

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.

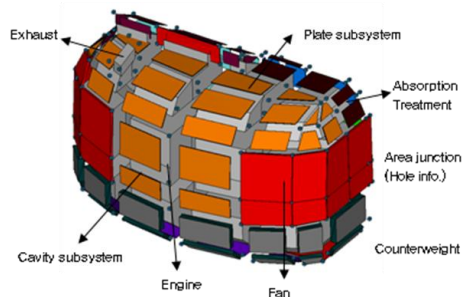


Fig 1. SEA Modeling of Hydraulic excavator

2.2 해석 결과

SEA 해석 결과를 실제 측정된 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.

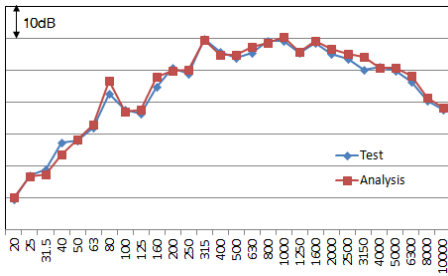


Fig 2. Comparison of test and analysis results

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.

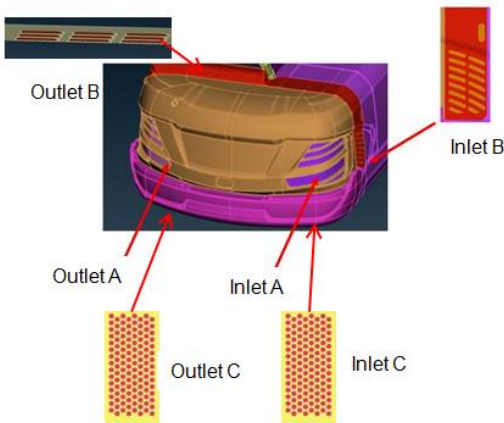


Fig 3. Design variables of opening area

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.

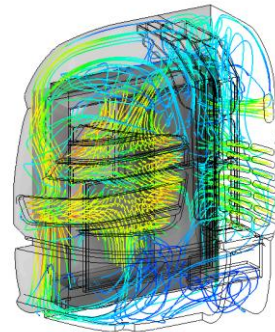


Fig 4. CFD analysis for radiator of excavator

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..