

## 국내의 승용차들의 승차감 지수의 비교 및 분석

정 환 섭\*, 조 영 건\*\*, 박 세 진\*

### Investigation of Ride Value for Overseas and Domestic Passenger Cars

Wan-Sup Cheung, Young-Gun Cho, Sae-Jin Park

#### ABSTRACT

This paper introduces experimental results of ride values assessed for domestic and overseas passenger cars. The experiment was executed about four vehicles, three Korean persons, and two roads by measuring human 12-axis. The results include the comparison of the component ride values, overall ride value, and seat effective amplitude transmissibility. The relative comparison of the ride values for different cars is shown in this paper, which may lead us to judge the current address of Korean ride quality-related technology.

#### I. 서론

금번 실험적 연구에서 조사하고자 하는 기본 의문점은 국산 인기 차종의 기술적 위치가 유럽, 미국, 그리고 일본에서의 인기 경쟁 차종에 비하여 어느 정도 접근하고 있는가를 조사하는 것이다. 이러한 문제점은 소비자 측면에서 고려되어야 할 다차원적 인자들의 실험적 비교를 수반하지만, 본 논문에서는 진동학적 측면만을 고려한 승차감에 대한 비교 및 분석 결과를 다루

고자 한다. 즉, 진동 승차감에 대한 평가 결과로부터 외국 경쟁 차종에 대한 국산 차종의 기술적 현 위치를 파악하고자 한다.

2절에서 4가지 차종(국산 1종, 외산 3종)에 대해 전신 피폭 진동을 고려한 승차감 평가 과정을 서술하며, 3절에서는 승차감 평가 지수인 요소 승차감 지수(CRV), 전체 승차감 지수(ORV), 의자 지수(SEAT)를 소개한다. 4절에서는 실험 결과의 분석을 통하여 국산 및 외산 차종들의 승차감에 관련된 성능을 여러 조건에 따라 서로 비교하며, 끝으로 본 연구의 기여도와 주요 내용을 간략히 요약하였다.

\* 정회원, 한국표준과학연구원

\*\* 한국과학기술원 기계공학과

## II. 실험 장치 및 실험 과정

국내 차량 1종과 외산 차량 3종에 대한 승차감 평가를 위해 한국인 대표 체형 3인의 피실험자(전문 운전자)를 대상으로 내구력 도로와 불규칙 도로에서 주행하도록 하여 인체 전신 피폭 진동을 측정하였다. 본 실험시 차량 진행 속도는 40Km/h로 일정하게 유지하여, 매 실험마다 도로면에서 차량에 전달되는 진동을 가급적 동일하도록 하였다.

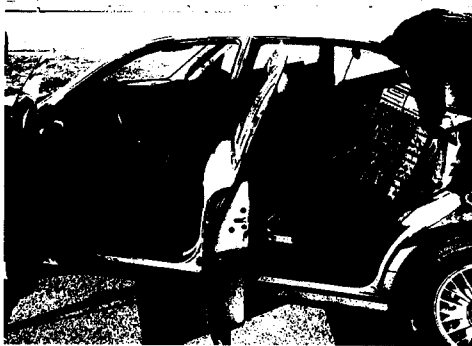


Figure 1. Experimental setup for the field test

그림 1은 전신 피폭 진동 측정 장치<sup>[1,2]</sup>를 시험 차량에 설치한 모습을 보여주고 있다. 피실험자가 차량 의자에 앉을 경우, 진동은 발, 엉덩이, 그리고 등판 부위의 접촉부를 통해서 전신으로 전달된다. 이렇게 피폭되는 전신 피폭 진동을 측정하기 위해서 발에서 병진 3축, 엉덩이에서 병진 3축 및 회전 3축, 그리고 등판에서의 병진 3축으로 구성된 12축 전신 피폭 진동을 측정하였다. 이러한 전신 피폭 진동 측정 기법은 영국 ISVR의 Griffin 교수의 12축 측정 방법<sup>[3]</sup>으로 알려져 있으며, 이러한 측정 방법은 영국의 표준안 BS 6841(1987)으로 채택되어 이용되고 있으며, 실제 자동차 관련 국외 전문 연구기관에서 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 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.

## III. 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>[3]</sup>가 개발이 되어있다. 본 논문에서는 요소 승차감 지수, 전체 승차감 지수, 그리고 의자 지수를 이용하여 승용차의 승차감을 평가하였다.

### 3-1. 요소 승차감 지수 (Component Ride Value, CRV)

주행시 전신 피폭 진동은 의자와의 접촉부(발, 엉덩이, 등 부위)의 모든 방향에서 전달된다. 따라서, 각각의 접촉부별 측정축, 즉 12개의 측정 축에 대해 서로 독립적으로 승차감에 기여하는 양을 정량화 한 것을 요소 승차감 지수라 한다. 이는 식 (1)와 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) 제곱  $\{w_i(f)^2\}$ 를 곱하여 특정 주파수에 가중치를 주고 나서, 가속도 제곱을 구하여, 그 값에 대한 2승근(square-root)을 취한 값으로 정의된다. 끝으로 이 값에 측정축  $i$ 에 대응되는 가중 계수(multiplying factor :  $m_i$ )를 곱해서 각 축에 대한 요소 승차감 지수인 CRV를 구하게 된다. 이 값을 이용하여 인체 접촉부의 각각 가속도가 승차감에 미치는 상대적 기여도의 정량적 평가에 이용 가능하다.

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

$i : 12 \text{ measurement axis}$

### 3-2. 전체 승차감 지수 (Overall Ride Value, ORV)

전체 승차감 지수는 식 (2)에서와 같이 12 측정점의 요소 승차감 지수의 제곱 합의 2승근으로 정의된다. 이 지수는 12축 방향의 전신 피폭 진동의 총량을 나타내므로, 승차감의 대표치라고 할 수 있다. 따라서 이 값이 작을수록 인체에 민감한 진동량이 적어 승차감이 우수한 차종이라고 할 수 있다.

$$ORV = \left[ \sum_{i=1}^{12} CRV_i^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

### 3-3. 의자 지수 (Seat Effective Amplitude Transmissibility, SEAT)

의자 지수는 식 (3)에서와 같이 의자 하부 지지대의 Z-방향 입력 진동의 실효치에 대한 엉덩이 Z-방향의 진동 실효치의 비를 100분율로 정의된다. 의자 하부 지지대의 가진 입력 가속도 Power spectral density  $\{P_{zz}(f)\}$ 와 운전자의 엉

덩이 Z-방향의 가속도 Power spectral density  $\{P_{ss}(f)\}$ 에 Z-방향의 가중 함수 제곱  $\{w(f)^2\}$ 을 각각 곱한 뒤, 이를 이용하여 관심 주파수 대역에서 의자 지지대 및 엉덩이 부위의 제곱 평균 가속도 값을 각각 계산하여 이들의 2승근의 비를 구한다.

$$SEAT(\%) = \left[ \frac{\int P_{zz}(f)w(f)^2 df}{\int P_{ss}(f)w(f)^2 df} \right]^{1/2} \times 100 \quad (3)$$

이 값이 1 이하면 시트 위에서의 진동이 시트 지지대의 진동보다 더 작게 되어 시트가 진동을 감쇠 시켜주는 역할을 수행한다. 반면에 1 이상이면, 시트 위의 진동이 더 크게 되어, 승차감이 오히려 시트에 의해서 나빠지게 된다. 그러므로 이 값이 작으면 작을 수록 더 우수 시트라고 할 수 있다.

## IV. 실험 결과 및 토의 사항

### 4-1. 도로 가진 조건

본 실험은 노면 요철 정도가 다른 내구력 도로(endurance test road : road 1)와 시멘트 요철로(unevenness road : road 2)에서 차량을 40 km/h로 등속 주행하는 실차 실험을 수행하였다. 이러한 2 종류의 도로 가진 가속도를 정량적으로 비교하기 위해, 3 명의 피실험자의 발 위치의 Z-방향 가속도의 평균을 Table 1에서 나타내었다.

차종 1을 보면 도로 1에서  $2.79 \text{ m/s}^2$ , 도로 2에서  $3.72 \text{ m/s}^2$ 으로 도로 2에서의 가진 가속도가 33% 증가했으며, 다른 차종에서도 마찬가지로 도로 2에서 12% ~ 50%까지 증가하여, 도로 2가 훨씬 큰 가속도로 차량을 가진 시켜서 승차감을 크게 저하시키고 있음을 확인 할 수가

있었다.

Table 1. Foot Z Acceleration rms (m/s<sup>2</sup>) averaged for 3 persons

	Road 1	Road 2
Vehicle 1	2.79	3.72
Vehicle 2	2.12	2.39
Vehicle 3	2.14	3.19
Vehicle 4	2.38	3.34

#### 4-2. 승차감 지수의 분석 결과

Figure 2는 도로 1에서 피실험자 1이 4종의 시험 차량에 각각 승차하였을 경우에, 인체 접촉 부위 12개의 측정축 각각에 대한 요소 승차감 지수를 보여주고 있다.

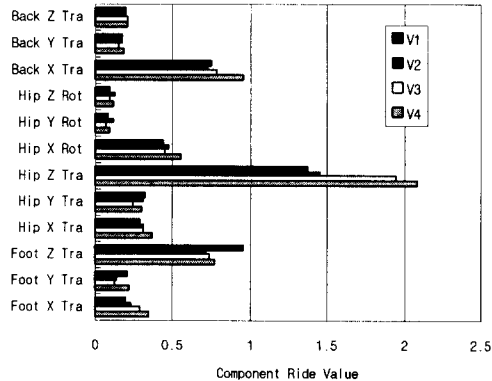


Figure 2. Component ride values for 4 vehicles (Person 1 and Road 1)

이 그림에서 알 수 있듯이 승차감에 대부분의 영향을 미치는 축은 엉덩이의 상하 (z-axis) 방향으로 전체 승차감 지수의 50~70%를 차지하였다. 그 다음으로는 큰 기여를 하는 축은 발의 상하 (z-axis) 방향이 10~23%를, 등판의 전후 (x-axis) 방향은 11~14%를 각각 승차감에 비스

하게 기여하였다. 위 3개의 주 성분이 차지하는 부분은 80~90%로 승차감의 대부분을 차지함을 알 수가 있었다.

이들 요소별 승차감 지수를 이용한 식(2)에서와 같은 전체 승차감 지수는 시험 차량의 전체적인 승차감을 대표하는 값이다. Figure 3은 두 개의 도로에 따른 피실험자 3인 값을 평균한 전체 승차감 지수를 나타낸다.

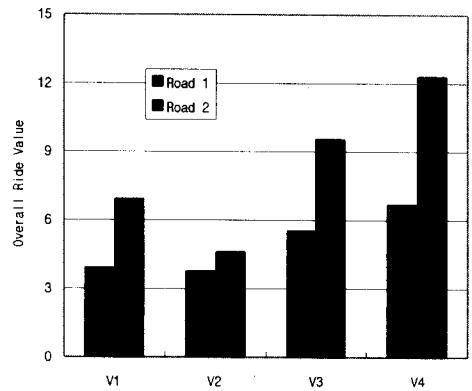


Figure 3. Overall Ride Value averaged for 3 persons

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 도로 가진 조건의 변화가 있어도 차량에 따른 승차감 지수의 순서는 변동이 없는 것으로 보아, ORV는 도로 조건보다 차량과 의자에 의해서 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 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.

### 4-3. 의자 지수의 시험 결과

Table 2에서는 도로 1을 주행하였을 때, 피실험자 3명에 대한 시트 지수(SEAT)를 보여준다.

Table 2. Listing of SEAT results for road 1

	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

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 2에서 확인하였다. 따라서 의자 지수(SEAT)는 운전자에 의한 영향보다는 차종별 의자에 따라 주로 좌우됨을 알 수 있다.

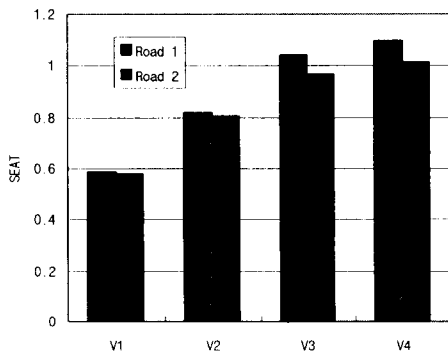


Figure 4. Averaged SEAT results for 3 persons

본 연구에서 수행한 두 가지 도로 조건에 대

한 피실험자 3인의 의자 지수의 평균을 Figure 4에서 나타내었다. 이 그림에서 의자 지수 역시 ORV와 마찬가지로 도로 가진 조건이 달라져도 그 차이가 1~7% 정도의 작은 변화만을 알 수가 있었다. 즉 의자 지수는 차량 의자에 의해 주로 영향받음을 알 수 있었다.

차종 1은 0.6, 차종 2는 0.8 정도로, 시트가 인체에 피폭되는 진동 정도를 60~80%만큼 감소시켜주는 역할을 한다. 반면에 차종 3과 4는 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 우수하게 나타났다.

## V. 결론

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(CRV), 전체 승차감 지수(ORV), 그리고, 의자 지수(SEAT)를 이용하여 승차감 평가를 수행하였다.

의자 지수(SEAT value)에 대해서는 외국 차종 1이 가장 우수한 성능을 보였으며, 이는 시트의 설계 측면에서는 차종 1이 가장 우수함을 확인할 수 있었다. 그리고 전체 승차감 지수(ORV)의 비교에서는 외국 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 차종과 의자에 의해서

주로 좌우됨을 알 수가 있었다.

끝으로, 국산 인기 차종의 전체 승차감은 약 25 % 이상의 성능 격차를 보였다. 특히, 외국 경쟁 차종은 의자의 지수가 0.6 이하인 반면에 국산 인기 차종은 1.0에 매우 근접하여 승차감에 민감한 진동 성분을 줄이지 못하고 있음이 확인되었을 때, 본 연구 팀의 참여 인원 모두는 우리 자동차 업계의 승차감에 대한 안타까운 현주소와 향후 연구 방향을 확신하는 계기를 가질 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 정 완섭외 1 인, 1995, 인체 피폭 진동의 감수 특성 평가, KRISS-95-082-IR, 한국표준과학연구원, 1 차년도 보고서.
- [2] 정 완섭외 3 인, 1996, 12축 인체 피폭진동 측정장치 개발, 한국소음진동공학회 1996년 춘계학술대회 논문집, pp. 25-28.
- [3] M. Griffin, 1990, Handbook of Human Vibration, Academic Press, London