

角柱列から発生する風切り音に関する流体計算

Numerical Flow and Noise Simulation around a Row of Rectangular Cylinders

- 片岡浩人, (株)大林組, 東京都清瀬市下清戸 4-640, E-mail: kataoka.hiroto@obayashi.co.jp
池上雅之, (株)大林組, 東京都清瀬市下清戸 4-640, E-mail: ikegami.masayuki@obayashi.co.jp
Hiroto KATAOKA, Obayashi Corp., Shimokiyoto 4-640, Kiyose-shi, Tokyo 204-8558, Japan
Masayuki Ikegami, Obayashi Corp., Shimokiyoto 4-640, Kiyose-shi, Tokyo 204-8558, Japan

Wind flows around a row of rectangular cylinders are computed to investigate wind-induced noise from balustrade. Four rectangular cylinders are located in the computational domain. The cylinder's aspect ratio B/D and span-wise length H/D are set as 2. Both span-wise and lateral directions are treated as periodical. Due to adjoining cylinders, the separating shear-layers from the cylinders' windward corners get close to their side surfaces and the vortex shedding frequencies become higher than those from a single cylinder. The shorter distances between cylinders cause the higher peak frequencies and the larger values of pressure fluctuations. Obtained time histories of wind-forces acting on each cylinder are used for reproducing sound pressure and compared with wind-tunnel experiments.

1. はじめに

近年の集合住宅バルコニー手摺から風騒音の発生が懸念されるケースが増えてきた。同問題は、風直角方向に配置された角柱列から発生する騒音に、置き換える事ができる。そこで、同流れ場を対象とした数値計算を行う。また、Curlの式を用いて風力から空力音を予測し、風洞実験結果との比較を行う。

2. 計算方法

対象となる角柱列は、辺長比(長辺/見付幅)が $B/D=2$ の長方形角柱。単一角柱、ならびに計算領域内に3通りのピッチ $S/D=2, 3, 4$ (S は中心間距離)で4本設置した場合の4ケースを想定する。

計算には非定常擬似圧縮性の基礎式を用いる。これを一般座標系に変換した後、有限体積法で離散化⁽¹⁾した。対流項には3次精度風上差分を使用。スパン方向長さ $2D$ 。総格子点数は30万点。

流入境界では乱れのない一様流速 U_0 、角柱の表面は no-slip 条件、風直角方向とスパン方向には周期境界条件を、それぞれ課した。レイノルズ数は $Re = U_0 D / \nu = 3 \times 10^4$ 。

3. 流れ場の計算結果

$S/D=3, 4$ の渦度絶対値の瞬時値分布を図1に示す。角柱の間隔が狭まるに従って、剥離せん断層の位置が角柱側壁に近づく。 $S/D=3$ の場合、剥離せん断層が接近する角柱(図2の#1, #3)と、そうでない角柱(同#2, #4)が交互に現れ、“流れの偏り”⁽²⁾を捉えている。せん断層が側面に近づく角柱#1, #3では、風方向風力係数が増え、かつ風直交方向風力の変動周波数が高くなる。

4. 圧力変動ともなう空力音の予測

得られた風力の時刻歴結果を用いて、角柱列から発生する空力音を求める。予測には、次に示す Curle の式を用いた。

$$P_a(t) = \sum_j \frac{1}{4\pi a} \frac{x_{ij}}{r_j^2} \frac{d}{dt} F_{ij}(t - r_j/a) \quad (1)$$

ここで、 $P_a(t)$ は観測点での音圧の時刻歴、 F_{ij} は角柱 j に作用する風力の i 方向成分、 r_j は角柱 j と観測点の距離、 x_{ij} はその座標軸成分、 a は音速 ($=340\text{m/s}$)。

角柱のスパン方向 (z 方向) の風圧変動が角柱の全長で同位相と仮定する。流れ場の計算で得られた風力を z 向に30組並べ、個々の角柱からの音圧を(1)式を用いて足し合わせる。同様の操作を、他の角柱についても行う。さらに、風直交方向に角柱列を追加し、最終的に長さ1.2m、16本の手摺子として扱う。

図2に結果の比較を示す。測定結果は1/3 オクターブバンドでの表示である。暗騒音や手摺子の振動に伴う音を再現していないので、計算結果は全般的に実験結果よりもパワーの小さい。しかし、ピークとなる周波数はほぼ捉えられている。このピーク周波数は、角柱側壁の再付着流れにともなう風直交方向風力変動のピークに相当する。このことから、バルコニー手摺から生じる風騒音は、この風圧変動がきっかけとなって、手摺子の振動を励起することが、より騒音を大きくする原因であると考えられる。

参考文献

- (1) 片岡, 水野, “擬似圧縮性法による物体周りの剥離流れの数値解析,” 日本建築学会計画系論文集, 504, (1998), pp.63-70.
- (2) 岡島他, “角柱列を通過する非定常不均一後流れ,” 第14回風工学シンポジウム, (1996), pp.157-162.

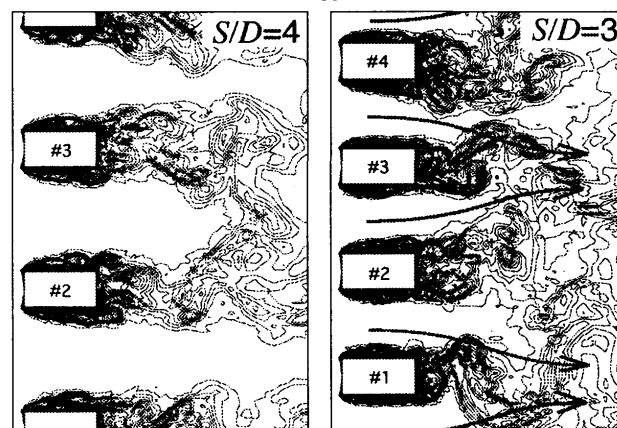


Fig. 1 Instantaneous vorticity distributions..

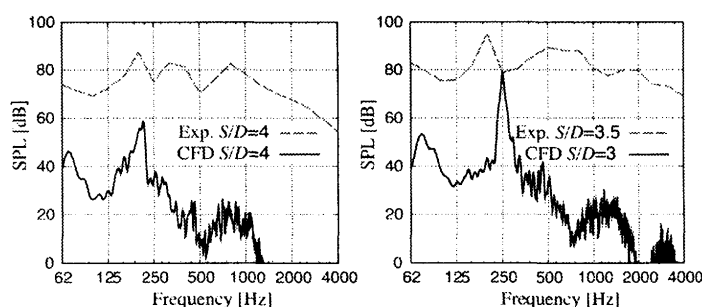


Fig. 2 Computed and experimental SPL spectra.