

断面辺長比 $B/D=2.0$ および 4.0 の矩形断面における自己励起型渦励振と後縁二次渦の関係性

九州工業大学院 学生会員 ○田邨拓海 曹 納徳
九州工業大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男
鹿児島県庁(研究当時九州工業大学) 非会員 東村諒也

1. はじめに

従来, 自己励起型渦励振の発現は前縁剥離渦と後縁二次渦の一体化が要因と考えられ, 断面辺長比 $B/D=2.0\sim 8.0$ の矩形断面でその発現が確認されている¹⁾. しかし, 本学でのばね支持応答実験の結果, $B/D=0.62, 0.75, 1.00, 1.18$ の断面でも自己励起型渦励振の発現が確認され²⁾, 流れの可視化実験の結果, その発現に後縁二次渦は必ずしも必要ないことが推察された³⁾. そこで, $B/D=2.0$ 以上の断面において自己励起型渦励振と後縁二次渦の関係性は確認されていないため, 本研究では, $B/D=2.0$ および 4.0 の断面を対象に, 自己励起型渦励振と後縁二次渦の関係性を得ることを目的とした.

2. 実験概要

$B/D=2.0$ および 4.0 の 2 次元剛体模型を用いてばね支持応答実験および流れの可視化実験を行った. ばね支持応答実験には九州工業大学工学部建設社会工学科所有の回流式空力弾性試験用風洞(測定風洞断面高さ $1.78\text{m}\times$ 幅 0.91m), 流れの可視化実験には同学科所有の可視化実験用小型風洞(測定風洞断面: 高さ $0.4\text{m}\times$ 幅 0.4m)を用いた. $B/D=2.8\sim 6.0$ 付近の断面では自己励起型渦励振とカルマン渦励振の発現換算風速が近接する⁴⁾ことから, カルマン渦の抑制を目的に図-1 に示すようにスプリッタ板(以下, S.P.)(厚さ $t=0.15D$, 長さ $l=20.0D$)を用いて各実験を行った. S.P.の設置間隔は 2 種類とした.

ばね支持応答実験の実験ケースを表-1 に示す. S.P.が応答に与える影響を比較するため, スクルートン数 $S_c(=2m\delta/\rho D^2)$, m : 振動系単位長さ質量(kg/m), δ : 構造減衰(対数減衰率), ρ : 空気密度(kg/m^3), D : 模型高(m))を B/D ごとに近い値に設定して実験を行った.

流れの可視化実験の撮影点概略図を図-2 に示す. 応答実験と同様の実験ケースについて自己励起型渦励振の (i) 応答振幅最大点付近および (ii) 発現換算風速 $V_{cr}=1.67B/D, 0.83B/D$ で強制加振した模型をそれぞれ 10 周期分撮影した. 風洞風速 V を 0.8m/s に設定し, 加振振動数 $f(\text{Hz})$ を調節することで目的の換算風速 $V_r=V/(fD)$ に設定した. ただし, 模型縮尺は応答実験で使用した模型の $1/4.5$ である.

3. 実験結果および考察

図-3 および写真-1 に $B/D=2.0$ の応答測定結果および流れの可視

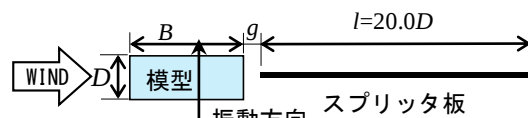


図-1 実験概要図

表-1 ばね支持応答実験ケース

B/D	模型高 $D(\text{m})$	模型幅 $B(\text{m})$	S. P.	g	S_c
2.0	0.09	0.18	なし	—	4.7
			あり	$0.10B$	4.7
				$0.25B$	5.2
4.0	0.36	0.36	なし	—	10.1
			あり	$0.10B$	9.9
				$0.31B$	10.1

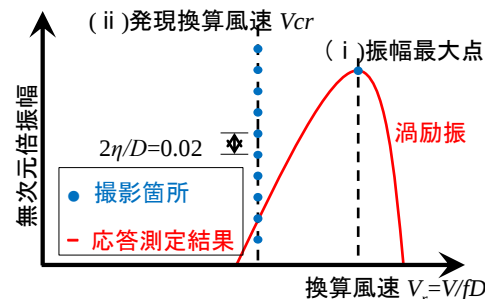


図-2 撮影点概略図

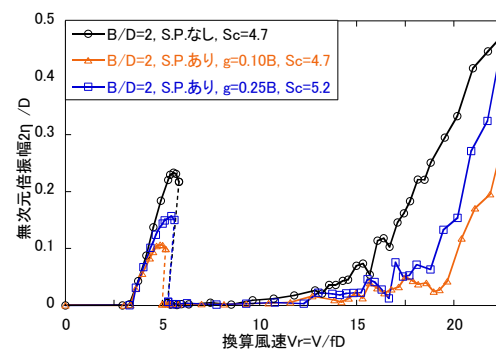


図-3 応答測定結果 ($B/D=2.0$)

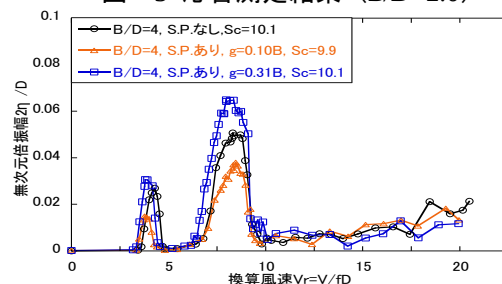


図-4 応答測定結果 ($B/D=4.0$)

キーワード 自己励起型渦励振, カルマン渦励振, 後縁二次渦, 矩形断面, 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

化実験結果をそれぞれ示す. S.P.による自己励起型渦励振およびカルマン渦励振の抑制効果が確認できた. これは写真-1(b)のように S.P.が後縁二次渦の発達を阻害していることが原因であると考えられる.

図-4 および写真-2 に $B/D=4.0$ の応答測定結果および流れの可視化実験結果をそれぞれ示す. S.P.を $g=0.10B$ の位置に設置すると自己励起型渦励振の最大振幅の低下が確認された. これは既往の研究⁵⁾と同様の傾向にある. 一方 S.P.を $g=0.31B$ の位置に設置すると最大振幅の上昇が確認された. これも既往の研究⁴⁾と同様の傾向にある. 写真-2 に示すように S.P.なしに比べ, S.P.あり($g=0.31B$)の場合, S.P.の設置によってカルマン渦が抑制され, 前縁剥離渦が顕在化するだけでなく, 後縁二次渦の隙間への巻き込みが強まることによって励振力が大きくなったことが原因だと考えられる.

図-5 に S.P.なしの場合の自己励起型渦励振の発現換算風速における後縁二次渦生成率を示す. ここで, 後縁二次渦生成率は, 流れの可視化実験において強制加振した模型を 10 周期撮影したとき, 後縁二次渦は最大で 20 個生成するため, $(\text{生成回数}/20) \times 100(\%)$ と定義した. 図-6 に示す既往の研究³⁾と同様に加振振幅の増大にともなって生成率が高くなる傾向にある. 図-3 および図-4 の応答図と比較すると, 自己励起型渦励振の発現開始時に後縁二次渦は常に生成されていないことが推察される. ゆえに, 自己励起型渦励振の発現に関しては, 後縁二次渦は必ずしも必要ではないと考えられる.

4. 結論

$B/D=2.0$ および 4.0 の自己励起型渦励振の励振力の大小は後縁二次渦に依存していることが示唆された.

また, $B/D=0.62 \sim 1.18$ と同様に, $B/D=2.0, 4.0$ の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.

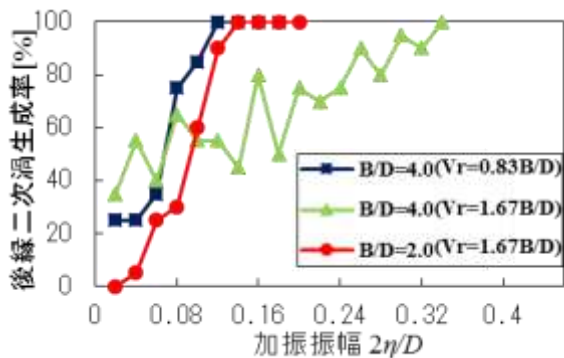


図-5 後縁二次渦生成率測定結果
($B/D=2.0$ および 4.0)

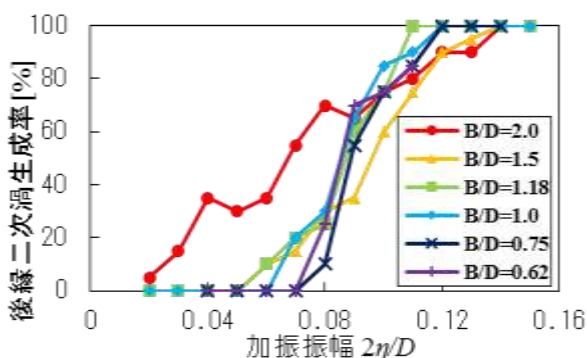


図-6 後縁二次渦生成率測定結果($B/D=0.62 \sim 2.0$)³⁾

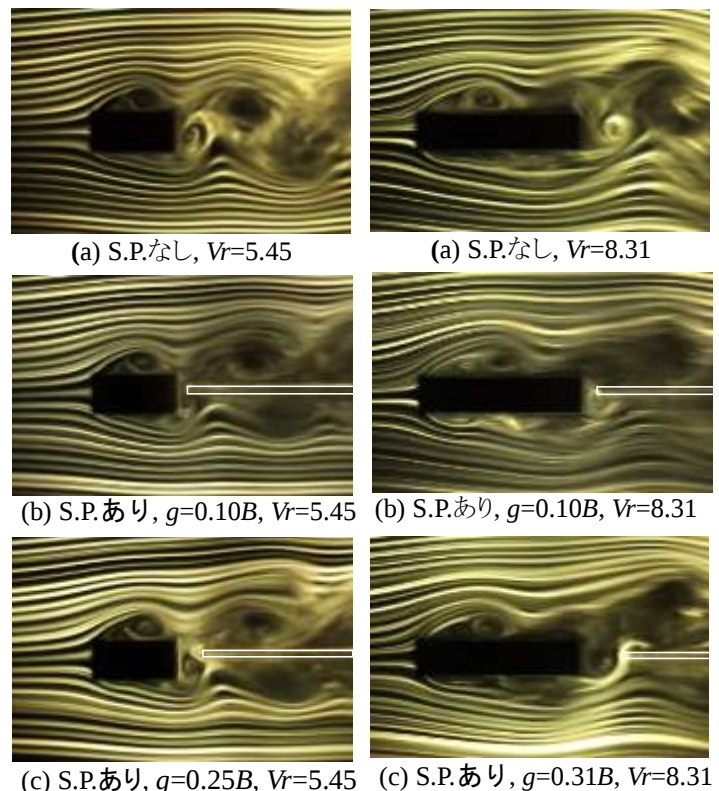


写真-1 可視化実験結果
($B/D=2.0, 2\eta/D=0.2$, 撮影箇所(i),変位最下点)

写真-2 可視化実験結果
($B/D=4.0, 2\eta/D=0.2$, 撮影箇所(i),変位最下点)

参考文献

- 1)白石成人ら: 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)松本勝ら: 矩形断面柱の渦励振発生機構に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.39A, pp.891-896, 1993.
- 5)松本勝ら: 1:4 矩形断面の空力振動における渦に起因した干渉現象, 第18回風工学シンポジウム論文集, pp.293-298, 2004.