

## I-B351 長大吊橋のフラッター特性に与える支間割の影響

九州工業大学 学生員○長尾悠太郎 九州工業大学 正 員 山口栄輝  
 神鋼鋼線工業 正 員 榊 一平 九州工業大学 正 員 久保喜延

## 1. はじめに

わが国の近代吊橋は、若戸大橋から始まり関門橋を経て明石海峡大橋へと着実に長大化が進んできた。今後も明石海峡大橋を超えるような超長大橋が計画されている。支間長が長くなれば吊橋は柔構造化し、曲げとねじれの連成フラッターの発振風速が低下する。そのため、耐風設計上フラッター特性の把握は重要であり、吊橋の固有振動特性およびフラッター特性に及ぼす支間割、サグ比などの構造力学的要因の影響について検討する必要がある<sup>1)</sup>。そこで、本研究では吊橋のフラッター特性に与える支間割の影響を検討するため、主径間長 2000m の 3 径間吊橋で側径間長を変化させ、固有振動解析およびフラッター解析を行った。

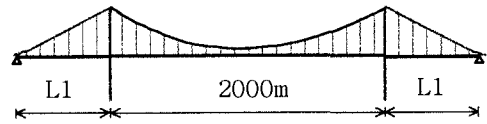


図1 解析モデル

## 2. 解析方法

## (1) 解析モデル

解析対象としたのは図1に示すような主径間 2000 m、サグ比 1/10 の 3 径間吊橋である。側径間長  $L1$  は既存の吊橋の径間比を参考にして、300, 500, 600, 700, 800, 900, 1000mと変化させた。文献 2) を参考にしてこの吊橋の諸元を定め、図2、表1に示している。主塔の高さは 272mで、その諸元は明石海峡大橋を参考にして設定した。

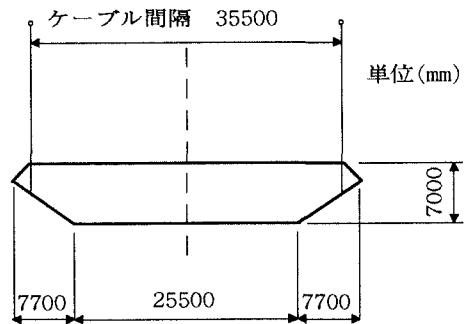


図2 主桁断面

## (2) 解析手法

吊橋を立体骨組モデルに置き換えて有限要素法で離散化し、固有値解析および複素固有値解析を行う。前者により固有振動数および固有振動モード、後者によりフラッター発振風速およびフラッターモード形を求める。また、主桁に作用する非定常空気力には平板翼の空気力を用いることとした。フラッター発生時には、風荷重による大きな水平変形を伴うが、フラッター解析における水平変形の影響については別途検討を行ない、主径間長 2000m の 3 径間吊橋ではほとんど影響はないことが報告されている<sup>3)</sup>。そこで、本研究では風荷重による水平変形の影響を無視した。

## 3. 解析結果および考察

## ①固有振動解析

固有振動解析の結果を図3に示す。側径間長が 300 m から 1000m へと変化すると、鉛直、水平、ねじれの

表1 吊橋の構造諸元

|          |               |                    |                     |
|----------|---------------|--------------------|---------------------|
| 死荷重      | ケーブル部         | tf/m/Br            | 12.0                |
|          | 吊構造部          | tf/m/Br            | 23.0                |
|          | 合計            | tf/m/Br            | 35.0                |
| メインケーブル  | 断面積           | m <sup>2</sup> /Br | 1.258               |
|          | ヤング率          | tf/m <sup>2</sup>  | 2.0*10 <sup>7</sup> |
| 補剛桁      | 断面積           | m <sup>2</sup> /Br | 1.3                 |
|          | ヤング率          | tf/m <sup>2</sup>  | 2.1*10 <sup>7</sup> |
|          | 面内断面 2 次モーメント | m <sup>4</sup> /Br | 12.4                |
|          | 面外断面 2 次モーメント | m <sup>4</sup> /Br | 164.1               |
|          | ねじれ定数         | m <sup>4</sup> /Br | 26                  |
| ハンガーケーブル | 断面積           | m <sup>2</sup>     | 0.019               |
|          | ヤング率          | tf/m <sup>2</sup>  | 1.4*10 <sup>7</sup> |

キーワード：長大吊橋，フラッター，フラッター解析，支間割

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel 093-884-3110 Fax 093-884-3100

固有振動数は全て低下している。鉛直たわみの最低次振動モード形は側径間長によって変化し、側径間長 700m 程度より大きい場合は対称 1 次、側径間長 700m 程度より小さい場合は逆対称 1 次となっている。

## ②フラッター解析

図 4 に、側径間長の変化に伴うフラッター発振風速の変化を示す。側径間長が 800m 以下の場合、側径間長が延びるに伴ないフラッター発振風速は増加し、側径間長 800m で最大となる。側径間長が 800m からさらに増加すると、フラッター発振風速は低下する。図 5 に、フラッターモード形を示している。全ての場合においてねじれと鉛直のモード形が連成しており、水平モード形の連成は見られない。ねじれ振動モード形は対称 1 次で、鉛直振動モード形は主に対称 1 次と対称 2 次の重ね合わせとなっており、両者の支配度によって徐々に変化していると考えられる。(a)、(b)では鉛直対称 2 次の影響を強く受けており、(c)では鉛直対称 1 次の影響を強く受けている。(d)では鉛直対称 2 次になっているが、鉛直対称 1 次の影響も強く受けていると考えられる。(e)、(f)、(g)では鉛直対称 2 次の影響を強く受けている。

## 4. まとめ

鉛直、水平、ねじれの各固有振動モードの固有振動数は側径間長が長くなるにつれて全て低下することが判明した。また、鉛直たわみの最低次振動モード形は側径間長によって変化し、側径間長 700m 程度より大きい場合は対称 1 次、側径間長 700m 程度より小さい場合は逆対称 1 次になることがわかった。

側径間長の変化に伴いフラッター発振風速およびフラッターモード形は変化する。フラッターモード形において、水平振動モード形は連成せず、鉛直振動モード形とねじれ振動モード形が連成している。そのねじれ振動モード形は対称 1 次、鉛直振動モード形は主に対称 1 次と対称 2 次の重ね合わせとなっており、両者の支配度により、フラッターモード形は徐々に変化している。

## <参考文献>

- 1) 米田昌弘ほか：吊橋の曲げねじれフラッター発現風速に対する構造的な要因の影響，風工学シンポジウム論文集，pp.235-240，1986
- 2) 中崎俊三ほか：暴風時質量付加型超長大吊橋の検討と試設計，土木学会論文集，No.584，pp295-305，1998
- 3) 榊一平ほか：長大吊橋のフラッター解析に関する基礎的研究，土木学会第 54 回年次学術講演会概要集第 1 部，1999

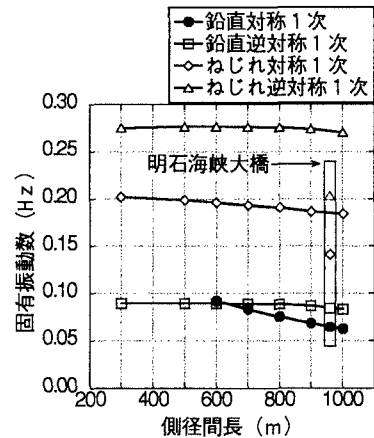


図 3 鉛直、水平、ねじれの最低次モードの固有振動数

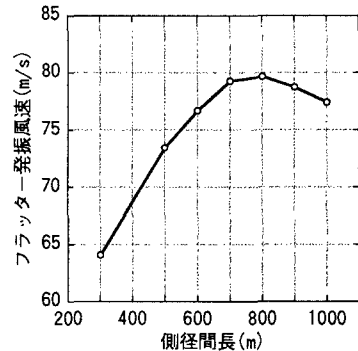


図 4 フラッター発振風速と側径間長の関係

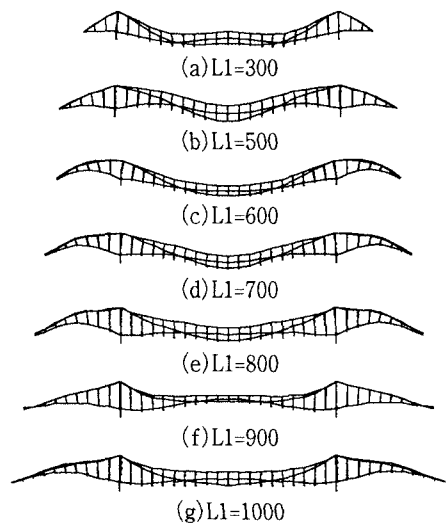


図 5 フラッターモード形