

本州四国連絡橋公団第一建設局
同 上
日立造船株式会社技術研究所

正会員 保田雅彦
正会員 藤井裕司
正会員 植田利夫

1. まえがき 吊橋のトラス補剛桁では、通常、橋床と主構弦材間、橋床の中央部および両端部に風抜孔が設けられ耐風設計に配慮されている。しかし、風洞実験の結果耐風性が不十分なことがあり、その耐風安定化対策として、(a) 中央分離帯部防護柵を閉塞する方法、(b) 桁上端部を覆い翼形床版にする方法⁽¹⁾⁽²⁾などが検討されている。

本文で提案する対策は、手法的には(a)と類似しているが、図1に示すように橋床中央部の開孔を利用するもので路面下に帯板(以下、偏流速蔽板と称す)を設置するため、(a)のように路面の構造および機能を変化させることなく効果的に耐風性を改善することができると。以下、この対策が耐風性を改善する効果について風洞実験(バネ支持模型実験および三分力試験)および流れの可視化実験の結果をもとに述べる。

2. 風洞実験 想定橋の原断面(Model A)は、図1に示すように道路鉄道併用のダブルデッキ構造で下路床版には充流構造のダクトが設置されている。耐風安定化対策を施した改良断面(Model B)はModel Aの路面下に偏流速蔽板を設置したものである。また、Model CはModel Aでダクトを除去した断面である。風洞模型の縮尺は $1/64.66$ である。

2.1. バネ支持模型実験 バネ支持模型実験の実験条件を表1に示す。

表1 バネ支持模型実験条件

	Model A (原断面)	Model B (改良断面)
重量 (kg/m)	9.625	9.656
振動性モット ⁽¹⁾ ($\text{g-cm}^2/\text{m}^2$)	4.539	4.541
振動数 (Hz)		
たわみ	1.356	1.354
ねじれ	2.822	2.820
振動数比	2.07	2.08
構造減衰 ⁽²⁾		
たわみ	0.046~0.047	0.042~0.046
ねじれ	0.030~0.032	0.031~0.032

図2にねじれ振動の振幅(倍振幅) A_θ と換算風速 $V/\%N_{\theta B}$ (V :風速、 $N_{\theta B}$:無風時のねじれ振動数、 B :主構間隔)の関係、図3にねじれ振動成分の減衰 δ_θ と $V/\%N_{\theta B}$ の関係、図4に測定迎角 α に対するフラッター発振風速 V_{cr} (換算風速 $V_{cr}/\%N_{\theta B}$)を示す。図4より、Model Aは迎角 $\pm 3^\circ$ では耐風性は十分であるが迎角 0° ではフラッター振動に対する設計限界値($V_{cr}/\%N_{\theta B}=8.45$)に抵触しており、耐風性が十分でない。そこで、今回は迎角 0° の耐風性を改善することを目的として、偏流速蔽板の上端および下端の位置を変化させて検討し、Model Bでは最終的に図1に示すような位置に実橋換算2m幅の寸法で配置された。図2、3および4より、Model BはModel Aと比較して、もともと耐風性が確保されている負の迎角 -3° では耐風性はほとんど変化することなく、耐風性の改善が必要とされる迎角 0° で耐風性が十分に向上している。また、正の迎角 $+3^\circ$ では迎角 0° に対して決定された偏流速蔽板により耐風性がますます良くなっている。さて、図4のModel AとModel Cを比較してわかるように、ダクトの付設によって迎角 $+3^\circ$ で耐風性が改善されているがダクトのないModel Cのように迎角 $+3^\circ$ 近傍で耐風性が悪い $V_{cr}/\%N_{\theta B}-\alpha$ の傾向は、シングルデッキ、ダブルデッキを問わず、吊橋のトラス補剛桁でよく現れる。偏流速蔽板は、このような場合にこそ耐風性の改善の役割を發揮するものと期待される。

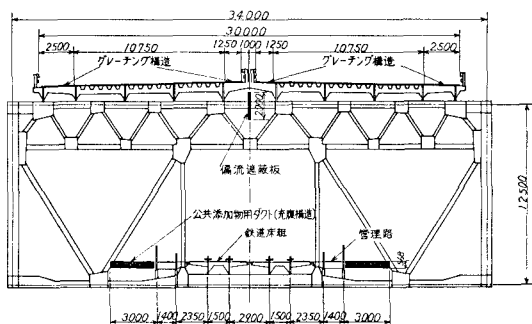


図1 想定橋断面

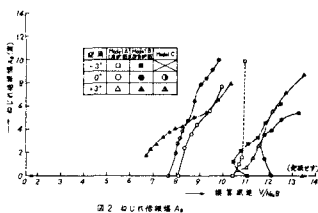


図2 ねじれ振動振幅 A_θ

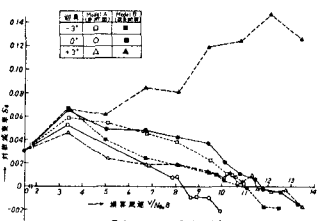


図3 ねじれ減衰率 (δ_θ)

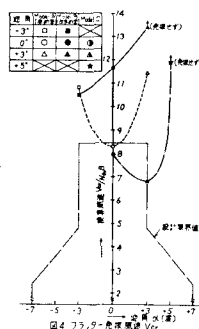


図4 フラッター発振風速 V_{cr}

つぎに、図5はフラッター振動時のねじれ振動成分の振動数 $N\theta$ および回転中心の移動量 X を比較したものである。図5より、偏流遮蔽板の付設により迎角 $+3^\circ$ で振動数は減少し、回転中心の移動量は大きくなり、曲げとねじれの連成の度合いがやゝ強くなっている。一方、迎角 0° および -3° では逆に連成の度合いが弱くなる傾向である。

2.2. 三分力試験 図6は、Model AとModel Bの抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L および空力モーメント係数 C_M と迎角 α の関係を示す。風荷重(迎角 0° の抗力)を比較すると、偏流遮蔽板の付設により、投影面積は7.9%増加するが抗力係数が4%減少するため、風荷重

の増加は3.6%にとどまっている。揚力係数は全迎角で減少し、とくに迎角 $-2^\circ \sim +16^\circ$ で減少量が大きく、迎角 0° で揚力はほぼ零になっている。また、空力モーメント係数は全迎角とも多少増加しているが、ほぼ類似した傾向である。

3. 流れの可視化実験 図7はModel AおよびBの上弦材および上路床組に対応する模型を用いて可視化した迎角 $0^\circ, \pm 3^\circ$ の流れのパターンの一例である。図7と偏流遮蔽板の寸法・位置の決定過程における試行実験結果(

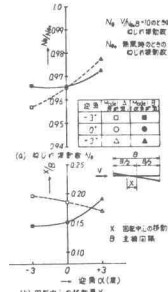


図5 C_D の振動数 $N\theta$ および回転中心の移動量 X の変化

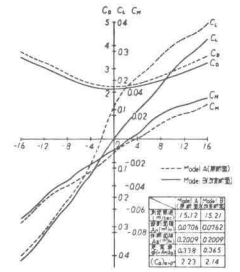


図6 三分力係数

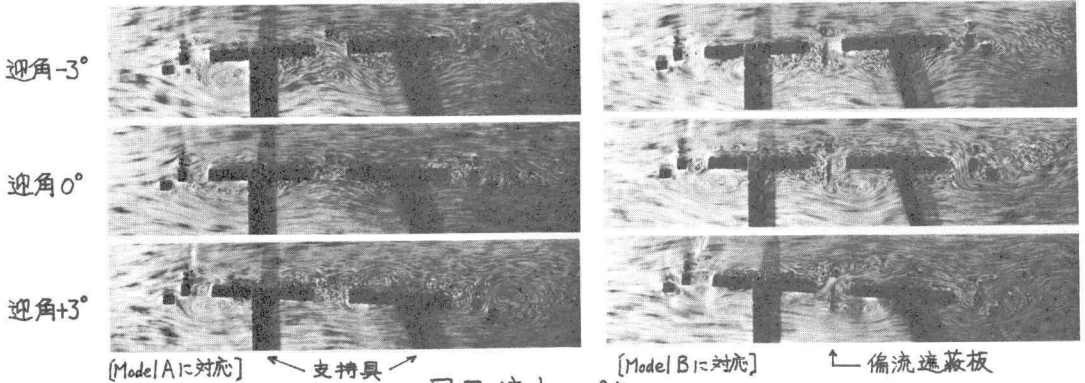


図7 流れのパターン

本文では省略)をもとに、偏流遮蔽板が流れに及ぼす影響と耐風性との関連を考察すると、つぎのようである。

(イ) 負の迎角では、偏流遮蔽板の上端位置を路面から十分に下げ、橋床中央部の下降気流を阻害しないことが必要である。下端の位置は負の迎角の耐風性にはほとんど影響を与えない。(ロ) 零の迎角では、上弦材および橋床の前縁で剥離した渦層流れの橋床中央部の上下面での付着が、偏流遮蔽板により遮断され、その上下端で再剥離している。これが、耐風性を向上させているようである。上端の位置は、床版の縦桁の下端面より上方の位置まで閉塞することが必要である。また、下端の位置は、できるだけ低い位置に下げる方が耐風性は良くなる。

(ハ) 正の迎角では、橋床下面の付着した流れを偏流遮蔽板が遮断し、その下端より再剥離させ、また、橋床中央部の上昇気流を促進して、これにより橋床前縁で剥離した上面の渦層流れを遮断再発達させている。

4. あとがき 近年、斜張橋の充腹断面桁では、風洞実験において渦励振動等を抑制するため種々の耐風安定化対策が検討され、橋へ適用されている。吊橋トラス補剛桁では、耐風性が改善される必要があるとき、本文で述べたような対策が検討に値すると考えられる。

なお、本実験は、本州四国連絡橋公団の業務として日立造船(株)において実施したものである。

[参考資料] (1) 多田安夫、田村周平、植田利夫：鋼床版合成した補剛トラスを有する吊橋の耐風性(その1)、第30回土木学会年次学術講演会議演概要集I-227、(2) 横波義幸、北川貴一：鋼床版合成トラス吊橋に発生するフラッターと圧力分布、第32回土木学会年次学術講演会議演概要集I-107、

(3) 秋山晴樹、樋上瑋一：翼形床版による吊橋の耐風安定化、第32回土木学会年次学術講演会議演概要集I-126、

(4) 本州四国連絡橋耐風設計基準(1975)