한국소음진동공학회 2011년 추계학술대회논문집, pp.749~753

농업용 트랙터 진동 저감을 위한 실험적 연구

An Experimental Study for The Vibration Reduction of Agricultural Tractor

박현우† · 문남수* · 정봉수* · 박진성* · 김병진*

Park, H. W., Moon, N. S., Jeong, B. S., Park, J. S. and Kim, B. J.

Key Words : Agricultural Tractor(농업용 트랙터), 3-Axial Elastomer Testing System(3축 고무시험기), Vibration Evaluation(진동 평가), Noise Evaluation(소음 평가)

ABSTRACT

The vibration that occurs when starting the agricultural tractor is raised more than double compared to the general situation. In this case, impulsive vibration make the machine's life to be shortened, which can cause a driver's physical problems also. Therefore, in this paper, we have taken an effective way to reduce the impulsive vibration that occurs when starting a agricultural tractor. As a result, we confirmed that appling the anti-vibration pads and the high stiffness engine mounts is effective method to reduce the impulsive vibration.

1. 서 론

최근 단일 영농 면적이 구획화되고 넓어짐에 따라 농업용 트랙터의 사용이 증가하고 있다. 더욱이 시설농가의 확대 및 인건비가 상승함에 따라 소형 트랙터의 활용은 더욱 증대될 전망이다. 트랙터의 사용 목적은 과거에는 단순 운반목적이었으나 최근 들어 각종 작업기를 장착하여 다양한 작업에 활용함으로써 그 용도가 다변화 되고 있다. 그러나 각종 작업기의 장착 및 사용으로 인해 트랙터 Engine의 최대출력을 필요로 가동시간이 증대되었으며 작업자에게 전달되는 진동 및 소음 레벨은 증가하였다.

이러한 진동 및 소음에 작업자가 장시간 노출되어 있다면 청력저하와 어지럼증, 두통과 같은 신체적인 문제를 야기하고 이로 인한 피로도 증가로 작업자의 건강에 문제가 발생할 수 있다.

† 교신저자; (재)전북자동차기술원 융합기술연구실
E-mail : hwpark@jiat.re.kr
Tel :(063) 472-2347 , Fax :(063) 472-2398
* (재)전북자동차기술원 융합기술연구실

따라서 새롭게 개발된 트랙터는 판매에 관한 형식승인을 의무적으로 통과하여야 한다. 그 규제로서 대표적으로 소음과 진동에 대한 내용을 포함하고 있으며, 소음은 90 dB(A)이하, 진동의 경우 Floor(발판)에서 1 G, Steering wheel(핸들)에서 2 G, Seat에서 0.5 G 이하가 되어야 한다.

이를 만족하기 위해 트랙터 제작사 마다 자체 시험을 진행하고 있으며, 항목으로 차량 가동 중의 진동 뿐 만 아니라 Key on-off 시에 발생하는 진동 Peak값에 대한 평가 또한 진행하고 있다. Key on-off 시의 진동 및 소음의 특성은 짧은 시간에 발생하며, 정차 또는 주행 중 진동 소음 평가와는 다른 양상을 보이게 되는데 이러한 진동 및 소음은 정격 출력 상태를 기준으로 약 2배의 충격성 진동 소음이 발생하게 된다.

본 연구는 특히 Key on-off시 발생되는 진동 소음 저감을 목표로 진행되었으며, 이를 위해 Engine room과 Engine mount에 적용 가능한 변수를 주어 진동 저감에 유용한 방안에 대해 연구하였다.

2. 본 론

2.1 Test setup

(1) 시험 개요

본 연구에 활용된 트랙터는 디젤 수냉식 3기통 Engine이 탑재되어 있으며 Cabin이 없는 Frame Type의 소형 트랙터이다.

시험 환경은 진동 및 소음 측정 시에 외부요인을 배제하기 위해서 Cut-off Frequency가 125 Hz이고 Background noise가 15 dB(A)이하인 반무향실의 중앙에서 진행하였으며 반무향실의 벽면으로부터 2 m 이상 떨어진 공간에서 진행하였다. 또한 트랙터는 부가 장치를 작동하지 않는 상태에서 운전자가 앉아있는 상태를 재현하기 위하여 65 kg의 중량물을 Seat에 안착시켰다.

진동 측정 위치는 운전자에 직접적 영향을 미치는 Steering wheel 중앙, Floor(발판), Seat mount 위치에서 측정하였으며, 소음 측정 위치는 운전자 귀 위치로서 국내 형식 승인을 위한 평가에서 제시하는 마이크로폰의 위치에서 측정하였으며 Figure. 1과 같다.

시험에서 사용한 장비는 MKII 80ch.(Front-End)과 분석프로그램으로 PAK 5.5를 사용하였고, 가속도계는 PCB 356A15, 마이크로폰은 B&K 4189A021을 사용하였으며, 시험 측정 시작과 끝에 Calibrator를 이용하여 교정을 실시하여 Cal.factor의

Figure. 1 Test Tractor and Measuring Position

Figure. 2 3-Axial Elastomer Testing System

전후 값의 비교를 통해 측정 진행 동안의 값에 대한 신뢰성을 확보하였다. 측정주파수는 진동의 경우 5 kHz까지 하였으며 소음의 경우 가청 주파수 영역인 20 kHz까지 측정하였으며 Frequency Resolution은 1Hz로 하였다. Engine Mount 강성 변화 시험을 위한 Engine mount의 강성 측정은 Figure. 2의 3축 고무시험기를 이용하여 측정하였다.

(2) 시험 방법

Key On-Off 시에 발생하는 진동 및 소음의 Peak level을 측정하며, 각 시험 모드에서 최저 RPM인 1,400 RPM으로부터 2,600 RPM까지 200 RPM 간격으로 측정을 진행하고 각각의 단계에서 5회 평균한 값을 취하였다.

시험 모드는 크게 두 가지로 나누어 진행하였다.

첫 번째는 제진재 적용 시험으로 Hood에만 적용하였을 경우, Floor Panel에만 적용하였을 경우, 그리고 Hood와 Floor Panel 동시에 제진재를 적용하였을 때의 진동 및 소음을 측정하였다. (Figure. 3)

Figure. 3 Anti-Vibration Pad Applied to Top and both sides of Hood and Floor

두 번째는 Engine Mount의 강성 변화 시험으로 4점지지에 사용되는 4개의 Mount를 약 200 N/mm의 Mount 2개와 약 400N/mm의 Mount 2개로 선정하여 Figure. 4와 같이 설치하였을 경우의 진동 및 소음을 측정하였다.

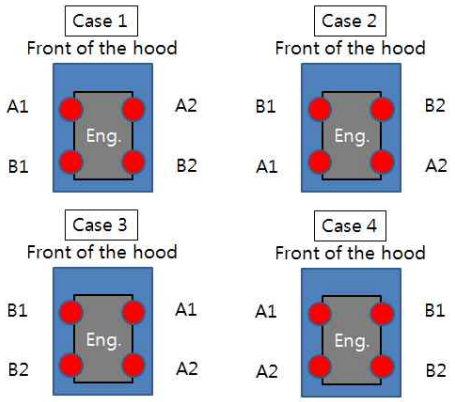


Figure. 4 Layout of Engine Mount Position

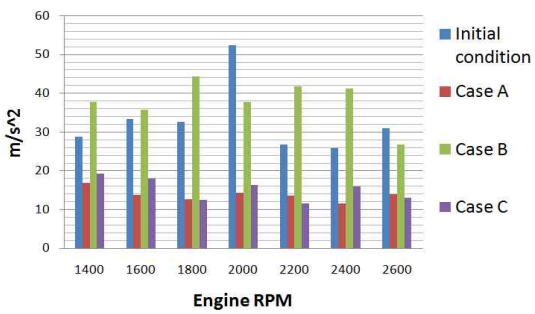
본 연구에 사용된 Engine mount의 특성은 Table. 1과 같으며, Case 별로 적용위치를 변경해가며 Key On-Off시에 발생하는 진동 및 소음의 양상을 비교하였다.

Table 1 Stiffness of Engine mounts

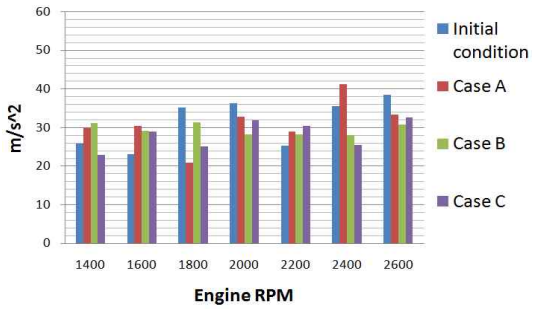
	A1	A2	B1	B2
Mount 강성 (N/mm)	247.24	280.0	447.83	443.99

2.2 시험 결과

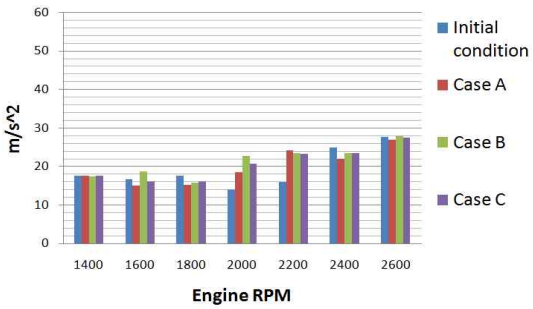
(1) 재진제 적용 결과



Graph. 1 Comparison Result of Floor Vibration



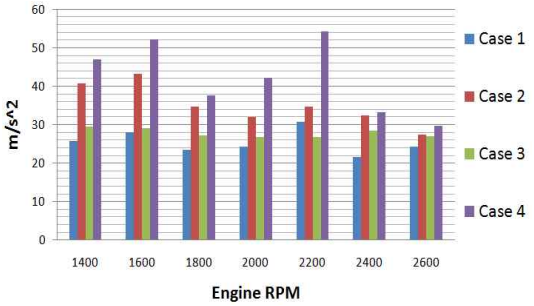
Graph. 2 Comparison Result of Steering Wheel Vibration



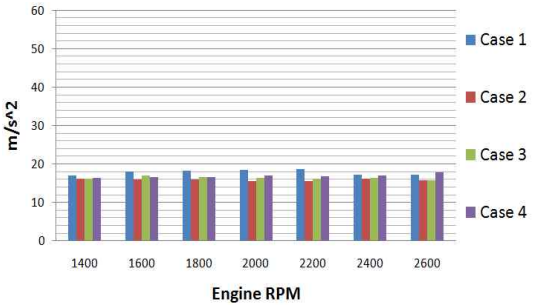
Graph. 3 Comparison Result of Seat Vibration

Initial condition은 트랙터에 변화를 부여하지 않은 초기 상태 조건을 의미하며, Case A는 Hood와 Floor panel에 제진재를 적용한 경우이며, Case B는 Hood에만 제진재를 적용한 경우이고, Case C는 Floor panel에만 제진재를 적용한 경우이다. 시험결과로부터 2000 RPM에서 Key On-Off 시 Floor에서 최대 진동이 발생하는 것을 확인 할 수 있으며 제진재 적용 시 Floor의 진동이 대폭 감소하는 반면 Hood 측에만 제진재를 적용할 경우 오히려 진동 측면에서 역효과가 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 Floor의 진동은 Hood의 영향을 크게 받고 있음을 확인 할 수 있다. 또한 제진재 적용 시 가장 진동 저감 효과가 있는 Case A 조건인 Hood와 Floor에 제진재를 적용하였을 때의 소음 측정 결과, 평균 1.5 dB(A)의 소음 저감 효과가 있는 것을 확인하였다.

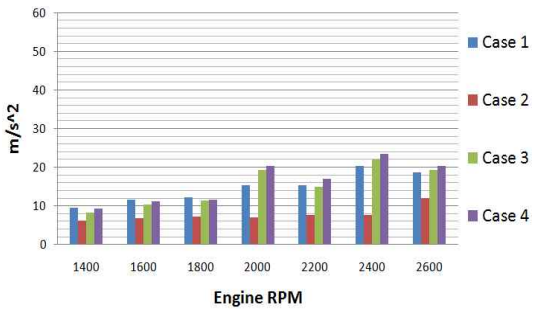
(2) Engine Mount 강성 변화 시험 결과



Graph. 4 Comparison Result of Floor Vibration



Graph. 5 Comparison Result of Steering Wheel Vibration



Graph. 6 Comparison Result of Seat Vibration

시험결과로부터 Key On-Off 시에 차체의 진동이 가장 작게 나타나는 경우는 Case 1이며, 진동이 크게 나타나는 경우는 Case 4로써 Engine mount의 강성이 큰 쪽이 운전석 쪽에 가까울수록 운전자에 미치는 진동의 영향이 작은 것을 확인하였다. 또한 운전자에게 미치는 소음의 영향성에서도 Case 1의 경우인 강성이 높은 쪽이 운전석 쪽에 가까울수록 소음이 작게 나타나며, Case 2의 경우에 가장 크게 나타났으며 소음의 크기는 Case 1과 2를 비교하였을 때 평균 4.02 dB(A)의 차이를 나타냈다.

3. 요약 및 결론

본 논문에서는 트랙터에서 발생하는 진동 특성 중 시동이 걸려있는 상태의 정격 출력 상태보다 충격성 진동이 2 배 이상 차이가 발생하는 Key On-Off 조건에 관한 진동 저감안을 검토하였다.

시험 방법은 현재 양산에 있는 소형 트랙터를 대상으로 큰 구조적 변경이나 기관의 사양 변경 없이 개선안을 도출할 수 있는 방법으로, 제진재 적용 시 효과와 Engine mount 강성에 따른 진동 저감 효과를 확인하는 시험으로 진행하였다.

시험 결과 제진재 적용 시에 Floor Panel의 진동은 40~70% 감소되었으며 Floor와 Hood 동시 적용 시에 추가로 2~10% 더 저감효과가 있음을 확인하였고, 운전자 위치에서의 소음은 1.5 dB(A) 감소하는 것을 확인하였다. 또한 Engine Mount의 경우 강성이 큰 Engine Mount를 적용할수록 진동 저감 효과가 크다는 것을 확인하였으며 이는 충격성 진동의 경우 Engine과 차체의 중량비를 고려할 때 저강성의 Mount보다는 고강성 Mount의 적용이 적절하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 정격 출력 시 발생하는 진동과 노면 주행 시에는 비교적 감쇠력이 적은 고강성의 Mount의 경우 일정한 Engine 가진력과 노면에서 올라오는 진동을 저감하는데 한계가 있다는 점을 고려할 필요가 있다.

따라서 추후 연구에서는 본 연구에서 확인한 결과를 토대로 주행 시 발생하는 Engine의 거동을 분석하여 진동 및 소음 저감할 수 있는 최적의 Mount 강성 및 적용 위치에 대한 연구를 진행하고자 한다.

후 기

본 연구는 지식경제부 고기능 경량 모워 통합 모듈 개발 과제 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

(1) Shin, Y. H., Moon, N. S., Park, J. S., Ruy, D. H., 2010, Study for Transfer Path Analysis of Riding Mower, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 413~414.

(2) Yoo, D. H., Kim, K. U., Kim, S. D., Kim, J. Y., 1995, A Case Study on Inside Noise Reduction of Agricultural Tractor Cab, Proceedings of The KSAE, Body Part, Lecture of Vehicle Dynamics, pp. 26~38.