

자동차용 셸형 혼의 진동 및 음향 특성 분석

Analysis of Vibration and Acoustic Characteristics for a Shell Horn in a Car

임경화† · 박석태* · 안채현** · 최상규*** · 유동욱***

Kyung-Hwa Rim, Suk-Tae Park, Chae-Hun An, Sang-Kyu Choi and Dong-Wook Yoo

1. 서 론

자동차용으로 사용되는 셸형 혼(shell horn)은 운전자 조작으로 자동차와 보행자에게 경적음을 발생하여 안전사고를 미리 예방하는 용도로 사용되는 필수적인 부품이다. 자동차 업체에서는 혼의 구동 목적에 부합되면서 불쾌감을 주지 않기 위하여 출력 음압을 특정한 밴드의 주파수와 크기로 규정하여 관리하고 있다. 이를 위하여 특정한 주파수를 생성하여 음압을 발생시키는 혼의 가진 구조와 이를 공기 중에 방사하며 음색 및 음압을 결정하는 셸의 음향학적 특성 분석을 수행하고 관계된 여러 매개변수의 특성을 분석함으로써 요구되는 특성에 부합되는 혼을 설계할 수 있다.

본 연구는 혼의 구조를 크게 진동부와 음향부로 구분하고 진동부의 진동 특성 및 구동 메커니즘을 분석하고 음압을 생성하는 다이어프램(diaphragm)과 셸의 상관관계를 FEM 기법을 이용하여 연구하며, 셸의 형상 조건에 따른 다양한 음압의 전달 특성을 실험 및 이론적인 방법으로 분석하여 혼의 성능 개선에 필요한 주요 요소 간의 상관관계를 파악함으로써 체계적인 설계 방법을 제시한다.

2. 혼의 구조 및 분석 방법

2.1 혼의 구조

혼은 Fig. 1과 같이 진동부(vibration part)와 음향부(acoustic part)로 구분하여 연구를 수행하였다. 진동부는 코일에서 생성되는 자기장이 폴(pole)과 아마추어(armature)간에 자기력을 생성 시켜서 다이어프램을 잡아당기는 구조로 정해진 점 간극(point gap) 이상 구동 시 전기를 차단하는 구조를 가짐으로써 왕복운동을 수행하며 이에

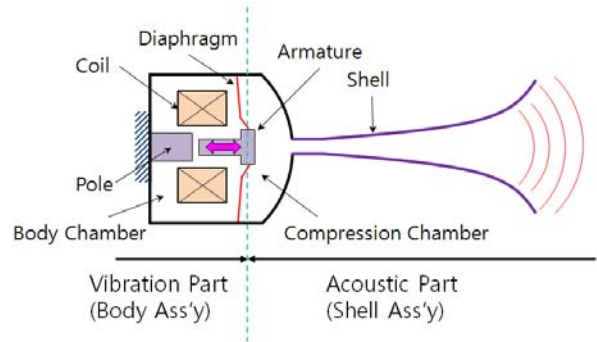


Fig. 1 Structure of a shell horn

컴프레션 챔버에 존재하는 공기가 압축 및 팽창을 반복하여 음압이 생성되게 된다. 한편 음향부는 발생된 음압을 공기중으로 방사하는 역할을 하게 되는데, 셸의 형상 조건에 따라 다이어프램과 공기간의 큰 임피던스 차이를 완화 시키고 적절한 대역의 주파수의 음압 전달비를 크게 함으로써 원하는 음향 특성을 얻을 수 있다.

2.2 진동부의 구동 특성

실험적으로 측정된 진동부의 구동 주파수는 비 구동시 모달 실험(modal test)를 통해 구한 다이어프램의 고유진동수보다 큰 값을 가지게 되는데 실제 구동 시 추가적인 강성의 존재를 의미한다. 이는 바디 챔버의 공기스프링 효과 및 점 간극을 생성시키는 스프링의 강성에서 기인하는 것으로 모델링 시 이를 추가하였다. 진동 시스템의 시뮬레이션을 위하여 Fig. 2와 같이 기계 모델 해석 프로그램인 AMESim을 이용하였고 매개 변수들은 실험적 또는 해석적인 방법으로 유추하였으며 실험적인 구동주파수 결과와 일치함을 확인하였다.

2.3 다이어프램과 셸의 상관관계 분석

기계적 구조를 가진 다이어프램의 진동에 의해 발생된 음압이 셸 내의 공기를 거쳐 방사되는 과정에서 발생하는 음향적 전달 특성과 여러 형상 조건과의 상관관계를 분석하기 위하여 FEM을 이용하여 다이어프램과 셸 내의 공기를 모델링하였고 이를 FEM 해석 프로그램인 Abaqus를 이용하여 연성 모드 해석을 수행하였다.

† 교신저자; 한국기술교육대학교
E-mail : rim@kut.ac.kr
Tel : (041) 560-1147, Fax : (041) 560-1253

* 주성대학

** 한국기술교육대학교 대학원

*** 성일산업(주)

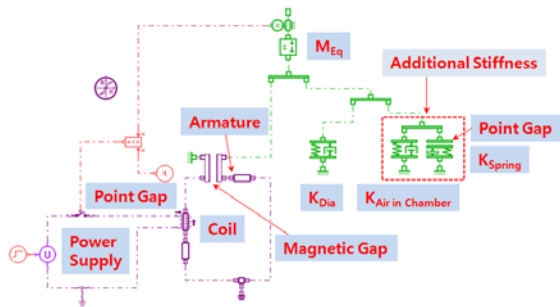


Fig. 2 Modeling of vibration part

2.4 음향부의 특성 분석

혼의 음향적 주파수 전달비 특성은 페이즈 플러그(phase plug)의 특성, 목(throttle)의 면적 및 입(mouth)의 면적, 길이, 형상 함수 등 다양한 변수의 상관관계에 의해 결정되며 이는 Fig. 3과 같은 등가 전기 회로로 구성할 수 있다. 따라서 현재 셀의 형상을 등가 전기 요소로 치환하여 모델링하고 전기회로 해석 프로그램인 PSpice를 이용하여 해석하여 주파수 응답 특성과 임피던스를 구하였다.

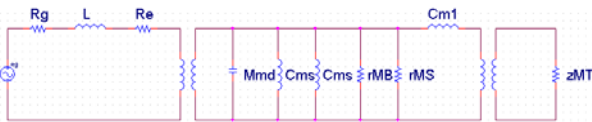


Fig. 3 Equivalent model of a horn system

3. 실험 및 해석 결과

3.1 진동부 및 다이어프램과 셀

진동부 모델에 관계된 매개변수의 민감도 분석을 수행하였으며 Fig. 4와 같이 진동부의 구동 특성과 점 간극의 크기가 클수록 구동주파수를 떨어뜨리는 효과가 있으며 아마추어와 폴 간의 자기 간극(magnetic gap)은 크기가 클수록 구동주파수를 올리는 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 시스템의 고유진동수는 셀 단독모드와 다이어프램 단독모드, 연성모드 등이 존재하며 연성모드 등이 존재하며 Fig. 5(b)와 같이 연성모드 중 다이어프램의 형상이 (0,1)형상과 같은 단방향성을 가질 때 주파수 응답이 크게 증가함을 알 수 있다.

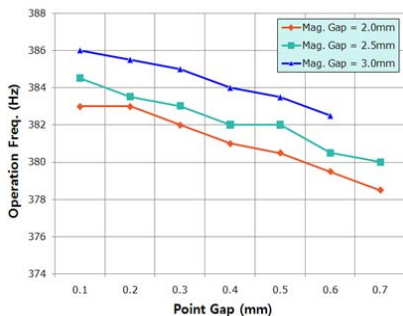
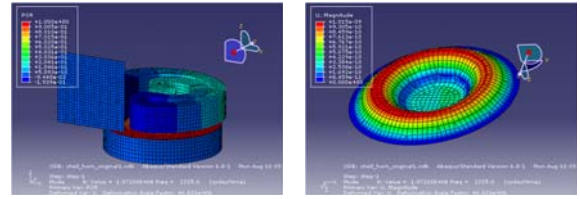
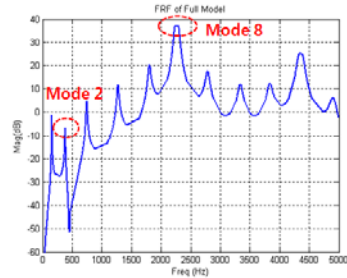


Fig. 4 Sensitivity analysis of vibration part



(a) Full model (mode 8) (b) Diaphragm (mode 8)



(c) Frequency response function

Fig. 5 Modal analysis results

또한 mode 2는 다이어프램의 단독모드로서 음압 출력은 미소하지만 시스템의 가진 주파수를 결정하는 모드로 큰 음압 출력을 얻기 위해서는 이의 N배의 주파수가 주파수 응답 함수의 최대값과 일치하도록 유도하는 것이 바람직하다.

3.2 음향부의 전달 특성

여러 가지 모델에 대하여 실험적 검증 과정을 거쳐 다양한 민감도 해석을 수행하였으며 설정된 밴드의 주파수 음압 특성을 갖도록 설계된 셀을 시스템에 장착하고 Fig. 6과 같이 실험적으로 검증하여 기존의 제품보다 우수한 특성을 보임을 확인하였다.

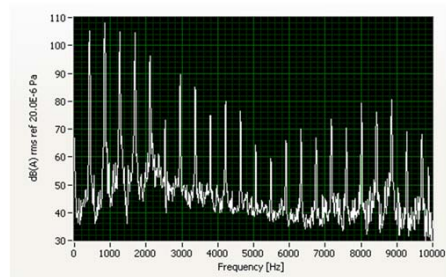


Fig. 6 SPL of improved shell horn

4. 결론

기계적 진동 특성과 음향적 전달 특성이 연성된 혼 시스템을 각각 모델링하여 상관관계를 분석하였고 다이어프램의 모드형상과 주파수 응답 함수의 관계를 분석하였다. 실험적 결과를 바탕으로 셀의 형상에 따라 다양한 매개변수의 민감도 분석을 수행하였고 실험적으로 입증함으로써 셀형 혼의 체계적인 설계 기법을 제시하였다.