

수중에 몰입된 실린더 쉘 구조물의 능동진동제어 실험

Active Vibration Control Experiment on Cylindrical Shell Immersed in Water

이한동† · 곽문규* · 이행우**

Handong Lee, Moon K. Kwak and Hangwoo Lee

1. 서론

본 연구에서는 원통형 쉘 구조물에 MFC 작동기가 부착된 경우를 고려하여 이 작동기를 이용해 능동진동제어를 수행하고자 한다. 원통형 쉘을 압전 작동기를 이용해 진동 및 음향을 제어하고자 하는 연구 결과로는 Tzou, Lester and Lefebvre, Sonti and Jones 그리고 Clark and Fuller 등 연구가 있다.

Clark and Fuller 는 압전세라믹 작동기, 마이크, PVDF 센서를 알루미늄 쉘에 부착하고 Filterd-x LMS 제어기기법을 이용해 음향 제어를 수행하였는데 실린더 쉘의 진동 모드 중 아코디온 형태의 모드는 제어가 쉬운 반면에 실린더 모드는 가진하는 진동수가 높아짐으로 인해 제어하기가 쉽지 않음을 보여주었다. 손정우 등은 MFC 작동기가 부착된 실린더 쉘의 유한요소모델링 방법과 제어 특성을 토의하고, 유한요소해석 소프트웨어 ANSYS 를 이용해 운동방정식을 유도하였다. 제어기로는 LQG 를 고려하여 수치해석을 통해 제어가 가능함을 입증하였다.

위에서 언급한 실린더 쉘 구조물은 공기중의 쉘에 대한 것으로 수중에 몰수된 쉘 구조물에 대해서는 이론적으로나 실험적으로 능동진동제어가 시도된 바 없다. 이전의 연구 결과에서 공기중 쉘 구조물이 이론적으로 제어 가능함을 보여주었으며 실제 실험 결과도 제어 가능함을 보여주었다. 본 연구에서는 공기중에서 사용한 PPF 제어기를 사용해 수중에서의 쉘 진동을 억제할 수 있음을 조사하였다. 이를 위해 MFC 작동기가 부착된 쉘 구조물을 수중에 몰수시키고 PPF 제어기를 적용하여 능동 진동제어를 시도하였다. 또한 음향 센서를 이용하여 방사소음을 측정하였다. 실험 결과는 MFC 작동기를 이용해 진동 및 음향을 제어할 수 있음을 보여준다.

2. 능동진동제어 실험 구성

능동 진동 제어 실험을 위해 다섯 개의 MFC 작동기를 쉘 구조물 안쪽 표면에 그림 1 과 같이 부착하였다. 사용된 MFC 작동기는 Smart Material 사의 M8557S1 이다. 양쪽 두 개의 작동기는 각각 한 방향으로 작동되도록 연결되어 하나의 작동기가 되도록 만들었다. 가운데 작동기는 외부 교란을 위한 가진 구동기로 사용되었다.



Fig. 1 Macro-composite Actuators attached to the Cylindrical Shell

실험 장치 구성은 그림 2 와 같다. 쉘 구조물을 수면 2.6 미터 아래로 무게추를 이용해 몰수시키고 반경 1 미터, 2 미터 되는 위치에 하이드로폰을 배치하였다. 외부 교란 가진기로 가진하고 제어기를 구동하여 제어 성능을 확인하였다.

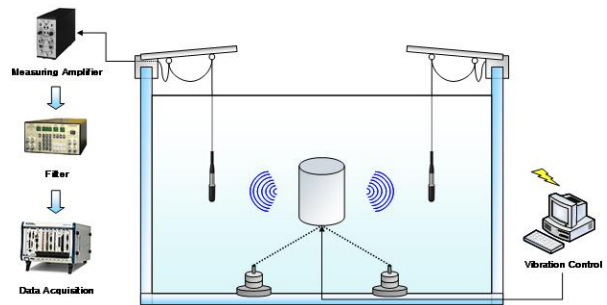


Fig. 2 Experiment Setup for Vibration Control and Acoustic Effect Analysis

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : lhd@dongguk.edu

Tel : (02) 2260-8581

* 동국대학교 기계로봇에너지공학과

** 동국대학교 기계로봇에너지공학과

3. 능동진동제어 실험

본 실험에서 사용한 제어기는 수중 두 개의 고유진동수를 제어할 수 있는 PPF 제어기이다. 그림 3은 1, 2 차의 고유진동수인 225Hz와 272Hz에 맞춰진 PPF 제어기를 보여준다. 이와 같이 두 개의 고유진동수에 맞춰진 PPF 제어기를 병렬로 배열하여 MIMO 제어 시스템을 구현하였다.

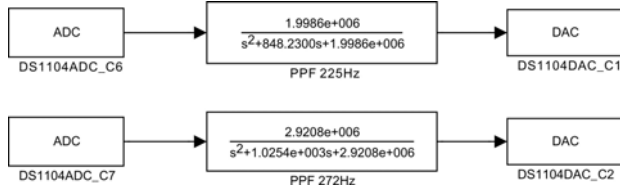


Fig. 3 Simulink Block for PPF Controller

실험에서 공진주파수인 225Hz와 272Hz 사인파로 실린더 셸을 가진하고 제어기를 작동시켜 센서 출력 신호와 하이드로폰의 출력을 계측하였다. 그림 4-7은 각각의 진동수에 대한 응답을 보여준다.

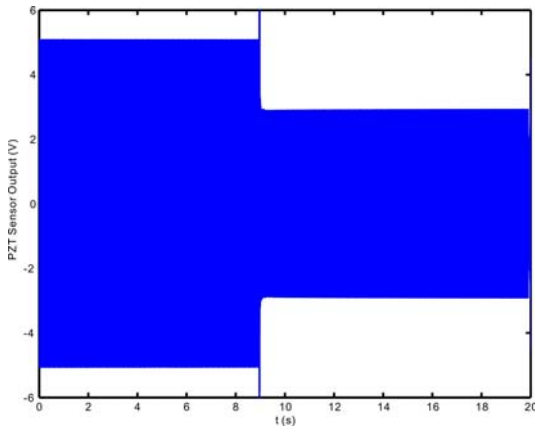


Fig. 4 Time history of MFC Signal at 225Hz Excitation

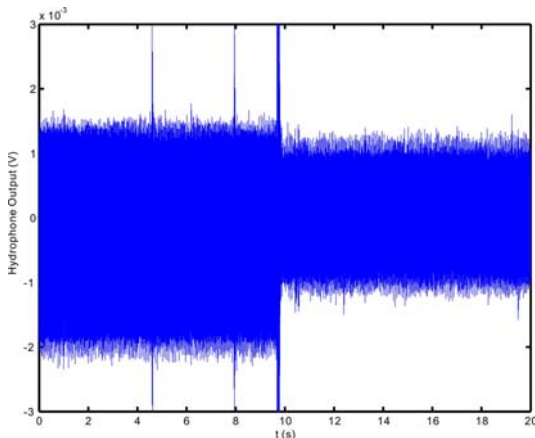


Fig. 5 Time history of Hydrophone Signal located 6H from 2m. at 225Hz Excitation

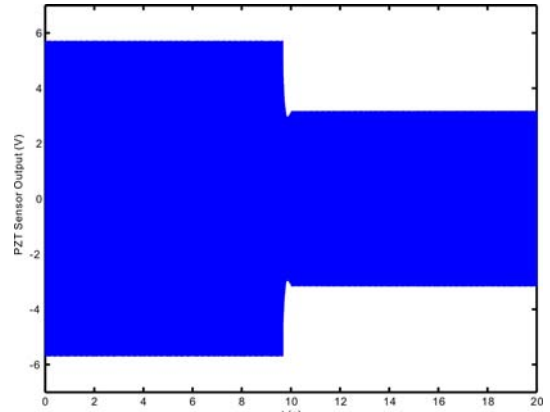


Fig. 6 Time history of MFC Signal at 272Hz Excitation.

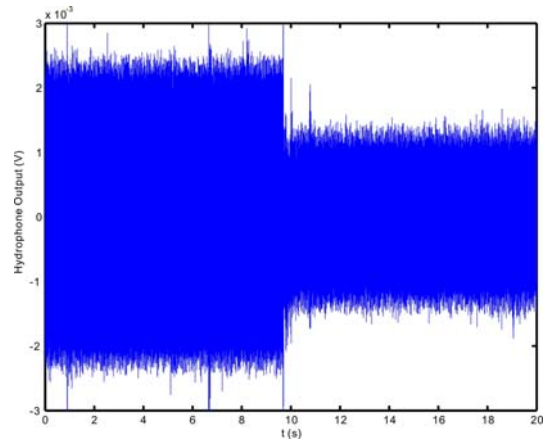


Fig. 7 Time history of Hydrophone Signal located 6H from 2m. at 272Hz Excitation

그림에서 알 수 있듯이 1차와 2차 공진 모드에서 능동진동제어가 성공적으로 이루어짐을 알 수 있다. 또한 진동이 억제될 경우 방사소음 역시 감소됨을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 셸 구조물에 MFC 작동기를 부착하고 능동진동제어 실험을 수행하였다. 두 개의 PPF 알고리즘을 병렬로 연결한 제어기가 물수된 실린더 셸 구조물의 진동뿐만 아니라 방사소음도 억제할 수 있음을 확인하였다. 차후 비 공진 대역에 대한 능동진동제어 실험을 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소가 지원하는 수중운동특화 연구센터의 수중/구조진동 연구실의 지원으로 이루어졌다. 관계자 여러분께 감사드립니다.