

二次元正方形角柱の空力振動特性に関する研究
その 1 応答曲線および空力振動時の変動揚力係数

Study on Characteristics of Aerodynamic Vibration of a Square Prism in 2 Dimensional Flow
Part 1 Response Curves and Variable Lift Coefficients under Aerodynamic Vibration

○茂木大佑¹, 久保田理人¹, 神田亮²

*Daisuke Moteki¹, Rihito Kubota¹, Makoto Kanda²

This paper describes characteristics of aerodynamics vibration of 2 dimensional square prism. In order to analyze the characteristics, the experimental simulation is conducted by means of the improved hybrid aerodynamics vibration technique, which is referred as to IHAT. The experimental parameters such as Scruton Number and density ratio are set up in the range where the parameters have been set up impossibly. In the part 1, the response curves and variable lift force coefficients under aerodynamic vibration are estimated for those parameters. The interesting results are found out for the variable lift force coefficient.

1. はじめに

ブラッフボディの空力振動現象である二次元および三次元角柱の流れ直交振動の研究は、古くから行われている。これに対し、これらの研究を新たな点から見直すために本研究では、改良型ハイブリッド空力振動法(以下、IHAT)による三次元正方形角柱の研究を実施してきた¹⁾。

本論文では、IHATにより今まで実施されなかったスクラートン(以下、Sc)数、密度比 ρ/ρ_s (ρ : 空気密度、 ρ_s : 構造物の密度)に対し、二次元正方形角柱の風直交方向振動を再現し、その応答値や風圧変動場を測定するとともに空力振動時の変動揚力係数(以下、 C_L, rms)、応答加速度と外力の位相角について検討を行う。その1では実験諸元、Sc数、 ρ/ρ_s と応答特性、 C_L, rms の関係について検討する。

2. 実験諸元

実験で使用した二次元正方形角柱を Fig.1 に示す。振動の自由度は風直交方向の並進1自由度とする。風圧測定孔は1面に16点、4面で計64点設けた。気流はほぼ一様流に近い(乱れ強さ0.05%)ものとした。実験パラメータを Table1 に示す。Sc数を10, 14, 15, 20, 30となるように ρ/ρ_s および減衰定数 h を表中の様に定めた。Sc数を式(1)に示す。

$$Sc = 2 \frac{\rho_s}{\rho} 2\pi h \quad (1)$$

二次元正方形角柱の応答値のサンプリング間隔は2[msec]とした。サンプリングデータ数は16384個を1セットとして、標準偏差などの統計量を算定した。二次元正方形角柱の固有振動数は4[Hz]とした。

3. 応答曲線

Fig.2 に無次元風速(以下、 Vr)に対する応答曲線を示す。なお、縦軸は無次元振幅 $Z = \sqrt{2} \cdot \dot{z}/B$ ここで、 \dot{z} : 応答変位の標準偏差、 B : 見つけ幅である。Sc = 20,30では、 $Vr=2.5\sim 5.0$ 付近で応答が増加し、 $Vr=7.0\sim 10.0$ 付近で

最大となる。その後、 Vr の増加と共に応答値は収束する。この結果より応答が増加している領域では渦励振が発生していると推察される。更に、高い Vr において再び応答の急激な増加が確認できる。この領域ではギャロッピング振動が発生していると推察される。Sc = 10ではSc = 20,30と同様な Vr から応答が増大し始めるが応答が収束せず発散したことから、渦励振からギャロッピング振動に振動現象が直接移行したと推察される。また、Sc = 14では、Sc = 10と同様、渦励振後、応答は収束せず、発散した。これに対し、Sc = 15では渦励振後、応答の収束が確認できた。この結果より、渦励振からギャロッピング振動に振動現象が直接移行するSc数の境界値は14~15の間にあると推察される。Sc数が異なり ρ/ρ_s が同じ場合、渦励振時の応答が立ち上がる Vr はSc数によらず一定となり、渦励振時では同じ増加傾向を示す。これに対し、Sc数が同じで ρ/ρ_s が異なる場合、 ρ/ρ_s が大きくなると応答の立ち上がる Vr は低くなる事が確認できる。

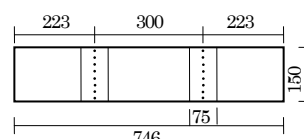


Fig.1 Elevation of Model

Table1 List of Experimental Parameters

| (a) Sc = 10 | | | (b) Sc = 20 | | |
|---------------|---------|----|----------------|---------|----|
| ρ/ρ_s | h [%] | Sc | ρ/ρ_s | h [%] | Sc |
| 1/20 | 3.98 | 10 | 1/20 | 7.96 | 20 |
| 1/80 | 1.00 | | 1/80 | 1.99 | |
| 1/160 | 0.50 | | 1/160 | 0.99 | |
| 1/640 | 0.12 | | 1/640 | 0.25 | |
| (c) Sc = 30 | | | (d) Sc = 14,15 | | |
| ρ/ρ_s | h [%] | Sc | ρ/ρ_s | h [%] | Sc |
| 1/20 | 11.94 | 30 | 1/160 | 0.69 | 14 |
| 1/80 | 2.99 | | 1/160 | 0.75 | 15 |
| 1/160 | 1.49 | | | | |
| 1/640 | 0.37 | | | | |

1: 日大生産工・院・建築工学 2: 日大生産・教員・建築工学

4. 変動揚力係数

Fig.3 に $C_{L,rms}$ を示す。なお、縦軸は $C_{L,rms}$ 、横軸は Vr である。 $C_{L,rms}$ は式(2)より算出した。

$$C_{L,rms} = \frac{\bar{F}_L}{\frac{1}{2}\rho\bar{V}^2S} \quad (2)$$

ここで、 \bar{F}_L : 揚力の標準偏差、 \bar{V} : 平均風速、 S : 模型の代表面積である。

Sc = 20,30 の場合、低風速において渦励振が発生していると考えられる領域では、 $C_{L,rms}$ は応答の増加とともにわずかに増加した後、減少する。その現象が始まる Vr は ρ/ρ_s が大きいほど小さい。その後、応答が最大値となる Vr で $C_{L,rms}$ は最小値となる。渦励振が発生している領域より高風速でギャロッピング振動が発生していると考えられる領域では、 $C_{L,rms}$ の値は異なるがほぼ一定値となる。Sc = 10 の場合、 $Vr=10$ 付近までは Sc = 20,30 と同様な傾向を示すが、 $Vr=10$ より高風速領域では、測定不能でデータが無く明確な考察は行えない。Sc = 14,15 の場合は、両者ともほぼ同様な値を取り、また、その傾向は Sc = 10,20,30 と

同様である。Sc 数は異なるが、 $\rho/\rho_s = 1/20$ の場合、渦励振時に $C_{L,rms}$ が減少する Vr は Sc 数によらず一定となり、そのときの $C_{L,rms}$ は Sc 数が大きいほど小さい値となる。Sc 数は異なるが、 $\rho/\rho_s = 1/640$ の場合は $\rho/\rho_s = 1/20$ と同様の傾向を示すがその割合は小さい。

5. まとめ

IHAT を用いて二次元正方形角柱の空力振動実験を行い、応答特性、空力振動時の変動揚力係数について検討した。以下に得られた知見を示す。

- ① Sc = 15,20,30 では低風速で渦励振、高風速でギャロッピング振動が発生していると推察される。その発振無次元風速は密度比が小さいほど低風速となる。また、Sc = 10,14 では渦励振からギャロッピング振動へ振動現象が移行していると推察される。
- ② $C_{L,rms}$ は渦励振中の応答の増加と共に減少していき、応答が最大値となる風速で最小値をとる。また、ギャロッピング振動中は 1.2 付近でほぼ一定値となる。

参考文献

その 2 の参考文献参照

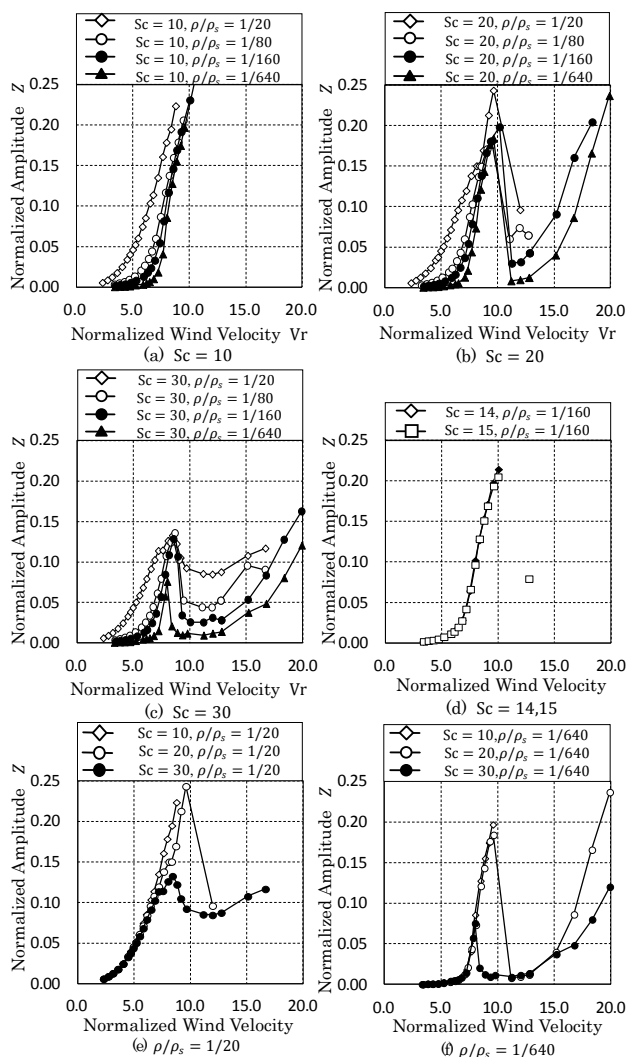


Fig.2 Response Curves

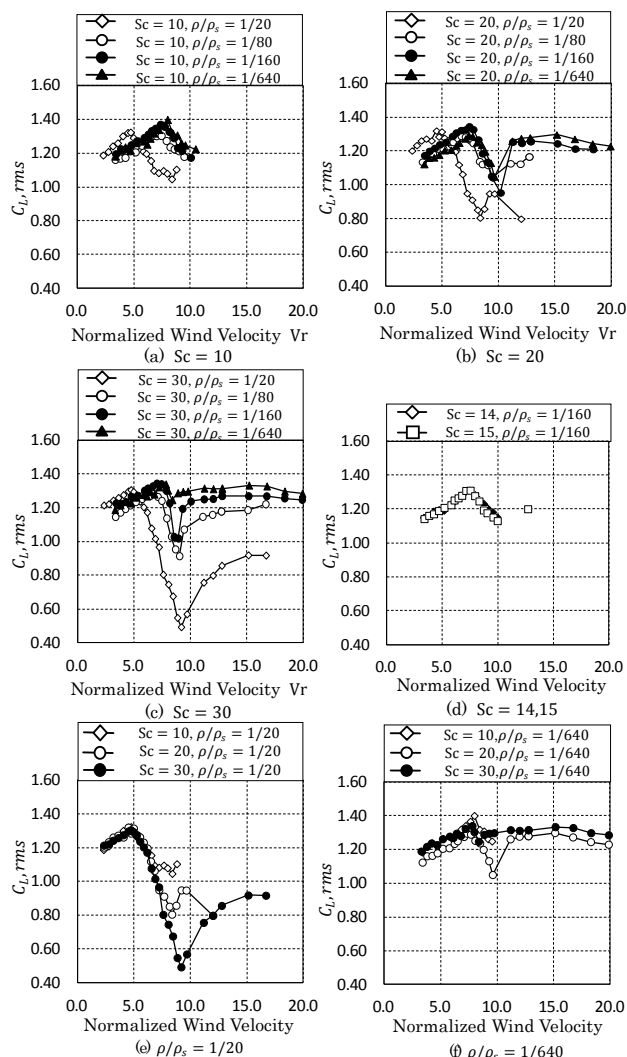


Fig.3 Fluctuate Lift Coefficient