

「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型の設計

三菱重工業 正会員○ 本田 明弘

土木研究所 正会員 村越 潤

土木研究所 正会員 麓 興一郎 本州四国連絡橋公団 正会員 秦 健作

石川島播磨重工業 正会員 松田 一俊 J F E 技研 正会員 村上 琢哉

三井造船 正会員 吉住 文太 住友重機械工業 正会員 宮崎 正男

1. はじめに

日本の海峡横断プロジェクトの中には、中央支間が 2000m を超える超長大吊橋の構想があるが、その実現のためには、経済性及び耐風安定性を満足した桁断面形状を開発するとともに、その安定性を精緻に検証しておくことが必要である。桁断面形状については、一箱桁断面を基本として中央開口や遮風壁、さらには検査車レールを用いた制振対策が部分模型ばね支持試験によって別途開発済み¹⁾²⁾であり、フラッター発現風速 80m/s 以上を満足する成果が得られている。今般、その桁断面を適用した大型全橋模型試験を用いてさらに精緻なフラッター性能の検証を実施することとなり、ここにその模型設計概要を報告する。なお、大型模型を用いた風洞試験結果の詳細は別報³⁾にまとめられているので、本文と併せて参照されたい。

2. 大型全橋模型の諸元

本検討で対象とするのは、中央支間長 2800m、全長 5,000m を有する想定吊橋(図-1参照)であり、桁断面は開口一箱桁断面に種々のフラッター対策を施した形状(図-2参照)である。設計する大型模型は、模型縮尺を 1/125、模型全長を 40m とし、使用する風洞設備の風路幅(41m)に収まるよう配慮した。表-1に桁の断面諸量を示す。

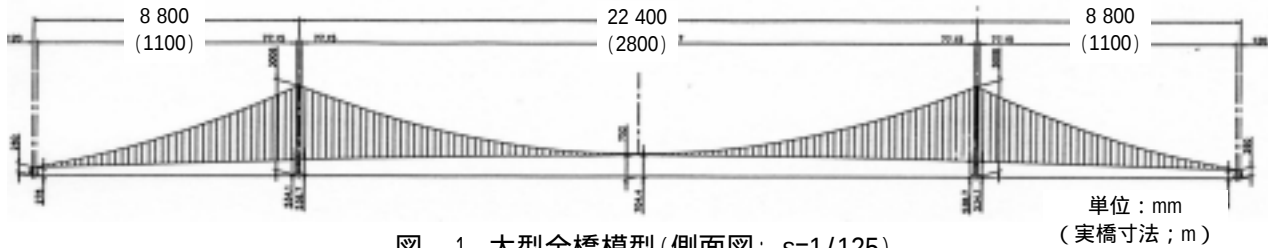


図 - 1 大型全橋模型(側面図; s=1/125)

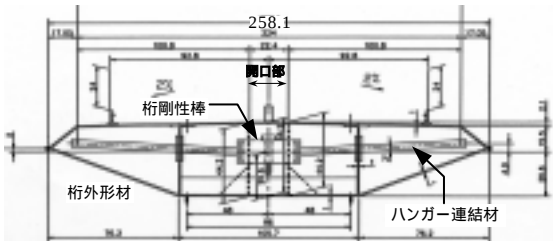


図 - 2 大型模型 適用桁断面

表 - 1 桁の断面諸量

項目		実橋	模型所要値(1/125)*
断面定数	Iz(鉛直剛性)	6.13 m ⁴	649 mm ⁴
	Iy(水平剛性)	102.76 m ⁴	10878.8 mm ⁴
	J(ねじれ剛性)	13.92 m ⁴	1368.4 mm ⁴
質量	単位長さ質量	19.43ton/m	1.245kg/m
	単位長さ極慣性	1690ton・m ² /m	6.922×10 ⁻³ kg・m ² /m

*: Froude 数相似とする

3. 大型全橋模型の設計

想定吊橋の大型全橋模型における各部位の設計は以下に示す方針で進めた。

主塔部分: 別途既製作⁴⁾の模型を流用する。桁剛性棒: 中央開口を有する桁断面であるため、梯子型(アルミ材)の剛性棒を新規に設計する。桁外形材: ブロック長を 224mm とし、カーボン材にて設計する。メインケーブル: 実橋と伸び剛性をほぼ相似とした 0.6mm φ のピアノ線を用いる。ハンガーロープ: メインケーブルと同様に 0.6mm φ のピアノ線を用い、過大な伸び剛性は桁剛性棒とハンガーロープとを連結する梁部材の曲げ剛性にて置換する。(図 - 2 参照)

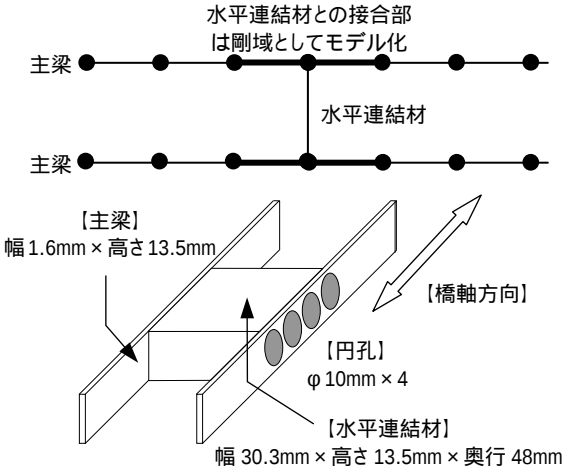
ここでは特に桁剛性棒の設計法について述べ、さらに模型の動的特性(振動数、モード形状)及び静的特性を示す。なお、対象モードは既往の検討結果⁴⁾を参考にして、水平 2 モード(対称、逆対象)、鉛直 4 モード(対称 2 モード、逆対称 2 モード)、ねじれ 2 モード(対称、逆対称)とし、振動数の偏差については±5%を目標値とした。また、静的変形については別途載荷試験を実施し、変位測定値の解析値に対する偏差が 10%程度以下となることを目標とした。

キーワード: 超長大橋, 開口一箱桁, 大型全橋模型

連絡先 〒851-0392 長崎市深堀町 5 丁目 717-1 TEL 095-834-2820

3.1 桁剛性棒の設計

桁剛性棒は、桁の中央開口を考慮して梯子型形状とし、橋軸方向の梁（主梁）によって鉛直剛性、水平剛性を相似とし、さらにねじれ剛性は上記の主梁を連結する水平連結材によって調整した。また、剛性の評価は剛性棒1ユニット（長さ 895mm）の静的載荷実験及びこれを再現した解析によって行った。数種類の剛性棒における実験結果と解析結果との比較から、ねじれ剛性は主梁の水平連結材との接合部位を剛域としてモデル化することによって評価できることが確認され、その結果から橋軸方向に 48mm 幅を有する水平連結材を用いることで所要のねじれ剛性が確保されることを確認した。さらに、上記形状では質量が所要値を 24%超過するため、水平連結材の軸直角方向に 10mm φ の円孔を4つ設ける方法を考案し、所要のねじれ剛性を確保しながら質量を「所要値 + 3%」にまで低減可能となることを確認した。 図-3に構造解析モデル図及び設計した剛性棒の概要図を示す。



図—3 解析上のモデル化及び剛性棒の概要

3.2 模型の諸特性

下図に、上述の桁剛性棒を用いて製作した大型全橋模型の諸特性をまとめて示す。これより、動的特性については当初目標であった振動数偏差 < ±5% を全てのモードで満足しており、モード形状の相似も良好な結果が得られた。また、ある載荷条件における静的変位の模型測定値と実橋骨組モデルの解析値とを比較した結果、全ての方向で模型測定値は解析値の-5% ~ +13%程度に収まっており、静的特性についても良好な特性が得られた。

モード		桁モード形状 (実線は解析値、○は測定値を示す)	振動数 (Hz)		構造減衰 (対数減衰率)
			所要 値	測定値 (偏差)	
水平	対称 1次		0.352	0.350 (-0.4%)	0.013
	逆対称 1次		0.600	0.600 (±0%)	0.012
鉛直	対称 1次		0.693	0.659 (-4.9%)	0.030
	対称 2次		1.112	1.098 (-1.3%)	0.022
	逆対称 1次		0.685	0.696 (+1.6%)	0.021
	逆対称 2次		1.500	1.496 (-0.3%)	0.020
ねじれ	対称 1次		1.757	1.821 (+3.6%)	0.013
	逆対称 1次		2.345	2.361 (+0.7%)	0.014

方向	静的変形図（横軸は模型の橋軸方向寸法）	偏差
水平		-2.4% ~ -4.0%
鉛直		+2.7% ~ +13.2%
ねじれ		-4.5% ~ +9.5%

図—4 大型全橋模型の動的特性

図—5 大型全橋模型の静的特性



図—6 大型全橋模型の完成状況

4. あとがき

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、及び民間 9 社（著者5社、川重、川田、清水、日立）による「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」の一環として実施されたものである。

【参考文献】

1) 所他：“超長大橋を想定した開口1箱桁断面のフラッター特性”，土木学会第 55 回年講，I-B58，pp.118-119,2000。
2) 村上他：“「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型の桁形状モデル化検討”，土木学会第 58 回年講（投稿中），2003。
3) 吉住他：“「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 回年講（投稿中），2003。
4) 佐藤、楠原他，“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。