

자동차 하부 공력소음 파악 기술의 개발

Development of Wind Noise Source Identification Technique for Vehicle Underbody

이강덕*·정승균**

Kang Duck Ih and Seung Gyoon Jung

Key Words : Wind Noise (풍절음), Underbody (자동차 하부), Holography (음향 홀로그래피)

ABSTRACT

Acoustic holography is adopted in identifying the noise sources of a vehicle's underbody. Wind noise from a vehicle's underbody accounts for a large portion of the overall noise level due to the complex flow structure. Current study presents the development process of acoustic holography in the vehicle underbody, and discusses the results obtained using the method. Difficulties associated with using acoustic holography as well as the implication of the results regarding future noise reduction possibilities are discussed.

1. 서론

공력소음의 종류는 그 발생 구조에 따라 풍절음, 흡출음, 공동소음 및 떨림음으로 대별된다. 발생구조에 따른 공력소음원은 각각 고속 주행 중 실내내음에 미치는 기여도가 다르다. Figure 1 은 110km/h 풍속에서 자동차 운전석에서의 공력소음을 각 성분으로 분석한 예를 나타낸 것이다.

공력소음 성분의 기여도를 살펴 보면, 공력소음 중 차체 하부에서 발생하는 하부 풍절음은 전체 공력소음에서 차지하는 비중이 55% 정도로 가장 비중이 높고 흡출음과 상부 풍절음은 각각 22% 정도의 비중을 차지한다.

하부 풍절음은 Figure 2 와 같이 복잡한 차체 하부 주위의 유동에 의해 발생하는 풍절음으로 실내 공력소음의 기여량의 절반 이상을 차지함에도 불구하고 이를 줄이기 위한 노력은 사실상 전무하거나 소홀했었다고 말할 수 있다. 그 이유는 하부 풍절음 개선은 플랫폼과 함께 진행되어야 하기 때문이다.

본 연구의 목적은 하부 풍절음의 발생 위치 및 원인을 파악하고 개선하기 위해서 현대자동차 실차 무향풍동에 도입한 홀로그래피 시스템의 개발 과정 및 기술적인 과제들의 해결 방안을 제시하고 실제적으로 실차에 적용한 사례를 소개하고자 하는데 있다.

2. 본론

2.1 근접음향 홀로그래피

현대자동차 무향풍동(HAWT)에는 상부 풍절음 발생원 파악 및 개선을 위해서 Figure 3 과 같은 근거리 음향 홀로그래피 시스템이 구축되어 있다. 차체 하부 풍절음 발생원을 파악하는 용도로 이 시스템을 그대로 쓰는 데는 문제가 있다. 즉 역전파 예측을 하는데 있어서 음원면 보다 가까운 위치에 차체가 놓이기 때문에 이에 의한 산란 및 반사의 영향이 큰 영역에 음원면과 측정면이 있기 때문에 기존의 근거리 음향 홀로그래피 이론을 그냥 적용하는데 문제가 있다. 만약, 측정면을 음원면과 나란하게 설정하더라도 차 바퀴와의 간섭 문제로 Figure 4(a)와 같이 여러 번에

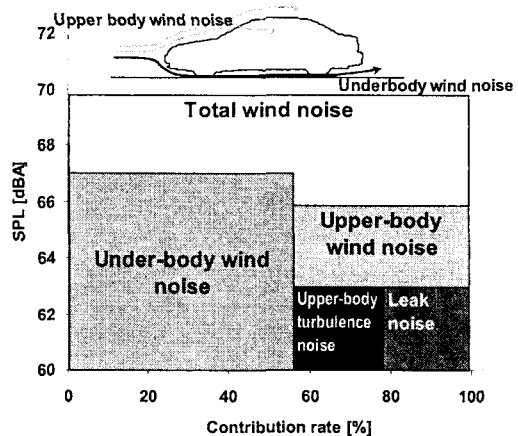


Figure 1: Aerodynamic noise components and their contribution rate to vehicle interior noise.

* 현대자동차 기능시험 2 팀

E-mail : baramsolec@hyundai-motor.com
Tel : (031) 369-6398, Fax : (031) 369-6389

** 현대자동차 기능시험 2 팀

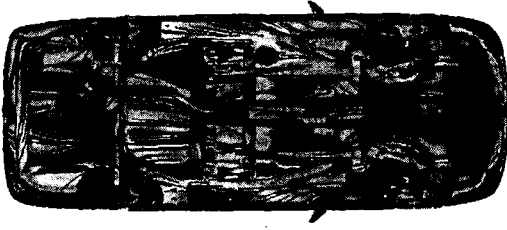


Figure 2: Velocity magnitude distribution and streamlines on the underbody surface of a vehicle.

나누어 측정을 해야 하기 때문에 신속한 시험이 어렵고 분석에서도 여러 가지 번거로운 문제가 발생한다. 이러한 문제들은 Figure 5 와 같은 하부 플랫폼을 도입함으로써 해결할 수 있었다. 하부 플랫폼은 Figure 4(b)와 같이 하나의



Figure 3: Measuring system for near field acoustic holography in HAWT.

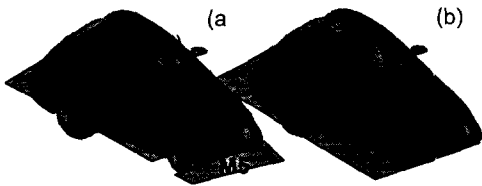


Figure 4: Measuring plane for underbody acoustic holography.

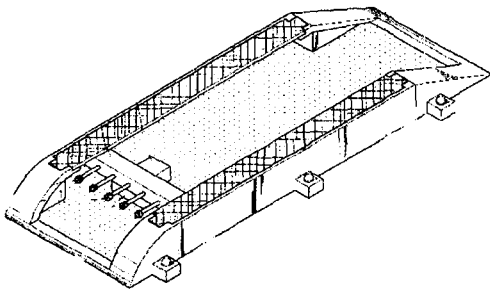


Figure 5: A sketch of the under-body platform for acoustic holography.

측정면을 가지며 분석에 있어서도 여러 개의 국소 측정면으로 구성된 다중 측정면을 사용할 때에 비해 매우 신속한 시험이 가능하고 국소 측정면 간의 경계에서 발생하는 분석 오차를 근본적으로 포함하지 않는 장점을 가지고 있다.

2.2 하부 홀로그래피용 플랫폼의 설계 과정

차체 하부에서 발생하는 공력소음원의 위치 파악 및 개선위해 도입된 차체 하부 플랫폼을 제작하기 위해 풀어야 했던 기술적인 과제는 다음과 같다.

- 자동차 하부 유동 상사성
- 플랫폼 자체 소음
- 자동차 하부와 플랫폼 사이에서의 반사파 처리

2.3 유동의 상사성

하부 플랫폼 상의 유동을 플랫폼이 없을 때의 유동과 유사하게 하기 위한 주요 변수는 플랫폼 두부의 형상이었다. 여러 가지 두부 형상이 시도되었지만 그 중에서 3 가지만 언급하겠다. 플랫폼 선단에서 또 다른 경계층이 형성되도록 하겠다는 1 안, $x=550\text{mm}$, $y=450\text{mm}$ 인 타원형 두부인 2 안, $x=450\text{mm}$, $y=450\text{mm}$ 의 원형 두부인 3 안에 대해 유동해석을 이용하여 플랫폼 상에서의 속도분포를 위치에 따라 비교하였다. Figure 6 는 플랫폼 중심선상에서의 유동 구조를 나타내고 있다. Figure 7 은 플랫폼 상의 6 군데 위치에서의 속도 분포를 비교한 결과이다. 쐐기형 두부를 갖는 플랫폼은 역류, 박리 등의 영향이 전반부에서부터 중반부까지 강하게 미침으로써 유동 구조의 상사성이 플랫폼에 의해 왜곡됨을 알 수 있다. 이에 비해 타원형 및 원형 두부는 전반부(1, 2 번 위치)에서의 속도 분포의 왜곡이 쐐기형에 비해 양호한 편이며 원형 두부가 유동의 상사성을 가장 잘 확보하는 것으로 나타났다.

2.4 플랫폼 자체 소음의 저감

하부 플랫폼 주위 유동에 의해 발생하는 자체 소음은 측정에 영향을 줄 정도로 커서는 안 된다.

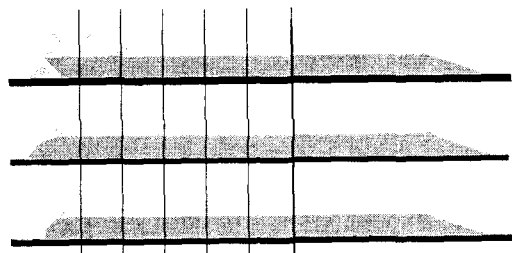


Figure 6: Streamlines along the centerline of underbody platforms with different head configurations

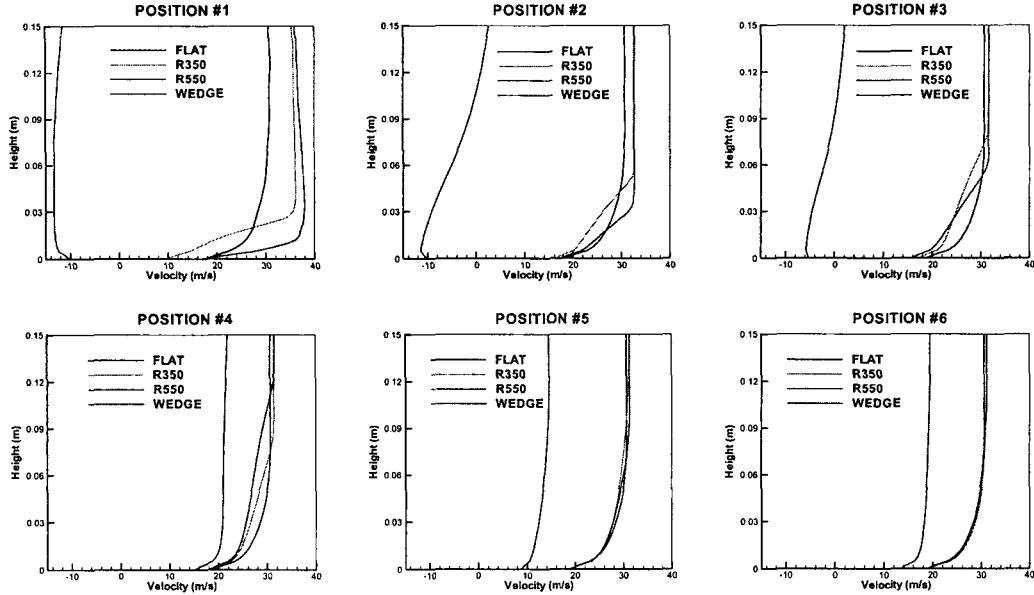


Figure 7: Comparison of velocity profiles at 6 different points.

그런데 Figure 5 와 같은 하부 플랫폼은 측면 모서리에서의 모서리 와동에 의한 자체 소음이 문제가 되었다. Figure 8 은 에지톤의 개선을 위해 측면 모서리에 50R 의 라운드 에지를 주기 전후의 유동 구조의 변화를 나타내고 있다. 모서리에 라운드 에지를 준 경우 와류 강도가 많이 감소되었으며 표면에서의 유선도 박리나 재부착 등의 복잡한 유동 구조가 나타나는 날카로운 모서리가 있는 경우에 비해 깨끗한 유동 구조가 나타나는 것을 볼 수 있다.

2.5 반사파 영향 제거

음향 홀로그래피를 차량 하부에 적용 할 경우에는 바닥에 의한 반사가 존재하기 때문에 소음원의 위치 및 특성 파악이 어렵다. 본 기술에 사용된 반사파 제거 방법은 2 층의 측정면에서의 데이터를 이용하여 이론적으로 반사파의 영향을 제거하는 방법을 사용하였다.

3. 실차 시험 장치 구성

3.1 측정 장치

제작된 하부 플랫폼은 Fig.9 와 같다. 플랫폼의 무게는 1.5 톤으로 크기는 2mX5mX0.45m 이다. 반사파 제거를 위해 플랫폼 내부에는 2 층의 마이크로폰 어레이를 상하 각각 16 채널씩 배열하였고

1/4" B&K 마이크로폰을 사용하였다. 유동의 영향을 최소화 시키기 위해 철망을 마지막으로 덮었다.

3.2 기준 마이크로폰

기준 마이크로폰의 위치는 실차 시험을 통해 차량 실내 최적 위치에 설치하였다. 마이크로폰의 개수는 소음원 해상도와 밀접한 관련이 있으며 해상도를 높이기 위해서는 적정 개수 이상의 기준 마이크로폰이 필요하며 위치 또한 외부 소음원에 대해 잘 반응하는 위치에 선정해야 한다.

3.3 실차 시험

실차 평가는 양산 중인 차량에 대해 실시하였으며 하부 소음원의 발생위치를 파악하기 위한 시

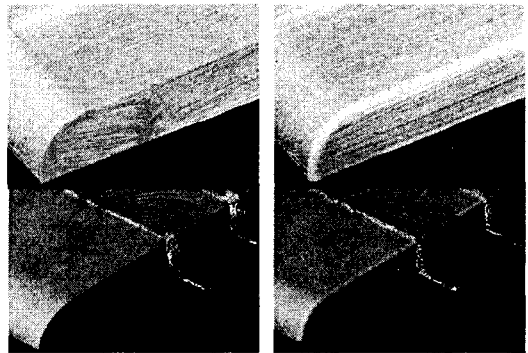


Figure 8: Reduction of the edge vortex strength with round

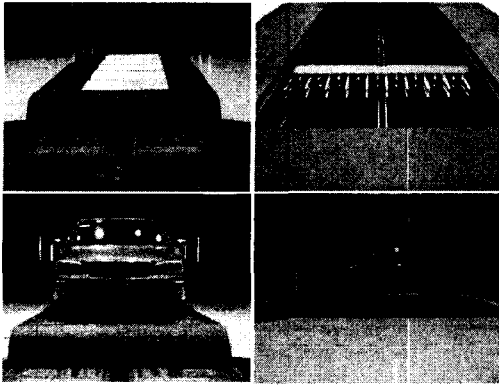


Figure 9. Test setting for underbody noise source identification

힘이었다.

샘플링은 8kHz 로 7 초간 실시하였으며 총 44 step 에 걸쳐 측정하였다.

4. 실차 시험 결과

4.1 차체 하부 소음원 위치 파악

Figure 10 은 차량 A 에 대해 하부 풍절음 발생원을 파악한 결과를 나타낸 것이다. 실내음 성분 중 560~710Hz 대역의 소음에 기여하는 소음원의 위치는 순서대로 나타내었다.

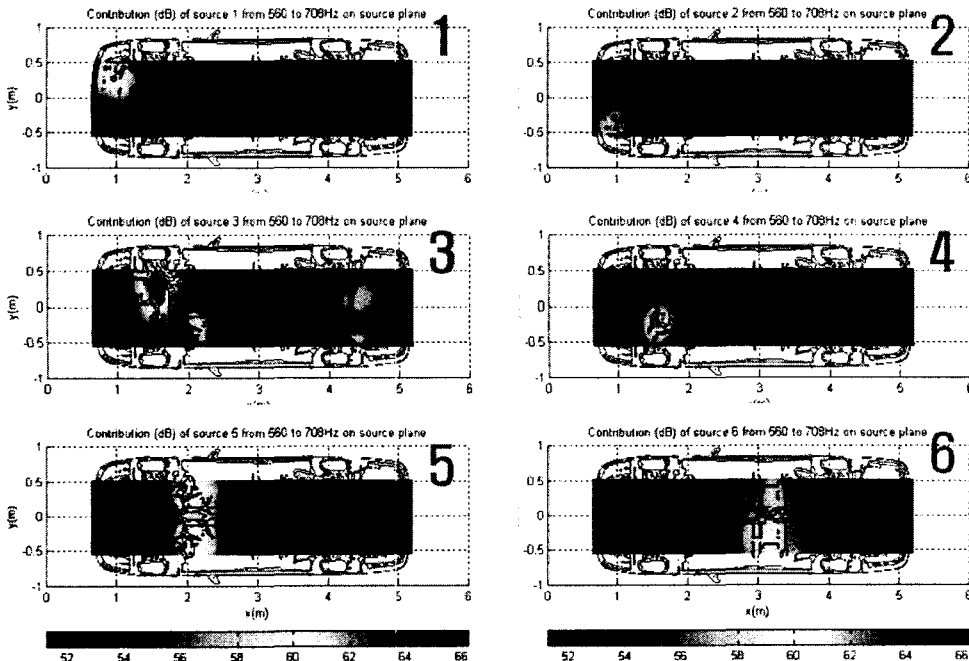


Figure 10. Underbody noise sources.

5. 결론

자동차 공력 소음의 가장 큰 비중을 차지하는 하부 풍절음의 개선을 위해 현대자동차 무향 풍동에 도입된 하부 플랫폼의 기술적 과제를 해결하기 위한 과정 및 결과물들에 대한 보고이다.

먼저, 플랫폼 상의 유동 구조를 플랫폼이 없을 때 시험부 바닥에서의 유동 구조와 유사성을 확보하기 위해 플랫폼 형상에 대한 검토를 수행하였다.

두번째 플랫폼 자체소음의 저감을 위해 와동 발생원인을 제거하였다.

셋째 시험부 바닥과 차체 하부 간 반사파의 영향을 제거하기 위해 2 층의 측정면을 채택하여 반사파의 영향을 이론적으로 제거할 수 있었다.

상기와 같은 검토를 통해 실차에서의 소음 발생원에 대한 파악 및 분석이 가능하게 되었다.

참고문헌

(1) K. D. Ih. et. al, 1997, "Development of Acoustic Holography and Its Application in Hyundai Aeroacoustic Wind Tunnel," SAE 2001-01-1497.

(2) K.W. Nam and Y.H. Kim, 2001, " Visualization of Multiple Incoherent Sources by the Backward Prediction of Near-field Acoustic Holography ", J. Acoust. Soc. Am., 109(5).