

### 正方形柱に作用する変動空気力および軸方向相関の迎角による変化

関東学院大学

正会員 ○中藤 誠二

1. はじめに 正方形柱(角柱)に作用する空気力は多く研究されており, 辺長比や迎角による特性の変化も明らかになっている<sup>1)-3)</sup>. その中で抗力や揚力, ストローハル数などの値は定量的に定まった値が得られているが, 変動揚力については実験によってばらつきが多く, 実験ケースも比較的少ない. また軸方向の相関についての研究についても多くない. そこで, 本研究では, 一様流中に設置された正方形柱について, 主に作用する変動空気力および軸方向相関の迎角による変化について風洞実験により検討した.

2. 実験方法および模型 風洞は吹き出し口の断面が 40cm×40cm である(図

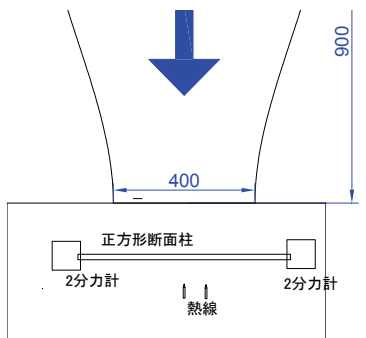


図1 実験模式図(単位 mm)

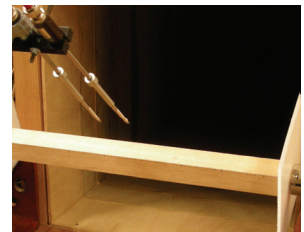


図2 模型と熱線風計

1). 模型は高さ  $D=30\text{mm}$ , 幅  $B=30\text{mm}$  の正方形断面で, 長さ  $L=40\text{cm}$  のバルサ材である. アスペクト比は 13.3 になる. 吹き出し口下流側 15cm の位置に中心位置がくるように水平方向に取り付けた(図 2).

床面以外は開放されている. 2分力計(日章電機製 LMC-2507-100N)を2台用いて模型を支持し, 模型全体に作用する抗力, 揚力を 1kHz で 20 秒間測定した. 熱線風速計は原点を模型中心として, 流れ方向  $x=45\text{mm}$  (1.5D) に設置し, 高さ方向  $z=-60\text{mm}$  (-2D) ~  $60\text{mm}$  (2D) の範囲で電動アクチュエーターで 1mm 刻みで移動させた. 2つの熱線を模型軸方向に 30mm 間隔 ( $y=\pm 15\text{mm}$ ) で取り付け, 一体で移動させた. 2分力計による測定は風速は 11.7m/s (代表長さを  $D=30\text{mm}$  としたとき, レイノルズ数  $2.1 \times 10^4$ ) まで行った. 変動風速の測定は 8.7m/s で行った. スペクトル解析においては, 1kHz で 1 秒間測定し(周波数解像度 1Hz), 20 回のアンサンブル平均をとった. 模型の両端には 15cm×15cm の端板を取り付けた. 測定位置での乱れ強さは約 1.0% である.

3. 実験結果 図 3 に迎角  $0^\circ$  のときの抗力係数, 変動揚力係数の風速による変化を示す. 速度圧と見付面積 ( $A=0.03\text{m} \times 0.4\text{m}$ ) 無次元化した. 変動揚力のエラーバーは, 両側の変動揚力の二乗和と線形和を表す. 左右の揚力波形が等しければ線形和となり, 無相関であれば二乗和となる. 負の相関があれば二乗和よりも小さくなる. 高風速域ではほぼ線形和に等しくなっている. 5m/s 以下の低風速域では風速依存性が見られ, 測定部が開放型のため外に逃げる風の流れの影響など

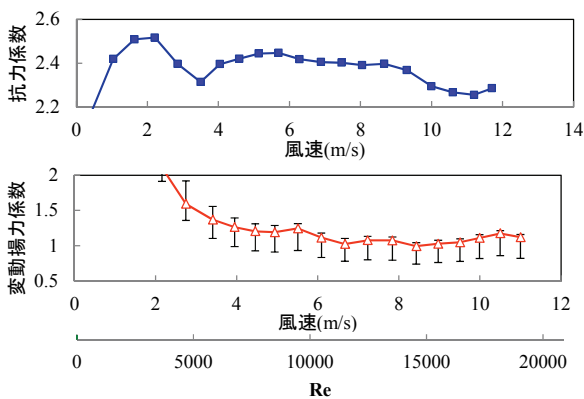


図3 空気力係数, 迎角  $0^\circ$

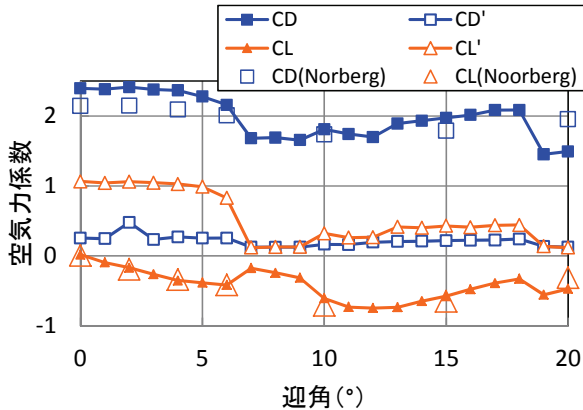


図4 空気力係数 (代表面積は迎角  $0^\circ$  の値)

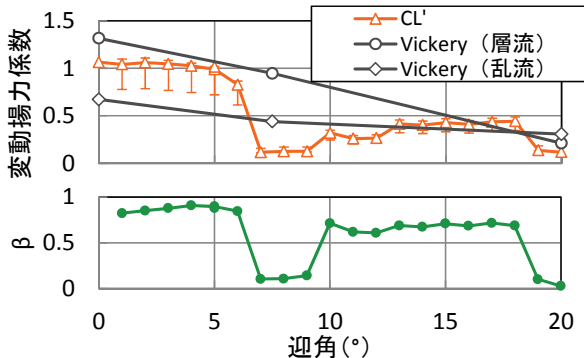


図5 変動揚力係数, 相関指数  $\beta$

キーワード 正方形柱, 変動空気力, カルマン渦, 変動風速, 軸方向相関

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

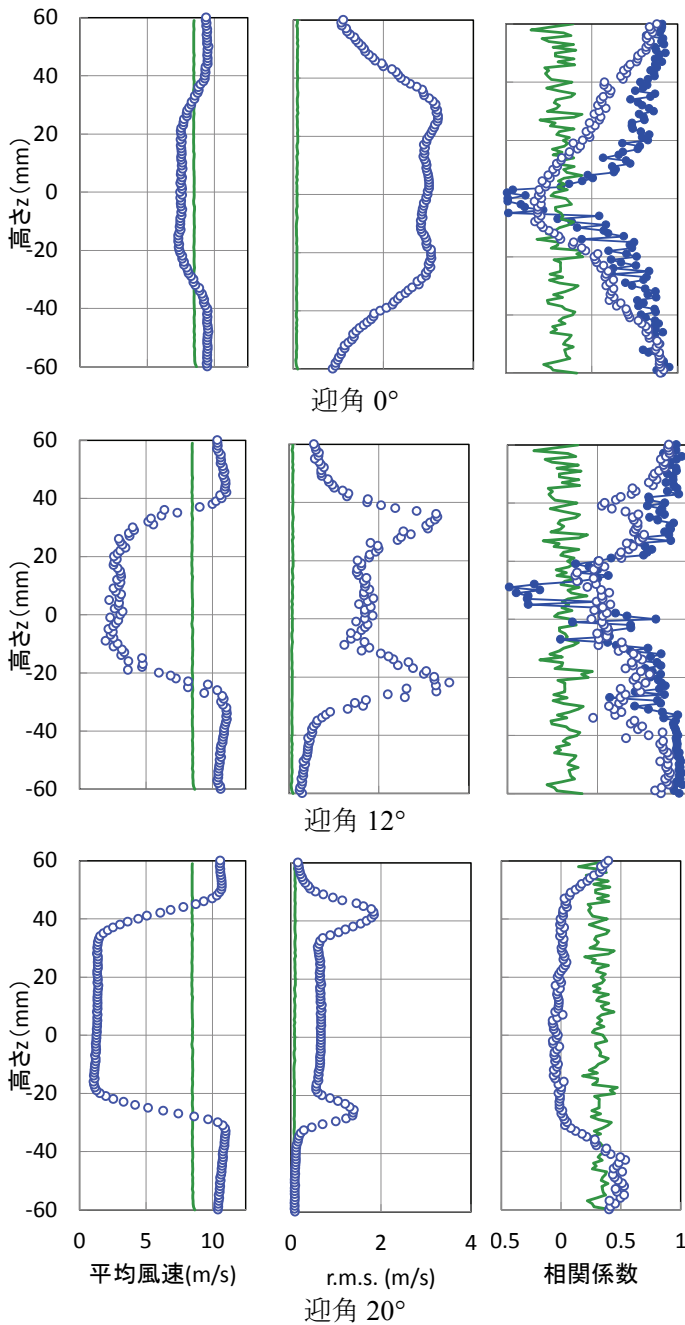


図6 平均風速, RMS, 相関の高さ方向変化

また相関係数はほぼ 0 であり, パワースペクトルにピークがなかったことから周期的な成分が弱いことが分かる. コヒーレンスは 0°, 12°において模型位置では相関係数より小さく, 模型上下の剥離せん断層の位置では相関係数より大きくなっている. St 成分に着目することにより, 渦放出の変動の影響がほとんどない範囲がより明確に示されている. 20°ではピーク成分が見られなかったことから表示していない.

4. まとめ 正方形柱に作用する空気力および後流の変動風速の迎角による変化を調べた. また軸方向の相関について 2つの2成分系および2つの熱線の測定から相関指数などを求めた. 渦による物体振動の予測や, 数値流体解析の検証などへの応用が考えられるが, 今後は, 変動成分の定量的な把握のために周波数分析などを行っていく予定である.

参考文献: 1) B.J. Vickery: Fluctuating lift and drag on a long cylinder of square cross-section in a smooth and in a turbulent stream, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 25, part 3, pp. 481- 494, 1966 2) 岡島厚: 種々な断面辺長比の矩形柱周りの流れ, *日本風工学会誌*, Vol. 17, pp. 1- 19, 1983 3) C. Norberg, "Flow around rectangular cylinders: Pressure forces and wake frequencies", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 49, pp. 187- 196, Issue 1-3, 1993

が考えられる.

風速 8.7m/s のときの空気力係数(風速 8.7m/s の値)の迎角による変化を図 4 に示す. 抗力係数と変動揚力係数は似たような変化を示し, 既往の Norberg の実験値とも, 迎角の小さい範囲で抗力係数が本研究において大きくなっているが, 全体として近い値となっている. 揚力係数は 7°付近で局所的に変化し, 12°付近で勾配が変化する. 変動揚力係数について, 図 5 に二乗和と線形和のエラーバーをつけて既往の研究と合わせて示す. 本研究では 7°において急激な低下が見られ, その後, 増加したのち, 19°において再び低下している. エラーバーの範囲における実験値の位置を相関指数  $\beta$  として示すが, 変動揚力係数が大きいところでは  $\beta$  の値も高い(軸方向の相関が高い). 前縁で剥離した流れの後縁への再付着に関連する結果と思われるが, 実験条件による影響も大きいと予想され, さらなる検討が必要である.

次に高さ方向の変化について, 迎角 0°, 12°, 20° のときの平均風速, 風速の r.m.s. 値(いずれも  $y=-15\text{mm}$  の位置の熱線の値), 相関係数(白丸)およびコヒーレンス(黒丸)を図 6 に示す. コヒーレンスはパワースペクトルの St 成分の値を示している. 実線は模型なしの場合の値を示す. 迎角 0°の場合, 模型の背後の領域でも風速があまり低下しない. これは剥離せん断層の強い巻き込みによるものと考えられる. 迎角 12°では模型位置で平均風速, r.m.s. 値にばらつきがみられる. 前縁で剥離した流れが後縁に周期的に再付着する流れ場では変動成分の周期性が乱れることが考えられる. 迎角 20°では平均風速が模型位置で大きく低下し, 変動成分も小さい.