한국소음진동공학회 2013년 춘계학술대회논문집, pp. 780~787

Virtual Seat Method를 이용한 승용차량 시트의 정차시 진동에 대한 승차감 평가

Evaluation of Ride Comfort of the Passenger Vehicle Seat on idle vibration by Virtual Seat Method

이재영* · 안세진† · 정의봉**
Jae-young Lee, Se-jin Ahn and Wei-bong Jeong

Key Words : Ride comfort(승차감), Virtual seat method(가상시트방법), Idle vibration(정차시 진동), SEAT value(시트지수)

ABSTRACT

Virtual Seat Method (VSM) is used in this study for a combined evaluation method (objective & subjective) to determine comfort value of passenger vehicle seat in terms of idle vibration. In the study, a process for applying VSM divided into two stages is established. Two kinds of seat mounting passenger vehicle and six subjects are employed to compare the comfort value obtained by VSM method and by SEAT value. As a conclusion, the results by the two methods were well consistent so that VSM is verified as a method to measure ride comfort of seat in terms of idle vibration at passenger vehicle.

1. 서 론

최근 자동차 기술이 발전함에 따라 소비자들의 차량성능에 대한 인식이 높아 지면서 차량의 각종 성능에 대한 요구수준도 함께 높아지고 있다. 그 중에서도 차량의 승차감(ride comfort)에 대한 성능은 소비자가 차량을 구매할지를 결정하는데 있어서 매우 중요한 인자가 되었다. 승차감에 영향을 미치는 인자들은 다양하게 존재하지만 자동차가 주행 중일 때 또는 정차 중일 때 발생하는 진동현상은 승차감을 나쁘게 하는 중요한 인자로 인식되고 있다. 그래서 차량의 진동현상에 대한 연구는 점차적으로 발전하여 진동의 크기를 저감하는 기술을 넘어서 인체의 특성을 고려하여 더욱 효과적인 설계를 요구하는 단계에까지 이르게 되었다. 차량에 탑승하고 있는 사람은 동일한 크기와 주파수의 진동에 대해서도 인체의 특성과 감성적인 상태에 따라서 승차감을 다르게 느끼게 되는데 이러한 주관적인 현상을 최대한 설계에 반영함으로써 더욱 효율적으로 차량의 승차감을 향상할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

진동에 반응하는 인체의 물리적 특성에 관한 연구는 해외에서 뿐만 아니라 국내에서도 활발히 진행되어 왔다. 이러한 연구에서는 전신진동에 반응하는 인체의 주파수 특성을 겉보기 질량(apparent mass)과 임피던스(impedance)로 정의하였으며[1], 이 중에

† Corresponding Author ; Division of Mechanical & Electrical Engineering , Uiduk University
E-mail : sjahn@uu.ac.kr
Tel : +82-54-760-1668, Fax : +82-54-760-1669
* Dynamics Research department, Advanced Technology Institute, Hyundai Heavy Industries
** Member, School of Mechanical Engineering, Pusan National University

서 앉은 자세에서 상하방향 진동에 노출된 인체의 겉보기 질량에 대한 국제표준은 ISO-5982에 명시되어 있다[2].

Cheng[3]등은 한국인의 인체진동 전달특성을 분석하여 서양인의 것과 비교 관찰하기 위하여 진동의 크기와 착석 자세의 변화에 따라 인체가 반응하는 현상을 시험하고 분석하였다. 그 결과에서 4 Hz 이하의 범위와 8 Hz 이상의 범위에서는 한국인의 겉보기 질량 값이 서양인을 대상으로 만들어진 국제표준 모델의 것보다 작게 나타났고 5~7 Hz 주파수 범위에서는 한국인의 것이 약 4 % 크게 나타났다. Jeon[4]등은 국내의 일반 승용차량의 정차진동 주파수를 고려하여 모사된 수직방향 진동에 대하여 인체의 응답특성에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구에서 강체의자에 착석한 피시험자의 인체가 앞뒤로 회전하는 피칭이 착석자세에 따른 인체특성을 잘 반영하고 있음을 밝혔으며, 이것을 겉보기 편심질량(apparent eccentric mass)으로 명명하여 기존의 인체반응 특성과 구분하여 사용하였다.

인체가 진동에 반응하는 객관적인 물리적 특성과 더불어 주관적인 불편함을 정량적으로 평가하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. Parsons[5]은 앉은 자세와 서 있는 자세에 대해서 주파수별로 인체가 진동을 인지할 수 있는 최소 가진력의 크기에 대해 연구하였으며, Morioka[6]는 2~315 Hz의 주파수 대역에서 3축 병진방향 진동에 대한 인체가 진동을 인지하는 정도에 대한 연구를 하였다. Mansfield[7]는 차량의 시트를 통해 전달되는 두 신호의 진동크기를 구별하는 상대역치를 up-down method를 이용하여 구하였다.

차량의 진동이 탑승자로 전달되는 마지막 접점이 되는 차량의 시트는 착석감과 촉감 등의 정적인 안락감 외에도 진동을 절연하는 정도에 따라 승차감 성능에 미치는 영향이 크다. 그래서 최근에는 진동절연에 따른 승차감 향상을 고려하는 시트 설계 방안이 점차적으로 중요해지고 있다.

시트의 승차감을 평가하는 방법에는 실제 차량에 장착된 시트를 평가원이 직접 평가하는 방법과 실험실에서 시트를 가진기에 장착하여 평가하는 가상 시험 방법이 있다. 그런데 일반 평가자들이 실제 차량에 장착된 시트를 평가할 때에는 시트 외에 차량의 다른 특성에 의한 편견이 발생하고 이로 인해 평가의 일관성과 정확성을 유지하는 데 있어서 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그리고 여러 가지 시트를 비교 평가하기 위하여 시트를 교체하는 작업에 소요되는 시간과 동일한 조건을 재현하는 데 있어서도 어려움이 있을 뿐만 아니라 차량의 속도, 노면상태, 바람 등 외부환경에 의해 실험결과가 달라지는 단점이 생기기도 한다. 이러한 이유로 가진기를 이용하여 실험실에서 평가하는 방법이 선호되고 있다. 실차에서 뿐만 아니라 실험실에서 시트의 승차감을 평가하는 보편적인 방법으로는 Griffin[1]에 의해 고안된 시트지수(SEAT value)가 있다.

본 연구에서는 실험실에서 시트를 평가하는 가상 시험방법 중에 한가지이며 객관적인 측정방법과 주관적인 평가방법이 혼합된 Virtual Seat Method[8]를 적용하여 두 가지의 승용차량용 시트에 대한 승차감을 평가하였다. 그리고 VSM 방법으로 구한 승차감 지수와 SEAT value 방법으로 구한 결과를 비교하여 보았다.

2. 실험장치 및 피실험자

2.1 실험장치

이 실험에서 사용된 실험장치의 개략적인 구성도를 Fig. 1에 나타내었다. 임의의 진동을 발생시키기 위해 IMV Corporation사의 i-220 전기식 단축 가진기를 사용하였으며, 이 가진기의 상세사양은 Table 1에 정리하였다. 가진기 플렛폼에서 진동을 측정하기 위한 가속도계는 저주파 대역에서 뛰어난 성능을 가지는 Kistler사의 8310B 단축 가속도계를 사용하였으며, 시트 위에서의 진동을 측정하기 위해서는 가속도계로 B&K사의 4332가 사용되었다. 가진기에서 발생하는 진동의 실제 주파수와 크기가 안정적으로 제어 되도록 가속도 신호를 피드백 제어되도록 구성하였으며, 실험 데이터의 획득과 후처리를 위해 B&K사의 Pulse Labshop과 Mathwork사의 Matlab을 이용하였다.

본 연구에서는 실제 차량에서 적용되고 있는 두 가지 시트를 사용되었으며, Fig. 2에서 실제로 사용된 두 가지 시트를 나타내고 있다. 그림에서 A 시트는 정적인 착석 안락감이 좋은 고가의 가죽시트이며, B 시트는 A 시트에 비해 정적인 착석감은 불리하지만 더욱 부드럽고 탄력성이 좋은 재질과 구조

를 가지는 직물시트이다. 그리고 본 실험에서는 간단한 지그를 제작하여 시험 시트의 레일이 가진기 플렛폼에 단단하게 안착될 수 있도록 하였다.

2.2 피시험자

본 시험에 참가한 6명의 피시험자들은 임의추출 방식으로 선정되었으며, 이들의 신체적 특징에 대한 통계적 자료는 Table 2에 정리하였다. 가진 시스템 위에 착석하여 시험에 참가하고 있는 피시험자의 모습을 Fig. 3에 나타내었다. 그림과 같이 피시험자는 실험이 시작될 때 양손을 무릎 위에 가지런히 놓고 정면을 응시하는 자세를 취하도록 하였으며 실험이 진행되는 동안에는 시험자의 자의적인 동작이나 행동이 발생하지 않도록 주문하였다. 시트의 승차감 평가에 있어서 등받이는 정적인 안락감뿐만 아니라 동적인 승차감에 영향을 미치는 주요한 인자이다[9]. 하지만 상하방향 진동에 대한 승차감 평가를 주된 목적인 본 연구에서는 등받이의 영향을 최대한 배제하기로 하였다. 이를 위해 피시험자는 허리를 똑바로 세운 자세로 착석하여 등받이의 영향이 최소가 될 수 있도록 하였다.

Table 1 Specification of the exciter to generate vibration stimulus

Item	values
Type	Electro-dynamic
Rated force	5.6 kN
Frequency range	3~3,300 Hz
Maximum displacement	51 mm peak-to-peak
Maximum payload	200 kg

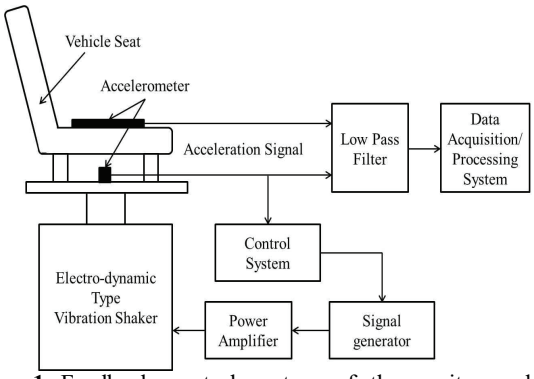

Fig. 1 Feedback control system of the exciter and data acquisition process

Fig. 2 Two seats used in the experiment

Fig. 3 Posture of the subject sitting on the vibration exciter

Table 2 Physical data of the six subjects employed in the experiment

Item	Average	S.D.	Max/Min
Weight (kg)	70.1	9.5	80/60
Height (cm)	172.3	4.4	179/168
Age (yr)	26.0	1.6	29/25

3. 실험방법

3.1 가상시트법 (Virtual Seat Method)

3.1.1 특성가진신호(Characteristic Excitation Stimulus)

가상시트방법(VSM)은 크게 두 가지 단계로 나누어 실험이 진행된다. 첫 번째 단계에서는 차량이 정차 상태일 때 시트트랙 (seat track)에서 발생할 수 있는 진동의 크기와 주파수대역을 고려하여 인위적으로 만들어진 진동신호를 평가 대상 시트 중에서 기준시트(reference seat)로 결정되어진 시트의 베이스(base)를 가진하였을 때 엉덩이 위치에서 측정된 가속도를 기준신호(reference signal)라 한다. 그리고

다른 임의의 시트에 대하여 엉덩이 위치에서 앞에서 결정되어진 기준신호와 동일한 크기의 가속도가 시트 베이스에서 발생할 수 있도록 조정되어진 가진신호를 특성가진신호 (characteristic excitation signal)한다. 즉 첫 번째 단계에서는 기준시트에 대한 기준신호와 임의의 실험대상 시트에 대한 특성가진신호를 구하는 것이다. 그리고 임의의 시트에 대한 특성가진신호를 구할 때는 평가자 중에 한 사람이 지정되어 해당 시트에 앉은 상태에서 구하여야 하며, 이렇게 구해진 특정가진신호의 크기는 해당시트의 1차적인 승차감 평가의 값이 된다.

두 번째 단계에서는 각각의 시트에 대하여 구해놓은 특정가진신호를 기준으로 하여 적정한 크기로 변화를 주었을 때 여러 명의 평가자들에 대한 주관적인 승차감의 변화를 평가하는 것이다. 이 때 평가자들은 실제 차량의 정차 시 진동을 연상하며 불편함의 정도를 평가하도록 한 것이 본 연구의 목적을 위하여 차별화 된 프로세스이다. 이와 같은 VSM의 두 번째 단계를 통하여 첫 번째 단계에서 구한 시트의 평가지수인 특성가진신호로부터 평가자들의 주관적인 승차감 평가를 추가함으로써 더욱 신뢰도가 높은 시트 승차감지수를 구할 수 있는 것은 VSM법의 주요한 장점이다.

VSM법을 효율적으로 수행하기 위해서는 가진신호의 크기 변화 시킬 때, 일반적인 사람이 구분하여 느낄 수 있는 정도의 변량을 결정하여야 한다. 보통 사람이 자극의 차이를 인지하여 구분할 수 있는 최소 차이 자극의 크기를 차이역 (JND: Just noticeable difference)이라 한다. 본 연구에서는 실험에 참여한 평가자들을 대상으로 자동차 정차 시 진동을 고려한 특성가진신호에 대한 진동자극의 차이역은 처음 신호에 비해 약 10 % 증가 또는 감소하는 크기임을 실험으로 구하였다. 그래서 본 연구에서는 특성가진신호에 비하여 10 %씩 증가하는 신호 10가지 단계와 감소하는 10가지 단계, 모두 21가지 단계의 진동신호를 분류하여 준비한 후 본 실험을 시작하였다[10].

가상시트법의 첫 번째 단계에서 기준시트의 기준신호를 이용하여 임의의 시트에 대한 특성가진신호를 구하는 과정의 개략도를 Fig. 4에 나타내었다. step 1에서는 기준신호를 위한 피시험자와 시트를 선정하고, 승용차의 정차진동을 모사한 가진신호를 기준시트에 인가하고, step 2에서는 기준 평가자가 앉아있는 기준시트의 시트패드에서의 가속도를 측정한다. 이렇게 측정된 가속도신호를 기준신호 (reference signal)라 정의 한다. step 3에서는 임의의 피시험자가 탑승한 임의의 시트의 시트패드에서 가속도를 측정하고, step 4에서는 시트패드에서의 가속도가 기준신호와 동일한 크기가 발생할 수 있도록 가진신호를 조정한다. step 4에서 조정이 완료된 가진신호를 임의의 시트에 대한 특성가진신호로 규정한다. 본 연구에서는 A 시트를 기준시트로 정하고, B 시트를 임의의 시트로 정하여 두 가지 시트에 대한 6명의 피시험자에 대한 특성가진신호를 구하였다.

3.1.2 Three-down one-up method

본 연구에서는 VSM의 첫 번째 단계에서 구한 각각의 시트에 대한 특성가진신호로부터 여러 평가자들의 주관적인 승차감으로 변환하는 두 번째 단계를 위하여 three-down one-up method를 이용하였다. three-down one-up method는 Dixon[11]에 의해 최초로 제안된 up-down method의 일종이며 크기가 다른 두 가지 자극을 비교하는 방법으로써 특정한 감각의 크기에 맞는 자극의 크기를 찾기 위한 심리물리학 법칙 중의 한가지 이다. Levitt[12]는 기존에 사용하던 simple up-down method와 새롭게 고안된 three-down one-up method의 장단점에 대해 보고하였다. 기존의 simple up-down method를 이용할 때보다 three-down one-up method를 이용할 때가 number of trial은 많지만 응답결과에 대한 분산, 정확도가 더 우수한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 시간은 다소 오래 걸리지만 신뢰도가 더 높은 three-down one-up method를 이용하여 주관적 승차감을 산출하였다. 그리고 three-down one-up method의 세부적인 단계에서 평가자는 대응비교법 (paired comparison)을 이용하여 두 가지 자극의 크기를 비교하여 감각이 더 크거나 작은 쪽을 선택하도록 하였다.

본 연구에서는 three-down one-up method를 적용하여 두 가지 시트에 대한 승차감 지수를 얻기 위하여 다음과 같은 순서로 실험을 진행하였다.

(1) 해당 시트의 특성가진신호의 진동가진과 이와는 크기가 다른 평가신호의 진동가진을 평가자에게

노출 시킨다. 이때 각각의 진동가진은 7초간 지속되며, 그 사이에 2초 간의 멈춤이 있다.

(2) 평가자는 위의 두 가지 진동가진을 비교 평가한다. 이때 평가자는 승용차의 정차 시 진동을 가상하고 두 신호를 비교한다.

(3) 시험자는 평자자의 두 가지 진동가진에 대한 평가가 물리적인 진동크기와 일치할 경우에는 correct answer로 표시하고, 이와는 반대로 평가할 때는 incorrect answer로 표시한다.

(4) correct answer인 경우에는 두 가지 진동가진 신호의 크기를 변화하지 않고 (1) ~ (3) 단계를 반복한다. 만약에 세 번 연속으로 correct answer로 평가할 경우에는 평가신호의 크기와 특성가진신호의 크기의 차이를 줄이고 위의 순서를 반복한다.

(5) 위의 (3)에서 incorrect answer인 경우에는 평가신호의 크기와 특성가진신호의 크기의 차이를 한 단계 더 벌려서 위의 순서를 반복한다.

(6) 위의 규칙으로 평가신호의 진동크기를 크게 하거나 작게 하는 과정을 반복하여 여섯 번의 반전이 생길 때 시험을 종료한다.

(7) 여섯 번의 반전이 일어난 진동크기 중에서 처음과 끝의 반전 값을 제외한 네 번의 반전 값을 평균한 값을 최종 평가지수로 선정한다.

위의 시험에서 매회 평가에서 특성가진신호는 랜덤 순서로 첫 번째 또는 두 번째에 위치하도록 하여 두 신호의 순서에 따른 편향된 평가로 인한 오차를 줄이도록 하였다. Fig. 5은 특성가진신호보다 작은 평가신호로 시작하여 three-down one-up method로 주관적 승차감을 추정하는 예를 보이고 있다. 본 연구에서는 Fig. 6와 같이 초기 평가진동가진의 크기를 특성가진신호 진동보다 JND 단위로 다섯 단계 높게 시작하는 경우와 다섯 단계 낮게 시작하는 경우 두 가지 경우에 대해 실험을 진행하였고, 최종 결과는 두 결과의 평균값으로 산출하였다.

3.2 SEAT value

시트의 성능을 나타내는 객관적인 지표로 널리 사용되는 SEAT 지수(Seat Effective amplitude Transmissibility)는 크게 두 가지 방법으로 구할 수 있다. 그 중에 한 가지는 식 (1)과 같이 가진기 플렛폼 또는 실차에서 시트트랙에서 측정한 진동과 시트 위에서 측정된 진동에 대한 비를 계산하여

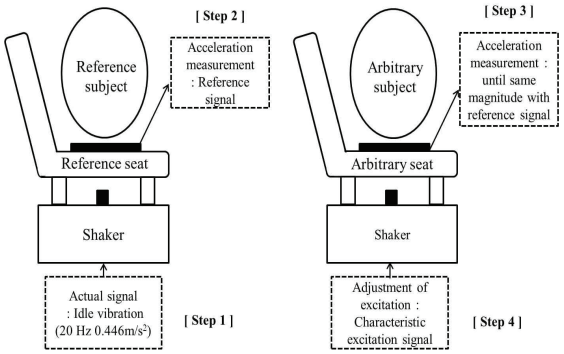

Fig. 4 Process for obtaining reference signal and characteristic excitation signal with actual signal reflecting idle vibration of passenger vehicle

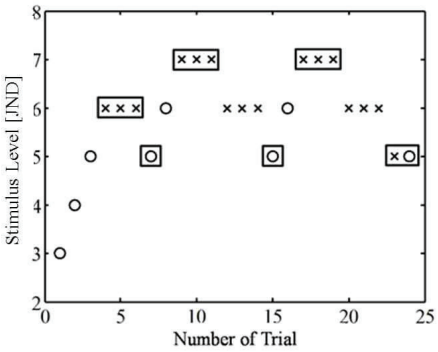

Fig. 5 Illustration of tree-down one-up method as an example (O : 'correct response', x : 'incorrect response')

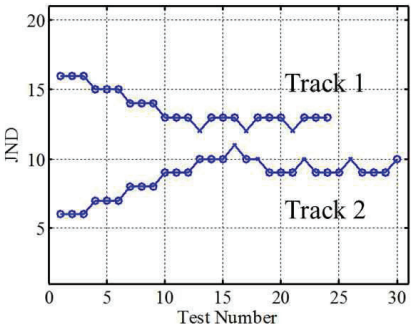

Fig. 6 Two-track method of three-down one-up method

SEAT 지수를 구하는 직접법(direct method)이고, 나머지 한 가지는 시트의 진동 전달률을 알고 있을 때 플렛폼의 진동을 측정하여 식 (2)와 같이 계산하여 SEAT 지수를 구하는 간접법(indirect method)이

다.

$$SEAT(\%) = [\frac{\int G_{ss} W_i^2(f)df}{\int G_{ff} W_i^2(f)df}]^{\frac{1}{2}} \times 100 \quad (1)$$

$$SEAT(\%) = [\frac{\int G_{ff} |H(f)^2| W_i^2(f)df}{\int G_{ff} W_i^2(f)df}]^{\frac{1}{2}} \times 100 \quad (2)$$

$$단, \quad G_{ss} = |H(f)|^2 G_{ff}$$

여기서 $G_{ff}(f)$는 플랫폼 또는 시트 트랙에서 측정되는 가진력의 전력밀도함수(power spectral density, PSD)이고, $G_{ss}(f)$는 탑승자가 착석한 상태에서 시트 위 엉덩이 부분에서 측정되는 가속도의 전력밀도함수이다. W_i는 ISO 2631-1[13] 규격에서 정의하는 좌표축과 해당 축에 상응하는 주파수 가중함수를 의미하는데, 본 연구에서는 상하방향 진동의 가중함수인 W_k를 적용하였다.

앞의 식에서 볼 수 있듯이 SEAT 지수는 인체의 반응 특성이 고려된 진동 승차감에 대한 전달률을 의미한다고 할 수 있다. 즉 SEAT 지수가 100 % 보다 큰 경우에는 식 (1)과 식 (2)의 분모에 해당하는 플랫폼에서의 진동 승차감이 더 좋다는 것을 의미하므로 시트는 승차감을 개선하는 효과에 있어서 부정적임을 의미한다. 이와는 반대로 SEAT 지수가 100 % 보다 작을 경우에는 시트가 플랫폼의 진동을 잘 흡수하여 승차감이 좋아진다는 것을 의미하는데, 지수 값이 작으면 작을수록 진동 승차감 효과가 커다. 그리고 동일한 시트에 대해서라도 SEAT 지수는 탑승자의 인체특성에 따라 달라지므로 다수의 탑승자에 대해 구해진 SEAT 지수를 통계적으로 분석하여야 한다.

본 연구에서는 시험에 사용된 두 가지 시트의 SEAT 지수를 구하기 위해 일반 승용차량의 정차 시 진동을 고려하여 크기가 0.446 m/s^2 r.m.s. (112 dB, ref. : 10^{-6} m/s^2)이고 주파수 범위가 0.5 ~ 50 Hz인 랜덤신호의 진동을 플랫폼에 가진하였다[4]. 그리고 시트패드형 가속도계를 사용하여 탑승자가 깔고 앉아있는 시트의 진동 응답을 측정하였다. 신호분석을 위한 신뢰성 확보를 위해 A/D 변환된 입력과 응답 신호에 해닝 창함수(hanning window function)를 적용하여 스펙트럼으로 변환하였으며, 50 초 동안 획득된 신호를 80 % 중첩(overlap)하여 15회 평균하였다.

4. 실험결과

4.1 가상시트법 (Virtual Seat Method)

본 연구에서 Virtual seat method를 이용하여 두 가지 승용차량 시트에 대한 6명의 피시험자의 특성가진신호(characteristic excitation stimulus)를 구하여 Table 3에 나타내었다. 정적 안락감이 좋은 가죽시트인 A 시트의 특성가진신호의 평균값은 JND 크기로 7.3이었으며, 직물시트인 B 시트는 JND 크기로 10.3으로 측정되었다. 특성가진신호의 크다는 것은 피시험자의 엉덩이 위치에서의 진동을 동일하게 만들기 위해 시트 레일에 가해지는 가진력이 커야한다는 것을 의미하므로, 직물시트인 B 시트는 20 Hz 진동에 대한 높은 진동감쇠효과 덕택에 정차 시 진동에 대하여 가죽시트인 A 시트에 비해 더 좋은 승차감을 나타낼 수 있을 것이라 추정할 수 있다. Table 4는 앞에서 구한 두 가지 시트의 피시험자별 특성가진신호로부터 three-down one-up method를 이용하여 주관적인 승차감 평가지수를 구하여 나타낸 것이다. 평가신호의 크기를 특성가진신호 보다 5단계 큰 JND에서 시작한 Track 1의 경우에서 시트 A는 8.5의 JND를 나타내었으며, 시트 B는 11.3의 JND를 나타내었다. 그리고 평가신호를 5단계 작은 JND에서 시작한 Track 2의 경우에는 시트 A는 6.6 JND, 시트 B는 9.5 JND로 나타났다. 시트 A와 시트 B의 track 1과 track 2의 평균값은 각각 7.6 JND와 10.3 JND로 되었다. 이렇게 구한 JND의 평가값은 각각의 시트에 대한 객관적인 평가값인 특성가진신호와 비교하여 큰 차이를 보이고 있지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 승용차 정차진동을 단일 주파수로 가정한 본 연구의 시험 특성에 의한 것임을 짐작할 수 있으며, 더욱 복잡하고 다양한 주파수 특성을 나타내는 진동에 대하여 시험할 경우에는 다소 차이를 보일 것으로 추정할 수 있다.

4.2 SEAT value

본 연구에서는 두 가지 시트에 대하여 SEAT 지수를 구하기 위하여 VSM시험과 동일한 시험조건에서 동일한 피시험자 6 명에 대하여 인체진동 시험

을 실시하였다. Fig. 7에서는 승용차량 정차시 진동의 크기와 주파수 범위가 고려된 SEAT 지수를 구하기 위해 시트 트랙에 인가된 진동의 가속도 스펙트럼을 나타낸다. Fig. 8은 두 가지 시트에 대하여 6명의 피시험자 각각이 탑승하여 구한 진동 전달률(Transmissibility)의 평균을 나타낸 것이다. 그림에서 시트 B는 정차시 진동의 주파수 영역인 20 Hz에서의 전달률이 시트 A에 비해 0.45 배가 됨을 알 수 있다. 즉 진동 전달률이 낮은 시트 A의 승차감이 좋을 것으로 짐작할 수 있다. Table 5에서는 두 가지 시트에 대하여 각각의 피시험자가 탑승하였을 때 direct method로 구한 SEAT 지수를 나타내고 있다. 이것으로부터 시트 B는 객관적인 측정값에서 시트 A보다 시트 승차감 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 시트의 승차감을 평가하는 방법 중에 한가지인 가상시트방법(VSM)을 이용하여 실제 승용차량에 장착되는 두 가지 시트를 평가하고 비교하였다. 이 때 평가에 대한 관점은 승용차량 정차 시 진동에 대한 승차감으로 하였다. 특성가진신호인 측정치로부터 주관적인 평가를 추가하여 구한 VSM의 JND 평가 값은 객관적인 측정만으로 구한 시트 전달률과 SEAT value와 비교 분석되었다. 결과적으로 다소 딱딱한 느낌의 가죽시트 (시트 A)는 소프트한 느낌의 직물시트 (시트 B)에 비하여 정차시 진동에 대한 승차감 측면에서 불리한 것으로 나타났다.

결론적으로 본 연구에서는 객관성과 주관성이 결합된 VSM으로 시트의 승차감을 평가하는 프로세스를 구현하였으며, VSM으로 구한 시트의 평가값이 기존의 시트 전달률과 SEAT 지수와 상관성이 높은 결과를 나타내고 있음을 확인하였다. 이로서 VSM를 이용한 시트의 진동 승차감을 평가에 대한 유효성을 검증하였다.

Table 3 Result of characteristic excitation stimulus of two seats obtained in the first stage of VSM

	A seat (JND)	B seat (JND)
Subject1	5	9
Subject2	7	11
Subject3	8	10
Subject4	6	11
Subject5	8	11
Subject6	10	10
Average	**7.3**	**10.3**

Table 4 Value of subjective ride comfort by using three-down one-up method in the second stage of VSM

	A seat			B seat		
	Track1 (down ward)	Track2 (upwar d)	Avg.	Track1 (down ward)	Track2 (upwar d)	Avg.
Subject1	5.8	4.3	5.0	9.5	9.0	9.3
Subject2	8.8	6.5	7.6	12.5	9.8	11.1
Subject3	10.5	7.3	8.9	10.8	9.3	10.0
Subject4	6.8	5.3	6.0	12.5	9.5	11.0
Subject5	9.0	7.0	8.0	11.5	10.0	10.8
Subject6	10.5	9.3	9.9	11.3	9.3	9.9
Average	**8.5**	**6.6**	**7.6**	**11.3**	**9.5**	**10.3**

Table 5 SEAT values of the two seats by the direct method

	A seat	B seat
Subject1	86.8	80.9
Subject2	94.4	75.5
Subject3	94.4	86.4
Subject4	105.9	78.2
Subject5	83.5	79.6
Subject6	84.4	84.9
Average	**91.6**	**80.3**

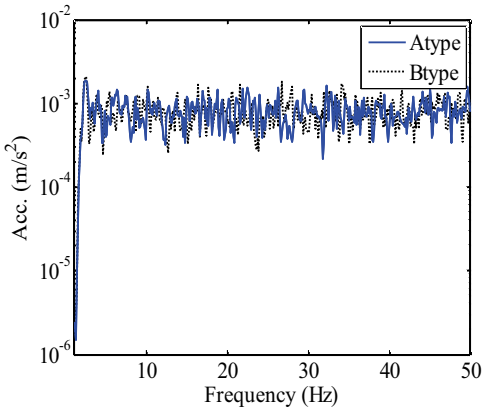

Fig. 7 Spectrum of random vibration induced to the platform mounting the seat

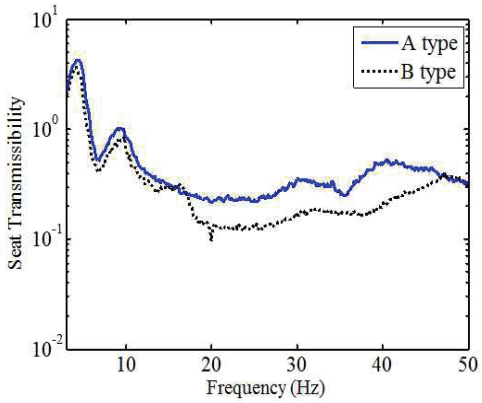

Fig. 8 Comparison of seat transmissibility from seat track to seat top

후기

이 논문은 부산대학교 기계기술연구원의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

(1) Griffin, M. J., 1990, Handbook of Human Vibration, Elsevier Academic Press, London.

(2) ISO 5982, 2001, Mechanical Vibration and Shock - Range of Idealized Values to Characterize Seated-body Biodynamic Response Under Vertical Vibration, International Organization for Standardization, Genava

(3) Cheung, W. S., Kim, Y. T., Kwon H. S., Hong, D. P., 2003, Experimental Investigation of the Response Characteristics of Korean-seated Subjects under Vertical Vibration : (I) Apparent Mass, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 13, No. 8, pp. 645~650.

(4) Jeon, G. J., Kim, M. S., Ahn, S. J., Jeong, W. B. and Yoo, W. S., 2010, Human response to idle vibration of passenger vehicle related to seating posture, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 12, pp. 1121~1127.

(5) Parsons, K.C and Griffin, M. J., 1988, Whole-body Vibration Perception Thresholds, Journal of Sound and Vibration, Vol. 121, No. 2, pp. 237~258.

(6) Morioka, M. and Griffin, M. J., 2006, Magnitude-Dependence of Equivalent Comfort Contours for Fore-and-Aft, Lateral and Vertical Whole-Body Vibration, Journal of Sound and Vibration, Vol. 298, pp. 755~772.

(7) Mansfield, N.J. and Griffin, M. J., 2000, Difference Thresholds for Automobile Seat Vibration, Applied Ergonomics, Vol. 31, pp. 255-261.

(8) Anriette van der Westuizen and Johannes L. van Niekerk, 2006, Verification of seat effective amplitude transmissibility (SEAT) value as a reliable metric to predict dynamic seat comfort, Journal of Sound and Vibration, Vol. 295, pp. 1060~1075.

(9) N. Nawayseh and M. J. Griffin, 2004, Tri-axial forces at the seat and backrest during whole-body vertical vibration, Journal of Sound and Vibration, Vol. 277, pp. 309~326.

(10) Pielemeier, W. J., Jeyabalan, V., Meier, R. C., and Otto, N. C., 1997, Just noticeable differences in vertical vibration for subjects on an automobile seat, 32nd UK Group Meeting on Human Response to Vibration, pp. 333~344

(11) Dixon, W. J. and Mood, A. M., 1948, A Method for Obtaining and Analyzing Sensitivity Data, Journal of the American Statistical Association, Vol. 43, No.241, pp. 109~126.

(12) Levitt, H., 1970, Transformed Up-down Methods in Psychoacoustics, Journal of the Acoustical Society America, Vol. 49, No.2, pp. 467~477.

(13) ISO 2631-1, 1997, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements, International Organization for Standardization, Genava