

각접촉 볼베어링의 배열이 회전체 동특성에 미치는 영향에 관한 고찰

Effects of Angular Contact Ball Bearing Arrangement on the Rotor-Bearing Dynamics

*최춘석¹, 이찬홍², #홍성욱¹

* C.S. Choi¹, C.H. Lee², #S. W. Hong(swhong@kumoh.ac.kr)¹

¹금오공과대학교 기전공학과, ²한국기계연구원

Key words : Angular contact ball bearing, Dynamic model, Bearing arrangement, Stiffness, Natural frequency

1. 서론

고속 스피들에는 축방향과 경방향 하중을 모두 지지할 수 있는 각접촉 볼베어링(Angular contact ball bearing)을 널리 채용하고 있다.^[1]

각접촉 볼베어링은 그 속성 때문에 단독으로 사용될 경우 한쪽 축방향으로의 하중만을 지지할 수 있으므로 2 개 이상이 조합되어 사용되며, 그 조합방식에 따라 스피들의 특성이 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다.^[2] 본 논문에서는 정예하중 조건에서 각접촉 볼베어링의 배열에 따른 회전체 동특성 변화를 고찰하였다.

2. 스피들 베어링 계 모델링

각접촉 볼베어링이 결합된 스피들의 동특성을 해석하기 위해 모델을 구성하였다. 베어링은 de Mul 의 모델^[2]을 기반으로 구성하였으며 회전체는 보 요소 이론에 근거한 유한요소 모델을 이용하였다.

3. 시뮬레이션

베어링 배열에 따른 특성을 검토하기 위해 Fig. 1 과 같은 1000mm 단순 회전체에 두 개의 각접촉 볼베어링이 정예하중 방식으로 결합된 시스템을 고려하였다. 베어링은 좌우대칭을 배치하였으며 끝단으로부터 50mm 에서 300mm 까지 50mm 간격으로 변경하며 계산하였다. 계산에 사용한 베어링은 7008C 이다. 베어링의 예하중은 300N 을 주었으며 베어링의 배열의

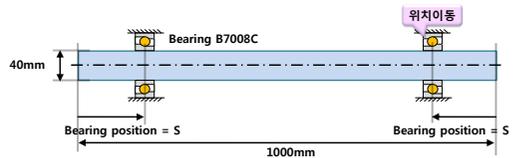


Fig. 1 Simple shaft-bearing model

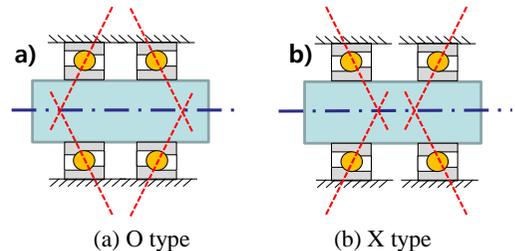


Fig. 2 Types of bearing arrangement

경우 Fig. 2 와 같이 O 와 X 의 형태를 고려하였다.

먼저 개발된 프로그램을 검증하기 위해 상용프로그램(Bearinx)과 비교하였다. 특히, 베어링의 배열과 회전속도와 베어링의 위치를 변경시키며 계산하였다. Fig. 3 은 회전속도의 변화에 따른 고유진동수를, Fig. 4 는 베어링의 위치에 따른 고유진동수를 비교한 그림이다. 상용프로그램과 제안된 모델에 의한 계산결과를 비교하고 있으며 결과가 잘 일치하고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 5 는 정지상태에서 베어링 설치위치(S)를 바꾸며 O 와 X 배열에 따른 4 차모드까지의 고유진동수를 비교하여 보았다. 1 차 모드에서는 고유진동수가 200mm 일 때까지 X 방식이

높게 나타나지만, 250mm 부터는 O 방향이 높게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

특히 저차모드인 1,2 차 모드의 경우 베어링의 설치 위치가 끝단에 가까울수록 O 형식이 X 형에 비해 낮은 고유진동수를 보이고 있으나 베어링이 중심으로 갈수록 O 형식의 고유진동수가 상대적으로 높아지는 것을 볼 수 있다. 그러나 3, 4 차의 경우에는 그 특성이 복잡적으로 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 이는 베어링의 영향이 모드형상에 의존하기 때문인 것으로 판단된다. 이 같은 특성은 각접촉 볼베어링이 갖는 변위-모멘트 커플링 효과에 의해 나타나는 것으로서 스핀들의 강성을 높이기 위해 O 형식의 베어링 배열을 채용하는 것이 항상 적절하지는 않다는 것을 의미한다.

4. 결론

본 논문은 각접촉 볼베어링의 배열 방식에 따른 회전체-베어링 계의 동특성 변화에 대해 고찰하였다. 베어링의 배열방식에 따른 영향이 베어링의 위치에 따라 달라지며, 회전체의 모드에 영향을 받는 것을 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 I: general theory and application to ball bearings," ASME J. of Tribology, Vol. 111, No. 1, pp.142-148, 1989.
2. Li, H. and Shin, Y., "Analysis of bearing configuration effects on high speed spindles using an integrated dynamic thermo-mechanical spindle model," Int. J. of Machine Tools and Manufacture, Vol.44, 347-364, 2004.

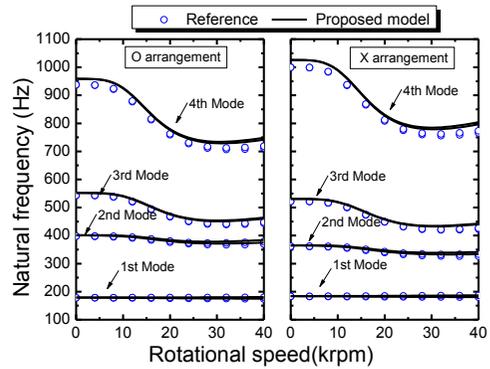


Fig. 3 Comparison of natural frequencies as a function of rotational speed by the commercial program and the proposed program.

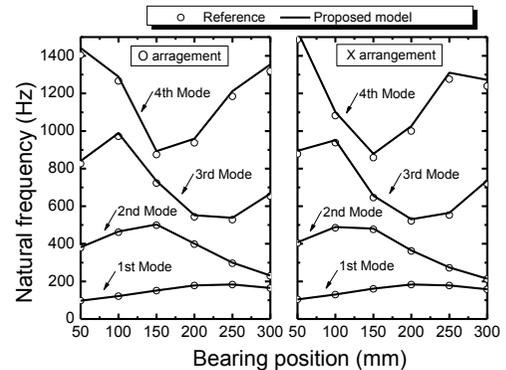


Fig. 4 Comparison of natural frequencies as a function of bearing position by the commercial program and the proposed program.

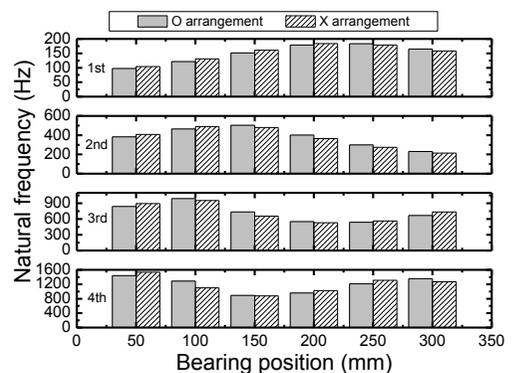


Fig. 5 Comparison of first 4 nature frequencies as a function of bearing position with respect to the bearing arrangement.