

차량 실내 소음에 대한 음질 평가 방법의 표준화

The Standardization of Sound Quality Evaluation Method for the Vehicle Interior Noise

박 상 길* · 이 해 진* · 오 재 응† · 배 철 용** · 이 봉 현**
Sang-Gil Park, Hae-Jin Lee, Jae-Eung Oh, Chul-Yong Bae
and Bong-Hyun Lee

(2007년 10월 8일 접수 ; 2007년 10월 25일 심사완료)

Key Words : Vehicle(자동차), Sound Quality(음질), Linear Regression(선형회귀), Loudness(라우드니스), Sharpness(샤프니스)

ABSTRACT

The vehicle noise is classified into interior and radiated exterior noise. And it influences on consumer's vehicle decision and traffic noise environment very much. In case of the vehicle exterior noise, it is related with traffic noise and in case of the interior noise, it is related with driver's and passenger's sensitivity quality. Because these influenced on drivers and traffic environment, so standards are restricted by the laws and regulated for the measurement. But, the existence standards measuring the only sound pressure level are limit to reflect consumer's sensitive aspects. Therefore in this study, the recent standards and laws were searched about domestic and abroad papers and the testing mode for the sound quality(SQ) evaluation was constructed about the vehicle interior noise. Finally, we aimed at the standard establishment to evaluate the vehicle interior SQ using statistics method.

1. 서 론

초기 자동차가 개발되어 일반사용자에게 보급되기 시작할 시기에는 일반적으로 자동차의 가장 기본적인 기능 즉, 주행, 제동, 조향성능이 중요한 개발과제로 인식되어져 있었으며, 자동차를 사용하는 운전자의 입장에서 자동차의 성능을 판단하는 가장 기본적인 기준으로 작용하였다. 하지만 근래 자동차 기술은 기계공학과 전자공학의 발전으로 기본적인 자동차 기능기술은 일정 수준 이상 개발되어 양산되

고 있는 추세이다. 이에 따라 자동차를 사용하는 소비자의 입장에서는 자동차 성능 판별의 기준을 주행, 제동, 조향 성능 외에 다양한 감성품질 문제로 확대하고 있는 실정이다^(1,2). 소비자가 느끼는 감성품질 문제로는 진동이나 소음 등을 통하여 차량의 정속성과 안정성을 평가할 수 있는 요소들로 정의할 수 있으며, 특히 차량에서 발생하는 소음의 경우 차량 외부 방사소음과 차량 실내 소음으로 분류되어 소비자의 구매성향 결정과 도로교통 환경에 큰 영향을 미치게 된다. 차량 외부 방사소음의 경우 도로교통 소음에 밀접한 관련을 갖고 있으며, 차량 실내 소음의 경우 운전자 및 탑승자의 감성품질과 밀접한 관련을 갖고 있다. 또한 이러한 차량에서 발생하는 소음의 경우, 운전자 및 도로교통 환경에 미치는 영향이 크기 때문에 소음·진동규제법 제 4장 교통소

† 교신저자: 정희원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02)2294-8294, Fax : (02)2299-3135

* 정희원, 한양대학교 대학원 기계공학과

** 정희원, 자동차부품연구원

음·진동의 규제로 교통 소음을 규제하며, 발생 소음의 측정과 관련하여 신뢰성 확보와 일관성 있는 측정을 위한 시험규격⁽³⁾이 제도화되어 시행중에 있다. 하지만 기존의 시험규격은 음압레벨 측정 위주의 내용으로 소비자의 감정적인 측면을 표현하기 어렵다. 이에 이 논문에서는 각국의 관련 법규 및 시험규격에 대한 검색과 분석을 통해 최신 연구 경향을 분석한 후, 차량 실내 소음을 측정하기 위해 센서의 부착위치, 도로조건, 차량 속도 등 다양한 측정 조건에 따른 음질 측정 방법을 정립하기 위한 실차 주행시험 모드를 구축하고, 통계적 분석 방법을 이용한 차량 실내 음질 평가 방법 및 기준 설정을 목표로 한다.

2. 국내/외 관련규격

차량 실내/외 소음측정과 관련한 시험규격은 크게 세 가지로 나누어진다. 첫 번째는 국제표준화기구에 규정하고 있는 국제규격과 이를 토대로 각 국에서 자국의 언어로 번역하여 사용하는 국가 규격, 그리고 각 완성차 업체 및 자동차관련 협회에서 작성된 시험규격으로 나누어진다. 이에 이 연구에서는 각국 및 관련업체에서 제정하여 사용되는 차량 실내/외 소음측정과 관련된 시험규격을 한국표준협회 및 IHS Standard社를 통하여 검색하고 차량 실내/외 소음측정과 관련된 기술적 동향파악을 위하여 검색되어진 각 시험규격의 분석 작업을 수행하였다⁽⁴⁾.

검색한 시험규격은 국내의 경우 KS 규격으로 총 5건이 검색되었고, 해외 시험규격의 경우 총 69건이 검색되었다. 검색 규격 중, 각 국가별 규격의 경우 ISO 국제 규격을 자국의 언어로 기술적 내용 변화 없이 사용한 경우가 대부분이었으며, 업체 규격의 경우 ISO 국제 규격을 토대로 각 업체의 개발환경과 개발조건에 부합하는 시험규격을 개별적으로 제정하여 사용하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 업체의 차량 실내/외 소음측정과 관련한 시험규격의 경우, 자동차 기술의 발전과 소비자의 감성품질의 기대치가 상승함에 따라 이에 대한 대응을 위해 시험규격을 지속적으로 개정하고 있는 것으로 분석되었다.

Fig. 1은 검색된 규격의 최종 제/개정 연도를 기준으로 분석한 결과를 도시하고 있다. 전반적인 경향은 1980년대 이후, 차량 실내/외 소음측정과 관련된

시험규격의 제정 및 개정이 급증하고 있는 양상을 나타내고 있다. 이러한 현상은 차량 기술의 발전과 소비자의 요구가 증대되고 있기 때문인 것으로 분석되어지며, 특히 2000년대 이후에는 자동차의 감성품질을 중요시하고, 차량의 성능이 급속도로 발전함에 따라 갑작스러운 신규 시험규격이 제/개정된 것으로 사료된다.

2.1 KS A ISO 51281

KS A ISO 5128은⁽⁵⁾ 한국표준협회에서 국제표준화기구의 국제규격인 ISO 5128 시험규격에 대하여 기술적 내용 및 규격서의 서식 변경 없이 번역하여 제정한 자동차 내부의 소음 측정 방법에 대한 시험규격이다.

이 시험규격에서는 매우 낮은 주파수에서 압력 변동 및 피로/불면증 같은 쾌적성과 안정성에 적용을 위한 소음평가는 제외시키며, 농업용 트랙터 등을 제외한 대부분의 자동차에 적용이 가능한 자동차 내부 소음의 측정방법을 묘사하고 있다. 이 규격에서의 측정기기는 KS C 1502의 형식 1에 준하는 소음계를 사용하여 45Hz~11,200 Hz 또는 1/3 옥타브 밴드 내에서 dB(A) 단위의 음압을 측정하게 된다. 일반적인 시험조건은 -5℃~35℃ 사이의 기온과 풍속 5m/s 이하 그리고 측정치 대비 10 dB 이하의 암소음을 갖는 장소에서 시험을 진행하게 된다. 또한 자동차 내부 소음의 측정임을 감안하여 완성차 업체에서 추천하는 신품의 타이어와 공기압을 적용하고, 창문 및 환기구는 모두 작동을 정지하며, 등받이는 수직으로 위치시켜 시험을 수행하게 된다.

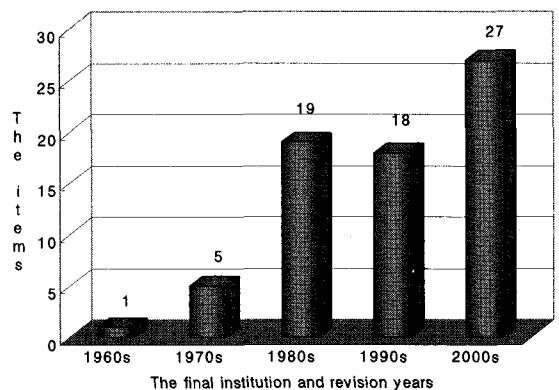


Fig. 1 The results of the last revision and enactment year

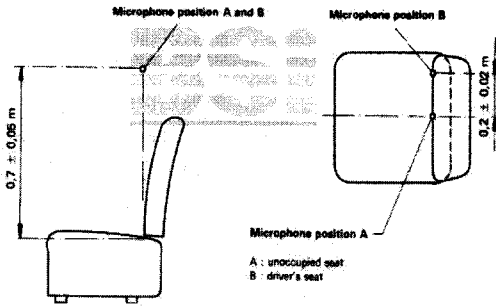


Fig. 2 The microphone position with respect to a seat

마이크로폰은 승용차의 경우 운전석 귀 위치와 후석 중앙에 위치시켜 최소 2요소 이상에서 데이터를 측정한다. 이외에 차량부하를 고려하여 8인승 미만 차량은 2인, 8인승 이상은 3인까지 차량 내부에 상주하여 시험을 진행하는 것을 허용하며, 측정 노면은 매끈하고 수평한 노면에서 시험을 수행하게 된다. Fig. 2는 마이크로폰의 설치 위치를 도시한 그림이다.

시험모드는 크게 세 가지로 구분된다. 첫 번째는 60~120 km/h 사이에서 5가지 이상의 정속 속도영역을 선택하여 수행하는 정속주행시험과 두 번째로 스스로를 전개가속 시험으로써 60~120 km/h의 속도영역을 모두 포함하는 변속비에서 최대로 스로틀을 전개시켜 발생하는 소음을 측정하는 시험과 세 번째로 정지시험으로써, 차량을 정지시켜놓고 기어 중립 상태에서 스로틀을 최대로 전개하여, 이때 발생하는 음압을 측정하는 시험으로 나누어진다. 이중 세 번째 시험모드의 경우는 상용 디젤 차량에 한하여 시행된다. 또한 시험의 측정데이터는 각 시험모드에서 발생하는 최대 음압(dB(A))을 기록하여 이를 최종데이터로 활용하게 된다. 또한 측정 데이터의 신뢰성 확보를 위하여 각 시험모드 당, 2회 이상의 시험을 수행하여 그 편차가 3 dB 오차 범위내에 존재할 때, 이를 유효데이터로 인정하게 되며, 오차범위를 초과할 시에는 재시험을 수행하여 적정 수준의 신뢰성을 확보하여야만 한다.

2.2 SAE J 1477

SAE J 1477⁽⁶⁾은 미국자동차공학회에서 제정하고 있는 자동차 실내소음의 측정에 대한 시험표준을 나타낸다. SAE J 1477은 ISO 5128의 국제규격을 기

반으로 작성된 시험표준규격으로써, ISO 5128과 많은 부분의 내용을 공유하고 있으나, 측정된 데이터의 분석에 있어서는 서로 상이한 양상을 나타내고 있다.

기존의 ISO 5128은 농업용 트랙터 등을 제외한 모든 차량에 적용이 가능한 단순 음압레벨을 기준으로 차량의 실내소음 측정 방법을 명시하고 있지만, SAE J 1477의 경우 4,540 kg 이하의 승용차, MPV 및 경트럭으로 차량을 한정시키고 있다. 또한 분석 방법에 있어서 기존의 음압레벨 외에 측정 데이터의 Stevens Mark VII의 라우드니스에 의한 sones 및 phons 결과 값, preferred octave band speech interference level, articulation index 및 composite rating of preference 등의 음질요소의 분석을 요구하고 있다. 이러한 현상은 자동차의 기술발전에서 차량의 실내소음의 음압레벨뿐만 아니라 소비자의 입장에서 감성적인 품질의 평가를 가능하게 하기 위한 시험모드를 정립해 놓은 것으로서 완성차를 제조하는 많은 업체에서 적용하고 있으며, 이를 토대로 각 업체의 시험규격 작성의 기준을 제시하고자 제정된 것으로 분석되어진다.

2.3 GME R-0-20

GME R-0-20⁽⁷⁾은 미국 GM社의 자체적인 시험표준 중, 유럽에 적용하는 차량의 타이어, 노면에 의한 실내소음을 측정하기 위한 시험규격을 나타내고 있다. 이 시험규격의 전반적인 시험진행 및 시험조건은 국제시험규격인 ISO 5128의 내용을 적용시켰으나, 측정된 데이터의 분석과 관련하여 ISO 5128 국제규격을 보강하여 A 가중합수가 적용된 OA 레벨과 1/3 옥타브 스펙트럼(step 형식) 및 명료도 지수를 추가로 분석하여 차량 주행 시 발생 가능한 실내소음의 측정기준을 제시하고 있다. 이러한 분석방법은 SAE J 1477과 유사한 경향을 나타내고 있다. 또한 업체 자체적인 시험표준이기 때문에 측정 데이터간 절대적 기준을 제시할 수 있도록, 동일한 노면(자체 proving ground)에서 시험을 진행하도록 권고하고 있다.

3. 차량 실내 소음 음질평가 표준화의 필요성

차량 실내 소음은 운전자의 쾌적성 및 제품의 품

질을 결정하는 요소로 작용되지만, 제 2절에서 서술한 바와 같이 대부분의 규격에 명시된 내용은 단순 음압레벨 위주의 시험이 수행되고 있다. 차량 실내 소음 측정시험의 대표적인 국제규격인 ISO 5128 시험규격의 경우 소음 측정점은 운전석 귀의 위치와 뒷좌석의 중앙 위치에 해당하는 지점으로 소음계와 마이크로폰을 이용한 단순 음압레벨 위주의 시험이 수행된다.

실내 소음에 대해 A가중 음압레벨을 측정하고 선형 회귀선을 도출함으로써 차량 속도의 함수로 표현할 수 있다. 하지만 모든 시험 데이터는 dB(A) 단위의 음압레벨을 측정하기 때문에 실제 운전자가 느끼는 감성적인 측면을 표현하기 어려우므로 소비자의 감성품질 수준의 판별 기준으로 적용되기 어렵다.

차량 실내 소음은 운전자의 쾌적성 품질을 결정하는 요소로 작용되고, 최근 차량의 성능이 전체적으로 개선되고 운전자의 취향이 점차 고급화됨에 따라 실제 운전자가 느끼는 감성적인 측면을 표현하기 어려운 실정에 이르렀다. 기존 실내 음압레벨 위주의 시험규격은 소비자의 감성적인 측면을 표현하거나 평가할 수 있는 내용이 제시되어 있지 않아 소비자의 감성품질 수준의 판별 기준에 대한 적용이 어려웠다. 이에 따라 실내 음질평가를 위한 표준화가 필요한 실정이다. 음질평가를 위한 표준화의 필수 항목은 측정기기 선정과 시험환경, 음질 분석 방법 등 다양한 항목들이 존재하는데 차량의 최적 실내 음질을 평가할 수 있는 내용이 제시된 표준화 규격이 완성되어야 한다.

4. 자동차 실내 소음 측정시험

차량 실내 소음은 앞서 서술한 바와 같이 운전자의 쾌적성 및 제품의 품질을 결정하는 요소로 작용되고 있다. 차량 실내 소음 측정시험의 대표적인 국제규격인 ISO 5128 시험규격에 맞게 시험을 수행하여 측정위치의 타당성 검토, 차량 주행 조건의 검토, 음압레벨위주 측정의 한계점 등을 알아보려 한다.

4.1 차량 실내 소음 측정방법

(1) 시험차량

차량의 실내 소음을 측정하기 위해 가장 일반적인 범주 승객 수용용으로서 4개 이상의 차륜을 갖는 자

동차에 속한 국내 생산 차량을 선택하여 실차 주행 시험을 수행하였다. 시험차량은 국내에서 생산된 자동변속기 차량이고 배기량은 3,300 cc급 승용차이다. 시험에 들어가기 전 타이어 공기압과 그 외 차량조건을 최대한 ISO 5128 기준과 유사하도록 조치를 취하였다.

(2) 측정시스템

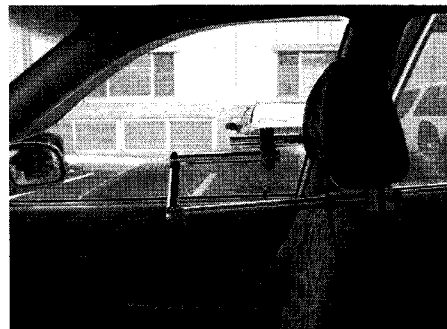
실내 소음 측정을 위한 측정기기는 Table 1에 나타낸 바와 같이 차량 내부 운전석과 뒷좌석에서의 소음 측정을 위한 소음계와 마이크로폰, 마이크로폰

Table 1 The list of experimental instruments

Instruments	TYPE	EA	Note
Sound level meter	Rion NL-20	2	Driver's seat, Back seat
Microphone	B&K 4189	2	Driver's seat, Back seat
Calibrator	B&K 4231	1	Sound calibration
LMS pimento	Rev. 5B	1	FFT analyzer



(a)



(b)

Fig. 3 The set up point of the sound level meter (a) and microphone(b)

교정을 위한 보정기, 신호 저장과 분석을 위한 FFT 분석기 등 계측 장비 별 상세 내용을 나타내었다. 이 실험에 사용된 측정기기는 20~20 kHz의 주파수 범위를 다룰 수 있는 것으로 사람의 가청 주파수 영역을 표현할 수 있는 장비이다.

(3) 측정위치

측정기기의 위치조절이 자유롭게 거치용 지그를 제작하여 설치하였다. Fig. 3은 소음계를 부착했을 경우와 마이크로폰을 부착했을 경우를 보여주고 있다. 기준 측정점은 ISO 5128에 제시된 바와 같이 수직 교선 위로 0.7±0.05 m 높이에 측정기기를 부착하였다. 그리고 기준점 대비 뒤쪽과 위, 아래 방향으로 15 cm씩 이동한 지점에서도 시험을 수행하여 결과 차이를 분석하기로 하였다.

승용차의 경우 뒷좌석에 추가 측정점을 갖는 것으로도 충분하므로 뒷좌석 승객의 귀 위치에 해당하는 부분에 측정기기를 설치하였다.

(4) 차량운전조건

승용차에 대한 시험 운전 조건은 정상 속도 주행 시험과 스로틀 전개가속시험으로 규정되어 있다. 이 실험에서는 정상 속도 주행 시험의 경우 50~110 km/h 속도 범위 내에서 10 km/h씩 증가시키면서 등속 시험을 수행하였고, 각 주행 속도별 10초 동안 측정하였다. 스로틀 전개 가속 시험은 50 km/h 속도로 주행하다가 가속페달을 최대로 전개시켜 110 km/h 속도에 이를 때까지의 소음을 측정하였다.

4.2 시험결과 및 데이터의 활용

(1) 정상 속도 주행시험

공회전 상태에서 차량 실내 암소음은 39 dB(A)로 나타났고, 실차 주행시험 결과 값을 정리한 Table 2를 보면 암소음과 측정값은 10 dB 이상 차이가 발생하여 암소음은 주행 소음에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 또한, 각 시험모드 당 2회 이상의 시험을 수행하여 A가중 음압 레벨의 편차가 3 dB 오차 범위 내에 존재할 때 유효 데이터로 인정하여 측정값의 신뢰성을 확보하였다. 그 결과 ISO 5128 기준점 대비 뒤, 위, 아래쪽 측정값의 편차는 모두 3 dB를 초과하지 않으므로 ISO 5128 측정점은 유효하다고 판단된다.

(2) 스로틀 전개 가속시험

스로틀 전개 가속시험은 운전 조건 특성상 목표

Table 2 The results of the interior noise at the uniform speed driving condition

Speed (km/h)	ISO 5128 Ref. Pt.	Rear	Upper	Lower	Deviation
50	53	52	54	52	±1
60	55	53	56	55	±2
70	55	55	57	56	±1
80	56	56	59	57	±3
90	58	57	60	58	±2
100	60	59	61	60	±1
110	62	61	64	62	±2

* Background noise : 39dB(A) (unit : dB(A))

Table 3 The results of the interior noise at the acceleration driving condition

Test		Average
No.	SPL(dBA)	
1st	66	65 dB(A)
2nd	64	

속도까지 도달하는 시간, 즉 주행할 때마다 가속되는 시간의 오차가 발생할 수 있으므로 운전 조건을 최대한 일정한 측정 시간 동안 가속되도록 주행해야 한다. 따라서 이 실험에서는 50 km/h로 정속 주행하다가 110 km/h로 급가속하는 주행 연습을 여러 차례 수행한 결과, 가속을 약 8초 동안 진행하도록 운전 하여 소음을 측정하였다. Table 3는 규격 지침에 맞게 시험을 수행하여 A가중 음압 레벨의 편차가 3 dB 범위 내에 있는 결과를 평균한 값을 나타낸 것이다.

5. KS 기반 차량 내부 음질평가를 위한 표준화

ISO 5128 규격에 따라 차량 실내 소음을 측정하여 분석해보았다. 실제 규격에 의거한 측정점에서 시험을 수행한 음압레벨과 다른 위치에서 측정한 음압레벨의 편차가 3dB 이내로 규격에서 제시한 측정 위치는 유효한 결과를 보여주어 주었고, 차량 주행 조건의 경우 규격에서 제시한 방법대로 수행하는 데에는 큰 무리가 없었다. 단, 측정 결과 값이 모두 음

압레벨 위주여서 차량 내부 소음의 심리음향 특성 및 소비자들의 감성품질 수준의 판별 기준으로 적용되기 어렵다. 따라서 감성품질의 특성을 나타낼 수 있는 음질의 개념을 도입할 필요가 있으며, 실제 운전자가 느끼는 감성적인 측면을 표현하기 위한 차량 실내 음질 평가에 대한 새로운 시험규격이 필요한 시점이다.

5.1 차량 내부 음질 측정방법

차량 실내 소음의 음질 평가를 위한 측정점과 시험 환경 등 대부분의 조건은 기존 규격의 내용을 따르되, 음질 분석 방법이나 측정기기 등 음질 평가 기술에 해당하는 내용을 추가하여 기존 규격에 대해 내용을 보완하는 성격의 시험 규격을 개발하고자 한다.

이 시험은 차량 실내 소음 측정시험과 마찬가지로 개구부, 모든 창 및 임의의 부속 장비가 내부 음질에 영향을 미치지 않도록 작동을 멈추고 시험을 수행하였다. 도로 및 기상 조건을 점검하고 운전 조건을 KS A ISO 5128에서 제시된 조건을 기준으로 차량의 실내 음질을 측정하였다. 대상 차량이 승용차에 해당되므로 운전 조건은 정상 속도 주행시험과 스로틀 전개 가속시험에 대해 수행하였다. 정상 속도 주행시험은 각 속도 별 10초 이상 녹음하였으며, 구축한 계측 시스템 운전석과 뒷좌석 동시에 측정하였다. 스로틀 전개 가속 시험에 대해서도 음압레벨 측정 방법과 마찬가지로 가속되는 8초 동안의 음질을 측정하였다.

(1) 적용범위 및 분야

KS A ISO 5128 규격에서 제시한 적용범위의 경우 농업용 트랙터 및 들에서 사용하는 기계를 제외한 도로에서 사용하기 위한 모든 종류의 자동차로 규정하고 있다. 하지만, 버스와 트럭 같은 상용차량은 실내 음질에 대한 비중이 낮은 종류의 차량이라고 판단되므로 차량 음질 평가를 위한 적용범위에 추가적으로 제외하였다. 또한, 차량 실내 음질의 유용한 정의를 제시하고 시험평가 방법을 구축하는 단계로서 실내 소음의 객관적 음질인자를 이용한 음질 분석 과정과 시험모드의 조건을 새로 설정하였다.

(2) 차량 내부 음질 계측 시스템

차량 실내 소음 측정을 위한 주요 측정기기는 소음계를 사용한다. 하지만, 음질 계측을 위한 측정기기는 마이크로폰으로 규정하여 주파수 특성이 더욱

잘 나타낼 수 있도록 시험을 수행해야 한다. 마이크로폰은 1/3 옥타브 밴드의 음압레벨 분석이 가능한 것으로 하고, 측정 기간 시작과 끝에 IEC 60942에⁽⁸⁾ 따른 정밀도 등급 1의 음향 교정기로 검사해야 한다. 그리고 음질 분석을 위해 데이터 저장 시스템이 구축된 장비로 실시간 주파수 분석과 전 음압 제시가 가능한 장비를 사용할 것을 권장한다.

이 시험을 위해 사용된 마이크로폰은 B&K사에서 만든 4189 형식으로 측정 주파수 범위가 20~20 kHz인 ICP type의 마이크로폰을 사용하였다. 측정점은 KS A ISO 5128을 기준으로 하여 운전석 오른쪽 귀 위치에 해당하는 곳과 뒷좌석의 승객 귀 위치에 대하여 마이크로폰을 설치하였다. 그 외 마이크로폰 교정을 위한 보정기 등 앞 절의 Table 1에서 제시한 계측 시스템을 기반으로 하여 차량 실내 음질 측정 시험을 수행하였다.

(3) 음질 분석 방법

측정된 1/3 옥타브 대역 음압레벨 데이터를 이용하여 라우드니스(loudness)와 샤프니스(sharpness)를 계산한다. 라우드니스는 KS A ISO 532의 방법⁽⁹⁾으로 계산한다. 샤프니스의 계산에는 라우드니스와 임계 대역률에 따른 라우드니스인 비 라우드니스(specific loudness)를 이용하여야 하므로 1/3옥타브 대역을 임계대역으로 근사하여 샤프니스를 계산하는 방법을 따른다⁽¹⁰⁾. 하지만, 객관적 음질 평가를 위해 소음 데이터를 소리파일 형식으로 저장하고, 음질분석 규정과 기준이 적용된 장비 혹은 프로그램을 사용하여 계산한다면, 오차를 줄이고 더욱 신뢰도 높게 평가할 수 있다.

5.2 시험결과 및 데이터의 활용

(1) 정상 속도 주행시험

차량의 실내 음질에 대해 정상 속도 주행 시 앞에서 기술한 방법에 따라 객관적 음질 평가를 수행한 결과를 정리한 것이다. 음질의 크기를 나타내는 라우드니스의 경우 음압레벨과 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 운전석 보다 뒷좌석의 음질이 더 크게 느껴진다는 것을 알 수 있다. 한 예로 80 km/h로 등속 주행 시 음질을 분석한 1/3옥타브 밴드의 음압레벨의 특성은 Fig. 4에 도시하였고, 바크(Bark)단위의 라우드니스 특성은 Fig. 5에 나타내었다. 주행 속도가 증가할수록 당연히 음질의 크기도 증가하였으며,

Table 4에 각 음질 인자 별 선형 회귀분석 결과를 정리하였다. 수행한 속도 이외의 속도는 선형 회귀식에서 도출 가능하다. 샤프니스의 경우 운전석에서 더 날카롭게 느껴지는 결과가 나타났는데, 이것은 Fig. 5에서 보는 것처럼 뒷좌석의 저주파 영역 크기가 크게 나타났으므로 그만큼 샤프니스 값이 작게 나타난 것으로 사료된다. 시험차량의 샤프니스 값은 주행 속도에 상관없이 거의 일정한 값을 나타내었다.

(2) 스로틀 전개 가속시험

Table 5는 실내 음질에 대해 스로틀 전개 가속시험 시 객관적 음질 평가를 수행한 결과를 정리한 것이다. 평가 데이터는 Table 3에서 측정한 음압레벨

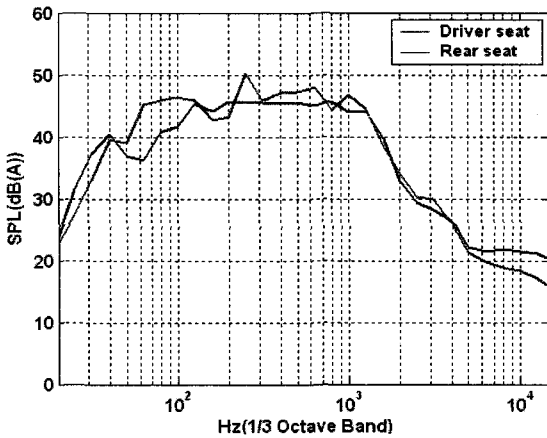


Fig. 4 The sound level comparison between passenger and rear seat at 80 km/h

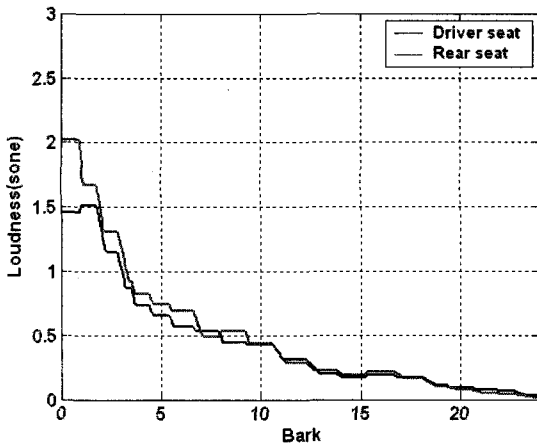


Fig. 5 The loudness comparison between passenger and rear seat at 80 km/h

3 dB 이내의 오차범위를 갖는 운전석과 뒷좌석의 데이터를 이용하여 음질 분석하였다. 정상속도 주행시험 결과와 마찬가지로 시끄러운 음질 인자는 뒷좌석에서 더 크게 나타났고, 샤프니스는 운전석에서 더 크게 나타났다.

Table 4 The regression analysis of the SQ metrics at the equal speed driving condition

SQ metrics	Linear regression models
SPL(dBA)	 Driver's seat = $45.7 + 0.141 \cdot \text{Speed}$ Back seat = $48.2 + 0.132 \cdot \text{Speed}$
Loudness (sone)	 Driver's seat = $2.74 + 0.105 \cdot \text{Speed}$ Back seat = $3.59 + 0.112 \cdot \text{Speed}$
Sharpness (acum)	 Driver's seat = $1.07 + 0.000464 \cdot \text{Speed}$ Back seat = $0.979 + 0.000364 \cdot \text{Speed}$

Table 5 The objective SQ evaluation at the acceleration driving condition

	Driver's seat	Back seat
SPL	65 (dBA)	67 (dBA)
Loudness	17.6 (sone)	19.5 (sone)
Sharpness	1.22 (acum)	1.10 (acum)

6. 결 론

국내/외 관련 시험규격 및 기술개발동향 조사를 통해 차량 실내/외 소음 측정에 대한 방법 및 용어 정의 등을 분석하고, 이를 바탕으로 차량 실내 음질 평가를 위한 기술개발 및 표준화를 구축하였다. 실외 소음에 대한 음질 평가 기술은 현재 소음 측정을 위한 국제규격 및 관련 법규가 개정 중에 있으므로 이 연구에서는 고려하지 않았다.

기존 KS A ISO 5128 시험규격에 맞도록 실차 주행시험을 하여 실내 소음에 대한 음압레벨 분석 결과 소비자가 느끼는 감성적인 측면을 나타내기 어려웠으며, 정량적 값인 음압레벨만 나타낼 수 있었다. 그러나, KS A ISO 5128 시험규격의 실차 주행 시험을 통해 차량 실내 음질 측정 시스템에 대한 시험모드를 표준화할 수 있었으며, 차량 운전 조건 및 시험 환경에 대한 정의를 제시할 수 있었다. 또한, 음질 평가 방법과 측정기기의 정의는 인용 규격과 문헌을 통해 정립하여 표준화하였다. 이렇게 표준화된 기술을 바탕으로 한 실차 주행시험 결과 주요 음질 분석 요소인 라우드니스와 샤프니스에 대한 경향을 알 수 있었다. 음압레벨과 라우드니스가 크게 나타난 곳이 샤프니스가 크게 나타나지 않았으며, 주행 속도와 음질 요소 값의 경향도 각각 다르게 나타나 기존 음압레벨 위주의 시험규격에서 알 수 없었던 제품의 심리평가 요소를 도출할 수 있었다.

차량 실내 소음에 대한 음질 평가 방법의 표준화를 통해 소비자가 제품을 선택할 수 있는 범위가 늘어날 것이며, 자동차 업계의 품질 평가를 위한 척도

로써 효율적인 음질 측정 기술을 구축하는 데에 활용될 수 있다. 또한, 측정좌석 별 음질 특성을 분석하여 생산 차량의 가격과 음질 수준, 고음질을 방안을 위한 목적 주파수 선정으로 차량 종류에 따른 음질 개선이 이루어질 것으로 예상된다. 따라서 차량 실내 소음의 음질 표준화 방안이 규제의 성격 보다는 차량의 이미지를 대표할 수 있도록 활용되었으면 하는 바람이다.

참 고 문 헌

- (1) Park, S. G., Lee, H. J., Sim, H. J., Lee, Y. Y. and Oh, J. E., 2006, "Construction and Comparison of Sound Quality Index for the Vehicle HVAC System Using Regression Model and Neural Network Model", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 9, pp. 897~903.
- (2) Lyon, R. H., 2000, "Designing for Product Sound Quality", Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 1~10.
- (3) KS A ISO 362, 2004, "Acoustics-measurement of Noise Emitted by Accelerating Road Vehicles-Engineering Method".
- (4) <http://www.ksa.or.kr/>, <http://www.ihserc.com/>
- (5) KS A ISO 5128, 2004, "Acoustics-measurement of Noise Inside Motor Vehicles".
- (6) SAE J 1477, 2000, "Measurement of Interior Sound Levels of Light Vehicles".
- (7) GME R-0-20, 2005, "Test Procedure Noise and Vibration".
- (8) KS C IEC 60942, 2004, "Electroacoustics-sound Calibrators".
- (9) KS A ISO 532, 2003, "Acoustics-method for Calculating Loudness Level".
- (10) Zwicker, E. and Fastl, H., 1999, "Psychoacoustics : Facts and Models", Springer 2nd Edition.