한국형 틸팅차량의 탈선계수 측정 및 분석

Measurement & analysis of derailment coefficient for korean tilting vehicle

함영삼† 서정원* 이동형* 권석진* 김재철** 이찬우**

Ham, Young-Sam Seo, Jung-Won Lee, Dong-Hyong Kwon, Seok-Jin Kim, Jae-Chul Lee, Chan-Woo

ABSTRACT

Safety of railroad is result of reliability which is received from test & evaluation of system. Railroad system is consisted of various sub system such as vehicle, supply of electric power, signal, communication, rail track construction, operation. To secure safety of railroad, evaluation about parts, assembly, sub system, whole system etc.. that compose railroad is essential. In this paper, I wish to describe for results that analyze korean tilting vehicle's derailment coefficient developed by national research achievement. Result that evaluation korean tilting vehicle's running safety, verified that secure even if speed-up 30 km/h than operating speed of present in curved line.

1. 서론

철도의 안전은 시스템의 시험평가로부터 얻어진 신뢰성의 결과이다. 철도시스템은 차량, 전력공급, 신호, 통신, 선로구축물, 운영 등 다양한 하부시스템으로 구성된다. 철도의 안전을 확보하기 위하여 철도를 구성하는 부품, 조립품, 하부시스템, 전체시스템에 대한 시험평가는 필수적이다. 틸팅차량은 고속철도의 개통 이후 기존선의 속도향상방안으로 가장 유력하게 떠오른 열차 시스템이다. 틸팅열차란 선로의 곡선부를 철도차량이 통과할 때 통과속도를 줄이지 않기 위하여, 곡선선로를 주행할 때 원심력을 줄이도록 열차를 곡선부 안쪽으로 약간 기울임으로써 곡선주행속도를 떨어트리지 않고도 승객의 승차감을 유지할 수 있기 때문에 속도 향상의 효과를 얻을 수 있는 열차 시스템이다. 틸팅차량에서도 차륜과 레일의 작용력이 가장 크게 발생하는 위치는 진행방향으로 볼 때 최전부 차량의 전부대차에서 전부축이라 할 수 있다. 이 축은 주행중 궤도나 차량의 특성에 의한 영향이 가장 크기 때문에, 탈선계수를 측정할 때 측정용 윤축을 투입하는 위치이다. 그러나 틸팅차량의 최전부 축은 구동축으로서 Driving Gear를 탑재하여야 하기 때문에 차축에 브레이크 디스크를 설치하지 못하고 차륜 브레이크 디스크를 사용하도록 설계되었다. 차륜 디스크를 설치하기 위하여 차륜에 크고 작은 홀들이 18개나 뚫려져 있는 상태에서 탈선계수 측정용 센서를 부착하기 위하여 홀을 추가로 가공하게 되면 구조적인 취약부가 발생하게 되는데, 이러한 부분에 대해서는 차륜과 레일 상호 작용에 의한 접촉력이 발생할 때의 응력분포를 해석하여 하중간의 연성을 최소화하고(1), 최적의 게이지 부착위치를 선정하여 안전성 검증을 실시하고 있다(2). 본 논문에서는 국책연구사업으로 개발된 한국형 틸팅차량의 탈선계수를 측정하고 분석한 결과에 대하여 기술하고자 한다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 철도시스템연구센터, 책임연구원
E-mail : ysham@krri.re.kr
TEL : (031)460-5202 FAX : (031)460-5814
* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도시스템연구센터, 선임연구원
** 정회원, 한국철도기술연구원, 철도시스템연구센터, 책임연구원

2. 탈선계수 측정시스템

차륜 디스크를 사용하는 틸팅차량에서 차륜과 레일간에 발생하는 상호 작용력을 측정할 수 있는 계측시스템으로 무선 텔레메트리 방식을 채택하였다(3).

편성열차의 최전부차량에서 전부대차의 1위축에 Fig. 1과 같은 측정용 윤축을 조립하여, 차륜의 안쪽에 신호 발신기가 내장된 Telemeter 송신기를 설치하고 차체에 신호 수신기를 Fig. 2와 같이 설치하였다. 스트레인 게이지는 Fig. 3과 같이 차륜에 부착하여 무선으로 신호를 전송하도록 하였으며 차내에는 Fig. 4와 같은 데이터 처리장치를 배치하여 Fig. 5와 같이 측정시스템을 구성하였다.

Transmitter에는 밧데리를 내장시켜 별도의 전원공급 없이 신호를 전송하도록 하고, 차축의 회전과 충격에 견딜 수 있도록 지그를 견고하게 제작하여 설치하도록 한다. Transmitter에서 발생된 신호는 안테나를 통해 Receiver로 전달되어 Data Recorder에 저장되도록 구성하였다.

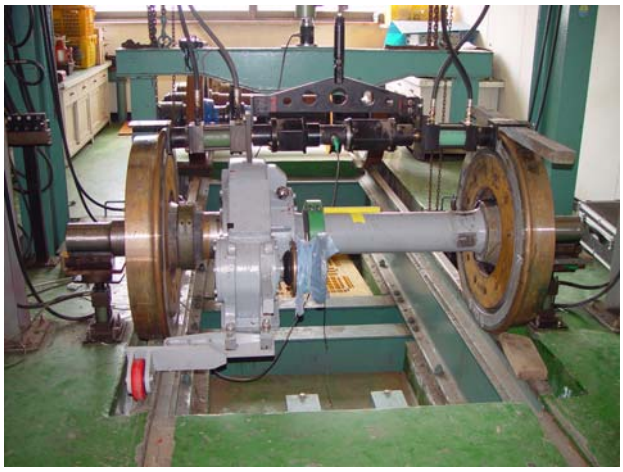

Fig. 1 Measurement Wheel-set

Fig. 2 Telemetry system

Fig. 3 Strain gauge

Fig. 4 Data acquisition system

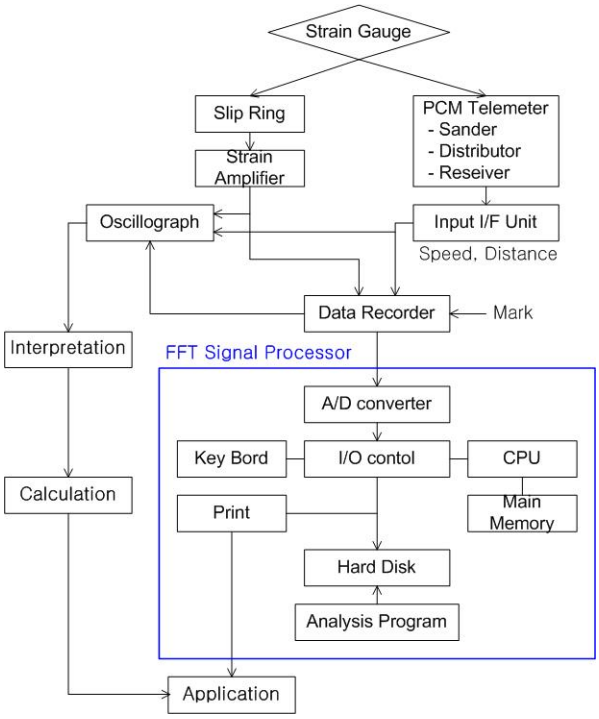

Fig. 5 Block diagram of measurement system

3. 시험방법 및 평가기준

3.1 시험방법

3.1.1 측정용 윤축의 위치

주행중 궤도나 차량의 특성에 의한 영향이 가장 큰 열차 진행방향의 전부(前部)축에 측정용 윤축을 취부한다.

3.1.2 배선

측정용 윤축에서의 Strain Gauge 출력은 차축 가운데에 Telemeter를 설치하여 무선으로 차량 내에서 측정하기 때문에 대차와 차체간의 상호 간섭을 피할 수 있도록 수신안테나를 설치하고 단락에 주의하며, Shield선을 사용하여 유도장애가 발생하지 않도록 한다.

3.1.3 측정구간

측정목적에 따라 다음과 같이 구분한다.

(1) 구간 주행시험

임의의 구간에서 차량과 선로의 주행특성을 조사하고자 할 때 직선, 곡선, 전철기, 교량 등의 특정한 지점을 설정하고 열차의 운전속도를 변화시켜 가면서 반복시험을 한다.

(2) 일반 주행시험

주행안전성을 판정하고자 할 때 정규열차편성에 의한 영업 전구간을 정상영업운전조건으로 운행하면서 시험한다.

3.1.4 측정조건

객차와 동력객차는 영·공차 상태에서 측정하며, 동력차 및 동력객차는 발전기 및 견인전동기 등의 전

기적인 노이즈에 크게 영향받지 않도록 유도장애를 피할 수 있는 Sensor와 Amplifier를 선정한다.

3.2 평가기준

안전성을 평가하는 기준은 기본적으로 철도차량 안전기준에 관한 규칙을 준수하고, UIC규격을 참고하도록 한다.

항목 / 내용	윤중감소량	횡압	탈선계수
철도차량 안전기준에 관한 규칙	제30조 ◦ 빈도누적확률 100% : 0.5 0.1% : 0.8	제31조 Y = Po/3 + 10 Y : 1축당 횡압 Po : 정적 축중	제32조 ◦ 빈도누적확률 100%: 0.8 0.1%: 1.1 ◦ 최대값: 1.2
UIC 518 UIC 518-1		Y2m = Po/3 + 10 Y : 1축당 횡압 Po : 정적 축중	$\left(\frac{Q}{P}\right)_{2m}$: 0.8

4. 시험결과

4.1 곡선부 현재속도 시험결과

곡선반경 600 m 지점을 110 km/h로 주행할 때와 800 m 지점을 131 km/h로 주행할 때 윤중, 횡압, 탈선계수 등을 측정·분석한 결과, 윤중은 600R 지점에서 최대 9.24톤이 발생하였고, 횡압은 800R 지점에서 최대 2.83톤이 발생하였으며, 탈선계수는 800R 지점에서 최대 0.42가 발생하여 철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 UIC 518에 의거한 허용기준을 적용할 때 충분히 안전한 것으로 나타났다.

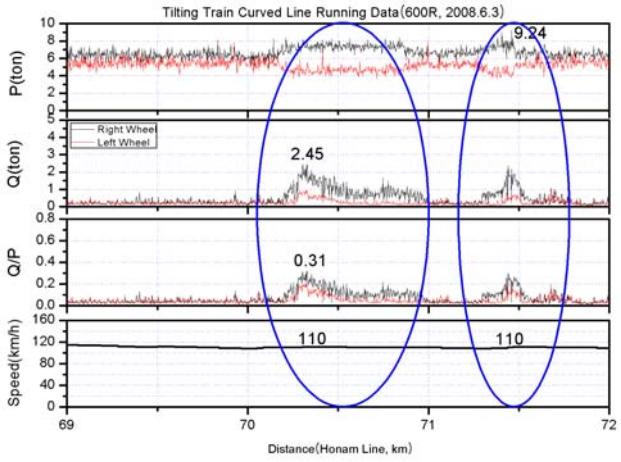

Fig. 6 600R 곡선부에서의 시험결과

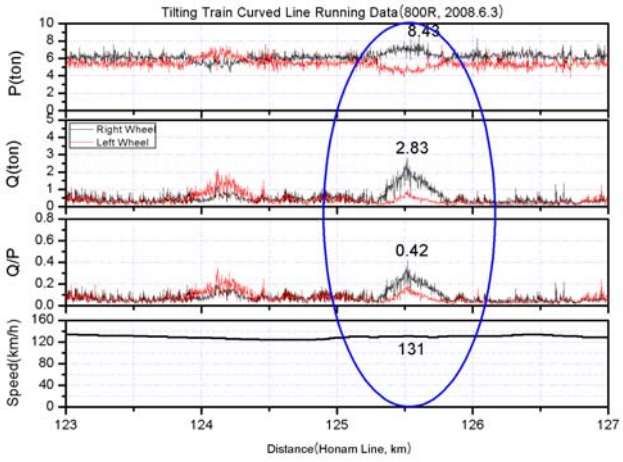

Fig. 7 800R 곡선부에서의 시험결과

4.2 곡선부 10 km/h 증속 시험결과

곡선반경 600 m 지점을 110 km/h로 주행할 때와 800 m 지점을 136 km/h로 주행할 때 윤중, 횡압, 탈선계수 등을 측정·분석한 결과, 증속대상인 곡선구간에서 외궤측의 윤중은 계측하지 못하였고, 횡압은 71.297~71.617 km 구간의 600R에서 최대 2.68톤이 발생하였고, 800R 지점에서는 1.86톤의 최대횡압이 발생하였다. 철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 UIC 518에 의거한 허용기준을 적용할 때 충분히 안전하였다.

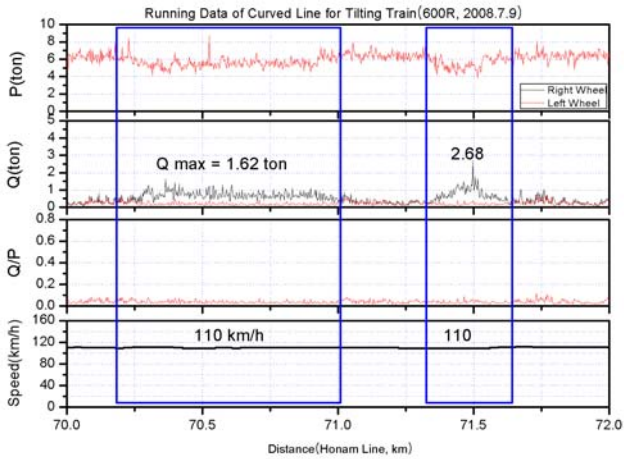

Fig. 8 600R 곡선 110 km/h 주행시험결과

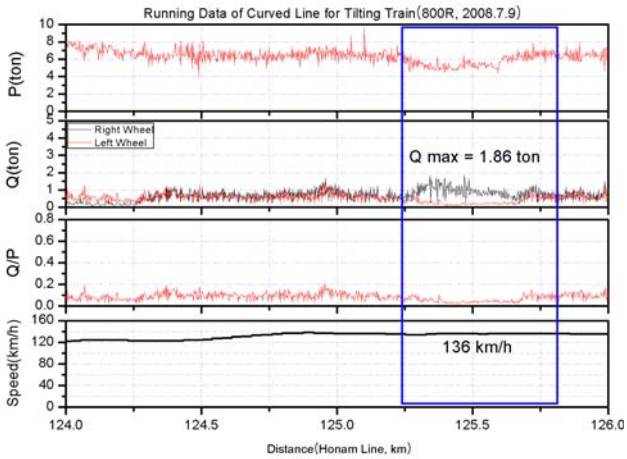

Fig. 9 800R 곡선 135 km/h 주행시험결과

4.3 곡선부 20 km/h 증속 시험결과

곡선반경 600 m 지점을 121 km/h로 주행할 때와 800 m 지점을 146 km/h로 주행할 때 윤중, 횡압, 탈선계수 등을 측정·분석한 결과는 다음과 같다.

곡선부 10 km/h 증속시험 때에 계측하지 못했던 외궤측의 윤중은 굽힘하중에 의한 윤중 환산식을 적용하여 산출하여 철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 UIC 518에 의거한 허용기준을 적용할 때 현재까지의 주행안전성은 양호한 것으로 나타났다.

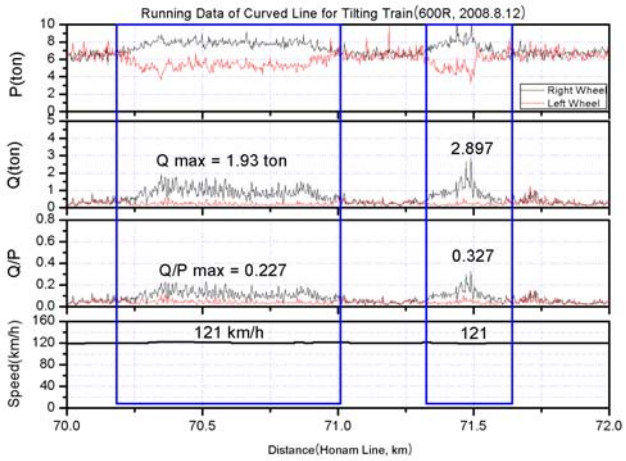

Fig. 10 600R 곡선 120km/h 주행시험결과

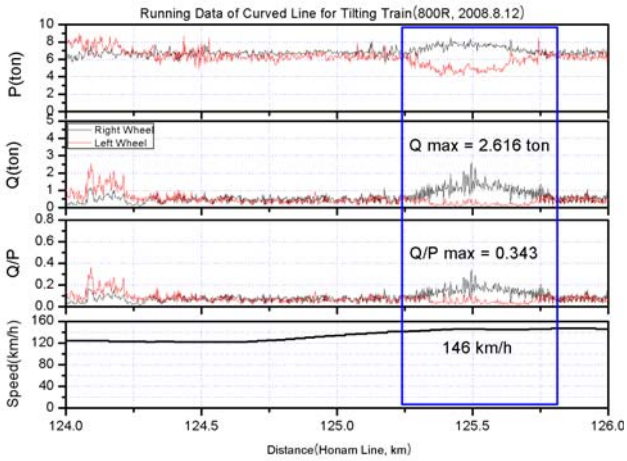

Fig. 11 800R 곡선 145km/h 주행시험결과

5. 결론

한국형 틸팅차량의 곡선주행성능을 검증하기 위하여 증속대상구간인 호남선 용동-함열간 71.194~71.617 km 구간의 600R 곡선 2개소와 신태인-정읍간 125.250~125.805 km 구간의 800R 곡선에서 윤중, 횡압, 탈선계수 등을 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 곡선 선로에서의 윤중 변화를 살펴보면 정적인 윤중보다 내궤측은 감소하고 외궤측은 증가하는 현상이 뚜렷하였다.

(2) 횡압은 곡선주행속도에 비례하여 증가하였으며, 곡선반경 2종류를 비교해 볼 때 곡선길이가 짧은 600R 구간에서 순간적으로 보다 큰 횡압이 발생하였지만 허용기준에 적용하면 여유가 있는 것으로 나타났다.

(3) 탈선계수의 최대값은 600R과 800R 모두 0.5 미만으로 나타났다.

(4) 이상의 결과를 종합해 볼 때 증속대상 구간에서는 곡선주행속도를 현재 운행속도보다 30 km/h 이상 향상시켜도 안전할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Y. S. Ham(2006), “Analysis of Coupling Term Between Vertical Load and Lateral Load for Install Load Cell to Wheel-set”, Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 31~32.
2. Y. S. Ham(2006), “Stress Distribution of Tilting Vehicles Wheel-set by Interaction Force Between Wheel and Rail”, Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 351~352.
3. Y. S. Ham, D. H. Lee, T. Y. Oh(2007), “Wireless Measuring System to Estimate Running Safety of Tilting Vehicles”, Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 809~810.