

I-27 乱流中における微小攪乱を用いた変動空気力の空間相関形成

徳島大学大学院 学生会員 ○岡村 美世 徳島大学工学部 正会員 長尾 文明
 徳島大学工学部 正会員 野田 稔 東京工芸大学工学部 正会員 白澤 多一
 徳島大学工学部 正会員 宗田 和之

1. はじめに宗田 和之

一般に、自然の風は風向・風速が時間的・空間的に不規則な変動をする乱流である。風の乱れは風の息、あるいは“ガスト(gust)”と言われ、これに起因した構造物の不規則強制振動をガスト応答と呼ぶ。ガスト応答の推定には、ガスト空気力の空間相関と変動風速の空間相関が等しいと仮定してA.G.Davenportが提案したガスト応答解析¹⁾が用いられている。しかし、この仮定が成り立たず、変動風速よりもガスト空気力の空間相関が高くなるという報告があり、ガスト応答解析の仮定が懸念されている。ガスト応答解析が重要視される近年において、構造物に対するガスト応答のより精度の高い解析技術は合理的、経済的な耐風設計を行う上でより重要になるものと予想され、今後の研究の進展が期待されている。

変動風速よりもガスト空気力の空間相関が高くなるメカニズムを解明するためには、ガスト空気力の空間相関の形成機構を知る必要があると考えられる。そこで、本研究では接近流の変動風速が変動空気力に伝わる過程を明らかにするために、設置された模型上流面のよどみ点の一点から微小な攪乱を与え、接近流の一部と見たた攪乱が模型表面の変動圧力にどのように伝播するのかについて検討を行った。

2. 風洞実験概要

水平押し込み式室内循環型風洞（三菱重工業製測定洞：1.5×1.5×5m）を使用し、流れ場に模型を設置して実験を行う。圧力測定模型は桁幅： $B=351\text{mm}$ 、桁高： $D=27\text{mm}$ 、スパン長： $L=900\text{mm}$ の亚克力板によって作成された辺長比 $B/D=13$ の矩形断面模型を使用する。Fig.1に示すような模型断面の上下面に圧力孔（ $\phi=1\text{mm}$ ）を上下対称に設けた。模型表面に作用する圧力は、導圧管で微風圧計測装置に導かれ模型上下面の変動圧力を同時に測定した。また、コンプレッサーから送られる空気を流れ場に任意の周期で攪乱を与える攪乱発生装置と真鍮管をビニールチューブで繋ぎ、Fig.2に示すように、真鍮管を流れ場に微小な攪乱を付加させるように模型上流面に設置した。測定風速は 6.0m/sec とした。

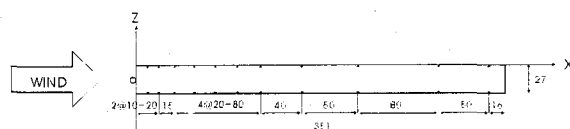


Fig.1 圧力測定模型側面図 (単位: mm)

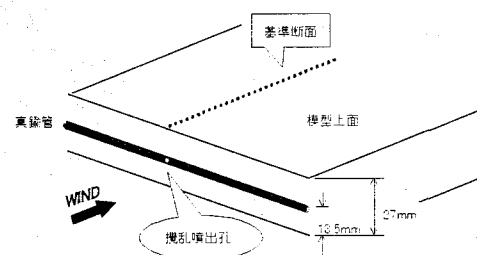


Fig.2 真鍮管設置状況

本研究では、攪乱周波数一定において接近流特性を変化させた場合と一様流中において攪乱周波数を変化させた場合の2つの条件に分け圧力測定実験を行う。まず、攪乱周波数一定において接近流特性を変化させた場合では、Table1に示すような接近流特性の異なる4ケースの接近流中において周波数16Hzの攪乱を与える。攪乱噴出孔位置と圧力孔基準断面との相対位置を基準断面からスパン方向へ順次 $\pm 90\text{mm}$ まで変化させ、模型表面の変動圧力を測定する。次に、一様流中において攪乱周波数を変化させた場合では、一様流中に設置した模型に対して周波数を16Hz、8Hz、4Hz、1Hzと変化させた攪乱を与え、攪乱相対位置をスパン方向へ $\pm 120\text{mm}$ まで変化させ、変動圧力を測定する。

以上の実験条件において、模型表面の変動圧力にどのように伝播するかを調査する。また、圧力変動の時系列データを攪乱周期に対応するアンサンブル平均を施すことで、攪乱に同期する変動成分のみを抽出することを試みた。

Table1 主流方向における接近流の乱れの強さ及び乱れのスケール

接近流	乱れ強さ I_u (%)	乱れスケール LuD
G1	10.8	3.3
G2	7.2	3.0
G3	10.7	1.5
G4	7.2	1.5

($D=27\text{mm}$)

3. 結果

(1) 接近流の違いによる変動圧力の分布状況

各接近流において周期16Hzの攪乱に対し、サンプリング周期を攪乱1周期としてアンサンブル平均を施した圧力変動波形のRMS振幅の分布をFig.3に示す。Fig.3より、全てのケースでスパン方向に対する攪乱の拡がり十分に評価することができる。また、各接近流において振幅0.03の等値線を対象としてスパン方向の攪乱の成分の拡がりを全幅で考察すると、G1では幅員方向 $x/D=1.2$ 付近を中心にスパン方向 $0.6D$ の拡がりが見られる。同様に、G2では $x/D=1.8$ 付近を中心にスパン方向 $2.5D$ 、G3では $x/D=1.5$ 付近を中心にスパン方向 $1.2D$ 、G4では $x/D=1.8$ 付近を中心にスパン方向 $2.5D$ 程度に攪乱の拡がりが見られる。これらから、攪乱成分は、乱れ強さの小さいケースにおいて、攪乱の拡がりが大きくなり、攪乱成分の振幅が強く表われていると考えられる。

(2) 一様流中において攪乱周波数を変化させた場合の変動圧力の分布状況

一様流において、与えた攪乱の周波数を変化させた場合に、各々のサンプリング周期を攪乱1周期としてアンサンブル平均を施した圧力変動波形のRMS振幅の分布をFig.4に示す。接近流の分布状況と同様に、スパン方向に対する攪乱の拡がりや伝達範囲が明確である。また、各攪乱周波数において振幅の強さに差があるが、片側断面だけ見ても各周波数においてスパン方向へ $y/D=\pm 3.0$ 程度の拡がりが見られる。よって、攪乱周波数の変化により若干の強さの差は見られるが、攪乱成分が伝わる範囲、分布状況はほとんど変わらないことがわかった。

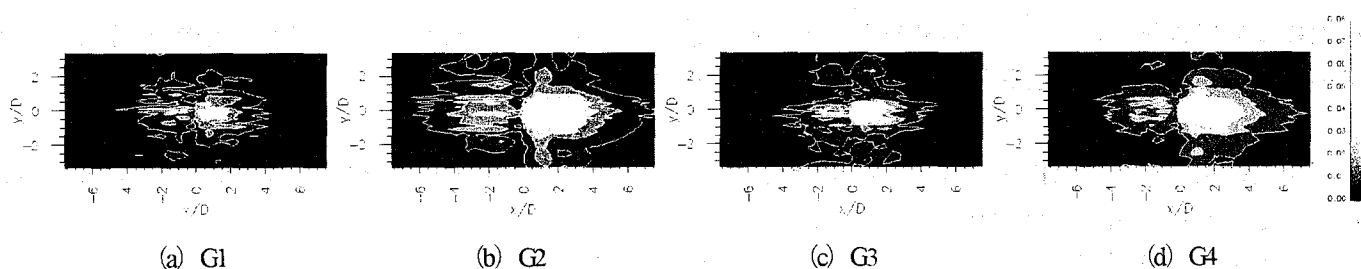


Fig3 各接近流において攪乱と同期した圧力変動成分の振幅

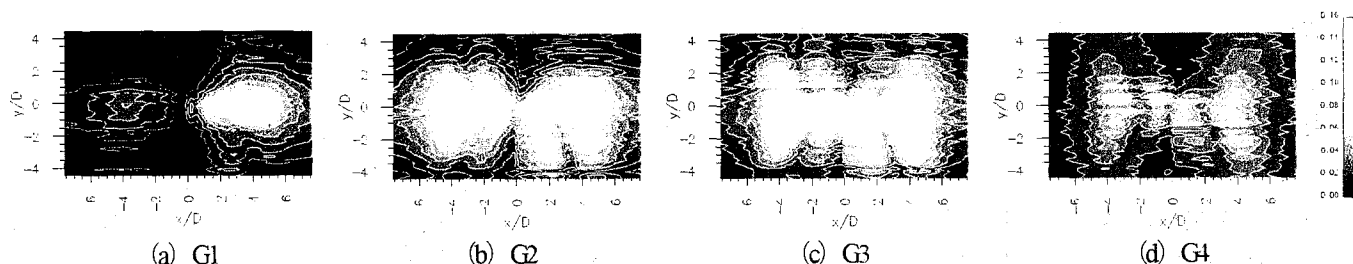


Fig4 一様流中で得られた各攪乱周波数における攪乱と同期した圧力変動成分の振幅

4. まとめ

1. 圧力変動の時系列データを攪乱周期に対応するアンサンブル平均を施すことで、攪乱に同期する変動成分のみを抽出する。これにより、スパン方向に対する攪乱の拡がりや伝達範囲を十分に評価できることから、解析段階においてアンサンブル平均を施すことは有効であることを示した。
2. 攪乱周波数が一定で乱流特性を変化させた場合では、攪乱成分は、乱れの小さいケースにおいて攪乱の拡がりが大きくなり、攪乱成分の振幅が強く表われている。
3. 一様流中において攪乱周波数を変化させた場合では、攪乱の変化により若干の強さの差は見られるが、攪乱成分が伝わる範囲、分布状況はほとんど変わらないことがわかった。

5. 参考文献

- 1) Davenport, A.G : A Statistical Approach to the Treatment of Wind Loading of Tall Masts and Suspension Bridges, PhD Dissertation, Univ. of Bristol, 1961.