

실린더 셸 구조물의 방사소음 제어

Radiation Noise Control of Cylindrical Shell

양동호* · 곽문규†

Dong-Ho Yang, Moon-Kyu Kwak

1. 서론

본 연구에서는 스티프너로 보강된 원통형 셸 구조물이 조화 교란의 영향을 받아 발생된 방사 소음을 압전 감지기 및 작동기를 이용해 억제하는 방법을 연구하였다.

원통형 셸을 압전 작동기를 이용해 진동 및 음향을 제어하고자 하는 연구 결과로는 Tzou, Later and Lefebvre, Sonti and Jones 그리고 Clark and Fuller 등 연구가 있다. 특히, Clark and Fuller 는 압전세라믹 작동기, 마이크, PVDF 센서를 알루미늄 셸에 부착하고 Filter-X LMS 제어기법을 이용해 음향 제어를 수행하였는데 실린더 셸의 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 셸의 유한 요소 모델링 방법과 제어 특성을 토의하고 유한요소해석 소프트웨어 ANSYS 를 이용해 운동방정식을 유도 하였다. 제어기로는 LQG 를 고려하여 수치해석을 통해 제어가 가능함을 입증 하였다. 곽 등은 비 보강 실린더 셸 구조물에 대해 동적 모델링 및 능동진동제어 알고리즘 설계, 능동진동제어 실험을 수행하여 압전 감지기 및 작동기를 이용해 셸 구조물의 능동진동 제어가 가능함을 입증하였다.

이전의 실린더 셸 구조물의 연구 결과는 대부분 비보강 실린더 셸 구조물로서 스티프너로 보강된 셸 구조물의 능동진동제어에 대한 연구 결과는 발표된 바 없다. 특히, 조화교란이 작용하는 경우에 대한 능동진동제어 결과는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 외부 교란에 대해 효과적인 것으로 알려진 Higher Harmonic Control(HHC)을 고려하여 실린더 셸 구조물의 능동진동제어를 시도하였다. HHC 는 헬리콥터 로터 블레이드의 진동제어를 위해 개발된 제어 기법인데 본 연구에서는 이를 수정하여

사용하였다. 실험결과는 본 연구에서 제안한 수정 HHC 가 진동 뿐만 아니라 방사소음을 줄이는데도 효과적임을 보여준다.

2. 능동진동제어 실험 구성

보강 실린더 셸의 방사소음 제어 실험을 위해 여섯 개의 MFC(Macro Fiber Composite) 작동기를 보강 실린더 셸 구조물 안쪽 표면에 그림 1 과 같이 부착하였다.



Fig1. Macro-composite Actuators attached to reinforce the Cylindrical Shell

그림 1. 의 오른쪽에 부착된 MFC 는 가진기용 액츄에이터로 사용되었고, 왼쪽의 MFC 중 큰 크기의 MFC 는 제어용 액츄에이터로, 작은 크기의 MFC 는 센서로 사용되었다.

본 연구에서 고려한 HHC 알고리즘을 적용하기 위해서는 특정 진동수에서의 액츄에이터와 센서 간의 전달함수 값이 필요하다. 전달함수를 구하기 위해 그림 2 와 같이 Dynamic Signal Analyzer 35670A 를 사용하였다. 그림 3 과 4 는 실험을 통해 구한 전달함수의 Magnitude 와 Phase 를 보여준다. 그림 3,4 로부터 보강 실린더 셸 구조물의 고유진동수가 각각 479, 520, 714, 931 Hz 임을 알 수 있다.

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과
E-mail : kwakm@dgu.edu
Tel : (02) 2260-3705
* 동국대학교 기계공학과



Fig 2. Experimental Setup for Transfer Function Measurement

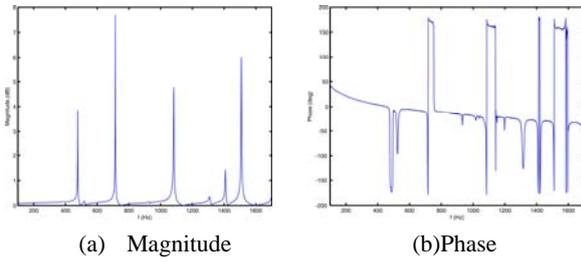


Fig 3. Transfer Function

3. HHC 제어 알고리즘

Lisa[]에 의해 유도된 HHC 알고리즘은 다음과 같은 전달함수로 표현된다.

$$H(s) = \frac{as - b\omega}{s^2 + \omega^2} \quad (1)$$

여기서 a 와 b 는 각각 ω 에서의 전달함수 실수부와 허수부 값을 나타낸다. 식 (1)으로 표현된 HHC 제어 알고리즘이 효과적이기 위해서는 정확한 기진력의 진동수, ω 를 알아야 한다. 실제로는 외부 기진력의 진동수에 약간의 변화가 일어날 수 있기 때문에 본 연구에서는 다음과 같은 수정 HHC 알고리즘의 사용을 제안하여 사용하였다.

$$H(s) = \frac{as - b\omega}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad (2)$$

여기서 ζ 는 HHC 의 제어 효과도를 결정짓는 감쇠인자인데, 본 연구에서는 0.3 을 사용하여 가진 진동수에 덜 민감하도록 설정하였다.

4. 능동진동제어 실험

진동 및 방사 소음 제어 실험을 위해 그림 4 와 같이 압전 감지기와 작동기를 dSpace 사 DS1104 보드에 연결하였다.



Fig 4. Experimental setup for active vibration control of the stiffened cylindrical shell

그리고 Simulink 블록을 이용해 HHC 를 다음과 같이 구현하였다.

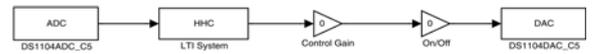


Fig 5. Simulink Block Diagram for HHC

그림 5 는 HHC 를 적용하기 전과 후의 센서 출력을 보여준다. 센서 출력으로부터 진동이 효과적으로 억제됨을 알 수 있다.

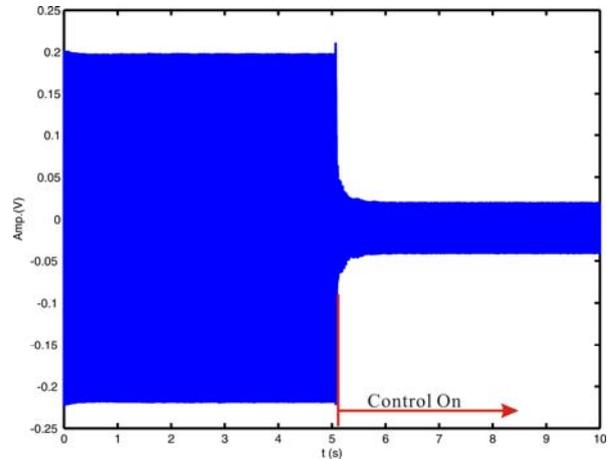


Fig. 10 Time response of sensor output

결론

본 연구에서는 보강 실린더 쉘 구조물에 MFC 작동기를 부착하고 조화 교란의 영향을 받는 경우의 진동 및 방사소음 제어에 HHC 알고리즘이 효과적임을 실험으로 입증하였다. 차후 비 공진 대역에 대한 진동제어와 방사소음 실험을 수행할 예정이다.

후기

본 연구는 한국 국방과학 연구소 “진동제어용 능동 액츄에이터 설계 기법 연구” 의 일환으로 수행되었습니다.