

弾性支持タンデム角柱のインライン振動に関する実験的検討

九州工業大学大学院 学生員 ○佐藤 誠

高砂熱学工業(株) 正会員 樋口芳俊 (研究当時九州工業大学大学院生)

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, 主に流れ直角方向振動に注目したものは多くあるが, インライン振動に関するものは比較的少ない. 特に構造物が複数個ある場合には, 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り, 応答特性が大きく異なることが予想される

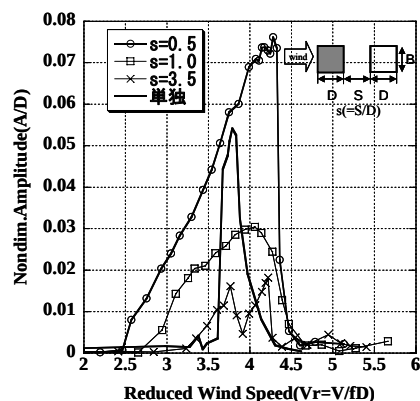
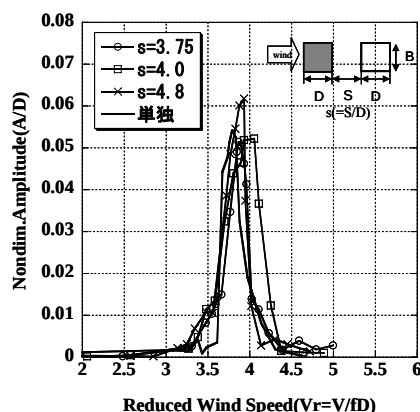
ため, 振動特性を把握する必要がある. そこで本研究では複数構造物として最も基本的であるタンデム(直列 2)角柱のインライン振動について, 弾性支持された 2 つの正方形角柱の間隔と応答振幅の関係を明らかにすることを目的とした.

2. タンデム角柱のインライン振動に関する応答特性

既往の研究¹⁾では, タンデム角柱の片方を固定して 2 角柱の間隔を変化させた応答特性の研究が行われている. 本研究では 2 角柱とも弾性支持状態とし, 2 角柱の間隔を変化させて応答特性の検討を行った. 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である. 模型諸元を表-1 に示し, 風洞内タンデム角柱設置状況を図-1 に示す. 2 角柱間は無次元間隔 $s(=S/D, S$: 直列に配置した 2 角柱の間隔, D : 代表長) $=0.5, 1.0, 3.5, 3.75, 4.0, 4.8$ の 7 ケースに変化させて実験を行った. 実験結果を図-2~図-5 に示す. 図-2 は上流側角柱の $Sc=0.7$ において $s=0.5, 1.0, 3.5$ に変化させた応答結果である. $s=0.5$ では角柱単独時より, 最大振幅は大きくなり, 1 つの励振域となった. $s=1.0$ では角柱単独時より, 最大振幅は小さくなった. また, $s=3.5$ では 2 つの励振域が生じた. $s=0.5, 1.0, 3.5$ にかけて最大振幅が下がる傾向にある. 図-3 は上流側角柱の $Sc=0.7$ において $s=3.75, 4.0, 4.8$ に変化させた応答結果である. $s \geq 3.75$ ではほぼ角柱単独時の応答結果に近付くため, 下流側角柱の影響がなくなると考えられる. 図-4 は上流側角柱の最大応答

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	800	4.4	170-650	4.8-2.9	0.004-0.002	0.7-1.3

図-1 風洞内タンデム角柱設置状況 ($s=3.5$)図-2 上流側角柱応答図 ($Sc=0.7$, $s=0.5, 1.0, 3.5$)図-3 上流側角柱応答図 ($Sc=0.7$, $s=3.75, 4.0, 4.8$)

キーワード: タンデム配列構造物, インライン振動, スクルートン数, 風洞実験, 流れの可視化

連絡先: 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-(884)-3466

振幅の無次元振幅 s に対する変化を示したものである。本研究では既往の研究¹⁾と比べ、広範囲にわたって上流側角柱が下流側角柱の影響を受けていることがわかる。この原因は本研究では下流側角柱を弾性支持、既往の研究では下流側角柱を固定支持している違いにあると考えられる。すなわち、下流側角柱の支持方法の違いによって、上流側角柱からの剥離せん断層の下流側角柱への再付着パターンに違いが生じているためと考えられる。全体を通して既往の研究に比べ、本研究の上流側角柱の応答振幅は小さかった。図-5 は下流側角柱最大応答振幅の無次元振幅 s に対する変化を示したものである。本研究は $s=0.5$ では既往の研究結果と比べ最大応答振幅が小さいことがわかる。 $s \geq 1.0$ では既往の研究と同様ほとんど発生しなかった。

3. 可視化実験(PIV)による静止時タンデム角柱周りの流れ場特性

タンデム角柱の間隔の変化に伴う流れ場特性の変化について検討するため、可視化実験を行った。対象実験ケースは角柱単独時、タンデム角柱 $s=0.5, 1.0, 4.0$ である。図-6 に角柱単独時、 $s=0.5, 4.0$ の実験結果を示す。図-6 の(b)より、 $s=0.5$ では上流側角柱の前縁から発生した剥離流れが、下流側角柱の後流側にかけて続き、2角柱が1つの物体のように振る舞っていることがわかる。また上流側角柱前縁からの剥離が角柱単独時と比べ大きくなったことが、上流側角柱の応答振幅が大きくなった原因と考えられる。図には示していないが、 $s=1.0$ では上・下流側角柱とも剥離が小さくなった。図-6 の(c)より、 $s=4.0$ では上流側角柱の後流域の流れ場は角柱単独時とほぼ同様となっている。また下流側角柱は上流側角柱の後流渦の影響でほとんど剥離が発生していないことがわかる。この結果より、下流側角柱は $s=4.0$ においても上流側角柱の影響を受けていると考えられる。

4. 結論

タンデム角柱のインライン振動最大応答振幅は、角柱単独時と比較すると次のようである。

(1) 上流側角柱

$s=0.5$ では応答振幅は大きくなり、 $1 \leq s \leq 3.5$ では応答振幅は小さくなった。 $3.75 \leq s$ になると応答振幅はほぼ同じであった。

(2) 下流側角柱

$1 \leq s$ では応答振幅は小さくなった。

ただし、これらの結果はタンデム角柱の支持方法(固定・弾性支持)に依存する。

参考文献

- 岡島厚, 安井聡, 森快貴, 木村繁男, 木綿隆弘 : 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, 2007.1.

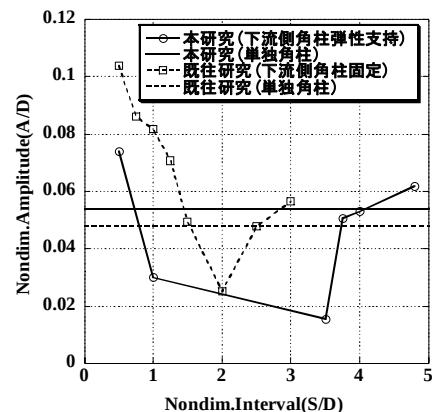


図-4 最大応答振幅の無次元間隔 s に対する変化(上流側角柱)

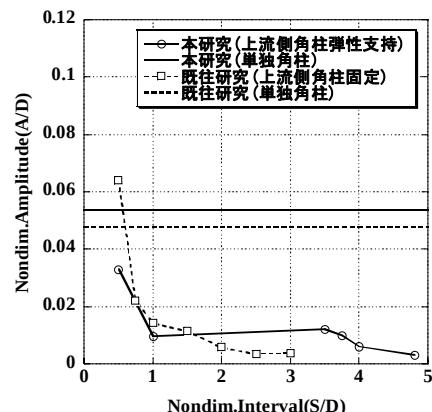


図-5 最大応答振幅の無次元間隔 s に対する変化(下流側角柱)

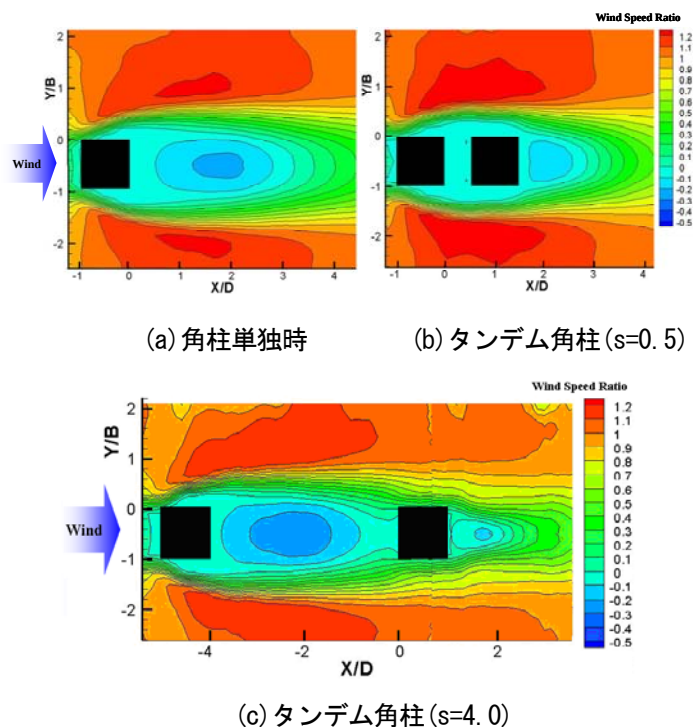


図-6 平均風速比分布