

吊床版斜張吊橋の力学特性

九州産業大学 ○学生会員 田中 孝久, 正会員 吉村 健, 正会員 水田 洋司
学生会員 井上 宗久, 学生会員 田中 徹

1. まえがき 本橋は、日韓共通の国土開発課題である“多数の小島を相互に結ぶことの出来る中径間橋梁の開発”を目指して、日韓共同研究として検討してきたものである。そこでは、日交通量が少ないこと、多数の架橋が必要なこと、ならびに島が主として強固な岩盤から成ることから、超廉価の吊床版橋をベースにしたハイブリッド形式橋梁を提案し、道路橋への適用を視野に入れた歩道橋として検討してきた。その静的・動的検討結果を以下に記す。

2. 検討橋梁概要 吊床版橋を道路橋に適用するためには、非常に大きなケーブル張力 H_W (水平成分) を減らすことが建設費低減のために最重要となる。 H_W 低減のためには、サグ比 f/L の増加と床版の重量 w (単位長さ当たり) の軽減が必要となってくる。新たに提案した吊床版斜張吊橋の予備設計例を図-1 に示す。 f/L に関しては、以前提案したもの¹⁾より主塔高を増して上ケーブルの f/L を 0.1 とした。オープングレーティング床版を有する主桁については、図中(c)の2鋼管、または(d)の2PCの軽量化したエッジビームのいずれかを用いる。軽量化した床版の導入と主塔高の増加により、 w と H_W は PC 吊床版橋 (陣屋の森吊橋, $L=123.0m$, $f/L=0.033$) と比較した場合、2 鋼管構造で 1/15 と 1/11, 2PC 主桁で 1/9 と 1/7 となった。

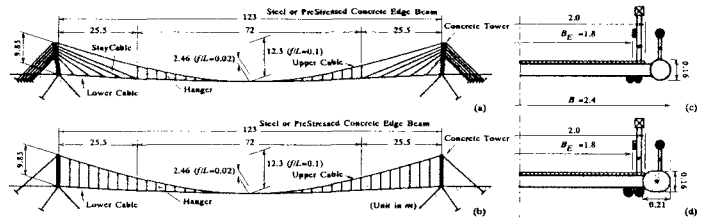


図-1 吊床版斜張吊橋および吊床版吊橋の側面図と主桁断面図

図-1 に関して、以前提案したもの¹⁾より主塔高を増して上ケーブルの f/L を 0.1 とした。オープングレーティング床版を有する主桁については、図中(c)の2鋼管、または(d)の2PCの軽量化したエッジビームのいずれかを用いる。軽量化した床版の導入と主塔高の増加により、 w と H_W は PC 吊床版橋 (陣屋の森吊橋, $L=123.0m$, $f/L=0.033$) と比較した場合、2 鋼管構造で 1/15 と 1/11, 2PC 主桁で 1/9 と 1/7 となった。

上・下・斜の3種のケーブル断面積は次の条件の下で決定した。
①死荷重は上・下ケーブルで支持。その分担率は7:3。
②斜ケーブルも上ケーブルと同じ死荷重を分担。
③架橋時の死荷重は下ケーブルで全て支持。
④活荷重によるたわみは主として上ケーブルの断面積に依存するので、たわみの許容値 $y_{max}=20.5cm$ 以下となるよう、上ケーブル断面積を決定。なお、道路橋への適用を図るために床版の f/L を 0.02 としている。また図中(b)は、斜ケーブルのみを鉛直ハンガーに置換した比較検討用の吊床版吊橋である。

3. 静的特性および応力度照査 図-2 に 2 鋼管構造の吊床版斜張吊橋と吊床版吊橋のたわみ特性を示す。斜張部はほとんどたわまず、中央吊部の両端が固定端に近い特性を示す。換言すれば、吊床版吊橋のスパンを中央吊部長に短縮したものに近い構造となっている。図-3 に示す曲げモーメント図にも、中央吊部と吊床版吊橋との類似特性を見ることが出来る。図示していないが、軸力図にも同様の特性が見られた。ここで、活荷重半載時におけるセントラルクランプの効果について記しておきたい。このクランプは、上ケーブルが荷重スパンの方向に水平移動するのを抑制し、たわみを減らす効果をもたらすことは周知のと

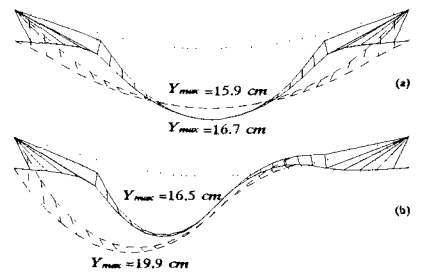


図-2 たわみ特性比較図 (2 鋼管構造)

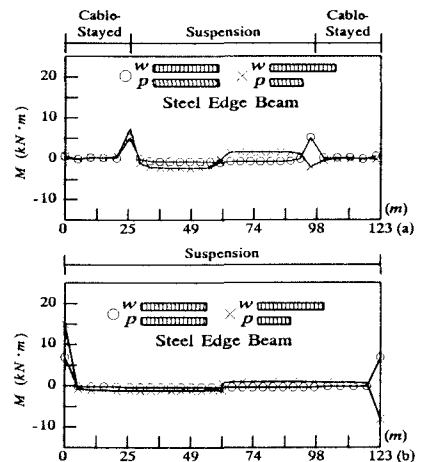


図-3 曲げモーメント特性(2鋼管構造)

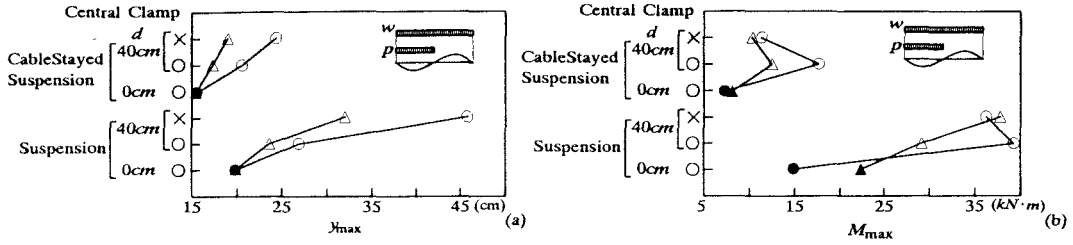


図4 上ケーブル・主桁間距離 d とセントラルクランプが y_{max} と M_{max} に及ぼす影響

おりである。上ケーブルとエッジビームの鉛直距離 d が 0cm (クランプ有り) と 40cm (クランプ有と無) の場合について検討した。その結果を図-4 に示す。図中○印が2鋼管構造、△印が2PC 構造であり、●▲印が採用した構造形式である。 $d = 40\text{cm}$ の場合、 y_{max} と M_{max} ともに大きな値を示すが、一方 $d = 0\text{cm}$ では、 y_{max} と M_{max} 共に著しく減少することを図の結果は示している。図の解析結果を用いて図-1(c)(d)断面の応力度計算を行ったところ、吊床版斜張橋では2鋼管構造・2PC 構造共に十分に実用可能であることがわかった。また、吊床版吊橋でも2鋼管構造を適用することが可能であるが、2PC 構造を適用する場合、アバウトメント付近のみの断面を増やすことで十分に実用可能であることがわかった。

4. 固有振動特性および風洞実験結果

1/4 縮尺の2次元ばね支持模型実験を行い、フラッター特性について検討した。模型の断面形状は図-2(d)の2PC 構造について、ゴム板による床版中央部閉塞率 0%, 28%, 56%の3断面で実験を行った。曲げ・ねじれ連成モードは、図-5 に示すねじれ対称1次と曲げ対称1次であり、ねじれ曲げ振動数比 $f_T/f_B = 1.19$ 、迎角 $\alpha = \pm 3^\circ$ 、 0° の3種において構造体数減衰率 $\delta = 0.02$ に設定して一様流中で実験を行った。この時の振動数比は安全側で照査している。一例として、閉塞率 0%の実験結果を図-6 に示す。全実験の結果、① $\alpha = 0^\circ$ においてのみ $V_r \approx 21$ 、 $V_{FS} \approx 52\text{m/s}$ でフラッターを生じる。②閉鎖率 28%では、 $\alpha = 0^\circ$ の $V_r \approx 16$ 、 $V_{FS} \approx 40\text{m/s}$ で、閉塞率 56%では全迎角が $V_r \approx 11$ 、 $V_{FS} \approx 28\text{m/s}$ でそれぞれフラッターを生じる、といったことがわかった。また、Selberg の式から得た補正係数は $K = 1.37$ であり、上記実験値よりフラッター発現風速は高くなると考えられる。

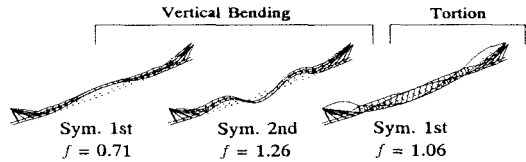


図-5 固有値解析の結果

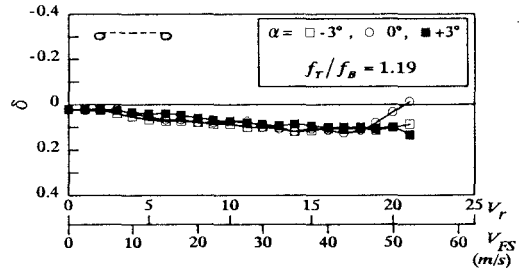


図-6 曲げ・ねじれフラッター実験結果

5. まとめ 本研究では以下のことが明らかになった。①活荷重によるたわみは、主として上ケーブルの断面積に依存する。②活荷重半載時におけるたわみと曲げモーメントは、上ケーブル・主桁間距離ゼロにしたセントラルクランプによって著しく減少される。③2鋼管もしくは2PCのエッジビームのオープングレーティング主桁を有する2種の提案橋梁は、静力学的には実用可能である。④提案橋梁のフラッター特性も良好である。

参考文献 1) Takeshi, T. et al. : Proposal of steel and hybrid stress-ribbon pedestrian bridges for it's application to roadway bridges, Proc. LABSE Symp. Kobe, Vol. 79, pp.329-333, 1998 2) 吉村 健 他 : ハイブリッド吊床版橋の提案とその耐風安定性, 第16回風工学シンポジウム論文集, pp. 375-380, 2000.11