고속차량(KTX) ATC 신호에 미치는 살사재료별 영향 분석

The Analysis of Influence on High-speed Train(KTX) ATC Signals according Sand Materials

윤 차 중* · 노 명 규†

(Cha-Jung Yun · Myoung-gyu Noh)

Abstract - When the high speed train (KTX) departs from station in the high-speed line, intermittent on-board signal disappearance 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. process of research, when train leaves the station, we applied sand on the rail to improve adhesive power, that sand has an effect on the ATC(Automatic Train Control) signal wave. We detected & analyzed signal waves which is came from detecting device by changing operation condition in accordance with sand material overage detection to be achieved.

Key Words : ATC, Send ingredient, Using sand(Salsa), KTX-1, High speed train

1. 서 론

1964년 일본의 신칸센을 시작으로 1981년 프랑스의 TGV, 1991년 독일의 ICE, 스페인의 AVE에 이어 우리나라는 2004년부터 고속철도를 운영하고 있다. 독자적으로 개발하여 운영하는 일본, 프랑스, 독일과는 달리 스페인 고속철도처럼 우리나라도 프랑스의 TGV 기술을 바탕으로 건설되어 운영하고 있다.

한편 고속철도 운영과정에서 일부 문제점들도 나타났는데 대표적인 사례로 프랑스의 운영 환경조건과 우리나라 운영 환경조건 차이에서 발생하는 일부 문제점들이다. 고속차량(KTX)이 정거장(광명역, 천안안산역)에서 정차 후 출발할 때 살사 기능이 동작할 경우 ATC 차내 신호가 간헐적으로 소멸되는 현상이 발생되고 있다. 이로 인해 고속차량 정시 운행에 지장을 주고 고속철도 운행 정시율에 영향을 줌으로써 철도교통 이용 고객에게 불편을 초래함에 따라 발생 원인을 규명하고 해결방안을 도출할 필요성이 대두되었다.

본 논문은 KTX 동력차량에 있는 신호제어 Modul에 별도의 신호검측 장비를 부착하여 입력되는 신호주파수를 측정하고 파형을 검출하여 분석하였으며 그 내용을 KTX 36호 편성에 고정으로 장착돼 있는 검측장비에서 측정하고 분석한 내용을 비교분석하였다. 이를 위해 ATC 소멸현상 빈도가 가장 높은 광명역을 중심으로 시험을 시행하였고 특히 살사(모래살포)기능이 동작되어졌을 때 신호 소멸현상이 발생하는 것으로 유추된다는 유지보수원들의 사전조사 내용에

대하여 초점을 갖고 연구하였다. 광명역이 발생빈도가 높은 이유는 고속선 정차역은 구배가 없게 건설되는 것이 기본이지만 광명역 주변 지형의 특성상 28/1000의 구배로 건설되어졌고 이로 인해 차륜과 레일 간 마찰력 증대를 위해 출발 시 살사가 비교적 많이 동작한다는 사전 조사결과를 근거로 수행하였다. 연구의 효율화를 위해 연구 범위를 아래와 같이 4개로 설정하였다.

- (1) KTX 신호소멸 현상 관련하여 차량의 운행기록 분석
- (2) 신호소멸현상이 발생할 때 기후조건(우천, 강설, 습도 등)에 따른 KTX 차량 제어용 신호전류 및 주파수 상관관계
- (3) 신호주파수를 변복조하고 송수신하는 신호시스템의 설비(지상설비)쪽과의 개연성과 차량에 설치되어 있는 장비 및 설비에 대한 적정성
- (4) 살사량 및 살사재료로 사용되고 있는 재료의 입도, 재질 등이 신호주파수에 미치는 영향성 등을 알아보기 위한 시험

특히 본 논문은 (4) 항에서 수행한 내용으로 시험에 사용된 살사용 재료는 현재까지 코레일에서 철도차량에 살사용으로 사용했던 모래시료 5종과 프랑스에서 사용하는 살사용 모래를 수집하여 입도 시험 및 화학성분을 시험 분석하였으며 그 외에도 알루미늄, 쇼트볼 등을 활용하여 시험하고 비교분석하였다.

* Dept. of Mechatronics Engineering, ChungNam National University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Mechatronics Engineering, ChungNam National University, Korea

E-mail : mnoh@cnu.ac.kr

Received : March 14, 2014; Accepted : May 7, 2014

2. ATC(Automatic Train Control) 시스템 개요

2.1 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. 그림 1은 ATC 시스템 구성도를 보여준다. 선로변 설비와 실내설비인 지상장치와 차량의 수신안테나, 차상논리장치 등 차상장치로 크게 나뉘어 진다.

그림 1 ATC 시스템 구성도

Fig. 1 Automatic Train Control System Configuration

한편 TVM430 시스템은 그림 2에 보듯이 철도운영에 필요한 많은 시스템과 인터페이스 되어있다. 대표적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 각 신호기계실에 설치되어 진로를 설정하는 연동장치
- ② 특정지역의 속도를 제한하고 운행감시 정보를 표시하며 열차운행 진로를 지시하는 CTC장치
- ③ 신호장비의 현상, 정보 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, 끝림 및 지장물 검지장치)
- ⑧ 차량의 제동장치 및 감시설비 등 차상 신호설비

그림 2 TVM430 시스템 구성도

Fig. 2 TVM 430 System Configuration

2.2 AF궤도회로의 반송주파수 및 배열

그림 3 궤도회로 주파수 사용 예

Fig. 3 Track circuit frequency-example usage

2.3 불연속 정보 및 연속정보

불연속 정보는 ATC 지역 진출/입 여부, 양방향 운전을 허용하기위한 운행방향 변경, 터널 진출/입 시 차량내 기밀 장치 동작, 절대정지구간 제어, 전차선 사구간 정보 제공 등이다. 불연속 정보전송장치는 불연속 정보를 선로에 따라 포설한 루프코일을 통하여 차상장치로 전송하는 장치이다.

반면 연속정보는 열차의 ATC 운행을 위한 제한속도, 구배 등의 정보를 전달한다. 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 합성은 식 (1)과 같다.

$$m(t) = \sum_{i=0}^{i=27} K_i \cdot A_i \cdot \cos(2\pi \cdot F_i \cdot t + \phi_i) \quad (1)$$

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, ϕ_i : i 번째 주파수 신호의 초기 위상

(1) 연속 정보 복조

연속정보 수신보드(CRNB)에서 반송파 신호의 검출, FM 복조, DFT를 이용한 VLF 주파수 신호 검출을 통하여 28 비트의 연속 정보를 복조한 후 VME 버스를 통하여 CUCB 로 전송한다.

(2) 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.

(3) FM 복조

FM 변조된 신호의 식은 식 (2)와 같다.

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

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

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 검출하여 $m(\tau)$ 을 복조하게 된다.

그림 4에서 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.

그림 4 순시 정현파형

Fig. 4 Instantaneous sine waveform

$$2\pi f_c t_1 + 2\pi \kappa \int_0^{t_1} m(\tau) d\tau = 2\pi \kappa \quad (3)$$

$$2\pi f_c t_2 + 2\pi \kappa \int_0^{t_2} m(\tau) d\tau = 2\pi(\kappa + 1) \quad (4)$$

식 (3)에서 식 (4)를 빼고 양변을 $t_2 - t_1$ 로 나누어 주면 $f_c + \frac{\kappa}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(\tau) d\tau = \frac{1}{t_2 - t_1}$ 와 같다.

$\frac{\kappa}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} m(\tau) d\tau = \frac{1}{t_2 - t_1}$ 는 t_1, t_2 동안 $m(\tau)$ 의 평균값 이므로 식 (5)와 같이 쓸 수 있다.

$$\kappa m_{t_1 t_2} = \frac{1}{T(t)} - f_c \quad (5)$$

즉, 순시 주기를 구하면 순시 주기 동안의 메시지의 평균 값을 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.

(4) DFT

DFT는 이산 시간 신호에 대한 푸리에 변환을 제공하는 것으로 복조된 신호의 주파수 스펙트럼을 분석하기 위하여 사용한다. 즉, 각 VLF 주파수 신호의 존재 유무 조사하게 되는데 DFT는 식 (6)과 같이 정의된다.

$$X(\kappa) = \sum_{n=0}^{N-1} \chi[n] e^{-j2\pi n \kappa / N} \quad (6)$$

그림 5 DFT 결과 예

Fig. 5 DFT example results

그림 5는 임의의 VLF 주파수 신호 합성을 FM 변조한 신호를 FM 복조한 후 DFT 한 결과를 보인다. DFT의 결과를 이용하여 28bit 메시지를 구성한 후 VME bus를 통하여 CUCB로 전송한다.

3. 사용 모래 종류별 수집 및 분석

3.1 살사용 모래

한국철도공사에 납품한 모래와 수도권 철도차량정비단과 부산철도차량정비단에서 사용 중인 살사 모래를 수집하고, 이에 대하여 입도시험 및 화학성분을 시험 분석하였다. 현 KTX에 사용 중인 모래와 국내사용 중인 살사용 모래 현황은 그림 6, 그림 7과 같다.

고양관리단		부산관리단	
사용소속	고양관리단배속기	사용소속	부산관리단배속기
입도	0.97~1.93	입도	0.3~1.0
제작사	대호규사	제작사	주문진규사

그림 6 고양·부산 정비단 사용 중인 살사 모래

Fig. 6 Goyang, Busan maintenance only use Salsa sand

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

그림 7 철도공사에서 사용실적이 있는 살사용 모래

Fig. 7 Use the performing live sand used in Korean National Railroad

3.2 살사용 모래 성분분석

한국철도공사에서 사용하고 있고 기존에 사용한 적이 있는 모래에 대하여 한국건설자재시험연구원을 통해 1품목(모래) 5종(고양, 부산정비단 사용 모래 등)에 대하여 화학성분을 분석 의뢰하였고, 또한 각 모래에 대한 강도를 측정하기 위하여 시험하였다.

시험방법은 KS L 2101(규사 및 규석 화학분석 방법), KS F 2515(염화물 함유량 시험방법), 파괴시험(강도) 방법은 현재 KS에 시험방법이 없는 모래의 파괴시험을 위하여 시험 분석의뢰서 내용에 추가하여 입도시험을 요청하고 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 철제 가압 판에 골고루 분포시킨 후 KTX 차량의 축중 하중 무개인 압축하중 80~100KN의 힘으로 가한다. 압축하중을 제거 후 시료를 KS F 2502 시험방법에 따라 입도 시험한다.

3.3 살사용 모래 비교분석 시험결과

표 1 5종의 모래 화학시험 분석 결과

Table 1 5 species of sand chemical test analysis results

구 분	KTX 사용품			기존 살사용 모래		
	프랑스 모래	고양 배속기	부산 배속기	○○규사	○○광업	○○개발
규토(SiO ₂)	85.58	85	87.9	84.3	88.5	87.9
산화철(Fe ₂ O ₃)	0.88	0.60	0.29	0.54	0.21	0.65
산화티탄(TiO ₂)	0.21	0.05	0.05	0.05	0.09	0.09
산화알루미늄(Al ₂ O ₃)	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(K ₂ O)	3.43	2.2	2.1	2.0	1.6	1.8
산화나트륨(Na ₂ O)	1.38	0.96	1.2	0.99	0.82	0.86
유황(SO ₃)	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06
인산염(P ₂ O ₅)	0.07	0.07	0.11	0.06	0.10	0.01
산화망간(Mn ₂ O ₃)	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 2 압축 후 채를 통과하는 무게 백분율(%)

Table 2 After compression, while passing through the weight percentage (%)

구 분	KTX 사용품				○○규사		○○광업		○○개발	
	고양배속기		부산배속기		규사(4호사)		규사(4호사)		강도모래(4호사)	
시험항목	압축전	압축후	압축전	압축후	압축전	압축후	압축전	압축후	압축전	압축후
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

3.4 해외 사례 및 기타 살사재료

일본 철도 종합연구소의 증점착재 분사장치 세라젯트를 연구한 오오노 가오루(大野 薫)의 증점착재 분사 장치가 있는데[8] 이를 통해 살사재료의 해외 사례를 살펴보면 다음과 같다.

철도에 있어서는 구동시의 공전방지와 제동시의 활주방지로 차륜·레일 사이에 모래를 뿌리는 것(살사장치)이 널리 사용되어 왔다. 그러나 살사는 대량의 모래를 뿌리기 때문에 지상설비의 불편을 초래하는 문제가 있었다. 또한 고속 역에서는 효율이 극단적으로 저하하기 때문에, 유효한 증점착재 수단이 되기 어려웠다. 이러한 결점과 문제점을 해소하기 위해 증점착재 분사장치를 적용하였다. 극소량의 세라믹스입자를 고속으로 차륜·레일 사이에 정확하게 분사 공급하는 것에 의해 종래의 살사 이상의 높은 공전·활주방지 효과를 얻을 수 있었다. 특히 고속 역에서는 400km/h 넘는 속도에서도 유효하게 작용한다.

기관차에 적용한 결과 살사량과 주행 비용의 대폭저감이 실현하고, 종래는 적용이 곤란하였던 신간선과 채래선 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. 결과적으로 신간선에서 노면전차에 이르기까지 살사장치 전체의 대체 방법으로서 모든 차종에 전개하는 것이 가능하였다[9].

세라젯트의 원리는 입자 0.3mm 알루미늄이 차륜과 레일 사이에 고속으로 미세한 량이 사용되어 졌을 때 10um 크기로 부서져 30,000개의 돌기로 작용하도록 하는 원리[10]이고, 그 효과로는 다음과 같다.

- (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) 레일면상에 폭 25~30mm에 정확하게 분사하기 때문에 소량(표준 30g/min, 종래 1500g/min)사용으로 도상의 균음과 단락장해의 우려 없음
- (6) 비상제동거리 1000m 단축

그림 8 알루미늄(세라믹의 일종)

Fig. 8 Alumina (ceramic)

그림 8은 동일본 철도 700계에 상용중인 살사 재료 F36 : SG0.8 이다.

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 9 쇼트볼(서울쇼트공업 제공)
Fig. 9 SCHOTT ball (Seoul schott industrial)

그림 9는 철판의 녹 제거 등 오염물질 제거용으로 사용되고 있는 ‘쇼트볼’이라는 재료이다. 살사용 모래로 인해 차륜과 레일사이의 전도성에 영향을 미칠 수 있다는 생각에 기인하여 재질이 전기 전도성이 강한 철 모래(쇼트볼)를 시험용으로 사용하였다. 이를 이용하여 현장에서 현차를 이용한 살사모래 대치 품으로 활용하여 시험하였다.

4. KTX 현차를 이용한 현장시험

4.1 시험 방법

시험에 사용된 현차는 KTX 36호 편성 차량으로 선정하였고, 시험 장소는 광명역 구내 T4선 (상 부분선, AM 0428)에서 시행하였다. 주요내용으로는 지상시험 조건(연출상태)등을 고려하고 결정하여 회차별 진행하고 매 회차 시험 후 시험 결과를 분야별(신호분야, 차량제어분야, 검측장비분야)로 내용을 기록 유지하였다. 데이터 수집 후 분류 저장 등 Raw Data를 확보하고 신호기계실에는 송수신 신호전류 측정 및 모니터링 후 데이터화 하도록 하고 시행하였다.

살사재료는 확보한 모래, 동일본 철도의 700계에서 사용하고 있다는 알루미늄을 철도차량 1회 동작시 분사되는 양 300ml를 인위적으로 연출하고 그 위를 KTX가 주행할 때 신호주파수를 측정하고 분석하였다.

알루미늄의 입자 크기가 0.7mm, 0.8mm 크기의 알루미늄 두 종류를 사용했으며, 기존 살사용 모래와 5:5 혼합하여 시험하였다. 각 회차별 시험 시 살사 재료 사용량을 기존 살사모래의 1회 동작시 분사되는 모래량 약 300ml를 인위적으로 연출하고 신호전류의 변화도를 분석하였다.

4.2 시험 측정 Data

그림 10은 KTX 운행시 정상적으로 전기적 절연구간(폐색구간)을 통과할 때 발생하는 신호파형을 보여주고 있다. 그림 10의 X축은 서울에서 부산 간 위치를 표시하고 있고, Y축은 차륜과 레일간 단락감도를 표시하고 있다. 현재 고속선 신호시스템은 단락감도가 최소 800mA 이상될 때 정상적인신호로 인지하고 처리하도록 구성되어있다.

그림 10 정상적인 궤도구분 신호파형
Fig. 10 Separated signal waveform normal orbit

표 3 주문진구사 시험결과

Table 3 Joomoonjean sand testing results

지상시험 조건	살사방법	살사 연출	차량운전 조건	속도	급발진
	살사종류	주문진 구사 4호 (0.3 ~1.0)		견인력	만부하

표 4 알루미나 0.7mm 시험결과

Table 4 Alumina 0.7mm testing results

지상시험 조건	살사방법	살사 연출	차량운전 조건	속도	급발진
	살사종류	알루미나 0.7mm		견인력	만부하

표 5 알루미나 0.8mm 시험결과

Table 5 Alumina 0.8mm testing results

지상시험 조건	살사방법	살사 연출	차량운전 조건	속도	급발진
	살사종류	알루미나 0.8mm		견인력	만부하

표 6 혼합재료 시험결과

Table 6 Mixed material testing results

지상시험 조건	살사방법	살사 연출	차량운전 조건	속도	급발진
	살사종류	주문진 구사 4호 알루미나 혼합		견인력	만부하

표 7 쇼트볼 시험결과

Table 7 SCHOTT ball test results

표 8 종이 시험결과

Table 8 Paper-exam results

3. 결 론

본 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫 번째는 살사재료의 전기전도성이 신호주파수 왜곡에 영향을 주며, 이것은 현차(KTX) 차내 시스템이 신호 오류로 판단하여 시스템을 정지시킬 수 있다는 것을 증명하였다. 전기 전도성이 우수한 재질(주강)인 0.8mm 크기의 쇼트볼 살사 시험결과(표 8)와 그림 10에서 정상상태의 신호 파형과 비교할 때 차이가 없다는 것을 확인하였고 기타 살사 재료를 사용했을 때 파형의 왜곡이 발생함을 시험을 통해 확인하였다.

두 번째는 프랑스 모래, 국내 모래 5종의 화학성분은 신호파형에 영향을 줄 수 있을 정도의 차이는 없었으며, 그 강도 또한 큰 차이가 없었다.

세 번째는 살사재료로 알루미늄을 사용할 때 효과는 속도에 맞춰 분사하는 양에 따라 차이가 발생하는 것이며, 신호주파수에 미치는 영향은 재질 상 기존 모래와 크게 다르지 않다는 것을 입증하였다.

향후 살사 재료에 따른 차륜과 레일간 점착력에 미치는 영향과 레일과 차륜의 LCC에 미치는 영향 등에 대한 연구와 살사 재료의 입도를 변경했을 때 점착력 변화 등에 대한 연구가 필요 할 것으로 사료된다.

References

- [1] "High-speed railway signaling technology(I, II)", KORAIL HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT INSTITUTE, 2002
- [2] Auto Train Control(TVM430), Goyang Rolling Stock Workshop, 2004
- [3] "Driving practices and simulation service, emergency measures", KORAIL HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT INSTITUTE, 2007
- [4] "The manual of driving handle high-speed rail", KORAIL, 2006
- [5] Jae-Ho Hwang, Signal & System(Academic), 4th Edition, Seoul; Kyowoo, Sept. 2001
- [6] Young-Tae Kim, "Railroad Signaling Control System", Jul. 2006
- [7] Sang-Woon Lee, Jong-Moon Lee, "The new rail car breaking Technology I, Increase the adhesion of alumina particles by high-speed railway method", Trend Report, Rail Car Technology. Vol.91(1998.3) pp.8-17, Rail Car Technology Verification division, Ma. 1998
- [8] Ohno Kaoru, "Research of the mechanical". Vol49, No. 9(1997), pp.980
- [9] Ohara Takanori, "Research of the mechanical". Vol49, No.10(1997), pp.1093
- [10] Kumagai Norimichi, "Research of the mechanical" , Vol49, No.11(1997), pp.1161
- [11] Cha-Joong Yoon, Tae-Hun Lee, Yong-Gi Jo, "Influence analysis to the ATC signal by using sand on the rail in the High-speed Train(KTX)" KIEE, pp 271-271, The Korean Institute Electrical Engineers Summer conference 2007
- [12] "The Attribution of high-speed rail vehicles operating within the signal decay resulting GO TEAM reports", KORAIL Sept. 2006
- [13] "Investigation on the ATC onboard racks locking after departure from Gwangmyeong or Cheonan station Report.", KORAIL, 2006
- [14] Ohno Kaoru, A introduce of Injectors increase adhesive material for sara jet, Railroad Research Institute in Japan,

저 자 소 개

윤 차 중 (尹 次 重)

1995년 국립철도대 전기신호과 졸업.
2007년 한밭대 전자공학과 졸업. 2009년
충남대 대학원 기계시스템공학과 졸업
(석사), 1995년~현재 한국철도공사 차장
(책임연구원), 2011년~현재 충남대 메카
트로닉스공학과 박사과정

Tel : 042-615-4701

Fax : 02-361-8542

E-mail : korea@korail.com

노 명 규 (魯 明 圭)

1986년 서울대 기계설계공학과 졸업.
1988년 동 대학원 졸업(석사). 1996년 미
국 University of Virginia 졸업(공학박사).
1996년~1999년 미국 University of Iowa
대학병원 연구원. 1999년 9월~현재 충남
대학교 메카트로닉스공학과 교수

TEL : 042-821-6877

Fax : 042-823-4919

E-mail : mnoh@cnu.ac.kr