

승용차량의 아이들 진동을 고려한 착석자세와 가진 크기에 따른 인체의 반응특성 분석

Human Response to Idle Vibration of Passenger Vehicle According to Seating Posture and Excitation Amplitude

전경진* · 김민석** · 안세진† · 정의봉*** · 유완석***

Gyeong-Jin Jeon, Min-Seok Kim, Se-Jin Ahn, Weui-Bong Jeong and Wan-Suk Yoo

1. 서론

운전자는 차량에 탑승하여 주행 중일 때뿐만 아니라 신호대기 등의 이유로 정차 중일 때도 엔진폭발에 의한 아이들(Idle) 진동에 노출되어 있다. 아이들 진동은 소음 진동의 기술이 발전하고 차량의 소음 진동에 대한 소비자들의 기대수준이 높아짐에 따라 주행 중에 발생하는 진동과 함께 차량의 승차감 평가에서 중요한 항목으로 다루어지고 있다.

실제 운전자가 차량의 시트에 착석하면 인체의 전후 방향의 비대칭으로 인하여 상하방향 및 전후 방향뿐만 아니라 피칭(pitching)성분의 회전방향 진동에 노출 되어 있으나 기존 연구에서는 회전방향의 반응 특성을 나타낼 수 있는 대표값을 제시하지 못하였다. 본 연구에서는 아이들 주파수 대역(20~40Hz)의 상하방향의 진동에 대한 상하병진과 피칭회전의 인체반응특성을 힘 측정 평판시트(force plate)를 이용한 실험을 통하여 구현하였다. 본 논문에서는 ‘발판의 높이에 따른 전후방향 비대칭의 정도와 시트 각도에 따라 허벅지가 시트에 닿는 정도에 의해 상하방향 진동에 반응하는 인체의 반응특성은 달라질 것이다’ 라는 가설(hypothesis)을 수립하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장비 및 피시험자

본 실험에서는 임의신호(random signal)의 진동을 발생 시키기 위하여 단축가진기(IMV I-220)와 가진기 상부에 설치된 힘측정판(AMTI OR 6-7)을 이용하여

† 교신저자; 르노삼성자동차
E-mail : sejin.ahn@renaultsamsung.com
Tel : (051) 979-9551
* 부산대학교 대학원 기계공학부
** 부산대학교 기계기술연구원
*** 부산대학교 기계공학부

상하방향의 병진응답과 피칭의 회전응답을 측정하였다.

피시험자는 임의로 선정된 16 명의 남성으로써 연령분포는 25 세와 44 세 사이에 있었다. 피시험자들의 데이터는 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Characteristics of the subjects employed

Item	Average	SD	Max/Min
Weight (kg)	71.3	10.3	104/60
Height (cm)	172.5	2.8	180/165
Age (yr)	29.1	4.6	44/25

2.2 실험방법

피시험자의 자세를 일정하게 유지하게 하기 위하여 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 0° 와 12°의 시트 밑판을 제작하여 P1, P2, P3 자세에 대하여 실험하였다. 시트의 등받이는 상하방향 진동에 대한 인체반응에 미치는 중요한 인자 중에 한가지이나 본 연구에서는 등받이가 없는 시트를 이용하여 등받이의 영향을 배제한 착석자세에 따른 인체의 반응을 연구하였다.

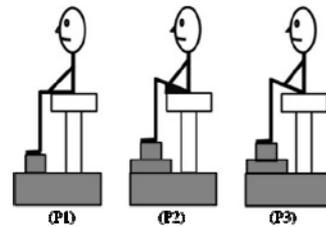


Fig. 1 Schematic diagram of two experimental seating postures

피시험자는 실험이 진행되는 동안 허리를 곧게 세우고 정면을 응시하는 자세를 유지하고 손은 무릎 위에 가지런히 올리도록 하며 자발적인 움직임을 하지 않도록 주문하였다. 피시험자는 80 초 동안 진동에 노출 되었으며 신호분석에 이용된 신호는 처음과 끝의 20 초를 제외한 60 초를 유효 신호로 하였다. 본 연구에서 이용한 주파수대역은 가진기의 진동특성이 인체반응특성에 영향을 미치지 않는 3~40Hz 를

유효 주파수로 하였다. 본 연구에서 이용한 진동의 크기는 중형승용차량의 아이들 진동 수준을 고려하여 0.244m/s^2 , 0.708m/s^2 r.m.s.로 하였다.

2.3 분석방법

겉보기 질량은 상하방향 진동에 관한 가속도와 힘의 관계를 표현한 것으로 다음과 같이 계산한다.

$$A.M.(f) = \frac{S_{a_z f_z}(f)}{S_{a_z a_z}(f)} \quad (2.1)$$

겉보기 편심질량은 상하방향 진동에 관한 가속도와 좌우방향 축을 중심으로 회전하는 피칭성분의 관계를 표현한 것으로 다음과 같이 계산한다.

$$A.E.M.(f) = \frac{S_{a_z m_y}(f)}{S_{a_z a_z}(f)} \quad (2.2)$$

3. 실험결과

본 논문의 세가지 착석자세 P1, P2, P3에 대한 인체의 반응특성을 분석하기 위해 0.224 m/s^2 , 0.708m/s^2 r.m.s.의 크기로 가진한 각각의 중간값을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2(a)에서 겉보기 질량의 최대 피크 주파수는 대체적으로 4~6Hz에서 피크를 가지며, 2차 피크주파수 또한 8~13Hz에서 가졌다. Fig. 2(b)에서 겉보기 편심질량은 5~7Hz에서 피크를 가지며, 2차 피크주파수 또한 10~14Hz에서 가졌다. 본 연구의 관심영역대인 아이들 주파수대역(20~40Hz)에서는 P2, P1, P3의 순으로 인체의 반응특성(겉보기질량, 겉보기 편심질량) 값이 높게 나온다는 사실을 알 수 있다.

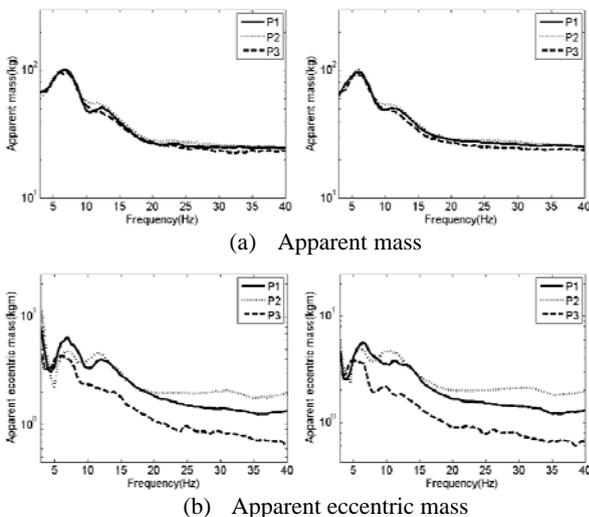


Fig. 2 Comparison of human responses according to seating posture(0.224 m/s^2 , 0.708m/s^2 r.m.s.)

Fig. 3은 ‘세가지 착석 자세에 따라 인체반응의 차이가 중요한 의미를 가지는가’에 대한 비모수 통계분석(nonparametric statistics method)의 하나인 프리드만검증(Friedman test) 결과를 나타낸 것이다. 본 논문에서는 각 주파수에서 세가지 착석자세에 따른 프리드만 검증 결과를 p-value로 표시하였다. ‘발판의 높이에 따른 진후 방향 비대칭의 정도와 시트 각도에 따라 허벅지가 시트에 닿는 정도에 의해 상하방향 진동에 반응하는 인체의 특성에 중요한 영향을 미칠 것이다.’라는 연구가설을 세웠기 때문에 영가설(null hypothesis)은 ‘상하방향으로 진동하는 시트의 각도와 발판의 높이에 따른 착석한 피시험자의 자세는 진동에 반응하는 인체특성에 영향을 주지 않는다’라는 가설을 세웠다. 이때 P-value값이 0.05보다 작으면 영가설은 기각되어 대립가설인 연구가설이 채택되고 0.05보다 크면 영가설은 받아들여지게 된다. 통계분석 결과 겉보기 질량과 겉보기 편심질량은 20~40Hz의 아이들 진동영역에서 자세에 따른 명확한 차이가 있음을 알 수 있다.

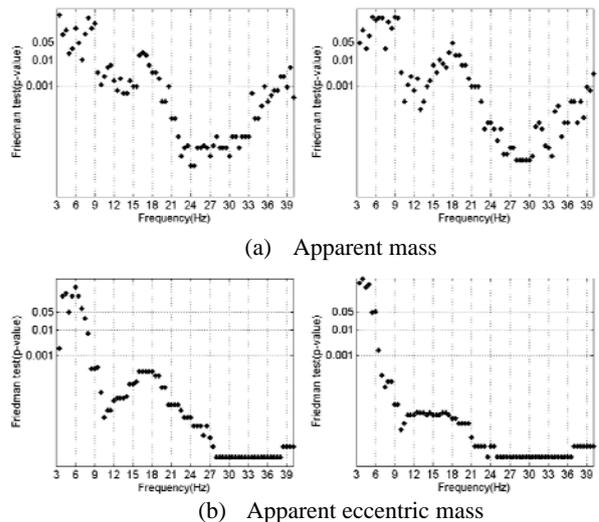


Fig. 3 Significance of Friedman test according to seating posture (p-value)

4. 결론

본 연구에서 승용차량의 아이들 진동을 고려한 20~40Hz 주파수 범위의 0.224m/s^2 , 0.708m/s^2 r.m.s.의 크기의 진동에 노출된 16명의 피시험자에 대한 인체반응특성을 연구하였다. 아이들 진동 대부분 주파수영역에서 인체의 반응 특성인 겉보기 질량과 겉보기 편심질량은 세 가지의 다른 착석 자세와 높은 상관성이 있는 결과를 나타내었다. 향후 착석자세와 진동의 크기 및 주파수에 따른 불편함(discomfort)의 정도를 정량적으로 평가하는 연구를 진행할 예정이다.