジに高力ボルトで取付けるが腐敗により接合面の凹凸が激しく、高力ボルト摩擦接合としての継手接合を確保できない可能性が大きい。</p>
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<p>・箱桁高さ 3m と高いので、桁内部から伸縮装置裏面の詳細点検不足</p>

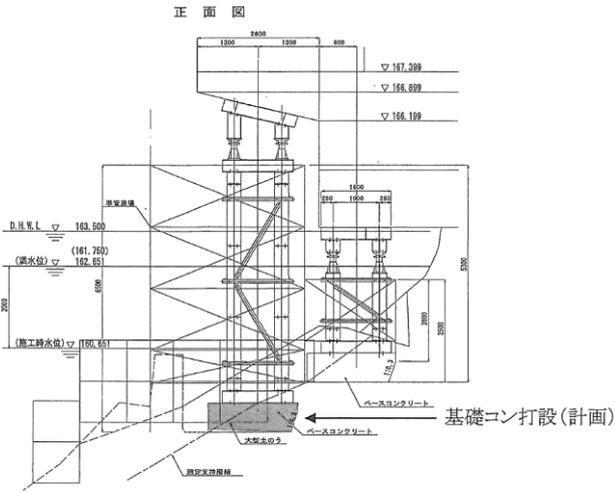
事例 8 :

<p>工事内容</p>	<p>・ H19 年度に施工した鋼桁の補修工事 ・ 原因は伸縮装置からの漏水</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・ 補修方法に現場溶接が採用されていたが、母材の腐食が進行し、作業スペースなどを考慮すると現場溶接は採用できない。</p>
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<p>・ 腐食による断面欠損箇所を見落としているので、点検設備・方法、点検者の技量に問題があった。</p>

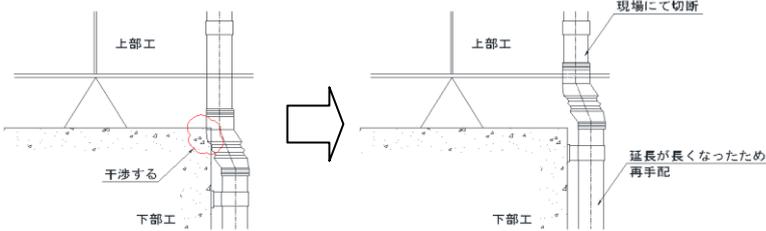
事例 9 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> 雪崩災害により損傷した桁を撤去後、新に主桁 1 本を架替えし、クラックの入った床版を補強し、床版の一部を打換える。
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> 図面では、現場で桁を地組し、河川内にベントを設置架設する工法 河川の地形が山岳地帯で上流から下流に向い斜面が急に落込んで、ベント 2 基を設置する場所を確保出来ない。 結果、地組は 6 % 傾斜の場所で地組し、ベントは 1 基のみ設置工法変更した。
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査の不備 設計コンサルタントの施工経験及び技術力の未熟

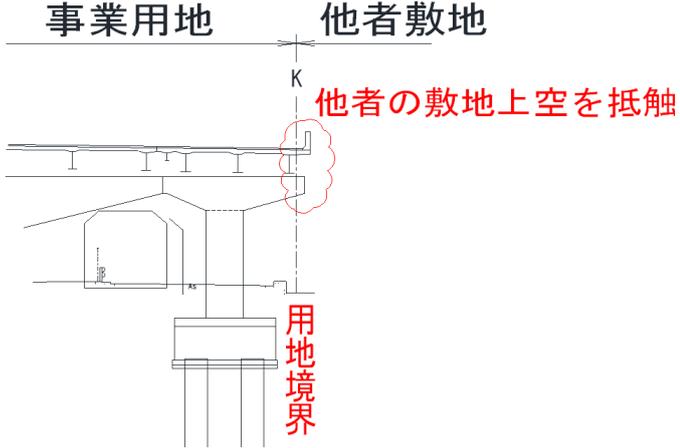
事例 10 :

<p>工事内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚の支持地盤の一部が震災によりくずれ、一時的にベントにより橋脚を支持する工事
<p>不適切な内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ベント基礎を支持層まで掘削し基礎コンクリート打設後、ベント建込む手順 支持層が想定より深く、支持層までの締切排水、掘削を行うことが出来ず基礎コンクリート打設が困難である。
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> 想定支持層が現状と大きく違っていた。 大型土のうによる締切排水に無理があった。

事例 11 :

<p>工事内容</p>	<p>・排水管の増設時</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・上下部構造の排水管を接続するフレキシブルジョイントがコンクリート橋脚と干渉し設置できなくなった。</p>
<p>概要図</p>	<p>・ジョイント位置を変更することにより対処。上部構造付きの排水管を短く切断し、下部構造付きの排水管を長くした。</p> 
<p>原因</p>	<p>・排水管の設計時に取合い部（下部構造）に対する配慮不足</p>

事例 12 :

<p>工事内容</p>	<p>・上下部構造の拡幅</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・既設橋梁の拡幅部の外側線が他者の敷地上空に抵触していた。 ・既設橋梁、他者敷地との境界の測量結果を、線形計画と重ね合わせた結果判明した。</p>
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<p>・計画段階で用いた既設橋梁の座標と実際の座標が整合していなかったため。 ・工事発注前に既設橋梁の測量を行い、拡幅部の用地境界を確認しておくべきだった（工事発注前の測量が困難な場合は、発注後速やかに測量を実施）。</p>

事例 13 :

<p>工事内容</p>	<p>・横構の取替え時に高力ボルト（HTB）の締め付け作業が困難</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・主桁下フランジ側水平補剛材と横構面の間隔が狭く、横構や対傾構を設置する際のHTBの締め付け作業が困難であった。</p>
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<p>・HTBの施工スペースを考慮して狭隘部の設計を行っていなかった。</p>

事例 14 :

<p>工事内容</p>	<p>・伸縮装置（埋設型）取替え</p>
<p>不適切な内容</p>	<p>・取替前の伸縮装置はなんらかの不具合で過去の補修工事で撤去されており、アスファルトで撤去箇所の復旧を実施しているだけだった。 ・取替工事時にパラペットコンクリートの不良部分を除去して施工したが数年で埋設ジョイント(ゴム系アスファルト)に亀裂が発生した。</p>
<p>概要図</p>	
<p>原因</p>	<p>・取替前の舗装面状態が良くなかった為、コンクリートが雨水等で腐食が進行していた。規制時間に制約があり、十分な不良部分の除去が出来ていなかった。 ・重交通路線では埋設型の伸縮装置だけではなく、耐久性の高いゴム製か鋼製の伸縮装置についても比較検討する。</p>

6.3 不具合を防止するためのチェックリスト

調査設計時にはチェックリストを作成し内容を照査する必要がある。

(1) チェックリスト（事務所用）

表 6.2 チェックリスト例（事務所用）

項目	主な内容	チェック結果
基本条件の確認	①対象橋梁の長寿命化目標年数 ②適用基準を確認したか(道路橋示方書など) ③将来計画(河川改修、道路拡幅など)を確認したか ④耐震補強計画、補修補強実施の有無を確認したか (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
既存資料の収集・調査	①橋梁台帳、点検調書を確認したか ②既設竣工図書(設計図、報告書など)を確認したか ③補修や補強の履歴は確認したか ④交差条件(河川・鉄道・道路など)を確認したか ⑤企業者(添架物、埋設物、桁下利用など)条件を確認したか (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
現地踏査	①外観目視調査を実施したか ②既設の損傷の進行状態、新たな損傷の有無を確認したか ③現地状況を踏まえ、詳細調査の必要性を検討したか ④添架物位置や桁下利用の状況などを確認・把握したか ⑤現地踏査報告書を作成したか (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
復元設計	①使用されている材料の仕様、強度などがわかる資料があるか ②配筋や材質推定のための復元設計は必要ないか (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
設計条件の整理	①道路構造令を満足しているか(幅員構成など) ②交差物件による制約条件は確認・整理したか ③当該路線及び交差道路の交通量を把握したか ④条件整理及び対策検討に必要となる関係機関協議を行ったか (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
長寿命化対策の検討	①通行規制や通行止めによる社会的影響は問題ないか ②ライフサイクルコストの観点で検討を行ったか ③対策案は維持管理の容易なものとなっているか	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
施工への配慮	①アンカーボルトの削孔・設置は可能か ②既設鉄筋と干渉しないか ③HTB は取り付け可能か ④仮設計画(足場等)は妥当か ⑤第三者被害の予防措置は適切か ⑥施工計画は関係機関協議結果を反映しているか ⑦施工時期・期間は妥当か ⑧周辺環境への配慮(騒音など)は適切か (必要に応じて項目を追加または削除)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

表 6.4 チェックリスト例（調査設計者用） 2 / 2

No.	項目	主な内容	照査結果
6	補修設計	1) 補修項目は妥当か。 2) 損傷位置、損傷範囲は正しいか。 3) 補修工法の選定は妥当か。 4) 補修工法の使用実績はあるか。 5) 設計値は許容値を下回っているか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	設計図	1) 一般図には必要な項目が記載されているか。 (地形図、建築限界、支障物件等) 2) 設計計算書との整合は図られているか。 3) 使用材料は明記されているか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	施工計画	1) アンカーボルトの削孔・設置は可能か 2) 既設鉄筋と干渉しないか 3) HTBは取り付け可能か 4) 仮設計画(足場等)は妥当か 5) 第三者被害の予防措置は十分か 6) 施工計画は関係機関協議結果を反映しているか 7) 施工時期・期間は妥当か 8) 周辺環境への配慮(騒音など)は十分か	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	数量計算書	1) 数量計算に用いた寸法、数値は図面と一致するか。 2) 数量とりまとめ種類毎、材料毎にまとめられているか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10	報告書	1) 打合せ事項は反映されているか。 2) 条件設定の考え方が整合しているか。 3) 比較・検討の結果が整理されているか。	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

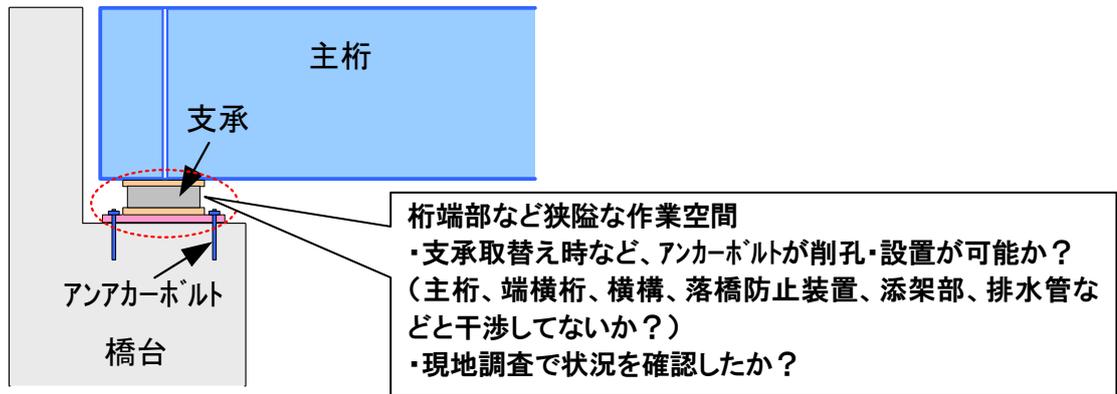
※必要に応じて項目を追加または削除

＜参考事例：施工に配慮した設計等の留意点＞

①アンカーボルトの削孔・設置が困難

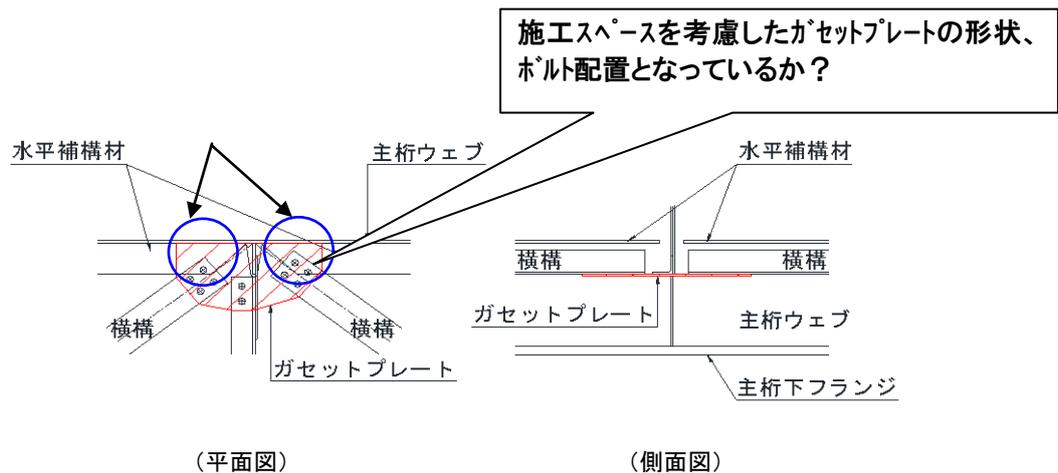
支承交換などに、桁下空間などに制限があり、アンカーボルトの削孔や設置作業が困難な場合がある。後付の添架物や落橋防止装置など竣工図書に記載されていない部材もあるため、現地調査は必須である。

また既設鉄筋との干渉を避けるために、施工前に鉄筋探査により最終的な削孔位置を決定する必要があることを図面に明記する。その際、施工者が速やかにアンカーボルト位置の変更を判断できるように、強度上許容できるアンカーボルトの「許容ずれ量」を図面に明示するなどの配慮も重要である。



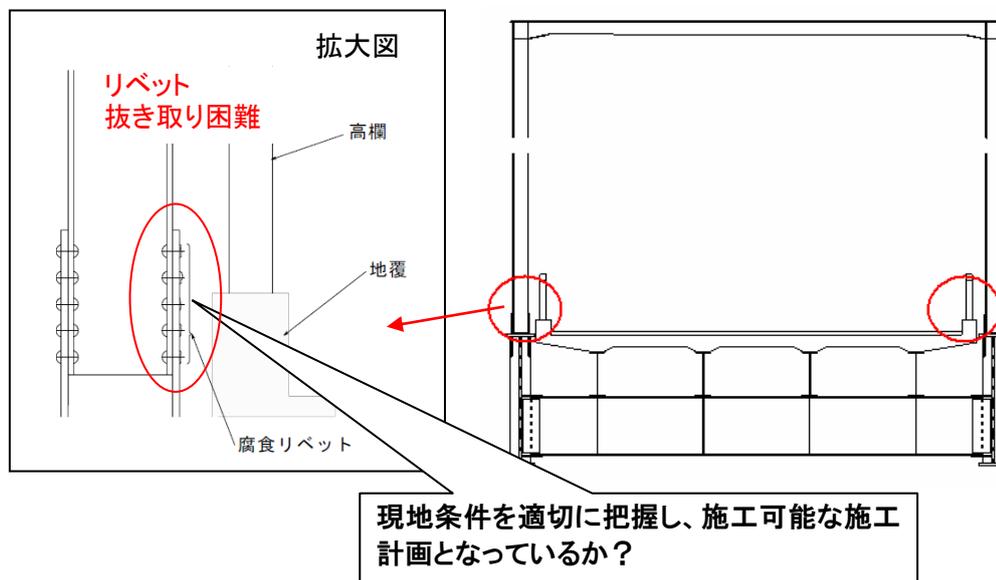
②HTBの締め付けが困難

主桁の水平補剛材などが干渉して、横構や対傾構、落橋防止構造などを設置するための高力ボルト（HTB）の締め付け作業が困難な場合があるため、設計時にはHTBの施工スペースを十分に考慮する必要がある。



③リベットの抜き取りが困難

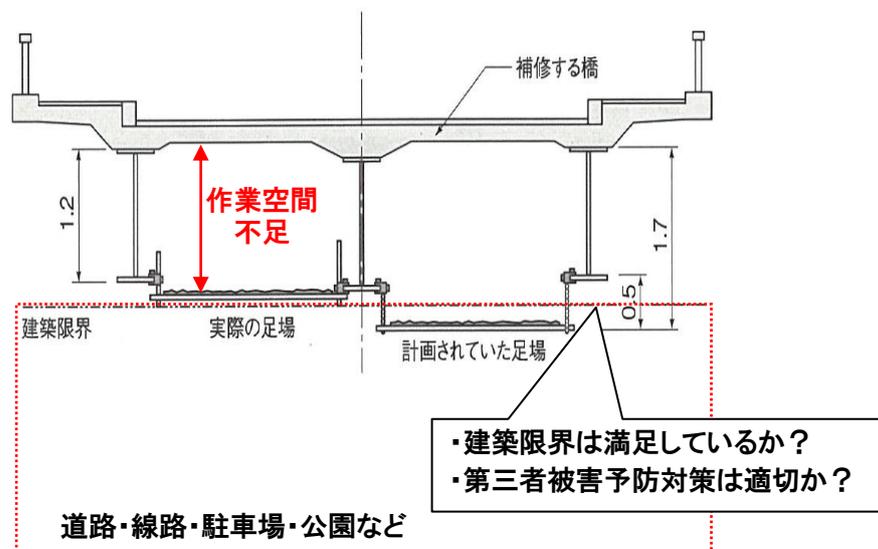
腐食欠損したリベットを高力ボルトへの取替える際に、対象とするリベット継手に地覆や高欄などの他部材が近接している場合など、リベットの抜き取りが困難な場合がある。



④建築限界の見落とし、桁下条件の未確認

桁下の補修補強の施工計画において吊り足場を検討する際、建築限界を見落としている場合がある。施工時に建築限界を満足するように足場の位置を変更し、作業空間が不十分になると、作業効率が極端に下がるため設計時から十分に留意する必要がある。

また、桁下条件が道路、線路、駐車場、公園などの場合、第三者被害を防ぐために、足場に養生シートを取り付けるといった配慮が必要となる。



7. 維持管理に配慮した設計等の留意点

7.1 新設設計・補修補強設計時の留意点

(1) 設計における基本事項

橋の長寿命化を図るための設計にあたっては、既設橋梁の橋種毎の損傷の特徴や部位・部材毎の損傷状況とその要因を踏まえ、耐久性の確保と維持管理の確実性及び容易さに配慮した長寿命化対策を行わなければならない。

そのため、設計段階において、以下のことに配慮しなければならない。

- ①地域・構造特性に特化した損傷部位の改善
- ②弱点部位の補修が確実かつ容易にできる構造への工夫
- ③今後の維持管理の容易さを考慮した工法選定
- ④点検が確実かつ容易にできる構造への改良

【解説】

①コンクリート橋

コンクリート橋の主な長寿命化対策項目（例）を以下に示す。

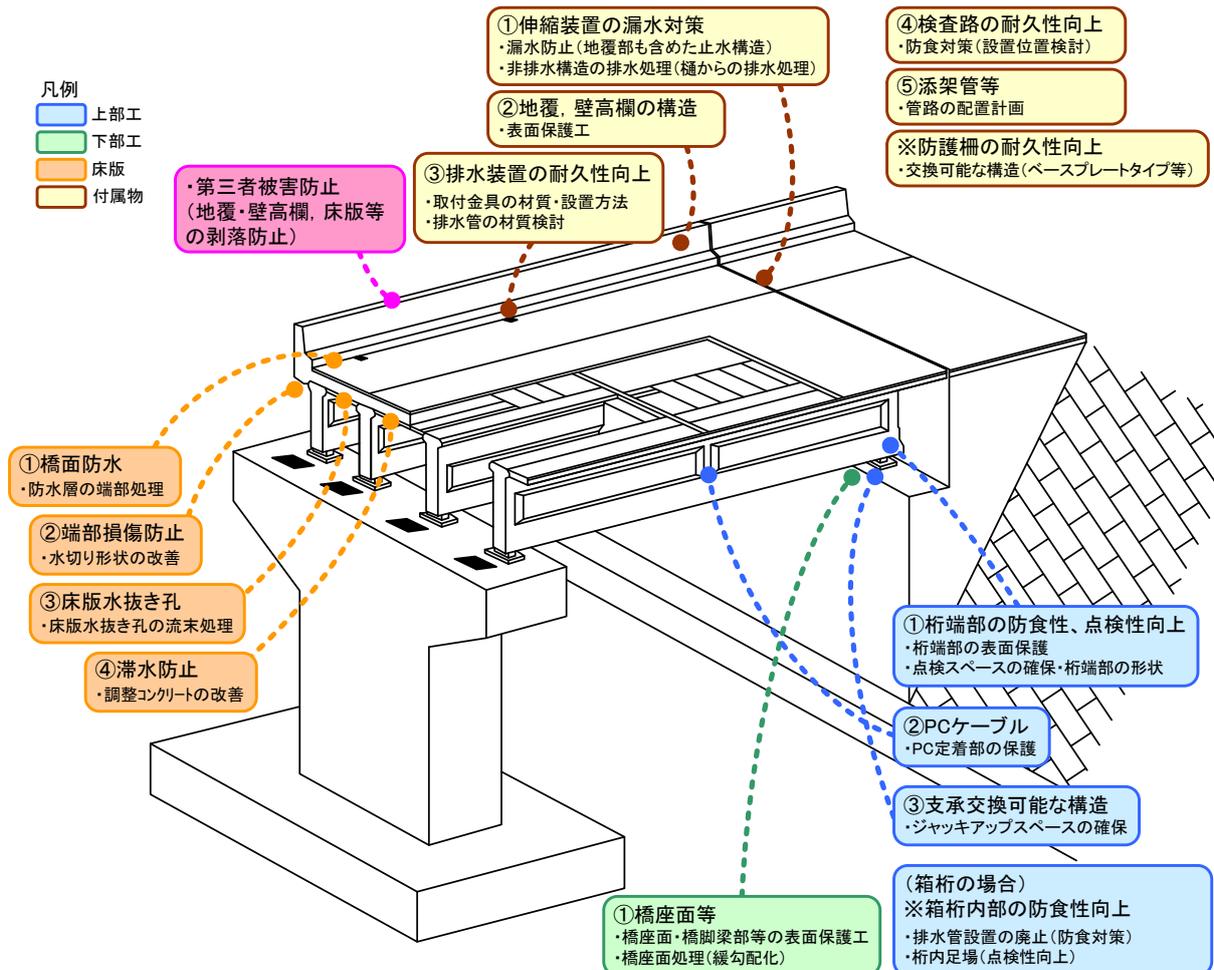


図 7.1 コンクリート橋の主な長寿命化対策項目（例）

②鋼橋

鋼橋の主な長寿命化対策項目（例）を以下に示す。

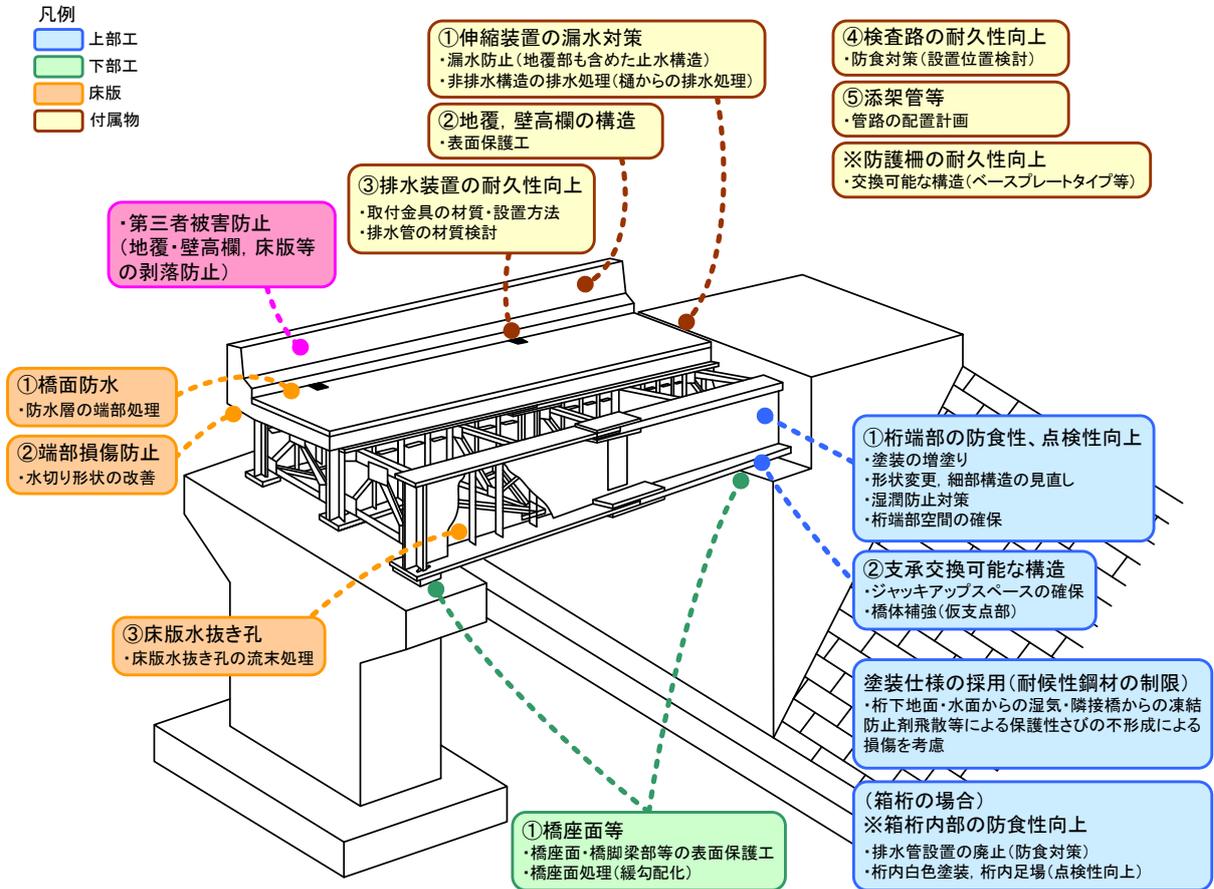


図 7.2 鋼橋の主な長寿命化対策項目（例）

(2) 設計における留意点

橋梁の長寿命化および維持管理の容易さに十分に留意点して設計を行う。

【解説】

以下に橋梁の長寿命化および維持管理の容易さに配慮した工法例を示す。

1) 安易な点検、日常管理

① 検査路の設置

- ・橋台、橋脚の支承周りに検査路を設置することで、損傷発生頻度の高い桁端部の点検が容易となり、点検費用の縮減にもつながる。
- ・大規模橋梁の上部工に橋軸方向の検査路を増設することで、点検車を使用せずに点検が可能となる。



図 7.3 橋台、橋脚の支承周りへの検査路設置イメージ

② 桁端部補修時（伸縮装置、支承など）の作業空間確保

- ・桁端部の補修（伸縮装置の補修、支承廻り補修の場合も含む）において、遊間量が不十分で作業空間が確保できない場合は、桁端部に切欠きを設けるなどについて検討する。

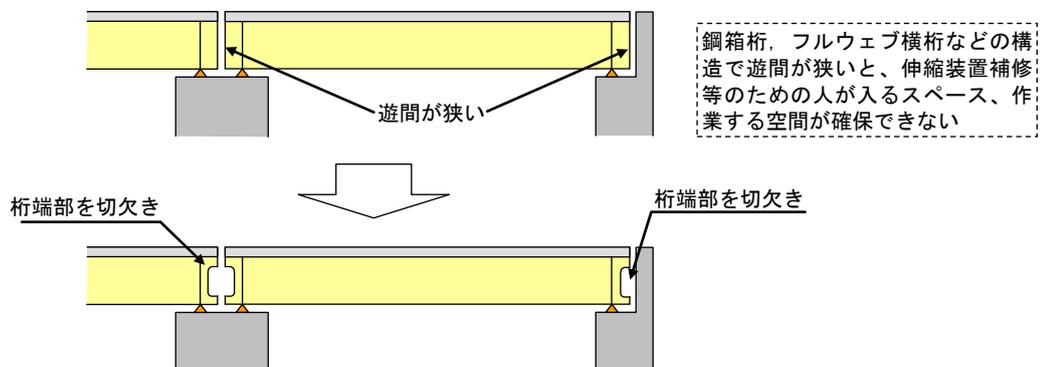


図 7.4 桁端部の切欠きイメージ

2) 雨水対策、漏水対策

①下部構造頂部の排水処理

- ・橋台、橋脚の橋座面は、水が溜まらないように勾配をつける。
- ・橋軸直角方向に水平な場合は、水が溜まらないよう橋軸方向に下図のような1~3%程度の勾配をつける。

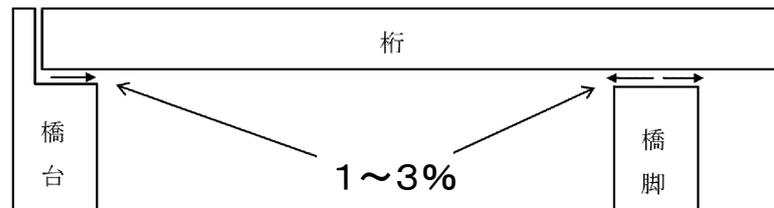


図 7.5 下部構造頂部の排水処理イメージ

②コンクリート桁端部、下部構造頂部の表面保護

- ・桁端部および下部構造頂部の表面保護のため表面含浸材を塗布する。

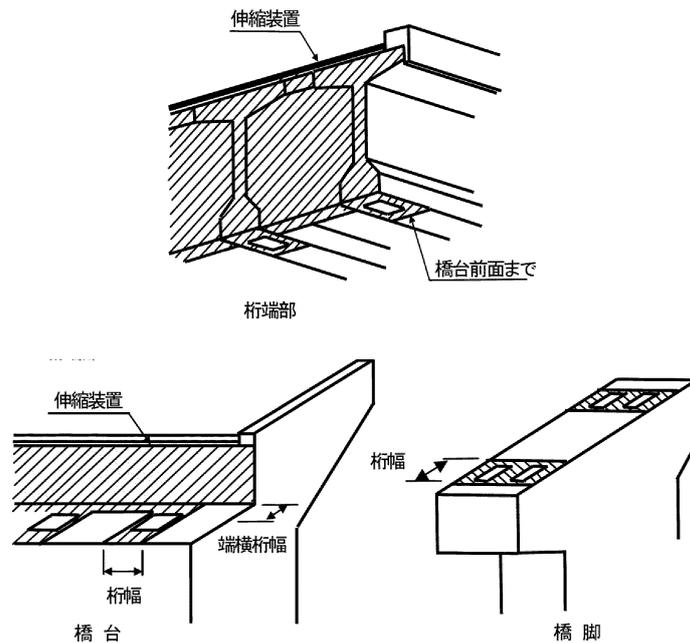


図 7.6 コンクリート桁端部、下部構造頂部の表面保護イメージ

③コンクリート床版の複合防水工

- ・含浸系防水材にて床版自体に防水機能を与え、さらにその上から塗膜防水材を施工する。
- ・複合防水とすることで、防水性能を向上させることができる。

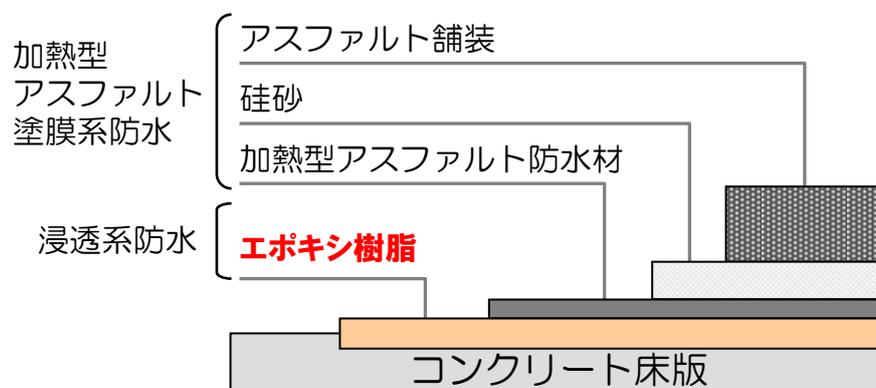


図 7.7 コンクリート床版の複合防水イメージ

7.2 設計および施工上時の工夫点

維持管理上有効であると考えられる設計（新設時、補修補強時）および施工上の工夫点を参考として示す。

【参考】

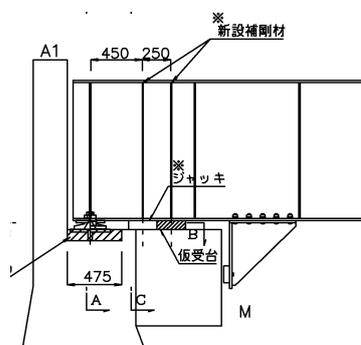
(1) 設計上の工夫

① 支承取替えの容易な構造（ジャッキアップ容易な補強材の設置）

概要

支承取替え工事においては、施工中に仮受材により橋体を支持する必要がある。この場合、の仮受材は、橋梁および走行車輛の荷重を支持しており、桁の仮受けは支点付近で支持することが望ましい。この仮支持位置にあらかじめ補強用縦リブを設置することで、容易に支承取替えを行うことが可能となる。

概略図

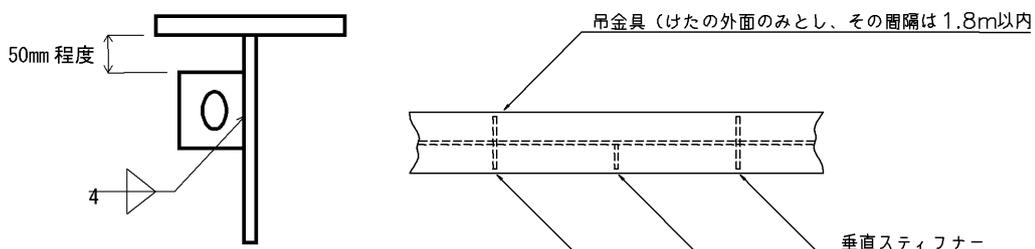


② 維持管理用吊金具の設置

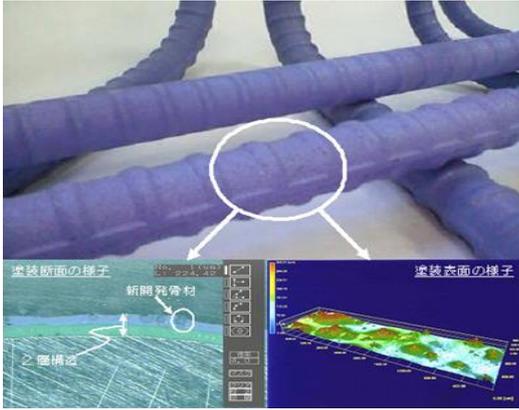
概要

塗装等の作業用足場設置にあたり、防護設備を必要とするため、塗装工事用足場、防護工等を設置するための吊金具をあらかじめ設置する。

概略図



(2) 施工上の工夫

①コンクリート全般—塗装鉄筋	
概要	<p>付着性、耐食性、加工性に優れた高品質なエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用することにより、鉄筋コンクリート構造物の耐久性向上に寄与できる。沿岸部におけるPC桁のスターラップや橋脚のフープ筋等への適用は、重要構造物のライフサイクルコスト縮減に有効である。</p>
概略図	<p>MK-エポザク (KK-070023-A)</p>  <p>The image shows several blue epoxy-coated rebar rods. A white circle highlights a joint area. Below the rods is a diagram showing a cross-section of the coating and a surface profile graph. Labels in the diagram include '塗装断面の様子' (Appearance of coating cross-section), '新開発塗材' (Newly developed coating material), '塗膜厚' (Coating thickness), '塗膜表面の様子' (Appearance of coating surface), and '塗膜の凹凸' (Irregularities of the coating film).</p>

②支承—沓座モルタル部の耐久性向上	
概要	<p>触媒性化合物含有により無機質の材料だけでポリマーセメント系モルタル以上の圧縮強度や接着強度を有し、各種耐久性を向上させた高耐久性強化モルタルである。下地コンクリートの強化改善作用もあり、薄塗りしてもひびわれの発生がない。塩分浸透性が少なく凍結融解に強いことから、融雪剤散布による塩害の抑止や沿岸地域での塩害抑止ができる。</p>
概略図	<p>高耐久性強化モルタル SIR C-D3 (TH-050014-A)</p>  <p>The image shows four rectangular mortar specimens arranged in a 2x2 grid. The top row shows specimens before the test, and the bottom row shows specimens after a freeze-thaw test. Labels include '高耐久性強化モルタル SIR C-D3' (High durability reinforced mortar SIR C-D3), '樹脂系補修モルタル' (Resin-based repair mortar), and '凍結融解試験 300サイクル後' (Freeze-thaw test after 300 cycles).</p> <p>SIR C-D3 と樹脂系モルタルの凍結融解試験</p>

8. 参考資料

8.1 橋梁補修調査設計委託の歩掛

橋梁補修調査設計委託時には、別途県庁が整理している「橋梁補修調査設計業務委託 歩掛」、および「橋梁補修調査設計 業務委託 特記仕様書（案）」を参考にする。

【解説】

最新の歩掛、特記仕様書（案）であることを確認して使用すること。

8.2 関係機関協議資料

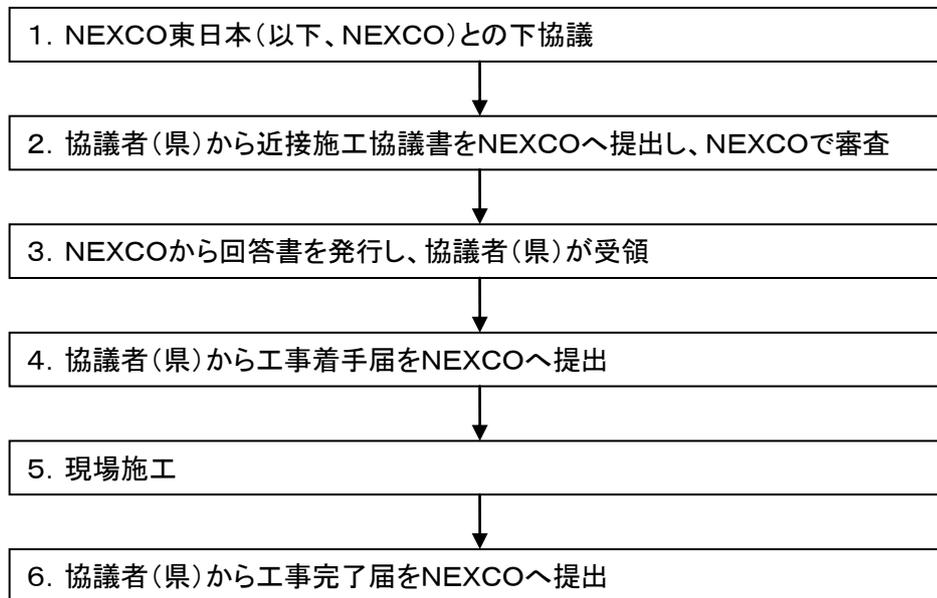
橋梁補修調査設計委託において詳細調査を実施するに当たり、関係機関との調整が必要な場合は、協議資料を作成し必要な諸手続を行う。

【解説】

以下に「東日本高速道路株式会社（NEXCO東日本）」、「東日本旅客鉄道株式会社（JR東日本）」における一般的な関係機関協議の流れおよび協議資料を例示する。

(1) 東日本高速道路株式会社（NEXCO東日本）

東日本高速道路株式会社における関係機関協議（近接施工協議）の一般的な流れを示す。交通規制を伴う場合、別途警察協議などが必要となる。



<近接施工協議書に添付する資料>

- ・ 工事（調査）概要説明
- ・ 案内図（可能な場合は現況写真も）
- ・ 設計図、平面図、断面図
- ・ 施工（調査）方法説明（NEXCOの構造物に対して影響がないと分かるもの）
- ・ 工程表
- ・ 交通規制を伴う工事（調査）の場合は規制図や迂回路図等
- ・ 緊急連絡体制表 など

<様式例：近接工事施工協議書>

近接工事施工協議書

平成 年 月 日

東日本高速道路株式会社

事務所長 殿

住所

氏名

(担当者)

(TEL)

施工目的			
施工場所	路線名		歩道・車道・ その他 ()
	場所 (地番)		
工事概要	工事種別		施工数量
工事の期間	平成 年 月 日 から	平成 年 月 日	まで
施工業者			
添付書類			
備考			

<様式例：工事着手届>

工 事 着 手 届

平成 年 月 日

東日本高速道路株式会社

事務所長 殿

住所

氏名

印

このことに回答できる担当者

平成 年 月 日付け 支所管第 号で回答を得た工事の施工について、次のとおり着手するので届け出ます。

1. 工事件名
2. 工事の場所

工事着手 予定日	平成 年 月 日	工事完了 予定日	平成 年 月 日
工事の現場 責任者	氏名 連絡先		
備考			

* 届出者が法人である場合には、「住所」の欄には主たる事務所の所在地、「氏名」の欄には名称及び代表者の氏名を記載するとともに、「このことに回答できる担当者」の欄に所属・氏名・電話を記載してください。

<様式例：工事完了届>

工 事 完 了 届

平成 年 月 日

東日本高速道路株式会社
事務所長 殿

住所

氏名

印

このことに回答できる担当者

平成 年 月 日付け 支所管第 号で回答を得た工事の施工について、次のとおり完了したので届け出ます。

1. 工事件名

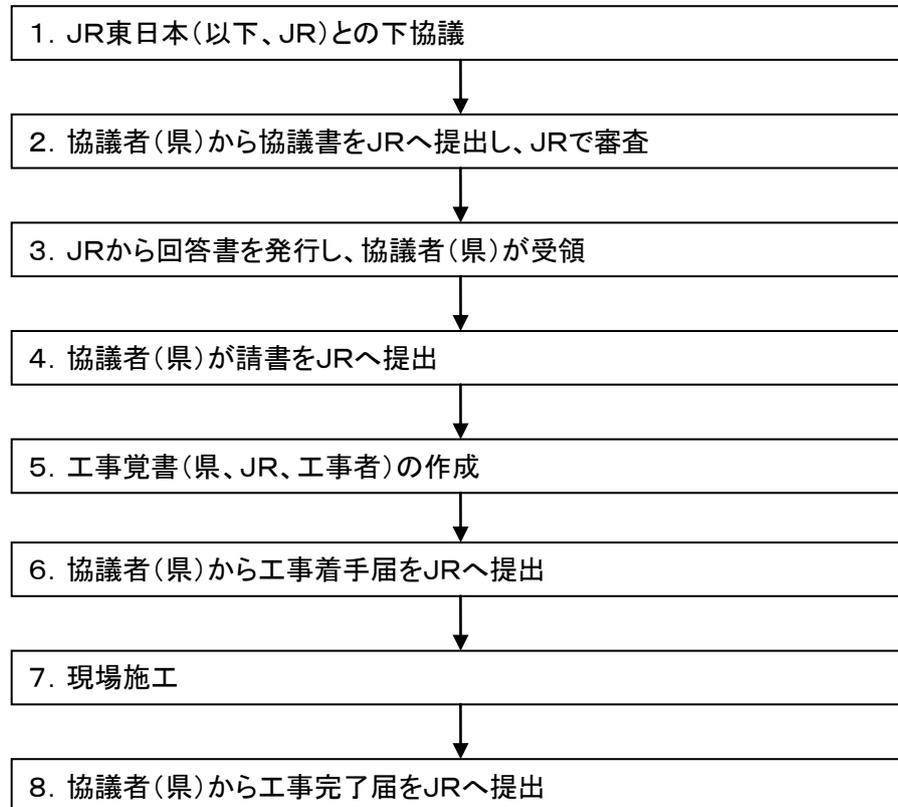
2. 工事の場所

工事着手日	平成 年 月 日	工事完了日	平成 年 月 日
工事の現場 責任者	氏名 連絡先		
指示事項に 関する措置			
備考			

- * 届出者が法人である場合には、「住所」の欄には主たる事務所の所在地、「氏名」の欄には名称及び代表者の氏名を記載するとともに、「このことに回答できる担当者」の欄に所属・氏名・電話を記載してください。
- * 位置図、工事の施工前・施工中及び完了後の写真、その他必要な図書を添付してください。

(2) 東日本旅客鉄道株式会社（JR東日本）

東日本旅客鉄道株式会社における関係機関協議の一般的な流れを示す。



<協議書に添付する資料例>

- ・ 工事（調査）概要説明
- ・ 案内図（可能ならば現況写真も）
- ・ 設計図、平面図、断面図
- ・ 施工（調査）方法説明
- ・ 工程表 など

<様式例：協議書>

22 棚上第 号
平成23年2月 3日

東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所長 [REDACTED] 様

福島県棚倉土木事務所
所長 [REDACTED]

水郡線矢祭山・東館駅間70k250m付近外2箇所の
橋梁調査点検について（協議）

記

1. 業務名 橋梁調査点検
2. 点検場所
 - (1) [REDACTED] 跨線橋 東白川郡矢祭町大字小田川字春田地内
矢祭山駅～東館駅間 70k250m付近
 - (2) [REDACTED] 橋 東白川郡棚倉町大字板橋字タリカ清水地内
磐城棚倉駅～磐城浅川駅間 92k860m付近
 - (3) [REDACTED] 橋 東白川郡棚倉町大字花園字沢目地内
磐城棚倉駅～磐城浅川駅間 91k030m付近
3. 点検内容
桁下及び橋台の目視点検、クラックの幅・延長の測定、中性化試験及びシュミットハンマーによる強度試験。
※中性化試験は、1箇所当たり10cm×10cm程度をはつり、フェノールフタレイン溶液で測定する。試験後、はつり部は無収縮モルタルで断面復旧する。
4. 点検時期
平成23年2月21日～平成23年2月28日
5. 調査者の名称
 - (1) [REDACTED] 跨線橋 株式会社 [REDACTED] コンサルタント 郡山事業所
 - (2) [REDACTED] 橋 株式会社 [REDACTED] コンサルタント 郡山事業所
 - (3) [REDACTED] 橋 株式会社 [REDACTED] 東北支社
6. 添付書類等 位置図、写真、調査概要図
7. 連絡先 郵便番号963-6123
福島県東白川郡棚倉町大字関口字上志宝50番地1
福島県棚倉土木事務所
業務課 [REDACTED]

TEL 0247-[REDACTED]

FAX 0247-[REDACTED]

<様式例：回答書（JRより）>

水 営 所 第 [] 号
平成23年 2月 14日

福島県棚倉土木事務所
所 長 [] 殿

東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所 長 []



水郡線 矢祭山・東館間70k250m付近他2箇所における橋梁調査に伴う
施工協議について

貴社におかれましては、益々御清栄のこととお慶び申し上げます。
平素より当社の事業につきましては、多大なる御協力を賜り厚く御礼申し上げます。
さて、平成23年2月3日付、22棚土第4329号福島県棚倉土木事務所所長 [] 氏より
協議がありました標記については、下記条項により承諾いたします。
なお、これに御異存がなければ本書の全文を記載した請書を提出して下さい。

記



（工事の位置設計及び工程等）

第1条 工事（以下「工事」という。）の位置、設計及び工程等は、福島県棚倉土木事務所長（以下「甲」という。）の協議書及び添付図面のとおりとする。

（工事の資格条件等）

第2条 工事は甲が施工するものとし、東日本旅客鉄道株式会社水郡線営業所長（以下「乙」という。）の監督を受け施工するものとし、施工に際しては乙の認定資格を持つ工事管理者・列車見張員を必ず配備し、保安体制を確立後、施工するものとする。

なお、列車運転保安上鉄道工事特異業者に発注し、施工させるものとする。

（工事費の負担）

第3条 工事に要する費用は、全額甲が負担し施工するものとする。

（設計等の変更）

第4条 甲が工事の設計又は、施工方法を変更しようとする場合は、あらかじめ乙に協議するものとする。

(損害の負担)

第5条 工事の施工中及び工事竣工後において、この工事により生じた損害については甲が負担するものとする。

(行政上の手続き等)

第6条 工事の施工に必要な行政上の手続き及び第三者との協議は、甲において工事着手前に完了するものとする。

(苦情等の処理)

第7条 工事の施工に伴う第三者からの苦情等については、甲が責任をもって処理するものとする。

(安全対策等)

第8条 甲は、乙の施設物に損傷を与えないように、安全対策等について万全を期し工事を施工するものとし、重機等機器を使用する場合は、特に注意し施工するものとする。

なお、列車通過時には、重機等機器の使用を一時中断し列車運行に支障のないようにするものとする。

(工事の施工承諾期間)

第9条 この承諾は、承諾の日から20日以内に回答がない場合及び承諾後90日以内に着手しない時は、その効力を失うものとする。

(報告等)

第10条 甲は工事の着手及び完了時に着手届及び完了届を乙に提出するものとする。

(その他)

第11条 前各条に定めのない事項又は疑義を生じた事項については、その都度甲乙が協議して処理するものとする。

<様式例：請書>

請書

水 営 所 第 1 8 7 号
平成23年 2月 14日

福島県棚倉土木事務所
所 長 ■■■■■ 殿

東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所 長 ■■■■■



水郡線 矢祭山・東館間70k250m付近他2箇所における橋梁調査に伴う
施工協議について

貴社におかれましては、益々御清栄のこととお慶び申し上げます。
平素より当社の事業につきましては、多大なる御協力を賜り厚く御礼申し上げます。
さて、平成23年2月3日付、22棚士第4329号福島県棚倉土木事務所所長 平野功氏より
協議がありました標記については、下記条項により承諾いたします。
なお、これに御異存がなければ本書の全文を記載した請書を提出して下さい。

記

(工事の位置設計及び工程等)

第1条 工事(以下「工事」という。)の位置、設計及び工程等は、福島県棚倉土木事務所所長(以下「甲」という。)の協議書及び添付図面のとおりとする。

(工事の資格条件等)

第2条 工事は甲が施工するものとし、東日本旅客鉄道株式会社水郡線営業所所長(以下「乙」という。)の監督を受け施工するものとし、施工に際しては乙の認定資格を持つ工事管理者・列車見張員を必ず配備し、保安体制を確立後、施工するものとする。
なお、列車運転保安上鉄道工事特異業者に発注し、施工させるものとする。

(工事費の負担)

第3条 工事に要する費用は、全額甲が負担し施工するものとする。

(設計等の変更)

第4条 甲が工事の設計又は、施工方法を変更しようとする場合は、あらかじめ乙に協議するものとする。

(損害の負担)

第5条 工事の施工中及び工事竣工後において、この工事により生じた損害については甲が負担するものとする。

(行政上の手続き等)

第6条 工事の施工に必要な行政上の手続き及び第三者との協議は、甲において工事着手前に完了するものとする。

(苦情等の処理)

第7条 工事の施工に伴う第三者からの苦情等については、甲が責任をもって処理するものとする。

(安全対策等)

第8条 甲は、乙の施設物に損傷を与えないように、安全対策等について万全を期し工事を施工するものとし、重機等機器を使用する場合は、特に注意し施工するものとする。

なお、列車通過時には、重機等機器の使用を一時中断し列車運行に支障のないようにするものとする。

(工事の施工承諾期間)

第9条 この承諾は、承諾の日から20日以内に回答がない場合及び承諾後90日以内に着手しない時は、その効力を失うものとする。

(報告等)

第10条 甲は工事の着手及び完了時に着手届及び完了届を乙に提出するものとする。

(その他)

第11条 前各条に定めのない事項又は疑義を生じた事項については、その都度甲乙が協議して処理するものとする。

上記のとおりお請けいたします。
平成23年2月15日

東白川郡棚倉町大字関口字上志宝50番地1

福島県棚倉土木事務所

所長

<様式例：工事覚書>

工 事 覚 書

件 名 水郡線磐城棚倉・磐城浅川駅間91k030m付近の
橋梁調査点検について

期 間 平成23年2月22日～平成23年2月28日

施工場所 水郡線磐城棚倉・磐城浅川駅間 91k030m付近 ■■■■■ 橋

標記の工事施工にあたり、列車運転の事故防止及び旅客公衆の安全確保のため、福島県を甲、東日本旅客鉄道株式会社を乙、株式会社■■■■設計福島営業所を丙とし、下記の条項により工事覚書を締結する。

(総則)

第1条 甲は、工事施工にあたり、法令及び東日本旅客鉄道株式会社営業線工事保安関係標準仕様書（在来線）並びにこの工事覚書により施工するものとする。
なお、この工事覚書を施工業者丙の全員に周知徹底させ遵守させるものとする。

(工事管理者等の指定)

第2条 甲は、工事施工の安全確保のために、工事施工業者の株式会社近代設計福島営業所に対し、必要により乙の認定する工事管理者、列車見張員を指定のうえ、工事現場に常駐させて工事施工するものとする。

(施工計画書等の提出)

第3条 甲は工事施工にあたり、着手届、工事工程表、施工計画書及び保安確認書を乙に提出し、承諾を受けるものとし、工事完了後は完了届を提出するものとする。
丙は、工事着手前に保安打合せ票を取り交わし、事故防止に努めるものとし、乙の監督員の指示に従うものとする。

(工事の施工)

第4条 1 丙は、工事施工にあたり下記事項を遵守するものとし、工事管理者等は工事施工中は相互連絡を密にして、作業着手前及び終了後に状況報告するものとする。
2 線路に接近して工事施工する時は、必ず専任の列車見張員を配置するものとする。
3 やむを得ず、線路内に入るとき及び送電線延設時は、線路閉鎖工事を原則とする。
なお、線路閉鎖工事は監督員とよく打合せのうえ、施工するものとする。
4 列車見張タイヤの確認については、水郡線営業所で行うものとする。
5 列車見張員は、列車見通し距離800m以上確保し、列車が接近したときは待避合図をし作業員の待避及び作業の一時中断を工事管理者に確認した後、列車を注視し通過を待つものとする。
6 重機使用は、列車見張員を配置のうえ、有資格者が操作操縦し、列車通過時は作業を中止し事故防止に努めるものとする。また重機を留置する場合には留置中の標識を取り付けておくものとする。
7 重機の据付は、据付地盤の強度を確認し、転倒防止に万全を期すものとする。
8 工事施工中に、線路等に変状が発生した時及び列車運転保安上危険であると認められるときは、作業を中止し列車防護手配をとり、乙の指示を受けるものとする。
9 工事施工中は、工事材料、仮設物等線路へ飛散しないようにすること。
10 工事の使用する機械機器等は、線路付近に置かないものとする。また、作業終了時機械機器等は安全な箇所に集積整理し、第三者による列車妨害に使用されないよう注意するものとする。
11 クレーン車作業等を乙の用地に接近して行う時は、埋設ケーブル等の切断事故防止のため、事前に打合せをし確認して施工するものとする。

- 1 2 工事施工中は、建築限界を支障しないこと、また線路内に入らないよう施工するものとする。
- 1 3 工事の施工にあたっては、現場責任者を常駐させ、非常の場合列車防護手配及び敏速確実な連絡体制を確立しておくものとする。
- 1 4 工事の施工に伴い、列車運転事故発生又は発生のおそれがある場合は直ちに列車防護の処置をとった後、速やかに乙に連絡し、その指示に従うものとする。
また、次の場合は作業を中止する。
 - (1) 列車通過時のとき
 - (2) 風速20m/sec以上のとき
 - (3) 時間雨量25mmを超えた時、または連続雨量90mmに達し、まだ降り続くと予想されるとき。
 - (4) 震度4以上の地震が発生したとき
- 1 5 甲は、工事施工に伴い、乙の用地杭を支障するような場合は、乙の現況に復するものとする。
- 1 6 工事現場へは、携帯電話機等を配備し、緊急時等の連絡体制を図るものとする。

(相互連絡)

第5条 工事施工期間中及び緊急時の相互の連絡体制は別紙による。

(施設物等破損の補償)

第6条 甲は、工事施工による乙の施設物及び列車運転、旅客公衆等に損害を与えたときは、補償の一切を負担するものとする。

(協議の済証の掲示)

第7条 丙は、工事期間中に、乙の指示をする「営業線近接工事協議済証」(JR近接工事票)を工事施工箇所に掲示するものとする。

(その他)

第8条 前各条に定めのない事項又は疑義を生じた事項については、その都度協議して処理するものとする。

以上、工事覚書の証として、本書3通を作成し、甲乙丙記名捺印のうえ、1通を保有する。

平成23年 月 日

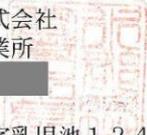
甲 側

福島県東白川郡棚倉町大字関口字上志宝50番地1
福島県棚倉土木事務所
所長



乙 側

茨城県久慈郡大子町大子983番地2
東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所長



丙 側

福島県福島市宮代字乳児池124
株式会社 設計 福島営業所
所長



<様式例：保安確認書>

(工事覚書に添付)

保 安 確 認 書

平成 年 月 日

工事番号 水土セ 第 号

工事件名

工 期 着手 平成 年 月 日 しゅん功予定 平成 年 月 日

本工事の施工に当たっては、列車の運転保安及び旅客公衆の安全確保のため、営業線保安関係標準仕様書(在来線)及び下記打合せ事項を守り、現場作業員まで徹底します。

職 名氏	名	印	資 格	名氏	名	印
監 督 員			現 場 責 任 者			
			現 場 責 任 者			
監 督 者			工事管理者			
			"			
			"			
			"			

1.保安関係者名簿

工 事 従 事 者 名 氏 名	発行年月日	認 定 証 番 号	記 事
主 任 技 術 者			/
線 閉 責 任 者			
工 事 管 理 者			
"			
"			
"			

工 事 従 事 者 名 氏	名 発 行 年 月 日	認 定 証 番 号	記 事
列 車 見 張 員			
〃			
〃			
〃			
重 機 械 運 転 者			

2. 連絡方法

職 名 及 び 資 格 名	氏 名	住 所	昼間の連絡	休日・夜間
J R 側	監 督 員			
	監 督 者			
請 負 側	現 場 責 任 者			
	現 場 責 任 者			
	工 事 管 理 者			
	〃			
	〃			
	〃			

3. 確認事項

仕様書などで明記された以外の事項で、特に必要な場合に記入する。

項 目	確 認 事 項

(注)○資格名欄のうち、不要な部分は抹消する。

○資格欄で、軌道・工事管理者(短縮)や線閉責任者(作業員防護)など必要に応じて、空欄に記入する。

<様式例：着手届>

平成21年2月2日

工 事 着 工 届

東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所長 [REDACTED] 様

福島県棚倉土木事務所
所長 [REDACTED]

下記のとおり着工致しますのでお届け致します。

記

- ・許可番号 : 水営所 第 [REDACTED] 号
- ・許可日 : 平成21年 1月26日
- ・工事件名 : 水郡線磐城棚倉・磐城浅川駅間91k030m付近の橋梁補修工事
- ・施工場所 : 東白川郡棚倉町大字花園地内 [REDACTED] 橋
- ・着工日 : 平成21年2月5日
- ・施工者 : [REDACTED] 株式会社
現場代理人 [REDACTED]
電話 090-[REDACTED]
- ・担当者 : 福島県棚倉土木事務所 業務課
主査 [REDACTED]
電話 0247-[REDACTED]
(090-[REDACTED])

以上

<様式例：完了届>

平成21年3月4日

工 事 完 了 届

東日本旅客鉄道株式会社
水戸支社水郡線営業所
所長 [REDACTED] 様

福島県棚倉土木事務所
所長 [REDACTED]

下記のとおり完了しましたのでお届け致します。

記

- ・許可番号 : 水営所 第 [REDACTED] 号
- ・許可日 : 平成21年 1月26日
- ・工事件名 : 水郡線磐城棚倉・磐城浅川駅間91k030m付近の橋梁補修工事
- ・施工場所 : 東白川郡棚倉町大字花園地内 [REDACTED] 橋
- ・完了日 : 平成21年3月3日
- ・施工者 : [REDACTED] 株式会社
現場代理人 [REDACTED]
電話 090-[REDACTED]
- ・担当者 : 福島県棚倉土木事務所 業務課
主査 [REDACTED]
電話 0247-[REDACTED]
(090-[REDACTED])

以上

