한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 286~287

PAM-FLOW 와 VA One 을 이용한 HSM 모델의 유동기인 실내소음 해석

Flow-induced Interior Noise Analysis of HSM Model using PAM-FLOW & VA One

임종윤† · 이동국* · 박일규*

Jong-Yun Lim, Dong-Guk Lee and Il-Kyoo Park

1. 서 론

자동차의 다양한 소음원 중 고속주행시 지배적으로 나타나는 유동기인 소음은 자동차 소음해석 분야에서 그 중요도가 점점 더 커지고 있다. 자동차 A 필라, 전면 유리, 사이드 미러 및 측면 유리 등에 발생하는 차량 외부의 유동기인 소음원은 기존의 유동해석방법과 함께 다양한 공력음향 근사법을 이용하여 그 크기나 특성을 해석할 수 있었다. 그러나 이러한 차량 외부의 유동기인 소음원이 인접 구조물을 가진하여 차 실내로 투과되는 현상을 해석으로 모델링하는 것은 유동기인 소음원-인접 구조물-실내 공간의 연성을 다루는 도전적인 과제라 할 수 있다.

본 연구에서는 단순화된 자동차 모형을 대상으로 실차풍동에서 생성된 모형 주위의 유동기인 소음원에 의해 차량 실내로 투과되는 소음 특성을 해석하고자 한다. 이러한 외부 유동기인에 의한 실내소음의 해석 절차는 크게 2 단계로 나누어 생각할 수 있다. 첫 번째 단계는 자동차 모형의 전면 유리 및 좌우의 사이드 유리 주위에서의 시간 영역의 압력을 전산유동해석에 의해 구하고, 유동기인 가진을 받는 유리 표면에서의 변동압력을 추출하는 것이다. 두 번째 단계는 구조물 표면에서의 변동압력을 주파수 영역에서의 분포 가진원으로 변환하고, 자동차 모형 구조물과 그 내부 공간을 구조-음향의 연성을 고려하여 유한요소법(FEM), 통계적 에너지 해석법(SEA) 및 FE-SEA 등을 이용하여 실내소음해석을 수행하는 것이다.

† 교신저자; 정회원, 한국ESI
E-mail : ljy@esi.co.kr
Tel : 02-3660-4530 , Fax : 02-3662-0084
* 한국ESI

이러한 외부 유동기인 실내소음 해석을 수행하기 위해, 비정상 유동 현상에 대한 고속 해석이 가능한 PAM-FLOW 유동해석 프로그램과 FEM, 경계요소법(BEM), SEA 및 hybrid FE-SEA 해석 기법이 모두 탑재되어 유연한 해석 기법의 선택으로 광대역 주파수 범위에서의 소음 해석이 가능한 VA One 소음해석 프로그램을 이용하였다.

2. 본 론

2.1 전산유동해석

(1) 형상 및 해석조건

본 연구에 사용한 단순화된 차량 모형은 HSM 로 불리며 Fig. 1 과 같다. 자동차 캐빈 위와 유사한 크기와 형태를 유지하며 차량 유리 영역에 대해 유사한 위치에 유리를 이용하여 HSM 의 전면 유리 및 좌/우 측면 유리로 구성되어 있다.

전면 및 측면 유리 주변의 유동 소음은 주로 A 필라 영역을 통과하며 형성되는 복잡한 와류와 이로 인한 압력 변동에 기인한다. 이러한 현상을 모사하기 위하여 본 연구에서는 풍속도와 HSM 의 yaw angle 에 따른 두 조건에서의 실내 소음을 해석하고 비교하기로 하였다. Fig. 2 와 Table 1 에 해석 조건이 나타나 있다.

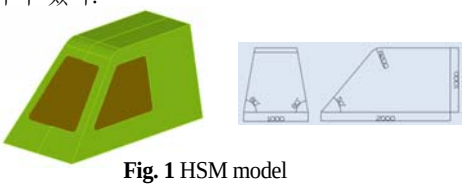

Fig. 1 HSM model

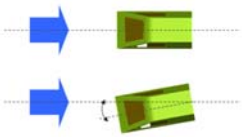

Fig. 2 Analysis conditions

Table 1 Analysis conditions

주행 속도	Yaw Angle
110 KPH	0°
130 KPH	-10°

(2) 격자 구성

유동소음을 야기하는 압력 변동을 올바르게 모사하기 위하여 모델 주변 및 특히 전면 유리 및 측면 유리 주변은 5mm 해상도의 격자를 사용하여 모델링하였다. 전체 격자 수는 약 10,000,000 개가 사용되었으며 10 개 층으로 구성된 경계층 격자를 포함하고 있다. Fig. 3 은 해석 모델을 위해 생성된 유동해석 격자를 보여준다.

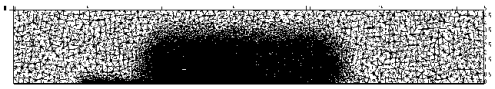

Fig. 3 Grids for CFD of HSM

(3) 유동해석 기법

유동기인 소음해석을 위한 비정상 압력변동 해석 결과를 얻기 위하여 LES Smagorinsky SGS 난류 모델을 사용하였다. 특히, 낮은 속도 영역(Mach 수가 0.3 이하)에서 유체의 압축성과 시스템의 비선형성을 고려하기 위하여 PAM-FLOW에서 제공하는 ‘ Weak Compressibility’ 기법을 적용하였다.

본 연구의 소음 관심 영역은 100 ~ 5000 Hz 대역으로 이와 같은 광대역의 유동소음 데이터를 얻기 위하여 최소 0.0001 초(Nyquist 주파수를 고려) 이하의 시간 간격을 가지고 압력변동 데이터를 해석하였다.

2.2 유동기인 실내소음 해석

구조물 외부 표면에서의 유동에 의한 변동 표면압력(fluctuating surface pressure)은 구조물을 가진하여 HSM 내부로 실내소음을 유발한다. HSM 모델에서, 전면 및 측면 유리를 제외한 나머지 구조물은 충분한 크기의 투과손실을 가지고 있는 경우, 유동의 변동압력에 의한 실내소음은 전면 및 측면 유리를 통해서만 투과하는 것으로 생각할 수 있다. 실내소음 해석을 위해, 결정적 방법인 유한요소법과 함께 통계적 방법인 통계적 에너지 해석법, 그리고 이 두 방법을 연성하는 hybrid FE-SEA 방법을 고려할 수 있다. 적절하고 실용적인 해석 방법을 선정하는 기준 중의 하나는 해석 대상의 공진모드 수를 살펴보는 것이다. Fig. 4에, 전면 및 측면 유리의 구조물의 모드 수와 실내 공간의 음향모드 수가 1/3 옥타브 대역에 대해 나타나 있다. 400 Hz 이상의 대역에서는 모드 수가 3개 이상 존재하는 것으로 나타나며 이는 통계적 에너지 해석법을 적용할 수 있는 기준이 된다. 그러나 표면변동압력을 받는 전면 및 측면 유리는 실내공간이 입장에서 가진원이고 구조물의 공진모드 수가 비교적 많지 않으므로 유한요소법으로 접근할 수 있다. 이에 비해 실내 공간은 주파수가 커지면서, 음향모드 수가 급증하므로 통계적 에너지 해석법으로 접근하는 것이 적절하다. 따라서 본 연구에서는, 기본적으로 전면 및 측면 유리는 유한요소법으로 모델링하고 내부 공간은 통계적 에너지 해석법으로 모델링하는 hybrid FE-SEA 방법을 적용하고자 한다.

Fig. 5는 VA One을 이용하여 HSM의 전면 및 측면 유리는 유한요소(FE)로, 내부 공간은 SEA로 모델링한 것을 보여준다. 유리 구조물을 제외한 구조물 내부 면에 흡음재(40mm)+ 차음재(2mm)+ 흡음재(20mm) 구성의 흡차음재 부착에 의한 실내 공간의 흡음률을 내부적으로 계산 또는 시험 데이터를 가지고 반영할 수 있다.

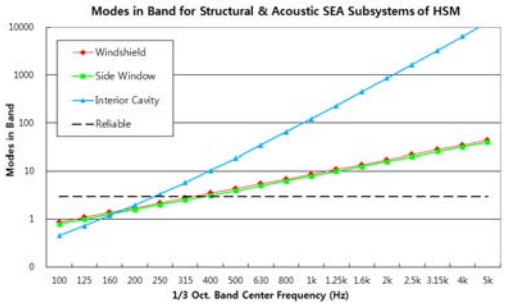

Fig. 4 Modes-in-band for HSM subsystems

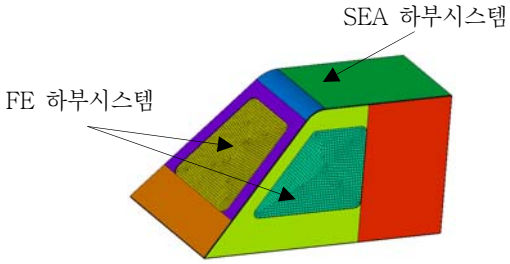

Fig. 5 FE-SEA modeling for HSM interior noise

3. 결 론

본 연구의 해석 결과는 (주)현대자동차의 HSM 모형에 대해 시험을 통한 물성치 획득 후 추가될 예정이다.