

## 第9章 橋梁保全

	ページ
1. 一般	9-1
1.1 一般	9-1
1.2 用語の定義	9-4
1.3 県の維持管理を取り巻く現状	9-5
1.3.1 資産量	9-5
1.3.2 道路	9-6
1.3.3 橋梁	9-6
1.4 維持管理の基本	9-7
1.4.1 維持管理の原則	9-7
1.4.2 構造物の要求性能	9-7
1.4.3 愛知県社会資本長寿命化基本計画における基本方針	9-7
1.4.4 維持管理の手順	9-9
1.4.5 点検及び診断	9-10
1.4.6 補修及び補強工法のご概念図	9-11
1.4.7 設計活荷重の変遷	9-12
1.4.8 耐震設計基準の変遷	9-12
1.4.9 地震被害の特徴と県の対応	9-15
1.5 既設構造物の調査及び耐荷力の照査	9-16
1.5.1 調査	9-16
1.5.2 既設橋梁の耐荷力の照査	9-22
1.6 第三者被害の防止措置	9-26
1.6.1 コンクリート片のはく落	9-26
1.6.2 ボルトの落下	9-28
1.6.3 付属物の取付け金具	9-28
1.7 補修・補強設計の基本	9-29
1.7.1 補修・補強設計の基本方針	9-29
1.7.2 補修・補強設計の留意事項	9-30
1.7.3 補修・補強の記録	9-31
1.8 耐震補強設計の基本	9-32
1.8.1 耐震補強設計の基本方針	9-32
1.8.2 耐震補強設計の留意事項	9-33
1.8.3 耐震補強の記録	9-34
2. 長寿命化対策	9-35
2.1 伸縮装置	9-35
2.1.1 伸縮装置の漏水対策	9-35
2.1.2 伸縮装置前後の排水性舗装	9-35
2.2 排水構造	9-36
2.2.1 橋梁前後区間の排水構造	9-36
2.2.2 上部工下面の流末処理	9-36
2.3 橋面防水	9-37
2.3.1 床版防水層の設置	9-37
2.3.2 床版防水層の端部処理	9-37
2.4 水切り設置	9-38

2.4.1 桁端部	9-38
2.4.2 床版端部	9-39
2.4.3 留意事項	9-39
2.5 橋座面の排水対策	9-40
3. 鉄筋コンクリート床版（RC床版）の補修・補強	9-41
3.1 一般	9-41
3.2 床版の損傷とその原因	9-43
3.2.1 床版の損傷	9-43
3.2.2 損傷の原因	9-43
3.2.3 損傷度の判定	9-44
3.2.4 補修・補強工法一覧表	9-45
3.2.5 補修・補強工法の概要	9-47
4. 鋼構造物の補修	9-53
4.1 一般	9-53
4.1.1 鋼構造物の損傷概要	9-53
4.1.2 鋼橋の主な損傷箇所	9-56
4.2 腐食	9-61
4.2.1 損傷の概要	9-61
4.2.2 主な腐食損傷部位	9-62
4.2.3 補修補強方法	9-63
4.3 疲労	9-65
4.3.1 損傷の概要	9-65
4.3.2 主な疲労損傷部位	9-65
4.3.3 疲労損傷に対する点検・調査・補修の流れ	9-68
4.3.4 補修方法	9-69
4.4 特殊部位の補修	9-72
4.4.1 切り欠き部の補修	9-72
4.5 耐候性鋼材を用いた鋼桁の対策	9-72
4.5.1 損傷の概要	9-72
4.5.2 点検及び補修等	9-74
4.6 高力ボルトの遅れ破壊と脱落	9-75
4.6.1 損傷の概要	9-75
4.6.2 点検及び対策	9-75
4.6.3 補修方法	9-77
4.7 その他の損傷に対する補修	9-78
4.7.1 損傷リベットの取替工法	9-78
4.7.2 高力ボルトの腐食対策工法	9-79
4.7.3 変形損傷に用いる補修工法	9-79
4.7.4 腐食損傷による断面欠損が激しい主桁等を部分的に取り換える方法	9-80
4.8 塗替え塗装	9-80
4.8.1 塗替え塗装の方式	9-80
4.8.2 塗替え塗装の仕様	9-80
4.8.3 素地調整の留意事項	9-81
4.8.4 部材角部の処理	9-81
4.8.5 塗替え塗装の記録	9-81

## 第9章 橋梁保全

### 1. 一般

#### 1.1 一般

道路の保全とは、道路法第四十二条（第3章 道路管理 第4節 道路の保全等）において「道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。」とされている。

日本の道路橋は、昭和30年代に始まる高度経済成長期に大量に建設され、我が国の経済成長と国民生活の向上に大きな役割を果たしてきた。これらの道路橋は近々建設後50年～60年が経過することとなり、劣化損傷が多発する危険性が高まっている（橋梁の三大損傷を表1.1.1に示す）。一方、道路橋に要求される性能は、兵庫県南部地震などの大規模な地震被害を教訓にした耐震性強化や、物流の効率化（車両の大型化）に伴う設計自動車荷重引き上げへの対応など、ますます高まるばかりである。このような状況の中、我が国の道路橋において重大事故につながりかねない損傷が発生した。平成19年6月、木曾川大橋のトラス斜材が腐食により破断（写真1.1.1）に至り、補修補強のために損傷発生後数ヶ月におよぶ通行規制を余儀なくされた。また、大型車交通が増加する中、平成18年には鋼桁橋に疲労を原因とする1mを超える亀裂の発生が確認されており、疲労設計導入（2002年）以前に設計された多くの道路橋の中には疲労耐久性に懸念のある事例も報告されている。これらを受け、平成24年3月には道路橋示方書・同解説（以下「道示」という。）が改定され、以降の道示では維持管理に関する内容が充実されている。







写真 1.1.1 木曾川大橋のトラス斜材の破断事故

愛知県では、道路の維持又は修繕に関する技術資料として、平成23年4月に改訂した「道路構造の手引き 愛知県建設部」の第11編 維持修繕において道路の保全について示され、道路施設の一つである橋梁については本手引きの本章において、橋梁の維持管理に関する基本方針と、点検、調査と健全性評価、第三者被害の防止、様々な損傷に対する補修・補強について示している。また、平成18年3月に「愛知県社会資本長寿命化基本計画」を策定し、将来必要となる維持管理予算の平準化、ライフサイクルコスト（LCC）の最小化、施設の長寿命化に向けて、今後、道路施設の維持管理においてどのような面で工夫することが効果的であるか、現時点で何をどのように進めることができるのか、そして将来の改善に向けてどのようなことに取り組む必要があるのか、といった考え方を示している。さらに平成27年3月には、道路を構成する各構造物の変状調査、健全性の把握、計画的な修繕を着実に進め、道路構造物の長寿命化と修繕費等の縮減・平準化を図りつつ、道路ネットワークの安全性・信頼性を確保することを目的に、「愛知県公共施設等総合管理計画、H27.3」に定める施設ごとの長寿命化計画（個別施設計画）のうち道路部門の計画として位置づけられる「道路構造物長寿命化計画」を策定し、平成30年3月に改定を行っている。

愛知県においては、職員一人一人が維持管理に関する一連の取り組みへの理解を深め、維持管理の経済性、効率性、有効性を高め、できるところからマネジメントのPDCAサイクルを実践するために、「愛知県社会資本長寿命化基本計画」と併せて本章を有効に活用することを期待するものである。



表 1.1.1 橋梁の三大損傷  
(道路橋の予防保全に向けた提言, H20. 5, 道路橋の予防保全に向けた有識者会議)

		損傷の概要	
	塩害		コンクリート中に侵入した塩化物イオンや水分の影響で鉄筋や PC 鋼材などの鋼材が腐食する現象。腐食した鋼材の膨張によりコンクリートがひびわれたり、鋼材が破断するなどにより構造物の安全性が損なわれる。
	アルカリ骨材反応		コンクリートに有害鉱物を含む骨材が使われている場合に、コンクリート中のアルカリ性の水分と反応して膨張してコンクリートにひびわれが生じる現象。亀甲状のひびわれとなる場合が多く、劣化が著しいものでは鉄筋の破断を伴っている場合がある。
疲労	鋼製橋脚		応力変動が繰り返される鋼材で亀裂を生じる損傷。道路橋では大型車による繰り返し荷重が載荷される重交通路線で多く発生している。亀裂が進展すると部材の破断につながるなど構造物が危険な状態となることがある。
	RC床版		自動車荷重の繰り返し荷重の影響によってコンクリートに徐々にひびわれが発生、進展する。劣化が進行すると部分的にコンクリートが抜け落ちたり路面陥没を生じて交通の安全性が損なわれることもある。

## 1.2 用語の定義

本章で定義する用語は、以下のとおりとする。

- (1) 維持管理：構造物の供用期間において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための全ての行為
- (2) 維持管理区分：構造物の維持管理における基本的な考え方に基づいて設定する維持管理のレベル
- (3) 予防維持管理：構造物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
- (4) 事後維持管理：構造物の性能低下の程度に対応して実施する維持管理
- (5) 観察維持管理：目視観察による点検を行うが、補修、補強といった直接的な対策を実施しない維持管理
- (6) 要求性能：目的及び機能に応じて構造物に求められる性能
- (7) 予定供用期間：構造物を供用する予定の期間
- (8) 設計耐用期間：設計時において、構造物または部材が、その目的とする機能を十分果たさなければならぬと規定した期間
- (9) 残存予定供用期間：点検時や検討時等から予定供用期間終了時までの期間
- (10) 残存設計耐用期間：点検時や検討時等から設計耐用期間終了時までの期間
- (11) 構造物（部材）の機能：目的または要求に応じて構造物や部材が果たす役割
- (12) 構造物（部材）の性能：目的または要求に応えるために、構造物や部材が発揮する能力
- (13) 耐久性：構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性
- (14) 安全性：構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能
- (15) 使用性：構造物の使用者が快適に構造物を使用する、もしくは周辺の人が構造物によって不快となることのないようにするための性能、および構造物に要求されるそれ以外の諸機能を適切に確保するための性能
- (16) 耐荷力：活荷重や地震等の载荷によって生じる変形やひびわれ等に対する構造物の抵抗力
- (17) 第三者影響度：構造物から剥落したコンクリート片などが器物および人に与える損害などへの影響度合い。[設計編]では、機能上の安全性として定義されている
- (18) 変状：何らかの原因で、コンクリートやコンクリート構造物に発生している、本来あるべき姿でない状態。初期欠陥、損傷、劣化等の総称
- (19) 点検：診断において構造物や部材に異常がないか調べる行為の総称
- (20) 調査：構造物の状態や保有性能、異常の有無や原因等を明確にする目的で行う行為。目視以外にも計測や機器を用いた検査、モニタリングなども含む
- (21) 診断：点検、劣化予測、評価および判定を含み、維持管理において構造物や部材の変状の有無を調べて状況を判断するための一連の行為の総称
- (22) 補修：第三者への影響の除去あるいは、美観や耐久性の回復もしくは向上を目的とした対策。ただし、供用開始時に構造物が保有していた程度まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能を回復させるための対策も含む（図 1.2.1 参照）
- (23) 補強：供用開始時に構造物が保有していたよりも高い性能まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能を向上させるための対策（図 1.2.1 参照）
- (24) 構造物の寿命：その性能がある水準より低下して使用を続けることができなくなるまでの期間で、寿命には、物理的な寿命、機能的な寿命及び経済的な寿命がある
- (25) 物理的な寿命：構造物の老朽化、劣化により使用に耐え得なくなる状態

- (26)機能的な寿命：設計荷重の増大や河川の流量改訂により，そのままでは使用が出来なくなる状態
- (27)経済的な寿命：保全のための維持修繕費が急増したため，更新せざるを得なくなる状況

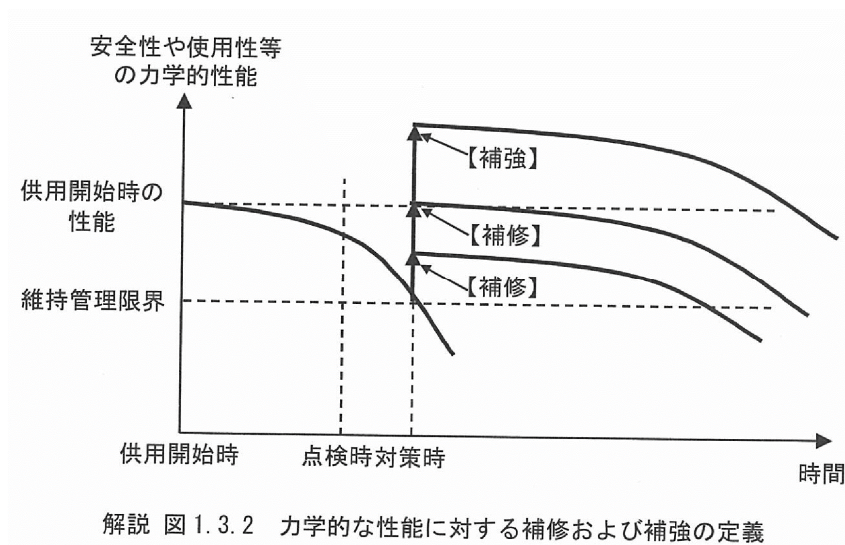


図 1.2.1 補修及び補強の定義  
(2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】，解説 図 1.3.2, H30.10, 土木学会)

### 1.3 県の維持管理を取り巻く現状

#### 1.3.1 資産量

県内の道路延長は約 50,000km であり，このうち県管理延長は 4,627km である。対象路線は，一般国道 15 路線，主要地方道 80 路線，一般県道 369 路線であり，延長の内訳は，道路橋梁延長 139km，トンネル延長 22km となっている。また，道路橋梁は 4,358 橋（軌道橋梁 388 橋），トンネルは 63 箇所である（表 1.3.1）。

表 1.3.1 県管理分道路現況（平成 30 年 4 月 1 日現在）

分類・内訳		県管理施設量	舗装率
道路延長	県合計 (km)	4,627	99.5%
	一般国道 (km)	825	100.0%
	主要地方道 (km)	1,326	99.7%
	一般県道 (km)	2,476	98.8%
橋梁	道路橋梁数 (橋)	4,358	—
	道路橋梁延長 (km)	139	—
トンネル	トンネル数 (箇所)	63	—
	トンネル延長 (km)	22	—

1.3.2 道路

道路実延長は現在 4,627km であり、昭和 25 年度から平成 22 年度までに 500km 増加している。舗装率は、一般国道が 100%，主要地方道が 99.7%，一般県道が 98.8%，平均して 99% である（図 1.3.1）。特に昭和 39 年～46 年における伸びが顕著であり、60%（道路延長にして 2,600km 程度）上昇している。

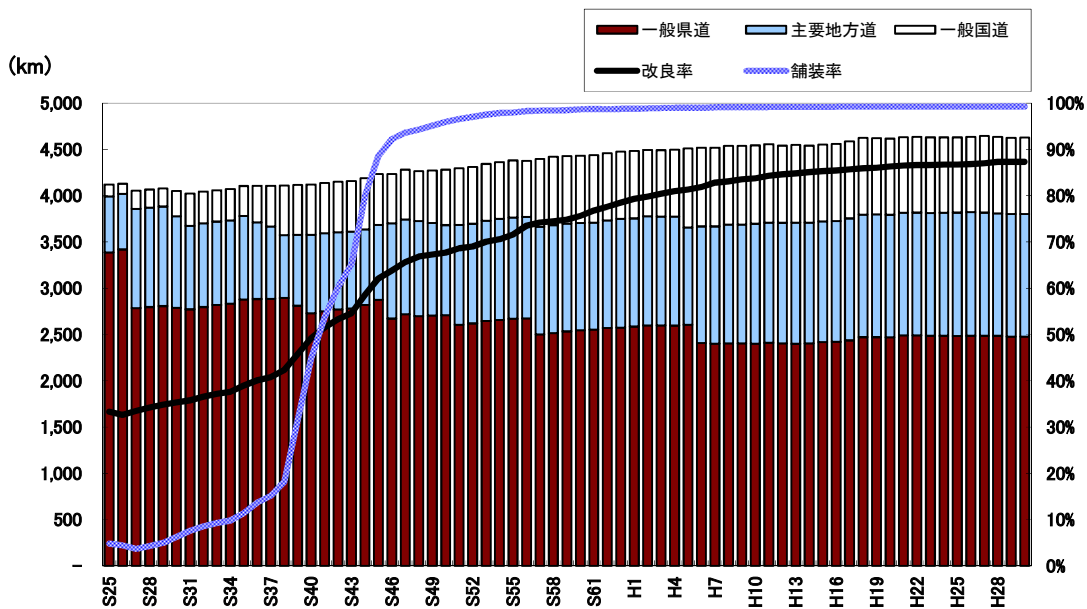


図 1.3.1 道路延長及び舗装率・改良率の推移

1.3.3 橋梁

県内の全橋梁（橋長 2m 以上）は昭和 40 年代が建設のピークであり、その後しばらくの間は年間 50 橋前後の建設であり、このピーク期間に全体の約 25%の橋梁が建設された。

また、昭和 40 年以前は RC 橋が主流であったが、昭和 60 年以降は RC 橋に替わり PC 橋が主流になり、鋼橋と半々となっている。県管理全体ではコンクリート系の橋梁が全体の 80%を占めている。

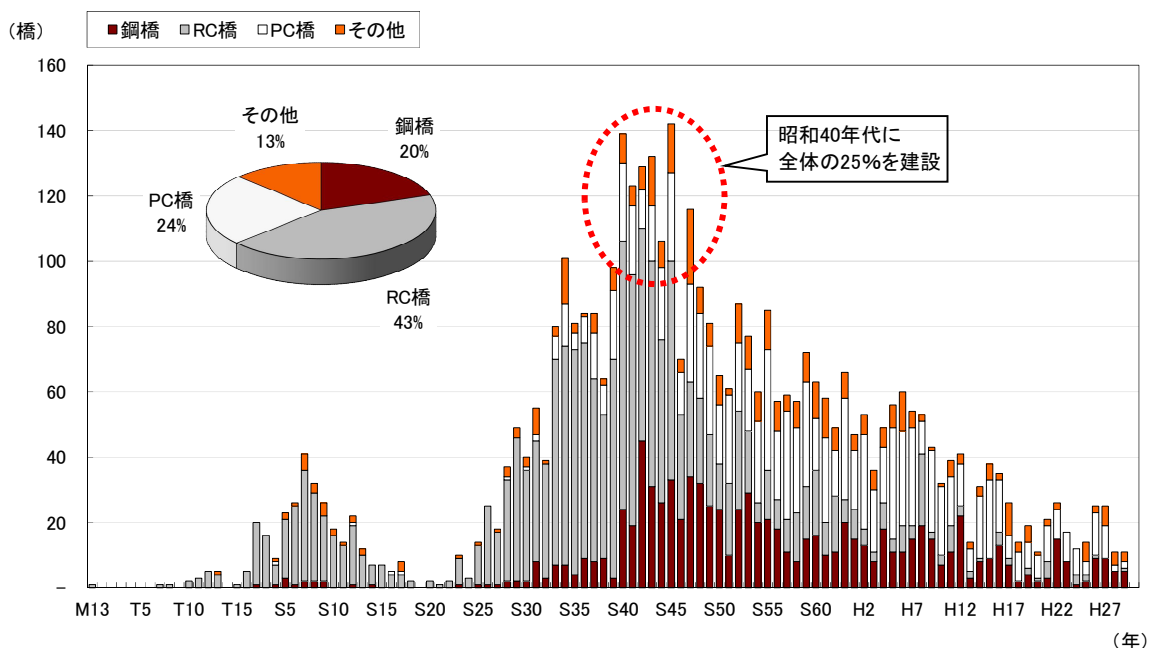


図 1.3.2 橋梁建設の推移

## 1.4 維持管理の基本

### 1.4.1 維持管理の原則

橋梁の維持管理は、橋梁に要求される性能を予定供用期間を通じて許容範囲内に保持するように維持管理計画を策定し、これに基づいた構造物の診断、診断結果に基づいた対策の実施、さらには診断及び対策の記録を適切に行うことを基本とする。

### 1.4.2 構造物の要求性能

橋梁の維持管理にあたって、対象橋梁の要求性能を定める必要がある。

一般の橋梁で、維持管理の対象となる要求性能は、使用目的との適合性、橋梁の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の確実性及び容易さ、環境との調和、経済性である。

- (1) 使用目的との適合性とは、橋梁が計画どおりに交通に利用できる機能のことであり、通行者が安全かつ快適に使用できる供用性などを含む。
- (2) 構造物の安全性とは、死荷重、活荷重、地震の影響等の荷重に対し、橋梁が適切な安全性を有していることである。
- (3) 耐久性とは、橋梁に経年的な劣化が生じたとしても使用目的との適合性や橋梁の安全性が大きく低下することなく、所要の性能が確保できることである。例えば、繰返荷重による疲労や、鋼材の腐食等に対して耐久性を有していなければならない。また、設計計算だけでは決定しないような構造細目なども、耐久性と密接に関係がある場合があるので、設計において慎重に検討する必要がある。
- (4) 施工品質の確保とは、使用目的との適合性や橋梁の安全性及び耐久性を確保できることの前提となる所要の施工品質が確実に得られることである。また、施工段階における安全性も有していなければならない。施工の良し悪しが耐久性に及ぼす影響が大きいことを設計の段階で十分に認識して、適切な施工品質が得られるよう努めることが重要である。
- (5) 維持管理の確実性及び容易さとは、供用中の日常点検、定期点検、地震等の災害時に被災の可能性の有無や程度などの橋の状態を確認するために行う必要がある調査、劣化や損傷が生じた場合に必要となる調査、補修や補強作業等が、確実かつ合理的に行えることであり、これは設計の前提として耐久性や経済性にも関連するものである。
- (6) 環境との調和とは、橋梁が建設地点周辺の社会環境や自然環境に及ぼす影響を軽減すること又は橋が周辺環境と調和すること、及び橋梁が周辺環境にふさわしい景観性を有すること等である。橋梁の場合、個々の橋梁のみに着目して景観性や周辺地形の改変などの環境条件を考慮しても、路線全体としては適切とはならないこともあるため、計画段階から様々な視点から検討することが重要である。
- (7) 経済性に関しては、ライフサイクルコストを最小化する観点から、単に建設費を最小にするのではなく、点検管理や補修等の維持管理費を含めた費用がより小さくなるよう心がけることが大切である。このとき、個々の橋梁のみに着目して経済性を考慮しても、橋梁を含む区間や路線全体としては経済性が優れたものとならないこともある。そのため、建設から維持管理までの全過程を通して、当該橋梁のみならず関連する道路区間などの全体として経済的となるように配慮することが必要である。

### 1.4.3 愛知県社会資本長寿命化基本計画における基本方針

愛知県では、平成16年度に「愛知県社会資本長寿命化基本計画策定委員会」を設置し、橋梁と舗装の維持管理の実態を把握し、将来の維持管理のあり方について検討し、平成17年度に「愛知県社会資本長寿命化基本計

画」として取りまとめた。本委員会では、アセットマネジメントの考え方を取り入れて、まず愛知県の橋梁と舗装の実態を把握し、社会資本長寿命化基本計画として維持管理予算の平準化、ライフサイクルコストの最小化、施設の長寿命化を図りながら、将来にわたって行政サービスを維持・向上させるために必要な取り組みとその基本的な考え方が示された。

#### <取り組みの基本方針>

- (1) 道路施設の維持管理では、将来にわたって行政サービスを維持・向上させる中で、ライフサイクルコストの最小化、予算の平準化及び施設の長寿命化を目指し、以下に示す3項目を県内部に浸透させることを目標として掲げる。
- 1) 中長期的な視点から計画的に維持管理に取り組む
  - 2) 維持管理業務の効率化に資する技術を積極的に導入する
  - 3) 維持管理業務を継続的に改善するプロセスを取り入れる
- (2) 目標を達成するための手段として、今後は表1.4.1に示す9つの手法の構築に取り組むこととする。
- (3) 基本計画では、(2)に示した手法の考え方や一部の具体的内容を示しているが、これらは運用を通じて得られる知見やデータをもとに継続的に改善されるものとする。

表 1.4.1 取り組み事項

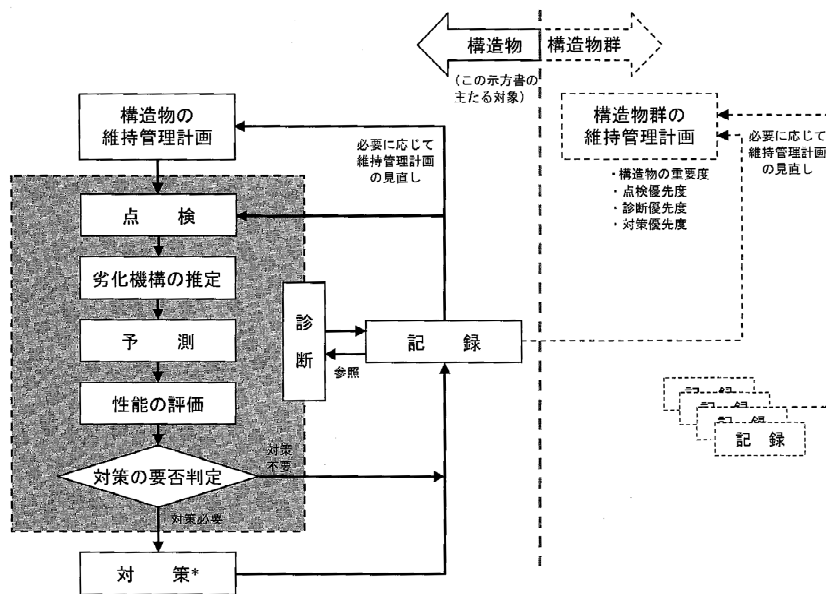
目 標	手 法
1) 中期的な視点から計画的に維持管理に取り組む	①適切な管理目標(指標と水準)を設定する手法の構築 ②施設の状態を適切な方法で把握・評価する手法の構築 ③将来の状態を適切な方法で予測する手法の構築 ④予測された状態を踏まえて対策を選定する手法(管理計画策定手法)の構築 ⑤異なる事業(対策)の優先度を判断する手法の構築
2) 維持管理業務のさらなる効率化を図る	⑥補修等の材料や工法の選定手法の構築 ⑦効率的な契約形態や発注形態の選定手法の構築 ⑧IT技術を活用した高度な管理システムの開発
3) 維持管理業務を継続的に改善するプロセスを取入れる	⑨維持管理業務全般のPDCAサイクルの確立



1.4.4 維持管理の手順

維持管理計画は、構造物の維持管理区分を定め、予定供用期間中に想定される劣化機構を選定した後、対象構造物又は部位、部材ごとに点検、劣化予測、構造物の性能評価及び対策要否の判定などからなる診断の方法を設定し、さらには予想される劣化状況に見合った対策やその選定方法などを示すことを基本とする。

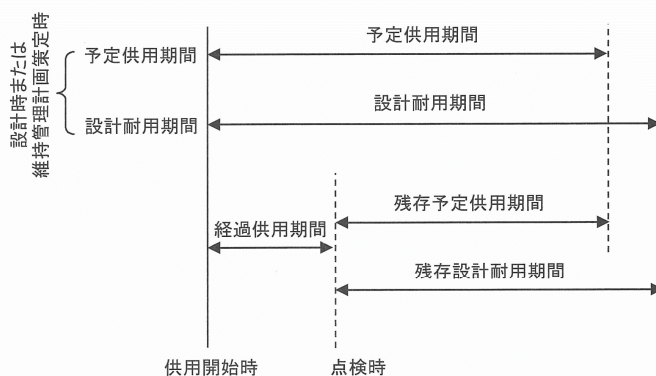
維持管理は、図 1.4.1 に示すように、点検、診断、対策のサイクルを定期的を実施し、診断の結果に基づき、必要に応じて維持管理計画を見直すものとする。維持管理計画の策定後は、その計画に基づいた維持管理の手順をとりまとめておくものとする。



\*) 対策として解体・撤去が選択された場合には、記録を行った後に終了する。

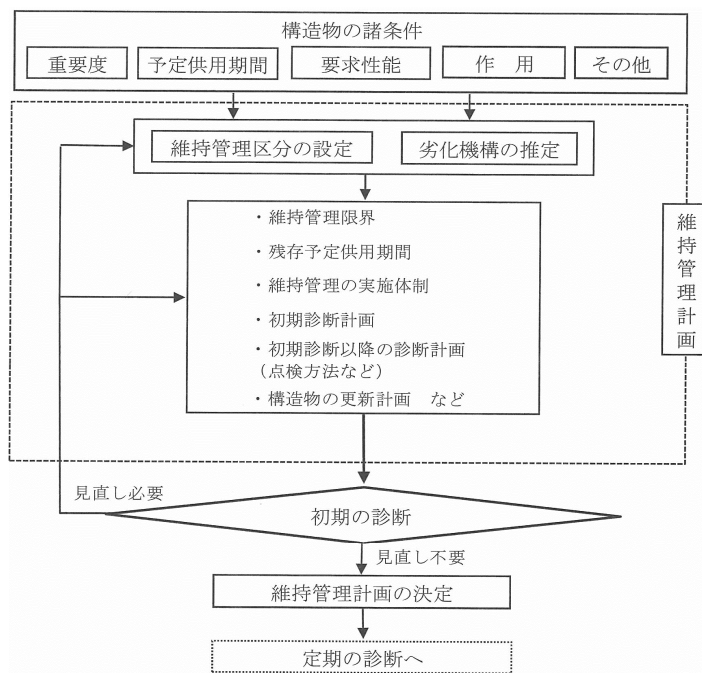
解説 図 3.1.1 構造物の維持管理の手順

図 1.4.1 維持管理の手順  
(2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】、  
解説 図 3.1.1, H30.10, 土木学会)



解説 図 1.3.1 耐用期間および供用期間などのイメージ図 (設計耐用期間が予定供用期間よりも長い場合)

図 1.4.2 耐用期間及び供用期間などのイメージ図  
(2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】、  
解説 図 1.3.1, H30.10, 土木学会)



解説 図 2.1.1 維持管理計画の内容と策定手順

図 1.4.3 維持管理計画策定の手順

(2018年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】，解説 図 3.2.1, H30.10, 土木学会)

1.4.5 点検及び診断

(1) 橋梁点検

橋梁点検は、安全で円滑な交通の確保，計画的で効率的な維持管理のための基礎資料の収集，沿道住民や利用者へのサービスレベルの確保を目的として実施する。

愛知県における橋梁点検には，日常点検，初期点検，定期点検，詳細調査，異常時点検があり，それぞれの目的に適した点検を実施するものとする。

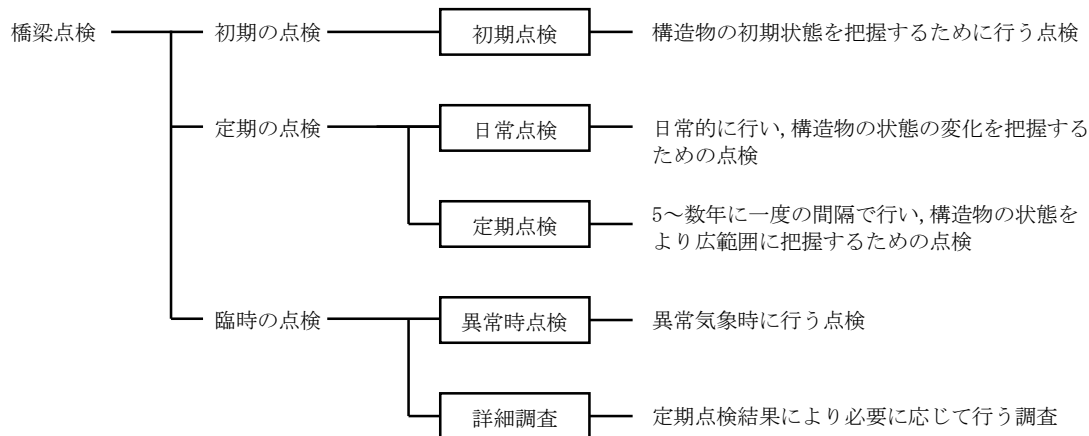


図 1.4.4 点検の種類

(2) 診断

構造物の診断にあたっては，維持管理計画に基づいて点検を実施し，その結果から劣化状態の確認，劣化原因の推定，劣化予測並びに構造物の性能評価を行い，対策の要否を適切に判定する。

診断は，(1)に挙げた点検ごとに，それぞれの目的に適した診断を，維持管理計画の策定時に定めた診断の計画に基づき，専門技術者以上の知識と経験を有する技術者が実施する。



1.4.6 補修及び補強工法の概念図

橋梁の補修及び補強工法の概念図を図 1.4.5 に示す。

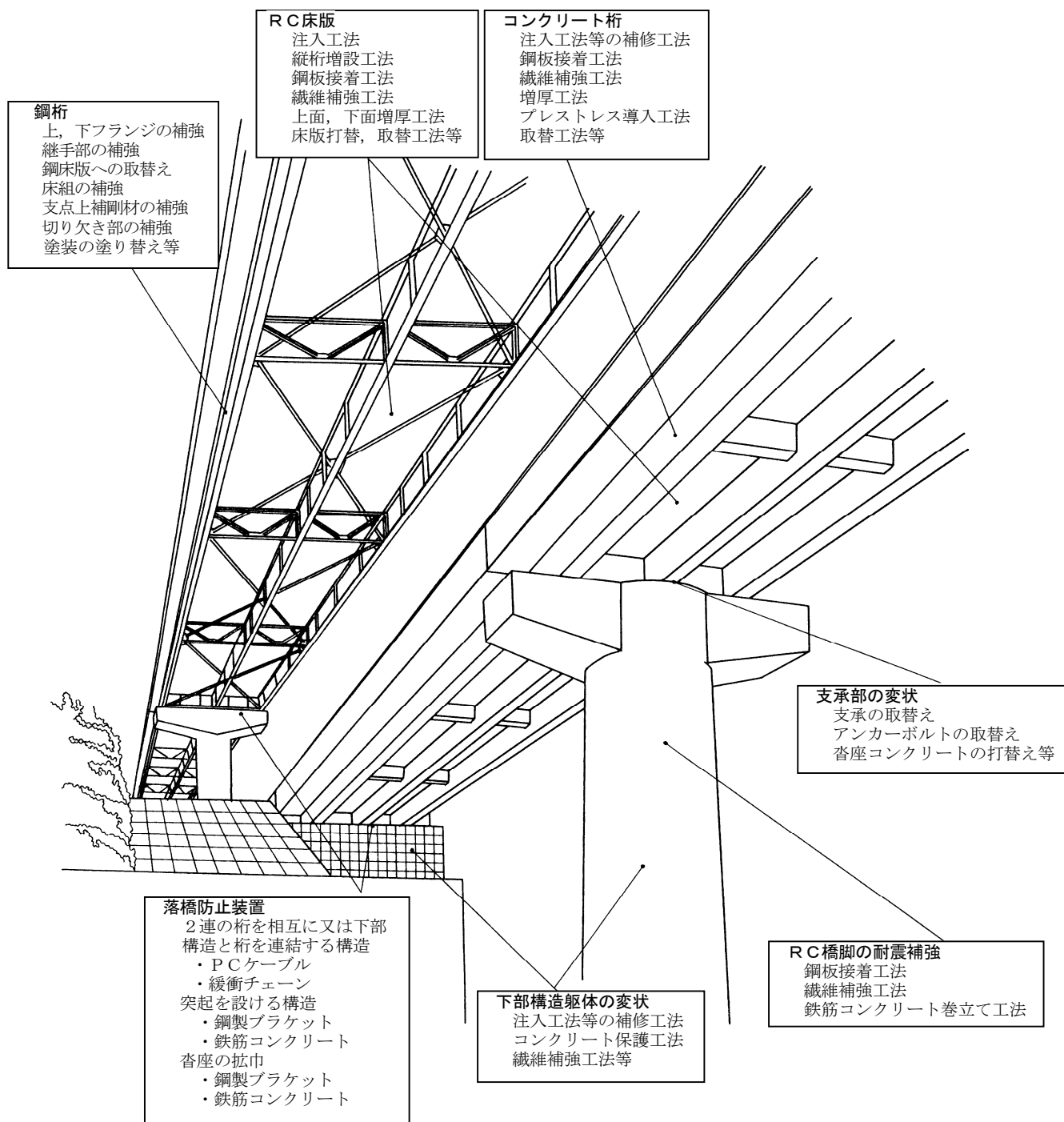


図 1.4.5 補修・補強工法概念図

## 1.4.7 設計活荷重の変遷

橋梁の耐荷力を決定する要因のなかで大きい比重を占めるのは、設計活荷重と材料の制限値である。我が国の設計活荷重の変遷は表 1.4.2 に示すとおりであり、時代とともに徐々に大きくなっているのがわかる。詳細は各時代の示方書又は「道示Ⅰ編、道示Ⅱ編 付録2 表-1」等を参照のこと。また、材料の制限値についても時代とともに変化しており（道示Ⅰ編, H24.3, 道示Ⅱ編 付録2 表-2）、H29年に改定された道示では、部分係数法の導入により許容応力度法が廃止されている。廃止された許容応力度に対応する指標として、新たに「強度の特性値」「材料の制限値」が規定されており、取扱いに十分注意する必要がある。

表 1.4.2 設計活荷重の変遷

示方書の種類		設計自動車荷重		橋の等級
		総重量 (t/台)	輪荷重 (t/輪)	
大正15年制定	道路構造に関する細則案 (内務省土木局)	12	4.5	1等橋
		8	3.0	2等橋
		6	2.25	3等橋
昭和14年制定	鋼道路橋設計示方書案 (内務省土木局)	13	5.2	1等橋
		9	3.6	2等橋
昭和31年制定	鋼道路橋設計示方書案 (建設省)	20	8.0	1等橋
		14	5.6	2等橋
昭和48年制定	建設省通達	43(TT-43)	—	—
平成6年制定以後	道路橋示方書 (建設省)	25 (戴荷長 10m…B活荷重 6m…A活荷重)	10.0	B活荷重 A活荷重

## 1.4.8 耐震設計基準の変遷

道路橋の設計において、地震の影響を具体的に考慮するようになったのは、1923年(大正12年)の関東地震による被害を契機として翌1924年(大正13年)に内務省土木局が「橋台・橋脚等の耐震化の方法」として地震力に相当する水平力を設計の際に考慮するように通達した時に始まる。関東地震以降の耐震性に関する諸規定の整備状況及びその変遷を表 1.4.3 及び表 1.4.4 に示す。なお、道路橋の設計水平震度の変遷については、第 11 章に示す。

表 1.4.3 道路橋の耐震設計標準の主要規定

年 代	耐震設計関連の規定	規定の主な内容			主な地震
		耐震計算法と設計震度	落橋防止対策	液状化対策	
1926年 (大正15年)	1926(大正15)年 道路構造に関する細則案	・最強度地震力を考慮する。ただし、具体的な数値、計算方法は示されず	・規定なし	・規定なし	1923(大正12)年 関東地震(M7.9)
1930年 (昭和5年)	1939(昭和14)年 鋼道路橋設計示方書案	・水平加速度0.2g及び鉛直加速度0.1gを標準	・規定なし	・規定なし	1952(昭和27)年 十勝沖地震(M8.1)
1940年 (昭和15年)	1956(昭和31)年 鋼道路橋設計示方書	・水平震度は0.1~0.35とし、地盤別、地域別に9種類に分類して規定	・規定なし	・規定なし	1964(昭和39)年 新潟地震(M7.5)
1950年 (昭和25年)	1964(昭和39)年 鋼道路橋設計示方書	・同上	・規定なし	・規定なし	1971(昭和46)年 サンフェルナンド地震(M6.6)
1960年 (昭和35年)	1971(昭和46)年 道路橋耐震設計指針	・震度法(地盤別、地盤別、重要度補正係数を考慮)による耐震計算 ・応答を考慮した修正震度法 ・設計水平震度(0.1~0.3)	・落橋防止対策を規定 (移動制限装置、各径縁距離、桁間連結装置)	・液状化の可能性を現位置特性、土質特性により判定し、液状化する土層の支持力を無視	1978(昭和53)年 宮城県沖地震(M7.1)
1970年 (昭和45年)	1980(昭和55)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・震度法(地盤別、地盤別、重要度補正係数を考慮)による耐震計算 ・応答を考慮した修正震度法 ・設計水平震度(0.1~0.3) ・地震時変形性能の照査法 ・動的解析の位置づけを行い、設計地震入力規定	・落橋防止対策を規定 (移動制限装置、SE、落橋防止装置)	・土の液状化強度と地震荷重の比較による合理的な判定方法を規定し、液状化の程度に応じて、土層の土質定数を低減	1983(昭和58)年 日本海中部地震(M7.7)
1980年 (昭和55年)	1990(平成2)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・震度法と修正震度法を統合し、新たに震度法(地盤別、地盤別、重要度別、固有周期補正係数を考慮)による震度計算 ・設計水平震度(0.1~0.3) ・連続橋の耐震計算法を規定 ・地震時保有水平耐力の照査を規定(設計震度:0.7~1.0) ・動的解析による安全性の照査方法を規定	・同上	・同上 ただし、砂質土層の液状化強度の算定方法に細粒分の影響を考慮し、液状化判定方法を高度化	1989年 ロマンブリエータ地震(M7.1)
1990年 (平成2年)	1995(平成7)年 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様	・同上、さらに以下を追加 ・地震の影響の大きい部材(RC橋脚、鋼製橋脚、基礎、支保等)に対する地震時保有水平耐力の照査の実施(設計震度:1.5~2.0) ・動的解析による兵庫県南部地震に対する安全性の照査 ・免震設計の採用 ・ねばり強い構造のための配筋細目等	・同上 ただし、落橋防止装置の強度を強化するとともに、複数個の落橋防止装置を設置し、又、緩衝機能を付与	・同上 ただし、液状化の判定範囲を拡大(れき質土等)するとともに、流動化の影響を考慮	1995(平成7)年 兵庫県南部地震(M7.2)
1996年 (平成8年)	1996(平成8)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・B2道示、復旧仕様・参考資料の同地震力を考慮 ・復旧仕様、参考資料を基本に、橋の重要度をA種とB種に区分 ・地震の影響の大きい部材(RC橋脚、鋼製橋脚、基礎、支保等)に対する地震時保有水平耐力の照査の実施(設計震度:1.5~2.0) ・地震時の挙動が複雑な橋、地震時保有水平耐力法の適用性が限定される場合動的解析を実施 ・免震支保、免震橋の設計法を規定 ・ねばり強い構造のための配筋細目等	・復旧仕様と参考資料を基本 ・落橋を確実に防止し、落橋防止システムと桁かかり長(SE)、落橋防止構造、変位制限構造、段差防止構造、ジョイントプロテクターにより構成する	・液状化の判定法(判定範囲、地震力、地盤定数の低減) ・流動化の判定法と流動力の設定 ・液状化・流動化を考慮した基礎及び橋の設計法	2004(平成16)年 新潟県中越地震(M6.8)
2002年 (平成14年)	2002(平成14)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・橋の供用期間中に発生する確率の高い地震動をレベル1、発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動をレベル2と定義 ・耐震性能の照査方法を「静的照査法」と「動的照査法」に再構成。又、動的照査法の適用範囲が広げられ、具体的な照査方法を定義 ・静的照査法における設計震度はB2道示と同じ ・鋼上座橋造及びコンクリート上座橋造に対する耐震性能の照査の考え方を規定	・同上 ただし、ジョイントプロテクターは変位制限構造の機能を兼ねて使用	・同上、さらに以下を追加 ・橋台基礎について、地震時保有水平耐力法によるレベル2地震動での照査の実施	2008(平成20)年 岩手・宮城内陸地震(M7.2)
2012年 (平成24年)	2012(平成24)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・地盤別補正係数の見直し ・レベル2地震動(タイプ1)の見直し ・レベル2地震動に対して支保部求められる機能に基づく基本条件を明確	・ジョイントプロテクターの規定を廃止 ・段差防止構造を支保部の構造へ移動 ・変位制限構造を構変位拘束構造として規定を見直し	・液状化の恐れがある地盤上の橋台基礎に關し、レベル2地震動に対する耐力の照査方法を新たに規定	2011(平成23)年 東北地方太平洋沖地震(M9.0)
2017年 (平成29年)	2017(平成29)年 道路橋示方書 V耐震設計編	・橋の安全性や性能に對してきめ細やかな設計が可能 ・「部分係数設計法」と「限界状態設計法」を導入 ・鉄筋コンクリート橋脚の照査について、実際に生じる応答変位を直接的に評価することが規定	・同上、さらに以下を追加 ・橋軸直角方向の桁かかり長の確保を付与	・細粒分を含む砂の液状化強度式を見直し、地盤反力係数等の評価をより合理化	2016(平成28)年 熊本地震(M7.3)



1.4.9 地震被害の特徴と県の対応

地震被害の特徴及び道示の改定と県の対応を表 1.4.5 に示す。

表 1.4.5(a) 地震被害の特徴及び道路橋示方書の改定と県の対応 (1/2)

名 称	発生日	地震規模	特 徴	県の対応
新潟地震	1964.6.16 (S39)	M7.5	昭和大橋の落橋、地盤の液状化と流動、落橋防止装置の必要性、強震観測の開始	
サンフェルナンド地震	1971.2.14 (S46)	M7.1	高速道路橋・ダム・病院・ライフライン等の被害、ライフライン地震工学の誕生	S46 点検
道路橋耐震設計指針	1972.4 (S47)	—	新潟地震の教訓反映、世界初の独立した道路橋の耐震基準、震度法・修正震度法混合、地域別・地盤別補正係数、液状化の判定と地盤係数の低減、落橋防止構造の規定	
伊豆半島沖地震	1974.5.9 (S49)	M6.9	落橋防止構造の有効性（天狗橋、伊鈴橋）、斜面の崩壊	S51 点検
伊豆大島近海地震	1978.1.14 (S53)	M7.0	道路斜面・鉸砕ダムの崩壊、震後の降雨の影響、原形復旧の解釈の拡大（七滝ループ橋—機能回復）一部の施設（海岸線の急斜面のトンネル区間）の復旧放棄	
宮城沖地震	1978.6.12 (S53)	M7.6	道路橋・河川堤防の被害、錦桜橋の落橋、ライフライン施設の被害と都市生活への影響、地盤改良の有効性	S54 点検
道路橋示方書・V耐震設計編	1980.5 (S55)	—	伊豆・宮城両地震の教訓反映、建設省の新耐震設計法の研究成果反映、地盤の特性（固有周期）による地盤種別、RC橋脚の変形性能規定、支承部・落橋防止構造の設計細目、動的解析地震入力	
浦河沖地震	1982.3.21 (S57)	M7.1	静内橋RC橋脚鉄筋段落とし部のせん断亀裂、震後対応	
日本海中部地震	1983.5.26 (S58)	M7.7	津波の影響、免震支承（男鹿大橋）の効果、地盤液状化による河川堤防・盛土の被害と復旧、ガス施設の被害、地盤液状化による地盤流動の影響	
メキシコ地震	1985.9.19 (S60)	M8.0	遠距離大地震の影響、軟弱粘土地盤の振動増幅、施工品質管理、災害建物の診断・補修技術、誤報、耐震設計の有効性（超高層ビル・道路橋・横断歩道橋・地下構造物）	S61 点検
ロマプーリタ地震	1989.10.17 (H1)	M7.1	高速道路橋・建物・ライフラインの被害、地盤条件の重要性、脆弱構造の崩壊、ボランティア活動	
道路橋示方書・V耐震設計編	1990.2 (H2)	—	浦河・日本海中部・ロマプーリタ地震の教訓や最近の研究成果反映、（修正）震度法に一本化、地盤種別・連続橋の設計法明確化、RC橋脚の保有耐力規定	H3 点検
釧路沖地震	1993.1.15 (H5)	M7.8	河川堤防や道路盛土等の土構造物の被害	
北海道西部地震	1993.7.12 (H5)	M7.8	津波・火災の影響、河川堤防・道路盛土・斜面の被害、土構造物の耐震設計の必要性の議論（経済性関連）、救援物資の保管配付、津波警報の迅速性	
ノースリッジ地震	1994.1.17 (H6)	M6.8	高速道路橋、建物・ライフラインの被害、火災の影響、直下型地震の大加速度、復旧活動の迅速性、地震予知への懐疑、大地震発生の早期検知1（5-10秒）による防災対策の有効性、事前補強（レトロフィット）の有効性、地震発生日時の影響	
北海道東方沖地震	1994.10.4 (H6)	M8.1	河川堤防や道路盛土等の土構造物の被害、下水道施設等ライフラインの被害	
三陸はるか沖地震	1994.12.28 (H6)	M7.5	RC建築物・土構造物の被害、ガラス落下の危険性、水道管・ガス等ライフラインの耐震性	
兵庫県南部地震「阪神大震災」	1995.1.17 (H7)	M7.2	大都市直下型の浅い地震、戦後最悪	H8 点検

表 1.4.5(b) 地震被害の特徴及び道示の改定と県の対応 (2/2)

名 称	発生日	地震規模	特 徴	県の対応
兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様	1995. 2 (H7)	—	兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会の審議を経て、技術基準改定までの当面の措置として、新設橋梁の設計及び既設橋梁の補強について参考とすべき仕様	
道路橋示方書・V耐震設計編	1996. 12 (H8)	—	兵庫県南部地震の教訓反映、内陸直下型地震による地震動を新たな設計地震力として規定、橋脚・基礎・支承部・落橋防止システムなどを保有耐力法による耐震設計、免震設計法の規定	
道路橋示方書・V耐震設計編	2002. 3 (H14)	—	最近の調査研究成果反映、橋の耐震性能について基本的要求事項を明示、発生確率別にレベル1地震動・レベル2地震動の設定、動的照査法の具体的照査法を規定	H14 定期点検要領(案)制定 H14 第1次あいち地震対策アクションプラン
新潟県中越地震	2004. 10. 23 (H16)	M6. 8	震源深さ 13km の直下型地震、西北西—東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型、最大震度7(計測震度計で初めて震度7を観測)、高速道路橋・建物・ライフラインの被害、上越新幹線の不通	橋梁耐震補強3箇年プログラム H19 第2次あいち地震対策アクションプラン H19 愛知県橋梁定期点検要領(案)
東北地方太平洋沖地震	2011. 03. 11 (H23)	M9. 0	日本観測史上最大のM9.0、太平洋プレートと北アメリカプレートの境界域(日本海溝付近)における海溝型地震、津波による甚大な被害、長周期地震動が広範囲で長時間発生、関東地方の埋め立て地で大規模な液状化現象が発生	
道路橋示方書・V耐震設計編	2012. 3 (H24)	—	東北地方太平洋沖地震をはじめとする近年の被害事例、高齢化しつつある道路橋の現状なども踏まえ、全編にわたり見直し、設計段階から維持管理を考慮、高強度鉄筋の使用、直近の発生地震のデータから設計地震動・係数を見直し、橋台と背面側の盛土等との間の構造部分に関する設計上の配慮事項を規定	
熊本地震	2011. 04. 16 (H28)	M7. 3	熊本県熊本地方、阿蘇地方、大分県中部等にかけて、広い範囲で地震活動が活発化し、一連の地震活動で、震度7を2回観測。(1949年に「震度7」の階級ができて以降、初めて震度7を2回観測)。この一連の地震活動により、大規模な斜面崩落、熊本城の一部損壊等、各地で甚大な被害が発生	
道路橋示方書・V耐震設計編	2017. 11 (H29)	—	熊本地震の被災事例等を踏まえ、過去の地震被害とその要因、施工条件や維持管理条件等の調査や斜面変状、断層変位の影響を受けない架橋位置又は橋の形式等考慮すべき事項を充実化。 耐震性能における損傷制御の考え方について、塑性化を考慮する部材だけでなく、その取付け部材の状態を確認する、また、各部材が耐荷性能の照査を満足するほか、耐力の階層化を確保することを規定。 支承破壊後も下部構造が不安定化しない構造とすること(ロッキングピア対策)、地盤の液状化判定について、沖積層に対する条件を明記、落橋防止システムについて思想が把握できるよう再構成・条文見直し	

## 1.5 既設構造物の調査及び耐荷力の照査

## 1.5.1 調査

構造物は、設計計算に基づいて設計図に記載された寸法で施工されるが、一般にその出来形寸法又は応力状態にある程度の誤差を伴うことは避けられない。また、橋梁は一般に竣工後に経年劣化していく。さらに、何

らかの原因による損傷を受ける場合もある。

補修・補強の設計及び施工に際しては、対象橋梁について調査し、橋梁の現況や現場状況について十分把握しなければならない。

調査には書類調査と現場調査があり、一般に以下の(1)～(7)がある。(1)書類調査、(2)現場調査は必ず実施すべき作業であり、(3)～(7)の調査は必要に応じて行うものである。ただし、補修・補強の設計に際しては、有効な手段の一つである。

また、対象橋梁の設計図書がない場合には、必要に応じて非破壊検査、材料試験、寸法計測、復元設計を行う。

#### (1) 書類調査

書類調査は、対象橋梁についての設計図書等を竣工図書から調査するもので、特に橋梁の構造図や当初設計の計算書を調査するものである。

- ① 竣工図書（設計計算書、検査工事記録等を含む）
- ② 管理台帳類
- ③ 過去の点検・診断記録
- ④ 補修・補強関係図書
- ⑤ その他必要な資料

表 1.5.1 書類調査における調査項目の例（橋梁の場合）  
（コンクリート構造物の補強指針(案), 解説 表 5.2.1, H11.9, 土木学会）

調査の種類	調査項目
設計・施工時期	設計・施工時期, 経過年数
適用規準	適用規準の種類
	制定年
構造形式	等級
	橋梁形式
	支間長
	橋長
	幅員
設計条件	荷重条件
	材料条件（材料強度など）
	断面寸法
	鋼材（直径, 本数, 配置, 緊張量など）
地盤条件	支持条件
	地質, 地形
目視による点検の記録	劣化, 損傷の有無やその位置
その他	補修, 補強歴
	付属構造物の取付け位置・取付状況

#### (2) 現場調査

現場調査は、対象橋梁の健全度の調査の他、補強部材の詳細寸法等の決定に際しての構造物の形状計測等を行うものである。また、施工計画を立案するための現場の立地条件、交通状況を調査する。

表 1.5.2 現場における調査項目の例  
(コンクリート構造物の補強指針(案), 解説 表 5.2.2, H11.9, 土木学会)

調査の種類	調査項目	
設計図書との整合性	設計・施工時期, 適用基準, 構造形式, 設計条件, 地盤条件, 過去の点検記録, 補修・補強履歴, 添架物, 付属物, 形状計測	
荷重・環境条件の調査	立地条件	設置場所, 気候条件, 地形条件
	交通条件	交通量, 大型車混入率, 車両重量, 道路ネットワーク
	振動・騒音	
外観の調査	ひびわれ状況	ひびわれの位置, ひびわれ幅, ひびわれ密度
	欠損	コンクリートの剥離など
	変位・変形	
	錆汁・遊離石灰, 変色, 漏水	
内部の調査	構造物の材料特性	コンクリートの強度, 弾性係数, 鉄筋の強度, 弾性係数
	配筋の状況	鉄筋径, 本数, ピッチ, 位置
	かぶり	
	コンクリートの劣化状況	内部の空洞, 凍害深さ
	鋼材の腐食状況	発生の状況, 鋼材断面欠損率, 自然電位, 分極抵抗, グラウトの状況
	鋼材の腐食因子の状況	コンクリートの中性化深さ, 塩化物の分布

### 1) 鋼橋の場合

補修・補強する際に, 切断, 曲げ, 溶接及び過熱矯正など加工が必要となる場合, 現橋の鋼材の化学成分, 機械的性質及び溶接性などを調べる必要がある。既存の資料が整備されている場合には問題がないが, 資料に乏しいことが多く, このような場合には, 現橋の一部から試験片を採取して各種の試験を行う必要が生じる。

また, 損傷が発生していた場合, 原因追求のために応力測定をしなければならない場合もある。

床版補強, 桁補強する場合, 部材製作前に取り付け箇所の実測を行い, 製作, 現場施工に反映させる必要がある。

### 2) コンクリート橋の場合

コンクリート橋の補修・補強にあたっては, まず, 設計図書によりその形状寸法, 配筋状況及び応力状態を調査するばかりでなく, 実際に部材の形状寸法の測定, 配筋状況の測定, 及び変状や劣化の状況などを調査したり, 損傷のある場合には, その状況を調査することが重要になる。

### (3) 非破壊検査

非破壊検査は扱える対象が幅広く, 試験後の補修を必要としない等の長所がある反面, 破壊検査に比べて精度の劣る場合が多い。表 1.5.3 に非破壊検査方法を示す。なお, 「道路橋補修・補強事例集(2012年版) 1.3.1 及び 1.4.1, H24.3, 日本道路協会」に記載の調査方法も参考にすると良い。

#### 1) 強度の推定

現時点における, 各部材のコンクリート強度を測定する。

- a) 反発度法
- b) 超音波法

#### 2) 欠陥の探査

外観からでは確認できない構造物内部の欠陥などを調べる。

- a) 超音波法
- b) 電気法
- c) 放射線法
- d) 赤外線法



e) AE法（アコースティック・エミッション法）

3)形状の推定

実測不可能な部材寸法及び、配筋状況などを推定する。

a) 超音波法

表 1.5.3 (a) 非破壊検査方法の特徴 (1/2)  
(橋梁定期点検要領(案), 表 2, H19. 2, 愛知県建設部道路維持課)

	把握できる内容	適用範囲	使用方法	利点	問題点
超音波板厚測定 (板厚測定)	・厚さの測定	・金属, 非金属及び超音波を透過させる材料	・超音波により共振を起こして肉厚を測定する	・測定が容易 ・使用実績が多数ある	・記録保存が困難 ・塗膜が厚いと精度が悪い
渦流探傷試験	・表面及び表層部の欠陥, 特に亀裂に有効	・導電材料	・コイルにより測定物にうず電流を与え, 表面のひびわれ等の変化によるうず電流の変化を検出して損傷を判別する。	・測定速度が速い。 ・経済的である。	・形状が単純なものでないと適用しにくい。 ・内部の欠陥は検知できない。 ・欠陥以外の材料的因子により影響を受ける。 ・測定に熟練を要する。
磁粉探傷試験	・部材表面, または表面付近の亀裂の検出	・磁性材料 (鉄鋼材料等)	・一般的手法: 極間法	・方法が簡易で亀裂の検出に優れている。	・鉄鋼材料などの磁性材料のみに適用可能 ・内部損傷は測定不能 ・亀裂の深さが測定不能
超音波探傷試験	・部材欠陥, 特に亀裂の判別に適している。また, 欠陥の位置については判別しやすい。	・金属, 非金属, プラスチック, その他超音波を透過させる材料 ・部材の形状には, 制限があまりない。	・一般的手法: パルス反射法	・小さな欠陥は検出しにくい, 材料の厚さには制限は少ない。 ・持ち運びが容易 ・使用実績が豊富 ・経済的である	・記録が保存しにくい。 ・測定に熟練を要する。 ・損傷の形状種類が把握しにくい。 ・塗膜が厚いと精度が悪い。
浸透探傷試験	・金属及び非金属材料の亀裂	・特に制約はない	・作業工程 1) 浸透処理 2) 洗浄処理 3) 現像処理 4) 観察	・材料を比較的選ばない。 ・作業能率が良い。 ・写真などにより記録が容易	・表面の亀裂のみ検出 ・多孔質材料及び表面の粗い材料は不可
ボルトヘッドマークの確認	・高力ボルト材質が確認できる	・刻印付きのボルト	・目視	・F11Tボルトの確認が容易	・損傷の有無の確認ではない
たたき試験	・高力ボルトのゆるみの有無	・高力ボルト	・高力ボルトのナット側をたたき, 振動・異常音により損傷の有無を確認する	・簡単な調査方法である	・精度は比較的ばらつきが大きい。 ・本数が膨大となる。 ・傷の程度・状況が把握できる責任ある経験技術者が必要
超音波探傷試験 (F11T等の損傷)	・高力ボルト等の内部亀裂	・高力ボルト	・音波を伝達し反射時間より欠陥の位置・大きさを調べる	・現場作業時間が短い	・亀裂の位置や大きさによりバラツキがみられる
軸力計 (電磁式) を使用した調査	・高力ボルトのゆるみ	・高力ボルト	・振動の共振による共振周波数から軸力を求める	・現場作業時間が短い	・材質・ボルト長により測定ができない場合がある
写真撮影 (画像解析による調査)	・塗装劣化面積, ひびわれ幅・長さ	・ひびわれ幅0.2mm以上	・損傷を写真撮影し画像解析により検出	・現場作業時間が短い	・表面の損傷しか検知できない

表 1.5.3(b) 非破壊検査方法の特徴(2/2)  
(橋梁定期点検要領(案), 表 2, H19.2, 愛知県建設部道路維持課)

	把握できる内容	適用範囲	使用方法	利点	問題点
インピーダンス測定	・塗膜劣化度	・塗膜	・塗膜抵抗値を電氣的に測定することによって、インピーダンスを得る。	・現場作業時間が短い	・精度は比較的ばらつきが大きい。
膜厚測定 (超音波法)	・塗膜厚さ	・塗膜	・超音波により共振を起こして膜厚を測定する	・測定が容易 ・使用実績が多数ある	・記録保存が困難
付着性試験	・塗膜の付着性	・塗膜	・乾燥塗膜に切り込みを入れ、その上にテープを貼り付け引っ張った際の塗膜の剥落度で評価する。	・試験が容易	・精度は比較的ばらつきが大きい。
赤外線調査	・ひびわれ、うき、空洞及び塗装タイトルの浮き上がり	・部材一般 ・特に平面的拡がりのあるものが有利	・一般部分と異なる部分(ひびわれ、空洞)の表面温度の違いにより欠陥位置を推定する。	・測定が容易、特に平面的拡がりのあるもの ・記録の保存が容易 ・判別が容易	・正常な部分と欠陥部との表面温度差が生じる時間帯に調査する必要がある。
移動量測定 (支承)	・支承移動量等	・支承等	・デジタルひずみ計による支承移動量の測定	・定量的な移動量が計測できる	・下部構造を固定点とする必要がある
カラーイメージングソナーによる測定	・基礎の洗掘	・水中基礎	・水中にける、音波による構造物や洗掘状況(地盤形状)の確認	・測定が容易	・流速の速い河川では使用困難な場合がある ・水深が浅いと使用困難な場合がある

(4) 破壊検査

破壊検査としては、コンクリート構造物に対してコア法により、圧縮強度の推定を行うことが挙げられる。表 1.5.4 に破壊検査の例を示す。

表 1.5.4 破壊検査の例

検査内容	検査方法	検査方法の概要	留意点
破壊検査	コア法	構造物よりコアを抜取り、圧縮試験機で載荷する。	試験後の補修が必要。

(5) 載荷試験及び振動試験

実構造物の力学的挙動、又は応力状態を直接的に評価する方法には、載荷試験による応力測定及び振動試験があり、以下の項目に関する情報を得るために用いる。

- ① 部材の断面剛性と応力状態
- ② 振動特性

載荷試験は一般に車両を上載荷重として用いる方法で、荷重を静止させた状態で計測する試験が静的載荷試験、荷重を移動させながら載荷する試験が動的載荷試験である。

(6) 寸法計測

対象橋梁の設計図書がない場合、主な構造部位の寸法計測を行い、橋長、支間長、幅員、主桁寸法、主桁間隔、横桁(対傾構等)間隔、床版厚等を明らかにする。

### (7) 復元設計

対象橋梁の設計図書がない場合、主な構造部位の寸法計測結果と、建設当時の設計基準にもとづき復元設計を行い、主要部材の断面を推定する。

## 1.5.2 既設橋梁の耐荷力の照査

### (1) 基本方針

既設橋梁の耐荷力照査は、H29 道示に定められている設計活荷重(A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の判定を行うために実施する。

既設橋梁の耐荷力照査の基本方針としては、橋梁の損傷度レベルを基本とし、設計計算による耐荷力、実測による実耐荷力、及び特殊条件を勘案して、総合的に対策の要否を判定する。

ここにいう実測による実耐荷力とは、応力頻度測定により測定された値をさし、原則として設計計算による耐荷力が必要耐荷力を下回る既設橋梁については、すべての橋梁に対して実施することとする。又、特殊条件とは、架替え予定等、供用条件が大幅に変化する場合をいう。

橋梁の耐荷力は、その橋梁を構成する部材の中で、最も耐荷力の低い部材によって決まることになるが、通常の載荷試験にみられるように、部材相互の共同作用や計算上の仮定と実際の構造との違い等により、実際に生じる応力度が計算値よりかなり小さくなっている部材がある。したがって、実用上安全な範囲で、部材の持つこのような余裕を考慮したうえで、より実際的な供用荷重を定めるのがよい。

なお、耐荷力照査は、「既設橋梁の耐荷力照査実施要領(案)」(H8.3, 道路保全技術センター)を参考に行うと良い。また、耐荷力が許容値を満足せず、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)」(H8.3, 道路保全技術センター)を参考に行うと良い。

(2) 耐荷力照査の手順

橋梁の耐荷力照査のフローを図 1.5.1 に示す。

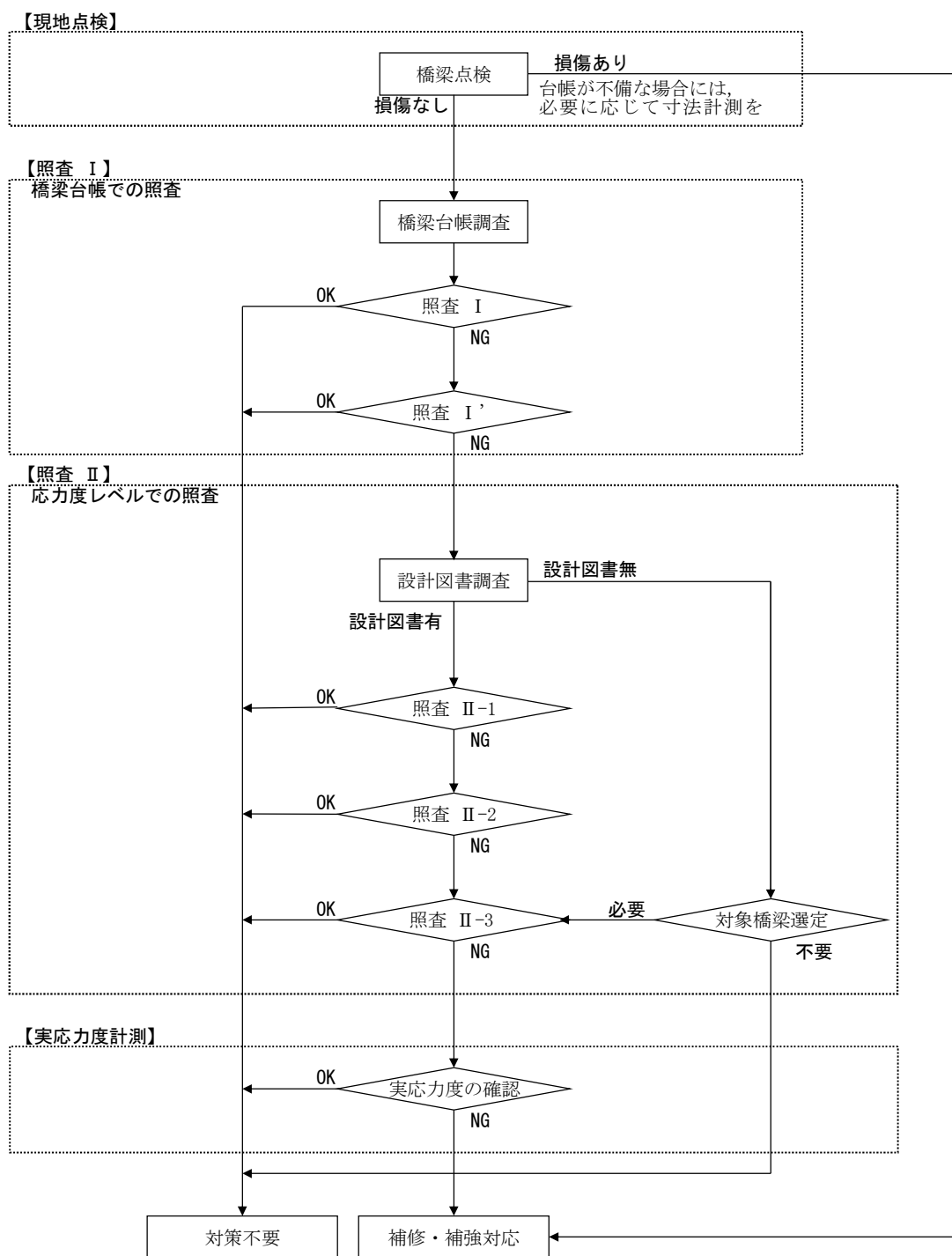


図 1.5.1 耐荷力照査フロー

(3) 耐荷力照査 (既設橋梁の耐荷力照査実施要領 (案), 6.3, H8.3, 道路保全技術センター)

1) 照査 I

照査 I は, 本耐荷力照査の第 1 段階にあたり, 橋梁台帳のみから計算できる係数  $\alpha$  ( $\beta$ ),  $S$ ,  $K$  を用いて, 断面力レベル (新荷重により増加した活荷重分に対して) により照査を行う最も簡易な判定である。

$$\alpha / S_{\alpha} K \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.1)}$$

$$(\beta / S_{\beta} K \geq 1.0) \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.2)}$$

2) 照査 I'

照査 I' は, 本耐荷力照査の第 2 段階にあたる。照査 I と同様に断面力レベルで行う照査であるが, 死荷重部分の断面力  $D$  を加えて照査を行うものであり, 新設計荷重による断面力 (係数  $K$ ,  $S$  を考慮) が, 当時の設計荷重をどの程度超過するかを示す係数  $W'$  により判定するものである。ここで死荷重及び活荷重の断面力に占める割合は, 橋梁形式ごとに支間長の関数として与える。

$$W'_{\alpha} = \{(\alpha / K) L + D\} / S_{\alpha} \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.3)}$$

$D$  と  $L$  は支間長の関数として与える

$$(W'_{\beta} = \{(\beta / K) L + D\} / S_{\beta} \leq 1.0) \quad \dots\dots \text{式 (1.5.4)}$$

3) 設計図書の有無等

照査 I 及び I' は橋梁台帳から橋梁形式, 支間長, 幅員等のデータがあれば照査することができるが, 応力度レベルで行う照査 II については, 設計図書にある当時の設計応力度のデータがないと照査が実施できない。そこで, 設計図書の調査を行い, 設計図書があるものについては照査 II を実施することが望ましい。設計図書がないものについては, 照査 I' の結果をもって, 補強の要否の判定に進むものとする。照査 II は, 応力度レベルで照査を実施するため, 設計時の許容応力度に対する余裕や照査 I' で仮定した死活荷重比について実際の値が使える等, 一般的に照査 I' より照査結果が OK になる確率は高くなる。しかし, 照査 II の計算は, 上述したとおり時間と労力がかかるため, 検討対象は増えるが照査 I' の結果をもって判断しても構わない。

4) 照査 II

耐荷力照査の第 3 段階。照査 I 及び I' で OK とならなかった橋梁を対象に, 部材に生じる応力レベルで耐荷力を判断する。照査 II は, 照査 II-1, II-2, II-3 の 3 段階から構成される。

① 照査 II-1

照査 II-1 は, 照査 I の式と形は同一であるが, 設計図書の死荷重応力度及び活荷重応力度より正確な死活荷重応力度より正確な死活荷重比を計算し, これにより  $S$  を再計算し, 判定するものである。

$$\alpha / S_{\alpha}' K \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.5)}$$

$$(\beta / S_{\beta}' K \geq 1.0) \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.6)}$$

② 照査 II-2

照査 II-2 は, 照査 I' で行った断面力レベルの照査を, 設計図書にある設計応力度を用いて行うものである。

$$W'_{\alpha} = [ \{ (\alpha / K) \sigma_{ML} + \sigma_{MD} \} / S_{\alpha}' ] / \sigma_{\alpha} \leq 1.0 \quad \dots\dots\dots \text{式 (1.5.7)}$$

$$(W'_{\beta} = [ \{ (\beta / K) \sigma_{QL} + \sigma_{QD} \} / S_{\beta}' ] / \sigma_{\beta} \leq 1.0) \quad \dots\dots \text{式 (1.5.8)}$$

## ③ 照査Ⅱ-3

照査Ⅱ-3は、供用荷重により応力度の再計算を行うものである。これは設計図書がなく、当時の設計応力度がわからない場合や古い橋梁で設計計算が簡易な方法で行われている橋梁等の照査を行う場合に有効な方法である。しかし、設計計算を再度行うことは著しく時間とコストがかかるため、照査Ⅱ-3を実際に行うかどうかは十分に検討する必要がある。

$$W_{\alpha} = \{(\sigma_{ML}' + \sigma_{MD}') / S_{\alpha}'\} / \sigma_{\alpha} \leq 1.0 \quad \cdots \cdots \text{式 (1.5.9)}$$

$$(W_{\beta} = \{(\sigma_{QL}' + \sigma_{QD}') / S_{\beta}'\} / \sigma_{\beta} \leq 1.0) \quad \cdots \cdots \text{式 (1.5.10)}$$

## 【記号の定義】

- L : 断面力に占める活荷重の割合  
 D : 断面力に占める死荷重の割合  
 K : 幅員係数  
 S<sub>α</sub> : 死荷重係数 (曲げモーメント, 支間長から推定)  
 S<sub>β</sub> : 死荷重係数 (せん断力, 支間長から推定)  
 S'<sub>α</sub> : (曲げモーメント, 再計算)  
 S'<sub>β</sub> : (せん断力, 再計算)  
 M<sub>L</sub> : 設計時又は補修時の活荷重による支間中央曲げモーメント  
 M<sub>D</sub> : 設計時又は補修時の死荷重による支間中央曲げモーメント  
 Q<sub>L</sub> : 設計時又は補修時の活荷重による支点部せん断力  
 Q<sub>D</sub> : 設計時又は補修時の死荷重による支点部せん断力  
 σ<sub>ML</sub> : 設計時又は補修時の活荷重による支間中央応力度  
 σ<sub>MD</sub> : 設計時又は補修時の死荷重による支間中央応力度  
 σ<sub>QL</sub> : 設計時又は補修時の活荷重による支点部せん断応力度  
 σ<sub>QD</sub> : 設計時又は補修時の死荷重による支点部せん断応力度  
 σ'<sub>ML</sub> : 供用荷重\*による支間中央応力度  
 σ'<sub>MD</sub> : 現状死荷重による支間中央応力度  
 σ'<sub>QL</sub> : 供用荷重\*による支点部せん断応力度  
 σ'<sub>QD</sub> : 現状死荷重による支点部せん断応力度  
 σ<sub>a</sub> : 各部材の許容応力度
- \* : 「供用荷重」とは、新設計荷重の車線位置を考慮して載荷する荷重のこと

## (4) 応力頻度測定を行わないその他の橋梁の耐荷力照査

基本方針に従えば、原則的には設計耐荷力がB活荷重を下回る既設橋梁は、応力頻度測定を行う必要が生じる。しかし、跨線橋や跨道橋の中には、足場が設けられない橋梁があるなど、必ずしもすべての橋梁に対して計測が行えるとは限らない。よって、下記の条件を勘案しつつ、やむを得ない場合や安全性の照査が正しく行える場合等に対しては、応力頻度測定を省略することも可とする。

- 1) 現場条件等により、応力頻度測定が不可能な橋梁で、他に橋種、構造、規模、交通量、大型車混入率等の類似性が認められる橋梁での応力頻度測定結果が得られている場合
- 2) すでに架け替え計画がある橋梁や、バイパスの開通により交通量が大幅に減少する橋梁、又は大幅な縦断変更により死荷重が減少する橋梁等の特殊な場合については、ケースによっては頻度測定を行わずでよい。
- 3) その他、損傷が軽微な橋梁で、橋種、構造、規模、交通量、大型車混入率等の類似性が認められる橋梁での応力測定結果が得られている場合

## 1.6 第三者被害の防止措置

### 1.6.1 コンクリート片のはく落

コンクリート構造物（鋼桁のRC床版及びプレストレストコンクリートの構造物を含む）は、施工時に発生するひびわれやコールドジョイントなどの初期欠陥、地震や衝突等によるひびわれやはく離などの損傷、中性化、塩害、アルカリ骨材反応などの劣化機構に起因する変状が生じ、変状箇所のコンクリート部材の一部が破片としてはく落することがある。本線・ランプ交差箇所や鉄道・道路交差箇所等でこのようなコンクリート片のはく落が生じた場合、第三者被害を発生させる可能性がある。このようなコンクリート片のはく落により発生する第三者被害を未然に防止するため、コンクリート片のはく落防止対策を行う。

コンクリート片のはく落防止対策は、第三者被害を防止することを目的として実施するものであることから、現時点ではく落が想定される変状箇所の発見及び変状箇所の確実な除去がもっとも重要である。除去された断面は、断面修復を行うものとするが、これだけの施工では、コンクリート構造物は様々な劣化機構で劣化が進行し、新たなはく落が発生する可能性がある。

以上のことから、変状箇所に対して断面補修等を行ったうえで、以下のとおりはく落防止対策を行う。

また、対策を実施する際には、はく落の要因を特定し、要因に対する対策（例：床版防水による床版への水の浸入防止）を同時に実施することが望ましい。

#### (1) はく落防止対策の対象構造物及び対象範囲等

はく落防止対策の対象構造物は、以下の箇所に位置するすべての構造物とする。

- ① 本線・ランプ交差箇所
- ② 鉄道交差箇所
- ③ 一般道交差箇所
- ④ 高架下占用箇所及び第三者の出入りが容易な箇所
- ⑤ その他はく落により第三者被害等が想定される箇所

対象構造物のうち、はく落防止対策を実施する範囲の決定は、「建設工事公衆災害防止対策要綱、H5.1.12 付建設省経建発第1号」の高所作業に規定される落下物に対する防護の範囲を準用する。

対象構造物における対策範囲の決定は、**図 1.6.1** を標準とする。

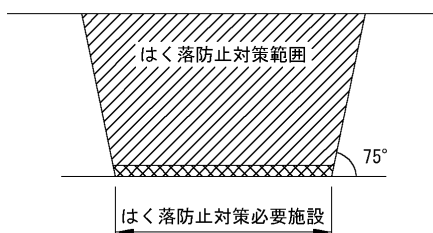


図 1.6.1 はく落対策範囲の標準

また、対象範囲の決定例を**図 1.6.2**～**図 1.6.5**に示す。



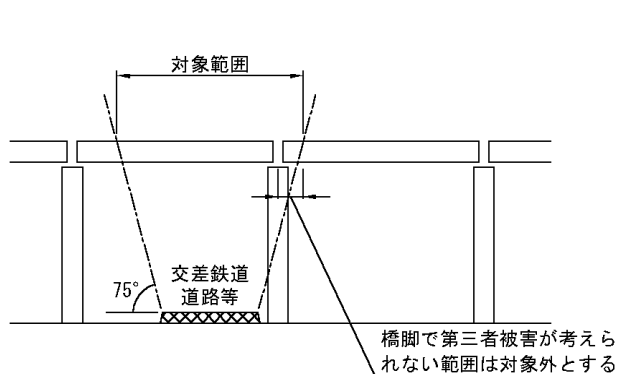


図 1.6.2 交差物件がある場合の対象範囲

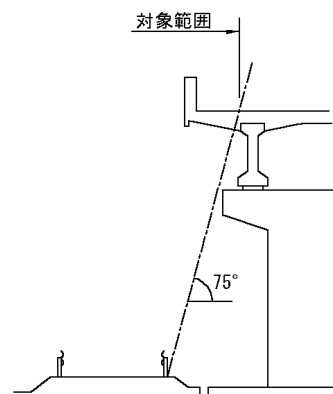


図 1.6.3 本線と併走する側道等がある施設の場合

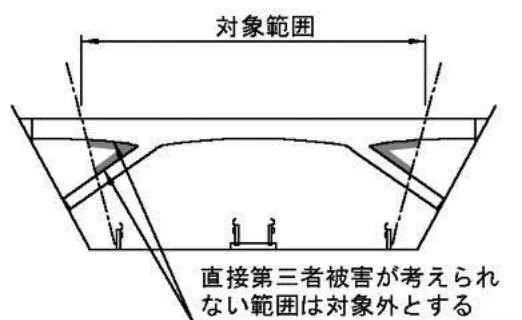


図 1.6.4 本線・ランプの場合の対象範囲

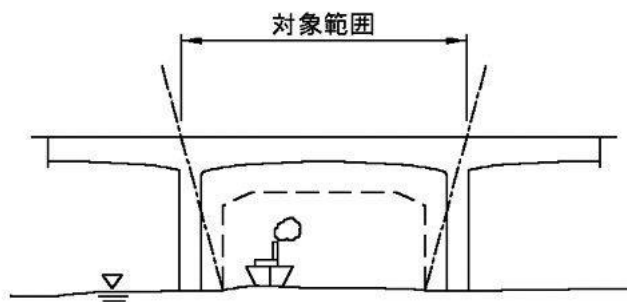
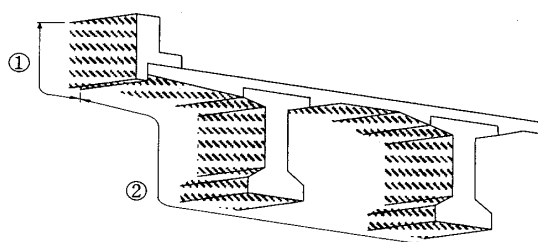


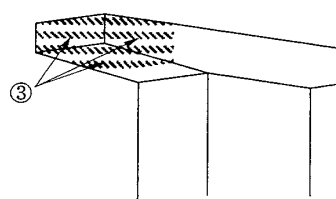
図 1.6.5 海峡・河川などで航路等となっている場合の対象範囲

また、はく落防止対策を実施する部位、部材（図 1.6.6）は以下のとおりとする。

- ① 上部構造の壁高欄又は地覆の水切り部を含んだ外面
- ② 上部構造の床版及び主桁下面
- ③ 橋脚の張出し部下面及び側面



(a) 上部構造の場合



(b) 下部構造の場合

図 1.6.6 はく落防止対策を実施する部位、部材  
(設計要領 第二集 橋梁保全編, 図 4-6-4, H29.7, NEXCO 総研)

## (2) 対策内容

はく落防止対策については、コンクリート片をはく落させないはく落防止性能や、このはく落防止性能を長期間維持できる耐久性能を有するとともに、施工性、経済性等に加え、維持管理のし易さの観点から工法を選定するものとする。

このうち、はく落防止性能や耐久性能については、構造物施工管理要領（NEXCO）等を参考に照査すると良い。

また、維持管理のし易さに配慮した工法として、コンクリート表面が目視点検できる工法や、はく落の恐れがある箇所を事前に検知できる工法等がある。

### 1.6.2 ボルトの落下

F11Tの高力ボルトは、遅れ破壊により落下する可能性がある。

本線・ランプ交差箇所や鉄道・道路交差箇所等でボルト落下が生じた場合、第三者被害を発生させる可能性がある。本来であれば、補修の必要性を判定したうえで、F10Tの高力ボルトへの交換を行うことが望ましい。交換までの期間においては、第三者被害を未然に防ぐために、ボルト落下防止対策を行う。ボルト落下防止対策には、ネットで覆う方法やボルトキャップで連結する方法がある（写真 1.6.1 及び写真 1.6.2 参照）。

対策範囲は、前項の「(1)コンクリート片のはく落」と同じである。

なお、本章 4.6 において、損傷の概要について記載しているので参考にされたい。



写真 1.6.1 ネットで覆う方法



写真 1.6.2 ボルトキャップで連結する方法

### 1.6.3 付属物の取付け金具

付属物の点検は、橋梁点検の中で実施され、付属物の現状を把握し、異常又は損傷を早期に発見するとともに、対策の要否を判定することにより、第三者被害の恐れのある事故を防止し、安全かつ円滑な道路交通の確保を図ることを目的として実施される。

点検の頻度、項目及び方法等は、「付属物（標識、照明施設等）定期点検要領, H27.3, 愛知県建設部道路維持課」を参考とする。

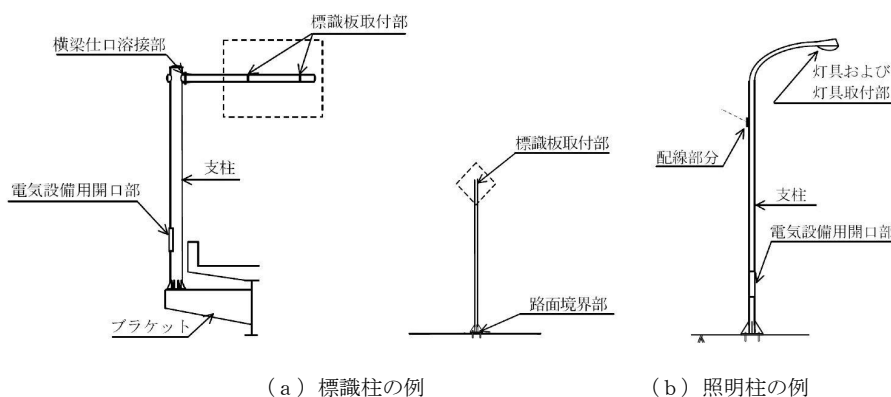


図 1.6.7 付属物の例

(付属物（標識、照明施設等）定期点検要領, 図-解 1.1, H27.3, 愛知県建設部道路維持課)

## 1.7 補修・補強設計の基本

ここでは、主に劣化損傷により低下した橋梁の状態を回復するとき、及び設計活荷重が大きくなったときの性能向上対策の基本的な考え方について述べる。

耐震・補強については、**本章 0**を参照すること。

### 1.7.1 補修・補強設計の基本方針

補修・補強対策工法は、対象橋梁の構造特性、損傷状況、立地条件、交通状況等を考慮し、構造の安全性、交通の安全性、第三者被害防止、耐久性の確保の観点から、設計方法や交通規制を含めた施工方法等を検討したうえで、経済性をもとより、維持管理のし易さ、長寿命化にも配慮した適切な工法を選定することが必要である。一方、現在における橋梁の補修補強技術は、日々、研究開発が進められており、新たな工法等を採用する場合には、検討・試験等を実施し、その効果や施工性を確認・評価することが必要である。

以下に補修・補強設計の基本方針を示す。

#### (1) 適用基準

原則として最新の設計基準を適用するものとする。場合によっては現況断面の応力度が制限値を超えることがあるが、応力超過が損傷を生じた直接の原因となっているか十分検討したうえで対策実施の必要性を慎重に判断する必要がある。

補修工法の計画にあたっては、平成29年に作成した「補修設計事例集」を参考にすることが望ましい。

#### (2) 設計活荷重

設計活荷重については、現行の道示で規定されている設計荷重を用いるものとする。しかし、既設構造物の断面が小さい場合等により補修・補強ができないとき、及びあまりにも現実離れた補強断面となる場合には、別途検討するものとする。

#### (3) 材料強度

材料強度については、設計時の適用基準が不明な場合、復元設計や現地調査等により適切に設定すること。

#### (4) 制限値

適用基準年度や示方書の違いにより材料の制限値が異なる場合があるが、原則として補強後の断面を、現行示方書の制限値以内に収めるものとする。ただし、制限値以内に収めることが困難でわずかに超えるような場合には、別途検討を行い、安全性を判断することができる。

#### (5) 第三者被害防止措置の実施

跨線橋及び跨道橋等については、コンクリート片の落下等による第三者被害を未然に防止するため、損傷状況を踏まえ、**1.6 第三者被害の防止措置**も同時に実施することを基本とする。

## (6) 交通解放した状況での施工

補修・補強の施工時には、活荷重の影響を受けながらの施工となる場合が多く、活荷重による応力変動や振動による影響を考慮した施工計画を立案し設計に反映させるものとする。補修・補強工事において補強部材を既設部材に取付ける際には、原則として橋梁上は通行止めとし活荷重による影響を除外しなければならない。しかし、通行止めが困難な場合には、極力、活荷重による影響が小さくなるように考慮しなければならない。

## (7) コスト縮減の推進

補修、塗替え塗装、耐震補強、定期点検等を同時に実施することにより、足場の兼用等のコスト縮減が図られる場合は、同時に実施することを基本とする。(補修等の緊急性が高い場合を除く)

## (8) 維持管理のし易さ

施工性、経済性、耐久性等も踏まえ、補修・補強後の点検、調査、補修・補強等が確実かつ合理的に実施できる工法等を検討し、可能な範囲で実施するものとする。

## (9) 長寿命化対策の実施

限られた予算の中で効率的かつ効果的に維持管理を実施するため、補修・補強や塗替え塗装等を実施する際には、損傷が多く発生している桁端部や外桁部を中心に、予防保全の観点から損傷要因を事前に除去する**2 長寿命化対策**を同時に実施することを検討し、可能な範囲で実施するものとする。

実施にあたっては、対象箇所の損傷状況、施工性、経済性、維持管理性等を踏まえ、対策内容や対策範囲を決定すること。

## (10) 既往資料の把握及び現地踏査の実施

設計にあたっては、橋梁台帳(耐震対策台帳含む)、点検調書、補修履歴に加え、竣工時や補修・補強時の設計図書・竣工図書の内容を把握したうえで、損傷の種類と範囲、損傷原因と劣化機構、現有する耐震性能等を明確にすること。また、現場踏査を事前に実施し、設計に反映すべき断面欠損やひびわれ等の損傷の有無を確認すること。さらに、非破壊検査等により、根本的な損傷原因の究明を行うことが望ましい。

## (11) 新技術

NETIS(国土交通省新技術情報提供システム)に登録された新技術については、事後評価結果を踏まえ、従来の技術よりも施工性、経済性、耐久性等に総合的に優れる場合には、積極的に導入するものとする。

また、補修・補強においては、やむを得ず設計手法が確立していない工法を採用せざるを得ない場合もある。その場合には、工法の採用にあたっての十分な検討や実験等を専門家等も交えて行い実施することが望ましい。なお、実施にあたっては、道路維持課と事前に協議を行うこと。

## 1.7.2 補修・補強設計の留意事項

補修・補強の設計においては、次の点に留意しなければならない。

- (1) 作用荷重による部材の発生断面力が許容値を超えてもすぐに補強とするのではなく、より実際の挙動に適合する照査方法(活荷重を実車線上のみに載荷、設計手法の変更(FEM解析のモデル変更)等)の採用を検討

討する。その場合は、事業課・道路維持課と協議のうえ、採用の可否を判断することとする。

## (2) 溶接による補修

現場溶接の採用は、数多くの利点がある反面、溶接施工の管理が不十分な場合、次のような不都合事項を生ずる懸念があるため、注意を要する。

### 1) 厳しい溶接作業環境

湿度、風などの気象条件の変化を受け易い。また、桁下空間が狭い場所における足場上の作業で、しかも上向き姿勢などが多く、溶接施工の困難度が高い。このため溶接部のビード形状が乱れ易く、溶込み不足、溶接割れ、アンダーカットなどの欠陥を生じ易い。

### 2) 荷重作業下での溶接

被溶接部材である既設構造物には、死荷重、活荷重などの荷重作用に伴う応力が存在している。このような応力作用下における溶接は、熱変形に伴う応力の再配分と共に溶接欠陥の発生し易い条件となる。

### 3) 振動下での溶接

路面供用の条件下で施工される場合、既設構造物は振動しており同時に作業用足場も振動している状況にある。これらの振動は、溶接施工条件を悪くすると共に溶接欠陥が発生し易く、特に高サイクルの振動下では溶接金属の凝固過程で悪影響を受け、内部欠陥の発生を伴うこともある。

(3) 鋼部材の補修・補強では、現場作業となることが多く、その場合、作業条件や施工管理の面から部材の連結には高力ボルトを用いることが多い。しかし、構造上ボルトの孔あけが困難な場合にはやむを得ず溶接による補修を採用することになるが、その場合は、前項(2)の内容について注意する必要がある。

(4) 補強により、構造系、応力の伝達に変化が生じる場合があるので、作業中、作業後の安全性(座屈、応力集中等)に対して検討しておく必要がある。

(5) 上部構造の補強は原則的にバントで支持するなど、無応力状態で行うものとする。しかし、交通状態及び地形的条件で交通止め、バント設置ができない場合にはその状態を考慮して設計を行う必要がある。すなわち、前荷重と後荷重の扱いに注意しなければならない。一般に、補強前の死荷重については既設の本体構造で抵抗し、補強後の死荷重と活荷重については、既設の本体と補強断面の一体構造で抵抗するものとする。

(6) 鋼合成桁の床版打替えは、一般的に困難である。やむを得ず床版打替えを行う場合には、**本章 3.2.5 (8)** に示す問題点を解決する必要がある。

(7) 炭素繊維シートを用いた補修・補強設計では、設計計算上必要となる補修・補強量に対して、材料の特性や性能が保証される適用条件等を十分踏まえた上で、シートの種類、目付量及び層数などの条件の経済的な組み合わせを検討する必要がある。また、検討にあたっては、研究機関学会等の技術資料が参考になるが、これらを基準のごとく画一的に用いることのないよう留意する必要がある。

## 1.7.3 補修・補強の記録

補修・補強設計の記録については、供用期間中の維持管理に有効な情報であるため、道路構造物関連資料の保存要領(案)(最新版 愛知県建設部道路維持課)に基づき、確実に保存しなければならない(道示I編, 12.3 参照)。

また、道路構造物管理カルテ作成要領(案)(最新版 愛知県建設部道路維持課)により、橋梁管理カルテの補修補強等履歴に適切に記録するものとする。

## 1.8 耐震補強設計の基本

### 1.8.1 耐震補強設計の基本方針

橋の耐震補強設計について、H29 年道示を考慮した耐震補強設計に関する文献が未発刊であるため（2019 年 4 月現在）、ここではこれまでの検討・設計方法を踏襲する。

橋は、地震後における避難路や救助・救急・医療・消火活動及び被災地への緊急物資の輸送路として非常に重要な役割を担っている。このため、橋の耐震設計においては、地震時における橋の安全性を確保するとともに、橋の重要度に応じて、地域社会生活に支障を与えるような機能の低下をできるだけ抑制すること及び地震によって損傷が生じた場合にも、その損傷の発見や機能の回復が比較的容易にできることが重要となる。

既設橋梁の耐震性能については「既設橋の耐震補強設計における技術資料（国総研資料第 700 号，H24. 11，国土交通省国土技術政策総合研究所）」を参考に検討することができる。愛知県では「既設橋の耐震補強設計における道示の留意事項について（通知），H25. 1. 9，事務連絡，愛知県道路維持課」にて「既設橋の耐震補強設計における技術資料（国総研資料第 700 号）」により行うことを示している。さらに、「既設橋の耐震補強設計における技術資料（国総研資料第 700 号）」に基づいた県の考え方が「既設橋の耐震補強設計の当面の進め方について（通知），H25. 1. 9，事務連絡，愛知県道路維持課」にて示されている。以下に、「既設橋の耐震補強設計における技術資料（国総研資料第 700 号）」の基本的な考え方を示す。

道示（H24. 3）による耐震設計においては、まず設計地震動に対して橋に求める耐震性能を定め、次にその耐震性能を確保できるように橋を構成する個々の部材の限界状態を設定し、地震によって生じる個々の部材の状態がその限界状態を超えないことを照査する流れとなっている。道示（H24. 3）には、このような耐震性能の照査の考え方とともに、各部材の抵抗特性や許容値等の設定方法、さらには、設計、施工するうえでの配慮事項等が示されている。

旧基準で設計された既設橋に対する耐震補強においても、まず耐震性能（表 1.8.1）を設定することから始め、その耐震性能が確保できるよう、耐震補強が必要な部材を適切に選定し、その部材の特性に応じた適切な補強工法を検討していくことになる。

また、耐震補強設計においては、既設橋に固有な構造的な与条件があるために道示に示される計算方法の適用範囲外である場合や、既設構造を活用しながら補強対策を行う場合等、新設する橋への適用を念頭に規定された道示（H24. 3）の考え方を全てそのまま適用するのが難しい場合がある。この場合には、個別の橋の構造条件と橋に求められる耐震性能を踏まえて適切に耐震補強設計を行うことになる。

表 1.8.1 耐震補強において目標とする橋の耐震性能のレベルの例とこれらに対する耐震性能の観点  
（既設橋の耐震補強設計における技術資料 表-2.1，

国総研資料第 700 号，H24. 11，国土交通省国土技術政策総合研究所）

耐震補強において 目標とする橋の耐震性能	耐震設計上 の安全性	耐震設計上 の供用性	耐震設計上の修復性	
			短期的修復性	長期的修復性
レベル 2 地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の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	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である
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、橋としての機能の回復は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	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	恒久を行うことは可能である
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	落橋に対する安全性を確保する	——	——	——

### 1.8.2 耐震補強設計の留意事項

以下に、耐震補強設計における留意事項を挙げる（既設橋の耐震補強設計における技術資料 3., 国総研資料 第 700 号, H24. 11, 国土交通省国土技術政策総合研究所）。

#### (1) 現況の把握と維持管理の確実性及び容易さへの配慮

既設橋の耐震性能の評価においては、既設橋の現況を踏まえることが重要である。その際には、当該に対する橋梁点検結果を活用するとともに、必要に応じて現況調査を実施する必要がある。特に、地震の影響を支配的に受ける部材の中でも支承部などは経年劣化等によりその機能に支障が生じている場合もあるため、留意して現況把握をする必要がある。

また、耐震補強の構造計画を検討する際には、維持管理の確実性及び容易さに配慮することも重要である。既設橋の場合には、調査によりその橋の劣化特性や耐久性の観点での架橋条件等に関する情報を十分に得ることができる。このため、新設橋の場合よりもこうした条件を補強設計の際に確実に考慮したり、今後の劣化の推移を考慮した設計を行ったり、適切な維持管理の計画をたてることもできる。このような配慮が、補強により期待される耐震性能を確実に発揮できるようにするためにも必要である。

なお、既存の部材に損傷がある場合等には、それらに対する補修の検討も含めて耐震補強の構造計画を検討することも重要な留意点である。これは、耐震補強の実施によって、部材や装置が追加設置された結果、既に生じていた別の損傷が点検しにくくなったり、耐震補強後ではその損傷を補修することが困難となったりする可能性も考えられるためである。

#### (2) 橋全体系の挙動を踏まえた耐震補強の考え方

合理的な耐震補強設計を行うためには、橋の構造特性を考慮して、レベル 2 地震動を受けた場合に、対象とする橋が橋全体系としてどのように挙動するのか、どの部材がどのような順序で損傷を受けるのかを把握することも重要である。そのうえで、その損傷が橋の耐震性能に対してどのような影響を及ぼすかを検討し、目標とする耐震性能に照らして必要な耐震補強対策を検討することになる。

#### (3) 耐震補強における橋の耐震性能の照査方法、部材等の抵抗特性及び許容値の設定

耐震補強においては、橋の耐震性能の照査方法の選定、部材等の許容値の設定及び抵抗特性のモデル化等は、目標とする橋の耐震性能の観点から適切に行う必要がある。道示に規定される照査方法や部材の許容値の設定方法や抵抗特性のモデル化の方法は、基本的には新設する橋の構造条件を対象としたものであるため、特に、道示 V 編に示される部材の許容値を既設橋の耐震性能評価や耐震補強設計に対して適用する場合、目標とする耐震性能レベルの観点からその許容値の設定の考え方が適当であるか等を吟味する必要がある。

#### (4) 取付部の設計

耐震補強において追加設置された部材や装置等の取付部が確実に機能を確保できるように配慮する必要がある。耐震補強では、後施工として既設橋に新たな部材や装置等を取り付けることが多いが、その際、このような新たに設置する部材や装置自体だけでなく、それらを取り付けられる部位側に対しても適切な検討が必要である。これは、取り付けられる側の部位に損傷が生じると、設計の前提条件が成立しなくなるためである。このため、これらの新たに設置する部材や装置等から伝達される力に対して、取り付けられる側の部位が確実に抵抗できるよう、耐力の階層化に配慮することや、必要に応じて取付部側の方にも補強を施す等について検討する。

## (5) 施工性への配慮

既設橋に対する耐震補強においては、施工上の制約条件に大きく支配されることが多いため、設計段階において施工性、施工手順等に十分に配慮したうえで補強工法の検討を行うことが重要である。例えば、耐震補強を目的として支承交換をする場合、一般に上部構造をジャッキアップして施工することになる。その場合には、ジャッキアップの支点部となる上部構造側及び下部構造側の部位に対して検討が必要となる。そして、仮に、当該部位の耐力が不足しているという理由で補強を検討する場合には、ジャッキアップという施工時の状況だけでなく、補強後の構造が常時に対する設計や耐久性の観点から影響を及ぼすことはないかも含めて留意して検討する必要がある。

## (6) 設計図等に記載すべき事項

「道示V編」に新たに「設計図等に記載すべき事項」が規定された。支承部周辺に設置された構造や装置については、設置の目的や設計地震力を明示することが地震後の緊急点検等の際に有用であるが、これは耐震補強の場合も同じである。

特に、既設橋に新たな装置や構造を追加設置する場合には、これら装置や部材自体の維持管理だけでなく、桁端部等における排水処理との関係を踏まえ、それらの取付け部位に対する維持管理に配慮が必要となる場合もある。したがって、対象橋の特性と適用する耐震補強工法に応じて、耐震補強により取り付けた装置や部材、またこれらの取付け部位の維持管理、さらには地震後の緊急点検をする際に有用となる情報について、補強設計の段階から十分に検討し、それらの事項が適切に維持管理に引き継がれ、活用できるように記録しておくことが重要である。また、地震後の緊急点検の際に必要な情報については、すぐに取り出せる資料に記録する等の配慮も必要である。

## 1.8.3 耐震補強の記録

耐震補強の記録については、供用期間中の維持管理に有効な情報であるため、道路構造物関連資料の保存要領（案）（最新版 愛知県建設部道路維持課）に基づき、確実に保存しなければならない（道示I編, 1.2.3参照）。

また、道路構造物管理カルテ作成要領（案）（最新版 愛知県建設部道路維持課）により、橋梁管理カルテの補修補強等履歴に適切に記録するものとする。

落橋防止システムを設置する場合には、支承部として設置される部材との区別が明確となるよう、どの部材が支承部で、どの部材が落橋防止構造又は横変位拘束構造に該当するかを図面等に記載する必要がある（道示V編 1.9 解説）



## 2. 長寿命化対策

新設時はもとより、補修・補強や塗替え塗装等を実施する際には、予防保全の観点から損傷要因を事前に除去する以下の対策を同時に実施することを検討し、可能な範囲で実施するものとする。

また、「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案), H25. 3, 中部地方整備局道路部」を参考にすること。

### 2.1 伸縮装置

#### 2.1.1 伸縮装置の漏水対策

伸縮装置からの漏水を防ぐため、伸縮装置が非排水構造となっていない場合は、非排水構造に改良することを原則とする。(埋設ジョイントを除く)

また、改良にあたっては、第6章2 伸縮装置によるほか、鋼性ジョイント(二次製品を含む)の場合は、以下の構造とする。

なお、伸縮装置に係る新技術・新工法を採用する場合は、伸縮装置の止水性、交換作業の確実性、点検の容易性、耐久性を踏まえたライフサイクルコスト等を考慮して決定する。

- (1) 止水材等の点検及び交換作業の確実性や容易性に配慮した構造とする。
- (2) 図 2.1.1の例に示すとおり、二重の非排水構造として、弾性シール材等の一次止水材に加え、ゴムパッキン等の二次止水材を設置することを基本とする。
- (3) 二次止水材を設置した場合には、二次止水材に集まる水を排水するため、導水管を二次止水材から最寄りの排水管まで設置する。なお、近傍に排水管がない場合も、橋座面に水が飛散しないよう、導水管を橋座の外まで設置すること。

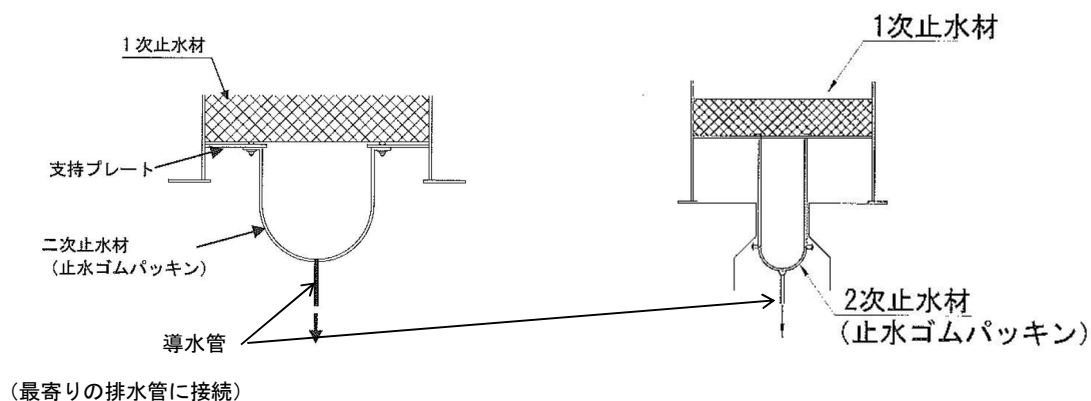


図 2.1.1 止水材の構造の例

#### 2.1.2 伸縮装置前後の排水性舗装

排水性舗装の場合は、床版端部の舗装の損傷による伸縮装置との段差抑制を図るため、舗装を打ち換える際には、現地状況を踏まえ、図 2.1.2のとおり、伸縮装置手前1 m程度の範囲をセメントミルクを注入した半たわみ性舗装にする。

なお、半たわみ性舗装の材料及び配合については、舗装施工便覧(最新版 日本道路協会)等によるものとする。

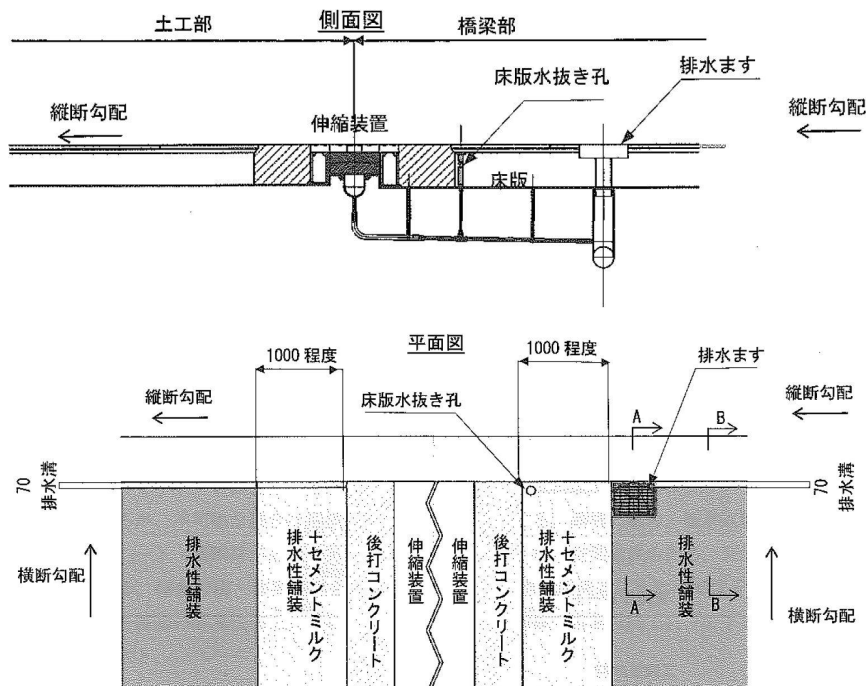


図 2.1.2 伸縮装置前後の排水性舗装

## 2.2 排水構造

### 2.2.1 橋梁前後区間の排水構造

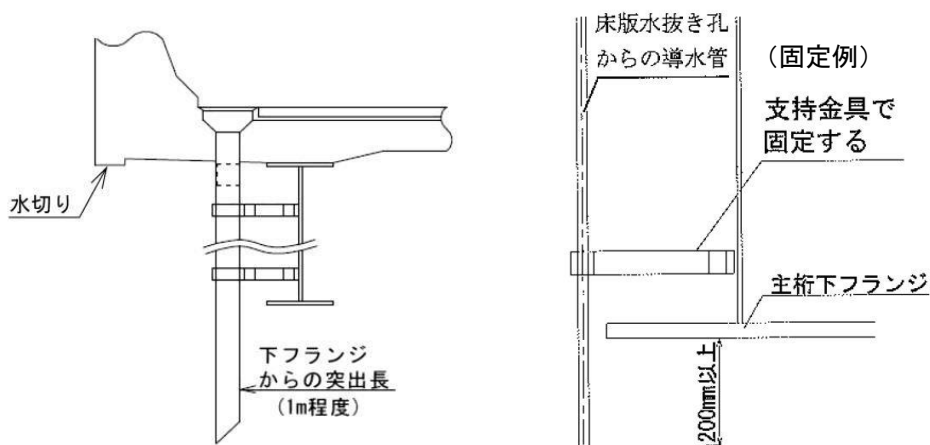
橋梁前後区間（土工部）において、道路の縦断勾配あるいは合成勾配が橋梁内に向かっていている場合には、現地状況を踏まえ、橋台背面に排水柵を設置する等、前後区間の排水が橋梁に流れ込まない構造とすることを検討する。

なお、半たわみ性舗装の材料及び配合については、舗装施工便覧（最新版 日本道路協会）等によるものとする。

### 2.2.2 上部工下面の流末処理

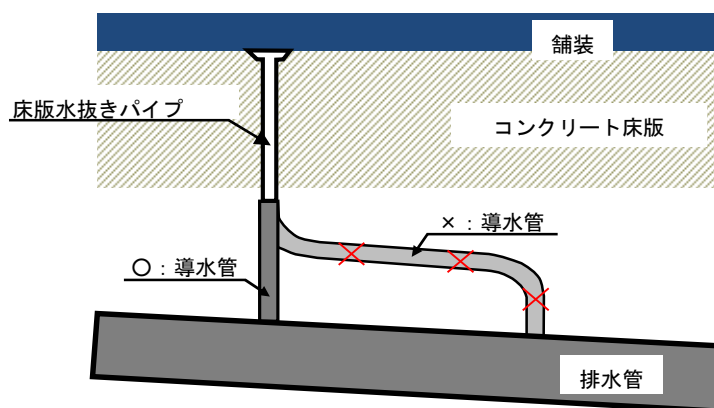
排水管や床版水抜きパイプの排水が部材に飛散することによって部材の劣化を助長することを防止するため、排水施設の損傷状況を踏まえ、排水管や床版水抜きパイプの流末構造を以下のとおりとする。

- (1) 垂れ流し部については、図 2.2.1 のとおり、上部工の桁下より下側の位置まで伸ばした構造にする。  
また、脱落や変形による飛散を防ぐため、支持金具等により上部工に確実に固定する。  
(※桁端部や桁下の通行が予想される箇所等は、垂れ流しを行わない。)
- (2) 垂れ流しを行わない区間については、導水管等により橋面排水の排水管に確実に接続する。また、床版水抜きパイプに接続する導水管等は、排水性を確保するため、出来る限り急激に曲げない構造にする。(図 2.2.2 参照)



※吐け口の位置は、上図を基本とするが、第2章4.4.1(5)に示す桁下高さを確保すること。

図 2.2.1 排水構造の吐け口と主桁の高さの関係



※導水管は、上図のとおりできる限り曲げない構造にする。

図 2.2.2 導水管の設置例

## 2.3 橋面防水

### 2.3.1 床版防水層の設置

床版防水層が設置されていない場合は、床版への排水の浸透による床版の劣化を防止するため、床版や橋面舗装の損傷状況も踏まえ、第6章5.2 防水層により、床版防水層を設置する。

### 2.3.2 床版防水層の端部処理

地覆・壁高欄や伸縮装置付近等の床版防水層の端部については、滞水しやすく、床版や舗装の劣化要因となるため、第6章4.6.3 床版防水層上の排水処理(1) (導水パイプの設置等)に加えて、地覆・壁高欄部、伸縮装置部及び排水柵周辺に対して、以下の対策を実施する。

#### (1) 地覆・壁高欄部

床版防水層の端部については、第6章4.6.3 床版防水層上の排水処理(2)により、端部処理を行う。

(2) 伸縮装置部

床版防水層の端部については、図 2.3.1 のとおり、端部防水層（端部処理材）として床版防水層の立ち上げを基層まで行う。端部の導水パイプについて、舗装厚が小さく設置が適さない場合は、導水テープの使用も検討する。

なお、橋面舗装工の施工にあたっては、舗装の転圧不足を防ぐため、端部を入念に締め固めること。

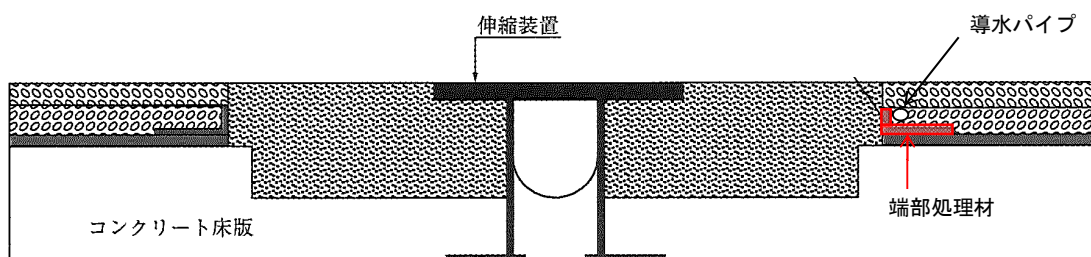


図 2.3.1 伸縮装置部における床版防水層の立ち上げ

(3) 排水柵付近

(2)と同様に、図 2.3.2 のとおり床版防水層の立ち上げを橋面まで行う。

(※排水性舗装の場合は、床版防水層の立ち上げを基層まで行う。)

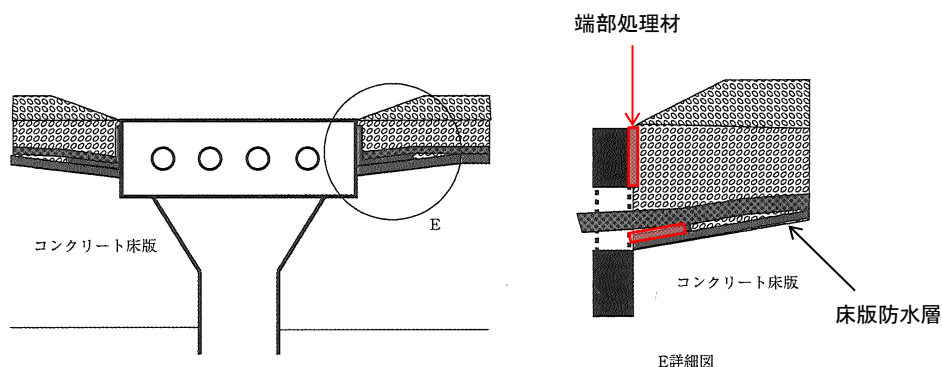


図 2.3.2 排水柵付近における床版防水層の立ち上げ

2.4 水切り設置

2.4.1 桁端部

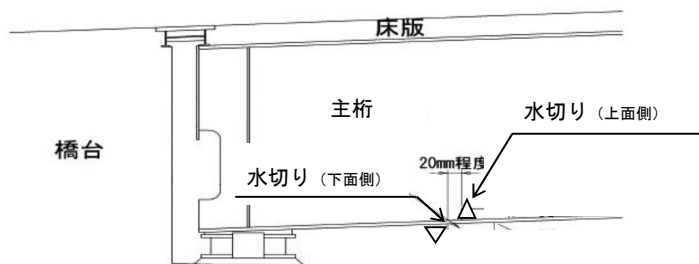
外桁に付着した雨水が桁端に流れ込まないようにするため、縦断勾配が低い側の桁端部前面には、図 2.4.1 に示すように、外桁の下フランジに水切り（止水板）を設ける。

設置位置は、橋座面より前面とし、検査路が設置されている場合には、別途考慮するものとする。

設置にあたっての留意事項を2.4.3に示す。

また、以下の場合や範囲等には、水切り（止水板）を設置しない。

- (1) 桁端部付近に添接板が設置されている等、桁端部に水が流れ込む恐れのない場合
- (2) 下フランジ上面側：山岳部等で落葉がたまりやすく腐食環境が助長される場合



※コンクリート桁・鋼桁ともに上図を参考に設置する。

図 2.4.1 桁端部の水切り（止水板）設置例

#### 2.4.2 床版端部

壁高欄・地覆の外側面の水が床版下面に伝わり主桁等が劣化することを防止するため、図 2.4.2 に示すように、床版端部下面に水切り（止水板）を設置する。

設置にあたっての留意事項を2.4.3に示す。

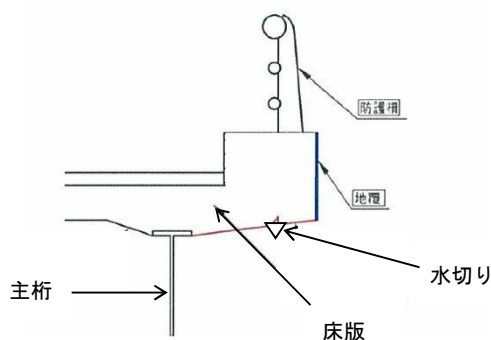


図 2.4.2 床版端部の水切り（止水板）設置例

#### 2.4.3 留意事項

- (1) コンクリート部材のうち、はく落防止対策が必要な範囲（1.6.1 に示す範囲）に設置する場合には、はく落防止対策の中に水切りを設置すること。
- (2) 第三者被害が予想される範囲に設置する場合には、第三者被害を防ぐ観点から、(1)のはく落防止対策を実施する、当該範囲をできる限り避ける、長期耐久性のある材質や接着材を使用すること等を検討すること。
- (3) 水切り（止水板）は、設置面を清掃し、油分・塵等を十分取り除いたうえで、接着材等により確実に固定させること。（溶接による固定は、部材の変形等の要因となるため行わない。）
- (4) 水切りの材質は、経済性に加え、耐久性、施工性、維持管理性に優れたものを採用すること。

## 2.5 橋座面の排水対策

橋座（下部工天端）について、台座コンクリートが設置され施工可能な沓座高が確保されている場合は、橋座面の滞水や土砂堆積を防止するため、図 2.5.1 のとおり、橋座面に橋軸方向 2% 程度の排水勾配を付ける。特に、支承取替及び支承補修を行う際には、原則として本対策を行うこと。

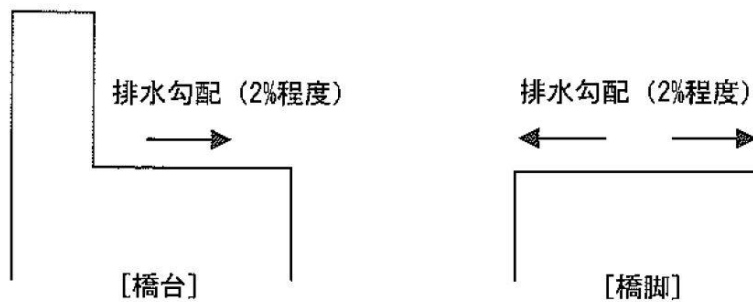


図 2.5.1 橋座面の排水勾配

### 3. 鉄筋コンクリート床版（RC床版）の補修・補強

#### 3.1 一般

##### (1) 床版の損傷の概要

自動車交通量の増大と車両の大型化に伴い、既設橋梁の鉄筋コンクリート床版（以下、「RC床版」という）に大きな荷重が作用することになり、床版の耐荷力が小さい場合にはひびわれ等の損傷が発生し易くなる。

また、交通量の増加、凍害等の影響により、RC床版上面の土砂化（図 3.1.1）も報告されている。

最近の研究によれば、RC床版の損傷メカニズムについて、次のように説明されている。ひびわれに雨水が侵入すると、輪荷重の走行の度に水圧が発生し、ひびわれ面に繰り返し応力が発生する。ひびわれ面相互の相対ずれの動き（すりみがき作用）に対する潤滑油の役目を担い、骨材を徐々に動かすことで、圧縮側のコンクリートが分離し土砂化する（図 3.1.1）。

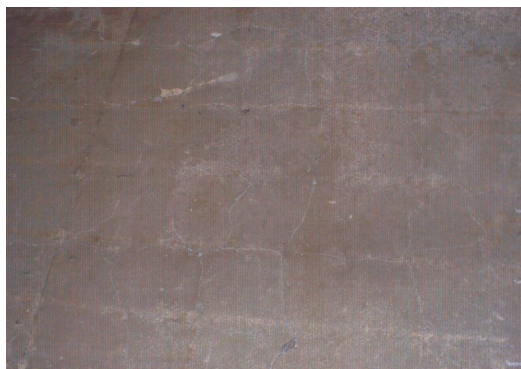


写真 3.1.1 床版のひびわれ



写真 3.1.2 床版の抜け落ち

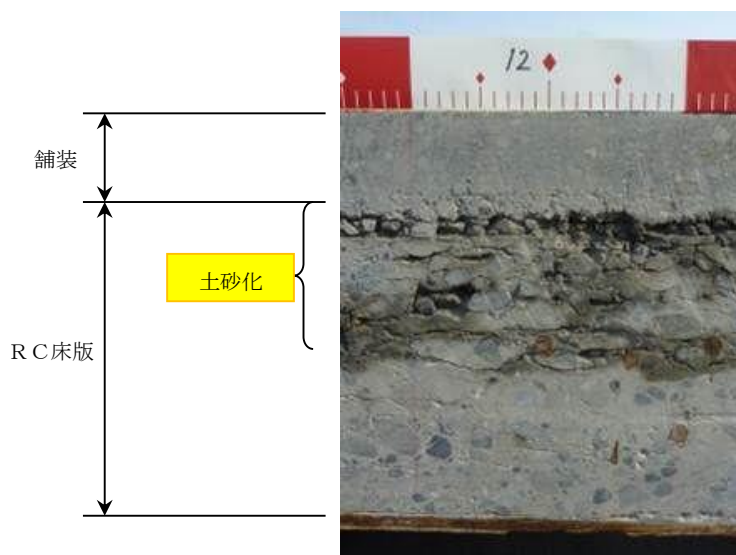


図 3.1.1 RC床版上面の土砂化

##### (2) 橋面防水工の設置

RC床版は、活荷重の繰り返し載荷と路面からの雨水の侵入により、ひびわれ遊離石灰の進展、内部鉄筋の腐食、疲労耐力の低下などの劣化が生じる。劣化を抑制するには、路面から床版への雨水の侵入を止めることが有効である。

H14 道示において、それまで「必要に応じて防水層を設ける」という表現を「防水層等を設ける」にあらため、RC床版の防水層を必須のものとした。すなわち、平成14年以前の道示により設計した上部構造は、防水層が設置されていない場合が多いことを念頭に維持管理を行う必要がある。

橋梁の維持管理においては、舗装全面打替時に防水層の施工を同時に行うものとする(第6章 5.2参照)。

(3) 補強工法の選定

RC床版の補強工法は、図 3.1.2 に示すように多岐にわたるため、損傷要因と補強設計条件に適合する補強工法を選定する必要がある。なお、各工法の適用範囲とその組み合わせについては十分留意すること。

補強項目と各種条件による適合性について比較した参考資料を、表 3.1.1、表 3.1.2 に示す

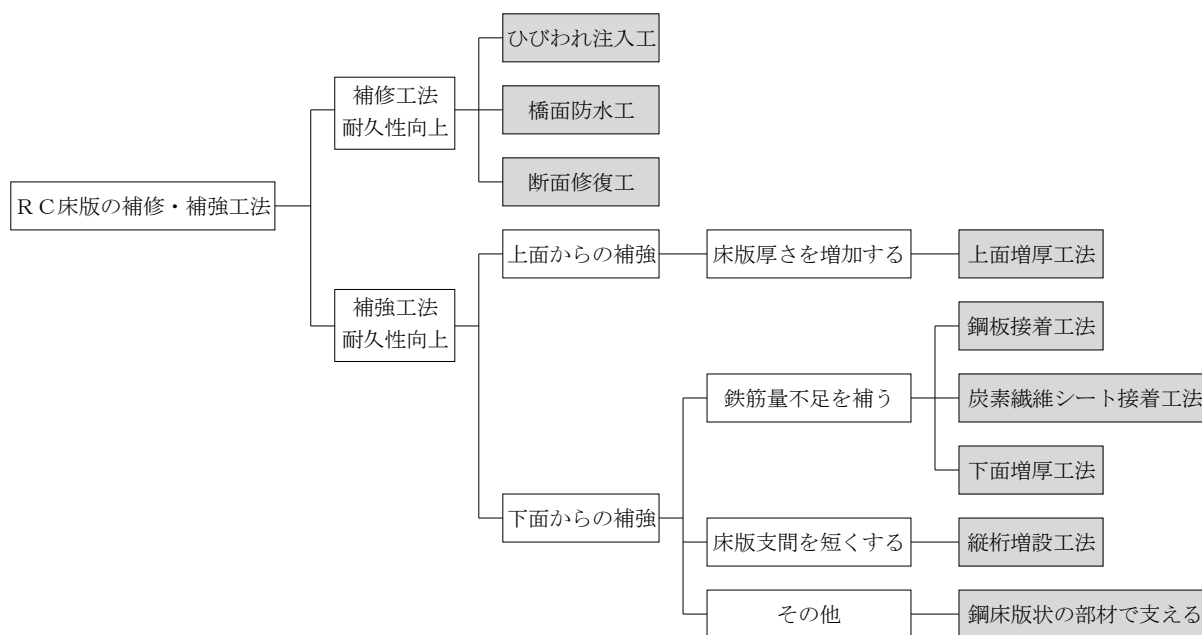


図 3.1.2 RC床版の補修・補強の分類

表 3.1.1 床版・張出し部(鋼橋RC床版・コンクリート桁)における補強工法の比較  
(車両の大型化に関する調査検討(その2)補修・補強マニュアルⅢ編, 2-3, 高速道路技術センターに加筆)

			上面		下面				
			増厚工		鋼板接着工	繊維補強工	増厚工	吹付工	縦桁増設工
			鉄筋無	鉄筋有					
補強効果	設計上	主鉄筋方向	△ <sup>1)</sup>	○	×	×	×	×	○
		配力鉄筋方向	△ <sup>1)</sup>	△ <sup>1)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○	○ <sup>4)</sup>	○
	損傷形態	下面ひびわれ	△	△	○ <sup>3)</sup>	△ <sup>3)</sup>	○	○ <sup>3)</sup>	×
		上面ひびわれ	○	○	△	△	△	△	×
		上面損傷 (漏水, ポットホールなど)	○ <sup>2)</sup>	○ <sup>2)</sup>	×	×	×	×	×
死荷重増			少	有	少	無	有	少	少
路面高さの変更			少	有	無	無	無	無	無
施工時の桁下余裕の必要性(足場など)			無	無	有	有	有	有	有
既設構造への影響			小	小	小	小	小	小	小
交通規制			有	有	無	無	無	無	無
施工実績			有	有	無	少	少	少	有

1) 増厚による中立軸位置の変更による効果が考えられる。  
 2) 密実なコンクリートを打設することにより、防水効果も得られ漏水対策ともなる。  
 3) 施工にあたり何らかの補修工法により損傷の補修及び漏水対策を行う必要がある。  
 4) 下面正曲げモーメント(配力筋)に対し効果がある。



表 3.1.2 中間床版（鋼橋RC床版・コンクリート桁）における補強工法の比較  
 （車両の大型化に関する調査検討（その2）補修・補強マニュアルⅢ編, 2-3, 高速道路技術センターに加筆）

				上面		下面			
				増厚工		鋼板 接着工	繊維 補強工	増厚工	吹付工
				鉄筋有	鉄筋無				
補強効果	設計上	曲げ	支間中央	○	○	○	○	○	○
			主桁上	○	△	×	×	×	×
	損傷形態	押抜きせん断		○	○	△	△	△	○
		下面ひびわれ		△	△	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>
		上面ひびわれ		○	○	△	△	△	△
		上面損傷 (漏水, ポットホールなど)		○ <sup>2)</sup>	○ <sup>2)</sup>	×	×	×	×
死荷重増				有	少	少	無	有	少
路面高さの変更				有	少	無	無	無	無
施工時の桁下余裕の必要性(足場など)				無	無	有	有	有	有
既設構造への影響				小	小	小	小	小	小
交通規制				有	有	無	無	無	無
施工実績				有	多	多	有	有	少

1) 層厚による中立軸位置の変更による効果が考えられる。  
 2) 密実なコンクリートを打設することにより，防水効果も得られ，漏水対策ともなる。  
 3) 施工にあたり何らかの補修工法により損傷の補修及び漏水対策を行う必要がある。

### 3.2 床版の損傷とその原因

#### 3.2.1 床版の損傷

RC床版の一般的な損傷は，床版下面のひびわれが1方向から2方向の格子状に進展し，さらに漏水や遊離石灰の浸出，鉄筋の腐食を経て，剥離や抜け落ちに至るものである。

その他には，打継ぎ目部又は床版上面コンクリートの損傷（土砂化）等がある。

床版ひびわれの進行過程は，以下のとおりである。

- 1) 一方向ひびわれ（主として主鉄筋方向）が発生する。
- 2) 二方向ひびわれ（配力筋方向）に発達する。
- 3) 二方向ひびわれが床版全体に広がり細密化，幅と深さが拡大する。次にひびわれが床版上面まで貫通し漏水や遊離石灰が発生する。
- 4) 20～30cm程度の亀甲状のひびわれになると，ひびわれ密度は停留するが幅は拡大し，漏水，遊離石灰が著しくなる。鉄筋と分離したコンクリートが，部分的に剥離を起こし抜け落ちる。

#### 3.2.2 損傷の原因

RC床版の損傷要因としては表 3.2.1 のものが考えられ，これらが単独又は重なり合って破損の原因となっている。

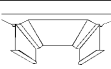
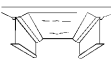
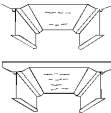
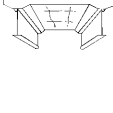
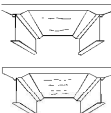
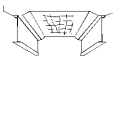
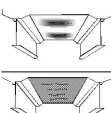
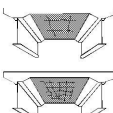
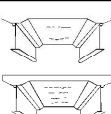

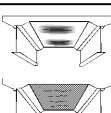
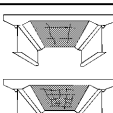
表 3.2.1 RC床版の損傷要因

損傷要因	概要
荷重条件に関するもの	輪荷重の増大と頻度（繰返し作用）の増大 路面の状況（段差による過大な衝撃の影響） 輪荷重の進行軌跡（桁の配列との関係）
構造上の問題に関するもの	床版の剛性不足 配力筋の鉄筋量不足（S31, S39 道示は主鉄筋の1/4以上（現行基準の1/3程度の配筋）） 支持桁の不等沈下の影響 交番応力の影響（負の曲げモーメント）
設計に関するもの	適用基準の変遷 支承構造 輪荷重の走行位置と桁配置との関係
材料に関するもの	コンクリートの品質 乾燥収縮 アルカリ骨材反応
施工上の問題に関するもの	施工方法の不良（打設時の締め固め不足や養生管理不足等） コンクリートの品質不良（アルカリ骨材反応）
その他、環境等に関するもの	温度応力 飛来塩分による鉄筋の腐食 化学反応によるコンクリートの劣化 コンクリートの中酸化 凍結融解作用による劣化 排水機能の低下

3.2.3 損傷度の判定

損傷度の判定は、表 3.2.2 に示すようにひびわれ幅、ひびわれ間隔に着目して行う。

表 3.2.2 損傷度の判定補修工法

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		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>最小ひびわれ間隔は概ね1m以上</li> <li>最大ひびわれ幅は0.05mm以下（ヘアークラック程度）</li> </ul>	なし	-		
c		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>ひびわれ間隔は間わない</li> <li>ひびわれ幅は0.1mm以下が主（一部には0.1mm以上も存在）</li> </ul>	なし		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは格子状</li> <li>格子の大きさは0.5m程度以上</li> <li>ひびわれ幅は0.1mm以下が主（一部には0.1mm以上も存在）</li> </ul>	なし
d		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>ひびわれ間隔は間わない</li> <li>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）</li> </ul>	なし		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは格子状</li> <li>格子の大きさは0.5m~0.2m</li> <li>ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在）</li> </ul>	なし
		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>ひびわれ間隔は間わない</li> <li>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）</li> </ul>	あり		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは格子状</li> <li>格子の大きさは間わない</li> <li>ひびわれ幅は0.2mm以下が主（一部には0.2mm以上も存在）</li> </ul>	あり
e		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>ひびわれ間隔は間わない</li> <li>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</li> </ul>	なし		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは格子状</li> <li>格子の大きさは0.2m以下</li> <li>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</li> </ul>	なし
		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは主として1方向のみ</li> <li>ひびわれ間隔は間わない</li> <li>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</li> </ul>	あり		<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれは格子状</li> <li>格子の大きさは間わない</li> <li>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</li> </ul>	あり

## 3.2.4 補修・補強工法一覧表

RC床版の補修・補強工法一覧表を表 3.2.3 に、RC床版の損傷状況を考慮した補修補強工法の選定と適用を表 3.2.4 に示す。

表 3.2.3 RC床版の補修・補強工法一覧表

種 別	工 法	摘 要	交通に与える支障
緊急対策	局部的工法-1	路面確保のための応急処置（鋼板敷並べ、覆工板仮置き等）	1時間程度
	局部的工法-2	路面確保のための応急処置（床版コンクリートの部分打ち換え等）	1～2日
補 修	注入力法	応急処置程度で、他の工法と併用が計画されている場合にのみ採用する。	直接支障を与えず短期間
補 強	縦桁増設工法	床版の耐荷力を補い、剛性を増すため、床版の支持桁の間に新たな縦桁を増設する。	直接支障を与えない
	鋼板接着工法	床版の耐荷力を補い、床版の抜け落ちを防止する。（既設床版と一体）	直接支障を与えない
	繊維補強工法	炭素繊維シートをエポキシ樹脂で接着し、床版の剛性の改善と耐久性の向上を図る。	直接支障を与えない
	上面増厚工法	床版厚さが不足する場合に採用する。床版の耐荷力を補う。	コンクリート強度発現まで交通規制
	下面増厚工法	床版厚さが不足する場合に採用する。下面の鉄筋にPPモルタルを吹きつけ、コテ仕上げする。	直接支障を与えない
打ち替え	床版打替工法	破損した床版を部分的又は全面的に取り除き、新しい床版に打ち替える。	施工部分の交通遮断が必要
	床版取替工法	破損した床版を部分的に又は全面的に取り除き、新しい型式の床版に取り替える。	施工部分の交通遮断が必要



## 3.2.5 補修・補強工法の概要

## (1) 局部的工法－1

- 1) 目的： 鋼板、覆工板等を床版の陥没部に仮置きし、路面交通の確保を最優先とする緊急対策
- 2) 要領： ①陥没部に鋼板又は覆工板を仮置きする（舗装上又は舗装はぎ取り後の床版上）  
②周辺部の舗装をすりつける。

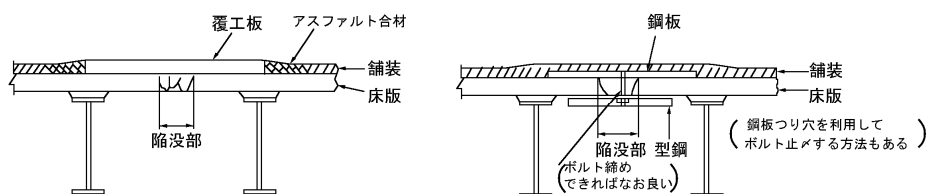


図 3.2.1 断面図

- 3) 問題点： ①鋼板、覆工板のはね上がり、ずれを防ぐこと（監視人を置く等）。  
②交通規制（徐行）が必要となる。

## (2) 局部的工法－2

- 1) 目的： 床版コンクリートを部分的に打ち替え、路面交通の確保を最優先とする緊急対策。
- 2) 要領： ①陥没部のコンクリートをはつる（桁間隔程度の範囲で）。  
②型枠を施工する。  
③補強筋を配置する。新旧鉄筋は結束線で結合する。  
④コンクリートを打設し、十分に養生する。

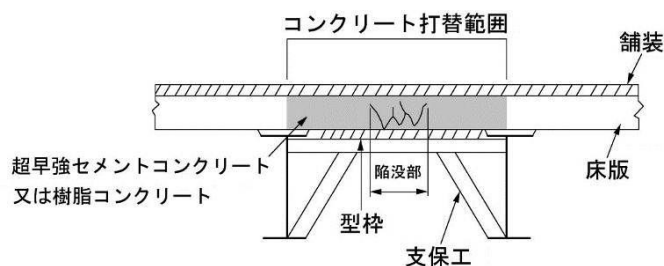


図 3.2.2 断面図

- 3) 問題点： ①交通規制が必要となる。  
②超早強コンクリートの養生は注意深く行う。（アルミナセメント系では充分冷却すること）

## (3) 注入工法

- 1) 目的： 主としてエポキシ樹脂系接着剤を用い、RC床版に発生したひびわれから侵入する雨水によるコンクリートの劣化、鉄筋の腐食防止を図る。損傷の程度によってはセメントペースト、セメントモルタルを使用する。
- 2) 要領： ①ひびわれ及びその近辺に付着した遊離石灰等を除去する。  
②注入パイプを取り付ける。  
③ひびわれに沿ってシールする。  
④注入ポンプにより注入する（ビックス工法、シリンダー工法等）

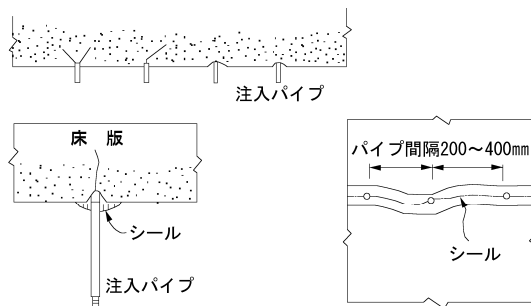


図 3.2.3 注入工法概念図

- 3)問題点： ①注入剤をひびわれ内に完全に充填できたかどうか、充填状況を確認する方法がない。  
 ②損傷程度と対策の目的に応じて、注入剤を選定する必要がある。  
 ③RC床版の防水性を高め、劣化防止に役立つが、耐荷力の向上は望めない。  
 ④一般的には他の補強工法と併せて用いられる。

(4) 鋼板接着工法

- 1)目的： RC床版下面（引張面）に鋼板を接着し、既存の床版と一体化させる。RC床版の抜け落ちを防止するとともに、鋼板が引張鉄筋の一部として作用するため、耐荷力が増大する。  
 鋼板接着方法には圧着法と注入法があり、注入法が一般的である。  
 橋面防水との同時施工がより有効的である。
- 2)要領： ①RC床版下面コンクリート表面の下地処理を行う。  
 ②圧着法は鋼板の接着面に接着材を塗布しておき、アンカーボルトでコンクリート面に押しつけた状態で接着剤を硬化させる（細幅の施工に適用）。  
 ③注入法は、スペーサーによりコンクリートと鋼板の間をわずかな間隔で保持し、鋼板周囲を樹脂シールでふさぎ、注入パイプから接着剤を注入し硬化させる（広幅の施工に適用）。  
 ④鋼板は損傷の状態によって広幅鋼板、細幅鋼板を使い分ける（図 3.2.4 参照）。

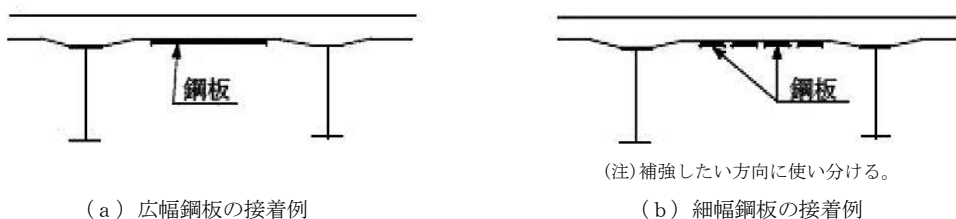


図 3.2.4 鋼板の接着例

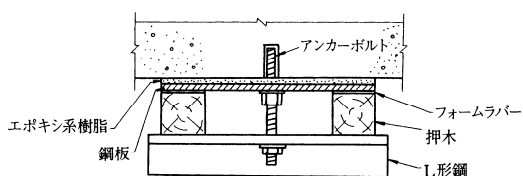


図 3.2.5 圧着法

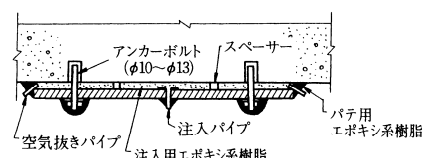


図 3.2.6 注入法

- 3)問題点： ①圧着法ではコンクリートの接着面の平坦性の確保が重要で、接着面の下地処理を特に入念に行う必要がある。  
 ②注入法ではコンクリートと鋼板の隙間に樹脂を十分に行き渡らせることが不可欠な条件であり、樹脂の注入管理は特に注意深く行う必要がある。

- ③樹脂が硬化するまでの間は、大型車の通行を止めるなど接着面を攪乱しないようにする。
- ④床版下面が鋼板で覆われるため、補修後のひびわれの進行が確認出来ない等、維持管理上の問題がある。

(5) 繊維補強工法

1) 目的： 鋼板接着工法と同様の目的で、炭素繊維シート又はアラミド繊維シートを、エポキシ樹脂又はアクリル樹脂でRC床版下面に接着する工法である。繊維の方向、シートの枚数により任意の補強が可能である。

鋼板より軽いため施工性が良い。

床版下面の補強面を点検するために、繊維を格子状に接着する工法もある（図 3.2.8 参照）。

橋面防水との同時施工がより有効的である。

- 2) 要 領：
- ①RC床版下面の下地処理を行う。
  - ②プライマーを塗布・乾燥する。
  - ③エポキシ樹脂を均一に塗布、炭素繊維シート等を貼りつけ、再度樹脂を上塗りする。
  - ④2層以上の場合には上記作業を繰り返す。その後、養生を行う。

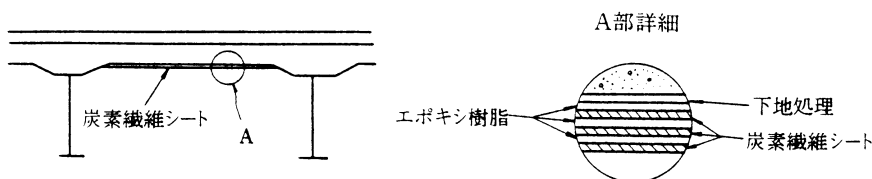


図 3.2.7 断面図

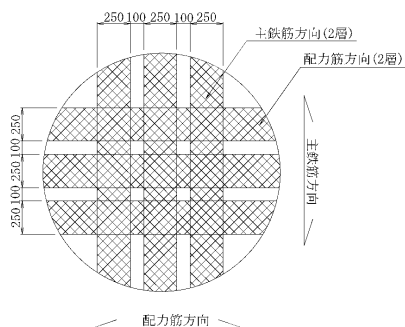


図 3.2.8 格子状貼付け例

- 3) 問題点：
- ①曲げ補強には適しているが、せん断補強には不向きである。
  - ②耐火性に劣り、桁下の状況によっては耐火被覆が必要となる。

6) 上面増厚工法

1) 目的： RC床版上面に増厚コンクリートを打設し一体化させることにより、既設床版の耐荷力の向上を図る工法。増厚部分に鉄筋を入れる工法、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）による工法等がある。

- 2) 要 領：
- ①舗装撤去後、RC床版上面の表面処理を行う。
  - ②旧コンクリートに十分散水を行った後、増厚コンクリートを打設し、十分締め固めする。
  - ③増厚コンクリートの強度発現のために十分養生時間を取る。超速硬セメントコンクリート

を使用した場合は、被膜養生を3時間以上行うものとする。

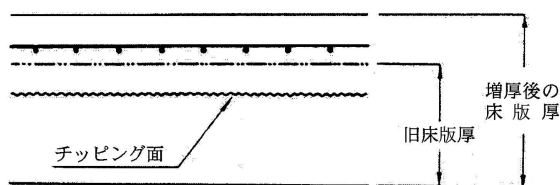


図 3.2.9 断面図

- 3)問題点：①死荷重増加による床版，主構の応力増加の検討の必要がある。  
 (舗装基層部を増厚工法によるものとする考え方もある。)
- ②新旧床版コンクリートの密着性に問題があり，増厚コンクリートがひびわれ，再度劣化状態になる場合があるため工法選択時には十分に注意する。
- ③旧床版コンクリートをはつり取る際は，床版を損傷させることのないように注意して施工する必要がある。
- ④床版厚さが増え，路面標高が上がる場合は，橋梁前後で縦断線形のすりつけが必要となる。

(7)下面増厚工法

- 1)目的：RC床版の下面に増厚コンクリートをコテ塗り工法（PPモルタル（ポリアクリル酸エステル系ポリマーセメントモルタル））か，吹付け工法（鋼繊維補強超速硬モルタル等）により床版増厚を行い，既設床版の耐荷力の向上を図る。
- 2)要領：①RC床版下面の不陸調整と付着力を高める目的でサンドブラスト工法又はウォータージェット工法により下地処理を行う。
- ②PPモルタルを塗布する。
- ③RC床版にアンカーを打ち込み，補強鉄筋を固定金具で取り付ける。
- ④PPモルタルをコテ塗りする。以上を2回繰り返す，3回目は無筋で仕上げる。

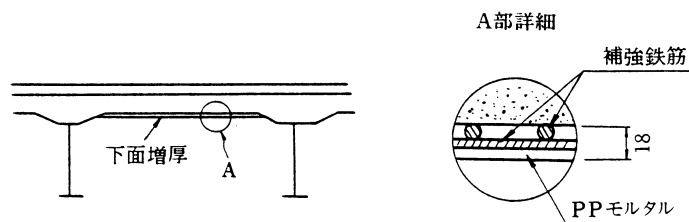


図 3.2.10 断面図

- 3)問題点：①死荷重増加による床版，主構の応力増加の検討が必要である。
- ②作業工程が多く，作業性が悪い。

(8)床版打替工法

- 1)目的：破損した床版を部分的又は全面的に取り替える工法で，施工部分の交通規制が必要となるため，社会的影響を考慮した十分な施工計画が必要となる。
- 2)要領：①交通規制後，舗装・床版の撤去を行う。
- ②床版との打継ぎ目には目粗し処理と十分な散水を行い，一体化を図る。
- ③コンクリートには超速硬セメントコンクリートを使用することを標準とする。
- ④部分打替え箇所の上には，防水工を施工するものとする。



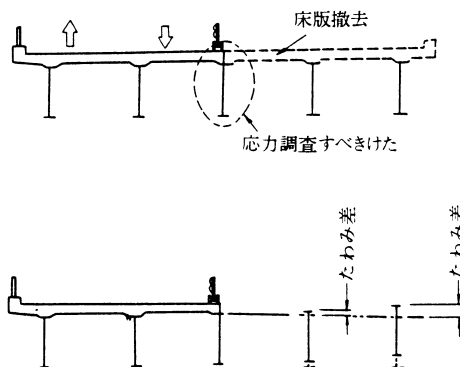


図 3.2.11 断面図

3)問題点：①交通規制が必要なので事前調査，施工手順を検討の上，施工時間の短縮を図る必要がある。

②特に合成桁の部分打替えの場合は，以下の注意が必要となる。

- a) 打替えの境界付近の桁は，合成されるべき床版がない状態で活荷重が載るので，応力超過の危険性がある。
- b) 床版未撤去の桁の影響でたわみが完全に戻らない状態でコンクリートを打設するので，打替えた桁に付加応力が発生する。
- c) 死活荷重合成桁の床版を打替える場合は，必ずベントを設置し，はつり及び床版打設を行う必要がある。

(9) 床版取替工法

1) 目的： 破損した床版を全面的に新しい型式に取り替える工法。補強効果は大きい，交通規制が必要となり，社会的影響を考慮した十分な施工計画が必要となる。

2) 要 領： ①交通規制後，舗装・床版の撤去を行う。

②工期短縮を念頭においた床版の取替工法には以下のものがある。

- a) 型枠・鉄筋をプレファブ化した床版（グレーティング床版等）
- b) プレキャストコンクリート床版（SB パネル，PPCS 床版等）
- c) プレキャスト鋼コンクリート合成床版（コンポスラブ等）
- d) 鋼床版

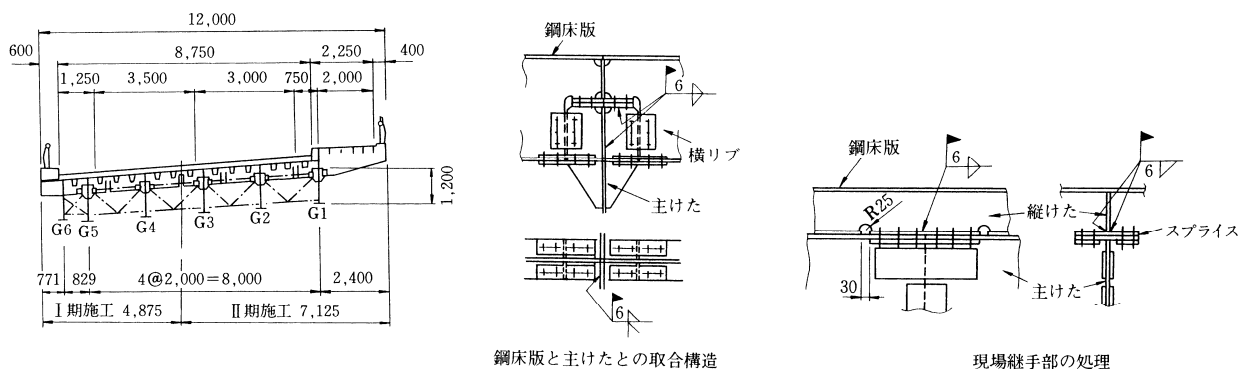


図 3.2.12 鋼床版による床版取替工法の例

- 3)問題点： ①交通を切回し，各施工段階における荷重及びそれに対する各部の応力・変形を考慮した施工方法，施工手順が必要となる。
- ②特に合成桁の場合は，既設床版の撤去順序及び範囲，施工中の橋体補強等に十分な注意が必要となる。

(10)縦桁増設工法

- 1)目的： R C床版の耐荷力を補い，剛性を増すために，床版の支持桁の間に新たに縦桁を増設し床版を支持する。床版支間を短縮することで，過応力状態を軽減するとともに，床版の剛性不足を補える。
- 2)要領： ①R C床版下面の縦桁増設位置の下地処理を行う。
- ②縦桁を取り付ける（取付けはH. T. Bの2面摩擦とする）。
- ③シール材で縦桁上フランジの両縁を密封し，注入パイプ，空気孔を取り付ける。
- ④注入孔から，縦桁と床版の間のすきまに，エポキシ系の樹脂を注入する。

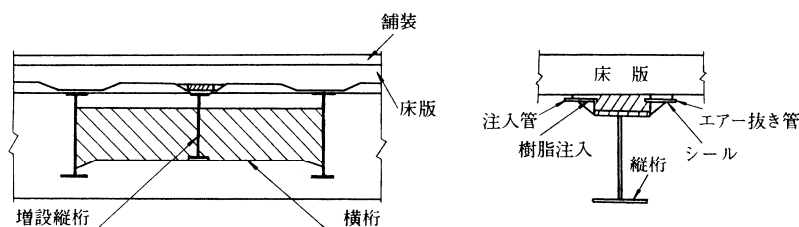


図 3.2.13 断面図

- 3)問題点： ①縦桁の本数，剛性等は検討して決定するが，縦桁の剛性が小さい場合は，期待した効果が得られない場合がある。
- ②縦桁の増設により，床版の曲げモーメントが正負反転する場合がある。
- ③縦桁の取付け詳細には工夫を要する。
- ④施工空間が狭い場合は採用できない。

## 4. 鋼構造物の補修

### 4.1 一般

#### 4.1.1 鋼構造物の損傷概要

鋼構造物の損傷は、腐食、亀裂、ゆるみ、脱落、破断、防食機能の劣化、変色・劣化、漏水・滞水、異常音、異常振動、異常たわみ、変形等に分類される。この損傷の中で特に事例が多いものは、腐食、亀裂、ボルトのゆるみ・脱落、防食機能の劣化である。

##### (1) 腐食

鋼材は、酸化化合物を還元、精練して製造されるため、それ自体が不安定な状態の物質である。そのため、水分と酸素と化学反応し酸化化合物になり、安定した状態(さび)になろうとする。腐食は進行性の損傷であるが、発見しやすいという特徴を有している。

腐食には、部材全体にわたって生じる全面腐食と、部分的に腐食する局部腐食があるが、ここでは局部腐食について述べる。局部腐食は、耐荷力のみならず、疲労強度にも悪影響を及ぼすものである。

##### (2) 亀裂

疲労が原因で部材の溶接による接合部付近や断面急変部などの応力集中部から発生する割れをいう。近年、交通量の増大、車両の大型化などにより、応力集中部に作用する荷重やその繰返し数が大幅に増え、疲労による亀裂の発生が報告されるようになってきている。しかし、発生初期の亀裂は小さいため発見されにくく、ある程度の大きさまで進展してから見つかることが多い。亀裂は進行性の損傷であり、場合によっては緊急の対応が求められる。

##### (3) ゆるみ・脱落(高力ボルト、リベット)

ゆるみ・脱落とは、部材連結部において、高力ボルト又はリベットがゆるみ、抜け落ち又は脱落している状態をいう。昭和40年代以前の橋梁ではリベットが使われているものがあり、経年劣化によりゆるむ場合がある。

高力ボルトでは、ゆるみばかりではなく、F11T以上の高強度ボルトの遅れ破壊による脱落の危険性もある。脱落は遠望目視で判別できるが、ゆるみは近接調査しないと判明しないため、注意する必要がある。

##### (4) 防食機能の劣化

塗装、めっき及び金属溶射防食においては、防食皮膜の劣化により変色、ひびわれ、ふくれ、はがれ等が生じている状態をいい、耐候性鋼材においては安定錆が形成されていない状態をいう。

鋼材に錆が生じている場合には腐食としても評価する。耐候性鋼材で安定錆を生じるまでの期間は、錆の状態が一様でなく異常腐食かどうかの判断が困難な場合があるが、著しい断面欠損を伴うと見なせる場合には腐食としても評価する。

表 4.1.1 鋼構造物の損傷と要因について

損傷種類	損傷要因	概要
腐食	・水分供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨や結露が一般的な水分供給源</li> <li>・腐食しやすい箇所               <ol style="list-style-type: none"> <li>1)桁端部や支承周り(伸縮装置からの漏水)</li> <li>2)通気性の悪い連結部 等</li> </ol> </li> </ul>
	・腐食性物質の作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工業地帯の亜硫酸ガス等の影響</li> <li>・冬期の凍結防止剤散布による影響(塩害)</li> </ul>
亀裂	・荷重の繰り返し作用(疲労損傷)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型車両の増大(過積載の問題)</li> <li>・鋼重最小化に伴う剛性不足(昭和30年後半～昭和40年代竣工の橋梁)</li> <li>・不適切な細部構造による応力集中</li> <li>・設計モデルと実構造の違いによる二次応力</li> <li>・溶接の欠陥</li> </ul>
ゆるみ・脱落	・高カボルトの使用	・高カボルト(F11T)に見られる脆性破壊
	・振動によるゆるみ ・施工時の締付け不足	・振動しやすい二次部材に見られる
防食機能の劣化	・経年劣化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塗装の経年劣化による防錆性能低下は、腐食へと進展する</li> <li>・塗装年次(塗装サイクル)の妥当性(塗装仕様との相関)</li> <li>・塗装が変色し、美観を損失</li> </ul>

表 4.1.2 鋼構造物の損傷原因と補修工法選定の目安  
 (橋梁点検・補修の手引き【近畿地方整備局版】，H13.7，国土交通省近畿地方整備局)

損傷	損傷原因		補修工法							備考	
			溶接補修工	ボルト工	当て板補修工	形状改良工	部材取替え工	加熱矯正工	補修塗装工		防水工
腐食	環境に起因	塩害					○		◎		
		化学的腐食					○		◎		
	材料劣化に起因	品質不良					○		◎		
		製作・施工不良					○		◎		
	製作施工に起因	製作・施工不良					○		◎		
製作施工に起因	防水・排水工不良					○		◎	◎		
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	
亀裂	外力作用に起因	繰返し荷重	◎	○	◎	◎	○				
		衝突・地震	◎		◎		○				
	材料劣化に起因	品質不良			○	○	○				
		製作・施工不良	◎		○	○	○				
構造に起因	構造形式・形状不良					○				原因に応じた補強対策が必要	
ゆるみ脱落	外力作用に起因	繰返し荷重					◎				
		衝突・地震					◎				
	材料劣化に起因	品質不良					◎				
		製作・施工不良					◎				
製作施工に起因	製作・施工不良					◎					
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	
破断	外力作用に起因	繰返し荷重	○		○		○				
		衝突・地震	○		○		◎				
	材料劣化に起因	品質不良			○		◎				
		製作・施工不良	○		○		○				
	製作施工に起因	製作・施工不良	○		○		○				
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	
塗装劣化	環境に起因	塩害							◎		
		化学的腐食							◎		
	材料劣化に起因	品質不良							◎		
		製作・施工不良							◎		
	製作施工に起因	製作・施工不良							◎	◎	
製作施工に起因	防水・排水工不良							◎	◎		
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	
変形	外力作用に起因	繰返し荷重					○				原因に応じた補強対策が必要
		衝突・地震					◎	○			原因に応じた補強対策が必要
		偏土圧・圧密沈下									原因に応じた補強対策が必要
		洗掘・浸食									原因に応じた補強対策が必要
	製作施工に起因	製作・施工不良					○				原因に応じた補強対策が必要
		製作・施工不良					○				原因に応じた補強対策が必要
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	
異常振動	外力作用に起因	繰返し荷重					○				原因に応じた補強対策が必要
		地震					○				原因に応じた補強対策が必要
	製作施工に起因	製作・施工不良					○				原因に応じた補強対策が必要
		製作・施工不良					○				原因に応じた補強対策が必要
製作施工に起因	製作・施工不良					○				原因に応じた補強対策が必要	
構造に起因	構造形式・形状不良									原因に応じた補強対策が必要	

4.1.2 鋼橋の主な損傷箇所

鋼橋の主な損傷箇所を図 4.1.1～図 4.1.5 に示す。

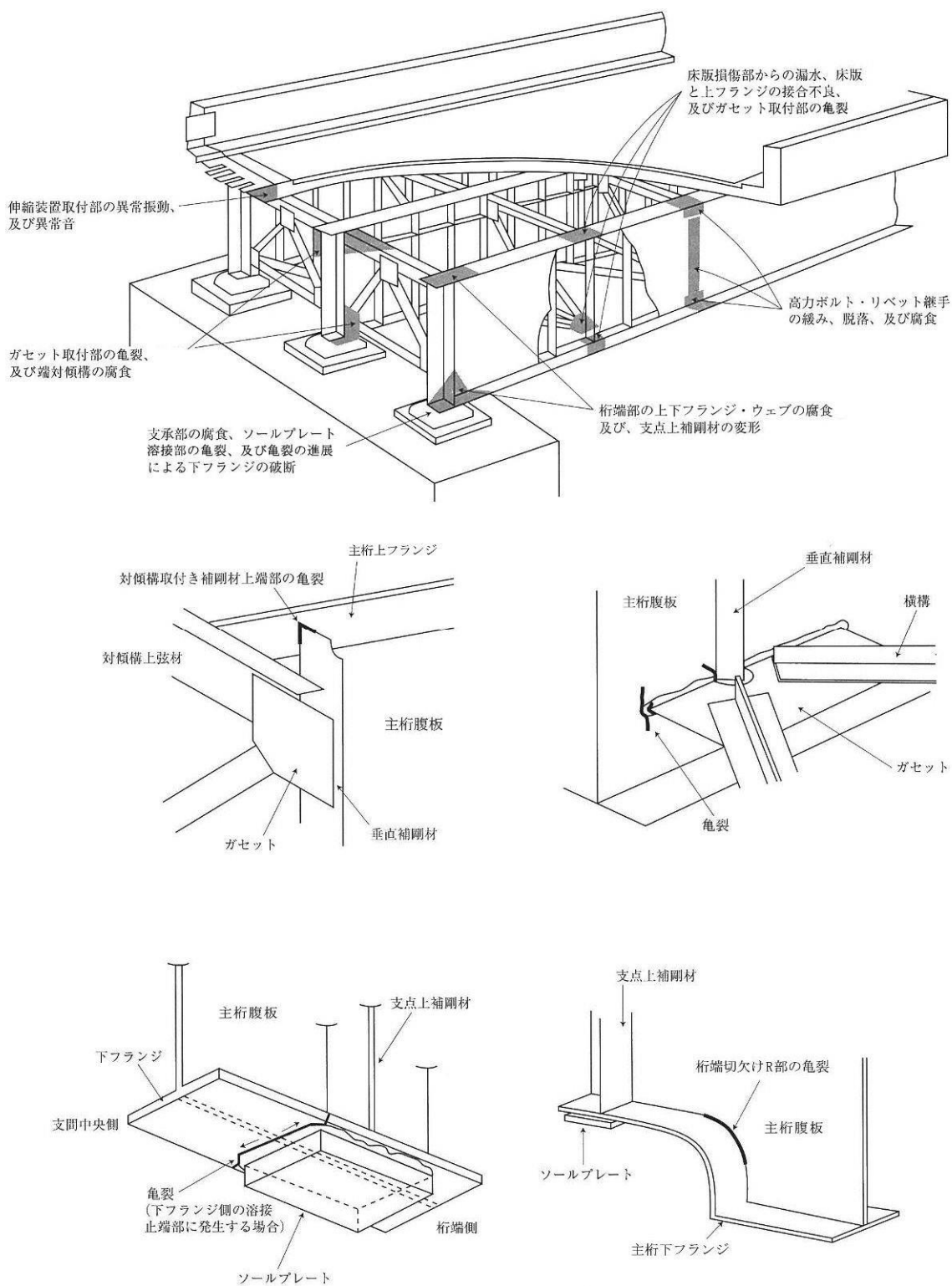


図 4.1.1 I 桁の主な損傷箇所  
(道路橋補修・補強事例集 (2012 年版), 図-2.1.1, H24. 3, 日本道路協会)

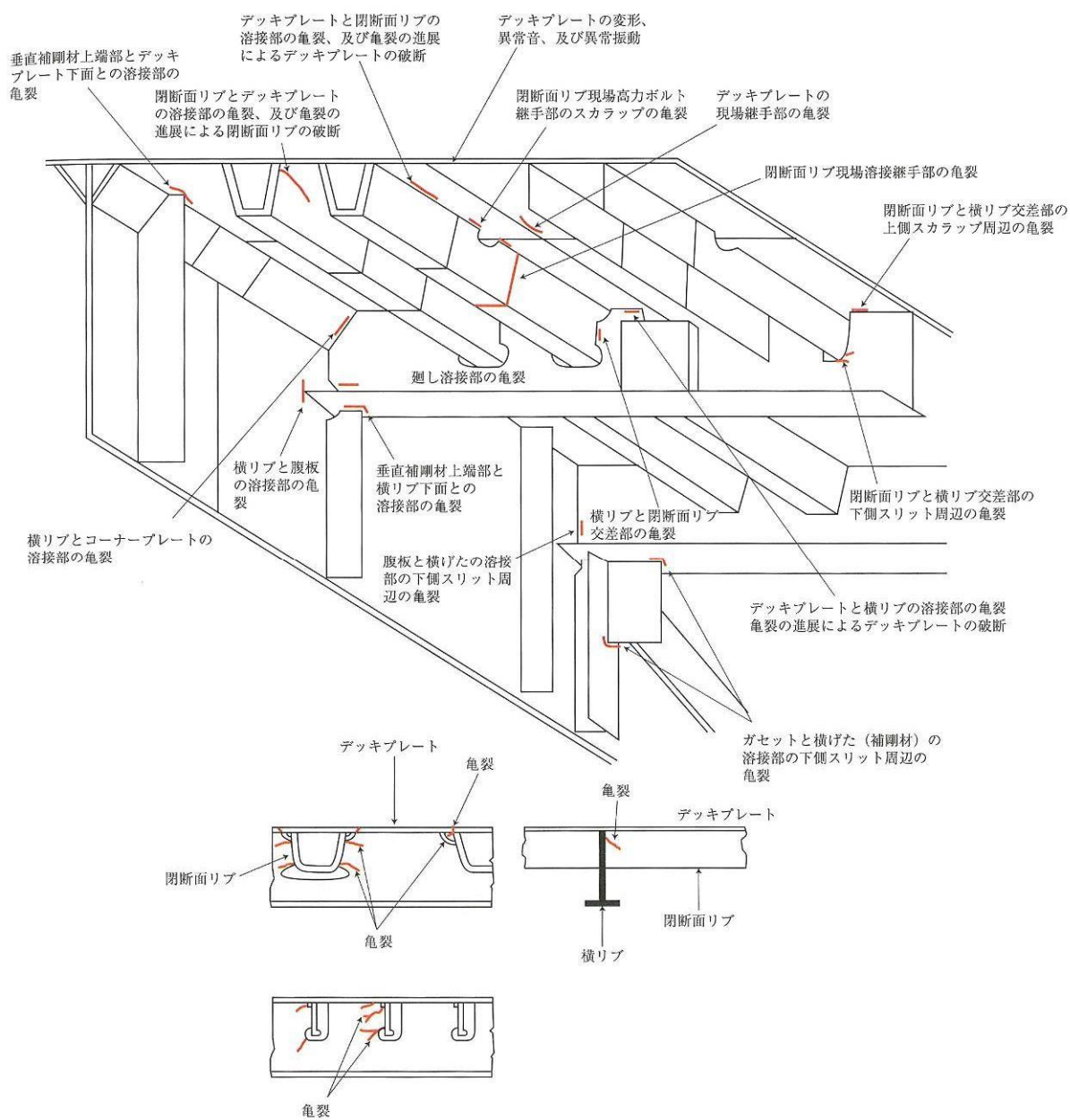


図 4.1.2 鋼床版の主な損傷箇所  
 (道路橋補修・補強事例集(2012年版), 図-2.1.2, H24.3, 日本道路協会)

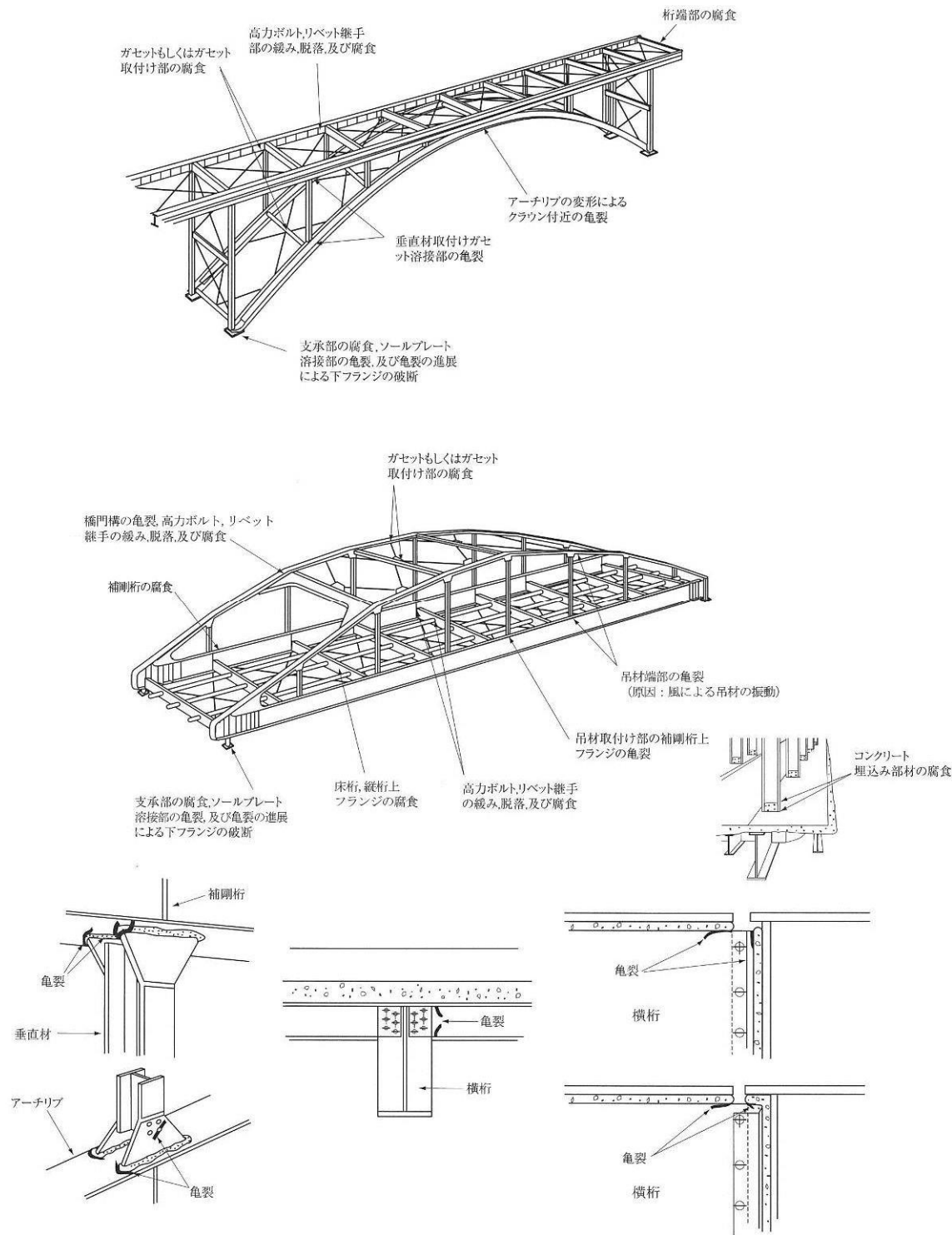


図 4.1.3 アーチ桁、ランジャー桁の主な損傷箇所  
(道路橋補修・補強事例集(2012年版), 図-2.1.3, H24.3, 日本道路協会)



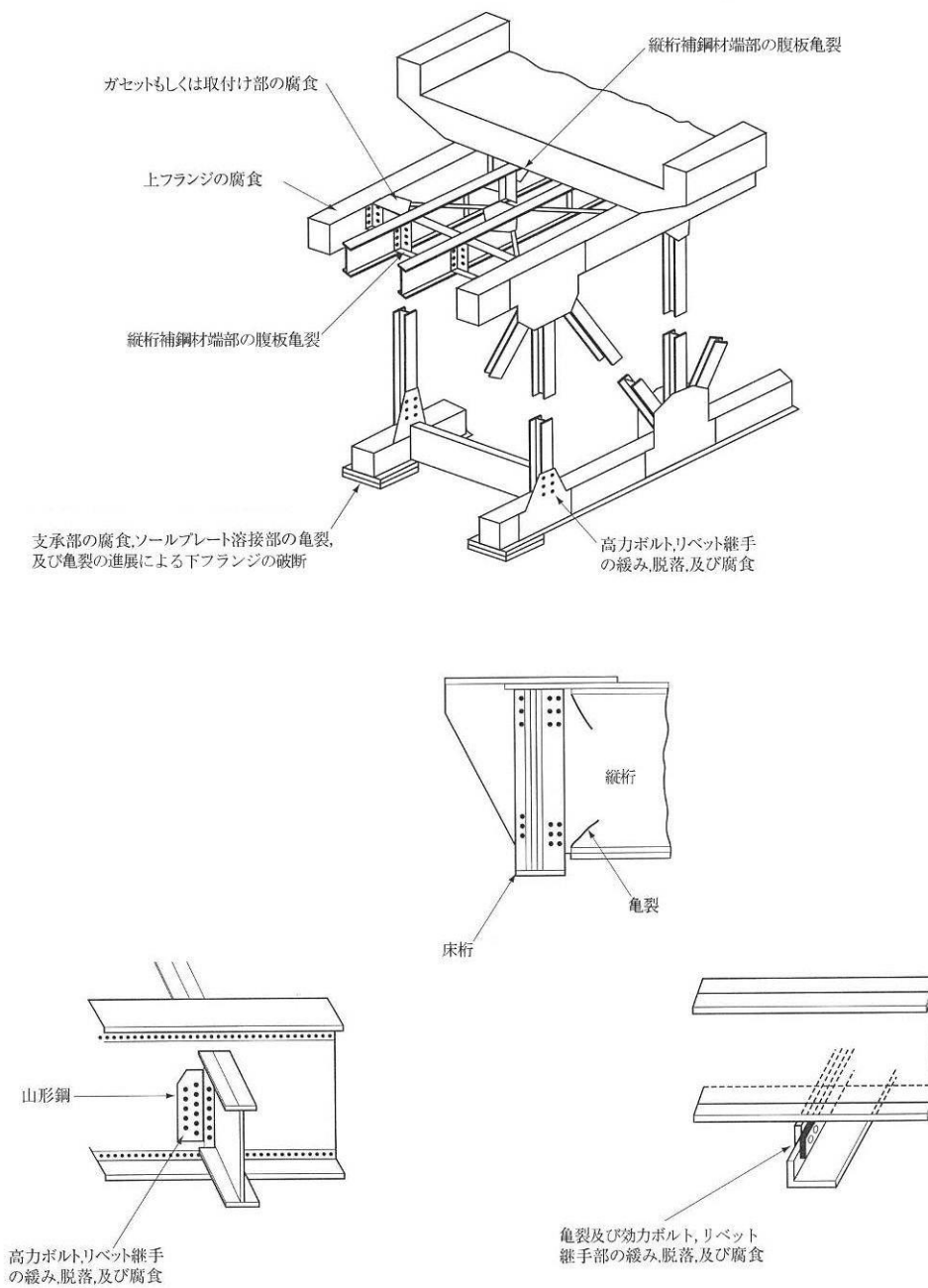


図 4.1.4 トラス橋の主な損傷箇所  
 (道路橋補修・補強事例集 (2012年版), 図-2.1.4, H24.3, 日本道路協会)

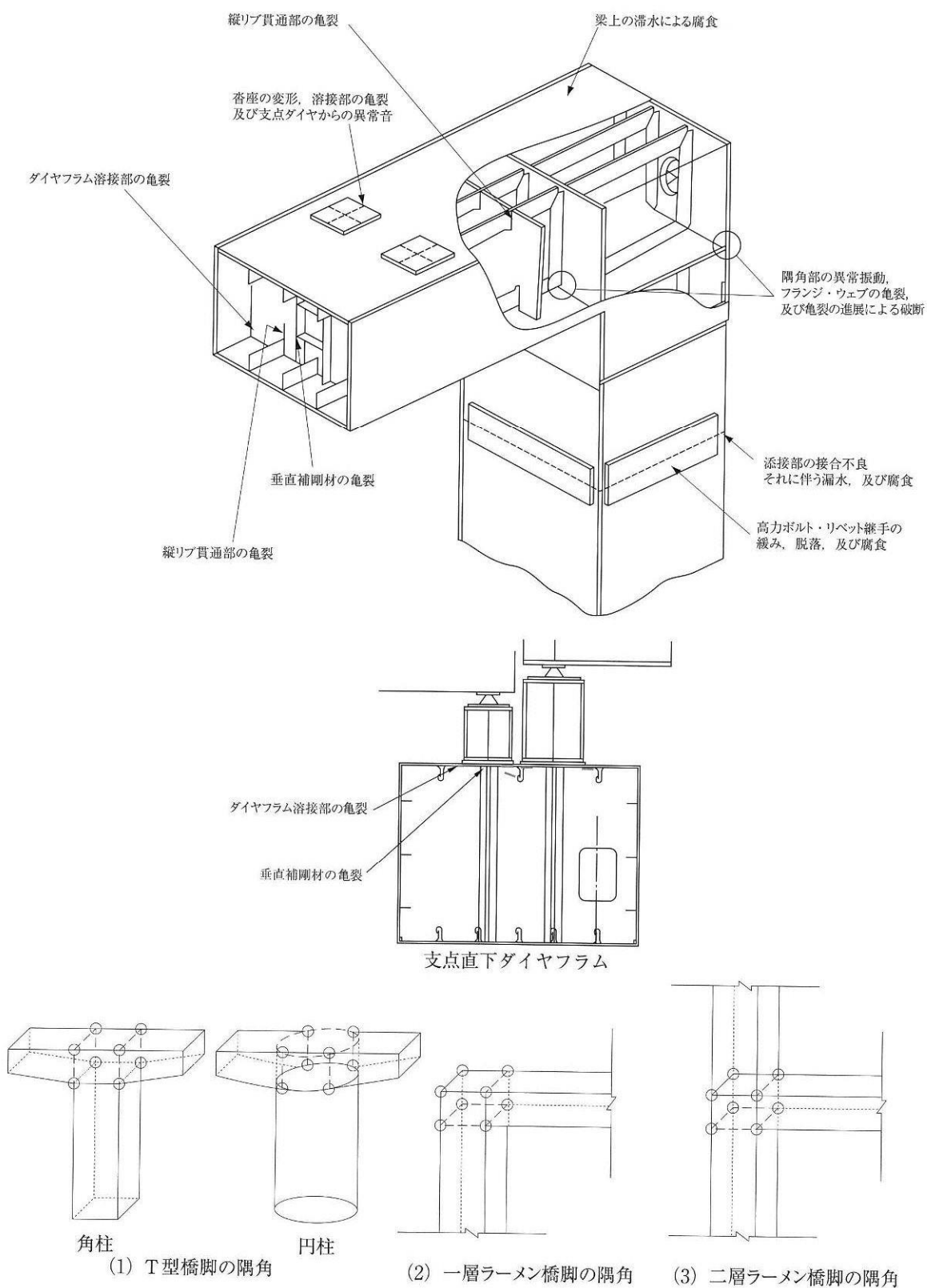


図 4.1.5 鋼製橋脚の主な損傷箇所  
 (道路橋補修・補強事例集 (2012 年版), 図-2.1.5, H24. 3, 日本道路協会)

## 4.2 腐食

### 4.2.1 損傷の概要

腐食は全面腐食と局部腐食がある。全面腐食は全体的に緩やかに腐食が進行する。一方、局部的に腐食が進行する局部腐食は微小面積のアノードと広い面積のカソードが固定化されることによってアノード部に電流が集中し浸食が深く進展する。したがって、局部腐食により鋼材の板厚は全体的には減少しないが、1箇所又は複数箇所著しく板厚が減少し、最終的には鋼板に孔があくことになる。局部腐食の進行速度は全面腐食に比べて著しく速いため、構造物に致命的な損傷を与えることもあるため注意が必要である。

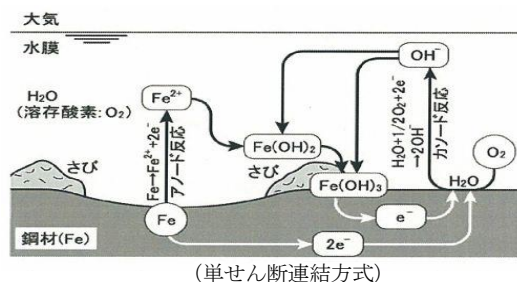


図 4.2.1 水溶液中での鋼材の腐食反応機構の模式図

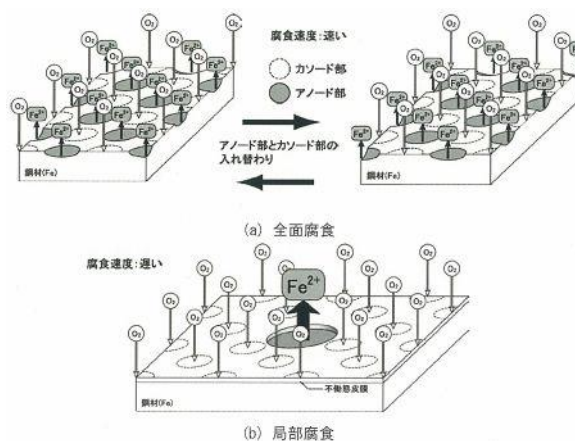


図 4.2.2 全面腐食と局部腐食の機構模式図

局部腐食には、孔食、すきま腐食、応力腐食割れがある。また、異種金属が接触するとき生じる異種金属接触腐食などがある。図 4.2.3 にすきま腐食の機構模式図を示す。鋼材と鋼材の間にすきまがあると、すきま部においては外部の溶液との物質移動を制限されるため、溶出した陽イオンの濃縮や加水分解による pH の低下等をきたし、すきま部において局部的に腐食が進行する。塗膜割れ部の内部が著しく腐食している場合は、すきま腐食の可能性がある。

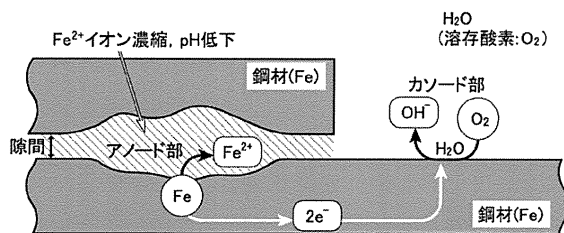


図 4.2.3 すきま腐食の機構模式図

鋼桁においては、伸縮継手からの漏水により、桁端部に著しい腐食が生じる場合がある。また、コンクリートに埋め込まれた鋼材がそのコンクリートとの接触面において局部的に腐食が進行した例もある。

4.2.2 主な腐食損傷部位

鋼桁の腐食の多くは、①滞水や砂の堆積により湿潤状態になりやすい部位、②塗装厚を十分確保することが困難な鋼板の角部（コバ面）やボルトやナットが突出した部分に生じている。特に、海塩粒子の飛来、凍結防止剤の散布、高温多湿などの厳しい腐食環境にある地域では、これら部位の腐食が著しく進行することも少なくない。腐食損傷の発見が遅れ、主部材が破断した事例も報告されている。

鋼桁の腐食損傷が生じやすい箇所については、図 4.1.1～図 4.1.5 を参照のこと。

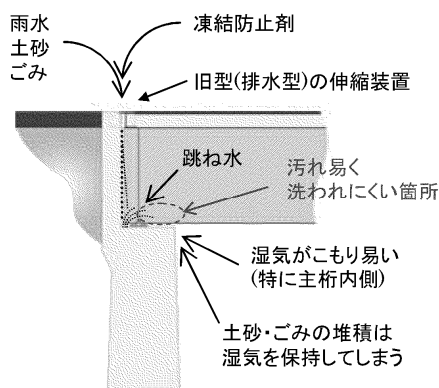


図 4.2.4 鋼桁端部の腐食  
(土木研究所資料第 4142 号 鋼橋桁端部の腐食対策に関する研究)

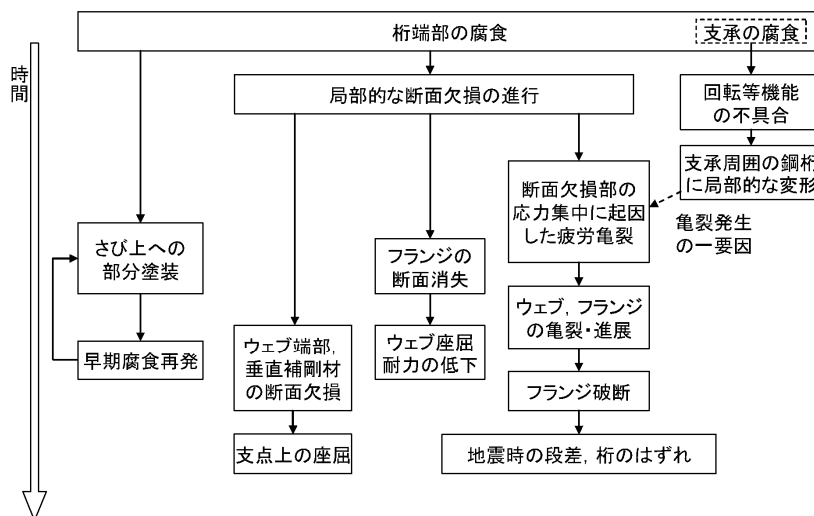


図 4.2.5 桁端部腐食の二次的損傷（想定される損傷）  
(土木研究所資料第 4142 号 鋼橋桁端部の腐食対策に関する研究)

4.2.3 補修補強方法

鋼桁の補修方法は、図 4.2.6 に示すように原因除去、補修及び補強に分類される。

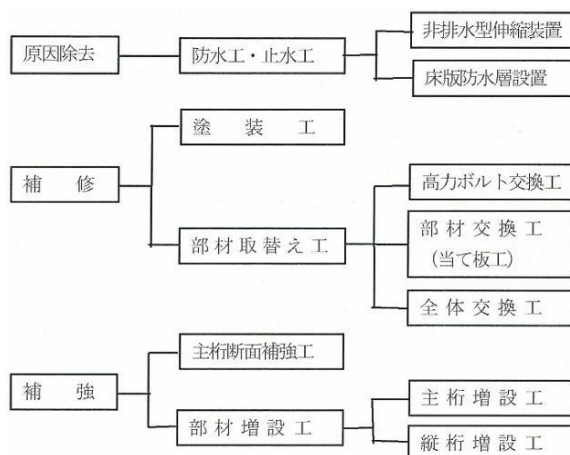


図 4.2.6 腐食に対する主な補修・補強工法

各工法における腐食損傷部位の補修・補強による回復状況を表 4.2.1 に示す。

表 4.2.1 腐食損傷部位の補修・補強による回復状況（損傷の判定基準に基づくランクの向上）  
 （腐食した鋼構造物の残存性能評価及び性能回復技術, H19.5, 土木学会 鋼構造委員会 より一部変更）

損傷状況		補修・補強工法		損傷ランク			
主部材	2次部材			e	d	c	b
断面欠損(全体)	-	主桁断面補強工		●	➡	◎	
		部材増設	縦桁	●	➡	◎	
			主桁	●	➡	◎	
断面欠損(部分)	-	主桁断面補強工		●	➡	◎	
		部材補強工		●	➡	◎	
表面錆(全体)	-	塗装工	塗装塗替え	●	➡	◎	
表面錆(部分)	-			●	➡	◎	
-	断面欠損(全体)	部材取替え工	部材全体交換	●	➡	◎	
-	断面欠損(部分)			●	➡	◎	
		部材補強工			●	➡	◎
-	表面錆(全体)	塗装工	塗装塗替え		●	➡	◎
-	表面錆(部分)				●	➡	◎

備考) (全体) : 部材全体的 (部分) : 部材部分的  
 ● : 現状のランク ◎ : 補修・補強後のランク ➡ : 補修・補強による回復

(1) 高力ボルトを用いた鋼板当て板工法

鋼 I 桁の主桁・横桁の腹板やトラスの横桁の腹板では、腐食損傷が進行し、断面欠損に至っている事例が少なくない。

このように腐食の進行が一部でも、耐荷力において問題となる場合、一般には高力ボルトを用いた鋼板当て板工法による補修工法が用いられる。

桁下フランジに見られる全面腐食した断面欠損に対する鋼板当て板工法では、下フランジ面に、腐食による凹凸で十分な摩擦面を確保できないので、下フランジの補強板と腹板の補強板を現場溶接により連結することで、力が伝達されるようにしている（図 4.2.7）。

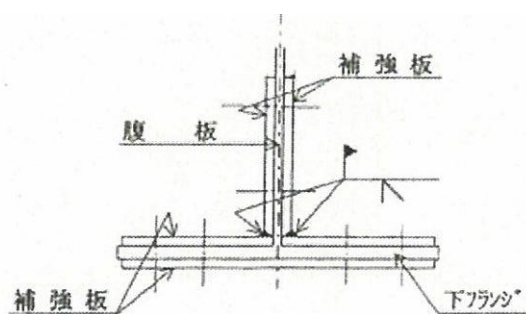


図 4.2.7 補強板取り付けの一例

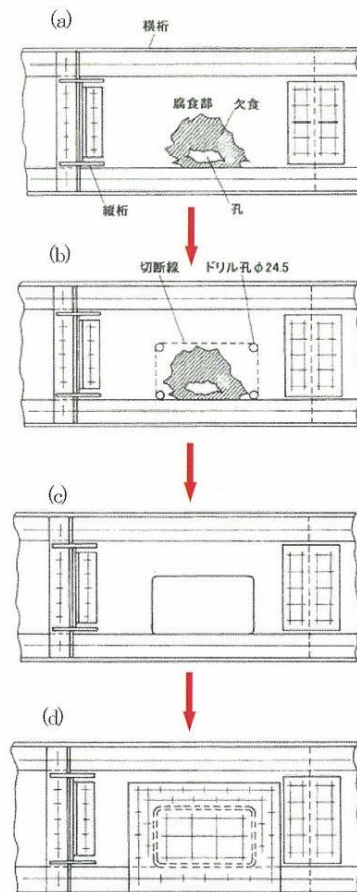


図 4.2.8 当て板工法の施工手順

(2) 接着剤を併用した鋼板当て板工法

鋼板当て板工法における接合方法では、通常、前述のように高力ボルトを用いる方法が採用される。しかしながら、腐食により板表面に激しい凹凸が見られる場合、腐食材と当て板鋼板との間に十分な接触面を確保することができず、摩擦接合継ぎ手としての性能を発揮することができないことが考えられる。また、両者間に生じた部分的な隙間から更なる腐食の進行も懸念される。以上のような背景から、腐食材と当て板との間に接着剤を塗布し隙間を充填して接着面を確保する工法が提示され、継手性能試験により摩擦接合継ぎ手として十分な性能を確保できる工法も開発されている。

(3) 熱プレストレス工法

熱プレストレス工法は鋼板当て板工法の特例である。外ケーブルを用いた補修補強工法は良く知られた工法であるが、ケーブルの断面剛性が小さい場合では活荷重に対する補強効果がほとんど期待できず、又鋼桁での定着部構造が複雑になる。一方、鋼板当て板補強工法は、活荷重応力の低減には効果が大きいものの、死荷重応力の低減にはほとんど効果がない。それらの工法に対し、鋼補強部材を加熱して温度膨張させた状態で鋼桁に高力ボルトで定着する熱プレストレス工法は、両者の長所を活かし、死荷重応力と活荷重応力を同時に低減できる有力な工法の一つである。

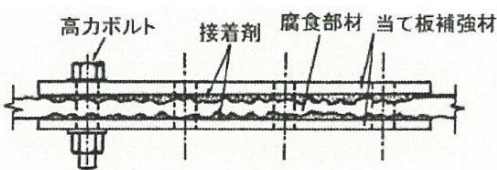


図 4.2.9 接着剤を併用した鋼板当て板工法

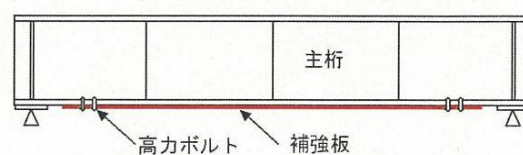


図 4.2.10 熱プレストレス工法の概要



### 4.3 疲労

#### 4.3.1 損傷の概要

昭和30年代後半頃からリベット構造に代わって溶接構造が普及し、鋼桁の架設が急増した。その頃の鋼桁は、剛性が小さくたわみが多い傾向にある。そのため、近年の著しい交通量の増大や平成5年度の車両制限令の改正による重車両の増加などにより、建設当初の想定を上回る過酷な応力状況下に置かれており、鋼桁の溶接部において疲労が原因と思われる亀裂が多数発見されるようになった。疲労損傷については、構造形式によりその発生部位、形態、原因が様々であるので、損傷箇所やその周辺及び上部構造全体をよく調査したうえで適切な対策を施す必要がある。

これまでに活荷重によって疲労損傷を受けた鋼桁に共通する特徴は、以下のとおりである。

- (1) 供用後、10数年以上経過している。
- (2) 大型車交通量が比較的多い路線である。
- (3) S31年又は39年の道示で設計された溶接桁に多い。



写真 4.3.1 垂直補剛材部の損傷



写真 4.3.2 横構取り付け部の損傷

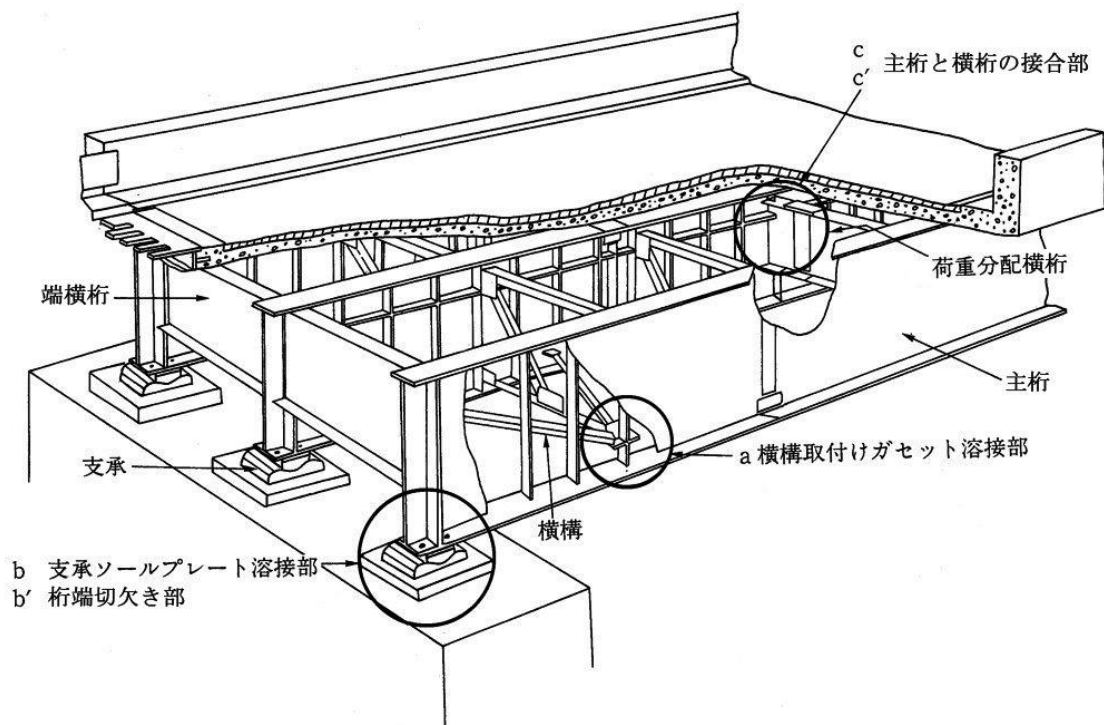
#### 4.3.2 主な疲労損傷部位

疲労亀裂が橋梁の安全性に及ぼす影響や対策方法は、その発生部位や進展状況によって異なる。その大半は緊急性の高いものではないとされるが、後々の対策の容易さを考慮すると点検によって早期に亀裂の発生の有無や進展の状況を把握し、対策を講じることが望ましい。

表 4.3.1 に鋼桁の疲労損傷事例を示すので点検時の参考とされたい。

表 4.3.1 鋼桁の疲労損傷の事例 (I形断面桁)

形式	着目部位	損傷箇所
I桁 箱桁 (RC床版)	主桁端部	下フランジと切欠き腹板との溶接部
	横構ガセット	横構ガセットプレート(一般部、支点部)の取付部
	垂直補剛材	対傾構、横桁の取付け垂直補剛材の上端溶接部
		支点上垂直補剛材の上・下端溶接部
	横桁	主桁との溶接部
下フランジ(引張縁)	主桁との溶接部や下フランジ板継ぎ部の突合せ溶接部	
共通	ソールプレート	支承ソールプレートの溶接部

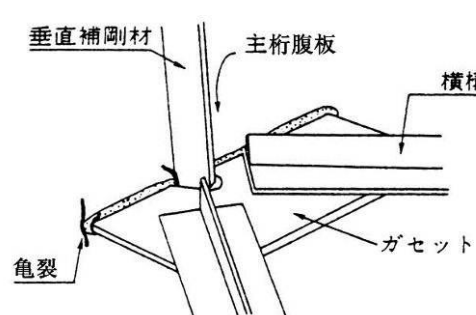
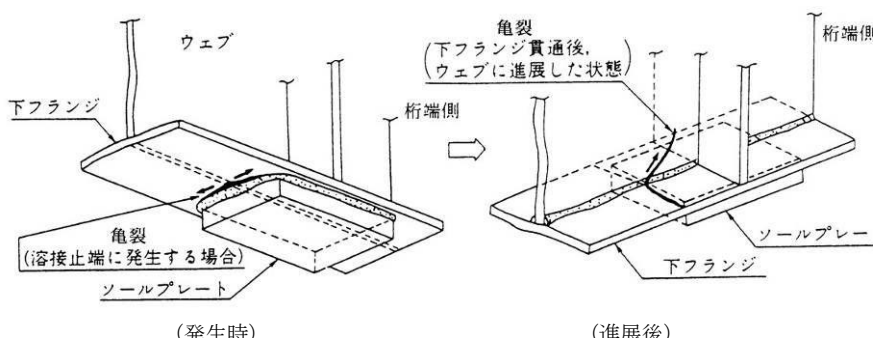
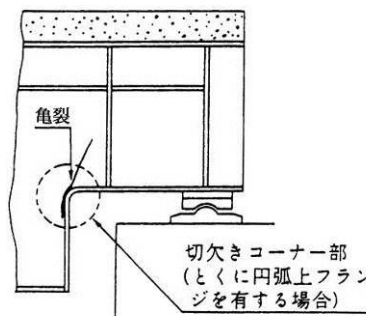
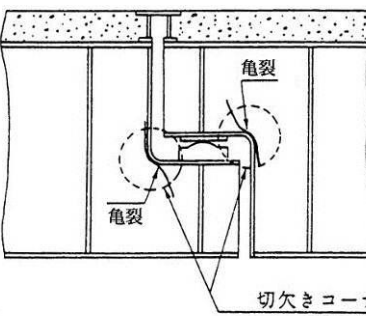
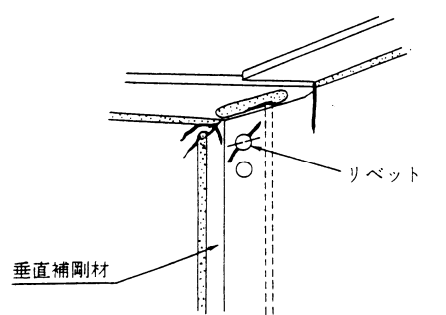
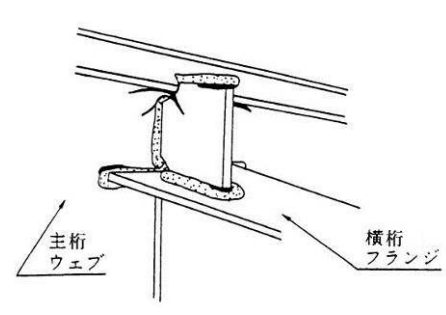


※図中の「a」、「b」、「b'」、「c」、「c'」の詳細図を表4.3.2に示す

図 4.3.1 I 桁橋における主な損傷部位  
 (鋼橋の疲労, 図-2.4.1 (a), H9.5, 日本道路協会)



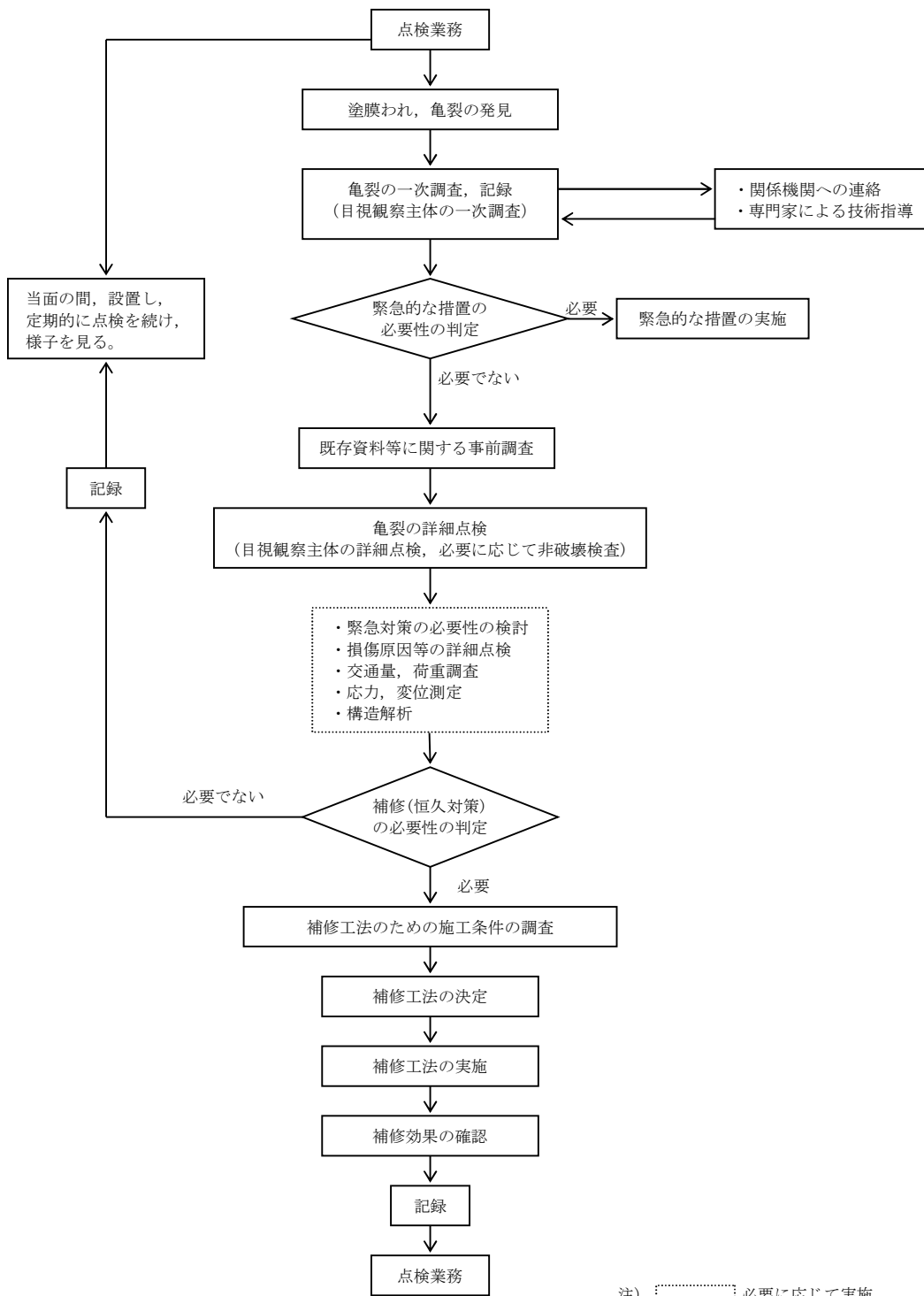
表 4.3.2 I 桁橋における主な損傷部位  
(鋼橋の疲労, 図-2.4.1, H9.5, 日本道路協会)

<p>a 横構取付けガゼット溶接部</p>	 <p>注) 亀裂が溶接ビードからはずれて腹板内に進展している場合には, 進展を監視しながら早急に対処する。</p>
<p>b ソールプレート溶接部</p>	 <p>(発生時) (進展後)</p>
<p>b' 桁端切欠き部 (ゲルバーヒンジ部も含む)</p>	<p>注) アーチ橋, トラス橋にも同様なディテールがあるので注意する。</p>
 <p>(a) 桁端欠き部</p>	 <p>(b) ゲルバーヒンジ部</p>
<p>c 主桁と横桁の接合部</p>	<p>c' 主桁と横桁の接合部</p>
	

注) b 及び b' については, 亀裂が主桁・主構腹板に進展した事例が報告されているので, 点検時に必ずチェックすること。

4.3.3 疲労損傷に対する点検・調査・補修の流れ

点検の結果、損傷又はそれに起因すると考えられる塗装割れが発見された場合、損傷部の詳細な調査が必要である。調査は、損傷の状況を把握し緊急的な措置の必要性を判定し、損傷の原因を明らかにし、適切な補修・補強工法を決定するうえで非常に重要である。図 4.3.2 に鋼橋の疲労損傷の点検・調査とそれに続く補修・補強工法の選定までの流れを示す。



注) [点線枠] 必要に応じて実施

図 4.3.2 疲労損傷に対する点検・調査, 補修までの流れ  
(鋼橋の疲労, 図-3.1.1, H9.5, 日本道路協会)

## 4.3.4 補修方法

疲労損傷部の補修方法については、損傷箇所とその程度を考慮し、耐疲労性を評価して決定するものとする。一般に疲労損傷は、溶接品質の不良、継手の疲労強度不足、構造詳細に起因する応力集中や設計上考慮していない2次応力など、複数の原因が重なりあって発生したことが多いので、これらを把握した詳細な調査を行うものとする。なお、耐疲労性の評価方法については、「道示Ⅱ編6章」「鋼橋の疲労, H9.5, 日本道路協会」, 「鋼道路橋の疲労設計指針, H24.6, 日本鋼構造協会」等を参考にするとよい。

疲労損傷対策は、損傷部位の疲労強度を高めるか、又は、作用する応力範囲を小さくすることの2点が基本となる。これまで実施された主な補修工法を以下に示す（鋼橋の疲労, 3.3.2, H9.5, 日本道路協会）。

## (1) 応急的な対策（特に損傷の影響が1次部材に及ぶ場合）

- 1) 削り取り工法
- 2) ストップホール工法

## (2) 損傷部の補修工法

- 3) 溶接補修法
- 4) 当板工法

## (3) 損傷の再発防止

- 5) 溶接ビード止端部のTIG処理
- 6) 構造詳細の改良
- 7) 橋梁全体構造の改良

## &lt;補修工法概要&gt;

## 1) 削り取り工法

溶接ビード止端や部材の切欠き部に生じた長さ数ミリ程度の微細亀裂を削り取り、滑らかに仕上げる。亀裂を除去し、滑らかに仕上げるにより応力集中を低減させ、疲労強度を向上させる。

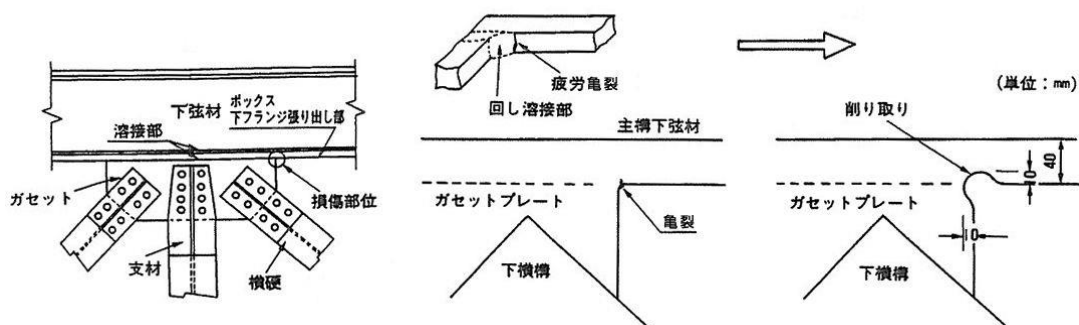


図 4.3.3 削り取り工法の実施要領

## 2) ストップホール工法

亀裂先端に孔（ストップホールと呼ぶ）をあけ、先端での高い応力集中を低減させる方法である。この方法による効果は基本的には亀裂進展の一時的な停止であり、補修及び補強対策の立案のために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。また、他の補強対策と併用することにより亀裂の進展を恒久的に停止することも可能である。なお、ストップホールの効果を高める方法として高力ボルトを挿入し締付けることが行われる（図4.3.4参照）。

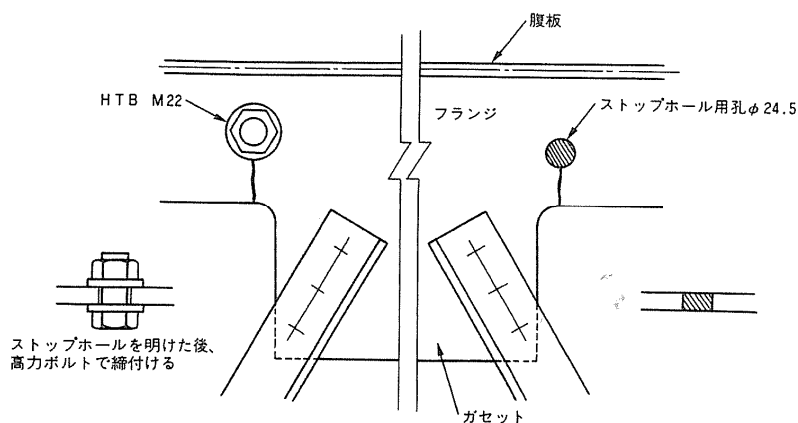


図 4.3.4 ストップホール工法要領図

3) 溶接補修法

亀裂をグラインダーやガウジングで除去し、その部分を再溶接する方法である。この方法は、損傷の原因が製作時の初期欠陥であり、溶接補修により損傷の原因が除去できる場合についてのみ有効な方法である。損傷の多くは複数の原因が競合して発生している場合が多く、一般的にはこの対策のみでは不十分であり、他の補強対策と併用することが望ましい。

4) 当板工法

亀裂発生部に添接板を接合し、亀裂部分を閉じ合わせるとともに亀裂の進展に伴う断面欠損を添接板により補う方法である。このような添接板接合は、亀裂が既に進展している場合の補修対策として用いられることが多い。添接板の接合方法としては、可能な限り疲労強度の高い高力ボルトによる摩擦接合を原則とする。

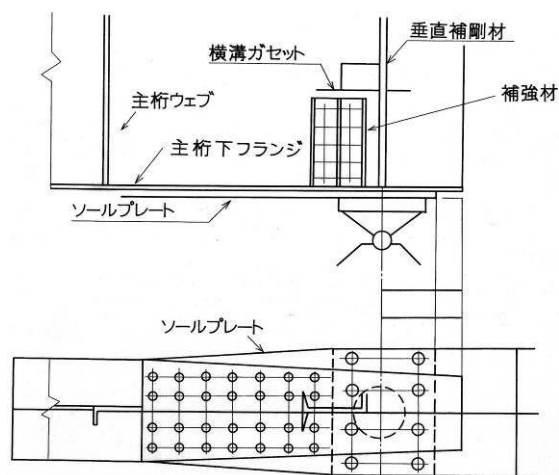


図 4.3.5 ソールプレート接合部近傍の補強事例

5) 溶接ビード止端部のTIG処理<sup>※</sup>

TIG処理工法は、非消耗タングステン電極を用いたアークにより溶接ビード止端部を再溶融し、その形状を改善することで応力集中を緩和し、疲労強度を向上させる工法である。亀裂深さが1~2mm程度以下の場合には、TIG処理工法により亀裂を溶かし込み、亀裂を消滅させることが可能であるため、亀裂の補修方法としても適用できる。

※TIG処理(Tungsten Inert Gas welding)：溶接止端部を、タングステン電極を用いてアルゴン(Ar)ガスシールド内で再溶融し、止端形状を滑らかにする工法。

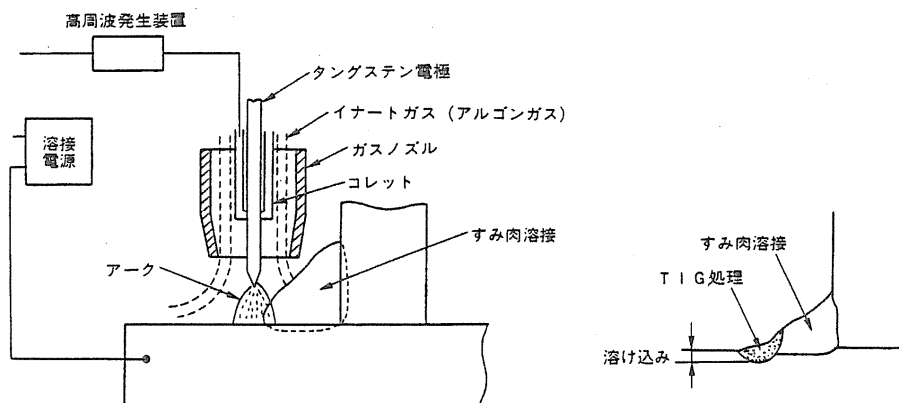


図 4.3.6 TIG処理工法の原理

6) 構造の改良

構造の不適切や設計仮定と実挙動との相違から部材接合部に応力、変形の集中が生じ、これが原因で疲労損傷が発生する場合がある。

この場合には応力の流れを円滑にし、局所的な集中を起こさせないように構造詳細を改良し、補強材の添接により抵抗断面を増加させ、発生する応力、変形を低減させる。又は部材の不要な拘束を解放することにより発生応力を低減させるなどの対策が有効である。構造の改良においては、その方法の選択を誤ると発生応力を増加させることになるため注意が必要である。

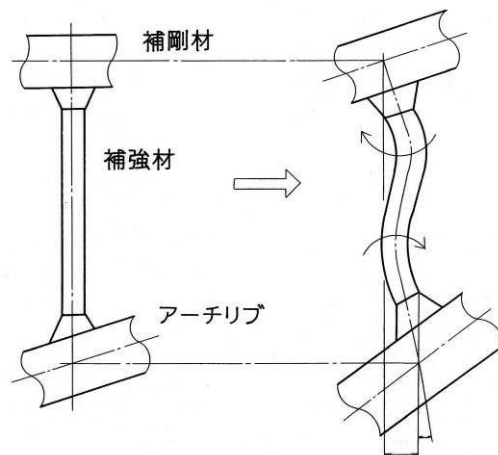


図 4.3.7 上路アーチ橋の垂直材取り合い部の二次曲げの発生要因

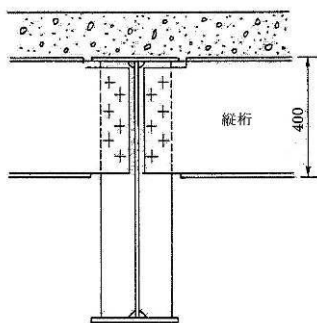


図 4.3.8 縦桁と横桁との連結構造

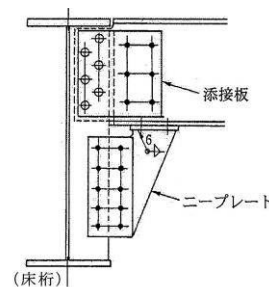


図 4.3.9 縦桁と横桁連結部の構造改良例

#### 4.4 特殊部位の補修

##### 4.4.1 切り欠き部の補修

###### (1) 補修の考え方

ゲルバー桁の架け違い部や橋脚上の切り欠き部は、応力の流れが急変するため、応力集中や疲労による亀裂が発生する可能性がある。したがって、点検調査に当たっては最重点箇所として、亀裂の有無、腹板のはらみだしの調査を行い、損傷が生じている場合は補修方法を検討する。

###### (2) 補修の方法

腹板亀裂が進展している箇所は、ストップホールを設ける。亀裂の補修溶接には、ガウジングをして再溶接を行い、腹板の補強には両側から鋼板をあて、亀裂の線上をさけて高力ボルトで締めつけを行う。腹板にひずみが出ているので、補強板にリップを取り付けたものを締めつけることにより矯正する。

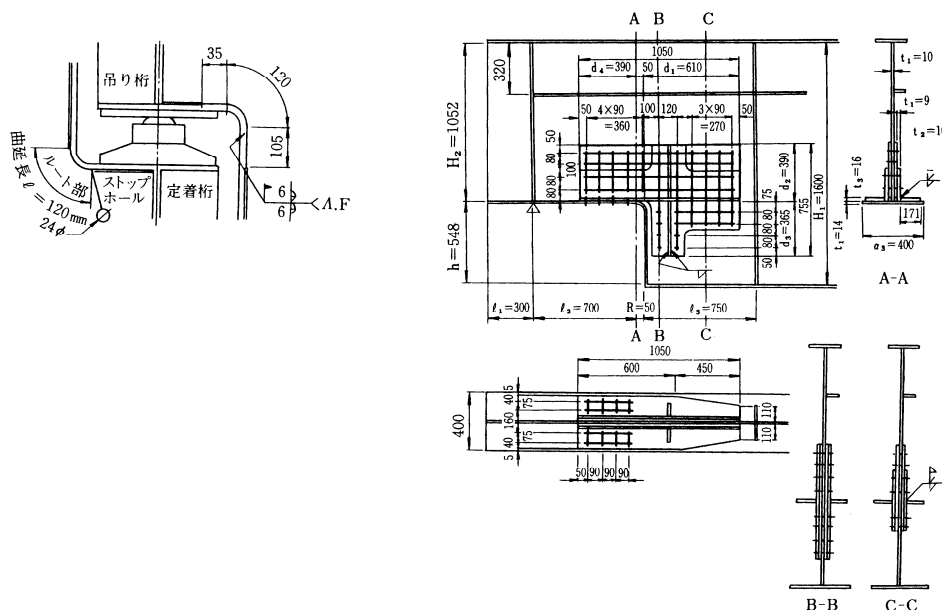


図 4.4.1 切り欠き部の補修事例

応力の低減を図り腹板のはらみを許容量以下に抑えるために、両側から補強板をあて、高力ボルトで締める。又下フランジの応力の流れをスムーズにするため、下フランジの延長線上に補強板を取り付ける。

###### (3) 設計・施工上の留意点

- 1) 亀裂が進行している場合は、緊急にバント等で仮受けを行い、補修するのがよい。
- 2) 亀裂の補修溶接は、交通止めを行い、死荷重状態で実施することが望ましい。
- 3) 水平方向補強リップは、応力の流れの関係からフランジにできるだけ近づけて配置するのがよい。

#### 4.5 耐候性鋼材を用いた鋼桁の対策

##### 4.5.1 損傷の概要

適用可能な環境条件を満足した架橋地点において、適切な設計・製作・架設が行われた無塗装橋梁は、耐候性鋼材の表面に層状剥離さびが発生することはほとんどなく、優れた防食性・耐久性が期待できる。その防食性能からこれまでは、無塗装橋梁は点検や維持補修業務が必要ない、と考えられがちであった。しかしながら、同一橋梁の中でも部位によっては、建設計画・設計段階に予測された環境とは異なる、腐食性さびの発生しやすい環境になる場合があり、また、供用後の予期しない漏水等によって、層状さび(写真 4.5.1)が発生する可能性がある。



写真 4.5.1 耐候性鋼材の腐食（桁端付近の層状さび）

## 4.5.2 点検及び補修等

## (1) 一般

点検及び補修等については、鋼道路橋防食便覧（最新版 日本道路協会）に基づき実施するものとする。

## (2) 塗装による補修

原因の排除が困難である異常なさびが発生した場合は、可能な範囲で原因を排除すると同時に、発生部位及びその周辺を塗装等の防食法によって補修する必要がある。

このうち、塗装による補修については、異常なさびが桁端部等に局部的に発生する 경우가多々あるため、発生原因や発生部位等を踏まえ、鋼道路橋防食便覧（最新版 日本道路協会）に基づき、桁端部に部分塗装を施すことを検討する。

桁端部の塗装範囲は、図 4.5.1 のとおり、橋座（下部工天端）面上を最小範囲とし、地面との空間が少なく風通しの悪い地形の場合においては、図 4.5.2 に示す範囲とする。

塗装の仕様は、Rc-I 塗装系を標準とする。また、素地調整にあたっては、入念にブラスト等を行い、さびや堆積物を確実に除去すること。

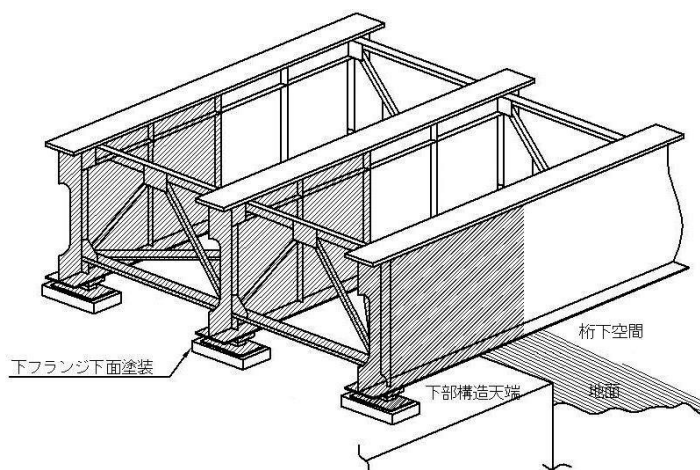


図 4.5.1 桁端部の塗装範囲の例

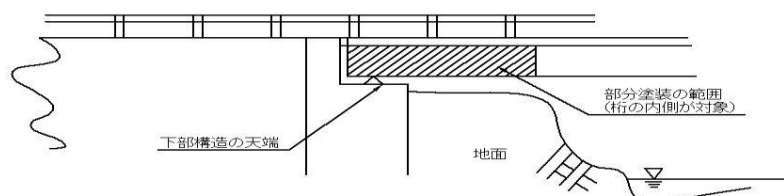


図 4.5.2 地面との空間が少ない地形の場合の塗装範囲



## 4.6 高力ボルトの遅れ破壊と脱落

### 4.6.1 損傷の概要

遅れ破壊とは、高強度の鋼に一定の引張荷重が加えられているとき、ある時間経過したのち、外見上はほとんど塑性変形してくびれることなしに、突然脆性的に破壊する現象のことをいう。見かけ上は突然破壊したようにみえるが、実際の現象は、切欠き、腐食による断面減少部などの応力集中部から、静的負荷中に亀裂が発生し、時間とともに徐々に進行して最後に急速破壊する現象である(高力ボルトの遅れ破壊と対策 まえがき(平成19年3月, 日本橋梁建設協会))。

我が国では1954年に高力ボルトの技術導入がされ、1964年にJIS規格が制定された。ボルト継手構造の合理化を目的として高強度ボルトが開発され、1962年にF11Tが、1964年にF13Tが実用に供された。しかし、F13Tは施工後数カ月で、F11Tは施工後数年で、高力ボルトに遅れ破壊が生じた。現在の道示において使用できる高力ボルトは、摩擦接合用六角ボルトのF8T、F10T、摩擦接合用トルシア形ボルトのS10T、支圧接合用打込み式ボルトのB10T、B8Tである。

### 4.6.2 点検及び対策

継手部の高力ボルトの遅れ破壊を点検する場合には一般に次のような点を主眼として行う。

- (1) 現地点検では目視により高力ボルトの脱落を点検する。近づき難い所は望遠鏡により、足場のある所は足場を利用して調べる。高力ボルトの脱落が発見された場合は、直ちに破損箇所の位置、ボルト破損本数、脱落ボルトの発見、発錆などの概略を調べる。
- (2) 第三者に対する安全性を最重点課題として考えなくてはならないので、道路、鉄道上の橋梁などは、高力ボルトの遅れ破壊による破損ボルトの落下により第三者へ障害を及ぼすかどうかを検討する。
- (3) 高力ボルトの遅れ破壊は、湿潤な状態にある構造形式、及び昭和46年～昭和52年頃に製造されたF11T高力ボルトに多くみられるので、そのような状態のものはないかを調べる。  
高力ボルトの遅れ破壊の調査及び補修の手順については図4.6.1に示すとおりである。

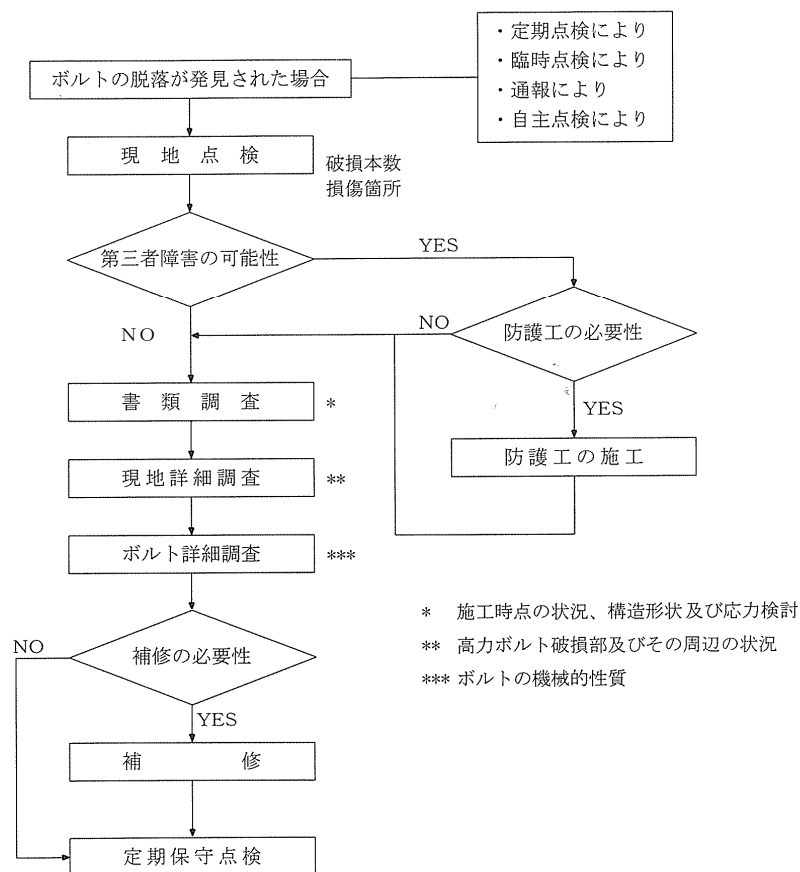


図 4.6.1 高力ボルト遅れ破壊の調査及び補修の手順  
(高力ボルトの遅れ破壊と対策, 図-1, H19.3月, 日本橋梁建設協会)

補修の必要性の判定は、「高力ボルトの遅れ破壊と対策, H19.3, 日本橋梁建設協会」により、以下のように判定してよい。

- (1) 同一連結部において破損ボルトが 1～2 本の場合で設計上余裕のある連結部では、継続して遅れ破壊が発生する可能性が少ないので、そのままにして取替え時期を検討するか、その後の動向を見守ることにする。又は破損ボルトのみを取替え、その後の動向を見守る。
- (2) 同一連結部に 10 本以上累積破損ボルトが確認されたところでは、その後も継続してボルトの破損が発生した例が多い。このような場合に使用されている高力ボルトは、材質的に遅れ破壊の感受性が高いと思われる。従って、これらの構造物に使用されている高力ボルトは、製造ロット単位で取替えることが望ましい。
- (3) 同一連結部に数本の破損ボルトが確認されたところでは、できるだけすみやかに破損ボルトを取替えるとともに、破損ボルト及び同一継手部の健全なボルトによる材料試験を行ない、その結果により遅れ破壊の感受性が高いと判断される場合には、製造ロット単位で取替えるものとする。
- (4) コンクリートに接触している上フランジなどの連結部では、コンクリートを壊して補修するか別の方法によるかなど、施工上の制約を考慮して別途検討する必要がある。
- (5) ボルトの取替えは一般に簡単に施工できるものは少なく多額の足場費用を要するものであるから、安全上問題ないと判定された場合は、塗装の塗替え時期など他の定期補修にあわせてボルトの取替えができるか検討することが必要である。

## 4.6.3 補修方法

## (1) 補修方法の概要

- 1) F11T高力ボルトが破損した場合は、F10T高力ボルトに取替えることを原則とする。
- 2) ボルトの取替えに際しては、竣工図書により設計図面・応力計算書を入手し、現行の道示に基づき、継手のボルト本数の照査を行うものとする。ボルトに作用する力の算出方法は、昭和48年以前の道示ではリベット継手に準じて行われていたのに対し、昭和55年以降の道示では材片間の締付けによる摩擦力によって力の伝達を行うこととしている。このため、腹板の外縁のボルトの本数がより多く必要となっている。ただし、高力ボルトの取替え工事が補修工事であることから、作用応力によりボルトに作用する力を算出してもよい。許容値内に入らない場合は、別途検討する必要があるが、例としては次のような場合が考えられる。

- ・腹板のボルト本数が不足するときには、道示に準じて、フランジ近傍の腹板に作用する力の一部をフランジの連結ボルトに受けもたせてもよい。
- ・継手計算の検討結果、応力の不足分を加えた締付け軸力で締め付けて耐力が十分な場合
- ・さびなどの影響により、継手組立て直後に比べて補修時のすべり係数が増加しているとの報告がある。従って、F10T高力ボルトに取替えるのみで耐力が十分であると判断できる場合

## (2) 高力ボルトの取替え方法

- 1) 座金が接する部分は清掃し、素地調整を行う。
- 2) 破損ボルト部分にF10Tの新ボルトを挿入し締付ける。

継手が伝える荷重によって、以下の2種類に分けて考える。

## ①主として軸方向力を受ける継手(桁、梁、脚のフランジ等)

- a) 連結板の片側の中央のボルト列を取り替える。
- b) 中央の列から両方の列へ交互に取り替える。

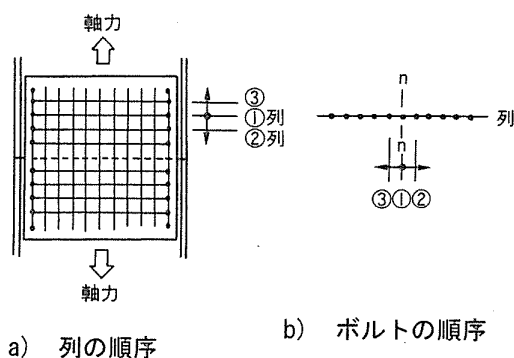


図4.6.2 取り替え手順（主に軸力を受ける部位）

②主として曲げを受ける継手(桁, 梁, 脚の腹板等)

a)腹板中央のボルト列を取り替える (図 4.6.3①)。

b)中央の列から上・下の列へ交互に取り替える (図 4.6.3②, ③)。

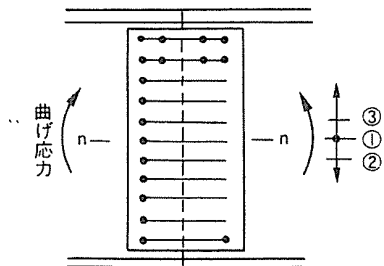


図 4.6.3 取り替え手順 (主に曲げを受ける部位)

- 3)全面的に取替える場合は, ボルト一本ずつ取替え, 締付けることを原則とする。これは取替えボルトにスムーズに応力が移行するよう考慮してのことである。
- 4)同一箇所の締付けボルトの本数が多く, 全面的に取替える場合で, 計算上1列ボルトを抜いても連結部の応力に余裕がある場合には, ボルトは応力に直角な方向に1列ずつ取替えてもよい。
- 5)「道路構造物の補修要領 第1部 鋼構造物, H24.7, 阪神高速道路」の補修要領に詳しく記述されているので, 参考とされたい。

#### 4.7 その他の損傷に対する補修

##### 4.7.1 損傷リベットの取替工法

経年変化によりゆるんだリベットや, 腐食して機能を失ったリベットを取り除き (1つの継手の中で数本の場合), F10T強度程度の高力ボルトに交換する工法。本工法については, 「設計要領 第二集 橋梁保全編 2章」が参考になる。

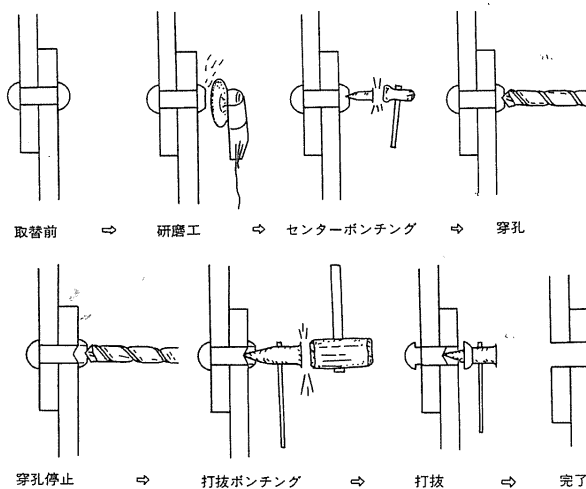


図 4.7.1 リベット撤去の手順

#### 4.7.2 高力ボルトの腐食対策工法

高力ボルトに、樹脂製のボルトキャップを取り付ける。

ボルトキャップとボルトの間のすき間には防錆油を充てんする。

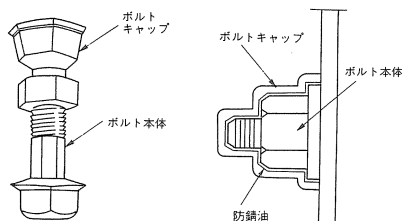


図 4.7.2 ボルトキャップ及びその取り付け

#### 4.7.3 変形損傷に用いる補修工法

変形損傷に対する部材の補修方法としては、大きく分けて、変形した部分を元に戻す方法と、変形がさらに進行したり座屈が生じたりしないように補強部材を追加する方法がある。前者の方法としては、加熱矯正、溶接補修および部材交換がある。加熱矯正や部材交換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取替え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。

損傷部位や架橋条件により最適な工法が異なるため、既設橋梁への影響や仮設等を踏まえた工法比較を行うこと。

以下に補修工法の事例を示す。(1)は車両の積荷の衝突により跨道橋の下フランジが変形した場合の補修例である。(2)は桁端切欠き部の大きな局部応力と可動沓の機能不全が要因と思われる腹板のはらみやき裂による損傷の補修例である。

##### (1) 加熱矯正工法

変形した部分をガスバーナにより加熱して、ヤング率を低下させ変形抵抗を小さくして、機械的に曲げ加工することにより矯正する。鋼材は温度の上昇に伴いヤング率が減少し、600℃程度で約半分の値になる。又、降伏点は200～300℃で上昇するが、その後は下がり600℃程度で7割程の値ほどになる。こうした性質を利用して塑性変形させ矯正するものである。桁の材質が不明の場合は、あらかじめ加熱の影響を調査する必要がある。

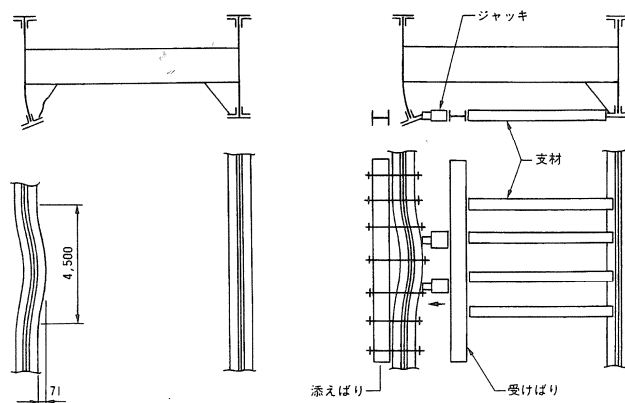


図 4.7.3 加熱矯正工法の例

## (2) 添接板締付け工法

変形した部分に剛性の大きい補強添接板を当て、両面からはさみ、高力ボルトで締め付けて変形を矯正するとともに耐荷力の改善を図る。

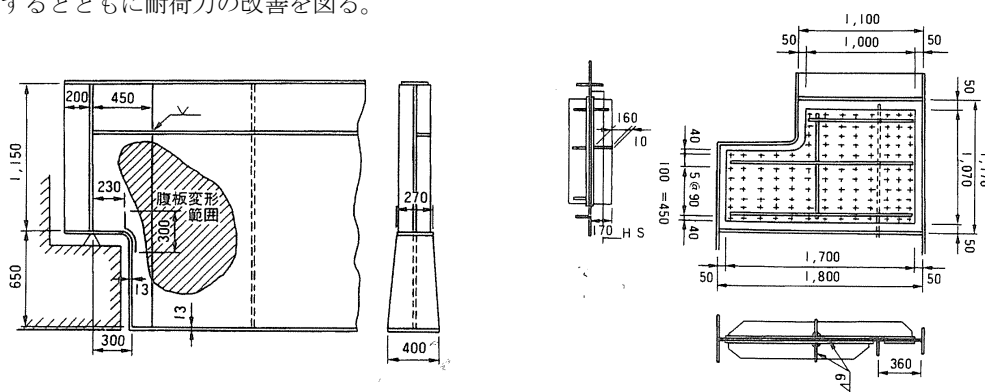


図 4.7.4 添接板締付け工法の例

## 4.7.4 腐食損傷による断面欠損が激しい主桁等を部分的に取り替える工法

主桁等の腐食により断面欠損した部分を切除して、新規部材を高力ボルトにて添接する。

## 4.8 塗替え塗装

## 4.8.1 塗替え塗装の方式

桁端部は、通気性が悪く湿気がこもりやすいうえ、伸縮装置の漏水や排水施設の不備等により、一般部（桁端部以外）と比較して著しい腐食が生じやすく進行性も早い。

このため、塗替え塗装では、腐食や防食機能の劣化の状況を踏まえ、「部分塗替え塗装」を採用する。また、部分塗替え塗装については、鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案）（最新版 国土交通省）及び鋼道路橋防食便覧（最新版 日本道路協会）によるものとする。

部分塗替え塗装の実施にあたっては、桁端部の損傷要因を排除する観点から、2.1.1 伸縮装置の漏水対策等を同時に実施することを検討する。

一般部については、橋梁定期点検により適切に損傷状況を把握し、塗膜の劣化が全面的に著しい場合は、全面塗替え塗装を検討する。

## 4.8.2 塗替え塗装の仕様

塗替え塗装の仕様は、鋼道路橋防食便覧（最新版 日本道路協会）により重防食塗装系\*を基本とする。

\*防食下地に耐食性に優れたジンクリッチペイントを、下塗りに遮断性に優れたエポキシ樹脂を、上塗りに耐候性に優れたふっ素樹脂塗料を用いた塗装系のこと。

#### 4.8.3 素地調整の留意事項

既設塗装には、鉛が含まれることが多いため、塗替え塗装の素地調整の際に、含鉛粉じんを発生させることになり鉛中毒予防規則（昭和47年9月30日労働省令第37号）に抵触する。また、クロムやPCBを有する塗料が塗布されている可能性もある。

このため、塗替え塗装時には、既設塗装の成分を調査したうえで、鉛等の有害物質が確認された場合には、適切な暴露防止対策（集じん排気装置設置、呼吸用保護具着用等）を実施するものとする。また、塗膜はく離剤等による素地調整についても検討することが望ましい。

詳細については、鉛等有害物含有塗膜除去の心得（最新版 愛知県建設部道路維持課）を参照すること。

なお、素地調整時に鋼材に亀裂を発見した場合は、橋梁の安全性に問題がないかを判断すること。

#### 4.8.4 部材角部の処理

フランジ等の角部が鋭くなっている場合は、塗料が十分角部に付着せず塗膜が薄くなり早期に発錆しやすくなる。このため、塗装塗替えにあたっては、主部材の角に、図 4.8.1のようにR=2mm以上の面取りを行うことを基本とする。

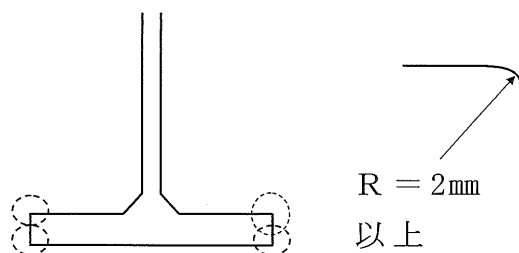


図 4.8.1 フランジの面取り

#### 4.8.5 塗替え塗装の記録

部分塗替え塗装の完了後、鋼道路橋の部分塗替え塗装要領（案）（最新版 国土交通省）に基づき、現地に塗装記録表を設置するとともに、道路構造物管理カルテ作成要領（案）（最新版 愛知県建設部道路維持課）により、橋梁管理カルテの補修補強等履歴に、塗布範囲、塗装系、塗装材料等を記録するものとする。