

농산물 수송 최적화 시스템 (II)

— 트레일러의 진동 분포 특성 —

Optimum Transport Systems of Agricultural Products (II)

— Vibration characteristics of the transporting trailer —

홍종호	이홍주
정회원	정회원
J. H. Hong	H. J. Lee

SUMMARY

Agricultural products can be damaged due to the vibration of transporting trailer on the off-road. So, this study was conducted to identify the vibration characteristics of the agricultural products transporting trailer by measuring the vertical acceleration according to positions on the trailer loaded with agricultural products.

The results of this study can be summarized as follows :

1. At non-operating state of engine, the larger vertical acceleration was occurred at rear side compared with front side in the case of 4.5Hz of vibration frequency. But, in the case of 53.5Hz of frequency, the maximum vertical acceleration at front side of trailer was higher than value at rear side. So, the maximum acceleration at front side of the trailer was increased with the increase in frequency.
2. At operating state of engine, the maximum vertical acceleration delivered through the hitch from the engine was occurred at front side of the trailer as $3.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$, in the case of 8.75Hz of frequency. But, in the case of 102.5Hz of high frequency, the maximum vertical acceleration was occurred at rear side of the trailer.
3. When the power tiller loaded with pear of 325kg was travelling on the artificial uneven road of 3cm height, the maximum acceleration was occurred at rear side of the trailer as $4.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ at 3.75Hz of frequency. But, that was occurred at diagonal of the trailer at 43.5Hz and 91.25Hz, which meant that there was rolling and pitching on the trailer.
4. At operating state of engine, the mean acceleration of the trailer delivered through the hitch according to the increase in frequencies was showed the maximum value at range of 40-90Hz. At rear side of trailer, the maximum value was occurred at about 40Hz, and that was reduced according to the increase in frequencies and diminished at about 100Hz.
5. When the power tiller loaded with pear of 325kg was travelling on the artificial uneven road of 3cm height, the mean acceleration by the increase in frequencies was showed lower level at rear side than front side of the trailer. This was opposite configuration to the Hinsch's results tested with air-conditioned truck. This means that the shorter length of the trailer, the more effect of engine vibration is transferred to the front side of trailer.

Keywords : Vibration, Transporting trailer, Vertical acceleration.

The article was submitted for publication in March 2001, reviewed in April 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in July 2001. The authors are J. H. Hong, Professor and H. J. Lee, Professor, Dept. of Bioresources Machinery, Hankyong National University, Ansung, 456-749, Korea. The corresponding author is Jong Ho Hong, Professor, Dept. of Bioresources Machinery, Hankyong National University, Ansung, 456-749, Korea. E-mail: <hjlee@hnu.hankyong.ac.kr>.

1. 서 론

농산물은 수확 후 처리 방법과 유통 과정에 따라 보존 기간에 많은 영향을 받게 된다. 특히 수송기간·방법·환경 등에 따라 품질을 향상시킬 수 있음은 물론 저장 기간을 연장시킬 수 있다. 일반적으로 우리나라의 농산물 수송 환경은 열악한 상태에서 여러 단계의 유통 과정을 거쳐 소비자에게 최종적으로 공급되는 복잡한 유통시스템을 가지고 있다. 최근에 정부에서는 농산물의 수송 과정 중에 발생하는 품질 저하 문제는 접어 두고 우선 수송 중에 농산물이 도로에 떨어져서 발생하는 사고 등을 미연에 방지할 목적으로 농산물뿐만 아니라 모든 공산품을 적재함에 넣어 운반하도록 제도화하는 도로 운송법을 제정하는 등 구미(歐美)의 물류유통 현대화 공정을 도입하였다.

농산물의 물리적인 손상을 예방하고 자연적인 품질 저하 요인을 감소시키기 위해서는 농산물을 적절히 포장 관리하여 처리하여야 하고 각 수송 단계를 포함한 전체 유통 기간을 가능한 한 짧게 하고 최적의 온도를 유지시키는 과정이 필요하다(홍종호 외, 2000; Hinsch 외, 1993). 수확된 농산물은 농장에서 박스에 포장되어 수송되는 경우보다 대부분이 포장되지 않은 채 동력 경운기의 트레일러에 실려 집결지의 보관장고로 수송된다. 이 과정에서 대부분의 경우 도로 사정이 열악한 포장되지 않은 농로로 운송되면서 서로 부딪쳐 충격과 마찰 등의 요인에 의한 손상이 많은 것으로 보고되고 있다(King 외, 1988). 또한, 구미의 연구에서는 집결지에서 선별·포장되어 육로로 장거리 수송이 이루어질 때 트레일러의 진동과 가속도로 인해 수송 손실이 큰 것으로 보고되고 있다(Grant, 1986).

따라서 본 연구는 동력경운기의 트레일러에 농산물을 적재한 상태에서 트레일러의 앞쪽과 뒤쪽의 모서리 4지점에서 수직 가속도를 측정 분석하여 농산물의 수송에 영향을 미치는 진동 요인을 제거하여 농산물 수송 체계를 수립하려는 한 과정으로 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험용 트레일러

본 시험에 사용된 동력경운기는 정격출력 10PS,

중량 384kg인 이륜형이고, 트레일러의 적재중량은 1,000kg, 지상고 500mm, 크기는 길이 1,850mm, 폭 940mm, 높이 330mm인 직4각형의 Nonsuspension system으로 진동흡수장치가 전혀 없는 것이며, 일반적으로 농가에서 많이 사용되고 있는 작업기를 사용했다.

나. 측정장치 구성

진동측정은 일반적으로 X, Y, Z축의 가속도를 측정하여 분석한다. 그러나 Slaughter(1993) 등의 연구에 의하면 X, Z축의 진동은 Y축에 비하면 경미하여 충격에 의한 농산물의 품질저하에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되고 있다. 따라서 본 시험에서는 Y축의 진동을 트레일러의 전방과 후방의 좌우 4지점에서 측정하였다. 트레일러의 형상은 평면이며 두께가 일정하고, 휨이 없는 하나의 강체로 보았으며, 회전관성과 전단변형은 무시하였다. 모서리 4지점에서의 진동 가속도 값에 의하여 트레일러 전체의 움직임을 동영상으로 분석한 최대 가속도 값을 등고선으로 표시하는 방법으로 하였다.

본 시험에 사용된 측정센서의 부착위치는 그림 1과 같으며, 진동센서 및 FFT분석기의 사양은 표 1 및 표 2와 같다.

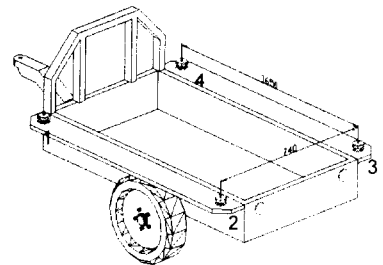


Fig. 1 Sensing positions of the vibration sensors on the trailer.

Table 1 Specifications of the vibration sensor

Sensitivity	500 m v/g
Frequency range	0.2 ~ 3.700 Hz
Resonance frequency	18 kHz
Temp. range	-50 ~120 °C
Weight	148 g
Size	26.7 × 30.5 × 54.6

Table 2 Specifications of the FFT analyzer

Frequency range	AD 3644/8 channel 1~20kHz
Conversion	16 bit
Display	7.8 inch color TFT LCD
Front end unit size	180×250×430mm
Coupling	AD (4mA)
Dynamic range	80 db(Typical)
Interface	RS 232 c/422 scsi

다. 시험방법

동력경운기에 트레일러만 연결된 상태에서 공진 햄머로 진동을 주어 트레일러의 기본 수직 가속도를 측정하였고, 같은 조건으로 엔진을 운행한 상태에서 햄머로 진동을 주어 히치를 통하여 트레일러에 전달되는 수직가속도를 측정하였으며, 또한 실제 도로주행에서 트레일러에 가해지는 수직 가속도를 측정하였다. 실제 주행은 도로 주행조건과 비슷한 상태를 만들기 위하여 가로, 세로 3cm의 각목을 아스팔트 포장 위에 30cm의 간격으로 고정시켜 인위적인 요철로 만든 도로를 주행시켜서 트레일러에 가해지는 수직 가속도를 측정했다. 실제 농로에서의 여러 포장조건의 변화에 대한 주행 시험은 차기시험에서 시행하여 비교 분석할 예정이다. 본 시험에서는 동력경운기의 주행 속도를 1.3 m/s로 정속 주행한 상태에서 수직 가속도를 측정하였다. 이 3가지 처리방법은 실제 운송상태와 동일한 조건을 맞추기 위해서 배 상자를 3단으로 탑재하여 시행하였다. 균일한 조건의 진동이 트레일러에 가해질 때의 부위별 진동크기를 파악하기 위하여 공진 햄머로 진동했으며, 정지상태에서 엔진의 진동 상태가 히치를 통하여 트레일러에 어떻게 전달되는지를 파악하기 위하여 엔진만 운행시킨 상태로 가속도를 측정했고, 실제 포장에서의 진동 상태를 파악하기 위한 예비 시험으로 아스팔트 포장 위에서의 주행시험을 실시했다. 공진 햄머로 진동을 주면 트레일러의 어느 부위를 진동해도 항상 평행상태의 진동으로 Calibration 되어 분석되도록 시스템화 되어 있는 Vano사의 프로그램으로 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 정지상태(공진햄머)

정지상태에서 트레일러에 햄머로 진동을 주어 발생하는 최대 가속도를 측정 한 값으로 분석하였다. 4.5Hz로 진동될 때의 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 2와 같다. 트레일러 뒷부분인 3번 센서 부위의 값은 $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 이고, 2번 센서부위의 값은 $3 \times 10^{-8} \text{ m/sec}^2$ 으로 나타나 2번 센서 부위가 3번 센서 부위보다는 적은 값이다. 트레일러의 앞부분인 4번 센서부위의 최대가속도는 $1 \times 10^{-8} \text{ m/sec}^2$ 로 가장 적게 나타났고, 1번 센서부위에서는 $2 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 의 값으로 측정되었다. 그러나 일반적으로 트레일러의 뒷부분이 앞부분보다 가속도 값이 크게 나타나 뒷부분의 진동이 더 큰 것으로 분석된다.

53.5Hz에서의 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 3과 같다. 트레일러의 앞부분인 1번과 4번 센서의 최대 가속도의 평균은 $5.5 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 였고, 뒷부분인 2번과 3번 센서의 평균값은 $8.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ 로 나타나 앞부분보다 훨씬 적게 나타났다. 이 결과는 4.5Hz로 진동 될 때와는 정반대 되는

3DView Complex 4.5 Hz

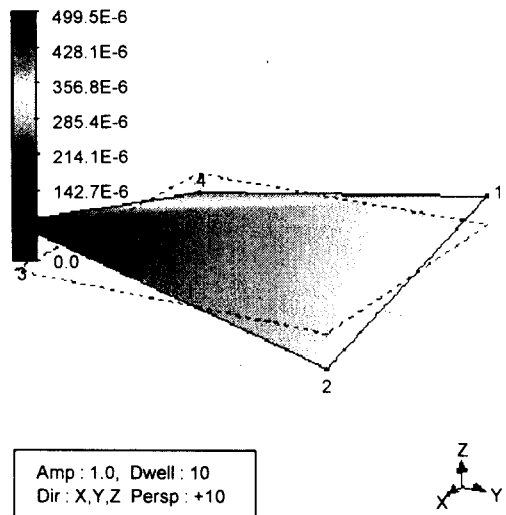


Fig. 2 3D view complex for the trailer vibration status at 4.5Hz when the engine is stopped.

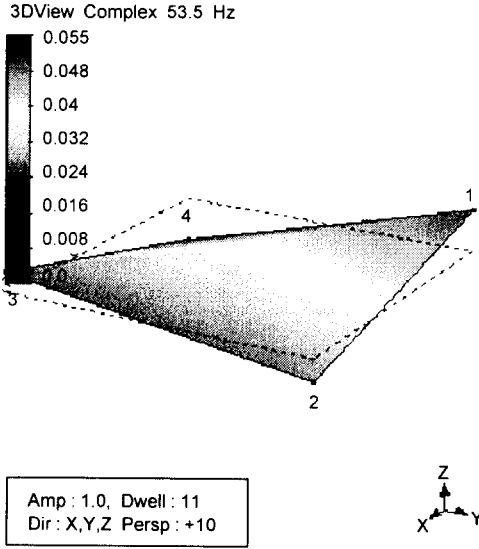


Fig. 3 3D view complex for the trailer vibration status at 53.5Hz when the engine is stopped.

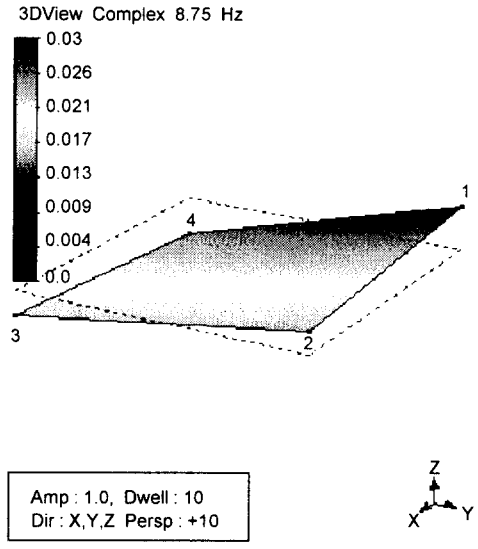


Fig. 5 3D view complex for the trailer vibration status at 8.75Hz when the engine is operating.

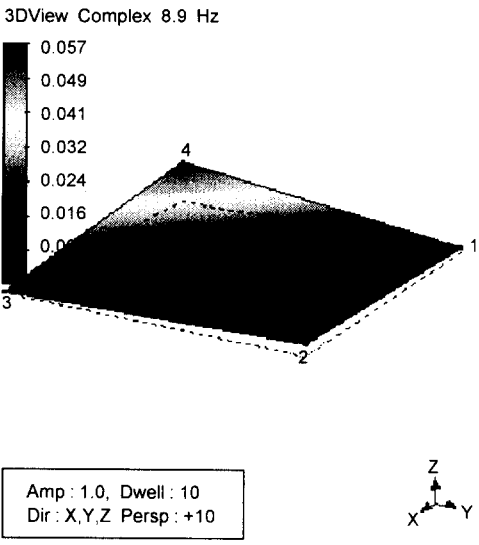


Fig. 4 3D view complex for the trailer vibration status at 89Hz when the engine is stopped.

현상으로 주파수가 커질수록 앞부분의 진동이 커지는 것으로 분석되어 주목된다.

89Hz로 진동 될 때의 트레일러 부위별 최대 가

속도 값은 그림 4와 같다. 트레일러의 앞부분인 4번 센서에서 가장 큰 값인 $5.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 로 나타났고, 뒷부분인 2번 센서에서 가장 작은 값인 $8 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ 의 가속도가 나타났다. 그리고 앞 뒤 대각선 방향인 1번과 3번 센서에서는 0에 가까운 가속도로서 거의 진동이 나타나지 않았다. 따라서 진동수가 크게 될 때에는 트레일러가 대각선으로 운동하므로 롤링 현상과 피칭현상이 동시에 일어나는 것으로 분석된다. 이것은 트레일러를 설계할 때부터 제거해야 할 근본적인 문제로 지적되며, 반복시험을 통하여 정확한 결과를 다시 확인해 볼 필요가 있다.

나. 엔진시동상태

엔진을 시동한 상태에서 히치를 통하여 트레일러에 전달되는 최대 가속도의 변화를 정지상태에서 햄머로 진동을 주었을 때와 동일한 방법으로 측정했다. 엔진 시동 상태에서 진동수 8.75Hz로 진동 될 때의 트레일러 부위별 가속도 값은 그림 5와 같다. 트레일러의 앞부분인 1번과 4번 센서의 위치에서 최대 가속도가 크게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 엔진에서 가까운 트레일러 앞쪽이 가속도가 큰 것으로 분석된다. 그 최대 가속도의 값

은 $3.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 정도였고, 햄머로 진동을 가해 가속도를 측정 한 경우와는 반대되는 결과로 나타났다. 이것은 엔진의 진동이 히치를 통하여 전달 되므로 앞부분에서 진동이 크게 나타났다가 뒷부분에 도달하면 작은 값으로 안정되는 것으로 생각 된다.

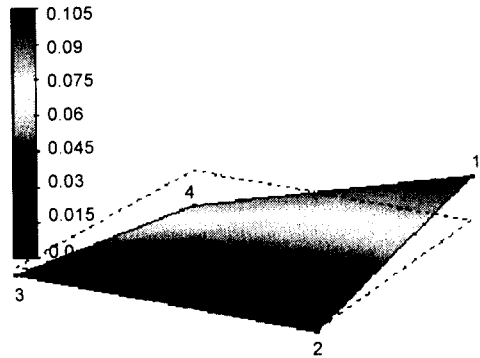
엔진 시동상태에서 진동수 28.75Hz로 진동 될 때의 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 6과 같다. 트레일러의 앞부분인 1번과 4번 센서의 위치에서 최대 가속도가 크게 나타나서 8.75Hz로 진동 될 때와 동일한 양상을 보인다. 그러나 그 값은 $1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2$ 로 8.75Hz에 비하여는 대단히 큰 값이다.

엔진 시동상태에서 진동수 102.5Hz로 진동 될 때의 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 7과 같다. 트레일러의 앞부분인 1번 센서 부위와 4번 센서 부위에서 최대 가속도 값이 적은 것으로 나타나 8.75Hz와 28.75Hz로 진동 될 때와는 반대되는 현상으로 나타났다. 특히 다른 부위에 비하여 4번 센서 부위의 최대 가속도가 극히 적은 값으로 나타나 트레일러가 대각선 방향으로 뒤틀리는 상황이 나타나므로 트레일러의 하부에 빔으로 보강하는 등의 방법으로 불균일한 진동 요인을 감소시킬 필요가 있다. 엔진을 시동한 상태에서는 진동수가 커지면 트레일러의 앞부분 보다 뒷부분의 최대 가속도가 큰 것으로 분석되어 트레일러 설계시에 이런 현상들을 고려하여 제작할 필요가 있다고 생각 된다. 앞에서 엔진을 정지한 상태로 트레일러에 햄머로 진동을 가했을 때의 현상과는 정반대의 결과가 도출되어 주목된다.

다. 주행상태

15kg의 배 상자를 3단으로 적재하여 총 중량 325kg을 실은 상태에서 동력경운기의 주행조건과 비슷한 상태를 인위적으로 만들기 위해 3cm의 요철을 만들어, 1.3m/s의 속도로 등속 주행할 때 트레일러에 가해지는 최대 가속도의 크기를 분석하였다. 3.75Hz의 진동이 발생 될 때의 최대 가속도는 그림 8과 같다. 트레일러의 뒷부분인 2번과 3번 부위에서 가장 큰 가속도를 받고 있으며 그 크기는 $4.7 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2$ 에 달했다. 이 결과는 햄머로 진동을 가한 상태에서 트레일러에 가해진 진동을 측정했을 때와 동일한 경향으로 나타났다. 트레일러의 앞부분인 1번과 4번 센서에서의 최대 가속도

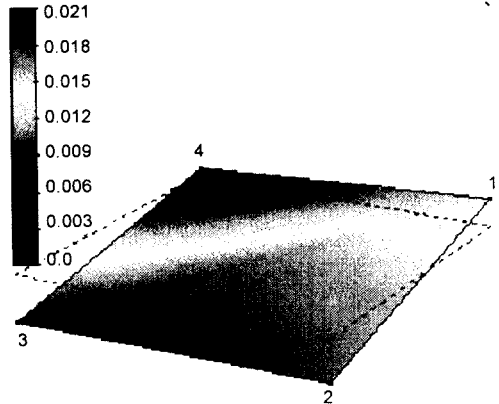
3DView Complex 28.75 Hz



Amp : 1.0, Dwell : 11
Dir : X,Y,Z Persp : +10

Fig. 6 3D view complex for the railer vibration status at 28.75Hz when the engine is operating.

3DView Complex 102.5 Hz



Amp : 1.0, Dwell : 10
Dir : X,Y,Z Persp : +10

Fig. 7 3D view complex for the trailer vibration status at 102.5Hz when the engine is operating.

도 $3.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 로 비교적 큰 수치를 보였다. 5Hz 미만의 저주파에서는 부위별 가속도의 변화도 크

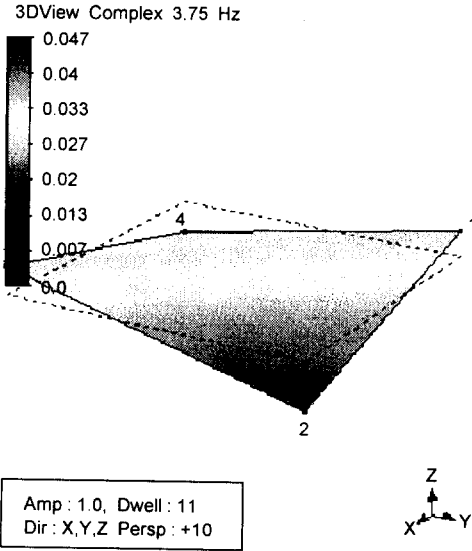


Fig. 8 3D view complex for the trailer vibration status at 3.75Hz when the power tiller is driving.

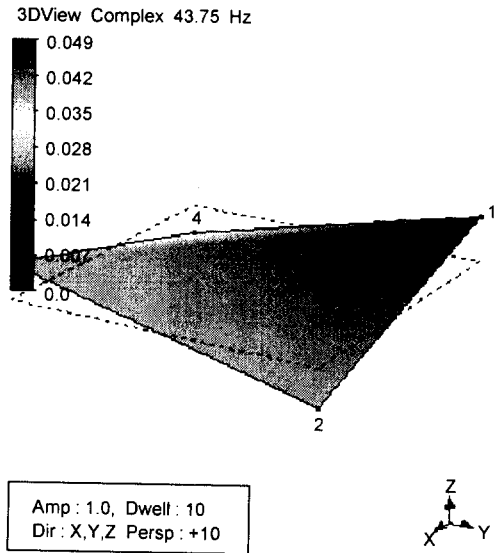


Fig. 9 3D view complex for the trailer vibration status at 43.75Hz when the power tiller is driving.

지 않은 것으로 나타났다.

주행상태에서 진동수 43.75Hz로 진동 될 때의 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 9와 같다. 트레일러의 앞부분인 1번 부위의 센서위치에서 최대가속도가 나타났고, 4번 부위센서에서는 가장 낮은 가속도가 나타나 트레일러가 앞뒤의 대각선으로 요동하는 현상이 나타났다. 이것은 정지 상태에서 햄머로 진동을 가했을 때인 89Hz에서의 현상과 비슷한 경향이었으며, 이것은 트레일러 제작시의 중량 편중으로 생각할 수도 있고, 박스를 균일하게 적재하지 않을 때 나오는 것으로 생각되지만 반복되는 시험을 통하여 해석해야 될 것으로 생각된다. 최대가속도의 크기는 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 정도에서 $3.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 정도로 주파수가 커짐에 따라 최대 가속도도 크게 나타났다.

주행상태에서의 진동수 91.25Hz로 진동 될 때 트레일러 부위별 최대 가속도 값은 그림 10과 같다. 트레일러의 앞부분인 1번 부위와 뒷부분인 3번 부위의 센서에서 최대 가속도가 나타나 트레일러의 앞 뒤 부분의 대각선으로 심하게 진동되고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 앞의 43.75Hz에서와 완전히 일치하는 결과로 고주파가 발생될 때에는 트레일러의 불균일한 진동이 더욱 심해지는 것으로 해석된다. 이것 역시 트레일러에 탑재된 하

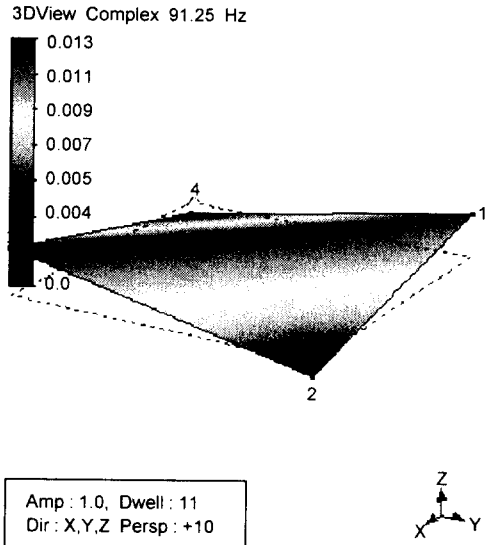


Fig. 10 3D view complex for the trailer vibration status at 91.25Hz when the power tiller is driving.

중의 편중이나 설계 잘못으로 인한 것으로 생각될 수 있지만 반복 시험하여 분석되어야 할 것으로

보인다. 그러나 가속도의 값은 $1.3 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 로 43.75Hz 때보다도 현저히 낮게 나타났다. 농산물 수송에 관련된 여러 논문에서 지적된 바와 같이 50Hz 미만의 저주파수에서 농산물의 손상이 큰 것으로 보고되고 있는 것과 같은 과정으로 분석되어 주목된다.

라. 주파수대별 평균가속도

sin과의 허수 값과 실수 값으로 평균 가속도를 구한 값은 그림 11과 같다. 트레일러에 가해지는 평균 가속도 값은 측정 위치에 따라 약간의 차이는 있지만 거의 40Hz에서 90Hz의 진동수가 발생될 때 최대 값에 달했다. 센서의 위치별로는 트레일러의 뒷부분인 2번 센서에서는 40Hz 정도에서 최대 값에 달했고 점점 약해져 100Hz 정도에서는 소멸되었다. 그러나 트레일러의 뒷부분인 3번 센서에서는 40Hz에서 80Hz까지 $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ 정도로 일정하게 반복된 가속도가 나타났다. 트레일러 앞부분인 1번과 4번 센서에서는 40Hz 정도에서 최대 값에 달했고 그 이상 크기의 주파수에서는 $2 \sim 3 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ 정도로 일정한 주기가 반복되었다. 각 위치별 100Hz 이상의 진동에서는 거의 소멸되는 것으로 나타났다.

배 315kg을 3단으로 적재하여 3cm의 요철도로 주행 할 때의 평균 가속도의 값은 그림 12와 같다. 트레일러의 뒷부분인 2번과 3번 부위의 센서가 앞부분인 1번과 4번 센서에 비하여 전반적으로 평균 가속도의 값이 작은 것으로 나타났다. 이것은 Hinsch(1993) 등이 운송 냉장트럭을 대상으로 조사한 값과는 상반되는 것으로 분석되어 주목된다. 동력경운기 트레일러의 길이는 냉장트럭에 비하여 아주 짧으므로 엔진의 진동으로 인한 영향이 오히려 트레일러의 앞부분에 더 많이 가해지는 결과로 분석되지만 반복 측정하여 더욱 정확한 결과를 분석해 보아야 할 것으로 보인다. 트레일러의 각 부위별 30Hz 이하의 저주파에서의 값이 크게 나타났고, 70Hz 이상에서는 아주 적은 값으로 분석되어 엔진을 시동만 한 상태로 정지상태에서 시험한 값 100Hz 이상에서의 상태와 유사한 것으로 나타나 상황이 거의 일치하는 좋은 결과로 분석된다. 많은 연구자들이 주장하는 50Hz 미만의 저주파가 농산물의 충격파에 의한 원인으로 간주될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 트레일러의 뒤편 센서인 3번 부위의 평균 가속도 값이 70Hz 정도까

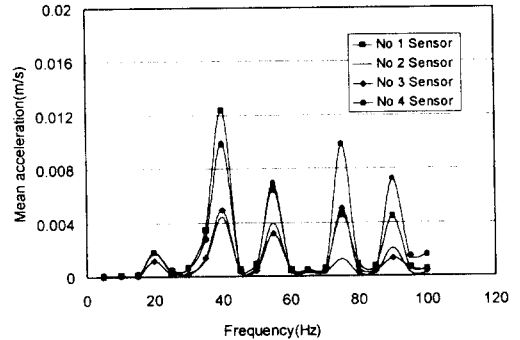


Fig. 11 Mean value of acceleration according to the frequencies when the engine is operating.

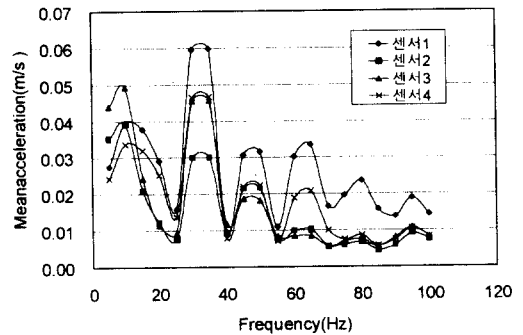


Fig. 12 Mean value of accelerations according to the frequencies when the power tiller is driving.

지는 거의 비슷한 것으로 나타나 주목되며 주파수의 변화에 따른 진동 영향이 적은 트레일러의 설계를 위한 연구도 병행 할 필요가 있다고 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 농산물을 적재한 트레일러의 위치에 따른 수직가속도의 변화를 측정하여 농산물의 수송에 영향을 미치는 진동요인을 추적하기 위해 실시하였으며, 본 연구의 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 정지상태에서 햄머로 트레일러에 진동을 가하여 발생하는 최대 가속도는 진동수가 4.5Hz일

때 대체로 뒷부분이 앞부분보다 크게 나타났다. 그러나 진동수 53.5Hz 이상일 경우에는 트레일러 앞부분의 값이 뒤 부분의 값 보다 높게 나타나 주파수가 커질수록 트레일러 앞부분의 최대 가속도가 큰 것으로 분석되었다.

2) 엔진을 시동하고, 이동하지 않은 상태에서 히치를 통해 트레일러에 전달되는 최대 가속도의 크기는 진동수 8.75Hz일 경우에는 엔진에서 가까울수록 큰 것으로 나타났고 그 값은 $3.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 정도였다. 그러나 102.5Hz의 고주파에서는 8.75Hz와는 반대되는 현상으로 트레일러의 뒷부분에서 최대 가속도가 큰 것으로 나타났다.

3) 315kg의 배를 적재한 상태에서 3cm 높이의 인위적인 요철의 도로를 주행하는 경우에서 트레일러에 가해지는 최대 가속도의 크기는 3.75Hz에서는 트레일러의 뒷부분에서 가장 큰 가속도가 발생하여 $4.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 에 달했다. 그러나, 43.75Hz와 91.25Hz에서는 트레일러의 대각선으로 최대 가속도가 발생하여 트레일러에 롤링과 피칭현상이 동시에 일어났다.

4) 엔진을 시동하여 정지되어 있는 상태에서 히치를 통하여 트레일러에 가해지는 평균 가속도를 주파수별로 측정 한 값은 40Hz-90Hz 사이에서 최대 값이 발생했다. 트레일러의 뒷부분은 40Hz 정도에서 최대 값에 달했다가 점차 약해져 100Hz 정도에서 거의 소멸되었다.

5) 배를 적재한 상태로 3cm의 요철이 있는 아스팔트 포장에서 주행할 때의 평균 가속도를 주파수의 크기별로 측정 한 값은 트레일러의 뒷부분이 앞부분보다 적은 것으로 나타나 Hirsch 등이 냉장트럭을 대상으로 조사한 값에 상반되는 것으로 나타났다. 이것은 트레일러의 길이가 짧을 경우 엔진의 진동으로 인한 영향이 트레일러의 앞부분에 크게 전달되는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Hong, J. H. and H. J. Lee. 2000. Optimum Transport Systems of Agricultural Products(I) -Accumulated Heat Units and Shelf Life-. The Korean Society for Agricultural Machinery. 5(2): 142-147.
2. King, G. A. and K. G. Henderson. 1998. Shelf-life of Stored Asparagus is Strongly Related to Post-harvest Accumulated Heat Units. Annual Applied Biology in Great Britain. 112:329-335.
3. Hirsch, R. T., D. C. Slaughter, W. L. Craig and J. F. Thomson. 1993. Vibration of Fresh Fruits and Vegetables During Refrigerated Track Transport. Trans. of the ASAE 36(3):1039-1042.
4. Slaughter, D. C., R. T. Hirsch and J. F. Thomson. 1993. Assessment Vibration Injury to Bartlett Pears. Trans. of the ASAE. 36(3):1043-1047.
5. Boyette, M. D. and R. P. Rohrbach. 1993. A Low-cost, Portable, Forced-Air Pallet cooling system. Trans. of the ASAE. 98(1):97-104.
6. 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.
7. 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.