

矩形断面における空力振動の相互干渉に関する研究

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 東村諒也
九州工業大学大学院 学生会員 江尻和史 九州工業大学大学院 学生会員 中村雄太

1.はじめに

従来、自己励起型渦励振は前縁剥離渦と後縁二次渦の一体化による振動現象であると考えられており、 $B/D=2.0\sim 8.0$ の矩形断面で風洞実験より確認されている¹⁾。一方、カルマン渦励振はカルマン渦放出周波数が固有振動数と一致する lock-in 現象によるカルマン渦と物体振動の共振現象と考えられる。また、矩形断面周りの流れ状態はその断面辺長比 B/D により大きく変化することが知られ、特に、 $B/D=2.8\sim 6$ の周期的再付着型断面では、カルマン渦励振の発現風速 $1/St$ と自己励起型渦励振の発現風速 $1.67B/D$ は接近した値をとるため²⁾、前縁剥離渦とカルマン渦が相互干渉を及ぼすと考えられており、いまだ不明な点が多い。

したがって、本研究は断面辺長比 $B/D=2, 4, 6$ の矩形断面を対象に自己励起型渦励振およびカルマン渦励振の風速域においてスプリッタープレート (S.P.) を用いたバネ支持実験および流れの可視化実験を行うことにより、カルマン渦励振と自己励起型渦励振の干渉現象を把握し、さらに、スプリッタープレートが矩形断面の空力振動に与える影響を明らかにする。

2.実験概要

使用した模型の概略図および風洞内設置状況それぞれ図-1 および図-2 に示す。本研究は $B/D=2$ の模型をコアに付加模型を取り付けて辺長比を変化させ、矩形断面模型 $B/D=2, 4, 6$ ($D=90\text{mm}$) を対象に、迎角 0° 、偏角 0° 、一様流中でそれぞれの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いて鉛直たわみ 1 自由度応答測定を行う。カルマン渦励振と自己励起型渦励振を分離してそれぞれに対して検討するため、カルマン渦を抑制する効果を持つスプリッタープレートを挿入して振動特性を考察した。また、隙間 g が空力特性に与える影響を明らかにするため、 g を変化させて振動応答を計測した。実験条件を表-1 に示す。スクルートン数は $Sc=2m\delta/\rho D^2$ で示される無次元量である。ただし、 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/m^3)、 D : 模型の高さ (m) である。

3.実験結果

図-3 に示すように、 $B/D=2$ の断面において、スプリッタープレートを設置すると、自己励起型渦励振およびカルマン渦励振の各応答振幅は、スプリッタープレート無しの実験結果に比べて、いずれでも低下した。また、 Sc 数が小さいため、高風速域において、カルマン渦励振からギャロッピングへの移行が確認された。これらの結果を八木らの非定常空気力係数の計測結果²⁾と比較すると、ほぼ同様の応答特性が確認できた。

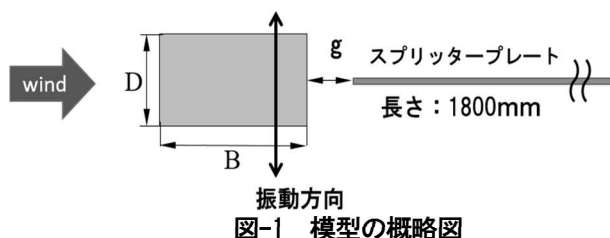


図-1 模型の概略図

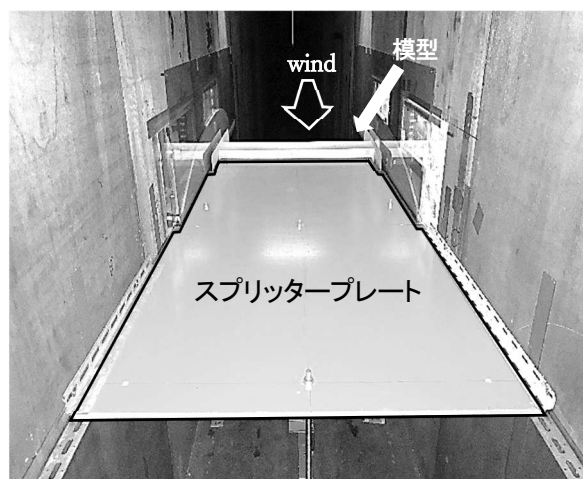


図-2 風洞内設置状況 (閉塞率 5%)

表-1 応答実験条件

B/D	D(mm)	B(mm)	S.P.	g		Sc数
2	90	180	なし	—	—	4.7
			あり	0.20D	0.10B	4.7
				0.50D	0.25B	5.2
4		360	なし	—	—	10.1
			あり	0.40D	0.10B	9.9
				1.25D	0.31B	10.1
6		540	なし	—	—	14.4
			あり	0.60D	0.10B	21.9
				2.00D	0.33B	14.4

図-4 に $B/D=4$ の応答実験結果を示す。まず、隙間 $g=0.10B=36\text{mm}$ の場合、 $B/D=2$ の断面と同様に、スプリッタープレート無しの実験結果に比べて、 $V_r=0.83B/D$ 付近から発現する渦励振の peak 値が小さくなり、 $V_r=1.67B/D$ 付近から発現する渦励振も抑制された。これらは松本らの応答実験結果³⁾と同様の傾向を示している。しかし、隙間 g を $0.31B=113\text{mm}$ に増大すると、 $V_r=0.83B/D$ および $V_r=1.67B/D$ 付近から発現する渦励振の peak 値が大きくなり、全く逆の結果が得られた。なお、スプリッタープレートを設置しても発現風速がほぼ同じことから、これらの振動はカルマン渦励振ではなく自己励起型渦励振と考えられる。また、この応答特性の傾向も松本らの応答実験結果⁴⁾と対応している。これは、スプリッタープレートの挿入によりカルマン渦が前縁剝離渦にもたらす抑制効果が弱まったためであると考えられる。

図-5 に示すように、 $B/D=6$ の断面において、 $V_r=0.83B/D$ から発現する自己励起型渦励振のみが確認できた。隙間 $g=0.10B=54\text{mm}$ の結果は自己励起型渦励振が完全に抑制された。 $g=0.33B=180\text{mm}$ の場合では $V_r=0.83B/D$ から発現する自己励起型渦励振がスプリッタープレート無しの結果に比べて、応答振幅が顕著に大きくなった。この結果も松本らの応答実験結果⁵⁾と同様である。

以上のバネ支持実験結果を踏まえて実施した模型強制加振時における流れの可視化実験結果については、発表当日に示すことにする。

4.まとめ

$B/D=2$ の断面において、隙間 g によらず、スプリッタープレートの設置により自己励起型渦励振もカルマン渦励振は抑制された。一方、 $B/D=4, 6$ の断面では、隙間 g が小さいとき、スプリッタープレートの設置により自己励起型渦励振は抑制されたが、隙間 g が大きいとき、自己励起型渦励振が増幅された。したがって、このことは隙間 g によってカルマン渦が前縁剝離渦に及ぼす影響が異なることを示しており、スプリッタープレートを用いたバネ支持実験を行う場合、注意が必要である。

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，1982。
- (2) 八木知己ら：矩形断面のギャロッピング不安定性と渦放出の関係について，構造工学論文集 Vol.59A，2013。
- (3) 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，2004。
- (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，1993。
- (5) 松本勝ら：矩形断面柱の渦発生機構とその渦に及ぼす乱流の影響，日本風工学会誌 No.55，1993。

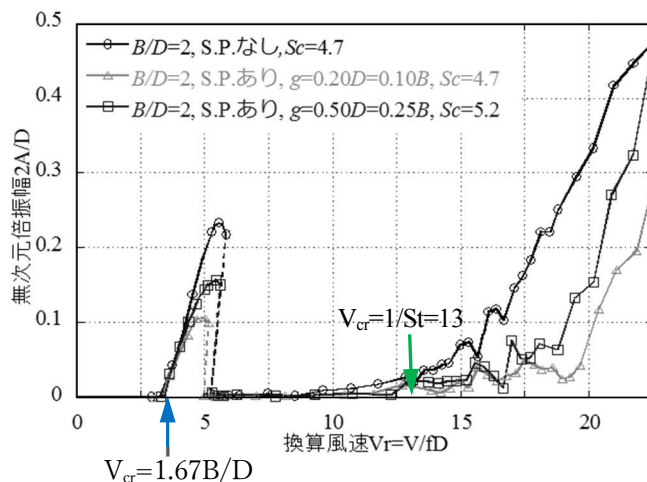


図-3 応答実験結果 $B/D=2$

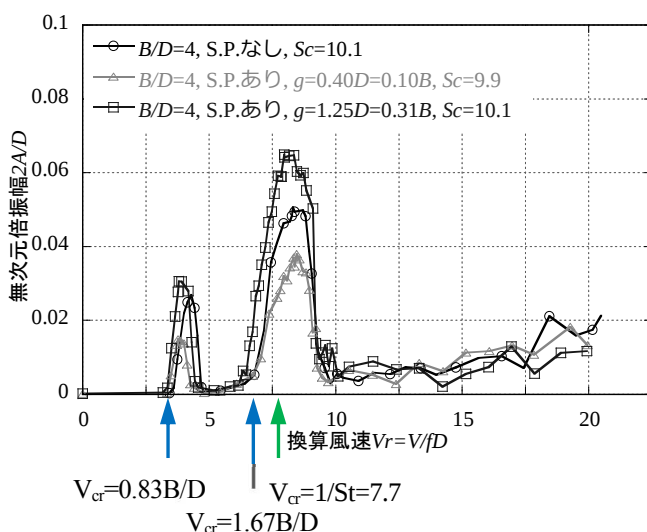


図-4 応答実験結果 $B/D=4$

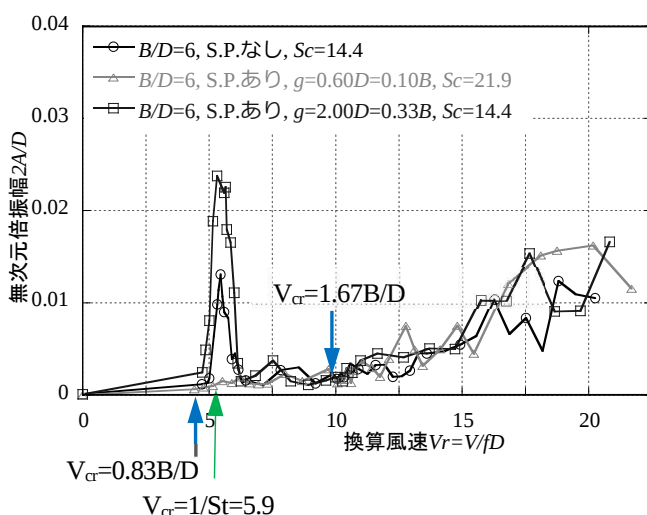


図-5 応答実験結果 $B/D=6$