

## 한국인 더미모델을 이용한 시트진동 시뮬레이션과 실차시험의 비교분석

김정훈<sup>1)</sup> · 박동운<sup>1)</sup> · 이순영<sup>1)</sup> · 유완석<sup>\*2)</sup>

부산대학교 기계설계공학과<sup>1)</sup> · 부산대학교 기계공학부<sup>2)</sup>

### Comparison of Vehicle Experiment and Computer Simulation of Seat Vibration using Korean Dummy Model

Junghoon Kim<sup>1)</sup> · Dongwoon Park<sup>1)</sup> · Soonyoung Lee<sup>1)</sup> · Wansuk Yoo<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate Student, Department of Mechanical Design Engineering, Pusan National University,  
Busan 609-735, Korea

<sup>2)</sup>Department of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea  
(Received 21 December 2002 / Accepted 14 October 2003)

**Abstract** : This paper compares seat vibrations of a small passenger car and a SUV. The results also include the comparison of the human body accelerations and the ride values, such as the component ride values, and SEAT values of 12 axis accelerations obtained at the human body and seat track. The ride comfort evaluation is usually carried out by experiments of real cars which are expensive and sometimes may contain errors by passenger's postures. Simulations by computer, on the other hand, enable to solve these problems when the accuracy is proven. This paper, thus, also shows the correlation of human body vibration between experiments and computer simulations. For the computer simulation, korean dummy models are developed from the Hybrid III models by scaling the body data of Hybrid III to those of Korean men and women. From the comparison between the test data and simulation data, a nice correlation in trends was shown.

**Key words** : Human body vibration(인체진동), MADYMO(마디모), Korean dummy(한국인 더미), Component ride value(요소 승차감 지수), Seat value(시트지수)

### 1. 서론

가진력, 가진 주파수, 가진 방향, 노출 시간에 대한 인체 진동에 관한 연구가 진행되어 왔으며, 진동 승차감에 대한 표준화 작업이 진행되고 있다. 진동 영향을 평가하기 위하여 서양인에 대한 인체 모델이 개발되어져 왔으며,<sup>1)</sup> 한국인에 맞는 모델과 모델의 계수에 대한 체계적인 연구가 충분치 못한 실정

이다. 시트는 가진원(도로, 엔진)에서 발생하는 진동을 최종적으로 절감하여 인체에 전달시켜 주는 중요한 절연요소로써, 차량 시트의 특성에 따라서 인체에 전달되는 진동이 달라지게 되며, 또한 압력 분포가 달라지게 된다. 진동이 없는 의자에 착석한 경우에는 정적인 승차감과 관련되어 있으며, 운전 중의 차량 등에 탑승하였을 경우 동적인 승차감에 영향을 미치게 된다.<sup>2,3)</sup>

지금까지 주로 동적인 승차감 측면에서 많은 연구가 수행되었는데, 인간이 느끼는 진동 승차감은

\*To whom correspondence should be addressed.  
wsyoo@pusan.ac.kr

인체에 전달되는 가속도의 양으로 승차감 지수가 정의된다.

본 논문에서는 시트를 인체 감응특성에 의한 승차감 평가를 수행하여 비교하였고, 실험적인 평가를 수행함에 있어 발, 엉덩이, 허리에서 가속도를 측정해야 하고, 인체를 달리할 때 마다 시험을 다시 수행하여야 한다. 실험적인 방법은 시간과 비용, 피험자의 필요에 따른 여러 가지 단점을 가지고 있다. 이와 같은 번거로움을 줄이고자 시뮬레이션으로 실험적인 방법에서 얻고자 하는 인체 각 부위의 가속도 값을 인체와 시트의 모델링을 통해서 얻은 인체 각 부위의 가속도 값을 이용하여 시트의 승차감 평가를 수행하였다. 인체의 모델링 과정에서 국민표준체위조사 보고서(1997)<sup>4)</sup>의 한국인 체형의 통계치를 이용하여 한국인 체형에 대해 스케일링을 수행하는데 MADYMO를 이용하였다. 또한 한국인 모델의 검증을 위해 국제표준모델인 Hybrid III 모델과 썰매 테스트(sled test) 시뮬레이션을 수행하여 비교하였고, 시트에 착석한 상태에서 차량 시험을 통해 측정된 시트 트랙 가속도 값을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 제안된 방법의 적용가능성을 확인하였다.

## 2. 승차감 평가 지수

### 2.1 인체 측정 진동좌표계

인체와 기계 진동 요소가 접촉하는 발, 엉덩이, 등부위의 전달된 진동을 전신진동(whole-body vibration)이라 하며, 12축 진동 측정 축 좌표<sup>5)</sup>는 발의 병진 3축, 엉덩이 6축(병진 3축, 회전 3축), 등부위의 병진 3축으로 각각 구성되어 있다. 이는 영국 ISVR에서 고안된 방법이다. 현재 ISO 2631(1997), BS 6841(1987)의 표준안에서 표준 좌표계로 채택하고 있으며, 인체진동 측정 및 평가에 가장 널리 이용되고 있다. 참고문헌<sup>11)</sup>에 있는 ISO 2631-1(1997)에서는 이전 표준안(ISO 2631-1, 1985)의 대폭적인 개정을 담고 있다. 이는 과거 표준안(ISO 2631-1, 1985)과 BS 6841 (1987)안의 내용을 함께 포함하고 있다. 종래 두 표준안이 갖고 있던 측정 및 평가안을 조합함으로써 양측의 평가 방안을 활용할 수는 있지만, 아직은 두 안의 단순 편집에 머무르고 있다는 한계점

을 갖고 있는 것으로 판단된다. 본 논문에서는 기존의 연구들과의 비교를 위해 참고문헌들에서 사용되었던 BS6841을 따랐다.

### 2.2 인체 감응 특성에 의한 승차감 평가

#### 2.2.1 Overall Ride Value에 의한 평가

시트를 통해 인체에 진동이 전달될 때 인체의 접촉부의 위치 및 방향, 가해지는 진동의 주파수 성분에 따라 인체는 다른 인지 정도를 보인다. 이렇게 접촉부의 위치 및 축 방향에 대한 상대적 인지 정도를 수치화 한 인자를 '축가중계수(axis multiplying factor)'라 하며 진동 성분의 주파수에 따른 인체가 느끼는 정도를 증가화한 것을 '주파수 가중함수(frequency weighting function)'라 한다.

Table 1과 Fig. 1에 주파수 가중함수와 축가중계수를 나타내었다. 차체와 시트로부터 나온 가속도 신호는 실제 인간의 감성기관을 통하여 인지되는 감성량이 아닌 접촉부를 통하여 인체에 전달되는 물리적 측정치일 뿐이다. 이 신호를 푸리에 변환(Fourier transform)시킨 후 인체의 주파수 가중함수와 축가중계수를 거치게 된다. 다시 역 푸리에 변환(inverse Fourier transform)을 하면 주파수가 가중된 가속도 신호를 얻을 수 있다.

Table 1 The frequency weighting function and axis multiplying factors in BS 6841

Acceleration time history( $m/s^2$ )	Frequency weighting function(BS 6841)	
	Symbol	Axis multiplying factor
Feet( $a_{xf}$ )	$W_b$	0.25
Feet( $a_{yf}$ )	$W_b$	0.25
Feet( $a_{zf}$ )	$W_b$	0.40
Hip( $a_{xs}$ )	$W_d$	1.00
Hip( $a_{ys}$ )	$W_d$	1.00
Hip( $a_{zs}$ )	$W_d$	1.00
Hip( $a_{rx}$ )	$W_e$	0.63
Hip( $a_{ry}$ )	$W_e$	0.40
Hip( $a_{rz}$ )	$W_e$	0.20
Back( $a_{xb}$ )	$W_c$	0.80
Back( $a_{yb}$ )	$W_d$	0.50
Back( $a_{zb}$ )	$W_d$	0.40

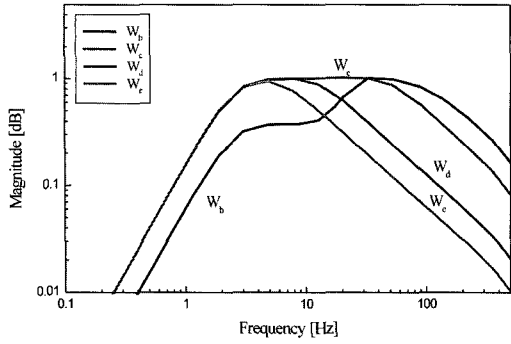


Fig. 1 The frequency weighting of human body sensitivity

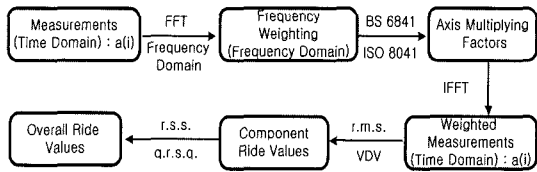


Fig. 2 Signal Processing scheme of applied frequency weighting and axis multiplying factor

이와 같은 신호처리흐름을 Fig. 2에 나타내었다. 승차감의 객관적인 평가량은 두 가지로 표현할 수 있는데 한 가지는 측정된 신호의 실효치(root mean squares, r.m.s)이다.

$$r.m.s. \text{ component} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a^2(i) \right]^{1/2} \quad (1)$$

여기서  $a(i)$ 는  $i$  번째 진동 측정치(가속도)의 진폭이며,  $N$ 은 채취된 진동 신호의 총 개수이다. 그리고 아래 첨자 'component'는 12가지 측정 진동 성분의 색인을 의미한다. 다른 한가지는 인체에 가해지는 진동 피폭량(vibration dose value, VDV)이다.

$$VDV_{\text{component}} = \left[ \frac{T_s}{N} \sum_{i=1}^N a^4(i) \right]^{1/4} \quad (2)$$

여기서,  $T_s$ 는 진동 측정 시간이다. 진동 피폭량은 진폭의 4승 평방근으로 정의되며, 이는 진동 진폭  $a$ 와 노출 시간  $T$ 의 관계를 나타내는 4승의 법칙 즉, " $a^4 \cdot T = \text{일정하다}$ "는 실험적 결과에 근거를 두고 있다.

종합적 승차감 평가치인 전체 승차감 값을 실효치(r.m.s)로 표시할 경우는 다음과 같이 각 요소 승차감 값의 제곱 합의 제곱근으로 전체 승차감 값을 정의한다.

$$r.m.s. \text{ overall} = \left[ \sum r.m.s.^2_{\text{component}} \right]^{1/2} \quad (3)$$

그리고, 진동 피폭량으로 전체 승차감 값을 정의할 경우는 요소 승차감 값의 4승 합의 4승근으로 정의한다.

$$VDV_{\text{overall}} = \left[ \sum VDV^4_{\text{component}} \right]^{1/4} \quad (4)$$

시트의 종류에 따른 승차감의 차이를 이해하기 위하여, 시트 트랙 승차감 값에 대한 인체 접촉부의 전체 승차감 값의 차이의 백분율을 이용하였다. 식 (5)는 인체 감응 특성을 고려한 즉, 주파수 가중함수와 축가중계수를 고려한 전체 실효치(overall r.m.s) 및 전체 진동피폭량(overall VDV)을 가진대와 시트에 인체가 접촉한 부분으로 나누어 시트의 진동 감쇠 특성을 비교하는 것이다. ORV는 Overall Ride Value의 약어이며, 아래 첨자는 피폭 진동의 측정 부위를 나타낸다.

$$\text{Vibration}(\%) = \frac{ORV_{\text{seat contact area}} - ORV_{\text{vibration table}}}{ORV_{\text{vibration table}}} \times 100 \quad (5)$$

### 2.2.2 SEAT 지수에 의한 평가<sup>5)</sup>

의자 지수는 의자 하부 지지대의  $Z_y$  방향 입력 진동의 실효치에 대한 영당이  $Z_s$  방향의 진동 실효치의 비로 정의된다. 의자 하부 지지대의 가진 입력 가속도 PSD  $\{P_{ff}(f)\}$ 와 피실험자 영당이  $Z_s$  방향의 가속도 PSD  $\{P_{ss}(f)\}$ 에  $Z_s$  방향의 Fig. 1의 주파수 가중함수  $W_b(f)$ <sup>2</sup>를

$$SEAT = \left[ \frac{\int_{f_0}^{f_1} P_{ss}(f) W_b(f)^2 df}{\int_{f_0}^{f_1} P_{ff}(f) W_b(f)^2 df} \right]^{1/2} \quad (6)$$

각각 곱한 뒤, 의자 지지대 및 영당이 부위의 체감 평균 가속도 값을 각각 계산한다. 일반적으로 SEAT 지수가 1이하면 시트 위에서의 체감 진동량이 시트 지지대의 체감 진동량보다 더 작게 되어 시트가 체감 진동량을 감쇠함을 의미하며, 1이상이면 시트 위의 체감 진동량이 더 크게 되어 승차감이 시트에 의해 나빠짐을 의미하므로 이 값이 작을수록 우수한 시트라고 할 수 있다.<sup>6)</sup>

### 3. 한국인 인체 모델

#### 3.1 한국인 인체치수의 통계 자료

한국인 인체모델의 기초자료로 국민표준체위조사 보고서<sup>4)</sup>를 사용하였다. 조사지역은 전국을 수도권(서울·경인·강원), 충청·전라권, 경상·제주권등 3개 권역으로 나누어 대도시, 중소도시, 읍면단위로 세분하여 측정되었으며, 0세부터 70세까지 전국민을 모집단으로 하여 통계적인 방법에 의해 표본을 선정하여 남자 6,578명, 여자 6,484명, 합계 13,062명을 측정하였다. 인체측정항목은 KS A7003(인체측정용어정의)에 따라서 모두 120개의 항목으로 마틴(Martin)자를 이용하였고, 측정방법은 KS A7004(인체측정방법)에 따라서 이루어졌다. 수집된 자료는 연령별로는 영유아(0-5세), 초등(6-11세), 중등(12-17세), 청년1(18-24세), 청년2(25-39세), 장년(40-59세), 노년(60세 이상)으로 분류되었으며, 영유아, 초등, 중등층은 남녀의 구별 없이 각 나이별로 측정항목의 평균값이 주어지고, 청년1, 청년2, 장년, 노년층은 남녀 각각의 부위별 통계량을 평균과 백분위수(5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 %ile)로 주어져 있다. 최근에 조사된 1997년 실시된 4차 조사의 자료를 이용하였다.<sup>6,7)</sup>

#### 3.2 한국인 인체 모델 구성

미국인과 유럽인을 기준으로 한 Hybrid III 모델은 한국인과 신체 특정부위에서 많은 차이를 보이고 있다. 예를 들면, 한국인 머리둘레는 미국인의 인구분포 곡선중 50%ile에 있는 인구를 기준으로 한 Hybrid III 50%ile보다 작았지만 머리너비와 머리길이에 있어서는 약간 큰 것으로 나타났다. 또 앉은키는 크지만 ‘어깨점-팔꿈치 길이’나 ‘앉은 엉덩이-무릎길이’는 많이 작은 것으로 나타났다.<sup>7)</sup> 한국인 표준신장과 체중만을 고려하여 Hybrid III 더미의 스케일링을 통해서 35개의 인체 치수를 고려하여 한국인 더미를 만들었다.<sup>8,9)</sup> 한국인 인체는 미국인의 인체를 기준으로 만든 Hybrid III 50%ile 더미와는 각 신체부위의 물리적 특성이 다를 수 있으며, 그로 인해 발생할 수 있는 오류에 대해서는 고려하지 않았다.

### 3.3 국제 표준 모델과의 비교

스케일링을 수행한 한국인 남성 75.5kg모델의 검증을 위해 Hybrid III의 썰매테스트(sled test)와 동일한 환경에서 시뮬레이션을 수행하여 비교하였다. 한국인 인체모델을 시트에 앉히고 안전벨트를 부착하여 20g, 50km/h의 정면충돌 상황에서 200msec동안 해석을 수행하였다.

Fig. 3은 Hybrid III(75kg)와 한국인 모델(75.5kg)의 썰매테스트의 거동을 보여준다. Fig. 4와 Fig. 5는 머리와 가슴부분의 가속도 값을 나타낸다. 거동과 가속도 값으로부터 유사한 거동을 한다는 것을 알 수 있다.

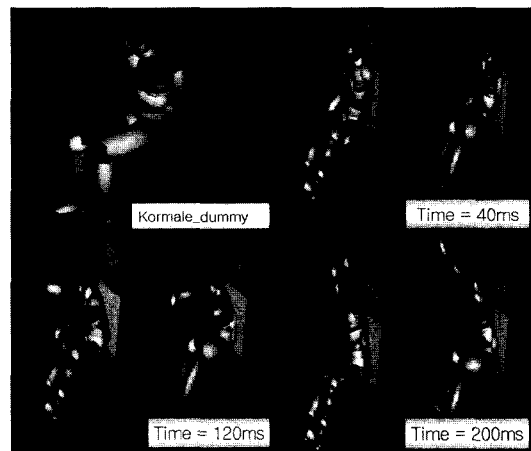


Fig. 3 Comparison of hybrid III (left) and korean male (right) in sled test

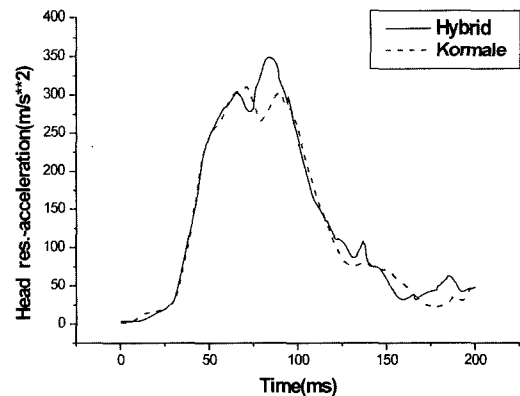


Fig. 4 Comparison of hybrid III and korean male at head

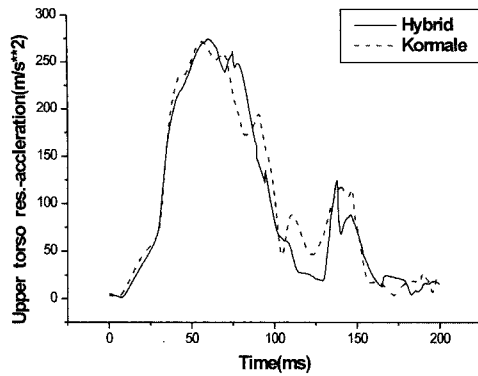


Fig. 5 Comparison of hybrid III and korean male at upper torso

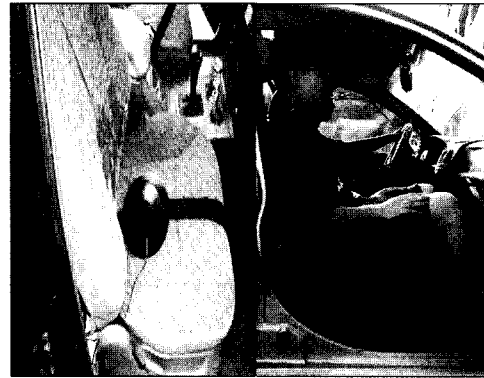


Fig. 6 Experimental setup for measuring acceleration

## 4. 실차시험과 시뮬레이션 비교

### 4.1 실험조건 및 장치

본 연구에서는 두 차종을 대상으로 차량 속도에 따라 BS 6841(1987)<sup>11)</sup>의 진동 측정축(Griffin 12축) 중에 9개의 병진축과 머리의 3축 병진을 사용하였다. 측정구간은 부산-남양산-대동간 고속도로의 27.9km구간이었고 도로와 속도에 따라 각각 60초 동안 2.5kHz로 측정하였다. 그리고 피실험자는 신장175cm, 체중이 78kg인 남성이다.

한 사람에 대한 실험결과로 동종 차량시트 전체의 성능을 비교하는 것은 무리가 있으나, 본 연구에서는 시트진동 시뮬레이션과 실차시험의 비교분석 쪽에 맞추었으므로, 한 사람에 대한 실험 결과만으로도 가능하다고 보았다.

인체 진동을 측정하기 위해 사용된 센서는 Fig. 6과 같이 B&K 4322를 좌판에 B&K 4321을 등판에 부착하여 좌판 3축, 등판 3축의 가속도를 측정하였으며, B&K 4321을 이용하여 시트 트랙의 가속도와 B&K 4393(1축) 3개를 바이트 바(bite bar)에 부착하여 피실험자가 입에 물도록하여 머리의 3축 가속도를 측정하였다. 시트부의 센서는 좌골 결절의 위치에 두었으며, 등판은 요추(lumbar support)부분에 두었다. 사용 센서는 2002년 9월 4일 한국표준과학연구원에서 교정을 마친 상태였으므로, 센서에 대한 오차는 확인된 것이다.

각각의 가속도계는 앰프에 연결되어 있으며 총 12축의 신호는 디지털 테이프 레코더(digital tape recorder, SONY-PC216A)를 이용하여 실시간으로

저장된다. 측정된 신호는 PCscan(SONY) 프로그램과 디지털 인터페이스 어댑터(SONY, PCIF260)를 이용하여 PC에 저장하였고 저장된 데이터는 프로그램에 의해 처리하였다.<sup>1)</sup> 본 연구의 관심 주파수 대역은 0.3Hz~80Hz 이다.

### 4.2 승차감 지수 분석

본 실험은 일반 승용차와 SUV의 시트 승차감 평가를 위하여 고속도로에서 시멘트 도로와 아스팔트 도로를 주행하였다. 여기서 일반 승용차는 1500cc 급이고, SUV는 배기량이 2900cc로 승용차로 볼 때 대형에 속한다. 또한, 차량소유자의 운전경력에 따른 차이도 영향을 줄 수는 있으므로 모든 승용차와 SUV에 대한 객관적인 자료라고는 보기 어려우나 상대적인 비교의 가치는 충분하다고 판단된다. 두 차량에 대한 실험 결과를 이용하여 각 축에 대한 실효치(r.m.s)와 피폭 진동량(VDV)을 구하였다. 실험 도로가 선회구간이 많은 관계로 시트 트랙과 시트에서의 x축, y축의 진동의 영향이 크게 나타났다. 전체 실효치(overall r.m.s)와 전체피폭 진동량(overall VDV)을 이용하여 식 (5)에 정의된 가진대와 인체 접촉부 사이의 전체 승차감 값의 변화 즉, 인체 접촉부의 진동 증가 및 감소특성 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.<sup>1,6)</sup> 각 부위에 대해 주파수 가중함수(frequency weighting function)를 주파수 범위에 따라 다르게 사용하고, 각 부위에 대해 축가중계수(axis multiplying factor)를 Table 1에 나와 있는 값을 사용하였다. Table 1에서 가진대(vibration table)와 인체 접촉부(seat contact area)의 축가중함수를 비교해 보

Table 2 Percentage variation of overall ride values for two vehicles and vehicle velocities ( $T_s=38.64\text{sec}$ )

Component ride values /Test Road & Velocity			Percentage variation of overall ride values between seat track and vehicle seat	
			Passenger Car (%)	SUV (%)
r.m.s. ( $m/s^2$ )	시멘트	40	262.56	186.47
		60	170.71	163.88
		80	247.54	160.93
		100	159.87	139.83
	아스팔트	40	226.06	214.83
		60	<b>191.16</b>	<b>206.54</b>
VDV ( $m/s^{1.75}$ )	시멘트	40	226.11	139.61
		60	126.65	117.49
		80	164.82	130.99
		100	149.15	106.07
	아스팔트	40	182.23	145.11
		60	<b>127.05</b>	<b>147.62</b>
		80	137.63	129.26
		100	155.03	148.74

면 상대적으로 가진대의 값 즉, 발부위의 값이 적다는 것을 볼 수 있다. 이처럼 인체 감응을 고려하였기에 ORV(Overall Ride Value) 값이 100%보다 큰 값이 나왔다. 같은 가중치 값을 사용하였다면 100%보다 작은 값이 나왔을 것인데 차종간의 상대비교에 관심이 있었으므로 참고문헌<sup>1,3,6)</sup>에서와 같이 다른 가중치를 사용하였다.

전체 승차감 값이 시트 트랙의 진동 성분의 전체 승차감 값에 비해 실효치(r.m.s), 피폭 진동량(VDV)에 대해 증가함을 볼 수 있다. 시트에서의 회전 가속도 성분을 고려하지 않았고, 운전자의 미속으로 속도 조절을 일정하게 하지 못한점을 감안하더라도 시트에서의 승차감이 오히려 저하되고 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

두 차종의 시트 승차감 평가에서 아스팔트 도로 60km를 제외하고 SUV차량의 시트가 승용차의 시트에 비해 상대적으로 우수하다는 사실을 알 수 있었다.

또한 두 차종의 SEAT 지수<sup>5,6,10)</sup>를 인체 진동 주파수 가중함수의 범위인 0.3Hz~80Hz의 주파수 범위

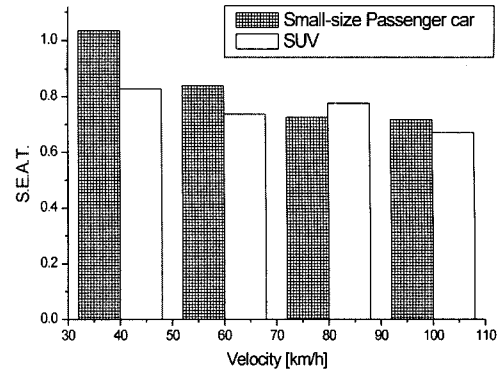


Fig. 7 Comparison of SEAT values (Cement road)

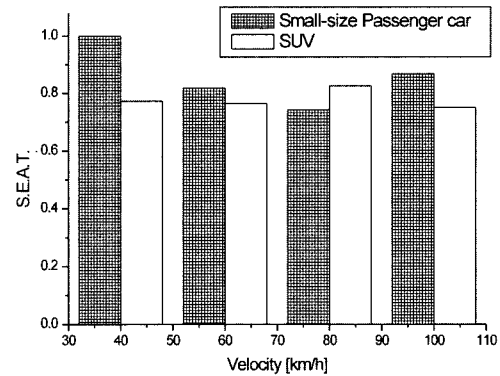


Fig. 8 Comparison of SEAT values (Asphalt road)

에 대해 구하여 시트를 비교하여 Fig. 7와 Fig. 8에 나타내었다. 시멘트 도로와 아스팔트 도로의 80km/h에서는 승용차의 시트가 유리하게 나타났고, 다른 도로에서는 SUV 차량의 시트가 유리하게 나타났다. 전체적으로 볼 때 SEAT 지수가 1 이하이다.

영덩이에 대한 주파수 가중함수(frequency weighting function)를 시트의 트랙과 영덩이에 동일하게 사용하여 시트의 감쇠율이 좋지 않으면 1보다 크게 나오게 된다. 아스팔트 도로에서도 80km/h의 결과를 제외하고 SUV가 소형승용차보다 시트의 진동절연 성능이 좋은 것으로 판단되어 진다. 식 (5)를 이용한 Table 2의 결과와 SEAT지수의 결과의 차이는 영덩이에서의 회전가속도를 고려하지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

### 4.3 MADYMO 시뮬레이션과 비교

시멘트 도로에서 80km 속도로 달린 SUV차량의 시트 트랙 3축 데이터를 MADYMO 모델의 시트 트

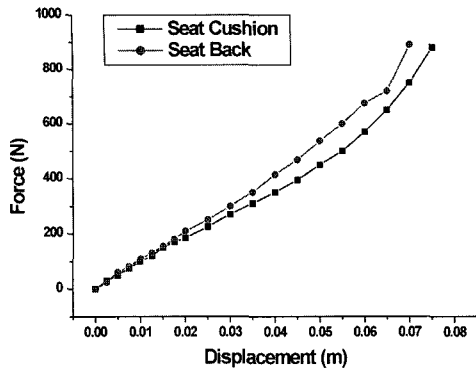


Fig. 9 Force-displacement curve of seat cushion & back

Table 3 Seat & human contact (Ellipsoid-Vertex)

Seat cushion		Seat back	
Ellipsoid number	Body name	Ellipsoid number	Body name
1	Lower torso	1	Lower torso
35	Left femur	5	Lower lumbar
36	Left hip	6	Upper lumbar
37	Right femur	27	Left shoulder
38	Right hip	28	Right shoulder
39	Left knee	29	Left upper arm
40	Right knee	30	Right upper arm
41	Left tibia		
42	Right tibia		

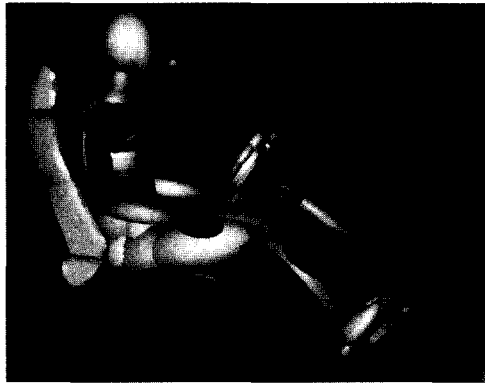


Fig. 10 Seat & vehicle modeling (MADYMO 5.4)

랙에 입력하였다. 3차원 시트 모델에 메쉬(mesh)작업을 수행하여 MADYMO에 입력한 후 Fig. 9의 힘-변위 곡선은 참고문헌<sup>12)</sup>의 결과를 이용하여 쿠션과 시트백의 특성을 다르게 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다. 더미는 51개의 타원체로 구성되어 있는데 Table 3에 시트 부위와 접촉하는 타원을 나타내

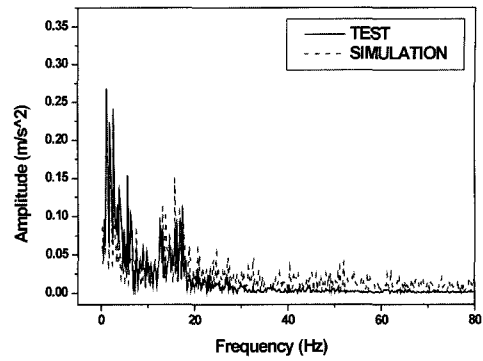


Fig. 11 Comparison of seat z acceleration (SUV 80km, cement road)

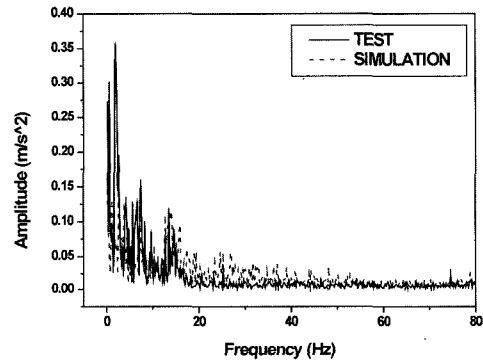


Fig. 12 Comparison of back x acceleration (SUV 80km, cement road)

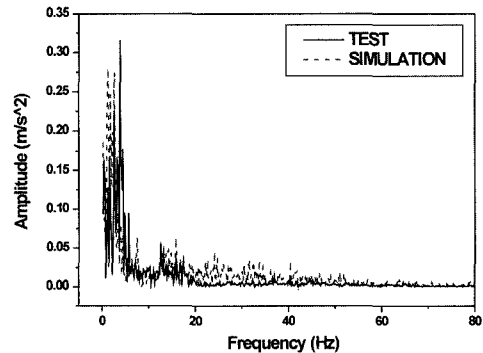


Fig. 13 Comparison of head x acceleration (SUV 80km, cement road)

었다. Fig. 10은 시트, 인체와 차량을 모델링한 형상을 나타내는데 머리부분의 입에 물고 있는 것은 실차시험시 피시험자가 물고 측정했던 가속도계를 나타낸다.

Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13은 각각 엉덩이의 z축, 등부위의 x축, 머리부위 x축 데이터를 FFT한 결과를 나

타내는데 시험 결과 보다 시뮬레이션의 진폭이 크게 나타나고 있다. 보다 정확한 시트의 힘-변위 곡선을 고려한다면 보다 근접한 결과를 얻을 수 있을 것이라 사료된다.

### 5. 결론

실차 시험을 수행하여 두 차종의 차량 시트에 대해 승차감 평가를 수행하여 SUV 차량의 시트가 승차감 측면에서 우수하다는 결과를 도출하였다. 또한 본 논문에서 제안된 방법은 좀더 정확한 시트의 특성치를 부여한다면 플로워나 시트 트랙의 가속도를 이용해 시트와 닿는 인체의 다른 부분의 가속도를 얻어 승차감 평가에 적용가능하다. 또한 한국인 체형뿐만 아니라 한국인의 인체감응 특성에 맞는 주파수 가중함수를 개발하여 승차감지수를 분석하는 과정에 적용한다면, 주관적 평가에 더 일치하는 승차감 평가가 가능해 질 것이다. 그리고, 동역학적인 인체에서 피부나 근육, 뼈의 탄성을 고려한 인체 모델을 적용하면 시뮬레이션결과의 정확도가 높아질 것이다.

### 후 기

본 연구는 NRL(국가 지정 연구실)과제(M1-0203-00-0017-02J0000-00910)의 지원으로 수행됨.

### References

- 1) Human Information Group, Ergonomics Research forms(I), Korea Research Institute of Standards and Science, 2001.
- 2) H. K. Jang, "Human Vibration of Vehicle Industry," Journal of KSNVE, Vol.12, No.2, pp.113-119, 2002.
- 3) W. S. Jeong, Y. T. Kim, "Measuring Technology of Human Vibration and Evaluation Method of Effect on Human Body," Journal of KSNVE, Vol.12, No.2, pp.103-112, 2002.
- 4) Korea Research Institute of Standards and Science, National Anthropometric Survey of Korea 1997, National Institute of Technology and Quality(NITAQ), 1997.
- 5) M. J. Griffin, Handbook of Human Vibration, Academic Press, 1990.
- 6) W. S. Cheung, C. K. Woo, S. J. Park, S. H. Kim, "Ride Quality Assessment of Automotive Seats by Simultaneous 3-Axis Excitation," Journal of KSNVE, Vol.7, No.1, pp.143-152, 1997.
- 7) Y. H. Jeong, "Passenger Safety Analysis Using MADYMO with Scaled Korean Dummy Models," A Master's Thesis, Hanyang University, 1999.
- 8) K. S. Oh, "Real-Time Analysis of Occupant Motion for Vehicle Simulator," A Master's thesis, Pusan National University, 2002.
- 9) TNO, MADYMO V5.4, Database Manual, 1999.
- 10) Y. G. Cho, W. S. Cheung, S. J. Park, Y. S. Yun, "Evaluation of the Ride Values of Passenger Cars on the Unevenness and Endurance Roads," Journal of KSNVE, Vol.7, No.6, pp.1125-1030, 1998.
- 11) W. S. Cheung, Y. H. Park, M. J. Griffin, "Comparison and Analysis of Standardised Methods for Predicting the Hazards of Whole-body Vibration and Repeated Shocks," Journal of KSNVE, Vol.10, No.1, pp.160-167, 2000.
- 12) R. Gurram, A. M. Vertiz, "The Role of Automotive Seat Cushion Deflection in improving Ride Comfort," SAE 970596, 1997.