

# 자기부상열차 바닥 점검커버의 Balsa Wood 샌드위치 판넬 적용 Application Case of Balsa Wood Sandwich Panel For Floor Inspection Cover Of Urban Maglev Train

장우현<sup>†</sup>, 우이완<sup>\*</sup>, 박재홍<sup>\*\*</sup>

Woo-Hyun Jang<sup>†</sup>, Yi-Wan Woo<sup>\*</sup>, Jae-Hong Park<sup>\*\*</sup>

**Abstract** Recently, the development and production of Incheon Airport Maglev Train was completed. Currently, Maglev Train is doing a Trial run. There is applied an inspection cover in interior floor to maintenance parts and electric appliance.

Weight reduction of major parts is important factor in Maglev Train. In comparison with normal railway vehicle, Low noise is big advantage of Maglev Train, so it is important to reduce the noise. Inspection covers are light-weight and noise insulation performance is required. Floor inspection cover must bear the weight of the passengers. And material of inspection cover was applied with Balsa Wood Sandwich Panel. In this paper, we reviewed result of alternate load test of inspection cover.

**Keywords** : Maglev Train, Balsa Wood Sandwich Panel, Inspection Cover in Floor

**초 록** 최근 인천공항 자기부상열차가 개발 및 제작이 완료되어 시험중이며 머지 않아 운행이 될 예정이다. 자기부상열차는 하부 기기들의 점검 및 유지보수를 위해서 실내의 바닥에 기기 점검용 커버가 적용되어 있다.

자기부상열차의 경우 주요 구성품들의 하중 절감이 차량의 주행 성능 확보에 중요한 요소 중의 하나이다. 또한 다른 철도 차량과 대비하여 저소음이 장점 중의 하나이므로 하부로부터 발생하는 소음 차단 성능도 중요하다. 이처럼 경량, 소음 차단 성능이 우수하면서 승객의 하중을 버텨야 하는 강도 성능까지 고려하여 점검커버의 재질을 Balsa Wood 샌드위치 판넬을 적용하였다. 본 논문에서는 커버의 반복 하중 시험 결과에 대해 살펴보고자 한다.

**주요어** : 자기부상열차, Balsa Wood 샌드위치 판넬, 바닥점검커버

## 1. 서 론

자기부상열차는 차량이 궤도와 물리적 접촉없이 전자석의 부상력에 의하여 주행을 함으로써 일반 철도차량과 비교하여 주행 중 소음 측면에서 상당히 우수한 성능을 확보할 수 있다. 소음 성능이 일반 철도차량과 대비하여 자기부상열차의 성능 중 중요한 항목 중의 하나이다. 하지만 자기부상열차의 궤도와 이를 감싸는 대차의 구조상 일반 철도차량과 달리 상하에 설치된 주요 기기들의 차량의 중앙부에 배치되어 있는 경우가 많아 하부에서 접근이 용이하지

† 교신저자: (주)현대로템, 의장개발팀, 주임연구원(whjang@hyundai-rotem.co.kr)

\* (주)현대로템, 의장개발팀, 수석연구원

\*\* (주)현대로템, 의장개발팀, 수석연구원

얇은 부분이 있다. 따라서 이 부분의 점검을 용이하게 하기 위하여 실내 바닥부에 점검커버가 적용되어 있으며 본 연구에서는 이 점검커버의 재질로 Balsa Wood 샌드위치 판넬을 적용한 결과에 대해 검토하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 바닥 점검커버의 적용

#### 2.1.1 바닥 점검커버의 필요성

차량 하부 중앙에 설치된 주요 기기들은 실내에서 점검이 가능하도록 박스의 윗면에 커버가 적용되어 있다. 이는 곧 차량의 실내에도 하부 기기 점검을 위한 점검커버가 필요하다는 의미이고 차량에는 용도에 맞게 아래 그림과 같이 점검 커버가 설치되어야 한다.



Fig. 1 Floor Inspection Cover of Maglev Train

#### 2.1.2 점검커버의 요구 조건

실내 바닥에 점검커버 적용시 차량의 특성을 고려하여 여러 가지 항목이 고려되어야 한다. 우선 자기부상열차의 바닥 점검커버는 차량의 부상 성능 및 저소음 특성을 확보하기 위하여 경량성 및 흡음 또는 소음 차단 성능을 만족하는 것과 더불어 차량 만차 조건을 가정하여 승객들의 하중을 지지할 수 있는 강도 성능의 확보가 무엇보다 중요하다.

### 2.2 Balsa Wood 샌드위치 판넬

#### 2.2.1 판넬의 특성

Balsa Wood 샌드위치 판넬은 얇은 알루미늄 시트(Aluminum Sheet) 사이에 발사 코어(core)의 심재로 구성된 샌드위치 복합 판넬이다. 주재료로 사용된 발사 코어는 무수한 육각기둥 형태의 셀(cell) 구조로 이루어져 있으며, 수평으로는 밀폐되어 있고 수직으로는 개방되어 있는 특성을 가지고 있어 매우 가볍고 우수한 기계적 성능을 지닌다. 이러한 Balsa Wood 코어의 특성으로 우수한 압축강도, 휨 강도, 내충격성 등의 우수한 기계적 성질과 다른 알루미늄 하니콤(Honeycomb) 판넬이나 다른 금속 심재에 비해 단열성능과 흡음성에서 우수한 장점을 가지고 있어 자기부상열차의 바닥의 하부 기기 점검커버의 재질로 적합하다.

### 2.2.2 판넬의 구성

Balsa Wood 샌드위치 판넬의 단면의 구성은 아래 그림과 같다.

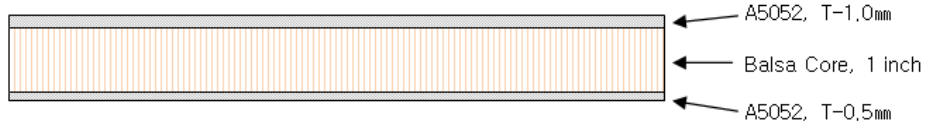


Fig. 2 Section of Balsa Wood Sandwich Panel

Table 1 Composition of Balsa Wood Sandwich Panel

| Composition      | Specification                           | Remark    |
|------------------|---|-----------|
| Total Thickness  | 27 ± 1.0 mm                             |           |
| Surface Material | Mill Finished                           |           |
| Upper Skin       | A5052, T 1.0mm<br>More than H32         | KS D 6701 |
| Core             | Balsa Core,<br>T 25.4 ± 0.3 mm (1 inch) |           |
| Lower Skin       | A5052, T 1.0mm<br>More than H32         | KS D 6701 |

### 2.3 Balsa Wood 샌드위치 판넬의 반복 하중 시험

#### 2.3.1 필요조건

바닥 점검커버는 승객들의 하중을 지지해야 하므로 안전상 필수적으로 강도 성능 확보가 되어야 하는 중요한 부분이다. 따라서 인장과 압축, 휨 강도 등의 순간적으로 가해지는 힘에 대한 기계적인 성능 확인과 이에 더하여 차량 운행시 승객의 승,하차에 의해 반복적으로 가해지는 하중에 대한 판넬의 성능을 확인할 수 있는 시험을 진행하였다.

#### 2.3.2 반복 하중 시험

자기부상열차에 적용되는 바닥 점검커버의 중 1종을 선정하여 시험을 진행하였다. 시험용 시편의 크기는 실제 적용된 1,688mm x 728mm x 27t (면적: 약 1.215m<sup>2</sup>) 의 크기로 시험을 하였으며 아래의 그림과 같이 5곳의 지점을 측정점으로 선정하였다.

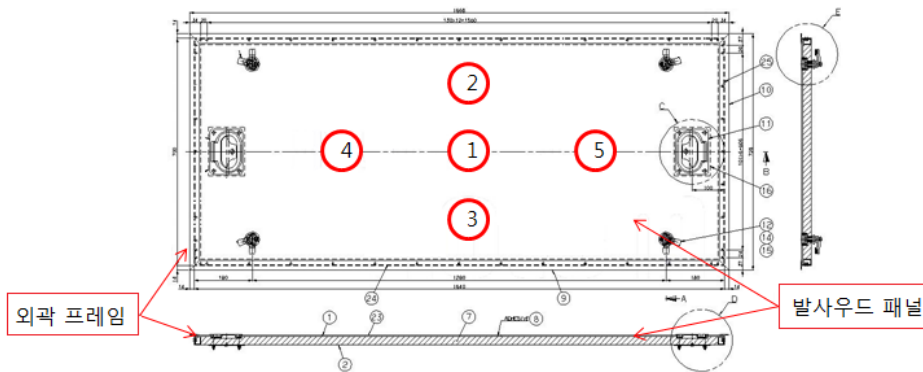


Fig. 3 Arrangement of Measuring Point

점검커버 시편에 차량 만차조건 및 성인 남성의 체중을 고려하여 아래와 같은 하중을 부여 하였으며 차량 주행 조건에서는 상하 방향 진동가속도가 아주 적으므로 동하중 계수는 고려하지 않았다. 또한 운행 조건 등을 고려하여 약 40 만회의 하중을 반복 부여하였다.

$$\text{하중 부여 조건: 만차 } 6 \text{ 명(m}^2\text{)} \times 70 \text{ kgf} \times \text{커버면적(1.215m}^2\text{)} = 510 \text{ kgf}$$

점검커버 시편에 차량 만차조건 및 성인 남성의 체중을 고려하여 아래와 같은 하중을 부여 하였으며 차량 주행 조건에서는 상하 방향 진동가속도가 아주 적으므로 동하중 계수는 고려하지 않았다. 또한 운행 조건 등을 고려하여 약 40 만회의 하중을 반복 부여하였으며 하중 반복 주기는 4 초로 설정하였다.



Fig. 4 Alternating load test Machine and Measuring Gauge

### 2.3.4 시험 결과

상기와 같이 시험 조건을 부여하고 40 만회의 하중을 반복 부여하여 시험을 실시한 결과 아래 표 2 에서와 같이 측정점 5 에서 최대 1.69mm 의 변형량이 측정되었다. 전체적으로 적게는 0.57mm 에서 최대 1.69mm 까지의 양호한 변형량을 보여줌으로서 Balsa Wood 재질 샌드위치 판넬의 반복 하중에 대한 강도 성능이 우수함을 알 수 있다.

Table 2 Deflection of Balsa Wood Sandwich Panel, after Alternating load test (Unit: mm)

| Measuring Point | Before Test | 100 Thousand | 200 thousand | 300 thousand | 400 Thousand(End) | Difference |
|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|------------|
| 1               | 1.71        | 2.61         | 2.84         | 3.08         | 3.21              | 1.50       |
| 2               | 3.23        | 3.91         | 4.18         | 4.28         | 4.37              | 1.14       |
| 3               | 3.75        | 4.08         | 4.18         | 4.22         | 4.32              | 0.57       |
| 4               | 6.33        | 6.81         | 6.87         | 6.91         | 6.93              | 0.60       |
| 5               | 2.33        | 3.61         | 3.81         | 3.91         | 4.02              | 1.69       |

### 3. 결 론

이상에서 확인한 바와 같이 자기부상열차는 특성상 경량화, 저소음 2가지 성능 향상을 위해 바닥 점검커버의 재질을 가볍고 단열성능, 흡음성이 우수한 Balsa Wood 샌드위치 판넬을 적용하였다. 이들 성능의 향상과 더불어 바닥 점검커버는 입석 승객 하중에 대한 우수한 하중 성능도 요구되므로 있어 이를 확인하기 위한 시험을 진행하였다.

시험 결과에서 알 수 있듯이 Balsa Wood 샌드위치 판넬은 충분한 강도 성능을 보여 주었으며 적용 용도와 목적에 맞는 우수한 성능의 재료임을 확인 할 수 있었다. 자기부상열차의 바닥 점검커버와 같이 저중량, 차음성능에 더해 기계적인 특성까지 필요한 다른 분야에 더 많이 적용이 될 수 있을 것이다.