

I-302 脈動流中における傾斜正方形断面の変動揚力と周辺流れの可視化

大阪府立工業高等専門学校 正員 岡南博夫 正員 樋口治

1. まえがき 臨界辺長比付近の矩形断面を対象として、剥離せん断層と断面アフターボディの相互作用を調べるため、主流方向の周期的な変動を与えることにより後流に発生する渦と平均抗力係数等との関係を実験的に調べてきた。これまで行った実験は矩形断面の迎え角がゼロで、後流に発生する周期渦は上下逆対象モードであり、主流変動は対称モードの脈動流であったことから、カルマン渦発生周波数と等しい脈動周波数の変動に対して顕著な同期特性が認められなかった。そこで、今回は正方形断面を対象として、上下剥離せん断層と断面両側面との距離が異なるように迎え角を付けた状態で実験を行い、気流に周期的な刺激を与えたとき、後流に発生する周期渦の同期特性及び変動揚力の増幅効果を実験的に調べようとするものであり、同時にその時の周辺流れのフローパターンを調べたものである。なお、ここでの脈動流中の実験は静的空気力係数に及ぼす乱流効果、あるいはギャロッピング振動時のlock-in現象等のメカニズムを調べるための基礎的なデータを収集することを目的としたものである。

2. 実験方法 使用した風洞は、大阪府立工高専で試作した吸い込み式風洞（測定部 1.5m x 0.94m x 7.2m 実験時は風洞軸方向の風速分布が良くなるように天井と床に隔壁を設置しており、模型位置で上下隔壁間の距離は約 1.1m となっている）である。脈動流は、模型後流側 2.7m（流れの可視化の実験時は 1.5m）の側壁に設置した回転式シャッターにより発生させた。風洞断面シャッター部に斜めに設置した抵抗格子の角度を変化させることにより脈動流の振幅を調整することができる。使用した模型は 8cm x 8cm x 70cm のバルサ製正方形柱である。模型に作用する変動揚力は、3分力検出器（日章電機 LMC-3501-2 2個、写真撮影時のモニター用は LMC-3501-0.5）で計測した。流れの可視化はニクロム線（500W）と流動パラフィンによるスモークワイヤー法で行い、35mm および 8mm カメラ（24コマ/秒）で撮影した。

3. 実験結果及び結論 図. 1 は無次元変動揚力のrms値 $C_{F,rms}$ と無次元脈動振動数 fD/U との関係を示す。迎え角 α がゼロの場合には、カルマン渦が上下交互に剥離して発生する非対称モードであるため、対称モードの脈動流に対して、カルマン渦発生周波数 f_k が脈動流の周波数 f に等しいときの同期特性、あるいは $C_{F,rms}$ の増幅効果が認められない。 $f=2f_k$ 付近では $C_{F,rms}$ の増幅効果が若干認められ、特に増幅効果は同期下限付近において認められ、同期上限付近では逆に $C_{F,rms}$ 値が低下する。このことは流れの可視化によっても確認された。同期下限付近では、規則的な非対称モードの周期渦が後流に放出され、渦の巻き込み位置が背面側に接近するが、同期上限付近では放出渦の周期性と非対称性が弱くなり伴流淀み点が下流側に移行することが認められた。乱流中においては、この同期上限付近の状態に似ていることも観察された。

迎え角を付け上下非対称な状態にすれば、剥離せん断層が側面の干渉を受け全体的には $C_{F,rms}$ は小さくなるが、同期現象あるいは $C_{F,rms}$ の増幅効果が顕著になる。特に迎え角が8度の場合には、下側の剥離せん断層が下面との干渉を強く受けるようになり $f=f_k$ での高調波共振、及び分數調波共振に対応する周波数領域での増幅効果が認められる。図. 2 に示した変動揚力のスペクトルからもこれらの同期特性が知られ、特に $f=f_k$ での同期が顕著に現れており、同期幅も広い。このように変動揚力のスペクトルは8度では脈動流によって刺激された剥離せん断層の変動が下面の干渉を受け、カルマン渦に起因する成分と共に脈動流の周波数成分にも同レベルのピークが現れている。一方剥離せん断層と側面との干渉の小さい0度、3度ではカルマン渦の成分のみにピークがあり、3度では上下非対

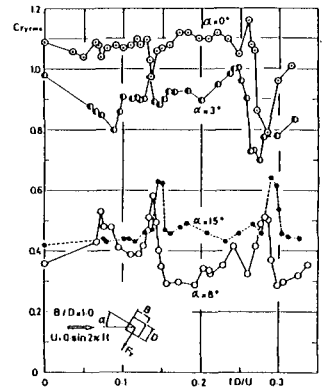


図. 1 $L_{rms}/(\rho U^2 D^2/2) - fD/U$

称な状態であるため $f=f_k$ での同期が若干認められた。また下側の剥離せん断層が断面下面と再付着した迎え角 15° では $f < f_k$ で脈動流の周波数成分にピークは認められず $f_k < f < 2f_k$ でカルマン渦成分に比べ小さなピークがあり $f > 2f_k$ でそのピークは大きくなる。紙面のスペースの関係で8度のスペクトルのみを示した。迎え角が 15° では変動揚力は一様流中よりも乱流中の値が若干大きな値を示すことが Vickary, Lee によって示されている。図. 1 に示した脈動流中の実験結果から周波数が高くなるに従って $C_{F_{rms}}$ は平均的レベルが大きくなることが示され、このことから乱流中の特性が推定される。また、スペクトルの結果からも周波数の高い成分の寄与が大きいことが知られる。

写真. 1 に迎え角が 15° の $f=0$, $f=f_k$, $f=2f_k$ におけるフローパターンを示した。 $f=f_k$, $2f_k$ では $C_{F_{rms}}$ 値がピークを示した周波数であり $f=0$ の定常流における状態と大きく異なっていることが知られ、下側の剥離せん断層の巻き込みが強くなり上面側にまで達している。8度の場合も $f=f_k$, $2f_k$ で $C_{F_{rms}}$ 値はピークを示し、 15° の場合と同様にフローパターンも定常流と比較して巻き込みが強くなることが観察された。さらに8度では $f=f_k/2$ でも $C_{F_{rms}}$ 値にピークを示し、スペクトルにも Lock-in が認められる。またフローパターンにもこのことが示され、写真. 2 に示すとおり2周期に1回の割合で変動が強くなっていることが知られる。写真撮影時にモニターとして記録した変動揚力のトレースにもこのことが示された。

以上、正方形断面に迎え角を付け、下側剥離せん断層と断面下面とを接近させ干渉を強くするとき、迎え角がゼロで後流に非対称モードの剥離渦を放出する場合に比較して、脈動流による同期特性が顕著になることが知られ、そのときの周辺流れの状態が明らかにされた。

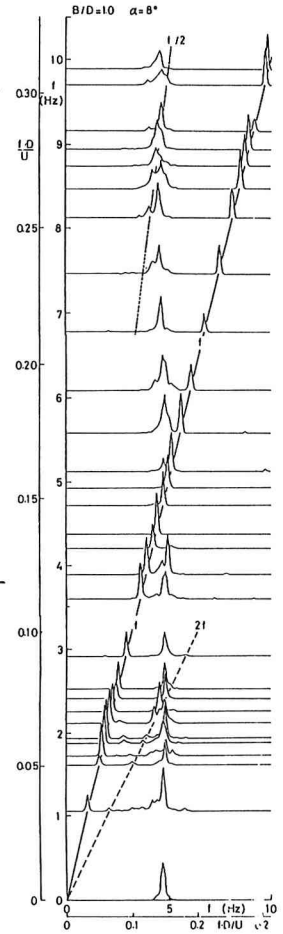
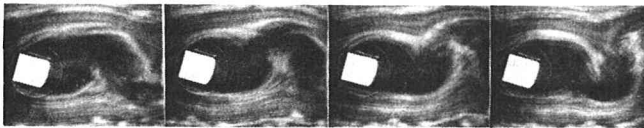
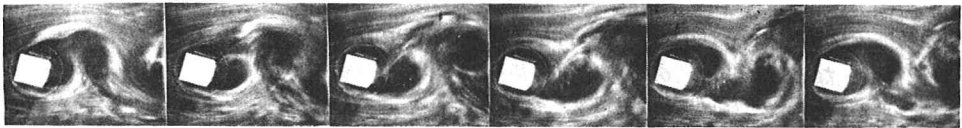


図. 2 変動揚力のパワースペクトル
 (脈動周波数による変化特性)

写真. 1
 $\alpha = 15^\circ$
 (a) $f=0$



(b) $f=f_k$



(c) $f=2f_k$

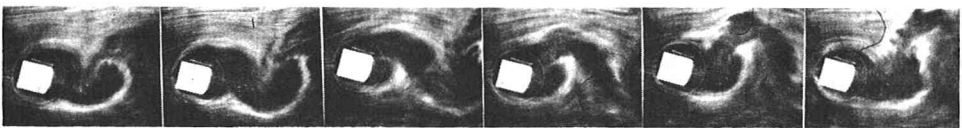


写真. 2
 $\alpha = 8^\circ$
 $f=f_k/2$

