

동력경운기 트레일러의 진동감쇠장치 개발(II)† - 3축 진동 특성 -

Development of Vibration Absorption Device for the Transportation-Trailer System (II) - 3-Dimensional Vibration Characteristics -

홍중호* 이홍주* 이성범* 김성엽* 강인철*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
J. H. Hong H. J. Lee S. B. Lee S. Y. Kim I. C. Kang

1. 서론

우리나라의 농가에서 운반용으로 사용되고 있는 동력경운기와 트랙터 등의 트레일러는 현가장치와 방진장치가 없는 것이 대부분이다. 이런 트레일러를 비포장된 과수원 등의 농장에서 과채류를 포장되지 않은 상태로 적재물이 트레일러의 바닥에 깔린 채 소량을 적재한 상태로 저속으로 운송될 때 충격, 진동, 마찰 등으로 많은 수송 손실이 예상된다. 이런 수송 손실을 줄이기 위해서는 트레일러에 전달되는 진동을 줄여야 한다.

본 연구에서는 동력경운기 트레일러에 기존의 운송 트럭에서 채택하고 있는 스프링 시스템의 현가장치를 장착하여 저주파 진동을 줄이고, 엔진과 트레일러의 연결 히치 부분에 진동 흡수 가황고무를 장착한 시스템을 개발·장착하여 수송 중에 발생하는 진동요인을 최소화하는 방안을 찾고자 하였다.

따라서 동력경운기 트레일러 운송 시에 진동가속도가 가장 큰 것으로 지적되고 있는 트레일러 중앙부분의 최상층부 적재상자에 3차원 진동가속도 센서를 부착·측정하였으며, 기존의 동력경운기 트레일러와 본 연구에서 개발된 현가장치 및 진동흡수 장치가 부착된 트레일러와 비교하여 수송 중의 3차원 진동가속도 감쇠효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험용 트레일러

본 시험에 사용된 동력경운기는 정격출력 10PS의 수냉식 디젤엔진을 탑재한 중량 384kg 인 이륜형이며, 트레일러는 일반적으로 농가에서 많이 사용되고 있는 진동흡수장치가 전혀 없는 것과 본 연구에서 개발된 진동흡수 및 현가장치를 장착한 것을 사용하였다.

† 본 연구는 한경대학교 2002년 산학연 컨소시엄사업의 연구비 지원으로 수행되었음

* 한경대학교 생물자원기계학과

나. 측정장치구성

수송 중에 발생하는 진동가속도는 일반적으로 수직진동가속도가 가장 크고 X축과 Z축의 값은 상대적으로 적은 값이지만 적재상태와 적재조건 등에 따라서 수송 손실에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있고 운전자와 실험조건에 따라서 진동가속도의 값도 차이가 많은 것으로 보고되어 있다. 3차원 가속도측정 센서는 <그림 1>과 같이 엔진의 상단부분 1곳, 트레일러의 면적중심 부분에 적재된 4층 배 상자 위에 부착했다.

트레일러의 형상은 완전평면이며 두께가 일정하고 휨이 없는 하나의 강체로 보았으며, 회전관성과 전단변형은 무시하였다. 진동가속도 측정센서 및 FFT(Fast Fourier Transformer) 분석기의 사양은 <표 1>과 같다.

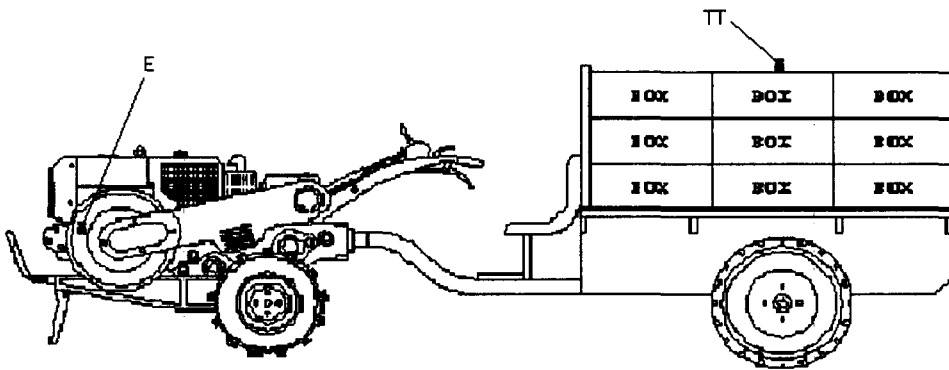


Fig. 1 Sensing position as the vibration acceleration for the power tiller-trailer system.

Table 1. Specifications of the acceleration sensor and FFT analyzer.

| Acceleration sensor (3D) | | FFT analyzer | |
|--------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Sensitivity | 500 mV/g | Frequency range | 1~20 kHz |
| Frequency reange | 0.2~3,700 Hz | Conversion | 16 bit |
| Resonance frequency | 18 kHz | Display | 7.8" color TFT LCD |
| Temperature range | -50~120°C | Coupling | AD (4 mA) |
| Weight | 148 g | Dynamic range | 80 db (typical) |
| Size | 26.7×30.5×54.6 mm | Interface | Rs 232c/422 scsi |

다. 현가장치 및 진동흡수장치 개발

개발된 현가장치와 진동흡수장치는 <그림 2> 및 <그림 3>과 같다.

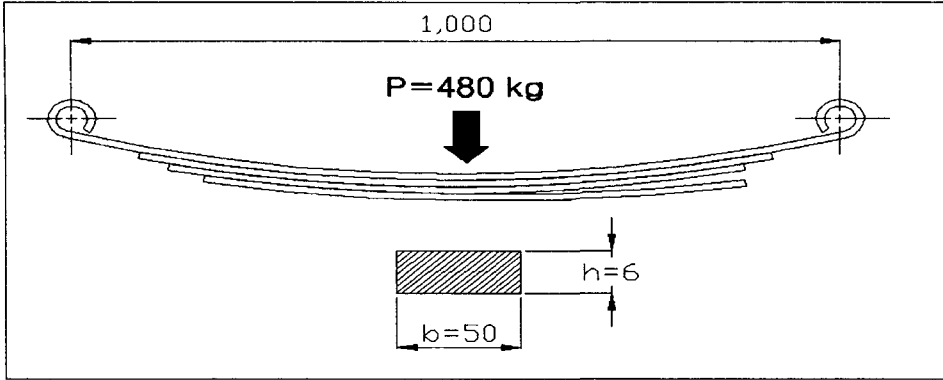


Fig. 2. Schematic diagram of steel suspension system used in the study.

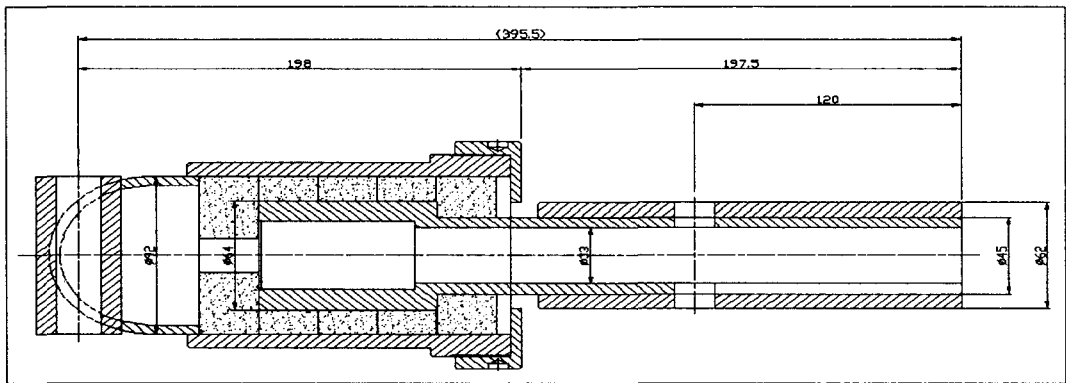


Fig. 3. Schematic diagram of vibration absorption hitch system used in the study.

라. 시험방법 및 분석

Petter(1998), Hinsch(1993), Slaughter(1993) 등의 연구결과를 종합하여 보면 농산물 수송 시에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 진동가속도와 주파수의 크기라고 분석되어 있고, 특히 진동 주파수의 크기가 결정적인 영향을 미치는 것으로 분석되어 있다. 120Hz미만의 주파수가 딸기, 체리 등 연약한 과일의 수송 손실에 영향을 미치고, 40Hz 미만의 주파수는 복숭아, 토마토 등의 수송손실에 영향을 미치며, 20Hz미만의 주파수가 배, 사과, 감자 등의 수송 손실에 영향을 미치는 범위로 지적되어 있으므로 이 범위 내에 있는 주파수의 비율을 파악하여 기존 트레일러의 사용 가능성과 개발한 트레일러의 방진효과를 검증하였다.

누적 값의 산정은 매 10Hz 사이의 평균 수직진동가속도 값을 200Hz의 주파수까지 누적으로 합산한 것이다. 이것은 대부분의 측정부분에서 그 이상의 주파수가 발생될 때에는 진동 가속도의 크기가 미세하게 나타나기 때문이다.

과채류를 수확하여 수집하고 운반하는 도중에 엔진이 운행중인 상태로 트레일러가 정지된

경우에 더욱 큰 손상요인이 발생하는 것으로 연구된 것을 감안하여 주행이 정지된 상태에서 엔진의 출력에 따른 진동주파수와 3차원 진동가속도의 크기를 측정하였고, 동력경운기가 주행 중인 상태에서 엔진의 진동이 트레일러에 어떻게 전달되는지를 파악하기 위하여 경사도가 없는 아스팔트 포장 도로에서 실제로 주행할 때의 진동주파수와 3차원 진동가속도의 변화를 측정하였다.

동력경운기 엔진속도를 1000rpm의 정격회전수로 운전한 상태에서 기체가 정지된 상태와 기체가 운송 중인 상태로 구분하여 시험하였고, 수송 중의 주행속도는 0.35m/s로 조절하여 정속주행이 되도록 노력하였다. 측정값은 주행 후 약 10초가 경과된 위치에서 10초 동안 측정된 값의 평균값을 200Hz까지의 범위 내에서 분석하였다.

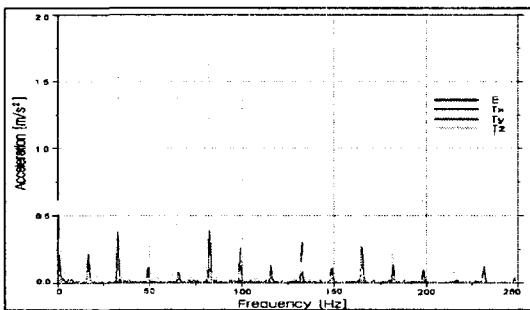
3. 결과 및 고찰

가. 진동주파수별 3차원 진동가속도 특성

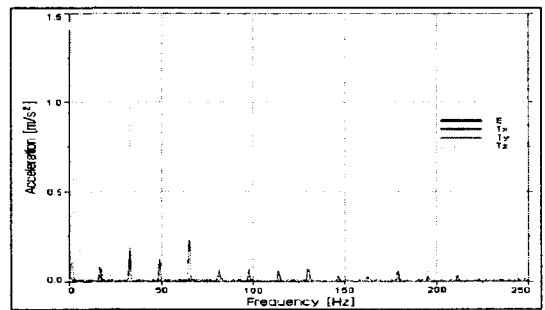
(1) 정적(미주행)상태

주행하지 않는 상태에서 방진장치가 없는 기존의 트레일러와 진동흡수 및 현가장치가 있는 트레일러의 진동주파수에 따른 측정위치별 3차원 진동가속도는 <그림 4>와 같다.

엔진부분에서는 거의 비슷한 값으로 나타났으며, 적재한 배상자의 상단에서 X-방향의 평균진동가속도는 0.0011m/s^2 에서 0.0004m/s^2 로, Y-방향은 0.0070m/s^2 에서 0.0011m/s^2 로, 그리고 Z-방향은 0.0899m/s^2 에서 0.0666m/s^2 로 나타나, 기존의 방진장치가 없는 트레일러에 비하여 진동흡수 및 현가장치를 장착한 트레일러에서 3차원 진동가속도 값이 현저히 감소하는 것으로 나타났다.



(a) existing trailer



(b) suspension trailer

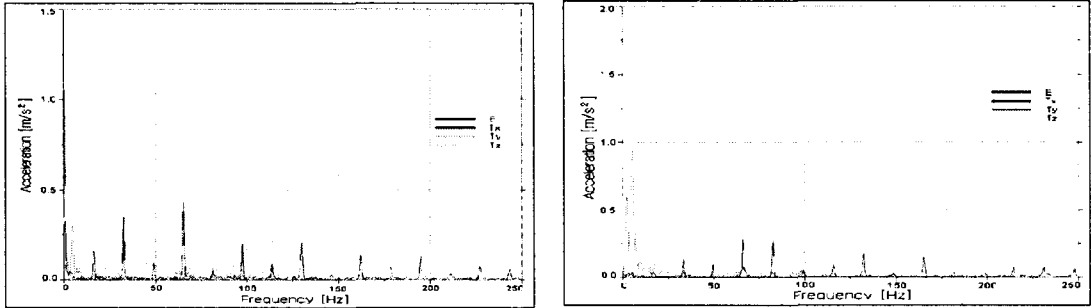
Fig. 4. The 3-dimensional accelerations by the frequency for the existing and suspension trailer for not driving.

(2) 동적(주행)상태

아스팔트 포장도로 위를 0.35m/s로 주행 중일 때 방진장치가 없는 기존의 트레일러와 진동흡수 및 현가장치가 있는 트레일러의 진동주파수에 따른 측정위치별 3차원 진동가속도의

변화는 <그림 5>와 같다.

엔진부분에서는 거의 비슷한 값으로 나타났으며, 적재한 배 상자의 상단에서 X-방향의 평균진동가속도는 0.0019m/s^2 에서 0.0009m/s^2 로, Y-방향은 0.027m/s^2 에서 0.012m/s^2 로, 그리고 Z-방향은 0.201m/s^2 에서 0.153m/s^2 로 나타나, 기존의 방진장치가 없는 트레일러에 비하여 진동흡수 및 현가장치를 장착한 트레일러에서 3차원 진동가속도 값이 24%에서 56% 정도로 현저히 감소하는 것으로 나타났다.



(a) existing trailer

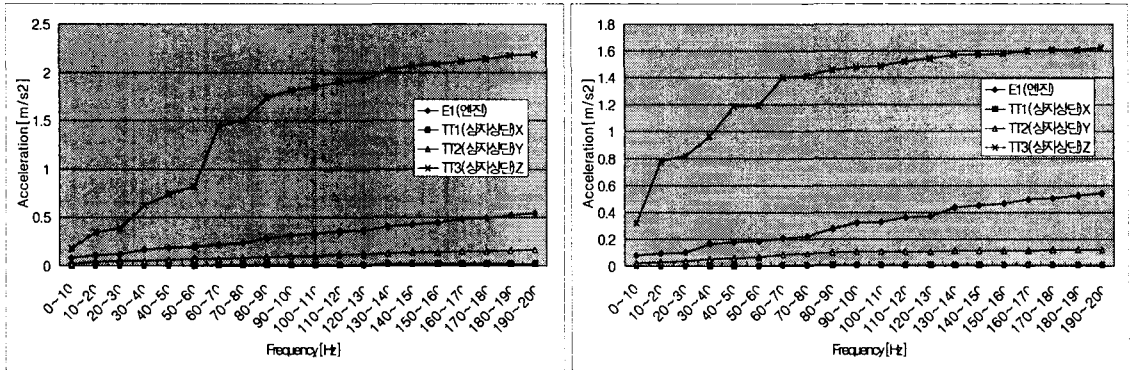
(b) suspension trailer

Fig. 5. The 3-dimensional accelerations by the frequency for the existing and suspension trailer for driving at 0.35m/s.

나. 3차원 진동가속도의 누적분포도

주행하지 않을 때 방진장치가 없는 기존의 트레일러와 진동흡수 및 현가장치가 있는 트레일러에서 각 위치별 3차원 진동가속도의 누적 분포도는 <그림 6>과 같다.

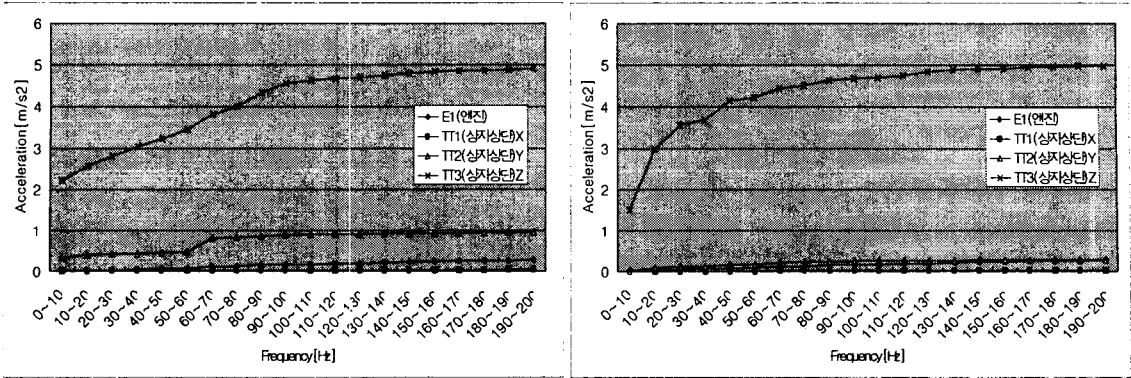
또한, 아스팔트 포장도로 위에서 0.35m/s로 주행할 때, 방진장치가 없는 기존의 트레일러와 진동흡수 및 현가장치가 있는 트레일러에서 각 위치별 3차원 진동가속도의 누적 분포도는 <그림 7>과 같다.



(a) existing trailer

(b) suspension trailer

Fig. 6. The accumulated 3-dimensional accelerations by the frequency for the existing and suspension trailer when not driving.



(a) existing trailer

(b) suspension trailer

Fig. 7. The accumulated 3-dimensional accelerations by the frequency for the existing and suspension trailer when driving at 0.35m/s.

4. 요약 및 결론

본 연구는 동력경운기 트레일러에 기존의 운송 트럭에서 채택하고 있는 현가장치를 장착하여 저주파 진동을 줄이고, 경운기 본체와 트레일러의 연결 히치 부분에 진동 흡수 가황 고무를 장착한 시스템을 개발 장착하여 수송 중에 발생하는 진동요인을 최소화하는 방안을 찾고자 실시하였으며, 개발된 진동흡수 및 현가장치 시스템의 3차원 진동가속도 감쇠 효과를 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 주행하지 않는 정적인 상태에서 엔진부분에서는 거의 비슷한 값으로 나타났으며, 적재한 배 상자의 상단에서 X-방향의 평균진동가속도는 0.0011m/s^2 에서 0.0004m/s^2 로, Y-방향은 0.0070m/s^2 에서 0.0011m/s^2 로, 그리고 Z-방향은 0.0899m/s^2 에서 0.0666m/s^2 로 나타나, 기존의 방진장치가 없는 트레일러에 비하여 진동흡수 및 현가장치를 장착한 트레일러에서 3차원 진동가속도 값이 26%~84% 정도로 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

(2) 아스팔트 포장도로 위를 0.35m/s 로 주행 할 때, 엔진부분에서는 거의 비슷한 값으로 나타났으며, 적재한 배 상자의 상단에서 X-방향의 진동가속도는 0.0019m/s^2 에서 0.0009m/s^2 로, Y-방향은 0.027m/s^2 에서 0.012m/s^2 로, 그리고 Z-방향은 0.201m/s^2 에서 0.153m/s^2 로 나타나, 기존의 방진장치가 없는 트레일러에 비하여 진동흡수 및 현가장치를 장착한 트레일러에서 3차원 진동가속도 값이 24%~56% 정도로 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Hong, J. H., S. B. Lee and S. Y. Kim. 2002. 3 Dimensional Vibration Characteristics of Power Tiller-Trailer System. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery. 7(2): 40-47

2. Lee, H. J., J. H. Hong and S. Y. Kim. 2002. Vertical Vibration Characteristics of Power Tiller-Trailer System. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery. 7(2): 33-39
3. Hong, J. H and H. J. Lee. 2001. Optimum Transport Systems of Agricultural Products(Ⅱ). -Vibration Characteristics of the Transporting Trailer-. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery. 26(4): 315-322
4. Hong, J. H and H. J. Lee. 2000. Optimum Transport Systems of Agricultural Products(Ⅰ). -Accumulated Heat Units and Shelf Life-. Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery. 5(2): 142-147
5. 稻葉英毅, 酒井憲司, 笹尾彰, 澁澤榮. 2000. 小型農用トラクタ道路走行時におけるオペレータへの衝撃振動. 第59回農業機械學會年次大會講演要旨. 日本農業機械學會. 59: 1-2
6. Petter. 1998. Transportation and Handling of Fresh Fruits and Vegetables. Acme Manufacturing Company. 1-47
7. Hinsch, R. T., D. C. Slaughter, W. L. Craig and J. F. Thompson. 1993. Vibration of Fresh Fruits and Vegetables During Refrigerated Truck Transport. Trans. of the ASAE. 36(3): 1039~1042
8. Slaughter, D. C., R. T. Hinsch and J. F. Thomson. 1993. Assessment Vibration Injury to Bartlett Pears. Trans. of the ASAE. 36(3): 1043~1047
9. Grant, S. W., M. T. Turczyn, B. H. Ashby, N. D. Halle, G. D. Schmidt, F. W. Wheaton and W. L. Wheaton. 1986. Potato Bruising During Transport. Trans. of the ASAE. 29(3): 1176~1179
10. Wright, F. S. and W. E. Splinter. 1968. Mechanical Behavior of Sweet Potatoes Under Slow Loading and Impact Loading. Trans. of ASAE. 11(2): 765-770