

タンデム配置正方形角柱のインライン振動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 ○田川裕貴
 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 学生会員 中村雄太

1. はじめに

インライン振動とは主流方向の振動であり、質量比や構造減衰率が小さいときに発生しやすい。図-1 に示すように、一般に単独の円柱や正方形角柱のインライン振動には二つの励振域が存在し、主流直角方向の振動であるカルマン渦励振の共振風速の半分を境に、第1励振域では対称渦、第2励振域では交互渦が発生する。複数の構造物が近接しておかれた場合には、剥離流れの干渉等によって単独時と比べて流れパターンが複雑になり、振動特性が大きく異なることが予想される。本研究では最も基本的な断面形状として、正方形角柱を対象とし実験を行った。

タンデム配置正方形角柱に関する既往の研究では、模型の支持条件として、両側の角柱を弾性支持したもの¹⁾、注目する角柱のみを弾性支持し、もう一方を固定支持したもの²⁾(上下どちらかを弾性支持するかで2通り)の計3通りにおいて検討が行われている。しかし、これらの支持条件のもと行われた種々の研究は、スクリーン数や模型のアスペクト比等の実験条件が異なることから、実験結果を単純に比較することはできず、模型支持条件の差異によるインライン振動特性は十分に明らかになっていない。

そこで本研究では、模型支持条件の差異によるタンデム配置正方形角柱の応答特性を比較・検討することで、風洞実験においてより安全側の評価を与える模型支持条件を明らかにすることを目的とし、上記に加え、両角柱を支持部材により連結し同位相弾性支持したものを含めた計4通りの模型支持条件のもと、水平1自由度ばね支持実験と流れ場の可視化実験を行った。

2. 実験概要

本研究では、上記4通りの支持条件においてタンデム配置正方形角柱の水平1自由度ばね支持実験を行った。表-1 に模型諸元、図-2 に模型断面概略図、写真-1 に風洞内模型設置状況を示す。実験ケースについては、 $S/D=1.0, 2.0, 3.0$ の3ケースとする。ただし S は2角柱の間隔である。

ばね支持実験の後、模型支持条件による流れ場の差異の視覚的把握を目的として、スモークワイヤー法を用いて流れ場の可視化実験を行った。スモークワイヤー法とは、流れ場の可視化手法の一つであり、金属細線に油(本実験では流動パラフィン)を塗布し、電流を流し白煙を発生させることで風洞気流を可視化するものである。可視化実験の概略図を図-3 に示す。風洞風速は $V=0.8\text{m/s}$ 、模型の代表長は $D=20\text{mm}$ とする。

3. 実験結果および考察

表-2 にばね支持実験結果を示す。 $S/D=1.0$ の上流側のみ弾性支持の場合

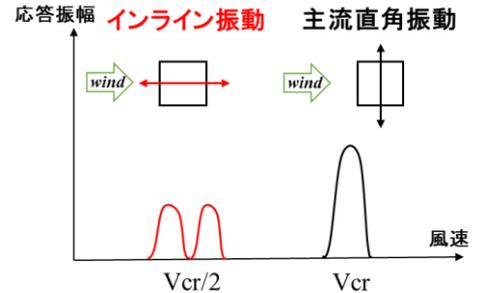


図-1 インライン振動について

表-1 模型諸元

模型の幅, 高さ D (mm)	180
模型長 L (mm)	800
アスペクト比 L/D	4.44
スクリーン数 Sc	1.0 (基準値)

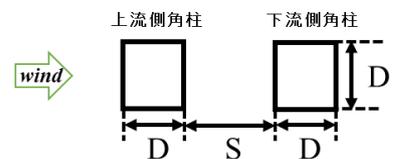


図-2 模型断面概略図



写真-1 風洞内模型設置状況

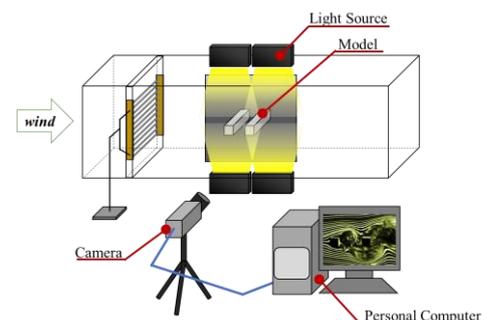


図-3 可視化実験の概略図

合、両側弾性支持の上流側角柱と同様な振動特性が確認された。同位相両側弾性支持の場合、正方形角柱のストローハル数 $St=0.125$ の逆数から算出されるカルマン渦励振の発現換算風速 $V_{cr}=8$ の半分の $V_r=4$ 以降において第二励振域の発現が認められなかった。これは、角柱間隔が狭いため交互渦の発生が抑制されたためと考えられる。下流側のみ弾性支持の場合、高風速域においてバフエッティング振動が見られた。これは既往の研究²⁾と同様の傾向にある。下流側のみ弾性支持の場合、すべての無次元間隔においてバフエッティング振動が確認された。

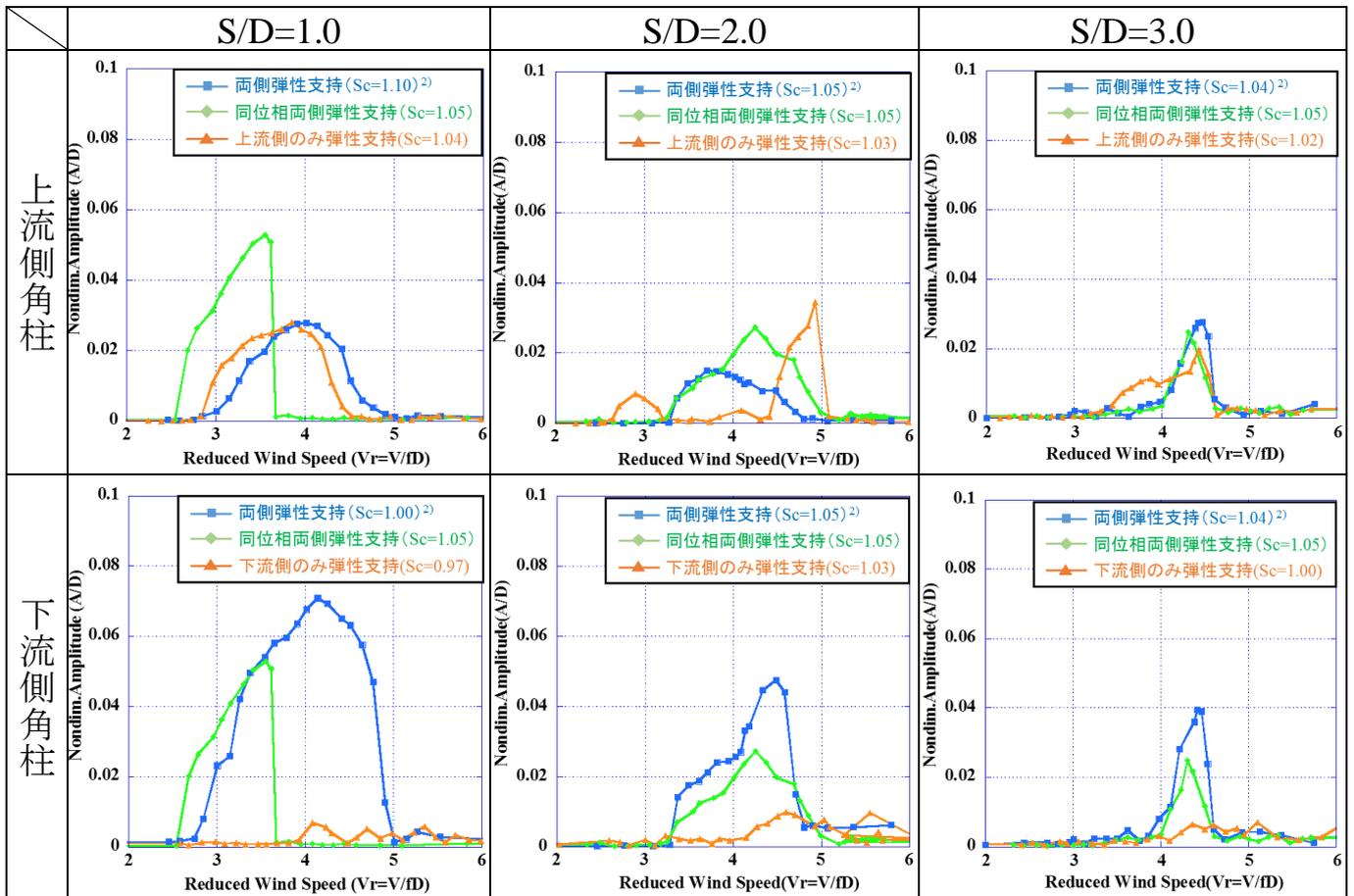
次に $S/D=2.0$ の上流側のみ弾性支持の場合、第一励振域と第二励振域が離れて発現し、 $V_r=3\sim4$ 付近において明確な振動は確認されなかった。これは、対称渦と交互渦が相互に干渉しあうことで流れ場が不安定となったためであると推測されるが、現段階では今後の課題としたい。同位相両側弾性支持の場合、励振域が両側弾性時とほぼ等しい振動が確認された。

最後に $S/D=3.0$ の場合、上流側のみ弾性支持の場合のみ、対称渦によるものと推定される第一励振域の発現が見られるが、それ以外の点で模型支持条件による大きな傾向の差異は見られなかった。これは無次元間隔が大きくなったことで、上流側角柱に与える下流側角柱の影響が小さくなったためであると考えられる。

4. まとめ

$S/D=1.0, 2.0$ および 3.0 のいずれにおいても、両側弾性支持において下流側角柱の振動が大きく見られる傾向が確認され、両側弾性支持条件において実験を行うことは、インライン振動を対象とする耐風設計上、安全側の評価を与えることがわかった。上流側角柱については、模型支持条件によって最大振幅の一貫した傾向は得られなかったが、タンデム配置正方形角柱の無次元振幅は上流側角柱よりも下流側角柱の方が大きくなる傾向にあるため、両側弾性支持の下流側角柱で得られた応答結果は、インライン振動を対象とする耐風設計上、最も安全側の評価を与えると考えられる。

表-2 ばね支持実験結果



参考文献

- 1) 荒津樹: 流れ場のヒステリシス領域におけるタンデム配置正方形角柱のインライン振動特性, 平成27年度九州工業大学大学院修士論文, 2016.
- 2) 岡島厚ら: 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, pp.76-84, 2007.