

円柱の流力振動に関する 3 次元数値解析

外川信弘¹, 近藤典夫²Nobuhiro Togawa¹, Norio Kondo²

We present three-dimensional results for flow-induced vibrations of a circular cylinder which is mounted in smooth flow

1. はじめに

構造物の設計において, 構造物にかかる流体力の変動や構造物の振動特性を把握することはきわめて重要である. 本論文では, 円柱モデルが流体運動によって生じる流力振動についての解析を行ったので, それについて報告する.

2. パラメータと円柱の運動方程式

2.1 スクルートン数: Sc

スクルートン数とは減衰定数 h と質量比 χ の積からあたえられる無次元のパラメータで, 以下の式で与えられる.

$$Sc = 2\chi 2\pi h \dots (1)$$

2.2 ストローハル数: St

ストローハル数 St は

$$St = \frac{Df_0}{U_0} \dots (2)$$

で定義される. 本研究での静止円柱のストローハル数は 0.1855 である.

2.3 換算速度: U_r

流体力を受けて円柱は振動するが, 次式で定義される換算速度

$$U_r = \frac{U_0}{Df_0} \dots (3)$$

によって円柱の振動特性が異なる. 本研究では $U_r = 1.4 \sim 2.4$ で与え, その時の振動特性を捉える.

2.4 円柱の振動方程式

モデルの円柱の振動方程式は以下のように設定する.

$$X \text{ 軸 } \frac{d^2X}{dt^2} + \frac{4\pi r}{U_r} \frac{dX}{dt} + \left(\frac{2\pi}{U_r}\right)^2 X = \frac{1}{2\chi} C_D \dots (4)$$

$$Y \text{ 軸 } \frac{d^2Y}{dt^2} + \frac{4\pi r}{U_r} \frac{dY}{dt} + \left(\frac{2\pi}{U_r}\right)^2 Y = \frac{1}{2\chi} C_L \dots (5)$$

3. 数値解析

3.1 円柱モデル

円柱の計算モデルを Fig. 1 に示す. 円柱は 2 方向にバネとダンパーで支えられた剛体モデルである.

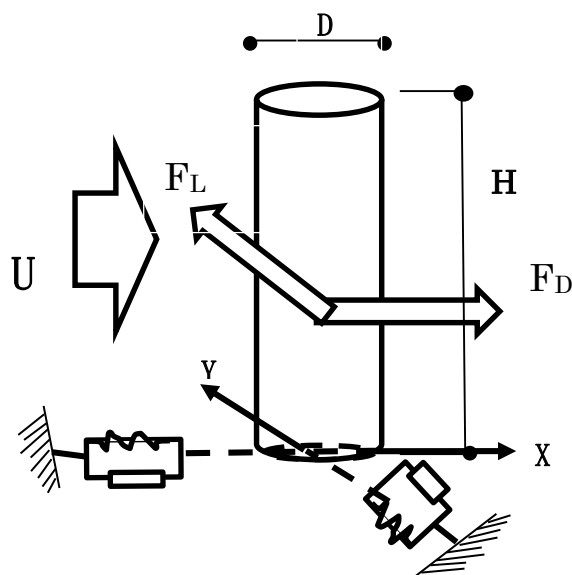


Fig. 1 円柱のモデル

3.2 諸条件

計算用に用いた諸条件を次に示す.

円柱の高さ: $H=4D$

レイノルズ数: $Re=2.0 \times 10^4$

スクルートン数: $Sc=0.8$

減衰定数: $h=0.0003979$

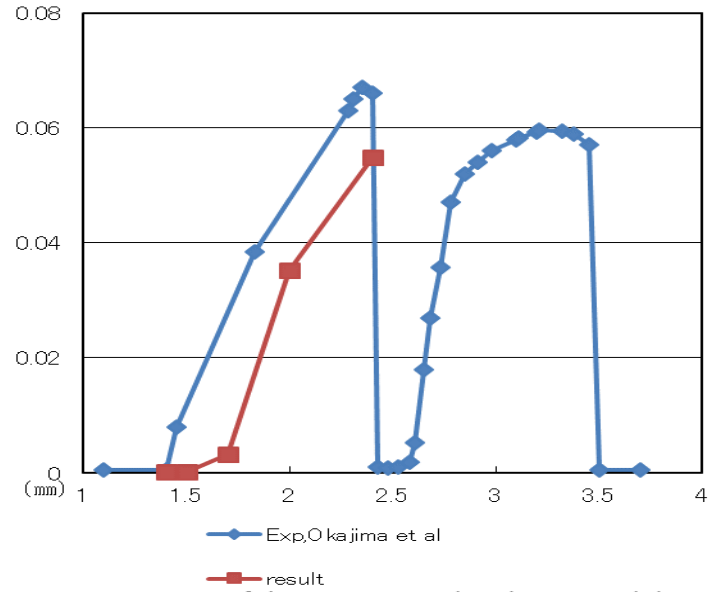
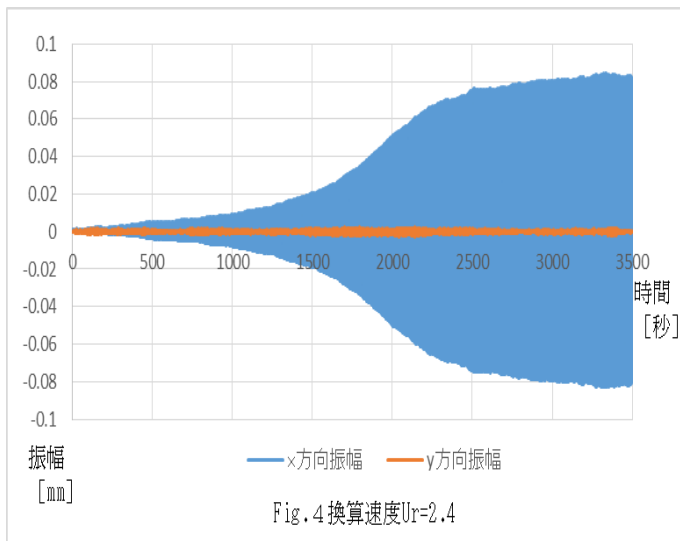
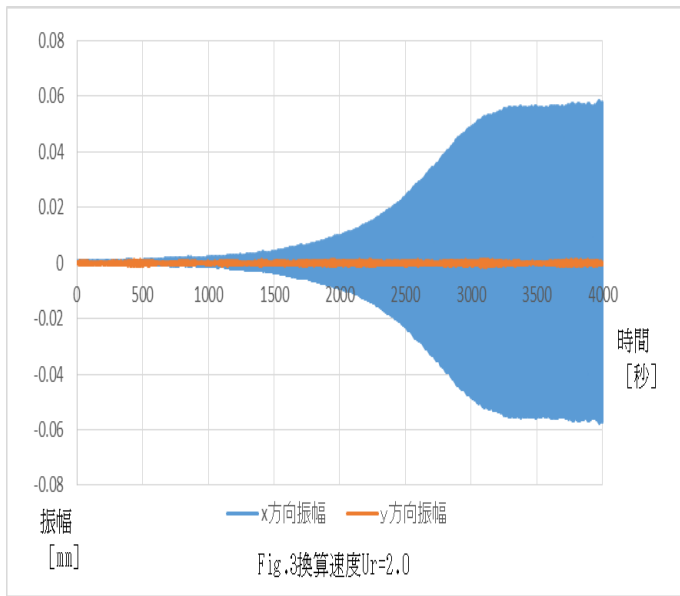
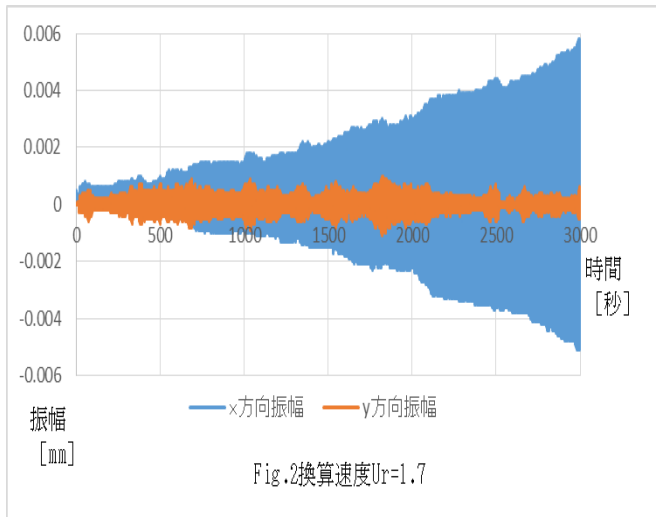
質量比: $\chi=160$

換算速度: $U_r=1.4 \sim 2.4$

4. 解析結果

円柱に対する振動の時刻歴曲線を Fig 2 ~ Fig 4 に示す. その次に, Fig 5 に岡島らの結果と本数値結果を示す.

1 : 日大理工・学部・海建、2 : 日大理工・教員・海建



4. 考察・まとめ

今回参考にした、岡島ら[1]の「円柱および矩形柱の流れ方向流力特性」においての実験結果と、本解析結果を比較した。結果その両者には差が見られた。条件がすべて同じ中で、このような差が出た原因としては、振幅の安定性についてもあげられる。換算速度 $U_r = 2.0, 2.4$ に関しては振幅が 2500 秒から安定しつつあるが、換算速度 $U_r = 1.7$ に関しては、振幅がまだ安定しておらず、引き続き解析が必要と考えられる。

5. 参考文献

- [1]岡島厚, 大津山澄明, 永森稔朗, 中野智仁, 木綿隆弘: 円柱および矩形柱の流れ方向流力特性、日本機学会論文集(B編)65巻635号(1999-7)
- [2]Atsushi Okajima, Satoru Yasui, Takahiro Kiwata, Shigeo Kimura: Flow-induced streamwise oscillation of two circular cylinders in tandem arrangement, International Journal of Heat and Fluid Flow 28 (2007)552-560
- [3]日本鋼構造協会編: 構造物の耐風工学, 社団法人日本鋼構造協会[編]