

L-7

## 振動しない部分を設けた円筒形振動板を用いた空中超音波音源

## Aerial Ultrasonic Source Using a Cylinder Typed Vibration Plate with Non-Vibrating Part

○浅見拓哉<sup>1</sup>, 三浦 光<sup>1</sup>\*Takuya Asami<sup>1</sup>, Hikaru Miura<sup>1</sup>

Abstract: The aerial ultrasonic source using the cylindrical vibrating plate can generate strong ultrasonic waves inside the cylinder. In application of this source, the fluid and the powder are flowed inside the cylinder by using piping, and ultrasonic waves are irradiated to the fluid and the powder. However, it is difficult that the end of the vibrating plate to be firmly connected to the piping. To solve this problem, we have developed a cylinder typed vibration plate with non-vibrating part.

## 1. はじめに

強力な超音波を発生させる装置の 1 つとして、円筒形たわみ振動板を用いた空中超音波音源がある。この空中超音波音源は、円筒がたわみ振動することにより、円筒内部に強力な超音波を発生させることができる。この音源の利用方法は、円筒内部に流体、粉体を流し、これに対して超音波を照射するのが一般的である。具体的には、煙霧質、微粒子等の凝集がある。また、近年、粉体輸送の際に超音波を照射することにより、輸送に必要な動力の低減などが報告されている[1]。

この様な利用方法の場合は、流体を搬送するための配管等を円筒形たわみ振動板の端部に連結する必要がある。しかし、振動板の端部は、振動しているため、配管と円筒形たわみ振動板の強固な連結が困難である。

筆者らは、この問題を解決するため円筒形たわみ振動板の端部に振動しない部分を設けた振動板の開発を行った[2,3]。本稿では、開発を行った振動板を用いた空中超音波音源の振動特性について明らかにする。

## 2. 空中超音波音源

Fig. 1 は、開発した振動しない部分を設けた円筒形振動板を用いた空中超音波音源の概略図である。音源は、27 kHz 用のボルト締めランジュバン型振動子、縦振動変位振幅拡大用のエキスポネンシャルホーン、伝送棒、及び Fig. 2 に示す円筒形振動板（材質：A2017）から構成されている。なお、各部はネジにより結合されている。

円筒形振動板は、Fig. 2 に示すように中央の円筒部とその両端に振動しない部分として肉厚の異なる円筒を接続した一体構造となっている。なお、肉厚の異なる円筒は剛壁と呼称する。中央の円筒部は、内径が 105.2 mm、肉厚が 4.3 mm、長さが 109 mm となっている。次に、1 つの剛壁部の寸法は、内径が 105.2 mm、肉厚が 40 mm、長さが 25 mm である。また、円筒形振動板

は伝送棒との結合のために中央部に直径 5 mm の穴を設けてある。振動板と伝送棒の結合には凹面ワッシャー及び凸面ワッシャーを挿入し、伝送棒からの振動を伝搬しやすいようにしている。また、測定のため直径 5 mm の穴の中心を原点とし、図中に示した座標軸を設定した。なお、音源はアドミタンスループの測定より、

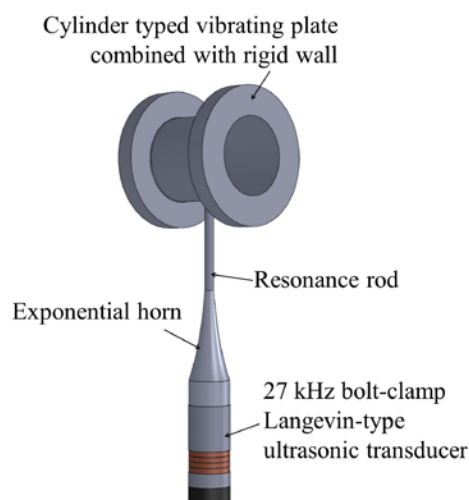


Figure 1. Ultrasonic source with cylinder typed vibration plate combined with rigid wall.

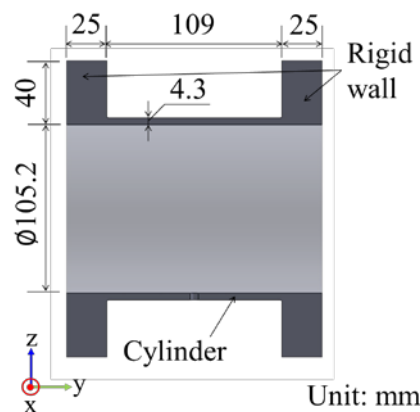


Figure 2. Cylinder typed vibrating plate combined with rigid wall.

27.4 kHz 付近に共振があることがわかっている。

### 3. たわみ振動分布の測定

円筒形振動板の振動モードを明らかにするために円筒形振動板の外径部の y 軸上のたわみ振動変位分布の測定を行なった。測定条件は、入力電力 1 W 一定とし、駆動周波数 27.4 kHz で行なった。なお、たわみ振動変位の測定はレーザドップラ振動計 (小野測器, LV-1610) を用いて行なった。

Fig. 3 は円筒形振動板の外径部の y 軸上の測定結果である。図は横軸に y 軸の座標、縦軸にたわみ振動変位の片振幅をとっている。図中の模式図は y 軸上の測定箇所とシンボルを表している。図より、円筒部 ( $y = -54.5 \sim 54.5$  mm) のたわみ振動変位は、いずれの測定箇所においても 6 つの節位置がある分布となることがわかった。また、たわみ振動変位の節位置は、いずれの測定箇所においてもほぼ同じ y 軸の座標となることがわかった。これより、たわみ振動変位の節位置は、円筒の長さ方向と直交する円周上に 6 つの節円の形状となっていることが分かった。

そして、剛壁部 ( $y = -79.5 \sim -54.5, 54.5 \sim 79.5$  mm) において、たわみ振動変位はいずれの測定箇所においても、円筒部と比較して小さい値となっていることがわかった。

次に、円筒形振動板の剛壁部側面のたわみ振動の測定を行った。測定方法は、先と同様である。Fig. 4 は、その結果である。本測定結果は一端の剛壁部の測定結果のみ示している。図は横軸に円筒形振動板の内壁面からの距離、縦軸にたわみ振動変位の片振幅をとっている。図中の模式図は剛壁部側面の測定箇所とシンボルを表している。なお、図の縦軸のスケールは、Fig. 3 と比較するために同様としている。図より、剛壁部側面のたわみ振動変位は、1 つの節をもつ分布となっていることがわかった。しかし、その振動変位は Fig. 3 の円筒部の振動変位と比較して小さい値となっている。また、この変位は Fig. 3 の剛壁部の振動変位と比較してほぼ同じような値となっている。この結果より、円筒 ( $t = 4.3$  mm) の両端に肉厚の異なる円筒 ( $t = 40$  mm) を接続することにより、肉厚の異なる円筒が振動しない部分として働くことがわかった。これにより、配管等との強固な連結が可能になると考えられる。

### 4. おわりに

本稿では、振動しない部分を設けた円筒形振動板を用いた空中超音波音源の振動特性を明らかにした。そ

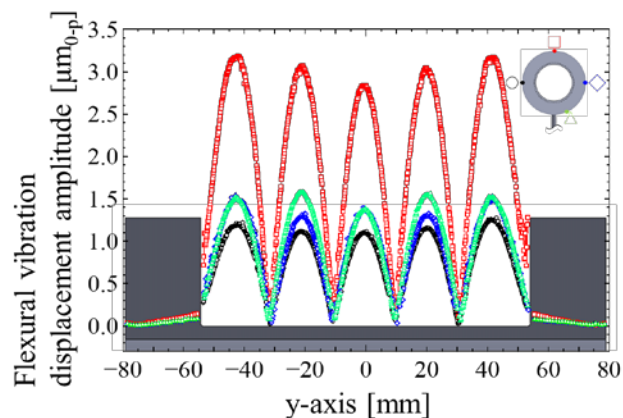


Figure 3. Distribution of Vibration displacement amplitude of y-axis.

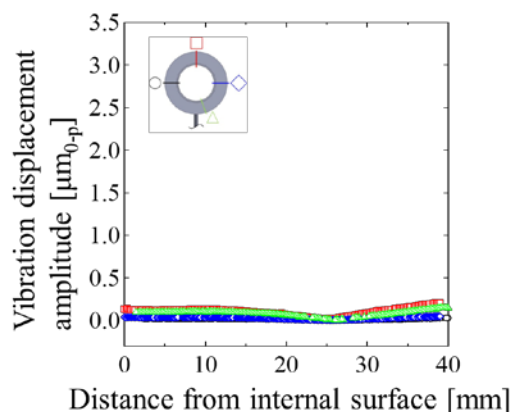


Figure 4. Distribution of Vibration displacement amplitude of rigid wall.

の結果、円筒部ではたわみ振動の節位置は、円筒の長さ方向に直交する円周上に円形に発生ことがわかった。また、剛壁部は円筒部と比較して十分にたわみ振動が小さく、剛体として考えられることがわかった。

### 5. 謝辞

本音源の製作あたり、ご指導ご協力頂きました日本大学理工学部工作技術センター 槻館悦浩 先生ならびに関係各位に心より感謝いたします。

また、本研究の一部は JSPS 科研費 15K05875 の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] 小池好満, 河府賢治, 越智光昭, 粉体工学会誌, Vol.49, No.1, pp.19-25 (2012)
- [2] R. Sato, T. Asami and H.Miura, Symp. Ultrason. Electron. 37, 3P4-11(2016).
- [3] R. Sato, T. Asami and H.Miura, Jpn. J. Appl. Phys., 56, 07JE05(2017).