

D滑走路 維持管理計画の基本方針

～ 予防保全の考え方に基づく計画の具体化～

J V 共通管理 Gr 野口哲史 奥津宣孝 小倉勝利 竹岡正二 小野泰明 平野智 山本隆信

キーワード：予防保全、劣化指標の数値化、モニタリング、維持管理データベース、点検通路

1. 維持管理の背景・目的・基本方針

本事業では設計・施工に引き続き、最大 30 年間の維持管理を竣工後引き続き行う契約である。したがって設計や建設工事の計画立案と並行して、維持管理計画を策定するこれまでにない業務形式である。既に完成した構造物の維持管理を検討するのではなく、机上のプランを基にこれを策定する困難さが付きまとうが、反面、設計、施工、維持管理を一体で策定できる有利な面もある。そこで本計画では限られた予算下で、国内初の埋立栈橋複合構造の維持管理を合理的に実施するために、以下の 3 つを維持管理計画の基本方針とした。

< 維持管理 3 つの基本方針 >

設計・施工上の思想を反映した一貫性のある計画の策定

重要施設への「予防保全」の考え方の導入

継続的に維持管理計画見直しを図る体制の構築

2. 予防保全の具体化

本編では上記 3 つの基本方針のうち特に「重要施設への「予防保全」の考え方の導入」について策定した具体策を報告するものである。以下、予防保全導入の具体策をさらに以下の 3 つの方針で進める。

- 1 対象施設の重点化
- 2 劣化指標の数値化
- 3 点検の標準化・DB化

予防保全の定義はここでは「部材劣化が大きく進行する前に、補修を行い、大掛かりな補修を未然に回避することでトータルな維持管理コストの削減を図る手法」と捉える。予防保全の対象を絞り込み、部材の劣化指標を数値化し、標準化された点検作業結果によりデータベースを構築することにより、効率的に予防保全によるコスト縮減を達成しようというものである。

3. 予防保全の考え方の導入

3-1 維持管理対象の重点化

1) リスクの高い施設の抽出

予防保全に対立する概念は事後保全であるが、両者の過程は図 3-1 に示すようにほとんど同じで、いつ補修をするかというタイミングの違いだけである。予防保全は致命的な劣化を生じる前に補修を行なうので、必然的に予測する行為を伴う。この予測行為にはそれなりのコストが発生するので、全てを予防保全とするわけにいかず、自ずと予防保全対象を絞り込む必要がある。

本計画ではこの予防保全が必要となる「リスクの高い=重要な」施設を図 3-2 に示すように環境の厳しさと、損失の大きさの 2 観点から選び出した。これらは本来全て客観的な指数として表現すべきであるが、その客観化自体に多くのデータが必要であることと、予防保全、事後保全の 2 つに区分することが目的であるので、簡単に点数化するだけ十分と判断した。

- ・ 予防保全対象は「損失の大きさ」が 1 点以上のものとした。
- ・ 事後保全対象は「損失の大きさ」が 0 点のものとした。
- ・ 点検頻度は損失の大きさを優先した順位付けとし、「リスク特高」「リスク高」「リスク普通」「リスク低い」「リスク特低」の順を基本とした。

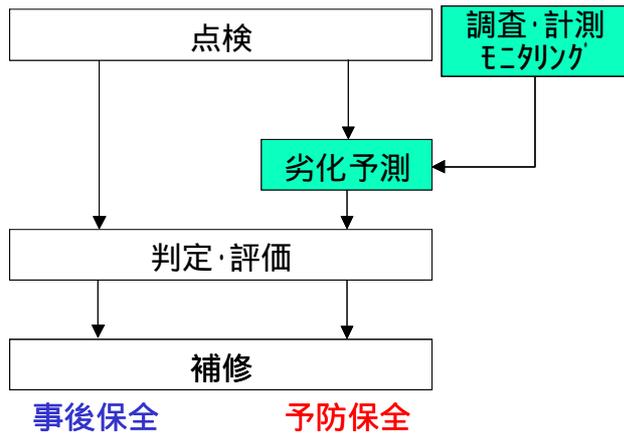


図 3-1 予防保全と事後保全

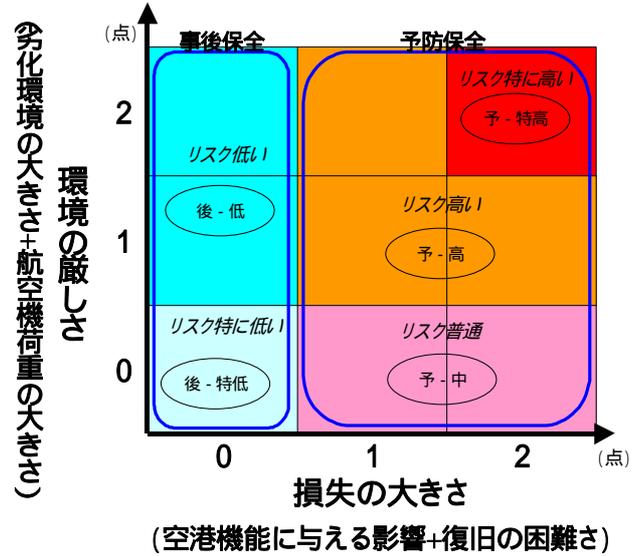


図 3-2 施設重要度の分類

2) 予防保全施設の抽出結果

1)で示す観点で整理した結果、予防保全施設として抽出したものを図 3-3 に示す。1)で示した「リスクの=重要度」の区分は厳密に数値化したものではないが、この方針に基づき決定した図 3-3 は直観的なリスク (=重要度) とも一致するので、以降この考え方に従い計画立案した。主な予防保全施設は、滑走路・誘導路舗装、棧橋部・接続部・連絡誘導路部の基盤施設、進入灯橋梁、物揚場護岸、支承、伸縮装置、気象施設・保安施設の基礎などである。これ以外はほぼ事後保全施設となる。

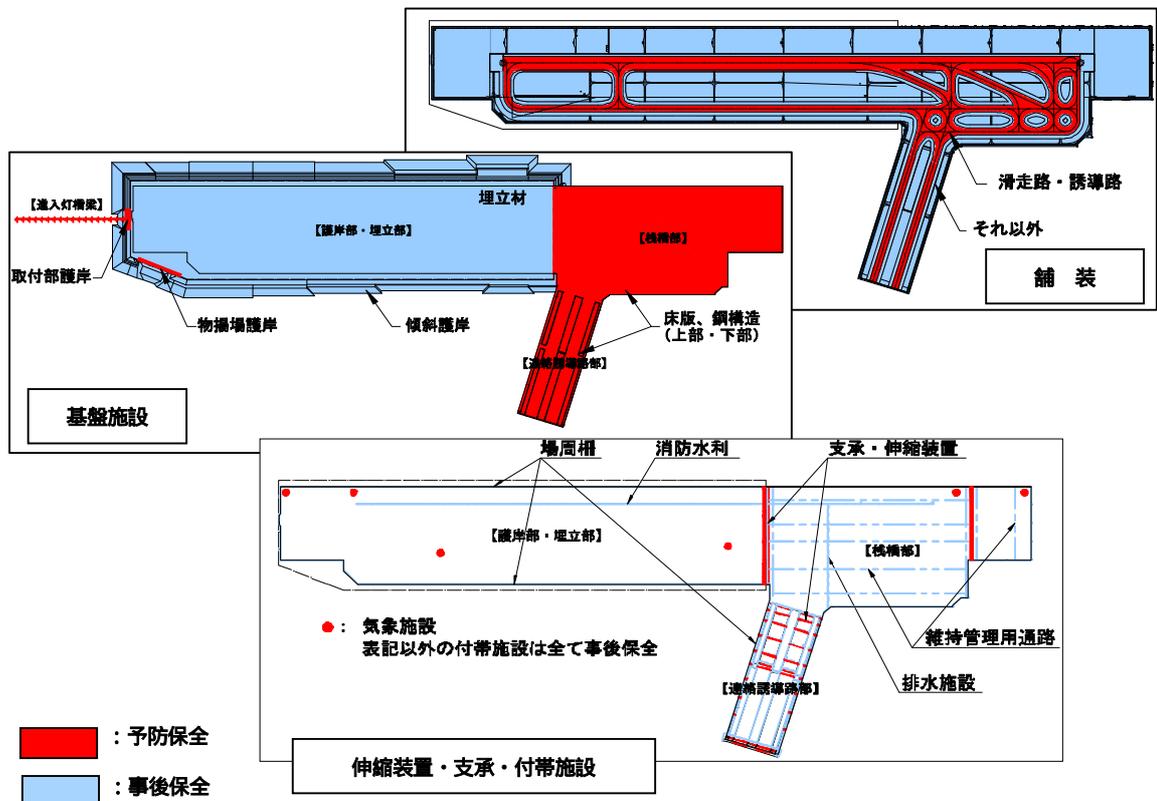


図 3-3 予防保全施設の抽出結果

3-2 劣化指標の数値化

1) 調査、モニタリングの活用

「点検」は目視による観察を主体としたものであり、低コストで広範囲に実施できるので維持管理情報を入手する基本手段として便利である。しかしながら点検結果を数値化することは難しい場合が多く、また点検の為に近接すること自体が難しい部位もある。そこで計器を用いて対象物の物性を「計測・調査」したり、擬似環境下に供試体を配置し、これを用いた室内試験による「モニタリング」を追加することで、可能な限り数値化指標を入手する計画とした。表 3-1 に主要分野の点検、調査・計測、モニタリング項目を整理した。表中囲み書きのものが補修の是非を判断する目安となる主要な指標であり、これらの数値指標を大量に得られる点検データと関連付けて補修の必要性を総合的判断で行うこととなる。図 3-4 に点検、調査・計測、モニタリング項目の一例を床版について紹介する。

表 3-1 主要分野における点検、調査・計測、モニタリング項目

	点検	調査・計測	モニタリング
舗装・防水層	・目視観察 (ひび割れ、わだち段差)	・PRi FWD ・滞水調査	・As針入度 / 軟化点
床版	・目視観察 (漏水・ひび割れ)	・滞水調査 ・ スキャナーによるひび割れ調査	・ 供試体による塩化物イオン濃度
ジャケットレグ	・目視観察 (陽極・脱落・キズ)	・ 陽極消耗量 ・水質・電位	・SUSライニング腐食減肉
上部工内部空間	・目視観察 (D-4、C-4塗装異常)	・内部湿度 ・疲労損傷度	・D-4、C-4塗膜物性
PC渡桁	・目視観察 (ひび割れ)		・ 供試体による塩化物イオン濃度
伸縮装置	・目視観察 (変形・腐食量)	・ ひずみゲージによる 疲労損傷度	
橋梁支承	・目視観察 (変形・腐食)		・メッキ塗膜物性 ・ ゴム伸び変化率、塗膜化

枠囲み赤字 数値化劣化指標

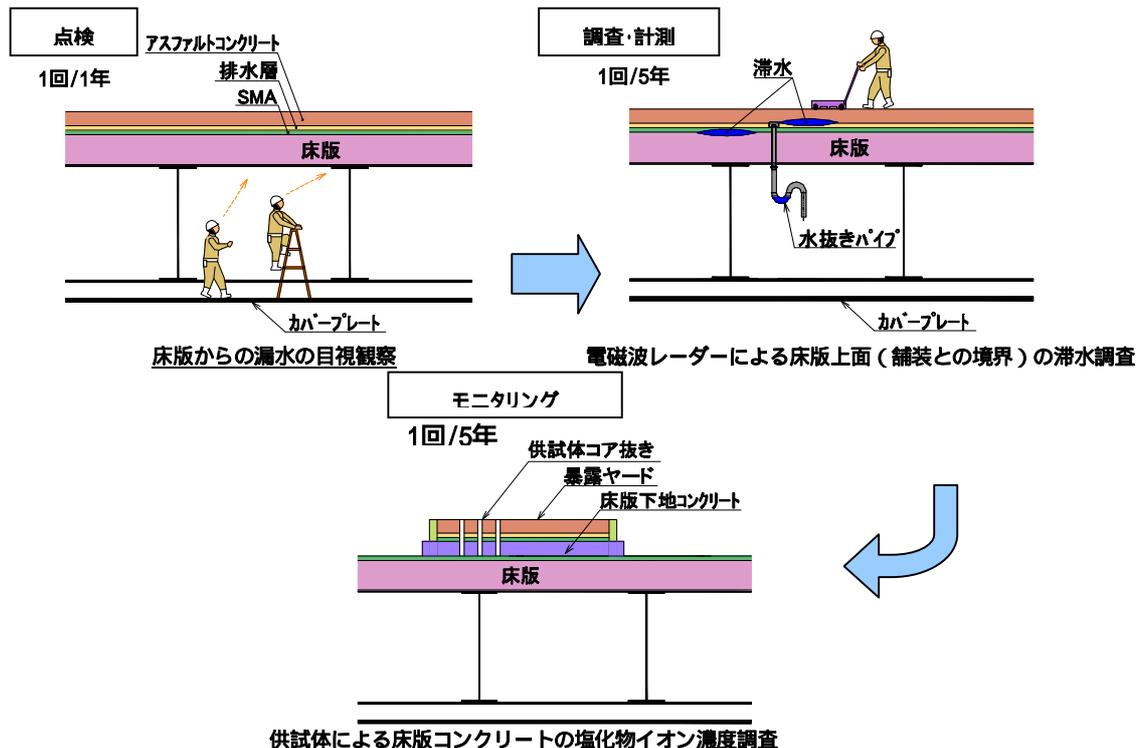


図 3-4 点検、調査・計測、モニタリングの例(栈橋床版)

2) 点検結果のばらつき

劣化度は

A：変状が著しく、安全性能または使用性能が低下している。

B：変状があり、安全性能または使用性能が低下している。

C：変状はあるが安全性能または使用性能の低下はない。

D：変状がないかもしくは軽微な場合である。

の4段階分類を用いる。予防保全では劣化度B以上、事後保全では劣化度Aが補修の対象となる。劣化曲線は平均的には一本の曲線で示されるが、実際には点検結果から判断した劣化度は図3-5に示すようにならつきが生じるものと思われる。予防保全ではこの劣化曲線を描くことが必要であるが、現実の問題としてこのばらつきの程度を含んだ推定方法が必要となる。

図3-5の劣化度のばらつきを時系列軸上で百分率表示したものが図3-6に示す劣化予測分布図である。図では竣工からの年数が経過するに連れ、劣化度分布が悪化して行く状態を現している。

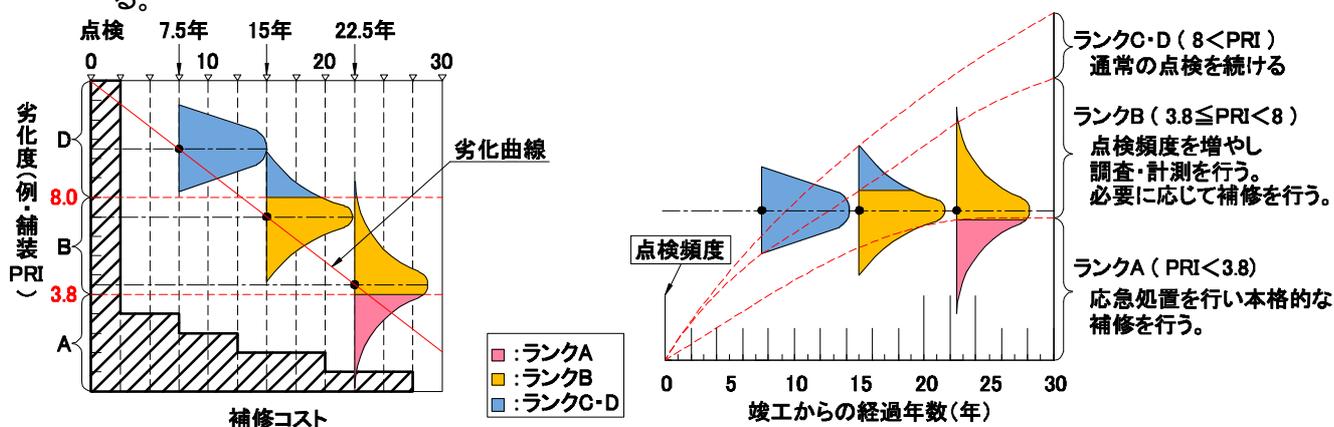


図 3 5 劣化曲線と劣化度判定のばらつきイメージ 図 3 6 劣化度判定と補修対応のイメージ

3) 劣化予測と補修

数値指標の導入により劣化度判定を客観的に行うことが可能となる。劣化度判定の結果は図3-5、図3-6に示すようにばらつきを含んだものであるが、数値指標を用いることで統計的な予測計算も近年は研究されている。点検データの蓄積を重ねることで予測の精度が上り、「何年後にどれだけの補修量が必要とされるか」も凡そ予測が可能となる。

3.3 点検の標準化・DB化

1) マニュアル、工事管理システム、維持管理システムの位置づけ

予防保全を含めた維持管理を確実に実施し、継続的に計画の合理化、適正化を図るため、設計、施工、維持管理の各期間を通じて図3-7に示すような各図書の位置づけを想定している。実施設計を行なっている現段階は 維持管理計画書（施設別の維持管理計画の基本的な考え方、基本方針） 作業手順書（点検、調査・計測、維持・補修工事の具体的な手順） ハンドブック（現場に携帯して点検作業、評価・判定を容易にするための作業標準）の3点セットで方針を取りまとめている。維持管理段階ではこれらの図書に記述されたデータを所定の頻度で取得し、維持管理データベースに記録・蓄積して行く計画である。これらの初期値となるデータは施工期間中に稼働させる工事管理システムなどから転用する。

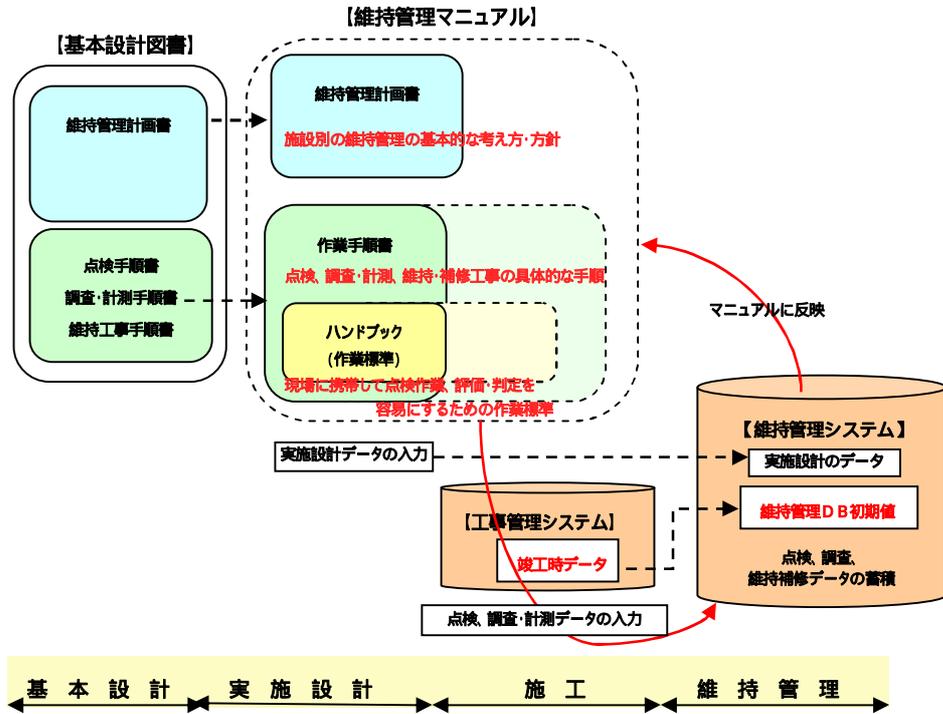


図 3-7 マニュアル、工事管理システム、維持管理システムの位置付け

2) 携帯情報端末による情報の規格化と劣化度の評価

目視観察を基本とした巡回、定期点検は、調査・計測、モニタリングなどと違い、点検員の個人差が入り込み易い。また点検対象が膨大であるため点検忘れ、重複点検などの無駄も発生する可能性は十分ある。これを防ぐ仕組みとして図 3-8 に示すような画面を標示する携帯情報端末 (Personal Digital Assistant) を使用して、現場で点検データを即時入力する点検体制を計画 中である。点検対象の位置情報、点検調査と共に、入力部位のブロック分け、劣化損傷項目と発生位置、劣化度判定の参考例などはハンドブックに記載する。これにより入力規格の統一化、点検忘れ、重複点検の防止に役立つものとする。

記録(点検調査)

点検記録 (様式-1)

施設名称: D 滑走路機橋部 PCA 床版 区画 NO: ○○-△△ 点検実施日: 年 月 日 () 点検者(会社、氏名):

床版部位 NO ※1	状況 有/無	NO	劣化損傷 項目※2	発生位置※2	個別劣化・損傷 の判定※3	床版要素毎 の健全度	判断 (対応・対策)	備考
101	有・(無)							
102	有・(無)							
103	有・(無)	01	①	T20				
104	有・(無)							
105	有・(無)							

PDA 入力画面の一例

現場における入力事項

事務所における入力事項

ハンドブックにおける参考情報

床版部位

劣化・損傷項目と発生位置

劣化・損傷項目	発生位置		劣化・損傷項目	
	発生位置	位置記号	劣化・損傷項目	劣化・損傷項目
滑走路機橋部	PCa 床版	PCa 床版	PCa 床版	PCa 床版
PCa 床版	PCa 床版	PCa 床版	PCa 床版	PCa 床版

健全度判定基準

判定基準	判定ラック毎状況写真	備考
A	ひび割れ幅 0.2mm 以下 ひび割れ長さ 2mm 以下 ひび割れ密度 2~4mm/m ² 以上	
B	ひび割れ幅 0.5~0.2mm ひび割れ長さ 2mm 以上 ひび割れ密度 4~8mm/m ²	
C	ひび割れ幅 0.5~1.0mm で主に一方側に発生 ひび割れ長さ 2mm 以下が 主である。	
D	ひび割れ幅 1.0mm 以上 で一方側に発生 ひび割れ長さ 0.5mm 以下	

図 3-8 携帯情報端末への入力書式例

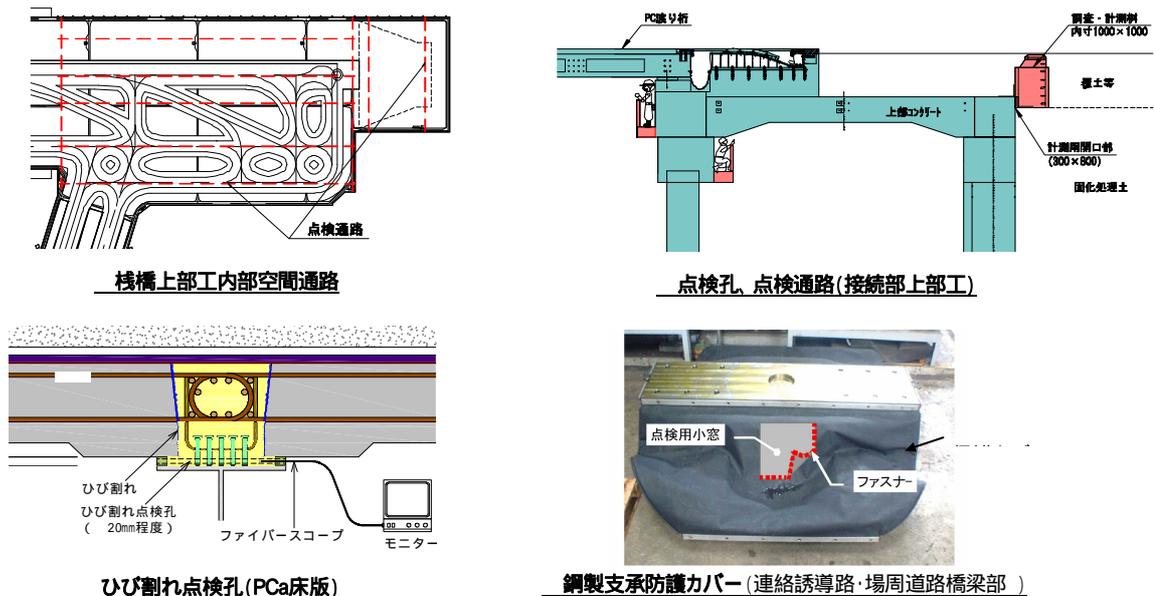


図 3-9 点検、調査、補修が容易な構造詳細、通路 例

3) 設計・施工と一貫性のある維持管理計画

本計画ではさらに、設計・施工と一貫性のある維持管理計画であることがもう 1 つの柱となっており、これは具体的に以下 3 項目を指す。1) 長期耐久性を考慮した構造部材・材質の採用、2) 設計思想を施工工事の品質管理計画に反映すること、3) 点検、調査、補修が容易な構造詳細、通路の確保、の 3 点であり、ここでは特に予防保全の前提ともなる、3) について図 3-9 にその一例を紹介する。

栈橋上部工内空間通路：栈橋の内部空間は防錆のため一定の温度が保たれていること、鋼材の疲労の状況、床版の老朽化の状況について点検できることが求められる。そこで除湿空間内カバープレート上に点検員の移動、資材の運搬が行い得る通路を縦横に設置する。

ひび割れ点検孔 (PCa 床版)：床版の健全性確保は栈橋構造の生命線であり、継ぎ手部のひび割れ、漏水を見逃さないよう点検スキャナーを挿入できる点検孔を設ける。

点検孔、点検通路 (接続部上部工)：複雑な構造となる接続部上部工はその内部、PC 渡り桁の支承、背後の沈下剥離を観察できる点検通路を設ける。

鋼製支承防護カバー (連絡誘導路橋梁部・場周道路橋梁部)：支承は埃、雑物の飛来からこれを守る保護カバーで囲われているが、カバーには点検用小窓を付け、カバーを取り外さずに点検できる構造としている。

以上一例ではあるが、構造上重要な箇所について、細部の点検が可能となるような仕組みを取り付けることで、点検が確実に実行され、本計画の目指す予防的な保全が可能となるものである。