

I - B 381 空力音の発生を考慮した多角柱列まわりの流れの3次元流体解析

八戸高専 正員 丸岡 晃
中央大学 正員 平野 廣和
前田建設 正員 志村 正幸

1. はじめに

橋梁の高欄や住宅の手すりユニットに、平板や角柱を多数並列に並べた構造を採用することがある。このような構造の場合、風がある一定の風速や風向で吹いたときに、振動や空力音が問題となる。手すり試験体を用いた風洞実験¹⁾によると、直角に風が作用したときに生ずる手すり子の1次および2次固有振動数に一致するびりりと、斜めに風が作用したときに生じる数千Hzの高周波数の空力音の発生が確認されている。前者のびりり音は、大きな振動を伴い、限定的な風速であることから、渦励振が原因であると説明される。数千Hzの空力音については、手すり子間に何らかの気柱共鳴機構が働き発生する音²⁾と考えられているが、詳細なメカニズムについては明らかではない。そこで本研究では、風洞実験において高周波数の空力音が発生した条件による並列に配置された多角柱まわりの流れの数値流体解析を行うことにより、流れ場の諸量を求め、これにより高周波数の空力音の発生源を解明することを試みた。

2. 解析条件

本研究では、実物大のアルミ製手すり試験体によって行われた風洞実験の結果を参考とし、非圧縮粘性流れの有限要素法による解析手法³⁾により直接シミュレーションによる3次元解析を行った。風洞実験で用いた手すり子は、高さ20mm、幅40mm、中心間隔60mm(断面辺長比2、中心間隔3D)である。

図-1に2次元平面の解析領域および境界条件を示す。多角柱列のモデル化には、2本の角柱に周期境界条件を用いる。表-2に計算諸元を示す。風向は、10degと30degの2ケースである。風洞実験によると、風速11.3m/s~15.3m/s、10deg前後で約2200Hz(無次元周波数で $f=3\sim4$)の空力音が発生し、30degでは発生していない。レイノルズ数は、2000であり、風洞実験で空力音が発生したレイノルズ数は15000~20000であったが、計算負荷の点から低いレイノルズ数にせざるを得なかった。3次元解析における軸方向長さおよび分割数は、3.2D、64分割とした。

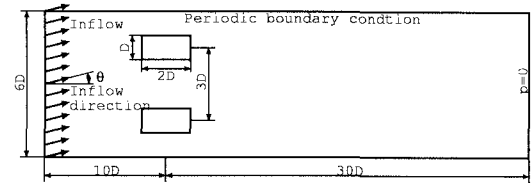


図-1 2次元解析領域および境界条件

表-1 計算諸元

風向	10deg, 30deg
レイノルズ数	2000
軸方向長さ	3.2D
軸方向分割数	64
総節点数	1,753,536
総要素数	1,720,320
時間増分	0.025D/U

3. 解析結果

図-2に2本の角柱に作用する揚力係数の時刻歴を示す。風向10degと30degでは明らかに異なった傾向を示し、10degでは波形に高周波変動が見られる。また、各角柱間の位相は、ほぼ逆位相になっている。

図-3と図-4に時間平均流速の絶対値のコンター図と表面圧力分布図(左:平均値, 右:RMS値)を示す。風向10degでは、角柱の上面、下面とも再付着流れとなるのに対し、風向30degでは、時間平均的に再付着のない剥離流れとなり、下面では上流下隅部からの明瞭な剥離の見られないせん断流になっている。風向10degの再付着流れでは、角柱の側面後方で表面圧力が上昇し、変動量が大きくなる。一方、風向30degの剥離流れでは、角柱の上面で平均表面圧力がほぼ一定となる。

風向10degのみ再付着流れとなったことから、上下面での再付着現象が揚力変動に含まれる高周波成分に起因しているものと思われる。そこで、風向10degにおける下上面の再付着点付近の圧力変動に対してスペクトル解析を行った(図-5)。再付着点の位置は、表面圧力のRMS値が極値となる位置と仮定した。上面お

Key Words: 空力音, 多角柱列, 数値流体解析
〒039-1192 八戸市田面木字上野平 16-1

TEL:0178-27-7304, FAX:0178-27-7316

よび下面の参照点は、それぞれ、上流側隅部から $1.8D$ および $1.65D$ である。下面側のみ $f = 0.84$ 付近に鋭いピークがみられる。このピークは揚力のピークと一致することから、揚力変動に含まれる高周波成分は、下面側の再付着が支配的である。しかしながら、本解析で得られた風向 10deg における $f = 0.84$ 近傍での高周波変動は、風洞実験で空力音が発生した $f = 3 \sim 4$ より、低い値であった。この原因は、下面への周期的な再付着現象が高周波変動の要因とすれば、実験と解析のレイノルズ数の違いが影響していると考えられる。

4. おわりに

本解析により、多角柱列まわりの流れにおいて風向 10deg では角柱下面の圧力変動に高周波成分が含まれることが確認できた。この圧力変動は、下面側の再付着が原因である。しかしながら、本解析で捉えた高周波成分は、風洞実験で発生した空力音の周波数よりも低いものであった。この点については、今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 佐竹晃, 菅広見, 義江龍一郎: 軽量手すりの風騒音に関する検討, 前田建設工業技術研究所報, Vol.38, 1997, pp.125-131.
- 2) 比江島慎二, 嶋田隆一, 木村吉郎, 藤野陽三, 野村卓史: 平板列で構成される高欄に生じる空力音に関する実験的研究, 日本風工学会誌, Vol.55, 1993, pp.111-112.
- 3) 丸岡晃, 太田信二, 平野廣和, 川原睦人: 同次補間を用いた陰的有限要素法による非圧縮粘性流れの解析, 構造工学論文集, Vol.43A, 1997, pp.383-394.
- 4) 木村吉郎, 山内洋志, 藤野陽三: 空力音発生に着目した平板列周りの数値流体解析, 日本風工学会誌, Vol.71, 1997, pp.203-204.

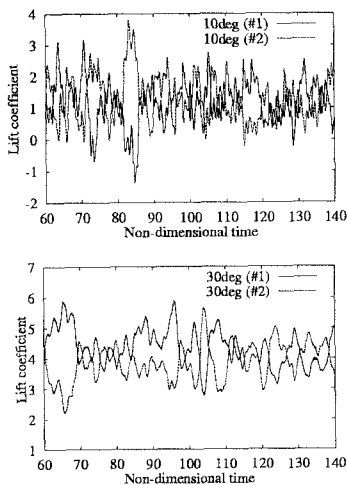


図-2 揚力係数の時刻歴

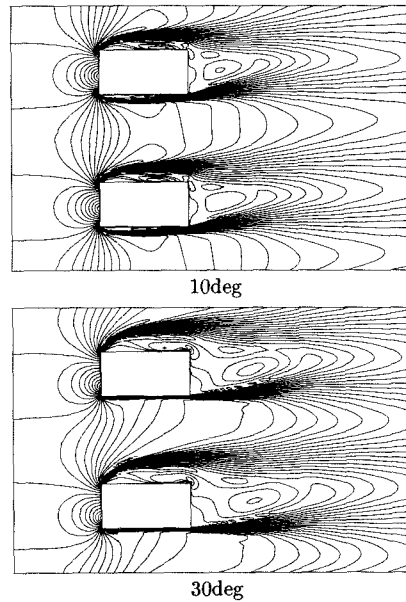


図-3 平均流速の絶対値のコンター図

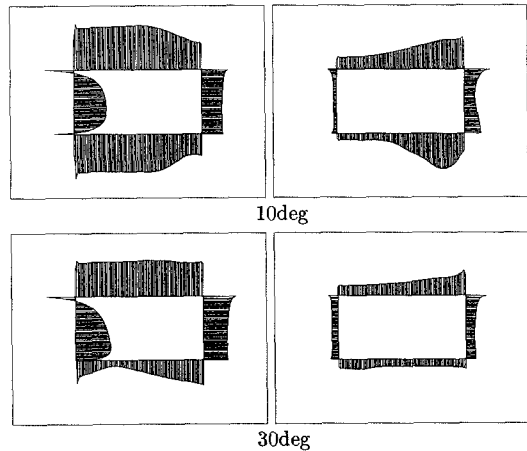


図-4 表面圧力係数分布図 (左: 平均値, 右: RMS 値)

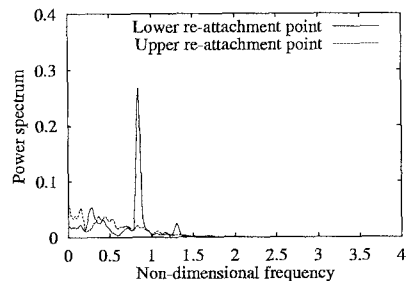


図-5 再付着点付近での圧力変動のスペクトル