

# 스플라인 결합 조인트의 볼트 체결력에 대한 수치 해석적 연구 Numerical Study on Bolt Pre-load of Spline Joint

\*탁승민<sup>1</sup>, #이석순<sup>2</sup>, 강민규<sup>1</sup>, 박동진<sup>1</sup>

\*S. M. Tak<sup>1</sup>, #S. S. Lee(Leess@gsnu.ac.kr)<sup>2</sup>, M. K. Kang<sup>1</sup>, D. J. Park<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>경상대학교 기계공학과, <sup>2</sup>경상대학교 기계항공공학부

Key words : Pre-Load, Spline Joint, Finite Element Method

## 1. 서론

대부분의 기계 구조물은 볼팅, 점용접 등의 방법으로 여러 부분 구조를 결합하여 전체 구조를 형성하게 된다. 최근에는 꼭 용접이 요구되는 경우가 아니라면 조립성, 보수성 등의 이유로 용접에 의한 결합보다는 볼트 또는 리벳을 이용하여 조인트를 구성하는 경향으로 변화하는 추세이다. 따라서 결합부의 동적 특성을 파악하여 결합 조건에 따른 정확한 강성을 알아야 한다.

조정현<sup>(1)</sup> 등의 연구결과를 통해 설계 간극을 고려한 볼트 결합부의 구조해석 방법을 제안하였고, 이재학<sup>(2)</sup> 등에 의해 FEM 해석을 통해 체결력에 따른 볼트 결합부의 강성 예측을 비교적 정확하게 예측할 수 있는 방법을 제시하였다.

본 연구에서는 스플라인 형태로 결합되는 Shaft와 Moment arm에 사용되는 볼트의 체결력에 따른 스플라인부의 응력분포를 검토하고 이에 따라 체결되는 볼트의 적정 체결력을 찾는 데 있다.

## 2. 전처리 과정

해석을 위한 Moment arm과 Shaft & bolt의 3차원 형상 모델링을 Fig. 1에 나타내었다. 모델링은 CATIA V5에서 수행하였다. 유한요소 해석을 위한 모델의 요소 생성 형상을 Fig. 2에 나타내었다. 요소 생성은 Hypermesh를 사용하여 생성하였으며 요소 종류는 Contact해석에 적합한 C3D8로 적용하였다. 요소의 격자수는 Node가 138,097개, Element가 117,997개이다. 재질은 15-5ph, H900으로 관련 정보를 Table .1에 나타내었다.

Fig. 3은 ABAQUS에서 경계조건을 적용한 그림이다. Shaft부를 구속하고, moment arm은 Bolt로 체결되어 있는 구조이다. Moment arm과 Shaft는 Contact 조건을 부여하였다. bolt에는 pre-load를

50N부터 50N씩 500N까지 증가시켰다. 그리고 200N의 하중을 moment arm의 양쪽 hole에 동일하게 아래 방향으로 가하였다.

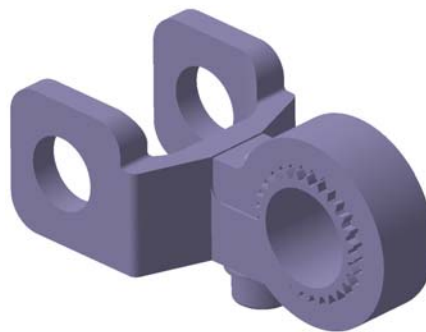


Fig. 1 Modeling of moment arm & shaft

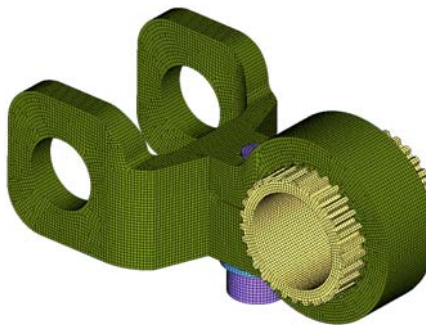


Fig. 2 FE Modeling of moment arm & Shaft

Table 1 Material Properties

Material	15-5ph, H900
Yield strength	1275MPa
Young's Modulus	195MPa
Poisson's ratio	0.27

### 3. 결과

Fig. 4와 Fig. 5는 ABAQUS에서 수행한 구조해석 결과를 보여준다. 일정한 하중일 때 체결력이 증가함에 따라 Shaft와 Moment arm의 응력 분포가 넓은 범위에 걸쳐 나타나고 응력도 점차 감소함을 확인할 수 있다.



Fig. 3 Boundary Condition

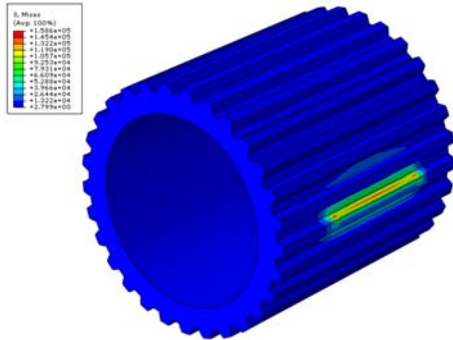


Fig. 4 von mises stress (Bolt-load:50N)

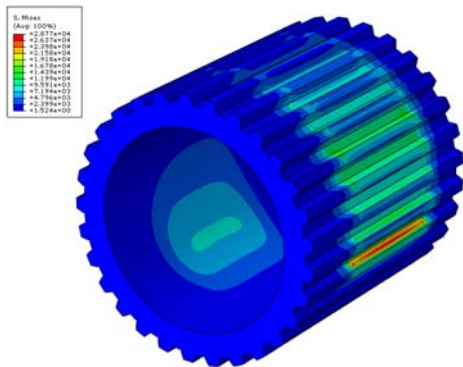


Fig. 5 von mises stress (Bolt-load:400N)

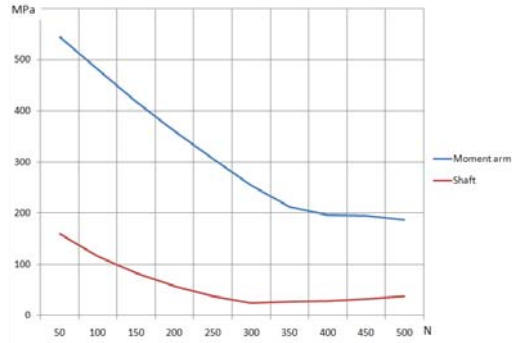


Fig. 6 Stress reduction by change the pre-load

Fig. 6 은 해석 모델에서 체결력에 따른 Moment arm과 Shaft의 유한요소 해석 결과를 정리한 것이다. 해석 결과에서 처음 50N의 Pre-load를 가하였을 때는 좁은 영역에서 높은 응력이 집중되어 나타났다. 400N의 Pre-load를 가하였을 때는 shaft 부에 비교적 낮은 응력이 넓게 퍼져 있는 것을 볼 수 있다.

### 4. 결론

스플라인 형태로 결합되는 Shaft와 Moment arm에 사용되는 볼트의 체결력에 따른 스플라인부의 구조해석을 수행하였다. 본 연구를 통하여 체결력에 따른 해석 결과를 정리하고, Database화하여 점점 포괄적이고 복잡화되어 가는 bolt 해석 문제를 정확하고 유연하게 대처 할 수 있을 것이다.

### 후기

본 연구는 2단계지역대학 육성사업 (BK21)과 교육과학기술부와 한국 산업기술진흥원의 지역 혁신 인력양성사업의 지원에 의해 연구되었다.

### 참고문헌

1. Junghyun Cho, Ohsung Kang, Dongseok Kim, "Structural Analysis of Clearance Effects on System with Bolted Joint," KSAE, pp.1485~1490, 2005.
2. Jaehak Lee, Taeho Ha, Yangjin Kim, Donghoon Kim, Chanhong Lee, "Study on Stiffness of Bolt Joints According to Pre-load," Proceeding of The KSME 2009 Fall Annual Meeting Paper Book, pp.559~560, 2009.