

# CPX 및 Pass-by 계측을 이용한 단독 주행 차량의 음향파워 평가 방법에 관한 연구

## A Study on the Evaluation Method of Sound Power for a Travelling Vehicle Using CPX and Pass-by Measurements

○최태목\*·조대승†·문성호\*\*·서영국\*\*·김진형\*·김병희\*\*\*·배효준\*\*\*

Dae S. Cho, Tae M. Choi, Sung H. Mun, Young G. Seo, Jin H. Kim, Byung H. Kim and Hyo J. Bae

**Key Words** : Vehicle Noise(차량소음), Sound Power(음향 파워), Pass-by and CPX Measurement(패스바이와 근접 측정)

### ABSTRACT

This paper presents a novel method to determine sound power level(PWL) emitted by a travelling vehicle for road traffic noise simulation. The PWL is evaluated by the equivalent sound pressure level(SPL) measured by close proximity method and the sound power correction factor derived from the maximum SPL measured by pass-by method and the propagation attenuation of vehicle noise during the pass-by measurement. Using the method, we derive the empirical formula for PWL estimation in 1/1-octave and overall frequency bands for 8 vehicles(automobile, SUV, small truck, large bus, trailer, 3 dump trucks) tested at two road surfaces(dense graded asphalt, 30mm transverse finning concrete) of Korean highway test road. The suggested approach, if securing sufficient data to represent the acoustic characteristics of all vehicle types, has a strong merit to be able to evaluate sound power levels for any combination of vehicle categories and traffic volumes.

### 1. 서론

도로 교통 소음의 정확한 예측과 효율적 저감 대책 수립에 필요한 주행중인 차량의 음향파워 계측에는 Pass-by 방법과 CPX(Close Proximity) 방법 등이 활용되고 있다<sup>(1)</sup>.

소음전달 경로를 차단하는 지형·지물이 없는 도로 인접의 계측 지점을 통과하는 차량별 소음도와 속도 등을 측정하는 Pass-by 방법은 ISO 규격<sup>(2)</sup>으로 채택된 공신력 있는 방법이다. 그러나, 이 방법은 계측 지점 선정에 제한이 있을 뿐만 아니라 차량과 계측지점간의 이격거리와 환경 조건에 따른 전달감쇠를 평가해야만 차량의 정확한 음향파워레벨 산정이 가능하다. 또한, 통계적 방법으로 평가하기 때문에 차종별로 최소 수십대 이상의 계측이 요구된다는 단점이 있다.

마이크로폰을 차량에 직접 부착하여 차량 주행시의 평균 소음도를 측정하는 CPX 방법은 암소음 영향 배제가 용이하

고, 전달감쇠에 상관없이 소음을 계측할 수 있을 뿐만 아니라, 포장 노면의 종류와 차량 주행 방법에 따른 소음 발생도 차이를 손쉽게 평가할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, CPX 방법은 음향파워레벨 산정에 요구되는 차량의 유효 방사 면적을 산정하기 곤란하다.

한편, 환경조건이 일정하면 소음원으로부터 수음점까지의 전달감쇠량은 일정하므로, Pass-by 방법과 CPX 방법의 장단점을 상호 보완하여 차량 속도와 운전 방법은 물론 노면의 종류에 따라 달라지는 차량 방사 음향파워를 효율적으로 평가할 수 있는 방법의 정립이 요구된다.

이에 본 연구에서는 일정한 포장노면 특성을 갖는 시험 구간을 정속 주행하는 차량의 시간 평균 등가 소음도는 CPX 방법으로 계측하고, 시험 구간 중앙부에서 Pass-by 방법으로 최대 소음도를 동시에 계측한 결과와 Pass-by 계측시의 차량과 계측 지점간의 전달감쇠량을 이용하여 CPX 방법으로 계측한 등가 소음도로부터 차량 음향파워레벨을 산정하는 방법을 제시하였다. 제시된 방법은 차량 주행 속도는 물론 노면 종류가 다른 경우에도 동일한 음향파워레벨 보정치를 이용하여 CPX 계측 결과로부터 차량 음향파워레벨을 평가할 수 있다는 장점이 있다.

제시된 방법의 타당성과 유용성을 확인하고자 한국도로공사 시험도로에 시공된 일반 밀입도 아스팔트 포장(dense

† 책임저자: 정회원, 부산대학교 조선해양공학과  
E-mail : daecho@pusan.ac.kr  
Tel : (051) 510-2482, Fax : (051) 512-8836

\* (주)크리에이티브

\*\* 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹

\*\*\* 부산대학교 조선해양공학과

graded asphalt; DGA) 구간과 30 mm 간격의 횡방향 타이닝을 갖는 콘크리트 포장(H30 concrete) 구간에서 8대의 차량으로 시험한 결과로부터 유도한 차량차속 및 포장노면 종류별 음향파워레벨 산정식을 평가하였다.

## 2. 단독 주행 차량의 음향파워레벨 평가 방법

차체 또는 차량에 연결된 트레일러에 마이크로폰을 설치하는 CPX 방법<sup>(3)</sup>을 이용하면 차량이 일정한 노면특성을 갖는 도로를 정속 주행할 경우의 차량의 시간 평균 등가 소음도  $L_{Aeq,CPX}$ 를 측정할 수 있다.

또한, Pass-by 방법에 의거하여 차량 단독 주행시 도로 노면에 설치된 마이크로폰을 이용하면 차량의 최대 소음도  $L_{Amax,passby}$ 를 동시에 측정할 수 있다. 이때, 차량 소음의 수평방향 지향성을 무시하면  $L_{Amax,passby}$ 는 차량이 Pass-by 계속 지점을 가장 근접하여 통과할 때 측정된 것이라고 간주할 수 있다. 따라서, 차량을 Pass-by 계속 지점에 가장 근접한 곳에 위치한 음향파워레벨  $L_W$ 인 정지 소음원으로 간주하면  $L_{Amax,passby}$ 는  $L_W$ 와 다음과 같은 관계식을 가진다.

$$L_{Amax,passby,i} = L_{W,i} + D_{L,i} - A_{total,i} \quad (1)$$

여기서, 하첨자  $i$ 는 주파수 대역을 나타내며,  $D_{L,i}$ 는 수직방향 지향성 보정치(dB)이고,  $A_{total}$ 은 차량 소음원로부터 Pass-by 소음 계속 지점까지의 거리확산 효과와 모든 잉여감쇠 효과를 포함하는 전달감쇠이다.

한편, 차량 음향파워레벨  $L_W$ 는 ISO 3744<sup>(4)</sup>에 의거해서 CPX 방법으로 측정한 소음도  $L_{Aeq,CPX}$ 와 다음과 같은 상관 관계를 가진다.

$$L_{W,i} = L_{Aeq,CPX,i} + C_i \quad (2)$$

여기서,  $C_i$ 는 음향파워 보정계수(dB)에 해당한다. 따라서, 식(2)를 식(1)에 대입하면  $L_{Amax,passby}$ 는  $L_{Aeq,CPX}$ 와 다음과 같은 상관 관계식을 가진다.

$$L_{Amax,passby,i} = L_{Aeq,CPX,i} + C_i + D_{L,i} - A_{total,i} \quad (3)$$

식(4)에서 전달감쇠  $A_{total}$ 은 Pass-by 계속지점의 지형·지물과 계속 당시의 기상조건을 이용하면 ISO 9613-2<sup>(5)</sup> 방법 등으로 Pass-by 계속을 위한 마이크로폰 위치별로 평가할 수 있다. 또한, 지향성  $D_{L,i}$ 는 기준 위치에서의  $D_{L,i} = 0$ 이라 두면, 음향파워 보정계수  $C_i$ 는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$C_i = L_{Amax,passby,i} - L_{Aeq,CPX,i} + A_{total,i} \quad (4)$$

또한, 음향파워 보정계수 평가에 있어서 Pass-by 계속시 기준 마이크로 폰 위치 대비 타 위치에서의  $C$ 값의 차이는 해당 방향에 대한 지향성에 해당한다.

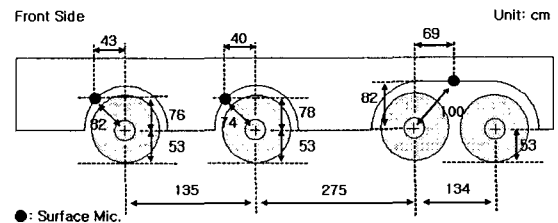
## 3. 시험 조건과 측정·평가 방법

### 3.1 시험 차량과 운전조건

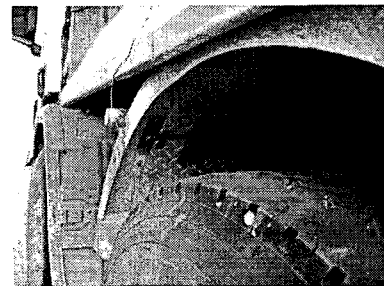
본 연구에서 제시한 주행중인 차량의 음향파워 평가 방법의 타당성과 정확도를 확인하고자 한국도로공사 시험도로에 시공된 길이 149m의 일반 밀입도 아스팔트 포장 구간과 길이 200m의 30mm 횡 타이닝 콘크리트 포장 구간에서 총 8대의 차량(승용차, SUV, 소형트럭, 대형 버스, 트레일러, 25톤 덤프트럭 각 1대, 15톤 덤프트럭 2대)을 이용하여 Pass-by 및 CPX 방법으로 차량차속별 소음을 측정하였다. 이때, 시험은 차량별로 60 ~ 120 km/h 또는 50 ~ 100 km/h 속도 구간에 대해 10 km/h 간격으로 최소 2회 이상 정속 조건에서 수행하였다. 한편, 음향파워 평가에 있어서 실제 차량 속도는 레이저 또는 GPS 속도계로 측정한 결과를 활용하였다.

### 3.2 CPX 측정에 의한 차량·차속별 평균 소음도 측정 및 평가 방법

CPX 방법 적용시 마이크로 폰은 협소한 공간에 설치하기 용이한 B&K 4949 표면 마이크로폰을 이용하였다. 이때, 마이크로 폰의 설치 위치는 바람으로 인한 계속 오차를 최소화하기 위하여 Fig. 1에 예시한 바와 같이 전륜과 후륜 타이어 근접 차체 부분에 좌우측 대칭으로 각각 설치하였다.



(a) Positions of surface microphones



(b) Attached surface microphone

Fig. 1 Attached positions of surface microphones at CPX measurement: 15ton dump truck

한편, 차량의 평균 소음도는 최소 4개 이상의 마이크로폰으로 측정된 소음도를 dB 평균하여 산정하였다. 또한, 동일 차량에 대해서 차속 및 시험차수별로 달라지는 소음도 산정식은 다음과 같은 형태로 평가하였다.

$$L_{Aeq,CPX,i} = a_p + b_p \log V \quad (5)$$

여기서,  $a_p$ 와  $b_p$ 는 시험 자료의 회귀분석에 의해 도출되는 상수이고,  $v$ 는 차속(km/h)이다.

### 3.3 Pass-by에 의한 최대 소음도 측정 방법

단독 주행하는 차량의 최대 소음도를 Pass-by 방법으로 측정하기 위한 마이크로폰 설치 위치는 Fig. 2에 나타내었다. 한편, Pass-by 방법 측정 지점은 미국 연방고속도로국에서 제시하고 있는 측정지점에 대한 조건<sup>(6)</sup>을 최대한 만족하는 지점으로 선정하였다. 또한, Pass-by 방법으로 측정한 최대 소음도가 15분 동안의 시간 평균 암소음보다 10 dB 이상 높은 경우에만 유효한 자료로 간주하였다.

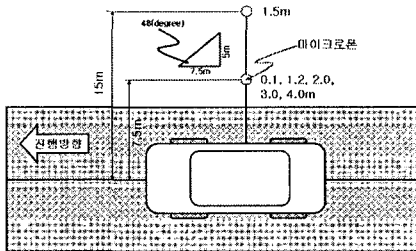


Fig. 2 Microphone positions at the pass-by measurement

### 3.4 Pass-by 측정시 전달감쇠 평가 방법

2장에서 기술한 방법으로 차량 소음원의 음향파위레벨과 지향성을 평가하기 위해서는 소음원의 기준 위치와 전달감쇠 평가 방법을 결정해야 한다. 본 연구에서는 소음원 위치의 경우 ASJ 모델-1998의 방법<sup>(7)</sup>을 준용하여 주행 차로 중앙부의 높이 0.01m 위치로 설정하고, 전달감쇠는 ISO 9613 방법<sup>(5,8)</sup>으로 산정하는 환경소음예측 프로그램 ENPro<sup>(9)</sup>를 이용하여 평가하였다. 이때, 차량은 전륜과 후륜간의 길이를 고려하여 3개의 그룹(그룹 I: 축간 거리 3m 이하 - 승용차, SUV, 소형 트럭, 그룹 II: 축간 거리 4.0m ~ 6.5m - 15톤 및 25톤 덤프트럭, 대형 버스, 그룹 III: 축간거리 8m 이상 - 트레일러)으로 구분하여 유한 길이 선 소음원으로 모델링하였다. 또한, 공기 흡음 효과 등을 평가하기 위한 대기조건은 측정 당일 측정 결과를 활용하였다.

Fig. 3에는 DGA 포장 구간에서 전달감쇠량을 평가하기 위한 수치해석 모델을 제시하였다.

## 4. 시험 및 평가 결과

### 4.1 CPX 및 Pass-by 측정 시간 이력

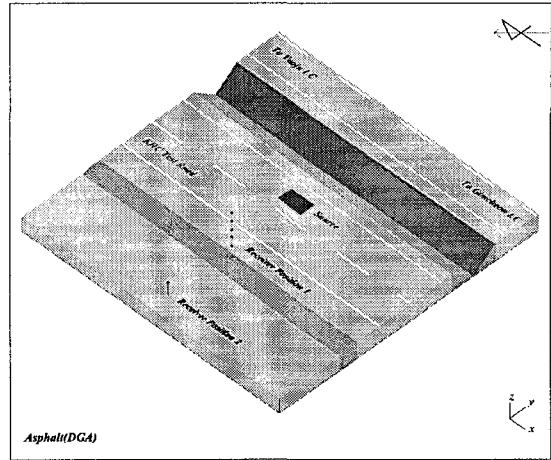
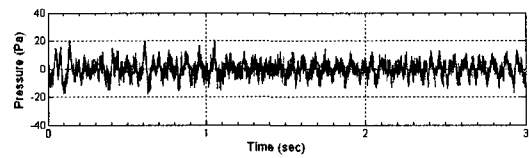
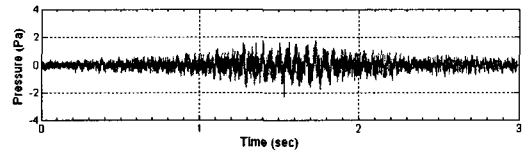


Fig. 3 Noise prediction model to evaluate propagation attenuation at the DGA surface road



(a) CPX measurement



(b) Pass-by measurement

Fig. 4 Time history of noise emitted by a large bus at the DGA surface road:  $V=100$  km/h

CPX 및 Pass-by 측정시 측정된 시간이력은 Fig. 4에 대형 버스가 DGA 포장 구간을 100 km/h로 정속주행할 경우의 측정 결과를 제시하였다.

### 4.2 CPX 측정 차종-속도별 음압레벨 산정계수

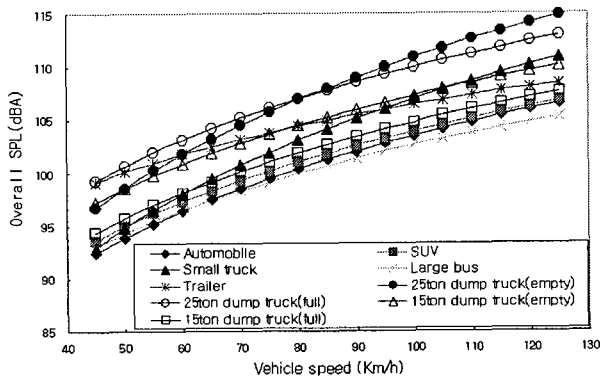
CPX 측정으로 측정한 차량 소음도를 분석한 결과 모든 측정조건에서 암소음보다 최소 6 dB 이상 높은 것으로 평가되었다. 이에 CPX 측정 결과를 이용하여 3.2절에 기술한 방법으로 차량차속별 A-가중치 음압레벨 산정계수를 광대역에 대해서는 물론 1/3- 및 1/1-옥타브 밴드별로 산정하였다<sup>(10)</sup>. Table 1과 Fig. 5에는 상기 결과 중 총합 음압레벨에 대한 결과만을 제시하였다.

### 4.3 Pass-by와 CPX 소음 측정 결과의 상관관계 분석

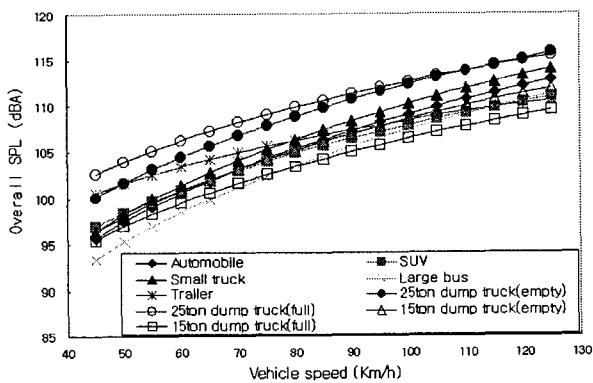
차량 단독 주행시 Pass-by 방법으로 측정한 A-가중치 총합 최대 소음도  $L_{Amax, passby}$ 와 CPX 방법으로 측정한 A-

Table 1. Coefficients to calculate A-weighted overall pressure level of a vehicle derived from the CPX measurement

Vehicle	DGA		H30 Concrete	
	$a_p$	$b_p$	$a_p$	$b_p$
Automobile	39.4	32.0	31.7	38.7
SUV	44.1	29.9	45.0	31.5
Small truck	25.9	40.6	30.6	39.8
Large bus	47.0	27.8	26.6	40.4
Trailer	64.3	21.1	62.8	22.8
15ton dump truck	empty	48.8	29.3	38.2
	full load	44.6	30.1	43.2
25ton dump truck	empty	28.6	41.1	41.2
	full load	48.3	30.9	54.9



(a) Dense graded asphalt



(b) Concrete (30mm transverse tinning)

Fig. 5 Regression curve of A-weighted overall sound pressure level derived from CPX measurement

가중치 총합 등가 소음도  $L_{Aeq,CPX}$  중에  $L_{Amax,passby}$  가 암소음보다도 10 dB 이상 높게 계측된 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 또한,  $L_{Aeq,CPX}$  에서  $L_{Amax,passby}$  를 뺀 값의 평균값과 이의 표준편차를 Table 2에 나타내었다.

이로부터  $L_{Aeq,CPX}$  와  $L_{Amax,passby}$  간 차이값의 평균치는 소형차에서 크고, 대형차에서는 작은 경향을 나타내어

승

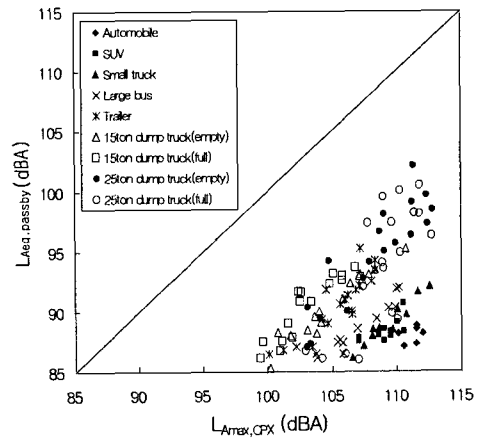


Fig. 6 Measured  $L_{Aeq,CPX}$  and  $L_{Amax,passby}$

Table 2. Mean value of  $L_{Aeq,CPX}$  minus  $L_{Amax,passby}$  and its standard deviation for each vehicle

Vehicle	Mean (dB)	Standard deviation (dB)	No. of data	
Automobile	23.13	0.81	6	
SUV	20.64	0.89	12	
Small truck	20.22	0.48	10	
Large bus	18.37	0.71	12	
Trailer	14.84	1.24	18	
15ton dump truck	empty	14.43	0.74	16
	full load	12.71	1.06	16
25ton dump truck	empty	13.52	1.98	18
	full load	15.14	3.66	18

용차가 23.13 dB로서 가장 크고, 15톤 덤프트럭 만차 상태에서 -12.71 dB로서 가장 작음을 확인할 수 있다. 한편, 차이값의 표준편차는 25톤 덤프트럭을 제외한 대부분의 차량에서 1.3 dB 미만으로 나타나  $L_{Amax,passby}$  과  $L_{Aeq,CPX}$  의 상관성이 매우 높은 것으로 평가된다.

#### 4.4 Pass-by 계측시 전달감쇠 평가 결과

3.4절에 기술한 방법으로 Pass-by 계측 지점까지의 전달 감쇠량을 옥타브 밴드별로 평가하였다. 이때, 여름과 늦가을에 실시된 계측 일시별 온도, 습도 차이로 인한 전달감쇠량 평가 결과차이는 1.0 dB 미만이었다. Table 3에는 DGA 포장구간에서 2005년 8월 12일 계측 당시의 대기 온도 28.2°C, 상대습도 76% 조건으로 주행차로 중앙으로부터 수평거리 7.5m, 높이 1.2m에 설치된 기준 마이크로폰까지의 옥타브밴드별 전달감쇠를 산정한 결과를 제시하였다.

#### 4.5 음향파워 보정계수 평가 결과

CPX와 Pass-by 계측 결과 및 Pass-by 계측시의 전달감 Table 3. Propagation attenuation in dB from the center of test road lane to the position of reference microphone in Pass-by measurement

Freq.(Hz)	Length between axes		
	Below 3m	From 3.0m to 6.5m	Over 6.5m
63	25.61	25.73	25.98
125	25.61	25.74	25.98
250	25.62	25.74	25.99
500	25.63	25.76	26.00
1,000	25.66	25.79	26.04
2,000	25.70	25.83	26.07
4,000	25.78	25.90	26.15
8,000	26.06	26.18	26.43

쇠량 평가 결과를 이용하여 식(4)에 의거하여 음향파워 보정계수를 1/1-옥타브 밴드 및 광대역 주파수 영역에 대해서 평가하였다. Fig. 7에는 주행 차로 중간으로부터 수평거리 7.5m, 높이 1.2m의 기준 마이크로 폰 위치에서 대형 버스에 대한 평가 결과를 제시하였다. 또한, Table 4에는 차량 및 차속별로 평가한 광대역 음향파워 보정계수의 평균값과 이의 표준편차를 나타내었다.

상기 결과로부터 광대역 음향파워 보정계수는 대형차류가 크고, 이의 표준편차는 덤프트럭을 제외하곤 1 dB 이내임을

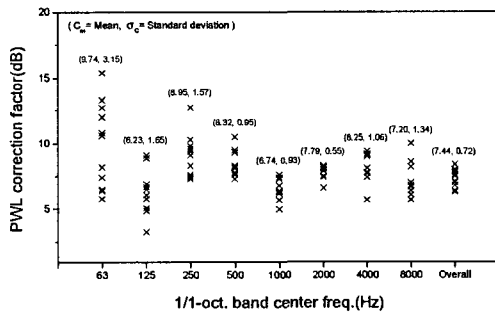


Fig. 7 Distribution of PWL correction factor for a large bus

Table 4. Evaluated mean value and its standard deviation of PWL correction factor in overall frequency band

Vehicle	Mean (dB)	Standard deviation(dB)	
Automobile	2.34	0.75	
SUV	4.97	0.66	
Small truck	5.65	0.52	
Large bus	7.44	0.72	
Trailer	11.19	0.84	
15ton dump truck	empty	11.49	0.85
	full load	13.17	1.11
25ton dump truck	empty	12.37	1.72
	full load	10.76	2.70

확인할 수 있다. 한편, 1/1-옥타브밴드별 음향파워 보정계수의 표준편차는 차량 소음이 지배적인 500 Hz 이상의 고주파수 대역에서는 대부분의 경우에 1 dB 이내의 값을 가지나 250 Hz 이하의 주파수 대역에서는 상대적으로 큰 값을 나타내었다. 이는 CPX 계측시 사용한 표면 마이크로폰이 250 Hz 이하의 저주파수 대역에선 바람 등의 영향으로 인해 계측 신뢰도가 떨어지기 때문인 것으로 사료한다.

#### 4.6 차량 소음의 수직 방향 지향성 평가 결과

본 연구에서는 Fig. 2에 나타낸 Pass-by 계측시 기준 마이크로폰에 대한 타 마이크로폰 설치 위치에서의 음향파워 보정계수 평균값의 차이를 비교하였다. 그 결과, 기준 위치와 타 위치간의 음향파워 보정계수의 차이는 기준 위치에서 도출된 음향파워 보정계수의 표준편차 값과 유사한 크기를 가져 단독 주행 차량의 수직 방향 지향성을 평가하기 곤란하였다.

#### 4.7 단독 주행차량의 음향파워레벨 산정식 평가 결과

단독 주행하는 차량의 음향파워 산정식은 식(2)와 식(5)에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{pV} = A + B \log V \quad (6)$$

상기의 음향파워레벨 산정계수 A와 B를 CPX 방법으로 계측한 시간 평균 등가 소음도와 음향파워 보정계수를 이용하여 시험 차량별로 도출한 결과는 Table 5에 나타내었다.

상기의 결과로부터 본 연구에서 구한 차량 및 노면별 총합 음향파워레벨 산정식은 기존의 한국도로공사 소음예측모델 KHTN-2001에 적용된 음향파워레벨 산정식<sup>(11)</sup>과 유사한 값을 주나 차종과 차속 및 노면 종류에 따라 수 dB 이내의 차이가 있다. 특히, 25톤 덤프트럭의 경우 KHTN-2001의 대형차 음향파워레벨보다도 90 km/h 기준 약 7 dB 높은 것으로 나타났다. 이는 시험 대상 차량이 적재 용량 25 ton의 특수 대형 덤프트럭이기 때문인 것으로 판단한다.

한편, 본 연구에서 도출한 1/1-옥타브 밴드별 음향파워레벨 산정식은 250 Hz 미만의 저주파수 대역에서는 CPX 계측에 사용된 표면 마이크로폰의 계측오차로 인해 상대적으로 정밀도가 높지 않다. 그러나, 도로교통소음의 경우 상기 주파수 대역 성분의 기여도가 매우 낮기 때문에 총합 소음도 기준 고속도로 교통소음의 정밀한 해석과 방음대책 수립엔 미치는 영향은 미미하다고 판단한다.

### 5. 결론

본 연구에서는 CPX 방법으로 계측한 등가 소음도와 ISO 9613 방법에 의한 전달감쇠 산정 방법 및 Pass-by 방법으로 계측한 최대 소음도를 이용하여 차량 음향파워레벨을 산정하는 방법을 정립하였다. 또한, 제시된 방법을 토대로 8대

Table 5. Coefficients to estimate PWL of a travelling vehicle

(a) Automobile & SUV

Freq. band (Hz)	Automobile				SUV			
	DGA		H30 Concrete		DGA		H30 Concrete	
	A	B	A	B	A	B	A	B
63	-5.4	42.7	3.3	38.6	2.5	38.2	13.4	33.0
125	6.8	39.4	37.4	25.4	13.0	36.8	36.1	26.2
250	12.1	40.0	32.2	32.1	23.8	34.6	38.2	28.9
500	44.4	25.3	48.9	25.3	59.3	20.7	73.2	15.1
1,000	41.1	31.3	26.8	41.7	38.4	33.6	34.7	38.1
2,000	31.9	33.8	31.3	35.7	26.7	37.5	25.7	40.2
4,000	14.4	39.4	14.5	40.6	49.6	22.9	45.9	25.1
8,000	-23.4	53.9	-24.1	54.6	39.0	26.1	31.8	29.7
Overall	41.7	32.0	34.0	38.7	49.1	29.9	50.0	31.5

(b) Small truck & large bus

Freq. band (Hz)	Small truck				Large bus			
	DGA		H30 Concrete		DGA		H30 Concrete	
	A	B	A	B	A	B	A	B
63	4.4	38.3	11.8	34.5	19.2	33.0	27.0	28.9
125	23.7	33.1	50.1	20.3	18.2	36.5	28.8	31.7
250	20.2	39.6	36.1	32.2	25.9	37.1	30.6	35.8
500	17.9	44.2	57.2	24.6	51.7	26.1	56.0	25.8
1,000	24.3	41.5	19.0	46.1	52.8	26.7	17.6	47.3
2,000	26.6	40.6	27.5	42.4	46.6	28.2	27.6	39.4
4,000	27.2	37.7	31.9	36.0	29.0	34.2	16.3	42.2
8,000	36.0	29.3	39.9	27.7	8.0	40.2	-0.5	45.4
Overall	31.6	40.6	36.3	39.8	54.4	27.8	34.0	40.4

(c) Trailer

Freq. band (Hz)	DGA		H30 Concrete	
	A	B	A	B
63	35.9	25.7	41.1	23.4
125	67.6	14.8	67.7	15.3
250	78.7	13.2	81.7	12.6
500	48.6	32.3	57.2	28.5
1,000	73.8	19.9	56.5	30.5
2,000	79.9	14.6	74.0	18.2
4,000	47.2	28.5	60.6	21.1
8,000	65.4	13.9	65.3	14.0
Overall	75.5	21.1	74.0	22.8

(d) 15ton dump truck

Freq. band (Hz)	Empty				Full load			
	DGA		H30 Concrete		DGA		H30 Concrete	
	A	B	A	B	A	B	A	B
63	18.6	34.7	17.4	36.8	23.9	31.5	33.3	26.5
125	51.5	23.5	53.5	24.4	40.4	27.6	49.8	23.0
250	86.2	11.5	58.7	28.4	48.8	32.5	52.9	30.3
500	22.5	45.9	36.4	38.7	42.7	34.8	45.4	34.0
1,000	69.1	21.0	49.9	32.6	56.0	27.6	46.5	33.8
2,000	46.8	32.3	38.7	36.0	52.6	27.6	53.1	28.5
4,000	39.6	33.2	32.4	36.1	59.9	20.6	54.9	24.0
8,000	46.8	26.1	27.2	35.3	54.7	18.8	58.9	16.8
Overall	60.3	29.3	49.7	35.2	57.8	30.1	56.4	31.6

(e) 25ton dump truck

Freq. band (Hz)	Empty				Full load			
	DGA		H30 Concrete		DGA		H30 Concrete	
	A	B	A	B	A	B	A	B
63	66.5	11.6	63.3	13.3	81.7	4.6	86.4	1.3
125	27.9	34.8	42.8	27.7	48.4	23.5	70.6	12.8
250	74.9	17.7	78.3	16.3	88.6	8.3	86.2	10.0
500	15.2	53.4	27.0	47.6	38.3	40.9	36.9	42.4
1,000	51.0	31.4	29.8	44.7	46.3	33.4	39.9	38.7
2,000	51.1	30.8	45.8	34.1	48.2	31.3	48.3	31.9
4,000	47.4	29.0	47.2	29.6	37.1	32.9	44.5	29.7
8,000	33.9	30.0	38.7	27.8	22.4	34.8	46.9	22.1
Overall	41.0	41.1	53.6	35.6	59.1	30.9	65.7	28.9

의 차량에 대해 일반 밀입도 아스팔트 포장과 30mm 횡타이닝 콘크리트 포장 도로 주행시의 차량별 음향파워레벨 산정식을 도출하였다.

제시된 음향파워레벨 산정식은 시험 차량의 대수와 종류가 제한되어 기존 모든 차량의 소음 발생 특성을 반영하고 있지는 않다. 그러나, 본 연구에서 제시한 방법은 원리적으로 임의 차종 구분과 차량 종류별 유입비에 대해서도 차종과 노면 종류에 따른 주파수 대역별 음향파워레벨 산정이 가능하다. 따라서, 보다 정밀한 고속도로 교통소음의 음향파워레벨 평가를 위해서는 향후 다양한 차량 및 노면 종류에 대해 추가적인 시험을 통해 차종별 소음 발생 특성이 통계적으로 반영된 음향파워레벨 산정 계수 추출이 필요하다고 판단한다.

후기

이 연구는 한국도로공사 도로교통기술원과 첨단조선공학 연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- (1) Ulf Sandberg, 1997, "Influence of Road Surface Texture on Traffic Characteristics Related to Environment, Economy and Safety. A State-of-the art Study Regarding Measures and Measuring Methods", VTI notat 53A-1997, Swedish National Road Administration, 1997.
- (2) ISO 11819-1, 1997, "Acoustics - Measurement of the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise - Part 1. The Statistical Pass-by Method", ISO.
- (3) ISO/CD 11819-2, 2000, "Acoustics - Measurement of the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise - Part 2. The Close Proximity Method", ISO.
- (4) ISO 3744, 1994, "Acoustics - Determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Pressure - Engineering Method in an Essentially Free Field over a Reflecting Plane", ISO.
- (5) ISO 9613-2, 1996, "Acoustics - Attenuation of Sound During Propagation Outdoors - Part 2: General

Method of Calculation," ISO.

(6) C.S.Y. Lee and G.G. Fleming, 1996, "Measurement of Highway-Related Noise", Report No. FHWA-PD-96-046 and DOT-VNTSC-FHWA-96-5, U.S. Dept. of Transportation.

(7) 일본음향학회 도로교통소음 조사연구위원회, 1998, "도로교통소음의 예측 모델-ASJ Model 1998", 일본음향학회지 제55권 제 4호.

(8) ISO 9613-1, 1993, "Acoustics - Attenuation of Sound During Propagation Outdoors - Part 1: Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere," ISO.

(9) Createch, 2004, ENPro 3.1 User's Manual.

(10) 조대승 외, 2005, "고속도로 포장노면과 타이어간의 마찰음 분석 및 평가 기법 연구(I)," 부산대학교.

(11) 조대승 외, 2002, "고속도로 교통소음 예측 - 자동차 주행소음의 음향파위레벨 평가", 한국소음진동공학회 논문집, 제12권 제8호, pp. 581~588.