

틸팅열차의 차상신호제어방식에 대한 연구

김유호 이훈구 이수환 배준기 백종현
 경봉기술(주) 부사장 경봉기술(주) 상무 경봉기술(주) 차장 경봉기술(주) 사원 철도기술연구원 선임연구원

The study of onboard signal control system for tilting

Kim, You-Ho lee, Hoon-Koo Lee, Soo-Hwan Bae, June-Ki Baek, Jong-Hyen
 Kyong Bong Technology Co., Ltd. Korea Railroad Research Institute

Abstract - According to speed elevation of internal railroad, Seoul-Busan high-speed railway was opened up. Setting hereupon speed elevation of old line propel. Therefore, research and development about Tilting train are propel by one of method that do not need huge investment such as earthwork serving speed elevation of general railroad. Studied about car report lake this treatise applies in Tilting train's signal control.

1. 서 론

국내 철도의 고속화에 따라 경부고속철도가 개통되고 전국이 일일문화권에 더욱 더 가까워짐에 따라 경부, 호남선 고속화와 맞추어 기존선의 속도향상 및 물류이동의 원활한 소통을 위하여 기존선 속도 향상 계획이 추진되고 있다. 현재까지 기존선의 속도향상은 경부선을 시작으로 1968년 95km/h, 1969년 110km/h, 1983년 120km/h, 1985년 135km/h로 점진적으로 향상되어 왔으나 전반적인 철도의 속도향상은 어려운 실정이다. 따라서 전반적인 철도의 속도향상을 위하여 토목공사와 같은 선로 구축물에 대한 막대한 투자를 필요로 하지 않는 방법의 하나로 틸팅차량에 대한 연구 및 개발이 추진되고 있다. 따라서 틸팅열차의 신호제어에 적용되는 차상신호에 관하여 연구하였다.

2. 틸팅열차의 신호설비 현황

2.1 틸팅차량의 적용현황

독일의 철도기술 발전은 장기적으로 지속되었으며, 고속선 중심의 노선을 구성하고 간선은 대량의 틸팅열차를 투입하여 속도 향상을 추진하였다. 1970년대 초에 교통부의 철도인프라 구축계획에 따라 틸팅열차의 개발이 진행되었으며, 틸팅차량은 크게 ICE-T, ICE-TD, ICE-VT의 세 가지 형태로 구분된다.

ICE-T(InterCity-Triebwagen)는 기존 전철화 구간의 속도 향상을 위하여 투입 운행 중에 있으며, ITC-TD, ICE-VT는 전철화에 관계없이 기존선 구간에서 보다 빠른 열차 운행 속도를 실현하기 위해 개발된 디젤 틸팅열차로 고속철도의 추가 건설에 따른 대규모 투자를 하지 않고 그와 비슷한 효과를 낼 수 있도록 고안되었다.

현재 낙후된 구동축 방면의 기존선인 프랑크푸르트~라이프찌히~드레스덴 및 뮌헨~라이프찌히~베를린 노선을 운행하며, 지멘스(Siemens)사에서 개발한 틸팅방식을 적용하여 최고속도 200km/h로 운행하고 있다.

이탈리아의 틸팅열차는 1960년대 말에 이탈리아 철도청과 Fiat Ferroviaria사(현재 Alstom 인수)는 Aln668차량에 틸팅장치를 부착하여 최초로 시험을 실시하여 Pandolino라는 ETR 틸팅열차를 개발하였다. 이 열차는 신설/개량 선로를 운행하며 동쪽으로는 Trest, 서쪽으로는 Torino, 남쪽으로는 나폴리 등 이탈리아 전역에 도달

한다.

스웨덴의 경우에는 ABB사에서 개발한 틸팅기술이 적용된 X-2000 틸팅차량이 기존선로 및 개량선로에서 운행되며 특히 북부 삼각점이라는 스톡홀름/괴테보르크/코펜하겐을 연결하는 노선과 북부 스웨덴의 중심지인 Sundsvall과 중부지역의 Mora 및 Karlstad를 연결하는 선로를 최고속도 200km/h로 운행하고 있다. X2000은 비틸팅기관차와 틸팅객차로 구성하여 운행한다.

고속 틸팅차량 도입으로 노반과 선로 상부구조물, 궤도 부설상태, 분기기 및 승강장의 일부가 개선되었으며 특히 신호시스템(총 투자의 30%)에 가장 많은 투자가 이루어졌다. 또한 건물목 안전시설도 개량 및 신설되었다.

미국에서는 프랑스의 알스톰과 캐나다의 봄바르디에 컨소시엄이 제작한 아셀라(Acela) 틸팅열차가 보스턴-뉴욕-워싱턴 D.C 구간을 운행 중이며 기존선을 최고 250km/h의 속도로 주행한다. 암트랙의 아셀라는 기존 보스턴-뉴욕간의 주행시간을 4시간 30분에서 3시간으로 단축하여 운행하고 있다. 스페인에 적용되어진 틸팅열차인 알라리스(Alaris)는 Alstom과 이탈리아 Fiat가 합작하여 제작된 차량으로 마드리드~발렌시아구간을 운행하고 있다. 또한 스페인은 기존선에는 광궤도를 고속선에는 표준궤도를 함께 혼합하여 적용하고 있어 이 두개의 궤도를 함께 운행할 수 있는 Talgo(차축개간 변환장치가 장착된 열차, 지멘스 개발) 열차가 운행되고 있다. 또한 차량의 유지보수를 Alstom에 외주 관리하도록 운영하는 특징을 가지고 있다.

그 밖에 핀란드에서는 1996년에 처음으로 S 220(Fiat Pendolino, 최대속도 220km/h) 2편성을 도입하여 투르쿠(Turku)~헬싱키(Helsinki) 노선에서 운행 중이며 2001년 10월부터는 헬싱키~탐페레(Tampere)~Jyväskylä노선에도 S220 열차서비스를 제공하고 있으며 영국의 버진철도는 West cost Main Line(리딩과 맨체스터 구간)에 ETR-390(Fiat Pendolino, 최고속도 225km/h)를 2004년부터 운행하고 있다. 또한 프랑스는 Alstom사의 TGV-Pendu 틸팅 차량을, 일본도 Fuzi사의 Series 틸팅 차량을 각각 운행하고 있다.

표 1 틸팅차량의 종류




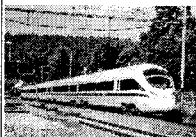



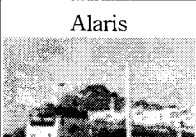
국가	차종	운행개시연도	틸팅시스템	최대틸팅각	최고운행속도
이탈리아	ETR401 	1975	유압식	10도	250km/h
	ETR480 	1997	유압식	8도	250km/h

표 1 틸팅차량의 종류

국가	차종	운행개시연도	틸팅시스템	최대틸팅각	최고운행속도
독일	ICE-VT(VT612) 	1998	전기기계식	8도	160km/h
	ICE-T 	1998	전기기계식	8도	230km/h
	ICE-TD 	2000	전기기계식	8도	200km/h
스웨덴	X2000 	1990	유압식	8도	200km/h
미국	Acela 	1999	유압식	8도	240km/h
스페인	Alaris 	1999	유압식	8도	220km/h

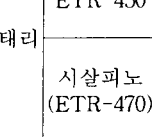
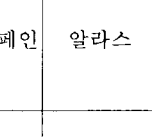
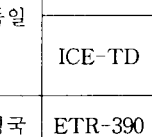
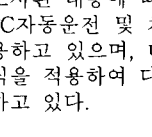
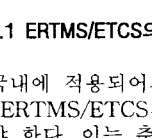
2.2 틸팅차량에 적용되어진 신호시스템

현재 국제적으로 틸팅차량의 기술을 보유한 회사가 한정적이며 이에 따른 공급업체 및 신호시스템도 국한되어 있다. 또한 신호시스템은 차량의 특성에 따라 다를 수 있으나, 국가적으로 전체적인 신호시스템의 형태에 따라 다를 수 있다. 현재 운영되고 있는 틸팅차량의 신호방식은 표 2와 같다.

표 2 틸팅차량의 신호시스템

국가	차량명	제작사	신호시스템	특성
스웨덴	X-2000	ABB	ATP시스템 (불연속정보 전송)	· Talgo사용 · 객차만 틸팅 · 강제링크방식, 유압식

표 2 틸팅차량의 신호시스템

국가	차량명	제작사	신호시스템	특성
이태리	펜돌리노 ETR-450 	피아트	펜돌리노	· 직류전동기 구동 · 산악지역 · 자이로스코프 또는 가속도계측기 · 강제방식
	시살피노 (ETR-470)			
스페인	알라스 	Alstom / Fiat	ASFA	· 객차만 틸팅 · 틸팅이용 · 자동게이지 변환장치이용 · 자연방식
독일	ICE-T 	피아트	ATC시스템 (연속정보 전송)	· ICT : 전철 · ICT-VT : 디젤
	ICE-TD 	지멘스	ATP시스템	
영국	ETR-390 	피아트	펜돌리노	

조사된 내용에 따라 현재 틸팅차량의 적용 신호방식은 ATC자동운전 및 차상신호방식에 따른 열차제어를 주로 이용하고 있으며, 대부분의 신설되는 노선에는 차상신호방식을 적용하여 다른 선로와 연계운행이 가능하도록 추진하고 있다.

3. 틸팅열차의 신호설비 검토

3.1 ERTMS/ETCS의 차상신호설비

국내에 적용되어지는 틸팅차량의 신호설비는 기본적으로 ERTMS/ETCS의 Level 1의 기능 및 구성을 충족하여야 한다. 이는 추후 국내 철도신호설비의 개발과 개량의 표준화 및 철도산업의 국제화를 기본으로 수립하여야 하기 때문이다. 또한 신호제어의 방식은 연속제어 또는 불연속제어를 선로의 조건에 따라 선정하며 향후 국내 철도신호설비의 발전을 위하여 연속제어방식을 심도 있게 고려하여야 할 것이다. ETCS 차상신호장치는 안전하고 표준화된 MVB 통신을 통해 인터페이스 하는 차상컴퓨터(VCU, COMC), 입출력장치(VDX, DX), 정보전송을 위한 발리스 정보수신용 안테나(CAU)와 발리스정보 전송모듈(BTM), MMI현시장치, 속도 및 거리연산장치(SDU), 타코미터와 속도감지용 레이다, 고장 및 사고기록을 위한 차상기록장치로 구성된다.

표 3 차상신호설비의 구성 및 기능

장 치 명 : 발리스 정보수신용 안테나(CAU)	
기능	지상의 정보전송 장치(유로발리스)가 전달한 데이터 수신
정보종류	<ul style="list-style-type: none"> · Tele-powering 신호 전송 · 유로발리스 정보수신 · 유로발리스장치의 전송능력감시 · 유로발리스 설비의 검지 및 수신 감시를 위한 신호 발생

표 3 차상신호설비의 구성 및 기능

장 치 명 : 차상 컴퓨터 (VCU, COMC)	
기능	차상장치 전반에 대한 전체적인 제어 명령 및 통제기능 실행
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 메시지 저장 • 운영모드 제어 • 열차감시 및 보호 • 속도 모니터링 • 비정상 열차운행 방지 • 제동 제어 • 링크 관리 • 보호 • 데이터 처리 • 열차특성 처리 • 비상상황 처리 • 자기 진단
장 치 명 : 입출력장치 (VDX, DX)	
기능	차상컴퓨터와 다른 차상 장치들 간의 입출력 제어
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 바이탈(필수) 정보 입력 • 바이탈(필수) 정보 출력 • 일반 정보 입력 • 일반 정보 출력
장 치 명 : 발리스 정보전송모듈(BTM)	
기능	유로발리스에서 전송한 정보를 수신한 후 발리스그룹 메시지 작성
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 메시지 조합 • 발리스 정보수신용 안테나와 유로발리스간 인터페이스 • 발리스 정보수신용 안테나와 지속적인 통신 • 외부데이터 기록용 직렬 인터페이스
장 치 명 : 속도 및 거리 연산 장치(SDU)	
기능	현재의 차상에서 검지한 마지막 유로발리스, 마지막 유로발리스와 열차 전두부간의 거리, 운행 거리에 대한 신뢰 구간(Confidence interval), 현재 속도, 운행 방향, 정차 검지 등에 연관된 사항 결정
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 차상장치용 정밀속도 검지 및 거리 연산 • 주행 기록
장 치 명 : MMI현시장치	
기능	차상컴퓨터로부터 전달된 데이터를 현시하여 기관사의 안전운행 지원
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 열차 실제 속도 표시 • 순간허용속도, 안전제동속도 프로파일 • 과속경고그래프 및 가정경고
장 치 명 : 차상기록장치(JRU)	
기능	차상에서 생성된 데이터나 유로발리스로부터 전달된 데이터를 저장하고, 사고 시 해당 데이터를 저장하여 분석을 통해 사고 원인 파악
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 기록 정보 • 사고 원인 분석 • 데이터 전송

표 3 차상신호설비의 구성 및 기능

장 치 명 : 특수 인터페이스모듈(STM)	
기능	<ul style="list-style-type: none"> • ATS구간 진입시 탐색신호전송 • ATS장치내 공명주파수 검지 • ATS로직 수행
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • ETCS 차상신호장치에서 속도 정보수신 • 차상신호-ATS 패넬로의 지시송신 • ETCS 차상신호장치에 제동지시부여 • 차상신호-ATS패넬과 기관사 핸들 등에서 제어수신
장 치 명 : 케이블 및 콘넥터	
기능	차상장치를 MVB 및 각 장치 연결에 사용
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 발리스 정보수신용 안테나의 전송 • 각 장치간 안정적 연결
장 치 명 : 유지 보수 도구	
기능	차상컴퓨터의 이상 여부를 진단함
정보 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 차상컴퓨터 진단

3.2 국내 틸팅열차의 차상신호설비

국내에 적용되어지는 차상신호설비는 ETCS의 차상신호설비의 Level 1의 수준에 적합한 기능을 수행하고 기본적으로 차상컴퓨터, 입출력장치, 발리스정보 수신용 안테나, 발리스정보 전송모듈, 속도 및 거리연산장치, MMI 현시장치, 차상기록장치, 특수인터페이스 모듈, 타코메타 및 도플러센서를 적용하여야 하며, 현재 국내에서 추진 중인 차상신호(ATP)시스템 구축사업의 지상설비와 호환 및 정보의 송수신이 수행되도록 ETCS의 기본적인 요구사항을 만족하는 장비를 적용하여야 한다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 검토되어진 바와 같이 세계적으로 적용되어지는 틸팅열차의 차상신호시스템은 기본적으로 ETCS의 요구조건을 충족하며, 정보의 연속제어 또는 불연속의 점제어방식으로 적용되고 있다. 따라서 국내에서 개발되는 틸팅열차의 차상신호시스템은 현재의 운영적 인 측면과 향후 확장성들을 고려하여 적용되어야 하며, 또한 틸팅열차의 투입의 목적이 주요 노선 이외의 간선철도의 속도향상을 목적으로 개발되어지는 점을 고려하여 차상신호설비의 기본방향은 현재 국내의 차상신호시스템 구축사업의 신호설비의 기능인 점제어방식을 포함한 연속제어방식도 가능한 설비로 고려되어야 할 것이다. 또한 국내의 철도신호설비의 기술력 향상을 위하여 특성업체의 설비를 적용하기 보다는 여러 장비들의 장점을 포함한 새로운 장비의 개발도 고려하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 철도기술연구원, "틸팅차량 운행에 따른 기존선 속도향상 효과분석", 2004년
 [2] 철도청고속철도본부, "세계의 고속철도", 2003년
 [3] 철도기술연구원, "차상신호시스템 엔지니어링 사양분석 권총보고서", 2004년