

# 트랙터 차실의 소음 저감에 관한 연구

전 두 환\*

## Noise Reduction study in the Tractor Cab

Du Hwan Chun

### Abstract

This paper investigates the noise reduction scheme in tractor cabin by using various steps of experiment. The experiments were performed in the field as well as in the lab to facilitate the detail test procedure. Some of the test results were compared with computational results. Several noise sources and paths were identified including the engine compartment (cooling fan and timing gear cover), hydraulic system and its components (hoses, tubes and there mount) and structural characteristics of the cab, window, mounting bracket and machine frame including steps. Throughout the several design changes, cab noise level was reduced from 80.2dBA to 74.8dBA.

### 1. 개요

기계 및 장비로부터의 소음이 우리 생활에 문제 시되기 시작한 것은 아마도 18세기말 산업 혁명이 후부터 시작되었다 해도 과언은 아닐 것이다. 실제 미국의 예를 보면 1970년 OSHA(Occupational Safety and Health Act) 규정이 제정된 이래 작업 환경에 영향을 주는 소음과 관련한 규제는 지속적으로 강화되어 왔으며, 특히 90년대에 들어서는 전 세계적으로 환경 관련 단체들과 소비자들의 요구에 부응하여 과도한 소음을 발생하는 기계 및 장비들에 대한 소음규제가 유럽과 같은 지역별 공동체의 규정 외에도, 심지어는 각 국가별로 자국의 이익을 위한 별도 규정이 제정되어 시행되는가 하면, 특정 국가에 대하여는 더욱 까다로운 규제를 통과해야 수출을 할 수 있는 상황에 있다.

과도한 소음을 발생하는 장비들 중 농업용 트랙터의 소음은 장시간 작업 조건을 고려하면 심각한 수준으로, 본 연구는 농업용 트랙터 Cabin 내의 소음 수준 저감을 위한 연구개발 과정을 단계별로 소개하고, 실제 변경을 위한 다양한 소음 측정 및 분석을 통해 최종 목표인 저소음 트랙터 개발에 관한 내용을 소개하고자 한다.

### 2. 시험 및 분석

일반적으로 소음저감을 위한 연구개발은 첫 단계로 현 수준의 소음측정(base line test)부터 시작하여, 소음원 및 소음경로의 분석을 통해 소음저감 방안의 근거를 확보하고, 단계별 소음저감안의 적용단계를 거쳐 저감된 소음값을 최종 확인하는 과정을 거친다. 소음원 및 경로분석을 위한 방법으로는 실제 반복측정 및 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 실측과 예측을 병행하여 상호 단점을 보완토록 하였다.

#### 2.1 시험방법

실제 운전조건과 동일한 조건에서 실험하기 위해 테스트 과정은 OECD Standard Code V (loaded at rated engine speed)에 근거하여 진행하였다. 한편 외부 기후조건으로 인한 측정소음의 오차를 줄이고, 좀더 정밀한 소음 특성을 얻기 위해 반무향 실험실 내부에서 소음원 및 경로분석을 위한 실험을 진행하였다.

#### 2.2 소음원 규명

트랙터 기계요소들의 구조진동 및 소음특성과의 관계를 규명하기 위해 소음원 부근의 sound intensity 측정, Impact hammer kit을 이용한 주파

\*영남대학교 섬유학부

수용담합수(FRF)의 분석, IDEAS 소프트웨어를 이용한 모드해석, 회전요소의 소음신호에 대한 time averaging method, coherence analysis, engine sweep analysis 등의 여러 가지 방법이 사용되었다. Table 1은 본 연구에 사용된 실험 장비들에 대한 목록이다.

Table 1. List of instrumentation

구분	실험 장비
1	B&K type 2209 sound level meter
2	B&K type 4165 microphone
3	B&K type 7003 tape recorder
4	B&K type 2032 dual channel signal analyzer
5	B&K type 3520 sound intensity probe
6	PCB type 291B impact hammer kit
7	LABTOP PC with GPIB interface
8	ZONIC 7000 16 channel data acquisition system

### 3. 시험 결과

본 실험에 대한 결과는 외부 테스트 트랙에서의 실험(1단계)과 동일한 조건의 내부 실험실(2단계)에서 수행된 각각의 실험 경우에 대해 나타내었다. Cabin 소음저감을 위한 실험은 OECD 테스트 규정에 의해 측정된 소음의 overall level을 비교하여 평가하였다. Table 2는 Cabin 소음수준을 80.2dBA에서 74.8dBA까지 줄여나가는 11가지 서로 다른 경우의 실험결과이다. 다음은 각 단계별 실험 조건 및 결과이다.

#### 3.1 1단계 시험 (테스트 트랙)

Case 1 : 현 수준 측정

트랙터의 Cabin은 스프링상수 560N/mm인 Cab mount에 의해 지지되어 있고, 뎀핑 처리된 공기정화기와 냉각팬 구동부

Case 2 : Cabin 상태의 변경

Floor : 제진재료 첨가

Rear panel : 제진재료의 첨가와 25mm foam으로 방음 처리

Side panel (RHS) : 제진재료 첨가

Console floor (RHS) : 25mm foam으로 방음 처리

ROPS tube : 바닥부분 foam 방음재 처리

부가하여 타이밍이어 덮개는 constrained layer damping으로 처리되었고, 배기파이프의 열차폐물은 제거

Case 3 : Muffler tail pipe 약 750mm 정도 확장

Case 4 : firewall은 foam 방음벽 추가

underhood muffler는 유리섬유와 납판으로 차음

Figure 5(a)와 5(b)는 Cab mount의 스프링상수가 서로 다른 범위(600N/mm와 560N/mm)일 때의 운전실 소음수준을 나타낸 것이다. 그림과 같이 운전실 소음수준은 스프링상수가 낮을 때 0.5dBA 낮게 나타났다.

한편 sound intensity 측정결과 나타난 소음원 중 하나는 전면 창외 공진 현상이다. Figure 6(a)와 6(b)는 관심 주파수 영역의 구조적 모드를 나타낸다. 이 주파수는 운전석 소음 스펙트럼에서 상당히 높은 수준으로 나타나고 있다. 분석결과 유리의 두께를 0.5mm 증가시켰을 때 공진 주파수는 5%가량 증가하는 것으로 나타났다.

#### 3.2 2단계 시험 (실험실)

Case 5 : 운전석 바닥 access panel을 constrained layer damping으로 제진

Case 6 : 냉각팬A(6 blade)와 DM30A 팬 구동부가 냉각팬B(8 blade)와 DB30B 팬 구동부로 대체

Case 7 : 운전석의 firewall과 dashboard에 다공형 비닐로 표면처리 된 25mm foam 첨가

Case 8 : Console side panel (RHS)에 다공형 비닐로 표면처리 된 25mm foam 첨가

Case 9 : Headliner에 다공형 비닐로 표면처리 된 25mm foam 첨가

Case 10 : Crop light mounting bracket 제거 및 주 유압 공급 라인에 foam으로 차음 처리

Case 11 : 냉각팬 B를 냉각팬 A로 대체

Figure 14와 15는 time averaging method를 이용하여 팬의 소음을 비교한 운전석 소음 테스트 결과를 나타낸다. Figure 14(a)와 14(b)는 각각 냉각팬 A의 시간과 주파수에 대한 운전석 소음 스펙트럼을 나타내고, Figure 15(a)와 15(b)는 냉각팬 B에 대한 것을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 냉각팬 A가 팬 블레이드의 운전 주파수에서 harmonic 성분이 냉각팬 B보다 낮은 수준으로 나타난다.

Figure 16(a)와 16(b)는 기어 펌프와 작은 오일 펄터 사이에 현재 제품에 사용되는 유압튜브와 별도 제작 생산된 튜브(90deg. fitting eliminated)에 대해 각각 가속도 응답수준을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 별도 제작된 튜브는 가속도 수준이 낮게 나타남을 알 수 있다.

한편, 운전석의 지지부를 통해 전달되는 구조적 에너지의 효과를 비교하기 위해 전면 2개의 Cab mount를 분리시켜 시험을 수행한 결과 약 5dBA의 소음수준 감소를 얻었으며, 이는 운전석 전면지지부를 통해 전달되는 구조적 에너지가 매우 중요함을 나타낸다.

Table 2. 단계별 Cab 내 소음 (dBA)

1 단계 (Test Track)	
Case	Maximum Noise Level(dBA)
1	80.2
2	78.4
3	77.8
4	77.7
2 단계 (Lab Test)	
Case	Maximum Noise Level(dBA)
5	77.1
6	77.8
7	77.3
8	76.6
9	75.7
10	75.4
11	74.8

#### 4. 결론

본 논문은 트랙터 차실의 소음저감에 관한 연구로 다양한 실험 및 분석 과정을 통해 약 6dBA의 소음저감 방안을 제시하였다. 소음원과 경로로는 엔진의 냉각팬과 타이밍 기어 커버, 유압시스템 및 부품 등으로 나타났으며, Cabin, 유리창 및 트랙터 구조물의 구조 동특성 등이 영향을 미치는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. SAE Handbook, Vol. 3, SAE Inc.
2. Fahy, F.J. "Sound Intensity", Elsevier Applied Science.
3. Ewins, D.J. "Modal Testing : Theory and Practice", Research Studies Press, 1986
4. Beranek, I.L. "Noise and Vibration Control", Institute of Noise Control Engineering, 1988
5. Norton, M.P. "Fundamentals of noise and vibration analysis for engineers", Cambridge Univ. Press, 1989
6. M. Schneider, M. Wilhelm "Development of Vehicle Sound Quality-Targets and Methods", J. SAE 951283 1995

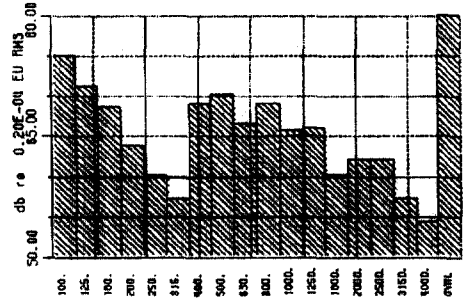


Figure 1. Noise spectra by Case 1

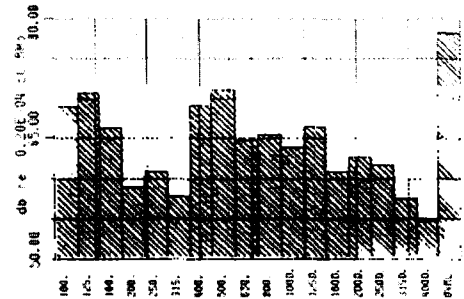


Figure 2. Noise spectra by Case 2

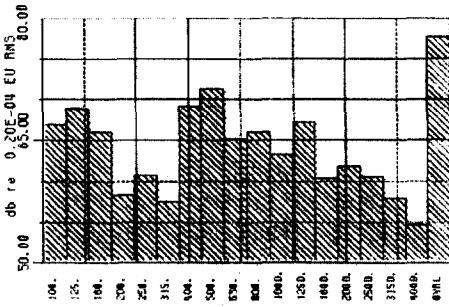


Figure 3. Noise spectra by Case 3

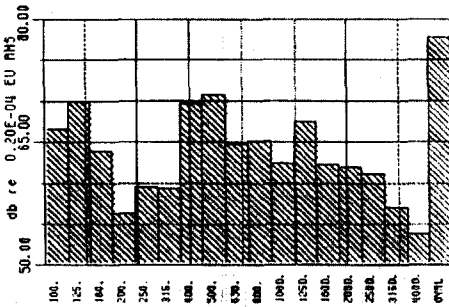
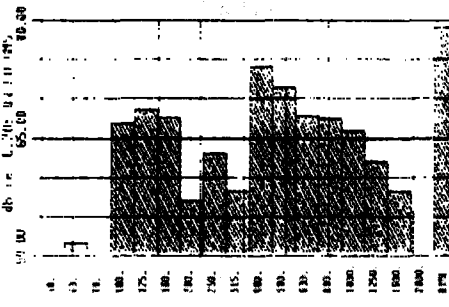
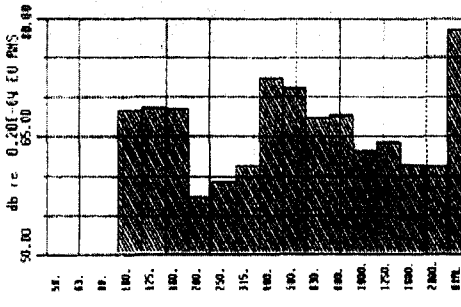


Figure 4. Noise spectra by Case 4

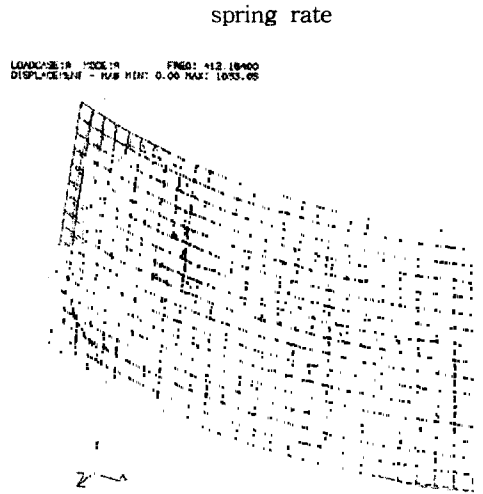


(a) 600N/mm

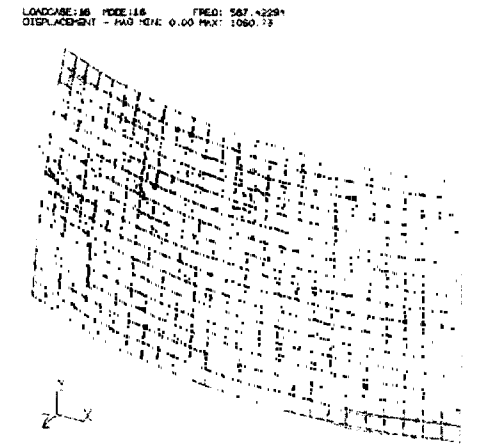


(b) 560N/mm

Figure 5. Noise spectra by cab mount



(a)



(b)

Figure 6. Front window mode shapes

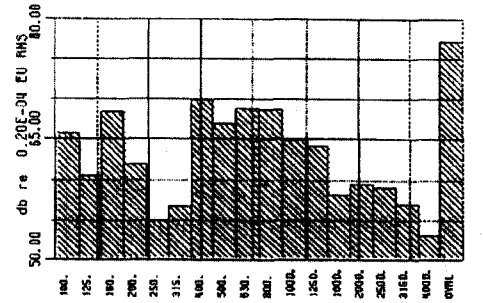


Figure 7. Noise spectra by Case 5

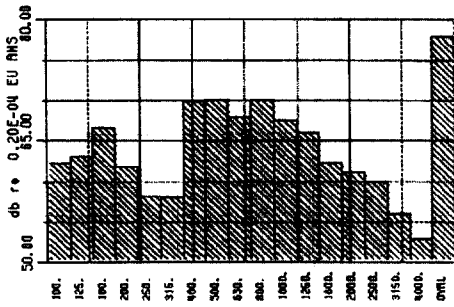


Figure 8. Noise spectra by Case 6

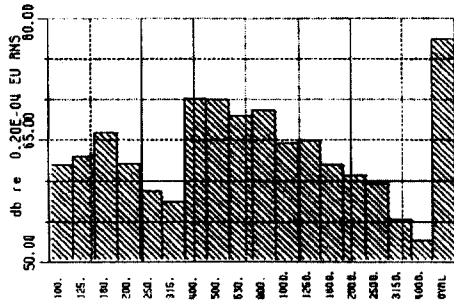


Figure 9. Noise spectra by Case 7

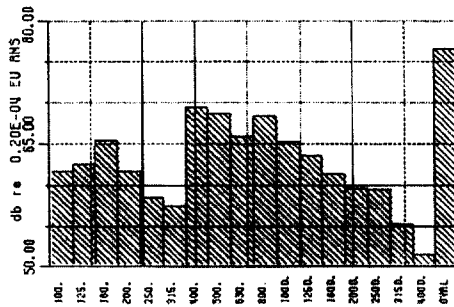


Figure 10. Noise spectra by Case 8

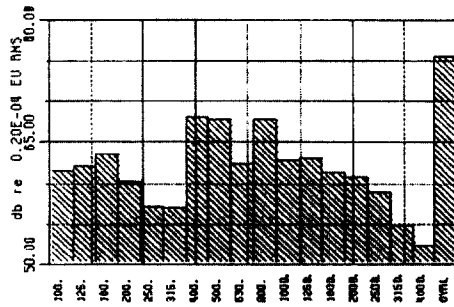


Figure 11. Noise spectra by Case 9

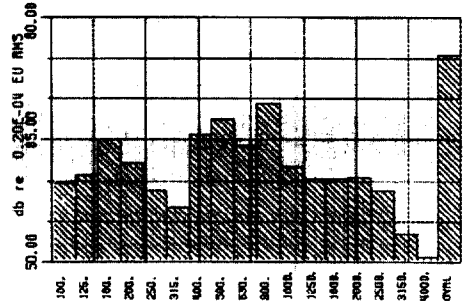


Figure 12. Noise spectra by Case 10

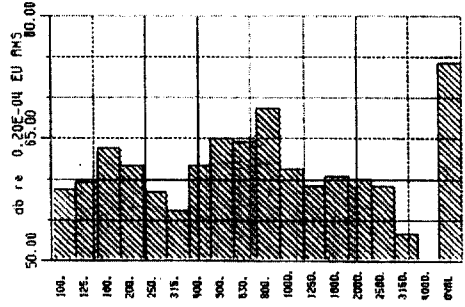
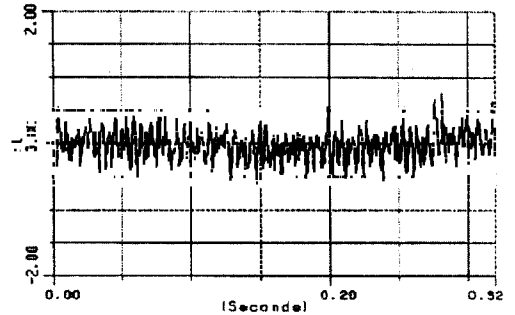
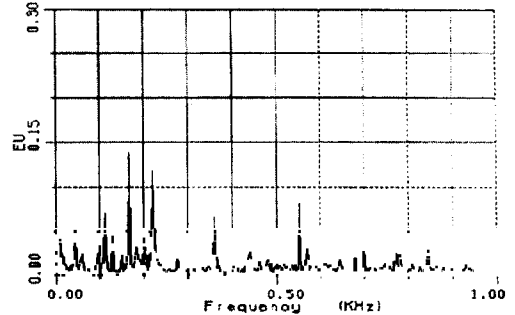


Figure 13. Noise spectra by Case 11

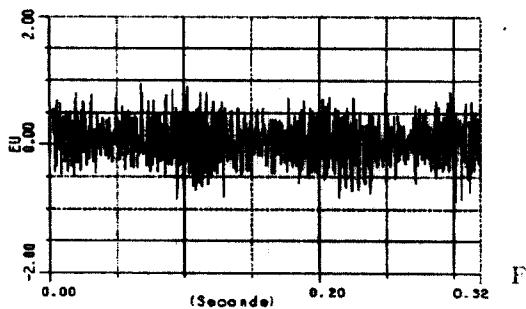


(a) Time domain

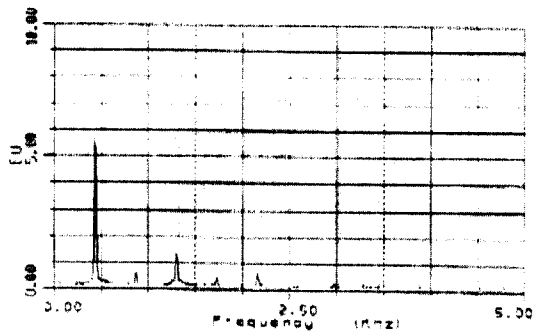


(b) Frequency domain

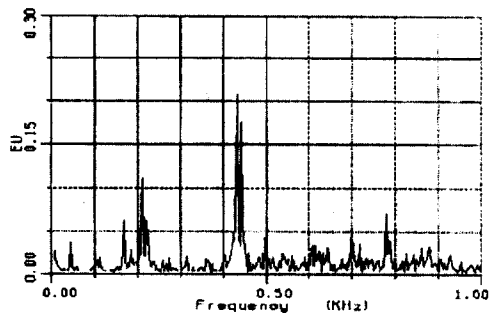
Figure 14. Cab noise spectra for fan A



(a) Time domain



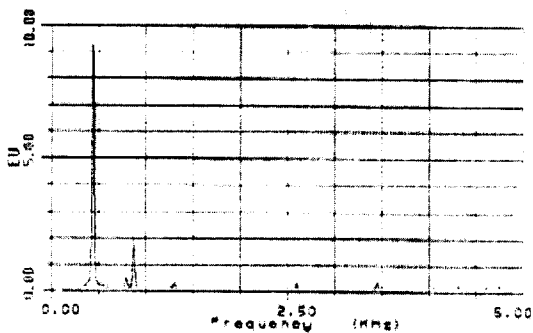
(b) Customized tube



(b) Frequency domain

Figure 16. Acceleration levels from tube

Figure 15. Cab noise spectra for fan B



(a) Current tube