

## 低スクラトン数での角柱のギャロッピング振動解析

Galloping vibration analysis of the prism of a low Scruton number

守川耀<sup>1</sup>, 近藤典夫<sup>2</sup>Yo Morikawa<sup>1</sup>, Norio Kondo<sup>2</sup>

We present numerical results for galloping vibration of a square cylinder which is mounted in a smooth flow. The cylinder which is supported by the damper-spring system is treated as model of two degrees of freedom.

## 1. はじめに

流体力によって構造物は振動することがよく知られている。その中でギャロッピング振動と呼ばれる振動現象がある。ギャロッピング振動は角柱の質量、剛性及び減衰定数によって異なるため、その相違点を解明する。角柱構造物の横方向振動する自励振動をギャロッピングという。ギャロッピングの現象はデン・ハルトークによって明らかにされた現象によって、その特性が解明されてきた。しかし、それらの多くは実験によるもので、3次元数値解析による研究はあまり多くない。

## 2. 解析の振動モデル

角柱の振動は Fig.1 のように、ダンパーとバネによって与えられた状態に設定する。ここで奥行  $D$ 、幅  $B$  とし、高さ  $H$  は  $H=4B$  とする。

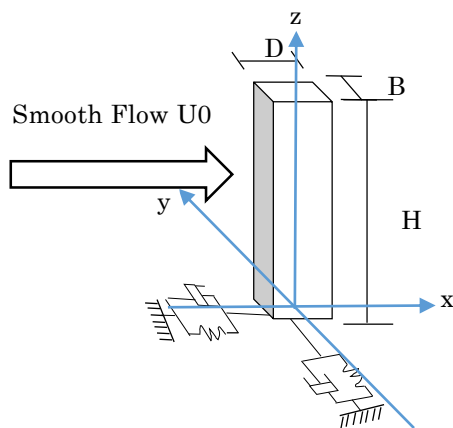


Fig.1 モデル

## 3. 基本式

本計算で使用する流体の式は連続方程式(1)とナビエ・ストークス方程式(2)~(4)である。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1)$$

$$= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + X \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \\ = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + Y \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \\ = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + Z \quad (4)$$

ここで、 $u, v, w$  はそれぞれ  $x, y, z$  方向の速度、 $\rho$  は液体の密度、 $p$  は圧力を表わす。本研究では FEM により計算する。角柱の振動方程式は無次元表示で以下のように与える。

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{4\pi h}{U_r} \frac{dx}{dt} + \left( \frac{2\pi}{U_r} \right)^2 x = \frac{1}{2\chi} C_D$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{4\pi h}{U_r} \frac{dy}{dt} + \left( \frac{2\pi}{U_r} \right)^2 y = \frac{1}{2\chi} C_L$$

ここで、 $U_r$  は換算速度、 $\chi$  は質量比、 $C_D$  は抗力係数である。CL は揚力係数である。また、 $S_c = 2\chi \times 2\pi h$  で、本論文では  $S_c=1.0$  に設定した。

## 5. 数値結果

Fig. 3 は  $U_r=8.0$  と  $U_r=14.0$  の時の  $x$  軸方向の変位と  $y$  軸方向の変位の時刻歴曲線である。 $U_r=8.0$  の時のインライン振動  $x$  は、 $U_r=14.0$  の場合よりも振動振幅が小さくなっている。さらにクロスフロー振動  $y$  では、 $U_r=8.0$  と比べて  $U_r=14.0$  の振幅が大きくなっている事が分かる。また  $U_r=14.0$  では振動の周期が大きくなっている。Fig. 5 は  $U_r$  の変化に対するクロスフロー振動  $y$  の数値結果を示す。比較として  $S_c=20$  に対する実験結果<sup>2)</sup> を示している。本数値結果は  $S_c=1.0$  に対するもので、 $S_c$  が異なるために振幅の変化に差が見られるが、 $U_r$  の増

加に伴う  $y_{amp}$  の変化の傾向は同じである事が分かる. この数値結果では,  $Ur < 4.0$  の範囲では  $y_{amp}$  は極端に小さいが  $Ur$  が 4 を超えると  $y_{amp}$  は大きくなり続ける. Fig. 6 と 7 は角柱背後における瞬間的な圧力の鳥瞰図を示している. この図から, スパン方向の流れは一様ではなく, 大きく乱れている事が分かる.

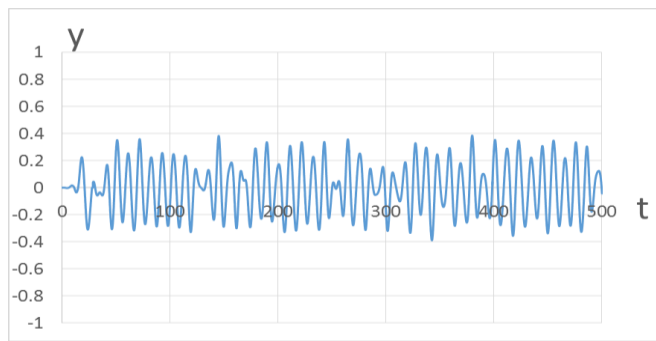
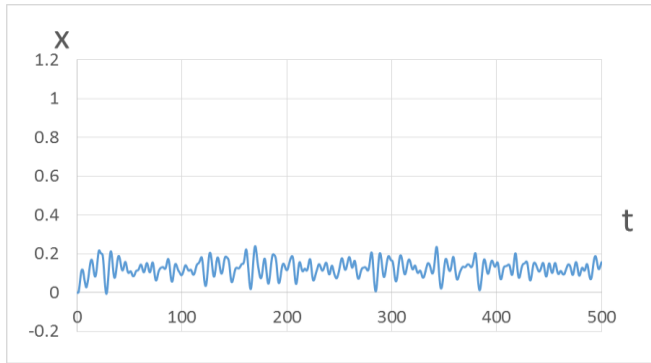


Fig. 3 インラインとクロスフロー方向の時刻歴曲線  
 $Ur=8.0$

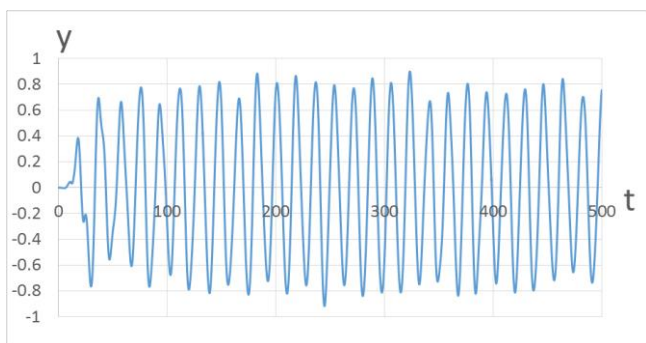
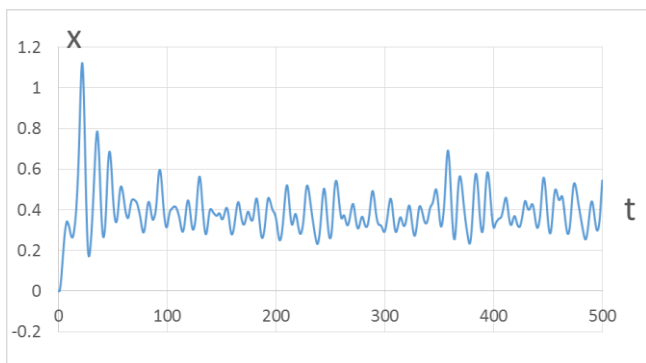


Fig. 4 インラインとクロスフロー方向の時刻歴曲線  
 $Ur=14.0$

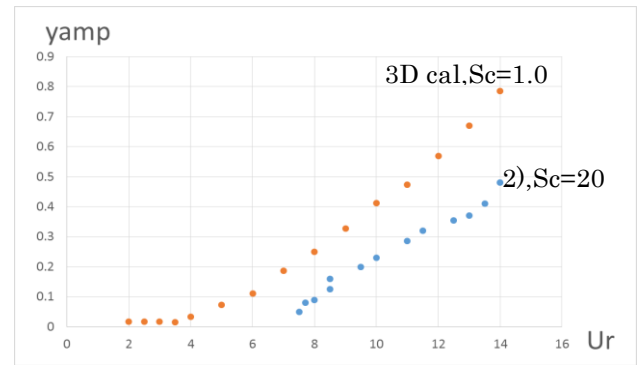


Fig. 5 数値計算と実験結果の比較

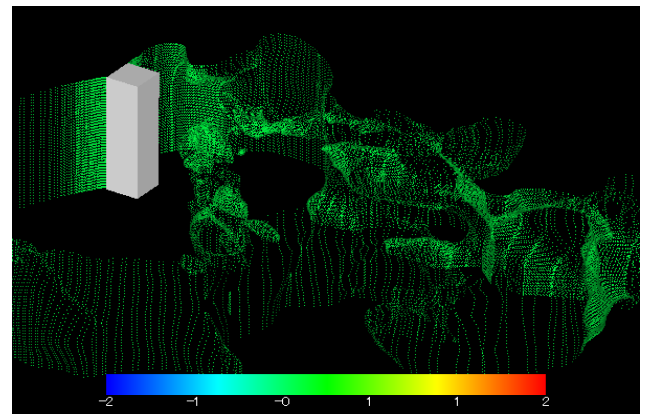


Fig. 6 圧力の鳥瞰図,  $Ur=8.0$

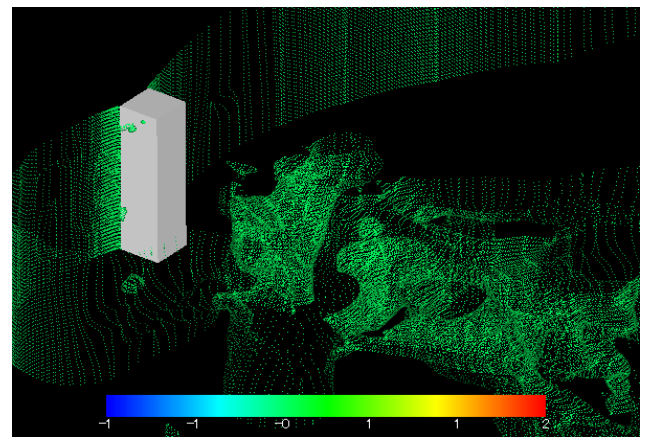


Fig. 7 圧力の鳥瞰図,  $Ur=14.0$

## 6. おわりに

本論で, 2次元角柱の流力振動をとらえてきた. 3次元数値計算によって角柱の振動性状を十分に捉える事ができた. さらに, 角柱背後での流れが相当に乱れている事が, この計算結果から分かる.

## 参考文献

- 1) 日本鋼構造協会編 『構造物の耐風工学』 東京電機大学出版局 1997
- 2) T. MIYATA, M. MIYAZAKI and H. YAMADA PRESSURE DISTRIBUTION MEASUREMENTS FOR WIND INDUCED VIBRATIONS OF BOX GIRDER BRIDGES Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics, 14(1983) 223-234 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands, pp225