

京都大学大学院 学生員 油谷 康弘 京都大学工学部 正 員 白石 成人
 京都大学工学部 正 員 松本 勝 京都大学工学部 正 員 白土 博通
 建設省 正 員 平出 純一 松尾橋梁 正 員 大畑 和夫

1 まえがき フラッタ現象は、矩形断面においては一般に断面比 B/D (B :幅員, D :桁高) が $2 \sim 8$ の範囲で、断面まわりに剥離せん断層が形成されることにより発生するとされている。今回はこの点に着目し、主流方向に周期流れ(Pulsating Flow)を与え、不安定性の増幅効果を調べることにした。

2 実験概要 本実験で使用した断面は $B/D = 5$ の矩形断面であり、断面中央部には24個の圧力測定孔が設けてある。(FIG.1) この模様を、たわみ、捩れ、二自由度支持し一様流および主流方向に変動するPulsating Flowと発生させ、その際の応答振幅、圧力を測定した。さらに静止中および振動中における断面まわりの流れの観察をするため、水槽実験をあわせて行った。なお風洞実験の際の実験条件は、Table.1に示すとおりである。

FIG.1 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION

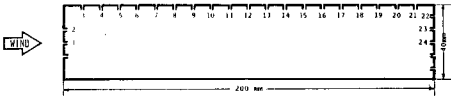


TABLE.1 EXPERIMENTAL CONDITIONS

	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_p/f_1	η (kg sec ⁻² m ⁻²)	I (kg sec ⁻²)	δ_1 (25+10mm)	δ_p (10+0.65rad)
1:5	2.36729	3.09384	1.30691	0.27605	1.9349×10^{-4}	0.00698790	0.00835117
AIRFOIL	2.15408	2.69058	1.24906	0.33841	2.0170×10^{-4}	0.0176209	0.00621356

3 実験結果と考察 風洞流速を $U = 3 \text{ m/s}$ に固定し脈流周波数を $0.5f_s \sim 5.5f_s$ (f_s : カルマン渦周波数) の範囲で変化させて捩れフラッタ応答振幅を測定した結果を FIG.2 に示す。一様流中における応答振幅は $f_p = 0$ 軸上に白丸で示してある。なお本実験で $B/D = 5$ の矩形断面の Strouhal 数は文献1より 0.107 としている。Pulsating Flow の周波数 f_p の増加とともに応答振幅は一様流中のものより増加してゆき、 $f_p = 16 \text{ Hz}$ 付近で最大となりその後、単調に減少している。最大応答となる周波数は、渦放出周波数(f_s)の2倍になっている。これは一様流中に比べ剥離せん断層の巻き込みが、何らかの形で強く増幅されたことが原因であると考えられる。

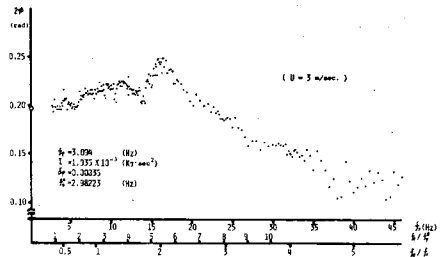


FIG.2 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION PULSATING FREQUENCY vs. TORSIONAL RESPONSE

次に一様流中、 $f_p = 2f_s$, $f_p = 4f_s$ それぞれの Pulsating Flow を与えたときの非定常圧力の変動成分のうち、横形振動数成分の変動振幅分布($\tilde{q}_p$)を FIG.3 ~ FIG.5 に示す。なお平均圧力分布に関しては一ケース大差はなかった。

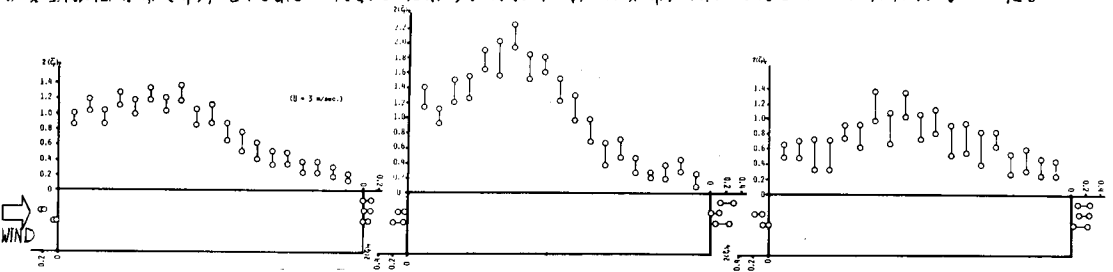


FIG.3 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION: UNIFORM FLOW AMPLITUDE OF PRESSURE

FIG.4 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 2f_s$ AMPLITUDE OF PRESSURE

FIG.5 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 4f_s$ AMPLITUDE OF PRESSURE

$f_p = 2f_s$ の場合、一様流中のものと比べ断面後縁部で振幅が急激に減少していることは共通するが、前縁部においてより大きな振幅であり、さらに特に前縁から幅員の $1/3$ 付近で一様流のそれの約2倍にもなっている。また $f_p = 4f_s$ の場合は、 $f_p = 2f_s$ の場合とは逆に断面前縁部において変動圧力振幅は一様流中のものより小さくなって

いる。しかし中央部から後縁部にかけては大差はないようである。

FIG. 6 は非定常圧力特性(変動圧力振幅特性、位相差特性)を用いて各圧力測定孔において流体よりなされる仕事を調べたものである。また同時に各圧力測定孔での仕事の総和も示した。この総和は $f_p = 2f_s$ 、一様流中、 $f_p = 4f_s$ の順に大きくなり応答振幅の大小と対応している。 $f_p = 2f_s$ の Pulsating Flow と与えた場合、一様流中と比べ後方部の正の仕事量に大差はないが前縁部における仕事量が大きくなっており、さらに全体的に正負の変動が大きくなっている。 $f_p = 4f_s$ の Pulsating Flow と与えた場合は、断面前縁部における仕事量が一様流中と比べ減小していることが特徴的である。

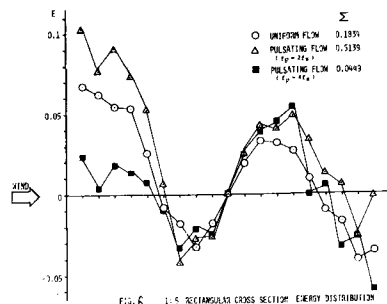
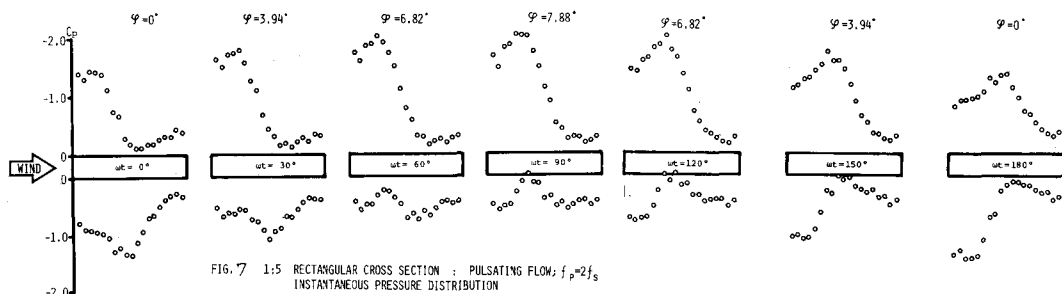


FIG. 7 は $f_p = 2f_s$ のときの振動各瞬間における断面まわりの瞬間圧力分布を求めたものである。なお図の上部に各瞬間における振れ変位を示してある。まず $\varphi = 0^\circ$ のとき上面では前縁部に負圧を示し中央部へ進むにつれ圧力回復が見られ、さらに後縁へ進むと圧力低下になっている。これは前縁からの剥離せん断層が断面中央部付近で再付着し、さらに後縁にかけて再び剥離しているためであると考えられる。また $ut = 90^\circ$ まで運動の進行につれ上面では前縁側の圧力が低下していくとともに圧力回復はより後縁側で生じている。一方下面では前縁から中央部にかけて圧力低下が生じ、後縁部で圧力回復が生じている。これは前縁からの剥離せん断層が、中央部より後縁側で再付着していることによるものと考えられる。



次に Photo 1~3 に、静止断面に関して行った可視化実験の結果の一創を示す。これによると変動振幅の大きい $f_p = 2f_s$ の Pulsating Flow と与えた場合は、一様流中、 $f_p = 6f_s$ の場合に比べ強い渦の巻き込みが観察された。

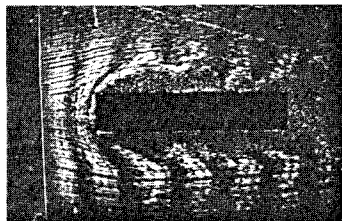


Photo. Flow around Rectangular cross section (B/D=5) Fixed at incidence angle of $\varphi=0^\circ$; Uniform flow



Photo. Flow around Rectangular cross section Fixed at incidence angle of $\varphi=0^\circ$ Pulsating flow with $f_p=2f_s$

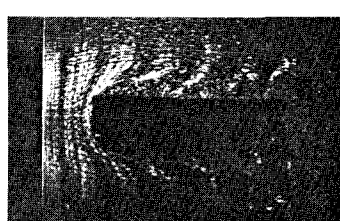


Photo. Flow around Rectangular cross section Fixed at incidence angle of $\varphi=0^\circ$ Pulsating flow with $f_p=6f_s$

4. 結論

- (1) $B/D=5$ の矩形断面において Pulsating Flow と与えた場合 $f_p=2f_s$ の場合にその変動振幅に与える影響が大きい。
- (2) $B/D=5$ の矩形断面の振れフラッタ発生時には断面前縁部および中心より後方で正の仕事がなされている。
- (3) $B/D=5$ の矩形断面のフローパターンは Pulsating Flow により変化するが、これは物体の運動の影響をも強く受けている。

<参考文献> 1) 岡島厚, "後縁断面近長比・矩形柱周りの流れ", 日本風工学会誌, 第17号, 昭和52年, PP 1-19