

트렁크 선단 공동 소음 연구

Study on the Cavity Noise from Trunk-lid

조지혁† · 장진혁* 박상현*

Cho, Ji Hyuk, Chang, Jin-Hyuck, Park, Sang-Hyun

석에 적합하다

1. 서 론

자동차 산업 및 기술력이 성장함에 따라 차량의 성능뿐만 아니라 엔진과 차체의 진동 및 소음(바람소리, 엔진소음, 래틀소음) 등 감성적인 부분이 크게 중요시되고 있다. 이러한 감성적인 부분까지 고려하여 차량을 빠르게 개발하기 위해서는 기존의 시험평가를 통한 방법에는 한계가 있다. 그리하여 최근 대두되고 있는 기술이 CAT (Computer Aided Testing)이며, CAT 란 프로토타입 단계에서의 실차평가를 대체할 수 있는 수치해석 기법을 일컫는다. CAT 를 이용하면 차량의 개발기간을 단축할 수 있으며 개발원가 또한 절감할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 CAT 기술을 이용하여 차량의 트렁크 리드에서 발생하는 공동소음의 발생 위치와 발생원인을 조사해 보고자 한다. 또한 공동소음 저감을 위하여 제어인자를 변화시켜 가며 제어인자와 공동소음의 관계를 파악해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 해석모델

본 논문은 볼츠만 방정식을 라티스 이산화한 라티스-볼츠만 방정식을 지배방정식(식 1)으로 하는 PowerFLOW 로 해석을 수행하였다.

$$n_i = (\bar{x} + c_i, t + \Delta t) = n_i(\bar{x}, t) + C_i(\bar{x}, t) \quad (식 1)$$

본 식을 이용하면 충돌 전후의 입자의 속도, 방향, 에너지등이 바로 계산되어 반복 계산에 의한 오차가 없이 수치적 에러를 최소화할 수 있다. 또한 유체입자 충돌 전후 전개가 시간전개와 유사하므로 근본적으로 비정상 해를 얻게 되며, 소음 해

2.2 트렁크 선단 공동소음

2.2.1 정의

트렁크 공동이란 뒷유리창과 트렁크 리드(T/LID)사이의 공간(그림 1)을 의미한다. 트렁크 선단 공동소음은 T/LID 끝단에 부딪히는 유동과 공동 내부의 유동, 그리고 트렁크 사이드부 유동(그림 1)이 합류하여 공동과 상호작용하여 발생하는 소음을 말한다. 이때 공동소음에 영향을 주는 인자는 T/LID 선단의 돌출량, 공동의 크기, 뒷유리 각도, 갭의 크기 등이 있다.

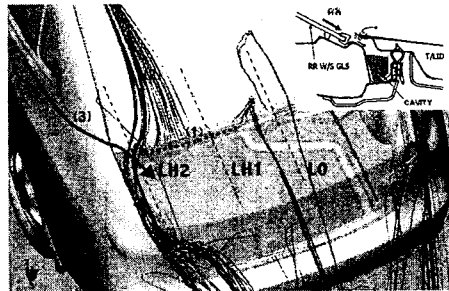
2.2.2 발생구조

뒷유리창과 트렁크 리드 주위의 유동 구조를 살펴보면, 루프에서 뒷유리창을 따라 내려온 유동은 트렁크 인너 판넬 안쪽 배수로, 즉 공동을 따라 L-방향으로 흐른다(그림 1의 (1)). 이 때 공동에 형성된 유동과 외부 유동(그림 1의 (2),(3))은 트렁크 사이드부에서 충돌하여 강한 난류 유동을 형성하는 것을 알 수 있다. 여기서 유동의 난류 특성과 음압의 관계를 살펴보면 다음과 같다.

$$p'(\bar{x}, t) = -\frac{\rho_0 x_i}{4\pi r^2 c_0} \frac{\partial}{\partial t} \int (\bar{\omega} \times \bar{x}_i) dV \quad (식 2)$$

$$p' = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \int \left(\frac{T_{ij}}{r} \right) dV, \quad T_{ij} = \frac{1}{2} \rho v_i v_j \quad (식 3)$$

(식 2)와 (식 3)에서 알 수 있듯이 음압은 $\bar{\omega}$ (와도)



(그림 1) 리어 윈드실드부 유동 구조

† 교신저자: 현대자동차 기술연구소

E-mail : jhcho1127@hyundai-motor.com

Tel : (031) 368-6393, Fax : (031) 368-5699

· 현대자동차 기술연구소

및 T_{ij} (난류 운동에너지)와 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 와도와 난류 운동에너지를 이용하여 소음원 및 소음 레벨을 예측할 수 있다.

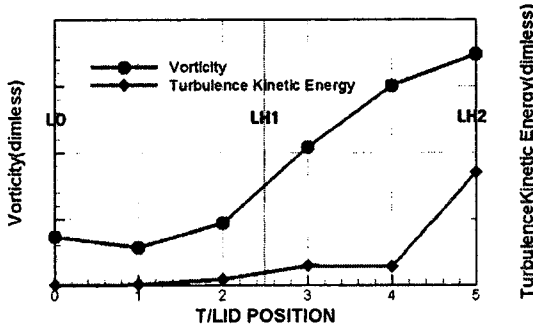
그림 2는 트렁크 선단의 와도와 난류 운동에너지를 나타내고 있다. 두 물리량 모두 차량의 중심부(L0)에서 사이드부(LH2)로 가면서 증가하는 양상을 보인다. 이 현상을 통해서 T/LID 사이드부의 유동 충돌이 소음 레벨 증가의 큰 원인임을 유추할 수 있다.

그림 3은 각 지점의 소음원 판별을 위하여 L0, LH1, LH2 지점의 소음레벨을 분석한 결과이다. 1kHz~4kHz 대역을 비교해보면 L0에 비하여 LH1, LH2의 소음 레벨이 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 이를 통하여 트렁크 선단 공동소음의 발생 위치는 트렁크 사이드 부이며, 유동 충돌에 따른 난류에너지 증가가 공동소음 유발생 원인임을 알 수 있다.

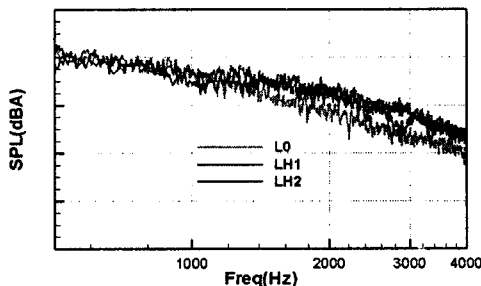
2.2.3 제어인자

트렁크 선단 공동 소음 제어 인자는 공동 크기, 트렁크 선단 높이, 공동 입구(갭) 크기, 뒷유리창 각도 등 여러 가지가 있다. 본 연구에서는 그 중에서 뒷유리창 각도($\alpha < \beta < \gamma$)와 와도 및 난류운동에너지의 관계를 조사하였다.

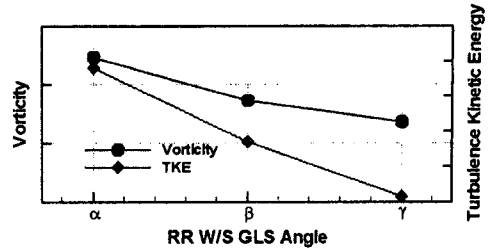
그림 4는 LH2 지점에서 뒷유리창 각도에 따른 와도와 난류 운동에너지를 나타내고 있다. 이 그림을 보면 뒷유리창 각도가 증가함에 따라 와도와 난류 운동에너지는 감소함을 알 수 있다. 이 현상은 뒷유



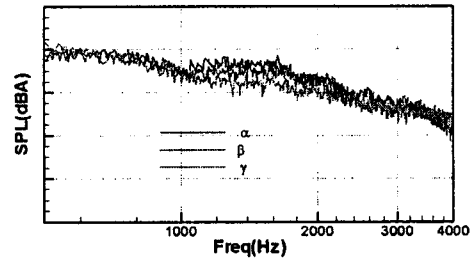
(그림 2) 트렁크 선단의 와도 및 난류 운동 에너지



(그림 3) 트렁크 리드 공동 소음 레벨



(그림 4) RR W/S GLS 각도에 의한 와도 및 운동에너지



(그림 5) 트렁크 리드 공동 소음 레벨 리창 각도가 증가함에 따라 뒷유리창을 흐르는 유동의 박리점이 앞으로 이동하여 충돌하는 유동량 감소에 의한 결과이다. 뒷유리창 각도에 따른 소음레벨 분석해보면(그림 5) 마찬가지로 각도의 증가에 따라 소음레벨이 감소하는 현상을 확인 할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 PowerFLOW 를 이용한 수치해석을 통하여 트렁크 선단 공동소음의 발생 구조 및 원리를 조사하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 뒷유리창 하단 사이드부에서 발생하는 세방향 유동의 충돌이 난류 운동에너지와 와도를 증가시켜 공동 소음의 주소음원으로 작용한다.
- (2) 뒷유리창 각도가 증가할수록 유동의 박리점이 앞으로 이동하여 트렁크 부에서 충돌하는 유동량이 감소하고, 그 결과 공동 소음이 감소한다.

4. 참고 문헌

- (1) C. Teixeira, "Continuum Limit of Lattice Gas Fluid Dynamics," Ph.D. Thesis, MIT, 1992
- (2) 이강덕, "프로토타입 대응을 위한 윈드노이즈 CAT 기반 구축", 현대기아자동차 사내학술대회, 2008