

# SEA 를 이용한 굴삭기 소음 해석과 방열 성능 고려한 엔진 차폐 구조 설계

## Excavator noise analysis using SEA and engine enclosure design considering heat balance

강정환† · 이주형\* · 원광재\*\* · 강귀현\* · 곽형택\* · 김성재\* · 김인동\*\*\*  
Junghwan Kang, Joohyung Lee, Kwangjae Won, Kwihyun Kang, Hyungtaek Kwak, Seongjae Kim and Indong Kim

### 1. 서 론

굴삭기 작업 시 발생하는 소음은 환경문제를 일으킬 수 있기 때문에 유럽의 건설기계 환경소음 규제는 강화되고 있고 국내에서도 건설기계 저소음 인증 제도가 실시 되고 있다. 굴삭기에서 방사되는 소음의 대부분은 엔진 룸 내부의 엔진과 냉각 팬에서 발생하는 하므로 이를 줄이기 위해 엔진 룸 내부에 흡음재를 시방하고 외부는 차폐 구조 형태를 가지게 된다.

굴삭기 외부 방사소음과 가장 밀접한 관계를 가지는 성능은 방열 성능이며 이로 인해 엔진 룸은 완벽한 차폐가 불가능하며 설정된 냉각 팬 속도에 연관된 개구부 면적을 확보해야 한다.

일반적으로 이전 경험과 시행오차를 겪어가며 외부 방사소음 수준과 함께 냉각 팬 속도와 개구부 면적을 결정하게 되며 한번의 시험 제작이 힘든 건설기계의 특성 상 시행오차의 횟수가 많아질수록 개발 시간과 비용의 손실이 상당히 커질 수 밖에 없다.

이에 본 연구에서는 SEA를 이용하여 굴삭기 소음 모델을 구축하여 개구부에 대한 소음 설계 민감도를 도출하고 CFD 해석에 의한 방열 성능 결과를 함께 이용하여 굴삭기 엔진 차폐 구조 설계 방안을 제시하고자 한다.

### 2. 굴삭기 외부 소음 SEA 해석

#### 2.1 해석 모델 구성

해석 대상 차량은 국내 판매량이 높은 소형 굴삭기로 선정하였으며 우선 현재 양산 차량으로 해석 모델을 검증 후 엔진 차폐 구조 설계를 하려고 하는 개발 차량에 적용하는 순서로 진행하였다.

굴삭기 외부 소음의 경우 고주파 기여율이 높기 때문에 SEA 방법을 채택하였고 상용 Code인 VA One을 이용하여 모델링 및 해석을 진행하였다.

입력 조건을 위해 시험적으로 주요 소음원의 방사 파워를 시험적으로 측정하여 사용하였고 경계 조건의 경우 검증된 흡음재 데이터를 이용하여 실제 면적과 두께를 적용하고 개구부의 형상은 단순화 시킨 후 동일 면적을 적용하여 모델링을 하였다.

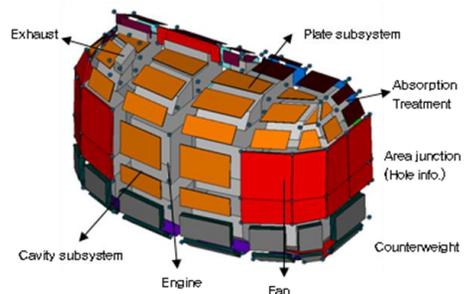


Fig 1. SEA Modeling of Hydraulic excavator

#### 2.2 해석 결과

SEA 해석 결과를 실제 측정한 결과와 비교를 하면 전 주파수 영역에서 소음 특성을 잘 표현하고 있음을 알 수 있다. 1/3 Octave Band로 보면 최대 3dBa 이내로 시험값을 예측하고 있으며 오차는 SEA 방법 적용 시 불리한 200Hz 이하 저주파 대

† 교신저자; 두산인프라코어 기술본부 NVH 팀  
E-mail : junghwan.kang@doosan.com  
Tel : 032-211-3932, Fax : 032-211-3731  
\* 두산인프라코어 기술본부 NVH 팀  
\*\* 두산인프라코어 기술본부 열유체해석팀  
\*\*\* 두산인프라코어 기술본부

역에서 주로 발생되었다.

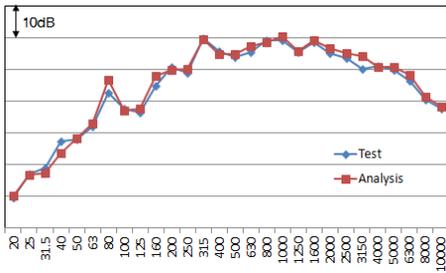


Fig 2. Comparison of test and analysis results

### 3. 방열 성능 고려한 엔진 차폐 구조 설계

#### 3.1 개구부 소음 민감도 해석

개구부 면적을 Fig 3처럼 6개의 설계 변수로 나누고 각 설계 변수에 대한 외부 소음 민감도 해석을 수행하였다.

해석 결과 흡입 개구부가 토출 개구부에 비해 세 배 이상 높은 값을 가짐을 알 수 있었다. 이는 흡입 개구부가 소음 기여도가 높은 냉각 팬에 좀 더 근접해있기 때문이다.

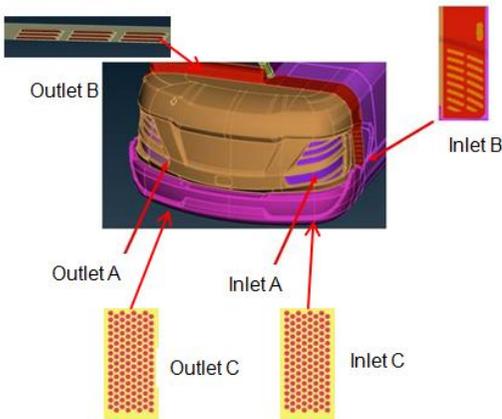


Fig 3. Design variables of opening area

#### 3.2 방열 성능 고려 엔진 차폐 구조 설계

소음을 저감하고 방열 성능을 개선하기 위해서 고려할 수 있는 설계 변수는 크게 엔진 차폐 구조 개구부 면적과 냉각 팬 속도이다. 소음을 저감하기 위해서는 엔진룸 개구부 면적을 줄이고 냉각 팬 속도를 줄여야 하고 방열 성능을 높이기 위해서는 이와 반대로 설계를 해야 한다. 그러나 소음을 줄이면서 동시에 방열 성능을 개선하기 위해서는 두 개의 설

계 변수를 서로 다른 방향으로 최적설계를 해야 한다. 다시 말해서 소음에 좀 더 민감한 설계 변수 또는 방열에 좀 더 민감한 설계 변수를 찾아야 한다.

이를 위해 상용 CFD 해석 Tool인 Fluent를 이용하여 동일한 방열 성능 개선을 가져올 수 있는 개구부 면적과 냉각 팬 속도를 계산하였다. 그리고 각각에 대해 소음이 어떻게 변하는 지, 즉 동일 방열 성능에 대해 정규화된 소음 민감도를 해석할 수 있었다.

결과적으로 동일 방열 성능에 대한 소음은 냉각 팬 속도 변화가 개구부 면적 변화보다 약 5배 가량 민감한 것으로 계산되었고 이를 통해 냉각 팬 속도를 낮추어 소음을 만족시키고 현재 엔진 차폐 구조 개구부 면적을 늘려 방열 성능을 만족시키는 설계를 할 수 있었다.

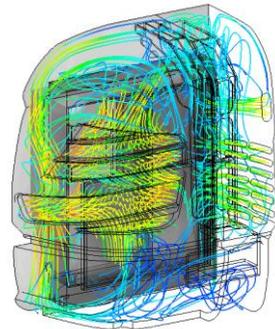


Fig 4. CFD analysis for radiator of excavator

## 4. 결 론

SEA를 이용하여 굴삭기 외부 소음 예측을 할 수 있는 모델링과 해석 기법을 구축했으며 실측치와 비교 시 설계에 이용하기에 충분한 정확도를 얻을 수 있었다.

구성한 소음 해석 모델을 이용하여 엔진 차폐 구조 설계에 참고할 수 있는 개구부 면적 변화 시의 소음 민감도 해석을 수행하였고 CFD 해석 결과를 함께 이용할 시 소음-방열 성능을 동시에 고려하는 엔진 차폐 구조를 설계할 수 있었다..