

자기부상열차 대차의 피로 수명 예측을 위한 동하중 해석

김 기 정¹⁾ 한 형 석²⁾ 이 종 민²⁾ 이 남 진³⁾충남대학교¹⁾ 한국기계연구원²⁾Analysis of Dynamic Loads for Prediction of Fatigue Life
on Bogie of a Maglev Full VehicleKijung Kim¹⁾ Hyungsuk Han²⁾ Jongmin Lee²⁾ Namjin Lee³⁾¹⁾ Department of mechatronics engineering, Chung-Nam Nat'l Univ²⁾ Dept. of Magnetic Levitation and Linear Drives, KIMM, 171 Jang-dong, Yusung-gu, Daejeon 305-343, Korea

Abstract: This paper proposes multibody dynamic model of an EMS-type Maglev full vehicle which is necessary to predict its behavior, load history and levitation performance accurately. Especially in an EMS-type Maglev vehicle, bogie frames install electromagnets which provide the vehicles to run with levitation and guidance force. Therefore, this paper presents more realistic dynamic simulation of maglev vehicle which takes into account the irregularities of guideway on various running condition. And the results of simulation will be applied to more accurately predict the evaluation of fatigue life for bogie frame of a Maglev vehicle.

Key words: Maglev(자기부상열차), Multibody dynamics(다물체 동역학), Levitation and guidance force(부상력과 안내력), Bogie(대차), Load history(하중이력)

Subscripts

L/2000: maximum girder deflection at mid-span(mm)

C: maximum rail deviation (mm)

1. 서 론

현재 한국기계연구원(KIMM)에서 주행 시험 중인 도시형 자기부상열차는 대차프레임에 장착되어 있는 전자석에 의하여 부상과 안내가 이루어진다. 추진은 대차 사이드프레임 하단에 위치한 선형모터(Linear Induction Motor)에 의하여 이루어진다. 본 논문의 목적은 시험 중인 자기부상열차에 대한 동역학 해석 모델을 개발하여 동특성 및 동하중을 예측하는데 있다. 개발된 동역학 모델은 부상제어 알고리즘 및 전자석 모델이 포함된다. 이 모델을 이용하여 다양한 주행 시나리오에 따른 대차의 동적 거동, 동하중 및 부상성능을 예측하였다.

2. 모델

2.1 전자석

Fig 1은 U-형 전자석을 부상 및 안내 장치로 이용하는 상전도 흡인식 자기부상열차의 부상원리와 부상력과 안내력을 정확하게 계산하기 위해 전자석을 10개로 이산화 시킨 모델을 보여주고 있다.

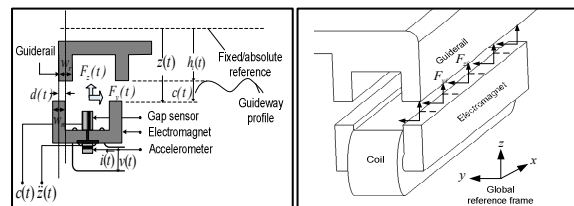


Fig 1. Principle of electromagnetic suspension and piecewise electromagnet model

2.1 차량

Fig 2는 자기부상열차의 대차 모델이며 다물체 동역학 모델 기법이 적용되었다. 특징은 모든 부품이 3차원 운동이 가능한 상세한 동적 모델이라

는 것이다.

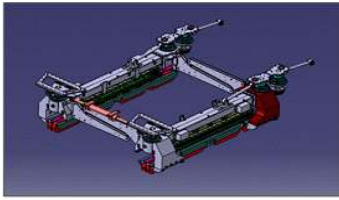


Fig 2. Dynamic model for the bogie

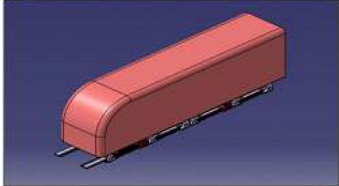


Fig 3. Maglev full vehicle model

3. 해석

3.1 해석 조건

차량의 주행 조건은 크게 직선주행, 곡선주행, 직선구간에서의 최대 가속도 및 감속도를 적용한 단계별 주행 등 4가지 주행시나리오를 가정하였으며 Table 1 에 나타내었다. 증가감속 운행 조건에서는 가속도는 1.11 m/s^2 로 감속도는 -1.25 m/s^2 로 주행하였다.

Table 1 Scenario

운행속도	선로조건
0→30km/h→0→100km/h→0	증가감속
0→50km/h→0→70km/h→0	증가감속
90km/h, 직선, L/2000, C=10mm	
30km/h, 곡선, 캔트 80mm, 125mR	
80km/h, 곡선, 캔트 140mm, 800mR	

3.2 하중 분석

Fig 3은 직선 주행 시뮬레이션에서는 부상 공극, 곡선 주행시뮬레이션에서는 횡공극을 나타내었다. 속도가 증가함에 따라 공극의 변화도 커짐을 알 수 있다.

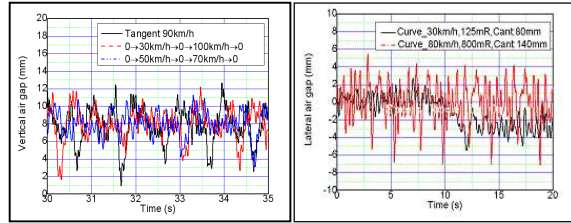


Fig 3. Airgap

Fig 4는 대차의 에어스프링 마운팅부에서 주행 시나리오별 Z 방향에 대한 하중이력을 정하중 11155N 대비 증가감속 구간에서 최대+25% 에서 최소 -25%까지 동하중 이력을 보이고 있다.

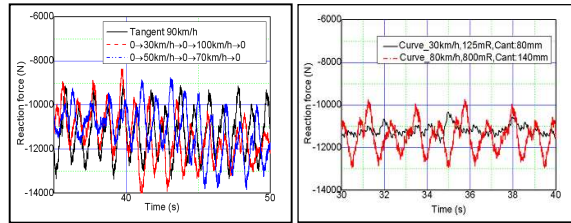


Fig 4. Loads on airspring

Fig 5에서는 전자석에서 발생하는 부상력을 보여주고 있다. 전자석 한 개당 정하중 7966N 대비 증가감속 주행에서 최대 +50% 에서 최소 -70%까지 부상력의 크기 변화를 보여주고 있다.

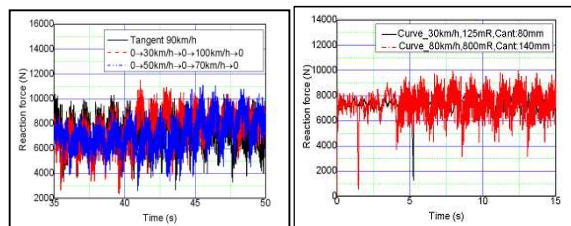


Fig 5. Levitation force

Fig 6에서는 전자석에서 발생하는 안내력을 보여주고 있다. 최대는 직선 90km/h 에서 389N, 곡선 80km/h 구간에서 최소 -433N 를 나타내고 있다.

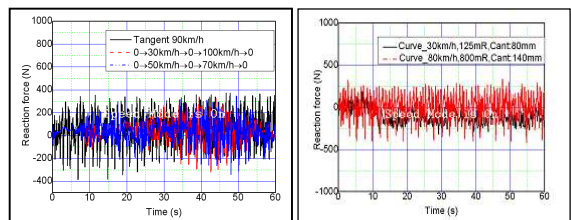


Fig 6. Guidance force

4. 결 론

자기부상열차의 동특성 및 내구 해석을 보다 정확하게 예측하기 위해 주어진 조건대로 동하중 시뮬레이션을 하였다. 동특성은 주행성능 평가에 그리고 동하중은 부재의 피로수명을 예측하는데 이용된다. 결과적으로 실물 없이 설계단계에서 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 내구해석을 할 수 있도록 동하중 이력을 제공할 수 있다.

References

- [1] Yoo, W.S. and Haug, E.J., Dynamics of Articulated Structures: Part I. Theory, J. Struct. Mech., Vol. 14, No. 1, 1986, pp.105-126.
- [2] Yoo, W.S. and Haug, E.J., Dynamics of Articulated Structures: Part II. Computer Implementation and Applications, J. Struct. Mech, Vol. 14, No. 2, 1986, pp.177-189.
- [3] Sinha, P.K. Electromagnetic Suspension Dynamics & Control, Peter Peregrinus Ltd., London, UK ,1987.
- [4] Garg, Vijay K. and Dukkipati, Rao V., Dynamics of Railway Vehicle Systems, Academic press, anada,1984.