

ハイブリッド吊床版橋の耐風安定性

九州産業大学 学生員 田中 孝久, 正会員 吉村 健

新構造技術(株) 正会員 篠原 輝之, (株)ニッポー 高橋 紀登

1.まえがき 多数の小島を相互に橋で本土と結ぶことは、日韓共通の国土開発課題の一つである。日通行量が少ないことと多数の橋が必要なことから、廉価な簡易吊床形式橋梁がこれに適するものと思われる。小島は、主として岩盤から成ると考えられるので、筆者らは吊床版をベースにしたハイブリッド形式橋梁を日韓共同研究として提案し¹⁾、その力学特性を検討して来た²⁾。まず第1段階として、道路橋への適用を視野に入れた歩道橋を検討している。その中で本文では、耐風安定性に関する検討結果の概要を記す。

2.検討橋梁の概要 吊床版を道路橋に適用するためには、非常に大きいケーブル張力 H_w (水平成分)を減らすことが建設コスト低減のための最重要課題である。 H_w は、桁の全重量 W およびゆがみ比 f/L の逆数に比例する。 W は、先に提案した鋼床版³⁾の適用によってPC吊床版の約1/8まで軽減できるが、一方、道路橋では歩道橋より f/L を減らす必要があるため、新形式の考案が必要となる。

提案したハイブリッド吊床版橋の予備設計例を図-1に示す。スパン中央の3/5は鋼吊床版であり、その両側は通常のPC吊床版である。7割のケーブルは、PC床版の上部に張り出して床版をハングで吊り下げ、「吊床版吊橋」とする。この上部ケーブルはコンクリート塔で支持され、全死荷重と活荷重に抵抗する。残り3割の下部ケーブルと内部ケーブルは、活荷重だけでなく、架設とプレストレスにもそれぞれ活用できる。鋼管には、コンクリートを充填する。検討の結果、床版の2倍強の f/L を有する上部ケーブルと軽量鋼桁の導入により、既建設のPC吊床版(陣屋の森吊橋、 $L=123\text{m}$, $f/L=0.0333$)の約1/9に H_w を減らせること、ならびに軽量化による柔性は増すものの、活荷重によるたわみは許容値の約半分であることなどがわかった。

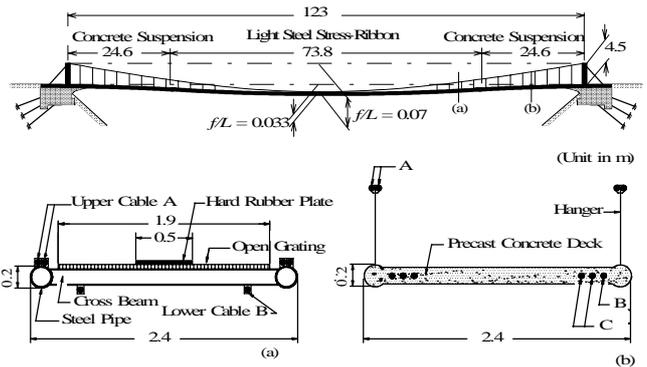


図-1 提案したハイブリッド吊床版橋の予備設計

3.固有振動特性および風洞実験概要 低次の固有振動モードと振動数を図-2に示す。図中に *Jinya* と記す鉛直曲げ対称2次モードを除くと、モードと振動数は共に陣屋の森のそれらと大差はなかった。

1/4縮尺の2次元ばね支持モデルによる風洞実験を行い、フラッタと渦励振について検討した。モデルの断面形状は、図-1に示したPC吊床版とオープンングレティング床版の2種であり、後者のゴム板を除去したものについても検討した。連成モードはねじれ対称1次と鉛直曲げ対称2次であり、ねじれ-曲げ固有振動数比 f_T/f_B を1.1~2.0の範

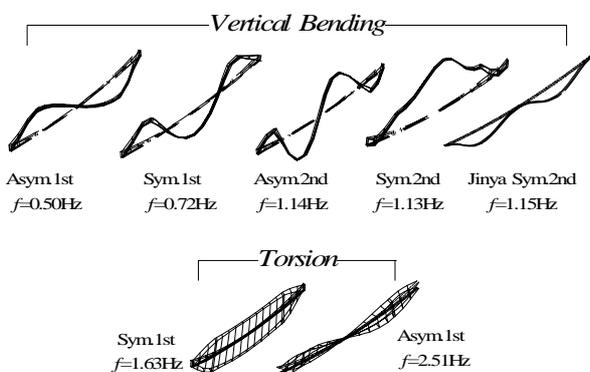


図-2 固有値解析の結果

表-1 予備設計された主桁の断面

| 物理量 | Steel 断面 | PC 断面 |
|--------------|----------|-------|
| 質量* | 25.5 | 103.0 |
| 質量極慣性モーメント** | 11.8 | 40.1 |
| 等価質量* | 28.0 | |
| 等価極慣性モーメント** | 17.5 | |
| 無次元質量 | 38.9 | |
| 無次元極慣性モーメント | 4.2 | |

*: $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^2$ **: $\text{kg} \cdot \text{s}^2$

キーワード：ハイブリッド構造、吊床版橋、風洞模型実験、曲げ・ねじれフラッタ

九州産業大学 工学部 土木工学科 (〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 TEL: 092-673-5679 FAX: 092-673-5093)

囲で変化させた。迎角は $0^\circ, \pm 3^\circ$ の3種、2種の断面の質量に関する情報は表-1に示すとおりであり、等価質量と等価極慣性モーメントを相似させ、構造対数減衰率を0.02に設定して一様流中で実験した。

4.実験結果 実験結果の例を図-3(a), (b)に示す。全ケースに対する結果をとりまとめると次のようであった。渦励振は発生しない。オープングレティング断面はフラッタを生じない。PC断面は、 f_T/f_B に依らずフラッタを生じる。その無次元限界風速 V_{Fr} は4~9。グレティング一部閉鎖断面は $\alpha=+3^\circ$ でより弱いフラッタを生じる。

図-4は、 $V_{Fr} \cdot f_T/f_B$ の実験結果を、平板翼に関するSelbergの式による計算値と比較したものである。図中、Concrete-Steelが本橋と対応する。図より、コンクリート断面の補正係数 K は約0.7であること、および適度の重量と振動数比が V_{Fr} を高めるのに必要であることなどがわかる。

5.考察 $f_T=1.63\text{Hz}$, $f_T/f_B=1.44$ (図-2)に対する V_{Fr} は約7であった。よって、実橋でのフラッタ限界風速 V_F は約25m/sとなる。実際には、PC桁とオープングレティング桁との複合構造であり、後者ではフラッタを生じないので V_F は25m/sより高いが、推奨できるものではない。そこで、塔高をいくらか増してPC桁部の吊材を斜ケーブルに置換した図-5の「吊床版斜張橋」について現在検討中である。図-6に見るように、活荷重によってPC桁部はほとんどたわまないことから、低次モードではPC桁部はほとんど動かないことが予想される。よって、上記の問題は解決されることが期待される。また、図-6(b)に見る逆対称変形における主桁の最大たわみは、「吊床版吊橋」のその約半分であることも特記に値する。

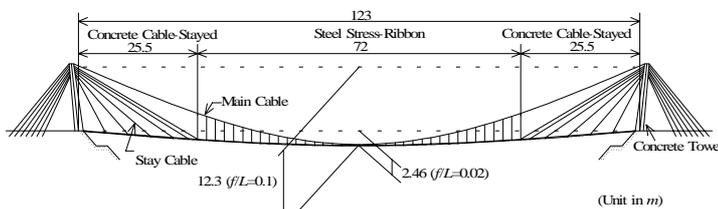


図-5 改良型のハイブリッド橋

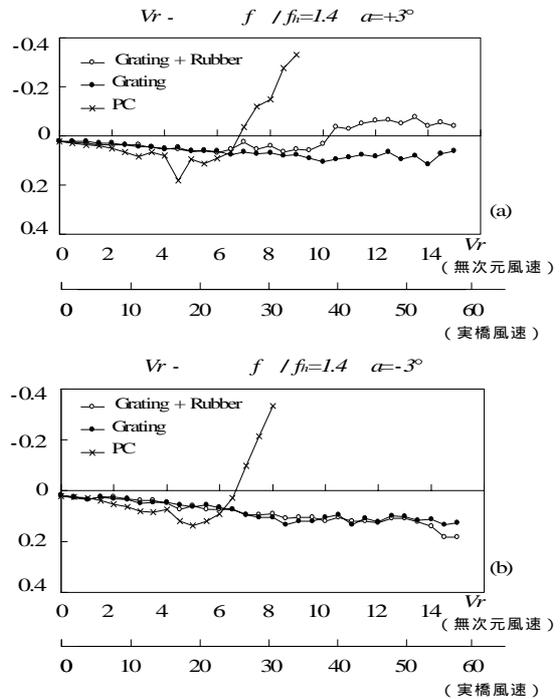


図-3 曲げ・ねじれ2自由度フラッタの実験結果

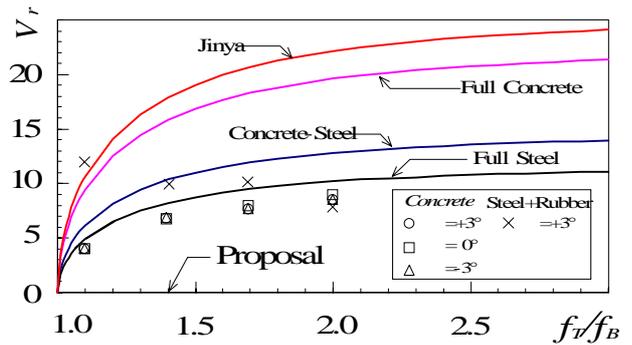


図-4 ハイブリッド吊床版橋フラッタ特性

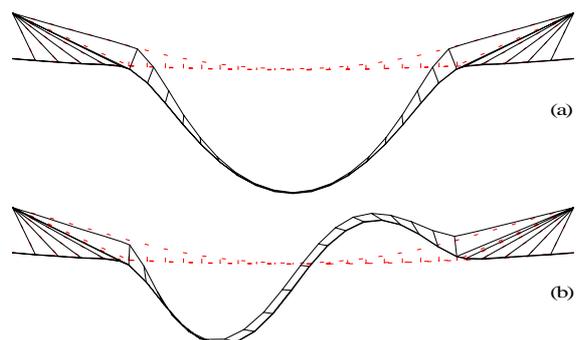


図-6 活荷重によるたわみ
全載時(a)および半載時(b)

6.むすび 本研究によって、「吊床版吊橋」は渦励振を生じないものの、フラッタに対して完璧でないことがわかった。これを改良するために、鉛直ハガ-を斜ケーブルに置換した「吊床版斜張橋」を提案した。

参考文献 1) Yoshimura, T. et al.: Steel and hybrid stress-ribbon pedestrian bridges, IABSE Symp. Kobe, Vol.79, pp.329-334, 1998. 2) Yoshimura, T. et al.: Proposal of a hybrid stress-ribbon pedestrian bridge for its application to roadway bridges, Proc. Fib Symp., Vol.2, pp.697-704, 1999. 3) 水田洋司 ほか: 鋼吊床版歩道橋の一提案とその力学的特性, 土木学会構造工学論文集, Vol43A, pp.1191-1196, 1997.