

# 바람과 교량 진동을 고려한 차량의 승차감 평가

## Ride comfort of vehicles considering bridge vibrations

권순덕† · 송호성\* · 김호경\*\*

Soon-Duck Kwon, Hosung Song and Hokyung Kim

### 1. 서론

교량이 경량화 및 장대화됨에 따라 진동 문제가 일부 제기되고 있다. 특히 프리플렉스교의 경우에 형고가 낮은 장점 때문에 널리 사용되고 있으나 타 교량에 비하여 진동이 크다는 문제점이 노출되었다. 그 외 교량 진동과 관련한 민원이 발생하였던 대표적인 교량으로는 대구 금호강의 금호대교, 전북 전주 백제교, 경남 마산의 중리육교 등이 있다. 특히 중리육교는 차도 및 도보 병용교로서 진동으로 인한 민원이 심하여 진동제어장치를 설치하였다(권순덕, 2000).

교량의 진동을 평가하기 위한 명확한 기준은 현재 없다. 도로교설계기준에서 제시하는 허용처짐값이 유일하지만, 진동에 대한 사용성을 고려하기 보다는 시각적인 측면을 고려하여 제시된 기준이다. 안상섭과 이일근(2003)은 DIN 과 AASHTO 등의 기준과 Reiher 와 Meister 의 감각곡선을 참고하여 고속도로 교량들에 대한 진동 성능을 평가하였다. 정옥환 등(2008)도 Meister 의 감각곡선을 사용하여 유사한 연구를 수행하였다. 그리고 전법규와 김남식(2007)은 가속도의 주파수별로 가중지수를 도입한 방법을 사용하여 철도교의 진동 사용성을 평가하였다.

기존 연구를 보면 교량에서 측정된 가속도를 사용하여 진동 사용성을 평가하였다. 하지만 보도교를 제외한 도로교의 경우에는 보행자가 교량의 진동을 직접 체험하는 경우는 드물고, 교량 위를 주행하는 차량의 탑승자가 진동을 느끼게 된다. 금호대교나 백제교의 경우에 교통 체증시 인접 차선을 주행하는 차량의 의한 교량의 진동을 차량 탑승자가 느끼고 진동에 대한 민원을 제기하였다. 이러한 경우에 교량의 진동은 차량의 현가장치를 통하여 전달되므로 교량 자체의 가속도와는 다르다. 따라서 도로교의 진동 사용성을 정확히 평가하기 위해서는 차량의 좌

석에서 느끼는 가속도를 사용하여야 한다.

본 연구에서는 교량 진동 사용성을 좀더 현실에 가깝게 평가하기 위하여 도로교를 주행하거나 정차한 차량 탑승자가 느끼는 가속도를 사용하였다. 이를 위하여 차량 동역학 시뮬레이션 소프트웨어인 CarSim 을 사용하여 운전자가 느끼는 가속도를 측정하였으며, ISO2631/8041 에 의거하여 진동 사용성을 평가하였다.

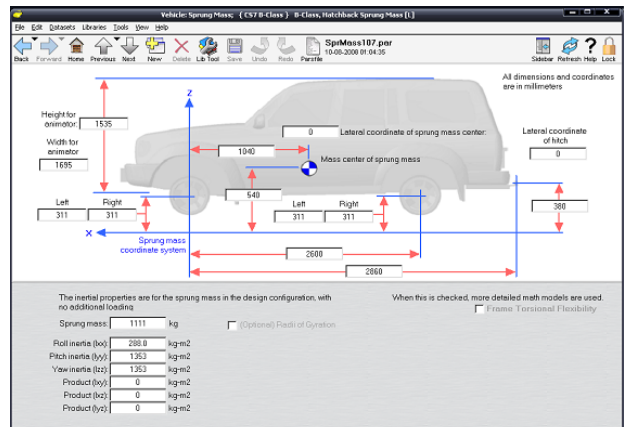


그림 1. CarSim 을 사용한 차량 시뮬레이션

### 2. 본론

#### 2.1 수치 해석

교량을 주행하는 차량의 거동을 재현하기 위하여 그림 1 과 같은 차량 동역학 소프트웨어인 CarSim (MSC, 2003)을 사용하였다. 이때 노면 조도는 Honda 등(1992)이 제시한 스펙트럼을 시간이력으로 생성하여 사용하였으며, 조도의 크기에 따라 좋음, 보통, 나쁨의 3 단계로 구분하였다. 교량의 변위는 총 22.8 톤 덤프트럭이 단경간 교량 위를 주행할 때의 응답을 사용하였다.

본 연구에서는 차량의 승차감을 평가를 위하여 기본적으로 Griffin(1990)이 제안한 방법을 사용하였다. 차량의 탑승자 위치 3 곳에서 3 축에 대한 가속도 9 개를 구하고, 회전 에 대한 가속도 3 개를 더하여 총 12 개에 대한 가속도를 사용하여 차량의 전체 승차

† 교신저자; 전북대학교 토목공학과 부교수

E-mail : sdkwon@chonbuk.ac.kr

Tel : (063) 270-2289, Fax : (063) 270-2421

\* 전북대학교 토목공학과 박사과정

\*\* 서울대학교 건설환경공학부 부교수

감을 평가하였다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$ORV = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} \int_0^{25} G_i^{xx}(f)W(f)^2 df} \quad (1)$$

여기서  $ORV$  는 전체 승차감 지수이고,  $G^{xx}$  는 가속도의 PSD(power spectral density) 함수이고,  $W$  는 주파수 가중함수이다. 이때 전체 승차감 지수가 대략 0.3 이상이면 조금 불편하고, 0.8 이상이면 불편, 2 이상이면 매우 불편하다.

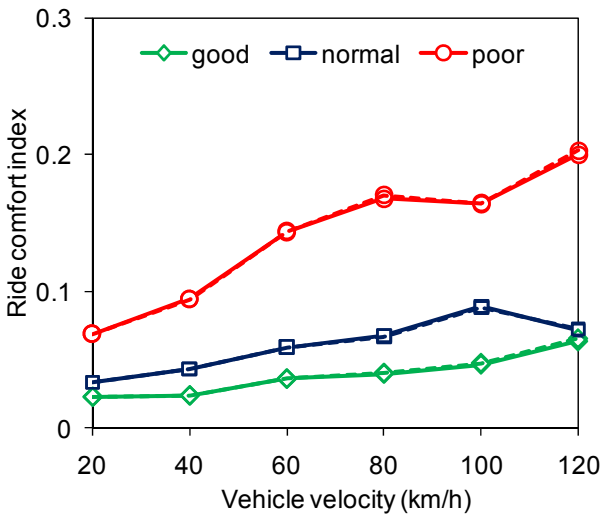


그림 2. 차량 속도별 승차감 지수(점선: 조도만 고려, 실선: 조도와 교량 변위 고려)

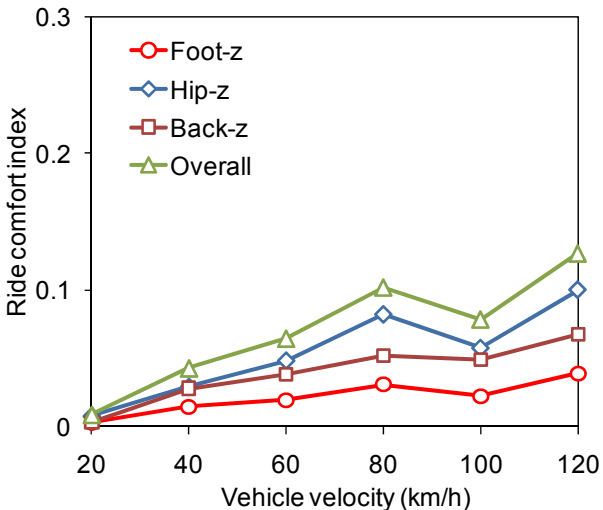


그림 3. 차량 정체시 승차감 지수

## 2.2 차량 주행시 승차감

해치백, 세단, SUV 세가지 차량에 대하여 조도만 작용시, 그리고 조도와 교량 변위가 동시에 작용시 승차감 지수를 구하였다. 그림 2 에서 보듯이 노면

조도가 승차감에 절대적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 조도에 비하여 교량의 변위가 작기 때문인 것으로 판단된다.

## 2.2 차량 정체시 승차감

교통 정체시 인접 차선을 주행하는 차량에 의하여 교량 진동이 발생한다. 이때 차량 탑승자가 느끼는 승차감을 평가하기 위하여 교량 변위만을 차량 타이어에 지점 가진으로 입력하였다. 그 결과는 그림 3 에 나타내었는데, 바로 옆에서 120km/h 로 다른 차량이 주행하더라도 승차감 지수가 0.13 이하인 것으로 나타났다. 이는 교량의 진동수가 약 3.6Hz 로 낮고 최대 변위가 4mm 정도 밖에 되지 않는 미소진동이기 때문이다.

## 3. 결론

본 연구에서는 교량의 진동 사용성을 좀더 현실적으로 평가하고자 차량 동역학 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 승차감 지수를 산정하였다. 그 결과를 보면, 교량의 변위보다는 노면조도가 승차감에 훨씬 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 교통 정체시보다는 주행중일 때의 승차감 지수가 더 큰 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- 권순덕, 이일근, 차량하중에 의한 진동을 완화하는 수동제어장치의 실교 적용, 대한토목학회 논문집, 20/2-A, 2000.
- 안상섭, 이일근, 교량의 진동 사용성 평가에 대한 고찰, 강구조학회지, 15/4, 2003.
- 전범규, 김남식, 교량구조물의 진동 사용성 분석, 한국소음진동공학회 논문집, 17/10, 2007.
- 정옥환 외, 교량의 진동 사용성과 활하중 처짐에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회, 2008.
- Griffin, M.J., Handbook of Human Vibration, Elsevier, 1990.
- Honda, H., et al., Spectra of road surface roughness on bridges. ST108(9), ASCE, 1982.
- ISO2631, Mechanical Vibration and Shock evaluation of Human Exposure to Whole Mechanical Vibration and Repeated Shock.
- MSC, CarSim User manual, Mechanical Simulation Corporation, 2003.