

矩形柱の表面変動風圧力の空間相関

関東学院大学 正会員 ○中藤 誠二
 小田原市 正会員 押田 裕幸

1. 目的

矩形柱を対象とした風圧力測定実験はこれまで多くの研究が行われているが¹⁾、平均風圧に関するものが多く、変動圧力に関するものは必ずしも十分ではない。また変動成分を対象とする場合には、空間相関の大きさが空力応答や空力騒音の定量的な評価に影響するが、円柱などで系統的なデータが得られている以外は、十分なデータが得られていない。そこで、本研究では、矩形断面の柱状模型を対象として風洞実験を行い、物体周りの表面圧力の多点同時測定を行ってその空間相関の特性を調べた。

2. 実験方法

実験に用いた風洞は吹き出し型の風洞で測定断面は 80cm×80cm である²⁾。今回の実験にあたって、整流洞、整流メッシュの改良を行い、乱れの低減を図った。風速は 1.9, 3.7, 5.5m/s で行った。乱れ強さは約 3% であった。風速 5.5m/s における模型位置の軸方向の風速分布を図 1 に示す。圧力模型は B/D=1, 2, 3 (高さ D=30mm, 幅 B=30, 60, 90mm) の矩形柱であり、模型長さは 545mm である。模型を風洞内に設置した様子を図 2 に示す。圧力孔 (直径 1mm) は、図 3 に示すようにスパン中央を含む 3 断面において 12 点設けた。また平面図に示すように中央より 25mm, 50mm, 100mm, 200mm の 9 断面で各辺の midpoint に計 4 点設けた。

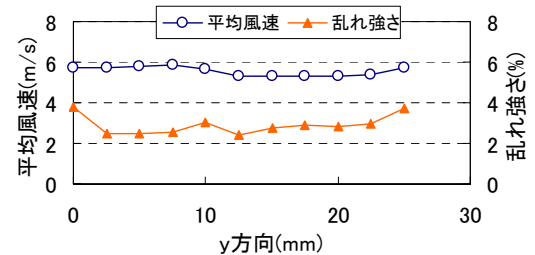


図1 測定位置での気流特性



図2 風洞内に設置した圧力模型

一般に圧力測定では圧力孔から 1m 前後のチューブを介して模型外部の圧力センサーに接続され、チューブ補正によって振幅と位相が補正されるが、不規則な変動に対しては完全には補正されないと考えられる。そこで本実験では、圧力センサーとして、およそ 1cm 四方の小型のもの (東亜工業製) を用いて、模型内部に設置し、圧力孔から 1cm (センサーの設置が難しい場合、最大で 6cm まで延長した) のシリコンチューブで接続することとした。対象とするカルマン渦成分は、50Hz 以下であるので、チューブ長の影響は無視できる。サンプリング周波数は 1000Hz、測定時間は 20 秒とした。風速 5.5m/s、代表長さを 30mm としたときレイノルズ数は 1.0×10^4 である。

3. 実験結果 ここでは主に B/D=1 のケースについて示す。図 6 に変動圧力のパワースペクトルの一例を示す。カルマン渦に対応したピークが 24Hz に見られる。図 4, 図 5 に平均風圧係数および変動風圧係数の分布を示す。平均抗力係数は 2.13 で西村らの値 2.33¹⁾ より少し小さい値となった。

2 点間の周波数領域における相関はクロススペクトル (複素数) で表され、その絶対値であるルートコヒー

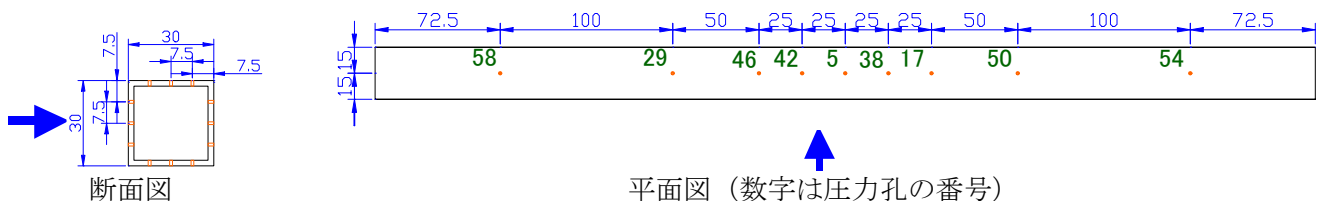


図3 模型 (B/D=1) (単位: mm)

キーワード 矩形柱, 表面変動風圧力, 空間相関

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学工学部社会環境システム学科 TEL 045-786-7752

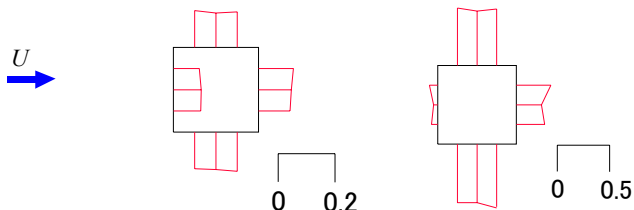


図4 平均風圧係数

図5 変動風圧係数

レンスと、実部であるコ・コヒーレンスがある．ここでは側面中点の変動圧力のコ・コヒーレンスとルートコヒーレンスについて，カルマン渦の周波数に対応した成分の値を求めた．図7に圧力点29（図3）を基準にしたときの結果を示す．相関の値が0.5となるのは，ルートコヒーレンスでは約4D，コ・コヒーレンスでは3Dとなる．両者の差は相関の値が0.5となる辺りで大きい．図8にスパン中央の圧力点5を基準にした結果を示す．圧力点29を基準とした場合に比べて，近距離においてコ・コヒーレンスの値が大きく，ルートコヒーレンスとほぼ同じ値になっている．200mm離れた点ではルートコヒーレンスは高い相関を示すのに対して，コ・コヒーレンスはほぼ0の値を示している．以上のことから次のような流れ場が推察される．スパン中央付近では，同じタイミングでカルマン渦が放出され，端部ではカルマン渦の位相がずれて放出される傾向にある．また，同じタイミングで放出される範囲に隣接する範囲では，ある一定の位相差を持ったカルマン渦が放出される傾向にあると考えられる．

次に，すべてのケースについて2点間距離で整理して示す（図9）．同じ間隔でも，壁面の影響を受けやすい端板側の圧力点との相関は小さくなる傾向にあるため，全体としてばらつきがある．間隔が90mm（3D）を超えるとコ・コヒーレンスがルートコヒーレンスより小さくなり，175mm（6D）付近で負の値をとり，この距離では位相の遅れが生じていると考えられる．指数関数による近似式を合わせて示している．近似式の積分距離を相関長さとする，ルートコヒーレンスの場合 $B/D=1$ のとき 357mm（12D），円柱の相関長さ（直径 D の数倍）に比べて長く，また，コ・コヒーレンスの値を用いると約半分の長さとなることが分かる．

なお，周期的再付着型断面の $B/D=3$ のときには，断面の風圧分布は，側面下流側で平均風圧は小さく，変動風圧は大きくなり，相関長さについては 400mm（13D）となった．

4. まとめ

矩形柱について風洞実験による風圧力の測定を行い，風圧の変動成分についてルートコヒーレンスとコ・コヒーレンスによる2つの相関の評価値を比較検討した．また，ルートコヒーレンスを用いた評価では断面高さの約12～13倍の相関長さとなることが分かった．今後，断面力の相関などを調べていく予定である．

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，風工学シンポジウム論文集，pp. 255-260，2000
- 2) 吉田，中藤：小型風洞を用いた弾性支持模型試験による空力不安定振動に関する検討，第62回年次学術講演会，2007

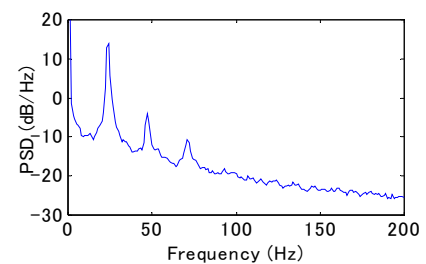


図6 側面下流側の変動圧力のパワースペクトル ($B/D=1$, $U=5.5\text{m/s}$)

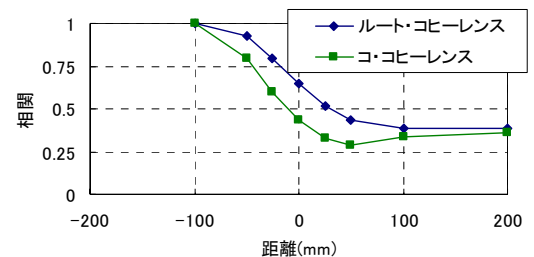


図7 相関(圧力点29を基準にした場合)

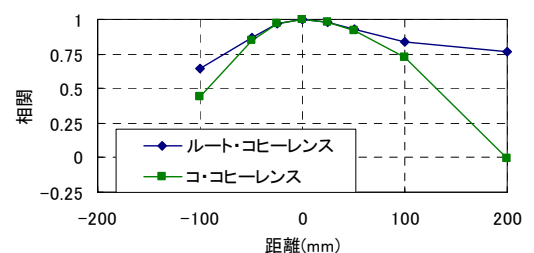


図8 相関(圧力点5を基準にした場合)

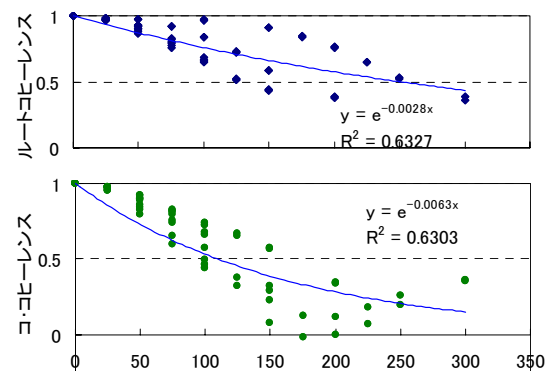


図9 相関($B/D=1$)