

시험용 1/2 자기부상열차의 분기기 주행해석 모델 Half Maglev Vehicle Dynamic Model Running over a Switch

김기정 † · 한종부* · 이종민* · 한형석*

Ki Jung Kim, Jong Boo Han, Jong Min Lee and Hyung Suk Han

1. 서 론

자기부상열차에 있어서 분기기는 차량이 가이드 레일과 접촉 없이 안전하게 노선을 변경할 수 있도록 설계되어야 한다. 특히, 별도의 안내 전자석이 없이 하나의 U-형 전자석으로 부상력과 안내력을 동시에 얻는 중저속 상전도흡인식(electromagnetic suspension) 자기부상열차에 있어서는 분기기 통과 시 안전성에 대한 검토가 요구된다. 이 부상방식에서는 안내력을 능동적으로 제어하지 않기 때문에 작은 곡률 반경이면서도 다수의 직선을 연결하여 곡선을 형성하는 관절형 분기기 통과 시 전자석의 횡 변위가 과도하여 가이드레일과 기계적 접촉을 일으킬 수도 있기 때문이다. 또한, 상전도흡인식은 페루프 제어 시스템이기 때문에 전자석이 체결된 대차의 유연성이 부상제어 성능에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 대차의 거동, 동하중 및 부상성능을 보다 현실적으로 예측하기 위한 유연체 동역학 모델은 자기부상열차에 있어서 유용하게 이용될 수 있다.

본 논문에서는 분기기에서 차량의 주행안전성 향상을 위하여 분기기 주요 설계변수의 안전성에의 영향을 분석하고 차량의 동특성을 엄밀하게 예측하기 위하여 유연 다물체 동역학 모델을 적용하여 분기기 주행 시 안정성 해석을 하고자 한다. 이를 위하여 1/2 차량 다물체 동역학 모델의 적용이 제안된다. 제안된 모델을 이용하여 분기기 통과시의 주행안전성 척도 중의 하나인 가이드레일과 전자석사이의 공극(air gap) 시뮬레이션이 이루어진다. 분석되는 설계 변수들은 단경간 거더의 길이와 굴절각, 끝단

고정궤도 중심사이의 거리 및 거더의 수량이다. 유연체 모델은 대차와 안티롤빔 그리고 모터로 구성되어 있다. 이러한 설계변수들의 공극에의 영향을 분석하여 안전성 향상을 위한 분기기 설계 방향을 제시하고자 한다. 너 나아가 가상시뮬레이션 모델을 자기부상열차에 적용하는 기법을 제안하고자 한다.

2. 모 델

2.1 분기기

Figure 1은 분기기의 기구적 구조를 도식적으로 나타낸 것으로, 이동 가능한 구간 사이에서 일정한 궤적을 이동시켜 곡선 형상을 만든다. 여기서, 각 관절의 길이와 각도완화장치의 길이, 관절 사이의 굴절각은 차량의 곡선 추종성에 크게 영향을 미친다. 그러므로 목표 곡선반경과 주행속도를 만족할 수 있도록 각 관절의 길이를 최적화시킬 필요가 있다. 이 세 변수를 이용하여 파라메타 연구를 진행하였으며 최적의 설계 변수를 설정하여 한국기계연구원에 설치되었다. 각도완화장치의 길이(L_2)는 1m, 두 단경간 거더의 길이(L_1)는 3.2m 그리고 장경간 거더의 길이(L_3)는 18m로 구성되어 있다.

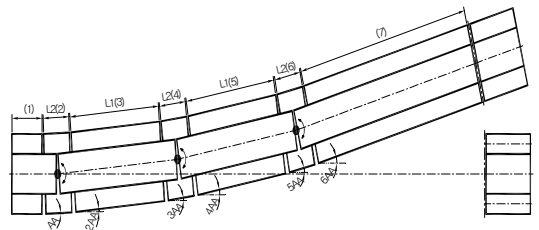


Figure 1. Geometry of the 3 way segmented switch

† 교신저자; 한국기계연구원
E-mail : kkj74@kimm.re.kr
* 한국기계연구원

2.2 차량 모델

Figure 2와 같이 1/2 시험용 자기부상열차를 3차원 다물체 동역학모델로 표현한다. 차량당 대차는 2 개이며, 대차는 2 차 현가장치인 좌우 8 개의 전자석과 2 차 현가장치인 4 개의 공기 스프링과 좌우 대차 사이드 프레임, 전후 Anti-roll beam 및 bush로 연결된 좌우 2 개의 견인바로 구성된다. 전자석은 대차 사이드 프레임에 고정되어 있다.

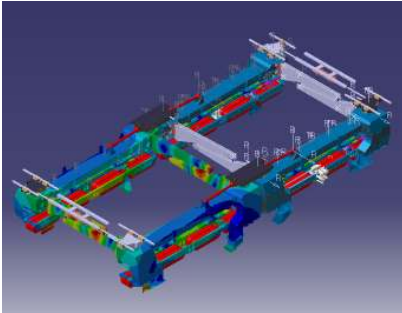


Figure 2. Flexible multibody bogie model

유연체 대차는 다음과 같이 구성된다. 사이드 프레임은 약 9만개의 노드와 20만개의 요소, 선형 유도 전동기는 약 1000개의 노드와 요소, 그리고 안티롤빔은 약 6천개의 노드와 4천개의 요소로 각각 구성되어 있다.

3. 해 석

2장에서 설명한 분기기와 차량 모델을 이용하여 분기기 주행 시뮬레이션을 하였다. 주행 안정성 평가는 횡 공극 측정을 하였으며 위치는 Figure 3에 도식하였다.

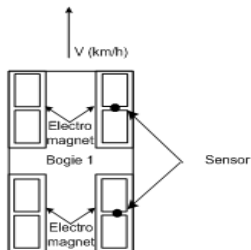


Figure 3. Air gap sensor placement, top view

위의 분기기 주행 결과는 강체 모델과 유연체

모델 두 경우를 시뮬레이션을 하였으며 두 결과 횡 공극 변동이 유사함을 알 수 있다. Figure 4는 사이드 프레임 전방 센서 측정값이며 Figure 5는 후방 센서 측정값이다.

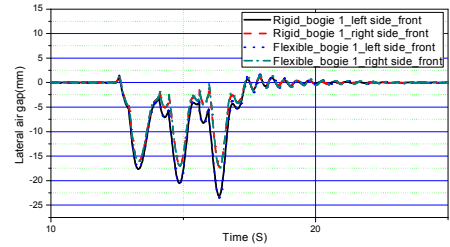


Figure 4. Lateral air gap measured at front sensor

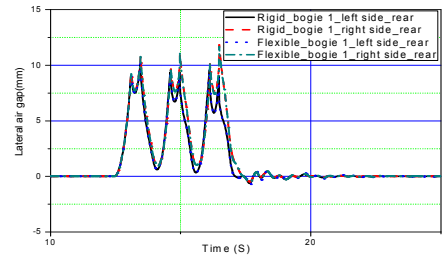


Figure 5. Lateral air gap measured at rear sensor

4. 결 론

분기구간 주행시 주행 안정성의 척도 중 하나는 브레이크와 가이드레일간의 기계적 접촉이다. 브레이크와 가이드레일간의 횡변위를 평가하였다. 이를 위하여 차량에 U자형 전자석을 포함시키기 위한 페루프 제어 시스템 및 부상력을 각각 강체 모델과 유연체 모델에 적용하여 비교 해석하였다. 주행 해석 결과 횡 공극 변동은 유사함을 보였다. 또한 횡 공극 크기는 전방 센서는 20mm이상의 값이 후방 센서는 10mm의 측정값을 보이고 있다. 이와 같이 자기부상열차의 분기기 주행 모델을 제시하였으며 추후 시험 및 전체차량 해석 모델 개발 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 국토부 도시형 자기부상열차 개발 사업의 지원으로 수행되었습니다.