

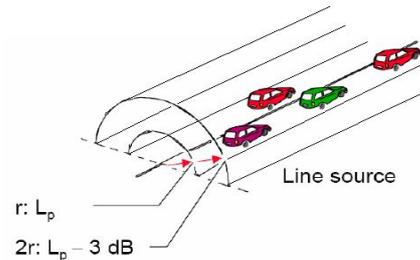
일반 소음과 ANC 적용 시 소음에 대한 거리별 소음 감쇄효과 분석

문학룡, 임유진, 강원평
한국건설기술연구원 도로연구소

A Effect Analysis on Noise Reduction by Distance about General Noise and Noise Applied ANC

Hak-Ryong Moon, You-Jin Lim, Won-Pyoung Kang
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Abstract - 기존에 시행 중인 도로교통 소음을 저감시키기 위한 방안인 방음벽과 저소음 포장은 보편적으로 사용되어 오고 있으나, 몇 가지 단점을 가지고 있다. 방음벽은 높은 시공으로 인한 도시 경관 저하, 과도한 시공비 및 유지비, 조류가 방음벽에 부딪혀 유발되는 생태계 교란 현상 등 여러 문제점을 가지고 있다. 또한, 저소음 배수성 포장은 타이어와 도로 포장간의 마찰 소음을 원천적으로 저감시키는 효율적인 공법이나, 시공 후 일정기간이 지나면 공극이 막혀 성능이 저하되어 유지 보수가 적절하게 필요한 단점이 있다. 수음점의 거리별 소음예측을 통하여 일반적인 원소음과 능동형 소음 저감 기술(ANC) 적용 후의 효과를 알아보고, 소음원의 제어 및 영향거리에 따른 저감 목표를 예측하고자 한다.



<그림 2> Line source 소음원 특성[2]

1. 서 론

도로교통으로 인한 소음은 도로 인근 거주자에게 소음문제를 야기시켜 민원이 증가하고 있으며, 사회적인 주요 환경문제로 대두되고 있다. 기존 도로교통 소음을 저감시키기 위한 방안으로 방음벽과 저소음 포장 등이 있으며, 방음벽은 가장 보편적으로 사용되고 있는 소음 저감 방안이다. 하지만 방음벽은 높은 시공으로 인한 도시 경관 저하, 과도한 시공비 및 유지비, 조류가 방음벽에 부딪혀 유발되는 생태계 교란 현상 등 여러 문제점을 가지고 있다. 저소음 배수성 포장은 타이어와 도로 포장간의 마찰 소음을 원천적으로 저감시키는 효율적인 공법이나, 시공 후 일정기간이 지나면 공극이 막혀 성능이 저하되어 유지 보수가 적절하게 필요한 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 도로 소음 저감 방안의 단점을 극복 가능한 새로운 방안으로 능동형 소음저감 기술을 제시하고자 한다. 또한 수음점의 거리별 소음 예측을 통하여 일반적인 원소음과 능동형 소음 저감 기술 적용 후의 효과를 알아보고, 소음원의 제어 및 영향거리에 따른 저감 목표를 예측하고자 한다.

3. 본 론

3.1 능동형 소음 저감 제어기 제작

본 연구에서는 도로소음을 저감하기 위한 능동형 소음 저감 제어기를 그림 3과 같이 제작하였다. 본 능동형 소음 저감 제어기는 제거 소음원을 빠르게 생성하고, 제어 알고리즘을 수행하도록 OMAP-L138을 사용하였다. 마이크로폰으로부터 입력받은 소음 신호는 디지털 데이터로 변환한 후, 신호처리 제어기로 전달하기 위해 I2S 버스를 사용하도록 설계하였다. 또한 운영 프로그램을 개발하여 제어기 자체적으로 운영이 가능하도록 하였다.



<그림 3> 도로소음 저감용 능동소음 제어장치

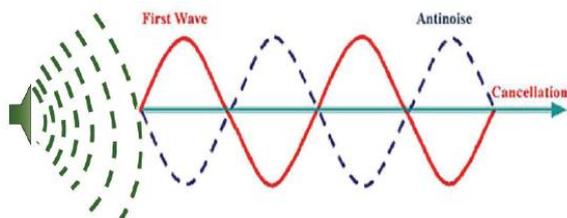
2. 문헌고찰

2.1 능동형 소음 저감 기술(ANC)

능동형 소음 저감 기술은 저감해야 하는 소음 주파수의 위상을 180° 변환하여 주파수와 레벨이 동일한 역 소음을 발생시켜 소음을 저감시키는 기술이다[1]. 현재 다양한 음향 기기와 차량의 내부에 적용중이나, 일반적으로 저주파수 대역의 소음저감을 위해 사용되어, 적용 분야의 확장이 필요한 기술이다. 능동형 소음저감 기술의 대표적인 성공사례는 헤드폰이며, 일반 헤드폰에 비하여 가격은 고가이지만, 외부에서 유입되는 소음을 97.5% 저감시켰으며, 현재 넓은 시장권을 형성하고 있다.[1]

3.2 능동형 소음 저감 제어기 현장 실험

본 연구는 완성된 제어기를 이용하여, 현장에서의 실험을 수행하였다. 본 실험은 Correlation LMS 알고리즘을 이용하였으며, 경기도 광주에 위치한 테스트베드에서 실제 도로를 주행하는 차량 소음을 대상으로 그림 4와 같이 진행하였다. 차량소음 입력 후 제어기를 통해 반대 주파수 음을 내보내어 ANC 적용 전 후의 소음을 비교하였다.



<그림 1> 능동형 소음 저감 기술 원리

2.2 거리에 따른 소음도 감쇄 기준 식

소음원은 전파 형태에 따라 점음원, 선음원, 면음원으로 구분되며, 도로 소음의 경우 그림 2와 같이 선음원으로 분석 할 수 있다. 따라서 도로에서 소음을 측정 할 경우 소음원으로부터 거리가 r인 지점의 소음레벨이 Lp인 경우 거리가 2배인 2r의 위치에서 소음은 거리에 따른 감쇄로 인해 Lp-3dB로 r위치 보다 약 3dB 감소하여 측정된다[2].



<그림 4> 실험 진행 모습

3.3 거리에 따른 소음 감쇄 분석

2014년 10월 31일, 곤지암 IC 부근 3번 국도에서 실험한 소음 측정 자료를 대상으로 분석을 수행하였다. 일반적인 상태인 원소음과 능동형소음저감기술(ANC)을 적용한 두 가지 방법으로 측정을 하였으며, 측정 결과는 표 1과 같다.

〈표 1〉 소음 측정 자료

(단위 : dB(A))

주파수	16	20	25	...	80	...	100	...	250	...	16000	총음압레벨
원소음	17.2	20.9	28.7	...	51.2	...	57.4	...	68.0	...	38.1	83.64
ANC 적용	13.9	20.2	26.0	...	46.4	...	54.5	...	63.9	...	33.0	82.01

측정한 소음 레벨에 대하여, 일정한 거리만큼 떨어진 거리에 따른 소음도 감쇄효과를 분석하고자 한다. 도로 소음의 경우 여러 가지 소음원이 합성되므로, Line Source 특성이 복합적으로 작용하여 실제 측정값을 얻게 된다.[2]

- 2개의 소음원에 의한 소음 레벨 : $L_{p1} + L_{p2} = X + 3dB$
(L_{p1} 과 L_{p2} 는 X dB로 동일 크기 일 때 적용 가능)
- 소음원으로부터 거리 r에서의 소음 레벨 : L_p
- 소음원으로부터 거리 2r에서의 소음 레벨 : $L_p - 3dB$
- 본 연구에서 실험한 거리 r : 4m (그림 4 참조)

〈표 2〉 거리에 따른 감쇄값

(단위 : 총음압레벨 dB(A))

거리	원소음	ANC 적용
기준점	83.64	82.01
기준점으로부터 4m	80.64	79.01
기준점으로부터 8m	77.64	76.01
기준점으로부터 16m	74.64	73.01

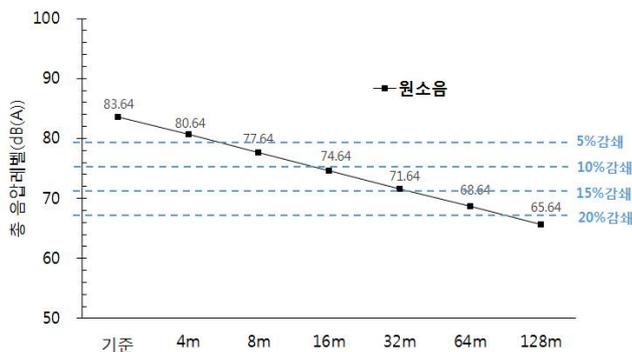
〈표 3〉 원소음 대비 감쇄값

(단위 : 총음압레벨 dB(A))

원소음	5% 감쇄	10% 감쇄	15% 감쇄	20% 감쇄
83.64	79.46	75.27	71.09	66.91

표 2와 같이 원소음과 ANC를 적용했을 때의 측정 소음 두 가지 경우에 대하여, 수음점을 기준으로 한 거리별 감쇄값을 분석하였다. 83.64dB(A)로 측정된 원소음에 대하여 4m(r) 떨어진 지점에서는 80.64dB(A), 8m(2r) 떨어진 지점에서는 77.64dB(A)를 나타냈으며, ANC를 적용했을 때의 소음 또한 4m 떨어진 지점에서는 79.01dB(A), 8m 떨어진 지점에서는 76.01dB(A)를 보였다.

또한 원소음이 5%, 10%, 15%, 20% 감소되는 원소음 음압레벨과 해당되는 거리별 감쇄값을 비교해보고자 한다.

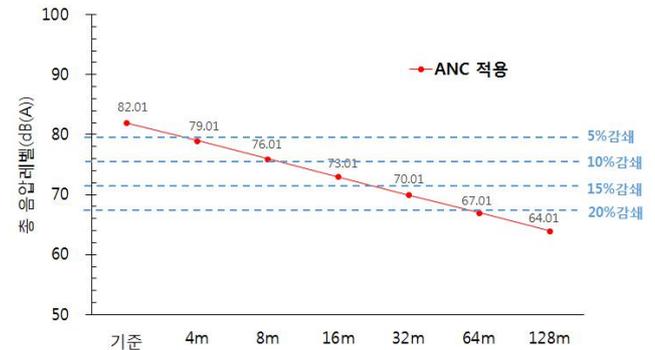


〈그림 5〉 거리 및 원소음 기준 감쇄값(원소음)

그림 5와 같이 일반적 상황인 원소음을 대상으로 거리 및 원소음 기준 5 ~ 20% 감쇄되는 음압레벨을 분석해보았다.

원소음 음압레벨인 83.64dB(A)에서 5% 감쇄되는 수준은 79.46dB(A)이므로, 기준점으로부터 약 6m 떨어진 지점에서 5% 감쇄가 이뤄지는

것으로 분석되었다. 또한 원소음의 10% 감쇄값은 75.27dB(A)로, 기준점으로부터 약 15m 떨어진 지점에서 10% 감쇄가 이뤄지는 것으로 나타났다.



〈그림 6〉 거리 및 원소음 기준 감쇄값(ANC적용)

그림 6과 같이 ANC를 적용했을 때의 측정소음은 82.01dB(A)이다. 이를 원소음 음압레벨인 83.64dB(A)에서 5% 감쇄되는 수준인 79.46dB(A)에 해당하려면, 기준점으로부터 약 4m 떨어진 지점에서 5% 감쇄가 이뤄지는 것으로 분석되었다. 또한 원소음의 10% 감쇄값은 75.27dB(A)로, 기준점으로부터 약 9m 떨어진 지점에서 10% 감쇄가 이뤄지는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 3번 국도 상에서 실험한 소음 측정 자료를 기준으로 일반적 상황인 원소음과, ANC를 적용했을 때의 소음 두 가지로 나누어, 영향거리에 따른 저감 수준에 대하여 분석하였다.

일반적인 원소음일 때 5%의 소음을 감소하려면, 기준점보다 약 6m 떨어진 지점과 동일하였으며, ANC 적용 소음은 약 4m 떨어진 지점에서 5%의 소음감소 음압레벨과 동일하였다. 5% 소음 감소 수준일 때에는 약 2m 차이를 보였다. 원소음의 10% 소음을 감소하려면 원소음의 경우 약 15m, ANC 적용 소음의 경우 약 9m로 분석되어, 약 6m의 차이를 보였다. 원소음의 20% 소음을 감소하기 위해서, 원소음의 경우 약 96m, ANC 적용 소음의 경우 64m인 것으로 나타나, 두 방법의 차이는 약 32m인 것으로 분석되었다.

따라서 원소음 대비 감쇄 비율이 커질수록 일반적 상황의 원소음과 ANC 적용 소음의 차이가 커짐을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 원소음과 ANC를 적용했을 때의 소음 두 가지 경우에 대하여 감쇄비율에 따라 상응하는 영향거리에 대한 저감 수준에 대하여 분석하였다. 향후 연구로 본 연구에서 사용한 선음원 감쇄식 외에 면음원의 수식을 적용하여 실제 값과 비교하는 연구를 수행해야 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 문학룡, 임유진, 강원평, "암소음 특성을 고려한 소음 저감 기초 실험", 2014년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1049-1050, 2014.
- [2] B&K, Basic Concepts of Sound, p. 19, 1998.