プラズマアクチュエータを用いた断面辺長比 B/D=2 の矩形断面における空力振動抑制

九州工業大学大学院 学生会員 〇今村光志 九州工業大学大学院(研究当時) 非会員 須田健太郎 九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男

<u>1. はじめに</u>

著者らは、風による橋梁の振動に対する新たな制振装置となりう る流体制御デバイスとして, 図-1 に示す DBD (Dielectric Barrier Discharge) プラズマアクチュエータ¹⁾(以下, PA)の研究を行って いる. PA は、二枚の電極とその間に挟まれた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(印加電圧±4kV, 周波数 4kHz)²⁾を印加することで、上側電極から下側電極に向けて プラズマが発生し、その周辺において流れが誘起される.既往の研 究成果 ³⁾から,流れの可視化実験によって加振中での PA の気流制 御効果が定性的に確認されている.本研究では,空力振動抑制効果 という観点から、断面辺長比 B/D=2 の矩形断面の自己励起型渦励 振およびカルマン渦励振の各風速域においてばね支持応答実験お よび流れの可視化実験を行うことにより、PA による空力振動抑制 効果を定量的に明らかにすることを目的とした.

2. 実験概要

初めに断面辺長比 B/D=2.0の模型を用いて、迎角 0°, 一様流中 で鉛直たわみ1自由度ばね支持応答実験を行った.実験には九州 工業大学工学部建設社会工学科所有の可視化実験用小型風洞(測定 風洞断面:高さ 0.4m×幅 0.4m)を用いた. PA 設置後の模型概要を図 -2 に示す. 風速の違いが PA の振動抑制効果に与える影響を検討す るために,振動系の固有振動数fをf=7.22Hz, 5.47Hz, 3.26Hz と変 化させ、またスクルートン数 $Sc=2m \delta s/\rho D^2$ (m:単位長さ質量, δs :構造減衰(対数減衰率), ρ :空気密度,D:模型高さ)をお よそ4.2に一致させ、実験を行った.実験条件を表-1に示す.さら に、ばね支持応答実験によって応答の抑制が見られた風速でスモー クワイヤー法による流れの可視化実験を行い、PA の気流制御効果 を流れの面から確認した.なお,可視化実験用小型風洞(測定風洞 断面:高さ 0.4m×幅 0.4m)を用いた.



図-2 PA 設置概要

表−1

断面

ばね支持応答実験条件

固有

模型幅 模型高 模型長 辺長比 \mathbf{Sc} 振動数 $\mathbf{P}\mathbf{A}$ B(mm) D(mm) L(mm) B/D f(Hz) OFF 7 22 ON OFF 2.040 80 380 4.25.47ON OFF 3.26ON 1.4 f=7.22Hz f=5.47Hz 1.2 f=3 26Hz 9 - 1 2**1** 朢 0.8 0.2 0 5 20 25 30 35 0 10 15 換算風速 Vr=V/fD 図-3 PA-OFF 時応答実験結果

3. 実験結果および考察

PA-OFF 時の応答実験結果を図-3 に示す.縦軸を無次元倍振幅 2η/D(η:振幅(mm), D:模型高さ(mm)),横軸を換算 風速 Vr=V/fD(V:風洞風速(m/s), f:固有振動数(Hz), D:模型高さ(m))としている. なお,風洞の風速制限から, f=3.26Hz のケースでは自己励起型渦励振の発現は確認できていない.次に PA-ON 時の応答実験結果を図-4 に示す.グラフ 内の数字は振動の抑制率 {=(PA-OFF 時 - PA-ON 時)の無次元倍振幅/PA-OFF 時の無次元倍振幅×100} を示してい

キーワード プラズマアクチュエータ,自己励起型渦励振,カルマン渦励振,風洞実験,矩形断面 連絡先 住所:〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1, 電話:093-884-3466

る.自己励起型渦励振風速域およびカルマン渦励振風速域における流れの可視化実験結果をそれぞれ図-5 および図-6 に示す.矢印の位置が PA の設置位置である.

3.1 自己励起型渦励振風速域

図-4(a)の f=7.22Hz のケースは,自己励起型渦励振風速域に おいて PA による振動抑制効果が確認できた.抑制率は高風速側 の方が高く,高風速側で PA による振動抑制効果が大きいことが わかる.これは自己励起型渦励振風速域における空気力の振幅依 存性が要因であると考えられる.さらに,図-5の流れの可視化実 験結果より,PA-ON時にて上流端からの前縁剥離渦の抑制が見ら れたことから,PA による気流制御効果を確認することができた. なお,図には示していないが f=5.47Hz の場合も f=7.22Hz と同様の PA による振動抑制効果及び気流制御効果を確認している.

3.2 カルマン渦励振風速域

図-4(b)より, f=3.26Hz のケースではカルマン渦励振風速域において, PA による振動抑制効果が確認できた.抑制率は低風速側の方が高く,低風速の方が PA による振動抑制効果が大きいことがわかる.さらに,図-6の流れの可視化実験結果より,PA-ON 時にて,模型中央部で流れの再付着が見られたことから,PA による気流制御効果が確認できた.一方,図-4(a)より f=7.22Hz のケースのカルマン渦励振風速域においては,PA による振動抑制がほとんど確認されなかった.これは高振動数および高風速であることが原因で,PA による気流制御効果が小さかったためと考えられる.





(a)PA-OFF(2η/D=0.28)
(b)PA-ON(2η/D=0.17)
図−5 流れの可視化実験結果
(*f*=7.22Hz, Vr=5.5, 変位最上位点)

<u>4. 結論及び今後の課題</u>

本実験結果より、断面辺長比 B/D=2 に発現する自己励起型渦励振及びカルマン渦励振に対して、PA による一定の振動抑制は可能であることが明らかとなった.ただし、カルマン渦励振風速域においては高振動数、高風速の場合、PA による振動抑制効果は確認されていない.今後は、高風速域でも気流制御が可能な誘起流速の大きい、PA の 開発、また模型の上下両面に PA を設置した場合の振動抑制効果を検討する必要があると考える.

本研究は JSPS 科研費 JP16K06470 の助成を受けたものです.

参考文献

- Corke, T. C., Enloe, C. L., and Wilkinson, S. P., "Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators for Flow Control," *Annual Review of Fluid Mechanics*, 42, pp.505-529, 2010.
- Matsuda, K., Kato, K., Uchida, T., Hirano, C., and Sawada, A., "Flow Control of Bridge Deck Section Using Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators," Proc. of 6th European and African Conference on Wind Engineering, 2013.
- Matsuda, K., Kato, K., "Aerodynamic Flow Separation Control of Bridge Deck Sections Using Plasma Actuators," Proc. of the 2015 Pressure Vessels & Piping Division Conference, 2015.



図-4 PA-ON 時応答実験結果





(a)PA-OFF(2η/D=0.14)
(b)PA-ON(2η/D=0
図−6 流れの可視化実験結果
(f=3.26Hz, Vr=13.8, 変位最上位点)