

二次元正方形角柱の空力振動特性に関する研究

その 2 振動数比および外力-応答加速度の位相角

Study on Characteristics of Aerodynamic Vibration of a Square Prism in 2 Dimensional Flow

Part 2 Ratio of Frequency and Phase Angle between External Force and Response Acceleration

○久保田理人¹, 茂木大佑¹, 神田亮²

* Rihito Kubota¹, Daisuke Moteki¹, 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 2, the frequency ratio and the phase between external force and response acceleration are estimated for those parameters. The rock-in phenomenon is reproduced and the interesting results are found out for the phase between external force and response acceleration.

1. はじめに

その 1 では, IHAT を用いた実験より応答曲線, 変動揚力係数を検討した. その 2 では, 振動数比, 外力と応答加速度の位相角について検討する.

2. 外力と応答加速度の位相角

1 質点 1 自由度の並進振動する構造物に空気流体力が作用した場合の振動方程式は式(1)となる.

$$M_s \ddot{z}(t) + C_s \dot{z}(t) + K_s z(t) = F(t) \quad (1)$$

ここで, M_s : 構造物の質量, C_s : 構造物の減衰係数, K_s : 構造物の剛性, $\ddot{z}(t)$: 応答加速度, $\dot{z}(t)$: 応答速度, $z(t)$: 応答変位, $F(t)$: 外力である. その 1 より, ある範囲の応答変位は定常振動に近いので, $z(t)$ と $F(t)$ は式(2),(3)のように定められる.

$$z(t) = Z e^{i\omega t} \quad (2) \quad F(t) = F_L e^{i(\omega t + \phi)} \quad (3)$$

ここで, Z : 応答変位の振幅, ω : 応答の卓越円振動数, F_L : 外力の振幅, ϕ : 外力と応答加速度の位相角である. 式(2), (3)を式(1)に代入し, 両辺を $e^{i\omega t}$ で除し, 右辺を左辺に移行すると式(4)となる.

$$-M_s \omega^2 y + C_s i \omega y + K_s y - F_L e^{i\phi} = 0 \quad (4)$$

式(4)において左辺第 3 項の復元力項を複素平面上の実数軸上にあるとすると他の項は Fig.1 に示すようになる. Fig.1 の右図は, 左図の各項のベクトルを合成したもので, 式(4)が常に釣り合い状態にあることを示し, 閉じる.

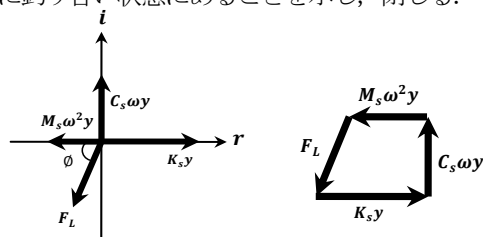


Fig.1 Equilibrium Forces in Harmonic Response on Complex Plan

3. 振動数比と位相角

固有振動数に対する外力卓越振動数(以下, f_f/f_s), 応答卓越振動数(以下, f_r/f_s), 応答卓越振動数成分における外力と応答加速度の位相角 ϕ を Fig.2 に示す. 横軸は V_r , 縦軸は, f_f/f_s , f_r/f_s , ϕ である. なお, 参考のため応答曲線を同図に示した.

全体的な傾向として, 渦励振が発生する前の領域で振動数比は, V_r に対し線形に変化しているが, 渦励振が発生している領域では, V_r が増加しても後流渦の振動数が構造物の固有振動数に等しくなるロックイン現象が生じている¹⁾. 渦励振が収束する $V_r = 10$ 付近を過ぎると f_r/f_s は, 固有振動数付近で卓越をしているケースが多くみられるが, f_f/f_s は静止時の後流渦の振動数と同様に風速に比例して増大している. その後, ギャロッピング振動が発生している領域では, f_r/f_s は固有振動数付近で卓越をしているケースが多くみられる. 次に ϕ についてであるが, $Sc = 10$ の場合, 低い V_r において ϕ は約 0deg 付近となり, 渦励振領域では約 20deg 付近まで増加する. $Sc = 20$ の場合, 渦励振領域では約 30deg 付近まで増加をしており, その後, 応答が収束する領域では ϕ は約 20deg まで低下する. ギャロッピング振動が発生している領域では, 約 20deg 一定値となる. $Sc = 30$ の場合, 渦励振領域では $Sc = 10, 20$ と同様の傾向を示すが, 収束する領域で位相角は一時 180deg まで増加しその後, 約 30deg まで低下する. ギャロッピング振動が発生している領域では $Sc = 20$ と同様, 約 20deg 一定値となった. 全体的な傾向としては, 同じ Sc であれば, 密度比によらず同じ傾向を示した. また, 応答が収束する領域では多少異なった傾向を示したが, 渦励振, ギャロッピング振動領域では全パラメータ同様の傾向を示した.

1: 日大生産工・院・建築工学 2: 日大生産・教員・建築工学

4. まとめ

- ① f_f/f_s では渦励振領域において渦の発生振動数が構造物の固有振動数に引き込まれるロックイン現象が生じていると推察される。
- ② ϕ では、渦励振領域において約30deg付近まで増加をし、ギャロッピング振動が発生している領域では、約20deg一定値となった。

参考文献

- 1) 小泉達也,神田亮,西将志,田中秀和,久保田理人:「空力振動する3次元正方形角柱の風力特性に関する研究」,日本建築学会構造系論文集,第671号,pp1-10,2012年1月
- 2) 社団法人鋼構造境界編:「構造物の耐風工学」,東京電機大学出版,初版,1997

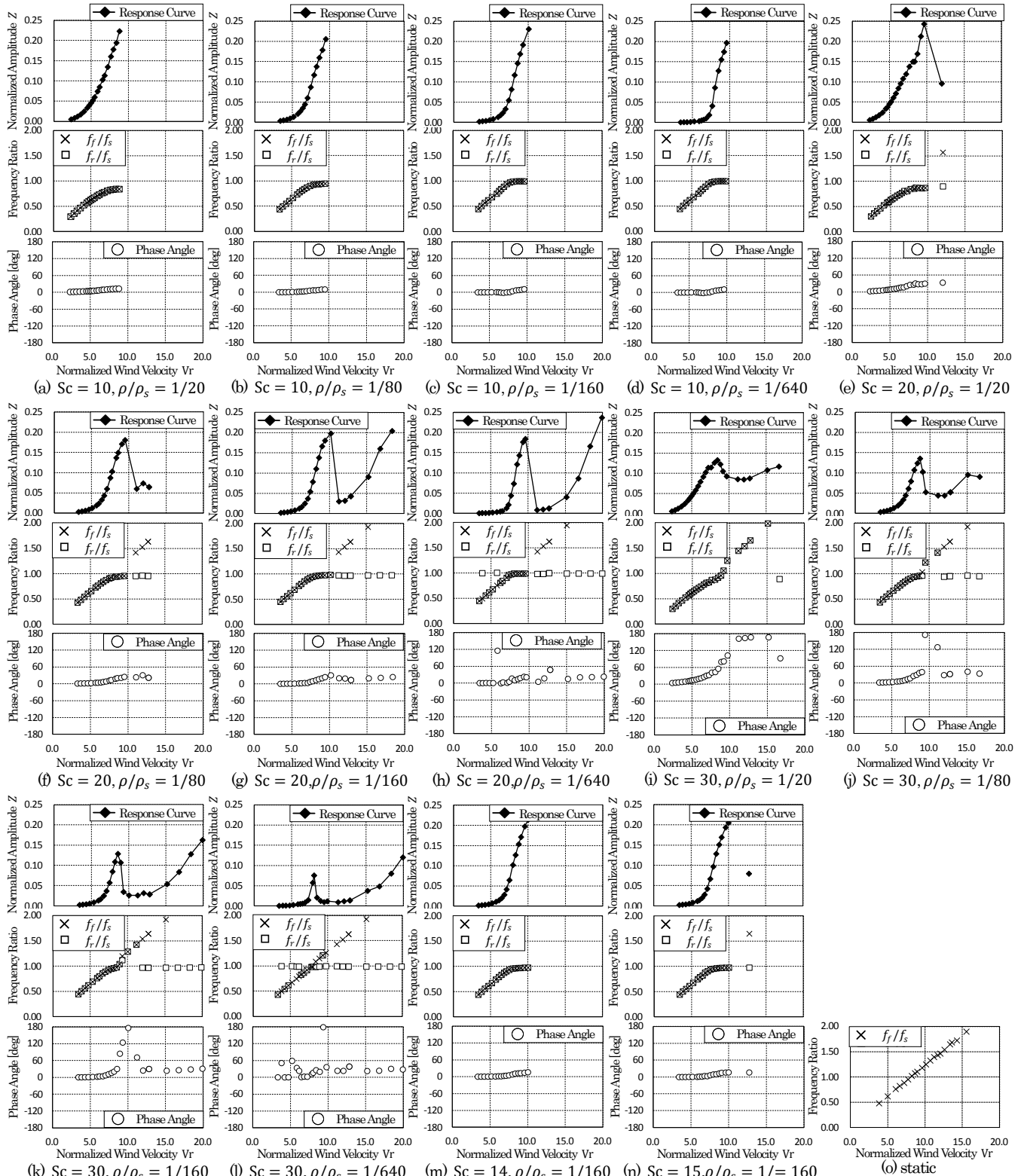


Fig.2 Response Curve and Frequency Ratio and Phase Angle