

중앙선에서 틸팅차량의 속도향상 가능성에 관한 연구

A Study on train speed-up possibility of tilting vehicle in Jungang Line

*#함영삼¹, 이동형², 서정원², 권석진², 전현규²

*#Y. S. Ham(ysham@krii.re.kr)¹, D. H. Lee², J. W. Seo², S. J. Kwon², H. K. Jun²

^{1,2} 한국철도기술연구원 차륜제도연구실

Key words : Lateral Force, Wheel Load, Derailment Coefficient, Running Safety

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 상호작용에 의한 집중력이 발생할 때의 응력분포를 해석하여 하중간의 연성을 최소화하고¹, 최적의 게이지 부착위치를 선정하여 안전성 검증을 실시하였다². 또한 차륜 디스크를 설치하기 위한 홀 때문에 윤중과 횡압의 연속측정이 불가능하였기 때문에 간헐법으로 1회전당 Peak to Peak 의 파형을 채취하여 주행안전성을 평가하였다³. 본 논문에서는 국책연구사업으로 개발된 한국형 틸팅차량이 중앙선 곡선 선로에서 기존의 제한속도보다 10 km/h를 초과하여 운행하였을 때의 주행안전성을 분석하여 추가로 속도향상을 실행할 수 있을 것인지에 대하여 검토한 결과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 주행안전성 측정시스템

차륜 디스크를 사용하는 틸팅차량에서 차륜과 레일간에 발생하는 상호 작용력을 측정할 수 있는 계측시스템으로 무선 텔레메트리 방식을 채택하였다⁴. 편성열차의 최전부차량에서 전부대차의 1위축에 해당하는 좌우의 차륜에 Fig. 1과 같은 스트레인 게이지를 부착하여 브릿지 회로를 결선하였다. 측정용 윤축은 Fig. 2와 같이 무선으로 신호를 전송하도록 차륜의 안쪽에 신호발신기가 내장된 Telemeter 송신기를 설치하고 차체 하부에 신호수신기를 설치하였다. 차량의 실내에는 데이터 처리장치를 배치하여 측정시스템을 구성하였다. Transmitter에는 배터리를 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. 시험방법 및 평가기준은 지금까지 적용하던 것과 마찬가지로 최전부 차량의 전부 축에 철도차량 안전기준에 관한 규칙을 준용하여 평가하였다⁵.

3. 본선주행시험

증속 대상 구간은 Table 1과 같고, 시험결과는 Fig. 1 ~ 5와 같다.

- ① 단성 → 단양 구간 K.P 182 부근, 좌측방향 600R
; 최대횡압은 4.4톤, 탈선계수는 0.74까지 발생하여 다음 단계의 추가증속은 가능할 것으로 판단된다.
- ② 단성 → 단양 구간 K.P 181 ~ 180, 좌측방향 800R
; 순간최대횡압 5.55톤, 탈선계수는 0.71까지 발생하여 다음 단계의 추가증속은 가능할 것으로 판단된다.
- ③ 단양 → 도담 구간 K.P 175 ~ 174, 좌측방향 500R
; 500R 도달 전에 400, 800R이 연속되어 있으며, 500R을 지난 후에도 600R의 곡선이 존재하고 있어 최대횡압 6.11톤, 탈선계수는 1.04까지 발생하여 추가증속구간으로는 적합지 않은 것으로 판단된다.
- ④ 도담 → 삼곡 구간 K.P 171 ~ 170, 우측방향 400R
; 도담역을 나가서 첫 번째 400R에서는 불안한 데이터를 보여 주었지만 두 번째의 본 지점에서는 최대횡압 4.37톤, 탈선계수는 0.58까지 발생하여 다음 단계의 추가증속은 가능할 것으로 판단된다.
- ⑤ 삼곡 → 고명 구간 K.P 163 부근, 우측방향 400R
; 현재의 제한속도 80 km/h를 초과하지 않았으므로 판단을 보류함.
- ⑥ 연교 → 신림 구간 K.P 137 부근, 좌측방향 400R
; S자 곡선의 첫 번째 곡선으로 최대횡압 6.54톤, 탈선계수는 1.17까지 발생하여 추가증속구간으로는 적합지 않은 것으로 판단된다.
- ⑦ 연교 → 신림 구간 K.P 136 부근, 우측방향 400R
; S자 곡선의 두 번째 곡선으로 최대횡압 4.61톤, 탈선계수는 0.59까지 발생하여 다음 단계의 추가증속은 가능할 것으로 판단된다.

Table 1 중앙선 틸팅열차 증속구간

순번	구간	위치	곡선반경	제한속도 (km/h)	비고
1	단성 - 단양	K.P 182 부근	600R	95	단성역 방향 곡선
2	단성 - 단양	K.P 180~181	800R	110	단성역 방향 곡선
3	단양 - 도담	K.P 174~175	500R	90	도담역 방향 곡선
4	도담 - 삼곡	K.P 170~171	400R	80	도담역 방향 두 번째 곡선
5	삼곡 - 고명	K.P 163 부근	400R	80	삼곡역 방향 첫 번째 곡선
6	연교 - 신림	K.P 137 부근	400R	80	연교역 방향 곡선
7	연교 - 신림	K.P 136 부근	400R	80	신림역 방향 곡선

- ① 단성 → 단양 구간 K.P 182 부근, 좌측방향 600R
- ② 단성 → 단양 구간 K.P 181 ~ 180, 좌측방향 800R

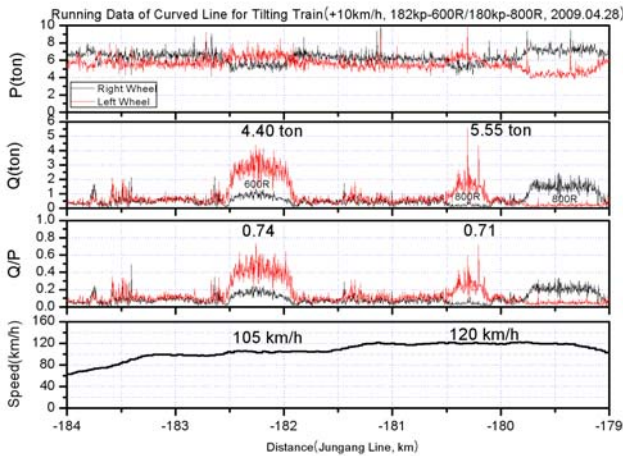


Fig. 1 600R 및 800R 에서의 거리별 윤중, 횡압, 탈선계수

- ③ 단양 → 도담 구간 K.P 175 ~ 174, 좌측방향 500R
- ④ 도담 → 삼곡 구간 K.P 171 ~ 170, 우측방향 400R

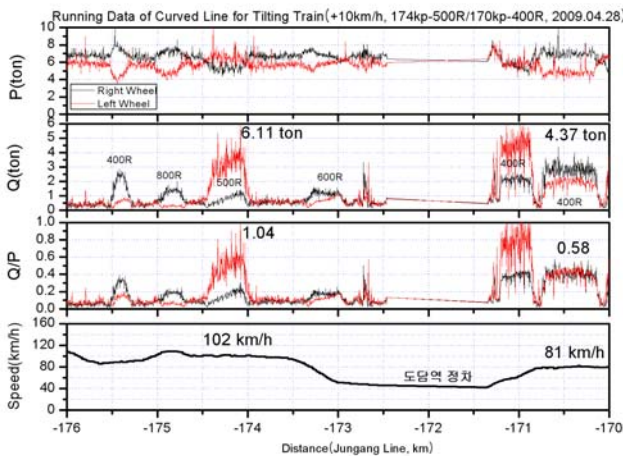


Fig. 2 500R 및 400R 에서의 거리별 윤중, 횡압, 탈선계수

- ⑤ 삼곡 → 고명 구간 K.P 163 부근, 우측방향 400R

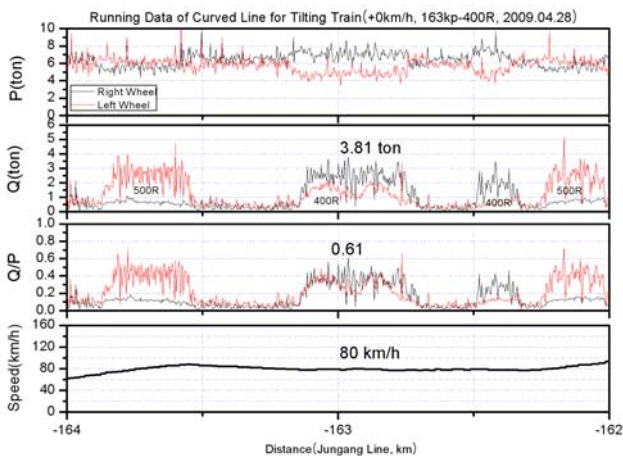


Fig. 3 400R 곡선부에서의 거리별 윤중, 횡압, 탈선계수

- ⑥ 연교 → 신림 구간 K.P 137 부근, 좌측방향 400R
- ⑦ 연교 → 신림 구간 K.P 136 부근, 우측방향 400R

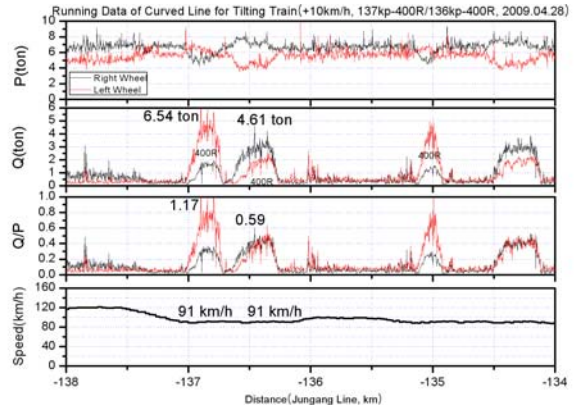


Fig. 4 400R 곡선부에서의 거리별 윤중, 횡압, 탈선계수

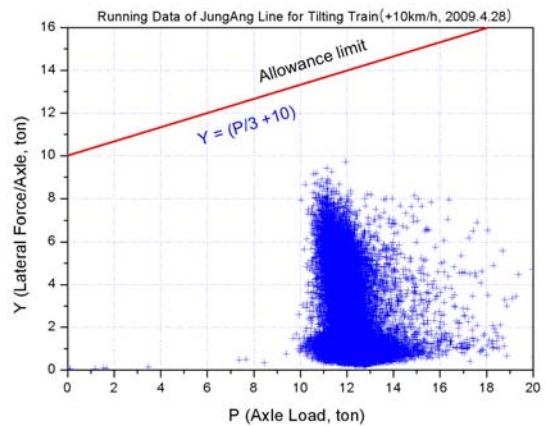


Fig. 5 영주-원주간 전체 구간의 횡압허용한도

4. 결론

중양선에서 측정용 윤축의 위치가 전부 쪽에 위치할 때의 운행구간인 영주역에서 원주역까지의 상행선에서 현재 제한속도보다 10 km/h를 증속하여 7개 지점에서 윤중, 횡압, 탈선계수 등을 측정·분석한 결과 일부 구간에서는 증속 가능성이 있는 것으로 나타났으며, 횡압허용한도는 철도차량 안전기준에 관한 규칙 및 UIC 518에 의거한 허용기준을 적용할 때 허용한도 이내인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Y. S. Ham, "Analysis of Coupling Term Between Vertical Load and Lateral Load for Install Load Cell to Wheel-set", Korean Society for Precision Engineering, KSPE 2006 Spring Conference, pp. 31~32, 2006
2. Y. S. Ham, "Stress Distribution of Tilting Vehicles Wheel-set by Interaction Force Between Wheel and Rail", Korean Society for Precision Engineering, KSPE 2006 Spring Conference, pp. 351~352, 2006
3. Young-Sam Ham, Dong-Hyong Lee, Seok-Jin Kwon, Won-Hee You and Taek-Yul Oh, "Continuous Measurement of Interaction Forces between Wheel and Rail", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 10, No. 1, pp. 35 ~ 39, 2009
4. Y. S. Ham, D. H. Lee, T. Y. Oh, "Wireless Measuring System to Estimate Running Safety of Tilting Vehicles", Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 809~810, 2007
5. Young-Sam Ham, Jung-Won Seo, Dong-Hyong Lee, Seok-Jin Kwon, Jae-Chul Kim, Chan- Woo Lee, "Running safety analysis of tilting vehicle when speed-up limited speed 40 km/h in curved track", The Korean Society for Railway, 2009 Spring Conference, pp. 1587~1591, 2009