

本州四国連絡橋公団 正会員 秋山 晴樹
石川島播磨重工業(株) 〃 〇樋上 瑋一

1. まえがき

フラッター不安定振動は吊橋トラス補剛桁の設計上しばしば問題となっている。この問題に対して、空力断面特性の改善によってその耐風安定性を向上させる手段としては、グレーティングを設け床板に作用する動的空気力を減少させる方法がすでに実用化されている。一方新しい試みとしては中央分離板等により、流れを乱し、床板周りの流れの場を変える方法と、整流板等を取り付け逆に流れの剥離を防ぐ方法があげられる。本研究は後者の考え方に従って、桁上端部を覆い、断面の空力特性も平板翼の特性に近づけようとするものである。以下に風洞実験結果を主体にその効果について述べる。

2. 風洞実験

(1) 安定化対策の概要 安定化の効果を検討するために、中央支点間長1000m級の吊橋を想定し、図-1に示す典型的な補剛桁について実験を行なった。このような補剛桁の耐風性は床板の形状、取り付け位置によって影響を受け、不安定振動は上弦材および床板先端における剥離に起因すると考えられる。このため図-2に示すよう上弦材に半円を取り付け、上弦材と床板端間の空間を傾斜板で閉塞した。さらに床板は、床板路面、傾斜板、弦材丸みで幾何学的な翼面を形成するため、グレーティングを閉じ閉床とした。このような対策が施された床組を主構幅=30m、床板幅=25mの(A)基本断面に適用した場合を(A)翼断面とし、また主構幅、床板幅が32m、22.5mの(B)基本断面に適用した場合を(B)翼断面と呼ぶ。なお傾斜板の勾配 $\frac{1}{2}$ は(A)翼断面と(B)翼断面では異なり、それぞれ0.51と0.27となる。

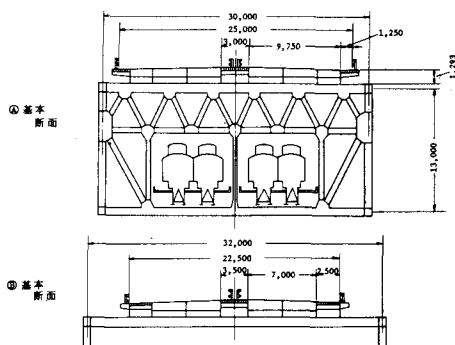


図-1 基本断面

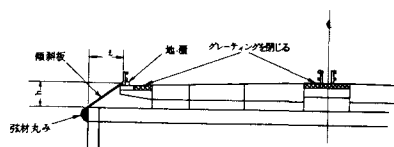


図-2 安定化対策

(2) バネ支持実験 実験は想定実橋の $\frac{1}{80}$ 縮尺模型を使用し、表-1に示す条件で行なった。図-3に迎角とねじれ固有振動数 $N_{\theta 0}$ で無次元表示した限界風速の関係を示す。なお、図中の一点破線は耐風設計基準⁽²⁾で自励振動が生じてはならないと規定している設計風速領域である。基本断面は、負の迎角での空力特性は優れているが正の迎角で比較的低い風速で発振する。このような空力特性は図-1の形状の床板を有する補剛桁によく見られる性質である。これに代って、翼断面の発振風速は迎角の正負にかかわらず同一化されその値は安定性が要求されている -5° ~ $+5^{\circ}$ の迎角範囲内で設計風速を大幅に上回るものとなる。また発振時の振動性状は基本断面と翼断面とではその性質を異にする(図4)。振動数の変化および回転中心の動きより、基本断面は正の迎角でねじれの1自由度フラッターで発振している。これに対し翼断面は小さい正負の迎角で2自由度フラッター、大きい迎角で1自由度フラッターとなる。以上の実験結果より、翼断面は基本断面の空力特性を本質的に変えてその安定性を向上させる効果を持つと言える。実験は中央分離帯部分を閉床とした場合についても行なった。その発振風速を閉床の場合と比較したものを

表-1 バネ支持実験諸元値

観 測 名 称	① 断面	② 断面
振動自由度	曲げとねじれの2自由度	
初期傾度	ねじれ加算	
質量 M/g	7.41	7.22
振動性 $(\text{mm} \cdot \text{sec}^{-2})$ モメント	2.19	2.35
振動 H_E	ねじれ 2.736	2.696
	曲げ 1.494	1.540
構造係数 (実験値)	ねじれ 0.026-0.029	0.026-0.029
	曲げ 0.18-0.2	0.18-0.2
風速倍率	9.04	9.22

図-5に示す。平板翼にスロットを設けることはフラッター限界風速を上昇させる効果を持つとA. Selberg⁽³⁾が明らかにしている。翼断面においても迎角 0° における発振風速は閉床の場合と比較して2割程度の上昇が認められる。閉床の効果は正の迎角で著しく認められ、発振風速は 0° の値を上回るばかりでなく、失速角も大きくなることは非常に興味ある結果である。

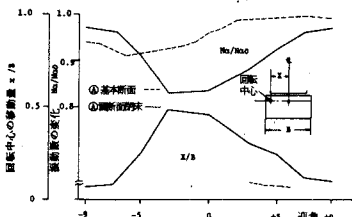


図-4 発振時の渦脱数の変化と回転中心移動量

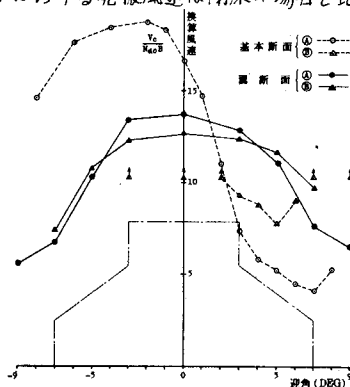


図-5 迎角と発振風速の関係 (基本断面・閉床翼断面)

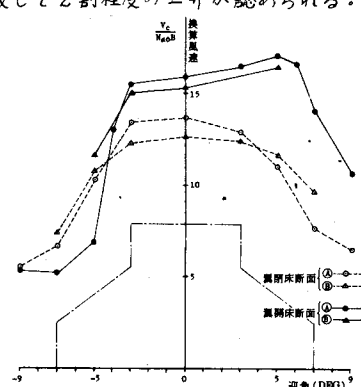


図-6 閉床板と開床板の発振風速の比較

(3) 三分力実験 基本断面および翼断面に対する三分力係数曲線は図-6に示すように差が認められる。翼断面の抗力係数は全迎角について基本断面より小さくなり迎角 0° における値は基本断面の95%程度となる。一方、揚力係数と空力モーメント係数は逆に大きくなり、その勾配は急となる。翼断面の床板を開床にすると閉床の場合と比較して空力モーメント勾配は緩和される。

3. 平板翼の空力特性との比較

安定化対策を施した床板形状が比較的平板翼に近いことから、小さな迎角で翼断面の空力特性は平板翼に似ていることが予想される。このため翼断面も平板翼とみなし、フラッター限界風速を閉床の場合はTheodorsenの理論⁽³⁾で、また開床の場合はA. Selbergの修正値⁽³⁾を使用して求めた。その計算結果と実験値の対比を表-2に示す。なお実験値は微小変形の仮定のもとで求められている計算値と対比させるため発振と振幅 2° で評価し、その風速値を使用した。また動的安定性に影響を及ぼすと言われている揚力と空力モーメントについて、閉床翼断面の静的空力係数と平板翼のそれ⁽⁴⁾と比較すると図-7となる。以上の比較結果より翼断面は動的、静的の両方において平板翼の空力特性に近い性質を持つものと考えられる。

表-2 発振限界風速の計算値と実験値の比較 (V_c/V_{c0})

模型名称	① 基 本 断 面		② 翼 断 面	
	計算値	実験値(°)	計算値	実験値(°)
閉床板	13.68	14.04	12.36	12.66
開床板	15.89	16.84	14.57	15.49

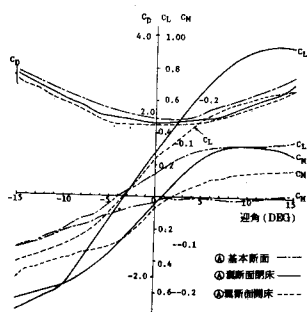


図-6 三分力係数 (① 断面)

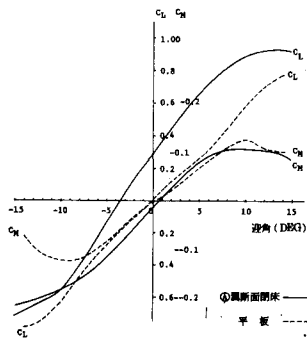


図-7 平板の静的空力特性との比較

4. 結論

ここで述べた翼断面は床組構造を大きく改造することなくフラッター不安定振動に対する安定性を向上させる方法と言える。小さい迎角での断面の空力特性は平板翼に近いものとなり、限界風速は計算で推定することが可能である。また中央分離帯部分を閉床とし、さらに床板下面に工を施し、床板形状を幾何学的に対称翼とすればその安定性は大きい正負の迎角まで維持されるものとなろう。

参考文献

- (1) 中村泰治, 寺村健, 渡辺公孝; 吊橋断面のフラッターおよび中央分離帯の影響 第31回土木学会年次講演会 S51年
- (2) 本州国電連絡橋の耐風に関する調査研究報告書 土木学会 本州国電連絡橋耐風小委員会 S50年
- (3) 白石成人, 浅沼秀彌; スロットをもつ平板のフラッター現象に関する2.3.の考察, 構造物の耐風性に関する第1回シンポジウム論文集 S45年
- (4) 本州国電連絡橋鉄道吊橋技術調査委員会, 中間報告書一橋りょう専門部会報告一日本鉄道建設公団 S45年