

운전 자세에서의 인체진동 평가용 시험용 더미 개발

Development of a Test Dummy for the Evaluation of Driver's Response to Vehicle Vibration

장한기* · 홍석인* · 송치문** · 김기선*** · 이정훈*** · 김광준***

Han-Kee Jang, Seok-In Hong, Chi-Mun Song, Ki-Sun Kim, Jeong-Hun Kim, Kwang-Joon Kim

Key Words : Vibration test dummy(진동 시험용 더미), Inclined seating posture(기울어진 착석 자세), Impedance measurement(임피던스 측정), Nonlinear characteristics of human body(신체의 비선형성)

ABSTRACT

This paper introduces a process of the development of a vibration test dummy for the posture of inclined seating. Experimental devices was invented to measure apparent mass curves on the contact point of the hip and the back of a seated human body. During the excitation of a rigid seat secured to a hydraulic exciter, force and acceleration signals were measured on the contact points to determine the apparent mass. In order to describe nonlinear characteristics of a human body, seven levels of Gaussian random signal were used for the base excitation. The modeling of the human body will be performed using measured apparent mass curves. The modeling will be done by June and the prototype of the test dummy will be invented in the following six months.

1. 서 론

직립 착석 자세(erect seating posture)에 대한 다양한 모델이 개발되어 왔으며, ISO 5982에 이에 대한 다양한 유형의 수학적 모델이 제시되어 있다⁽¹⁾. 이들 연구에서 활용되고 있는 직립 착석 자세는 많은 연구들에서 표준 자세로 활용되고 있으나, 차량 업계에서 그대로 적용해도 되는 지에 대한 판단 자료가 충분하지 않은 실정이다. 지게차나 트럭의 운전석의 경우 그 자세가 직립 착석 자세와 유사하나 승용차의 경우 하체와 상체가 뒤로 일정 각도 기울어져 있으며, 이와 같은 신체의 경사가 안락성의 평가나 인체의 동가 모델에 영향을 줄 것이 예상된다. 일부 연구에서는 이와 같은 정도의 기울어짐이 큰 영향을 끼치지 않는다고 주장하기도 하지만, 이를 뒷받침할 만한 연구결과는 그리 많지 않다.

국내에서도 한국인의 신체 특성에 부합하는 인체 모델을

개발하는 연구들이 진행된 바 있으나^(2,3), 이 모델은 각각 직립 착석 자세와 운전석 착석 자세에서의 인체의 모델링과 관련된 연구들이다. 첫 번째 연구에서는 한국인의 인체 모델이 외국의 것과 다르기 때문에 대상 집단별로 서로 다른 모델을 사용해야 할 것을 주장하고 있으며, 두 번째 연구에서는 운전석에 착석한 인체의 동적 모델링을 수행함에 있어서 자유도를 증가시키는 방법으로 인체의 거동을 보다 정확히 묘사하고자 하였다. 이 두 가지 연구는 모두 선형 모델을 사용하기 때문에 관심범위의 입력 크기에 대해 등가 선형 모델링한 결과를 얻게 된다.

본 연구에서는 운전석 착석 자세에 대하여 입력 크기에 따른 비선형성까지 묘사할 수 있는 동적 모델링을 수립하고 이를 이용하여, 차량 주행 시 또는 시트 안락성 평가 시 인체의 진동 시험을 대체할 시험용 더미를 개발하는 것을 최종 목표로 삼고 있다. Fig.1에는 본 연구의 진행 과정을 나타내었다. 우선, 제시한 개발 과정의 첫 단계로서, 승용차 운전석 시트 개발 시 표준 자세를 구현하기 위하여 시트 바닥과 백이 각각 경사각을 갖도록 시험용 강체 시트를 제작하고, 이 시트를 가진기에 장착하여 수직 방향으로의 가진시험을 수행한다. 이 때 엉덩이와 등의 접촉 지점에서의 힘과 가속도를 동시에 측정하여 Apparent mass를 구하고 이를 이용하여 인체의 동적 모델을 구한다. 이 모델을

* 고등기술연구원 제품기술연구소 소음진동팀
E-mail : hkjang@iae.re.kr
Tel : (031)330-7435, Fax : (031) 330-7116

** 고등기술연구원 제품기술연구소 소음진동팀 및
아주대학교 기계공학과

*** 한국과학기술원 기계공학과

이용하여 인체 사이즈와 가깝게 더미를 제작한다. 이 더미는 입력의 크기에 따라 비선형성을 보이는 인체의 특성을 묘사할 수 있도록, 스프링과 감쇠 특성이 비선형성을 갖도록 한다.

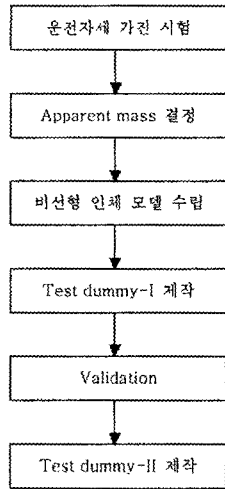


Fig.1 Development procedure a test dummy for the evaluation of driver's response to vehicle vibration

2. 시험장치 구성

본 연구의 목적은 뒤로 기울어진 착석 자세에 대한 인체 가진 시험을 수행하고, 여기서 얻어진 인체의 Apparent mass를 이용하여 인체의 비선형 평가 모델을 구하는 것이 1단계의 목표이다. 이를 위하여, 인체를 시험하기 위한 시험 장치를 Fig.2와 같이 제작하였다. 시트 바닥판은 각각 수평면에서 20°, 수직면에서 10° 기울여서 제작하였다. 이 각도는 승용차 시트 설계 시에 탑승자가 안락함을 확보하기 위해 제시된 각 신체 부위 사이의 각도 범위에서 선정된 것이다⁽⁴⁾. 이 실험 장치는 Apparent mass를 구할 수 있도록 엉덩이 부분과 등 부분에 작용하는 동적인 힘과 가속도를 각각 측정할 수 있도록 구성되어 있다. 관심 있는 주파수 범위 내(~20 Hz)에서 강제로 간주될 수 있는 이 시험 장치는 유압 가진기에 고정하였다. 본 연구에서 1차적으로 관심이 있는 거동은 차량이 정상 속도로 주행할 때 시트에서 발생하는 가속도로 표현되며, 따라서 수직방향으로의 거동을 재현하기 위한 수직가진용 1축 유압 가진기가 사용되었다.

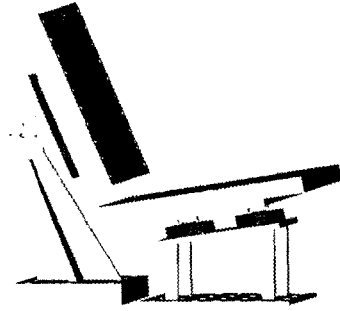


Fig.2 Experimental setup of the test seat

3. Apparent mass 추출

본 시험의 목표는 인체의 모델 구성에 필요한 인자를 도출하는 것이며, 이를 위해 엉덩이 부분과 등 부분의 Apparent mass를 우선 구하여야 한다. 시험 수행을 위한 세부 조건들은 다음과 같다.

3.1 가진 입력

Apparent mass를 구하기 위해서 Gaussian 랜덤 신호를 가진기에 대한 가속도 입력으로 부가하였는데, 입력 크기에 따른 인체의 반응 특성을 분석하기 위해 0.1~2.0 m/s² 범위에서 7가지 크기의 입력을 사용하였다. 본 시험에 사용된 가속도의 주파수 범위는 1~20 Hz가 사용되었다. 이는, 인체의 진동에 대한 민감도를 나타내는 ISO 2631-1(1997)에서 제시하는 착석상태의 인체의 수직방향 주파수 가중치의 Gain이 0.7 이상이 되는 주파수 범위인 3~18 Hz를 포함하도록 선정하였다⁽⁵⁾.

3.2 피 시험자 및 시험 자세

본 연구에서는 착석 자세의 인체 모델을 도출하기 위해 1차적으로 30명의 피시험자에 대한 시험을 진행하고 있다. 시험 대상자는 남자 성인을 대상으로 하였다.

피시험자는 시험 진행 동안 몸을 긴장을 풀고 편안한 자세로 유지하되, 신체의 특정 부분을 움직이지 못하도록 하였다. 시험자세는 Fig.3에 나타난 바와 같으며, 대퇴부는 시트 판의 전단부에서 약하게 접촉하도록(slight contact) 하였다. 손은 대퇴부 상단에 양손을 올려 놓는 자세를 취하도록 하였다. 시선은 실제 차량 주행시와 같이 정면을 응시하도록 하였으며, 신호 측정동안 머리의 각도를 움직이지 못하도록 하였다.



Fig.3 Measurement of force and acceleration signals during the base excitation

3.3 시험 진행

가진 및 거동 측정 신호는 각각의 가진 신호를 60초간 측정하였으며, 반복성을 확인하기 위해 각 신호에 대해 3회의 반복을 취하였다. 따라서, 한 피시험자는 총 20분 동안의 가속도에 노출되는 결과이며, 이 때, 전 체 시험에 대한 VDV(Vibration dose value)는 $11.2m/s^{1.75}$ 로서 피시험자가 1회 시험에서 피폭되어도 큰 무리가 없는 양이다⁽⁶⁾. 각 시험에 대해서 피시험자는 자신의 건강상태와 시험 내용에 대해 동의서에 서명을 하고 시험에 참가하였다.

4. 인체 모델의 결정

본 연구의 1차 목표는 시험에서 도출된 Apparent mass 정보를 이용하여 인체의 동적 모델을 구하는 것이며, 이 때 이 모델은 인체의 비선형 거동을 묘사할 수 있도록 해야 한다.

4.1 모델링 방향

인체의 거동을 묘사하는 모델링은 크게 두 가지 방향으로 행해질 수 있는데, 첫째는 거동을 보다 정확히 묘사하기 위해 자유도 수를 늘리는 것이며, 또 한 가지는 인체의 비선형성을 묘사하기 위해 자유도 수는 최소화하고 대신 비선형 요소를 이용하여 비선형성을 잘 표현하고자 하는 것이다. 두 가지 모두를 동시에 만족시키는 것이 바람직하겠으나, 이는 현실적으로 간단한 일이 아니다. 본 연구에서는 실제 차량 시험에의 적용성을 고려하여 후자의 방법을 택해서 모델링을 수행하고자 한다.

4.2 기존의 인체 모델

ISO 5982에 제시되어 있는 몇 가지의 인체 모델 중에서

Fig.4는 착석 자세의 인체를 수직방향에 대해 모델링을 수행한 결과이다. 이 모델은 20 Hz 이내의 인체의 특성을 표현하기에 충분하지만 상체가 경사졌을 경우에 대한 적 요성은 아직 검증이 필요한 실정이다. 아울러 비선형성의 묘사도 불가능한 모델이다. 이와 같은 모델의 스프링이나 감쇠를 비선형 요소로 모형화하는 연구들이 많이 있었으나, 역시 경사진 자세에 대해 적용하기에는 불충분한 상황이다.

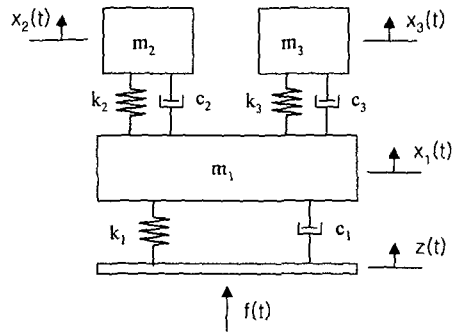


Fig.4 3 degree-of-freedom linear analytical model of a seated human body

본 연구에서는 아직 모델의 구체적인 형태를 결정하지 않았으나, 기 수행한 연구 결과^(7,8)를 참조하여 Fig.5를 가능한 모델로 고려하고 있으며, 이 모델을 사용할 경우 강성이나 감쇠 요소를 비선형 요소로 모델링하면 입력 크기에 따른 비선형성을 묘사할 수 있을 것으로 예상된다.

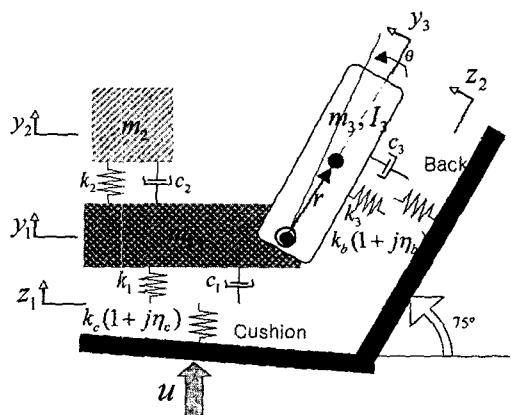


Fig.5 Possible dynamic model for the inclined human body.

최종적으로 활용할 모델에 대한 결정은 모델링의 타당성 측

면과 하드웨어로의 실용화 가능성 등 여러 가지 요소를 고려하여 결정될 예정이다.

5. 향후 연구 진행 계획

본 연구는 현재 인체에 대한 시험 데이터 확보 과정 중에 있으며, 이 시험이 완료되는 시점에서 인체에 대한 모델링 작업을 진행할 계획이다. 인체에 대한 모델이 구성되면, 이어서 차량 주행시 안락성 측정이나 시트의 동적 안락성 평가 등과 같은 진동 시험에 활용할 수 있도록 인체 대응물을 제작할 계획이다.

후 기

본 연구는 국가지정연구실사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

(1) ISO 5982, 2001, Mechanical Vibration and Shock-Range of idealized values to characterize seated-body dynamic response under vertical vibration..

(2) 정완섭, 김영태, 권휴상, 홍동표, 2003, 한국인 앉은 자세에 대한 수직 진동 응답특성의 실험적 연구: (I)겉보기 질량 (Apparent Mass), 한국소음진동공학회논문집, 13(8).

(3) 조영건, 박세진, 윤용산, 2000, 승차감 평가를 위한 수직 방향의 인체 진동 모델개발, 소음진동, 10(2).

(4) Babbs, F. W., 1979, "A Design Layout Methods for Relating Seating to the Occupant and Vehicle," Ergonomics, 22(2), 227-234,

(5) ISO 2631-1, 1997, Mechanical Vibration and Shock : Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration.

(6) Griffin, M. J., 1991, Handbook of Human Vibration, Academic Press.

(7) Chae, C.-K., Song, S.-Y., Kim, K.-J., Jang, H.-K., Kim, S.-H. and Cho, Y.-H., 2002, "Dynamic Characterization of Foam Materials and Its Application to Modeling of Automotive Seat-Passenger System", SAE Transactions Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 110(6).

(8) 조영호 외, 2000, 북미수출형 주형차용 고안락성 시트 개발, 산자부 산업기반기술과제(A00-991-2202-06-1-2) 최종보고서, 고등기술연구원.