

I-312

各種矩形断面の非定常空気力特性に関する実験的研究

京都大学大学院 学生員○小林裕輔
鹿島建設* 正員 新原雄二

京都大学工学部 正員 松本 勝
京都大学工学部 正員 白石成人
(*研究当時 京都大学大学院生)

1. まえがき 長大橋梁の耐風性を考える場合、風が橋梁に及ぼす作用を把握し、それによって引き起こされる橋梁の挙動を知ることが特に大切である¹⁾。本研究では風と橋梁の相互作用のうち、特に長大橋梁の桁部において問題となるねじれフラッターと連成フラッターの発生機構^{2) 3)}を解明するために、風洞実験により構造基本断面である矩形断面の1自由度振動時の非定常空気力特性について考察し、非定常空気力係数間の従属関係を導いた。

2. 風洞実験概要 断面辺長比 B/D (B : 断面幅員, D : 桁高) = 20, 15, 12.5, 10, 8, 5の6種類の矩形断面を用い、強制振動法によって一様流中で一定振幅のたわみ1自由度、及びねじれ1自由度振動実験を行った。その時、模型表面の平均圧力、模型振動数成分の変動圧力、及び変位最大（たわみ振動：下向き最大、ねじれ振動：頭上げ最大）から模型表面の負圧がピークとなるまでの位相差を測定した。さらに、圧力を断面周りで積分することにより矩形断面に作用する非定常空気力（揚力 L 、モーメント M ）を測定した。

3. 各種矩形断面の非定常空気力特性

3.1 変動圧力係数 $\tilde{C}_p$

図-1は断面幅員方向の各圧力孔の位置を断面の桁高 D で無次元化し、 B/D をパラメータとしたときの変動圧力係数である。変動圧力係数が最大となる位置は、断面辺長比によらずほぼ一定であり、

またそれはたわみ1自由度振動とねじれ1自由度振動でもほぼ同じ位置にあることがわかる。最大値の値は断面がBluffになるほど小さくなっているが、変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ の変化特性は、たわみ1自由度振動、及びねじれ1自由度振動共に、断面辺長比が変わっても変化がないことがわかる。次に、無次元風速をパラメータとしたときの $B/D=20$ の変動圧力係数を図-2示す。たわみ1自由度振動実験では、変動圧力係数の最大値が風速により低下しているが、ねじれ1自由度振動実験では最大値がほとんど変化していないことがわかる。相対迎角の最大値を考えると、たわみ1自由度振動では相対迎角は $\alpha = \eta \cdot \omega / U$ (η : たわみ片振幅, ω : 振動円振動数, U : 風速)と表され、風速の上昇により迎角が小さくなる。一方、ねじれ1自由度振動では相対迎角はねじれ片振幅 ϕ による影響が支配的で、振幅そのものがほぼ相対迎角となり、風速の変化による迎角の変化は小さいと思われる。このように、相対迎角と変動圧力係数に比例関係が認められることから、変動圧力係数は相対迎角によって決まるものと考えられる。

3.2 変位と変動圧力の位相差 ϕ

図-3に $B/D=20$ の変位最大から模型表面の負圧がピークとなるまでの位相差を示す。図より、位相差の分布特性はたわみ振動とねじれ振動で非常に似ていることがわかる。たわみ振動の位相差の分布が、ねじれ振動の位相差の分布よりも 90° 位相が早いのは、ねじれ振動では変位が最大となる瞬間に相対迎角も最大になるのに対し、たわみ振動では変位が最大となる瞬間よりも相対迎角が最大になる瞬間の方が位相が 90° 早い

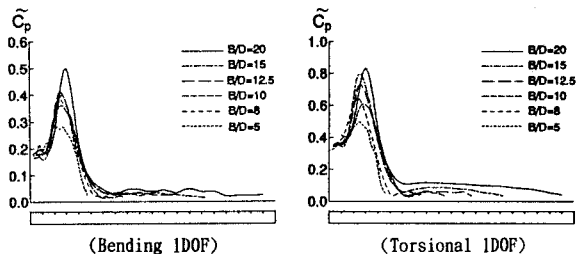


図-1 変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ ($U/fB=7.4$)

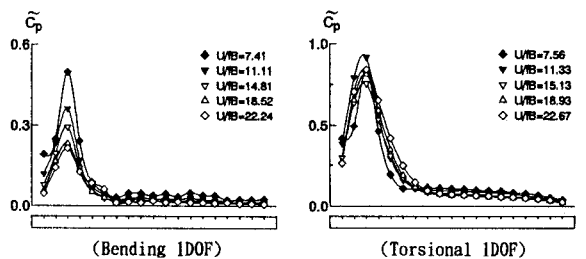


図-2 変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ ($B/D=20$)

ことが影響していると思われる。位相差の分布特性も相対迎角を基準に考えると、たわみ振動とねじれ振動による違いはないと考えられる。

3.3 非定常空気力係数間の関係

図-4に1自由度振動実験から得られた非定常空気力係数のうち H_1^* , A_2^* を示す。非定常空気力特性が断面辺長比によって変化することがわかる。非定常空気力係数は、非定常空気力を変位同相成分と速度同相成分とに分解する際の両者の寄与を表していると考えられるため、非定常圧力や位相差によって互いに結びついているはずである。先に述べたように、変動圧力係数は相対迎角によって決まり、しかも相対迎角を基準にするとたわみ振動とねじれ振動の位相差特性が本質的には同じであると考えられることから、単位相対迎角に対する変動圧力係数を用いて表した8個の非定常空気力係数間には、次式のような関係を導くことができる。

$$H_1^* = k H_2^*, \quad H_2^* = -k H_1^*, \quad A_1^* = k A_2^*, \quad A_2^* = -k A_1^* \quad (1)$$

図-5は、 $B/D=10$ の断面について式(1)の関係を用いて非定常空気力係数をプロットしたものであるが、式(1)の関係が成り立っていることがわかる。空気力の重ね合わせを仮定すると、2自由度振動時の8個の非定常空気力係数を減らすことも可能である。

4. 結論 本研究では1自由度振動する6種類の矩形断面まわりの圧力を測定し、その非定常空気力特性を考察したが、以下のような結論を得た。

- ・相対迎角という観点から考えると、矩形断面の非定常空気力特性はたわみ振動もねじれ振動も本質的には同じであると考えられる。すなわち、相対迎角に対して ϕ の効果は無視し得るものであると考えられる。
- ・非定常空気力係数間には、式(1)で表されるような従属関係が認められた。

謝辞

本研究の遂行にあたりご協力いただいた、京都大学工学部 白土博通助手、京都大学大学院 秋山真吾氏、ならびに本州四国連絡橋公団 保田雅彦氏に感謝致します。

参考文献

- 1)大橋ら：明石海峡大橋の耐フラッター性に関する予備的検討，第10回風工学シンポジウム論文集，1988年
- 2)松本ら：超長大橋梁断面の連成フラッター特性，京都大学防災研究所年報，第29号，1986年
- 3)松本ら：ねじれフラッター振動発生機構に関する研究，京都大学防災研究所年報，第33号，1990年

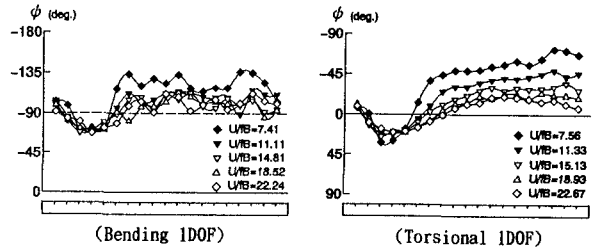


図-3 変位と変動圧力の位相差 ψ ($B/D=20$)

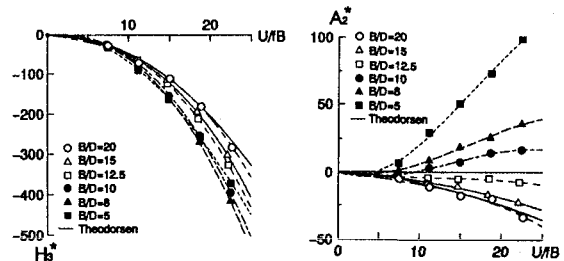


図-4 非定常空気力係数 H_1^* , A_2^*

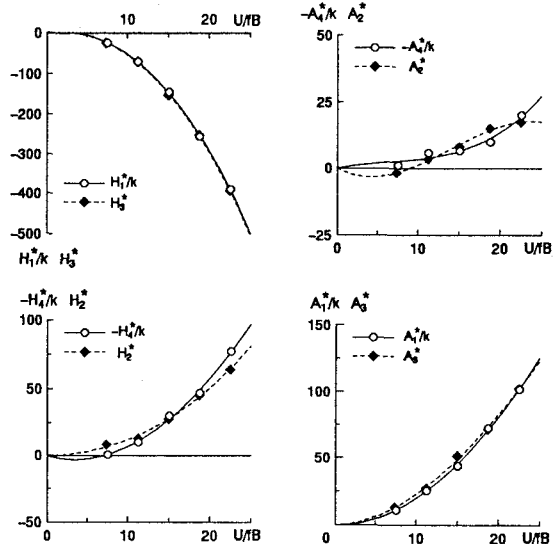


図-5 非定常空気力係数間の従属性 ($B/D=10$)