

角柱表面に作用する風圧の変動について

石崎 潑雄・許 昌九

FLUCTUATING LIFT ON THE SQUARE CYLINDERS

by. Dr. Eng Hatsuo ISHIZAKI and Changgoo HUH

Synopsis

The fluctuating lift forces acting on square cylinders in steady flow were measured. One of cylinders was moved due to fluctuating lift and the other cylinder fixed stationarily in the wind tunnel.

In conclusion, we found that the fluctuating lift acting on fixed cylinders had irregular behavior, but the fluctuating forces acting on moving cylinders were periodic with the large motion of the cylinder. The fluctuating lifts seemed to be depended upon the motions of cylinders.

1. まえがき

風を受ける物体の吸引力が作用する面における風圧が動的に変動するものであるのはよく知られている。この風圧の変動は物体が一樣な流れの中にあっても起ることから、これは物体周りに生じる渦の成長、剝離による圧力の変化から生じると考えられる。構造物に作用する風圧も同様で、渦によると考えられる風圧の変動を受けており、構造物によってはこの風圧変動による動的な作用が支配的な外力となる場合もある。実際に自然風を受ける構造物はこの渦によると考えられる風圧変動以外に自然風のもつ乱れによる変動も併せて受けるものであるが、本論文では自然風のもつ性質の複雑さが十分に明らかでないため自然風の乱れによる影響を考えない一樣な流れの中の物体に作用する風圧変動を調べることを目的とした。いづれにしても風圧変動が構造物にあたえる影響は大きいから、その挙動を知ることは重要なことである。

筆者らは、さきに述べたようにまづ一樣な流れ中にある物体の風圧変動を明らかにする手始めに正方形断面をもつ角柱表面に作用する風圧変動を風洞実験により調べてみた。実験は模型が風圧により動くようにした運動模型と固定して動かない静止模型について行なった。模型は大・中・小の大きさの異なる3種で模型規模の相異による影響も調べた。またこの風圧の変動を渦によるものとするれば、風圧変動を知ることは渦に関して知る一方法であろう、従来渦に関する測定を行なう方法は種々試みられてきたが、直接物体表面の圧力を測定したものが少ないと思われるので、風圧変動の測定から渦についても考察してみた。

2. 実験方法

Photo. 1, 2 に示したように各模型を取付け、0~30 m/sec までの風を吹かせ、模型表面にあげられた孔から測定点の風圧変動をビニール管によって風圧計に導き測定した。

風洞は当研究所の吹出口径 1.0m, 最大風速 60m/sec のゲッテンゲン型である。模型は運動模型、静止模型とも断面は 5cm×5cm, 10cm×10cm, 15cm×15cm, 長さは 60cm の3種で材料はポリエステルを用いた。模型表面の測定点の位置は **Fig. 1** の通りである。測定孔には内径 5mm のビニール管を埋め込んだ。風圧計は非接着型抵抗線歪計型のものと同差動変圧器型の2種を併用した、計器の固有振動数は前者は 73cps で後者は 18cps である。運動模型の変位はオートダイン型の変位計を用いた。

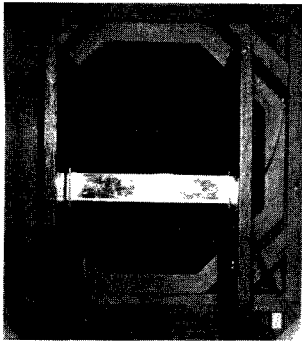


Photo. 1 View of fixed cylinder looking toward entrance section of wind tunnel.

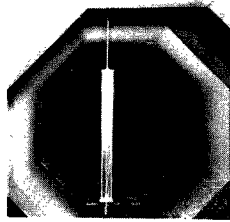


Photo. 2 View of moving cylinder looking toward outlet section of wind tunnel.

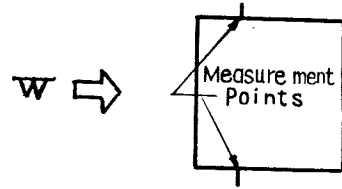


Fig. 1 Measured points.

測定は静止模型の場合、**Photo. 1**のように角柱の両端に遮風板をもつもので2次元の流れの中に模型が置かれたようにして測定を行なった。運動模型では装置の都合上、両端に遮風板を持たない3次元流れの中に模型をおき、模型の質量の影響が対称になるように角柱の軸を垂直にして測定した。大・中・小の3模型の固有振動周期は同一にすることができず、また振動減衰率も異なる。次にそれを示す。

この対数減衰率は自然対数による値である。運動模型、静止模型とも測定点2点を同時測定し、電磁オシログラフに記録した。この時運動模型は差動変圧器型の風圧計を用い、静止模型は非接着型抵抗線歪計型の風圧計を用いた。運動模型にも応答のよい抵抗線歪計型のものを用いたかったが、装置が不適なため異なる計器によった。

模型	固有振動数	対数減衰率
大	5.5cps	0.084
中	8.3cps	0.065
小	8.3cps	0.112

3. 測定結果

Table. 1に静止模型の風圧変動周期を示した。風圧変動は**Photo. 3**の記録からわかるように非常に不規則なものであり、種々の周期のものがある。**Table. 1**に示したものはその中で最も短い周期のものである。また対応する測定点左右2点間の位相も不規則であり、一様でない。**Photo. 4**に運動模型の変位と風圧変動の記録の一部を示した。これは模型の振動、振巾が非常に大きくなった場合のものであり、通常この場合を渦の交番力と模型が共振した場合といている。**Fig. 2**に運動模型の風速と変位の関係を示した。この変位は全振巾である。これには各模型ともピークがある。**Fig. 3**に運動模型の風速と変動風圧値を示し、静止模型のそれと比較した。値は変動の平均値である。

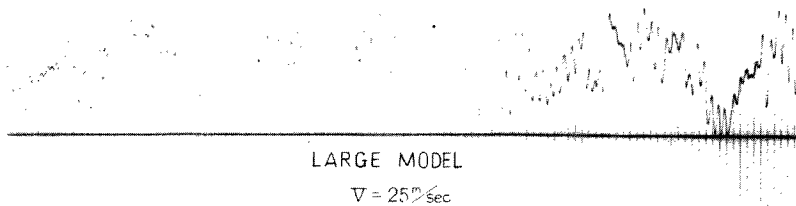


Photo. 3 Sample oscillogram for fluctuating wind pressure on a fixed cylinder.

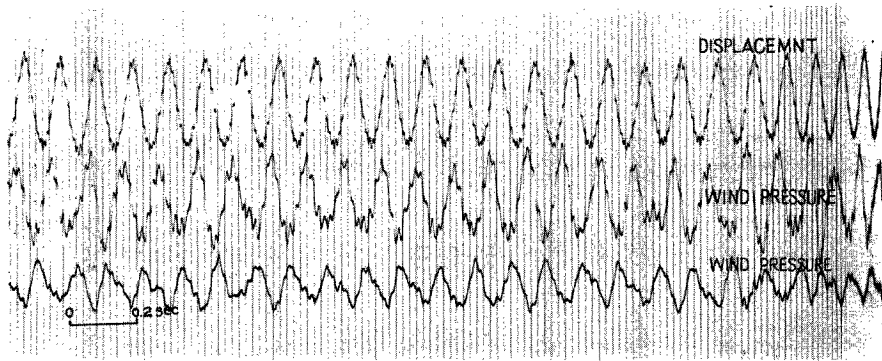


Photo. 4 Sample oscillogram for fluctuating wind pressure on a moving cylinder.

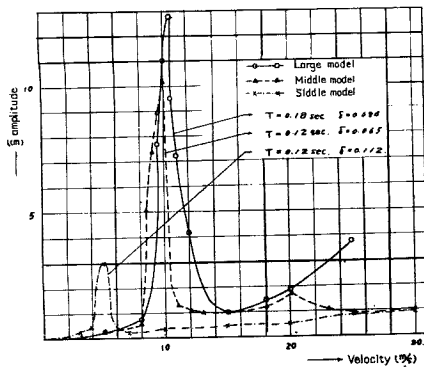


Fig. 2 Wind velocities versus displacement for the moving cylinders.

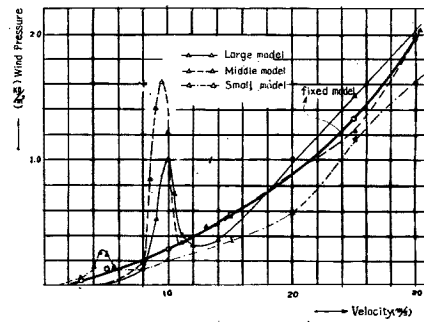


Fig. 3 Wind velocities versus fluctuating wind pressure for the moving cylinders.

Table. 1 The period of fluctuating wind pressure by various wind velocities on fixed cylinders.

Model \ Velocity	Velocity			
	30 m/sec	25 m/sec	20 m/sec	15 m/sec
15×15 cm		0.07 sec 14.3 cps	0.09 sec 11.1 cps	0.12 sec 8.3 cps
10×10 cm	0.064 sec 15.6 cps	0.076 " 3.12 "		
5×5 cm	0.062 " 16.1 "	0.074 " 13.5 "	0.096 " 10.4 "	0.11 " 9.1 "

運動模型において対応する測定点左右2点間の風圧変動の位相は振巾が小さい場合、静止模型と同じく不規則であるが、振巾が大きくなるにつれて位相が対称になる頻度が多く共振する点では完全に規則的になる。すなわち揚力が交番する。減衰率の小さい模型では上述の通り変位のピーク時に揚力の交番がみられたが、減衰率が大きい模型の場合ではピーク時の変位の絶対値が小さいためか揚力の交番がなく不規則であった。

風圧変動の周期については、大・中・小模型とも共振時には模型の周期と同一で規則的であるが、共振点から外れて振巾が小さくなるにつれて不規則となり模型の周期とは外れてくる。振巾が小さいとき、その周期は不規則であった。模型の運動の周期は振巾に関係なく常に固有周期で振動している。

次に大中小模型の共振時の風圧変動と変位の位相を重ねて、位相差を調べその関係を Fig. 4 に示した。

これによると明らかに対応する左右2点の風圧変動が対称であることがわかる。そして模型の運動も風圧の作用方向と一致している。

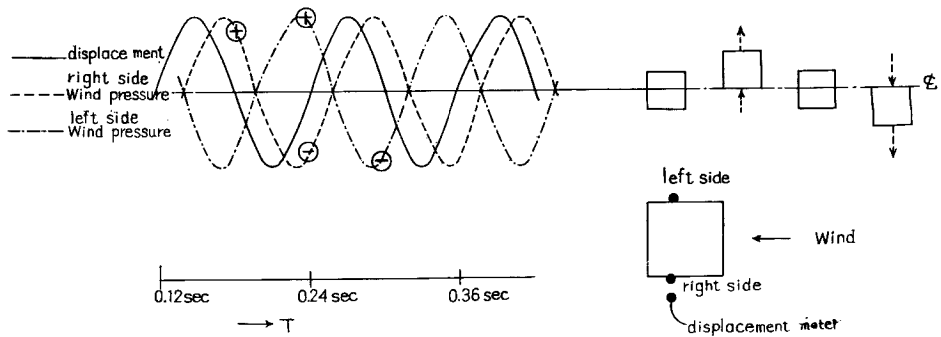


Fig. 4 Relation between phase lag of wind pressure and displacement of a moving cylinder.

4. 測定結果の考察

以上の実験から静止模型の風圧変動は大・中・小の3模型ともに不規則な様相を示しており、従って、変動周期も不規則で一定でない。Table. 1 に示した周期は、それぞれの風速、模型について比較するため、それぞれの場合の最も短い周期のものである。これによると模型規模による変化はこの実験の範囲では認められない。しかし風速の変化による影響は明らかで風速が大きくなると周期が短くなり、既によく知られている結果と同様である。またさきの風圧変動の周期を渦の発生周期と仮定してストローハル数を求めてみると、

$$S = \frac{Na}{v}$$

a : 模型断面の一辺の長さ
 N : 風圧変動周期 (渦の発生数)
 v : 風速

a	5cm	10cm	15cm
S	0.027	0.054	0.083

となる。しかしこの値は風圧変動の周期の取扱いに問題があるため、一応の目安に過ぎないことに留意されたい。また対応する左右2点の風圧変動も不規則で揚力の交番の傾向も明確でない。

次に運動模型であるが、その風圧変動は模型の運動に依存しているようである。振巾の大きいところ、すなわち本実験の大・中・小模型の振巾のピーク時では、対応する左右2点間では揚力が模型の運動の周期と同じ周期で全く交番しているが、変位が小さい場合には静止模型と同じく揚力が規則的な交番を示さない。本実験の小模型の一例では振巾のピークにもかかわらず変位が小さいために静止模型のように揚力の交番が不規則で、模型の運動と無関係に風圧が変動していた。これは各模型とも共振点を外れた振巾の小さい場合、同様の傾向である。一般に模型の運動変位が大きくなるにつれて風圧変動の傾向が模型の運動に依存しているようである。

風圧の作用方向と模型の運動の関係を Fig. 4 に示したが、共振時以外のところでは図に示した様な傾向は見出せないが、共振時には図のように模型の運動と風圧変動の位相差が 90° であり、強制振動の場合にあてはまる。すなわち、模型の運動と風圧変動の同時記録から模型の運動方向と風圧の作用方向が一致していることがわかる。

風速と変位の関係から変位のピーク点の風速により生じる渦の発生数と運動模型の固有振動数が一致して共振したと仮定し、ストローハル数を求めてみると減衰率、固有振動数、模型規模が各模型ともそれぞれ異なるにもかかわらずストローハル数 S が、各模型とも0.083になる。この値は静止模型の大模型についての値と一致している。