

수송 트레일러의 충격흡수장치 개발 (IV) - 동력경운기 적재함의 연결히치, 판스프링, 속업쇼바 -

홍종호^{1*} · 오영근²

¹한경대학교 기계공학과, ²연대대학교 기계전자자동차공학부

Development of Vibration Absorption Device for the Transportation -Trailer System (IV) - Connecting Hitch, Leaf Spring and Shock Absorber Suspension -

Jong Ho Hong^{1*}, Yong Gen Wu²

¹Dept. of Mechanical Engineering, Hankyong National University, Anseong, Korea,

²School of Mechatronics and Automobile Engineering, Yantai University, Yantai, Shandong, China

Received: October 28th, 2012; Revised: December 5th, 2012; Accepted: December 18th 2012

Abstract

Purpose: This study was conducted to analyze the vibration absorption effect for the agricultural product transportation-trailer equipped with vibration absorbable connecting hitch, leaf spring suspension, and shock absorber simultaneously (HLS), comparing with the trailer equipped with vibration absorbable connecting hitch only(H), trailer equipped with connecting hitch and leaf spring suspension (HL), and existing trailer with no vibration absorption device (E). **Methods:** Vertical accelerations were measured at driver seat and front, middle, rear parts of trailer bottom with no load for 4 types of transportation-trailer, and analyzed using FFT analyzer. **Results:** The magnitude of average vibration accelerations occurred up to 20 Hz, at this low frequencies the severe damage for agricultural products could be represented, was lower (maximum 6 times) for HLS trailer compared with H trailer. And vibration absorption effect for HLS trailer was also higher up to 40-80 Hz and 80-100 Hz, but the difference was less. At driver seat, the vibration absorption effect was high severely for HL and HLS trailer, and the magnitude of vibration acceleration was showed less difference in comparing at trailer bottom. **Conclusions:** From the test results, it could be recommended that the agricultural products transportation trailer should be equipped with vibration absorption device of HLS.

Keywords: Average vibration acceleration, Connecting hitch, Leaf spring suspension, Shock absorber, Transportation-trailer, Vibration absorption effect,

서 론

동력경운기 트레일러의 연결히치는 엔진에서 발생된 진동이 히치를 통하여 트레일러로 직접 전달된다. 최근의 무진동 대형

트럭은 연결히치에 스프링과 속업쇼바(shock absorber)을 포함한 충격 흡수관을 장착하여 주행시와 급정거 시에 발생하는 충격과 진동을 감소시킬 수 있도록 개발되어 사용되고 있다. 동력경운기와 트랙터가 주로 운반용으로 사용되고 있는 우리나라의 실정으로는 트레일러 연결 히치를 간단히 개량하여 엔진에서 발생하는 저주파 진동이 트레일러로 전달되는 것을 감소시킬 수 있고, 트레일러에 현가장치를 장착하여 운전자의 안정과

*Corresponding author: Jong Ho Hong

Tel: +82-31-670-5113; Fax: +82-31-670-5118

E-mail: jhhong@hknu.ac.kr

Copyright © 2012 by The Korean Society for Agricultural Machinery

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수송물의 수송손실을 줄일 수 있다(Hong et al., 2005).

또한 현재 농가에서 사용되고 있는 트레일러는 현가장치가 전혀 적용하지 않은 것으로서 농산물의 수송손실과 운전자의 건강과 안전까지도 위협 받고 있는 실정이다. 트레일러의 저부에 평판스프링(leaf spring suspensin)과 트러스트형 속오퍼바의 현가장치를 동시에 설치하여 프레임과 차축 사이에 연결하여 트레일러의 중량을 지지하고 노면의 요철로 발생하는 트레일러 자체의 진동을 흡수하여 수송 중에 발생하는 저주파 진동요인을 최소화시키고 트레일러의 안정과 평형을 유지시킬 필요가 있다(Hong et al., 2005).

트레일러의 현가장치(suspension system)는 차축과 차체를 연결하여 주행할 때 차축이 노면에서 받는 진동이나 충격을 차체에 직접 전달되지 않도록 함으로서 운송물의 손상을 방지하고 승차감(ride comfort)을 좋게 하는 장치이다. 자동차에서는 노면에서 받는 충격을 완화하는 새시 스프링(chassis spring)과 스프링의 자유진동을 억제하여 승차감을 좋게 하는 속 오퍼바(shock absorber) 및 자동차가 옆으로 흔들리는 것을 방지하는 스테빌라이저(stabilizer) 등으로 구성되어 있다. 현가장치는 구동 바퀴에 발생하는 구동력이나 제동할 때 각 바퀴의 제동력을 차체에 전달함과 동시에 선회할 때의 원심력에도 견디고, 각 바퀴를 차체에 대해 바른 위치로 지지하는 역할을 하기 위한 상하 방향과 수평 방향의 상호운동이 요구된다. 일반적으로 120 Hz를 넘으면 딱딱한 기분을 느끼며, 60-120 Hz의 상하운동에서 승차감이 가장 좋고, 40 Hz이하에서는 탑승자가 멀미를 느끼게 됨은 물론이고 농산물의 손상도 가장 큰 것으로 파악 되고 있다(Boyette et al., 1993; Hong et al., 2005).

따라서 동력경운기 트레일러의 연결 히치 부분에 스프링과 충격 흡수판을 장착한 장치를 개발하여 급정거 시에 발생하는 충격력을 감소시킨다. 또한 기존의 연결 히치를 그대로 이용하여 캡 내부를 진동 흡수 가황고무 링과 스프링으로 충전하여 급정거시 발생하는 충격력을 감소시키고 엔진에서 발생하는 저주파 진동이 트레일러로 전달되는 것을 차단시킨다. 또한 트레일러의 적재규격에 적합한 평판 스프링으로 프레임과 차축 사이를 연결하여 트레일러의 중량을 지지시켜 노면과 바퀴에서 발생하는 진동을 흡수토록하며 스트러트와 코일스프링이 조합된 속오퍼바를 차축에 연결 장착하여 트레일러의 평형을 유지시키고 충격력을 감소시켜 수송 중에 발생하는 저주파 진동요인을 없애거나 최소화시키는 방법을 강구할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 본 연구의 선행 연구 II(Hong et al., 2005)에서 개발된 연결히치와 본 연구의 선행 연구 III(Hong et al., 2008)에서 개발 발표된 평판스프링 현가장치에, 본 연구에서 개발한 일러스트형 속오퍼바를 포함한 3가지 장치를 동시에 트레일러에 장착하고 진동발생 크기를 상호 비교하여 개발된 트레일러의 진동흡수 효과를 비교 검증하려고 한다.

재료 및 방법

가. 시험용 트레일러

본 시험에 사용된 동력경운기의 기본 사양은 정격출력 7.3 kw의 디젤엔진을 탑재한 총중량 384 kgf의 차량을 동일하게 적용하였다. 시험에 사용된 트레일러는 일반적으로 농가에서 많이 사용되고 있는 진동흡수장치가 없는 보급용 트레일러에 본 연구의 선행 연구 II에 발표된 진동흡수 연결히치와 본 연구의 선행 연구 III에서 발표된 평판스프링과 본 연구에서 개발한 속오퍼바 등 3가지 장치를 동시에 부착한 트레일러를 대비구로 하여 진동흡수 효과를 비교 분석하였다.

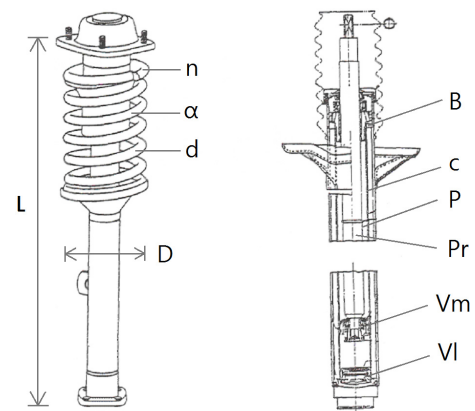
본 시험에 사용한 보급용 기본 트레일러의 기본 사양은 본 연구의 선행 연구 I(Lee et al., 2003)의 표 1에 표시되어 있다.

나. 진동 및 충격 흡수히치

진동흡수 연결히치에 관한 장치에 관하여는 본 연구의 선행 연구 II의 그림 1에 도시되어 있고, 진동 충격흡수 장치의 개발 이론과 제원에 관하여도 본 연구의 선행 연구 II의 시험재료 및 방법에 기술되어 있다.

다. 평판스프링 현가장치

평판스프링 현가장치에 관한 진동흡수 연결히치에 관하여는 본 연구의 선행 연구 III의 그림 1에 도시되어 있고, 평판스프링 현가장치의 개발 이론과 제원에 관하여도 본 연구의 선행 연구 III의 시험재료 및 방법에 설명되어 있다.



- | | |
|-----------------------|-----------------|
| n : Coil number | B : Guide bush |
| α : Coil angle | C : Cylinder |
| d : Coil diameter | P : Piston |
| D : Pitch diameter | Pr : Piston rod |
| L : Suspension length | Vm : Main valve |
| | Vl : Low valve |

Figure 1. Diagram of shock absorber at trailer.

라. 속업쇼바

차량용 속업쇼바는 주로 차체의 수직진동을 흡수하고 노면상태에 의해 발생된 진동을 스프링으로 흡수하고 승차감을 좋게 하며, 커브나 고르지 않은 길에서 타이어의 안정성을 나쁘게 하는 로드홀딩(road holding)을 향상시키는 역할을 한다. 가이드를 겸한 긴 원통을 조합하여 내부에는 액슬축과 연결하는 실린더와 차체 축에 연결된 피스톤이 있고 실린더 내에는 오일로 충만된 텔레스코픽(telescopic) 형식이다.

복동식 텔레스코픽은 링크나 로드는 사용하지 않고 스프링과 함께 직접 설치할 수 있어 링크기구 등에 의한 마찰손실이 적고 실린더 내에 발생하는 유압도 비교적 낮게 할 수 있지만 피스톤 행정이 긴 단점이 있어 설치 공간의 높이에 여유가 있어야 한다.

JIS 실린더 규격으로 속업쇼바가 받는 하중을 산정할 때는 실린더 내경과 피스톤 로드의 직경을 기준으로 산정한다. 그 때에 발생하는 사용압력을 70 kgf/cm²로 규정하였고 속업쇼바 1개에 걸리는 하중이 4,900 N이 되도록 하여 2개의 속업쇼바가 지탱하는 하중이 보급형 트레일러의 최대적제하중인 9,800 N에 견딜 수 있도록 설계하였다. 속업쇼바 시스템 내에서 코일스프링에 걸리는 하중은 980 N이며 실린더에 유압 시스템에 걸리는 하중은 3,920 N으로 설계 계산되었다. 본 연구의 선행연구 III에서 평판스프링의 제원에서 트레일러의 최대적제하중인 9,800 N에 견딜 수 있도록 설계하였으므로 이 두 가지의 장치를 동시에 장착한 본시험에서의 경우에는 전체의 안전율을 200%로 계산한 결과이다.

그리고 기존 트레일러의 하단부에 속업쇼바 설치가 가능한 공간과 높이 등을 고려할 때 공간의 높이는 300 mm이고 최대 처짐은 42 mm가 되도록 하여야 했다. 그러나 속업쇼바의 높이가 장착공간의 높이 보다 50 mm가 더 길어서 설치가 불가능하여 양바퀴의 축에 프레임을 낮게 턴 대어 지지대를 장착하고 높이를 조절하여 설치하였다. 본 연구에서 평판스프링을 채택한 화물 밴과 동일한 기종인 D사의 D형 구 모델 차량의 속업쇼바 사양이 본 설계사양과 그대로 일치하여 보정함이 없이 그대로 적용하는 것이 가능하였다.

아래 식 (1), (2), (3)의 각 식에 적용된 기호와 단위인 압축코일스프링의 유효감김수 n 은 8.3, 코일의 평균직경 D 는 100 mm, 길이는 250 mm이고 소선의 지름 d 는 10 mm, 피치각 α 는 10°이다. 스프링지수 C 는 D/d 이므로 10이며 G 는 횡탄성계수이고 응력수정계수 κ 는 Wahl의 계산도표로 산정하여 1.2로 하였다. 실린더의 규격은 사용압력의 크기에 따른 JIS의 행정 계산도표에 따라서 결정하여 실린더의 내경을 10 mm, 행정길이는 100 mm로 채택하였다. 본 시험에 사용된 코일스프링의 축하중 P 에 대한 휨 δ , 스프링 상수 k , 최대응력 τ 는 아래식으로 계산하여 적용하였다.

속업쇼바 전체에 대한 구조는 그림 1과 같다.

$$\delta = \frac{8nD^3}{Gd^4} P = \frac{8NC^3}{Gd} P = \frac{8nC^4}{GD} P \quad (1)$$

$$k = \frac{P}{\delta} = \frac{Gd^4}{8nD^3} = \frac{Gd}{8nC^3} = \frac{8C^3}{8nD^2} P \quad (2)$$

$$\tau = \kappa \frac{8D}{\pi d^3} P = \kappa \frac{8C}{\pi d^2} P = \frac{8C^3}{\pi D^2} P \quad (3)$$

마. 진동가속도 측정 장치 구성

트레일러는 새시스프링에 의해 지지되는 현가상질량(sprung mass)과 타이어와 현가장치 사이에 있는 현가하질량(unsprung mass)으로 나누어지며, 현가상질량은 각각의 고유진동은 축방향과 평행운동을 하는 상하진동(bouncing), y축을 중심으로 하여 회전운동을 하는 피칭(pitching), x축을 중심으로 하여 회전운동을 하는 롤링(rolling), z축을 중심으로 하여 회전운동을 하는 요잉(yawing)으로 구분되지만 진동은 각각 독립하여 발생되지 않고 반드시 중복되어 발생한다. 현가하질량도 x축을 중심으로 한 휠 트램프(wheel tramp), y축을 중심으로 하는 윈드업(wind up), z방향으로 상하평행운동을 하는 휠 호프(wheel hop) 등으로 구분된다.

진동가속도의 측정은 일반적으로 X, Y, Z축을 중심으로 발생하는 진동 크기를 측정한다. 이 때 발생하는 회전운동은 상하진동에 비하여는 경미하므로 무시하고 측정하는 것이 일반적이다. 농산물의 품질저하에 큰 영향을 미치는 진동은 수직 진동이 대부분이고 x축과 z축의 진동은 경미하여 무시해도 된다고 보고되어 있다(Petter et al., 1998; Siomos et al., 1995; Hinsch et al., 1993; Slaughter et al., 1993).

따라서 본 시험에서는 수직진동 가속도만을 측정하였다. 측정 센서의 부착지점은 본연구의 선행 연구 I의 그림 1에 표시된

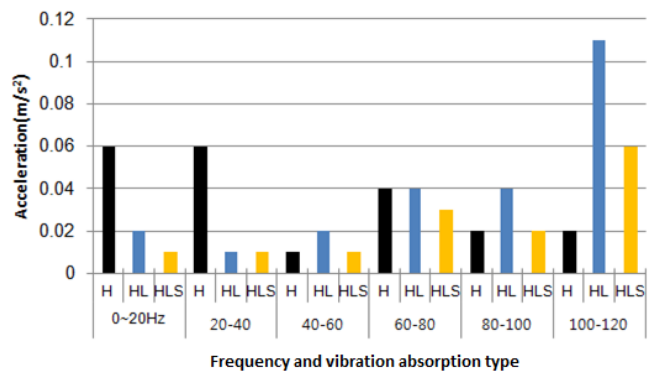


Figure 2. The average accelerations occurred up to 120 Hz for improved trailers.

바와 같이 트레일러의 운전석 시트 및 트레일러 바닥 전부, 중앙, 후부의 중심에 프레임으로 잘 지지되어 있는 3지점에 진동측정 센서를 부착하였고, 순간 진동이 발생할 수 있는 여지를 사전에 차단하기 위하여 프레임이 바닥 철판에 잘 접합된 지점을 택하여 부착하였다. 트레일러의 형상은 완전평면이며 두께가 일정하고 휨이 없는 하나의 강체로 보았으며, 회전관성과 전단변형은 무시하였다.

진동가속도 측정센서 및 FFT(Fast Fourier Transformer) 분석기의 제원은 본 연구의 선행 연구 III의 표 1에 도시되어 있다.

측정장치의 시스템 구성과 Calibration Exciter의 사양은 본 연구의 선행 연구 I의 그림 2와 표 3에 표시되어 있다.

바. 시험 및 분석 방법

농산물 수송 시에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 진동가속도와 주파수의 크기라고 분석되어 있고, 특히 진동 주파수의 크기가 결정적인 영향을 미치는 것으로 분석되어 있다(Hong et al., 2005, 2008; Lee et al., 2003; Petter et al., 1998; Siomos et al., 1995; Hinsch et al., 1993; Slaughter et al., 1993; Wright et al., 1968).

관련 연구자는 14 m의 적재함인 냉동 트럭에 농산물을 적재하고 100 km/hr의 속도로 주행하면서 진동 크기를 측정할 경우이고(Siomos et al., 1995), 본 연구는 1.8 m의 동력경운기 트레일러에 화물을 적재하지 않은 상태로 2 m/s로 주행하면서 측정할 결과로 다소 차이가 있을 수 있겠지만 본 시험의 목적이 트레일러의 개량장치들의 효과를 파악하는 것은 가능할 것으로 보였다. 관련 연구자는 주파수에 따른 PSD(G^2/Hz)로 분석하였으나 그 값은 너무나 작은 수치로 표시되고(Slaughter et al., 1993), 주파수의 크기에 따른 가속도의 RMS 분석으로 위치별 관련 편차를 알아내려는 시도(Hinsch et al., 1993)는 시험한 트레일러의 크기가 작아 연관성이 없을 것으로 판단되어서 분석하지 않았다. 본 연구에서 사용한 진동측정분석기는 주파수 구역별로 3축의 진동가속도를 입력하는 시간 간격으로 출력할 수 있도록 되어 있다. 공진이 중요한 요인 중의 하나라는 고유진동수에 대한 분석은 본 연구와 관련지어 측정하지 못하였다. 엔진에서 발생하는 주파수의 크기가 트레일러로 전달되는 진동의 크기에 대한 비교분석은 본 연구의 선행 연구 II에 설명되어 있다.

20 Hz 미만의 주파수가 딸기 등 여린 과일의 수송 손실에 영향을 미치고, 40 Hz미만의 주파수는 복숭아, 토마토 등의 수송 손실에 영향을 미치며, 120 Hz미만의 주파수가 배, 사과, 감자 등의 수송 손실에 영향을 미치는 범위로 지적되어 있다. 그러나 대부분의 과채류는 20 Hz미만의 주파수가 크게 영향을 미치는 것으로 파악되어 있다(Wright et al., 1968).

본 시험에서는 어느 정도 주기적인 진동은 트랙터가 낮은 속력에서 높고 낮은 진폭으로 시험 트랙을 운행했을 때 발견할 수 있다(Garciano et al., 1985)는 지적에 따라서 가능한 저속으로 화물을 적재하지 않은 상태로 평탄한 아스팔트 포장도로를 2 m/s의 정속운전 상태를 유지하면서 트레일러가 평형이 유지되도록 하면서 3-5 m 주행한 후에 1초 간격으로 연속 측정하였다. 기존의 트레일러(E), 충격흡수 연결히치만 장착한 트레일러(H), 연결히치와 평판스프링을 동시에 장착한 트레일러(HL), 연결히치와 평판스프링과 속업쇼바를 동시에 장착한 트레일러(HLS)의 평균 진동 수직가속도의 크기를 비교 분석하였다. 농산물의 수송에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보고된 120 Hz까지의 값을 20 Hz의 단위로 나누어 분석하였다.

결과 및 고찰

개발된 충격 진동흡수 장치가 저주파 진동을 어느 정도 감소시킬 수 있는지를 트레일러에 전달된 평균 수직진동가속도와 주파수의 크기별로 비교하여 측정하고 분석하였다. 그림 2는 본 시험에서 얻어진 동일한 값(그림 4)으로 개발된 장치들의 효과를 파악하기 위하여 다시 정리된 그림이다. 충격 진동흡수 연결히치만 장착한 트레일러(H), 진동흡수 연결히치와 평판스프링을 동시에 장착한 트레일러(HL), 진동흡수 연결히치와 평판스프링과 속업쇼바를 동시에 장착한 트레일러(HLS)의 평균진동가속도의 크기를 표시한 것이다.

20 Hz이하에서의 평균진동가속도의 크기는 H가 가장 크고 그다음이 HL이며 HLS에서 가장 적은 것으로 나타났고, 최대 차이도 6배 이상으로 농산물 수송용 트레일러에도 운반용 트럭에 장착된 진동흡수용 장치를 모두 장착하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 20-40 Hz와 40-60 Hz에서의 진동에서도 같은 경향

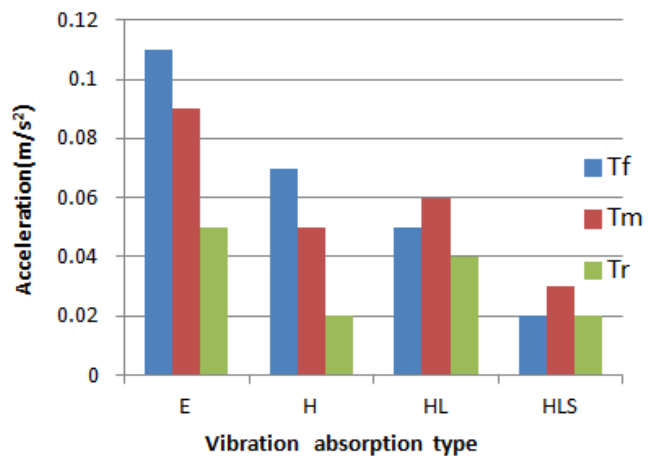


Figure 3. The average accelerations occurred up to 120 Hz with sensing positions.

을 보이지만 20 Hz이하에서처럼 크지는 않았다. 60-80 Hz와 80-100 Hz에서도 HLS가 진동감소 효과는 가장 좋았지만 그 차이는 크지 않았다. 100-120 Hz의 범위에서는 H에서 가장 효과가 좋은 것으로 나타났지만 주파수가 높아짐에 따른 일정한 경향을 찾지는 못하였다.

그림 3은 본 시험에서 얻어진 동일한 값(그림 4)으로 트레일러의 전부(Tf), 중앙(Tm), 후부(Tr)의 값을 쉽게 파악하기 위하여 정리한 그림이다. 현재 우리나라의 농가에서 사용되고 있는 현가장치가 전혀 없는 트레일러(E)와 충격 진동흡수 장치를 장착한 트레일러(H, HL, HLS)를 위치별로 트레일러 바닥에 진동 센서를 장착하여 실시한 평균진동가속도의 크기를 비교한 것이다. 일반적인 경향은 충격흡수 진동 장치가 장착된 트레일러 일수록 평균진동가속도의 크기가 현저히 줄어드는 것을 나타냈다. 특히 HLS에서는 기존의 트레일러(E)에 비하여 1/5이하로 진동의 크기가 감소되는 것으로 나타나 진동에 약한 신선 과일용

운반차량인 트레일러에는 반드시 이 복합 시스템을 적용 할 필요가 있다고 판단된다.

120 Hz까지 발생된 평균 수직진동가속도의 크기를 20 Hz단위로 분석한 결과는 그림 4와 같다. 수송 손실에 가장 큰 영향을 미치는 20 Hz이하의 주파수에서 발생되는 가속도는 기존 트레일러(E)의 경우에는 트레일러의 전부(Tf), 중앙(Tm), 후부(Tr)의 세 위치에서 각각 0.17 m/s^2 , 0.15 m/s^2 , 0.08 m/s^2 였다.

충격흡수 연결하지만 장착한 트레일러(H)에서는 1/2 정도로 줄어들었고, 연결히치와 평판스프링을 동시에 장착한 트레일러(HL)에서는 각 부분에서 공히 1/8로 줄어들었으며, 연결히치와 평판스프링과 속업쇼바를 동시에 장착한 트레일러(HLS)에서는 1/8에서 1/15정도로 줄어드는 효과가 나타났다. 20-40 Hz의 영역에서도 20 Hz이하에서와 비슷한 결과가 나타났다. 40-60 Hz에서의 트레일러 진동 크기는 1/4에서 1/14까지 줄어드는 효과를 보였다. 60-80 Hz와 100-120 Hz에서도

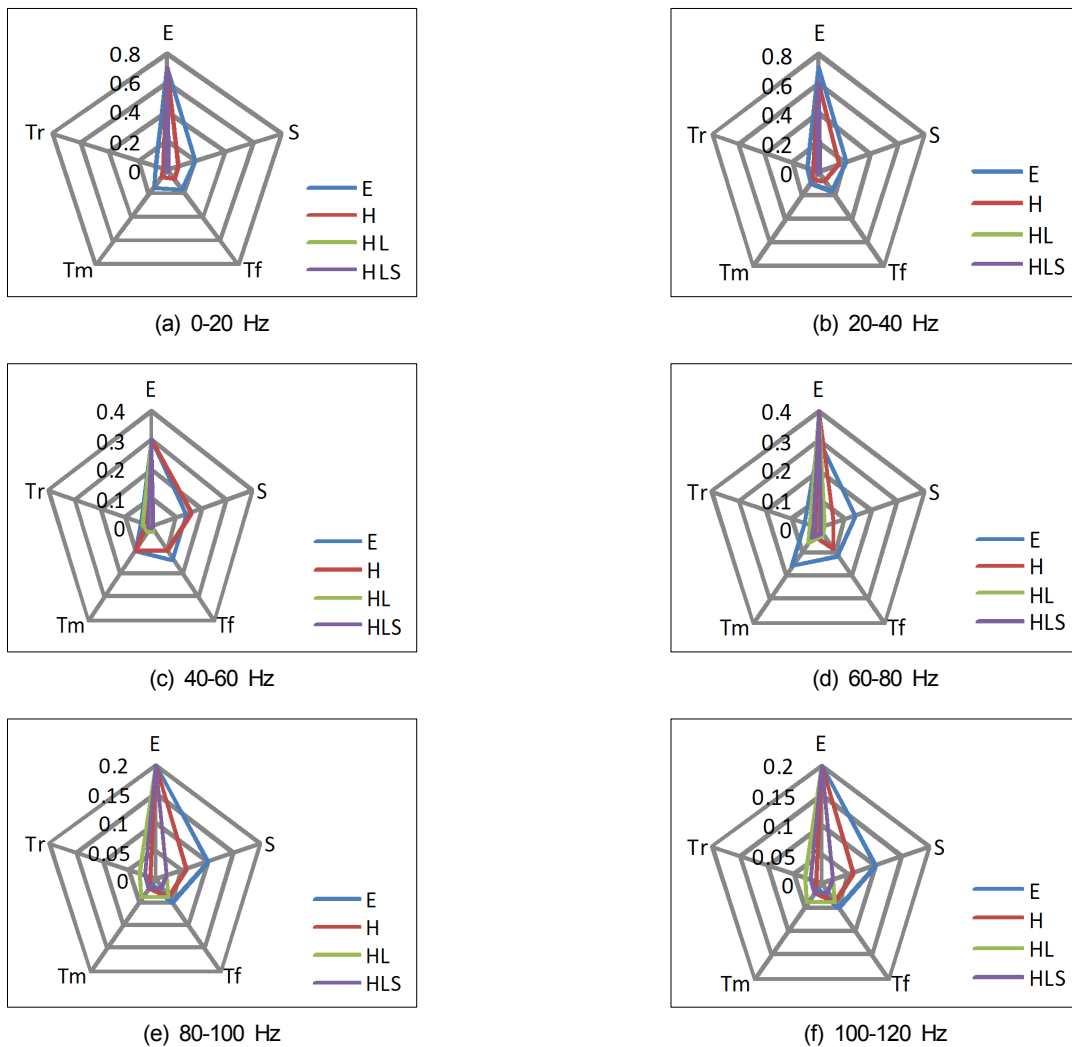


Figure 4. The average accelerations occurred up to 120 Hz for existing trailer and improved trailers.

트레일러 진동 크기는 1/2로 줄어드는 효과가 나타났지만 60 Hz이하의 저주파 진동에 대해서는 적게 나타났다.

운전시트에서의 진동 감소 효과도 HL과 HLS를 장착한 트레일러에서 현저히 높게 나타났고 진동크기는 트레일러 바닥면과 크게 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편 트레일러 위치별 진동 크기는 크게 차이가 없었으며 트레일러의 후미로 갈수록 진동이 커진다는 결과와는 다르게 나타났다(Slaughter et al., 1993).

요약 및 결론

본 연구에서는 현재 농가에서 사용하고 있는 진동흡수 장치가 전혀 없는 트레일러(E)와 충격 진동흡수용 연결히치를 장착한 트레일러(H), 연결히치와 평판스프링을 장착한 트레일러(HL), 연결히치와 평판스프링과 속업쇼바를 동시에 장착한 트레일러(HLS)의 진동발생 크기를 상호 비교하여 개발된 트레일러의 진동흡수 효과를 비교 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 20 Hz이하에서의 평균진동가속도의 크기는 H가 가장 크고 그 다음이 HL이며 HLS에서 가장 적은 것으로 나타났고, 최대 차이도 6배 이상으로 농산물 수송용 트레일러에도 운반용 트럭에 장착된 진동흡수용 현가장치를 모두 장착하는 것이 바람직 할 것으로 보인다.
- (2) 60-80 Hz와 80-100 Hz에서도 HLS가 진동감소 효과는 가장 좋았지만 그 차이는 크지 않았다. 100-120 Hz의 범위에서는 H에서 가장 효과가 좋은 것으로 나타났지만 주파수가 높아질수록 일정한 경향을 찾지는 못하였다.
- (3) 트레일러에 충격진동 흡수장치가 장착된 것이 많을수록 평균진동가속도의 크기가 현저히 줄어드는 것을 나타나 진동에 취약한 신선 과일용 운반차량인 트레일러에는 반드시 이 복합 진동흡수 장치를 적용할 필요가 있다.
- (4) 운전시트에서의 진동 감소 효과도 HL과 HLS를 장착한 트레일러에서 현저히 높게 나타났고 진동크기는 트레일러 바닥면과 크게 차이는 없는 것으로 나타났다.

References

- 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.
- 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.
- Garciano, L., R. Torisu, J. Yeshida and J. Takeda. 1984. Linear and Nonlinear Vibration Characteristics of a Farm Tractor. *J. of Agric. Engng. Res.* 30:1-4.
- 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.
- Hong, J. H. and W. Y. Park. 2008. Development of Vibration Absorption Device for the Transportation-Trailer System (III). *The Korean Society for Agricultural Machinery* 33(4):224-229. (In Korean)
- Hong, J. H., H. J. Lee, S. B. Lee and W. Y. Park. 2005. Development of Vibration Absorption Device for the Transportation-Trailer System (II). *The Korean Society for Agricultural Machinery* 30(3):147-154. (In Korean)
- 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)
- Petter, A. 1998. *Transportation and Handling of Fresh Fruits and Vegetables*. Acme Manufacturing Company 1-47.
- 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.
- Siomos, A. S., E. Sfakiotakis, C. Dogras and C. Vlachonassios. 1995. Quality Changes Handling and Transportation of White Asparagus Shipped by Refrigerated trucks from Greece to Germany. *ACTA* 37(9):513-523.
- 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.