

수완계 진동에 대한 규격제정 동향

Trends in Standards and Regulations on Hand-arm Vibration

장 한 기*
Han-Kee Jang

Key Words : Hand-arm vibration(수완계진동), White finger(백수증), Action plan(시행령)

ABSTRACT

Effect of hand-transmitted vibration on human discomfort and health was reviewed. Since the effect by hand tool was more serious than those by any other vibration environments, western countries have protected hand tool workers by regulations. International organization for standardization legislate standard, ISO 5349, at 1979 for the measurement and evaluation of the effect. Afterwards, more than twenty standards on hand-arm vibration were enacted to protect any damage of hand tool users. Even though Korea Standards adopted ISO 5349 in 2001, it is required an action plan should be applied to all of work environments, especially to the workers using pneumatic tool workwrs such as miners, construction workers, and etc.

1. 서론

인체의 진동환경은 탑승환경, 거주환경, 작업환경 등에 이르기까지 매우 다양하지만 인체에 가장 심각한 해를 주는 것은 작업환경이고, 그중에서도 동력공구를 사용하는 경우의 수완계(Hand-arm) 진동이 가장 심각하다고 할 수 있다. 일반적으로 진동이 인체에 주는 영향은 진동이 가해지는 시간동안 불편함을 주거나 제한된 시간 동안 그 영향이 잔류하는 정도이지만, 수완계 진동은 혈액순환과 관련된 영구적인 장애를 유발한다. 이를 Raynaud's syndrome 또는 진동에 의한 백수증(Vibration induced white finger)이라고 한다. 혈액순환장애 이외에도 심각한 수완계의 진동 근육, 뼈, 관절, 신경계 전반에 심각한 해를 끼치는 것으로 보고되고 있다^(1,2). 세계 각국에서는 오래 전부터 이와 같은 질병의 발생으로부터 작업자들을 보호하기 위한 법규를 제정하여 시행하고 있으며 상당부분이 국제규격으로 일반화되어 왔다. 그럼에도 불구하고 우리나라에서는 이와 관련된 구체적인 규제 조항이나 규격이 없는 실정이다.

본 고에서는 관련업계와 당사자들의 주의를 환기

시키고 심각한 진동에 노출된 작업자들을 위한 보호 규정이 효과적으로 시행되기를 희망하는 입장에서 수완계 진동에 의한 질병의 특징을 먼저 설명하였으며, 세계 각국의 법규제정 현황을 정리하고, 마지막으로 제정된 ISO규격과 현재 진행 중인 규격제정 동향에 대해 기술하였다.

2. 진동에 의한 백수증

진동에 의해 발생하는 백수증은 의학적 용어로는 Raynaud's syndrome이라고 하며, 기술적인 용어로는 HAVS(Hand-Arm Vibration Syndrome), VWF(Vibration-induced white finger), Wax finger, Dead finger등으로 불리고 있다. 동력공구 등을 손으로 쥐고 작업하는 경우 심각한 진동이 수완계로 전달 되는데, 장시간 피폭되면 혈액순환 장애가 발생하게 되고 이 현상이 고착화되면서 결국 손이 하얗게 썩어 들어가는 증상이 발생한다(그림1).

2.1 발생환경

백수증을 유발하는 가장 중요한 요인은 진동과 온도이다. 온도가 급격히 떨어지는 경우에 혈관이 수축하게 되며, 이 경우 혈액순환 장애는 한층 심각해지기 때문이다. 따라서 손의 온도를 유지하기 위해 장갑을 사용하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다.

* 고등기술연구원 소음진동기술센터
E-mail : hkjang@iae.re.kr
Tel : (031) 330-7435, Fax : (031) 330-7116

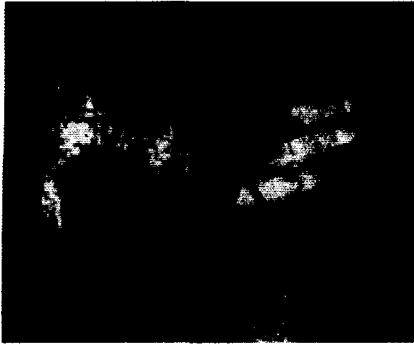


그림1 진동에 의한 백수증

심각한 진동을 유발하는 환경 중에서 대표적인 것으로는 동력에 의해 작동하는 수공구(Hand tool)로서, 공압에 의해 작동하는 공구, 전기에 의해 작동하는 공구, 그리고 소형엔진이 장착된 공구 등으로 나뉜다. 이 중에서도 공압을 이용하는 착암기, 드릴 등에서는 충격성 진동이 크게 발생하므로 가장 문제가 된다. 이외에도 핸드 그라인더, 전기톱, 치핑햄머, 샌드블라스터 등의 경우도 심각한 진동이 유발되는 공구이다.

작업환경별로는 건설현장, 주물공장, 목재소, 탄광, 자동차제조업, 조선소 등이 있으며, 미국의 최근 보고서에 의하면 1,240,000명의 작업자가 수완계 진동에 피폭되고 있는 것으로 알려지고 있다. 국내에서도 3D 업종으로 분류되는 많은 분야에서 작업자들이 피폭되는 것으로 추정되고 있으나 구체적인 자료가 부족한 실정이다.

2.2 증상의 발전단계 및 발생현황

진동에 의한 백수증은 증상에 따라 3단계로 나누는데, 첫 번째 단계는 정상인 경우를 나타내고, 두 번째 단계는 신경학적인 증상이 나타나는 단계를, 마지막으로 세 번째 단계는 혈액순환 장애와 같은 물리적인 증상이 나타나는 단계를 말한다. 표1은 진동후유증의 발전단계와 작업환경별 후유증 발생현황에 대한 미국내 통계자료를 정리한 것이다⁽³⁾.

이 표에서는 대표적인 수완계 진동 발생 환경인 조선소와 주물공장에서의 작업자들을 대상으로 조사한 통계자료이고, 마지막 열은 관련 보호규정에 따라 작업을 재조정된 사업장에서의 통계결과이다. 주물공장의 경우 47%, 조선소의 경우 19%의 작업자가 3단계의 진동후유증 진단을 받은 것을 알 수 있다. 잠재적인 진동후유증 환자까지 합하면 각각 83%, 64%에 이르고 있음을 알 수 있다. 동일한 자료에서 연도별 후유증 발생환자의 비율도 보고되어 있는데, 5년미만의 작업자의 경우 23%, 15년 이상의 작업자의 경우 58%

가 진동후유증 진단을 받은 것으로 나타나고 있다.

표1 수완계 진동후유증의 발전단계 및 작업장별 발생 현황

증상의 종류	증상 발전 단계	피폭 작업자		작업환경 제어
		주물공장 (N=147)	조선소 (N=58)	주물공장 (N=63)
혈액순환 및 복합장애	03	5%	5%	0%
	02	22%	5%	0%
	01	20%	9%	0%
소계		47%	19%	0%
신경학적 증상	TN	20%	17%	0%
	ON	7%	17%	0%
	OT	9%	11%	0%
소계		36%	45%	0%
증상없음	00	17%	36%	100%
전체합계		100%	100%	100%

3. 세계 각국의 규제동향

수완계 진동에 의한 후유증은 장시간 경과시 치료에 의한 원상회복이 어렵기 때문에, 각국에서 법규로 작업조건을 규제하고 재조정하도록 요구하고 있다. 표2는 수완계진동 후유증에 대한 법규가 제정된 연도를 나타내고 있다⁽¹⁾.

표 2 국가별 법규제정 연도

국가 및 기관	법규제정 연도
U.S.S.R.	1955
Japan	1957
Sweden	1968
U.K.	1975
ISO	1979

구 소련에서 가장 먼저 법규가 제정된 이유는 두가지를 들 수 있는데, 노동자의 권익에 대한 관심이 높은 것과 기온이 낮은 기후에 기인한 것이다. 수완계 진동의 후유증은 손의 온도가 떨어질 때 그 증상이 심각하게 나타나므로 추운지방이나 바람이 많이 부는 바닷가에 위치한 조선소 등에서 문제가 될 소지가 많기 때문이다. 영국에서는 시행규칙을 제정하여 작업조건을 조정하도록 하는데, 하루 8시간 작업하는 경우 피폭진동량을 2.8 m/s^2 로, 4시간 작업하는 경우는

4 m/s²로 각각 제한하고 있다.

ISO에서는 1979년에 수완계 진동 측정방법과 평가에 대한 규격이 등장하였으며(ISO 5349), 지속적으로 관련규격이 제, 개정 및 세분화되고 있는 상황인데 이에 대해서는 4절에서 다시 정리하였다.

5349는1979에 제정되었는데, 개정 과정을 거쳐 2001년에 두 개의 규격으로 확장되었다⁽⁵⁾. 새로이 제정된 규격의 특징은 체감진동량을 보다 정확히 산출하기 위한 주파수 가중치가 새로이 정의되었고, 진동 피폭자에 전달되는 진동량을 보다 정확히 산출하기 위한 구체적인 방안 제시되었다는 점을 들 수 있다.

표3 수완계 진동관련 ISO 규격리스트

규격번호:제정년도	규격명
ISO 5349-1,2:2001	Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace
ISO 6544:1981	Hand-held pneumatic assembly tools for installing threaded fasteners - Reaction torque and torque impulse measurements
ISO 7505:1986	Forestry machinery - Chain saws - Measurement of hand-transmitted vibration
ISO 7916:1989	Forestry machinery - Portable brush-saws - Measurement of hand-transmitted vibration
ISO 8662-1-12 :1988	Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General Part 2: Chipping hammers and riveting hammers Part 3: Rock drills and rotary hammers Part 4: Grinders Part 5: Pavement breakers and hammers for construction work Part 6: Impact drills Part 7: Wrenches, screwdrivers and nut runners with impact, impulse or ratchet action Part 8: Polishers and rotary, orbital and random orbital sanders Part 9: Rammers Part 10: Nibblers and shears Part 11: Fastener driving tools Part 12: Saws and files with reciprocating action and saws with oscillating or rotating action Part 13: Die grinders Part 14: Stone-working tools and needle scalars
ISO 10068:1998	Mechanical vibration and shock - Free, mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point
ISO 10819:1996	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
ISO 13753:1998	Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration - Method for measuring the vibration transmissibility of resilient materials when loaded by the hand-arm system

4. ISO 규격 제정 동향

표3은 수완계진동 측정 및 평가에 관련된 ISO규격을 정리한 것이다⁽⁴⁾. 수완계 진동관련 규격이 이와 같이 세분화되고 다양하게 제정된 이유는 동력공구에서 발생하는 진동이 인체에 주는 영향이 그만큼 심각하다는 것을 반증하는 것이라 하겠다. 특히, ISO 8662는 14 개의 규격으로 구성되어 있는데, 작업자에게 해를 끼치는 공구를 종류별로 분류하여 진동의 측정 방법을 제시하고 있다.

수완계 진동의 측정 및 평가의 기준이 되는 ISO

또, 기존의 규격에서는 1축에 대한 진동을 측정하였으나, 3축으로 동시 측정하는 것으로 개정되었다. 손으로 전달되는 진동을 가장 정확히 측정하는 방법은 손과 핸들 사이에 얇은 두께를 갖는 어댑터를 만들어서 측정하는 것이다. 1축 측정은 비교적 용이하게 그 목적을 달성할 수 있으나 3축 측정을 위해서는 새로운 측정계가 요구된다.

ISO 5349-1에는 8시간 작업하는 조건을 기준으로 하여 수완계 진동 후유증의 발생확률에 대해 그림2와 같이 제시하고 있다. 예를 들어, 하루 8시간 근무하는 작업자들이 10m/s²의 가속도에 피폭될 경우 3년후

에는 작업자의 10%에게서 수완계 진동후유증이 발생함을 의미한다. ISO 5349-1의 예시에 따르면 30m/s^2 의 공구 진동에 25년간 피폭된 작업자도 있다고 한다.

Duration, yr

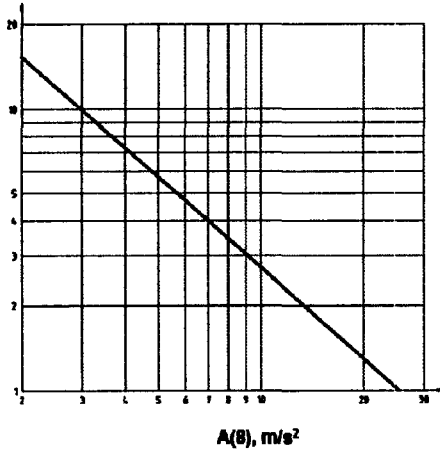


그림2 일간 피폭량과 후유증 발생의 상관관계 (10% 발생기준치)

표2에 정리한, 수완계 진동과 관련된 또 다른 규격들에는 공구를 쥐고 있는 힘의 측정과 관련된 규격, 측정점에서의 임피던스 측정을 위한 규격, 그리고 보호장갑의 진동 전달특성 측정에 대한 규격 등, 수완계 진동과 직접 연관된 규격들이 제정되고 있다. 이 중에서도 공구에 가하는 힘(feed force, push/pull force)을 측정과 관련된 규격은 매우 중요한 역할을 하는데, 이는 수완계 진동에 의한 영향-혈액순환 및 기타 장애-이 정적인 힘에 의해 큰 영향을 받기 때문이다. ISO 13753에는 이송력의 측정 등에 대한 가이드라인이 제시되어 있으나 힘의 측정장비에 대한 규격을 새로이 제정하기 위한 ISO내의 Work group이 2001년도에 구성되어 제정작업을 시작한 바 있다.

5. ISO 규격 제정의 의미와 결론

최근에 들어서 ISO TC108/SC4에서는 인체진동의 측정과 평가에 관련된 규격의 제정작업이 매우 활발하게 진행되고 있다. 이 중에서, 제품과 관련된 규격의 제정은 대부분이 prEN이란 규정으로 동시에 채택되고 있다. prEN은 CEN(유럽규격제정위원회)에서 추진하는 규격인데, 유럽내에서 판매하는 상용제품(commercial product)이 충족시켜야 하는 일종의 regulation이라고 할 수 있다. 다시 말해서, 우리나라 기업이 유럽에 동력 공구를 수출하기 위해서는 ISO 5349-1,2와 같은 규격에 따라 측정을 해야하고, 일일 피폭기준을 충족시키도록 제품을 개발해야 한다는 것이다. 상호인증제도의 본격적인 도입과 함께, 서구에서는 이와 같이 무역 장벽의 역할을 하는 규격제정이 한층 활성화되고 있다. 따라서, 이와 같은 동향과 정보를 지속적으로 수집하여, 규격제정 과정에서 해당 산업체의 이익을 주장할 필요가 있으며, 최소한 법규 제정에 대비하거나 발표되는 규제를 통과할 수 있는 방안을 수립하여야 할 것이다.

참고문헌

- (1) P. L. Pelmear, D. E. Wasserman, Hand-arm Vibration for Occupational Health Professionals, 2nd ed., OEM Press, 1998.
- (2) M. J. Griffin, Handbook of Human Vibration, Academic Press, 1990.
- (3) NIOSH, Vibration Syndrome, (출처: http://www.cdc.gov/niosh/83110_38.html)
- (4) <http://www.iso.ch/iso/> 검색결과