

三井造船(株) 正員 池ノ内 昌弘
 三井造船(株) 正員 岩城 康雄
 三井造船(株) 正員 井上 浩男

1. まえがき

径間150m幅員3mの吊橋を対象として、風洞実験より、その耐風安定性について検討した。本橋では、構造的・経済的見地から、軽量で剛性の高い、図1に示したような逆梯形断面補剛材が考えられた。おじれ振動数が高く、曲げ振動数との比が大きいため、曲げおじれフラッタに対しては安定と考えられるが、渦励振と曲げ自由度フラッタについて、検討しておく必要がある。同様な逆梯形断面には、St. Nazaire橋があり、風洞実験より渦励振が予想され、デフレクタで抑制している。また、Lillebaelt橋、川崎橋等の斜張橋においても、デフレクタで耐風性を改良している。ここでは、桁高と弦長(B)の比の大きい(約0.3)逆梯形断面に、比較的大きなデフレクタを付加することにより、空力特性を変えてその耐風安定化をはかった。なおかつ、有意味振動が問題となる場合は、構造断面形状を再検討することとした。

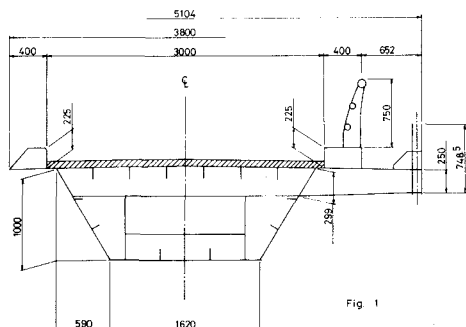


Fig. 1

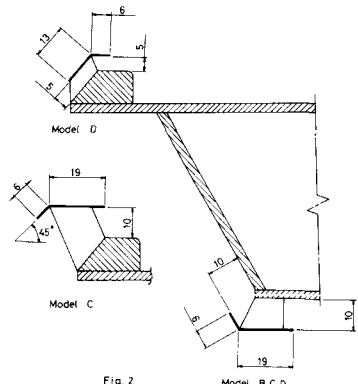


Fig. 2

Model B, C, D

2. 風洞実験および結果

2-1 模型および実験方法

実橋の1/6の部分模型を用い、静的空気力測定とばね支持試験を行なった。模型は櫓製で、高欄とデフレクタは取りはずし可能となっている。図2に、実験に用いたデフレクタを示す。風洞は、閉鎖式水平循環型の構造物用低速風洞で、測定部寸法は、3m×2m×20m(風上側の5mの部分使用)であり、乱れは0.1%以下の低乱風洞である。実験は、模型の基本的耐風性状を求めたため一様流で行なった。なお、Reynolds数(VB/ν)は、 $2.1 \times 10^4 \sim 4.3 \times 10^5$ である。

以下、原型模型、デフレクタ付改良模型の実験結果を順に述べ、耐風性の安定化への経過を示す。なお、迎え角は、静的空気力に対しては $\pm 1.3^\circ$ の範囲で、ばね支持試験では、 $-5^\circ \sim +5^\circ$ で実験を行なった。表1に、ばね支持試験時の模型の振動特性を示す。(質量パラメータは、 $m/\rho B^2$ を用いた。)

	実橋	実験値
質量	1.978 t/m	81.4 kg/m
慣性モーメント	152 kgm^2/m	—
振動数	たわみ 0.483 Hz ねじれ 4.07 Hz	2.30 Hz —
振動数比	8.43	—
構造減衰率	たわみ ねじれ	0.022 —
風速倍率	1	3.36
質量パラメータ	111.8	117.3

Table 1

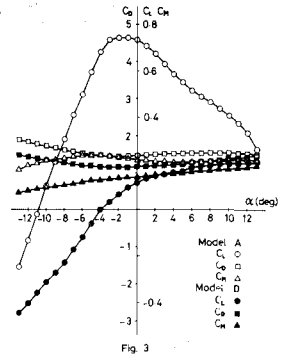
2-2 原型模型(MODEL A)

図3は、揚力・抗力・モーメント係数 C_L ・ C_D ・ C_M の迎え角 α に対する変化を示してある。原型模型では、 $\alpha > -1^\circ$ で C_L が配分負に転じ、ギャロッピングの発生が予想される。準定率理論より求めた限界風速($\alpha = 0^\circ$)は、16.7%である。図4は、ばね支持試験における応答曲線を示す。縦軸は倍振幅で、横軸は風洞風速Vである。原型模型の $\alpha = 0^\circ$ では、渦励振は発生しているが、 $V > 10\%$ でギャロッピングが発生しているのが判り、準定率理論で求めた値よりは、低い限界風速を示している。図5は、減衰率特性を示す。縦軸は対数減衰率(気流中) δ 、横軸は図3と同じ風速である。このV- δ 線図でも、 $V > 10\%$ で負の減衰率となり、振動の発生

を示している。従って、原型模型にデフレクタを付加し、以下に示すよう耐風安定化をはかっている。

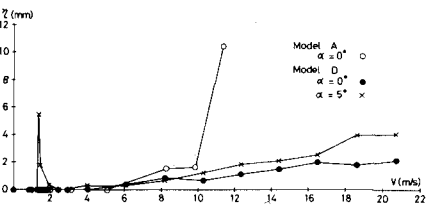
2-3 下部デフレクタ付模型 (MODEL B)

補剛桁下面両端にデフレクタを取り付け、その効果を調べた。 C_L 曲線(省略)は $\alpha > 0^\circ$ で平坦となり大きく変化した。なお勾配は、 0° 近辺を上下し、 $\alpha > 6^\circ$ では負勾配が見られ、十分な改良には至っていない。また、 $\alpha = -5^\circ, 0^\circ, 5^\circ$ のばね支持試験によると、 $\alpha = -5^\circ, 0^\circ$ では、高風速側で乱れ振動が見られるものの原型模型のようなギャロッピング現象は見られなかった。しかし、 $\alpha = 5^\circ$ では、 $V = 1.4$ m/s付近で渦励振が見られ、高風速でギャロッピングが観測された。図5のV- δ 線図では、 $\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ ともに $V > 10$ m/sで負減衰となっているが、この付近では波形の乱れが大きく、これだけでは判断できないうのである。



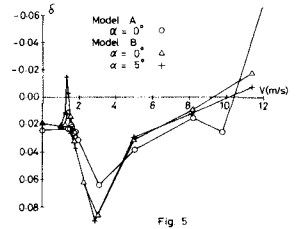
2-4 上下デフレクタ付模型 (I) (MODEL C)

次に、補剛桁上面の地覆上に、床版に平行なデフレクタを付加して、上下デフレクタ付加での効果を調べた。 C_L 曲線(省略)では、 0° 近傍の C_L 勾配は明確に正転したが、なお $\alpha > 8^\circ$ で弱い負勾配が残った。 $\alpha = 0^\circ, 5^\circ$ のばね支持試験によるとギャロッピング現象は抑制出来ることが判ったが、 $\alpha = 5^\circ$ での渦励振は残った。



2-5 上下デフレクタ付模型 (II) (MODEL D)

原型は、張り出しの小さい逆梯形断面であるので、次に、上部デフレクタを、フラップの形状から更に地覆に沿った形状に変更した。 C_L 曲線は、図3に示したように全域で正勾配に転じ、 C_D, C_H もわずかではあるが転じ、静的空気力特性は、原型模型に比べ、かなり改善されたと言える。 $\alpha = -5^\circ, 0^\circ, 4^\circ, 5^\circ$ でのばね支持試験でも、ギャロッピングはすべてにおいて見られず、 $\alpha = 5^\circ$ で渦励振が残るものの振幅は減衰し、 $\alpha = 0^\circ$ では、高風速側で乱れ振動が見られるものの、渦励振はなく、負の迎え角については非常に安定であり、ほぼ満足できる耐風特性に改良出来たと思われる。図4にV- γ 線図を、図6にV- δ 線図を示す。なお、架設地点地域の気象データによると、春期にやや強い季節風が吹くが、比較的风は穏やかである。また、橋の内側がみで、水面から床版までの高さが約7mと低いので、吹き上げ、即ち、正の迎え角を持つ風が比較的小さいと考えられ、最終断面形状は、この上下デフレクタ付がとられた。



3. あとがき

逆梯形断面について風洞実験を実施し、原型断面の上下面にデフレクタを付加して、 C_L 曲線の改良・ギャロッピングの抑止に効果と発揮し、耐風安定化が得られた。デフレクタの整流効果については、その寸法・形状、対象とする断面の形状等により微妙に変化するものであり、一般的結論と導くのは危険であるが、ここでは、効果を発揮した一例として示し、今後の橋梁の軽量化・経済的構造設計のために、技術的資料として寄与するところがあれば幸いである。

おわりに、本研究に対しては、多大なご理解とご便宜をはかっていたいただいた島根県邑智郡邑智町に、また、風洞実験に際しては、いろいろご教示を賜わった京都大学石井成人教授ら並びに諸先生方に深く感謝するとともに誌上を借りて厚くお礼申し上げます。