

# 허용응력 증가계수를 고려한 굴절식 자기부상열차 분기기의 첫번째 이동거더의 구조해석

## Structure Analysis for the first moving Girder of the Maglev Articulated Switching considering Safe Factor

\*노규석<sup>1</sup>, 이종민<sup>1</sup>, 한형석<sup>1</sup>, 김동성<sup>1</sup>, 차두포<sup>2</sup>

\*\*Kyuosok Rho(ksrho@kimm.re.kr), Jongmin Lee, Hyungsuk Han, Dongsung Kim, Doopyo Cha

<sup>1</sup>한국기계연구원, <sup>2</sup>한국철도시설공단

Key words : Maglev, Articulated Switching, moving Girder

### 1. 서론

중국 상하이의 트랜스라피드 시스템의 상용화와 2005년 일본 나고야에 중저속 자기부상열차의 상용화에 이어 국내에서도 국토해양부 주관으로 추진되고 있는 도시형 자기부상열차 시범 노선 건설사업의 시행장소가 인천 영종도 신공항 주변의 6.1km 노선으로 선정되었으며 현재 실시설계를 수행하는 단계로 2012년까지 시제차량의 주행성능시험을 완료한 후 2013년부터 상용화될 계획이다.

도시형 자기부상열차 실용화사업을 통하여 개발될 고속 동작용 관절형 분기기는 차량진행방향 변경과 본선과 지선 사이의 분기, 차량기지에서의 차량의 입고 등 자기부상열차 시스템이 적용될 때에는 반드시 필요한 시스템으로서 우선은 시범노선구축사업시에 Scissors 형태, 3-way 형태, 2-way 형태가 적용될 전망이며, 자기부상열차의 국내 적용이나 해외시장 진출시에도 시스템의 규모에 따라 다수의 관절형 분기기가 적용되어질 것으로 예상된다.

본 기술개발로 인하여 독자적 관절형 고속분기기 모델 개발과 자체 생산기술을 보유하게 됨으로서 향후 국,내외 자기부상열차 건설사업에 참여하고 본 기술을 응용하여 수도권에 추진중인 경전철 모노레일사업의 분기기에도 참여가 가능할 뿐만 아니라 산업용 컨베이어, 반도체 공정등 초정밀 이송분야의 분기기술에도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

실용화 노선구축에 있어서 분기기 개발은 매우 중요한 요소로서 타 교통수단과의 경쟁력 확보를 위해 반드시 필요하며, 이를 위해 본 연구의 연구성과는 아래와 같이 활용될 수 있다.

- 분기기 궤도분야 동작시험 결과 : 분기기 동작 시험시 분기기 궤도분야 성능을 평가하고, 그 결과에 따라 분기기 보완 및 개선에 활용

- 시험평가기준서 : 분기기 성능검증을 위한 시험평가 기준으로 활용

본 연구는 허용응력 증가계수를 고려한 자기부상열차 굴절식 분기기의 첫 번째 이동거더를 대상으로 구조 및 MODE 해석을 수행하였다.

### 2. 유한요소해석 모델링 및 하중조건

만차하중이 28 ton이고 대차길이(1대차 길이 2.5m × 4개 + 대차간 간격 0.2m × 3개)를 10.6m로 설계하였을 때 구조해석을 수행하기 위해서 1m 당 2.65 ton의 하중을 적용하였다. 또한, 분기기 구조물 설계시 분기기에 작용하는 하중조합(착지륜 낙하시)을 고려하기 위하여 허용응력 증가계수를 1.5로 적용하여 매우 엄격하면서 보수적인 하중조건을 채택하였다.

굴절식 자기부상열차 분기기는 크게 3부분으로 구성된다. 즉, 첫 번째 이동거더(4.2m), 두 번째 이동거더(4.2m)와 이동대차, 그리고 세 번째 이동거더(18m)와 이동대차로 구성되어지며, 그밖에 고정거더, 모터, 각도완화장치 및 감속기 등을 포함한다.

첫 번째 이동거더를 대상으로 구조 및 MODE 해석을 한 후 강도가 약한 부위를 도출하고 이를 개선하였다. Fig. 1은 첫 번째 이동거더를 유한요소 전후 처리 전용 S/W인 HYPERMESH로 유한요소 모델링한 것이며 자기부상열차의 만차 하중을 기준으로 1m 당 2.65 ton의 하중을 가하고 허용응력 증가계수를 1.5로 적용하였다. 구조해석 및 평가에는 상용 유한요소 해석 S/W인 ANSYS를 사용하였다.

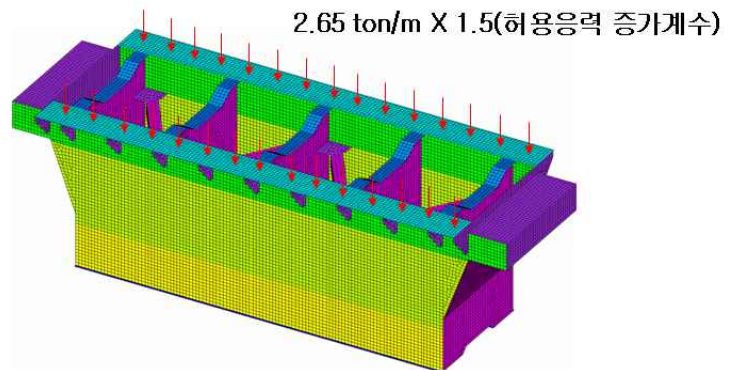


Fig.1 Geometry and FE model used for finite element analysis of the first moving girder

### 3. 구조해석 결과

Fig. 2는 1m 당 2.65 ton의 하중과 허용응력 증가계수 (1.5)를 적용하여 첫 번째 이동거더를 구조해석한 후 Von-Mises 응력으로 나타낸 것이다. 강재(SS 400)의 항복 응력은  $24.0 \text{ kgf/mm}^2$ 인데, 최대응력은  $2.35 \text{ kgf/mm}^2$ 로 Side Roller 체결부위에서 발생하였다. 이는 재질의 강도조건을 만족한다고 할 수 있다.

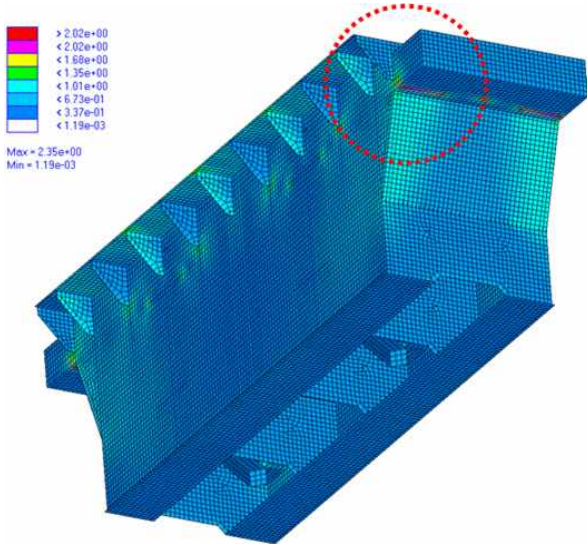


Fig. 2 Von-Mises stress distribution of the first moving girder

Fig. 3은 자기부상열차의 만차 하중과 허용응력 증가계수(1.5)를 적용한 상태에서 구조해석을 한 후 변위로 나타낸 것이다. Girder 중앙부위에서 최대 처짐이 아래쪽으로 0.16 mm 발생하였는데 이는 처짐량이 매우 적어 구조 측면에서 안전하다고 할 수 있다.

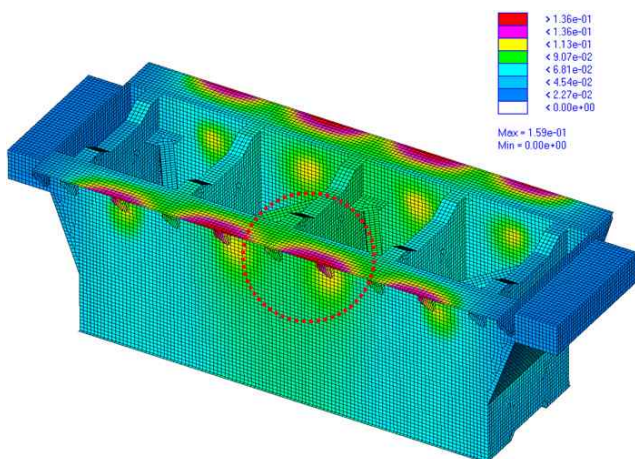


Fig. 3 Displacement distribution of the first moving girder

Fig. 4는 MODE 해석을 수행하기 위한 하중조건을 나타낸 것이며 양쪽 Center Pin에 simply support를 적용하였다.

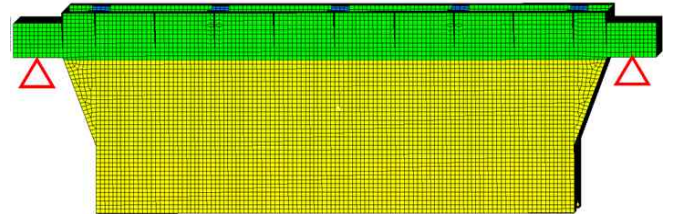


Fig. 4 Boundary condition of the first moving girder for MODE analysis

Fig. 5는 첫 번째 이동거더의 MODE 해석을 한 후 Mode 양상을 나타낸 것이다. 고유진동수는 52.531 Hz로 매우 높게 나타나서 자기부상열차에 의한 공진이 발생하지 않을 것으로 사료된다.

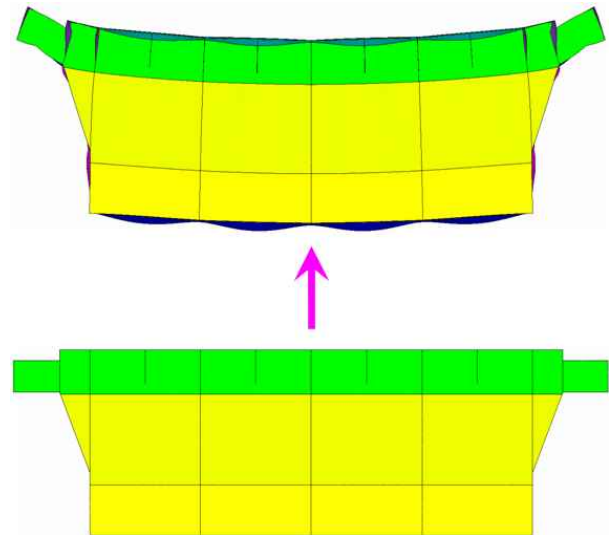


Fig. 5 MODE analysis results of the first moving girder

### 4. 결론

본 연구는 허용응력 증가계수를 고려한 자기부상열차 굴절식 분기기의 첫 번째 이동거더를 대상으로 구조 및 MODE 해석을 수행하였다.

만차하중이 28 ton이고 대차길이를 10.6m로 설계하였을 때 구조해석을 수행하기 위해서 1m 당 2.65 ton의 하중을 적용하였을 때 최대 응력은  $2.35 \text{ kgf/mm}^2$ , 최대 처짐은 0.16 mm로 매우 적게 발생하였다. 고유진동수는 52.531 Hz로 매우 높게 해석되었다.

### 참고문헌

1. 김인근, "도시형 자기부상열차 개발 사업"의 보고서, 한국기계연구원, pp. 273-336, 1998.
2. 조홍제, 이종민, 김석수, "도시형 자기부상열차 분기기 개발", 대한기계학회 춘계학술대회, pp. 57-61, 1997.
3. 김영운, "도시형 자기부상열차 시험선로 설계"의 실시설계 보고서, pp. 15-35, 1994.