

## 軸方向に等変分布する風速下の矩形柱周りの流れ場の特性

関東学院大学 正会員 ○中藤 誠二

**1. はじめに** 一様流中の 2 次元柱からは周期的な渦放出（カルマン渦列）が生じ 2 次元的な流れ場が形成される．渦放出周波数は風速に比例するため，接近流の風速が一様でない場合には，軸方向に渦放出周波数が変化し，流れ場も 3 次元的になることが予想される．一様流以外の流れ場としては，乱流格子やスパイヤーを用いた乱流があり，一様流からの変化だけでなく周波数特性についても調べられる．構造物を対象とした風洞実験では一様流と乱流において行われ，それ以外の流れ場の検討は多くない．ここでは，接近流の風速が一様でない場合として，軸方向に一様に変化する流れ場を模型を回転させることで疑似的に再現し，その際の模型近傍の風圧を測定することで流れ場の特性について調べた．

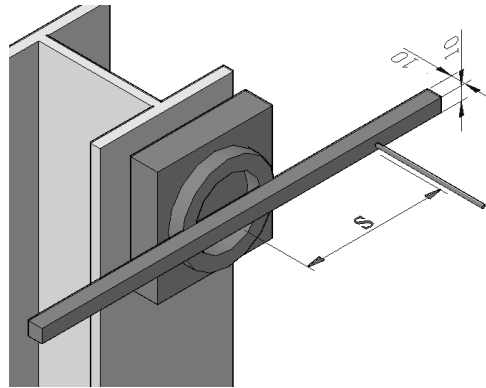


図1 模型の諸元



図2 実験模型

**2. 実験方法** 矩形柱を回転させ模型近傍の風圧測定を行う．断面 10mm×10mm，長さ 30cm のヒノキ材をロータリーアクチュエーター（オリエンタルモーター製 DGM85R-ARAC）に取り付けて回転させ，模型近傍（約 2mm）で発生する風圧を測定した．回転中心から，模型端部方向の距離を  $s$  とする（図 1，図 2）．断面は 10mm×10mm（ $B/D=1$ ）を基本とし，木材の表面の外周側 10cm の範囲にローター面の面外方向に 2mm 厚のヒノキ材を取り付け，断面を 12mm×10mm（ $B/D=0.83$ ），さらに 14mm×10mm（同 0.71）として，3 つの断面辺長比について同様に計測を行った．回転数はロータリーアクチュエーターの最大回転数とし，先端に反射シールを取り付けデジタル回転計で回転数を測定したところ 222rpm となった．周速度  $U$  は，直径  $D=0.3\text{m}$ ，回転数  $N=222\text{rpm}$  を用いて  $U=\pi DN/60$  で求められる．

**3. 実験結果および考察** 圧力センサー（SDP610-500Pa）を用いて，サンプリング周波数約 100Hz で 90 秒計測した．図 3 に圧力の測定結果の一例として  $B/D=0.83$ ， $s=100\text{mm}$  のときの 10 秒間および 0.5 秒間の時系列波形を示す．両側に矩形柱が伸びているため（図 1），1 分間に 444 回，1 秒間に 7.4 回（0.135 秒ごとに）矩形柱が横切ることになり，それに対応したスパイク状の圧力変動が見られる．小さな正の圧力が生じた後に負の大きな圧力が生じている．なお 160mm の位置（模型の端部より外側）では不規則に大きな負圧が見られるものの 0.135 秒周期の変動は明瞭ではなかった．圧力の最大値と最小値の差をピーク圧力とし，その軸方向の変化を図 4 に示す．中

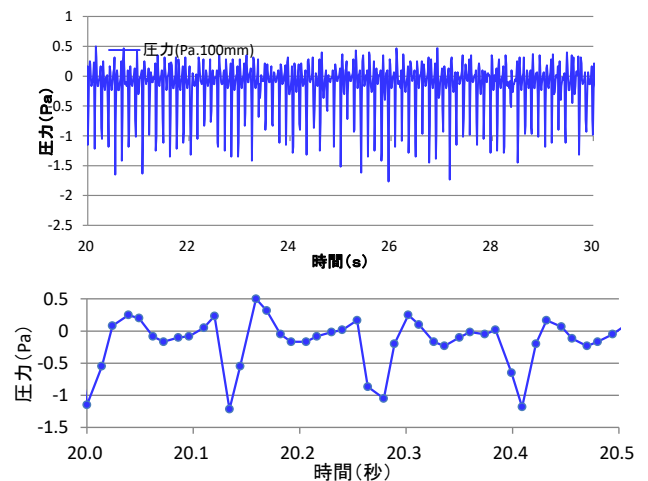
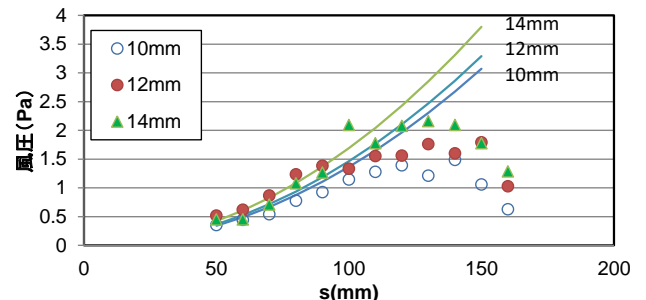
図3 圧力の時系列波形,  $s=100\text{mm}$ 

図4 ピーク圧力の軸方向の変化

キーワード 矩形柱，風圧，風速

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1

心から端部に向かうにつれて大きさが大きくなるが，途中から一定値となり，端部に向かって減少する．断面の厚さが大きいほど負圧が大きくなる傾向が見られる．物体近傍に生じる風圧力 $p$ は，速度圧と風圧係数を用いて表すことができると考えられる．

$$p = \frac{1}{2} \rho U^2 C_p b \quad (1)$$

ここで， $U$ ：風速， $\rho$ ：空気密度，風圧係数 $C_p$ である． $C_p$ として一様流中の抗力係数の値を用いた<sup>1)</sup>． $b$ は物体近傍の圧力を求めるための補正係数とし，今回，測定値を近似するように $b=0.2$ とした理論値を実線で示す．50mm から120mm 程度の範囲の風圧の増加をよく再現しており，回転速度に対応した風圧が生じていると言える．それより端部側では端部の3次元的な流れ場の影響を受けていると考えられる．

$B/D=0.71$  のケースについて，サンプリング周波数 5kHz，測定時間 60 秒としてより詳細な検討を行った．ここでは圧力計（東亜工業製）にピトー管（直径 3.5mm，長さ 10cm）を接続して測定を行った．図 5 に模型が通り過ぎる際の 1 回の圧力変動の一例を示す．サンプリング周波数を上げることで，図 3 に示したよりも細かな変動が捉えられている．さらに最初の大きな負圧が生じたあとに，周期 0.002 秒程度（500Hz）の周期的な変動が生じていることが分かる． $B/D=0.71$  の  $St$  数を 0.14 とすると， $s=100\text{mm}$  での渦放出周波数は 23Hz，140mm では 33Hz 程度であり，カルマン渦列によるものとは異なる．図 6 に圧力のパワースペクトルを示す．0.135 秒ごとにスパイク状の変動が生じる波形のため，7.4Hz の高調波成分が全体として顕著に表れる．一方，500Hz 付近（ $St$  数ではおよそ 2）に緩やかなピークが見られ，位置によって回転速度が異なることの影響は見られない．図 5 の波形に対応したものであり，断面形状や速度に依存する周期的な渦放出が生じている可能性が考えられる．図 7 に 0.135 秒ごとにアンサンブル平均をした結果を示す．負圧が発生した後の周期的な変動は見られない．小さく正圧となったのちに負圧となる変動が収まるまでの時間は約 0.05 秒であり， $s=140\text{mm}$  では，およそ  $60^\circ$  模型が回転する時間に相当する．

**4. まとめ** 矩形柱模型をアクチュエータで回転させ，等変分布する風速による矩形柱近傍の圧力変動を測定した．中心に近い範囲では回転速度に比例した圧力が発生し，断面辺長比による変化は一様流におけるものと同じ傾向を示した．模型が通り過ぎる際に小さな正圧が生じた後に負圧が生じ，その後  $St$  数で 2 程度の周期的な変動が生じた．圧力変動は模型がおよそ  $60^\circ$  回転する範囲で生じた．今後，風速が等変分布する流れ場における基本断面の空力特性について，一様流におけるものに対応した特性を調べていく予定である．

**参考文献** 1) 中口博，橋本貴久裕，武藤真理：矩形断面の柱の抗力に関する一実験，pp. 1-5，航空学会誌 第 16 巻 第 168 号，1968

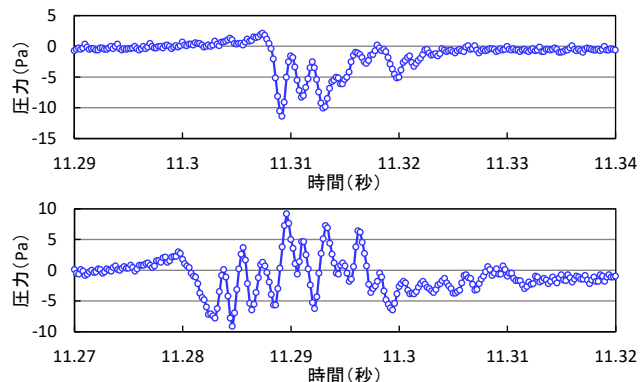


図 5 圧力の時系列波形

上： $s=100\text{mm}$ ，下： $s=140\text{mm}$

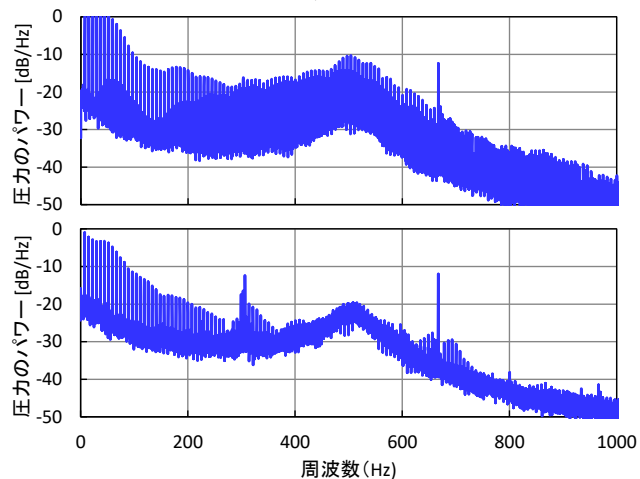


図 6 圧力のパワースペクトル

上： $s=100\text{mm}$ ，下： $s=140\text{mm}$

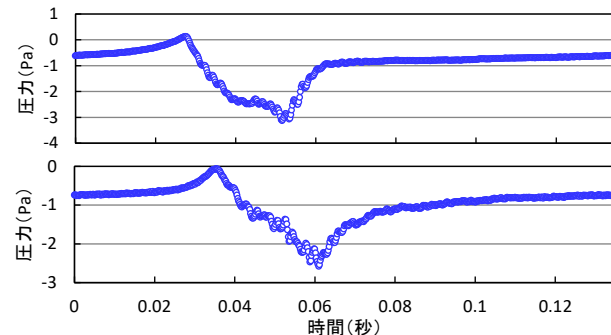


図 7 圧力の時系列のアンサンブル平均

上： $s=100\text{mm}$ ，下： $s=140\text{mm}$