

자기부상열차 제3궤조 집전장치 개발 및 성능검증 연구

Study on the Development and Performance Verification of Third-Rail Current Collector Device

김지찬*[†], 이경복*, 마상견*, 박종일*, 양성용*Ji-Chan Kim*[†], Kyeong-Bok Lee*, Sang-Kyeon Ma*, Jong-Il Park*, Seong-Yong Yang*

Abstract A maglev train is a system driven by a linear induction motor that floats between a wheel and a rail due to the power of an electromagnet. It is an eco-friendly means of transportation with little noise, vibration or dust caused by wheel friction. The power supply for the operation of the vehicle with the elevated structure uses the third rail system instead of the general catenary line system. However, in order to cope with the climatic conditions such as freezing in the winter, the contact type of the existing power line was changed and the current collector device was developed accordingly. In this paper, we will demonstrate the development process and performance of the developed bottom contact type current collector device through the field test result of the maglev.

Keywords : Maglev, Third Rail, Bottom Contact, Current Collector Device

초 록 자기부상열차는 전자석의 힘으로 차륜과 레일 사이를 부상하여 선형유도 전동기에 의해 추진하는 시스템으로 소음과 진동, 차륜 마찰에 의한 분진이 거의 없는 친환경 교통수단이다. 선로 구조가 고가 방식으로 차량 운영에 필요한 전력 공급은 일반적인 카테나리 가 공선 방식이 아닌 제3궤조 방식을 사용하고 있다. 차량 개발 당시 제 3궤조 측면 접촉 방식으로 제작되어 사용되었으나, 동절기 전차선 결빙 등 우리나라 기후환경에 대응하고자 기존 전차선을 하면 접촉방식으로 변경하였으며, 그에 따른 집전장치를 개발하였다. 본 논문에서는 개발된 하면 접촉 방식 집전장치 개발 과정과 성능 및 효율을 전동차 실증 시험 결과를 통해 입증하고자 한다.

주요어 : 자기부상열차, 제3궤조, 하면접촉식, 집전장치

1. 서 론

도시형 자기부상열차는 전자석의 힘으로 약 8mm 공극으로 부상하여 차륜간 레일 사이 마찰 없이 선형유도전동기에 의해 추진하는 교통 수단으로, 분진이 거의 없어 환경 친화적이며 소음과 진동이 적어 승차감이 우수하다. 자기부상열차는 1989년부터 국가주도로 개발이 추진되었으며, 2006년 국토해양부 도시형 자기부상열차 실용화 사업을 통해 개발된 차량이

[†] 교신저자: 대전광역시도시철도공사(wildlive@hanmail.net)

* 대전광역시도시철도공사

한국기계연구원 시험선로와 인천공항 시범노선에서 각각 시험, 영업 운행을 하고 있다[1].

자기부상열차는 고가 방식으로 전력공급을 위한 전차선이 측면에 설치된 3궤조 방식을 사용하고 있다. 혹한기 폭설에 의한 결빙 등 환경 요인에 의한 문제를 해결하고자 전차선을 하면 접촉 방식으로 변경하고, 그에 따른 집전장치 개발현황과 성능에 대해 입증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 3궤조 집전방식 개요 및 특징

2.1.1 집전방식 개요

도시철도 전동차에 전력을 공급하는 방식은 카테나리 가공선 방식과 제3궤조 방식으로 분류된다. 카테나리 가공선 방식은 궤도 상부에 설치된 가공 전차선으로부터 전동차 상부에 설치된 판토틀레프를 통해 차량에 필요한 전력을 공급하며 대부분의 도시철도에서 사용중인 방식이다. 제3궤조 방식은 전차선이 전동차 하단부 궤도 옆에 위치되어 전력을 공급하는 방식으로 주로 유럽에서 많이 사용되고 있으며, 외형이 단순해 도심지 미관에 영향이 적은 장점을 지니고 있다. 최근 국내에 신규로 개통 운영되고 있는 경전철에서 많이 사용되고 있다.



Fig. 1 Third-Rail and Overhead Catenary feeding Method

Table 1 Comparison of the Third Rail Contact Method [2]

구분	상면접촉방식	측면접촉방식	하면접촉방식
특성	-지지금구 매우 단순 -도전레일 점검 용이	-지지금구 다소 복잡 -도전레일 점검이 용이	-지지금구 다소 복잡 -도전레일 점검이 어려움
적용	-철제차륜	- AGT, 모노레일, 자기부상	-철제차륜
적용사례	-용인경전철	-의정부 경전철 -경산 시험선 -대전과학과 자기부상열차	-부산김해경전철

2.1.2 집전방식 별 특징

3궤조 방식은 집전슈가 전차선에 접촉하는 방식에 따라 상면(Top), 측면(Side), 하면(Bottom) 접촉 방식으로 구분된다. Table 1은 접촉 방식별 특징과 적용사례를 나타낸다. 접촉 방식 별 특징을 살펴보면 상면 접촉 방식은 지지금구가 단순하고 레일 점검이 용이하지만 전차선 위에 이물질에 취약하며 승강장 낙상사고 발생시 감전의 위험이 있다. 측면 접촉 방식은 지지금구가 다소 복잡하지만 점검이 용이하며 이물질로 인하여 전차선에 미치는 영향이 적다. 하면 접촉 방식은 급전선 위에 절연 덮개를 설치할 수 있어 낙상사고에 의한 감전사고 예방이 가능하지만 점검이 다소 어려운 특징이 있다[3].

2.2 자기부상열차 3궤조 집전장치 개발

2.2.1 기존 3궤조 집전시스템

기존 자기부상열차 3궤조 시스템은 한국기계연구원 시험선과 인천공항 자기부상 시범노선에 전차선과 차량 모두 측면 방식으로 구축되어 있다. 하지만 우리나라처럼 4계절이 뚜렷하여 혹한기 폭설과 기온 급강하로 인한 전차선 결빙은 열차 운행에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 환경적 영향을 덜 받을 수 있도록 전차선에 절연 및 보호덮개를 설치하기 위해서는 하면 접촉식으로 변경하여야 하며, 그에 맞는 집전장치가 필요하여 도시형 자기부상열차 성능 및 효율 향상 과제를 통해 개발하였다. Fig. 2는 기존 방식과 개선된 방식 집전시스템을 나타내며, 외부로 노출로 측면방식과 달리 하면방식은 보호덮개가 추가 설치되어 있는 것을 확인할 수 있다.



Fig. 2 Type of the Third-Rail feeding Method of Maglev

2.2.2 자기부상열차 3궤조 집전장치 개발

하면접촉(Bottom Contact) 방식 3궤조 집전시스템 개발을 위해 한국기계연구원에 구축되어 있는 총 길이 1.3km의 자기부상열차 시험선로의 3궤조 전차선을 측면 방식에서 하면 방식으로 변경 구축하였다. 그리고 하면 방식 전차선으로부터 전력을 공급받기 위한 집전장치를 개발하였으며, Fig. 3에 나타낸 모식도와 외형 사진으로 확인할 수 있다. 하면접촉방식 집전장치(CCD: Current Collector Device)는 기존 브라켓을 그대로 활용해야 함을 고려하여 설계되었으며, 기존장치보다 기능과 성능을 개선하여 개발하였다. 집전판 크기는 운행 중 급전선을 벗어나지

않도록 차량의 수평변위를 고려하였다. 기존 집전장치 대비 기능과 성능은 운행속도는 80km/h에서 120km/h, 무게도 30kg에서 약14kg으로 감소하였다. 통전 전류도 1000A에서 1500A로 증가하였으며, 집전판과 전차선이 접촉하는 힘인 압상력(N)은 접촉 방식을 고려하여 선정하였다.

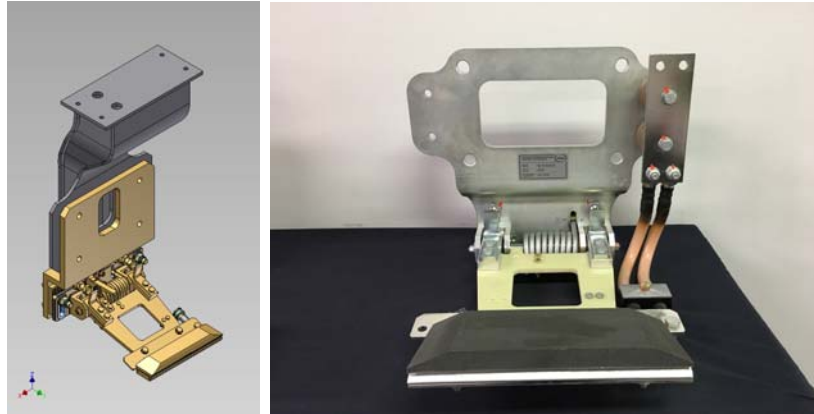


Fig. 3 Schematic Diagram and Actual Device of the Maglev Current Collector Device

2.2.3 자기부상열차 3궤조 집전장치 성능검증 시험

하면 접촉방식으로 개발된 3궤조 집전장치는 개발사양에 의해 압상력, 절연 특성 등 기본적인 시험 항목을 수행 하였다. 집전장치에 사용된 절연애자 특성시험과 진동시험은 공인인증기관을 통하여 시험을 수행하였으며, 이상유무를 시험 성적서를 통해 확인하였다. 형식시험과 공인인증기관 시험에서 모든 항목을 통과한 집전장치를 실제 자기부상열차에 설치한 후 3궤조 급전레일과의 습동 상태를 확인하기 위한 현차 시험을 수행하였다. Fig. 4와 같이 열차에 측정장비를 설치하고 주행 중 급전레일과 집전판의 습동 상태를 연속적으로 모니터링하여 이선율과 아크 발생 현황을 측정 분석하여 이선 상태를 검증하였다. 초당 30프레임을 촬영할 수 있는 카메라를 집전장치 주변에 거치대를 통해 4대를 설치하여 시험영상을 실시간 모니터링 하였으며, 시험영상을 저장하였다. 그리고 저장된 영상을 육안으로 분석하여 그 이상여부를 확인하였다.



Fig. 4 Test Equipment of the Maglev Current Collector Device

주요 시험항목은 급전레일과 집전판의 접촉 지점과 표면상태 확인을 통해 습동 위치, 표면 이상유무 확인하였다. 또한 급전레일과 집전판에 압상력을 전달하는 암(ARM)의 동작상태를 확인하였다.

시험은 한국기계연구원 시험선에서 시험차량을 반복 운행하며 시험하였으며, 시험기준은 급전레일과 집전판간 편위 범위를 $\pm 30\text{mm}$, 아크 반복 발생 지점 3회 이하로 이선이 크게 발생하는 지점에 대해서 10ms의 속도로 영상분석을 통해 아크 이상여부를 확인하여 정상적으로 동작함을 입증하였다. Fig. 5는 집전장치의 집전판이 급전레일 접촉면을 슬라이딩하는 습동상태와 시설물 간섭 상태를 확인하기 위한 모니터링 영상화면이다.

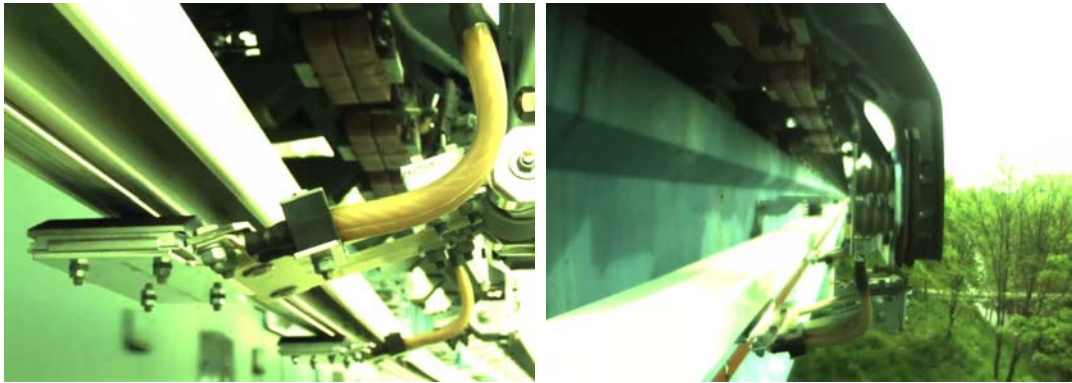


Fig. 5 Test Image of the Maglev Current Collector Device

3. 결 론

본 논문에서는 고가방식 자기부상열차 제3궤조 방식, 그 중에서도 하면 접촉 방식에서 사용할 수 있는 집전장치 개발 과정과 성능시험 결과에 대해 기술하였다. 개발된 집전장치는 기존 브라켓을 사용을 고려하여 설계하였으며, 기존대비 운행가능속도, 무게, 통전전류 등 기능과 성능을 개선하였다. 또한 자기부상열차에 설치하여 현차시험을 통해 급전레일과 집전판과의 편위, 아크 발생 여부, 시설물 간섭 유무 등을 측정장비를 통해 성능을 검증하였다.

참고문헌

- [1] B. C Shin, W. J. Kim, D. Y. Park, J. K. Baek, H. S. Kang(2011), "Introduction of Urban Maglev Project", Journal of the Korean Society for Railway, 14(2), pp. 26-32.
- [2] J. C. Kim, S. K. Ma, S. Y. Yang, K. B. Lee, J. W. Yoon(2015), "Third-Rail Current Collector Device improving performance and efficiency for Maglev Train", Fall Conference of the Korean Society for railway, pp. 1346-1350.
- [3] Y. S. Kim, R. G. Jeong, S. H. Park, N. U. Baeg (2004) "Characteristics of 3rd type power collector for The Rubber-Tired AGT Light Rail Vehicle", Spring Conference of the Korean society for railway, pp. 72-76.
- [4] Report of the improvement performance of the third rail Current Collector Device, pp. 3-26