

경부고속 1,2단계 KTX 주행진동 특성비교

Comparison of KTX traveling vibration characteristics on Gyeong-bu high speed railway

김주원*, 정형일*, 김대식*, 소진섭*, 정연일*, 김상영*

Ju-Won Kim*, Hyeong-Il Jung*, Dae-Sik Kim*, Jin-Sub So*, Yeon-Il Jung*, Sang-Yeong Kim*

Abstract KTX bogies are limited to less than 0.6G ~ 0.8G vibration acceleration in a lateral direction of the balance in order to ensure the driving safety and prevent derailment. If the vibration acceleration in the lateral direction of the 0.6G ~ 0.8G or more is detected for more than 5 seconds in the bogie, That will limit to 270km/h below the maximum speed for the safety of the vehicle and It will give trouble to scheduled operation. Therefore we need to find the cause of the vibration is occurring more. In this study, as a preliminary study to find the vibration occur causes and solutions of the vibration of KTX by measurement of bogie vibrations.

Keywords : KTX, Traveling vibration, Gyeong-bu high speed railway

초 록 KTX 차량은 탈선예방 및 주행안전성 확보를 위해 대차의 횡방향 진동 가속도를 0.6G~0.8G 미만으로 제한하고 있다. 대차에서 0.6G~0.8G 이상의 횡방향 진동 가속도가 5초 이상 감지될 경우 차량의 안전을 위해 최고속도를 270 km/h 이하로 제한하게 되며 이는 정시 운행에 지장을 주게 된다. 따라서 정시운행을 위해 어떤 환경에서 KTX 차량에 많은 진동이 발생하는지 확인하고 진동저감을 위해 요구되는 차량, 선로 조건을 찾아내는 것이 필요하다. 본 연구에서는 KTX 차량의 진동발생원인과 해결방안을 찾기 위한 사전연구로서 경부고속선에서 영업 운행하는 KTX차량계측을 통해 1단계구간과 2단계 구간의 진동특성을 비교 하였다.

주요어 : KTX, 주행진동, 경부고속선

1. 서 론

철도차량은 주행안정성의 확보를 위해 주행중 대차 진동가속도를 제한하고 있다. 국가 기준과 명시규격에 따라 다르지만 대부분의 안전기준은 대차 상부에서 측정된 진동가속도가 10Hz Lowpass 주파수 값을 기준으로 $0.8G (=7.84m/s^2)$ 를 초과하지 않는 범위로 제한하고 있다. 현재 국내에서 운영중인 KTX와 KTX-산천의 경우에도 대차 프레임 상부에 장착된 대차현팅 센서의 감지값을 바탕으로 대차 주행안정성을 모니터링 한다. 주행중 횡방향 10Hz Lowpass 처리한 진동 가속도 값이 0.8G 이상 감지될 경우 알람등을 점등하고 이 상태가 5초 가량 지속될 경우에는 대차현팅 경고를 현시하고 안정성 확보를 위해 최고속도를 270km/h 이하로 제한한다.

* 한국철도공사 연구원(pazazatj@korail.com)

대차헌팅이 발생한 이후에는 차량의 최고속도를 270km/h 이하로 운용하므로 차량의 정시 운행에 지장요인으로 작용 할 수 있다. 따라서 차량 운행중 기준치를 초과하는 횡진동이 발생하지 않도록 철저한 관리가 필요하다. 본 연구에서는 대차 진동발생 관리를 위한 사전 연구로서 주행중인 KTX 차량의 대차 가속도를 측정하고 각기 다른 노반이 사용된 경부고속 1, 2단계 대차 진동 특성을 조사하였다.

Table 1 KTX bogie hunting criteria

Train type	Frequency Filter	Limit lateral acceleration
KTX	10Hz Lowpass	0.6G ~ 0.8G
KTX San-cheon		0.8G

2. 본 론

2.1 대차 가속도의 측정방법

2.1.1 측정위치

철도차량의 주행안정도 판단을 위해 주로 활용되는 UIC 518[1] 규격은 대차프레임의 진동 가속도값을 측정하여 평가한다. 본 연구에서도 이를 준용하여 KTX의 객차 대차 상부의 대차 헌팅 센서 근처에 가속도 센서를 부착하였다. 높은 신뢰도와 차량 전체에서 발생하는 진동 가속도 추세 파악을 위해 가능한 많은 대차에서 동시측정이 이루어지는 것이 좋으나 많은 비용이 소모됨은 물론 차량의 영업운행에 지장을 줄 수 있다는 문제점이 있다. 따라서 유지 보수 데이터를 통해 대차의 횡진동이 가장 많은 것으로 분석된 대차에 센서를 부착하여 연구를 수행하였다.

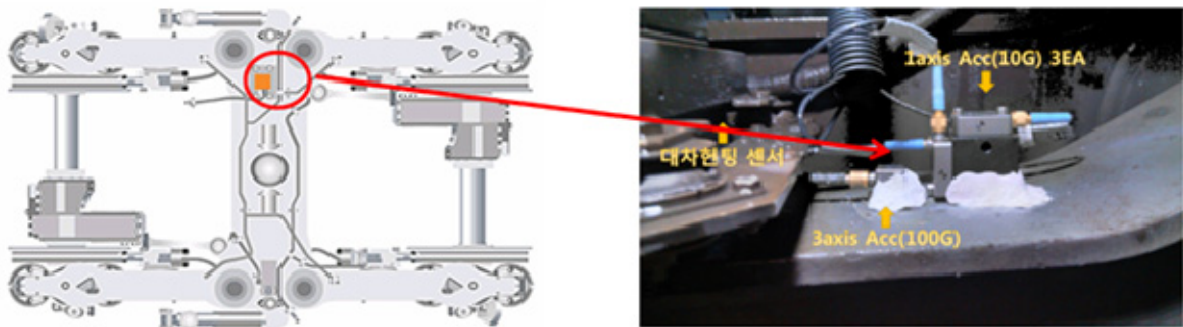


Fig. 1 Position of acceleration sensors on KTX bogie frame

2.1.2 측정장비

진동측정장비는 크게 센서와 DAQ, 데이터 수집-처리 장치로 나눌수 있다. 가속도센서는 Dytran社의 DC타입 단축 10G센서 3개와 IEPE타입 3축 100G센서 1개를 사용하였다. 데이터는 10G 센서에서 측정된 값을 사용하였으며 100G센서는 측정값 신뢰도 향상과 예상하지 못한 돌발상황에 대처하기 위한 보조용으로 사용하였다. DAQ는 National instruments社의 NI-9233(4ch)을 사용하였으며 데이터 수집-처리는 M+P社의 Smart office analyzer 소프트웨어를 사용하였다. 차량 속도, 위치정보 수집을 위해서는 GPS logger와 Tachometer를 사용하였다. 측정시 원본 데이터의 Sampling rate는 2kHz로 설정하였고 필요에 따라 Post processing 을 통해 Low pass filter를 사용하여 연구를 수행하였다.

2.2 측정결과

2.2.1 구간별 진동가속도 추세

Fig.2 KTX-141 열차의 주행중 횡방향 진동가속도 그래프이다. 원본데이터에 10Hz Lowpass filter를 적용하고 RMS값으로 출력 하였다. Fig.3은 동일한 시간에 측정한 운행속도 그래프로 GPS음영 구간이 있지만 진동-속도 관계를 확인 할 수 있다.

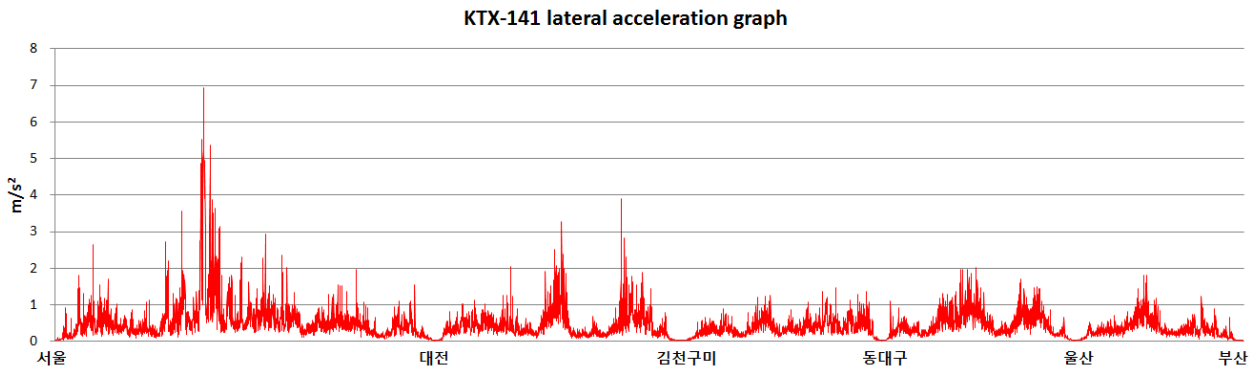


Fig. 2 KTX-141 bogie lateral acceleration value

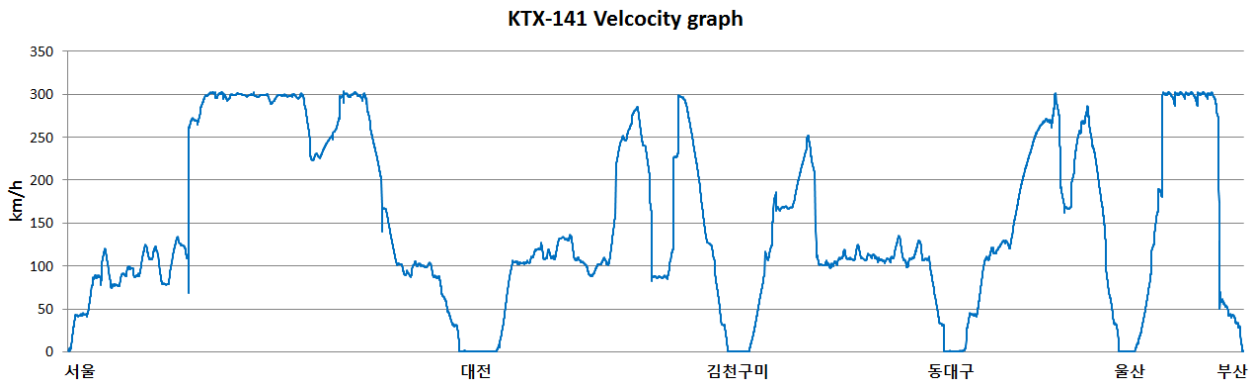


Fig. 3 KTX-141 Velocity graph(based on GPS data)

그래프에서 확인할 수 있듯이 속도상승에 따라 대차진동이 함께 증가하고 있으며 경부고속 2단계 구간의 진동발생량이 1단계보다 전반적으로 작음을 알 수 있다. 특히 광명에서 천안 아산 사이 구간에서 타 구간대비 높은 횡진동이 발생됨을 확인할 수 있다.

2.2.2 속도별 진동가속도 추세

경부고속 1,2단계 주행품질을 수치화 하기 위해 속도별 횡진동발생 평균값을 살펴보았다. Fig.2에서 확인할 수 있듯 전반적으로 경부고속 2단계에서의 횡진동 발생값이 작은 것을 확인할 수 있다. 특징적인것은 250km/h 이하 속도에서는 1, 2단계에서 큰 차이가 없지만 250km/h를 초과한 속도에서는 2단계 구간이 1단계 구간에 비해 확연히 낮은 진동발생값을 보여준다는데 있다.

Table 2 KTX Vibration corresponding to the velocity

Velocity	1-step section (Seoul ~ Dongdaegu)	2-step section (Dongdaegu ~ Busan)
0~50km/h	0.152m/s ²	0.167m/s ²
50~100km/h	0.403m/s ²	0.370m/s ²
100~150km/h	0.326m/s ²	0.314m/s ²
150~200km/h	0.501m/s ²	0.287m/s ²
200~250km/h	0.571m/s ²	0.507m/s ²
250~300km/h	1.602m/s ²	0.783m/s ²

이를 통해 콘크리트 도상에 터널이 많은 2단계 구간의 주행품질이 자갈 도상에 개활지가 많은 1단계 구간에 비해 우수한 것을 확인할 수 있다. 물론 차량진동 발생에 큰 영향을 주는 선로 선형이 1,2단계가 동일하지 않다는 점이 상대비교에 영향을 줄 수 있으나 250km/h 이상 속도에서 진동크기 차이가 현저하기 때문에 전체적인 추세를 판단하는데는 문제가 없을 것으로 생각된다.

3. 결론

본 연구에서는 영업 운행중인 KTX의 대차 진동가속도 측정을 통해 주행품질을 살펴 보았다. 경부고속철도구간 전체에서 측정된 최대 대차 횡진동 가속도는 7m/s² 내외로 대차 불안정 신호가 발생되는 7.84m/s²(=0.8G)보다 낮아 주행안정성 측면에서 문제가 없는 것으로 확인되었다.

하지만 광명<->천안아산 사이 일부 고속구간에서 타 구간에 비해 상대적으로 높은 진동값이 발생된 원인에 대한 분석이 필요하다. 현재 KTX 대차진동 측정결과만으로 원인을 알아낼 수

없지만 300km/h 속도에서도 구간마다 다른 진동발생값을 가진다는점, 같은 자갈도상 구간인 대전<->동대구 사이의 진동값보다도 광명<->천안아산 구간의 진동값이 확연하게 높다는 점을 통해 선로에서 기인한 원인이 차량의 주행진동에 가장 큰 영향을 주고 있다고 추정할 수 있다.

차후 추가데이터 확보와 분석을 통해 선형설계의 문제인지, 차량-선로간의 인터페이스 문제인지, 유지보수와 관련된 문제인지를 밝혀나갈 계획이다.

참고문헌

- [1] UIC CODE 518(2005) Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior-Safety-Track fatigue-Ride quality, *International union of railways*