

# 水島港臨港道路における維持管理手法の検討について

横山伸幸\*・松本英雄\*\*・高津宣治\*\*\*

\* 前(財)沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財)沿岸技術研究センター 研究主幹

\*\*\* 国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 先任建設管理官

水島港水島玉島地区臨港道路について、橋梁構造の比較検討を行い橋種の選定(3案)を行った。また、鋼床板の耐久性向上、塗装の簡素化等について検討し、維持管理方針を提案した。

キーワード:維持管理, LCC, 疲労, 塗装

## 1. はじめに

水島港水島玉島地区臨港道路(以下、水島港臨港道路という)は、水島地区と玉島地区を結ぶ全長約2.6km(うち渡河部約1.5km)の臨港道路で、物流機能を担う玉島地区と産業拠点である水島地区を連絡し、この地区の安定的かつ効率的な交通ネットワークの構築を目的としている(図-1参照)。

計画では平成21年度に水島地区・玉島地区の陸上部の工事着手、平成22年度に渡河部の橋梁の工事着手を目指し、21年度は土質調査や地形測量などの現地調査及び設計業務等を行い、橋梁等の構造形式を1案に選定することとしている。本稿では、水島港臨港道の技術検討で行われた維持管理手法について報告する。

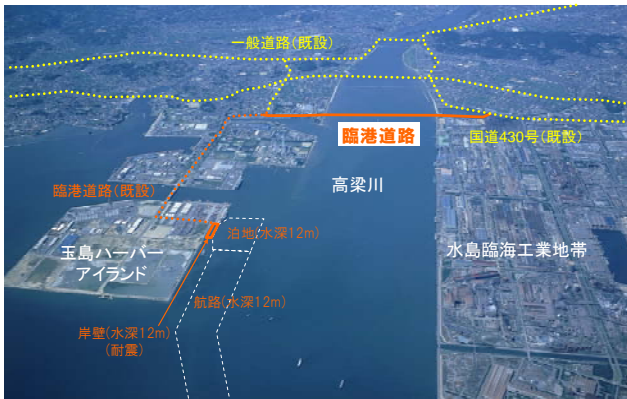


図-1 水島港臨港道路位置図

## 2. 橋梁の概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。また、橋梁一般図を図-2に示す。

臨港道路名:水島港水島玉島地区臨港道路

計画交通量:13,968台/日

道路規格:第4種1級(設計速度60km/h)

活荷重:B活荷重

橋長:2,566m(高梁川渡河部1,485m)

有効幅員:(車道)2@4m+(歩道)3m

縦断勾配:5.0%以下

横断勾配:2.0%以下

本橋は起点側より、玉島地区アプローチ橋梁(L=660m)+高梁川渡河部(L=1,485m)+水島地区アプローチ橋梁(L=421m)となり、主な特徴は以下のとおりである。

- ① 本橋の架設地点は一部が港湾区域にかかっているが、大型船舶の航行はなく、航行船舶による制限はない。
- ② 左右岸堤防と本橋の交差条件は立体交差としており、縦断線形のコントロールとなる。
- ③ 起点側の玉島地区アプローチ区間では、地形条件より波浪の影響を受ける縦断線形であるため、波浪による影響の少ない栈橋形式とした。
- ④ 本地区の地層は、表層15m程度まで軟弱層が堆積しており、深度20mにN値50以上の砂礫層(支持層)がある。

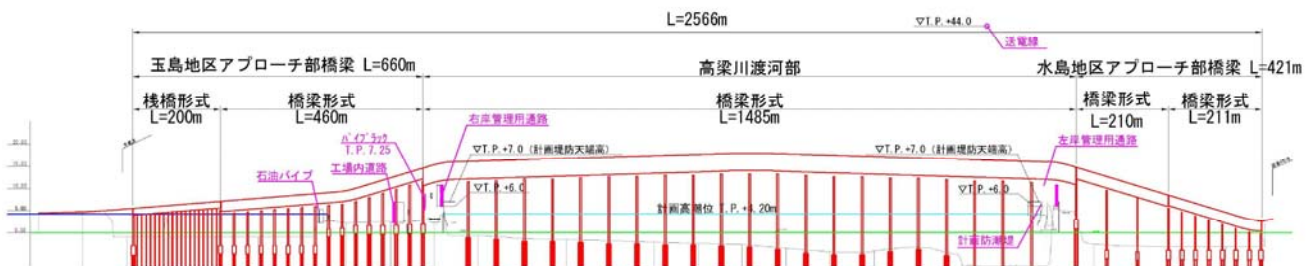


図-2 水島臨港道路一般図

### 3. 構造形式の選定

本橋の橋梁形式を選定するにあたっては、まず鋼橋、PC 橋について上部工形式適用支間長<sup>1), 2)</sup>より対応橋種を抽出した。抽出する際は耐震性能を考慮し、単純桁は採用せず連続構造とした。次に鋼橋、PC 橋各々について抽出された橋種の最適支間長を検討し、1次選定案(最大10案)を抽出した。高梁川渡河部については河川条件より、基準径間長の50m以上から抽出した。

本検討では1次選定された最大10案より、下記評価項目に着目して3案の構造形式を抽出した。

経 済 性：既往の実績単価より概算工事費を算出

施 工 性：上・下部工の現地施工期間を評価

維持管理性：上部工の構造部材数、床版補修の難易、補修期間を評価

走 行 性：上部工剛性、伸縮装置数などを評価

景 観 性：風景への阻害要素の有・無で評価

構造形式の抽出時は鋼橋、PC 橋などバリエーションにも配慮した。高梁川渡河部の選定結果を下記に、選定案を表-1に示す。

- 1案：19 径間RC床版箱桁（支間長 67m）
- 2案：16 径間鋼床版箱桁（支間長 80m）
- 3案：13 径間PC箱桁（支間長 99m）

表-1 高梁川渡河部の選定案

案種	R C床版鋼箱桁	鋼床版鋼箱桁	P C箱桁
上部工橋路断面図			

### 4. 維持管理手法の検討

#### 4.1 維持管理方針

水島港臨港道路は、本地域における人流および物流の要となるきわめて重要な施設であり、車両荷重などによる経年的な変状、部材の劣化、および地震力などの外力に対し、安全性、修復性、使用性などの要求性能を満たすように、適切に維持管理する必要がある。

また本橋梁は臨海部に設置されるため、厳しい環境条件下のもと下記事項にも配慮し検討を進める必要がある。

塩害対策：臨海部に設置される橋梁であり、飛来塩分が多い。

疲労対策：臨港道路であるため大型車の通行量が多く、鋼部材の疲労損傷への配慮が必要。

点検方法：架設地点が海上であるため、維持補修、点検が陸上橋梁に比べ難しい。

このような条件のもと、施設の設計供用期間を100年とし、維持管理手法の検討を行った。

### 4.2 維持管理レベル

維持管理レベルを定める際には、本橋梁の設置目的、供用期間、要求性能、設計の考え方、施設の代替性等を考慮の上、維持管理レベルを適切に定める必要がある。

本橋における維持管理レベルの設定については、部材の重要度、管理の難易度、補修作業の難易度、供用交通への影響、LCCを考慮し表-2のように定めた<sup>3)</sup>。また維持管理レベルの概念図を図-3に示す。

表-2 維持管理レベル

維持管理レベルⅠ (事前対策型)	維持管理レベルⅡ (予防保全型)	維持管理レベルⅢ (事後保全型)
高い水準の劣化対策を行うことにより、供用期間中に要求性能が満たされなくなる状態に至らない範囲に損傷劣化を留める。	損傷劣化が軽微な段階で、小規模な対策を頻繁に行うことにより、供用期間中に要求性能が満たされなくなる状態に至らないように性能の低下を予防する。	要求性能が満たされる範囲内で、損傷劣化に起因する性能低下を有る程度許容し、供用期間中に1~2回程度の大規模な対策を行うことにより、損傷劣化に事後的に対処する
補修作業を行う上で作業が出来ない、または、他の部位に大きく影響を及ぼす部位	補修作業が可能であり、維持管理レベルⅠとするよりLCCの面で優位となる部位	補修または取り替えが容易に行える部位

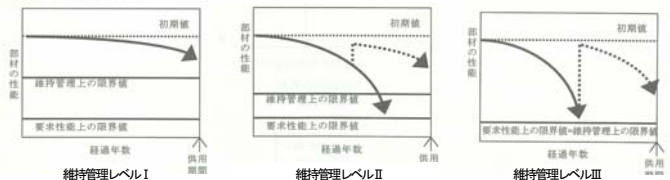


図-3 維持管理レベル概念図

### 4.3 各部材の維持管理レベルの設定

主要部材及び橋梁付属物について表-3のように維持管理レベルを設定した。

表-3 各部材の維持管理レベル

分類	部位	維持管理レバ	維持管理上の留意点
塗装	鋼部材全般	Ⅱ	現時点で塗装の耐用年数は、全設計供用期間より短いため、予防保全的な対策を実施することを計画しておくことで、変状が発生しないようにする維持管理レベルⅡを設定した
床版	鋼床版 デッキプレート	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計することで、耐用年数を全供用期間としている。事前対策を設計時点から計画していることから、変状が発生しないようにする維持管理レベルⅠを設定した
	R C床版 P C床版 合成床版	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計しており、さらに塩害区分「S」として設計を行い、塩害に対する対策としてかぶりの確保、防食鉄筋の使用等により、耐用年数は全設計供用期間としている
網桁	主桁 縦リブ・横リブ	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計しており、耐用年数を全設計供用期間としている。事前対策を設計時点から計画していることから、変状が発生しないようにする維持管理レベルⅠを設定した
支承部	支承本体 台座・沓座 コンクリート	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計していることより、耐用年数は全設計供用期間としている。ただし、雨水、塩分等がたまりやすく、変状の発生しやすい箇所でもあるため、点検に基づく維持管理の必要性は高い。
支承部	支承本体 台座・沓座 コンクリート	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計していることより、耐用年数は全設計供用期間としている。ただし、雨水、塩分等がたまりやすく、変状の発生しやすい箇所でもあるため、点検に基づく維持管理の必要性は高い。

分類	部位	維持管理レベ	維持管理上の留意点
伸縮装置	鋼製フィン ガージョイント	Ⅲ	通行車両の走行性確保、安全性確保に重要な部材であるものの、劣化予測項目の設定、劣化予測は難しく、予防保全としての対策は容易でない。したがって、事後保全的な対策を実施する維持管理レベルⅢを設定した。
下部構造	RC橋脚	Ⅰ	道路橋示方書に基づいて設計しており、さらに塩害区分「S」として設計を行い、塩害に対する対策として、かぶりの確保、防食鉄筋の使用等により耐用年数は全設計供用期間としている。
橋梁付属物	落橋防止高欄・防護柵 照明施設・標識	Ⅲ	安全性確保に重要な部材であるものの、劣化予測項目の設定、劣化予測は容易でない。また予防保全としての対策も容易でない。したがって、事後保全的な対策を実施する維持管理レベルⅢを設定した
	排水管 橋梁検査路 通信管路	Ⅲ	橋梁の維持管理上重要な部材であるものの、劣化予測項目の設定、劣化予測は容易でない。また予防保全としての対策も容易でない。したがって、事後保全的な対策を実施する維持管理レベルⅢを設定した
舗装	舗装	Ⅱ	現時点で舗装の耐用年数は、全設計供用期間より短いため、予防保全的な対策を実施することを計画しておくことで、変状が発生しないようにする維持管理レベルⅡを設定した

#### 4.4 耐久性向上への対策

施設の設計供用期間を100年として、主要部材及び橋梁付属物について維持管理レベルを設定した。本橋は厳しい環境化に置かれることから、材料の劣化、部材の損傷等により供用期間中に性能の低下が生じる可能性が高く、供用期間中に要求性能を満たさなくなる状態に至らぬように、適切に維持管理を行う必要がある。

また維持・補修の頻度を低減するために、各部材について当初から耐久性向上対策を図ることが重要である。本橋上部工に適用できる対策の一覧を図-4に示す。各種の耐久性向上対策の中から、橋梁の補修・点検要因の多くを占める①鋼床版の耐久性向上及び、②鋼橋塗装の省力化・耐久性向上について具体的に述べる。

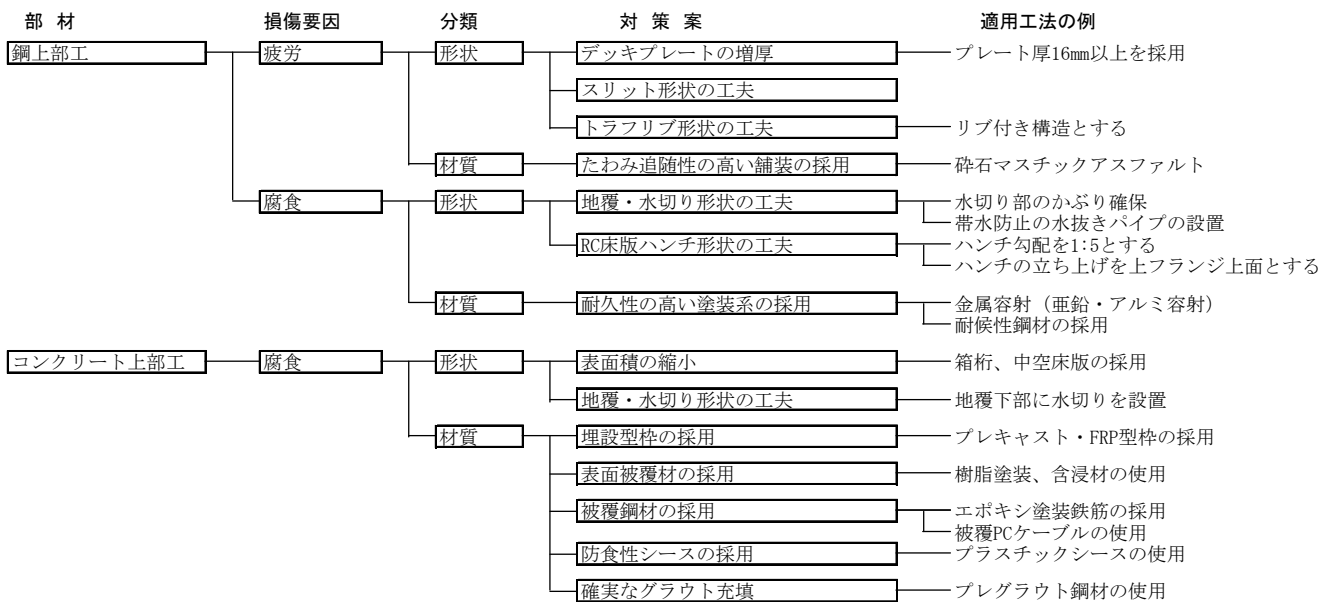


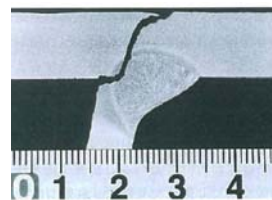
図-4 上部工の耐久性向上策の例

#### (1) 鋼床版の耐久性向上対策

##### 1) 鋼床版の疲労損傷事例

鋼床版は軽量であるため、大スパンの橋梁などで採用されてきたが、近年、交通量の多い橋梁を中心として鋼床版構造に多くの疲労損傷が報告されている。従来の鋼床版は板厚が12mm程度のデッキプレートとそれを補剛する縦リブ・横リブなどによって構成された構造であり、自動車輪荷重の直接的な影響で各構成部材が複雑な挙動をし、部材交差部などで局所的に高い応力が発生して疲労損傷につながっていると考えられる。

鋼床版デッキプレートの周囲に発生する主な疲労亀裂を写真-1に示す。



①デッキプレートとトラフリップの縦方向溶接に発生した亀裂



②スリットまわり溶接部トラフリブ側端に発生した亀裂

写真-1 鋼床版に発生する疲労亀裂

##### 2) 疲労耐久性の向上対策

東京臨海大橋(仮称)の技術検討業務<sup>4)</sup>を参考に、本橋における適用性について検討した。技術検討業務では①FEM解析による応力検討、②静的載荷試験及び疲労試験による確認、③鋼床版構造の提案を行っている。

また、技術検討業務では疲労強度を更に高めるために以下の2つの点からスリット形状の検討を行っている(図-5参照)。

①スリット形状によるアプローチ

②部材を追加することによるアプローチ



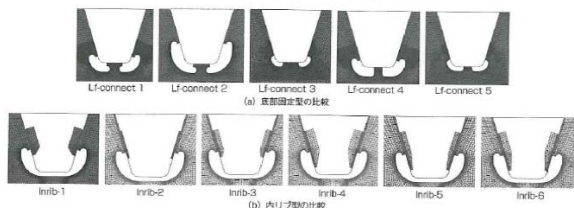


図-5 スリット形状の検討

3) 鋼床版構造の提案

水島港臨港道路も大型車の通行量が多く、鋼部材の疲労損傷への配慮が必要になるため、東京臨海大橋（仮称）の技術検討業務を参考に、図-6 に示す鋼床版構造を提案した。

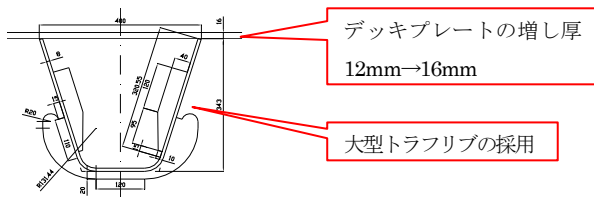


図-6 鋼床版構造

(2) 鋼橋塗装の省力化・耐久性向上対策

1) 塗装の課題

水島港臨港道路における塗装の課題点として以下が挙げられる。

- ① 塩害地域S地区であるため、塗装に損傷が生じた場合、母材の腐食の進行が早く、これに伴う鋼桁の耐力劣化が懸念される。
- ② 渡河部は橋長が長く海上部であるため、点検が難しく桁の腐食を発見しにくい。
- ③ 本橋は耐用年数が長く、塗装のLCCに占める割合が高い。

2) 対策工法

防食工法の選定は、「鋼道路橋塗装・防食便覧」<sup>5)</sup>に従い、下記に示す3工法について比較を行った。

① 塗装仕様

・本橋は厳しい腐食環境にあるため、「鋼道路橋塗装・防食便覧」に従いC-5系塗装を選定する。

② 亜鉛・アルミ溶射

- ・亜鉛、アルミニウムを同時に溶射して各々が混在して積み重なった皮膜を形成する。
- ・耐用年数が塗装に比べ長い場合、LCCの低減が期待できる。
- ・工場、現場で容易に作業が出来るが、現場継ぎ手部、狭隘部などの溶射に不確実性がある。
- ・景観へ配慮し、溶射皮膜の上に着色塗装が可能であり、塗装と併用することで更に防食性能が向上する。

③ 耐候性鋼材（ニッケル系高耐候性鋼材）

・Cu, Cr, Ni等の合金元素を含有し、経時変化とともに表面に緻密で密着性の高いさびを形成する。

- ・初期コストが最も高価であるが、LCCの低減が期待できる。
- ・初期に流れさびを生じるため、表面処理を施す場合が多い。
- ・ニッケル系高耐候性鋼材については、飛来塩分量により適用を制限されるため、事前に塩分量測定が必要となる。

3) LCC比較

防食工法に挙げた3工法について、LCCの比較を図-7に示す。ニッケル系高耐候性鋼材の適用がLCCにおいて最も安価となる。

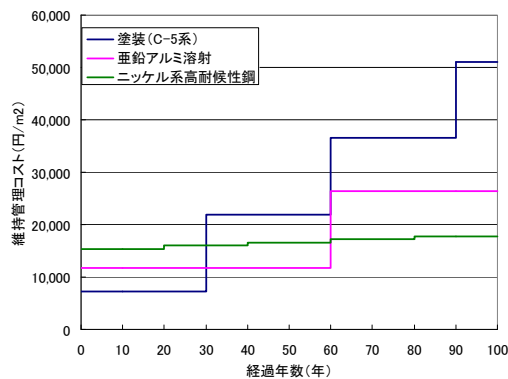


図-7 防食工法LCC比較図

水島港臨港道路は塩害対策区分がS地区であり、腐食環境の厳しい条件下にある。そのため塩害環境化での使用実績の少ない亜鉛・アルミ溶射及び、耐候性鋼材などは使用に際し、事前に十分な調査が必要であるが、鋼橋塗装の省力化、耐久性向上対策としては有効な方法である。

5. おわりに

水島港臨港道路においては、紹介した検討項目のほか、性能規定の検討など種々の検討を行っているが、今後、本検討事項を参考に、基本設計及び詳細設計が実施される。本検討においては、早稲田大学大学院清宮理教授を委員長とする水島港水島玉島地区臨港道路技術検討ワーキンググループの委員の方々にご審議、ご指導をいただいた。これらの方々への感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会：鋼橋デザインデータブック '06
- 2) 中国地方整備局：PC橋土木工事設計マニュアル
- 3) 港湾空港建設技術サービスセンター：港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き、平成20年12月
- 4) 諸星一信他、東京臨海大橋（仮称）における技術開発とコスト削減、橋梁と基礎、2008-7, 9, 10, 11, 12
- 5) 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧、平成17年12月