The Japan Society of Mechanical Engineers

307 円弧状ワイヤーから発生する空力音の音源分布

The Source Regions of the Aerodynamic Sound Generated by the Circular Wire in a Uniform Air Flow

○正　松本大樹　(室蘭工大)　　正　西田公至 (室蘭工大)　　正　斉当建一 (室蘭工大)
Hiroki MATSUMOTO , Muroran Institute of Technology , 27-1 Mizumoto-cho, Muroran-shi, Hokkaido
Kohshi NISHIDA , Muroran Institute of Technology
Ken-ichi SAITOH , Muroran Institute of Technology

This paper deals with aerodynamic sounds generated by the circular wires in a uniform air flow experimentally. The circular wire is bend with a diameter of D in the shape of a circle, and the diameter of wire is d. In the experiment, the effects of D's on the aerodynamic sound have been examined in detail. The results of frequency analyses of aerodynamic sounds show that eminent aeolian sounds are generated by the circular wires. The results of measurement of the coherence between the aerodynamic sound and the velocity fluctuation of the wake behind the circular wire and calculating the band overall value of coherence output power, the source regions of the aerodynamic sound are clarified.

Key Words: *Aerodynamic Sound , Aeolian sound , Column , Circular wire , Spectrum, Velocity fluctuation, Wake*

1　緒言

われわれの生活環境においては，さまざまな騒音が発生しており，音環境は悪化している．そのため，さまざまな騒音対策について研究されているが，気流を伴う機器から発生する騒音，すなわち空気力学的騒音 (空力音) については，その発生源を特定することが困難なことから，騒音対策が難しい．

これまで，単純な形状，たとえば直円柱や角柱 (1)，または傾斜した円柱や角柱 (2)，複数の円柱 (3) などが一様な気流中に存在する場合に発生する空力音特性について，さまざまな研究がなされており，その騒音低減の対策もなされてきた．しかしながら，実際の機器において部材として使用されている円柱などは，さまざまに加工されており，より複雑な形状となっている．

そこで本研究では，ドライヤーなどのコイル状の電熱線やコイルバネなど，円柱がらせん状に曲率をもって加工されていることに着目し，その単純なモデルとして円弧に曲げられたワイヤーから発生する空力音の特性，および音源領域の特定に関する実験的な検討を行うことを目的とする．

2　実験装置及び供試体

実験装置の概略を図 1 に示す．風洞は 100 × 100mm の方形吹き出し口を持つ開放型であり，測定室は簡易無響室となっている．実験での主流速度 U は 20〜45m/s の範囲で行った．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．測定した空力音は FFT アナライザによって周波数分析される．供試体周辺の速度変動は，I 型の熱線プローブを用いた熱線流速計によって測定する．また，円弧状ワイヤーは，円弧の中心がマイクロホンの真下になるように，吹き出し口の中心を含む水平平面上に水平に固定する．円弧状ワイヤーは，素線の直径 d = 4mm，及び 6mm の円柱を，外径 D の円弧状に曲げたものである．円弧状ワイヤーは支持具を介して固定されるが，支持具のみから発生する空力音を暗騒音 (B.G.N.) としている．

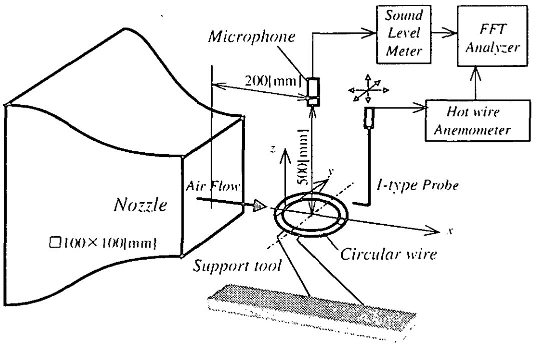

Fig.1 Experimental equipment.

3　実験結果

3.1　円弧状ワイヤーから発生する空力音の周波数特性　円弧状ワイヤーから発生する空力音の周波数特性の例として，素線の直径 d が 4mm，外径 D が 26mm，および 36mm の円弧状ワイヤーの例を図 2 に示す．発生する空力音は，いずれの例においても「ぴゅー」といった擬音で表現される音となり，その周波数特性のグラフは鋭いピークを持つ．また，このピーク周波数は，素線の径と外径の違いにより変化する．

また，円弧状ワイヤーを上流側の弧と下流側の弧とに分割し，それぞれから発生する空力音の周波数特性を図 2 に示す．上流側の弧に相当する供試体を Type A，下流側の弧に相当する供試体を Type B とする．Type A の発生音の周波数特性には鋭いピークがあり，純音に近い空力音が発生することがわかる．しかし，円弧状ワイヤーと比較すると，ピーク周波数は高く，オーバーオール値は小さいことが明らかである．一方，Type B の発生音

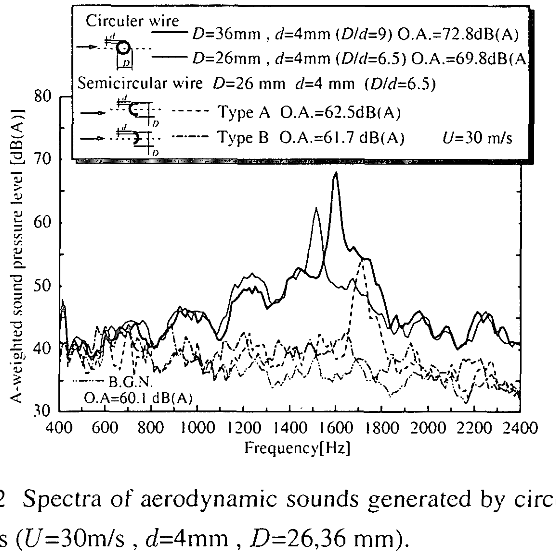

Fig.2 Spectra of aerodynamic sounds generated by circular wires (U=30m/s , d=4mm , D=26,36 mm).

NII-Electronic Library Service

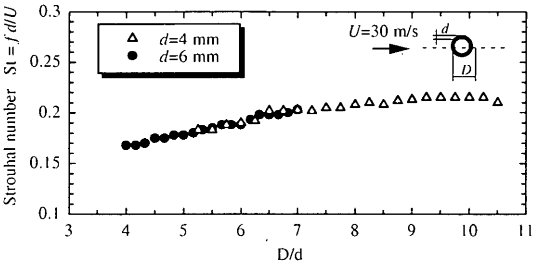

Fig.3 Strouhal number of circular wires (U = 30m/s).

の周波数特性は明確なピークを持たず，ほぼ暗騒音と同様な周波数特性となっている．このことから，円弧状のワイヤーでは上流側の弧から流出する渦列と下流側の弧との干渉によって発生音が変化していると考えられる．

そこで，素線の直径が 4mm の場合の外径 D を 21〜42mm まで，d = 6mm の場合の外径 D を 24〜42mm まで，それぞれ変化させた場合に発生する空力音について検討した．発生するピーク周波数 f と素線の径 d を用いたストロハル数 $St = fd/U$ によってまとめた結果を図 3 に示す．St は，D/d が大きくなるにつれてほぼ比例的に増加するが，D/d = 9 程度において 0.215 とほぼ一定値となる．

このことから，$D/d > 9$ の場合には，発生音に対する下流側の弧の影響が小さく，逆に $D/d < 9$ では，下流側の弧の影響が強いと考えられる．

3.2 円弧状ワイヤーの音源領域 円弧状ワイヤーの音源領域を明らかにするために，円弧状ワイヤー周りの速度変動を多点測定した．そして，発生した音とのコヒーレンス関数を求め，速度変動のスペクトルとの積である C.O.P.（Coherence Output Power）を算出し，各測定点における速度変動と発生音との相関性を検討した．C.O.P. は発生した音と相関の強い速度変動のスペクトルとなっており，そのバンドオーバーオール値 $O.A._{band}$ は測定点における特定周波数の音と相関の強い速度変動の強さとなる [4]．これを，$Boa_{f_l-f_u}$ として次のように定義する．

$$Boa_{f_l-f_u} = log\left(\frac{Boa_{M(f_l-f_u)}}{Boa_{B(f_l-f_u)}}\right) \quad \text{[Bel]} \qquad (1)$$

ここで，$Boa_{B(f_l-f_u)}$ は，供試体を挿入しない場合の噴流中心の速度変動と暗騒音との間の $O.A._{band}$ であり，基準値として用いる．また，$Boa_{M(f_l-f_u)}$ は各測定点での速度変動と供試体からの発生音との $O.A._{band}$ である．

図 4，5 に測定点，および測定結果を示す．測定対象は，下流側の弧の影響が強いと思われる D = 26mm, d = 4mm(D/d = 6.5) と，影響が小さいと思われる D = 36mm, d = 4mm(D/d = 9) の円弧状ワイヤーである．座標系 (x, y, z) を図 4，5 中のようにし，測定点は z = 6mm の $x-y$ 平面（水平面）内に 4mm 間隔に設定する．y 軸方向にほぼ対称な流れ場であったため，y が正の範囲のみ示している．それぞれの C.O.P. のバンドオーバーオール値は発生音の最大のピーク周波数を中心に 100Hz の幅で求める．図 4 において $Boa_{(1550-1650)}$ の値が大きい領域ほど，1600Hz のピーク音と相関のある速度変動が強いことを表している．

D = 36mm の場合の測定結果を図 4 に示す．$Boa_{(1550-1650)}$ は，x 軸上の 20mm と 40mm の位置で大きくなっている．すなわち上流側の弧の後流と，下流側の弧の後流のそれぞれに音源領域が分布しており，発生する音に対する下流側の弧の影響は小さいと考えられる．

D = 26mm の場合の $Boa_{(1450-1550)}$ の測定結果を図 5 に示す．x 軸上の変化をみると，D = 36mm の場合と異なり，$Boa_{(1450-1550)}$ の大きい領域は一カ所に集中しており，下流側の弧の位置で最大となり，下流方向に向かって弱くなっていく．

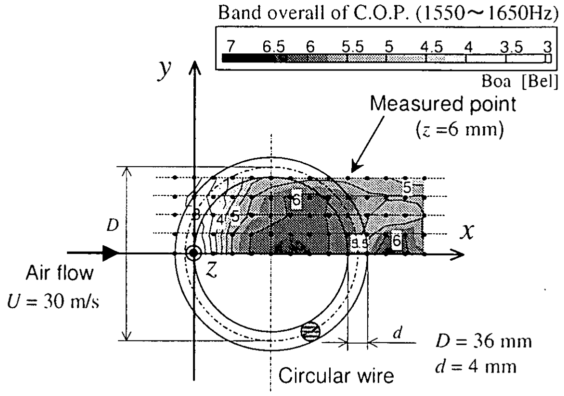

Fig.4 Distribution of band overall of C.O.P. (U=30m/s ,D=36 mm , d=4mm (D/d=9)).

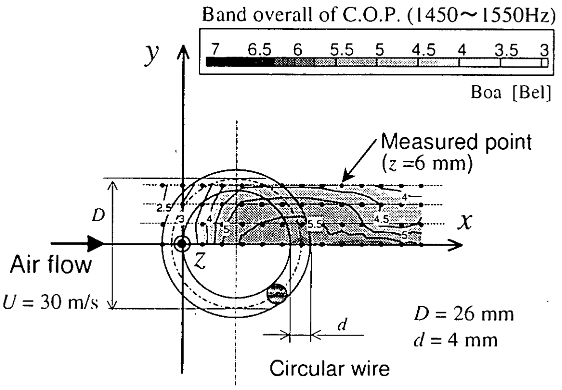

Fig.5 Distribution of band overall of C.O.P. (U=30m/s , D=26 mm , d=4mm (D/d=6.5)).

このことから，D = 26mm の場合には，はく離した渦が下流側の弧に直接衝突するため，発生音は下流側の弧の影響を強く受けると考えられる．

また，y 軸方向で見ると，いずれの外径の場合においても，Boa は x 軸上で最も強く，y 軸方向に次第に小さくなる傾向がある．

4 結言

1. 一様気流中の円弧状ワイヤーから発生する空力音は，鋭いピークを持つ周波数特性となる．
2. ピーク周波数を無次元化したストローハル数 St は，外径 D を素線の径 d で無次元化した値 D/d の増加にともない D/d = 9 程度までは増加し，その後ほぼ一定値となる．
3. 半円弧状のワイヤーから発生する空力音は，挿入方向によって大きく異なり，円弧状ワイヤーの上流側の弧に相当する Type A では鋭いピークを持つが，下流側の弧に相当する Type B では明確なピークを持たない．
4. 円弧状ワイヤーの音源領域は，円弧の中心を含む主流に平行な軸上に存在し，円弧の外径によって異なる分布となる．

参考文献

(1) 藤田, 白石, 栗田, 丸田, 山田. 機論. 62-593. B(1996). 187-193

(2) 山田. 藤田. 丸田. 槙. 白石. 機論. 63-610. B(1997). 1974-1979

(3) 望月. 木谷. 鈴木. 新井. 機論. 60-578. B(1994). 3223-3229

(4) H.Matsumoto. K.Nishida. K.Saitoh. Proc. of the 48th Japan National Congress on Theoretical and Applied Mechanics. for Japan National Committee for Theoretical and Applied Mechanics , Science Council of Japan, (1999). 313-318

NII-Electronic Library Service