

新たな形式の超長大橋について

土木研究所 正会員 麓 興一郎 川崎重工業(株) 正会員 尾立 圭巳
 同上 正会員 村越 潤 川田工業(株) 正会員 須澤 雅人
 同上 正会員 吉岡 勉 住友重機械工業(株) 正会員 齊藤 善昭
 本州四国連絡橋公団 正会員 秦 健作 日立造船(株) 正会員 白井 秀治

1. はじめに 現在、我が国では各地において海峡を横断する道路が構想されており、これらの計画では明石海峡大橋を超える規模の超長大橋が必要となる可能性がある。著者らは共同研究により、二箱桁と一箱桁を併せたハイブリッド桁構造と、吊橋と斜張橋を併用したケーブルシステムを持つ新形式の超長大橋（以下、「斜張吊橋」と呼ぶ）を提案した¹⁾。現在、土木研究所構内にある大型風洞施設において全橋模型試験が行っているところである。本文では、提案した斜張吊橋における基本形状のコンセプトについて報告する。

2. 提案した新形式超長大橋 提案した新形式超長大橋は、図-1に示す橋長5000m、中央径間2800m、サグ比1/10の超長大橋である。本橋は、中央径間中央部に空力特性の優れた開口部を有する二箱桁を配置する一方で、主塔の柱間隔の狭小化による経済性向上を目的に主塔付近には一箱桁を配置するハイブリッド桁構造とした。ケーブルシステムは吊形式と斜張形式を併用することで補剛桁のねじれ剛性を高め、耐風性能の向上を図っている。また、主ケーブル張力の低減によるアンカレイジの小規模化を期待することも目的の一つである。

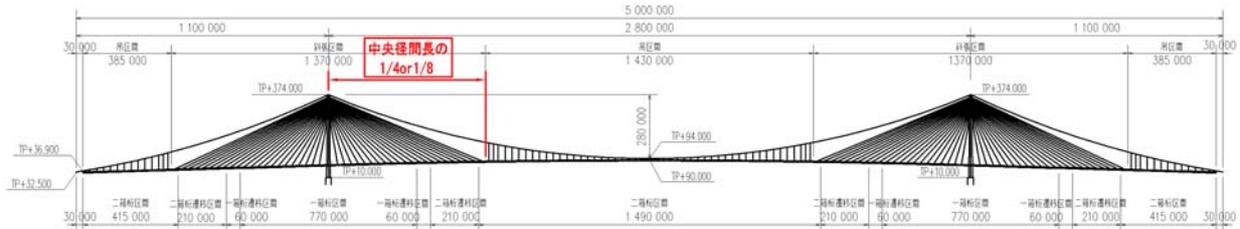


図-1(a) 新形式超長大橋の全体一般図

3. 斜張区間、桁高および桁間隔の検討 基本形状の決定に際して検討したパラメータを図-1の赤字で示す。斜張区間の検討については、塔頂から中央径間側の長さを中央径間2800mの1/4とする案と、1/8とする案を検討した。表-1に示す両案の固有振動数を比較すると、耐風性に特に重要となるねじれ振動が1/4案の方がわずかに大きく耐風安定性が有利と考えられる。また、1/8案では主ケーブルの断面増が必至であり、経済性が不利と考えられる。以上のことから、今回は1/4案を選定した。桁高の検討については4m案と3m案を検討した。固有振動数は表-1に示すとおり何れも4m案の方がわずかに大きく耐風安定性が有利と考えられるが、経済性は図-2に示す鋼重比較で3m案の方が7%程度優れている。ここでは、経済性を重視して3m案を選定した。二箱桁部の桁間隔の検討については、三角フェアリングと高欄を付けた2箱桁断面を用いてバネ支持試験を実施した結果（図-3）、桁間隔7mが最も耐風安定性に優れていたため、それを選定した。

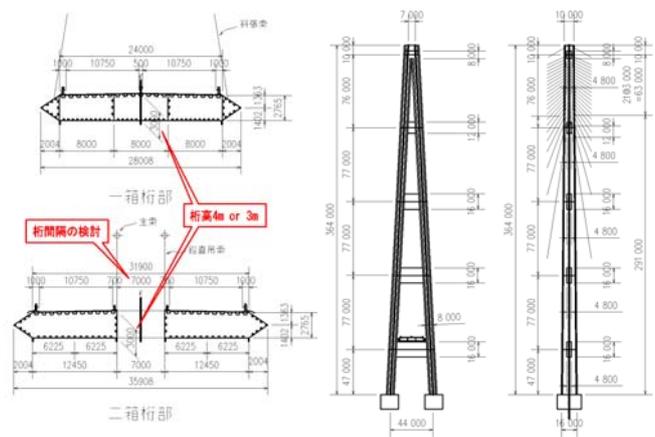


図-1(b) 補剛桁断面図

図-1(c) 主塔形状図

表-1 固有振動数の比較

振動形状	斜張区間1/8案 桁高4m案		斜張区間1/4案 桁高4m案		斜張区間1/4案 桁高3m案	
	斜張区間の比較				桁高の比較	
鉛直対称1次	0.0648 Hz	0.0670 Hz	(1.03)	0.0668 Hz	(1.00)	
ねじれ対称1次	0.1358 Hz	0.1391 Hz	(1.02)	0.1352 Hz	(0.97)	
振動数比	2.095	2.075	(0.99)	2.024	(0.98)	
鉛直逆対称1次	0.0667 Hz	0.0619 Hz	(0.93)	0.0589 Hz	(0.95)	
ねじれ逆対称1次	0.2379 Hz	0.2422 Hz	(1.02)	0.2394 Hz	(0.99)	

※()内は比率を示す

4. 吊橋との比較 3. の検討結果より形状決定された斜張吊橋

と、既往の研究成果で吊形式が異なる超長大吊橋²⁾との形式比較を行う。表-2に両形式における構造特性、経済性、走行性などの比較を示す。構造特性については、斜張吊橋案は塔付近を斜張形式としたことで見かけの吊橋区間が短くなり橋全体の剛性が高まるため、主要モードの振動数が吊橋案に比べ大きい。経済性については、補剛桁は、吊橋案のグレーチング床版が斜張吊橋案では鋼床版となるため鋼重増となる。ケーブル類は、斜張吊橋案では斜張ケーブルが必要となるが吊橋区間が短く主ケーブルが鋼重減となり、ケーブル全体としても鋼重減となる。主塔は、斜張吊橋案ではケーブルからの力の伝達点が塔頂部から下方に分散されること、主ケーブル間隔が狭いこと、主塔付近の補剛桁を一箱桁としたことから鋼重減となる。アンカレイジは吊橋区間が短く主ケーブルの水平張力が小さくなるため同じく斜張吊橋案の方が体積減となる。以上のことから、斜張吊橋案では補剛桁の鋼重増が主ケーブルと主塔の鋼重減で補われるため、アンカレイジの体積減の分だけ経済性が有利となる。

5. おわりに 著者らが提案した一箱／二箱併用斜張吊橋の基本形状のコンセプトについて報告を行った。また、既往の研究で実績のある超長大吊橋との比較を行い、特に振動特性および経済性の観点から斜張吊橋の優位性を示した。現在、全橋模型試験により有風時の動的挙動の把握、フラッター特性に優れた補剛桁断面の細部構造の検討などを実施しており、随時報告する予定である。なお、本研究は(独)土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センターおよび民間企業 9社による共同研究「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究」の一環として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 村越，麓，徳橋ほか：経済性・耐風性に優れた超長大橋の上部構造に関する調査，土木学会第58回年次学術講演会，I-108，2003.
- 2) 佐藤，楠原，大儀ほか：超長大橋の一樣流中における耐風性，第16回風工学シンポジウム論文集，日本風工学会，pp.351-356，2000.11.
- 3) 白井，村越，麓ほか：「一箱／二箱併用斜張吊橋」大型全橋模型風洞試験，土木学会第59回年次学術講演会（投稿中），2004.

表-2 超長大橋の形式比較

比較項目		吊橋案	斜張吊橋案		
構造特性	橋梁形式	3径間2ヒンジ吊橋	3径間連続斜張吊橋		
	桁支間割	1075m+2780m+1075m	1070m+2800m+1070m		
	サグ比	1:10	1:10		
	主塔形式	ラーメン形式：塔高さ369m	A型：塔高さ364m		
	補剛桁	2箱桁（追越車線部はグレーチング構造）	斜張区間：1箱桁，吊橋区間：2箱桁		
	構造上の特徴	—	塔付近が斜張形式より橋全体が剛		
	振動性状	鉛直対称1次 0.0620Hz ねじれ対称1次 0.1260Hz（振動数比2.03）	鉛直対称1次 0.0668Hz ねじれ対称1次 0.1352Hz（振動数比2.02）		
主ケーブル最大水平張力	53,240 tf/c	39,641 tf/c			
経済性	項目	数量（／B r）	数量（／B r）	比率	
	補剛桁	76,380 tf	85,630 tf	112%	
	ケーブル	主ケーブル	55,140 tf	38,390 tf	83%
		斜ケーブル	0 tf	7610 tf	
	主塔	63,530 tf	59,850 tf	94%	
アンカレイジ（水深40m）	800,000 m ³	672,000 m ³	84%		
耐風安定性 （全橋模型試験結果）	<ul style="list-style-type: none"> ・桁中央にグレーチング付き開口部を設け耐風付加設備を取りつけることにより，フラッター照査風速以上の耐風性能を確保²⁾。 ・主塔の柱断面隅角部を隅切りしたケースについては渦励振対策を施す必要有り（確認済）。 		<ul style="list-style-type: none"> ・斜張橋と吊橋を組み合わせたことによりフラッターの照査風速以上の耐風性能を有している³⁾。 ・斜張橋の斜めケーブルにより主塔の渦励振を緩和可能（確認中）。 		
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・追い越し車線がグレーチング床版 		<ul style="list-style-type: none"> ・道路構造令の範囲内だが，緩やかなS曲線状の平面線形がある。 ・走行面がアスファルト舗装 		

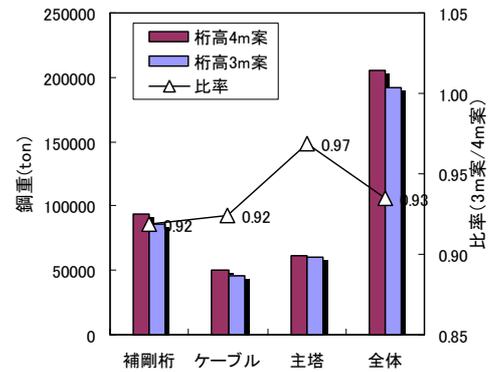


図-2 鋼重の比較

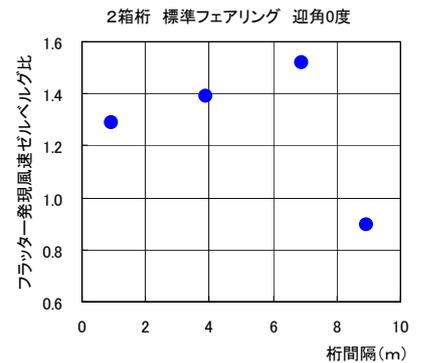


図-3 バネ支持試験結果