도시철도차량 표준형 제동마찰재의 설계적합성 검증 연구

A study on the design conformity verification of standard type brake friction materials for urban railway vehicle

구자경*†, 심정욱*, 박진규*, 김상헌, 강지성

Jakyung Koo*, Jungwook Sim*†, Jinkyu Park*, Sanghun Kim*, Jisung Kang *

초 록 전 세계적으로 철도 부품 및 모듈 개발 및 상용화를 위해서는 기능, 설계, 안전, 유지보수 등 중요 요구사항을 구분하고 이를 상세히 입증하도록 요구하고 있다. 국내의 경우, 철도차량 및 용품 기술기준, 국외에서는 유럽은 TSI 기술기준 등이 법적 강제사항 및 인증으로 철도차량 및 부품에 관한 필수적인 요구사항을 규정하고 있다. 이러한 흐름에 맞추어 국내에서는 철도 부품 및 모듈에 관한 개발 프로세스를 구축하고 이를 적용하여 철도 부품 및 모듈을 개발하려는 움직임이 활발히 일어나고 있다.

본 연구에서는, 제동장치의 부품중 하나인 제동패드, 제동슈에 대해 국내·외 목표 인증에 관한 요구사항을 도출하고 설계적합성 검증 항목을 분류하였다. 22개(제동패드 11개, 제동슈 11개)의 설계적합성 검증항목에 대한 충족성 검토를 통해 도시철도차량용 제동패드 및 제동슈가 목표 인증에 관한 설계적합성 검증 요구사항에 따라 적합하게 설계되었음을 확인하고자 한다.

주요어 : 제동마찰재(제동패드·제동슈), 시스템 엔지니어링, 적합성 검증, 설계적합성 검증, 인증

1. 서 론

전 세계적으로 철도 산업은 철도 부품 및 모듈 개발 프로세스를 구축하고 목표 인증 및 요구사항에 충족하는 부품 및 모듈을 개발하려는 움직임이 활발히 일어나고 있다. 이에 따라 국내에서는 변해가는 철도산업을 대비하고자 제품 개발 프로세스에 관한 연구를 심도 있게 수행하고 있다. 본 연구에서는, 제동장치 부품 중 제동마찰재(제동패드·제동슈, 이하 제동마찰재) 개발을 위해 '제동마찰재 적합성 검증 프로세스'를 도입하고 설계가 목표 인증 요구사항에 적합하게 설계되었는지 확인하는 설계적합성 검증을 통해 개발 부품이 국내·외 기술기준 및 규격 요구사항에 적합하게 설계되었는지 확인하고자 한다.

† 교신저자: 한국산업기술시험원 시스템검증센터 (kjk1129@ktl.re.kr)

2. 본 론

2.1 제동마찰재 적합성 검증 프로세스 개요

성공적인 시스템 개발을 실현하기 위한 포괄적인 접근 방법인 시스템 엔지니어링(System Engineering)은 시스템 수명 주기, 저문분야, 이해관계자 등 상호작용하는 모든 요소 및 사항을 고려하여 개발의 문제화 해결책을 찾는 방법이다. '철도차량 부품 및 모듈의 적합성 검증 프로세스'의 도출 원리인 시스템 사이클은 Fig.1[1]과 같고 이를 제동장치 부품 중 하나인 제동마찰재에 적용한 결과는 Fig.2와 같이 나타낼 수 있다.

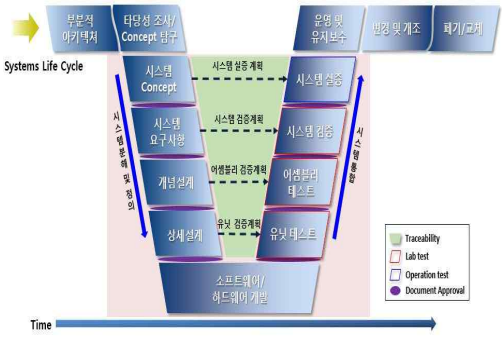

Fig. 1 System Life Cycle

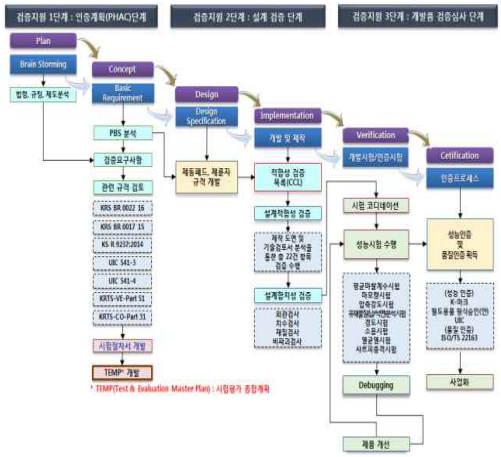

Fig. 2 Conformity verification process of brake friction materials

2.2 제동마찰재 설계적합성 검증 개요

도시철도차량용 제동마찰재는 도시철도차량 제동장치 중 기계식 제동장치에 속하며 주행중인 철도차량을 감속 또는 정지시키거나 정지된 상태를 유지하기 위하여 사용되는 부품이다. 제동마찰재는 적합성 검증 프로세스에 따른 검증을 위해 Fig.3과 같이 제품을 구분한다. 본 제동마찰재 부품의 개발목표인 국내 도시철도차량에 장착 가능한 표준형 제동마찰재를 개발하기 위해서는 필수적으로 만족해야하는 요구사항이 존재하며 각 검증(설계적합성, 설계합치성, 시험평가)별 요구사항에 대한 충족성 여부 확인을 위해서는 MOC(Mean Of Compliance, 검증방법)을 분류하고 그에 맞는 검증을 수행하여야 한다. 본 연구에서는 설계가 목표 인증 요구사항에 적합하게 설계되었는지 확인하는 설계적합성 검증을 통해 개발 부품이 국내·외 기술기준 및 규격 요구사항에 적합하게 설계되었는지 확인하기 위해 우선적으로 문서적으로 입증되는 요구사항들에 관하여 검증을 수행하였다.

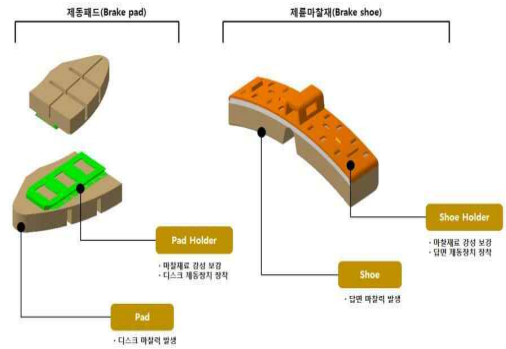

Fig. 3 The Concept of Brake pad and shoe

2.2.2 설계적합성 검증 계획 수립

제동마찰재가 도시철도차량용에 장착 가능한 표준화된 제품이 되도록 개발하기 위해 관련 국내·외 기술기준 및 규격(KRTS VE Part 51 외 7건)을 분석하여 총 40개 요구사항(제동패드 21개, 제륜자 19개)의 요구사항을 우선적으로 도출하였다. 도출된 40개의 요구사항이 실제 제품 설계에 적용되었는지를 검증하기 위해 설계적합성 검증 항목 22개(제동패드 11개, 제륜자 11개)를 분류하고 문서검사(Inspection), 해석(Analysis), 데모(Demo), 시험(Test) 중 2개(문서검사, 해석)으로 검증방법을 분류하였다. 이를 검증하기위한 계획을 수립하기 위해 INCOSE system engineering 및 ISO/IEC 15288을 참고하여 도출된 프로세스[2]를 참고하여 검증 계획을 수립하였다. 설계적합성 검증 계획은 크게 계획, 수행 그리고 시정조치로 나뉘며 상세내용은 Fig.4와 같다.

Fig. 4 the process of brake friction materials design conformity process plan

2.2.3 설계적합성 검증 수행

Fig.4와 같이 정의한 절차에 따라 제동마찰재 설계적합성 검증 수행은 크게 도면(Drawing, 이하 D), 기술검토서(Technical Review, 이하 T.R)에 따른 문서검사를 통해 설계적합성 검증 항목 22개를 검증하였다. 설계적합성 검증 항목 및 검증 수행을 요약한 내용은 Table 1과 같으며, 검증 수행 예시는 Fig.5와 같다.

Table 1 The result of brake friction materials design conformity verification

No	Requirements name	Proof Documents	
		D	T.R
1	Shape and materials	◎	◎
2	Proof of design specification		◎
3	Molding	◎	
4	Brake pad(shoe) head compatibility		◎
5	Braking function		◎
6	Disc(Wheelset) compatibility		◎
7	Assemble state		◎
8	Marking	◎	
9	Packing		◎
10	UIC marking		◎
11	Proof of maintenance		◎

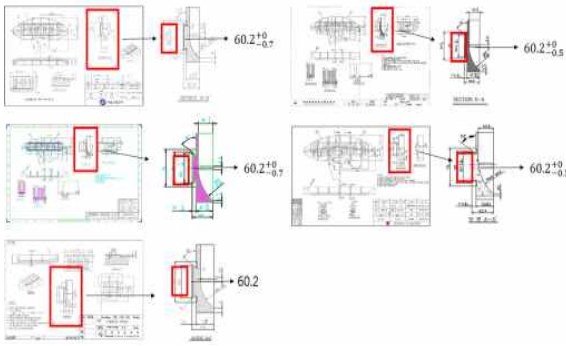

Fig 5. The example of brake pad design conformity verification(brake pad head compatibility)

3. 결 론

본 연구에서는 도시철도차량용 표준화 개발 부품중 하나인 제동마찰재에 대한 설계적합성 검증을 수행하고자 본 연구를 수행하였다. 제동마찰재 설계적합성 검증 연구결과는 아래의 내용과 같다.

1. 제동마찰재의 국내·외 목표 인증을 획득하기 위한 적합성 검증 프로세스를 수립하고 크게 설계적합성, 설계합치성, 시험평가로 구분하여 프로세스의 세부내용을 도출하였다.

2. 설계적합성 검증의 체계적 수행을 위해 INCOSE System engineering 및 ISO/IEC 15288을 참고하여 제동마찰재 설계적합성 검증 계획을 수립하였다.

3. 도출된 설계적합성 검증 계획에 따라 총 22항목에 관한 제동마찰재 설계적합성 검증을 수행하였으며, 제동마찰재가 도출된 요구사항에 관해 적합하게 설계되었는지를 확인하였다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 연구비 지원(과제번호: 18RTRP - B104243 - 04)으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Koo Ja Kyung, A Study for break operating device conformity verification methods through analysis of domestic and overseas technical specifications and standards

[2] Min Kyeong Bin, A Study on the Verification of Design Compatibility for a Europe Type Automatic Coupler Head according to TSI Certification Standards

[3] International organization for standardization (2002) Systems engineering - system life cycle processes, International organization for standardization, ISO/IEC 15288.