

# 構造物に作用するガスト空気力の空間構造に関する基礎的研究

京都大学大学院  
京都大学大学院  
阪神高速道路公団

学生員 ○原村 高志  
正会員 白土 博通  
正会員 橋本 倫明<sup>2)</sup>

京都大学大学院  
(株)三菱重工業

フェロー 松本 勝  
正会員 荒木 健二<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 研究当時京都大学大学院

<sup>2)</sup> 研究当時京都大学工学部

1. はじめに ガスト応答解析においては、変動空気力の構造物長手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に等しいと仮定し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よりも主流直角方向の相関が高く両者のコヒーレンス特性は必ずしも一致しないという報告がなされている<sup>1,2)</sup>。本研究では、より精緻なガスト応答評価にするため、断面周りに詳細に計測された変動圧力の空間相関と断面周りの時間平均的流れ場とを関連づけ、接近流に対する相関回復のメカニズムの解明を目的に行われた。

2. 風洞実験概要 本実験で対象とした断面を Fig.1 に示す。断面は、断面幅  $B=300\text{mm}$ 、桁高  $D=60\text{mm}$ 、断面辺長比  $B/D=5$  の矩形断面及びその両端に正三角形のフェアリングを設けた偏平六角断面である。模型表面にはスパン方向に  $25\text{mm}$  間隔で 18 個の圧力孔の列が、前縁から後縁にかけて  $15.9\text{mm}$  間隔で 19 列設けてある。接近流の変動風速の測定は X 型熱線風速計を用い、断面前縁より  $150\text{mm}$  上流側、模型下方  $20\text{mm}$  の位置において測定した。接近流として二次元周期変動流、格子乱流、及び一様流を与え、断面周りの変動圧力を測定した。二次元周期変動流は、翼加振振動数・平均風速を変化させ、各断面 4 種の異なる換算振動数 (矩形断面  $k=0.17, 0.40, 0.70, 1.16$ ・偏平六角断面  $k=0.24, 0.53, 0.94, 1.57$ ) の気流を発生させた。格子乱流は、模型設置位置において、乱れ強さが  $I_u=10.33\%$ 、 $I_w=8.515\%$ 、乱れスケールが  $L_u=12\text{cm}$ 、 $L_w=4.5\text{cm}$  であることが確認されており、測定は平均風速  $5, 10\text{m/s}$  において行われた。なお、風洞内の座標は、主流方向を  $x$ 、主流直角水平方向を  $y$ 、主流直角鉛直方向を  $z$ 、模型中心を原点とし、各方向における変動風速成分をそれぞれ  $u$  成分、 $v$  成分、 $w$  成分と定義する。

3. 二次元周期変動流中における実験 各断面スパン中央における断面周りの平均圧力係数及び変動圧力係数 (標準偏差) から、矩形断面 ( $k=0.70$ ) において時間平均的な再付着点は position11、偏平六角断面 ( $k=0.94$ ) では position2 付近であると推定される。断面周りに変動圧力のパワースペクトルに関し、翼の加振振動数成分の値に着目し断面周りにプロットした図を、翼加振振動数  $3.7\text{Hz}$ 、平均風速  $5\text{m/s}$  の場合について、Fig.2 に示す。いずれの断面においても

時間平均的再付着点のやや上流側においてピーク値を示し、また剥離バブル内においては、再付着点より下流側の点と比較し高い値を示していることが分かる。次に、各断面周りににおける変動圧力のスパン方向のクロススペクトル特性を Fig.3 に示す。変動圧力のクロススペクトル特性より、矩形断面において

は position 9、偏平六角断面においては position 2 において高い値を示し、ともに再付着点よりやや上流側において最大値を示していることが分かる。又、剥離バブル内の点は再付着点より下流側の点とを比べ高い値を示すことが分かる。なお、異なる換算振動数における気流内においても同様の傾向が言えた。以上より、剥離バブル内、特に再付着点よりやや上流側における点の相関特性が断面に作用するガスト空気力の相関特性に対し支配的働きをしていることが明らかとなった。

4. 格子乱流中における実験 スパン中央断面周りににおいて計測された平均圧力係数・変動圧力係数から、格子乱流中における断面周りの時間平均的流れ場の推定をおこなうと、矩形断面周りににおいては position 7、偏平六角断面周りににおいては position 2 付近において時間平均的再付着がおこなわれているものと考えられる。変動圧力のパワースペクトルは、 $10\text{Hz}$  以下の値に着目しその平均値を求めプロットしたものを Fig.4 に示す。剥離バブル内におけるパワースペクトルの値は、

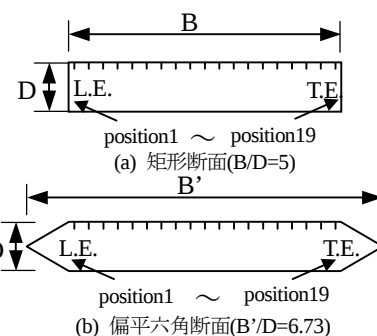


Fig.1 実験に用いた模型の断面

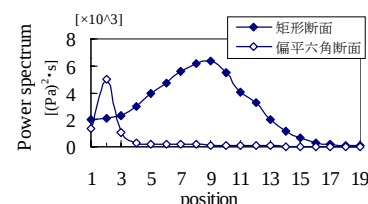


Fig.2 変動圧力パワースペクトル特性 (翼加振周波数成分)

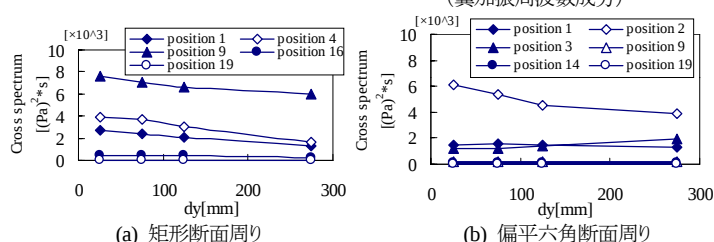


Fig.3 断面周りのクロススペクトル特性 (翼加振周波数成分)

キーワード：表面圧力、変動風速、クロススペクトル、剥離バブル

連絡先：京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻気圏工学講座

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5093 FAX:075-761-0646

再付着点より下流側の点と比較し非常に高い値を示し、特に再付着点よりやや上流側において最も高い値を示していることが分かる。次に、クロススペクトルを断面内において最大となるパワースペクトルにおいて除した無次元量を考える。変動圧力の無次元クロススペクトル(10Hz 以下の平均値)について、Fig.9 に変動圧力のコヒーレンス、変動風速  $w$  成分のコヒーレンス特性と併せて示す。変動圧力のコヒーレンス特性を見ると、どの点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が分かる。変動圧力の無次元クロススペクトル特性を見ると、再付着点より下流側の点よりむしろ剥離バブル内において高い値を示し、また剥離バブル内では変動圧力の値は変動風速  $w$  成分のコヒーレンスと比較し非常に高い値を示していることが分かる。また、変動圧力の無次元クロススペクトルは再付着点よりやや上流側の点(矩形断面においては position 4、偏平六角断面においては position 1)において最も大きく、この点が断面に働く空気力の相関特性に対し支配的役割を果たしていると考えられる。

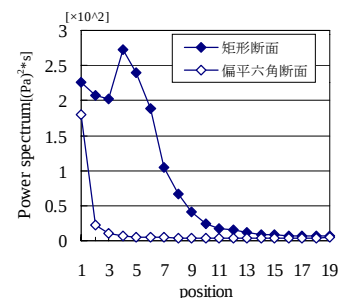


Fig.4 変動圧力パワースペクトル特性 (10Hz 以下の平均値)

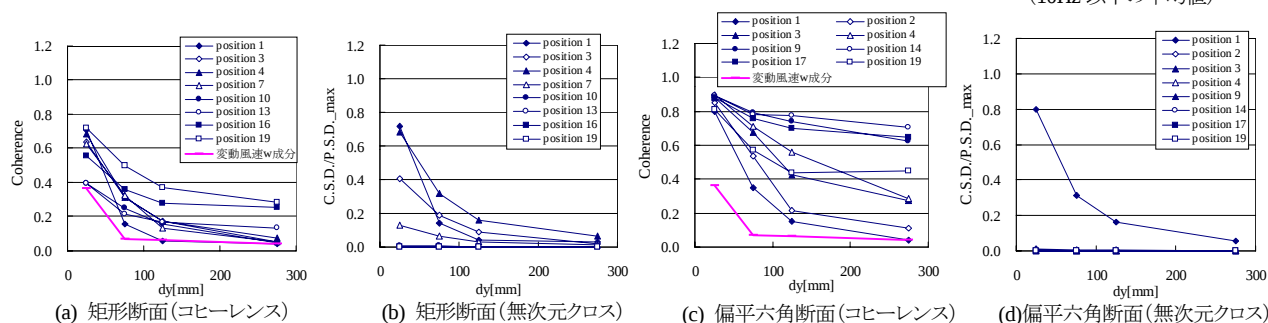


Fig.5 無次元クロススペクトル及びコヒーレンス特性 (10Hz 以下の平均値)

## 5. 一様流中における実験

スパン中央の断面において計測された平均圧力係数及び変動圧力係数から、一様流中における断面周りの時間平均的流れ場の推定をおこなうと、矩形断面周りにおいては position 16、偏平六角断面周りにおいては position 3.5 付近において時間平均的再付着がおこなわれているものと考えられる。乱流中同様、変動圧力パワースペクトルの 10Hz 以下の平均値を求めプロットしたものを Fig.6 に示す。これを見ると再付着点よりやや上流側の点において最大値を示している。次に、変動圧力の無次元クロススペクトルについて Fig.7 に示す。無次元クロススペクトルを見ると、どちらの断面においても再付着点よりやや上流側において最も高い値を示していることが分かる。以上より、一様流中においても再付着点よりやや上流側における点が断面に働く空気力の空間相関特性に対し支配的であると言える。

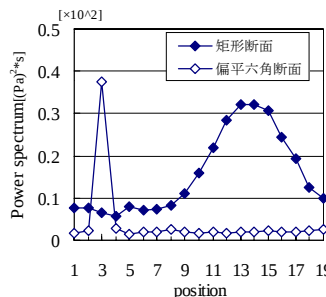


Fig.6 変動圧力パワースペクトル特性 (10Hz 以下の平均値)

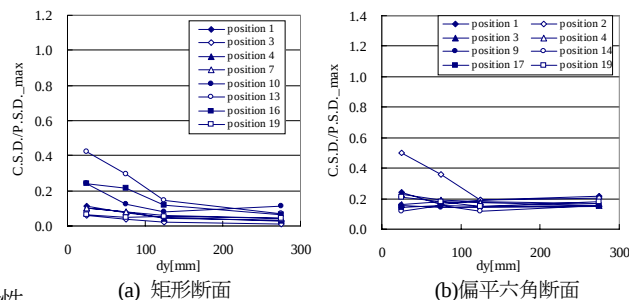


Fig.7 無次元クロススペクトル特性 (10Hz 以下の平均値)

## 6. まとめ

- (1) 変動圧力は接近流に含まれる乱れ成分を、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吸収し、断面に作用するガスト空気力及びその相関特性に対し支配的役割を果たすものと考えられる。
- (2) 一方、再付着点より下流側においてはその影響は少なく断面自らが形成する変動の少ない 2 次元的な流れとなっていることが明らかとなった。
- (3) 一様流による結果より、変動圧力は、断面が自ら作り出す乱れ成分を再付着点よりやや上流側において強く吸収しており、乱流中や 2 次元周期変動流中においてもその影響が考えられる。
- (4) 乱流中においては、接近流に含まれた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し、さらに物体が振動する状態と同様の効果が加わり 2 次元化が促進され、乱流中における変動圧力のコヒーレンスが接近流のコヒーレンスと比較し大きくなるものと考えられる。

## 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