

인체진동 측정 및 평가 - ISO 2631

안 세 진

(위덕대학교)

이번 강좌에서는 국제표준기구(ISO)의 조직도 상에서 인체진동 관련한 표준의 제정 및 개정 절차에 대하여 알아보고, 전신진동(whole-body vibration)의 측정과 평가에 대한 일반적인 사항을 국제표준으로 규정하고 있는 ISO 2631-1을 간략하게 소개하고자 한다. 참고로 다음 강좌에서는 ISO 2631-1을 이용하여 인체진동을 측정하고 평가하는 방법에 대하여 좀 더 면밀히 살펴보고자 한다.

1. 인체진동

인체진동(human vibration)은 각종 진동에 노출된 사람이 진동을 감각하고 심리적 반응하는 것과 신체가 운동학적이고 물리적으로 반응하는 현상을 연구하는 분야이다. 이러한 인체진동 연구를 위해서는 진동의 기계적이고 물리적인 성질의 이해와 함께 진동에 반응하는 인체의 생체적 특성 그리고 진동을 느끼는 사람의 심리적이고 생리학적인 특성을 함께 고려하여야 한다. 즉 진동의 기계적 현상과 이에 반응하는 인체의 현상을 동시에 연구하는 융합적 학문의 분야이다.

인체진동은 각종 차량에 탑승한 운전자에 대한 전신진동(whole-body vibration)과 작업용 공구를 다루는 작업자에 관련한 수완계 진동(hand-arm vibration) 분야로 나누어 연구되어져 왔다. 전신진동은 사람의 “건강과 안전” 분야, 진동에 의한 생활상에서의 “불편함” 분야, 진동으로 떨림으로 인한 “사물 인지능력”이 저하되는 정도를 연구하는 분야, 그리고 선박 등에서의 극저주파 진동

에 의한 “멀미” 현상에 대한 연구분야가 있다. 수완계 진동은 각종 기계류를 손으로 쥐고 장시간 사용하는 작업자들의 수완계 질병과 건강에 관련된 연구분야이다. 국제표준기구 ISO는 이렇게 연구된 결과물들과 각 나라에서 사용하고 있는 국가표준을 종합적인 검증과 협의과정을 거쳐 인체진동 분야의 국제표준으로 제정하였다.

이번 강좌에서는 최근에 국내에서 사용 빈도가 높은 전신진동 ISO 2631의 국제표준 제정 현황 및 주요 내용을 간단히 요약하고, 다음 강좌에서는 전신진동을 측정하고 평가하는 절차와 방법에 대한 구체적인 내용을 소개하기로 한다.

2. 국제표준기구 ISO

스위스 제네바에 위치하고 있는 ISO(International Organization for Standardization)는 서로 다르게 사용하고 있는 각 나라의 국가표준들을 조정하고 통일하기 위해 1947년 설립되었으나, 실제로 표준을 제작하여 세계로 전파하

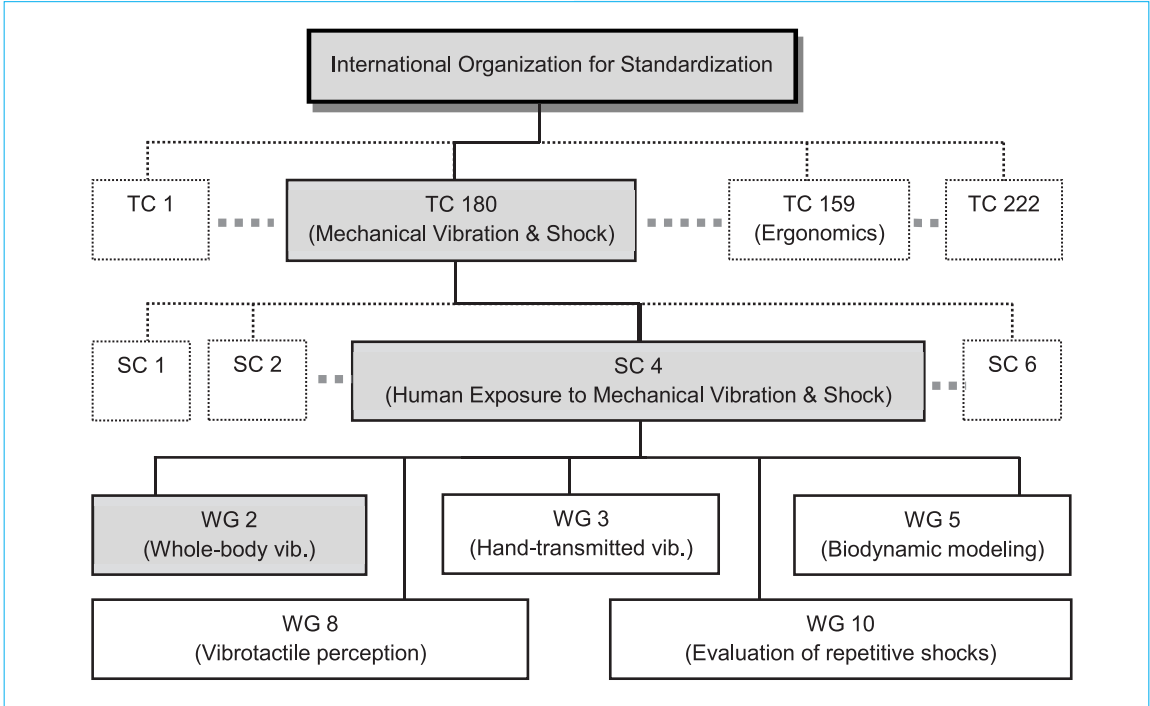


그림 1 인체진동 관련 국제표준기구 ISO 체계도

기 시작한 것은 1970년대부터이다. 현재는 여러 나라의 대표들로 구성된 국제표준 기술위원회 (ISO technical committee)의 활동을 통하여 각종 국제표준이 제정되고 개정되어지고 있다.

ISO TC는 숫자로 표시된 참조코드에 따라 담당하고 있는 기술분야를 알 수 있다. 예를 들어 ISO TC 159는 인체공학(ergonomics)를 담당하며, ISO TC 108은 기계진동 및 충격(mechanical vibration and shock)을 담당하는 기술위원회를 나타낸다. ISO TC는 여러 개의 소위원회(SC: subcommittee)로 나누어지며, 각각의 소위원회는 기술분야에 따라 다양한 워킹그룹(WG: working group)로 나누어져 있다. 그림 1은 인체진동 관련한 ISO 체계도를 도시하고 있다. 예를 들어 ISO TC 108 SC 4에 속한 WG 2는 인체진동 분야에서의 전신진동(whole-body vibration)을 담

당하고 있다.

하나의 표준이 ISO 표준으로 제정 또는 개정되기 위해서는 표 1과 같이 6단계의 절차를 거치게 되며, 각 단계에서 진행 중에 있는 표준은 정해진 규칙에 따라 참조코드(reference code)로 표시한다. 예를 들어 committee stage에서 의결된 초안(draft international standard)은 DIS xxxx로 표시하는데, 여기서 xxxx는 표준번호를 의미한다. ISO 표준의 제정과 개정을 위한 각각의 절차에서 다음 단계로 진행되기 위해서는 TC 위원들의 기술 검토 및 투표과정을 거치게 되어 있다.

국제표준 ISO 외에 유럽표준을 담당하고 있는 CEN(European committee for standardization)에서 EN 표준을 제정하고 있으며, ISO와 EN이 중복되는 표준에 대해서는 이중참조코드(Dual reference code)를 사용한다. 예를 들어 "EN ISO 13090-

기초강좌

표 1 ISO 표준 제정 프로세스

Stage	Description
1. Proposal stage	New work item proposed
2. Preparatory stage	Building consensus within WG(First Committee Draft)
3. Committee stage	Building consensus within TC or SC(Draft International Standard)
4. Enquiry stage	Enquiry & comment on Draft International Standard(Final Draft)
5. Approval stage	Formal vote on the Final Draft
6. Publication stage	Publication of International Standard

1:1998 Mechanical vibration and shock"과 같이 표기한다. 각 나라에서 규정하고 있는 국가표준(national standard) 가운데 국제수준의 활용도를 가지는 표준으로는 ANSI(American National Standards Institute), BSI(British Standards Institute), DIN (Deutsches Institut fur Normung, Germany), JISC(Japanese Industrial Standards Committee) 등이 있다.

3. 국제표준 ISO 2631 (전신진동)

(1) ISO 2631의 구성

인체진동을 측정하고 평가하는 데 있어서 가장 많이 활용되고 있는 국제표준 ISO 2631: Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration의 범위는 사람의 전신이 주기(periodic), 랜덤(random), 또는 과도(transient)진동에 노출된 상황에 대한 인체의 반응을 측정하고 평가하는 방법에 대한 표준을 규정하고 있으며, 다음과 같이 네 개의 파트로 나누어져 있다.

- ISO 2631-1 (1997): Part 1: General Requirement
- ISO 2631-2 (2003): Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- ISO 2631-4 (2001): Part 4: Guidelines for the

evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems

- ISO 2631-5 (2004): Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks

ISO 2631-3 (1985)은 대부분의 내용이 ISO 2631-1(1997)으로 편입됨으로써 표준에서 삭제되었다. 위의 네 개 파트 중에서 현재까지 가장 많이 활용되는 ISO 2631-1(1997)은 ISO 2631-1(1985)를 대폭 수정 보완하여 개정된 것이며, 2010년에 health 관련 표준 내용을 포함하여 일부 내용이 수정 보완되어 ISO 2631-1(1997)/AMD1:2010으로 공표하였다. 전신진동에 대한 영국표준 "BS 6841 (1987): Guide to Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-body Mechanical Vibration and Repeated Shock"은 ISO 2631-1와 다소의 차이는 있으나 전반적인 개념과 방법은 동일하며, 시험하고자 하는 진동의 특성과 시험상황 그리고 시험목적에 따라 선택적으로 이용할 수 있다.

(2) ISO 2631-1의 적용범위 및 인체좌표

ISO 2631-1에서는 기계적 진동이 사람의 건강(health)과 안락감(comfort) 그리고 인지(perception)에 영향을 미치는 진동 주파수범위는

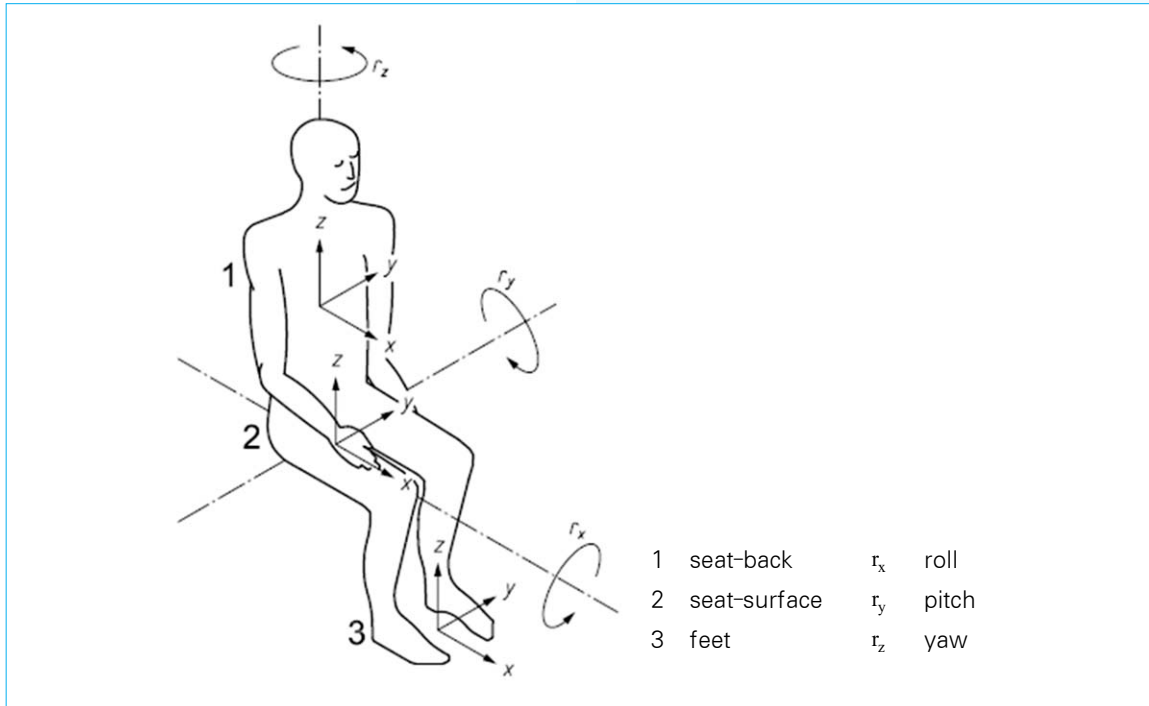


그림 2 앉은 자세에 대한 진동전달 경로 및 좌표축

0.5 Hz~80 Hz로 규정하고 있고, 멀미(motion sickness)에 관련된 진동 주파수는 0.1 Hz~0.5 Hz의 범위로 규정하고 있다. 이 표준에서는 진동이 인체로 전달되는 경로는 인체를 지지하는 모든 면(supporting surface)으로 규정하고 있으며, 서있는 자세(standing)로 있을 때는 두 발(feet)을 지지면으로 하고, 앉아있는 자세(seated)에서는 엉덩이(buttocks)와 등(back) 그리고 두발을 지지면으로 한다. 진동에 반응하는 인체의 특성을 측정하기 위해서는 진동이 전달되는 주요한 지지면에 센서를 장착하여 가속도 신호를 획득하여야 한다. 그림 2는 앉은 자세에 있는 인체에 센서를 장착하는 위치와 좌표축을 나타내고 있다. 각각의 지지면에서 사람의 앞쪽 방향이 x-축이 되고, 왼쪽 방향은 y-축, 그리고 위쪽 방향을 z-축으로 표준으로 정하였다.

(3) 주파수 가중곡선

동일한 크기를 가지는 진동이라할 지라도 인체로 전달되는 지지 면에 따라 인체가 반응하는 정도와 현상은 다르고, 동일한 지지 면에서도 진동의 방향에 따라 인체의 반응은 달라질 뿐만 아니라 진동의 주파수에 따라서도 인체가 반응하는 정도가 다르다. 즉 인체진동 시험을 위해서는 진동이 전달되는 각각의 지지 면과 진동의 방향에 따른 진동 주파수 가중곡선(frequency weighting curve)가 요구 된다. 이러한 목적으로 수행된 다양한 연구를 통하여 개발된 결과물들을 종합하고 검증하여 국가표준 및 국제표준으로 등록되었다.

국제표준 ISO 2631-1에는 그림 3과 같은 전신진동에 대한 주파수가중곡선을 표준으로 규정하고 있다. 4 Hz~10 Hz 영역에서 가중값이 높은 W_k 곡

기초강좌

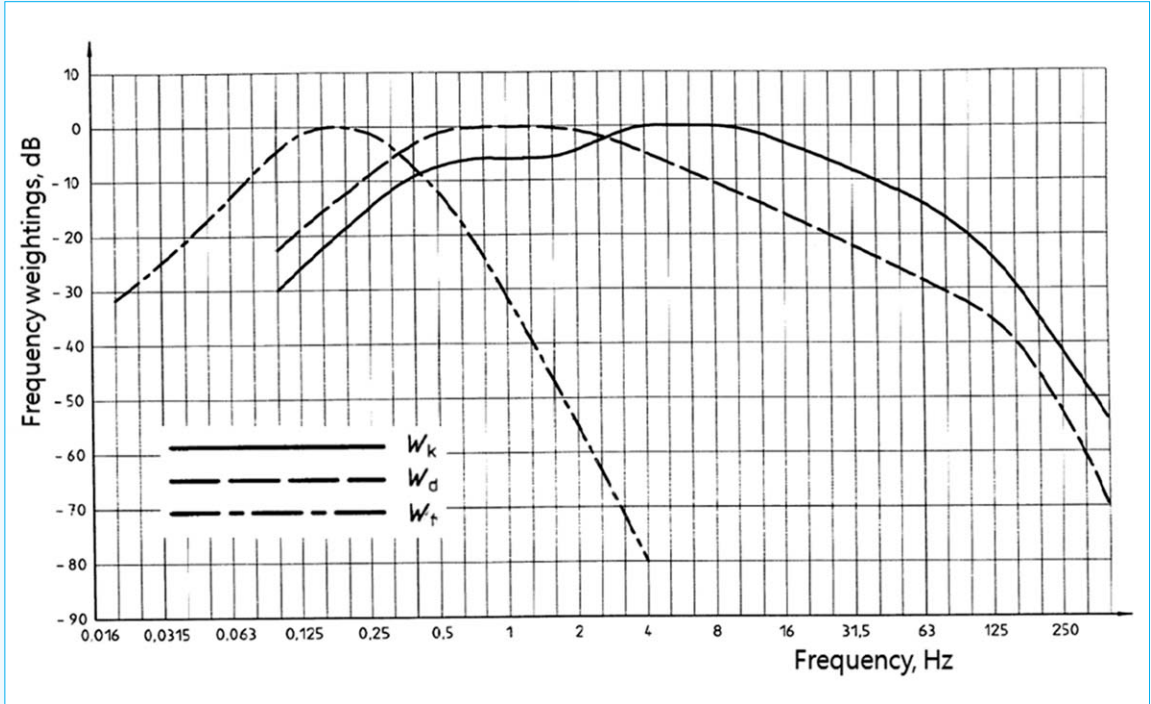


그림 2 앉은 자세에 대한 진동전달 경로 및 좌표축

선은 앉은 자세에 대한 시트표면(seat surface)의 수직방향(z-axis)에 대한 가중곡선을 나타낸 것이다. 주파수가중곡선 W_d 는 1 Hz 주위로 높은 가중 값을 가지며 시트표면에 대한 전후(x-axis)와 좌우(y-axis)방향 진동에 대한 것이다. 그리고 주로 선박에서 발생하는 극저주파로 인한 멀미(motion sickness)에 대해서는 W_f 주파수가중곡선을 적용하도록 규정하고 있다. ISO 2631-1에는 이 외에도 W_c , W_e , W_j 가중곡선을 규정하여 더욱 다양한 적용을 권장하고 있다. [KSNVE](#)

참고문헌

- (1) Mansfield, N. J., 2005, Human Response to Vibration, CRC Press, London.
- (2) Griffin, M. J., 1990, Handbook of Human Vibration, Elsevier Academic Press, London.
- (3) ISO 2631-1, 1997, Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration - Part 1: General Requirements, International Organization for Standardization, Geneva.