

FSI 기법을 활용한 배기 밸브 열림량 예측 해석

허준영* · 정석원 · 엄용석 · 김정환

우신공업(주) 기술연구소

Prediction of Exhaust Valve Lift Using FSI Analysis

Junyoung Heo* · Seokwon Jeong · Yongseok Eom · Junghwan Kim

Wooshin Industrial Co., Ltd

Key words : Resonator(소음기), Exhaust Valve(배기 밸브), Exhaust Gas(배기 가스), Full Load(전부하), Mass Flow Rate(질량 유량), Pressure(압력), FSI(Fluid Structure Interaction), Morph(변형)

교신저자, E-mail: jyheo@wooshin.net

자동차 소음기는 엔진에서 발생하는 배기 소음을 저감하고 적절한 배압을 형성하여 차량의 소음 및 성능 특성을 제어하는 핵심 장치이다. 특히 소음기 내부의 배기 밸브는 개폐 특성으로 배압을 조절하여 소음을 저감하는 역할을 수행하며, 밸브 개폐 제어 방식에는 스프링 강성 제어 방식과 액추에이터 능동 제어 방식이 있다.

본 논문에서는 스프링 강성 제어 방식의 배기 밸브의 동적 거동을 예측하기 위해 유체-구조 연성(FSI) 기법을 적용하였다. CFD 해석에서 배기 가스는 질량 유량 조건[kg/s]으로 부여했으며, 배기 밸브 커버에 발생하는 압력 분포를 계산했다. 이후 이 압력은 구조 해석 모델에 매핑되어 배기 밸브 커버에 부하되는 압력에 따른 스프링 강성 기반의 거동을 산출하고, 계산된 변위는 다시 CFD 모델로 전달되어 CFD 격자를 모핑시켜 유동해석에 반영되도록 했다. 이런 반복적인 연성 과정을 통해 배기 밸브의 열림량 변화와 압력-변형-스프링 강성 간 상호작용을 효과적으로 모사할 수 있었다.

해석 결과, 일정한 스프링 강성값에 부하되는 압력이 증가할수록 밸브의 열림량은 압력과 유의한 상관성을 가지며 증가하는 경향을 보였다. 저압 조건에서는 밸브의 변위가 제한적으로 발생하여 배압이 유지되었으나, 고압 조건(전부하 조건)에서는 밸브 개방량이 크게 증가하여 배압이 급격히 감소하는 현상이 나타났다. 이러한 결과는 부하 압력 조건이 밸브 거동과 소음 특성에 직접적인 영향을 미침을 보여주며, 스프링 강성이 고정된 조건에서 압력-변위 관계를 정밀하게 고려하는 것이 설계 최적화에 필수적임을 시사한다.

본 논문에서 기안한 배기 밸브 FSI 기반 해석 절차는 스프링 강성으로 제어되는 소음기용 배기 밸브의 성능 평가 및 최적 설계에 효과적으로 적용될 수 있으며, 향후 배기시스템의 소음 저감 연구(소음 해석)의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

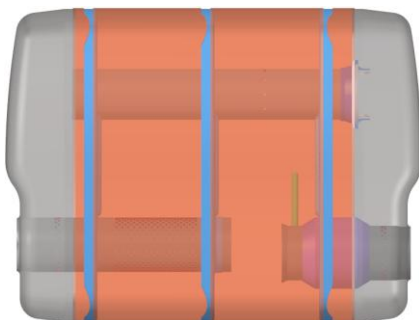


Fig. 1 Shape of Resonator

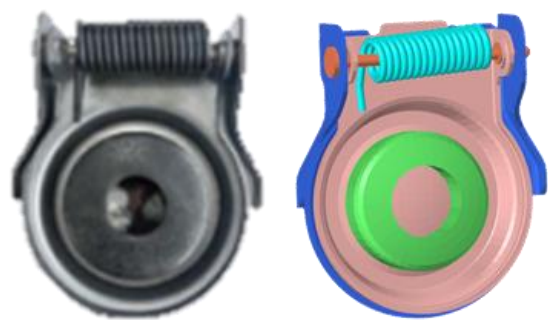


Fig. 2 Actual Exhaust Valve & Shape of FEA Model