

自己励起型渦励振における後縁二次渦の必要性に関する実験的研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○柳瀬智也
九州工業大学大学院 (研究当時) 今村光志
九州工業大学大学院 学生会員 曹納徳

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 正会員 加藤九州男
九州工業大学大学院 学生会員 重富堅太

1. はじめに

従来、自己励起渦励振は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るとされている¹⁾。しかし、本学のこれまでの研究成果^{2), 3)}から、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く、後縁二次渦は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。しかしながら、その可能性についての詳細は明確化されていない。そこで、本研究では断面形状を幾何学的に変化させ、後縁二次渦が生成しない、または生成しにくいと想定される断面を用いた実験を行い、自己励起型渦励振の発現における後縁二次渦の必要性だけでなく、最大振幅における励振力に与える影響についても明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 鉛直たわみ1自由度ばね支持実験

ばね支持実験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1.80m×幅0.91m)を使用し、迎角 $\alpha=0^\circ$ 、一様流中で行った。表-1 にばね支持実験条件を示す。TYPE1, 3 では勾配 θ 、TYPE2 では張り出し板長さ D' をそれぞれ変化させ、計9種類の断面で実験を行った。また、比較のため、 $B/D=2.0$ の矩形断面の実験も行った。電磁ダンパーを用いて構造減衰(対数減衰率) δ を調節し、スクルートン数 $Sc=2m\delta/\rho D^2$ (m : 単位長さ質量(kg/m), δ : 構造減衰(対数減衰率), ρ : 空気密度(kg/m³), D : 模型高さ(m))を各断面形状TYPEでほぼ一致させた。

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の可視化実験用小型風洞(測定断面:高さ0.4m×幅0.4m)を使用し、スモークワイヤー法を用いた。模型はばね支持実験と同様の断面形状とし、自己励起型渦励振の発現換算風速付近および最大振幅発現換算風速にて、加振振幅を変化させて後縁二次渦生成率を測定した。後縁二次渦は1周期で最大2個生成され、撮影周期は10周期分であるため、後縁二次渦生成率を(生成回数/20)×100(%)と定義した。

表-1 ばね支持実験条件

TYPE	形状	変化させるパラメーター	B/D	模型高さD(m)	模型幅B(m)	閉塞率(%)	スクルートン数Sc
		-	2	0.09	0.18	5	4.7
1		勾配 θ (°)	2	0.09	0.18	5	4.7
		5					
		10					
2		張り出し板長さ D'	2	0.072	0.144	6	4.7
		0.25D				8	
		0.50D				10	
3		勾配 θ (°)	1	0.09	0.09	5	1.1
		5					1.3
		10					1.3

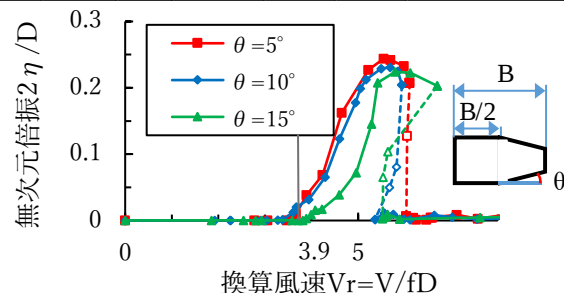
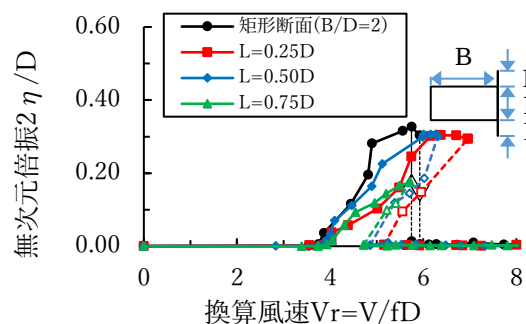
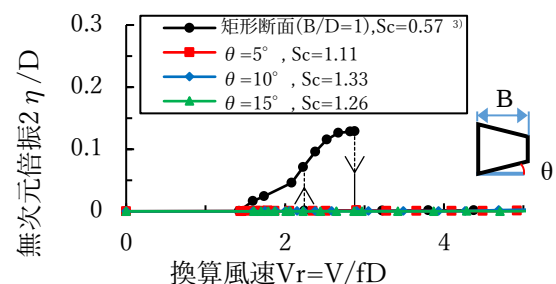
(a) TYPE1 ($Sc=4.7$)(b) TYPE2 および $B/D=2$ の矩形断面 ($Sc=4.7$)(c) TYPE3 および $B/D=1$ の矩形断面

図-1 ばね支持実験結果

キーワード 自己励起型渦励振, 後縁二次渦, 風洞実験

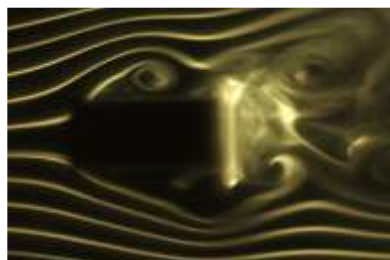
連絡先 住所: 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1, 電話: 093-884-3466

3. 実験結果および考察

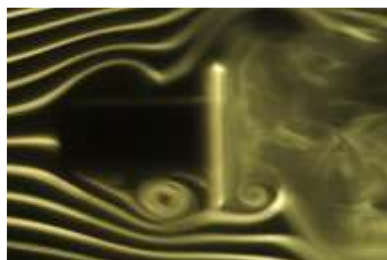
図-1 に TYPE1, TYPE2 および TYPE3 の応答測定結果を示す. TYPE2 および TYPE3 の応答図には比較のため各断面辺長比に対応した矩形断面の応答図も示す. 図-1 より TYPE 1 および TYPE2 のすべての断面で自己励起型渦励振の発現が確認されたが TYPE3 の断面では自己励起型渦励振の発現は確認されなかった.

TYPE1 の自己励起型渦励振の発現換算風速付近および最大振幅発現換算風速における後縁二次渦生成率をそれぞれ図-2 および図-3 に示す. 図-1 (a) および図-2 より自己励起型渦励振の発現換算風速付近 ($V_r=3.9$)における小さい振幅 ($2\eta/D < 0.05$)で後縁二次渦が生成されていないことが確認された. また, 図-1 (a) および図-3 より, 最大振幅発現換算風速 ($V_r=5.2$)において, 後縁二次渦の生成された断面である勾配 $\theta=5^\circ$ および後縁二次渦がほぼ生成されていない断面である勾配 $\theta=10^\circ, 15^\circ$ の各最大振幅は, 同程度であることが確認された. よって, TYPE1 断面において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く, かつ最大振幅における励振力に与える影響は小さいと考えられる.

TYPE2 の流れの可視化実験結果の一部を図-4 に示す. 流れの可視化実験結果から, TYPE2 の断面では自己励起型渦励振の発現換算風速付近において, 撮影したすべての無次元倍振幅 $2\eta/D$ で後縁二次渦の生成は確認されなかった. この傾向は最大振幅発現換算風速においても同様であった. しかし, 鉛直張出し板長さ $D'=0.25D, 0.50D$ の各断面の最大振幅は, 後縁二次渦を生成することが確認されている断面辺長比 $B/D=2$ の矩形断面と同程度である. 従って, TYPE2 断面において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く, かつ最大振幅における励振力に与える影響は小さいと考えられる.



(a) $D'=0.25D'$



(b) $D'=0.50D'$



(c) $D'=0.75D'$

図-4 TYPE2 の流れの可視化画像 ($V_r=4.0, 2\eta/D=0.20$, 変位最下点)

TYPE3 の流れの可視化実験結果の一部を図-5 に示す. 換算風速 $V_r=1.7$ の流れの可視化実験結果から, 勾配 $\theta=5^\circ$ の断面のみ後縁二次渦の生成が確認された. しかし, いずれの断面でも自己励起型渦励振は発現しておらず, また, 別途行った換算風速 $V_r=1.9, 2.2$ および 2.9 における空力減衰測定から, 空力減衰が正であることが確認された. よって, TYPE3 の断面は後縁二次渦の有無に関わらず自己励起型渦励振が発現しない断面であると推察される.

4. まとめ

本実験結果から, TYPE1 および TYPE2 の断面において後縁二次渦は, 自己励起型渦励振の発現に必ずしも必要ではなく, かつ最大振幅における励振力に与える影響は小さいと考えられる.

参考文献

- 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.
- 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.
- 東村諒ら: 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.

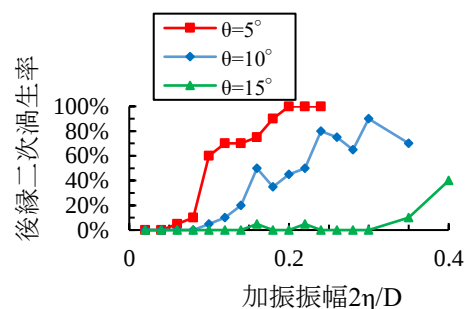


図-2 TYPE1 後縁二次渦生成率 ($V_r=3.9$)

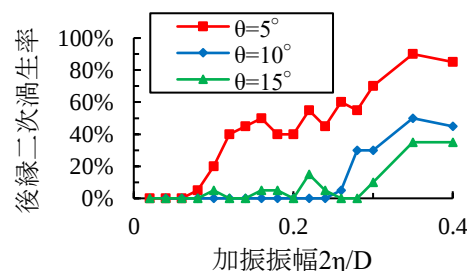


図-3 TYPE1 後縁二次渦生成率 ($V_r=5.2$)



図-5 TYPE3 の流れの可視化画像 ($\theta=5^\circ, V_r=1.7, 2\eta/D=0.10$, 変位最下点)