

タンデム角柱のインライン振動特性に与えるアスペクト比及び固有振動数相対誤差の影響に関する実験的検討

九州工業大学大学院 学生員 ○佐藤 誠

九州工業大学 学生員 荒津 樹

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

1968/69 年ごろ、イギリスで報告された海洋構造物の潮流によるインライン(流れ方向)振動、1995 年 12 月に起こった高速増殖炉「もんじゅ」の二次冷却系配管室におけるナトリウム漏洩事故など、構造物がインライン振動を起こすことが確認されている。しかし、流力振動に関する研究は、主に静特性や流れに直角方向振動に注目したものはあるが、インライン振動に関するものはあまり行われていないため、より知見を重ねる必要がある。角柱に関する研究としては、アスペクト比 1.84 および 2.44 の風洞実験¹⁾については行われているが、アスペクト比が角柱インライン振動の応答特性に与える影響は明らかになっていない。また構造物が複数個ある場合、単独のときに比べて流れ特性は剥離領域の干渉等によって複雑になることや、それぞれの構造物が持つ固有振動数の比が変化することで、応答特性が大きく異なることが予想されるため、固有振動数の比の影響を把握する必要がある。

そこで本研究は、複数構造物として最も基本的であるタンデム(直列 2)角柱を対象に、アスペクト比及び固有振動数相対誤差が、インライン振動の応答特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 既往の研究²⁾

既往の研究ではアスペクト比の変化が、円柱単独時インライン振動の応答特性に与える影響について考察が行われている。結果を図-1 に示す。第 1 励振域、第 2 励振域の各ピークは、 $Sc=1.0$ 以上において、いずれもアスペクト比 6.8 の方が大きくなっている。そのため、アスペクト比の小さい模型を用いた実験結果は、設計上危険側の評価を与える可能性があることを示している。

3. アスペクト比がインライン振動応答特性に及ぼす影響の検討

本研究では角柱模型においてアスペクト比($=L/D$, L : 模型長, D : 代表長) $=2.44, 3.11, 3.78, 4.44$ の 4 ケースで水平 1 自由度応答実験を行った。加えてタンデム角柱でも同様にアスペクト比を変化させて実験を行った。模型諸元を表-1 に、風洞内のタンデム角柱設置状況を図-2 に示す。また実験結果を図-3、図-4 に示す。図-3 は角柱単独時の応答結果である。

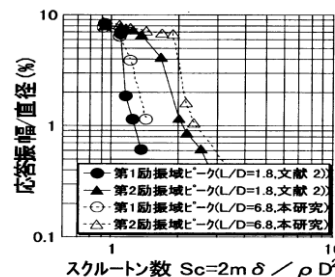


図-1 アスペクト比がインライン振動ピークに与える影響(円柱単独時)²⁾

表-1 模型諸元

幅・高さ $D \cdot B(\text{mm})$	模型長 $L(\text{mm})$	アスペクト 比 L/D	質量比 $2m/\rho D^2$	固有振動数 $f(\text{Hz})$	無風時対数 減衰率 δ	スクルー トン 数 Sc
180	440-800	2.44-4.44	200-300	4.6-3.6	0.004-0.003	0.8-0.9



(a) 角柱単独時 ($L/D=2.44$) (b) タンデム角柱 ($s=3.5, L/D=4.44$)

図-2 風洞内模型設置状況

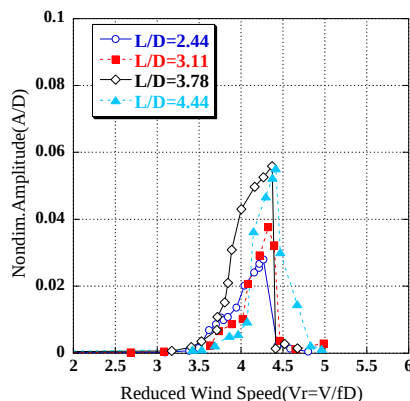


図-3 角柱単独時応答図

アスペクト比の増加に伴い、最大振幅も増加している。この傾向は円柱単独時の結果と一致しており、角柱単独時においてもアスペクト比の影響があることが確認できた。一方、アスペクト比 3.78 以上になると最大振幅に大きな変化はみられなかった。図-4 は無次元間隔 $s(S/D, S$: 直列に配置した 2 角柱の間隔, D : 代表長) $=0.5$ のときの上流側角柱の応答結果である。角柱単独時と同様にアスペクト比の増加に伴い、最大振幅も増加したことから、タンデム角柱においてもアスペクト比の影響があることがわかる。また図には示していないが、下流側角柱も上流側角柱と同様の傾向であった。

4. 固有振動数相対誤差が応答特性に及ぼす影響

タンデム角柱のインライン振動に及ぼす固有振動数相対誤差の影響の検討について、水平 1 自由度応答実験を通じて行った。2 角柱間は $s=0.5$, 3.5 の 2 ケースである。 $s=0.5$, $L/D=2.44$ のときの固有振動数相対誤差を変化させた上流側角柱、下流側角柱の応答結果を図-5 に示す。下流側角柱は上流側角柱と比較して、固有振動数相対誤差の減少に伴う最大振幅の増加が顕著であった。これは振動数が一致することにより空力干渉が生じ、下流側角柱の応答が増幅したものと考えられる。

また $s=3.5$ に変更した上流側角柱、下流側角柱の応答結果を図-6 に示す。 $s=0.5$ と同様に上流側角柱は固有振動数相対誤差変化による大きな影響はなかったが、下流側角柱では振動数がほぼ一致すると最大振幅の増加がみられた。角柱間隔が広い場合においても固有振動数相対誤差の影響があることを確認した。図には示していないが、他のアスペクト比のケースにおいても、固有振動数相対誤差 $\pm 0.5\%$ 以内であれば下流側角柱の最大振幅は増加する傾向であった。

5. 結論

本研究で得られた結果をまとめると以下のとおりである

- (1) 角柱単独時、タンデム角柱ともにアスペクト比の増加に伴い、最大振幅の増加がみられた。アスペクト比 3.78 以上では最大振幅の大きな変化がみられなかった。このことからインライン振動ではアスペクト比 3.78 以上の模型を用いた実験を行うことで、設計上安全側の評価を与えることを示している。
- (2) タンデム角柱では固有振動数相対誤差 $\pm 0.5\%$ 以内の場合では、下流側角柱において $s=0.5$, $s=3.5$ とともに最大振幅の著しい増加が見られた。このことよりタンデム角柱では固有振動数相対誤差 $\pm 0.5\%$ 以内にさせることにより、設計上安全側の評価を与えることを示している。また固有振動数相対誤差 $\pm 2.0\%$ 以上であれば下流側角柱の振幅は抑えられることから、固有振動数に相対誤差を与えることは、制振対策として有効な手段であることを示している。

参考文献

- 1) 岡島厚：直列 2 角柱の流れ方向流力振動に関する研究，日本機械学会論文集(B 編)，73 巻 725 号，2007。
- 2) 松田一俊：2 次元円柱インライン振動風洞実験，日本機械学会 2000 年度年次大会講演論文集(I)，2000。

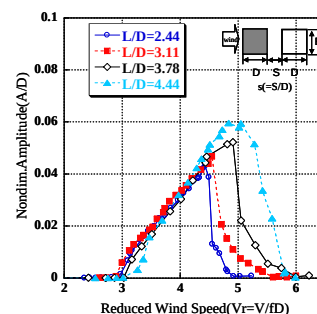
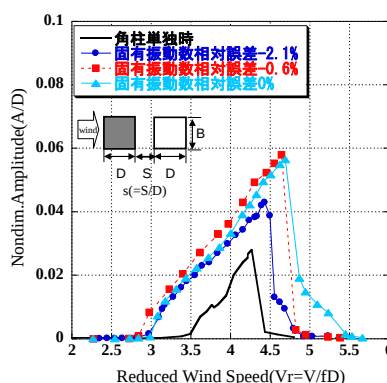
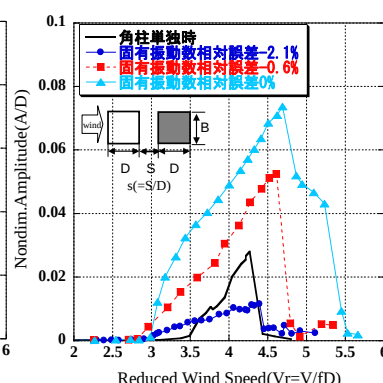


図-4 上流側角柱応答図 ($s=0.5$ L/D 変化)

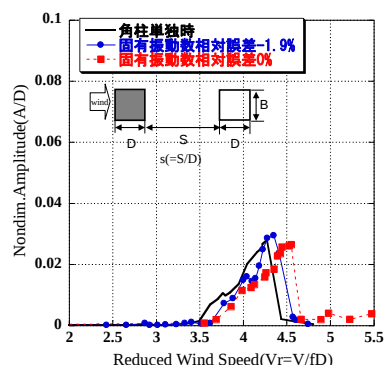


(a) 上流側角柱応答図

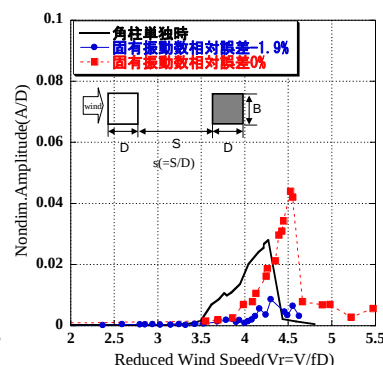


(b) 下流側角柱応答図

図-5 応答図 ($s=0.5$, $L/D=2.44$)



(a) 上流側角柱応答図



(b) 下流側角柱応答図

図-6 応答図 ($s=3.5$ $L/D=4.44$)