

자동차 가속 주행 소음규제와 대책

김 준 배

(아세아자동차공업주식회사 기술연구소)

1. 머리말

자동차의 소음은 차실내 소음과 차외소음의 두가지로 나눌 수 있는데 소음은 자동차에 탑승하고 있는 사람들이 감성적으로 느끼는 것이어서 차량의 상품성에 직접적인 영향을 미치므로 자동차 제작자는 보다 더 정숙한 차실내 분위기를 만들기 위하여 자율적인 노력을 기울이지 않는 분야이며, 차외 소음은 산업화와 경제적 성장에 따른 자동차 수의 증가로 인하여 도로교통 소음에 크게 기여하므로 각국 정부는 법률로써 이를 규제하고 있다.

소음을 포함한 환경오염 방지에 대한 관심이 고조되는 가운데 도로주변에서의 도로교통 소음은 주민의 일상생활 및 주거에 점점 더 크게 영향을 주게 되어, 국민이 소음측면에서 보다 더 편안한 생활을 할 수 있도록 정부는 가속주행소음, 배기소음, 경적소음 등 자동차로 기인하는 소음의 수준을 낮추고자 노력하여 왔다.

이 글에서 법규의 규제를 받고 있는 자동차로 기인하는 소음 중 도로교통소음에 기여가 큰 주행상태의 자동차 소음저감을 목표로 하는 가속주행 소음규제와 그 대책을 기술하고자 한다.

2. 각국의 가속주행 소음규제

보다 더 조용한 도로환경을 조성하고자 하는 노력의 일환으로 우리나라의 가속주행 소음 허용 기준은 '93년과 '96년에 차종별로 각각 1~4 dB(A) 강화되었고, 일본, 유럽 등의 국가도 연도별로 소음 허용 기준을 강화한 미국은 '82년에 환경보호국이 소음규제 활동을 종료함으로써 현재는 주와 지방정부

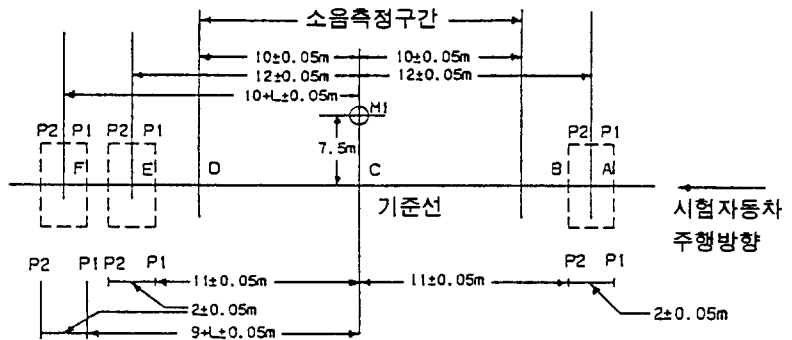
차원에서 소음을 규제하고 있다.

2.1 가속주행 소음 규제치

2륜차를 제외한 자동차의 국가 및 연도별 가속주행 소음 규제치를 표 1에 보인다.

2.2 가속주행 소음 측정

건조하고 평탄한 직선의 아스팔트 또는 콘크리트 포장도로에서 소음측정기, 자동기록장치, 차속측정장치, 가속확인장치, 회전속도계를



B: 소음 측정 구간 진입점

D: 소음 측정 구간 탈출점

A, E 및 F: 가속 측정 지점

(A, E: 가속 주행 소음 시험시, A, F: 오버런 확인시)

M1: 가속 주행 소음 시험시 마이크로폰 설치위치

P1, P2: 광전광 방식의 차속 측정 장치 설치 위치

$\overline{P1}, \overline{P2}$: 광전광 방식의 경우의 차속 측정 구간

L: 시험 자동차의 전장 (차광판을 갖춘 시험자동차의 경우에는 차광판의 앞끝에서부터 당해 자동차의 후미까지의 길이)

그림 1 가속 주행 소음 시험기기 설치 위치

표 1 국가 및 연도별 가속주행 소음 규제치-2륜차 제외(단위: dB(A))

(a) 한국: 소음 진동 규제법 제 32조 관련

자동차 종류		적용 연도	'91	'93	'96
경자동차	가		78	77	75
	나		80	78	76
승용자동차(총중량 3톤 미만)			78	77	75
소형화물 자동차(총중량 3톤 미만)			80	79	77
중량 자동차	원동기 출력 200마력 초과		85	84	82
	원동기 출력 200마력 이하		83	83	81

비고: 경자동차 중 “가”는 주로 사람을 운송하기에 적합하게 제작된 자동차, “나”는 그 이외의 자동차에 적용

(b) 일본

자동차 종류		적용연도	'71	'76~ '77	'79	'82~ '87	저감목표
대형차	차량 총중량 3.5톤 초과 원동기출력 200마력 초과	전륜구동차, 트랙터, 크레인차	92	89('76)	86	83('86)	82(10년이내)
		트럭				83('85)	81(10년이내)
		버스				83('84)	81(6년이내)
중형차	차량 총중량 3.5톤 초과 원동기출력 200마력 이하	전륜구동차	89	87('76)	86	83('83)	81(10년이내)
		트럭 버스					80(10년이내)
소형차	차량 총중량 3.5톤 이하	전륜구동차	85	83('77)	81	78('85)	76(10년이내)
		트럭, 버스					
승용차	승차정원 10인 이하의 승용전용	6인초과	84	82('77)	81	78('82)	76(10년이내)
		6인이하					76(6년이내)

(c) 유럽

자동차 종류		적용연도	현행	'95. 10
*승차 정원 9인 이하인 승객 탑승 목적의 차			77	74
승차 정원 9인을 초과하고 허용 중량 3.5톤을 초과하는 승객탑승 목적의 차	원동기 출력 150 kW 미만		**80	78
	원동기 출력 150 kW 이상		**83	80
*승차 정원 9인을 초과하는 승객 탑승 목적의 차	허용 중량 2톤 이하		78	76
	허용 중량 2톤 초과, 3.5톤 이하		**79	77
*화물차	원동기 출력 75 kW 미만		**81	77
	원동기 출력 75 kW 이상		**83	78
	원동기 출력 150 kW 이상		**84	80

비고: 1. *표시의 차에 직접 분사식 디젤 엔진이 장착되어 있으면 규제치가 1dB(A) 증가됨.

2. **표시의 허용중량 2톤을 초과하도록 설계된 off-road 차는 규제치가 원동기 출력이 150 kW 미만인 경우에 1 dB(A), 150 kW 이상인 경우에는 2dB(A) 증가됨.

표 2 가속주행 소음측정 방법

		한 국	유 럽
관련규정		제작 자동차 배출 허용 기준·소음 허용 기준의 검사 방법 및 절차에 관한 규정(제3조 6항)	ISO362-1981 Acoustics-Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles-Engineering method
시험장소	도로 및 주변 환경	<ul style="list-style-type: none"> · 건조하고 평탄한 직선의 아스팔트 또는 콘크리트 포장도로 · 주위로부터 음의 반사나 흡수 및 암소음에 의한 영향을 받지 않는 개방된 장소 · 측정구간 중심점으로부터 반경 20 m 이내에 흙더미, 돌등의 돌출 장애물이나 지면의 높낮이가 없는 곳 	<ul style="list-style-type: none"> · 건조하고 평탄하며 과도한 타이어 소음을 일으키지 않는 노면 조직 · 주행 트랙의 중심으로부터 반경 10 m 이내는 콘크리트 또는 아스팔트면이고 흡음 물질이 없을 것 · 주행 트랙의 중심으로부터 반경 50 m 이내에 담장, 바위, 교량, 건물 등의 큰 반사 물체가 없는 곳
	암소음	자동차로 인한 소음 보다 최소 10 dB이하	좌 동
	풍속	10 m/sec 이상시 측정 불허	5 m/sec 이상시 측정 불허
운전속도	<ul style="list-style-type: none"> · 사용 변속단에서 원동기 최고 출력시 회전 속도의 3/4의 회전 속도로 주행할 경우의 속도와 · 50 km/hr 중 낮은 속도(수동변속기의 경우) 	<ul style="list-style-type: none"> · 사용 변속단에서 원동기 최고 출력시 회전 속도의 3/4의 회전속도로 주행할 경우의 속도와 · 원동기의 전부하 조건에서 가버너로 허용되는 원동기의 최고 회전 속도의 3/4의 회전속도로 주행할 경우의 속도와 · 50 km/hr 중 제일 낮은 속도(수동변속기의 경우) 	
공적차 구분	공 차	좌 동	
마이크로폰 위치	기준선으로부터 7.5 m	좌 동	
	지상 높이 1.2 m	좌 동	
	수평방향	좌 동	
측정회수	차의 오른쪽에서 2회 이상	차의 양쪽에서 2회 이상	

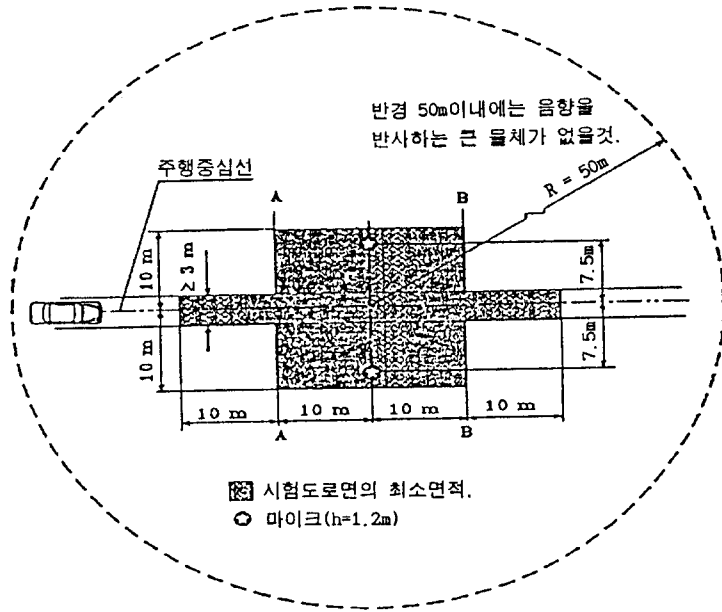


그림 2 시험장 표면적의 최소 요구 사항

시험 실시 전에 교정 및 충분히 예열한 후 측정을 실시하며 한국과 유럽의 측정방법을 표 2에 보인다.

2.3 가속주행 시험장

한국의 규정에 따른 가속주행 소음 시험기기의 설치위치는 그림 1과 같으며 시험장의 주변환경은 측정구간 중심점으로부터 반경 20m 이내에 흙더미, 돌 등의 돌출 장애물이나 지면의 높낮이가 없어 주위로부터 음의 반사와 흡수 및 압소음에 의한 영향을 받지 않는 개방된 장소이어야 한다.

소음 형식 승인 시험에서 타이어 소음 문제를 해결하기 위한 방법의 일환으로 유럽은 차량 소음 규제의 일부로서 낮은 타이어 구름 소음을 나타내는 표준의 노면에 대한 「ISO 소음 시험장의 노면」 사양을 채택하였다.

표준화된 시험장 노면을 보유하는 것은 시험장간의 변화를 최소화하는 면에서 중요하다. 이 시험노면의 특성은 포장 혼합물의 여유공극(residual voids content)이 8% 이하이며, 이것이 만족되지 않을 때는 흡음계수가 0.1 이하이어야 한다. 또한 체적법에 따른 포장면의 조직 깊이(texture depth)는 0.4mm 이상이고 시험장의 표면은 가능한 한 균일해야 하고 주기적인 시험을 받아야 한다. 시험장 표면적의 최소 요구사항은 그림 2와 같다.

3. 가속주행 소음 대책

차량의 가속주행 소음은 엔진 소음, 배기 소음, 흡기 소음, 냉각계 소음, 구동계 소음, 타이어 소음으로 나눌 수 있으며 각각의 소음원에 대한 소음저감 대책을 수립하여 전체적으로 소음이 저감되도록 한다.

3.1 엔진 소음 대책

엔진 소음을 저감하는 수단은 엔진 본체에 대한 대책과 차폐에 의한 대책으로 나눌 수 있다.

(1) 엔진 본체에 대한 소음 대책
엔진 각 부분에서 방사되는 소음을 저감하기 위하여 압축비 증대, 연소실 형상 변경, swirl 개선, 점화시기 조정 등으로 연소를 제어하고 최대 출력시의 엔진 회전 속도를 저하시킴으로써 크랭크 기구의 운동 속도를 감소시키며 실린더 블록, 실린더 헤드 커버 등의 강성을 증대함으로써 진동 특성을 개선한다.

(2) 차폐에 의한 소음 대책

엔진의 좌우 양쪽에 사이드 커버, 엔진의 하부에 언더 커버, 후방에 리어 커버를 설치 함으로써 소음을 저감한다. 이로 인하여 엔진룸내의 온도 상승, 냉각 성능 악화, 정비성 불량 등이 파생되며 고무류와 전장품등의 내열성이 고려되어야 한다.

3.2 배기 소음 대책

배기 소음은 엔진 소음 다음으로 기여도가 큰 소음원이며 테일 파이프 끝에서 나오는 배출가스에 의한 배기음과 엔진의 진동과 배출가스의 압력 변동에 의해서 배기관과 머플러의 표면에서 발생하는 방사음으로 구분된다.

(1) 배기음 대책

머플러의 용량 증대, 부 머플러 추가, 머플러 내부구조 변경, 배기관 직경의 축소, 배기관 후단부 직경의 확대 등의 대책이 적용되나 배기계 배압의 상승, 배기 온도 상승, 출력 저하, 스모크 증가, 연비 악화 등의 문제가 있다.

(2) 방사음 대책

엔진에서 전달되는 진동 저감을 위한 플렉시블 파이프 사용, 방사음을 저감하기 위한 2중벽의 머플러

와 배기관을 사용한다.

3.3 흡기 소음 대책

덕트에 의한 감쇠를 증가시키기 위하여 덕트의 길이 증대와 흡입구의 직경을 축소하며 공명에 의한 감쇠를 위하여 레조네이터를 채용한다.

3.4 냉각계 소음 대책

대부분의 차종에 유체-커플링을 적용한 팬을 적용하고 있고 팬 직경의 축소, 팬 형상의 개선으로 소음을 저감하며, 냉각 성능의 향상을 위하여 라디에이터 전면 면적의 확대, 슈라우드를 엔진 측에 지지되도록 하여 팁 간극을 축소시키고, 팬 블레이드의 매수를 증가시킨다.

3.5 구동계 소음 대책

대형 트럭의 구동계 소음에 문제가 되는 부품은 트랜스미션, 프로펠러 샤프트, 화이날 리덕션 기어 등인데 구동계 소음은 트랜스 미션이 주요인이며 흡음재를 부착한 커버를 설치하여 소음을 저감한다.

3.6 타이어 소음 대책

타이어와 도로면은 복잡한 상호작용을 하며 이 상호작용이 인간에게 타이어 소음으로 감지된다. Smooth한 타이어는 patterned 타이어보다 항상 조용하며 pattern은 소음 방사의 주요 운천이기 때문에 smooth한 타이어는 소음 방사의 하한이 된다.

트레드 면에서의 소음 생성에 Impact effect, Exit effect, Air pumping and resonance in the tyre grooves, Slip/stick movements under torque 의 4가지 상이한 Mechanism이 관련되어 있는데 타이어가 지면에 접지 할 때 트레드 홈의 공기가 압축, 방출됨으로써

발생하는 패턴 노이즈가 주요한 것이며 노면의 가진에 의해서 타이어가 진동하는 로드 노이즈, 타이어 접지면이 노면과 충돌하며 발생하는 피치 노이즈가 있다.

트레드 패턴, 구조, 재질 등을 변경하여 타이어의 소음을 저감하고자 하는 경우 주행성, 안정성을 먼저 고려해야 하며 타이어 소음의 역할이 지배적인 속도 구간은 국내에서 조사된 바 없으나 교통이 70 km/hr로 움직이며 교통 소음에 기여하는 차량과 도로의 역할이 거의 같으며 100 km/hr에서는 타이어 소음이 지배적이라고 보고되어 있다.

고무가 갖는 비선형성, 다자유도 특성 등으로 인하여 정확한 이론적 계산이 어렵고 타이어가 주행하는 도로의 형상 및 지반 구조에 따라 소음 특성이 변하기 때문에 정확한 측정을 통한 경험 축적이 매우 중요하다.

4. '96년 가속주행 소음 대책

현재보다 2 dB(A) 강화된 '96년 소음규제를 만족하는 소음 패키지를 개발하기 위하여 각종 소음원이 직접 외기에 노출된 트럭 중에서 대표차종을 선정하여 체계적으로 소음원을 구별하였다.

먼저 소음 시방이 적용되지 않은 초기 상태에서 가속주행 소음을 측정하였고, 다음에 엔진, 구동계, 배기계, 흡기계 모두에 소음시방을 적용하고 타이어의 효과도 고려되도록 하여 소음측정을 하여 이것을 기본 상태로 하였다.

차량의 소음원을 억제하기 위하여 차폐한 부분은 다음과 같다.

-엔진과 트래스미션의 및 부분

- 차량의 옆쪽
- 엔진의 윗부분
- 트래스미션의 윗부분
- 배기 계통
- 흡입 계통

다음에 차폐한 부분을 하나씩 제거하면서 소음 측정을 하여 고려하고 있는 음원 부분의 차폐를 제거한 경우의 소음 레벨과 소음 기여율을 다음 식들로 계산하였다.

$$L = 10 \log (10^{L_1/10} - 10^{L_0/10})$$

여기서

L : 구하는 음원의 소음 레벨

L_0 : 모든 부분을 차폐한 상태에서의 소음 레벨

L_1 : 구하는 음원의 차폐를 제거한 경우의 소음 레벨

$$\text{소음 기여율}(\%) = \frac{10^{L_0/10}}{10^{L_1/10}} \times 100$$

여기서

L_1 : 초기 상태의 소음 레벨

L_n : 각 요소의 소음 레벨

소음 기여율이 높은 순서로 해당 부분을 차폐하여 목적하는 소음 수준을 얻을 수 있었다.

5. 맺 음 말

자동차를 제조, 판매함에 있어 법 규제를 만족시키는 것은 당연한 일이기도 하지만 생활 및 주거 환경을 개선한다는 면에서 기술자들이 보람을 느끼는 일이다.

소음 기여율이 50%가 넘는 엔진을 조용하게 만들면 소음 대책이 보다 쉽겠지만 현재 신 엔진이 개발되는 도중에 있기 때문에 시점이 안 맞기도 하였다.

제시한 소음 대책이 전통적인 방법이긴 하지만 각각의 대책에 대하여 천착해 보면 보다 확실하게 현

상과 대책에 대한 물리적 이해를 갖게 되며 많은 어려움 가운데에서도 목적 달성의 기쁨을 맛보게 된다.

참 고 문 헌

- (1) ISO 362-1981(E), Acoustics-Measurement of Noise Emitted by Accelerating Road Vehicles-Engineering Method.
- (2) Council Directive 92/97/EEC of 10 November 1992 Amending Directive 70/157/EEC on the Approximation of the Laws of the Member States Relating to the Permissible Sound Level and the Exhaust System of Motor Vehicles.
- (3) Test Surface for Road Vehicle Noise Measurement, ISO 10844.
- (4) Hochrainer R. The Contribution of Tyres and Road Surface to Traffic Noise.
- (5) Cherne Keith D., Motor Vehicle Noise Regulations- A Solution to the Traffic Noise Problem? Sound and Vibration, March, 1994.
- (6) Hasegawa Shunichi and Suzuki Yuzi., 1984, Engine Room Enclosures for Heavy-duty Trucks. J. of the SAE Japan, Vol. 38, NO. 12.
- (7) Fujii Yuichi and Noba Mikio., 1983, Noise Reduction of Light Trucks, J. of the SAE Japan, Vol. 37, No. 12.
- (8) 김병삼, 1992, 타이어 소음에 대한 연구 동향, 소음·진동, Vol. 2, No. 4.