

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 明石海峡大橋耐風設計基準¹⁾に記載されているガスト応答解析によると、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 関数を採用している。しかし、橋梁断面は一般的に剥離を伴うにふい断面であり、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²⁾によるものである。

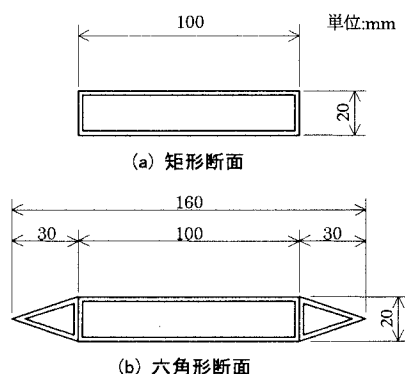


図 1 模型断面図

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、 $U/fB=12.0[\text{Semi-smooth}]$ (U :主流方向流速, f :たわみまたはねじれの振動数, 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 3.1, 図 3.2 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 $fB/U=0.07$ 付近で薄翼の理論値である Sears 関数より大きくなっている。その要因として、剥離流の負圧による揚力増加³⁾によるものと考えられる。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 関数より低下しており、模型周りの流れの三次元性やガスト空気力の流れ方向の相関による影響等が高周波数領域で顕在化したものと考えられる。

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 (kg·m ² /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

同様に、図4.1、図4.2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 $fB/U=0.1$ 付近で大きなピークが見られた。一方、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、 $Turb.1(lu=5.5\%, lw=3.2\%)$ と $Turb.2(lu=10.2\%, lw=5.3\%)$ 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、乱れの増加によってガスト応答が大きくなるため物体の振動に伴って形成される剥離流による側面圧の変動が相対的に大きくなるためであると考えられる。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。

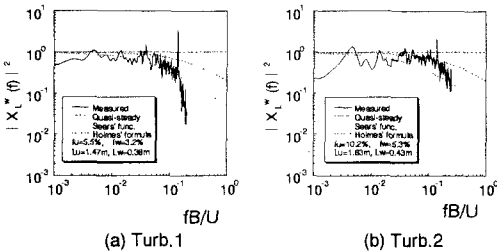


図 3.1 揚力の空力アドミッタンス
[$B/D=5$ の矩形断面, $U/fB=11.5$]

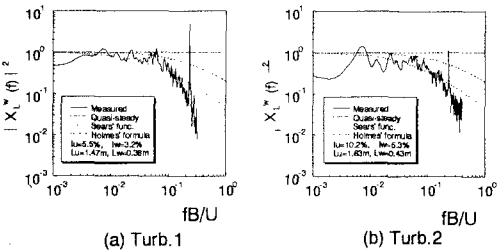
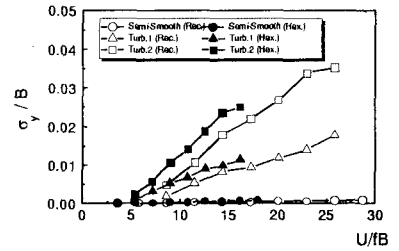
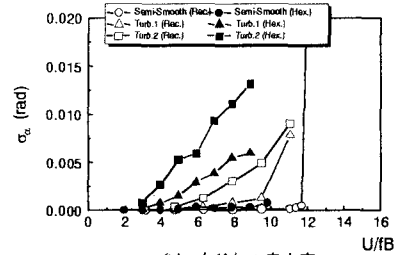


図 3.2 揚力の空力アドミッタンス
[$B/D=8$ の六角形断面, $U/fB=7.2$]



(a) 鉛直たわみ1自由度



(b) ねじれ1自由度

図 2 応答特性

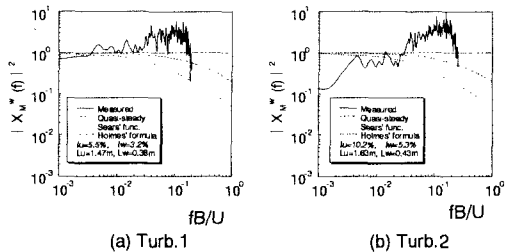


図 4.1 モーメントの空力アドミッタンス
[$B/D=5$ の矩形断面, $U/fB=6.3$]

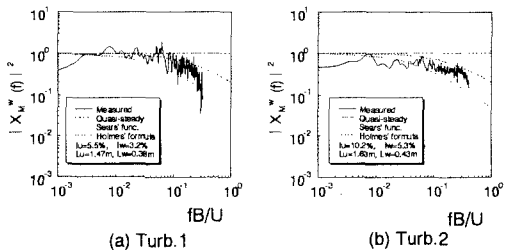


図 4.2 モーメントの空力アドミッタンス
[$B/D=8$ の六角形断面, $U/fB=3.9$]

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 関数と全く異なる挙動を示す。その要因として、剥離流の負圧による影響が考えられる。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。

謝辞 本研究の遂行に際して、御協力を頂いた立命館大学理工学部 梅田直人氏に謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 本州四国連絡橋公団：明石海峡大橋耐風設計要領・同解説，1990
- 2) 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
- 3) 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