한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 882~883

굴삭기 소음 예측을 위한 엔진 소음 데이터베이스 구축사례 소개

Introduction of Engine Noise Database on Hydraulic Excavators for Prediction of Radiated Noise

강귀현† · 곽형택* · 김주호* · 김인동**

Kang Kwihyun, Lee Kangjae, Kwak Hyungtaek, Kim Jooho and Kim Indong

1. 서 론

EU 등 선진국에서는 외부 방사소음에 대한 규제치를 설정하여 해당 장비의 소음이 설정 값을 초과할 경우 판매가 불가능한 실정이다. 2006년부터 적용된 2차 동적 소음규제에 따라 현재 규제치가 설정되어 있으며 각 제조사에서는 ISO3744, ISO6395 및 2000/14/EC에 의거하여 외부 방사소음 평가가 수행되고 있다. 특히 도심 및 거주지에서 작업이 빈번한 소형 굴삭기의 경우 외부 소음에 의하여 민원 및 법적 분쟁이 발생할 가능성이 높은 실정이다. 따라서 실제 제품이 나오기 전 냉각 성능을 고려한 외부 방사소음의 예측 및 저소음화 전략이 필수 적이다.

Type of equipment	Net installed power P (in kW) Electric power P_d (†) in kW Mass of appliance m in kg Cutting width L in cm	Permissible sound power level in dB/1 pW	
		Stage I as from 3 January 2002	Stage II as from 3 January 2006
Compaction machines (vibrating rollers, vibratory plates, vibratory rammers)	$P \le 8$	108	105
	$8 < P \le 70$	109	106
	$P > 70$	$89 + 11 \lg P$	$86 + 11 \lg P$
Tracked dozers, tracked loaders tracked excavator-loaders	$P \le 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$
Wheeled dozers, wheeled loaders, wheeled excavator-loaders, dumpers, graders, loader-type landfill compactors, combustion-engine driven counterbalanced lift trucks, mobile cranes, compaction machines (non-vibrating rollers), paver-finishers, hydraulic power packs	$P \le 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$82 + 11 \lg P$
Excavators, builders' hoists for the transport of goods, construction winches, motor hoes	$P \le 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \lg P$	$80 + 11 \lg P$

Fig 1. Permissible sound power level

2000/14/EC에 기재된 Fig.1의 내용과 같이 Permissible Sound Power Level은 엔진 출력 기준으로 계산된다. 기존 수행된 연구에서 두산인프라코어는 실제 굴삭기에서 소거법을 이용하여 주요 부품 및 운전 조건에 대한 방사 특성을 확보 하였다. 하지만 이러한 방법은 실제 제품이 존재해야 하며 확보된 Source의 변화가 발생할 경우 System 수준에서 다시 평가하여 Update하는 제약이 있다. 데이터베이스 활용도 향상 및 확장을 위하여 실제 탑재 상태에서 발생되는 특성을 모사할 수 있는 단품 수준의 소음 확보 방안이 절실한 상황이다.

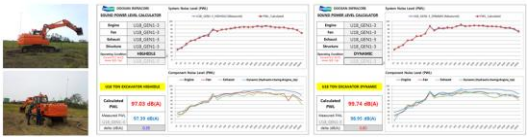

Fig 2. Radiated Noise Measurement and Calculation Tool

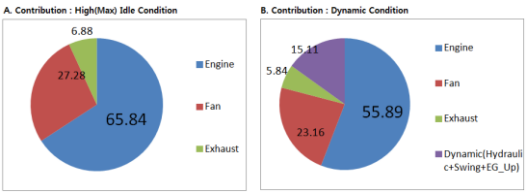

Fig 3. Contribution Analysis for Radiated Noise (Mid-size Hyd. Excavator)

중형 유압식 굴삭기의 외부 방사소음 기여도 분석 결과 Fig.3과 같이 엔진이 약 50% 이상의 가장 높은 기여를 하고 있다. 특히 정지 상태에서 High rpm으로 유지하는 순간에는 약 66%정도의 높은 기여를 보이고 있으므로 중형 굴삭기에서 엔진이 가장 주요한 소음원이라 할 수 있다.

본 연구에서는 외부 방사소음에 가장 높은 영향을 미치는 엔진 단품에 대한 소음 특성 확보방법 및 결과에 대하여 소개 하고자 한다. 확보된 데이터는

† 교신저자; 두산인프라코어 기술본부 NVH 팀
E-mail : kwihyun.kang@doosan.com
Tel : 032-211-3930, Fax : 032-211-3731
* 두산인프라코어 기술본부 NVH 팀
** 두산인프라코어 기술본부 Performance Integration

소음 예측을 위한 Calculation Tool 외에도 SEA를 이용한 방사소음 해석에도 활용 가능한 1/3 Octave Band Sound Power Level로 저장되며 ISO 및 표준 방법을 참고하여 진행 되었다.

2. 시험방법 및 결과

2.1 시험방법

엔진 단품 소음평가를 위하여 엔진 Test Cell에 대상 엔진을 거치 하였다. Sound Pressure Level을 이용하여 Sound Power Level로 환산하기 위하여 ISO 3744, 3746 및 KS A 0703과 SAE J1074의 내용을 참고하여 각 면에서 1M 떨어진 위치를 기준으로 6면체로 된 가상의 공간을 선정 하였으며 이에 대한 면적 보정 값을 계산하였다.

Fig 4. Engine and Test Cell

대상 엔진이 탑재되는 장비에 적용된 실제 엔진 MAP을 적용하였으며 탑재 시 발생되는 엔진 소음 특성과 Test 조건 간 Correlation을 위하여 부하 조건은 무 부하(0%)에서 전 부하(100%)까지 단계를 나누어 소음 평가를 실시 하였다.

2.2 결 과

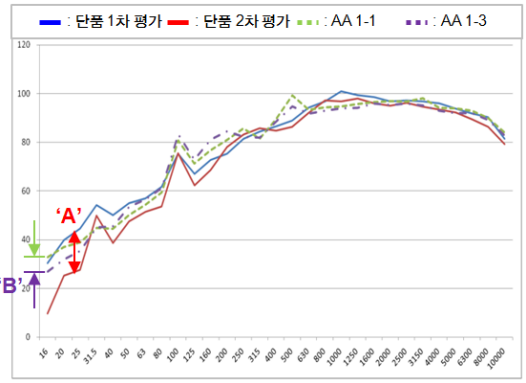

Fig 5. Result : Comparison of Two Different Methods

동일한 엔진 2Set에 대하여 단품 소음평가를 수행 한 결과 소거법을 이용하여 확보된 엔진 소음특성과 매우 유사한 결과임이 확인 되었다. 특히 약 1/3 Octave Band 기준 200Hz 이상 대역에서는 유사한 정도가 높아지므로 SEA를 이용한 해석에도 사용할 수 있음을 확인 하였다.

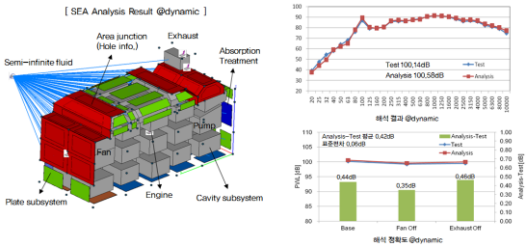

Fig 6. Example of SEA Result for Radiation Noise

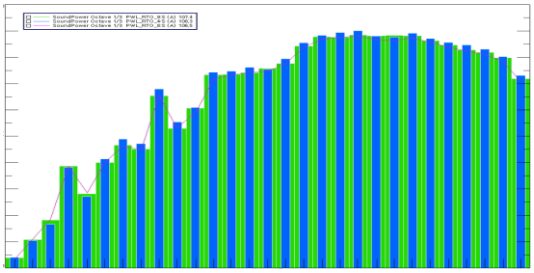

Fig 7. Result : Comparison of Three Different Calculations

ISO 3744및 3746에 의거하여 9개의 Microphone을 설치하여 측정 및 분석된 데이터에서 측정 Microphone의 위치 및 개수에 대한 영향도를 비교하였다. Fig 7의 결과와 같이 일반적인 엔진 소음 평가 시 사용되는 각 면 1M 거리의 4-Microphone 만으로도 엔진 Test Cell에서는 충분히 소음 특성을 확보할 수 있음을 확인 하였다.

3. 결 론

본 연구를 통하여 외부 방사소음 관점에서 가장 높은 기여를 보이고 있는 엔진의 소음 특성을 Test Cell에서 평가 및 확보 가능함을 확인 하였다. 특히 4개의 Microphone만으로도 소음 특성을 확보할 수 있음은 향후 시험 및 평가 절차 단축이 가능하게 할 것으로 예상된다. 실제 탑재상태가 아닌 단품 시험평가 기술을 확보하여 향후 엔진 개발 기간 중에도 탑재 후 발생하게 될 소음 예측용 데이터 확보가 가능하게 되었다.