

H 型断面における後縁二次渦が自己励起型渦励振に与える影響

九州工業大学 学生会員○山口 鈴人 九州工業大学大学院 正会員 松田 一俊
九州工業大学大学院 学生会員 重富 堅太 九州工業大学大学院 正会員 加藤 九州男

1. はじめに

自己励起渦励振は、従来、物体が振動することで生じる前縁剥離渦および後縁二次渦の一体化が発現の要因であり、前縁剥離渦は後縁二次渦と一体化することで安定するとされている¹⁾。

本学では、自己励起型渦励振における後縁二次渦の役割を明らかにするための研究を継続的に行っている。これまでの研究成果^{2), 3)}から、後縁二次渦は自己励起型渦励振の発現に必ずしも必要ではないことが明らかとなった。また、後縁二次渦が顕在化した際に応答が増大することが確認されたことにより、後縁二次渦は前縁剥離渦と一体化することで、自己励起型渦励振の励振力の大小に影響を与えている可能性が示唆された。しかし、後縁二次渦の役割についての詳細は明確化されていない。そこで、本研究では H 型断面および矩形断面を対象に応答実験および流れの可視化実験を行うことにより、基本的な断面における後縁二次渦が自己励起型渦励振に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

本研究では各断面で鉛直たわみ 1 自由度ばね支持実験で自己励起型渦励振の応答測定を行い、その結果をもとに流れの可視化実験で断面周りの流れを再現し、後縁二次渦の役割を考察する。

2.1 鉛直たわみ 1 自由度ばね支持実験

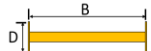
ばね支持実験では九州工業大学の回流式空力弾性試験用風洞（測定断面：高さ 1.78m×幅 0.91m）を使用し、迎角 $\alpha=0^\circ$ 、一様流中で実験を行った。表-1 にばね支持実験条件を示す。対象とする模型は 2 種類の H 型断面（断面辺長比 $B/D=2, 4$ ）とした。比較のため、矩形断面の実験も行った。また、ばね支持実験では、電磁ダンパーを用いて構造対数減衰率 δ_s を調節することで、応答を支配するパラメータであるスクルートン数 $Sc=2m\delta_s/\rho D^2$ (m : 単位長さ質量(kg/m), δ_s : 構造対数減衰率, ρ : 空気密度(kg/m³), D : 模型高さ(m)) を、各断面辺長比でほぼ一致させて実験を行った。

2.2 流れの可視化実験

流れの可視化実験は、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）を使用し、スモークワイヤ法を用いた断面周りの流れの可視化実験を行った。使用模型の縮尺率は、ばね支持実験模型の 2/9 とした。図-1 に示すようにばね支持実験の測定結果に基づき (i) 発現時換算風速および (ii) リミットサイクル範囲を除いた peak 振幅時での換算風速で加振振幅を変化させながら実験を行った。風洞風速は可視化が良好となる $V=0.6\text{m/s}$ 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換算風速 V_r を調整し、目的とする撮影箇所での自己励起型渦励振を模擬して実験を行った。各撮影箇所において振動 10 周期分の撮影を行い、後縁二次渦生成率の測定を行った。後縁二次渦生成率の定義については、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。

表-1 ばね支持実験条件

TYPE	形状	B/D	模型幅B(m)	模型高D(m)	スクルートン数Sc
H型		2	0.18	0.09	4.6
		4	0.36		10.5
矩形		2	0.18	0.09	4.7
		4	0.36		10.1

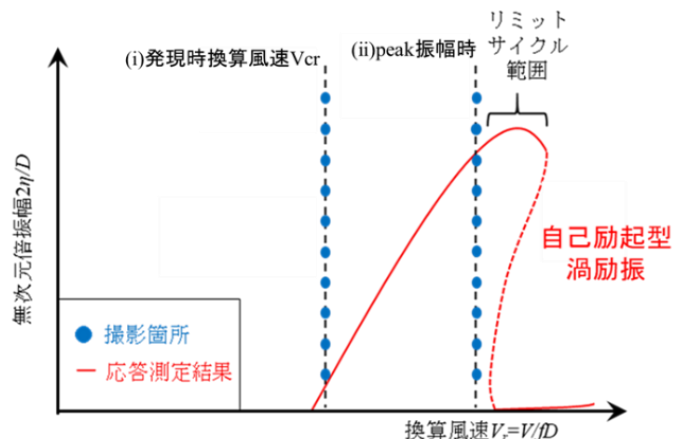


図-1 撮影箇所概要図

3. 実験結果および考察

図-2 に $B/D=2$, 4 の H 型断面および矩形断面のばね支持実験結果を示す。また、写真-1 に H 型断面($B/D=2$)、写真-2 に矩形断面($B/D=2$)の流れの可視化実験結果の一部を示す。 $B/D=2$ の応答測定結果について、 $Vr=1.67B/D$ より自己励起型渦励振の発現が確認された。また、矩形断面と比較し H 型断面の方が、最大応答振幅が大きい結果となった。この要因として、写真より発現時および peak 振幅時の H 型断面の前縁剥離渦が、矩形断面のそれと比べ大きく励振力が大きいことが推察される。また、自己励起型渦励振発現時の換算風速および peak 振幅時の換算風速において、撮影したすべての加振振幅 $2\eta/D$ で後縁二次渦が生成されていない様子が確認できた。また、これらのことは、H 型断面($B/D=4$)においても同様であった。このように、自己励起型渦励振の発現時および peak 振幅時の換算風速において後縁二次渦が生成されていないにもかかわらず、自己励起型渦励振が発現し応答が十分に発達していることから、H 型断面($B/D=2, 4$)において後縁二次渦は自己励起型渦励振の発現・発達に必ずしも必要ではないと考えられる。

4. まとめおよび今後の予定

ばね支持実験結果および流れの可視化実験結果より、H 型断面($B/D=2, 4$)において後縁二次渦は自己励起型渦励振の発現・発達に必ずしも必要ではないことが明らかになった。また、矩形断面($B/D=2, 4$)と比較し H 型断面の方が、最大応答振幅が大きい結果となった。

今後は実構造物断面により近い基本的な桁断面における後縁二次渦の役割について研究を行う。また今後の課題として、非定常圧力測定等の実験により、定量的な検討を行うことが挙げられる。

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.: 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 & Piping Division Conference, PVP2017, 65565, 2017.
- 3) 東村諒也ら: 自己励起型渦励振における後縁二次渦と断面辺長比の関係性, 平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1-48, 2018.

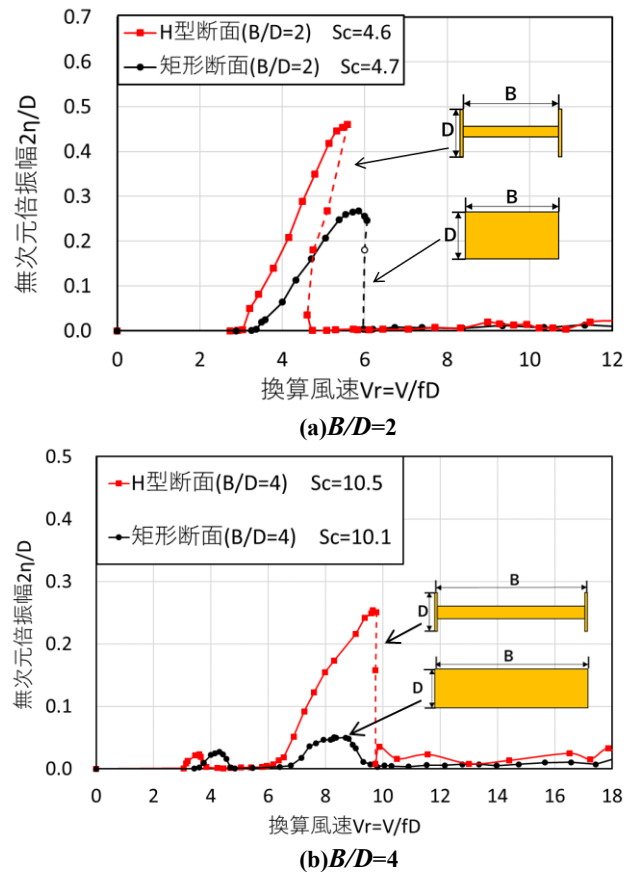


図-2 ばね支持実験結果 (H 型断面, 矩形断面)

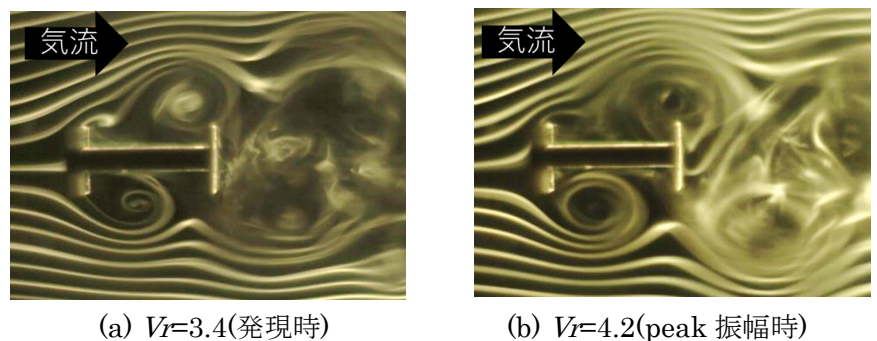


写真-1 流れの可視化実験結果(H 型断面 ($B/D=2$), $2\eta/D=0.2$, 変位最上点)

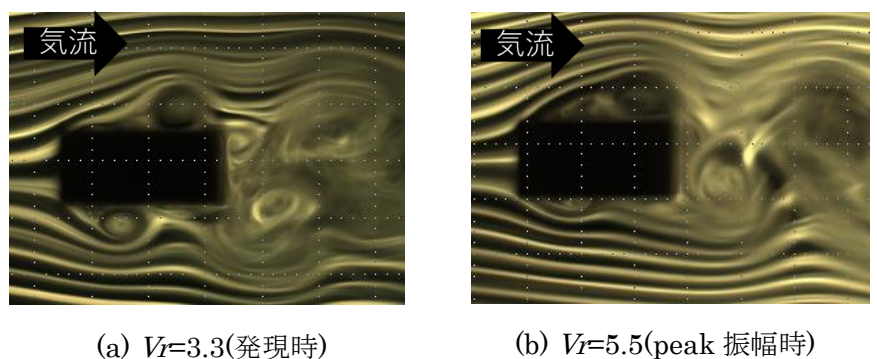


写真-2 流れの可視化実験結果(矩形断面($B/D=2$), $2\eta/D=0.2$, 変位最上点)