

실북형 세로-구부림결합모드변환자의 설계와 해석방법

리이환, 박명일

실북형 세로-구부림결합모드변환자를 리용한 수중음향안테나들[1-3]에 대해서는 일부 소개되고있지만 세로-구부림결합모드변환자의 설계방법에 대하여서는 잘 알려지지 않고있다.

우리는 ANSYS를 리용하여 수중에서 10~30kHz의 주파수대역을 만족하는 실북형 세로-구부림결합모드변환자를 설계제작하고 그 특성을 고찰하였다.

1. 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 합리적인 기하학적구조설계

볼트조임원기동변환자가 세로방향진동을 할 때 그것과 결합된 실북형의 금속원통이 동시에 반경방향의 구부림진동을 한다고 하여 실북형 세로-구부림결합모드변환자라고 한다.

설계하려는 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 기하학적구조는 실북형의 금속원통속으로 볼트조임원기둥막대기진동자를 끼워넣은 구조로 되어있다.(그림 1)

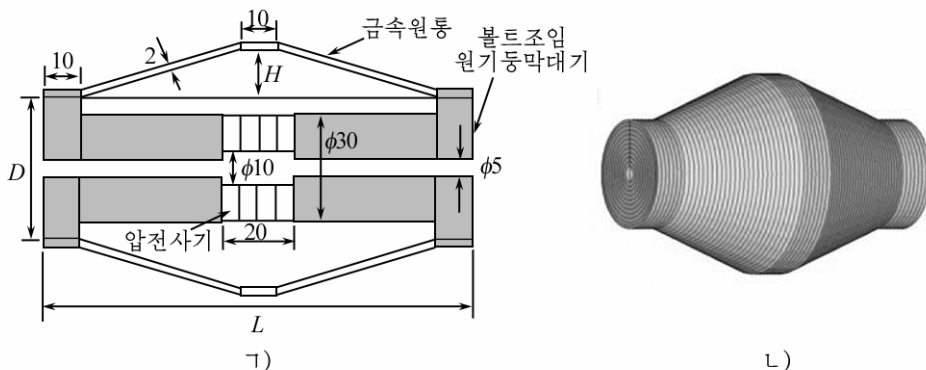


그림 1. 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 구조
 1) 단면구조, 2) 3차원구조

그림 1에서 보여준바와 같이 볼트조임원기둥막대기진동자는 직경이 D 이고 두께가 10mm인 2개의 량끝자리쇠와 직경이 30mm인 2개의 불수강재료로 된 원기둥막대기사이 에 외경과 내경, 두께가 각각 30, 10, 5mm인 4개의 PZT-MS재료의 고리형압전사기를 끼워 넣은 구조로 되어있다.

진동자와 결합된 실북모양의 금속원통은 두께가 2mm이고 블록한 중심부분의 너비가 10mm, 경사높이가 H , 전체 길이가 L 인 불수강재료이다.

ANSYS를 리용하여 금속원통의 구부림진동주파수와 볼트조임원기둥진동자의 길이방향진동주파수가 15kHz로 일치되도록 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 합리적인 기하학적구조를 설계하였다.

먼저 진동모드해석을 리용하여 볼트조임원기동막대기의 길이(L)와 금속원통의 랑끝 직경(D)의 크기변화에 따르는 1차세로진동주파수변화를 고찰하고 그것이 설계주파수

(15kHz)를 만족시킬 때 원기둥막대기의 길이를 구하였다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 15kHz의 1차세로진동주파수를 만족하는 원기둥막대기의 길이가 클수록 금속원통의 직경은 작아진다.

다음으로 금속원통의 구부림진동주파수와 원기둥막대기의 세로진동주파수(15kHz)를 서로 일치시키기 위하여 중심부분의 경사높이(H)의 변화에 따르는 1차구부림진동주파수 변화를 고찰하고 그것이 설계주파수(15kHz)를 만족시킬 때 금속원통의 경사높이를 구하였다.(그림 3)

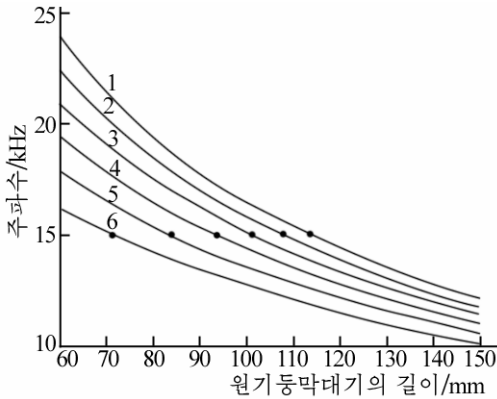


그림 2. 원기둥막대기의 길이와 금속원통의 직경변화에 따르는 공진주파수변화
1-6은 금속원통직경이 각각 32, 36, 40, 44, 48, 52mm인 경우

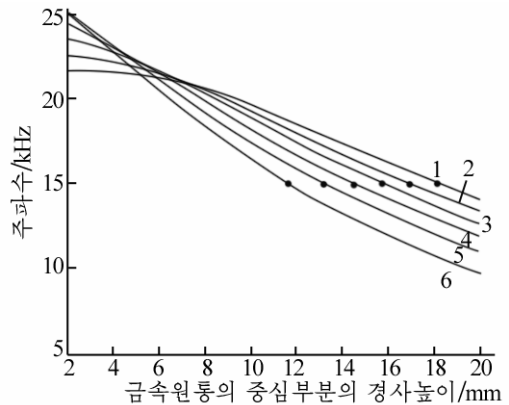


그림 3. 금속원통의 중심부분의 경사높이 변화에 따르는 공진주파수변화
1-6은 그림 2에서와 같음.

원기둥막대기의 길이와 금속원통의 직경이 그림 2에서와 같은 값을 가질 때 금속원통의 경사높이를 2~20mm사이에서 변화시키면서 금속원통의 1차구부림진동주파수변화를 고찰하고 그 값이 15kHz로 되는 금속원통의 경사높이를 구하였다.

그림 3에서 보는바와 같이 금속원통의 중심부분의 경사높이가 증가할수록 1차구부림진동주파수는 감소한다.

다음으로 원기둥막대기의 길이와 금속원통의 직경, 금속원통의 경사높이가 그림 2, 3에서와 같이 서로 다른 값을 가질 때 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 전기력학결합결수들을 비교하였다.(그림 4)

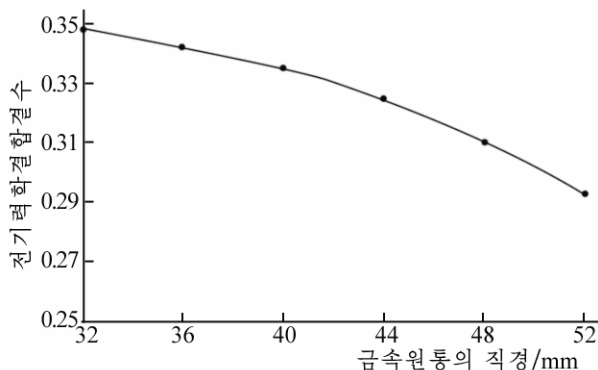


그림 4. 금속원통의 직경변화에 따르는 전기력학결합결수의 변화

그림 4에서 보는바와 같이 6개의 서로 다른 구조의 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 전기력학결합계수는 금속원통의 직경이 32mm이고 원기둥막대기의 길이가 113.5mm, 금속원통의 경사높이가 18mm일 때 최대값을 가진다.

2. 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 수중음마당해석

금속원통의 직경 32mm, 원기둥막대기의 길이 113.5mm, 금속원통의 경사높이 18mm 일 때의 실북형 세로-구부림결합모드변환자에 대한 공기중과 수중에서의 전도도특성을 고찰하였다.(그림 5)

그림 5에서 보는바와 같이 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 공기중 1차와 2차 구부림진동주파수는 각각 15, 23kHz이며 수중 1차와 2차구부림진동주파수는 각각 14, 18.2kHz이다.

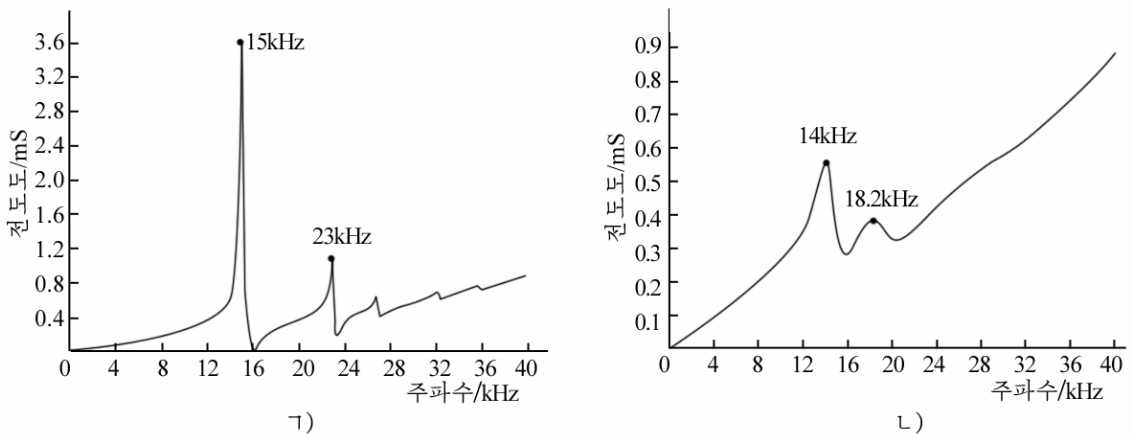


그림 5. 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 공기중(가)과 수중(나)에서의 전도도특성

수중음마당해석으로부터 얻어진 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 1차와 2차구부림진동모드에서의 음마당분포를 그림 6에 보여주었다.

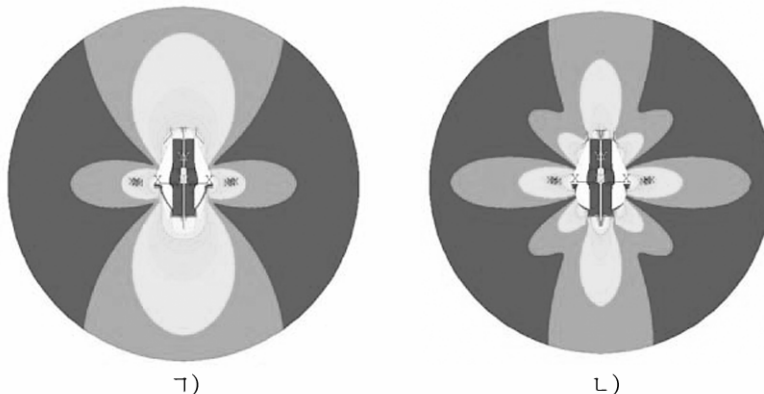


그림 6. 수중음마당해석으로부터 얻어진 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 1차(가)와 2차(나)구부림진동모드에서의 음마당분포

주파수에 따르는 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 음압과 송신감도를 그림 7에

보여주었다.

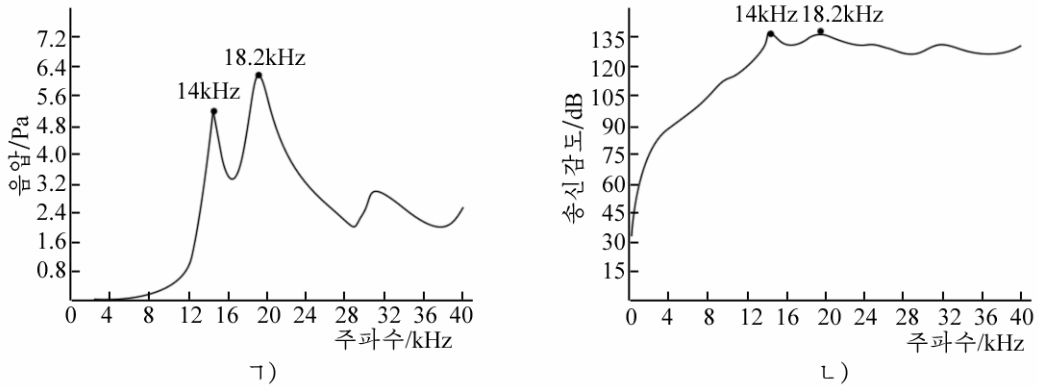


그림 7. 주파수에 따르는 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 음압과 송신감도
 ㄱ) 음압, ㄴ) 송신감도

그림 1에서와 같이 두께 2mm이고 직경이 각각 양끝부분에서 36mm, 가운데부분에서 72mm인 금속원통을 전체 길이가 114mm 되게 제작한 다음 외경과 내경, 두께가 각각 30, 10, 5mm인 4개의 압전사기를 적층하고 직경 30mm, 길이 47mm인 2개의 금속원기둥을 앞뒤로 결합한 구조로 실북형 세로-구부림결합모드변환자를 제작하였다. 이렇게 제작된 볼트조임 원기둥막대기와 실북형의 금속원통은 수중에서도 물이 침습하지 못하도록 실리콘으로 함침하여 수밀구조를 보장하면서도 높은 압력조건(1~3MPa)에도 견딜 수 있게 하였다.

제작된 실북형 세로-구부림결합모드변환자를 그림 8에 보여주었다. 제작된 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 전도도특성곡선은 유한요소해석으로 얻은 전도도특성곡선(그림 5)과 잘 일치한다.



그림 8. 제작된 실북형 세로-구부림결합모드변환자

맺는 말

ANSYS를 리용하여 전기력학결합결수가 최대이고 수중주파수대역이 10~30kHz인 실북형 세로-구부림결합모드변환자의 합리적인 기하학적구조를 설계제작하고 그것의 음마당특성을 유한요소해석결과와 비교검증하였다.

참고 문헌

- [1] K. P. B. Moosad et al.; Applied Acoustics, 72, 127, 2011.
- [2] Y. Pan et al.; Applied Acoustics, 72, 836, 2011.
- [3] K. P. B. Moosad et al.; Applied Acoustics, 100, 3, 2015.

Design and Analysis Method of Spindle-Shaped Longitudinal and Flexural Coupled Mode Transducer

Ri Ui Hwan, Pak Myong Il

We identified an optimal geometric structure of spindle-shaped longitudinal and flexural coupled mode transducer with maximum electromechanical coupling coefficient for the given underwater acoustic frequency band of 10~30kHz by using ANSYS and then weighed the finite element analysis results with the experimental results. We produced the spindle-shaped longitudinal and flexural coupled mode transducer of which electromechanical coupling coefficient was the largest under the circumstances of the metal cylinder with 32, 113.5 and 18mm in its diameter, length and height respectively.

Keywords: spindle-shaped longitudinal and flexural coupled mode transducer, electromechanical coupling coefficient, finite element analysis