

# 한국형 틸팅차량 시스템에서의 복합재료 적용

박기진\* · 신광복\*\* · 한성호\*\*\*

## Application of Composite Materials in Korean Express Tilting Train(TTX) System

Kee Jin Park\*, Kwang Bok Shin\*\* and Seoung Ho Han\*\*\*

### ABSTRACT

Using composite materials for tilting train system has many advantages such as manufacturing variety, specific high-strength & stiffness characteristics, and long-life durability, but the strongest advantage could be the possibility of lightweight product. In the leading countries, the composite materials are used for the material for drivers' cabs, interior/exterior equipments for railway train, and it is now developing the composite materials applied for the train car body structure. In this paper, we examine the use of composite materials for the drivers' cabs and interior/exterior equipments for the developing tilting train in Korea, and review the car body design using composite materials.

### 1. 서론

#### 1.1 한국형 틸팅열차 개발사업의 개요

기존선 속도향상, 안전성 확보, 수송서비스 개선을 목표로 하는 한국형 고속틸팅열차 개발사업은 주관행정부처인 철도청과 전문기관인 한국철도기술연구원 주체아래 2001년부터 2005년까지 총사업비 450 억의 정부지원예산을 투입하여 기존선 속도향상을 위한 실용화 기술개발(철도기술연구개발사업)을 추진하고있으며 2005년 이후에는 연구결과를 토대로 최고운행속도 180km/h 급 한국형 고속틸팅열차가 실제 영업선로에 투입되기 위해 설계/제작될 것이다.

#### 1.2 한국형 틸팅열차 개발의 목적

물류가 국가경제에 미치는 영향은 경제가 발전할수록 더욱 증대되고 있으나 도로를 통한 수송은 늘어나는 수송수요를 감당하지 못하고 날이 갈수

록 그 경제성이 떨어지고 있는 실정이다. 또한 정부도 이와 같이 심각한 수송수요를 도로교통만으로는 만족시킬 수 없다는 판단하에 철도를 통한 수송의 증대를 추구하고 있다. 신선의 건설은 막대한 투자비용이 발생하기 때문에 기존선 고속화는 신선을 건설하지 않고 기존선의 선로, 시설물, 신호설비를 최대한 활용하여 최소의 비용으로 최대의 효과를 거둘 수 있어 세계 여러 철도 운영자들의 높은 호응을 받고 있다. 특히 일본, 유럽 등에서 채택하고 있는 기존선 고속화 방법은 하부구조에 비해 투자비가 적게들며 곡선부를 고속으로 주행할 수 있는 틸팅차량의 도입과 이와 관련된 하부구조를 개량하는 방법이다. 이와 같이 틸팅열차 시스템 개발로 인한 기존선 속도향상은 수송수요 증가와 철도수송 분담률 향상을 가져오며 이로 인한 철도경영개선과 국가물류비 절감을 도모할 수 있을 뿐 아니라 2004년 경부고속철도 개통시 발생하는 비수해지역 주민에게 편익을 제공하고 지역간의 균형있는 발전을 도모할 수 있다.

#### 1.3 한국형 틸팅열차 개발의 추진일정 및 내용

\* 한국철도기술연구원 시스템엔지니어링팀 연구원

\*\* 한국철도기술연구원 시스템엔지니어링팀 선임연구원

\*\*\* 한국철도기술연구원 시스템엔지니어링팀장 선임연구원



그림 2(ETR500, 이태리)에는 복합재료를 적용한 외국 틸팅열차의 전두부를 나타내고 있다.



그림 2. ETR500 전두부 형상

국내에서는 한국화이버㈜의 철도차량사업부에서 제작능력을 보유하고 있으며 인도 전동차와 홍콩 지하철 전동차의 전두부를 FRP 로 오토클레이브 (autoclave) 성형하여 제작한 사례가 있다. 그림 3 에는 복합재료를 적용한 전두부 제작공정을 나타내고 있다. 전두부 제작은 우선 그림 3(a)와 같이 3D CAD Drawing 후 3D 파일을 이용하여 CNC 작업으로 그림 3(b)와 같이 목형(나무 틀)을 제작한 후 제작된 목형에 겔층(Gel-coat)을 바르고 글래스 페브릭(Glass Fabric) + 폴리에스테르 수지로 핸드 레이업(Hand Lay-up)하여 그림 3(c)와 같이 FRP 틀을 제작한다. 그림 3(d)는 제작된 FRP 틀의 탈형 후의 모습이며 완성된 틀에 유리섬유/페놀수지 프리프레그(Prepreg)를 적층하여 150 도, 고압상태의 오토클레이브(Autoclave)에서 성형하여 그림 3(e)와 같이 최종 완성품을 제작한다.

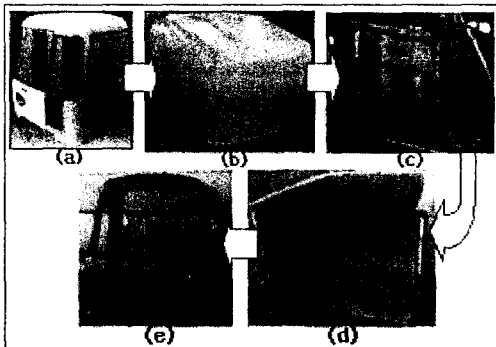


그림 3. 전두부 FRP 제작공정

본 연구에서는 현재 개발중인 한국형 고속틸팅 열차 전두부에 복합재료를 적용할 예정이며 복합 재료 선정은 유리섬유/페놀수지, 케블라/페놀수지, 카본/에폭시 시험편의 노화시험 및 충돌시험 후 최적의 재료를 선택할 예정이다. 그림 4 는 현재 개발중인 한국형 고속틸팅열차 전두부의 3D 모형 (안)을 나타내고 있다.

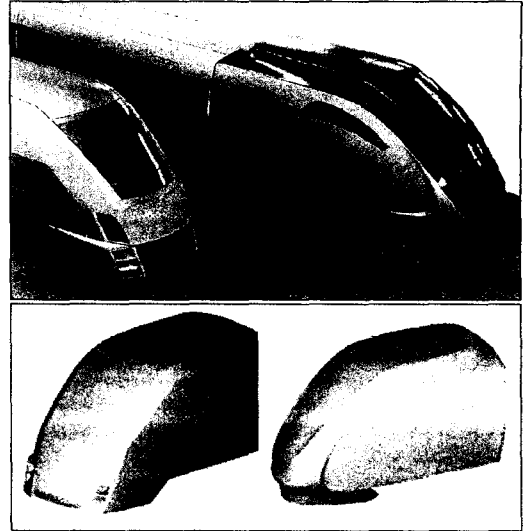


그림 4. 한국형 틸팅차량 전두부 모형(안)

### 3.2 내장재

내장재로 복합재료를 사용할 경우 내부식성, 경량화, 조형성과 미관, 가공성, 단열성, 절연성 면에서 뛰어난 장점을 가진다. 그림 5 는 노맥스 하니컴(Nomex Honeycomb)소재를 적용하여 내장재 중량을 50% 감량한 이태리의 ETR460 열차를 나타내고 있다. 개발중인 한국형 고속틸팅열차의 내장재 및 바닥재에 노맥스 하니컴(Nomex Honeycomb)소재를 적용할 예정이다.



그림 5. ETR460 Nomex Honeycomb 내장재

### 3.3 차체구조물

틸팅차량과 같은 고속열차의 차체는 충분한 강도 및 기밀구조에 적합하여야 할 뿐 아니라 저렴한 제조비용, 유지보수의 용이성, 작업의 편리성 및 경제성을 고려하여야 한다. 차체를 알루미늄으로 제작할 경우 화재발생시 산소흡수현상이 발생하여 대형화재사고의 위험을 초래할 수 있으며 제작공정시간(50 일)이 길며 용접에 어려움이 있다. 특히 고속틸팅열차는 곡선주행시 차체를 8°까지

틸팅해야하며 이로 인한 무리한 축중하중은 선로의 손상을 초래하여 탈선의 위험 및 유지보수비용의 증가를 초래할 수 있으므로 틸팅차량 차체경량화는 가장 중요한 과제이다. 차체경량화 방법으로는 경량화효과가 뛰어나며 제작공정시간(10 일)이 짧은 신소재 복합재료를 적용한 차체개발이 연구되고있다.

외국의 경우, 프랑스 TGV 열차와 스위스/독일/이탈리아 연합 ETR 열차는 복합재료를 적용한 차체경량화 시도에서 차량무게를 30~35% 경감시키면서 속도 및 승차감을 향상시켰다. 그림 6 은 스위스의 Schindler Waggon 사의 FRP 차체와 완성차량을 나타내고있다.

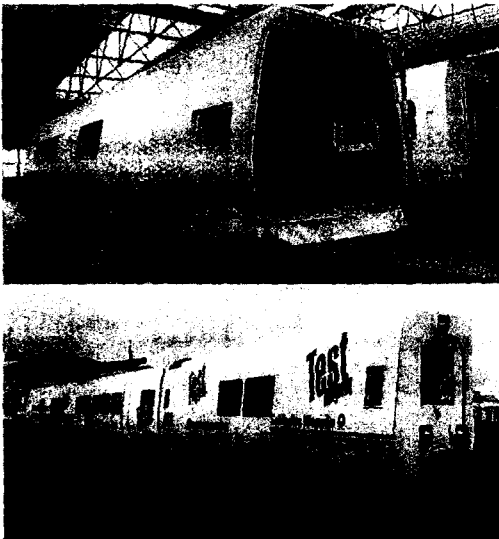


그림 6. 스위스 Schindler Waggon 사의 FRP 차체

국내에서는 아직 차체를 복합재료로 제작한 예가 없는 실정이지만 차량의 경량화와 고기능성을 동시에 추구하기 위해서는 복합재료를 적용한 차체개발이 필요하다.

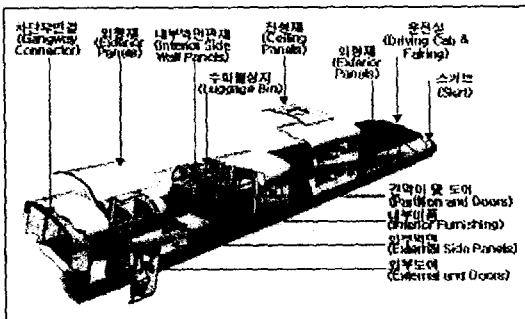


그림 7. 철도차량 시스템에서 복합재료 적용분야

본 연구에서는 현재 개발중인 한국형 틸팅열차의 차체에 신소재 복합재료 적용을 신중히 검토하고있다. 그림 7 은 철도차량 시스템에 복합재료를 적용한 경우 이상적인 철도차량의 형상을 나타내고있다.

#### 4. 결론

틸팅차량 시스템에 있어서 복합소재의 활용은 다양성, 고강도 구조특성, 긴 수명, 제조공정시간 단축 등 여러가지 이점이 있으나 무엇보다도 경량화를 추구할 수 있다는 것이 가장 중요한 이점일 것이다. 외국 선진국에서는 틸팅차량의 전두부와 내/외장재에 FRP 와 샌드위치 구조를 적용하여 운행 중에 있으며 차량의 경량화를 위해 차체구조물까지 복합재료를 적용하여 개발 중인 사례가 있다. 국내에서도 일부 복합재 관련기업에서 복합재료 전두부 제작능력을 보유하고 있으며, 기술수준 또한 선진국과 비슷한 수준으로 올라와 있는 실정이다. 한국철도기술연구원에서는 2005 년 실용화를 목적으로 개발 중인 한국형 틸팅차량의 전두부와 내/외장재에 복합재료를 적용할 예정이다. 또한 경량화 효과가 큰 부품의 구조설계, 제작 및 시험평가를 통하여 복합소재를 이용한 차체 및 주요핵심 부품과 구조물 개발에 노력하고있다. 본 연구개발 사업을 통해 향후 산,학,연의 많은 관심과 연구가 있다면 철도차량 시스템에서의 복합재료 적용은 활성화되리라 생각한다.

#### 후 기

본 연구는 철도청의 철도기술연구개발사업에 의해 지원되고있으며 이에 감사합니다.

#### 참고문헌

- (1) Tennyson, R.C., "Composites in Space - Challenges and Opportunities", Proceedings of ICCM-10, 1995.
- (2) N R Harris, F Schmid and R A Smith, "Theory of tilting train behaviour", Journal of Railand Rapid Transit, Vol. 212, No F1, 1998.
- (3) "복합소재 활용 기술개발", 건설교통부 의 선도기술개발사업 기술개발 2 차년도 연차보고서, 1998.10.
- (4) S.T.Peters, "Handbook of composites, 2<sup>nd</sup> edition", Champman & Hall, 1998.