

## 도시형 자기부상열차용 트레버스 분기기 단면 형상 설계

## Traverse Switch Sectional Shape Designed for Urban Maglev Train

이종민<sup>\*†</sup>, 김창현<sup>\*</sup>, 이영학<sup>\*</sup>Jong Min Lee<sup>\*†</sup>, Chang-Hyun Kim<sup>\*</sup>, Younghak Lee<sup>\*</sup>

**Abstract** Emergency sidetrack is necessary for the the evacuation of the vehicle fault, and a slow train in case of evacuation of an express train. At this time, the emergency sidetrack is way to use of the segmented switch and traverse switch. Girders to come up with a certain angle gage turnout was segmented switch and traverse on the turnout is to move girders, the whole straight line to change the way the quarter. Using the segmented switch will require a separate civil structures but using the traverse switch separate structures is not needed and existing station. For this reason, traverse switch is advantage of economy. In this paper, section of traverse switch design to three type and structural analysis in the form of structural stability a model.

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

**초 록** 궤도의 비상대피선은 고장차량의 대피, 급행열차 통과 시 완행열차의 대피 등의 이유로 필요하다. 이때 비상대피선은 크게 관절식 분기기를 활용하는 방법과 트레버스 분기기를 활용하는 방법이 있다. 관절식 분기기는 세그먼트화 된 거더가 일정각도를 이루어 분기하는 방식이고 트레버스 분기기는 직선 거더 전체가 움직여 선로를 변경하는 방식이다. 관절식 분기기를 활용할 경우 별도의 토목 구축물이 필요하지만 트레버스 분기기를 활용할 경우 별도의 구축물이 필요치 않고 기존의 역사 확장만으로도 구현 가능하기 때문에 경제적 측면에서 유리하다. 본 논문에서는 도시형 자기부상열차용 트레버스 분기기 단면을 세가지 형태로 설계하고 구조해석을 통해 구조적 안정성을 확보한 모델을 선정하였다.

**주요어** : 자기부상열차, 분기기, 트레버스 분기기, 구조해석

## 1. 서 론

궤도의 비상대피선은 고장차량의 대피, 급행열차 통과 시 완행열차의 대피 등의 이유로 필요하다. 이때 비상대피선은 크게 관절식 분기기를 활용하는 방법과 트레버스 분기기를 활용하는 방법이 있다. 관절식 분기기는 단경간, 장경간 거더가 세그먼트화 되어 있어 일정각도를 이루어 분기하는 방식이고, 트레버스 분기기는 하나의 직선 거더 전체가 움직여 선로를 변경하는 방식이다. 관절식 분기기의 경우 별도의 토목 구축물과 구동하기 위한 다수의 구동모터

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

\* 한국기계연구원 자기부상연구실

가 필요하지만 트레버스 분기기를 활용할 경우 별도의 구축물이 필요치 않고 소수의 구동모터로 동작이 가능하기 때문에 경제측 측면에서 유리하다.[1,2,3] 본 논문에서는 도시형 자기부상열차용 트레버스 분기기의 단면 형상을 세가지 형태로 설계하고 구조해석을 통해 구조적 안정성을 평가하였다. 이를 통해 구조적 안정성을 확보하고 제작 및 설치 비용을 줄일 수 있는 모델을 선정 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 트레버스 분기기

#### 2.1.1 구 성

도시형 자기부상열차용 트레버스 분기기의 조립도는 Fig.1과 같다. 크게 직선거더, 랙-피니언 기어 모듈, 구동부로 구성되어 있다. 두개의 직선 거더가 랙-피니언 기어 모듈에 결합되고 구동모터에 의해 위치를 이동하는 방식이다. 거더와 구동롤러 사이는 랙-피니언 기어로 결합되고 거더에 설치되어 있는 피니언기어가 랙기어를 따라 움직이면서 회전운동을 직선운동으로 변환하여 거더가 구동된다.

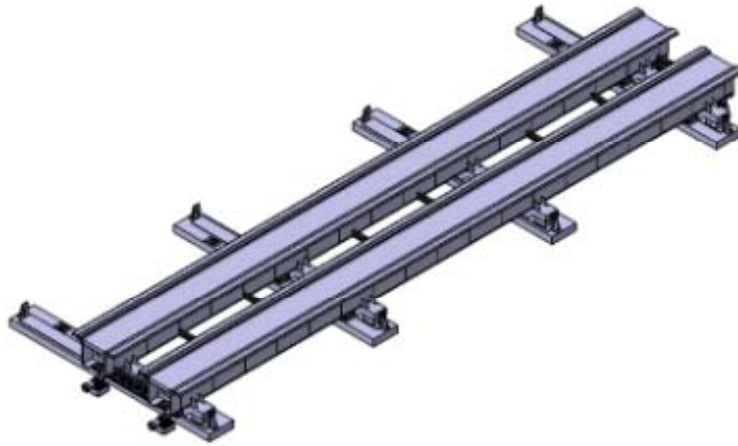


Fig. 1 Structure of the traverse switch for urban maglev train

#### 2.1.2 단면 형상 설계

분기기 거더 형태를 Fig. 2와 같이 세가지 형태로 모델링 하였다. A형태는 관절식 분기기 장경간 거더와 유사한 형태로 상면이 뚫려있고 B형태는 A형태에서 거더 상면을 강재판으로 덮어 구조적 취약성을 보완하였다. C형태는 거더 상면을 콘크리트로 매립하여 덮는 구조로 각각의 형태는 길이 30m, 너비 1m, 높이 1.2m이다. 본 논문에서는 각 모델의 단면 형상 치수를 동일한 조건에 두고 형상만 변경하여 모델링 하였다.

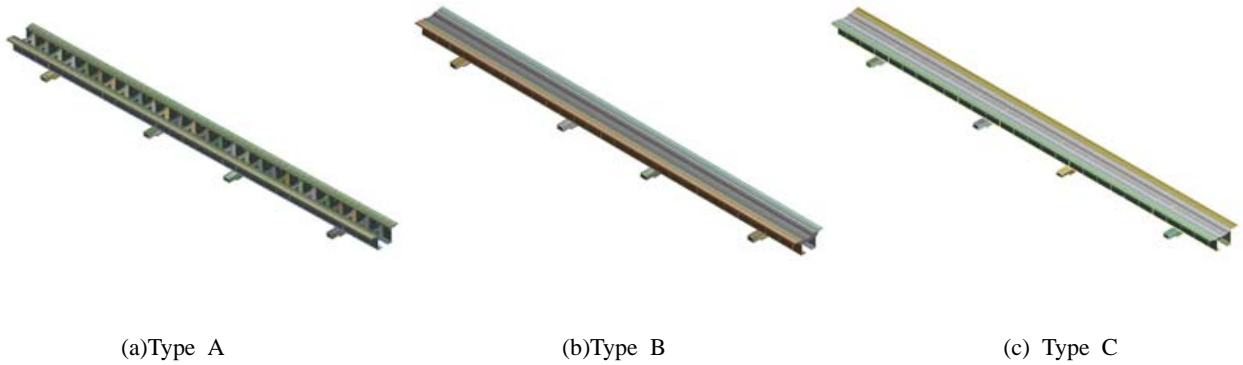


Fig. 2 Concept specification of traverse switch

## 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.

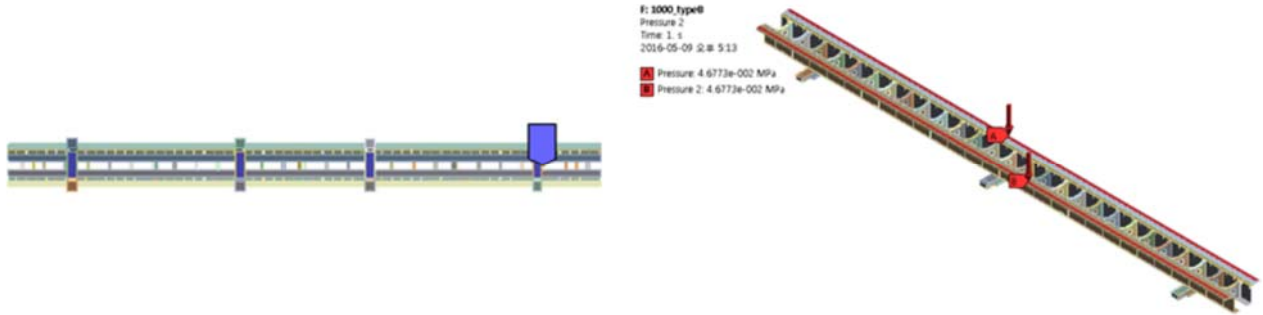


Fig. 3 Analysis process

### 2.2.2 해석 조건

자기부상열차용 트레버스 분기기는 기본적으로 Table 1의 물성치와 같이 강재로 구성되어 있다. 또한 Type C의 경우 상면이 콘크리트로 구성되어 있기 때문에 그에 맞는 물성을 입력하였다. 구속 조건 및 하중 조건은 Fig. 4와 같이 입력하였다. 좌우로 이동하는 이동롤러 면을 Frictionless support 조건을 통해 평행방향으로의 이동과 회전을 허용하고 수직방향으로의 이동과 회전을 구속하였다. 또한 하중 조건은 차량의 만차 조건이 53ton일 때 한쪽 레일에 인가되는 하중은 아래 식에 의해 정의되었다. 여기서 P는 분포하중을 표현하기 위한 분포 압력으로 단위는 Pa(N/mm)이고, Mc는 차량의 만차일 때의 중량을 의미한다. 각 변수들을 계산한 결과한쪽 가이드레일에 46772Pa을 인가하였다.

$$P = \left( Mc \times \frac{\text{이동거더길이}}{\text{차량길이}} \right) \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\text{레일면적}}$$



(a) Constraint condition

(b) Loding condition

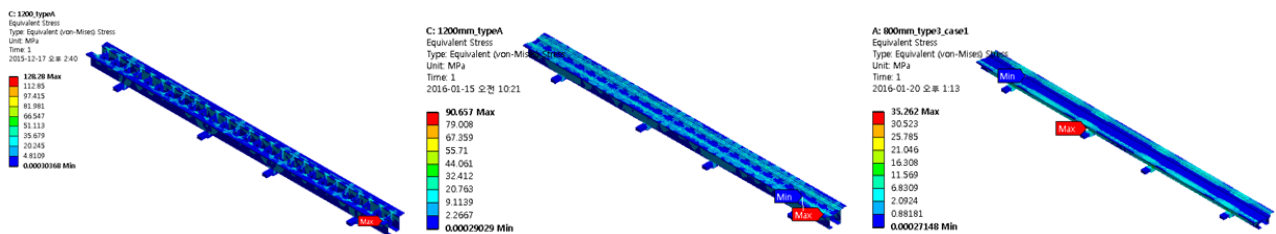
Fig. 4 The condition of analysis for traverse switch

Table 1 Properties of materials

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

### 2.2.3 최대응력 해석결과

최대응력 해석결과는 Fig. 5와 같다. 최대 응력은 가이드레일과 거더가 접촉하는 면에서 발생하였다. Type A의 경우 128.28Mpa이 발생하였고 Type B의 경우 90.65Mpa이 발생하였다. 또한 Type C의 경우 35.26Mpa이 발생하였는데 이는 세가지 형태 중 가장 낮은 값을 확인할 수 있다. 모든 형태에서 거더 재질의 항복강도(250Mpa) 이하의 값이 발생하였기 때문에 강도적 측면에서 안정성을 확보하였다고 할 수 있다. 하지만 실제 제작 시 안전계수 및 제작 환경 요소 등을 고려하였을 때 Type C가 가장 안정성이 높다고 판단할 수 있다.



(a) Type A (128.28Mpa)

(b) Type B (90.65Mpa)

(c) Type C (35.26Mpa)

Fig. 5 The analysis result of maximum stress for traverse switch

### 2.2.4 최대변형 해석결과

최대변형 해석결과와 Fig. 6와 같다. 최대 변형은 가이드레일 상면에서 발생하였다. Type A의 경우 1.54mm이 발생하였고 Type B의 경우 0.99mm가 발생하였다. 또한 Type C의 경우 0.24mm 발생하였다. 차량에 설치된 공극 센서에 의해 제어하는 자기부상열차 제어시스템의 특성 상 가이드레일 및 구조물의 변형은 최소화하는 것이 중요하다. 따라서 변형 해석 결과 가장 변형이 작은 Type C가 가장 안정성이 높다고 판단할 수 있다.

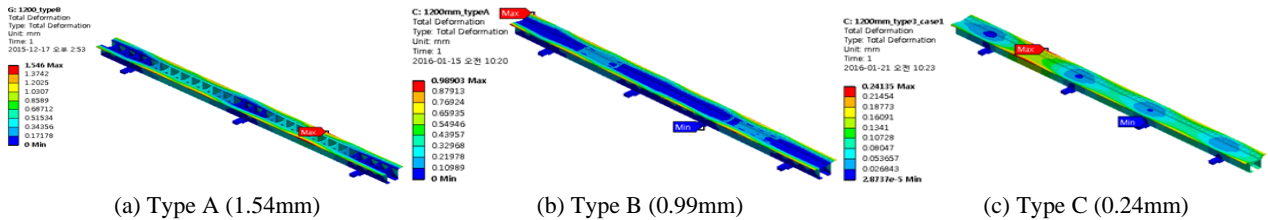


Fig. 6 The analysis result of deformation for traverse switch

Table 2 Total analysis result of traverse switch

	Type A	Type B	Type C
Maximum stress (Mpa)	128.28	90.65	35.26
Total deformation (mm)	1.54	0.99	0.24

## 3. 결론

도시형 자기부상열차용 트레버스 분기기의 단면을 세가지 형태로 모델링하고 구조해석을 한 결과 거더 상면을 콘크리트로 매립한 Type C의 경우가 강도 측면이나 변형 측면에서 가장 높은 구조적 안정성을 확보하였다고 판단할 수 있다. 자기부상열차용 선로 구조물은 구조적 측면 뿐만 아니라 차량과의 동적 상호작용까지 고려해야 하기 때문에 차후 본 논문에서 설계한 모델을 바탕으로 연구를 진행할 예정이다.

## 후 기

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

## 참고문헌

- [1] 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*.
- [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.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.