

소선회 미니굴삭기 캐빈의 차음효과 분석

An experimental study about the sound insulation of the cabin for the zero tail type mini excavator

이종호*·김철호**·박종성**·손민규**

Chong-Ho Lee, Cheol-Ho Kim, Jong-Sung Park, Min-Kyu Sohn

Key Words : Zero tail type mini excavator(소선회 미니굴삭기), Cabin(운전실), LwA(음향 파워레벨)

ABSTRACT

Dimension and capacity of the zero tail type mini excavator are small as compared with medium or large excavators. Therefore, problems of the noise and the heat are major issues in design due to layout of each component such as the engine and the hydraulic module. It is necessary to reduce the noise and the vibration of construction machine, due to be enforced regulation for high noise construction machinery in the world. The objective of this study is to provide basic data which is apply to predict noise effect in detail design stage by estimating noise of cabin for zero tail type mini excavator.

1. 서론

지금까지 국내에서 생산되고 있는 굴삭기의 대부분은 5톤 이상급의 중대형 굴삭기가 주종을 이루고 있었지만, 수요자의 요구가 다양화됨에 따라 건설기계가 점차적으로 소형화되는 추세에 있으며 건설기계의 최대 생산국이며 수요국가인 유럽, 미국, 일본에서도 미니굴삭기에 대한 수요가 증가하고 있다. 소선회 미니굴삭기는 통상적으로 1-5톤급의 용량을 가지고 있으며 자체 트랙 반경내에서 스윙모션을 이루며 후방장애물의 구애를 받지 않고 선화 상부체도 손상이 없는 작업특성을 가지고 있기 때문에 도심지의 공사나 협소한 공간에서 우수한 작업효율을 나타낸다. 또한 소선회 미니 굴삭기는 기존의 중대형 굴삭기와는 달리 엔진 및 유압모듈을 비롯한 각 전장품들의 구조적인 배치가 운전실 아래로 집중되어지기 때문에 각 부품들이 제한된 공간 내에 콤팩트하게 설계되어야 한다. 따라서, 초기 설계 단계에서부터 소음 및 발열문제가 중요한 설계변수가 된다.

또한, 굴삭기를 포함한 일반적인 건설기계에 대한 소음한 규제들이 국내외적으로 점차 강화되고 있는 실정이다. 80년

대 초 국제표준화기구(ISO)에서 고소음 기계에 대한 소음표시제도를 제안한 이래 매년 소음표시 품목이 확대되고 있으며, EC 회원국들은 통일된 지침인 Directive/2000/14/EC를 제정하여 건설기계에 대한 소음표시의무제 및 인증제를 시행하고 있다. 따라서 엄격한 소음한도 설정 및 소음표시의무제로 인하여 고소음기계에 대한 수입규제가 더욱 강화될 전망이다. 아울러 외국에서 제작된 건설기계에 대해서는 더욱 까다로운 규제를 통과해야 수입이 가능하도록 관리를 하고 있으므로 건설기계 자체의 저소음, 저진동 설계가 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 3톤급 소선회 미니굴삭기에 관한 운전실의 차음효과 및 운전실을 구성하고 있는 창문 및 엔진룸과 연결되어 있는 운전실 바닥과의 차음효과를 알아봄으로써 상세설계 단계에서 소음에 대한 영향을 예측하는데 활용하고자 한다.

2. 운전자 위치에서의 캐빈의 차음효과

2.1 측정 대상 장비

미니굴삭기 소음 측정에 사용된 대상 장비는 현재 외국에서 시판되고 있는 K사의 제품이며, 운전실 내부 소음과 외부 소음을 측정하였다. Table 1은 측정하고자 하는 모델에 대한 주요 제원을 나타내고 있다.

* 한국생산기술연구원, 산업설비팀
E-mail : jhlee@kitech.re.kr
Tel : (041) 589-8312, Fax : (041) 589-8320

** 한국생산기술연구원

Table 1 Specification

item		specification	
Machine weight (Cabin/Canopy)(Kg)		3590/3480	
Bucket capacity, SAE/CECE(m ³)		0.11/0.10	
Engine	Model	D1503-M-EBH-2-EC	
	Type	Water cooled, diesel engine	
	Output ISO9249	PS/RPM	26.6/2300
		KW/RP M	19.6/2300
	Number of cilinders	3	
Displacement(cc)	1499		
Max digging force	Arm KN(Kgf)	18.3(1870)	
	Bucket KN(Kgf)	31.1(3180)	
Travelling speed(Km/h)		4.6/3	
Noise level	LwA	96dBA	

2.2 각 방향에서의 캐빈의 차음효과

(1) 측정조건

캐빈 타입의 굴삭기에서는 운전실 각 면에 부착되어 있는 도어와 창문의 차음효과가 운전실내의 소음의 크기를 결정짓는 중요한 요소가 된다. 따라서 본 시험에서는 운전실 외부에서 강제적으로 100dB wide band noise를 발생하여 운전실 내부의 소음을 측정하였다. 외부음원은 B&K Sound source type 4224를 사용하여 wide band noise를 발생시켰다. 측정은 B&K 4190 Free-Field 1/2" 마이크로폰과 LMS Roadrunner를 통하여 분석하였다. Fig. 1 에서와 같이 굴삭기로부터 7m 떨어져 위치한 곳에서 음원을 발생시킨 후, 운전자의 귀 위치에 마이크로폰을 설치하여 굴삭기 전후면과 좌우면에서의 음원에 대한 캐빈의 차음효과를 분석하였다. 캐빈에 대한 소음차단 효과를 보기위하여 굴삭기의 엔진은 정지 상태로 시험을 하였다. 굴삭기 주변은 반경 50m 이상으로 평평한 공간을 이루고 있으며 20m 정도의 거리에 가로수가 놓여 있으나 음의 방사방향과 평행한 위치에 있어 그다지 큰 영향을 주지 못하였다.

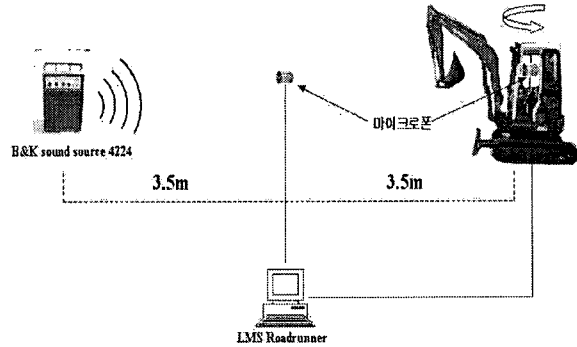


Fig. 1 소음측정 시스템 구성도

(2) 캐빈 전후좌우에서의 소음도

캐빈의 차음효과를 알아보기 위하여 음원은 전후좌우 7m 전방에 위치하며 이때 운전자 위치에서의 소음도를 측정하였다. 캐빈 운전자 위치에서의 전후좌우의 소음도는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 보듯이 저주파 영역(160 Hz 이하)과 고주파 영역(5000 Hz 이상)에서의 소음은 굴삭기의 뒤쪽에서 크게 나타나며, 500 ~ 2500 Hz 사이에서의 소음은 전면과 좌측면에서 크게 나타나고 있다. 사람에게 거슬리는 소리가 200 ~ 2000 Hz 영역인 것을 감안하면 전면과 좌측에서 차음에 더욱 철저히 대비하여야 할 것이다.

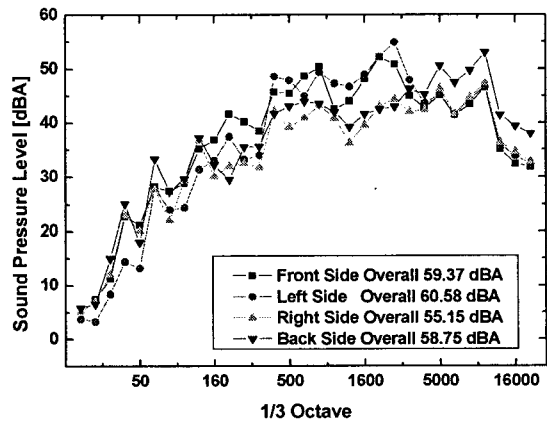


Fig. 2 캐빈 전후좌우방향에서의 음압레벨

3. 창문 및 바닥의 차음효과

3.1 캐빈 전후좌우 창문의 차음효과

(1) 측정조건

본 시험은 캐빈 전후좌우 창문에서의 차음시험을 수행한 것으로, 이는 소음이 방사되어 캐빈에 도달하여 창문에 충돌하기 전과 충돌하여 투과한 후의 소음차이를 분석하였다. 운전실 전후좌우 7 m 위치에서 100dB wide band noise를 발생시켜 운전실 전후좌우 창문에서 50 mm 안쪽과 바깥쪽에 마이크로폰을 각각 설치하여 음압레벨을 비교 측정하였다. Fig. 3에서는 각 방향에서 마이크로폰이 설치된 모습을 보여주고 있다.



Fig. 3 운전실 각면 50mm 전후로 마이크로폰 설치모습

(2) 각 방향 창문의 차음효과

운전실 각 면에 부착되어 창문 및 출입문에 의한 차음효과와 각면에서의 주파수대역별 음압레벨을 Table 2와 Fig. 4에 나타내고 있다. 우측창문의 경우 16dB정도의 소음 감소 효과가 나타남을 알 수 있으며 저주파 40 Hz 이하에서 출입문 창문 안쪽의 음압레벨이 더 높게 측정되었는데 이는 굴삭기 캐빈의 구조적 음향 공진에 의한 영향으로 판단된다. 좌측면과 전면창문의 경우는 각각 11dB와 12dB의 차음효과가 나타나고 있으며, 후면창의 경우 개폐형이 아닌 밀폐형으로 되어있기 때문에 19dB로써 다른면에 비해 상대적으로 차음효과가 높은 것으로 측정되었다.

Table 2. 각방향 창문에서의 음압레벨 [dBA]

	우측창문	좌측창문	전면창문	후면창문
바깥쪽	72	73	71	72
안쪽	56	62	59	53
차음효과	16	11	12	19

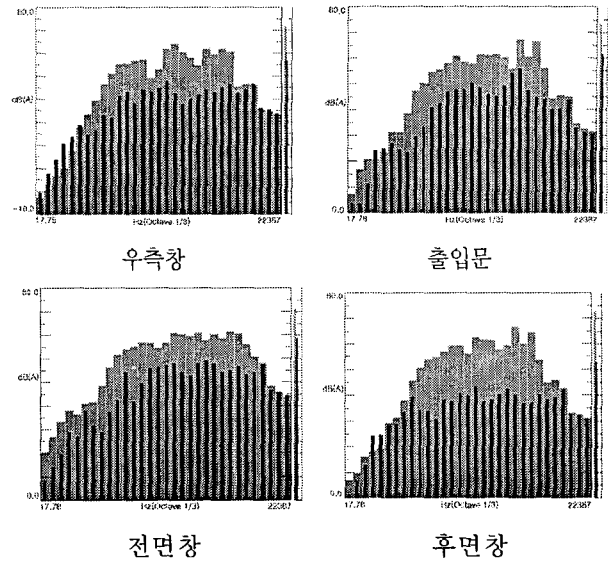


Fig. 4 각 방향창문 50mm 안과 밖의 음압레벨

3.2 운전실 바닥과 엔진룸 사이의 차음효과

(1) 측정조건

굴삭기 엔진을 공회전 시킨 후 엔진룸 내부 엔진 뒤쪽으로 한 개의 마이크로폰을 설치하고, 운전실 운전자 귀 위치에서 마이크로폰을 설치하여 엔진룸에서 발생하는 소음과 운전실내의 소음을 비교 측정함으로써 엔진룸의 차음효과를 알아보았다. 엔진룸은 전체가 차음재로 감싸져 있으며, 캐빈 내 엔진룸과 연결되는 플로어 쪽에도 차음재가 부착되어 있다. B&K 4190 Free-Field 1/2" 마이크로폰을 통하여 측정하였으며 LMS Roadrunner로 분석하였다.

(2) 운전실 바닥제의 차음효과

엔진을 공회전 시킨 상태에서 엔진룸 안쪽과 운전자 귀 위치에서의 음압레벨을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 5에 보여주고 있다. 엔진룸 안쪽의 경우 92.54 dBA의 소음이 측정되었으며 운전자 귀 위치에서는 72.25 dBA의 소음이 측정되었다. 따라서 엔진룸에 의해서 전체적으로 20 dB 정도의 차음 효과가 나오는 것으로 측정되었다. 운전자 위치 소음에서 31.5 Hz 이하의 영역에서는 상대적으로 소음이 큰 것을 알 수 있으며 이는 캐빈의 음향 공진에 의한 영향으로 판단된다.

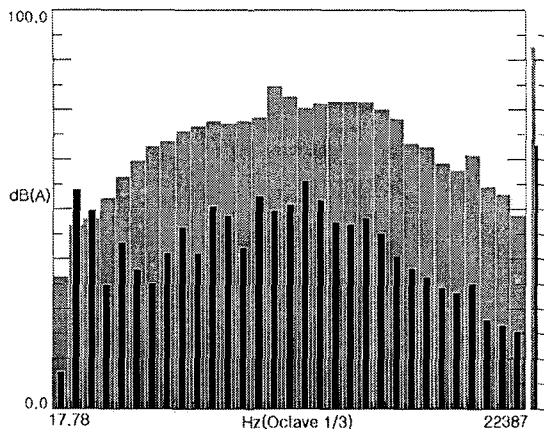


Fig. 5 엔진룸 안쪽과 운전석 위치에서의 음압레벨

4. 결론

본 연구에서는 3톤급 소선회 미니굴삭기에 관한 운전실 및 창문과 바닥의 차음에 관한 소음특성을 측정된 것이며 아래와 같은 측정결과를 얻을 수 있었다.

1) 캐빈에 의한 차음효과

	전	후	좌	우
차음효과 (dB)	13	14	12	16

2) 운전실 각 유리창의 차음효과

	좌측 유리창	우측 유리창	정면 유리창	후면 유리창
차음효과 (dB)	15	12	12	19

3) 엔진룸 및 운전실 바닥의 차음효과

	전	후	좌	우
차음효과 (dB)	13	14	12	16

4) 전체적으로 보면 굴삭기의 우측면의 차음효과가 16 dB로 좀 더 우수하게 나타나고 있다. 이는 우측면이 다른 면보다 유리 면적이 작아 나타나는 차음효과라고 판단되나 굴삭기의 저 rpm의 운전 시 오른쪽에 위치한 액셀 등의 기구로 인한 소음이 발생하여 운전자에게 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 소선회 미니굴삭기의 경우 기존 굴삭기에 비하여 크기가 작기 때문에 이로 인하여 차음을 위한 방안이 상대적으로 쉽지가 않다. 따라서 출입문, 창문이 위치하는 곳의 차음이 굴삭기의 소음도에 많은 영향을 미치리라 판단된

다.

후 기

본 연구는 한국기전공업의 주관 하에 시행되었으며 시험에 도움을 주신 현대중공업 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 박상규 등, 2004, "건설기계 소음표시의무제도 연구", 춘계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp. 554 ~ 558.
- (2) 김추호 등, 1995, "굴삭기 운전실 소음저감에 관한 연구", 춘계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp. 89 ~ 93.
- (3) KS A ISO 3740, 2002, "음향-소음원의 음향 파워레벨 측정방법-기본규격의 이용을 위한 지침서"
- (4) KS A ISO 3744, 2002, "음향-음압법에 의한 소음원의 음향 파워레벨측정방법-반사면상 준자유 음장에서의 실용측정방법"