

円柱構造物の渦励振対策に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○梶村 渉

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

円柱断面は流体中の構造物の構成部材として、適用されることが多くある。たとえば、海底石油掘削リグや、斜張橋のケーブル、発電所の原子炉内や配管内にある構造物などである。円柱の構造物においては、流れによって発生する渦により生じる渦励振が問題となる。よって、円柱構造物の渦励振に対する制振対策は設計上重要な課題となっている。従来の研究の中では、ヘリカルワイヤを巻きつけるという手法が実用化されているが、施工性の難しさと、抗力係数が増加するという問題点が残っている。

そこで、本研究では、円柱構造物の渦励振抑制を対象とした、抗力係数の小さい制振対策に関する手法の開発を目的とする。つまり、渦励振の抑制に加えて、抗力を低下させることができ、構造物の設計荷重を小さくすることができ、経済的な断面の設計が期待できる。

円柱まわりの流れの制御法としては、境界層制御、または、後流の制御の二つに大別される。境界層制御は円柱表面の剥離点に影響を与えるものであり、後流制御は後流の発生および広がり制御するものである。本研究で対象としたのは、図1に示すように、円柱まわりの流れおよび、その後流の制御を行うものである。断面 No.0 が単独円柱であり、No.1～7 が既往の研究⁽¹⁾⁽²⁾を参考にしたもの、No.8～11 が本研究で考案したものである。様々な制振部材を取り付け、どの形状のものが、渦励振の抑制に効果的であるかを二次元模型実験により検討した。

2. 二次元模型実験

実験には、九州工業大学付属の空力弾性試験用風洞（測定断面高さ 1780mm×幅 910mm）を用いた。この風洞内に模型をたわみ 1 自由度振動系にコイルバネで支持し、応答実験を行った。実験は、次の 2 つのステップで行った。

実験 1 迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合で、制振部材を取り付けた 11 断面について、断面 No.0（単独円柱）と比較し、渦励振がどの程度抑制されるかの検討を行った。

実験 2 ①の検討結果で、耐風性に優れ、かつ、付加部材重量の最も小さい断面について、迎角を変化させて耐風性の検討を行った。

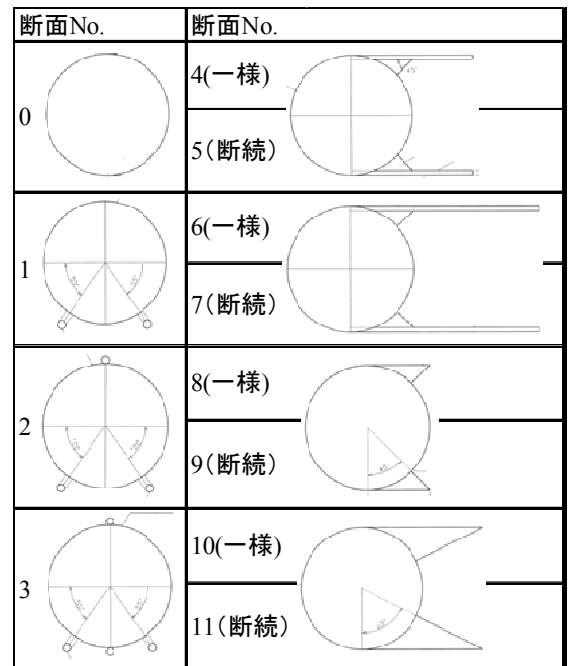


図1 円柱模型断面図

表1 模型の振動諸元

	断面No.0	断面No.8
長さ L [m]	0.800	0.800
直径 D [m]	0.055	0.055
質量 m [kg/m]	1.114	1.161
固有振動数 f [Hz]	10.148	10.062
構造減衰率 δ	0.00218	0.00243

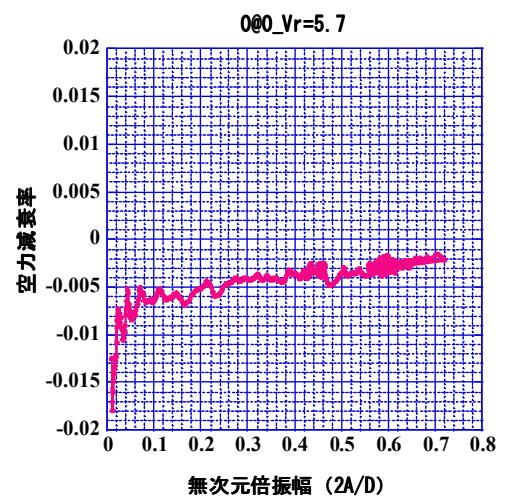


図2 単独円柱の渦励振域の空力減衰率図

キーワード：円柱，渦励振，制振対策

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 TEL. 093-884-3466 FAX. 093-884-3100

実験 1 の結果 単独円柱と断面 No.8 のケースにおける振動諸元を、表 1 に示す。図 2 は、断面 No.0 (単独円柱) の渦励振域における空力減衰率と振幅の関係を示したグラフである。グラフ中の凡例は、「(断面 No.) @ (迎角)」を意味している。図 3 は、断面 No.0 と、断面 No.1~3 を比較した応答図、図 4 は断面 No.0 と断面 No.4~7 を比較した応答図、図 5 は断面 No.0 と断面 No.8~11 を比較した応答図である。

図 3 の断面 No.1~3 は既往の研究⁽¹⁾を参考にしたもので、単独円柱と比較し、渦励振最大振幅を約 2/3 程度に低減することができた。図 4 の断面 No.4~7 では、既往の研究⁽²⁾を参考に制振部材を配置しているが、既往の研究と同様にかかなりの振幅低減効果を得ることができた。そして、図 5 が本研究において考案した制振部材を設置した模型、断面 No.8~11 での検討結果であるが、いずれのケースにおいても、単独円柱と比較し、約 1/35 程度の振幅低減効果を得ることができた。

実験 2 の結果 実験 1 で検討した結果より、耐風性が優れており、その中でも制振付加部材重量の最も小さい断面 No.8,9 について、迎角を変化させて応答振幅を測定した。断面 No.8 の実験結果を、図 6 に縦軸迎角 α 、横軸最大渦励振無次元倍振幅として示す。この結果によると、迎角 $0^\circ \leq \alpha \leq 6^\circ$ の範囲において、迎角の変化による最大振幅の大きな変化は見受けられず、最大振幅は、断面 No.9 の迎角 $\alpha=3^\circ$ の場合であり、その振幅は無次元倍振幅 $2A/D=0.019$ である。他の迎角ではこの振幅以下であり、単独円柱と比較し、応答振幅は約 1/33 程度という結果となり、依然としてかなりの振幅低減効果を有していることがわかった。

3. まとめと今後の予定

本研究で考案した制振部材をとりつけた断面 No.8,9 のケースが、渦励振の抑制にかかなりの効果を有する。

今後以下に示す 2 つの実験により、追加検討を行う予定である。

1. 静的三分力試験

断面 No.0, No.8, No.10 の抗力係数の測定を行う。

2. PIV による流速測定実験

断面 No.0, No.8, No.10 の PIV による流速測定実験を行い、渦励振の振幅低減メカニズムについて、さらに検討を加える予定である。

〈参考文献〉

- (1) 加藤, 久保, 中村, 松久: 制振棒付き円柱の空力応答特性, 日本風工学会誌, 第 55 号 (1993)
- (2) G.R.S.Assi, P.W. Bearman, N.Kitney, M.A.Tognarelli: Suppression of wake-induced vibration of tandem cylinders with free-to-rotate control plates, *Journal of Fluids and Structures* 26(2010), pp.1045-1057.

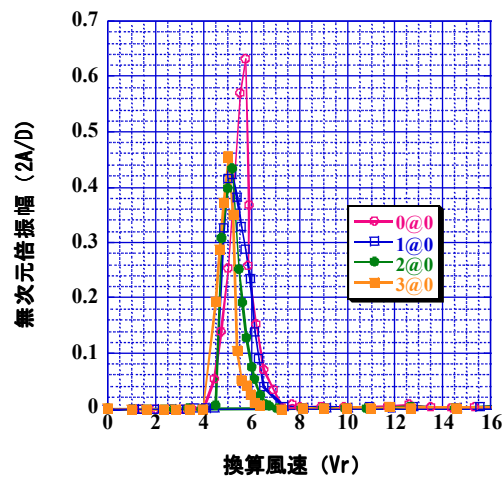


図 3 応答図

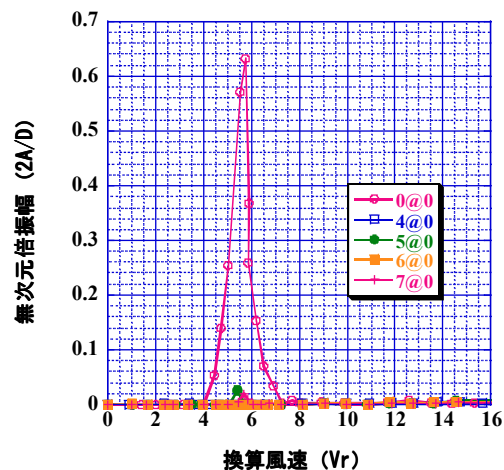


図 4 応答図

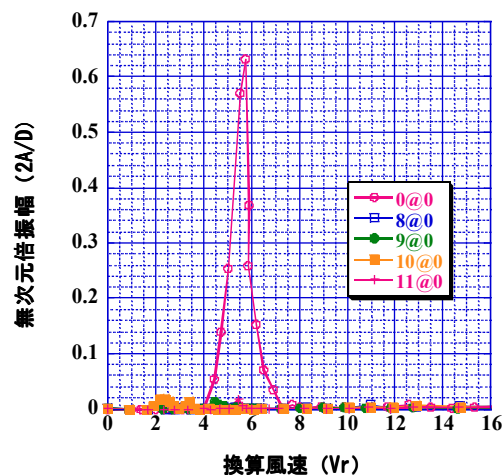


図 5 応答図

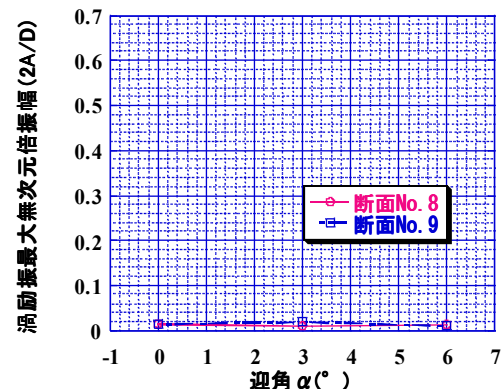


図 6 迎角と渦励振最大振幅との関係