

第 部門 変動気流中における辺長比 5 矩形断面表面圧力の空間相関に関する基礎的研究

京都大学大学院	学生員	○ 古川拓郎	京都大学工学研究科	フェロー	松本 勝
京都大学工学研究科	正会員	白土博通	京都大学大学院	学生員	水野哲朗
京都大学大学院	学生員	Le Thai Hoa	京都大学大学院	学生員	山根建治

1. はじめに 構造物に乱れた風が作用すると、その乱れに起因するガスト応答が生じる。ガスト応答は気流の変動に伴う変動空気力の強制外力としての作用によるもので、構造物全体を破壊に至らしめることはないまでも、風荷重の算定に不可欠な項目であり、耐風設計において重要な検討課題の一つであると考えられている。本研究では $B/D=5$ 矩形断面を対象として 2 次元周期変動流中、3 次元周期変動流中にて実験を行い、ガスト空気力の span 方向の空間相関が接近流の span 方向の空間相関より高くなるメカニズムの解明を試みた。

2. 実験概要 本実験では断面辺長比 5 の矩形断面を対象とした。模型表面には span 方向に 41 個の圧力孔の列が、前縁から後縁にかけて 19 列設けられており、前縁から後縁にかけて position1 ~ position19 と定義する。風洞実験は 2 次元及び 3 次元周期変動流中において模型表面圧力を測定した。3 次元周期変動流は、Fig.1 に示す装置を模型中心より上流側 740mm の位置に設置して発生させた。3 次元周期変動流発生装置は、5 枚からなる翼列が span 方向に 3 列並び、各翼列間は導流板によって区切られている。また、両端翼は水平に固定しており、中央翼のみ簡単なクランク機構によって振動させることが可能となっている。2 次元周期変動流は Fig.1 に示す装置の導流板を取り外し、span 方向に一樣な 5 枚の翼列を取り付けて発生させた。

3. 無次元風速の設定方法 昨年度までは、翼加振周波数、風速の両者とも変化させることにより無次元風速 ($V_r = U/fD$: U : 風速 f : 翼加振周波数 D : 模型桁高) を設定していた。しかし、翼加振周波数を上げると、風向を変化させるという本来の周期変動気流発生装置の役割以外に煽りの影響も含まれてしまうため、風速が理論値よりも高くなる。そこで、本研究では翼加振周波数を一定にし、風速を変化させることで無次元風速を変化させた。

4. 2 次元周期変動流、3 次元周期変動流中の変動圧力の振幅・位相特性の比較

Fig.2 に、2 次元、3 次元周期変動気流中の span 中央断面での chord 方向の変動圧力の振幅・位相特性を示す。翼加振振動数一定では平均風速に比例して変動風速鉛直成分も変化し、それに準じて模型表面圧力も大きくなる。圧力測定時、2 次元周期変動流中では翼加振振動数を 2.0Hz で、3 次元周期変動流中では 3.0Hz で測定を行っている。このように各変動気流中で翼加振振動数が異なるが、振幅特性に類似性が認められるなら、振幅比は各無次元風速のもとでほぼ一定になるはずである。しかし、Fig.2 からわかるように、高無次元風速域ほどその振幅比は大きくなり、同時に位相差も大きくなっている。つまり、2 次元周期変動流中と比較して span 中央部で圧力の変動成分は減少していると考えられ、3 次元周期変動気流中において高無次元風速域で中央部の変動圧力成分が span 方向に拡散しているという可能性が考えられる。

5. 3 次元周期変動流中における変動圧力の空間特性 3 次元周期変動流中において、各無次元風速の下、接近流と比較して変動圧力の空間相関が高くなるメカニズムについて流れ場と関連づけた考察を行うため、流れ場の様子をより把握しやすくするためにコンター図を描いた。模型が無い状態で計測した模型設置位置における流れは、導流板付近でその特性を大きく変える傾向があるが、模型表面圧力のコンター図からそのような特性は認められず、接近流の変動成分より圧力の変動成分の方が span 方向へより伝播していることが確認できた。模型前縁側と後縁側とでは特性に違いが見られ、模型前縁側の方が後縁側に比べて圧力変動が大きいことがわかった。中でも無次元風速 $V_r=22.22, 8.33$

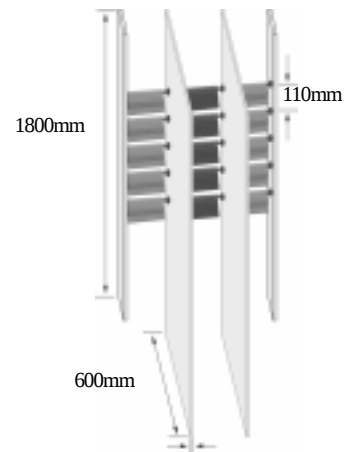


Fig.1 3次元周期変動流発生装置

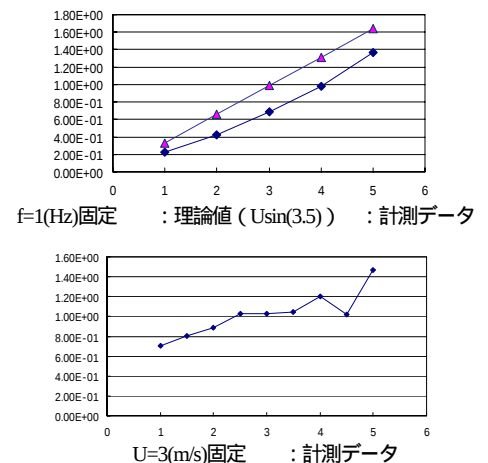


Fig.2 周波数固定時、平均風速固定時の変動風速鉛直成分の振幅値

のデータを基に無次元風速の変化に伴う span 方向への圧力伝搬について評価すると、低無次元風速域 $U/fD=8.33$ では span 方向の拡がりがありあまり顕著ではなく、鉛直変動気流を受けている模型中央部の流れが span 方向にあまり伝搬せずそのまま流下しているものと考えられる。この無次元風速は、剥離せん断層の不安定性から外的刺激を最も敏感に受ける風速域に相当しており、変動風速鉛直成分により前縁付近で発生した自己励起渦が流下する流れのパターンが形成されているものと考えられる。一方で高無次元風速領域では、特に変動風速が吹き上げの半周期、つまり模型下面側で剥離バブルが前縁側に縮むときにおいて負圧の変動成分が span 方向により顕著に伝搬しているのがわかる。本研究で用いた $B/D=5$ の矩形断面は非定常型の再付着型断面であることから、流れ場を瞬間的に捉えたときに、流れが完全に剥離している瞬間や再付着している瞬間が交互に現れる。高無次元風速領域ではこのような剥離バブルの伸び縮みが変動圧力の span 方向の相関により大きな影響を与えている傾向が見られた。一方圧力回復が生じている周期では正の変動圧力成分は負圧の時ほど span 方向に伝搬していないことがわかった。

6. 結論 翼加振周波数一定のもと無次元風速を変化させることで行った今回の実験から、3 次元周期変動流中で、低無次元風速域、特に無次元風速 $U/fD=8.33$ では、span 中央断面の変動圧力成分が span 方向へあまり伝搬せず、そのまま下流側へ流下する様子が顕著に見られる。模型中央部では、翼で加振しているため

に周期変動気流が作用しており、変動風速鉛直成分の作用により shear layer 渦が発生する。一方、模型両端部では翼が固定されているため、模型中央部とは異なり、剥離せん断層は外的刺激による作用を直接受けず、コンター図からも実際このような流れ場が確認できた。高無次元風速領域では、特に変動風速が吹き上げの半周期、つまり模型下面側で剥離バブルが前縁側に縮むときに負圧の変動成分が span 方向により顕著に伝搬しているのがわかる。これは低無次元風速域とは異なり、断面が本来有する剥離せん断層が中央部、両端部で 2 次的に形成されていることが理由として考えられる。このように、無次元風速の変化に伴い断面周りの流れ場も変化し、それによって変動圧力の span 方向への伝播特性にも多大な影響を及ぼしていることが確認できた。

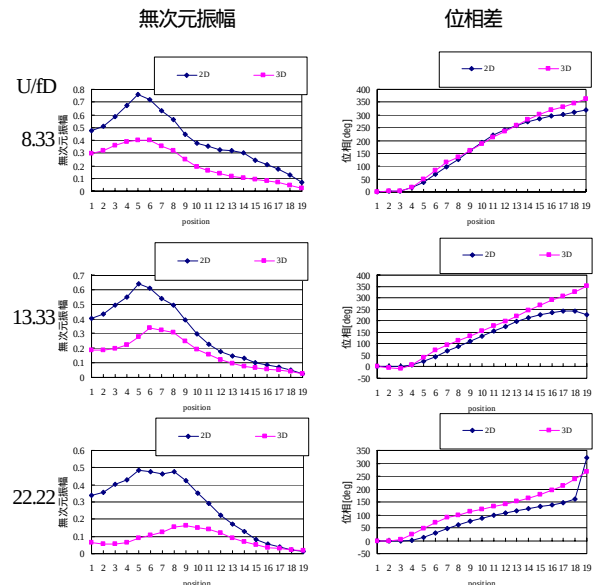
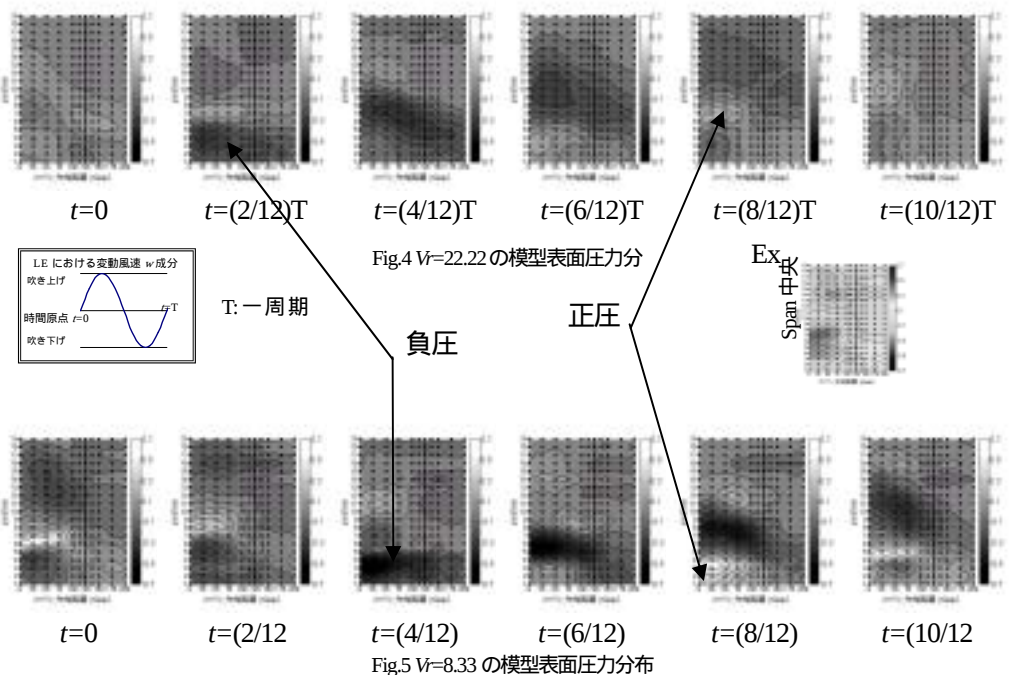


Fig.3 2次元・3次元周期変動流中の振幅・位相特性



参考文献

- E. D. Jancauskas and R. Sankaran : *The Coherence of Cross-wind Velocity and Pressure on Two-Dimensional Rectangular Cylinders in Turbulent Flows*, JWEIA, 41-44 (1992) pp. 809-810.
 G. L. Larose, H. Tanaka, N. J. Gimsing, C. Dyrbye : *Direct Measurements of Buffeting Wind Forces on Bridge Decks*, JWEIA, 74-76 (1998) pp. 809-818