

차속온도 검지장치(HBD) 오동작 원인 분석

김용규, 백종현, 김종기
한국철도기술연구원

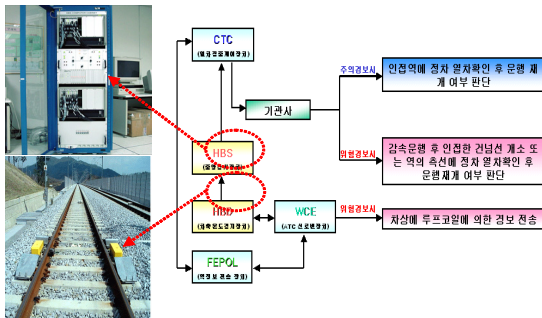
Analysis on causes of Fault in HBD(Hot Box Detector)

KIM Yong-Kyu, BAEK Jong-Hyun, KIM Jong-Ki
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 2004년 경부고속철도가 개통된 이후, 열차제어시스템에 있어서 크고 작은 여러 가지 문제점이 시스템의 안정화를 위한 초기 단계의 형태로 발생되었다. 특히 국내에서 처음으로 열차가 300km/h로 운행됨에 따라, 열차의 고속 운행 환경에 대한 운영 및 유지보수의 어려움이 자주 유발되었다. 한 예로 2005년에는 서울에서 약 170km 남쪽에 위치한 철곡 신호기계실(IEC) 지역에 설치된 선로변 설비인 HBD의 오동작이 발생됨에 따라 관련 설비에 대한 신뢰성은 물론 설비의 기능상의 문제점까지 전면적인 검토를 필요로 하였다. 본 논문에서는 고속선 운영 및 유지보수에 있어서 선로변 설비의 장애 원인을 조사, 분석, 검토함으로써 고속선 열차제어시스템 HBD에 대한 안정적인 운영 및 유지보수를 구현하기 위한 방안 제시를 주요 목적으로 한다.

1. 차속온도 검지장치(HBD)

HBD(Hot Box Detector)는 고속 열차의 운행중에 각각의 차축에 부착된 차축 베어링 박스의 과열로 유발되는 차축 파손 및 폐쇄에 따라 발생하는 발열을 검출함으로써 차축 이상으로 인한 안전사고를 예방하기 위해 설치하며, 각각의 열차 및 차축에 대해 감시함으로써 차축의 열 변화를 검출한다. 검출 결과는 열차집중제어장치(CTC) 사령에게 통보하여 운행 사고와 관련된 모든 안전 조치를 실행하도록 하며, 열차에 대한 후속 조치를 위하여 철도차량(정비 차고) 유지보수 요원에게 통보한다. 만약 단순 경보를 받으면, CTC 조작자는 기관사와 교신한다. 그러나, 위험 경보와 관련된 고장은 선로의 불연속 정보 전송 루프에서 장애 통보 열차의 기관사에게 자동으로 통보된다. 위험 경보를 수신하면, 기관사는 가능한 최선의 상태에서 열차를 정지한 후, CTC 사령실과 교신한다.



(그림 1) HBD 장치의 구성

HBD는 현장 설비와 중앙설비로 분류된다. 현장설비는 두개의 적외선 센서가 선로의 정상 진행 방향에서 하나는 왼쪽, 또 하나는 오른쪽에 설치되며, 각각의 차축의 통과시 수신한 방사된 적외선을 전기적인 신호로 전환하는 역할을 한다. 중앙설비는 선로 전방에 설치된 모든 HBD 관련 현장 설비의 감시 및 통제 기능과 함께 장애 발생시 자동열차제어장치(TVM)와의 인터페이스를 담당한다.

2. 진동 측정

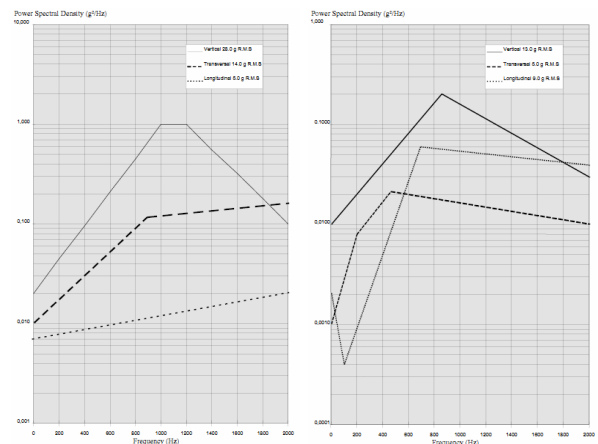
HBD의 동작과 연관된 장애는 주로 센서에 의해 검출된 결과에 따른 단순 경보와 위험 경보로 주어지며, 경부고속선에서는 열차 운영을 저해하는 단순 경보가 개통이후 현재까지 수시로 발생함에 따라 HBD 시스템 전반에 대한 기능 장애까지도 검토 대상으로 주어졌다. 그러나, CTC의 기록 분석 결과, 철곡 IEC 영역의 타 선로변 설비 장애 등이 유사한 형태로 발견됨에 따라, HBD 장애 또한 선로변 진동에 의한 것으로 추정하여, 관련 시험을 실시하였다. 이를 위해 우선적으로 선로변 설비의 진동 기준값을 조사하였다.

2.1 진동 관련 규격 조사

선로변 설비에 대한 진동 기준값이 국제 규격에 명문화되어 있지 않음이 확인됨에 따라, 현재 한국철도공사에서 추진중인 기존선 구간의 차상 신호 설치 프로젝트인 ERTMS/ETCS 환경 요구조건에 있는 Cenelec 표준 EN 50125, EN 50155와 ORE research paper A118 report No 4를 적용하였다. 그러나 이는 정확한 진동 기준값 대신에 진동 시험 기준 및 내진성에 대해서만 언급하였다. 특히 지상장치의 진동 기준은 Power spectral density를 가진 임의적인 진동을 견딜 수 있어야 하며 이의 기준은 아래의 그래프와 같은 형태로 주어진다. 이는 선로에 설치되는 설비에 대한 진동 내구 한계를 의미하며, 관련 자료 또한 정확한 진동 기준 한계로 적용하기에 불충분하다. 표 1은 ERTMS/ETCS 지상 설비인 발리스와 LEU(Lineside Electronic Unit)에 대한 진동 기준을 나타낸다.

<표 1> 선로변 신호설비 관련 진동 기준

구분	진동 시험	충격 시험
LEU	0.23g	2g
발리스	0.23g	2g



a) 레일에 장착된 장비
Vertical : 28.0g
Traversal : 14.0g
Longitudinal : 5.0g
b) 침목에 장착된 장비
Vertical : 13.0g
Traversal : 5.0g
Longitudinal : 2.0g
(그림 2), 선로변 설비의 진동 기준 한계

2.2 차속온도 검지장치의 진동 측정

진동 측정을 위해 열차 운행이 적은 야간에 사전 측정 위치 조정 및 측정 위치에서의 측정값의 적정성을 확인한 후, 측정은 주간 열차 운행이 빈번한 시간대에 다음과 같이 실행하였다.

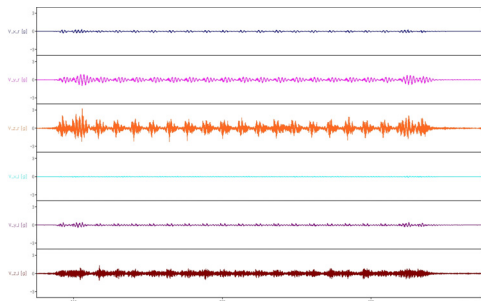
- 일시 : 2006년 5월 9일 10:00 ~ 13:00
- 측정 장소 : 철곡 신호기계실(대대구 근접 지역) : 247k892m
- 측정 장비 : DAQ(DEWE-3010), 가속도센서 : 2g, 10g.

가속도 센서는 그림 3과 같이 좌우측 차축발열검지장치의 상단에 설치하였으며, 열차진행 방향을 "X", 수평 직각 방향을 "Y", 상하 방향을 "Z"로 설정하였다. 설치된 센서의 측정 허용 범위는 X, Y, Z에 대해 각각 2g, 2g, 10g으로 주어진다.

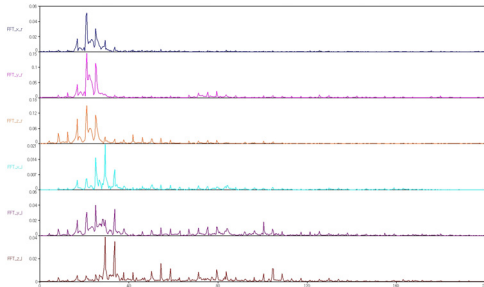


(그림 3). 진동 측정기의 설치

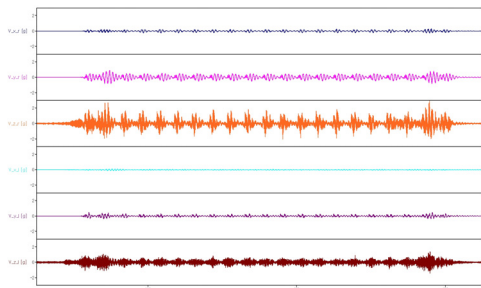
그림 4는 1차 시험 결과이다. 이는 오른쪽과 왼쪽 각각의 X, Y, Z 방향의 진동 가속도 측정 결과이며 오른쪽이 왼쪽보다 진동이 큰 것으로 확인되었다. 특히 상하 방향(Z 방향)의 진동이 가장 컸으며, 열차 진행 방향(X 방향)의 진동은 미미하였다. 가장 큰 진동 가속도는 오른쪽의 Z 방향(V_z_r)으로 확인되었다. 이의 주파수 분석 결과, 가장 큰 주파수 성분은 오른쪽과 왼쪽 각각 21Hz, 25~29.2Hz에서 최대치를 형성하였다.



a) 1회차 진동 가속도 측정 결과

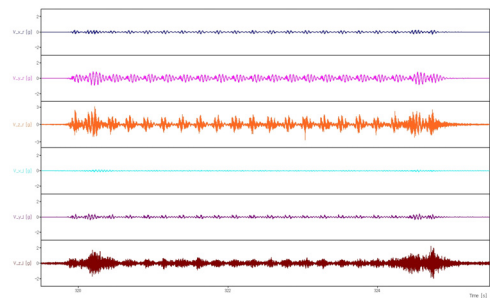


b) 측정 결과의 주파수분석 결과
(그림 4). 1차 측정 결과(2006년 5월 9일 10시 21분)



(그림 5). 2차 측정 결과(2006년 5월 9일 11시 13분)

그림 5, 그림 6은 반복적으로 시험한 결과이다. 진동 가속도 측정값은 시험회수에 관계없이 유사한 형태로 확인되었다. 이러한 측정 결과를 정리하면 표 2와 같으며, 진동 측정 최대값은 오른쪽 차측온도 검지장치의 상하 방향으로 3.238g이며, 관련 최대 주파수는 21.0Hz 이다.



(그림 6). 3차 측정 결과(2006년 5월 9일 11시 22분)

<표 2> 차측온도 검지장치 진동 가속도 측정 결과

회수	1회			3회			4회		
	시각								
10:21:51									
위치	최대값		최대주파수	최소값		최대값		최소값	
	Right	x		0.356g	-0.279g	21.0Hz	0.331g	-0.255g	0.291g
y		0.918g	-0.973g	21.0Hz	0.912g	-0.834g	0.889g	-0.889g	
z		3.238g	-2.241g	21.0Hz	2.954g	-2.059g	3.122g	-2.651g	
Left	x	0.098g	-0.128g	29.2Hz	0.132g	-0.136g	0.157g	-0.150g	
	y	0.440g	-0.419g	25.0Hz	0.488g	-0.373g	0.426g	-0.377g	
	z	1.347g	-1.120g	29.2Hz	1.365g	-1.428g	2.261g	-1.962g	

3. 측정 결과 분석 및 제안 사항

예측한 결과와 동일하게 장애가 발생한 위치에서의 진동값은 비정상적인 큰 값으로 측정됨을 확인하였다. 그러나 이러한 측정 결과를 비교할 수 있는 진동 관련 기준값이 존재하지 않았으며, 장애가 발생하는 경우, 진동은 항상 시설 담당 부서와의 원인 규명 관련 논쟁의 주요 항목으로 주어짐을 확인하였다. 또한 시설 담당부서에의 진동 측정은 장애가 자주 유발되는 선로변보다는 검측 차량 등을 이용하여 차량에서 진동을 측정함에 따라 선로변 설비에서의 직접적인 진동 측정을 실행하지 않는 것으로 확인되었다.

결론적으로 다음과 같은 사항이 예방 유지보수 차원에서 실행되어야 한다. 첫 번째로, 진동에 의한 장애가 예상되는 지점에서는 유지보수 형태로 주기적으로 진동값을 측정한다. 특히 장애 발생 전, 후의 진동값을 측정함으로써 관련 설비에서의 진동 한계를 예측한다. 이러한 결과를 비교, 분석함으로써 예방 유지보수의 기준값을 설정한다. 만약 임의의 진동 측정값이 기준치를 초과할 경우에는 시설 담당 부서에 통보하여, 관련 시설물에 대한 점검을 요청함으로써 장애를 미연에 방지할 수 있을 것으로 예상된다. 두 번째로, 선로변에서의 진동 측정값과 시설 담당부서에서 검측 차량에 의해 측정된 진동 측정값간의 상관관계를 조사, 분석함으로써 선로변 설비에 대한 지상에서의 진동 기준값을 구할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 위해서는 일정 기간 동안 지상에서의 측정 데이터와 차량에서의 측정 데이터를 수집한 후, 관련 자료에 대한 대응 관계를 분석, 연구할 필요가 있다.

4. 결론

예방 유지보수 차원의 주기적인 유지보수 형태로 진동에 의한 장애가 예상되는 지점에서 진동값을 측정한다. 특히 장애 발생 전, 후의 진동값을 측정하여 관련 설비에서의 진동 한계를 예측한다. 이러한 결과를 비교, 분석함으로써 예방 유지보수의 기준값을 설정한다. 만약 임의의 진동 측정값이 기준치를 초과할 경우에는 관련 시설물에 대한 점검을 실시함으로써 장애를 미연에 방지할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 선로변 진동 측정값과 검측 차량의 진동 측정값간의 상관관계를 조사, 분석함으로써 선로변 설비에 대한 진동 기준값을 설정해야 한다. 이를 위해서는 일정 기간 동안 지상에서의 측정 데이터와 차량에서의 측정 데이터를 수집한 후, 관련 자료에 대한 대응 관계를 분석, 연구할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 고속선 신호설비 안정화와 성능 개선을 위한 연구 보고서, 2005, 한국철도기술연구원
- [2] 김용규, 백종현, 김종기, "고속분기기의 펠 크랭크 파손에 따른 장애 원인 분석", 한국철도학회 하계학술대회 논문집.