

< 논 문 >

# 내구력 도로와 요철 도로에서 승용차의 승차감 지수 평가

## Evaluation of the Ride Values of Passenger Cars on the Unevenness and Endurance Roads

조 영 건\* · 정 완 섭\*\* · 박 세 진\*\* · 윤 용 산\*

Young-Gun Cho, Wan-Sup Cheung, Se-Jin Park and Yong-San Yoon

(1997년 7월 4일 접수 ; 1997년 8월 29일 심사완료)

**Key Words** : Ride Quality(승차감), Component Ride Value(요소 승차감 지수), Overall Ride Value(전체 승차감 지수), SEAT(시트 지수)

### ABSTRACT

This paper introduces the experimental results of ride values assessed for several passenger cars. The experiment was conducted at four vehicles on two roads for three persons by measuring the acceleration in the 12-axis of human. The results include the comparison of the ride values, such as the component ride values, overall ride value, and seat effective amplitude transmissibility. It is proved that acceleration between 1 and 15Hz is the most significant in evaluating the ride quality. The contribution of the accelerations in each measurement axis is quantified from the component ride value. SEAT value shows a relatively low sensitivity for the road condition and human mass.

### 1. 서 론

차량 주행시에는 엔진에 의한 진동, 공기 저항, 횡풍 그리고 노면의 거칠기 등등 여러 가지 힘에 의해서 차체 진동이 발생하게 된다. 그리고 이러한 진동은 최종적으로 승객과 차량의 접촉부인 의자를 통해서 전달되어, 결국 승차감의 형태로 표현이 된다<sup>(1)</sup>. 이러한 승차감은 승객에게 전달되는 가속도의 진폭, 전달 주파수 성분 및 진동 전달 부위에 따라 다른 진동을 느끼게 된다<sup>(1)</sup>. 본 논문에서는 국내외 승용차 4종을 대상으로 승차감 평가를 수행한 결과를 다루고자 한다.

2절에서 4가지 차종에 대해 전신 피폭 진동을 고려한 승차감 평가 실험 과정을 서술하며, 3절에서는 승차감 평가 지수인 요소 승차감 지수, 전체 승차감 지수, 의자 지수를 소개한다. 그리고 4절에서는 실험 결과의 분석을 통하여 4가지 차종에 대한 승차감에 대한 종합적인 평가 결과를 비교하며, 끝으로 본 연구의 기여도와 주요 내용을 요약한다.

### 2. 실험 장치 및 실험 과정

국내 차량 1종과 외국 차량 3종에 대한 승차감 평가를 위해 한국인 대표 체형 3인의 피실험자(전문 운전자)를 대상으로 내구력 도로와 요철 도로에서 주행하도록 하여 인체 전신 피폭 진동을 측정하였다. 이때 피실험자는 P1 (키 : 181 cm, 몸무게 : 85 kg), P2 (키 : 169 cm, 몸무게 : 69 kg),

\* 한국과학기술원 기계공학과

\*\* 정회원, 한국표준과학연구원

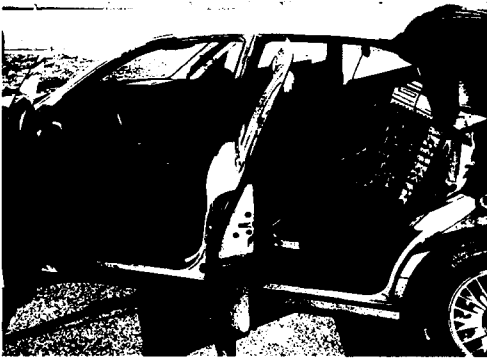


Fig. 1 Experimental setup for the field test.

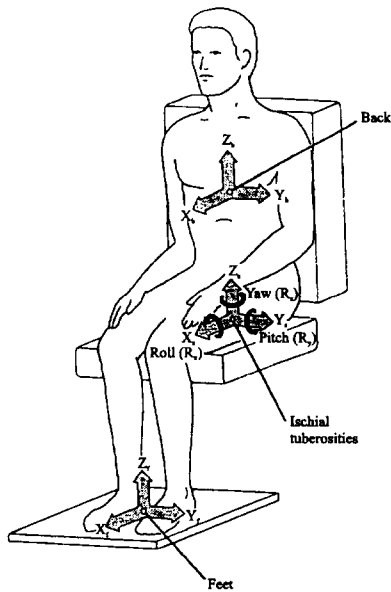


Fig. 2 Schematic configuration for measurement of whole-body vibration<sup>(1)</sup>.

P3 (키 : 165 cm, 몸무게 : 70 kg)의 3인을 대상으로 실험을 수행하였다. 본 실험시 차속은 40 km/h로 일정하게 유지하여, 매 실험마다 도로면에서 차량에 전달되는 가속도 수준의 변화를 적게 하도록 하였다.

Fig. 1 은 전신 피폭 진동 측정 장치<sup>(2,3)</sup>를 시험 차량에 설치한 모습을 보여주고 있다. 피실험자가 차량 의자에 앉을 경우, 진동은 발, 엉덩이, 그리고 등판 부위의 접촉부를 통해서 전신으로 전달된다. 이러한 피폭 진동을 측정하기 위해서 Fig. 2에서와 같이 발에서 병진 3축( $X_f, Y_f, Z_f$ ), 엉덩이에서 병진 3축( $X_s, Y_s, Z_s$ ) 및 회전 3축( $R_x, R_y, R_z$ ), 그리고 등판에서의 병진 3축( $X_b, Y_b, Z_b$ )으로 구성된 12축 전신 피폭 진동을 측정하였다.

이러한 전신 피폭 진동 측정 기법은 영국 ISVR의 Griffin 교수의 12축 측정 방법<sup>(1)</sup>으로 알려져 있으며, 이러한 측정 방법은 영국의 표준안 BS 6841(1987)으로 채택되어 이용되고 있다. 이는 실제 자동차 관련 국외 전문 연구 기관에서 가장 널리 이용하고 있는 방법이기도 하다. 본 실험에서 이용한 12축 인체 피폭 측정 장치는 발과 엉덩이 부위의 병진 진동 측정을 위해서는 3축 Servo가속도 센서(Columbia Research Model : SA-307TX)를 이용하였으며, 엉덩이 부분의 회전 진동을 측정하기 위해서는 회전 가속도 센서(Columbia Research Model : SR-207HP)를 각각 이용하였다. 그리고, 등 접촉부를 측정하기 위해서 초소형 반도체 Bridge형 3축 가속도 센서(Entran EGCS-A-10)를 사용하였다. 매 실험시 센서류와 신호 증폭기에 대한 현장 교정을 거쳐 실험을 수행하였다. 총 12축 신호는 16채널 디지털 기록기(Sony DAT 216A)를 이용하여 6 kHz로 3분 동안 실시간 기록하였다.

### 3. 승차감 평가 지수

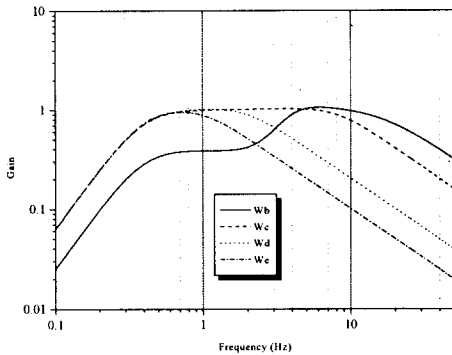
인간이 인식할 수 있는 수준 이상의 진동에 신체가 노출되면 안락감을 잃게 된다. 특히, 차량에 승차하였을 경우 전신 피폭 진동에 대한 안락감의 손실 정도를 승차감(ride quality)이라 한다. 이는 추상적인 개념으로 인간이 느끼는 불쾌감을 주관적으로 나타낸 개념인 반면에 승차감 지수(ride value)는 불쾌감의 정도를 정량화 한 양이다. 지금까지 많은 연구자들이 이러한 승차감 지수 선정에 많은 노력을 기울여 왔으며, 그 결과 다양한 승차감 지수<sup>(1)</sup>가 개발이 되어있다. 본 논문에서는 요소 승차감 지수, 전체 승차감 지수, 그리고 의자 지수를 이용하여 승용차의 승차감을 평가한다.

#### 3.1 가속도 가중 함수

국제표준규격(ISO 2631, 8041)과 BS규격(BS 6841)에 제시된 바와 같이, 인간이 느끼는 진동의 양은 피폭 위치와 진동 가속도의 주파수 성분에 따라서 상대적인 인식을 하게 된다. 즉 동일한 진동량에 대하여 피폭 부위가 다르다면 인지도가 달라지며, 또한 동일한 피폭 부위라 하더라도 주파수가 달라지면 인식 정도가 달라지게 된다. 이러한 정도를 정량화한 주파수 감응 곡선을 가중 함수(frequency weighting function)라고 정의하고 있으며, 각 부위별 측정 축에 따른 상대적인 인체의 감응도를 측정 축 가중 계수(axis multiplying factor)라고 한다. Table 1에 12축 각각에 대한 가중 함수와 축

**Table 1** Weighting function and axis multiplying factor in BS 6841

Measurement Position	Weighting function ( $w_i$ )	Axis multiplying factor ( $m_i$ )
$X_f$	$W_b$	0.25
$Y_f$	$W_b$	0.25
$Z_f$	$W_b$	0.40
$X_s$	$W_d$	1.00
$Y_s$	$W_d$	1.00
$Z_s$	$W_b$	1.00
$R_x$	$W_e$	0.63
$R_y$	$W_e$	0.40
$R_z$	$W_e$	0.20
$X_b$	$W_c$	0.80
$Y_b$	$W_d$	0.50
$Z_b$	$W_d$	0.40



**Fig. 3** Weighting function

정 축 가중 계수를 표시하였다. 가중 함수는 총 4개 ( $W_b$ ,  $W_c$ ,  $W_d$ ,  $W_e$ )로 정의하여 12축에 사용을 하고 있으며 Fig. 3에 나타내고 있다.

**3.2 요소 승차감 지수 (Component Ride Value)**

주행시 전신 피폭 진동은 바닥 및 의자와의 접촉 부위 (발, 엉덩이, 등 부위)의 모든 방향에서 전달 된다. 따라서, 각각의 접촉부별 측정축, 즉 12개의 측정 축에 대해 서로 독립적으로 승차감에 기여하는 양을 정량화 한 것을 요소 승차감 지수라 한다. 이는 식 (1)과 같이 우선 12개 각각의 축에 대해서 측정된 가속도의 power spectral density  $\{P_{ii}(f)\}$  와 각 측정축  $i$ 에 해당되는 주파수 가중 함수 (weighting function of Fig. 3)의 제곱 ( $w_i(f)^2$ )를 이용하여, 제곱 평균에 대한 2승근(square-root)을 취한 값으로 가중화된  $i$ 번째 측정축의 실효치를 계산한다. 그리고 나서 가중화된 실효치값에 측정축  $i$ 에 대응되는 축 가중 계수(axis multiplying

factor :  $m_i$ )를 곱해서 각 축에 대한 요소 승차감 지수를 구하게 된다..

$$\text{Component Ride Value}_i = m_i \times \left[ \int P_{ii}(f)w_i(f)^2 df \right]^{1/2} \quad (1)$$

이 값을 이용하여 인체 접촉부의 각각 가속도가 승차감에 미치는 상대적 기여도의 정량적 평가에 이용 가능하다

**3.3 전체 승차감 지수 (Overall Ride Value)**

전체 승차감 지수는 식 (2)에서와 같이 12 측정점의 요소 승차감 지수의 제곱 합의 2승 근으로 정의된다.

$$\text{Overall Ride Value} = \left[ \sum_{i=1}^{12} (\text{Component Ride Value}_i)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

이 지수는 12축 방향의 가중화된 전신 피폭 진동의 총량을 나타내므로, 승차감의 대표치라고 할 수 있다. 따라서 이 값이 작을수록 인체에 민감한 진동량이 적어 승차감이 우수한 차종이라고 할 수 있다.

**3.4 의자 지수 (Seat Effective Amplitude Transmissibility, SEAT)**

의자 지수는 식 (3)에서와 같이 의자 하부 지지대의  $Z_f$ 방향 입력 진동의 실효치에 대한 엉덩이  $Z_s$ 방향의 진동 실효치의 비로 정의된다. 의자 하부 지지대의 가진 입력 가속도 Power spectral density  $\{P_{ff}(f)\}$ 와 운전자의 엉덩이  $Z_s$ 방향의 가속도 power spectral density  $\{P_{ss}(f)\}$ 에  $Z_s$ 방향의 가중 함수 제곱 ( $w_b(f)^2$ )을 각각 곱한 뒤, 이를 이용하여 관심 주파수 대역에서 의자 지지대 및 엉덩이 부위의 제곱 평균 가속도 값을 각각 계산한다. 이들의 2승근의 비를 식 (3)과 같이 환산하여 의자 지수를 얻게 된다.

$$\text{SEAT} = \left[ \frac{\int P_{ss}(f)w_b(f)^2 df}{\int P_{ff}(f)w_b(f)^2 df} \right]^{1/2} \quad (3)$$

이 값이 1 이하면 시트 위에서의 진동이 시트 지지대의 진동보다 더 작게 되어 시트가 진동을 감쇠함을 의미하며 반면에 1 이상이면, 시트 위의 진동이 더 크게 되어, 승차감이 오히려 시트에 의해서 나빠지게 된다. 그러므로 이 값이 작으면 작을수록 더 우수한 시트라고 할 수 있다.

## 4. 실험 결과 및 토의 사항

### 4.1 도로 가진 조건

본 실험은 노면 요철 정도가 다른 내구력 도로 (road 1 : endurance test road)와 시멘트 요철로 (road 2 : unevenness road)에서 차량을 40 km/h의 등속 주행 실험을 수행하였다. 이러한 2 종류의 도로 가진 가속도를 정량적으로 비교하기 위해 Vehicle 1에 대한 3 명의 피실험자의 발의  $Z_f$  방향 가속도의 평균을 Table 2에서 나타내었다.

차종 1의 경우 도로 1에서  $2.79 \text{ m/s}^2$ , 도로 2에서  $3.72 \text{ m/s}^2$ 으로 도로 2에서의 가진 가속도가 33% 증가했음을 알 수 있다. 그리고 다른 차종에서도 마찬가지로 도로 2에서 12% ~ 50%정도 높게 나타났다. 이것은 시멘트 요철로인 도로 2가 내구력 도로보다 더 큰 가속도로 차량을 가진시키고 있음을 의미한다.

### 4.2 인체 접촉부의 진동 특성 고찰

Fig. 4는 차종 1이 내구력 도로에서 주행하였을 때에, 운전자의 발에서의  $Z_f$ 방향으로 가진되는 병진 가속도의 실효치 주파수 분포를 나타낸다. 이 그림은 차량에 들어오는 도로의 거칠기와 같은 여러 가지 가진원이 타이어, 현가 장치, 그리고 샤프를 통과하면서 각각의 고유 모드가 전체적으로 영향을 주어서 운전석에 전달되는 가속도 RMS를 의미한다. 여기서 피실험자 3사람에 대해서 RMS정도가 거의 일치하므로 3명의 피실험자에 대한 가진 조건이 거의 동일함을 확인하였다. 1.4 Hz 주위의 공진은 현가 장치의 공진이며, 12 Hz 주위의 공진은 타이어에 의한 영향으로 볼 수 있다.

Fig. 5는 차종 1에 대한 내구력 도로 시험에서 엉덩이가  $Z_s$ 방향으로 가진 되는 병진 가속도의 주파수 분포를 나타낸다. 발에서의  $Z_f$ 축에서 측정된 실효치와 같이 1.4, 4.5, 그리고 12 Hz의 주파수 대역에서 높은 가속도 RMS를 확인하였다. Fig. 6은 이러한  $Z_s$ 와  $Z_f$ 축에 대한 가속도 전달 함수를 나타낸다.

Table 2 Averaged  $Z_f$ -acceleration at foot

Vehicle	Acceleration RMS ( $\text{m/s}^2$ )	
	Road 1	Road 2
V 1	2.79	3.72
V 2	2.12	2.39
V 3	2.14	3.19
V 4	2.38	3.34

이는 질량, 댐퍼, 스프링으로 이루어진 2차 시스템과 비교적 유사한 특성을 보이고 있으며, 대략 3~4 Hz에서 의자의 첫번째 모드가 관찰되었다. 그리고 3~8 Hz정도의 구간에서의 게인이 1 이상이므로, 시트에 들어오는 가속도에 비해 인간의 엉덩

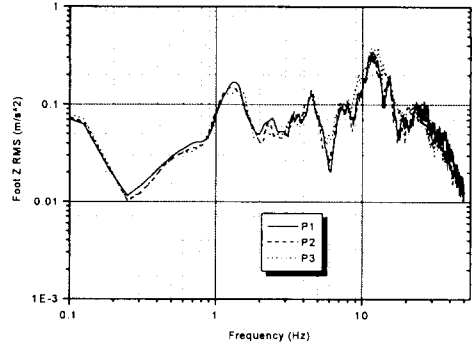


Fig. 4  $Z_f$ -axis vibration level at foot (vehicle 1 and road 1)

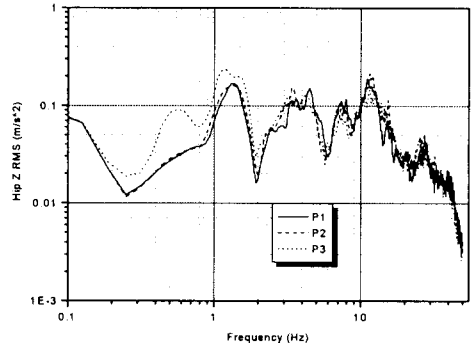


Fig. 5  $Z_s$ -axis vibration level at hip (vehicle 1 and road 1)

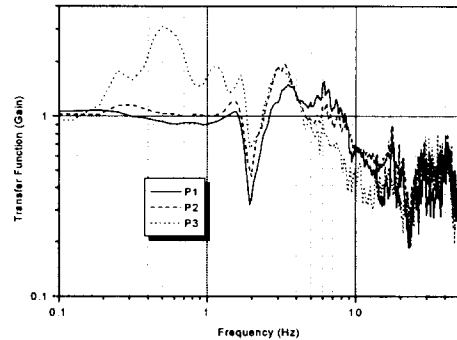


Fig. 6 Transfer functions between  $Z_s$  axis and  $Z_f$  axis (vehicle 1 and road 1)

이에 전달되는 Z축 가속도가 더 크게 증폭되는 주요 주파수 구간임을 확인하였다.

**4.3. 승차감 지수의 분석 결과**

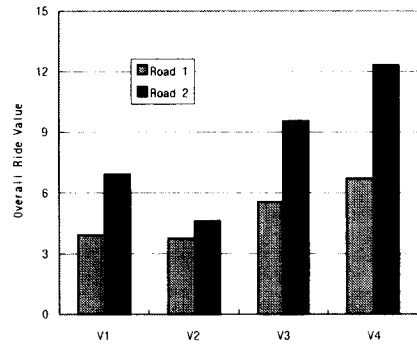
승차감 지수는 식 (2)에서와 같이 인체 접촉부의 12 측정축에 대해 각 축에 대응되는 가속도 가중 함수와 가중 계수를 이용해서 구하게 된다. 이때 Fig. 3에서 볼 수 있듯이,  $W_b$ 와  $W_c$ 를 이용하는 축은 1~10 Hz대역에서 거의 1의 값을 보여 인식의 정도가 가장 높은 반면  $W_d$ 와  $W_e$ 를 이용하는 축은 0.5~2 Hz대역에서만 1의 값으로 인식을 한다. 그런데 2가지의 도로 조건에서 가진되는 가속도 정도는 대부분 1~15Hz에 집중되고 있으므로 (Fig. 4, Fig. 5) 본 실험과 같은 내구력 도로와 시멘트 요철로의 가진 조건하에서는  $W_b$ 와  $W_c$ 의 가중 함수를 이용하는 축의 가속도를 더 크게 인간이 인식하게 된다. 이러한 사실은 Table 3에서의 UW (unweighted) 와 W(weighted)를 비교해보면 알 수 있는데,  $W_b$ 와  $W_c$ 의 주파수 가중 함수를 이용한 발의 3축 병진 ( $X_f$ ,  $Y_f$ ,  $Z_f$ ), 엉덩이의  $Z_s$ 축, 등판의  $X_b$ 축의 경우에 가중 함수를 이용하지 않은 RMS보다 10~30% 정도의 감소를 보였으나, 그 외의 다른 축의 RMS 경우에는 70~90%의 큰 차이를 보였다.

Table 3의 가중 함수와 가중 계수를 복합적으로 이용한 'W+M'에서 승차감에 대부분의 영향을 미치는 축은 엉덩이의  $Z_s$ 축 방향으로 4가지의 차종에 대해 비교를 수행하면 전체 승차감 지수의 50~70%를 차지함을 확인하였다. 그 다음으로 큰 기여를 하는 축은 발의  $Z_f$ 축 방향이 10~23%를, 등판의 전후  $X_s$ 축은 11~14%를 각각 승차감에 비슷하게 기여하였다. 위 3개의 주 성분이 차지하는 부분은 80~90%로 승차감의 대부분을 차지함을 알 수가 있었다.

이들 요소별 승차감 지수를 이용한 전체 승차감 지수는 시험 차종의 전체적인 승차감을 대표하는 값이다. Fig. 7은 두개의 도로에 따른 피실험자 3인 값을 평균한 차종별 전체 승차감 지수를 나타낸다. 이 그림에서 4.1절에서 보인 것과 같이 도로 2의 가진 가속도 조건이 도로 1보다 더 크기 때문에, 전체 승차감 지수가 도로 2에서 대략 24~83%정도 증가하였다. 하지만 이러한 2가지의 도로 가진 조건의 변화에 대해서, 차종의 승차감 지수 크기의 순서에는 변동이 없으므로, 전체 승차감 지수는 도로 조건보다 차량에 의해서 주로 좌우됨을 알 수가 있다. 도로 1의 조건에서는 차종 1과 차종 2가 각각 3.9, 3.8로 거의 비슷한 지수를 보였으나, 도로 2 조건에서는 차종 1이 6.9, 차종 2는 4.6으로 차종 2가

**Table 3** RMS(m/s<sup>2</sup>) comparison ( UW : unweighted, W : weighted, W+M : weighted & multiplying factor) (vehicle 1, road 1, person 1)

Measurement axis	Acceleration RMS (m/s <sup>2</sup> )		
	UW	W	W + M
	$[\int p_{ff} df]^{1/2}$	$[\int p_{ff} w_i^2 df]^{1/2}$ (%)	$m_i \times [\int p_{ff} w_i^2 df]^{1/2}$
$X_f$	1.11	0.79(-28.8)	0.20
$Y_f$	0.99	0.81(-18.2)	0.21
$Z_f$	2.79	2.38(-14.7)	0.95
$X_s$	1.30	0.29(-77.7)	0.29
$Y_s$	1.26	0.32(-74.6)	0.32
$Z_s$	1.63	1.37(-16.0)	1.37
$R_x$	5.69	0.69(-87.9)	0.43
$R_y$	2.68	0.20(-92.5)	0.08
$R_z$	4.56	0.46(-89.9)	0.09
$X_b$	1.04	0.94(-9.6)	0.75
$Y_b$	1.19	0.35(-70.6)	0.17
$Z_b$	2.90	0.49(-83.1)	0.19



**Fig. 7** Overall ride value averaged for 3 persons

33%정도 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 차량 가진 정도가 클 경우 차종 2가 차종 1보다 승차감이 더 우수하다는 것을 알 수 있었다. 결국 위의 전체 승차감 지수에 따라 승차감을 평가할 경우, 차종 2 > 차종 1 > 차종 3 > 차종 4의 순으로 승차감이 우수하다고 평가할 수 있다.

**4.4 의자 지수(SEAT)의 시험 결과**

의자 지수는 의자를 가진시키는 가속도와 엉덩이에서의 가진된 가속도와의 비를 나타내는 값으로 식 (3)과 같이 정의된다. Table 4에서는 도로 1을 주

Table 4 Listing of SEAT results for road 1

Vehicle	SEAT VALUE		
	Person 1	Person 2	Person 3
Vehicle 1	0.62	0.67	0.46
Vehicle 2	0.88	0.78	0.79
Vehicle 3	0.96	1.10	1.10
Vehicle 4	1.20	1.10	1.00

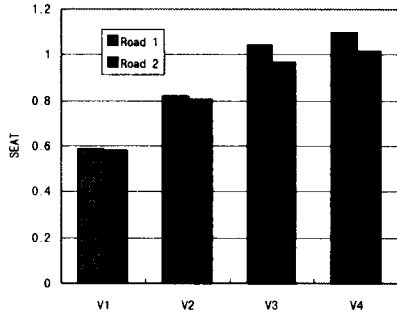


Fig. 8 Averaged SEAT results for 3 persons

행하였을 때, 각각의 차종에 대한 피실험자 3인의 시트 지수(SEAT)를 보여준다.

3인의 피실험자는 몸무게와 앉아있는 자세가 각각 달랐지만, 동일한 차종에 대한 의자 지수는 10% 내외의 적은 변화를 보였다. 하지만 차종별 의자 지수는 2배의 큰 차이가 있음을 Table 4에서 확인하였다. 따라서 의자 지수(SEAT)는 운전자에 의한 영향보다는 차종별 의자의 진동 특성에 따라 주로 좌우됨을 알 수 있다.

본 연구에서 수행한 두 가지 도로 조건에 대한 피실험자 3인의 의자 지수의 평균을 Fig. 8에 나타내었다. 이 그림에서 의자 지수는 도로 가진 조건의 변화가 있어도 그 차이가 1~7% 정도의 작은 차이만을 보이게 됨을 확인하였다.

SEAT값은 차종 1의 경우 0.6, 차종 2의 경우 0.8 정도로, 시트가 인체에 피폭되는 진동 정도를 60~80%만큼으로 감소시켜주는 역할을 한다. 반면에 차종 3과 4의 경우에는 거의 1에 근접하므로 의자의 진동 감소 기능이 거의 없음을 알 수 있다. 특히 도로 1의 조건에서의 차종 3과 4는 1보다 더 큰 의자 지수를 보여, 도로 1의 가진 조건하에서 의자가 오히려 승차감을 저하시키고 있음을 알 수 있다. 결국, 의자의 진동 저감 성능은 차종 1 > 차종 2 > 차종 3 > 차종 4의 순으로 평가가 가능하다.

## 5. 결 론

본 논문에서 12축 인체 피폭 측정 장치를 이용하여, 4개의 차종을 대상으로 3명의 피실험자, 2가지의 도로 조건에 대해서 총 24회의 실차 실험을 수행한 결과를 소개하고 있다. 각각의 경우에 대한 승차감 평가를 위하여 요소 승차감 지수 (component ride value), 전체 승차감 지수(overall ride value), 그리고, 의자 지수(seat effective amplitude transmissibility)를 이용하여 승차감 평가를 수행하였다.

두 가지의 도로 조건에서 발로 전달되는 주요 주파수는 범위는 1~15 Hz대역으로 이 부분의 가속도를 줄여주는 것이 의자 설계시에 중요한 부분을 차지함을 알 수가 있었다. 12개의 측정축 중에서 엉덩이에서의  $Z_s$ 축, 발에서의  $Z_f$ 축, 그리고 등판의  $X_s$ 축이 승차감에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

의자 지수(SEAT value)에 대해서는 차종 1이 가장 작은 값을 보여 시트 설계 측면에서 가장 우수한 성능을 보였다. 그리고 전체 승차감 지수의 비교에서는 차종 2가 가장 적은 값, 즉 가장 우수한 승차감을 보인다는 점을 확인할 수 있었다. 또한, 의자 지수와 전체 승차감 지수는 운전자의 체형, 몸무게, 그리고 도로 조건의 변화에 대한 의존도보다는 차종에 의해서 주로 좌우됨을 알 수가 있었다.

## 참 고 문 헌

- (1) M.Griffin, 1990, Handbook of Human Vibration, Academic Press, London
- (2) 정완섭의 3인, 1996, 12축 인체 피폭 진동 측정 장치 개발, 한국소음진동공학회 1996년도 춘계학술대회 논문집, pp.25~28
- (3) 정완섭의 3인, 1997, 동시 3축 가진에 의한 자동차 의자류의 승차감 평가, 한국소음진동공학회지, 제7권 제 1호, pp.143~152
- (4) Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Mechanical Vibration and Repeated Shock, British Standard BS 6841:1987 (British Standards Institution, London, 1987)
- (5) E.Berger and B.J. Gilmore, Seat Dynamics Parameters for Ride Quality, SAE 930115
- (6) F.M.L. Amirouche and S.K. Idear, 1988, Simulation and Analysis of a Biodynamic Human Model Subjected to Low Accelerations - a Correlation Study, Journal of Sound and Vibration, Vol. 123, No. 2, 281~292.