

L-57

縦振動の十字型方向変換を利用した空中超音波音源の検討(5)

Examination on a high power Aerial Ultrasonic Generator using a Cross type Direction Changer for Longitudinal Vibration(5)

○細川賢治¹, 大隅歩², 伊藤洋一²

* Kenji Hosokawa¹, Ayumu Osumi², Youichi Ito²

Abstract: We propose the method of driving multiple vibrating plates by using the cross type vibration transmission rod to increase the generating power from an ultrasonic sound source. In this report, we attempted to improve the efficiency of vibration vertical transmission by using vertical transmission rod without screw.

1.はじめに

大容量の空中超音波エネルギーを発生させる実用音源として、超音波振動子に振幅拡大ホーンを取り付け、その先端に振動伝送棒を介して縞モードたわみ振動板を取り付ける方式がある^[1]。この音源の更なる出力増強を目的に、振動伝送棒を十字型の形状にして複数の振動板を駆動する方法を検討している^[2-3]。これまでに、4 段式の十字型伝送棒(振動板 8 枚)を開発し、約 300W の電力供給を実現している^[4]。今後、この音源を大型化する上で振動エネルギーの伝達効率が重要になると考え、多段式十字型伝送棒の主軸である縦伝送棒を一体化する方法について検討している。ここではその試作を行い、従来方式との比較検討を行っている。

2.十字型伝送棒を用いた音源の構造

Fig. 1 に、これまでに開発しているねじ結合方式 2 段式の十字型伝送棒の構造とそれを用いた超音波音源の概略を示す。共振周波数 19.6 kHz のボルト締めランジェバン振動子 (B.L.T.) に振動振幅拡大のためエキスポネンシャルホーンを結合し、その先端に十字型伝送棒を取り付けている。Fig. 1 (a) のように、縦伝送棒 C の径方向の応力が最大となる位置に切り込みを設け、その部分に 1/4 波長共振の長さの伝送棒 S1, S2 を垂直に両側から挟みこむようにネジで連結された構造となっている。また横伝送棒両端には振動板を取り付けるためのネジ(ステンレス製)を付けてある。これまでの縦伝送棒は、図(a)に示すように連結用伝送棒 C2 を介してネジ結合されている。今回、これらの接続部分を一体化することを試みている。これにより、振動エネルギーの伝達効率の向上と伝送棒設計の簡便化が期待される。

まず、音源の縦振動系が所望の共振周波数となるための一体化伝送棒 C の長さを検討する。ここでは、従来伝送棒の連結ネジの材質およびネジ穴を考慮し、連結用伝送棒 C2 に相当する部分の長さを修正する。

なお、これまでの検討により、連結用伝送棒の長さの変化に対して音源の共振周波数はほぼ直線的に変化すること、縦及び横伝送棒の振動振幅には殆ど変化がないことから、音源の共振周波数のみに着目して伝送棒 C の長さを決定すればよい^[4]。こ

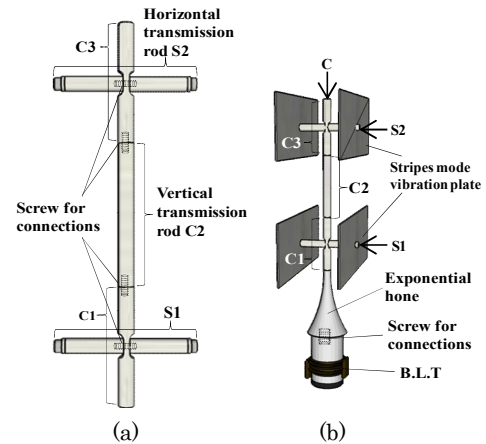


Fig. 1 Ultrasonic generator using a cross type direction changer

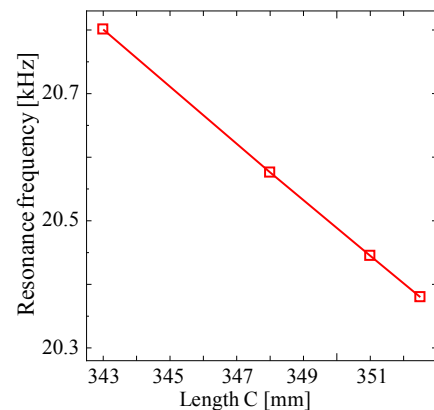


Fig. 2 Relationship between resonance frequency and lengths of C

1 : 日大理工・院・電気 2 : 日大理工・教員・電気

のときの横伝送棒 S1, S2 の長さ及び取り付け位置はそのままの関係にある。Fig. 2 は、Fig. 1(b)のように 4 枚の縞モード振動板(縞モード周波数: 20.38 kHz)を取り付けたときの音源の共振周波数を測定した結果である。この結果を基に、音源を縞モード周波数と同じ周波数(20.38 kHz)で共振駆動させるための伝送棒 C の長さを決定した。

次に、横伝送棒 S1, S2 を取り付けための切り込み部の位置補正を、有限要素法解析ツールである ANSYS により行った。Fig. 3 は補正前後の振動解析結果であり、横伝送棒の取り付け位置の補正分は、S1 は 0.5 mm, S2 は 3.0 mm であった。

3. 試作音源の特性

上記の結果を基に一体化縦伝送棒 C を作成し、音源を組上げた。縦伝送棒(直径 15 mm のジュラルミン製)の長さは 352.5 mm, 横伝送棒 S1, S2(直径 12 mm のジュラルミン製)の長さを 111 mm とした。また、取り付けた 4 枚の縞モード振動板は共振周波数 20.38 kHz, 寸法 138 mm×359 mm×2 mm のジュラルミン製である。

Fig. 4 に試作音源の供給電力-振動特性を示す。

図中には比較のため従来の 2 段階接続方式による音源の特性も示している。なお、S1, S2, および C は、Fig. 1(b)に表す矢印の位置での縦振動特性を示す。図より、いずれの振動面においても供給電力に対して約 1/2 乗に比例した振動特性が得られている。また、S1 及び S2 において一定値の振動振幅を得るための供給電力は、従来方式の場合よりも少ない値になっており、伝送棒の振動伝達特性が改善されていることがわかる。なお、試作音源においては振動板中心の振動振幅を 10 μm とした場合、音源への供給電力は約 150 W であり、より良好な振動伝達が行われていることが分かった。

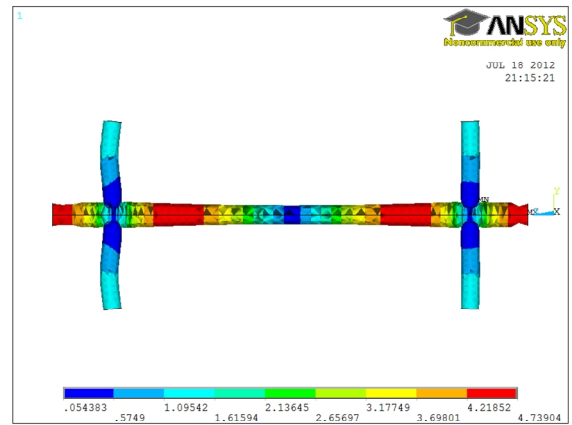
4. まとめ

振動板式空中超音波音源の大容量化を目的に、音源構造の簡単化と振動伝達効率を目指し、2 段階式の一体型十字型伝送棒について検討した。

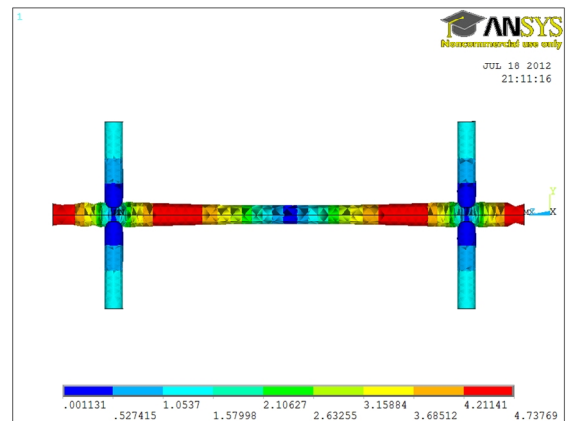
その結果、一体化伝送棒の設計製作の指針がほぼ明らかとなった。また、従来方式の音源に比べて振動伝達効率の向上が図れることを確認した。

5. 参考文献

- [1] 山根 他, 日本音響学会誌, 39, 6, 380-387, 1983.
- [2] 井出, 伊藤, 音講論 (秋), 1279-1280, 2007.
- [3] 金田, 伊藤, 音響論 (春), 152, 2010.
- [4] 田上, 伊藤, 音響論 (春), 99, 2012



(a) Before



(b) After

Fig. 3 Examination of position for connecting transmission rod by ANSYS

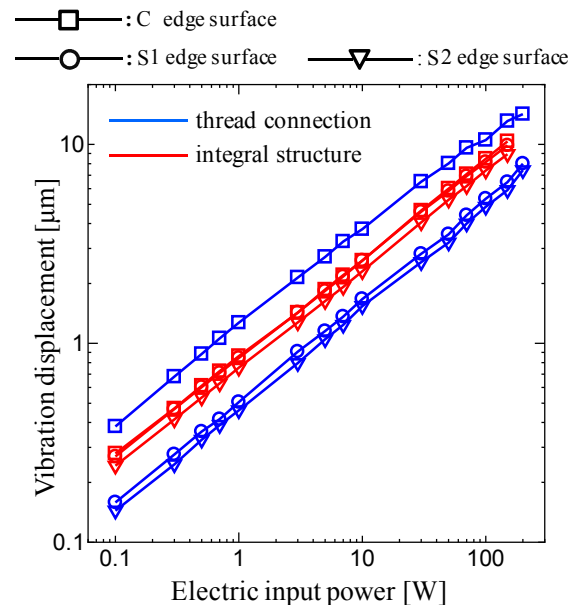


Fig. 4 Relationship between vibration displacement and electric input power