

수완계 진동에 대한 인체 영향 평가 기법의 비교 분석

⁰정 완섭*, 권 휴상*

* 음향진동 그룹 (한국표준과학연구원)

Comparison and Analysis on the Assessment Methods of Human Effects of Hand-arm Vibration

⁰Wan-Sup Cheung*, Hyu-Sang Kwon*

Key words: Human vibration(인체 진동), Hand-arm Vibration (수완계 진동), Vibration & Shock Exposure (진동 및 충격 피폭), Human effects (인체 영향)

ABSTRACT

The recent national contract (Ecotechnopia 21) supported by the ministry of environment puts much significance on new issues for the assessment of human effects arising from vibration and noise exposed to human. This paper focuses only on hand-arm vibration since it has been a major problem in protecting vibration exposure to human. To set up a systematic way of assessing adverse effects of hand-arm vibration, surveys were made on recent international standards and researches related to hand-arm vibration. The measurement and evaluation methods of hand-arm transmitted vibration, the relationship between vibration exposure and effects on health, and the assessment methods of nerve dysfunctions are addressed in this paper. Those methods are linked into a logical way of assessing effects of hand-arm vibration on human. Finally, the current activities and achievements in this work are briefly summarised.

1. 서론

진동은 인체와 접촉하는 부위를 통하여 전달되며, 수 공구 및 손 작업 시 손과 팔로 전달되는 수완계 진동 (Hand-arm vibration)과 누운 자세 앉은 자세 그리고 서 있는 자세에서 각각 발/엉덩이/등 부위로 전달되는 진동을 전신 진동(Whole-body vibration)으로 구분하고 있다. ISO 표준에서도 전신 진동과 수완계 진동을 각각 구분하여 측정, 환산 및 평가 방법들을 규정하고 있다. 한국소음진동공학회 산하 ISO TC108 / SC4 (인체진동 및 충격분야)에서 지난 몇 년간 전신진동에 대한 측정, 환산 평가, 그리고 응용사례 등에 대하여 여러 번 본 저자가 소개한 바 있었으나 수완계 진동에 대한 소개는 사실 매우 미흡한 실정이었다.

금번 논문은 최근 환경부 차세대 과제(Ecotechnopia 21)에서 새로이 시작된 환경 진동, 소음의 인체 위해성 평가를 위한 국내외 자료조사의 일부로 수행되었으며, 특히 인체 위해성 평가에 최근의 연구가 ISO 표준 안에 매우 체계적으로 정리 보급되고 있다는 점을 확인할 수 있었다. 금번 논문은 우선 ISO 수완계 진동에 대한 체계적 구성, 측정 및 평가 방법, 그리고 인체 영향에 대한 내용을 고찰한다. 특히, 인체 영향 평가 분야는 공학에 기반을 둔 새로운 측정 기술과 보건 의학에 기반을 둔 임상학적 현상들의 해석에 적지않은 어려움을 느끼게 하고 있다. 이러한 국외 기술 조사를 통하여 국내에 아직 구축되지 못한 수완계 진동의 측정 및 평가 기술 구축, 그리고

보건학 전문의사의 협조를 통한 임상학적 위해성 평가 체계의 구축이 본 연구의 목표이다.

2. 수완계 진동 측정 및 평가에 대한 ISO 표준 안들

ISO TC 108 (기계진동 및 충격) 분야에서 2001년 5월 출판한 자료[1]에 의하면 수완계 진동에 대한 대부분의 표준 규격들은 Table 1과 같이 최근 개정 중에 있다. 이러한 점은 최근 수완계 진동에 대한 국제적 관심을 대변하고 있다고 사료되며, 유럽과 미국 등지의 선진국에서는 직업병과도 직접 관련되어 직업병 보상에 대한 법적 심의도 함께 본 규격이 연동되기 때문이다.

Table 1. ISO standards regarding to hand transmitted vibration

Code	Title	Available	Notes
ISO/FDIS 5349-1	Measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration—Part 1: General requirements	2002-01 as IS	
ISO/FDIS 5349-2	Measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration—Part 1: Practical guidance for measurement in the workplace	2001-12 as IS	
ISO/FDIS 13091-1	Vibrotactile perception threshold for the assessment of nerve dysfunction—Part 1: Method of measurement at the finger tips	2001-12 as IS	
ISO/CD 13091-2	Vibrotactile perception threshold for the assessment of nerve dysfunction—Part 1: Reporting and interpreting of measurements at the finger tips	2002-12 as IS	
ISO/WD 14835-1	Cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function—Part 1: Measurement and analysis of finger skin temperature	2002-12 as IS	
ISO/FDIS 14835-2	Cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function—Part 1: Measurement and analysis of finger systolic blood pressure	2002-12 as IS	
ISO/PWI 18570	Revision of frequency weighting characteristics for hand-transmitted vibration	Unknown For PWI	
ISO/PWI 15230	Measurement of pushing and gripping forces	Unknown For PWI	
ISO/CD 15694	Evaluation ₁ of isolated shocks transmitted to the hand	2003-04 as IS	
ISO 10068:1998	Free, mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point	Published	
ISO 10819:1996	Hand-arm vibration—Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand	published	

3. 수완계 진동 측정 및 평가 안들의 비교 분석

수완계 진동의 일반적 지침은 내년에 표준 안으로 발행 예정인 ISO 5349-1에 근거를 하

고 있다. 본 지침은 이전의 규격과는 많은 차이점을 보이고 있다. 우선 동시 3축 가속도 진동 측정법을 규정하고 있으며, 최종 평가치는 새로이 정의된 주파수 가중합수 Wh (6.3 Hz - 1250 Hz)를 각 3축에 적용하여 환산되는 8-시간 전체 에너지 등가 진동치 혹은 8 시간 등가 진동 피폭치 (daily vibration exposure) 사용을 정의하고 있다. 특히, 새로운 표준 안은 수완계 피폭 진동과 보건영향에 대한 지침을 새로이 제안하고 있으며, 혈관계 장애 (vascular disorders), 신경계 장애 (neurological disorders), 근육/골격 장애(muscular / skeletal disorders), 그리고 청각장애 등은 직업병으로 구분되고 있다는 점을 강조하고 있다. 그리고, 일반적 보건영향으로 백지 (white finger)병을 들고 있으며, 전체 피폭자 중 10%의 발병율을 보이는 진동레벨을 표 2와 같이 제시하고 있다.

Table 2. Values of the daily vibration exposure A(8), which may be expected to be produce episodes of finger blanching in 10 % of persons exposed for a given number of years Dy.

Dy, years	1	2	4	8
A(8), m/s ²	26	14	7	4

최근의 영국의 연구[2]에서 권장 작업 레벨 (suggested action level)을 2.5 m/s²로 권장하고 있다.

최근 개정 완료 단계에 있는 ISO 5349-2에서는 수완계 진동 측정에 대한 실제적 현장 조건들에 대한 자세한 지침을 담고 있다. 진동 가속도 센서의 무게 및 주파수 감도, 그리고 최대 진동 측정 범위, 그리고 각종 수 공구 들의 형상과 사용 조건들에 따른 측정 위치들에 대한 자세한 방안을 제시하고 있다. 그리고, 수 공구들의 사용 시간 측정에 대하여도 4 가지로 구분 규정하고 있다. 연속적 장시간 측정용, 간헐적 장 시간 및 단 시간 측정, 그리고 충격 신호 측정을 구분하고 있으며, 특히 피폭 진동 측정 시간의 측정에 대하여 각각 구분 규정하고 있다. 현장 시험이 어려운 경우 실험실에서 모사 시험 평가 절차도 제시하고 있다. 본 규격은 이전 각 공구별 독립된 규격들을 하나의 통합된 절차를 따르도록 자세한 측정 위치 및 권장 안을 제시하고 있다.

ISO 5319-1 Annex B에서 언급한 수완계 진동의 누적된 피폭에 의한 인체 위해성 평가에 대한 새로운 객관적 평가 방안을 ISO 규격에서 제정하고 있다. Table 1에 보인 바와 같이 ISO/FDIS 13091-1과 ISO/CD 13091-2는 수지부의 감각신경계 장애를 평가하기 위한 시험 방법으로 진동 감응 역치(vibrotactile thresholds) 시험을, 그리고 ISO/WD 14835-1과 ISO/WD 14835-2는 수지부의 혈관계 장애를 평가하기 위한 시험 방법으로 냉온 자극(cold provocation)과 수지 혈압 시험을 각각 권장하고 있다. 이러한 실험들은 측정원리, 인체 반응 특성, 시험치 해석들에 대한 보건학적 이해를 새로이 필요로 하고 있다. 본 시험 장치들에 대한 연구 토대를 구축하기 위하여 본 연구팀은 국내외 보건의학 연구팀(영국 ISVR, 전북대 의대 보건의학연구소)과 함께 시설 및 장치 구축을 착수하였다. Fig. 1은 현재 구축을 진행 중인 장치로는 진동 감응 역치 시험 장치(tactile vibrometer), 온도 감응 역치 시험장치 (thermal aesthesiometer), 냉 온도 자극에 의한 손 수지부 온도 회복 시험 장치, 그리고 다 채널 주지부 혈압 측정 장치 (multi-channel plethymograph)등이 있다. 그리고, 국내 수완계 진동 피폭 실태를 조사를 수행하기 위하여 질의서를 검토 중이며, 영국의 실태 조사연구에 사용된 질의서[2,3,4]의 내용을 수정 보완하고 있다.

4. 결론

국내 수완계 진동에 대한 연구 필요성은 최근 차세대 과제(Ecotechnopia 21)에서 새로이 시작된 환경 진동, 소음의 인체 위해성 평가에서 매우 절실한 실정이다. 환경 소음 진동과 관련된 수완계 진동과 전신 피폭 진동의 국내 필요성은 더욱 절실하리라고 판단된다. 금번 연구는 환경 진동 중 인체 위해성에 가장 밀접한 관계를 갖는 수완계 진동에 대한 국제 표준 규격과 국내 외적 자료 조사의 일부를 소개하고 있다. 유럽과 미국 등지의 선진국에서는 수완계 진동이 직업병 유발 요인으로 구분하고 있으며 관련 시험 및 평가에 대한 절차를 매우 엄격하게 관리 유지하고

있다. 이러한 일환으로 최근 ISO 수완계 관련 표준안이 대대적으로 수정 보완이 이루어지고 있는 실정이다. 특히, 수완계 진동에 의한 장애에 대한 시험 평가에 대한 방안이 그 대표적인 사례로 판단된다. 이러한 국외적 추세에 부응한 국내 관련 기술의 토착화를 위하여 본 연구팀이 수행 중인 시험 장치들의 구축과 관련 절차서 개발은 향후 국내 수요에 기여도가 기대된다.

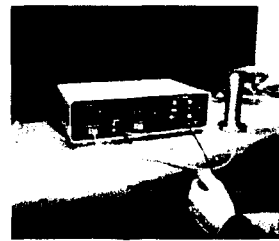
본 논문은 크게 수완계 피폭 진동의 객관적인 측정 및 환산 방법에 대한 새로운 표준안들의 내용 소개, 측정 시 유의해야 설치 방법 및 조건 그리고 측정 시간에 대한 정확한 절차 등에 대한 내용을 소개하고 있다. 그리고, 수완계 피폭 진동과 보건영향에 대하여 표준안의 제정 절차를 진행 중인 새로운 안들에 대한 내용, 즉 혈관계 장애 (vascular disorders), 신경계 장애 (neurological disorders), 근육/골격 장애(muscular / skeletal disorders), 등에 대한 최근의 진척 내용을 소개하고 있다. 본 시험 장치들에 대한 국내 연구 토대를 구축하기 위하여 본 연구팀이 국내외 보건의학 연구팀(영국 ISVR, 전북대 의대 보건의학연구소)과 함께 착수한 시설 및 장치 구축에 대한 내용도 소개하고 있다.

참고문헌

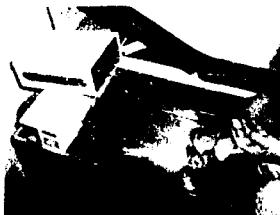
- [1] Second draft business plan for ISO/TC 108: mechanical vibration and shock, ISO/TC 108 N811, 2001(4월)
- [2] K. T. Palmer, et. al, "Prevalence and pattern of occupational exposure to hand transmitted vibration in Great Britain: Findings from a national survey, *Occup. Environ Med.* 2000, Vol. 57, pp 218-228, 2000.
- [3] L.E. Tyler, et al, *Hand Transmitted vibration: clinical effects and pathophysiology, Part 1: Report of a working party*, The Royal College of Physicians of London, 1993 (Jan).
- [4] W. Tyler, et al, *Hand Transmitted vibration: clinical effects and pathophysiology, Part 2: Background papers to the working party report*, The Royal College of Physicians of London, 1993 (Jan).



(a) Tactile Vibrometer



(b) Thermal Aesthesiometer



(c) Multichannel Temperature Monitor



(d) Multi-channel Plethysmograph

Fig.1 Measurement and assessment systems of human effects of hand transmitted vibration devices.