

タンデム角柱のインライン振動に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○樋口芳俊 佐藤誠
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

流れ方向の流力振動であるインライン振動が原因となった典型的な事例として、1995 年に起こった高速増殖炉「もんじゅ」の温度計さや管破損事故がある。インライン振動は、スクルートン数 $Sc (=2m\delta/\rho BHL)$ 、 m : 構造物の質量、 ρ : 流体の密度、 B : 構造物の流れ方向長さ、 H : 構造物の流れ直角方向長さ、 L : 構造物のスパン長) が小さい場合に流れ方向に励振されやすくなる。そこで、岡島らは、円柱や様々な断面形状の矩形柱を対象としたインライン振動実験¹⁾、また橋梁の主塔部分や多脚煙突など構造物が近接して複数個ある場合の最も基本的であるタンデム角柱(並列に配置した2角柱)のインライン振動実験²⁾を行っている。本研究では、文献 2)において片方の模型を固定したタンデム角柱のインライン振動実験を、より実構造物の現象に近づけるために、2つの角柱を弾性支持し、角柱の間隔を変化させることで、タンデム角柱のインライン振動特性に及ぼす間隔の影響を明らかにする。

2.実験概要

本研究で使用した風洞は、九州工業大学建設社会工学科所属の回流式空力弾性試験用風洞(測定断面:1.8m×0.9m)である。図1に模型設置状況を示す。模型は、表1の諸元をもつ正方形角柱模型を使用し、図2に示すように風洞外のコイルバネ計8本によって、水平1自由度振動系に支持した。

3.実験結果

3-1 単独角柱の応答結果

まず、実験手法の妥当性を確認するために、単独角柱の応答実験を行った。文献 1)の実験結果と比較するため、スクルートン数を $Sc=0.7, 1.0, 1.3$ の3通りに変化させて応答実験を行った。図3に単独角柱の実験結果を示す。スクルートン数が大きくなるにつれて、最大応答振幅が小さくなっている。これは、文献 1)の実験結果と同様な傾向を示した。しかし、励振域における風速範囲は、文献 1)よりもやや低風速側となった。これは、本研究のアスペクト比 4.4 が、文献 1)の 1.8 よりも大きいことに起因していると考えられる。^{1),2)}

3-2 角柱間隔を変化させたタンデム角柱の応答結果

図4に示す上流側角柱と下流側角柱の間隔 X は、無次元間隔
キーワード: タンデム角柱, インライン振動, スクルートン数, アスペクト比



図1 模型設置状況(タンデム角柱)

表1 模型の諸元

模型断面 $B \times H$ (mm)	模型長 L (mm)	アスペクト比(L/B)
180 × 180	800	4.4

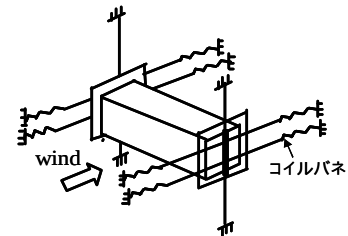


図2 模型支持方法(上流側, 下流側)

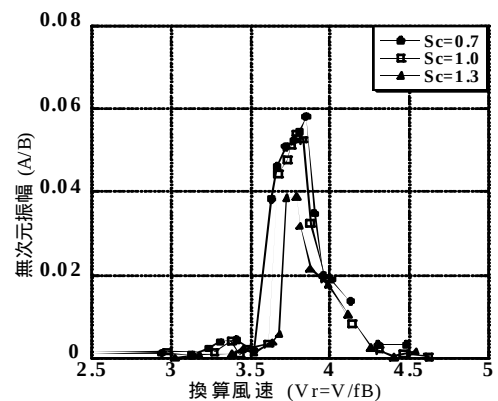


図3 単独角柱の応答結果

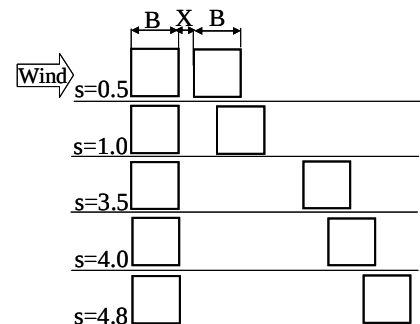


図4 タンデム角柱の間隔 $s(X/B)$

として $s(X/B) = 0.5, 1.0, 3.5, 4.0, 4.8$ と変化させ、それぞれの間隔において単独角柱の場合と同様にスクルートン数を $Sc=0.7, 1.0, 1.3$ と変化させて応答実験を行った。ここでは、 $Sc=1.0$ の実験結果のみを示す。

3-2-1 上流側角柱の応答結果

無次元間隔 $s = 0.5, 1.0, 3.5, 4.0, 4.8$ と変化させたときの上流側角柱、スクルートン数 $Sc=1.0$ の応答結果を図 5, 6 にまとめて示す。 $s=0.5, 1.0$ の場合、下流側角柱の影響により、単独時に比べ、励振域が広がる傾向にある。また、最大応答振幅については $s=0.5$ では大きくなるのに対し、 $s=1.0$ では半分程度小さくなった。これは、上流側角柱の背後に形成される渦の影響が起因していると考えられる。よって、この点については今後より詳細な検討が必要である。 $s = 4.0$ では、単独角柱とほぼ同様な応答特性を示すことから、下流側角柱の影響は小さいと考えられる。

3-2-2 下流側角柱の応答結果

無次元間隔 $s = 0.5, 1.0, 3.5, 4.0, 4.8$ と変化させたときの下流側角柱、スクルートン数 $Sc=1.0$ の応答結果を図 7 にまとめて示す。 $s=0.5$ では、上流側角柱の応答結果と同様に励振域が広がっていることが分かる。これは、上流側角柱からの後流渦が下流側角柱を巻き込むことで、下流側角柱も振動したためと考えられる。 $s = 3.5, 4.0, 4.8$ では、ほぼ振動が抑制されていることから、上流側角柱からの後流渦の影響を受けていることが推測される。

4. まとめ

タンデム角柱の無次元間隔と最大応答振幅の関係を整理して図 8, 9 に示す。

(1) 上流側角柱の応答結果

本研究の最大応答振幅は、文献 2) と同様に無次元間隔が大きくなるにつれて小さくなる傾向にあるが、単独角柱の応答特性に近づく無次元間隔 s は、文献 2) では、 $s = 2.5$ に対し、本研究では、 $s = 4.0$ であった。この差異が下流側角柱模型の支持条件の違いに起因するか否かについては、今後さらに詳細な検討が必要である。

(2) 下流側角柱間隔の応答結果

文献 2) と同様に無次元間隔が大きくなるにつれて、最大応答振幅は減少する傾向にある。

5. 今後の予定

PIV による流れの可視化実験を実施し、角柱間隔が応答に与える影響について、より詳細な検討をする予定である。

参考文献

- 1) 岡島厚ほか：円柱および矩形柱の流れ方向流体力学特性，日本機械学会論文集，1999
- 2) 岡島厚ほか：直列 2 角柱の流れ方向流体力学振動に関する研究，日本機械学会論文集，2007

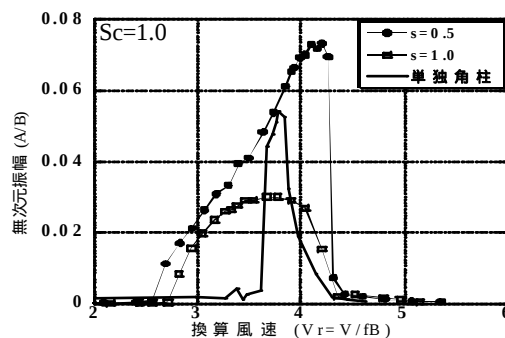


図 5 上流側角柱の応答結果 ($s=0.5, 1.0$)

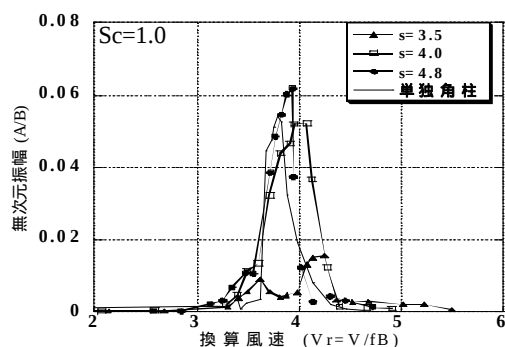


図 6 上流側角柱の応答結果 ($s=3.5 \sim 4.8$)

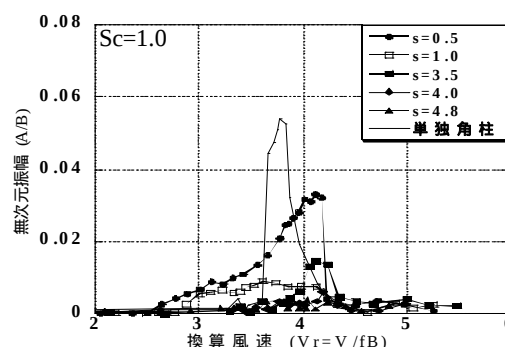


図 7 下流側角柱の応答結果 ($s=0.5 \sim 4.8$)

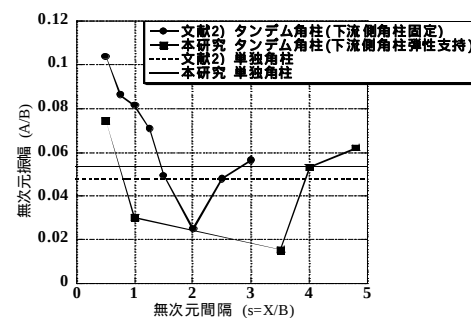


図 8 無次元間隔と最大応答振幅 (上流側角柱)

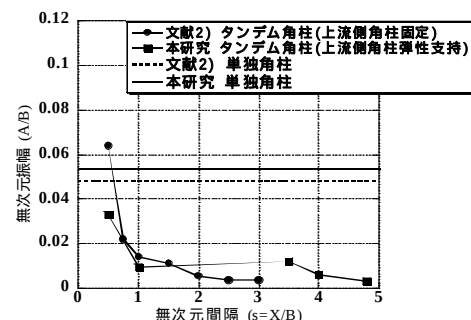


図 9 無次元間隔と最大応答振幅 (下流側角柱)