

I - B40 橋桁基本断面の空力アドミッタンスに関する実験的研究

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

1. はじめに 長大橋では、大気乱流に起因したガスト応答が設計上重要な問題となってくる。ガスト応答をより精度良く推定するためにはジョイントアクセプタンス、空力アドミッタンスそしてメカニカルアドミッタンスなどのパラメーターの選択が重要になってくる。本研究では、橋桁基本断面として矩形断面及び六角形断面を用いて変動風速から変動空気力への伝達関数であ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。鉛直及び回転振動の2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。表2に示すような乱れ特性の異なる乱流中における平均風速 $\bar{U}=3\text{m/s}$, $\Delta y=0.3\text{m}$ での気流鉛直成分の橋軸方向のコ・コヒーレンスを図2に示す。アクティブ乱流の橋軸方向における空間相関は、距離による依存性がさほど見られないため各乱流中のコ・コヒーレンスを式(1)で近似し、ジョイントアクセプタンスを式(2)で算定した。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式(3)を用いて算定した。静的空気力係数及び空力減衰、振動数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。

$$\text{co-coh}(f) = \exp(-\alpha f / \bar{U}) \quad (1)$$

$$|J(f)|^2 = \frac{1}{\ell^2} \int_0^\ell \int_0^\ell \text{co-coh}(f) dy_1 dy_2 \quad (2)$$

$$|X_L(f)|^2 = \frac{m^2 \omega_y^4}{\left\{ \frac{1}{2} \rho \bar{U} \left(\frac{dC_L}{d\alpha} + C_D \right) \right\}^2} \cdot \frac{1}{|H(f)|^2} \cdot \frac{1}{|J(f)|^2} \cdot \frac{S_y(f)}{S_w(f)} \quad (3)$$

ここで、 f :周波数、 α :相関係数、 $\bar{U}$:平均風速、 $|J(f)|^2$:ジョイントアクセプタンス、 ℓ :模型長、 $|X_L(f)|^2$:空力アドミッタンス、 m :質量、 ω_y :固有振動数、 ρ :空気密度、 B :模型幅、 $dC_L/d\alpha$:揚力傾斜、 C_D :抗力係数、 $|H(f)|^2$:メカニカルアドミッタンス、 $S_y(f)$:応答スペクトル、 $S_w(f)$:気流スペクトルである。

キーワード: ガスト応答, 空力アドミッタンス

滋賀県草津市野路町 1916 TEL:0775-66-1111 FAX:0775-61-2667

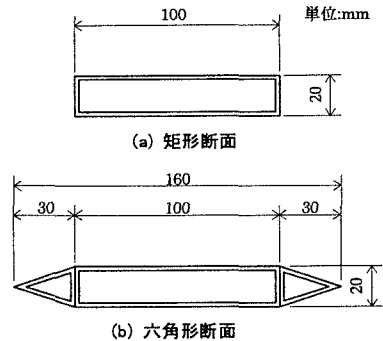


図1 模型断面図

表1 模型諸元

	矩形断面	六角形断面
重量 (kg/m)	2.423	2.587
極慣性モーメント (kgf·m ² /m)	0.848×10^{-3}	0.840×10^{-3}
振動数	たわみ (Hz)	2.17
	ねじれ (Hz)	2.13
構造減衰	たわみ	4.84
	ねじれ	4.75
	たわみ	0.017
	ねじれ	0.023

表2 乱流特性

	Iu (%)	Iw (%)	Lu (m)	Lw (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
Turb.3	10	7.5	1.6	0.4
Turb.4	10	5.0	0.8	0.2

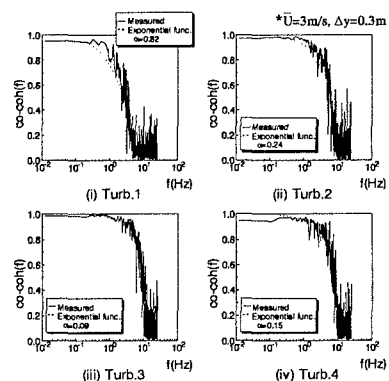
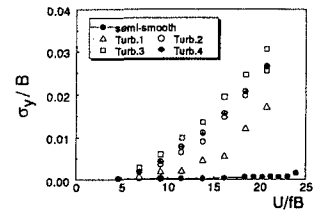


図2 気流鉛直成分における橋軸方向の空間相関

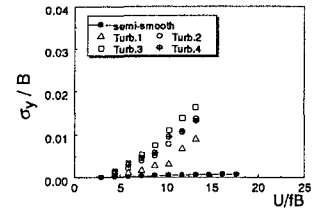
3. 結果および解析結果

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3に示す。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。矩形断面における平均風速 $\bar{U}=3\text{m/s}$ で得られた揚力の空力アドミッタンスを図4に示す。いずれのケースも模型の振動数 ($fB/U=0.07$) 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。一方、高周波数領域では実測値がSears関数より小さくなっている。模型の振動数付近で空力アドミッタンスが大きくなる要因として、前縁部で形成される剥離渦の作用によって揚力が付加されるためと考えられる。六角形断面における平均風速 $\bar{U}=3\text{m/s}$ で得られた揚力の空力アドミッタンスを図5に示す。前縁からの剥離が矩形断面より少ないと考えられる六角形断面では、模型振動数付近の空力アドミッタンスの高まりは明確でない。高周波数成分については矩形断面と同様にSears関数より小さくなっている。高周波成分の空力アドミッタンスが低下する要因として、模型側面における流れの三次元性が比較的高周波成分で強められたものと考えられる。また、前縁剥離渦の再付着による空力アドミッタンスの上昇は文献2)でも指摘されている。

次に、Turb.1($I_u=5\%$, $I_w=2.5\%$)とTurb.2($I_u=10\%$, $I_w=5\%$)を比較すると、矩形断面及び六角形断面とも乱れ強度が大きい方が模型振動数付近の空力アドミッタンスが大きくなっている。他の風速($\bar{U}=2.4\text{m/s}$)でも同様な結果が得られており、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いより大きな前縁剥離渦が形成されることが考えられる。



(a) 矩形断面



(b) 六角形断面

図3 応答特性〔鉛直たわみ〕

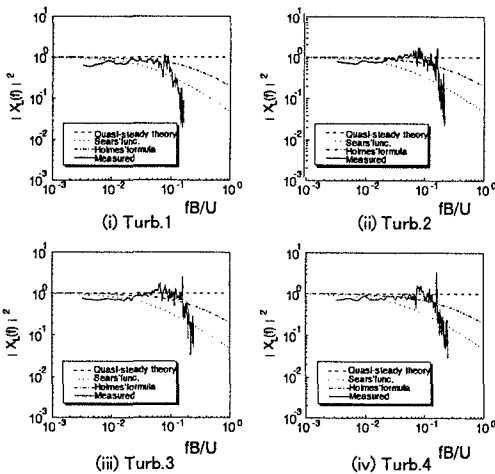


図4 矩形断面における揚力の空力アドミッタンス

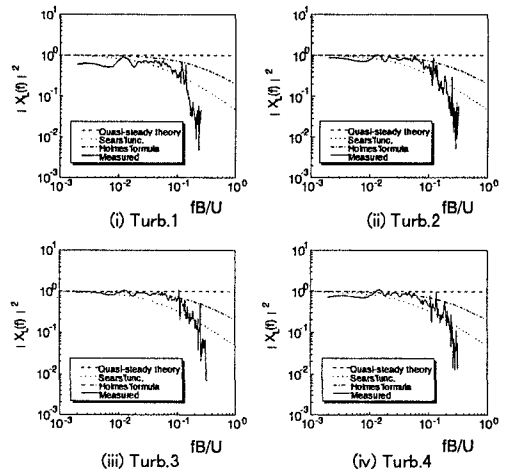


図5 六角形断面における揚力の空力アドミッタンス

4. 結論

矩形断面($B/D=5$)及び六角形断面($B/D=8$)における揚力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、前縁剥離渦による影響と高周波成分の流れの三次元性の影響が推測される。また、乱れ強度の大きい方が模型の振動数付近の空力アドミッタンスが大きくなる傾向が見られる。

【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. Jancauskas: Direct Measurement of the Aerodynamic Admittance of Two-Dimensional Rectangular Cylinders in Smooth and Turbulent Flows, J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1992