

「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型風洞試験

|             |     |       |            |     |       |
|-------------|-----|-------|------------|-----|-------|
| 三井造船（株）     | 正会員 | 吉住 文太 | 土木研究所      | 正会員 | 村越 潤  |
| 土木研究所       | 正会員 | 麓 興一郎 | 本州四国連絡橋公団  | 正会員 | 秦 健作  |
| 石川島播磨重工業（株） | 正会員 | 松田 一俊 | JFE 技研（株）  | 正会員 | 村上 琢哉 |
| 三菱重工業（株）    | 正会員 | 本田 明弘 | 住友重機械工業（株） | 正会員 | 宮崎 正男 |

1. はじめに

次世代の海峡横断プロジェクトとして中央支間が 2000m を超えるいわゆる超長大吊橋が構想され、その耐風安定性についてはフラッター発現風速 80m/s 以上が必要と考えられている。耐風性に優れた桁断面の一つとして、遮風壁や検査車レールを積極的に耐風安定化策に用いた開口一箱桁断面が提案され<sup>1)2)</sup>、この断面を適用した 3 次元大型全橋模型試験を実施するにあたって、桁形状の模型化の検討<sup>3)</sup>および静的変形や振動特性を相似させる模型設計の検討<sup>4)</sup>が行われた。これらの検討結果をもとに 3 次元大型全橋模型が製作され、一様流中の対風応答試験が実施された。本報はその試験結果について報告するものである。

2. 全橋模型

模型は、中央径間 2800m、全長 5000m の超長大橋を縮尺 1/125 で Froude 相似則を満たすように模型化した 3 次元全橋弾性模型<sup>4)</sup>であり、桁断面は遮風壁を有する開口一箱桁である（図 1、写真 1）。模型諸元を表 1 に示す。試験は（独）土木研究所構内の大型風洞施設を用いて一様流中、迎角 0° で行った。試験状況を写真 2 に示す。

3. 試験結果

静的変形状況を図 2 に示す。いずれの系も実橋換算 80m/s で中央径間 L/2 点の水平変形は桁幅の約 1.5 倍の 400mm 程度生じており、開口二箱桁<sup>5)</sup>より大きく、

抗力が大きい<sup>2)</sup>影響と考えられる。ねじれ変形については、いずれの測点とも正迎角側であり遮風壁による頭上げの空力モーメント<sup>2)</sup>の影響が現れているものといえる。図 3 に、フラッターが発現したねじれ対称 1 次卓越モードの風速と対数減衰率の関係を示す。風洞風速 8.6m/s（実橋換算 96m/s）でフラッターが発現し、実橋換算で 80m/s を上回るフラッター性能が確認された。図 4 にフラッター発生時の各断面の振動軌跡を示す。側径間の鉛直曲げ成分が大きく、また中央径間 L/2 点では水平成分が鉛直成分と同程度生じ、ねじれと鉛直曲げの位相差が大きくずれていることが特長である（鉛直曲げ変位下向き最大からねじれ変位頭上げ最大までの位相遅れが 69°）。中央径間は鉛直・水平・ねじれの各成分が連成

連絡先 〒706-0014 岡山県玉野市玉原 3-16-1、三井造船（株） TEL0863-31-9610、FAX0863-31-4809

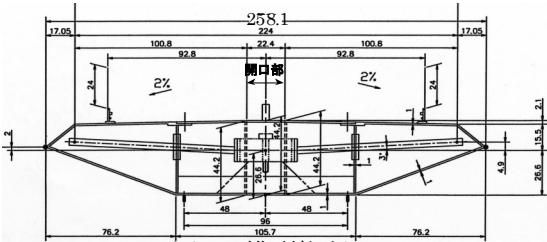


図 1 模型桁部断面図



写真 1 模型桁部状況



写真 2 試験状況（風洞風速 8.4m/s）

表 1 各モードの振動諸元

| 振動モード      | 固有振動数 (Hz) |       |       | 対数減衰率δ |
|------------|------------|-------|-------|--------|
|            | 所要値        | 計測値   | 偏差(%) |        |
| 鉛直曲げ対称1次   | 0.693      | 0.659 | -4.9  | 0.030  |
| 鉛直曲げ対称2次   | 1.112      | 1.098 | -1.3  | 0.022  |
| 鉛直曲げ逆対称1次  | 0.685      | 0.696 | 1.6   | 0.021  |
| 鉛直曲げ逆対称2次  | 1.500      | 1.496 | -0.3  | 0.020  |
| ねじれ対称1次    | 1.757      | 1.821 | 3.6   | 0.013  |
| ねじれ逆対称1次   | 2.345      | 2.361 | 0.7   | 0.014  |
| 側径間ねじれ対称1次 | 3.063      | 3.128 | 2.1   | 0.014  |
| ねじれ対称2次    | 3.488      | 3.358 | -3.7  | 0.018  |
| ねじれ逆対称2次   | -          | 4.307 | -     | 0.008  |
| ねじれ対称3次    | -          | 5.459 | -     | 0.009  |

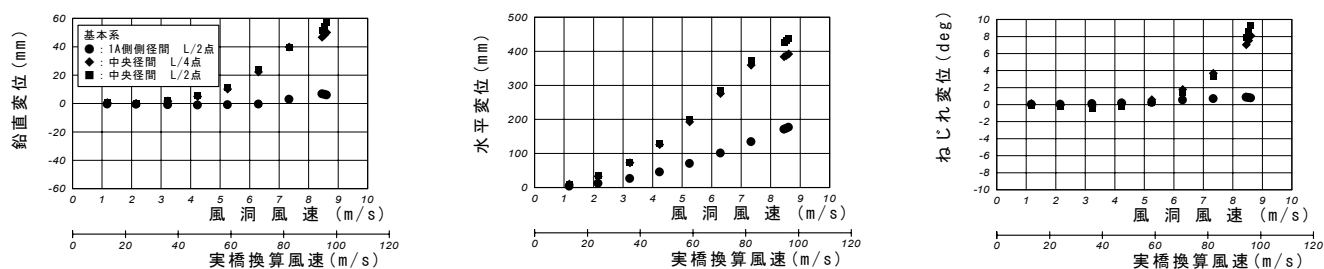


図2 静的変形状況

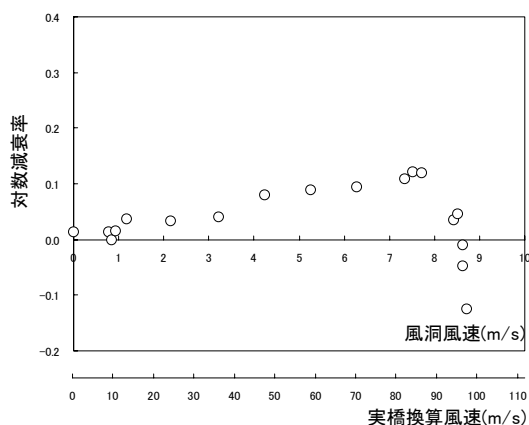


図3 ねじれ対称1次卓越モードの有風時減衰特性

し励振の空気力が働き、側径間はねじれが連成していないため制振の空気力が働いているものと推察される。図5に渦励振応答特性を示す。風速に応じて複数のモードが発現し、鉛直曲げモードでは最大で片振幅 1.6m、ねじれモードでは同 1.8° 程度の渦励振が発現している。加速度に換算（ねじれは外側車線の中央で換算）すると最大で 60gal 程度である。

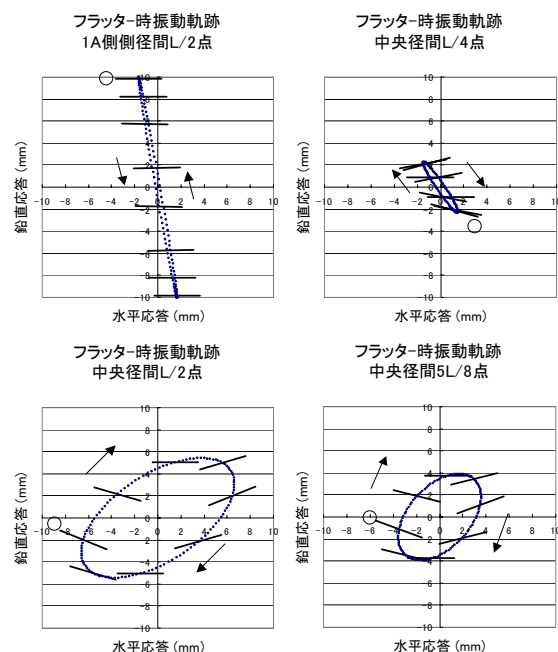
#### 4. まとめ

遮風壁を有する開口一箱桁を3次元全橋模型に適用し、一様流中の対風応答試験を実施した。試験の結果、80m/sを上回る高い耐フラッター性能を有することが確認された。今後、試験結果と解析結果の整合性をはじめ、

想定実橋の耐風性を検討していく予定である。なお、本検討は、(独)土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センター、及び民間9社（著者5社、川重、川田、清水、日立）による「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究」の一環として実施されたものである。

#### 参考文献

- 1) 所、増田、中島、本田：超長大橋を想定した開口1箱桁断面のフラッター特性、第55回土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集、I-B58、pp. 118-119、2000. 9.
- 2) 村上、由井、武田、村越、麓：中央開口一箱桁断面を有する超長大吊橋の耐風安定性検討、第17回風工学シンポジウム論文集、pp. 393-398、2002. 12.
- 3) 村上、村越、麓、秦、松田、吉住、本田、宮崎：「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型の桁形状模型化検討、第58回土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集、I、2003. 9.
- 4) 本田、村越、麓、秦、松田、村上、吉住、宮崎：「開口一箱桁断面を有する超長大吊橋」大型全橋模型の設計、第58回土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集、I、2003. 9.
- 5) 佐藤、楠原、大儀、北川、伊藤、大廻：超長大橋の一様流中における耐風性、第16回風工学シンポジウム論文集、pp. 351-356、2000. 12.



- 注1) 平均変位(静的変形分)を差し引いた振動成分を表示している。  
 注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。  
 注3) 1A側側径間 L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。  
 注4) ○印は中央径間 L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。  
 注5) 鉛直は上方が正、水平は下流が正である。(図では風は左から右への流れ。)  
 (風洞風速  $V=8.61\text{m/s}$ 、振動数  $f=1.093\text{Hz}$ 、対数減衰率  $\delta=0.010$ )

図4 フラッター発生時の振動軌跡

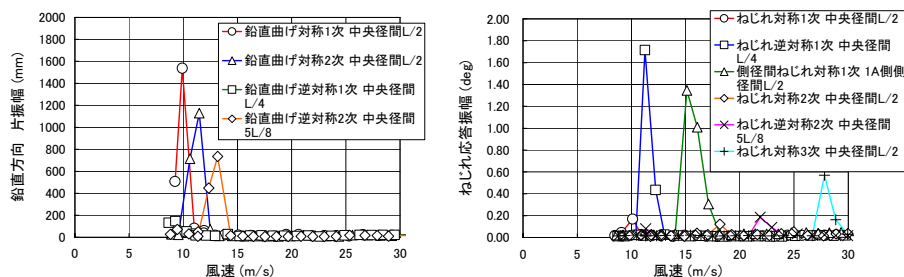


図5 渦励振応答特性