

틸팅 차량 설계를 위한 Virtual System 구축 연구

송용수¹⁾, 한성호²⁾, 서승일³⁾

한국철도기술연구원

Virtual System for Manufacture of Train Tilting eXpress using Project Data Management

Yong-soo Song¹⁾, Seong-ho Han²⁾ and Sung-il Seo³⁾

Korea Railroad Research Institute, 374-1,
Woulam-Dong, Uiwang-city, Kyonggi-Do Korea 437-050

Abstract : Tilting train has been developed to increase the operational speed of the trains on conventional lines which have many curves. The 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 developed PDM(product data managemnet) to make a system engineering of TTX(Tilting Train eXpress) with maximum operation speed of 180 km/h.

Key Words : P.D.M (Product Data Management), T.T.X (Tilting Train eXpress)

1. 서론

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

틸팅 차량의 개발에 중요한 것은 궤도의 부담력을 최소화 할 수 있도록 차체의 경량화와 기기

배치의 최적화가 중요하며 일반차량에 없는 대차에 틸팅메카니즘과 틸팅판도그래프 메카니즘, 틸팅전기장치등이 추가로 설계된다. 틸팅기술은 차량내에서도 대차, 차체, 전기장치, 판도그래프 등과 긴밀하게 인터페이스가 이루어 져야 성능을 만족할수 있다.

따라서 본 연구에서는 체계적인 시스템공학기술을 기반으로 사업의 일정관리체계, 문서관리체계, 도면관리체계, 부품관리체계를 구축하여 이를 토대로 틸팅차량개발을 위한 시스템엔지니어링기법을 도입하고 PDM을 시범적으로 운영, 개발하였다.

본 시스템을 이용하여 효율적인 시스템 엔지니어링 연계와 최적화를 통하여 개발 차량의 신뢰성, 안전성, 경제성을 제고할 수 있을 뿐만 아니

1) 책임저자 : 한국철도기술연구원 시스템엔지니어링팀
adair@krri.re.kr Tel(031)460-5668

2) 공동저자 : 한국철도기술연구원 시스템엔지니어링 팀장

3) 공동저자 : 한국철도기술연구원 기존철도기술개발사업단 단장

라, 동시 공학적인 설계정보의 공유, 설계자료 및 이력자료의 체계적 관리를 통하여, 개발기간 단축 또는 개발기간 준수와 비용절감 및 각 부품들을 가상의 공간상에서 조립해봄으로써 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 방지하고 각 부품들간의 간섭과 생산라인에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 점검할 수 있는 디지털 목업(Digital Mock-up : DMU)의 적용에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다

2. 해외 틸팅차량시스템 개발현황

틸팅방식은 기존 노선에서 선로의 곡선부를 지날 때 차체를 기울여 승객이 받는 원심력을 최소화하고 승차감과 안전성을 확보하는 범위에서 속도를 향상하는 기술이다. 외국의 사례를 보면 틸팅방식 적용시 비틸팅차량에 비해 속도향상의 효과를 15[%] ~ 30[%]를 얻을 수 있음이 입증되고 있다. 이탈리아의 경우 틸팅방식의 연구에 집중 투자한 결과 현재 자체기술로 프랑스 TGV나 독일 ICE에 못지 않은 시속 250[km/h]급의 고속철도를 운행하고 있다. 산악지대가 많은 지역의 경우 신설비용이 높은 고속철도 보다 기존선을 이용하는 틸팅차량의 투입 효과가 상대적으로 크다.

틸팅방식은 곡선주행 시 차체를 일정 경사각으로 강제제어하는 강제틸팅제어식과 곡선 주행시 발생하는 경사각에 의거 자연적으로 제어되는 자연틸팅제어식으로 구분된다. 현재 틸팅방식은 대부분이 강제식이 많이 사용되고 있으며 주요 해외 국가의 대표적인 틸팅시스템 사양을 표 1에 비교 분석하였다.

3. 틸팅차량 시스템엔지니어링 모델

기존선 고속화를 위한 틸팅차량개발의 시스템 엔지니어링 관리계획모델을 설계하였다. 관리계획

모델의 개발은 시스템엔지니어링 관리계획서 작성지침을 따랐으며 크게 3개의 부분으로 나누어 구축하고자 한다. 첫째 문서관리체계와 둘째 도면 관리체계와 셋째 일정관리체계이다. 그림 1은 틸팅차량 시스템엔지니어링을 위한 추진체계를 나타낸 것으로 각 기관별 역할 및 데이터 공유, 인터페이스 개념을 나타낸 것이다.

표 1 해외 국가의 대표적인 틸팅시스템 사양

대차	제조사	속도 Km/h	틸팅 방식	역추에이 터	경사 각도	적용 차종	상용 연도
ETR 460	Fiat	250	강제 링크	유압식	8	ETR, ICT, S220	1995
X2000	ABB	210	강제 링크	유압식	8	X2000	1990
Acela	Bombardier	240	강제 링크	유압식	8	Asela, LRC	2000
VT611	Adtranz	160	강제 링크	전기식	8	VT611, VT612	1997
ICT-VT	Siemens	200	강제 링크	전기식	8	ICT-VT	2000
TGV-Pendu.	Alstom	220/ 320	강제 링크	전기식	8	TGV- Pendular	2002
ICN	Fiat-SIG	200	강제 롤러	전기식	8	ICN, Virgin Rail	2001
Series283	Fuzi	130	강제배 어링	공압식	6	Series 283	1997

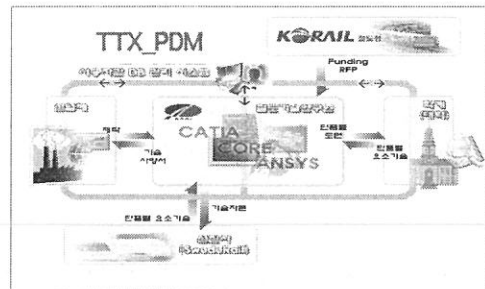


그림 1 SE 운영관리의 개념도

3.1 시스템엔지니어링 요구기능정의

① 부품관리체계(Parts Management)

Part Master 관리 기능을 적용하여 Part와 관련된 모든 정보를 관리하여 Part 정보의 정합성과 최신성을 보장하며, Part 분류체계에 의한 부품 관리, Part번호 자동 부여등을 제공한다. 또한, Part Number를 중심으로 관련 데이터의 통합관리 능력을 부여하며, 공용 Part 관리 기능과 표준 Part 관리 기능을 적용하여 모든 공용품과 표준품을 관리한다.

② 부품구조관리(Product Structure Management)

부품구조관리 기능을 적용하여 CAD와 연계한 제품 구조 (Part Structure) 의 직관적 관리 능력과 제품 구조에 따라 자동으로 E-BOM 관리하는 능력을 부여하며, E-BOM의 버전별 이력 관리 능력을 제공한다. 트리구조를 통한 직관적인 다 계층 제품 구성 기능을 제공하며, 제품 구성트리 상에서 부품의 생성/검색/수정 작업 및 CAD 모델링 작업, 문서 작업 등을 모두 가능케 하는 통합 관리기능이다.

③ 도면관리

도면관리 기능을 적용하여 업무 프로세스에 유기적으로 결합되며, 통합/일관된 도면 관리 능력을 부여한다. 도면 버전 관리 기능을 적용하여 도면의 이력 관리 능력을 부여하며, 도면의 속성 정보를 파드와 연계되어 관리하고, CAD Data 자체는 파일서버에 저장되어 관리 한다. 또한, CAD 종류에 관계없이 CAD 정보를 통합 관리한다.

④ 문서관리(Document Management)

문서 관리 기능을 적용하여 문서의 분류에 따른 문서 관리 능력을 부여 한다. 문서의 버전에 따른 이력 관리 기능을 제공하며, 각각의 문서에 대해 관련된 부품등과 연계하여 관리할 수 있는 기능을 제공한다. 또한, 다양하고 복잡한 조건에 의한 검색 기능을 제공하여 사용자가 필요한 시점에 정확한 문서를 신속히 검색할 수 있는 능력을 부여 한다.

⑤ 프로세스일정관리 (Process/Workflow Management)

사업일정 관리 기능을 적용하여 전자 결재/승인 관리 능력과 전자 배포능력을 부여한다. 문서의 다단계 결재, 동시 다수 결재 등의 복잡한 결재 과정을 모두 수용할 수 있는 기능을 제공하며, 승인/결재 프로세스 및 배포 현황의 실시간 모니터링 기능을 제공한다.

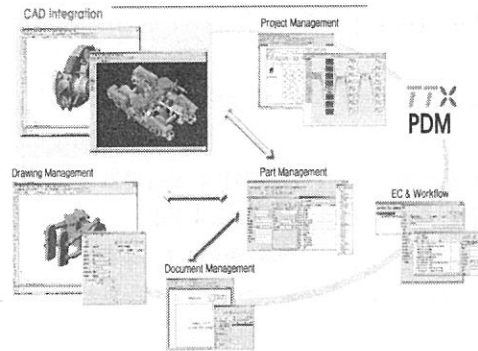


그림 2 SE 요구기능

4. 틸팅차량 시스템엔지니어링 PDM 구축

4.1 틸팅차량 문서관리체계

4.1.1. 문서 관리 체계

TTX(틸팅차량)의 프로젝트 수행 시 발생하는 기술문서 및 자료를 효과적으로 정리 분류함에 있어서 다음과 같은 (안)으로 문서분류 체계를 작성하였다.

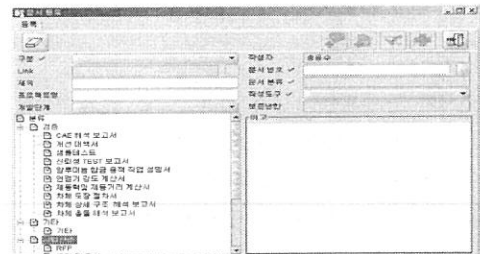


그림 3 TTX_PDM 문서 관리 체계 화면

4.1.2. 코드 부여 체계

TTX○○-○○○○○-○○○○○- Rev ○○
 Block 1 2 3 4

Block 1 : TTX(철도기술연구개발사업/기존선 속도 향상개선 기술개발)은 그대로 사용하며, 나머지 두 자리는 기존철도기술개발사업의 단계와 년차를 나타낸다.

Block 2 : 업무수행주체 및 책임소재 정의

- 첫째~셋째 자리 : 소분류과제 고유번호
- 셋째 자리 : 세부 소과제 고유번호
- 넷째 자리 : 위탁기관과 참여기업 고유번호
- 다섯째 자리 : 문서의 관리 및 공유 범위

Block 3 : 문서의 종류와 일련번호

첫째자리

- P : 정책적 자료(설계사양, 설계기준안, 각종 규정 및 주요 관리자료)
- D : 설계관련자료(검토서, 계산서, 시방서 등)
- T : 시험/평가관련 자료(시험 절차서, 시험성적서 등)

나머지 세 자리는 작성되는 문서에 순차적으로 적용되는 번호로서, 번호체계의 일관성을 유지하기 위하여 각 연구기관에서 작성된 문서의 번호를 순차적으로 부여 하여야 하며 이를 체계적으로 관리하여야 한다.

Block 4 : 개정번호

문서가 승인되면 1문자 사용, 승인 전에는 1숫자 + 1문자로 기입한다. 문서가 승인되면 1문자를 사용하여 A부터 Z까지 26가지로 구분 될 수 있으나 문서가 그 이상으로 개정되면 AA, AB, AC,, BA, BB, BC,..... 방식으로 2문자 사용한다.

4.2 킬링차량 도면 및 파트 관리체계

4.2.1 도면 관리 체계

도면관리에서는 도면 분류체계 사용으로 설계도, 승인도, 참조도등을 각각 관리 할 수 있다. 또한 부품 연계가 가능 할 뿐만 아니라 일 부품 다 도면관리도 할 수 있고 다양한 도면 종류 및 작성 Tool지원도 가능하다. 다음 그림 3은 TTX_PDM 의 도면 관리 부분이다. 또한 TTX-PDM은 도면 검색을 지원 하며 도면 정보를 데이터베이스에서 연고자 할 경우에 사용되는 기능으로써 검색된 도면 정보를 보고 도면을 Check-out/ Check-in을 통해서 도면관리를 할 수 있다.

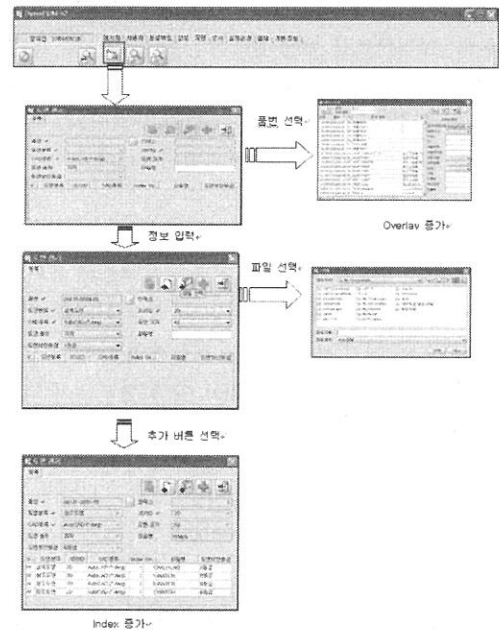


그림 45 PDM 도면 관리

4.2.2 파트관리체계

TTX_PDM에서는 파트를 기준으로 파트와 관련된 도면, 문서, 데이터 등이 파트와 연관관계를 가지고 구성되며, 제품, 조립품, 일반부품,

Assembly 파트, End 파트로 구성되어 Tree 형태로 파트 구조를 형성할 수 있다.

또한, 파트는 파트번호, 품명, 도면 번호 등 파트가 갖는 일반적인 정보와 재질, 중량 등의 설계정보, 공정정보 및 구매 / 공급 업체 등의 생산 정보, 부가적으로 연관 파트 정보 등으로 설정된다.

파트의 표현은 Master 정보와 Usage 정보로 구분된다. 파트의 일반 정보, 설계 정보, 생산 정보 등 등록 시에 정의되는 정보와 같이 파트가 어떠한 Product Structure에 사용되는 불변의 기본 속성 정보를 Master 정보로 규정하고, 수량, Assembly Sequence, 적용 조건 등과 같이 파트가 적용되는 Product Structure에 따라 변경되어지는 정보를 Usage 정보로 규정한다.

TTX_PDM에서 파트는 분류, 입력, 수정, 삭제, 조회 등이 가능하고, 파트의 버전, 이력 및 상태 관리가 제공된다.

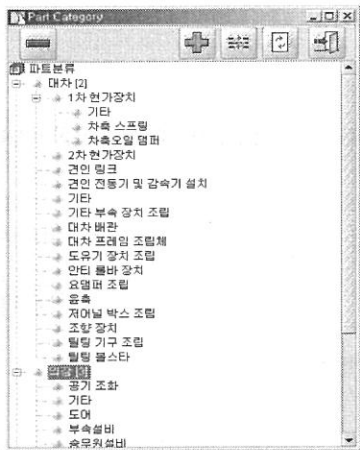


그림 5 TTX_PDM 파트관리

4.3 틸팅차량 프로젝트 일정관리체계

TTX_PDM에서는 다음과 같은 프로젝트 관리를 통해 한 제품(Product)에 대한 Life Cycle을 관리할 수 있다. 프로젝트는 해당 제품에 요구되는 파트들을 등록하고 승인 받는 과정들을 정의해 주고 이 정의된 일정에 따라 Product을 관리해 준다. 또한 기초정보에서 작성된 템플릿을 이용하여

손쉽게 프로젝트를 관리해 줄 수 있는 기능도 제공된다.

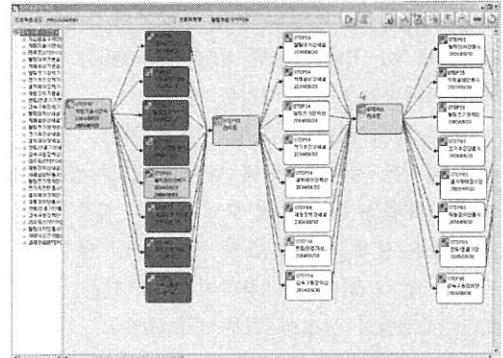


그림6 TTX_PDM 프로젝트 일정관리

4.4 틸팅차량 PDM 구축

기존선 속도향상 시스템엔지니어링 기술개발 해오는동안 시스템엔지니어링 관리기법을 도입하여 차량의 설계, 제작 및 시험 단계를 효율적으로 관리하고 시스템엔지니어링 기법을 활용하여 최적화된 시스템 기법을 적절히 구사하기 위해 시스템엔지니어링 도구를 사용했는데 이러한 도구를 사용하게 되면 방대한 설계 데이터를 추적성을 가지고 관리해야한다. 즉, 요구사항에서부터 그러한 요구사항을 구현하는데 필요한 하부시스템이나 컴포넌트까지 데이터들이 추적성을 가지고 관리될 수 있는 것이다. 또한, 이러한 엔지니어링 측면의 업무뿐만 아니라 엔지니어링 업무가 원활히 수행될 수 있도록 일정관리, 위험예방관리, 문서 관리, 그리고 형상관리의 구체적 수행 방법을 시스템엔지니어링 관리 기법에 따라 구축하였다

4.4.1 도면작성을 위한 표준정의

틸팅차량 개발함에 있어 도면 작업 시 설계자 간의 작업 오류를 제거하기 위하여 도면에 대한 Layout 및 Scale을 정의해야 한다.

특히 TTX_PDM에서 다운로드 된 도면이 자동으

로 Viewing 되기 때문에 도면이 일정한 원칙에 의해서 관리되어야 하였다. 설계자가 사용하는 CAD 소프트웨어의 종류가 다양하기 때문에 데이터의 호환성 및 작업성 등을 고려하여 AutoCad와 Catia V4, R10을 표준 CAD 시스템으로 선정하여 설계작업을 진행하기로 하였다.

기존 철도 기술개발사업에서는 3차원 CAD 기반의 설계를 진행함으로써 디지털 철도차량 설계체계의 확립을 통한 설계 오류의 조기 검증 및 한 차원 높은 설계 기술 확립을 달성목표를 달성하기 위하여 업무 효율성을 향상시킬 수 있는 3차원 CAD 시스템의 선정이 매우 중요하였다.

TTX_PDM 시스템에서 철도차량 각 부품에 대해서 정의된 Tilting 철도차량의 PBS(Product Breakdown Structure) 분류체계는 레벨2단계로 정의하였으며 BOM(Bill of Materials)과 연계 작업을 할 수 있는 표준 시스템을 확립하여야 한다.

4.4.2 권한설정

사용자 관리에서는 PDM사용자 관리 및 프로그램 사용자의 Role을 지정하여 보안관리에 유용할뿐만 아니라 사용자들의 인사정보도 간략하게 관리 할 수 있고 또한 팀 즉 조직도 관리를 할 수 있게 되어있다.

사용자 ID	성명	직급	사상번호	이메일
DenyPDM	DenyPDM	사용	5667	deny@ttx.co.kr
brak	김보라	사용	5695	brak@ttx.co.kr
huhnm	김남현	사용	5683	huhnm@ttx.co.kr
huhnm	김남현	사용	5682	huhnm@ttx.co.kr
jeonh	전현수	사용	5679	jeonh@ttx.co.kr
jeonh	전현수	사용	5681	jeonh@ttx.co.kr
jeonh955	전현수	사용	5662	jeonh955@ttx.co.kr
kwonh	권홍준	사용	5687	kwonh@ttx.co.kr
kwonh	권홍준	사용	5689	kwonh@ttx.co.kr
shum	김수환	사용	5683	shum@ttx.co.kr
shum	김수환	사용	5684	shum@ttx.co.kr
shum	김수환	사용	5682	shum@ttx.co.kr
shum	김수환	사용	5690	shum@ttx.co.kr
wangpang	왕판강	사용	5691	wangpang@ttx.co.kr
jeonh	전현수	사용	5687	jeonh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5678	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5679	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5677	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5681	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5683	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5685	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5686	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5688	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5689	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5690	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5691	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5692	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5693	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5694	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5695	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5696	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5697	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5698	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5699	kyunh@ttx.co.kr
kyunh	김윤환	사용	5700	kyunh@ttx.co.kr

그림 7 사용자 관리 시스템 구축

사용자 검색은 원하는 사용자 정보를 데이터베이스에서 얻고자 할 경우에 사용되는 기능으로써

검색된 사용자의 기본정보 등은 Admin(System 관리자)에 의해서 수정 관리된다. 일반 사용자들은 기본기능인 패스워드 등은 변경 가능하다. TTX_PDM System 환경 하에서 사용자가 읽기/수정/인쇄 등의 행위의 이력을 관리하고자 함과 동시에 모든 접속자 현황 및 인쇄 인력 관리가 가능하다. 아래 그림 8은 TTX_PDM에서 사용자 접속 현황이다.

IP Address	User ID	User Name	접속 시점
10.10.7.101	shhan	한성호	2004/04/13 07:35:46
10.10.7.102	yichung	김익중	2004/04/13 11:01:35
10.10.7.118	yichung	김익중	2004/04/13 13:36:35
10.10.7.108	adair	송철수	2004/04/13 16:23:09

그림 8 TTX_PDM 사용자 접속 현황

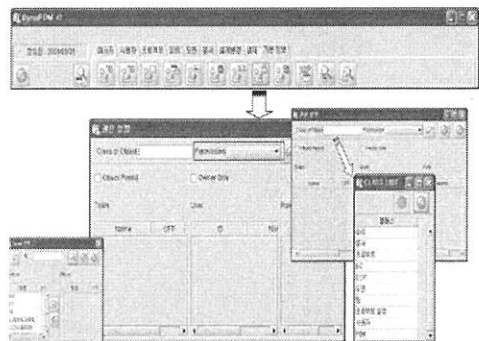


그림 9 사용자 권한설정 및 수정

5. 결론

본 연구는 기존선 속도향상을 위한 방안으로 틸팅차량의 개발을 효율적으로 추진하기 위해 필요한 시스템엔지니어링 관리체계를 구축 운영하

는 방법에 대하여 소개하였다. 철도차량기술은 다양한 구성품과 광범위한 데이터의 관리 및 처리가 중요함으로 시스템의 신뢰성과 안전성을 확보하기 위해서는 본 연구와 같은 관리체계가 필요하다. 향후, 시스템 엔지니어링기술을 이용하여 구축된 PDM을 지속적으로 업그레이드하여 차량 및 부품 설계/제작, 시험평가 등의 연구개발을 추진할 계획이며 이를 통하여 국내 기존선의 속도향상에 관한 연구를 수행할 계획이다.

또한, 철도차량 개발 분야에서 처음으로 시도되는 PDM (Product data management)시스템을 이용하여 철도 차량 개발 기술사업이 성공적으로 종료될 경우 철도 차량 개발 프로세스의 정립과 개발원가, 중량 및 부품단가를 효율적으로 관리할 수 있는 체계를 확립할 수 있으며 CAD Viewer를 활용하여 네트워크 상에서 공유하는 동시공학 기술의 확립과 확산에 기여함으로써 철도 차량 설계 기술을 한 차원 상승시키는 획기적인 기술의 연구 발전을 기대할 수 있다.

참고문헌

1. 박중용(2003), "안전중시 시스템을 위한 동시 공학적 설계 모델", 아주대학교 대학원 박사학위논문,
2. 한국철도기술연구원(2003. 10.), "TTX 성능기준 및 안전체계 기술개발 보고서" (1차년도 연차보고서), 철도청
3. Department of Defense(1993), "MIL-STD-882C: System Safety Program Requirements," Department of Defense, USA
4. Electronic Industries Alliance(1999), "Process for Engineering a System (EIA-632)", EIA Press, Arlington,
5. 한국철도기술연구원(2002. 12), "TTX 시스템엔지니어링 기술개발 최종보고서", 건설교통부