

한국형 고속철도 시스템의 안전설계요건 분석 및 성능시험준안 개발

왕중배, 박찬우, 곽상록, 박주남
한국철도기술연구원 안전기술연구팀

Development of Safety Design Requirement and Performance Test Standard for KHSR System

Jong-Bae Wang, Chan-Woo Park, Sang-Log Kwak, Joo-Nam Park
Safety Technology Research Team, Korea Railroad Research Institute

Abstract : 한국형 고속철도시스템은 최고운행속도 350km/h로 주행하는 고속열차(시제열차 7량 편성)의 개발에 성공하여 현재 시운전 시험을 통해 신뢰성과 안정성을 검증하고 있다. 국내 기술로 새롭게 개발된 한국형 고속철도 시스템은 고속운행에 따른 엄격한 안전요구사항을 만족해야 하며, 특히 고속-대량의 수송수단으로서 승객의 안전을 최우선으로 하기 때문에 다른 어떠한 시스템보다 엄격한 안전확인 및 성능검증을 위한 철저한 시험평가가 과제가 필요하다. 본 연구에서는 한국형 고속철도 시스템 개발에 적용한 안전설계 요건의 분석내용을 제시하고, 고속철도 차량시스템의 안전성능 요건을 입증하기 위한 성능시험 체계로서 구성품 시험, 완성차시험(단차 및 편성 시험) 및 시운전 시험으로 구분한 한국형 고속철도 차량시스템에 대한 성능시험기준안을 소개하고자 한다.

Key Words : 고속철도차량시스템, 시스템위험분석, 안전설계요건, 안전인증 및 성능시험

1. 서론

최고속도 350km/h의 한국형 고속철도시스템은 안전보장과 사고예방을 위해 그림 1에 제시한 절차에 따른 시스템 위험분석에 근거한 안전검증과 성능확인이 요구된다. 즉, 시스템의 기술적인 특성과 운영조건을 고려한 안전설계 요건을 도출하여 설계, 제작, 운영 단계별로 이들 안전요건의 적합성 검증해야 하고, 시스템의 기능 및 성능요건을 제작 및 시운전 단계에서 시험, 입증해야 한다.

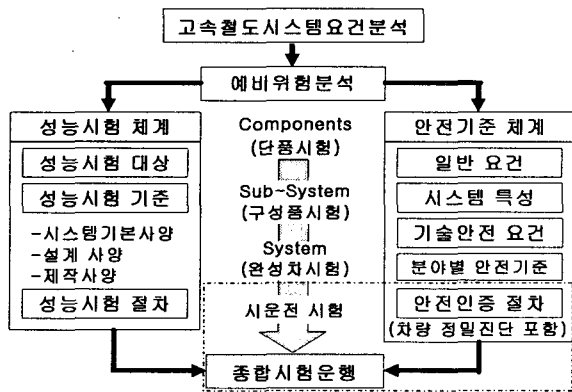


그림 1. 고속철도 안전인증 및 성능시험 절차

2. 한국형 고속철도시스템 안전요건

한국형 고속철도 시스템은 그림 2에 제시한 것처럼 시스템 기본사양을 기반으로 하여 안전기준체계 개발에 필수 요건으로 반영해야 되는 “시스템 안전요건”과 “차량의 성능요건”을 규정하고 있다.

- (1) 시스템 기본사양
 1. 차량일반 1) 운행속도: 최고운행속도 350km/h, 설계속도 385km/h
 - 2) 차량종류 3) 차량크기: 20량/11량기준(철도차량규격 준수)
 - 4) 차량수명: 최소 20년 고속운전(연간 600,000Km 주행조건)
- 2. 환경조건
 - 1) 기후조건: 외기온도, 습도, 최대강우, 최대강설, 풍속
- 3. RMS
 - 1) 신뢰성: MKBSF 시험평가 중요장치 redundancy 구성
 - 2) 고장시 운행: 정상운행, 출발 및 감속 및 차량 경인 조건
- 4. 승객 집중
 - 1) 안전성: 인명 안전(대사발출, 기기문명 및 환경영향 고려)
- (2) 차량 시스템
 5. 차체와 설비 1) 차체재질, 2) 차량간 돌로, 3) 기타(냉난방설비, 접근식)
 6. 대차 1) 대차형식(관절형/일반형), 2) 구조강도, 3) 설계인정선(합선계수/운중)
 7. 추진 및 동력장치 1) 출력, 2) 견인전동기, 3) 팬터그래프, 4) 보조동력, 5) 기타
 8. 제동 1) 제동거리(상용제동/비상제동), 2) 제동성능(평균감속도)
- (3) 전기신호 시스템
 1. 전차선 시스템 1) 일반시행(전압강하)변동, 이선률, 2) 최소안전물(마모)
 - 3) 지지물 설비, 4) 전차선 편위 및 구배
 2. 열차제어 시스템 3. 자동열차제어장치(ATC) 4. 연동장치(LXL) 5. 집중제어장치(CTC)
- (4) 선로구축 및 시스템
 1. 설계 2. 곡선반경 3. 구배 및 4. 궤도 5. 타일 6. 설계 7. 허용
 - 최고속도 및 궤도 준곡선 초고속선 표준하중 선로골판

그림 2. 한국형 고속철도시스템의 안전성능 요건

2.1 시스템 기본사양 분석

한국형 고속철도 시스템은 기술적, 경제적, 사회적 요소들을 고려하여 열차편성을 20량 편성과 11량 편성으로 하여 다음 조건을 만족하도록 하고 있다.

- 최고운행속도 350 km/h
- 최대 수송능력 1000 명 수준

- 수송수요에 유연한 대응이 가능한 선택적 편성
- 경부고속철도와와의 호환성 유지 및 기술 활용

표 1. 한국형 고속철도 열차성능목표

열차편성		KHST-20	KHST-11
차량수		20	11
열차편성중량(만차시) [ton]		780	458
총 길이 [m]		393.5	218.9
출력/전동기 1대 [kW]		1,100	1,100
총 출력 [kW]		17,600	13,200
최고운행속도 [km/h]		350	350
최고속도 (350km/h)	견인력 [kN]	176.5	132.4
	주행저항 [kN]	131.4	81.6
	가속여력 [m/s ²]	0.056	0.107
남서울- 부산 운행	소요시간(2개역)	99.19분	96.56분
	에너지[kWh]	17,073.0	8,220.9

2.2 위험분석에 근거한 시스템 안전성능 요구사항

시스템 안전성능 요구는 시스템 내에 존재하는 위험조건 (Hazard)을 확인하고, 위험조건을 제거하거나 또는 인정할 수 있는 수준까지 위험을 감소시키기 위한 활동을 수행하는 시스템 엔지니어링의 핵심 요소로서, 철도차량 시스템의 일반적인 안전성능 요구사항은 다음과 같다.

구분	안전성능 요건
열차 및 차량	1. 구조적 무결성 : 정상운영 상태에서 열차의 구조적 무결성을 유지해야하며, 사고 발생시에도 운송하고 있는 사람 및 화물을 보호할 수 있어야 한다.
	2. 내장 : 운송하는 승객 및 화물에 대해 안전한 환경을 제공해야 한다.
	3. 출입 및 대피 : 운송하는 사람 및 화물의 안전한 출입과 대피 방안을 확보해야 한다.
	4. 통신 : 열차 내부에서 송수신하고 안전 메시지를 효과적으로 통신할 수 있는 방안을 마련해야 한다.
	5. 전력공급시스템 : 전기시스템과 전기를 공급받는 시스템 및 열차내장치는 다른 시스템이나 사람의 안전을 위협하지 않아야 한다.
	6. 속도 제어(제동) : 운송하는 승객 및 화물의 안전을 위협하지 않도록 철도의 운영조건을 만족하여야 한다.
	7. 신호와의 적합성 : 열차는 신호 시스템과의 적합성을 확보해야 한다.
	8. 주행장치 : 열차가 안전하게 궤도를 따라 이동하는 것을 보장할 수 있어야 한다.
	9. 기반시설과의 적합성 : 열차의 크기와 차량한계는 철도기반시설과의 적합성을 확보해야 한다.
	10. 전력공급 시스템과의 적합성 : 열차는 전력공급 시스템과의 적합성을 확보해야 한다.

3. 한국형 고속철도 차량시스템 성능시험기준(안)

그림 3은 최고속도 350km/h의 한국형 고속철도 차량시스템에 대한 성능시험기준 체계를 제시한 것이며, 개발품 단위별 구성품 시험, 개발품 단위간의 조합시험, 차량에서의 기능, 동작 확인을 위한 완성차시험(단차 및 편성시험) 및 전기신호 및 선로구축물 시스템과의 적합성 및 연계성을 확인하는 시운전 시험으로 구분하여 한국형 고속철도 차량시스템의 성능시험 기준(안)을 구성하고 있다.

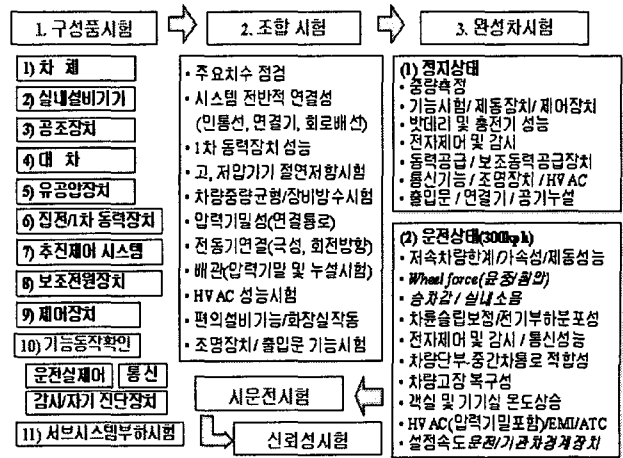


그림 3. 한국형 고속철도 성능시험기준 체계 및 절차

4. 결론

본 논문에서는 최고속도 350km/h의 고속철도 차량시스템 개발을 위한 시스템 개발요건과 위험도 분석에 근거한 안전성능요건을 근거로 하여 한국형 고속철도 차량시스템의 안전설계 요건분석과 성능시험 기준안 개발내용을 제시하였다.

개발된 안전요건과 성능시험기준안은 고속철도시스템의 안전보장과 사고예방을 위한 안전검증과 성능확인에 요구되는 고속철도 시스템 안전기준 및 성능시험 기준 체계를 구축하는데 활용될 것이다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부 “고속철도 시스템 성능시험 및 안전기준 체계 개발” 사업(2004년 2차년도)으로 수행된 연구 내용임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] 한국철도기술연구원, 고속전철 시스템 성능시험 및 안전기준 체계 개발 보고서, 2004. 12.
- [2] 한국철도기술연구원, G7 고속전철 기술개발사양서, 2002. 3.