

後縁二次渦がねじれ自己励起型渦励振に与える影響

九州工業大学

学生会員 ○重富 聖太

九州工業大学大学院

学生会員 曹 納徳 江尻 和史

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

自己励起型渦励振は従来、前縁剥離渦と後縁二次渦の一体化に起因して生じる振動現象¹⁾であると考えられている。ところが、近年本学で行われた研究^{2),3),4)}によって断面辺長比 $B/D=0.62\sim6.0$ の断面に対して、風洞実験および流れの可視化実験を行ったところ、後縁二次渦は、たわみ自己励起型渦励振の発現条件に必ずしも成りえないが、励振力の大小には影響を与えている可能性があることが示唆された。このように、後縁二次渦の役割は未だ十分解明されていないのが現状である。そこで本研究は、断面辺長比 $B/D=2, 4, 6$ に対し、後縁二次渦の役割について十分に検討されていないねじれの自己励起型渦励振を対象に風洞実験および流れの可視化実験を行い、ねじれ自己励起型渦励振に後縁二次渦が与える影響について明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

ねじれ 1 自由度ばね

支持応答実験では、断面辺長比 $B/D=2, 4, 6$ の矩形断面を対象として行い、自己励起型渦励振の応答の確認を行った。

表-1 にばね支持実験

表-1 ばね支持実験条件

B/D	模型幅 B(m)	模型高 D(m)	空気密度 ρ (kg/m^3)	単位長 極慣性モーメント $I(\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{m})$	構造減衰 (対数減衰率) δ_φ	固有振動数 f_φ (Hz)	スクルートン数 $Sc=2I\delta_\varphi/\rho D^4$
2	0.36	0.18	1.23	0.039	0.0082	4.18	0.50
4	0.36	0.09	1.22	0.047	0.0136	4.84	16
6	0.54	0.09	1.23	0.094	0.0137	3.41	32

条件を示す。いずれの実験も風洞気流は一様流とした。

流れの可視化実験では、測定洞入口付近に張られた金属細線に油を塗布し電流を流すことで白煙を発生させて風洞気流を可視化するスモークワイヤー法を用いた。流れの可視化実験状況および流れの可視化実験条件をそれぞれ写真-1 および表-2 に示す。風洞風速は可視化が良好となる $V=0.8\text{m/s}$ に設定し、実験ケースごとに加振振動数 f を変化させることで、応答結果に基づいた自己励起型



写真-1 流れの可視化実験状況

渦励振発現換算風速 $V_r=V/fD$ に調整し、渦励振を模擬して実験を行った。各ケースにおいて加振振幅を変化させ振動 10 周期分の撮影を行い、後縁二次渦生成率の測定を行うことで後縁二次渦生成傾向の確認を行った。後縁二次渦生成率

表-2 流れの可視化実験条件

B/D	模型幅 B(m)	模型高 D(m)	強制加振 振動数(Hz)	換算風速 $V_r=V/fD$	強制加振振幅 2θ (deg.)
2	0.08	0.04	7.7	2.6	0.3-10
4	0.08	0.02	8.9	4.5	0.3-8.0
6	0.12	0.02	6.4	6.2	0.3-8.0

V:風洞風速, 0.8m/s に固定

の定義については、後縁二次渦は振動 1 周期に最大 2 個生成されることから、撮影する 10 周期では最大 20 回の後縁二次渦が生成される。そこで撮影映像より後縁二次渦生成率(%)=(後縁二次渦生成数/20)×100(%)とし、算出した。

3. 実験結果および考察

図-1 に $B/D=2$ の応答結果を示す。換算風速 $V_r=2.6$ 付近より渦励振の発現が確認された。 $V_r=2.6$ は、ねじれ自己励起型渦励振発現換算風速 $V_{cr}=1.11B/D=2.22$ に近接していることから、この渦励振は自己励起型渦励振であると考えられる。ばね支持応答実験結果を踏まえて、流れの可視化実験では、換算風速 $V_r=2.6$ において加振振幅を変化させ、後縁二次渦生成率を計測した。図-2 に $B/D=2, V_r=2.6$ での後縁二次渦生成率の測定結果を示す。既往

の研究⁴⁾と同様に加振振幅の増大に伴い後縁二次渦生成率が増加する傾向が確認できた。また、加振振幅 $2\theta = 0.3 \sim 1.0^\circ$ においては後縁二次渦生成率 5%以下であり、図-1 より後縁二次渦が十分に生成されていない振幅範囲において自己励起型渦励振が発現していることが分かる。このことから、 $B/D=2$ においてねじれ自己励起型渦励振の発現に後縁二次渦は必ずしも必要ではないと考えられる。

図-3 に $B/D=4$ の応答結果を示す。換算風速 $V_r=4.5$ 付近より振動の発現が確認された。ねじれ自己励起型渦励振発現換算風速は、 $V_{cr}=1.11B/D=4.44$ であることから、この振動は自己励起型渦励振であると考えられる。ばね支持応答実験結果を踏まえて、流れの可視化実験では、換算風速 $V_r=4.5$ において加振振幅を変化させ、後縁二次渦生成率を計測した。図-4 に $B/D=4$ 、 $V_r=4.5$ での後縁二次渦生成率の測定結果を示す。 $B/D=4$ のケースにおいても加振振幅の増大に伴い後縁二次渦生成率が増加する傾向が確認できた。また、加振振幅 $2\theta = 0.3 \sim 1.0^\circ$ では生成率 30%以下であり、図-3 より後縁二次渦が十分に生成されていない振幅範囲において自己励起型渦励振が発現していることが確認された。また、 $B/D=6$ においても $B/D=4$ と同様な傾向が見られた。このことから、 $B/D=4, 6$ においても自己励起型渦励振の発現には後縁二次渦は必ずしも必要ないと考えられる。

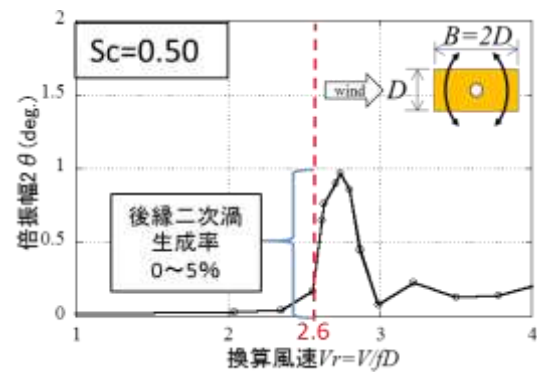


図-1 応答測定結果($B/D=2$)

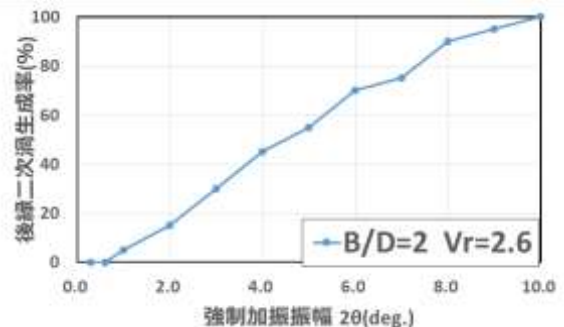


図-2 後縁二次渦生成率測定結果 ($B/D=2$, $V_r=2.6$)

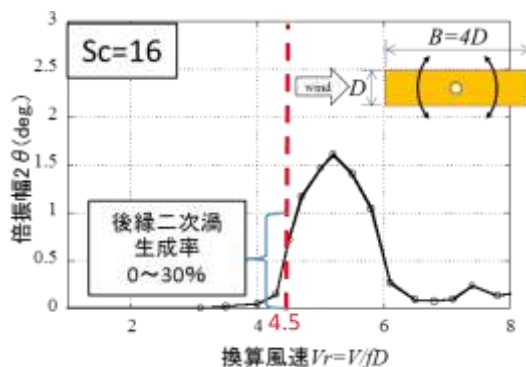


図-3 応答測定結果($B/D=4$)

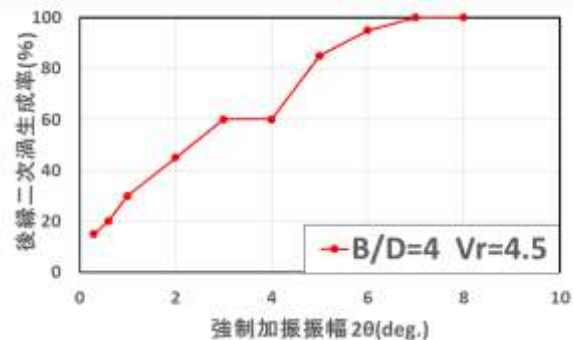


図-4 後縁二次渦生成率測定結果 ($B/D=4$, $V_r=4.5$)

4. まとめ

断面辺長比 $B/D=2, 4, 6$ においては、後縁二次渦が十分に生成されていない振幅においてもねじれ自己励起型渦励振の発現が確認されたことから、ねじれ自己励起型渦励振の発現において後縁二次渦は必ずしも必要ではないと考えられる。

参考文献

- 1) 白石成人, 松本 勝: 充腹構造断面の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第 322 号, pp.37-50, 1982.
- 2) K. Matsuda et al.: Experimental study on aerodynamic vibrations of rectangular cross sections having low side ratios, 8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications, 2016.
- 3) K. Matsuda et al.: Study on the relation between side ratios of rectangular cross sections and secondary vortices at trailing edge in motion-induced vortex excitation, Proceedings of the ASME 2017 Pressure Vessels and Piping Division Conference, 2017.
- 4) 曹納徳: 自己励起型渦励振に与える後縁二次渦の影響, 九州工業大学修士論文, 2018.