

『塩害環境下で維持管理に配慮した鋼細幅箱桁橋の設計』

株式会社フジヤマ 社会基盤整備部

小島太郎 大庭良隆 勝木俊介

1. はじめに (概要も含む)

現在、我が国では社会資本（インフラ）の急激な老朽化への対策が重要な課題となっている。中でも、道路橋は、約10年後には建設から50年以上経過する橋梁が全体の半分以上を占める見込みであり、維持管理・更新の更なる効率化が求められている。新設橋梁においても同様であり、これまでは初期建設費の縮減に重きが置かれていたが、近年では設計供用期間100年^{*1}を見据えた維持管理性能の向上（維持管理費の縮減や点検・補修の容易化等）が強く求められている。

本設計は、愛知県豊橋市の臨海工業地帯周辺における交通渋滞の緩和と物流ネットワークの強化を目的に、国道と主要地方道を連結する新規アクセス道路のうち、港湾管理の水路を跨ぐ3径間連続非合成鋼箱桁橋について、大型車の頻繁な往来に対する走行安全性を確保し、維持管理面においても積極的な対策を検討した橋梁詳細設計である。

特に、交差水路は工業地帯（埋立地）と本土を分断して湾から湾へと流れており、水路内の塩化物イオン濃度が通常の海域と同程度に高いことから、入念な塩害対策が必要であった。



図-1 位置図



図-2 対象橋梁の側面図

2. 課題・問題点

(1) 鋼橋の塩害対策

架橋位置のような塩害環境下の場合、鋼橋は鋼材の腐食速度が速く、塗装塗替えの頻度が高くなることから、維持管理コストの面からコンクリート橋を採用とするケースが多い。

当該橋梁の予備設計では、採用案以外に4径間連結PCT桁橋（セグメント桁）が抽出されたが、架橋位置の地盤条件や水路内施工の観点から橋脚1基当たりの初期建設コストや施工日数への影響が大きく、分担重量も鋼橋より重い分、コンクリート橋では下部工形状が大きくなることから、総合評価の結果、採用しない方針となっていた。

詳細設計では、鋼橋を前提とした上で塩害の影響を最小限とするために、維持管理面（耐久性、点検・補修の容易さ等）に配慮した対策を行うことが求められた。

(2) 縦断線形の改善

架橋位置は起点部交差点（現況は丁字路）から約300m 終点側に位置しており、以降に示す制約を踏まえ、交差点の安全性確保（停止線位置における安全な車両停止）の観点から、公安委員会から予備設計時の縦断線形に対する改善（緩勾配化）を求められた。

- ① 架橋位置まわりの制約条件により、架橋位置から起点部交差点までにR=160mの曲線区間が必要となり、交差点までの見通しにやや難が生じる（図-3参照）。
- ② 水路左岸側における港湾管理道の建築限界と架橋位置から約150m 終点側に位置する現道（市道）とのすりつけによる制約から、橋梁部にクラウンを設けた縦断線形とせざるを得ず、起点側縦断勾配が急勾配となる（図-4参照）。

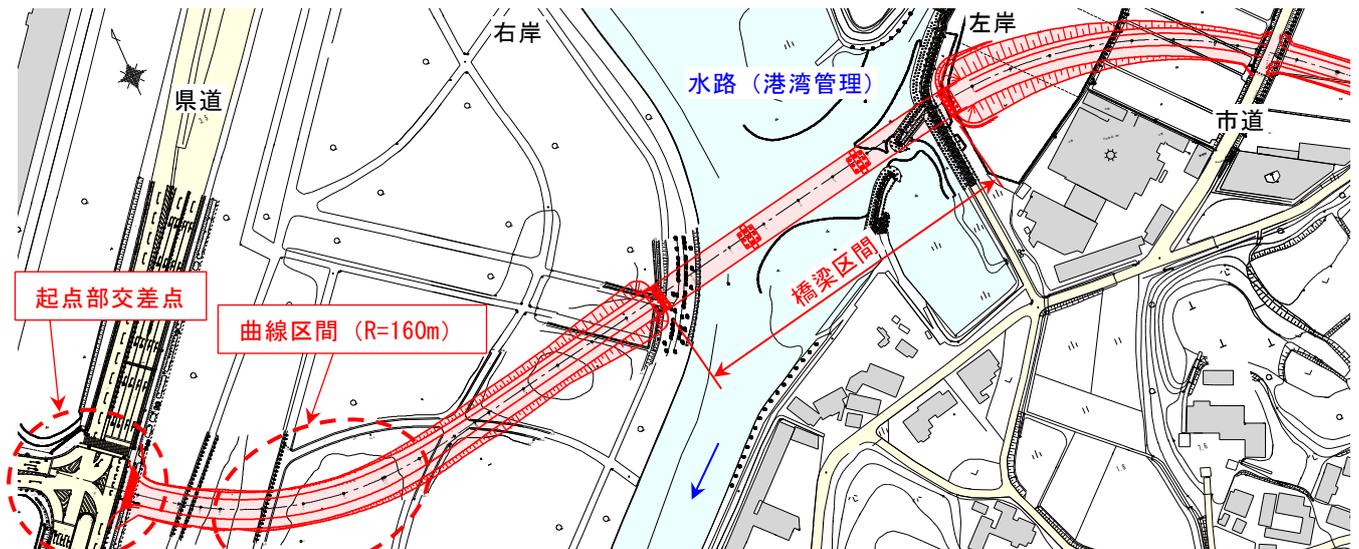


図-3 平面図

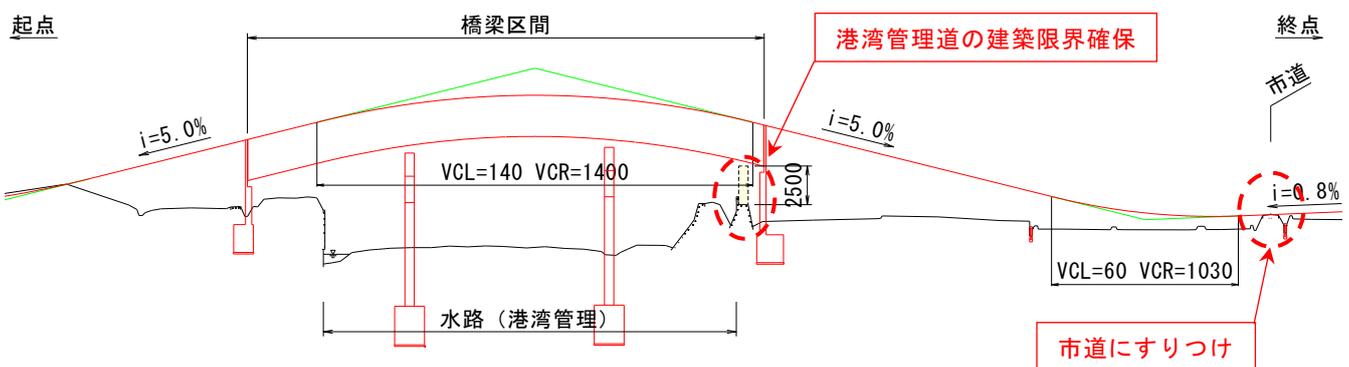


図-4 橋梁予備設計時の縦断図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 橋梁形式の提案

橋梁予備設計では、標準の箱桁形状（全幅員13.5mに対して主桁（箱桁）数2本、縦桁数3本）が推奨されていた。縦桁はブラケット等の取付部材を含めて部材数および凹凸部が多くなり、飛来塩分が付着しやすいことが懸念された。

本設計では、表-1に示す合理化桁を含む3形式（桁高検討を行い最適桁高を設定）で橋梁形式比較し、鋼材の耐塩害性、点検の容易性が向上し、かつ道路縦断勾配の緩和が可能な第2案の3径間連続鋼細幅箱桁橋（RC床版）を採用した。床版は、床版支間からRC床版と合成床版の双方が考えられたが、コスト面に配慮してRC床版とした。なお、第3案の2主桁（合成床版）は更に床版の疲労耐久性と鋼材の耐塩害性の向上が期待できたが、床版打替え時の半断面施工が煩雑となること、コスト面の負担が大きいこと等から不採用とした。

採用案は構造高を低く抑えることができ、更に起点側土工部の縦断勾配変化点位置を調整した結果、起点側縦断勾配を5.0%から2.4%まで緩くする

ことが可能となった。一般に交差点まわりで要求される緩勾配が2.5%以下※2)であることから、交差点の安全性は十分確保できるものと判断でき、公安委員会の承諾を得ることが出来た。

(2) 更なる耐塩害性の向上

1) 桁間防護板の採用

塩害環境下で設計供用期間100年を見据えるとともに、ミニマムメンテナンスに配慮した主桁等の鋼部材やRC床版の更なる耐塩害性向上対策として、桁間防護板の使用を検討し、採用した。

桁間防護板は、主桁下フランジの張出部に重ねて設置し、巻き上げによる飛来塩分付着が懸念される桁間の部材（鋼部材、床版）を覆い隠す構造である。その他の期待できる効果を以下に述べる。

- ① 防護板に覆われた桁間は、箱桁内部同様に密閉空間である。従って、塗装系は内面用塗装が適用可能となり、塗装費用の低減が期待できる。
- ② 桁間防護板の耐荷能力は500kg/m²程度を有し、資機材人力搬入も可能であることから、吊り足場や仮設備等のコスト削減・施工性向上が期待できる。

表-1 桁配置および床版形式の比較表

案	第1案 2主桁（RC床版）※予備設計案		第2案 3主桁+RC床版 ※縦桁無し		第3案 2主桁+鋼コンクリート合成床版 ※縦桁無し	
概略図						
経済性	初期建設コスト	749 百万円	初期建設コスト	732 百万円	初期建設コスト	815 百万円
	維持管理コスト	499 百万円	維持管理コスト	463 百万円	維持管理コスト	532 百万円
	ライフサイクルコスト	1,248 百万円	ライフサイクルコスト	1,195 百万円	ライフサイクルコスト	1,347 百万円
	比率	(1.04)	比率	(1.00)	比率	(1.13)
構造高	第3案と概ね同等。 △		3案中最も低い。 ◎		第1案と概ね同等。 △	
構造の一般性	従来の箱桁構造。 ◎		RC床版支間が3mを超え、事例がやや少ない。 ○		合成床版支間が6mを超え、公共機関の事例がほとんどない。 △	
床版の耐久性	合成床版と比較して疲労耐久性に劣る。 ○		合成床版と比較して疲労耐久性に劣る。 ○		疲労耐久性に優れる。 ◎	
鋼材の耐塩性	凹凸部が多いので飛来塩分の影響を受けやすい。 △		第1案より凹凸部が少なく、飛来塩分の影響が小さい。 ○		凹凸部が最も少なく、飛来塩分の影響は最小。 ◎	
施工性	施工日数は全案同程度だが、部材数が多い分、施工が煩雑。 △		施工日数は全案同程度だが、桁架設がシンプル。 ○		施工日数は全案同程度だが、桁架設がシンプル。 ○	
点検の容易性	部材数が多く、点検が煩雑。 △		部材数が少なく、点検が比較的容易。 ○		部材数が少なく、点検が比較的容易。 ○	
総合評価			○			

表－2 防護板設置の比較表

案	第1案 防護板無し		第2案 桁間防護板		第3案 全面防護板	
概略図						
経済性	初期建設コスト	851 百万円	初期建設コスト	880 百万円	初期建設コスト	1,424 百万円
	維持管理コスト	282 百万円	維持管理コスト	231 百万円	維持管理コスト	114 百万円
	ライフサイクルコスト	1,133 百万円	ライフサイクルコスト	1,111 百万円	ライフサイクルコスト	1,538 百万円
	比率	(1.02)	比率	(1.00)	比率	(1.38)
床版の耐塩性	防護されていないので劣化速度は速い。	△	防護されている桁間は劣化が生じにくい。	○	張出部含めて全体が防護されており、劣化が生じにくい。	◎
施工性	検査路の組立、横桁への取付があり、やや煩雑。	△	下フランジに人力で取り付けるだけなので容易。	○	防護板取付に吊り金具や支持材が必要であり、やや煩雑。	△
点検の容易性	検査路や点検車からの点検となり、やや困難。	△	桁間は防護板上から徒歩で点検可能。	○	側面を除き、防護板から徒歩で全面点検可能。	◎
補修の容易性	基本的に吊り足場が必要。	△	桁間の補修であれば吊り足場は不要。	○	側面を除き、全面的に吊り足場が不要。	◎
総合評価			○			



図－5 桁間防護板の事例（沖縄）

③ 桁間部材の点検時、橋梁点検車や検査路では床版までの離れが大きく、近接目視が困難である。防護板上からの近接目視は、離れが小さく作業床も安定していることから、点検の精度・効率の大幅な向上が期待できる。

防護板の材質は、主桁への影響軽減の観点から軽量のFRP製とアルミニウム合金製が存在し、本設計では塩害環境下において耐久性に優れるFRP製(工法名:FRP防護板, NETIS登録No. CBK-130001-A)を採用した。

2) 金属溶射の適用

鋼部材（主桁、支承等）の防食方法について、

重防食塗装と金属溶射で検討を行い、ライフサイクルコストの観点から海岸部における耐用年数が120年^{※3)}である金属溶射を適用した。一般に金属溶射は初期建設費が嵩むことから、主桁等の主部材に適用するケースは少ないが、防護板の使用により下フランジ下面および外桁側面のみ適用でよく、コスト負担が軽減され採用に至った。

4. おわりに

当該橋梁は、沿岸部の鋼橋塩害対策が求められ、かつ港湾の水路を跨いでいるために、点検時に橋梁点検車を必要とし手間も要するという条件であった。本設計では桁間防護板の採用により、鋼部材および床版の耐塩害性、点検精度・効率の向上が可能となった。本設計に限らず、類似条件でも同様の効果が期待できると考える。今後もミニマムメンテナンスへの活用を努めていく所存である。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017. 11

2) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2021. 4

3) 日本橋梁建設協会：技術短信 No. 10 鋼橋のライフサイクルコスト，2009. 10