

片山ストラテック(株) 正会員 ○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 長大橋梁では、大気乱流に起因したガスト応答を正確に推定することが設計上重要な問題となる。一般的に、ガスト応答解析では空力アドミッタンスとして薄翼の理論値である Sears 関数を採用することが多い。しかし、橋梁断面に作用するガスト空気力は、剥離流による影響を受けるものと考えられる。本研究では、偏平角柱を用いて 2 次元アクティブ乱流中で剛支持試験およびバネ支持試験を実施し、気流の乱れ特性および模型応答がガスト空気力特性に及ぼす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異なる $B/D=7$ および $B/D=9$ 矩形断面の 2 種類で長さ 600mm の剛体模型である。各模型を剛支持および鉛直たわみ 1 自由度バネ支持(表 1 参照)し、ガストジェネレータにより生成される 2 次元アクティブ乱流を作用させた。気流は、主流およ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。なお、気流の乱れ特性値は、表 1 に示すような乱れ強度が異なる 3 種類を生成した。

剛支持試験で測定される揚力パワースペクトルおよびバネ支持試験で測定される応答パワースペクトルより揚力方向の空力アドミッタンスを次式によって算定する。なお、静的空気力係数及び空力減衰は、表 2 に示す各乱流中における測定値を用いた。

【剛支持モデル】

$$|X_L^*(f)|^2 = \frac{1}{\left\{ \frac{1}{2} \rho B U^2 \left(\frac{dC_L}{d\alpha} + C_D \right) \right\}^2} * \frac{1}{|J(f)|^2} * \frac{U^2}{S_w(f)} * S_L(f)$$

【バネ支持モデル】

$$|X_L^*(f)|^2 = \frac{\{m(2\pi f_s)^2\}^2}{\left\{ \frac{1}{2} \rho B U^2 \left(\frac{dC_L}{d\alpha} + C_D \right) \right\}^2} * \frac{1}{|H(f)|^2} * \frac{1}{|J(f)|^2} * \frac{U^2}{S_w(f)} * S_y(f)$$

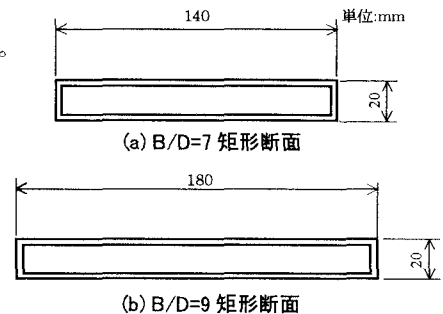


図 1 模型断面図

表 1 模型諸元【バネ支持試験】

	B/D=7	B/D=9
重量 (kgf/m)	1.721	1.728
鉛直たわみ振動数 (Hz)	2.22	2.10
構造減衰	0.018	0.020

表 2 乱流特性

	U(m/s)	Iu (%)	Iw (%)	Lu (m)	Lw (m)
Turb.1	2.95	5.13	3.73	1.51	0.47
Turb.2	2.97	9.84	3.94	1.57	0.45
Turb.3	2.97	9.38	6.66	1.54	0.46

3. 結果および考察 $B/D=7$ 矩形断面の揚力方向の空力アドミッタンスを図 2 に示す。なお、図中には Sears 関数および Holmes の提案式も併記してある。剛支持モデルでは、無次元周波数 $fB/U \leq 0.04$ の低周波数領域では Sears 関数よりも低下しているが、 $fB/U > 0.04$ の高周波数領域では Sears 関数よりも大きくなっている。低周波数領域 $fB/U \rightarrow 0$ において揚力の空力アドミッタンスが、1 よりも小さくなる傾向は文献 1) でも同様な傾向が見られる。一方、バネ支持モデルでは、 $fB/U \leq 0.1$ の低周波数領域では値が 1 のままと保ち、 $fB/U > 0.1$ の高周波数領域で Holmes の提案式よりもやや大きくなっている。剛支持モデルと比較すると全周波数領域で約 1.8 倍程度の値が得られている。

また、 $B/D=9$ 矩形断面の揚力方向の空力アドミッタンスを図 3 に示す。剛支持モデルでは、 $B/D=7$ 矩形断面の剛支持モデルの空力アドミッタンスとほぼ同じ挙動を示している。一方、バネ支持モデルでも、低周波数領域で Sears 関数よりも小さくなっており剛支持モデルのものとほぼ同じ挙動を示している。

次に、気流乱れ特性による影響を比較し易いようにある無次元周波数区間ごとで平均化した空力アドミ

ッタンスの移動平均値を図4および図5に示す。全体的に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見られる。この傾向は、 $B/D=9$ 矩形断面の方がより顕著に表れている。

このように、偏平角柱の揚力方向の空力アドミッタンスが、Sears 関数と異なる挙動を示す要因として剥離流による影響が考えられる。前縁部からの剥離流によって、模型周り気流のフローパターンが変化したものと思われる。 $B/D=7$ 矩形断面において、バネ支持モデルと剛支持モデルより算定された空力アドミッタンスが異なる要因として、模型前縁部で形成される

流れの剥離による乱れ成分が模型応答により顕在化したことが推察される。より偏平な $B/D=9$ 矩形断面で、バネ支持モデルと剛支持モデルの空力アドミッタンスに差異がさほど見られなかったことより、辺長比が小さいほどこれらの影響が大きいものと思われる。

また、気流の乱れ強度の増加とともに空力アドミッタンスが大きくなる要因として、模型前縁部で流れの剥離による乱れ成分が接近流の乱れによって増幅されていることが考えられる。剥離流の影響が小さい $B/D=9$ 矩形断面においてこのような影響がより顕著に表れたものと思われる。なお、 $B/D=7$ 矩形断面のバネ支持モデル以外のケースにおいて、低周波数領域で Sears 関数より小さくなる要因については現在検討中である。

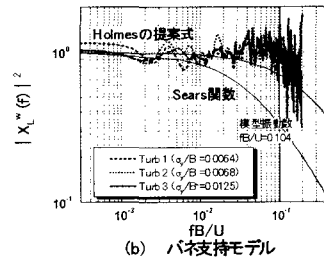
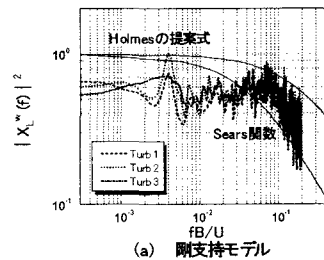


図2 $B/D=7$ 矩形断面の空力アドミッタンス

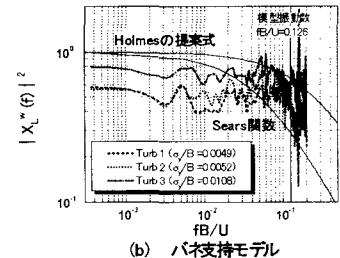
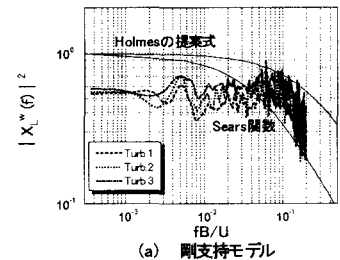


図3 $B/D=9$ 矩形断面の空力アドミッタンス

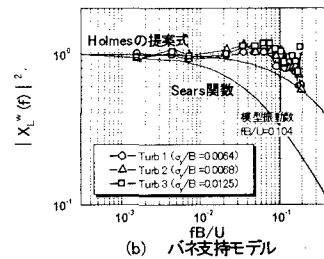
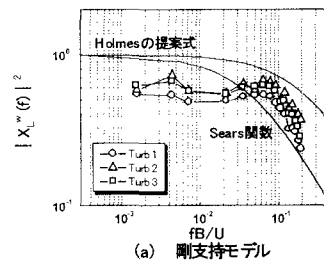


図4 $B/D=7$ 矩形断面の空力アドミッタンス移動平均値

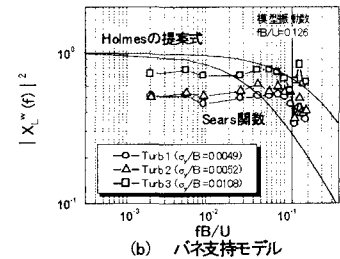
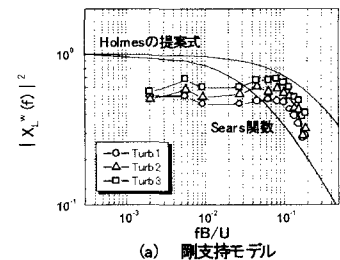


図5 $B/D=9$ 矩形断面の空力アドミッタンス移動平均値

4. 結論 偏平角柱の揚力方向の空力アドミッタンスは、Sears 関数と異なる挙動を示すことが分かった。 $B/D=7$ 矩形断面では、剛支持モデルとバネ支持モデルとで空力アドミッタンスに差異が見られ、模型応答がガスト空気力に影響を及ぼすものと思われる。また、接近流の乱れ強度の増加とともに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 4 回生山口良比古氏および渡邊泰行氏に謝意を表す。

【参考文献】 1) 佐藤, 松野, 北川: 明石海峡大橋の補剛桁に関する空力アドミッタンスの評価, 第 13 回風工学シンポジウム論文集, pp131-136, 1994