

B/D=4 二次元矩形断面柱の渦励振の $k-\epsilon$ モデルによる数値解析正会員 ○嶋田健司^{*1}同 石原 孟^{*2}扁平断面, $k-\epsilon$ モデル, 渦励振, 非定常空気力

1. はじめに 並進1自由度モードについて, $k-\epsilon$ モデルによる振動の再現性について完全には離型の例である $B/D=2$ 断面に関しては良好な適用性が示された[1]. 以下本論文では周期的再付着型断面として $B/D=4$ の二次元矩形断面柱をとりあげ, $k-\epsilon$ モデルによる振動の再現性と励振メカニズムについて考察する.

2. 実験および解析方法 実験は断面 900×500 の風洞において行った. 模型はコイルばねと板ばねによって支持され並進1自由度弾性支持されている. 模型の大きさは $D \times B=40 \times 120$ および 30×120 , 30×150 (mm)でその両端には気流の2次元性確保のために端版をつけた. 実験気流は一様流である.

数値解析は一般座表系により定式化された Reynolds 平均化 Navier-Stokes 方程式を差分法で解くことにより行った. $k-\epsilon$ モデルに Kato-Lauder モデルを用い, 物体近傍には Two-layer モデルを適用した[1]. Reynolds 数は $Re=2.2 \times 10^4$, 解析格子点数は $320 \times 200=64,000$ 点である. 自由振動時の構造パラメータは, $Sc=\gamma \delta=3.0$ (δ : 対数減衰率), 質量比: $\gamma=2m/\rho BD=200$ (ρ : 空気密度, m : 単位長さ当たりの質量)とした. 振動の解析には Runge-Kutta 法を用いた.

3. 自由振動実験結果 図1には $B/D=3.0, 4.0$ および 5.0 断面の自由振動実験結果を示す. これら周期的再付着型断面の渦励振は edge tone, すなわち断面の流れ方向長さ B と渦励振の発現風速と渦放出周波数に一定の関係があることが示されている[2][3]. 図1の横軸は見付け幅 D では

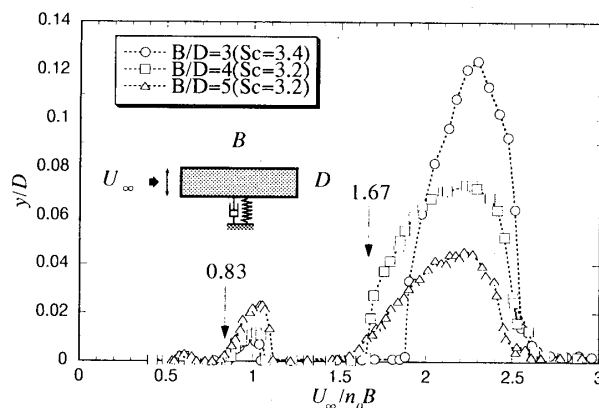
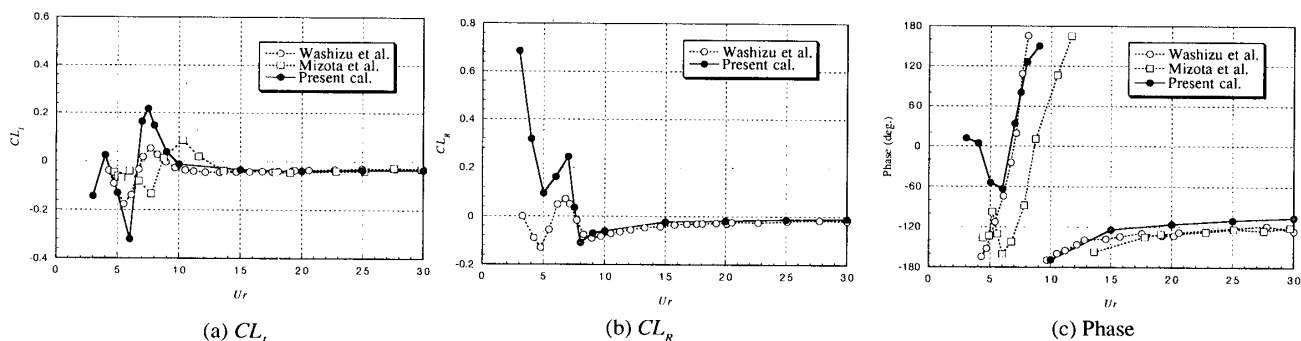


図1 周期的再付着型断面の自由振動応答

なく流れ方向長さ B で示しているが, この場合渦励振の発現無次元風速は 0.83 および 1.67 で与えられ, 本実験結果でもほぼこれらの無次元風速から2つの渦励振が生じている. なおいずれの断面でも $U_\infty/n_0 B > 3$ では励振は見られなかった.

4. 解析結果 図2には強制加振時(加振振幅 $0.02D$)における非定常空気力の解析結果と既往の実験結果[4][5]の比較を示す. 図2(a)では $U_r=U_\infty/n_0 D=4$ 付近および $U_r=7$ 付近で非定常空気力の速度同相成分は $CL_i > 0$ となっている. これは自由振動実験結果において示した応答が立ち上がる無次元風速 $U_\infty/n_0 B=0.83$ および 1.67 に対応している. また $U_r > 10$ の高無次元風速域では速度同相成分は $CL_i < 0$ であり, 自由振動実験で励振が発生しなかつ

図2 強制加振時(加振振幅 $0.02D$)の非定常空気力Numerical analysis on the vortex-induced vibration of $B/D=4$ two-dimensional rectangular cylinder by $k-\epsilon$ model

SHIMADA Kenji and ISHIIHARA Takeshi

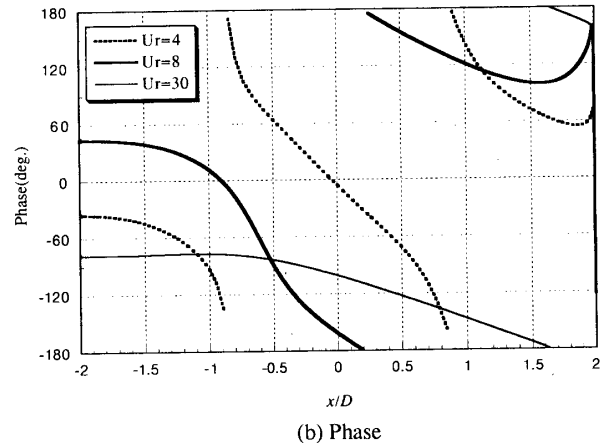
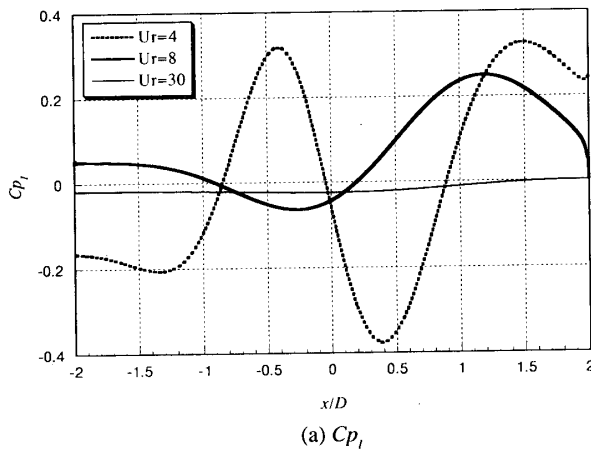


図3 強制加振時(加振振幅0.02D)の非正常風圧分布

たことに対応している。解析結果は既往の実験結果と比較して CL_L がピークを示す部分および CL_R の低無次元風速部分が大きめの値を与えているが、位相差も含めて全体的な傾向や特に $Ur > 8$ の高無次元風速域では実験結果によく一致している。図3には側面上の非正常風圧分布を示す。同図(a)の速度同相成分 Cp_1 を見ると、 $Ur=4$ および $Ur=8$ の場合について $Cp_1 > 0$ となる部分、すなわち風圧力が励振力となる部分があることが認められる。一方、 $Ur=30$ では側面ほぼ全ての部分が $Cp_1 < 0$ となっており、励振力となる部分が存在していない。同図(b)には非正常風圧の変位との位相差の側面上の分布を示す。渦励振を生じている $Ur=4$ と $Ur=8$ では、前縁と後縁の位相差は概ね 630° 、 300° で、渦が側面上を流下するのにそれぞれ概ね断面の振動1.7周期、0.8周期を要している。強制加振時の流れ場を見ると、図4(a)の $Ur=4.0$ の場合には他の無次元風速とは異なり、断面前縁部において形成された渦が小さく巻き込んだ渦となり側面を流下している。

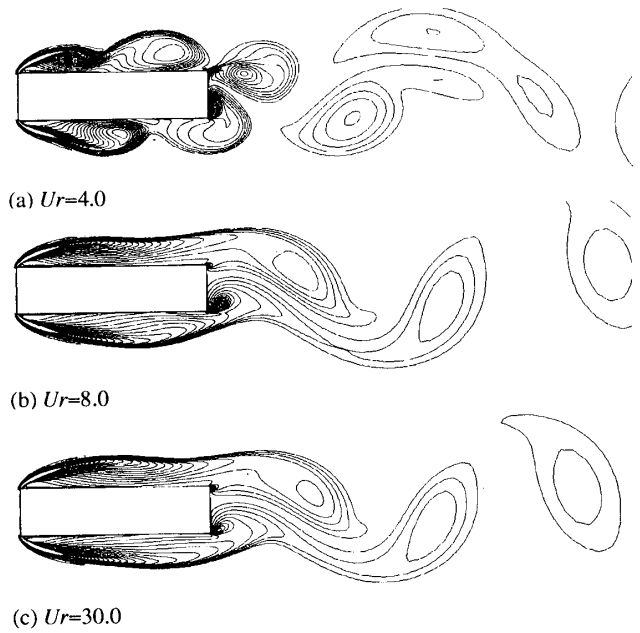


図4 強制加振時(加振振幅0.02D)の断面近傍の渦度

図5には自由振動時における解析結果と既往の実験結果[4][6]および本実験結果の比較を示す。 $Ur=4$ および $Ur=7$ 付近から始まる2つの渦励振を再現しており、解析結果は実験結果によく一致している。

5. まとめ $B/D=4$ 断面の並進1自由度振動に関して $k-\epsilon$ モデルの適用性について検討した。本解析は強制加振時空気力及び自由振動時応答を再現することができた。

参考文献 [1]嶋田・孟, 第15回風工学シンポジウム論文集, p.161-166, 1998 [2]Nakamura, Y. and Yoshimura, T., J. of Sound and Vibration, 84(3), 305-317, 1982 [3]白石・松本, 土木学会論文報告集, 第322号, p.37-50, 1982 [4]Washizu, K., Ohya, A., Otsuki, Y. and Fujii, K., J. of Sound and Vibration, 59(2), 195-210, 1978 [5]溝田・中村, 構造物の耐風性に関する第3回シンポジウム, p.201-230, 1974 [6]Miyata, T., Miyazaki, M. and Yamada, H., J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 14, 223-234, 1983

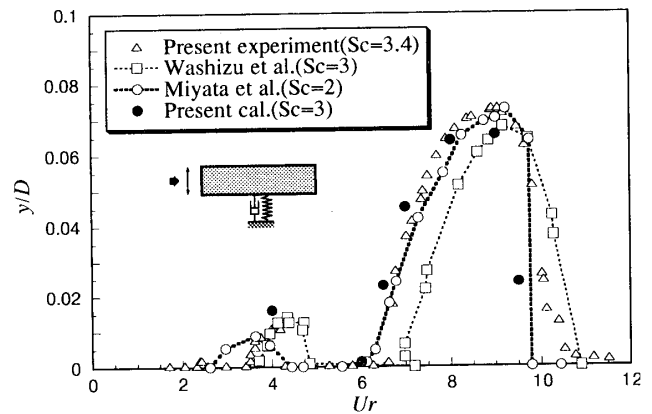


図5 自由振動時の実験結果と解析結果の比較

*1 清水建設(株)技術研究所

*2 同・工博

Institute of Technology, Shimizu Corporation

Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng.