

# 초대형 보링머신의 주축 결합부 강성 모델링 및 강성값 추출 기법

## Stiffness Prediction and Modeling of Spindle Bearing Joint in Ultra Large Boring Machine

\*#이찬홍<sup>1</sup>, 박천홍<sup>1</sup>, 황주호<sup>1</sup>

\*\*Chan Hong Lee (chlee@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, Chun Hong Park<sup>1</sup>, Joo Ho Hwang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Large Boring Machine, Bearing Modeling, Bearing Stiffness Prediction,

### 1. 서론

대형 보링머신은 장비의 높이 12m, 폭 25m, 무게 500 여톤에 달할 정도로 커서, 가공 가능한 대상은 대형 선박이나 풍력 발전기의 부품으로서 부득이 Z축 방향 작업공간을 확보하기 위해서 주축의 보링바와 램 이송이 총 3.4m 정도가 되게 돌출된 주축대를 설계하게 된다.

이렇게 장비가 고중량이고 주축의 돌출길이가 큰 경우는 무부하 상태에서도 각 위치에서의 처짐이 크기 때문에 FEM에 의한 정동적 해석과 보정이 반드시 필요하다. 그런데 대형장비인 만큼 부품의 조립공차도 커서 조립부품의 결합부 강성이 실제적으로 얼마나 작용되는 지 알 수가 없다. 특히나 주축대에서 베어링의 강성은 보링바 끝의 절삭점에서 처짐에 크게 영향을 미치므로 실제적인 베어링 조립강성을 측정하여 FEM 해석에 입력해야 구조물의 총체적 처짐을 평가할 수 있다.



Fig. 1 Ultra large boring machine with horizontal spindle head stock

본 논문에서는 대형 주축의 지지 베어링 강성을 Boring Bar의 처짐을 측정함으로써 예측하는 간접적 측정기법에 대해서 서술하였고, 이론적 검토결과 예측 정밀도 99%에 도달하였다.

### 2. 대형 주축 베어링의 강성 모델링

보링 머신의 주축대는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 Ram이 1.8m 주축 외곽부에서 돌출하고, Boring Bar가 주축 내부에서 1.6m 돌출하는 구조로서, 정작 주축선단은 외부에 노출이 되지 않아 주축에 직접 하중을 가할 수 없는 구조이다. 그래서 주축 베어링의 강성을 예측하기 위해서 주축의 굽힘처짐을 이용하는 방법을 사용할 수 없고,<sup>1</sup> Boring Bar를 이용할 수밖에 없다. 이때 Boring Bar는 주축내부에 전부 접촉하기 때문에 주축 전체에 분포하중이 가해진다고 할 수 있다. 또한 주축의 반경방향 두께가 Boring Bar로 인해서 증가하는 상태가 되어 거의 굽힘이 없는 강체로 가정할 수 있다. 다만 Boring Bar의 처짐 측정을 굽힘이 없는 곳으로 해야 강체축에 대한 가정이 타당하므로 주축 선단 근처에 측정점을 결정하였다.

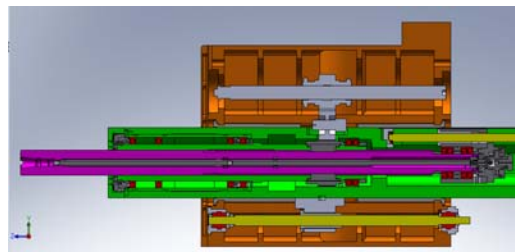


Fig. 2 Spindle head stock with boring bar

주축 베어링은 전부에 2개, 후부에 2개로서 Double O type으로 조립되어 있고, 한 개의 베어링마다 스프링을 반경 방향으로 8개씩 설치된 강성 모델링을 하였다. 그리고 Ram과 Boring Bar의 슬라이딩 접합부는 각 10줄과 5줄의 방사형 스프링으로 모델링 하였다.



Fig. 3 Spring modeling of spindle bearing, boring bar slide way and ram slide way

### 3. 주축 베어링의 강성값 추출 방법

Fig. 4에 보인 바와 같이 주축 베어링의 조립 강성을 예측하기 위해서는 실제 Boring Bar에서의 처짐 측정치를 기본으로 해서, 이론적 처짐을 FEM 해석이나 간략식으로 얻어서 결과를 비교한다. 이때 처짐의 크기가 다르면 이론적 모델에서 베어링 강성값을 증가시키고, 처짐의 크기가 동일할 때까지 반복한다. 처짐의 크기가 동일하면 이때 베어링의 강성이 실제 베어링의 조립강성이 된다.

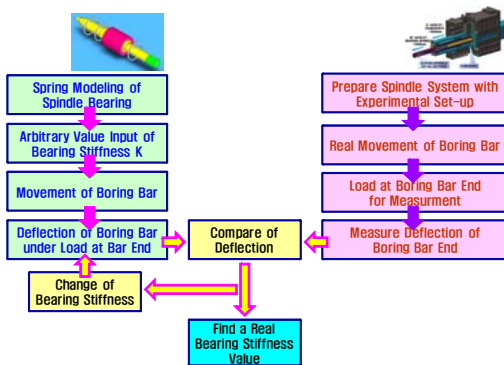


Fig. 4 Searching method of bearing stiffness value using theory and experiment

본 연구에서는 Fig. 5와 같이 주축이 강체라는 가정 하에 전후 베어링으로 인한 처짐 간략식을 이용해서 선형 방정식을 만들고, Boring Bar를 이동

하면서 다수의 선형 방정식을 만들어 전후 베어링의 강성을 추출해 낸다.

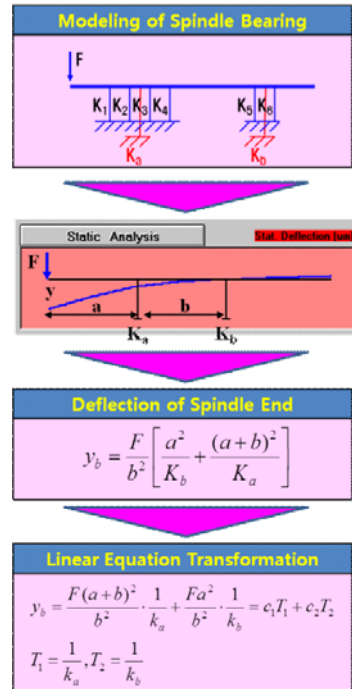
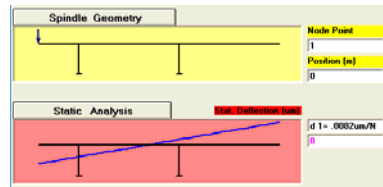


Fig. 5 Spindle deflection with movement of boring bar



$$V_b = 0.0082, c_1 = 1.96, c_2 = 0.16$$

Fig. 6 Spindle deflection with front and rear bearings

### 4. 결론

1. 보링 머신의 주축 베어링 강성을 예측하기 위해서, 주축이 강체라는 조건과 전후베어링에 의한 간략식을 이용해 4번의 Boring Bar 선단부 측정으로 예측 정밀도 99%의 결과를 얻었다.

### 참고문헌

1. C. H. Lee, "Stiffness Tuning of Machine Tools Joints using the Correlation Method," KSPE 2010 Autumn, Vol.1, pp. 317-318, 2010.