

철도 차량 횡진동제어기 성능평가를 위한 소형 HILS 실험

Mini-Scale HILS Experiment For Railway Vehicle Equipped With Active Lateral Suspension System

이재하* · 곽문규† · 양동호* · 유원희**

Jae-Ha Lee, Moon K. Kwak, Dong-Ho Yang and Won-Hee You

1. 서 론

철도 차량의 횡진동제어기 테스트를 위한 액츄에이터를 철도 차량에 장착하여 능동/반능동 진동 제어를 수행하게 되면 시간 및 비용이 막대하게 소요된다. 또한 수치 실험을 통한 검증은 실제 적용에 대한 타당성 입증에 어렵기 때문에 액츄에이터의 성능 검증을 위한 HILS (Hardware-in-the-loop-simulation) 구현 방법의 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 능동진동제어기가 포함된 철도 차량을 단순화한 2 자유도 진동계의 HILS 구현 방법에 대한 연구를 수행하였고, HILS 시스템을 구축하고 실험을 통해 능동진동제어성능을 검증할 수 있음을 확인하였다.

2. 2자유도 HILS 실험 구성

철도 차량 횡진동 제어 HILS를 나타낼 수 있는 가장 간단한 형태의 모델은 2자유도 모델이다. 그러나 2자유도 모델이라 하더라도 이에 대한 HILS는 절대 변위를 구현하는 방법과 상대변위를 구현하는 방법을 고려할 수 있다. 절대변위 구현 방법은 2개의 서보 시스템을 필요로 하기 때문에 본 연구에서는 1 개의 서보 시스템을 이용하는 상대변위 구현 방법을 고려하여 Fig. 1과 같은 HILS 시스템을 제안하였다.

Fig.1과 같이 제안된 HILS 시스템은 실제로 Fig.2 와 같이 구성되었다. Fig. 2의 시스템은 두

개의 미니 웨이커(B&K-4810과 Modalshop-K2007E01 모델)이 사용되고, 로드셀(PCB-208C02) Microepsilon-ILD2200 모델의 레이저 변위 센서를 사용하였다. dSpace DS1104 를 이용해 동적 모델 및 제어 알고리즘을 구현하였다.

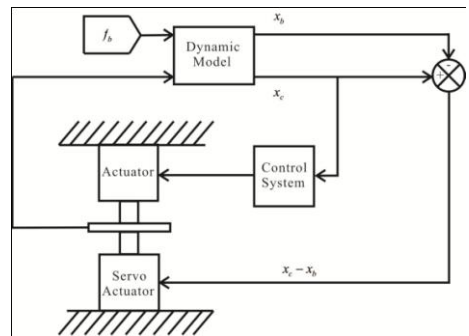


Fig.1 HILS for the active vibration control of two-DOF vibration system

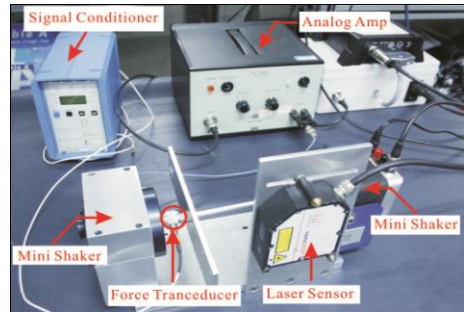


Fig.2 Experimental setup for HILS system with the active vibration controller

Fig.3 에서 보는 바와 같이 HILS 시스템의 소프트웨어 부분은 Simulink 블록 선도로 구현되었다. HILS 시스템의 소프트웨어적 요소는 크게 세 가지로 동적 모델 시뮬레이션, 서보 제어 시스

† 교신저자; 정희원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260-3705

* 동국대학교 기계공학과 대학원

** 한국철도기술연구원

템 그리고 능동 진동 제어 알고리즘으로 구성되어 있다. 2 자유도 동적 모델은 state-space 모델로 구성되었고, 5Hz의 조화진동 외부교란을 갖는 2 자유도계 시스템을 고려하였다.

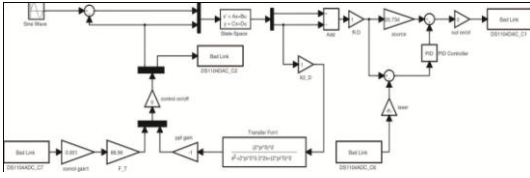


Fig.3 2DOF HILS Simulink block diagram

서보 제어 시스템은 Fig.3 와 같이 가진 신호가 state-space 모델을 거쳐 변위가 계산되고 신호는 액추에이터를 가진하게 된다. 실제로 가진되는 변위는 레이저 센서를 통해 측정되어 dSpace 입력단에 연결된다. 이 신호는 PID 제어기를 통해 state-space 모델의 변위를 정확하게 추종하게 된다. Fig.4 는 정확한 변위구현이 가능함을 보여준다.

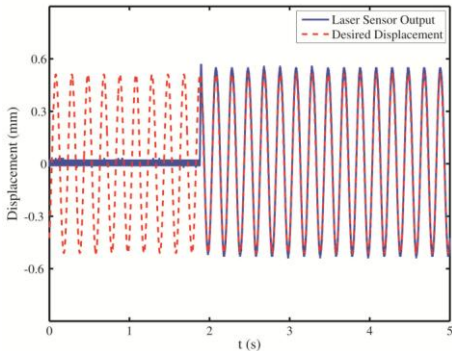


Fig.4 Servo control of HILS displacement output

3. 2 자유도 HILS 능동 진동 제어 실험 결과

본 연구에서 능동진동 제어를 구현 하기 위해 PPF 알고리즘을 사용하였다. Fig.5 와 6은 PPF 알고리즘을 적용하기 전후의 내부 계산 변위를 보여준다. Fig.5의 차체의 진동이 효과적으로 줄어드는 모습을 보이고 있고, 반대로 Fig.6 에서는 대차의 진동이 약간 증폭되는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 이유는 차체의 진동 제어력이 반대로 보기에 전달되는 현상으로 볼 수 있다.

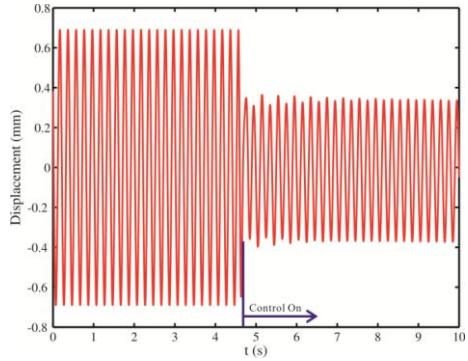


Fig.5 Time-history of car displacement

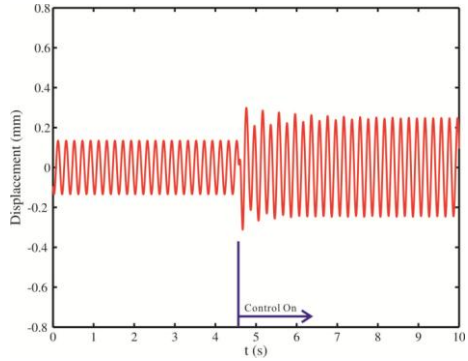


Fig.6 Time-history of bogie displacement

3. 결 론

본 연구에서는 능동진동제어기를 포함한 다양한 진동 모델의 HILS 구현에 대한 연구를 통해 철도 차량 횡진동 제어를 위한 HILS을 제안하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 액추에이터 성능 시험을 위해서는 상대 변위를 구현하는 HILS 시스템이 적절함을 확인하였다.
- (2) 실험을 통해 HILS 와 능동진동제어를 동시에 처리할 수 있음을 입증하였다.
- (3) Electro-magnetic 액추에이터를 이용해 HILS 의 변위를 정확하게 추종하는 것은 쉽지 않은 제어 문제이다.

이와 같은 결론을 통해 현재 실물 액추에이터를 대상 대용량 HILS 구현을 위해 서보 모터와 볼-스크류를 이용한 기구 시스템을 설계중이다.

후 기

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