

대형 크레인 인양용 마스트의 안정성에 관한 연구

A study on the stability of mast for hoisting a large crane

*정훈형¹, 조현민², 김재실²

*H. H. Jung¹(jove390@naver.com), H. M. Cho², C. S. Kim²

¹ 창원대학교 메카트로닉스공학부 대학원, ² 창원대학교 메카트로닉스공학부

Key words : Large crane, Mast

1. 서론

최근들어 조선 산업의 활황과 더불어 선박 수주량이 급격히 늘어났으며 이러한 수주에 맞추기 위해 육상건조 방법이 많이 사용된다. 이를 위해서 대형 선박용 부품 구조물을 인양하기 위한 대형 크레인이 필수적이다. 따라서 이러한 대형 크레인을 인양하기 위한 마스트의 안정성 연구가 필연적이다. Fig. 1에서 보는바와 같이 대형 크레인을 인양하기 위해서는 4개의 마스트가 메인빔에 의해 2개씩 연결되어 있으며 그 위에 대형 크레인이 놓여진다. 그리고 Fig. 2와 같은 방법으로 점차적으로 크레인 설계 높이까지 인양한다. 이러한 인양방법의 경우 외력 및 크레인의 인양높이에 따라 마스트에 작용하는 하중과 구속조건이 변화하므로 마스트의 안정성 문제가 필연적이다.

따라서 본 연구에서는 마스트의 안정성을 확보하기 위해서 크레인과 마스트를 구분하여 모델을 구성한다. 우선적으로 크레인 모델을 통해 반력을 계산하고 그 반력을 마스트 모델에 적용하여 변위 및 응력을 계산한 후 이를 토대로 안전계수를 계산함으로써 마스트의 안정성 유무를 판단하기 위한 과정을 기술한다.

여 마스트와 결합되는 부분의 반력을 구한다. 두 번째로 Fig. 4에서처럼 마스트 모델만 구성하여 크레인 모델에서 구한 반력을 적용한다. 각각 크레인 모델과 마스트 모델의 결합부분 좌표는 동일하게 구성하였다. Table 1은 첫 번째 단계의 크레인 모델에서 최고 높이 인양시 자중과 작동 풍속 조건에서 두 모델의 결합부분인 12개의 노드에서 반력을 나타내었다. 즉, 4개의 마스트에 각각 3개의 Jacking bar가 설치되어 12부분의 반력을 하중 조건에 따라 구하였다.



Fig. 1 Photograph for hoisting a large crane

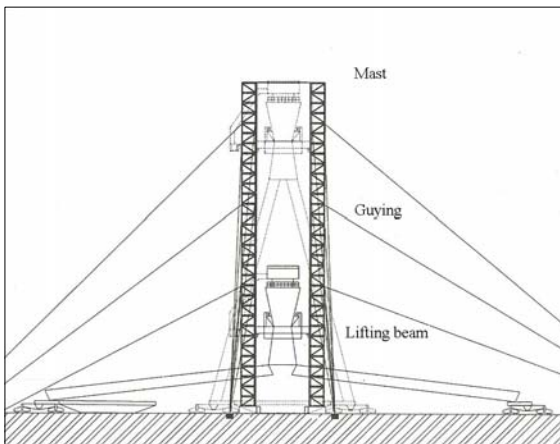


Fig. 2 Schematic for mast in lifting a crane

2. 모델 구성 방법

마스트의 안정성 해석을 위해서 두 단계에 걸쳐 해석 모델을 구성하였다. 첫 번째로 Fig. 3과 같이 대형 크레인 모델을 구성하

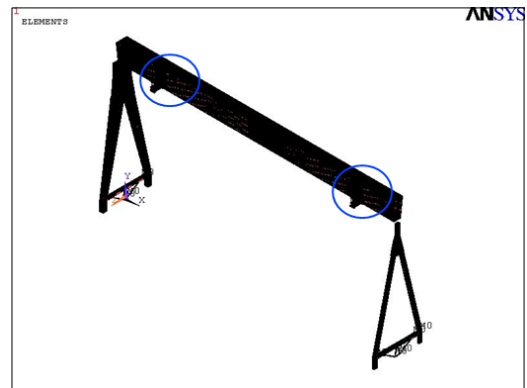


Fig. 3 Crane model

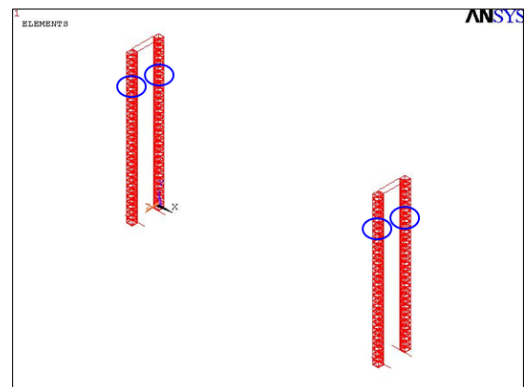


Fig. 4 Mast model

Table 1 Reaction force of crane model

Node	Dead load			Sidewind force		
	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ
1	60137	5686400	94182	59919	5685700	-104310
2	-43551	93864	98243	-43461	94060	97758
3	-26337	5614600	126660	-26168	5614000	-50076
4	26752	5692400	-128480	26950	5693000	-327030
5	41980	93779	-97897	42007	93582	-98379
6	-58988	5608700	-92702	-59172	5609200	-269390
7	67182	6381400	105450	66923	6380400	-196010
8	-47637	105430	112040	-47882	105890	110950
9	-30726	6551500	148260	-30128	6549700	-414810
10	29855	6388200	-144430	30103	6389200	-445980
11	50938	105610	-112770	51452	105160	-113910
12	-69595	6544600	-108560	-70262	6546400	-671500

3. 마스트 안정성 해석

Table 2는 앞서 구한 반력을 두 번째 단계인 마스트 모델에 적용하여 최고 높이 인양 조건인 78m 위치에서 각 하중 조건을 적용하여 응력분포를 확인하고 안전율을 구하였다. Table 3은 작동 풍속에서 Guying을 설치했을 때 인양 높이에 따른 응력 분포 및 안전율을 나타내었다. Fig. 5는 인양 높이 78m에서 응력 분포를 나타낸다.

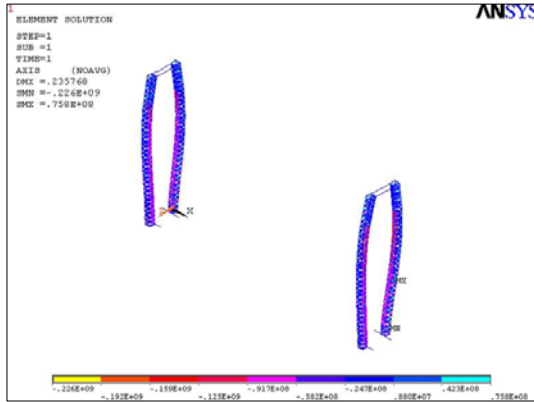


Fig. 5 Stress distribution of mast

Table 2 Stress of mast model(Load case)

Load case	Direction	Tensile stress (MPa)	Compression stress (MPa)	Safety factor	Defection (m)
Dead load (y-gravity)	Axis	30.2	-127	3.10	0.077
	Y-bending	158	-155		
	Z-bending	74.1	-73.9		
Sidewind	Axis	63.4	-258	1.90	0.694
	Y-bending	158	-162		
	Z-bending	211	-81.7		
Guying force	Axis	75.8	-226	2.17	0.237
	Y-bending	160	-166		
	Z-bending	83.6	-84.5		

Table 3 Stress of mast model(Lifting height)

Lifting height	Direction	Tensile stress (MPa)	Compression stress (MPa)	Safety factor	Defection (m)
30m	Axis	56.6	-113	4.05	0.049
	Y-bending	117	-121		
	Z-bending	61.3	-63.8		
54m	Axis	66.8	-168	2.92	0.159
	Y-bending	99	-98.8		
	Z-bending	66	-52.8		
78m	Axis	75.8	-226	2.17	0.237
	Y-bending	160	-166		
	Z-bending	83.6	-84.5		



Fig. 6 Combination model

Fig. 6은 이전의 모델과는 달리 크레인 모델과 마스트 모델을 결합한 경우로 크레인을 최고 높이로 인양하여 태풍이 불었을 때 마스트의 응력을 구하기 위하여 모델링하였다. 태풍조건에서 구속 조건은 크레인의 양쪽 다리 끝단을 고정한다. 또한 크레인 가더 부분에 많은 힘을 받으므로 변위량이 크다. 따라서 구속조건을 이전 모델과 같이 가더 부분에 할 경우 반력이 크게 나오므로 실제 설치조건과 유사한 구속조건을 적용하기 위하여 이와 같이 모델링하였다. 그 결과 Table 4와 같이 태풍조건에서도 안정성이 확보된다.

Table 4 Stress at storm

Lifting height	Direction	Tensile stress (MPa)	Compression stress (MPa)	Safety factor
78m	Axis	66	-172	2.85
	Y-bending	99.2	-81	
	Z-bending	145	-146	

4. 결론

Table 2와 3의 결과에서 작동 풍속 20m/s의 반대방향으로 Guying을 할 경우 마스트의 안정성이 보장된다.

1. 30m 인양의 경우 : 최대 응력은 121MPa (안전율 : 4.05)
2. 54m 인양의 경우 : 최대 응력은 168MPa (안전율 : 2.91)
3. 78m 인양의 경우 : 최대 응력은 226MPa (안전율 : 2.17)

풍속없이 자체 하중만 적용하여 인양할 때 각 인양 높이에서 모두 안정성이 확보된다. 단, 메인빔이 인양될 때 같은 높이를 유지하면서 동시에 인양되어야한다.

태풍(60m/s)일 경우 크레인 모델의 코너를 고정함으로써 마스트와 크레인을 함께 모델링한 결과 최대 응력이 172MPa (안전율:2.85)로써 안정성이 보장된다.

후기

본 연구는 2단계 BK21사업 및 (주)위아의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. O. C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, "The Finite Element Method," McGRAW HILL, 89-98, Fourth edition.
2. Daryl L. Logan, "A First Course in the Finite Element Method," BROOKS/COLE, 137-187, Third edition.
3. 조남익, "기계설계1-천정크레인의 설계제도(상)," 선학출판사, 1-10, 2002.
4. 최병기, "기계설계2-천정크레인의 설계제도(하)," 선학출판사, 163-198, 2002.
5. 박형진, "ANSYS®를 이용한 유한요소해석," 광문각, 63-224, 2001.