

절대절점좌표를 이용한 탄성 다물체동역학 해석에서의 동응력 이력 계산에 관한 연구

서종휘*(아주대 대학원), 정일호(아주대 대학원), 박태원(아주대)

주제어 : 절대절점좌표(Absolute Nodal Coordinates), 대변형(Large Deformation), 동응력(Dynamic Stress), 탄성 다물체동역학(Flexible Multibody Dynamics), 탄성체(Deformable Body)

다양한 기계분야에서 시스템의 고속화, 경량화로 인한 부품의 잦은 탄성변형(Elastic Deformation)은 제품의 피로파괴를 유발하는 주요한 원인이 되고있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 부품의 탄성변형을 해석하고 이로부터 피로의 주요한 원인인 정확한 동응력을 계산하려는 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 시제품에 대한 내구도 시험 없이 경제적이고 효율적으로 피로수명(Fatigue Life)을 예측하기 위해서는 컴퓨터 시뮬레이션 기술이 효과적으로 사용될 수 있다. 그 대표적인 방법들로는 모드좌표(Modal Coordinates)를 이용한 탄성 다물체동역학 해석기술과 상용 유한요소해석 프로그램을 이용하는 방법 등을 들 수 있다.

모드좌표를 이용한 탄성 다물체동역학방법은, 고려되는 시스템의 독립좌표수가 적어 수치적인 효율성은 있으나, 물체의 변형이 클 경우 회전자유도가 중요하게 고려되는 대변형 현상은 잘 표현할 수가 없으며, 더군다나 부품의 탄성변형모드(Elastic Deformation Modes)를 구하기 위해 유한요소해석을 별도로 수행해야 하므로 피로수명의 예측에 필요한 동응력 이력(Dynamic Stress Time History)을 계산하는 것은 매우 번거로운 과정이 될 수 있다. 진동해석이나 정적해석 기능을 제공하는 상용 유한요소해석 프로그램도 비선형 기계계의 동역학 해석까지 할 수 있게 되었고, 비교적 정확한 동응력을 계산할 수 있지만 많은 노력과 긴 해석시간이 필요하다.

최근, 절대절점좌표(Absolute Nodal Coordinates)를 이용하여 물체의 대변형까지 고려할 수 있는 동역학 해석기법이 제안되었는데 이는 모드좌표를 이용한 기존의 탄성 다물체동역학 이론만으로는 물체의 대변형 해석에 한계가 있으므로 유한요소방법의 절점좌표(Nodal Coordinates)를 이용하여 유도된 것으로 실제 대변형 시험에 의해서도 그 신뢰성이 검증되고 있다.

이에 본 연구에서는, 신뢰성이 검증된 절대절점좌표를 이용한 동역학 해석기법을 통해, 한 번의 해석만으로도 물체의 변위, 속도, 가속도, 힘 등의 동적 특성은 물론, 물체의 구조적인 특성인 변형량(Strain)이나 동응력까지도 동시에 계산할 수 있는 방법을 제안하였으며 일반 상용해석 프로그램인 ABAQUS 로 계산한 결과와 비교하였다. 본 연구의 의미는, 다물체동역학이라는 학문분야가 구조동역학(Structual Dynamics) 분야와의 동시접목이 가능함을 보이는 것이며 나아가, 기계 시스템의 피로해석(Fatigue Analysis)분야까지도 연계가 될 수 있을 것이다.

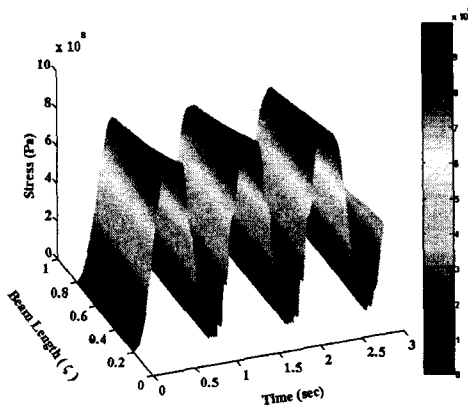


Fig. 1 Dynamic Stress Distribution of a Beam Element

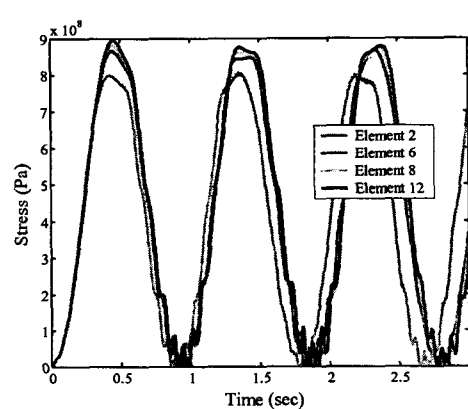


Fig. 2 Stresses in Using Different Number of Elements