

# 한국형 틸팅열차 개발 현황 소개

서승일<sup>#</sup>·한성호<sup>\*</sup>

## Introduction of Development Status of the Korean Tilting Train eXpress

Sung-II Seo and Seong-Ho Han

### Abstract

This paper explains development status of the Korean tilting train. The Korean Tilting Train eXpress (TTX) project has been carried out to develop all the core technologies related to tilting train and infra-technology to provide high speed inter-city service with the speed of 180 km/h as well as maintenance-free technology for conventional railway system. The TTX project is under 5th stage. In this stage, manufacturing and combination test for the main components are being conducted. By the end of next year, assembly of TTX will be completed.

**Key Words:** Korean Tilting Train eXpress, System engineering, Conventional railway

### 1. 서론

한국철도기술연구원에서는 철도기술연구개발사업을 통해 한국형 틸팅열차를 개발하고 있다. 2004년 경부고속철도가 개통되고, 호남선의 전철화가 완료된 후, 고속열차의 기존선 연계 운행의 필요성이 제기되었고, 고속열차의 효율적 운영을 위해서 기존선의 속도 향상이 시급하게 되었다. 또한 고속철도 비수혜 지역 주민들에게 향상된 철도 서비스를 제공할 필요성이 대두되기 시작하였다. 특히 도로교통의 혼잡도가 증가되고 있는 상황에서 철도의 역할이 재인식되고 있으며, 국가기간 교통망 계획에 따라 철도 수송의 분담율을 향상시키고자 하는 정부의 의지가 있었다.

이러한 기존선 속도향상에 대한 필요성이 제기되면서 중고속 한국형 틸팅열차를 개발하는 국가

연구개발사업이 시작하게 되었다. 본 사업의 최종목표는 국내 기존선의 속도향상(140→180km/h)을 위해 차량, 선로구축물, 전기·신호 분야간 시스템 통합 및 연계기술을 연구하고, 최고운행속도 180km/h급 전기식 틸팅열차의 핵심기술개발 및 인프라 성능개선을 위한 주요기술을 개발하는 것이다.

### 2. 추진 체계 및 사업추진일정

본 사업은 건설교통부의 지원 하에 한국철도기술연구원이 주관기관으로서 사업을 총괄적으로 수행하고 있고, 한국건설기술평가원을 비롯하여 철도공사 및 시설공단 등이 유기적으로 협력하여 개발 성과의 실용화를 추진하고 있다. 본 사업에서는 완성차의 제작 및 안전성과 운행의 신뢰성을 확보하기 위해 한국화이바와 차량제작사인 로템등 8개 기관이 참여기업으로 참여하고 있다. 각 참여기업의 담당분야는 Fig. 1과 같다. 틸팅열차의 설계와 복합체 차체의 제작은 한국화이바에

<sup>#</sup> 한국철도기술연구원, 기존철도사업단, 단장

<sup>\*</sup> 한국철도기술연구원, 기존철도사업단

서 수행하고 있으며, 각 구성품들에 대한 조립 및 차량 편성 제작, 시운전은 로템이 담당하고 있다.



Fig. 1 참여기업 및 역할.

틸팅열차의 핵심기술중 하나인 틸팅대차와 틸팅 제어장치는 한국철도연구원에서 자체적으로 개발하고, 틸팅열차용 판토티그래프, 연결기 및 제동장치는 유진기공, 추진장치와 열차제어진단장치는 우선산전, 기어박스는 다이모스에서 개발하고 있다. 또한 틸팅차량의 신뢰성 확보를 위해 영국 로이드사로부터의 안전성 인증을 받을 예정이고, 중국 서남교통대에서 틸팅대차의 주행안정성 시험을 실시할 계획이며, 해외기관들과도 긴밀히 협력하고 있다. 틸팅열차의 설계검증 및 특성분석연구를 위해 서울대 등 16개의 국내 연구기관들과도 공동연구를 수행하고 있다.

본 사업은 2001년 8월 사업이 시작된 이후 현재 구성품 제작 및 성능시험이 완료되었고, 5차년도 사업이 진행 중이다. 향후 5~6 차년도에 걸쳐 차량조립, 조합시험, 완성차 제작 및 시운전을 수행하는 일정으로 진행될 것이다. Table 1은 본 사업의 추진일정을 나타낸 것이다.

Table 1 사업 추진일정

| 년도                   | 수행내용                            |
|----------------------|---------------------------------|
| 1/2차년도 ('01.8~'03.7) | 타당성조사, 개념설계 및 기본설계              |
| 3차년도 ('03.8~'04.7)   | · 상세설계<br>· 주요부품 Proto제작        |
| 4차년도 ('04.8~'05.7)   | · 구성품 제작 및 시험                   |
| 5차년도 ('05.8~'06.7)   | · 틸팅차량 구성품 조합시험<br>· 3량 조립 및 제작 |
| 6차년도 ('06.8~'07.7)   | 완성차 시험 및 시운전                    |

### 3. 주요연구성과

#### 3.1 한국형 틸팅열차(TTX)의 설계

본 사업을 통해 개발하고 있는 한국형 틸팅열차는 동력분산식의 전동차(electric multiple unit)로서 Fig. 2와 같이 6량 1편성으로 구성되어 있다. 차량시스템을 비롯하여 주요 부품 및 핵심 기술들은 자체적으로 개발하고 있으며, 구성품 시험 및 조합 시험을 통해 성능을 검증해 가고 있다. Table 2는 기존 열차들과 비교해서 한국형 틸팅열차의 주요 구성품들의 우수성을 나타낸 것이다.

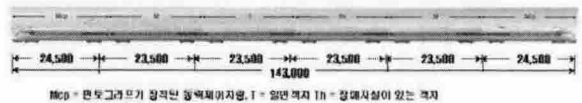


Fig. 2 한국형 틸팅열차의 편성

Table 2 틸팅열차시스템 주요 특성

| 주요항목     | 한국형 고속틸팅열차(TTX) | 비고        |
|----------|-----------------|-----------|
| 설계최고속도   | 200km/h         | 국내최초 중고속용 |
| 열차편성     | 6량1편성(4M2T)     | 동력 분산식    |
| 차체       | 하이브리드 (복합재+금속재) | 국내최초      |
| 전두부      | 유선형과 한국형 색감     | 독자설계      |
| 실내내장     | 실내쾌적화/난연성       | 독자제작      |
| 차체 틸팅기구  | 스윙링크방식          | 독자개발      |
| 조향장치     | Dampertess 방식   | 세계최초 무보수형 |
| 틸팅 제어장치  | 차상-지상 혼합검지 방식   | 세계최초      |
| 틸팅판토티그래프 | 고집전 성능경량 구조     | 국내최초      |

#### 3.2 복합재 철도차량 차체 개발

본 연구에서 개발중인 한국형 틸팅열차의 차체는 Fig. 3와 같이 3가지 재료와 구조로 구성되어 있다. 차체는 직조된 탄소/에폭시 면재(woven fabric carbon/epoxy face)와 알루미늄 허니콤 심재(aluminum honeycomb core)로 구성된 샌드위치 구조로 되어있다. 차체 사이드 판넬의 창문부위와 지붕구조의 에어컨 설치부분은 하중을 감당하는 부분이기 때문에 연강(mild steel) 내부골조가 삽입되어 복합재 차체부분과 동시성형(co-cured)되어 제작된다.

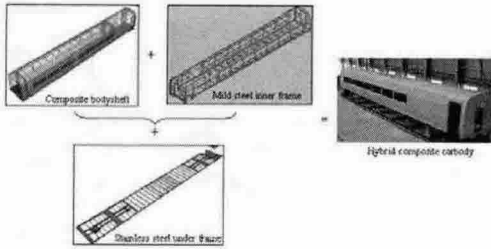


Fig. 3 하이브리드 복합재 차체의 구성.

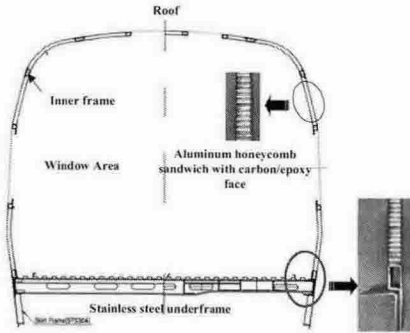


Fig. 4 복합재 차체의 단면형상

이렇게 제작된 차체의 상부구조는 스테인레스 재질의 언더프레임과 접착(adhesive bonding)과 리벳(riveting)의 이중집합에 의해 체결되어진다. Fig. 4는 복합재 적용 동력차 차체의 단면을 나타낸 것이다. Fig. 5는 제작이 완료된 틸팅열차 차체의 형상을 나타낸 것이다.

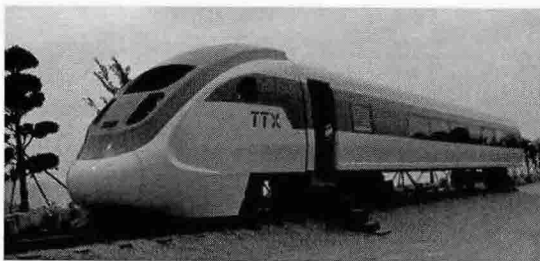


Fig. 5 틸팅열차 차체의 형상

### 3.3 틸팅대차 개발

본 사업에서 개발 중인 틸팅열차에서 차체(carbody)는 틸팅볼스타(tilting bolster) 상부에 설치된 공기스프링(airspring)위에 설치되고 차체의 무게는 틸팅볼스타에 의해 일차적으로 지지된다. 이러한 차체의 중량은 볼스타와 주행장치 프레임 사이에 연결된 틸팅링크(tilting link)를 통해 주행

장치 프레임의 크로스 빔(cross beam)으로 전달되도록 되어있다. 또한, 곡선부 주행시 곡선추종성을 향상시키기 위해 토션바(torsion bar)를 적용한 자기조향장치(self steering device)가 설치되어 있고 직선부에서 주행안정성을 향상시키기 위해 요댐퍼(yaw damper)가 설치되어 있다. 차체는 주행장치 프레임과 볼스타사 이에 설치된 틸팅시스템에 의해 발생하는 롤모우멘트에 의해 틸팅되어진다. Fig. 6은 본 사업에서 개발중인 틸팅대차의 형상을 나타낸 것이다.

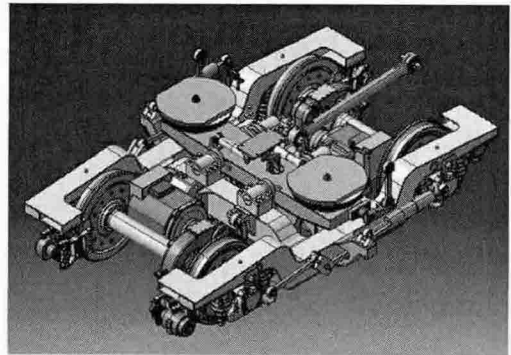


Fig. 6 틸팅대차의 형상

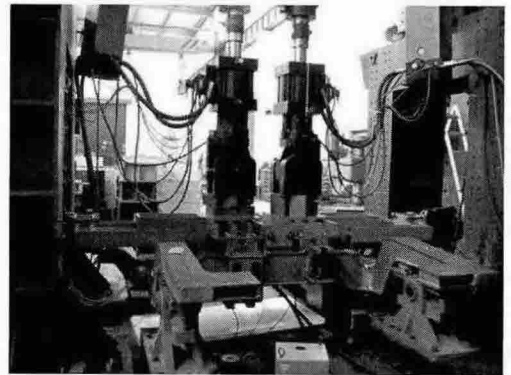


Fig. 7 틸팅대차 프레임의 피로시험장면

틸팅대차의 구조적 안전성은 정하중 및 피로시험을 통해 이미 검증하였다. 또한 틸팅대차의 주행안정성평가는 오는 12월 중국서남교통대에서 실시하는 roller rig시험을 통해 검증할 것이다. Fig. 7은 틸팅대차 프레임의 피로시험장면이다.

### 3.3 틸팅 판토품라프 및 연결기 개발

틸팅열차에 적용되는 판토품의 경우 고속 전철에 이어 중고속(180km/h급)용 틸팅차량에 적용할 수 있는 판토품 개발을 통하여 기술의 국산화를 달성하였다. 특히 틸팅열차의 경우 차체의 틸팅방향과 반대방향으로 판토품이 틸팅해야 하므로 이러한 판토품장치 역시 독자개발하였다. Fig. 9는 틸팅열차용 판토품장치의 조립후 모습을 나타낸 것이다.

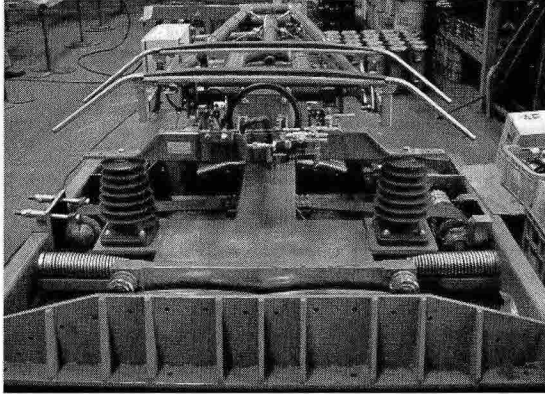


Fig. 8 틸팅열차용 판토품장치

틸팅열차에서는 판토품과 마찬가지로 차량간을 연결하는 연결기 또한 차체의 틸팅을 고려하여 제작되어야 한다. 이를 위해 연결기를 개발하였는데, 차량의 움직임에 대하여 1 자유도를 추가하여, 수평 및 수직 변위뿐만 아니라 비틀림 변위도 가능하게 함으로서, 차량의 안전성 및 승차감을 향상시킬 수 있게 하였다.

### 3.4 추진제어장치의 개발

추진제어장치는 Fig. 9와 같이 주변압기, 주전력변환장치, 보조전원장치 및 견인전동기로 구성된다. 각 구동차의 주전력변환장치는 각 2조의 PWM 컨버터와 VVVF 인버터로 구성이 되며, 주전력소자는 최신의 IGBT를 사용한다. 기존의 전동차와는 달리 1조의 인버터가 250kW급 견인전동기 2대를 제어한다. 추진제어장치는 응하중 제어, 공전할주 재점착제어 및 저크(Jerk) 제어기능을 갖고 있으며, 고전압/과전류 출력전류 불평형, 제어전압 저하 등에 대한 보호기능을 갖도록 한다. 또한 회생제동 우선의 공기제동과 블렌딩(blending) 제어기능 및 자기진단 기능을 갖고 있다.

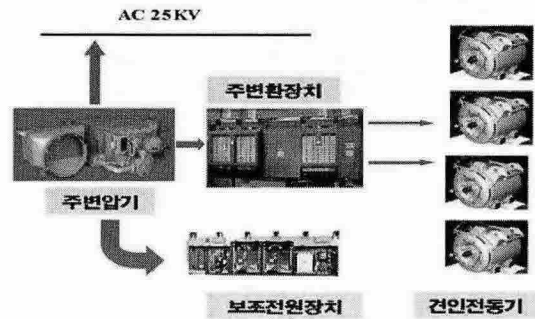


Fig. 9 추진제어장치 구성

### 3.5 틸팅제어장치의 개발

틸팅대차의 전기기계식 틸팅액튜에이터를 제어하기 위해 틸팅제어장치를 자체적으로 개발하였다. Fig. 10과 같이 전두부 대차의 센서에서 감지한 데이터(자이로스코프 및 가속도센서, 스피드센서 등)는 차량틸팅제어장치로 입력되어 차량이 곡선에 진입함을 인식하고 틸팅제어장치의 프로그램에 의해 차량 틸팅명령을 수행한다. 현재 기존선로 틸팅차량 투입시 선로특성을 취득하기 위해 선로데이터를 취득 분석하고 있으며 GPS를 이용한 틸팅제어 기능도 병행하여 개발하고 있다.

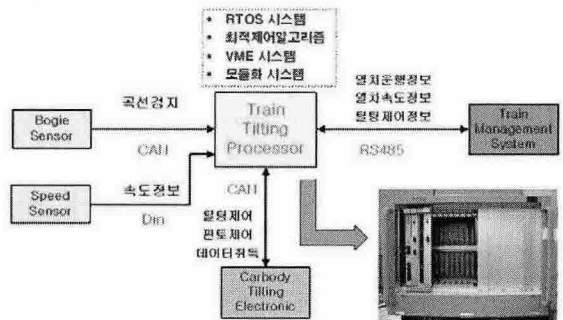


Fig. 10 틸팅제어장치 구성도

## 4. 결론 및 향후 계획

본 철도기술연구개발사업에서 개발중인 한국형 틸팅열차는 적은 시설투자비용을 가지고 기존선의 속도향상 효과를 올릴 수 있고, 곡선부의 속도제한을 극복할 수 있는 효율적인 철도시스템이다. 본 사업이 성공적으로 완료되는 시점에는 우리나라의 국가철도망의 속도는 크게 향상되어 국

가물류비용의 절감 및 국가경쟁력 향상에 큰 이바지를 할 것으로 기대된다. 향후 구성품 제작완료, 차량조립, 조합시험, 완성차 제작 및 시운전을 진행할 예정이다. 또한 이에 추가하여 틸팅차량의 최적 적용노선 선정 및 실용화 추진을 위해 운행노선별 경제성에 대한 검토를 수행할 것이다.

### 참고문헌

- (1) 시스템 통합 및 연계기술개발 보고서, 2005, 철도청.
- (2) 틸팅시스템 실용기술개발 보고서, 2005, 철도청.
- (3) 차체형상/실내디자인 및 실내설비 기술개발 보고서, 2005, 철도청.