

## I-304 種々の変動流中に置かれた矩形断面柱の空力特性

九州大学応用力学研究所 正員 大屋裕二、同 中村泰治、 杉谷賢一郎

## 1. まえがき

様々な状況下での bluff body の周囲流れおよび空力特性に対して基本的理解を得るためには、一様流中の詳細な風洞実験が必要であることは言うまでもないが、近寄り流れおよび物体自身に種々の変動を与えてその応答を調べ、その上で bluff body の流れ場を支配する根本的要素を明確にする方法は極めて重要なアプローチである。著者らは種々のスケール、乱れ強さを有する乱流場において2次元および3次元物体の静的空力特性を調べ、いくつかの重要な知見を得た(refs.1-3)。しかしながら、そこで得られた結果が乱れの中のいかなる変動が物体の渦放出とどの様に干渉して現れたものかは未だ不明な部分が多い。本研究では、十分に制御かつモデル化された種々の変動を一様流に重複させて矩形断面柱の空力特性を調べ、流れ変動と物体の渦放出との干渉特性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験装置と方法

実験は、高さ4m x 幅2m断面の大型低速風洞で行った。図1に示す様に矩形断面柱前方1mの位置にNACA 0015の断面形状を有する翼列をモデルスパン方向に設置し、片振幅15度で周波数 $f_m=0.3\sim 9\text{Hz}$ の範囲で振動させて変動流を生成する。一列あるいは二列翼を同相に振動させるとスパン方向に一樣な2次元変動流(以後、2D変動流と呼ぶ)が生成される。また2列の翼を幅 $b=1.5h$ の単位で図1のようにスパン方向に分割し、上流、下流翼列を互いに反転振動させると、鉛直速度変動( $w$ 変動)がスパン方向に交互に逆相変動する流れ(以後、大スケール $w$ 反転変動流と呼ぶ)が生成される。この場合、スパン方向の流速一樣性を確保するため、各単位翼間に $20\times 30\text{cm}$ の仕切り板を挿入した。翼列振動はパソコン制御のステッピングモータを用いて任意の周波数が精度良く選択できる。変動流の速度変動特性はI形およびX形プローブを装着した熱線流速計で測定した。実験時の風速は $U=5\text{m/s}$ 、模型の高さ $h=22\text{cm}$ 、長さ $L=170\text{cm}$ で断面比 $d/h=0.2, 0.4, 0.6, 1.0$ のモデルについて時間平均背圧を測定した。背圧係数は $C_{pb}=(P_b-P_s)/(0.5\rho U_s^2)$ で定義される。但し、 $P_s, U_s$ は模型設置場所での模型がない場合の変動流中の静圧および時間平均流速である。blockage比は5.5%であるが修正は施していない。レイノルズ数は約 $7.3\times 10^4$ である。

## 3. 実験結果

流れ場の速度変動特性： 2D変動流；図2に示す様に翼列の振動周波数が増すにつれ $w$ 変動が次第に大きくなり、各周波数 $f_m$ で変動強さは $w'>u'>v'$  ( $'=r.m.s.$ )の関係となっている。大スケール $w$ 反転変動流；図3に示す様に単位翼の中央下流では2D変動流の場合とほぼ同じ傾向であるが、翼間下流では $w$ 変動は低周波数域でむしろ小さい。時間平均速度 $U_s$ のスパン方向における一樣性は各振動周波数について良好である。

背圧測定結果： 2種類の変動流場においての断面柱背圧 $C_{pb}$ と翼列振動周波数 $f_m$ の関係を図4-7に示す。2D変動流： $d/h=0.2$ では、一様流での渦放出周波数 $f_v$ よりやや小さい $f_m$ で共鳴現象が見られ背圧が低下している。全体の傾向は振幅比0.1での同矩形柱の加振実験結果(ref.4)と良く対応する。 $d/h=0.4$ では、 $f_m=3.0$ 付近で非常に鋭い共鳴を示し、振動物体でのcritical geometry( $d/h=0.4$ )がこの2D変動流においても同じ断面比( $d/h$ )で現れている。 $d/h=0.6$ では、共鳴状態が現れるがその前後での背圧回復が顕著である。 $d/h=1.0$ では、共鳴の範囲が広がっているがその程度は小さい。振幅比0.1での $d/h=0.6, 1.0$ の加振実験結果では、周波数 $f_m$ が増加するにつれて背圧は著しく回復する傾向があるが、片振幅15度の振動翼列によるこの2D変動流中では、ほぼ一定となる傾向を示している。大スケール $w$ 反転変動流：この変動流場は、 $w$ 変動がスパン方向に約 $y=1.5h$ の範囲で互いに逆相変動しているので物体本来のスパン方向に一樣な渦形成、放出に対し効果的な大スケール攪乱を与える。この効果は図4-7に明確に現れている。すなわち  $d/h = 0.2, 0.4, 0.6$  で共鳴現象はほとんどなくなっている。ただし、 $d/h = 0.4$ に見られる小さなピークでは、長時間の共鳴は

なかったが一時的に共鳴現象を起こすことはしばしば観察された。したがってここでの背圧変動は非常に大きい、その平均値をとるとグラフに示す値となる。 $d/h = 0.6$  では、全周波数域で大幅な圧力回復が見られる。 $d/h = 1.0$  でも全体的な圧力回復は大きい、2D変動流と同程度の共鳴現象が見られる。

#### 4. 結論

2次元の変動流では、その卓越周波数 $f_m$ が一樣流中の渦放出周波数 $f_v$ に近い値で、矩形柱の渦放出と共鳴して背圧が低下する現象が見られる。特に $d/h=0.4$ 矩形柱で著しい。一方、大スケールw反転変動流では渦形成を効果的に妨害して共鳴現象は出現せず、また背圧の回復も大きい。

#### 参考文献

- 1) Nakamura, Y. and Ohya, Y., JFM, Vol.137(1983)
- 2) Nakamura, Y. and Ohya, Y., JFM, Vol.149(1984)
- 3) Nakamura, Y. and Ohya, Y., JFM, Vol.164(1986)
- 4) 平田、中村、杉谷、第41土木年次講演会(1986)

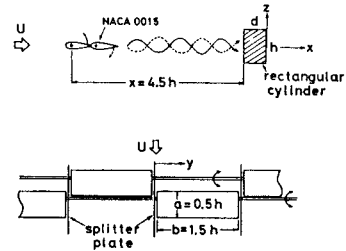


図1. 振動翼列と矩形断面柱

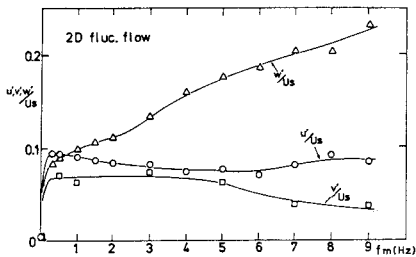


図2. 2D変動流中での速度変動強さ vs. 振動周波数 $f_m$  ( $x=y=z=0$ ).

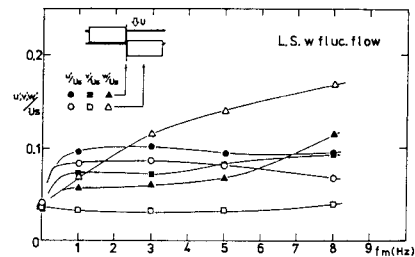


図3. 大スケールw反転変動流中での速度変動強さ vs.  $f_m$  ( $x=z=0$ ,  $\circ, \triangle, \square; y=0$  &  $\bullet, \blacktriangle, \blacksquare; y=0.75h$ ).

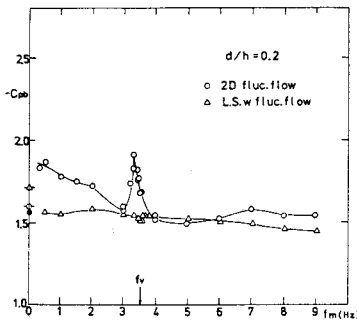


図4.

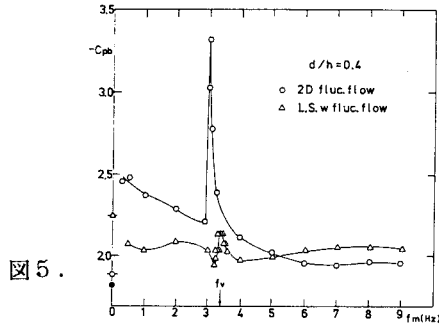


図5.

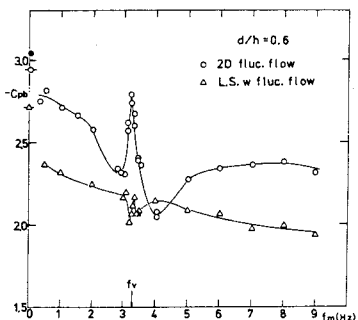


図6.

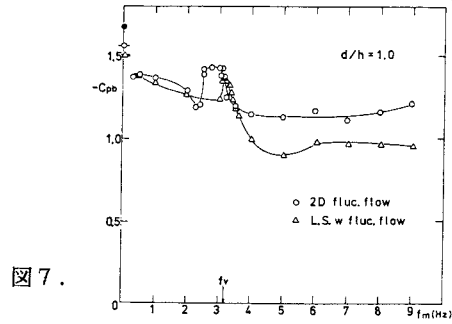


図7.

図4～7. 時間平均背圧 $C_{pb}$  vs. 振動周波数 $f_m$ . 図中の $f_v$ は一樣流中での渦放出周波数。 $\circ$ ; 2D変動流、 $\triangle$ ; 大スケールw反転変動流、 $-\circ-$  &  $-\triangle-$ ; 迎角0度静止、 $\bullet$ ; 一樣流中。