

鋼床版を有する鋼管 2 主桁吊形式橋梁の提案

（前東海大学大学院）川田工業 学生員 ○田中 寛泰
 東海大学工学部 フェロー 中村 俊一
 三井造船 正会員 井上 浩男
 三井造船 正会員 羽田 大作
 東海大学大学院 吉崎 友二

1. 緒言

鋼橋の低コスト化および競争力向上には、桁製作時の溶接加工量を削減することが有効であり、経済性に優れた鋼管を用いた長大斜張橋が提案されている¹⁾。本研究では鋼管桁および鋼床版で構成される新しい吊橋および斜張橋を考案した。本形式は、鋼管桁を幅員両端に配置し、その間に鋼床版を設置した 2 面吊の吊橋および斜張橋である。床版面を鋼管上面以下とすることにより空力特性の改善を期待すると同時に、コンクリート床版を用いた形式より軽く、長スパン化が可能であると考えられる。本研究では提案した新吊形式橋に関し、主スパン 750m の吊橋および主スパン 500m の斜張橋を試設計し、これらの基本的な耐風安定性を風洞実験により検討する。

2. 構造概要

提案する断面、側面および主塔を図-1、図-2 および図-3 に示す。本形式は、直径 2,400mm、25mm 厚、材質 SM490Y の鋼管を幅員両端に配置し、幅員は片側 3 車線を想定し 30m とする。横桁は 6m 間隔で配置し主桁間を連結する。さらに、縦桁および U リブを配置し、その上にデッキプレートを設置することで鋼床版を構成している。吊橋モデルの中央スパン長は 750 m、斜張橋モデルの中央スパン長は 500 m とした。活荷重は主載荷荷重を 8.0kN/m/lane とし、載荷位置を、スパン全体に分布荷重載荷するケース L1、中央径間のみを L2、偏載したケース L3 の 3 通りを考慮した。

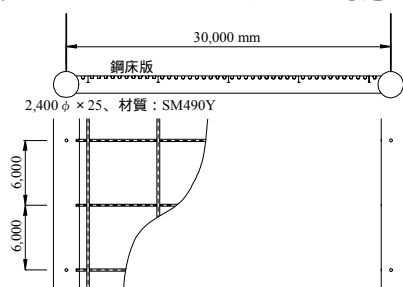


図-1 断面図

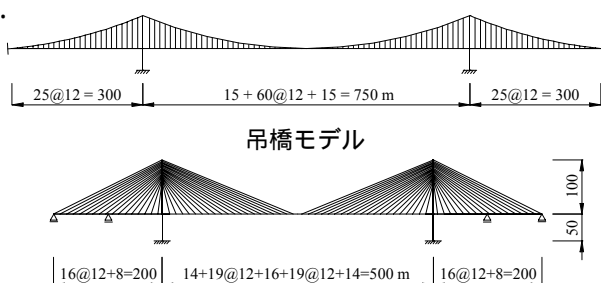


図-2 側面図

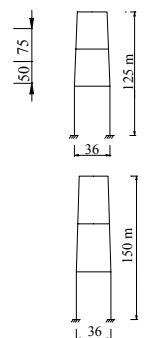
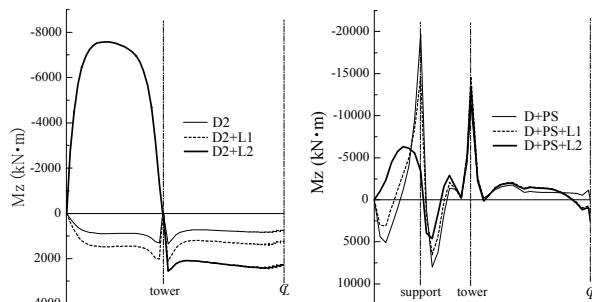


図-3 主塔

3. 静的構造解析

本形式の基本構造特性を把握するため、3 次元骨組による静的解析を実施した。吊橋モデルおよび斜張橋モデルの、桁に発生する曲げモーメントを図-4 に示す。斜張橋モデルは側径間に中間支点を設けているため、最大で -20000 kN・m 程度の負曲げが生じている。吊橋モデルでは側径間において、活荷重を中央径間だけに載荷したケース L2 で -7500 kN・m 程度の負曲げが生じているが、斜張橋モデルおよび吊橋モデルとも、主桁発生応力は許容応力度以内となっている。



吊橋モデル

斜張橋モデル

図-4 主桁曲げモーメント図

キーワード：鋼床版鋼管 2 主桁断面，風洞実験，ねじれフラッター，耐風安定策

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

4．固有振動解析

固有振動解析により本形式の動的 basic 特性を検討した（表-1）．解析にはいわゆる「魚の骨モデル」を用いた．本形式は通常の鋼床版箱桁と比較して，鉛直曲げ振動数は同程度であるが，ねじれ剛性がやや低いと言える．

表-1 固有振動数

モード	固有振動数 f (Hz)	
	吊橋モデル	斜張橋モデル
鉛直対称1次	0.139	0.265
鉛直逆対称1次	0.151	0.352
ねじれ対称1次	0.302	0.476
ねじれ逆対称1次	0.331	0.684

5．風洞実験による基本的耐風安定性の検討

風洞実験は，2次元部分模型によるパネ支持実験を行った．模型縮尺は 1/48 で，断面模型を風洞内にコイルスプリングで 2 自由度支持し，V(風速) - A(応答振幅)特性を計測した．

5.1 基本断面

床版面を鋼管上面に配置した研究^{2),3),4)}の基本断面では，無次元風速 $U/(f_{\phi}B)=3.0\sim3.5$ 程度でねじれフラッターが発生しているが，本形式基本断面の迎角 0° では，無次元風速 4.5 でねじれフラッターが発生しており，床版面を鋼管上面以下とすることで耐風安定性が向上していると言える（図-5）．また，床版の張り出しもしくは地覆形状等で不安定となる正迎角においても本形式は良好な結果である．一方，迎角 -3° ではフラッター発生風速が低く，また低風速域で 0.9° 程度の渦励振が発生し，負迎角で不安定化することが分かった．吊橋モデルの実橋フラッター発現風速は $30\sim40\text{ m/s}$ 台と不十分であり改善策が必要であるが，斜張橋モデルは負迎角を除いて比較的高風速を確保している（表-2 上段）．

5.2 耐風安定化策

耐風安定性の向上を図るため，中央分離帯位置に橋軸方向 50%開孔するケース（a），桁上面に中央高欄を配置するケース（b），桁下面にバッフルプレート配置するケース（c），中央高欄とバッフルプレートを組み合わせたケース（d），そして（d）の条件で開孔したケース（e）について，今回は迎角 0° のみパネ支持実験を実施した（図-6）．結果を表-2 下段に示す．ほとんどのケースで基本断面と比較してフラッター発現風速を上昇させることができており，特にバッフルプレート+中央高欄（開孔率 0%）のケース（d）が最も良好な結果となった．基本断面と比較して 44%発現風速を上昇させることができており，

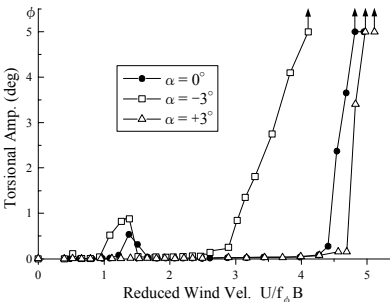


図-5 基本断面 V-A 図

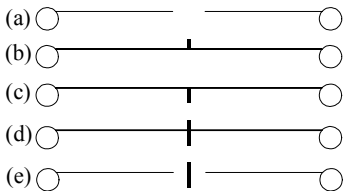


図-6 耐風安定化策

表-2 フラッター発現風速

	無次元風速	実橋風速 (m/s)		基本断面との比較
		吊橋モデル	斜張橋モデル	
0°	4.45	43.5	68.6	-
$+3^{\circ}$	3.06	29.9	47.2	-
-3°	4.72	46.2	72.8	-
(a)	4.35	42.6	67.1	0.98
(b)	5.25	51.4	81.0	1.18
(c)	5.82	56.9	89.8	1.31
(d)	6.39	62.6	98.6	1.44
(e)	5.71	55.9	88.1	1.29

6．まとめ

- 鋼管を用いた新吊形式橋梁を提案し，静的解析により構造的に実現可能なことを確認した．
- 風洞実験により，床版を桁上面以下とすることで耐風性が向上することを確認した．しかし，本形式は負迎角により不安定化することが明らかとなり，今後の課題となった．
- 吊橋モデルは基本断面では実橋フラッター風速がいずれも $30\text{ m/s}\sim40\text{ m/s}$ と不十分であるが，耐風添加物により実橋風速 60 m/s 台まで改善した．斜張橋モデルは発現風速が約 70 m/s と高風速を確保している．
- 今後はレイノルズ数による影響，静的空気力特性，および非定常特性等の検討についても進めていきたい．

【参考文献】

1) 中村，沖本，富永，竹田，日紫喜：鋼管を主桁とする長大合成斜張橋の構造特性，鋼構造論文集，第 17 号，1998．
2) 松本，八木，石崎，白土，陳：長大斜張橋エッジガーダー断面の耐風安定性に関する研究，第 15 回風工学シンポジウム論文集，1998
3) 新原，林田，日紫喜，富永：コンクリート充填鋼管を用いた 2 主桁断面複合斜張橋の風応答特性と空力的制振対策，構造工学論文集，Vol.46A，2000
4) 大塚，中村，竹口，本田，所：PC 床版を有する鋼管 2 主桁断面の空力特性改善について，第 56 回年次学術講演会，2001