

# 한국형 복합소재 틸팅열차(한빛 200)

최고운행속도 180km/h급 준고속 틸팅전동차



“railtech, 사람과 자연을 이어주는 두 줄의 과학”

새로운 미래를 제시하기 위해 끊임없이 노력하고 있습니다.

한국철도기술연구원은 철도분야의 기술개발 및 정책연구를 통해 철도교통의 발달과 철도산업의 경쟁력 강화를 목적으로 1996년 설립된 국내 유일의 철도종합연구기관입니다.

미래 첨단 기술과 철도원천 기술 개발을 통한 철도시스템 국산화 개발 등 철도 기술 선진화와 철도교통의 새로운 미래를 제시하기 위해 끊임없이 노력하고 있습니다. 특히 350km/h급 한국형 고속열차, K-AGT 경량전철, 틸팅열차 등이 성공적으로 개발되어 국내 상용화를 앞두고 있으며, 도시철도 표준화사업 및 핵심장치의 국산화, 도시철도 유지보수 정보화 시스템을 통한 기술 확산이 진행 중입니다. 또한 차세대고속철도, 차세대도시철도, 바이모달 트램, 철도물류 표준화, 철도의 안전체계 구축 등 우리나라 철도기술 개발을 위한 중추적인 역할을 수행하고 있습니다.

세계 각국의 글로벌 경쟁이 가속화 되고 있는 가운데 가장 친환경적이며 경제적인 교통수단으로 주목받고 있는 철도 교통이 국가 경쟁력 향상의 동력이 되도록 새로운 비전을 제시하고 기술개발 전략의 획기적인 변화를 통해 철도기술과 함께 연구원의 경쟁력을 높이겠습니다. 아울러 첨단 기술과 철도 원천기술 개발을 위한 연구원 고유의 기능과 역할을 성실히 수행하며, 국제적인 연구 네트워크를 강화해 나가겠습니다.

한국철도기술연구원은 우리나라 철도기술 개발의 리더로서, 산학연을 선도하는 철도분야 중심지로서, 세계 일류의 철도전문연구기관으로 성장, 발전해 가도록 노력하겠습니다.

철도의 미래와 꿈의 산실로 경제발전과 국민의 복지 증진을 위해 늘 새롭게 거듭나도록 최선을 다하겠습니다. 많은 관심과 성원 부탁드립니다.  
감사합니다.

한국철도기술연구원 원장

최성규



# Contents

## 한국철도기술연구원은

기존 선로의 속도향상과 철도기술의 선진화를 위해  
철도기술연구개발에 힘쓰고 있습니다.

04	사업 소개
06	사업 분류
08	사업주요성과
08	틸팅열차기술 개념
10	복합소재 차체
12	주행 및 틸팅기구장치
14	틸팅 전기장치
15	틸팅 판토품
16	열차제어진단장치
17	추진시스템
18	제동시스템
19	승객 서비스장치
21	선로 구축물 시스템
24	전차선로 및 신호시스템
26	틸팅 동특성 시뮬레이터
27	향후 계획

# 사업 소개

## Business

### 사업목표

- 최고운행속도 180km/h급의 한국형 준고속 틸팅전동차 개발
- 기존선 속도향상을 위한 선로 구축물, 전기신호시스템 성능개선 기술개발
- 한국형 복합소재 틸팅열차 안정화/신뢰성 확보 및 핵심부품 성능개량모델 개발
- 기존선 인프라에 대한 틸팅열차 운행 적합성 평가 및 개량기술 확보
- 틸팅열차 영업운행에 필요한 안전성 검증 및 운영기술 확보
- 틸팅열차 경제적 운영을 위한 유지보수관리 체계 구축

### 사업기간 및 사업비

- 1단계 - 철도기술연구개발사업(정부 400억원), 2001.08 ~ 2007.07
- 2단계 - 한국형 틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술 개발(정부 376억원), 2007.08 ~ 2012.07

### 사업추진 배경

- 국토의 70%가 산악지대로 곡선부가 많은 선로로 선로속도 향상의 제한 요인이 됨
- 기존선 고속화를 신선개량건설시 막대한 건설비용 및 장기간 시간 소요
- 새마을 노후 열차를 대체할 준고속전동차 수요 필요
- 주요간선의 표정속도 80km/h 전후의 저속운행
- 기존선로의 선형개량 및 급 곡선구간에서 감속없이 운행 가능한 틸팅열차 개발 필요
- 고속철도 비 수혜지역 주민에게 편익제공 및 지역간 균형 발전도모 필요
- 기존선 속도향상을 통한 철도수송력 향상 및 국토 균형발전 도모



한국형 복합소재 틸팅열차(한빛 200)은

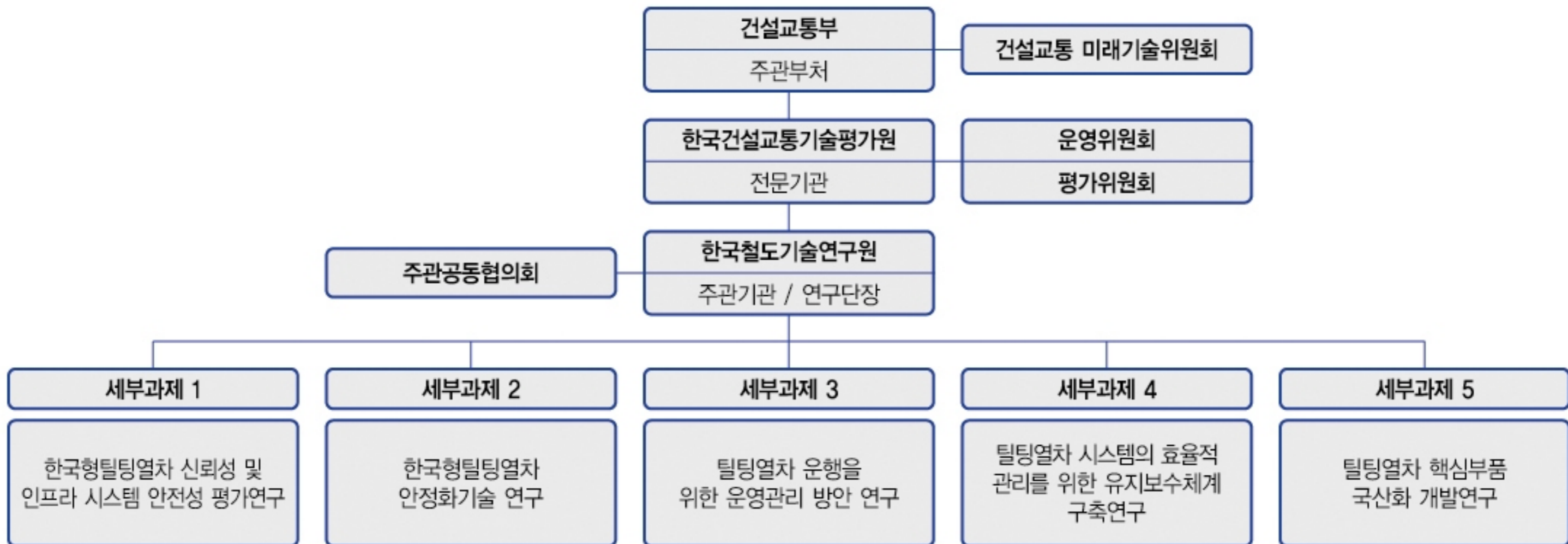
일반선로에서 시속 180km 고속주행, 곡선부 속도향상(30%),  
우리 지형에 강한 한국형 열차입니다



# Introduce

## 한국형 틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술 개발 사업추진체계

- 틸팅열차의 성공적인 실용화를 위하여 최종 수요처(한국철도공사)와 인프라 개선 주체(한국철도시설공단)에서 세부과제연구 추진
- 틸팅열차의 신뢰성 시험 및 평가를 위하여 1단계사업(철도기술연구개발사업)에서 개발 수행한 기업이 참여하여 차량 안정화 및 주요부품 성능개선과 국산화 모델 제작 담당
- 틸팅열차 사업추진에 관한 업무추진 자문 협의는 주관연구기관, 차량 수요처, 인프라 개선 주체, 참여기업으로 구성된 주관공동협의회에서 담당



## 1단계 · 2단계 사업의 연관성



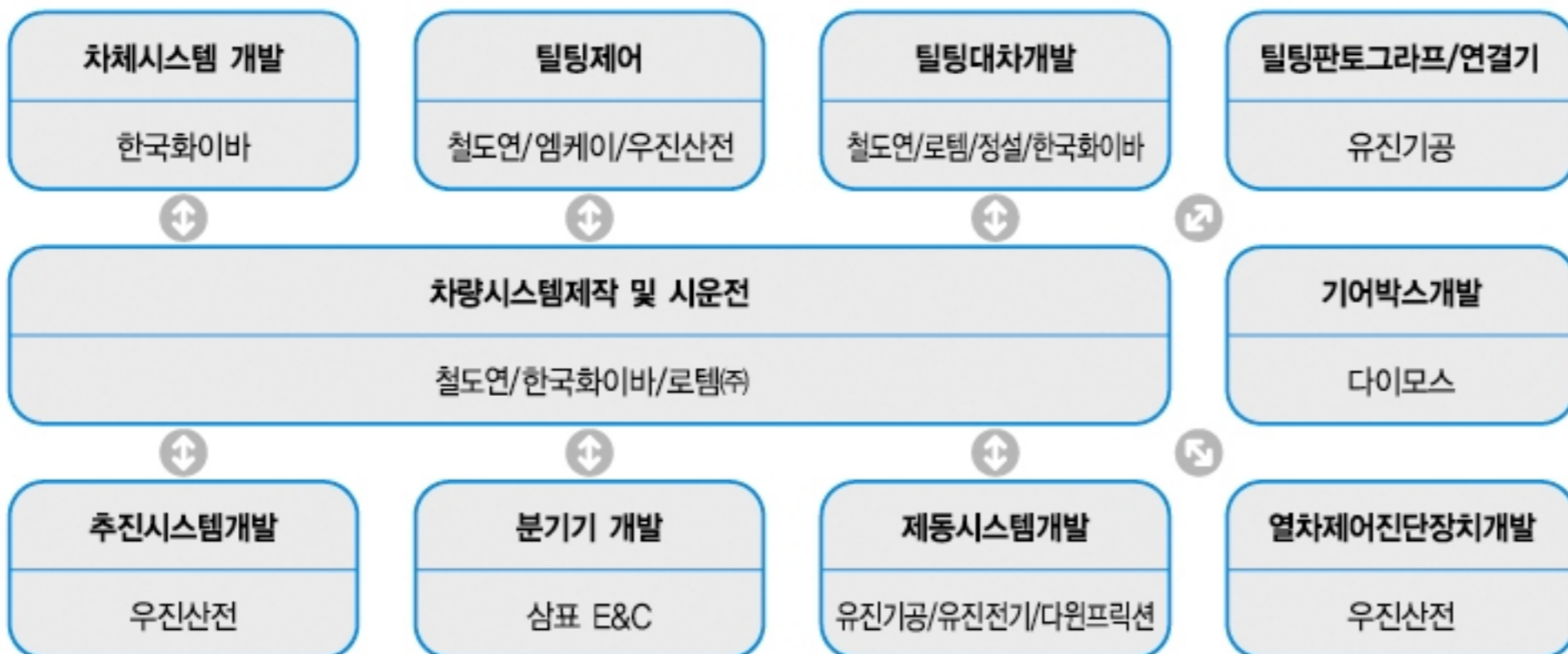
# 사업 분류

Business Grouping

## 한국형 틸팅열차 신뢰성평가 및 운용기술개발 주요 내용

<b>한국형 틸팅열차신뢰성 및 인프라시스템 안전성 평가 연구</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 틸팅열차 신뢰성 확보를 위한 10만km이상 시운전 시험</li> <li>• 틸팅열차에 대한 신뢰성 평가/관리 시스템 구축</li> <li>• 틸팅열차의 주행안전성 확보</li> <li>• 속도향상을 위한 선로/전차선/신호시스템의 계측/평가</li> </ul>
<b>한국형 틸팅열차 안정화기술 연구</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국형 틸팅열차 주요장치별 부품 안정화 및 기술 확보</li> <li>• 한국형 틸팅열차 시제차량의 활용 방안 연구</li> </ul>
<b>틸팅열차 운영을 위한 운영관리 방안 연구</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 틸팅열차 실내 쾌적성 및 승객 서비스 향상 기술개발</li> <li>• 틸팅열차 운영 안전도 향상을 위한 연구</li> <li>• 틸팅열차 실용화를 위한 운영 기술 연구</li> </ul>
<b>틸팅열차시스템의 효율적 관리를 위한 유지보수체계 구축연구</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영업운영에 대비한 틸팅열차 시스템의 효율적인 유지보수체계 구축</li> <li>• 틸팅열차 시스템 신뢰성 기반 유지보수 시스템 구축</li> <li>• 틸팅열차의 주행안전성을 확보하기 위한 선로 유지보수 관리기준 제시</li> </ul>
<b>틸팅열차 핵심부품 국산화 개발연구</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험운전을 통한 틸팅열차 핵심부품별 개선안 도출</li> <li>• 핵심 부품 국산화를 통한 국내 유지보수성 향상</li> <li>• 개선안을 반영한 한국형 틸팅열차 실용화 모델 제시</li> </ul>

## 주요핵심부품 개발체계



# Business Grouping

## 사업 일정

사업 주요 추진 실적	
• 2001. 8 ~ 2006. 7	: 기존선 속도향상 실용기술 개발 1~5차년도 사업 완료
• 2007. 2	: 한국형 틸팅열차(한빛 200) 6량 편성 완성차 제작 완료
• 2007. 4. 4	: 한국형 틸팅열차(한빛 200) 충북선(오송-음성) 본선시험운전 성공
• 2007. 6. 20	: 한국형 틸팅열차(한빛 200) 호남선(오송-목포) 본선시험운전 성공
• 2007. 7. 31	: 기존선 속도향상 실용기술 개발 6차년도 사업 완료
• 2007. 8. 1	: 한국형 틸팅열차 신뢰성 평가 및 운용기술개발 1차년도 사업 착수

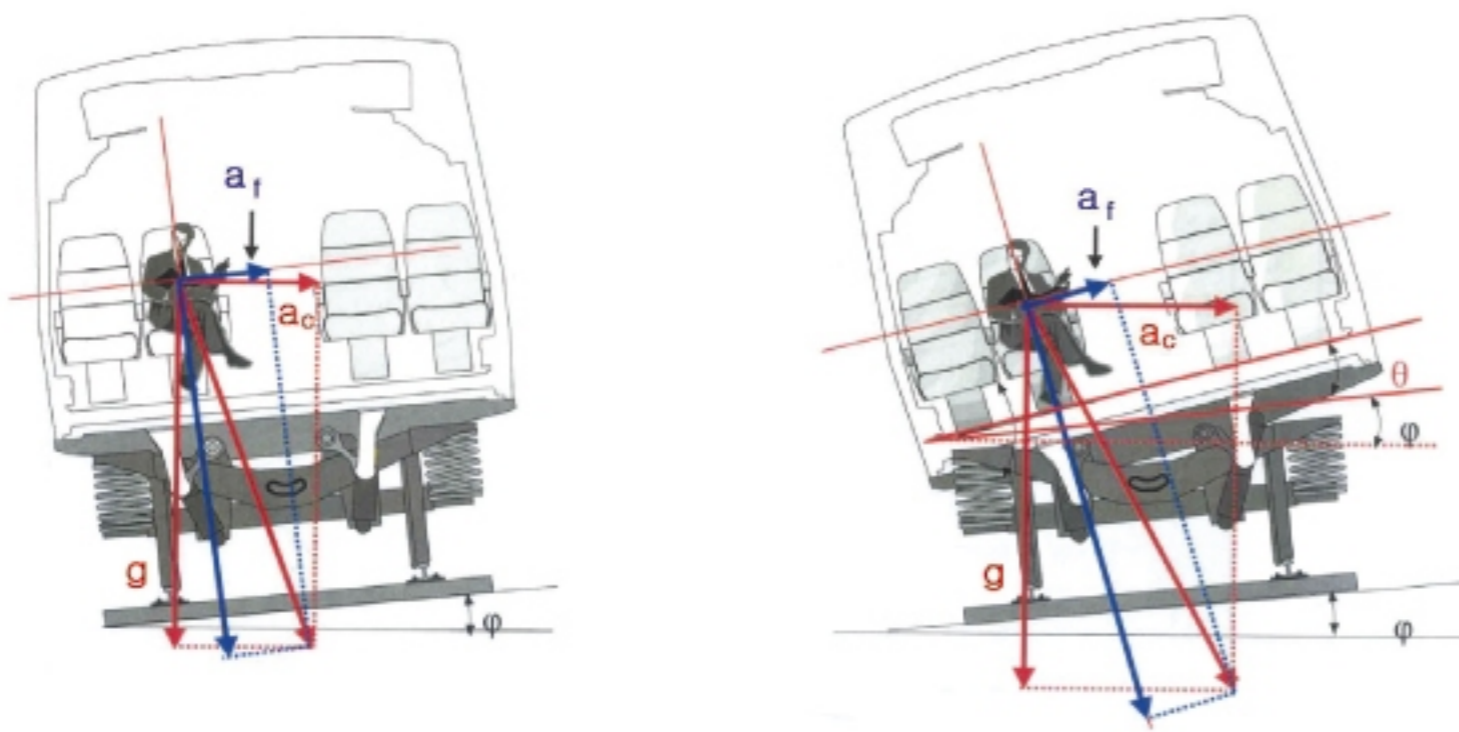
연차별 주요 사업 내용	
2007. 8 ~2008. 7 (1차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 장치별 신뢰성 검증 및 4만km주행시험</li> <li>• 시험선로 선로구축물 성능평가 방안수립 및 인터페이스 영향 검토</li> <li>• 주요장치별 성능 안정화</li> <li>• 증속시험에 따른 선로, 전차선로, 신호 성능시험 및 ATP 장치설계</li> <li>• 차내소음 및 진동특성평가(1)</li> <li>• 시운전시험을 통한 틸팅열차 핵심부품별 개선안 도출</li> </ul>
2008. 8 ~2009. 7 (2차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 틸팅 승차감 평가기준 연구</li> <li>• 틸팅열차 M 및 T차량에 대한 친환경성 진단 및 정량적 평가기법연구</li> <li>• 한국형 틸팅열차 최고속도 운행에 따른 기존 선로구축물 안전성 평가 및 진단</li> <li>• ATP 신호보안장치 제작/시험</li> <li>• 실내 쾌적성 주요인자 설정 및 시험평가</li> <li>• 틸팅열차 핵심부품 국산화 기본 계획 수립</li> </ul>
2009. 8 ~2010. 7 (3차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신뢰성 평가 시스템 구축</li> <li>• TTX Mcp 차량의 전과정 환경부하 분석</li> <li>• 안정화 기술 확보를 통한 차량실용화 방안 확보 및 설계 보완</li> <li>• 실내쾌적성 향상방안제시</li> <li>• 틸팅열차 신뢰성기반 유지보수시스템 설계 및 평가</li> <li>• 틸팅열차 운행에 따른 선로시스템 유지보수 관리기준 제시</li> <li>• 틸팅열차 핵심부품 개량 모델 및 국산화 시제품 기본 및 상세 설계</li> </ul>
2010. 8 ~2011. 7 (4차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 틸팅승차감 평가기준안 작성</li> <li>• 틸팅열차 핵심부품 개량 모델 및 국산화 시제품 제작과 시험평가</li> <li>• 한국형 틸팅열차 시제차량 활용 방안 연구</li> <li>• 틸팅열차 성능 인증기준 연구</li> <li>• TTX열차시스템(1편성) 전과정 환경부하 분석</li> </ul>
2011. 8 ~2012. 7 (5차년도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 선구별 속도향상 방안 제시</li> <li>• 표준 사양안 제시</li> <li>• 틸팅열차 주행을 위한 선로시스템 개량 방안 최종 제시</li> <li>• TTX열차의 친환경관리시스템 제시</li> <li>• 선로시스템 유지보수 시범 실시 및 결과 평가</li> <li>• 틸팅열차 핵심부품 개량 모델 조립 및 성능검증 시험</li> </ul>

# Business

## 틸팅열차기술 개념

### 틸팅열차의 원리

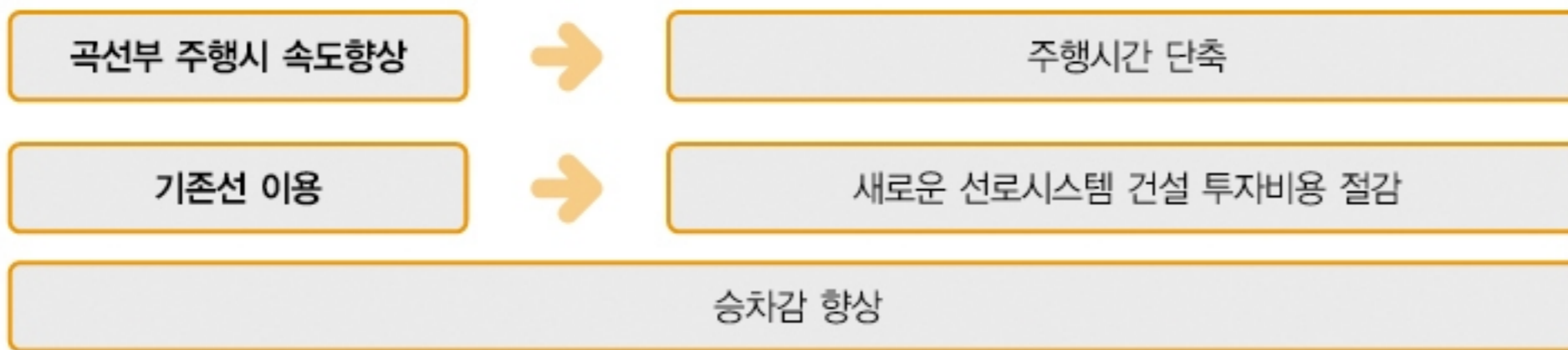
- 곡선부 주행시 차체를 내측으로 기울이도록 하여 원심성분을 횡 방향 가속도를 감소시킴으로써 곡선부 승차감과 열차의 주행속도를 향상시킴.



$a_c$  = 차량 원심가속도 acceleration,  $g$  = 중력가속도 gravity,  $\phi$  = 캔트(cant) 각,  
 $\theta$  = 차체 틸팅각 tilting angle carbody

승객이 느끼는 횡 방향 가속도/ passenger feel the lateral acceleration  
 Without tilting :  $a_f = a_c - (g \times \phi)$ , tilting :  $a_f = a_c - g \times (\phi + \theta)$

### 틸팅열차의 장점





# 사업주요성과

# Product



## 한국형틸팅열차 투입에 따른 시간단축효과 및 적용노선

노선	차종	거리(km)	시간(분)	속도(km/h)	단축율(%)
경부선 (서울-부산)	새마을 기존	441.7	276.4	95.9	-
	180km/h EMU기존선로		251.6	105.4	9.9
	180km/h TTX기존선로		232.3	114.1	19.0
호남선 (용산-목포) (용산-광주)	새마을 기존	410.9	263.1	93.7	-
	180km/h EMU기존선로		236.4	104.3	11.3
	180km/h TTX기존선로		216.0	114.1	21.8
중앙선 (청량리-안동)	새마을 기존	255.7	189.1	81.1	-
	180km/h EMU기존선로		175.9	87.2	7.5
	180km/h TTX기존선로		159.4	96.3	18.7
전라선 (용산-여수)	새마을 기존	440.3	306.4	86.2	-
	180km/h EMU기존선로		280.2	94.3	9.4
	180km/h TTX기존선로		252.3	104.7	21.4
경전선 (서울-진주) (서울-마산)	새마을 기존	495.5	349.4	85.1	-
	180km/h EMU기존선로		317.0	93.8	10.2
	180km/h TTX기존선로		293.9	101.1	18.9
충북선 (대전-제천)	새마을 기존	159.1	113.6	84.0	-
	180km/h EMU기존선로		103.2	92.5	10.0
	180km/h TTX기존선로		95.7	99.7	18.7

• 기존차량(최고속도 140km/h) • 한국형틸팅차량(최고속도 180km/h)

## 사업주요성과

- 복합소재 차체** → 하이브리드 차체형상, 차량설비 설계 및 제작기술 확보, 틸팅열차의 실내디자인 및 정보사인 시스템 프로토타입 제시
- 주행 및 틸팅기구장치** → 틸팅대차 설계 및 제작기술 확보
- 틸팅전기장치** → 틸팅전기차량의 안전성 및 신뢰성 확보를 위한 틸팅제어장치 개발
- 틸팅판토타그래프** → 틸팅 판토타그래프 메커니즘 설계 및 제작기술 확보
- 열차제어진단장치** → 최고설계속도 200km/h 급의 열차제어장치 및 진단장치 개발
- 추진시스템** → 최고설계속도 200km/h 급의 추진장치개발
- 제동시스템** → 최고설계속도 200km/h 급의 제동시스템 및 제동제어장치 개발
- 승객서비스장치** → 최적의 승객서비스 장치 기술개발
- 선로 구축물 시스템** → 속도향상에 따른 선로구축물시스템 성능향상기술개발
- 전차선로 및 신호시스템** → 속도향상에 따른 신호보안체계 구축 및 전력 공급 개량방안연구
- 틸팅 동특성 시뮬레이터** → 틸팅에 따른 승차감 평가 및 틸팅제어 알고리즘 검증

# 복합소재 차체

## Composite Carbody

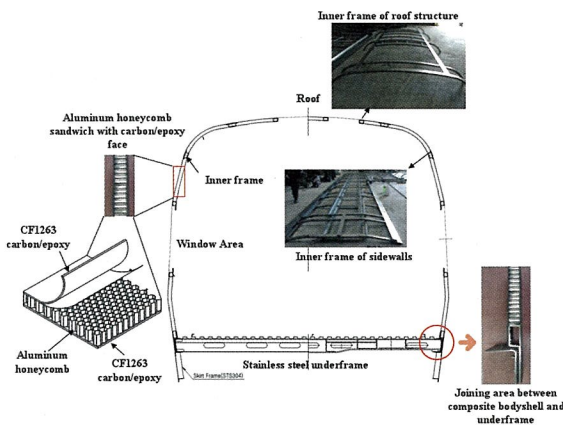
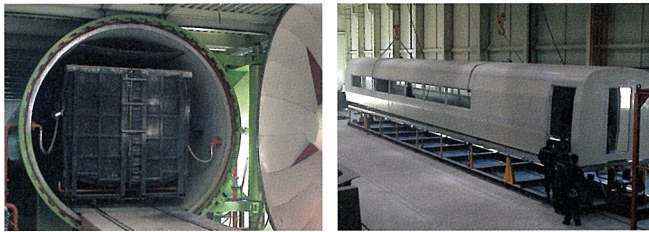
### 설계기본방향

- 공기 저항 최소화
- 신소재 복합재를 적용한 경량화
- 유지 보수성 향상
- 차륜과 레일간 마모 최소화
- 에너지 절감
- 승객 안정성 확보

### 하이브리드 복합재 차체 개발

\* 신소재 복합재와 금속재 구조물 적용에 의한 신개념 하이브리드 차체 개발 추진

- 강재차체 대비 약 40% 무게 절감효과 기대
- 제작공정 및 기간단축 효과
- 신개념 철도차량 차체개발로 기술력 선도

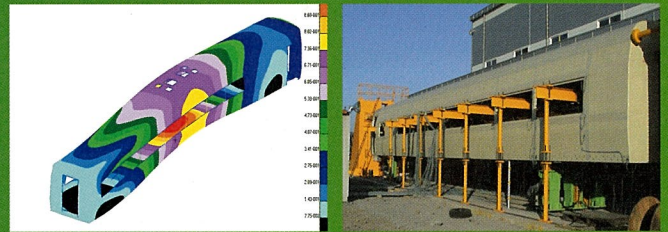


### 한국형 복합소재 틸팅열차(Tilting Train eXpress) 일반제원

열차 편성	• 6량(4M2T)
열차편성 정보	• Mcp : 판토품을 가진 제어구동차 • 판토품/1등석 (29 좌석) • M car : 동차/구동모터/2등석 객실 (56 좌석) • T car : 부수차/ 장애인을 위한 설비 (54 좌석)
총좌석	• 278 좌석
최고운행속도	• 180km/h (설계속도 : 200km/h)
차량 형식	• EMU (동력분산식)
무게	• 344ton (만차, 일반허용)

### 복합재 차체 구조안전성 평가

- 구조해석을 통한 차체 적층구조 및 접합부 설계 및 평가
- 정하중 시험을 통한 구조적 안전성과 진동특성 검증
- 반복하중하에서 복합재 차체 내구성 평가



Composite Carbody

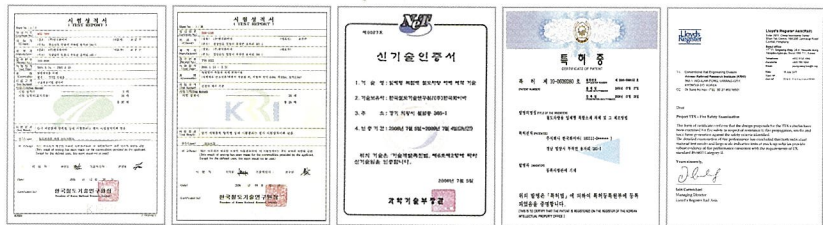
**복합재 차체 화재안전성 및 소음특성 평가**

- 복합재 차체 외곽부에 대한 화재시험을 통한 화재안전성 평가
- 내장재를 포함한 차체 내부에 대한 화재시험을 통한 화재안전성 평가
- 투과손실 시험을 통한 소음특성 평가



**신기술인증 및 성능검증 인증획득**

- 과학기술부로부터 일체형 복합재 차체에 대한 신기술인증 획득
- KOLAS 공인기관으로부터 시험인증 획득
- 일체형 복합재 차체 제작관련 특허 등록
- 복합재 차체 화재 로이드 인증 획득



**완성차 조립**

- 차체, 대차 및 전장품간 조립을 통한 단차조립완료('06. 12)
- 단차조립을 통한 6량 편성조립완료('07. 2)

**실내디자인/모형제작 성과**

- 한국형틸팅열차의 실내디자인은 안전한 디자인, 고급스러운 디자인 및 미래감 있는 디자인 개념 적용

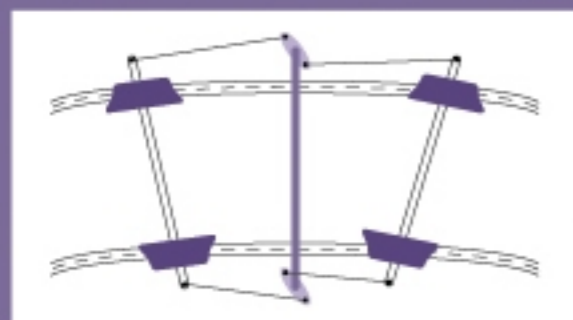
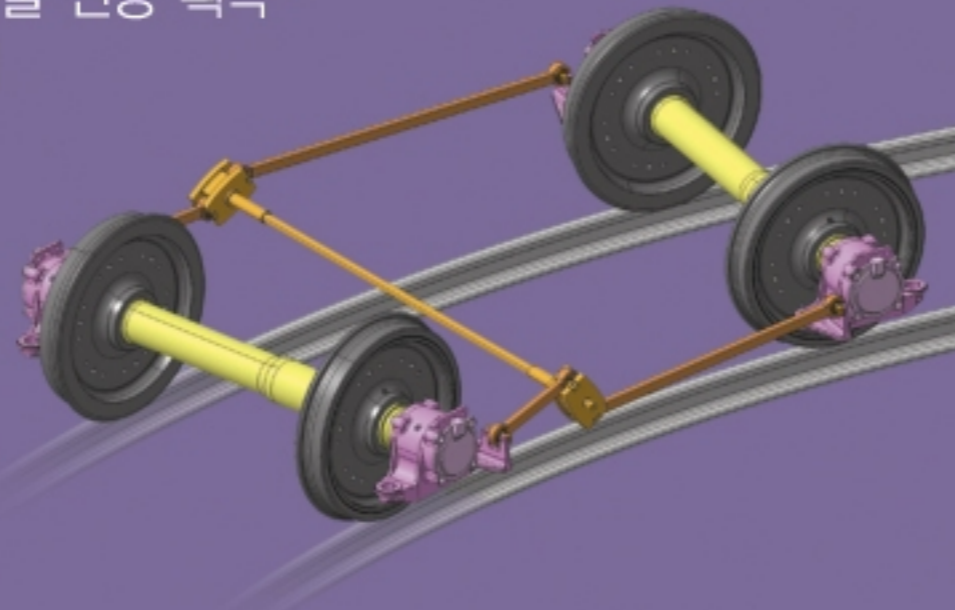
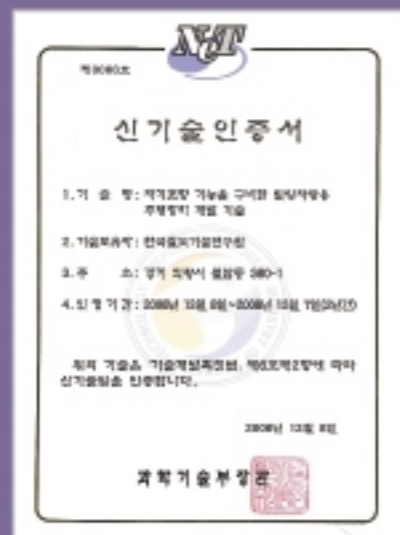


# 주행 및 틸팅기구장치

## Driving & Tilting Instrument System

### 자기 조향장치 고유모델

- 댐퍼가 없는 좌우측 엇갈림 링크 방식의 자기 조향기구장치
- 국내 독자 모델로 과기부 신기술 인증 획득
- 자기 조향장치의 원리 및 장점



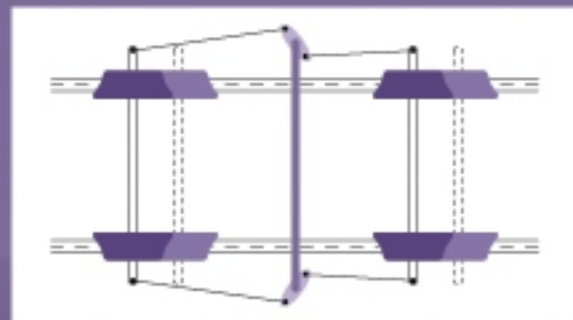
#### 곡선궤도

차륜/궤도간 크리이프 힘에 의해 공격각이 최소화되도록 정렬 → 조향장치저항 없음  
→ 안내 횡압 저감



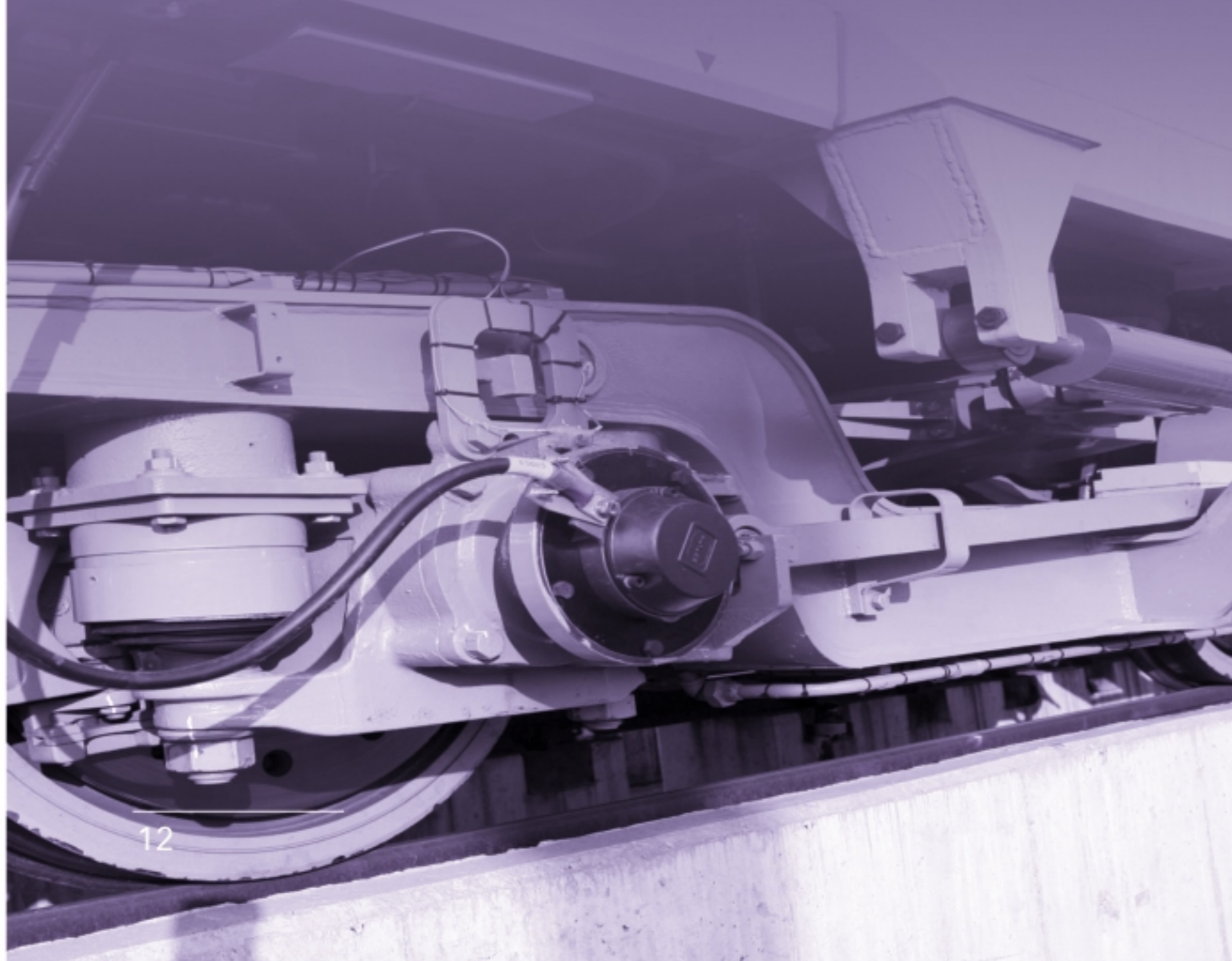
#### 직선궤도

전후위 윤축 시행동이 조향 링크에 의해 상호연동 → 시행동 억제 → 임계속도 향상



#### 견인/제동 시

토션바의 작용으로 1차 전후방향 강성 증대  
→ 차축/대차프레임간 전후 변위 감소  
→ 간섭 방지



### 설계 개념

- 200km/h 이상의 고속 주행안정성 확보
  - 1) 자기 조향장치 적용
  - 2) 윤축 안내장치 변수 최적화
  - 3) 요 댐퍼 적용
- 일반차량 대비 30% 정도의 곡선주행속도 향상
  - 1) 자기 조향장치 적용
  - 2) 유연한 YAW 강성에 의한 궤도 횡압 저감
  - 3) 강제 틸팅에 의한 승객 횡가속도 저감
- 우수한 직선 및 곡선궤도 승차감 확보
  - 1) 공기스프링 및 안티 롤 장치 적용
  - 2) 선형조건 대응하는 정교한 틸팅제어
- 유지보수성 향상
  - 1) 링크식 틸팅 기구장치
  - 2) 전기기계식 틸팅 액츄에이터
  - 3) 일체형 1차 현가장치
  - 4) 댐퍼리스 자기 조향장치
  - 5) 무급유 방식의 회전부 적용

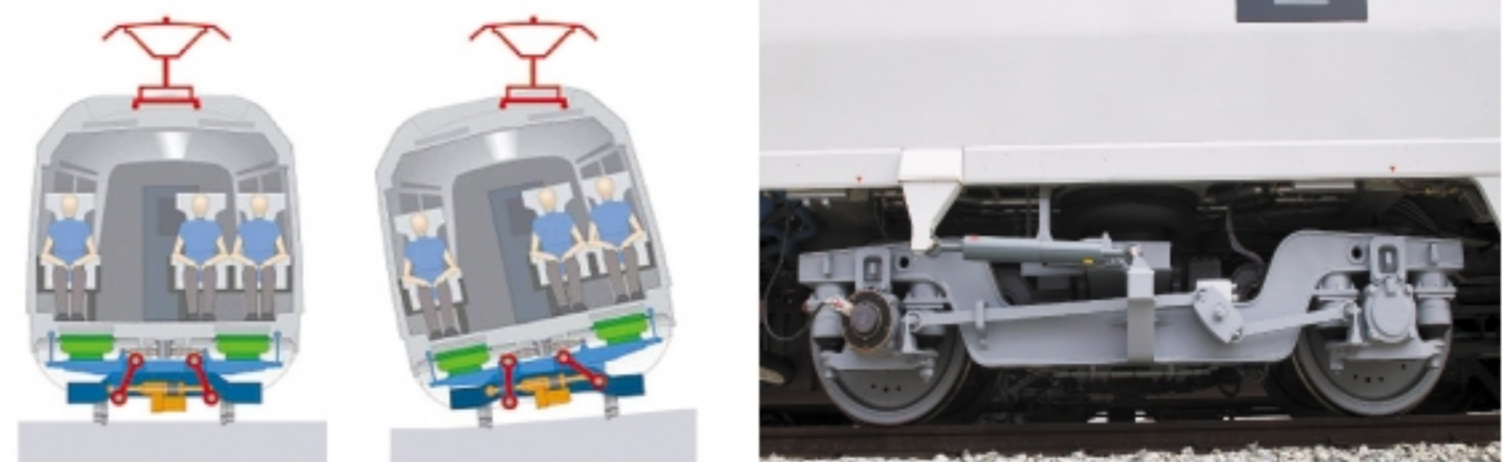
### 구조 및 특징

- 국내 최초의 틸팅대차로 틸팅 기구 및 자기 조향장치가 대차 내에 간결하게 포함되어 있음.
- 자가 조향장치와 현가장치와의 최적 조합에 의해 일반 대차방식으로 구현 불가능한 임계속도 200km/h 이상과 고도의 곡선 추종성(궤도 횡압 저감) 동반 확보
- 틸팅 기구와 틸팅 구동장치(액츄에이터)를 2차 현가장치 하부에 틸팅볼스타와 대차프레임 간에 구성
- 전기동력을 이용한 전기기계식 틸팅 액츄에이터 적용, 동력원의 단순화와 친 환경성, 유지보수성 향상
- 2차 현가장치 자체 공기감쇄 기능이 있는 유연한 공기스프링과 롤링을 억제하는 롤 바를 적용하여 진동 승차감 향상

# Driving & Tilting Instrument System

## 틸팅 기구장치 구성

- 틸팅 액츄에이터 동작 → 스윙 링크에 의한 운동 안내
  - 틸팅 볼스타, 2차 현가장치, 차체 틸팅 됨.
  - 판토타블 역방향 틸팅



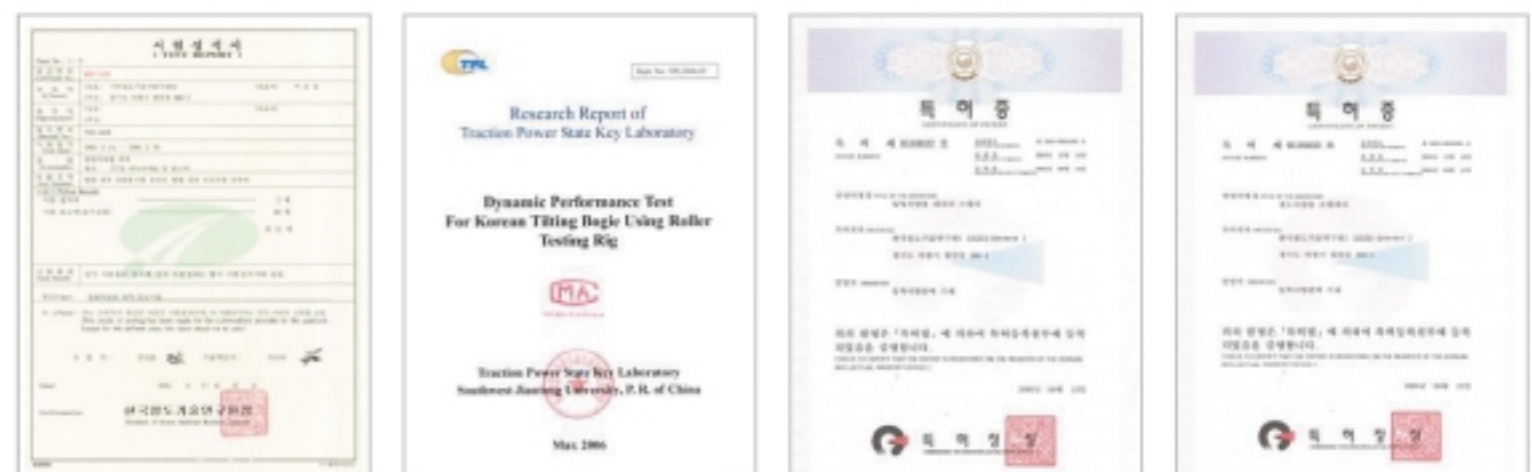
## 시험 및 설계검증

- 주행 시험대(Roller Rig) 시험을 통한 고속 주행안정성(임계속도 240km/h이상) 검증
- KS, JIS, UIC 규격에 의거 구조안전성 해석 및 시험 평가
- 독일의 유 경험기관으로부터 주행장치 및 틸팅 기구장치 설계 검증 수행



## 성능검증 인증획득 및 산업재산권

- KOLAS 공인기관으로부터 시험인증 획득
- 틸팅차량 대차 관련 특허 등록
- 철도차량용 조향대차(PCT 국제 특허 출원)



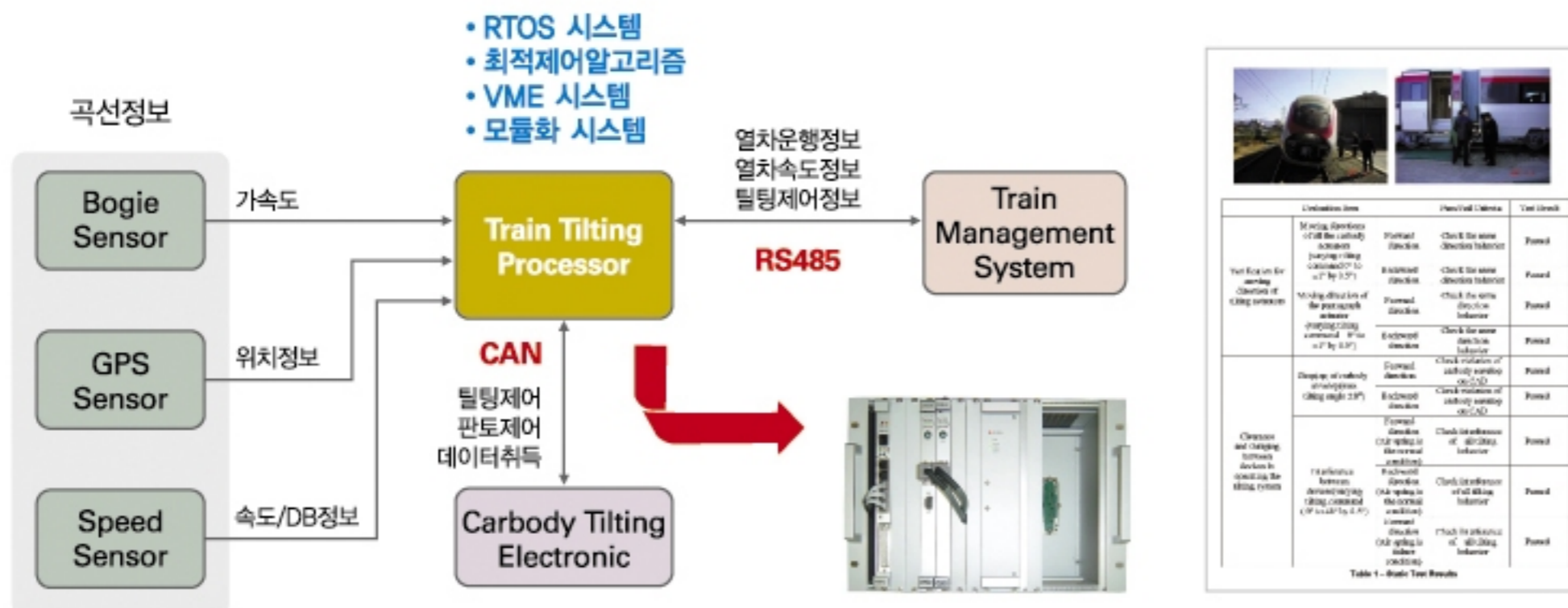
# 틸팅 전기장치

## Tilting Electric System

### 틸팅전기제어기술

- 가속도센서, GPS 센서, 지상자 센서 등을 이용한 차량 곡선부 감지 제어기술
- 전기 기계식 틸팅 시스템 성능시험
- 소형화, 경량화 및 실시간 제어 기술
- 사전제어방식채용을 통한 승차감 향상
- 해외인증기관의 시험절차/성능시험 부분 검증 수행

### 틸팅제어시스템 구성도



Train Tilting Processor 시제품

Tilting Electric System

## 틸팅 판토티그래프

### Tilting Pantograph

#### 틸팅 판토티그래프 메커니즘

- 차체의 틸팅운동 방향에 대하여 역방향으로 판토티그래프 틸팅수행
- 차체의 틸팅에도 불구하고 판토티그래프의 전차선 추종성 확보
- 벨트형 강제 틸팅방식 채용



#### 경량 판토티그래프

- 차량경량화와 틸팅열차 주행 안정성 확보를 위한 경량 판토티그래프 개발
- 공기흐름에 의한 판토티그래프의 압상력 조절을 위하여 공력해석을 통한 에어포일 형상 설계
- 전차선의 마모와 파손을 방지하기 위한 자동하강장치 적용
- 전차선 추종성을 향상시키기 위한 독립 팬헤드 균형장치 적용



# 열차제어진단장치

## Train Control and Management System

### 열차제어진단장치 제작 및 시험

- 차량의 제어 및 진단을 위한 실시간 제어
- Fail safe에 의한 차량 감시
- Train Computer의 2중계 Backup 기능 확보
- 고속 Network 통신의 신뢰성 확보

#### ▶ 기능별 모듈화 설계 및 시험

##### 1. 통상모드

- 운전화면 : 기관사 운전 화면
- 설정화면 : 일반 운용 설정 화면
- 운용화면 : 차량 스케줄 관리

##### 2. 검수모드

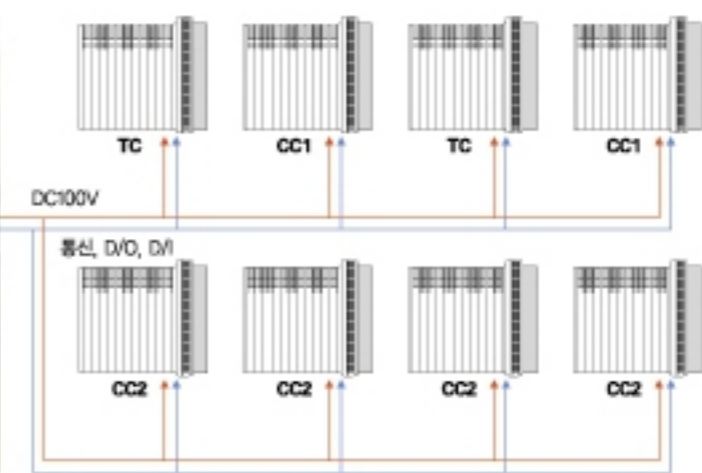
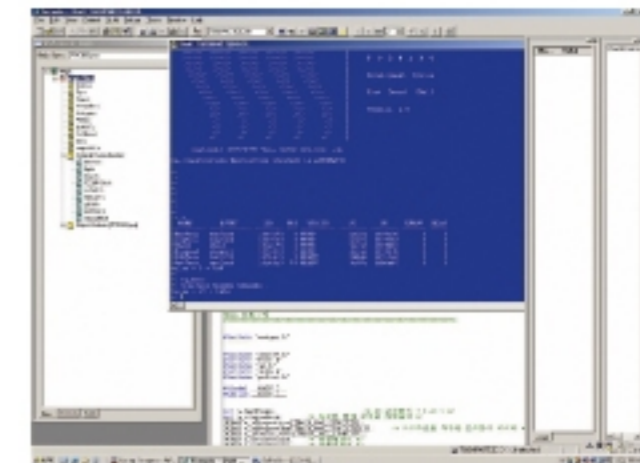
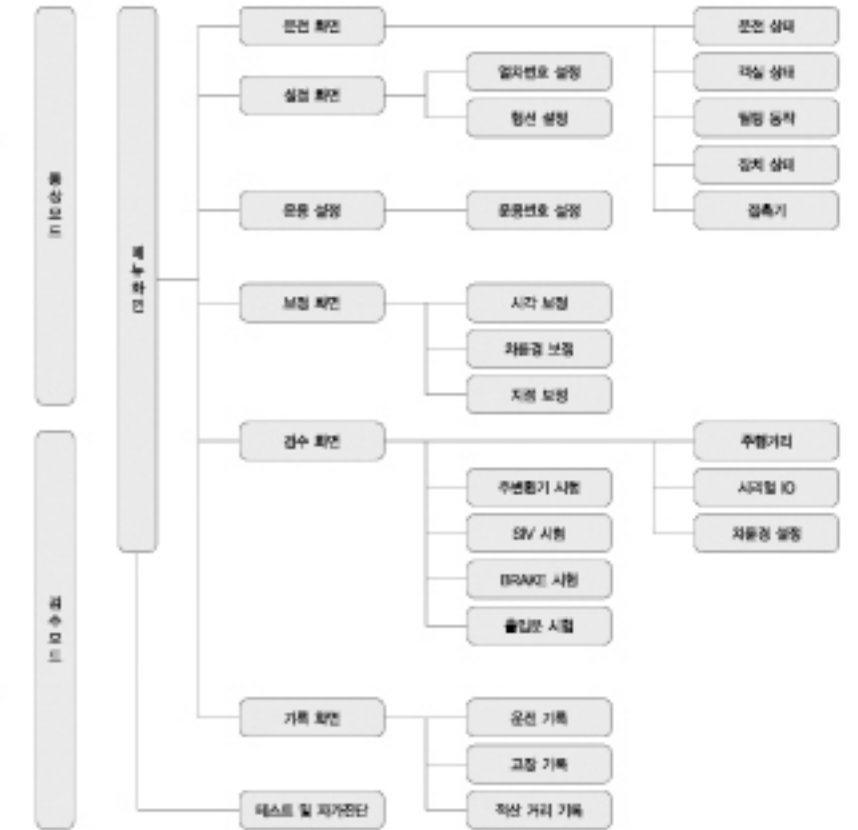
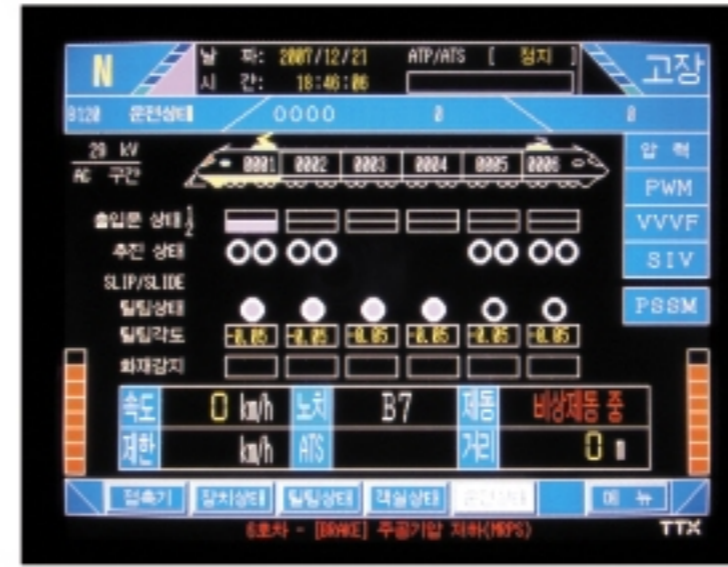
- 보정화면 : 초기 설정치를 보정
- 검수화면 : 검수원 테스트 화면
- 기록화면 : 기록 관련 화면

#### ▶ TC, CC1, CC2 시제품제작 및 시험

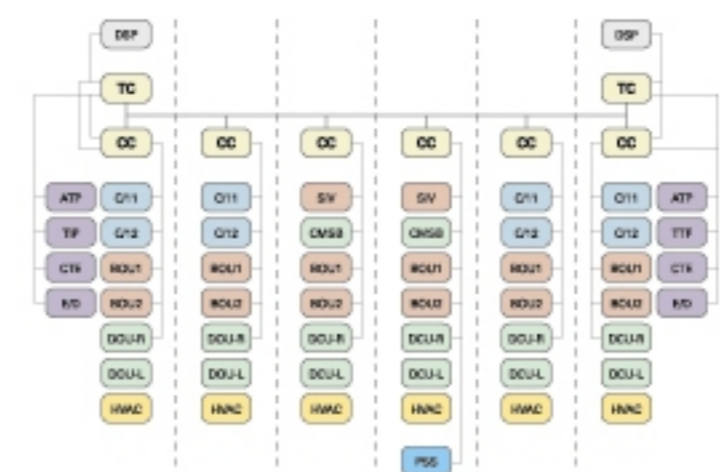
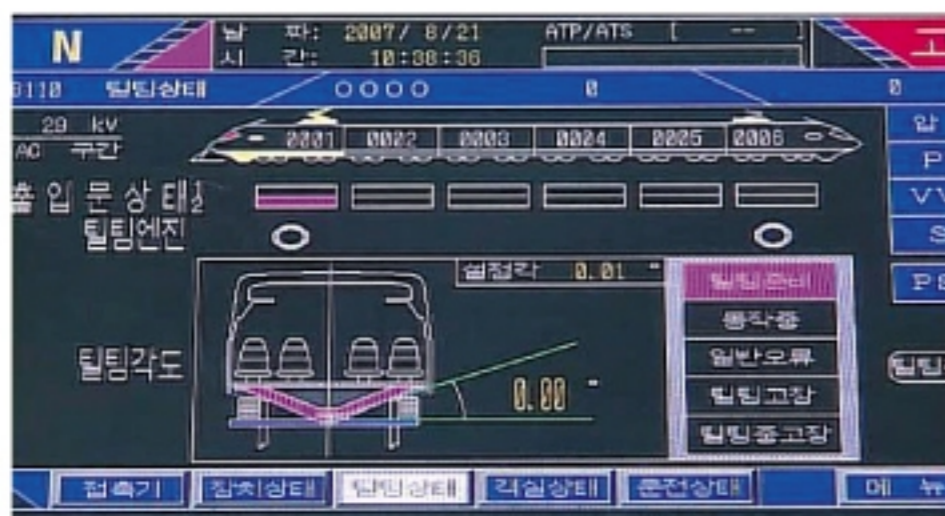
- Train Computer의 2중계 구현
- 기능별 모듈화 소프트웨어 구현
- Isolation의 통신 포트의 신뢰성 확보
- RTOS 기반의 실시간 제어 소프트웨어 탑재

#### ▶ Simulator 제작 및 시험

- 차량과 동일조건의 시험구현
- Isolation에 의한 출력신호 레벨 가변
- PC에 의한 동작 지령 및 이벤트 지령 기능 확보



Simulator



# Train Control and Management System



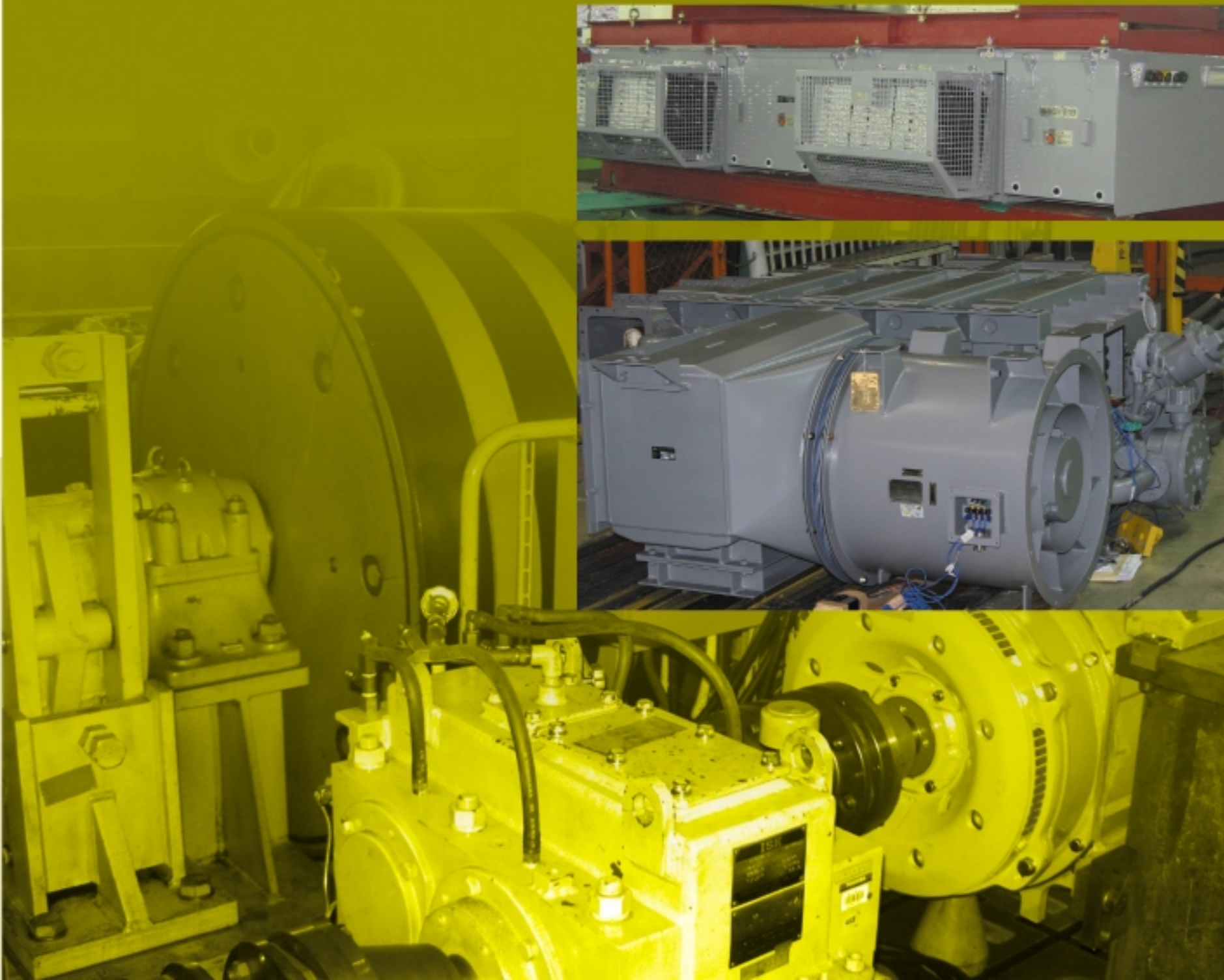
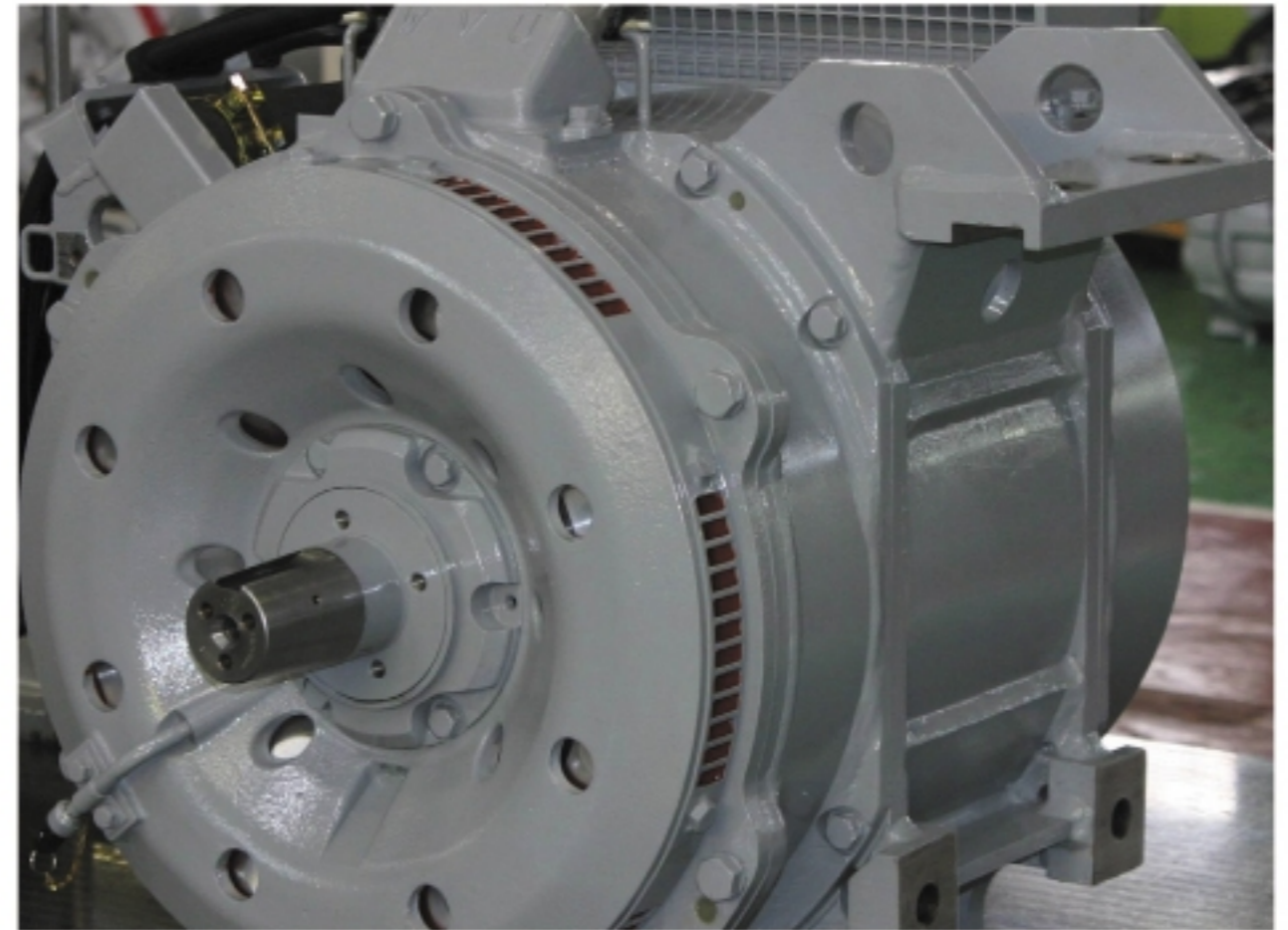
# 추진시스템

Propulsion System

## 추진시스템 제작 및 시험

- 추진 시스템의 간략화 및 경량화
  - 가선으로 유입되는 고조파성분 최소화
  - 히트 파이프를 이용한 승차감 증대
  - 1C2M 구성으로 인한 시스템의 안정성 확보
- ▶ 주변환장치 제작 및 시험
    - 모듈화 구조의 유지보수 간략화
    - 자연냉각 방식으로 인한 저소음화 도모
    - 철도차량 성능시험기준에 의한 시험
  - ▶ 주변압기 제작 및 시험
    - 유니트 위상차로 인한 유도 장애 감소화
    - 냉각계통을 강화한 구조로 설계
    - 철도차량 성능시험기준, IEC 60310에 의한 시험
  - ▶ 견인전동기 제작 및 시험
    - 정격 출력 250kW, 3상형 유도 전동기
    - 자연냉각으로 인한 시스템 간략화
    - 철도차량 성능시험기준, IEC 60349에 의한 시험
  - ▶ 보조변환장치 제작 및 시험
    - 조명 장치 및 제어기기 전원공급
    - 연속 동작의 용량으로 설계
    - 철도차량 성능시험기준에 의한 시험

# Propulsion System



# 제동시스템

## Braking System

### 개요/목적

- 경제성과 기능면에서 우수성이 높은 시스템을 개발, 확보
- 제어의 확실성, 신속성, 승차감, 안전성, 내구성, 보수유지성, 경량, 제작용이성을 갖춘 준고속전동차에 실용화 될 수 있는 제동시스템을 개발

### ▶주요연구개발 내용

- 전제동시스템 엔지니어링
- 압축공기공급시스템 개발
- 제동 전자제어 유닛 개발
- 제동작용장치(BOU) 개발
- 기초제동시스템 개발
- 1ECU 2BOU

### ▶주요특성

- 아날로그 지령식 제동장치
- 전기제동과 공기제동의 클로스 블랜딩
- 제동에 대한 마이크로프로세서 연산방식으로 공주시간 단축
- 저크제어 및 응하중제어 기능
- 안티스키드 제어 기능
- 제동 감시 및 자기 진단 기능
- 독립적인 구성을 통한 공기제동장치 Backup 기능을 갖춘 보안제동장치 구축

# Braking System



# 승객 서비스장치

## Passenger Service System

### 영상 서비스 구현 기술

#### The scope of Real time Broadcasting

한국형틸팅열차의 승객 서비스 장치는 RF Modulation에 의한 다중 Channel 구성, 좌석 회전을 위한 B-CDMA 기술의 적용으로 1등식 비디오 모니터는 12개의 다양한 채널을 서비스 하며 휴대용 게임기능을 추가하여 다양한 승객 서비스 장치 구현

### 위성인터넷/무선 네트워크

차량에 2개 이상의 AP(Access Point)와 2개 이상의 안테나를 설치하여 차량 모든 곳에서 무선 랜 기능이 구현되게 한다. 또한 VOIP 게이트웨이를 설치하여 네트워크와 인터컴, 방송 시스템을 연동

### 승무원지원시스템

- 휴대용 발권 지원
- 역정보 표시
- 운영모드 전환
- 장비관리



### TTX 차량 종합 서비스 개념도

1. 승차권 영수증 발권
2. 영상 방송 제어
3. 관리 서비스
4. 장치 점검
5. 안내 방송
6. 인터컴 호출
7. 핸드셋 호출
8. 객실 모니터형

KORAIL | 한국철도공사

# Passenger Service System



# 선로 구축물 시스템

## Track System

### 개요

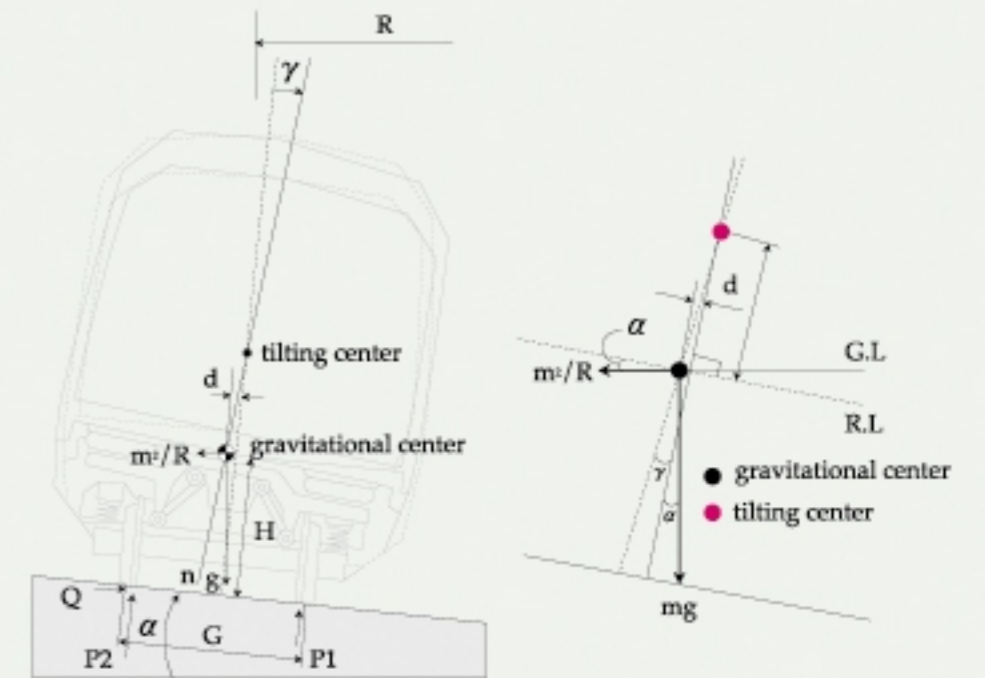
틸팅열차 개발에 따른 기존 선로시스템 성능 평가 및 개선기술 확보

- 기존선의 인프라를 최대한 활용하여 실용적이며 경제적으로 열차의 표정속도 향상
- 기존선로시스템과의 인터페이스 적합성 분석
- 선로선형, 궤도노반, 교량/터널 분기기 등에 대한 검토 수행

# Track System

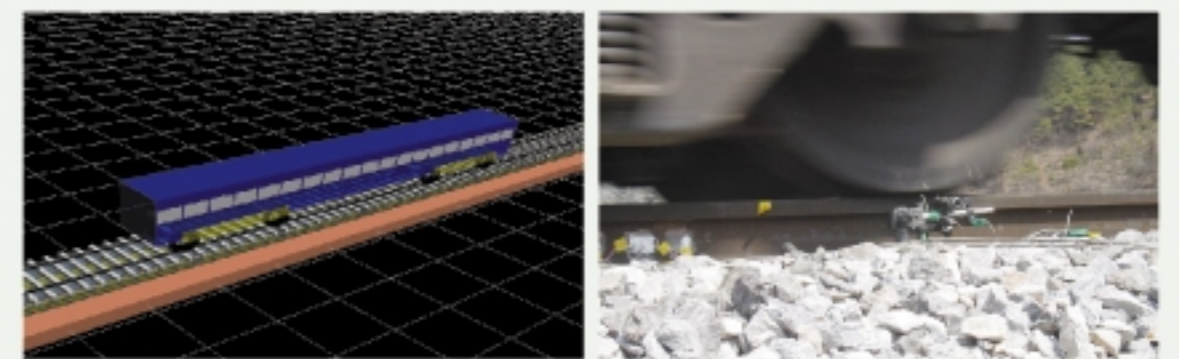
### 1. 틸팅차량/선로선형 적합성 검토

- 틸팅차량의 특성을 고려한 선형 적합성 검토
- 틸팅차량 무게중심을 고려한 최대캔트 부족량 검토
- 틸팅차량의 승차감을 고려한 곡선부 선형 검토



### 2. 차량/궤도인터페이스 검토

- 해석을 통한 기존 곡선부 및 직선부 궤도부담력 및 주행안전성 평가
- 기존차량 및 틸팅차량의 궤도에 미치는 성능 비교 분석



도상횡저항력 시험



윤증, 횡압측정



레일변위 측정



윤증검증

횡압검증

# 기술개발 성과

## Technical Development Outputs

### 선로시스템 개선 기술

#### ▶틸팅차량/선로시스템 적합성 검토

승차감 평가기준

최대틸팅각도 : 8°  
 최대틸팅각속도 : 8°/sec  
 최대 전체 롤 각속도 : 5°/sec  
 정상 횡가속도 : 0.08g  
 완화곡선 승차감지수 : 5



선로시스템 구조개선(안) 제시

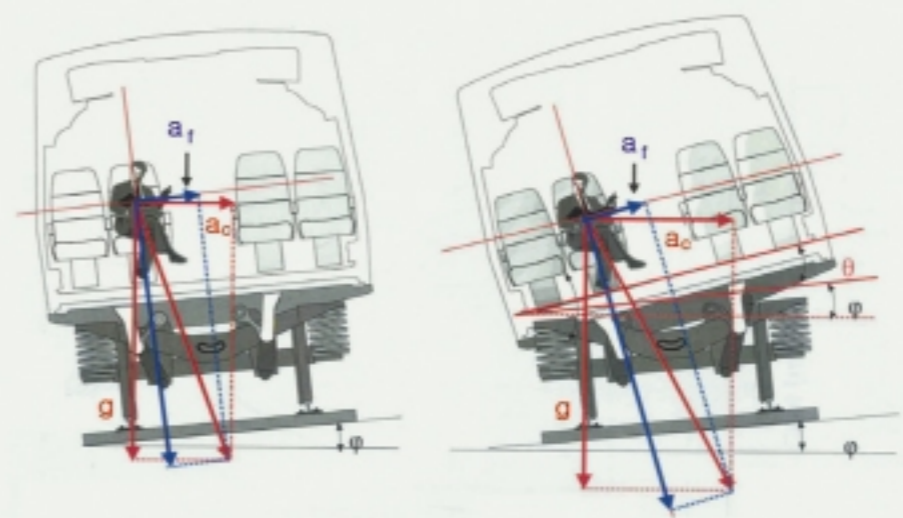
목침목구간 → PC침목으로 개량 필요  
 장대레일화 필요(권고)  
 곡선부 완화곡선 연신구간 약10~15%  
 속도향상 효과 기대

### 3. 곡선부 틸팅차량 가능속도 산정

- 틸팅차량의 무게중심 및 승차감을 고려한 곡선부 최고속도 산정
- 곡선부 선형변수별 속도 산정

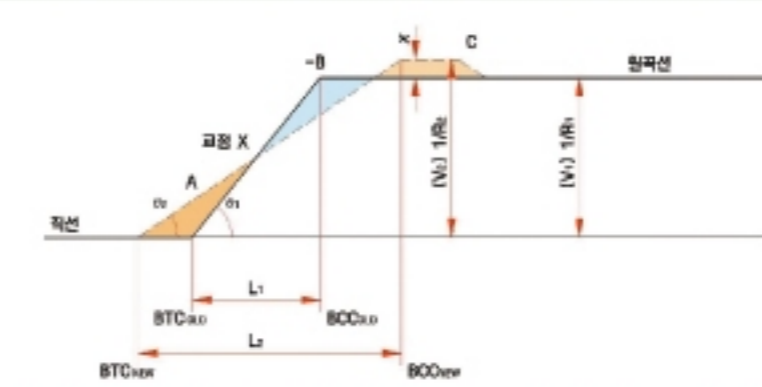
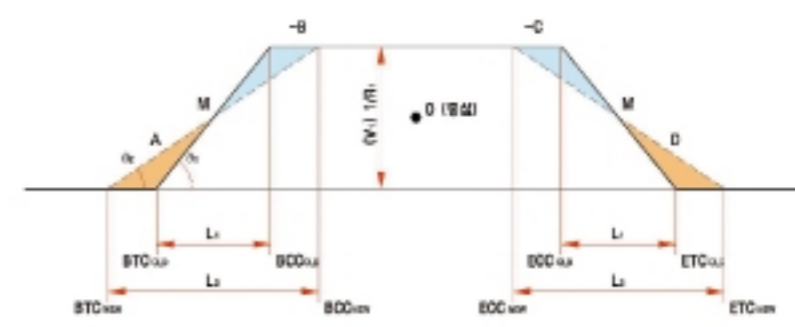
$$H = \frac{\sum_{i=1}^n m_i h_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = 1.344 \text{ m from the rail}$$

틸팅차량무게중심



### 4. 곡선부 완화곡선 연신방안 검토

- 곡선부 승차감 확보를 위한 완화곡선 연신방안 검토
- 곡선별 이정량이 최소가 되는 연신방안 제시



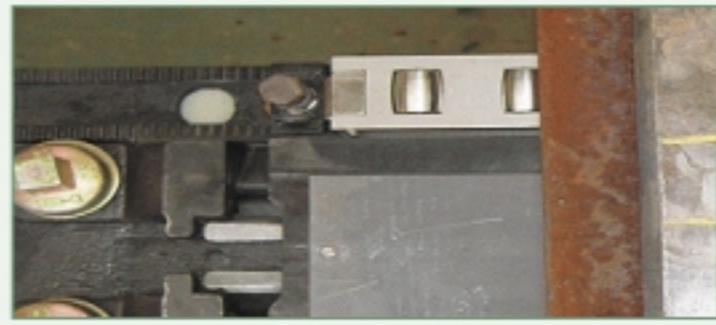
# 기술개발 성과

## Technical Development Outputs

### 개량분기기 및 분절PC침목 개발

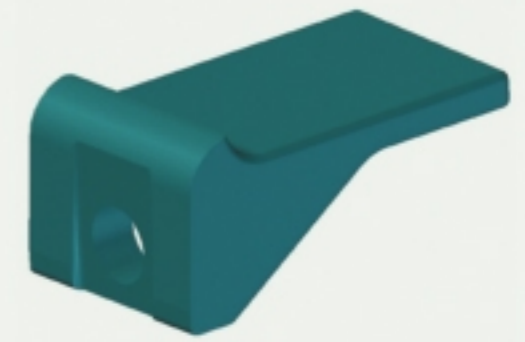
#### 1, 2. 포인트 및 무도유 상판

- 안전한 체결력
- 친환경 볼베어링 사용



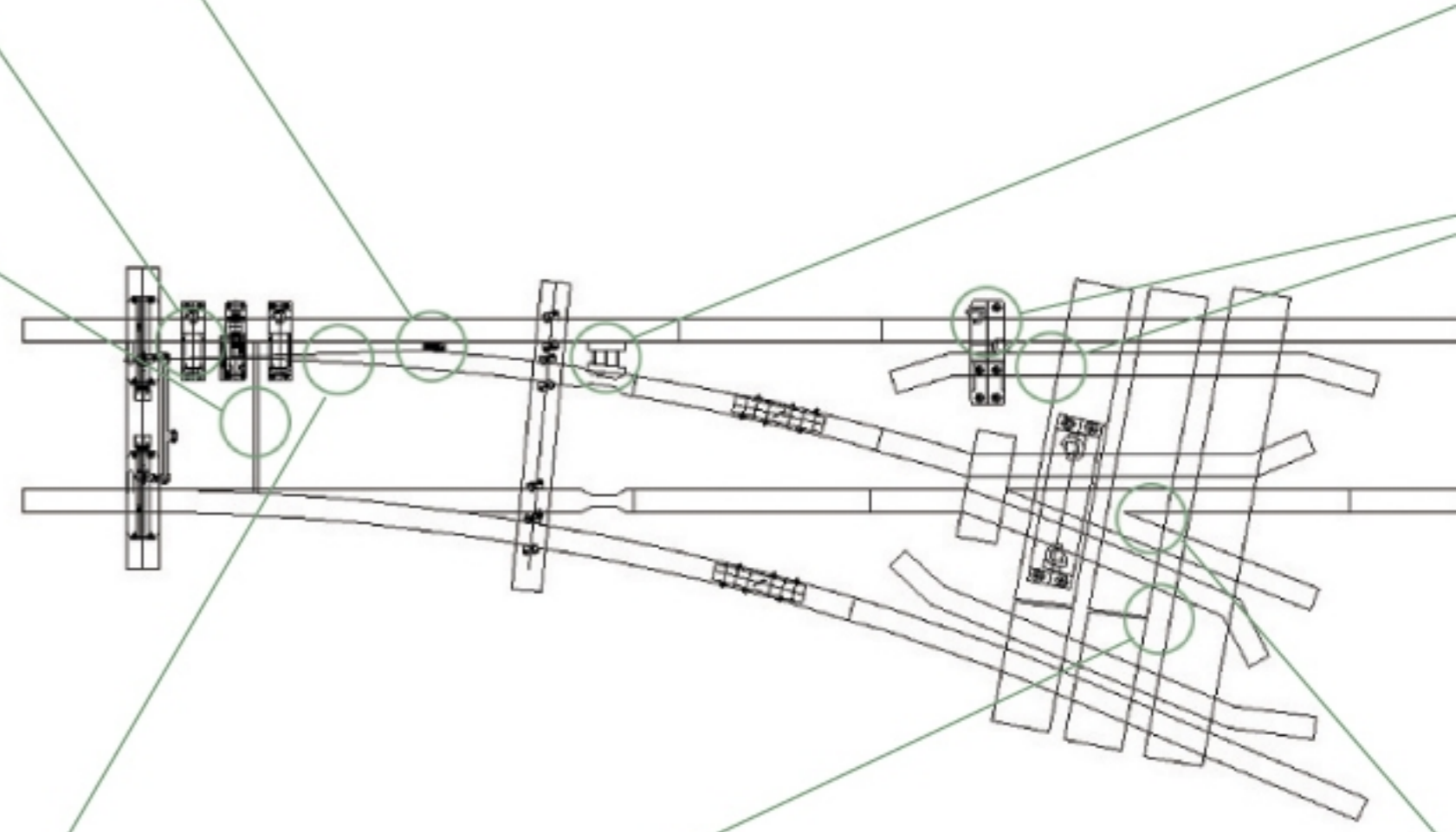
#### 5. 멈춤쇠

- 일체성형으로 구조적 성능우수
- 텡레일 밀착시 안정한 지지력 확보



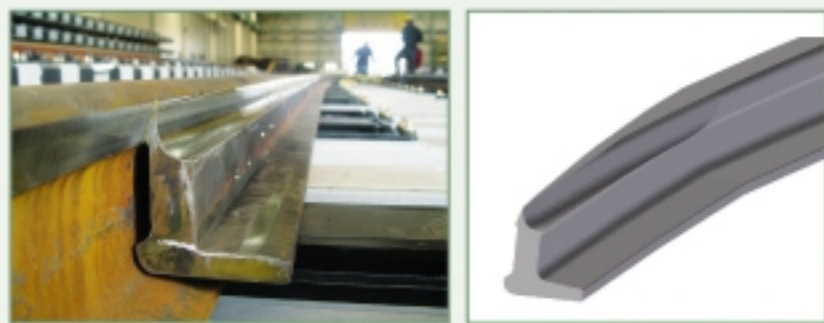
#### 4. 조절간

- 원활한 궤간 유지
- 침목상부 설치로 STT작업 가능



#### 3. 텡레일

- 텡레일 내구성 향상
- 차륜과 텡레일 접촉성 개선



#### 10. 분절 침목

- 침목 중량화 · 정밀시공 가능
- 분기기 운반 및 부설 용이



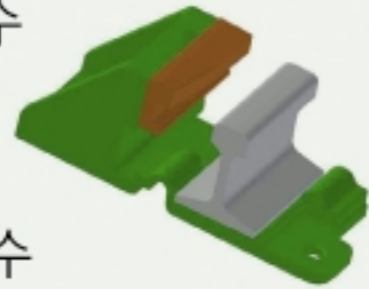
### 6. 고정 간격재

- 힐부의 충격 흡수에 유리
- 레일의 신축에 따른 내부 축력을 도상으로 분산



### 7. 가드상판

- 주조일체형의 우수한 내구성으로 수명연장
- 구조가 단순하며 호환성 우수



### 8. 가드레일

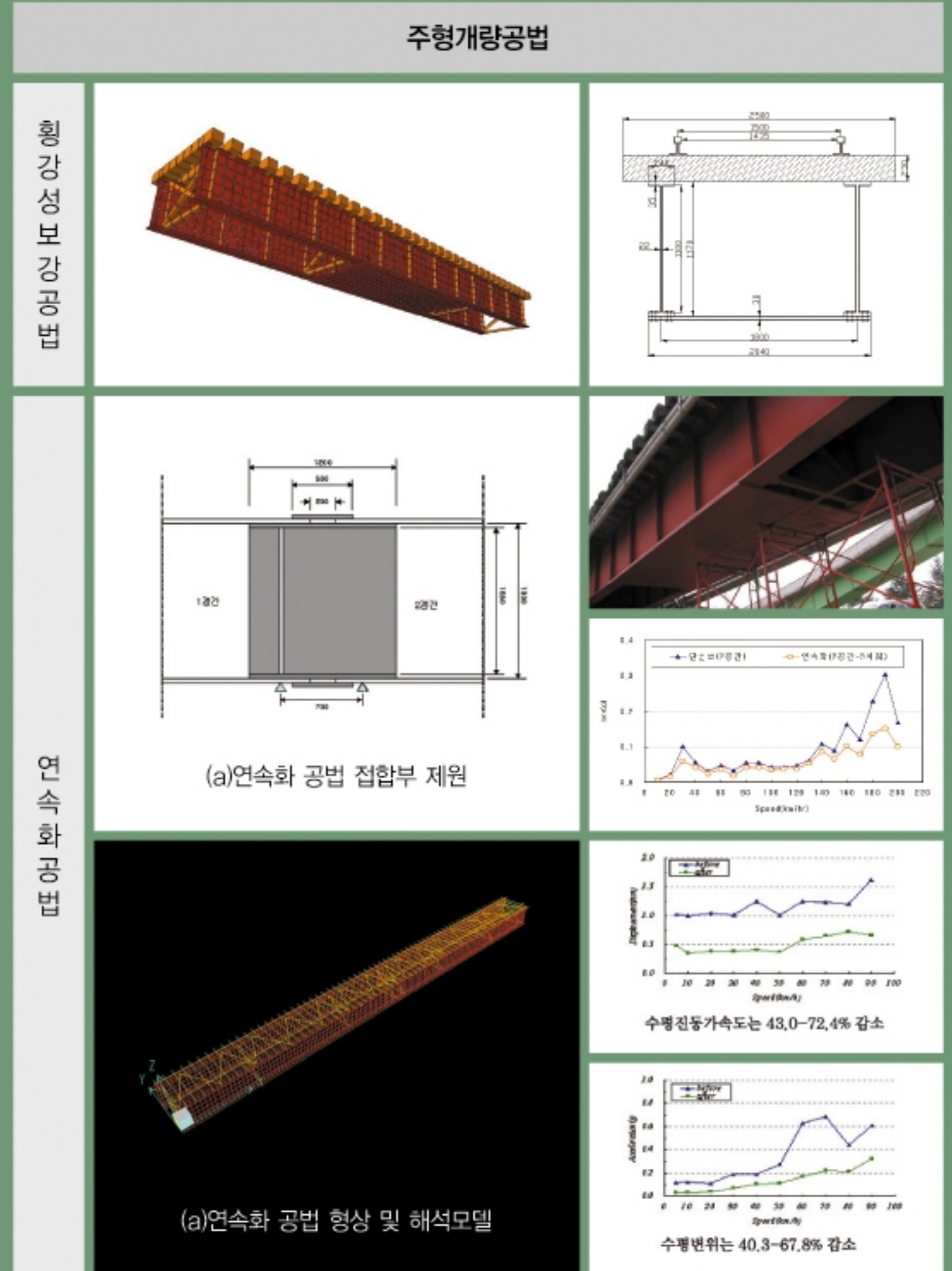
- H형 가드로 차륜 방호에 우수
- 마모시 백게이지 조절 용이

### 9. 망간 크로싱

- 주조일체형으로 내마모성 우수
- 차륜과의 접촉성이 우수
- 현장용접이 가능하며 장대화에 유리



## 판형교의 동적 안정성 향상기술



Technical  
Development  
Outputs

# 전차선로 및 신호시스템

## Railway Catenary System & Signal System

### 개요

- ▶ 속도향상에 따른 가선설비 개량방안 연구
  - 운행예상선로 적합성 분석
  - 개량전차선로의 성능 검증
- ▶ 속도향상에 따른 신호설비 적합성 연구
  - 차상신호장치 인터페이스 요구사항 도출
  - 기존선 속도 및 안전성 향상을 위한 MJ81 전기선로전환기 개량
  - 개량된 MJ81 전기선로전환기 성능 평가 및 검증 시험

### 속도향상에 따른 가선설비 연구

#### 개요

- 틸팅열차 운영을 위한 전차선로 개량방안 제시 (표준장력/곡선당김장치/드로퍼간격 등)
- 개량방안에 따른 대상설비 성능개선 기술개발
- 경부선, 호남선 및 충북선 전차선로 집전성능해석
- 전차선로 진동감쇠 측정법 개발 및 파동전파 특성 분석
- 열차 통과시 전차선로 동특성 평가기술 확보
- 개량 전차선로 성능검증

### 고정밀도 도르래식 장력조정장치 개발

- 장력오차 3%이내의 도르래식 장력조정장치
- 개별식 및 일괄식 장력 부여 가능
- 10톤 이상의 하중에서 파단



도르래식 장력조정장치



피로시험 및 과하중시험

### 분리형 협소터널 브래킷 개발

- 조가선과 전차선 지지를 분리
- 개량형 엇가고 듀얼 브래킷 개발
- 터널구간 속도향상 및 집전성능 향상 기대



열차통과시 전차선로 동특성평가



협소터널 브래킷 강성시험

Railway  
Catenary System &  
Signal System



# Railway Catenary System & Signal System

## 속도향상에 따른 신호설비 연구

### 개요

- 속도향상을 위한 기존 신호보안 설비 실용화 적용연구
- 틸팅열차용 차상신호시스템(ATP) 사양도출  
(발리스 정보전송모듈, 차상컴퓨터, MMI장치, 속도검지용 레이더, 발리스 안테나, 차상기록장치 등)
- ATS장치 및 차상신호장치 인터페이스 설계
- 기존선 속도 및 안전성 향상을 위한 전기선로전환기 개량
- 단상 220V용 전기선로전환기용 모터 국산화 개발

### 기존신호보안 설비와 차상신호 인터페이스



- 기존신호시스템과 상호호환 운영을 위한 ETCS
- 차상신호시스템 인터페이스 설계  
(연동장치 및 폐색장치 인터페이스 구성)

### 단상 220V용 전기선로전환기 개발



- 개발된 단상 220V MJ81 선로전환기 성능시험
- 내구성 시험 통과 (200,000회)
- 열차운행 안정성 확보

# 틸팅 동특성 시뮬레이터

## Tilting Dynamic Characteristic Simulator

### 6축 틸팅 동특성 주행시뮬레이터 구성

- 목적 : 틸팅열차에 설치될 틸팅 제어 장치의 성능평가, 차량동역학 검증 및 틸팅 차량의 탑승감 구현 및 검증
- 구성 : 시스템 제어모듈 차량동역학해석 모듈 가상현실 영상시스템 및 6축 전동식 운동판

### 활용 범위

#### \*틸팅제어장치 설계 검증 및 성능 평가

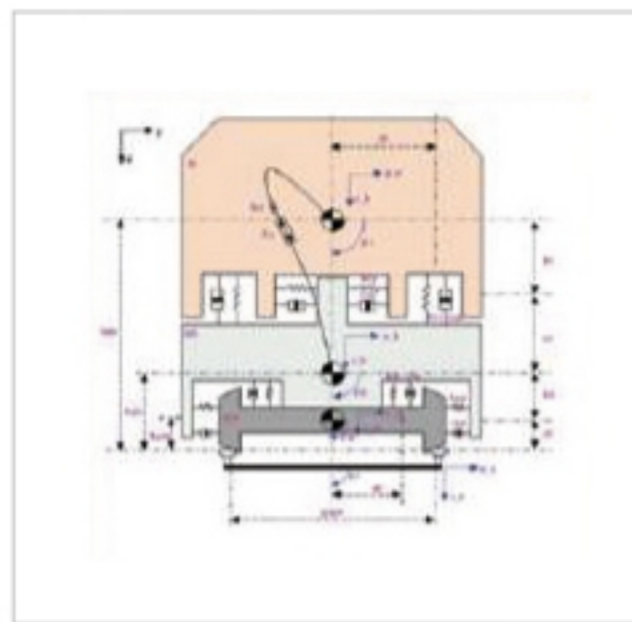
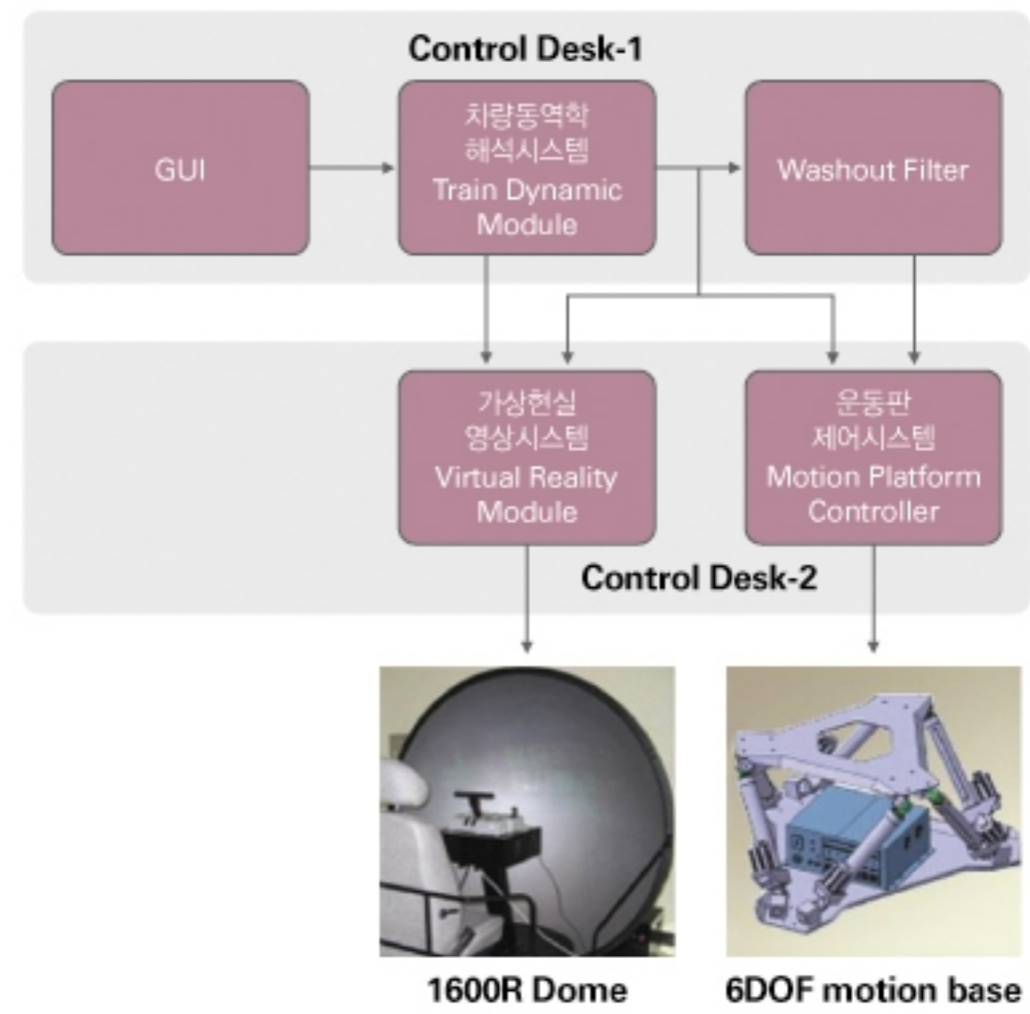
- 틸팅제어장치 통신인터페이스 검증
- 틸팅제어 알고리즘 설계검증
- 틸팅제어장치의 조합 시험

#### \*차량동역학 검증 및 틸팅 차량의 탑승감 구현 및 검증

- 차량 현가장치의 강성변화에 따른 탑승감 평가
- 극심한 곡선 변화에 따른 탑승감 평가
- 제어기법에 따른 차체 횡가속도 변화 특성평가

### 차량동역학 모듈

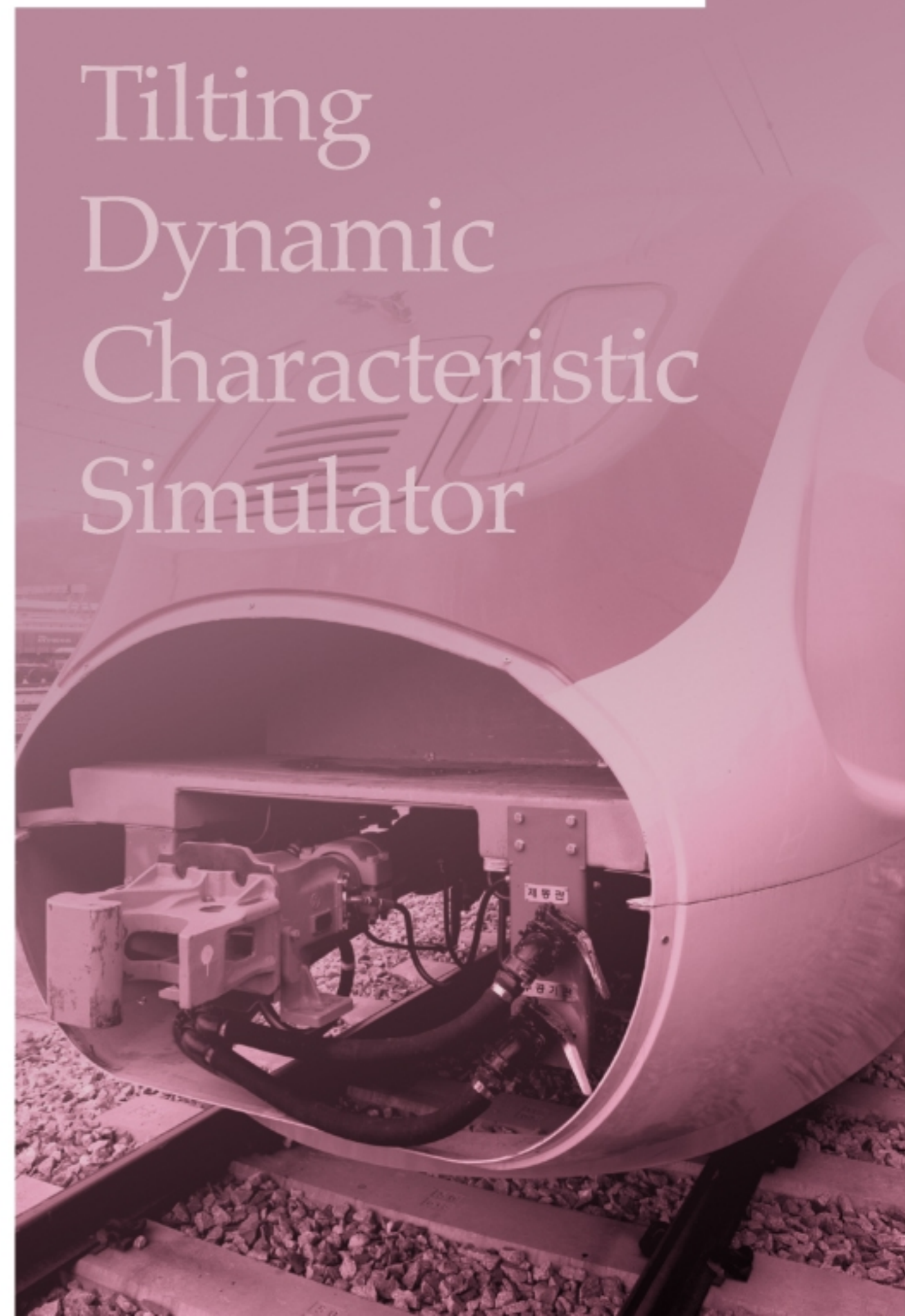
- 차량의 거동을 17자유도 모델로 근사
- 틸팅에 따른 횡가속도 감소를 계산



17자유도 차량모델  
17dof train dynamics model

Components	Motion	DOF
1 Body	Lateral, roll, yaw	3
2 Bogies	Lateral, roll, yaw	6
4 Wheels	Lateral, yaw	8
총 자유도 수		17

차량모델의 자유도  
Dof of the train dynamics



# 향후 계획

# Hereafter Plan

한국형 복합소재  
틸팅열차(한빛 200) 실용화 방안

- 신소재 경량 차체제작 기술 : 경량전철, 자기부상열차 적용
- KTX와 연계 효율적인 연계 교통망 구축
- 200km/h급 준고속용 전동차 모델(곡선부 속도향상 가능)



- 복합재 차체 - 철도차량 재료/제조방법에 신개념 제시
  - 23m 일체형 차체 성형 기술 확보(경량전철, 자기부상열차)
- 조향대차 - 200km/h급 조향장치 적용을 통한 곡선부 궤도부담력 절감
- 충격완충장치 적용 연결기 - 충돌에너지 감소에 따른 안전성 확보
- 200km/h 감속구동장치 - 안정성 확보를 통한 준고속용 전동차에 활용
- 틸팅판토/분할형 휠디스크/소결패드 활용 - 유지보수성 및 기능 향상
- 모듈화 종합제어/추진시스템 - 유지보수성 및 기능 향상
- 기존선 선로 유지보수를 위한 궤도검측열차로 활용 가능
  - : 기존선 최고 운행속도로 실시간 전차선로, 궤도 상태 점검 가능
- 틸팅열차기술 해외 기술홍보 및 교류협력채널 확대
  - : 국제철도 전시회 및 세미나 참가

기술개발 및 실용화추진 효과

- 세계 최초 신소재 경량화 차량개발기술 확보
- 국내 최초 틸팅열차 개발 및 인프라 성능개선 기술개발로 세계 선진철도기술 상위권 진입
- 설계속도 200km/h급 전기식 틸팅열차 기술 확보로 중장거리용 준고속열차 운영기술 및 기존선 속도향상 핵심 기반기술 확보
- 틸팅열차 안정화를 위한 기존선에서의 본선 시운전을 통해 안전된 영업운전 지원기술 확보
- 틸팅열차 주요 장치별 내구성 및 제어성능 신뢰성 확보로 준고속용 틸팅열차 원천개발기술 보유 가능
- 새마을호, 무궁화 등 기존 노후운행 열차를 친환경적인 준고속용 틸팅전동차로 대체



# 한국형 복합소재 틸팅열차(한빛 200)

최고운행속도 180km/h급 준고속 틸팅전동차