

PS I-10 非定常気流中の充腹構造断面の渦励振特性について

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 新日鉄(株) 正員 小林茂雄
 北京大学 孫 亜偉 京都大学工学部 学生員 真下義章
 京都大学工学部 学生員 湯川雅之

1.研究目的：充腹構造断面の渦励振に及ぼす乱流効果と剝離せん断層不安定性の増幅特性との関連性を実験的に調べ、乱流の周波数特性という側面から乱流効果を調べようとするものである。

2.実験概要：i)風洞及び水槽：高さ1.0m、幅0.75mのエッフェル型風洞、幅0.97m、水深0.25mの回流水槽。

ii)対象構造断面：自己励起型(movement excitation type)渦励振の生じる断面比(slenderness ratio B/D , B :幅員, D :高さ) 2及び4の二次元矩形断面(R2, R4と略称)及び二次元六角形断面(H2, H4と略称)(図1参照)

iii)気流条件：一様気流、格子乱流(乱れの強さ $\sigma u/U$ のほぼ等しい、乱れのスケールの異なる2種類の乱流)、周期変動流($\sigma u/U \approx 1.0\%$)及び乱流と周期変動流の合成気流。

Turbulence	Turbulent intensity $iu(\%)$	Integral scale $L_x(\text{cm})$
Turb.1	5.62	9.7
Turb.2	5.58	3.3

表1 乱流特性

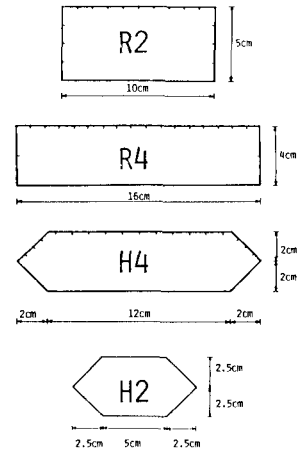


図1 対象基本構造断面

3.実験結果及び考察：

3.1 気流特性：風洞内に発生させた2種類の格子乱流の強さ及び乱れのスケールを表1に示す。なお便宜上乱れのスケールの大きい乱れをTurb.1, 小さい方をTurb.2と称す。なお、周期変動流については、風洞内圧力の変化を小さくするために変化させた卓越周波数が40Hz以下でその変動気流振幅は平均気流速度の約1%に調整した。

3.2 定常(静止)断面測定の前圧パワースペクトル：図2図3は断面R2及びR4の断面側面後縁部のTurb.1における変動圧力パワースペクトル図を示す。また同図には、鉛直たわみ、振れの渦励振発現(対応無次元)周波数域ならびに図4に示される周期変動気流による剝離せん断層不安定性増幅域が併示されている。これらの図から大きく2つのこ

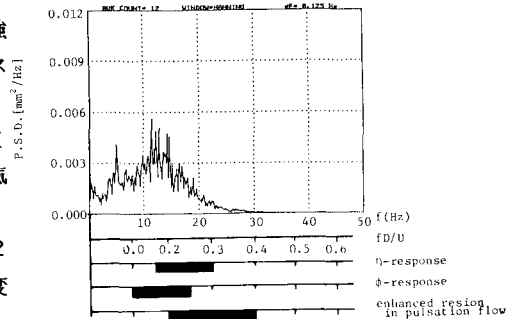


図2 変動圧力パワースペクトル (R2,後縁近傍圧力孔,Turb.1, $\bar{U}=4\text{m/s}$)

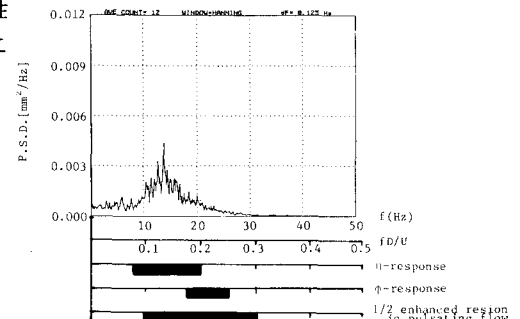


図3 変動圧力パワースペクトル (R4,後縁近傍圧力孔,Turb.1, $\bar{U}=4\text{m/s}$)

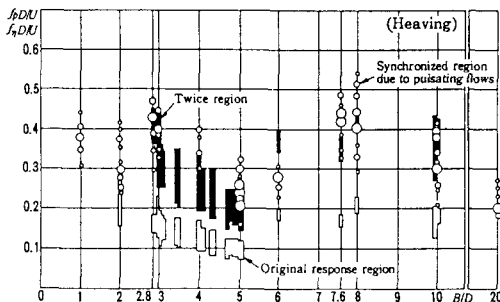


図4 矩形断面の脈流による剝離せん断層不安定性増幅特性と渦励振発現の関係

とが知られる。その1つは、乱流によってカルマン渦放出が弱められ、ストローハル数に対応する鋭いピークが乱流により抑えられること、他の1つは、乱流は剥離せん断層不安定性の増幅効果をもたらす。つまり乱流は剥離せん断層不安定性増幅のための一つの刺激となっていることが知られる。

3.3 渦励振応答特性に及ぼす乱流効果：一様気流、乱流(Turb.1, Turb.2) 中のそれぞれの構造断面(R2, R4, H4)の鉛直たわみの渦励振特性を一括して図5に示す。同図に示されるようにR2やH4の鉛直たわみの渦励振に対する乱流効果は小さく、従来の報告と一致する。

3.4 周期変動気流中での渦励振応答：断面R2の一様流中と周期変動気流($f_p = 2f_0$, f_0 ：鉛直たわみ固有振動数, f_p ：周期変動気流周波数) 中での鉛直たわみ渦励振応答を比較すれば、 $f_p = 2f_0$ のとき、本来の渦励振応答 ($U/f_0 D = 3.3 \sim 6$) が終了した高風速域で再び小振幅の振動が見られる。これは $U/f_p D = 3.3 \sim 4$ に対応しており、この振動は周期変動気流によって剥離せん断層の不安定性が増幅されたことに対応した限定振動と考えられ、自動型渦励振が剥離せん断層不安定性増幅によるものであることを示す一つの証しといえる。図6は断面R4, H4の鉛直たわみ渦励振を対象に、一様流あるいは格子乱流の渦励振発現時ある風速に固定し、周期変動気流の周波数を種々に変化させ、応答振幅を調べた結果を示す。これらの結果に示されるように、乱流により制振効果の著しかった断面R4では、 f_p が大きい周波数域で渦励振が抑制されており、このことより、高周波成分の乱流成分が剥離せん断層不安定性増幅特性を抑制しているものと考えられる。なお、乱流の渦励振抑制効果の小さなR2, R4では、 f が大きい周波数範囲にいたるまで、周期変動気流による応答抑制効果は認められない。特にH4のTurb.1では $f_p = 2f_0$ 近辺で応答が大きくなる特性が認められるが、このような特殊な変動気流成分の応答増幅特性が、従来より一部に指摘されている六角形断面の乱流による渦励振増幅と対応する可能性が強く今後の詳細な検討が期待される。

4. 結論：本研究を通して得られた成果をとりまとめれば次の様である。(1) 乱流中における定常(静止)断面側面の圧力変動は、断面形状固有の剥離せん断層不安定性増幅というある周波数幅をもつバンドパスフィルタにより増幅される。(2) 周期変動気流中における渦励振抑制(増幅)効果と格子乱流中での渦励振抑制(増幅)効果にある対応関係が認められることから、渦励振に対する乱流効果は、剥離せん断層不安定性増幅効果という点からその周波数特性に起因する面も大いにあるものと判断される。

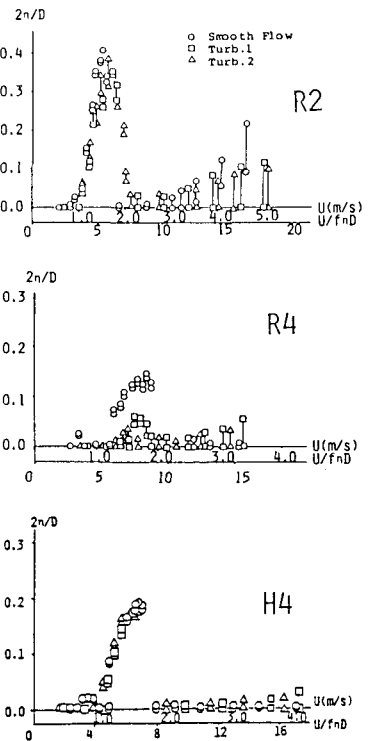


図5 鉛直たわみ渦励振に及ぼす乱流効果 (R2, R4, H4)

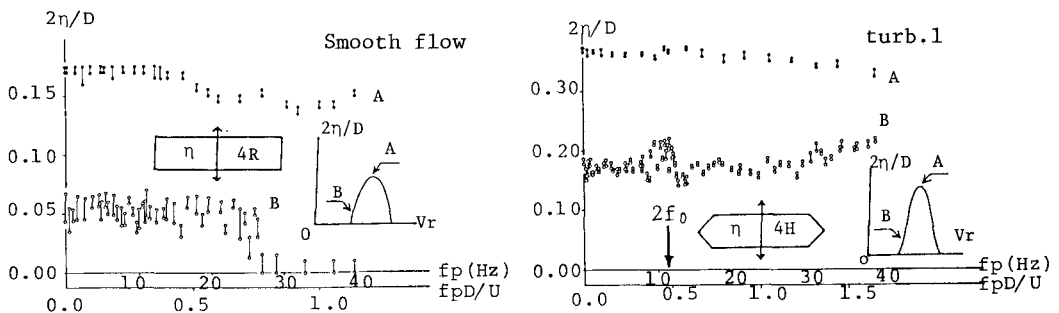


図6 渦励振応答振幅と脈流周波数の関係