

자기부상열차용 트레버스 분기기 경량화를 위한 거더 높이 선정에 관한 연구

Study on the Selection of Girder Height for the Travers Switch Weight for Maglev Train

이영학*, 이종민*[†], 박진우**

Younghak Lee*, Jong Min Lee*[†], Jin-woo Park**

Abstract Traverse switch is a straight girder is driven to change the track. It is play roll as emergency sidetrack in Broken-down evacuation vehicle and express trains passing during the evacuation of the local train. At the turnout, girder is move by drive motor because weight lightening and load balancing for motor overload protection is essential. As maglev train has the structure that its bogie wraps around the guiderail, the adjustment of girder's height is possible way to reduce the weight. In this paper, through the structural analysis was conducted to study on the selection of a height of the girder to ensure stability. The design height of the girder as 200mm intervals to 800~1400 mm, and the structural stability was determined through structural analysis.

Keywords : Maglev Train, Switch, Traverse Switch, Structure Analysis

초 록 자기부상열차용 트레버스 분기기는 직선 거더 전체가 구동하여 선로를 변경하며 차량 고장 시 고장차량의 대피 및 급행열차의 통과 시 완행열차의 대피 등 비상 대피선의 역할을 한다. 이때 분기기 분기 시 거더 전체가 구동모터에 의해 움직이기 때문에 모터 과부하 방지를 위한 거더 경량화 및 하중 분산은 필수적이다. 자기부상열차는 대차가 가이드레일을 감싸는 구조로 되어있기 때문에 거더의 폭은 변경하기 어렵고 높이 변경을 통해서 경량화가 가능하다. 따라서 본 논문에서는 구조해석을 통해 안정성을 확보한 거더 높이 선정에 관한 연구를 진행하였다. 거더 높이를 800~1400mm까지 200mm간격으로 설계하고 구조해석을 통해 구조적 안정성을 판단하였다.

주요어 : 자기부상열차, 분기기, 트레버스 분기기, 구조해석

1. 서 론

자기부상열차용 트레버스 분기기는 직선 거더 전체가 구동하여 선로를 변경한다. 이러한 트레버스 분기기는 차량 고장 시 고장차량의 대피 및 급행열차의 통과 시 완행열차의 대피 등의

[†] 교신저자: 한국기계연구원 자기부상연구실(lee_jm@kimm.re.kr)

* 한국기계연구원 자기부상연구실

비상대피선으로의 역할을 한다. 이때 분기기 분기 시 거더 전체가 구동모터에 의해 움직이기 때문에 모터의 과부하 방지를 위한 거더 경량화 및 하중 분산은 필수적이다. 이를 구현하기 위해서는 가이드레일과 대차의 외형을 고려하여야 하는데 자기부상열차용 대차는 가이드레일을 감싸는 구조로 되어있기 때문에 거더 폭은 변경하기 어렵고 높이 변경을 통해서 경량화가 가능하다. 따라서 본 논문에서는 거더 높이를 800~1400mm까지 200mm간격으로 설계하고 구조해석을 통해 최대응력 및 변형값을 도출하였다. 이를 통해 거더 높이 변경을 통해 거더 무게를 경량화 하면서 구조적 안정성을 확보한 거더 높이를 제시하였다.

2. 본 론

2.1 트레버스 분기기

2.1.1 구 조

자기부상열차용 트레버스 분기기의 구조는 Fig.1과 같다. 거더 길이는 약30m이며 폭은 1.2m로 설계하였다. 단면을 살펴보면 크게 가이드레일과 콘크리트를 매립한 상면, 동일한 간격으로 배치된 다이아 프레임과 구동 모터로 구성되어 있다.

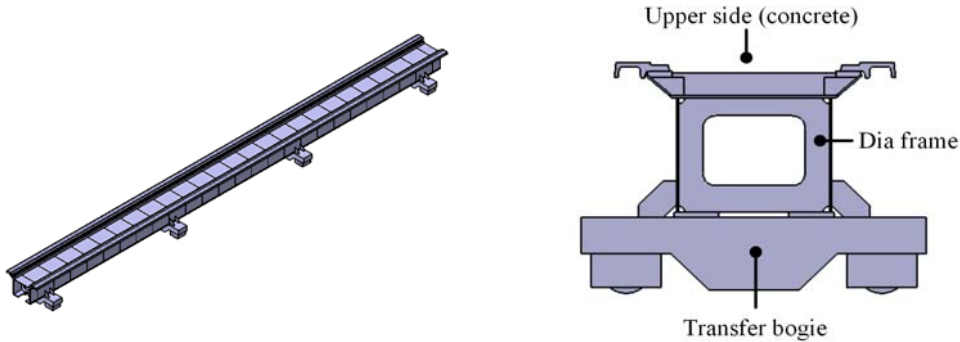


Fig. 1 Structure of the traverse switch for maglev train

2.1.2 설계 변수

본 논문에서의 구조해석을 위한 설계변수는 Fig. 2와 같다. 대차가 가이드레일을 감싸는 구조로 되어 있기 때문에 거더의 경량화를 위해서는 폭은 고정하고 높이를 변경하여야 한다. 따라서 거더 상면과 하부를 연결하는 수직 프레임의 높이를 200mm 간격으로 하여 800mm, 1000mm, 1200mm, 1400mm로 모델링하고 각각의 경우를 해석하였다.

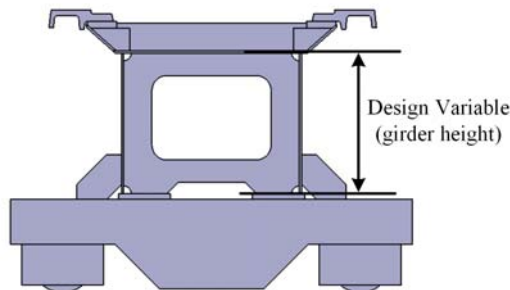


Fig. 2 Design variable of traverse switch

2.2 구조 해석

2.2.1 해석 과정

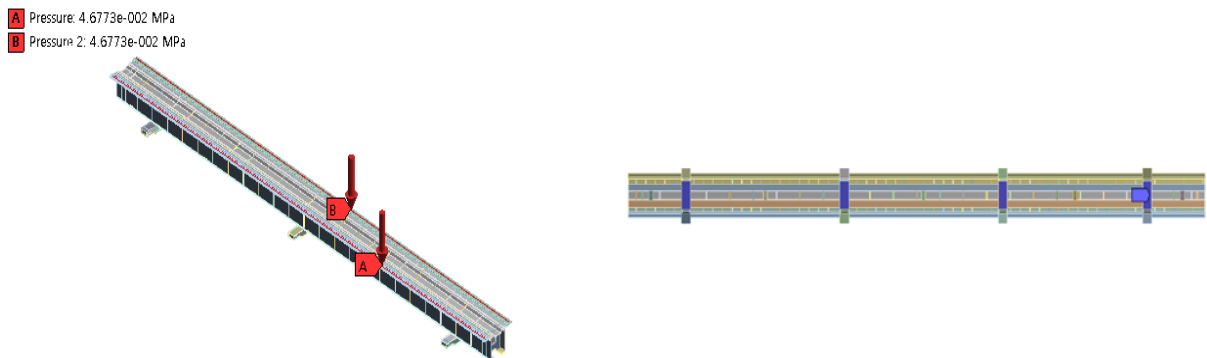
구조해석은 유한요소 해석프로그램을 사용하여 진행하였다. 구조 해석을 통해 거더 구조물의 최대변형 및 응력을 분석하였고 안정성 및 경제성을 고려한 모델을 선정하였다. 해석과정은 Fig.3와 같다. 첫 번째로 지오메트리 모델을 해석 프로그램으로 로드시킨다. 이후 지오메트리 모델을 메쉬(mesh)과정에 의해 유한요소해석모델로 만든다. 마지막으로 물성조건, 경계조건, 하중조건을 인가하여 실제 환경과 유사한 해석조건을 형성하여 해석을 진행한다.



Fig. 3 Analysis process

2.2.2 해석 조건

자기부상열차용 트레버스 분기기는 해석 조건은 Fig. 4와 같다. 하부의 구동레일을 구속하고 차량의 만차 기준을 고려한 하중을 가이드레일에 인가하였다. 이때 구속조건은 구동레일은 좌우로 이동하고 수직방향으로는 고정되기 때문에 수직방향의 움직임은 구속하고 수평방향으로의 움직임만 허용하였다. 또한 전체적인 분기기의 물성은 Table 1과 같이 structural steel로 입력하였고 상면의 콘크리트는 밀도가 2300kgm^{-3} 이고, 영계수는 30Gpa , 포아송비는 0.18의 물성치를 입력하였다.



(a) loading condition

(b) constraint condition

Fig. 4 The condition of analysis for traverse switch

Table 1 Properties of materials

Materials	Properties	
Structural steel	Density (Kg m ⁻³)	7850
	Young`s modulus (GPa)	220
	Poisson`s ratio	0.3
	Yield strength(Mpa)	250

2.2.3 변형 해석결과

변형 해석결과는 Fig. 5와 같다. 최대변형 해석결과 각 거더 높이마다 약간의 차이가 있지만 가이드레일 끝부분에서 최대 변형이 발생하였다. 각각의 결과를 살펴보면 거더 높이가 800mm일 때 0.42mm의 변형이 발생하였다. 또한 1000mm일 때 0.30mm, 1200mm일 때 0.24mm 발생하였다. 마지막으로 1400mm 일 때 0.20mm의 변형값이 발생하였다. 분기기 거더 높이가 높아질수록 최대 변형값은 감소함을 알 수 있다. 가이드레일 및 구동부의 변형은 부상제어에 영향을 주기 때문에 변형값이 작을수록 유리하다. 따라서 거더 높이가 1400mm일 때 변형에 의한 간섭이 가장 작다고 판단할 수 있다.

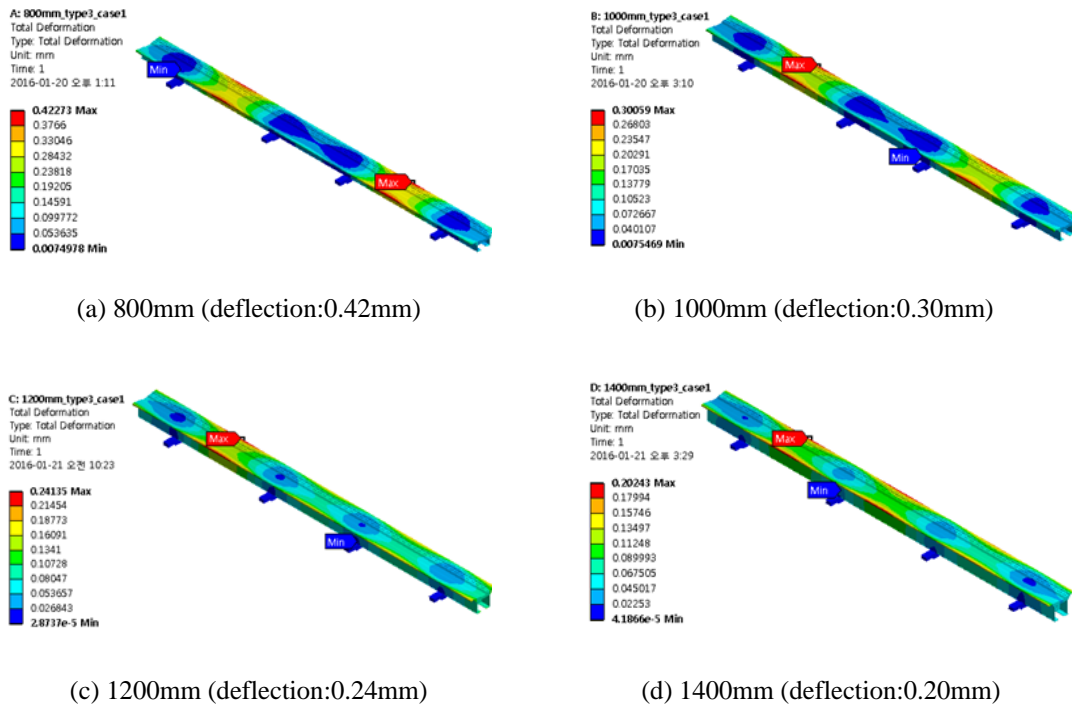


Fig. 5 The analysis result of deformation for traverse switch

2.2.4 최대응력 해석결과

최대응력 해석결과는 Fig. 5와 같다. 각 거더 높이에 따라 약간의 차이가 있지만 최대 응력은 가이드레일과 거더가 접촉하는 면에서 발생하였다. 800mm 일 때 최대 응력은 35.26Mpa 발생하였다. 또한 1000mm일 때 24.65Mpa, 1200mm일 때 20.14Mpa의 최대 응력이 발생하였다. 마지막으로 1400mm일 때 19.16Mpa이 발생하였는데 거더 높이가 높아질수록 최대 응력값은

감소하는 것을 확인할 수 있다. 모든 높이에서 거더 재료의 항복강도(250Mpa) 이하의 값이 발생하였기 때문에 강도적 측면에서 안정성을 확보하였다고 할 수 있다.

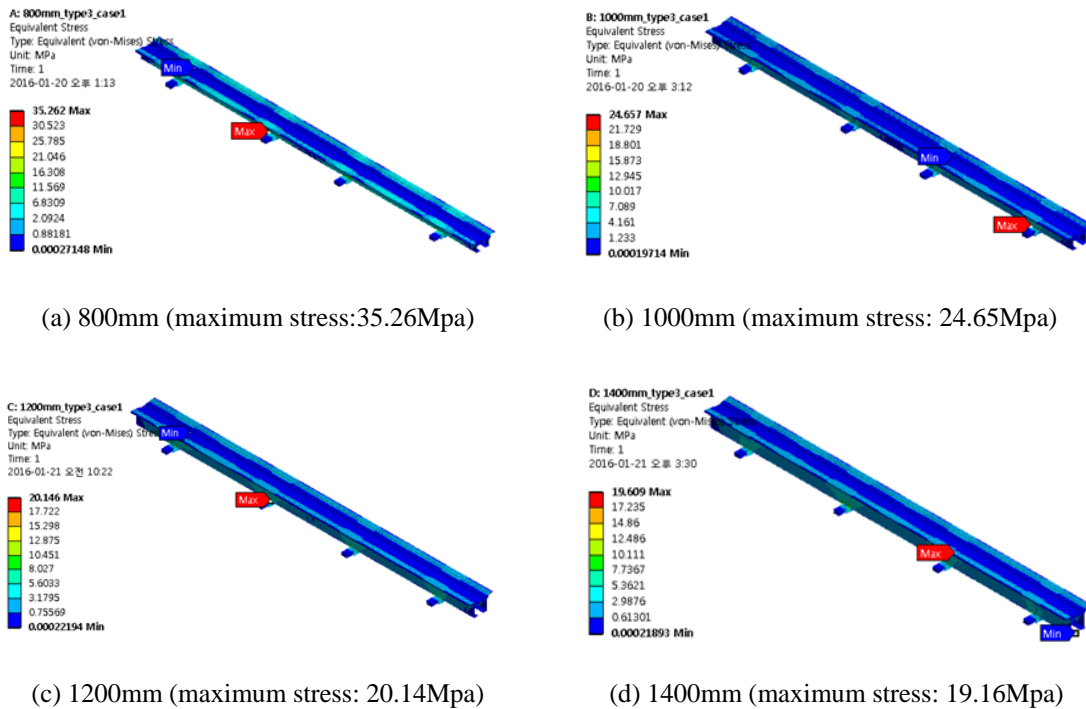


Fig. 6 The analysis result of maximum stress for traverse switch

Table 2 Total analysis result of traverse switch

	800mm	1000mm	1200mm	1400mm
Maximum stress (Mpa)	35.26	24.65	20.14	19.16
Total deformation (mm)	0.42	0.30	0.24	0.20

3. 결론

본 논문에서는 트레버스 분기기 경량화를 위한 거더 높이 변경이 구조적 안정성에 미치는 영향을 구조해석을 통해 분석하였다. 거더 높이가 높아질수록 최대 응력 및 변형이 감소하는 경향성을 확인하였다. 최대 응력의 경우 모든 경우에서 항복응력의 20%이하의 값이 도출되어 강도조건을 만족하는 것을 확인하였다. 변형의 경우 최대값이 미미하여 부상 제어에 크게 영향을 주지 않을 것으로 판단하였다. 하지만 실제 거더를 제작할 경우 유지보수 환경 및 타 부품과의 설치 간격을 고려할 때 1000mm 이상으로 설치하여야 구조적 안정성을 확보하면서 편의성도 고려된 제작이 될 것이다.

후 기

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

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [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.