

一様気流中の曲円柱に取り付けた仕切り板の空力音減音効果

室蘭工大 ○松本大樹 西田公至 齊当建一

要 旨

円柱の一部をある曲率半径で、ある開き角に曲げられた曲円柱から発生する空力音の周波数特性は、曲円柱の形状によって、エオルス音が発生する場合と広帯域の雑音が発生する場合がある。本研究では、曲円柱から発生するエオルス音を減音するために仕切り板を提案し、最大7dB(A)の減音効果を得た。また、仕切り板の取り付け位置によって、減音効果が異なることを明らかにした。

1. 緒言

空力音は、流体の運動が音の発生に本質的な役割を果たすことで発生する音のことであり、列車や車両などの高速化に伴って無視できない騒音問題となっている。特に列車においては、円柱の組み合わせからなる構造体であるパンタグラフから発生する空力音が主要な音源となっており⁽¹⁾、解決するべき問題となっている。そこで、パンタグラフのV字状の部材構造に着目し、円柱の一部をある曲率半径で、ある開き角に曲げたV字状の円柱（曲円柱）が、一様気流中に存在する場合に発生する空力音の周波数特性を検討した⁽²⁾。

本研究では、曲円柱から発生する空力音を抑制するために、曲円柱に仕切り板を流れに並行に取り付け、その抑制効果を明らかにする。

2. 実験装置

2・1 装置概略

実験装置の概略を図1に示す。実験は一辺の長さ $W=100\text{mm}$ の正方形の吹き出し口を持つ開放型の風洞で行う。マイクロホンは吹き出し口より水平下流方向に 200mm 、垂直上方に 500mm に鉛直下向きに設置する。供試体の曲円柱はマイクロホンの真下に曲率の中心がくるように、吹き出し口の中心を含む水平平面上に設置する。発生した空力音は、周波数補正特性をA特性に設定した騒音計を通してFFTに入力され、周波数分析される。

2・2 供試体

供試体を図2に示す。曲円柱は円弧の部分（円弧部）と、傾斜した直円柱の部分（傾斜部）とに分けられる。傾斜部と流れの下流方向となす角度を θ とし、

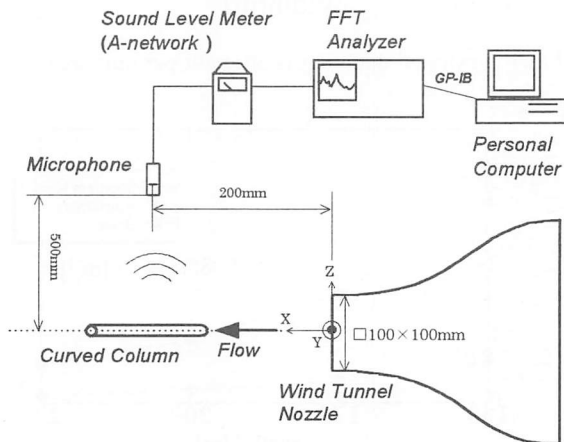


図1 実験装置概略

これを開き角と呼ぶ。また、V字の頂点部分である円弧部の曲率半径を R とする。供試体を固定する支持点は、流路外に位置する傾斜部の一部とし、支持点間の距離は 320mm である。

なお、今回実験に用いた曲円柱の直径は $d=6\text{mm}$ 、開き角は $\theta=45^\circ$ 、曲率半径 $R=20\text{mm}$ である。主流の速度 U は 30m/s とする。円柱の直径 d を用いて計算されるレイノルズ数は 1.2×10^4 である。

2・3 仕切り板

仕切り板は、厚さ $t=0.3\text{mm}$ 、直径 d_p のプラスチック板を用いる。図2に示すように、仕切り板は曲円柱の中心軸 $x-x'$ に対称に、間隔 W_d で流れに平行に取り付ける。

3. 実験結果および考察

曲円柱から発生する空力音は、エオルス音と広帯域雑音の2種類に分けることができる。その代表例として、曲率半径 $R=20\text{mm}$ の曲円柱から発生した空力音の周波数特性のグラフを図3に示す。ここで、暗騒音は、供試体を挿入しない場合の噴流のみが発生する音とする。 $\theta \leq 90^\circ$ の場合の曲円柱（ $\theta=45^\circ$ ）から発生する空力音の周波数特性は、 1200Hz に鋭いピークを持ち、エオルス音が発生していることが明らかである。また、直円柱（ $\theta=90^\circ$ ）から発生するエオルス音のピーク周波数は 975Hz であり、曲円柱から発生するエオルス音は、同じ直径にもかかわらず、高い周波数のピークを持つことが特徴である。一方、 $\theta \geq 90^\circ$ の曲円柱の場合

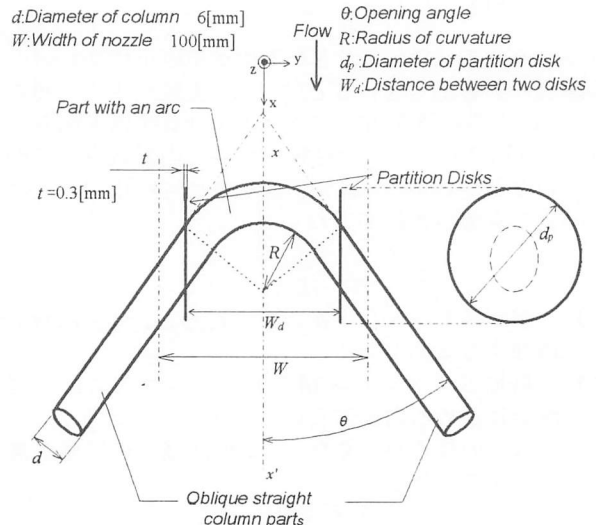


図2 曲円柱及び仕切り板の概略図

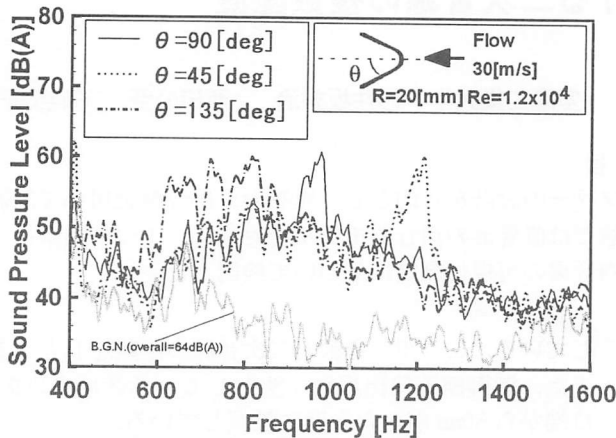


図3 曲円柱から発生する空力音 ($U=30\text{m/s}$, $d=6\text{mm}$, $R=20\text{mm}$)

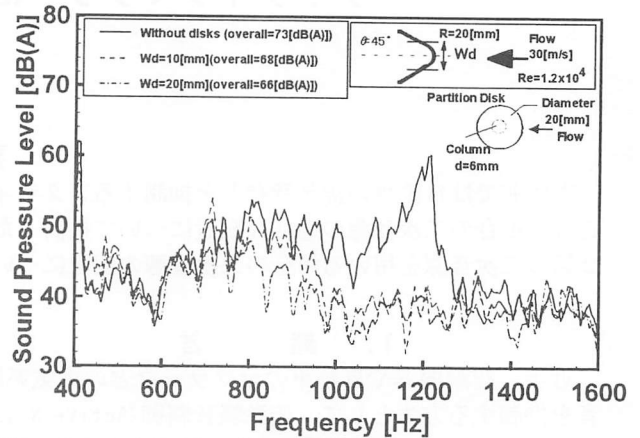


図5 仕切り板の取り付け位置の違いによる抑制効果の変化 ($U=30\text{m/s}$, $d=6\text{mm}$, $R=20\text{mm}$, $\theta=45^\circ$, $d_p=20\text{mm}$)

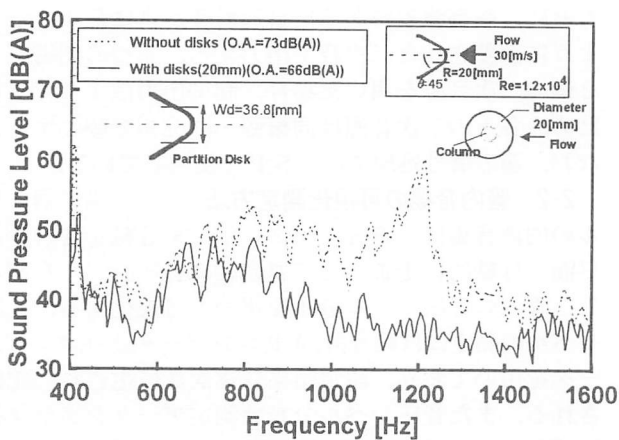


図4 仕切り板のエオルス音抑制効果 ($U=30\text{m/s}$, $d=6\text{mm}$, $R=20\text{mm}$, $\theta=45^\circ$, $d_p=20\text{mm}$, $W_d=36.8\text{mm}$)

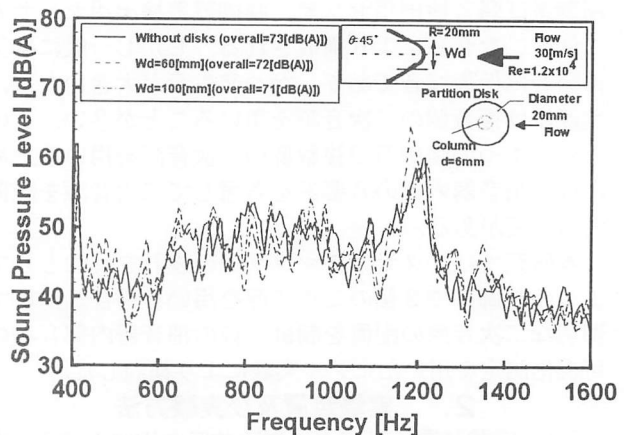


図6 仕切り板の取り付け位置の違いによる抑制効果の変化 ($U=30\text{m/s}$, $d=6\text{mm}$, $R=20\text{mm}$, $\theta=45^\circ$, $d_p=20\text{mm}$)

には直円柱のエオルス音のピークの周波数よりも低い周波数帯が支配的な、広帯域の雑音が発生する。

本研究では、これらの空力音のうちエオルス音を抑制するために、仕切り板を取り付ける。曲円柱のエオルス音は、曲円柱の後流、特に円弧部の後流の流れの速度変動との相関が強い⁽³⁾ことから、仕切り板を曲円柱の円弧部に主流方向と並行に取り付ける。

仕切り板を円弧部と傾斜部との境目に取り付けた結果を図4中の実線に示し、破線で示した何も取り付けしていない曲円柱からの発生音と比較する。仕切り板を取り付けた曲円柱は、 $\theta=45^\circ$, $R=20\text{mm}$ である。また、取り付けした仕切り板の直径 d_p は20mmであり、取り付け間隔は36.8mmである。仕切り板を取り付けた結果、取り付けない曲円柱において発生していた1200Hzのピークは完全に抑制され、オーバーオール値では、およそ7dB(A)の減音量を得た。このように、曲円柱から発生するエオルス音は、仕切り板によって抑制することができる。

次に、仕切り板の取り付け位置を変化させる。仕切り板どうしを円弧部と傾斜部との境目から近づけた場合を図5に、遠ざけた場合を図6に示す。仕切り板どうしを近づけた場合は、 $W_d=10\text{mm}$ (図5中破線)、20mm (図5中一点鎖線)の双方ともエオルス音のピークが抑制され、オーバーオール値で、5dB及び7dBの

減音効果があった。一方、遠ざけた場合として $W_d=60\text{mm}$, 100mm を図6に示すが、それぞれの場合でエオルス音の抑制効果はなく、ピークは抑制されていない。また、オーバーオール値でもほとんど変化がない。このことから、曲円柱のエオルス音を抑制するためには、円弧部に仕切り板を取り付ける必要があるといえる。つまり、曲円柱から発生するエオルス音は、円弧部後流において発生していると考えられる。

4. 結言

1. 曲円柱から発生するエオルス音は、仕切り板を円弧部に取り付けることによって抑制される。オーバーオール値で約7dB(A)の減音効果があった。
2. 曲円柱から発生するエオルス音は、曲円柱の円弧部後流において発生すると考えられる。

参考文献

- (1) 真鍋, 白国, 森川, 機論, B(1985), vol.51-463, 959
- (2) 松本, 西田, 齊当, 1995年度精密工学会北海道支部学術講演会
- (3) 松本, 西田, 齊当, 1996年度精密工学会北海道支部学術講演会