

군(軍) 건설장비 소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 연구

A Study on the Propagation and Attenuation Properties of the Military Construction Equipments Noise

주 덕 훈*·김 재 수†

Duck-Hoon Ju and Jae-Soo Kim

(2010년 5월 25일 접수 ; 2010년 8월 17일 심사완료)

Key Words : Military Construction Machinery Noise(군 건설장비 소음), Attenuation of Noise(소음의 감쇠)

ABSTRACT

In case of the construction equipment using by the military camp, such equipments are different from those equipments using at general construction site, of which muffler(silencer) is attached at the passenger seat side, since such equipments are obsoleted, it is great part that a considerably loud noises are continuously diffusing. When working, such noise can be influenced a lot of effects to those working soldiers nearby the equipment, and though it is really terrible loud noise as much as can arise a civil complaints by neighboring civilians, but because its specialty of the military, it is real state that there are many difficulties in establishing an effective soundproof countermeasure due to study shortage and lack of the relevant material regarding to military construction equipment. Accordingly, this study has ever grasped the characteristics of noise by its each frequencies and by distances about those 9 kinds of construction equipments using chiefly by the military camp. As the result, it was known that the military construction equipment is generating the loud noise which can influence bad effect to the workers, and such high sound pressure level of low frequency band can harm even to far distance.

1. 서 론

공병은 군대 병과 중의 하나로 시설 및 전투공병으로 크게 구분한다. 그중 시설공병의 중요 임무는 군이 사용하는 도로의 확보, 가교 부설, 도로의 구축과 보수 등이며, 대민지원과 같은 임무도 수행하고 있다. 이와 같은 임무를 수행할 때 사용하는 건설장비의 경우 일반 건설현장에서 사용하는 장비와는 달리 소음기(muffler)가 조수석 쪽에 부착되어 있고 장비가 노후하여 상당히 높은 소음이 지속적

으로 방사되고 있는 경우가 대부분이다. 이러한 소음은 작업에서 작업하는 군인들에게 많은 영향을 미칠 수 있으며, 인근 민가에 민원이 발생할 정도의 큰 소음이지만 군대라는 특성상 군 건설장비 소음에 대한 연구부족과 자료의 결핍 등으로 인하여 효율적인 방음대책 수립에 많은 어려움이 있는 실정이다⁽⁴⁾.

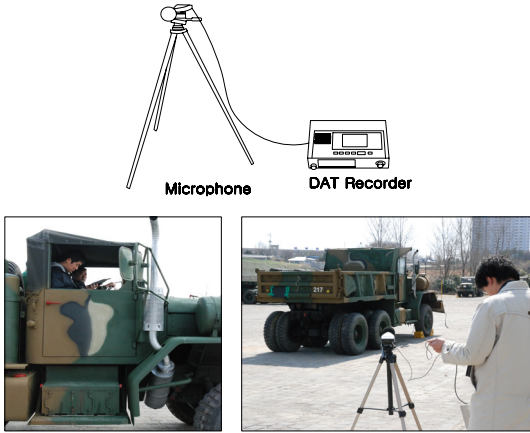
따라서 이 연구에서는 군 부대에서 주로 사용하는 9가지의 건설장비를 대상으로 주파수 및 거리별 소음특성을 파악해 보았으며, 이를 토대로 군 건설장비에 대한 기초적인 자료를 제시하고자 한다. 향후 많은 실험과 자료의 보완이 이루어지면 보다 정확하고 신뢰성있는 예측 상관식으로 효율적인 방음 및 차음 대책을 수립 할 수 있을 것으로 사료된다.

† 교신저자; 정희원, 원광대학교 건축공학과
E-mail : soundpro@wku.ac.kr
Tel : (063) 857-6712, Fax : (063)843-07820
* 정희원, 원광대학교 건축공학과

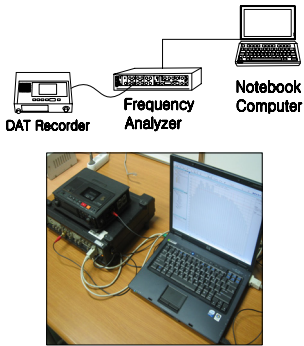
2. 측정방법 및 개요

2.1 측정방법

군 건설장비의 소음 측정방법⁽³⁾은 환경부 고시



(a) Composition of noise-measuring equipment and its measuring scene



(b) Analysis of noise level recorded by DAT

Fig. 1 Composition of noise level-measuring equipment and its experiment scene



Fig. 2 Form of military construction equipment

Table 1 Dimension of military construction equipment

Name of equipment	Month, year of manufacture	Horse power(HP)
(a) 5-ton rescue truck(K-712 W/W)	1994.07	236(HP)
(b) 5-ton dump truck (K-713)	1994.07	236(HP)
(c) 5-ton truck tractor (6x6K-715T/TW/W)	1983.12	236(HP)
(d) Bulldozer(SD-20)	1989model	220(HP)
(e) Loader(HL35)	1991model	220(HP)
(f) Grader(SG-15)	1990model	145(HP)
(g) Hydraulic excavator(SOLAR 210W-V)	2004model	157(HP)
(h) Truck, 5-ton hydrauliccrane (K-711)	2001model	236(HP)
(i) Compressor(950CFM)	1996model	389(HP)

제2003-231호(2003.12.31)에서 정한 『소음·진동환경오염공정시험기준』에 준하였다.

소음레벨은⁽⁵⁾ 소음계를 이용하여 소음의 피해를 직접적으로 받고 있는 운전석과 건설장비에서 동서남북 방향으로 7.5 m, 15 m 이격된 위치에서 30초씩 3회 측정⁽⁸⁾하여 평균치를 사용하였다. 측정은 소음계를 통해 들어오는 신호를 DAT(digital audio tape recorder)로 현장에서 녹음⁽²⁾하였다. 녹음시 calibrator를 사용하여 주파수 분석시 표준이 되는 1,000 Hz에서 94 dB을 먼저 DAT에 녹음한 후, 대상 군용 차량 장비를 가동시켜 작업시의 상황을 재현하기 위하여 엑셀레이터를 최고로 밟을 때의 소음을 녹음하였다. DAT로 녹음된 신호는 실험실에서 B&K사의 pulse를 이용하여 1/3 옥타브밴드 별로 각 주파수별 음압레벨(dB)을 분석⁽¹⁾하였으며, 이를 토대로 청감보정회로 『A특성』으로 보정된 음압레벨(dB(A))도 분석⁽⁷⁾하였다.

대상 군용 차량 장비의 소음을 측정하기 위한 기기 구성 및 측정모습은 Fig. 1과 같다.

2.2 군 건설장비의 제원 및 현황

실험 대상 군 건설장비의 모습 및 제원은 다음 Table 1 및 Fig. 2와 같다.

대상 군 건설장비의 경우 대체적으로 마력이 높고, 장비가 노후되어 장비 가동시 고소음이 발생하고 있다. 또한 실제 작업시 발생하는 소음을 측정할 수 없어 부득이 엑셀레이터를 밟았을 때를 작업시로 간주하여 측정⁽⁶⁾을 하였으나, 유압 장치에서 발생하는 소음으로 인하여 실제 작업을 할 경우에는 이보다 훨씬 큰 소음이 발생할 것으로 사료된다.

3. 분석 및 고찰

3.1 군 건설장비의 시간이력곡선

대상 군 건설장비를 7.5 m 위치에서 정상적으로 가동하고 발생하는 소음의 시간이력곡선을 비교·분석한 결과는 Fig. 3과 같다.

측정대상 군 건설장비의 시간에 따른 소음레벨 변동특성을 나타내는 시간이력곡선의 경우 전 측정 시간에 걸쳐 규칙적이고 일정한 정상소음의 특성을 나타내고 있다. 이러한 이유는 대상 장비들이 대부분 차량으로 엔진의 특성상 지속적인 소음이 발생

하기 때문에 사료된다. 작업시에는 이보다 훨씬 불규칙하고 높은 소음이 발생할 것으로 판단된다.

3.2 트럭, 구난 5톤(K-712 W/W)

대상 트럭, 구난 5톤(K-712 W/W)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 4와 같다.

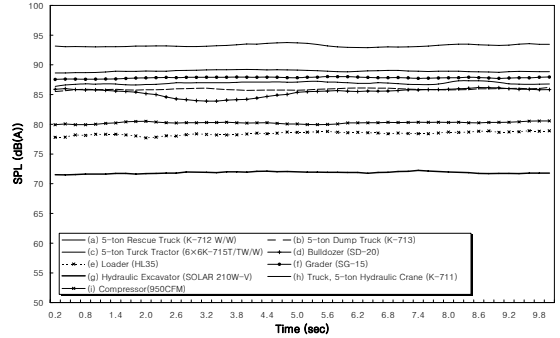
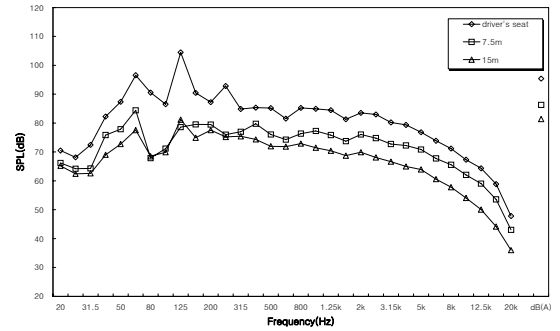
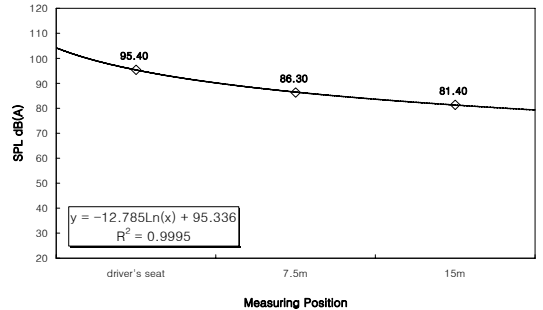


Fig. 3 Time-hysteresis curve of military construction equipment



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

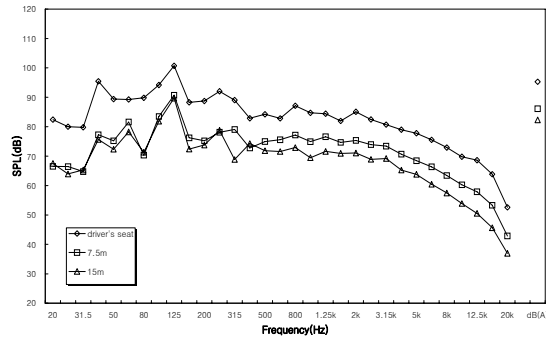
Fig. 4 Noise characteristics of 5-ton rescue truck (K-712 W/W)

Fig. 4에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 나타내다 315 Hz~3.15 kHz에서는 균일한 음압레벨을 보이고 있으며, 3.15~20 kHz에서 음압레벨이 감소하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 95.4 O.A., 7.5 m에서 86.3 O.A., 15 m에서 81.4 O.A.로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -12.785 \ln(x) + 95.336$ 로 나타나고 있으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

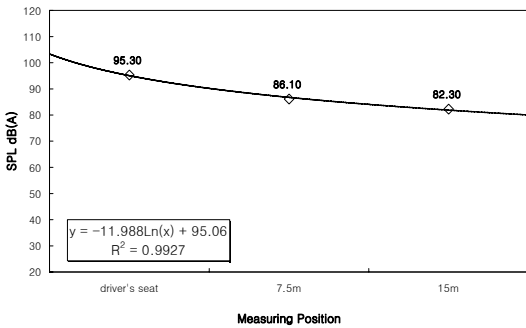
3.3 트럭덤프 5톤(K-713)

대상 트럭덤프 5톤(K-713)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 나타내다 315 Hz~2 kHz에서는 균일한 음압레벨을 보이고 있으며, 2~20 kHz에서는 음압레벨이 감소하는 특성을



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 5 Noise characteristics of 5-ton dump truck (K-713)

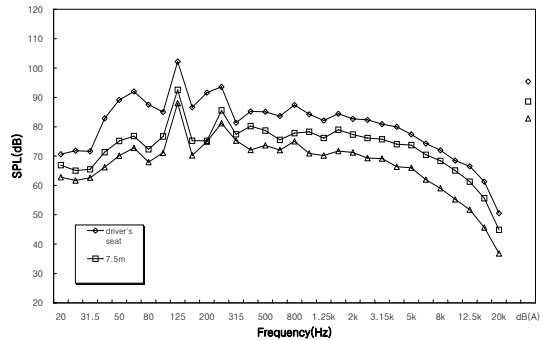
나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 95.3 dB(A), 7.5 m에서 86.1 dB(A), 15 m에서 82.3 dB(A)로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -11.988 \ln(x) + 95.06$ 로 나타나고 있으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

대상 트럭덤프 5톤(K-713)이 트럭, 구난 5톤(K-712 W/W)과 비슷한 결과치가 나타나는 이유는 같은 차종으로 구동방식이 같기 때문으로 사료된다.

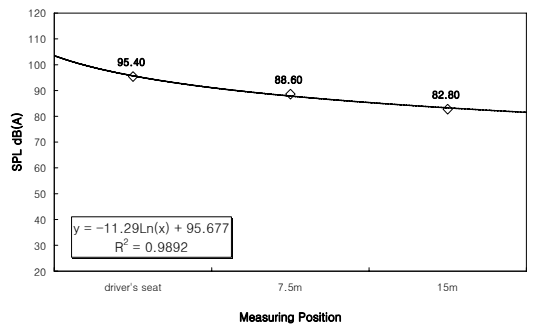
3.4 트럭 트랙터 5톤(6×6K-715T/TW/W)

대상 트럭 트랙터 5톤(6×6K-715T/TW/W)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 나타내다 315 Hz~3.15 kHz에서는 균일한 음압레벨을 보이고 있으며, 3.15~20 kHz에서는 음압레벨이 감소하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 6 Noise characteristics of 5-ton truck tractor (6×6K-715T/TW/W)

dB(A)는 운전석에서 95.4 dB(A), 7.5 m에서 88.6 dB(A), 15 m에서 82.8 dB(A)로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -11.29\ln(x) + 95.677$ 로 나타났으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

대상 트럭 트랙터 5톤(6×6K-715T/TW/W) 또한 트럭, 구난 5톤(K-712 W/W) 같은 차종으로 용도가 구분되어 있을 뿐 비슷한 결과치를 나타내고 있다.

3.5 불도저 (SD-20)

대상 불도저(SD-20)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 주파수 특성을 살펴보면 20~80 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 보이고 있으며, 80 Hz~20 kHz에서는 음압레벨이 균일하게 감쇠하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 99.1 dB(A), 7.5 m에서 84.9 dB(A), 15 m에서 79.3 dB(A)로 매우 높게 나타나고

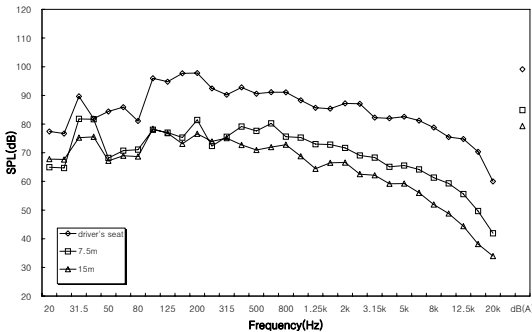
있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -18.288\ln(x) + 98.689$ 로 나타났으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

불도저의 경우 운전석이 유리라 같은 반사재로 구성되어 있어 운전석 내부의 음압레벨이 매우 높게 나타나고 있으며, 불도저의 글로브 버킷이 운전석에서 방사되는 소음을 반사하기 때문에 7.5 m 이후의 음압레벨이 크게 감쇠된 것으로 사료된다.

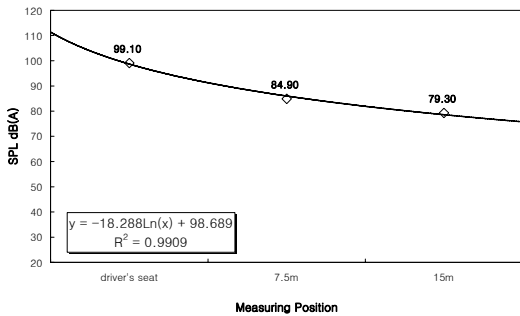
3.6 로더(HL35)

대상 로더(HL35)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 8과 같다.

Fig. 8에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 보이고 있으며, 315~20 kHz에서는 음압레벨이 균일하게 감쇠하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 89.2 dB(A), 7.5 m에서 78.3 dB(A), 15 m에서 72.5 dB(A)로 매우 높게 나타나고

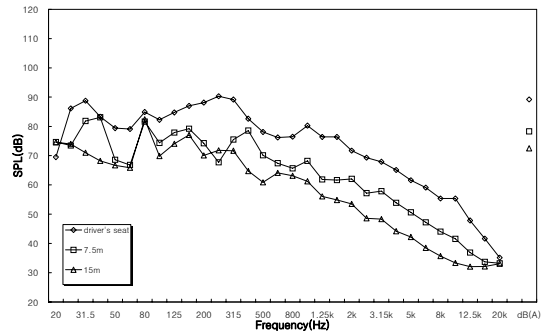


(a) Noise characteristics by frequencies

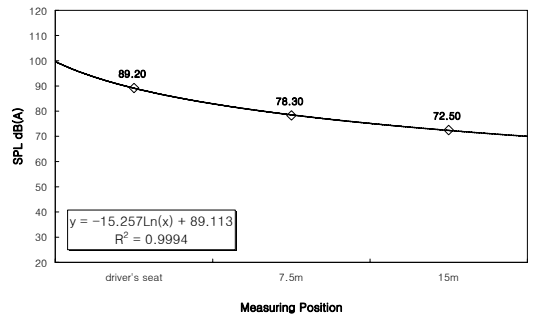


(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 7 Noise characteristics of bulldozer(SD-20)



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 8 Noise characteristics of loader(HL35)

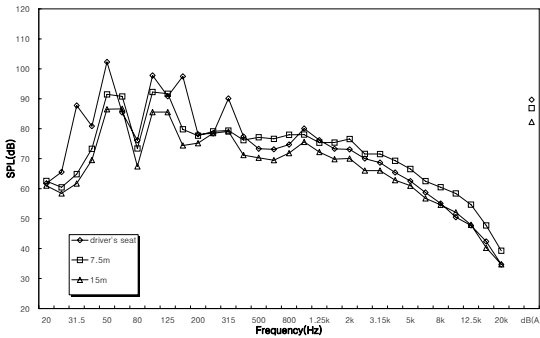
있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -15.257\ln(x) + 89.113$ 으로 나타났으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

로더의 경우도 불도저와 마찬가지로 운전석이 유리ro 되어 있어 운전석의 음압레벨이 높게 나타나고 있으며, 글로브버킷이 소음을 반사하여 먼 거리의 소음을 감소하고 있는 것으로 사료된다.

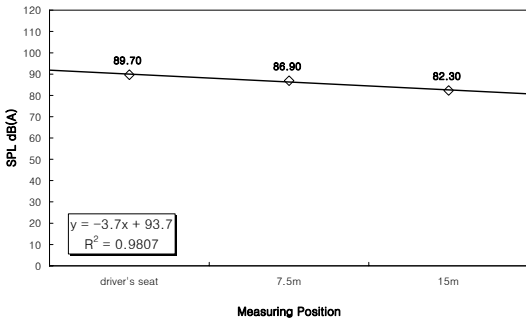
3.7 그레이더(SG-15)

대상 그레이더(SG-15)의 주파수 및 거리별 소음 특성을 분석해보면 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 나타내다 315 Hz~2 kHz에서는 균일한 음압레벨을 보이고 있으며, 2~20 kHz에서는 음압레벨이 감소하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 89.7 dB(A), 7.5 m에서 86.9 dB(A), 15 m에서 82.3 dB(A)로 매우 높게 나타나고 있음을 알



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 9 Noise characteristics of grader(SG-15)

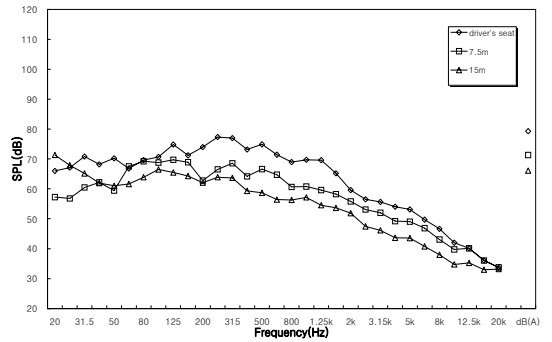
수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -3.7x + 93.7$ 로 나타났으며, 98%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

그레이더의 경우 불도저, 로더와 같이 운전석이 유리ro 되어 있지만 글로브버킷과 같은 장애물이 없어 운전석의 소음이 먼거리까지 방사되고 있어 음압레벨의 차이가 적은 것으로 사료된다.

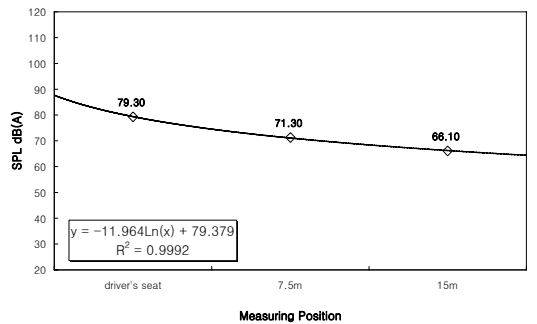
3.8 유압식 굴삭기(SOLAR 210W-V)

대상 유압식 굴삭기(SOLAR 210W-V)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 주파수 특성을 살펴보면 20~1.25 kHz에서 균일한 패턴을 보이고 있으며, 1.25~20 kHz에서는 음압레벨이 감소하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 79.3 dB(A), 7.5 m에서 71.3 dB(A), 15 m에서 66.1 dB(A)로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

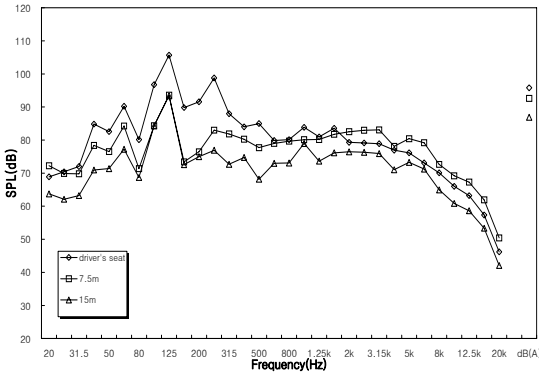
Fig. 10 Noise characteristics of hydraulic excavator (SOLAR 210W-V)

파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -11.964\ln(x) + 79.379$ 로 나타났으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

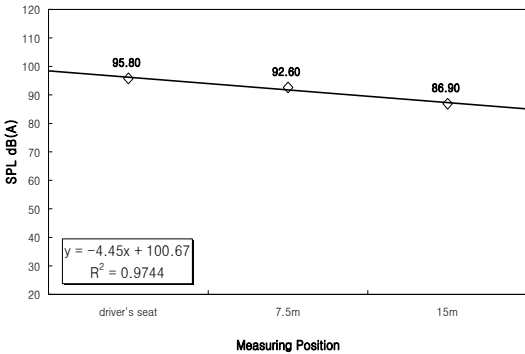
3.9 트럭 5톤 유압크레인(K-711)

대상 트럭 5톤 유압크레인(K-711)의 주파수 및 거리별 소음특성을 분석해보면 Fig. 11과 같다.

Fig. 11에서 주파수 특성을 살펴보면 20~315 Hz까지 불규칙하게 음압레벨이 증가하는 패턴을 나타내다 315 Hz~5 kHz에서는 균일한 음압레벨을 보이고 있으며, 5~20 kHz에서는 음압레벨이 균일하게 감쇠하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 95.8 dB(A), 7.5 m에서 92.6 dB(A), 15 m에서 86.9 dB(A)로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -4.45x + 100.67$ 로



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 11 Noise characteristics of truck, 5-ton hydraulic crane(K-711)

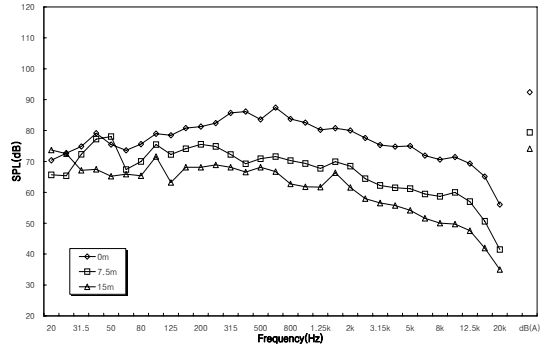
나타났으며, 97%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

3.10 압축기(950CFM)

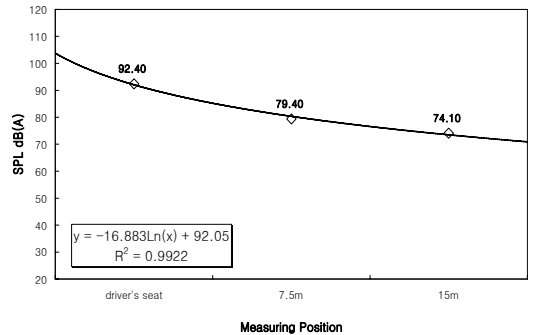
대상 압축기(950CFM)의 주파수 및 거리별 소음 특성을 분석해보면 Fig. 12와 같다.

Fig. 12에서 주파수 특성을 살펴보면 전체적으로 균일한 음압레벨을 보이고 있으며 12.5 kHz에서 음압레벨이 급격히 감쇠하는 특성을 나타내고 있다. 또한 총합소음도 dB(A)는 운전석에서 92.4 dB(A), 7.5 m에서 79.4 dB(A), 15 m에서 74.1 dB(A)로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 값으로 예측 상관식을 파악한 결과 거리별 음압레벨을 알 수 있는 예측식은 $y = -16.883\ln(x) + 92.05$ 로 나타났으며, 99%의 높은 설명력을 나타내고 있다.

대상 압축기가 다른 장비와 다른 주파수 특성을 나타내는 이유는 공기를 압축하여 분사하는 장비로 다른 장비와는 다른 구조를 가지고 있기 때문인 것으로 사료된다.



(a) Noise characteristics by frequencies



(b) Sound pressure level(dB(A)) by distances, and prediction correlation equation

Fig. 12 Noise characteristics of compressor(950CFM)

4. 결 론

이 연구에서는 군 부대에서 주로 사용하는 9가지의 건설장비를 대상으로 거리별 소음특성을 파악해 보았으며, 이를 토대로 군 건설장비에 대한 기초적인 자료를 제시하고자 하였다.

(1) 군 건설장비의 시간에 따른 소음레벨 변동특성은 대상 장비들이 대부분 차량으로 엑셀레이터를 최대한 밟은 상태에서 측정했으므로 전 측정 시간에 걸쳐 규칙적이고 일정한 정상소음의 특성을 나타내고 있었다. 작업시에는 이보다 훨씬 불규칙하고 높은 소음이 발생할 것으로 판단된다.

(2) 군 건설장비 주파수 특성은 트럭 구난 5톤, 트럭 덤프 5톤, 트럭 트랙터 5톤, 불도저, 로더, 그레이더, 트럭 5톤 유압크레인의 장비가 저주파수 대역에서 불규칙한 패턴을 나타내다 중·주파수 대역에서는 균일한 음압레벨을 나타내고 있으며, 고주파수 대역에서 음압레벨이 균일하게 감소하는 특성을 나타내고 있었다. 이러한 군 건설장비의 경우 고주파수 대역 음압레벨에 비하여 저·중 주파수 대역의 음압레벨이 높기 때문에 이러한 소음은 먼 거리까지 피해를 줄 것으로 사료된다.

(3) 군 건설장비의 총합소음도 dB(A)의 경우 운전석에서 79.3~99.1 dB(A), 7.5 m에서 71.3~88.6 dB(A), 15 m에서 66.1~86.9 dB(A)의 높은 음압레벨을 나타내고 있으며, 불도저, 로더, 그레이더와 같은 군 건설장비의 경우 운전석이 전면 유리나 같은 반사재로 되어 있어 운전석 내부의 음압레벨이 증폭이 되고 있어 운전자에게 더욱 큰 피해를 줄 것으로 사료된다. 또한 이러한 거리별 총합소음도 값으로 거리에 따른 음압레벨을 회귀분석하여 보면 97% 이상의 설명력을 갖고 있어 이러한 예측식을 사용하면 대상 군 건설장비의 음압레벨을 거리별로 예측할 수 있을 것이다.

이 연구는 군 부대에서 주로 사용하는 9가지의 건설장비를 대상으로 주파수 및 거리별 소음특성을 파악한 결과이다. 이러한 연구 결과를 통하여 얻어진 자료들이 축적된다면 군 건설장비에서 발생하는 소음의 대책 수립에 유용한 자료가 될 것이며, 또한 신뢰성있는 예측식을 이용하여 거리감쇠소음을 예측한다면 효율적인 방음대책을 수립할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) Kim, J. S., 2008, Architectural Acoustic Design (3rd edition), Sejin Co.
- (2) Kim, J. S., 2009, Theory of Noise & Vibration (2nd Edition), Sejin Co.
- (3) Kim, J. S., 2003, "Theory and Practice on Construction Noise·Vibration for Environment Dispute Arbitration," Published by Seewoo.
- (4) Kim, J. S., 1997, "Control Standard on Construction Noise and Noise Indication System," Architectural Institute of Korea, Bulletin(Architecture), Vol. 41, No. 9, pp. 76~79.
- (5) Kim, J. S. and Kook, J. H. and Jung, C. W. and Jung, E. J., 2006, "A Study on Characteristics and Evaluation of Architectural Equipment Noise," Proceedings of the AIK, Vol. 26, No. 1, pp. 673~676.
- (6) Kim, J. S. and Shin, J. B. and Jung, C. W. and Kim, C. S., 2006, "Characteristics and Influence of Hitting Noise Generated at Golf Exercise Place," Proceedings of the AIK, Vol. 26. No. 1, pp. 701~704.
- (7) Harris, C. M., 1979, Handbook of Noise Control, McGRAW-Hill Book Company.
- (8) Bell, L. H., 1982, Industrial Noise Control, Marcel Dekker, Inc.