

# 살사 재료가 고속차량(KTX) ATC 신호에 미치는 영향분석

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

윤차중\*                      이해재\*\*                      조용기\*\*\*                      김진규\*\*\*\*                      최선규\*\*\*\*  
Yun, Cha-Jung              Lee, Hae-Jae                  Cho, yong-Gee                  Kim, Jin-kyu                  Choi, Shun-gyu

---

### ABSTRACT

When the high speed train (KTX) departs from station in the high-speed line, sometimes on board signal disappears, which causes a hindrance of the operation punctuality, therefore, we have a research objective to verify the causes of hindrance and to find an improvement plan.

In the process of research, when train left, we applied sand on the rail to improve adhesive power, whose sand has an effect on the ATC(Automatic Train Control) signal wave.

We detected & analyzed signal waves which came from detecting device by changing operation condition in accordance with sand material

---

## 1. 서 론

고속선 정거장에서 고속열차가 발차할 때, 일시적으로 차상신호가 소멸되는 현상이 발생함에 따라 원인을 분석하고 대책을 마련하기 위한 연구의 필요성이 대두되었다. 현재 철도공사의 고속차량은 전 노선이 고속전용 노선으로 개통되어있지 않음으로 인해 기존 신호제어 시스템인 ATS로, 고속선은 ATC 신호시스템으로 병행하여 운영되고 있다. 이로 인해 현재 순수하게 ATC로 제어되어지는 역은 소수 몇 개 역으로 한정된다. 본 연구는 현상 빈도가 가장 높은 광명역을 중심으로 시험을 시행하였고 측정 방법 및 위치는 KTX 동력차량에 있는 신호제어 Modul에서 신호검측 장비를 활용하여 측정하여 파형을 검출하고 분석하였으며 본 논문에서는 KTX 36호 편성에 장착돼 있는 검측장비에서 측정하고 분석한 내용 위주로 기술하였다. 본 연구는 특히 살사기능이 동작되어졌을 때 신호 소멸현상이 발생되어졌다는 부분에 대하여 관심을 가지고 연구 수행하였다. 연구진행은 신호소멸 현상 관련하여 차량의 운행기록에 대해 분석하였고, 정확한 신호소멸이 발생하는 위치와, 신호주파수를 변복조하고 송수신하는 신호시스템의 지상설비와 차량에 설치되어 있는 신호설비에 대한 계연성 및 각 장치의 정상동작 여부 등에 대하여 조사 분석하였다.

### 1.1 연구목적

고속차량(KTX)이 정거장(광명역, 천안안산역)에서 정차 후 출발할 때 살사( 모래살포 ) 기능이 동작할 경우 ATC 차내 신호가 간헐적으로 차단되는 현상이 발생되어 고속차량 정시운행에 지장을 주고 철도신뢰도에 영향을 초래함으로써 발생 원인을 분석하고 개선방안을 도출하는데 목적을 두고 연구 수행하였다.

### 1.2 연구범위

현재까지 발생한 현황조사는 기후조건(우천, 강설, 습도 등)에 따른 신호전류의 변화와 살사량 및 살사재료로 사용되고 있는 재료의 입도, 재질 등이 ATC 신호주파수에 미치는 영향성 등을 알아보기 위하여 시험하고 분석하였으며, 살사용 모래에 대하여 5종의 시료 수집 후 입도 시험 및 화학성분 시험을 통한 상호간 비교 분석 하였다.

## 2. 본 문

### 2.1 ATC 시스템 개요

### 2.1.1 ATC 장치

경부고속철도 KTX의 ATC 시스템( TVM430 )은 안전한 열차운행을 보증하는 중추 신경망의 하나로써 열차운행에 영향을 주는 모든 정보를 수집하고 각 열차간의 안전운행에 필요한 운행순서 등을 결정한다. 그 구성은 다음과 같다.

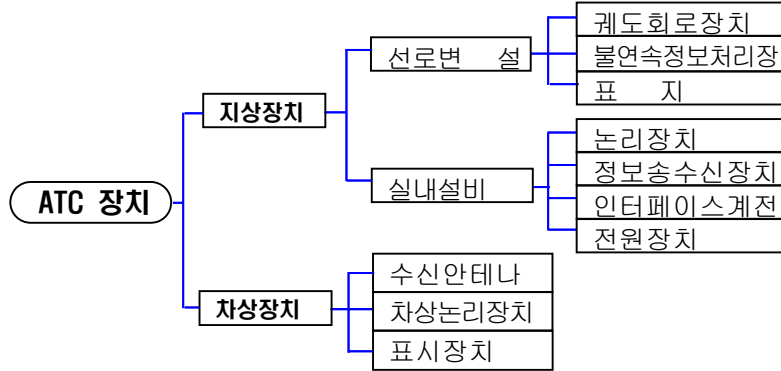


그림 1. ATC 장치 구성도

TVM430 장비는 [그림2] 에 나타나는 것과 같이 선로변의 거의 모든 시스템과 인터페이스 되며  
 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 유지보수 센터, ④ 선로 상에서 작업하는 유지보수 인력의 안전을 위한 설비, ⑤ 축소검지장치 ⑥ CTC 및 SCADA를 경유하는 전차선 전압 검지장치, ⑦ 각종 검지장치(강우, 강설, 강풍, 끌림 및 지장물 검지장치), ⑧ 차량의 제동장치 및 감시설비 등 차상 신호설비 등과 연결되어져 있다.

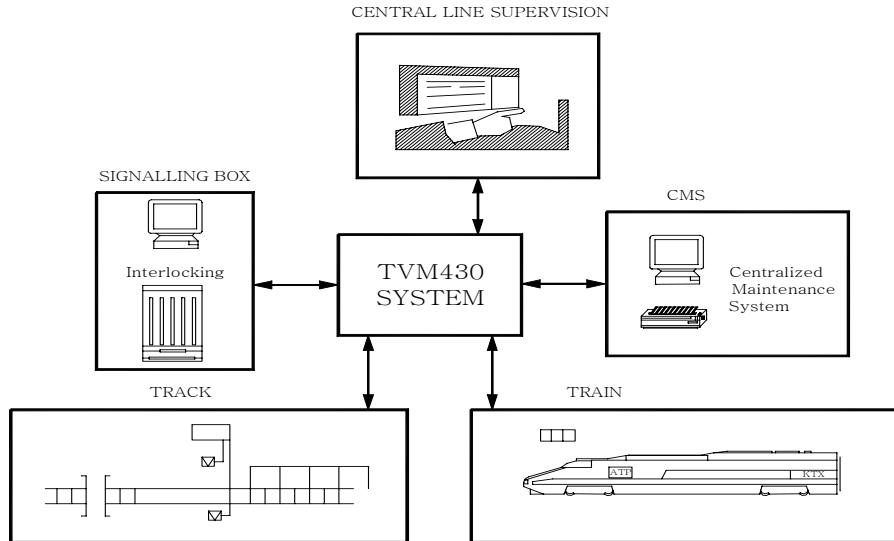


그림 2. TVM430 시스템 연결 구성도

### 2.1.2 AF궤도회로의 반송주파수 및 배열

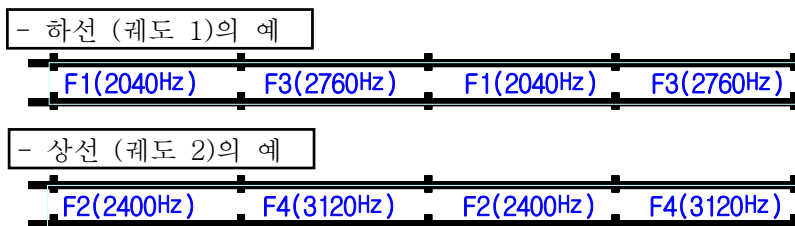


그림 3. 궤도회로 주파수 사용 예

### 2.1.3 불연속 정보전송장치

정보전송장치로부터 수신된 불연속 정보를 선로에 따라 포설한 루프코일을 통하여 차상장치로 전송하는 장치로 전송 내용은 ATC 지역 진출/입 여부, 양방향 운전을 허용하기위한 운행방향 변경, 터널 진출/입 시 차량내 기밀장치 동작, 절대정지구간 제어, 전차선 사구간 정보 제공 등이다

### 2.1.4 연속 정보 발생 원리

연속 정보는 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. (존재하면 1, 존재하지 않으면 0)

$A_i$  :  $i$  번째 주파수 신호의 크기,

$F_i$  :  $i$  번째 주파수 신호의 주파수

$\phi_i$  :  $i$  번째 주파수 신호의 초기 위상,

$$\text{합성된 VLF 신호 변조 } s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 2\pi\kappa \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

여기서,

$s(t)$  : FM 변조된 신호,  $A_c$  : 반송파 크기,  $f_c$  : 반송파 주파수 (2040, 2400, 2760, 3120 중 하나)

### 2.1.5 연속 정보 복조

CRNB에서 반송파 신호의 검출, FM 복조, DFT를 이용한 VLF 주파수 신호 검출을 통하여 28비트의 연속 정보를 복조한 후 VME 버스를 통하여 CUCB 로 전송한다.

### 2.1.6 반송파 검출

연속 정보 신호는 4개의 반송파 신호를 사용한다. 각각 2040Hz, 2400Hz, 2760Hz, 3120Hz 이며 각 궤도 마다 하나의 반송파를 사용한다. 따라서, CRNB 에서는 네 개의 반송파 중 현재 궤도 회로의 반송파를 검출해야만 한다. 반송파 검출을 위해서 디지털 대역 통과 필터를 사용한다. 대역 통과 필터는 특정 대역의 주파수만을 통과시키는 필터로써, 네 개의 반송파 주파수를 중심 주파수로 하는 대역 통과 필터를 사용한다.

### 2.1.7 FM 복조

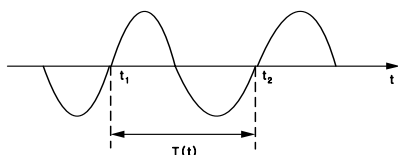
FM 변조된 신호의 식은 다음과 같다.

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

변조된 신호  $s(t)$ 는  $m(\tau)$ 에 따라 순시 주파수  $\frac{1}{2\pi} \frac{d\Phi(t)}{dt}$

(여기서,  $\Phi(t) = 2\pi F_c t + 2\pi\kappa \int_0^t m(\tau) d\tau$ ) 가 편이를 일으키며  $s(t)$ 의 순시 주기를 검측하여  $m(\tau)$ 을 복조하게 된다.

그림에서  $t_1$  과  $t_2$  에서  $s(t)$  가 0이라 하면,  $t_2 - t_1$  은 그 순간의 순시 주기가 된다.  $t_1$  과  $t_2$  에서  $\Phi(t)$  을 구하면 다음과 같다.



$$2\pi f_c t_1 + 2\pi\kappa \int_0^{t_1} m(\tau) d\tau = 2\pi\kappa \quad (a)$$

$$2\pi f_c t_2 + 2\pi\kappa \int_0^{t_2} m(\tau) d\tau = 2\pi\kappa \quad (b)$$

식 a 에서 식 b 을 빼고 양변을  $t_2 - t_1$  로 나누어 주면

$$f_c + \frac{\kappa}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(\tau) d\tau = \frac{1}{t_2 - t_1} \text{ 와 같다. } \frac{\kappa}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(\tau) d\tau = \frac{1}{t_2 - t_1} \text{ 는 } t_1, t_2 \text{ 동안 } m(\tau) \text{ 의}$$

평균값이므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\kappa m_{t_1 t_2} = \frac{1}{T(t)} - f_c$$

즉, 순시 주기를 구하면 순시 주기 동안의 메시지의 평균값을 구할 수 있음을 알 수 있다. 반송파 신호에 비하여 메시지 신호는 매우 낮은 주파수 신호이므로 반송파에 비하여 그 변화가 매우 느리다. 따라서 순시 주기 동안의 평균값을 사용해도 무방하다.

### 2.1.8 DFT

DFT 는 이산 시간 신호에 대한 푸리에 변환을 제공하는 것으로 복조된 신호의 주파수 스펙트럼을 분석하기 위하여 사용한다. 즉, 각 VLF 주파수 신호의 존재 유무 조사하게 되는데 DFT 다음 식과 같이 정의된다.

$$X(\kappa) = \sum_{n=0}^{N-1} \chi[n] e^{-j2\pi n\kappa/N}$$

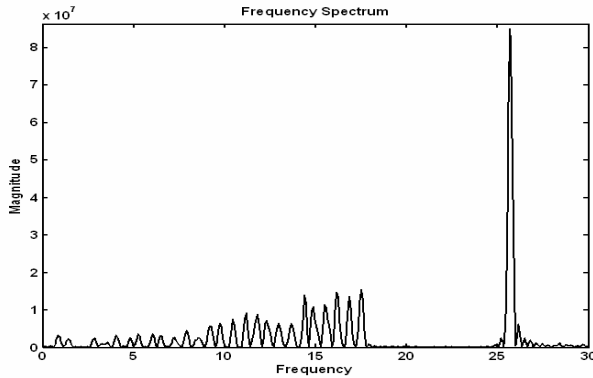


그림4는 임의의 VLF 주파수 신호 합성을 FM 변조한 신호를 FM 복조한 후 DFT 한 결과를 보인다.

그림 4. DFT 결과 예

위 DFT의 결과를 이용하여 28bit 메시지를 구성한 후 VME bus를 통하여 CUCB로 전송한다.

## 2.2 사용 모래 종류별 수집 및 분석

### 2.2.1 기 사용된 살사용 모래

Go-Team의 활동결과 살사용 모래로 인해 신호현상과 연관이 있다는 내용에 따라 살사용 모래가 신호 주파수에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 현재 우리 철도공사에 납품한 실적이 있는 업체의 모래와 수도권 철도차량 관리단과 부산 철도차량 관리단에서 사용 중인 살사 모래를 수집하고, 이에 대하여 입도 시험 및 화학성분을 시험 분석하였다.

현 KTX 사용모래

국내 사용 중인 살사용 모래 현황



	
사용소속 고양관리단배속기	사용소속 부산관리단배속기
사용편성 1~29호 편성 (36호 편성 포함)	사용편성 30~46호 편성 (36호 편성 제외)
입 도 0.97~1.93	입 도 0.3~1.0
제작사 대호규사	제작사 주문진규사

그림 6. 고양부산관리단 사용 중인 살사 모래


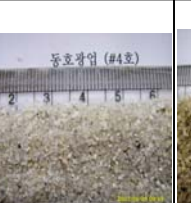

사 진			
	대호규사 (#4호)	동호광업 (#4호)	삼양소재(#5호)
제작사	대호규사	동호광업	삼양소재개발
규 격	4호사	4호사	소토사 5, 6호사
입 도	(0.97~1.93)	(0.425~1.18)	(0.3~0.9)

그림 7. 철도공사에서 사용실적이 있는 살사용 모래

### 2.2.2 살사용 모래 성분분석

한국철도공사에서 사용하고 있고 기존에 사용한 적이 있는 모래에 대하여 한국건설시험연구원을 통해 1품목(모래) 5종(고양, 부산관리단 사용 모래 등)에 대하여 화학성분을 분석의뢰하였고, 또한 각 모래에 대한 강도를 측정하기 위하여 시험하였다. 시험방법은 KS L 2101(규사 및 규석 화학 분석 방법), KS F 2515(염화물 함유량 시험방법), 파괴시험(강도) 방법은 현재 KS에 시험방법이 없는 모래의 파괴시험을 위하여 시험 분석의뢰서 내용에 추가하여 입도시험을 요청하고 그 시험 방법을 다음과 같이 제시하여 시험하였다. 제시한 시험방법은 시료 5종에 대하여 각각 약100g~200g을 채취하여 KS F 2502 시험방법에 따라 입도 시험하고, 입도 시험 한 시료를 지름 150mm의 철편 가압 판에 끌고루 분포시킨 후 축중 하중 무개인 압축하중 80~100KN의 힘으로 가한다. 압축하중을 제거 후 시료를 KS F 2502 시험방법에 따라 입도 시험한다.

### 2.2.3 살사용 모래 화학분석 시험결과

구 분	KTX 사용품			기존 살사용 모래		
	프랑스 모래	고양 배속기	부산 배속기	○○ 규사	○○ 광업	○○ 개발
규토(SiO2)	85.58	85	87.9	84.3	88.5	87.9
산화철(Fe2O3)	0.88	0.60	0.29	0.54	0.21	0.65
산화티탄(TiO2)	0.21	0.05	0.05	0.05	0.09	0.09
산화알루미늄(Al2O3)	7.95	5.5	5.2	5.4	4.8	5.5
석회(CaO)	0.03	1.6	0.41	1.1	0.27	0.25
산화마그네슘(MgO)	0.26	0.13	0.10	0.17	0.06	0.13
산화칼륨(K2O)	3.43	2.2	2.1	2.0	1.6	1.8
산화나트륨(Na2O)	1.38	0.96	1.2	0.99	0.82	0.86
유황(SO3)	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06
인산염(P2O5)	0.07	0.07	0.11	0.06	0.10	0.01
산화망간(Mn2O3)	0.03	0.10	0.08	0.09	0.07	0.11
염화물(Cl-)	0.005	0.019	0.014	0.016	0.009	0.011

표 1. 5종의 모래 화학시험 분석 결과

구 분	KTX 사용품				○○규사		○○광업		○○개발	
	고양배속기		부산배속기		규사(4호사)		규사(4호사)		강모래(4호사)	
시험항목	입축전	입축후	입축전	입축후	입축전	입축후	입축전	입축후	입축전	입축후
2.5mm	99	99	100	100	99	100	99	100	100	100
1.2mm	27	40	93	93	2	19	30	41	98	98
0.6mm	6	14	14	23		9	5	15	2	12
0.3mm	2	8		7		5	2	8	1	7
0.15mm	1	4		3		3	1	4		3
0.08mm	1	2		1		1	1	2		1

표 2. 압축 후 채를 통과하는 무게 백분율(%)


### 2.3 해외 사례 및 기타 살사재료

해외 사례중에서 일본 철도 종합연구소의 증점착재 분사장치 세라젯트를 연구한 오오노 가오루(大野 薫)의 증점착재 분사 장치가 있다. 본 연구내용과 밀접하다고 판단되어 향후 우리나라의 연구자들이 염두에 두어야 할 내용이라 판단되어 그들이 소개한 내용을 간단하게 언급해 두고자한다.

철도에 있어서는 그 여명(시작)기로부터, 구동시의 공전방지와 제동시의 활주방지용으로 차륜-레일 사이에 모래를 뿌리는 것(살사장치)이 널리 사용되어 왔다. 그러나 살사는 대량의 모래를 뿌리기 때문에, 지상설비의 불편을 초래하는 문제가 있었다. 또 고속 역에서는 효율이 극단적으로 저하하기 때문에, 유효한 증점착재 수단이 되기 어려웠다. 본 개발은 이러한 결점과 문제점을 해소하는 것이다. 극소량의 세라믹스입자를 고속으로 차륜-레일사이에 정확하게 분사 공급하는 것에 의해, 종래의 살사 이상의 높은 공전-활주방지 효과를 얻을 수 있었다. 특히 고속 역에서는 400km/h 넘는 속도에서도 유효하게 작용한다. 본 개발에 의해, 기관차에 있어서는 살사량과 런닝코스트의 대폭저감을 실현하고, 또한 종래는 적용이 곤란하였던 신간선과 재래선 차량의 고속역 증점착이 가능하게 되었다. 예를 들어 300km/h 운전의 신간선전차에서는 강우시의 비상제동거리를 종래보다도 1000m 전후 단축하는 것을 실현하였다. 또한 공전-활주에 의해 생기는 차륜-레일의 손상을 경감하는 것에 따라 이것들의 수명을 연장하고, 자원의 절약에 기여하고 있다. 신간선과 재래선의 최고속도향상을 염두에 둔 개발을 시작으로 한 본 방법이, 결과적으로 그 범위를 큰 폭으로 넘어, 지금까지는 신간선에서 노면전차까지, 살사장치 전체의 대체 방법으로서 모든 차종에 전개하는 것이 가능하였다.

세라젯트의 원리는 입자 0.3mm 알루미늄이나 차륜과 레일사이에 고속으로 미세한 량이 사용되어 겹을 때 10um 크기로 부서져 30,000개의 돌기로 작용하도록 하는 원리이고, 효과로는 ① 400km/h 넘는 속도에서도 유효하게 작용 ② 300km/h 속도에서 점착계수 0.04~0.05 ③ 종래의 살사보다 점착계수 10~15% 상승 ④ 알루미늄을 10g/min 분사하면 점착계수는 0.08 이상임을 확인 ⑤ 레일면 상에 폭 25~30mm에 정확하게 분사하기 때문에 소량(표준 30g/min, 종래 1500g/min)사용으로 도상

의 균음과 단락장애의 우려 없음 ⑥ 비상제동거리 1000m 단축 등이다.



화학성분	
Al2O3	99.80
Na2O	0.15
SiO2	0.03
Fe2O3	0.01
기타	0.01
- 비중 : 3.97	

그림 8. 알루미늄( 세라믹의 일종 )  
- 동일본 철도 700계에 상용중인  
살사 재료( F36 )



쇼트볼 : Go-Team 활동결과 살사용 모래로 인해 차륜과 레일사이의 전도성에 영향을 준다는 결과에 따라 재질이 전기 전도성이 강한 철모래( 쇼트볼 )를 시험용으로 확보하였다. 이를 이용하여 현장에서 현차를 이용한 살사모래 대치품으로 활용하여 시험하였다.

그림 9. 기타  
- 쇼트볼( 서울쇼트공업 제공 )  
살사재료( SG0.8 )

### 3. 현차(KTX 36호 편성)를 이용한 현장시험

현장시험은 '07. 11. 06. 21:30 ~ 11.07. 05:30 시간대에 광명역 구내 T4선 (상 부분선, AM 0428)에서 시행하였다. 주요내용으로는 현차(KTX 36호)를 이용하여 책임자가 지상시험 조건( 연출 상태 )등을 고려하고 결정하여 회차별 진행하고 매 회차 시험 후 시험 결과를 분야별(신호분야, 차량제어분야, 검측 장비분야)로 내용을 기록유지하고, Data 수집 후 분류 저장 등 Raw Data를 확보하고 신호기계실에는 송수신 신호전류 측정 및 Monitoring 후 Data화 하도록하고 시행하였다. 시험에 참여한 시험자들은 각자에게 주어진 행동기준에 맞춰 안전을 우선시하며 참여하였고, 종합관계실의 신호사령과 운전 승무원은 사전에 배포한 시나리오와 연구책임자의 지시에 따라 시험에 동참하였다. 또한 수도권철도차량관리단 분석팀에서는 시험 중 신호현상분석을 위한 Progmid 화면 Catcher해서 제공해 주기로하였다.

#### 3.1 시험현장 개인별 임무

##### ① 1조 개인별 임무

시간	내 용	업무담당자
10/30 21:00~ 23:00	- 현차내 시험 준비 및 관리단 업무협조 · PIC Rack 봉인 해제 · 차량내 AC22V 전원 연결 · CRNB Board Extension Board 설치 · 측정 장비 설치	최○○,김○○ 엄○○,한○○,김○○ 엄○○,한○○,김○○ 엄○○,한○○,김○○
	- 신호전류 검측장비 가동 시험	임○○
	- 시험시 운전 조건 등 운전승무원과 협의 및 설명	조○○,임○○
23:00~ 00:20	- 36호 열차회송 (고양관리단→광명역) - 시험선(T4)에 유치	탑승자 자○○,최○○ 김○○,임○○
10/31 00:30~ 04:30	- 현차시험 4회차 시험부터 차량 살사장치 기능 정지	최○○,김○○
04:30~ 05:30	- 열차회송 (광명역→고양관리단)	탑승자 자○○,최○○,임○○
04:30~ 06:00	- 시험 장비 철거 등 · 차량내 시험 뒷정리 · PIC Rack 봉인 · 차량 Condition 점검	자○○,최○○,김○○,임○○ 최○○,김○○ 최○○,김○○

표 3. 1차시험 개인별 임무(1조)

##### ② 2조 개인별 임무

시간	내 용	업무담당자
10/30 21:00 ~22:30 0	- 시험내용 설명 및 업무협의 · 광명고속관제실, 광명역 조영관계 등 · 광명신호제어사업소 방문 · 살사재료 이송( 승용차 )	(직위생략) 유○○,이○○,윤○○ 윤○○,박○○,이○○ 윤○○
~23:30 0	- 시험현장 조사 및 사전준비 · 지상조건 및 살사재료 · 신호계전기실 시험 Rack 파악 등 · 통신체제 점검	윤○○,이○○,이○○ 윤○○,박○○ 이○○
~00:20 0	- 36호 열차회송 (고양관리단→광명역) - 시험선(T4)에 유치 - 수동살사로 모래 도포정도 사전 확인	윤○○,조○○,박○○
10/31 00:30 ~04:30 0	- 현차시험 총관리	이○○,윤○○,조○○
	- 살사 재료 살포 및 시험조건 연출	조○○,윤○○
	- LCS 취급( 신호쇄정 해정 )	박○○
	- PIC Rack 신호전류 측정(동력차)	엄○○,한○○
	- 지상설비 설치위치 실측	윤○○,이○○,조○○
- 차량 신호 검측장비 운영	임○○	
- 신호계전기실 신호전류 측정 및 모니터링 자료 data 화	윤○○,최○○	
- 시험 후 현장 뒷정리	윤○○,박○○,이○○	

표 4. 1차시험 개인별 임무(2조)



### 3.2 현장 시험 Check List 및 시험 측정 Data

#### 3.2.1 [3회차, 4회차] 시험

차수	3		시간	속도	정상
지상 시험 조건	살사방법	수동살사	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	대호규사(0.97~1.93)			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b>					
1> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 견인력을 최대상태에서 정상속도로 견인 추진 2> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 3> 열차 퇴행 4> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 5> 3회차 종료					
- 시험결과 · 3차 : 02:37 시작 · 자동 살사를 실시했으나 살사가 이루어 지지 않음					

표 5. 3회차 시험결과

차수	4		시간	속도	급발진
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	주문진 규사 4호 (0.3 ~1.0)			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b>					
1> 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포 2> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인상태로 급발진 추진 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 4회차 종료					
- 시험결과 · 4차 : 02:43 시작 · 수동살사( 대호규사 4호)					

표 6. 4회차 시험결과

#### 3.2.2 [5회차, 6회차] 시험

차수	5		시간	속도	급발진
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	알루미나 0.7mm			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b>					
1> 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포 2> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인상태로 급발진 추진 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 5회차 종료					
- 시험결과 · 5차 : 02:48 시작 · 주문진 규사 살사 연출					

표 7. 5회차 시험결과

차수	6		시간	속도	급발진
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	알루미나 0.8mm			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b>					
1> 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포 2> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인상태로 급발진 추진 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 6회차 종료					
- 시험결과 · 6차 : 02:53 시작 · 알루미나 0.7mm 살사 연출 시험					

표 8. 6회차 시험결과

3.2.3 [7회차, 8회차] 시험

차수	7		시간	속도	급발진
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	주문지 규사 4호 + 알루미늄 혼합			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b> 1> 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포 2> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인상태로 급발진 추진 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 7회차 종료 - 시험결과 · 7차 : 02:59 시작 · 알루미늄 0.8mm 살사 연출 시험 					

표 9. 7회차 시험결과

차수	8		시간	속도	급발진
지상 시험 조건	살사방법	살사 연출	차량 운전 조건	견인력	만부하
	살사종류	쇼트볼 (SG 0.7mm)			
	마분지				
	기타				
<b>시험절차</b> 1> 신호변환지점 앞의 레일에 살사재료를 손으로 도포 2> 열차를 신호변환지점의 정차상태에서 만부하 견인상태로 급발진 추진 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 8회차 종료 - 시험결과 · 8차 : 03:10 시작 · 쇼트볼 시험 					

표 10. 8회차 시험결과

3.2.4 [9회차, 10회차] 시험

차수	9		시간	속도	정상
지상 시험 조건	살사방법	-	차량 운전 조건	견인력	정상
	살사종류	-			
	마분지	마분지 설치			
	기타				
<b>시험절차</b> 1> 신호변환지점 앞 레일에 마분지를 설치 2> 열차의 첫번째 차축을 마분지 위에 정차 3> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 4> 열차 퇴행 5> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 6> 9회차 종료 - 시험결과 · 9차 : 03:18 시작 · 혼합물 시험( 주문진규사 + 알루미늄 0.8mm ) 					

표 11. 9회차 시험결과

차수	10		시간	속도	정상
지상 시험 조건	살사방법	-	차량 운전 조건	견인력	정상
	살사종류	-			
	마분지	마분지 설치			
	기타				
<b>시험절차</b> 1> 첫번째 차축은 BU설치 지점을 통과한 한쪽 레일 마분지 위에 위치하고 두번째차축은 BU 설치 이전상태에서 열차를 정차 2> 시험 결과 확인 및 차상신호 측정 data 저장 3> 열차 퇴행 4> 1> ~ 3> 시험 1회 반복 5> 10회차 종료 - 시험결과 · 10차 : 03:26 시작 · 마분지위에 올려놓고 테스트후 퇴행으로 데이터 활용 곤란 					

표 12. 10회차 시험결과



### 3.2.5 시험사진



그림 11. 1차 시험 현장 사진

## 4. 결론

### 4.1 살사 재료의 재질 및 살사 방법개선

본 연구에서는 살사재료로 사용되어지는 모래가 신호 소멸현상과의 개연성을 확인하고 개선방안을 도출하는데 목적을 두고 추진하였으며 살사용 모래가 신호 전도성에 영향을 미칠 수 있다는데 기인하여 연구를 추진하였다. 이를 증명하기 위하여 총 8종(알루미나 2종, 쇼트볼, 기존 사용모래 5종)의 살사 재료를 가지고 '07. 11. 06. ~ 11.07. 광명역 구내 T4선( 상 부분선, AM 0428 )에서 KORAIL의 12부서의 협조와 지원 아래 11회의 현차를 이용한 현장시험을 시행하였다.

먼저 전기 전도성이 우수한 재질( 주강 )인 0.8mm 크기의 쇼트볼의 경우 1차 시험시(8회차 시험) 차량내 신호검측 장비를 가지고 측정한 결과와 기존 사용해 오던 모래를 사용했을 때와 신호과형을 비교해보면 살사 재료의 전기 전도성이 신호과형에 분명히 영향을 준다는 사실을 입증하였다. 이는 동력차량 설치되어있는 신호설비인 CRNB 보드에서 신호과형을 측정한 결과에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이 시험결과를 볼때 쇼트볼과 같이 전기전도성이 우수한 재질을 살사 재료로 사용할 경우 신호소멸 현상은 분명히 사라질 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이 쇼트볼을 살사 대치용으로 사용할 것을 적극 추천하지 못하는 이유는 장기간 사용했을 경우 궤도회로 및 기타 선로 상에 어떤 영향을 주는지에 대해 확인되어진바 없고 특히, 최근 환경에 대한 관심도가 대단히 높아져 가고 있기 때문에 만약 재질이 주강으로된 쇼트볼을 장기간 사용하여 선로변과 역 홈 레일이 녹으로 얼룩지게 되면 철도를 이용하는 고객이나 환경단체의 많은 지적과 함께 유해성에 대한 문제 제기 가능성 등이 우려되기 때문이다.

두 번째 시험재료로 사용한 것은 동일본 철도의 700계에서 사용하고 있다는 알루미나<sup>1)</sup>를 입수하여 시행한 시험내용이다. 1차시험( 5, 6, 7 회차 )시 알루미나의 크기는 6회차 시험 때는 0.7<sup>2)</sup>mm, 7회차 시험은 0.8<sup>3)</sup>mm 크기의 알루미나 두 종류를 사용했으며, 7회차 시험은 기존 살사용 모래와 5:5 혼합하여 시험하였다. 처음 알루미나를 입수하기 전에는 알루미나 재질의 특성상 신호전류에 영향을 미치지 않을 것이라 예상하고 시험 했으나 시험을 통해 확인 된 결과는 다르게 나왔다. 각 회차별 시험시 사용량을 기존 살사모래의 1회 동작시 사용량 약 300ml를 인위적으로 살사 연출하고 신호전류의 변화도를 분석하여 보니 오히려 기존 모래와 비슷한 성향을 보이거나, 더 좋지 않은 결과를 보여주었다. 그 원인을 알아본 결과 살사량에 문제가 있었음을 알게 되었다. 일본에서는 알루미나를 사용하기는 하지만 종래의 살사 사용량 1500g/min을 30g/min으로, 사용되는 량을 정밀하게 제어하여 사용할 수 있는 “세라젯트”라는 분사장치가 살사 및 살사장치 기술의 핵심 이었다. 이상의 시험 결과로 볼때 주파수에 영향을 미치지 않고, 레일과 차륜에 압착되었을 때 미세하게 분

1) 근기연마재공업주식회사, 품명 : 리케이랜덤 WA-G F30, F36,

2) 리케이랜덤 WA-G F30

3) 리케이랜덤 WA-G F36

열되어 차륜의 Shunt에 영향을 미치지 않고 증점착력을 향상 시킬수 있는 재질의 재료 또는 기술을 선택해야 하지만 현재 까지는 합당한 재료는 찾지 못했다. 다만 일본에서 상용화하여 고속차량에서 기존차량의 살사장치 영역으로 넓혀가고 있는 살사장치에 대하여 우리 철도차량 운영 특성과 지리적, 자연환경 특성에 맞는 지 여부를 충분히 검토해 보고 그 결과에 따라 기존 철도차량과, KTX, 그리고 새롭게 개발되어지는 고속철도차량에 반영하는 방안도 신중히 검토해 볼 필요가 있다고 판단된다.

#### 4.2 추가 연구 필요성

본 연구를 수행하면서 살사재료 또는 살사재료가 차륜과 레일에 미치는 영향성 등에 대한 선행연구 사례를 찾아보았으나, 아쉽게도 국내 자료는 찾지 못했다. 이러한 부분에 대해서도 살사 재료가 레일과 차륜에 미치는 영향과, 입도를 변경했을 때 점착력 변화 등에 대한 연구도 폭 넓게 진행되어져야 할 것으로 사료된다. 특히 차량, 시설, 전기분야 상호간에 인터페이스되는 분야에 대해서도 지속적인 관심과 연구가 진행되어져야 할 것으로 사료된다.

#### 5. 감사의 글

본 연구를 수행하면서 바쁜 일정 중에도 자문을 요청할 때 마다 아낌없이 지원해준 LG 중앙연구소 조용기 책임연구원님을 비롯한 직원분들과, 연구를 소신껏 수행해 갈수 있도록 믿고 맡겨주신 KORAIL 철도연구원장님을 비롯한 간부님들과 현장시험을 할 때 새벽 시간임에도 불구하고 적극적으로 참여하여 경험과 Know-how를 지원해준 KORAIL 직원 동료분들께 지면을 통해 다시 한번 감사의 말씀드립니다.

#### 6. 참 고 문 헌

1. 철도경영연구원, 고속철도 신호기술( I , II ), 2002
2. 고양고속철도차량정비창, 자동열차제어장치(TVM430), 2004
3. 철도인력개발원, 운전실무 및 모의 운행·비상시 조치요령, 2007
4. 한국철도공사, 고속철도운전취급매뉴얼, 2006
5. 황재호 “(아카데미)신호와 시스템” 교우사, 2004
6. 김영태, “철도신호제어시스템”, 개정4판, 2006
7. 광두영, “LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution, Ohm사, 2002
8. 새로운 철도차량 브레이크기술( I ), 이상운·이종문,
9. 大野(오오노)薰 : 기계연구. 제49권, 제 9호(1997), p.980
10. 大原(고하라)孝則 외 1인 : 기계연구 제49권, 제 10호(1997), p.1093
11. 熊谷(구마다니)則道 외 2인 : 기계연구 제49권, 제 11호(1997), p.1161
12. 2007 대한전기학회 하계학술대회, 이태훈 외 4명
13. 고속선 ATC 차내 신호 소멸 원인규명GO TEAM 운영결과 보고, 2006. 9.
14. Investigation on the ATC onboard racks locking after departure from Gwangmyeong or Cheonan station Report.
15. 일본 철도종합연구소의 大野 薰(오오노 가오루) 연구원이 개발한 증점착재분사장치 세라젯트에 대한 소개자료