

矩形充腹断面の空力振動特性に及ぼす 乱流効果に関する一考察

京都大学大学院 学生員○平井滋登 京都大学工学部 正 員 松本 勝
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
清水建設(株) 正 員 真下義章

1. まえがき 空力振動現象の一つギャロッピングでは準定常理論が適用でき、揚力係数曲線の負勾配によりその発生が説明されている。物体に働く揚力は主に上下面の圧力差によって生じるものであるから、剥離せん断層の挙動は表面圧力を通してギャロッピングの特性に影響を及ぼしているものと考えられる。一方、この剥離せん断層は脈流(主流方向に周期的に変動する成分を持つ流れ)中で不安定性の増幅がみられ、物体の空力特性に変化が表われることがあると言われている。本研究では、種々の強さを有する単一周波数成分の集合として乱流をとらえる観点に立ち、脈流を用いた風洞実験を通じて、ギャロッピングに対する乱流効果について周波数特性という側面から検討を加える。

2. 実験結果及び考察 ギャロッピングを生じる典型的な断面として、辺長比 $B/D=1.0$ 及び 2.0 の2種類の2次元矩形断面を対象に選んだ。静的な実験として静的空気力測定及び表面圧力測定を、また動的な実験として振動応答測定を各々実施した。

まず、迎角 $\alpha=0^\circ, 1^\circ, 2^\circ$ における揚力を測定し、 $-dC_L/d\alpha$ の値を求めた。これと脈流周波数との関係をFig. 1に示す。 $B/D=1.0$ 断面では、無次元周波数にして 0.5 を越える高周波数域で揚力係数勾配の絶対値が減少するという安定化傾向が明らかに表われている。 $B/D=2.0$ 断面では、 $B/D=1.0$ 断面ほど顕著ではないものの高周波数域で逆にわずかな不安定化傾向がうかがえる。

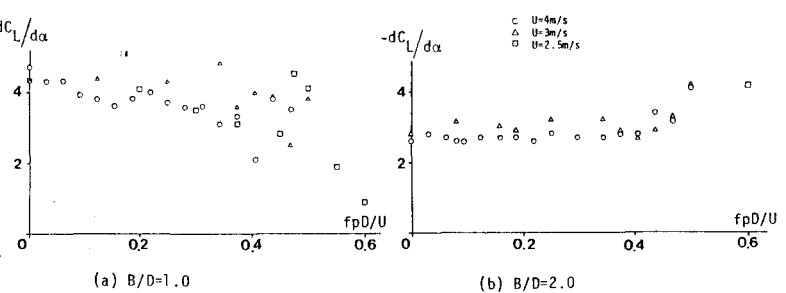


Fig.1 GRADIENT OF LIFT FORCE COEFF. VS. PULSATING FREQ.

Fig. 2に一樣流と無次元周波数 0.55 の高周波脈流中で測定した模型表面の平均圧力係数と変動成分R.M.S.係数の分布を示す。 $B/D=1.0$ 断面では、脈流中で一樣流より全体的に圧力レベルが低下するとともに、後縁近くでの圧力回復が大きい再付着型圧力分布への移行がみられ、圧力変動もやや大きくなっている。これに対し、 $B/D=2.0$ 断面では、平均圧力に大きな差は表われていないものの、圧力変動が脈流中で大幅に大きくなっている。これは、脈流刺激によって剥離せん断層の不安定性が増幅されたことの表われであると考えられる。

以上の静的な測定の結果は、 $B/D=1.0$ 断面では剥離せん断層は断面からかなり離れた位置にあつて迎角の影響を大きく受けていたものが、脈流中では連行作用によって見かけ上after bodyが長くなるようになり、剥離せん断層が断面に接近して迎角による差を受けにくくなったものとして説明することができる。一方、 $B/D=2.0$ 断面では、一樣流中でも剥離せん断層が断面に近いため、脈流を受けてもその位置はあまり変わらず平均圧力には大きな差が表われないが、変動は激しくなったものとも考えることができる。

次に、実際に模型を振動させる動的な実験を行い、脈流周波数に対する模型の応答振幅の変化を調べた。

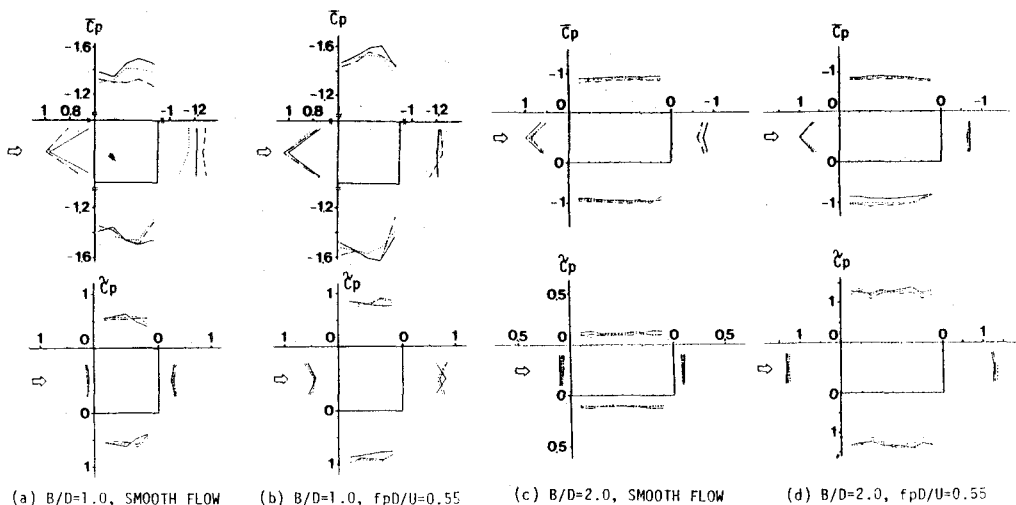


Fig.2 PRESSURE DISTRIBUTION

$\bar{c}_p$: MEAN PRESSURE COEFF.

$\hat{c}_p$: R.M.S. VALUE OF FLUCTUATING PRESSURE COEFF.

— at 0 incidence
- - - at 1 incidence
· · · at 2 incidence

(Fig. 3) 両断面とも周波数による振幅の変化が小さいながらもみられ、何らかの周波数効果が存在していることが推定される。

さらに、 $B/D=1.0$ 断面について強制加振することにより非定常空気力係数 H^* の値を求めた。(Fig. 4) 一様流中では、低風速の範囲を除けば、ほぼ準定常理論で説明される値が得られた。しかし、高周波の脈流中では、先の静的空気力測定で求められた揚力係数勾配から準定常理論により計算される値よりも大きく、一様流中における値に近くなった。これは、動的な状態においては物体自身の振動によって生じる自己刺激の影響が強く、乱れの強さが1%以下という脈流刺激によって静的空気力にみられた安定化効果は結果的に表われなかったものと考えられる。

3. 結論 $B/D=1.0$ 及び 2.0 の2種類の矩形断面を対象に、ギャロッピングに及ぼす乱流効果を周波数特性の観点から検討した。結論をまとめれば次のようになる。

1) 静的空気力において脈流周波数による変化が認められ、特に $B/D=1.0$ 断面は高周波数領域において安定化傾向を呈した。表面圧力においても脈流による剥離せん断層の不安定性の増幅が裏付けられた。

2) 動的な振動応答においても周波数効果の存在がうかがわれた。しかし、静的空気力にみられた脈流刺激の効果が振動という自己刺激のかげに隠れて表面上はみられないと考えられる現象があった。

以上のように、脈流による剥離せん断層の不安定性の増幅が確認され、ギャロッピングに対する周波数効果の存在が推定された。今後、3次元的一般の乱流と2次元脈流の相違に検討を加え、乱流の周波数効果をさらに検討する研究が望まれる。

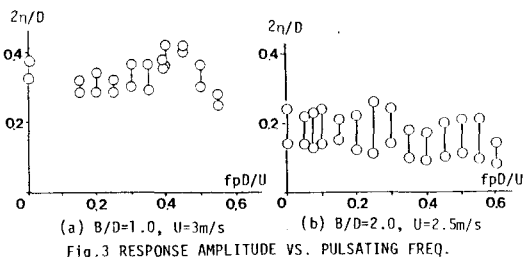


Fig.3 RESPONSE AMPLITUDE VS. PULSATING FREQ.

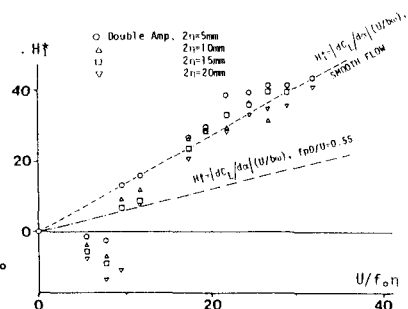


Fig.4 UNSTEADY AIRFORCE COEFFICIENT
 $B/D=1.0, fpD/U=0.55$