

고속전철 집전장치의 성능 계측 결과 및 분석

Result and Analysis of Performance Test of Pantograph for High Speed Train

서승일*, 박춘수*, 조용현*, 목진용*, 강부병**

Seo, Sung-Il, Park, Choon-Soo, Cho, Yong-Hyun, Mok, Jin-Yong, Kang, Bu-Byung

ABSTRACT

In this study, a measuring system for performance of pantograph was developed. The measuring system was installed on the prototype high speed train and measurement has been conducted during running on the test track. The measuring system is composed of video monitoring system and telemetry & data processing system. It can monitor the hazard behavior of pantograph and measure acceleration and vertical force of the pan head. Owing to the measuring system, performance of pantograph and safety of interface system of pantograph and catenary is evaluated.

1. 서론

G7 한국형 고속전철 시제차가 완성되어 2002년 6월28일 이후 충북 오송의 경부고속철도 시운전 시험 구간에서 시운전 시험이 성공적으로 진행되고 있다[1]. 한국형 고속전철 시제차는 동력차 2량과 동력객차 2량 객차 3량의 7량 1편성으로 구성되어 있으며 전후의 동력차에 각각 집전장치(pantograph) 1세트가 설치되어 가선으로부터 25kV의 전원을 공급받게 된다. 시제차의 집전장치는 국내에서 개발된 싱글 압형 판토티그래프로서 시제품에 대한 성능 시험을 거쳐 시제차에 탑재되었다. 집전장치는 가선으로부터 1차적으로 전력을 공급받는 장치로서 집전(current collection) 성능은 물론 가선과의 인터페이스 성능이 고속철도시스템과 차량의 안전성에 지대한 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 한국형 고속전철 시제차 집전장치의 집전 성능 및 인터페이스 성능 검증을 위한 계측 시스템을 개발하였고, 본 시스템을 적용하여 시제차의 본선 시운전 중 집전장치 성능을 계측한 결과를 제시하고자 한다.

2. 한국형 고속전철 집전장치의 주요 사양

* 한국철도기술연구원 고속철도기술개발사업단

** 한국철도기술연구원 차량연구본부

G7 한국형 고속전철기술개발 사업을 통해 국산화 개발된 집전장치의 주요 사양은 표 1과 같다 [2].

표 1. 한국형 고속전철 판토품레프의 주요사양

항목	사양
조작 방식	운전실에서 판토품레프 선택 S/W 및 SCU제어
형식	Single Arm 방식
동작 방식	상승 : 주스프링 하강 : 공압실린더
공기 압력	7~10 bar
압상력	상승 시 표준 : 70 N 평균압상력 : 200 N
작용 높이	최저 : 100 mm(레일 선단으로부터 4,289 mm)
	최고 : 1,500 mm
	표준 : 1,092 mm
중량	282 kg
전압	AC 25 kV, 60 Hz
전류	정격 : 1,000 A
	최대 : 1,200 A
이선율	열차의 운행 시간에 대해 1% 이하

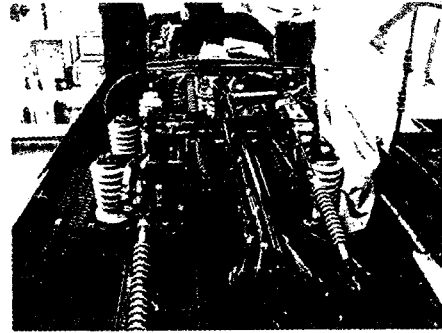


그림 1. 한국형 고속전철 판토품레프

3. 집전장치 계측 시스템

집전장치의 1차 목적이 가선으로부터 전력을 공급받는 것임을 상기할 때, 가선의 추종성은 집전장치가 확보해야 할 1차적인 성능이라 할 수 있다. 또한 고속철도시스템의 안전성 측면에서 가선에 미치는 판토품레프의 영향을 검증해 보는 것이 필수적이다. 이를 위한 한국형 고속전철 시제차의 집전 성능 계측을 위한 시스템 구성도는 그림 2와 같다.

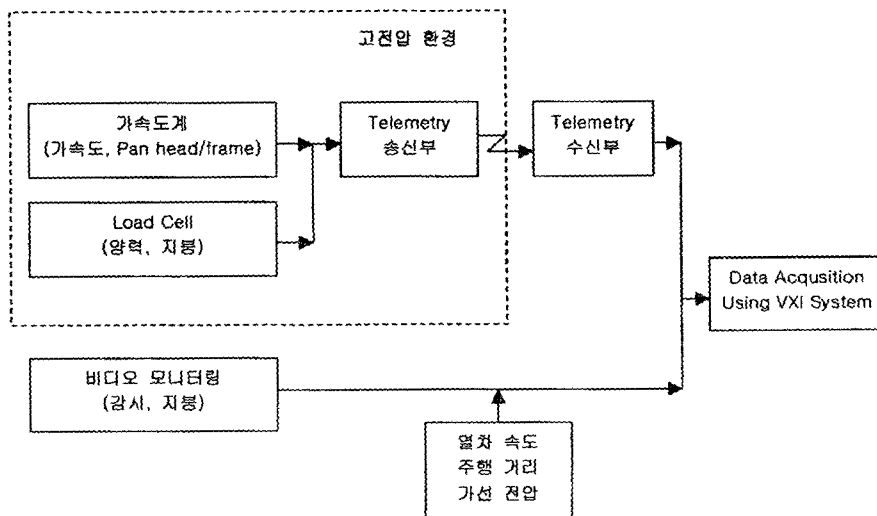


그림 2. 집전장치 성능계측 시스템 구성도

3.1 화상 모니터링 시스템

판토프래프의 가선에 대한 추종성을 검증할 수 있는 확실한 방법은 육안으로 판토프래프의 거동을 확인하는 것이다. 판토프래프의 이선 및 아크 발생은 가선에 손상을 주면서 공급되는 전력의 품질에도 영향을 미치므로 육안 확인을 위한 화상 모니터링 시스템 구축이 필요하다. 화상 모니터링 시스템은 그림 2에 나타난 바와 같이 차량 지붕 위에 설치된 비디오 카메라로부터 촬영되는 화상 데이터와 차축으로부터 전송되는 속도 및 주행거리 데이터를 VXI 시스템에서 처리하여 컴퓨터상에서 가시화하고 이를 다시 비디오에 녹화하는 시스템이다. 그림 3은 실제 동력궤차 위에 설치된 비디오 카메라와 야간 조명 장치를 나타내며 그림 4는 실제 구축된 모니터링 시스템을 나타낸다.

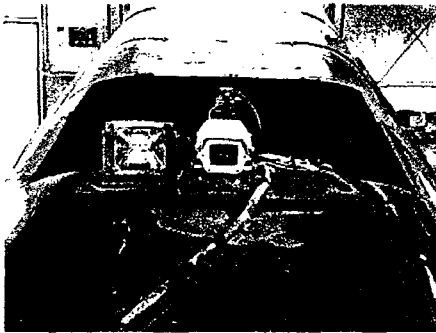


그림 3. 동력궤차 위의 카메라 및 조명



그림 4. 화상 데이터 처리 시스템

3.2 계측 시스템

집전 장치 계측 시스템을 통해 1차로 계측하고자 하는 항목은 집전판의 가속도와 양력이다. 판토프래프 집전판에 설치된 센서로부터 발생되는 신호는 고전압의 위험으로 인해 케이블보다는 텔리메트리 송신부에서 전파를 통해 차상의 텔리메트리 수신부로 전달되고, 수신부에서는 신호를 VXI 시스템으로 처리하게 된다.

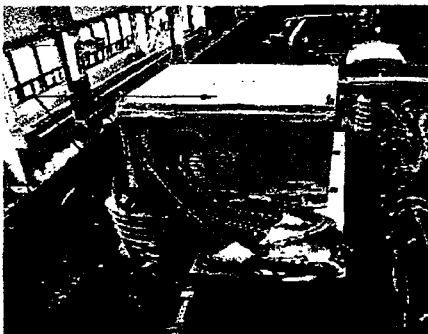


그림 5. 텔리메트리 송신부

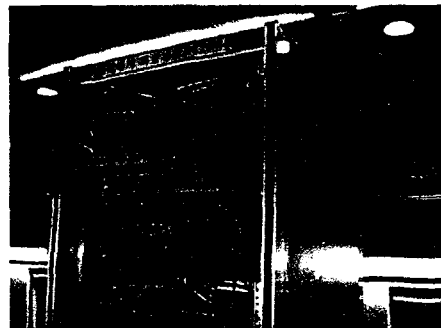


그림 6. 텔리메트리 수신부 및 VXI 처리 시스템

3.2.1 가속도 계측

고속 주행 중의 집전판의 가속도를 계측하기 위해 그림 7 및 그림 8과 같이 가속도계를 부착한다. 가속도계에서 검지한 집전판의 가속 운동에 따른 신호는 텔리메트리 송신부에 전달되어 처리

된다. 가속도계는 집전판과 집전판 사이의 크로스바에 각각 2개씩 부착되어 있고, 대형 플런저 (large plunger)에 1개 부착되어 있다.

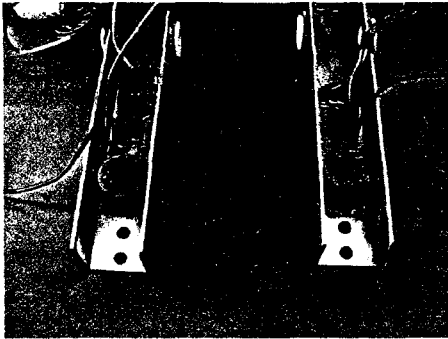


그림 7. 집전판 가속도계

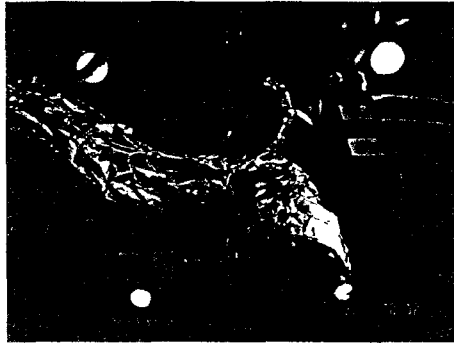


그림 8. 크로스바 가속도계

3.2.2 양력 계측

판토크래프의 하부의 공기 엔진으로부터 공급되는 공기압에 의한 정적 압상력뿐만 아니라 고속 주행 시 주위의 유동에 의해 형성되는 양력도 생성한다. 양력은 동적 압상력이라고도 할 수 있는데, 정적 압상력과 함께 가선의 마모와 안정성에 영향을 미친다. 양력 계측을 위해 그림 9와 같이 지붕 위에 설치된 로드셀과 집전판을 그림 10과 같이 와이어 로프로 연결하고 고속 주행시 집전판의 압상력을 와이어 로프를 통해 로드셀로 감지하여 텔레메트리를 통해 신호를 송신하게 된다.

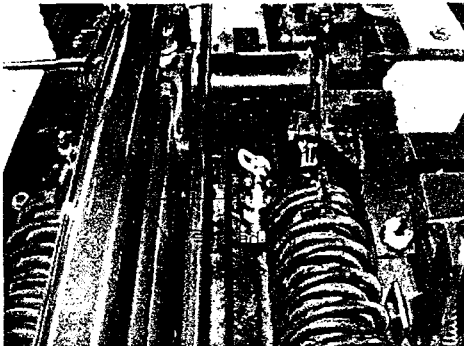


그림 9. 양력 Load Cell

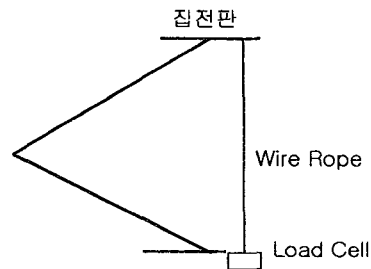


그림 10. 양력 Load Cell과 집전판의 연결

4. 집전 성능 계측 결과

4.1 화상 모니터링 결과

화상 모니터링 시스템을 통해 얻어진 화상 데이터는 비디오에 녹화되며, 아크 발생 또는 판토크래프의 이상 거동을 육안으로 확인하게 된다. 화면의 예는 그림 11 및 12와 같다. 그림 11과 같이 화면에는 주행 속도와 위치가 함께 기록되며 전력 분석기로부터 얻어진 가선 전압값도 함께 표시된다. 또한 마커를 이용하여 집전판의 상하 또는 좌우 진동을 확인할 수 있고 아크가 발생하는 상황을 모니터링할 수 있다. 그림 12는 카메라가 설치된 TP2 동력차에서 하행 시 TP1 동력차 판

로그 그래프의 아크 발생 현황을 모니터링한 화면이다.

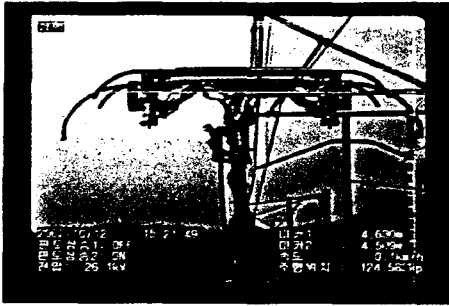


그림 11. 화상 모니터링 화면(상행)

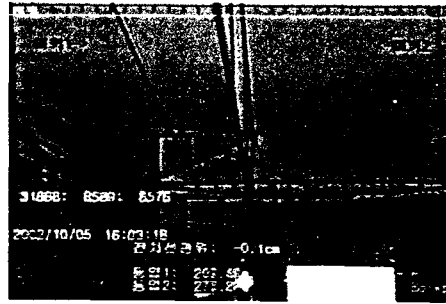


그림 12. 화상 모니터링 화면(하행)

4.2 가속도 계측 결과

크로스바에서 가속도를 계측한 결과를 그림 13과 14에 나타내었다. 그림 13과 14는 150 km/h의 속도로 주행 중에 크로스바 좌우에서 가속도를 계측한 결과로써, 대체적으로 좌우에서 상하 가속도값이 유사한 경향을 보여주고 있으나, 특정 시간에 좌우에서 서로 다른 피크값을 보여주기도 한다. 이는 가선이 좌우로 이동하면서 집전판을 지나가고 차량의 횡동요도 존재하는 상황에서 판토 그래프 하부에서 전달되는 충격에 의한 크로스바의 좌우 응답이 다소 달라지기 때문이라 사료된다. 전체적으로 6 m/sec^2 이하의 값을 보이고 있는데 상방향의 가속도가 하방향의 가속도보다 큰 값을 보이고 있는 것은 정적 압상력이 상방향으로 작용하고 있기 때문으로 사료된다.

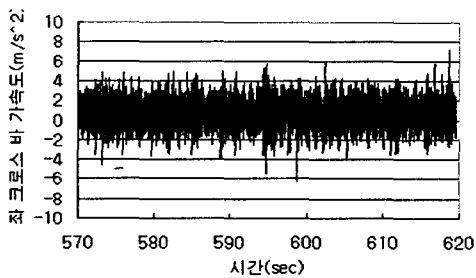


그림 13. 크로스바 가속도 계측 결과(좌)

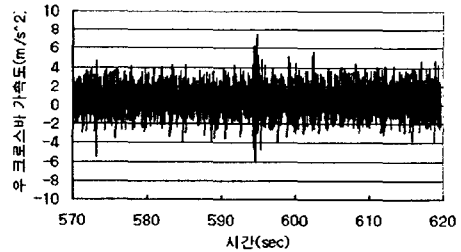


그림 14. 크로스바 가속도 계측 결과(우)

4.3 양력 계측 결과

그림 9의 양력 로드셀을 이용하여 양력을 계측한 결과는 그림 15와 같다. 그림 15에서 2개의 압상력 곡선이 나타난 것은 2개의 로드셀이 전후 집전판 헤드에 와이어 로프로 연결되어 각각에서 얻은 양력이 계측되었기 때문이고, 전방의 압상력이 작은 것은 후방의 와이어 로프가 초기 연결 시에 전방보다 좀더 팽팽하게 로드셀과 연결되었기 때문이다. 전체 압상력은 전후 헤드의 압상력을 합하면 되므로 크게 문제시 되지 않는다. 70 N 정도의 정적 압상력이 작용하는 상황에서 고속 주행에 따라 발생된 양력이 더해져서 동적 압상력으로 가선에 작용하게 된다. 그림 15는 속도 증가에 따른 동적 압상력의 변화가 2차의 포물선 형태로 증가함을 보여 주고 있다. 동적 압상력의 평균값은 200 km/h 주행 시 120 N으로서 기준치 200 N 이하가 된다.

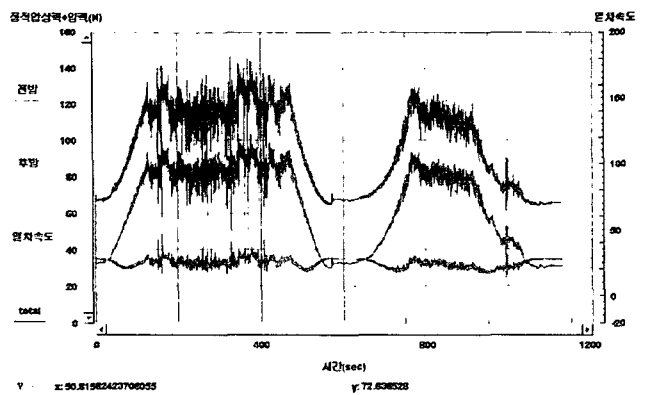


그림 15. 양력 계측 결과

4. 결론

본 연구에서는 고속전철 집전장치의 성능을 평가할 수 있는 계측 시스템을 개발하고, 시제차에 설치하여 고속전철 시운전 시험 중 집전장치의 성능을 계측하였다. 국내에서 처음으로 개발된 집전장치 계측 시스템은 화상 모니터링 시스템과 고전압 환경하의 각종 센서와 송신 텔레메트리 및 수신 텔레메트리와 데이터 분석 장치로 구성되어 있다. 개발된 시스템을 통해 판토히크의 이선, 아크 발생 유무, 집전판의 가속도, 양력 및 압상력 등을 계측할 수 있었고, 집전장치의 성능 및 가선과의 인터페이스 성능을 평가해 볼 수 있었으며, 이로부터 본 집전장치 계측 시스템의 유용성을 입증할 수 있었다.

참고 문헌

1. "G7 고속전철 열차시험 및 성능 평가 기술 개발", 1-II-1-0-1, 한국철도기술연구원, 2002.
2. "G7 고속전철 기술개발 사양서", 한국철도기술연구원, 2002.
3. M. Ikeda and T. Usuda, "Study on the Method of Measuring the Contact Force between Pantograph and Contact Wire", RTRI Report Vol. 14, No. 6, 2000.