

< 논 문 >

## 차량통행으로 발생하는 도로진동의 전파특성

### Propagation Characteristics of Road Vibration Generated from Vehicles

박준철\* · 유승도\*\* · 신동석\* · 이정희\* · 설증민\*\*

J.C. Park, S.D. Yu, D.S. Shin, J.H. Lee and J.M. Sul

(1998년 7월 15일 접수 : 1998년 12월 31일 심사완료)

**Key Words** : Road Vibration(도로진동), Vibration Level(진동레벨), Distance Attenuation(거리감쇠), Vibration Frequency(진동주파수), Influence Range(영향범위)

#### ABSTRACT

Ground vibrations induced from road were investigated to get the basic data that can be used to prepare countermeasures for environmental vibration problems. Vibration levels were measured simultaneously at three points in double distances from road. These data were analyzed with the type of vehicles, roads, media to understand the magnitudes and characteristics of distance attenuation of road vibrations. Vibration levels recorded on tapes were analyzed to understand the characteristics of frequency of road vibration. The range which could be influenced by the road vibration was estimated to take into account the mean of  $L_{max}$  and distance attenuation of vibration level 5 m from roadside.

#### 1. 서 론

차량통행으로 발생하는 도로진동은 차체에서의 가진터이 타이어를 통해서 지면에 전달되어 도로가 강제진동하는 것이므로 차종, 차중, 주행속도, 노면 및 수진점 사이의 매질 특성, 평탄성에 의해서 좌우된다. 또한 진동규제법에서 적용되는 기준치가  $L_{10\ 5min}$  이라는 관점에서는 교통량에도 영향을 받는다. 이들의 요인은 복잡하게 상호관련 되어 있으므로 현 시점에서 각각의 요인별로 그 기여도를 명확하게 결정하는 것은 어렵다<sup>(1)</sup>.

도로진동은 사람이 직접 감각으로 느낄 수 있으므로 도로변에 접해있는 주민들은 정신적·물리적인

피해를 겪고 있으나, 그 동안 도로진동에 대하여는 소음에 비해 거의 관심을 기울이지 못한 실정이었다. 이는 소음보다 영향권이 국지적이고 주민피해를 확인할 수 있는 객관적 기준이 없기 때문이라 할 수 있다<sup>(2)</sup>. 한편, 최근 들어 진동 피해에 대한 관심의 고조와 진동에 대하여도 환경기준을 설정해야 한다는 의견들이 계속적으로 제기되고 있으나, 전반적인 환경진동 실태를 파악하기에는 기초자료가 부족한 실정이다<sup>(3)</sup>. 환경진동의 기준과 관리방안을 마련하기 위해서는 환경진동의 현황과 특성을 파악하여야 하고, 이들 진동이 주민들에게 미치는 영향을 파악하는 것이 기초적인 과정이라 할 수 있다<sup>(4)</sup>.

따라서 본 연구에서는 도로진동의 실태 조사를 위해 차량, 노면, 매질종류의 파악과 함께 도로단으로부터의 2배거리별 진동레벨을 측정하고 주파수를 분석하여 도로진동의 거리감쇠, 주파수 특성 및 영향범위를 파악하고자 하였다. 또한 통행량을 고려한 진동레

\* 국립환경연구원 소음진동과

\*\* 정희원, 국립환경연구원 소음진동과

벨의 평가를 위하여  $L_{10\ 5\ min}$ ,  $L_{eq\ 5\ min}$  을 측정하여  
 통행량과의 관계 및 상호관계를 도출하고자 하였다.

## 2. 측정개요

### 2.1 대상지역

경기도와 충청도의 주요 국도변을 조사 대상으로  
 하였고, 도로단으로부터 직각으로 20 m 정도까지  
 평탄하고, 외관상 매질의 변화가 심하지 않으며, 건  
 물·시설·식생 등 진동전파에 영향을 미치는 장애  
 물이 없는 곳을 측정지점으로 선정하였다(Table 1).

### 2.2 측정방법

차종별 진동특성의 파악을 위하여 차량 1대가 통  
 과할 때의 최대진동레벨  $L_{max}$ 를 측정하였다. 진동레  
 벨계(vibration level meter : RION, VM-52)와 기  
 록기(sound and vibration level processor : RION,  
 SV-73)를 이용하여 지표면 수직진동가속도레벨  
 (vibration acceleration level : VAL)에 주파수별  
 로 감각보정된 진동레벨(vibration level : VL)을  
 도로단으로부터 2배거리로 3개 지점(5, 10, 20 m)  
 에서 동시에 측정하였다. 속도측정기(speed gun)를  
 이용하여 차량의 주행속도를 측정하였고, 디지털 기

록기(digital recorder : SONY, 4ch PC-204)를 이  
 용하여 진동신호를 측정하였다. 주파수 특성은 주파  
 수분석기(digital frequency analyzer : B&K,  
 2131, RION, SA-27) 및 레벨프린터(level printer  
 : B&K, 2312, RION, LR-04)를 이용하여 실험실

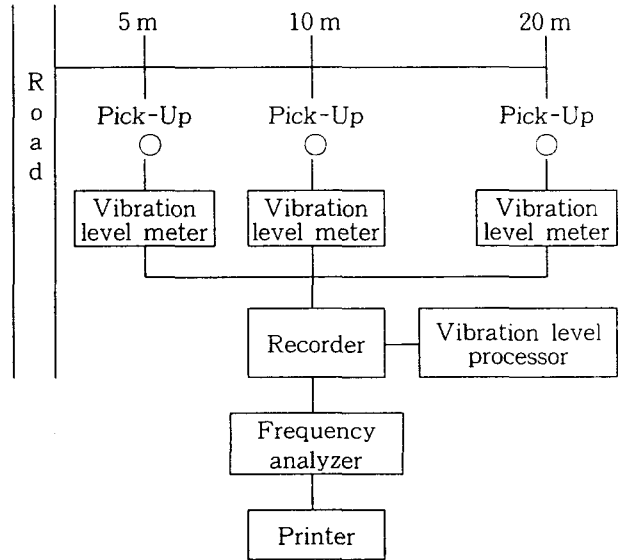


Fig. 1 Schematic diagram of the measurement and analysis system

Table 1 Summary of road vibration measurement

Route number	Measuring site	$L_{max}$		$L_{10\ 5\ min}$ · $L_{eq\ 5\ min}$	
		Number of sample (대형/중형/소형)		Number of sample	Traffic quantity (대형/중형/소형)
21	아산시 배방면 구령리	32/	3/ 0	-	-
29	서산시 해미면 반양리	20/	0/ 0	5	54/ 111/ 195
	홍성군 갈산면 쌍천리	-	-	5	36/ 82/ 98
32	태안군 태안읍 평천리	18/	2/ 0	5	52/ 141/ 163
34	평택시 현덕면 기산리	20/	0/ 0	6	148/ 128/ 201
39	공주시 유구읍 입석리	12/	13/ 3	6	22/ 65/ 89
	공주시 유구읍 신달리	10/	6/ 4	6	35/ 54/ 73
	아산시 영인면 아산리	18/	2/ 0	6	130/ 92/ 108
40	공주시 이인면 주봉리	10/	10/ 0	6	20/ 61/ 30
	공주시 탄천면 성 리	10/	10/ 0	6	20/ 50/ 57
43	화성군 봉담면 덕 리	20/	0/ 0	6	209/ 286/ 296
	화성군 봉담면 동화리	16/	4/ 0	6	114/ 235/ 0
45	아산시 도고면 향산리	20/	0/ 0	5	40/ 103/ 173
	예산군 덕산면 사동리	13/	7/ 0	6	51/ 115/ 136
Total		219/ 57/ 7		74	

에서 분석하였다.

통행량을 고려한 진동레벨을 평가하기 위하여 도로단으로부터 2배거리로 3개 지점(5, 10, 20 m)에서 5분 동안의  $L_{10\ 5\ min}$  과  $L_{eq\ 5\ min}$  을 동시에 측정하였고, 측정시간동안의 통행량을 대형, 중형, 소형차량으로 나누어 계수하였다. 대형차량은 트럭, 버스 등이고, 중형차량은 타이탄, 봉고, 짚 등이며, 소형차량은 승용차로 각각 분류하였다.

도로진동의 측정에 사용한 측정 및 분석 시스템은 Fig. 1과 같으며, 측정조건 및 측정거리의 사용·조작은 소음·진동공정시험방법<sup>(5)</sup>을 준용하였다.

### 3. 진동전파

#### 3.1 최대진동레벨

도로단에서 2배거리로 3개 지점에서 동시 측정된 283대의 차량에 대하여, 차량 1대 통과시 최대진동레벨( $L_{max}$ )을 차종, 도로, 매질, 거리별로 산술평균한 결과는 Table 2와 같다.

최대진동레벨은 대형차량이 통과할 때 가장 높고, 그 다음이 중형차량, 소형차량 순으로 나타났다. 대형차량의 경우 도로와 매질종류에 따라 5 m에서 30.4~59.7 dB(V), 10 m에서 27.1~57.0 dB(V), 20 m에서 23.4~52.6 dB(V)로 나타났고, 중형차량

의 경우에는 각각 38.7~42.9 dB(V), 33.5~40.1 dB(V), 29.0~35.5 dB(V), 소형차량의 경우에는 각각 34.4, 33.2, 28.6 dB(V)로 나타났다. 대형차량이 통과할 때 도로단으로부터 20 m 지점까지 사람이 느낄 수 있을 정도의 진동이 전달되는 경우가 많이 나타났고, 중형차량이 통과할 때는 5 m 지점까지만 사람이 느낄 수 있을 정도의 진동이 전달된 것으로 나타났으며, 소형차량의 경우는 거의 감지되지 못하는 수준이었다.

도로로부터 거리에 따른 진동레벨의 감쇠정도를 Fig. 2에 나타내었다. 전체차량의 평균 거리감쇠량은 5~10 m에서 3.8 dB(V), 10~20 m에서 4.6

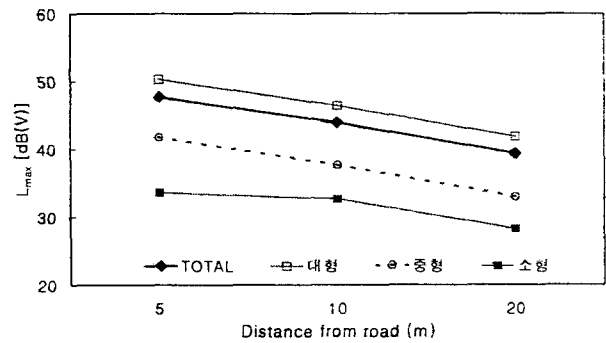


Fig. 2 Attenuation by distance of road vibration level with vehicles type

Table 2 Vibration level( $L_{max}$ ) of roads

Vehicle type	Road surface*	Media*	Vibration level [dB(V)]			Traffic speed (km/hr)	Numbers of sample
			d = 5 m	d = 10 m	d = 20 m		
대형	A	A	30.4 (25.2~34.9)	27.1 (20.4~32.7)	23.4 (15.6~28.3)	63.7 (52~77)	13
		C	51.0 (39.3~67.4)	46.3 (29.0~61.0)	41.8 (24.2~55.8)		
	"	S	50.4 (34.7~67.9)	46.9 (32.7~65.8)	42.2 (28.1~60.2)	59.3 (27~90)	92
		C	59.7 (53.2~65.2)	57.0 (50.8~62.5)	52.6 (46.1~57.6)	75.0 (53~112)	20
	Mean			50.3	46.4	41.8	
중형	A	C	38.7 (32.8~52.9)	33.5 (26.9~48.9)	29.0 (22.7~42.0)	66.3 (45~100)	27
		S	42.9 (37.1~52.7)	40.1 (32.6~49.1)	35.5 (27.6~45.1)		67.5 (32~91)
	Mean			40.8	36.7	32.2	
소형	A	S	34.4 (31.7~35.0)	33.2 (31.0~34.2)	28.6 (27.0~29.6)	89.5 (64~113)	7
Total mean			47.7 (25.2~67.9)	43.9 (20.4~65.8)	39.3 (15.6~60.2)	69.4 (27~113)	283

\* A: Asphalt, C: Concrete, S: Soil

**Table 3** Attenuation amount by distance of road vibration [unit : dB(V)]

Vehicle type	Road surface / Media		5~10 m	10~20 m
대형	Asphalt/Asphalt	(A/A)	3.3	3.7
	Asphalt/Concrete	(A/C)	4.7	4.5
	Asphalt/Soil	(A/S)	3.5	4.7
	Concrete/Soil	(C/S)	2.7	4.4
중형	Asphalt/Concrete	(A/C)	5.2	4.5
	Asphalt/Soil	(A/S)	2.8	4.6

**Table 4** Correlation of vehicle speed with road vibration

Route number	Road surface / lane	Media	Regression equation	n	Regression coefficient	P-value
21	Asphalt / 4	Concrete	$Y = 44.208 + 0.103X$	35	0.382	0.024
34	Asphalt / 2	Soil	$Y = 38.730 + 0.135X$	20	0.324	0.164
39	Asphalt / 2	Concrete	$Y = 40.257 + 0.226X$	32	0.465	0.007
43	Asphalt / 2	Soil	$Y = 22.076 + 0.326X$	20	0.538	0.007
45	Concrete / 4	Soil	$Y = 49.131 + 0.142X$	20	0.516	0.020
Total*			$Y = 41.042 + 0.145X$	219	0.210	0.002

\* Total is expressed, including sample number is under 20  
 X : [km/hr], Y : [dB(V)]

dB(V)로 나타나 거리가 떨어짐에 따라 급격한 감쇠를 보였으나, 도로진동의 일반적인 거리감쇠 3~6 dB(V)의 범위<sup>(6)</sup> 내에 있는 것으로 나타났다. 한편, 일본 동경도의 8개 측정지점에서 도로진동 조사에 의하면 진동감쇠량이 5~10 m에서 2.87 dB(V), 10~20 m에서 1.63 dB(V)<sup>(7)</sup>로 나타나 매질의 상태에 따라서는 거리감쇠의 범위를 벗어나는 경우도 있음을 나타내 준다.

차종별 거리감쇠량은 5~10 m와 10~20 m에서 대형차량이 각각 3.9, 4.6 dB(V), 중형차량은 4.1, 4.5 dB(V), 소형차량 1.2, 4.6 dB(V)로 나타나, 5~10 m에서는 차종간에 거리감쇠 차가 있는 반면, 10~20 m에서는 차종간에 진동감쇠량이 차이가 거의 없는 것으로 조사되었다. 이는 고주파 성분이 도로단에서 10 m 내외를 벗어나면 급격히 감소하여 저주파 특성만을 보이기 때문으로 판단된다.

차종별로 도로표면과 수신점 사이의 매질 종류에 따른 진동레벨을 파악한 결과, 대형차량의 경우 도로가 콘크리트이고 매질이 흙(C/S)일 때 진동레벨이 가장 높게 나타났고, 도로가 아스팔트이고 매질이 아스팔트(A/A)일 때 진동레벨이 가장 낮게 나타났다. 중형차량의 경우에는 대형차량의 경우와 달리 도로가 아스팔트이고 매질이 흙(A/S)일 때가 도로가 아스팔트이고 매질이 콘크리트(A/C)일 때

보다 거리별로 진동레벨이 높았다. 거리에 따른 거리감쇠량은 Table 3과 같이 도로표면과 매질별로 차이를 보이며, 특히 매질이 흙일 경우에는 5~10 m의 거리감쇠량보다 10~20 m의 거리감쇠량이 큰 것으로 조사되었다.

차속은 도로표면 상태, 차량 중량과 함께 도로진동의 발생에 영향을 주는 중요한 요인이다. 또한 도로진동은 대형차량에 의해 큰 영향을 받고, 특히 대형차량이 일정 수 이상 통과하게 되면  $L_{10}$  값이 거의 대형차의 영향을 받게 된다. 따라서 진동레벨과 통과 차량의 속도와의 관계를 파악하기 위하여 1차 회귀분석을 하였다(Table 4). 모든 도로 및 매질 조건에서 상관계수는 모두 0.6이하로 낮게 나타났는데, 차속이 도로변 진동에 영향을 주는 많은 인자들 중 하나이기 때문인 것으로 사료되며, 아스팔트와 흙 매질일 때를 제외하면 모두 유의한 상관관계( $p < 0.05$ )이다. Table 4에서 기울기를 보면 차속이 10 km/hr 증가할 때 진동은 약 1~3 dB(V) 증가하고 있는 것으로 나타나 주행속도가 10 km/hr 증가할 때 진동레벨이 약 2~3 dB(V) 증가한다<sup>(1)</sup>는 기존의 조사결과와 비교적 일치하고 있다. 또한 지반진동은 차량의 총중량 8 톤까지는 급격히 증가하고 그 이상에서는 완만한 증가를 나타내는 것으로 알려져 있고<sup>(8)</sup>, 이번 측정시의 자동차 중량은 대부분 10톤 이하

Table 5 Mean of road vibration levels as  $L_{10\ 5\ min}$ ,  $L_{eq\ 5\ min}$

Road surface	Media	Classification	Vibration level [dB(V)]			Mean of traffic quantity (5 min)			Measurement numbers / Site
			d=5 m	d=10 m	d=20 m	대형	중형	소형	
Asphalt	Asphalt	$L_{10\ 5\ min}$	25.0	25.5	22.8	19.0	39.2	61.5	6 / 1
		$L_{eq\ 5\ min}$	22.4	21.4	19.3				
Asphalt	Concrete	$L_{10\ 5\ min}$	39.8	37.8	34.5	9.6	15.0	17.8	28 / 5
		$L_{eq\ 5\ min}$	37.9	35.2	32.5				
Asphalt	Soil	$L_{10\ 5\ min}$	41.0	38.5	35.1	15.6	22.4	28.0	29 / 5
		$L_{eq\ 5\ min}$	37.7	35.3	32.3				
Concrete	Soil	$L_{10\ 5\ min}$	46.0	43.1	38.7	8.3	19.8	28.1	11 / 2
		$L_{eq\ 5\ min}$	42.0	39.4	35.4				

이고, 차속이 대부분 40 km/hr 이상이었으므로, 이 범위에서의 기존의 연구 결과와 비교적 잘 일치하는 것으로 판단된다.

3.2  $L_{10\ 5\ min}$ ,  $L_{eq\ 5\ min}$

우리나라에서는 도로진동을 관리하기 위하여 교통진동의 한도를 정해 놓고 있으며, 한도의 평가 척도로서 진동레벨  $L_{10\ 5\ min}$  을 사용하고 있다. 이것은 도로진동을 관리하기 위하여 개개의 자동차에 의한 진동레벨뿐만 아니라 통행량을 나타내는 진동 발생빈도도 고려하기 위해서 이다. 따라서 13지점에서 도로단으로부터 2배거리로 측정된  $L_{10\ 5\ min}$ ,  $L_{eq\ 5\ min}$  을 노면, 매질의 종류별로 평균하여 통행량과 함께 Table 5에 나타내었다.

측정결과 어느 거리에서도 주거지역에서 야간의 교통진동의 한도인 진동레벨  $L_{10\ 5\ min}$  60 dB(V)을 초과하는 경우는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 조사된 국도의 상태가 전체적으로 양호했고, 통행량이 적어 두 개의 차량이 동시에 통과하는 경우가 드물고,  $L_{10\ 5\ min}$  에 중형차량의 진동레벨이 포함된 것도 원인으로 판단된다.

각 거리에서의  $L_{10\ 5\ min}$  은  $L_{eq\ 5\ min}$  보다 2~4 dB(V)정도 높고 차이가 비교적 일정하였다.  $L_{10\ 5\ min}$  과  $L_{eq\ 5\ min}$  을 1차 회귀분석한 결과 유의수준 5%에서 매우 높은 상관관계가 나타났다.

$$L_{eq\ 5\ min} = 0.440 + 0.915 \cdot L_{10\ 5\ min}$$

$$r = 0.980, p < 0.05$$

$L_{10\ 5\ min}$  은 도로가 콘크리트이고 매질이 흙(C/S)일 때 가장 높은 것으로 나타났고, 도로가 아스팔트이고 매질이 흙(A/S)과 콘크리트(A/C)일 경우에

는 비슷하였다(Fig. 3). 도로가 아스팔트이고 매질도 아스팔트(A/A)일 경우에  $L_{10\ 5\ min}$  이 가장 낮게 나타났는데, 측정지점이 최근에 공사를 마친 양호한 상태였기 때문인 것으로 생각되며, 한 지점에서의 측정자료이므로 전반적 특성을 나타냈다고 하기는 곤란할 것이다.

도로단으로부터 5 m 지점에서  $L_{10\ 5\ min}$  와 대형차량 통행량과의 관계를 관측수 74회로 분석한 결과는 다음과 같다.

$$L_{10\ 5\ min} [dB(V)] = 32.292 + 8.252 \cdot \log$$

(5분간 대형차량 통행량)

$$n = 74, r = 0.375, p = 0.001$$

지점이 다른 자료를 함께 분석하였으므로 노면 평탄성 등이 일정하지 않아 상관관계가 높지는 않았으나 유의성은 매우 높았고, 통행량이 많아짐에 따라  $L_{10\ 5\ min}$  이 직선적으로 증가하는 경향을 알 수 있었다. 노면의 평탄성 등이 일정할 경우에는 대형차량의 통행량과  $L_{10\ 5\ min}$  의 상관관계가 0.7 이상으로

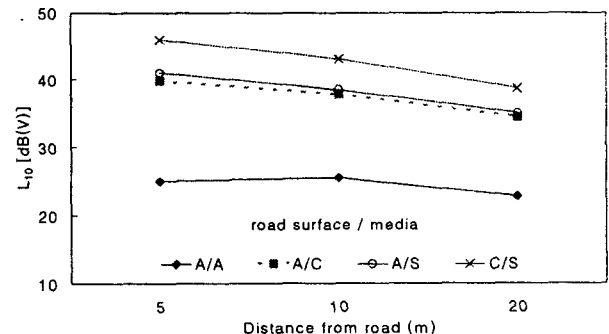


Fig. 3 Attenuation by distance of  $L_{10\ 5\ min}$  with road surface / media

크게 나타나는 것으로 알려져 있다<sup>(8)</sup>.

통행량, 차속과  $L_{10\ 5\ min}$ 의 관계를 보기 위해 중·소형차량을 제외하고 대형차량 통행량에 로그값을 취한 중회귀 분석결과는 다음과 같다.

$$L_{10\ 5\ min} [dB(V)] = -36.225 + 10.310 \cdot \log(X_1) + 0.898(X_2)$$

$$n = 11, r = 0.634, p = 0.128,$$

$$X_1 = 17 \sim 209, X_2 = 57.05 \sim 74.95$$

$X_1$  : 대형차량 통행량(대)

$X_2$  : 대형차량 평균속도(km/hr)

중상관계수가 0.634로 나타나 대형차량의 통행량과 평균차속으로  $L_{10\ 5\ min}$ 을 어느정도는 설명할 수 있을 것으로 생각되었으나, 측정자료 수가 작은 관계로 유의한 수준의 관계를 나타내지는 못했다( $p > 0.05$ ). 또한 측정지점들이 달라 노면의 평판성이 일정하지 않았던 것도 그 원인이라고 생각된다. 결과적으로 회귀식에 의한 도로진동의 예측을 위해서는 적어도 대형자동차의 통행량, 차속과 노면상태 등의 변수들이 함께 고려되어야 함을 알 수 있다.

### 3.3 주파수 특성

차종별로 도로단으로부터 거리에 따른 도로진동의 주파수 구성을 1/1옥타브밴드로 분석하여 대수평균한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 도로진동의 주파수 대역의 범위는 4~125 Hz로 나타났다.

대형차량의 경우 거리에 관계없이 중심주파수는 16 Hz로 일정하였으나, 진동의 감쇠량은 16 Hz 이상의 대역에서 더 큰 것으로 나타나 고주파 진동이 발생원에서 거리가 멀어질수록 더 빠르게 감쇠하는 것으로 나타났다. 중형차량의 경우 중심주파수는 거리에 관계없이 31.5 Hz로 대형차량의 경우보다 다소 높았고, 진동의 감쇠량은 대형차량과 마찬가지로 중심주파수 이상에서 더 큰 것으로 나타났다. 교통진동의 중심주파수는 10~20 Hz인 것으로 조사된 결과<sup>(8)</sup>와 비교하면 대형차량의 경우는 일치하고 있으나 중형차량의 경우는 약간 차이를 나타내고 있다. 소형차량의 경우는 진동레벨이 낮은 관계로 주파수 분석이 생략되었다.

차종별로 도로와 매질의 종류에 따른 도로단 5 m 지점 진동의 주파수 특성은, 대형차량의 경우 매질에 관계없이 중심주파수는 16 Hz로 일정하였으나 도로가 콘크리트일 때는 진동을 구성하는 주파수가

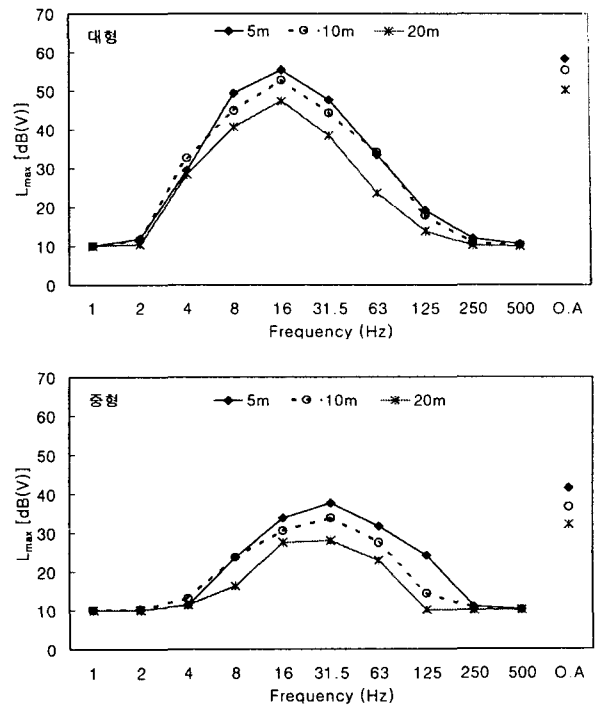


Fig. 4 Frequency characteristics for distance of road vibration.

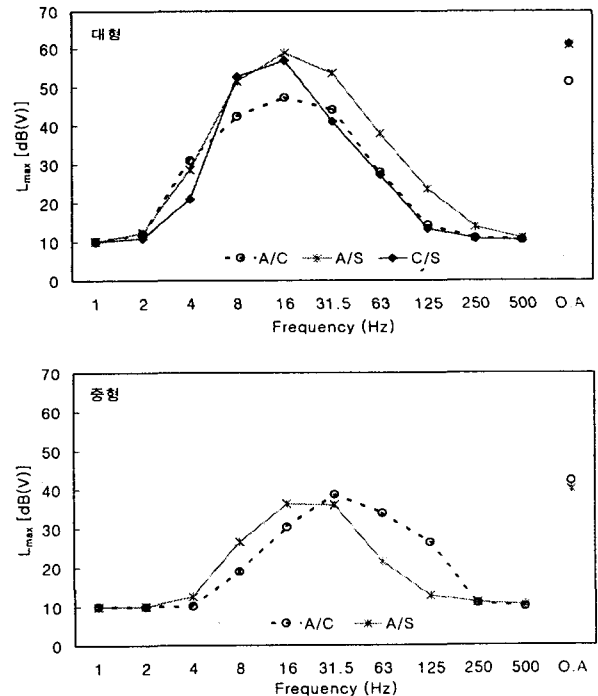


Fig. 5 Frequency characteristics with road surface/media at 5m.

중심주파수(16 Hz) 이하에서 큰 반면, 도로가 아스팔트일 때는 중심주파수(16 Hz) 이상에서 더 크게 나타났다. 중형차량의 경우에는 매질이 흙일 때 중심주파수가 31.5 Hz로 나타난 반면, 콘크리트일 때는 16 Hz로 나타나 차이가 있었고, 진동을 구성하는 주파수는 중심주파수보다 큰 대역이 우세하였다(Fig. 5).

### 3.4 영향범위

진동의 영향범위는 진동의 크기에 따라 생활주변에서 나타나는 피해 손상의 상황<sup>(9)</sup>과 진동이 수면에 미치는 영향<sup>(6)</sup>을 참고로 하여, 인체가 약간 느끼기 시작하는 진동가속도레벨 60 dB(V), 인체가 크게 느끼는 70 dB(V), 건물이 흔들리는 80 dB(V)를 기준으로 계산하였다.

진동의 영향은 진동가속도레벨(VAL)을 기준으로 구분하고 있으나, 소음·진동공정시험방법<sup>(5)</sup>상의 진동은 진동레벨(VL)로 규정되어 있고, 정확한 지시치를 얻기 위하여 진동레벨을 측정하는 것이 바람직<sup>(10)</sup>하여 본 조사시에는 진동레벨로 측정을 하였으므로 이들을 비교하기 위하여 진동가속도레벨에 주파수별 인체감각량을 보정하여 진동레벨로 환산하였다<sup>(11)</sup>. 환산이 있어서는 1/1옥타브밴드의 중심주파수별 보정가속도레벨을 이용하였다.

진동가속도레벨 60, 70, 80 dB(V)를 진동레벨로 환산한 결과 각각 56, 66, 76 dB(V)로 나타났다. 영향범위는 도로변 5m의 진동레벨의 평균, 평균+1S.D., 평균+2S.D.(S.D.=표준편차)이 각각 이들 진동레벨까지 전달될 수 있는 거리로 정의하였고, 이를 예측한 결과는 Table 6과 같다. 대형차량의 경우 진동레벨 56 dB(V)가 나타나는 거리는 도로단 5 m의 최대진동레벨의 평균을 적용하였을 때 2 m, 평균+1S.D.를 적용하였을 때 약 8 m, 평균+2S.D.를 적용하였을 때는 약 33 m로 나타났고, 진동레벨 66 dB(V)가 나타나는 거리는 도로단 5 m의 최대

진동레벨의 평균+2S.D.를 적용하였을 때는 약 6 m로 나타났다. 반면 중형차량의 경우에는 영향범위가 대형차량차보다 도로변에 더욱 국한되어 평균+2S.D.를 적용하였을 때 진동레벨이 56 dB(V)까지 전달되는 거리가 약 3 m로 나타났다.

결과적으로 도로진동은 도로단으로부터 10 m 이상 떨어지면 진동을 약간 느끼는 경우가 생길 뿐 구조물에서 외관상의 영향이 생기는 경우는 극히 드물 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

경기도와 충청도 주요 국도의 도로단으로부터 2배 거리로 3개 지점 (5, 10, 20 m)에서 283개의 최대진동레벨  $L_{max}$  와 74개의  $L_{10/5min}$ ,  $L_{eq/5min}$  을 측정하여 종합적으로 분석한 결과, 차량통행으로 발생하는 도로진동의 전파특성과 영향범위는 다음과 같다.

(1) 외관상 양호한 도로로부터 5 m 이상 떨어진 지점에서는 대형차량이 도로를 지나갈 때만 진동레벨 60 dB(V)를 초과하는 경우가 있고, 교통량이 고려된  $L_{10/5min}$  의 분석결과 주거지역의 야간 교통진동의 한도를 초과하는 경우는 나타나지 않았다.

(2) 도로진동의 거리감쇠량은 5~10 m에서 평균 3.8 dB(V), 10~20 m에서 4.6 dB(V)로 나타나 거리가 멀어짐에 따라 급격한 감쇠를 보였다. 주파수 대역은 4~125 Hz이며, 차종에 따른 중심주파수는 대형차량 16Hz, 중형차량 31.5 Hz로 나타났다.

(3) 대형차량 통과시 진동가속도레벨 60 dB(V)까지 전파되는 거리는, 도로단 5 m의 진동평균치를 적용할 경우 2 m, 평균치+1S.D.를 적용할 경우 8 m로 추정되며, 중형차량의 경우 영향범위는 도로변에 더욱 국한되었다. 결과적으로 도로진동의 문제는 도로단으로부터 10 m 이내에서 발생할 가능성이 많은 것으로 판단된다.

Table 6 The influence range of road vibration

[unit : m]

VL at 5 m from road		VAL		
		80dB (VL:76)	70dB (VL:66)	60dB (VL:56)
대형	Mean(50.3dB)	0.1	0.4	2.0
	Mean + 1 S.D.(58.6dB)	0.3	1.5	8.0
	Mean + 2 S.D.(66.9dB)	1.2	6.2	32.6
중형	Mean(40.8dB)	0.0	0.1	0.4
	Mean + 1 S.D.(46.7dB)	0.1	0.2	1.2
	Mean + 2 S.D.(52.6dB)	0.1	0.6	3.2

\* S.D. : Standard Deviation

(4)  $L_{10\ 5\ min}$  값을 종속변수, 대형차량의 통행량과 평균차속을 독립변수로 하여 중회귀분석한 결과, 도로진동 예측을 위해서는 통행량, 평균차속, 노면상태 등의 변수들이 함께 고려되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- (1) 김희강외 3인, 1995, 최신소음진동학, 동화기술, pp. 404~574.
- (2) 환경부 중앙환경분쟁조정위원회, 1996, 진동으로 인한 피해의 인과관계 검토기준 및 피해액 산정방법에 관한 연구.
- (3) 나진균외 9인, 1995, 환경진동의 저감대책에 관한 조사연구(I) -공장 및 공사장 진동-, 국립환경연구원보, 제 17 권, pp. 115~127.
- (4) 環境技術研究協會, 1987, 環境アセスメントハンドブック(上卷), pp. 493~495.
- (5) 환경부, 1995, 소음·진동공정시험방법, pp. 51~70.
- (6) 中野有朋, 1992, 環境振動, 技術書院, p. 130.
- (7) 青木一郎, 小林正雄, 上原辛雄, 白井清嗣, 1991, “道路交通振動の發生と地盤との關係について(第2報),” 東京都環境科學研究所年報, pp. 206~210.
- (8) 壓司 光, 山本剛夫, 鼻山直隆, 1982, 衛生工學ハンドブック 騒音・振動編, 朝倉書店, p. 515.
- (9) 日本 東京都環境保全局, 1994, 建設作業振動防止の手引き, p. 273.
- (10) 塩田正純, 1986, 公害振動の豫測手法, 井上書院.
- (11) 정일록, 1997, 소음진동학, 신광출판사, pp. 256~259.