



# 손으로 전달되는 진동의 측정 · 평가 기술 개발 동향

장 한 기\*  
(고등기술연구원)

## 1. 머리말

사람이 진동하는 물체를 잡고 있을 때, 손으로 전달되는 진동을 '수완계 진동(hand-arm vibration)', '수 전달 진동(hand-transmitted vibration)' 혹은 '수지 진동(hand-held vibration)' 이라고 한다. 우리가 일상적으로 접하는 수완계 진동의 대표적인 케이스는 차량의 조향 휠을 잡고 있을 때 전달되는 진동을 들 수 있는데, 이 진동이 불편함 혹은 불쾌감을 유발하여 차량의 안락성 내지는 품질의 저해 요인으로 작용한다. 수완계 진동에서 가장 중요하게 다뤄지는 동력 공구(power tool)의 진동은 일반인들보다 직업적으로 사용하는 그룹에서 심각한 문제가 되는데, 가장 대표적인 경우가 조선 및 주물 공장, 자동차 조립라인, 도로건설 현장 등을 들 수 있다.

이 글에서는 수완계 진동이 인체에 미치는 영향과 수완계 진동의 측정과 평가에 대해 간략히 소개하고, 수완계 진동의 중요한 응용 분야인 공구 진동 분야와 조향 휠 진동 분야로 나누어서 국내외의 기술 개발 동향을 고찰해 보고자 한다.

진동이 인체에 전달되면 크게 2가지 유형의 반응이 나타나는데, 하나는 심리적인 반응으로서 불편함(discomfort)이 대표적인 것이다. 또 하나는 일정 수준 이상 또는 장시간 진동이 가해졌을 때 나타나는 물리적인 반응으로서 장애(disorder) 또는 증상(symptom)이 그것이다. 공구를 사용하는 작업자들이 극심한 진동 및 충격에 장시간(통상 수년) 피폭되면 혈관계, 신경계, 근골격계 질환이 나타날 수 있다. 이 중에서도 혈관계 장애가 가장 빈번하게 나타나는 증상인데 그림 1에서 볼 수 있듯이 혈액 순환이 제대로 되지 않아서 일부 손가락이 하얀 색이 된다. 이와 같은 현상을 진동 기인 백지증(vibration-induced white finger)이

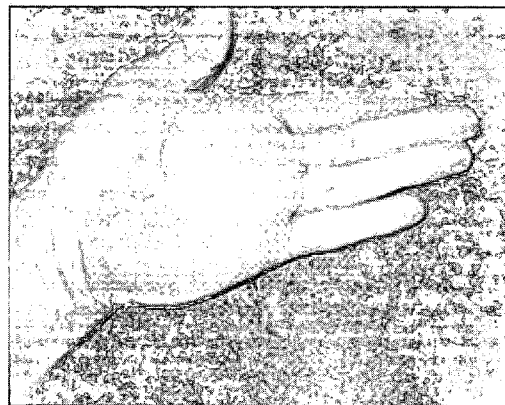


그림 1 진동에 기인한 백지증(白脂症)

## 2. 수완계 진동 개요

### 2.1 인체에 미치는 영향

\* 편집위원, E-mail : hkjang@iae.re.kr, Tel : 031)330-7435

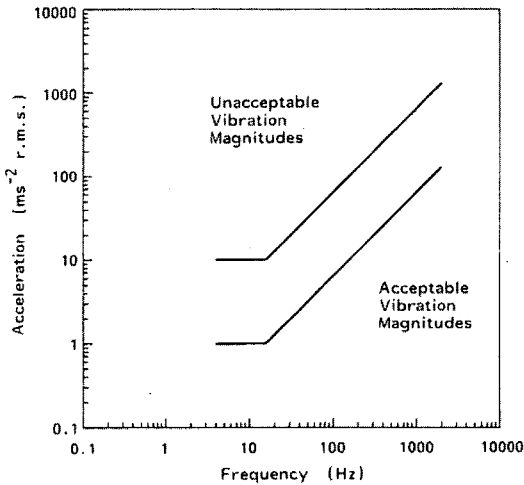


그림 2 작업자 보호를 위한 수완계 진동 피폭 기준  
(출처: BS DD 43)

라고 한다. 신체 조직에 혈액이 제대로 공급되지 않으면 조직이 괴사하는 단계에까지 이를 수 있음을 주지할 필요가 있겠다. 이러한 증상 이외에도, 공구에서 발생하는 저 주파수 진동이나 충격에 의해 손목의 뼈 사이를 지나는 신경 다발이 눌림으로써 나타나는 Carpal tunnel syndrome이 있으며, 저 주파수 진동과 과도한 부하로 인해 근육과 골격계의 손상이 나타날 수 있다.

이처럼 동력 공구에서 발생하는 진동과 충격이 작업자의 건강에 심각한 영향을 미칠 수 있기 때문에, 많은 국가에서 오래 전부터 심각한 노사 문제로서 다루어져 온 것이 사실이다. 선진국에서는 이미 오래 전부터 작업 현장에서의 진동 피폭을 제한하는 강제적인 규정을 시행해오고 있는데, 최초의 규제는 1955년 구 소련의 보건 규정(U.S.S.R. Hygiene Regulation 191-55)이다. 이후 일본, 유럽, 미주 지역의 많은 나라에서 단체별 혹은 국가별로 법규나 시행령 등이 제정되고 사용되어 왔는데, 현장에서 통상적으로 활용되는 주파수별 피폭기준의 전형적인 형태는 그림 2와 같다.

참고로, 표 1에는 수완계 진동과 관련된 ISO 규격 리스트를 정리하였다. 단일 테마에 대해 이처

럼 많은 규격이 개발되는 것은 흔한 일이 아닌데, 이는 수완계 진동이 관련 분야에서 그만큼 중요하다는 것을 반증하는 것이다. 지금도 1년에 2~3 건씩 관련 규격이 새로이 제정되고 있다.

## 2.2 국내 현황

선진국에서는 근로자의 건강을 보호하기 위한 적극적이고 지속적인 움직임이 있어 왔지만 우리나라는 최근까지도 이러한 흐름에서 벗어나 있었다. 노동부에서 1990년부터 1998년까지 조사한 근로자 건강진단 실시결과<sup>(1)</sup>를 보면 1991년과 1992년에 진동진염의 직업병 소견을 받은 사례가 각각 5건과 13건 보고된 바가 있으나 그 이후에는 단 한 건도 없다. 반면, 1994년도에 보고된 자료에 의하면 이웃 나라인 일본에서는 진동과 관련된 직업병 유 소견자가 2,145명이었으나 우리나라에는 단 한 건도 보고되지 않았음을 주지할 필요가 있다. 물론 난청이나 진폐증, 유기용제 중독 등과 같이 더 심각한 요인에 비해 상대적으로 덜 중요하기 때문에 관심의 대상에서 멀어진 것일 수도 있지만, 어쨌든 국내에서는 여러 가지 이유로 인해 이들 문제의 핵심에 접근하지 못했던 것 같다.

다행스러운 것은, 수년 전부터 공구 진동이 근골격계의 유발 인자에 포함되어 다루어지기 시작했다. 근골격계 질환은 최근 수년 동안 작업 현장에서 노사간의 중요한 이슈로 대두되었으며, 2003년 7월에 이르러서 '근골격계 질환 등 산업 재해 및 질환의 문제 해결을 소홀히 하는 사업주를 처벌할 수 있다'는 내용의 기본법이 공포되기에 이르렀다. 그러나 공구 진동 피폭에 대한 구체적인 제재 방법이나 기준의 설정에 이르기까지는 아직 많은 과제가 남아 있다고 하겠다.

## 3. 수완계 진동의 측정 평가 기술 개발 동향

표 1 수완계 진동에 관련된 ISO 규격 리스트

규격번호(제정년도)	규격 명
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 8662-1~14 : 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 13091-1:2001 ISO 13091-2:2003	Mechanical vibration-Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction Part 1: Methods of measurement at the fingertips Part 2: Analysis and interpretation of measurement at the fingertips
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
ISO/CD 14835-1, 2	Mechanical vibration and shock - Cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function Part 1: Measurement and evaluation of finger skin temperature Part 2: Measurement and evaluation of finger systolic blood pressure
ISO/WD 15230	Mechanical vibration-Definition and guidelines for the measurement of the coupling forces for operators exposed to hand-arm vibration
ISO/TS 15694	Mechanical vibration and shock - Measurement and evaluation of single shocks transmitted from hand-held and hand-guided machines to the hand-arm system
ISO/CD 22867	Portable hand-held forestry machines - Measurements of vibration at handles



수완계 진동을 다루는 분야는 기계공학뿐만 아니라 의학, 심리물리학, 인간공학 등 다양한 분야가 만나는 자리에 있기 때문에 서로 다른 분야 간의 통합 연구가 취약한 국내에서 접근 자체가 어려웠던 분야였다. 반면, 유럽에서는 이와 같은 분야에 대한 연구가 양적, 질적으로 매우 활발히 진행되어 왔으며 연구 결과의 양 또한 매우 풍부하다.

수완계 진동 분야를 구성하는 중요한 요소 분야들은 다음과 같으며, 나열한 요소 분야별로 기술 동향을 간략히 정리하였다.

- 진동의 인지 한계 (perception threshold)와 피폭 한계(exposure limits) 결정
- 진동이 인체에 미치는 영향의 주관평가를 통한 주파수가중치 도출
- 수완계의 임피던스 측정 및 활용
- 작업시 수전달 진동의 피폭량 측정 기술
- 수완계 진동 증후군의 임상적 판정을 위한 방법 개발
- 수전달 진동을 줄이기 위한 공구 설계 기술

### 3.1 진동의 인지 한계 (Perception thresholds)와 피폭 한계 (Exposure limits) 결정

인지 한계와 피폭 한계는 각각 사람이 느낄 수 있는 최소한의 진동량과 사람이 견딜 수 있는 최대한의 진동량을 의미한다. 사람에게 미치는 상해를 예방한다는 차원에서 인지 한계보다 피폭 한계에 대한 연구에 대한 관심이 먼저였다. 전술한 바와 같이, 구 소련의 수완계 진동 피폭 한계에 대한 규정이 1955년에 이미 채택된 것을 보더라도 피폭 한계 연구에 대한 역사는 50년이 넘었음을 알 수 있다. 그림 3은 구 소련의 피폭 한계(곡선 A) 이후 세계 각국의 단체별 혹은 국가규격에 나타난 수완계 진동 피폭 한계를 도시한 것이다. 곡선 O와 P는 각각 30분 미만과 4~8시간의 피폭 시간에 대해 적용할 피폭 한계치를 분리하여

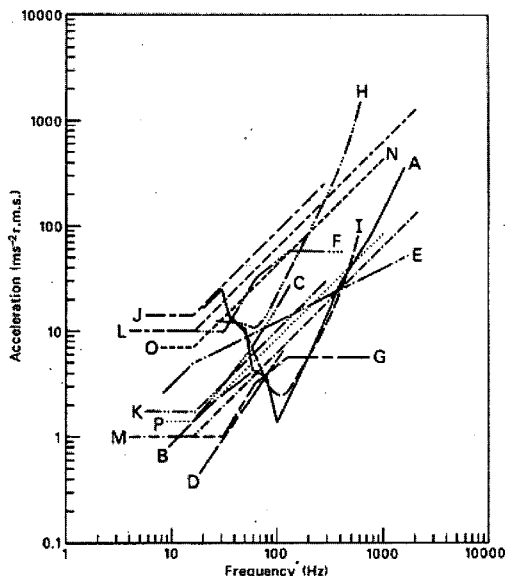


그림 3 1950년대 이후 세계 각국에서 발표된 수완계 진동의 주파수 별 피폭 한계

제시한 것으로 ISO 5349(1979)에 수록된 곡선이 다. 이 곡선의 기본적으로 경향은 그림 2와 매우 유사함을 알 수 있다.

5, 60년대에는 진동의 인지 한계를 측정하는 일이 피폭 한계 측정보다 덜 중요하게 다루어져 왔으나, 최근에 들어서 수완계 진동 증후군의 임상학적 판정을 위해 매우 활발히 연구가 진행되고 있는 분야이다. 손이 진동에 장시간 피폭되면 진동을 느낄 수 있는 최소 진동량(perception thresholds)이 커지는 경향이 있기 때문에, 이를 이용하여 건강한 사람과 수완계 진동 증후군이 있는 사람의 차이를 판정하기도 한다. 진동 인지 한계를 측정하고 결과를 해석을 위해 2건의 국제 규격(ISO 13091-1, 2)이 2001년과 2003년에 각각 제정 공표된 바 있다.

### 3.2 진동이 인체에 미치는 영향의 주관평가를 통한 주파수가중치 도출

인체에 전달되는 진동을 정량적으로 평가함에 있어서의 핵심은 말할 것도 없이 주파수가중치

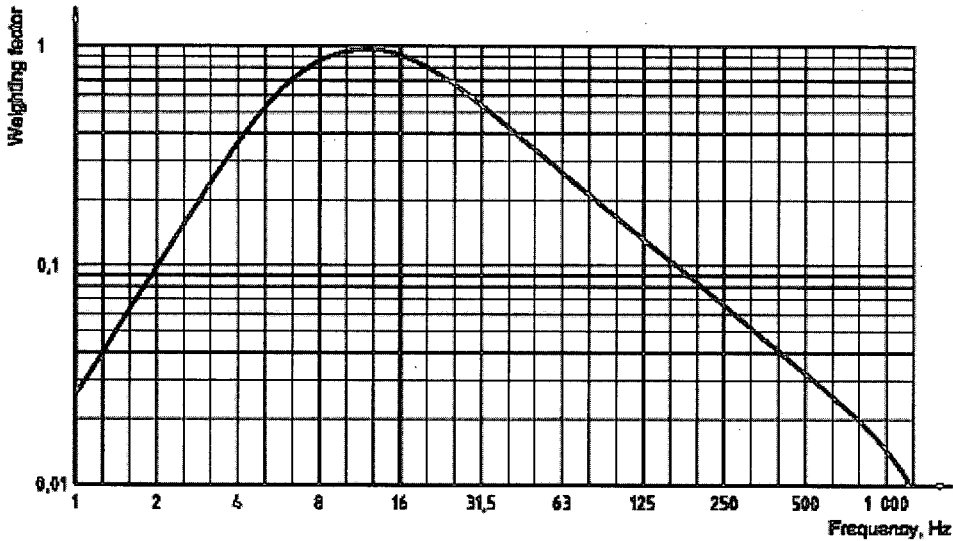


그림 3 수완계 진동의 평가를 위한 주파수 가중치 곡선(ISO 5349-1)

이다. 소음에서의 A-weighting처럼 물리적인 크기를 체감량으로 전환하기 위한 일종의 주파수 가중치가 인체 진동 분야에도 활용되고 있다.

주파수 가중치를 도출하는 과정은 소음, 진동 할 것 없이 주관평가로부터 등 감각 곡선(equal sensation curve)을 구해낸 후에 역수를 취함으로써 결정된다. 그림 2의 진동 피폭기준이나 그림 3의 피폭 한계 곡선 역시 일종의 등 감각 곡선이므로, 주파수 가중치 도입을 위한 기초 작업은 1950년대부터 시작되었다고 보는 것이 타당하다.

현재 인체 진동 분야에서 통용되는 주파수 가중치의 형상이나 스케일상의 차이는 있지만, 전신진동 분야에서 5~6개, 수완계 진동 분야에서 1개 정도이다. 이들 주파수 가중치를 규정한 대표적인 국제 규격은 전신 진동에 대해 ISO 2631-1~3(또는 BS 6841), 수완계 진동에 대해 5349-1,2(또는 BS 6842)가 있다. 평균적으로 볼 때 하나의 주파수 가중치가 국제 규격화되기까지는 10년 이상 소요되며, 이와 관련된 연구 논문 또한 수십 편이상인 경우가 보통이다. 공구 진동과 관련된 수완계 진동의 주파수 가중치는 현재 한 가지만 활용되고 있으나 진동 방향에 따라 다르다

는 연구 결과들이 있어서 이에 대한 추가적인 연구가 진행될 것이 예상된다.

### 3.3 수완계의 임피던스 측정 및 활용

인체 진동 분야에서 신체의 동적 특성을 측정하는 경우, 대부분 진동 전달 부위에서 측정된 힘과 속도(혹은 가속도)로 결정되는 임피던스를 구한다. 신체 각 부분의 질량 중심이 대부분 신체 내부에 위치하기 때문에 거동을 직접 측정하는 것이 거의 불가능하기 때문이다. 따라서 인체 진동 분야에서는 생체동역학(biodynamics)에서처럼 관성 좌표계를 사용하지 않고 진동이 인체로 유입되는 접촉 부위에 원점을 둔 접촉점 기준 좌표계(basicentric coordinates)를 사용한다.

수완계의 임피던스 데이터는, 손과 팔의 동역학적 모델을 구하거나(ISO 10068) 공구 진동으로부터 손을 보호하기 위한 방진 장갑 개발(ISO 10819) 등에 활용된다. 이미 기본적인 자세에 대해서는 임피던스와 동적 모델에 대한 데이터가 상당량 축적되어 있지만 아직도 이 분야의 연구들이 지속적으로 행해지고 있다. 왜냐하면 인체의 경우 자세나 작용력, 진동의 크기가 변하면 수

완계의 동특성이 바뀌기 때문이다.

### 3.4 작업 시 수 전달 진동의 피폭량 측정 기술

이 기술은 수완계 진동의 주파수 가중치와 더불어 ISO 5349를 구성하는 핵심적인 내용으로서, 손을 통해 진동이 인체에 미치는 즉각적인 영향을 정량적으로 판단하고자 하는 기술이다. 이 분야에 대한 기술 역시 상당 부분 정립되어 있는 것이 사실이지만, 공구의 다양성과 이에 수반되는 자세의 다양성, 작업 모드의 상이성, 작용력 및 부하의 다양성으로 인해 앞으로 진행될 연구의 양이 상당할 것으로 예상된다.

### 3.5 수완계 진동 증후군의 임상적 판정을 위한 방법 개발

수 전달 진동 증후군의 임상적인 판단에는 공구의 사용 기간 동안의 추적 조사가 수반되어야 하므로 인과 관계를 확인하는 데 통상 10년이 소요된다. 따라서, 이 분야의 연구는 선진국에서조차 수행이 쉽지 않기 때문에, 다른 아이টে에 대한 연구와 병행하여 간헐적 혹은 정기적인 조사 연구를 지속하는 것이 보통이다.

국내에서는 일부 산재 전문 병원에서 수완계

진동 증후군을 판정할 수 있는 시설을 갖춘 곳이라고 알려져 있으나 실제로 활용되고 있는 지에 대해서는 자료가 불충분하다. 전술한 바와 같이 1990년대 후반까지도 진동이 직업병으로서 보고되는 사례가 거의 없었기 때문이다.

### 3.6 수 전달 진동을 줄이기 위한 공구 설계 기술

-공구 발생 충격을 저감하기 위한 기술

사람에게 전달되는 진동 중에서 그 크기가 가장 큰 경우는 동력 공구를 사용할 때 손으로 전달되는 충격성 진동이라고 할 수 있다. 자동차의 바퀴를 풀거나 조일 때 흔히 사용하는 임팩트 렌치의 표면에 가속도계를 단단하게 고정하고 볼트 조임 작업을 수행하게 되면  $400\text{ m/s}^2$ 에 이르는 충격성 가속도가 발생한다. 물론 임펄스의 지속시간이 매우 짧기 때문에 즉각적으로 심각한 상해를 일으키지는 않는다. 하지만 장시간 작업 시 신체에 영구적인 질환을 남길 수 있기 때문에 매우 심각한 작업 환경이 아닐 수 없다. 임팩트 렌치가 가장 많이 사용되는 자동차 제조사의 조립라인에서는 이와 같은 충격을 막기 위해 동력을 공압(pneumatic) 대신에 충격 완충 효과가 있는 유압

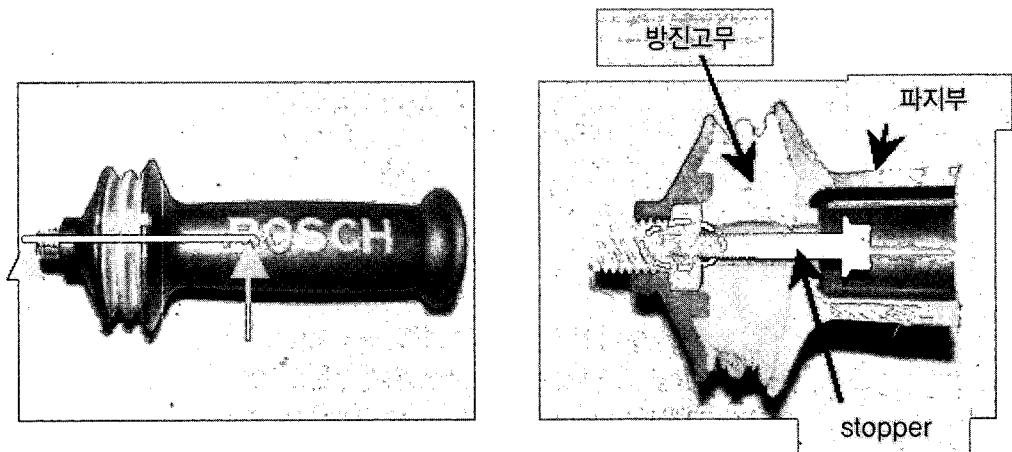


그림 4 동 흡진기 원리를 이용한 방진 핸들(LG산전 제공)

(hydraulic)을 사용하기도 한다. 그리고, 렌치를 직접 손으로 들고 하지 않고 거치대를 이용함으로써 진동 전달을 최소화하기도 한다.

- 방진 핸들을 이용한 수 전달 진동 저감

최근의 Bosch사에서 판매하고 있는 전동 공구 중에는 방진 핸들이 장착된 제품이 있다. 방진 핸들은 그림 4에서 보인 것처럼 핸들과 공구 사이에 고무 재질의 방진재를 삽입한 것인데, 공구의 주요 회전 주파수와 핸들의 공진 주파수를 튜닝 시킴으로써 아이들링 주파수의 진동에 대해서는 동흡진기 역할을 하면서, 가공 시 발생하는 보다 높은 주파수의 진동 성분 또한 상당히 저감시키는 효과를 보이고 있다. 이 방진 핸들은 실질적인 효과도 클 뿐만 아니라 마케팅 포인트로서도 매우 큰 효과를 보이고 있는 것으로 업계에서는 알려져 있다. 과거에는 별도의 동흡진기를 설계하여 기기 내부 혹은 외부에 부착하는 것이 보통이었으나, 위의 경우는 핸들 자체를 동흡진기로 설계하여 상당한 진동 저감 효과를 거둔 것이 본 방진 핸들의 특징이다.

4. 조향 휠 진동 평가 분야의 기술 동향

조향 휠의 진동은 수완계 진동의 한 줄기임에도 불구하고 사람이 느끼는 양으로서의 진동 평가에 대한 연구개발이 매우 드문 것이 사실이다. 그 이유는, 인체 진동 전문가들의 주 관심 대상이 공구 진동에 치우쳐져 있었고, 조향 휠에서 나타나는 진동의 크기가 건강에 직접적인 영향을 미칠 정도가 아니었기 때문이었다. 한편, 조향 휠 진동에 대한 연구개발은 주로 차량 산업계에서 수행되었지만 인체가 느끼는 진동의 평가를 수행할 만한 인력이 해당 업계에 드물었던 것도 하나의 원인이라고 하겠다.

최근에 들어서 조향 장치의 진동에 대한 인체의 반응을 평가하려는 시도가 이루어지고 있다. 차량 자체의 진동 발생 수준이 매우 낮아지고, 동

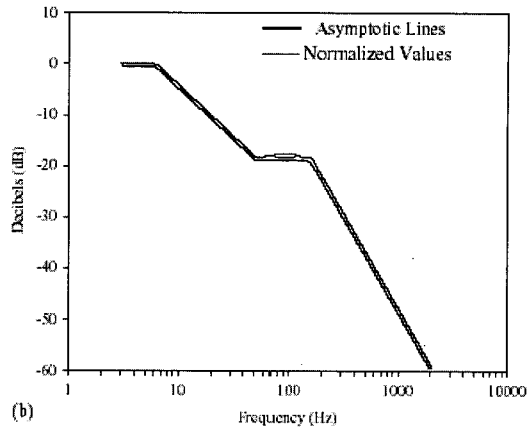


그림 5 5~315 Hz 범위의 쉬미 진동에 대한 주파수 가중치 곡선

시에 차량의 고품질화 추세가 그 배경이라 할 수 있겠다. 조향 휠 진동 평가의 핵심은 주파수 가중치를 결정하는 것이다. 일부에서는 공구 진동 평가를 위한 주파수 가중치를 그대로 사용하는 경우가 있으나 이는 잘못된 접근 방법이다. ISO 5349에서 제시하는 수완계 진동의 주파수 가중치 함수는 공구를 잡고 있는 자세에 대해 도출된 것으로서, 차량의 조향 휠을 잡는 경우와 자세도 다르고 쥐고 있는 상태에도 큰 차이가 있기 때문이다.

조향 휠의 진동의 주요한 대상은 셰이크(shake)와 쉬미(shimmy)인데, 전자는 수직 방향의 진동이 주종을 이루며 아이들링 상태에서 주로 문제가 되고, 후자는 주행 중 노면과 타이어의 상호작용에 의해 발생하는 것이 보통이다. 물론 경우에 따라서는 주행 중에 두 가지 진동이 동시에 나타나기도 한다. 타이어 제조업체인 미쉐린사와 르노 자동차는 최근에 조향 휠의 회전 진동에 대한 체감특성을 공동으로 연구하여 발표한 바 있다<sup>6)</sup>. 이 연구에서는 5~315 Hz의 범위에서 조향 휠의 회전 진동에 대한 안락성 주관 평가시험을 수행하여 등 감각 곡선(equal sensation curve)을 도출하고 이로부터 주파수 가중치를 결정함으로써, 조향 휠의 회전 진동(shimmy)의 주파수 별 체감

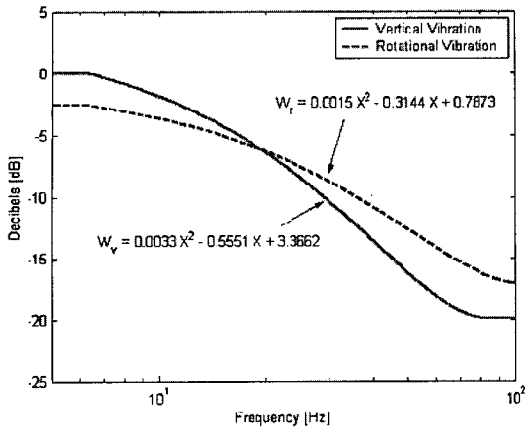


그림 6 5~100 Hz 범위에 대한 쉬미 및 셰이크 진동에 대한 주파수 가중치 곡선

특성 평가를 가능하도록 하였다(그림 5).

한편, 국내에서도 비슷한 시기에 조향 휠의 대표적인 두 가지 진동인 수직 방향의 셰이크와 쉬미에 대한 주파수 가중치를 결정한 연구가 진행되었다<sup>7)</sup>. 실제 차량에서 문제가 되는 100 Hz까지로 주파수 범위를 국한시켜 두 가지 진동에 대한 주파수 가중치를 독립적으로 추출하고 두 가지 진동의 상대적인 안락성 평가를 수행함으로써, 두 가지 진동이 인체에 미치는 영향을 동시에 평가할 수 있는 Tool을 제공하였다(그림 6). 이 연구는 위의 연구보다 주파수 범위는 줄었지만 두 가지 방향의 진동을 상대 비교, 평가할 수 있다는 장점이 있다.

조향 휠 진동의 평가 분야는 현재 연구가 본격적으로 시작하는 단계이므로 향후 수년간 많은 연구가 진행될 것으로 예상되는데, 주요한 연구 방향은 다음과 같다.

#### 4.1 쉬미 진동과 셰이크 진동에 주관평가를 통한 주파수 가중치 추출

앞서 제시한 바와 같이 조향 휠의 두 가지 진동에 대한 주파수 가중치를 도출하기 위한 연구 결과들이 이미 있었지만, 이러한 주파수 가중치가

업계에서 활용되기까지는 적어도 10여건 정도의 연구결과가 확보되어야 한다. 더욱 다양한 시험 조건과 상이한 주관평가 기법 적용을 통해 도출된 결과가 일관성을 보여 주어야 하고, 이 과정을 통해 전문가들 사이의 Consensus가 이루어지는 과정이 필요하다. 이에 소요되는 기간은 적어도 5년 이상이 될 것으로 예상된다.

#### 4.2 조향 휠 진동과 전신 진동의 상대적인 평가

차량의 진동과 관련된 운전자의 승차감을 평가하기 위해서는 시트와 바닥, 그리고 조향휠의 진동이 미치는 영향을 정량적으로 비교할 수 있어야 한다. 이 분야의 연구는, 차량에서 진동에 의한 승차감 평가를 위한 마지막 단계가 될 것이고, 3지점의 진동간의 상호 영향을 파악하는 시험의 양이 상당하기 때문에 한 사이클을 수행하는데 3년 정도의 시간이 필요할 것으로 판단된다. 이 연구는, 요구되는 시험 장치가 복잡하고 세련된 주관 평가 기법이 요구되기 때문에 결과 도출 과정이 상당히 어려울 것으로 예상됨에도 불구하고 향후 10년 이내 반드시 진행될 것으로 예상된다.

### 5. 맺음말

수완계 진동은 전신 진동 분야와 함께 인체 진동 분야의 중요한 두 축을 구성하는 분야라고 할 수 있다. 현재 국내에서 한참 불고 있는 Well-being 바람이 아니더라도, 사람이 사용하는 제품의 최종 단계는 사람이 사용하기에 편해야 하고 따라서 사람의 관점에서 그 품질이 결정되어야 한다. 인체 진동 분야는 진동 분야에서의 Well-being을 실현할 수 있는 효과적인 Tool이 될 수 있다.

인체 진동 분야는 그 역사가 50년 정도에 불과한 신생 학문 분야이고 여러 가지 학문이 중첩되는 Inter-disciplinary한 연구 분야이다. 아이টে





매우 다양할 뿐만 아니라 대상이 사람이기 때문에 기계 구조물에서처럼 입력과 출력의 관계가 Deterministic 하게 결정되지 않고 다양성이 매우 풍부한 분야이다. 다시 말하면, 연구 대상이 매우 풍부하다는 것이고, 2~3년만 준비하면 20년치의 연구 아이টে를 얻을 수 있다. 필자는 보다 많은 연구자들이, 한참 무르익어 가고 있는 인체 진동 분야의 많은 열매들을 딸 수 있기를 희망한다. ☞

### 참고문헌

- (1) 임상혁, 수지진동증후군의 이해와 노동조합의 역할, 출처: <http://www.greenhospital.co.kr/research/>
- (2) International Organization for Standardization, 1997, ISO 2631-1, Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration-Part 11: General Requirements.
- (3) British Standards Institution, BS 6841, 1987, Guide to the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Mechanical Vibration and Repeated Shock.
- (4) British Standards Institution, 1987, BS 6842, Measurement and Evaluation of Human Exposure to vibration Transmitted to Hand.
- (5) International Organization for Standardization, 2001, ISO 5349-1, Mechanical Vibration: Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-transmitted Vibration.
- (6) J. A. Giacomini, M. S. Shayaa, E. Dormegnien and L. Richard, 2004, "Frequency Weighting for the Steering Wheel Rotational Vibration," Industrial Ergonomics, 33, pp. 527-541.
- (7) 홍석인, 장한기, 김승환, 2003, "체감 진동량 평가를 위한 조향휠 진동의 주파수 가중치 결정," 한국자동차공학회논문집, 11(4), pp. 165-172.