

3本の鋼管を用いた新吊形式橋梁の提案

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

1. はじめに

建設コストの低減，工期の短縮，合理的な設計等を目的に鋼管を用いた長大橋が提案されており¹⁾，その耐風性に関して様々な研究がなされている^{2), 3)}．本研究では，新吊形式橋梁として3本の鋼管を幅員中央と両端に用いた1面吊の吊橋および斜張橋を検討した．斬新な形式であり，景観的にも優れ，ケーブル重量を減少できるため経済的であると考えられる．ここでは中央支間長 750m の吊橋および 500m の斜張橋を試設計し，この桁断面についての基本的耐風性を風洞実験により検討した．

2. 新形式吊橋梁の構造概要

今回試設計した橋梁は3本の鋼管を用いて構成されている．中央には直径 3,200mm，厚さ 30mm の鋼管を，外側には直径 1,400mm，厚さ 25mm の鋼管を用いて外側の鋼管間隔を 21.5m としている．なお，幅員は片側 2 車線の 4 車線を想定している．断面図および平面図を図-1 に示す．鋼管間を橋軸方向に 6m の間隔で配した横桁で結び，その上に鋼床版を配置することで桁断面を構成する．橋長は吊橋モデルで 1,350m（中央支間長 750 m），斜張橋モデルで 900m（中央支間長 500 m）とし，斜張橋モデルは側径間に中間支点を設けている．図-2 にそれぞれのモデルの概念図を示す．

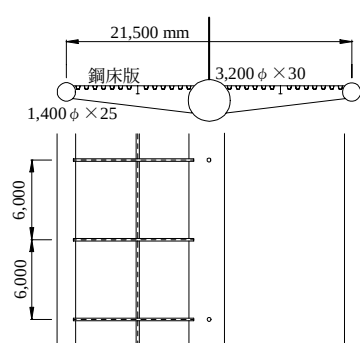


図-1 断面図および平面図

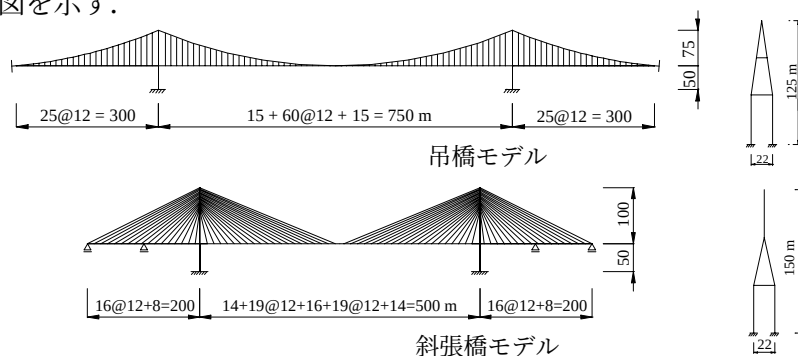


図-2 吊橋モデルおよび斜張橋モデルの概念図

3. 静的構造検討

本橋は斬新な形式であるが，構造的に実現可能であることを静的解析により確認した．活荷重は主載荷荷重を 8.0kN/m/lane とし

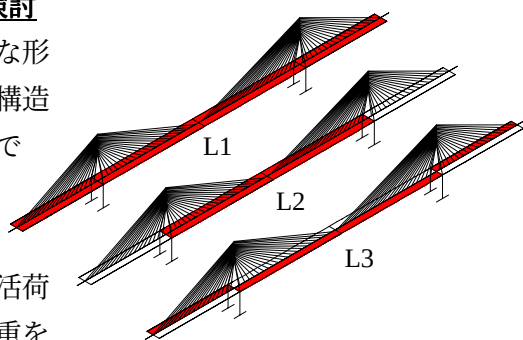
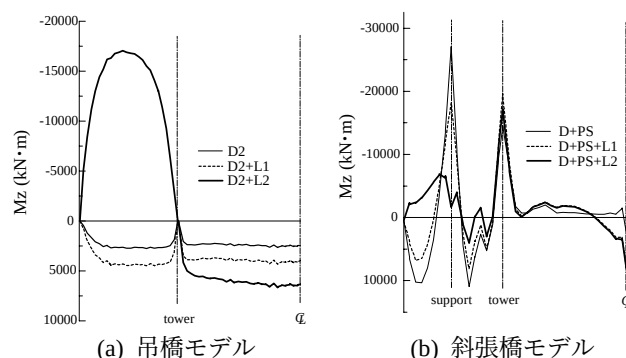


図-3 活荷重載荷条件



(a) 吊橋モデル

(b) 斜張橋モデル

図-4 中央鋼管桁曲げモーメント図

て，図 3 に示す 3 ケース（スパン全体に分布荷重載荷した L1，中央径間のみに載荷した L2，偏載した L3）を考慮している．図-4(a)に吊橋モデル，(b)に斜張橋モデルでの中央鋼管桁に発生する曲げモーメント図を示す．(a)では活荷重載荷 L2 のケースで側径間に $-16,000\text{kN}\cdot\text{m}$ 程度の負の曲げが生じており，(b)では最大で $-27,000\text{kN}\cdot\text{m}$ 程度の負曲げが側径間の中間支点に生じている．

キーワード：鋼管，吊形式橋梁，風洞実験，フラッター

連絡先：〒870-0395 大分市大字日吉原 3 番地 三井造船株式会社 TEL：097-593-3051 FAX：097-593-3164

また、ケーブル1面吊形式は偏載荷重によるねじれの挙動について把握しておく必要がある。図-5に示すように中央鋼管桁の主塔部には大きなねじれモーメントが生じるが、曲げおよびねじれによるせん断応力度の照査を行い、吊橋、斜張橋両モデルとも許容値以内であることを確認した。

4. 固有振動特性

表-1に固有値解析結果を示す。鉛直たわみ振動数は妥当な結果であるが、ねじれ振動数が低い傾向にある。外側鋼管のねじれ剛性に対する寄与が小さいことと、1面吊のためケーブルが抵抗しないことから、剛性が低下したと考えられる。

5. 基本的耐風性の検討

基本的耐風性を検討するため、二次元部分剛体模型によるバネ支持風洞実験を実施した。実験条件を表-2に示す。基本断面として、縦桁やUリブを省略した断面

面(図-6)で検討を行った結果、フラッター発現風速が無次元風速7程度であり、良好な結果が得られた(図-7、表-3(A)(B)(C))。これは鋼管を用いた断面としては比較的高い数値であり、迎角による影響も小さいことから耐風性に有効な断面と考えられる。但し、この結果を実橋風速にすると、斜張橋モデル

では60 m/s 台であるが、吊橋モデルでは40 m/s 程度と低く、何らかの対策が必要となると思われる。

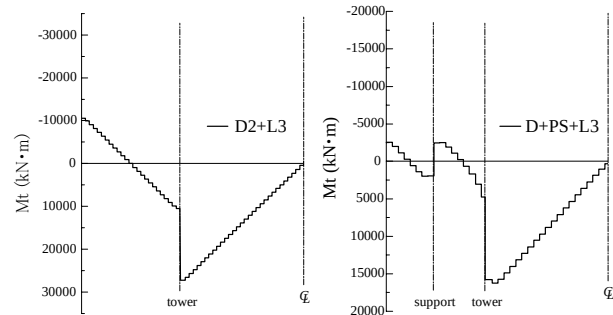
そこで耐風安定性の向上を意図して、中央鋼管近傍の床版に開孔部を設けた断面(図-8)を考えた。開孔部は橋軸方向に50%、橋軸直角方向に路側帯相当幅(片側15mm)とした。この開孔断面の結果を表-3(D)に示す。基本断面と比較してフラッター発現風速が5%程度上昇しているが、絶対的な安定化策とは言えない。そこで、ねじれ剛性の増加をねらい、主塔近傍の鋼管桁内にコンクリートを充填する、あるいは板厚を上げることが考えられる。試みに、主塔近傍の鋼板厚を倍にした場合には、発現風速は15%向上される(表-3(E))。

6. まとめ

- ・ 3本の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、本形式はフラッター発現風速が無次元風速で7程度と、良好な結果が得られた。
- ・ 吊橋モデルではフラッター発現風速が実橋風速で30 m/s～40 m/s と不十分であるが、主塔近傍のねじれ剛性を高めることで耐風性の向上が可能である。
- ・ 斜張橋モデルではフラッター発現風速が約70 m/s であり、比較的高い耐フラッター性を有する。

【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



(a) 吊橋モデル (b) 斜張橋モデル
図-5 中央鋼管桁ねじれモーメント図

表-1 固有振動数

モード	固有振動数 (Hz)	
	吊橋モデル	斜張橋モデル
鉛直対称1次	0.144	0.234
鉛直逆対称1次	0.160	0.326
ねじれ対称1次	0.247	0.392
ねじれ逆対称1次	0.494	0.796

表-2 実験条件

項目	実橋想定値	実験値
縮尺	—	1/40
総幅	22.9 m	572.5 mm
桁高	3.2 m	80.0 mm
重量	14.1 tf/m	8.85 kgf/m
極慣性モーメント	56.0 tf・s ²	0.0220 kgf・s ²
たわみ振動数	0.144 Hz	1.183 Hz
ねじれ振動数	0.247 Hz	2.032 Hz
構造減衰	—	0.02

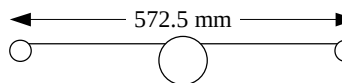


図-6 基本断面概略図

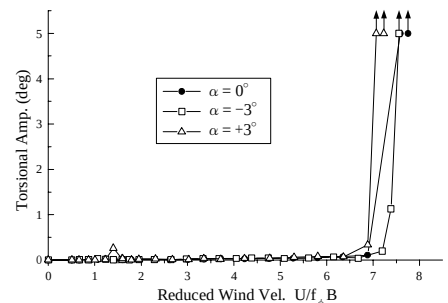


図-7 基本断面風速一応答図

図-8 開孔断面概略図

表-3 フラッター発現風速

	無次元風速	実橋風速 (m/s)		実橋での風速比
		吊橋モデル	斜張橋モデル	
(A) 0°	7.49	42.3	67.2	1.00
(B) +3°	6.92	39.1	62.1	0.92
(C) -3°	7.36	41.6	66.1	0.98
(D) 開孔断面	7.84	44.4	70.4	1.05
(E) 鋼管厚増加	7.49	48.6	77.3	1.15