

正方形柱に作用する変動空気力の開口による抑制手法

関東学院大学

正会員 ○中藤 誠二

1. 目的 流れにおかれた柱状物体からはカルマン渦が発生し、渦励振などを生じさせ、疲労破壊などにつながる。らせん状にケーブルを巻きつけたり、付加物を設けたりして外形を変化させて、軸方向の渦の相関を低減させる方法があるが、取り付けが難しかったり、景観的に煩雑になるといったことが考えられる。そこで、本研究では、流れ方向に開口を設けることによって後流のカルマン渦を乱して変動空気力を抑制する手法について、風洞実験によって検討した。

2. 実験方法および模型 風洞は吹き出し口の断面が $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ である。模型は高さ $D=15\text{mm}$ 、幅 $B=15\text{mm}$ の正方形断面で、長さ $L=60\text{cm}$ のヒノキ材である。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。床面以外は開放されている。模型支持装置として2分力計（日章電機製、LMC-2507-100N）を2台用いて支えて、模型全体に作用する抗力、揚力を 1kHz で20秒間測定した。熱線速計は原点を模型中心として、流れ方向 $x=75\text{mm}$ 、高さ方向 $z=-7.5\text{mm}$ （模型下面高さ）に設置する。基準となる熱線は $y=0\text{mm}$ に設置し、もう一つの熱線を $y=20 \sim 150\text{mm}$ の範囲で電動アクチュエーター（オリエンタルモーター製 EAS4RX-E065）で 1mm 刻みで移動させた。風速は 2.8m/s から 10.7m/s （代表長さを $D=15\text{mm}$ としたとき、レイノルズ数 $2.8 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$ ）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。

変動空気力の抑制手法として、流れ方向に模型に開口を設け、模型後流の規則的なカルマン渦を乱すことを検討する。開口は直径 6mm の円孔をボール盤で風上面から背面に貫通させる形で設けた。開口4個の場合は 120mm 間隔、開口13個の場合は 30mm 間隔で設けた（図2）。

3. 実験結果 図3に抗力係数、変動揚力係数の風

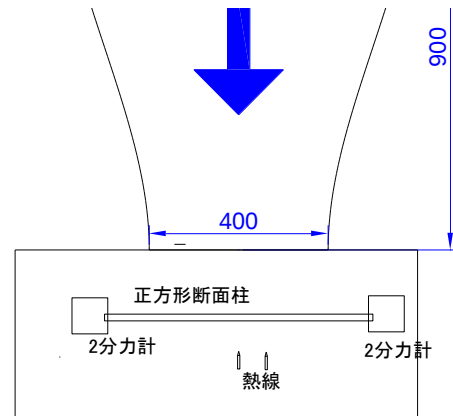


図1 実験模式図(単位 mm)



図2 開口のある模型

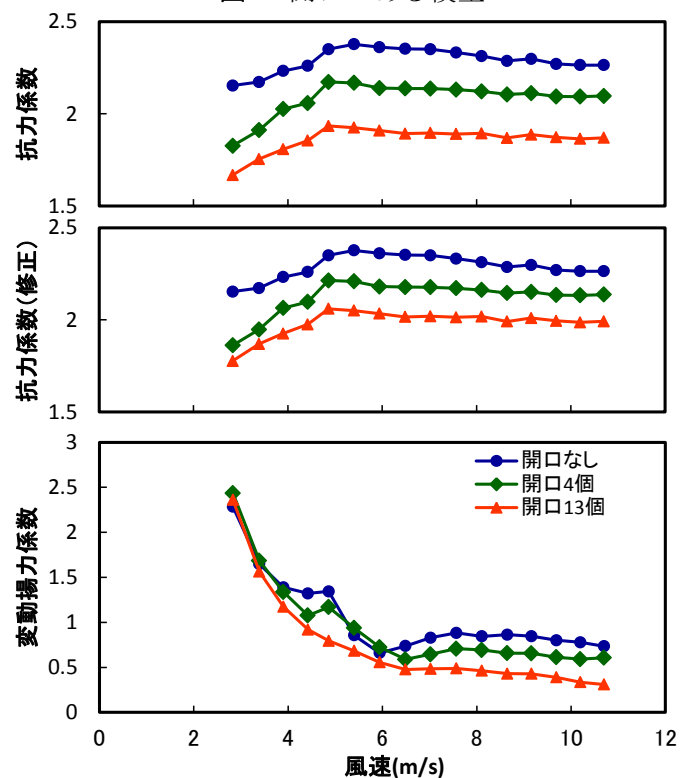


図3 抗力係数、変動揚力係数

キーワード 正方形柱、変動空気力、カルマン渦、変動風速、空間相関

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

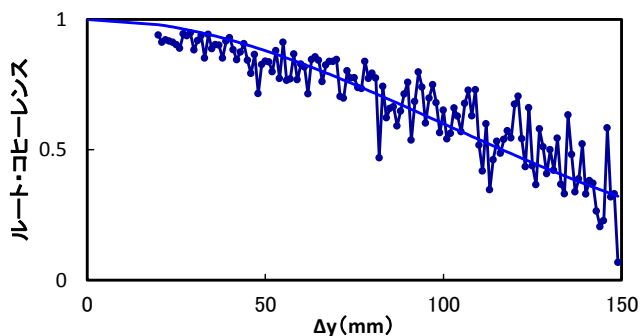


図4 ルート・コヒーレンス，開口なし

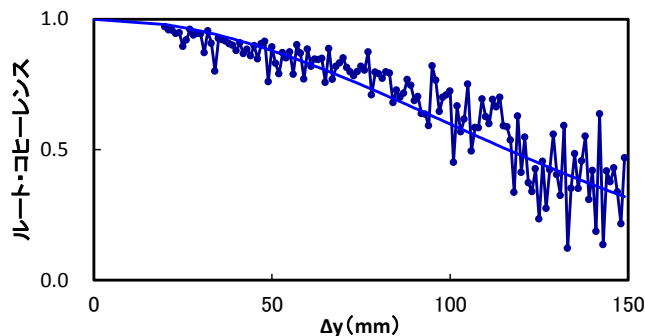


図5 ルート・コヒーレンス，開口 13 個

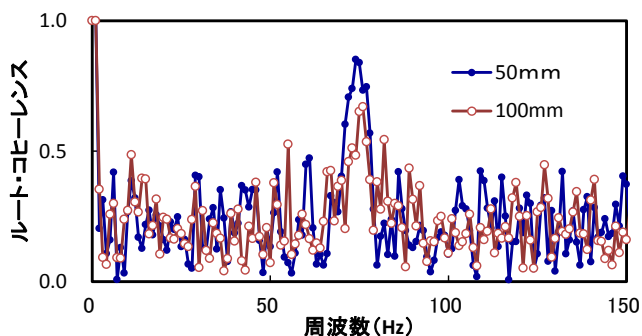


図6 ルートコヒーレンス，開口なし

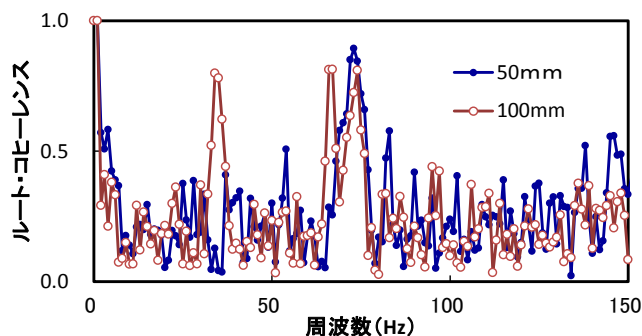


図7 ルートコヒーレンス，開口 13 個

速による変化を示す。速度圧と見付面積 ($A=0.015\text{m} \times 0.4\text{m}$) 無次元化した。見付面積の幅は吹き出し部の幅とした。抗力係数(修正)は開口面積を見付面積から差し引いたものである。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模型近傍の流れが一様になっていないことが考えられる。抗力においては、開口により見つけ面積の減少以上の低減が確認された。変動揚力係数は、開口なしと比べて、開口 4 か所の場合には約 8 割、開口 13 か所の場合には約 5 割となり、変動揚力の抑制効果があることが確認された。

変動揚力の低減に、軸方向の流れ場の空間相関の変化が影響しているかどうか調べるために、開口なしと開口 13 か所の場合について、風速 8.1m/s のときの 2 点間の変動風速の相関を求めた。ピーク周波数 75Hz における、開口なしの場合のルート・コヒーレンスの 2 点間の間隔による変化を図 4 に示す。距離が長くなるにつれて相関は低下している。ガウス関数による近似曲線を求めると¹⁾ $\text{coh}(\Delta y) = \exp(-5.1 \times 10^{-5} \Delta y^2)$ となる。これを積分して相関長さは $L_c = 248\text{mm} = 16.5D$ と求まる。開口 13 か所の場合はピーク周波数は 72Hz と若干小さくなるが、ほぼ同様の近似曲線となり、 $L_c = 247\text{mm} = 16.5D$ と求まる(図 5)。これらの結果から、開口が軸方向の流れ場の相関を乱す効果は小さいものと考えられる。

図 6、図 7 に 2 点間の距離が 50mm、100mm のときの結果を示す。開口なしの場合、ピーク周波数以外に相関の高い周波数成分は見られない。一方、開口 13 か所の場合、100mm において対象としているピーク周波数成分のほかに 2 つのピークがみられる。これらはお互いに整数倍の関係からは周波数がずれている。開口によってカルマン渦成分とは別の周期的な流れが生じ、これらに変動揚力係数を低減することに効いている可能性がある。ただし、前後の 2 点間距離では 72Hz 以外のピークは見られず、間欠的な流れであることも考えらえる。

4. まとめ 正方形柱を対象に、カルマン渦に起因する周期的変動空気力に着目して、開口によって後流のカルマン渦を乱すことで変動空気力を抑制する手法について、風洞実験で検討した。開口による、カルマン渦に対応した周波数成分の軸方向の相関への影響は見られなかったが、それとは異なる周波数のピークがみられ、変動揚力の低減につながっている可能性が示唆された。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 24760368 の助成を受けたものです。

参考文献

1) 中藤誠二：矩形柱周りの変動風速のストローハル成分の空間相関特性，風工学シンポジウム論文集，2012