

片持ち支持された正方形断面柱の空力特性の迎角による変化

関東学院大学

正会員 ○中藤 誠二

1. はじめに 正方形断面柱(角柱)は円柱と並んで基本的な構造形状であり, その空力特性は多く研究されている¹⁾. 角柱では剥離点が固定されるため, 円柱と比べてレイノルズ数依存性は小さいが, 迎角によって特性が変化するため, より多くの実験ケースを必要とする. 変動抗力係数, 変動揚力係数, 軸方向相関長さについては, 実験ケースも少なく, 実験装置の影響を受けやすいため定量的にもばらつきが多い. 2次元柱は一般に両端を支持して測定されることが多いが, 本研究では片持ち梁形式で支持して, 空気力の測定を行った. 片持ち梁形式とすることで, 回転機構を簡単化できる利点がある.

2. 実験方法 風洞は吹き出し口の断面が $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ のエッフェル型風洞である. 模型(木製)の断面は一边 $D=15\text{mm}$ の正方形で, 長さは $L=45\text{cm}$ である. 実験の模式図を図1に示す. 模型は吹き出し口下流側 20cm , 床面から 17.8cm の位置に中心位置がくるように水平方向に取り付けた. 床面以外は開放されている. 模型の両端には, 端板の内側に来る模型長さが 40cm となるように $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ の端板を取り付けた.

模型を片持ち梁形式で支持し, 固定端側に一軸のロードセル(uxcell 製 YZC-131, 定格容量 1kgf)を取り付け, ロードセルはひずみアンプ(共和電業製 PCD-300A)に接続した. 風速は 5.7m/s , 8.6m/s (代表長さを $D=15\text{mm}$ としたとき, レイノルズ数 8.6×10^3)の2通りで行った. 測定位置での乱れ強さは約 1.0% である. ロードセルを取り付けた模型をロータリーアクチュエーター(オリエンタルモーター製, 最小角度 0.02°)に模型中心が回転中心となるように固定し, 迎角 α を変化させた. $\alpha=0^\circ$ をロードセルが鉛直下向きの角度とし, $-90^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で 1° ずつ変化させた. 迎角 0° の模型位置はデジタル角度計で測って設定した. ロードセルには模型の自重が作用するため, 無風時の値を迎角を変化させて測定し, 有風時の値から差し引いた. 熱線風速計は2つのプローブを水平方向に 32.5mm 間隔で設置し, 模型中心を原点とした場合に流れ方向 $x=42\text{mm}$, 高さ方向 $z=30\text{mm}$ に固定して測定した. いずれのデータも 2kHz で 20 秒間測定した.

3. 実験結果 風速 8.6m/s のときの空気力係数の時系列波形を図2に示す. カルマン渦による変動は, 抗力は揚力の2倍の周波数となるが, 図2ではそのような波形は明確ではなく, より長周期の波形が卓越しているが, パワースペクトル(図3)ではピークが確認できる.

図4に平均空気力係数の迎角による変化を示す. 今回用いたロードセルは1方向のみのため, 迎角が同じ状

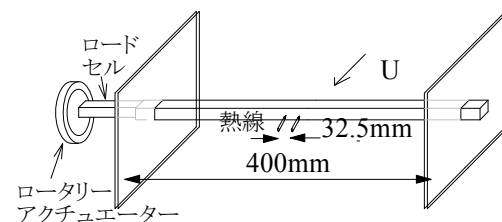


図1 実験模型

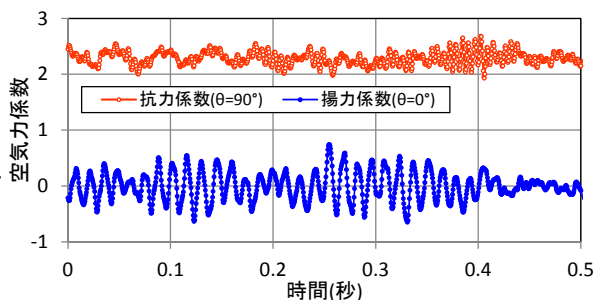


図2 空気力係数の時系列波形(8.6m/s)

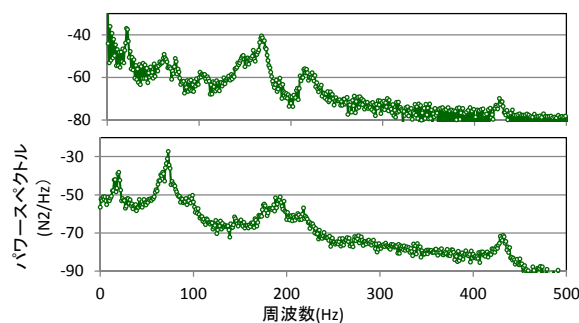
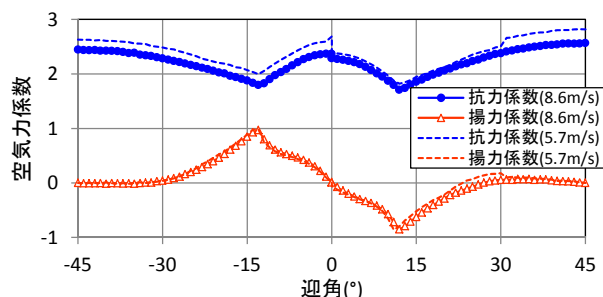
図3 空気力係数のパワースペクトル(8.6m/s)
上: $\theta=90^\circ$, 下: $\theta=0^\circ$ 

図4 平均空気力係数の迎角による変化

キーワード 風洞実験, 正方形断面, 空気力係数, 迎角, コヒーレンス

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

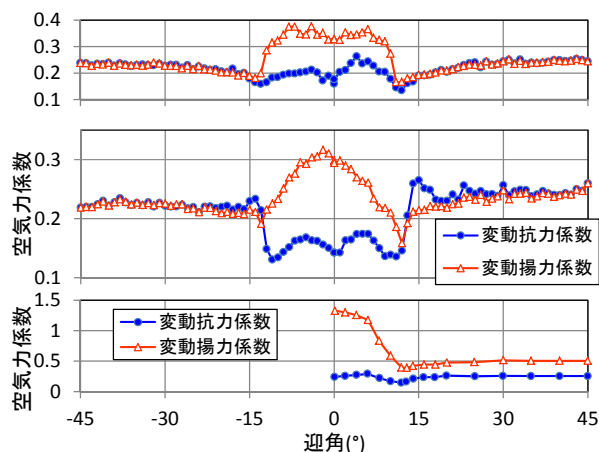


図5 空気力係数の迎角による変化
(上: 5.7m/s, 中: 8.6m/s, 下: 西村ら)

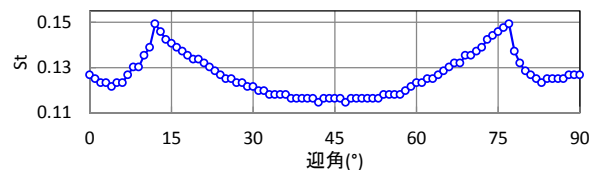


図6 ストローハル数の迎角による変化(8.6m/s)

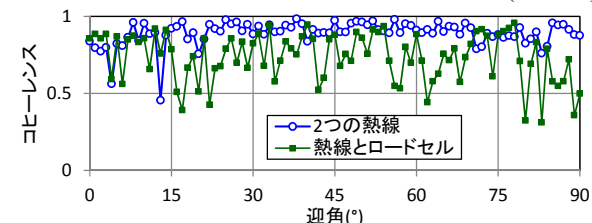


図7 コヒーレンスの迎角による変化(8.6m/s)

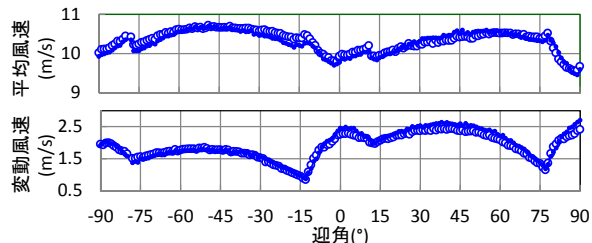


図8 後流の風速の迎角による変化(8.6m/s)

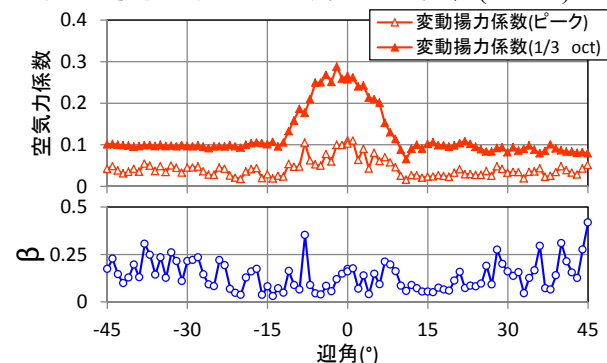


図9 ピーク値および相関指標 β (8.6m/s)

見られ、周期性が弱まっていると考えられる。

4. まとめ 正方形断面柱を片持ち梁形式で支持し、作用する空気力の迎角による変化を一軸のロードセルを用いて調べた。平均空気力係数は既往の結果とよく一致した。変動成分については複雑な特性を示し、今回いくつかの知見が得られたものの、さらなる測定データの蓄積が必要である。

参考文献 1)西村宏昭, 谷池義人: 二次元静止正方形角柱の変動空気力特性, 第16回風工学シンポジウム論文集, pp. 255-260, 2000

態の2つの方向の測定値の分力を足し合わせて算出した。

$-90^{\circ} \sim 0^{\circ}$ のデータを用いて求めた値を負の迎角側に、 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ を正の迎角側に表示している。抗力は迎角 0° の状態が

$\alpha = \pm 90^{\circ}$ で不連続な測定のためギャップが生じている。抗力、揚力が迎角 $12 \sim 13^{\circ}$ でピークを取っていることが分かる。前縁で剥離した流れが後縁と干渉していると考えられる。抗力は2つの風速でわずかに異なるが揚力はほぼ一致している。いずれの値も既往の実験値¹⁾(表面圧力による)とよく一致している。変動揚力係数を図5に示す。 $\alpha = -12^{\circ} \sim 12^{\circ}$ の範囲で大きな値となっている。風速 5.7m/s では $\alpha = 0^{\circ}$ は周囲の迎角の値よりも小さくなっている。8.6m/s では迎角 0° をピークに徐々に減少する曲線となっている。既往の実験値¹⁾に比べると 1/4 程度の値となっており、表面圧力による1断面の値に対して、軸方向に位相の異なる変動が重ね合わさり打ち消しあっていることが要因の一つと考えられる。

熱線風速計のパワースペクトルから読み取ったストローハル数を図6に示す。 $\alpha = 0^{\circ}$ から減少して 5° で極小値を取り、急激に増加したのち 12° で極大値となり、その後ふたたび減少している。図7にピーク周波数におけるコヒーレンスを示す。間隔が 32.5mm と短いため高い相関を示す。熱線の一つとロードセルの出力とのコヒーレンスも合わせて示す。

図8に平均風速と変動風速の迎角による変化を示す。2つの熱線の値はほぼ一致している。また、 $\alpha = -90^{\circ} \sim 0^{\circ}$ と $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ は本来一致するはずであるが、傾向は一致するものの定量的に誤差がある。これは模型の回転軸が模型の中心軸とずれていることなどによると考えられる。変動風速についてもばらつきは小さく、迎角 12° 付近の極小値が明確に分かる。

図9に示される値には、作用する空気力だけでなく、慣性力や支持部の振動による影響も含まれると考えられる。そこで、空気力のパワースペクトルからピーク周波数成分の値と、それを中心とした 1/3 オクターブバンド幅の値を読み取った(図9)。図5と同様に迎角が同じ状態の2つの方向の測定値の分力を足し合わせている。ピーク値はばらついているが、1/3 オクターブバンド幅の値はばらつきが小さくなり、また $\alpha = -12^{\circ} \sim 12^{\circ}$ の範囲では図5の変動揚力係数とほぼ一致していることが分かる。両者のパワーの比を相関指標 β として図9に示す。 $\alpha = \pm 12^{\circ}$ 付近で値が小さくなる傾向が