

正方形断面柱の後流および発生する空力音の迎角による変化

関東学院大学 正会員 ○中藤 誠二
 関東学院大学大学院 学生会員 金子 洋樹

1. 目的 正方形断面柱の流れの特性は、迎角によって変化することが知られており¹⁾、著者らも正方形断面柱から生じる空力音の測定から、迎角による特性の変化を確認している²⁾。一定の迎角で、前縁で剥離した流れ再付着することで流れ場の特性が大きく変わるが、実験によってその角度は異なっており、また迎角 0° 付近の特性についても実験によって異なる傾向が見られる。そこで本研究では、正方形断面柱を対象に、カルマン渦に対応した周期的変動に着目して、後流の変動風速と遠方場の音圧（エオルス音）を測定し、周波数特性の迎角による変化を調べた。

2. 実験方法 風洞は吹き出し口の断面が $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ である。本実験にあたって、これまでの吹き出し口の下流側に図1に示すようなノズルを追加して、断面積を4分の1に縮流して風速を増加させた。風速を増加させたのは、空力音の S/N 比を高めるためである。ロータリーエンコーダ（ムトーエンジニアリング製 S-600）を模型上部に取り付け、回転角度を計測した。模型は1辺が $d=8\text{mm}$ の正方形断面で、スパンは 40cm で吹き出し口下流側 30cm の位置に鉛直方向に取り付けた。マイクロホン（リオン製 UN-04A, UC30）の測定範囲は 20Hz から 10kHz で、マイクロホンの位置は、模型中心から流れ直交方向に 30cm 、高さは模型中心と同じとした。風洞ノズル口よりは外側になるが、風によるマイク自身の風切音を軽減するためにウィンドスクリーンを取り付けた。エオルス音は周波数が高くなると強くなるため、断面を小さくしてカルマン渦の周波数を高くして、S/N 比が高くなるようにした。熱線的位置は、模型中心から下流方向に 5cm 、流れ直交方向に 8mm の位置とした。高さは模型中心と同じとした。風速は 11.5m/s で1辺の長さ d を代表長さとしたレイノルズ数は 6.1×10^3 である。模型は面が風に正対するときを迎角 0° し、時計回りを正として -50° から 50° まで 1° 刻みで変化させた。音圧、変動風速ともに 10kHz で約 6.5 秒間、同時に測定した。

3. 実験結果 図2、図3に迎角 0° における音圧および風速の時系列波形を示す。後に示すスペクトルの 195Hz のピークに対応する約 0.005 秒の周期の波形が見られる。音圧のほうは、 195Hz の波形が不明瞭になる時間帯があり、また、より長周期の波形（周期約 0.03 秒）も見られる。一方、変動風速のほうは、おおよそ風速 5m/s から 15m/s の範囲で変動しており、瞬間的に約 20m/s の高い値も見られる。音圧の波形と比べて、長周期の変動は小さく、反対に高周波数成分が多くみられる。

音圧のパワースペクトルの迎角による変化を図4に示す。 200Hz 付近のピークがカルマン渦に起因するエオルス音のピークで、S/N 比は十分に大きい。ピーク周波数成分を中心としたなだらかなピーク形状を示す。 255Hz とその倍の 510Hz にもピークが見られるが、迎角に関わらず一定の周波数であることから、ファンの音などの暗騒音と考えられる。変動風速のパワースペクトルの迎角による変化を図5に示す。音圧と同様に 200Hz

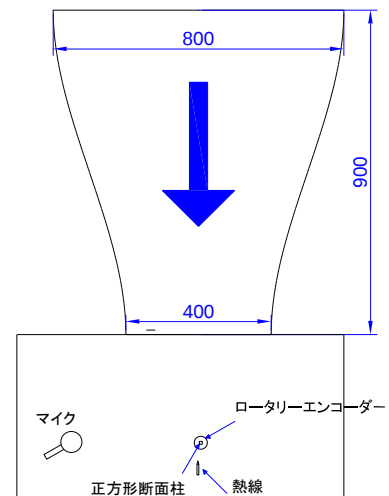


図1 実験模式図 (単位 mm)

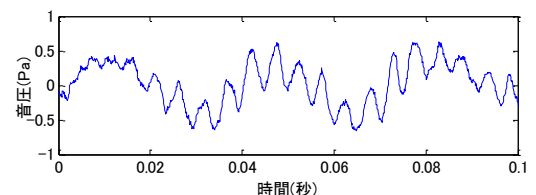


図2 音圧の時系列波形, 迎角 $\alpha=0^\circ$

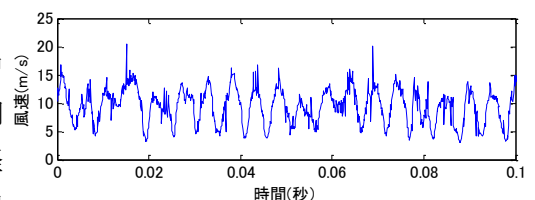


図3 風速の時系列波形, 迎角 $\alpha=0^\circ$

キーワード 正方形柱, ストローハル数, 変動風速, 音圧

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学理工学部 TEL 045-786-7752

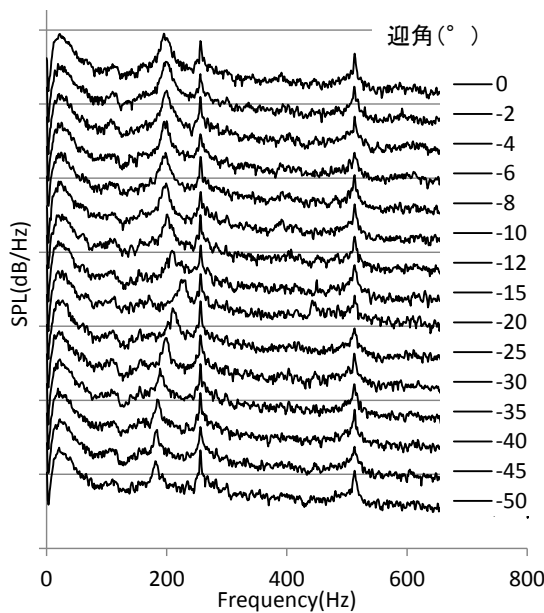


図4 音圧のパワースペクトル

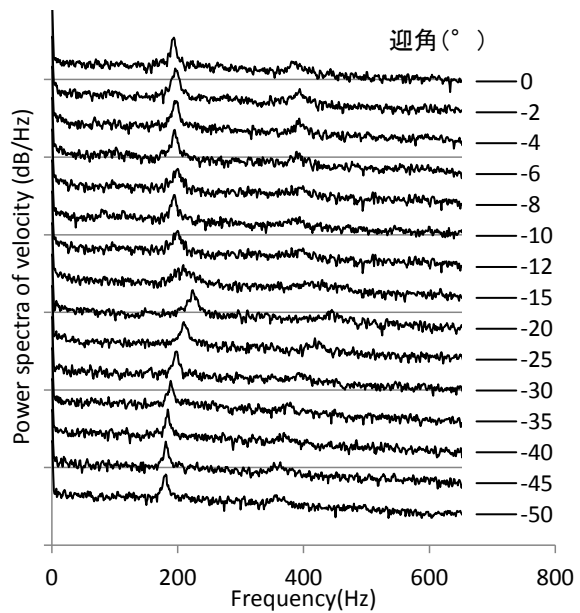


図5 変動風速のパワースペクトル

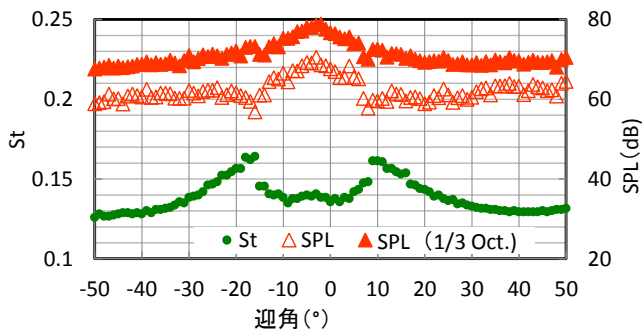


図6 音圧のストローハル数と音圧レベル

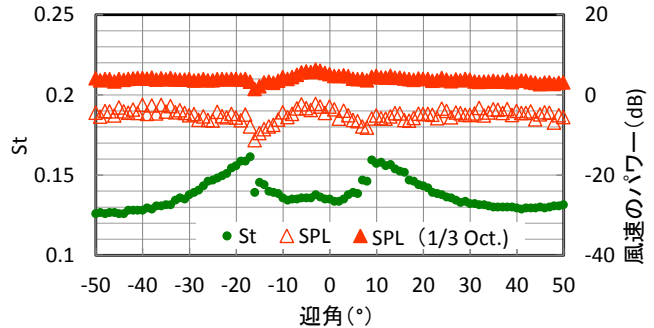


図7 変動風速のストローハル数とパワー

付近にカルマン渦に対応したピークが見られる。倍の周波数にも小さいピークが見られ、カルマン渦によるもう一方の変動も測定しているためと考えられる。その他にピークはなく、図4でみられた255Hzのピークは流れ場の変動に起因するものでないことが分かる。

図6、図7に代表長さを $d=8\text{mm}$ としたストローハル数と、ピーク値、ピーク周波数を中心とした1/3オクターブバンド幅の値を、音圧、変動風速それぞれ示す。流れ場は 0° を中心に対称となることから、迎角 -3° が正しい 0° であったと推測される。今回のモデルは1辺が8mmであり、また鉛直に設置したため迎角について水準器も利用できないことから、正しく 0° に設置することは難しい。その際、一般には対称であるとして片側のみ測定されるところを、今回のように両側の測定を行い、流れ場の特性から迎角を定めることは有効な方法であるといえる。 -3° が正しい 0° とすると、St数は12~13で最大となり、迎角 13° 付近で最大となる既往の実験結果¹⁾と一致する。ピーク値の大きさは小さく、流れの周期性が弱まっているといえるが、1/3オクターブバンド幅の値では減少量が小さくなっていることから、周期が変動していることも考えられる。それ以外の迎角ではピーク値と1/3オクターブバンド幅の値は音圧、変動風速ともに約9dBの差であった。また、変動風速ではピーク値がほぼ一定なのに対して、音圧は迎角 0° 付近において他より10dBほど高い値となった。

4. まとめ 正方形断面柱を対象に、後流の変動風速と遠方場の音圧の測定を行い、主にピーク周波数成分に着目して、迎角による変化を調べた。ストローハル数は迎角12から13度付近で最大となり、ピーク値は小さくなった。その他の迎角については、変動風速はピーク値があまり変化しないのに対して、音圧については迎角 0° 付近において他より10dBほど高い値となった。

参考文献

- 1) 五十嵐保：正方形柱まわりの流れ特性，日本機械学会論文集B編，50(449), pp. 210-218, 1984
- 2) 中藤 誠二，木村吉郎，藤野陽三，小川隆申，石原孟：種々の辺長比を持つ矩形柱から発生する空力音特性，土木学会論文集，696, pp. 145-155, 2002