

## 大阪湾岸道路西伸部における多径間連続斜張橋の剛性改善に関する検討

阪神高速道路

正会員 ○杉山裕樹 岡上政史 正会員 佐藤彰紀

大日本コンサルタント

正会員 中村正人 正会員 松浦雅史 正会員 吉岡 勉

## 1. はじめに

大阪湾岸道路西伸部（図-1）では、計画コンセプトに基づき、世界最大規模の多径間連続斜張橋<sup>1)</sup>を計画している。本橋の課題のひとつとして従来の斜張橋に比べ橋全体の剛性が低い構造特性がある。そこで、本稿では図-2に示す多径間連続斜張橋に対して合理的な剛性改善策の検討を行った結果を示す。

## 2. 構造特性の把握および改善対策の検討

図-3に多径間連続斜張橋の構造特性を示す。従来の斜張橋では本橋の側主塔と同様に中間橋脚や端橋脚によってケーブルを介して主塔の変形が拘束されるが、本橋の中央主塔ではその効果が小さくなり、中央径間中央の主桁の鉛直変位が大きくなる。この剛性改善対策として、既往の事例ではケーブルによる工夫と主塔形状による工夫があげられる。表-1にケーブル改善に対する効果の検証を行った結果を示す。ケーブルクロス案および塔頂主桁ケーブル連結案は既往の事例で対策された案ではあるが、いずれも3主塔の多径間連続斜張橋であり、本橋のように4主塔の場合には効果が小さいことが確認された。また、タワーサポートケーブルは効果的ではあるが、景観上の観点から採用を見送っている。主塔形状による剛性改善対策効果の検証結果を図-4に示す。同じ剛性改善効果に対する経済性などの観点から橋軸方向にA形状の主塔が最も効果的であることを確認した。

## 3. 改善対策の効果検証

## (1) 検討条件

橋軸方向A形状とした主塔の効果を主塔剛性の違いにより検証を行う。比較検討案は、図-5に示した無対策案（ダイヤ型主塔）と剛性改善対策となる橋軸A型主塔案とし、橋軸A型主塔は主塔基部間隔をパラメータ（基部間隔20m, 33m）として主塔剛性を变化させた2つの案に対して検証を行う。主塔は鋼製主塔、主桁は鋼床版1箱桁とするが、橋軸A型主塔は主桁中央に開口を有する上下線分離構造である。荷重は道路橋示方書に基づきB活荷重とし、影響線載荷を行った。着目箇所は変形特性から変動の大きい中央径間中央の主桁交番応力、中央径間中央の主桁鉛直変位、中央径間側最上段ケーブルの張力変動と初期建設費とした。なお、比較として従来からある2主塔斜張橋（支間長600m）での試算結果も示す。

キーワード 多径間連続斜張橋、剛性改善、活荷重たわみ、大阪湾岸道路西伸部

連絡先 〒650-0041 神戸市中央区新港町16-1 阪神高速道路(株) 神戸建設部 TEL078-331-9801

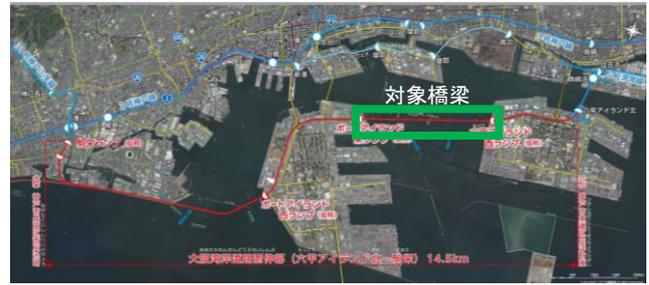


図-1 検討対象橋梁

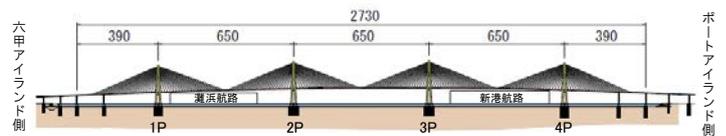


図-2 検討対象橋梁

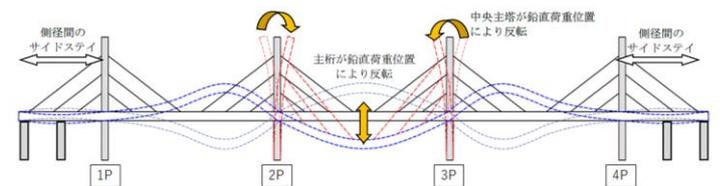


図-3 多径間連続斜張橋の構造特性計画コンセプト

表-1 橋梁形式案の計画コンセプトへの適合性と経済性の比較

対策案	タワーサポートケーブル案	ケーブルクロス案	塔頂主桁ケーブル連結案
構造概要			
鉛直変位 *1	0.46 ○剛性改善大	0.71 △剛性改善小	0.40 ○剛性改善大
経済性 *2	1.07 ○コスト小	1.24 △コスト大	1.23 △コスト大
評価	効果的だが、景観、維持管理性、船舶航行リスクに課題 △	鉛直変位の改善効果が小さい ×	構造性に課題（ケーブル振動） ×

\*1: 活荷重による主径間中央部の主桁の鉛直変位。無対策時を1.00とした比率

\*2: 無対策時を1.00としたケーブル工の初期コスト

主塔形状 (左: 橋軸直角, 右: 橋軸)			
経済性	1.00	1.01	1.12

図-4 主塔形状の比較

## (2) 検討結果

中央径間中央の主桁デッキの交番応力結果を図-6 に示す。無対策に比べ、主塔を橋軸 A 型とすることで、応力は  $115\text{N/mm}^2$  から  $84\text{N/mm}^2$  に 27% の低減効果が確認された。さらに剛性を上げることで  $84\text{N/mm}^2$  から  $77\text{N/mm}^2$  に 6% 低減するが、その効果は鈍化する。また、基部間隔 20m とすることで従来斜張橋と比べ 3 割程度の違いにまで改善している。

次に中央径間中央の主桁鉛直変位を図-7 に示す。無対策に比べ、主塔を橋軸 A 型とすることで、鉛直変位は 48% 低減する。さらに剛性を上げることで 16% 低減するが、その効果は鈍化する。また、基部間隔 20m とすることで既往の多径間連続斜張橋のうち、最大支間長を有する Queensferry Crossing Bridge (イギリス)<sup>2)</sup> の鉛直変位を下回ることが確認できた。

中央径間側最上段ケーブルの張力変動を図-8 に示す。無対策に比べ、主塔を橋軸 A 型とすることで、張力変動は  $525\text{N/mm}^2$  から  $319\text{N/mm}^2$  に 39% の低減効果が確認された。さらに剛性を上げることで  $319\text{N/mm}^2$  から  $263\text{N/mm}^2$  に 11% 低減するが、その効果は鈍化する。また、基部間隔 20m とすることで道路橋示方書に示されているケーブルの調査・解析係数、部材・構造係数の適用範囲の上限値を下回ることが確認できた。

斜張橋全体の初期建設コスト比と主塔及び主塔基礎のみのコスト比を図-9 に示す。主塔を橋軸 A 型とすることで建設費は増加し、さらに剛性を上げることでほぼ比例してコストが増加していく。

以上より、橋軸 A 型主塔 (基部間隔 20m) とすることで、従来の長大橋と比較して遜色なく、また、同種の既往橋梁とも同等レベルに構造特性を改善することが可能であることを確認した。橋軸 A 型主塔の基部間隔が広いほど改善効果は高いが、橋軸 A 型主塔の基部間隔と改善効果は鈍化する一方で経済性はほぼ比例して増加することから、橋軸 A 型主塔の基部間隔 20m の方が合理的である。

## 4. まとめ

本稿では支間長 650m の多径間連続斜張橋の剛性改善対策について検討を行った。ケーブルシステムや主塔形状による対策の検討を行った結果、主塔を橋軸方向に A 形状とすることが有効な対策であることを示した。また、橋軸 A 型主塔の基部間隔をパラメータとして、従来の一般的な主塔形状と比較した結果、基部間隔が広いほど改善効果は高いが、その効果は鈍化する一方、経済性はほぼ比例して増加するため、橋軸 A 型主塔の基部間隔 20m の方が合理的であることを示した。

## 謝辞

本検討にあたっては、大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会 (委員長: 横浜国立大学藤野陽三上席特別教授) の委員の方々に貴重なご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

**参考文献** 1) 杉山ほか: コンセプト設計に基づく長大橋の橋梁計画～みなと神戸に架かる橋～, 土木学会第 75 回年次学術講演会, 2020. 9.  
2) Hussain N., Carter M., Kite S., Minto B.: Forth Re-placement Crossing - Concept Design, IABSE Symposium London 2011, 2011. 9.

ケース	ケース1	ケース2	ケース3
概要	無対策案 (ダイヤ型主塔)	橋軸A型主塔案 (基部間隔20m)	橋軸A型主塔案 (基部間隔20m)
主塔形状 (左: 橋軸直角, 右: 橋軸)			
主桁形状			

図-5 検討対象主塔形状

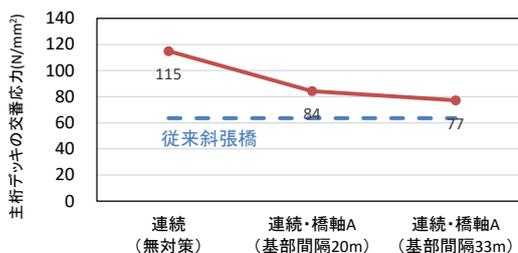


図-6 主桁デッキの交番応力の比較

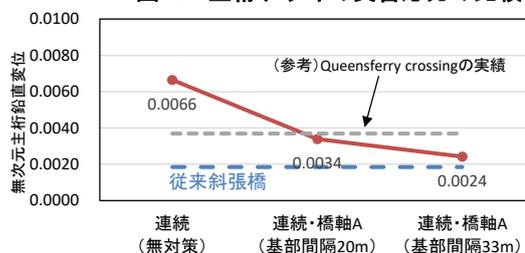


図-7 主桁鉛直変位の比較

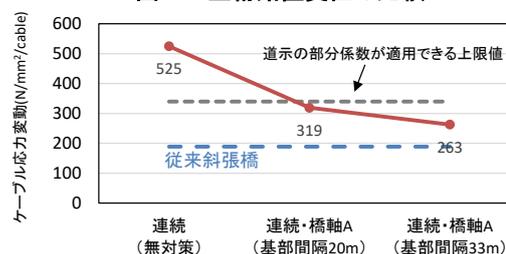


図-8 ケーブル応力変更の比較



図-9 初期建設費の比較

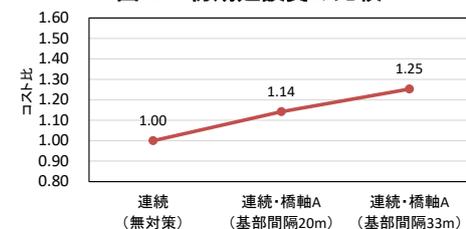


図-10 初期建設費 (主塔・基礎のみ) の比較