

橋梁補修・補強マニュアル（案）

令和4年11月

茨城県土木部道路維持課

目 次

第1編 総 則	1- 1
1.1 マニュアルの目的	1- 1
1.2 適用の範囲	1- 5
1.3 用語の定義	1- 6
1.4 基本方針	1- 7
1.5 計画一般	1- 9
1.6 設計一般	1- 10
1.7 補修・補強履歴の管理	1- 11
第2編 既設橋梁の補修	2- 1
2.1 基本方針	2- 1
2.1.1 適用範囲	2- 1
2.1.2 補修対策の考え方	2- 1
2.2 主な調査項目	2- 5
2.3 対策工法の概要	2- 13
2.4 鋼構造物の補修	2- 16
2.4.1 一 般	2- 16
2.4.2 腐食の対策工	2- 17
2.4.3 亀裂の対策工	2- 22
2.4.4 ゆるみ・脱落	2- 25
2.4.5 防食機能の劣化	2- 26
2.4.6 異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損	2- 27
2.5 コンクリート構造物の補修	2- 28
2.5.1 一 般	2- 28
2.5.2 ひびわれ及び漏水・遊離石灰対策工	2- 31
2.5.3 剥離・鉄筋露出及びうき対策工	2- 33
2.5.4 床版ひびわれ対策工	2- 35
2.5.5 抜け落ち対策工	2- 38
2.5.6 第三者被害防止工	2- 39
2.5.7 補修・補強材の損傷対策工	2- 41
2.5.8 定着部の異常、変色・劣化、変形・欠損対策工	2- 41
2.5.9 中性化、塩害、ASR、凍害、化学的対策工	2- 42
2.5.10 基礎の変状に対する補修	2- 54

2.6	上下部接合部、付属物の補修	2- 56
2.6.1	一般	2- 56
2.6.2	各種補修工法	2- 56
第3編	耐荷補強	3- 1
3.1	基本方針	3- 1
3.1.1	耐荷補強の基本方針	3- 1
3.2	現地調査	3- 4
3.2.1	現地調査内容	3- 4
3.3	耐荷性能の検証	3- 6
3.4	補強方法	3- 9
第4編	耐震補強	4- 1
4.1	基本方針	4- 1
4.1.1	耐震補強の方針	4- 1
4.1.2	耐震補強の対象橋梁と優先順位の設定	4- 1
4.1.3	目標とする耐震性能	4- 3
4.1.4	耐震補強の設計内容及び設計の流れ	4- 3
4.1.5	修繕計画との調整方針	4- 5
4.2	既設補強の耐震補強について	4- 7
4.2.1	支承部の補強及び落橋防止システムの構成	4- 7
4.2.2	RC橋脚の補強	4- 8
4.2.3	橋全体系の耐震補強	4- 10
4.2.4	基礎の耐震性能の照査	4- 12

第1編 総 則

1.1 マニュアルの目的

本マニュアルは、茨城県土木部が管理する道路橋（側道橋含む）、横断歩道橋の補修・補強設計に携わる技術者が、業務を円滑に遂行する手引書として作成したものであり、補修・補強設計の共通かつ一般的な考え方を述べたものである。したがって、具体的な設計にあたっては、本来意図するところを的確に把握し、現地の状況等を勘案の上、合理的な補修・補強設計を実施し、対象とする橋梁の長寿命化を図らなければならない。

【解 説】

本マニュアルは、橋長 15m 以上の道路橋等の補修・補強設計業務に関して、共通かつ一般的となる考え方を示した手引書であり、これを利用することにより、設計の効率化を図り、劣化・損傷要因別の補修工法や材料の選定、耐荷補強・耐震補強の工法選定および対策工法の選定等に一定の方向性を示すことを目的として作成したものである。

具体的な設計にあたっては、本マニュアルを参考に意図するところを的確に把握し、現地の立地条件、施工条件及び維持管理手法等を勘案の上、適切な対策工法を選定し、対象とする橋梁の長寿命化を図るものとする。

茨城県が管理する橋梁は現在 2,769 橋（令和 3 年 3 月現在）であり、そのうち 15m 以上の橋梁は 1,040 橋である。これらの橋梁を適切に維持管理することを目的とし、茨城県では令和 4 年 3 月に「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」の 2 回目の改定を行っている。したがって、橋梁の補修・補強設計を実施する際には、本マニュアルのほか、この長寿命化修繕計画を参照すること。

次ページに、「茨城県橋梁長寿命化修繕計画 令和 4 年 3 月 茨城県土木部道路維持課」の抜粋を示す。

2.2 橋梁の緒元

2.2.1 架設年別の橋梁数

- 高度経済成長期から集中的な整備が行われており、架設された橋梁が最も多いのは1970年代である。
- 10年後には、50%以上の橋梁が供用年50年以上を迎える。

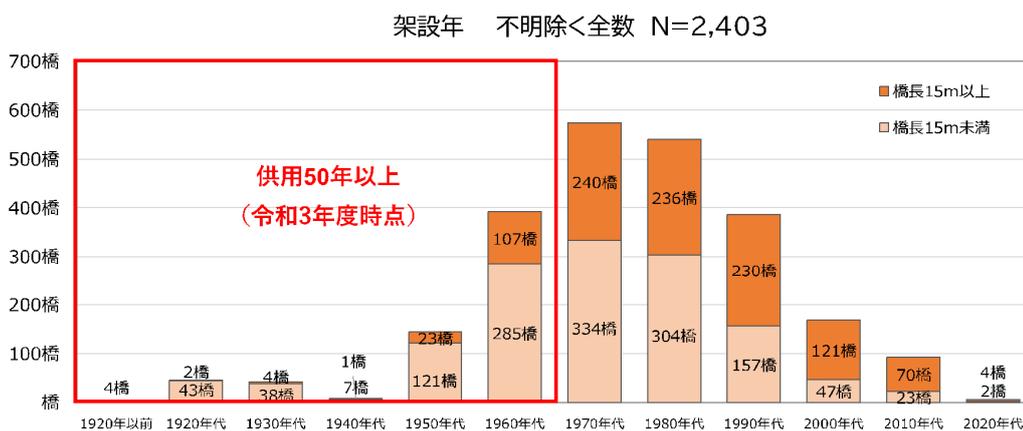


図 2.3 架設年別の橋梁の分布

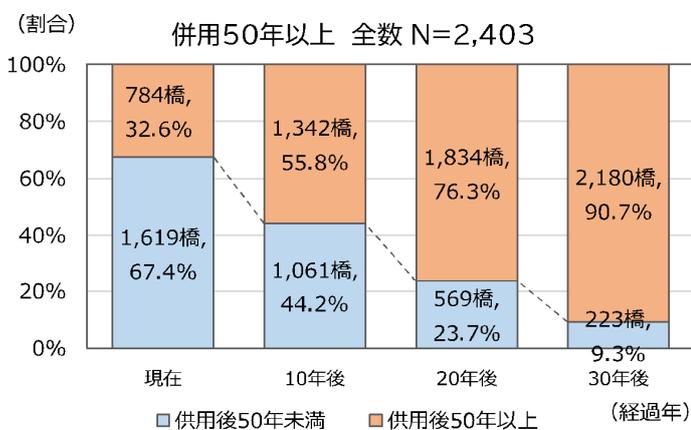


図 2.4 供用50年を超える橋梁

※橋梁の寿命は一般的に50年程度を想定している。「減価償却資産の耐用年数等に関する大蔵省令」において金属造45年、SRC造、RC造は60年と規定されている。

2.2.2 橋長別の橋梁数

- 2m以上 5m未満の橋梁が最も多く、全管理橋梁中 28.5%(788 橋/2,769 橋)を占める。
- 100m以上の長大橋は 8.6%(238 橋/2,769 橋)あり、那珂川、利根川などの河川や、霞ヶ浦、北浦などの湖に架設されている。中には、1,000m以上の橋梁が 4 橋ある。

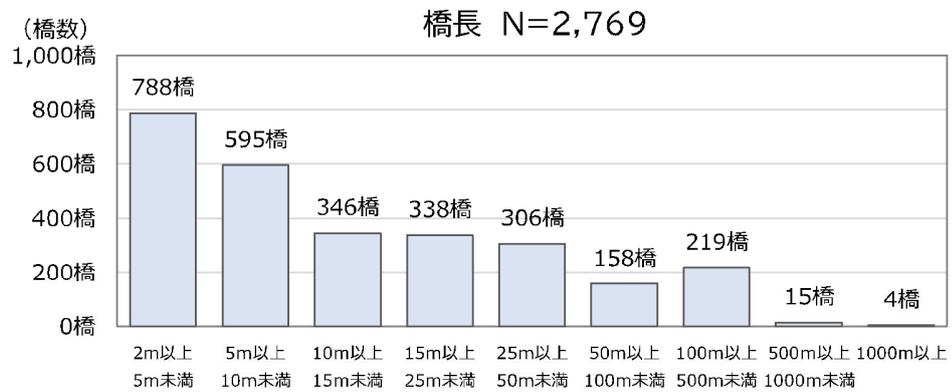


図 2.5 橋長別の分布



図 2.6 霞ヶ浦大橋(橋長 1,015m)



図 2.7 土浦高架橋(橋長 1,614m)

(2) 健全性別の橋梁数及び割合

最新の定期点検による橋梁全体の健全性の評価の結果は、以下のとおりである。

- 早期措置が必要なⅢの橋梁は、188 橋あり、6.8%(188 橋/2,755 橋)を占めている。
- Ⅲの橋梁は、15m以上の方が橋梁数、割合ともに高く、15m以上橋中、10.8%(112 橋 /1,032 橋)を占める。
-

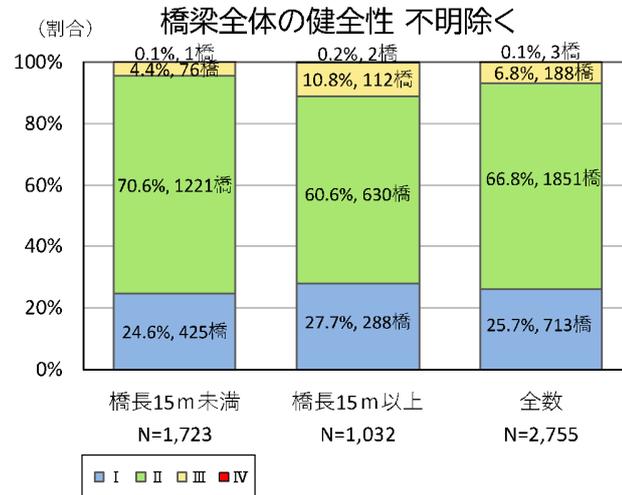


図 2.21 橋梁別の健全性

1.2 適用の範囲

本マニュアルは、茨城県土木部が管理する橋長 15m 以上の道路橋（側道橋含む）、横断歩道橋に係わる補修、及び耐荷補強・耐震補強の計画、調査（点検）、設計に適用する。

【解 説】

本マニュアルは、「茨城県橋梁長寿命化修繕計画 令和 4 年 3 月 茨城県土木部道路維持課」に基づいた道路橋（側道橋含む）、横断歩道橋の「補修」の計画、調査（点検）、設計を実施する場合に適用する。また、耐荷補強・耐震補強の計画、調査（点検）、設計を実施する場合に適用する。

本マニュアルでは、原則として橋長 15m 以上の道路橋等の補修・補強設計業務を対象としているが、橋長 15m 未満の橋梁の補修・補強設計においても、本マニュアルを参考に計画するとよい。

1.3 用語の説明

本マニュアルでは、以下のように用語を定義する。

維持管理	： 橋梁の供用期間において、橋梁の性能を所要の水準以上に保持するためのすべての行為。
要求性能	： 目的および機能に応じて橋梁に求められる性能。
予防保全	： 橋梁に劣化を発生あるいは顕在化させない、もしくは、性能低下を生じさせないための予防的処置を計画的に実施する維持管理。「予防保全型の維持管理」「予防維持管理」ともいう。
補修	： 橋梁の外観や耐久性の回復もしくは向上あるいは、第三者被害の除去を目的とした対策。ただし、供用開始時に橋梁が保有していた程度まで、耐荷性能あるいは、その他の性能のうちの力学的な性能を回復させるための対策も含む。
補強	： 供用開始時に橋梁が保有していたよりも高い性能まで、耐荷性能あるいは、その他の性能のうちの力学的な性能を向上させるための対策。
耐久性	： 橋梁が予定供用期間にわたり耐荷性能、その他の性能を保持する性能。
安全性	： 想定されるすべての作用の下で、橋梁が使用者や周辺の人の生命や財産を脅かさないための性能。
供用性	： 橋梁の安全性および橋梁に要求されるそれ以外の諸性能を適切に確保するための性能。
第三者被害	： 橋梁から剥落したコンクリート片などが周辺の人や器物に与える被害。
LCC	： 橋梁の初期建設コスト、予定供用期間に行う点検・診断や補修・補強等の維持管理に要するコスト等の総計。ただし、予定供用期間経過後に要する解体コストや更新コストを含まない。ライフサイクルコストの略。
初期欠陥	： 施工時に生じた変状のうち、有害となる可能性のある変状。(初期ひびわれ、豆板〔ジャンカ〕、コールドジョイント、砂すじ、かぶり不足、コンクリート充填不足、溶接欠陥等)
劣化	： 時間の経過に伴って進行する変状。(鋼材の腐食、中性化、塩害、アルカリシリカ反応、凍結融解、化学的腐食等)
損傷	： 地震や衝突等によるひび割れや剥離のように、短時間のうちに発生し、その後は時間の経過によっても進行しない変状。
変状	： 何らかの原因で、橋梁やその部材に発生している、本来あるべき姿でない状態。初期欠陥、損傷、劣化等の総称。補修・補強後に生じる補修材・補強材の再変状も含む。
復元設計	： 既設橋梁に対して行う当初設計の再現設計。当初設計の荷重や部材断面などを推定して実施する。

【解説】

用語の定義のうち、項目によっては具体的な内容を示した。

1.4 基本方針

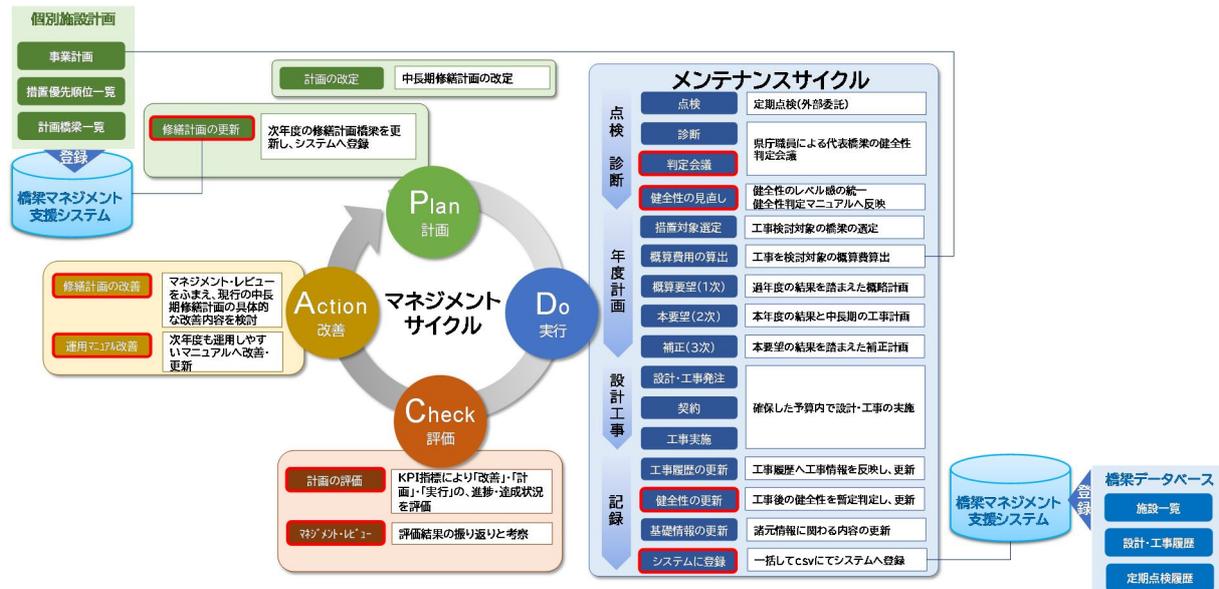
- (1) 既設橋梁の予防保全型の維持管理を推進するため、点検結果等に基づいた合理的な対策を行い、「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」に示されるマネジメントサイクルを実践することを基本とする。
- (2) 既設橋梁の【補修】対策は、「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」における基本方針を十分理解し行わなければならない。また、原則として【耐荷】対策は損傷が生じた段階で、【耐震】対策は段階的に対策を行うものとする。

【解説】

- (1) 茨城県では予防保全型の維持管理を推進するため、平成 26 年以降、定期点検は義務化され、管理橋梁すべてにおいて 5 年に 1 度の定期点検を実施している。点検を定期的に継続実施すると共にそのデータを蓄積し、時系列的に分析することは、補修・補強設計において合理的な予防保全を進める上で重要となる。また、点検結果だけでなく、設計内容や工事履歴を橋梁マネジメント支援システムに登録することにより、継続的な改善を行うためのマネジメントサイクルを実践できる。

図 1.4.1 に「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」のマネジメントサイクルを示す。

[今後実践する新たなマネジメントサイクル]



出典：茨城県橋梁長寿命化修繕計画（案）令和 4 年 3 月

図 1.4.1 マネジメントサイクル

「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」では基本方針として以下の 3 点を掲げている

1. 安全性、機能性を高め、健全な道路ネットワーク確保に努める。
2. 橋梁の状況に応じた計画的な更新を実施する。
3. 予防保全型の維持管理をさらに推進する。

このうち、予防保全型の維持管理を推進するための取り組みとして、以下の 3 点を特記している。

- ① 橋面防水や伸縮装置の非排水化などの止水対策の徹底
- ② 「部分塗装」の実施によるコストの縮減
- ③ 日常管理の実施

上記①の止水対策とは、鋼橋に限らず橋梁の劣化要因である水の排除を徹底することにより劣化速度を低減させる予防保全対策であり、橋梁の健全性と関わりなく実施することを目標としている。

【伸縮装置の非排水化について】

典型的な例として伸縮装置の非排水化を取り上げる。

伸縮装置は、温度変化や地震動による橋梁の伸び縮みや水平移動に対処するための構造であり、路面を走行する車両の安全性や走行性を確保するための部品である。「非排水化」とは、この伸縮装置から漏水が発生しないようにすることである。(図 1.4.2 参照)

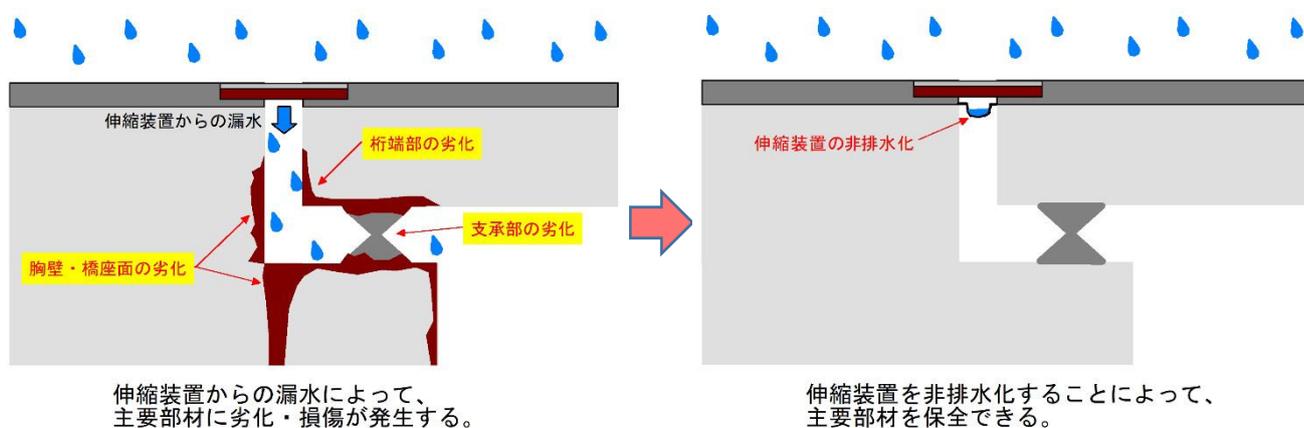


図 1.4.2 伸縮装置の非排水化概念図

伸縮装置の性能のうち「非排水化」は軽視されがちであるが、支承をはじめとする橋梁の主部材を劣化から予防保全するための重要な性能である。

【土砂払いについて】

また、③の日常管理で挙げられている橋面の排水孔への土砂だまりに対する「土砂払い」は、比較的簡単に実施可能な予防保全である。排水孔が土砂でふさがり十分な排水ができずに橋面に長時間の滞水があると、アスファルト舗装を浸透した雨水がコンクリート床版の上面に溜まり、床版コンクリートの劣化・土砂化、鉄筋の腐食等を招きやすい。「土砂払い」はこれを未然に防止するための重要な日常管理であることを理解する必要がある。

図 1.4.3 の写真は土砂だまりによって橋面排水が速やかに実施できない事例である。(わかりやすくするため、排水孔の上部の土砂のみ撤去した状態で撮影した。)



写真 1.4.3 排水工の土砂だまりの例

- (2) 既設橋梁の補修・補強のうち、【補修】については「茨城県橋梁長寿命化修繕計画」における基本方針である「4. 今後の維持管理の方向性と改定方針」の主旨に沿って実施するものとした。また、【補強】のうち、【耐荷（補強）】対策は活荷重の影響で損傷が生じた段階で行い、【耐震（補強）】対策は緊急輸送道路に指定されているか否か等から、H24 道示および関連事務連絡等に基づいて段階的に対策を実施するものとする。

本マニュアルではそれぞれ下記に対応する編構成とした。詳細については各編を参照すること。

- 第2編 既設橋梁の補修
- 第3編 耐荷補強
- 第4編 耐震補強

1.5 計画一般

- (1) 補修・補強計画及び設計においては、本マニュアルに規定する対策工法から選定することを基本とする。ただし、マニュアルに示す工法以外にも新技術・新工法や特殊工法がある場合は比較検討して選定するものとする。
- (2) 補修・補強に際して、変状の状況等評価した上で実施するものとする。

【解説】

- (1) 本マニュアルは、既往の基準類、文献等を参考にして取りまとめたものであり、マニュアルに示す対策工法等は一般的なもので特定するものではない。また、対策工法の選定においては、新技術・新工法（国土交通省の NETIS 新技術情報提供システムの活用等）や特殊工法の適用についても念頭におくものとする。

なお、補修・補強計画及び設計では回復または向上させる性能を明確化し、目的に適合する補修・補強の対策工法を選定するものとする。

- (2) 補修・補強に際して、変状の状況と要因を把握し、変状要因を除去することが効率的かつ効果的な対策である。そのため、変状が初期欠陥であるのか、劣化・損傷したものなのか等を分類し評価する必要がある。変状要因の定量的な把握が必要な場合には、各種の非破壊検査を含めた詳細調査を実施するものとする。

1.6 設計一般

- (1) 設計にあたって、既設橋梁の現状の性能を把握するため、竣工図書、現地状況、点検、調査結果等の情報収集を行うものとする。情報と現状が異なる場合は詳細調査を実施する。
- (2) 設計にあたっては、既設橋梁の健全部位の性能を損なうことがないように配慮しなければならない。
- (3) 設計は、現行（最新）の設計基準に基づくことを標準とする。
- (4) 設計においては、施工時の条件を考慮しなければならない。
- (5) 塩害地域に該当するコンクリート構造物の設計にあたっては、「道路橋示方書、Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編またはⅣ下部構造編、平成 29 年 11 月、日本道路協会」に準じるものとする。

【解説】

- (1) 補修・補強設計にあたっては、竣工図書だけでなく、過去に実施された補修・補強工事の設計図書についても内容を十分に把握する必要がある。また、既存の図書と現地状況が異なることもあるため、設計に際しては現地踏査を行い確認するものとする。
既設橋梁の変状については、既往の点検・調査記録および橋梁マネジメント支援システムのデータベース等により形態および程度について把握し、変状が著しい断面欠損やひびわれ等による断面性能の低下が生じている場合は、設計に反映させなければならない。なお、点検・調査記録と現在の変状が異なる場合や、点検・調査記録の内容では十分な変状の把握が困難な場合には、詳細調査を実施するものとする。
- (2) 既設橋梁の補修・補強は、低下した性能を回復または向上させるために行うものであるが、橋体への削孔や溶接等により、既設橋梁の健全部位の性能を低下させる可能性がある。また、補強用治具や仮設材の取付けにより既設橋梁の部材に局所的な応力や応力集中が発生し、新たな変状を発生させる可能性もある。
したがって、設計にあたっては削孔位置や補強用治具、仮設材の取付け位置及び取付け方法等を十分に検討した上で、既設橋梁の健全性が損なわれなければならない。
- (3) 設計基準は、解析技術の進歩や新たな技術・実験等により得られた知見及び社会的要請を反映して改訂されているため、既設橋梁の補修・補強にあたっては現行（最新）基準を適用することを標準とする。また、現行基準に加え最新の技術の動向にも着目し、技術的な知見を最大限に活用して、補修・補強に適合する合理的な設計を行うことが望ましい。
ただし、既設橋梁は旧基準で設計しているため、現行基準類で設計すると過度の補修を強いられる場合や、補強では形状が成り立たない場合も十分考えられる。したがって、補修においては性能の回復が原則であることを十分理解して計画することを基本とし、補強においては現行基準に則り設計を行い、過大な形状となった場合は基準や補強方針を再検討するものとする。
- (4) 補修・補強工事は、一般に供用下で行うため、交通規制や限られた空間での作業を伴うので機械の使用が制限されるなど、実施できる作業や工事の手順が限定される場合が多く、交通規制、施工性（作業性）に対して十分に配慮した補修・補強設計を行う必要がある。また、補修・補強工事は、交通荷重の影響を受けながらの施工となる場合もあり、補修・補強を行う部材や施工方法によっては、交通荷重による応力変動や振動による影響を受けるため、設計及び施工計画においては留意しなければならない。

- (5) 本県は、海岸からの飛来塩分による影響や、冬期においては凍結防止剤散布の影響を考慮する必要がある。塩害地域に該当するコンクリート構造物は、経年的な劣化による影響を考慮し、「H29 道示Ⅲ 6 章耐久性能に関する部材の設計」または「H29 道示Ⅳ 6 章耐久性能に関する部材及び接合部の設計」に準じるものとする。例えば、海岸線からの距離が 200m 以内に位置する場合は飛来塩の影響があるため、耐久性の検討が必要である。また、凍結防止剤散布地域で、散布によって影響する部材については対策区分 I 相当を考慮する必要がある。

1.7 補修・補強履歴の管理

補修・補強を実施した既設橋梁の計画・調査・設計・施工等の情報は、整理し記録しなければならない。

【解説】

既設橋梁の履歴情報は、その橋梁の状態を表すカルテであり、過去に実施した補修・補強の有効性、当該橋梁の特殊性等を評価する上で重要な手掛かりとなる。

茨城県では、橋梁マネジメント支援システムに橋梁データベースを作成し、点検から補修・補強設計ならびに工事記録まで、一括管理を目的としたメンテナンスサイクル（マネジメントサイクル）を構築している。

したがって、各事務所においては補修・補強設計およびその後の工事情報等を整理し、橋梁データベースに登録しなければならない。

第2編 既設橋梁の補修

2.1 基本方針

2.1.1 適用範囲

既設橋梁の損傷の性能回復もしくは向上を目的とした補修対策の計画、設計、施工に適用する。

【解説】

補修対策は、劣化により低下した既設橋梁の機能を、建設当時に近い状態までに回復させるものである。なお既設橋の設計活荷重をB活荷重へと向上させる場合、または耐震性向上を施す場合については、「第3編 耐荷補強」又は「第4編 耐震補強」に準じるものとする。

補修を行う対象としては、定期点検結果において対策区分の判定がC1（予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある）以上の損傷を対象とする。また、判定がM（維持工事に対応する必要がある）の場合であっても、他の損傷の起因となるような損傷である場合には合わせて補修対策を行う。

2.1.2 補修対策の考え方

- (1) 定期点検により対策が必要と判断された既設橋梁に対し、既往資料の収集を行うことを基本とし、設計条件等が不足する場合には詳細調査等を実施し補修対策に必要となる状態把握を行う。
- (2) 補修対策の適用基準は、事務連絡〔令和2年7月20日「橋・高架の道路等の技術基準」の修繕設計時の適用基準としての当面の扱いについて〕による。
- (3) 補修対策工法の選定は、各工法の特性を把握するとともに、対策後におけるコスト縮減も念頭に置き、LCCに配慮した経済性、維持管理、及び施工性等を考慮して最適な工法を選定する。
- (4) 補修対策は、損傷自体の補修のみならず、損傷原因を取り除くことで再劣化が防止できる対策工も合わせて検討する。

【解説】

- (1) 補修設計は、基本的に「橋梁定期点検要領 平成31年3月」に基づいた定期点検によって部材毎の判定区分がⅢと判定された損傷に対して性能回復もしくは向上を目的に行われる。調査・設計業務発注から工事発注までの全体フローを図2.1.1に示す。また、補修設計業務における主な作業内容項目を表2.1.1に示す。

- ・補修設計に着手するにあたり橋梁の状態把握のため、竣工図書や過年度の定期点検結果、補修設計、耐震補強設計が行われている場合は既往資料の入手に努めること。
- ・定期点検結果の内容を確認したうえで、下記①～②のように補修設計を行うための設計条件や損傷原因を推定するための判断材料が不足する場合には、調査項目を整理し詳細調査を実施するものとする。

①定期点検結果において、対策区分S1（詳細調査が必要である）に該当する損傷が確認されている場合

②補修が必要な損傷のうち、定期点検結果のみでは損傷原因が特定できず、またその規模や原因を把握する必要がある場合

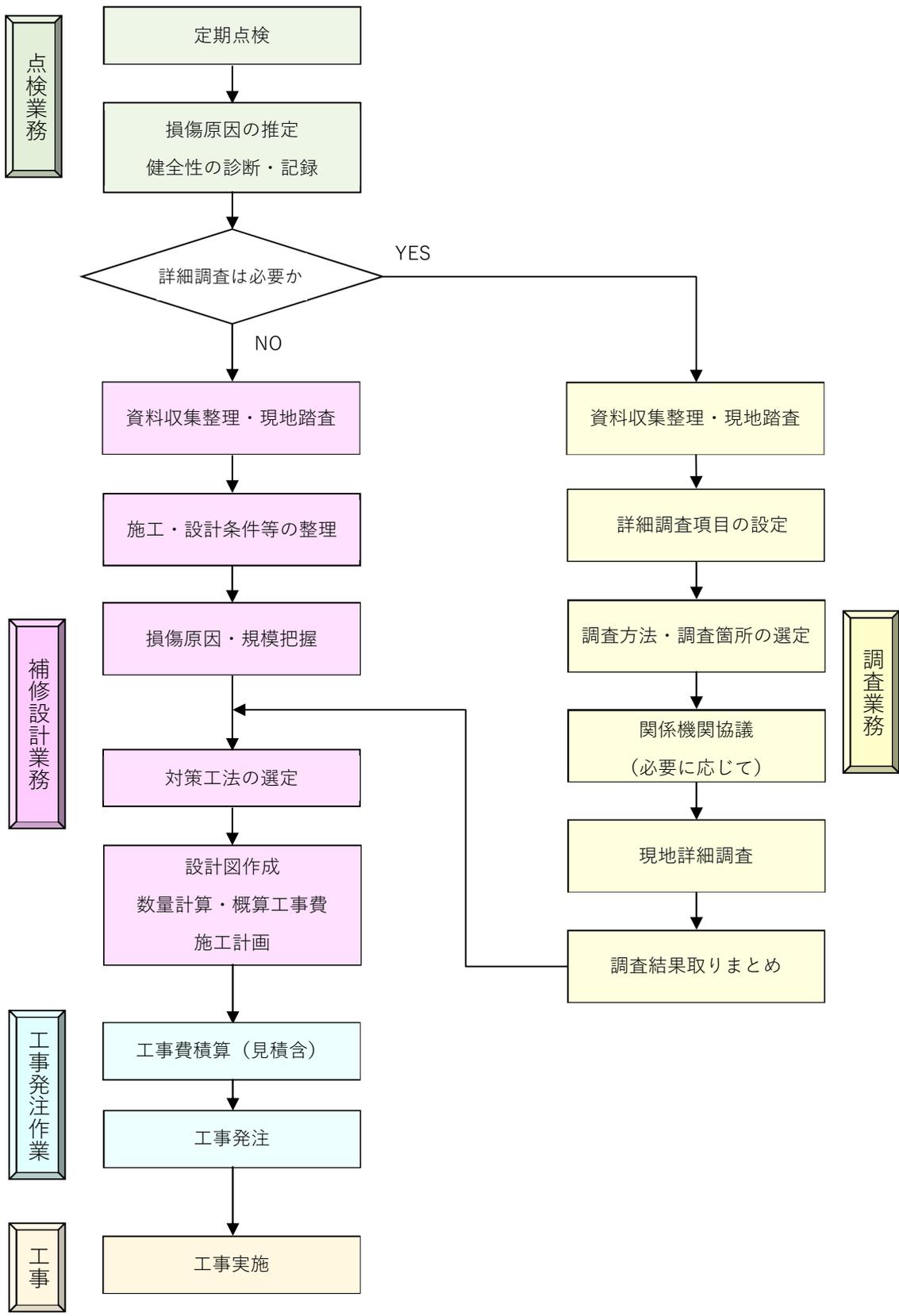


図 2.1.1 調査、設計業務発注から工事発注までの全体フロー

表 2.1.1 補修設計の流れ

項目	内容
1) 資料収集整理	可能な限り、橋梁台帳や補修・補強履歴、竣功図書や過年度の定期点検結果、補修設計、耐震補強設計等既存資料を入手する。
2) 現地踏査	架橋地点の周辺状況等の確認を行う。 詳細調査を実施する場合は、高所作業車や橋梁点検車等を用いて作業が可能かどうか、足場が必要かといった調査方法についても確認を行う。
3) 施工・設計条件等の整理	現地踏査や既往資料を基に、条件整理を行う。 設計条件：対策方針、対策項目、材料特性等 施工条件：河川条件（河積阻害率、HWL、施工可能時期〔非出水期〕）、交通状況、添架物等
4) 損傷原因・規模把握	損傷に対して損傷原因・程度・今後の進行の有無等を把握する。 各部材の健全性を評価して、設計範囲・対策の程度を整理する。
5) 対策工法の選定	施工条件を踏まえて、経済性・施工性等を検討して、最適な対策工法を選定する。新技術があれば採用可否を検討する。 経済比較では LCC を検討する。
6) 設計図作成	工法の詳細、対策範囲、発注図面を作成する。
7) 数量計算、概算工事費	数量計算、各工種の単価及び工事費を算定する。
8) 施工計画	施工方法、仮設方法、河川断面又は建築限界との関係等を整理する。

(2) 事務連絡〔令和 2 年 7 月 20 日 「橋・高架の道路等の技術基準」の修繕設計時の適用基準としての当面の扱いについて〕（以下 R2 事務連絡）における、2) 橋の修繕にあたって、橋の耐荷性能を建設時と同等の性能に戻す措置を行う場合、に該当する。橋の補修内容の決定にあたっては、建設時に適用された技術基準を適用する。また、橋の耐震性能以外の性能に関わる措置内容の決定にあたっては、H29 道示に準じた性能が得られるように配慮する。

なお、補修対策において、耐荷性能を建設時よりも向上させる場合の考え方については「3.1.1 耐荷補強の基本方針 (1) 解説」による。

(3) 補修対策を検討する際には、それまでの定期点検及び補修・補強対策等の履歴から、劣化や損傷の要因や進展性・危険性等を確認し、創意工夫も踏まえた適切な対策方針の立案及び対策工法の選定が必要である。特に短期的に同様な劣化等が繰り返される場合等は、注意して補修対策を選定する必要がある。

対策工法の検討においては、当該補修工事費のみの比較ではなく、橋の供用期間中に実施する長期的な対策費（LCC）で判断する必要がある。例えば、補修費は安価であるが耐久性に劣る対策工法の採用に対して、補修費が高価でも耐久性に優れた対策工法の選択により、更新間隔の長期化を図ることで LCC が軽減されることもあり得る。

したがって、補修費と耐久性の差が比較的に大きい対策工法では、LCC の検討により採用案を選定する必要がある。

また既設橋に対する補修工事は、周辺状況による施工上の制約や橋梁を取り巻く環境等により施工性が劣る場合が多いことから、施工性に配慮した工法を選定する必要がある。

- (4) 損傷原因を改善しないまま補修を行い一時的に性能回復したとしても、損傷箇所が短期間に再劣化する可能性があるため、それぞれの損傷に適した補修工法を選定する必要がある。例えば桁端部に生じた腐食に部分塗装を施す必要がある場合は、適切な排水計画（橋面防水や排水管の補修、設置）や伸縮装置の非排水化等、桁端部の環境を改善させる対策が重要となる。

2.2 主な調査項目

補修対策にあたり詳細調査が必要となる場合には、適切に調査項目や調査方法を選定する。

【解説】

詳細調査は、詳細調査が必要とされた損傷のみならず、該当損傷周辺や橋梁全体の状況を勘案して調査方法や実施箇所数を設定すること。

また、記載の無い調査方法であっても、実績を踏まえたうえで積極的に採用してよい。

各材料の代表的な損傷を表 2.2.1 に、鋼部材、コンクリート部材、その他・共通部材に関する一般的な調査項目と調査方法を下記 1)～3) に示す。

表 2.2.1 各材料の代表的な損傷

材料	損傷内容
鋼	①腐食、②亀裂、③ゆるみ・脱落、④破断、⑤防食機能の劣化
コンクリート	⑥ひびわれ、⑦剥離・鉄筋露出、⑧漏水・遊離石灰、⑩うき など
その他	⑬遊間の異常、⑮舗装の異常、⑯支承の機能障害 など
共通	⑱定着部の異常、⑲変色・劣化、⑳漏水・滞水 など

注) 損傷番号は、「橋梁定期点検要領 平成 31 年 3 月」に基づく。

1) 鋼構造物の調査項目と調査方法

鋼構造物の損傷に対する調査項目フローを以下に示す。また、調査方法を表 2.2.2～表 2.2.6 に示す。

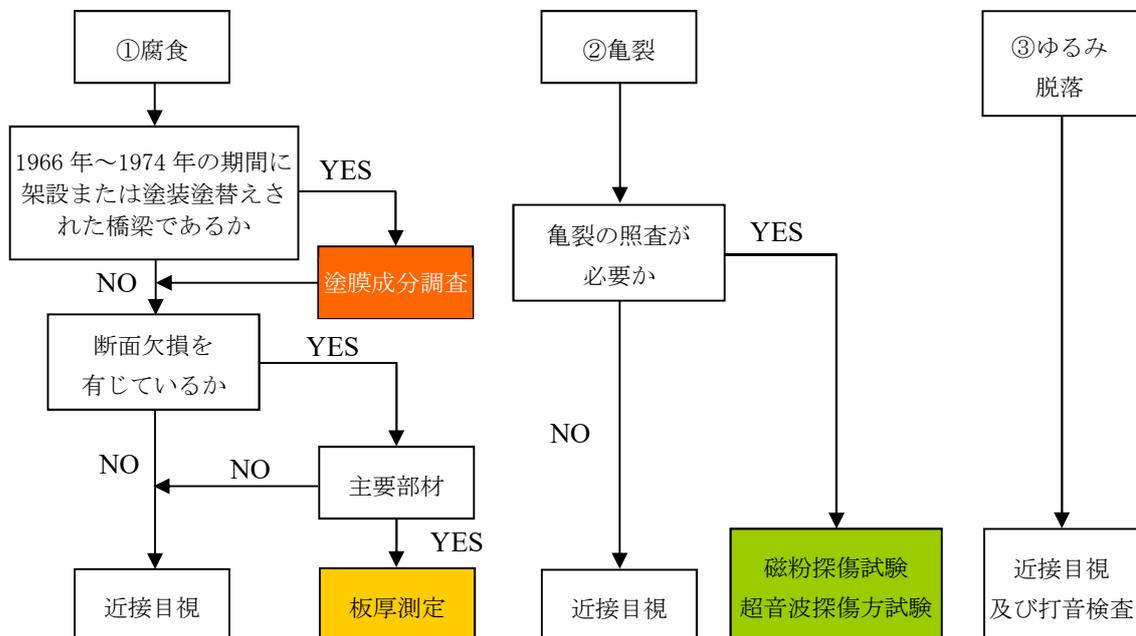


図 2.2.1 鋼構造物の損傷に対する調査項目フロー

表 2.2.2 近接目視

調査項目	項目	
近接目視	目的	板厚減少は生じていないものの、外観に腐食が見られる場合に、変状を確認する目的で実施する。
	試験法	肉眼による確認を行う。 具体には手で変状を触れる距離で目視を行う。
	試験箇所数	基本的に全て
	試験箇所	基本的に全て

表 2.2.3 板厚測定

調査項目	項目	
板厚測定	試験目的	外観上腐食による板厚減少が見られ、板厚減少による耐力の低下が懸念される場合に、鋼材の減厚量を確認することを目的として実施する。
	試験法	超音波板厚計による測定（場合によりノギス等も有り） なお、測定後は防錆ペイント等で処理をするものとする。
	試験箇所数	代表的な腐食箇所ごとに1箇所
	試験箇所	腐食により板厚減少している箇所

表 2.2.4 磁粉探傷試験、超音波探傷試験

調査項目	項目	
磁粉探傷試験 超音波探傷試験	試験目的	亀裂の疑いがある塗膜割れや亀裂長が明確でない亀裂等に対し、亀裂の有無及び亀裂長を確認する目的で実施する。
	試験法	①磁粉探傷試験 鋼材表面に現れた亀裂の調査に用いる。 ②超音波探傷試験 鋼材内部の亀裂等を調査する場合に用いる。 なお、どちらの場合も調査後は防錆ペイント等で処理するものとする。
	試験箇所数	塗膜割れ・亀裂発生箇所ごとに1箇所
	試験箇所	塗膜割れ・亀裂発生箇所または発生している可能性がある箇所

表 2.2.5 塗膜成分調査

調査項目	項目	
塗膜成分調査	試験目的	塗膜内部に含まれる有害物質（主に鉛、六価クロム、PCB（ポリ塩化ビフェニル））が含有するか確認を行う。 ①含有試験と②溶出試験を合わせて実施する。試験法は下記を参考とすること。
	試験法	①含有試験 ・鉛 : JIS K 5674:2019 付属書 A ・六価クロム : JIS K 5674:2019 付属書 B ・PCB : 低濃度 PCB 含有廃棄物に含まれる金属等の検定方法（第 5 版） ②溶出試験 環境庁告示第 13 号（産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法）、他 ・鉛 : JIS K 0102:2019 54.3 発光分光分析法 54.4 ICP 質量分析法 等 ・六価クロム : JIS K 0102:2019 65.2.1 ジフェニルカルバジド吸光光度法 ・PCB : 環境庁告示第 59 号（水質汚濁に係る環境基準） 付表 4 ガスクロマトグラフ（ECD）法
	試験箇所数	1 箇所以上（塗装仕様が異なる区間はそれぞれ実施する）
	試験箇所	可能な限り塗装の劣化等が比較的少なく、かつ直射日光や水掛かりの影響を受けにくい場所（鉄桁橋の場合はウェブ内側面等）

表 2.2.6 打音試験

調査項目	項目	
打音試験	試験目的	近接目視でゆるみが明確でない場合等は、ゆるみ有無を確認する目的でのものとする。
	試験法	点検ハンマーにて打音試験を行う。 ゆるみがある場合は濁音が発生する。
	試験箇所数	代表的な範囲ごとに実施
	試験箇所	代表的な範囲ごとに実施（ボルトやナット等）

上記以外に調査する項目として、鋼材引張強度試験、塗装付着試験、塗装のチョーキング試験等があり、設計するにあたりこれらの情報が必要な場合は、適宜 JIS や文献を参考に調査を実施すること。

2) コンクリート部材の調査項目と調査方法

コンクリート部材の損傷から原因推定の目安を下記に示す。また、損傷に対する調査項目フローを図 2.2.2 に、調査方法を表 2.2.8～表 2.2.14 に示す。

コア採取・はつり調査を行う場合は鉄筋切断等を回避するため、事前に非破壊による配筋状況の確認を行うものとする。鉄筋探査使用機器は電磁誘導法又は電磁波レーダー法を基本とする。測定範囲は、部材ごとに 1m×1m 程度を基本とする。また、コア採取・はつり箇所の復旧については、対象部材と同等の性能を有した断面修復材で確実に復旧する。

表 2.2.7 損傷の種類と損傷要因の関連性

◎：密接な関係がある ○：関連性がある

損傷の種類	損傷状況		考えられる損傷要因				
			中性化	塩害	ASR	床版疲労	その他
⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ	ひびわれ状況	鋼材と平行	◎	◎	◎		
		亀甲状			◎		
		格子状・網目状				◎	
		曲げ・せん断ひびわれ					◎
⑦剥離・鉄筋露出	鉄筋腐食		◎	◎	○		
⑧漏水・遊離石灰	—		○	○	○	◎	
⑨抜け落ち	—					◎	
⑫うき	—		◎	◎	○		

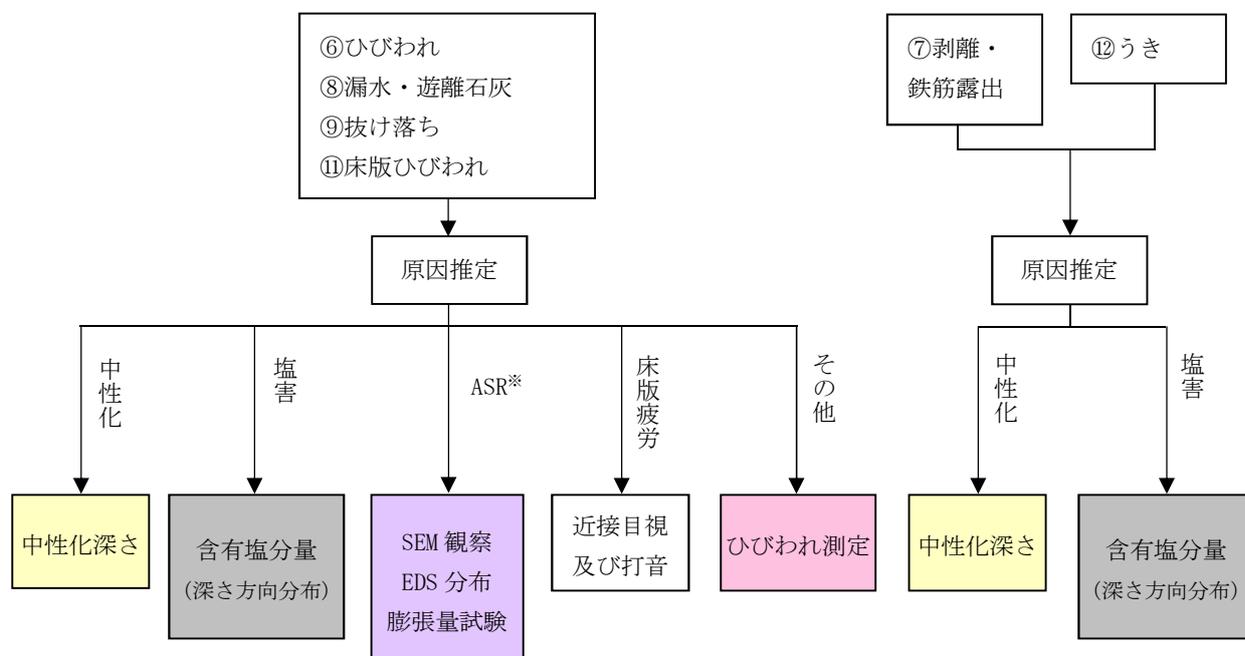


図 2.2.2 コンクリート部材の損傷に対する調査項目フロー

※本マニュアルにおいては、アルカリ骨材反応のうち国内で主に報告されているアルカリシリカ反応（ASR）の調査や対策方法を示す。

表 2.2.8 中性化深さ

調査項目	項目	
中性化深さ	試験目的	中性化深さが鋼材深さに対してどの位置まで進行しているかを確認する 目的で実施する。
	試験法	フェノールフタレイン法による。(JIS A 1152) 原則としてコアで実施す るが、PC プレテン桁等のような場合は、ドリル法 (NDIS3419) でも可とす る。試料採取後は、対象部材と同等の性能を有した断面修復材で確実に補 修するものとする。
	試験箇所数	圧縮強度用コアで実施する。
	試験箇所	圧縮強度用コアで実施する。 コア採取箇所は中性化しやすい位置が望ましい。

表 2.2.9 含有塩分量

調査項目	項目	
含有塩分量	試験目的	鉄筋位置での含有塩分量が発錆限界の 1.2kg/m ³ 以上であるか確認すると 同時に、深さ方向に塩分量の分布を求め、内在塩分か外部からの塩分の浸 入かを確認する目的で実施する。
	試験法	コア採取による塩化物イオン量試験 (電位差滴定法) 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 よる。原則はコアで実施するが、コア採取が困難な PC プレテン桁等の一 ような場合は、ドリル法 (NDIS3419) でも可とする。試料採取後は、対象部材 と同等の性能を有した断面修復材で確実に補修するものとする。
	試験箇所数	圧縮強度用コアで実施する。1 本当たり 2cm スライス の 5 試料で試験実施。 (ドリル法でも 5 試料で実施)
	試験箇所	塩分の影響を受けやすい箇所 で採取しやすい場所とする。 下部工：飛沫帯や飛来塩が付着しやすい場所 上部工：飛来塩が付着しやすい下フランジや中桁のウェブ・横桁 など

表 2.2.10 SEM 観察、EDS 分布、膨張量試験

調査項目	項目	
SEM 観察 EDS 分布 膨張量試験	試験目的	アルカリシリカ反応の場合、ひびわれ形状（RC 部材では亀甲状のひび割れが、PC 桁では拘束方向のひび割れが発生）からある程度判断できるが、アルカリシリカ反応の有無の確認試験と、今後も損傷が進展するか収束しているかを確認することを目的に実施する。
	試験法	アルカリシリカ反応の有無については、走査電子顕微鏡（SEM）観察とエネルギー分散型 X 線分析試験（EDS）の組合せを標準とする。 膨張量試験は JCI 法を標準とするが、その他、デンマーク法やカナダ法も可とする。コア径は $\phi 100\text{mm} \times 250\text{mm}$ を原則とするが、配筋状態などにより $\phi 75\text{mm}$ 程度まで可とする。コア採取後は、対象部材と同等の性能を有した断面修復材で確実に補修するものとする。
	試験箇所数	対象部材から 3 本を基本とする。
	試験箇所	ひびわれ等が発生していない位置でコア採取を行う。

表 2.2.11 ひびわれ測定

調査項目	項目	
ひびわれ測定	試験目的	ひびわれの幅を求める場合、発生原因が不明な場合、進行性の有無等を確認することを目的に実施する。
	試験法	クラックゲージ（ひびわれ幅や長期的な変動）、超音波法（ひびわれ深さ）、 π ゲージ（荷重載荷などによるひびわれ幅の短期的な変動）
	試験箇所数	必要に応じて選定
	試験箇所	最大ひびわれ幅の位置を基本とする。

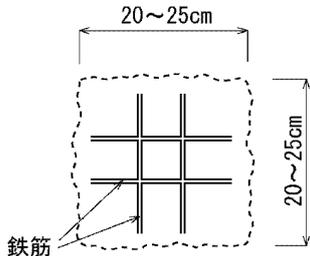
表 2.2.12 圧縮強度

調査項目	項目	
圧縮強度	試験目的	設計基準強度を有しているか確認する目的で実施する。
	試験法	コンクリートコアを採取して圧縮強度を確認する。（JIS A 1107） コア径は $\phi 100\text{mm}$ を原則とするが、配筋状態などにより $\phi 50\text{mm}$ まで可とする。コア採取後は、対象部材と同等の性能を有した断面修復材で確実に補修するものとする。
	試験箇所数	3 本を基本とするが、現場等の状況により変更可。
	試験箇所	ひび割れ等が発生していない部分からのコア採取を基本とする。

表 2.2.13 静弾性係数

調査項目	項目	
静弾性係数	試験目的	アルカリシリカ反応の場合は弾性係数が低下するため、アルカリシリカ反応の判定に利用する目的で実施する。
	試験法	JISA1149 による。
	試験箇所数	圧縮強度用コアで実施する。
	試験箇所	圧縮強度用コアで実施する。

表 2.2.14 はつり試験

調査項目	項目										
はつり試験	試験目的	含有塩分量や中性化深さは指標とし、実際の鉄筋腐食状況（グレード）を確認することを目的に実施する。なお、広範囲に腐食状態を確認したい場合や PC 部材等ではつりが困難な場合は自然電位法を用いてもよい。									
	試験法	かぶりコンクリートを下図のようにはつり、鉄筋の腐食状況や配筋状況、鉄筋径、鉄筋かぶりを確認する。はつり試験後は、対象部材と同等の性能を有した断面修復材で確実に補修するものとする。									
	試験箇所数	状況により箇所数を決定する。									
	試験箇所	<p>鉄筋の腐食が最も懸念される箇所を選定する。</p>  <p>【腐食のグレードと鋼材の状態】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>腐食グレード</th> <th>鋼材の状態</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>黒皮の状態、またはさびは生じているが全体的に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>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>断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周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>断面欠損が生じている。</td> </tr> </tbody> </table>	腐食グレード	鋼材の状態	I	黒皮の状態、またはさびは生じているが全体的に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。	II	部分的に浮きさびがあるが、小面積の斑点状である。	III	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮きさびが生じている。	IV
腐食グレード	鋼材の状態										
I	黒皮の状態、またはさびは生じているが全体的に薄い緻密なさびであり、コンクリート面にさびが付着していることはない。										
II	部分的に浮きさびがあるが、小面積の斑点状である。										
III	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮きさびが生じている。										
IV	断面欠損が生じている。										

近接目視及び打音は、前項の鋼構造物の調査項目と調査方法を参照すること。

3) その他・共通の調査項目と調査方法

その他（⑬遊間の異常、⑮舗装の異常、⑯支承の機能障害 等）と共通（⑱定着部の異常、⑲変色・劣化、⑳漏水・滞水 等）の調査項目と調査方法については、基本的に目視調査（内容により計測又は打音）が基本であるため、ここでは特に示していない。ただし、補修工事においてトラブルが生じる場合が多い「舗装」について以下に内容を示す。

◆補修設計時の舗装厚さの注意点

舗装の異常の補修や橋面防水工設置の場合、舗装部分を剥ぎ取り施工を行うが、補修設計時に当時の設計図書がなく舗装厚さを仮定した場合、古い年代の橋は仮定値より更に薄い場合も多く、補修工事を中断して計画変更する必要がある。

このようなトラブルを避けるため、設計図書等で舗装厚さが明確でなく舗装を補修する場合は、事前に舗装厚さを数箇所計測（コアボーリングやはつり調査）することを原則とする。

2.3 対策工法の概要

- (1) 補修対策工法は、補修部材（材質）及び損傷種類に対して各工法の目的、適応性、特徴等を把握した上で、採用の適否について検討すること。
- (2) 採用実績が多い一般的な対策工法の他に、必ず新技術・新工法の採用も検討すること。

【解説】

- (1) 部材（材質）に適合しない工法の採用等不適切な対策を講じると、本来の性能を発揮できず、対策の効果を得ることが出来ない。したがって、採用する補修対策工法を検討する場合、対象となる工法の目的や特徴等を的確に把握することが重要である。
- (2) 表 2.3.1～表 2.3.3 に、材料別及び損傷種類（26 種類）別の損傷要因、構造物の影響、一般的な対策工法を示すものとする。補修対策工法の選定に際しては、要求性能に応じた新技術・新工法の有無を必ず確認し、効果的と考えられる新技術・新工法が存在する場合には補修対策工法の比較検討に取り入れるものとする。

表 2.3.1 材料別の一般的対策工法（その1）

材料	番号	損傷種別	損傷箇所	代表的な損傷要因	構造物への影響	一般的な対策工法
鋼	①	腐食	鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 床版ひびわれからの漏水 防水層の未設置 排水装置設置部からの漏水 伸縮装置の破損部からの漏水 自然環境(付着塩分) 	<ul style="list-style-type: none"> 断面欠損による応力超過 応力集中による亀裂への進展 主桁と床版接合部では桁の剛性及び耐荷力の低下 	<ul style="list-style-type: none"> 当て板補修 部材交換 塗替え塗装 ボルト交換 重防食塗装、金属溶射
	②	亀裂	鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 支承機能障害（構造系の変化） 路面不陸による衝撃力増加 腐食の進行 主桁間のたわみ差拘束（荷重分配機能） 溶接部の施工品質や継手部の応力集中 荷重偏載による構造全体のねじれ 活荷重直下の部材の局部的変形 	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂による応力超過 亀裂の急激な進展による部材断裂 	<ul style="list-style-type: none"> ストップホール 補修溶接 TIG処理 当て板補強 部分取替
	③	ゆるみ・脱落	鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 連結部の腐食 走行車両による振動 ボルトの腐食による断面欠損 F11Tボルトの遅れ破壊 車両の衝突、除雪車による損傷 	<ul style="list-style-type: none"> 直ちに耐荷力への影響はないが進行性がある場合には危険な状態となる 主桁うき上がりにより伸縮装置等に段差が生じる場合あり 二次的災害 	<ul style="list-style-type: none"> 増締め ボルト・ナット取付 F10Tボルト交換 ボルトの脱落防止 ワナサイトボルト
	④	破断	鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 風や交通荷重による疲労、振動、腐食、応力集中 	<ul style="list-style-type: none"> 落橋に繋がる 	<ul style="list-style-type: none"> 当て板補強 部材交換
	⑤	防食機能の劣化	鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> 床版ひびわれからの漏水 防水層の未設置 排水装置設置部からの漏水 伸縮装置の破損部からの漏水 自然環境(付着塩分) 	<ul style="list-style-type: none"> 腐食への進展 	<ul style="list-style-type: none"> 経過観察（橋梁特性や環境条件によっては塗替え塗装）

表 2.3.2 材料別の一般的対策工法（その2）

材料	番号	損傷種別	損傷箇所	代表的な損傷要因	構造物への影響	一般的な対策工法
コンクリート	⑥	ひびわれ	コンクリート部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労など設計耐力の不足 ・支承の機能不全 ・凍結融解 ・塩害 ・プレストレスの導入力不足 ・締固め不足、養生の不良 ・温度応力ひびわれ、乾燥収縮 ・コンクリート品質不良(アルカリ骨材反応等) ・後打ちによるコールドジョイント ・早期脱型 ・支保工の沈下 	<ul style="list-style-type: none"> ・応力超過によるひびわれの進行、耐力力の低下 ・ひびわれによる鉄筋の腐食 ・漏水、遊離石灰の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗布(表面被覆、コンクリート塗装) ・注入(樹脂) ・充填(ウレタン、シリコン等) ・支承等機能回復
	⑦	剥離・鉄筋露出	コンクリート部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水による鋼材腐食 ・コンクリートの中性化、塩害、ASR ・後埋コンクリート締固め不足、鉄筋不足 ・締固め不足 ・豆板、空洞 ・脱型時のコンクリート強度不足 ・局部応力の集中 ・衝突又は接触 ・老朽化(中性化)による強度低下 ・鉄筋腐食による体積膨張 ・火災による強度低下 ・凍結融解 ・化学的侵食 ・セメントの不良、骨材の不良(反応性及び風化性骨材) 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面欠損による耐力力の低下 ・鉄筋腐食による耐力力の低下 ・輪荷重の繰り返し载荷による損傷拡大、床版機能の損失 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復(脆弱部撤去) ・プレパケット・コンクリート工法 ・含浸剤塗布 ・コンクリート塗装 ・部分打替
	⑧	漏水・遊離石灰	全般	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水の進行 ・浸透水 ・締固め不十分 ・ひびわれの進行 ・防水層の未設置 ・打設方法の不良 ・打継目の不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひびわれによる鉄筋の腐食 ・伸縮装置の劣化 ・合成桁では主桁の剛性低下 ・非合成桁でも合成作用の損失 ・コンクリートの中性化による床版機能の損失 ・コンクリートの劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ※⑥ひびわれの項参照 ・止水(注入、シール) ・防水層敷設 ・伸縮装置非排水化
	⑨	抜け落ち	コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労 ・ひびわれ、漏水、遊離石灰の進行 	<ul style="list-style-type: none"> ・輪荷重の繰り返し载荷による損傷拡大、床版機能の損失 	<ul style="list-style-type: none"> ・接着工法 ・打替 ・防水層敷設
	⑩	補修・補強材の損傷	鋼鉄・炭素繊維シート等の補修・補強部材	<ul style="list-style-type: none"> ・経年劣化 ・施工上の問題 ・床版ひびわれ進行による漏水 ・防水層の未設置 ・架橋環境 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面欠損による床版機能の低下 ・主構造への腐食の進展 	<ul style="list-style-type: none"> ・止水(再注入、シール) ・防水層敷設 ・伸縮装置非排水化 ・塗替え塗装 ・再補強
	⑪	床版ひびわれ	コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労など設計耐力の不足 ・主桁作用による引張応力の作用 ・乾燥収縮 ・配力鉄筋の不足 ・支持桁の不等沈下 	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水や遊離石灰の進行、等 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面被覆 ・ひびわれ注入 ・止水(注入、シール) ・防水層敷設 ・増厚補強(上面・下面) ・接着補強(鋼板・繊維) ・縦桁増設、部分打替
	⑫	うき	コンクリート部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水に起因する鉄筋腐食による体積膨張 ・凍結融解、内部鉄筋の錆 ・コンクリートの中性化、塩害、ASR ・後埋めコンクリートの締固め不足、鉄筋の不足 ・ひびわれ、漏水、遊離石灰の進行 ・締固め不足 ・脱型時のコンクリート強度不足、局部応力の集中 ・衝突又は接触 ・火災による強度低下 ・セメントの不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面欠損による耐力力の低下 ・鉄筋腐食による耐力力の低下 ・輪荷重の繰り返し载荷による損傷拡大、床版機能の損失 	<ul style="list-style-type: none"> ※⑦剥離・鉄筋露出の項参照 ・断面修復(脆弱部撤去) ・含浸剤塗布、コンクリート塗装 ・部分打替

表 2.3.3 材料別の一般的対策工法（その3）

材料	番号	損傷種別	損傷箇所	代表的な損傷要因	構造物への影響	一般的な対策工法
その他	⑬	遊間の異常	伸縮装置	・下部工の変状	・上部構造への拘束力の作用	・土圧軽減、地盤改良 ・グラウンドアンカー、増杭 ・部分改築
	⑭	路面の凹凸	伸縮装置	・支点の沈下、セットボルトの破断によるうき上がり	・主構造への衝撃力の作用、交通傷害	・伸縮装置取替、ノーショイント化 ・支承部補修(モルタル打替) ・支承取替
	⑮	舗装の異常	コンクリート床版	・ひびわれ、漏水、遊離石灰の進行	・輪荷重の繰り返し载荷による損傷拡大、床版機能の損失	・オーバーレイ ・舗装打替(部分・全体) ・防水層、スラフトレーン設置
	⑯	支承の機能障害	支承	・床版、伸縮装置の損傷による雨水と土砂堆積、防水層の未設置 ・腐食による断面欠損 ・斜橋・曲線橋における上揚力の作用 ・支承付近の応力集中 ・支承の沈下、回転機能損失による拘束力の作用	・移動、回転機能の損失による拘束力の発生 ・風等の水平荷重に対する抵抗力の低下 ・主桁のうき上がりにより伸縮装置等に段差が生じる場合あり ・荷重伝達機能の損失 ・主部材への亀裂の進行	・防水層敷設 ・伸縮装置非排水化 ・堆積土砂撤去 ・支承部補修(モルタル打替) ・支承取替 ・塗替え塗装、金属溶射
	⑰	その他	全般	・人為的要因 ・自然災害 ・鳥獣による要因	・橋梁の劣化	・当該支障物の除去
共通	⑱	定着部の異常	定着部	・PC鋼材の腐食 ・PC鋼材の破断(グラウト不良)	・耐力力の低下	・止水(注入、シール) ・断面修復(脆弱部撤去) ・部材交換 ・外ケーブル補強
	⑲	変色・劣化	コンクリート部材全般 プラスチック、等	・打設方法の不良(締めめ方法) ・品質の不良(配合不良、規格外品) ・火災 ・化学作用(骨材の不良、酸性雨、有害ガス、融雪剤) ・凍結融解 ・中性化	・耐力力の低下 ・ひびわれによる鉄筋の腐食	・断面修復(脆弱部撤去) ・含浸剤塗布、コンクリート塗装
	⑳	漏水・滞水	部材全般	・ひびわれの進行 ・防水層の未設置 ・打設方法の不良、目地材の不良、橋面排水処理の不良 ・止水ゴムの損傷、シール材劣化、脱落、排水管の土砂詰まり ・腐食、土砂詰まり ・凍結によるわれ ・床版と排水ます境界からの雨水進入	・鉄筋の腐食 ・合成桁では主桁の剛性低下 ・非合成桁でも合成作用の損失 ・耐力力の低下 ・凍結融解による劣化 ・遊離石灰の発生 ・主構造の腐食 ・床版の劣化	・止水(注入、シール) ・防水層、スラフトレーン設置 ・伸縮装置非排水化 ・排水設備(ます・管)清掃
	㉑	異常な音・振動	鋼部材全般	・走行車両による振動	・主部材への亀裂の進行 ・応力集中による亀裂への進展	・損傷部材の取替
	㉒	異常なたわみ	鋼部材全般	・走行車両による振動	・主部材への亀裂の進行 ・応力集中による亀裂への進展	・当該部材の補剛(あて板、支材追加)
	㉓	変形・欠損	部材全般	・かぶり不足 ・局所的な応力集中 ・衝突又は接触	・二次的災害 ・断面欠損による耐力力の低下 ・鋼材の腐食	・断面修復、部分取替 ・あて板補強、増厚補強
	㉔	土砂詰まり	排水施設 支承	・腐食、土砂の流入 ・凍結によるわれ ・床版と排水ます境界部からの雨水進入 ・床版、伸縮装置の損傷に起因する雨水と土砂の堆積	・主構造の腐食 ・床版の劣化 ・支承の移動、回転機能の損失による拘束力の発生	・止水(注入、シール) ・防水層、スラフトレーン設置 ・伸縮装置非排水化 ・堆積物の除去・清掃
	㉕	沈下移動・傾斜	支承、基礎	・路面の不陸による衝撃力の作用 ・側方流動	・沈下、移動、傾斜による他部材への拘束力の発生	・土圧軽減、地盤改良 ・グラウンドアンカー、増杭 ・部分改築
	㉖	洗掘	基礎	・流木による流水の変化	・洗掘が進展すると下部構造に傾斜が生じる可能性あり	・躯体形状の改善 ・根固め工の敷設

2.4 鋼構造物の補修

2.4.1 一般

既設鋼構造物の点検・調査等により確認された損傷に対する補修対策に適用する。

【解説】

鋼構造物のうち、主に鋼上部工、鋼製橋脚、側道橋、横断歩道橋等の補修対策に適用するものとする。鋼構造物の劣化や損傷に対する標準的な補修工法選定フローを図 2.4.1 に示す。

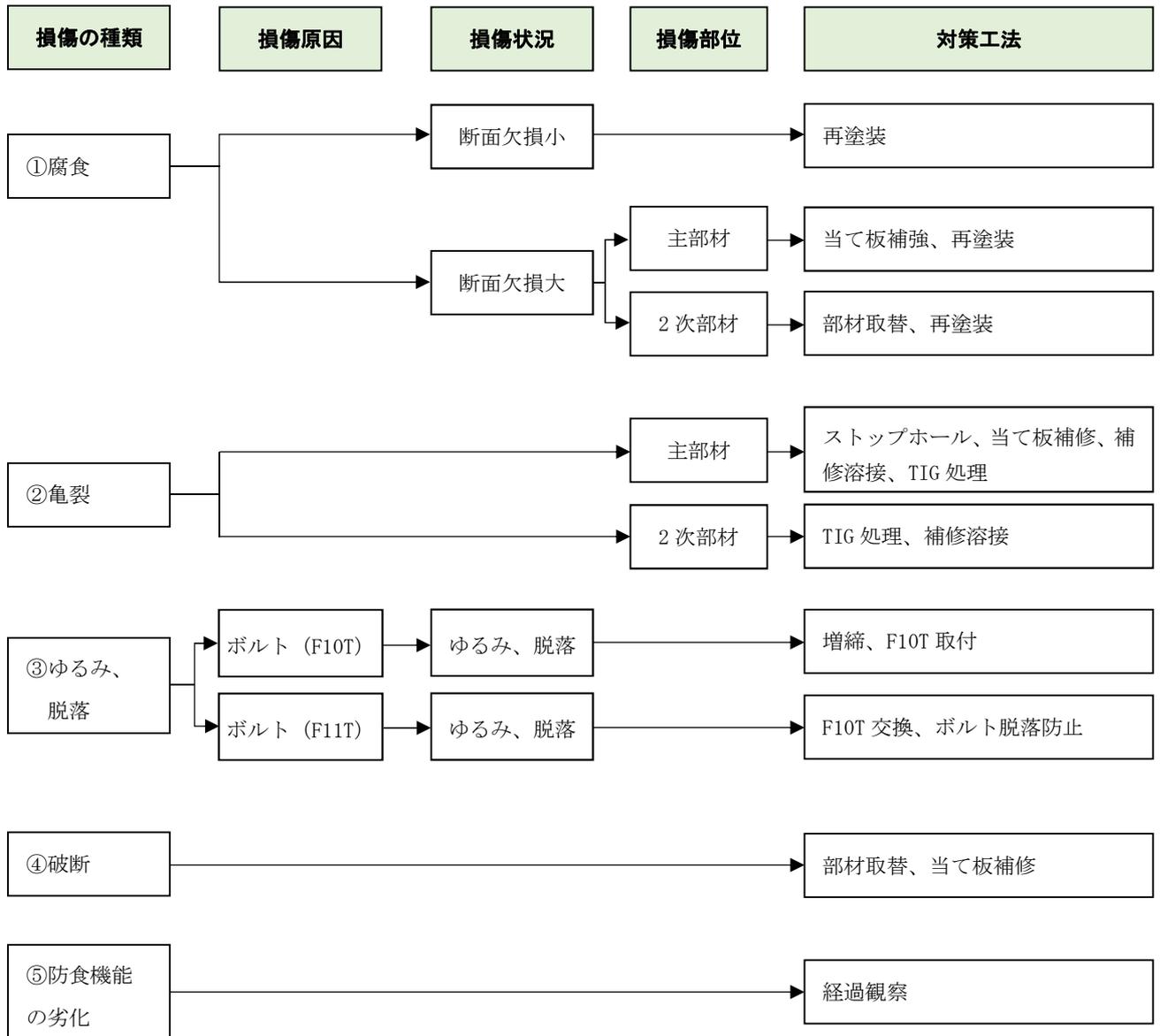


図 2.4.1 鋼部材の劣化や損傷に対する対策工選定フロー

2.4.2 腐食の対策工

- (1) 腐食は、部位、腐食の深さ、広がりに応じて対策工法を選定する。
- (2) 主部材について、断面欠損が生じている場合は設計照査を実施すること。構造安全性が確保されている場合は再塗装とする。確保されていない場合は、構造安全性を建設当時までに回復させる目的のため当て板補修を行う。2次部材については、腐食が軽微な場合は再塗装で重度の場合は部材の取替とする。
- (3) 塗装塗替え範囲は損傷状況や PCB の含有状況、環境や橋梁特性によって、部分塗装と全面塗装に分類する。
- (4) 再塗装の仕様は Rc- I 塗装系を基本とする。
- (5) 塗装塗替えの適用判定に用いる損傷は腐食損傷とし、防食機能の劣化は用いない。
- (6) 高力ボルト・ナットの補修要否は、腐食度ランクにより判断する。

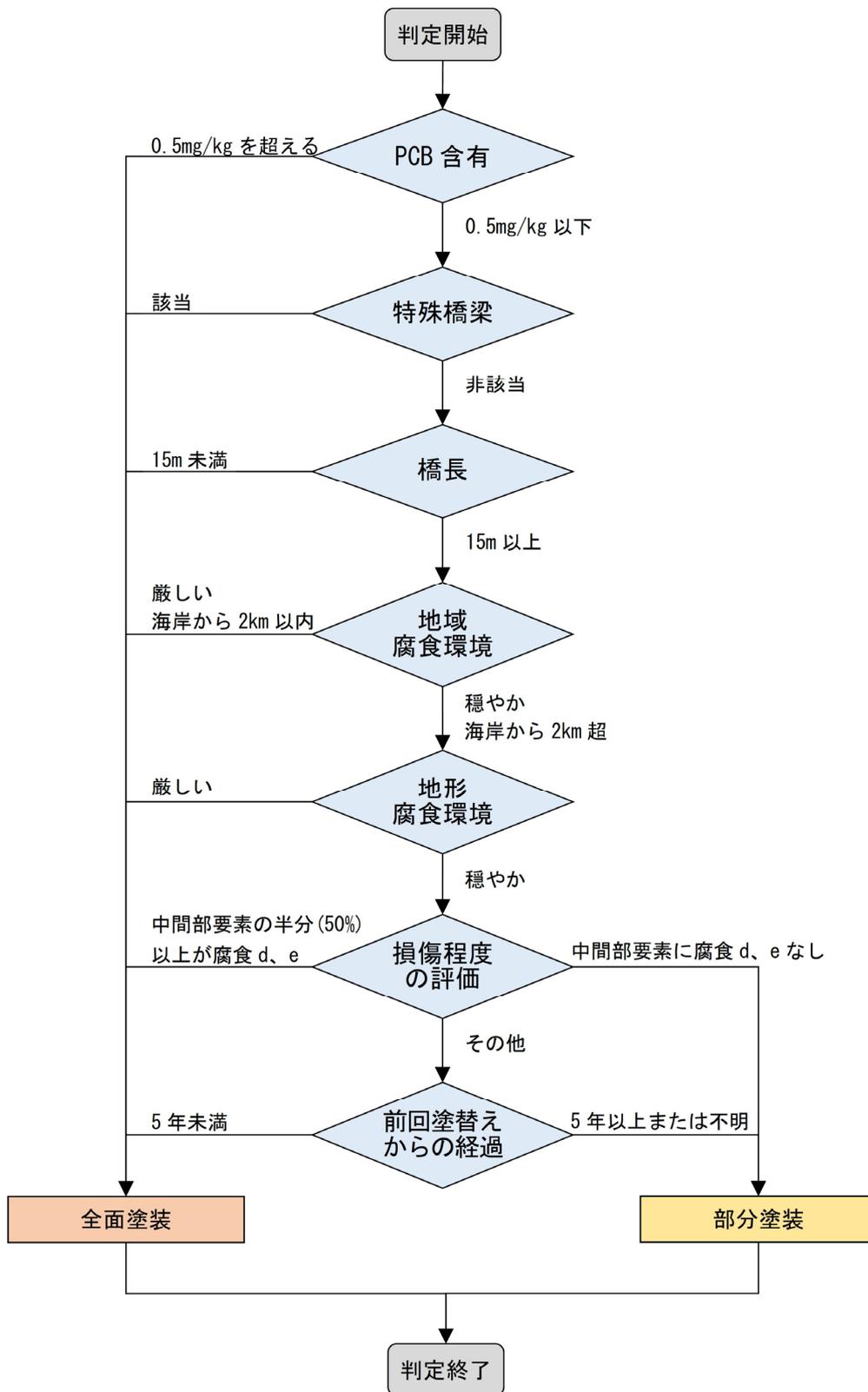
【解説】

- (1) 腐食について、金属は自然界ではエネルギー的に安定した状態である鉱石等の酸化物として存在しているが、酸化物を還元して得られた金属は、エネルギー的に不安定な状態にあるため元の安定した酸化物に戻ろうとする性質があり、それが錆となり現れる。よって、鋼構造物は金属表面と大気の接触を避ける必要があり塗装が必須となるが、塗装も経年劣化が生じるために腐食が発生する。

したがって、腐食が生じた場合はその部位、腐食の深さ、広がりに応じて対策工法を選定する。

- (2) 主部材に腐食による断面欠損が生じた場合、安易に取替を計画すると通行止めや大規模な補修工事を伴うため、まずは設計照査を実施して、構造安全性が確保されている場合は再塗装とする。確保されていない場合は当て板による補修とする。2次部材については、腐食が軽微・中位な場合は再塗装とし、重度の場合は当て板等の補修を行うより工事が比較的容易である取替とする。
- (3) 鋼材の腐食は、漏水等の影響を受けやすい桁端部に集中する傾向が高いため、中間部の劣化が少ない場合には維持管理コストの観点から桁端部のみを塗替える部分塗装を行う。また、有害物質である PCB の含有により旧塗膜を完全に撤去する必要がある場合や、小規模橋梁で部分塗装が不経済となる場合があるため、**図 2.4.2** に基づき塗装範囲を設定すること。

部分塗装の詳細は「橋梁部分塗装マニュアル 令和 4 年 3 月 茨城県土木部道路維持課」に示す。



茨城県 部分塗装マニュアル 令和4年3月 茨城県土木部道路維持課 より

図 2.4.2 部分塗装の適用性判定フロー

(4) 塗装仕様は耐久性の観点から、高い防食性能が期待できる Rc-I 塗装系を基本とする。

ただし、工事上の制約等により Rc-I 塗装系の採用が困難で Rc-III 塗装系の塗装を採用する場合は、塗膜の耐久性が大幅に劣るので道路維持課と協議しなければならない。

表 2.4.1 Rc-I 塗装系 (スプレー*1)

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	1 種*3		4 時間以内
防食下地	有機ジンクリッチペイント	600	1 日～10 日*2
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

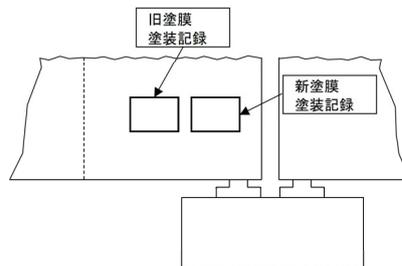
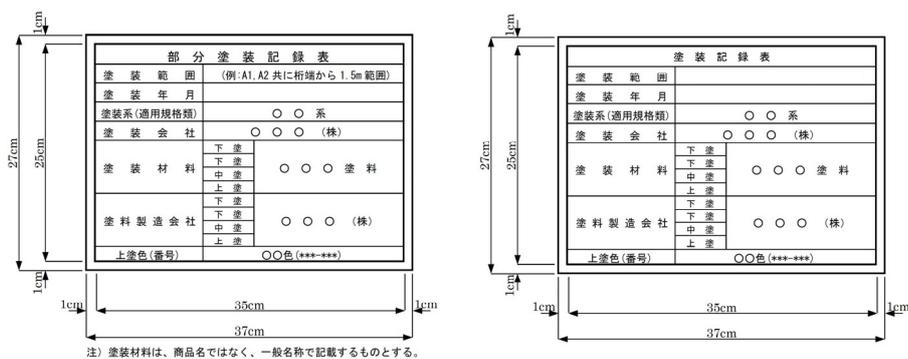
*1：原則はスプレー塗装とするが、発注者との協議のうえで、はけ、ローラーに変更もできる。

*2：現場の施工条件に応じて塗装間隔を別途取り決める場合もある。

*3：プラスト処理による除せい度は ISO Sa 2 1/2 とする。

塗装塗替え後は、以後の点検や塗替え塗装において参考とするため、部分塗装の塗装範囲、塗装年月、塗装系、塗装材料、上塗装色、塗料製造及び塗装施工会社名等を記載するものとする。なお、塗装記録表の寸法等については図 2.4.3 を参考にしてもよい。

塗装記録表は、図 2.4.3 のようにけた端部の腹板等にペイント又は塩ビ系のシートで表示し、退色の生じにくい白色又は黒色を用いるのがよい。このとき、旧塗膜の塗装記録表が塗替え塗装により消去されてしまった場合には、新塗膜の塗装記録表の直近に復元するものとする。



図解-2.5.2 塗装範囲・塗装記録表の表示 (桁端部を塗替えた場合)

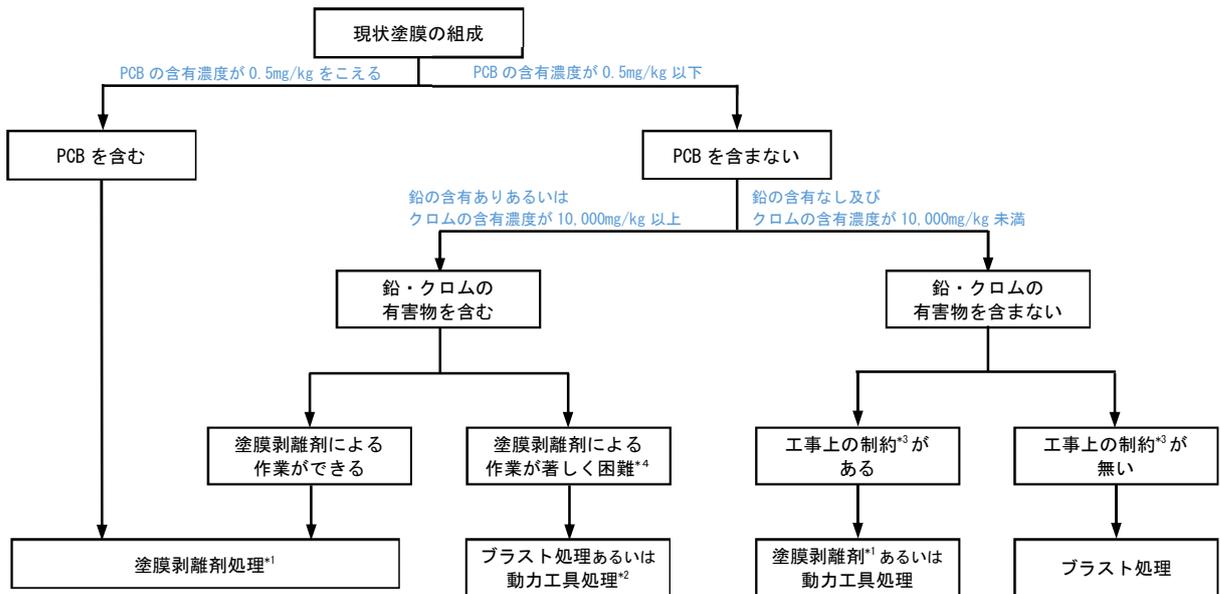
注) 塗装材料は、商品名ではなく、一般名称で記載するものとする。

図 2.4.3 塗装記録表の例

塗膜除去工法の選定にあたっては、図 2.4.4 に示すフローより選定を行うこと。

事前に塗膜成分調査を行った結果、塗膜内に鉛・クロム・PCB 等の有害物質が含まれる場合には、厚生労働省の通達「鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について（平成 26 年 5 月 30 日）」に基づき、塗膜剥離剤等を用いた湿式での塗膜剥離後にブラストによる素地調整を行う。ただし、塗膜剥離剤を 1 回塗布した場合の剥離量は、塗膜の成分や状態によりばらつきがあることから、塗膜剥離剤の検討を行う際は設計段階で塗膜剥離剤の試験施工を実施することが望ましい。

なお、塗膜剥離剤の採用が困難な場合は、他の塗膜除去工法の検討を行うこと。



- *1: 1種の素地調整が必要であることから、後処理としてブラストを行う。ブラストの作業が困難な場合は小型のブラスト機やブラスト面形成動力工具等を使用する。
- *2: 湿式による塗膜剥離作業と同等程度の粉じん濃度まで低減させる方策、作業者の安全確保策、周辺環境の汚染防止策を講じたうえで作業を行う。
- *3: 工事上の制約とは、狭あい部の施工の場合や第三者によってブラストの使用が容認されない場合などを意味する。
- *4: 「塗膜剥離剤による作業が著しく困難」とは、サンドブラスト工法を用いる場合又は塗布面が鉄製であり、湿らせることにより錆の発生がある場合の他、剥離剤を吹き付けること等により労働者が高濃度に剥離剤にばく露するおそれがある場合などを意味する。

H29.3 土木研究所資料 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）改訂第2版を一部編集

青字箇所：R4.11 編集 赤字箇所：R6.1 追加

図 2.4.4 塗膜除去工法の選定フロー

- (5) 塗装塗替えの適用判定に用いる橋梁の損傷は腐食のみとし、防食機能の劣化は用いない。なお、景観性（美観性）に配慮が必要な橋梁は、主管課と協議のうえ塗替え方法を決定する。

(6) 高力ボルト・ナットの腐食の状態から再塗装又は交換の判断は、表 2.4.2 の腐食度ランクにより判断する。ここで、ボルトの頭部やナットが著しく腐食した場合に交換する理由としては、所定の軸力が低下して摩擦接合機能が有効に発揮できなくなるためである。

交換する施工方法について、ガス切断等による熱を加えることは母材等に悪影響を及ぼすことから、グラインダーやナットランナー等の工具を用いて除去するものとする。

また、他の健全度評価として、過去の研究発表や整列配置されたボルトの応力余裕等から、ボルト・ナット頭部寸法が正規寸法 36mm (M22 の場合) に対して 32mm 以上 (計測はノギスを基本) であれば軸力低下は僅かであり、交換せず塗替え塗装とする。32mm 以下の場合には摩擦接合機能が低下しており、交換を基本とする。ただしこの方法は、ボルト 1 本毎に計測が必要で労力を要するため、表 2.4.2 に示すボルト交換する腐食度 4 を視覚的に把握できない場合の判断材料とする。

表 2.4.2 ボルト健全度評価

ランク	損傷概要図	代表写真	健全度評価	判定
腐食度 1	 		塗膜は健全で腐食も見られず、軸力値も低下していないと考えられるため、健全であると評価される。	健全
腐食度 2	 — 変色(茶系、黒系) 		塗膜はほぼ健全で腐食もほとんど進行しておらず、軸力値の低下も非常に小さいと考えられるため、健全であると評価される。	健全
腐食度 3	 — 塗膜き裂 — 変色(茶系、黒系) 		塗膜剥離部にナット表面の軽微な腐食が見られるが、軸力値の低下も小さいと考えられるため、注意は必要だが健全であると評価される。	健全 (注意)
腐食度 4	 		ナット表面が腐食し減肉も見られ、軸力値の低下も生じていることから、交換が必要である。(ノギス計測も有り)	ボルト交換
腐食度 5	 腐食による凹み 		ナット表面が激しく腐食・膨張し減肉も大きく、軸力値の低下も大きいと考えられるため、交換が必要である。	ボルト交換
			ナット表面が激しく腐食・膨張し形状すら明確でなく、著しい軸力値の低下も考えられるため、交換が必要である。	ボルト交換

2.4.3 亀裂の対策工

- (1) 亀裂は、発生場所・長さ・深さと発生原因を十分検討し、それぞれの場所に応じた対策工法を選定する。
- (2) 主部材については、当て板補修等の対策を原則とし、2次部材については取替か補修溶接の対策を行う。

【解説】

- (1) 亀裂は、重大な事故（落橋）に繋がる危険性があることから早急な対応が必要であるが、発生原因については、構造や交通条件に起因しているものが多いものの、複雑であり現時点でも明らかでないこともある。亀裂原因を究明しその場所に応じた対策工を選定する。
- (2) 主部材に亀裂が生じた場合、安易に取替を計画すると通行止めや大規模な補修工事を伴うため、当て板補修等の対策を原則とする。2次部材については工事が比較的容易であるため取替か補修溶接とする。

また、亀裂の最も早急な応急処置としては、亀裂の先端に穴を開け応力を分散するストップホールがある。表 2.4.3～表 2.4.4 に亀裂が発生し易い鋼構造部位を示し、代表的なものについて補修工法を示す。

表 2.4.3 鋼部材の亀裂の補修工法（その1）

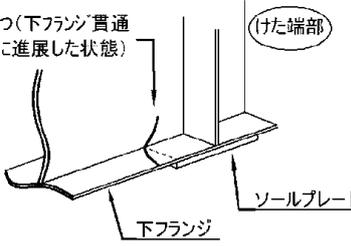
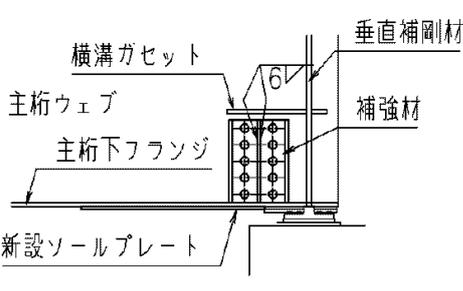
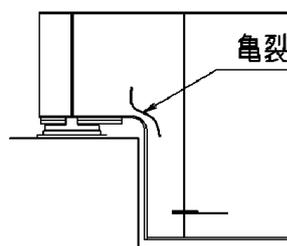
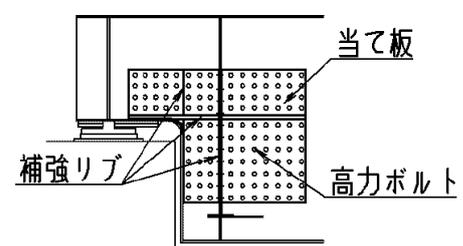
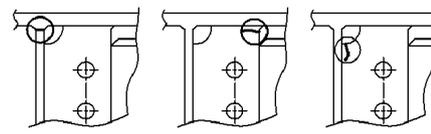
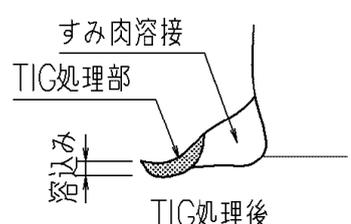
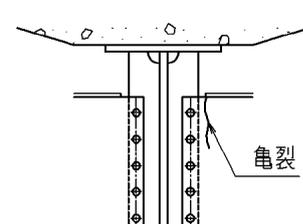
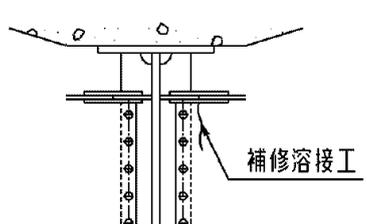
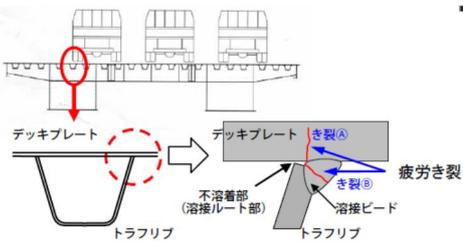
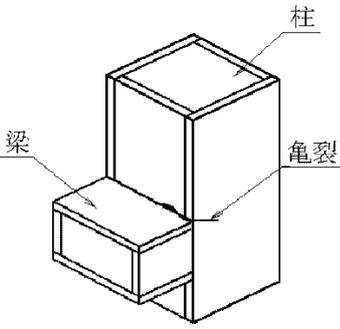
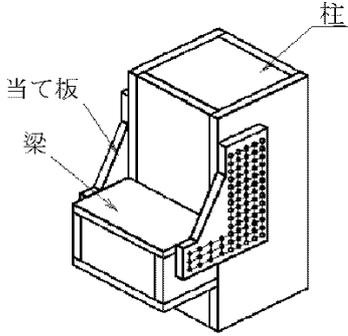
上部工形式	亀裂部位	代表的な補修対策工
鈹桁 (プレートガーター)	主桁下フランジとソールプレート溶接部 疲労きれつ(下フランジ貫通後、ウェブに進展した状態) 	ストップホール工+当て板による補修工 
	主桁切欠き部 	ストップホール工+当て板による補修工 
	主桁・対傾構連結部	補修溶接工等
	垂直補剛材上面溶接部 	補修溶接工+TIG 処理工 
	主桁・横桁連結部 	フランジ連結補強+補修溶接工 
	主桁下フランジ溶接部	当て板による補修工

表 2.4.4 鋼部材の亀裂の補修工法（その2）

上部工形式	亀裂部位	補修対策工
箱桁	前記の钣桁と同じ部位に加え 縦桁と横桁の連結部	前記の钣桁と同じ補修対策工に加え フランジ連結補強+補修溶接工
鋼床版	縦リブとデッキプレートの溶接部 	当て板による補修工 
	縦リブと横リブの交差連結部	同上
	縦リブの溶接部	同上
鋼製橋脚隅角部	柱と横梁の付け根 	ストップホール+当て板補修工 

2.4.4 ゆるみ・脱落

- (1) ゆるみ・脱落は、外力の影響又は連結材の材質が原因であり、それぞれに応じた対策工を選定する。
- (2) F11T ボルトが遅れ破壊で破断し脱落している場合は、脱落状況に応じ対策工を選定する。

【解説】

(1) 鋼構造物のゆるみ・脱落は、主に添接部のボルト・ナットと支承アンカーボルトである。ゆるみは、車両通過振動や風による振動、車両通過荷重による部材変形により生じる場合がある。

対策工は基本的にゆるみを増締めし、脱落はボルト・ナット取り付けとする。

(2) F11T ボルトの遅れ破壊破断の場合は、強度的にほぼ同じで遅れ破壊が見られない F10T ボルトにて交換する対策でよい。ただし、ボルトの許容力が約 5%低下するため、脱落本数が添接部当たり 2 本以上脱落している場合は、継手部の設計照査を行い、許容応力度を満足することを確認する必要がある。

遅れ破壊とは、一定の引張荷重が加えられている状態で、ある時間が経過したのち、外見上はほとんど塑性変形を伴わずに突然脆性的に破壊する現象である。

図 2.4.5 に、遅れ破壊破断の場合の対策フローを示すものとする。ここで、F11T ボルトが既存資料やボルトヘッドマーク（次頁の写真参照）等で明確になった場合、添接板当たり脱落が数本の場合は全てを交換するのではなく脱落した箇所を F10T にて取り付け、その後定期的に状況の確認を行い、その後の点検時に脱落が発見された場合は、脱落本数から部分取り付けか、又は添接部全面取替を検討するものとする。

また、F11T ボルトを使用し第三者被害が生じる場所では、落下防止キャップや落下防止ネットの取付を行うものとする。なお、第三者防止被害防止範囲については、「2.5.6 第三者被害防止工」における図 2.5.2～図 2.5.3 による。

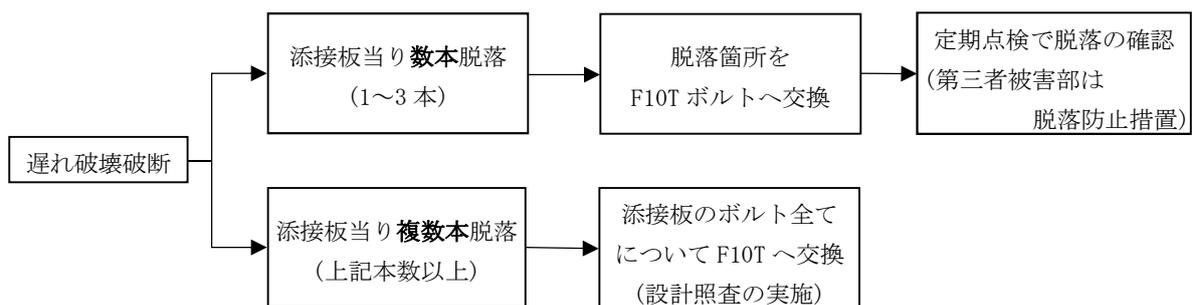


図 2.4.5 遅れ破壊破断対策フロー

落下防止キャップ等の事例写真を以下に示す。



写真 2.4.1 桁ウェブに設けた落下防止ネット



写真 2.4.2 下フランジに設けた落下防止キャップ



写真 2.4.3 F11T ボルトヘッドマーク



写真 2.4.4 F11T 遅れ破壊破断

2.4.5 防食機能の劣化

防食機能の劣化は、経過観察を基本とする。

【解説】

塗装塗替えの適用判定は、「2.4.2 腐食の対策工」や「橋梁部分塗装マニュアル 令和4年3月 茨城県土木部道路維持課」で示されている腐食損傷に基づき判定を行うものとする。

2.4.6 異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損

- (1) 「異常な音・振動」「異常なたわみ」は、落橋に至る可能性が高く、至急その原因を明確にして応急及び恒久対策工を検討する。
- (2) 鋼部材の「変形・欠損」は、至急調査を実施し、亀裂等発生の場合は通行止め又は仮設材による支柱設置等を行い、対策工を検討する。

【解説】

- (1) 鋼部材の「異常な音・振動」「異常なたわみ」は、主要部材の亀裂の進行が原因であると考えられる。この場合、落橋に至る可能性が高く、至急通行止めや仮設材による支柱設置等の応急復旧を行い、その原因を明確にして恒久対策工を検討するものとする。
- (2) 鋼部材の「変形・欠損」は、主桁に車両が衝突する場合や接触が多い。この場合、桁や腹板に亀裂が生じている可能性が高いため至急調査を実施し、小さな変形のみである場合、むやみに当て板補修等を行わず、道路パトロールにて経過観察を実施する。構造安定性を損なう大きな変形や亀裂発生の場合は、至急通行止めや仮設材による支柱設置等の応急復旧を行い、その原因を明確にして恒久対策工（部分取替添接工法、加熱修正工法等）を検討するものとする。

2.5 コンクリート構造物の補修

2.5.1 一般

- (1) コンクリート構造物における既設橋の点検・調査等により確認された損傷に対する補修に適用する。
- (2) コンクリート構造物に生じる損傷は、大きく以下に大別される。それぞれの損傷に対して適切に補修可否を判断したうえで補修対策を行う。
 - 1) 施工時の初期欠陥
 - 2) 地震・衝突等の短時間のうちに生じてその後の状況が大きく変化しない損傷
 - 3) 時間の経過に伴って劣化進行する損傷

【解説】

- (1) コンクリート構造物のうち、主に RC 上部工、PC 上部工、RC 下部工、RC 擁壁、ボックスカルバート等に適用するものとする。
- (2) コンクリート構造物の損傷原因の推定については下記を参考とする。

1) 施工時の初期欠陥

施工時あるいは竣工直後間もなく発生するひびわれ、豆板、コールドジョイント、砂すじ等を初期欠陥という。初期欠陥を処理せず放置すると、劣化要因がコンクリート内部に供給され、構造物の性能に影響を与える劣化が進行するので、すみやかに補修する必要がある。

2) 地震・衝突等の短時間のうちに生じてその後の状況が大きく変化しない損傷

コンクリート構造物の損傷で過大な外力の作用が原因と確認できる場合は、すみやかな補修検討が必要である。原因が確認できない場合は、損傷原因を特定するための調査を行う必要がある。

3) 時間の経過に伴って劣化進行する損傷

中性化、塩害、凍害、ASR、化学的侵食、疲労が挙げられる。これらは急激な破壊に至る可能性は低いものの、耐久性の低下を招き、確実に橋梁の寿命を低下させるため、適切な調査を実施して原因を確認したうえで対策を施すのがよい。

なお、コンクリート構造物の環境条件や使用条件による外的な要因と劣化機構の関係を表 2.5.1 に示す。

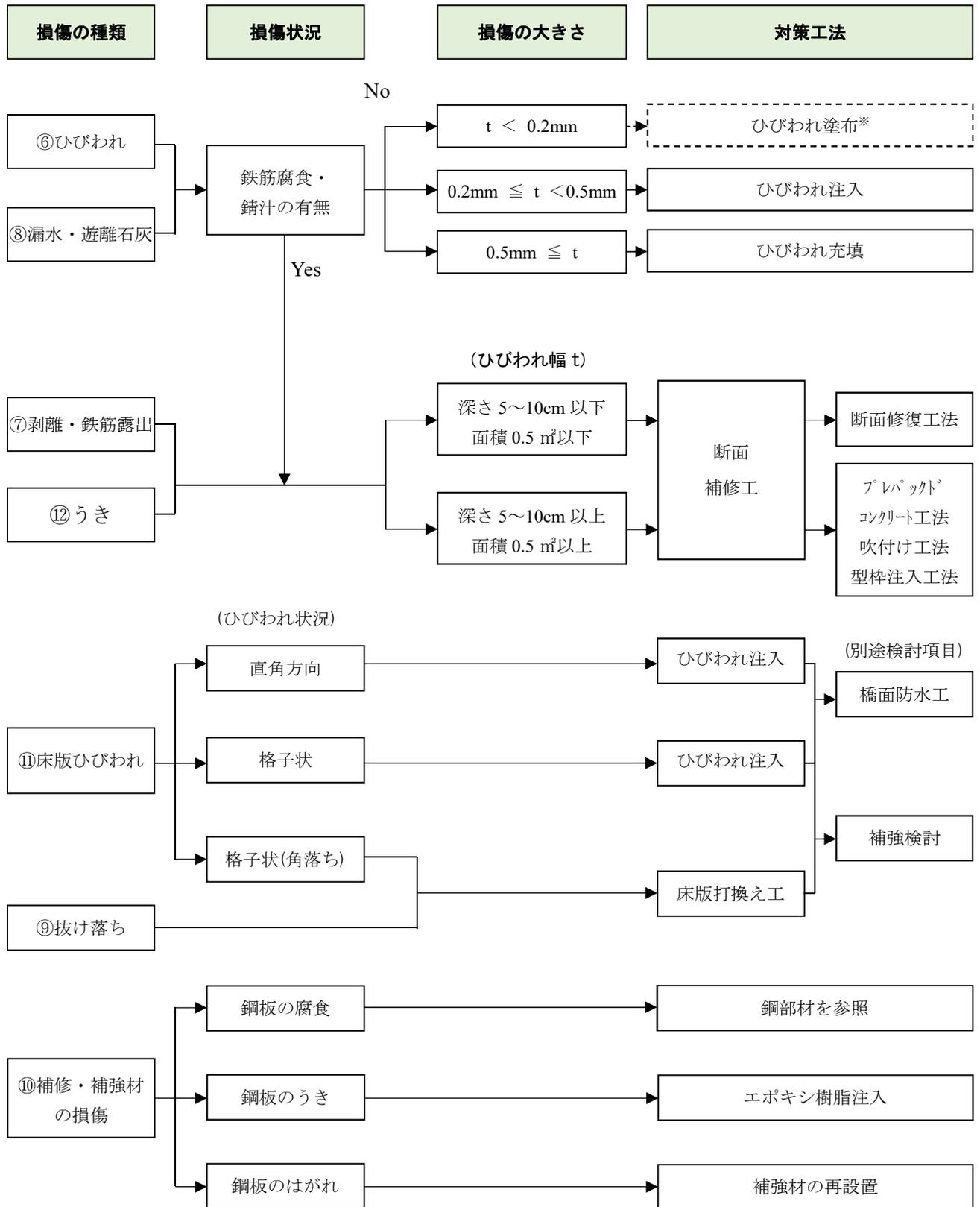
表 2.5.1 環境条件、使用条件から推定される劣化機構

外的要因		推定される劣化機構
地域区分	海岸地域	塩害
	寒冷地域	凍害、塩害
	温泉地域	化学的侵食
環境条件 及び 使用条件	乾湿繰返し	ASR、塩害、凍害
	凍結防止剤使用	塩害、ASR
	繰返し荷重	疲労
	二酸化炭素	中性化
	酸性水	化学的侵食
	流水	すり減り

また、代表的な損傷と劣化要因を表 2.5.2 に、コンクリート構造物の補修工法選定フローを図 2.5.1 に示す。ほとんどの補修対策工法が「ひびわれ補修工」と「断面修復工」である。経過に伴い劣化進行する中性化、塩害、アルカリシリカ反応 (ASR)、凍害が原因となる場合の補修対策工法は「2.5.9 中性化、塩害、ASR、凍害、化学的侵食による対策選定」に示すものとする。

表 2.5.2 代表的な損傷と劣化要因、機構、指標の関連

損傷種類	損傷・劣化原因		指標
⑥ひびわれ	温度ひびわれ	セメントの水和熱	○ひびわれの規則性
	乾燥収縮	乾燥時の体積変化	○ひびわれの規則性
	塩害	塩化物イオン	○立地、環境条件 ○塩化物イオン濃度 ○鋼材のかぶり、腐食量 (錆び汁有無)
	ASR	反応性骨材	○環境条件 ○膨張量
	凍害	凍結融解作用	○立地、環境条件 ○凍害深さ ○鋼材腐食量
	疲労	繰り返し荷重	○路線特性 ○ひびわれ密度 ○たわみ ○設計基準 (変遷)
	地震	大きな地震力	○設計基準 (変遷)
	沈下	支保工の沈下、構造物の不等沈下	○地盤条件
⑦剥離・鉄筋露出 ⑫うき	中性化	二酸化炭素	○環境条件 ○中性化深さ ○鋼材のかぶり、腐食量
	塩害	ひびわれと同じ	○ひびわれと同じ
	凍害	ひびわれと同じ	○ひびわれと同じ
	化学的侵食	酸性物質、硫酸イオン	○立地、環境条件 ○劣化因子の浸透深さ ○鋼材のかぶり、腐食量
	豆板、空洞	コンクリート締め固め不足	
⑧漏水・遊離石灰	浸透水	橋面、伸縮装置からの漏水	○漏水箇所 (ひびわれ、伸縮装置) ○防水条件
⑨抜け落ち	疲労	繰り返し荷重	○路線特性 ○設計荷重 (変遷)
⑩補修・補強材の損傷	経年劣化		
	施工上の問題	注入不足等	
⑪床版ひびわれ	乾燥収縮	乾燥時の体積変化	○ひびわれの規則性
	疲労	繰り返し荷重	○路線特性 ○設計基準 (変遷)



※基本的には経過観察とする。詳細は「2.5.2 ひびわれ及び漏水・遊離石灰対策工」による。

図 2.5.1 コンクリート構造物の補修工法選定フロー

2.5.2 ひびわれ及び漏水・遊離石灰対策工

- (1) ひびわれは、鉄筋の腐食状況を確認したうえで、損傷の大きさに応じて対策工法を選定する。また、漏水・遊離石灰は一般にひびわれに起因して発生する現象であり、この項にて対策工を示す。
- (2) ひびわれ対策工は、ひびわれ幅、ひびわれ変動により選定する。
- (3) ひびわれ塗布について、目的やひびわれ変動等、性能を理解し選定する。
- (4) ひびわれ注入について、目的やひびわれ変動等、性能を理解し選定する。
- (5) ひびわれ充填について、目的やひびわれ変動等、性能を理解し選定する。

【解説】

(1) ひびわれ対策工は、コンクリート構造物に発生したひびわれ部からコンクリート内部への通気、通水を遮断して劣化進行を防止する目的で行う。ただし、ひびわれから錆汁が見受けられる場合は鉄筋が腐食しているため、「2.5.3 剥離・鉄筋露出及びうき対策工」に従うものとする。

特にRC構造物とPC構造物ではひびわれ幅の考え方が異なることから、補修対策を行う際には橋梁形式や部材構成の確認、また損傷状況を十分に把握したうえで補修工法の検討を行うこと。

表 2.5.3 ひびわれの損傷程度の区分

区分	最大ひびわれ幅に着目した程度	最小ひびわれ間隔に着目した程度	程度	一般的状況	程度	一般的状況
a	損傷なし		大	ひびわれ幅が大きい ・RC 構造物 0.3mm 以上 ・PC 構造物 0.2mm 以上	大	ひびわれ間隔が小さい (最小ひびわれ間隔が概ね 0.5m 未満)
b	小	小	中	ひびわれ幅が中位 ・RC 構造物 0.2mm 以上 0.3mm 未満 ・PC 構造物 0.1mm 以上 0.2mm 未満	中	—
c	小	大				
	中	小				
d	中	大	小	ひびわれ幅が小さい ・RC 構造物 0.2mm 未満 ・PC 構造物 0.1mm 未満	小	ひびわれ間隔が小さい (最小ひびわれ間隔が概ね 0.5m 以上)
e	大	小				
	大	大				

橋梁定期点検要領 平成 31 年 3 月 国土交通省 道路局 国道・技術課 の内容を整理

(2) ひびわれ対策工は、ひびわれ幅の他ひびわれ幅の変動や状態より、ひびわれ塗布、ひびわれ注入、ひびわれ充填より選定する。

表 2.5.4 ひびわれ対策工選定

対策工	ひびわれ幅の目安	ひびわれ幅の変動
ひびわれ塗布	0.2mm 未満	有
		無
ひびわれ注入	0.2mm 以上 0.5mm 未満	有
		無
ひびわれ充填	0.5mm 以上	有
		無

(3) ひびわれ塗布は、注入できない0.2mm未満のひびわれ幅に適用され、ひびわれ表面に塗膜を構成させ、防水性や耐久性を向上させる目的で行う工法である。ひびわれ幅の変動が認められない場合は無機系のポリマーセメント材料とし、変動が認められる場合は有機系のウレタン樹脂やシリコン樹脂を被覆材とする。ここで、変動が認められない場合とは、経年経過したRC構造物のひび割れ等であり、変動が認められる場合とは、ひびわれが発生している部材に変形や振動（上部工等）が生じたり、ASR（上部工、下部工等）で残存膨張が今後発生する場合である。また、表面被覆工に代わって表面含浸工も使用されてきた。これについては「2.5.9 中性化、塩害、ASR、凍害、化学的侵食 1. 中性化対策」にある性能表や適用効果を把握して、比較検討のうえ採用すること。

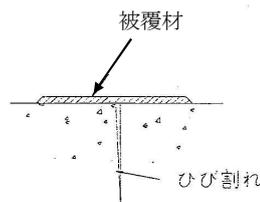


図 2.5.2 一般的なひびわれ塗布工

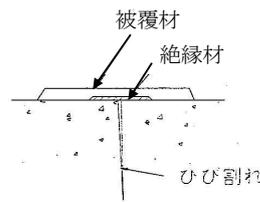


図 2.5.3 ひびわれ幅の変動がある場合

(4) ひびわれ注入は、ひびわれ内に注入材を圧入して、ひびわれを閉塞する目的で行う方法である。注入材は有機系のエポキシ樹脂等が用いられる。ひびわれ幅の変動の有無は、上記塗布の項に示す内容である。ここで、下表にエポキシ樹脂選定注入材料の標準を示す。また、近年超微粒子セメント系注入材もあり、採用にあたっては比較検討し決定するものとする。また、ひびわれ幅が0.2mm以上～1.0mmと異なる場合には、表 2.5.4 では注入と充填と使い分けとしているが、施工の連続性を考慮してひびわれ注入にて行うことを基本とする。

表 2.5.5 エポキシ樹脂の種別

エポキシ種別	ひび割れ変動	硬化前の状態	硬化後の状態	細部浸透
1種	×	サラサラ	硬いし伸びない	○
2種	○	ドロドロ	軟らかいし伸びる	△
3種	○	サラサラ	軟らかいし伸びる	○

使い分けの目安は、以下を参考とする。

- 1種：日変化又は温度変化によるひび割れの挙動及び構造に起因するひび割れの発生を対象とし、異常なひび割れ幅の進行がないもの。
- 2種：完全にひび割れの進行が止まった保証が得られない場合。
- 3種：ひび割れ幅の増加が進行している場合。

構造物施工管理要領 平成 24 年 7 月 東日本高速道路株式会社

中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社 より

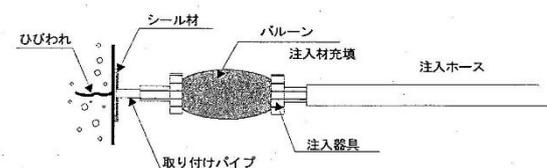


図 2.5.4 自動式低圧注入工法による注入例

(5) ひびわれ充填は、コンクリート表面をひびわれに沿ってU型にカットして、カット部を充填材により充填する方法である。ひびわれ幅が 1.0mm 以上の場合に用いられる。充填材は、ひびわれ幅の変動が認められる場合はウレタン樹脂やシリコン樹脂を用い、ひびわれ幅の変動が認められない場合はエポキシ 1 種樹脂やポリマーセメントモルタルを用いる。ひびわれ幅の変動の有無は、前記塗布の項に示す内容である。

また、鉄筋の腐食と判断される錆汁がある場合、ASR で水が供給される可能性がある場合等は「2.5.3 剥離・鉄筋露出及びうき対策工」による。

遊離石灰部の補修は、一般にひびわれ注入が困難であるため、ひびわれ幅に関係なく基本的にひびわれ充填とするが、鉄筋の腐食と判断される錆汁がある場合等は「2.5.3 剥離・鉄筋露出及びうき対策工」による。

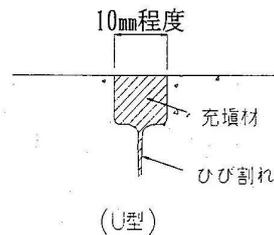


図 2.5.5 ひびわれ充填工

2.5.3 剥離・鉄筋露出及びうき対策工

- (1) 剥離・鉄筋露出やうきへの対策工は、断面修復工を基本とする。
- (2) 断面修復材は、ポリマーセメントモルタルを基本とする。
- (3) 断面修復の施工は、施工手順に従い確実に行う。
- (4) 断面修復は、修復規模により工法を選定する。

【解説】

(1) 剥離・鉄筋露出やうきに対する劣化対策工については、断面修復工による補修を基本とする。また、初期欠陥（豆板、コールドジョイント等）、衝突等によって生じた欠損部においても同様とする。

断面修復工は断面修復材により修復し、各変状要因のコンクリート構造物内部への浸透を抑制、耐久性を向上させることを目的に行う。要求性能として、下記が求められる。

- 1) 剥離や有害なひびわれが発生せず、鉄筋背面に充填する性能（断面の修復に要する性能）
- 2) 劣化因子に対する抵抗性能（耐久性に関わる性能）
- 3) 設計断面として考慮する場合における耐荷性能（力学的性能）

(2) 断面修復は性能が確認された材料とし、乾燥収縮が小さく、既設コンクリートの付着性がよく、幅広く使用されているポリマーセメントモルタルを基本とする。また、ポリマーセメントモルタルには防錆効果を持つなど付加価値のある製品もあるため、性能を理解し比較検討のうえ採用すること。

(3) 施工手順は表 2.5.6 に示すが、はつり部分を明確にするためにコンクリートカッターにて 1~2cm の溝で範囲を作る。その時、カッター入角は補修後確実に落ちないように直角に対して若干角度を設けるものとする。また、鉄筋の裏側や側面で腐食がないところまではつり取り、錆を落とすうきで防錆処理を行うものとする。なお、「2.5.7 第三者被害防止工 (2)」に示される表面処理を適切に施すものとする。

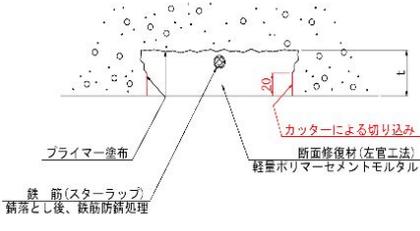
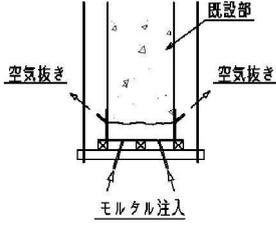
(4)断面修復は、修復の規模により表 2.5.6 から工法を選定する。

《注意事項》

表 2.5.6 の施工手順の一つ一つを確実に行うことが重要である。特に既設コンクリートとの密着性の向上を目的とした鉄筋の錆落としと上面方向でのコンクリートコテ仕上げは施工が疎かになると再劣化が早期に発生するため、施工手順を報告書で申し送ること。

また、モルタルの品質も重要となる。特に乾燥収縮の大きい材料は密着性が悪く、補修部がうき再劣化するため、材料はポリマーセメントモルタルを基本とする。

表 2.5.6 断面修復工法

項目	断面修復工	プレパックドコンクリート工法
工法概要	断面修復材を断面欠損部にコテなどを用いて塗り込み断面を修復する	粗骨材を予め型枠内に詰め、空隙にモルタルを圧入充填して大きい断面欠損部を修復する
適用範囲	1) 修復厚 5～10cm 以下 2) 修復が浅く部分的であり点在している	1) 修復厚 10cm 以上 2) 修復が深く広範囲であり連続している (大断面)
概念図		
施工手順	1) 下地処理 ・うき、脆弱部の除去 (はつり処理) ・はつり面の清掃 ・鉄筋の錆落とし 2) 鉄筋の防錆処置 ・鉄筋錆落とし後、すみやかに実施 ※レベルアップとしてけい酸リチウム塗布等が有効 3) プライマー 4) 断面修復工 5) 養生 ※必要に応じて表面保護工	1) 下地処理 ・うき、脆弱部の除去 (はつり処理) ・はつり面の清掃 ・鉄筋の錆落とし 2) 鉄筋の防錆処置 ・鉄筋錆落とし後、すみやかに実施 3) プライマー 4) 型枠設置 5) 粗骨材充填 6) プレパックド用モルタル注入 7) 養生、脱型 ※必要に応じて表面保護工

上記、大断面修復工法の「プレパックドコンクリート工法」以外に、「吹付け工法」「型枠注入工法」がある。補修場所、環境、経済性、施工性等から総合的に比較検討して工法選定する必要がある。

2.5.4 床版ひびわれ対策工

- (1) 床版ひび割れの原因が外観から判断できない場合には、詳細調査を実施し損傷原因を推定したうえで補修工法を検討することが望ましい。
- (2) 床版上面の滞水を防止するため、床版の補修を行う場合には損傷原因に関わらず橋面防水の実施を原則とする。
- (3) 損傷原因が初期ひび割れである場合には、ひびわれ注入、ひびわれ塗布を選定する。
- (4) 進展する懸念があるひびわれについては、損傷状況に応じてひびわれ注入、断面修復、部分打換えを選定する。
- (5) 床版ひび割れが橋梁全体に生じている場合には、床版の性能向上を目的とした補修を検討する。

【解説】

- (1) 床版ひびわれの補修にあたっては床版下面のみならず、非破壊検査、微破壊検査、舗装面の掘削等により、床版上面の損傷規模、進展状況を把握し損傷原因を推定したうえで補修工法を選定すること。
- (2) 防水層が未設置、もしくは耐用年数を超えた防水層が敷設されている場合、床版への雨水の浸透により劣化進行が促進されることから橋面防水は原則実施とした。
- (3) 損傷の原因が初期に発生するコンクリートの乾燥収縮、温度ひびわれ、コールドジョイント、路面温度変化によるひびわれの場合、著しく損傷が進行することはないと考えられるため、ひび割れ注入やひび割れ含浸工による補修が良い。

- ・ひびわれが生じている部分はひびわれ注入とする。この時、輪荷重によるたわみや振動を受けるため、その部分の車線は通行止めとしてひびわれ注入を行う。材料は2.5.2 ひびわれ及び漏水・遊離石灰対策工に準じ、変動や細部浸透に対応できるエポキシ3種を基本とする。

- ・微細なひびわれが生じている場合は、ひびわれ内部の通気を遮断するためひびわれ塗布を行うものとする。

- (4) 床版疲労や塩害、凍害、中性化が原因と推定される損傷の場合には、橋梁を取り巻く環境に変化が無い限り損傷が進展し続けるため、適切な補修を行い床版の性能を回復させる必要がある。

補修工法としては、損傷が軽微な場合はひび割れ注入による補修を基本とするが、損傷の進展によってコンクリートの脆性化が確認できる場合には、断面修復や部分打換えを行う。ひび割れ性状からASRが推定される場合には詳細調査を実施し、ASRの反応余力を把握したうえで補修工法を選定すること。

床版ひび割れにおける主な補修工法について表2.5.7～表2.5.8に示す。

- (5) 床版ひび割れが橋梁全体にわたり生じている場合には、現行の基準と比べて舗装厚や床版厚が薄い場合があるため、床版の増厚や鋼板接着、シート補強等の性能向上を目的した補修も検討することが望ましい。

なお、鋼板接着の場合は特に補修後の床版劣化・損傷が見えない状況となり、近年、そのために再劣化対策が遅れることも生じている。したがって、採用にあたっては十分検討のうえ決定する必要がある。

床版疲労の判断目安、対策工法は以下に示す内容とする。

- 1) 設計当時の基準から判断する。昭和 40 年代前後の設計基準では、RC 床版厚が薄いものが多く、また、配力筋の不足等から床版の疲労ひびわれが発生している。
- 2) 大型車の交通量の増大から判断する。建設時から現在に至る間に大型車の混入率の増大が生じていないか確認する。また、過積載車両の走行にも注意する。
- 3) 床版疲労が原因のひびわれは多くの対策工法があり、表 2.5.7 に示す工法等を比較検討して決定する。

《参考》

昭和 31・39 年鋼道路橋示方書によって設計された床版は、多くの疲労損傷が発生している。これは、モータリゼーションの急速な進展の結果、大型車が多くなり、さらに大型貨物車の積載能力が格段に向上しており、古い年代の床版は厚さも薄く配力筋が 25%程度しか配置されてないため、疲労損傷が多いのである。したがって、古い年代の鉄筋コンクリート床版を有する橋梁は耐荷力不足を疑って見ることも重要である。

表 2.5.7 個別および複合劣化の要因に対する劣化過程と標準的な対策工法

措置方針	対策工法	劣化要因および劣化進行過程																						
		疲労				塩害				凍害				中性化				ASR				複合劣化		
		潜伏期	進展期	加速期	劣化期	潜伏期	進展期	加速期前期	加速期後期	劣化期	潜伏期	進展期	加速期	劣化期	潜伏期	進展期	加速期前期	加速期後期	劣化期	潜伏期	進展期	加速期	劣化期	加速期
性能保護	床版防水	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	表面処理					●	●	▲	▲		●	●	▲		●	●	▲	▲		●	●	▲		▲
	ひび割れ注入	●	●			●	●				●	●			●	●				●	●	▲		▲
	橋面コンクリート舗装※1	●	●	▲		●	●	▲							●	●	▲			●	●	▲		▲
性能回復	ひび割れ注入(水平ひび割れ含む)			●			●	●				●												▲
	断面修復		●	●			●	●			●	●				●	●			▲	▲		●	
	部分打換え		●	●			●	●			●	●				●	●			●	●		●	
	電気化学的防食					●	●	▲							●	●	▲							▲
性能強化	上面増厚		●	●			▲	▲	▲			▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲		▲
	下面増厚		●	●			▲	▲	▲			▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲		▲
	鋼板接着		●	●								▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲		▲
	連続繊維シート接着		●	●			▲	▲	▲			▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲		▲
	縦筋増設		●	●																				▲
	橋面コンクリート舗装		●	●			▲	▲	▲			▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲		▲
更新	床版取替え				●				●				●					●				●	●	

■:原則実施, ●:標準的な対策工法, ▲:他工法との併用によって適用する対策工法
 ※1:防水性を求めた場合適用可能

表 2.5.8 床版損傷の対策工法の概要

工法名	概要
床版防水工法	床版防水工法は、床版上面のコンクリート床版とアスファルト舗装、橋面コンクリート舗装等の間に設けられる防水層を形成し、上部からの水の浸透を抑制するために適用される。その種類は、シート系、塗膜系等保有する性能も多岐にわたる。
表面処理工法	表面処理工法には、コンクリート表面に有機系樹脂や無機系の塗膜材を塗布する表面被覆工法、シラン系やけい酸塩系の含浸材を塗布する表面含浸工法がある。本工法は、塗布面からの腐食因子の浸透抑制に対して有効であり、道路橋床版では主に下面で適用される。
ひび割れ注入工法	ひび割れ注入工法は、ひび割れに樹脂系、セメント系の材料を注入し、水や塩化物イオン等物質の透過を抑制する工法であり、下面ひび割れや水平ひび割れ等に適用されることが多い。
断面修復工法	断面修復工法は、コンクリート断面の欠損部の復旧を目的に床版上面と下面で適用される。施工方法は、復旧断面等により選定され、左官工法、圧縮空気を用いる吹付け工法、復旧部に型枠を設置し材料を充填する充填工法がある。
部分打換え工法	部分打換え工法は、損傷した床版を上面から床版を貫通するようにはつり取り、コンクリートで置き換える工法である。
電気化学的防食工法	電気化学的防食工法は、コンクリート表面やその周辺に陽極材を設置し、コンクリート内部鋼材を陰極として直流電流を供給する。本工法には、コンクリート内部鋼材の腐食を抑制する電気防食工法、コンクリート中の塩化物イオン量を低減する脱塩工法、中性化したコンクリートをアルカリ回復する再アルカリ化工法があり、劣化機構に応じて適用される工法が異なる。
補強工法	補強工法は、道路橋床版の耐荷力を当初設計の水準まで回復あるいはその水準以上に向上させることを目的とする。工法には、鋼繊維補強コンクリートを用いる床版上面増厚工法、ポリマーセメントモルタルで床版下面を増厚する床版下面増厚工法、補強鋼板を床版下面に固定する鋼板接着工法、炭素繊維シート等を床版下面に接着する連続繊維シート接着工法、主桁間に縦桁を増設し床版を支持する縦桁増設工法等があり、必要な耐荷力、施工条件に応じて選択する。
その他工法	その他工法には、コンクリートの剥落片等の落下を防止する剥落防止工法、床版の更新を行う床版取替え工法、床版の耐荷性・耐久性向上を目的とした橋面コンクリート舗装等がある。

道路橋床版の維持管理マニュアル 2020 土木学会 より

2.5.5 抜け落ち対策工

- (1) RC床版の抜け落ちは、「2.5.4 床版ひびわれ対策工」を参照し決定する。
(2) PC床版の抜け落ち対策工法は、接着工法を基本とし、比較検討を行い決定する。

【解説】

ここでは、RC床版、PC床版の抜け落ちについての対策工法を示す。

- (1) 過去に抜け落ちが生じた部材はRC床版とPC床版であるため、この2つの床版について対策工法を示す。
- (2) RC床版の抜け落ちは、輪荷重が繰り返し作用して疲労しそこから生じるもので、疲労によるひびわれが進んだ結果である。よって、補修ではなく補強を行う必要があり、「2.5.4 床版ひびわれ対策工」を参照し対策工を決定するものとする。ただし、疲労の初期段階のひびわれが生じている程度の場合は、ひびわれ注入で補修すればよい。同時に橋面からの水の浸入を阻止する目的から、橋面防水層は必須となる。
- 床版の疲労ひびわれが進んだ段階では、補修対策ではなく耐荷補強を行うものとする。
- (3) PC床版の抜け落ちは過去の例から間詰コンクリート部のみであり、間詰コンクリートの抜け落ちについて対策工法を示す。一般には次の3種類が考えられ、経済性・耐荷性・施工性等を比較検討して決定するものとする。

- 1) 炭素繊維格子接着工法
- 2) 鋼板接着工法
- 3) リブ付き鋼板接着工法

《参考》

間詰コンクリートの抜け落ちの確率が高いのは主桁床版端部形状が鉛直で、さらに間詰部に鉄筋が通っていない場合である。昭和44年の建設省標準設計からは主桁床版端部形状がテーパーとなっており、これ以前の橋梁が抜け落ち易い構造形式である。



写真 2.5.1 床版間詰部ひび割れ状況

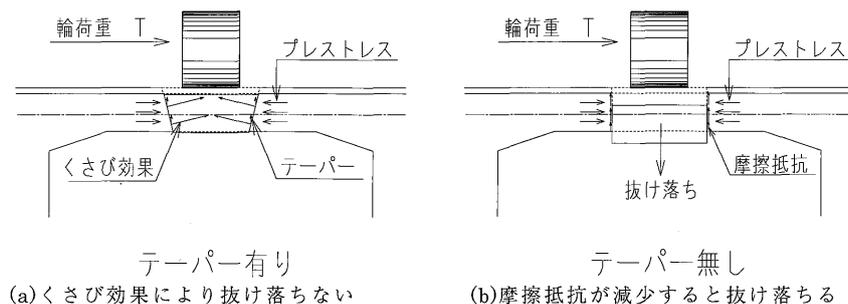


図 2.5.6 PCT 桁橋間詰部のテーパ

2.5.6 第三者被害防止工

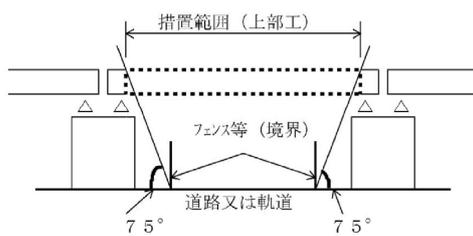
- (1) 跨道橋や跨線橋等の第三者被害対策が必要な場合は、剥落防止対策を検討する。
 (2) 補修の実施にあたっては、前処理を行うことを基本とする。

【解説】

- (1) コンクリート塊・片等の剥落による第三者被害は、人命に関わり社会的影響も大きいことから、防止対策を実施するものとする。剥落防止対策の範囲は、コンクリート塊・片等の飛散を考慮して、第三者被害に影響する交差物端部から俯角 75° の範囲を基本とする。

(図 2.5.7～図 2.5.8 を参照のこと)

① 下部工前面が俯角 75° より離れている場合



② 下部工前面が俯角 75° の範囲に入る場合

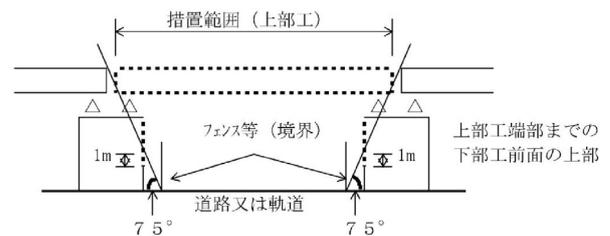


図 2.5.7 剥落防止対策範囲

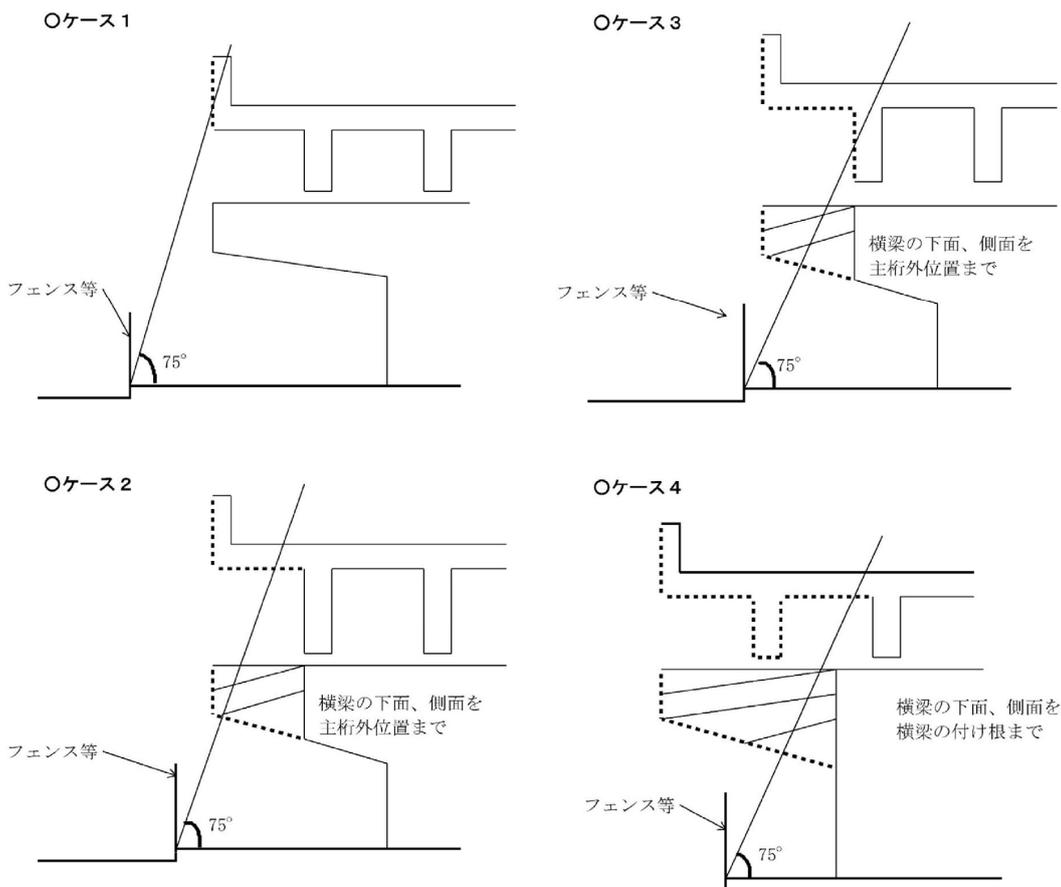


図 2.5.8 剥落防止対策範囲の考え方

橋梁における第三者被害予防措置要領（案）平成 28 年 12 月

国土交通省 道路局 国道・防災課 より抜粋

- (2) 対策工を実施するにあたり、その効果を十分発揮させるためには表面処理が必要である。
コンクリート構造物の補修ではコンクリート表面に保護材などを接着する等、既設面と新設補修材との確実な付着が必要であり、各工法に応じて適切な表面処理を施さなければならない。表面処理の考え方について下記に示す。

◆表面処理方法の考え方

- 1) 表面処理は、断面修復および表面被覆に規定される付着力を確保できるとともに、既設コンクリート面と補修材の一体化が図れる方法としなければならない。
- 2) 表面処理が不適切な場合、断面被覆材や表面保護材の膨れ、はがれが生じやすく十分な補修効果が期待できないため、処理面に要求される性能や既設コンクリートの状態、現地条件等を十分考慮したうえで適切な下地処置方法、程度を選定する必要がある。
- 3) 既設コンクリートの表面は、補修の内容によって凹凸に支障がない場合はチップングとし、支障がある場合は水洗い、ウォータージェット工法・ブラスト工法により表面処理を行う。
- 4) 小規模で狭小な場合や凸凹は、処理面に与える影響を考慮したうえで、ディスクサンダー等で表面処理を行ってもよい。

2.5.7 補修・補強材の損傷対策工

- | |
|--|
| (1) 補修・補強材の損傷対策工については、本マニュアルの各対策工法を参照して対応する。
(2) 補強シートや表面被覆材料の対策工法については、同等な製品で対応する。 |
|--|

【解説】

- (1) 補修・補強材の損傷は、コンクリート部材における補強鋼鉄の「⑤防食機能の劣化」「①腐食」「⑫うき」、炭素繊維シート・剥落防止シート・表面被覆材料のふくれや剥がれ、また、鋼材に対する当て板等が該当するが、補修対策は本マニュアルの各対策工法を参照して対応するものとする。
- (2) 補強シートや表面被覆材料の対策工法について、損傷原因を把握除去して同等な製品で対応するものとする。また、特に損傷として多いのはふくれや剥がれであり、表面処理方法を確実に行ってない場合やひびわれから水の供給がある場合である。よって、これらの原因を理解して同等な製品で対応するものとする。

《注意事項》

コンクリート補強材は、既存のコンクリート表面に接着補強しているため、接着面の処理（表面処理）が特に重要である。したがって、「2.5.2 補修工法の選定」に表面処理方法を具体的に示しているので参照されたい。

2.5.8 定着部の異常、変色・劣化、変形・欠損対策工

- | |
|---|
| 「定着部の異常」「変色・劣化」「変形・欠損」については、その原因を明確にし、対策工を選定する。 |
|---|

2.5.9 中性化、塩害、ASR、凍害、化学的侵食による対策方法

- (1) 中性化、塩害、ASR、凍害、化学的侵食が要因となる損傷に対して、劣化過程や状態を踏まえた対策を選定する。
- (2) 外部から劣化因子の浸透を遮断するため、表面保護工が有効である。
- (3) 損傷原因特定のための調査については、「2.2 主な調査項目」による。

【解説】

ひびわれ、剥離・鉄筋露出、そして うき などの損傷についての対策工はこれまでに説明したが、下記に示すコンクリートの損傷については、損傷原因に注意して対策工を選定することが重要である。

- (1) コンクリート構造物の劣化機構が特定できた場合は、対象構造物の劣化状態から適切な対策を選定する必要がある。本項では、中性化、塩害、ASR、凍害、化学的侵食の5項目に対してとりまとめているので参考にされたい。
- (2) 表面保護工は、コンクリート構造物の表面に表面被覆材や表面含浸材を形成し、構造物の耐久性の確保を図る目的で行うもので、劣化状態や環境条件に応じて適用する。

表面被覆の要求性能は下記のとおりで、劣化機構に対する要求性能を表 2.5.9 に示す。

- 劣化要因を遮断する性能（劣化因子のコンクリート内部への侵入を遮断し劣化を防ぐ）
- ひびわれに追従する性能（表面被覆自体にひびわれが生じると弱点となる）
- 性能を維持する耐久性能（紫外線等で劣化するが所定の期間内は上記の性能維持が必要）

表 2.5.9 劣化対策として用いる表面保護工に対する主な要求性能

劣化機構 表面保護工 に対する要求性能	中性化	塩害	凍害	化学的侵食	ASR
二酸化炭素遮断性（中性化遮断性）	◎				
塩化物イオン遮断性（中性化遮断性）	○	◎	○		○
酸素遮断性	○	○			
凍結融解遮断性			◎		
耐酸性、耐硫酸性				◎	
耐アルカリ性				◎	
耐水性（遮水性）		○	◎	○	◎
水蒸気透過性（透湿性）					◎
ひび割れ追従性（柔軟性）	△	△	△	△	△
剥落抵抗性	△	△	△	△	△

◎:主として必要な要求性能、○:副次的に必要な要求性能、△:場合により必要となる要求性能

コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針 (案)土木学会 より

表面被覆材は有機系材料（合成樹脂塗料：ポリウレタン樹脂系やエポキシ樹脂系等）と無機系材料（ポリマーセメント塗布材等）に大別されるが、材料の優劣を比較することは難しく、それぞれの材料の特性を十分把握したうえで、要求性能などの条件によって使い分けなければならない。

採用にあたっては、「コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針 (案)土木学会」を参照にするとよい。

1. 中性化に対する補修工法選定

1) コンクリートの中性化は、大気中の二酸化炭素（CO₂）がコンクリートの空隙を経路として侵入し、炭酸化反応を引き起こすことにより、本来アルカリ性である細孔溶液の pH を下げる現象である。コンクリート表面が湿潤状態である場合は、空隙部分に水が充填され CO₂ の侵入を防ぐため、乾燥している面に比べ進行は遅い。最も反応速度が速くなるのは、中性化の反応と二酸化炭素の侵入の両者が生じうる中程度の湿度（50～60%）である。

また、酸性雨による影響については、コンクリート表面に直接酸性水が触れる場合、中性の雨に比べて中性化速度が速くなる

中性化はコンクリート表面より進行し、鉄筋などの鋼材位置に達すると、不動体被膜を破壊する。これにより鋼材を腐食させ、腐食生成物の体積膨張により、コンクリートのひび割れ・剥離を引き起こし、耐荷力など構造物の性能低下を生じる。また、ひび割れが発生したコンクリートはさらに CO₂ の侵入を促すため、中性化によるコンクリート構造物の劣化、雨水等の浸入による鉄筋の腐食を加速させることが知られている。

その他、中性化してもコンクリート自体の強度が低下するわけではないので、無筋コンクリートの場合は問題にならない。

以下に実際に試験した結果の写真を示す。この例では建設後 40 年経過した試料で表面から 30mm の中性化が進行している。

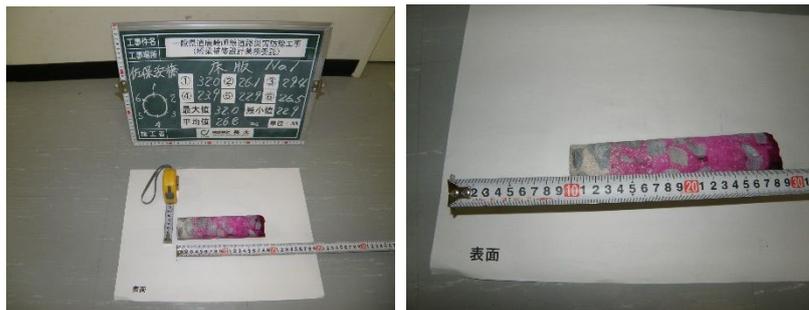


写真 2.5.2 フェノールフタレイン法（表面から着色していない部分が中性化）

中性化が鋼材に到達する予測式を式-2.5.1 に示す。この式により中性化到達時間を予測し、残り耐用年数から補修の有無を判断できる。

$$y = b\sqrt{t} \dots \dots \dots \text{式-2.5.1}$$

y : 中性化深さ (mm)

b : 中性化速度係数 (mm/√年)

t : 中性化期間 (年)

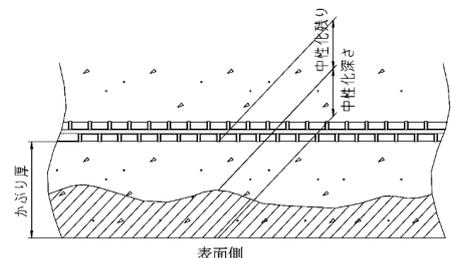


図 2.5.9 中性化残りのイメージ図

2) 中性化の補修方法は表 2.5.10 の中から補修工法を選定する。なお、補修工法は一つのみでなく併用する場合もあるため、選定に当たっては損傷原因を理解して決定するものとする。表 2.5.10 では再アルカリ化も対策工法として記載しているが、対策には膨大な費用を要することから、表面被覆工にて進行の抑制を図ることを基本として、橋面防水工はもとより地覆上面や側面からの浸入経路を絶つことを検討する。

表 2.5.10 中性化対策工法

対策工法	内容	適用状況
表面被覆工法 (表面含侵材)	中性化の進行を食い止めるために、コンクリート表面の被覆を行う工法。	鋼材までのアルカリ領域 (pH14～10 の範囲) が減少している場合に採用する工法。
断面修復工法	中性化したコンクリートを除去・修復する工法。腐食した鋼材の防錆処理も併せて行う。	中性化が鋼材に達している場合に採用する工法。
再アルカリ化工法	コンクリートに約 1A/m ² の電流を 1 週間ほど流し、中性化したコンクリートの再アルカリ化を行う。	中性化が鋼材全体に達している場合に採用する工法。工事費が高く、採用にあたっては他の工法と比較検討が必要である。
その他 鋼板・FRP 接着工法 部材増厚・巻き立て工法	表面被覆工法と原理は同じであるが、併せて補強も対応できる。	中性化対策工法のみとしてはほとんど用いられていない。補強が必要な場合で中性化も進行している場合に用いられる。

なお、定期点検で代表される⑥ひびわれ、⑦漏水・遊離石灰等コンクリート表面から損傷が得られる情報をもとに点検を実施していることを考えると、コンクリート表面を覆い隠す方法は点検を阻害することになる。よって、近年は種類豊富な表面含侵材も出ており、その効果と耐用年数等をふくめ慎重に判断するものとする。表 2.5.11 に表面含侵工法の期待される性能と適用効果を示す。

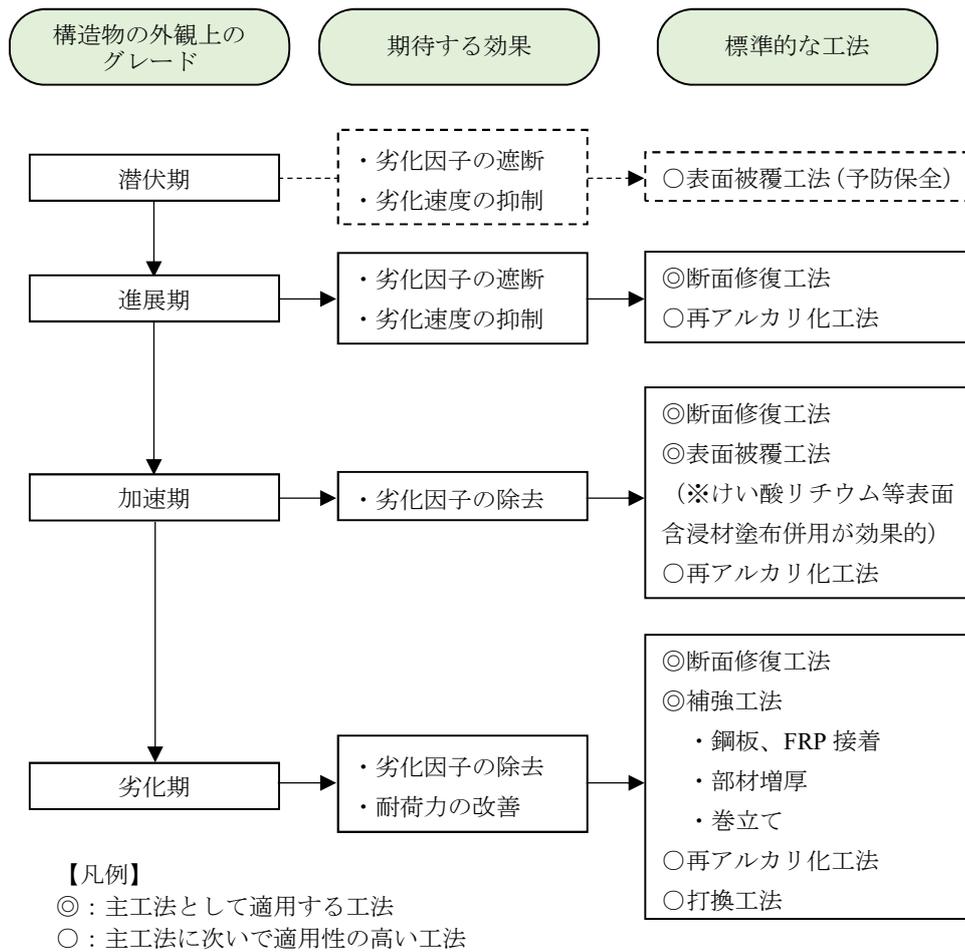
表 2.5.11 表面含侵工法の期待される性能と適用効果

期待される性能	シラン系	けい酸塩系	
		けい酸リチウム系	けい酸ナトリウム系
中性化抑制	△	△	○
塩化物イオンの浸入抑制	○	—	○
凍結融解抵抗性	○	—	○
化学的浸食抑制	—	—	—
ASR 抑制	○	○	△
美観・景観に関する抑制	○	○	○
剥落抵抗性	—	△	△

コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針 (案) 土木学会 より

- 注) 1 表中○は適用対象、△は適用する場合検討が必要 (他工法と併用等)、—は適用対象外を示す。
 2 ASR 抑制は標準的な遮水性により判断。
 3 美観・景観に関する性能は外観維持を基本に判定。
 4 剥落抵抗性は付着性を基本に判定。

3) 中性化に対する補修工法の選定



進展期：鉄筋腐食が始まり、コンクリートに腐食ひびわれが生じる段階。

加速期：腐食ひびわれが発生したあと、急速に腐食が進行しかぶりコンクリートが剥落する段階。

劣化期：鉄筋の腐食に伴う断面積の減少により、部材の耐荷力の低下が懸念される段階。

図 2.5.9 中性化に対する補修工法フロー



写真 2.5.3 中性化による損傷事例

2. 塩害に対する補修工法選定

- 1) 塩害とは、コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオンの存在により促進され、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひびわれや剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少等を引き起こすことにより、構造物の性能が低下する現象である。

通常コンクリートは pH12 程度の強アルカリ性を持っており、このような環境では鋼材は腐食しないが、コンクリート中に塩分がある程度存在すると強アルカリ性の中であっても鋼材は腐食する。

- 2) 塩化物イオンによる腐食発生限界値は、最外縁鉄筋位置で「塩化物イオン濃度 1.2kg/m³以上」を判定基準とする。
- 3) 塩害の補修方法は表 2.5.12 の中から補修工法を選定する。なお、補修工法は一つのみでなく併用する場合も多く、選定に当たっては損傷原因を理解して決定するものとする。

《注意事項》

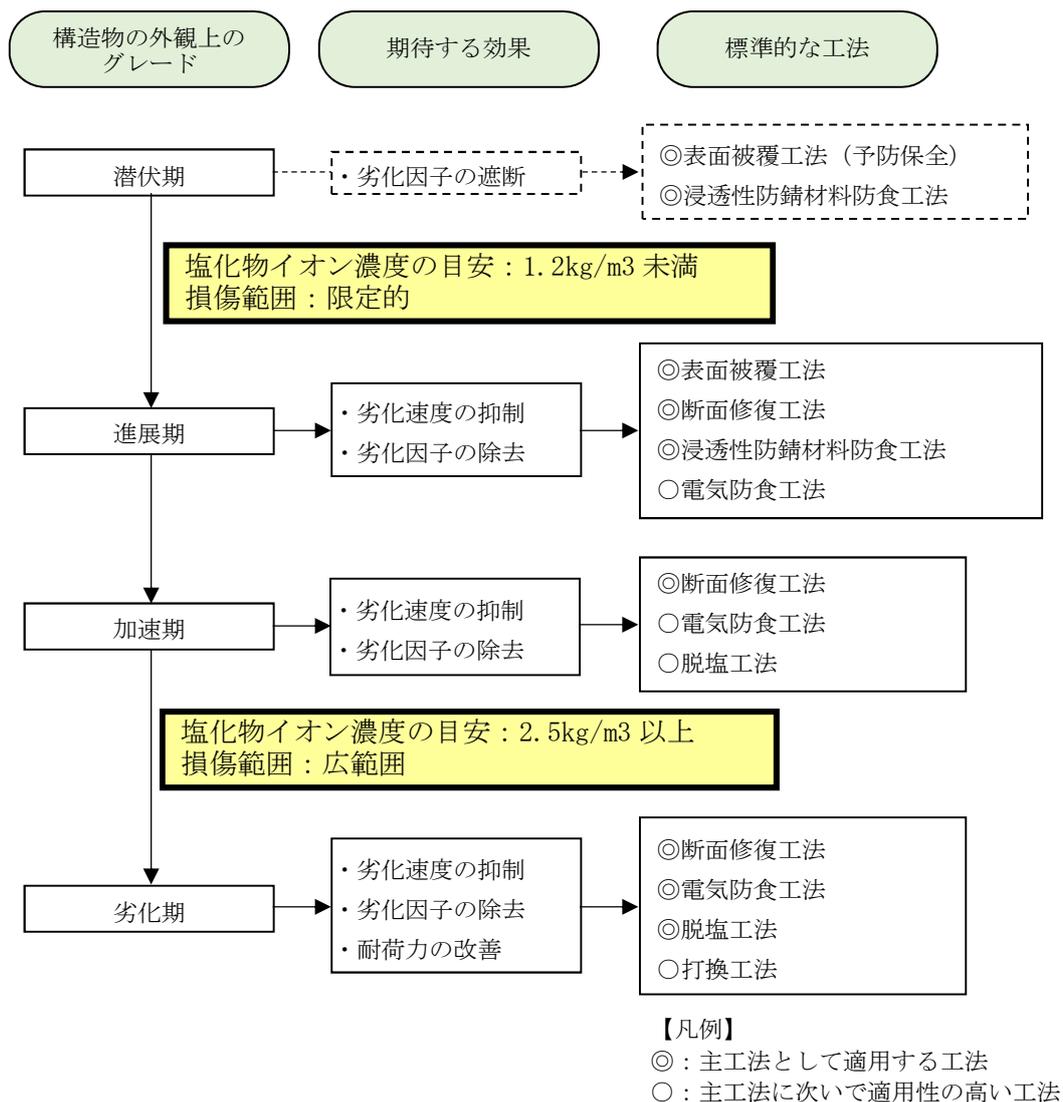
中性化対策工法同様に塩害も経済性等を考えれば、当面の対策工法として表面被覆工にて塩分の浸入を極力絶つこととして、上面の橋面防水工はもとより地覆部（内側側面も含む）からの浸入経路を絶つことを検討する。特に、断面修復などで修復した地覆部などのコンクリート面における予防保全的な取り組みとしての「表面被覆工」は有効である。なお、コンクリート表面を覆い隠す工法の採用には慎重さが求められる。

また、表 2.5.12 では電気防食や脱塩工法も記載している。しかし、対策には膨大な費用を要することから、損傷の規模、過去の補修の経緯、LCC を検討して工法を選定するものとする。

表 2.5.12 塩害対策工法

対策工法	内容	適用状況
表面被覆工法	コンクリート中に浸透する塩分を阻止するため、コンクリート表面の被覆を行う工法。	塩化物イオンによる腐食発生限界値以下では有効である。一般に断面修復工法と併せて行う場合が多い。
断面修復工法 (併用工法：表面被覆工) (併用工法：ひびわれ注入)	うき・剥離・鉄筋露出している場合、腐食した鋼材の防錆処理を行い修復する工法。	鉄筋が腐食している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
浸透性防錆材料防食工法 (併用工法：ひびわれ注入)	コンクリート中に浸透する塩分を撥水させ阻止するため、コンクリート表面に塗布又は含浸させる工法。	表面被覆工法に比べ塩分進入阻止は低い。予防保全効果に対して有効である。
電気防食工法	コンクリート表面に新たに陽極を配置し、この陽極からコンクリート中の鉄筋に向けて微小な電気を流すことで鉄筋の腐食を防ぐ工法。外部電源方式が主流であるが、近年流電陽極方式も出てきている。	広範囲の塩害や内在塩分量が多い場合に用いられる。初期コストがかかるため、LCC を含めた比較検討より判断する。定期的な維持管理が必要である。
脱塩工法	塩分を含有するコンクリート中の内部鉄筋を陰極とし、コンクリート表面に陽極となる仮設外部電極を取り付け、直流電流を流すことによって、塩素イオンが仮設外部電極側に拡散泳動し、仮設外部電極に取り込まれる工法。	広範囲の塩害や内在塩分量が多い場合に用いられる。初期コストがかかるため、LCC を含めた比較検討より判断する。単独で行うのではなく、表面被覆との併用が一般的である。

4) 塩害に対する補修工法の選定



進展期：鋼材位置での塩化物イオン濃度がやや増加し、腐食ひびわれに至る段階。

加速期：腐食ひびわれが多数発生し、部分的な剥離、剥落が見られる段階。

劣化期：劣化が著しく進行し、安全性が低下している段階。

図 2.5.10 塩害に対する補修工法フロー



写真 2.5.4 塩害による損傷事例

3. ASR に対する補修工法選定

- 1) アルカリ骨材反応とは、コンクリートに含まれるアルカリ性の水溶液が骨材（粗骨材や細骨材）の特定成分と反応し、異常膨張やそれに伴うひびわれなどを引き起こす現象である。
アルカリ骨材反応には、アルカリシリカ反応（ASR）とアルカリ炭酸塩反応の2種類に分類され、日本で最も多く発生しているのはASRである。現在ではASRに対する抑制対策基準により問題とならない状況となっているが、1970・1980年代に施工された反応性骨材を含んでいる構造物は、反応し易い条件が揃えば損傷が生じている。
- 2) ASRにより今後膨張が認められる場合は、残存膨張試験（JCI法）の結果「伸び率が0.2%」を判定境界基準とし、0.2%以上を膨張性あり、0.2%未満を膨張性なしとする。
- 3) ASRの補修方法は表2.5.13の中から補修工法を選定する。なお、補修工法は一つのみでなく併用する場合も多く、選定に当たっては損傷原因を理解して決定するものとする。

《注意事項》

塩害対策工法同様にASRも経済性等を考えれば、当面の対策工法として表面被覆工にて水分の浸入を極力絶つこととして、上面の橋面防水工はもとより地覆部（内側側面も含む）からの浸入経路を絶つことを検討する。特に、断面修復などで修復した地覆部などのコンクリート面における予防保全的な取り組みとしての「表面被覆工」は有効である。よって、積極的に検討されたい。

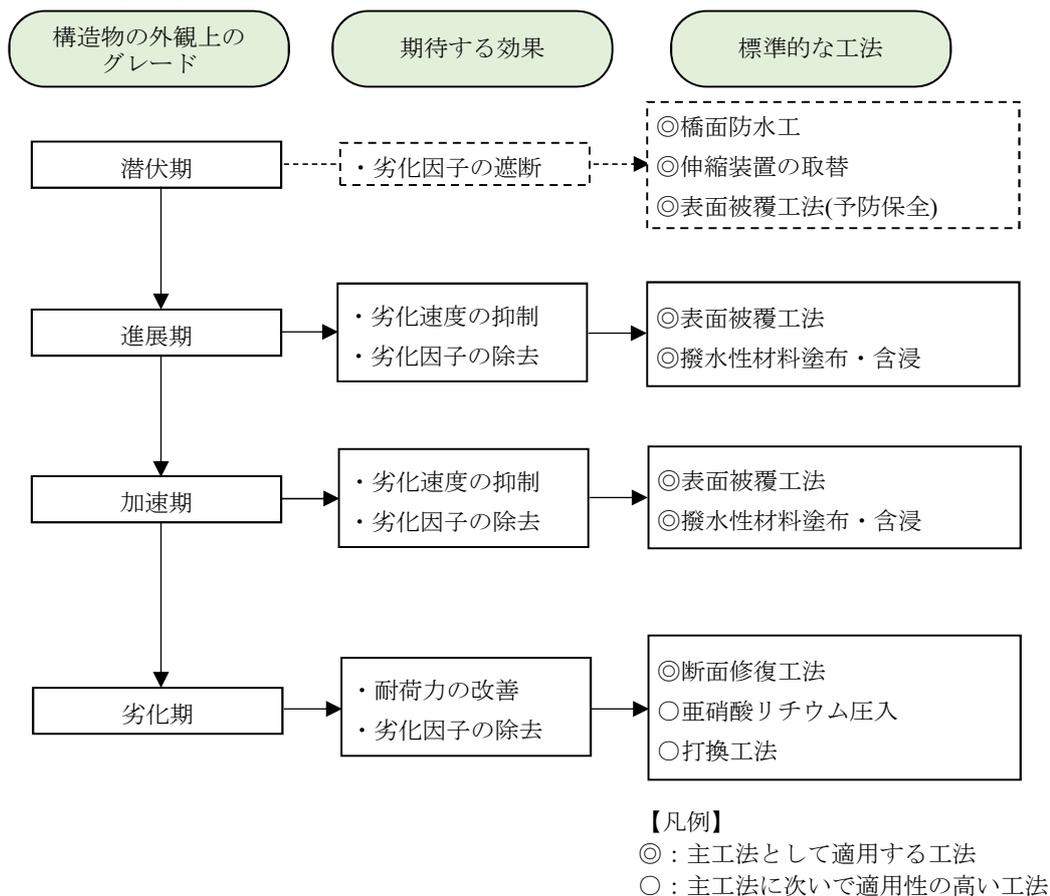
なお、コンクリート表面を覆い隠す工法の採用には慎重さが求められる。

また、表2.5.13では亜硝酸リチウム圧入も記載しているが、対策には膨大な費用を要することから、損傷の規模、過去の補修の経緯、LCCを検討して工法を選定するものとする。

表 2.5.13 ASR 対策工法

対策工法	内容	適用状況
表面被覆工法 (併用工法：ひびわれ注入)	コンクリート中に浸透する水分や塩分を阻止するため、コンクリート表面の被覆を行う工法。	残存膨張量がある場合に採用する工法。併用工法としてひびわれ注入がある。 被覆材料や注入材料は膨張に対して追従性のある材料を選定する必要がある。
断面修復工法 (併用工法：表面被覆工) (併用工法：ひびわれ注入)	鉄筋が腐食して錆汁が出ている場合は、かぶりコンクリートを除去し修復する工法。腐食した鋼材の防錆処理も併せて行う。鉄筋破断している場合もあり注意を要する。	鉄筋が腐食している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
撥水性材料の塗布や含侵 (併用工法：ひびわれ注入)	コンクリート中に浸透する水分や塩分を撥水させ阻止するため、コンクリート表面に塗布又は含侵させる工法。	残存膨張量がある場合に採用する工法。併用工法としてひびわれ注入がある。
その他 橋面防水工 伸縮継手の取替え	コンクリート中に浸透する水分や塩分を阻止するため、橋面防水工や漏水防止の伸縮継手の取替えを行う工法。	コンクリート面そのものではなく、供給源となる箇所を補修する。
亜硝酸リチウム圧入	亜硝酸リチウムをコンクリートに高圧で注入する事で、アルカリシリカゲルが非膨張性の物質へと変化し、ASR膨張が抑制される工法。	上記、水分や塩分を阻止する工法に対して、根本的な改善が可能な工法であるが、初期コストがかかるため、LCCを含めた比較検討より判断する。

4) ASR に対する補修工法の選定



進展期：ひびわれが発生しており、膨張速度が大きくなる段階。
 加速期：膨張速度は収まりつつあるが、白色のゲル状物質が析出する段階。
 劣化期：劣化が著しく進行し、安全性が低下している段階。

図 2.5.11 ASR に対する補修工法フロー

ASR によるひびわれの特徴には次のものがある。

- i) コンクリート表面の網目状のひびわれ
(鉄筋量が少なく、周囲からの拘束を受けない壁状の構造物(橋台や擁壁など)に見られる)
- ii) 主鉄筋やPC鋼材の方向に沿ったひびわれ
(鉄筋量が多い部材や、PC部材などに見られる)
- iii) 微細なひび割れに白色のゲル状物質が析出



写真 2.5.5 ASR による損傷事例

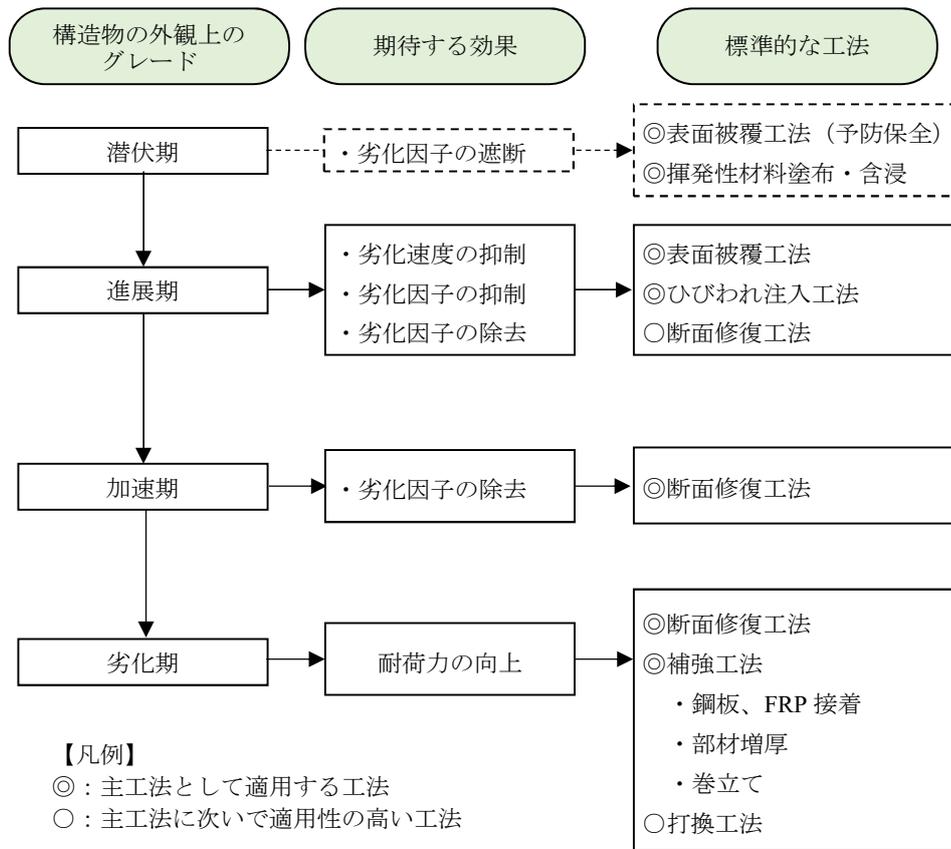
4. 凍害に対する補修工法選定

- 1) 凍害とは、コンクリート中の自由水や吸水率が大きい骨材の水分が、凍結融解作用を繰り返して受けることによって、ひびわれが生じたり、表層部が隔離したりして、表層の近い部分から破壊し、次第に劣化していく現象である。
凍害を受けたコンクリート構造物は、表面にスケーリング、微細ひびわれ、ポップアウト等が発生する。
- 2) 凍害の補修方法は表 2.5.14 の中から補修工法を選定する。なお、補修工法は一つのみでなく併用する場合も多く、選定に当たっては損傷原因を理解して決定するものとする。

表 2.5.14 凍害対策工法

対策工法	内容	適用状況
表面被覆工法	コンクリート中に浸透する水分を阻止するため、コンクリート表面の被覆を行う工法。	凍害が発生しそうな場所に事前に用いる工法。
撥水性材料の塗布や含侵	コンクリート中に浸透する水分を撥水させ阻止するため、コンクリート表面に塗布又は含侵させる工法。	凍害が発生しそうな場所に事前に用いる工法。
断面修復工法 (併用工法：表面被覆工) (併用工法：ひびわれ注入)	表層に近い破壊した部分を除去し修復する工法。鋼材の腐食があれば防錆処理も併せて行う。	表層が破壊している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
打換え工法	破壊した部分を除去し打換えする工法。鋼材の腐食があれば防錆処理も併せて行う。	広範囲に破壊している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
その他 FRP・鋼板接着 巻立て	表面被覆工法と同じであるが、耐久性に優れている。	実績は殆どない。

3) 凍害に対する補修工法の選定



進展期：凍害深さが大きくなり鉄筋腐食が始まる段階。

加速期：スケーリング、ポップアウトだけでなく、鉄筋腐食に伴うひびわれ、うきが発生する段階。

劣化期：鉄筋の腐食に伴う断面積の減少により、部材の耐荷力の低下が懸念される段階。

図 2.5.12 凍害に対する補修工法フロー



写真 2.5.6 凍害による損傷事例

5. 化学的侵食に対する補修工法選定

1) 化学的侵食とは、侵食性物質とコンクリートとの接触によるコンクリートの溶解・劣化や、コンクリートに侵入した侵食性物質がセメント組成物質や鋼材と反応し、体積膨張によるひびわれやかぶりの剥離などを引き起こす現象である。

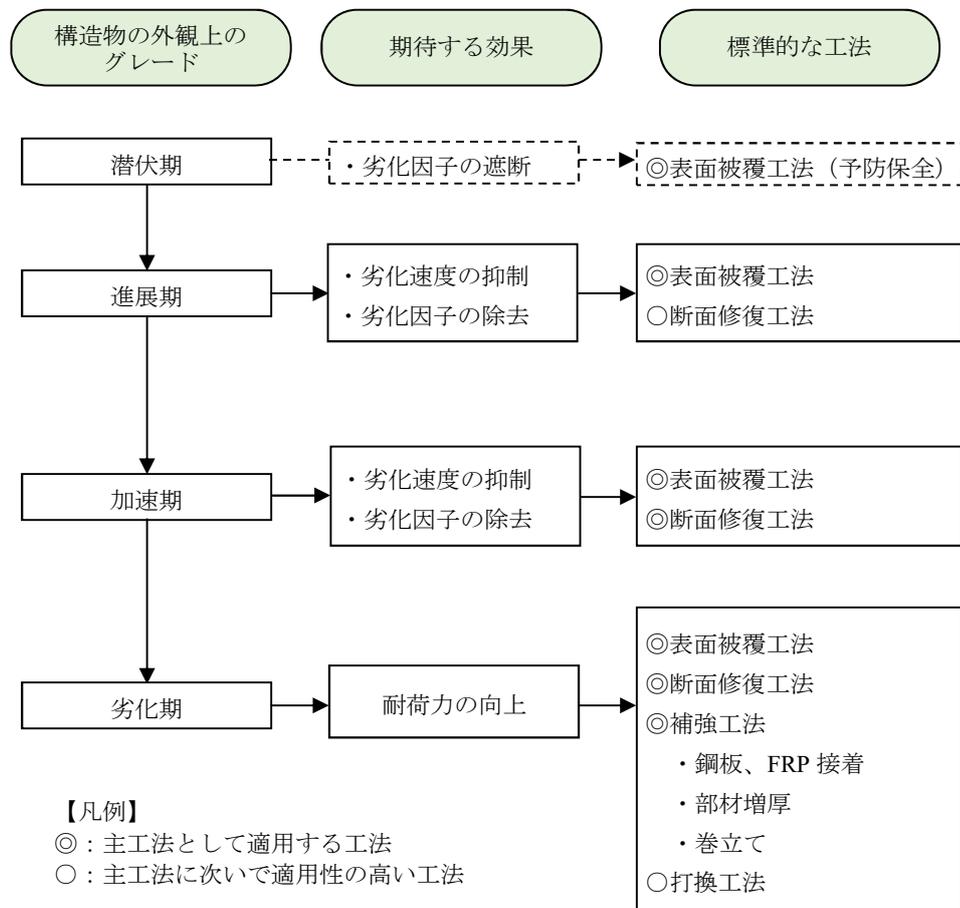
化学的侵食が考えられる場所としては、温泉地帯に構築したコンクリート構造物等であり、温泉水、硫化水素、熱等によって侵食される。

2) 化学的侵食の補修方法は表 2.5.15 の中から補修工法を選定する。なお、補修工法は一つのみでなく併用する場合も多く、選定に当たっては損傷原因を理解して決定するものとする。

表 2.5.15 化学的侵食対策工法

対策工法	内容	適用状況
表面被覆工法	コンクリート表面と侵食性物質の接触を阻止するため、コンクリート表面の被覆を行う工法。	化学的侵食が発生しそうな場所に事前に用いる工法。
断面修復工法 (併用工法：表面被覆工) (併用工法：ひびわれ注入)	侵食した部分を除去し修復する工法。鋼材の腐食があれば防錆処理も併せて行う。	侵食している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
打換え工法	侵食した部分を除去し打換えする工法。鋼材の腐食があれば防錆処理も併せて行う。	広範囲に侵食している場合に採用する工法。併用工法として表面被覆工とひびわれ注入がある。
その他 PP シート	表面被覆工法と同じであるが、耐久性に優れている。	温泉地帯で採用した例がある。

3) 化学的浸食に対する補修工法の選定



進展期：腐食深さ 1～3cm 程度の劣化段階。

加速期：粗骨材剥落までの劣化段階。

劣化期：劣化が進行し、耐荷力の低下が懸念される段階。

図 2.5.13 化学的浸食に対する補修工法フロー

2.5.10 基礎の変状に対する補修

下部工の基礎の変状は基礎の種別や地盤条件、環境条件により異なり、それぞれに対応した補修工法の検討が必要である。

【解説】

河川内に設置されている橋梁基礎は、水の流れに対して柱等が阻害して水流が乱れ洗掘し易い環境下にある。特に洪水時は注意が必要であり、古い橋ほど基礎の根入れが浅い場合が多く不安定となりやすい。よって、洪水後は河川内橋脚や両端の橋台について、傾斜、沈下の緊急点検を実施する必要がある。

下部工が不安定とならないための洗掘防止補修は、常時水位がある中での工事であり、仮設費の占める割合が大きくなる。そこで、仮設も含めた洗掘防止を数案比較して、経済性や施工性、更には施工工期（非出水期施工が基本であり工事期間が限定される）も含めた総合的な工法を選定するものとする。

ここでは、基礎洗掘防止工の種類を以下に示し、その工法概要を表 2.5.16 に示す。また、小規模な洗掘対策工も参考に示す。

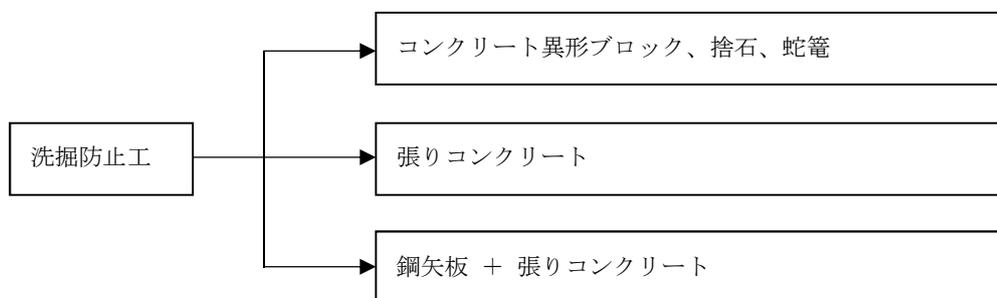


図 2.5.14 基礎洗掘防止工の種類

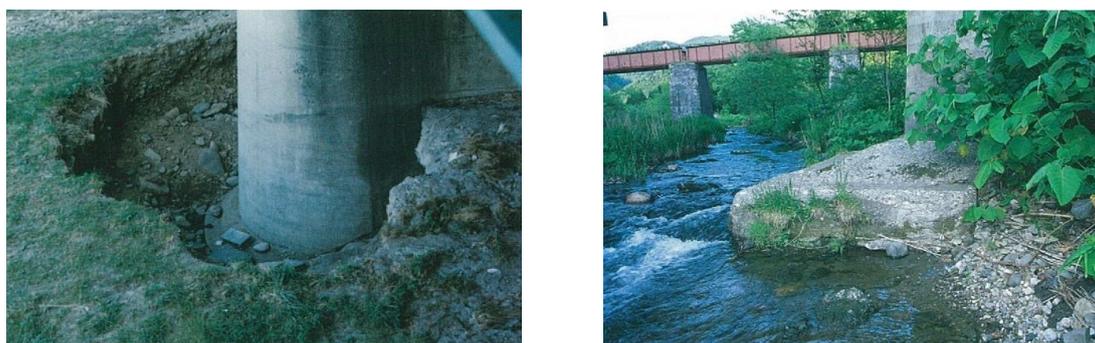
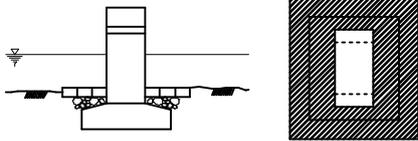
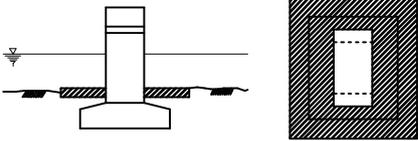
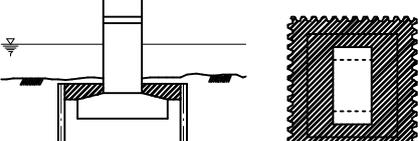


写真 2.5.7 橋脚基礎洗掘の事例

表 2.5.16 洗掘対策工法の概要

対策工法	工法と略図	概要
橋脚洗掘防止工 (島方式)	<p>Co 異形ブロック、捨て石、蛇籠</p> 	<p>橋脚の周りに、コンクリート異形ブロック、捨て石、蛇籠等を設置し、河床を被覆し橋脚周りの洗掘を防止する。層積みと乱積みがあり、河床変動に対して追従性がある。</p> <p>形状寸法は、過去の実積、模型実験、試験施工等で決定する。</p>
	<p>張りコンクリート</p> 	<p>橋脚の周りをコンクリート（現場打設）により被覆し橋脚周りの洗掘を防止する。</p> <p>河床変動に対して追従性が小さい。</p> <p>張りコンクリートの洗掘に対し洗掘防止鋼矢板等の対策が必要。</p>
	<p>鋼矢板補強+張りコンクリート</p> 	<p>鋼矢板で橋脚の周りを締め切り天端に張りコンクリートを打設し橋脚周りの洗掘を防止する。</p> <p>剛性が大きく、洗掘が進んだ場合は露出する、河床変動に対する追従性はない。</p>

橋台や橋脚の小規模な洗掘対策工は以下を参考としてよい。

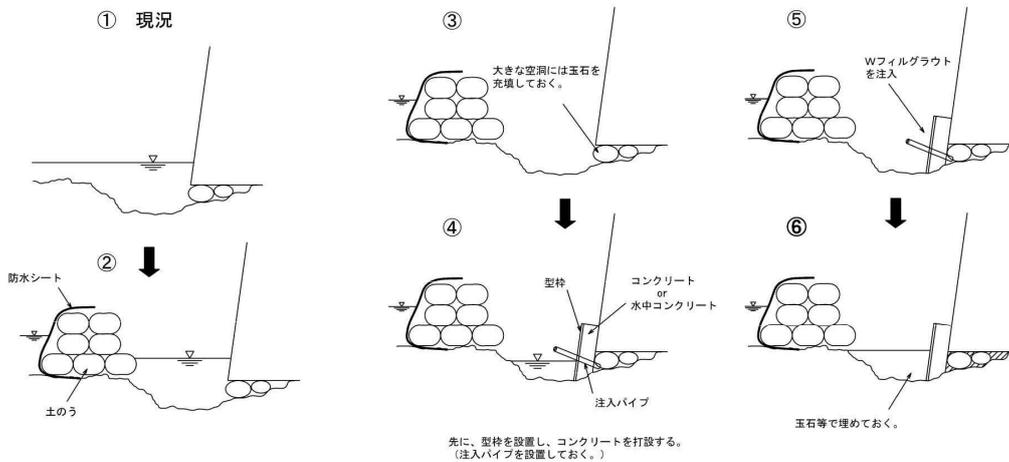


図 2.5.15 小規模な洗掘対策工

2.6 上下部接合部、付属物の補修

2.6.1 一般

支承、伸縮装置（以下、「上下部接合部」という）、排水装置、防護柵（以下、「付属物」という）と舗装打換えについて、点検・調査等により確認された損傷に対する補修に適用する。

【解説】

上下部接合部と付属物、舗装打換えの補修に適用するものとする。

2.6.2 各種補修工法

上下部接合部、付属物において、各項目に応じた対策工法の選定方法を示す。

- (1) 「支承」は、腐食、機能障害、沈下・移動・傾斜等に応じて対策工を選定する。特に腐食や機能障害の原因は、伸縮装置からの漏水や土砂堆積であり、その場合は伸縮装置も同時に補修することを基本とする。
- (2) 「伸縮装置」は、走行性、遊間の異常、漏水、機能障害等に応じて対策工を選定する。遊間の異常、ズレ等は基礎の洗掘や側方流動が原因で発生している場合もあり、補修にあたっては事前に損傷原因を明確にする必要がある。
- (3) 「排水装置」は、劣化に応じた対策工を選定する。
- (4) 「防護柵」は、現行基準、劣化及び損傷等に応じた対策工を選定する。
- (5) 「その他共通事項」は、劣化及び損傷等に応じた対策工を選定する。

【解説】

- (1) 支承は、鋼製支承とゴム支承に大別され、これまでの定期点検から判断すると、鋼製支承の劣化及び損傷が殆どである。したがって、補修対策工については、鋼製支承について示すものとする。

劣化や損傷としては、支承本体の腐食、支承移動の阻害（ローラーの脱落含む）、沓座モルタルや台座コンクリートの破損に伴う支承の沈下・移動・傾斜、アンカーボルトの変形やボルトゆるみ等がある。

腐食の対策工は、再塗装を基本とする。塗装仕様については「2.4.2 腐食の対策工法」を参照のこと。ただし、支承に特化した溶射等の補修工法が新技術・新工法で紹介されており、これらも加え比較検討し決定するものとする。

図 2.6.1 に 一般的な支承タイプを、図 2.6.2 に支承劣化状況の例を示す。

また、支承の腐食はほとんどが伸縮装置からの漏水や土砂堆積が主原因であるため、伸縮装置の補修も同時に実施するものとする。

補修レベルでは支承機能が回復しない場合は、支承そのものを取替することとなるが、その代表的な支承取替フローを図 2.6.3 に示す。

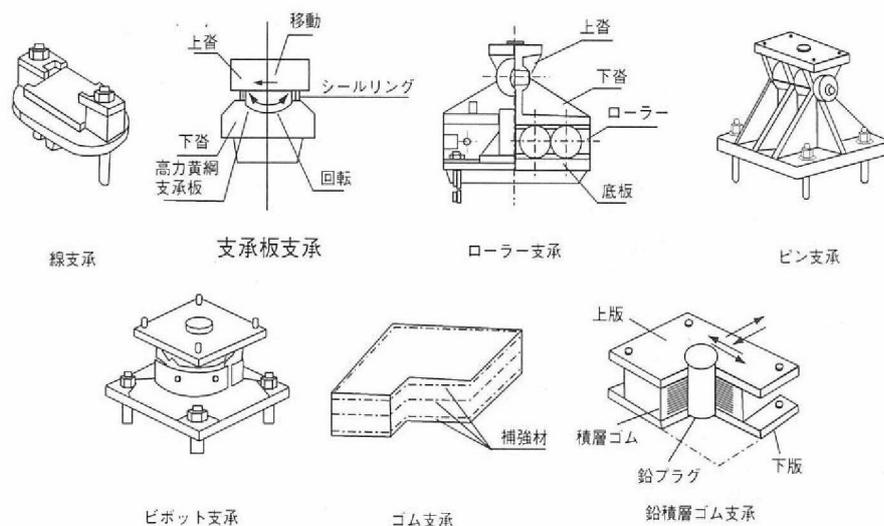


図 2.6.1 一般的な支承のタイプ

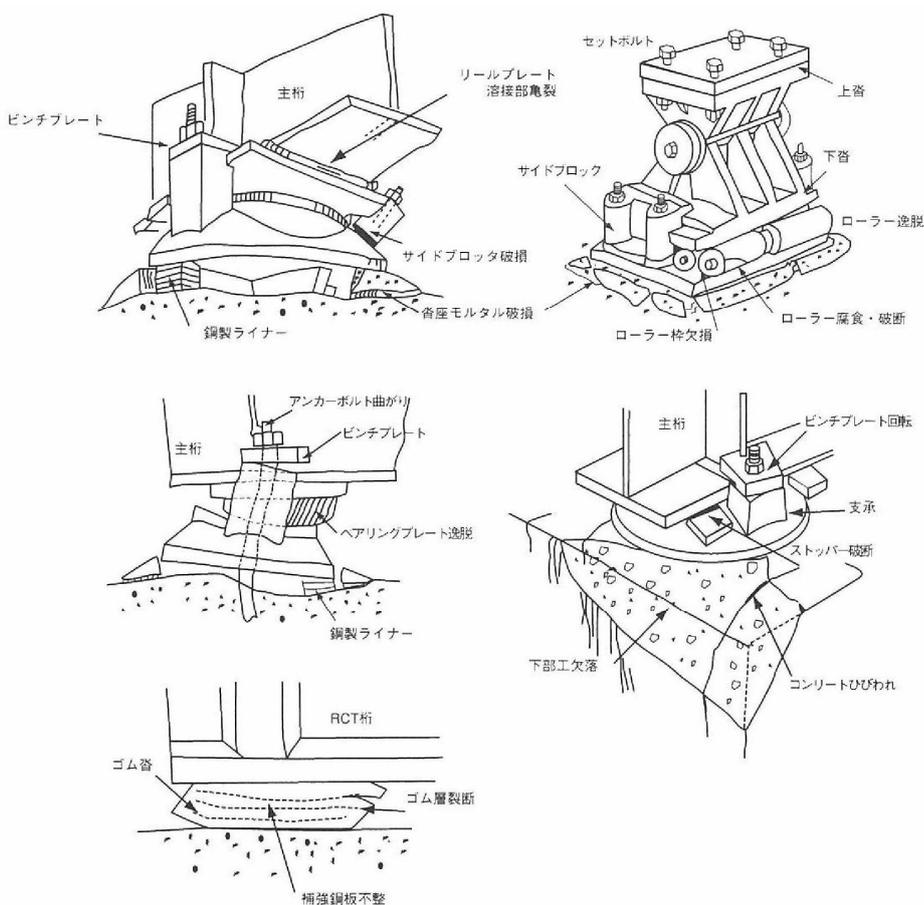


図 2.6.2 支承劣化状況の例

(2) 伸縮装置は、鋼製タイプ、ゴム製タイプ、埋設タイプに大別され、伸び縮み、タイヤからの荷重や衝撃を直接受けるため、全てのタイプに損傷が見受けられる。したがって、補修対策工については各々のタイプについて比較検討し決定するものとするが、埋設ジョイントの条件に合う場合（伸縮量、遊間量、周辺に住宅有等）は埋設ジョイントとする。

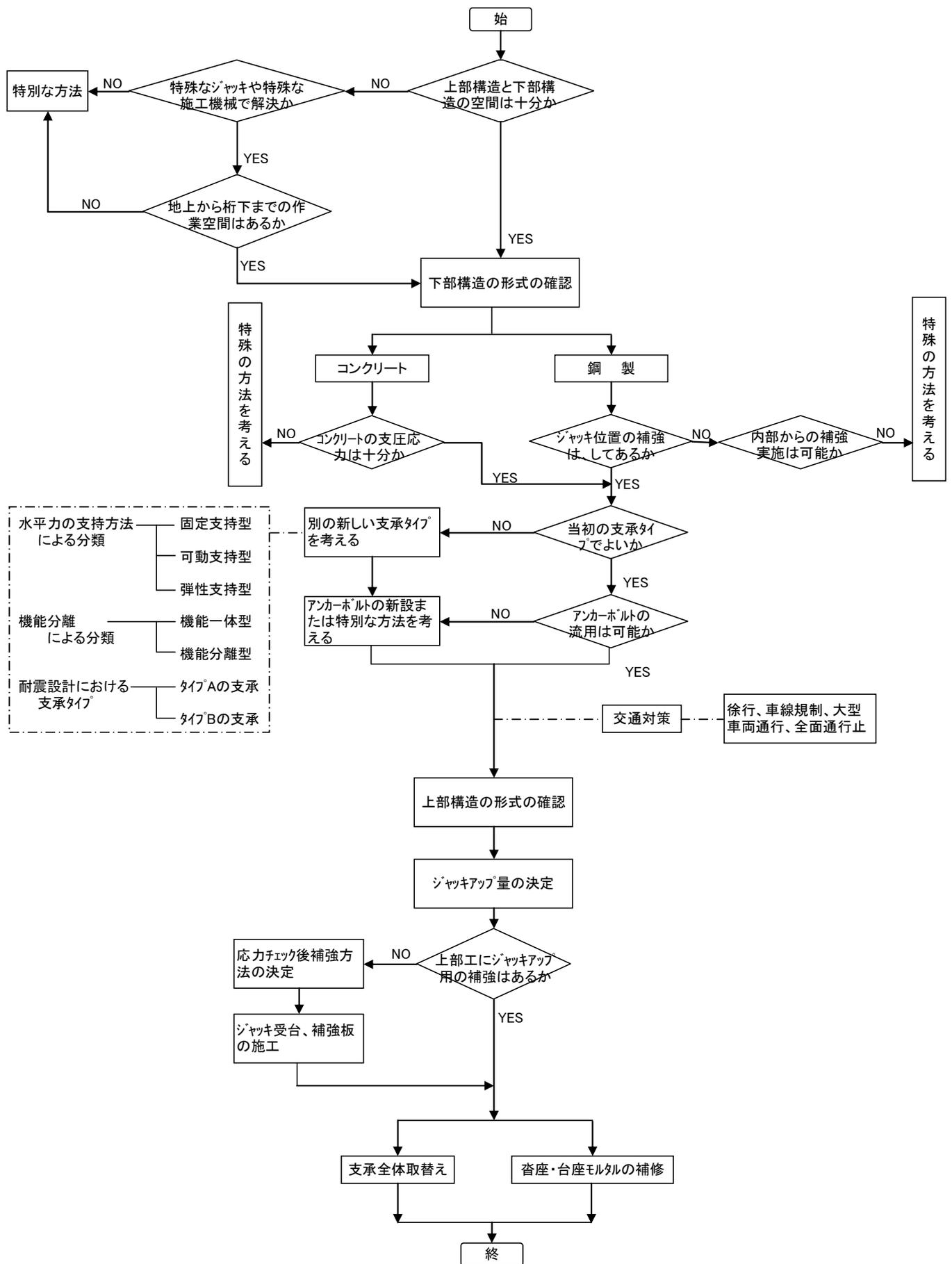
伸縮装置においては、これまで「非排水性」といった機能が求められることなく数多くの橋梁に設置されてきたが、「橋梁の長寿命化」の視点から既設橋梁を見ると、上部工と下部工の接点となる重要な支承周りで、伸縮装置からの漏水を原因として劣化が進むなど、非排水化への取組が重要とされている。

既存橋梁の長寿命化を図るため、損傷の有無にかかわらず、「伸縮装置の非排水化」を進めることとする。

段差や櫛部の破損を発見した場合は、車両走行上危険となるため、応急処置を実施すること。

遊間の異常、ズレ等が生じている場合は伸縮装置そのものではなく、基礎の洗掘や付近全体の側方移動等で発生している場合があり、原因を明確にして補修するものとする。

伸縮装置の補修の流れは図 2.6.4 に示す。



道路橋支承便覧 平成 16 年 4 月 (公社) 日本道路協会 のフローチャートを参考に作成
 図 2.6.3 支承取替フロー

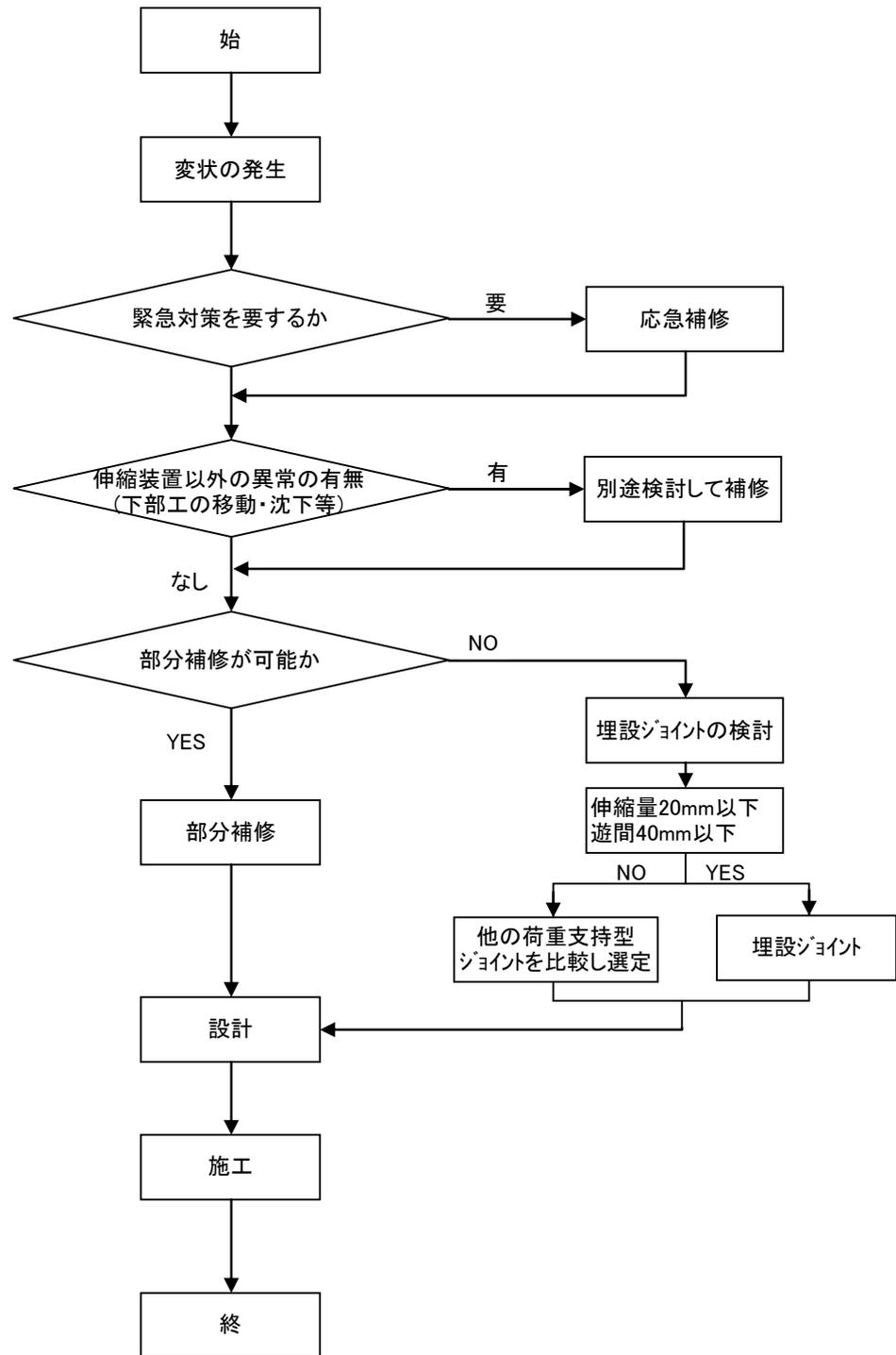


図 2.6.4 伸縮装置の補修

(3)排水装置は、柵（鋳鉄製）、排水管（鋼管又はVP管）、支持金具（鋼製）からなり、損傷は主に支持金具の腐食による排水管の脱落及び排水管の腐食が多い。したがって、補修については支持金具と排水管について標準的な対策を図 2.6.5 に示す。

支持金具と排水管の腐食対策は、一般的に再塗装又は部材の取替であり、上部工が鋼部材であれば再塗装時に併せて支持金具も再塗装を行うこととする。ただし、薄い鋼板であるため腐食で減肉している場合は交換とする。

上部工がコンクリート部材であれば他の補修工事に併せて基本的に取り替えるものとする。柵（鋳鉄製）の劣化や損傷は殆どないが、土砂詰りによって腐食が進行するため、積極的に維持工事において取り除くものとする。また、蓋の腐食や格子の破損等が見受けられるが、同様の製品に取り替えるものとする。

建設年度が古い渡河橋等は、集水柵から直接河川に流す方法（垂れ流し）としている場合が多いが、近年、河川管理者から改善するよう指摘を受ける場合がある。よって、既設が垂れ流しの場合、基本的に可能な範囲で橋台まで横引きにて導き、対応することに心掛けるものとする。

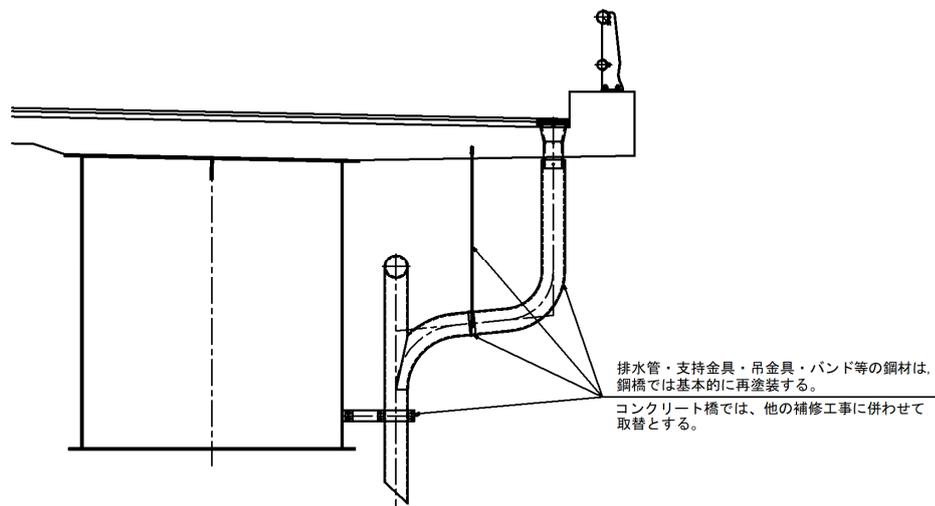


図 2.6.5 支持金具と排水管の補修例

(4)防護柵は、広範囲な劣化や損傷（腐食や変形等）や局所的な大きな変形等がある場合取替えるものとする。その際、現行基準に対して強度、高さ、ブロックアウト等の条件を満足しない場合は、交通量や道路線形、交通事故の実態、歩行者や自転車通行等の状況などから総合的な危険性を把握して、取替え有無について判断する。

防護柵の取替えにあたり建築限界幅 25cm を確保出来ない場合には、必要な地覆幅を確保できるように地覆の増厚を行うこと。

防護柵を取り替える場合、種々の材質から選定することとなるが、補修間隔を踏まえた経済性比較を実施し決定するものとする。例えば、飛来塩を受ける塩害地域に位置し、鋼管や鋳鉄材料に対して LCC から防食性の高いアルミを使用する選択肢も考えられる。

剛性防護柵（コンクリート壁高欄）の補修については、「2.5 コンクリート構造物の補修」を参照のこと。

(5)その他共通事項としては、「舗装」と「橋面防水」があり、補修の特質を十分理解したうえで効率的に実施するものとする。

1) 舗装

一般的なアスファルト舗装の補修工法としては、パッチング、段差すり付け、表面処理、表層・基層の打換え工法が用いられる（表 2.6.1）。留意事項としては、水の影響によって破損が進行しやすいので、ひび割れ等は早期にシールすることが望ましいため、毎年の橋梁維持工事等で、小まめに対応するものとする。（道路パトロール時に舗装クラックの有無についてチェックする必要がある。）

また、舗装のやり直しにあたり基層まで撤去する場合などは、床版を傷めない施工方法の採用が重要である。特に鋼床版の場合には高力ボルトなどの破損を防ぐため、上部を切削した後、残りの層を、ハンドブレイカーやウォータージェットなどで除去するとよい。鋼床版上面が発錆している場合には、舗装と床版の接着性が損なわれるだけでなく、ブリスタリングの発生原因ともなるので、発錆の程度に応じたより経済的な表面処理を施すものとする。処理方法としては、ディスクサンダーやワイヤーホイール等の人力の併用でケレンを行うか、ブラスト処理を行い、その後表面状況に応じて防錆処理材を併用する。

表 2.6.1 アスファルト舗装の補修工法の種類

工法	概要
パッチング及び 段差すり付け工法	<ul style="list-style-type: none"> ・ポットホール、くぼみ、段差などを応急的に充填する工法 ・使用する舗装材料には、加熱アスファルト混合物、瀝青材料や樹脂結合材料系のバインダーを用いた常温混合物などがある。
表面処理工法	<ul style="list-style-type: none"> ・予防的維持工法として用いられることもあり、下記のような工法が含まれる。 ①チップシール 表面に散布した瀝青材料の上に、砂や碎石を被覆付着させる工法で、一層で施工する場合はシールコート、二層で施工する場合はアーマールコートと呼ばれる。 ②スラリーシール スラリー状のアスファルト乳剤混合物を薄く敷きならす工法。 ③マイクロサーフェッシング 急硬性改質アスファルト乳剤を用いたスラリーシール。 ④樹脂系表面処理 表面に散布または塗布した樹脂系材料の上に、硬質骨材を散布・固着させる工法。
表層・基層打換え工法	<ul style="list-style-type: none"> ・線状に発生したひび割れに沿って、既設舗装を表層または基層まで打換える工法。 ・切削により既設アスファルト混合物層を撤去する工法を、特に切削オーバーレイ工法と呼ぶ。

現行基準による橋面舗装はアスファルト舗装厚 80mm の基層、表層それぞれ 40mm の 2 層仕上げが基本であるが、既設橋においては舗装厚が薄い場合があり打換え時における処理方法例について表 2.6.2 に示す。なお、使用材料は「舗装の維持修繕マニュアル H27 年 3 月 茨城県土木部」による。

表 2.6.2 アスファルト舗装の打換え処理方法例

既設舗装厚	打換え処理				
	仕上げ	基層		表層	
70mm の場合	2 層	40mm	ポリマー改質アスファルト Ⅲ型-W 混合物	30mm	ポリマー改質アスファルト Ⅲ型-W 混合物
60mm の場合	2 層	30mm	同上	30mm	同上
50mm の場合	1 層	—		50mm	同上
40mm の場合	1 層	—		40mm	同上

※橋長が短くまた幅員が狭く規模の小さい橋梁や施工規模が少ない補修工事の場合は、ポリマー改質アスファルトⅢ型-W が採用出来ない場合があるため、その限りではない。
 ※上部工が鋼床版の場合は、以下を標準とする。

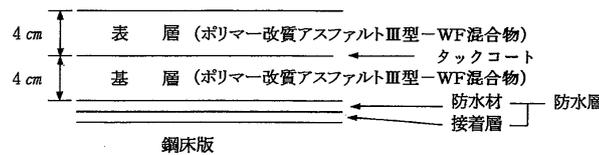
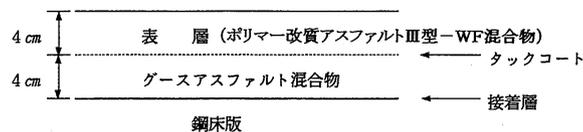


図 2.6.6 鋼床版の標準的な舗装構成



舗装の維持修繕マニュアル H27 年 3 月 茨城県土木部 より

図 2.6.7 鋼床版の標準的な舗装構成（グースアスファルト混合物を使用した場合）

なお、厚さによって使用するアスファルト混合物の最大粒径を設定する必要があるが、今回、施工性や出来映えもよく、キメ細かで水の侵入抑止も高い 13mm を利用することが望ましい。

2) 橋面防水

橋面防水については伸縮装置と同様に、これまでは床版上面での「防水性」といった機能が求められることなく数多くの橋梁で橋面防水が設置されずにきたが、「橋梁の長寿命化」の視点から既設橋梁を見ると、橋面から浸入した水を原因として各種劣化や損傷が判明するなど、橋面での非排水化への取組が重要とされている。

既存橋梁の長寿命化を図るため、舗装面の損傷があり舗装打換えを行う場合には、「橋面防水層の設置」を行うことを基本とする。同時に、舗装の基層に導水パイプや水抜き孔などを設け、防水層に溜水した水を床版下面に排水するものとする。

従来はシート系防水を車道部の標準工法としていたが、下地床版の凹凸に追従することが困難な場合があるため、図 2.6.8 に示すように塗膜系防水の採用を基本とする。ただし、シート系防水層であっても凹凸への追従性が良いものやその他新技術については、施工条件等に関わる特段の制約がない場合は、最も経済的な床版防水層を適宜検討すること。ここで、切削後の床版の凹凸が大きい場合には、ポリマーセメントモルタルや部分研削等で凹凸の補修を行ってから床版防水層を施工する。また、地覆部や排水柵周りの止水対策を怠ると防水性が低下するため、特に末端処理材は基層以上立ち上げを行うこと※1。

橋面防水の耐用年数は一般的な環境でも約 20~30 年※2 程度である。長期的に橋面防水や舗装打換えが行われていないと想定される橋梁については、特に床版内の滞水に注視しつつ床版下面の遊離石灰など外観で確認出来る損傷状況を把握したうえで補修対策を検討する必要がある。

※1 道路橋床版防水便覧 平成 19 年 3 月 (公社) 日本道路協会 より

※2 技術短信 No10 鋼橋のライフサイクルコスト (公社) 日本橋梁建設協会 より

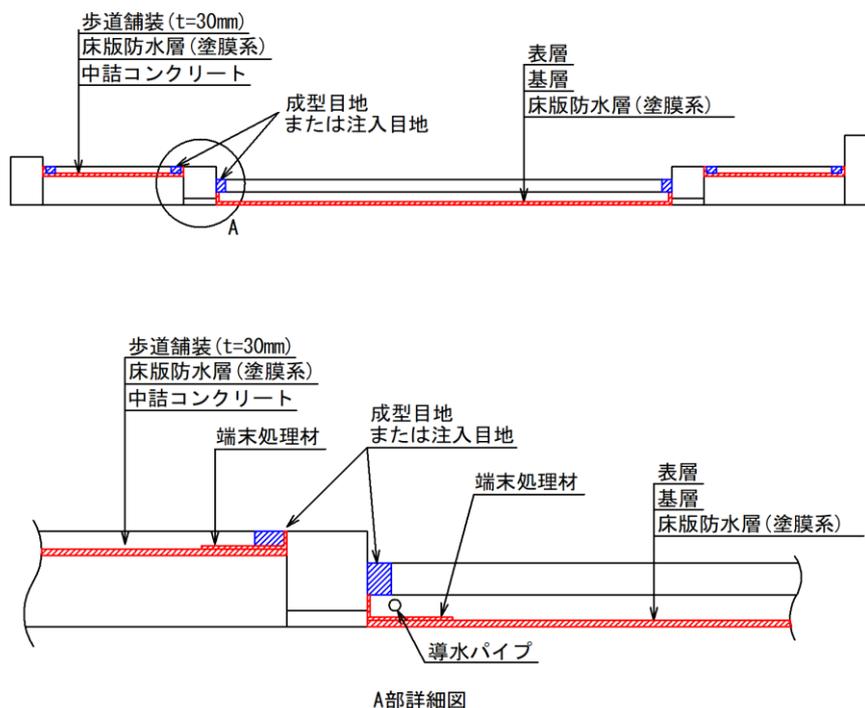


図 2.6.8 床版防水層の設置例

《参考》

小規模橋梁等における参考資料：H24 橋梁補修・補強マニュアルにおける再塗装仕様について

1. 再塗装における塗装仕様等は以下を基本とする。

1) 塗装仕様

腐食程度が**重度**な場合：2種ケレン+弱溶剤形フッ素樹脂塗料

〃 **中位**な場合：3種ケレン+弱溶剤形フッ素樹脂塗料

〃 **軽微**な場合：3種ケレン+弱溶剤形フッ素樹脂塗料

2) 2種ケレンについては、基本的に腐食程度が重度な箇所を局部的に行うのではなく、部材ごと又は面ごとに対して行うことを基本とする。(例：添接部全て、下フランジ下面全て等)

3) 3種ケレンの錆の状態による素地調整程度については、下表より選んで当初設計に計上する。また、その判断については次頁に示す写真を参照のこと。ただし、ケレン終了時に現場立ち会いの上、当初と異なる場合は変更で対応する。(出典：鋼道路橋塗装・防食便覧 H17年12月 表-Ⅱ.7.10)

3種ケレンA・B・C区分

素地調整程度	発錆面積 (%)	塗膜異常面積 (%)	作業内容
3種ケレンA	15~30	30以上	活膜は残すが、それ以外の不良部(さび・われ・ふくれ)は除去する
3種ケレンB	5~15	15~30	同上
3種ケレンC	5以下	5~15	同上



3種ケレンC



3種ケレンB



3種ケレンB



3種ケレンA

4) 付属物等では再塗装以外に金属溶射がある。耐用年数も再塗装に比べ長く、環境の厳しい狭窄部(例えば支承等)での実績があるので、LCCを含めた経済比較を行い採用を決定するものとする。ただし、既にある塗装等を確実に除去する必要があり、地金を出すために1種ケレン又は2種ケレンが必要である。

2. 再塗装(部分塗装も含む)を行う場合は、長期的耐久性からケレンを十分に行い汚れや錆を確実に落とすことが重要である。

《注意事項》

防食機能の劣化や錆で再塗装する場合は、確実に活膜が出るまでや除錆までケレンすることにより長期の耐久性が維持できる。悪い例として、ケレンで確実に錆を除去しないと、いくら耐久性のあるふっ素塗装を塗っても、早い時期に残存した錆がまた腐食進行して塗装を内側から押し膨らみ、塗膜割れが生じた後は急速に錆が進展して再塗装サイクルを短くする。

3. 桁中央部が健全であるものの桁端部の腐食が生じている場合は、部分再塗装を行うものとする。また、その他の現場環境により健全な場所と発錆や防食機能の劣化が明確な場所があれば部分塗装を実施するものとする。

4. 2種及び3種ケレンの再塗装要領を次頁に示す。

3種ケレン要領(Rc-Ⅲ)

工程	塗料名	塗装方法	使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ、ローラー	120	25	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	30	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 下塗(2層)	はけ、ローラー	200×2	60×2	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)	(60)	1日～10日
素地調整	3種ケレン	※ () は鋼板露出部のみに適用。			鋼材の露出部の場合は4時間以内
	腐食部 中位・軽微				
	地金				

2種ケレン要領(Rc-Ⅱ)

工程	塗料名	塗装方法	使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ、ローラー	120	25	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	30	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 下塗(2層)	はけ、ローラー	200×2	60×2	1日～10日
下塗	有機ジンクリッチペイント	はけ、ローラー	(240)	75	1日～10日
素地調整	2種ケレン				4時間以内
	腐食部 重度				
	地金				

5. 耐候性鋼材について、鋼部材全体が安定錆で覆われている場合を除き、ウロコ状や層状剥離を生じている部分は、環境が耐候性鋼材に適合しないと判断できるため、詳細調査を実施して、減肉が構造安定性に問題ない場合は1種ケレンを実施し塗装仕様に変更する。構造安定性が確保されていない場合は1種ケレン後当て板補修と塗装仕様に変更する。以下に、1種ケレン再塗装の要領と、次頁にウロコ状や層状剥離を生じている部分の写真を示す。

1種ケレン要領(Rc-I)

工程	塗料名	塗装方法	使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	はけ、ローラー	140	25	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	170	30	
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 下塗(2層)	はけ、ローラー	240×2	60×2	1日～10日
下塗	有機ジンクリッチペイント	はけ、ローラー	600	75	1日～10日
素地調整	1種ケレン (ISO Sa2 1/2)				4時間以内
	腐食部 重度				
	地金				



耐候性鋼材ウロコ状腐食



耐候性鋼材層状剥離

《注意事項》

- 再塗装仕様は、鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠し Rc-I を基本としたいが、1種ケレンが困難な場所が多いため、現段階では Rc-II・III で塗替えるものとする。
- 横断歩道橋の再塗装仕様について、近年、利用者の使用頻度が低い横断歩道橋は付近住民との合意を得て取り外す傾向も伺える。近い将来取り外すことが考えられる場合で再塗装を行う場合には、ランクを下げた Ra-III での塗装仕様でよい。
- 今までは一橋あたりの再塗装を基本としていたが、今後は、比較的健全な部分と腐食が著しい部分が生じている場合(例えば桁端部と桁中央部等)は部分再塗装とし、各々塗替えサイクルを変えた対応とする。但し、シンボリックな橋梁については、別途考慮した対応も可能とする。
- 主部材の特に主桁下フランジなどの部材角(エッジ部)が面取り加工されていない場合、規定塗膜厚を確保できないため早期に発錆が始まる箇所となるケースが多い。このため、補修工事にて面取り加工を実施するなどの工夫を行うことを推奨する。
- 再塗装は一般に吊足場を設けるため、塗装以外の劣化・損傷が生じている場合は併せて行うことが望ましい。また、再塗装中に重大な損傷(例えば亀裂)を見つけた場合は、発注者にその状況を説明し、足場があるうちに補修工事を行うものとする。

第3編 耐荷補強

3.1 基本方針

3.1.1 耐荷補強の基本方針

- (1) 耐荷補強は、H24 道示 I 共通編に規定する B 活荷重に対して行うものとするが、部材に変状が生じていない限り行わない。
- (2) 上記(1)の耐荷補強の照査は、「既設橋梁の耐荷力照査実施要領（案）」平成8年3月 財団法人道路保全技術センター（以下耐荷力照査要領）に基づいて判断してよい。
- (3) 耐荷補強の主たる対象は、上部工主要部材と橋脚梁部材とする。
- (4) 竣工図書（竣工図、設計計算書等）が存在しない場合は、現地調査や竣工時の基準等による復元設計により、竣工図書類を復元する。

【解説】

- (1) 事務連絡〔令和2年7月20日「橋・高架の道路等の技術基準」の修繕設計時の適用基準としての当面の扱いについて〕（以下 R2 事務連絡）において、補修対策により橋の耐荷性能を向上させる場合の技術基準として、①平成29年道路橋示方書（以下 H29 道示）の適用、または②平成24年道路橋示方書（以下 H24 道示）を適用するものの、耐荷性能以外の性能に関わる措置内容の決定にあたっては、H29 道示に準じた性能が得られるように配慮するとある。耐荷補強の対象橋梁は、H29 道示の構造細目を満足していないほか、既設の構造や初期応力が発生している構造であり、これらの既設部材に対し限界状態をどのように評価するかは、現時点で十分な知見が得られていない。このため、茨城県では②H24 道示を適用することを基本とする。

橋梁は、設計で求められる耐荷力以上に実際の耐荷力を有していることは、これまでの応力頻度測定結果や載荷試験結果から明らかになっているため、むやみに耐荷補強を実施する必要はないものとする。

耐荷補強を計画する橋梁は、平成6年改訂の道路橋示方書 I 共通編以前の基準により設計され、実際に活荷重により変状が発生している橋梁で、照査の結果補強が必要と判断された橋梁が該当する。

- (2) 厳密な検討が必要な場合を除き、実際に作用する車両を踏まえた考え方であることから、耐荷力照査要領に基づいてよいこととする。
- (3) 対象となる部材は、上部工主要部材である主桁と床版と橋脚の梁部材とする（表 3.1.1 参照）。

<補足>

表 3.1.1 に示す 4 つの設計対象部材について、検証して耐力が不足しており損傷している場合は補強を実施する。

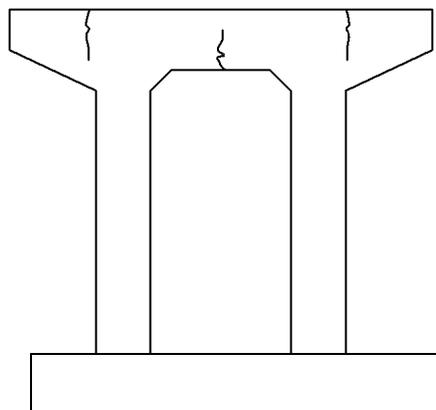
ただし、損傷が生じていない場合はむやみに補強を実施しないものとし、当面、5年に一度の定期点検で損傷の有無を近接目視で確実に点検すると共に、明らかに耐荷力不足の損傷の場合は【耐荷】対策を実施する。

ここで損傷とは、桁と床版では最大曲げモーメント位置でのひび割れ、支承本体では破断

や支承モルタルの損傷、橋脚では図 3.1.1 に示す最大曲げモーメント位置でのひび割れ等を想定している。

表 3.1.1 耐荷対策の設計対象部材と設計項目

設計対象部材	設計項目
I 上部工 (主桁、横桁、縦桁等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げ補強設計 (炭素繊維シート接着工法等) ・ せん断補強設計 (RC増厚工法等)
II 床版	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げ補強設計 (炭素繊維シート接着工法等) ・ 最小床版厚に対する設計 (上面増厚工法等)
III 支承	<ul style="list-style-type: none"> ・ 支承交換設計 (仮設ブラケット設計含む)
IV 橋脚 (梁)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げ補強設計 (炭素繊維シート接着工法等) ・ せん断補強設計 (RC増厚工法等)



橋脚梁部の曲げひび割れ

図 3.1.1 対策を実施する損傷例

耐荷力を向上させる場合の設計の流れを表 3.1.2 に示す。

表 3.1.2 耐荷対策の流れ

項目	内容
1) 設計・施工条件等の整理	設計条件：対策方針、対策項目、材料特性等 施工条件：交通状況、添架物等 河川条件（河積阻害率、HWL、施工可能時期〔非出水期〕）
2) 耐力照査	既設部材の耐力を照査して、H24 道示に対する不足量を把握する。耐力の不足は、対策工法選定のための基礎資料となる。
3) 対策工法の選定	耐力不足量、施工条件を踏まえて概略計算を実施した上で、経済性・施工性等を検討して、最適な対策工法を選定する。経済比較では LCC を検討する。
4) 設計計算	補強部材及び補強後の既設部材の耐力を照査すると同時に、構造細目について検討する。
5) 設計図作成	工法の詳細、対策範囲、発注図面を作成する。
6) 数量計算、概算工事費	数量計算、各項種毎の単価及び工事費
7) 施工計画	施工方法、仮設方法、建築限界との関係等を整理する。

(4) 復元設計項目

耐荷補強で必要となる復元設計の主な項目を以下に示す。

- ・ 上部工応力計算（主に桁、床版）
- ・ 橋脚梁応力計算

3.2 現地調査

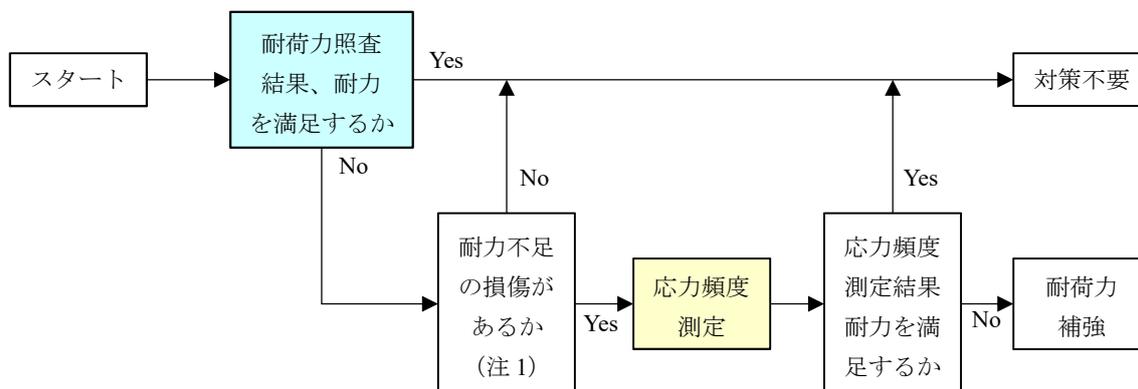
3.2.1 現地調査内容

耐荷照査において、供用状態で部材に発生する応力を測定する必要がある場合は、道路維持課と協議の上「応力頻度測定」を実施する。

【解 説】

【耐荷】対策では、図 3.2.1 に示すフローより判断し調査を実施するものとする。また、応力頻度測定を実施する場合は「既設橋梁の耐荷力照査実施要領（案）」（財団法人 道路保全技術センター）を参照するものとする。なお、実施にあたっては事前に道路維持課と協議を行うものとする。

耐荷対策の調査方法は表 3.2.1 に示す。

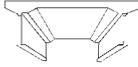
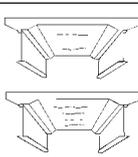
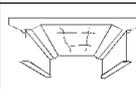
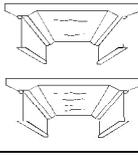
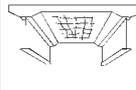
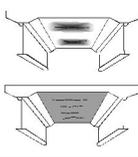
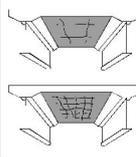
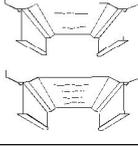
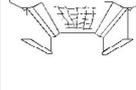
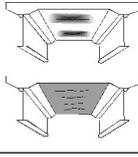
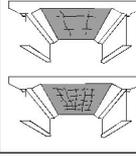


（注 1）一般に、床版の応力ひびわれや、主桁の応力ひびわれを示す（図 3.2.2 参照）。

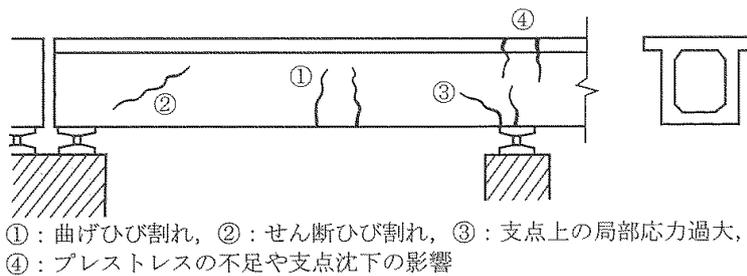
図 3.2.1 耐荷対策における応力頻度測定の選定フロー

表 3.2.1 耐荷性対策の調査項目と調査方法

調査項目	調査方法
耐荷力照査	物流の合理化等への対応に伴い定められた新活荷重（B活荷重）に対し、既設橋梁の補修・補強の必要性の有無を判定する照査法である。具体の照査は、「既設橋梁の耐荷力照査実施要領、（財）道路保全技術センター」を参考に行うものとする。
応力頻度測定	<p>歪みゲージを取り付けて上部工に発生している実応力度を測定することで、耐荷対策の必要性を検討する。</p> <p>【試験目的】 実際に発生している応力度を測定して既設橋梁の耐力を照査する目的で実施する。</p> <p>【試験法】 ヒストグラムによる応力測定</p> <p>【試験箇所数】 主要断面</p> <p>【試験箇所】 最大応力度が発生する位置</p>

状態	1方向ひびわれ			2方向ひびわれ		
	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰
a		損傷なし	なし	—		
b		・ひびわれは主として1方向のみ ・最小ひびわれ間隔は概ね1m以上 ・最大ひびわれ幅は0.05mm以下 (ヘアークラック程度)	なし	—		
c		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.5m程度以上 ・ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在)	なし
d		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.5m～0.2m ・ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし
		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは問わない ・ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	あり
e		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.2m以下 ・ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	なし
		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは問わない ・ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる	あり

床版応力ひびわれ



主桁応力ひびわれ

図 3. 2. 2 図床版および主桁の応力ひびわれ

3.3 耐荷性能の検証

耐荷力照査要領に基づき照査を数段階（Ⅰ、Ⅰ' 及びⅡ）に分け、簡易な方法から判定を行うものとする。

照査の結果、耐荷力が不足と判定され、また耐荷力不足の変状が見られる橋梁については、応力頻度測定を行い実応力から耐荷補強の要否を判定するものとする。

【解説】

耐荷補強の要否判定手法を示したものである。なお、設計荷重による耐荷力照査が許容値を満たさず、実応力度による照査を行う場合には、「応力頻度測定要領（案）平成8年3月（財）道路保全技術センター」に準じるのがよい。

条文の照査要領による対策要否判定の概要を次頁以降に示すが、上部構造主要部材に対する「照査Ⅱ」を実施する場合には、詳細な解析計算を行うこととなる。したがって、竣功図書類の入手又は現橋の詳細調査により、当該橋梁の詳細情報収集が必要となることに留意されたい。

また、橋梁点検時に当該橋梁の耐荷危険性を認識していれば、点検部位及び損傷種別等に関する留意事項を事前に想定することができ、点検における有益な情報となる。したがって、耐荷力照査を実施又は照査結果情報を入手した際には、以後の橋梁点検に反映するものとする。

表 3.3.1 耐荷力照査の概要

段階	断面力 or 応力度	対象断面力（応力度）	調査書類
照査Ⅰ	断面力	活荷重	橋梁台帳
照査Ⅰ'	断面力	活荷重＋死荷重	橋梁台帳
照査Ⅱ	応力度	活荷重＋死荷重	設計図書（竣功図書）

【上部構造主要部材の対策要否判定】

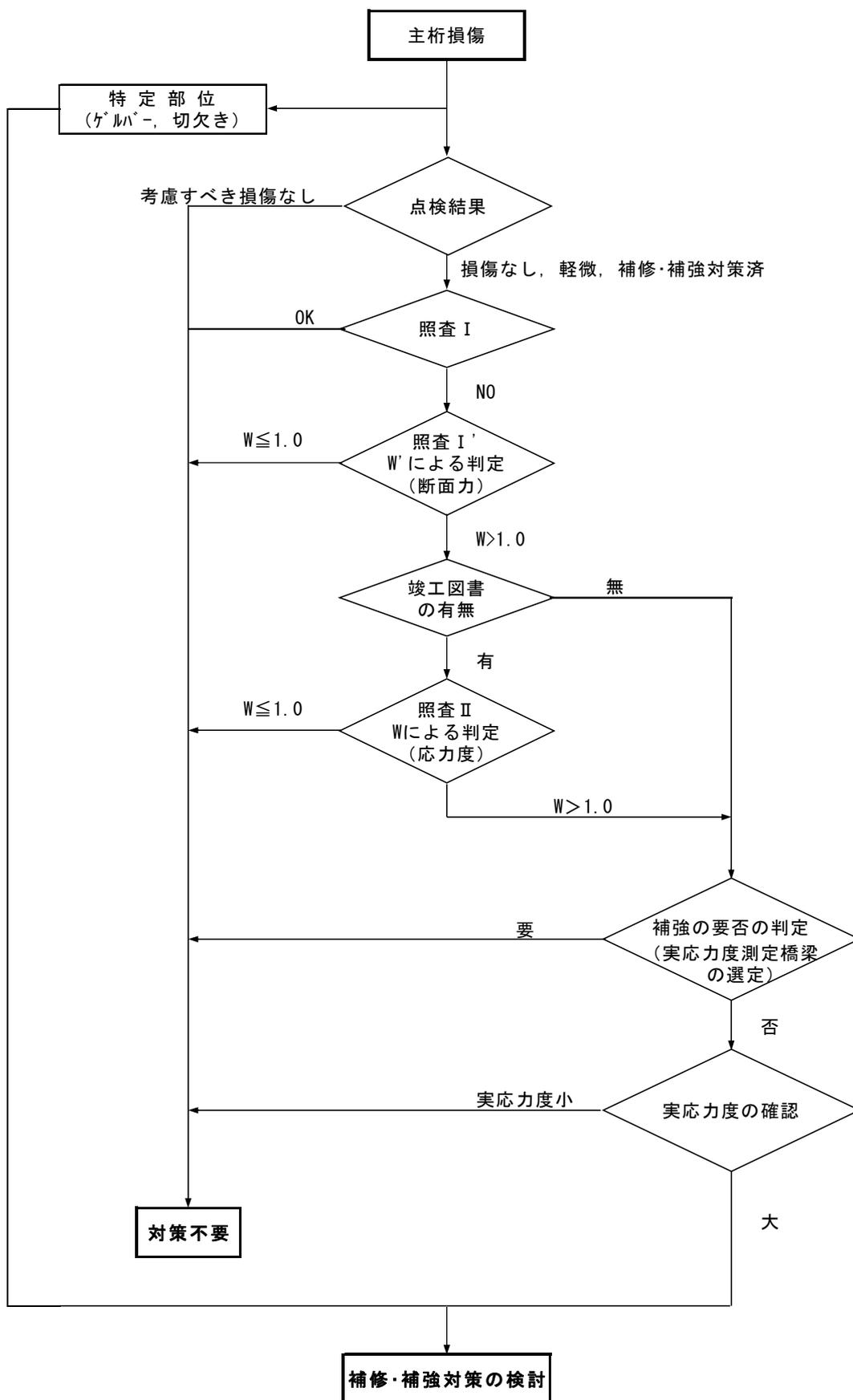


図 3.2.3 主桁の対策要否の判定フロー

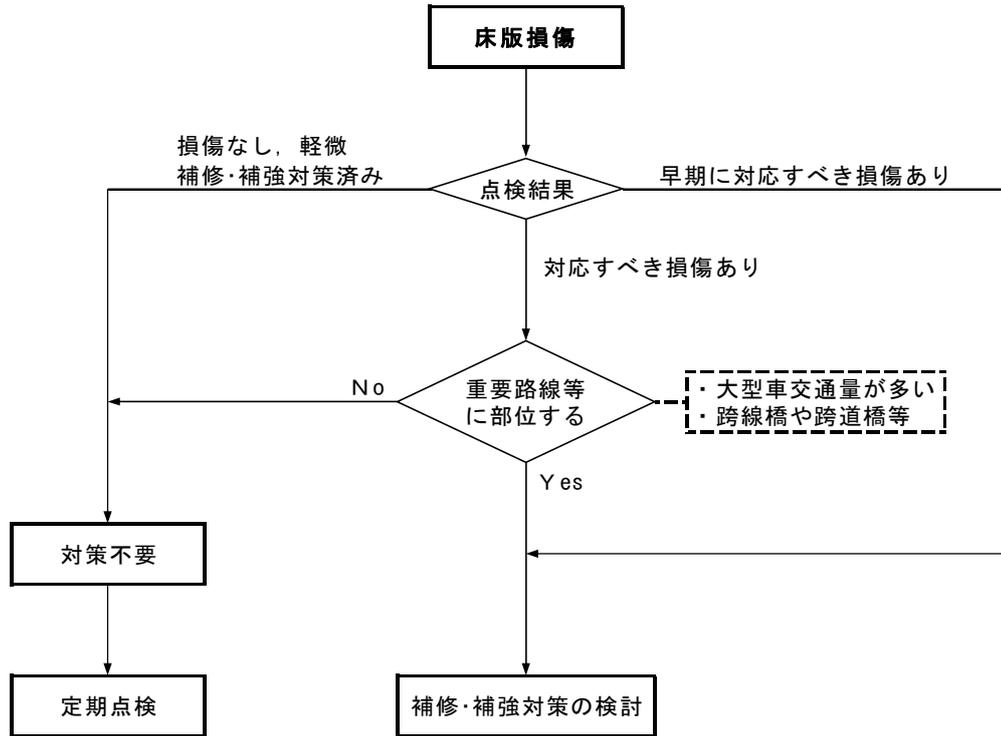


図 3.2.4 床版の対策要否の判定フロー

3.4 補強方法

- (1) 上部工主要部材の主桁・床版と橋脚梁部材の補強方法は、現行（最新）基準に基づいた活荷重にて実施することを基本とする。
- (2) 上部工主要部材の主桁・床版については橋面防水工を行った後に、橋脚梁部材については伸縮継手漏水補修を行った後に、補強を実施する。また、その他の補修が必要な場合はその補修も同時に実施する。
- (3) 上部工主要部材の主桁・床版、橋脚梁部の補強は、耐久性・経済性・施工性（通行規制含む）等を比較検討し決定する。

【解説】

- (1) 補強設計では、H24 道示の活荷重を満足させることを基本とする。ただし、H24 道示の活荷重で設計すると過大な補強を強いられる場合がある。この場合は、道路維持課と協議する。
- (2) 上部工主要部材の主桁・床版補強前に橋面防水工を実施する。これは、損傷が進行する主な原因が水の影響（漏水）からであり、まずは床版上面を橋面防水工する必要がある。また、ひびわれが生じている部分はひびわれ注入する。この時、輪荷重によるたわみや振動を受けるため、その部分の車線は通行止めを行いひびわれ注入する。材料は「**3.3.3 ひびわれ及び漏水・遊離石灰対策工**」に準じ、変動や細部浸透に対応できるエポキシ3種を基本とする。

橋脚梁部材については伸縮継手漏水補修を実施する。これは、損傷が進行する主な原因が水の影響（漏水）からである。また、ひびわれが生じている部分はひびわれ注入する。材料は上記(1)を参照のこと。

- (3) 主桁・床版は、増桁・接着・増厚等、多種補強工法が考えられる。よって、耐久性・経済性・施工性（通行規制含む）等を十分比較検討し決定するものとする。表 3.4.1 に考えられる補強工法を示す。

橋脚梁は、一般に柱付け根の応力超過によりひびわれが発生する。よって、いくつかの案に対して比較検討し決定するものとする。表 3.4.1 に考えられる補強工法を示す。

表 3.4.1 各部材の補強工法

部材	補強工法	関連する補修工法
主桁	<ul style="list-style-type: none"> ●鋼板及び繊維シート接着工法 ●フランジ鋼板補強工法 ●主桁増設工法 ●外ケーブル増設工法 ●単純橋の連続化 	<ul style="list-style-type: none"> ・橋面防水工法 ・ひび割れ注入工法 ・断面修復工法 ・表面被覆工法
床版	<ul style="list-style-type: none"> ●増桁工法 ●鋼板及び繊維シート接着工法 ●上面及び下面増厚工法 ●打換え工法（RC床版、PC床版、合成床版等） 	
梁	<ul style="list-style-type: none"> ●鋼板及び繊維シート接着工法 ●外ケーブル増設工法 ●下面増厚工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・伸縮継手交換及び補修工法 ・ひび割れ注入工法 ・断面修復工法 ・表面被覆工法

第4編 耐震補強

4.1 基本方針

4.1.1 耐震補強の方針

既設橋梁の耐震補強は、「平成29年道路橋示方書」に準拠して実施することを原則とする。

【解説】

現行の平成29年道路橋示方書（以下「H29道示」という）は新設を対象としており、H29道示の構造細目を満足していない既設の構造や初期応力が発生している既設部材に対し限界状態をどのように評価するかは、現時点で十分な知見が得られていない。このため、茨城県では、事務連絡〔令和2年7月20日「橋・高架の道路等の技術基準」の修繕設計時の適用基準としての当面の扱いについて〕（以下R2事務連絡）により、補修対策により橋の耐荷性能を向上させる耐震補強に関しては、平成24年道路橋示方書（以下H24道示）を適用するものの、耐荷性能以外の性能に関わる措置内容の決定にあたっては、H29道示に準じた性能が得られるように配慮することを基本とする。なお、H24道示に準じた耐震補強の設計については、平成24年12月18日に通達された事務連絡（既設橋の耐震補強設計における道路橋示方書の留意事項について）に準じ実施する。

また、平成24年12月18日の通達では、H24道示に準拠した耐震補強における具体的な考え方は「既設橋の耐震補強設計に関する技術資料（国総研資料第700号、土研資料第4224号、平成24年11月）」を参考にすることができるとされている。

既設橋の耐震補強は、橋脚の補強、支承部の補強、落橋防止システムの設置等、個別の補強を基本とし、必要に応じて免震・制震構造等の橋梁全体での補強も検討する。また、基礎については補強後の耐震性の照査を行ない、必要に応じて適切な対策を検討する。

4.1.2 耐震補強の対象橋梁と優先順位の設定

既設橋梁の耐震補強の対象橋梁は橋長15m以上の橋梁のうち、平成8年道路橋示方書（以下「H8道示」という）より古い基準を適用した未対策の橋梁を対象に、道路ネットワーク確保等の観点から耐震性能を有している必要がある橋梁とする。

【解説】

(1) H8道示より古い基準を用いた橋であっても、H8道示以降の基準で耐震補強を実施した橋梁は耐震補強済みとする。また、兵庫県南部地震以降の「復旧仕様」で補強した橋梁は補強済みとするが、平成17年の3箇年プログラムにより橋脚の段落し部のみの補強は耐震補強の対象とする。

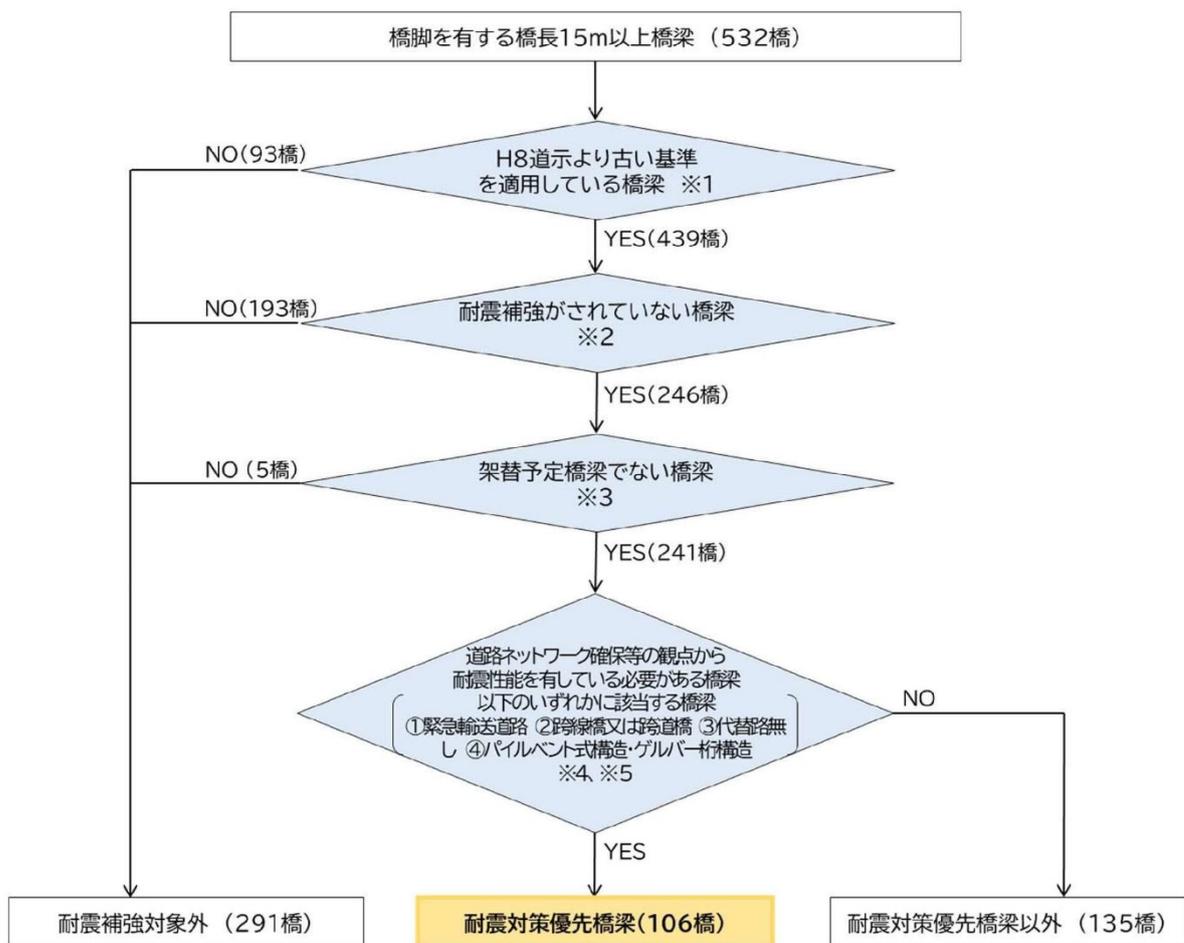
道路ネットワーク確保等の観点から耐震性能を有している必要がある橋梁とは、以下のいずれかに該当する橋梁とする。

- ① 橋長15m以上の橋梁
- ② 緊急輸送道路*に指定された道路の橋梁
- ③ 桁下が鉄道や道路と交差する橋梁
- ④ 損傷が大きい構造の橋梁（パイルベント式構造、ゲルバー桁構造）
- ⑤ 他の道路等による代替え機能がない橋梁

※通行止めとなっても社会的な影響が小さい橋梁（単径間、溝橋、人道橋、側道橋、階段工）は除く。但し、複数径間の跨線橋・跨道橋にあたる人道橋または側道橋は対象とする。

※事業中または事業着手次期決定済みの架替え予定橋梁は、架替えにより耐震性能をみたすことを想定するため除く。

図 4.1.1 に耐震対策優先橋梁の抽出（令和 4 年 3 月末時点の橋梁数）におけるフローを示す。



- ※1 適用基準不明の場合は架設年度が1999年以前の橋梁をYESとして抽出した
- ※2 令和3年度に対策完了予定の橋梁、令和3年度の繰越事業により令和4年度に対策完了予定の橋梁、耐震性能3まで対策済みの橋梁、並びに架替事業中の橋梁はNOとして除外した
- ※3 架替事業の着手時期が未定の橋梁はYESとして抽出した
- ※4 通行止めとなっても社会的な影響が小さい橋梁(人道橋、側道橋、階段工)はNOとして除外した
但し、複数径間の跨線橋・跨道橋にあたる人道橋または側道橋はYESとして抽出した
- ※5 茨城県より指示のあったπラーメン橋脚、鉄筋Coアーチ橋、一部のランプ橋の5橋はNOとして除外した

出典：茨城県橋梁長寿命化修繕計画（令和 4 年 3 月）

図 4.1.1 耐震対策優先橋梁の抽出対象橋梁の選定フロー

4.1.3 目標とする耐震性能

目標とする耐震性能は、橋の重要度に応じて設定する。

【解説】

既設橋の耐震補強で目標とする耐震性能は、表 4.1.1 に示すとおりとする。目標とする耐震性能は、H29 道示 V 編 「2 章 橋の耐震設計の基本 2.1 総則 (2)」に準じ設定した橋の重要度に応じ、「耐震性能 2」又は「耐震性能 3」とする。

耐震性能 2 においては、支承の補強方法によって「耐震性能 2-1」又は「耐震性能 2-2」とする。

表 4.1.1 目標とする耐震性能について

道示における区分		耐震補強において目標とする耐震性能	耐震設計上の 安全性・供用性	耐震設計上の修復性
重要度区分	耐震性能(H24)			
B種の橋	耐震性能2	耐震性能2-1	レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能回復が速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・機能回復のための修復が応急復旧で対応 ・比較的容易に恒久復旧を行う事が可能
		耐震性能2-2	レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その恒久復旧は容易ではないが、橋としての機能回復が速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・機能回復のための修復が応急復旧で対応 ・恒久復旧を行う事が可能
A種の橋	耐震性能3	耐震性能3	レベル2地震動に対して落橋等の甚大な被害が防止されるとみなせる耐震性能レベル	—

4.1.4 耐震補強の設計内容及び設計の流れ

- (1) 耐震補強は、現状における各部材の耐震性能を照査し、耐震性能を満足しない場合に適切な補強を実施する。
- (2) 竣工図書（竣工図、設計計算書等）が存在しない場合は、現地調査や竣工時の基準等による復元設計により、竣工図書類を復元する。

【解説】

- (1) 桁橋等、一般的な橋梁の場合、耐震性の照査を行う各部材とその設計項目を表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 耐震補強の設計対象部材と設計項目

設計対象部材		設計項目
I 橋脚	躯体	柱基部の曲げ耐力及びせん断耐力の確保 残留変位の照査
	フーチング	曲げ耐力およびせん断耐力の確保
II 基礎	基礎	各基礎における安定照査及び部材の照査
	支承部	支承部の設計
III 上下部 接合部	落橋防止システム	必要桁かかり長、落橋防止構造、横変位拘束構造の設計

※基礎について、現行基準による耐力検証を行い、耐力不足となった場合は耐震方法の比較検討を行い、耐震補強の要否について道路維持課と協議するものとする。

耐震補強における主な設計の流れを表 4.1.3 に示す。

表 4.1.3 耐震対策の流れ

項目	内容
①設計・施工条件等の整理	設計条件：対策方針、対策項目、材料特性等 施工条件：河川条件（河積阻害率、HWL、施工可能時期〔非出水期〕） 交通状況、添架物等
②死荷重反力の計算	既設竣工図書、現地調査での結果を基に、死荷重反力を入手又は計算する。
③耐力照査	既設部材の耐力を照査して、現状の耐震性能を把握する。耐力の不足は、対策工法選定のための基礎資料となる。
④対策工法の選定	耐力不足量、施工条件を踏まえて概略計算を実施した上で、経済性・施工性等を検討して、最適な対策工法を選定する。経済比較ではLCCを検討する。
⑤設計計算	補強部材及び補強後の既設部材の耐力を照査すると同時に、構造細目について検討する。
⑥設計図作成	工法の詳細、対策範囲、発注図面を作成する。
⑦数量計算、概算工事費	数量計算、各種毎の単価及び工事費
⑧施工計画	施工方法、仮設方法、建築限界との関係等を整理する。

(2) 耐震補強を実施する場合、既設橋の耐震性能を正しく評価し、必要な補強量を算定することから、既設橋の竣工図書は非常に重要な設計資料である。このため、竣工図書が存在しない場合は、現地の調査により形状や配筋状態、地盤条件等を把握するとともに、復元設計により、死荷重反力の算出を行う他、現地調査の補完として橋脚の配筋や主桁の断面構成PC鋼材の配置等を把握する必要がある。図 4.1.2 に竣工図書の有無による現地調査及び復元設計についてのフローを示す。また、現地調査の調査方法を表 4.1.4 に示す。なお、施工者が判明している場合は、竣工図書の有無を施工者へ確認すること。

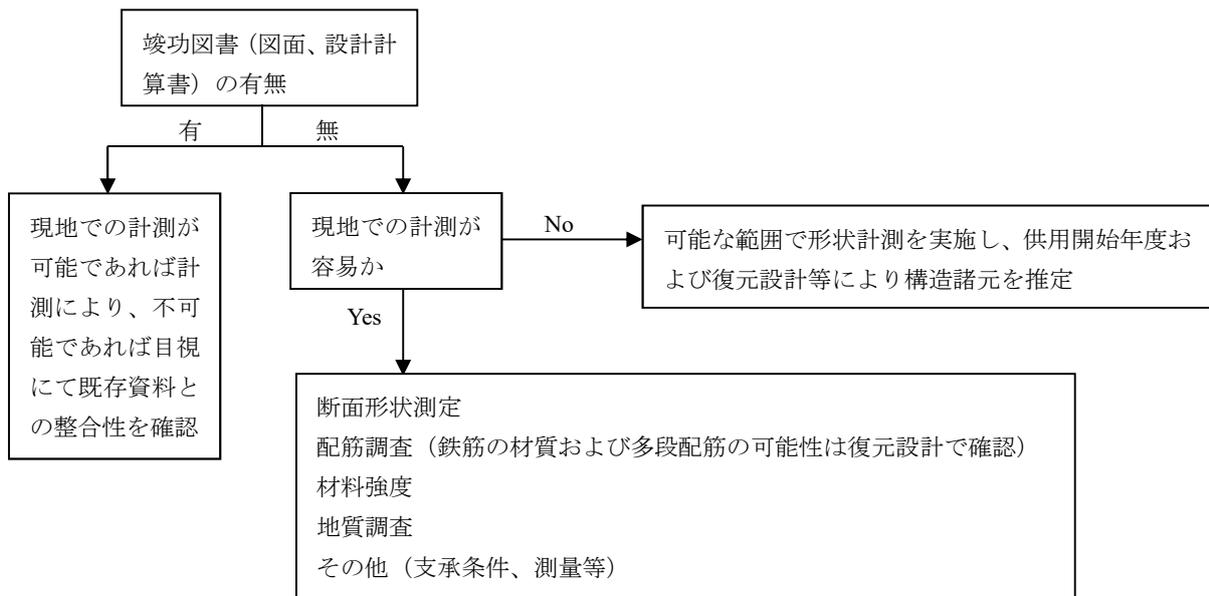


図 4.1.2 竣工図書の有無による調査・設計項目の選定フロー

表 4.1.4 耐震対策で既存資料が不足している場合の調査項目と調査方法

調査項目	調査方法
断面形状	<p>①橋台、橋脚等の下部工主要寸法</p> <p>②基礎形状計測 調査方法は基礎形式により異なるが、試掘による橋脚基部高さ、フーチング形状等の確認や、ボーリング調査孔を利用した杭長の確認等。</p> <p>③上部工断面形状（死荷重反力算出）</p> <p>④上下部接続部付近の取合い及び形状。 (支承補強および落橋防止システムを設計する場合に必要となる)</p>
配筋状況	<p>①躯体（柱基部付近、段落し位置、フーチング） 柱基部は一般に地中部にあるが、土被りが2m程度であれば地表面付近の配筋と柱基部の配筋は同じと判断でき、地表面近くを調査すればよい。土被りが深い場合は、地表面近くの配筋状態を調査し、復元設計で柱基部の配筋状態を推定する必要がある。また、鉄筋の材質や、多段配筋の有無は復元設計で確認する必要がある。</p> <p>②沓座付近及び取付け側上部工 落橋防止システム用のアンカーを設置する可能性がある付近の配筋間隔を把握する必要がある場合に実施する。</p>
材料強度	<p>①コンクリートの圧縮強度 コアを採取し圧縮試験を行う。コア採取が困難な場合はシュミットハンマー等による計測。既設にひび割れ等の劣化・損傷が見られる場合は、静弾性係数試験や中性化試験、塩化物含有量試験等によりその要因を確認することで、環境条件を反映できる。</p>
地質調査	<p>設計震度の設定、液状化の判定および基礎の耐震性の照査を行うため、必要に応じて実施する。使用する目的に応じて次のような調査を実施する必要がある。</p> <p>①設計震度：N値、土質の種類</p> <p>②液状化の判定：N値、土質の種類、地下水高、粒度分布等</p> <p>③基礎の耐震性照査：N値、土質の種類、地下水位、粒度分布、変形係数等</p>
その他	<p>①支承形式および支承の規格 支承形式を確認するほか、支承に刻印がある場合は、製造メーカーや支承の規格が判明する場合がある。</p> <p>②測 量 交差物件等が支障となる場合や橋下を利用した施工計画等を実施する場合等、必要に応じ実施する。なお、竣工図書がある場合でも設計時の地形図が橋梁計画前の状況である場合は、現地状況を踏まえ実施の可否を判断する必要がある。</p>

上記以外の調査項目については、「第2編 2.2 主な調査項目」を参照すること。

4.1.5 修繕計画との調整方針

対象橋梁に修繕予定がある場合は、修繕工事と並行または前後に連続して耐震補強工事を実施することを基本とする。

【解 説】

対象橋梁に修繕予定がある場合は、耐震補強工事と補修工事を並行または前後に連続して行うことが合理的であるため、これを基本とした。

また、修繕予定外の橋梁（判定区分がⅠの橋梁）については下記のとおりとする。

- ・対策優先度に基づき、耐震補強を実施する
- ・年間予算上限、完了予定期間より、毎年優先度の高いものから耐震補強工事を実施する

- ・耐震補強を実施する場合、劣化要因を除去する対策（伸縮装置の非排水化、橋面防水など）は健全度に関わらず、耐震補強と合わせて実施する。

4.2 既設橋の耐震補強について

4.2.1 支承部の補強及び落橋防止システムの構成

- (1) B種の橋については、支承部の補強は耐震性能 2-1 を確保する事を基本とするが、構造や制約条件から対応が困難な場合は耐震性能 2-2 を確保する。
- (2) A種の橋については、耐震性能 3 を確保する。
- (3) 落橋防止システムは H29 道示に準じ構成する。

【解説】

- (1) (2) 支承部の補強は、復旧性や維持管理性からレベル 2 地震動に耐えうる支承に交換し、耐震性能 2-1 を確保する事を基本とする。ただし、支承高さの制限等から支承交換が困難な場合には、水平力を分担する構造を別途設置し耐震性能 2-2 を確保する。更に、水平力を分担する構造の規模により設置が困難な場合には、架替え等も踏まえ対策を検討する。

図 4.2.1 に支承の補強および落橋防止システムの選定フローを示す。

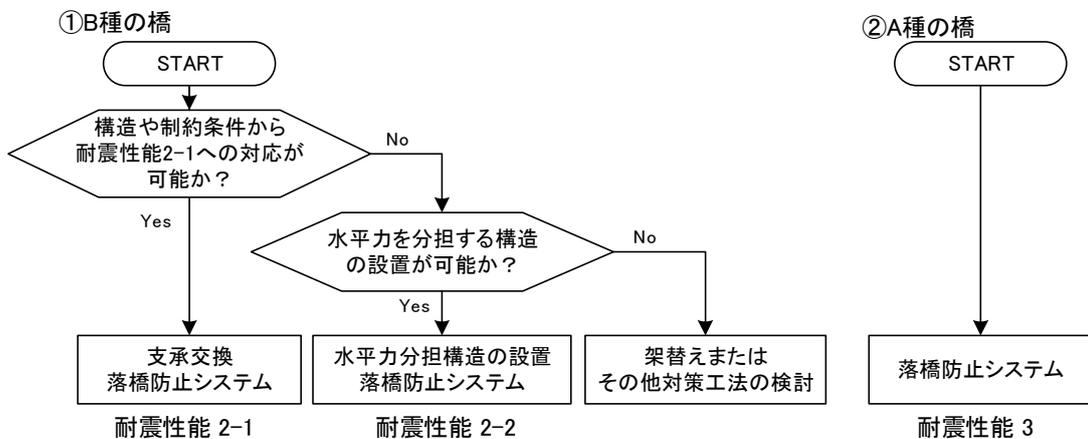


図 4.2.1 支承補強および落橋防止システムの選定フロー

支承交換あるいは水平力を分担構造する構造を設置する場合は、その機能を損なわないように取付け側の耐荷力に対しても照査を行う。また、支承交換を行う際は、レベル 2 地震動以外の項目や照査についても H24 道示に準じ行う。

支承部の補強は狭隘で施工条件や設置条件に制約を受ける場合が多いため、計画にあたっては十分留意し計画する。また、点検等の維持管理性や、雨水の滞留等が生じない構造とするなど耐久性にも十分な配慮を行う。

なお、B種の橋で高さ 40cm 程度以上の鋼製支承を設置している場合は、支承本体が損傷した場合に路面に大きな段差が生じる可能性があるため、段差防止構造を設置する。

- (3) 落橋防止システムの構成については、H29 道示 V 「13.2 落橋防止システム」(p. 275) に準じて設定する。但し、落橋防止システムの構成により既設に新たな構造を設置する場合の耐荷力の照査については、H24 道示に準じて実施する。また、落橋防止システムの機能を損なわないように取付け側の耐荷力に対しても照査を行う。図 4.2.2 に落橋防止システムの選定フローを示す。

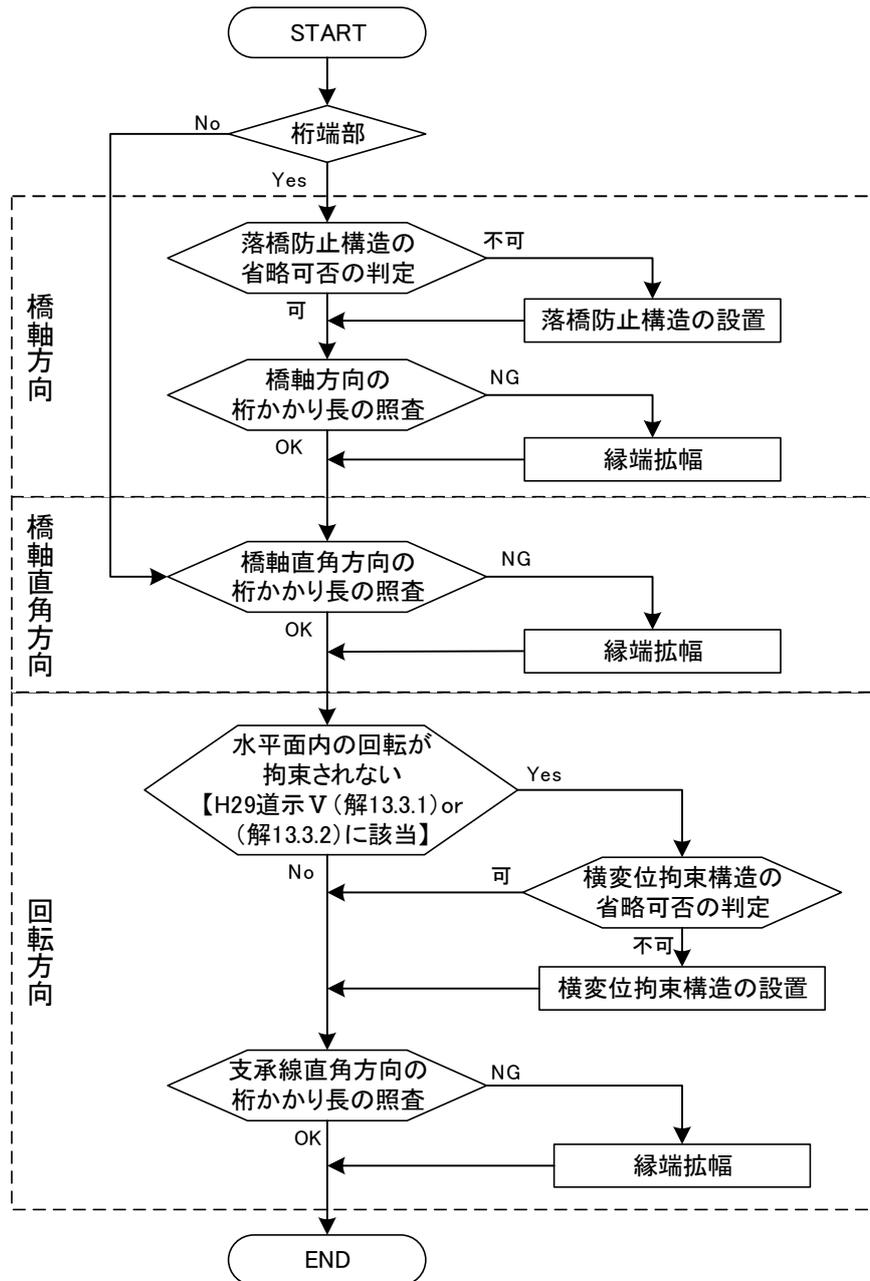


図 4.2.2 落橋防止システムの選定フロー

4.2.2 RC 橋脚の補強

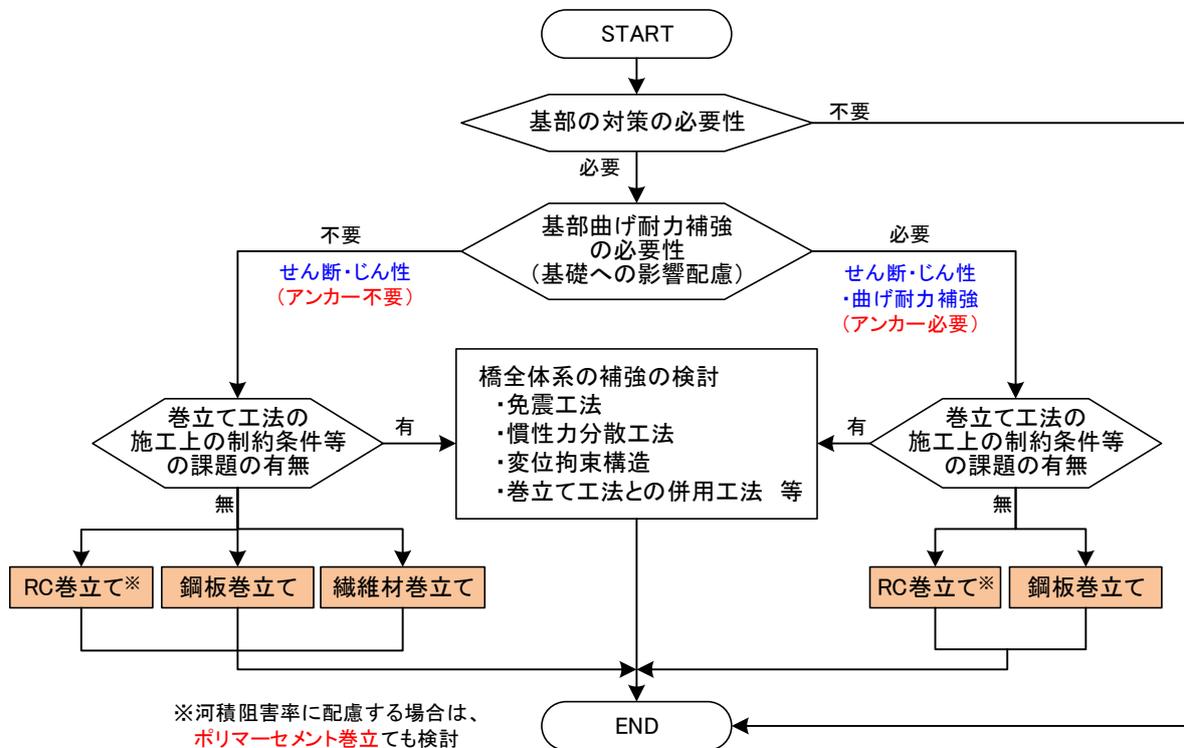
B種の橋については、耐震性能2を、A種の橋については耐震性能3を確保する。

【解説】

RC 橋脚の脚柱の耐震補強において、耐震性能2では、鉄筋の段落し位置及び基部の耐力に加え橋の復旧性を確保するため残留変位の照査を実施する。また、耐震性能3では、落橋に対する安全性のみを確保するため、耐震性能2の照査の内、残留変位の照査は行わなくてよい。補強後のRC 橋脚の破壊形態は、じん性が期待できる「曲げ破壊型」とすることを基本とする。橋脚基部の補強を行う場合、粘り強い構造となるようにじん性補強を行う事を優先する。

じん性補強のみでは補強が困難な場合には、フーチングに軸方向鉄筋を定着させて曲げ耐力の向上を図る。

既設橋の交差条件や施工条件、補強規模等により柱の巻立て工法のみでは補強が困難な場合には、橋全体系の補強の検討を実施する。図 4.2.3 に RC 橋脚の補強工法選定フローを示す。



※河積阻害率に配慮する場合は、
ポリマーセメント巻立ても検討

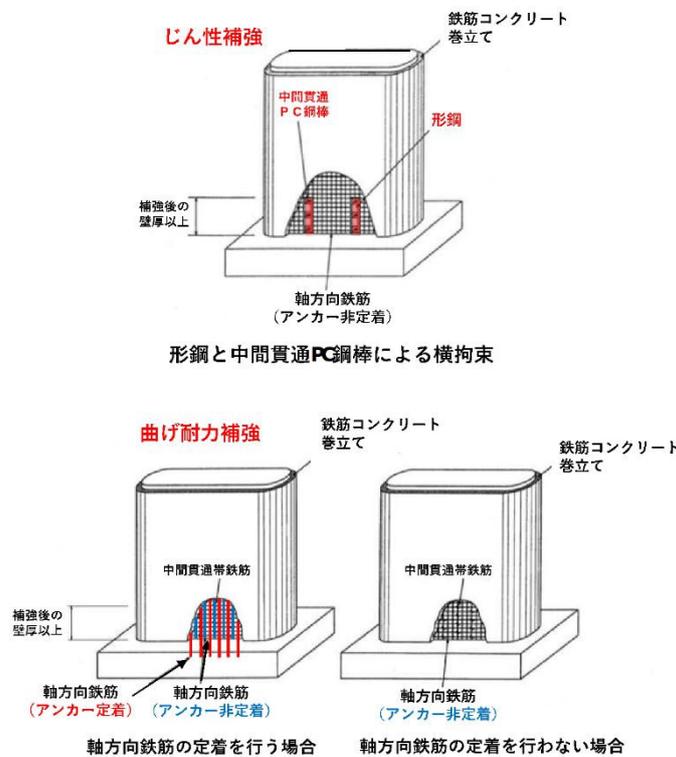


図 4.2.3 RC 橋脚の補強工法選定フロー

4.2.3 橋全体系の耐震補強

既設橋の橋脚が交差条件や施工条件、用地等の制約、又は補強規模が過度となる場合は、橋全体系の補強の採用を検討する。

【解説】

耐震補強の制約条件や補強規模が著しく大きくなるなど、部材単体での補強計画が困難な場合には、橋梁全体系の補強について検討を行うことで、橋脚の補強量を低減（又は補強を行わない）することができる。橋全体系の補強としては、以下の工法が挙げられる。なお、橋全体系の補強では、それぞれの特徴を十分理解し、想定する機能等が損なわれないように照査・計画する。

(1) 免震工法

免震支承やダンパー等を用いて長周期化を図るとともに、減衰性能を高めて、地震時に橋に作用する慣性力を低減する工法

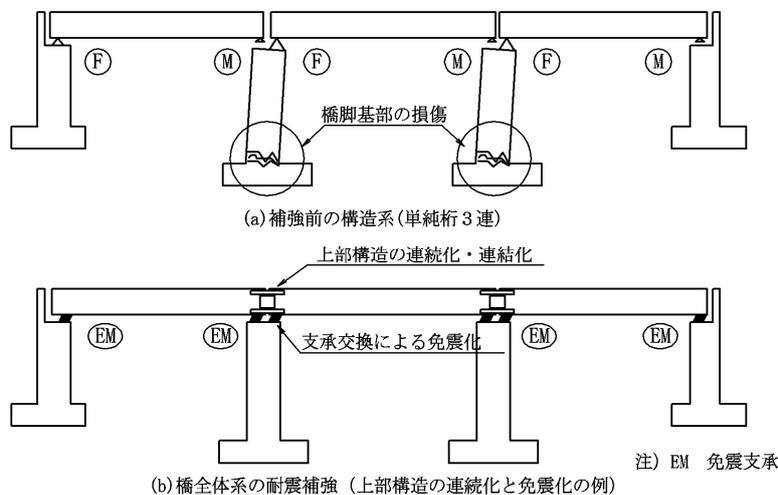


図 4.2.4 慣性力分散工法による橋全体系の耐震補強の例

(2) 慣性力分散工法

地震時に負担する慣性力を他の下部構造に分散することで、橋全体として地震力に対して抵抗する工法

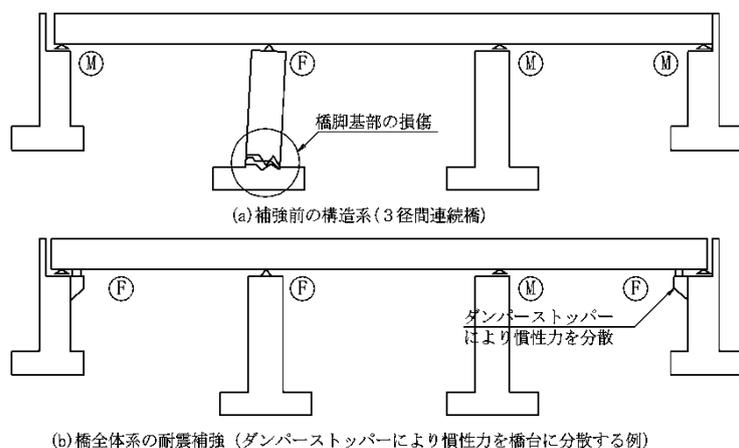


図 4.2.5 慣性力分散工法による橋全体系の耐震補強の例

(3) 変位拘束工法

地震時に上部構造に生じる水平変位を拘束することで、下部構造に作用する慣性力の低減を図る工法

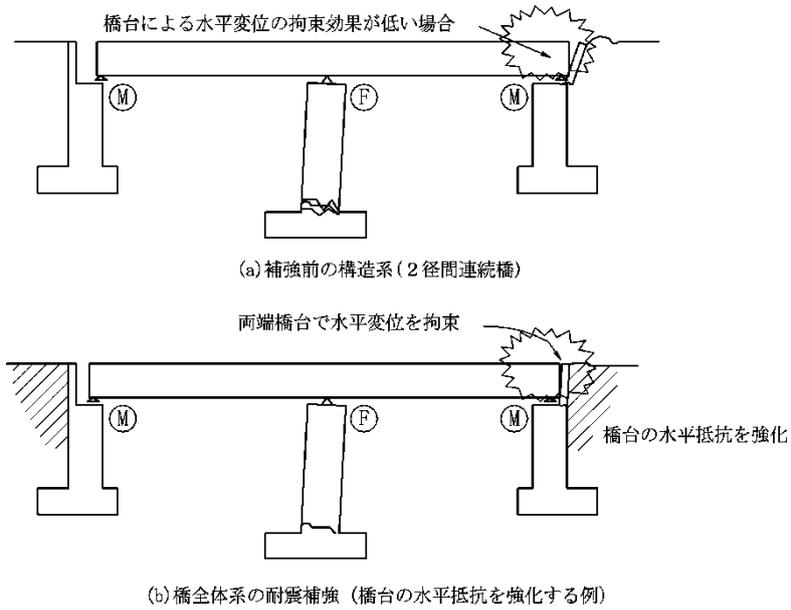


図 4.2.5 変位拘束工法による橋全体系の耐震補強の例

4.2.4 基礎の耐震性能の照査

橋脚の補強後の状況において、基礎の耐震性能の照査を実施する。

【解 説】

基礎の耐震補強は、一般的に工事の規模が大きく工費が高くなるほか、用地や交差条件等の制約が厳しく施工が困難となる場合が多い。このため、茨城県では緊急時の道路ネットワークを一定の耐震性能で早期に実現するため、まずは、基礎の補強を除く、落橋防止システム、支承補強、橋脚補強を先行して取り組んでいる。このため、現段階においては、橋脚の耐震補強後の状況における基礎の照査を実施することを基本としている。ただし、例えば基礎の照査の結果、フーチングの上面増厚により耐震性の確保が可能な場合は、橋脚の柱補強と合わせて実施しても施工規模が大きく増加しない。このように、柱補強と併せて基礎の補強を実施するのが合理的な場合には、基礎の補強も含め実施するのが望ましい。

橋梁補修・補強マニュアル

平成24年 3月 策定

令和 4年11月 改訂版

茨城県土木部道路維持課
