도시형자기부상철도 제동장치의 기술 요구사항을 반영한 형식승인 시험규격 고도화 연구

Study on Advanced Testing Standard of Type Approval about Brake System of Urban Maglev

이정현*†, 김상헌*, 박진규*, 심정욱*, 박찬경**

Jeong Hyeon Lee*, Sang Hun Kim*, Jin Kyu Park*, Jung Wook Sim*, Chan Kyung Park**

Abstract The type approval system in accordance with the Railway Safety Act Railway Supplies amendment was introduced. The type approval system is mandatory and include the verifying performance of product and quality management system of manufacturer. Technical standard and testing specification of urban maglev railway supplies are required in order to acquire the certification. In response to certification system, study about analysis and development of technical requirements from the urban maglev railways is performing. This paper analyzes the unique characteristics of the brake pads and the brake cylinder of the brake system in urban maglev railway and develop the testing standard applied technical specifications required of the brake system.

Keywords **:** Maglev, Railway Safety Law, Type approval , Testing specification, Brake system

초 록 철도안전법이 개정됨에 따라 기존 도시철도법의 안전관련 기준인 품질인증, 안전기준, 성능시험, 표준규격 등이 철도안전법 하부 규정으로 통합되었다. 또한 형식승인 및 제작자승인, 완성검사와 같은 승인 제도를 도입하여 인증을 의무사항으로 시행하고 있다. 인증제도 의무화에 따라 도시형 자기부상철도 용품도 인증을 획득할 수 있도록 기술기준과 시험규격이 개발 및 적용되어 한다. 이에 대응하는 방안으로 기존 철도용품에 대한 기술기준 및 시험규격의 연구내용에 자기부상철도 용품에 대한 기술적 내용이 반영된 기술기준 및 시험규격의 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 형식승인 대상 용품으로 기존 연구된 제동장치 중 제동 패드와 제동 실린더의 고유특성을 분석하고 요구되는 기술사양을 적용한 시험규격의 개발내용에 대해서 나타내고자 한다.

주요어 : 도시형자기부상철도, 철도안전법, 형식승인, 시험규격, 제동장치

1. 서 론

국내 철도 안전 확보를 위한 관련 제도로서 철도안전법 및 도시철도법이 시행되었으나,

† 교신저자: 한국산업기술시험원 (shinyjay@ktl.re.kr)

* 한국산업기술시험원

** 한국철도기술연구원

이원화된 안전관리시스템 구조에 따른 불완전, 비효율적인 철도 시스템 관리가 이루어졌다. 따라서, 품질관리가 필요한 철도 운행 안전 관련 용품의 안전성이 보장되지 못함은 물론 그로 인해 발생하는 잦은 고장에 따라 불필요한 유지보수 비용이 낭비되고 있는 실정이었다.

이러한 철도 사고 예방 및 주요 용품의 고장 등과 같은 철도 안전 문제의 해소 방안으로서 철도안전법이 전면 개정되었으며 그에 따른 철도 차량과 용품의 형식승인제도가 도입되었다. 특히 철도 용품에 대한 형식승인의 적용범위로서, 우선순위 용품 41종, 후순위 용품 50종을 선정하여 해당 용품에 대한 안전 및 성능을 확보하도록 하였다. 그러나 기존 형식승인 범위에는 일반철도, 도시철도, 고속철도에 적용되는 용품의 기술 요구사항을 규정하고 있기 때문에, 국내 신규 개발 차량인 도시형자기부상철도의 형식승인 적용을 위한 철도 용품 기술기준 및 시험규격 개정 연구 필요성이 대두되었다. 이에 대응하는 연구로서, 도시형자기부상철도 연구 사업을 통한 형식승인 용품 기술기준 및 시험규격 개정 연구를 수행 중이다. 본 논문에서는 철도 용품 형식승인 범위인 제동용품(제동패드, 제동실린더)에 대응하는 도시형자기부상철도의 기술 요구사항 고도화 연구를 수행하여 추후 도시형자기부상철도의 형식승인 인증의 근거를 마련하고자 한다.

2. 본 론

2.1 일반철도와 도시형 자기부상철도 기술 요구사항 비교

철도차량의 마찰(기계)제동에는 차륜 답면 브레이크와 디스크 브레이크가 있다. 차륜에 제동력을 전달하는 방식으로 제륜자를 차륜 답면에 밀어붙이는 답면 브레이크 방식과 차축에 별도의 디스크를 취부하여 디스크 양면을 제동 패드로 잡아 제동하는 디스크 브레이크 방식을 혼합하여 사용한다.

제동시스템을 구성하는 용품 중 제동 패드는 답면 브레이크나 디스크 브레이크 장치에서 직접적으로 마찰면에 닿아 마찰력을 발생시켜 운동에너지를 열에너지로 변환하여 제동기능에 영향을 주는 마찰재이며, 제동 실린더는 고압의 공기 또는 기름을 보내어 피스톤을 작동시켜 레버장치에 의해 제동 패드가 차륜 답면과 디스크에 제동을 가할 수 있게 하는 장치이다. 앞서 설명한 두 용품은 성능에 문제가 생기면 마찰력 발생에 영향을 미쳐 제동이 원활히 이루어지지 않으므로 제동을 수행할 때 반드시 필요한 제동용품으로 형식승인 대상으로 선정되었다.

그러나 일반적인 철도차량과는 다르게 자기부상철도는 레일 위에 부상하여 운전하므로 회전하는 차륜이나 디스크가 없다. 이러한 기술적 특성으로 인하여 기존의 답면 브레이크 방식이나 디스크 브레이크 방식을 동일하게 적용할 수 없다. 하지만 철도차량을 완전히 멈추게 하기 위해서는 마찰을 이용한 기계식 제동장치가 존재해야 한다. 따라서 자기부상철도의 마찰제동은 제동 패드를 가이드 레일의 양 측면에 접촉하여 압력을 가하여 제동하는 방식으로 작동한다. 또한 자기부상철도용 제동 실린더는 유압실린더로 공유압 변환기에서 공급되는 유압을 이용한 작용력을 제동 패드에 전달하여 제동 및 완해를 조절한다.

이러한 도시형 자기부상철도의 기술적 특성으로 인하여 현존하는 시험규격의 적용이 어려

움에 따라 해당 특성을 반영한 시험규격 개발이 필요하다.

2.2 원안

2.2.1 제동 패드의 시험규격

제동 패드의 시험규격의 적용범위는 객차와 전동차, 고속 차량, 동력차량의 제동 패드에 해당하며 UIC 541-3과 KRS BR 0007에 따라 분류한다. 외관검사와 치수검사 방법을 제시하며 순간/평균마찰계수 시험, 유해물질 분석시험, 최고온도 측정시험, 고온안정성시험, 결합력 시험에 대한 방법을 제시하고 있다. 순간/평균마찰계수 시험은 제동 패드의 종류에 따라 UIC 541-3 또는 KRS BR 0007에 따름을 명시하고 있다. 유해물질 분석시험은 납, 카드뮴의 함유여부 분석은 IEC 62321에 따라 시험하며 석면의 함유여부 분석은 환경부 폐기물공정시험기준의 석면-편광현미경번 또는 X-선 회절기법에 따라 실시한다. 최고온도 측정시험은 순간/평균마찰계수 시험 시 마찰면 5 ㎜ 깊이에서 온도를 측정한다. 고온안정성 시험은 샘플링 시험으로 가열 전 두께와 710 ± 5 ℃로 90분간 유지한 후, 서냉시켜 두께를 측정한다. 결합력 시험은 제동 패드와 보강판 사이, 보강판과 체결부 사이의 결합력을 측정한다.

2.2.2 제동 실린더의 시험규격

제동 실린더는 고압의 공기를 보내어 피스톤을 작동시켜 레버장치(lever device)에 의해 브레이크 슈를 차륜과 디스크에 눌러 제동력을 발생시키는 장치로 정의하고 있다. 검사와 시험항목에서는 외관검사와 치수검사 방법을 제시하며 공기누설시험, 출력시험, 재료시험, 압력강도시험, 자동간격 조정시험, 온도시험, 진동시험, 내구성시험, 최저동작압력시험, 최대동작거리시험, 피스톤 복귀시험에 대한 방법을 제시한다. 공기누설시험은 기준 압력의 압축 공기를 제동 실린더에 공급하여 2분 동안 유지 후 공기를 차단한다. 그리고 기준시간 이후 압력 강하를 측정한다. 출력시험은 자동 간격 조정 시험으로 맞추어진 설정 간격에서 제동 실린더에 기준 압력의 압축공기를 공급하고 15초 후 피스톤 작용력을 5회 측정한다. 온도시험은 KS R 9213에 의거하여 고온시험 H8종(+70 ° C, 5시간), 저온시험 L9종(-35 ° C, 5시간)에 따라 동작시험을 실시한다.

2.3 도시형 자기부상철도 기술을 반영한 시험규격 고도화 연구 결과

2.3.1 제동 패드

도시형 자기부상철도용 제동 패드를 적용하기 위하여 현재 시험규격 적용범위에 자기부상철도를 추가하였으며 분류기준으로 제시된 UIC 541-3와 KRS BR 0007의 분류범주에 해당 되지 않기 때문에 자기부상열차 제동패드는 제조자와 구매자의 합의에 의해 제시하는 별도의 문서를 따라 적용함을 추가하였다. 또한 UIC 541-3와 KRS BR 0007를 인용하는 순간/평균마찰계수 시험항목의 경우 자기부상열차는 구매자와 제조자간의 합의에 의함을 추가하였다. 최고온도 측정시험은 측정위치를 지정하고 있으므로 현안을 유지하였다. 유해물질 분석시험은 차종의 구분이 요구되지 않는 재료분석시험으로 현안을 유지하며 또한 고온안정성시험과 결합력시험 항목은 소결재 제동 패드에 대한 시험방법으로 현안을 유지하였다.

Table 1 The main revision contents of brake pads

Clause	content of revision
1. 적용범위	이 시험방법은 철도차량의 디스크용 제동 패드에 대하여 적용한다. 여기에는 객차와 전동차, 고속 차량, 동력차량, 자기부상열차 등의 제동 패드가 포함된다. 제동 패드는 UIC 541-3의 2.2.2.1항 및 KRS BR 0007의 1.2항에 따라 분류한다. 단, 자기부상열차 제동패드는 제조자와 구매자의 합의에 의해 제시하는 별도의 문서를 따라 적용한다.
5.3.2 시험방법	(1) 순간/평균마찰계수 시험 제동 패드의 순간/평균 마찰계수시험은 종류에 따라 UIC 541-3 또는 KRS BR 0007에 따른다. 단, 자기부상열차는 구매자와 제조자간의 합의에 의한다.

2.3.2 제동 실린더

도시형 자기부상철도용 제동 실린더를 적용하기 위하여 현재 시험규격 용어정의를 자기부상철도 제동 실린더의 특성을 적용하여 고압의 압축공기 또는 유압을 보내어 피스톤을 작동시켜 제동력을 발생시키는 장치로 수정하였다. 도시형 자기부상철도용 제동 실린더는 유압실린더이지만 공유압 변환기와 결합하여 시험하므로 대부분의 시험방법은 현안을 유지해도 무방하다. 단, 온도시험시험의 경우 현안에서는 고온시험과 저온시험의 동작시험만을 요구하나 수정안에서는 동작시험 및 방치시험을 요구하며 자기부상열차의 고온시험은 H8종으로 분류하며 +70 ℃에서 1시간동안, 저온시험은 L7종으로 분류하며 -25 ℃에서 1시간동안 동작시험 및 방치시험을 적용하였다.

Table 2 The main revision contents of brake cylinder

Clause	content of revision
3. 용어와 정의	3.1 제동 실린더 고압의 압축공기 또는 유압을 보내어 피스톤을 작동시켜 레버장치(lever device)에 의해 브레이크 슈를 차륜 답면에, 제동 실린더를 제동 디스크(부상용 레일) 등에 눌러 제동력을 발생시키는 장치
5.3.2 시험방법	(6) 온도시험 온도시험은 KS R 9213(철도차량 부품-고온 및 저온 시험 방법)에 의거 고온시험은 H8종(+70 ℃, 5시간), 저온시험은 L9종(-35 ℃, 5시간)에 따라 동작시험 및 방치시험을 실시한다. 단, 자기부상열차의 경우 고온시험은 H8종(+70 ℃, 1시간), 저온시험은 L7종(-25 ℃, 1시간)에 따라 동작시험 및 방치시험을 실시한다.

3. 결 론

철도 용품 형식승인 연구[3]를 통해 도출된 형식승인 적용범위 중, 제동시스템 관련 용품으로는 제동디스크, 제동 패드, 제동실린더, 제동압축기, 제동 슈가 해당된다. 추후, 도시형자기부상철도 상용화 필요성에 따라 도시형자기부상철도 연구과제를 통한 도시형자기부상철도의 형식승인 용품으로 제동패드, 제동실린더가 설정되었다.

본 연구에서는 기존 일반철도 형식승인 기술 요구사항에 대응하는 도시형자기부상철도 제동시스템 제동패드와 제동실린더의 기술 요구사항을 비교 분석하여, 이를 반영하기 위한 시험규격 고도화 연구를 수행하였다.

본 연구 결과는 철도 용품 형식승인 관련 제조사, 운영기관, 기타 연구기관의 전문가 의견수렴, 기술 보완을 통하여 추후 도시형자기부상열차의 특성이 반영된 시험규격 적용의 기술 타당성 마련을 위한 연구를 지속적으로 추진할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(15RTRP-B070556-03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2012) Railway Safety Act.

[2] S.H. Kim (2013) Improvement of Legislations and Provisions for Practical Operation of Urban Transit Maglev Train, Korea Testing Laboratory.

[3] C.K. Park (2013) A study on the improvement of certification system and the readjustment of test standards related with rolling stock/track/environment fields for the parts of railway products, Korea Railroad Research Institute.

[4] Y.S. Kim (2013) Testing Standards and Technical Specifications of Railway Vehicles for Type Approval, Korea Railroad Research Institute.

[5] G.Y. Hong (2014) A Study on Setting up Urban Maglev Specific Products for Type Approval, Spring Conference of The Korean Society for Railway, pp. 1466-1470.

[6] J.W. Sim (2014) Requirements Analysis for The Introduction of The Railway Products Type Approval System of Urban Maglev Levitation Magnet, Levitation Control Device, Autumn Conference of The Korean Society for Railway, pp. 189

[7] UIC 541-3(2010) Brakes_Disc brakes and disc brake pads_General conditions for the approcal of brake pads, International Union of Railways