테이퍼 롤러 베어링으로 지지된 회전체의 동특성 해석

Dynamic analysis for rotor system supported by tapered roller bearings

*배규현 [1], 강동경 [1], #홍성욱 [1]

*G. H. Bae[1], D. K. Gang[1] , S. W. Hong(swhong@kumoh.ac.kr)[1]

[1]금오공과대학교 기전공학과

Key words : Tapered roller bearing, Preload, Stiffness, Natural frequency, spindle

1. 서론

테이퍼 롤러 베어링은 축방향과 경방향의 하중을 복합적으로 지지하며 큰 하중에 사용이 가능하여 차량, 선박 등의 대용량 축에서 널리 사용된다. 이러한 테이퍼 롤러 베어링의 특성을 예측하기 위하여 많은 연구가 있어왔다.[1,2] 본 논문에서는 예하중의 변화에 따른 베어링 강성 및 회전체의 동특성을 분석하였다. 시뮬레이션을 통해 테이퍼 롤러 베어링의 배열 및 베어링에 인가되는 예하중이 베어링의 강성과 회전체에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

2. 회전축 베어링 모델

논문에서 고려한 회전체는 Fig. 1 과 같으며 스프링을 이용하여 정해진 하중을 베어링에 인가하는 정 예하중(Constant preload) 방식을 적용하였다. 단순 축의 양쪽 끝단에 내경이 80mm 인 30216A 테이퍼 롤러 베어링을 사용하였으며 축의 길이는 1000mm 로 두었다.

베어링 강성 계산을 위해 상용프로그램인 Bearinx-online 을 사용하였다. 또한 회전체 베어링 계 전체의 동특성을 계산하기 위해 보요소 이론에 근거한 유한요소 프로그램을 개발하여 상용프로그램에서 얻어진 강성 데이터를 데이터로 활용하여 계산하였다.

3. 베어링 강성 계산결과

테이퍼 롤러 베어링의 특성을 분석하기 위해 예하중과 회전속도를 변경하며 강성 계산을 수행하였다. 예하중은 400N 에서 4000N 까지 변경시키면서 계산하였고, 회전속도는 베어링 제작사에서 제시한 최대속도 근처인 5000rpm 까지 계산하였다.

Fig. 2 는 302 계열의 세가지 베어링에 대한 계산 결과이다. 각접촉 볼 베어링과 마찬가지로 예하중이 증가하면 강성이 증가하는 일반적인 모습을 볼 수 있다. Fig. 3 과 4 는 예하중과 속도를 동시에 변경시키며 계산한 결과이다. 회전속도가 증가함에 따라 축방향과 반경방향 모두 강성이 감소하는 현상을 볼 수 있다. 특히 예하중이 작을 경우 회전속도에 따라 강성 변화가 급격히 발생하는 것을 볼 수 있다.

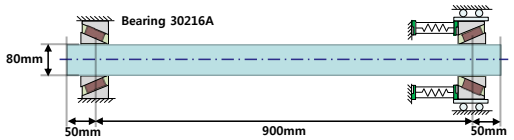

Fig. 1 Spindle-bearing model

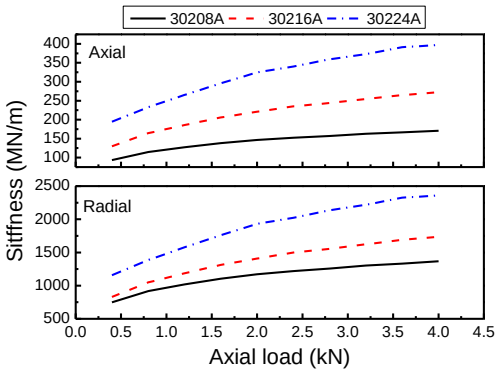

Fig. 2 Stiffness of tapered roller bearing subjected to axial preload

4. 회전체 동특성 계산결과

Fig.1 과 같은 회전체에, 앞서 계산한 테이퍼 롤러 베어링이 결합된 회전체에 대한 동특성 계산 결과를 Fig. 5 에 나타내었다. 그림은 축예하중이 400N 일 때 1~3 차 모드의 고유진동수를 개발된 프로그램을 이용한 결과와 상용프로그램에 의한 결과를 동시에 보여주고 있다. 3 차모드에서 약간의 차이가 관측되는 이유는 보요소의 차이에 의한 것으로 판단된다.

회전속도와 베어링 배열을 바꾸면서 고유진동수를 계산하였고, 그 결과 고려한 회전체에서는 O 형 배열이 X 형 배열보다 더 낮은 고유진동수가 나타나고 있으며 회전속도에 따라 고유진동수가 감소하게 됨을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 테이퍼 롤러 베어링으로 지지된 회전체의 동특성을 계산하는 프로그램을 개발하였으며 상용프로그램으로부터 얻어진 베어링 강성을 이용하여 회전체의 동특성을 계산하였다. 테이퍼 롤러 베어링의 배열방식, 예하중 및 회전속도에 따라 회전체의 고유진동수가 큰 영향을 받게됨을 확인하였다.

후기

본 연구는 기계장비 정밀도 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다..

참고문헌

1. de Mul, J.M., Vree, J.M., and Maas, D.A., “Equilibrium and Associated Load Distribution in Ball and Roller Bearings Loaded in Five Degrees of Freedom While Neglecting Friction-Part II Application to Roller Bearings and Experimental Verification,” ASME J.of Tribology, Vol. 111, No. 1, pp.142-148, 1989
2. Lim, T.C., and Singh, R., “Vibration Transmission Through Rolling Element Bearings, Part V Effect of Distributed Contact Load on Roller Bearing Stiffness Matrix,” J. of Sound and Vibration, Vol. 111, No. 1, pp.142-148, 1989

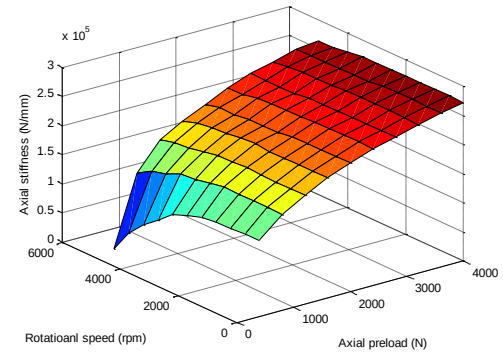

Fig. 3 Axial stiffness of taper roller bearing (30216A) as a function of axial preload and rotational speed

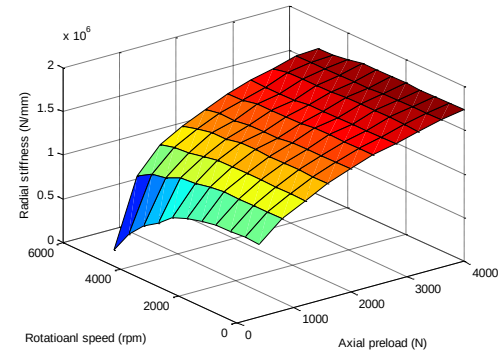

Fig. 4 Radial stiffness of taper roller bearing (30216A) as a function of axial preload and rotational speed

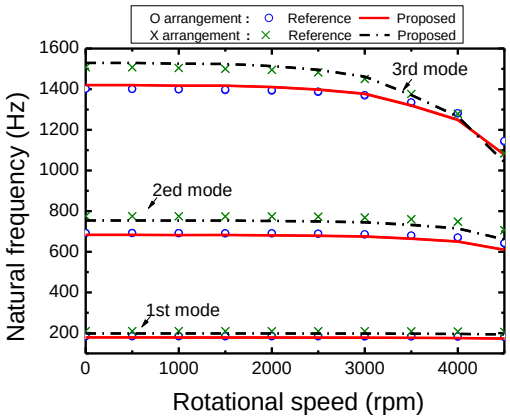

Fig. 5 Natural frequencies as a function of rotational speed with bearing arrangement changed