

공작기계의 정동적 해석 Platform 개발 Development of Static and Dynamic Analysis Platform for Machine Tool

*이찬홍¹, #이재학¹, 하태호¹

*C. H. Lee¹, #J. H. Lee(jaehak76@kimm.re.kr)¹, T. H. Ha¹

¹한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Static and dynamic analysis of machine Tools, FEM modeling automation, 3D modeling of moving and fixed joints

1. 서론

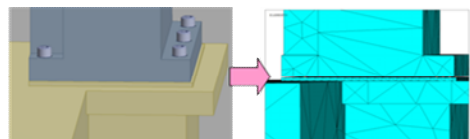
최근에 공작기계 신제품 개발 기간을 단축하고 원하는 목표사양의 장비를 효율적으로 개발하기 위해 디자인 단계부터 개발 제품을 평가하고 성능을 예측할 수 있는 가상 공작기계(Virtual Machine Tool)에 대한 관심이 급증하고 있다. 가상 공작기계를 현실적으로 구현하기 위해서는 복잡한 실제 도면을 전산해석 수행을 위해 전산모델로 단순화하는 과정이 요구된다. 또한 수 많은 결합부를 빠르게 자동으로 추출하여 전산모델을 위한 결합부로 변환하고 강성값을 자동분배 함으로써 FEM 을 효율적으로 수행할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 공작기계의 정동적 해석을 빠르게 수행하기 위한 정동적 해석 플랫폼 개발에 관한 연구를 수행하였으며 다양한 3 차원 CAD 모델을 활용하여 전산모델 단순화 과정 및 정동적 FEM 해석을 수행하여 개발된 플랫폼의 효용성을 검증하였다.

2. 전산모델 구축 및 결합부 단순화

공작기계 상세도면을 단순화 과정 없이 사용하여 FEM 을 수행하는 경우 부분적으로 매우 많은 수의 mesh 가 생성되어 해석 시간이 길어져 실제로 다수의 결합부로 구성되어 있는 전체 장비를 해석하기에 현실적으로 어려운 점이 있다. 기존 상용 FEM 해석 소프트웨어의 경우 이러한 단순화 과정을 해석 수행자가 직접 수동으로 작업하여 해석을 위한 전산모델을 준비하는데 많은 노력과 시간이 소요되는 단점이 있어 비전문가가 해석을 수행하는데 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 전산모델 단순화 과정을 Autodesk Inventor 의 API (Application Program Interface)를 이용하여 모델

단순화 모듈을 구축하였으며 mesh 를 생성 시 불필요하게 많은 mesh 가 발생하는 것을 방지하기 위해 챔퍼링 및 필렛을 자동 검색 및 삭제하고 볼트와 마운트와 같은 고정형 결합부와 직선이송계, 회전이송계와 같은 이동형 결합부를 탐색하고 결합부를 짧은 시간에 단순화하고 면분할하여 강성 및 감쇠계수를 입력가능하도록 하는 단순화 모듈을 구성하였다. 단순화 모듈을 검증하기 위해 다수의 결합부로 구성된 머시닝센터의 3D CAD 모델을 이용하여 검증하였다.

Fig.1 은 개발된 해석 플랫폼을 활용하여 볼트결합부, 마운트, 직선이송계, 회전이송계를 단순화하고 강성 및 감쇠계수를 입력하기 위해 면분할을 수행한 후 선요소를 자동연결 및 meshing 작업을 수행한 결과를 나타낸다. 해석은 Ansys 를 활용하여 수행하기 위해 구조바디의 경우 8 brick 45 node 요소를 사용하였으며 강성 및 감쇠계수를 입력하기 위한 선요소의 경우 볼트결합부, 마운트, 회전이송계에 matrix 27 요소를 적용하였으며 직선이송계의 경우 combine 14 요소를 이용하였다. 아래 결과에서 확인 가능한 바와 같이 모든 결합부를 자동으로 추출하여 불필요한 구멍을 채우고 결합부면을 자동으로 면분할하여 강성 및 감쇠계수를 입력하기 위해 선요소가 성공적으로 분배되었음을 확인할 수 있다.



(a) Bolt joint

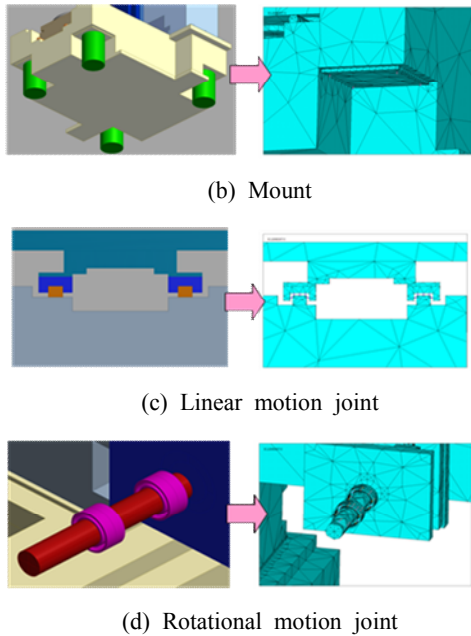


Fig.1 Simplification and stiffness modeling results of various joints

Slant 구조의 머시닝센터와 같이 결합부가 해석영역의 절대좌표계와 방향이 일치하지 않고 기울어진 경우 각 방향의 강성값을 입력하기 위해서는 matrix 27 강성요소의 좌표변환이 요구되며 사람이 수동으로 좌표변환을 하는 경우 많은 시간과 노력이 요구된다. 본 연구에서 개발한 플랫폼을 활용하는 경우 경사진 결합부의 강성값을 자동 변환하여 쉽게 matrix 27 요소의 행렬에 입력 가능하다.

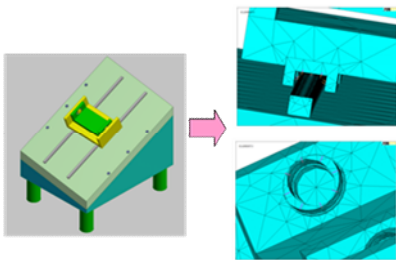
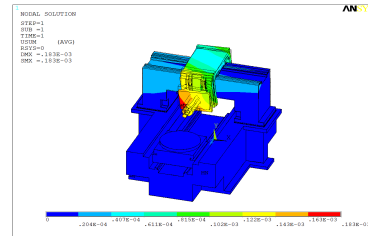


Fig.2 Simplification and stiffness modeling of slanted joints

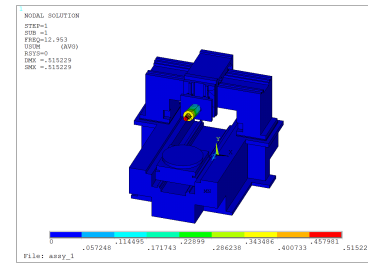
2. 전산모델 해석검증 결과

Fig.3 은 개발된 플랫폼을 활용하여 정동적

해석을 수행한 결과를 나타내며 정적 해석의 경우 1000 N 을 상단에 인가했을 때의 변위를 나타내며 동적해석의 경우 Mode1 의 발생위치를 나타내며 해석 결과가 타당성 있게 나오며 수동 검증모델과 비교하여 동일한 결과를 얻었다. 또한 여러 개의 다른 장비 모델을 이용하여 플랫폼을 검증하였으며 다양한 모델에서도 수동모델과 비교하여 동일한 결과를 얻었다.



(a) Static analysis



(b) Modal analysis (mode 1, 12 Hz)

Fig.3 Static and dynamic analysis results

3. 결론

본 연구를 통하여 정동적 해석을 수행하기 위해 전산모델을 자동으로 구축할 수 있는 플랫폼을 개발하고 다양한 모델을 활용하여 이를 검증하였다. 다양한 결합부를 자동으로 단순화 및 강성 분배를 수행함으로써 해석시간을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Altintas, Y., Brecher C., Weck, M. and Witt, S., "Virtual Machine Tool," CIRP Annals Manufacturing Technology, Vol. 54, Issue 2, pp. 115-138, 2005