

도로포장의 소음발생에 관한 고찰

박 태 순* · 이 응 세**

1. 서론

우리 나라의 도로는 1970년대 경부고속도로 건설 이후로 질적 양적, 팽창을 이루어 고속도로를 포함한 약 87,000km의 도로망을 구축함으로써 국가경제발전의 중추적인 역할을 수행해 왔다. 그러나 이러한 도로망은 다가오는 동북아시아와 통일시대를 대비한 기간교통망의 확충, 국가경쟁력의 강화, 국토의 균형있는 발전, 국민의 풍요로운 삶을 보장하기 위해서는 지속적인 투자가 요구된다.

과거의 도로는 이용자 측면이 아닌 운영자 측면의 도로가 많아 안정성, 편리성 등의 이용자 요구가 제대로 반영되지 않았으나 21세기의 도로는 이용편의성이 향상된 환경친화적 도로가 되어야 할 것이다.

도로에서 발생하는 소음은 도로이용자 및 주변 생활 환경에 직·간접적인 영향을 미쳤으며 간접적인 사고원인으로까지 인식되기도 하여 소음저감을 위한 선진각국의 노력은 매우 다양하게 수행되어 왔으며 현재는 성공적인 효과를 거두고 있다. 현재 국내에서 사용되는 소음저감방안은 발생된 소음을 차단하거나 감소시키는 소극적인 방법인데 비해 선진각국은 소음발생단계에서의

저감효과를 거둘 수 있는 방법을 연구, 적용하는 적극적인 방법이 사용되고 있다.

따라서 본 글에서는 소음발생단계에서의 저감 방법 및 적용성을 고려하기 위한 적극적인 방법을 검토하고 이용자 측면의 환경친화적 도로건설을 위한 일환으로 포장의 소음발생 이론과 대책에 관한 선진외국의 연구결과와 실무에 적용하고 있는 방법들을 조사하여 국내 소음억제 연구에 일조하고자 한다.

2. 도로포장의 소음발생이론

2.1 음향의 기본이론

차량과 도로포장면에서 발생된 소음은 대기를 통해 귀에 전달된 압력 변환의 크기와 직접적인 관련이 있다. 소리의 세기는 개개인이 결정하는 주관적인 것이며 기압 주위의 압력 변화는 파(wave)로 전해지고 귀의 공명기관을 통해 소리를 들을 수 있으며 원하지 않는 소리는 개인에 따라 소음으로 여기게 된다. 이러한 소음은 듣기 싫은 소리(Unwanted Sound)의 총칭으로 표현하며 그 물리적 성질은 음(Sound)와 동일하다.

* 정희원 · 서울산업대학교 토목공학과 조교수

** 정희원 · (주)서영기술단 전문이사



2.1.1 소리의 세기

소리는 본질적으로 대기의 작은 압력의 변화를 우리 귀의 고막에 의해서 감지하는 현상으로 정상인의 건강한 귀는 $2.1 \times 10^{-6} \text{kg/m}^2$ (청각의 시발점) 정도의 작은 압력변화를 들을 수 있으며 6.4kg/m^2 의 큰 압력에서는 고통을 유발하게 된다. 소리의 세기로 인지되는 소리 압력변화를 설명하기 위하여 국제적으로 사용되는 단위는 데시벨(decibel)이다. 데시벨은 로그형태(logarithmic)이며 일반적으로 dB라는 용어로 사용하며 소리의 압력정도(Sound Pressure Level-SPL)를 가리킨다. 데시벨은 수학적으로 다음과 같이 계산된다.

$$\text{SPL(dB)} = 10 \log_{10} (P^2/P_0^2)$$

여기서, P = 소리 압력의 제곱평균

P_0 = reference 압력($2.1 \times 10^{-6} \text{kg/m}^2$)

로그를 사용하는 이유는 로그를 사용함으로써 큰 범위의 수치를 줄일 수 있기 때문인데, 최저가청 압력과 통증을 느끼는 압력은 107의 차이가 있지만 dB scale에서는 0~140dB로 줄어 넓은 범위의 양이 취급하기 쉬운 작은 범위의 숫자로 바뀐다. 그림 1은 일상생활에서 발생하는 몇 가지 경우에 대한 소리의 세기 즉 음압도를 나타내고 있다.

2.1.2 주파수

음파는 공기입자의 왕복운동으로 1초 동안의 진동수를 주파수라 한다. 귀는 큰 범위의 주파수를 탐지할 수 있는데 건강한 귀는 초당 20~20,000회까지 발생하는 소리의 압력 변화를 감지할 수 있다. 초당 주기 또는 발생횟수는 헤르츠(Hz) 단위로 표현되며 보통사람의 귀는 20Hz~20kHz (kilo-hertz)까지 들을 수 있다. 음색

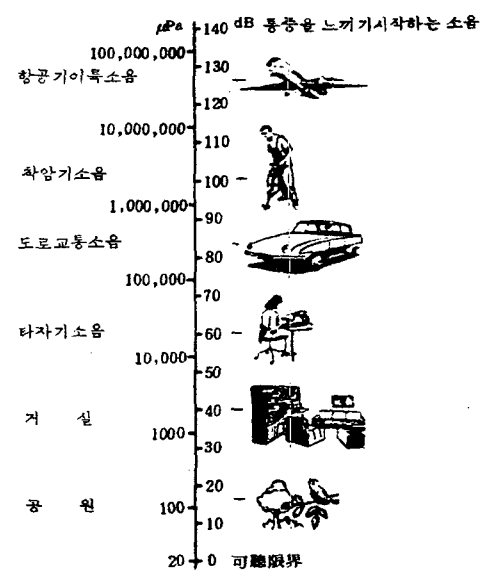


그림 1. 일반적인 경우의 음압도 (Pa = Pascal = Newton/m²)

(tonal)의 질을 결정하는 것은 소리의 주파수이며 승용차의 경우는 트럭보다 다양한 주파수의 스펙트럼을 갖고 있으나 인간의 귀는 이런 차이점을 쉽게 인지할 수 있을 정도로 속달되어 있다. 소리 압력 변화의 간격은 수학적으로 주파수와 다음과 같은 관계가 있다.

$$\lambda = c/f$$

여기서, λ = 파장
 c = 소리의 속도
 f = 주파수

소리의 속도는 주변 조건과 상대적인 상수이기 때문에 주어진 주파수에 대한 파장 역시 상대적으로 일정하다. 소리는 단지 소리의 세기로만 인식되거나 묘사되는 것이 아니라 주파수의 스펙트럼에 의해서도 인식 또는 묘사된다. 다시 말해서 인간의 귀는 모든 주파수를 동일하게 잘 들을 수



없다. 즉 귀는 낮은 주파수 250Hz 또는 높은 주파수 10,000Hz에서 잘 들을 수 없다. 소음을 완벽하게 묘사하기 위해 각각의 주파수의 세기를 명시하기보다는 일반적으로 주파수의 범위를 사용하거나 주파수 범위에 대한 전체 가중체계를 사용한다.

2.1.3 소리압력 레벨의 기술방법

소리의 기간을 설명하고 소리의 정도가 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 효과적으로 설명하기 위해 여러 가지 기술방법이 사용된다. 포장/타이어 소음 연구에 관한 몇가지 중요한 기술방법은 L_{max} , L_{xx} , L_{eq} 이다. 대문자 L이 나타내는 것은 각각의 소리의 압력이 아니라 소리의 압력정도(SLP)이고 단위는 dB이다.

L_{max} 는 한정된 시간 내에서 짧은 지속시간 동안에 발생하는 최대소음 레벨을 나타낸다. 따라서 L_{max} 는 1시간내의 짧은 시간동안에 발생된 최대소음강도로서 정의되는 기술방법이다.

L_{xx} 는 소리압력 레벨에 대한 통계적인 기술방법이며, 여기서 xx는 레벨이 초과되는 시간의 비율(%)을 나타낸다. 예를 들면, 소음레벨 60dB : L_{10} (1시간)의 경우, 이것이 의미하는 바는 가중음계(scale)상에서 60dB의 소리압력 세기가 1시간 동안에 10%를 초과하는 것이다. 수치는 어떤 비율(%)로도 나타낼 수 있으나 L_{10} , L_{50} , L_{90} 및 L_{99} 가 일반적으로 사용된다. L_{90} 은 그 시간의 90%를 초과한 소리압력 세기이며 일반적으로 교통소음의 주요한 기초소음 자료로 사용된다.

L_{eq} 는 등가 소리압력 정도로서 L_{eq} 는 정해진 시간동안에 변하지 않는 음조(tone)의 세기를 나타내는 하나의 수치이며 이 음조는 변하는 소리와 동일한 음조의 정도를 나타내는 하나의 수치이므로 L_{eq} 는 평균 음향 에너지 기술방법이라 할 수 있다.

2.2 도로포장의 소음발생이론

2.2.1 도로교통소음의 발생

도로교통소음의 발생은 소음원인 주행차량의 엔진, 타이어 마찰음 및 배기음등에 의하여 이루어지며 발생 소음의 특성으로는 주행차량의 속도와 엔진회전수, 도로의 포장상태와 구배 및 운행차량의 하중등에 따라 변하게 된다. 예를 들어 대형 트럭이나 버스 등의 중차량의 발생 소음도는 승용차와 같은 경량차에 비해 크며, 동일차량의 경우에도 발진시 또는 가속시 더 큰 소음을 발생하게 된다.

또한 타이어 음과 엔진음을 비교하면 일반적으로 경차량의 경우 저속주행시 엔진음쪽이 크며, 고속주행시에는 타이어음쪽이 더 큰 것으로 알려져 있다.

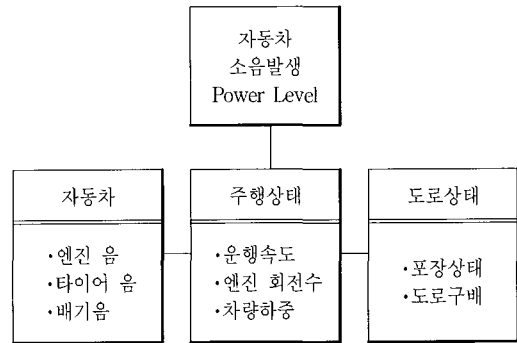


그림 2. 도로교통소음의 발생상관도

즉 차량의 소음은 크게 구동계통(엔진, 냉각팬, 배기장치, 공기역학적소음등)과 주행소음(타이어/포장의 상호작용, 차량진동등)으로 나뉘게 된다.

구동계통의 소음은 소음진동규제법시행규칙에 다음과 같이 규정되어 적용하고 있으므로 이 글에서는 주행소음에 관해서만 고찰하도록 한다.

2000년 1월1일부터 2001년 12월 31일까지 제작되는 자동차는 도로에서 발생하는 소음의 원인중



표 1. 소음·진동 규제법에 따른 차종별 소음 허용기준치

자 동 차 종 류		소 음 항 목	가속주행 소음(dB(A))	배기소음 (dB(A))	경적소음 (dB(A))	
경자동차	가		74이하	100이하	110이하	
	나		76이하			
승용자동차	승용 1		74이하	100이하	110이하	
	승용 2		76이하			
	승용 3		77이하	100이하	112이하	
	승용4	원동기 출력 195마력 이하	80이하	103이하		
원동기 출력 195마력 초과		80이하	105이하			
화물자동차	화물 1		76이하	100이하	110이하	
	화물 2		77이하			
	화물3	원동기 출력 97.5마력이하		79이하	103이하	112이하
		원동기출력 97.5마력초과195마력이하		79이하	103이하	
		원동기출력 195마력초과		80이하	105이하	
이륜자동차	총배기량 500cc초과		77이하	105이하	110이하	
	총배기량 500cc이하·125초과		74이하			
	총배기량 125이하		71이하	102이하		

주) 소음·진동 규제법 시행규칙(2000. 5. 4 개정판)

의 하나인 차량소음을 차량 제작과정에서 허용기준치를 설정하여 단계적으로 강화해가고 있으나 이는 기술적인 한계가 있어 일정한 수준에 도달하게 되면 차량소음 에너지는 더 이상 감소시킬 수 없는 문제점이 있다.

2.3 주행소음

구동계통의 소음과 주행소음의 결합은 소음전파효과를 고려함으로써 전체주행 소음을 결정한다. 낮은 속도에서도 타이어 소음은 자동차 주행소음에 중요한 부분을 차지한다. 연구에 의하면 80 km/hr 이상의 속도에서 포장면과 타이어간의 소음은 매우크게 작용한다고 알려졌다.

타이어 소음발생은 진동(vibration), 대기공명(resonance), 가속된 물방울(accelerate water droplet)의 3종류의 과정과 관계가 있다.

진동 소음은 방사진동(radial)과 접선진동(tan-

gential) 두가지로 나눌 수 있으며 방사진동은 타이어 홈 패턴의 충격, 도로표면조직의 충격, 타이어와 포장표면의 접촉면의 순간적인 부착에 의해 발생되며 접선진동은 마찰력과 부착-미끄러짐 작용에 의해서 발생된다.

대기공명은 파이프공명(타이어/포장 접촉에 의해 형성되는 2면각), Helmholtz 공명, 타이어 포켓 공기 펄핑에 의해서 발생되며 물이 존재할 때 가속된 물방울에 의한 물의 소음 또한 중요한 역할을 차지하게 된다. 그러나 대부분의 소음연구와 측정은 건조한 표면에 대하여 행해진다.

그림 3은 소음 발생에 관한 몇가지 메카니즘 개념을 보여주는 것으로 타이어 진동은 직경방향, 접선방향 그리고 축방향으로 복잡한 형태를 갖는다. 타이어 진동은 1차적으로 작은 접촉면부근의 직경방향으로 뻗어나간다. 진동은 타이어 재료의 높은 감쇠효과로 인하여 접촉면 가까이에서 주로

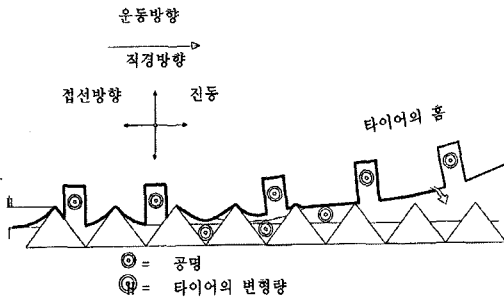


그림 3. 타이어/도로소음 발생 메카니즘

발산한다.

타이어의 회전중에 중요한 순간은 타이어 홈이 접측면을 통과하면서 떨어지는 순간으로 타이어 홈이 접측면에 들어갈 때는 큰 가속을 받고 떨어지는 순간에는 감속이 발생한다. 이러한 연속과정으로 타이어의 진동은 크게 유발되며 소음이 발생하게 된다.

또한 소음을 주파수 특성으로 분류하게 되면 저주파 및 고주파로 크게 분류하여 설명할 수 있는데 두 개의 주파수 영역사이의 한계 주파수는 타이어 형태와 도로표면에 영향을 받는다고 하며 이 경계 영역은 정상적인 거칠기(roughness)를 가진 아스팔트도로상의 승용차 타이어의 경우 800~1000Hz의 범위이다. 타이어가 도로표면위를 주행할 때, 타이어/도로의 거칠기로 인해 타이어가 기계적으로 자극을 받을 때 저주파 타이어 소음이 발생하며 기계적인 자극(excitation)은 대부분 직경방향으로 200Hz 이하의 주파수에서만 발생한다.

고주파수 영역에 있어서 두가지 중요한 형태가 작용하는데 이 두가지 형태란 leading 접측면과 trailing 접측면이다. 여기서 trailing 접측면에서의 타이어/도로의 접착력은 타이어 홈을 자극하여 분리되는 과정에서 직경 및 접선방향의 진동을 발생시킨다. 접선방향의 진동은 공기공명을 자극하여 주위 공간으로 효과적으로 소리를 발산

시킨다. leading 접측면에 있어서 이 고주파는 감속이 충격파를 발생시킨다고 가정하면 타이어 홈의 가장 바깥쪽에서 이 고주파는 최대가 된다. 공기는 도로표면과 타이어 홈의 가장 바깥쪽 층 사이에서 공기는 방출되며 결과적으로 시간에 따른 용적변화에 의해서 소리는 방출된다.

포장표면의 타이어 미끄러짐에 의해 발생된 마찰효과, 문질러짐은 포장조각이 증가함에 따라 증가하는 것으로 leading 접측면과 trailing 접측면에서 발생하여 더 높은 범위의 주파수에서 소리를 발생시키는 것으로 그림 4와 같다.

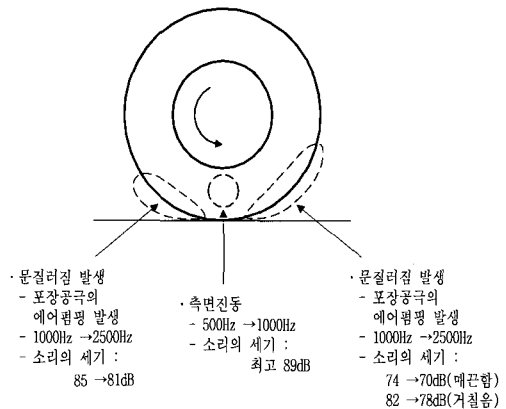


그림 4. 공간이 있는 홈을 가진 트럭타이어의 소음발생 메카니즘

2.4 타이어와 소음의 관계

타이어 홈의 모양과 홈의 깊이는 소음발생에 중요한 영향을 미친다. 타이어 홈의 모양과 깊이는 전체적인 소음발생에 있어서 포장표면과 비교할 때 영향이 작다는 사실이 발견되었으나 여전히 중요 요인이다. 타이어 공기펌핑 메카니즘은 타이어 홈의 형상, 타이어 마모, 포장의 중간조각과 관계가 깊으며 타이어 측면부의 유연성은 타이어 접측면에서 발생하는 소음의 정도를 결정한다.

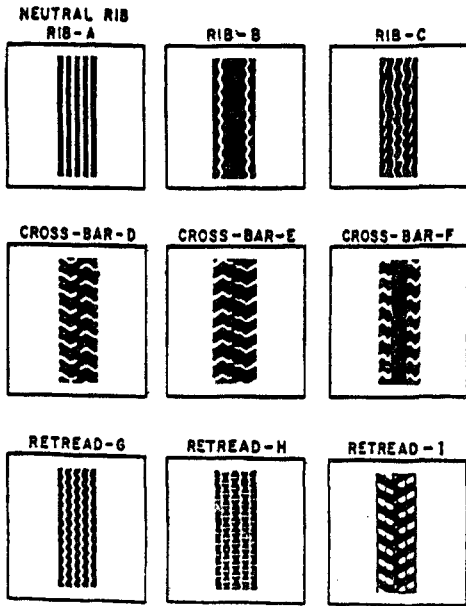
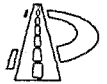


그림 5. 타이어 홈형태

표 2. 타이어 홈형태에 따른 소음 정도

홈 형태	도로표면	새타이어 (dB(A))	중간마모 (dB(A))	완전마모 (dB(A))
A	콘크리트	73		
	아스팔트	75		
B	콘크리트	77	81	
	아스팔트	77	79	
C	콘크리트	76		
	아스팔트	77		
D	콘크리트	84	91	87
	아스팔트	83	86	85
E	콘크리트	84		
	아스팔트	82		
F	콘크리트	81	88	
	아스팔트	81	86	
G	콘크리트	73		
	아스팔트	75		
H	콘크리트	81	86	86
	아스팔트	82		
I	콘크리트	96	94	
	아스팔트	88	90	

다. 미국의 경우는 여러 종류의 트럭타이어 형태에서 발생하는 소음 충격에 대한 광범위한 연구를 실시하였다. 그림 5는 실험에 사용하였던 9개 타이어의 홈형상에 대한 바퀴자국을 보여주는 것이다.

표 2는 타이어 홈 형태에 따른 소음측정 결과를 보여주는 것으로 리브형타이어가 D와 I 같은 포켓형 타이어에 비하여 10dB(A)이상 소음이 크게 발생한다는 사실을 알 수 있으며 포장을 주행할 때 가장 소음이 크게 발생하였다. 소음이 적게 발생하는 타이어는 홈이 포장면과 접촉할 때 홈 그루브내의 공기가 빠져나갈 수 있도록 홈모양을 설계한 경우이다.

타이어가 마모됨에 따라 타이어 홈 높이가 낮아지기 때문에 쉽게 공기가 빠져나가지 못하기 때문에 일반적으로 소음이 증가한다. 또한 타이어의 마모상태에 따라 소음도의 차가 크게 나타나고 있는데 새 타이어와 중간정도 마모된 타이어를 비교할 때 약 4~5dB(A)의 차이를 보이고 있다.

3. 도로의 소음 발생현황

우리나라 고속도로의 경우 1980년대 들어 아스팔트콘크리트 포장에서 시멘트 콘크리트포장으로 일부 전환되었다. 시멘트콘크리트 포장은 아스팔트 콘크리트포장에 비해 소음이 심하여 전형적인 문제점으로 지적되어 왔으며 선진 각국에서는 시멘트콘크리트 포장표면 처리를 통한 소음 발생저감 방안을 지속적으로 연구한 결과 현재 좋은 결과를 얻고 있다. 표 3~5는 중부고속도로 및 경부고속도로, 판교-구리간 고속도로 등에서 현장 소음도를 측정했던 결과를 보여주고 있으며 도로의 구조, 수음점과의 이격거리 그리고 높이에 따라 발생하는 실제적인 소음 정도를 알 수 있게 해준다.



표 3. 중부고속도로 소음측정 결과

구 조	방음벽	구 분		거 리			
성 토 구조	유	위 치 별		도로끝단	방음벽 前1m	방음벽 上 (높이 4.1m)	방음벽 後10m
		소음도 (dB(A))	L50	79-82	79-80	79-81	55.6-56.6
			Leq	83.6-84.7	80.8-81.4	82.5-83.9	56.6-59.2
	무	거리별		도로끝단	10m	20m	40m
		소음도 (dB(A))	L50	80-83	61-64	64-66	59.6-62
			Leq	84.8-86.9	62.5-65.1	64.4-66.8	60.8-63.5
평 탄 구조	유	거 리 별		도로끝단	방음벽 上 (높이5.9m)	10m	20m
		소음도 (dB(A))	L50	83-84	84-85	66-67	63.4-64.6
			Leq	84.7-86.5	84.9-85.7	66.4-67.3	64.1-65.2
		위 치 별		도로끝단	상 가	APT 옥상 (높이27.2m)	
		소음도 (dB(A))	L50	82-83	67-69	75-76	
			Leq	86-87.6	68.7-70.9	76.1-77	
	방음뚝	위 치 별		도로끝단	방음뚝 上 (높이 6.5m)	방음뚝 下	APT 옥상 (높이 16.1)
		소음도 (dB(A))	L50	85-87	79-80	56-57	75.2-76
			Leq	87.7-89	79.7-80.6	56.7-58.1	75.8-76.5

주) ① L50 : 측정시간동안 소음의 세기가 50%를 초과하는 비율

② Leq : 등가소음 압력세기

표 4. 판교-구리간 고속도로 소음측정 결과

구 조	방음벽	구 분		거 리			
성 토 구조	유	위 치 별		도로끝단	방음벽 前 1m	방음벽 上 (높이 4.1m)	방음벽 後 10m
		소음도 (dB(A))	L50	79-82	79-80	79-81	55.6-56.6
			Leq	83.6-84.7	80.8-81.4	82.5-83.9	56.6-59.2
	무	거리별		도로끝단	10m	20m	40m
		소음도 (dB(A))	L50	80-83	61-64	64-66	59.6-62
			Leq	84.8-86.9	62.5-65.1	64.4-66.8	60.8-63.5
평 탄 구조	유	거 리 별		도로끝단	방음벽 上 (높이5.9m)	10m	20m
		소음도 (dB(A))	L50	83-84	84-85	66-67	63.4-64.6
			Leq	84.7-86.5	84.9-85.7	66.4-67.3	64.1-65.2
		위 치 별		도로끝단	상 가	APT 옥상 (높이27.2m)	
		소음도 (dB(A))	L50	82-83	67-69	75-76	
			Leq	86-87.6	68.7-70.9	76.1-77	
	방음뚝	위 치 별		도로끝단	방음뚝 上 (높이 6.5m)	방음뚝 下	APT 옥상 (높이 16.1)
		소음도 (dB(A))	L50	85-87	79-80	56-57	75.2-76
			Leq	87.7-89	79.7-80.6	56.7-58.1	75.8-76.5



표 5. 경부고속도로 소음측정 결과

구 조	구 분		거 리			
	위 치 별		도로끝단	방음벽 전1m	방음벽 상	방음벽 후10m
방 음 벽	소음도 (dB(A))	L50	86-87	83.2-84.6	84-85	66-67
		Leq	88.6-90.0	85.2-89.5	85.7-86.8	66-70.1
평 탄 구 조	소음도 (dB(A))	L50	79-82	77-80	73-75	66.5-69.6
		Leq	80.6-83.6	77.9-80.3	73.4-75.5	67.7-69.6
성 토 구 조	소음도 (dB(A))	L50	85-86	70-72	67-69	67-68.8
		Leq	86.3-88.5	70.2-72.3	67.5-69.4	67.4-69.3

표 6. 소음진동 규제법시행규칙에 의한 교통소음의 기준

대 상 지 역	구 분	한 도	
		주 간 (06:00 -22:00)	야 간 (22:00 -06:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시 지역중 취락지구 및 운동·휴 양지구, 자연환경보전지역, 학 교·병원·공공도서관의 부지경 계선으로부터 50 미터 이내지 역	소음 (Leq dB(A))	68	58
상업지역, 공업지역, 농림지 역, 준농림지역 및 준도시지 역중 취락 지구 및 운동·휴양 지구외의 지역 미교시지역	소음 (Leq dB(A))	73	63

주)소음·진동 규제법 시행규칙(2000.5.4 개정판)

4. 도로소음 저감방안

도로포장의 전형적인 문제점인 소음을 저감시키기 위한 기법은 매우 다양하게 시도되어 왔으며 현재 사용하고 있는 방법은 포장의 종류와 지역적 조건에 따라 변화하기도 하지만 주로 방음벽시설, 저소음 포장 및 포장표면처리공법 등을 사용하고 있는 것으로 조사되고 있다.

4.1 방음벽시설

방음벽의 형식은 음향적인 기능에 따라 크게 회절효과와 함께 입사음을 소정의 흡음효과까지 얻기위한 흡음형, 입사음을 직접차단하고 회절효과만을 얻기위한 반사형 방음판넬(pannel)로 분류하고 있으며 형식의 선정시에는 감음효과, 경과, 일조, 조망권 및 설치위치의 지형여건과 경제성을 감안하여야 한다. 시설은 방음판의 재질에 따라 구분되며 아래와 같다.

4.1.1 흡음형 판넬

- 금속판 : 철 또는 알루미늄의 판내에 Glass wool 또는 Rock wool의 흡음재를 충전하고 전면에 유공판을 사용하여 흡음성을, 후면의 판에는 차음성을 갖도록 한 구조가 감음효과가 크다.
- 자기판 : 자기분말을 소결하여 판을 만든 것으로 내열성, 내충성이 우수하다.
- 발포콘크리트판 : 흡음성능이 크지 않다.
- 목재판 : 목재판 내부에 목재를 이용한 흡음재를 충전함



4.1.2 반시형 판넬

- 콘크리트판 : PC, RC판을 기둥에 조립하는 방법으로 우리나라에서 가장 많이 사용하는 방법중 하나이다.
- 석면시멘트 : 석면과 시멘트로 판을 성형하여 사용
- 수지판 : 고분자합성수지(Poly Carbonate)판을 성형하여 사용(투명, 반투명판으로 일조 및 조망의 확보목적)
- 석재판 : 석재판을 기둥에 조립하는 방법으로 내열성, 내충성이 우수하다.
- 금속판 : 금속의 성질을 이용 여러 가지 형태를 연출할 수 있다.
- 유리판 : 투명판으로 일조 및 조망이 우수하다.
- 목재판 : 목재를 여러모양으로 조립 주변경관과의 조화성이 우수하다.

4.2 소음저감 포장공법

4.2.1 횡방향 타이닝

지금까지 콘크리트포장 표면처리에 가장 널리 사용해 온 방법으로 유럽의 경우 브러싱 또는 그루빙의 깊이를 깊게하는 방법을 사용하고 있으며, 미국에서는 버랩(마대의 일종)끼기 방법을 많이 사용하고 있는 것으로 알려져 있다. 횡방향 타이닝 처리한 포장 표면은 약 78dB(A)~85dB(A)의 소음도가 측정되어 가장 크게 소음을 유발하는 것으로 측정되었다.

횡방향 타이닝 표면처리 방법은 도로의 횡방향으로 그루빙을 발생시키는 방법으로 특수한 기술이 필요치 않으며 소음 저감보다는 우천시 표면수를 배수하여 타이어와 포장면의 수막두께를 줄여줌으로써 미끄럼마찰 저항을 증대시켜 고속에서의 안전을 확보하는데 보다 큰 목적이 있다.

4.2.2 종방향 타이닝

콘크리트포장의 소음저감을 위한 방법으로 시도되고 있는 종방향 타이닝도 횡방향 타이닝과 마찬가지로 굳지 않은 포장표면의 물탈을 부러쉬, 버랩(burlap), 빗(combs)과 같은 도구를 사용하여 도로의 종방향으로 그루빙을 발생시키는 것으로 소음측정 결과 약 72dB(A)~76dB(A) 정도로 측정되어 횡방향 타이닝에 비해 소음저감 효과가 있는 것으로 보고되었으나 우천시 표면수의 배수가 원활치 못할 경우 미끄럼저항성에 다소 문제가 발생하여 소형승용차와 같이 타이어 홈의 폭이 좁은 경우 종방향 타이닝 폭에 의한 영향을 받게되므로 차량의 안전운행에 문제가 될 수도 있으므로 적용시에는 충분한 사전조사가 필요하

4.2.3 골재노출

골재노출 공법은 콘크리트 포장의 소음저감 방법중 매우 큰 장점을 가지고 있는 공법으로 평가되고 있으나 기술적으로 쉬운 공법이 아니므로 시공자는 충분한 경험을 가지고 있어야 한다. 그 이유는 소음 감소와 미끄럼 저항을 동시에 얻어야 하기 때문에 소음과 미끄럼 저항에 가장 우수한 표면조직 형태를 표면상에 형성시키기 위해서는 포장콘크리트의 생산방법, 시공순서, 시공장비 사용등 여러 가지 공사시방을 철저히 따라야 하기 때문이다. 골재노출공법으로 표면처리된 포장면에 대한 소음 측정시 소입경 골재인 경우 약 70dB(A)~74dB(A)로 측정되어 다른 표면처리공법에 비해 소음이 낮게 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 골재노출 공법은 시공방법과 시공경험이 매우 중요한 변수로 작용하기 때문에 아래와 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 가. 콘크리트에 사용하는 골재 시방준수
- 나. 노출깊이, 노출골재 개수 시방준수



다. 시공후 소음 및 미끄럼저항을 측정하여 결과확인

라. 지연제의 종류, 사용량, 몰탈 노출기의 시공속도, 콘크리트 품질저해 유무 등 시공상의 세부적인 사항은 시험시공을 통해 확인한다.

4.2.4 배수성 포장

배수성포장은 노면에서 빗물을 신속히 포장체 밖으로 배수하는 것을 목적으로 소음저감 특성을 보유한 공법으로 차량 및 기후변화에 저항할 수 있는 포장구조 조건을 갖추어야 한다.

배수성포장은 미끄럼사고 방지, 수막현상 및 물튀김현상 방지, 야간 시인성 향상, 소음의 감소를 장점으로 기대할 수 있는 반면 공용중 차량하중에 의한 다짐작용으로 공극율이 감소하여 배수성과 흡음능력이 저하되는 단점을 갖고 있어 배수성포장의 기능적 특성을 유지하기 위해 10-2cm/sec 정도의 투수계수를 유지할 수 있도록 구조적 안정성을 확인할 수 있는 혼합물의 설계와 시공 그리고 유지관리를 철저히 하는 노력이 요구된다.

5. 맺음말

21세기의 도로는 과거의 도로성격과는 다르게 이용자 측면의 환경친화적인 도로가 되어야 할 것이다. 도로에서 발생하는 소음은 도로주변의 생활환경 및 도로이용자에게 많은 불편과 거부감을 유발하는 요인으로 오래 전부터 문제시 되어왔으나 선진국에서는 도로에서 발생하는 소음을 발생단계에서 저감시키는 방안을 지속적으로 연구하여 좋은 성과를 거두고 있는 실정이다. 따라서

본 고에서는 도로포장의 소음발생이론과 소음저감 방법에 대해 고찰해 보았으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 현재까지 시행되었던 도로 소음측정 결과는 포장표면 처리방법, 차량 타이어의 홈 모양 등이 고려되지 않은 단순한 소음측정인 경우가 많았다. 따라서, 향후 연구를 위한 소음측정에는 차종별, 타이어 홈모양별 표준차량을 지정 하여 차량 외부 및 내부의 소음도까지 측정할 것을 추천한다.
2. 우리나라에서는 콘크리트포장 공법적용시 미끄럼저항 증대에 역점을 두고 소음발생 저감을 위한 특별한 대책을 반영하지 않고 규칙적인 간격의 횡방향 타이닝 공법을 적용하고 있으나 향후 다양한 표면처리에 관한 연구와 시험시공이 이루어져 도로에서 발생하는 소음을 저감하여 도로이용자 및 주변 생활환경의 향상을 도모한다.
3. 현재 콘크리트포장 표면 마무리에 사용하고 있는 규칙적인 간격의 횡방향 타이닝공법은 외국의 연구사례를 볼 때 가장 큰 소음을 유발하므로 불규칙적인 간격의 횡방향 타이닝간격 조정공법이나 골재노출공법등을 국내에도 적극도입하여 적용할 것을 추천한다.
4. 특히, 터널내부의 콘크리트 포장은 터널의 폐쇄적인 특성으로 소음의 불쾌감이 가중되고 포장에서 발생하는 분진은 터널내 환경을 오염시키는 요인이 되고 있으므로 소음발생 및 분진발생을 저감할 수 있는 소입경 골재노출공법 개발의 지속적인 연구와 시험시공 등을 통하여 친환경 도로건설에 노력하여야겠다.