

고속틸팅전기차량(TTX)의 시스템 편성을 위한 기술검토(TTX)

*한성호, 이수길, 고대환
한국철도기술연구원

Technical review of train set formation of Highspeed Tilting EMU(TTX)

Seong-ho Han, Su-gil Lee, Tae-Hwan Ko
Korea Railroad Research Institute

Abstract - Tilting train has been developed to increase the operational speed of the trains on conventional lines which have many curves. This train are tilted at curves to compensate for unbalanced carbody centrifugal acceleration to a greater extent than compensation produced by the track cant, so that passengers do not feel centrifugal acceleration and thus trains can run at higher speed at curves. This paper investigated train formation of TTX(tilting train express) with maximum operation speed 180 km/h.

1. 서 론

본 연구는 국내 기존선로에서의 열차의 주행속도향상에 주요 문제점으로 대두되고 있는 열차의 곡선부 주행시 원심력에 의한 차량탈선방지과 승차감 감소대책으로서 틸팅기술을 적용하는 180km/h급 틸팅전기차량(TTX: Titing Train Express)의 개발에 관한 것이다.

기존선 전철화 사업과 관련하여 전차선으로부터 차량의 동력을 이용하는 전기차량으로 동력분산방식을 채택하고 있어 차량의 편성을 구성하는데 필요한 다양한 기술검토가 요구된다. 즉 차량의 주행시 발생하는 공기저항과 레일과 차륜의 접촉에 의한 소음진동저감, 궤도의 부담력 감소를 위한 축중 축소방안, 판도그래프의 이선 및 소음, 진동특성, 특실과 일반실의 배치구조, 주회로 구성에 대한 전기적인 장애요인 대책, 유지보수를 고려한 차량의 배치, 차량하부의 기기배치 고려 등 시스템 전반에 걸친 기술검토가 중요하다. 본 연구는 이러한 관점에서의 최적 시스템편성 방안을 제시하고자 몇 가지 사례를 두고 기술검토하였다.

2. TTX 틸팅차량 기술사항

2.1 최고운행속도 목표사항

현재 국내에서 추진 중인 기존철도 주요 개량사업으로는 중앙선, 장항선의 선로설계속도 120[km/h]-180[km/h] 향상, 호남선 송정리-목포구간 200[km/h]로 개량 사업들을 수 있다. 이는 인프라 성능향상을 위한 시설투자로서 향후 개량선로의 최고운행속도를 고려해 볼 때 틸팅차량의 목표속도는 이를 반영해야 한다. 또한 해외 대부분의 틸팅시스템 운행속도를 살펴보다라도 180[km/h]-230[km/h]대로 운행하고 있어 향후 기술 추세를 고려해 볼 때 운행속도를 180[km/h]로 설정하는 것이 가장 적절한 것으로 검토되었다.

이는 철도청 연구개발사업 1단계 기획보고서에서 제시하는 2004년까지의 160[km/h] 보다 상향 설정한 것으로

선진기술의 국내기술 보유 및 기술발전 추세를 고려한 기술향상 증진을 위한 것이다.

표 1. 고속틸팅차량(TTX) 시스템 주요 사양

주요항목	한국형 고속틸팅열차 (TTX)	비고
설계최고속도	200km/h	국내최초 중고속용
열차편성	6량1편성 (4M2T)	국내최초 본산식
차체	Hybrid 복합재+스테인레스	국내 최초
전두부	한국형 색감과 미려한 형상	독자설계
실내내장	실내 쾌적화 및 불연성 소재	독자제작
차체 틸팅 기구	스윙링크방식(유지보수성 우수)	독자개발
조향장치	Damperless 방식	세계최초 무보수형
틸팅 제어장치	차상-지상 혼합 경지방식	세계최초
틸팅 판도그래프	고집진 성능 경량 구조	국내최초
추진제어장치	200km/h급 전력변환장치 및 경인전동기 개발	국내최초

다음은 TTX틸팅차량의 주요개발 추진사항들이다.

- 국내 간선용 중고속 (200km/h)급 EMU (Electric Multiple System) 표준화 모델 개발 제시
- 국내 독자 틸팅시스템 매카니즘 개발 : 대차, 팬터그래프, 대차, 틸팅 운행제어기술
- 초경량 차체 개발
추세 : 강재 -> 스테인레스 -> 알루미늄 -> 복합차체
- 세계 최초 중고속용 복합차체개발 실용화연구
- 차량분야 핵심 장치 국산화 개발
감속기, 유도전동기, 전력변환장치, 열차제어장치, 제동장치
- 차상신호시스템 개발(차상열차제어방식: ATP)

2.2 TTX 틸팅열차 편성제원

열차편성은 승객수요에 효과적으로 대처 할 수 있도록 하고, 시스템 운영 효율성과 편성의 유연성을 위하여 3량 1유니트(구동차 2량과 부수차 1량) 단위로 편성하였다. 이는 시스템 운영의 효율성과 Fail-Safe 기능 향상을 위한 구조로 검토되었다. 열차 편성의 기본(안)은 향후 양산시를 대비하여 시스템의 특성을 동일하게 운영되고, 성능이 발휘되도록 2유니트 6량으로 구성하였으며, 이는 중앙선 및 장항선 등에서 즉시 투입이 가능하도록 고려한 열차편성이다.

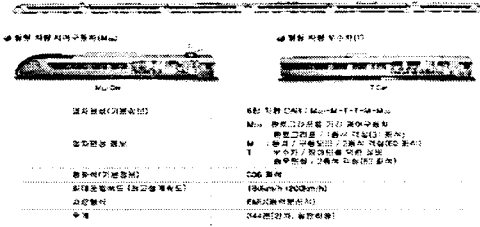


그림 1. 틸팅열차 편성 계획

이러한 구성은 각 유니트 단위로 독립 시스템을 구성하여 3 유니트 9량, 4 유니트 12량 등으로 편성을 확대할 수 있는 장점을 갖게되어 노선별 교통수요에 따라 편성을 자유롭게 할 수 있어 편성의 유연성을 가질 수 있다. 다음 그림 2는 틸팅차량의 편형에 따른 틸팅시스템의 편성구성도를 나타낸 것이다.

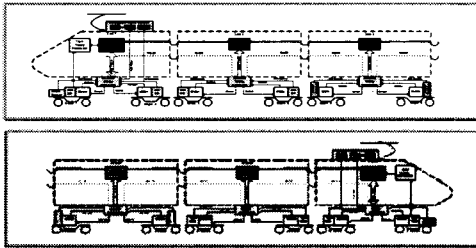


그림 2. 틸팅제어시스템 편성구성도

3. 틸팅차량(TTX) 편성을 위한 기술검토

3.1 틸팅차량(TTX) 편성 검토(안) 분류

TTX틸팅차량의 편성을 위하여 4개의 검토(안)을 표 1과 같이 고려하였다.

표 1 TTX 열차 편성검토(안) 분류

구분	열차편성 구성
편성검토(1안)	·6량 편성(시제 편성) Tc - Mp - M - Mp - Tc
	·9량 편성 Tc - Mp - M - Mp - M - D - M - Mp - Tc
	·12량 편성 Tc - Mp - M - T - Mp - M - D - M - Mp - M2 - Mp - Tc
편성검토(2안)	·6량 편성(시제 편성) Mc - Tp - M · M - Tp - Mc
	·9량 편성 Mc - Tp - M · M - Dp - M · M - Tp - Mc
	·12량 편성 Mc - Tp - M · M - Tp2 - M · M - Dp - M · M - Tp - Mc
편성검토(3안)	·6량 편성(시제 편성) Mc - M - Tp · Tp - M - Mc
	·9량 편성 Mc - M - Tp · M - Dp - M · Tp - M - Mc
	·12량 편성 Mc - M - Tp · M - Tp - M · M - Dp - M · Tp - M - Mc
편성검토(4안)	·6량 편성(시제 편성) Mcp - M - T · T - M - MCP
	·9량 편성 Mcp - M - T · M - Dp - M · T - M - MCP
	·12량 편성 Mcp - M - T · M - Tp - M · M - Dp - M · T - M - MCP

3.2 틸팅차량 편성 기술검토

3.2.1 전원공급계통(편성검토안 4안 중심)

전차선으로부터의 가선전압이 선두차인 Mcp 차의 판토틀레프를 통해 주변압기에 공급되고, 주변압기의 2, 3차 권선의 전압이 Mcp 차와 M 차의 주변환장치(C/I)와 T 차의 보조전원장치(SIV)로 인가한다. 보조전원장치에서 변환된 정전압 교류 380V와 직류 100V는 각차의 전기 접퍼 연결기를 거쳐 공급하게 된다.

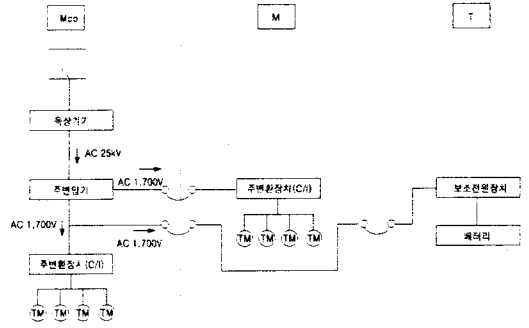


그림 3. 편성검토(4안)의 전원계통개념도

3.2.1 차량중량분포 검토

Power Unit 구성 차량 중 Mcp 차에 판토틀레프, 주변압기, 주변환장치가 취부되게 되고 M 차에 주변환장치 및 견인전동기가 취부되며 T 차에 인버터 장치가 취부되게 된다. 단 기존 구성에서 선두차에 취부되던 공기공급장치는 취부공간상 후위차인 M 차로 옮겨 취부하게 되며 이로 인해 계동 시스템에 미치는 영향은 상세 설계 과정에서 검토되어야 할 것이다. 이렇게 구성되었을 때의 차량별 중량비율은 Mcp:M:T = 100:84:76이 되어 선두차가 가장 무겁게 되므로 틸팅전동차 운행에 관한 기술자문에서 제안한 횡풍 안정성을 고려한 동력엔드차 개념에 가장 가깝게 접근하는 구성이 될 것으로 판단된다.

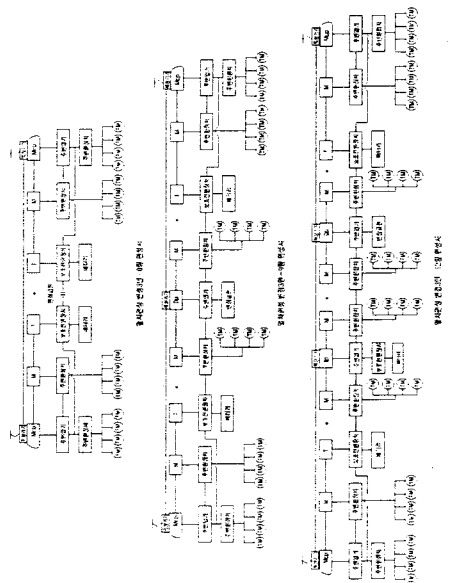


그림 4. 편성검토(4안)의 주요전장품 배치 개념도

검토결과 시스템 기능상으로 편성검토(안) 모두 문제는 없을 것으로 판단되며, 배선경로의 복잡성 여부도 각 변경안에서의 조건이 유사할 것으로 판단된다.

중량분포 면에서 편성검토(2안)의 경우 Power Unit 구성 중 가운데 Tp 차에 판토품라프 및 판토품라프 제어장치, 주변환장치, 보조전원장치 및 배터리 등이 취부되고 선두차 Mc 및 후위에 배치되는 M차에 주변환장치 및 견인전동기가 각각 취부되게 되어 상대적으로 다른 변경안과 비교하여 각 차량별 중량분포가 균일한 장점이 있을 것으로 판단된다.

표 2 TTX 열차 편성검토(안) 기술검토결과

구분	차종 및 중량비율
편성검토 (1안)	Tc:Mp:M = 61:100:80
	Tc / Mp / M / T / D - 5차종
편성검토 (2안)	Mc:Tp:M = 87:100:84
	Mc / Tp / M / Dp / Tp2 - 5차종
편성검토 (3안)	Mc:M:T = 83:100:76
	Mc / M / T / Dp / Tp - 5차종
편성검토 (4안)	Mcp:M:T = 100:84:76
	Mcp / M / T / Dp / Tp - 5차종

편성검토3안의 경우 기존 열차편성안에서 Power Unit 구성 중 후위에 배치되는 기존 M 차의 주변환장치 및 견인전동기 등이 선두차로 취부되고 기존 Tc차에 취부되던 보조전원장치, 배터리 등이 후위에 배치되는 T차에 취부되게 되는 구조로 기존 구성에 비해 선두차량의 중량이 늘어나게 되는 효과가 있다.

편성검토4안의 경우 선두차에 운전기기 및 주변압기, 주변환장치, 판토품라프, 판토품라프 제어장치 등이 물리게 되어 선두차가 무겁게 되는 장점이 있을 것으로 판단된다.

상하기기 배치 측면에서는 각 검토안의 기기배치도에 서와 같이 기기취부 공간만을 고려하여 검토하였을때 모두 취부 가능한 것으로 검토되었다.

3. 결 론

본 연구는 기존선 속도향상을 위한 방안으로 개발되고 있는 틸팅차량의 편성안에 대한 기술검토사항을 소개하였다. 특히 틸팅차량의 편성개념에 대하여 차량의 전원 및 중량측면을 중심으로 검토함으로써 곡선부 틸팅운동에 있어 중요한 측풍에 의한 열차탈선영향을 최소화 하는 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제시된 기술검토(안)은 현재 상세설계를 추진하고 있으며 향후 제작 및 조립을 통해 국내 주요간선에서 운행될 중고속용 전기식 틸팅열차의 표준모델로 제시될 것이다. 앞으로 지속적으로 기존선 속도향상을 위한 핵심기술인 시스템 엔지니어링 기술, 차량 및 부품 설계/제작, 시험평가, 선로개량, 전기 신호 성능개선 등의 연구개발을 통하여 국내 기존선의 속도향상에 관한 연구를 집중적으로 수행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국철도기술연구원, 철도청 기존선 고속화 실용기술개발사업, "시스템 엔지니어링 및 시스템 통합 과제", 1차년도 연구보고서, 2002, 4
- [2] 한국철도청, "21세기 철도기술의 비전", 1999. 9. 16
- [3] 한국철도청, 팽정광, 1990. 10. 7, "한국 철도차량 수여전망

과 철도산업 육성 전략"

- [4] 한국철도기술연구원, 철도기술정보지 논문집, 2000. 6.
- [5] 한국철도기술연구원, 철도기술정보지: 21호(1999. 11), 23호 (2000. 4)
- [6] 철도학회, 춘계논문발표집, "기존선 고속전철 연계운용으로 고속화 방안", 2001. 5
- [7] 철도차량공학, 박광복, 삼성종합출판, 2판, 2000. 8