

국소진동 보호구의 적합성 평가와 진동공구에 적합한 가진 스펙트럼에 관한 연구

윤희경 · 김태구[†] · 윤유성

인제대학교 보건안전공학과

(2008. 2. 21. 접수 / 2009. 2. 16. 채택)

A Study on the Compatibility Evaluation of Hand-arm Adequate Vibration and an Oscillating Spectrum for Vibrating Tools

Hee-Kyung Yun · Tae-Gu Kim[†] · Yu-Seong Yun

Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University

(Received February 21, 2008 / Accepted February 16, 2009)

Abstract : The aim of this paper is to evaluate the compatibility of anti-vibration gloves, to predict the attenuation of vibration with different types of anti-vibration gloves, to estimate the spectra of the ISO 10819 standard, and to present an oscillating spectrum adequate for vibrating tools. This paper use two ISO standards for the measurement and evaluation of hand-arm vibration. Some anti-vibration gloves can attenuate vibration, but all the anti-vibration gloves in this study do not satisfy the ISO 10819 requirements. In case of equal vibration types, the outside materials are effective in order of leather, fabrics and rubber-coating. Anti-vibration gloves manufactured in the United State satisfy ISO 10819 criteria using United State subjects, but do not satisfy ISO 10819 using Japanese subjects. M-spectrum acceleration exists below 10Hz and H-spectrum exists above 500Hz. Generally vibrating tools have the peak of Z-axis, but generation of vibration differ from each vibrating tools.

Key Words : HAVS(hand-arm vibration syndrome), anti-vibration glove, ISO 10819, ISO 5349, vibration acceleration magnitude

1. 서론

현재 우리나라는 조선업과 자동차산업 등의 활성화와 산업의 기계·자동화로 인하여 진동공구가 많이 보급되어 그 사용이 증가하고 있다. 이러한 진동공구의 사용은 작업관련성 근골격계질환인 국소진동증후군(HAVS: Hand - Arm Vibration Syndrome)의 발생률을 높일 수도 있다. 특히 보호장비 없이 장시간 진동에 노출될 경우 혈액순환장애로 인하여 손가락이 저리고 하얗게 변하며, 심한 경우 손가락 끝 세포가 괴사하는 레이노드씨 증후군(Raynaud's Syndrome)이 발생하게 된다¹⁾.

캐나다에서는 HAVS를 가진 작업자가 전체 진동공구사용 작업자의 약 5.8%이며, 미국, 오스트리아, 프랑스 등에서는 1.7~3.6%로 나타났으며²⁾, 밝혀지지 않고 잠재된 유해성을 지닌 작업으로 인해

더 많은 재해자가 있을 것으로 추정하고 있다. 우리나라의 경우 업무상질병 요양자와 HAVS의 수³⁾는 Table 1과 같다. HAVS 질환자의 수는 전체 업무상 질환자수는 평균 0.30%로 나타났다. 진동공구를 주로 사용하는 작업자 20명에 대한 방진장갑의 사용실태를 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 대부분의 근로자들은 국소진동저감에 사용되는 방진재료의 두께로 인하여 불편함과 불쾌감을 유발시키므로, 방진장갑을 착용하지 않고 있는 것으로 나타났다⁴⁾. 또한 방진장갑의 정확한 진동저감실태에 대한 조사가 부족하여 현장에서 정확한 사용 지식 없이 사용하는 것이 현실이다. 국소진동 보호구 적합성을 평가하는 기준인 ISO 10819⁵⁾는 M과 H 두 가지 스펙트럼을 가진하도록 하는데, 각각의 진동 장비들에 따른 주파수 특성과 국소진동 보호구의 고유진동수 때문에 주파수의 특성이 달라질 수 있다⁶⁾.

따라서 본 연구에서는 ISO 10819를 이용하여 국

[†] To whom correspondence should be addressed.
tgkim@inje.ac.kr

Table 1. HAVS in Korea

년도	업무상질병 요양자	HAVS	점유율(%)
2002	4,190	17	0.41
2003	7,740	22	0.28
2004	7,895	20	0.25
2005	6,400	16	0.25

Table 2. Use of anti-vibration gloves

구 분		응답률(%)
국소진동 보호구 착용경험이 없음		70
일할 때	국소진동 보호구를 착용	0
	면장갑을 착용	83.8
	목장갑 2개 혹은 목장갑 1개와 코팅장갑을 동시에 착용	83.3

내와 일본, 미국에서 제조된 국소진동 보호구와, 실제 사업장에서 주로 사용되는 목장갑과 코팅장갑이 국소진동보호구로서 적합한지 적합성을 분석하고, 유사한 방진형태 국소진동 보호구의 외부재질에 따른 진동 저감의 차이를 알아보고자 하였다. 또한, ISO 10819에 제시된 가진 스펙트럼이 실제 적용가능한지 여부를 평가하여, 적합한 가진 스펙트럼을 제시하고자 하였다.

2. 이론적 배경

국제적으로 국소진동 보호구의 적합성을 평가할 경우에는 ISO 10819를 국소진동의 전달력을 측정·평가하는 경우에는 ISO 5349⁷⁾을 주로 이용하므로, 본 연구에서는 두 기준을 사용하였다.

ISO 10819는 가중치를 준 두 가진 스펙트럼이 장갑을 통과하여 손바닥 부분에 전달되는 진동저감을 통해 국소진동 보호구의 적합성을 평가하고, ISO 5349는 발생하는 진동이 손에 전달되는 가속도 값을 3축에서 측정하는 차이점을 지니고 있다.

우리나라의 경우 국소진동 측정에 대한 기준은 산업안전공단의 H-23-2004⁸⁾인 “국소진동 측정 및 평가지침”이 마련되어 국소진동에 대한 측정 및 평가 기준을 하도록 되어 있다. 지침의 내용은 ISO 10819의 측정·평가방법과 동일하다.

2.1. ISO 10819

가진되는 진동의 주파수 범위와 주파수 대역별 가진력의 크기를 Fig. 1에 나타내었다. M-스펙트럼은 12.5~400Hz, H-스펙트럼은 125~2,000Hz 대역에서 진동신호를 발생시킨다.

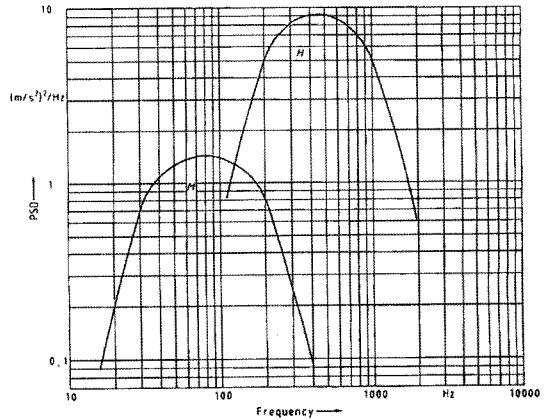


Fig. 1. Spectra of the two vibration signals measured on the handle(ISO 10819).

보정된 전달력 \overline{TR}_S 의 값은 식 (1)을 이용하고 M과 H 스펙트럼에 대해서 맨손일 때 1회, 장갑을 착용했을 때 2회 측정된 6개의 결과를 산술평균한 값과 같다.

$$\overline{TR}_S = \frac{\overline{TR}_{Sg}}{\overline{TR}_{Sb}} = \frac{a_{wsPg}/a_{wsRg}}{a_{wsPb}/a_{wsRb}} \quad (1)$$

여기서, \overline{TR}_{Sg} 는 장갑을 착용한 경우 각 진동 스펙트럼에 대한 가중된 전달력, \overline{TR}_{Sb} 는 맨손으로 측정된 경우 각 진동 스펙트럼에 대한 가중된 전달력, \overline{TR}_S 는 국소진동 보호구의 진동 전달력, a_{ws} 는 가속도 가중치 값(m/s^2), R은 핸들의 내부에 있는 가속도 센서 표시, p는 손의 손바닥에 있는 가속도 센서 표시, b는 장갑을 끼지 않은 맨손을 표시하고 g는 장갑을 낀 손을 표시한다.

ISO 10819에 따라서 보정된 전달력이 식 (2)의 범위 내에 있을 경우 국소진동 보호구로서 방진 성능이 적합하다고 판단하고, 두 가지 기준에 만족하지 않는다면 국소진동 보호구가 진동노출의 위험을 적절하게 제거된다고 할 수 없다.

$$\overline{TR}_M < 1.0 \text{ and } \overline{TR}_H < 0.6 \quad (2)$$

여기서, \overline{TR}_M 은 M 스펙트럼에서 산술 평균한 진동 전달력이며 \overline{TR}_H 은 H 스펙트럼에서 산술 평균한 진동 전달력을 나타낸다.

측정해야 할 횟수는 Fig. 2와 같으며 장갑을 착용하지 않은 맨손 상태에서 1회, 장갑을 착용한 상태에서 장갑과 손 사이에 어댑터를 고정시킨 후 2회 측정하고, 발생시키는 진동 M, H 스펙트럼에 대

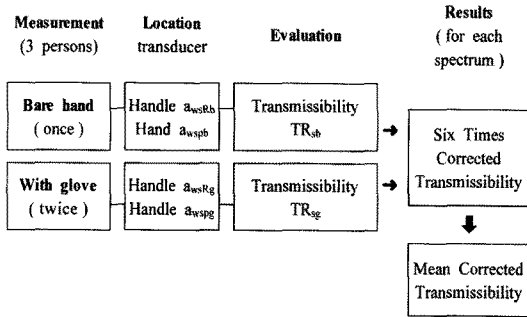


Fig. 2. Calculation of vibration transmissibility(ISO 10819).

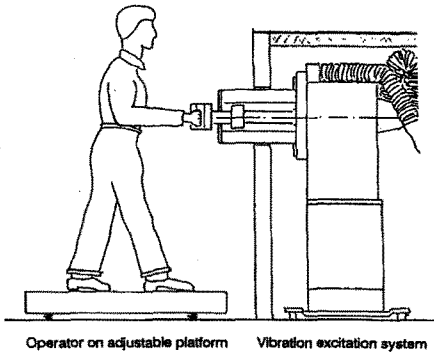


Fig. 3. Subject's posture(ISO 10819).

해 각각 3회씩 측정하여 총 6회 측정된 진동 전달력의 값을 산술평균하여 평가하였다.

측정을 위한 피실험자의 자세는 Fig. 3과 같으며, 측정을 실시할 때 실내 온도는 20±5°C, 상대습도는 70% 미만인 공간에서 실시하였다. 핸들을 쥘 상태에서 팔꿈치의 각도는 90±10°, 손목의 굴곡 각도는 0~40° 사이를 피실험자가 유지하면서 측정하였다.

2.2. ISO 5349

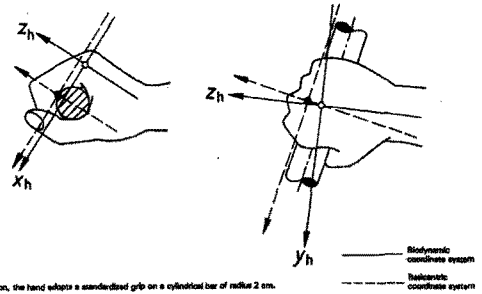
x, y, z축 3축에서 가속도 값을 측정하고 각 주파수별 가중된 전달력은 다음 식 (3), (4)와 같이 계산 된다.

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (k_j \cdot a_{hj})^2} \quad (3)$$

여기서, a_{hw} : 주파수 가중 가속도(m/s²)
 k_j : 주파수 가중 인자
 a_{hj} : 1/3옥타브 범위의 j번째 가속도 값

$$a_{hw3} = \sqrt{(a_{hwX})^2 + (a_{hwY})^2 + (a_{hwZ})^2} \quad (4)$$

여기서, a_{hw3} : 3축 가중 가속도 값(m/s²)



In this position, the hand adopts a standardized grip on a cylindrical bar of radius 2 cm.

Fig. 4. Coordinate system for the hand - "handgrip" position (ISO 10819).

a_{hwX} : x축에 대한 가속도 실효값(m/s²)
 a_{hwY} : y축에 대한 가속도 실효값(m/s²)
 a_{hwZ} : z축에 대한 가속도 실효값(m/s²)

ISO 5349에 따른 국소진동의 진동노출 수준을 평가할 때, 원기둥 모양의 센서를 대상으로 진동을 측정할 경우 측정 형태 및 측정 위치는 Fig. 4에 나타내었다.

3. 연구 대상 및 측정장비

3.1. 연구 대상

본 연구에서 사용된 방진장갑은 국내, 미국, 일본에서 생산·시판되고 있는 것으로 해당 국가에서 8개씩 총 24개를 대상으로 하였다. 그리고 각 방진

Table 3. Classification of anti-vibration gloves

Types of anti-vibration	No.	Model	Country
Air-pump types	10	YA 01	Japan
	21	ER 02	USA
	22	VA 04	USA
Sponge types	6	H-101	Korea
	7	H-102	Korea
	8	H-103	Korea
	9	MX 06	Japan
	11	KA 03	Japan
Rubber types	12	KA 05	Japan
	13	MA 04	Japan
	14	MA 03	Japan
	15	MA 01	Japan
Gel type	16	SI 02	Japan
	19	AN 03	USA
Other types	1	GS 701	Korea
	2	GS 702	Korea
	3	GS 702N	Korea
	4	GS 703	Korea
	5	GS 704	Korea
	17	ProFlex 9002	USA
	18	ProFlex 9015	USA
	20	IR 05	USA
	23	VA 03	USA
24	OK 03	USA	

장갑의 선택은 재질의 차이를 보이고, 실제 사업장에서 많이 사용하며 진동저감의 효과가 기대되어지는 방진장갑을 선별하여 실험하였다. 특히, 선택된 방진장갑 중에서 미국의 2개 제품은 방진장갑의 사용설명서에 미국인을 대상으로 측정을 실시한 결과 ISO 10819에 적합하다고 평가되어 있었다.

방진 타입에 따라 기타 방진재질이 10개로 가장 많았고, 스펀지 6개, 고무 4개, 공기주입식 3개, 젤 타입 1개 순으로 나타났고, 방진장갑의 분류는 Table 3에 나타내었다.

또한 면장갑 1개, 코팅장갑 1개, 면장갑 2개, 면장갑을 착용하고 코팅장갑을 착용한 경우를 대상으로 ISO 10819를 이용한 국소진동 보호구의 적합성을 평가하고자 하였다.

3.2. 피실험자

보호구의 적합성 평가는 숙련된 일본인 피실험자들에 의하여 실험이 실시되었고, ISO 10819에 의해 따라서 EN 420⁹⁾에 제시한 손 사이즈 7에서 9 범위 내에 포함되는 건강한 20대의 3인을 대상으로 측정을 실시하였으며, Table 4는 피실험자의 손 사이즈 데이터를 나타낸다.

3.3. 측정 조건 및 자세

측정 조건 및 자세는 국소진동 보호구의 적합성을 평가하기 위한 ISO 10819에서 제시한 측정 조건과 자세에 따라 측정 및 평가를 실시하였다.

3.4. 측정장비

ISO 10819에 의한 국소진동 보호구의 적합성 평가에 사용된 측정장비는 규격에 맞추어 제작된 장비를 Fig. 5에 나타내었다. 컴퓨터를 이용하여 핸들에 진동을 발생시키고 조절할 수 있도록 설계되었다.

ISO 5349에 의한 x, y, z축인 3축의 진동 전달력과 방진장갑의 외부 재질별 진동 전달력을 측정하기 위한 장비를 Fig. 6에 나타내었다. 휴대용 연삭기와 드릴 두 가지 장비를 사용하여 측정하였고, 두 가지 장비 모두 동일하게 테이블 위에 설치된 바이스에 고정하였다.

Table 4. Data of three subjects

No.	Gender	Hand length (mm)	Hand circumference (mm)	Hand size (Based on EN 420)
1	Male	172	187	7
2	Male	177	195	7
3	Male	191	229	8

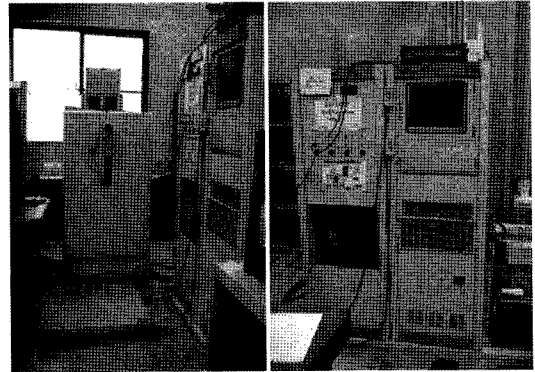


Fig. 5. Measurement equipment(ISO 10819).

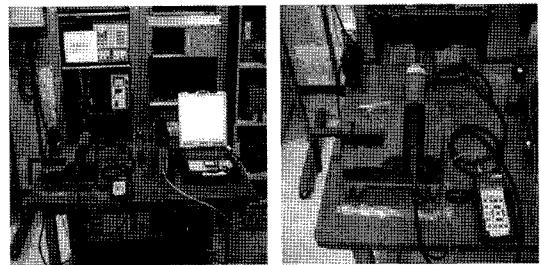


Fig. 6. Measurement equipment(ISO 5349).

4. 결과 및 고찰

4.1. ISO 10819에 의한 국소진동 보호구의 적합성 분석

국내, 일본, 미국에서 제조된 국소진동 보호구 24개와 그리고 면장갑과 코팅장갑 4타입의 국소진동 보호구 진동 전달력을 측정한 결과는 Table 5~8에 나타내었다. 본 실험에 참여한 일본인 피실험자들에 대한 28가지 국소진동 보호구에 대해 ISO 10819에서 제시한 국소진동 보호구 평가에 만족하지 못하는 것으로 나타났다. M 스펙트럼에서 전달력의 값이 1보다 작아서 진동 저감의 효과를 지니고 있는 경우라도, H 스펙트럼에서는 진동 전달력 값이 0.6 보다 크게 나타나 ISO 10819로 평가를 할 때 국소진동 보호구로서 성능이 적절하지 않은 것으로 나타났다. 각 스펙트럼에서 진동가속도 값을 이용하여 진동의 노출수준을 측정할 때 발생시키는 진동의 크기보다 손바닥에 노출되는 진동의 크기가 오히려 증폭하는 경우도 국내, 일본, 미국에서 제조된 국소진동 보호구, 면장갑과 코팅장갑의 측정결과 빈번히 발생하였다. ISO 10819에 따라 국소진동 보호구가 진동공구에서 손으로 전달되는

Table 5. Results of Korean anti-vibration gloves for each spectrum (NG : No Good)

No.	Spectrum	Vibration transmissibility values	Judgment	Final judgment
1(GS701)	TR _M	0.953	OK	NG
	TR _H	1.033	NG	
2(GS702)	TR _M	0.954	OK	NG
	TR _H	0.953	NG	
3(GS702N)	TR _M	0.938	OK	NG
	TR _H	0.929	NG	
4(GS703)	TR _M	1.031	NG	NG
	TR _H	0.993	NG	
5(GS704)	TR _M	0.959	OK	NG
	TR _H	1.104	NG	
6(H-101)	TR _M	0.948	OK	NG
	TR _H	0.776	NG	
7(H-102)	TR _M	1.000	NG	NG
	TR _H	0.837	NG	
8(H-103)	TR _M	0.989	OK	NG
	TR _H	0.898	NG	

국소진동으로부터 근로자의 건강상 영향을 감소시키지 못하는 것으로 나타났으며 이는 국소진동 보호구의 고유진동수가 특정 주파수 대역에서 진동이 감쇠되지 않고 증폭되기 때문이다.

미국에서 제조되어 미국인을 대상으로 ISO 10819 평가기준에 적합한 것으로 나타난 2개의 국소진동 보호구에 대해 피실험자를 대상으로 측정된 결과 모두 H 스펙트럼에서 진동 전달력이 0.6을 초과하여 ISO 10819 평가기준에 적합하지 않은 것으로 평가되었다. 이는 키, 손의 크기, 체형 등과 같은 신체 사이즈 등 신체조건과 체지방, 체형, 체질 등 피실험자의 인적 요인의 차이 때문인 것으로 추측되는데, 이에 대해서는 추후 정밀한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

실제 작업장에서 진동공구를 사용하는 거의 대부분 근로자들이 국소진동 보호구 대신 많이 사용하는 면장갑의 4가지 타입인 면장갑 1개만을 착용한 경우, 코팅장갑 1개만을 착용한 경우, 면장갑 2개를 겹쳐서 착용한 경우, 면장갑을 착용하고 그 위에 코팅장갑을 착용한 경우 모두 M과 H스펙트럼에서 진동 전달력의 값이 1을 초과하여 ISO 10819에 적합하지 않고 오히려 진동이 증폭되어 손바닥 부분에 노출되는 것으로 평가되었다. 그러므로 작업 시 진동공구를 주로 사용하는 작업자가 국소진동 보호구 대신 면장갑과 코팅장갑의 착용은 국소진동으로부터 근로자 건강장해를 보호하는데 도움

Table 6. Results of Japanese anti-vibration gloves for each spectrum (NG : No Good)

No.	Spectrum	Vibration transmissibility values	Judgment	Final judgment
9(MX06)	TR _M	0.890	OK	NG
	TR _H	0.772	NG	
10(YA01)	TR _M	0.935	OK	NG
	TR _H	0.854	NG	
11(KA03)	TR _M	1.005	NG	NG
	TR _H	1.132	NG	
12(KA05)	TR _M	0.971	OK	NG
	TR _H	1.007	NG	
13(MA04)	TR _M	0.971	OK	NG
	TR _H	0.965	NG	
14(MA03)	TR _M	0.973	OK	NG
	TR _H	0.918	NG	
15(MA01)	TR _M	0.985	OK	NG
	TR _H	0.937	NG	
16(SI02)	TR _M	1.028	NG	NG
	TR _H	1.043	NG	

Table 7. Results of the United States anti-vibration Gloves for each spectrum (NG : No Good)

No.	Spectrum	Vibration transmissibility values	Judgment	Final judgment
17(ProFlex 9002)	TR _M	0.944	OK	NG
	TR _H	0.806	NG	
18(ProFlex 9015)	TR _M	0.923	OK	NG
	TR _H	0.809	NG	
19(AN03)	TR _M	0.890	OK	NG
	TR _H	0.763	NG	
20(IR05)	TR _M	1.021	NG	NG
	TR _H	1.095	NG	
21(ER02)	TR _M	0.936	OK	NG
	TR _H	0.931	NG	
22(VA04)	TR _M	1.006	NG	NG
	TR _H	0.995	NG	
23(VA03)	TR _M	1.023	NG	NG
	TR _H	1.097	NG	
24(OK03)	TR _M	0.989	OK	NG
	TR _H	1.004	NG	

을 주지 못하는 것으로 판단된다.

한편 일본에서 최근 제작되어 진동보호구의 적합성에 대해 평가를 받고 있는 일부 신제품에서 ISO 10819 평가기준에서 적합 판정을 받은 것으로 보고되고 있으며, 상업용으로 시판될 경우 국소진동의 장해를 보호하는데 많이 기여할 것으로 기대된다.

Table 8. Results of cotton and rubber-coated gloves for each spectrum (NG : No Good)

No.	Spectrum	Vibration transmissibility values	Judgment	Final judgment
25 (Single Cotton Glove)	TR _M	1.178	NG	NG
	TR _H	1.045	NG	
26 (Single Rubber-coated Cotton Glove)	TR _M	1.048	NG	NG
	TR _H	1.049	NG	
27 (Double Cotton Gloves)	TR _M	1.029	NG	NG
	TR _H	1.119	NG	
28(Cotton+Rubber-coated Gloves)	TR _M	1.053	NG	NG
	TR _H	1.099	NG	

4.2. 진동공구의 진동 전달력 평가

드릴과 휴대용 연삭기의 3축에서 발생하는 진동 전달력 값을 Fig. 7에 나타내었다. 드릴의 경우 3축 가운데 x축에서의 진동 가속도가 0.413m/s²으로 가장 높게 나타나고 y, z축 순으로 진동이 발생하고 있다.

휴대용 연삭기 가동시 발생하는 진동 가속도 값은 드릴의 가동시와 차이점을 보이고 있다. x축은 드릴에 비하여 감소하였고, 반면 y축에서는 휴대용 연삭기 가동시 가장 높은 가속도 값을 보이며, y축에서 드릴에 비하여 두 배 정도의 가속도 값으로 나타났다.

4.3. 외부 재질별 진동 전달력 평가

내부는 동일한 방진재질이나 외부의 재질이 없거나 고무코팅, 가죽재질 등 외부 재질의 차이를 보이는 국소진동 보호구의 진동 전달력 비교하기 위해 외부 재질별 장갑의 진동저감을 알아보았다. 드

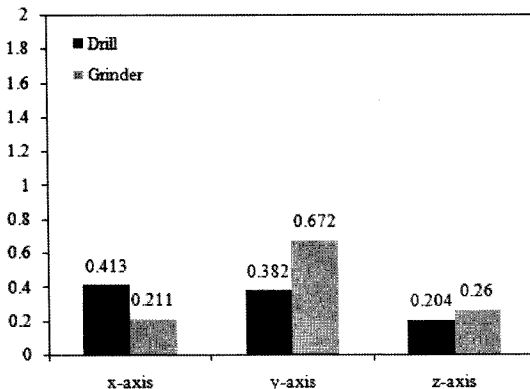


Fig. 7. Weighted acceleration magnitude of three axes(drill & grinder).

릴과 휴대용 연삭기 모두 외부의 재질이 가죽일 때 진동 저감에 가장 효과적이었고, 외부에 고무코팅이 되어 있는 경우가 외부 재질이 없는 경우에 비하여 진동 전달력의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 드릴의 경우 방진 형태가 공기주입식으로 동일하고 외부 재질이 가죽과 천인 두 장갑을 비교하였을 때, x와 y축에서 가죽인 경우가 천인 경우에 비하여 진동전달력의 저감이 2배 정도 효과적인 것으로 나타났다.

따라서 방진형태가 동일할 경우 외부재질이 가죽인 경우가 진동 저감에 가장 효과적이고, 그 다음이 천 그리고 고무 순으로 나타났으며, 국소진동 보호구 외부에 고무 코팅을 한 것은 오히려 외부 재질이 없는 장갑 경우보다 진동이 증폭됨을 알 수 있었다.

단일 면장갑이거나 코팅이 되어있는 면장갑의 경우 ISO 10819에서 평가한 바와 같이 동일하게 진동이 저감하거나 증폭을 하는지 알아보고자 한다. 그리고 어느 정도 진동이 전달되고 진동 저감에 불량을 보여주고 있는지 각 축에서 진동 전달력 값의 비교를 통하여 알아보하고자 한다.

Fig. 8은 고무 방진재질인 MA 04, MA 03과 MA 01의 경우로 각 축에 대한 진동 전달력을 나타내고 있다. MA 04, MA 03, MA 01의 경우 국소진동 보호구의 내부는 면장갑 위에 동일한 고무 방진재질이 손바닥과 손가락 부분에 부착되어 있고, 외부의 재질의 차이를 보이고 있다. MA 04의 경우는 외부가 가죽재질이고 MA 03은 외부에 재질이 덧대어져 있지 않으며 MA 01은 고무 코팅이 되어있다.

드릴에서 발생하는 진동에 노출되었을 때 맨손의 경우에 비하여 3축에서 진동 전달력의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 외부의 재질이 가죽인 MA 04의 경우 진동 전달력의 값이 가장 적고, 외부에 고무코팅이 된 MA 01의 경우 진동 전달력의 값이 가장 많이 증가하였다. 고무 방진재질의 경우 진동 저감에 효과적이지 못하고, 특히 외부에 다른 재질이 없는 경우나 고무 코팅이 된 경우에 진동이 증폭되고 있음을 알 수 있었다.

휴대용 연삭기의 경우는 MA 04와 MA 03의 경우는 비슷하게 진동 전달력이 맨손에 비하여 증가하고 있음을 알 수 있었다. 휴대용 연삭기의 경우도 면장갑 위에 코팅이 되어있는 MA 01 국소진동 보호구의 진동 전달력이 가장 많이 증가하였다.

드릴과 휴대용 연삭기 모두 내부에 같은 고무 방진재질이 있는 국소진동 보호구의 경우 외부 재질

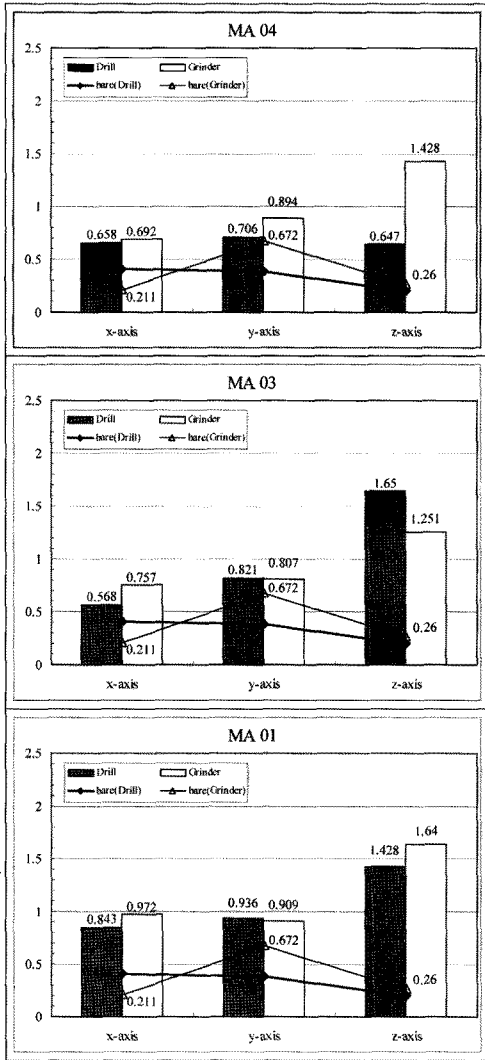


Fig. 8. Weighted Acceleration Magnitude of MA 04, MA 03 and MA 01.

이 가죽일 때 진동 저감에 가장 효과적이었다. 그리고 외부에 고무코팅이 되어 있는 경우가 외부 재질이 없는 경우에 비하여 진동 전달력이 증가하는 것을 알 수 있다.

4.4. 진동공구의 주파수 분석 결과

드릴의 진동 주파수 분석결과는 Fig. 9와 같으며, 실제 드릴을 작동시킬 때 10Hz 미만과 100~1,000Hz 대역에서 x, y, z축의 진동 전달력의 값이 분포되어 있었다. 특히 y축의 가속도 값이 가장 높고, 그 다음이 z축, x축 순으로 낮아지는 것으로 나타났다. 휴대용 연삭기에서 발생하는 진동의 주파수분석 결과는 Fig. 10과 같으며, 드릴의 주파수 특성과 비슷한 주파수 대역에서 진동 가속도의 값이 나타났고, 휴대용 연삭기 역시 y축에서 가장 큰 값을 보이고 있다.

휴대용 연삭기의 주파수 특성은 드릴의 경우와 비교하였을 경우 휴대용 연삭기의 진동 가속도 값은 x와 z축에서 드릴과 비슷하게 나타났다. y축에서 진동 전달력 값이 가장 높은 피크치를 보이고 있으며, 드릴에 비하여 최고 가속도 값이 약 2배정도 높은 것으로 나타났다.

4.5. 새로운 가진 스펙트럼의 제시

실제 진동공구의 주파수 분석결과와 ISO 10819에서 제시한 가진 스펙트럼을 비교하여 보면, 가속도의 값은 비슷하게 나타나 주파수 대역에서 차이를 보이고 있었다. ISO 10819에서는 M 스펙트럼이 12.5~400Hz이고, H 스펙트럼이 125~2,000Hz의 범위를 제시하고 있다. 하지만 실제 진동공구의 주파수 특성을 살펴보면 M 스펙트럼에서 10Hz 미만 진동이 존재하였고, H 스펙트럼에서는 피크치가

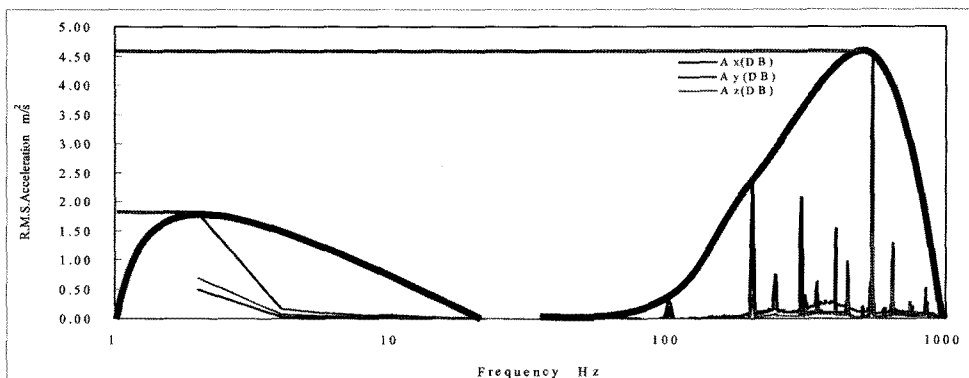


Fig. 9. Frequency characteristic of three axes(drill).

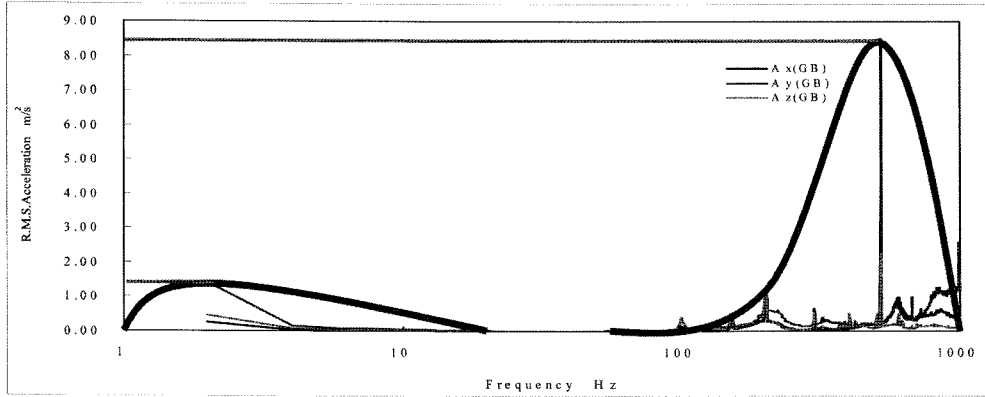


Fig. 10. Frequency characteristic of three axes(grinder).

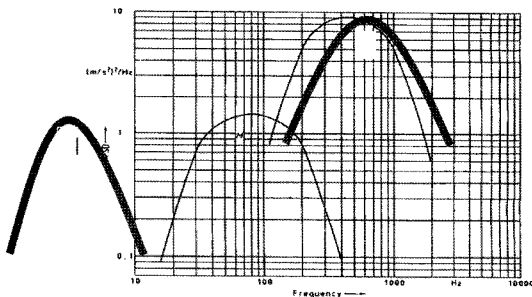


Fig. 11. Suggestion of adequate oscillating spectrum for vibrating tools.

1,000Hz 대역에 가깝게 진동 가속도 값이 존재하고 있는 것을 알 수 있었다.

실제 진동공구의 주파수 특성을 바탕으로 M과 H 스펙트럼 가속도 값은 동일하게 유지하고, ISO 10819에서 제시한 가진 스펙트럼과 비교해 새롭게 제시한 가진 스펙트럼을 Fig. 11과 같이 나타내었다.

5. 결론

본 연구결과로 얻어진 ISO 10819를 이용한 국소진동 보호구의 적합성 평가, 외부 재질별 방진효과와의 비교 그리고 ISO 10819에 제시되는 가진 스펙트럼의 적합성 판단과 새로운 스펙트럼에 관한 연구에서 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

- 1) ISO 10819에서 제시한 국소진동 보호구의 적합성을 평가한 결과, 실험에 사용된 28가지 타입 모두 적합하지 않은 것으로 나타났고, 방진 형태가 동일한 경우 외부 재질이 가죽, 천, 고무 코팅의 순으로 진동저감에 효과적인 것으로 나타났다.
- 2) 동양인을 대상으로 ISO 10819를 적용한 결과

모든 제품이 기준에 부합하지 않는 것으로 나타났으며 ISO 기준에 부합하는 것으로 표시되어 시판되는 미국 제품에서도 부합하지 않는 것으로 나타났으므로 국내의 기준은 동일한 결과를 얻기 위해 동양인의 신체조건을 고려한 추후 연구를 통한 수정·보완이 필요할 것이다.

3) ISO 10819에서 제시하고 있는 가진 스펙트럼의 경우 실제 진동공구에서의 진동발생을 비교한 결과, 실제 진동공구 경우 모두 M 스펙트럼에서 10Hz 미만 주파수 대역에서 진동 가속도의 값이 존재하였다. 그리고 H 스펙트럼의 경우는 ISO 10819에서 제시하는 주파수 대역보다 높은 주파수 대역에서 피크치가 나타났다.

4) 작업자들이 주로 사용하는 진동공구인 드릴과 휴대용 연삭기를 본 실험에 사용된 28가지 타입의 국소진동 보호구에 대하여 측정된 결과 y축에서 가장 높은 진동 가속도 값을 보이고 있었다. y축의 최대 진폭은 x축과 z축에 비해 최대 2배가량 높은 진동 가속도 값으로 나타났다.

감사의 글 : 본 논문의 실험을 할 수 있도록 장비와 장소를 제공해 주신 JNIOOSH의 마에다 세츠오(MAEDA Setsuo)박사님께 진심으로 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) 박희석, 허승무, “자동차 조립공정에서 동력수공구에 의하여 발생하는 국소진동의 측정과 분석에 관한 연구”, IE Interfaces, Vol. 17, No. 3, pp. 375~383, 2004.
- 2) Institut National de Recherche et de Sécurité(INRS),

- “Vibration at work”, Research paper of INRS, 1989.
- 3) 근로복지공단, 년도별 산업재해 발생현황, 2006.
- 4) 이종문, 박진화, “그라인딩 작업에 의한 수완계 진동 계측 및 평가”, 한국소음진동공학회, pp. 1032 ~ 1037, 2003.
- 5) ISO Standard 10819, “Mechanical vibration and shock - Hand arm vibration - Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand”, 1996.
- 6) 이출재, 김태구, “작업환경 소음진동학”, 동화기술, 2003.
- 7) ISO Standard 5349, “Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration- part 1 : General requirements”, 2001.
- 8) 한국산업안전공단, KOSHA CODE H-23-2004, “국소진동 측정 및 평가 지침”, 2004.
- 9) EN Standard 420, “Protective gloves - General requirements and test methods”, 1994.