

자기부상열차 고가 선로 구조특성에 따른 부상공극 응답

Air Gap Change of a Maglev Vehicle at the Moment a Linear Induction Motor Runs

신현재†
Shin, Hyeon-Jae

한형석*
Han, Hyung-Suk

이종민*
Lee, Jong-Min

노규석*
Rho, Kyu-Sök

ABSTRACT

The air gap between electromagnet and guiderail in an EMS-type Maglev vehicle must be maintained within an allowable deviation by controlling the voltage on the magnet. In this type of vehicle, the air gap response is strongly dependent on the structural characteristics of the elevated guideway, such as stiffness, damping and mass. For this reason, the dynamic interaction between the vehicle with electromagnets and the elevated guideway must be understood to ensure safe running. The response of the air gap to guideway characteristics such as mass, stiffness, and damping are analyzed through vehicle tests over different guideways. Through such tests, the design requirements for Maglev vehicles and elevated guideways can be established, improving levitation stability.

1. 서 론

상전도흡인식 자기부상열차는 전자석을 제어하여 가이드레일과 전자석 사이의 간극 즉 부상 공극을 일정하게 유지하도록 제어하면서 하면서 주행한다. 이러한 방식은 전자석과 가이드레일 사이의 동적 상호작용이 부상 안정성에 중요하다. 이 동적 상호작용은 부상 시스템의 특성과 더불어 가이드레일이 부착된 고가 선로의 질량, 강성 및 감쇠 특성에 따라서 결정된다. 때문에 고가 선로의 구조 특성과 부상 시스템의 동적 상호작용은 자세히 분석되어야 한다. 본 논문에서는 시험에 의하여 고가 선로의 구조 특성에 따른 부상 공극 응답 특성을 분석하는데 목적이 있다. 시험을 통하여 고가 선로의 질량, 강성, 감쇠 특성과 부상 공극 응답의 관계가 분석된다. 본 연구 결과는 상전도흡인식 자기부상열차의 부상 안정성을 향상시키기 위한 고가 선로의 구조 특성 설계 방향을 제시한다.

2. 차량/가이드웨이 동적상호작용

중저속형 상전도흡인식 자기부상열차의 한 구조를 그림 1에서 보여주고 있다. 일반적으로 이러한 방식의 자기부상열차는 그림 2의 예와 같이 교각으로 지지되는 가이드웨이를 주행한다. 가이드웨이가 교각으로 지지되어 있기 때문에 구조상 차량 주행 중 가이드웨이는 탄성 변형을 일으켜 진동하게 된다.

이러한 가이드웨이의 진동 특성은 전자석 현가 시스템과 동적 상호작용을 일으켜 공진이 발생하거나 부상 시스템이 이 진동을 추종하지 못 할 수 있다. 이러한 불안정성을 최소화하기 위한 고려사항 중의 하나가 바로 가이드웨이의 구조적 특성이라고 할 수 있다. 그러므로 높이 변동을 갖는 자기부상열차/가이드웨이에 있어서 가이드웨이의 구조적 특성에 의한 시스템의 동특성을 분석하여 공진이 발생하지 않도록 그리고 가이드웨이를 전자석이 추종하도록 전기적, 기계적 최적 설계가 이루어져야 부상 안정성이 향상된다. 이러한 동적 상호작용을 이해하기 위하여 그림 3과 같은 단순모델을 이용할 수 있다. 단순모

† 신현재 : 정회원, 한국기계연구원, 자기부상연구실, 위촉연구원
E-mail : godnow@kimm.re.kr
TEL : (042)868-7193 FAX : (042)868-7618
* 한국기계연구원

3. 실험에 의한 비교

3.1 실험장치 구성

그림 6은 본 실험을 위한 실험장치 구성을 보여주고 있다. 실험에 의하여 전자석의 부상공극, 수직 가속도 및 차량 속도가 계측된다.

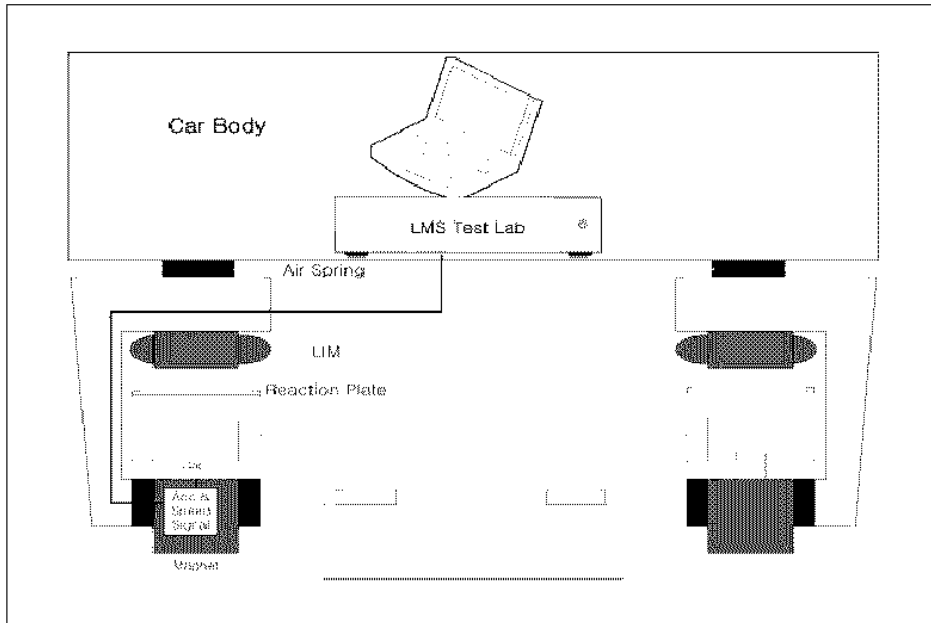


그림 6. 실험장치 구성

3.2 고가 가이드웨이

시험선의 가이드웨이는 그림 7과 같이 표시할 수 있다. 가이드웨이의 구조적 특성은 도표 1에서와 같다. 가이드웨이의 구조 특성은 경간 길이, 질량 및 강성으로 구분할 수 있다. 일반적으로 강성과 질량이 클수록 부상 안정성에 유리하다.[1]

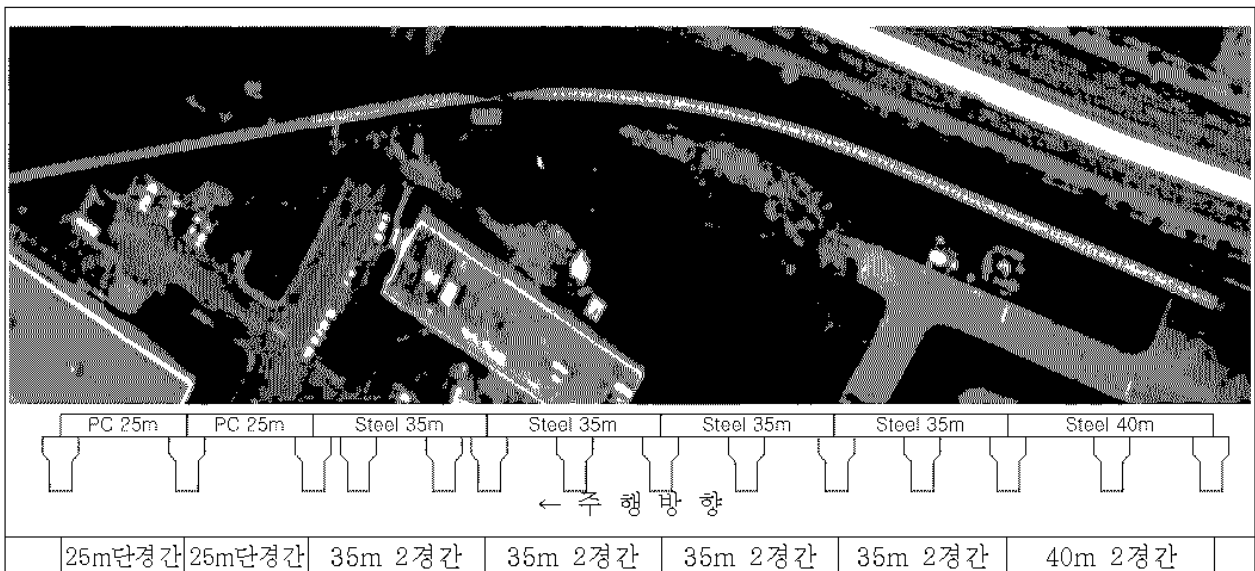


그림 7. 시험선 고가 가이드웨이

도표 1. 가이드웨이 구조적 특성

거더	길이	재질	경간	처짐 한계	단위질량	고유진동수	감쇠비(%)
Type1	40m	Steel	2경간	1/2000	1.73ton/m	7.4	1.22
Type2	35m	Steel	2경간	1/2000	1.75ton/m	9.2	1.84
Type 3-1	10m	Steel	3경간	1/2000	1.76ton/m	28.4	1.84
Type 3-2	15m	Steel				13.5	2.91
Type 3-3	10m	Steel				21.2	2.18
Type 4	25m	PC	단경간	1/4000	4.38ton/m	7.5	4.06

3.3 결과

그림 8 은 각 거더별 주행시 속도, 부상 공극, 수직 가속도를 나타낸다. 거더의 Type 별로 보면 Steel 재질의 거더 보다 PC재질의 거더가 부상 공극의 변화가 작다. 수직 가속도 변동은 Steel 재질 거더는 밀집구간 (10초, 20초) 존재하며 이때 차체의 진동과 레일이 진동이 심해진다. 그림 9 에서 가속도를 주파수별로 나눠 보면 특정 주파수(13Hz, 66Hz) 영역의 변동이 크게 나타나며 이를 공진주파수라 볼 수 있다. 반면, PC 거더에서는 Steel 거더보다 고른 분포를 보이며, 25Hz 이하의 저주파수 영역이 주를 이루는 것을 볼 수 있다. 따라서 부상공극과 가속도 변동을 줄이기 위해서는 부상제어기에서 제어 가능한 저 주파수 영역으로 가속도 응답을 옮길 필요가 있다. 이를 위해 선로의 강성을 키우고, 고유진동수가 작게 해야 한다.

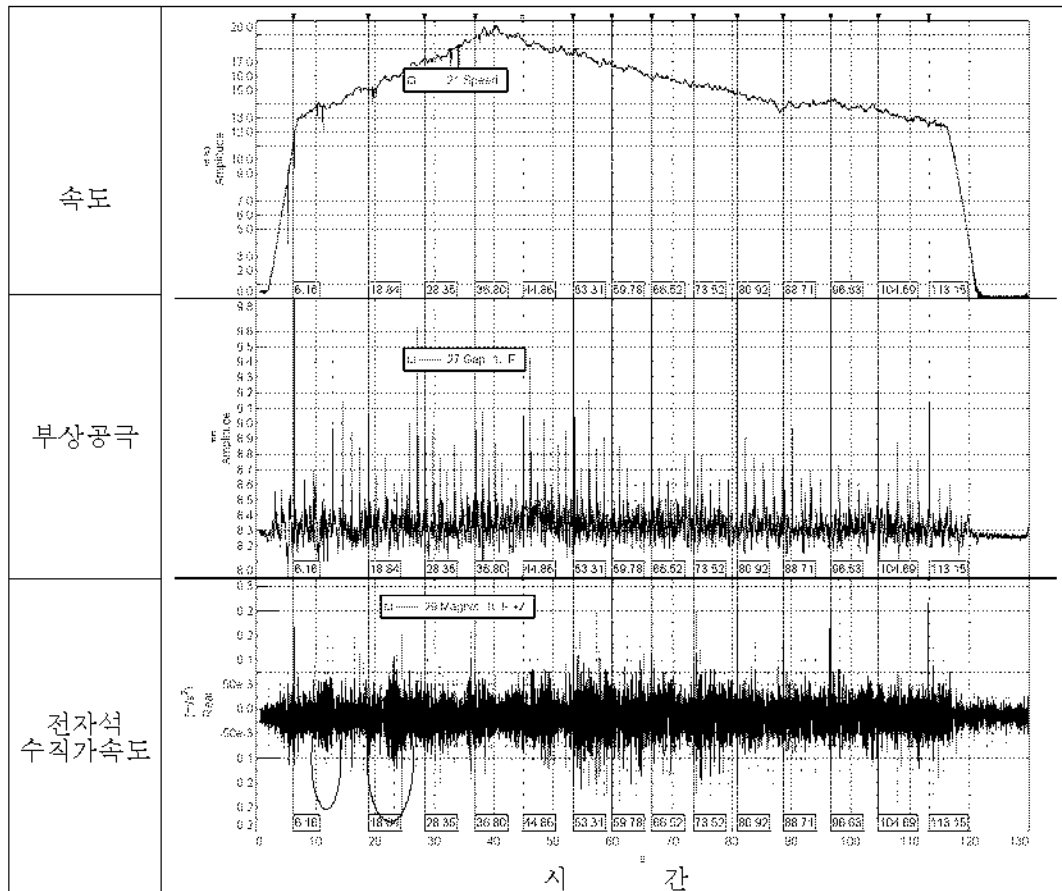


그림 8. 주행시 속도와 부상공극, 전자석 수직 가속도

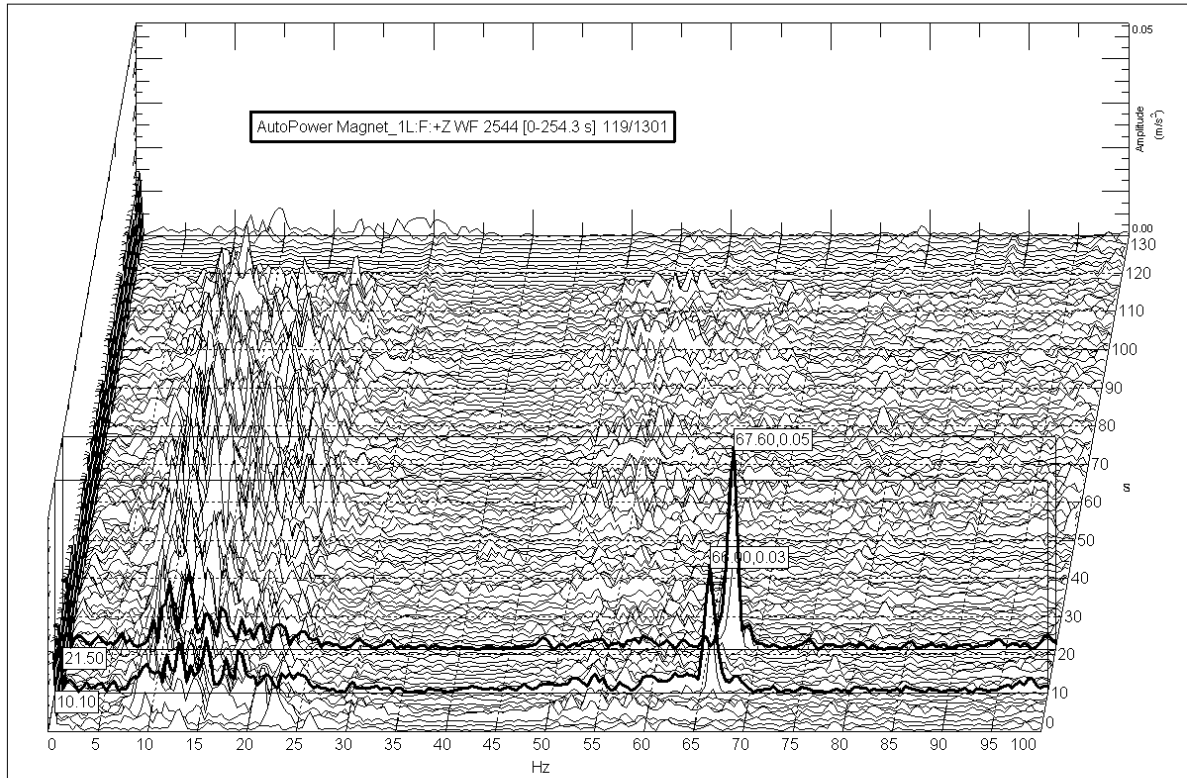


그림 9. 수직 가속도의 시간별 주파수별 응답

4. 결 론

이상과 같이 상전도 흡인식 도시형 자기부상열차에 있어서 가이드웨이의 구조적 특성이 차량의 동특성에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다. 그 결과 가이드웨이 질량, 강성 및 고유진동수에 따라서 대차 수직 가속도가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 질량과 강성이 작은 가이드웨이의 경간 중심에서 부상공극과 전자석 수직 가속도가 상대적으로 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 반면에 질량과 강성이 큰 콘크리트 거더에서는 전자석의 수직 변동 증가는 상대적으로 작은 것을 알 수 있었다. 결과적으로 부상공극 변동을 최소화하기 위해서는 가능한 한 강성, 질량을 크기 설계할 필요가 있다.

참고문헌

1. 한형석, 외 4명 (2008), “가이드웨이 진동 특성이 자기부상열차 동특성에 미치는 영향”, 한국소음진동공학학회논문집 제18권 제3호 pp. 299~306