

## リプレイサブル栈橋

### 背景

港湾施設の多くは高度経済成長期に建設されており、栈橋を含む多くの港湾構造物の老朽化が進行している。

今後建設から50年を迎える施設が急増していく中で、施設の建設や維持管理に要するライフサイクルコストを低減させていくことは喫緊の課題である。

また、港湾構造物の中でも栈橋の上部工は塩害による劣化が生じやすく、定期点検診断においては上部工下面の目視調査が必要とされるが、暗所での作業となることや、波浪や潮位による作業時間の制約を受ける等、容易に点検作業が行えないことが課題であった。

そこで、塩害を非常に受けやすい環境にある「栈橋上部工」に着目し、栈橋供用中에서도点検診断や維持補修のために部分的に床版を取り外すことが可能となる設計法・施工法を確立することで、将来必要となるライフサイクルコストの低減に資することを目的にリプレイサブル栈橋の検証を行った。



鉄筋が剥き出しに

栈橋上部工の劣化事例



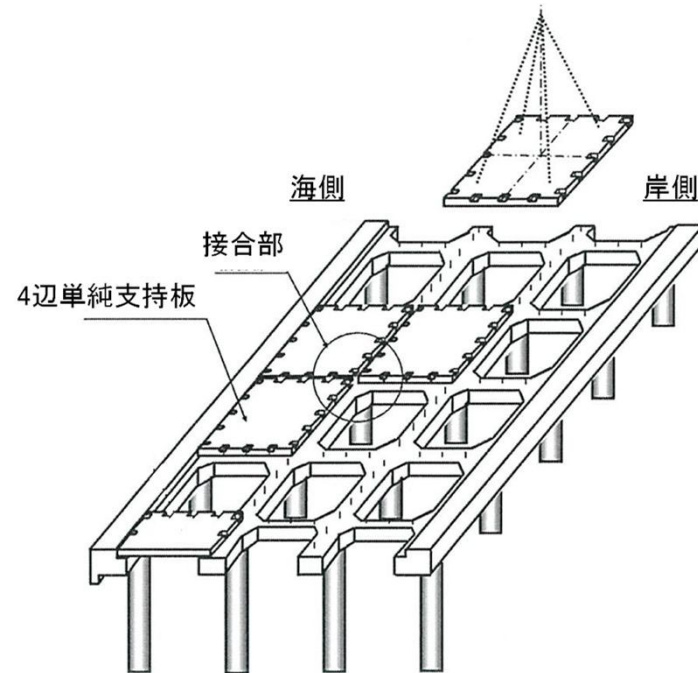
栈橋上部工の点検状況

## 技術概要

栈橋上部工のうち床版部分をプレキャスト化するとともに、供用後に取外しや交換が可能な構造である。

### リプレイサブル栈橋の特徴

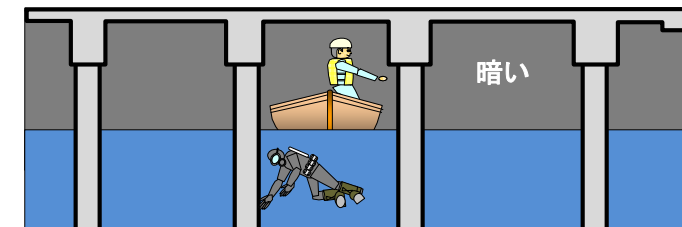
- 床版及び梁の点検診断が容易
- 突発的な事故等による損傷及び老朽化に対し、部分的に取り替えが可能
- 供用しながらの施工が可能
- プレキャスト化により、現地での施工省力化や工期短縮に寄与
- 取扱貨物量の増加や機械の大型化に伴う床版への荷重増に対応が容易
- ライフサイクルコストを低減できる可能性が高い。



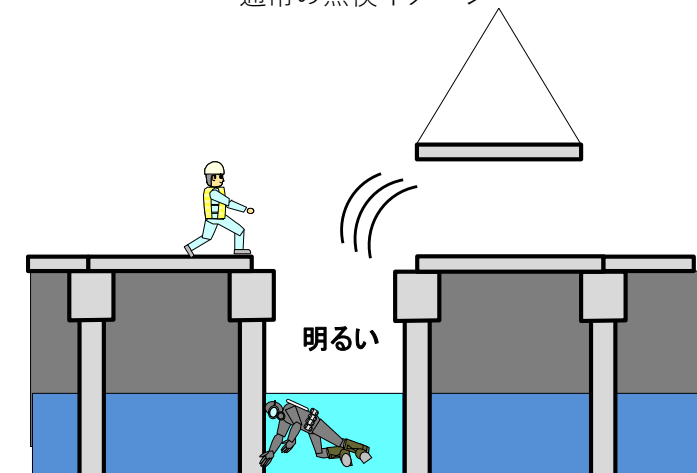
リプレイサブル栈橋施工イメージ図  
(高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究」より引用)

### <点検のメリット>

- ・陸上から目視点検が可能
- ・照度向上により、点検が容易
- ・劣化部材の取り外し、交換が可能



通常の点検イメージ



床版が取り外し可能な場合の点検イメージ

## 実証試験

参考文献「高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究」港湾空港技術研究所・日本埋立浚渫協会2008.3を踏まえて、伏木富山港（新湊地区）岸壁（水深12m）にて現地検証を実施した。

<現地位置図>



伏木富山港 新湊地区 岸壁（水深12m）位置図

<栈橋上部工の設置、試験状況等>



リプレイサブル床版製作状況



床版の設置状況



動的載荷試験実施状況



施工性確認試験実施状況（左：床版撤去、右：床版再設置（据付））



栈橋詳細（模擬）点検状況

港湾技術パイロット事業の評価結果（令和5年4月14日）

[https://www.mlit.go.jp/report/press/port05\\_hh\\_000249.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000249.html)

## 設計・施工技術マニュアル

技術の詳細は「リプレイサブル栈橋設計・施工技術マニュアル（案）令和2年3月」を参照（令和5年8月公表）

※留意事項

- ・当マニュアル（案）は、考え方の流れを示したもので、基準ではありません。  
利用にあたっては、利用者に利用の判断と責任があります。
- ・新潟港湾空港技術調査事務所は利用にあたって発生するいかなる損害にも責任を負いません。
- ・転載、発表にあたっては、新潟港湾空港技術事務所等に著作権が在りますので、プライバシーポリシーによる対応となります。

# リプレイサブル棧橋設計・施工技術 マニュアル（案）

令和2年3月

北陸地方整備局  
新潟港湾空港技術調査事務所

## ※留意事項

- ・当資料は、考え方の流れを示したもので、基準ではありません。利用にあたっては、利用者に利用の判断と責任があります。
- ・新潟港湾空港技術調査事務所は利用にあたって発生するいかなる損害にも責任を負いません。
- ・転載、発表にあたっては、新潟港湾空港技術事務所等に著作権が在りますので、プライバシーポリシーによる対応となります。

# 目 次

第 1 編 総 論 -----	1
第 1 章 総説 -----	1
第 2 章 適用範囲 -----	2
第 3 章 用語の定義 -----	4
第 4 章 本工法の特徴 -----	5
第 5 章 適用基準等 -----	6
第 2 編 計 画 -----	7
第 1 章 設計・施工フロー -----	7
第 3 編 設 計 -----	8
第 1 章 リプレイサブル床版の細部設計 -----	8
1.1 一般 -----	8
1.2 構造形状 -----	8
1.3 設計の手順 -----	10
1.4 設計条件の設定 -----	11
1.5 床版に作用する荷重の設定 -----	13
1.6 断面力の計算 -----	14
1.7 配筋設計 -----	15
1.8 床版吊筋の検討 -----	23
1.9 床版接合部の検討 -----	24
第 2 章 構造細目 -----	27
2.1 一般 -----	27
2.2 リプレイサブル床版及び梁の諸元 -----	28
2.3 床版接合部の諸元 -----	30
2.4 支承部の諸元 -----	34
第 4 編 施 工 -----	36
第 1 章 総説 -----	36
第 2 章 施工上の留意事項 -----	37
2.1 床版設置時における留意事項 -----	37
2.2 床版撤去時における留意事項 -----	54
第 5 編 参考資料 -----	59

# 第 1 編 総 論

## 第 1 章 総説

港湾施設の多くは高度経済成長期に建設されており、栈橋を含む多くの港湾構造物の老朽化が進行している。今後建設から 50 年を迎える施設が急増していく中で、施設の建設や維持管理に要するライフサイクルコスト（以下、LCC）を低減させていくことは喫緊の課題である。また、港湾構造物の中でも栈橋の上部工は塩害による劣化が最も生じやすく、定期点検診断においては上部工下面の目視調査が必要とされるが、暗所での作業となることや、波浪や潮位による作業時間の制約を受ける等、容易に点検作業が行えないことが課題であった。

そこで、塩害を非常に受けやすい環境にある「栈橋上部工」に着目し、あらかじめ取り外しが容易な上部工を建設することで、補修あるいは部材交換を行った場合に、一般的な栈橋と比較して LCC 全体の低減を図れないか検討されたのがリプレイサブル構造の栈橋である（「高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究」、港湾空港技術研究所・日本埋立浚渫協会、2008. 3）。また、栈橋床版の取外しが可能になることで、維持管理に関する点検作業が容易となるメリットもある。リプレイサブル構造とは、支圧プレートによりプレキャスト床版を外側から押さえ込み、支圧プレートが動かないよう梁に埋め込まれたアンカーボルトで固定させる方法（座金止め方式）を適用した栈橋上部工構造であり、アンカーボルトの固定を解除することで床版を取り外すことが可能である。

本マニュアルでは、リプレイサブル構造の床版（以下、リプレイサブル床版）の設計を行うための諸条件や設計手法、構造細目の決定方法等の他、リプレイサブル床版の施工を行うための留意事項等についてとりまとめを行ったものである。

## 第 2 章 適用範囲

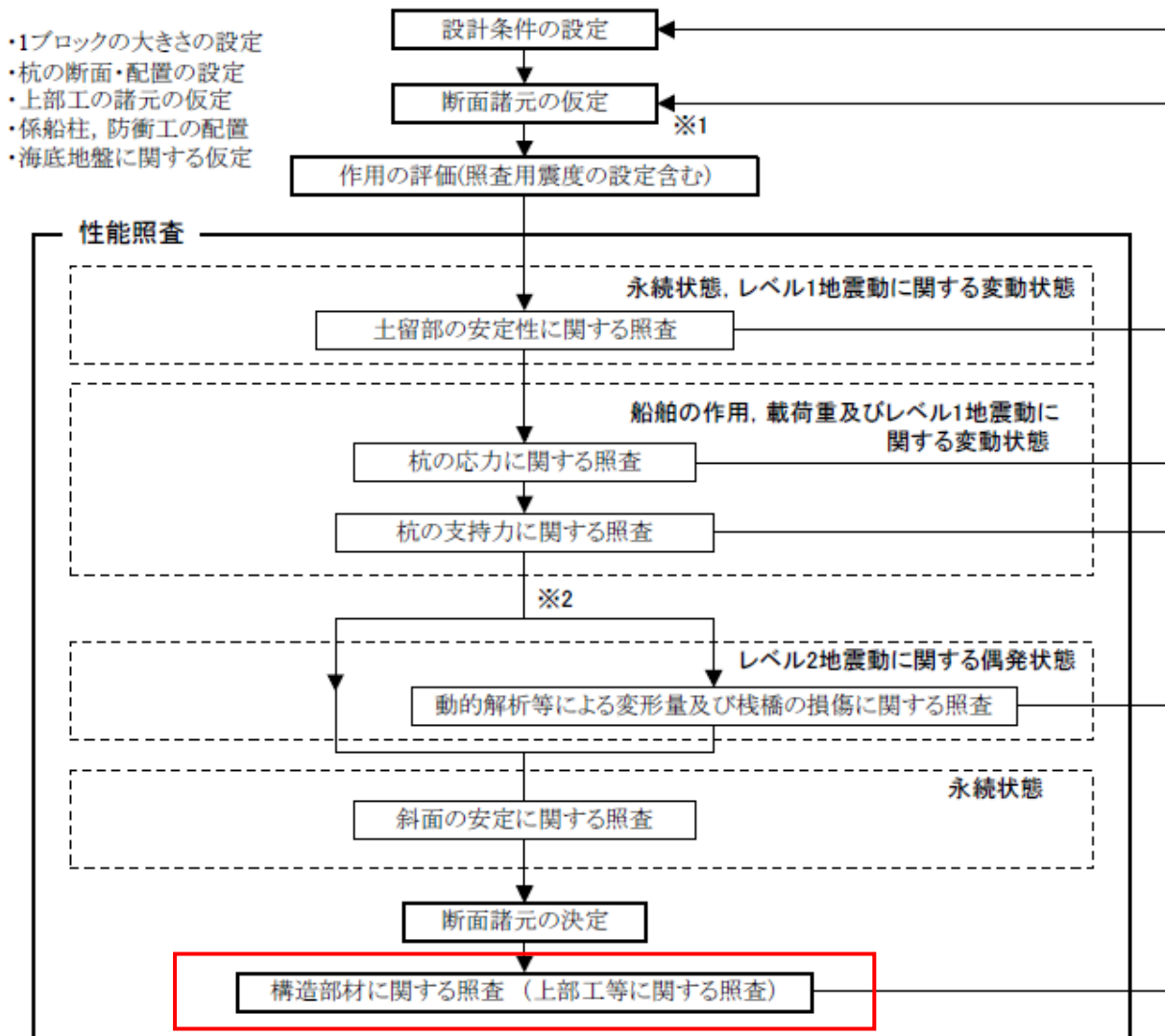
本マニュアル（案）は、港湾構造物の栈橋上部工の内、供用期間中に取外し・交換が可能なリプレイサブル床版の設計・施工等に適用する。

### 〔解 説〕

リプレイサブル栈橋の設計方法は、下部工について一般的な杭式栈橋の設計方法に準じ、上部工について、供用期間中に取外し・交換が可能なプレキャスト床版を用いた栈橋上部工の設計方法に準ずることになる。そのため、基本設計の段階においては一般的な栈橋（杭式栈橋としての下部工及び RC 上部工としての栈橋上部工）として設計が行われ、細部設計を行う段階でリプレイサブル構造としての栈橋上部工の設計を行うことになる。

以上より、本マニュアル（案）の設計編においては、図 1.1 の赤枠に示す箇所に適用範囲を限定し、基本設計にて決定された標準断面形状に基づき、栈橋上部工のプレキャスト床版としてリプレイサブル床版を適用する場合の細部設計手法について述べる。

なお、本マニュアル（案）は、港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 30 年 5 月）を基に作成している。



※1：液状化及び沈下等の影響の評価については表示していないため、別途考慮する必要がある。

※2：耐震強化施設は、レベル2地震動に対する照査を行う。

図 1.1 栈橋の性能照査フロー（港湾の施設の技術上の基準・同解説、2018.5）



### 第 3 章 用語の定義

本マニュアル（案）においては、用語を次のように定義する。

**リプレイサブル構造**： 栈橋上部工の床版について、供用期間中に取外し・交換が可能となるよう構造上の工夫が施された新たな構造形式のことを言う。

**リプレイサブル栈橋**： リプレイサブル構造を有した栈橋のことを言う。

**リプレイサブル床版**： リプレイサブル構造を有したプレキャスト床版のことを言い、同栈橋上部工のブロック内においてもリプレイサブル構造となっていない床版は対象としない。また、リプレイサブル床版の固定方法は、以下に記述する座金止め方式を基本とする。

**座金**： リプレイサブル床版が外れないよう、外側から支圧により押さえ込むための支圧プレートのことを言う。

**座金止め方式**： 上記の座金をアンカーボルトにより固定する方式であり、栈橋上部工の梁に十分に埋め込まれたアンカー（ネジ加工されたアンカー）とねじ込み式のボルトにより固定させることを言う。

**床版接合部**： 床版と梁もしくは床版同士を動かないように、座金と梁に埋め込まれたアンカーボルトにより固定し、接合させる部分全体のことを言い、座金が設置されていない目地部も含むものとする。

**支承部**： 床版と梁を直接剛結しないで、ゴムなどの変形を吸収する部材を介して支持する場合がある。この部材が設置してある箇所を支承部と言い、本マニュアル（案）ではゴム支承を事例として紹介している。

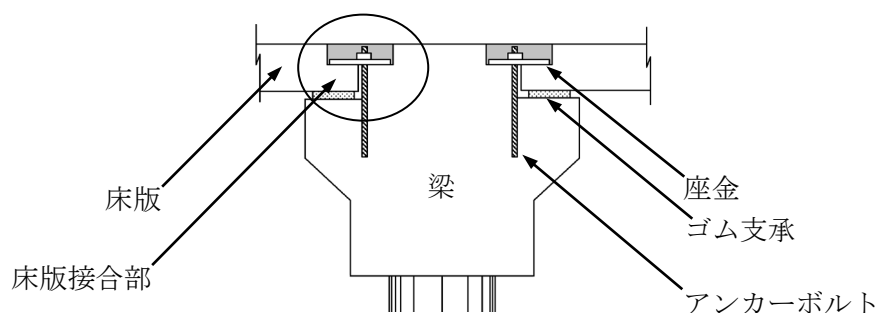


図 1.2 座金止め方式模式図

（高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究、港湾空港技術研究所・日本埋立浚渫協会、2008.3）

## 第 4 章 本工法の特徴

リプレイサブル栈橋の特徴は以下のとおりである。

- ・床版及び梁の点検診断が容易になる。
- ・突発的な事故等による損傷及び老朽化に対し、部分的に取り替えが可能である。
- ・供用しながらの施工が可能である。
- ・プレキャスト化により、現地での施工省力化や工期短縮に寄与できる。
- ・取扱貨物量の増加や機械の大型化に伴う床版への荷重増に対応が容易である。
- ・ライフサイクルコストを低減できる可能性が高い。

### 〔解 説〕

これまでの検討結果を総合して考えると、リプレイサブル構造が有利になるケースとして、以下が挙げられる。

- ・床版関連部材が大きくなり過ぎない中規模栈橋（例えば、水深-7.5m～-12.0m 程度）
- ・ガントリークレーンが設置されていない栈橋
- ・上部工の下面が海水面から近い栈橋（支保や型枠が組みにくい場合）

## 第 5 章 適用基準等

リプレイサブル床版の設計は、これまでの研究や実験等を通じて得られた知見や、基準やガイドライン・マニュアル等の文献に準じて行うものとする。

### 〔解 説〕

リプレイサブル床版の設計は、以下に示す文献を参考に行う。

- (1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会：1999.4）：以下、「H11 港湾基準」
- (2) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会：2007.7）：以下、「H19 港湾基準」
- (3) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会：2018.5）：以下、「H30 港湾基準」
- (4) 港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター：2018.12）：以下、「設計事例集」
- (5) コンクリート標準示方書（設計編）（土木学会：2012）：以下、「標準示方書」
- (6) リプレイサブル栈橋上部工の構造性能評価手法に関する研究（港湾技術研究所報告 第 48 巻第 1 号、岩波ら：2009.3）：以下、「港研報告」
- (7) 高性能栈橋上部工の構築に関する共同研究（港湾空港技術研究所・日本埋立浚渫協会：2008.3）：以下、「共同研究」
- (8) PC 栈橋技術マニュアル（沿岸技術研究センター：2010.9）：以下、「PC 栈橋マニュアル」
- (9) 道路橋示方書・同解説（日本道路協会：2017.11）：以下、「道路橋示方書」

## 第 2 編 計 画

### 第 1 章 設計・施工フロー

リプレイサブル床版の設計・施工フロー（全体フロー）を下図に示す。細部検討・施工検討の各項目に対する詳細は、「第 3 編 設 計」・「第 4 編 施 工」にてそれぞれ述べる。

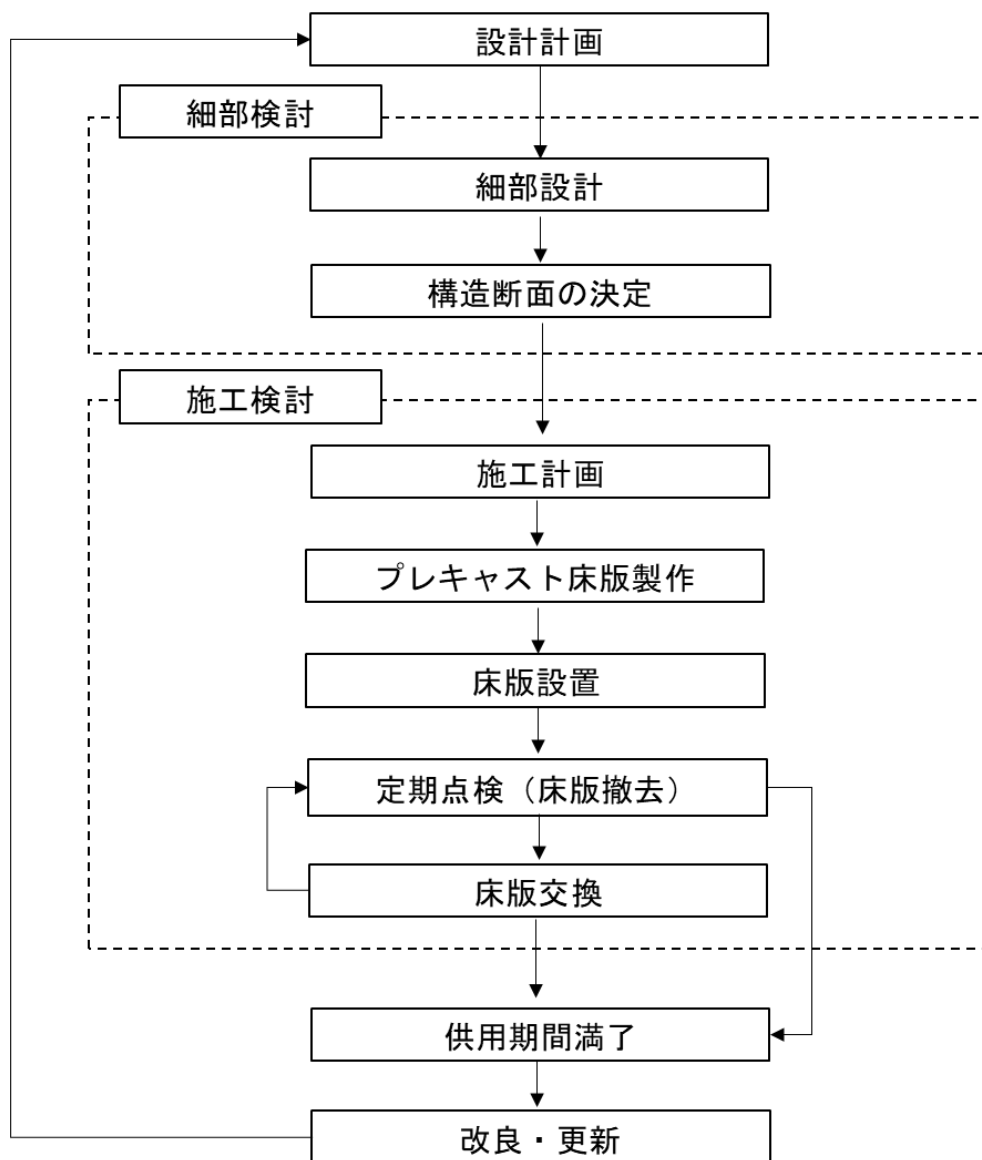


図 2.1 リプレイサブル床版 設計・施工フロー

## 第 3 編 設 計

### 第 1 章 リプレイサブル床版の細部設計

#### 1.1 一般

リプレイサブル床版については、栈橋上部工の要求性能として、自重、変動波浪、載荷重等の作用による損傷等が、当該栈橋の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないよう、適切に照査を行う。

#### 〔解 説〕

鉄筋コンクリート部材等のリプレイサブル床版の構造部材の性能照査は、終局限界状態、使用限界状態及び疲労限界状態について照査を行う。作用については、自重及び載荷重（固定荷重・車両荷重等）、変動波浪（揚圧力等）が対象となる。

#### 1.2 構造形状

リプレイサブル栈橋は、基礎杭とその頂部に設けられた受梁で構成された下部工と、受梁上に設置されたプレキャスト床版から構成され、リプレイサブル床版は、受梁上に設置されたゴム支承とアンカーボルト、座金等により接合される。したがってリプレイサブル床版の構造形式は、梁に囲まれた主要箇所は四辺単純支持版となり、端部は3辺単純支持版となる（図 3.1 参照）。

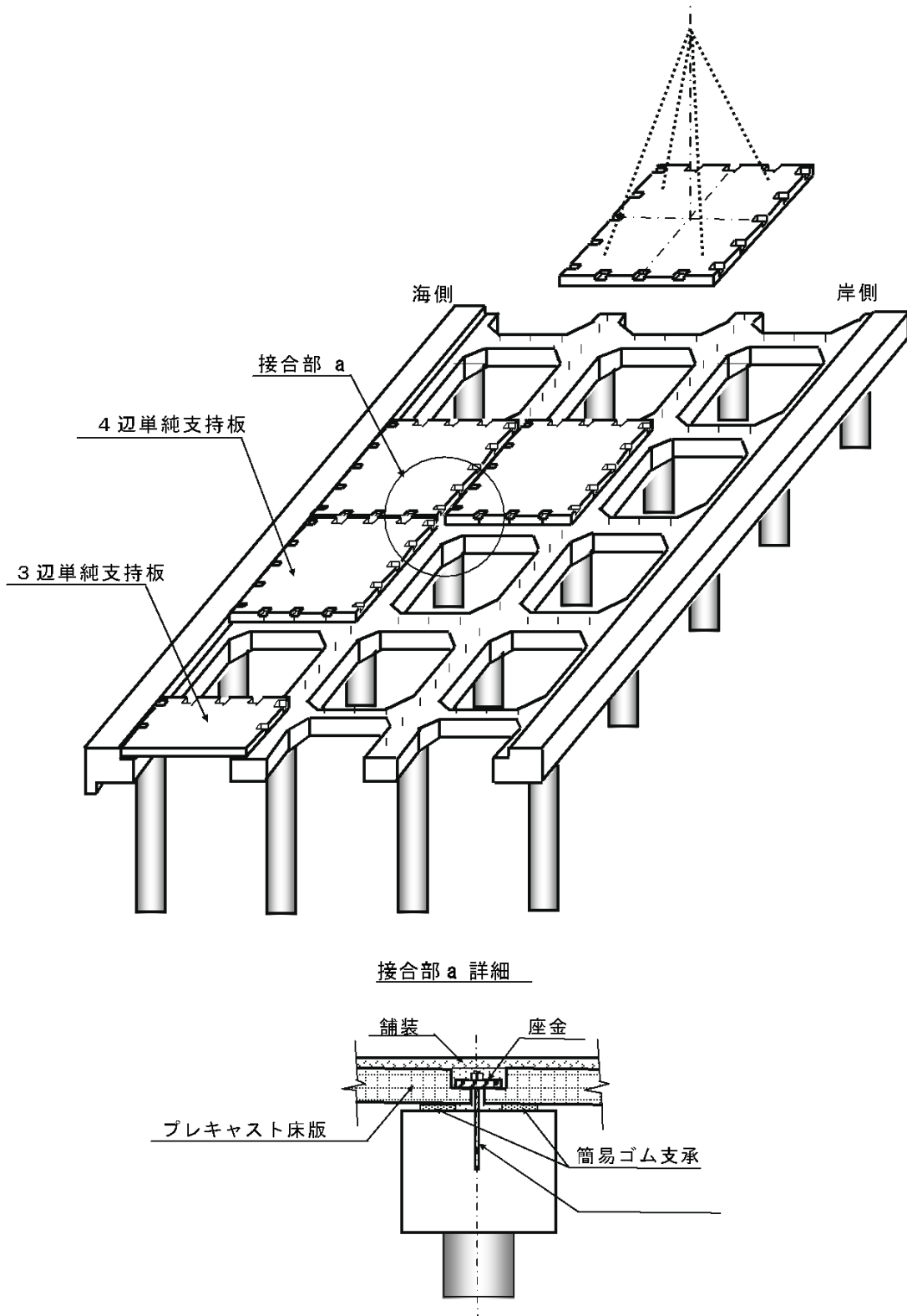


図 3.1 リプレイサブル棧橋イメージ図（「共同研究」より引用）

### 1.3 設計の手順

リプレイサブル床版の設計フローを以下に示す。

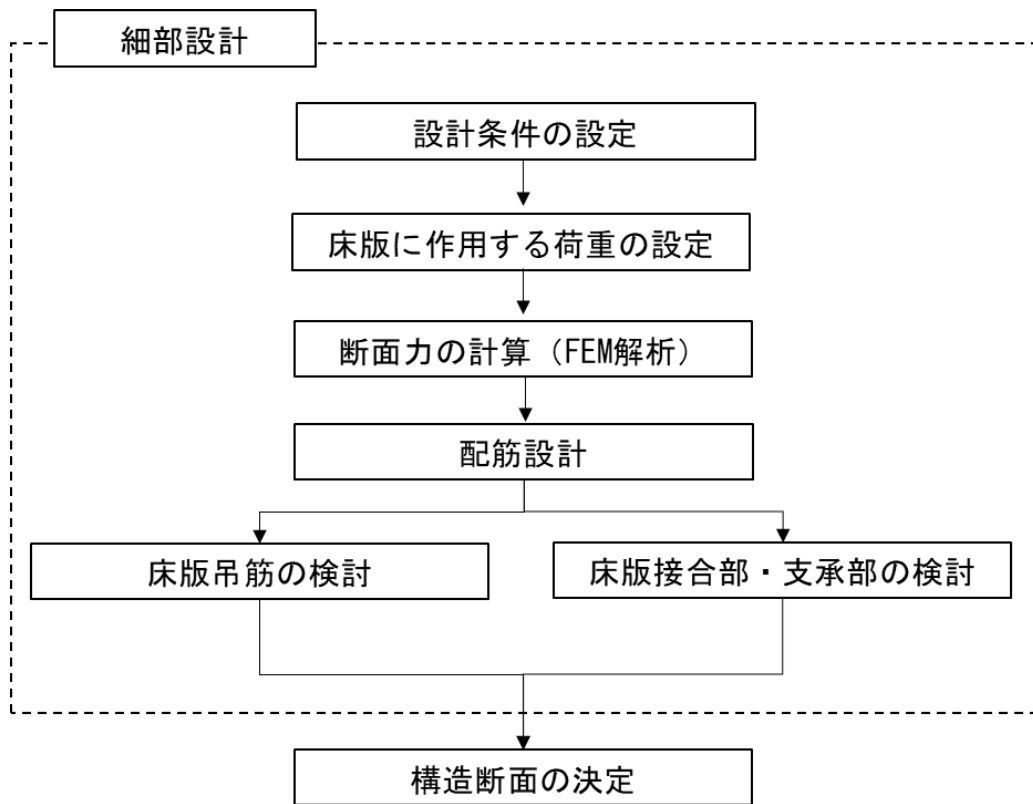


図 3.2 リプレイサブル床版設計フロー

## 1.4 設計条件の設定

リプレイサブル床版の設計条件については、自然条件・利用条件・施工条件等を考慮して、栈橋上部構造物としての要求性能を満足するよう、適切に定めなければならない。

### 〔解 説〕

(1) リプレイサブル床版の設計条件を設定するにあたっては、以下の事項を考慮する。

#### 1) 自重及び載荷重

「港湾基準」作用及び材料強度条件編第 10 章 自重及び載荷重に準じ、自重については材料の単位体積重量をもとに、載荷重については想定される施設の利用状況等を考慮して、適切に設定をする。

#### ・自重

自重の算出に用いる単位体積重量の特性値は下表の通りである。

表 3.1 材料の単位体積重量の特性値

材 料	単位体積重量の特性値 (kN/m <sup>3</sup> )
鋼及び鋳鋼	77.0
鋳 鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6
木 材	7.8
アスファルトコンクリート	22.6
石材 (花こう岩)	26.0
石材 (砂岩)	25.0
砂、砂利及び割ぐり石 (乾燥状態)	16.0
砂、砂利及び割ぐり石 (湿潤状態)	18.0
砂、砂利及び割ぐり石 (飽和状態)	20.0

#### ・載荷重

載荷重は、積載荷重と活荷重に分かれる。積載荷重は、エプロン、上屋、倉庫などに積載される雑貨、バラ荷等による作用であり、一般雑貨ふ頭の場合、エプロン上の積載荷重の特性値として、10～30kN/m<sup>2</sup>程度の値をとる例が多い。活荷重は、自動車、荷役機械などの動的な荷重である。



2) 設計潮位

「港湾基準」作用及び材料強度条件編第 2 章 3 潮位に準じ、実測値又は推算値をもとに、天文潮及び気象潮、波浪による水位上昇並びに津波等による異常潮位を考慮して、統計的解析等により、港湾管理用基準面からの水位を適切に設定する。

3) 波浪

「港湾基準」作用及び材料強度条件編第 2 章 4 波浪に準じ、施設の安定性の照査及び構造部材の断面の破壊の照査等に用いる波浪の条件を適切に設定する。なお、潮位差が小さく、栈橋上部工と海面との距離が短くなるような箇所については、床版に揚圧力が作用する場合がある。

4) 材料

「港湾基準」作用及び材料強度条件編第 11 章 材料に準じ、設計供用期間中に対象施設が置かれる状況を考慮して、適切に物性値等を設定する。

## 1.5 床版に作用する荷重の設定

床版に作用する荷重は、施工中及び設計供用期間に作用する荷重を考慮する。

### 〔解説〕

構造部材の照査においては、「港湾基準」施設編第1章 1.1.3 部分係数に示される部分係数を基に、床版に作用する荷重の種類毎に適切に係数を設定する。下表に限界状態毎に設定する部分係数の一覧を示す。

表 3.2 部分係数一覧

部分係数		断面破壊	疲労破壊	左記以外
材料係数 $\gamma_m$	コンクリート	1.3	1.3	1.0
	鉄筋及びPC鋼材	1.0	1.05	1.0
	上記以外の鋼材	1.05	1.05	1.0
荷重係数 $\gamma_f$	永続作用	1.0~1.1 (0.9~1.0)	1.0	1.0
	変動作用			
	波力	1.2	1.0	1.0
	波力以外の作用	1.0~1.2 (0.8~1.0)	1.0	1.0
	偶発作用	1.0	-	-
	施工時の作用	1.0	-	-
構造解析係数 $\gamma_a$		1.0	1.0	1.0
部材係数 $\gamma_b$		1.1~1.3	1.0~1.3	1.0
構造物係数 $\gamma_i$		1.0~1.2	1.0~1.1	1.0

注1) 表中括弧内は、作用を小さく考えた方が危険な場合に適用する。

注2) 断面破壊の検討時の部材係数は、以下の値を用いることができる。

- ・ 曲げ及び軸方向耐力を算定する場合：1.1
- ・ 軸圧縮耐力の上限値を算定する場合：1.3
- ・ コンクリートのせん断耐力分担分を算定する場合：1.3
- ・ せん断補強筋のせん断耐力分担分を算定する場合：1.1

注3) 改良設計においては、既存構造部材にこれまで蓄積された疲労損傷のばらつきを考慮する必要があるため、疲労破壊の検討時の部材係数は1.0~1.3のうち、適切な値を設定する。

注4) 断面破壊の検討時の構造物係数は、以下に示す値を用いることができる。

		永続状態	変動状態	偶発状態
栈橋上部工	スラブ	1.2	1.2	1.0
	梁	1.1	1.1	1.0
防波堤		1.0	1.1	1.0
岸壁(ケーソン等)		1.0	1.1 (地震時のみ 1.0)	1.0
その他(矢板の上部工等)		1.0	1.0	1.0

床版部材の終局限界及び使用限界状態の性能照査において、「共同研究」における荷重の組合せと荷重係数の設定を表 3.3に示す。

表 3.3 床版に作用する荷重の組合せと荷重係数（「共同研究」より引用）

状態	設計状態	自重	積載荷重	活荷重	揚圧力	制動荷重	備考
供用時	積載荷重が載荷した変動状態	1.1 (1.0)	1.2 (0.5)	—	—	—	
	活荷重(車両)が載荷した変動状態	1.1 (1.0)	—	1.2 (0.5)	—	1.0	制動荷重は特に検討が必要な場合
	揚圧力が作用する変動状態	0.9	—	—	1.2	—	揚圧力は上向き
施工時	架設時（吊上げ状態）の変動状態	1.1	—	—	—	—	吊り筋の設計には別途、適切な不均等係数を乗じる

注) 括弧内の荷重係数は使用限界状態の値であり、曲げひび割れ及びせん断ひび割れの照査に用いる。

## 1.6 断面力の計算

床版に生じる断面力の算定は、適切な解析モデルを設定して行わなければならない。

### 〔解説〕

リプレイサブル床版について「港研報告」では、後述する構造細目の設定（第 2 章 構造細目参照）が適切にされていれば、四辺単純支持版を仮定して、通常の床版と同様の手法で構造性能照査が可能であるとしている。断面力の計算は、FEM による解析を行うことによっても評価が可能であり、床版の鉄筋とコンクリートが一体的に挙動する線形領域においては、平面 2 次元のモデルによる静的な解析により設計を行うことが可能である。

## 1.7 配筋設計

配筋計算は限界状態設計法を標準とする。

### 【解説】

前述により求められた断面力に対し、「港湾基準」施設編第2章1 部材の照査等を参考に、各限界状態における部材照査を行い、適切に配筋計算を実施する。

#### (1) 終局限界状態

##### 1) 曲げモーメントに対する照査

曲げモーメントに対する照査は、断面耐力の設計用値  $M_{ud}$  が断面力の設計用値  $M_d$  以上であることを確認する。

・曲げ耐力 ( $M_{ud}$ ) の計算

$$M_{ud} = A_s \cdot f'_{yd} \cdot d \cdot \left( 1 - \frac{P_w}{1.7} \cdot \frac{f'_{yd}}{f'_{cd}} \right) \cdot \frac{1}{\gamma_b}$$

ここに、

$M_{ud}$ : 曲げ耐力 ( $kN \cdot m$ )

$A_s$ : 引張鉄筋量 ( $mm^2$ )

$d$ : 部材の有効高さ ( $mm$ )

$\gamma_b$ : 部材係数 ( = 1.1 )

$P_w$ : 鉄筋比 ( =  $A_s / (b_w \cdot d)$  )

$b_w$ : 部材幅 ( $mm$ )

$f'_{yd}$ : 引張鉄筋の降伏強度の設計用値 ( $N/mm^2$ )  $f'_{yd} = f_{yd} / \gamma_s$

$$( = 345 / 1.0 = 345 \text{ N/mm}^2 )$$

$f_{yd}$ : 引張鉄筋の降伏強度の特性値 ( $N/mm^2$ )

$$( = 345 \text{ N/mm}^2 )$$

$\gamma_s$ : 材料係数 ( = 1.0 )

$f'_{cd}$ : コンクリート設計基準強度の設計用値 ( $N/mm^2$ )  $f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$

$$( = 30 / 1.3 = 23.1 \text{ N/mm}^2 )$$

$f'_{ck}$ : コンクリート設計基準強度の特性値 ( $N/mm^2$ )

$$( = 30 \text{ N/mm}^2 )$$

$\gamma_c$ : 材料係数 ( = 1.3 )

また、曲げモーメントの影響が支配的な棒部材の軸方向引張鉄筋量は釣合鉄筋比の75%以下とする。

$$P_b = \alpha \frac{\epsilon'_{cu}}{\epsilon'_{cu} + f'_{yd} / E_s} \cdot \frac{f'_{cd}}{f'_{yd}}$$

ここに、

$P_b$ : 釣合鉄筋比

$$\alpha: \text{係数} \quad \alpha = 0.88 - 0.004f'_{ck} = 0.76 \rightarrow 0.68 \quad (\alpha \leq 0.68)$$

$\epsilon'_{cu}$ : コンクリートの終局ひずみ

$$\epsilon'_{cu} = (155 - f'_{ck}) / 30000 = 0.0042$$

$$\rightarrow 0.0035 \quad (0.0025 \leq \epsilon'_{cu} \leq 0.0035)$$

$E_s$ : 鉄筋のヤング係数 ( $N/mm^2$ )

$$( = 200,000 \text{ N/mm}^2 )$$

・ 曲げモーメントに対する照査式

$$\frac{\gamma_i \cdot M_d}{M_{ud}} \leq 1.00$$

$\gamma_i$ : 構造物係数 ( = 1.1 <梁> )  
( = 1.2 <スラブ> )

2) せん断力に対する照査

せん断力に対する照査は、断面耐力の設計用値  $V_{yd}$  がせん断力の設計用値  $V_d$  以上であることを確認する。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

ここに、

$V_{cd}$ : コンクリートの受持つせん断耐力の設計用値 (N)

$V_{sd}$ : せん断補強筋の受持つせん断耐力の設計用値 (N)

・ コンクリートの受け持つせん断耐力の設計用値

コンクリートの受け持つせん断耐力の計算は、次式による。

$$V_{pcd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_r \cdot f'_{pcd} \cdot u_p \cdot d / \gamma_b$$

ここに、

$V_{pcd}$ : 押抜きせん断耐力の設計用値

$$f'_{pcd} = 0.2 (f'_{cd})^{1/2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (f'_{pcd} \leq 1.2 \text{ N/mm}^2)$$

$$\beta_d = (1000/d)^{1/4} \quad (\beta_d > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする)}$$

$$\beta_p = (100P_w)^{1/3} \quad (\beta_p > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする)}$$

$$\beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25U/d)$$

$f'_{cd}$ : コンクリート圧縮強度の設計用値 (N/mm<sup>2</sup>)

$$f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$$

$\gamma_c$ : コンクリートの材料係数 (=1.3)

$d$ : 平均有効高さ (mm)

$P_w$ : 平均鉄筋比

$U$ : 載荷面の周長 (mm)

$u_p$ : 照査面の周長であり、載荷面から  $d/2$  離れた位置で算定 (mm)

$\gamma_b$ : 部材係数 (=1.3)

・せん断補強筋の受け持つせん断耐力の設計用値

せん断補強筋の受け持つせん断耐力の計算は、次式による。

$$V_{sd} = \{A_w \cdot f_{wyd} (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) / s_s\} z / \gamma_b$$

- $A_w$  : 区間 $s_s$ におけるせん断補強筋の総断面積( $\text{mm}^2$ )  
 $f_{wyd}$  : せん断補強鉄筋の降伏強度の設計用値( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ( = 345  $\text{N}/\text{mm}^2$  )  
 (  $25f'_{cd}$  と  $800\text{N}/\text{mm}^2$  のいずれか小さい値を上限値とする )  
 $z$  : 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面の図心までの距離( $\text{mm}$ ) ( =  $d/1.15$  )  
 $\alpha_s$  : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度 ( $^\circ$ )  
 $s_s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔( $\text{mm}$ )  
 $\gamma_b$  : 部材係数 ( = 1.1 )

ただし、 $P_w \cdot f'_{wyd} / f'_{cd} \leq 0.1$  が良い。

$P_w$  : 鉄筋比 ( =  $A_w / (b_w \cdot s_s)$  )

・せん断耐力に対する照査式

$$\frac{\gamma_i \cdot V_d}{V_{yd}} \leq 1.00$$

$\gamma_i$  : 構造物係数 ( = 1.1 <梁> )  
 ( = 1.2 <スラブ> )

(2) 使用限界状態

1) 曲げひび割れに対する照査

曲げひび割れに対する照査は、使用限界状態における断面力の設計用値  $M_d$  により生じる部材のひび割れ幅  $w$  が許容ひび割れ幅  $w_a$  以下であることを確認する。

・曲げひび割れの計算

$$w = 1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \{4C + 0.7 \cdot (C_s - \phi)\} \cdot (\sigma_{se} / E_s + \varepsilon'_{csd})$$

ここに、

$w$  : ひび割れ幅 (mm)

$k_1$  : 鉄筋の表面性能がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

$$k_1 = 1.0 \quad (\text{異型鉄筋の場合})$$

$$k_1 = 1.3 \quad (\text{普通丸鋼およびPC鋼材の場合})$$

$k_2$  : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 = \frac{15}{30 + 20} + 0.7 = 1.000$$

$f'_c$  : コンクリートの圧縮強度

$$f'_c = f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c = 30.0 \quad \text{N/mm}^2$$

$f'_{ck}$  : コンクリート設計基準強度の特性値 (N/mm<sup>2</sup>) ( = 30 N/mm<sup>2</sup> )

$\gamma_c$  : 材料係数 ( = 1.0 )

$k_3$  : 引張鋼材の段数の影響を表す係数

(多段鉄筋では表面に最も近い引張鋼材の応力度を用いる)

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8} = \frac{5 \times (1+2)}{7 \times 1 + 8} = 1.000$$

$n$  : 引張鉄筋の段数

$C$  : 純かぶり (mm)

$C_s$  : 鉄筋の中心間隔 (mm)

$\phi$  : 鉄筋径 (mm)

$E_s$  : 鉄筋のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>) ( = 200,000 N/mm<sup>2</sup> )

$\varepsilon'_{csd}$  : コンクリートの乾燥収縮及びクリープによるひび割れの増加を考慮するための数値

$$\varepsilon'_{csd} = 150 \times 10^{-6}$$

$\sigma_{se}$  : 鋼材位置の鉄筋の増加引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_{se} = M_d / A_s \cdot j \cdot d$$

$M_d$  : 使用限界状態照査時の曲げモーメントの設計用値 (kN・m)

$j$  :  $1 - k/3$

$k$  : 中立軸比

$$k = \sqrt{\{2nP_w + (nP_w)^2\}} - nP_w$$

$n$  : ヤング係数比

$$n = E_s / E_c = 7.1$$

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>) ( = 28,000 N/mm<sup>2</sup> )

$P_w$  : 鉄筋比 (=  $A_s / (b_w \cdot d)$ )

・許容ひび割れ幅

供用ひび割れ幅  $w_a$  は以下のとおりとする。

表 3.4 曲げひび割れ幅の限界値

環境条件	許容値 (mm)	適用
特に厳しい腐食性環境	0.0035C	床版および梁の下側鉄筋
一般の環境	0.0050C	床版および梁の上側鉄筋

※. 許容ひび割れ幅算定においてはかぶり  $C \leq 100\text{mm}$  とする。

2) コンクリート圧縮応力度の照査

使用限界状態におけるコンクリートの圧縮応力度の検討は、永続作用によりコンクリートに生じる圧縮応力度がコンクリートの圧縮応力度以下であることを確かめることにより行う。

$$\gamma_i \cdot \sigma'_c \leq 0.4f'_{ck}$$

$$\begin{aligned} \gamma_i : \text{構造物係数} & \quad ( = 1.1 \quad \langle \text{梁} \rangle \quad ) \\ & \quad ( = 1.2 \quad \langle \text{スラブ} \rangle \quad ) \end{aligned}$$

ここに、

$\sigma'_c$  : コンクリートの圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$$\sigma'_c = 2M_d / k \cdot j \cdot b \cdot d^2$$

$j$  :  $1 - k/3$

$k$  : 中立軸比

$$k = \sqrt{\{2nP_w + (nP_w)^2\}} - nP_w$$

$n$  : ヤング係数比

$$n = E_s / E_c = 7$$

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ( = 28,000  $\text{N}/\text{mm}^2$  )

$P_w$  : 鉄筋比 ( $=A_s / (b_w \cdot d)$ )

$f'_{ck}$  : コンクリート設計基準強度の特性値 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ( = 30  $\text{N}/\text{mm}^2$  )



### 3) せん断ひび割れ幅に対する照査

せん断力を受ける部材で、設計せん断力  $V_d$  がコンクリートのせん断耐力  $V_{cd}$  の 70%より小さい場合、せん断ひび割れの照査は行わなくてよい。ただし、この場合の部分係数  $\gamma_b, \gamma_c$  は 1.0 とする。

設計せん断力 ( $V_d$ ) がコンクリートのせん断耐力 ( $V_{cd}$ ) の 70%より大きい場合には、せん断補強筋の応力度が下表に示す鉄筋応力度の増加量 ( $\sigma_{se}$ ) の制限値より小さいことを確認すれば詳細検討を行わなくても良い。

鋼材の種類	制限値 (N/mm <sup>2</sup> )
異形鉄筋	120

#### ・コンクリートの受け持つせん断耐力の設計用値

コンクリートの受け持つせん断耐力の計算は、次式による。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b$$

ここに、

$$f_{vcd} = 0.20 (f'_{cd})^{1/3} \quad f_{vcd} = 0.621 \text{ N/mm}^2 \quad (f_{vcd} \leq 0.72)$$

$$f'_{cd} : \text{コンクリート設計基準強度の設計用値 (N/mm}^2) \quad (= 30 / 1.0 = 30.0 \text{ N/mm}^2)$$

$$f'_{ck} : \text{コンクリート設計基準強度の特性値 (N/mm}^2) \quad (= 30 \text{ N/mm}^2)$$

$$\gamma_c : \text{材料係数} \quad (= 1.0)$$

$$\beta_d : (1000/d)^{1/4} \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_p : (100P_v)^{1/3} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする。}$$

$$d : \text{部材の有効高さ (mm)}$$

$$P_v : \text{鉄筋比} (= A_s / (b_w \cdot d))$$

$$b_w : \text{部材幅 (mm)}$$

$$\gamma_b : \text{部材係数} \quad (= 1.0)$$

#### ・せん断力に対する照査式

$$V_d \leq 0.7V_{cd} \quad \rightarrow \quad \text{せん断ひび割れ照査不要}$$

・せん断補強筋の応力度

せん断補強筋の応力度の計算式は、次式による。

$$\sigma_{wd} = \frac{(V_d - k_2 \cdot V_{cd}) S_s}{A_w Z (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s)}$$

ここに、

$\sigma_{wd}$  : せん断補強筋の応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$V_d$  : 設計せん断力

$V_{cd}$  : コンクリートが分担するせん断力 (N)

この場合、 $\gamma_b=1.0$ ,  $\gamma_c=1.0$

$A_w$  : 区間 $S_s$ におけるせん断補強筋の総断面積 (mm<sup>2</sup>)

$Z$  : 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面の図心までの距離  
=  $d / 1.15$  (mm)

$d$  : 有効高さ (mm)

$\alpha_s$  : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度 (°)

$S_s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔 (mm)

$k_2$  : 変動荷重の頻度の影響を考慮するための係数 ( = 1.0 )

### (3) 疲労限界状態

#### 1) 曲げモーメントに対する照査

$$\gamma_i \sigma_{rd} / (f_{rd} / \gamma_b) \leq 1.0$$

ここに、

$\gamma_i$  : 構造物係数 ( = 1.0 )

$\gamma_b$  : 部材係数 ( = 1.0 )

$\sigma_{rd}$  : 設計変動応力度

$f_{rd}$  : 設計疲労強度

#### ・設計疲労強度

疲労強度の算定は以下の式により行う。

(コンクリート)

$$f_{rd} = k_1 \cdot f_d (1 - \sigma_p / f_d) (1 - \log N / K)$$

ここに、

$k_1$  : 0.85 (圧縮及び曲げ圧縮の場合)

1.00 (引張及び曲げ引張の場合)

$f_d$  : コンクリートの設計圧縮強度

$$f_d = 30 / 1.3 = 23.1 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_p$  : 永久荷重時による応力度

$$\sigma_p = 3/4 \cdot \sigma_p$$

$K$  : 17 (一般の場合)

$N$  : 疲労寿命 ( $N \leq 2 \times 10^6$ )

(鋼材)

$$f_{rd} = f_{srd} = 190 \cdot (10^\alpha / N^k) \cdot (1 - \sigma_{sp} / f_{ud}) / \gamma_s$$

ここに、

$\sigma_{sp}$  : 永久荷重時による鉄筋応力度

$f_{ud}$  : 鉄筋の設計引張強度

$$= 490 / 1.1 = 467 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = k_0 (0.81 - 0.003 \phi)$$

$$k = 0.12 \quad , \quad k_0 = 1.0$$

$\phi$  : 鉄筋公称直径 (mm)

$\gamma_s = 1.05$  (鉄筋の材料係数)

## 1.8 床版吊筋の検討

吊筋に作用する荷重を適切に設定して、吊筋の諸元を検討しなければならない。

### 〔解説〕

「港湾基準」施設編第2章2.2.5 吊り上げ時の吊り筋の照査等を参考に、吊り上げ時の断面照査及び設置・撤去・再設置時のインサート・吊治具等の検討を行う。吊り上げについては、既往の実績や専門家ヒアリングをもとに4点吊りを基本とし、施設の利用条件(舗装面の処理方法等)や施工性・維持管理性等を踏まえ、適切に条件及び材料の選定を行うものとする。吊り上げ時の断面照査においては、舗装も含めた床版の重量や底面に作用する付着力等を考慮して、適切に作用力を定める。

## 1.9 床版接合部の検討

床版全体に作用する外力を適切に設定して、作用する外力に対し、接合部が十分安全となるよう部材の諸元を検討しなければならない。

### 〔解説〕

#### 1.9.1 アンカーボルトの検討

アンカーボルトを設置する接合部の配置間隔は、一般には床版に揚圧力が作用した場合に接合部が十分安全であるように決定する。

既往の検討結果や「共同研究」等を基に、アンカーボルトについては床版下面全面に作用する揚圧力を各座金設置部の分担範囲に応じて区割りし、適切に照査を行う（図 3.3 参照）。

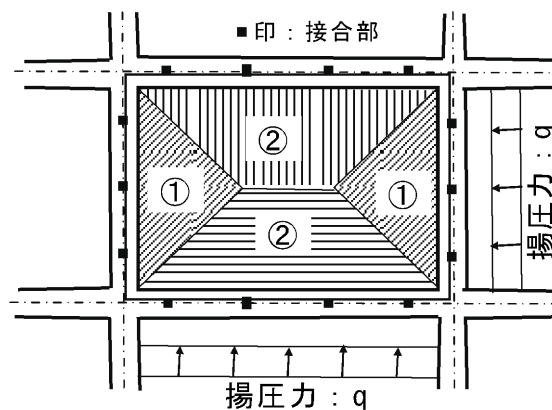


図 3.3 接合部に作用する荷重の分配

アンカーボルトの受梁への埋込長は、揚圧力による引抜き力を考慮して決定する必要がある他、アンカーボルトについては、受梁下端からの所定のかぶりを確保する必要がある。アンカーボルトの必要本数に応じて一辺に設置する座金の個数が決定されるが、「共同研究」では接合部の設置間隔を 1~2m 程度と設定しており、伏木富山港においては 4 個/辺を採用している。

アンカーボルトには水平力が作用するため、適切に照査を行う必要がある。水平力としては、荷役機械や車両による制動荷重や地震時慣性力等が考えられる。制動荷重については「道路橋示方書」共通編を基に、輪荷重の 10%を考慮する。

## 1.9.2 座金の検討

座金部の構造形式は図 3.4 に示す 2 種類のどちらかとする。

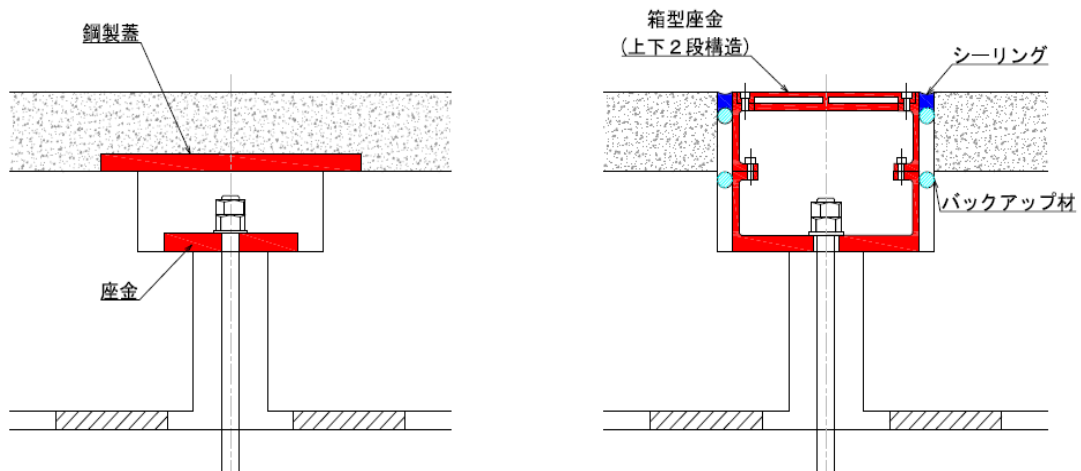


図 3.4 座金の構造形式（左：舗装埋設型、右：箱型座金）

### (1) 舗装埋設型

#### ①座金部

既往の検討結果や「共同研究」等を基に、座金の照査はアンカーボルトに作用する揚圧力の反力を外力として、適切に行う。

また、床版と座金が接する面（切り欠き部）が座金によって押しえつけられることになるため、コンクリート上面の支圧応力及び押し抜きせん断の照査が必要である。座金の床版への掛かり代については、床版の製作や据付等の施工誤差を踏まえ、切り欠き部の寸法と併せて適切に設定が必要である。

なお、座金の厚さについては、5mm 単位で決めることが望ましい。

#### ②鋼製蓋

鋼製蓋については、舗装の自重や載荷重（荷役機械・車両等）に対する断面力の照査を行うと共に、座金部と同様、床版と接する面における支圧応力と押し抜きせん断の照査を行い、適切に厚さや幅等の仕様を決定する。

鋼製蓋の床版への掛かり代についても座金部と同様、床版の製作や据付等の施工誤差を踏まえ、適切に設定が必要である。

また、鋼製蓋の厚さについても 5mm 単位で決めることが望ましい。

## (2) 箱型座金

箱型座金については、マンホールの鉄蓋を応用した鑄鉄構造（素材：FCD600+アルミ系の金属溶射を施したもの）とする。箱型座金の基本形状は図 3.5に示すとおりとする。

箱型座金は2段構造となっており、下側の床版切り欠き部に底版を設置し、舗装後に上側の受枠と蓋を設置し、受枠固定用のボルトで一体の箱型座金の構造とするものである。また、下側には水抜き孔を4箇所設けている。以下に箱型座金の各部材についての照査方法等を述べる。

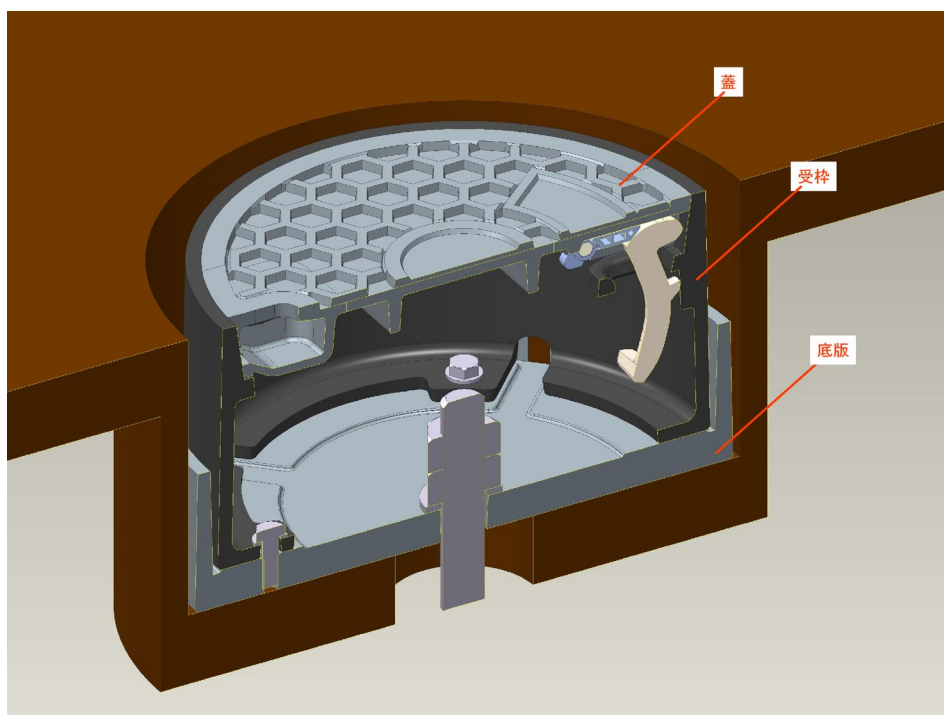


図 3.5 箱型座金の構造イメージ図

### ①座金部（底版部）

底版部の照査方法については、舗装埋設型の座金部と同様であり、既往の検討結果や「共同研究」等を基に、適切に照査を行う。なお、箱型座金の厚さについては5mm単位でなくても対応は可能である。

### ②受枠及び蓋

受枠及び蓋については、「道路橋示方書」鋼橋・鋼部材編等を参考に、当該施設に作用する載荷重を基に適切に照査を行う。

箱型座金については、道路橋等で使用実績の多いマンホールの鉄蓋の設計手法を用いて設計が可能であるが、構造が複雑であるため、理論式に基づく解析の他、FEM 解析等の数値解析によっても検証を行うことが望ましい。

## 第 2 章 構造細目

### 2.1 一般

リプレイサブル床版の構造細目については、既往の研究や実験成果等を踏まえ、供用期間中における取外し・交換や定期的なメンテナンスが可能となるよう、施工性や経済性・維持管理性に配慮し、適切に定めなければならない。

リプレイサブル床版の諸元は、次の事項を考慮して適切に設定する。

- (1) リプレイサブル床版及び梁の諸元
- (2) 床版接合部の諸元
- (3) 支承部の諸元

#### 〔解説〕

構造形状は、第 3 編設計 1.2 で前述したとおりである。なお、座金止め方式による接合方法により固定された床版の挙動は、単純支持版に近い挙動を示すことが既往の研究や実験等を通じて把握されている。



## 2.2 リプレイサブル床版及び梁の諸元

リプレイサブル床版及び梁の諸元は、性能照査を満足するように適切に設定しなければならない。

### 〔解説〕

#### (1) リプレイサブル床版及び梁の諸元

リプレイサブル床版及び梁の諸元として、以下の事項を適切に設定する。

##### 1) 床版の形状

###### ① 形状寸法

リプレイサブル床版の幅及び長さについては、目地の幅や梁へのかかり長を考慮して適切に設定する。床版の厚さについては下記が参考となる。

- ・ 0.25m～0.30m : H11 港湾基準
- ・ 0.25m～0.40m : 設計事例集
- ・ 0.40m～0.60m : PC 栈橋マニュアル

また、図 3.1 に示されるように、本マニュアル（案）におけるリプレイサブル床版は舗装（コンクリート版）を敷設することを想定しており、舗装厚については「港湾基準」施設編 5 章 9.18 エプロン等を参考に適切に設定する。

###### ② 切り欠き部の寸法

切り欠き部の寸法は、下記の事項に考慮して適切に設定する。

- ・ 床版接合部には揚圧力が作用するため、幅については揚圧力によるコンクリートの支圧応力や押し抜きせん断応力等の影響を考慮し、所定の応力度を満足するよう適切に決定をする。
- ・ 切り欠き部の高さについては、「港研報告」に準じて 100mm 程度とする。座金厚さ・アンカーボルトのボルトナットの長さ・ボルトの天端からの余裕代（施工誤差等）を考慮し、適切に設定する。図 3.6には床版接合部の断面図の一例を示す。

###### ③ 梁へのかかり長

床版の梁へのかかり長については「港研報告」に準じ、梁の両端にそれぞれ 30cm 以上かかるように設定する。床版端部で大きな負曲げが発生し、単純支持版としての典型的な曲げ破壊を生じさせることができなくならないよう、適切に設定する。

#### ④ 床版の離隔距離

「港研報告」に準じ、座金部における床版同士の離隔距離は 100mm 程度とし、施工性や施工誤差に配慮して適切に設定する。

### 2) 梁の形状

#### ①形状寸法

通常の栈橋上部工においては、梁は上に凸の形状となることが一般的であるが、図 3.6に示すように、リプレイサブル床版が梁の左右に設置される場合、梁は長方形型の形状となる。梁の形状については、床版の仕様に合わせて適切に設定をする必要がある。なお、本マニュアル（案）においては、梁は下記のような長方形型の形状であることを基本とする。

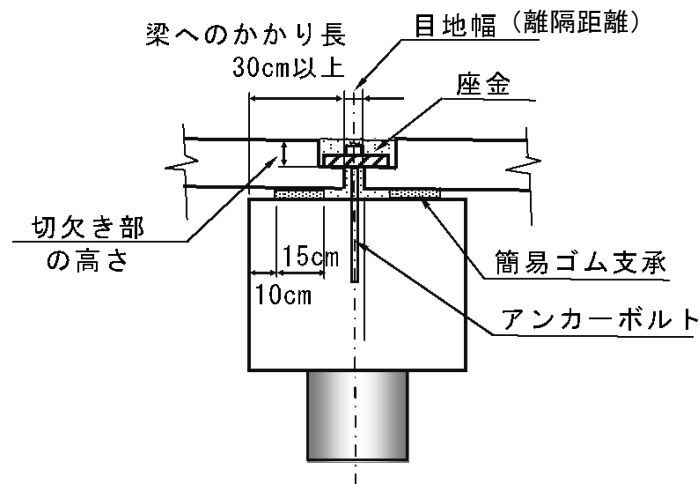


図 3.6 床版接合部断面図（「共同研究」より引用）

## 2.3 床版接合部の諸元

床版接合部は、床版を固定する役割があるため、接合部に作用する荷重等に対して所要の耐荷性能を有する構造としなければならない。また、床版の取り替えが可能となるように適切に設定しなければならない。

### 〔解説〕

#### (1) 床版接合部の諸元

床版接合部の諸元として、以下の事項を適切に設定する。

##### 1) 床版の固定方法

リプレイサブル床版の固定方法については、前述したとおり「座金止め方式」とする。

##### 2) 座金部の構造形式

既往の検討結果等を踏まえ、座金部の構造形式は図 3.7に示す2種類のどちらかとする。

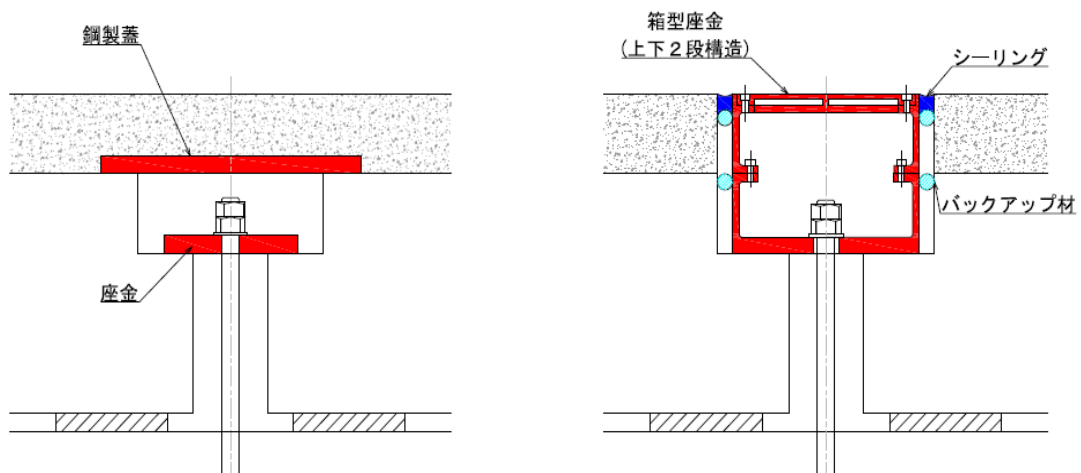


図 3.7 座金の構造形式（左：座金＋鋼製蓋、右：箱型座金 2 段構造）（図 3.4 再掲）

上図に示す双方の構造形式の特徴等を以下に示す。

#### ①座金＋鋼製蓋（以下、舗装埋設型）

##### a) 構造概要

- ・座金部を舗装面上に露出させずに埋設し、床版と舗装の境界面に鋼製蓋を設置する形式。

##### b) メリット

- ・座金が舗装表面に露出しないために、床版接合部での舗装目地が不要となり使用性が良い。

- ・座金が簡易な構造であるため、資材の調達等で汎用が高い。
- ・舗装施工時において、座金が支障とならないため、施工性が良い。

c) デメリット

- ・座金が不可視部となり、床版接合部の点検等、維持管理には、部分的に舗装版の切断・撤去が必要になる。
- ・床版交換時には、部分的に舗装版の切断・撤去が必要となる。

②箱型座金 2 段構造（以下、箱型座金）

a) 構造概要

- ・座金部を舗装面上に露出し、座金部を除く床版接合部には舗装目地を設ける形式。座金を 2 段構造とすることで、舗装工（2 層仕上げ）の進捗に合わせて座金の取付けが可能となる。

b) メリット

- ・床版接合部が可視化されることにより、点検等がし易くなり維持管理性が良い。
- ・座金周囲に緩衝帯を設けることにより、床版取替え時に施工誤差を吸収させることが可能。
- ・2 段構造の座金とすることで、舗装は機械施工により行うことが可能である。

c) デメリット

- ・座金が複雑な構造となるため、材料費が高くなる。
- ・舗装については、栈橋上部工全体を一体的に施工できないため、舗装埋設型に比べて施工が煩雑となる。

3) 座金部の材質・規格

座金部については、栈橋下面部からの飛沫や越波等に伴う上部からの海水の浸透等、厳しい腐食環境に曝されることが想定され、耐腐食性に配慮した素材を用いることが望まれる。既往の検討結果等を踏まえ、アンカーボルトの素材は SUS316（耐用年数 50 年）とする。また前述した 2 種類の座金に対し、舗装埋設型については座金及び鋼製蓋をアンカーボルトと同様の SUS316 とし、箱型座金についてはマンホールの鉄蓋を応用した鋳鉄構造とし、FCD600（引張強さ 600N/mm<sup>2</sup> 以上）にアルミ系の金属溶射を施した素材（耐用年数 30 年）とする。

アンカーボルトの規格・埋込長や座金や鋼製蓋の厚さ・サイズについては、揚圧力や上載荷重等の作用する外力に対して照査を行い適切に設定する。なお「港研報告」に準じ、アンカーボルトの径は 24mm 以上、座金の厚さは 22mm 以上とする。

#### 4) 座金の設置数

床版の各辺における座金の設置数については、「港研報告」に準じて 1m～2m 程度の配置間隔となるようにし、施工性や経済性を踏まえ適切に決定する。

#### 5) 目地部の構造形式（座金部以外）

目地部の構造形式は、それぞれ下記のとおりとする。目地の幅については「港湾基準」施設編 5章 9.18 エプロン等に準じ、20mm～30mm 程度とする。

##### ①舗装埋設型

舗装埋設型の座金を採用する場合の座金部を除く部分の目地については、図 3.8に示すように床版と舗装の境界に鋼製仮蓋を設置し、舗装施工時における底枠材として兼用する。床版の交換を行う際は、接合部周りの舗装版を切断し、復旧する必要がある。床版の離隔距離については 30mm 程度とし、施工性や施工誤差を考慮して適切に設定する。

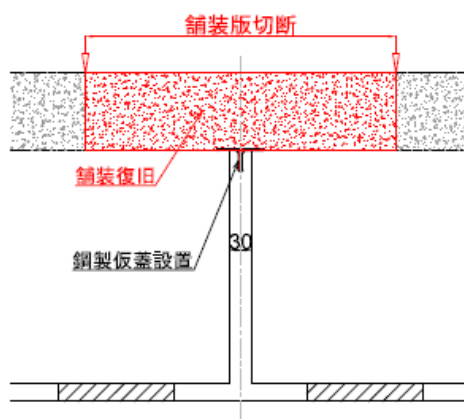


図 3.8 目地部の構造イメージ図（舗装埋設型）

## ②箱型座金

箱型座金を採用する場合の座金部を除く部分の目地については、図 3.9に示すように目地部に瀝青目地材を挿入し、床版天端と舗装天端のそれぞれについて、高さ調整及び表面処理を行うためのシーリング材を挿入する。床版の離隔距離については舗装埋設型と同様に 30mm 程度、舗装部の離隔距離については 20mm 程度とし、施工性や施工誤差を考慮して適切に設定する。

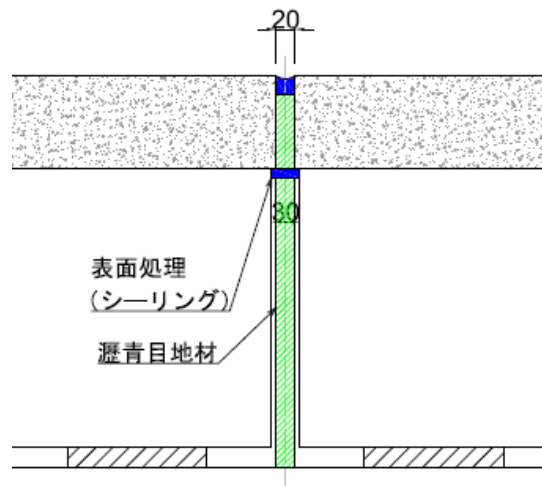


図 3.9 目地部の構造イメージ図 (箱型座金)

## 2.4 支承部の諸元

支承部は、床版の性能照査において想定している挙動と同等となるように諸元を設定にしなければならない。

### 〔解説〕

#### (1) 支承部の諸元

支承部の諸元として、以下の事項を適切に設定する。

##### 1) ゴム支承の材質・規格

ゴム支承の厚さについては、「港研報告」に準じ 20mm 以上とする。また、既往の研究や実験結果に従い、ゴム支承の硬度は 60 度とし、幅は 150mm 程度とする。

##### 2) ゴム支承の設置位置

「港研報告」に準じ、梁端部（外側）からゴム支承までの距離は 100mm 程度とし、床版切欠き部からゴム支承までの距離を 50mm 程度とする。

##### 3) ゴム支承の配置方法

既往の検討結果より、ゴム支承の配置方法については、座金が設置される部分にのみ断続的に設置する「断続配置」と床版接合部全体的に配置する「連続配置」の 2 種類とする。図 3.10 に示すように、ゴム支承を連続配置とした場合においても排水経路を確保する必要があることから、座金の設置数に応じて適切にゴム支承の開口部を設けることに留意する。また、梁には勾配が設けられるのに対し、ゴム支承は水平に設置が必要であるため、ゴム支承設置部には沓座（敷モルタル）を設け、不陸調整を行うようにすることが望ましい。

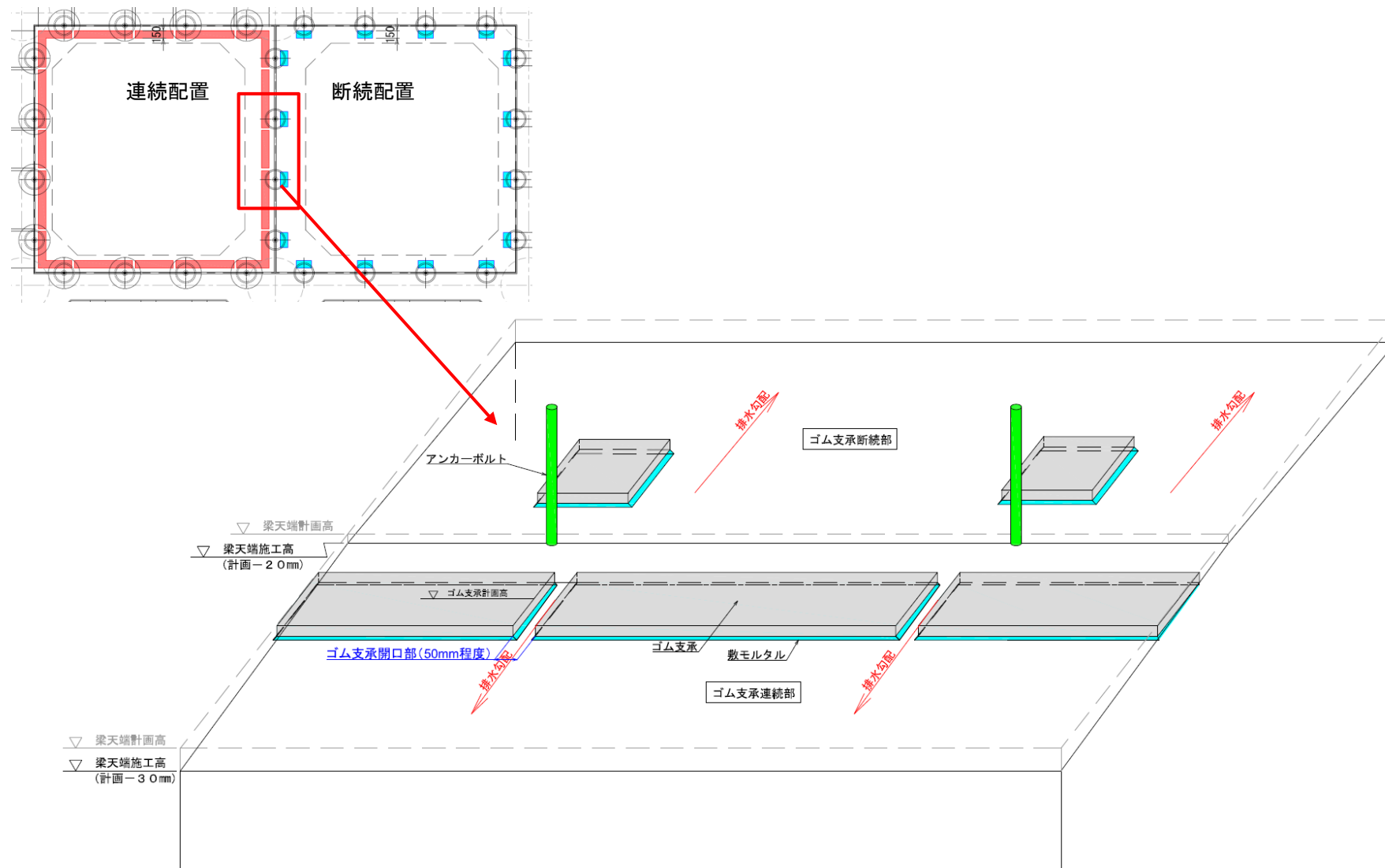


図 3.10 ゴム支承の配置イメージ図



## 第 4 編 施 工

### 第 1 章 総説

リプレイサブル床版は、施工の趣旨を十分に理解した上で、出来形管理基準を満足できるよう、適切に施工するものとする。

#### 〔解 説〕

リプレイサブル床版は、座金により外側（上側）から押さえ込むことによる支圧力で固定するプレキャスト床版であり、梁に埋め込んだアンカーボルトに固定させる方法（座金止め方式）を適用した栈橋上部工構造である。このことから、適切に施工を行うためには、床版（製作・据付）のみでなく、梁やアンカーボルトについても高い施工精度が必要とされる。

リプレイサブル床版は前述した事項を踏まえて設計し、かつ、適切な施工と維持管理を行うことで、所定の耐久性能を発揮することが出来る。本編では、リプレイサブル床版の施工方法を実例を交えながら示す。

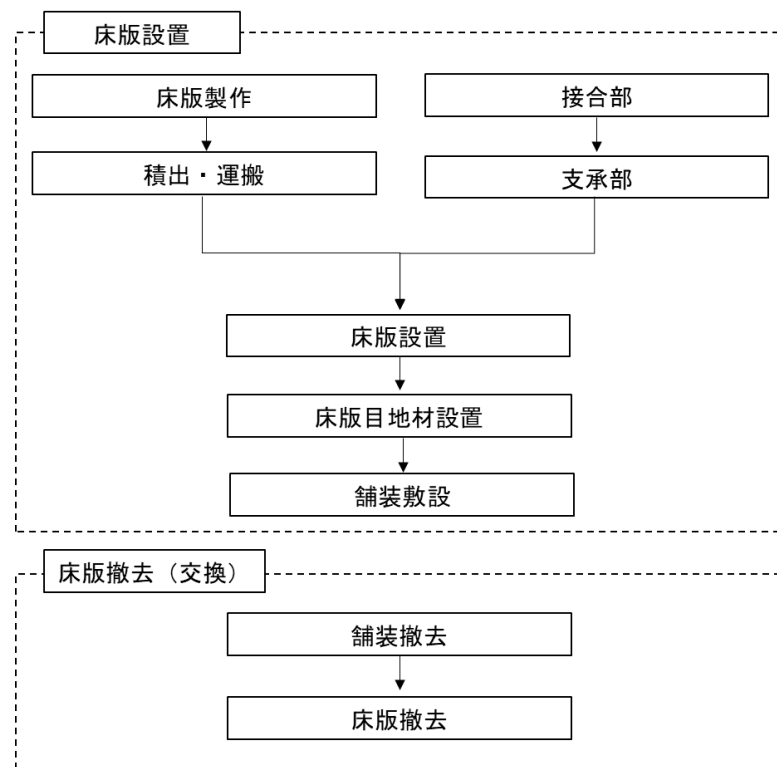


図 4.1 施工全体フロー図

## 第 2 章 施工上の留意事項

### 2.1 床版設置時における留意事項

#### 2.1.1 リプレイサブル床版製作

リプレイサブル床版の製作場所や必要とされる箱抜き等の設備の条件を踏まえ、適切な施工フローを検討する。

#### 【解 説】

##### (1) 製作フロー

プレキャスト床版の製作場所は現場あるいは工場となる。現場製作とする場合、製作ヤードの広さによって、一日に製作が可能な床版の枚数、資材置場や部材加工場等の条件、使用可能なクレーンの条件等が変わり、製作工程に大きく影響する。一方、工場製作とする場合、陸送可能なサイズにする必要があり、規模の小さい栈橋の床版であれば陸送が可能であるが、コンテナ等の荷役作業を行うような大型の岸壁施設には適さないと考えられる。工場製作を条件とする場合は、海上運搬が可能な積出し岸壁を有するヤードに限定される。

以上より、本稿でのリプレイサブル床版は、汎用性のある現場製作を条件として取扱うものとする。製作場所や設備等の諸条件とともに、安全性・品質・工期・経済性を踏まえて適切な製作フローを計画することが重要である。

現場製作によるリプレイサブル床版の製作フローを以下に示す。

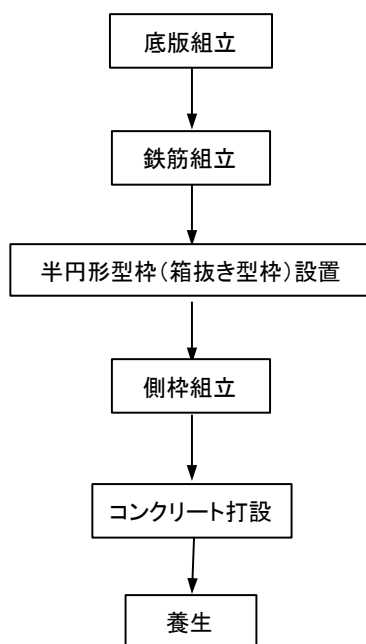


図 4.2 床版製作フロー図

## (2) ゆがみの抑制

リプレイサブル床版の製作を現場にて行う場合、工場での製作に比べ、ゆがみが生じやすいため、慎重に管理を行う必要がある。ゆがみの抑制策としては、底版組立の段階における不陸の修正、シャタリング・鋼製型枠の使用による厚みの均等化、幅・対角の誤差の抑制等が挙げられる。



写真 4.1 鋼製型枠の使用状況（伏木富山港における施工例）

## (3) 箱抜きの設置

リプレイサブル床版の接合部は切欠きが必要となるため、製作段階での箱抜きが必要となる。箱抜きの出来形精度は、床版据付の出来形にも大きく影響するため、出来形精度を確保するための箱抜き方法（型枠製作・設置方法等）に留意が必要である。

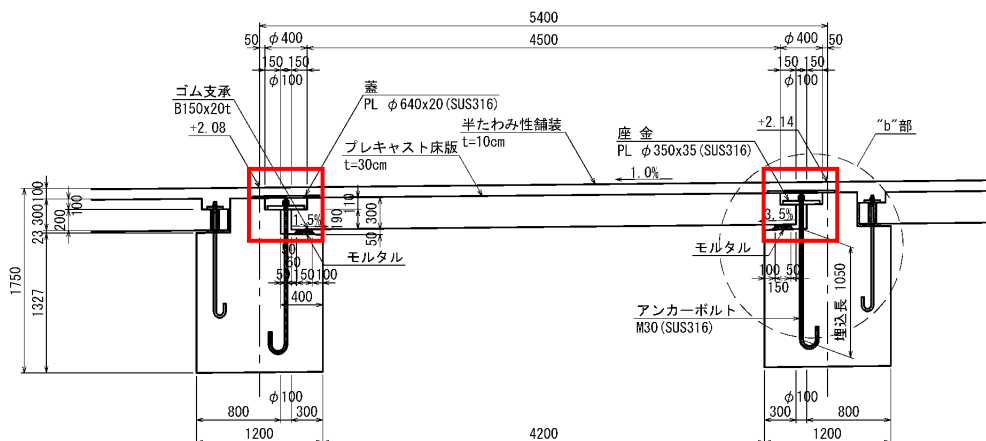


図 4.3 リプレイサブル床版横断図（伏木富山港における例）



写真 4.2 箱抜き型枠の製作（伏木富山港における施工例）

#### (4) 出来形管理

リプレイサブル床版製作の施工精度を図面、特記仕様書に示された出来形管理基準の範囲内に収めるよう出来形管理しなければならない。リプレイサブル床版の出来形精度については、後述する「リプレイサブル栈橋出来形管理基準」に準じたものとする事ができる。

## 2.1.2 接合部の施工

リプレisable床版の出来形基準を適切に満足するためには、床版を設置する前の段階において、接合部のアンカーボルトの位置・高さ等の設置精度を確保する必要がある。

### 【解説】

#### (1) アンカーボルト

リプレisable床版の接合部に取付けるアンカーボルトは、梁製作時に設置が必要となる。アンカーボルトは、鉄筋との干渉が無いように取付けを行い、かつ出来形基準を満足できるように設置する必要がある。アンカーボルトは、位置及び高さ決めを正確に行う必要がある他、梁製作時（鉄筋・型枠組立時、コンクリート打設時）においてずれることが無いよう、固定を行うことに留意する。なお、アンカーボルトの位置決めを行うにあたっては、直接光波等により設置位置をピンポイントに決める方法は施工管理を煩雑化させるため、棧橋ブロックの角やコーナー等の位置決めしやすい場所より、相対的な位置関係から設置位置を決める方法が望ましい。

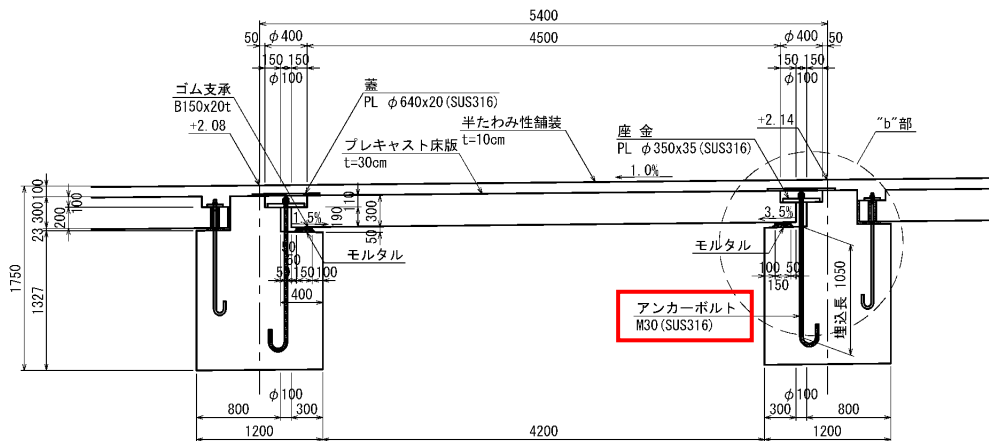


図 4.4 アンカーボルト設置状況（伏木富山港における例）



写真 4.3 アンカー設置状況（伏木富山港における施工例）

### 2.1.3 支承部の施工

リプレイサブル床版の出来形基準を適切に満足するためには、床版を設置する前の段階において、支承部のゴム支承（沓座モルタル）の位置・高さ等の設置精度を確保する必要がある。

#### 【解説】

#### (1) ゴム支承（沓座モルタル）

ゴム支承を設置するための沓座モルタルは、栈橋の横断方向（海・陸方向）の勾配等も考慮した上で、位置及び高さ管理を慎重に行う必要がある。特に断続設置部については、沓座モルタルの設置位置に離隔があるため、個々に位置及び高さを決める必要があり、連続設置部よりも複雑な施工管理が求められる。そのため、沓座モルタルの位置及び高さを正確に出来形に反映できるよう、工夫が必要である。

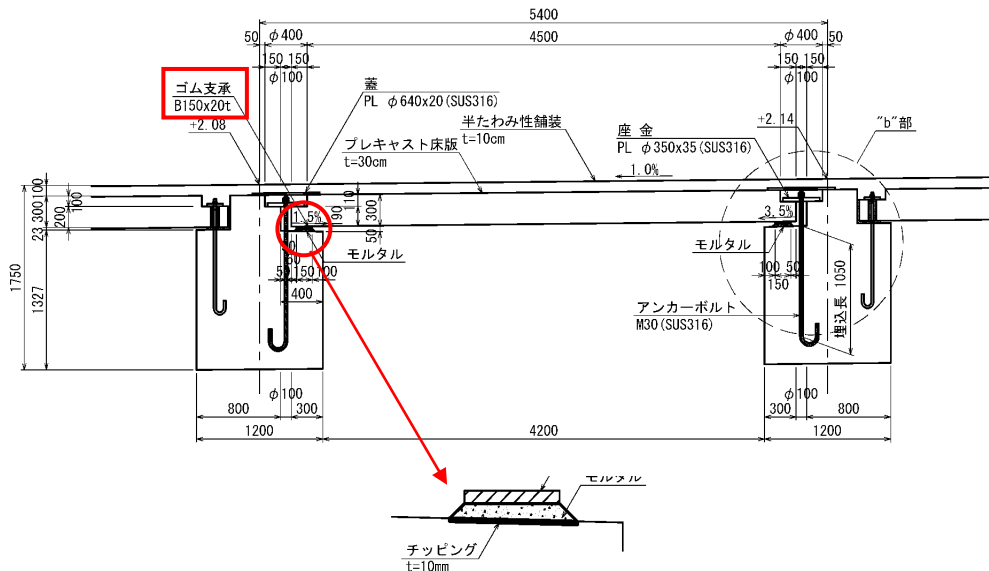


図 4.5 ゴム支承設置詳細図（伏木富山港における例）



写真 4.4 沓座設置状況（伏木富山港における施工例）

## 2.1.4 積出・運搬

リプレイサブル床版の積出・運搬については、積出しを行う岸壁等の状態や輸送ルート、気象・海象条件等を十分調査した上、経済性・安全性・施工性を考慮して行う。

### 【解説】

#### (1) 使用重機

積出方法として海上運搬を適用し、起重機船による吊上げを行う場合は、床版の重量に縁切りの負荷等を考慮した余裕のある吊上能力や、岸壁から床版までの間隔を踏まえ、調達可能な起重機船を選定する必要がある。積出方法として陸上運搬を適用し、陸上での積込みを行う場合も同様に、製作ヤードの広さ、調達可能なクレーンの吊上げ能力・作業半径等を踏まえ、適切に重機を選定する必要がある。

#### (2) 床版の吊上げ

床版の吊上げについては、4点吊りを基本とし、吊枠や専用の吊治具を使用することが望ましい。吊り筋については、下図のようにインサートアンカーを床版製作段階にて設置することで、容易に吊金具の取付けや吊上げが可能である。

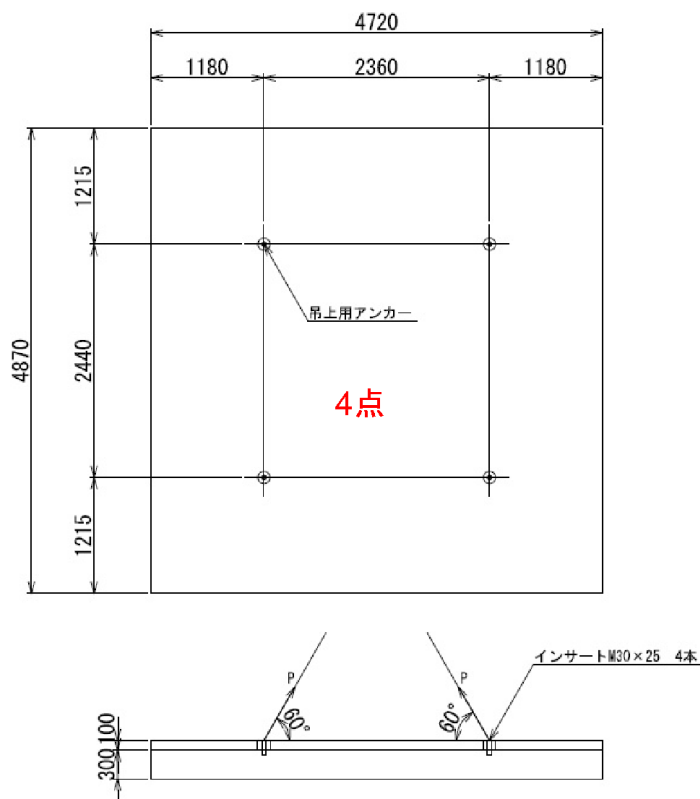


図 4.6 吊り筋配置図（伏木富山港における例）



写真 4.5 床版積込み状況（伏木富山港における施工例）



## 2.1.5 リプレイサブル床版設置

リプレイサブル床版の設置にあたっては、図面、特記仕様書に示された出来形を満足するように適切なクレーン及び据付方法を選定する。

### 【解説】

#### (1) 床版設置フロー

リプレイサブル床版の設置フローを下図に示す。下図に示すように床版設置は、通常のPC床版の設置作業（床版据付）に座金の取付及びアンカーボルトの締結作業を加えた一連の作業とする。

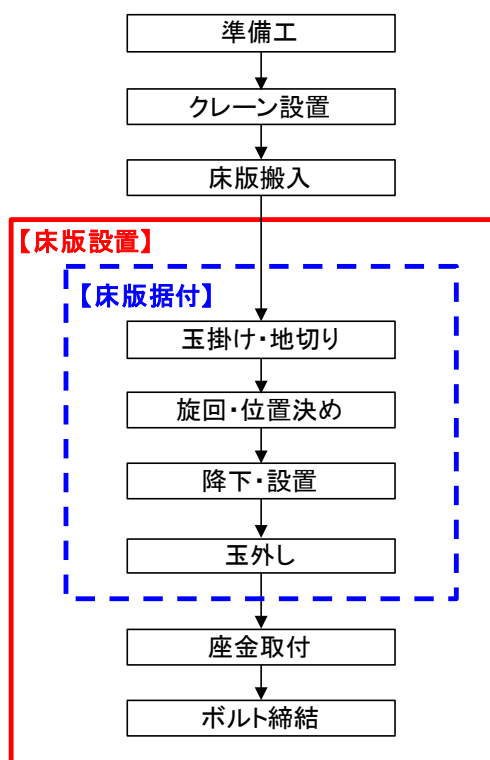


図 4.7 床版設置フロー

#### (2) 床版据付

床版の吊上げ方法については前項のとおりとし、据付時は既設の床版・梁やアンカーボルト等への接触が無いように慎重に位置決めと降下を行い、設置するものとする。

また、据付に使用する重機械については、施工ヤードの広さ、調達可能なクレーンの吊上げ能力・作業半径等を踏まえ、適切に選定する必要がある。



写真 4.6 床版据付状況（伏木富山港における施工例）

### (3) 座金取付

#### 1) 高さ調整

座金取付を行うに際しては、床版を固定させるための支圧力を均等に下面に伝えることが、床版への偏荷重作用の防止・耐久性確保等の観点からも重要である。現場で製作が行われるリプレイサブル床版は、出来形管理精度の範囲内での微小な高低差があるため、下写真に示すようなゴム質系材料等を使用し、不陸が起こらないよう留意する必要がある。

また、箱型座金については路面上に露出するため、箱型座金が路面高さよりも高く仕上がるのは劣化を早める要因になるため、維持管理上の観点からも望ましくない。箱型座金の設置高さについては、舗装等の路面の仕上がり高さに対する相対的な高さが、0mm～5mm 程度低くなるように管理を行うことが望ましい。



写真 4.7 ゴム質系目地板による高さ調整（伏木富山港における施工例）

## 2) 座金取付

前述の高さ調整を行った後、座金取付を行う。舗装埋設型についてはステンレス素材、箱型座金については鋳鉄素材を使用している。特に後者については、耐久性確保のために金属溶射を施していることから、座金を損傷させる等が無いよう慎重に取付作業を行うことに留意する。

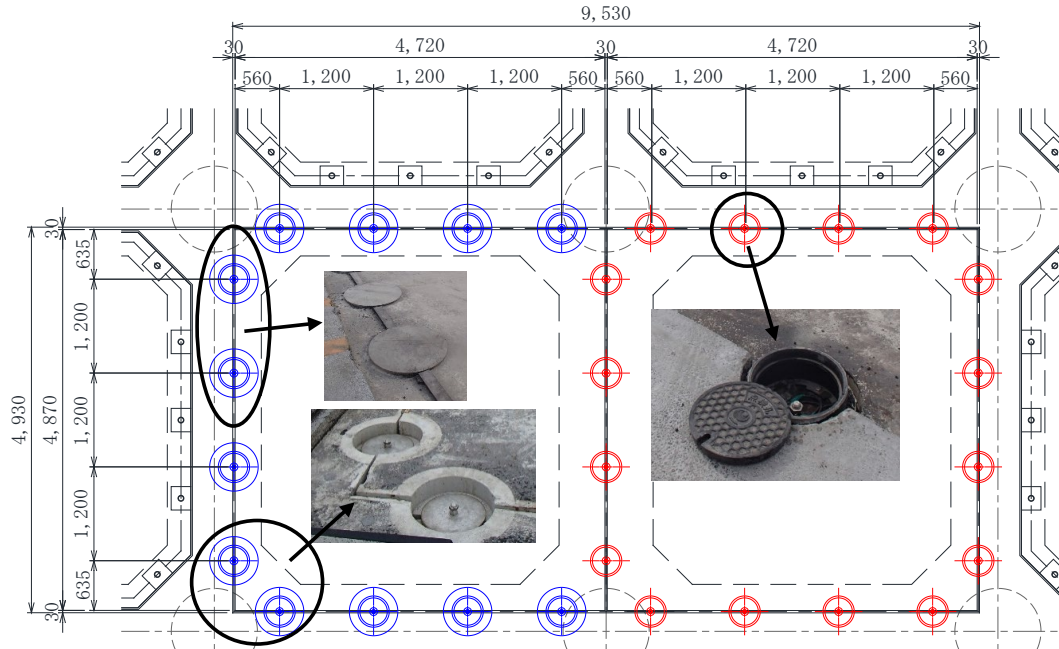


図 4.8 座金取付状況（伏木富山港における例）

## (4) ボルト締結

座金のアンカーボルトは、緩み防止のためにダブルナットによる固定を行う。アンカーボルトの材質は、腐食に対する耐久性確保の観点から SUS316 を採用している。ボルト締結はトルクレンチを用いて行い、下段のボルトを  $140\text{N}\cdot\text{m}$ 、上段のボルトを  $120\text{N}\cdot\text{m}$  以上のトルク値で締結を行うものとする。なお、ステンレス素材のボルト締結のトルク値には明確な基準が定められていなく、高いトルク値での締結はボルトの焼き付きを起こしてしまうため、注意が必要である。アンカーボルトの緩みは、ゴム支承の圧縮による床版の沈下に伴い、座金とアンカーボルト・ナットに隙間ができることで生じるため、定期的に状態を確認し、緩みがある場合は再締結を行うことが望ましい。また、アンカーボルトの材質を、塩害腐食に対する耐久性を満足し、かつ標準トルク値により締付けが可能な材質を選定することで、緩みに対する懸念解消に繋がる可能性がある。



写真 4.8 アンカーボルト締結状況（伏木富山港における施工例）

## 2.1.6 床版目地材設置

リプレイサブル床版の目地材設置は、床版設置後に行うものとし、床版設置の出来形に応じて隙間なく材料を入れるように施工を行う。

### 〔解説〕

#### (1) 目地板設置

舗装埋設型・箱型座金のそれぞれの構造形式について、目地部の構造は下図に示すとおりである。目地材については、変形追従型で耐久性にも優れた材料を選定することに留意する。写真 4.9 及び写真 4.10は伏木富山港における施工例である。床版設置の出来形に応じて隙間なく目地材を入れるよう、2種類以上の厚さを用意することが望ましい。

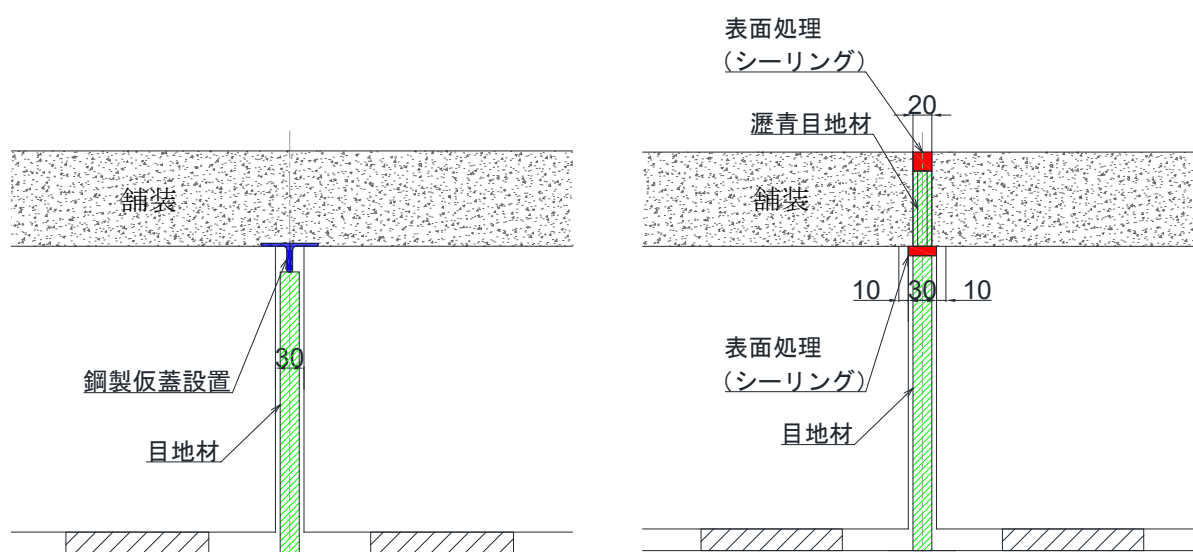


図 4.9 床版目地部構造（左：舗装埋設型、右：箱型座金）



写真 4.9 ポリエチレン発泡目地材（伏木富山港における施工例）



写真 4.10 目地板設置状況（伏木富山港における施工例）

(2) 床版表層仕上げ

1) 舗装埋設型座金

舗装埋設型座金については、図 4.9に示したように、T字型の鋼製仮蓋を設置して表層仕上げを行う。座金接合部は鋼製蓋を設置し、舗装敷設時の舗装材の流入等が無いように隙間無く表層仕上げを行うものとする。



写真 4.11 鋼製仮蓋設置状況（伏木富山港における施工例）

2) 箱型座金

箱型座金については、図 4.9に示したように、シーリング材により表層仕上げを行う。座金接合部は図 4.10に示すようにバックアップ材を設置し、舗装敷設時の舗装材の流入等が無いように隙間無く表層仕上げを行うものとする。

シーリング材には1成分型と2成分型がある。前者には湿気硬化型（水分と反応して硬化）・酸素硬化型（酸素と反応して硬化）・乾燥硬化型（乾燥により硬化）があり、現地での混合作業が不要であるのが特徴である。タイプとしては、湿気硬化型が最も多く使われている。後者は主剤・硬化剤の2液を施工直前に混合するものであり、1成分型よりも安価であるが、施工に手間

がかかる。

施工を効率よく行うためには、1成分型シーリング材を使用し、コーキングガンを用いて充填作業を行うことが望ましい。

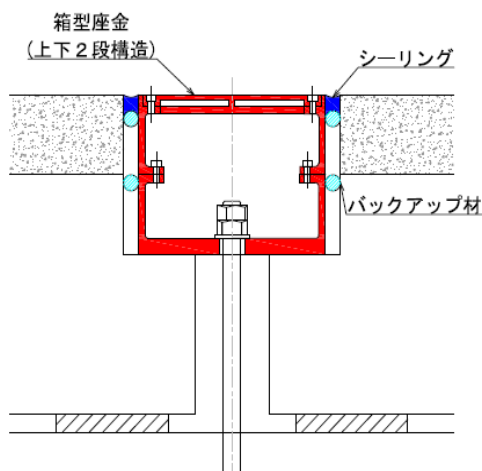


図 4.10 座金接合部構造 (箱型座金)



写真 4.12 シーリング材(2成分型)充填状況 (伏木富山港における施工例)

### 2.1.7 舗装敷設

舗装敷設は、床版目地材設置後に行うものとし、路面の平坦性を確保し、車両通行等の利用性や安全性を向上させることに留意して施工を行う。

#### 〔解説〕

##### (1) アスファルト舗装敷設

リプレイサブル栈橋のアスファルト舗装敷設は、基層 (t=5cm) を人力舗装、表層 (t=5cm) を機械舗装により行うことを基本とする。写真 4.13に示すように、箱型座金は舗装面上に露出するため、舗装敷設時のアスファルト材流入が無いよう、円形型枠や養生テープ等で十分に養生を行うことが望ましい。



写真 4.13 舗装敷設前状況（伏木富山港における施工例）



写真 4.14 基層(人力)施工状況（伏木富山港における施工例）



写真 4.15 表層(機械)施工状況（伏木富山港における施工例）

(2) 半たわみ性舗装敷設

半たわみ性舗装は、舗装の仕様に従い必要に応じて行う。半たわみ性舗装用のアスファルト混合物を使用し、必要とされる半たわみ性舗装の厚さに対し、セメントミルクが所定の深さまで浸透するよう、適切に材料選定を行うものとする。



写真 4.16 半たわみ性舗装敷設前状況（伏木富山港における施工例）



写真 4.17 半たわみ性舗装敷設状況（伏木富山港における施工例）



### 2.1.8 出来形管理

構造物の施工精度を図面、特記仕様書に示された出来形管理基準の範囲内に収めるよう出来形管理しなければならない。

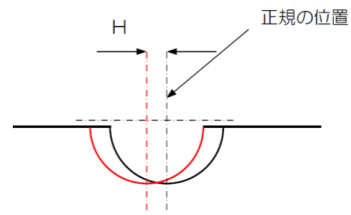
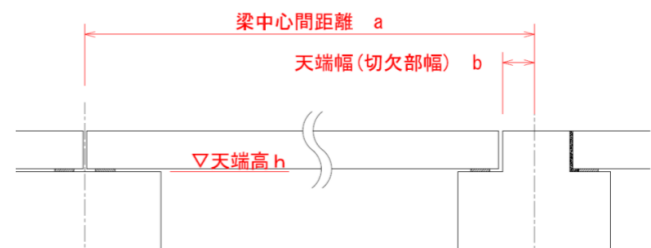
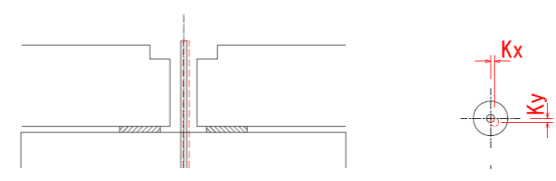
#### 【解 説】

リプレイサブル床版の出来形精度については、次頁に示すリプレイサブル床版出来形管理基準に準じたものとすることができる。

なお、施工上の留意事項として、箱型座金については路面上に露出するため、箱型座金の設置高さについては、舗装等の路面の仕上がり高さに対する相対的な高さが、0mm～5mm 程度低くなるように管理を行うことが望ましい。

表 4.1 リプレイサブル床版出来形管理基準

：リプレイサブル床版特有の管理項目・基準

管理項目	測定方法	測定密度	測定単位	許容範囲		備考	準拠基準など			「許容範囲」設定の考え方	測定概要図			
				<通常床版>	<リプレイ床版>		<港>	<国>	<リ>					
＜床版製作・据付＞														
幅、長さ	スチールテープ等により測定	型枠外し後全数	1mm	幅： 0mm～+20mm 長さ： -10mm～+5mm	-10mm～+5mm	幅、長さ共に床版端部と中間点で計測				○	・床版の平面形状が正方形に近い形状であること、規定より大きな寸法では据付時に干渉することを考慮し、一番厳しい基準である<国>の「長さ」の管理基準を準用	 床版平面図		
対角線				(規定無し)	-10mm～+5mm	床版全体のゆがみを管理				○	・管理基準値は上記に準ずる ・床版のゆがみを管理し、円滑な据え付けを図るため設けた			
厚さ				0mm～+10mm	0mm～+10mm	設計厚以上で管理			○					
箱抜き位置				(規定無し)	±10mm	正規位置からのずれで管理			○	・リプレイサブル床版特有の管理項目として、アンカーボルト設置位置の施工精度に基づき設定				
据付高				レベル等により測定	据付完了後	±20mm	±20mm			○	○		・<港><国>同様の規定値	 床版箱抜き位置(平面図)
据付位置				スチールテープ等により測定		(規定無し)	±10mm	四辺の目地幅で管理			○		・リプレイサブル床版特有の管理項目として、アンカーボルト設置位置の施工精度に基づき設定	
＜梁＞														
幅、長さ、高さ	スチールテープ等により測定	1スパン3箇所	10mm	±20mm	±20mm					○	 断面図			
天端高	レベル等により測定			±20mm	±20mm				○					
天端幅(b)	スチールテープ等により測定			1mm	(規定無し)	-10mm～+5mm				○		・リプレイサブル床版特有の管理項目として、床版製作・据付の施工精度に基づき設定		
＜アンカーボルト＞														
設置位置	レベル等により測定	設置後全数	1mm	(規定無し)	±10mm	位置ずれで管理、法線方向と法線直角方向天端部で管理				○				
設置高さ	レベル、スチールテープ等により測定					箱形座金内に収まるように管理				○				
＜杭・その他＞														

「港湾工事出来形管理基準」に準拠

<港>：港湾工事出来形管理基準(平成28年3月)、<国>：「-PC床版施工マニュアル(案)・施工管理要領(案)-プレキャストPC床版編」、<リ>：リプレイサブル床版における施工精度

## 2.2 床版撤去時における留意事項

### 2.2.1 舗装撤去

床版撤去時に使用するクレーンの規格や作業半径等により吊上げ可能な重量を検討した上で、撤去する舗装の範囲を適切に設定する。

#### 【解説】

##### (1) 撤去範囲の設定

床版撤去を行うにあたり、舗装上にも目地が切られている箱型座金のリプレイサブル床版については、舗装を全て残した状態で撤去する方法と、舗装を全て撤去した状態で撤去する方法の2方法が考えられる。また、舗装上に目地が切られていない舗装埋設型のリプレイサブル床版については、舗装埋設型座金の周辺の舗装のみを撤去する方法と、舗装を全て撤去した状態で撤去する方法の2方法が考えられる。

床版撤去時に使用するクレーンの規格や作業半径等により吊上げ可能な重量は決まるため、適切に撤去方法を選定し、撤去範囲を設定する必要がある。図 4.11及び図 4.12には、舗装埋設型座金周辺の一部舗装のみを撤去する場合と、全ての舗装を撤去する場合の舗装撤去範囲図の一例を示す。

なお床版撤去時においては、底面におけるゴム支承の付着抵抗の他、床版目地や舗装目地による吊上げ抵抗等が作用することが考えられるため、それら抵抗を考慮して必要な定格荷重値を設定し、吊りフックや吊治具の重量も考慮した上で、十分な吊上げ能力を有するクレーンの選定を行うことに留意する。

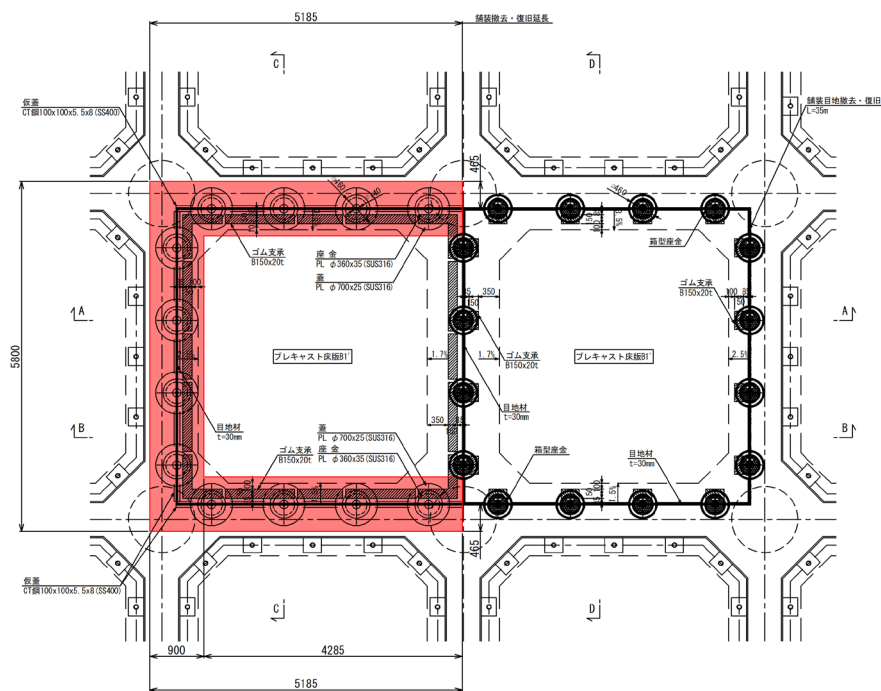


図 4.11 舗装撤去範囲図（一部舗装のみを撤去する場合、伏木富山港における例）

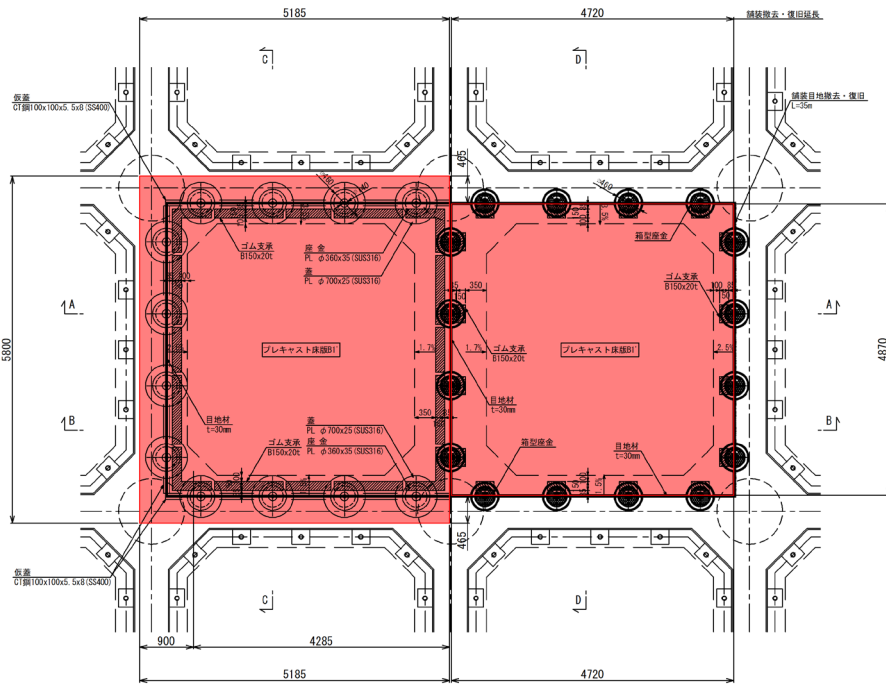


図 4.12 舗装撤去範囲図（舗装を全て撤去する場合，伏木富山港における例）

(2) 舗装撤去

舗装撤去については、座金周辺は人力施工、それ以外を機械施工により行うことを基本とする。既設の座金や床版を損傷させないように、慎重に撤去作業を行うことに留意する。

なお舗装撤去前には、下写真に示すように撤去の境界部分をカッター切断し、撤去範囲を明確にした状態で施工を行うことが望ましい。



写真 4.18 舗装敷設準備状況（伏木富山港における施工例）

## 2.2.2 床版仮置き架台の製作

撤去した床版の点検作業等を行うにあたっては、必要に応じて撤去した床版を仮置きするための架台製作を行う。写真 4.19及び写真 4.20に伏木富山港における施工例を示す。床版仮置き架台は、架台の中に入って下面部のひび割れ発生状況に関する点検やコア抜き作業等が行い易いよう、ある程度の高さを確保することが望ましい。

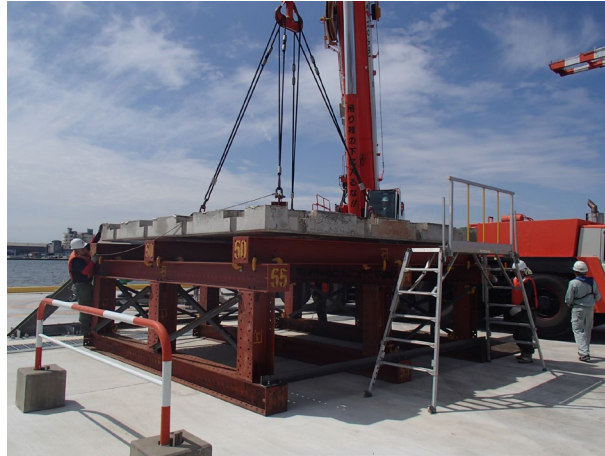


写真 4.19 床版仮置き架台使用状況（伏木富山港における施工例）

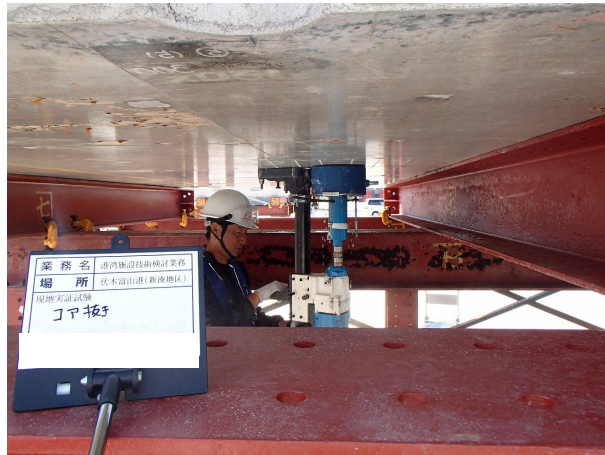


写真 4.20 リプレイサブル床版下面部の点検作業状況（伏木富山港における施工例）

## 2.2.3 リプレイサブル床版撤去

リプレイサブル床版の撤去にあたっては、ゴム支承や目地材等による吊上げ時に生じる抵抗等を考慮した上で、適切なクレーン及び据付方法を選定する。

### 【解説】

#### (1) 床版撤去フロー

リプレイサブル床版の撤去フローを下図に示す。下図に示すように床版撤去は、通常のPC床版の設置作業（床版据付）に座金の取外し及びアンカーボルトの取外し作業を加えた一連の作業とする。

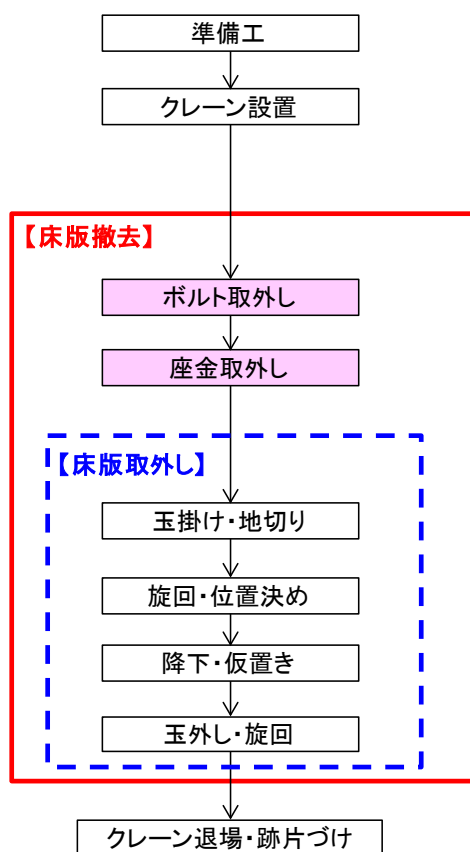


図 4.13 床版撤去フロー

#### (2) ボルト及び座金の取外し

床版の取外しを行う前に、アンカーボルトの取外し及び座金の取外しを行う。既設の座金や床版・舗装等を損傷させないように慎重に作業を行うことに留意する。

#### (3) 床版取外し

床版の吊上げ方法については床版設置時と同様とし、据付時は既設の床版・梁やアンカーボルト等への接触が無いように慎重に吊上げを行い、取外すものとする。

取外しに使用する重機械については、施工ヤードの広さ、調達可能なクレーンの吊上げ能力・作業

半径等を踏まえ、適切に選定する必要がある。前述したように、吊上げ時にはゴム支承の付着抵抗の他、床版目地や舗装目地による抵抗等が作用することが想定されるため、それらの影響も十分に考慮する必要がある。



写真 4.21 床版取外し状況（伏木富山港における施工例）

## 第 5 編 参考資料

リプレイサブル栈橋の点検・診断計画の設定にあたり、通常栈橋の点検に対し、リプレイサブル構造とすることで期待される効果を伏木富山港の設定例を参考に示す。

表 5.1 リプレイサブル栈橋の一般定期点検診断計画①（伏木富山港における設定例）

部材等の名称	維持管理レベル	点検項目	点検診断項目の分類	点検方法	作業区分	リプレイサブル栈橋に期待される効果率			劣化度の判定基準	
						陸	照	他		
係船柱及び係船環  防衝設備  車止め  附帯設備  荷役機械の基礎  はしご	Ⅲ	事後保全型	本体の劣化、損傷、塗装のはがれ等の状態	Ⅲ類	目視（メジャー計測等含む） ・損傷、変形 ・塗装の状態	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 破損、損傷等により使用できない状態である b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> 係船柱の損傷や変形、塗装のはがれ等がある d <input type="checkbox"/> 変状なし
			本体の損傷、破損、取付金具の腐食等の状態	Ⅲ類	目視 ・ゴム部の損傷 ・取付金具の錆や傷	海上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 本体ゴム：脱落、永久変形がある <input type="checkbox"/> 取付金具：ゆるみ、抜け、曲がり、切断がある b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> 本体ゴム：欠損、亀裂、チッピングがある <input type="checkbox"/> 取付金具：発錆がある d <input type="checkbox"/> 変状なし
			本体の損傷、塗装、腐食	Ⅲ類	目視 ・損傷、変形 ・塗装の状態 ・腐食	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 欠損している <input type="checkbox"/> 性能上支障となる損傷、変形がある b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> 本体の損傷や変形、塗装のはがれや腐食がある d <input type="checkbox"/> 変状なし
			コンクリートの劣化、損傷	Ⅲ類	目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋腐食 ・劣化の兆候 等	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 幅3mm以上の鉄筋軸方向のひび割れがある <input type="checkbox"/> かぶりが剥落している b <input type="checkbox"/> 幅3mm未満の鉄筋軸方向のひび割れがある c <input type="checkbox"/> 軸方向と直角なひび割れがある <input type="checkbox"/> 錆汁が蒸気発生している d <input type="checkbox"/> 変状なし
			レールの劣化、損傷、変形	Ⅲ類	目視 ・レールの段差、通りの不具合等 ・レールの損傷や変形等	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 性能上支障となる損傷、変形がある b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> --- d <input type="checkbox"/> 変状なし
			基礎金具の劣化、損傷、腐食	Ⅲ類	目視 ・金具の損傷や変形、塗装のはがれ ・鋼材の腐食 等	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 性能上支障となる損傷、変形がある b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> 塗装のはがれ、部分的な発錆がある d <input type="checkbox"/> 変状なし
			本体の損傷、塗装、腐食	Ⅲ類	目視 ・損傷、変形 ・塗装の状態 ・腐食（鋼製の場合）	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 脱落している <input type="checkbox"/> 損傷、腐食が著しく、使用上危険である b <input type="checkbox"/> --- c <input type="checkbox"/> 本体の損傷や変形、塗装のはがれや錆がある d <input type="checkbox"/> 変状なし
			栈橋法線	Ⅱ	予防保全型	法線の凹凸、出入り	Ⅰ類	目視 ・移動量 ・沈下量	陸上	-
上部工	Ⅱ	予防保全型	舗装の段差、わだち掘れ、ひび割れ	Ⅱ類	目視 ・段差 ・凹凸 ・わだち掘れ	陸上	-	-	-	a <input type="checkbox"/> 車両走行に危険な段差、陥没、わだち掘れ、ひび割れ等がある <input type="checkbox"/> 15mm以上の段差がある <input type="checkbox"/> 10mm以上のわだち掘れがある <input type="checkbox"/> 幅3mm以上のひび割れがある b <input type="checkbox"/> 10～15mmの段差がある <input type="checkbox"/> 幅3mm未満のひび割れがある c <input type="checkbox"/> 10mm未満の段差がある <input type="checkbox"/> 10mm未満のわだち掘れがある <input type="checkbox"/> 微小なひび割れがある d <input type="checkbox"/> 変状なし

※通常栈橋の点検に対し、リプレイサブル構造とすることで期待される効果を示す。

陸：点検作業の陸上化による効率化、照：作業照度の向上に伴う点検作業の効率化、他：その他要素による効率化



表 5.2 リプレイサブル栈橋の一般定期点検診断計画②(伏木富山港における設定例)

部材等の名称		維持管理レベル	点検項目	点検診断項目の分類	点検方法	作業区分	リプレイサブル栈橋に期待される効果※			劣化度の判定基準						
							陸	照	他	a	b	c	d			
上部工 (床版)	側面部	Ⅲ	事後保全型	コンクリートの劣化、損傷	Ⅱ類	目視 ・ひび割れの発生方向 ・ひび割れの長さ・幅 ・かぶりの剥離状況 ・錆の発生状況 ・鉄筋の腐食状況	陸上	○	-	-	a	<input type="checkbox"/> 岸壁としての性能を損なうような損傷がある				
	下面部	Ⅲ	事後保全型	コンクリートの劣化、損傷	Ⅱ類	目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋腐食 ・劣化の兆候 等	陸上	○	-	-	a	<input type="checkbox"/> 網目状のひび割れが50%以上ある <input type="checkbox"/> かぶりの剥離がある <input type="checkbox"/> 錆が広範囲に発生している				
上部工 (梁)	側面部	Ⅰ	事前対策型	コンクリートの劣化、損傷	Ⅱ類	目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋腐食 ・劣化の兆候 等	陸上	○	-	-	a	<input type="checkbox"/> 幅3mm以上のひび割れがある <input type="checkbox"/> 広範囲に亘り鉄筋が露出している				
	下面部	Ⅰ	事前対策型	コンクリートの劣化、損傷	Ⅱ類	目視 ・ひび割れの発生方向 ・ひび割れの長さ・幅 ・かぶりの剥離状況 ・錆の発生状況 ・鉄筋の腐食状況	潜水	-	○	-	a	<input type="checkbox"/> 幅3mm未満のひび割れがある <input type="checkbox"/> 局部的に鉄筋が露出している				
支承部	ゴム支承	Ⅲ	事後保全型	ゴム支承の劣化、損傷	Ⅱ類	目視 ・微小な亀裂の有無 ・亀裂の有無 ・側面部の異常な膨出 ・上面、下面の隙間の有無	陸上	○	-	-	a	<input type="checkbox"/> 応急補修が必要				
	座金・鉄差 (舗装埋設型)	Ⅱ	予防保全型	座金の破損、変形、腐食	Ⅱ類	目視(メジャー計測等含む) ・破損、変形 ・座金の腐食	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> 座金が紛失している <input type="checkbox"/> 座金の変形、腐食が著しく、使用に耐えない				
床版 接合部	アンカーボルト (舗装埋設型・ 箱型座金共通)	Ⅱ	予防保全型	ボルト及びナットの劣化、腐食	Ⅱ類	目視 ・ボルトの緩み、腐食、劣化 ・ナットの緩み、腐食、劣化	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> ボルトに大きな緩みや腐食、欠落がある				
	底版 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	座金の破損、変形、腐食	Ⅱ類	目視(メジャー計測等含む) ・破損、変形 ・座金の腐食	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> 座金が紛失している <input type="checkbox"/> 座金の変形、腐食が著しく、使用に耐えない				
	蓋・受枠 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	外観	Ⅱ類	目視 ・ふたのクラック ・ふたの欠け	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> ふたにクラックが発生している <input type="checkbox"/> ふたに欠けが発生している				
											b	<input type="checkbox"/> ふたに軽微な損傷が認められる				
											c	<input type="checkbox"/> 舗装や錆びの付着が認められる				
											d	<input type="checkbox"/> ふたにクラックや欠けなどの状態が無く健全である				
	蓋・受枠 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	がたつき	Ⅱ類	目視 ・足踏みでのがたつき ・タイヤによるがたつき	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> ふたのがたつきが発生している <input type="checkbox"/> 枠のがたつきが発生している				
											b	<input type="checkbox"/> -				
											c	<input type="checkbox"/> -				
											d	<input type="checkbox"/> がたつきの発生は無く健全である				
蓋・受枠 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	蓋枠部の段差	Ⅱ類	目視(メジャー計測) ・段差	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> ふたと受枠に段差が発生している					
										b	<input type="checkbox"/> 路面との振り付けに多少の凹凸が認められる					
										c	<input type="checkbox"/> -					
										d	<input type="checkbox"/> ふたと受枠に段差無く健全である					
蓋・受枠 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	表面摩耗	Ⅱ類	目視(メジャー計測) ・表面模様	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> 摩耗によって、ふた模様が見えない					
										b	<input type="checkbox"/> 模様高さが減少し、すり減っている					
										c	<input type="checkbox"/> -					
										d	<input type="checkbox"/> ふた模様はっきりと確認出来る					
周辺舗装 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	周辺舗装損傷	Ⅱ類	目視 ・舗装のクラック ・舗装の穴	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> 舗装に穴が開いている、クラックが発生している					
										b	<input type="checkbox"/> 舗装にクラックがあるが、穴は開いていない					
周辺舗装 (箱型座金)	Ⅱ	予防保全型	蓋・周辺舗装段差	Ⅱ類	目視 ・蓋と舗装との段差	陸上	-	-	-	a	<input type="checkbox"/> 段差が大きく車両通行に支障がある					
										b	<input type="checkbox"/> 路面の振り付けに問題があり、多少の凹凸がある					
鋼管杭	本体	Ⅰ	事前対策型	鋼材の腐食、亀裂、損傷	Ⅰ類	目視 ・開孔の有無 ・表面の傷の状況	潜水	-	○	-	a	<input type="checkbox"/> 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある				
											b	<input type="checkbox"/> -				
											c	<input type="checkbox"/> -				
											d	<input type="checkbox"/> 腐食による開孔や変形はない				
	重防食	Ⅱ	予防保全型	被覆防食の劣化	Ⅱ類	目視 ・被覆の劣化	潜水	-	○	-	a	<input type="checkbox"/> 重防食の劣化が著しく鋼材が腐食している				
											b	<input type="checkbox"/> 一部に鋼材に達するまでの被覆の劣化が生じ、鋼材が腐食している				
											c	<input type="checkbox"/> 鋼材まで達しない被覆の損傷が多く見られる				
	電気防食	Ⅰ	事前対策型	防食管理電位	Ⅱ類	電位測定	陸上	-	-	○	a	<input type="checkbox"/> 防食管理電位が維持されていない				
											b	<input type="checkbox"/> -				
											c	<input type="checkbox"/> -				
											d	<input type="checkbox"/> 防食管理電位が維持されている				

※通常栈橋の点検に対し、リプレイサブル構造とすることで期待される効果を示す。

陸:点検作業の陸上化による効率化、照:作業照度の向上に伴う点検作業の効率化、他:その他要素による効率化

表 5.3 リプレイサブル栈橋の詳細定期点検診断計画③（伏木富山港における設定例）

部材等の名称		維持管理レベル	点検項目	点検診断項目の分類	点検方法	作業区分	リプレイサブル栈橋に期待される効果※			劣化度の判定基準	
							陸	照	他		
上部工	栈橋全体	I	事前対策型	移動量、傾斜量、沈下量	I 類	・移動距離測定 ・水準測量 ・傾斜計による測量 等	陸上	-	-	-	測量・データ等を記録し、栈橋の移動・沈下・傾斜が評価できる形式で整理する
上部工 (床版)	上部 コンクリート	III	事後保全型	コンクリートの劣化、損傷	II 類	詳細調査 ・ひび割れの発生方向 ・ひび割れの本数、長さ幅 ・かぶりの剥落状況 ・錆汁の発生状況 ・鉄筋の腐食状況	陸上	○	-	-	ひび割れ等の変状図として整理する
				かぶりの厚さ	II 類	はつり、電磁波レーダ等	陸上	○	-	-	かぶり厚さの実測値又は推定値を記録する
				鉄筋の腐食状況	II 類	自然電位測定	陸上	○	-	-	自然電位の測定値を記録し、等電位線図等の形式で整理する
				鉄筋の腐食速度	II 類	分極抵抗測定	陸上	○	-	-	分極抵抗の測定値を記録し、等値線図等の形式で整理する
				コンクリートの分析	II 類	・コンクリートの圧縮強度試験 ・塩化物イオン含有量測定 ・中性化測定、化学分析 等	陸上	○	-	-	測定値を記録する
上部工 (梁)	上部 コンクリート	I	事前対策型	コンクリートの劣化、損傷	II 類	詳細調査 ・ひび割れの発生方向 ・ひび割れの本数、長さ幅 ・かぶりの剥落状況 ・錆汁の発生状況 ・鉄筋の腐食状況	陸上・潜水 (下面部及び一部側面)	○	○	-	ひび割れ等の変状図として整理する
				かぶりの厚さ	II 類	はつり、電磁波レーダ等	陸上・潜水 (下面部及び一部側面)	○	○	-	かぶり厚さの実測値又は推定値を記録する
				鉄筋の腐食状況	II 類	自然電位測定	陸上・潜水 (下面部及び一部側面)	○	○	-	自然電位の測定値を記録し、等電位線図等の形式で整理する
				鉄筋の腐食速度	II 類	分極抵抗測定	陸上・潜水 (下面部及び一部側面)	○	○	-	分極抵抗の測定値を記録し、等値線図等の形式で整理する
				コンクリートの分析	II 類	・コンクリートの圧縮強度試験 ・塩化物イオン含有量測定 ・中性化測定、化学分析 等	陸上・潜水 (下面部及び一部側面)	○	○	-	測定値を記録する
鋼管状	鋼管杭	I	事前対策型	鋼材の腐食、亀裂、損傷	I 類	詳細調査	潜水	-	○	-	孔食等を変状図として整理する
				肉厚		超音波厚み計等による計測	潜水	-	○	-	測定値を記録する
	海底地盤	I	事前対策型	洗掘、堆積	I 類	水中部形状調査、横断測量等	潜水	-	-	-	測量データ等を記録し、洗掘状態等変状が評価できる形式で整理する
	重防食	II	予防保全型	被覆防食の劣化	II 類	詳細調査 ・鋼材の腐食、露出 ・被覆材の損傷 ・保護カバー等の状態	-	-	-	-	錆、塗膜のふくれ、割れ、はがれ等を変状図として整理する
	電気防食	I	事前対策型	防食管理電位	II 類	電位測定	-	-	-	-	電位の測定値を記録し、等電位線図等の形式で整理する
						陽極消耗量測定（全体の3～5%）	潜水	-	○	-	陽極消耗量の測定値を記録し、残寿命を推定する
陽極電流測定 ・施設の両端、中央部、異常摩耗部						-	-	-	-	電流量の測定値を記録し、電気防食の状態を評価するために用いる	
外観調査 ・テストピースの計量	-	-	-	-	テストピースの状態を確認するとともに、計量値を記録し、電気防食の状態を評価するために用いる						

※通常栈橋の点検に対し、リプレイサブル構造とすることで期待される効果を示す。

陸:点検作業の陸上化による効率化、照:作業照度の向上に伴う点検作業の効率化、他:その他要素による効率化