

고속철도차량용 제륵자의 개발단계별 적합성검증 방안 도출 연구

이진호*, 김상헌*, 박진규*, 강지성*, 최성수**

*한국산업기술시험원 철도부품평가센터, **한국철도공사
e-mail: jh0710@ktl.re.kr

A Study on the method of Conformity Verification by Development Phase of High-speed train Brake Block

Jin-Ho Lee*, Sang-Hun Kim*, Jin-Kyu Park*, Ji-Sung Kang*, Sung-Su Choi**
*Dept. of System verification, Korea Testing Laboratory, **Korail

요 약

철도기술연구사업의 수행에 있어서 사용자와 이해당사자 간의 요구사항을 모두 충족시키도록 하는 체계적인 기술 프로세스의 적용은 사업의 성공을 위해 필수적이다. 최근 국산화 기술개발 대상의 복잡화와 다양화에 따라 다양한 지원 요소 및 수명주기 관점을 고려한 적합성검증 연구의 중요성이 부각되고 있으며, 이를 전체적으로 반영한 체계적인 사고의 필요성이 요구되고 있다. 본 연구에서는 철도기술연구사업을 통해 국산화 기술개발 중인 고속철도차량용 기계식 제동장치에 적용되는 제륵자의 기능과 성능을 입증하기 위한 개발단계별 적합성검증 방안을 도출하기 위해 수행한 연구의 결과를 제시하고자 한다.

1. 서론

철도기술연구사업의 수행에 있어서 사용자와 이해당사자 간의 요구사항을 모두 충족시키도록 하는 체계적인 기술 프로세스의 적용은 사업의 성공을 위해 필수적이다. 최근 국산화 기술개발 대상의 복잡화와 다양화에 따라 다양한 지원 요소 및 수명주기 관점을 고려한 적합성검증 연구의 중요성이 부각되고 있으며, 이를 전체적으로 반영한 체계적인 사고의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 복잡하고 다분야적인 철도기술연구사업의 수행에 기술 프로세스를 적용함으로써 국산화 기술개발을 수행하는 기간 동안 발생하는 사용자와 이해당사자의 요구사항을 지속적으로 분석 및 정의하고 기능 할당과 설계, 제작시행, 통합 그리고 이를 검증함으로써 사업 전반의 위험을 감소시키고 소요 비용 및 일정을 단축하는 효과를 높일 수 있다. 본 연구에서는 철도기술연구사업을 통해 국산화 기술개발 중인 고속철도차량용 기계식 제동장치에 적용되는 제륵자의 기능과 성능을 입증하기 위한 개발단계별 적합성검증 방안을 도출하기 위해 수행한 연구의 결과를 제시하고자 한다.

2. 고속철도차량 제원 및 사용 환경 조건

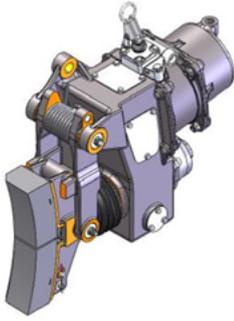
국내에서 운용중인 고속철도차량(KTX-산천)은 10량 1편성을 기본으로 단독 편성 운행된다. 이 고속철도차량은 고속선로에서 최고운행속도로 주행 중 비상제동을 실시하였을 때, 요구되는 비상제동거리 이내에 감속 또는 정지되어야 한다. 국산화 기술개발 중인 제륵자가 적용될 고속철도차량의 제원 및 사용 환경 조건은 아래의 표 1과 같다.

[표 1] 고속철도차량 제원 및 사용 환경 조건

구분		내용
차량성능	최고운행속도	300 km/h
	최고설계속도	330 km/h
	제어공기압력	(8.5±0.7) kg/cm ²
	저크한계	0.5 m/s ³
차량일반	공차중량	406 ton
	만차중량	441 ton
	대차중중	17 ton
대차일반	동력대차	차륵 담면 제동
	단부대차	차축디스크제동
	객차대차	차축디스크제동
	차륵직경	920 mm
	차축디스크 직경	640 mm
사용 환경 조건	외기온도	(-35 ~ +45) °C
	상대습도	(+5 ~ +100) %

3. 적합성검증 대상

적합성검증 대상이 되는 제륵자는 주행 중인 고속철도차량의 제동 지령에 따라 기계식 제동장치의 제동실린더에서 발생된 공기압력이 제동실린더의 피스톤을 작동시켜 제동레버에 의해 차륵 담면에 접촉하게 된다. 이때 제륵자는 고속철도차량이 주행 중 갖는 운동에너지를 열에너지로 변환하여 제동의 목적을 달성할 수 있어야 한다. 제륵자는 고속철도차량의 운용 특성상 주행 중 발생하는 미끄럼마찰에 의한 마찰열을 견디고 우수한 마찰 특성을 가지기 위해 마찰재의 내부부의 조직이 균질하도록 충분한 열처리를 적용하여 제조해야 한다. 마찰계수는 길들이기 제동(Bedded-in), 작동압력(특정압력), 온도조건 및 기후 영향에도 변함이 없어야 한다. 그리고 젖거나 눈이 왔을 때 마찰계수는 건조한 상태에서의 마찰계수와 크게 다르지 않아야 한다.



[그림 1] 기계식 제동장치에 조립된 제륜자 형상 예

4. 개발 요구사항 도출 및 검증방법 설정

철도기술연구사업을 통해 제륜자와 관련된 국내외 법/제도 및 기술기준, 표준규격 등을 조사하고 분석하였으며, 사용자와 이해당사자 간의 요구사항을 반영하여 운용, 기능, 인터페이스, 성능 등으로 분류된 개발 요구사항을 도출하였다. 추가적으로 개발 요구사항에 대한 입증을 위해 검증방법 분류기준을 반영하여 각각의 개발 요구사항에 대한 검증방법을 표 2와 같이 설정하였다.

[표 2] 성능 요구사항의 항목별 검증방법 설정 예

식별번호	개발 요구사항	검증방법					인용기준 및 표준
		I	A	D	GT	IT	
성능 요구사항							
WTB-BS-PR-001	제륜자는 최고속도 200 km/h, 제동질량 4.5 ton의 조건에서 6.9 MJ 이상의 최대 제동에너지를 확보해야 한다.		○		○		사용자 요구사항
WTB-BS-PR-002	마찰계수는 마찰재의 초기 두께 상태에서부터 마찰재의 두께가 10 mm로 마모가 될 때까지 일정해야 한다.				○		UIC 541-4

5. 개발단계 분류에 따른 검증 시나리오별 평가기준(안) 구체화

제륜자에 대한 개발 요구사항 항목별 검증방법 설정 데이터를 분석하여 개발단계를 4단계(설계검증, 제작검증, 시험검증, 현장검증)로 세부적으로 분류하였다. 이와 같은 방법을 통해 개발단계 분류에 따른 개발단계별 항목을 확정할 수 있었으며, 개발단계별 항목의 검증 시나리오를 구축하여 개발 요구사항에 대한 검증 시나리오별 평가기준(안)을 표 3과 같이 구체화 하였다.

[표 3] 개발단계별 평가기준(안) 구체화 예(시험검증 부분)

식별번호	개발 요구사항	개발단계				검증 시나리오별 평가기준(안)	인용기준 및 표준
		설계검증	제작검증	시험검증	현장검증		
성능 요구사항							
WTB-BS-PR-001	제륜자는 최고속도 200 km/h, 제동질량 4.5 ton의 조건에서 6.9 MJ 이상의 최대 제동에너지를 확보해야 한다.			○		다이나모미터 시험 장비를 통해 고속철도차량의 최고운행속도를 재연하고 비상제동을 실시한 상황을 모사. 최고속도 200 km/h, 제동질량 4.5 ton 조건 반영. 다이나모미터 시	사용자 요구사항

식별번호	개발 요구사항	개발단계				검증 시나리오별 평가기준(안)	인용기준 및 표준
		설계검증	제작검증	시험검증	현장검증		
						협을 실시한 후 원시데이터를 분석하였을 때 최대 제동에너지가 6.9 MJ 이상 확보됨을 확인 이외, 표준규격에서 규정하는 마찰계수 조건을 필수적으로 만족해야 함.	
WTB-BS-PR-002	마찰계수는 마찰재의 초기 두께 상태에서부터 마찰재의 두께가 10 mm로 마모가 될 때까지 일정해야 한다.			○		마찰재의 지정된 두께 상태에서 미아나모미터 시험을 실시한 후 마찰계수를 확인 (단위: 개별 부어) 기준 지정 마찰재 두께: 00, 40, 20 mm	UIC 541-4

6. 결론

본 논문에서 국산화 기술개발 중인 고속철도차량용 제륜자의 기능과 성능을 입증하기 위해 개발단계별 적합성검증 방안을 도출하기 위한 연구를 수행하였다. 먼저 제륜자에 대한 법/제도 및 기술기준, 표준규격 등을 조사/분석하고 사용자와 이해당사자의 요구사항을 반영하여 협의된 개발 요구사항을 도출하였으며, 검증방법 분류기준을 적용하여 각각의 개발 요구사항에 대한 항목별 검증방법을 설정하였다. 또한 설정된 데이터를 분석하여 개발단계 분류에 따른 검증 시나리오를 구축하였으며, 구축된 검증 시나리오별 평가기준(안)을 구체화하여 사용자 및 이해당사자가 허용 가능하고 국내외 법/제도 및 기술기준, 표준규격에 부합한 국산화 기술개발에 따른 제륜자의 기능과 성능의 목표치 및 개발단계별 적합성 검증 방안을 설정할 수 있게 되었다. 향후 연구에서는 각각의 개발 단계별 검증 활동을 수행하여 국산화 기술개발 중인 제륜자의 협의된 개발 요구사항을 모두 충족하는 설계와 제작시행, 통합, 평가가 이루어졌음을 입증하고자 한다.

사사

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업(과제명 : 고속철도 부품장치(제동패드/슈, 감속기 및 밸런스) 국산화 기술개발, 20RTRP-B149104-03)의 지원으로 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] VERIFICATION, VALIDATION AND TESTING OF ENGINEERED SYSTEM, AVNER ENGEL
- [2] UIC 541-4:2010, Brakes-Brakes with composite brake blocks-General conditions for certification of composite brake blocks