

차량 A 필라 와류 통과 실내음 특성에 대한 실험적 연구 Experimental Study on Vehicle Interior Noise Transmitted by A-pillar Vortex

조문환† · 김형건* · 오치성* · 이강덕*
Munhwan Cho, Hyoung Gun Kim, Chisung Oh and Kaangdok Yee

1. 서 론

차량의 고속 주행 환경에서 실내 소음의 주요한 성분은 공력 소음 성분이 차지하게 된다. 실내로 유입되는 공력 소음의 주요 소음원 중 하나로 차량 전방부의 A필라 부위에서 발생하는 거대한 와류 구조를 들 수 있다. A필라 와류는 차량 전방부에서 발생하는 큰 규모의 박리-재부착 현상에 의해 발생하게 된다. A필라 와류의 회전 및 재부착 지점은 주로 차량의 전석 도어 글래스 표면에 위치하게 되어 이러한 유동 구조가 도어 글래스 표면을 가진하게 된다. 이런 유동 가진에 의해 도어 글래스를 투과한 음향 성분이 실내로 전파되는 메커니즘에 의해 운전자가 강한 공력 소음을 감지하게 된다.

본 연구에서는 이러한 A필라 와류의 글래스 투과 성분에 기여하는 인자를 분석하고, 전산 해석에 의해 해석한 후 실험을 통해 검증하는 연구를 수행하였다. 실제 차량을 이용한 해석 및 실험의 경우 관련 인자가 많기 때문에 정확한 분석이 힘들기 때문에 차량 형상을 간략화한 Hyundai Simplified Model(HSM)을 제작하여 해석 및 평가에 이용하였다. 국내의 대표적인 CAE 소프트웨어의 소음 예측 성능을 정밀 실험 데이터와 비교하였고, 해석의 정밀도를 위해 해석이전에 기본적인 음향 실험치를 측정하여 송부하였다.

이를 통해 유동 소음의 주요 난제 중 하나인 실내 투과음 예측 기술에 대한 현재 수준을 점검하여 한 단계 더 발전시키는 계기로 삼고, 선행 개발 단계에서 차량의 소음 성능을 예측하기 위한 기술적 기반을 마련할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 Hyundai Simplified Model(HSM)

실제 차량에서의 공력 소음의 경우, 차체 판넬부로는 투과가 어렵고, 도어 글래스 부위로 투과가 많이 일어나며, 투과된 소음은 차량 내부 시트, 트림 및 카펫 등의 흡음 재질에 의해 일부분 흡음 및 반사가 일어나게 된다. 이러한 과정을 간략하게 모사하기 위해 HSM에서는 외부 판넬은 알루미늄 재질(12t)로 둘러싸여있으며, 유동 소음의 주요 유입 통로인 글래스의 경우 Front glass 1개소, Side glass 2개소에 부착하여 실제 차량의 윈드실드 글래스, 좌우측 도어 사이드 글래스를 표현할 수 있도록 하였다. 실제 차량의 경우 실내에 트림, 시트, 플로어 카펫 등 흡음 재질에 의해 투과 소음의 변화가 생기기 때문에, 이 효과를 고려하기 위해 HSM 내부에 64t의 흡음재를 추가하였다. (Fig.1) 도어 글래스 재질은 일반 글래스를 이용하였으며, 내부 흡음재 재질은 PU 20t, Heavy layer 4t, PU 40t의 3층으로 이루어져 있다. 흡음재의 기능은 내부 흡음 기능 뿐 아니라, 글래스 부위 이외의 알루미늄 판넬 몸체로 유입될 수도 있는 구조기인소음 성분을 최소화 시켜서 해석과 실험 간의 오차를 줄이는 목적을 가지고 있다.

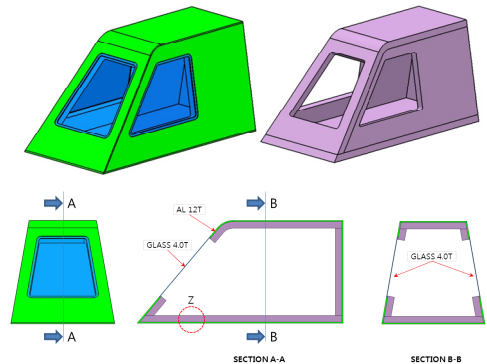


Fig. 1 Hyundai Simplified Model for transmission noise

† 현대자동차
E-mail : munhcho@hyundai.com
Tel : 031-368-6462

* 현대자동차

2.2 기초 음향 특성 평가

해석을 통한 소음 예측의 정밀도를 높이고, 실제 평가 조건을 해석 상 반영하기 위해 HSM에 대한 기초 음향 특성 평가를 수행하여, 해석 수행 이전에 각 소프트웨어 협력사에 배포하였다. 기초 음향 특성 평가는 주로 음향 전달계 특성에 대해 해석적 고려하기 위한 기본 데이터이며, 주요 전달계인 글래스 및 HSM 실내 흡음재 특성에 대한 평가가 이루어 졌다. 글래스 표면에 4개의 가속도계를 위치시키고 실내 소음 수음부 2군데에 마이크로폰을 위치 시키어, 각 가속도계 지점의 글래스 표면에 수직한 방향으로의 가진에 대한 각 센서의 응답을 측정하였다. HSM 실내 음장 특성의 하나로 잔향 시험을 수행하였다. White Noise 소음의 소멸 시간을 측정하여 1/3 옥타브 밴드 주파수별 T60에 해당하는 잔향 시간을 계산하여 해석 기초 데이터로 제공 하였다. 이러한 실험 데이터 이외에 HSM에 사용된 모든 재질의 음향 관련 물성치 또한 사전 제공하여 해석 정밀도 향상을 이루었다.

2.3 실내 투과음 정밀 풍동 평가

HSM 전체 투과 특성에 대해 가시적으로 나타날 수 있게 하기 위해 실내에 white noise을 발생시킨 후 빔포밍 기법을 이용한 음향 카메라를 통해 대역별 투과 특성을 가시화 하였다. 원래 소음은 모델 바깥에서 발생하여 내부로 유입되는 형태이나 reciprocity를 적용하여 실내에서 가진시킨 후 모델 바깥 부위에서 글래스를 통해 투과되는 소음 특성을 측정하였다.

그리고 차량 실내 운전석에 앉아있는 운전자의 두 귀를모사하기 위해 HSM 실내 좌측에 2개의 마이크로폰을 이용하여 실내 투과음을 측정하였다. Hyundai Aeroacoustic Wind Tunnel(HAWT)에서 속도 110, 130km/h 조건에서 정풍, 횡풍 조건을 각각 측정하였다. 실내음 측정 데이터는 해석 결과와 비교를 통해 각 소프트웨어의 음향 예측 성능 수준을 비교하였다.

또한 각 유동 속도에서 실내 투과 특성을 가시화 시키기 위해 각 유속에서 HSM 실내에 음향 카메라를 설치하여 대역별 투과 소음의 특성을 파악하였다.

부 소음원 뿐 아니라 도어 글래스 및 차량 내부 흡음 특성에 대한 고려가 필요하다. 이러한 실내 소음에 대한 선행 예측 기술 확보를 위해 주요 해석 협력사를 대상으로 벤치마크 테스트를 실시하였다. 차량 상부 투과 메커니즘을 최대한 간단하게 재현하기 위해 HSM이 제작되어 공력 무향 풍동에서 정밀 평가가 이루어졌다. 이러한 실내 투과음의 선행 예측 기술에 대한 검증을 위해 정밀 실험 결과와 대표적인 해석 S/W의 해석 결과와 비교 분석이 이루어 졌다.

실제 실험 환경을 최대한 반영하기 위해 HSM에 대한 음향 특성 평가를 수행하여 재질의 음향 특성치와 함께 해석 이전 사전 제공되었으며, 이를 통해 해석 정밀도 향상을 이룰 수 있었다.

3. 결 론

고속 주행시 유동 기인 실내 투과 소음은 차량 외