

방진장갑의 재질별 진동저감효과

The effect of vibration reduction on the anti-vibration gloves made of different materials

윤희경†·서충열*·이재원*·박형규*·장성기*

Hee Kyung Yun, Chung youl Seo, Jaewon Lee, Park Hyeong Gyu and Seong Ki Jang

1. 서 론

우리나라의 조선업과 자동차 산업이 발달하고, 산업이 기계·자동화가 됨에 따라서 진동공구의 사용 또한 많아지고 있다. 반복적인 국소진동의 노출은 작업관련성 근골격계질환인 국소진동증후군 (HAVS: Hand-Arm Vibration Syndrome)의 발병률을 높인다. 특히 보호장비 없이 장시간 노출될 경우 혈액순환장애로 인하여 손가락이 저리고 하얗게 변하며, 심한 경우 손가락끝 세포가 괴사하는 레이노드증후군(Raynaud's Syndrome)이 보고된 사례가 있다.

HAVS의 발생률을 살펴보면 캐나다의 경우는 약 5.8%, 미국, 오스트리아, 프랑스 등에서는 1.7~3.6%, 우리나라의 경우는 평균 0.3%로 나타났으나, 밝혀지지 않은 잠재성을 지닌 작업자를 고려한다면 수가 증가할 것으로 추정된다.

하지만 방진장갑의 사용실태를 조사한 결과 진동공구를 사용할 때 방진장갑을 착용하는 작업자는 없으며, 대부분 방진장갑 대신 면장갑과 고무코팅장갑을 사용하는 것으로 나타났다.

작업자들은 주로 불편함과 불쾌감의 유발로 인하여 방진장갑을 착용하지 않으며, 방진장갑의 진동저감에 관한 연구와 정확한 실태조사가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 drill과 grinder의 주파수 분석을 통해 주요 발생 주파수 대역을 파악하여, 방진재질별 효율적인 진동 저감을 위한 주파수 대역을 파악하고자 한다.

ISO 5349에 따라 주파수별 가중 가속도의 값을 맨손인 경우와 방진장갑을 착용한 경우를 비교하여 방진장갑의 방진재질에 따른 진동저감차이를 분석하고자 한다.

그리고 ACGIH에서 제시한 일일 노출 한계기준치를 기준으로 노출한계시간을 추정하고자 한다.

2. 평가 방법

국소진동 측정 및 평가지침인 ISO 5349에 나타난 것과 같이 진동센서를 손바닥부분에 고정시키고 장비의 손잡이 부분을 잡아 측정하였다.

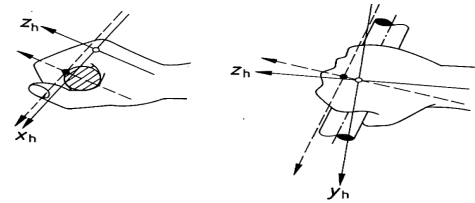


그림 1. 기동 모양 센서의 진동측정 형태 및 위치

x, y, z축 3축에서 가속도 값을 측정하고 각 주파수별 가중된 전달력은 다음 식 (1), (2)와 같이 계산한다.

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_j \cdot a_{hj})^2} \dots \dots \dots (1)$$

여기서, a_{hw} : 주파수가중 가속도
 K_j : 주파수 가중 인자
 a_{hj} : 1/3옥타브 범위의 i번째 가속도 값

$$a_{hv} = \sqrt{(a_{hw_x})^2 + (a_{hw_y})^2 + (a_{hw_z})^2} \dots (2)$$

여기서, a_{hv} : 3축 가중 가속도 값 (m/s^2)
 a_{hw_x} : x축에 대한 가속도 실효값 (m/s^2)
 a_{hw_y} : y축에 대한 가속도 실효값 (m/s^2)
 a_{hw_z} : z축에 대한 가속도 실효값 (m/s^2)

2.1 연구 대상

스펀지, 고무, 젤, 공기 4가지의 방진장갑과 면장갑 4타입 (면장갑 1개, 고무코팅장갑 1개, 면장갑 2개, 면장갑1개+고무코팅장갑1개)을 대상으로 분석하였다.

† 교신저자:국립환경과학원 실내환경연구팀
 E-mail : yhk85@naver.com
 Tel : (032) 560-7395, Fax : (032) 561-7013

* 국립환경과학원 실내환경연구팀

2.2 측정 장비 및 측정 시간

drill과 grinder 두 가지 장비를 대상으로 동일한 진동을 발생시키고, 안전상의 문제로 그림 2와 같이 고정하여 측정하였다. 1회 15초씩 4회 측정한 데이터 가운데 오차가 작은 3개를 선정하였다.



그림 2. 측정 장비의 모습

3. 결과 및 고찰

(1) 측정된 데이터의 주파수 분석

맨손인 경우 drill과 grinder의 주파수를 분석한 결과 두 가지 장비 모두 전체적으로 Y축에서 높은 값을 보이고 있어 Y축에서의 재질별 차이를 분석하였다. 이는 그림 3, 4와 같으며, 10Hz이하와 100Hz이상 두 부분에서 진동의 특성이 주로 나타났다.

10Hz이하 대역에서는 면장갑 1개와 고무코팅장갑 1개를 착용한 경우를 제외하고 2배 이상의 저감 효과가 있으며, 방진효과는 스펀지, 가죽, 젤, 고무 재질 순으로 나타났다.

100Hz이상 대역은 면장갑 4타입과 스펀지의 경우 감소 효과가 거의 없으며, 고무재질의 경우 진동저감효과가 가장 좋으며 젤, 가죽 순으로 저감효과가 감소되었다.

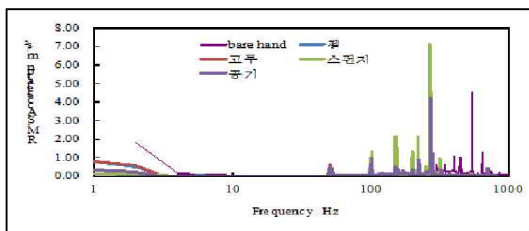


그림 3. drill의 방진재질별 주파수 특성

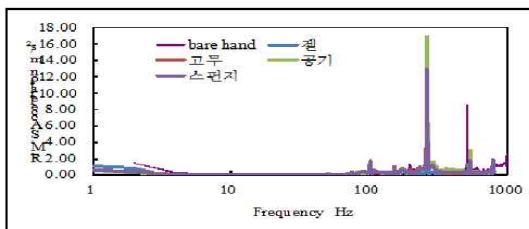


그림 4. grinder의 방진재질별 주파수 특성

(2) 3축 주파수별 가중 가속도 값

ISO 5349에 의한 전체 주파수별 가중치를 적용하여 가속도의 값을 살펴보면 grinder가 drill보다 높게 나타나고, 두 가지 장비 모두 젤, 스펀지, 고무 순으로 방진효과가 좋은 것으로 나타났다. 그러나 면장갑의 4가지 타입 모두 맨손으로 장비를 조작한 경우보다 가속도의 값이 증가하였다.

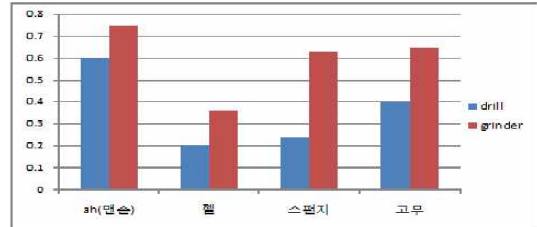


그림 5. 장비별 재질에 따른 가중 가속도 값

(3) 장비별 피크치 값의 노출한계시간

ACGIH에서 제시한 일일 노출한계치에 대한 노출시간을 측정된 결과의 피크치 값과 비교해보면 장갑을 착용하지 않은 경우 노출한계시간이 Drill은 4~8시간 Grinder는 1~2시간이며, 방진장갑을 착용하였을 경우는 대부분 8시간 이상 노출 가능한 것으로 나타났다.

표 1. ACGIH의 노출시간에 대한 노출한계치

| 노출한계치(m/s^2) | 하루 작업 중 노출시간(h) |
|------------------|-----------------|
| 4 | 4~8 |
| 6 | 2~4 |
| 8 | 1~2 |
| 12 | 1 |

표 2. 방진재질별 피크치 값의 차이

| Drill | | Grinder | |
|-------|----------------|---------|----------------|
| 재질 | 피크치(m/s^2) | 재질 | 피크치(m/s^2) |
| 맨손 | 4.55 | 맨손 | 8.49 |
| 젤 | 0.54 | 젤 | 4.36 |
| 고무 | 1.27 | 고무 | 0.36 |
| 스펀지 | 0.09 | 스펀지 | 0.57 |
| 공기 | 2.92 | 공기 | 2.23 |

4. 결론

방진재질별 주파수분석결과 10Hz이하의 스펀지가 효과적이고 100Hz이상은 고무재질이 효과적이며, 전체 주파수 대역에서는 젤, 스펀지, 고무 순으로 진동 저감에 효과적이었다. 진동의 피크치 값은 장갑을 착용한 경우 2~8배 정도의 저감되므로 방진장갑을 착용하면 8시간 이상 작업이 가능한 것으로 나타났다.

따라서 장비별 주파수 분석을 통해 주요 주파수 대역을 평가하여 적절한 방진재질을 사용한다면 효율적으로 진동을 저감시킬 수 있을 것으로 기대된다.