

## 개선된 현장 계측법을 이용한 노면마찰소음 발생 특성 분석



조 대 승 | 정회원 · 부산대학교 조선해양공학과 부교수  
 문 성 호 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원  
 서 영 국 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 연구원

여러 가지 도로주변 소음 중에서 지배적인 성분으로 알려진 타이어-노면 사이의 마찰소음을 개선된 방법으로 정확하게 계측하고 차종, 차속, 그리고 노면별 소음발생의 영향을 분석하기위한 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 기존의 트레일러 형식의 노면 소음계측에서 생성되는 심각한 측정오류(예 : 트레일러 내의 와류소음, 기계소음 등)를 최소화 하고 pass-by시험법과 병행하여 주변의 교통소음(암소음)의 영향을 효과적으로 배제하는 새로운 계측, 분석시스템을 제시하였다. 도로노면별 소음발생은 한국도로공사 여주시사 관내 시험도로 9종의 노면을 선택하여 차량 단독주행시험으로 그 영향을 검토하였다. 또한 시험변수별 음향파워레벨의 산정계수는 최근에 제정된 유럽 연합의 하모노이즈(Harmonoise)방법을 기반으로 결정하였다. 본 기사에서는 우선 기존의 일반적인 소음계측방법인 pass-by와 CPX(Close Proximity Method)의 개요 및 적용기준을 살펴보고 표면 마이크로폰을 적용한 개선된 CPX의 장단점과 이를 이용한 소음계측 및 분석결과를 요약하여 소개하고자 한다.

### 1. 기존 계측방법 개요

포장 노면/타이어 소음을 측정하는 방법은 그 용도와 목적에 따라 다양한 방법이 적용되고 있다. 표 1에는 이들 방법들에 대한 개요를 정리하여 나타내었다.

#### 1.1 기존 Pass-by 방법

Pass-by 방법은 단독 주행하는 차량이 노면 또는 도로 인접 위치에 설치된 소음계측 지점을 통과할 경우의 최대 A-가중치 소음도를 차량 속도와 함께 측정하는 방법이다. 이 방법에서는 차속을 아래와 같은 3 등급으로 구분하고 있다.

- 저속: 45~64km/h(기준 속도 50km/h)
- 중속: 65~99km/h(기준 속도 80km/h)
- 고속: 100km/h 이상(기준 속도 110km/h)

Pass-by 방법은 암소음과 반사음에 의한 영향이 배제되어야 하므로 측정 장소는 그림 1에 보인 바와

표 1. 포장노면/타이어 소음 계측 방법과 이의 적용 분야

종 류	계 측 방 법	적용 분야	관련 규격/문서
Coast-by (CB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면에 마이크로폰 설치</li> <li>• 엔진 정지상태로 차량 활공</li> <li>• 차량속도는 변동됨</li> <li>• 최대 소음도 및 회귀분석을 이용하여 승용차는 80km/h, 대형차는 70km/h에서의 소음도 계산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타이어 일반/상세 시험</li> <li>• 노면 상세 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO/CD 13325</li> </ul>
Controlled Pass-by (CPB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 및 대형 2대의 차량에 각각 2개의 타이어 장착</li> <li>• 엔진 부하상태로 노면 설치 마이크로폰 통과</li> <li>• 최대소음도 계측 및 해당 속도의 평균 소음도 계산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 상세 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프랑스 규격 S 31 119</li> <li>• 독일 규격 Gestro '92</li> </ul>
Statistical Pass-by (SPB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 설치 마이크로폰으로 일반 주행중인 차량 소음 계측 (타 차량 영향 없을 것)</li> <li>• 차종, 속도, 최대 소음도 계측</li> <li>• 승용차는 100대 이상, 대형차는 80대 이상 계측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 종류별 시험</li> <li>• 차량 음향파워 레벨 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 11819-1</li> </ul>
Close Proximity Method (CPX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 트레일러 타이어 근방에 마이크로폰 설치</li> <li>• 시험도로 주행시 평균 소음도 계측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 상세 시험</li> <li>• 타이어 상세 시험</li> <li>• 노면 공사 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO/CD 11819-2</li> </ul>
Laboratory Drum (DR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 모사 표면을 갖는 드럼 상에서 타이어 회전</li> <li>• 드럼 근접장에서 평균 소음도 계측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 일반 시험</li> <li>• 타이어 상세 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECE/WP29/GRB Doc. R.100</li> </ul>
Inside the Vehicle (Inside)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차량 주행시 내부 평균 소음도 계측</li> <li>• 정속, 최대 가속, 아이들 조건에서 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차량 실내 소음 일반 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 5128</li> </ul>
Sound Absorption in Situ (Tube method)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소음원로부터 노면에 시험신호 송신 후 수신 소음도를 튜브로 계측</li> <li>• 흡음률 계산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면 흡음률 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 13472-1</li> </ul>

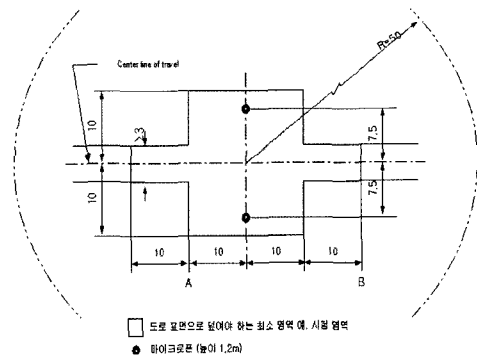
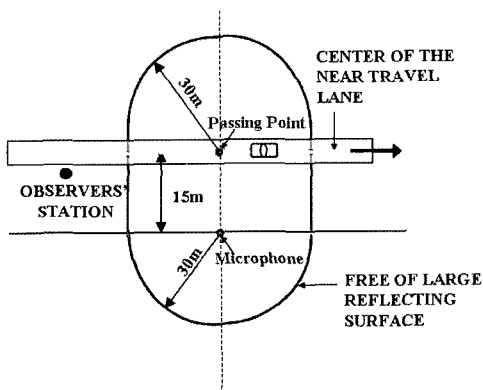


그림 1. 미국 FHWA에서 규정한 pass-by 방법 소음 측정 장소 조건

그림 2. 우리나라 자동차 배출 소음 시험장 기준(단위: 미터)

같이 도로 및 마이크론 설치 지점 기준반경 30m 이내에 큰 반사면이 없고, 마이크론 설치 위치로부터 150도 이내의 시험도로에 소음전달 경로를 차단하는 지형이나 구조물이 없어야 된다고 규정하고 있다.

또한, 우리나라의 자동차 배출 소음 시험기준에서는 그림 2에 보인 바와 같은 마이크론이 설치된 위치의 도로 중앙으로부터 반경 50m 이내에 반사면이 없어야 된다고 규정하고 있다.

한편, 측정 대상 도로는 구배 1% 미만의 직선 도로가 바람직하나 약간의 굴곡진 도로도 허용 가능하며, 암소음은 최소 6dB 이상 작아야 하며, 노면 특성 시험에서는 최소 10dB 이상 작아야 한다. 또한, 마이크론은 차량 주행 중심선으로부터 수평거리  $7.5 \pm 0.1m$  지점에 도로면으로부터 높이  $1.2 \pm 0.1m$  지점에 설치하여 측정하여야 한다.

상기의 pass-by 방법은 일반적으로 차종별로 충분한 대수에 대해서 측정된 결과를 이용하여 통계적 방법으로 차량 소음 발생도를 평가하는 데 적용된다. 그러나, 본 측정에서는 시험도로에 시공된 포장 종류와 시공방법과 차종별 음향레벨을 산정하는데 충분한 대수의 차량을 동원하기 곤란하여 pass-by 시험과 CPX 방법으로 측정한 음압을 상호 비교하여 노면과 차종을 고려한 음향파워레벨 산정식을 개발하고자 하였다.

### 1.2 기존 CPX 방법

CPX 방법은 차량에 견인되는 트레일러에 마이크론을 설치하고, 차량속도별 포장노면/타이어 소음을 A-가중치 등가 소음도  $L_{Aeq}$ 를 측정하는 방법으로서 최소한 2개의 마이크론을 타이어에 근접하여 설치하여야 한다. ISO/CD 11819-2에서는 CPX 방법 적용시 기본적으로 최소 100m 이상의 직선 도로에서 누적 측정거리가 200m이상일 것을 요구하고 있다. 또한, 대기온도 5~30℃, 노면온도 5~50℃, 풍속 5m/s 이하 이어야 된다고 규정하고 있다.

### 1.3 기존 pass-by 방법과 CPX 방법의 장단점 비교

Pass-by 방법의 경우 포장노면/소음은 물론 차량의 엔진과 배기관 소음 및 공역학적 소음 등의 모든 소음도를 측정하며, ISO 규격으로 채택된 공신력있는 방법인 반면에 차량과 측정지점간의 이격거리와 환경조건 등에 따른 전달감쇠를 평가해야만 차량 음향파워레벨 산정이 가능하다는 단점이 있다. 또한, 소음 측정시 차량 전체 소음도가 측정되므로 포장노면/타이어 효과만을 추출하기가 곤란하고, 통계적 방법으로 차량 소음도를 평가하므로 많은 측정자료 수집이 필수적으로 요구된다는 단점이 있다.

CPX 방법은 타이어 근접장에서의 소음도를 측정하므로 전달감쇠의 영향을 거의 받지 않는다. 따라서, 포장노면과 타이어의 소음 발생특성을 정밀하게 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 트레일러에 타이어를 장착하여 측정하므로 pass-by 방법에서와 같은 엔진과 배기관 소음과 같은 차량 전체의 소음을 평가하기에 부적합할 뿐만 아니라 실제 차량 장착시 타이어에 걸리는 부하 차이로 인한 소음도 차이를 평가하기도 곤란하다. 아울러, 주행중에 측정하는 CPX 방법은 바람 등의 난류가 마이크론으로 취득한 신호에 영향을 미쳐 소음측정 결과의 신뢰도를 확보하기가 어려운 점이 있다.

## 2. 본 실험의 포장노면/타이어 소음 측정방법

### 2.1 측정방법 선정 배경

본 측정에서는 포장노면 종류와 시공방법에 따른 차종과 속도별 소음도 차이를 분석하고, 이를 토대로 다양한 고속도로 노면 종류와 시공방법을 고려한 정확도 높은 차종 및 속도별 음향파워 산정식을 개발하는 것을 주요 목적으로 하고 있다.

이와 같은 목적을 달성하기 위해서는 pass-by 방법을 적용할 경우 현재 운용중인 고속도로 상에서 반

사면 등의 계측 조건을 만족하는 지점을 포장 종류와 시공방법별로 선정하고, 타 주행 차량으로 인한 압소음이 10dB 이상 작은 조건에서 단독 주행하는 차량 소음을 측정하여야 한다. 또한, 차종 및 속도별로 계측한 차량대수가 소형차의 경우 100대 이상, 대형차의 경우 80대 이상이 되어야만 신뢰성 있는 통계치를 추출할 수 있다. 그러나, 현실적으로 이와 같은 계측조건을 만족하는 지점을 선정하기가 곤란하다. 한편, 기존의 ISO 11819-2에 의한 CPX 방법은 포장 노면/타이어 소음은 정밀하게 측정할 수 있으나 차량 전체 소음도를 평가하기는 곤란하다.

이에 본 실험에서는 다양한 고속도로 노면 종류와 시공방법을 고려한 정확도 높은 차종 및 속도별 음향 파워 산정식을 개발하고자 개선된 pass-by 방법과 CPX 방법을 적용하였다.

## 2.2 적용된 pass-by 방법

본 연구에서는 pass-by 방법을 CPX 방법으로 계측한 A-가중치 등가 소음도를 이용하여 차량 음향파 위레벨을 산정하기 위한 자료 수집 목적으로 수행하였다. 이를 위해 시험대상 차량이 주행하는 도로 중앙부로부터 수평 이격거리가 7.5m인 지점과 15m 지점에 마이크폰을 설치하고, 시험대상 도로의 시점으로부터 종점까지 차량이 일정속도로 통과할 때의 시간 이력 소음도를 계측하고 이로부터 A-가중치 최대 소음도를 평가하였다.

## 2.3 적용된 CPX 방법

ISO/CD 11819-2에서 규정하고 있는 트레일러에 시험대상 타이어를 장착할 경우 실제 차량 장착시 타이어에 걸리는 부하로 인한 소음 발생도 차이를 규명하기 곤란하다. 이에 본 실험에서는 차종별 시험대상 차량의 타이어 근접 위치에 직접 마이크폰을 설치하여 시험대상 차량의 A-가중치 등가 소음도를 계측하였다. 이때, 복수 개의 마이크폰으로 계측된 결

과는 dB 평균하여 대표값을 산정하였다.

## 3. CPX 계측을 위한 표면 마이크폰의 성능 검증

기존 트레일러 이용 CPX 방법은 일반 마이크폰에 방풍망을 설치하여 계측한다. 그러나, 이 경우 그림 3에 보인 바와 같이 마이크폰에 주행하는 차량으로 인한 난류로 인해 소음도 계측이 부정확할 수 있다. 또한, 마이크폰을 그림 4에 보인 바와 같은 난류 유동 방지 튜브 스크린에 삽입하여 계측하는 방법은 중고주파수 대역의 난류 영향 저감에는 효과가 있으나 타이어와 차체 간의 공간이 협소하여 차량에 설치하기가 곤란하다.

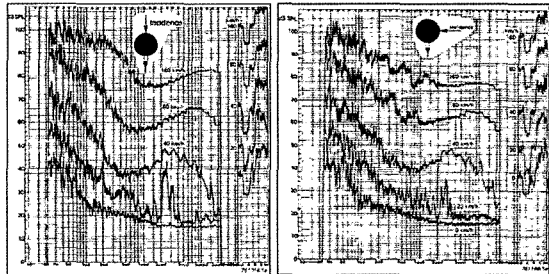


그림 3. 방풍망 설치시 일반 마이크폰의 풍향·풍속 영향

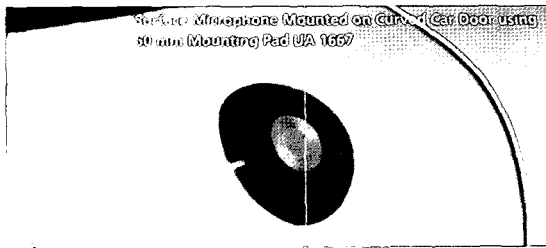


그림 4. 난류 유동 방지용 튜브 스크린

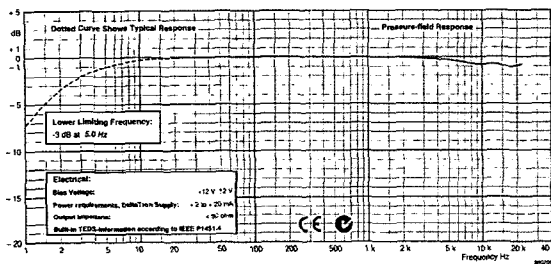
이에 본 실험에서는 유속이 심한 항공기, 차량 외부 소음 계측을 위해 최근 개발된 B&K 4949 표면 마이크폰을 CPX 방법에 의한 소음 계측용 마이크폰으로 활용하였다. 이 마이크폰의 제작사 제공 주요 사양은 표 2에 나타내었으며, 이의 외형과 응답

표 2. B&K 4949 표면 마이크로폰의 주요 사양

Dynamic range	30dB to 140dB
Frequency range	5Hz to 20kHz
Diameter	20mm
Height	2.5mm
Weight	2.0g



(a) 외형



(b) 응답특성

그림 5. B&K 4949 표면 마이크로폰의 외형과 응답특성

특성은 그림 5에 나타내었다.

한편, 상기 표면 마이크로폰의 유동장 속에서의 소음측정 정도를 확인하고자 잔향실에 그림 6에 나타난 측정장비를 설치하고, 다양한 조건으로 시험을 수행하였다. 그 결과, 표면 마이크로폰은 무풍상태에서 일반 마이크로폰과 거의 동일한 측정결과를 제공하여 타이어와 차체 사이 등의 협소한 장소의 소음계측에 유용한 것으로 평가되었다. 또한, 500Hz 이상의 주파수 대역에서는 바람이 있는 경우에도 신뢰성 높은 계측이 가능하나 500Hz 미만에서는 일반 마이크로폰과 마찬가지로 바람의 영향을 일부 받는 것으로 평가되었다. 이에 본 연구에서는 표면 마이크로폰으로 CPX 측정을 수행하되 가급적 바람에 가장 적게

노출되는 타이어 근방에 설치하는 것이 저주파수 대역에서의 바람 효과를 최소화하는데 필요하다고 평가하였다.

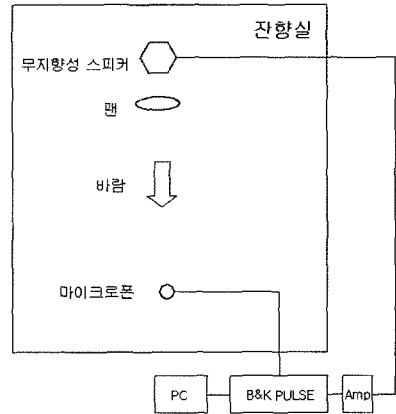


그림 6. 표면 마이크로폰 성능 시험을 위한 장비 구성도

#### 4. 시험도로 포장노면/타이어 소음 계측 및 분석

pass-by 방법과 CPX 방법으로 시험도로에서 차종·차속별 포장노면/타이어 소음을 포함한 차량 소음을 계측하기 위한 주요 장비 목록은 대기조건 및 차속을 계측하기 위한 장비와 함께 시험도로에서 이를 설치한 모습은 그림 7에 예시하였다.



(a) CPX 소음 계측 시스템



(b) pass-by 소음 계측 시스템

그림 7. 계측 시스템 설치 전경 예

## 5. 음향파워레벨 평가 기본식

일본의 ASJ 모델-1998, 유럽연합의 Harmonoise 등 기존 대부분의 교통 소음예측 모델에서는 차량 음향파워레벨  $L_W$  산정식의 기본 형태를 식(1)과 같이 적용하고 있다.

$$L_W = a_p + b_p \log V \quad (1)$$

여기서,  $a_p$ 와  $b_p$ 는 음향파워레벨 산정 계수로서  $a_p$ 가 큰 것은 엔진 아이들링 상태 등의 기본 소음도의 영향을 주로 나타내며,  $b_p$ 는 속도에 따른 로그 비례향을 나타낸다. 또한,  $V$ 는 차량 속도(km/h)이다. 한편, ASJ 모델-1998 등에서는 총합 음향파워레벨에서 대표 파워스펙트럼 값을 보정하여 주파수 대역별 음향파워레벨을 산정하고 있는 반면 2005년에 초안이 마련된 Harmonoise에서는 차종·차속·노면별 총합 및 주파수 대역별 음향파워레벨을 식(1)의 형태로 직접 산정하고 있다.

이에 본 과업에서는 원리적으로 보다 정밀하다고 평가되는 Harmonoise에서 적용한 방법을 준용하였다.

## 6. 차종·노면별 차량 속도에 따른 소음 발생도 분석

### 6.1 CPX 계측 A-가중치 음압레벨 산정계수

본 과업에서는 차종과 노면별로 차량 속도를 달리 하면서 시험대상 차량 속도별로 엔진부하 상태 및 관성 주행상태에서 CPX 방법으로 계측한 결과를 이용하여 A-가중치 총합 및 1/3-와 1/1-옥타브 밴드별 식(1)의 형태로 회귀분석하였다. 이때, 회귀분석시 각 속도별 소음도는 차량 타이어 근방에 장착한 복수개의 표면 마이크로폰에서 계측한 시간 등가 소음도를 dB 평균한 값을 활용하였다.

상기의 결과로부터 정상 주행조건에서 기본 음압레벨 산정계수  $a_p$ 는 23.6(4축 덤프트럭, 공차상태)에서 70.3(트레일러)까지의 값을 가지고, 속도의 로그에 비례하는 음압레벨 계수  $b_p$ 는 17.8(트레일러)에서 43.6(4축 덤프트럭, 공차상태)까지의 값을 가진다. 또한, 관성 주행조건에서는 기본 음압레벨 산정계수  $a_p$ 는 17.9(4축 덤프트럭, 만차상태)에서 47.2(3축 덤프트럭, 만차상태)까지의 값을 가지고, 속도 로그 계수  $b_p$ 는 28.4(SUV)에서 45.3(4축 덤프트럭, 만차상태)까지의 값을 가진다.

표 2. CPX 계측 A-가중치 총합 음압레벨 산정계수의 최소값과 최대값

시험 차량	엔진 부하 주행				관성 주행			
	$a_p$		$b_p$		$a_p$		$b_p$	
	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
승용차	30.6	42.2	30.2	41.1	25.7	36.5	33.2	43.3
SUV	38.6	48.0	28.2	36.2	36.8	46.8	28.4	36.9
소형트럭	25.9	36.2	35.6	40.6	32.2	40.5	31.8	37.4
대형 버스	26.6	48.0	27.1	40.4	20.5	33.5	34.1	43.7
트레일러	43.7	70.3	17.8	33.7	26.1	42.5	30.2	40.5
4축 덤프트럭, 공차	23.6	41.2	35.6	43.6	24.2	43.0	31.3	41.5
4축 덤프트럭, 만차	28.3	54.9	28.9	43.0	17.9	42.6	33.9	45.3
3축 덤프트럭, 공차	33.2	48.8	29.3	37.5	22.7	31.3	38.0	42.0
3축 덤프트럭, 만차	42.4	50.4	27.4	33.2	22.8	47.2	28.7	40.4

상기의 결과로부터 본 연구에서 도출한  $b_p$ 는 통상 노면/타이어 소음의 경우 40, 엔진 및 배기관 소음은 10에 근사하다는 기존 연구결과와 상당히 근접함을 확인할 수 있다. 한편, 400Hz 이하의 저주파수 대역과 2,000Hz 이상의 고주파수 대역에서  $a_p$ 가 음의 값을 가지는데 이는 이들 주파수 대역에서 속도에 따른 음압레벨 변동이 심하였기 때문인 것으로 판단된다. 아울러, 400Hz 이하 대역에서는 표면 마이크로폰에 유입되는 바람으로 인한 난류효과로 인한 오차도 일부 내재되어 있을 것으로 사료한다 (표 2 참조).

### 6.2 차종별 소음 발생도 차이 분석

각각의 시험대상 노면에 대해서 차량별 정상 및 관성 주행시 45~125km/h 속도 구간에 대한 A-가중치 총합 음압레벨 회귀 곡선을 구하였다.

상기의 결과로부터 시험대상 차량의 종류에 따라 동일 차속에서 엔진 부하상태인 정상주행조건에서 10dB, 관성주행 상태에선 7dB 까지 소음 발생량 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 또한, 모든 시험차량은 주행방법에 상관없이 차속이 증가할 수록 소음 발생량이 증가함을 확인할 수 있다. 그러나, 차속 증가시 차량별 소음 증가량은 차이가 있어 속도별로 소음 발생량 차이가 변화한다. 아울러, 이와 같은 경향은 정상주행조건에서 확연히 관찰된다. 이로 인해 정상주행조건 기준으로 승용차, SUV, 대형 버스, 4축 덤프트럭 만차상태, 3축 덤프트럭 만차 및 공차상태는 차속 증가에 따라 차종간의 소음 발생량 차이가 유사하나, 소형 트럭과 4축 덤프트럭 공차 상태에서는 차속 증가시 소음 발생량이 타차량에 비해 많이 증가하고, 트레일러의 경우 그 반대현상을 나타냄을 확인할 수 있다.

한편, Harmonoise의 차종별 분류기준을 적용하면 시험 대상 차종은 다음과 같이 분류된다.

- 소형차 : 승용차, SUV
- 중형차 : 소형 트럭, 대형버스

- 대형차 : 트레일러, 4축/3축 덤프트럭

그러나, 본 연구에서의 정상주행조건 소음 발생도 평가결과를 토대로 시험 대상 차량을 비정상적으로 엔진 소음이 크게 나타난 소형트럭을 제외하고 구분하면 다음과 같이 분류된다.

- 소형차 : 승용차, SUV, 대형 버스
- 대형차 : 트레일러, 4축/3축 덤프트럭

상기에 있어서 대형버스는 중형차로 분류되어야 하나 소형차로 분류한 것은 시험대상 차량이 신형일 뿐만 아니라 관리상태가 좋아 일부 노면과 차속에서는 승용차보다도 정숙한 특성을 나타내었기 때문이다. 따라서 대형버스와 소형트럭은 타차량을 이용한 추가적인 실험이 요구된다고 사료한다. 한편, 소형차로 분류된 시험차량은 동일 노면과 속도에서 차량별 소음도의 차이가 3dB 이내로 그 차이가 크지 않으나 대형차로 분류된 시험차량은 이보다 큰 차이를 나타내고 있다.

포장노면 특성에 있어서는 한국도로공사의 시험도로에 건설된 4종의 아스팔트 포장도로(일반 밀입도, PMA, SMA, 교량부 SMA)와 5종의 콘크리트 포장도로(인조잔디 깔기, 18mm/25mm 종 타이닝, 30mm 및 랜덤 횡 타이닝)에서 총 8대의 차량(승용차, SUV, 소형 트럭, 대형 버스, 트레일러 각 1대, 덤프트럭 3대)을 이용하여 타이어 인접 차체에 표면 마이크로폰을 부착하여 소음 발생도를 평가하였다. 그 결과, 차량 및 차속별로 다소간의 차이가 있으나 아스팔트 포장의 경우 시공방법에 따른 소음 발생량 차이가 크지 않고, 콘크리트 포장인 경우 상대적으로 큰 차이를 나타내었다. 특히, 랜덤 횡 타이닝 구간은 전반적으로 가장 큰 소음을 유발하였으며, 다음으로는 30mm 횡 타이닝과 인조잔디 깔기가 소음 유발량이 높은 것으로 평가되었다. 한편, 18mm와 25mm 종 타이닝 구간은 저속에선 25mm 종 타이닝, 고속에선 18mm 종 타이닝 포장이 소음 측면에서 유리한 것으로 평가되었다.

참고문헌

1. 일본음향학회 도로교통소음 조사연구위원회, “도로교통소음의 예측 모델-ASJ Model 1998”, 일본음향학회지 제55권 제 4호, 1999.
2. R. Nota, R. Barelds, D.V. Maercke, “Harmonoise WP3 Engineering Method for Road Traffic and Railway Noise after Validation and Fine-Tuning”, HAR32TR-040922-DGMR20, DGMR, 2005.1.20.
3. ISO 9613-1, “Acoustics - Attenuation of Sound During Propagation Outdoors - Part 1:Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere,” International Standard Organization, Geneva, 1993.
4. ISO 9613-2, “Acoustics - Attenuation of Sound During Propagation Outdoors - Part 2:General Method of Calculation,” International Standard Organization, Geneva, 1996.

**학회지 원고접수 안내**

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내용 및 형식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내의 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내의 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의후 게재
국내의 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 총평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외 소개	게재분량 엄수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

\* 집필자는 필히 본인 및 공동집필자 사진을 첨부하십시오.

E-mail : kospe@hanmail.net