

I-325 充腹構造断面のギャロッピング振動特性に 及ぼす乱流効果について

京都大学大学院○学生員 湯川雅之 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㈱ 正 員 真下義章 京都大学大学院 学生員 平井滋登

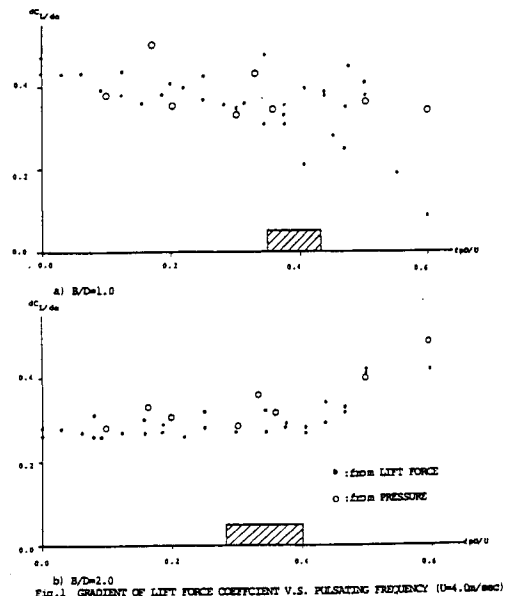
1. まえがき 各種空力振動現象は、断面周りに形成される剥離せん断層の挙動に起因し発生する。また、この剥離せん断層は、ある周波数領域の自己刺激(物体の振動)あるいは外的刺激(Pulsating flow, Applied sound, など)により、その不安定性が容易に増幅されることが知られている。そこで、本研究では、ギャロッピング振動に対する乱流効果を考えるにあたり、乱流を様々な周波数を有するある種の外的刺激としてとらえ、剥離せん断層の不安定性増幅特性と関連付けることにより、乱流の持つ周波数特性という側面より検討しようとするものである。

2. 実験概要 i) 対象断面: ギャロッピング振動が発生する断面のうち乱れの影響を受けにくいとされている断面偏長比 B/D (B :幅員, D :桁高)が1の正方形断面(以下 $B/D=1$ 断面)と乱れの影響を強く受けるとされている断面偏長比 B/D が2の矩型断面(以下 $B/D=2$ 断面)を用いた。ii) 気流特性: 乱流は、格子を用いることにより様々な乱流を発生させた。それぞれの乱れの強さ Iu および乱れのスケール Lu/D をTable. 1に示す。また、周波数特性の影響をより明らかにするため、主流方向に周期的に変動する成分(変動振幅 u_0 /平均風速 $U=1.0\%$)を持つ流れ(脈流)を発生させた。

Table 1. TURBULENT FLOW ($U=4m/sec$)

TURBULENT FLOW	$Iu(\%)$	Lu/D
I-1	7.0	2.04
I-2	7.8	1.94
I-3	8.5	1.40
I-4	12.0	1.21
II-1	4.8	1.38
II-2	5.6	1.30
II-3	7.5	1.20
II-4	7.9	1.00
II-5	9.8	0.88

3. 実験結果および考察 i) 静的実験: 一様流中および様々な周波数の脈流中において迎角 $\alpha=0^\circ, 1^\circ, 2^\circ$ の揚力を測定することにより算出した迎角 $\alpha=0^\circ$ における揚力係数勾配 $|dC_L/d\alpha|$ の値をFig. 1に示す。図中の白丸は、それぞれの迎角における表面圧力を測定することにより揚力を求め算出した揚力係数勾配の値である。また、斜線で示されている周波数領域は、脈流中において各種矩形断面の表面圧力に剥離せん断層の不安定性増幅効果が顕著に現れる領域である¹⁾。まず、 $B/D=1$ 断面では、脈流の無次元周波数 fpD/U (fp : 脈流周波数, D : 桁高, U : 平均風速)が0.55を越える高周波数領域で揚力係数勾配の絶対値が極端に減少しており安定化する傾向が認められる。これに対し $B/D=2$ 断面では、斜線内の脈流周波数領域において、揚力係数勾配の絶対値が若干大きくなる傾向が認められ、周波数効果の存在が伺われる。次に、乱流中において迎角 α に対する揚力係数曲線の結果をFig. 2に示す。図より明らかなように、 $B/D=1$ 断面では、一様流に比べあまり安定化する傾向は見られないのに対し、 $B/D=2$ 断面では非常に強い安定化が認められる。これは、 $B/D=1$ 断面の剥離せん断層が断面後縁より遠くに位置するため乱流による連行作用の影響をあまり受けていないのに対し、 $B/D=2$ 断面では連行作用により流れの側面への再付着傾向が強まった結果と思われる。ii) 動的実験: まず、脈流による周波数効果の存在を調べる目的で、風速を一定に保ち脈流周波数を変化させ、

Fig. 1 GRADIENT OF LIFT FORCE COEFFICIENT V.S. PULSATING FREQUENCY ($U=4m/sec$)

動的実験: まず、脈流による周波数効果の存在を調べる目的で、風速を一定に保ち脈流周波数を変化させ、

その応答振幅がどのように変化するかを調べた。実験結果をFig. 3に示す。B/D=1断面では、静的実験と同様、 $fpD/U=0.55$ 付近より安定化の傾向が認められる。また、脈流無次元周波数が $fpD/U=0.48$ 付近において応答振幅が大きくなる傾向を示している。（この結果は、この周波数領域がB/D=1断面のストロハル数の4倍に相当することより、脈流がカルマン渦に刺激を与えた結果現れた現象とも考えられる。）一方、B/D=2断面では、ギャロッピング応答振幅にあまり顕著な変化は、認められていない。次に、乱れの強さがほぼ等しい乱流I-1および乱流II-3における風速—応答振幅測定実験の結果をFig. 4に示す。まず、一様流と乱流を比較すると、B/D=1断面において若干の安定化傾向がみられる。また、B/D=2断面では発現風速などに著しい安定化傾向がみられ、揚力係数曲線の結果とも対応がとれる。ここでB/D=2断面では、脈流中においてあまり著しい変化がみられなかったのに対し、乱流中においては静的実験および動的实验ともに強い安定化傾向が認められた。このことは、B/D=2断面は、もともとカルマン渦の放出が弱く脈流の刺激により、カルマン渦があまり著しく変化しなかったことや、この断面のギャロッピング振動に対する乱流効果は、おもに乱れの強さにより大きく影響されていることなどに起因しているものと考えられる。が考えられる。

4. 結論および今後の課題 以上の実験結果をまとめれば以下のようになる。

静的実験における揚力係数勾配およびギャロッピング振動発生中の応答振幅に対し、脈流による周波数効果の存在が認められた。またその周波数は、剥離せん断層の不安定性増幅領域やカルマン渦放出周波数などとの関連性の存在が伺われた。今後は格子乱流の持つスパン軸方向の相関特性を考慮にいれ、より変化に富んだ様々な周波数特性を有する乱流を発生させることにより検討していく必要があるものと考えられる。

Fig.3 RESPONSE AMPLITUDE V.S. PULSATING FREQUENCY

a) B/D=1.0 b) B/D=2.0
Fig.2 LIFT FORCE V.S. INCIDENCE

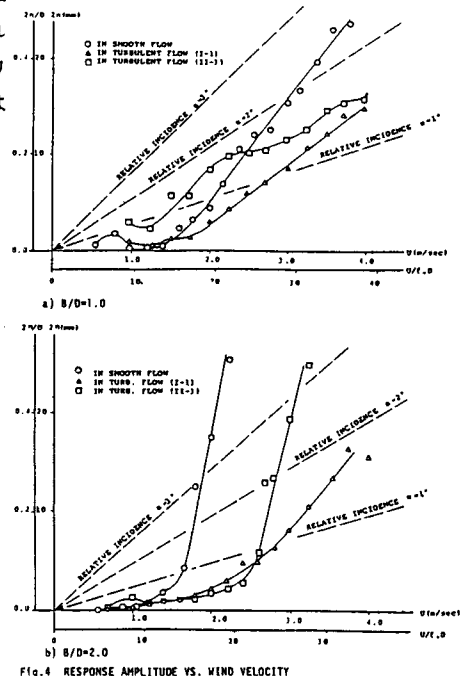


Fig.4 RESPONSE AMPLITUDE VS. WIND VELOCITY

参考文献 1) M. Matsumoto, N. Shiraisi, H. Shirato: BLUFF BODY AERODYNAMICS IN PULSATING FLOW