자기부상열차용 선형유도전동기 정특성 시험방법에 대한 연구

Test method study about characteristic of static states for Maglev LIM

김정철† 김봉철* 김대광** 박영호*** 김철호****

Kim, Jung-Chul Kim, Bong-Chul Kim, Dea-Kwang Park, Yeong-Ho Kim, Chul-Ho

ABSTRACT

The recent trains are almost being operated by the mechanical propulsion force to drive the gear and wheel with the traction motor. However Magnetic Levitation Vehicle is differently operated. Magnetic Levitation Vehicle is applied with Linear Induction Motor(LIM) that has many advantage like to high capability of going up to slope, low noise, easy to control of speed. So domestic and many advanced countries are interested in Magnetic Levitation Vehicle and they have been studying about it continuously.

Thus this paper is studied the LIM test method of static states and guess the optimum driving point by characteristic of static states for LIM. The test items are measurement of thrust force by changed air gap, measurement of thrust force and normal force by changed slip frequency etc.

1. 서 론

자기부상열차는 회전 전동기를 이용하여 기계적 추진력을 기어와 바퀴로 전달하여 레일 위를 달리는 시스템과 달리 동력변환장치 없이 선형유도전동기(Liner Induction Motor 이하 LIM)를 이용하여 직선 추진력을 직접 얻을 수 있다. 또한 등판능력이 향상 되어 높은 구배에서 기동이 가능할 뿐 아니라 가감속을 용이하게 할 수 있어 새로운 교통수단으로 국내외에서 연구 개발되고 있다. 이러한 자기부상열차 시스템에 적용된 LIM에 대한 시험 방법은 회전기와 달리 아직까지 정립되어 있지 않다.

본 논문에서는 이러한 LIM의 정지 상태에서 공극 변위와 슬립 주파수 변위에 따른 수직력 및 추진력 측정을 통해 최적의 운전조건을 예측하고 전자석의 부담을 최소화 하는 운전조건을 예측하고자 한다.

† 책임저자 : 비회원, 현대로템(주), 기술연구소 전장품개발팀, 주임연구원
E-mail : jckim@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)460-1261 FAX : (02)123-1234
* 비회원, 현대로템(주), 기술연구소, 주임연구원
** 비회원, 현대로템(주), 기술연구소, 선임연구원
*** 비회원, 현대로템(주), 기술연구소, 책임연구원
**** 정회원, 현대로템(주), 기술연구소, 수석연구원

2. 본 문

2.1 정지형 추력시험기의 제작

회전형 전동기의 시험설비는 피시험용 전동기 반대편에 커플링을 이용하여 다이나모를 연결하고 커플링에 연결된 토크 센서를 통해 힘을 측정하며 속도 또한 회전수 측정을 통해 유추할 수 있다. 그러나 자기부상 열차용 LIM은 회전형 전동기와는 달리 2차 측이 Reaction plate와 Back iron으로 구성된 레일이므로 온도상승시험 및 정격 부하조건 시험을 위해서는 레일이 구비되어 있어야 한다. 그러나 LIM시험만을 위해 레일을 구축하는 것은 불가능 하므로 제한된 공간 내에서 시험을 위한 여러 가지 방법이 제안되었다. 이러한 시험방법 중 하나로 2차 측 레일 일부를 제작 하고 LIM을 정지 상태에서 시험하기위한 정지형 추력시험기를 제작하였다.

그림 1.은 시험기에 전원을 공급하기 위한 인버터 및 DBR 판넬을 나타낸 것이고 그림 2.는 추력시험 중 2차측 냉각을 위한 냉풍기를 나타낸 것이다.

그림 1. 인버터 및 DBR 판넬

그림 2. 냉풍기 장착모습

그림 3.은 시험을 위해 LIM 장착하는 모습을 나타낸 것이고 그림 4.는 LIM 시험 조작반을 나타낸 것이다.

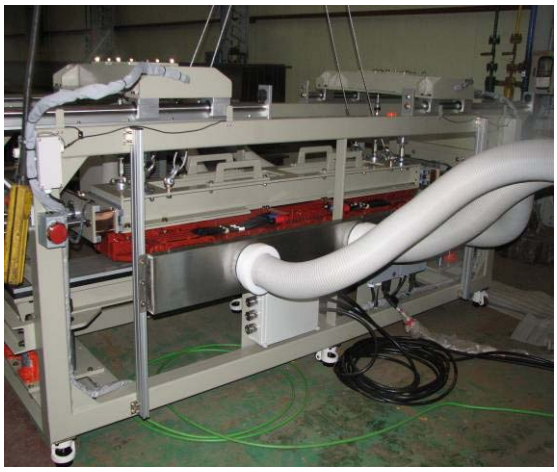

그림 3. LIM 장착 작업

그림 4. 조작반

2.2 LIM 정특성 시험

LIM은 그림 5.에서 보는 것과 같이 산자부 과제에서 제작되었던 모델을 이용하였고 2차측 레일은 그림 6.에서 보는 것과 같다.

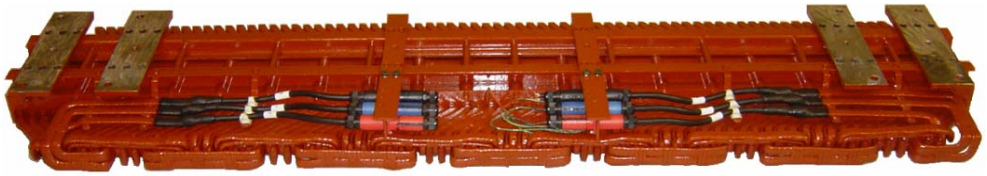

그림 5. 시험에 사용된 LIM

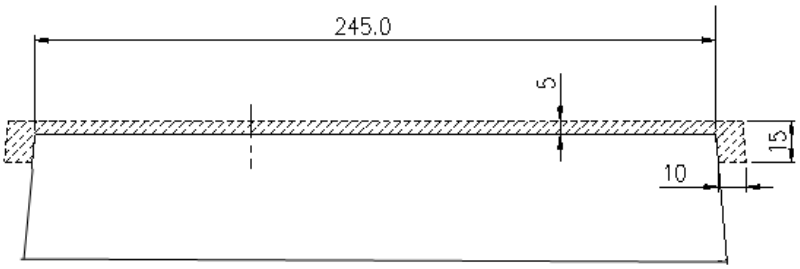

그림 6. 2차측 레일 형상

LIM의 시험은 다음과 같은 조건에서 실시하였다.
(1) 일정 공극(12mm)에서 입력 전류를 변화 시켜 추력 및 흡인력 측정
(2) 전류를 일정(230A)하게 하고 공극을 변화시켜 추력 및 흡인력 측정
(3) 전류를 일정(230A)하게 하고 주파수를 변화시켜 추력 및 흡인력 측정

시험결과는 아래와 같다. 그림 7은 공극 12mm에서 입력 전류 변위에 따른 추력곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 추력은 슬립 주파수 5Hz에서 최대의 값을 가진다.

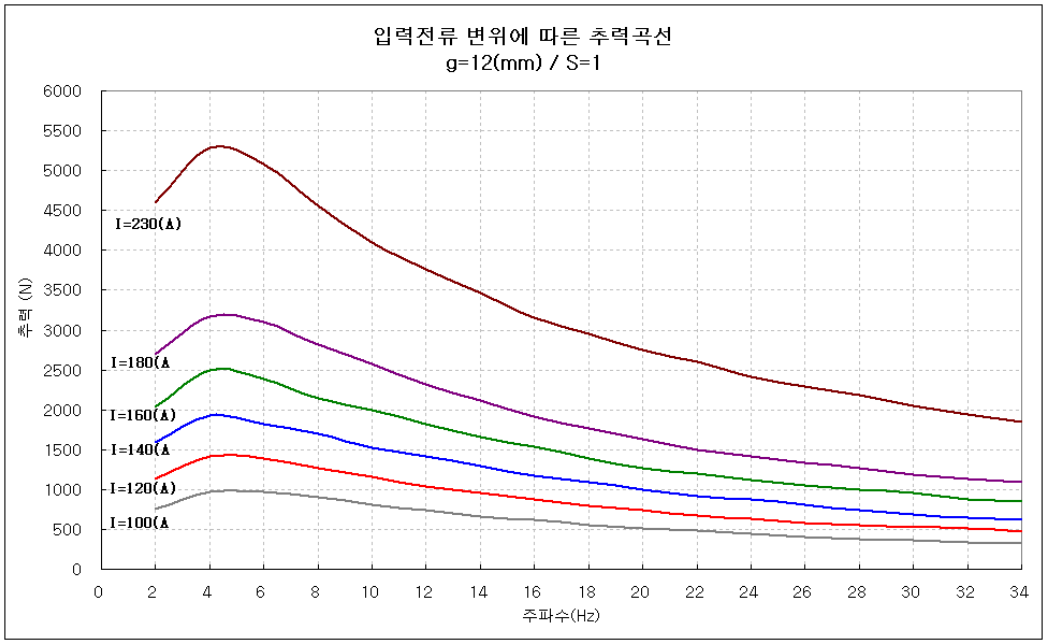

그림 7. 입력전류 변위에 따른 추력곡선

그림 8은 공극 12mm에서 입력 전류 변위에 따른 흡인력 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 흡인력은 슬립 주파수가 낮을수록 커지는 것을 알 수 있다.

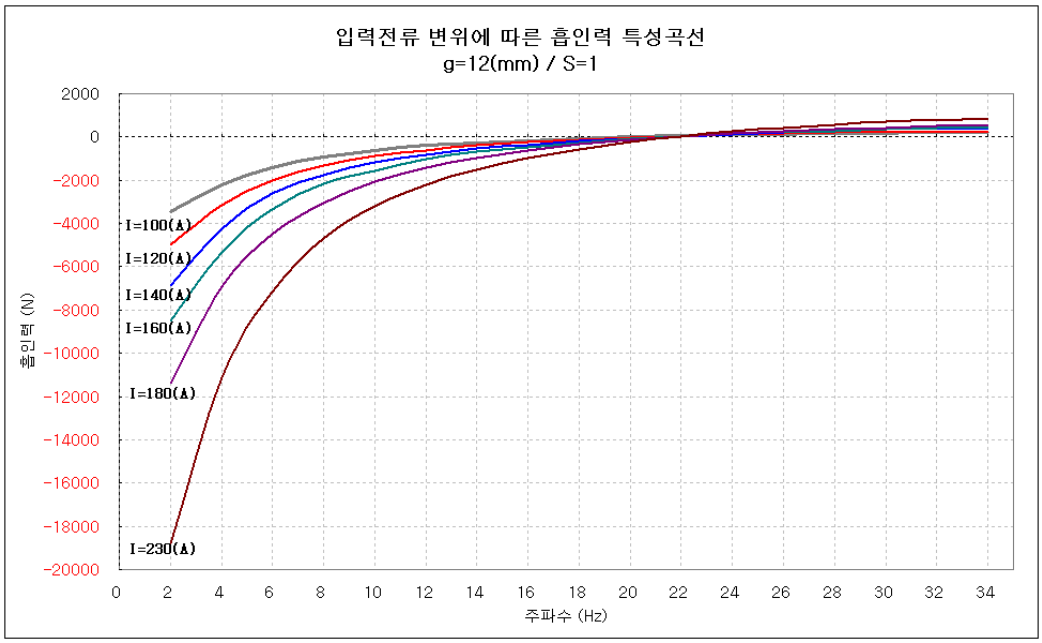

그림 8. 입력전류 변위에 따른 흡인력 곡선

그림 9는 공극 12mm에서 입력 전류 변위에 따른 추력곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 추력은 공극의 길이가 작을수록 최대 추력을 내는 슬립 주파수는 작아지는 것을 알 수 있다.

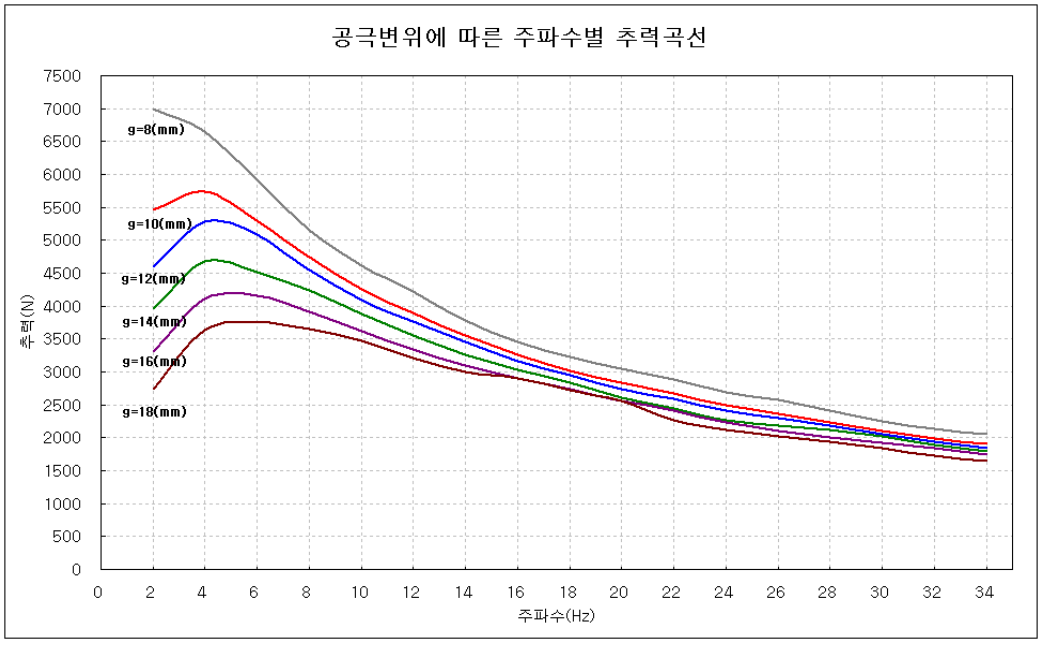

그림 9. 공극 변위에 따른 추력곡선

그림 10은 공극 변위에 따른 흡인력 곡선을 나타낸 것으로 공극의 길이가 작을수록 낮은 슬립 주파수에서 높은 흡인력을 가지는 것을 알 수 있다.

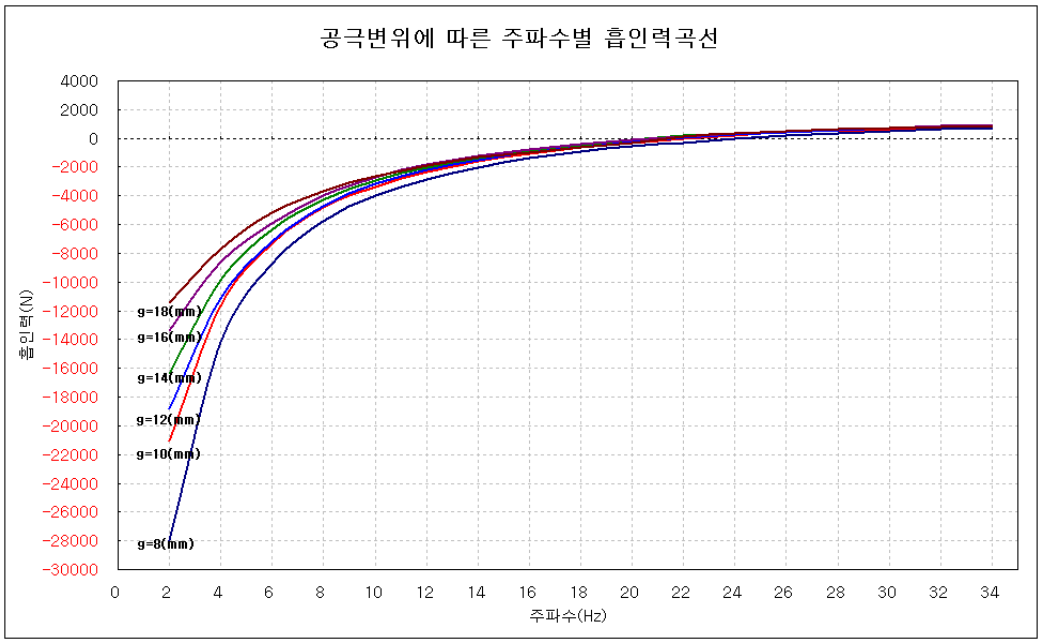

그림 10. 공극 변위에 따른 흡인력 곡선

그림 11.~그림 16.을 각공극에서 슬립 주파수 변위에 따른 전압, 추력 및 흡인력의 변화를 나타낸 곡선이다.

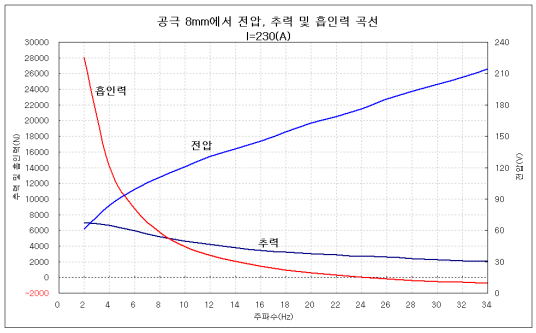

그림 11. 공극 8mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

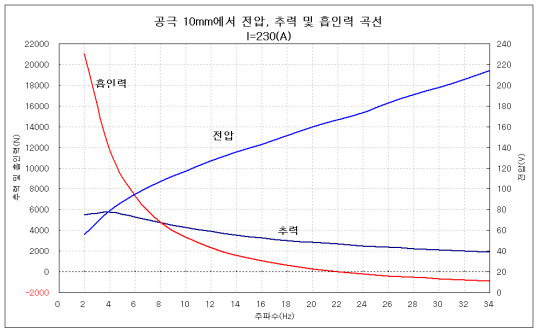

그림 12. 공극 10mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

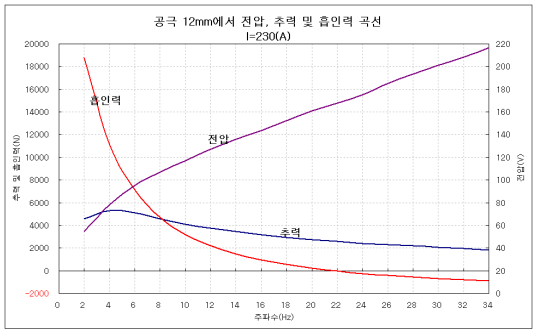

그림 13. 공극 12mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

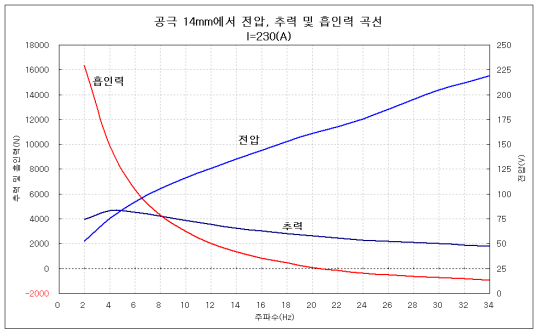

그림 14. 공극 14mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

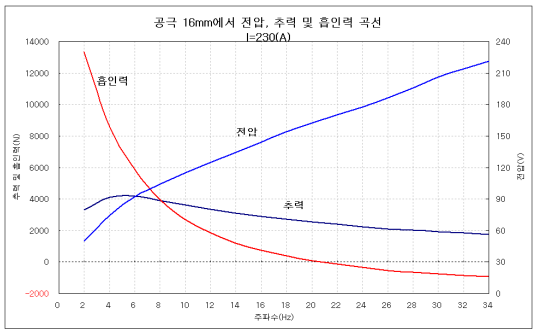

그림 15. 공극 16mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

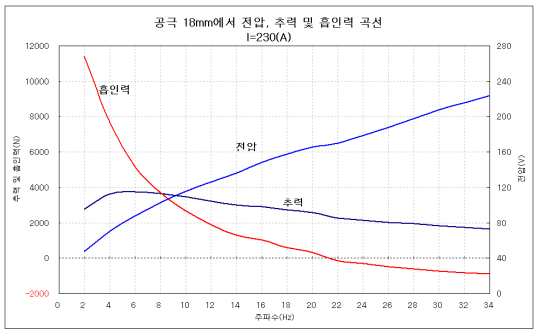

그림 16. 공극 18mm에서 슬립주파수 변위에 따른 특성곡선

3. 결 론

이상의 시험결과에서 보는 것과 같이 슬립 주파수가 낮을수록 추력은 일정하게 증가하다가 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 공극의 길이가 작을수록 낮은 주파수에서 추력은 계속해서 증가는 것을 알 수 있었다. 또한 그에 상응하는 흡인력은 추력이 증가하는 것 보다 훨씬 크게 발생하는 것도 알 수 있었다. 따라서 현재 운행되고 있는 자기부상열차의 공극을 12mm로 가정한다면 슬립 주파수를 12Hz~14Hz 사이에서 기동을 하는 것이 추력 대비 흡인력을 감소시켜 전자석의 부담을 덜어줄 수 있는 운전조건이라 할 수 있다.

향후 제작되는 LIM도 위와 같은 시험을 통해 최적의 운전점을 찾아 반영할 예정이다.

참고문헌

1. 한국기계연구원 (1992), “대전 EXPO'93 자기부상열차용 SLIM의 정특성 시험 및 평가”
2. 과학기술처 (1997), “도시형 자기부상열차 개발의 성능시험 및 평가”
3. 박승찬 (2007), “도시형 자기부상열차용 선형유도전동기의 경량화 설계”, 한국철도학회.