

変動気流中における矩形断面のガスト空気力の空間構造について

京都大学大学院 学生員 ○古川拓郎

京都大学大学院 フェロー 松本 勝

京都大学大学院 正会員 白土博通

日揮株式会社 山根建治¹⁾

京都大学大学院 学生員 Le Thai Hoa

京都大学大学院 学生員 角倉佑哉

¹⁾ 研究当時京都大学大学院

1. 序論

橋梁の長大化に伴い、ガスト応答は部材の疲労や車両走行上の安全性などの観点から無視できない問題である。ガスト応答について、変動空気力の構造物長手方向の相関は接近流の変動風速の相関に等しいと仮定して一連の応答解析が行われているが、構造物の表面圧力は変動風速と比較して主流直角方向の相関が高く、両者の相関特性は必ずしも一致しない。そこで本研究では各種矩形断面を対象に一樣流及び格子乱流中において模型表面圧力などを計測し、変動圧力の空間特性に対する気流の乱れ及び矩形断面周りの流れ場の影響について考察を行った。

2. 風洞実験概要

本研究は、Fig.1 に示す断面辺長比 1.5 の矩形断面を対象として行った。 $B/D=5$ 矩形断面の表面には span 方向に 41 個、chord 方向に 19 個の圧力孔が設けられており、前縁から順に position1~19 と定義した。 $B/D=1$ 矩形断面の表面には span 方向に 11 個、chord 方向に 10 個の圧力孔が設けられており、前縁から順に position1~10 と定義した。また接近流として、Fig.2 に示す格子を用いて格子乱流を発生させ、一樣流と共に平均風速を 6m/s に設定した。

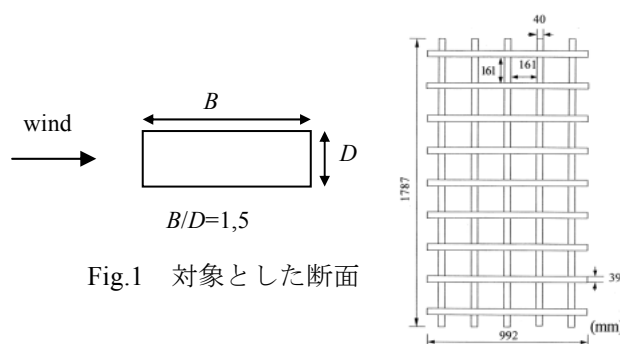


Fig.2 乱流格子

3. 一樣流中における矩形断面周りの圧力特性

平均圧力係数及び変動圧力係数から断面周りの時間平均的流れ場の推定を行ったところ、 $B/D=5$ では前縁で剥離した流れが position16,17 付近で時間平均的に側面に再付着するのに対して、 $B/D=1$ では時間平均的にも再付着しないことが確認された。続いて Fig.3 に、一樣流中において $B/D=5$ 及び 1 の span 中央の各 position を基準として、span 方向へ d

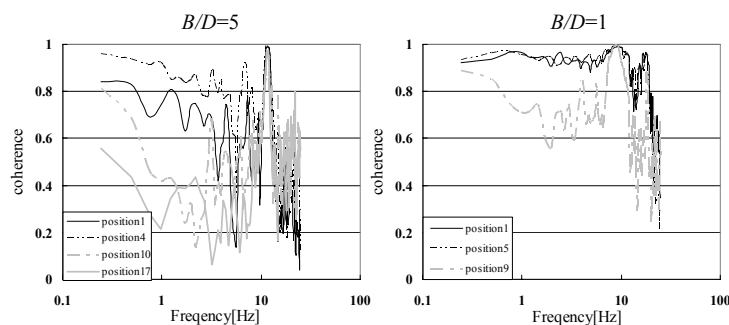


Fig.3 一樣流中における変動圧力のコヒーレンス特性

$y=25\text{mm}$ 離れた点との変動圧力のコヒーレンス特性を示す。まず $B/D=5$ の各 position における 2 点間のコヒーレンス特性を比較してみると、前縁付近で大きな値を示し position4 付近の相関が非常に高いことがわかった。また、後縁に近づくに従いコヒーレンス値は小さくなっている。なお、全ての position において $11.50\text{Hz}(S_f=0.115)$ 付近でピークが存在し、これはカルマン渦の放出周波数に対応するものである。同様に $B/D=1$ のコヒーレンス特性をみると、position1,5 では非常に大きな値を示すのに対し、後縁側の position9 では相関が低下している。また、全ての position において $9.03\text{Hz}(S_f=0.135)$ 付近に鋭いピークが存在するが、これはカルマン渦の放出周波数に対応している。

4. 格子乱流中における矩形断面周りの圧力特性

平均圧力係数及び変動圧力係数から断面周りの時間平均的流れ場の推定を行った結果、 $B/D=5$ 矩形断面では乱れの連行作用により再付着点が前縁側に移動し、流れの時間平均的再付着点は position7 付近となるのに対して、 $B/D=1$ では乱流中においても再付着していないことが確認された。続いて Fig.4 に、格子乱流中において $B/D=5$ 及び 1 の span 中央の各 position を基準として、span 方向へ $dy=25\text{mm}$ 離れた点との変動圧力のコヒーレンス特性について Fig.2

キーワード ガスト空気力 格子乱流 コヒーレンス POD解析

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-753-5093

に示す。span 中央の各 position を基準として、span 方向へ $dy=25\text{mm}$ 離れた点との変動圧力のコヒーレンス特性について Fig.2 に示す。まず $B/D=5$ の結果から、格子乱流中では剥離バブル内のコヒーレンスが相対的に大きな値を示し、剥離流れが再付着すると低周波数の相関が下がり、後縁にいくに従って相関が回復する傾向にある。以上から、再付着した流れが後縁側へと流れ去る過程において、断面周りの流れが変動

の小さい断面に沿った 2 次元的なものになっていると考えられる。また、カルマン渦による明確なピークは見られず、接近流の乱れによってカルマン渦が弱められていることもわかる。同様に、 $B/D=1$ の各 position のコヒーレンス特性をみると、一様流の結果と同様に前縁側ではコヒーレンス値が高く、後縁側では小さくなっている。

以上の考察を踏まえ、一様流及び格子乱流中における $B/D=1,5$ 矩形断面周りの変動圧力のコヒーレンス結果を比較すると、一様流、格子乱流中ともに $B/D=1$ 矩形断面の変動圧力の空間相関が $B/D=5$ 矩形断面と比較して高くなっていることがわかる。この要因については、カルマン渦が強く形成されることによって他の周波数のコヒーレンス値が高められている、もしくは $B/D=1$ 矩形断面周りの流れ場の方がより安定で接近流による乱れの影響を受けにくくなっていることなどが考えられる。

5. POD解析の適用

固有直交関数展開¹⁾ (Proper Orthogonal Decomposition、以下 POD解析)を模型表面の圧力場の解析に応用し考察を行った。本研究では各矩形断面に対し計30点にて模型表面圧力の同時測定を行い、得られたデータに対してPOD解析を行った。それぞれの結果について mode1 及び span 方向に対して非一様な値を示す mode 形状のコンター図をそれぞれ Fig.5 に示す。mode 1~10 までの span 方向に対して非一様な値を示す mode の累積寄与率についてまとめると Fig.6 のようになる。一様流、格子乱流中ともに $B/D=5$ の場合、その値が高くなっていることがわかる。つまり、前章までの考察結果を踏まえると、相関の高いものが span 方向に対して非一様な値を示す mode の累積寄与率が小さくなっており、相関の大小と非一様な mode の累積寄与率の間に対応関係があることが示唆される。

6. 結論

- 一様流及び格子乱流中における $B/D=1,5$ の変動圧力の空間相関特性として、一様流、格子乱流中ともに $B/D=1$ の変動圧力の空間相関が高くなっていることが確認できた。
- また、POD解析結果について、span 方向に対して非一様な値を示す mode の累積寄与率が小さくなるほど変動圧力の相関が高くなる。従って、相関の大小と span 方向に非一様な mode の累積寄与率の間に対応関係があることが示唆される。

参考文献

1) 田村幸雄：固有直交関数展開のランダム変動場への応用のすめ、日本風工学会誌第 65 号、(1995)pp.33-41

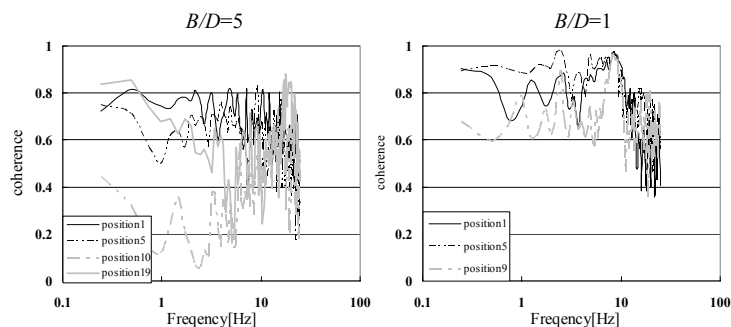


Fig.4 格子乱流中における変動圧力のコヒーレンス特性

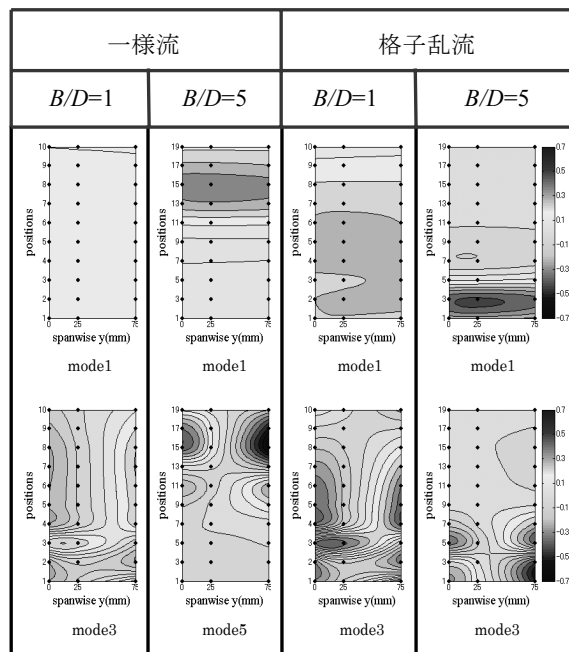


Fig.5 POD 解析結果

(mode shape、一様流・格子乱流、 $B/D=1,5$)

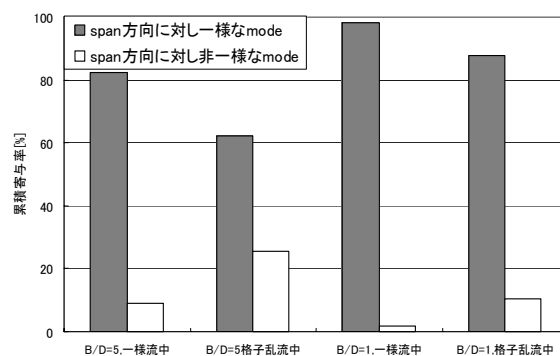


Fig.6 span 方向に対し一様な mode 非一様な mode の累積寄与率(mode1~10)