

철도차량 승차감 향상을 위한 능동현가기술 적용 사례

Application of Active Suspension Technology to Improve Ride Comfort of Railway Vehicle

허현무*[†], 박준혁*, 신유정*, 안다훈*, 이현욱*, 김남포*

Hyun-Moo Hur*[†], Joon-Hyuk Park*, Yu-Jeong Shin*, Da-Hoon Ahn*, Hyun-Yook Lee*,
Nam-Po Kim*

Abstract Improvement of ride comfort is important to increase the speed of railway vehicle along with running safety. To this end, a design optimization of the suspension system of rolling-stock and development of suspension elements are applied. But there is a limitation to increase ride comfort using these passive type design methods. To overcome the limitation of the ride comfort of conventional railway vehicle, an active suspension technology is developing. In this paper, we describe an application case to increase the ride comfort using active suspension technology.

Keywords : Ride Comfort, Active Suspension, Car-body Vibration, Railway Vehicle

초 록 철도차량의 속도 향상을 위해서는 차량의 주행안전성 확보와 더불어 승객의 안락한 승차감 확보가 선행되어야 한다. 이를 위해서 철도차량 현가시스템에 대한 설계 최적화나 진동저감 성능이 우수한 현가요소가 개발되어 적용되고 있다. 그러나 이러한 수동형 설계방법을 이용한 철도차량의 승차감 성능은 기술적 한계가 있음이 사실이다. 따라서 기존 철도차량의 승차감 성능한계를 극복하기 위하여 능동액추에이터와 제어기술을 이용하여 차체 진동을 저감시켜 승차감을 향상시키기 위한 능동현가 제어기술이 개발되고 있다. 따라서 본 논문에서는 철도차량의 승차감 향상을 위한 능동현가기술 개발 사례에 대하여 소개하고자 한다.

주요어 : 승차감, 능동현가, 차체 진동, 철도차량

1. 서 론

철도차량에서 승객이 체감하는 진동 승차감은 차량의 1차, 2차 현가구조 및 설계 특성에 좌우된다. 그리고 진동 저감 성능이 양호한 고무현가요소의 적용으로 승차감은 과거에 비하여 크게 향상 되었다고 할 수 있다. 그러나 수동형 현가시스템의 설계특성에 기인하여 승차감 성능을 일정 한도 이상으로 향상시키는 데에는 한계가 있다. 특히 차량의 고속화를 넘어 초고속영역에서의 주행은 차량의 주행안전성 저하와 더불어 안정된 승차감 확보가 어렵다. 이러한 승차감 성능한계를 극복하기 위하여 능동제어기술을 이용한 능동현가기술이 개발 적

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 고속철도연구본부(hmhur@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

용되고 있다 [1]. 따라서 본 논문에서는 철도차량의 승차감 향상을 위한 능동현가기술 개발 사례에 대하여 소개하고자 한다.

2. 능동현가기술

2.1 개발 현황

철도차량에 대한 능동현가기술 적용은 주로 차체 횡방향 진동제어에 적용되고 있다. 일본, 유럽과 같이 선로 특성이 취약하여 고속 주행 시 승차감이 저하하는 현상을 개선하기 위하여 개발 적용되고 있다. 가장 보편화된 국가는 일본으로서 Table 1과 같이 신간선 E2, E3계의 단부차량, 특실 등에 적용되었고 최근에는 E5, E6계 차량 전량에 적용되고 있다. 그리고 최근에는 상하방향 진동 저감을 위한 능동현가시스템이 연구 중에 있다. 한편, 국내에서도 최근 차체 횡방향 승차감 향상을 위한 능동현가시스템 기술 개발이 완료되었다.

Table 1 Train with active suspension technology

| Train | Semi-active | Full active |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| JR 700 series JR 500 series JR 700E series | leading car, executive class | - |
| JR E2 series | coach | leading car, executive class |
| JR E3 series | coach | leading train |
| JR E5 series JR E6 series | - | all car |

2.2 능동현가시스템 구성

능동현가시스템은 Fig. 1과 같이 구성된다. 차체 진동을 감지하는 센서, 차체 진동을 저감시키기 위하여 차체와 대차간에 횡방향으로 장착되는 액추에이터, 그리고 제어기, 인버터 및 보조전원 기능을 수행하는 파워팩, 차체 진동을 감지하는 센서로 구성된다. 액추에이터는 대차 당 1set 식 장착되며 공압액추에이터, 유압액추에이터가 장착되어 왔으며 최근에는 기계전기식(electro-mechanical)이나 전자기 선형모터형식 액추에이터가 장착되기도 한다.

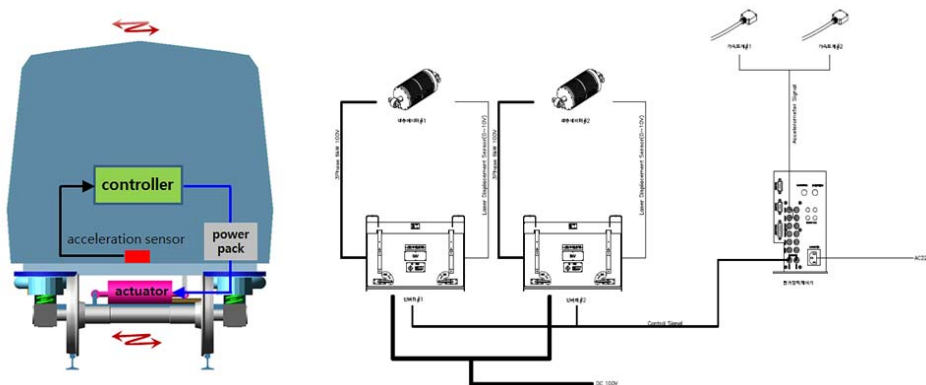


Fig. 1 Structure of active suspension system

2.3 능동현가시스템 현차적용 시험 사례

Fig. 2는 능동현가시스템 현차 적용 성능 시험을 위하여 대차 하부에 취부한 능동액추에이터 형상을 나타낸다. 시험차량은 기존선 운용 여객차량을 대상으로 하였으며 기존 차량의 대차 하부에 장착이 용이하도록 소형 경량의 액추에이터를 설계, 제작하였다. 시험선 시운전에 앞서 구성품 성능 시험, 주행시험대 실주행 모사 성능시험 등을 거쳐 능동현가시스템 구성품, 제어기, 제어알고리즘 등에 대한 보정작업이 수행되었다.

Fig. 3은 능동현가시스템이 장착된 시험차의 시험선 성능시험 데이터를 나타낸다. 능동현가의 성능 비교를 위하여 기존 현가장치 구조의 시험차량과 나란히 고정 편성하여 차체 진동을 측정, 상대 비교하였다. 그 결과 기존 차량에 비교하여 차체 진동은 매우 큰 폭으로 저감됨이 확인되었다. 이를 승차감으로 환산하면 최소 5dB 이상 승차감이 개선된 것으로 평가된다. 따라서 기존 철도차량의 승차감 저하를 개선하기 위한 능동현가기술은 승차감 향상을 위한 효율적인 대안으로 평가되며 상용화를 위한 연구는 지속적으로 추진되어야 할 것으로 사료된다.



Fig. 2 Actuator installed under the bogie

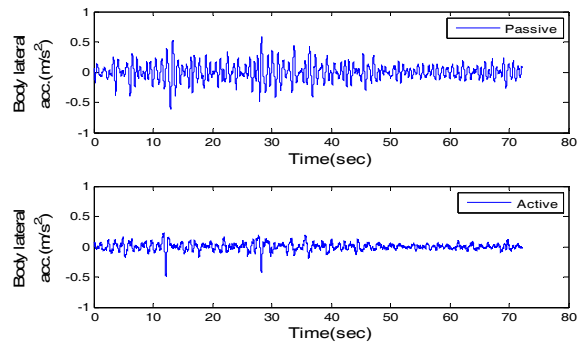


Fig. 3 Test data

3. 결론

철도차량의 고속화에 따라 차량 주행안전성과 안락한 승차감을 확보할 수 있는 기술은 반드시 필요하다. 기존 철도차량 현가기술의 성능 한계를 극복하기 위하여 제기된 제어기술을 이용한 능동현가기술은 승차감 향상을 위한 효율적 대안이라 할 수 있다. 향후 국내에서도 능동현가기술에 대한 실용화를 위하여 지속적으로 실용화 연구가 진행되길 기대한다.

후 기

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비지원(PK0501A)에 의해 수행되었습니다

참고문헌

- [1] S. Iwnicki (2006) Handbook of Railway Vehicle Dynamics, CRC Press Taylor & Francis, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, pp. 328-347