

正方形断面柱の三角波での強制加振時の風圧特性

関東学院大学

正会員 ○中藤 誠二

1. はじめに 矩形柱は円柱と並んで基本的な構造形状であるが、振動時には相対迎角の変化や、剥離流れの再付着特性の変化など、円柱には見られない変化が生じる¹⁾。模型がばね支持された場合、基本的に正弦波的な振動となり、強制加振時にもそれが模擬されることが多い。一方、実際の構造物の振動では、振動時に別の構造体にぶつかるなどして不規則な振動となる場合もある。本研究では、電動スライダで正方形断面柱模型を支持し、正弦波と異なる振動パターンとして三角波状のパターンで振動させ、その際の空力特性を模型表面の変動圧力によって調べた。

2. 実験方法 風洞は吹き出し口の断面が 40cm×40cm のエッフェル型風洞である。模型（アルミ製）の断面は一辺 D=28mm の正方形で、長さは L=45cm である。模型は吹き出し口下流側 20cm、床面から 20cm 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。模型の両端には、端板の内側に来る模型長さが 40cm となるように 20cm×20cm の端板を取り付けた。模型はコの字型のアルミ材を組み合わせることで作製し、片持ち梁形式で支持された断面 25mm×25mm、長さ 20cm のヒノキ材に両側から被せて、ねじで固定した。アルミ材同士の隙間は粘着テープで塞いだ。実験の模式図を図 1 に示す。

上面中央に圧力孔（内径 1mm）を設け、1cm のシリコンチューブを介して、模型内に設置した圧力センサー（東亜工業製、500Pa）に接続した。静圧側のチューブの先は測定部外の風が直接当たらない位置に出した。模型内部の中心位置には、圧電型加速度計（NEC 三栄製 SV1104）を設置した。風速は 11.1m/s まで 20 段階で変化させた。レイノルズ数は風速 8.6m/s、代表長さを D=28mm としたとき、 1.6×10^4 である。測定位置での乱れ強さは約 1.0% である。模型の固定端側を電動スライダ（オリエンタルモーター製、EZ-limo）で固定し、上下方向に三角波状に、すなわち一定速度で振動させた。電動スライダはステップモータを用いているため、パルス出力の回数で移動量が決まり、間隔で速度が決まる。加振パターンを表 1 に示す。模型は風向に対して、圧力測定孔が上面に来るように正対させた。いずれのデータも 2kHz で 20 秒間測定した。加振時には加振を開始してから 50 波（ケース 2, 3 では 25 波）経った時点から 20 秒間の計測を行った。

3. 実験結果 模型と電動スライダの間に設けたロータリーアクチュエーターを用いて模型を模型軸周りに 90° 回転させ、圧力点を風上側としてよどみ点の風圧力を測定した結果を図 2 に示す。ここでのグラフは平均

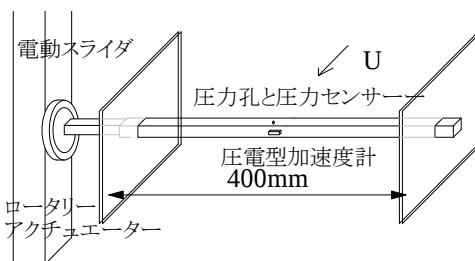


図1 実験模式図

表1 加振パターン

パターン	振幅 2A	2A/D	周波数
ケース 1	0.7mm	0.025	10.7Hz
ケース 2	1.4mm	0.05	5.35Hz
ケース 2	2.8mm	0.1	5.35Hz

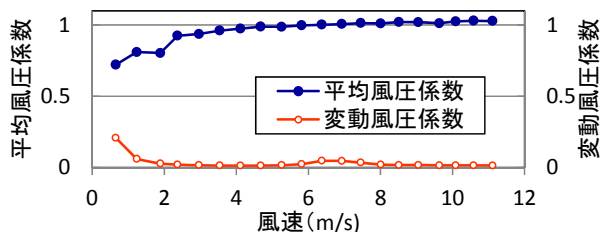


図2 風上面の風圧係数

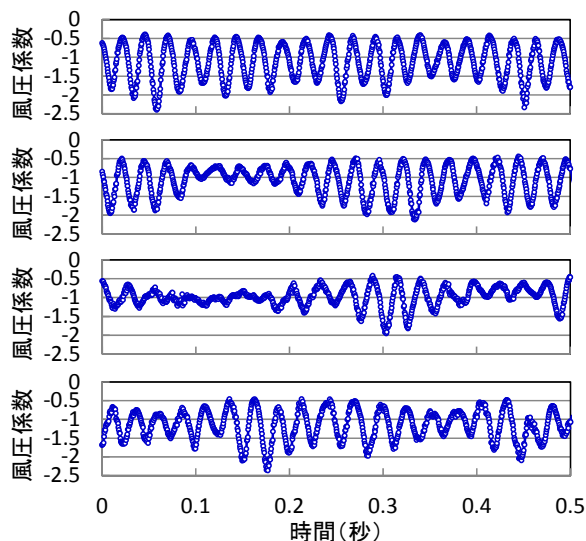


図3 風圧の時系列波形(8.6m/s)

(上から、静止時、ケース 1, 2, 3)

キーワード 風洞実験、正方形断面柱、強制加振、風圧特性

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

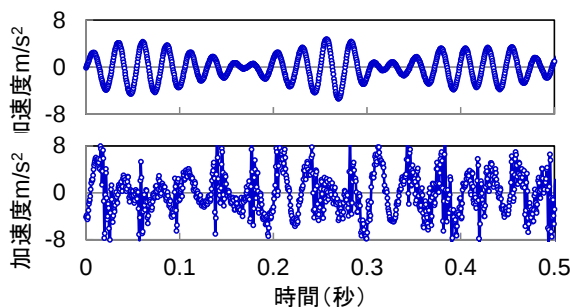


図4 加速度の時系列波形(8.6m/s)
(上から, 静止時, ケース 1)

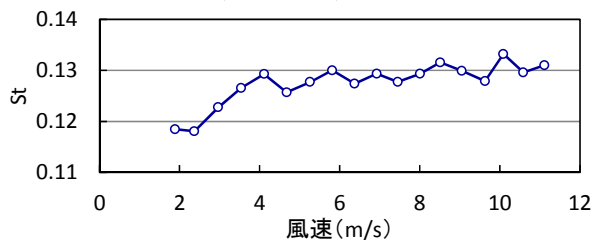


図5 ストローハル数の風速による変化

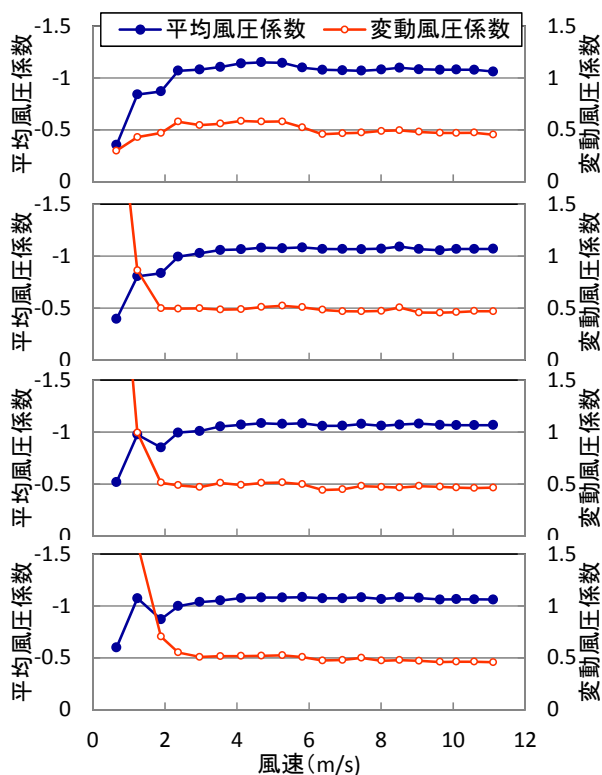


図6 風圧係数

(上から, 静止時, ケース 1, 2, 3)

風圧係数の値が 1 となるように, 圧力センサーの出力に補正係数を掛けたもので, 同じ補正係数を以下で風圧を求める際にも用いている。

風速 8.6m/s のときの模型上面の風圧係数の時系列を図 3 に示す。静止時の変動のピーク周波数は 8.5Hz であった。加振ケース 1 では, 規則性は高いものの振幅が小さくなる時間が見られ, その場合, 振幅の最小値側の値は一定であるのに対して, 最大値側が小さくなる傾向が見られる。ケース 2, 3 では, 振動の不規則性が強まっている。図 4 に, 同時に測定した模型中心部の鉛直方向の加速度の結果を示す。静止時では, 規則的な振動が見られるが, 風圧に比べて振幅の変化が大きい。加振時の結果を見ると, 振動は三角波で与えているため, 変位振幅の最大点, すなわち加速度が変化する際に大きな慣性力が作用しスパイク状の波形が生じていることが分かる。

図 5 に静止時の模型上面の風圧変動のピーク周波数から求めたストローハル数の風速による変化を示す。風速 4m/s 以上では 0.13 となっており, 既往の実験結果とほぼ一致する値が得られている。

平均風圧係数と変動風圧係数の風速による変化を図 6 に示す。平均風圧係数は既往の実験値(約-1.5)より絶対値が小さくなっている。図 3 の時系列において振動波形のもっとも大きい値, すなわちおよそ-0.5 から-2.5 を全振幅とすれば, 平均風圧係数は-1.5 となることから, 今回の実験では静止時のカルマン渦の放出が不規則で弱まっていることが, 原因の一つ考えられる。図 6 の加振時のケースを見ると, 風速 6m/s 以上の範囲では静止時とほとんど変わらない値となっており, 風速 2~6m/s の範囲で静止時に比べて若干小さくなる傾向が見られた。時系列波形において不規則性が高まっているのは, 静止時の変動成分に加振による影響が加わったものであるが, 平均値および rms 値で見るとその影響は小さいといえる。

4. まとめ 風洞実験において柱状模型を任意の波形で鉛

直加振させるための実験装置を構築し, 正方形断面柱を対象に鉛直方向に三角波状に強制加振させ, 模型上面(側面)の風圧特性の変化について調べた。加振により風圧変動の不規則性は高まるが, 模型加速度に見られるようなスパイク状の変動は風圧には見られなかった。静止時の変動風圧のストローハル数は既往の結果とほぼ一致したが, 平均風圧係数は既往の値よりも小さい値となった。また, 一定風速以上では風圧係数に加振が及ぼす影響は小さいことが分かった。今後は, 加振波形と風圧波形の周波数領域でのピークや位相について調べるとともに, 正弦波加振との比較を行い, またロータリーアクチュエーターによる回転方向の強制加振および電動スライダと組み合わせた回転と鉛直の連成加振などを行っていく予定である。

参考文献 1)八木知己, 新庄皓平, 成田周平, 中瀬友之, 白土博通: 矩形断面のギャロッピング不安定性と渦放出の関係について, 構造工学論文集 Vol.59A, pp. 552-561, 2013