

鉛直スプリッタープレートを設置した正方形柱の風圧特性の風速および迎角による変化

関東学院大学 正会員 ○中藤 誠二

1. はじめに カルマン渦は2次元的な流れ場であるが、軸方向に位相が揃う範囲は限られており、相関長さで表すと円柱で Re 数 $10^3 \sim 10^4$ のときに直径の 3~5 倍程度である¹⁾。一方、角柱の相関長さはそれよりも長い、円柱と比べて研究例は多くない²⁾。本研究では軸方向に離れた2点の表面変動風圧の特性について、風速および迎角による変化を調べた。その際、角柱の背後に模型軸と直交する方向にスプリッタープレートを設置し、風圧特性への影響を調べた。

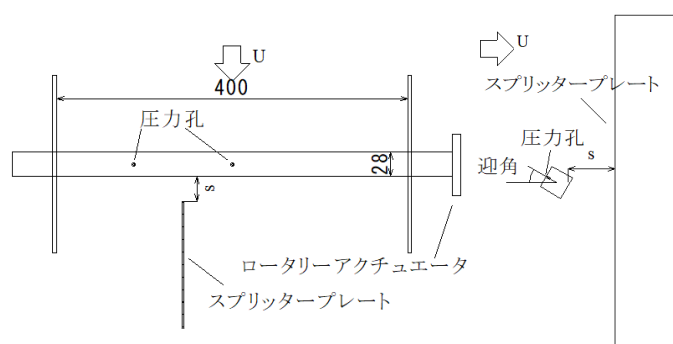


図1 模型の配置（平面図と側面図）

2. 実験方法 実験に用いた風洞は吹き出し口の断面が $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ の吹き出し型である。床面のみを設置した開放型の測定部に、模型を断面中心が吹き出し口から流れ方向に 20cm 、床面より 20cm の高さ（吹き出し口の中心）の位置になるように設置した（図1）。風速は乱れ強さは端部付近を除いて1%以下であり、一様性もほぼ確保されている。模型は1辺 $D=28\text{mm}$ のアルミの正方形柱で、片方をロータリーアクチュエータに固定し、迎角 α を変化させた。迎角 0° のとき閉塞率は7%である。1つの面の中央部と模型軸方向に 112mm ($4D$) 離れた位置の2か所に圧力孔を設けている。模型内部に差圧センサ（東亜工業製 MP-32）を設置し、圧力孔とは 1cm のシリコンチューブで接続し、静圧側はシリコンチューブで模型外の流れの影響のないところまで取り出した。流れの2次元性を確保するために、模型端部に端板として $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ のプラスチック製の段ボールシートを設置している。風速は 11.5m/s まで20段階で変化させた。迎角は圧力孔を設置した面が風上側に正対するときを 0° とし 1° ずつ変化させた。鉛直スプリッタープレート（以下 SP）は高さ 400mm 、流れ方向に 300mm 、厚さ 2mm のアルミ板である。迎角 0° のときの模型風下面と SP との間隔を s とし、ここでは $s=14\text{mm}$ ($0.5D$)、 28mm ($1D$) のケースについて示す。レイノルズ数は風速 8.75m/s のとき 1.7×10^4 である。

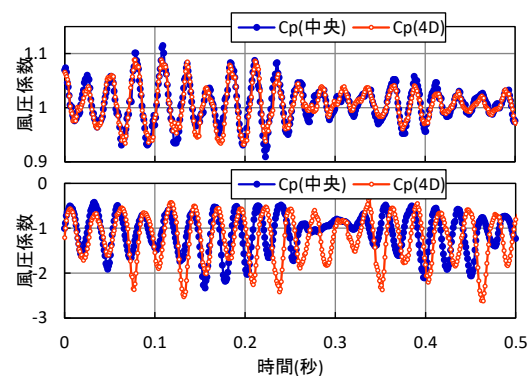
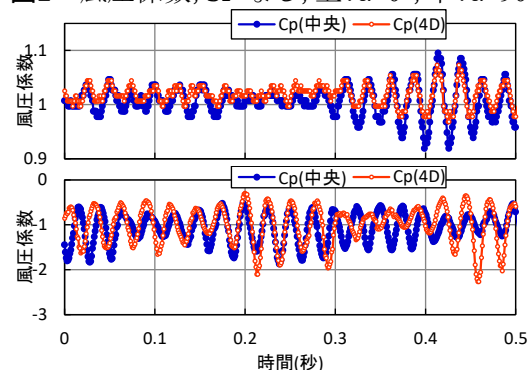
図2 風圧係数, SP なし, 上: $\alpha=0^\circ$, 下: $\alpha=90^\circ$ 図3 風圧係数, SP あり ($s=14\text{mm}$)
上: $\alpha=0^\circ$, 下: $\alpha=90^\circ$

図2に SP なしのときの 8.75m/s のときの風圧係数の時系列波形を示す。迎角 0° のときは振幅、位相が揃っているのに対して、 90° では位相のずれが生じている。振幅が一定でないのは、開放型風洞のため後流に放出される渦の周期性への3次元性の影響が大きいことが考えられる。図3に SP を $s=14\text{mm}$ として設置した際の時系列波形を示す。SP の影響は明確でない。

3. 実験結果および考察 図2に SP なしのときの 8.75m/s のときの風圧係数の時系列波形を示す。迎角 0° のときは振幅、位相が揃っているのに対して、 90° では位相のずれが生じている。振幅が一定でないのは、開放型風洞のため後流に放出される渦の周期性への3次元性の影響が大きいことが考えられる。図3に SP を $s=14\text{mm}$ として設置した際の時系列波形を示す。SP の影響は明確でない。

迎角 90° に固定し、風速を変化させたときの結果を図4に示す。平均風圧係数は SP の有無による変化は小さい。高風速域において絶対値が小さくなる傾向が見られ、開放型風洞のため、高風速域において流れがより拡散することが原因として考えられる。変動風圧係数は、SP を付けた場合に3割ほど小さくなった。スプリッタープレートにより、周期的な渦放出の強度が弱まった可能性が考

キーワード 風圧係数, 正方形柱, スプリッタープレート, 相関係数, コヒーレンス

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1

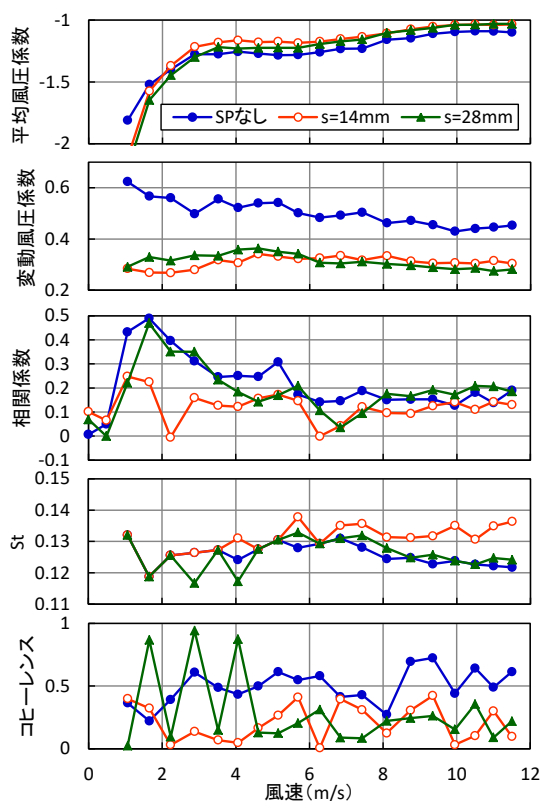


図4 風圧特性の風速による変化

(上から平均風圧係数，変動風圧係数，相関係数，St 数，コヒーレンス)

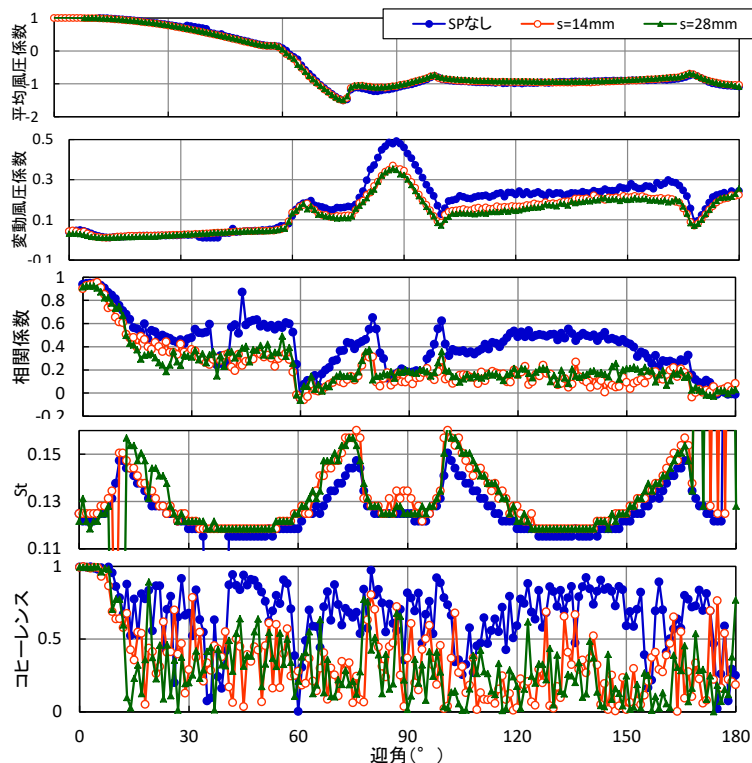


図5 風圧特性の迎角による変化 (上から平均風圧係数，変動風圧係数，相関係数，St 数，コヒーレンス)

えらえる。相関係数は，SP なしと $s=28\text{mm}$ の SP ありのケースが近い傾向を示している。中央の圧力のピーク周波数から求めたストローハル数は 0.13 を中心とした値となった。コヒーレンスについて，そのピーク周波数成分を示したものが一番下の図で，高風速域側では SP ありの場合にコヒーレンスが小さくなる傾向が見られる。

風速を 8.75m/s として迎角を変化させたときの，SP なし，SP あり ($s=14\text{mm}$ ， 28mm) の結果を図 5 に示す。平均風圧係数はほとんど同じ値を示すが，変動風圧係数については，SP ありの場合に減少している。変動風圧係数は， $\alpha=87^\circ$ 付近で最大値をとる。相関係数は迎角 0° の 1 から徐々に低下する。 80° ， 99° で極大となるが，SP ありの場合は相関が小さくなっている。SP ありの場合は 30° 以上のほとんどの迎角で相関が小さくなる傾向が見られる。ストローハル数 St について，SP なしのときに極大となる角度は，それぞれ 12° ， 76° ， 101° ， 167° である。相関係数が極大となった迎角より， 90° を中心とした場合に少し大きな迎角で極大となる特徴が見られる。また 0° ， 90° から $2\sim4^\circ$ 傾いた迎角において極小値をとる。SP を設けると St は全体としてわずかに大きくなる傾向が見られる。SP を設けることで，軸方向の 2 次元性が弱まり，カルマン渦による周期的変動風圧が弱くなっていることに対応していると考えられる。コヒーレンスのピーク周波数成分は，相関係数に比べてばらつきが大きい，SP ありの場合に小さくなる傾向は同じである。 30° 以上の迎角でも 1 に近い値が見られる。迎角 60° 付近での相関の低下は，前縁で剥離した流れが，圧力点の位置に再付着するためと考えられる。

4. まとめ 正方形柱の後流域に鉛直スプリッタープレート (SP) を設置した場合の風圧特性への影響について，特に相関への影響に着目して風洞実験を行った。SP によって相関が低減する傾向が見られるものの，風速や迎角によってその影響の程度は異なるものとなった。今後，流れ場の変化と関連付けた検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) C. Norberg: Flow around a circular cylinder: aspects of fluctuating lift, Journal of Fluids and Structures Volume 15, Issues 3–4, pp. 459–469, 2001
- 2) R. Octavianty et al.: Experimental study on vortex shedding and sound radiation from a rectangular cylinder at low Mach numbers, Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci. Vol. 59, No. 5, pp. 261–268, 2016