

수송 트레일러의 충격흡수장치 개발(II)

- 동력경운기 연결 히치 -

홍종호 이홍주 이성범 박원엽 김성엽

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

- Connecting Hitch for Power Tiller-Trailer -

J. H. Hong H. J. Lee S. B. Lee W. Y. Park S. Y. Kim

Abstract

The improved hitch device, which connecting the trailer to power tiller, was developed. This device, composed with spring and rubber, could reduce the vibration and shock levels during driven on off-road. The vertical vibration accelerations for the improved hitch device were measured at 6 positions, i.e. engine, hitch, seat, and three points in trailer (front, middle, and rear) for not driving but at low engine speed of 500 rpm, and compared with the existing hitch device. The results of this study could be summarized as follows;

The average vibration acceleration up to 120 Hz was 0.4 m/s^2 at engine part, but it was 0.08 and 0.05 m/s^2 at trailer for existing and improved hitch device, respectively. About 38% of average acceleration level could be absorbed for the improved hitch device compared with existing hitch device. The average vibration acceleration up to 40 Hz was reduced to 0.12 and 0.06 m/s^2 at trailer for existing and improved hitch device respectively, showing the reduction effect of 50%. The maximum acceleration occurred at up to 20 Hz of low frequency was much higher than total acceleration occurred at up to 120 Hz, which means that much loss or damage could be occurred during transporting of agricultural products on off-road. The portions of average acceleration occurred at up to 20 Hz of low frequency were 27% and 21% for the existing and improved hitch device, respectively.

Keywords : Vertical acceleration, Hitch device, Power tiller-trailer, Vibration absorption

1. 서론

농산물을 트럭으로 수송 할 때 발생하는 손실은 주로 진동 가속도와 주파수의 크기, 적재방법과 적재 위치, 수직진동과 수송속도에 따라 농산물이 어떤 손상을 입으며 저장성과 상품성에 어떻게 영향을 미치는가 하는 문제로 요약된다.

충격흡수 시스템이 갖추어진 대형 냉동 트레일러에 채리, 복숭아, 배, 토마토를 수송했을 때 3.5 Hz 미만에서 수직가속도가 가장 크게 나타났고, 트레일러의 앞쪽에서 수직가속도

가 큰 것으로 보고하였다(Hinsch et al., 1993).

파레트에 배를 적재하여 수송중의 진동수를 변화시켜 배의 물리적 손상관계를 연구한 실험에서 3.5~18.5 Hz에서 가장 큰 손상을 입었으며 상자의 상층부가 하단부에 비하여 3~4 배가 더 큰 수준의 가속도가 측정되었다(Slaughter et al., 1993. Hinsch et al., 1993).

진동으로 인한 과일의 물리적 손상은 수송 중에 과일이 유동되어 서로 부딪혀 표면이 탈색되며 결국 타박상으로 나타난다. 더욱이 진동으로 손상된 과일은 습도마저 저하되어 품

This work was supported by a research grant from Hankyong National University in the year of 2004. The paper was submitted for publication in April 2005, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in 2005. The authors are Jong Ho Hong, Hong Ju Lee, Seong Beom Lee, Won Yeop Park and S. Y. Kim, KSAM member, Dept. of Mechanical Engineering, Hankyong National University. The corresponding author is J. H. Hong, Professor, Dept. of Mechanical Engineering, Hankyong National University, Ansong, 456-749, Korea; E-mail : <jhhong@hknu.ac.kr>

질저하의 원인으로 된다(Sommer, 1957).

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

결국 트레일러에 전달되는 저주파 진동을 줄이기 위해서는 트레일러에 충격 흡수장치를 설치하거나, 트레일러 연결 히치 부분에 충격흡수 시스템을 개발 장착하여 트레일러에 전달되는 진동요인을 제거하거나 최소화시키는 방법을 강구하여야 한다(Hong et al., 2003a).

따라서, 본 연구에서는 동력경운기 트레일러에 충격 및 진동을 흡수할 수 있는 연결 히치를 개발하였으며, 이 히치 장치에는 스프링을 이용한 충격 흡수판을 장착하고, 또한 진동을 흡수할 수 있는 가황고무 링을 충전하여 급정차 시에 발생하는 충격력을 감소시키고 동시에 엔진에서 발생하는 저주파 진동이 트레일러로 전달되는 요인을 감소시키고자 하였다. 이 장치의 진동흡수효과를 검증하기 위하여 트레일러로의 진동전달 수준을 측정하여 기존의 히치와 비교, 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험용 트레일러

시험에 사용된 동력경운기는 정격출력 10 PS의 수냉식 디젤 엔진을 탑재한 중량 384 hg인 이륜형이며, 트레일러는 일반적으로 농가에서 많이 사용되고 있는 진동흡수장치가 없는 보급용을 이용하였으며, 여기에 본 연구에서 개발된 진동 및 충격 흡수 연결 히치를 장착하여 기존의 히치와 비교 실험하였다.

나. 진동 및 충격흡수히치 개발

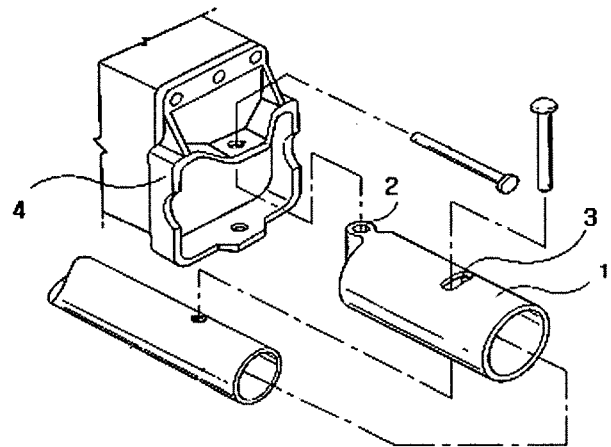
이 히치는 그림 1과 같이 연결 히치 실린더 내에 진동을 완화시킬 방진고무 링을 충전하고, 또한 충격을 흡수할 수 있는 코일스프링 및 충격 흡수판을 장착하였다.

이 장치에 사용된 방진고무는 경도를 높이기 위해 유황 성분이 첨가된 탄성고무를 이용하였다. 방진고무 링은 통상 금속 스프링과 비교할 때 형상, 치수를 비교적 자유롭게 선택할 수 있기 때문에 3방향의 스프링 상수를 균일하게 할 수 있다. 고무 링의 내부마찰은 금속에 비해 상당히 커서 진동흡수에 적당한 반면, 내열성, 내저온성, 내유성 등의 점에서는 불리한 점이 있지만, 연결 히치 캡 내부에서는 이러한 영향은 거의 받지 않을 것으로 추정하였고, 캡 내부의 좁은 공간에 장착하기가 쉬운 장점이 있어 선정하였다. 이러한 단점들이 시험 결

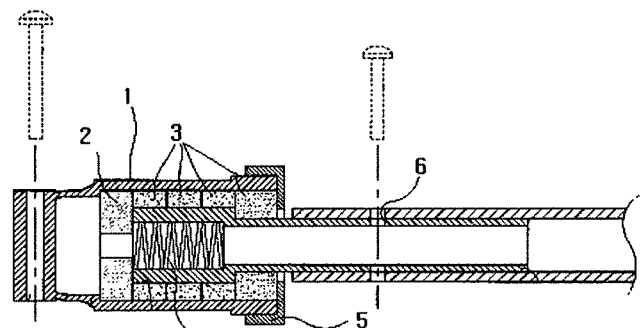
과나 장기적인 사용에도 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였다.

사용된 가황고무의 동적 성질은 온도, 진동수, 변형진폭, 평균변형에 의해 영향을 받는다. 특히 온도에 의한 영향을 가장 많이 받는 것으로 보고되어 있고 실리콘 고무가 가장 저온 특성이 좋은 것으로 보고되어 있지만, 트레일러 연결장치의 경우에는 크게 영향을 받지 않을 것으로 판단되어 구입하기 쉬운 일반적인 가황 고무 링을 사용하였다. 가황고무의 경우 일반적으로 사용되는 운행 조건하에서 전단탄성계수 0.5~5.0 MPa, 손실계수는 0.025~0.80의 범위에 있는 것으로 보고되어 본 시험에 있어서는 전혀 지장이 없을 것으로 판단되었다.

일반적으로 방진고무의 정적 스프링상수 κ , 동적 스프링상수(저장스프링상수) κ_1 , 손실스프링 상수 κ_2 는 기계적 진동수 (1~100 Hz)의 범위에서 다음의 형태로 표시 된다.



1. connecting cylinder 2. Engine connecting hole
3. Trailer connecting hole 4. Engine connecting section
(a) Existing hitch



1. Hitch casing 2. Impacting absorption plate
3. Anti-vibration rubber 4. Coil spring
5. Coil cap 6. Connecting shaft
(b) Improved hitch

Fig. 1 Existing hitch and improved hitch developed for power tiller trailer.

$$\kappa = GFD, \quad \kappa_1 = G_1FD, \quad \kappa_2 = G_2FD$$

여기에서, G 는 전단탄성계수, D 는 고무부의 치수를 대표하는 변수, F 는 형상만으로 결정되는 계수이다. 응력과 변형관계가 선형인 경우에 있어서 주요 미소 변형의 치수 형상효과에 관한 설계 제원은 JIS 규정에 준하였다.

또한, 운송 중에 급정거를 할 경우를 대비하여 충격력을 감소시키기 위하여 코일스프링을 장착하였으며, 이 코일스프링의 최대전인력은 240 kg(동력경운기 제원 기준에 따름), 최대충격력은 1000 kgm/s(수송 중 정지할 때, 최대하중 500 kg, 최고속도 2 m/s로 진행될 때를 기준)에 견딜 수 있도록 설계하였다.

통형 방진고무의 흡수 스프링상수 κ 는 다음 식과 같이 계산되며, 1 mm의 수축으로 약 3000 N(315 kg)의 하중을 흡수할 수 있도록 하였다. 기존 히치의 실린더를 그대로 사용하여 주어진 공간 내에 진동흡수 장치의 장착이 가능하도록 고무 링의 내외경과 길이를 아래와 같이 결정하여 설계제작 하였다.

$$\begin{aligned} k &= \frac{2\pi Gt}{\log_e\left(\frac{r_2}{r_1}\right)\left[1 + \frac{1}{3}(r_2 - r_1)^2/t^2\right]} \\ &= \frac{2\pi \times 1 \times 110}{\log_e\left(\frac{40}{32}\right)\left(\frac{3 \times 110^2 + 8^2}{3 \times 110^2}\right)} \\ &= 3092 N/mm (= 315 kg/mm) \end{aligned}$$

따라서,

$$F = kd = 315 \times 3.17 = 1000 kg$$

다. 진동가속도 측정 장치 구성

진동가속도의 측정은 일반적으로 X, Y, Z축의 가속도를 측정하여 분석한다. 그러나 Slaughter 등(1993)의 연구에 의하면 수평진동은 수직진동에 비하면 경미하여 충격에 의한 농산물의 품질저하에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 분석하였다. 따라서 본 시험에서는 수직가속도만을 측정하였으며, 그림 1과 같이 엔진의 상단부분 1곳, 엔진과 트레일러의 연결히치 부분 1곳, 트레일러 운전석 1곳, 트레일러의 전방, 중앙,

후방 중심에 프레임으로 지지되어 있는 바닥지점 각 1곳 등 총 6 지점에 측정센서를 부착했고 순간 진동이 발생할 수 있는 여지를 사전에 차단하기 위하여 프레임이 바닥 철판에 용접된 곳을 택하여 센서를 부착하고 진동가속도를 측정하였다. 트레일러의 형상은 완전평면이며 두께가 일정하고 휨이 없는 하나의 강체로 보았으며, 회전관성과 전단변형은 무시하였다. 진동가속도 측정센서 및 FFT(Fast Fourier Transformer)분석기의 제원은 표 1과 같고, 측정 장치의 시스템구성은 그림 2와 같다.

라. 시험 및 분석 방법

Hong 등(2002), Petter(1998), Hinsch 등(1993), Slaughter 등(1993) 등의 연구결과로 판단하여 보면 농산물 수송 시에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 진동가속도와 주파수의 크기라고 분석되어 있고, 특히 진동 주파수의 크기가 결정적인 영향을 미치는 것으로 분석되어 있다. 20 Hz 미만의 주파수가 딸기 등 여린 과일의 수송 손실에 영향을 미치고, 40 Hz 미만의 주파수는 복숭아, 토마토 등의 수송손실에 영향을 미치며, 120 Hz 미만의 주파수가 배, 사과, 감자 등의 수송 손실에 영향을 미치는 범위로 지적되어 있지만, 대부분의 과채류는 20 Hz 미만의 주파수가 크게 영향을 미치는 것으로 파악되어 있다. 따라서 기존의 히치를 연결한 경우와 새로 개발한 히치를 대비구로 했고, 엔진이 500 rpm의 정격회전수로 동일하게 저속 운전되는 조건으로 실시했다. 평면위에서 트레일러와 기체는 평형을 유지했고, 시험장소는 밀폐된 콘크리트 포장으

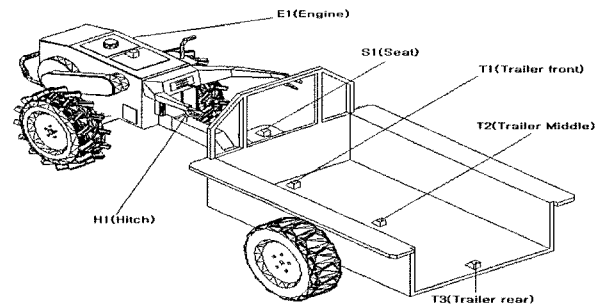


Fig. 2 Sensing position of the vertical accelerations for the power tiller-trailer system.

Table 1 Specifications of the acceleration sensor and FFT analyzer.

Acceleration sensor		FFT analyzer	
Sensitivity	482 ~ 525 mV/g	Frequency Range	1 ~ 20 kHz
Measuring range	±10 g	Conversion	24-bit DAC
Resonance frequency	22.0 Hz	Dynamic range	110 db
Temperature range	0 - 65. °C	Coupling	AD (4 mA)
Transverse sensitivity	1.0%		

로 운전자가 미 탑재된 상태이며, 타이어의 공기압은 앞 뒤 각각 1.4 kg/cm^2 및 0.8 kg/cm^2 로 유지했다.

Lee 등(2003)의 연구에서 과채류를 수확하여 수집하고 운반하는 도중에 엔진이 운행 중인 상태로 트레일러를 정지해야 하는 경우가 운송중일 때보다 더 큰 손상이 발생하는 것으로 지적되어, 본 시험에서는 기체가 주행되지 않은 상태의 동일한 조건에서 120 Hz 미만의 수직진동가속도의 크기를 비교 분석하여 새로이 개발한 진동흡수장치의 성능을 평가하였다.

측정값은 엔진이 충분히 예열된 상태에서 10초 동안 발생된 측정값의 평균값과 최대값을 측정 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 평균 수직진동가속도

수확된 농산물을 운반하는 과정에서 기체의 진동으로 인한 농산물 손실이 가장 큰 경우는 엔진이 저속으로 운행되며 정지 상태에 있을 때가 저주파 진동이 가장 많이 발생하는 것으로 보고되어 있다. 따라서 본 시험에서는 동력경운기 엔진을 500 rpm의 저속으로 운전하며 이 때에 발생하는 진동가속도와 주파수의 크기가 트레일러에 전달될 때 개발된 진동 흡수장치가 진동을 어느 정도 상쇄 시키는가를 주파수의 크기별로 측정하였다.

120 Hz까지 발생된 평균 진동가속도의 크기를 트레일러의 부위별로 측정한 결과는 그림 3과 같다. 엔진에서 발생된 120 Hz까지의 평균진동가속도의 크기는 0.4 ㄱ이었고, 기존 히치를 사용한 경우에 트레일러는 평균 0.08 ㄱ로 감소되었고, 개발된 충격흡수장치를 장착한 경우에는 0.05 ㄱ로 감소되어 약 38%의 충격흡수효과가 발생된 것으로 나타났다. 특히 충격 흡수 효과는 트레일러 뒷부분에서 더욱 큰 것으로 나타나

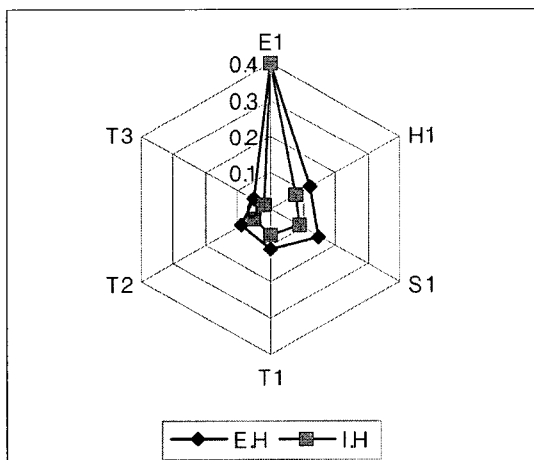


Fig. 3 The average accelerations in existing and improved hitch up to 120 Hz.

Hinsch 등(1993), Hong 등(2002)이 주행 중인 트레일러를 대상으로 분석한 연구와는 상반된 결과를 보였다. 또한 운전자가 앉아서 운전하는 시트부분에서는 각각 0.15 ㄱ와 0.09 ㄱ로 나타나 40% 이상의 효과가 발생되어 운전자의 피로를 감소시켜 쾌적한 수송환경을 만들어 줄 것으로 판단되었다.

Slaughter 등(1993)의 연구결과에서 지적된 과일 수송에 가장 큰 영향을 미치는 40 Hz까지의 평균 진동가속도의 크기는 그림 4와 같다.

엔진에서 발생된 평균진동가속도의 크기는 0.7 ㄱ이었으나, 기존 히치를 사용한 경우에 트레일러에서는 평균 0.12 ㄱ로 감소되었지만 개발된 충격흡수장치를 장착한 경우에는 0.06 ㄱ로 감소되어 50%의 충격흡수효과가 발생된 것으로 나타났고, 특히 트레일러 중앙이나 뒷부분에서의 효과가 더욱 큰 것으로 나타났다.

120 Hz까지 발생된 평균 진동가속도의 크기를 20 Hz 단위로 분석한 결과는 그림 5와 같다. 일반적으로 20 Hz 이하의 저주파수에서 발생하는 가속도가 현저히 크게 나타나 농산물의 수송에 많은 수송손실이 발생할 것으로 판단된다. 기존 히치에서도 120 Hz에 달하면 트레일러에서의 진동가속도는 거의 소멸되는 것으로 판단되어 우려할 필요가 없어 보이고, 개발된 진동흡수장치에서는 60 Hz에 달하면 트레일러에서의 진동가속도는 거의 소멸되는 것으로 판단된다. 모든 경우에서 일정하게 주파수의 크기가 증가될수록 진동가속도의 크기는 감소되었고, 기존 히치보다 개발된 진동흡수장치를 장착한 경우에서 진동흡수효과는 현저히 높게 나타났다.

나. 최대진동가속도

120 Hz까지 발생된 최대 진동가속도의 크기를 20 Hz 단위로 측정한 결과는 그림 6과 같다. 일반적으로 20 Hz 이하의

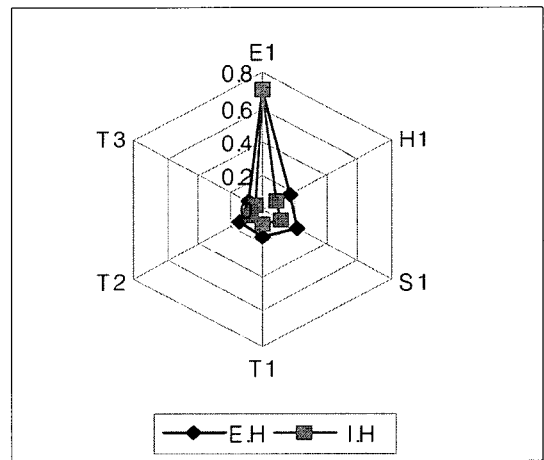
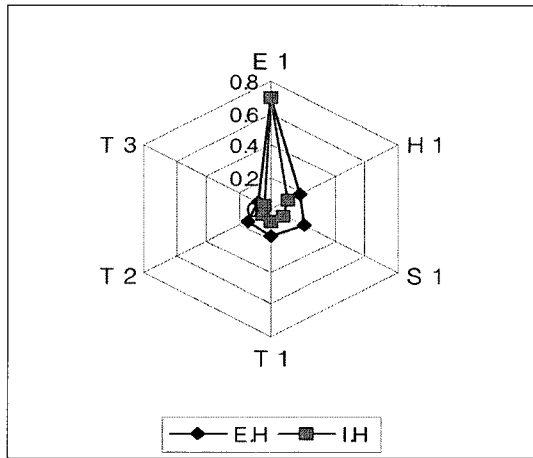


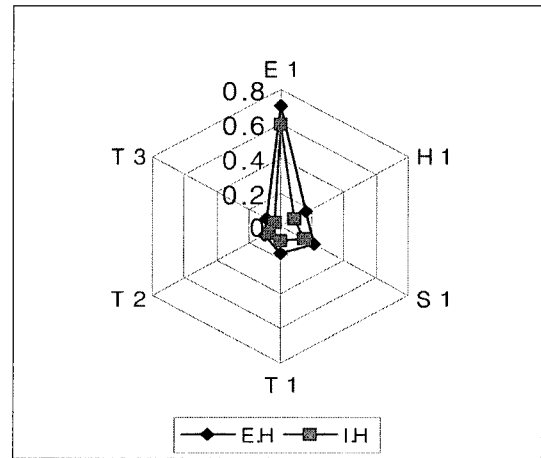
Fig. 4 The average accelerations in existing and improved hitch up to 40 Hz.

저 주파수에서 발생하는 최대 진동가속도가 현저히 크게 나타나 농산물의 수송에 많은 수송손실이 발생될 것으로 판단되고, 트레일러에서의 최대 진동가속도가 40 Hz에 달하여도 1% 이상의 높은 값을 보였다. 최대 진동가속도의 크기는 개

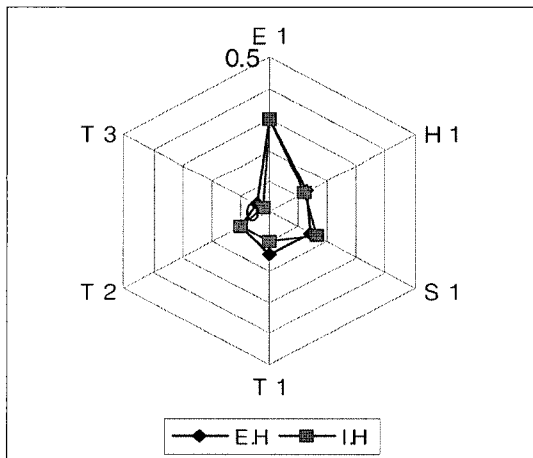
발된 진동흡수장치를 장착한 경우에도 기존 히치와 비교하여 크게 차이가 나타나지 않았다. 120 Hz에 달하여도 트레일러에서의 최대 진동가속도는 0.1% 이상으로 크게 나타났다.



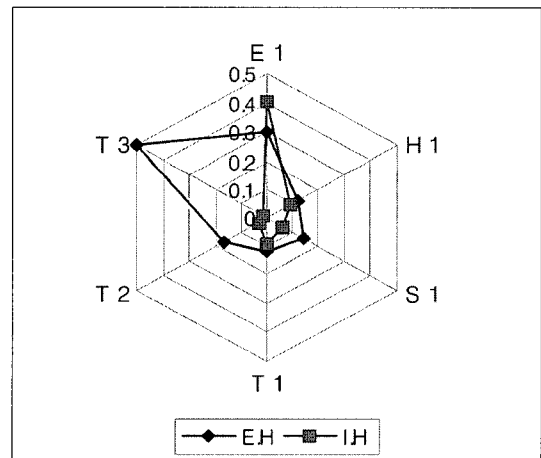
(a) 0~20 Hz



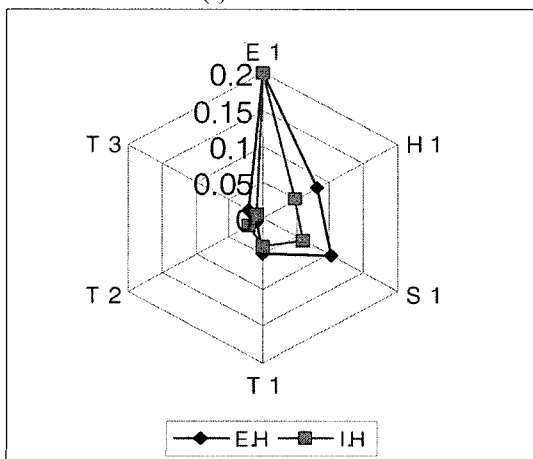
(b) 20~40 Hz



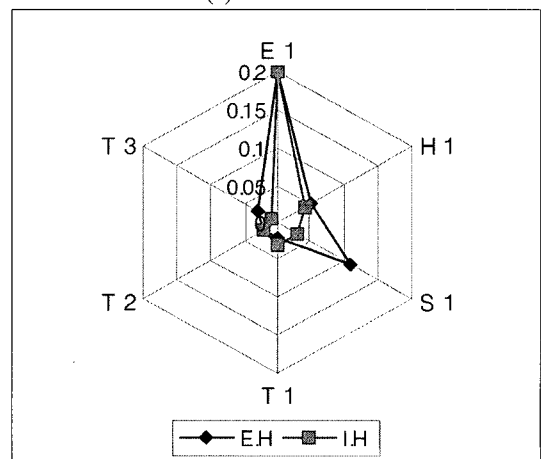
(c) 40~60 Hz



(d) 60~80 Hz

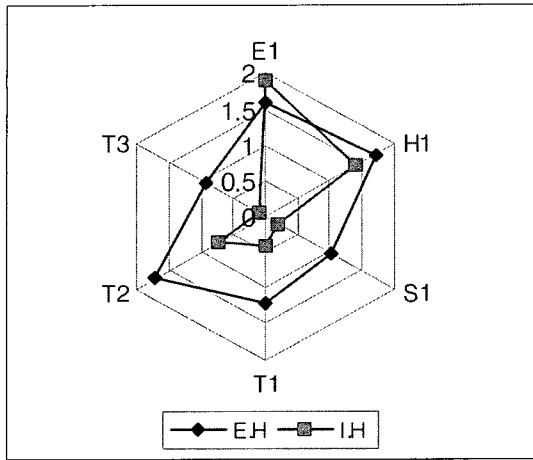


(e) 80~100 Hz

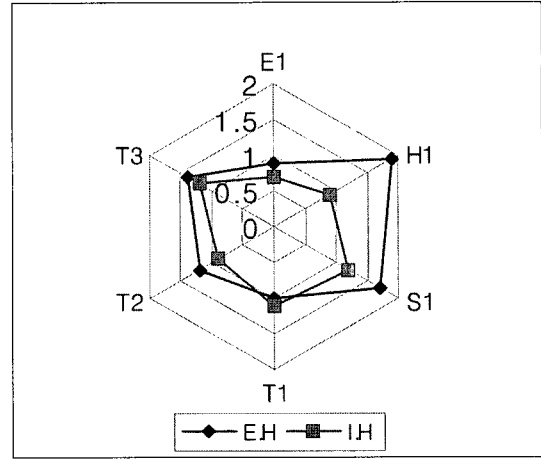


(f) 100~120 Hz

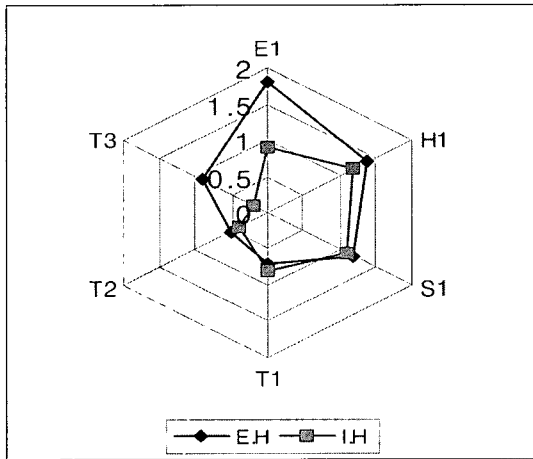
Fig. 5 The average accelerations in existing and improved hitch.



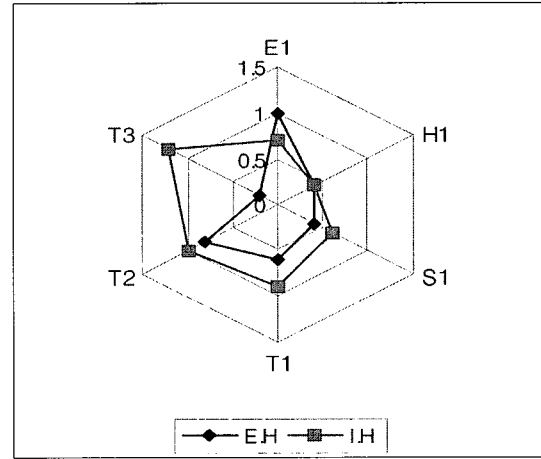
(a) 0~20 Hz



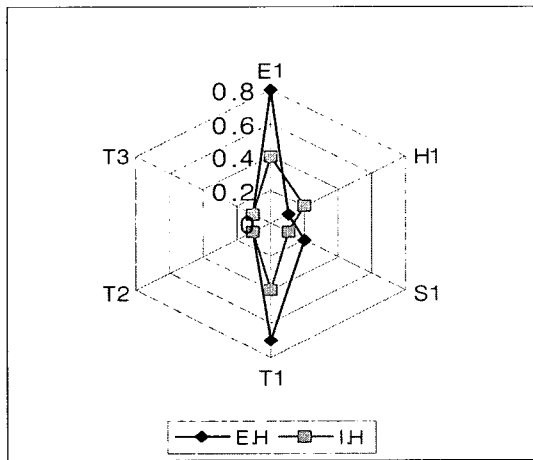
(b) 20~40 Hz



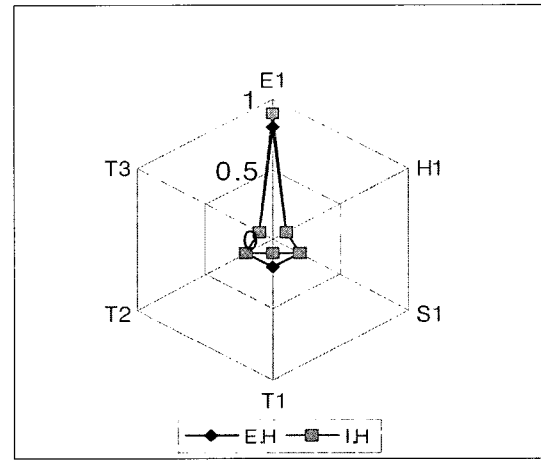
(c) 40~60 Hz



(d) 60~80 Hz



(e) 80~100 Hz



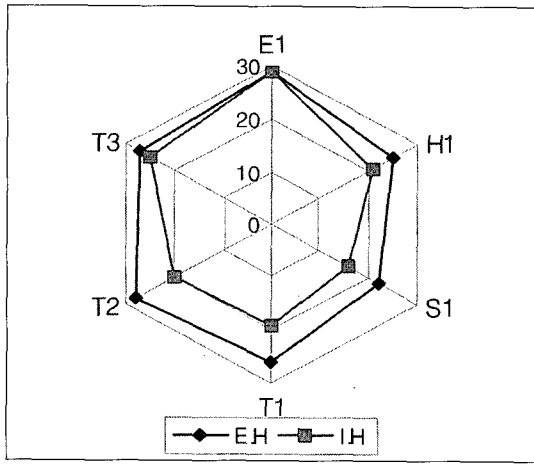
(f) 100~120 Hz

Fig. 6 The maximum accelerations in existing and improved hitch.

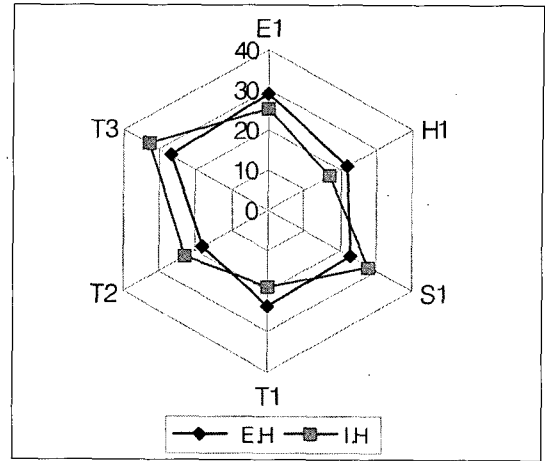
다. 전체발생 주파수에 대한 비율

120 Hz까지 발생된 평균 진동가속도의 크기를 20 Hz 단위로 측정된 결과를 전체 발생 진동가속도의 비율로 분석한 결과는 그림 7과 같다.

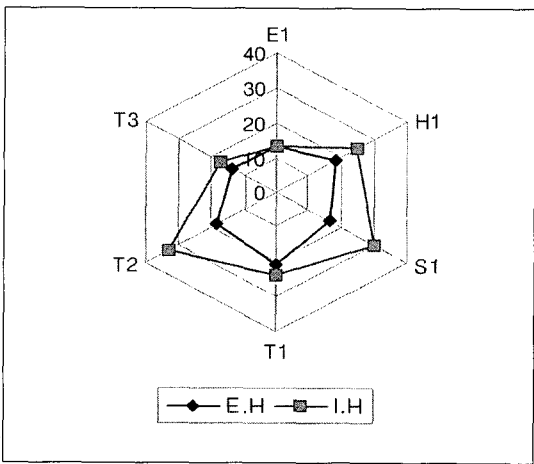
일반적으로 20 Hz 이하의 저 주파수에서 발생되는 평균 진동가속도의 비율이 기존 히치를 장착한 트레일러에서는 총 발생가속도의 27%에 달하였고, 개발된 진동흡수장치를 장착한 경우에는 21%에 달하여 비교적 큰 값이지만 기존



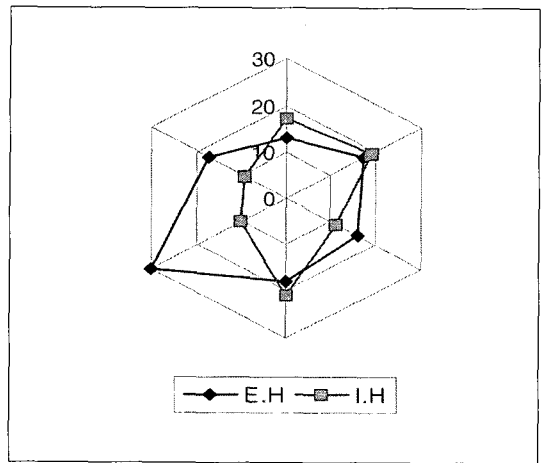
(a) 0~20 Hz



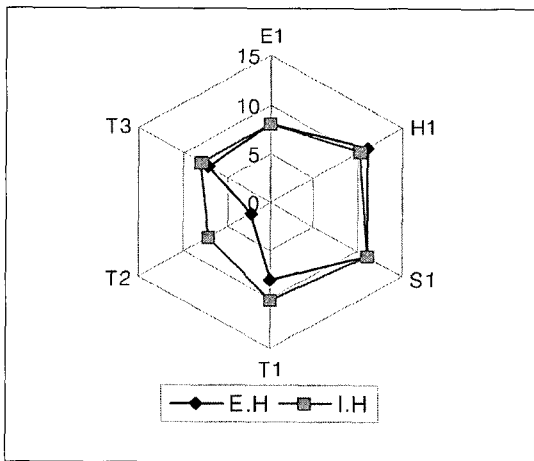
(b) 20~40 Hz



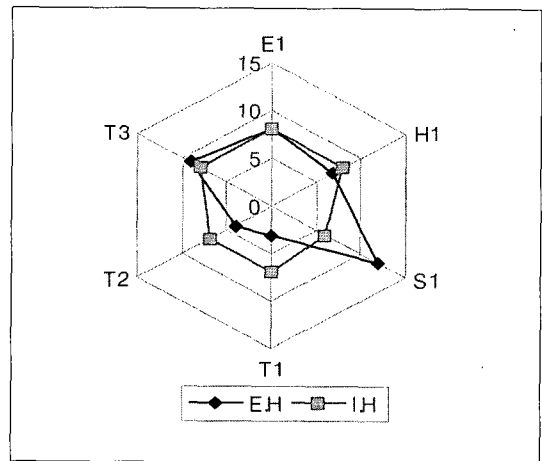
(c) 40~60 Hz



(d) 60~80 Hz



(e) 80~100 Hz



(f) 100~120 Hz

Fig. 7 The percentage of average accelerations in existing and improved hitch.

히치보다는 약 6% 정도 적은 값이었다. 100 Hz 이상의 주파수에서 발생된 평균 진동가속도의 비율은 7% 내외로 나타나 급격히 감소하여 점차 소멸되었다. 트레일러에서 평균 진동가속도의 비율이 가장 큰 구역은, 기존 히치에서는 20

Hz 이하에서였고 개발된 진동흡수장치를 장착한 경우에는 40~60 Hz사이의 범위에서 가장 큰 비율을 보이며 두 장치 모두 28% 정도로 나타났다. 20 Hz 이하의 주파수가 농산물 수송손실에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 볼 때 기

존 히치의 사용은 그 만큼 위험하며, 개발된 진동흡수장치를 장착하면 수송 시에 많은 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 동력경운기 트레일러를 위한 충격 및 진동을 흡수할 수 있는 연결히치를 개발하였다. 이 히치 장치에는 스프링을 이용한 충격 흡수판을 장착하고, 진동을 흡수할 수 있는 가황고무 링을 충전하여 급정차 시에 발생하는 충격력을 감소시킴과 동시에 엔진에서 발생하는 저주파 진동이 트레일러로 전달되는 것을 감소시켰다. 즉 엔진에서 발생하는 저주파 진동이 트레일러로 전달되는 것을 감소시켜 운전자가 쾌적한 조건에서 운전하고, 수송 중인 농산물의 손상을 줄일 수 있는 방안을 제시하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 엔진에서 발생된 120 Hz까지의 평균진동가속도의 크기는 0.4 ㄱ 이었고, 여기에 기존 히치를 연결한 경우에 트레일러는 평균 0.08 ㄱ로 감소되었고, 개발된 충격흡수장치를 장착한 경우에는 0.05 ㄱ로 감소되어 약 38%의 충격흡수효과가 발생된 것으로 나타났다.
- (2) 40 Hz까지의 평균 진동가속도의 크기는 기존 히치를 사용한 경우에, 트레일러에서는 평균 0.12 ㄱ로 감소되었고, 개발된 충격흡수장치를 장착한 경우에는 0.06 ㄱ로 감소되어 50%의 충격흡수효과가 발생된 것으로 나타났다.
- (3) 20 Hz 이하의 저 주파수에서 발생하는 최대 진동가속도가, 120 Hz까지의 전체 진동가속도에 비하여 현저히 크게 나타나 농산물의 수송 시에 많은 손실이 발생할 것으로 판단되고, 트레일러에서의 최대 진동가속도가 40 Hz에 달하여도 1 ㄱ 이상의 높은 값을 보였다.
- (4) 20 Hz 이하의 저 주파수에서 발생하는 평균 진동가속도의 비율이 기존 히치를 장착한 트레일러에서는 총 발생가속도의 27%에 달하였고, 개발된 진동흡수장치를 장착한 경우에는 21%로 비교적 큰 편이지만, 기존 히치 보다는 6% 정도 더 크게 감소되었다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. 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.
3. 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.
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. 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. (In Korean)
6. Hong, J. H., I. C. Kang, H. J. Lee, S. B. Lee and S. Y. Kim. 2003 (a). Development of the Vibration Absorption System for Power Tiller Trailer. Proceedings of the Korean for Society Agricultural Machinery. 8(1):69-76.
7. Hong, J. H., I. C. Kang, H. J. Lee, S. B. Lee and S. Y. Kim. 2003 (b). Vibration Absorption Characteristics by the Suspension System of Power Tiller Trailer. Proceedings of the Korean for Society Agricultural Machinery. 8(1):231-237.
8. 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.
9. 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.
10. Lee, H. J., J. H. Hong, S. B. Lee and S. Y. Kim. 2003. Development of Vibration Absorption Device for the Transportation - Trailer System (I). The Korean Society for Agricultural Machinery. 28(2):89-96. (In Korean)
11. Petter. 1998. Transportation and Handling of Fresh Fruits and Vegetables. Acme Manufacturing Company. 1-47.
12. 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.
13. 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.
14. 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. (In Japanese)