

살사 동작시 고속차량(KTX) ATC 차상장치의 신호호를 분석

윤차중*, 이태훈**, 조용기***

코레일 철도연구원*, 코레일 철도연구원**, LS 산전(주)***

Influence analysis to the ATC signal by using sand on the rail in the High-speed Train(KTX)

Cha-jung Yun*, Tae-Hoon Lee**, Yong-Gee Cho***

KORAIL Research Institute*, KORAIL Research Institute**, LS Industrial Systems***

Abstract - 철도에서는 열차가 출발할 때 착력을 향상시키기 위해 레일과 차륜사이에 모래를 살사하게 되는데 이때 ATC(Automatic Train Control : 열차자동제어장치) 신호파형에 영향을 줄 수 있다는 판단에 따라 시험운행하면서 ATC 차상장치인 TVM 430의 CRNB 보드 내에서 살사동작 후 신호파형을 측정하고 분석하였다. 이로 인해 다중화 되어 있는 차상장치 시스템의 동작상태와 살사재료별 ATC 신호파형에 미치는 영향성을 파악할 수 있었으며 향후 살사로 인해 발생하는 문제점 등의 연구에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서 론

현재 KORAIL의 고속차량 신호제어 시스템 중에는 ATC 신호체계가 있으며 고속열차가 정차 후 출발할 때, 살사기능이 동작할 경우 일시적으로 차상신호가 소멸되는 현상이 고속선 정거장에서 간헐적으로 발생된 적이 있다. 이는 고속열차 운영상 정시운행에 저해요인으로 작용됨으로 그 원인규명을 통해 개선방안이 필요함에 따라 시험을 통해 살사되는 모래가 신호파형에 미치는 현상에 대한 연구가 필요하게 되었다. 시험은 07.11.27 수도권철도차량관리단 시험선로에서 8개 부서의 협조와 지원 아래 13회의 시험을 시행하였다. 시험 때 사용된 시험 재료로는 기존 철도차량에서 사용한 적이 있는 5종의 모래와 일본 고속차량에서 사용되고 있는 살사용 재료(알루미늄) 그리고 전기 전도성이 우수한 재료의 시험 필요성이 있어 재질이 주강인 쇼트볼을 사용하여 시험하고 분석하였으며 시험시 KTX 동력차량에 설치되어있는 ATC 차상제어장치의 CRNB 보드에서 확보한 신호 전류파형의 측정내용을 중심으로 기술하였다.

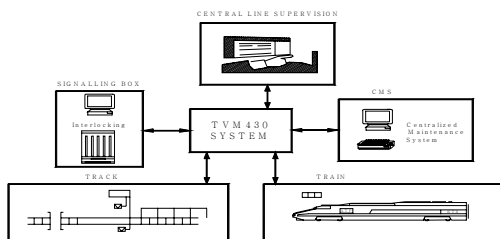
2. 본 론

2.1 ATC 시스템 개요

2.1.1 ATC 장치(TVM 430) 구성

KTX의 ATC시스템(TVM430)은 안전한 열차운행을 보증하는 중추 신경망의 하나로서 열차운행에 영향을 주는 모든 정보를 수집하고 각 열차간의 안전운행에 필요한 운행순서 등을 결정하며 크게 지상 및 차상장치로 분류된다. TVM430 장치는 <그림1>에 나타나는 것과 같이 선로변의 거의 모든 시스템과 인터페이스 되며 특히 다음 설비와 연결되어 있다.

- ① 각 신호기계실에 설치되어 진로를 설정하는 연동장치
- ② 특정지역의 속도를 제한하고 운행감시 정보를 표시하며 열차운행 진로를 지시하는 CTC장치
- ③ 신호장비의 현상, 경보 등을 감시하는 2개의 유지보수센터
- ④ 선로 상에서 작업하는 유지보수 인력의 안전을 위한 설비
- ⑤ 축소감시장치
- ⑥ CTC 및 SCADA를 경유하는 전차선 전압 감지장치
- ⑦ 각종 감지장치(강우, 강설, 강풍, 팔림 및 지장물 감지장치)
- ⑧ 차량의 계동장치 및 감시설비 등 차상 신호설비



<그림 1> TVM430 시스템 연결 구성도

2.1.2 궤도회로 사용 주파수

국내 고속선 궤도회로의 정보전송을 위한 반송주파수는 2040[Hz], 2400[Hz], 2760[Hz] 및 3120[Hz]를 사용한다. 각 궤도구간마다 할당된 주파수의 신호를 25.68[Hz]의 신호와 FM(Frequency Modulation) 변조로 조합하여 항상 열차의 궤도점유 상황을 감지하며 열차가 궤도구간으로 진입하면 궤도주파수 신호가 수신부로 전달되지 않는 것을 이용하여 ATC 신호를 열차로 전송한다. ATC 신호는 0.88[Hz]~17.52[Hz]사이의 주파수를 0.64[Hz] 간격으로 할당하여 28[bits]로 구성되며, 각 비트마다 할당된 주파수들을 합성하여 궤도주파수를 FM변조하여 레일쪽으로 송신한다.

2.1.3 연속정보 발생원리

연속 정보는 신호기계실의 TVM430 지상장치에 있는 CEU 보드에서 발생시킨다. CEU 보드에서 정의된 28개의 VLF 주파수 신호는 합성한 후에 반송파를 이용하여 FM 변조하고, 변조한 신호를 현장 설비를 거쳐 레일로 출력한다. VLF 주파수 신호의 합성 식은 다음과 같다.

$$m(t) = \sum_{i=0}^{i=27} K_i \cdot A_i \cdot \cos(2\pi \cdot F_i \cdot t + \phi_i)$$

여기서, $m(t)$: 합성 신호,

K_i : i 번째 주파수 신호의 유무, A_i : i 번째 주파수 신호의 크기

F_i : i 번째 주파수 신호의 주파수

ϕ_i : i 번째 주파수 신호의 초기 위상

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 2\pi \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

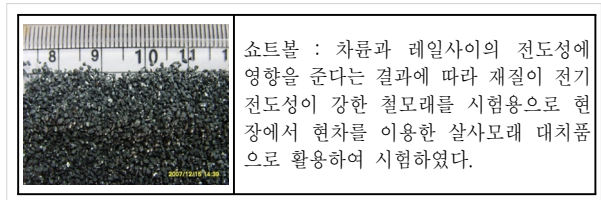
여기서, $s(t)$: FM 변조된 신호, A_c : 반송파 크기

f_c : 반송파 주파수(2040, 2400, 2760, 3120 중 하나)

2.2 시험

2.2.1 시험재료

현 KTX에서 살사용으로 사용하고 있는 모래는 수도권철도차량관리단 배속기인 1~29호 편성(36호 편성포함)에는 대호규사를 사용하고 있고, 부산철도차량관리단 배속기인 30~46호 편성(36호편성 제외)에는 주문진 규사를 사용하고 있다.



쇼트볼 : 차륜과 레일사이의 전도성에 영향을 준다는 결과에 따라 재질이 전기 전도성이 강한 철모래를 시험용으로 현장에서 현차를 이용한 살사모래 대치품으로 활용하여 시험하였다.

<그림 2> 쇼트볼 살사재료(SG.0.8)-서울쇼트공업 제공

화학성분	
Al ₂ O ₃	99.80
Na ₂ O	0.15
SiO ₂	0.03
Fe ₂ O ₃	0.01
기타	0.01
- 비중 : 3.97	

<그림 3> 알루미늄(세라믹의 일종) 살사재료 (F36)

2.2.2 시험장비 및 연출시험

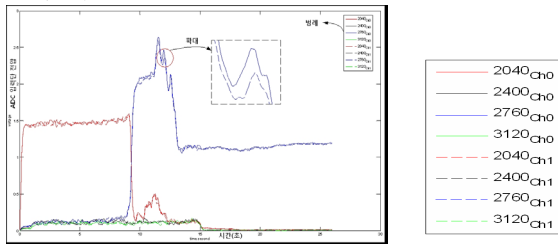
KTX 동력차량에 설치되어 있는 TVM430 모듈에서 분석기를 연결하여 신호파형 검출하였다. <그림 4>는 종류별 살사 재료를 시험 조건별로 1회 살사량인 300mm를 연출하여 시험하고 시험운영 후 살사간해를 처리하는 모습이다.



<그림 4> 시험장비 및 시험사진

2.2.3 시험결과

KTX의 ATC 차상장치는 모듈이 2중화되어 있으며, 하나의 모듈안에는 주파수를 분석하는 CRNB 보드가 또한 2중화 되어있다. 현장 시험 결과 그래프는 모두 8개의 그래프로 구성되어 있다. CRNB 각 채널(Ch.0, Ch.1)에 대하여 2040Hz, 2400Hz, 2760Hz, 3120Hz 주파수를 모두 보여준다. 그래프 중 일부분을 확대한 상세부분을 표시하고 있으며 Ch.0은 실선으로 표시되어 있고, Ch.1은 점선으로 표시되어 있음을 알 수 있다. <그림 5>에서 x축은 시간(초)을 나타내고 y축은 ADC의 입력단 전압을 표시한다.



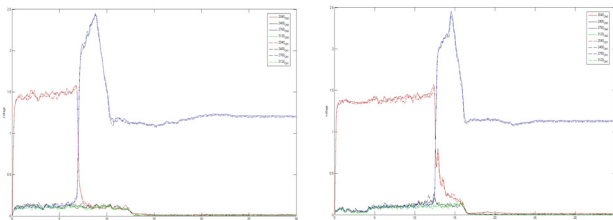
<그림 5> CRNB 채널에서 측정 그래프

(1) 2회 및 3회차 시험

<표 1> 2회차 시험조건

차수	2		시간	11:01~11:18	
지상 시험 조건	살사방법	수동살사	차량 운전 조건	속도	정상
	살사종류	대호규사(0.97~1.93)		견인력	정상
조건	시험구간 0004 마커				
시험절차					
1) 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 정상속도로 견인 추진					
2) 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 데이터 저장					
3) 열차 퇴행 반복시험					

2회차 시험결과 <그림 6>은 수동살사가 동작하지 않았을 때의 결과이다. 그림에서 보듯이 2040Hz 주파수 신호가 급격히 줄어드는 것을 확인할 수 있다. <그림 7>은 수동살사가 동작하였을 때의 결과이다. 그림에서 보듯이 <그림 6>과 비교하여 2040Hz 주파수가 경계를 지나고 나서도 상당부분 잔류하여 2760Hz 주파수와 혼재되어 있음을 확인할 수 있다.



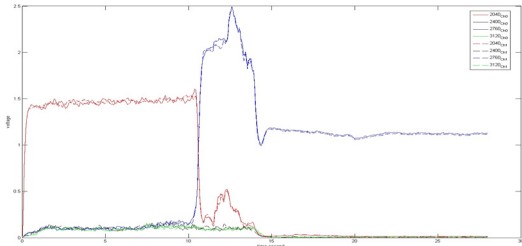
<그림 6> 살사 미 동작시 신호파형

<그림 7> 수동살사 후 신호파형

(2) 4회차 시험(5회, 6회차 시험 동일결과)

4회차 시험에서는 주분진 규사 4호를 수동으로 레일 표면에 도포한 후 시험하였다. <그림 8>에서 보듯이 2040Hz 주파수 레벨이 잔류하여

2760Hz 주파수와 혼재되어 있음을 확인할 수 있다. 5회차 시험은 알루미늄 0.7mm, 6회차 시험은 알루미늄 0.8mm로 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인 상태로 급발진 추진하는 운전패턴으로 시험하였다.



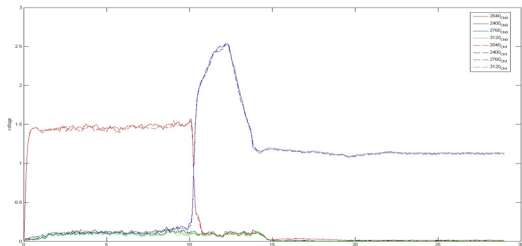
<그림 8> 4회차 시험파형

(3) 7회차 시험

<표 2> 7회차 시험조건

차수	7		시간	11:45	
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	속도	급발진
	살사종류	쇼트볼 (SG 0.7mm)		견인력	만부하
	마분지				
조건	시험구간 0004 마커				
시험절차					
1) 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포					
2) 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인 상태로 급발진 추진					
3) 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장					

7회차 시험에서는 쇼트볼(SG 0.7mm)을 수동으로 레일 표면에 도포한 후 시험하였다. <그림 9>에서 보듯이 2040Hz 주파수 레벨이 경계를 넘어 더 이상 잔류하지 않음을 알 수 있다.



<그림 9> 7회차 시험파형

3. 결 론

본 연구는 살사재료가 고속차량의 ATC 신호에 미치는 영향을 확인하기 위하여 총 8종(알루미늄 2종, 쇼트볼, 기존 사용모래 5종)의 살사 재료를 가지고 '07.11.06~11.07 광명역 구내 T4선(상 부분선, AM 0428)에서 시험하였다. 그 결과 살사 재료의 전기 전도성이 신호파형에 영향을 준다는 사실을 입증하였다. 먼저 전기 전도성이 우수한 재질(주강)인 0.8mm 크기의 쇼트볼의 경우 즉 7회차 시험 시 차량 내 신호검측 장비를 가지고 측정된 결과와 기존 사용해 오던 모래와 알루미늄을 사용했을 때 검출된 신호파형을 비교해보면 그 영향성을 분명히 알 수 있다.

이는 동력차에 설치되어 있는 차상신호장치인 CRNB 보드에서 신호파형을 측정할 결과에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이 시험결과를 볼 때 고속철도를 운영하고, ATC 신호제어 시스템을 활용할 경우 살사재료가 영향을 줄 수 있으며, 경제성 측면에서 합리적이고 전기전도성 측면 등을 고려한 살사 재료의 선택이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 향후 철도시스템 중에서 차량분야와 전기, 시설분야간 상호 인터페이스 되는 부분에 대한 관심과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 황재호, "신호와 시스템", 교우사, 2004
- [2] 철도경영연구원, "고속철도신호기술(I·II)", 2002
- [3] 광두영, "LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution", Ohm사, 2002
- [4] 김영태, "철도신호제어시스템", 개정4판, 2006
- [5] 이태훈, 윤차중, "고속선 ESJ에서의 차상신호파형 왜곡특성 분석", 대한전기학회 하계학술대회, 2007