

くい違い配置 2 円柱の流体力特性と流力振動に関する数値計算

Numerical analysis for fluid forces and flow-induced vibrations of two staggered circular cylinders

○神田恒平¹, 近藤典夫², 恵藤浩朗²

Kohei Kanda¹, *Norio Kondo², Hiroaki Eto²

Experimental investigations for flow-induced vibration of two circular cylinders, which are mounted at tandem arrangement, have been reported by many researchers. In the case of the circular cylinders, it is well-known from the experimented results that the flow-induced vibrations become significantly large in a certain region of the reduced velocity.

In this paper, we present the numerical result for flow-induced vibrations of the circular cylinders which are mounted at the staggered arrangement. Each of two cylinders is treated at two-degrees of freedom of the rigid body.

1. はじめに

2 円柱構造物においては、直列配置と並列配置が主に研究対象にされており、くい違い配置に関する研究は少ない。^{[1], [2]}

本研究では、くい違い配置された 2 円柱の流力振動解析を行い、その流体力および振動性状を捉える。

2. 研究方法

くい違い配置の 2 円柱の間隔比 S/D (S : 2 円柱の中心間距離, D : 円柱の直径) の値が 2 の円柱まわりの偏り流れと振動挙動の解析を行う。

本研究で採用する 3 次元円柱は、Fig.1 に示すように剛な 1 質点 2 自由度系モデルとし、Fig.2 のようなインラインとクロスフローの 2 方向の振動方程式を考慮する。このような 2 円柱モデルに対し、流体運動を支配する非圧縮ナビエ・ストークス方程式を採用する。

このとき U_0 は流速, θ はくい違い配置の角度, D は円柱底面の直径, H は円柱高さ, S は円柱の中心間距離とする。

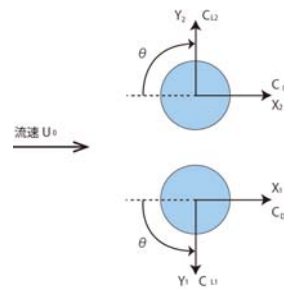


Fig. 2 抗力係数 C_D と揚力係数 C_L

無次元変位 X, Y の正の向き

3. 研究結果

本研究の数値解析では、Fig.1 のように 2 円柱がくい違い配置で静止および振動状態流力解析を行った。このとき角度 $\theta = 60^\circ$, 質量比は 12, 構造減衰定数は 0.663% に設定した。この結果スクルーン数は 1.0 になる。レイノルズ数は 20000 とした。また、振動状態では換算速度 U_r を 5 とする。さらに 2 円柱の間隔比 S/D を 2 に、スパン比 H/D を 2.5 に設定した。

上記条件における 2 円柱の無次元振動変位の時刻歴曲線を Fig.3 に示す。このとき X_1, X_2 は円柱 1, 2 のインライン振動変位, Y_1, Y_2 は各々円柱のクロスフロー振動変位を示す。

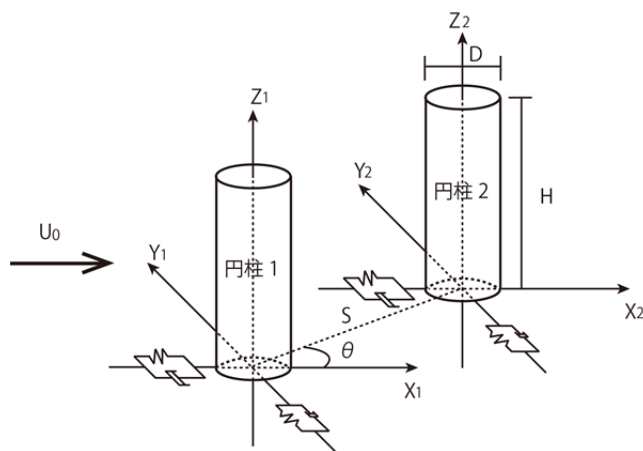
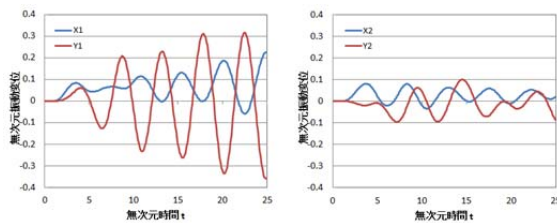


Fig. 1 2 円柱の数値計算モデル



a 円柱 1

b 円柱 2

Fig. 3 2 円柱の無次元振動変位

円柱の振動計算は、無次元時間 $t = 25$ までであるが、くい違い配置での 2 円柱の異なる振動性状が捉えられている。

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 日大理工・教員・海建

円柱 1 の静止および振動状態の圧力係数 C_p , 円柱 2 の静止および振動状態の圧力係数 C_p を Fig. 5, Fig. 6 に示す。

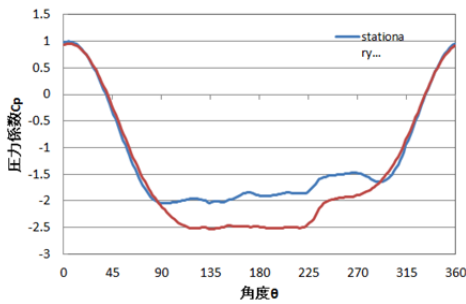


Fig. 4 円柱 1 の圧力係数 C_p

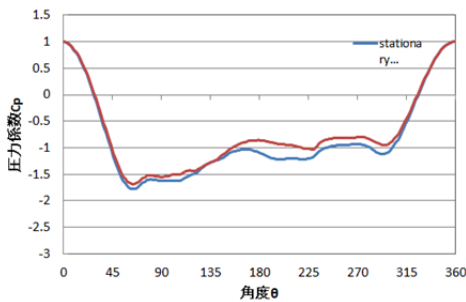


Fig. 5 円柱 2 の圧力係数 C_p

Fig. 4, Fig. 5 より静止, 振動状態のどちらも円柱が接する側で最も大きな圧力を受けていることがわかる。

静止および振動状態の円柱 1, 2 それぞれの抗力係数 C_D , 揚力係数 C_L , 背圧係数 C_{pb} を Fig. 7~Fig. 10 に示す。またそれぞれの平均値を Table1, 2 に示す。

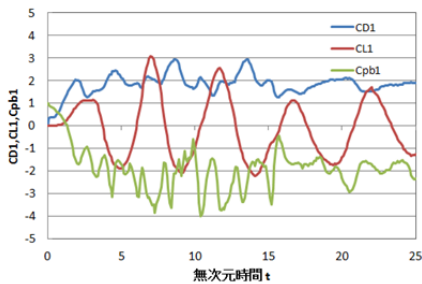


Fig. 7 静止状態の円柱 1 の C_D, C_L, C_{pb}

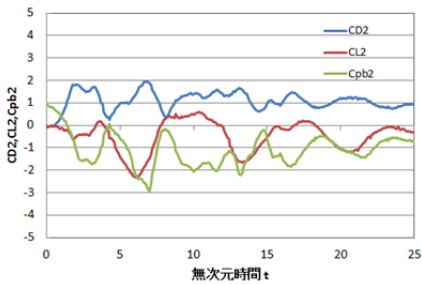


Fig. 8 静止状態の円柱 2 の C_D, C_L, C_{pb}

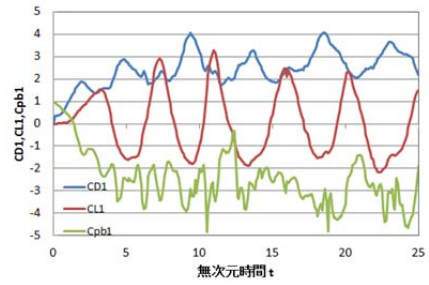


Fig. 9 振動状態の円柱 1 の C_D, C_L, C_{pb}

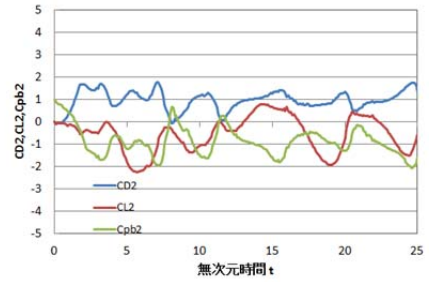


Fig. 10 振動状態の円柱 2 の C_D, C_L, C_{pb}

Table1 静止状態の C_D, C_L, C_{pb} の平均値

	抗力係数 C_D	揚力係数 C_L	背圧係数 C_{pb}
円柱 1	1.094	-0.469	-1.094
円柱 2	1.836	-0.085	-1.903

Table2 振動状態の C_D, C_L, C_{pb} の平均値

	抗力係数 C_D	揚力係数 C_L	背圧係数 C_{pb}
円柱 1	0.981	-0.534	-0.857
円柱 2	2.439	0.014	-2.488

Fig. 7~Fig. 10, Table1, 2 より, 円柱 1 に関しては静止, 振動状態による差はあまり大きく見られないが, 円柱 2 の方は静止と振動状態との差が大きくなったことが確認できた。

4. おわりに

本研究では 2 円柱を $\theta = 60^\circ$ でくい違い配置をした 2 円柱の振動解析を行った。その結果並列時とは異なり, 2 円柱それぞれにおいて対称ではない異なる結果が得られた。今後は $\theta = 60^\circ$ だけでなく $\theta = 5^\circ, 10^\circ$ など角度を変えて解析を行い, くい違い配置による 2 円柱の振動挙動を捉える。

参考文献

- [1] 岡島厚, 杉谷健一郎, 溝田武人: 一様流中に置かれた並列 2 構造物に働く流体力, 風洞シンポジウム, pp.285-290, 1984 年
- [2] 金相一, 坂本弘志: くい違い配列された 2 円柱の流体力振動特性に関する研究, 日本機械学会論文集, 73 巻, 725 号, pp.139-146, 2007 年