

동력경운기 트레일러 방진장치 개발

Development of the Vibration Absorption System for the Power Tiller Trailer

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

1. 서론

청과류는 수송과 취급기간 중에 충격, 마찰, 눌림, 타박 등에 지속적으로 노출된다. 그러므로 농산물의 품질을 저하시키는 물리적인 손상을 최소화하기 위해 최선의 처리와 수송방법을 선택할 필요가 있다.

충격흡수 시스템이 갖추어진 대형 냉동 트레일러에 체리, 복숭아, 배, 토마토를 수송했을 때 3.5Hz에서 수직가속도가 가장 크게 나타났고 9~25Hz에서는 이보다는 약간 감소했다. 또한 6~18Hz에서는 트레일러의 모든 위치에서 수직가속도의 크기가 비슷하게 나타났고 3.5 Hz에서만 트레일러의 앞쪽보다 뒤쪽에서 수직가속도가 적은 것으로 보고되어 다른 연구자들과는 상반된 결과를 보고했다(Hinsch, 1993). 트럭과 기차로 감자를 수송할 때 수확 후 즉시 수송할 때는 20%의 타박상(Shatter bruise)이 나타났고, 저장되었던 감자를 수송했을 때는 45%의 타박상이 나타났지만 심한 타박상은 3%정도였다. 적재시의 거칠은 취급으로 인한 타박상이 수송 중에 생기는 타박상 보다 많았고 명든 상처로 인한 손상은 갓 수확한 감자를 수송할 때는 없었고 저장된 감자를 수송했을 때는 1%정도 발생했다(Grant, 1986).

팔레트에 배를 적재하여 수송중의 진동수를 변화시켜 배의 물리적 손상관계를 연구한 실험에서 진동수 40Hz이하에서 손상의 위험이 가장 크게 나타났고, 3.5~18.5Hz에서 가장 큰 손상을 입었으며 상자의 상층부가 하단부에 비하여 3~4배가 많은 가속도가 측정되었다(Slaughter, 1993. Hinsch, 1992). 진동으로 인한 과일의 물리적 손상은 미생물 증식이나 과일 자체의 생리적 변화를 초래하는 원인이 되며 결국 품질저하로 이어진다. 수송 중 진동으로 인해 과일이 유동되어 표면이 탈색되며 결국 타박상으로 나타난다. 더욱이 진동으로 손상된 과일은 습도마저 저하되어 품질저하의 원인으로 된다(Sommer, 1957). 수송중의 진동 피해가 적재물의 상층부에서 가장 심하고 가속도는 0.98%에 해당되었다(O'Brien, 1965).

2~40Hz의 진동수에서는 하단의 상자로부터 상단의 상자로 갈수록 가속도가 증폭되는 반면, 40~100Hz에서는 완화되는 경향을 보였다. 결국 2~40Hz 사이의 진동이 과일 수송에 가장 큰 피해를 주므로 포장 및 트레일러의 충격방지 장치 등에 각별한 주의가 필요하다(Slaughter, 1993).

* 한경대학교 생물자원기계학과

따라서, 본 연구는 트레일러의 진동으로 인한 농산물의 품질저하를 방지하기 위하여 동력 경운기 트레일러 히치부분에 방진장치를 장착하여 발생된 진동과 기존 히치에서 발생된 진동이 배상자의 위치에 따라 어떻게 전달되는지를 파악하여 배 상자의 적재위치에 따른 진동 가속도의 크기와 주파수의 크기가 수송 중인 농산물에 손상을 입힐 수 있는 범위 안에 있는 지를 파악하고 그 손상방법을 줄이기 위한 방안을 강구하기 위한 기초시험으로 시행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험용 트레일러 및 측정장치구성

본 시험에 사용된 동력경운기는 정격출력 10PS의 수냉식 디젤엔진을 탑재한 것으로, 중량 384kg인 이륜형이며, 트레일러의 적재정량은 1000kg이고 최대 지상고는 1500mm이다, 적재함은 길이 1850mm, 폭 940mm, 높이 330mm인 4각형의 Nonsuspension system으로 진동 흡수장치가 전혀 없는 것이며, 일반적으로 농가에서 많이 사용되고 있는 것을 사용했다.

배의 적재방법은 <그림 1>과 같이 4층으로 평행하게 탑재하였고, 방진히치는 기존의 히치를 개량하여 히치 안쪽에 스프링을 장착하여 충격진동을 완화시킬 수 있도록 하였다. 측정부위는 Slaughter 등의 연구결과에서 트레일러 후방 상층부의 진동이 가장 크고 농산물의 안전수송에 가장 위험한 지점이라는 보고로 미루어 트레일러 뒤쪽에 적재된 배상자의 1층과 4층 상층부의 좌우 각 1곳으로 총 4개 지점에 측정센서를 부착했고 순간 진동이 발생할 수 있는 소지를 사전에 차단하여 수직진동가속도를 측정하였다. 트레일러의 형상은 완전평면이며 두께가 일정하고 휨이 없는 하나의 강체로 보았으며 회전관성과 전단변형은 무시하였다.

진동가속도 측정센서 및 FFT분석기의 사양은 <표 1>과 같으며, 측정장치의 시스템구성은 <그림 2>와 같다.

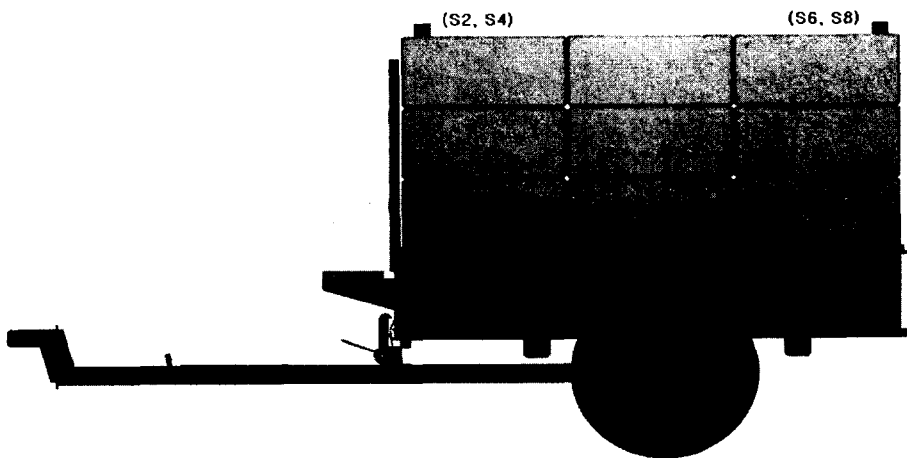


Fig. 1. Schematic diagram of the transporting trailer system mounted with pear boxes.

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

Acceleration sensor		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

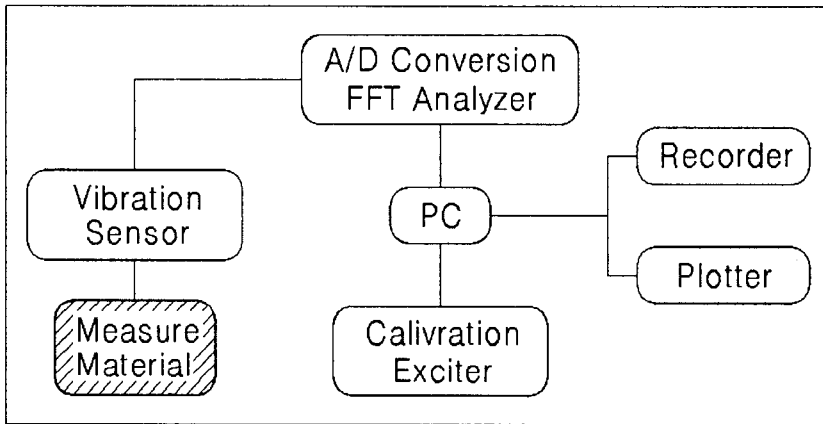


Fig. 2. Components of the vibration measuring system

나. 시험방법

엔진을 시동한 상태에서 엔진의 진동가속도가 트레일러에 어떻게 전달되는지를 파악하기 위하여 차량 정지상태에서 방진장치가 되어있는 히치와 방진장치가 없는 히치를 엔진회전수 500rpm(저속), 1000rpm(정격속도)으로 조정하여 시험하였다.

배 한 상자의 무게는 15kg으로 전체 24상자를 4층으로 탑재하여 시험하였다(총 중량 360 kg). 농산물이 적재된 정적인 상태에서 엔진의 출력에 따른 진동가속도의 크기를 진동주파수 500Hz까지의 범위 내에서 측정 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 저속운전에서의 각 히치의 평균진동가속도

엔진이 500rpm의 저속으로 운전될 때 방진장치가 없는 기존의 히치와 방진장치가 장착된 히치의 평균진동가속도의 크기는 <그림 3> 및 <그림 4>와 같다.

트레일러 전방부분에 적재된 배 상자에서 방진장치가 없는 기존히치의 경우 평균수직가속도의 크기는 0.0084m/s^2 이었고, 후방부분에서는 0.0049m/s^2 으로 전방부분이 1.7배 정도의 가

속도를 더 많이 받는 것으로 나타났다. 방진장치가 장착된 히치에서는 전방부분 평균수직가속도의 크기가 0.0029m/s^2 , 후방부분은 0.0037m/s^2 으로 전방부가 1.3배 높은 것으로 나타났다. 또한 방진장치를 장착한 경우 수직진동가속도를 30.3% 정도 감소시킬 수 있었다.

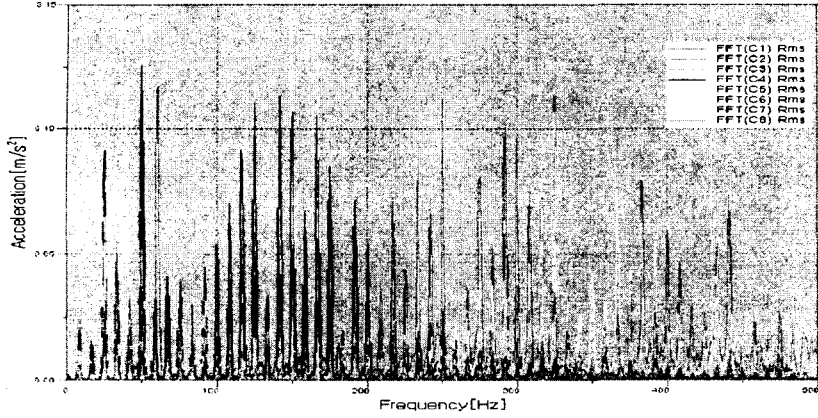


Fig. 3. The average accelerations by the frequency for the non-absorption system at low engine speed (500rpm).

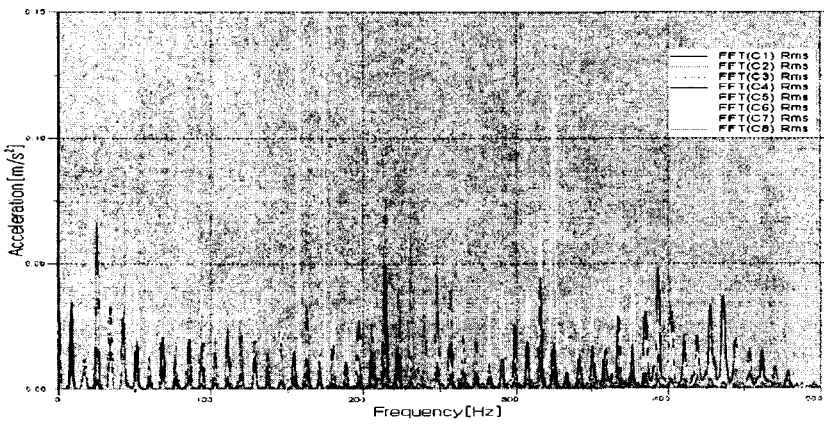


Fig. 4. The average accelerations by the frequency for the absorption system at low engine speed (500rpm).

나. 고속운전에서의 각 히치의 평균진동가속도

엔진이 1000rpm의 고속으로 운전될 때 방진장치가 없는 기존의 히치와 방진장치가 장착된 히치의 평균진동가속도의 크기는 <그림 5> 및 <그림 6>과 같다.

트레일러 전방부분에 적재된 배 상자에서 방진장치가 없는 기존히치의 경우 평균수직가속도의 크기는 0.0040m/s^2 이었고, 후방부분에서는 0.0036m/s^2 으로 전방부분이 1.1배 정도의 가속도를 더 많이 받는 것으로 나타났다. 방진장치가 장착된 히치에서는 전방부분 평균수직가

속도의 크기가 0.002m/s^2 , 후방부분은 0.003m/s^2 으로 전방부가 1.5배 높은 것으로 나타났다. 또한 방진장치를 장착한 경우 수직진동가속도를 25.5% 정도 감소시킬 수 있었다.

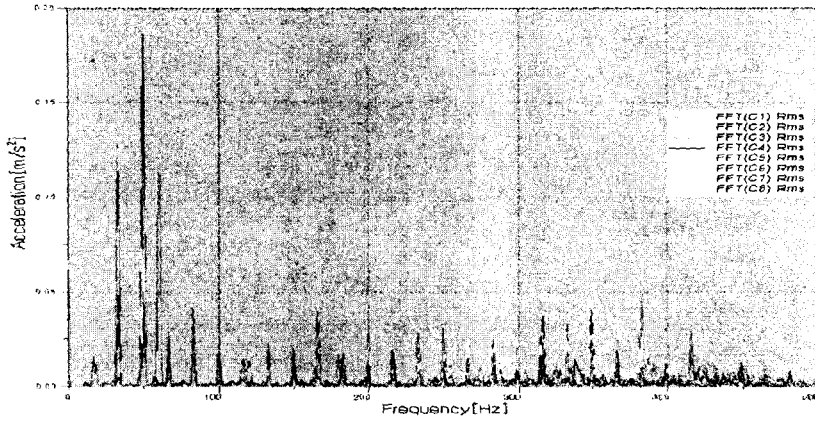


Fig. 5. The average accelerations by the frequency for the non-absorption system at high engine speed (1000rpm).

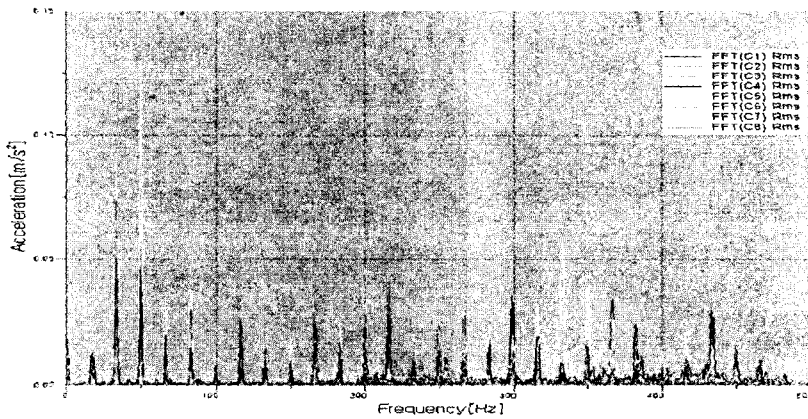


Fig. 6. The average accelerations by the frequency for the absorption system at high engine speed (1000rpm).

다. 진동가속도의 누적분포도

엔진이 500rpm의 저속으로 운전될 때 방진장치가 없는 기존의 히치와 방진장치가 장착된 히치의 평균진동가속도 누적분포도는 <그림 7> 및 <그림 8>과 같다.

또한, 엔진이 1000rpm의 정격속도로 운전될 때 방진장치가 없는 기존의 히치와 방진장치가 장착된 히치의 평균진동가속도 누적분포도는 <그림 9> 및 <그림 10>과 같다.

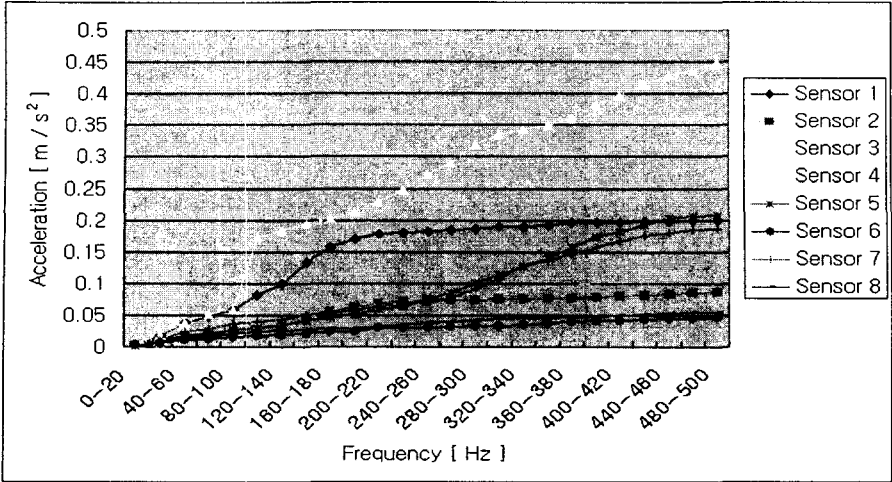


Fig. 7. The accumulated accelerations by frequencies for the non-absorption system at low engine speed (500rpm).

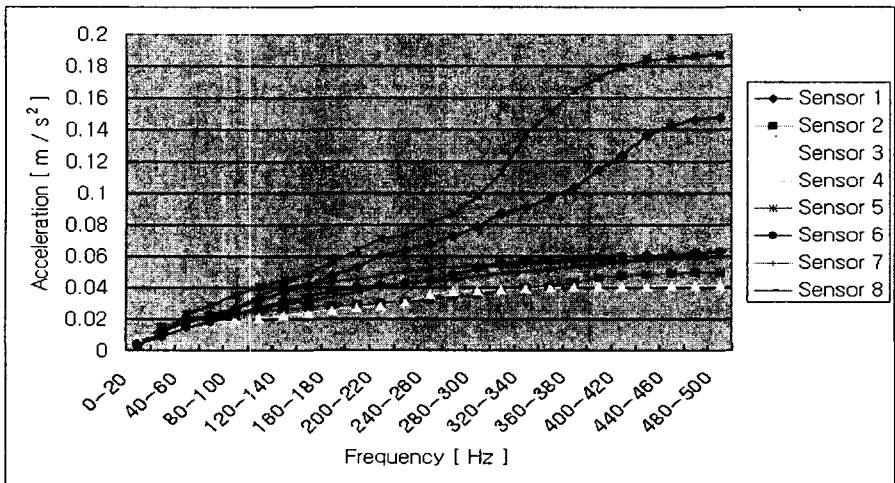


Fig. 8. The accumulated accelerations by frequencies for the absorption system at low engine speed (500rpm).

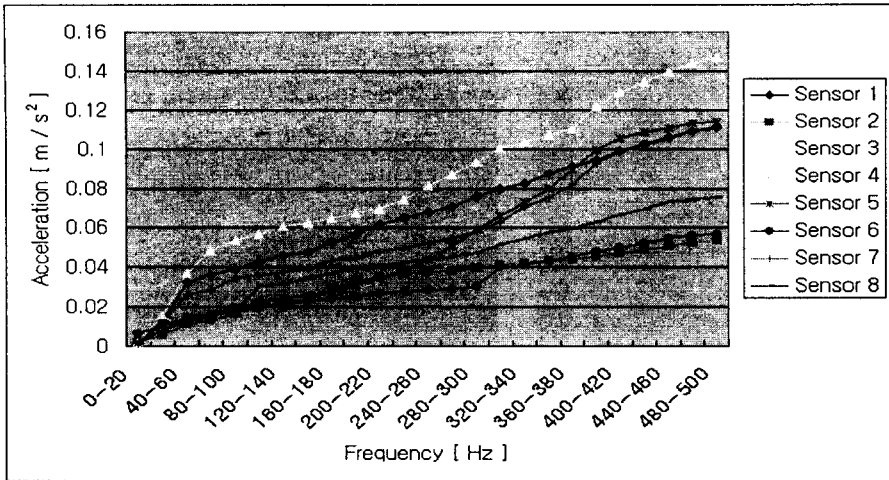


Fig. 9. The accumulated accelerations by frequencies for the non-absorption system at high engine speed (1000rpm).

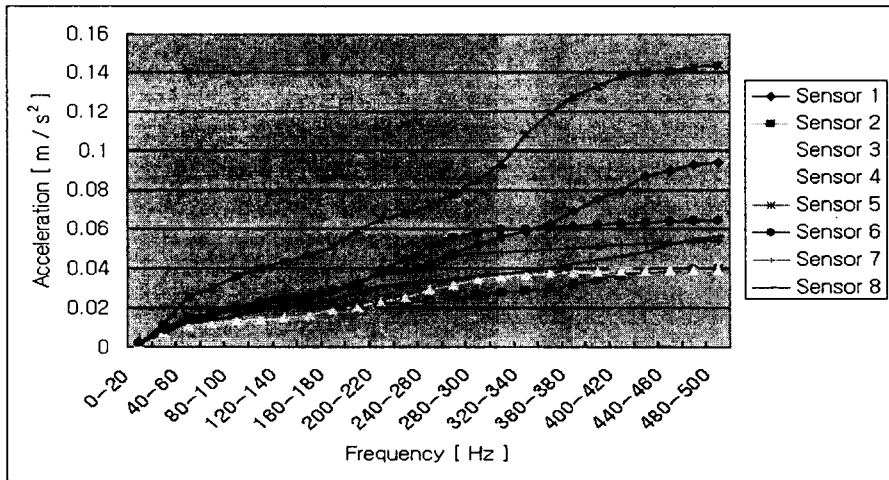


Fig. 10. The accumulated accelerations by frequencies for the absorption system at high engine speed (1000rpm).

I. 요약 및 결론

트레일러의 진동으로 인한 농산물의 품질저하를 방지하기 위하여 동력경운기와 트레일러 키치부분에 방진장치를 장착하여 발생된 진동과 기존 히치에서 발생된 진동이 배상자의 위치에 따라 어떻게 전달되는지를 파악하여 배상자의 적재위치에 따른 진동가속도의 크기와 주파수의 크기가 수송 중인 농산물에 손상을 입힐 수 있는 범위 안에 있는지를 파악하고 그

손상방법을 줄이기 위한 방안을 강구하기 위한 기초시험으로 시행하였다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 저속운전에서 트레일러에 적재된 배 상자에서의 평균진동가속도는 방진장치가 없는 기존 히치의 경우 전방부분에서 0.0084m/s^2 , 후방부분에서 0.0049m/s^2 으로 전방부분이 1.7배정도 가속도를 더 많이 받는 것으로 나타났다. 방진장치가 장착된 히치의 경우 전방부분에서 0.0029m/s^2 , 후방부분에서 0.0037m/s^2 으로 전방부가 1.3배 높은 것으로 나타났다. 따라서, 방진장치를 장착한 경우 수직진동가속도를 30.3% 정도 감소시킬 수 있었다.

2) 정격운전에서 트레일러에 적재된 배 상자에서의 평균진동가속도는 방진장치가 없는 기존 히치의 경우 전방부분에서 0.0040m/s^2 , 후방부분에서 0.0036m/s^2 으로 전방부분이 1.1배정도 가속도를 더 많이 받는 것으로 나타났다. 방진장치가 장착된 히치의 경우 전방부분에서 0.002m/s^2 , 후방부분에서 0.003m/s^2 으로 전방부가 1.5배 높은 것으로 나타났다. 따라서, 방진장치를 장착한 경우 수직진동가속도를 25.5% 정도 감소시킬 수 있었다.

5. 참 고 문 헌

- 1) 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) 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
- 7) Petter. 1998. Transportation and Handling of Fresh Fruits and Vegetables. Acme Manufacturing Company. 1-47
- 8) 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