

I - 36 攪乱付加を用いた変動圧力の伝播機構に関する研究

徳島大学大学院 学生員 ○中出 敦士 徳島大学 フェロー 宇都宮 英彦
徳島大学工学部 正員 長尾 文明 徳島大学 正員 野田 稔

1. はじめに ガスト応答とは自然風の乱れによって構造物に生じる不規則強制振動のことで、部材や継ぎ手あるいは支承部といった部分的な疲労の問題、走行車両の安全性の確保、快適性等の点で問題となる可能性があり、また静的な設計風荷重の割増し係数として用いられるため、ガスト応答は耐風設計において重要な研究課題の一つとして認識されている。

ガスト応答の予測に関しては、接近流の空間相関と変動空気力の空間相関を等しいとするストリップ理論の仮定に基づくガスト応答解析が一般的に用いられているが、この仮定が成り立たないとする実験結果がいくつか示されている。しかし、物体表面に作用する変動空気力の空間相関の形成機構についてはまだ解明されていない。

そこで、本研究では矩形断面模型の上流面でのよどみ点付近に真鍮製のパイプ ($\phi=3\text{mm}$) を固定して、パイプの 1 点から小さなジェットを上流に向かって一定の周期で噴出して気流を攪乱し、その攪乱周波数成分が模型表面の圧力の変動にどのような影響を与えているかを、流れ場からみた模型周辺の気流中に含まれる攪乱周波数成分の伝播状況と関連付けて検証する。

2. 実験概要 本実験では図 1 に示すような辺長比 $B/D=13$ の実験模型を用いる。模型表面には、幅員方向の変動圧力を測定するために、直径 1mm の圧力孔を模型上面に図 2 のように配置されている。また、実験模型に攪乱発生装置を図 3 に示すように設置し、模型周辺の気流中に微弱な攪乱を与える。攪乱発生装置は約 16Hz の周波数で空気を噴出することができる。空気の噴出口を y 方向に変化させながら、その攪乱が模型の表面圧力にどのような影響を与え、模型表面をどのように伝播されるかを検証する。

また、模型上流面に攪乱噴出孔を模型高の中心の基準断面 ($x/D=0$, $y/D=0$) に設置し、孔軸をまっすぐ上流方向に向けて固定する。そして、 16Hz の周期的な微小攪乱を発生させ、その攪乱が気流中をどのように伝播されるかを、トラバース装置の先端に X 型熱線プローブを取り付けて、模型周辺の主流・鉛直方向の風速変動を計測した。なお、本実験は徳島大学工学部多目的風洞（水平押し込み式エッフェル型風洞：測定胴 $1.5 \times 1.5 \times 5\text{m}$ 、測定風速 $0.5\text{m/s} \sim 15\text{m/s}$ ）を使用した。

3. 実験結果 風速 6m/s の一様流中において、 $B/D=13$ 模型に攪乱なしの状態と 16Hz の攪乱を与えた状態に作用する変動圧力の平均圧力係数、変動圧力係数の分布を図 4, 5 に示す。図 4 より平均圧力係数は $y/D=2.0$ までは模型前縁付近における負圧が 16Hz の周波数の攪乱周波数成分を与えた場合において、攪乱を与えない場合よりも絶対値が若干大きくなっているため、攪乱による影響が確認される。また図 5 より変動圧力係数は攪乱を与えた場合の方が、攪乱を与えない場合よりもピークの値が模型の前縁へと移動しているのがわかる。以上のことから攪乱を与えた場合は攪乱を与えない場合と比べると、剥離流れの再付着の位置が少し前縁側に移動していることがわかる。

また、 16Hz の付加攪乱成分の模型表面上での伝播状況を図 6 に示す。図 6 より攪乱周波数成分は基準断面から模型表面を x 軸方向に流下するに従ってスパン方向に拡がり $x/D=3.0$ 付近で急激に拡がり、スパン方向へ $y/D=7.0$ まで攪乱周波数成分を確認できる。その後、攪乱周波数成分は流下に従い急激に拡がったのと対症的に狭くなっていくことが確認できる。

次に風速 6m/s の一様流中での $B/D=13$ 模型周辺の気流中に拡がる主流方向成分の風速変動のうち攪乱周波数成分の振幅の分布状況を x, y 軸平面と y, z 軸平面で図化したものを図 7, 8 に示す。

図より攪乱周波数成分は $x/D=3.0$ 付近から大きくスパン方向に一気に拡がり、攪乱周波数成分は拡がったまま流下していき $x/D=6.0 \sim 8.0$ あたりを過ぎると、徐々に攪乱の拡がりは弱くなっていく。また模型上空では $z/D=1.0$ 以下まで強い攪乱周波数成分の拡がり確認できる。

4. まとめ 実験結果より圧力場に含まれる付加攪乱周波数成分の存在は模型表面上を x 軸方向の流下に従って、 $x/D=3.0$ 付近で急激にスパン方向に拡がる。これは前縁からの剥離流れの再付着による影響だと考えられる。 $x/D=5.0$ 付近で最大の振幅を示し、その後攪乱周波数成分は弱まり狭くなっていくのがわかった。

また気流の風速変動に含まれる攪乱周波数成分の分布状況は、 $x/D=3.0$ 付近で攪乱周波数成分の風速変動が存在する範囲が大きくスパン方向に急激に拡がっており、これは剥離流れの再付着による影響だと考えられる。また剥離せん断層の模型表面からの高さとはほぼ一致する。模型表面から $z/D=1.2$ 付近離れた範囲まで攪乱周波数成分の拡がり確認できた。

以上の考察結果より、圧力場からみた模型表面上の攪乱周波数成分の拡がり、流れ場からみた模型周辺の気流中での拡がりとは非常によく似た伝播を示していることがわかる。よって攪乱による模型表面上の変動は、圧力場からみた変動圧力と、流れ場からみた変動圧力との間で密接な関係があることが確かめられた。

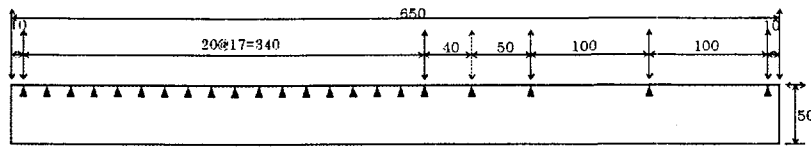
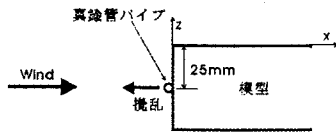
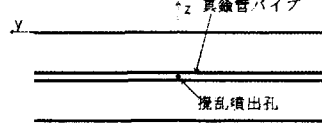


図1 模型断面図(単位: mm)



(a) 側面図



(b) 正面図

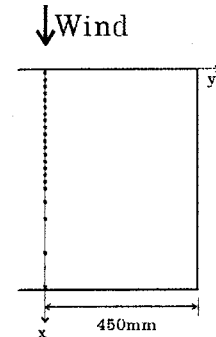


図2 圧力孔配置図

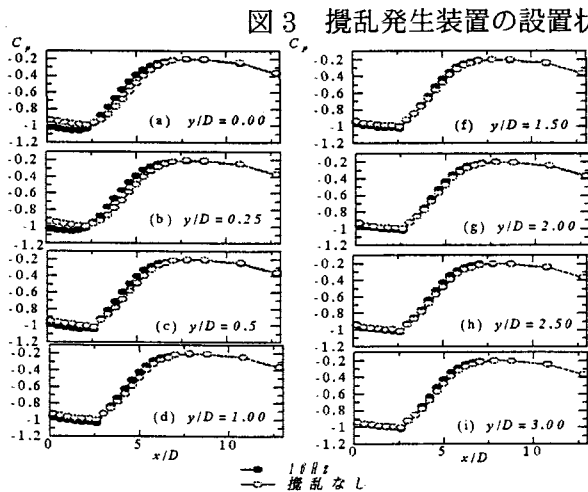


図4 平均圧力係数の分布の変化

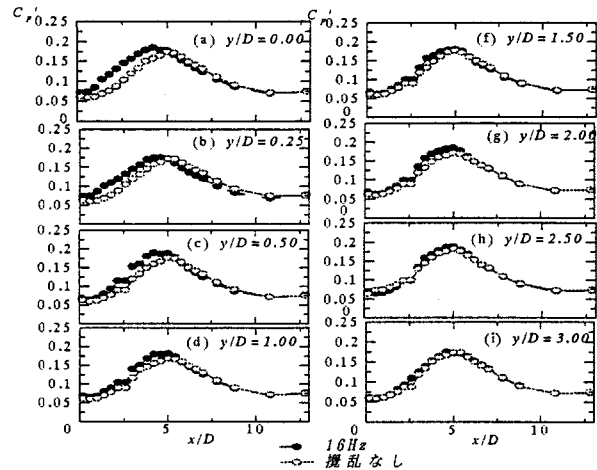


図5 変動圧力係数の分布の変化

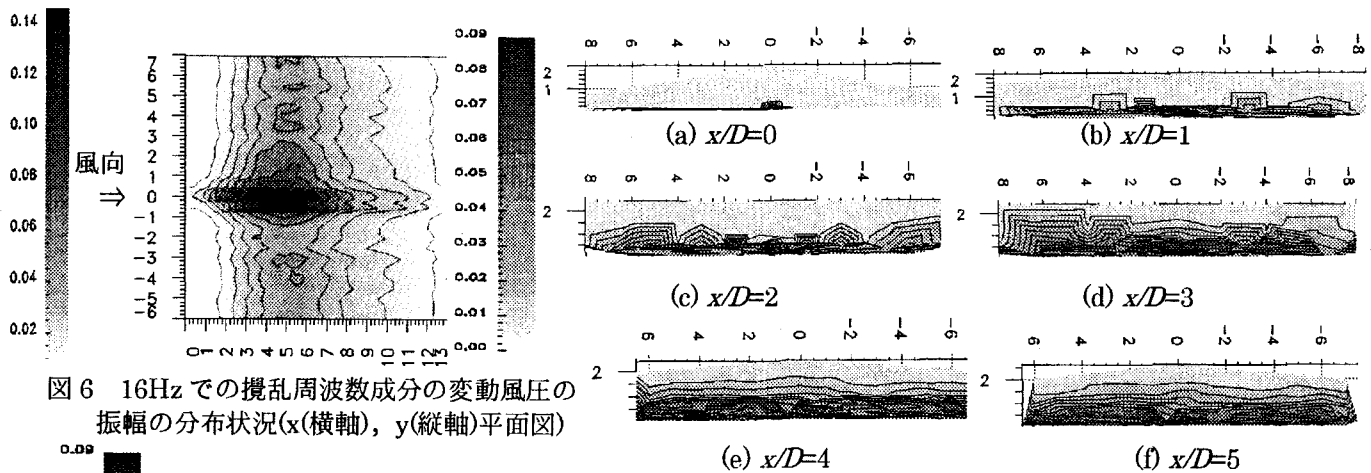


図6 16Hzでの攪乱周波数成分の変動風圧の振幅の分布状況(x(横軸), y(縦軸)平面図)

図7 模型周辺の気流に含まれる攪乱周波数成分の振幅の分布状況(x(横軸), z(縦軸)平面図)

図7 模型周辺の気流に含まれる攪乱周波数成分の振幅の分布状況(x(横軸), z(縦軸)平面図)

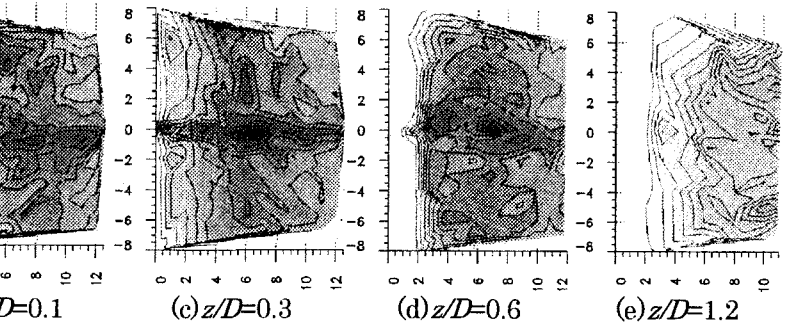


図8 模型周辺の気流に含まれる攪乱周波数成分の振幅の分布状況(y(横軸), z(縦軸)平面図)