

축소형 주행시험기를 이용한 철도차량 능동현가장치의 제어 성능 분석

Active Suspension Control of Railway Vehicles by using Scaled Roller Rig

*#신유정¹, 유원희¹, 허현무¹, 박준혁¹

*#Y. J. Shin(yjshin@krii.re.kr)¹, W. H. You¹, H. M. Hur¹, J. H. Park¹

¹한국철도기술연구원 고속철도연구본부

Key words : Active suspension control, Scaled roller rig

1. 서론

열차의 차내 쾌적성은 진동, 소음, 공기청정도, 온습도 등 여러 가지 요인이 영향을 미친다. 철도 공학의 분야에서는 주로 진동에 기인하여 발생하는 쾌적성의 평가를 일컬어 진동 승차감이라 한다. 이 진동승차감은 열차의 차내 쾌적성에 큰 영향을 미치는 인자로 이를 향상시키기 위한 여러 가지 대책이 검토되고 있다. 일반적으로 철도 차량의 경우, 상하 방향보다도 좌우 방향의 진동이 승차감 측면에서 문제가 되는 경우가 많았기 때문에 오래 전부터 제어 기술의 도입을 통한 좌우 진동의 저감이 검토·시행되어 왔다. 일반적으로 반능동현가장치는 진동에 대하여 저항력(감쇠력)을 발할 수는 있지만 능동현가장치와 같이 힘을 발생시킬 수는 없다. 따라서 액추에이터를 사용하는 능동현가장치가 반능동 현가장치를 적용했을 때 보다 진동 저감 성능이 높은 것이 일반적이다. 본 논문에서는 축소형 철도차량에 능동현가장치인 액추에이터를 장착하고 축소 주행시험기상에서의 시험을 통해 제어성능에 대하여 검토하고자 한다.

2. 축소주행시험장치

축소모델을 이용한 연구는 실물크기 모델의 동적 특성을 축소모델에서 재현하는 것이 중요하며, 특히 진동 제어의 경우 공진주파수와 밀접한 관계가 있다. 이를 검증하기 위한 선행연구로 수치해석 모델과 개발한 반차체 축소모델을 주행시험대 상에서의 시험을 통해 해석 결과와 비교하여 그 타당성을 확인한바 있다¹. 본 논문에서는 차체의 진동을 저감하기 위하여 차체와 대차사이에 능동현가장치를 장착하여 제어를 수행하였으며, 축소 주행시험대에서의 시험장치는 Fig. 1과 같다.

대차와 차체사이에 장착된 능동현가장치는 상용화된 제품으로 Voice coil motor 타입의 소형 액추에이터를 적용하였다. 이 액추에이터는 기존의 반능동 현가장치를 적용한 연구를 수행할 때 장착된 MR damper와 크기가 유사하면서 ±방향으로 제어력이 발생되므로 MR 댐퍼의 최대 감쇠력보다 약 2배정도 되는 사양으로 채택하였다^{2,3}. 액추에이터는 ±10V 전압 입력 신호에 비례하도록 peak force scale에 맞춰 open loop force 제어를 한다. 즉 +10V일 때 정방향으로 315N, -10V일 때 역방향(-)으로 315N의 힘을 발생하도록 제어기 설계 시 고려하여 모델링하였다.

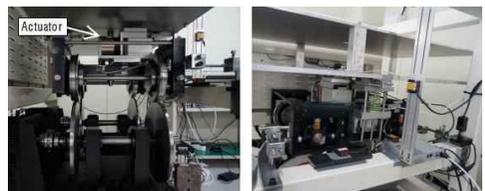


Fig. 1 Experimental setup of 1/5 scaled vehicle system

3. 제어성능 시험 결과

시험조건은 축소 철도차량이 2.75m/s의 속도로 주행할 때 궤도에 해당하는 부분에 횡방향으로 가진 외란을 주고 제어성능을 시험하였다. 제어 알고리즘은 스카이훅 방법을 적용하였으며 스카이훅 계인을 조정하면서 시험을 수행하였다. 제어 전·후에 따른 차체의 변위를 비교해본 결과 Fig 2에서 보는바와 같이 제어 전 2.42mm에서 제어 후 0.99mm로 큰 저감효과를 보였다. 또한, 능동현가장치의 제어성능을 가시적으로 확인하고자 가진 외란에 대해 약 12초에서 제어기의 on을 적용하여 시험하였다. Fig. 3-Fig. 4는 차체의 횡방향 변위와 제어 시 액추에이터에서 발생된 제어력을 나타낸다.

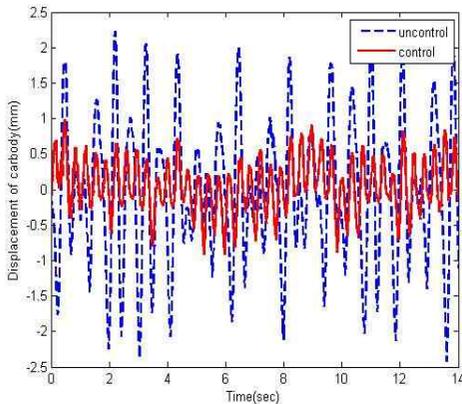


Fig.2 Displacement of carbody before and after the control

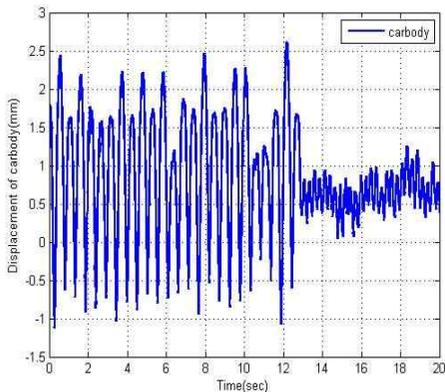


Fig. 3 Displacement of carbody on/off control

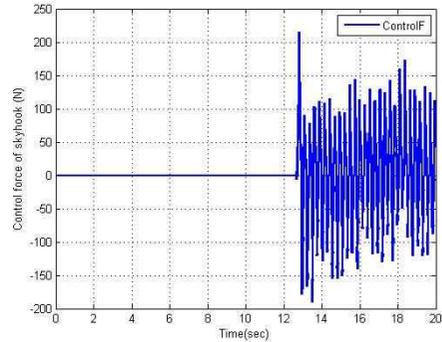


Fig. 4 Control force of actuator

4. 결론

축소철도차량의 대차와 차체사이에 Voice coil motor 타입의 소형액추에이터를 장착하고 차체의 진동을 줄이기 위해 축소주행시험기 상에서 실험을 수행하였다. 시험 결과 차체의 변위가 약 41%의 저감효과를 보였다. 능동현가장치인 액추에이터의 경우 적절치 못한 계인이나 제어기법이 적용될 경우 발산하여 차체가 심하게 진동하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 능동현가장치의 하드웨어뿐만 아니라 제어기를 설계하는데 있어서 fail/safe 기능이 반드시 고려해야할 사항이라 사료된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 중 “철도차량 능동현가장치 기술개발” 과제의 일환으로 수행된 결과임.

참고문헌

1. 신유정, 유원희, 허현무, 박준혁, “철도차량 주행안정성 시험용 축소형 반차체 주행시험기 개발”, 한국정밀공학회지, Vol.28, No.5,1-6, 2011.
2. Shin, Y. J., You, W. H., Hur, H. M., Park, J. H., "Semi-Active Control to Reduce Carbody Vibration of Railway Vehicle by Using Scaled Roller Rig", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol.26, No. 11., 2012.
3. Shin, Y. J., You, W. H., Hur, H. M., Park, J. H., "Comparison of Simulation and Experimental Results of Railway Vehicle Dynamics by using 1/5 Sclae Model", International conference sound and vibration, 2012.