

## 12章 維持管理

### 12.1 維持管理の考え方

#### 12.1.1 一般

浮体橋を長期にわたり健全に維持するには、日常の維持管理が重要である。浮体橋における維持管理は一般の固定橋と同様の方針で行うことを原則とするが、浮体橋に特有の事柄については、その特性を十分に考慮した維持管理計画を立て、適切に行う必要がある。また、維持管理計画書は、管理者が交代した場合においても、維持管理の考え方、思想を十分に理解し適切に管理を行うことができるような計画書としなければならない。

浮体橋の維持管理に関して、点検のあり方、寿命評価、LCC(Life Cycle Cost)、補修などの概念は一般の固定橋と同様に考えて良いが、浮体橋に特有の事柄に関しては、特に留意して維持管理計画を立てておく必要がある。浮体橋は、浮体橋本体、係留構造、下部構造及び付帯設備から構成されており、浮体橋本体は常に動揺している。そのため、可動部の摩耗や、動揺による疲労など、浮体橋の特性に特に留意した維持管理を行わなければならない。加えて、水上(海上)構造物であることから、厳しい腐食環境における対策についても検討しておかなければならない。

浮体橋の維持管理計画は、固定橋の維持管理事項に加えて、これらの浮体橋の特性を十分に考慮したものにしておく必要があり、特に、係留形式の違いにより、維持管理の方法や考え方が異なるため、浮体橋の維持管理にあたっては、個別に計画を立て、その浮体橋に適した維持管理計画とする。

維持管理のための設備についても、設計時に想定・考慮し、供用開始前までに維持管理計画を策定することを原則とする。

また、管理者が交代した時に維持管理の考え方が確実に受け継がれなければ、維持管理が適切に遂行されているとはいえない。維持管理計画を作成するにあたり、設計者は管理者が交代した場合でも、何をポイントに押さえておけば良いのかが判りやすいものとなるように概要書などにまとめておくのが良い。

(維持管理計画書に掲げるべき事項)

- ①寿命の考え方を各部材について明確にする。
- ②維持管理記録の保管場所を明示する。
- ③消耗品として取り替えるものと、取り替えずに補修しながら使用するものを明示する。

④取り替えられない部分についてはどのような補修を行いながら使用を継続させるのかを明示する。

⑤点検時のポイントはどこであるのかの説明には、なるべく写真を用いる。

本章では一般的な橋梁の維持管理についての記述は省略し、浮体橋特有の事柄の維持管理に特化して示すこととした。

12.1.2 維持管理の方針

浮体橋の維持管理は、維持管理計画に基づき、適切に点検・調査を行い、健全度を評価し、必要に応じて適宜、対策を行う。特に、浮体橋に特有の事象は特定点検の項目として挙げ、定期点検に含むものとする。また、浮体橋の設置箇所の水深変化、流速、水質、周辺の環境についても必要に応じ調査を行うものとする。

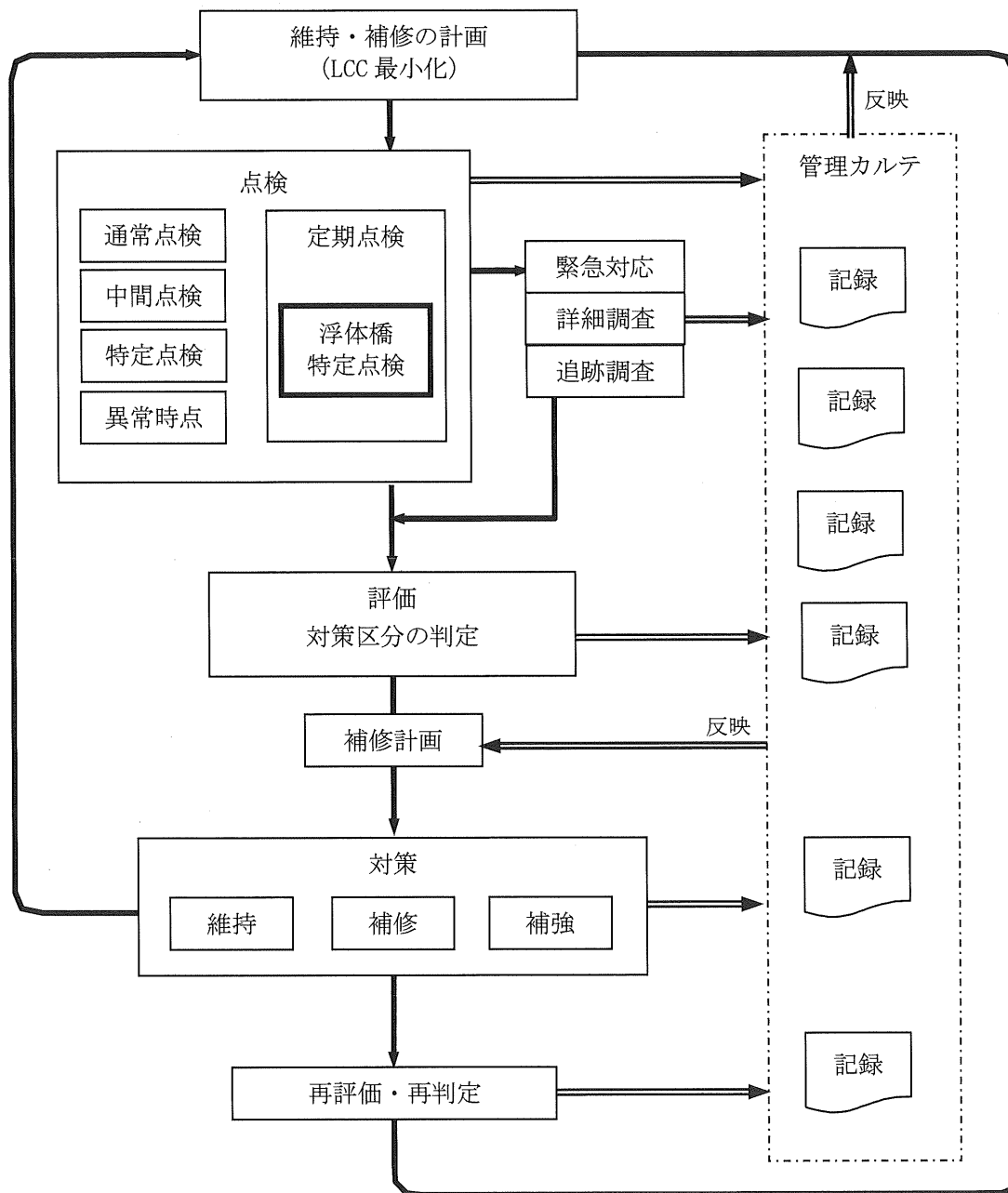


図-12.1.1 浮体橋の維持管理フロー

基本的な維持管理の考え方の基本は、図-12.1.1の維持管理フローに示すように、一般の橋梁と同様である。継続して点検を行うことで、変状を発見し、原因を推定し、必要に応じて、取り替え、構造改良、補修等を行う。進行型の変状については、追跡調査を行う。また、係留系に影響するような流速の変化がないか、浮体下面の水底に干満差による動きを阻害するような堆砂がないか、腐食速度に影響を及ぼすような水質の変化はないか等、周辺環境についても、定期的に調査を行う必要がある。

維持管理の基本体系については「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)」(国土交通省)<sup>1)</sup>に従うものとする。「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)」では、点検の種類及び種別を下記のように定義しており、解説では定期点検を「最も重要な点検」と位置づけている。また、点検種別で「特定点検」を、「塩害等の特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施する点検をいう」としており、定期点検とは別に個別に点検を行うものとしている。浮体橋では、その形式によるものの、特定点検の項目が一般橋梁に比べて多くなりがちであり、また、機能維持の観点からも、重要な事柄となるため、特定点検は定期点検と同じ位置づけとし包括して考えるものとした。

維持管理の体系の標準的なフローと点検及び補修の種類を以下に抜粋する。

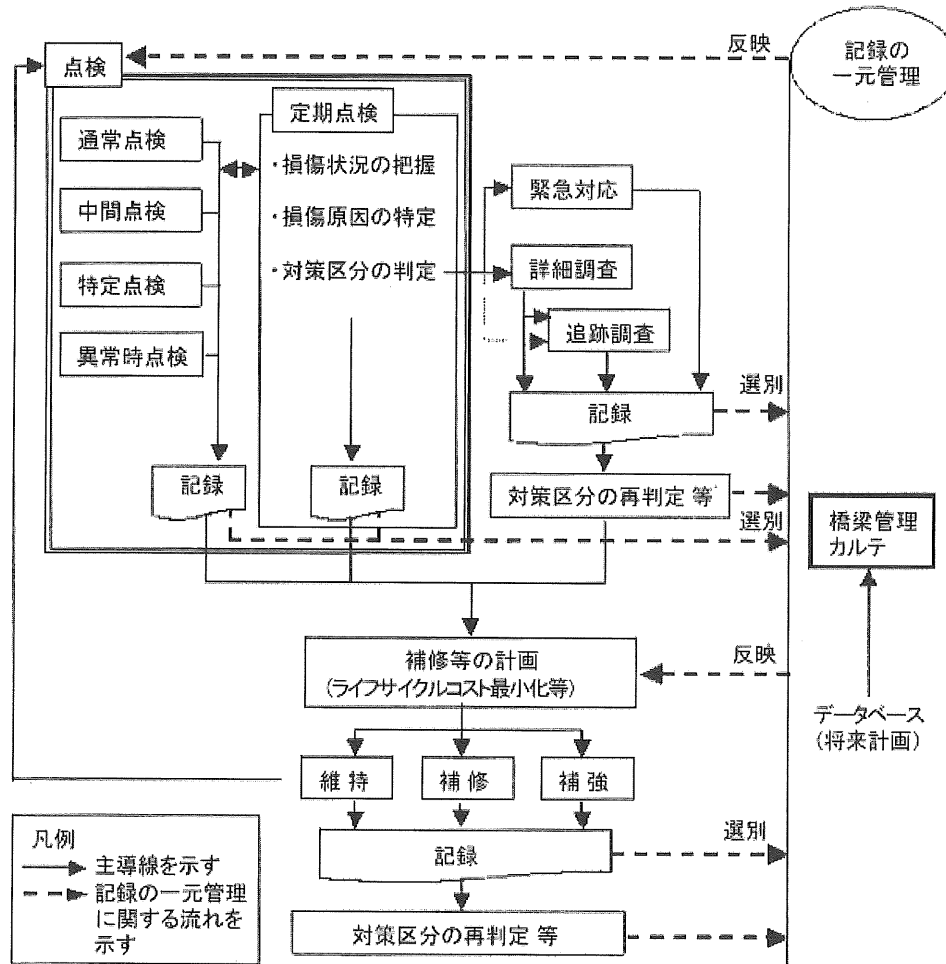


図-12.1.2 「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)」<sup>1)</sup>より  
維持管理の体系(標準的なフロー)

## 用語の定義

### ①通常点検

通常点検とは、損傷の早期発見を計るために、道路の通常巡回として実施するもので、パトロールカー内からの目視を主体とした点検をいう。

### ②定期点検

定期点検とは、橋梁の損傷状態を把握し損傷の判定を行うために、頻度を定めて定期的に実施するもので、近接目視を基本としながら目的に応じて必要な点検機械・器具を用いて実施する詳細な点検をいう。

### ③中間点検

中間点検とは、定期点検を補うために、定期点検の中間年に実施するもので、既設の点検設備や路上・路下からの目視を基本とした点検をいう。

### ④特定点検

特定点検とは、塩害等の特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施する点検をいう。

### ⑤異常時点検

異常時点検とは、地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生した場合、橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検をいう。

### ⑥詳細調査

詳細調査とは、補修等の必要性の判定や補修等の方法を決定するに際して、損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握するために実施する調査をいう。

### ⑦追跡調査

追跡調査とは、詳細調査などにより把握した損傷に対してその進行状況を把握するために、損傷に応じて頻度を定めて継続的に実施する調査をいう。

### ⑧維持

維持とは、既設橋の機能を保持するため、一般に日常計画的に反復して行われる措置を言う。

### ⑨補修

補修とは、既設橋に生じた損傷を直し、もとの機能を回復させることを目的とした措置をいう。

### ⑩補強

補強とは、既設橋に生じた損傷の補修にあってもとの機能以上の機能向上を図ること、または、とくに損傷がなくても積極的に既設橋の機能向上を図ることを目的とした措置をいう。

## 12.1.3 浮体橋特定点検

浮体橋特定点検は、定期点検の一部として行うものとする。管理者は、下記事項

に配慮して適切な管理に努めなければならない。

- ・浮体構造物としての特性
- ・消耗部材の特定，交換の時期，判断基準
- ・補修や補強を行いながら使用を継続する部位
- ・想定以上の摩耗や損傷がある場合の原因究明と対策

浮体橋特定点検を行う項目を以下に示す。

(1) 浮体部

- ①浸水の有無
- ②喫水変化
- ③防食機能
- ④水中付着生物

(2) 係留構造

- ①反力壁，ドルフィン，係留杭
- ②係留用フェンダー
- ③係留ローラー
- ④係留チェーンおよびアンカー

(3) 接続構造

- ①緩衝桁（連絡橋）
- ②伸縮装置
- ③支承部およびヒンジ機構部

(4) 周辺環境

- ①水質，流速，水深
- ②交通量の変化

(1) 浮体部

①浸水の有無

浮体内部に浸水が生じていることは，浮体の沈降につながるのを避けなければならない。目視による内部点検と，通常点検時で喫水や傾斜の変化を確認する方法が簡易的であるが，常時においてモニタリング設備を設置することが望ましく，万一の浸水時には，直ちに排水ポンプで強制排水を行う。

また、浮体内部の点検に際しては、酸欠事故など安全面に十分注意する必要がある。その際、一般の橋脚等閉所の点検では点検数日前から換気のためにマンホールを開放しておくことがあるが、浮体の場合は、そのマンホールから波浪や雨水が浮体内部に侵入する可能性のあることについても留意する。実際に、外国の浮体橋ではマンホールの閉め忘れによる浸水で、浮体が没水した例もあることから、管理者は浸水すると沈むことを考慮しておかなければならない。

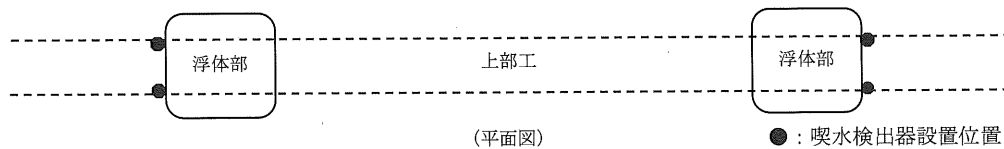


図-12.1.3 喫水検出器設置例（夢舞大橋）

## ②喫水変化

浸水が無い場合でも、舗装の増し打ちによる増厚や、付属物の増設、外面の水中付着生物により喫水が変化する場合が考えられる。管理者は重量の増減と喫水の変化、その影響と対応策を事前に検討しておく。

### ③防食

鋼構造の場合は外面に電気防食，重防食，金属被覆などの防食を行っている。電気防食の場合は電位測定を行う。重防食や金属被覆は劣化のほか，漂流物の衝突で損傷・剥離し，母材が腐食している箇所がないか目視点検を行う。水中部は定期的にダイバーによる点検を行う。

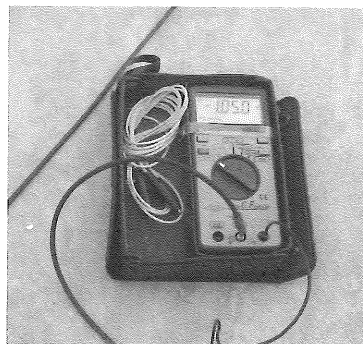


図-12.1.4 電位測定器

### ④水中付着生物

水中付着生物はある程度の厚みになると自重で剥がれ落ちるが，定期的に除去するとともに，表面を補修することが望ましい。現地で除去する場合には周辺環境への配慮が必要である。

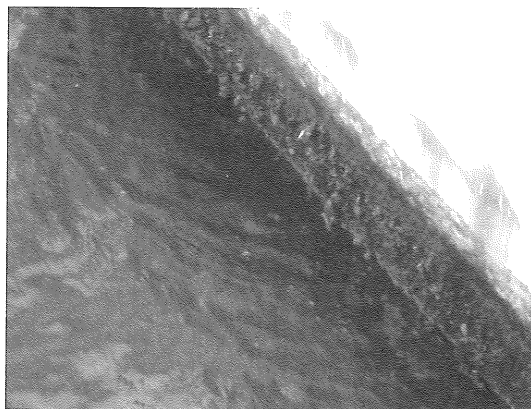


図-12.1.5 生物付着状況例

## (2) 係留構造

### ①反力壁，ドルフィン，係留杭

ドルフィン上部工は防舷材との接点位置が変化していないか，コンクリート構造にひび割れなどの損傷は無い目視点検が中心となる。鋼管杭は防食が健全であるか，電気防食を採用している場合は電位測定により確認を行う。



- ・潮の干満による浮体の動きに伴い、反力面が摩耗していないか。
- ・ドルフィンとフェンダーのクリアランスが設計値を保持しているか。
- ・異物は挟まっていないか。

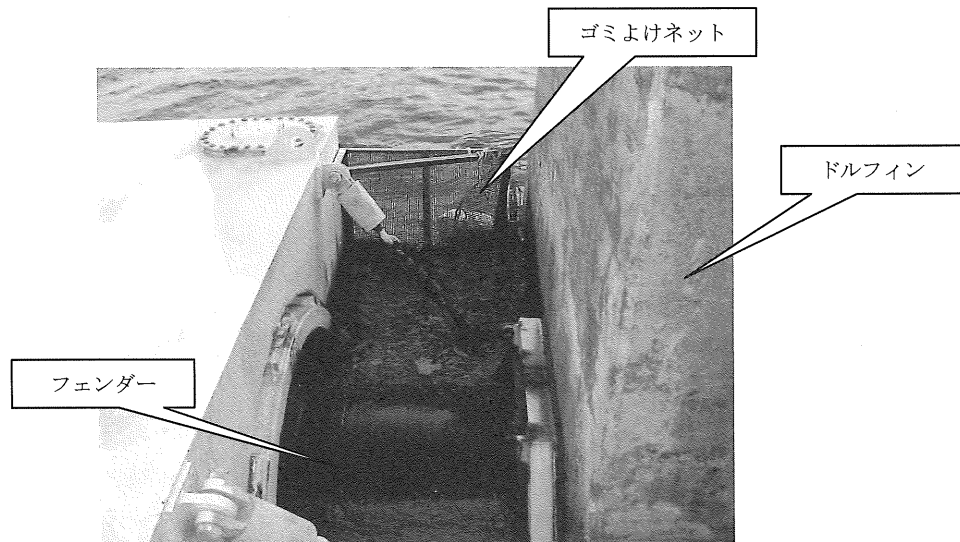


図-12.1.6 係留部分にゴミよけネットを設置している例

## ②係留フェンダー

フェンダー取り付け部は通常飛沫帯付近にあり、劣化が激しい部分であるため、金具類の腐食やゆるみ、がたつきを点検し、問題があれば交換する。防舷材ゴムの傷についてはメーカーに機能上、影響の無い傷の深さを確認しておく。

また、フェンダー防舷材本体は他の交換部品に比較し、重要で高価な部材であり、その交換は施工的にも経済的にも容易ではない。しかし、長期的には経年劣化により性能（ゴム物性値，エネルギー吸収，変形量等）が変わるため，交換が必要になる部材である。従って，交換時期を設計時に決定し，維持補修計画に予め入れておくようにする。交換の手順，方法についても計画しておくものとする。

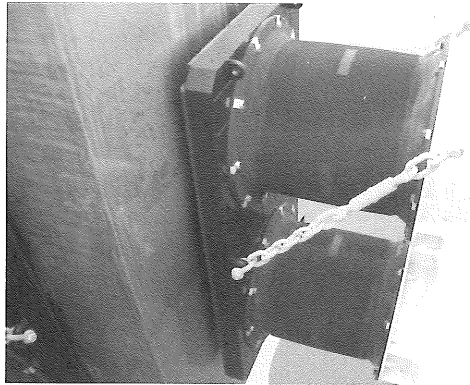
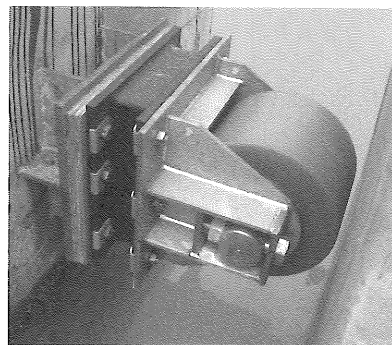


図-12.1.7 係留フェンダー

### ③係留ローラー

係留ローラーが正常に作動しているか，異音はないか，回転せずに摩耗したり損傷していないか等目視点検を行う。交換時期と交換方法についても計画時に予定しておくものとする。



(健全な状態)



(損傷した例)

図-12.1.8 係留ローラー損傷例

### ④係留チェーンおよびアンカー

設計時に腐食代を見込むが，腐食速度が適正であるか腐食量の調査と，摩耗量調査を行う。チェーン径の測定は大気中，飛沫体，水中部について行う。

アンカーは高潮や津波後に移動していないかについても確認する。

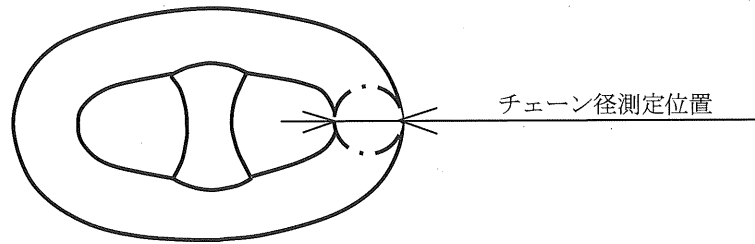


図-12.1.9 チェーン径の測定位置

## (3) 接続構造

## ①緩衝桁（連絡橋）

緩衝桁（連絡橋）は潮位変動や波浪による動揺を吸収している部分であり常に動いているため、破断、変形、異常音について特に注意を払う必要がある。

「渡橋設計の手引き」（広島県土木建築部空港港湾局港湾課）<sup>2)</sup>では、既設渡橋の調査結果より、対象部位により腐食損傷の程度が異なることから、渡橋の腐食速度を桁中間部と桁端部に区分している（図-12.1.10）。浮体橋の緩衝桁についても渡橋と同様と考えられるため、防食設計を行う際に参考にするとよい。特に桁端部の範囲の裏側は点検が難しく環境条件も悪い範囲となるので、その点を考慮した防食仕様にしておく必要がある。

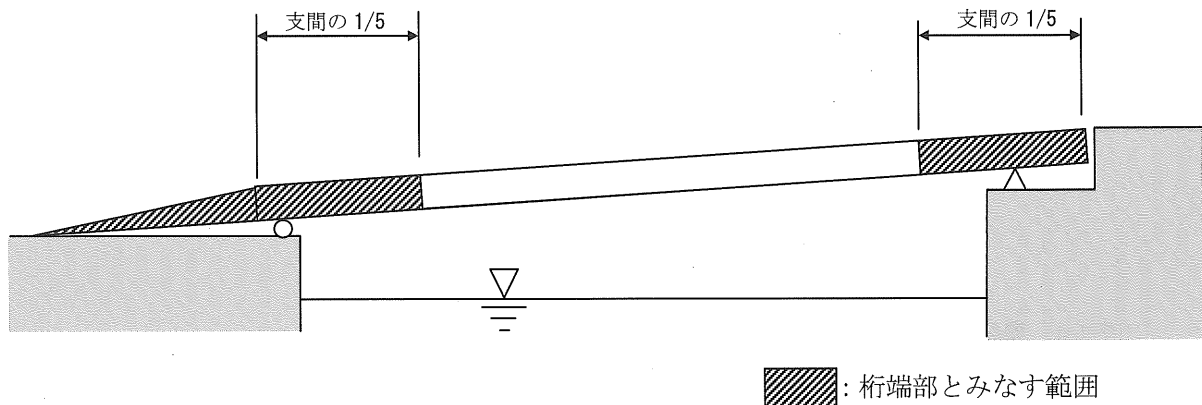


図-12.1.10 桁端部の範囲

## ②伸縮装置

破断、亀裂、変形、異常音のほか、伸縮ボード隙間への異物混入等により動きが阻害されていないか、激しい摩耗は無いかなどに留意する。伸縮装置下面は目視

点検や補修が難しい部位であるので、点検の方法についての点順や考え方を整理しておくがよい。また、伸縮装置の交換時期と、交換手順・方法については維持補修計画時に検討しておく。

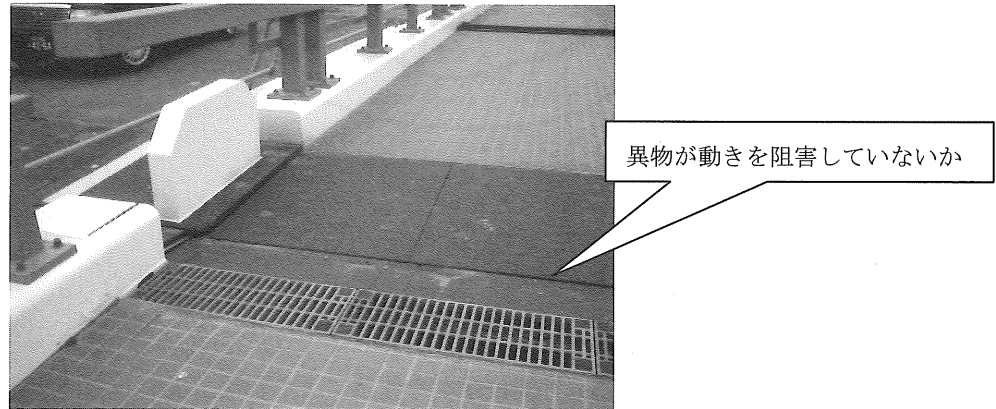


図-12.1.11 伸縮装置

### ③ 支承部およびヒンジ機構部

破断、変形、異常音のほか、水平支承部のスライド面の摩耗、移動範囲からの逸脱はないか等に留意する。支承及び支承付近は目視点検や補修が難しい部位であり、また、腐食に対する環境は悪いため、点検方法についての点順や考え方を整理しておくのがよい。また、支承交換時期と、交換手順・方法については、維持補修計画時に検討しておく。

### (4) 周辺環境

周辺の環境が変化した場合に、何がどのように変化し、変化が浮体橋に与える影響がどんなものであるか、対策は必要であるかについて、都度、検討し記録を残すものとする。

① 水質，流速，水深

② 交通状況

### 12.1.4 異常時点検

浮体橋で異常時点検を行うのは、一般の固定橋の異常時（地震、台風、集中豪雨、豪雪）に加えて、高潮、津波のような海象による自然災害や、船舶や漂流物の衝突による損傷等、海上（水上）にあることからの偶発的事故が起こった場合である。

異常時には浮体橋特定点検の項目の点検を優先して行うこととする。

異常を発見した場合には写真撮影を直ちに行い損傷直後の記録を詳細に残す。

浮体橋特定点検の項目は常時において動いている部分であるため、異常時において損傷を

受けやすい部位であると考えてよい。浮体橋特定点検に掲げる項目は、浮体橋を維持する上で重要なものであり、損傷があれば、橋梁の使用に大きな影響を与えることも考えられる。したがって、異常時後に際しては浮体橋特定点検を優先して行い、損傷があれば速やかな対策がとれるよう可能な範囲で交換用のスペアや応急対策方法を検討し備えておくことが望ましい。

点検要領の例を表-12.1.1に示す。

また、実際の浮体橋で使用されている例として巻末の参考資料5.に夢舞大橋及びワシントン湖の浮き橋の点検シート例を示す。

表-12.1.1 点検要領例

部位	点検箇所	点検部位	点検目的	点検項目	点検方法	点検種別			対策		備考
						定期点検	特定点検	異常時点検	対策	交換目安(回/年)	
浮体部	外面気中部 ～飛沫体	側面	乾舷(喫水)が正常であるかの確認	乾舷の確認、傾斜の有無	乾舷計測	○	○	○	交換	1/10	重量と変位量の関係 装置の寿命想定
		喫水計	喫水計自体の性能確認	装置の損傷の有無、作動確認	目視・作動状況確認	○	○	○	原因究明	1/10	補修要領を作成しておく
		外面、飛沫体	生物付着状況の確認	付着厚さ、範囲など	目視	○	○	○	清掃		
		防食ライニング	防食機能の維持	損傷、錆び、剥離の有無	目視	○	○	○	補修		
		重防食塗装	防食機能の維持	損傷、錆び、剥離の有無	目視	○	○	○	原因究明		
		電位測定	防食性能の確認	電位の確認	目視	○	○	○	補修		
		鋼板部	劣化状況の確認	損傷、変形、孔食の有無	目視	○	○	○	補修		
		コンクリート部	劣化状況の確認	損傷、ひび割れの有無	目視	○	○	○	補修		
		その他艦装品	艦装品の性能の維持	損傷の有無、劣化状況	目視	○	○	○	交換		各品の交換時期を設定
		電防アノード	防食機能の確認	アノードの減少状況	目視・計測	○	○	○	交換	設計年数	補修要領を作成しておく
外面水中部	鋼板部	重防食塗装	防食機能の維持	損傷、錆び、剥離の有無	目視	○	○	○	補修		
		電位測定	防食性能の確認	損傷、変形、孔食の有無	目視	○	○	○	補修		
		コンクリート部	劣化状況の確認	ひび割れ	目視	○	○	○	補修		
		その他艦装品	艦装品の性能の維持	損傷の有無、劣化状況	目視	○	○	○	交換		各品の交換時期を設定
		浸水検知機	浸水の有無	装置の損傷の有無、作動確認	目視・作動状況確認	○	○	○	交換	1/10	装置の寿命想定 酸欠に注意する
		浸水	劣化状況の確認	損傷の有無、劣化状況	目視	○	○	○	補修		
		その他艦装品	艦装品の性能の維持	損傷の有無、劣化状況	目視	○	○	○	交換		各品の交換時期を設定
		健全度	健全度	損傷、ひび割れの有無	目視	○	○	○	補修		
		受衝面	健全度	健全度	目視	○	○	○	原因究明、補修		
		電位測定	防食性能の確認	電位の確認	目視	○	○	○	原因究明		
係留構造	係留用フェンダー	全体	健全度	損傷の有無、劣化状況	目視・計測	○	○	○	補修	設計年数	水中部
		全体	係留性能の維持	アノードの減少状況	目視・計測	○	○	○	交換		
		金物類	取り付け状況の確認	ボルト類のゆるみ、錆び	目視・打診	○	○	○	増縁、交換	1/20	
		吊りチェーン	取り付け状況の確認	錆び、取り付け部のゆるみ	目視・打診	○	○	○	増縁、交換		
		受衝板	取り付け状況の確認	損傷、変形、錆び	目視・打診	○	○	○	交換		
		電位測定	防食性能の確認	電位の確認	電位計測	○	○	○	原因究明		
		全体	健全度	重防食塗装、ライニング等の損傷の有無	目視・計測	○	○	○	交換		補修要領を作成しておく
		ローラー面	健全度	ローラー位置のずれ、摩耗の増減	目視・計測	○	○	○	原因究明		
		ローラー	係留性能の確認	回転作動状況、損傷、錆び	目視	○	○	○	交換		
		接続構造	緩衝桁	鋼中筋全体	劣化状況の確認	損傷、変形、異常音、劣化	目視・打診	○	○	○	増縁、交換
水中筋全体	劣化状況の確認			損傷、変形、異常音、劣化	目視・計測	○	○	○	原因究明、補修		
アンカー	係留性能の確認			アンカー位置の確認	目視・計測	○	○	○	交換	設計年数	設計時の腐食代確認 水中部
主橋	健全度			損傷、変形、異常音	目視・計測	○	○	○	原因究明、修正		
橋面、桁下	健全度			損傷、変形、異常音、劣化	目視	○	○	○	原因究明、補修		
落橋防止	耐震性能の維持			損傷、変形、異常音	目視	○	○	○	原因究明、補修		
エプロン部、 パッセージボード など	伸縮機能の確認			取り付けボルトのゆるみ	目視、聴診	○	○	○	増縁、交換		
連結ヒンジ部	伸縮機能の確認			不腐の有無、異物混入の有無	目視	○	○	○	異物除去、補修	1/20	
支承部橋台側	支承部浮体側			伸縮機能の確認	燃焼部の損傷、変形、異音、摩耗	目視	○	○	増縁、交換		
下部工(支承部 及びヒンジ機構部)	支承部浮体側			支承機能の確認	取り付けボルトのゆるみ	目視・打診	○	○	○	増縁、交換	1/20
	可動支承	移動量	損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	原因究明、補修			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○	増縁、交換			
			損傷、変形、異常音、摩耗	目視・打診	○	○	○				

## 12.1.5 劣化・損傷度の評価基準

維持管理の評価は、浮体橋としての特有の機能を下記の3つに大別し、評価基準は「橋梁定期点検要領（案）」（国土交通省）<sup>3)</sup>の考え方に従う。

(1) 浮体部（ポンツーン部）

(2) 係留構造

(3) 接続構造（緩衝桁、伸縮装置、支承部を含む）

判定区分 A : 損傷が認められないか、軽微で補修を行う必要が無い。外見上の汚れや老朽化は認められるが使用上の機能には全く問題の無い程度。消耗部材は正常に消耗している。

判定区分 B : 状況に応じて補修を行う必要がある。損傷の原因、規模が明確であり、直ちに補修するほどの緊急性はなく、次回の定期点検（=5年程度以内）までに浮体橋の安全性が著しく損なわれることはない判断できる。

判定区分 C : 速やかに補修等を行う必要がある。損傷が相当程度進行し、目視で確認できる具体的な劣化（ひび割れ、亀裂、部品のガタツキ、小部品の脱落等）がある。部材の機能や安全率が低下しており放置すると次回の定期点検までには機能に支障をきたすと判断できる状態であり、少なくとも次回定期点検（=5年程度以内）までに補修が必要である。

判定区分 E1 : 浮体橋の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。浮体橋の安全性が著しく損なわれており、緊急の対策が必要と判断できる。

判定区分 E2 : その他、緊急対応の必要がある。自動車、歩行者の交通障害や第三者への被害の恐れが懸念され、緊急の対策が必要な状態である。

判定区分 M : 維持工事で対応する必要がある。浮体橋を良好な状態に保つために日常の維持工事で早急に処置することが必要と判断できる状態である。

判定区分 S : 損傷があり、補修等の必要性の判定を行うにあたって原因の特定など詳細調査が必要である状態をいう。

浮体橋に特有の構造は浮体部、係留構造、接続構造の3つに大別される。各々の詳細構造については、形式により様々であるため、個別の判定基準を別途作成するものとし、これらの機能を総合的に3つの機能として評価するものとした。また、橋体部としての鋼構造部材やコンクリート部材等については、水上（海上）であり、条件は異なるものの、劣化度評価は一般の固定橋の考え方として問題ないため「橋梁定期点検要領」（国土交通省）<sup>3)</sup>に従うものとした。これによる対策区分の流れを図-12.1.12に示す。

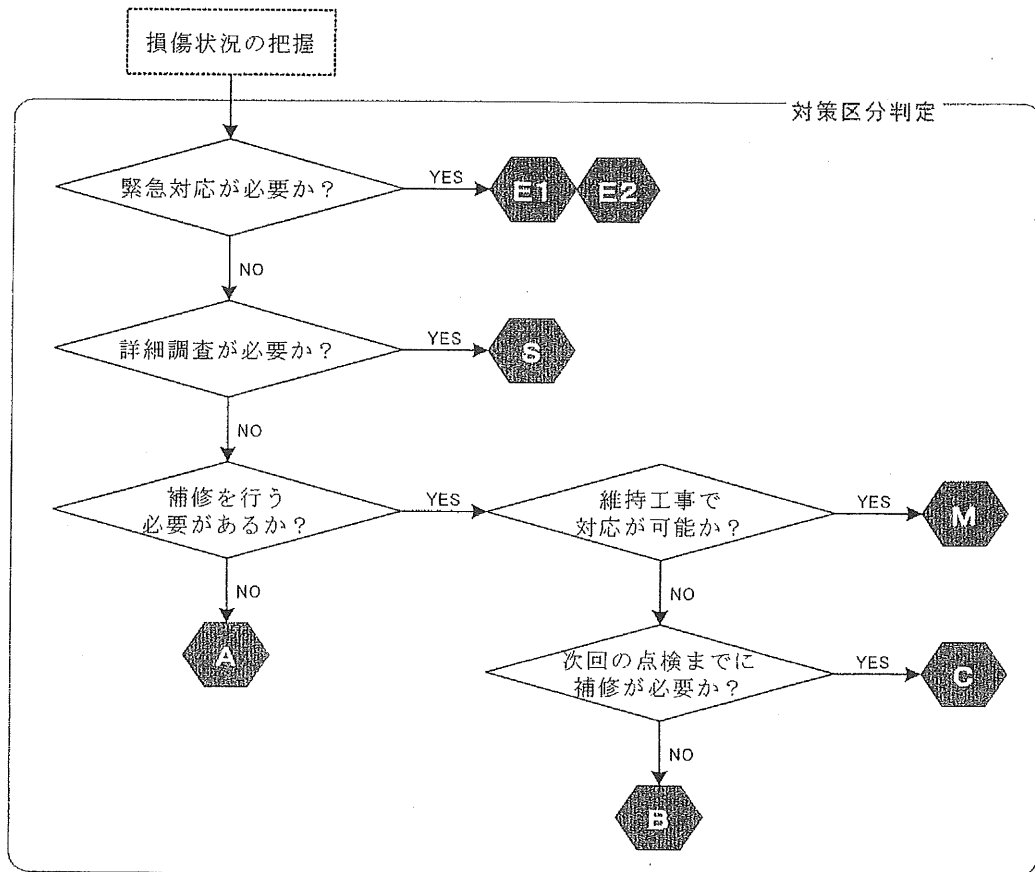


図-12.1.12 対策区分の流れ「橋梁定期点検要領」(国土交通省)<sup>3)</sup>より

この判定区分では判定区分Cの時点で次回の定期点検までに補修工事が必要となる。しかし、補修工事はLCCの視点など総合的に見て、補修の必要性を判断するのがよい。例えば全体的には大半の判定区分がBであり、判定区分Cが少ない場合でも、判定区分Cの部分だけの補修を行うのではなく、Bの部分を含む全体をまとめて補修した方が、費用が安価でより効果的な維持管理が期待できる場合もあるのでよく検討して行うことが必要である。機能別に大別したそれぞれの評価基準の目安を以下に示す。

#### (1) 浮体部

判定区分A : 外面に生物付着や汚れ、材料劣化があるが浮体機能に影響がない。電気防食の電位計測値は計画通りであり、補修の必要はない。

判定区分B : 外面に経年劣化による微細なひび割れ、亀裂や、外力による損傷があるが、原因、規模が明確であり、内部に浸水も無い。放置しても次回の定期点検までに浸水が起こるようなことはない判断される。

判定区分C : 次回の定期点検までには補修が必要と判断される状態である。例えば、浮体内部に浸水は無いが次回定期点検までに浸水を引き起こす恐れのある亀裂やひび割れがある、または、浸水が進行している様子はない



ものの、前回点検時にはなかった結露による水か区別のつきにくい程度の浸水(内部の1区画以上で浮体高さの1/10未満)がある状態をいう。外部に関しては電気防食の電位計測値が異常である、または、アノードが著しく減少している状態等をさす。

- 判定区分E1 : 内部の1区画以上で浮体高さの1/10未満の浸水がある。浮体高さの1/10以上の浸水、または浮体部全体が3°以上傾斜している。
- 判定区分E2 : 第三者への被害の恐れが懸念される状態であるため、浮体部に関して基本的にはこの判定区分はない。浮体の傾斜などで伸縮部に影響を与えて第三者に危険な場合は、浮体構造の安全上も問題があるのでE1となる。
- 判定区分M : 問題があり、早急に対処する必要があるが、対処内容は通常の維持工事で対応が可能な程度のものをいう。浮体部では管理用マンホールのゴムパッキンの劣化や、浸水モニタリング装置の不具合などが該当する。
- 判定区分S : 劣化損傷があり補修の必要性を判断するため、原因の特定などの詳細調査が必要な場合をいう。原因の特定ができない浸水がこれに相当する。

## (2) 係留構造

- 判定区分A : 外面に生物付着や汚れ、材料劣化はあるが損傷は認められないか、軽微である。電気防食の電位計測値と減少量はほぼ計画通りであり、鋼材腐食代も計画値内で減少しており補修の必要が無いと判断される。
- 判定区分B : 生物付着が係留機能を阻害しており除去の必要性はあるが緊急性は無い。係留装置部品にガタツキ、異音、異常な摩耗は認められない。電気防食の電位計測値と減少量はほぼ計画通りである。鋼材腐食代は許容値内で減少している。次回の定期点検までに係留の機能が著しく損なわれることは無い。
- 判定区分C : 係留装置部品にガタツキ、異音があり、次回の定期点検までに補修が必要である。鋼材の腐食、摩耗量が次点検までに許容値を超えると予想される。係留機能には問題がない。
- 判定区分E1 : 係留装置部品にガタツキ、異音、異常な摩耗、部品の脱落などがあり、緊急に交換等が必要な部材がある。鋼材の腐食、摩耗量は許容値を超えている。係留装置が部分的に損傷している。浮体部の動きを阻害している。
- 判定区分E2 : 係留装置が直接、第三者に影響を及ぼすことはほとんど無いと考えられるので係留装置でのE2の判定は基本的には無く、緊急対応の判定区分はE1となる。

判定区分M : 係留装置部品にガタツキや異音があり早急に対策が必要であるが、部品の交換や増し締めを行うなど、通常の補修工事で対応できる。

判定区分S : 係留装置部品にガタツキ、異音、異常な摩耗があるが、原因が不明であり詳細調査が必要である。

### (3) 接続構造

判定区分A : 損傷が認められないか軽微で補修の必要は無い。

判定区分B : 外面に汚れや材料劣化はあるが機能に影響がなく、次回の定期点検までに安全性が損なわれることはない。伸縮部からの漏水や滞水があるが問題にならない程度。

判定区分C : ヒンジ機構（伸縮装置、支承）にガタツキ、異音、摩耗がある。問題とならない程度の異物が侵入している。軽微な不陸がある。通行使用上は問題が無いが、次回の定期点検までには補修される必要がある。

判定区分E1 : 伸縮構造のヒンジ機構にガタツキ、異音、浮き上がり、摩耗があり動きが不自然である。異物が侵入し動きを阻害している、不陸がある。または、可動量、遊間が許容範囲を逸脱しているなど、部品が一部損傷しており可動部の動きが異常であり緊急の対策が必要である状態。

判定区分E2 : ヒンジ機構にガタツキ、異音、浮き上がり、摩耗があり、第三者への被害の恐れが懸念されるような場合。または、可動量、遊間が許容範囲を逸脱し通行が危険であるような状態。

判定区分M : 緊急性があるが通常の維持補修の範囲で処置できるような損傷で、取り除くことで問題が解決する程度の異物混入など。

判定区分S : 伸縮部の動きが不自然であったり、損傷が見られるが、原因が特定できず、詳細調査が必要と判断される場合

12.1.6 劣化・損傷に対する対策

対策の一般的な事柄として、交換が必要な部分は、設計計画時に交換可能な構造とし、対策は現地で行うことを原則とする。

浮体構造であるため、ドックに入れてメンテナンスを行うという考え方もあるが、近隣に適切なドックがあるとは限らず、曳航コストや係留構造の脱着などを考えると、ドックインは合理的と言えず、浮体橋の維持管理の対策は現地で行うことを原則とした。

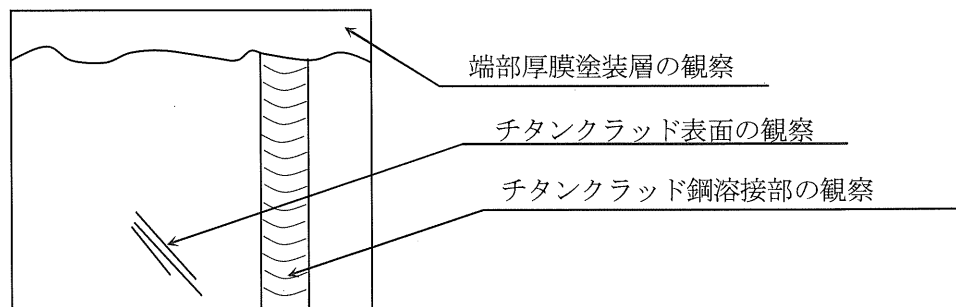
維持管理足場用吊り金具などのほか、現地での部材交換を想定した手順書の作成と後付けが困難な設備（補強）を、設計時に計画しておくこと。

- ・ 支承交換のための仮受け用の内部補強
- ・ 仮係留のための係船柱や金具類，内部の補強
- ・ フェンダー，伸縮装置等，可動部の交換の手順書
- ・ その他，補修要領書の作成

[参考]チタンクラッド鋼の点検・補修要領（夢舞大橋）<sup>4)</sup>

チタンクラッド部及び上下端部の塗装部に於ける汚れや海棲生物など付着物を除去した後、一般観察と同様の観察を至近な距離から実施する。表面の付着物を除去するに当たっては、プラスチック製スクレーバやナイロンブラシ等を使用して、チタン表面を疵付けないように行うこととする。

欠陥部が認められた場合には、各々の欠陥について大きさや密度寸法計測するとともに、状況のスケッチや写真にて記録する。



損傷程度	補修溶接法	概要と特徴
小 (≦ φ 3mm)	電気溶接法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 損傷部の表面を洗浄</li> <li>・ TIG肉盛で補修溶接</li> </ul>
中 (≦ φ 300~500mm)	チタン当板 すみ肉補修溶接法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ チタン板で損傷部当板</li> <li>・ TIGすみ肉溶接</li> </ul>
大 (≧ φ 500mm)	クラッド鋼部分取替法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 損傷部クラッド鋼切断，除去</li> <li>・ 新規クラッド鋼を溶接</li> </ul>

図-12.1.13 チタンクラッド鋼の点検・補修要領（夢舞大橋）<sup>4)</sup>

## 12.2 ライフサイクルコスト

### 12.2.1 方針

浮体橋の設計においては、ライフサイクルコスト（LCC）が最小になるように配慮する。

構造物のライフサイクルは、構造物が計画・建設されてからその役割を終えて、撤去されるまでの過程と定義される。このライフサイクルに生じた費用の総和が、ライフサイクルコストと言われるものである。また、ライフサイクルにおける様々な状態（例えば補修、更新等）を予測し、これらに計画的に対処していくための一手法がライフサイクルマネジメントであり、これらに関しては、現在多方面で精力的に研究が進められている<sup>5),6)</sup>。

### 12.2.2 ライフサイクルコストの算出

ライフサイクルコストの検討では、構造物の設計供用期間を設定し、初期建設費のみではなく、使用中に係る費用や解体撤去に係る費用を算出する。

ライフサイクルコストは、次の式で求めることができる。

$$LCC = I + M + R$$

LCC：ライフサイクルコスト

I：初期建設費（計画・設計費を含む）

M：維持管理費（維持費，補修費，更新費等）

R：解体撤去費

社会資本は、その供用期間が長期にわたるため、ライフサイクルコストは物価上昇を考慮して、デフレーターや社会的割引率を設定して表現することになる。

#### [参考]

- 1) ライフサイクルコストの予測には、供用期間が重要な要素となり、また建設費の額そのものが、大きく影響することは明らかである。構造物の耐用年数が増加するにつれて、必要となる維持管理費用の割合も増大する。加えて、費用面のみならず、便益面から施設機能の工学的評価を定量化して組み込むことで、ライフサイクルコスト評価が、施設整備を検討する上で効果的となると考えられる。

図-12.2.1 に新設橋によるライフサイクルコストの算出例を示す（国交省土木研究所：ミニマムメンテナンス橋のパフレットより）<sup>7)</sup>。

ミニマムメンテナンス橋			従来の橋梁	
200年		架替サイクル	60年	
亜鉛めっき	130年	塗装(塗膜)	塩化ゴム系塗料	15年
亜鉛溶射(前面)	70年	塗替え	塩化ゴム系塗料	15年
PC床版	200年	床版	RC床版	40年
継目部の補修	50年	床版補修	部分補修・建設後	20年
ゴム支承	100年	支承	鋼製支承	30年
ミニマムメンテナンス仕様	20年	伸縮装置	従来仕様	10年
改質アスファルト	15年	舗装	普通アスファルト	10年
シート防水(舗装のサイクル)	15年	防水層	シート防水(舗装のサイクル)	10年
塗膜防水(舗装のサイクル)	15年	防水層更新	塗膜防水(舗装のサイクル)	10年

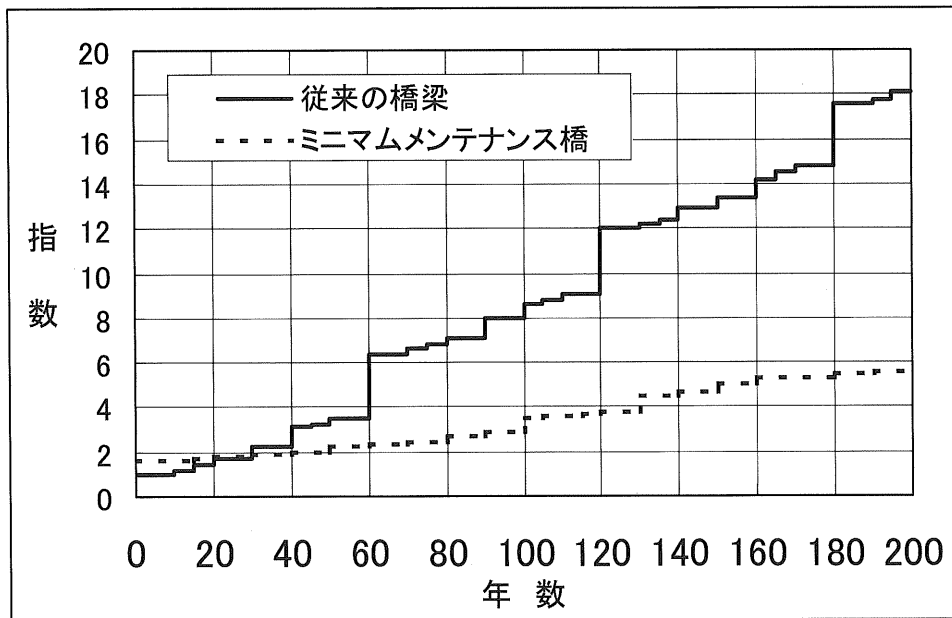


図-12.2.1 新設橋によるライフサイクルコスト算出例<sup>7)</sup>

- 2) ライフサイクルコストを検討するためには、簡便にコスト計算するシステムおよびデータベースの構築が不可欠となる。土木関連の維持管理マネジメントシステムに関する代表的な事例として、橋梁マネジメントシステム BMS (Bridge Management System) が先駆的に実施されている。システムは、健全度評価モジュールと補修計画作成モジュールから構成される。

## ①健全度評価モジュール

MICHI (国土交通省道路管理データベース)に蓄積収録されている各橋梁の諸元, 履歴, 点検データを使用して, 検討対象となる橋梁の現況を評価する。MICHI においては, 腐食, クラックなどの欠陥種類について, 橋梁の部材ごとに損傷度として点検データが蓄積されており, これを活用する。損傷度の判断基準を表-12.1.1 に示す。

表-12.2.1 損傷度の判定基準

判定区分	損傷度判定基準
I	損傷が著しく, 交通の安全確保の支障となる恐れがある
II	損傷が大きく, 詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある
III	損傷が認められ, 追跡調査を行う必要がある
IV	損傷が認められ, その程度を記録する必要がある
OK	点検の結果から, 損傷は認められない

## ②補修計画作成モジュール

橋梁群を対象とし, それぞれの橋梁の健全度とその他の情報から複数の補修計画を立案し, 予算計画に合わせ, どの橋梁を補修するか, またどの程度補修するかなどを最適化し, 補修計画を作成する。

## 参 考 文 献

- 1) 国土交通省：橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案），平成 16 年 3 月
- 2) 国土交通省：橋梁定期点検要領（案），平成 16 年 3 月
- 3) 広島県土木建築部空港港湾局港湾課：渡橋設計の手引き，平成 8 年 7 月
- 4) 大阪市：夢舞大橋維持管理マニュアル浮体橋・緩衝桁編，平成 H13 年 3 月
- 5) 横田弘，小牟禮健一：計画的な維持修繕によるライフサイクルコストの低減，港湾，pp. 14-17，2002. 8
- 6) 松渕知，横田弘：係留施設のライフサイクルコスト発生と維持管理意思決定支援システムの構築に関する基礎的研究，港湾技術研究所報告，Vol. 38, No. 2, pp. 423-473, 1999. 6
- 7) (独)土木研究所：ミニマムメンテナンス橋＜鋼桁橋編＞パンフレット