

鋼箱桁橋の風による振動とその防止策について

徳島大学工学部 正員 ○宇都宮英孝
片山鉄工所 正員 城戸 一郎
不軌建設 正員 山口 博久

1 まえがき

スパンが100mを超える連続鋼箱桁橋の建設が日常的となった昨今では、従来それほど重要視されなかった、風荷重の動的作用に対する配慮が、重要な意味を持つことも珍しくなくなって来た。従来から耐風安定性が問題視されていた吊橋や斜張橋の建設時には、風による不安定現象の発生に対してはそれなりの配慮がなされているが、スパンが200m以下の通常の鋼箱桁では、往往として風の動的作用を考慮することなく設計が進められる場合が多く、このような場合に、耐風工学上の問題が露呈してその対策に苦慮することも起り得る。本報告では、最も一般的な箱桁断面を例にとり、その風による振動の特徴を述べ、基本断面の選取上の問題と制振対策の有効性について検討するものである。データは風洞実験によって得られたものであり、実験はすべて一様流中で行われている。

2. 実験の概要

- ・実験装置：徳島大学工学部多目的風洞、水平押込式、測定部15m
- ・縮尺模型：原形の1/64の部分模型 模型長 $l=80\text{cm}$ [Fig 1]
バネ支持振動実験における相似パラメータは幾何学的相似条件の他に、質量パラメータ(E/IPB^4 , m/IPB^3)、風速パラメータ(V/Bw)および減衰パラメータ(δ)である。
- ・制振用付加構造物：Fig 1に示す基本断面に対し、Fig 2に示す3つのタイプの制振装置(フラップ、フェアリング、フレクター)を付加した。原設計に含まれる地覆、高欄等は耐風性の見地から必要に応じて取付け又は撤去するものとする。

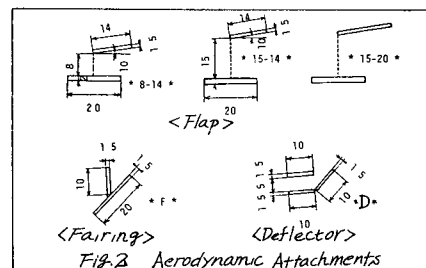
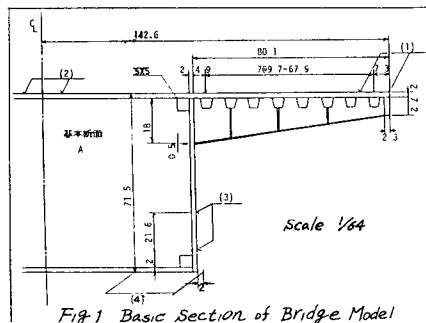
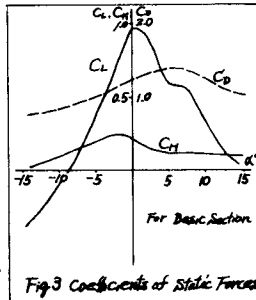
3. 実験結果

3-1)基本断面の応答特性：Fig 3に三分力試験による静的空気力曲線と、Fig 4にはバネ支持応答実験による $V-A$ 曲線と、さらに表1には原形と縮尺模型の構造諸元を示した。原形に見られるように、橋の固有周期が長く、比較的剛性の低い場合には風の影響は無視できない。

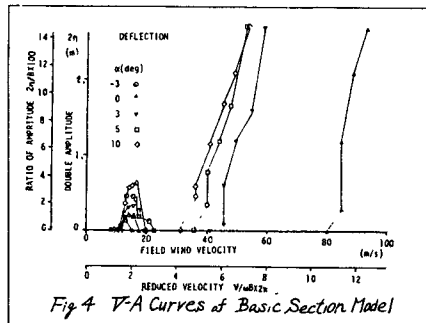
三分力試験の結果は、この種の断面形に特有の性質を示している。

特に揚力係数(C_L)曲線は、空力不安定現象のうちギャロッピング振動の発生と密接なかわりを持つものであり、測定結果によれば、迎角 0° 以上ではこの断面が不安定であることを示している。

Fig 4の縦軸は応答倍振幅を実橋換算値及び無次元振幅で示している。実橋換算風速15~19m/sの領域で渦による風誘



	Width	Weight	f_x	m/IPB^3	δ
Proto-type	18.25m	11.65 $\times 10^6$ N	0.911Hz	28.55	0.02
Model	28.52cm	28.449 $\times 10^{-6}$ N	3.23Hz	28.13	0.02~0.024



振動が発生しており、応答も幅員の4%、70cm以上の倍振幅が生じている。Fig.4にはまた、ギャロッピング応答が観測されているが、三合力試験の結果と良く対応している。迎角 $\alpha=0^\circ$ では C_L -曲線の勾配が正から負に変わる辺りであり、限界風速も $V_{cr} \approx 80\text{m/s}$ と高い。しかし迎角の増加と共に、 $\alpha=3^\circ$ で $V_{cr} \approx 40\text{m/s}$ 、 $\alpha=10^\circ$ では $V_{cr} \approx 30\text{m/s}$ 程度に低下し、例えば本四連絡橋の設計基準と満足しない。ねじり振動については、条形の固有振動数が4Hz程度と高く、十分な剛性があるので不安定振動の生じる可能性は低い、この種の断面形はねじりフラッターに対しても本格的に不安定な形状であり、その採用には十分な配慮が必要である。

3-2) 付加構造物による制振: 空力安定性を向上させるために採用した付加構造物はFig.2に示した通りである。フラップについては、床版からの高さ、フラップの長さの制振効果への影響を調べるために合計9種類を製作し、(高さ)-(長さ)をそのまま模型記号として用いている。Fig.5は典型的な4種の模型における C_L 曲線を示したものである。図中のデータはすべて高さ15mmとし、フラップ長およびアタング(F)、ディフレクター(D)との組合せによる効果を調べている。フラップ長を20mm(実橋1.28m)として、下側リ-ディングエッジからの距離をディフレクターでコントロールする(15-20-D, 15-20-FD)ことにより、 C_L 曲線のピーク値は α の大きな方へ移動し、耐風性が大幅に向上することが予想される。

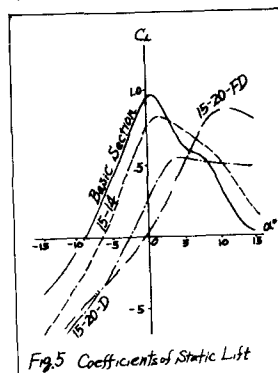
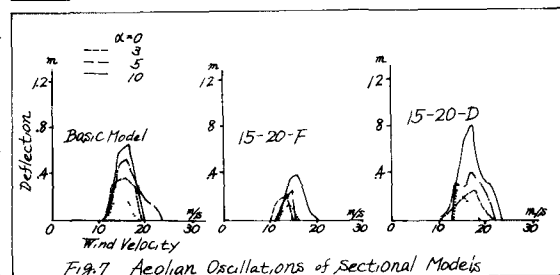
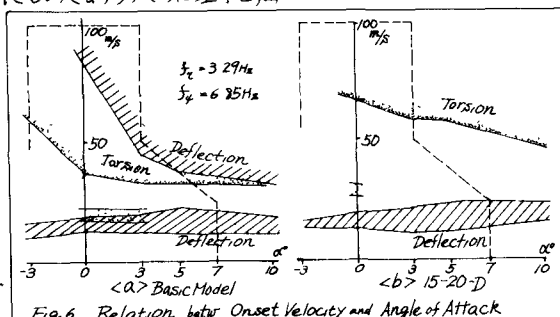


Fig.6は不安定振動の発生風速と迎角の関係を示したものであり、(a)は基本断面 (b)は15-20-Dつまり1.28mのフラップとディフレクターの組合せの場合の例である。図中の破線は設計基準値を示しており、この範囲内に不安定振動が存在してはいけない訳であるが、(b)ではギャロッピングが消滅していることがわかる。しかし、渦による限定振動は依然として存在しており、これら制振装置では不十分であることを示している。実橋ではフラップは限定振動に対して有効であることが認められたが、基本断面形との相対的な固有周波数により、付加制振装置の機能が変化することが予想される。Fig.7は迎角の増加と共にこの限定振動が変化してゆく様子を示したものである。迎角が 10° になると、倍振幅は40cmを超えており、迎角の全領域で所定の基準を満たすためには更に工夫が必要であり、制振装置は大きかりなものとならざるを得ない。なお図-6にはねじり振動の発生領域も示されているが、これはねじり振動数を1/5程度に減少させ、不安定性を高める結果であり、実橋とは相似則を満たしていない。



4. おすび

本研究は、ここで取上げたような縦桁が並列に架設された場合の相互空力作用について検討するための、予備実験の結果である。ここでは、基本断面の選択の段階で十分な配慮と欠いた場合に、付加構造物によって耐風特性を改善することが相当に困難であることを示した。特に対象が限定振動である場合、この種の橋が並列に架設されると、Wakeによる励振の影響は、単独橋の場合よりも不利になることも十分予想され、今後実験データを蓄積してゆく予定である。