

# プラズマアクチュエータを用いた気流制御の高効率化に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○平野 智香子  
 九州工業大学 非会員 澤田 陽未  
 九州工業大学 正会員 松田 一俊 加藤 九州男

## 1. はじめに

近年、誘電体バリア放電により生成されるプラズマを利用した流体制御技術として DBD (Dielectric Barrier Discharge) プラズマアクチュエータ(図-1)が注目されている。DBD プラズマアクチュエータは二枚の電極とその間に挟まれる誘電体層から成るシンプルな構造をしており、電極間に交流高電圧を印加することで、上側電極から下側電極方向へ流れが誘起される。これまで DBD プラズマアクチュエータの剥離抑制効果は翼断面等で実証されていたが、昨年度、九州工業大学で行われた研究によって橋梁断面においても剥離抑制効果があることが確認された<sup>1)</sup>。そこでプラズマアクチュエータによる橋梁の空力振動抑制法の確立に向け、本研究では桁高・桁幅比 3 の矩形断面を用い、気流制御の高効率化を目的として、剥離抑制効果を高めるプラズマアクチュエータの電極幅・駆動条件・設置位置に関して検討した。今回は駆動条件・設置位置に関して述べる。

## 2. 駆動条件(St 数と Duty 比)の影響

### 2.1 実験概要

既往の研究では翼断面の失速角付近において揚力の減少を抑える St 数と Duty 比の組み合わせがあることが示されている<sup>2)</sup>。そこで矩形断面における揚力減少抑制対策としての St 数と Duty 比の組み合わせを検討するため、表-1 のように St 数と Duty 比を変化させて電子天秤を用いた揚力測定を行った。ここで Duty 比とは電圧印加 ON と OFF の 1 周期 T(s) に占める電圧印加 ON の時間 t(s) の割合のことである。また St 数は式 (1) のように定義され、風工学で用いる St 数と意味が異なる。

$$St = \frac{fD}{U} \dots (1)$$

ここで、St: ストローハル数, f: 変調周波数(1/s), D: 模型の代表長(m), U: 風速(m/s)であり、変調周波数とは電圧印加 ON・OFF の 1 秒間における繰り返し回数のことである。電源入力には電圧 4kV, 周波数 4kHz の矩形波を用い、風洞風速は 1m/s とした。

### 2.2 実験結果

揚力測定結果を図-2 に示す。矩形断面において揚力減少の抑制に効果的な St 数と Duty 比の明確な値を求めることは出来なかった。しかし常に電圧を印加した Duty 比 100% が揚力減少抑制対策に最も効果的であることから、これを以降の実験条件とした。

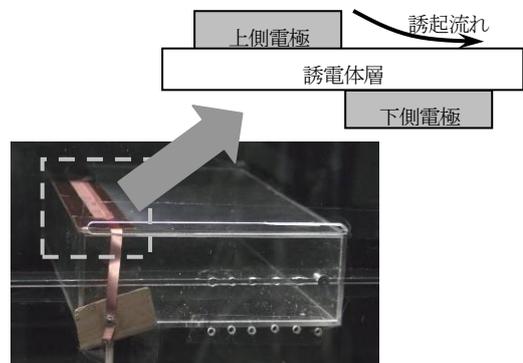


図-1 DBD プラズマアクチュエータ

表-1 駆動条件の実験ケース

St	f	T	Duty比							
			3%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	80%
0.15	2.50	0.400	0.012	0.020	0.040	0.080	0.120	0.160	0.200	0.320
0.45	7.50	0.133	0.004	0.007	0.013	0.027	0.040	0.053	0.067	0.107
0.6	10.00	0.100	0.003	0.005	0.010	0.020	0.030	0.040	0.050	0.080
0.75	12.50	0.080	0.002	0.004	0.008	0.016	0.024	0.032	0.040	0.064
1.05	17.5	0.057	0.002	0.003	0.006	0.011	0.017	0.023	0.029	0.046
2.1	35	0.029	0.001	0.001	0.003	0.006	0.009	0.011	0.014	0.023
4.05	67.5	0.015	0.0004	0.001	0.001	0.003	0.004	0.006	0.007	0.012

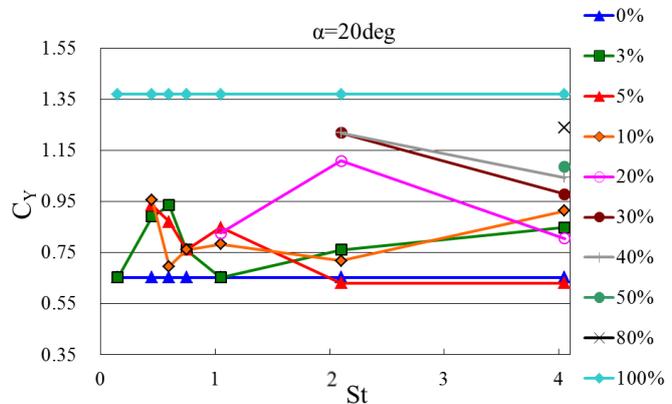


図-2 揚力測定結果

キーワード: 誘電体バリア放電, プラズマアクチュエータ, 誘起流れ, 粒子画像流速測定法, ストローハル数, Duty 比

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 TEL 093-884-3466 FAX 093-884-3100

### 3. 設置位置による影響

#### 3.1 実験概要

文献<sup>3)</sup>を参考にして、プラズマアクチュエータの設置位置を**図-3**のように変更し、PIV 実験より剥離抑制に効果的な設置位置を検討した。Case1-1~1-4 は主流方向に流れを誘起することで直接剥離を抑制し、Case2-1~2-5 は流れを攪乱させることで剥離を抑制できるのではないかと考え、ケースを分類した。また、電源入力には電圧 4kV、周波数 4kHz の矩形波を用い、風洞風速は 1m/s とした。

#### 3.2 実験結果

剥離抑制効果が高かった Case1-2 の平均流速コンター図を**図-4**に示し、流れの攪乱による風の乱れが顕著であった Case2-3 の主流方向の流速標準偏差のコンター図を**図-5**に示す。**図-4**より Case1-2 では前縁からの剥離を抑制していることがわかる。一方、Case1-3,1-4 では剥離点より下流側で流れを誘起するため、剥離抑制効果は低かった。Case2-1,2-2 では前縁の上流側で流れを攪乱させ、Case2-3,2-4 では主流に逆らう方向に流れを誘起させることで流れを攪乱し剥離を抑制しようと考えたが、剥離は抑制されなかった。また、Case2-5 は後縁の下流側で Case2-1 と同じ方向に流れを誘起させることで流れを攪乱し、剥離抑制を試みたが、その効果は低かった。**図-5**より模型断面周りの主流方向の流速の標準偏差が大きく変化しており、誘起流れによって流れを攪乱することで変動が大きくなった。Case2-2 を除き、Case2-1, 2-4, 2-5 においても流れの攪乱が確認できた。

#### 4. まとめ

矩形断面において剥離抑制効果を高めるプラズマアクチュエータの駆動条件および設置位置について検討した結果、電圧を常に印加する Duty 比=100%で揚力低減を防ぎ、設置位置は出来るだけ上流側に設置し、主流方向に風の流れを誘起することで剥離を抑制できることがわかった。今後の課題として駆動条件を検討する際、**表-1**においてグレーで染まった範囲は電源出力範囲外であり、実験できなかったため、風速や模型の代表長を変化させることで、St 数が小さい条件下など実験可能な範囲を広げる必要があると考える。

なお、本研究は JSPS 科研費 24656280 の助成を受けたものである。

#### <参考文献>

- 1)内田達大,プラズマアクチュエータを用いた気流制御の研究,九州工業大学卒業論文,2012
- 2)広瀬雄大,小里泰章,菊池聡,今尾茂樹,プラズマアクチュエータによる翼のはく離制御に関する実験的研究,日本機械学会 2012 年度年次大会,2012
- 3)瀧浪遼,深湯康二,光用剛,高石武久,池田充,平板型プラズマアクチュエータの特性評価および新幹線パンタグラフ舟体への適用のための基礎検討,日本機械学会 2012 年度年次大会,2012

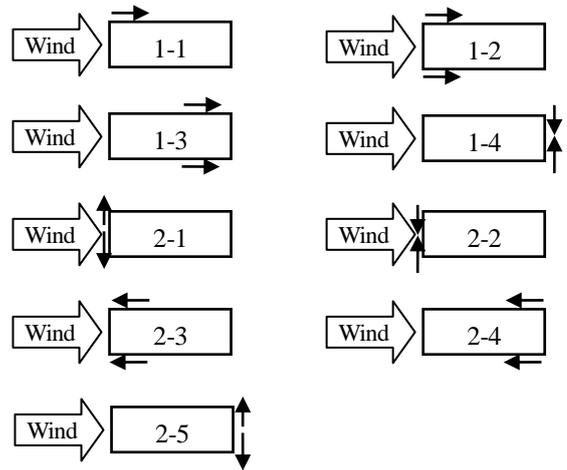


図-3 設置位置の実験ケース

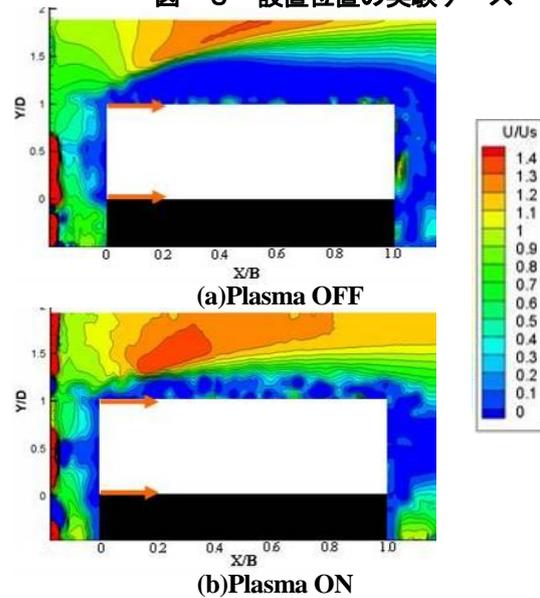


図-4 平均流速コンター図 (Case1-2)

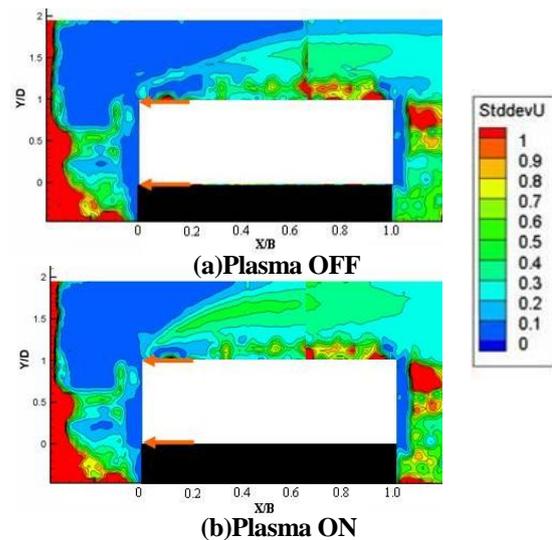


図-5 流速の標準偏差コンター図 (Case2-3)