차세대고속열차 차량시스 성능예측 및 성능검증 체계 개발

Development of Performance Estimate and Verification Process for Next Generation High-speed Prototype Train

김상수* 이태형** 최성훈** 박춘수** 한인수** 목진용**
Kim, Sang-Soo Lee, Tae-hyung Choi, Sunghoon Park, Choonsoo Han, In-Soo Mok, Jinyong

ABSTRACT

Korean Train Express (KTX) has been commercially operating and achieving elevation on transport capacity since 2004. And HSR-350x was developed and succeeded in testing of running over 350km/h. The new high-speed train development project, HEMU-400x project, has started since last year. To develop the train system, it is important how we progress the configuration of the system, design, manufacturing and test verification. The authors devised the performance estimate and verification process of the HEMU-400x and the project is peformed following the developed processes.

1. 서 론

2004년부터 고속철도(KTX)가 상용화 되었고, 철도기술연구원을 중심으로 개발된 국내 최초의 고속시험열차인 한국형고속열차(HSR350x)의 개발 기술을 이용하여 KTX II가 제작되고 있다. 우리나라의 철도기술 연구는 보다 빠르고, 고도의 기술을 개발하기 위하여 2007년 중반부터 최고시험속도 400km/h, 운영속도 350km/h급 차세대고속열차 HEMU-400X(Highspeed Electric Multiple Unit -400km/h eXperiment)의 개발에 시작하였다. 이 프로젝트는 국토해양부에서 추진하는 '차세대고속철도기술개발사업'이며, 국내외 기술개발 동향을 고려한 고속화, 대용량 고속차량의 개발을 목표로 하고 있다. 사업은 크게 3단계로, 1단계에서는 시스템 설계를, 2단계에서는 시스템제작을, 3단계에서는 시스템 시험을 목표로 총 6년 동안 970여억의 사업비를 투입할 예정이다.

고속철도시스템은 차량, 기계부품, 전기, 전자, 제어, 통신 등의 종합적으로 적용되며 필요한 대형 시스템으로써, 각 구성품의 사양부터 완성차의 시험까지 체계적으로 수행되어야만 최초 요구사항에 적합한 시스템을 완성할 수 있다. 이를 위하여 시스템엔지니어링 기술을 이용한 시스템 설계 및 시스템 통합으로 구성된다.

본 논문에서는 한빛400의 차량시스템의 사양, 설계등의 작성 및 검토, 각 부품별 사양 및 시험등의 절차를 확립하여, 한빛400 차량시스템의 성능검증 체계를 제시하고자 한다. 성능예측을 위하여 설계검토 업무 체계를 확립하고, 성능검증을 위하여 차량시스템의 시험평가 및 본선 시운전 시험을 통한 성능평가 체계를 마련한다.

* 한국철도기술연구원 차세대고속열차기술개발사업단, 정회원
E-mail : sskim@krri.re.kr
TEL : (031)460-5625 FAX : (031)460-5649
** 한국철도기술연구원 차세대고속철도기술개발사업단

2. 본 론

2.1 한국형고속열차 성능예측 및 성능검증 사례

2.1.1 한국형고속열차의 시험평가 체계

차세대고속열차의 성능예측 및 성능검증 체계 마련을 위하여, 과거 고속전철기술개발사업에서 수행한 한국형고속열차의 사례를 조사하였다. 한국형고속열차의 경우에는 그림 1과 같이 통합(차량제작) 및 성능검증(시험평가)의 절차를 사용하였다. 하부요소에서 설계/제작되면, 시험/평가를 거쳐 성능을 검증하며, 이 결과가 반영되어 다음 단계의 통합 및 성능검증 단계를 거치도록 하였다.

차량시스템의 성능검증은 크게 개발시험평가와 본선시운전시험으로 분류하였다. 또한 시험내용에 따라 개발과정 중 자체적으로 수행하는 성능시험과 개발품의 납품 및 인수검사 등의 제품 승인을 위한 인증시험으로 구분하였다.

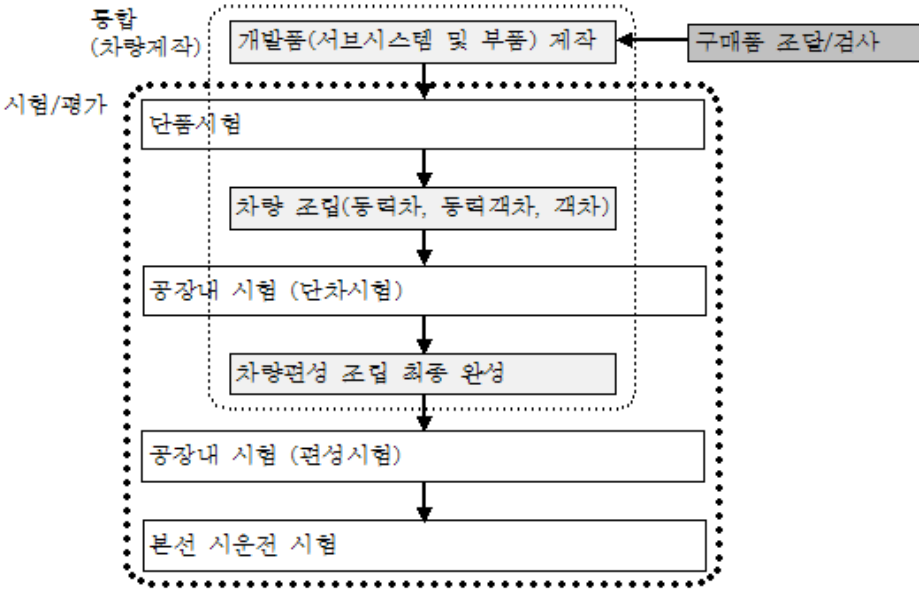

그림 1 한국형고속열차 개발의 통합(차량제작) 및 성능검증(시험평가) 단계 프로세스

개발시험평가의 범위는 차량시스템, 서브시스템 및 부품의 성능검증 및 품질개선을 목적으로 수행되는 시험으로 정하였다. 시험의 종류는 한국형고속열차 개발품의 단품시험, 조립시험, 완성차 시험 및 편성차량의 공장시험으로 하고, 각 시험 평가를 수행하도록 체계를 구축하였다. 각 단계별 시험의 종류를 그림 2와 같이 분류하였다.

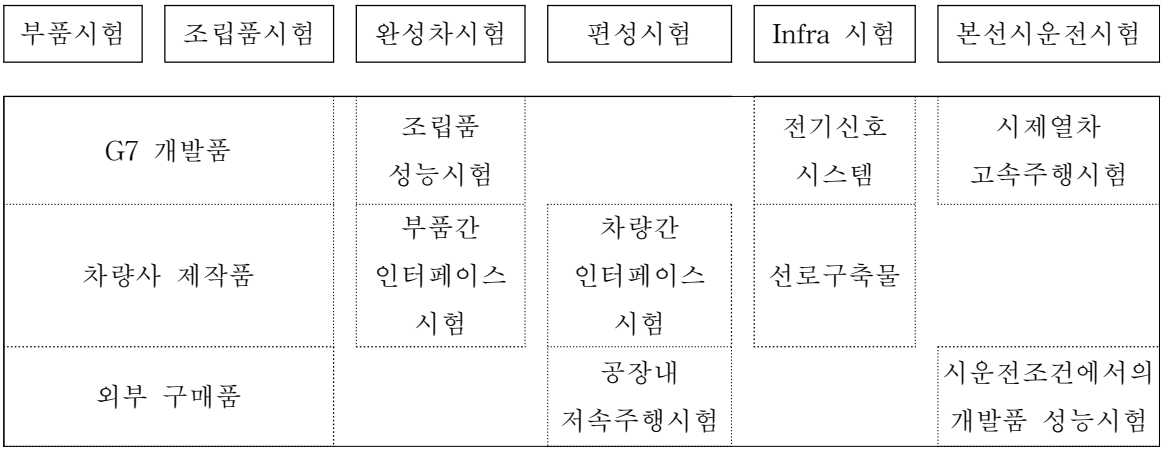

그림 2 개발시험평가 범위 및 체계

2.1.2 시험평가를 위한 기관별 역할 분담 체계

시험평가를 수행하기 위한 각 세부 업무내용과 관련 기관의 역할을 표 1과 같이 분류하였다.

표 1 기관별 개발시험평가 역할분담

주요업무	부품개발기관	차량제작사	차량개발총괄기관
시험항목 및 절차	- 개발시험항목작성 - 시험항목별 시험계획서 - 시험항목별 상세절차서 작성	- 완성차/편성차량 공장 시험계획 (항목 및 절차서)	- 시험항목 및 절차 통합 - 시험계획 검토 - 시험항목, 절차, 기준 확정 및 승인
시험계획	- 세부시험평가계획작성 (조직, 규모, 장소, 항목, 예산등) - 인력/장비 활용방안 - 시험설비 관리방안 - 결과데이터 수집 및 활용 방안	- 부품시험 외부의뢰 방안 검토 - 완성차 조립시험방안 - 편성차량 주행시험 방안 - 공장내 시험상세계획	- 상세 시험계획협의 - 부품시험기획 - 시험일정통합검토 - 장비 공동활용안 검토 - 연계시험방안 검토 - 시험결과 전산화방안
개발시험	- 서브시스템 및 부품 시험 - 시험데이터 분석	- 부품시험평가 기술지원	- 서브시스템 및 부품 시험 기술지원
결과보고	- 시험항목별 보고서작성 - 시험결과활용방안 - 완성차/편성차량 공장 시험참여 계획작성 - 본선 시운전 시험 참여 계획작성	- 부품시험 보고서 검토 지원 - 완성차/편성차량 공장시험 보고서 작성	- 부품시험 보고서 통합 - 보고서 검토 및 승인 - 본선시운전시험 참여 계획 통합

2.2 차세대고속열차 성능예측 및 성능검증 체계

2.2.1 성능예측 및 성능검증 체계 개요

차세대고속열차 차량시스템의 성능예측 및 성능검증은 크게 다음과 같이 분류될 수 있다.

① 분산형고속철도 시스템에서 요구되는 성능을 갖는 시제차량을 완성하기 위하여, 차량 및 부품 사양서, 설계도면, 시험 절차서 등의 검토와 각 관련 기관의 업무 체계 구축

② 차량 및 부품의 제작 및 시험, 본선 시운전 시험의 과정에서 예측된 성능 을 발휘하는 지를 확인하기 위한 시험 검증 체계 구축

본 연구는 위 분류체계에서 ①을 위하여 설계검토 업무를 수행하도록 하고, ②를 위하여 차량성능 시험평가 및 본선시운전시험 등을 수행할 수 있도록 체계를 개발하는 것이다.

2.2.2 설계검토 업무체계

설계검토 업무는 차량시스템의 각종사양서 작성, 설계도면 작성, 시험절차서 작성 및 검토에 해당된다. 수행 기관은 차세대고속철도기술개발사업의 총괄기관('분산형 고속철도 시스템 통합 및 총괄' 과제 수행기관), 시스템엔지니어링기관('분산형 고속철도 시스템 엔지니어링 기술개발' 과제 수행기관), 차량개발기관('분산형 차량 모듈 및 시제차량 기술개발' 과제 수행기관)이 된다. 각 기관별 업무 내용은 표2와 같다.

표 2 설계검토 기관별 업무

	총괄기관	시스템엔지니어링 기관	차량개발기관
사양서	· 차량사양서 확정 · 검토항목요청서 확정 · 단위부품사양서 확정	· 차량사양서 검토 · 검토항목요청서 검토 · 단위부품사양서 검토	· 차량사양서 작성 · 검토항목요청서 작성 · 단위부품사양서 작성
설계도면	· 설계도면 승인	· 설계도면 검토	· 설계도면 작성
절차서	· 시험절차서 확정 (단위부품통합시험, 공장시험)	· 시험절차서 검토 · 시험절차서 확정 (단위부품시험)	· 시험절차서 작성

2.2.3 성능검증 업무체계

차량시스템 성능 검증은 단위부품시험, 단위부품통합시험, 공장시험을 포함하는 개발시험과 시제열차의 본선 시운전 시험을 통하여 시제열차가 설계사양의 성능을 만족하는지의 여부를 확인한다. 각 기관별 업무내용은 표3과 같다.

차량개발기관은 각종 개발시험의 세부 항목 및 일정 등이 포함된 시험계획서를 작성하고, 시스템엔지니어링 기관의 검토 및 총괄기관의 확정을 받도록 하였다. 시험계획서의 일정 및 절차에 따라 각 개발시험이 수행되며, 각 기관은 시험결과보고서를 작성, 승인받도록 하는 절차를 확립하였다.

본선시운전시험을 수행하기 위한 사전 절차로, 시운전시험시나리오 및 시험평가 조직 및 역할분담이 포함된 본선시운전시험 수행계획서를 마련하고, 시험전에 시운전시험 절차서를 작성, 검토하도록 한다. 본선 시운전시험은 이 수행계획서에 따라 각 시험을 수행하며, 시험 결과 보고서를 작성하도록 하였다.

표 3 성능검증 기관별 업무

	총괄기관	시스템엔지니어링기관	차량개발기관
단위부품시험	· 시험 계획 확정 · 시험결과보고서 승인	· 시험 계획 검토 · 필요시 시험 입회 · 시험결과보고서 검토	· 시험계획서 제출 · 시험 수행 · 시험결과보고서 작성
단위부품 통합시험	· 시험 계획 확정 · 시험결과보고서 승인	· 시험 계획 검토 · 필요시 시험 입회 · 시험결과보고서 검토	· 시험계획서 제출 · 시험 수행 · 시험결과보고서 작성
공장시험	· 시험 계획 확정 · 시험결과보고서 승인	· 시험 계획 검토 · 필요시 시험 입회 · 시험결과보고서 검토	· 시험계획서 제출 · 시험 수행 · 시험결과보고서 작성
본선시운전 시험	· 본선시운전시험 수행 계획서 확정 · 시험절차서 확정 · 시험결과보고서 승인	· 시험 항목 제시 · 본선시운전시험 수행 계획서 작성 · 시험절차서 작성 · 시운전시험 수행 · 시험결과보고서 작성	· 시험 항목 제시 (협의된 시험) · 시험절차서 작성 (협의된 시험) · 시험인력, 장비설치 등 시험 지원 · 시험결과보고서 작성 (협의된 시험)

3. 결 론 및 향후 계획

본 연구에서는 국내최고속도의 차세대고속열차 차량시스템 개발을 위한 성능예측 및 성능검증 체계를 마련하였다. 이 체계는 차세대고속열차기술개발사업의 전반적인 업무 관리활동을 기술한 "시스템엔지니어링 관리계획서(SEMP)"에서 정의한 시스템 설계 및 검증 단계를 진행할 수 있는 기반을 마련한 것이다. 본 연구의 성과로써 "분산형 고속철도 차량시스템 설계검토 및 성능검증 수행계획서"가 작성되어 설계검토 및 성능검증의 세부 수행계획 및 절차를 마련하였다. 이 수행계획서를 기반으로 설계도면, 사양서 등 기술적 정보의 검토와 시스템의 시험평가 프로세스가 정의되므로 시스템 엔지니어링 기반의 시험/검증 절차를 수행할 수 있는 체계를 마련하였다. 또한 본 연구결과와 수행계획서를 차세대고속열차기술개발의 각 핵심과제 수행기관에 배포하였고, 각 기관은 이에 따라 차량시스템 개발을 진행하고 있다.

이후 각 핵심과제 기관의 업무를 수행계획서에 따라 수행할 수 있도록 하며, 차량시스템 개발에 따른 업무 성과를 분류, 검증할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부의 차세대고속철도기술개발 사업 '분산형고속철도 시스템엔지니어링 및 시험평가 기술개발'과제의 지원을 받고 있음을 밝힌다.

참고문헌

1. 차세대고속철도기술개발사업 기획보고서(2006.5), 한국철도기술연구원

2. 철도안전법, 법률 제8852호(정부조직법) 일부개정 2008.2.29

3. 이태형, 박춘수, 한영재, 최성훈, 김상수, 한인수(2008), "차세대고속열차를 위한 시스템요구사항 개발", 한국철도학회 춘계학술대회논문집, 153

4. 박춘수, 김기환, 김상수(2008), "세계 고속열차 기술개발 동향과 시사점", 한국철도학회 춘계학술대회논문집, 177

5. 민성기(2006.4), "철도시스템엔지니어링 실무(Total Systems Engineering)", 시스템체계공학원

6. 차세대고속철도기술개발사업 제1차년도 연차보고서 "분산형 고속철도 시스템 통합 및 총괄", "시시스템엔지니어링 및 시험평가 기술개발"(2008), 한국철도기술연구원