

# 각접촉 볼베어링의 배열이 회전체 동특성에 미치는 영향에 관한 고찰

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

\*최춘석<sup>1</sup>, 이찬홍<sup>2</sup>, #홍성욱<sup>1</sup>

\* C.S. Choi<sup>1</sup>, C.H. Lee<sup>2</sup>, #S. W. Hong(swhong@kumoh.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>금오공과대학교 기전공학과, <sup>2</sup>한국기계연구원

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.<sup>[1]</sup>

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.<sup>[2]</sup> 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<sup>[2]</sup>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

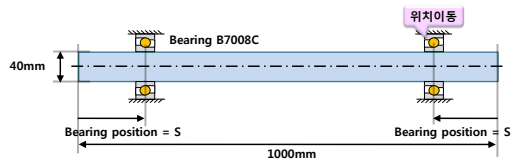


Fig. 1 Simple shaft-bearing model

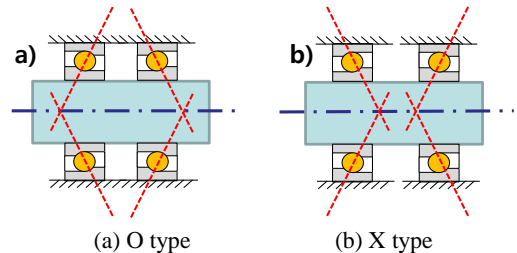


Fig. 2 Types of bearing arrangement

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.

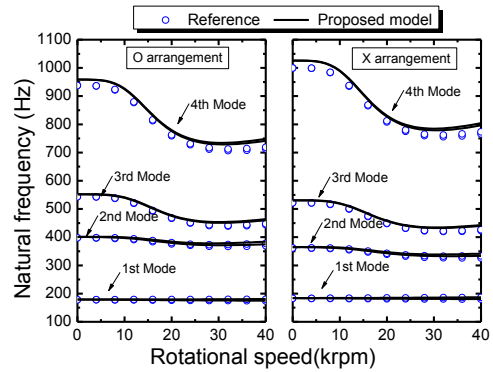


Fig. 3 Comparison of natural frequencies as a function of rotational speed by the commercial program and the proposed program.

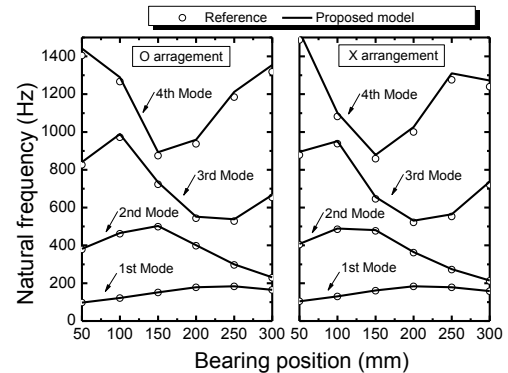


Fig. 4 Comparison of natural frequencies as a function of bearing position by the commercial program and the proposed program.

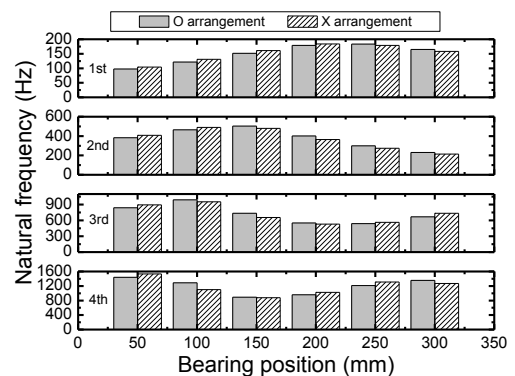


Fig. 5 Comparison of first 4 nature frequencies as a function of bearing position with respect to the bearing arrangement.