

タンデム正方形角柱のインライン振動応答特性に与える模型支持条件の影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○中村雄太  
 九州工業大学大学院 正会員 松田一俊 加藤九州男  
 九州工業大学大学院(研究当時) 田川裕貴

1.はじめに

インライン振動<sup>1)</sup>とは流れ方向の振動であり、質量比や構造減衰が小さいときに発生しやすい。タンデム正方形角柱のインライン振動に関する既往の研究では、一様流中に直列に置かれた2角柱のうち注目する角柱のみを弾性支持した状態<sup>2)</sup>や実際の建造物の支持条件を想定して2角柱とも弾性支持された状態<sup>3)</sup>で2角柱の間隔を変化させた実験が行われている。しかし、研究機関によって模型のアスペクト比、レイノルズ数、スクルートン数、模型支持条件等が異なる実験条件下で研究が行われている。特に、模型支持条件の違いが応答特性に与える影響については十分に明らかになっていない。

本研究は、アスペクト比、レイノルズ数およびスクルートン数を一致させた条件下で模型支持条件のみを変化させた実験を行い、タンデム正方形角柱のインライン振動応答特性に与える模型支持条件の影響を明らかにすることを目的とした。

2.実験概要

本研究ではタンデム正方形角柱の水平1自由度ばね支持実験を行った。写真1に風洞内模型設置状況を示す。模型は一辺の長さD=0.18(m)、模型長L=0.80(m)の正方形角柱である。使用した風洞は九州工業大学の回流式空力弾性試験用風洞(測定部断面:高さ1.78m×幅0.91m)である。実験ケースは無次元間隔S/D=1.0, 2.0, 3.0の3ケースとし、図1に示す模型支持条件で実験を行った。表1にばね支持実験条件の一部を示す。また、ばね支持実験結果を考察するため、図2に示すようにスモークワイヤー法を用いて流れの可視化実験を行った。模型長は0.15m、模型高さは0.02mである。風洞風速はV=0.8m/sに固定した。実験ケースはばね支持実験と同一とし、模型支持条件に対応させた状態で模型を強制加振して可視化実験を行った。なお、すべての風洞実験は一様流中で行った。

3.実験結果および考察

ばね支持実験結果を図3に示す。実験を行ったすべての無次元間隔S/Dにおいて、上流側角柱の応答が最大となる模型支持条件を特定できなかった。一方、下流側角柱については、両側弾性支持で応答が最大となった。また、両側弾性支持では、下流側角柱の最大応答は上流側角柱の最大応答の約2倍大きい。



写真1 模型設置状況(S/D=1.0)

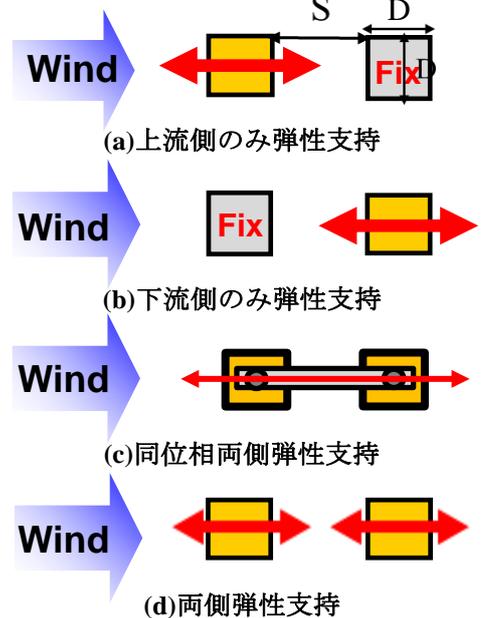


図1 模型支持条件

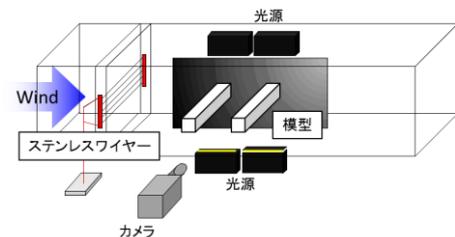


図2 可視化実験概略図

表1 ばね支持実験条件(両側弾性支持, S/D=1.0)

	上流側角柱	下流側角柱
固有振動数f (Hz)	4.69	4.68
空気密度ρ(kg/m³)	1.23	
構造減衰(対数減衰率)δ	0.00340	0.00311
単位長さあたり質量m (kg/m)	6.41	6.40
スクルートン数 $S_c = \frac{2m\delta}{\rho D^2}$	1.10	1.00

キーワード：インライン振動, タンデム正方形角柱, 模型支持条件, ばね支持実験, 流れの可視化実験

連絡先 住所：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1, 電話：093-884-3466

したがって、タンデム正方形角柱の耐風性は、両側弾性支持条件のばね支持実験結果を用いて評価することが望ましい。流れの可視化実験結果を写真1に示す。S/D=2.0, Vr=4.5では、すべての支持条件において角柱間に入り込む交互渦が確認された。しかし、両側弾性支持は同位相両側弾性支持および上流側のみ弾性支持に比べて交互渦が角柱間に入り込む頻度が少ないことが確認された。ばね支持実験において、上流側角柱, S/D=2.0, Vr=4.5付近で両側弾性支持の応答が小さくなったのは、同位相両側弾性支持および上流側のみ弾性支持に比べて交互渦が角柱間に入り込む頻度が少ないため、上流側角柱に生じる励振力が比較的小さいことが原因と考えられる。

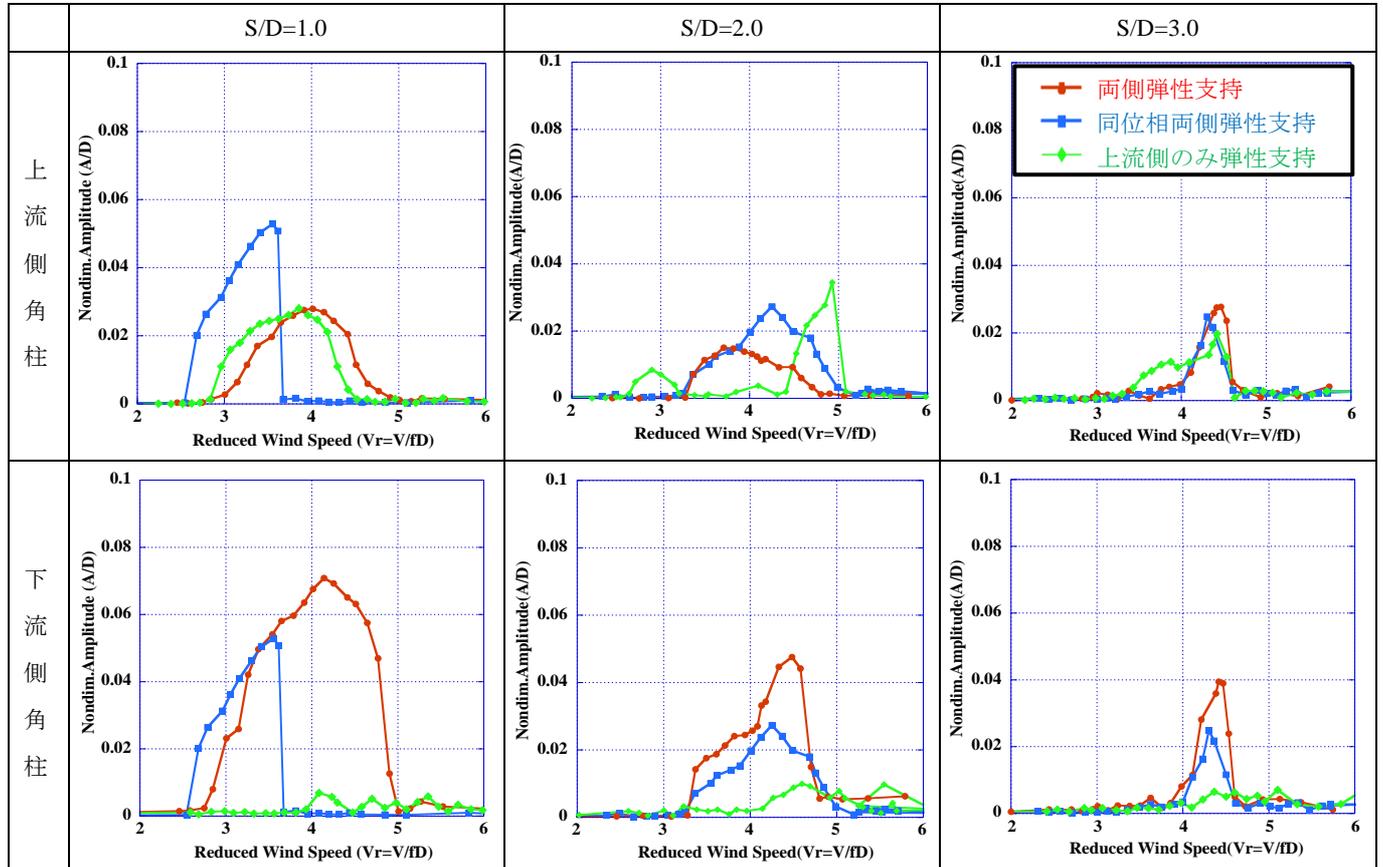
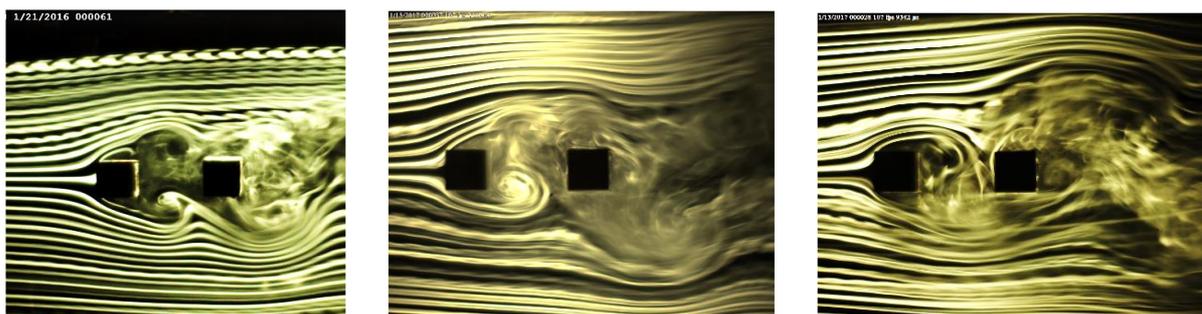


図3 模型支持条件の違いによるタンデム正方形角柱の応答の変化( $Sc=1.0\sim 1.1$ )



(a)両側弾性支持

(b)同位相両側弾性支持

(c)上流側のみ弾性支持

写真1 模型強制加振時における流れの可視化実験結果(S/D=2.0, Vr=4.5, f=0.99Hz, 上流側角柱が最下流位置)

4.結論

タンデム正方形角柱の耐風性は、両側弾性支持条件のばね支持実験結果を用いて評価することが望ましい。ただし、この前提条件は無次元間隔 S/D=1.0, 2.0, 3.0 の換算風速 Vr= 2.0~6.0 におけるインライン振動を対象とした場合である。

参考文献

- 1) 日本機械学会：「配管内円柱状構造物の流れ振動評価指針」の解説(解説A), 1998.
- 2) 岡島厚ら：直列2角柱の流れ方向流れ振動に関する研究, 日本機械学会論文集(B編), 73巻725号, pp.76-84. 2007.
- 3) Kazutoshi Matsuda et al. : IN-LINE OSCILLATION CHARACTERISTICS OF TWO SQUARE CYLINDERS IN A TANDEM ARRANGEMENT IN FLOW HYSTERESIS REGION, Electronic Proceedings of 11th International Conference on Flow-Induced Vibrations, 2016.