

矩形断面の自励振動特性と断面まわりの流れ

京都大学工学部 正員 白石成人
 京都大学工学部 正員 白土博通
 松尾橋梁 正員 〇大畑和夫

京都大学工学部 正員 松本 勝
 建設省 正員 平出純一

1. まえがき フラッタ振動現象においては、断面まわりに形成される剥離せん断層が大きく影響をおよぼすものと考えられ、そのため本研究では、周期的な変動流れ（以下 Pulsating Flow と呼ぶ）を用いて剥離せん断層に刺激を与えてその不安定性の増幅効果を調べ、それがフラッタ振動現象にどのような影響をおよぼすかについて考察を行ったものである。

2. 実験概要 実験に使用した模型は、断面比 1:5 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られている。（Fig. 1）この模型を、たわみ、振れの2自由度系に支持して、

一様流の場合と、Fig. 2 に示す Pulsating Flow 発生装置を用いた、主流方向に変動する風速による場合について、それぞれ風洞実験を行った。さらに、水槽による可視化実験を行い、断面まわりの剥離せん断層の挙動を調べた。なお、風洞実験に関する実験条件は、Table. 1 に示すとおりである。

3. 実験結果と考察 はじめに、断面まわりの剥離せん断層が、どのような Pulsating 周波数に対して敏感に反応するのかを検討する目的で、一定風速のもとに、Pulsating 周波数と、フラッタ発生時の定常振幅の大きさとの関連性を調べる実験を行った。実験においては

その断面に関するストロハル数を目安とし、 f_p (Pulsating 周波数) = $0.5 f_s$ (カルマン渦放出周波数) ~ $5.5 f_s$ の範囲で模型の最大振れ振幅を記録した。結果を Fig. 3 に示す。これによると、 $f_p = 2 f_s$ 付近において大きなピークが生じている。また、模型の固有振動数 f_p と f_p の比を、比較のため図中に示したが、 f_p と応答振幅との間に明確な関連性は認められなかった。以下に、断面まわりの圧力特性を中心として、一様流におけるものと、 $f_p = 2 f_s$ 、 $f_p = 4 f_s$ におけるものとを比較した結果を述べる。まず、静止断面について、断面まわりの圧力を測定したが、各ケース間の分布形状に明確な差異は認められなかった。次に、振動中の、非定常圧力を測定したが、平均成分については、やはり各ケースとも同様の傾向であった。これに対して変動成分は、 $f_p = 2 f_s$

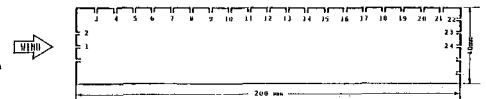


FIG. 1 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION

TABLE. 1 EXPERIMENTAL CONDITIONS

	f_s (Hz)	f_p (Hz)	f_p/f_s	M (kg·sec ² /m ²)	I (kg·sec ²)	δ_f (2°=10mm)	δ_p (2°=0.05rad)
1:5	2.36729	3.09384	1.30691	0.27605	1.9349×10^{-3}	0.00698750	0.00835117

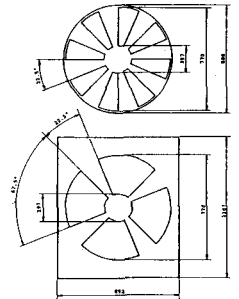


FIG. 2 PULSATING FLOW GENERATOR

その断面に関するストロハル数を目安とし、 f_p (Pulsating 周波数) = $0.5 f_s$ (カルマン渦放出周波数) ~ $5.5 f_s$ の範囲で模型の最大振れ振幅を記録した。結果を Fig. 3 に示す。これによると、 $f_p = 2 f_s$ 付近において大きなピークが生じている。また、模型の固有振動数 f_p と f_p の比を、比較のため図中に示したが、 f_p と応答振幅との間に明確な関連性は認められなかった。以下に、断面まわりの圧力特性を中心として、一様流におけるものと、 $f_p = 2 f_s$ 、 $f_p = 4 f_s$ におけるものとを比較した結果を述べる。まず、静止断面について、断面まわりの圧力を測定したが、各ケース間の分布形状に明確な差異は認められなかった。次に、振動中の、非定常圧力を測定したが、平均成分については、やはり各ケースとも同様の傾向であった。これに対して変動成分は、 $f_p = 2 f_s$

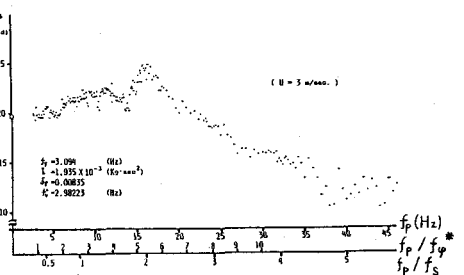


FIG. 3 1:5 RECTANGULAR CROSS SECTION PULSATING FREQUENCY vs. TORSIONAL RESPONSE

のケース
において、
前縁側で
かなり大
きな値を
示した。(Fig. 4~6)

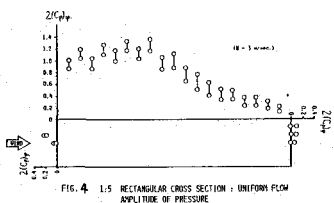


FIG. 4 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: UNIFORM FLOW

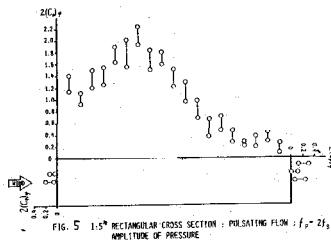


FIG. 5 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 2f_s$

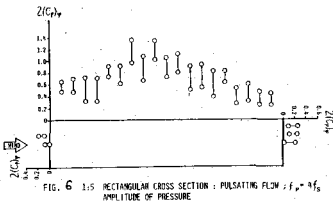


FIG. 6 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 4f_s$

次に、Photo. 1~3に、静止断面に関して行、た可視化実験結果の1例を示す。なお、 $f_p = 4f_s$ となるPulsating 周波数は、実験装置上発生させる事が困難であ、たため、代、て $f_p = 6f_s$ のケースを参考として示した。これによると、一様流の場合に比べて、 $f_p = 2f_s$ のケースで、前縁部に力強い渦の巻きこみが確認された。一方、 $f_p = 6f_s$ のケースは、前縁部での大きな渦がつかれ、比較的小さな multi vortices とな、て断面沿いに流下している様子が認められた。また、振動中の断面まわりの流れも観察したが、やはり同様の傾向が認められた。

次に、流体より断面になされる仕事を算出して、各Pointごとにプロットしたものを、Fig. 7~9に示す。同時に、仕事量の総和を示す。これによると、各ケースとも、Point. 3~7付近までは正、Point. 8~11付近では負となり、再びPoint. 13~17付近までは正、それ以後は負とな、ている。値の変化は、 $f_p = 2f_s$ のケースが最も激しい。この図と、Fig. 4~6を対応させると、一様流の場合

に比べて、 $2f_s$ のケースでは断面に正の仕事
をなす領域の変動圧力
が大きくな、ているの

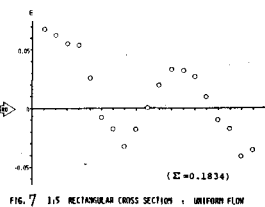


FIG. 7 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: UNIFORM FLOW

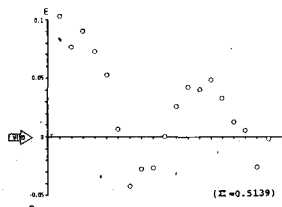


FIG. 8 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 2f_s$

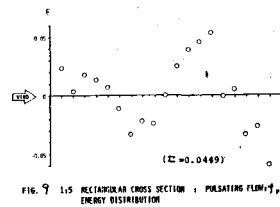


FIG. 9 1.5 RECTANGULAR CROSS SECTION: PULSATING FLOW: $f_p = 4f_s$

に対し、 $4f_s$ のケースでは、断面に負の仕事をなす領域の変動圧力が大きくな、ている。以上の結果より、断面比1:5の矩形断面では、前縁側に形成される剝離バブルの影響が大きいものと思われる。

4. 結 論 本研究における成果は、以下のとおりである。

- (1) 断面比1:5の矩形断面まわりの剝離せん断層には、 $f_p = 2f_s$ となるPulsating 周波数が大きく影響し、この時、力強い渦の巻きこみが発生する。
- (2) 断面比1:5の矩形断面における振れフラッタ振動現象には、前縁側での圧力低下が振動の原動力とな、ている。

また、今後の課題としては、Fig. 7~9で、正の仕事がなされる部分が後縁側にも存在する事から、流下する渦がフラッタ振動に与える影響を検討する余地があるものと思われる。