

近接5本円柱の風速急変時における空力特性に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○稲毛健至
 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 正会員 八木知己
 京都大学大学院工学研究科 学生員 佐々木治

1. 序論

竜巻などの突風の作用下では、構造物に作用する空気力が瞬間的に定常値を大きく上回る現象が報告されており¹⁾、このような非定常な空気力現象に対する設計上の配慮は今のところなされていない。たとえば多数の乗客を運ぶ高速列車や原子力発電施設など、万一の事故が利用者や周辺住民に重大な影響を及ぼす可能性のある極めて重要度の高い施設に対しては、突風による非定常効果も考慮されることが期待される。本研究では、近接する複数構造物として5本円柱を対象に、迎角 0[deg.], 45[deg.] の状態で風速が急激に増加するときの空気力、圧力を計測した。

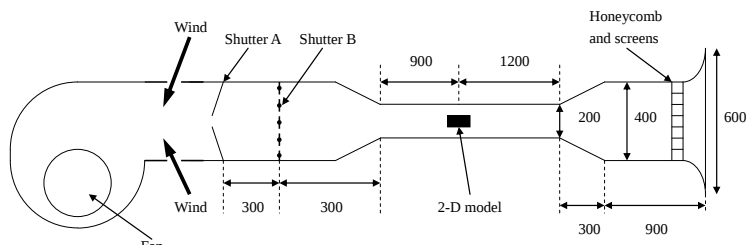


Figure 1 Wind tunnel experiment device

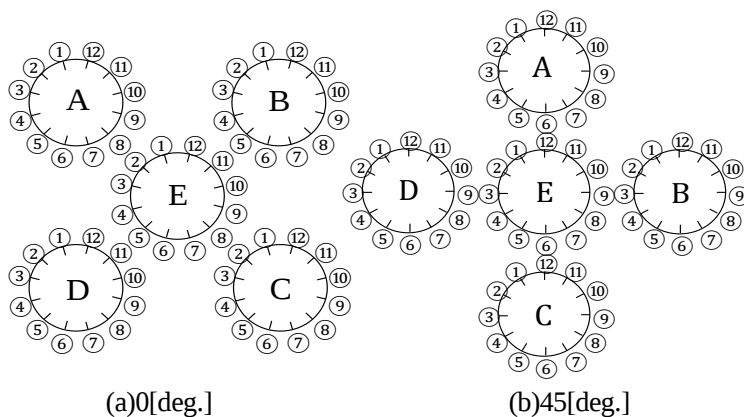


Figure 2 Section of five cylinders model

2. 風洞システム

本研究で使用した風洞（図1参照）は、主流風速を step 関数的に変化させることが可能であり、測定部高さ 200 [mm]、幅 200 [mm]、測定部全長 3000 [mm]である。下流部に空気吸入窓、2種類のシャッターA, Bを有し、定常風速はシャッターAのスリットを調整することにより制御され、非定常気流はシャッターBを全閉の状態から急激に開放の状態にすることにより発生させることができる。図2に使用した模型の断面およびそれぞれの迎角での円柱の区別を示す。

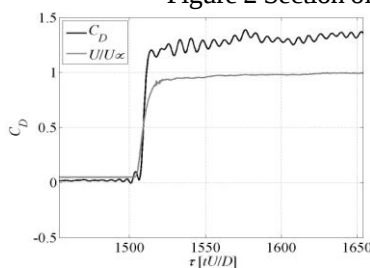


Figure 3 Aerodynamic force Characteristic, $U=3.01$ [m/s], Angle of attack = 0[deg.]

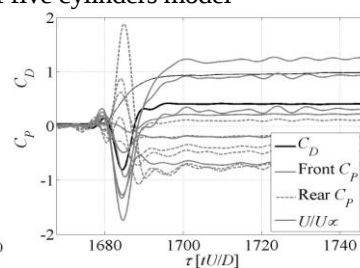


Figure 4 Surface pressure characteristic, $U=3.04$ [m/s], Angle of attack = 0[deg.] Column A

3. 迎角 0[deg.] の過渡空気力特性

図3の5本円柱全体の過渡抗力測定実験結果では、風速急変時に定常時に対する大きなピーク（overshoot）は見られなかった。しかしながら、図4の5本のうち単独の円柱まわりの過渡表面圧力を積分して得られる空気力では、円柱Aにおいて定常時に平均抗力係数が $C_D=0.42$ を示すのに対し、風速急変時に $\tau=1685$ 付近で $C_D=-0.81$ を示し、抗力が定常値とは逆の負のピークを示し、5本円柱全体ではみられなかった overshoot 現象がみられた。図5の可視化画像から円柱Aの上下から発生した双子渦が円柱Bに衝突して堰き止められ、上流の円柱Aに向かう逆流流れができていることがわかる。円柱Aの揚力に関しても、図6の過渡表面圧力を積分して得られる結

キーワード 突風, 近接5本円柱, オーバーシュート現象

連絡先

〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂 C1-3-457 橋梁工学研究室 T E L 075-383-3170

果から、風速急変後、瞬間的な overshoot 現象がみられた。揚力はその後減少し、再び増加することで定常状態へ漸近する。揚力は風速急変時に円柱 AE 間で急激に縮流した流れによって円柱 A を上方へ押し上げる作用と、円柱外側の加速流れによる負圧の作用により正值のピークを示していると考えられる。なお、この急激な縮流による押し上げ作用は、円柱表面圧力より上流側に傾く方向であることが確認され、前述の負の抗力のピークの成因に、この縮流作用が一部寄与するものと考えられる。

4. 迎角 45[deg.]の過渡空気力特性

迎角 45[deg.]においても、図 7 の 5 本円柱全体の過渡抗力測定実験結果では、風速急変時に大きなピークは見られなかったが、図 8, 9 に示す通り円柱 A の抗力、揚力では、風速急変時にピークを示した。図 8 より負の抗力が発生する時刻において tap3 で負圧のピークが、tap8 で正圧のピークがそれぞれ表れている。図 10 の可視化画像より、風速急変時に円柱 A の上下から発生した大きさの異なる双子渦が円柱 A の後方で巻き込み、特に下側では下流にある円柱 B により渦が堰き止められることにより、より近傍で巻き込んでいる。この下側の巻き込みによる逆流流れが、tap8 での正圧のピークを引き起こし、負の抗力に寄与しているものと思われる。円柱 A の揚力に関しても、迎角 0[deg.]と同様に風速急変時に円柱 AE 間で急激に縮流した流れと、円柱 A の外側の加速流れによる負圧のピークの発生により正值のピークを示していると考えられる。

5. 結論

5 本円柱を対象に、迎角 0[deg.],45[deg.]について得られた結論を以下に示す。

- 1) 迎角 0[deg.],45[deg.]では排気筒断面全体で風速急変時に抗力の overshoot 現象が発生しなかったが、個々の円柱では overshoot 現象が見られるものがあつた。
- 2) 5 本円柱のうち、円柱 A では風速急変時に抗力が負のピークを示すという特性を得た。この理由は明確ではないものの、両者とも風速急変時に円柱上下から発生する双子渦が円柱後方の近傍で巻き込んでおり、円柱間の縮流の発生と共に急激な負のピークとの関連性が示唆される。

参考文献

- 1) 白石成人, 松本勝, 北川雅章: “風速が急変する場合の物体に作用する空気力”, 第 7 回風工学シンポジウム論文集, pp.107-113, 1982



Figure 5 Angle of attack =0[deg.],
Flowfield of aerodynamic force peak

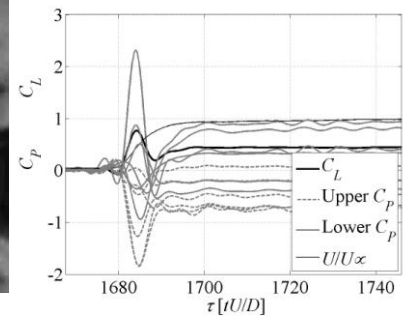


Figure 6 Surface pressure
characteristic, $U=3.04$ [m/s]
Angle of attack =0[deg.]
Column A

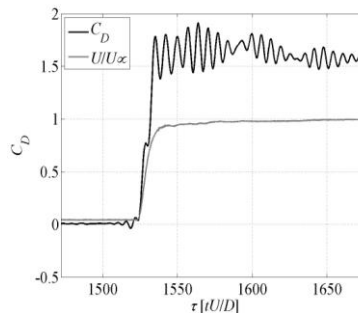


Figure 7 Aerodynamic force
Characteristic, $U=3.05$ [m/s]
Angle of attack =45[deg.]

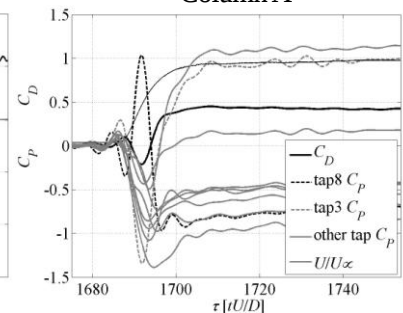


Figure 8 Surface pressure
characteristic, $U=3.05$ [m/s]
Angle of attack =45[deg.]
Column A

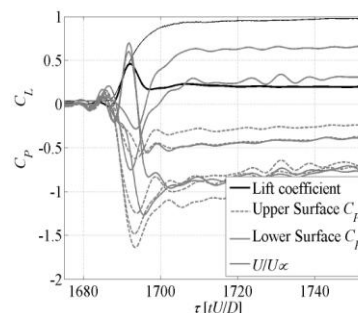


Figure 9 Surface pressure
characteristic, $U=3.05$ [m/s]
Angle of attack =45[deg.]
Column A



Figure 10 Angle of attack =45[deg.],
Flowfield of aerodynamic force peak