

승차감 평가방법에 따른 철도차량 승차감 분석 Analysis on Ride Comfort of Rolling-stock according to Ride Evaluation Method

*#허현무¹, 박준혁¹, 함영삼²

¹H. M. Hur(hmhur@krri.re.kr)¹, J.H.Park¹, Y.S.Ham²

¹한국철도기술연구원 고속철도연구본부, ²한국철도기술연구원 시험인증안전센터

Key words : Ride comfort, Ride index, Ride level

1. 서론

철도차량은 대중 교통수단의 중심으로 그 역할이 증대되고 있다. 따라서 철도 승객 서비스 제고 측면에서 철도차량의 고속화와 더불어 쾌적한 승차감 확보는 매우 중요하다. 철도차량의 승차감을 평가는 개발 차량에 대한 필수 평가항목으로 시행되고 있다.

그동안 국내에서는 철도 초기 일본의 영향으로 데시벨(dB)로 표현되는 승차감레벨(ride level)이 활용되어 왔다. 주로 고속철도를 제외한 모든 차량의 승차감 평가에 활용되어 온 평가인자라 할 수 있다. 그러나 최근 고속철도의 개통과 더불어 유럽에서 활용되어 온 승차감지수(ride index)에 대한 분석이 시행되고 있다. 현재는 수출차량이나 도시철도차량의 승차감 평가인자로 활용되고 있다.

한편 승차감레벨이나 승차감지수는 진동가속도 측정항목과 분석방법이 서로 상이하다. 따라서 본 논문에서는 두 인자간의 상관관계를 분석하고자 고속철도차량을 대상으로 승차감지수와 승차감레벨을 평가하였다.

2. 승차감 평가방법

철도차량에 대한 승차감 평가방법에 대한 규격은 한국산업규격인 KS R 9216 “철도차량 - 승차감 측정 및 평가방법”이 있다.⁽²⁾ 이 규격은 유럽철도규격인 UIC 513R Guideline for evaluation passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles와 EN 12299 Railway applications -Ride comfort for passengers-Measurement and evaluation규격 그리고 ISO 2631 Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration에 의거하여 작성된 국내 철도차량 승차감 시험규격으로

국내 철도차량 승차감 시험평가에 준용되고 있다.

승차감지수 분석은 좌석및 입석에서의 약식법을 준용하였다. 차체의 전후, 좌우, 상하방향 진동 가속도를 5분동안 측정하고 샘플주기를 5초로하여 통계처리하여 도수분포가 95%인 값을 취하여 다음과 같이 지수 N_{mv} 로 표현한다.

$$N_{mv} = 6 \sqrt{\left(a \frac{W_d}{x\beta 95}\right)^2 + \left(a \frac{W_d}{y\beta 95}\right)^2 + \left(a \frac{W_b}{z\beta 95}\right)^2}$$

승차감레벨은 각각 보정한 진동 가속도의 실효값(m/s^2) a_w 를 변수로 사용하며 다음 식에 따른다.

$$L_{eq} = 20 \log \frac{a_w}{a_{ref}}$$

여기에서, L_{eq} : 승차감레벨(dB)

a_w : 진동 가속도의 실효값(m/s^2)

a_{ref} : 진동의 기준값($10^{-6}m/s^2$)

Fig. 1은 승차감 지수와 레벨을 분석하는 흐름도를 나타낸다.

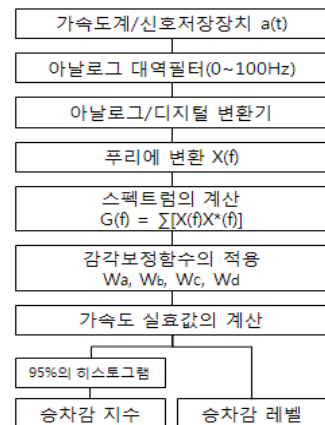


Fig. 1 Flow chart

3. 승차감 시험 및 분석

승차감 평가를 위하여 고속철도차량을 대상으로 고속선에서 주행시험을 수행하였다. 시험구간에 의거하여 객차에 대한 차체 진동가속도를 측정하였다. Fig. 2는 시험데이터를 나타낸다.

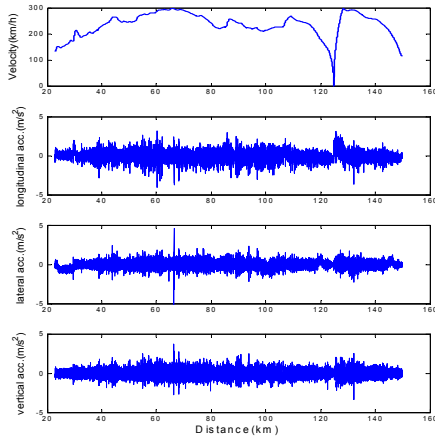
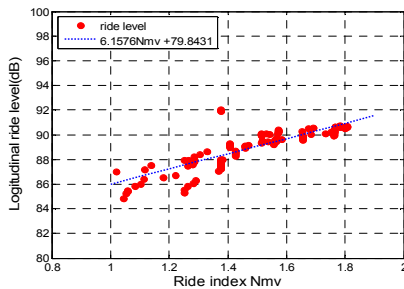


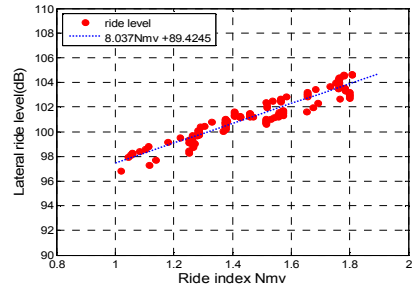
Fig. 2 test data

측정한 진동가속도 시험데이터에 대하여 10초씩 증가하면서 5분 간격의 데이터구간에 대하여 각 구간의 승차감지수와 승차감레벨을 분석하였다.

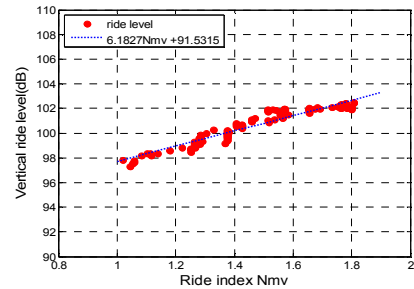
Fig. 3은 속도 150km/h 이상의 분석결과에 대하여 좌우, 상하방향에 대한 승차감지수와 승차감레벨간의 관계를 나타낸다. 승차감지수가 증가할수록 승차감레벨도 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 좌우방향과 상하방향에서는 그 특성이 명확함을 알 수 있다. 승차감지수와 승차감레벨간 선형적인 관계를 나타내는 일차함수의 관계식을 도출하였다.



(a) longitudinal



(b) lateral



(c) vertical

Fig. 3 Ride index and ride level

4. 결론

철도차량의 승차감 평가방법에 따라 상이하게 적용되고 있는 승차감지수와 승차감레벨과의 상관관계를 분석하고자 고속철도차량을 대상으로 한 승차감 시험을 수행하였다.

시험결과, 주행속도 150km/h 이상에서 승차감지수 증가에 따라 승차감레벨도 선형적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 좌우방향과 상하방향에서는 더욱 뚜렷한 선형적 관계를 보이고 있다. 이러한 경향을 나타내는 승차감지수와 승차감레벨간의 선형적인 관계식을 도출하였다. 본 결과는 향후 철도차량 승차감 시험평가에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. "KS R 9216 Railway rolling stock - Test and evaluation method for passenger comfort", Korean Standards Association, 2005
2. "UIC 513 R Guideline for evaluation passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles", International Union of Railways, 1994