

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 正員 八木知己

京都大学大学院工学研究科 正員 白土博通
 京都大学大学院工学研究科 学生員 佐々木治

1. 序論

現在の日本の道路橋示方書に示されている耐風設計基準では、変動風速に起因する構造物に作用する変動的な空気力は、静的風荷重にガスト応答係数を乗じることで計算されている。しかしながら、竜巻などの突風の作用下においては、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]、このような非常空空気力現象に対する配慮はなされていない。列車や原子力発電施設の設備など、万が一破壊や事故が起きてしまった場合に社会に多大な影響を及ぼす可能性のある危険度の高い構造物に対しては、突風による特殊な現象も設計基準に組み込まれていくことが期待される。本研究では、風速急変時における overshoot 現象[1]に代表される空気力の過渡特性に着目し、原子力発電所等で頻繁に使用されている円柱型排気筒(5本の円柱が近接した構造断面)の迎角 $0[\text{deg.}]$, $45[\text{deg.}]$ を対象に、種々の実験を行い、検討を行った。

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 $200[\text{mm}]$, 幅 $200[\text{mm}]$, 測定部全長 $3000[\text{mm}]$ 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、非常空空気流はシャッター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に使用したモデルの断面およびそれぞれの迎角での円柱の区別を示す

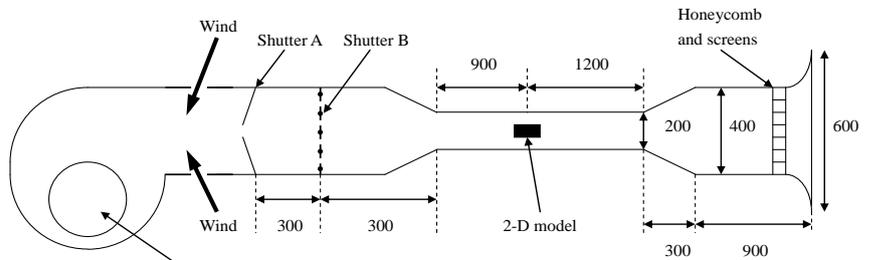


図1 風洞実験装置 [mm]

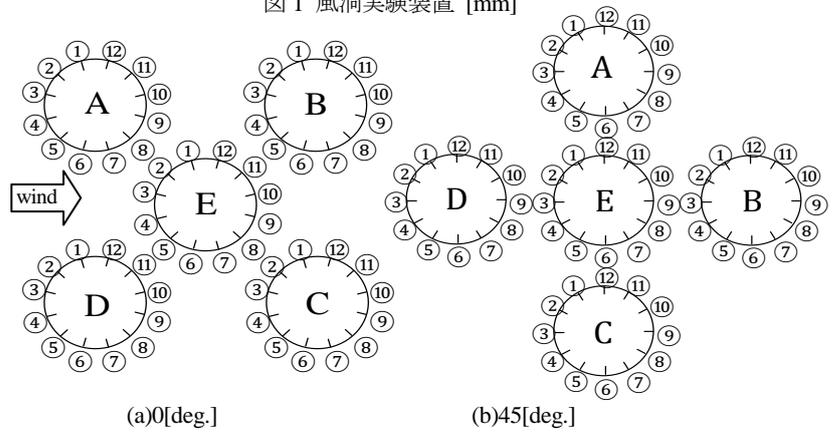


図2 排気筒模型断面

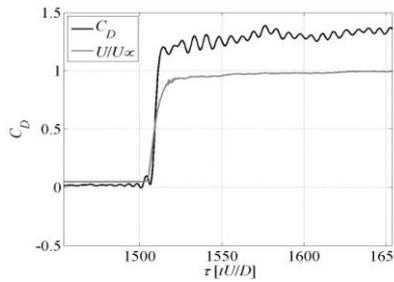


図3 時刻歴空気力特性
 迎角 $0[\text{deg.}]$, $U=3.01[\text{m/s}]$

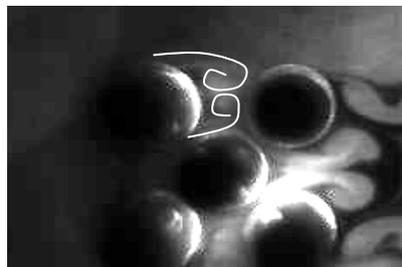


図5 迎角 $0[\text{deg.}]$,
 空気力ピーク時の流れ場の可視化写真

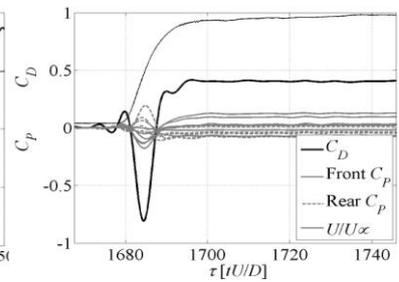


図4 過渡表面圧力特性
 迎角 $0[\text{deg.}]$, $U=3.04[\text{m/s}]$
 円柱 A

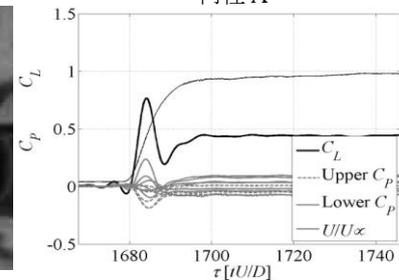


図6 過渡表面圧力特性
 迎角 $0[\text{deg.}]$, $U=3.04[\text{m/s}]$
 円柱 A

3. 排気筒断面, 迎角 $0[\text{deg.}]$ の過渡空気力特性 図3の排気筒断面全体での過渡抗力測定実験結果より、風速急変時

に定常時に対して大きなピークは見られなかった。しかしながら、図 4 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符号のピークを示し、排気筒断面全体ではみられなかった overshoot 現象がみられた。負の抗力が瞬間的に生じる理由は明らかではないものの、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 に堰き止められる流れ場ができていくことがわかる。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空気力では、定常時に平均揚力係数 $C_L=0.45$ を示すの

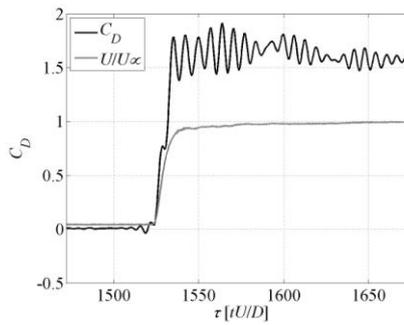


図 7 時刻歴空気力特性
迎角 45[deg.], $U=3.05$ [m/s]

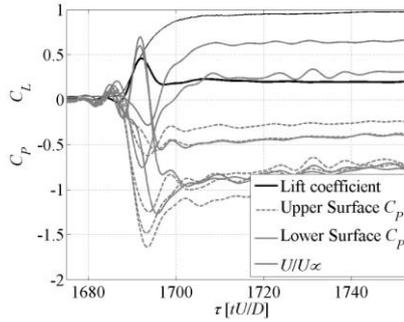


図 9 過渡表面圧力特性
迎角 45[deg.], $U=3.05$ [m/s]
円柱 A

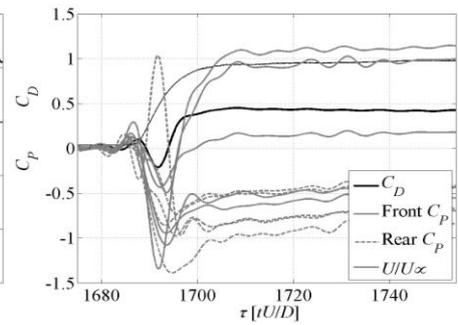


図 8 過渡表面圧力特性
迎角 45[deg.], $U=3.05$ [m/s]
円柱 A

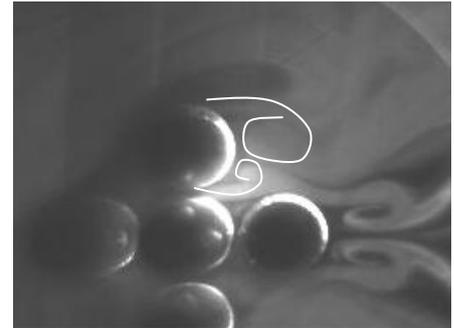


図 10 迎角 45deg.],
空気力ピーク時の流れ場の可視化写真

に対し、風速急変後の $\tau=1685$ で $C_L=0.76$ を示し、瞬間的な揚力の overshoot 現象がみられた。その後減少し、再び増加することで定常状態へ遷移していく。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正值のピークを示していると考えられる。

4. 排気筒断面、迎角 45[deg.]の過渡空気力特性 図 7 の排気筒断面全体での過渡抗力測定実験結果より、風速急変時に定常時に対して大きなピークは見られなかった。しかしながら、図 8 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 $C_D=0.45$ を示すのに対し、風速急変時に $\tau=1690$ 付近で $C_D=-0.21$ を示し、抗力が定常値とは逆

の符号のピークを示し、排気筒断面全体ではみられなかった overshoot 現象がみられた。このケースでも負の抗力が瞬間的に生じる理由は明らかではないものの、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双子渦が円柱 A の後方の近傍で巻き込んでいることがわかる。円柱 A の揚力に関しても、図 9 の過渡表面圧力を積分して得られる空気力では、定常時に平均揚力係数 $C_L=0.21$ を示すのに対し、風速急変後の $\tau=1690$ で $C_L=0.46$ を示し、瞬間的な揚力の overshoot 現象がみられた。揚力は迎角 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によって正值のピークを示していると考えられる。

5. 結論

排気筒断面、迎角 0[deg.], 3[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 現象が発生するものがあつた。
- 2) 排気筒断面の迎角 0[deg.], 45[deg.]の円柱 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。この理由は明らかではないものの、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、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