フラットフィン付き円柱から発生する渦放出音に関する研究

Aeolian Tone Generated from a Circular Cylinder with Fin

○学 河野有児 (大分大院)

Yuuji KOUNO, Oita University, Dannoharu 700, Oita 870-1192

正 濱川洋充 (大分大)

Hiromitsu HAMAKAWA, Oita University

正 西田英一 (湘南工大)

Eiichi NISHIDA, Shonan Institute of Technology

Key Words: Aerodynamic Noise, Aeolian Tone, Vortex, Flat Fin, Heat Exchanger

1. 緒 言

排熱回収用ボイラなどでは、ガス側の熱伝達特性を向上させるために伝熱管の表面に螺旋状のフィンが設置されている。このようなフィン付き管からもカルマン渦が放出され、気柱共鳴騒音が発生する場合がある⁽¹⁾⁽²⁾。

円管に螺旋状のフィンを設置すると、渦放出周波数が変化だけでなく、カルマン渦のスパン方向の相関長さが増大することが明らかにされている⁽³⁾。一般的に、渦のスパン方向の相関長さが増大すると、変動流体力が増加し、渦放出音も増加すると考えられている。しかしながら、著者らが渦放出音に及ぼすフィンのピッチの影響を実験的に調査したところ、ピッチが小さいときには渦放出音のレベルが低下することがわかった⁽⁴⁾⁽⁵⁾。フィンのピッチが小さい場合には、螺旋形状の影響が小さく、フラットなフィンと同様な特性になると予想され、その特性を明らかにすることは螺旋の効果を理解する上で重要となるが、その詳細は未だ明らかにされていない。

本研究では、直交流中に設置された円柱からの渦放出音に及ぼすフラットフィンの影響を実験的に調査した。

2. 実験装置および方法

測定部概要を図 1 に示す。断面が 300mm×300mm の低騒音風洞⁽⁶⁾のノズル出口から 100mm 下流の噴流中央部に供試体である円柱を風洞のテストセクションの下壁面に垂直に設置した。供試体の端板の長さは円柱後縁から下流へ 65.5D ($D=10.0\text{mm}$) である。端板は、多孔体とパンチングプレートおよびグラスウールから成り、音響的な影響を低減した⁽⁷⁾。この端板の音響的な特性を調べるため、端板中央にスピーカーを設置し、ホワイトノイズを入力として広帯域音を発生させ、音圧の距離減衰を測定した。一例として 1000Hz の結果を図 2 に示す。測定部に端板がない場合とほぼ同程度の自由空間に近い音響的特性が得られていることがわかる。なお、図は省略するが、他の周波数成分についてもほぼ同様な特性が得られた。測定部は 3m×3m×3m の簡易無響室内に設置しており、暗騒音は無風時 32dB(A)、風速 55m/s 時で 65dB(A) である。

実験に使用した供試モデルの概要を図 3 に示す。直径 $D=10.0\text{mm}$ の円柱表面にフィンとして高さ 4mm、厚さ $t=0.4\text{mm}$ 、フィン外径 $D_f=18.0\text{mm}$ の円形の薄板が平行に設置されている。ピッチ p は 8.0, 2.7, 1.6, 0.65mm と変化させた。比較のためにフィン無しの円柱 (以降、裸管と称す) についても実験を行った。供試体の仕様一覧を表 1 に示す。

騒音は供試体から 1000mm の位置に精密騒音計を設置し測定した。主流速度 U_∞ は 20.0~55.0m/s の範囲で変化させた。

Fig. 1 Experimental apparatus and co-ordinate axes

Fig. 2 1/3 octave-band levels (1000Hz)

Fig. 3 Shape of fin tube

このときのレイノルズ数は $1.3 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4$ となる。

3. 実験結果および考察

裸管を流れの中に垂直に設置した場合の騒音の音圧レベルのスペクトルを図4中に点線で示す。スペクトルには卓越したピークが形成される。このピーク周波数 f_p の主流速度 U_∞ に対する変化を図5に示す。ピーク周波数が主流速度に比例し増加することがわかる。このときのストローハル数は約0.2となった。したがって、このピークはカルマン渦放出に因ると考えられる。

同様に、フィンがある場合のスペクトルを図4中に、そのピーク周波数の変化を図5中に示す。フィンのピッチが小さいほど、ピーク周波数が低下することが分かる。この傾向は、フィン付き円柱からの渦放出特性⁽³⁾と良く一致している。したがって、図4中における卓越したピークは、裸管と同様にフィン付き円柱からの渦放出に起因すると考えられる。

図6は、音圧レベルのスペクトルのピークレベルを裸管と比較した結果である。円柱に $p/D=0.80$ のフィンを設置すると渦放出の周期性が増し、ピークレベルが裸管よりも約5dB高くなる。しかしながら、フィンのピッチが小さくなるとピークレベルは低下し、 $p/D=0.27$ と 0.18 の場合には裸管と同程度となる。さらにピッチが小さくなると、ピークレベルは大きく低下し、裸管よりも約21dB低くなる。このときの周波数は裸管 $D=19\text{mm}$ とほぼ同じとなった。

4. 結 論

円柱からの渦放出音に及ぼすフラットフィンのピッチの影響を実験的に調査した結果、以下の結論を得た。

- (1) 円柱に $p/D=0.80$ のフィンを設置すると、渦放出の周期性が増し、ピークレベルが裸管よりも高くなる。
- (2) フィンのピッチが小さくなると、渦放出音のピークレベルが低下する。フィンのピッチが $p/D=0.065$ の場合には、裸管と比べ約21dB低くなり、渦放出周波数は直径がフィンの外径とほぼ等しい裸管からのものとほぼ同じになる。

文 献

- (1) 根本晃, 原文雄, 高桑章浩, 筒井政司, 千鳥配列の熱交換器管群における気流騒音特性, 日本機械学会論文集, 65巻 635号, C (1999), 129-135.
- (2) 濱川洋充, 深野徹, 西田英一, 生田佳嗣, 諸岡隆良, セレイティッドフィン付き管群からの渦放出に関する研究, 日本機械学会論文集, 66巻 646号, B(2000), 1301-1308.
- (3) 濱川洋充, 深野徹, 新垣将, 西田英一, フィン付き円柱からの渦放出に関する研究, 日本機械学会論文集, 65巻 635号, B(1999), 18-25.
- (4) 濱川洋充, 葉真寺敦, 西田英一, 深野徹, フィン付き円柱から発生する渦放出音に関する研究, 2008年度年次大会講演論文集 Vol.7, No.08-1, 2008, pp.103-104.
- (5) 濱川洋充, 河野有児, 西田英一, 深野徹, フィン付き円柱から発生する渦放出音に関する研究, 2009年度年次大会講演論文集 Vol.7, No.09-1, 2009, pp.203-204.
- (6) Hiromitsu Hamakawa, Keisuke Nakashima, Hiroto Matsue, Reduction of noise generated from small wind tunnel, *Proceedings of the Second Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science*, Luoyang, China, (2008), 122-126.
- (7) 藤田肇, 白石純一, 栗田健, 丸田芳幸, 山田彰二, 二次元モデルから発生する空力騒音の実験的研究, 日本機械学会論文集, 62巻 593号, B(1996), 187-193.

Table 1 Specifications of fin tubes

Fin	p/D	p mm	D mm	D_f mm	t mm
Flat fin	0.80	8.0	10.0	18.0	0.4
Flat fin	0.27	2.7	10.0	18.0	0.4
Flat fin	0.18	1.8	10.0	18.0	0.4
Flat fin	0.065	0.65	10.0	18.0	0.4
Bare tube	—	—	10.0	—	—
Bare tube	—	—	19.0	—	—

Fig. 4 Comparison of spectra of SPL ($U_\infty=50.0\text{m/s}$)

Fig. 5 Variation of peak frequency against the freestream velocity

Fig. 6 Variation of peak SPLs against fin pitch ratio ($U_\infty=50.0\text{m/s}$)