

## 자기부상열차용 5방향 분기기의 열에 의한 변형 분석

## Analysis of Thermal Deformation of the 5-Way Switch for Urban Maglev Train

이영학\*, 김창현\*, 이종민\*†

Younghak Lee\*, Chang-Hyun Kim\*, Jong Min Lee\*†

**Abstract** The 5-way branching switch for maglev train consists of four short span girder and one long span girder. Each girder forms a line through which the train can pass by rotating at a certain angle. In order to avoid the interference between the girders, the girders are installed at regular intervals. In the case of the girder structure, deformation due to external force or heat occurs. In this paper, the deformation due to heat is analyzed. For this purpose, the effects of the thermal deformation by the LVDT sensor on the stability of the 5-way switch girder were evaluated.

**Keywords** : Maglev Train, 5-way Switch, Thermal deformation, LVDT(Linear Variable Differential transformer)

**초 록** 자기부상열차용 5방향 분기기는 관절식 분기기로써 단경간 거더 4개와 장경간 거더 1개로 구성되어 있다. 각 거더는 일정 각도를 이루며 회전하여 차량이 통과할 수 있는 노선을 형성하는데 이때 거더간의 간섭을 회피하기 위해 일정 간격으로 유격을 두어 설치하게 된다. 거더 구조물은 외부의 힘이나 열에 의해 변형이 발생하는데 본 논문에서는 열에 의한 변형을 분석하였다. 이를 위해 LVDT 센서를 통한 실험값을 통해 5방향 분기기의 설치 간격과 안정성에 미치는 영향을 평가하였다.

**주요어** : 자기부상열차, 5방향 분기기, 열변형, LVDT

## 1. 서 론

자기부상열차용 5방향 분기기는 관절식 분기기로써 단경간 거더 4개와 장경간 거더 1개로 구성되어 있다. 각각의 거더는 대향 거더에 대해 일정한 각도를 이루며 회전하여 차량이 통과할 수 있는 노선을 형성한다. 이때 각 거더는 물리적 충돌을 피하기 위해 일정한 거리를 두어 설치하게 되는데 이때 거더 사이의 안정적인 거리 확보를 위해서는 분기기 구조물의 변형에 의한 길이 변화 또한 고려해 봐야 한다.[1,2,3] 분기기 구조물은 크게 외부의 힘이나 열에 의한 변형에 의해 발생하는데 본 논문에서는 열에 의한 변형값을 실험을 통해 분석하였다. 5개의 거더 중 가장 큰 열 변형이 발생할 것으로 예상되는 장경간 거더에 길이방향과 수직방향으로 7개의 LVDT 센서를 설치하고 24시간 동안의 변형 측정을 하였다. 측정값 분석을 통해 온도에

† 교신저자: 한국기계연구원 자기부상연구실(lee\_jm@kimm.re.kr)

\* 한국기계연구원 자기부상연구실

따른 열변형 값을 예측해보고 분기기에 미칠 수 있는 영향들을 분석하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 5방향 분기기

#### 2.2.1 구 조

Fig. 1은 자기부상열차용 5방향 분기기의 조립도이다. 그림과 같이 4.2m 길이의 단경간 거더 4개와 17.5m 길이의 장경간 거더 1개로 구성되어 있으며 각 거더는 굴절 시 물리적 충돌을 피하기 위해 일정 간격으로 분리하여 설치되어 있다. 길이가 길수록 열변형이 크게 발생하기 때문에 본 연구에서는 길이가 가장 긴 장경간 거더를 실험 대상으로 선정하였다.

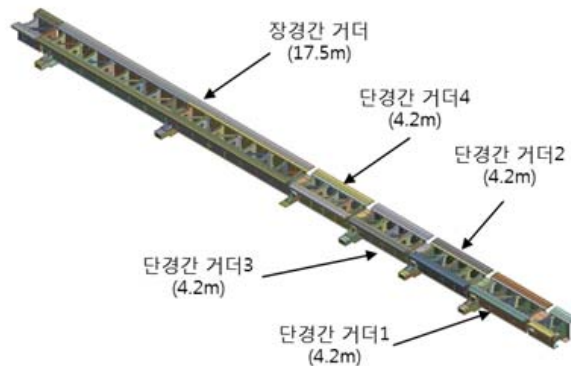


Fig. 1 Structure of the 5-way switch for urban maglev train

### 2.2 실험

#### 2.2.1 LVDT

LVDT(Linear Variable Differential Transformer)는 선형 거리 차이를 측정하는 전기적 변환기 센서로써 3개의 솔레노이드 코일이 튜브를 둘러싼 형태로 위치하고 있다. 가운데 코일이 메인이며 나머지 두 개는 바깥에 위치하고 있으며 실린더 형태의 자석 코어가 튜브 중심을 따라 이동하면서 측정 대상의 위치값을 알려주게 된다.



Type designations	TR-0075 TRS-0075
Electrical Data	
Defined electrical range	75
Electrical stroke	77
Nominal resistance	5
Resistance tolerance	
Independent linearity	0.1
Repeatability	0.002

Fig. 2 LVDT characteristics

### 2.2.2 실험 조건

LVDT의 설치 방법은 Fig. 3와 같다. 거더와 거더 사이의 각도완화 조절 장치 부근에 센서를 고정시키고 반대편 대향면에 센서 끝부분을 접촉시켜 온도에 따른 변형값을 측정하게 된다. 또한 Fig. 4에 표시한 위치에 총 7개의 센서를 설치하였다. 수직방향으로의 변형값을 측정하기 위해 1~4번과 같은 위치에 삼각대를 이용하여 LVDT를 수직방향으로 설치하였다. 또한 길이방향으로의 변형값을 측정하기 위해 그림에서 표시된 5~7번 좌, 우, 중앙부에 총 3개의 센서를 설치하였다. 실험 시간은 15시를 기준으로 30시간후인 다음날 21시까지 측정한 값을 활용하였다. Fig. 5는 5방향 분기기에 실제 센서를 설치한 사진이다.

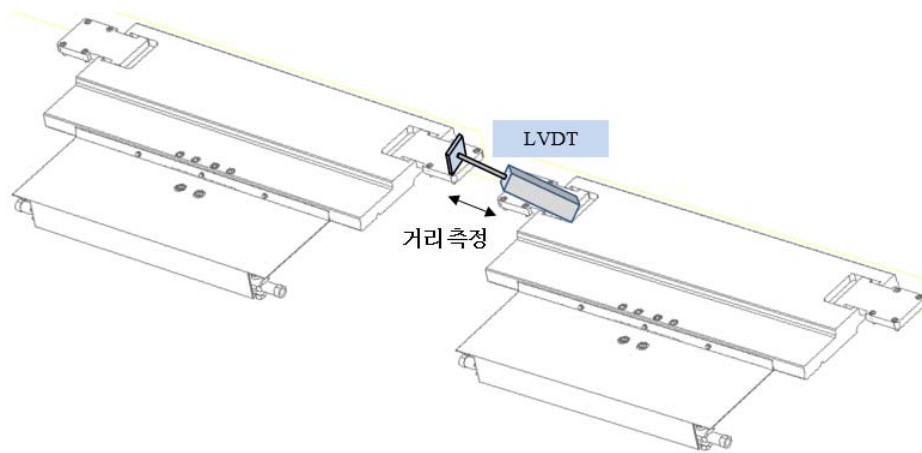


Fig. 3 LVDT installation conditions

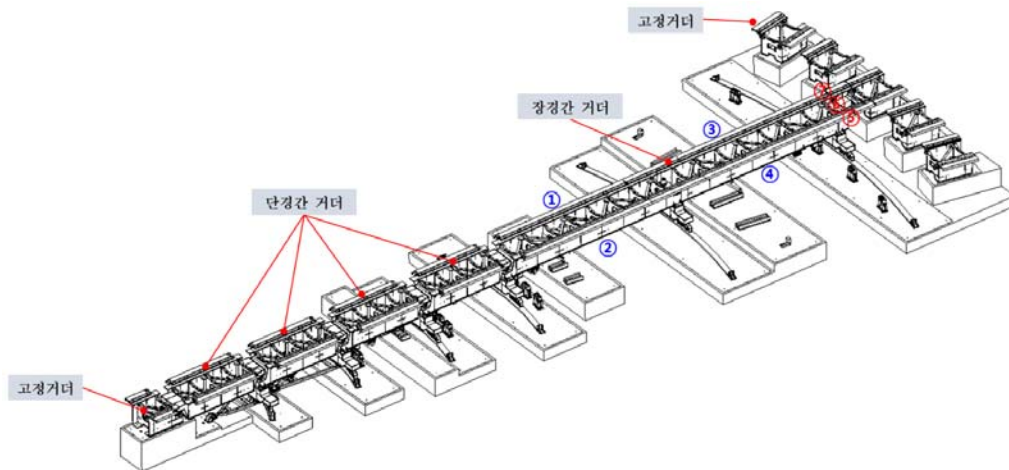


Fig. 4 Location of LVDT



(a) Horizontal direction

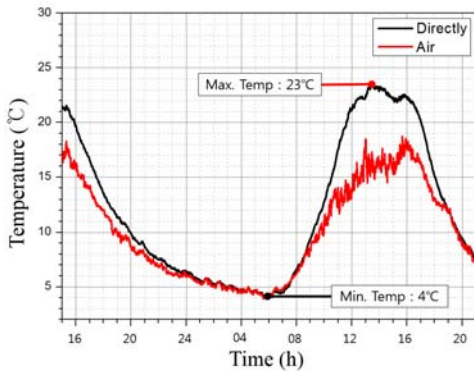


(b) Vertical direction

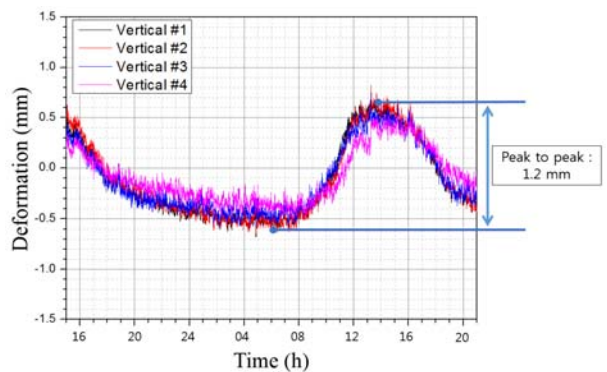
**Fig. 5** Sensor installation on 5-way switch

### 2.2.3 실험 결과

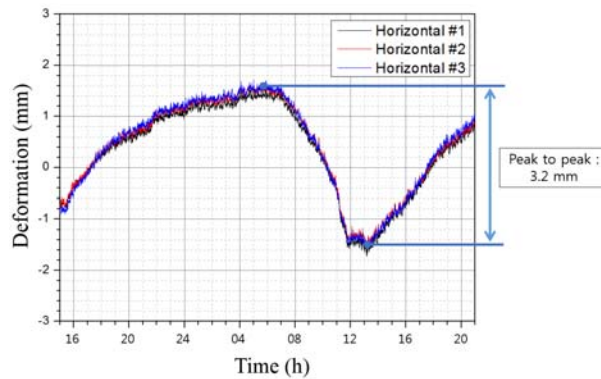
자기부상열차용 5방향 분기기의 열에 의한 변형 측정 결과는 Fig. 6~8과 같다. Fig. 6은 시간에 따른 온도변화 그래프이다. 13~14시 사이에 가장 높은 온도값 23°C가 발생하는 것을 확인할 수 있고 06시경에 가장 낮은 온도값 4°C가 나타나는 것을 확인할 수 있다. Fig.7은 시간에 따른 수직방향으로의 변형값 측정 결과 그래프이다. 그래프를 살펴보면 온도가 가장 높은 시간대에는 0.6mm 팽창하였고 온도가 가장 낮은 시간대에는 0.6mm 수축하는 결과값을 보였다. Fig. 8은 시간에 따른 길이방향으로의 변형값으로 온도가 가장 높은 시간대에는 1.6mm 팽창하고 온도가 가장 낮은 시간대에는 1.6mm 수축하는 것으로 확인되었다. 최종적으로 수직방향으로의 변형량은 약 1.2mm 정도이고 수평방향으로의 변형량은 3.2mm로 분석되었다.



**Fig. 6** The experiment result of temperature



**Fig. 7** The experiment result of vertical deformation



**Fig. 8** The experiment result of horizontal deformation

### 3. 결 론

자기부상열차용 5방향 분기기의 열에 의한 변형값을 LVDT 센서를 통해 측정하였다. 본 연구에서의 고려 대상인 장경간 거더의 실험결과 30시간동안의 최대 온도차는 약 19 °C 로 나타났으며 수직방향과 수평방향으로의 변형차는 각각 1.2mm와 3.2mm로 분석되었다. 실험 시간 동안 거더간에 어떠한 마찰도 발생하지 않았으며 이는 각 거더는 열 변형을 고려하여 안정적으로 배치가 이루어졌다고 판단할 수 있다.

### 후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업에 연구비 지원(16RTRP-B070544-04)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] Y.H. Lee, J.B. Han, J.W. Lim, J.M. Lee (2016) Parametric Study on 3-way Design Considering Levitation Stability of Maglev Train, *Journal of the Korean Society for Railway*, 19(2), pp. 135-144.
- [2] J.B. Han, J.M. Lee, H.S. Han, S.S. Kim, S.J. Yang, K.J. Kim (2014) Study on running safety of EMS-Type maglev vehicle traveling over a switching system, *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, Vol.38, pp. 1309-1315.
- [3] J.M. Lee, H.S. Han, C.H. Kim, H.J. Shin (2011) "Status of development of the segmented 3 way Maglev switch and running tests", *Proceedings of Maglev 2011 Conference, 2011*.