

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 学生員 ○中牟田和典

川崎汽船 非会員 梶村渉 (研究当時九州工業大学大学院生)

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

円柱構造物は、流体中の大規模な構造物の構成部材として適用される。例えば、海底石油掘削リグ、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が、円柱構造物においては、設計上渦励振が問題となることが多い。従来の制振対策として、ヘリカルワイヤを巻きつける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ある。そこで、本研究では円柱構造物の渦励振を抑制し、抗力係数の小さい制振対策の手法の開発を目的とする。

本研究の検討対象断面を図1に示す。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。それぞれの断面において、たわみ1自由度振動実験およびPIVを用いた流れの可視化実験により制振対策の検討を行った。

2. たわみ1自由度振動実験

風洞内に模型をたわみ1自由度振動系のコイルバネで支持し、振動実験を行った。実験は、次の2つのステップで行った。まず迎角 $\alpha=0^\circ$ 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。次に、11断面の中から、耐風性に優れ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。

断面No.0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(a)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に低減することができた。(b)の断面No.4

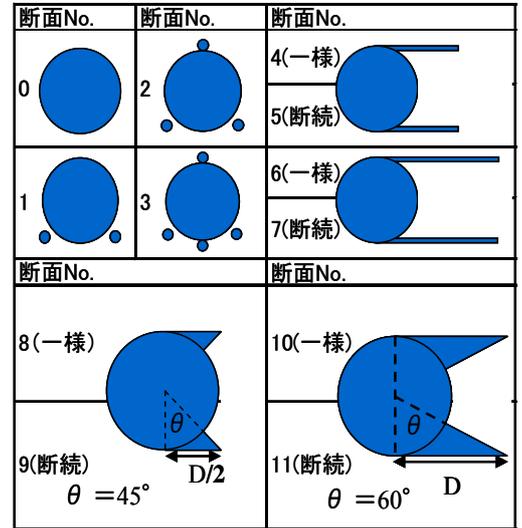


図1 円柱模型断面

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	0.0022	0.0024

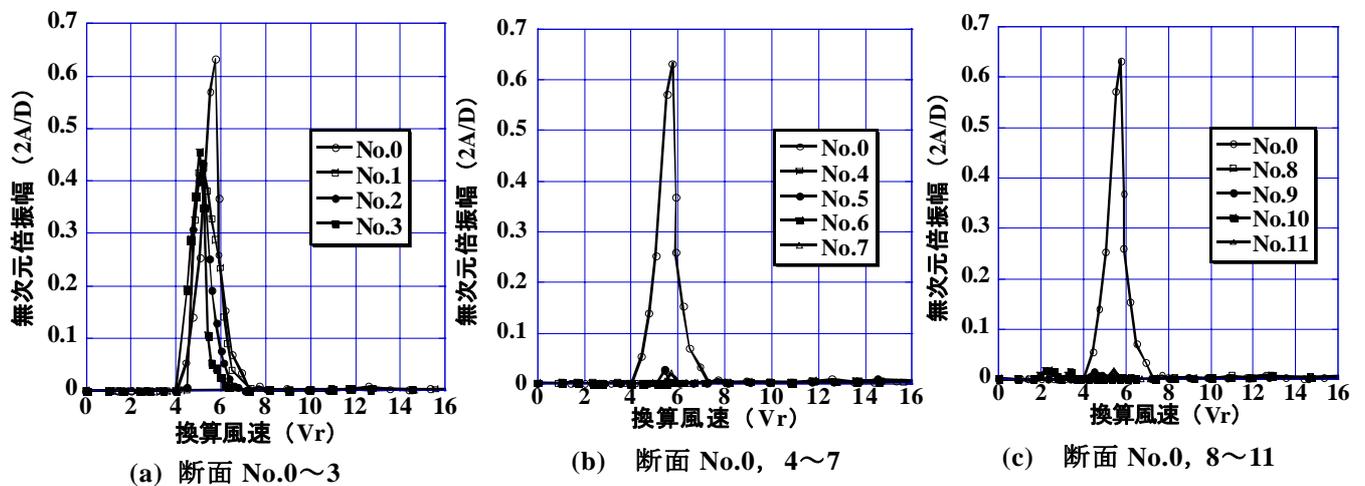


図2 制振部材設置による渦励振の変化

キーワード 円柱構造物 制振対策 渦励振 抗力係数 流れの可視化

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 TEL093-884-3466 FAX093-884-3100

～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、大きな振幅低減効果を得ることができた。そして、(c)が本研究において考案した制振部材を設置した断面 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 の振幅低減効果を得ることができた。

次に 11 断面の中から、耐風性に優れ、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。実験結果を図 3 に示す。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られず、最大振幅は、断面 No.9 の迎角 $\alpha=3^\circ$ における無次元倍振幅 $2A/D=0.019$ である。

3. 三分力試験による抗力係数の把握

実験対象断面は、振動実験の結果を踏まえ、断面 No.0,8 と、制振部材の長さの違いによる抗力係数 C_d の変化を把握するために、断面 No.10 の 3 断面とした。図 4 に迎角 α に対する抗力係数 C_d を示す。また測定風速は 5m/s, 7m/s, 9m/s の 3 風速とした。断面 No.0 において $C_d=1.04$ となった。断面 No.8 では、迎角 $\alpha=0^\circ$ の時、 $C_d=0.68$ となり、断面 No.0 と比較し C_d は約 35%減少した。次に、迎角を最大 6° まで変化させると、最大抗力係数は $C_d=0.81$ となった。また、断面 No.10 の迎角 $\alpha=0^\circ$ の時、 $C_d=0.59$ となり、断面 No.0 と比較し約 43%低減した。断面 No.10 についても、迎角を最大 6° まで変化させて C_d を計測したが、断面 No.8 と異なり迎角の変化による C_d の増加は見られなかった。断面 No.8,10 で、抗力が低減した原因は、設置した制振部材により、圧力が下がる後流の幅(後流領域)が縮小したためと考えられる。

4. PIV による流れの可視化実験

対象断面は、三分力試験と同じ、断面 No.0,8,10 の 3 断面である。図 5 の(a)に断面 No.0、(b)に断面 No.10 の平均風速比分布を示す。(a)では流れの剥離により生じていた風速比 1.5 以上の増速領域が、(b)においては見られない。これは設置した制振部材の効果により、流れの剥離が抑制されたものと考えられる。流れの剥離が抑制されたことにより、円柱後方の圧力低下が抑えられ、三分力試験結果に示すように、抗力係数が低下したのと考えられる。

5. まとめ

本研究で考案した制振部材を取り付けた断面 No.8～11 のケースは、単独円柱と比較すると約 1/35 の振幅低減効果があることが分かった。また、流れの剥離が抑制され、抗力係数を低減させる効果も有することが分かった。

今後の課題としては、高レイノルズ数領域での風洞実験の実施、また、より詳細な渦励振抑制のメカニズムを解明するため、強制加振状態での PIV による流れの可視化実験を行うことが望ましいと考える。

(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.

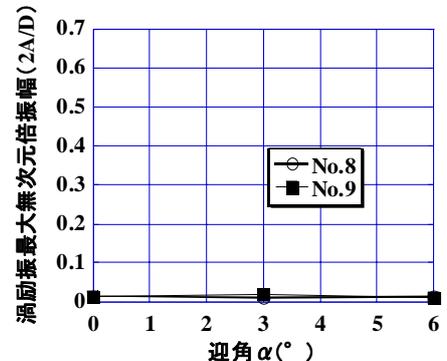


図 3 迎角と最大振幅との関係

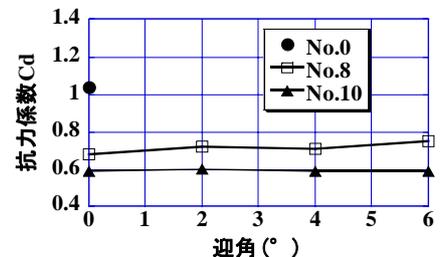
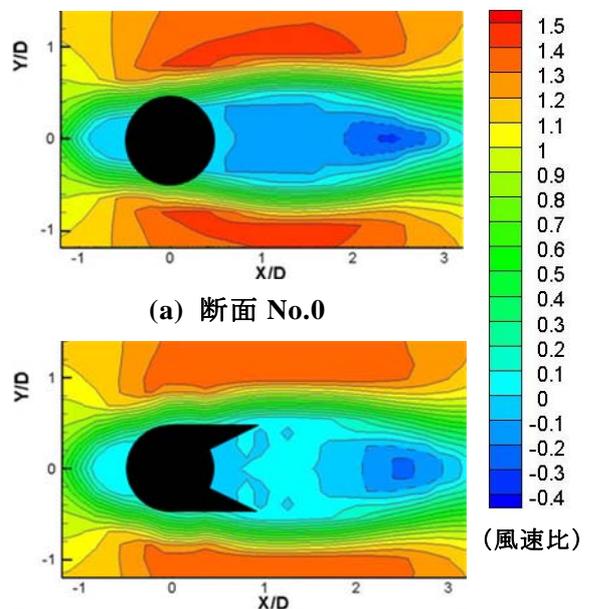


図 4 抗力係数 C_d の比較



(b) 断面 No.10

図 5 平均風速比分布