

보행형 관리기의 국소진동 측정과 평가에 관한 연구

노경규* · 박범**

*서울대학교 농업공학실 · **아주대학교 산업정보시스템공학부

A Study on Measurement and Assessment of Local Vibration by Walking-type Cultivator

Kyoung Kyu Noh* · Peom Park**

*Seoul National University Farmshop

**Department of Industrial & Information Systems Engineering, Ajou University

Abstract

The goal of this study was to assess the level of vibration in an walking-type cultivator, and to provide a basic information to manage the vibration exposure for farmers. The latent periods of vibration-induced white finger (VWF) were assessed through analyzing the vibration levels and frequency characteristics. Also, vibration acceleration levels based on the daily vibration exposure duration was suggested.

The latent periods of vibration-induced white finger were assessed by ISO 5349 method. The latent periods were 4.5 and 10.1 years at 10% and 50% of farmer group, respectively. Also, under ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) standard, daily vibration exposure duration at 6.7 m/s² of vibration acceleration has to be less than 4 hours. Therefore, education that maximum working hours should be less than 4 continuous hours is necessary for the operators of walking-type cultivators.

Keywords : VWF, vibration, cultivator, ISO 5349, ACGIH

1. 서론

보행형 관리기는 작업 특성상 다른 농업기계에 비하여 손으로 전달되는 진동이 심한 기계이다. 운전자가 진동하는 관리기 핸들을 잡고 있을 때, 손과 팔, 어깨 등으로 전달된 진동은 운전자에게 불편함을 주고 작업 능력을 감소시킬 뿐만 아니라 계속해서 노출되면 혈관(blood vessels), 신경(nerves), 뼈(bones), 손과 팔의 근육과 연결조직에 심한 손상을 줄 수 있다.[14]

Loriga에 의하면 장기간 수진동에 노출되면 손가락이 창백하게 되는 현상이 있다고 보고하였고, Hamilton도 이것을 직업성 레이노드씨현상(Occupational Raynaud's Phenomenon)이라고 처음 명명하였다. Letz 등은 진동공구를 사용하는 작

업자 중 71%가 손가락이 하얗게 변하는 백지(白指)현상을 보인다고 하였으며, 이들 중 84%가 손과 손가락에 저림(numbsness)이나 쭈심(tingling)을 호소하고 있는 것으로 보고하였다.[10][12][15]

손진동으로 인한 건강의 악영향을 총칭하는 질병명을 수진동증후군(hand-arm vibration syndrome)이라 명명하고 있으며, 대표적인 것으로 수지창백증(vibration-induced white finger, VWF)을 들 수 있다. 수지창백증의 주요증상은 손과 손가락의 혈관이 수축하며 혈행(血行)이 감소하여 손이나 손가락이 하얗게 변하고, 바늘로 찌르듯이 저리며 통증이 심하다. 수지창백증은 손가락 동맥의 혈관순환장애로 인하여 손가락이 하얗게 되는 현상으로 5~40분정도 증상이 지속된다.

† 교신저자: 박 범, 경기도 수원시 영통구 산 5번지 아주대학교 팔달관 810호

M · P: 016-257-2426, E-mail: ppark@ajou.ac.kr

2008년 12월 접수; 2009년 3월 수정본 접수; 2009년 3월 게재확정

그러나 장기간 반복적인 국소진동에 노출되면 손끝이 갈라지고 피사가 일어나며 영구히 감각이 손실될 수 있다.

또한 국소진동은 작업관련성 근골격계질환(work-related musculoskeletal disorders)의 한 요인으로 밝혀졌다.[11]

농업기계에 대한 측정, 평가, 그리고 기준에 대한 관련 법규와 방진대책에 관한 연구는 산업기계에 비해 미흡한 실정이다.[1][4][5][6][7][13][17]

특히 우리나라는 선진국에 비해 농업인에 대한 산업 재해보상보험 및 예방 관리 체계가 매우 미흡하여 타 산업체 근로자와는 달리 직업성 질환 및 사고로부터 거의 보호를 받지 못하고 있으며, 농업인의 기본권인 건강권 확보도 어려운 실정이다. 농업인 근골격계질환 발생률은 62%로 비농업인보다 약 2.4배 높게 나타났고, 농부중 발현율 역시 42.7%를 보여 농작업성 질환을 경감하기 위한 방안 마련이 절실히 필요한 실정이다.[2]

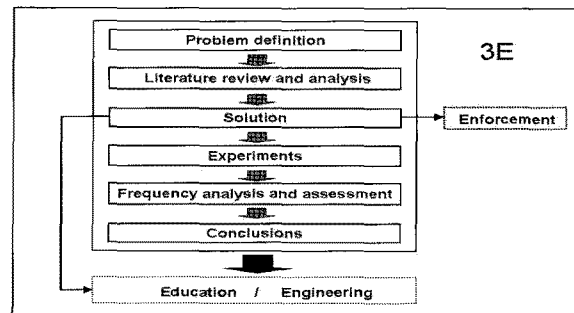
본 연구의 목적은 농업기계에서 발생하는 진동수준을 평가하여 농업인의 진동노출을 관리하기 위한 기초 자료를 제공하는데 있다. 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- ① 보행형 관리기의 진동을 측정하고 주파수의 특성을 분석한다.
- ② 측정값을 이용하여 국소진동의 수준을 국제 기준들과 비교하고 수치창백증이 발생할 때까지의 노출년수를 추정한다.
- ③ 실험 결과를 분석하여 진동 피해 방지 대책을 제시한다.

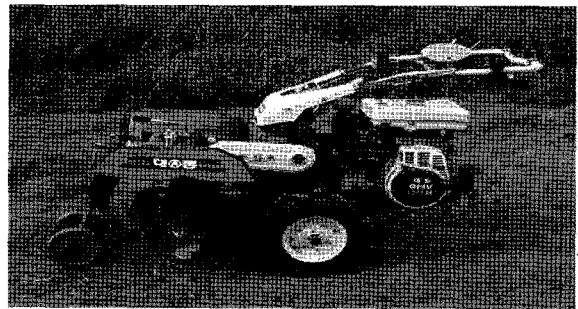
2. 연구 방법

<그림 1>은 본 연구의 절차 및 범위를 구성도로 나타낸 것이다. 보행형 관리기의 진동으로부터 피해를 줄이기 위해 3E(Enforcement, Education, Engineering)를 제안하여 방진대책을 마련해야한다. 규제적 대책은 농업기계의 안전성확보를 위한 안전설계, 생산 및 안전이용과 관련된 기준과 준수사항 등에 관한 제도를 마련하고 이를 이해시켜 따르도록 하는 관리적인 대책이다. 교육적 대책은 산업의 안전분야에서처럼 정기적인 교육을 통하여 농업기계사용자들에게 안전태도와 기술기능을 습관화되도록 만들어 주는 것이다, 공학적 대책은 농업기계의 작업시 발생할 수 있는 공학적 문제점을 안전과 관련하여 지적하고 그에 대한 개선대책을 제시하는 것이다.[3]

본 연구에서는 실험을 통해 얻은 진동가속도를 이용하여 주파수 분석과 국제기준이 제시한 방법대로 평가하였다. 그 결과 교육적, 공학적 방진대책을 제시하였다.



<그림 1> 연구 절차 및 범위



<그림 2> 보행형 관리기의 모습

<표 1> 보행형 관리기의 제원

Items	Specifications
Rated power/speed	4.2 kW/3200 rpm
Maximum power/speed	5.2 kW/3800 rpm
Engine displacement	247 cc
Weight	1,520 N
Tire	4.00-7
Transmission	forward 4
	reverse 4
on Gears	rotary 8
PTO speed	low/high 894/1568 rpm

2.1 연구 대상

보행형 관리기는 발작물 또는 파수원과 온실의 관리 작업에 적합한 소형, 경량 구조의 기계로서, 본체는 기관, 동력전달부, 주행부로 구성되어 있다. 기관은 경량화를 위하여 단기통 공랭식 4사이클 가솔린 기관을 사용한다.

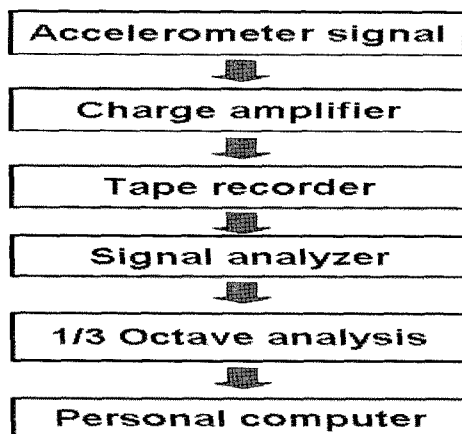
보행형 관리기는 본체에 중경제초기, 구굴기, 쟁기, 로터리, 배토기, 파종기, 트레일러 등의 작업기를 부착하여 경운, 정지, 휴립, 파종, 중경제초, 예초, 운반 등 다양한 작업을 수행할 수 있으며, 두둑 만들기, 중경제초, 복토, 예초 등 주로 재배관리 작업을 수행하는 데 사용된다.

본 연구에서 국소진동 측정 대상으로 사용한 보행형 관리기는 국내 D사에서 제작한 4.2 kW 관리기로서, 그 제원은 <표 1>에서와 같다. <그림 2>는 연구에 사용된 관리기이다.

2.2 실험 절차 및 장비

보행형 관리기의 진동 신호 측정 및 처리 절차는 <그림 3>에서와 같이 하였다. 측정과 신호 처리에 사용된 장비는 3개의 가속도계, 신호 증폭기(charge amplifier), 테이프 레코더(tape recorder), 신호 분석기(signal analyzer)이며 각 장비의 제원은 <표 2>와 같다.

가속도계는 일종의 센서로서 진동이 발생하는 곳에 부착하여 그 신호를 전자적인 신호로 바꾸어 주는 역할을 담당한다. 신호 증폭기는 일종의 필터 역할을 수행하며 가속도계에서 검출된 신호를 1차적으로 변환시켜주는 컨버터(converter)의 역할을 한다. 테이프 레코더는 측정된 데이터를 저장하는데 사용한다. 저장된 진동 데이터는 신호 분석기의 1/3 옥타브 분석 기능을 이용하여 6.3~1250 Hz의 범위에서 주파수 분석을 하였다.



<그림 3> 진동 신호 측정 및 처리 절차

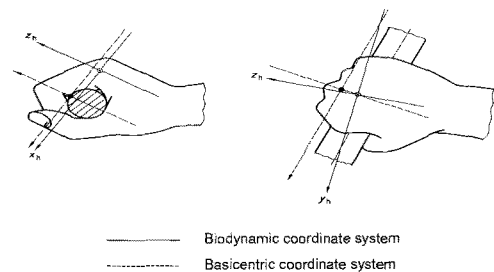
<표 2> 측정 및 분석 장비의 제원

Equipment	Model	Specifications
Signal analyzer	B&K 3560	4 ch. signal analyzer 50 to 6,400 line FFT 25 kHz input module Generator and sampling module 25 kHz zoom processor
Accelerometers	B&K 4321	Sensitivity : 1 pC/m/sec ² (± 2%) Freq. Range : 0.1 - 2 kHz
Tape recorder	Sony PC208Ax	Freq. Range : 0 - 10 kHz in 8ch. 16 bit quantization
Charge amplifier	B&K 5974	Freq. Range : 0.3 - 40,000 Hz Max. input : 7 V(rms)

2.3 실험 방법

국소진동을 분석하기 위한 좌표계는 <그림 4>에서와 같이 국제표준화기구(International Organization for Standardization, ISO)에서 제시한 ISO 5349의 기본 중심 좌표계(basicentric coordinate system) X_h, Y_h, Z_h 로 하였으며, 관리기에 대한 좌표계는 관리기의 전방을 향하는 방향을 y축, 지면을 향하는 방향을 z축, yz면에 수직인 오른쪽 방향을 x축으로 하였다.

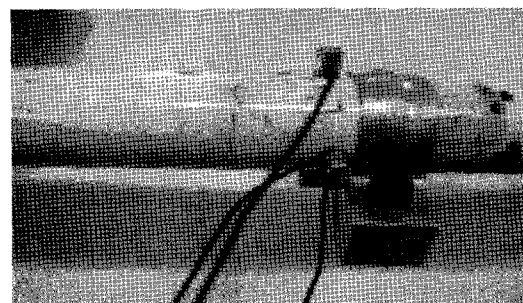
관리기 작업자가 실제로 관리기 핸들을 잡는 지점에 가속도계를 부착하였다. <그림 5>는 핸들의 측정점 위치를 나타낸 것이고, <그림 6>은 측정점에 가속도계를 부착한 모습이다. 관리기의 엔진 회전수를 구굴 작업 속도인 3,780 rpm으로 하여, 수평면에서 무부하 상태로 실시하였다. 핸들에 전달된 진동은 가속도계를 통하여 전기 신호로 변환되어 증폭기로 전달되고 증폭된 가속도 신호는 테이프 레코더에 저장되도록 하였다.



<그림 4> 생체 동역학 좌표계와 기본 중심 좌표계



<그림 5> 관리기 핸들의 측정점



<그림 6> 측정점에 가속도계를 부착한 모습

2.4 국소진동 측정·평가 및 노출기준

2.4.1 ISO 5349

ISO 5349: 1986은 x, y, z축의 가속도 값 중, 가장 큰 가속도 값은 나타내는 축(dominant axis)의 가속도 값을 4시간 기준 주파수가중 등가가속도로 변환하여 국소진동의 수준을 평가하는 방법이다.[14]

측정한 가속도 신호를 6.3~1250 Hz의 범위에서 1/3 옥타브 중심 주파수 대역의 가속도로 변환한 후, x, y, z축의 진동수준을 구하기 위하여 각 방향의 가속도에 국소진동에 대한 주파수 가중 인자를 곱한다.

즉, x, y, z축 방향의 주파수가중 가속도는 식(1)로 산출한다.

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2} \quad (1)$$

W_{hi} : i번째 1/3 옥타브 중심 주파수 대역에 대한 가중 인자

a_{hi} : i번째 1/3 옥타브 중심 주파수 대역의 가속도(m/s²)

주파수가중 가속도는 진동수준을 주파수대 별로 가중한 수치일 뿐 노출 시간을 고려한 수치는 아니다. 따라서 노출 시간을 고려한 4시간 기준 주파수가중 등가가속도로 변화하여야 한다. 이 변환을 위한 식(2)를 이용한다.

$$(a_{hw})_{eq(4)} = \left[\frac{1}{T_4} \int_0^t [a_{h,w}(t)]^2 dt \right]^{1/2} \quad (2)$$

이를 노출 시간 t를 적분하여 단순화하면 식(3)과 같다.

$$(a_{hw})_{eq(4)} = a_{hw} \sqrt{\frac{T}{T_4}} \quad (3)$$

$(a_{hw})_{eq(4)}$: 4시간 기준 주파수가중 에너지등가가속도

a_{hw} : 주파수가중 가속도

T : 일일 노출 시간

T_4 : 일일 기준시간(4 시간)

식 (4)는 진동에 의해 수지창백증이 발생할 수 있는 노출년수를 나타낸 것이다.

$$C = \left[\frac{(a_{hw})_{eq(4)} \cdot T_F}{95} \right] \times 1 \quad (4)$$

C : 총 작업자 중 수지창백증이 발생할 가능성이 있는 작업자 수(%) (가능 범위 : 10~50%)

T_F : 수지창백증 발생 잠복기간(년) (가능 범위 : 1~25년)

2.4.2 ACGIH 기준

미국 산업위생 전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)는 수지진동에 대한 노출기준(threshold limit values, TLVs)을 확립해 왔다. TLVs는 일일 평균 진동노출시간을 기준으로 초과할 수 없는 진동가속도의 수준을 제시하고 있다. 관리기로 인해 생성된 주파수와 가속도의 측정과 계산은 ISO 5349: 1986의 기준을 따르고 있다. 또한 진동가속도 값이 가장 큰 축을 대상으로 하며, 주파수가중 등가가속도를 사용한다. 손에 전달되는 국소진동에 대한 허용기준은 <표 3>과 같이 정하고 있다.[9]

3. 결과

3.1 주파수별 특성 및 가속도 값

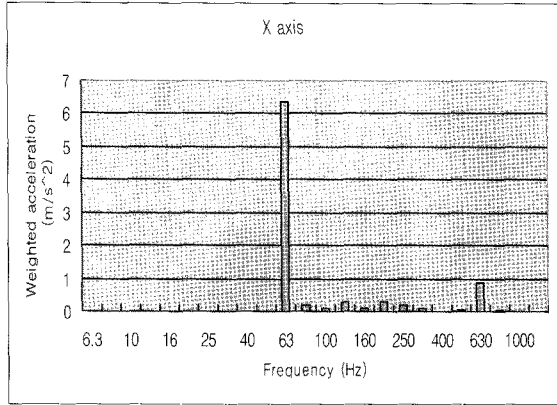
주파수별 특성 및 진동특성은 가속도 수준을 1/3 옥타브 중심 주파수 대역으로서 ISO 5349에서 국소진동의 주파수범위로 규정하고 있는 6.3~1250 Hz의 주파수 범위내에서 분석한 결과를 <그림 7, 8, 9>에 표시 하였다. <표 4>는 x, y, z방향의 주파수가중 가속도와 최대진동노출축을 나타낸 것이다. y축에서 6.7 m/s²으로 가장 높은 가속도 값이 나타났다.

Radwin 등은 일정한 주파수 범위 내에서 높은 가속도 수준을 나타내는 주파수와 기기제조회사에서 제공한 속도와는 매우 연관성 있다고 하였다.[16]

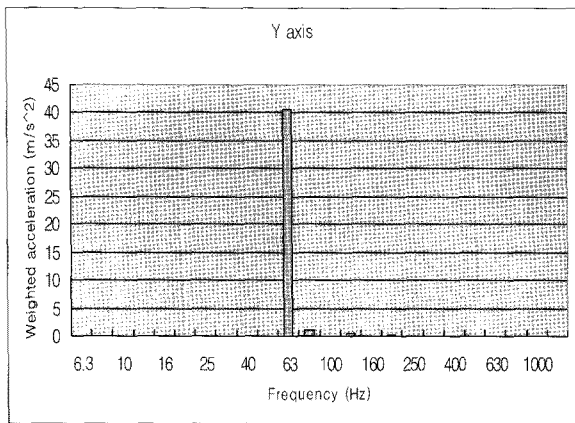
이윤세는 관리기의 핸들 진동의 주 원인은 공진이 아니라 엔진의 가진력에 의한 것으로 판단하였다. 효과적인 방진대책을 세우는데 중요한 자료가 될 수 있다.[8]

<표 3> ACGIH의 진동가속도 허용기준

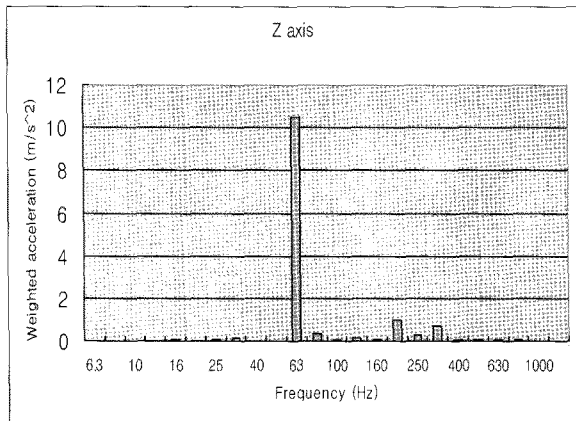
Vibration exposure time in a day (hours)	$a_k(m/s^2)$
4~8	4
2~4	6
1~2	8
1	12



<그림 7> X축의 주파수별 가속도



<그림 8> Y축의 주파수별 가속도



<그림 9> Z축의 주파수별 가속도

<표 4> 축별 가속도와 최대진동노출측

Acceleration (m/s^2)			Dominant axis
X	Y	Z	
3.0	6.6	3.7	Y

<그림 7, 8, 9>의 공통된 특징은 엔진 회전수에 해당되는 63 Hz에서 피크 가속도가 나타났고, 63 Hz의 배수에 해당하는 주파수대역에서 상대적으로 큰 피크가 나타났다. 이는 시험 관리기 엔진이 단기통이고, 엔진의 회전수가 3,780 rpm이었기 때문에 폭발 행정의 주기와 일치하였기 때문이다.

일반적으로 인체에 해를 주는 진동은 100 Hz 이하의 저주파 진동이므로 보행형 관리기에 고무 패드와 방진장갑을 이용한 방진대책은 큰 효과가 없다. 따라서 엔진의 가진력이 프레임을 통하여 전달되는 경로를 구명해서 방진대책을 마련해야한다.

3.2 ISO 5349 기준에 따른 국소진동 노출 평가

일일 기준시간을 4시간으로 한 주파수가중 등가가속도를 이용하여 수지창백증이 일어날 수 있는 노출년수를 예측해보면 <표 5>와 같다. 실제 일일 노출시간을 1~4시간으로 가정하여 근로자군의 10~50% 이상에서 수지창백증이 나타날 것으로 예상되는 근로자군의 평균노출년수를 예측하였다. 4시간으로 가정하여 근로자군의 10%, 50%에서 수지창백증이 나타날 수 있는 노출년수는 각각 45년과 10.1년으로 예상된다.

<표 5> 수지창백증이 발생할 수 있는 노출 년수

Actual exposure time in a day (hours)	4 - h energy-equivalent vibration $(a_{hw})_{eq(4)}$ (m/s^2)	Percentile of population				
		10	20	30	40	50
		Exposure time, years				
1	3.3	9.0	12.8	15.6	18.1	20.2
2	4.7	6.4	9.0	11.6	12.8	14.3
3	5.8	5.2	7.4	9.0	10.4	11.7
4	6.7	4.5	6.4	7.8	9.0	10.1

<표 6> ACGIH 기준과 비교

Actual exposure time in a day (h)	4-h energy-equivalent vibration $(a_{hw})_{eq(4)}$ (m/s^2)	Exceeds: ACGIH-TLV
1	3.3	No
2	4.7	No
3	5.8	No
4	6.7	Yes
6	8.1	Yes
8	9.4	Yes

3.3 ACGIH 기준에 따른 국소진동 노출 평가

진술한 바와 같이 ACGIH 기준에서는 국소진동의 일일 노출 시간에 따라 주파수가중 등가가속도의 한계를 제시하고 있다.

측정 가속도 수준을 ACGIH 기준과 비교하여 노출수준을 살펴보면, 하루에 진동에 노출되는 시간이 2시간 이상 4시간 미만일 경우는 6 m/s^2 이상의 진동 가속도에 노출될 수 없도록 규정하고 있다. 따라서 진동 가속도는 6.7 m/s^2 으로 일일 진동 노출 시간이 4시간을 초과할 수 없다. 또한 하루에 노출되는 시간이 4시간 이상 8시간 미만일 경우에는 4.0 m/s^2 이상의 진동 가속도에 노출될 수 없도록 규정하고 있으므로, 허용기준을 2배정도 초과하는 진동수준에 노출되고 있음을 알 수 있다<표 6>.

3.4 진동 피해 방지 대책

농업기계의 성능이나 안전성뿐만 아니라 그 기계가 얼마만큼 인간이 쾌적하고 편리하게 운전조작 할 수 있게 설계되어 있는가 고려해야 한다. 보행형 관리기의 엔진의 가진력이 핸들에 전달되었다. 따라서 엔진의 가진력이 프레임을 통하여 전달되는 경로를 구명하여 설계지침을 마련해야 한다.

교육에서는 기계를 안전하게 사용하는 구체적인 방법 뿐만 아니라 농작업 재해의 폐해를 부각시켜서 안전의식을 고양시켜야 한다. 보행형 관리기 사용자가 하루 4시간을 사용한다면 약 10년 후에는 근로자군의 절반이 수지창백증 증상을 보일 수 있다. 따라서 보행형 관리기 사용자에게 일일 작업시간이 4시간을 초과하지 못하도록 교육시켜야 한다.

이 결과는 실제로 관리기 사용일수가 많지 않은 대부분의 작업자들에게 적용하는 데는 한계가 있다. 그렇다 하더라도 관리기의 작업자는 관리기 뿐만 아니라 경운기나 이앙기 등의 손진동이 심한 기계를 사용하는 경우가 많다는 것을 고려하면 진동수준이 낮은 농업기계를 개발하여 작업환경을 개선하고, 진동노출로 인해 유발되는 질병에 관한 교육이 필요하다. 그러므로 농업기계의 진동에 대하여 공학적, 교육적 대책이 수행되어야 할 것이다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 보행형 관리기의 국소진동수준, 주파수 특성 등을 분석하였고, ISO 5349: 1986에서 제시한 방법

으로 수지창백증이 보일 수 있는 가능성을 평가하고, ACGIH 기준과 비교하여 진동가속도를 기준으로 실제 노출시간의 한계치를 계산하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

① 엔진 속도가 $3,780 \text{ rpm}$ 이었으므로 63 Hz 에서 피크 가속도가 나타났다. 즉, 손으로 전달되는 진동의 피크값은 엔진 속도에 해당되는 주파수에서 나타났다. 일반적으로 인체에 해를 주는 진동은 100 Hz 이하의 저주파 진동이므로 보행형 관리기에 고무 패드와 방진 장갑을 이용한 방진대책은 큰 효과가 없다. 따라서 가장 효과적인 방진대책은 엔진의 가진력이 프레임 을 통하여 전달되는 경로를 구명하여 설계지침을 마련해야 한다.

② ISO 5349에 따라 수지창백증을 나타낼 수 있는 잠복기간을 4시간 기준 주파수가중 가속도와 연관시켜 10%에서부터 50%의 수준에서 실제 노출시간과 연관시켜 평가하였다. 실제 노출 시간을 4시간으로 가정하면 4기준 주파수가중 가속도 값은 6.7 m/s^2 이다. 이때 근로자군의 10%, 50%에서 수지창백증 잠복기간은 각각 4.5년과 10.1년으로 예측된다. 그러나 실제 관리기의 일일 사용 시간은 4시간 이하이므로 수지창백증이 잠복기간은 더 길 것으로 판단된다. 또한 일반적으로 관리기 사용자는 보행형 관리기 뿐만 아니라 보행형 경운기, 보행형 이앙기 등을 함께 사용하는 경우가 많기 때문에 이러한 경우는 국소진동의 영향이 더 클 것으로 예상된다.

③ 4시간 기준 주파수가중 가속도 값이 6.7 m/s^2 이므로 ACGIH 기준에 따라 일일 진동 노출 시간이 4시간을 넘지 않도록 해야 한다.

5. 참고 문헌

- [1] 김선술, 백남원, "자동차 조립공정에서 공기압력식 진동공구의 국소진동평가", 한국위생학회지, 제6권, 제1호, pp. 1~16, 1996.
- [2] 농촌자원개발연구소, "농림어업인의 주요 상병 및 건강행태 비교 분석", 농촌진흥청, pp. 137, 2004.
- [3] 박동현, 이동호, 윤명환, "농업기계에 의한 재해현황과 안전대책방안", 산업안전보건연구원, pp. 86~100, 1999.
- [4] 박서범, "보행형 관리기 핸들의 진동 최적화", 서울대학교 석사학위논문, pp. 28~41, 2006.

[5] 박영준, 김경옥, "손으로 전달된 관리기 진동의 분석과 방진대책", 한국농업기계학회지, 제 27권, 제4호, pp. 273~282, 2002.

[6] 연정택, 박상규, 김소연, 이태영, 장재연, "금속 가공 작업자의 국소진동평가", 한국산업위생학회지, 제9권, 제2호, pp. 52~65, 1999.

[7] 오세환, "장갑의 재료특성에 따른 국소진동 감소에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, pp. 13~21, 1999.

[8] 이윤세, "보행형 관리기 핸들의 진동 감소에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, pp. 10~14, 60~61, 2004.

[9] ACGIH TLVs and BEIs, Threshold limit value and biological indices. Cincinnati, Ohio, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1988.

[10] A. Hamilton, "A Study of Spastic Anemia in the Hand of Stonecutters", U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, Bull. No. 236, 1918.

[11] A. J. Brammer, W. Taylor, "Vibration effect on the hand arm in industry", John Wiley, N.Y., 1982.

[12] G. Loriga, "The use of pneumatic hammers, Lavoro: Boll Ispett, 1911.

[13] G. Rens, P. Dubrulle, J. Malchare, "Efficiency of Conventional Gloves Against Vibration", Ann. Occup. Hyg., Vol. 31, No. 2, pp. 249~254, 1987.

[14] ISO, Mechanical vibration-guidelines the measure and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration(ISO 5349), ISO, 1986.

[15] R. Letz, M. G. Cherniack, F. Gerr, Hershman, D. pace, P., "A cross sectional epidemiological survey of shipyard workers exposed to hand-arm vibration", Br J Ind Med, Vol. 49, pp. 53~62, 1992.

[16] R. Radwin, G., T. J. Armstrong, "Vibratio Exposure for Selected Power Hand Tools Used

in Automobile Assembly", Am. IND. Hyg. Assoc. J., Vol. 51, No. 9, pp. 510~ 518, 1990.

[17] T. Miwa, Y. Yonekawa, A. Nara, K. Kanada, K. Bada, "Vibration Isolators for Portable Vibrating Tools", Part1. A Grinder, Ind. Health, Vol. 12, pp. 85~101, 1981.

저 자 소 개

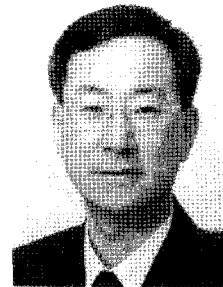
노 경 규



강원대학교 기계공학과를 졸업하고, 아주대학교 산업대학원 산업시스템공학 석사학위를 취득하였다. 서울대학교 농업생명과학대학 농업공학실에 재직 중이며, 주요관심분야는 인간공학, 산업안전, 기계진동, 품질경영 등이다.

주소: 서울시 관악구 신림10동 주공1차아파트 104동 603호

박 번



아주대학교 산업공학과를 졸업하고 미국 Ohio Univ. 산업공학 석사, Iowa State Univ.에서 산업공학 박사학위를 취득하였고, 한국 전자통신연구소에서 Human-machine Interface 업무에 선임 연구원(93~95)을 역임하였으며, 현재 아주대학교 산업공학과 정교수로 재직 중이다. 주요관심분야

는 인간공학, 감성공학, HCI, 설비안전이다.

주소: 경기도 수원시 영통구 산 5번지 아주대학교 팔달관 810호