

공작기계 직선 운동 결합부의 정강성 Tuning 기법

Static Stiffness Tuning Method of Linear Motion Unit of Machine Tool

*#김양진¹, 이찬홍¹, 이재학¹, 하태호¹

*Y. J. Kim(yangjin@kimm.re.kr)¹, C. H. Lee¹, J. H. Lee¹, T. H. Ha¹

¹한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Machine tool, Static Stiffness, Tuning method, Finite element method

1. 서론

공작기계를 구성하는 결합부 중에서 직선 운동 결합부는 공작기계의 모성 원리를 실현하는 가장 중요한 결합부라고 할 수 있으며, 직선 운동 유닛의 오차가 공작기계의 가공 성능 오차로 연결된다고 할 수 있다.

이와 같은 공작기계 직선 운동 결합부의 구조적인 특성을 나타내는 가장 중요한 특성 값인 강성 계수와 감쇠 계수는 지금까지 다양한 방법으로 측정되어 왔으며 유한 요소 해석의 발달과 함께 복잡한 구조를 가진 결합부의 강성 계수 역시 계산이 용이해졌다⁽¹⁾⁻⁽²⁾.

하지만 기계장비에 상존하는 직선 운동 결합부의 강성계수 및 감쇠계수는 결합부만을 별도로 생각하였을 때와 기계장비 전체의 관점에서 생각하였을 때, 다른 수치를 가지고 있다. 이는 결합부 주위에 존재하는 다른 결합부의 존재, 직선 운동 LM Block의 위에 놓이게 되는 테이블의 중량 등이 결합부의 구조적인 특성에 영향을 끼치기 때문이다. 따라서 기계장비 전체 관점에서 고찰한 각종 결합부의 강성계수 및 감쇠계수로 결합부만의 강성 계수 및 감쇠 계수를 Tuning할 필요가 있다.

본 연구에서는 기계장비 전체 관점에서 고려한 직선 운동 결합부의 Tuning 방법을 제시하고 간단한 예를 통해 Tuning 방법을 검증한다.

2. 결합부 정강성 Tuning 기법

Fig. 1과 같은 직선 운동 유닛 시스템을 가정하여 본 연구에서 제안할 Tuning 방법론을 서술한다. Fig. 1의 시스템은 4개의 LM Block을 가지고 있는 Linear Motor 구동 방식의 직선 운동 시스템이며 LM Block 위에 테이블이 놓여 있으며, 실제 공작기계가 구동하고 있을 때에는 테이블 위에 공작물이

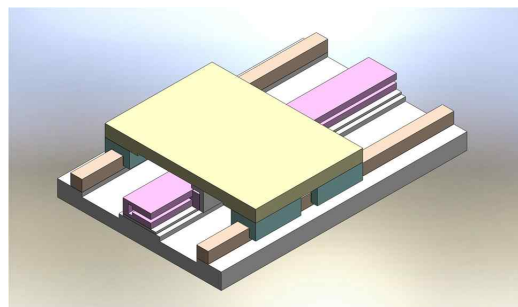


Fig. 1 Linear motion unit system

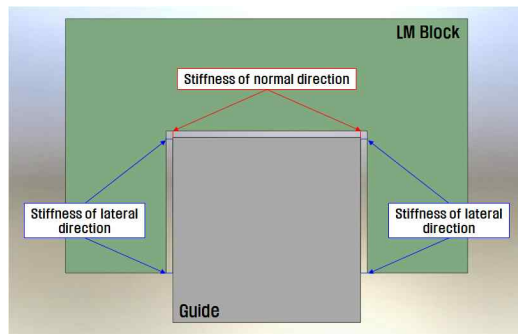


Fig. 2 Normal and lateral stiffness of LM Block

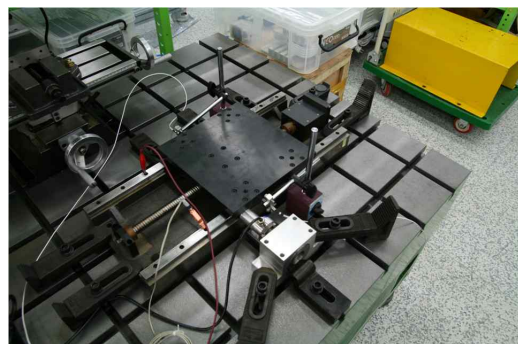


Fig. 3 Linear motion unit system

놓인다고 가정한다. 방법론을 구체적인 수준에 따라 서술하면 다음과 같다.

1. 직선 운동 유니트 시스템을 구성하는 4개의 LM Block을 Fig. 2와 같이 측면 방향의 강성과 수직 방향의 강성으로 나누어서 고찰한다.
2. 한 개의 LM Block에 대해서 정적인 힘을 가하여 4개의 LM Block에서의 정적인 변위를 측정한다.
3. 카탈로그 상에 있는 LM Block의 강성값을 바탕으로 유한요소해석에서 강성 계수를 변화시키면서 실험에 의한 변위와의 차가 최소가 되도록 유한요소해석에서의 강성 계수를 직접 탐색한다. 즉, 다음의 목적 함수가 0에 수렴하도록 유한요소해석에 의한 강성 계수를 추출한다.

$$\Delta_{normal} = \sum_{i=1}^4 \left(1 - \frac{\delta_{nti}}{\delta_{nei}} \right)^2$$

$$\Delta_{lateral} = \sum_{i=1}^4 \left(1 - \frac{\delta_{lti}}{\delta_{lei}} \right)^2$$

제안하는 Tuning 방법론은 정적인 실험에 의한 변위를 신뢰하면서 유한요소해석에 의해서 강성 계수를 직접 탐색하는 방법이며, 직선 운동 유니트 시스템의 LM Block의 강성을 고려하여 수직 방향과 측면 방향의 강성을 개별로 분리하여 Tuning하는 방법이다.

3. 정적 하중 부과 실험

상기의 Tuning 방법론을 검증하기 위한 모델로서 본 연구에서는 Fig. 3과 같은 직선 운동 유니트 시스템을 이용하였다. Fig. 3의 직선 운동 유니트 시스템은 볼스크류 구동 방식의 시스템이며 4개의 LM Block으로 구성되어 있다. 각각의 LM Block의 측면 방향의 정적인 변위를 측정하기 위해서 Capacitive Sensor를 LM Block의 측면 방향에 설치하였으며, Load Cell을 이용하여 10 kgf의 정적인 하중을 부과하였다. Capacitive Sensor와 Load Cell로부터의 Data는 DAQ 시스템을 통해서 컴퓨터로 보내진다.

4. 유한요소해석

Fig. 3의 볼스크류 구동의 직선 운동 유니트 시스템을 Fig. 4와 같이 3D CAD 모델링하였다. Fig.

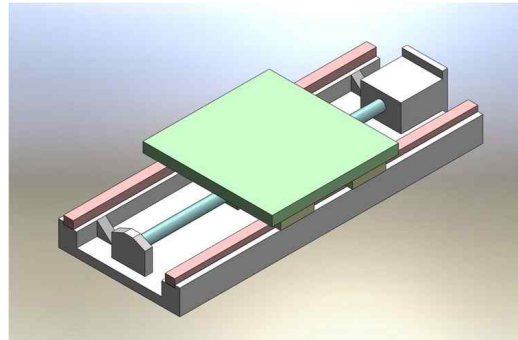


Fig. 4 3D CAD Modeling of linear motion unit system

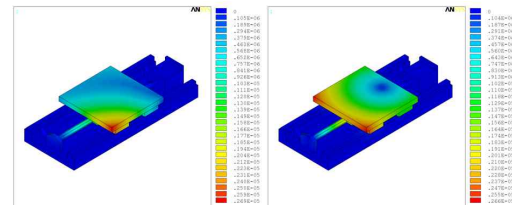


Fig. 5 Deformation of linear motion unit system

3의 모델의 LM Block 1개에 수직 방향 및 측면 방향 강성을 배치하여 FEM Tool에서 각 방향으로 100 N을 부과했을 때를 Fig. 5에 나타낸다. 구조 재료로는 GC300과 SCM400을 이용하였으며 물성치는 Table 1과 같다.

5. 결론 및 급후의 일정

직선 운동 유니트 시스템에서의 LM Block의 수직 방향 및 측면 방향의 강성 계수를 공작기계 전체 관점에서 고찰한 강성 계수로 Tuning하기 위한 방법론을 제안하였으며, 이는 정적인 하중을 가하는 실험에 의한 변위값에 기초를 두면서 유한요소해석을 통해서 강성 계수를 탐색하는 방법이다. 후로는 실제 실험을 진행하면서 정적인 변위를 추출하여 FEM Tool을 이용해서 실제 LM Block의 강성 계수를 Tuning한다.

참고문헌

1. N. Beck et al., "Review of the Research on Fixed and Sliding Joints," Proc. 13th Int. MTDR Conf., 87, 1978.
2. N. Beck et al., "Analysis of Machine Tool Joints by the Finite Element Method," Proc. 14th Int. MTDR Conf., 529, 1974.