

風洞実験による矩形柱の表面変動圧力の空間相関に関する研究

関東学院大学 学生会員 ○押田 裕幸

関東学院大学 正会員 中藤 誠二

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、物体周りの風速および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

実験に用いた風洞の側面図を図1に示す。測定断面は80cm×80cmである。風速は1.9, 3.7, 5.5m/sで行った。乱れ強さは約3%である。風速5.5m/sにおける模型位置の軸方向の風速分布を図2に示す。圧力模型はB/D=1, 3(高さD=30mm, 幅B=30, 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3に示す。圧力孔(直径1mm)は、スパン中央および中央から50mm, 反対側に100mmの3断面において図4に示すようにB/D=1のとき12点, B/D=3のとき16点設けた。また中央より25mm, 50mm, 100mm, 200mmの6断面で各辺の midpoint に計4点設けた。

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²⁾。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。

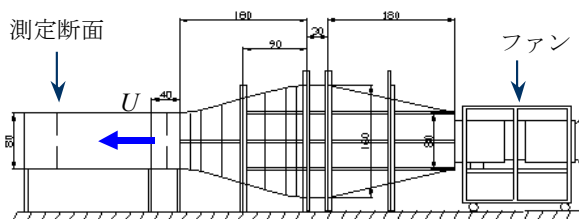


図1 風洞側面図

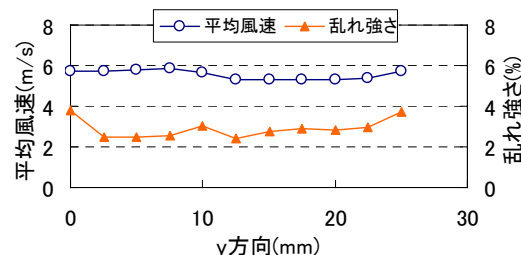


図2 測定位置での気流特性



図3 風洞内に設置した圧力模型

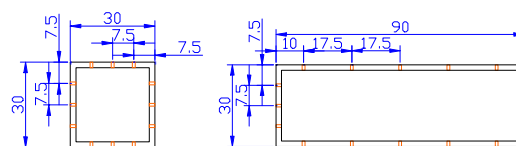


図4 模型断面(左: B/D=1, 右: B/D=3)

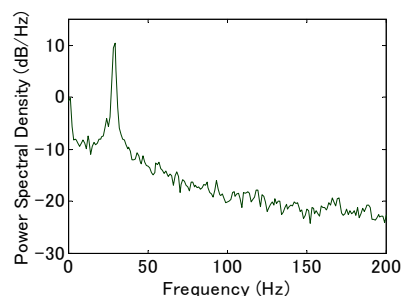


図5 側面下流側の変動圧力のパワースペクトル (B/D=3, U=5.5m/s)

キーワード 風洞実験, 矩形柱, 圧力模型, 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 TEL 045-786-7752 E-mail: nakato@kanto-gakuin.ac.jp

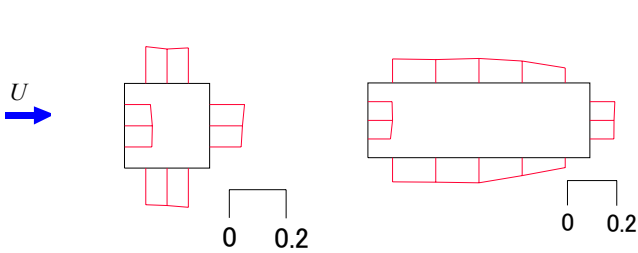


図6 平均風圧係数

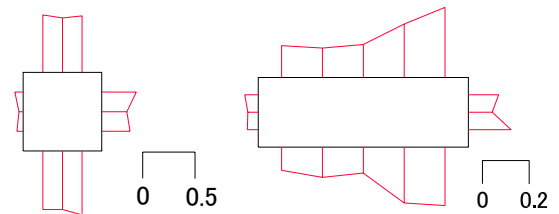


図7 変動風圧係数

3. 実験結果

図5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29Hzに見られる。図6、図7に平均風圧係数および変動風圧係数の分布を示す。周期的再付着型断面の $B/D=3$ のとき、側面下流側で平均風圧は小さく、変動風圧は大きくなる。平均抗力係数は $B/D=1$ のとき2.13で西村らの値 $2.33^{1)}$ より少し小さい値となった。変動風圧は $B/D=1$ の方が大きく、強い渦が生じているものと考えられる。

ピーク周波数を、高さ D を代表長さとしたストローハル数で図8に示す^{3), 4)}。辺長比による変化は、ほぼ既往の結果に近いものとなっている。

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レンスと、実部であるコ・コヒーレンスがある。図9、図10に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を2点間距離で整理して示す。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。また、 $B/D=1$ において間隔が90mm(3D)を超えるとコ・コヒーレンスが小さくなり、175mm(6D)付近で負の値をとっていることから、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す。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)、 $B/D=3$ のとき400mm(13D)となり、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。

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った。既往の研究結果と比較し測定結果の妥当性を確認するとともに、風圧の変動成分について相関を調べたところ、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, 本郷, 鈴木, 大熊, 丸川: 変動圧測定における導圧管の周波数伝達特性, 風工学シンポジウム論文集, pp. 307-312, 1986
- 3) Knisely, C.W.: Strouhal numbers of rectangular cylinders at incidence: a review and new data, *J. Fluids and structures*, Vol. 4, pp. 371-393, 1990
- 4) 中藤, 木村, 藤野, 小川, 石原: 種々の辺長比を持つ矩形柱から発生する空力音特性, 土木学会論文集, No. 696, pp. 145-155, 2002.1

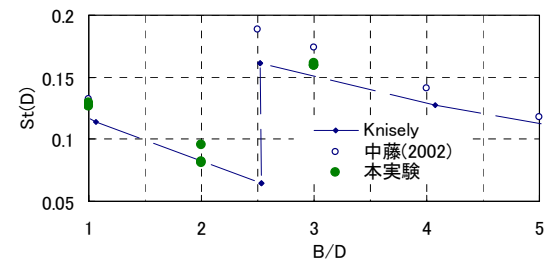
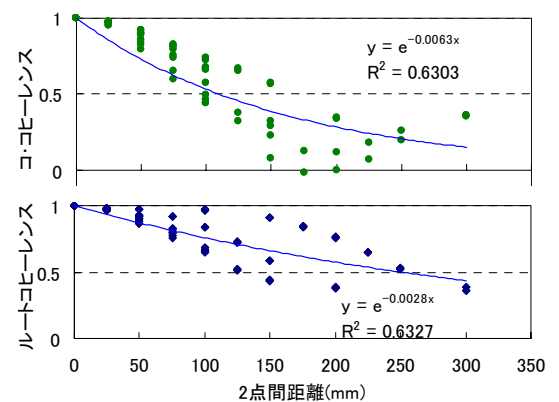
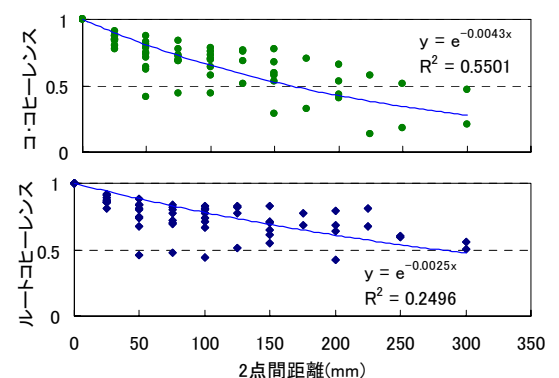


図8 St数の辺長比による変化

図9 相関($B/D=1$)図10 相関($B/D=3$)