プラズマアクチュエータを用いた気流制御の研究

九州工業大学大学院 学生員 〇内田達大 九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男

1. はじめに 近年,省エネルギー化が注目される中で,構造物の断面まわ りの流れパターンを制御する新しい手法として,DBD(Dielectric Barrier Discharge)プラズマアクチュエータを用いた剥離制御の研究が,航空・自動 車・風車等の各分野で進められている.図1にプラズマアクチュエータ概 略図を示す.プラズマアクチュエータは2枚の電極と誘電体から構成され る.これに電圧を印加することによって新たな風の流れを誘起することが でき,剥離制御に効果を発揮すると考えられる.そこで本研究では橋梁の 桁を対象とした断面において,プラズマアクチュエータを設置した際の剥 離制御の有効性について検討した.

2. 電源入力値 プラズマアクチュエータのプラズマの強さは電圧,周波数,周期,バースト時間に依存している.本研究では矩形波のバースト波¹⁾を用いた.バースト波とは,図2に示すように電圧印加の on と off を交互に繰り返す形であり,1周期を周期 T とし電圧印加 on の時間をバースト時間 T_1 とする. T と T_1 の比率は 10 : 1 となるように設定し²), 風速は 1m/s とした.

3. スモークワイヤー法を用いた可視化実験 プラズマアクチュエータ を設置した模型を用いて、スモークワイヤー法による流れの可視化を行 った.スモークワイヤー法は流動パラフィンを塗布したステンレス線に 電流を流すことで白煙を発生させ、流れを可視化する手法である.

<u>3.1 長方形断面の実験方法</u>図3に模型断面図(長さ200mm)を示す.プ ラズマアクチュエータは模型上部のみに上流端から7.5mmの位置に上 側電極が位置するように設置した.電源出力は電圧4kV,周波数12kHz, T=0.02s とした.

3.2 長方形断面の実験結果 実験結果を図4に示す. 矢印の地点にプラ ズマアクチュエータを設置している. (a), (b)とも模型上部での流れパタ ーンはほぼ同じであった. 違いが現れなかった主な原因として, プラズ マアクチュエータの設置位置が挙げられる. 今回設置した位置は模型上 流端で,最も流速が速い箇所である. 改善案としてプラズマアクチュエ ータを下流側にずらして同様の実験を行ったが,大きな変化は見られな かった. そこでプラズマアクチュエータを剥離点よりも上流に設置³⁾す るため六角形断面,八角形断面の検討を行った.

3.3 六角形断面,八角形断面の実験方法 模型の断面図(長さ 150mm)を 図 5 に示す.フェアリング先端の角度を α=20°,30°,40°,50°の4 ケー スについて検討した.また,α=20°,30°はフェアリング部分が長すぎる ため六角形断面の両端を斜距離で2/3 削った八角形断面についても検討 上側電極(厚さ0.05mm) 誘起流れ 誘電体層(厚さ0.03mm) 下側電極

図1 プラズマアクチュエータ概略図



図2 バースト波概略図



図3 長方形断面図



(a) プラズマアクチュエータOFF



(b) プラズマアクチュエータ ON図4 長方形断面静止画像

キーワード プラズマアクチュエータ 剥離抑制 流れの可視化 連絡先: 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 TEL093-884-3466 FAX093-884-3100 した. 電源出力は電圧 4kV, 周波数 10kHz, T=0.05s とした.

3.4 六角形断面, 八角形断面の実験結果 すべての断面について同様の 傾向が得られたため, ここでは一例として八角形断面のα=20°の実験結 果を図6に示す. プラズマアクチュエータ OFF の時は模型隅角部から風 が剥離している. 一方, プラズマアクチュエータ ON の時には剥離した 流れが再付着していることからプラズマアクチュュエータによる剥離抑 制を確認できた.

4. PIV を用いた流速測定実験 プラズマアクチュエータを取り付けた模型について PIV を用いた流速測定実験を行った.風洞内にトレーサー粒子を充填させ、レーザーと CCD カメラで撮影した 2 枚の画像を 1 組として解析することによって風向・風速を求めた.サンプリング周波数 15Hz とし、PIV の撮影枚数は 1500 組とした.模型とプラズマアクチュエータはスモークワイヤー法と同様の実験条件で,電源出力は電圧 4kV, 周波数 10kHz で実験を行った.

4.1 六角形断面, 八角形断面の実験結果 変化が顕著に現れた八角形断面のα=20°の実験結果を図7に示す. 点線で囲った箇所はレーザー光の反射によるエラーである.プラズマアクチュエータ OFF の時は X/B = 0.2 から X/B = 0.7 にかけて模型上部で剥離せん断層が厚くなっているのに対して,プラズマアクチュエータ ON の時は剥離せん断層が抑制されている. しかし, 六角形断面ではプラズマアクチュエータ ON と OFF で変化が現れなかったケースもあった. この原因としては, PIV の撮影間隔が

0.066s に対してバースト周期が 0.050s と短かったためと考えられる.撮影の瞬間に印加電圧が ON である枚数が多ければ変化を確認できるが,この枚数が少なければ変化を確認できない.

5. まとめ 可視化実験から長方形断面では模型上部での流れ の変化を確認できなかったが、六角形断面、八角形断面では瞬 間的な剥離抑制を確認できた.また、流速測定実験から八角形 断面では剥離抑制を確認できた.しかし、六角形断面ではプラ ズマアクチュエータ ON と OFF で変化が現れなかったケースが あった.本研究では既往の研究結果を参考にして T: T₁=10:1 を採用して実験を行ったが、より効果的な剥離抑制を達成する 上でこの値を用いることの妥当性を確認することが今後の課題 として挙げられる.

(参考文献)

前藤井孝蔵,浅田健吾:DBD プラズマアクチュエータによる翼剥離制御メカニズム バースト波解析が語るもの,ながれ 29 (2010),pp.259-270,2010.
大河内翔平,伊藤悟,鈴木雄二,笠木伸英:流れの能動制御のためのマイクロプラズマアクチュエータの効率評価,日本流体力学会年会2009,2009.
藤井孝蔵,浅田健吾:DBD プラズマアクチュエータ バリア放電を利用した新しい流体制御技術,日本機械学会工学部門ニューズレター「流れ」2007年12月号.





(b) プラズマアクチュエータON図6 八角形断面静止画像

