

## 자기부상열차용 플러그인 출입문의 방수 성능 개선

### The improvement of watertight performance of the plug-in sliding door for MAGLEV

이재익\*, 김재웅\*, 김구식\*, 신진호\*\*

Jae-Ik Lee\*, Jae-Woong Kim<sup>†</sup>, Ku-Sik Kim\*, Jin-Ho Shin\*\*

**Abstract** The Passenger entrance doors for the MAGLEV of Incheon International Airport are plug-in sliding type, and the waterproof performance is achieved by contact of sealing rubbers and sealing frames fixed on the carbody. The waterproof performance of this vehicle is tested in the stage of complete vehicle test, and this test was done with the vehicle washing system in the vehicle depot. During the initial test, water leakage was found on these doors, and the modification of the sealing rubbers and re-definition of test standard was done for prevention of the water leakage. After this modification, the desired waterproof performance was achieved, and this performance was checked in the final waterproof test.

**Keywords** : MAGLEV, Door, Plug-in, Waterproof, leakage

**초 록** 인천공항 자기부상열차에 적용된 출입문은 플러그인 슬라이딩 타입으로서, 차체측 방수프레임 및 출입문 패널상의 방수고무의 접촉에 의해 방수 기능이 구현된다. 본 열차의 방수 성능은 완성차 시험 단계에서 평가되며, 자기부상열차의 구조적 특성으로 인해 차량 기지내에 설치된 세척 장비를 활용하여 누수 시험을 진행하였다. 초기 시험시 출입문 부위에 다수의 누수가 발생하였으며, 이를 해소하기 위해 방수 고무의 단면 형상을 변경하고, 침투한 수분의 용이한 배수를 위한 추가 구조를 적용하였다. 또한 시험에 적용한 세척 장비의 수압 및 유량을 감안하여 KS 규격에 명시된 철도차량 누수시험 기준을 만족할 수 있는 시험 방안을 도출한 후 실제 시험에 적용하여 방수 성능을 검증하였다.

**주요어** : 자기부상열차, 출입문, 플러그인, 방수, 누수, 배수

## 1. 서 론

인천공항 시범노선에서 시험 운행중인 자기부상열차에는 전기로 구동되는 플러그인 슬라이딩 타입의 출입문이 적용되어 있다. 이 출입문의 방수 성능은 두 개의 도어패널간에 설치되어 있는 방수 고무 및 차체측에 설치되어 있는 방수 프레임간의 접촉에 의해 이루어진다. 철도차량의 방수 시험은 일반적으로 차량 제작 공장에서 진행되는 완성차 시험 단계에서 이루어지지만, 자기부상열차의 경우 구조적인 특징에 의해 차량 제작 공장에서의 완성차 구성이 불가능하여, 차량을 기지로 이송 및 조립한 후 차량 기지내에 설치된 차량 세척 장비를

\* 현대로템(주) 차체개발팀

\*\* ADS Rail 기술연구소

활용하여 누수 시험을 진행하였다. 초기 누수 시험 결과 출입문 부위에서 누수 현상이 발견되었으며, 이 누수 현상을 해소하기 위해 출입문 방수 고무의 형상 및 구조를 개선하였으며, 또한 세척 장비를 활용한 시험 진행을 위해 규격상에 명시된 철도차량 누수 시험 내용을 분석하고 재정의하는 작업을 진행하였다. 이러한 출입문 개선 작업 및 재정의된 규정에 의한 누수 시험 결과를 통해 자기부상열차 출입문의 방수 성능을 구현하고 이를 확인할 수 있었다.

## 2. 본 론

### 2.1 자기부상열차 출입문의 방수 구조

자기부상열차용 출입문은 차량 1량당 좌우 총 4세트가 설치되어 있으며, 차량 및 출입문의 형상은 Fig. 1 과 같다.



Fig. 1 The basic shape of the passenger entrance doors of MAGLEV

플러그인 방식의 출입문의 방수 구조는 양측 출입문 패널간 방수 구조와 출입문 패널~차체간 방수 구조의 두 가지로 구분된다. 출입문 패널간에는 점대칭 단면 형상의 방수 고무가 설치되어 이 두 압출고무가 밀착되어 방수가 이루어지며, 출입문과 차체 사이에는 차체에 고정된 방수 프레임에 출입문 패널에 설치된 방수 고무가 밀착되어 방수가 이루어진다.

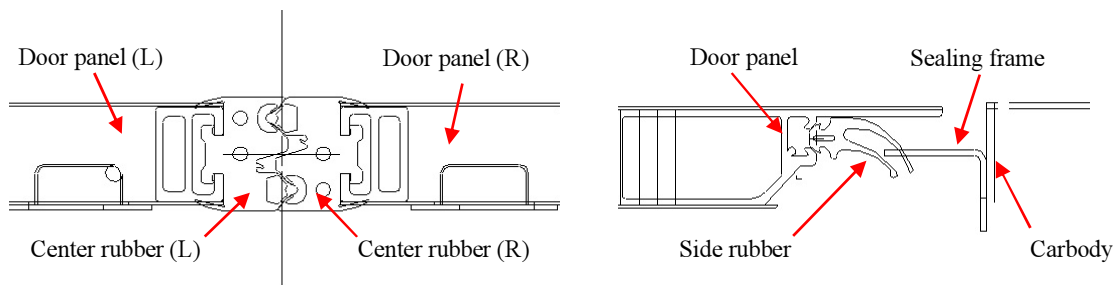


Fig. 2 Waterproof structures of the door leaves (Two door leaves / One door leaf and carbody)

## 2.2 출입문 방수 성능 개선 사유 및 목적

일반적으로 철도차량의 방수 성능 시험은 차량 완성후 제작공장 내에서 이루어진다. 철도 차량 공장에는 KS 규격에 부합하는 시험을 할 수 있도록 살수 설비를 갖추고 있으며, 일반적인 철도 차량의 경우 이 장비를 활용하여 완성차 시험의 일환으로 방수 시험을 실시하게 된다. 그러나 자기부상열차의 경우 주행장치의 특성상 본선에서 최종 조립이 이루어져야 하며, 이로 인해 제작공장 내에서는 차량이 완성될 수 없어 방수 시험을 실시할 수가 없다. 그래서 본 차량의 경우 공장내 방수 시험 없이 시범노선으로 이송되었으며, 본선에서의 최종 조립 후 차량기지내에 있는 세척 장비를 활용하여 방수 시험을 실시하게 되었다.



Fig. 3 Waterproof test equipment (in the Factory) and Vehicle washing equipment (in the Depot)

그런데 이와 같이 세척 장비를 통한 방수 시험을 실시한 결과 출입문 부위에서 누수 현상이 다수 발견되었으며, 이와 같은 누수 현상이 출입문 방수 고무의 밀착성 및 배수성 부족과 세척 장비내 살수 장치의 수압 과다에 따른 것으로 판단하여, 이 두가지 관점에서 출입문 방수 기능 향상 방안을 검토하고 시행하였다.

## 2.3 출입문 방수 고무 구조 개선

자기부상열차 출입문과 같은 더블리프 (Double -leaf) 타입의 출입문의 경우 양측 출입문 패널이 밀착하는 부위에서 누수가 발생하는 경우가 많다. 본 차량용 출입문의 경우 Fig.2에서 보는 바와 같이 접대칭 형태로 이루어진 방수 고무가 양쪽에서 밀착하는 형태로 방수 구조를 이루고 있으며, 초기 시험결과 중앙부 고무간의 밀착성이 부족하다고 판단하여 중앙 돌출 부위의 길이를 늘려 반대편 홈으로 보다 깊이 인입되도록 하였다. 또한 상부 고무를 통과하여 들어온 물이 아래쪽으로 흘러 내려갈 수 있도록 본 고무의 중앙에 배수 파이프 형태의 구조를 추가로 적용하고, 상하부에 배수를 위한 홈을 가공하였다.

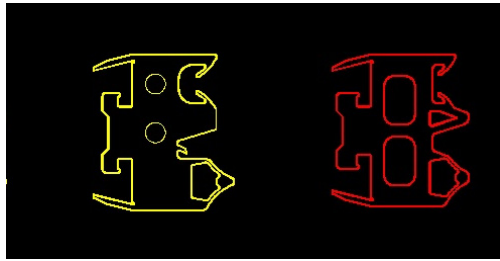


Fig. 4 Section views of the center rubbers (Original / Modified)



Fig. 5 The shapes of drain holes on the center rubbers (Upper / Lower : Sample parts)

## 2.4 세척장비 활용시의 누수 시험 방법 재검토

KS R 9145에 명시된 철도차량 누수시험 사양과, 현재 자기부상열차 기지내 세척 장비의 살수 장비 사양을 비교하면 Table 1 과 같다.

Table 1 Comparison of the waterproof test specifications

사양	KS R 9145 시험사양	세척고 살수 장비 사양	비 고
유 량	강수량 150 mm/h 상당	440 리터/분 (수세수) (10리터/노즐 x 44노즐)	
수 압	1 bar 이상	2.5 bar	현 장비상 조정 불가
노즐 거리	2 m 이내	0.28 m	현 장비상 조정 불가
살수 시간	5분 이상 (정지 시험시)	무한 (차량 정지후 살수)	살수 시간 조정 필요

Table 1 에서 보는 바와 같이, KS 규격에 명시되어 있는 철도차량 방수 시험 규격과 세척고 살수 장비 사양간에는 유량 및 수압 등에서 직접 비교가 곤란할 정도의 차이가 있다. 본 세척 장비 설계 시 차량 방수 시험을 위한 조건은 고려되지 않은 관계로 유량 및 수압을 조절하는 기능은 갖추고 있지 않다. 그리하여 시험을 위해서는 강수량 150 mm/h 가 5분동안 가해지는 수량을 계산하여 차량 표면에 가해지는 살수가 동일한 밀도를 갖도록 살수 시간을 조정하여 시험을 실시하였다.

### 2.4.1 차량 외면 전면적에 대한 살수 시간

차량의 표면적을 계산하기 위한 차량 기본 치수는 Fig.6 과 같다.

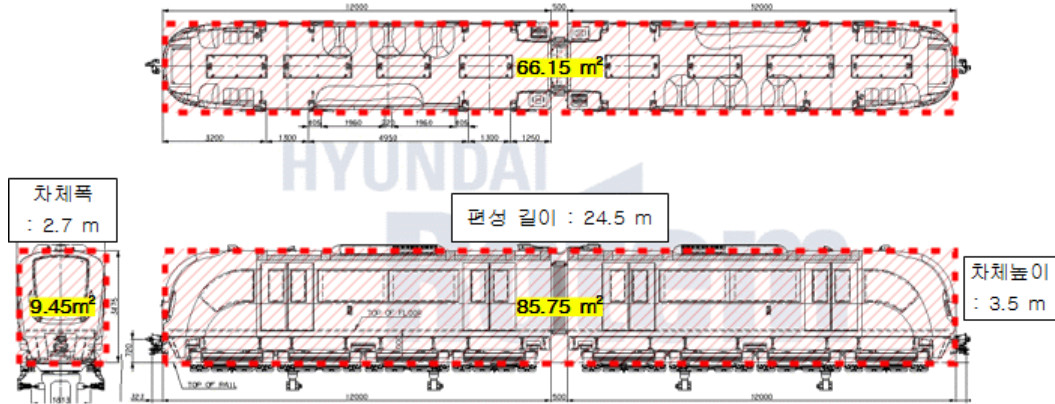


Fig. 6 Basic dimensions of the MAGLEV

상기 치수에 따르면 자기부상열차 1편성의 외부 면적은 256.55 m<sup>2</sup> 이며, 150mm/h 의 강수량이 상기 면적에 대해 5분간 지속될 경우 총 수량은 3.2069 m<sup>3</sup> 가 된다. 이는 세척고 수세수가 440 초동안 가동될 때의 수량에 해당하므로, 세척고를 가동한 상태에서 본 차량을 44 초간 세척고내를 왕복 주행한 후 차량내 각 부위의 누수 여부를 평가하였다.

### 2.4.2 출입문 부위의 살수 시간

2.4.1 에 명시된 내용으로 누수 시험을 진행할 경우 출입문 부위의 살수 시간이 불충분하다는 판단에 따라, 별도의 계산 방법에 의거하여 출입문 부위의 살수 시간을 정의하였다.

본 시험에 소요된 세척고는 차량 측면 및 상면에 살수를 할 수 있는 게이트 형태의 노즐 세트를 구비하고 있으며, 출입문에 직접 살수하는 노즐의 배열은 Fig.7 과 같다.

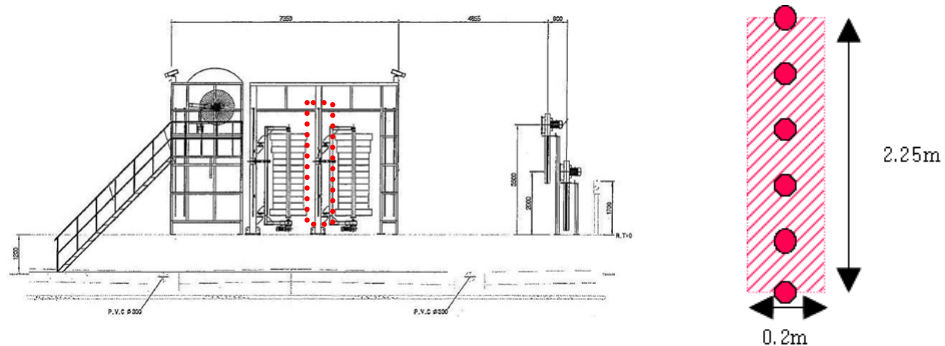


Fig. 7 Arrangement of nozzles of the washing equipment in the depot

세척고 노즐 1세트에 의해 살수되는 면적은 0.45 m<sup>2</sup> 이며, 본 면적에 대해 150 mm/h 의 강수량이 5분간 가해질 경우의 총 수량은 0.00563 m<sup>3</sup> 이다. 이는 노즐 5개 (최상단 및 최하

단 노즐의 토출량은 절반으로 계산) 에서 6.756 초간 분사되는 유량에 해당하므로, 출입문 방수 시험시에는 각 출입문의 중앙 및 좌우측 방수고무 접촉부에 대해 각 7초간 세척수를 분사한 후 누수 여부를 평가하였다.

## 2.5 시험 결과

방수 고무 형상 개선 및 세척수 토출량을 감안한 새로운 기준에 따라 방수 시험을 실시한 결과 자기부상열차 출입문의 우수한 방수 성능을 확인할 수 있었다. 일반적인 철도 차량 누수 시험에서는 출입문 부위에 대해 수분의 유입 및 고인 물이 없을 정도의 방수 성능을 요구하고 있으며, 본 시험을 실시한 결과 방수 고무 개선전에 발생했던 수분 침투, 상부로부터의 수분 흐름, 하부 발판에의 수분 고임 등이 발생하지 않음을 확인하였다.

## 3. 결 론

인천공항 시범 노선에서 시험 운행중인 자기부상열차에 대해 세척 장비를 활용한 초기 방수 시험 결과 일부 출입문에서 누수 현상이 발생하였으며, 이를 개선하기 위해 방수 고무의 형상을 변경하고 관련 규격에 명시된 내용과 동등한 수준의 시험 조건을 감안하여 개선된 방법으로 방수 시험을 실시한 결과 출입문 부위에서 수분의 유입 및 물 고임 등이 없는 우수한 방수 성능을 확인하였다. 본 시험 결과를 바탕으로 향후 차량 출입문 설계시 고무의 밀착성 향상 및 유입된 수분이 용이하게 배출되도록 방수 고무의 형상을 개선할 필요가 있으며, 또한 각종 살수 환경을 감안한 다양한 시험 조건을 검토한 후 이를 시행하여 각 철도 차량에 가장 적합한 방수 성능을 갖도록 할 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] Korea Agency for Technology and Standards (2007) Test methods for Waterproof of Railway Rolling Stock (KS R 9145), pp. 2