

# 一様流中で調和振動する二次元角柱の付加質量効果に関する研究 —その1 シミュレーション概要及び結果—

日大生産工(学部) ○田中 秀和 日大生産工(院) 西 将志  
日大生産工 神田 亮

## 1. はじめに

空力不安定振動は、発現すると構造物を崩壊に至らしめる恐れがあり、構造設計を行う上でその予測は重要である。空力不安定振動の発現は密度比(空気密度に対する建物密度の比)が小さいと低い無次元風速から生じることが二次元角柱では田村ら<sup>1)</sup>、三次元角柱では河井ら<sup>2)</sup>、天野<sup>3)</sup>により報告されている。

本論文では、ニューハイブリッド空力振動法(以下: NHAT)を用いて、密度比が小さい時に発振風速が低下する現象をシミュレーションし、応答変位や外力について考察した。

## 2. シミュレーション概要

二次元角柱を対象としたNHATでシミュレーションした。NHATの詳細な説明は文献を参照されたい<sup>4)</sup>。NHATは振動モデルのパラメータの設定が容易かつ正確に行えるため、小さい密度比でも現象をシミュレーションすることができる。また、振動中の外力を測定できる。しかし、応答計算に対して、外力が数msecの制御遅れがある。

シミュレーションで用いた模型の形状を図1、風圧測定孔の配置を図2に示す。

シミュレーション気流を図3に示す。風速

勾配がなく、乱れが約0.5[%]の一様流に近いものとした。サンプル数は8192, サンプリング周波数は500[Hz]とし3回計測の平均値を分析する。スクルートン数(以下:  $Sc$ ) は(1)式より算出した。

$$Sc = \frac{2M_s}{\rho_a BDH} 2\pi h_s \quad (1)$$

ここで、 $M_s$ : モデルの質量[kg],  $\rho_m$ : モデルの密度[kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_a$ : 空気密度[kg/m<sup>3</sup>],  $h_s$ : 減衰定数[%],  $B$ : 見付幅[m],  $D$ : 奥行[m],  $H$ : 長さ[m]である。

表1にシミュレーションしたモデルの構造パラメータを示す。固有振動数は4, 5[Hz]とした。発振風速と $Sc$ の関係を調べるために、密度比を146.54とし、 $Sc=10\sim 40$ まで変化させた。また、 $Sc=10, 20$ では発振風速と密度比の関係を調べるために、 $h_s$ を2[%]とした場合をシミュレーションした。

表1 シミュレーションモデルの構造パラメータ

$M_s$ [kg]	$\rho_m/\rho_a$	$h_s$ [%]	$Sc$
0.82	39.79	2.00	10.00
1.64	79.58	2.00	20.00
3.01	146.54	0.54	10.00
3.01	146.54	1.09	20.00
3.01	146.54	1.63	30.00
3.01	146.54	2.17	40.00

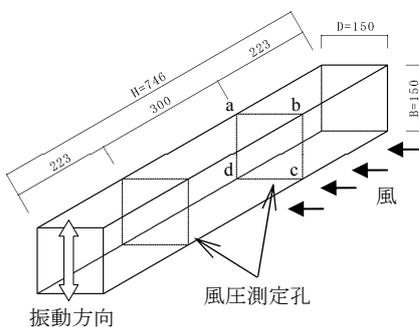


図1 模型形状[mm]

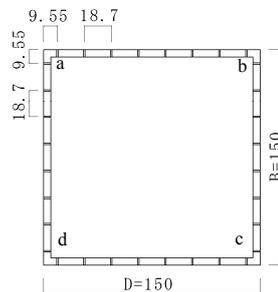


図2 風圧測定孔の配置[mm]

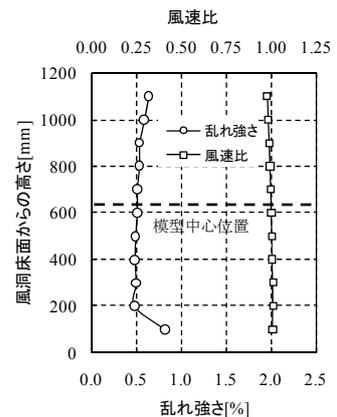


図3 気流性状

### 3. シミュレーション結果

図4に応答曲線を示す。横軸は(2)式より算出した無次元風速(以下： $V_r$ )、縦軸は無次元振幅とする。無次元振幅は応答の標準偏差を模型の見付幅で除し、最大値を評価するために時系列波形が正弦波であると仮定し $\sqrt{2}$ を乗じ表している。

$$V_r = \frac{V}{f_s B} \quad (2)$$

ここで、 $V$ : 風速[m/s],  $f_s$ : 固有振動数[Hz], である。全体的な傾向として $V_r=7$ 付近で応答は立ち上がり、 $V_r=9$ 付近でピークになる。 $Sc=10$ と密度比の小さい $Sc=20$ では振幅の収束は見られず、渦励振からギャロッピングに移行したものと考えられる。密度比146.54のモデルでは $Sc$ によらず応答の立ち上がりは同じになる。それに対して、密度比が小さい $Sc=10, 20$ のモデルでは、応答の立ち上がりが低い無次元風速で見られた。そのため、発振風速は密度比の影響を受けると考えられる。この傾向は、既往の研究で報告されている。

図5に無次元風速に対するピークファクタの変化を示す。ピークファクタは(3)式より算出した。応答の立ち上がりと共に、ピークファクタが減少し、 $\sqrt{2}$ に近くなるため、渦励振は定常状態に近い。高風速域ではランダム振動である。なお、密度比の大小によらず傾向の違いは見られない。

$$\text{ピークファクタ} = \frac{\text{応答変位の最大値}}{\text{応答変位の標準偏差}} \quad (3)$$

図6には無次元風速に対する変動揚力係数を示す。全体的な傾向としては応答が立ち上がる $V_r=7$ 付近より変動揚力係数が低下し始め、ピークとなる $V_r=9$ 付近で最小の値となることが見られる。高風速域では、静止時の変動揚力係数(本シミュレーションでは1.31)に近づく。なお、変動揚力係数は密度比の大小によらず傾向の違いは見られない。

### 4. まとめ

一様流中におかれた二次元正方形角柱の空力挙動について、密度比をパラメータとしたシミュレーションを行った。特に密度比が小さい時に渦励振の発振風速が低下する現象に着目してシミュレーションを行い、以下の知見が得られた。

- 発振風速の低下は $Sc$ ではなく密度比が影響する。
- 渦励振時のピークファクタは $\sqrt{2}$ に近く定常振動に近い。

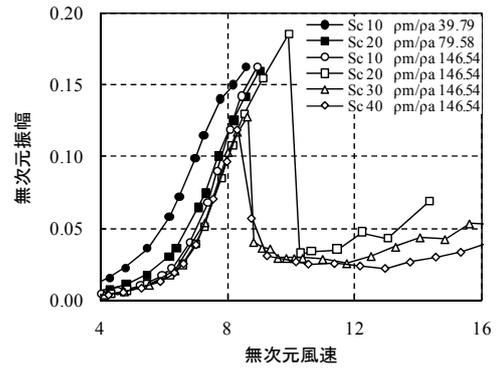


図4 無次元風速—応答曲線

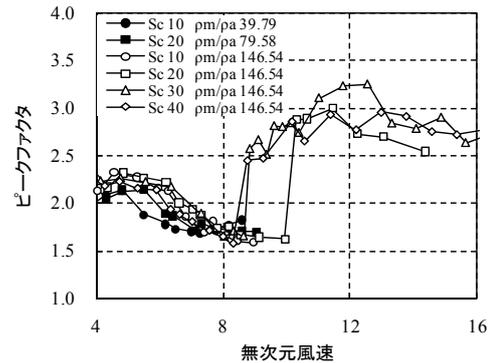


図5 無次元風速—ピークファクタ

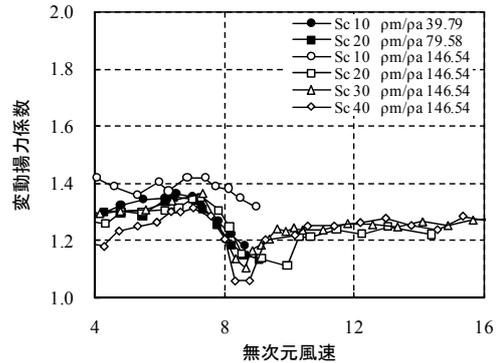


図6 無次元風速—変動揚力係数

### 参考文献

- 1) 田村哲郎, 伊藤嘉晃: 動力学特性の変化による空力不安定振動の応答評価, 日本建築学会構造系論文集, 第504号, 1998.2, pp.15-21
- 2) 河井宏允, 藤波潔: 一様流中の辺長比2の3次元角柱の空力不安定振動, 風工学シンポジウム論文集, 第16回, 2000, pp.285-290
- 3) 天野輝久: 一様流中における三次元正四角柱の渦励振およびギャロッピングに及ぼす隅欠き・隅切りの効果, 日本建築学会構造系論文集, 第478号, 1995.12, pp.63-69
- 4) 岡田玲, 松山哲雄, 神田亮, 磯野由佳, 丸田榮藏: 2次元流中におかれた角柱の振動時の性状を明らかにするためのニューハイブリッド空力振動技術の開発, 日本建築学会技術報告集, 第22号, 2005.12, pp.145-150