

한국형고속열차를 이용한 궤도 틀림 측정결과 비교분석

Measurement of Track geometry with HSR350X

임용찬* 김상수** 박춘수** 김기환**
Im, Yong-Chan Kim, Sang-Soo Park, Choon-Soo Kim, Ki-Hwan

ABSTRACT

The riding comfort and the durability of train are effected by the rail irregularities such as track gauge, superelevation, alignment, longitudinal level, twist, cant and cross level. Inspection and estimation of irregularities are very important to maintain the rail condition. Generally, the EM120 has been utilized to measure the rail irregularities once a month in Korea. However, the EM120 can be operated at night time only, because the inspection speed of EM120 is much slower than the speed of high-speed trains. Also, the EM120 is too slow to inspect effectively for the whole commercial line. Therefore, we have mounted the track inspection system on the High-Speed Rolling Stock 350 eXperimental (HSR350X) and measured the rail irregularities to confirm the condition of a rail while running 300km/h. In this paper, the track inspection system mounted on HSR350X is mainly considered, and the measured results through test run are introduced.

1. 서론

KTX의 개통으로 우리나라도 고속철도 소유국가가 되었으며, 고속열차를 이용한 새로운 운송수단이 각광을 받고 있다. 이에 보다 나은 환경의 고속철도를 구현하기 위하여 수많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 고속열차에서는 궤도의 상태가 승객의 승차감에 큰 영향을 끼치고 또한 열차의 내구성에도 영향을 끼친다. 따라서 고속선로에서의 궤도 검측 및 유지보수가 필요하다. 현재 우리나라 고속선의 궤도 관리는 주로 월1회 야간에 120km/h로 궤도검측차를 이용하여 측정하며, 이를 기초로 선로의 유지 보수를 행하고 있다. 이 측정방법은 야간에만 이루어져야하고 고속선 전구간을 검측하기 위해서는 많은 시간이 필요하게 된다. 이에 영업 속도인 300km/h의 고속으로 주행 중 궤도의 틀림 상태를 확인하기 위하여 한국형고속열차에 고속궤도검측장비를 설치하였다. 본 논문에서는 한국형고속열차에 설치한 고속궤도검측시스템의 시운전시험을 통하여 측정된 궤간 및 수평틀림의 궤도검측결과를 궤도검측차의 검측결과와 비교, 검토하고자 한다.

2. 고속궤도검측장비

2.1 궤도검측방식

궤도검측차에 의한 궤도검측방식은 탑재되는 검측장비의 검측원리에 따라 기계적 측정방식과 관성(inertia)측정방식으로 크게 나눌 수 있다.

* 한국철도기술연구원, 차세대고속철도기술개발사업단, 비회원

E-mail : ycim@krri.re.kr

TEL : (31)460-5609 FAX : (031)460-5649

** 한국철도기술연구원, 차세대고속철도기술개발사업단

기계적 측정방식은 기계적 유도변환기(mechanical transducer)를 이용하여 각종 궤도 틀림 량을 접촉방식으로 측정하는 방법이며, 관성측정방식은 가속도계(accelerometer)를 사용하여 각종 궤도 틀림 량을 비접촉 방식으로 측정하는 방법이다. 기계적 측정방식은 일반철도 및 고속철도 초기에 개발되어 현재까지 사용되고 있는 방법이며, 관성측정방식은 최근에 개발되어 사용되기 시작한 방법이다. 기계적 측정방식은 마찰에 의한 유도변환기의 마모가 발생하나, 비접촉방식인 관성측정은 측정 장비의 궤도와의 접촉이 없으므로 마모가 거의 없다. 그리고 다양한 현(장과장, 단과장)의 틀림량 측정 및 분석이 용이하며, 고속철도의 궤도검측에 적합하다. 이에 한국형고속열차는 관성측정방식을 이용해 측정하는 장비인 Laserail™4000을 탑재하여 고속선의 궤도 상태를 측정하고 있다.

2.2 Laserail™4000

Laserail™4000은 관성측정방식을 이용해 궤도의 상태를 측정하는 장비이다. 이 장비는 다음과 같이 구성되어 있다.

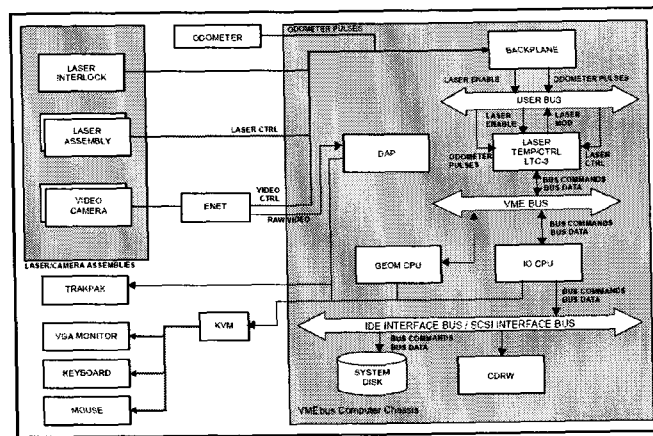


그림 1 Laserail™4000 Block Diagram

그림1에 보인 것과 같이 VMEbus Computer System, Laser/Camera Tube Assemblies, Track Geometry Measurement Package 그리고 Tachometer로 크게 4부분으로 나눌 수 있다. 현재 VMEbus Computer는 한국형고속열차 안에 장착되어 컨트롤 및 모니터링을 하게 되어 있고, 나머지 부분은 5번 대차에 설치되어 있다.

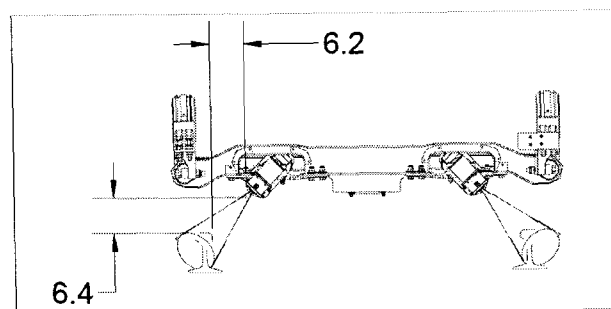


그림 2 Laser/Camera Tube Assembly

3. 측정결과 분석

2007년 8월 9일 한국형고속열차의 오송-동대구 간 2왕복 시운전시험을 통해 얻은 Laserail™4000의 데이터와 같은 날 야간에 대전-지천 간 1왕복 궤도의 상태를 측정한 EM120의 궤도데이터를 비교 분석하였다.

3.1 EM120

EM120은 1992년 국철에 도입되어 현재 고속선의 궤도측정에 이용하고 있다. 이 차량의 측정항목은 고저(좌, 우), 궤간, 평면성, 수평, 방향(좌, 우), 가속도(수평, 수직), 차체 가속도(수평, 수직), 주행속도이다. 측정원리는 기계적 유도변환기를 이용하여 측정하는 방식으로 0.25m 마다 데이터를 저장한다.

3.2 Laserail™4000의 데이터 처리

Laserail™4000은 Encoder를 이용하여 0.25m 마다 데이터 값을 저장하게 되어있다. 저장된 데이터는 WinDBC3라는 프로그램을 통하여 볼 수 있다.

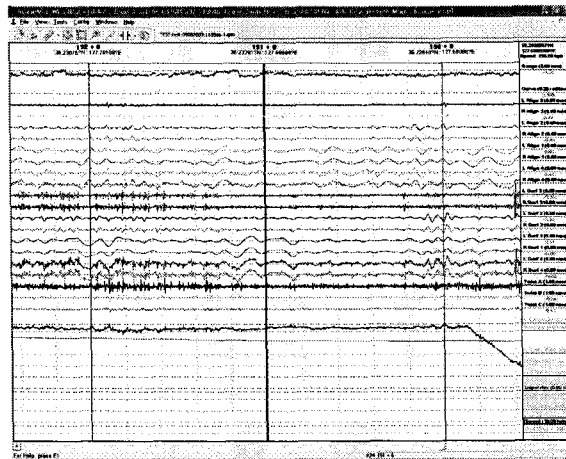


그림 3 WinDBC3를 이용한 데이터 분석

WinDBC3을 통해 궤간(Track Gauge)과 수평틀림(Superelevation)값을 KP값과 함께 text파일로 변환하였다.

3.3 EM120과 Laserail™4000의 데이터 비교

3.3.1 궤간(Track Gauge) 분석

궤간거리는 레일 두부면으로부터 아래쪽으로 14mm 점에서 상대편 레일 두부의 동일점까지의 내측간 최단거리를 말한다. 궤간은 1435mm로 하는 것이 보통이며, 이 궤간치수를 1435mm로 규정한 것은 4'81/2"를 환산한 것으로, 실제로 궤간은 여기에 다시 슬랙공차를 가산하여야 한다. 궤간은 1435mm를 기준으로 하는데 이것을 표준궤간이라 하며, 이보다 넓은 것을 광궤, 좁은 것을 협궤라고 한다. 궤간이 기준 이상의 광궤가 되면 열차의 탈선 우려가 있고, 협궤가 되면 열차의 휠이 마모가 되어 승차감 및 내구성에 큰 영향을 끼친다.

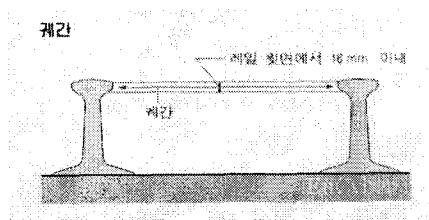


그림 4 궤간

EM120과 Laserail™4000의 궤간측정은 표준궤간인 1435mm를 기준으로 궤간의 넓고 좁음을 나타낸다.

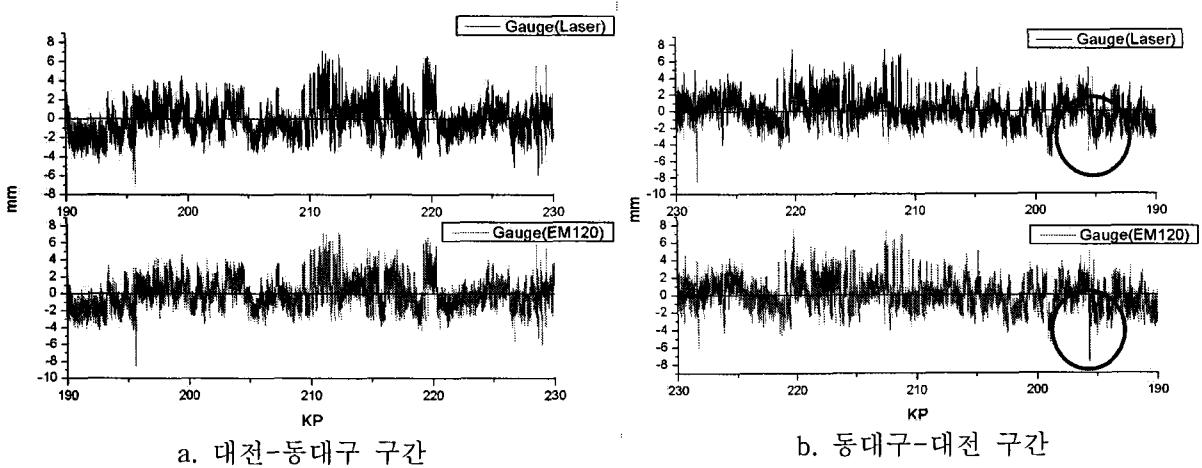


그림 5 EM120과 Laserail™4000의 궤간 비교

그림 5와 같이 전체적인 경향이 비슷하게 나옴을 볼 수 있다. 이것은 고속선 구간을 영업 속도보다 낮은 속도로 측정하였던 EM120과 비교하여 고속선을 영업 속도로 측정한 Laserail™4000의 값이 기존의 값과 호환성이 뛰어난 것을 알 수 있다.

3.3.2 수평틀림(Superelevation)

궤간의 기본 치수에서의 좌우 레일의 높이차를 말한다. 궤간의 기본 치수(1,435mm) 대신에 좌우 레일의 중심 간격인 1,500mm 사이의 높이를 수평으로 하고 있다. 곡선부에 캔트(cant)가 있을 경우 설정된 캔트량을 더한 것을 기준으로 하여 그 증감량으로 나타낸다. 기준은 선로의 기점에서 종점을 향해 좌측 레일을 기준으로 한다. 주로 좌우 레일의 불균등 침하로 인해 발생된다.

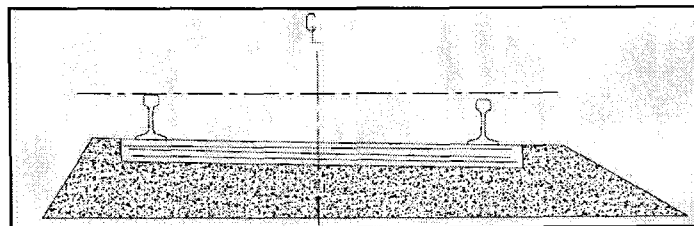


그림 6 수평틀림

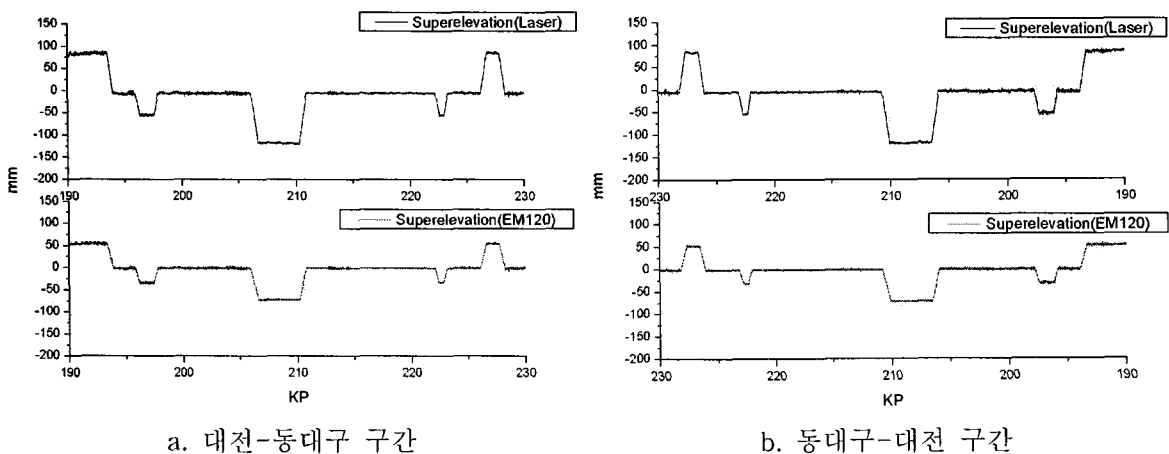


그림 7 EM120과 Laserail™4000의 수평틀림 비교

그림 7을 보면 전체적 경향은 같으나 EM120의 값이 Laserail™4000에 비해 작게 나옴을 알 수 있다. 이는 EM120과 Laserail™4000의 교정(calibration) 차이에 의한 것이라고 추측된다. 하지만 수평틀림이 나타난 지점은 두 검측장비의 데이터가 거의 같은 지점에서 나옴을 볼 수 있다. 결론적으로 수평틀림에 대한 데이터 분석에서도 궤간비교분석과 같이 고속선 궤도검측에 대해서 높은 호환성을 보인다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 연구는 대전-동대구 구간 중 고속선에 대한 궤도의 상태를 EM120이 계측한 데이터와 한국형고속열차에 설치한 Laserail™4000의 데이터 값을 비교분석한 것이다. 위의 결과에서 볼 수 있듯이 두 궤도 검측 장비를 이용한 데이터 값이 검측한 구간에서 거의 일치한 값을 나타냄을 볼 수 있었다. 특히 궤간의 데이터는 거의 모든 구간에서 같은 값을 나타냈고, 수평틀림의 경우 calibration의 차이에 의한 데이터 값의 차이가 있을 뿐 수평틀림이 있는 구간의 지점이 같음을 볼 수 있었다. 이를 통해 한국형고속열차에 설치한 고속궤도검측장비의 활용이 기존에 사용했던 궤도검측장비와 호환을 이룸을 알 수 있고, 고속에서 궤도검측을 통해 기존의 궤도검측방식의 단점을 보완하여 궤도의 상태를 파악할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 앞으로 이 궤도검측방법을 통해 더욱 넓은 구간의 궤도 검측을 하여 고속선로의 안정성을 평가하고, 유지보수 등에도 이용하여 안정적이고 효율적인 고속철도 운영이 이뤄질 것이다.

후 기

본 연구는 고속철도기술개발사업의 “고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발” 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 서사범 저, 궤도시공학
2. 서사범 저, 궤도장비와 선로관리
3. 김상수 외 2명, “일본 궤도 검측 시스템 기술동향.” 기계학회 춘계학술대회, 2005