

フィードバック制御による横風を受ける鈍い物体の抵抗低減法 Drag Reduction Technique for Blunt Body with Cross Flow by Feedback Control

○ 堀尾 晋, 慶大院, 横浜市港北区日吉 3-14-1, E-mail: horio@mh.sd.keio.ac.jp
 菱田 公一, 慶大, 横浜市港北区日吉 3-14-1, E-mail: hishida@sd.keio.ac.jp
 Susumu HORIO, Keio Univ., 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8522 Japan
 Koichi HISHIDA, Keio Univ., 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8522 Japan

Drag reduction technique for blunt body with cross flow was experimentally investigated by utilizing wind tunnel and blunt body (aspect ratio $L/D = 2$). Cross flow was realized by turning the blunt body in the wind tunnel. Two rotating cylinders at the edge of blunt body were applied as the actuator for delaying separation. The effect on base pressure reduction was varied with the direction of cross flow. The state of the separation was comprehended by sensing the pressure distribution of the lateral side face. It demonstrated the possibility of applying to feedback control of drag force when the direction of cross flow changed.

1. 緒言

トラックやミニバンといった輸送機械に代表される流体中を動く鈍い物体は、剥離による抵抗を受けやすい形状である。そのため、剥離を制御し抵抗を低減することは省エネルギー化など環境負荷低減につながることから、数多く研究が進められてきた^[1]。しかし、風向き・流速変化といった現実的な外部環境変化に対応するべく流動場をセンシングし、取得した情報に基づいたフィードバック制御を実験的に行った研究^[2]は少ない。本研究では、境界層に運動量を与え剥離を遅らせることが可能な回転シリンダをアクチュエータとして、横風を受ける矩形柱の抵抗低減のフィードバック制御を実験的に達成することを目的とする。

2. 実験装置及び計測手法

Fig. 1 に実験装置概略図及び計測の構成, Table 1 に実験条件を示す。幅 $D = 100\text{mm}$ 長さ $L = 200\text{mm}$ の断面を持つ矩形柱を、吹き出し口が $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ である開放型風洞のテストセクションに設置し実験を行った。矩形柱の前縁に半径 $R = 10\text{mm}$ の回転シリンダを2つ設置し、一様流に沿って回転するようにDCモーターにより駆動させ、表面回転速度 U_{CR} , U_{CL} は $1.2 \sim 12\text{ m/s}$ の範囲で可変である。また、ステッピングモーターにより矩形柱を回転させることで、横風に対する迎え角を変化させた。流速計測には、Nd:YAGレーザ（波長 532nm ）を光源、CCDカメラ（Kodak社製 ES1.0, $1018 \times 1008\text{pixel}$, 8bit）による画像取得、煙をトレーサ粒子としたPIVを用いた。圧力センサ（Validyne社製 DP15）により、物体表面圧力と風洞出口の静圧との差圧を 1000Hz で 30s 取得し平均した。

3. 実験結果及び考察

速度比 (U_{CR}/U_0) に対する背圧の低減率（最大値で正規化）を Fig. 2 に示す。これより低減率の増加が停滞する速度比が存在し、迎え角が増加するに従いその速度比が高くなることが確認された。これは剥離が完全に付着し側面に沿って流れることで後流への影響が低下したためであると Fig. 3 の乱流エネルギーの等高線図からも考えられる。また、Fig. 4 にフィードバック制御のブロック線図を示した。迎え角の変化を外乱と捉え、外乱による抗力の変動を抑制する制御系を構築する。

4. 結論

物体が横風を受ける角度によって回転シリンダによる抵抗低減率が異なり、側面の表面圧力を計測し剥離の付着状態を把握することでフィードバック制御の可能性を示した。

参考文献

- (1) S. R. Munshi, et al, *J. Fluid Struct.* **11**, 873(1997)
- (2) J. F. Beaudoin et al, *Phys. Fluids*. **18**, 085107(2006)

Table 1. Experimental Condition

Freestream Velocity	U_0 [m/s]	4.0
Reynolds Number	$Re (= U_0 D / \nu)$	26000
Cylinder Surface Speed	U_{CR}, U_{CL} [m/s]	1.2~12

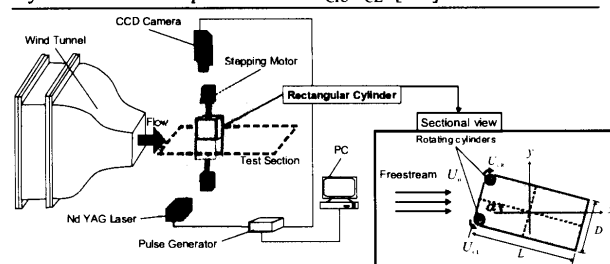


Fig. 1 Experimental setup and measurement system.

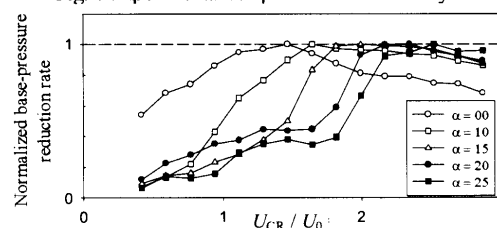


Fig. 2 Flow configuration and symbol definition

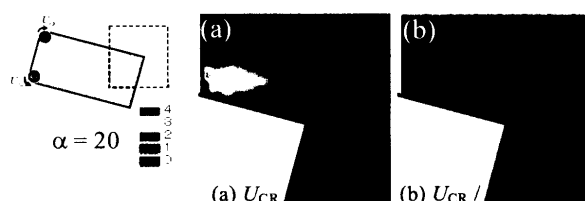


Fig. 3 Contour plot of turbulence energy $k = (\overline{u'^2} + \overline{v'^2}) / 2$ ($\alpha = 20$)

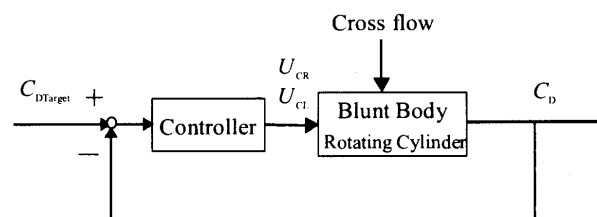


Fig. 4 Block diagram of control system.