

I - B 45

橋桁基本断面の揚力及びモーメントに関する空力アドミッタンスの実験的研究

立命館大学大学院 学生員 ○奥村 学
 (株)ニチゾウテック 正会員 畑中 章秀
 立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士

1. はじめに 長大橋のガスト応答解析では、揚力及びモーメントに関する空力アドミッタンスとして薄翼に対する理論値であるSears関数を採用する場合が多い。しかし、橋梁断面は一般的に剥離を伴うにぶい断面であり、理想的なポテンシャル流れを仮定したSears関数と異なる空力アドミッタンスとなることが指摘されている。

本研究では、二次元変動風における角柱の1自由度系バネ支持モデルより揚力及びモーメントに関する空力アドミッタンスを評価するとともに気流の乱れによる影響について調査した。

2. 実験方法 模型は、図1に示すような辺長比が5の矩形断面とその両端に三角形フェアリングを付けた辺長比が8の六角形断面で長さ600mmの剛体模型である。鉛直たわみ及びねじれ振動のそれぞれ1自由度系にバネ支持した各模型(表1参照)にガストジェネレータにより生成される乱流を作用させた。気流は、主流及び鉛直方向成分ともKármánのスペクトルを有する乱流とした。空力アドミッタンスは、応答パワースペクトルを気流パワースペクトル及びジョイントアクセプタンス、メカニカルアドミッタンスで除して算定した。また、静的空気力係数及び空力減衰については各乱流中で得られたものを用いた。ただし、乱流中における空力減衰の測定は、ガストジェネレータにより生成された乱流の気流時刻歴の再現性を利用した測定方法¹⁾によるものである。

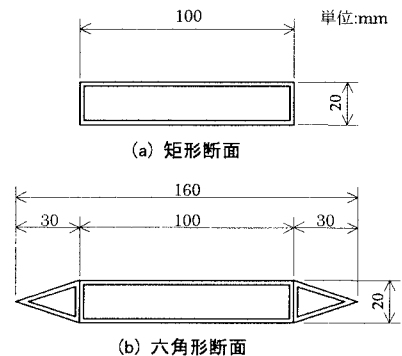


図1 模型断面図

3. 結果および解析結果 表2に示すような乱れ特性の異なる乱流中における各断面の応答特性を図2に示す。ねじれ1自由度の矩形断面では、 $U/fB=12.0$ [Semi-smooth] (U :主流方向流速, f :たわみまたはねじれの固有振動数, B :模型幅)でねじれフラッタが観測されているが、それ以下の風速域では、各断面とも気流の乱れに起因したガスト応答が観測された。

図3に矩形断面及び六角形断面における平均風速 $U/fB=11.5$, 7.18 で得られた揚力の空力アドミッタンスを示す。矩形断面では、無次元周波数 $fB/U=0.03\sim0.15$ の領域で薄翼の理論値であるSears関数より大きい値をとる。その要因として、剥離流の負圧による揚力増加²⁾によるものと考えている。一方、剥離流の影響が比較的小さい六角形断面ではSears関数に近いものが得られている。しかし、高周波数領域ではSears関数より低下する傾向が見られた。その要因としては、応答振幅、気流の流れ方向の相関、模型周りにおける流れの三次元性等の影響が考えられる。

表1 模型諸元

(a) 鉛直たわみ1自由度

	矩形断面	六角形断面
重 量 (kg/m)	1.647	1.647
固有振動数 (Hz)	1.74	1.74
構 造 減 衰	0.020	0.020

(b) ねじれ1自由度

	矩形断面	六角形断面
極慣性モーメント ($\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{m}$)	1.451×10^{-3}	1.618×10^{-3}
固有振動数 (Hz)	3.17	3.18
構 造 減 衰	0.020	0.020

表2 乱流特性

	I_u (%)	I_w (%)	L_u (m)	L_w (m)
Semi-smooth	< 2	< 1	< 0.1	< 0.08
Turb.1	5	2.5	1.6	0.4
Turb.2	10	5.0	1.6	0.4

キーワード：ガスト応答、空力アドミッタンス、Sears 関数

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 Tel 077-566-1111 Fax 077-561-2667

同様に、図4に矩形断面及び六角形断面における平均風速 $U/fB=6, 3, 3.9$ で得られたモーメントの空力アドミッタンスを示す。矩形断面では、両ケースとも無次元周波数 $fB/U=0.02 \sim 0.2$ の領域で Sears関数よりかなり大きい値をとる。六角形断面でも、Sears関数よりも多少大きくなる傾向が見られた。にぶい断面の空力アドミッタンスに及ぼす剥離流の影響は、揚力に対するよりモーメントに対してより顕著に現れることが分かった。

また、揚力及びモーメントについて気流の乱れ特性が異なる Turb. 1 ($I_u=5.5\%$, $I_w=3.2\%$) と Turb. 2 ($I_u=10.2\%$, $I_w=5.3\%$) を比較すると、剥離流の影響が大きい矩形断面では乱れ強度が大きい方が空力アドミッタンスの高まりが大きくなっている。その要因としては、前述のような要因が考えられるが、詳しくは今後の検討課題である。一方、六角形断面では、剥離流による影響が小さいことから気流の乱れによる影響はあまり見られなかった。

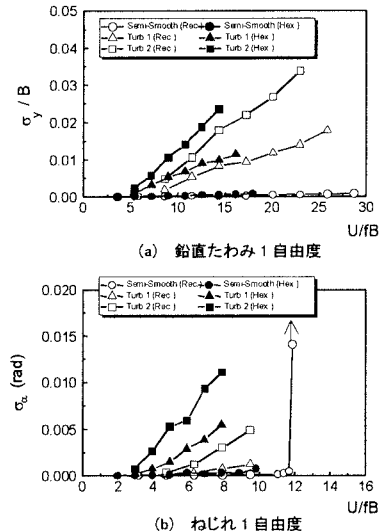
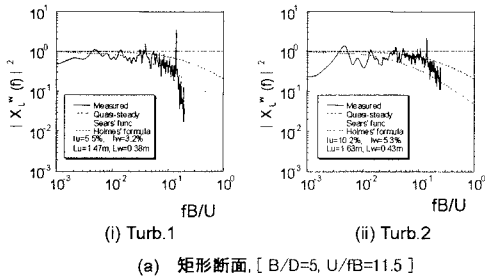
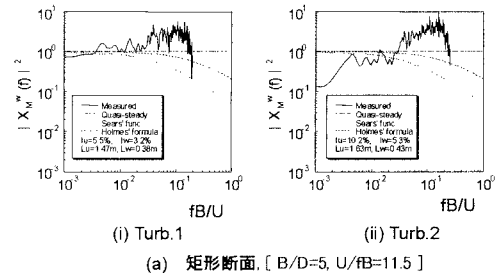


図2 応答特性

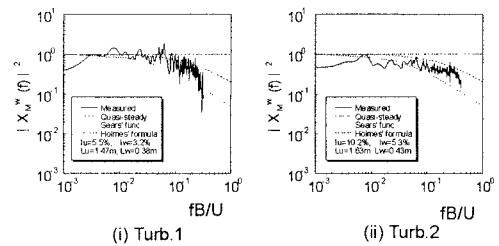
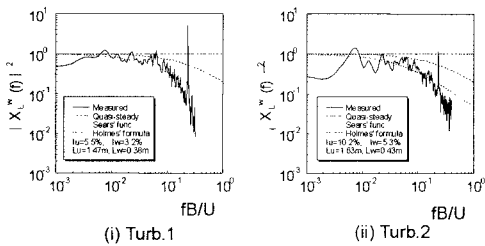


(a) 矩形断面, [$B/D=5$, $U/fB=11.5$]



(b) 六角形断面, [$B/D=8$, $U/fB=7.2$]

図3 揚力の空力アドミッタンス



(b) 六角形断面, [$B/D=8$, $U/fB=3.9$]

図4 モーメントの空力アドミッタンス

4. 結論 剥離を伴うにぶい断面の揚力及びモーメントの空力アドミッタンスはSears関数と異なる挙動を示す。その要因として、剥離流の負圧による揚力増加によるものと考えている。また、剥離流の影響が大きい断面では、乱れ強度が大きくなると空力アドミッタンスも大きくなる傾向がある。

【参考文献】

- 1) 小林, 畑中, 松田, 奥村: 乱流中の橋梁断面の空力減衰に関する実験的研究, 第14回風工学シンポジウム論文集, 1996
- 2) R.Sankaran, E.D.Jancauskaas: Direct Measurement of the Aerodynamic Admittance of Two-Dimensional Rectangular Cylinders in Smooth and Turbulent Flows, J.Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1992