

# 중형 지게차 운전실의 저주파 소음 저감 연구

## Low Frequency Interior Noise Reduction in Medium-Sized Forklift

이원태† · 손인석\* · 김영현\* · 안정근\*\*  
**Wontae Lee, Insuk Son, Younghyun Kim and Jungkuen Ahn**

### 1. 서 론

최근 산업 차량의 경우, 운전자의 작업 환경 개선에 대한 요구 수준 증대에 따라 운전실 내부 소음의 저감뿐만 아니라 음질(sound quality)의 향상까지 동시에 요구되고 있다. 특히, 100Hz 이하의 저주파 소음은 운전자가 느끼는 음질에 많은 영향을 미치므로, 저주파 대역 소음에 대한 효과적인 저감 방안이 필요하다.

본 논문에서는 중형 지게차 운전실에서 발생하는 저주파 소음을 저감하기 위하여 소음의 전달 경로 및 기여도 분석을 위한 시험적 연구를 수행하였다. 시험 결과를 통하여 저주파 소음의 주 소음원 및 전달 경로를 추정하였으며, 최종적으로 엔진 마운트 계의 개선안을 적용하여 저주파 소음을 저감하였다.

### 2. 중형 지게차의 운전실 소음

#### 2.1 지게차 운전실 소음 평가

Fig.1과 같이 지게차는 구조 특성상 엔진 및 유압 펌프 등 주요 소음원이 되는 구동 장치가 운전실 바로 아래에 위치하고 있다. 구동 장치에서 발생하는 소음은 공기음(air-borne noise) 및 고체음(structure-borne noise)의 형태로 운전실로 전달 된다.

대상 지게차는 낮은 엔진 회전수의 소음이 문제가 되고 있었다. 소음 발생 특성과 원인을 파악하기 위하여 주요부의 소음과 진동을 계측하였으며, 위치는 Table 1과 같다. Fig.2는 회전 속도(rpm)에 따른 지게차 운전실 내부 소음의 변화를 나타내고

있다. 문제가 되고 있는 중형 지게차의 경우, 낮은 엔진 회전수에서 소음 수준은 높지 않았으나, 1100rpm과 1400rpm에서 엔진 회전 속도의 2차수 성분에 해당하는 저주파 소음이 크게 증가하였다. 따라서 엔진 2차 성분의 저주파 소음에 의해 운전실의 음질이 저하되는 상태임을 알 수 있었다.



Fig.1 Forklift for experimental study

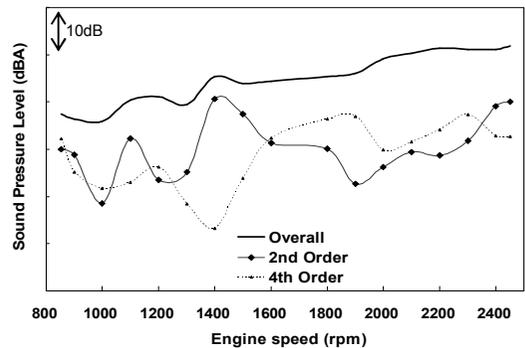


Fig.2 Interior noise of forklift

Table 1 Measurement points for forklift test

Measurement point	Noise source
Inside cabin	Air-borne, structure-borne noise
Inside engine room	Engine, hydraulic pump
Rear cabin	Muffler
Under cabin	Vibration

† 교신저자; 현대중공업 기술개발본부 제품개발연구소

E-mail : wontae.lee@hhi.co.kr

Tel : (052)202-5739, Fax : (052)202-5495

\* 현대중공업 기술개발본부 제품개발연구소

\*\* 현대중공업 건설장비사업본부

## 2.1 저주파 소음의 원인 분석

주요 소음원 및 전달 경로 파악을 위하여 운전실 소음을 엔진 마운트를 통해 전달되는 고체음, 운전실 하부의 엔진룸과 뒷 창문을 통해 전달되는 공기음으로 구분하여 각 소음원에 대한 기여도를 확인해 보았다. Fig.3은 지게차에 설치되는 운전실 구조의 차음 및 흡음 특성에 의한 소음 저감 성능을 나타내고 있으며, Fig.4는 운전실 하부 가짐에 의한 실내 방사 소음 계산 결과를 나타낸다.

운전실의 측면과 하부 구조에 의한 삽입 손실을 고려한 공기음, 하부 가짐에 의한 고체음 그리고 실제 측정된 운전실 소음값을 비교한 결과는 Fig.5와 같다. 엔진 2차 성분(50Hz)의 경우, 고체음에 의한 기여도가 가장 높은 것을 알 수 있다.

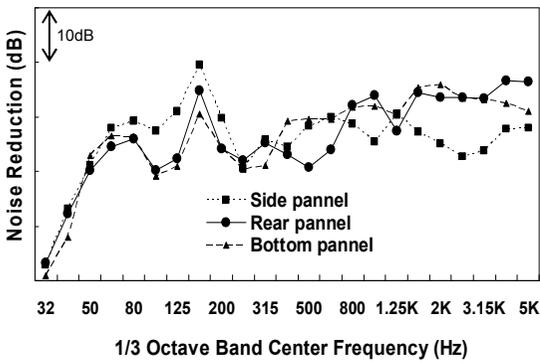


Fig.3 Air-borne noise

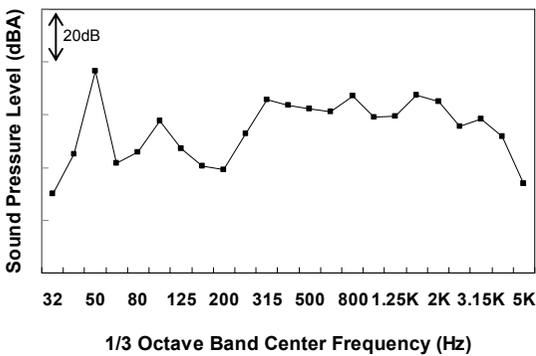


Fig.4 Structure-borne noise

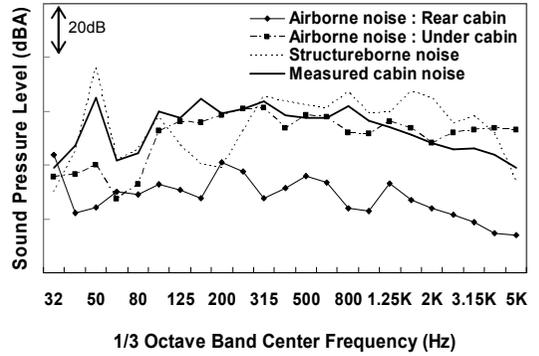


Fig.5 Noise transmission in forklift cabin at 1400rpm

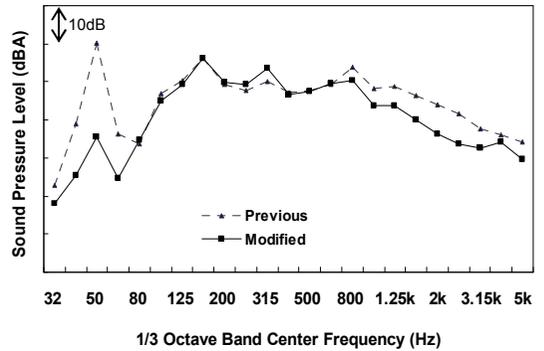


Fig.6 Interior noise measurement at 1400rpm

## 3. 운전실 저주파 소음 저감 방안

문제가 되고 있는 30~50Hz 대역의 저주파 소음의 원인을 엔진 마운트를 통한 고체음에 의한 영향으로 판단하고, 기존 적용 마운트의 경도 및 설치 구조를 변경하여 운전실 내부의 소음 시험을 실시하였다. 변경 전후 결과는 Fig. 6과 같다.

엔진 회전 속도의 2차 성분인 30~50Hz 대역의 저주파 소음의 경우 기존 대비 10dB 이상 저감되는 것을 확인하였으며, 운전실 내부의 전체 소음도 기존 대비 최대 5dB 저감됨을 확인하였다.

## 4. 결 론

중형 지게차 운전실에서 발생하는 저주파 소음의 주 소음원과 전달 경로를 파악하였으며, 문제가 되었던 저주파 소음은 고체음에 의한 기여도가 가장 높은 것을 확인하였다. 최종적으로 엔진 마운트 경도 및 설치 구조 변경을 통하여 저주파 소음을 저감하여 운전실 내부의 음질을 향상시킬 수 있었다.