

「一箱／二箱併用斜張吊橋」大型全橋模型風洞試験

日立造船（株）

正会員 白井 秀治

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

住友重機械工業（株）

正会員 斉藤 善昭

土木研究所

正会員 村越 潤

本州四国連絡橋公団

正会員 秦 健作

川田工業（株）

正会員 須澤 雅人

1. はじめに

次世代の海峡横断プロジェクトの1つである、中央径間が2000mを超える超長大吊橋の実現のためには、フラッター一発現風速80m/s以上を満足する優れた耐風安定性の確保は当然のことながら、桁断面や主塔の軽量化、構造の単純化、メンテナンス性の改善などによる経済性の向上が重要な課題である。これまで、開口二箱桁断面¹⁾や開口一箱桁断面²⁾を有する超長大吊橋案に対して大型全橋模型試験が実施され、耐風安定性の面からは実現の可能性が確認されているが、経済性に関してはさらなる検討が必要である。著者らは経済性の向上を期待できる新構造形式として、偏平一箱と偏平二箱桁を組み合わせた一箱／二箱併用斜張吊橋を提案し³⁾⁴⁾、別途報告の模型特性⁵⁾を有する3次元全橋模型による耐風安定性の照査を試みた。本報は、別途報告の桁形状検討⁶⁾により選定したフラッター照査風速(80m/s以上)を満足する対策断面の、一様流中の対風応答試験の結果について報告するものである。

2. 全橋模型

模型は、中央径間2800m、全長5000mの超長大橋を縮尺1/125でFroude相似則を満足するように模型化した3次元全橋弾性模型(図1)であり、桁形状検討⁴⁾で選定した二箱桁断面の外側防護柵と耐風対策物にさらに検討を加えた3種類の断面A,B,C(図2.a)を中央径間および側径間の吊橋部に配置し、主塔付近の斜張部に一箱桁断面(図2.b)を配置したものである。図2のHは、基本断面の防護柵高さを示し、添字rbおよびrcは、耐風対策物の支柱形状の違いを示す。模型諸元を表1に示す。試験は(独)土木研究所構内の大型風洞施設を用いて一様流中、迎角0°で実施した。

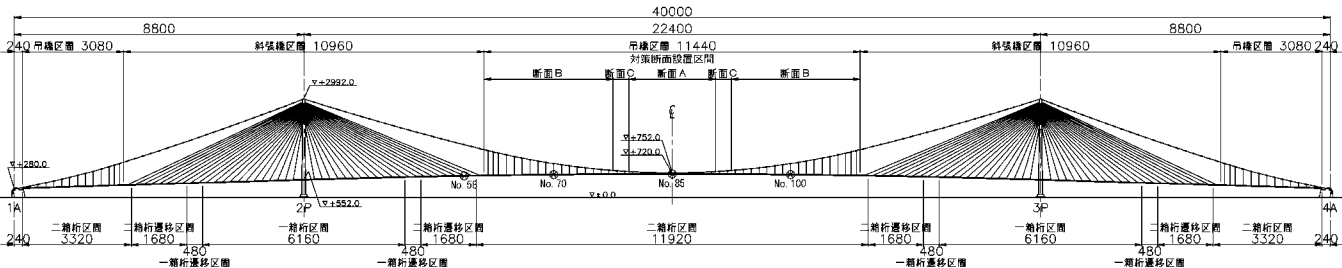
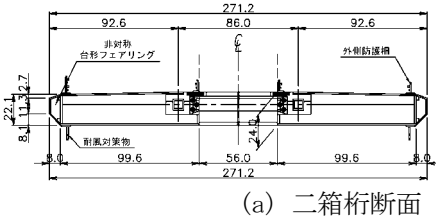


図1 大型全橋模型（側面図；s=1/125 単位：mm）



断面	外側防護柵	耐風対策物
A	1.5H	1.2Hrb
B	1.0H	1.2Hrc
C	1.0H	1.2Hrb

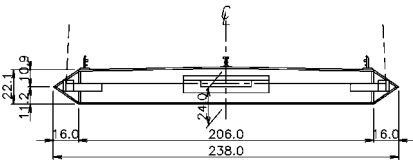


図2 模型桁部断面図(単位：mm)

3. 試験結果

試験状況を図3に、静的変形計測結果を図4に示す。実橋換算風速=82.0m/sで中央径間中央(No. 85)の水平変形量は桁幅に相当する278mm程度であり、抗力が小さい影響で、これまでの超長大吊橋案の開口二箱桁断面¹⁾や開口一箱桁断面²⁾に比べて小さくなっている。桁の静的ねじれ変形は同様の風速で-14.0°(頭下げ)生じており、他の超長大吊橋案¹⁾²⁾に比べると大きくなっている。これは、主ケーブルの中吊り構造と桁のねじれ剛性が開口二箱桁断面¹⁾や開口一箱桁断面²⁾

表1 各モードの振動諸元

振動モード	振動数(Hz)			対数減衰率
	解析値	計測値	偏差(%)	
水平曲げ対称1次	0.350	0.348	-0.68	0.010
水平曲げ逆対称1次	0.503	0.493	-2.11	0.016
鉛直曲げ対称1次	0.740	0.734	-0.77	0.017
鉛直曲げ対称2次	1.378	1.362	-1.21	0.014
鉛直曲げ逆対称1次	0.675	0.683	1.16	0.023
鉛直曲げ逆対称2次	1.181	1.183	0.15	0.020
ねじれ対称1次	1.531	1.545	0.90	0.012
ねじれ逆対称1次	2.694	2.717	0.85	0.014

キーワード：超長大橋、一箱／二箱併用斜張吊橋、大型全橋模型、フラッター

〒551-0022 大阪市大正区船町2丁目2番11号 日立造船（株）技術研究所 Tel.06-6551-9239 Fax 06-6551-9841

に比べて小さい事が原因と考えられる。また中央吊橋区間（No. 70, 85, 100）と斜張橋区間（No. 58）の静的変形量を比較すると、吊橋区間がかなり大きいことが分かる。これは桁断面検討⁶⁾での基本断面静的変形解析結果と一致する。図5に、鉛直曲げ対称1次モード及びねじれ対称1次モードの風速と応答振幅関係を示し、図6にねじれ対称1次モードの風速と対数減衰率の関係を示す。フラッターの発現風速は、風洞風速=7.2m/s（実橋換算風速=84.2m/s）であり、実橋換算で80.0m/s以上の耐風性能が確認された。図7にはフラッター発生時の各断面（No. 85, 100, 58）の振動軌跡を示す。静的変形と同様に、中央吊橋区間で応答が非常に大きくなっている。中央径間中央（No. 85）では、鉛直曲げが卓越した、鉛直・水平・ねじれの各成分が連成したモードとなっている。

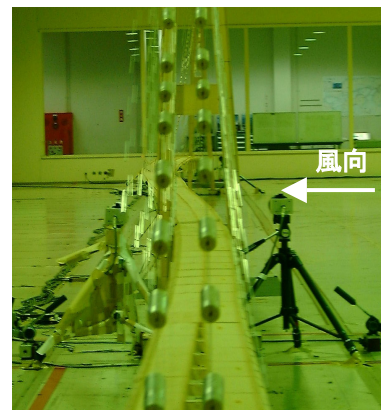


図3 試験状況
（風洞風速 7.2m/s）

4. まとめ

一箱／二箱併用斜張吊橋大型全橋模型の中央径間吊橋部に耐風対策を施した断面を配置して対風応答試験を実施した。その結果、実橋換算風速で80.0m/s以上の耐風性能を有することが確認された。今後、試験結果と解析結果の整合性など検討を進めていく予定である。また耐風対策を施した断面を配置したが、中央径間中央の静的変形（特にねじり変形）は、吊橋・斜張橋と比較して大きいことから、これを抑える桁断面形状および耐風対策についても、引き続き検討を行う予定である。

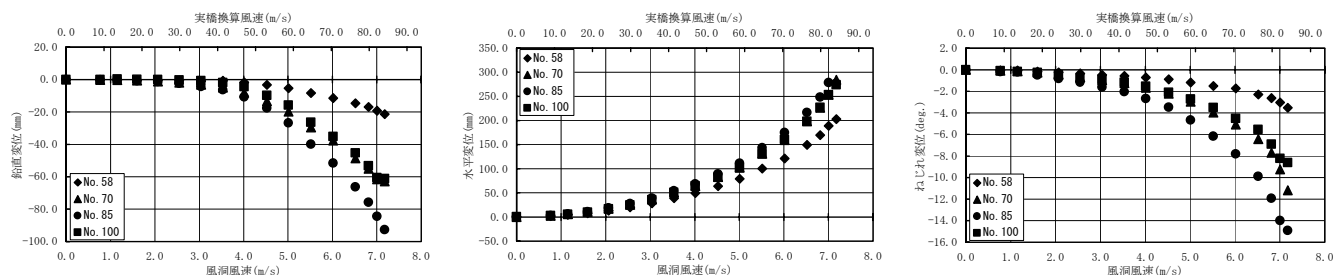


図4 静的変形状況

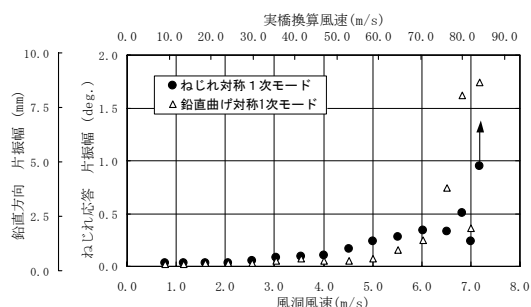


図5 V-A 図 (No. 85)

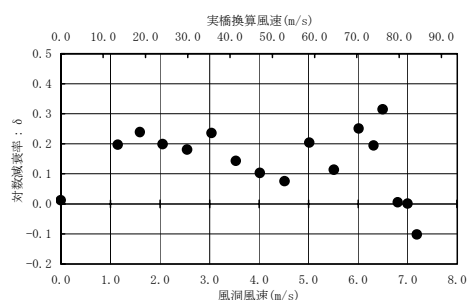


図6 ねじれ対称1次卓越モードの減衰特性 (No. 85)

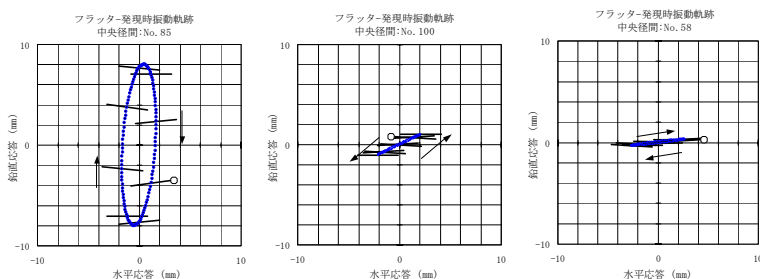


図7 フラッター発生時の振動軌跡

（風洞風速 7.2m/s 振動数 1.19Hz 対数減衰率 -0.102）

- 注1) 静的変形を差し引いた振動成分を示している。
 注2) ねじれ応答は線の傾きで30倍に拡大して示す。
 注3) 中央径間: No. 85の鉛直片振幅を8.0mmとして、各計測点の軌跡を示している。
 注4) ○はNo. 85 ねじれ変位頭下げ最大時の位置を示す。
 注5) 鉛直は上方为正、水平は下流为正（図左が風上）

なお、本検討は、（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研究」の一環として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 佐藤, 楠原, 大儀他: 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, pp. 351-356, 2000.12
- 2) 吉住, 村越, 麓他: 「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型風洞試験, 土木学会第58回年次学術講演会, I-112, 2004.
- 3) 村越, 麓, 徳橋他: 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.
- 4) 村越, 麓, 泰他: 新たな形式の超長大橋について, 土木学会第59回年次学術講演会(投稿中), 2004.
- 5) 尾立, 村越, 麓他: 一箱／二箱併用斜張吊橋大型全橋模型の特性, 土木学会第59回年次学術講演会(投稿中), 2004.
- 6) 須澤, 村越, 麓他: 一箱／二箱併用斜張吊橋の桁形状検討, 土木学会第59回年次学術講演会(投稿中), 2004.