

트랙터 운전석의 진동 감소 성능 평가

신창섭 김경욱

Evaluation of Vibration Reduction Performance of Operator Seat for Agricultural Tractors

C. S. Shin K. U. Kim

Abstract

Six models of operator seat supplied to local tractor manufacturers were tested in the laboratory in accordance with ISO 5007 and 78/764/EEC. No models out of the six met the allowable damping and transmissibility performance criteria of both ISO 5007 and 78/764/EEC. From the ISO criterion standpoint, one model failed in damping performance and 4 models in isolation performance. From the 78/764/EEC criterion standpoint, 4 models failed in damping performance and 4 models in isolation performance. However none of them failed in all of the criteria, either. Each model met the one acceptance criterion but failed in another. This indicated that operator seat must be improved to meet the current ISO 5007 or 78/764/EEC and the exposure limit value that will be enforced in EU tractor market from 2014 by EU Directive 2002/44 EC.

Keywords : Tractor seat suspension, Ride vibration, Natural frequency

1. 서론

유럽 의회(European Parliament)와 유럽 위원회(Council of the European Union)는 2002년 7월, EU Directive 2002/44 EC(2002)를 공포하여 진동으로부터 작업자를 보호하기 위한 최소한의 요구 조건으로서 손진동과 전신 진동에 대한 작업자의 노출 한계(exposure limit value, ELV) 및 예방 조치 한계(exposure action value, EAV)를 제시하였다. 따라서 유럽 연합의 모든 회원국은 이 규범을 시행하기 위한 국내법을 제정하여야 하며, 2014년 7월 이후에는 모든 농업 기계와 임업 기계에 대하여 각국이 정한 노출 한계를 적용하도록 하였다. 즉, 2014년 7월 이후 유럽에서 판매될 트랙터, 콤파인, 농업용 운반차 등 농업 기계와 임업 기계는 해당 국가가 정한 노출 한계를 만족하여야 하며, 기계의 진동 수준을 사용 설명서에 표시하여야 한다.

EU Directive 2002/44 EC에서 규정한 전신 진동에 대한

예방 조치 한계와 노출 한계 수준은 일일 8시간 연속으로 진동에 노출되었을 때의 가속도 즉, 일일 8시간 연속 등가 가속도 수준을 주파수 보정 rms 가속도(A(8)) 또는 노출 시간에 대한 진동량(vibration dose value, VDV)으로써 제시하였다. 예방 조치 한계는 이 수준을 초과하면 고용주가 노출 진동을 줄이기 위한 기술적 및 제도적 조치를 취해야 하는 수준이며, 노출 한계는 노동자가 절대로 노출되어서는 안 될 최소 수준으로 정의되어 있다. 표 1은 EU Directive 2002/44 EC에서 규정한 EAV와 ELV의 수준을 나타낸 것이다. 유럽 연합 회원국은 국내법으로 EAV와 ELV를 A(8) 또는 VDV 중에서 선택하여야 한다.

Table 1 EAV and ELV of EU Directive 2002/44 EC

Exposure limit	EAV	ELV
A(8): Freq. weighted rms acceleration (m/s ²)	0.5	1.15
VDV: Vibration dose value (m/s ^{1.75})	9.1	21

유럽으로 수출되는 국산 농업 기계 중에서 이 규범이 적용되는 기종은 트랙터이다. 따라서, 유럽으로 수출할 트랙터에 대해서는 승차 진동 수준을 구명하여 노출 한계를 넘지 않도록 개선하여야 하며, 의자의 현가 장치에 대한 성능도 함께 개선하여야 한다. 현재 유럽으로 수출되는 트랙터에는 78/764/EEC(1978) 규정에 따라 형식 승인된 운전석이 부착되고 있으나, 이는 대부분 수입품이며, 국산 운전석에 대한 성능 개선이 시급한 실정이다.

본 연구는 진동 노출 한계에 대한 국제 규범에 대응하기 위하여, 국산 트랙터에서 채택하고 있는 운전석 의자의 성능을 평가하기 위하여 수행되었다.

2. 연구사

인체의 진동 노출 한계를 규정한 국제 규범에는 ISO 2631 (1974), ISO 2631-1(1997), EU Directive 2002/44EC(2002), 78/764/EEC(1978)이 있다. ISO 2631은 1985년 ISO 2631이 3부분으로 전면 개정될 때까지 승차 진동의 평가 기준으로 널리 사용되었다. 현재 ISO 2631은 5개 부분으로 나누어져 있으며, 이중 ISO 2631-1이 트랙터의 승차 진동을 평가하는데 사용된다. 승차 진동은 일반적으로 일일 작업 시간을 8시간으로 한 수직 진동으로 나타내며, 이를 기준으로 각 국제 규범의 노출 한계를 비교하면 그림 1에서와 같다(Kim et al. 2008).

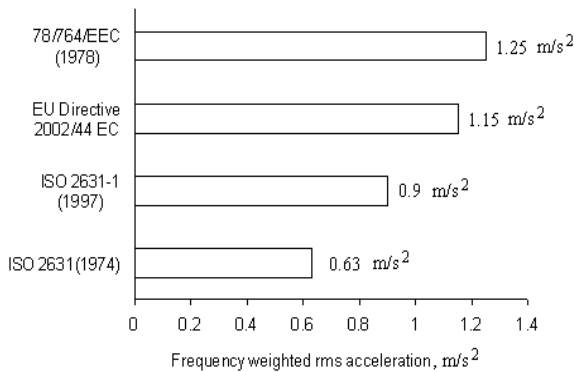


Fig. 1 Daily 8-hour exposure limit of vertical whole-body vibration.

트랙터의 운전석 현가 장치의 성능을 평가하기 위한 시험 방법에는 실내 시험을 위한 ISO 5007(2003), 주행로 시험을 위한 ISO 5008(2002), 이를 모두 적용할 수 있는 78/764/EEC가 있다.

ISO 5007이 제시한 시험 방법과 허용 기준은 운전석에서 운전자로 전달되는 1-20 Hz의 수직 전진 진동을 대상으로 하였으며, 진동 감쇠 효과는 ISO 2631-1의 주파수 보정 rms 가속도를 이용한 SEAT 계수(seat effective amplitude transmissibility factor)와 ISO 10326-1(1992)의 댐핑 시험에 의한 최대 전달비(maximum transmissibility ratio)를 기준으로 평가하도록 하였다. 표 2는 ISO 5007에서 규정하고 있는 트랙터의 좌석 현가 장치에 대한 허용 기준을 나타낸 것이다.

ISO 5008에서 제시한 진동 측정 방법은 기본적으로 ISO 2631-1의 방법과 같으며, 승차 진동 수준은 운전석에 앉은 운전자로 전달되는 x, y, z 방향의 가속도를 측정하여 주파수 보정 rms 가속도로 나타낸다. ISO 5008에서는 좌석 현가 장치에 대한 허용 기준을 제시하지 않았으나 ISO 5007의 기준을 적용할 수 있다. ISO 5008의 특징은 트랙터의 승차 진동 수준을 평가하기 위한 시험 주행로를 표준화한 것으로서 주행 속도가 4, 5, 7 km/h일 때 사용하는 거친 시험로(rougher track)와 10, 12, 14 km/h일 때 사용하는 순탄한 시험로(smooth track) 2개의 시험로를 표준화하였다.

78/764/EEC는 농업용 트랙터의 운전석에 대한 형식 승인의 요건을 규정한 지침으로서, 운전석이 갖추어야 할 편안함, 안전 대책, 좌석 표면의 크기와 기울기, 등받이의 위치와 기울기, 운전자의 체중에 따른 좌석의 수평 및 수직 조정 범위 등 구조적 요건뿐만 아니라 현가 장치의 특징, 운전자의 체중에 따른 현가 장치의 조정 범위, 횡안정성, 수직 진동의 특징, 공진시 현가 장치의 댐핑 특징 등을 결정하기 위한 운전석 시험 방법과 허용 기준을 제시하였다. 78/764/EEC에서는 트랙터를 카테고리 A와 카테고리 B로 구분하고 카테고리 A는 다시 트랙터의 질량에 따라 3,600 kg 이하이면 Class I, 3,600-6,500 kg이면 Class II, 6,500 kg 이상이면 Class III로 구분하여 각 Class에 해당하는 수직 진동의 측정 방법과 허용 기준을 규정하였다. 표 3은 78/764/EEC에서 규정한 트랙터용 운전석의 수직 진동의 허용 기준을 나타낸 것이다.

Table 2 Allowable performance limit of seat suspension for agricultural tractors (ISO 5007)

Classification of tractors	SEAT factor, F_{SEAT}	Max. transmissibility ratio(TR)
Class I ($m \leq 3,600$ kg)	$F_{SEAT} \leq 0.6$	TR<1.5
Class II (3,600< $m \leq 6,500$ kg)	$F_{SEAT} \leq 0.85$	TR<1.5
Class III ($m > 6,500$ kg)	$F_{SEAT} \leq 1.0$	TR<1.5

m: mass of tractor without ballast.

Table 3 Acceptance criteria for tractor seat by 78/764/EEC

Tractor classification	Category A	Category B
Test method	Laboratory test	Test track test
Input vibration	Defined by 78/764/EEC	Smooth track of ISO 5008
Weighted rms acceleration of seat	Below 1.25 m/s ²	
Damping performance at resonance	Vibration ratio ≤ 2.0	

Table 4 Specifications of tractor seats tested in this study

Specification	KAB	Woo-D	Woo-T	Duck	Cobo	Grammer
Model No.	CAT A-IIC	-	W1200	-	SC 76/M200	Sachr SN 026
Seat depth (mm)	360	500	420	420	390	320
Seat width (mm)	460	510	450	470	410	410
Pan height (mm)	310	480	280	340	300	210
Backrest height (mm)	370	450	430	420	350	330
Armrest	No	Yes	No	Yes	No	No
Adjustment	Horizontal	No	No	No	Yes	Yes
	Vertical	Yes	No	Yes	Yes	Yes
	Seat pan	Yes	5°	10°	5°	5°
	Backrest	No	Yes	10°	Yes	15°

3. 재료 및 방법

가. 시험 대상 트랙터 운전석

본 연구에서 시험한 트랙터 운전석은 국산 트랙터에서 채택하고 있는 6개 모델로서 주요 치수와 특징은 표 4에서와 같다. 각 모델의 현가 장치는 외부에서는 관찰할 수 없도록 포장되어 있으며, 분해할 경우, 진동 감쇠 성능에 영향을 미칠 것으로 판단하여 포장된 상태로 시험하였다.

나. 시험 장치

좌석 시험 장치는(Choi, 2009)가 개발한 장치로서 유압 액츄에이터를 이용하여 트랙터의 중량에 따라 ISO 5007과 78/764/EEC에서 규정한 입력 진동의 PSD(power spectral density)를 좌석 받침대에서 구현할 수 있는 좌석 진동 시험 장치이었다. 좌석 진동 시험 장치는 그림 2에서와 같이 유압 동력부와 좌석 받침대에 해당하는 진동 플랫폼으로 구성되어 있다. 유압 동력부는 정격 출력이 18.5 kW/1165 rpm인 3상 전기 모터와 행정 용적이 58.3 cm³/rev이고, 공급 압력이 10 MPa인 베인 펌프로 구성되어 있으며, 진동 플랫폼은 정격 전류가 30 mA, 정격 유량이 90 L/min, 정격 압력이 14 MPa인 서보 밸브와 내경이 50 mm, 최대 행정이 150 mm인 유압 실린더로 구성되어 있다. 진동 플랫폼에는 6개 모델의 시험 의자를 탈부착하기 위한 어댑터를 설치하였다.

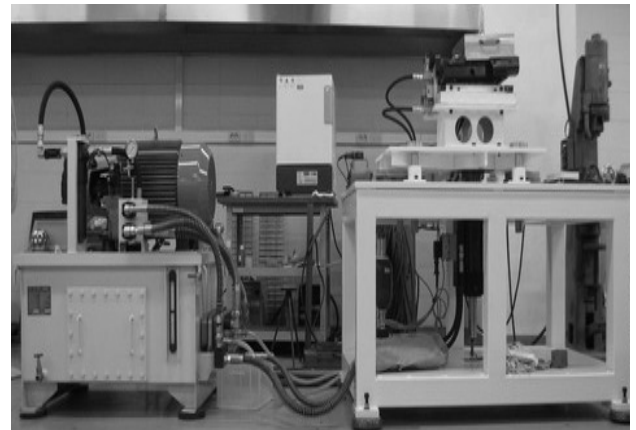


Fig. 2 Seat vibration tester used in this study.

다. 시험 방법

시험 의자를 진동 플랫폼에 고정하고, 좌석 위에는 인체 진동 측정기를, 좌석 바로 아래 진동 플랫폼에는 가속도계를 설치하여 좌석의 입력 진동과 좌석에서 출력되는 진동을 측정하여 분석할 수 있도록 계측 및 분석 시스템을 구성하였다. 계측 및 분석에 사용된 장비는 표 5에서와 같다.

좌석 진동 시험 장치의 입력 진동은 6개 모델의 운전석에 장착한 트랙터의 질량이 모두 3,600 kg 이하였기 때문에, Class I 트랙터에 해당하는 진동으로 하였다.

Table 5 Instruments used for vibration measurement and analysis

Equipment	Model	Specification
Accelerometer	B&K 4321	Sensitivity: 1 pC/m/sec ² (±2%) Frequency range: 0.1-2 kHz
Signal analyzer	B&K 3560	50 to 6,400 line FFT 25 kHz input module 25 kHz zoom processor
Charge amplifier	B&K 5974	Frequency range: 0.3-40,000 Hz Max. input: 7 V rms
Calibration exciter	B&K 4294	Frequency: 159.15 Hz Acceleration: 10 m/sec ² rms

1) 댐핑 시험

가) 진동비 결정

78/764/EEC에 따라 질량이 각각 40 kg와 80 kg인 중량추를 좌석의 중앙에 고정된 다음 중량추의 중앙과 좌석 아래의 플랫폼에 각각 가속도계를 고정하고, 처음에는 주파수를 0.2 Hz에서 2.0 Hz까지 다음에는 2.0 Hz에서 0.2 Hz까지 0.05 Hz씩 변화시키며 진폭이 20 mm인 정현파로써 플랫폼을 가진하였다. 각 주파수에서 2개의 가속도계로부터 출력된 신호를 주파수 분석기에 입력하여 3분의 1 옥타브 법에 의한 중심 주파수별 가속도값을 구한다. 3분의 1 옥타브 법에 의한 중심 주파수별 가속도값을 사용하여 1 Hz에서 80 Hz 사이 20 구간의 중심 주파수 보정 rms 가속도를 구하는 식은 다음 식 (1)과 같다.

$$a_w = \left[\sum_i (W_i a_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Where, a_w = Frequency -weighted acceleration
 W_i = The weighting factor for the *i*th one-third octave band
 a_i = The r.m.s. acceleration for the *i*th one-third octave band

좌석 위에서와 가진판 위에서 각각 주파수 보정 rms 가속도를 구한 후, 다음 식 (2)와 같이 진동비(vibration ratio)를 구하였다.

$$\text{Vibration ratio} = \frac{\text{frequency weighted rms seat acceleration}}{\text{frequency weighted rms input acceleration}} \quad (2)$$

나) 현가 장치의 고유 주파수

현가 장치의 고유 주파수를 결정하기 위하여, ISO 5007에 따라 좌석의 중앙에 중량이 75 kg인 중량추를 고정된 후 최소 가진 주파수를 예상 고유 주파수의 0.5배, 최대 가진 주파수를 예상 고유 주파수의 2배로 하여 처음에는 최소 가진 주

파수에서부터 최대 가진 주파수까지 다음에는 최대 가진 주파수에서 최소 가진 주파수까지 주파수를 0.05 Hz씩 증감시키며 진폭이 20 mm인 정현파로써 플랫폼을 가진하였다. 각 주파수에서 식 (2)에서와 같이 진동비를 구하고, 진동비가 가장 큰 주파수를 고유 주파수로 결정하였다.

다) 전달비 결정

각 고유 진동수에서 최대 전달비는 식 (3)을 이용하여 구하였다.

$$H(f_r) = \frac{a_s(f_r)}{a_p(f_r)} \quad (3)$$

where, $H(f_r)$ = Transmissibility at natural frequency, f_r
 $a_s(f_r)$ = Unweighted rms value of the measured vertical acceleration at the seat disk when the seat is excited at the natural frequency, f_r
 $a_p(f_r)$ = Unweighted rms value of the measured vertical acceleration at the platform under the seat when the seat is excited at the natural frequency, f_r

2) 진동 감쇠 시험

진동 감쇠 시험은 78/764/EEC에 따라 질량이 각각 61 kg와 96 kg인 사람을 좌석의 중앙에 앉게 한 다음 28초 동안 Class I 트랙터에 해당하는 입력 진동으로 플랫폼을 가진하였으며, 이 시험을 각 의자에 대하여 3회 실시하였다. 사람 대신 중량추를 사용할 경우에는 각각 질량이 60 kg와 95 kg인 중량추를 좌석의 중앙에 고정하였다. 좌석과 플랫폼에 설치된 가속도계의 출력을 주파수 분석기로 분석하여 좌석과 플랫폼의 주파수 보정 rms 가속도를 구한 후 다음 식 (4)와 같이 좌석 유효 크기 전달비(seat effective amplitude transmissibility) 계수 F_{SEAT} 를 구하였다.

$$F_{SEAT} = \frac{a_{wS12}}{a_{wP12}} \quad (4)$$

where, F_{SEAT} = Seat Effective Amplitude Transmissibility Factor
 a_{wS12} = Weighted rms value of the measured vertical acceleration at the seat disk under the seat between 1 HZ and 80 HZ
 a_{wP12} = Weighted rms value of the measured vertical acceleration at the platform between 1 HZ and 80 HZ

진동 감쇠 성능에 대한 78/764/EEC의 허용 기준은 좌석 표면의 주파수 보정 rms 수직 가속도가 1.25 m/s^2 이하이며, ISO 5007의 기준은 F_{SEAT} 가 0.6 이하이다.

KAB 모델을 제외한 5개 모델은 좌석 상판의 기울기 조정 범위를 만족하였다. 등받이 기울기를 조정할 수 있는 모델은 3개이었으나 조정 범위의 기준을 만족한 모델은 2개 모델뿐이었다.

4. 결과 및 고찰

가. 좌석의 위치 조정

시험한 6개 모델의 운전석은 수평 및 수직 위치를 정량적으로 표시되어 조정할 수 있는 장치가 없었다. 즉 표 6의 ISO 4253과 78/764/EEC의 기준을 만족하지 못하였다. 그러나

나. 댐핑 성능

1) 78/764/EEC 기준

그림 3 그림 4는 각각 78/764/EEC에 따라 운전석에 질량이 40 kg와 80 kg인 중량물을 고정하고 식 (1)을 이용하여 구한 진동비를 주파수 함수로서 나타낸 것이다. 그림 3에서

Table 6 Seat adjustment available for tested seats

Adjustment	ISO 4253	78/764/EEC	Valid model
Horizontal (mm)	$\pm 75 \sim \pm 100$	± 75	None
Vertical (mm)	$\pm 30 \sim \pm 50$	± 30	None
Seat pan ($^\circ$)	7.5 ± 4.5	3-12	All except KAB
Backrest ($^\circ$)	10 ± 5	10 ± 5	Woo-T, Cobo

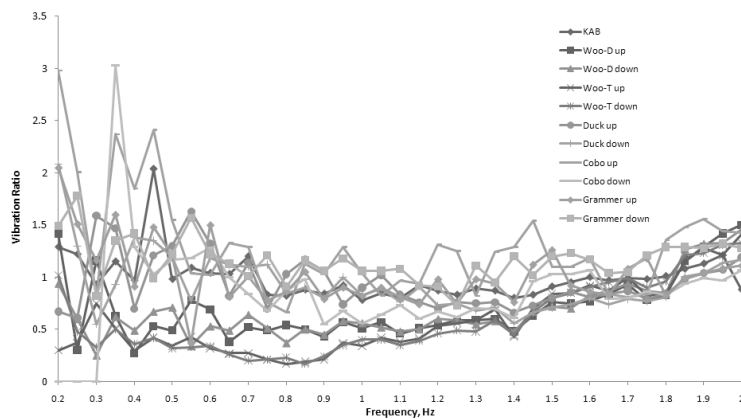


Fig 3. Vibration ratio of seat suspension by 78/764/EEC damping test with 40 kg.

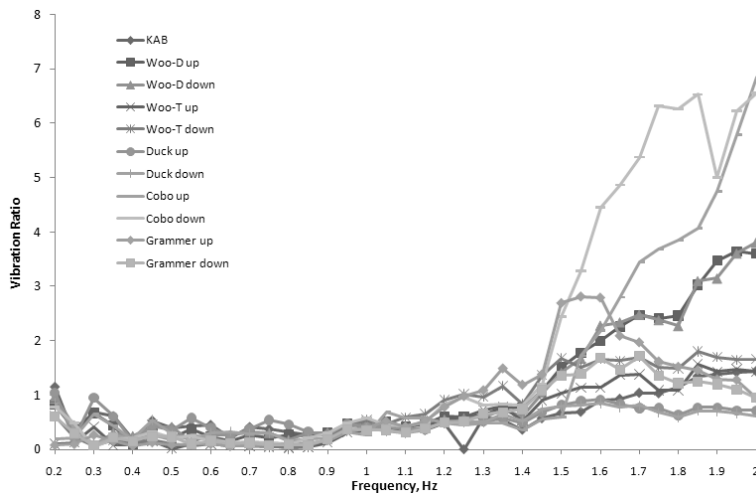


Fig 4. Vibration ratio of seat suspension by 78/764/EEC damping test with 80 kg

보는 바와 같이 40 kg의 중량물을 고정한 경우에는, 0.50 Hz 이상의 주파수 범위에서 진동비가 모두 2.0 이하이었으나, 0.50 Hz 미만의 주파수 범위에서는 KAB, Cobo, Grammer 3개 모델에서 진동비가 2.0 이상인 것으로 나타났다. 그림 4에서 보는 바와 같이 좌석에 부착한 중량물의 질량이 80 kg인 경우에는 그림 4에서 볼 수 있듯이, 1.5 Hz 이상의 주파수 범위에서 Woo-D, Cobo, Grammer 3개 모델의 진동비가 2.0 이상이었다.

즉, 40 kg과 80 kg의 중량물 각각의 테스트에서 KAB, Woo-D, Cobo, Grammer 4개 모델은 78/764/EEC의 기준인 0.2-2.0 Hz의 범위에서 진동비 2.0 이하를 만족하지 못하였다.

2) ISO 5007 기준

그림 5는 시험한 6개 모델의 고유 진동수를 구하기 위하여 ISO 5007에 따라 질량이 75 kg인 중량물을 좌석에 고정한 상태에서 측정된 진동비를 주파수 함수로 나타낸 것이다. 좌석 현가 장치의 고유 진동수는 진동 전달비가 최대인 주파수

와 같다. 따라서 그림 5의 진동비를 분석하여 각 모델의 고유 진동수를 구하였다. ISO 5007을 기준으로 하였을 때, 표 7에서와 같이 Cobo 1개 모델이 ISO 5007의 기준인 고유 진동수에서의 최대 전달비 1.5를 초과하였다.

다. 진동 감쇠 시험

78/764/EEC에 따라 3 반복으로 측정된 좌석 표면의 주파수 보정 rms 가속도는 표 8에서와 같다. 반복간의 차이가 ± 5% 이상인 데이터는 평균값을 구하는 데 포함하지 않았다. 표 8에서와 같이 78/764/EEC의 허용 기준인 좌석 표면의 주파수 보정 rms 가속도가 1.25 m/s²를 초과하는 모델은 KAB, Woo-T, Cobo 3개 모델이었으며, Woo-D 모델의 경우에는 반복간의 차이가 ±5%를 초과하였다.

표 8의 좌석 표면에 대한 평균 주파수 보정 rms 가속도를 이용하여 ISO 5007에 따라 SEAT 계수를 구하면 표 9에서와 같다. 표 9에서와 같이 KAB, Woo-D 2개 모델을 제외한

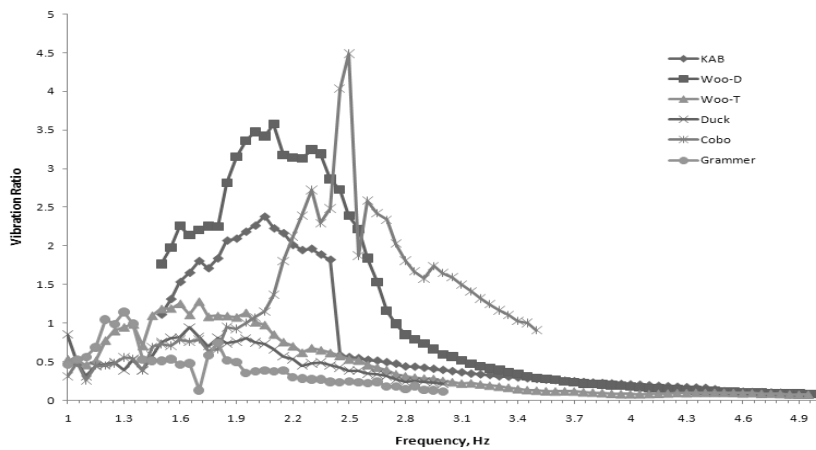


Fig. 5 Determination of natural frequency of seat suspension.

Table 7 Natural frequencies of seat suspensions of tested seat models

Model	KAB	Woo-D	Woo-T	Duck	Cobo	Grammer
Natural frequency f_r , Hz	2.05	2.1	1.7	1.65	2.5	1.3
Max. Transmissibility, $H(f_r)$	1.13	1.33	0.70	0.61	1.57	0.74

Table 8 Frequency weighted rms vertical accelerations of seat surface

Seat model	Frequency weight rms acceleration (m/s ²)							
	Lighter person (61 kg)				Heavier person (96 kg)			
	1st	2nd	3rd	Avg	1st	2nd	3rd	Avg
KAB	1.73	1.72	1.71	1.72	0.85	0.86	0.87	0.86
Woo-D	0.017	0.054	0.046		0.064	0.071	0.096	
Woo-T	1.8	1.68	1.71	1.695	2.05	2.05	2.03	2.04
Duck	1.12	1.13	1.13	1.126	0.45	0.47	0.48	0.475
Cobo	1.67	1.69	1.64	1.68	1.06	1.08	1.10	1.08
Grammer	0.96	0.98	0.95	0.963	0.75	0.81	0.74	0.745

Table 9 SEAT factors for tested seats

Seat model	Lighter person (61 kg)	Heavier person (96 kg)
	F_{SEAT}	F_{SEAT}
KAB	0.32	0.35
Woo-D	0.04	0.08
Woo-T	1.05	0.97
Duck	1.13	0.47
Cobo	1.67	1.08
Grammer	0.97	0.77

Table 10 Results of seat test with respect to the acceptance conditions

Model	Damping performance			Isolation performance	
	ISO 5007	78/764/EEC		ISO 5007	78/764/EEC
	$TR \leq 1.5$	$VR \leq 2.0$		$F_{SEAT} \leq 0.6$	$a_s \leq 1.25 \text{ m/s}^2$
		40 kg	80 kg		
KAB	Pass	Fail	Pass	Pass	Fail
Woo-D	Pass	Pass	Fail	Pass	Fail
Woo-T	Pass	Pass	Pass	Fail	Fail
Duck	Pass	Pass	Pass	Fail	Pass
Cobo	Fail	Fail	Fail	Fail	Fail
Grammer	Pass	Fail	Fail	Fail	Pass

Woo-T, Duck, Cobo, Grammer 4개 모델은 모두 ISO 5007의 허용 기준인 $F_{SEAT} \leq 0.6$ 을 만족하지 못하였다.

이상의 시험 결과를 허용 기준에 대한 만족 여부로 나타내면 표 10에서와 같다. 댐핑 시험에서는 6개 모델 중 ISO 5007의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 1개, 78/764/EEC의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개, ISO 5007과 78/764/EEC 기준을 모두 만족하지 못한 모델이 1개 모델이었다. 즉, 6개 모델 중 2개 모델만이 ISO 5007과 78/764/EEC의 허용 기준을 모두 만족하였다. 진동 감쇠 시험에서는 ISO 5007의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개, 78/764/EEC의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개이었으며, ISO 5007과 78/764/EEC의 기준을 모두 만족하지 못한 모델이 2개 모델이었다.

댐핑 시험과 진동 감쇠 시험을 모두 만족한 모델은 없었으며, 모두 하나 또는 두 개 이상의 허용 기준을 만족하지 못하였다. 그러나, ISO 5007과 78/764/EEC의 댐핑 시험 및 진동 감쇠 시험의 허용 기준을 모두 만족하지 못한 모델은 없었다.

국산 트랙터에 채택되고 있는 6개 모델의 운전석 의자는 부분적으로 ISO 5007 또는 78/764/EEC의 기준을 만족하는 경우도 있으나, 각각의 기준을 모두 만족하는 모델은 없었다. 즉, 이러한 운전석 의자로서는 의자의 형식 승인을 받기도 어려울 뿐만 아니라, 2014년부터 적용될 좌석 진동 노출 한계를 만족하지 못하여 유럽 시장에서 트랙터 수출이 대단히 어려울 것으로 예상된다. 따라서 국산 트랙터의 운전석 성능을

개선하기 위한 노력이 보다 강화되어야 할 것이다.

5. 요약 및 결론

ISO 5007과 78/764/EEC의 좌석 진동 시험 방법 및 허용 기준에 따라, 국산 트랙터에 부착되고 있는 6개 모델의 운전석 의자를 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 댐핑 시험에서는 6개 모델 중 ISO 5007의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 1개, 78/764/EEC의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개, ISO 5007과 78/764/EEC 기준을 모두 만족하지 못한 모델이 1개 모델이었다. 즉, 6개 모델 중 2개 모델만이 ISO 5007과 78/764/EEC의 허용 기준을 모두 만족하였다.
- (2) 진동 감쇠 시험에서는 ISO 5007의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개, 78/764/EEC의 허용 기준을 만족하지 못한 모델이 4개이었으며, ISO 5007과 78/764/EEC의 기준을 모두 만족하지 못한 모델이 2개 모델이었다.
- (3) 댐핑 시험과 진동 감쇠 시험을 모두 만족한 모델은 없었으며, 모두 하나 또는 두 개 이상의 허용 기준을 만족하지 못하였다. 그러나, ISO 5007과 78/764/EEC의 댐핑 시험 및 진동 감쇠 시험의 허용 기준을 모두 만족하지 못한 모델은 없었다.

- (4) 2014년부터 EU 회원국에서 적용할 운전자 노출 한계 수준 ELV를 만족하기 위해서는 현재 국산 트랙터에 부착되고 있는 운전자 좌석의 현가 장치에 대한 많은 개선이 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Choi, Y. G. 2009. Development of a seat Vibration Test Stand for Agricultural Tractor. Master's Degree., Department of Biosystems and Biomaterial Science and Engineering, and Institute for Agricultural and Life Sciences. Seoul National University
2. Chris M.NELSON and Paul F. BRERETON. 2005. The European Vibration Directive. Industrial Health 2005, 43, 472-479.
3. Council Directive of 25 July 1978 (78/764/EEC) on the approximation of the law of the Member States relating to the driver's seat on wheeled agricultural or forestry tractors.
4. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration). European Union, Brussels, Belgium.
5. International Organization for Standardization. 1992. ISO 10326-1: Mechanical vibration -Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration- Part 1: Basic requirements. ISO. Paris France.
6. International Organization for Standardization. 1993. ISO 4253: Agricultural tractors - Operator's seating accommodation - Dimensions. ISO, Paris France.
7. International Organization for Standardization. 1997. ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibration - Part 1: General requirement. ISO, Paris France.
8. International Organization for Standardization. 2002. ISO 5008: Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole body vibration of the operator. ISO, Paris France.
9. International Organization for Standardization. 2003. ISO 5007: Agricultural wheeled tractors - Operator's seat - Laboratory measurement of transmitted vibration. ISO, Paris France.
10. Kim, K. U. 2008. Development of Test and Evaluation Methods for Seat Vibrations of Agricultural Tractors : 11-1390000-002249-01. Rual Development Administration