

### 内側2車線をグレーチング構造とした扁平箱桁の空力特性

日立造船 正会員 植田利夫 正会員 田中 洋 正会員 三河克己 正会員 山口映二

1. まえがき 我が国の第二国土軸を形成する海峡横断プロジェクトでは中央支間 2000m 以上のいわゆる超長大吊橋が構想されている。その桁構造は、明石海峡大橋のトラス構造とは異なり、経済性を重視して偏平箱桁が検討対象とされているが、耐フラッター性能として設計目標値 80m/s が要求される可能性があるため、その耐風性の確保が重要な課題である。日立造船では、6 車線で中央支間 2500m、全長 5000m の場合を想定して、図 1 に示す桁高 5 m、中央開口幅 5 m に上下突出高 1.5m の鉛直スリット<sup>1)</sup>と桁の両端部上下に幅 2 m の水平スリット<sup>2)</sup>を設置する耐風性の良好な桁断面を提案してきた。<sup>(1) (2)</sup> ここでは、さらに経済性を重視して図 2 に示すように 4 車線を対象に、桁高 3 m で中央支間 2800m、全長 5000m に関して同様の考え方を適用することとした。この断面では、中央部のオフセット<sup>3)</sup>の幅を約 10m とし、内側 2 車線に活用の上、鉛直スリット<sup>1)</sup>を上側に 1.2m、下側に 0.6m の突出高とした(断面Ⅰ)。また、通行車輛に対する風除けとして桁部にウィンドシールド<sup>4)</sup>が設置される可能性もあるので、路面上高さ 3 m、充実率 50 %のものについて検討を加えた(断面Ⅱ)。さらに、偏平箱桁においても一様流中では比較的低風速で渦励振が発生する場合もあるので、乱流中での試験も実施して検討を加えた。

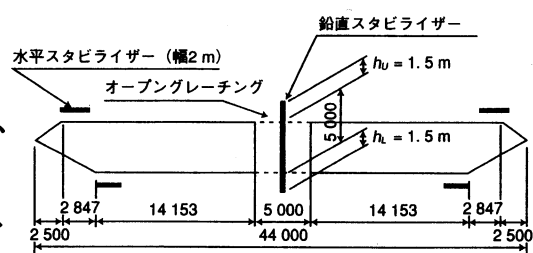


圖 1 6 直線断面

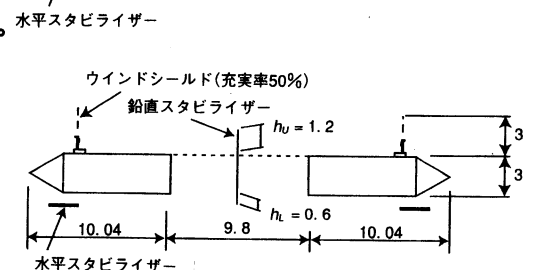
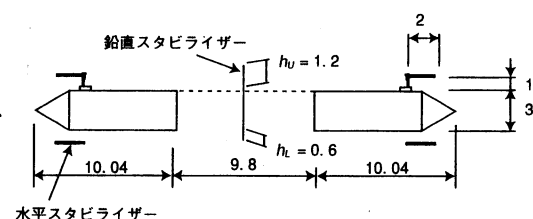


图2 4直线对象断面

**2. 連成フラッターに関する検討**      2.1      2次元ばね支持モデル  
とばね支持条件を表1に示す。ねじれの構造減衰は0.02に調整できたが、鉛直たわみに関する構造減衰は中央開口部にグレーチング構造をモデル化した金網の存在により、付加減衰を極力小さくしても0.04となっている。図3に断面Ⅰ、Ⅱの一樣流中の振動応答を示す。 $\alpha = 0^\circ$ 、 $\pm 3^\circ$ とも連成フラッターの発生風速は80m/sをクリアしている。

**2.2 3次元連成フラッター解析結果** 断面Ⅰおよび断面Ⅱの三分力係数は図4に示すとおりであり、これらの結果をもとに

算定した静的風荷重による変形は図5のようになる。断面Ⅰ、Ⅱとも橋全体にわたり、有風時は負の迎角を示し、80m/sでの中央支間中央のねじれ変形は、断面Ⅰで $-5^{\circ}$ 、断面Ⅱで $-9^{\circ}$ である。つぎに、各断面について測定した非定常空気力係数の結果の中、連成フラッターに大きく寄与すると考えられる $A_2^*$ （ねじれ速度に比例する空力モーメント成分）、 $A_1^*$ （鉛直たわみ速度に比例する空力モーメント成分）、 $H_3^*$ （ねじれ変位に比例する揚力成分）を示すと図6のようである。 $A_2^*$ は連成フラッター特性が良いと考えられる平板翼のそれに比べ極端に小さくなっている。一方、 $A_1^* \times H_3^*$ に係わる各係数も極端に小さくなっているため、結果的には、断面Ⅰおよび断面Ⅱの方が平板翼としての連成フラッターの発生風速42m/s(Selberg

キーワード : 超長大吊橋、偏平箱桁、鉛直スレ・ラザ、水平スレ・ラザ、フラッター

連 絡 先 : 大阪市大正区船町2-2-11、(TEL)06-6551-9239、(FAX)06-6551-9841

表1 実橋諸元と風洞試験条件

|                     |                                                            | 実績諸元値     | 模型試験値  | 模型試験値<br>(満励振の調査) |
|---------------------|------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------------------|
| 振動数                 | ねじれ (Hz)                                                   | 0.148     | 2.157  | 6.348             |
|                     | 鉛直たわみ (Hz)                                                 | 0.066     | 0.967  | 2.876             |
| 振動数比                | ねじれ/鉛直たわみ                                                  | 2.24      | 2.23   | 2.21              |
| 慣性                  | 重量 (N/m/Br)                                                | 235 830   | 37.1   | 36.4              |
|                     | 質量慣性モーメント<br>( $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}/\text{Br}$ ) | 2 993 200 | 0.0733 | 0.0725            |
| 減衰率<br>( $\delta$ ) | ねじれ                                                        | ---       | 0.02   | 0.02              |
|                     | 鉛直たわみ                                                      | ---       | 0.04   | 0.03              |
| 風速倍率                |                                                            |           | 5.47   | 1.85              |

式による予測値)より相当に大きくなっている。各風速での有風時の静的変形と固有振動数の変化を考慮した場合の3次元マルチモード連成フラッター解析結果を図7に示す。ねじれ変形によりフラッター発生風速は低下するが、断面Ⅰで91m/s、断面Ⅱでも88m/sで、設計目標値80m/sを十分にクリアしている。

**2.3 渦励振特性** 図3で実橋換算風速5 m/s前後で鉛直たわみあるいはねじれの渦励振がわずかにみられる。渦励振に着目したばね支持試験を行った結果、一様流中では、鉛直たわみは2 m/sで2 cm、ねじれは6 m/sで0.6°の

渦励振が発生するが、5、10、15%の格子乱流中の試験結果ではいずれの渦励振も消滅する傾向であった。

**3. あとがき** 鉛直と水平スタビライザーを併用した耐風対策により、経済性を追求した超長大吊橋の4車線の扁平箱桁で80m/s以上の連成フラッター発生風速を確保できた。また、ウインドシールドは今回対象とした断面では耐風特性を悪化させるほどでもないことがわかった。また一様流中の比較的低風速域で発生すると考えられた渦励振は、乱流中では消滅することが確認された。今後の検討資料として参考となれば幸いである。

なお、本成果は、建設省土木研究所、本四公団、(財)土木研究センターおよび民間企業8社からなる共同研究「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計に関する共同研究」の一環として実施されたものである。

**参考文献** (1)植田,田中,山口:超長大吊橋の扁平箱桁の空力特性改善対策,土木学会第53回年次学術講演会概要集,Ⅰ-B 69,1998 (2)植田,田中,山口:超長大吊橋の桁の空力特性改善対策,日立造船技報,第58巻,第4号,1998 (3)植田,田中,山口:経済性を考慮した超長大吊橋の扁平箱桁の耐風設計案,日立造船技報,第60巻,第4号,2000

参考文献 (1)植田,田中,山口:超長大吊橋の扁平箱桁の空力特性改善対策,

土木学会第53回年次学術講演会概要集,Ⅰ-B 69,1998

(2)植田,田中,山口:超長大吊橋の桁の空力特性改善対策,日立造船技報,第58巻,第4号,1998

(3)植田,田中,山口:経済性を考慮した超長大吊橋の扁平箱桁の耐風設計案,日立造船技報,第60巻,第4号,2000

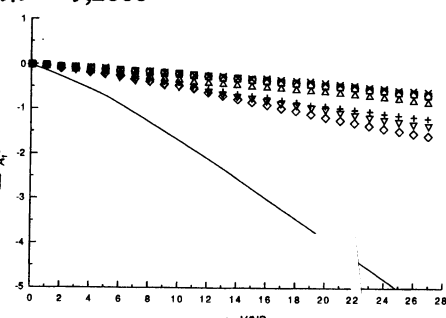
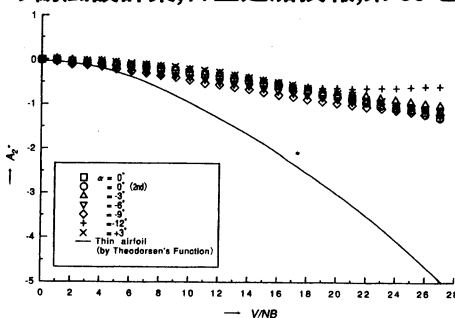


図6 非定常空気力係数

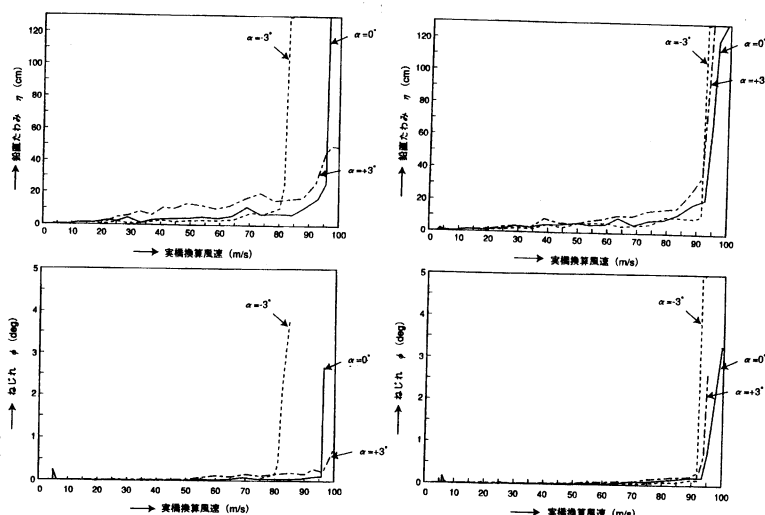


図3 振動応答(断面Ⅰおよび断面Ⅱ)

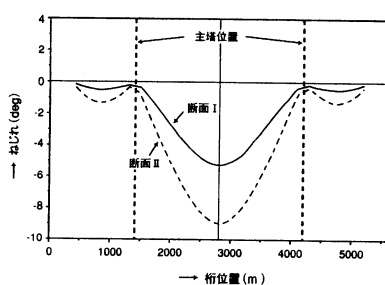


図5 静的風荷重による変形

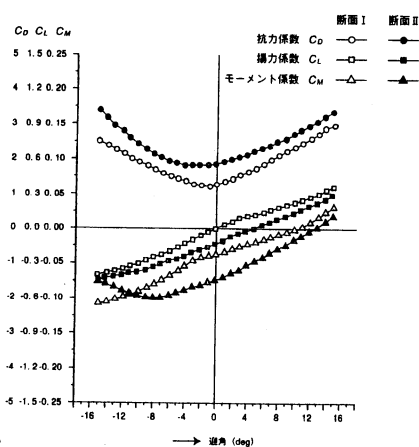


図4 三分力係数

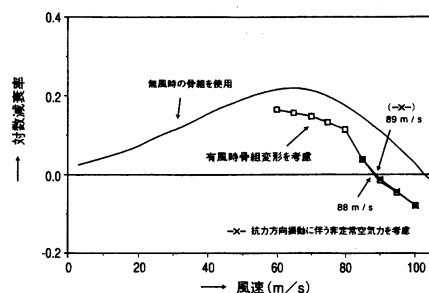
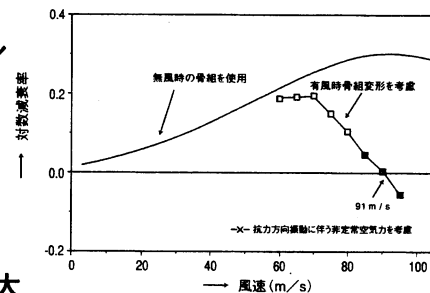


図7 フラッター解析結果