

철도차량 윤축 조향각 특성에 대한 연구

A Study on the Wheelset Steering Angle of the Rolling-stock

*#허현무¹, 박준혁¹, 김남포¹

*#H. M. Hur(hmhur@krri.re.kr)¹, J.H.Park¹, N.P.Kim¹

¹한국철도기술연구원 주행추진연구실

Key words : Wheelset, Steering angle, Rolling-stock

1. 서론

철도차량이 곡선구간을 주행할 경우, 대차 내 두 윤축의 거동은 곡선 주행성능에 큰 영향을 미친다. 철도차량은 자동차와 달리 곡선구간 주행 시 윤축의 조향기능이 부재하다. 곡선구간에 대한 적응은 1차원가계 축상스프링의 전후방향 강성에 따라 좌우된다.

즉 축상스프링 강성이 강하면 직선구간 고속주행 시의 안정성은 향상된다. 반면 곡선구간 주행 시엔 곡률반경에 대한 적응이 취약하여 차륜과 레일간의 길이방향, 횡방향 작용력이 증가하여 차륜과 레일의 마모, 소음 발생이 요인이 된다. 반대로 축상스프링 강성이 유연하면 그 반대의 특성이 나타난다.

곡선구간 주행 시 원활한 주행을 도모하기 위해서는 윤축의 정렬이 곡률반경 중심점으로 향하게 하는 부채꼴형상의 정렬상태가 이상적이라 할 수 있다. 이때 두 윤축 간에 발생하는 상대각을 윤축 조향각(steering angle)이라 정의한다. 그러나 현재 운용되고 있는 대부분의 철도차량은 윤축 조향기능이 미흡하여 차륜 마모, 소음 발생 등의 현안을 안고 있다.

따라서 본 논문에서는 철도차량의 윤축 조향각 특성을 분석하고자 해석적, 실험적 연구를 수행하였다.

2. 윤축 조향각

윤축의 조향각은 Fig. 1에서와 같이 두 윤축간 상대각을 나타낸다. 곡선구간 주행 시 이상적인 윤축 조향각 구현을 위해서는 다음 조건을 충족하여야 한다. 즉 대차 내의 두 윤축간 거리인 고정축거리를 $2d$ 라 하고 곡률반경 R 인 곡선을 주행할 때, 원활한 곡선주행을 위한 이상적인 윤축의 조향각

(2δ) 목표치는 다음 식과 같다.

$$2\delta = \frac{2d}{R}$$

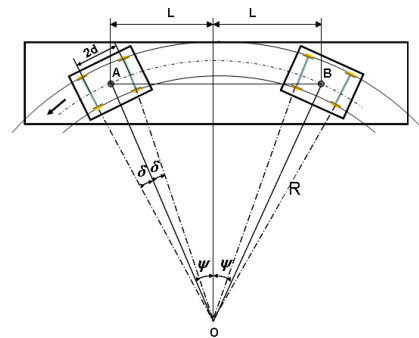


Fig. 1 Wheelset steering angle

3. 윤축 조향각 특성

3.1 조향각 특성 해석

곡선주행성능 부족으로 과도한 차륜마모 문제를 안고 있는 도시철도차량인 전동차를 대상으로 윤축 조향각 특성을 분석하였다. 곡률반경에 따라 발생하는 윤축 조향각을 해석하였다. 해석은 철도차량 전용동특성 해석프로그램인 VAMPIRE를 이용하였다. 차량모델은 현재 도시철도에서 운용중인 세브론 축상스프링형식 전동차와 자기조향기능을 고려하여 설계된 한국형 틸팅차량을 대상으로 하였다.

Fig. 2는 윤축 조향각 해석결과를 나타낸다. 전동차의 경우 윤축 조향각 목표치와 비교하면 크게 못 미치는 결과를 보이고 있다. 반면 틸팅차량은 조향각 목표치의 1/2 수준의 결과를 보이고 있다. 이는 전동차 축상스프링 1개당 전후방향 강성이 8.25MN/m임에 비하여 틸팅차량은 1.4MN/m로서

전동차에 비하여 유연한 축상스프링 적용으로 자기조향능력이 향상된 결과로 볼 수 있다.

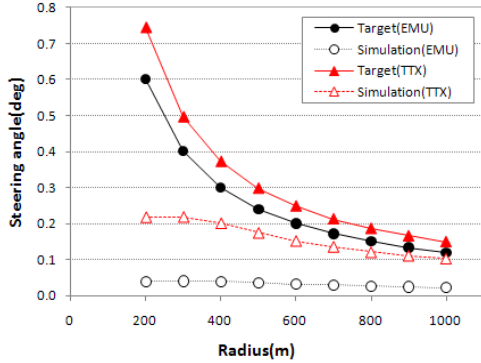


Fig. 2 Simulation result of steering angle

3.2 실차 조향각 측정 시험

조향각 해석결과와 타당성 검증을 위하여 실차에서 발생하는 윤축 조향각을 측정, 분석하였다. 차량은 틸팅차량을 대상으로 하였으며 시험선로는 급곡선 비율이 높은 중복선을 대상으로 하였다. Fig. 3은 실차시험 시 적용한 센서시스템으로서 두 윤축간 좌우측 변위량을 측정하여 조향각을 산출하였다.

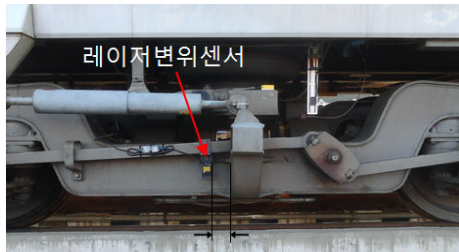


Fig. 3 Measuring device for steering angle

Fig. 4는 틸팅차량에 대한 윤축 조향각 실험결과를 나타낸다. Fig. 5는 곡률반경에 따른 조향각 목표치와 해석결과 그리고 실험결과를 비교한 결과이다. 실험결과 각 각의 곡률반경에 대하여 실측된 조향각은 해석결과 수준의 결과를 보이고 있다. 곡률반경 400m이하의 급곡선에선 목표치에 비하여 구현되는 조향각의 크기가 작음을 알 수 있다. 따라서 윤축의 자기조향기능을 향상시키기 위하여 축상스프링 전후강성을 비교적 유연하게 설계하였음에도 급곡선에선 조향각 구현에 한계가 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다.

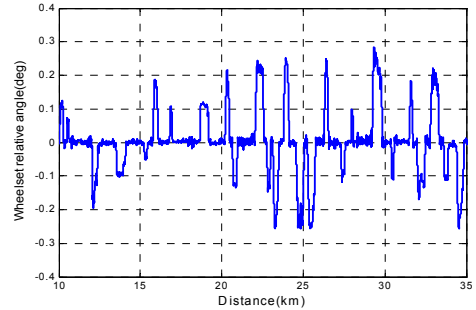


Fig. 4 Test results of steering angle

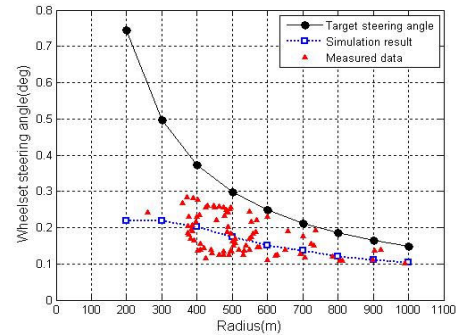


Fig. 5 Steering angle according to curve radius

4. 결론

철도차량의 곡선주행성과 관련된 윤축 조향각 특성을 분석하고자 해석적, 실험적 연구를 수행하였다.

급곡선 운행 빈도가 높은 도시철도차량의 경우 윤축 조향각 특성이 미흡하여 원활한 주행성능 확보를 위해선 이에 대한 개선이 필요하다. 자기조향기능이 향상된 틸팅차량의 경우에는 조향각 특성이 다소 향상되었다고 할 수 있다. 그러나 급곡선 주행 시엔 조향각 구현에 한계가 있음을 알 수 있다.

향후 곡선주행성능 향상을 위해서는 윤축 조향각을 능동적으로 구현할 수 있는 능동조향시스템 적용도 고려할 수 있는 방안으로 사료된다.

참고문헌

1. 허현무 외, "능동/반능동 조향기술 기초연구," 한국철도기술연구원, 2010.