철도차량 주행안전성관련 미국 연방법규(CFR)에 따른 본선 Speed Qualification Test 개요

The introduction of Speed Qualification Test as regulated by US CFR regarding railway running safety

이강운*

Lee, Kang Wun

ABSTRACT

The Hyundai Rotem company is due to be conducted the main line Speed Qualification Test as regulated by CFR for SEPTA EMU and SCRRA Bi-level coach project. The regulated test items per 49CFR213.345 are wheel/rail interaction forces and carbody/truck accelerations during running on main line. Therefore the special two sets of instrumented wheelset (IWS) per each project have been made for measuring the interaction forces between wheel and rail at four wheels of one truck during running on main line. In this paper, regarding Speed Qualification Test, the required test items and data analysis method per 49CFR213.345 and the preparation status of instrumented wheelsets (IWS) are introduced.

1. 서론

현재 당사는 미국내 2개 수주프로젝트 (SEPTA 전동차, SCRRA 이층객차)에 대해 미국 연방법규(CFR)에 따른 본선 Speed Qualification Test를 앞두고 있다. 미국 연방법규(CFR)에서 요구하고 있는 시험항목들은 주행중 발생되는 차륜/레일 사이의 작용력과 차체 및 대차 진동가속도이며 특히 차륜/레일 사이의 작용력측정을 통해 산출되는 탈선계수를 차륜당 및 대차편측당등으로 구분하여 규정하고 있어서 시험을 위하여 미국내 전문시험업체와 협력하여 프로젝트당 시험용윤축 2-SET가 특별하게 제작되었다. 본고에서는 현재 본선시험을 앞두고 있는 미국내 2개 프로젝트(SEPTA 전동차, SCRRA 이층객차)의 Speed Qualification Test 관련하여 미국 연방법규(CFR)에서 요구하고 있는 시험항목, 분석방법 및 시험용윤축 제작현황등을 소개하고자 한다.

2. 시험요구항목 (49CFR213.345)

본선 Speed Qualification Test 관련 미국 연방법규(CFR)에서 요구하고 있는 시험항목, 데이터 분석방법 및 판정기준등은 표1과 같으며 휠/레일 작용력 측정을 위한 시험용윤축(instrumented wheelset) 2-set 가 필요하게 된다.

3. 시험용윤축(instrumented wheelset) 제작현황

주행중 휠/레일 사이에서 발생되는 수직력 및 횡력측정을 위해 휠 PLATE면에 스트레인게이지가 취부된 시험용윤축 제작순서 및 현황은 다음과 같다.

* 정회원, 현대로템(주), 기술연구소 응용기술연구팀, 수석연구원
E-mail : kwlee@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)596-9495 FAX : (031)596-9747

표1. 시험항목 (49CFR213.345)

구분	시험항목	판정기준	데이터분석
휠 / 레 일 작용력	single wheel vertical load ratio	≥0.1	-5 foot window -25Hz low pass filter -sampling rate at least 250 samples/sec
	single wheel L/V ratio	≤[tan(δ)-0.5]/[1+0.5tan(δ)] δ=wheel flange angle	
	Net axle lateral L/V ratio	≤0.5	
	Truck side L/V ratio	≤0.6	
차체/대차 가속도	carbody vertical	≤0.55g peak-to-peak (excludes <50 msec)	10Hz low pass filter 1 second window
	carbody lateral	≤0.3g peak-to-peak (excludes <50 msec)	10Hz low pass filter 1 second window
	truck lateral	≤0.4g RMS (mean removed)	10Hz low pass filter 2 second window

3.1 휠 PLATE면 기계가공 및 스트레인게이지 부착위치 확정

스트레인게이지가 취부될 휠 plate를 그림1과 같이 가공하고 구조해석을 통해 상호간섭이 최소로 발생되는 최적의 스트레인 게이지 부착위치를 확정했다.

그림 1. 스트레인게이지 취부면 가공후

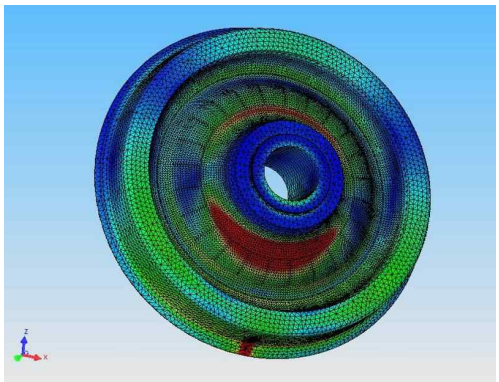


그림 2. 휠 구조해석

3.2 스트레인게이지 부착

상기 구조해석에 의해 확정된 위치에 스트레인 게이지를 부착했다.

그림 3. 스트레인게이지 부착

3.3 스트레인게이지 결선

스트레인 게이지들을 연결하여 필요한 브릿지회로를 구성한다. 횡압은 두 개의 90도 위상차를 가지는 휠의 바깥면에 부착된 스트레인게이지 브릿지로부터 계산되며 개개의 브릿지들은 휠회전에 따라 사인파형상으로 output를 출력한다. 수직력은 세 개의 스트레인게이지 브릿지로부터 진동파형형태로 출력되며 휠 플레이트의 안쪽면과 바깥쪽면에 부착된다. 전후방향의 힘측정을 위해서는 회전축에 두 개의 회전 스트레인게이지 브릿지가 구성되었다.

그림 4. 스트레인게이지 결선

3.4 시험용윤축 조립 및 최종 커넥터 작업

스트레인 게이지가 결선된 휠을 시험용윤축에 조립하고 최종 커넥터를 완성한다.

그림 5. 시험용윤축 조립 및 최종 커넥터 작업

3.5 보정작업 (calibration)

스트레인게이지로부터의 출력신호를 보정하기 위해 하중시험장치에서 보정작업 실시했으며 보정작업은 플랜지접촉조건, 단일포인트 접촉조건, 토오크조건의 3단계로 수행되었으며 전후, 좌우 및 상하방향의 힘을 작용하여 전범위에서 수행되었다. 보정의 목적은 정확한 전후, 좌우 및 상하힘들의 민감도 및 혼선비(crosstalk ratio)를 정의하는데 있다.

3.6 이송전 센서보호작업(weatherproofing)

이송전 스트레인게이지들의 보호를 위해 weatherproofing 작업을 실시했다.

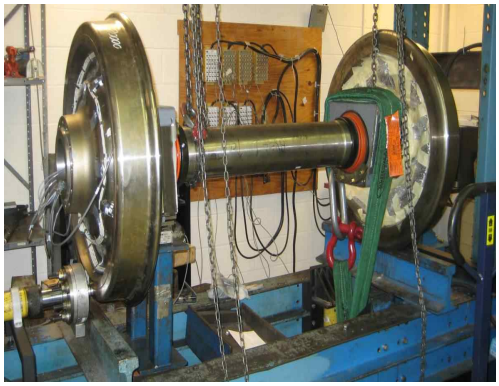
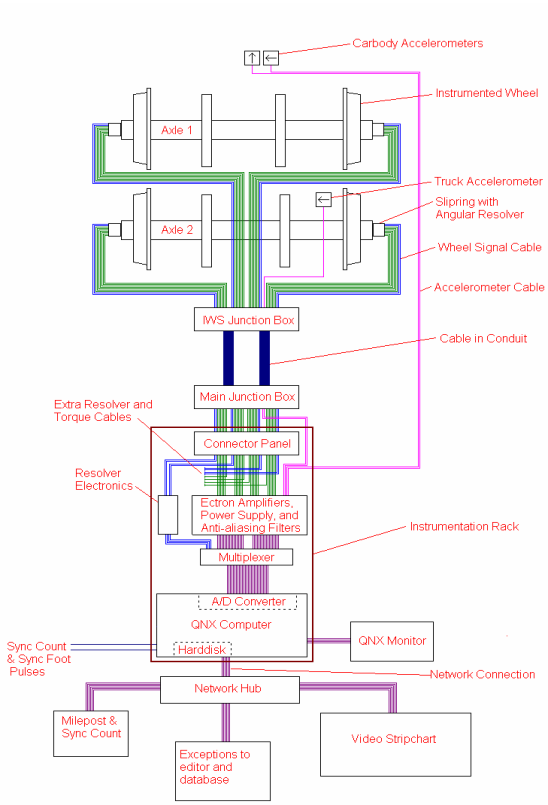


그림 6. 센서신호 보정작업

그림 7. weatherproofing 작업

4. 시험계측기기 준비현황

휠 PLATE 면에 부착된 스트레인게이지 로부터의 신호와 차체 및 대차에 부착된 진동가속도계로 부터의 신호를 획득/분석하기 위한 시험계측기 개략도 및 준비상태은 그림 8과 같다.



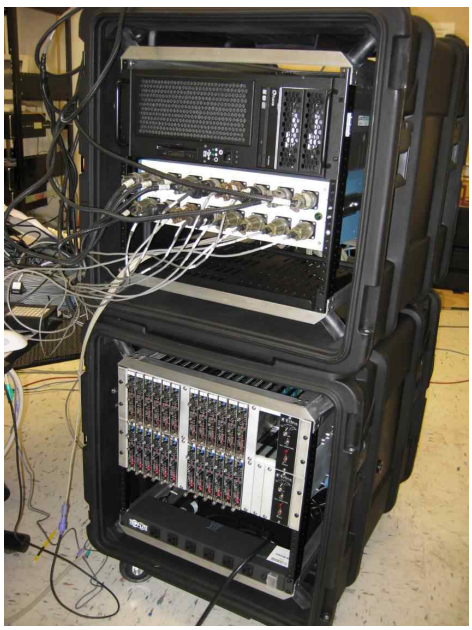


그림 8. 시험계측기기 개략도 및 setup 상태

5. 결론

-미국 연방법규(49CFR213.345)에서 요구하는 본선 Speed Qualification Test 항목은 휠/레일 작용력 및 차체/대차 진동가속도 측정이며 특히 주행중 휠/레일 사이에서 발생되는 작용력들을 측정하기 위해 휠의 PLATE면에 스트레인 게이지가 부착된 시험용윤축(Instrumented wheelset)이 프로젝트당 2 세트 가 제작되어 대차에 조립후 본선시험을 앞두고 있다.

-시험용윤축 제작은 스트레인게이지 부착위치 확정을 위한 휠구조해석, 스트레인게이지 부착, 게이지결선 및 브릿지구성, 시험용윤축조립, 보정작업(calibration), weatherproofing 작업 순서로 이루어졌다.

-시험용윤축이 적용된 본선 Speed Qualification Test결과는 시험완료후 발표예정이다.

참고문헌

1. ENSCO INC (2008), "INSTRUMENTED WHEELSETS AND SPEED QUALIFICATION TESTING OF ROTEM PASSENGER CARS ON SEPTA'S COMMUTER RAIL SYSTEM"