

Linear Motor 위치 제어 성능 시험을 위한 장치 연구

노창열*(충북대학교 대학원 기계공학과), 김주경(충북대학교 대학원 기계공학과),
노명환(충북대학교 대학원 기계공학과), 이응석(충북대학교 기계공학부)

Study on a Linear Motor Dynamometer for Positioning Performance Test

C. Y. Roh (Mech. Eng. Dept., CBNU), J. K. Kim(Mech. Eng. Dept., CBNU),
M. H. Roh (Mech. Eng. Dept., CBNU), E. S. Lee (Mech. Eng. Dept., CBNU)

ABSTRACT

Linear motor has been developed for linear motion of machine tools. Linear motor² is useful to design the linear motion, high speed and high accuracy, because of the simple system not required the additional mechanical part such as coupling and ballscrew.

This paper tested performance of linear motor such as velocity response , position tracing performance, subordinate Traction force change and positional accuracy.

Key Words : Cogging torque (코깅 토크), Velocity response (속도응답), Traction force (추력), Repeatability(재현성), Positional accuracy(위치정밀도)

1. 서론

리니어 모터는 모터의 기본이 되는 Primary part(회전모터의 Stator에 해당)와 Secondary part(회전모터의 Rotor에 해당)사이에서 일어나는 유도기전력에 의해 모터자체가 직선운동을 한다. 리니어 모터는 회전형 모터의 직선 변환기구에 비해 기계적인 변환장치가 필요 없으므로 구조가 간단하며 신뢰성이 좋을뿐만 아니라 기계적인 백래쉬가 발생하지 않아 고속, 고정밀 위치제어가 가능하다. 또한 공극에 있어 가동부 및 고정부가 비접촉 구동을 하므로 마찰이 없으며 소음이 적다 그러나 리니어 모터는 공극을 일정하게 유지해야 하고, 회전형 모터에 비해 누설자속이 많이 발생하는 단점이 있다. 또한 공작기계 구조물과 직접 결합되기 때문에 발생하는 열이 구조물에 직접 전달된다. 따라서 열발생은 리니어 모터의 성능을 저하시키며 특히 고 가감속 시 위

치정밀도를 저하시키게 된다. 리니어 모터를 공작기계에 적용할 경우 기존의 회전모터의 회전운동을 직선운동으로 변화시키는 기구(예를 들면 Ball screw 기구)가 생략되기 때문에 고속 직선운동이 가능하고 관성모멘트가 낮아져 높은 위치제어가 및 가속능력을 가진다. 즉 리니어 모터를 공작기계의 이송장치로 사용할 경우 공구를 교환하기 위한 그리고 가공 위치나 기준점으로 이동시키는 비절삭 시간을 많이 줄일 수 있어 생산성을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 리니어 모터의 운동 특성 및 제어보드의 성능을 알아보하고자 한다. 부하에 따른 위치정밀도 분석 , 위치결정능력, 속도 응답특성을 보아서 모터 및 제어보드의 특성을 알아보하고자 한다. 온도 센서 및 열화상카메라를 이용하여 온도 변화에 따른 위치정밀도 분석, 부하에 따른 로드셀값 변화를 알아보하고자 한다

2. 실험장치

Linear MR Fluid Damper는 현재 장치구성 비용이 높아 본 실험 장치 구성에서는 Rotary MR Fluid Damper를 이용하여 설계하였다. 본 연구에서는 또한 Rotary Motor를 연결하여 Rotary Motor의 rpm을 조정하여 (또는 Torque mode로 제어하여) Linear motor 제동 부하의 미세 조정 연구를 한다. Linear motor dynamometer 구성 원리는, Linear motor의 직선 운동을 rack & pinion 기어를 통하여 회전 방향으로 바꿔주고, 전자클러치를 통하여 Rotary motor와의 부하 전달 여부를 결정한다. MR Fluid Damper 및 Rotary motor로 부하를 가하여 Linear motor의 성능 시험을 수행한다.

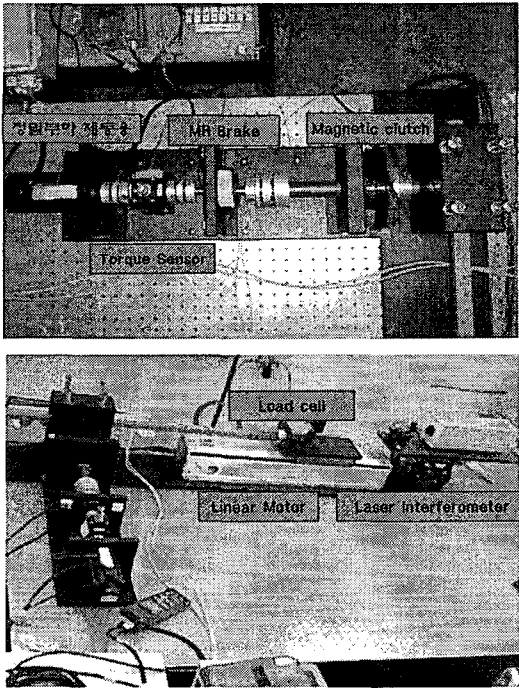


Fig.1 Device of Measurement

2.1 MR. Brake

MR. Brake는 LORD사의 제품을 사용하였다. Fig.2는 Rotary MR Fluid Damper에서는 Current-Torque에 대한 Load Data를 사용하였지만 Linear Motor 사용에 맞게 하기 위해 Current-Load(추력) Data로 변경한 것이다.

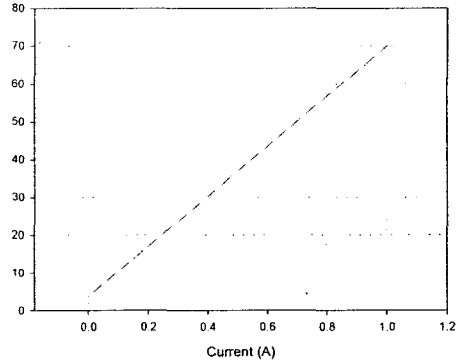


Fig.2 Current - Load (traction force) data

3. 위치제어 특성 실험 및 분석

3.1 Linear Motor 위치정밀도

Fig.3은 Linear Motor의 부하별 위치 재현성 (Repeatability)에 대한 그래프이다. 반복 횟수가 증가함에 따라 오차가 화살표 방향으로 안정화 되는 것을 볼수 있다. 반복횟수가 더 증가하면 리니어 모터의 온도가 올라가면서 오차는 다시 커지게 될것이다.

Fig.4는 20mm구간별 오차 그래프이다.전체 누적오차는 8.7micro-meter이다. 구간별로는 최대 구간오차는 1.2micro-meter의 오차가 있다.구간별 위치 오차를 보상을 해주면 오차가 많이 줄어 들것이다.

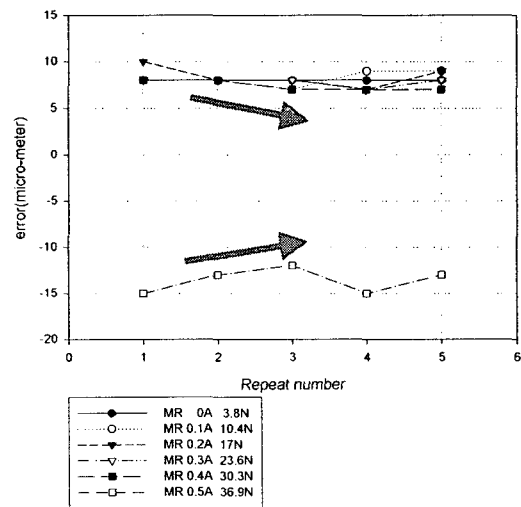


Fig.3 Subordinate position repeatability

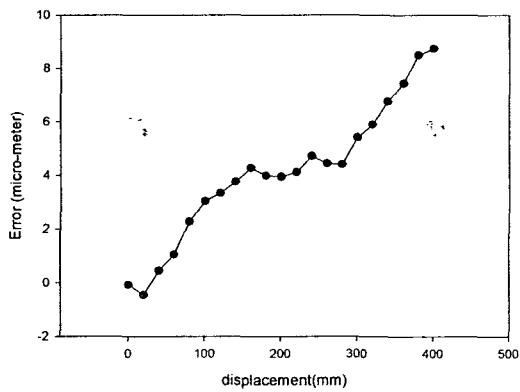
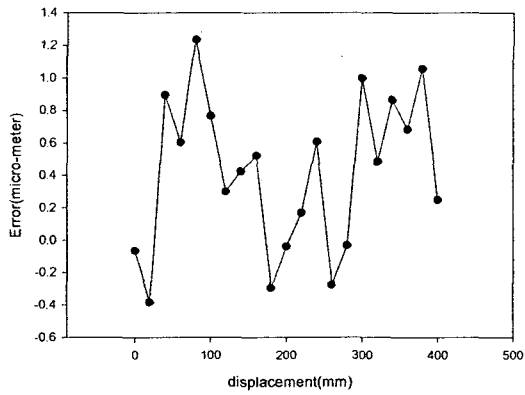


Fig.4 Precision of position

3.2 위치제어 특성 실험 및 분석

Fig.5는 부하별 위치 추적 성능 실험이다. 초기 부하가 증가함에 따라 지령 위치까지 도달하는 시간이 증가함을 알 수 있다.

Fig.6은 속도 응답 곡선이다. 초기 부하가 증가함에 따라 속도 응답곡선이 많이 진동하는 것을 볼 수 있다.

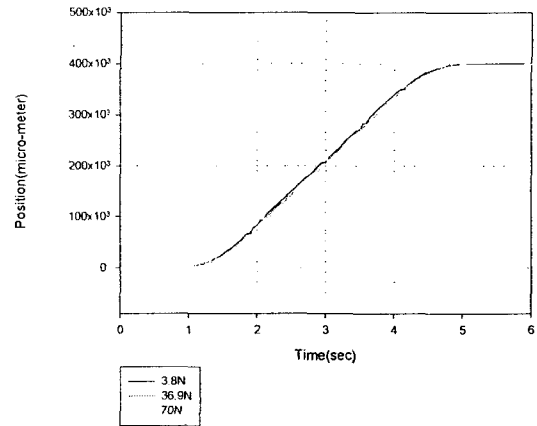


Fig.5 A Position tracing performance

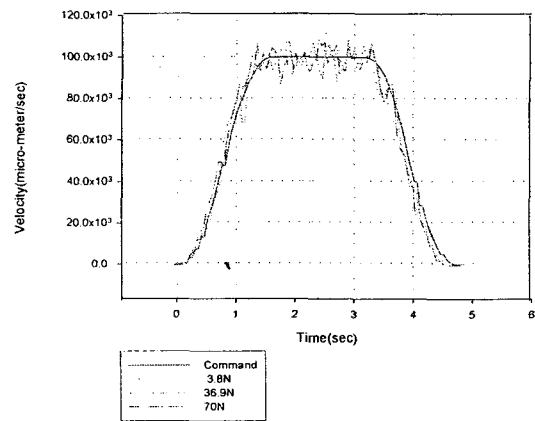
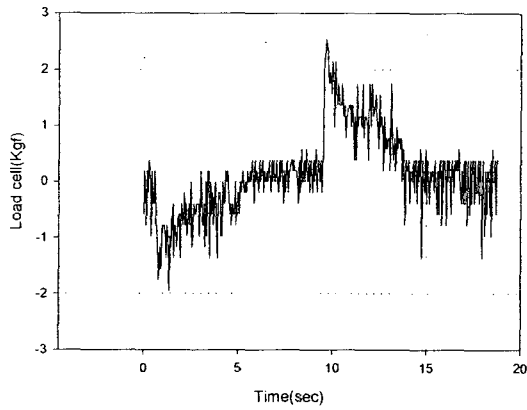
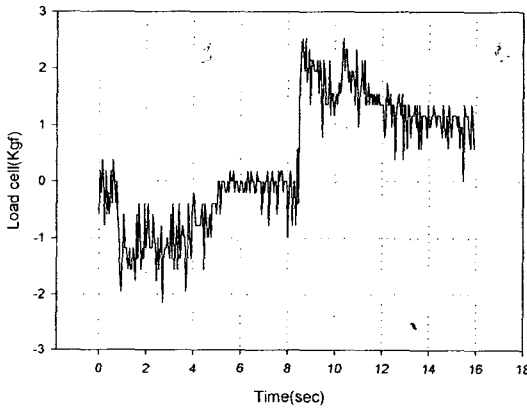


Fig.6 Velocity response

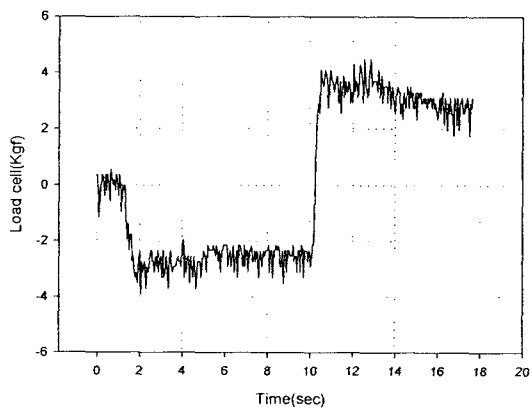
Fig.7은 부하별 추력변동 특성이다. 부하가 증가함에 따라 잔류 인장력이 증가함을 알 수 있다. 잔류 인장력의 발생 원인으로 리니어 모터의 여자 방식이 영구 자석형이기 때문이다. 영구자석형 모터에서 발생하는 코깅 토크에 의한 것으로 분석된다. 코깅 토크는 모터가 안정된 위치에 있지 못해서 안정된 위치로 가려는 힘을 말한다. 부하가 작을 때에는 코깅 토크가 초기 부하보다 크기 때문에 안정된 위치로 복귀했기 때문에 잔류 인장력이 작은 것이다.



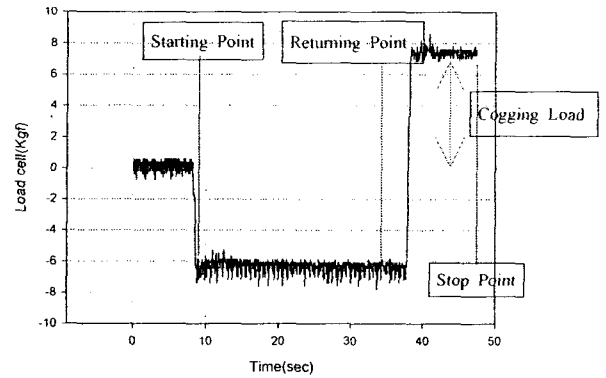
(a) No-load



(b) 3.8N



(c) 36.9N



(d) 70N

Fig.7 Subordinate Traction force change

4. 결론

-MR damper를 이용한 Linear Motor의 부하에 따른 정밀 위치 제어 성능 시험을 위한 Dynamometer 구성하여 Linear Motor의 구간별 위치 정밀도, S-Curve, 부하별 위치 추적 성능 시험, 속도 응답 특성, 추력 변동 특성, cogging load 등의 분석이 가능하다.

-MR damper의 전류를 제어하여 일정 Torque 제어 모드의 시험이 가능하고 Rotary motor를 Load로 하여 Linear Motor의 제동력으로 하는 Dynamometer 시험이 가능하다

후기

참고문헌

1. 최정원, 김상은, 이기동, 박정일, 이석규 "고속 고강성 이송시스템을 위한 리니어 모터 드라이브 개발" 한국 정밀공학회 춘계학술대회 논문집 pp.167~169, 2001
2. 최현중, 강은구, 정일용, 이석우 "공작기계용 리니어 모터의 운동성능 평가에 관한 연구" 한국 공작기계학회 춘계학술대회논문집 pp.215~220, 2002
3. 최현중, 정일용, 강은구, 이석우 "공작기계 고속이송용 리니어 모터의 열 특성 및 운동특성에 관한 연구" 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집 . 2001
4. 은인용 "Linear Motor를 이용한 위치결정 기술" 한국정밀공학회지 제17권 제12호, 2000
5. 정일용, 강은구, 이석우, 최현중 "공작기계 고속이송용 리니어 모터의 열 특성에 관한 연구" 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집 pp98~101, 2001