

# 회전체 시스템에 대한 유연다물체 동역학 해석 기법에 관한 연구 A Study on Flexible Multi-Body Dynamics on Rotating System

\*#김창완<sup>1</sup>

\*#C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 건국대학교 기계설계학과

Key words : Multi-Body Dynamics, Blade, Spring damper

## 1. 서론

풍차나 헬기의 블레이드에 대한 구조 해석 및 구조 동역학에 관한 연구는 매우 활발하게 학계 및 산업계에서 진행되어 왔다. 회전체 동역학 특성 분석을 위해서는 블레이드 단일 부품에 대한 특성 분석보다는 블레이드 외에도 허브, 조인트 등을 동시에 포함하는 회전체 전체 시스템에 대한 동역학 특성 분석이 필요하다. 이를 위해서는 각 기계부품의 위치, 속도, 가속도 및 결합부위인 조인트간의 힘을 계산하는 학문인 다물체 동역학(Multi-Body Dynamics, MBD) 해석이 필수적이다. 다물체 동역학은 라그랑지(Lagrange) 방정식을 바탕으로 운동방정식을 구성하여 시간에 대한 적분을 통해 물체의 위치, 속도, 가속도 및 결합부위인 조인트간의 힘을 계산하는 학문이다.

본 연구에서는 강체만을 고려하는 다물체 동역학 뿐만 아니라, 유연체 또는 탄성체를 동시에 고려하는 유연다물체 동역학 이론을 이용하여 회전체 시스템에 대한 다양한 동역학 해석을 수행하였다. 특히 강체 및 유연체로 각각 달리 모델링된 블레이드에 대한 동역학적 특성을 분석하였다.

## 2. 회전체 시스템 모델

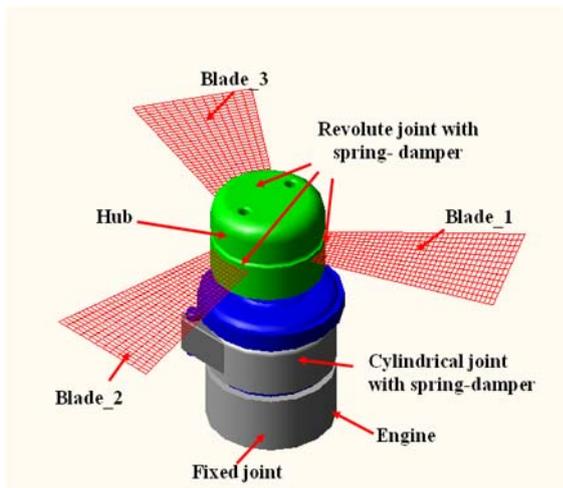


Fig. 1 A rotating blade system with flexible bodies

회전체 시스템은 3 개의 블레이드, 허브, 블레이드와 허브를 연결하는 스프링 댐퍼, 허브 중심부에 있는 스프링 댐퍼로 구성되어 있다.

## 3. 회전체에 대한 동역학 해석

다물체 동역학에서 각각의 물체  $i$  에 대한 좌표계를 설정하고 generalized coordinate 를 정의한다. 이를 이용하여 다음과 같은 운동방정식을 구한다.

$$M^i \ddot{q}^i + C^i \dot{q}^i + K^i q^i = Q_e^i + Q_v^i$$

여기서  $M$  은 질량,  $K$  는 강성,  $C^i$  는 댐핑 행렬이고,  $Q_v^i$  속도 벡터이다.

Fig.1 에 나타난 회전체 시스템에 대해서 블레이드를 강체로 모델링하고, 다른 한 경우에는 유연체로 모델링하여 동역학 해석을 수행하였다. 일정한 토크를 회전축의 중심에 작용하였고, 중력의 효과를 고려하였다. Fig.2 및 Fig.3 은 강체 및 유연체 두 가지의 경우에 대해서 동역학 해석을 수행한 결과를 비교하였다. Fig.2 는 허브 중심에 있는 선형 스프링 댐퍼에 작용하는 반력을 시간 별로 나타내었다. 0.4 초 이후에는 강체 및 유연체 모델 모두 동일한 반력을 나타내고 있으나, 0.4 초 이전에는 유연체의 경우 물체의 유연성으로 인해 반력이 진폭이 큰 것을 알 수 있다. Fig. 3 은 허브와 블레이드 사이에 있는 회전 스프링 댐퍼에 작용하는 토크 반력을 나타낸다. Fig.2 와 동일하게, 초기에는 유연체 모델의 반력이 진폭이 커나. 두 모델의 해가 일정시간이 지나면서 동일해지는 것을 알 수 있다.

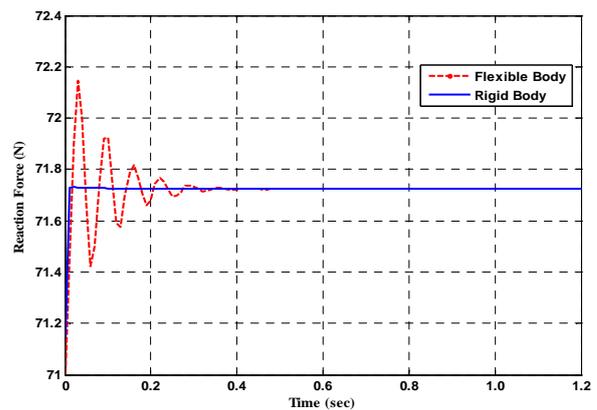


Fig. 2 A reaction force in the linear spring of hub in rotating system

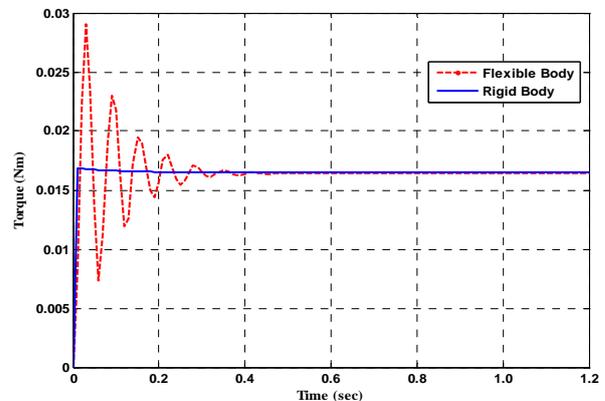


Fig. 3 A torque in the rotational spring damper between the hub and the blades

#### 4. 결론

본 연구에서는 블레이드 및 조인트를 포함한 회전체 시스템에 대해서 강체 및 유연체로 각각 모델을 만들어 강체 및 유연 다물체 동역학 해석을 수행하였다. 유연체 모델의 경우 허브 중심의 선형 댐퍼 및 허브와 블레이드 연결 댐퍼에서는 회전 초기에 반력이 진폭이 커나, 강체 및 유연체 모델 모두가 일정시간이 지나면서 반력의 값이 동일해지는 것을 알 수 있다.

#### 후기

This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government(MEST) (no. 2009-0067895).