

京都大学工学部 学生員 ○橋本倫明
 京都大学大学院工学研究科 正会員 白土博通
 京都大学大学院工学研究科 学生員 原村高志

京都大学大学院工学研究科 フェロー 松本 勝
 (株)三菱重工業 正会員 荒木健二¹⁾
 1) 研究当時京都大学大学院工学研究科

1. はじめに

本研究は、構造物が乱れた風を受けたときに生じるガスト応答に関連したものである。現在のガスト応答解析は、変動空気力のスパン方向のコヒーレンスは接近流の変動風速のコヒーレンスと等しいという仮定の下でおこなわれているが、変動空気力のコヒーレンスの方が変動風速のコヒーレンスより高いという報告もなされている^{[1][2]}。そこで本研究では断面まわりの変動圧力を詳細に計測し、接近流の空間相関と比較して変動空気力の空間相関の方が高くなるメカニズムについて考察をおこなった。

2. 実験概要

実験で対象とした断面は、断面幅 $B=300$ mm、桁高 $D=60$ mm、断面辺長比 $B/D=5$ の矩形断面およびその両端に正三角形エッジフェアリングを設けた $B/D=6.73$ の偏平六角断面である (Fig. 1)。模型表面にはスパン方向に 25 mm 間隔で 18 個、前縁から後縁にかけて 15.9 mm 間隔で 19 列の圧力孔が設けられており、前縁側から順に position 1～position 19 と定義する。実験で使用した風洞は室内回流式エッフェル型風洞 (測定部高さ 1800 mm、幅員 1000 mm、長さ 6550 mm) である。Fig. 2 に示す装置を用いて発生させた二次元的周期変動流中、格子乱流中および一樣流中において、断面まわりの変動圧力を圧力孔により、また模型 Leading Edge から 150 mm 上流、模型下面から 20 mm 下方の位置において接近流の変動風速を X 型熱線流速計により測定した。二次元的周期変動流は、翼加振振動数または平均風速を変化させることにより 4 種類の異なる換算振動数 ($k=b\omega/U$) の気流を発生させた。格子乱流は模型設置位置において、乱れ強度が $I_u=10.33\%$ 、 $I_w=8.515\%$ 、乱れスケールが $L_u=12$ cm、 $L_w=4.5$ cm であることが確認されている。一樣流中および格子乱流中での測定は平均風速 5, 10 m/s でおこなった。

3. 結果

[二次元的周期変動流中における特性]

模型スパン中央における矩形断面まわりの平均圧力係数および変動圧力係数を Fig. 3 に示す。換算振動数 k が大きくなるにつれて時間平均的な再付着点が断面前縁側に推移しており、二次元断面まわりにおける時間平均的な流れ場が接近流の変動特性の影響を受けていることがわかる。一方、偏平六角断面の場合にはこのような傾向は見られなかったが、剥離バブルが非常に小さいことが影響していると思われる。

Fig. 4 に断面まわりの変動圧力のパワースペクトル特性 (翼の加振振動数に着目) を、換算振動数 $k=0.70, 0.94$ の場合について示す。スペクトルがピークを示している位置から、剥離バブ

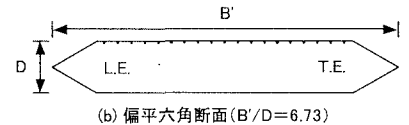
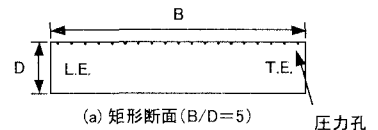
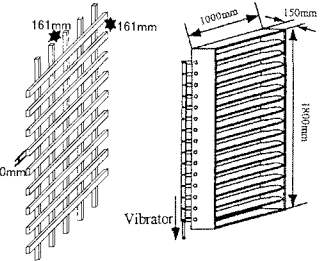


Fig. 1 実験に使用した模型



(a) 乱流格子 (b) 周期変動流発生装置
Fig. 2 気流発生装置

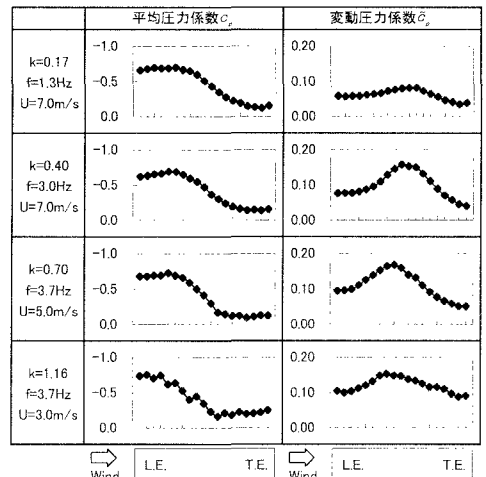


Fig. 3 矩形断面まわりの圧力係数 (周期変動流中)

Tomoaki HASHIMOTO, Masaru MATSUMOTO, Hiromichi SHIRATO, Kenji ARAKI, Takashi HARAMURA

ル内、特に再付着点よりやや上流側における変動圧力が接近流に含まれる乱れの変動特性の影響を強く受けていることがわかる。また、再付着点以降におけるパワースペクトル値が小さいことから、この位置における変動圧力が断面に作用する変動空気力に対し支配的な働きをしていると考えられる。なお、他の換算振動数の気流内においても同様の傾向がみられた。

[一様流中および乱流中における特性]

乱流中における矩形断面まわりの平均圧力係数および変動圧力係数を Fig. 5 に示す。また変動圧力のパワースペクトル特性、コヒーレンス特性およびクロススペクトル特性を Fig. 6 に示す。Fig. 5 から position 7 付近において時間平均的に再付着していると推定されるが、変動圧力のパワースペクトルは剥離バブル内の再付着点よりやや上流側において非常に高い値を示しており、二次元的周期変動流中と同様の結果となっている。したがって剥離バブル内における変動圧力の特性が、断面に作用するガスト空気力の特性に関して支配的であるといえる。また変動圧力のコヒーレンスはどの位置においても変動風速 w 成分より高い値を示していること、再付着点より下流側ほど高い値となっていることがわかる。しかし、変動圧力のクロススペクトルは剥離バブル内、特に再付着点よりやや上流側において高いことから、この位置における変動圧力のスパン方向の空間相関特性が断面に作用する変動空気力の空間相関特性に対し支配的な働きをしていると考えられる。なお、乱流中における偏平六角断面まわり、一様流中においても同様の結果が得られた。また、クロススペクトル特性にスパン中央からの距離 (dy [mm]) が大きくなるに従い若干低下する傾向が見られるが、この詳細なメカニズムについては今後検討が必要である。

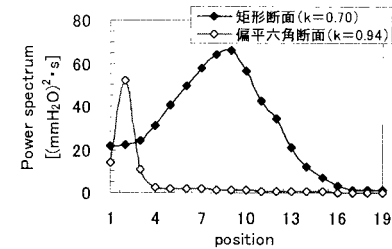


Fig. 4 変動圧力のパワースペクトル特性 (翼の加振周波数成分)

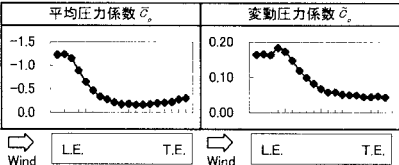


Fig. 5 矩形断面まわりの圧力係数(乱流中)

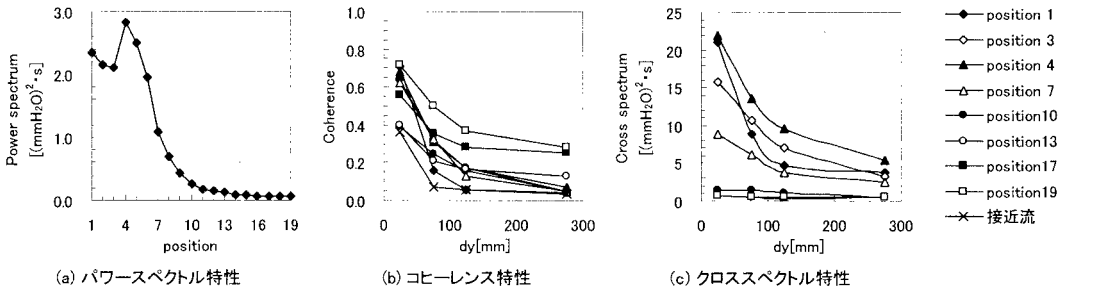


Fig. 6 乱流中における矩形断面まわりの特性(10 Hz以下の平均値)

4. まとめ

- (1) 断面まわりの変動圧力は接近流に含まれる乱れの変動特性の影響を、剥離バブル内、特に再付着点よりやや上流側において強く受けていることがわかった。またその位置における変動圧力の空間相関特性が断面に作用する変動空気力の空間相関特性に対し支配的役割を果たすことがわかった。
- (2) 一様流中における結果より、変動圧力は断面自身による乱れの影響を再付着点よりやや上流側において強く受けていると考えられる。また乱流中や二次元的周期変動流中においてもその影響を受けていると考えられる。
- (3) 格子乱流中において、変動圧力のコヒーレンスが一様流中における変動圧力のコヒーレンスおよび接近流のコヒーレンスと比較して大きくなるのは、種々の周波数成分を含む流れがスパン方向に固定された断面前縁側より剥離することで、物体が振動する状態と同様の効果が加わるためと考えられる。

参考文献 [1] W. H. Melbourne: *Comparison of Model and Full Scale Tests of a Bridge and a Chimney Stack*, Proc. Int. Workshop on Wind Tunnel Modeling Criteria & Techniques in Civil Engineering Applications, Maryland USA, (1982) pp. 637-653. [2] Guy L. Larose: *The Span-Wise Coherence of Wind Forces on Streamlined Bridge Decks*, Third International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics & Applications July 28-August 1, (1996).