

철도 차량용 능동마운트 HILS 기초 실험

Hardware In the Loop System for Railway Vehicles Active Mount Foundation Experiment

양동호* · 곽문규† · 유원희**

Dong-Ho Yang, Moon-Kyu Kwak, Won-Hee You

1. 서론

철도차량은 일반적으로 답면 구배를 가진 좌우 차륜이 하나의 축으로 연결된 윤축으로 구성되어 레일 위를 주행하는 구조로 이루어져 있다. 이러한 방식은 여러 장점을 지니고 있어 지난 100 여 년 동안 철도차량에 이용되어 오고 있다. 특히 윤축은 답면 구배가 있어 좌우 횡 방향에 복원력이 주어지는데, 이러한 답면 구배는 윤축이 저속으로 주행 할 때는 충분한 복원력을 제공하나 고속에서는 윤축이 불안정하게 되기 때문에 강한 강성의 일차현가장치를 이용하여 윤축을 대차에 고정시킴으로써 철도차량은 레일 위를 안정적으로 주행하게 된다.

또한 철도차량의 차륜이 가지고 있는 답면 구배는 철도 차량이 곡선을 주행할 때 좌우차륜의 반경 차를 가능하게 하여 철도차량이 원활히 곡선주행을 할 수 있도록 도와주게 된다. 그러나 윤축을 대차와 연결하는 일차현가장치는 강한 강성을 지니고 있어 차륜의 답면 구배에 의한 자연스러운 조향 성능을 저해하는 요소로 작용하게 된다. 따라서 철도차량의 주행안정성과 조향 성능을 동시에 만족 시킬 수 있도록 현가장치의 특성을 설계하여야 하는데 이를 동시에 만족시키는 것은 매우 어렵다. 따라서 일차현가장치의 특성을 충분한 주행안정성을 확보할 수 있도록 설계를 하되, 대차시스템에 별도의 조향 장치를 두어 조향 성능을 확보할 수 있는 조향 대차 시스템이 상용화되어 활용되고 있다. 그러나 현재까지 상용화된 조향 대차 시스템은 기계요소만으로 이루어진 수동형 조향 대차로서 최적의 성능을 발휘하기에 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 최근에는 주행안정성과 곡선주행성능을 극대화 할 수 있는 반 능동 조향 대차에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근에 그 가지적인 성과가 해외연구사례를 통해 발표되고 있다. 기존의 공,유압식 액추에이터를 적용한

현가장치의 경우 고속화, 첨단화되고 있는 철도차량의 진동을 효과적으로 저감시키면서 경제성을 갖기에는 한계가 있다. 능동 마운트는 기존 철도차량의 주행성능 한계를 극복하기 위한 차량기술로서 능동 킬팅 기술과 더불어 승차감을 혁신적으로 향상시킬 수 있는 핵심 기술이다.

본 연구에서는 철도차량용 능동마운트에 대한실차 실험을 대체할 수 있는 HILS(Hardware In the Loop System)를 개발하고자 한다. HILS 를 사용할 경우 실차 실험에 따른 시간적 비용적 문제를 해결할 수 있는데, 본 연구에서는 실제 차량에 대한 동적 모델과 실제 능동마운트를 결합함으로써 실 주행 시 발생할 수 있는 문제점 및 능동마운트의 성능을 사전에 파악하고자 한다. HILS 방법은 개발초기단계부터 실제 시스템과 이론 모델을 결합하여 실시간 시뮬레이션을 통하여 시스템의 성능을 평가하므로 이론 모델을 토대로 한 컴퓨터 시뮬레이션보다 실제 시스템의 성능에 가깝게 성능평가를 할 수 있다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 철도차량용 능동마운트 HILS 실험의 타당성 검증을 위해 소형 HILS 를 구현하여 대형 HILS 를 구현하기 위해 필요한 기술적인 문제점을 검토하였다. 실험 결과 HILS 구현을 위해 구조물의 정확한 변위를 계측할 수 있는 센서 시스템과 동적 모델의 응답 변위를 정확하게 구현할 수 있는 피드백 제어 시스템이 필요함을 알 수 있었다.

2. HILS 시스템 실험 구성

소형 HILS 를 구현하기 위해서 그림 1 과 같은 시스템을 설계 제작하였다.

그림 1 의 HILS 는 변위를 구현하기 위한 소형 가진기(B&K 4810 미니셰이커), 변위를 계측하기 위한 레이저 변위 센서, 능동 액추에이터, 능동액추에이터에 의한 힘의 전달을 계측하기 위한 힘 센서(PCB 208C02 Model)로 구성되어 있다.

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : Kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260-3705

* 동국대학교 기계공학과

** 한국철도기술 연구원

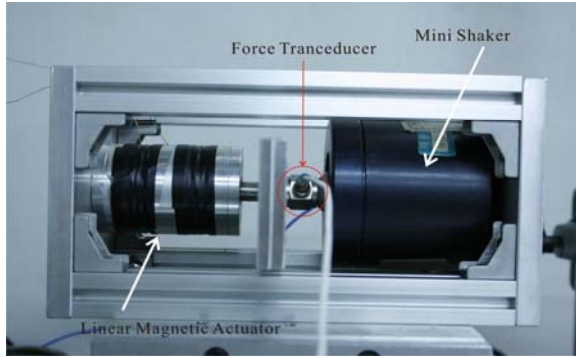
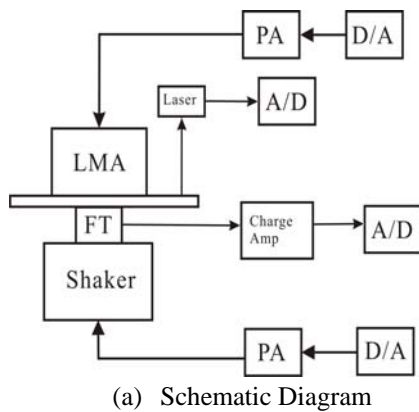
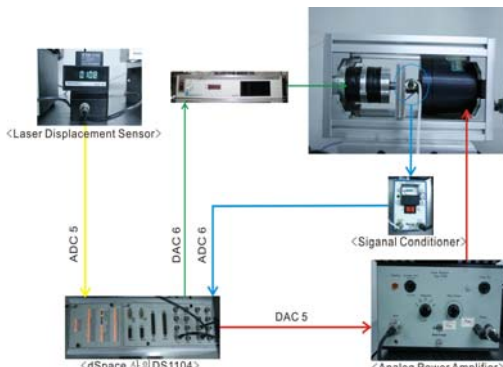


Fig.1 HILS

변위 센서 출력, 힘 센서 출력과 가진기 입력 전압은 그림 2 에 보이는 바와 같이 dSpace 장비에 연결되어 있다. dSpace 사의 DS1104 장비에는 Simulink 로 구현된 동적 모델과 변위 제어를 위한 피드백 루프가 포함되어 있다.



(a) Schematic Diagram



(b) Hardware Connections

Fig.2 HILS Inputs and Outputs

3. 실험 결과

본 연구에서는 먼저 그림 3 에 보이는 일자유도 진동계를 고려하고 일자유도 진동계에 작용하는 액

츄에이터의 힘을 입력 값으로 구현하는 HILS 를 구현하였다.

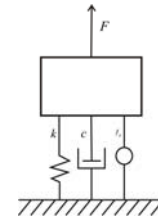


Fig.3 One Degree of Freedom

그림 4 는 HILS Simulink 블록 선도를 보여준다.

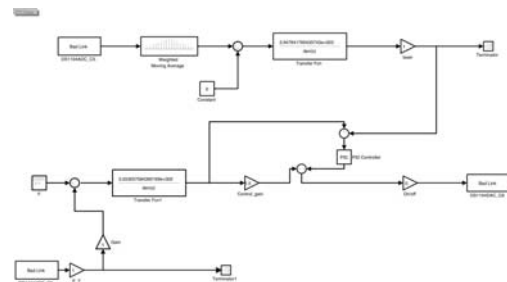


Fig.4 HILS Simulink Block

Simulink 블록선도는 그림 3 의 외력을 일자유도 진동계에 가하여 발생하는 변위를 가진기로 구현하면서 동시에 PID 제어 알고리즘으로 액츄에이터를 구동하는 것으로 이루어져 있다. 그림 5 는 제어 블록 선도에서 PID 제어를 구동하였을 경우의 진동 응답을 보여준다.

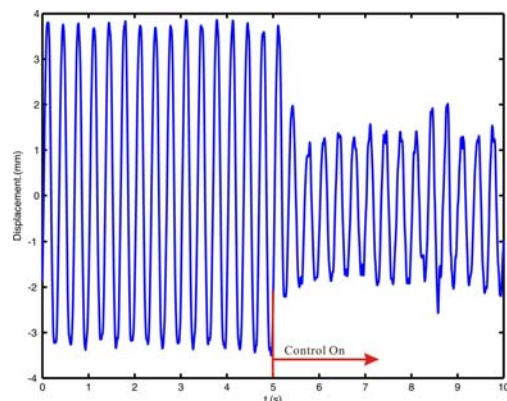


Fig.5 Active Vibration Suppression Experimental Result

4. 결론

본 연구에서는 철도 차량 능동마운트 HILS 구현을 위한 기초 연구로서 일자유도 진동계를 HILS 로 구현하고 액츄에이터를 구동하였을 경우의 문제점을 조사하였다.

후 기

본 연구는 지식 경제부 “ 철도차량 능동현가장치 성능평가용 HILS 시스템 개발 및 구축 ” 의 일환으로 수행되었습니다.