

模型支持条件に着目したタンデム正方形角柱におけるギャロッピング振動特性

九州工業大学

学生会員 ○神谷健太

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

学生会員 中村雄太

1. はじめに

単独の構造物に比べ、複数の構造物が近接している場合には剥離流れの干渉などにより複雑な流れ場が発生することが予想される。そのため、本学では過去にタンデム正方形角柱のインライン振動の模型支持条件に着目した研究¹⁾が行われており、両側弾性支持状態が耐風設計上安全側の評価を与えることが分かっている。しかし、本研究の研究対象であるギャロッピング振動は比較的高風速において発現する可能性を有する発散振動である。タンデム正方形角柱を対象とした既往の研究²⁾における実験ケースは下流側のみ弾性支持状態であるため、いかなる模型支持条件が耐風設計上安全側の評価を与えるか明らかでない。そのため本研究では、模型支持条件のみを変化させ鉛直1自由度ばね支持実験および流れの可視化実験を行うことにより、模型支持条件がタンデム正方形角柱のギャロッピング振動に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

【2-1 風洞実験】

正方形角柱をタンデム配置させた鉛直1自由度のばね支持実験を行う。風洞内模型設置状況および風洞外実験装置設置状況をそれぞれ写真1および写真2に示す。模型高さ $D=0.090(\text{m})$ 、模型長 $L=0.828(\text{m})$ であり、風洞内測定部における閉塞率は5%、スクルートン数 $Sc=2.8$ とした。使用する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、無次元角柱間隔 $S/D=1.0, 2.0, 3.0$ の3ケースをそれぞれ両側弾性支持状態、上流側のみ弾性支持状態、下流側のみ弾性支持状態の3支持条件で実験を行った。図1および図2にそれぞれ無次元角柱間隔 S/D および模型支持条件を示す。

【2-2 流れの可視化実験 (スモークワイヤー法)】

本実験ではステンレスワイヤーに流動パラフィン塗布し、その細線に電流を流し、白煙を発生させて風洞気流を可視化する。概要図を図3に示す。模型の材質は透過性のあるアクリルであり、模型長は150mmである。模型高さは風洞閉塞率5%を考慮し20mmとした。実験ケースは、鉛直1自由度ばね支持実験の応答結果を参考に選定し、 $S/D=3.0$ 、換算風速 $V_r(=V/fD)=8.0$ において、模型を両側強制加振または片側強制加振して流れの可視化実験を行った。

3. ばね支持実験結果

鉛直1自由度ばね支持実験結果として、 $S/D=1.0, 2.0, 3.0$ の上流側角柱、下流側角柱のそれぞれの両側弾性支持状態と片側弾性支持状態の場合の応答図を図4に示す。模型支持条件に着目すると上流側、下流側ともに両側弾性支持状態が片側のみ弾性支持よりも大きな応答振幅を与えることが分かる。



写真1 風洞内模型設置状況

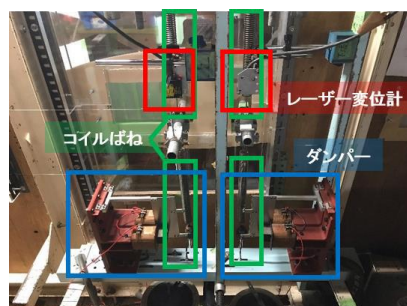


写真2 風洞外実験装置設置状況

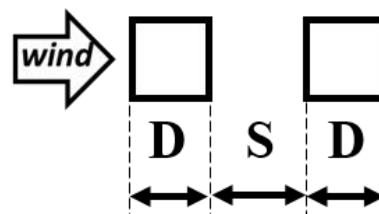


図1 無次元角柱間隔 S/D

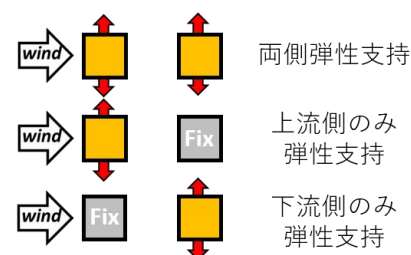


図2 模型支持条件

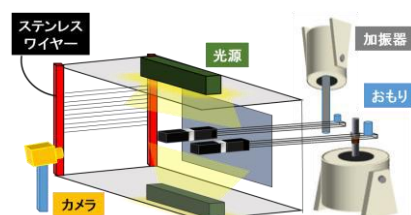


図3 流れの可視化風洞実験

4. 流れの可視化実験結果

各模型支持条件による $S/D=3.0$, $V_r=8.0$ における流れ場の様子を写真3に示す. (a)と(b)に着目すると, (b)上流側のみ強制加振時に比べ, (a)両側強制加振時は上流側角柱の上下面における白煙が密であり, 空気力の変動が大きいことが分かる. また, (a)と(c)に着目すると, (c)下流側のみ強制加振時に比べ, (a)両側強制加振時では下流側角柱の上下面の白煙が濃く, 下流側角柱の上下面に大きな変動空気力を及ぼしているのが確認できる. そのため上流側角柱, 下流側角柱ともに片側のみ弾性支持状態よりも両側弾性支持状態において応答が大きくなったと考えられる.

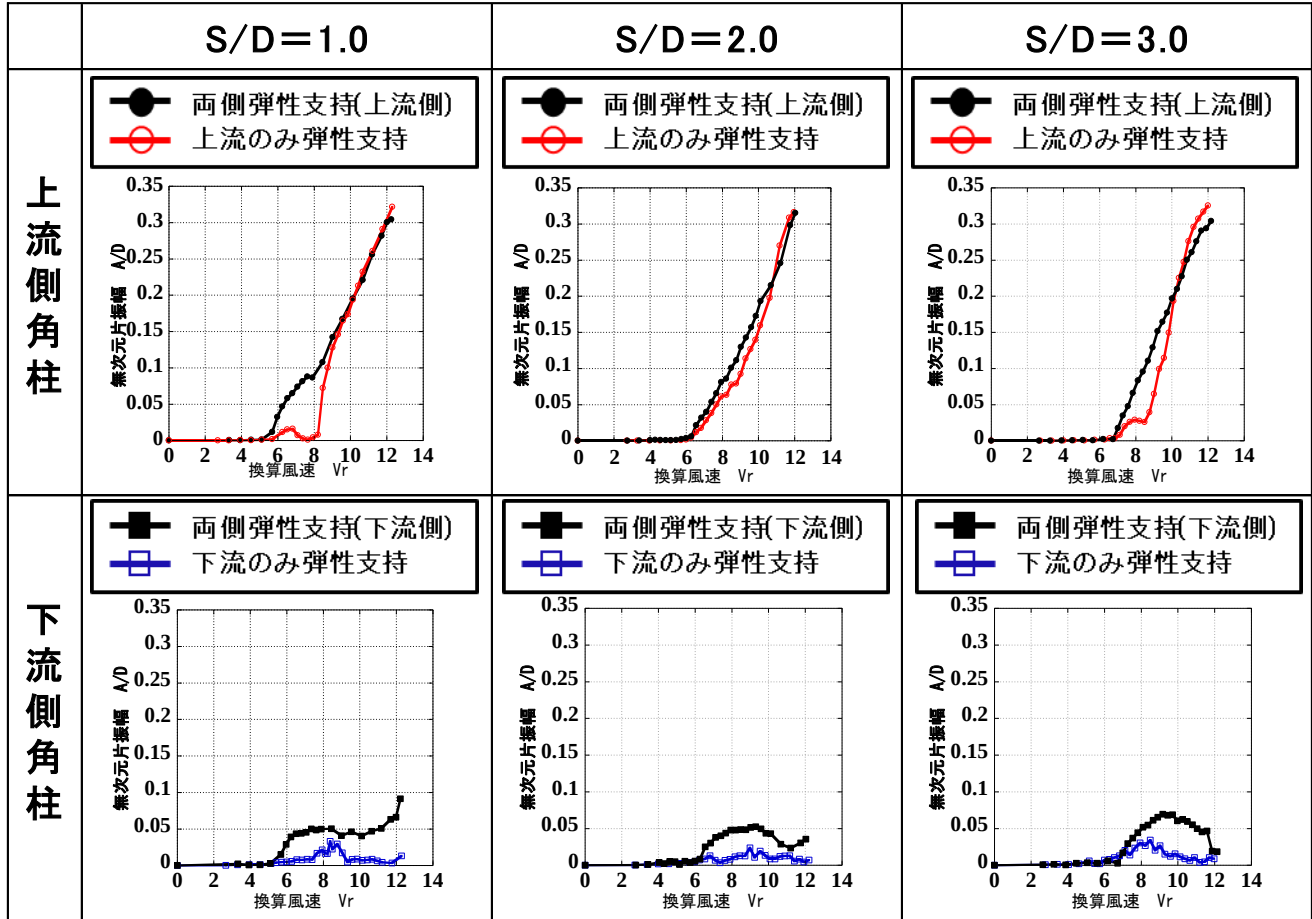
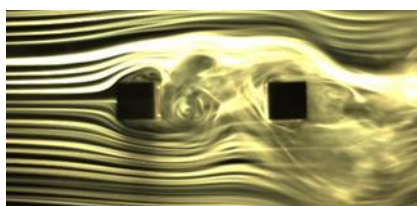
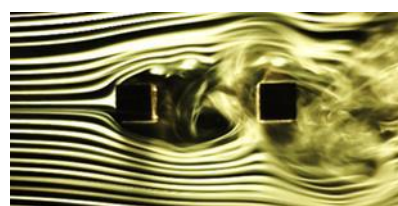


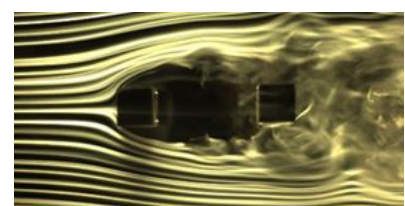
図4 模型支持条件の違いによる応答の比較($Sc=2.8$)



(a)両側強制加振時
(A/D)_{上流側}=0.07, (A/D)_{下流側}=0.04



(b)上流側のみ強制加振時
 $A/D=0.03$



(c)下流側のみ強制加振時
 $A/D=0.03$

写真3 $S/D=3.0$, $V_r=8.0$ における流れ場の様子(上流側角柱の下方向への速度最大点)

5. まとめ

タンデム正方形角柱の構造物のギャロッピング振動においては, 両側弾性支持状態の応答結果を用いて耐風性を評価すべきである. ただし, 無次元角柱間隔 $S/D=1.0$, 2.0 , 3.0 , 換算風速 $V_r=2\sim 12$ の場合である.

6. 参考文献

- 1) Kazutoshi Matsuda, Kusuo Kato, Kentaro Suda, and Yuta Nakamura :IN-LINE OSCILLATION CHARACTERISTICS OF TWO SQUARE CYLINDERS IN A TANDEM ARRANGEMENT, Proceedings of 7th European-African Conference on Wind Engineering, 2017.
- 2) 高井和紀, 羽二生博之, 小畑芳弘: 正方形断面柱に発現するウェークギャロッピングの振動応答特性, 日本機械学会論文集, Vol.80, No.813, 2014.