

범퍼 통과 차량의 안락성에 대한 주관평가와 객관평가의 상관성 도출에 관한 연구

안세진[†] · 유완석^{*} · 김민석^{**} · 김명환^{**}

A Study on Correlation between Subjective and Objective Evaluation of Comfort for a Vehicle Passing Bumpers

Se-Jin Ahn, Wan-Suk Yoo, Min-Seok Kim, Myung-Hwan Kim

Key Words : Comfort(안락성), Subjective Evaluation(주관평가), Objective Evaluation(객관평가), Correlation(상관성), Bumper(범퍼), Seat Vibration(시트진동)

Abstract

There have been various studies to find out the correlation between subjective and objective evaluation ride comfort in vehicle. To be proper, subjective evaluation considers the signal pattern of vibration generated by vehicle. In this study, driving test is carried out to extract the correlation between subjective evaluation by subjects and vibration signals measured on the seat when a test vehicle is passing over test bumpers, which have two sorts of width change and height change respectively. A unique reference bumper is used to be compared with the relative comfort of test bumpers.

1. 서 론

차량에 대한 소비자들의 만족도 평가에서 ‘안락성(comfort)’이 차지하는 비중이 나날이 증가함에 따라 차량의 안락성을 향상하기 위한 노력은 차량개발 단계에서만 아니라 개발이 완료된 후에도 많은 개발비용과 노력이 이루어지고 있다. 차량의 안락성은 시동이 꺼진 상태에서 운전자가 느끼는 정적 안락성(static comfort)과 엔진이 시동된 이후에 발생하는 소음·진동으로 느끼는 동적 안락성(dynamic comfort)으로 구분하고 있다. 특히 동적 안락성은 차량의 성능평가 시에 중요하게 다루어지며 차량에서 발생하는 소음·진동의 크기와 주파수 특성, 그리고 운전자의 인체특성 등에 의한 복합적인 요인에 의해 결정된다^(1,2).

차량의 동적 안락성은 전문운전자(test driver)에 의해 주관적(subjective)으로 평가하는 방법과 인체와 접촉하는 부위의 진동신호를 측정하여 적절한 신호처리 후 정량적인 값으로 나타내는 객관적인(objective) 평가방법으로 나누어진다. 전문운전자에 의한 주관평가의 결과는 재현성과 객관성에 대한 논란이 생길 뿐만 아니라 안락성 향상을 위한 설계방향을 제시하기 어려운 단점이 있다. 반면에 차량에서 발생하는 진동신호와 인체의 특성이 고려된 객관적인 평가방법은 평가의 일관성뿐만 아니라 진동신호의 특성을 분석함으로써 안락성을 저해하는 원인규명을 위해 중요한 정보로 활용할 수 있다⁽³⁾.

차량의 안락성이 객관적으로 평가되기 위해서는 진동의 크기와 주파수에 따른 인체의 반응특성에 관한 연구뿐만 아니라 차량에서 고유하게 발생하는 진동신호의 특성이 적절하게 고려되어야 한다. 진동신호에 대한 인체반응 특성에 대한 연구는 이미 상당부분 이루어져 국제규격으로도 공지되어 있다. 그러나 다양한 주행조건에서 발생하는 복잡한 진동신호로부터 차량의 안락성을

[†] 부산대학교 기계기술연구소
E-mail : sjahn@pusan.ac.kr
TEL : (051)510-1457

^{*} 부산대학교 기계공학부

^{**} 부산대학교 기계공학부 대학원

평가하기 위해서는 차량의 주행조건에 따라 평가방법을 달리 하여야 한다.

본 연구에서는 특정한 차량이 다양한 범퍼(bumper)를 통과할 때 발생하는 시트(seat)의 진동과 평가자들이 느끼는 안락감의 정도에 대한 상관관계(correlation)를 도출하기 위한 실차 주행 시험을 실시하였다. 일반적으로 주행중인 차량이 범퍼 등에 의한 비정상적인 입력이 안락감에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

2. 실차시험

2.1 시험 방법

범퍼를 통과하는 차량의 시트에서 발생하는 진동신호와 탑승자가 느끼는 안락감의 정도에 대한 상관성을 도출하기 위해 다음과 같은 방법으로 시험을 실시하였다.

Fig. 1 과 같이 교통량이 거의 없는 직선 도로 상에 Fig. 2 와 같이 범퍼를 설치한 후 차량의 주행속도를 달리 하면서 탑승자에 의해 안락성을 주관평가하고, 동시에 Fig. 3 과 같이 설치된 3 축 가속도계를 이용하여 시트의 진동을 측정하였다. Fig. 2 와 같이 도로 상에 설치된 두 개의 범퍼 중에 먼저 통과하는 범퍼는 그 다음에 통과할 범퍼를 평가할 안락성의 기준이 범퍼로 이용하였다. 즉 한가지 종류의 기준 범퍼에 대한 다양한 시험 범퍼의 상대적인 안락성을 탑승자에 의해 평가하도록 하였다. 이 때 평가자는 Fig. 4 과 같이 차량의 조수석에 착석하고 범퍼통과 시 발생하는 소음과 시각적인 영향을 배제하기 위해 눈가리개와 귀마개를 착용하였다. 그리고 등받이(seat back)와 바닥(floor)에 의한 진동의 영향을 배제하기 위해 등받이는 최대한 뒤로 넘기고 발이 놓이는 바닥에는 스폰지를 설치하여 최대한 진동을 절연하였다.



Fig. 1 Road for testing

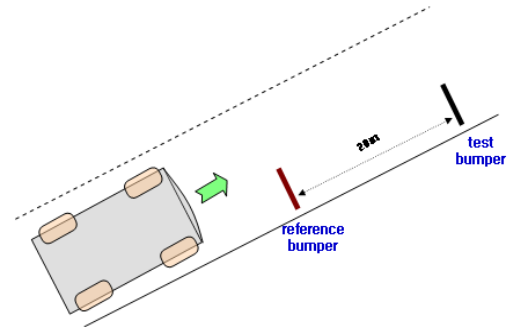


Fig. 2 Position of reference and test bumpers



Fig. 3 Accelerometer for vibration measuring



Fig. 4 Posture of subject

2.2 시험 모드

Fig. 5 와 같이 얇은 플라스틱 판을 여러 겹으로 겹쳐서 다양한 높이와 넓이를 가지는 정현파 모양의 범퍼를 제작하였다. 안락감의 기준이 되는 범퍼는 Table 1 에 나타낸 바와 같이 높이가 2 cm 이고 넓이가 8 cm 인 범퍼이다. 그리고 기준 범퍼에서 높이를 변화시켜 제작한 Test H1 과 Test H2 범퍼는 높이가 각각 1 cm 와 4 cm 이고, 넓이를 변화시켜 제작한 Test W1 과 Test W2 는 넓이가 각각 4 cm 와 16 cm 이다. Table 2 에 나타난 바와 같이 기준 범퍼에 대하여 높이가 변화된 범퍼를

통과하며 차량의 속도를 바꾸어서 상대적인 안락성의 정도를 평가하는 것을 Mode 1 으로 하고, 넓이가 변화된 범퍼를 통과하는 시험을 Mode 2 로 정하였다. 그리고 차량의 속도에 따른 기준 범퍼의 안락성 변화를 조사하기 위한 시험을 Mode 3 로 하였다.

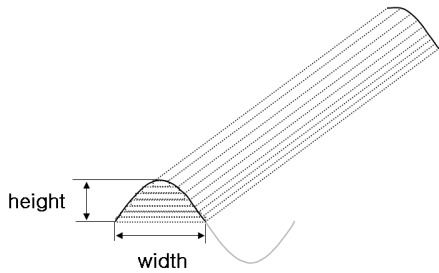


Fig. 5 Profile of a bumper

Table 1 Dimension of bumpers

bumpers	Height	width
Reference	2 cm	8 cm
Test H1	1 cm	8 cm
Test H2	4 cm	8 cm
Test W1	2 cm	4 cm
Test W2	2 cm	16 cm

Table 2 Modes of testing

Testing	Vehicle speed	Bumper
Mode 1	20 kph	Reference → Test H1
	50 kph	Reference → Test H2
Mode 2	20 kph	Reference → Test W1
	50 kph	Reference → Test W2
Mode 3	20 kph → 50 kph	Reference

2.3 주관평가와 객관평가 방법

주관 평가는 차량의 조수석에 탑승한 평가자가 범퍼를 통과할 때 기준 범퍼에 대한 시험 범퍼의 안락성의 정도를 Table 3 과 같이 평가하였다. Table 3 에 나타난 바와 같이 기준 범퍼와 동일한 정도의 안락감을 나타내는 범퍼에 대해서는 수준 C 로 나타내고, 이것에 대한 안락성의 정도를 7 점으로 하였다.

객관 평가를 위해 시트에서 측정된 진동신호 중에 좌우방향 가속도 시간신호를 Fig. 6 에 나타

내었다. 0 ~ 1.0 초 사이에 나타나는 두 번의 과도 신호는 기준 범퍼를 앞 바퀴와 뒤 바퀴가 통과하면서 발생된 충격진동 신호이고, 4.0 ~ 5.0 초의 신호는 시험 범퍼에 대한 것이다. 객관 평가를 위해 사각 박스 내에 있는 신호에 대해서 peak-peak 값을 취하거나 다음 식들과 같이 RMS(root mean square) 또는 VDV(vibration dose value)값을 구한다.

$$RMS = \sqrt{\int_{t=0}^{t=T} a^2(t)dt} \tag{1}$$

$$VDV = \left[\int_{t=0}^{t=T} a^4(t)dt \right]^{1/4} \tag{2}$$

그리고 동일한 신호에 대해서 Fig. 7 과 같이 ISO⁽⁴⁾에서 규정하고 있는 앉은 자세에서의 인체반응의 주파수 가중함수를 적용한 후 앞에서와 같은 방법으로 식(1) 또는 식(2)를 이용하거나 peak-peak 값을 구한다. 시트에서 상하, 전후, 좌우방향으로 측정된 3 방향의 가속도 신호에 대해서 위에서 소개한 방법으로 계산한 후 각각의 방향에 대해서 다음 식들을 이용하여 최종적인 객관 평가의 지수를 구한다.

$$RMS_{overall} = \sqrt{\sum RMS_{component}^2} \tag{3}$$

$$VDV_{overall} = \left[\sum VDV_{component}^4 \right]^{1/4} \tag{4}$$

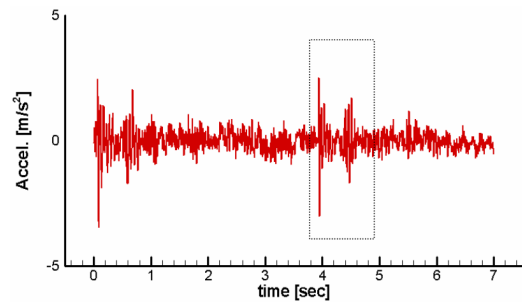


Fig. 6 Raw signal of vibration on the seat

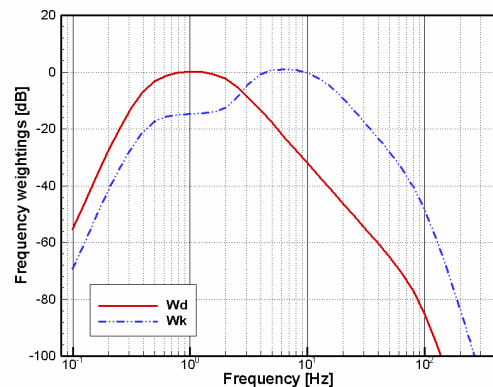


Fig. 7 Frequency weighting function

2.4 평가 결과 비교

4인의 평가자들에 의해 주관평가된 차량의 안락성에 대한 시험결과를 평균하여 나타낸 것이 Fig. 8 이다. Fig. 8로부터 범퍼의 높이와 넓이가 클수록 낮은 안락성을 나타내고, 차량의 속도가 높을수록 동일한 범퍼에 대해서 좋은 안락성을 가지는 것을 알 수 있다. 그리고 속도가 높은 경우에는 범퍼의 변화에 대하여 안락성의 정도가 완만하게 변함을 알 수 있다.

Fig. 9 ~ Fig. 11은 인체반응의 주파수 가중함수를 적용하지 않은 경우에 대한 객관평가의 결과를 나타내고, Fig. 12 ~ Fig. 14는 가중함수를 적용한 결과를 나타낸다. 가중함수를 적용하지 않은 경우와 적용한 경우, 각각의 경우에 대해서 peak-peak 값과 VDV의 값에 의한 결과는 유사한 특성을 가지는 반면에 RMS에 의한 결과는 이와는 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 범퍼 통과 시에는 높은 크레스트 인자(crest factor)를 가지는 신호가 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 8의 주관평가 결과와 가장 유사하게 일치하는 객관평가는 인체반응 주파수 가중함수를 적용한 VDV에 의한 결과인 Fig. 14임을 알 수 있다.

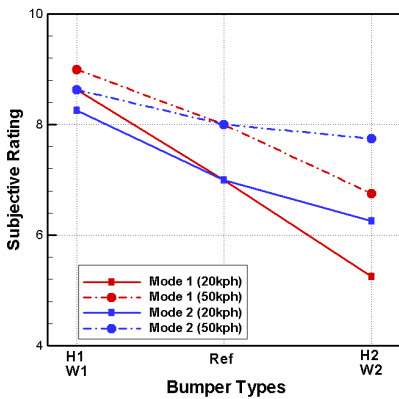


Fig. 8 Result of subjective evaluation

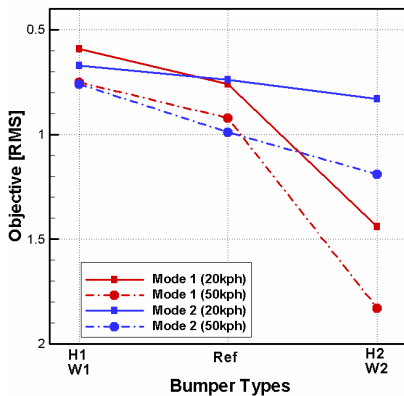


Fig. 9 Objective evaluation by RMS of raw signal

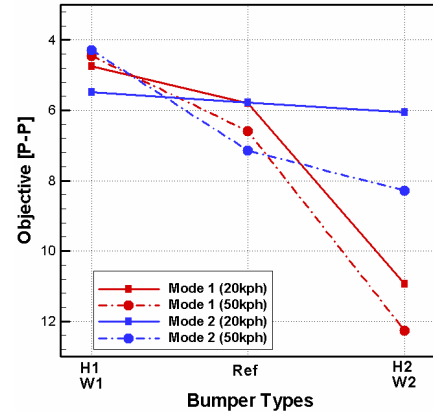


Fig. 10 Objective evaluation by P-P of raw signal

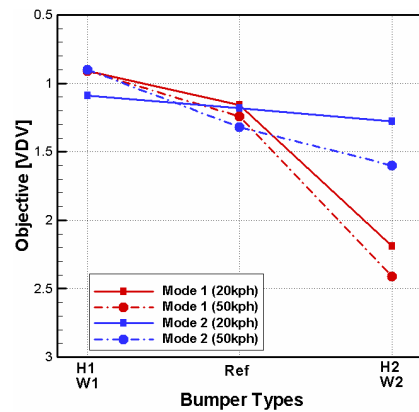


Fig. 11 Objective evaluation by VDV of raw signal

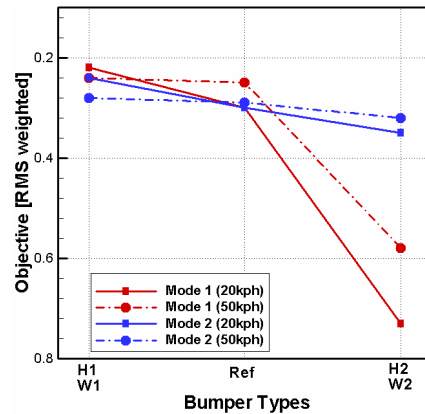


Fig. 12 Objective evaluation by RMS of weighted signal

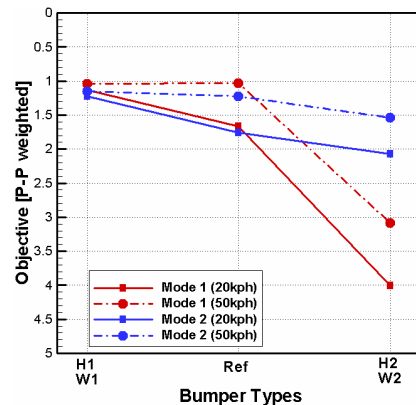


Fig. 13 Objective evaluation by P-P of weighted signal

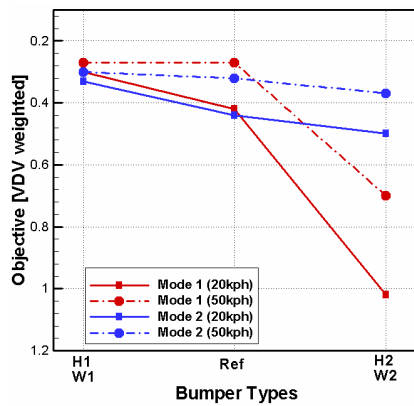


Fig. 14 Objective evaluation by VDV of weighted signal

참고문헌

- (1) M. J. Griffin, 1990, Handbook of Human Vibration, Academic Press.
- (2) H. K. Jang, S. H. Kim, Y. H. Chung, J. H. Jang, 2001, "Development of Objective Vehicle Ride Index", KSNVE fall, pp. 450-454.
- (3) G. S. Paddan, M. J. Griffin, 2002, "Evaluation of Whole-Body Vibration in Vehicle", Journal of Sound and Vibration, Vol. 253, No. 1, pp. 195-213.
- (4) ISO 2631, 1985, Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration.

3. 결론

차량의 안락성을 평가자에 의한 주관적인 평가와 측정된 진동신호로부터 구한 객관적인 평가의 상관성을 도출하기 위해 실시한 범퍼통과 시험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 동일한 범퍼에 대해서도 차량의 주행속도가 높을수록 안락성의 정도는 높게 주관평가 되었다.

(2) 범퍼 높이 변화에 비해 넓이 변화가 차량 안락성에 많은 영향을 미친다.

(3) 측정된 신호로부터 peak-peak 와 VDV 에 의해 계산된 객관평가의 결과가 RMS 에 의해 계산된 결과보다 주관평가의 결과에 더 근접한다.

(4) ISO 에서 규정한 인체반응의 주파수 가중함수의 적용된 객관평가의 결과가 그렇지 못한 것에 비해 주관평가에 더 가까운 값을 보여준다.

후 기

본 연구는 국가지정연구실(NRL)의 지원(과제번호 M1-0203-00-0017-02J0000-00910)으로 이루어졌으므로, 지원기관에 감사드립니다.