

로타리 드릴링리그의 마스트부 유한요소해석

Finite Element Analysis on the Mast of a Rotary Drilling Rig

*김정희¹, 정성현¹, 장우일¹, #홍대선², 이상식³, 박성호³

*J. H. Kwon¹, S. H. Jung¹, U. I. Jang¹, #D. S. Hong(dshong@changwon.ac.kr)², S. S. Lee³, S. H. Park³

¹창원대 기계설계공학과, ²창원대 메카트로닉스공학부, ³(주)부마씨이

Key words : Rotary Drilling Rig, Finite Element Analysis, ANSYS Classic

1. 서론

드릴링리그는 산업 건설 분야에서 지반(地盤)의 기초를 다지기 위해 구멍을 뚫는 장비로 개발에 필요한 핵심기술의 어려움으로 전 세계 일부 선진국만이 생산하고 있는 특수 장비로서 현재 국내 건설회사에서는 전량 유럽사로부터 수입하고 있는 실정이다. 토목공사장비 중에서 가장 수요가 많은 ‘연약지반 기초공사용 로타리드릴링리그(RDR)¹’의 국산화개발을 통해 국내 수입을 대체 하고 또한 향후 수출이 기대되고 있다.

본 논문에서는 로타리 드릴링리그 장비의 국산화 개발을 위한 기구해석의 일환으로 RDR의 주요 구성품 중 드릴링 리그가 부착되는 중요한 부분인 마스트(Mast)부의 유한요소 해석에 대한 연구를 수행한다.

2. 모델링

해석을 수행 할 마스트는 비틀림 및 굽힘 응력에 의한 변형을 최소화할 수 있는 구조로 상, 중, 하단 세 부분으로 제작 되어 작업대 역할과 이송을 위한 분해조립 구조로 되어있다.

마스트 형상은 길이가 길고 판 두께가 얇게 되어있으며 각 길이마다 판을 지지하는 부속품이 있어 모델링시에 다소 어려움이 따른다. Fig. 1은 2D CAD로 설계된 도면을 바탕으로 RDR의 전체 Fig. 1(a)와 마스트 부분 Fig. 1(b)에 대한 CATIA 모델링을 나타낸다.

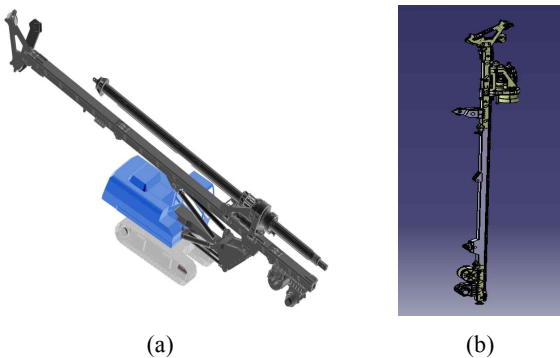


Fig. 1. 3D Modeling of the RDR and Mast by CATIA

3. 유한요소 모델링

마스트의 구성품은 대부분 SM490이며 Table 1은 마스트에 적용한 물성치와 요소의 종류이다.

Table 1 Element type and the properties of the mast

Element Type	Solid 187
Young's modulus	200 Gpa
Poisson's ratio	0.28
Density	7850 kg/m ³

마스트의 구조해석은 ANSYS Classic²³을 사용한다. 본 연구에서는 실제 마스트에서 해석에 불필요한 부분들은 생략하고 해석에 필요한 부분들만을 단순하게 모델링하였다.

마스트는 이동에 편의를 위해 세부분으로 제작되어 로타리 드라이브 가동 직전에 조립을 하여 사용하는데 본 논문에서는 조립상태에서의 마스트 구조 해석을 수행한다.

마스트부의 유한요소해석의 신뢰성 확인을 위해 두 가지 케이스(Case)로 나누어 모델링하기로 한다. Case 1은 마스트와 마스트를 연결하는 링크를 함께 모델링하고 Case 2는 마스트만을 모델링하며, 두 케이스 모두 로타리 드라이브 모델링을 포함시킨다.

아래의 Fig. 2의 (a)와 (b)는 각각 Case 1과 Case 2의 유한요소 모델과 매쉬(Mesh)후에 형상을 비교하여 나타낸다.

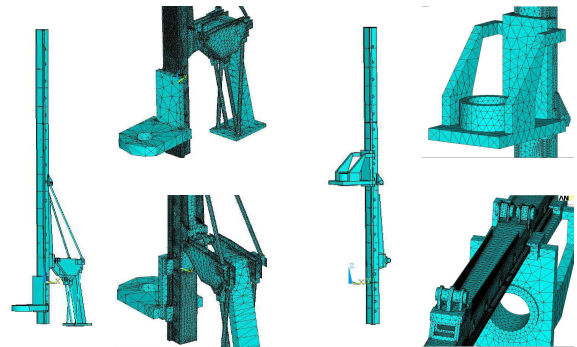


Fig. 2. 3D Modeling of the Mast by ANSYS Classic

4. 경계조건

마스트의 경계조건은 크게 하중을 가하는 하중조건과 마스트를 고정하는 구속조건으로 나뉜다. 하중조건은 로타리 드라이브 부품을 따로 매쉬를 하여 절점의 수만큼 드라이브에 걸리는 토크를 균등하게 배분한다. 드라이브부에 최대 가용 토크가 180kN·m이고 원의 반지름이 0.455m이며 절점의 개수가 60개 이므로 각 절점에 적용하는 하중은 $(180\text{kN}\cdot\text{m} \div 0.455\text{m}) \div 60 \approx 6593\text{N}$ 이고 Case 1과 2에 동일하게 적용한다. 구속조건은 Case 1의 경우 링크부 바닥면을 고정(Fixed)하고 Case 2는 드라이브 반대편의 마스트 링크 두 부분을 고정하기로 한다. Case 1과 2의 경계조건은 구속조건은 고정부면만 다르고 나머지는 동일하여 경계조건이 잘 나타난 Case 2를 Fig. 3에 나타낸다.

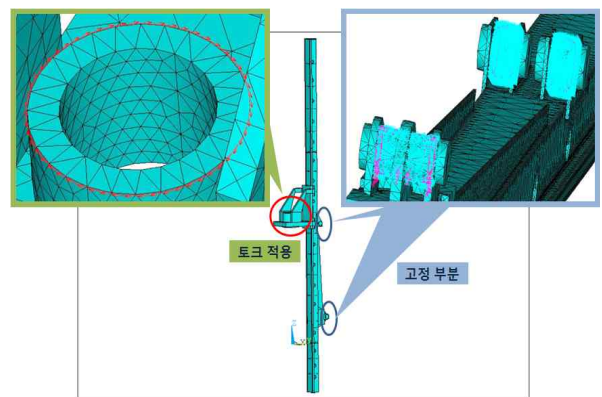


Fig. 3. Boundary condition of Mast(Case2)

5. 해석결과

마스트 앞에 부착 된 드릴링 리그에 토크가 발생하면 마스트에 비틀림과 굽힘 응력이 발생하게 되는데, 이때 드릴링 리그의

위치에 따른 마스트에 걸릴 수 있는 최대 응력값을 구한다. 마스트가 고정되는 두 부분을 기준으로 마스트를 크게 세부분으로 나눈 후 다시 각 부분을 세분화 하여 해석을 수행하였다. 첫 번째 구간은 길이가 길지 않으므로 두 부분으로(0m,1.5m) 나누고 두 번째 구간은 첫 번째 구간과 길이가 비슷하지만 대부분의 작업이 두 번째 구간에서 진행되는 중요한 구간으로 간주하여 여섯 구간으로(3.3m,4m,5m,6m,7m,8m) 나누고 마지막 세 번째 구간은 다섯 구간으로(9m,10m,12m,14m)나눈다.

Table 2는 두 케이스의 해석결과 비교를 위해 마스트의 최하단 부인 첫 번째 구간의 0m에서 최대 가용토크 180kN·m를 적용하여 최대응력과 안전율을 구하여 보았다. Fig. 4와 Fig. 5는 그때의 최대응력지점을 나타낸다.

Table 2 Analysis result in 0m

	최대응력	안전율
Case 1	1.5GPa	$\frac{Yield\ Stress}{Maximum\ Stress} = \frac{610\ Mpa}{1500\ Mpa} = 0.4$
Case 2	370 MPa	$\frac{Yield\ Stress}{Maximum\ Stress} = \frac{610\ Mpa}{370\ Mpa} = 1.6$

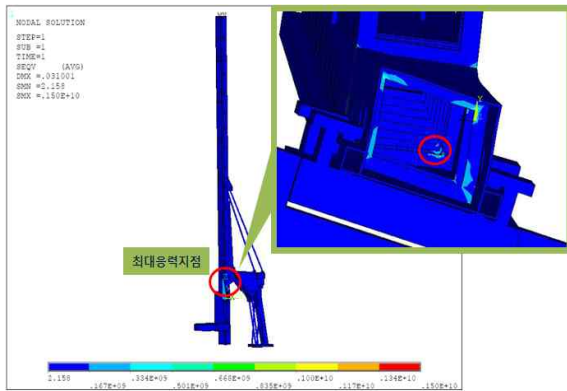


Fig. 4. Maximum stress point in Case 1

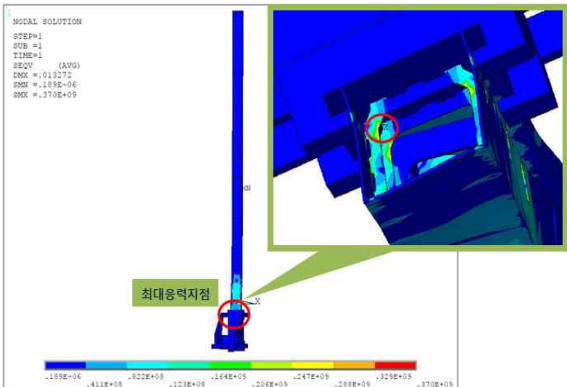


Fig. 5. Maximum stress point in Case 2

해석결과 최대 응력지점은 동일하지만 최대응력값과 안전율의 차이가 크게 나타났다. 이는 Case 1의 마스트 링크 부분이 실제모델에서는 완충 작용도 하지만 모델링에서는 그 부분을 표현하지 못하였고 마스트와 링크부분도 실제 연결부는 복잡한데 비해 ANSYS로 모델링하여 생략 된 부분이 많으면서 예상보다 큰 응력이 발생하였다. Case 2는 이런 연결부 없이 마스트만을 모델링하고 마스트에 직접 고정하여 다른 외적인 힘은 크게 영향을 받지 않았다. 본 연구에서는 마스트부의 유한요소를 해석해 보는데 있기에 Case 2의 결과값을 신뢰하여 해석을 계속 수행하도록 한다.

Fig. 6은 180kN·m에서의 높이마다의 최대응력을 나타내고 Fig. 7은 안전율 4를 기준으로 각 높이 마다 최대 가용 할 수 있는 토크를 나타낸다. 이 그림들을 보면 지지점이 있는 두 구간에서 안전율과 최대 가용 토크가 크게 나타난 것을 알 수 있다. 따라서 임의 높이에 드릴링 리그가 위치해 있을 때 최대 가용

토크 이상으로 구동시 구조적인 문제점이 발생할 우려가 있으므로 그래프에 나타나 있는 최대 가용치 이하의 토크로 RDR을 구동시켜야 한다.

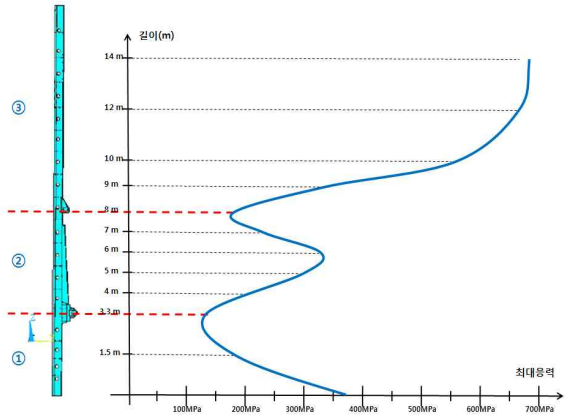


Fig. 6. Maximum stress at 180kN·m a torque

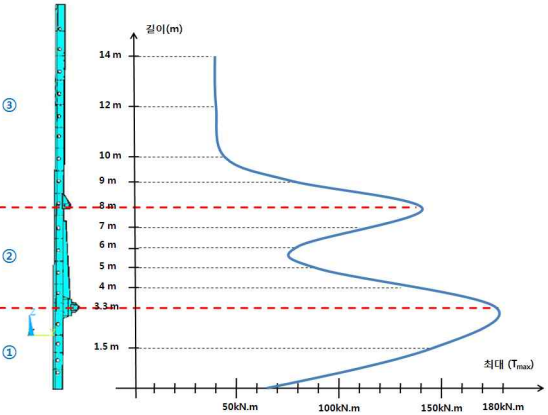


Fig. 7. Maximum allowable torque with a safety factor of 4

6. 결론

본 연구에서는 로타리 드릴링리그의 국산화를 위하여 주요 구성품 중 구조적으로 가장 중요한 요소인 마스트에 대한 유한요소 해석을 수행하였다.

먼저 CATIA로 3D 모델링한 후 ANSYS Classic으로 모델링을 간략화 하여 해석을 수행하였다. 다음으로 마스트에 부착된 드릴링 리그에 최대 토크를 가하여 마스트의 각 높이마다 최대 응력을 구하고 그 값으로부터 안전율을 계산 하였다. 또한 안전율 4를 기준으로 마스트에 가할 수 있는 최대가용 토크를 구하였고, 그 결과를 RDR 사용시의 기준 구동 토크로 사용 할 수 있도록 하였다.

결론적으로, 본 연구의 결과로 구한 마스트의 사용 최대 토크조건을 이용하여 개발된 RDR을 현장에서 안전하게 사용할 수 있는 정보를 제공하였다.

후기

본 논문은 2009년도 중소기업기술개발지원사업의 지원으로 연구되었음.(과제번호:S1059999)

참고문헌

1. 특허실용,(주)부마건설기계, 굴삭기 부착식 드릴링리그,2005.02.23
2. 태성에스엔이FEA사업부, 유한요소해석 입문과 선형해석,2004.06.24
3. 태성에스엔이FEA사업부, Ansys 사용자를 위한 예제 모음집,2003