

해상 크레인을 이용한 거주구 블록 탑재 시 리프팅 러그 주위의 응력 해석

김상일*

*로이드선급 아시아 울산사무소

KEY WORDS: Lifting Lug 리프팅 러그, Lifting Wire 리프팅 와이어, Material Property 재료 특성치

1. 서 론

현재 건조 중인 대형 Container선의 거주구 블록의 해상 탑재 시 리프팅 러그 하부 구조에는 국부적으로 큰 하중이 전달되어 구조 안전성의 문제가 초래될 수 있어, 이에 대한 구조 보강 방안 및 대책 수립을 위해 해당 부분의 구조해석을 수행하였다.

2. 구조해석

2.1 해석 모델

거주구 블록의 상부에 부착되는 리프팅 러그(lifting lug)는 조립 단계, P.E 단계, 탑재 단계 3회에 걸쳐서 사용되는데, 리프팅 와이어에 최대 하중이 걸리는 해상 탑재 시의 리프팅 조건을 대상으로 하여 대우조선해양(주)의 Hull No. 4070호선의 90A Block을 해석 대상으로 선정하였으며, 해석 모델의 차원은 그림 1에 보여진 바와 같다. 본 해석에서 이용된 재료 특성치(material property)의 입력 값은 아래와 같다.

- (1) Elastic Modulus : 21000 kgf/mm²
- (2) Poisson's Ratio : 0.3
- (3) Density : 7.85×10⁻⁶ kg/mm³

2.2 리프팅 조건과 구조 보강 방안

1800 ton 해상 크레인을 이용한 거주구 블록의 리프팅 작업 시 블록을 안전하게 리프팅하려면 리프팅되는 블록의 무게 중심점을 기준으로 리프팅 와이어(lifting wire)에 걸리는 하중들을 고루 분산시킬 수 있는 러그의 배치가 먼저 이루어져야 한다. 본 해석 모델에서의 러그 위치는 생산기술팀의 리프팅 러그 배치 도면을 근거로 모델링하였다(그림 1 참조). 그림 2와 3은 러그의 위치에 따른 현재의 구조 보강 방안과 개선된 구조 보강 방안을 보여 주고 있다.

2.3 유한요소 모델링

하중조건으로는 Lifting Lug 상단부에 70ton의 집중하중을 작용

시켰고, 경계조건으로는 모든 대칭면에 있는 절점들에 대칭경계 조건을 부과하였다. 그림 4는 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우의 유한요소모델을 보여 주고 있다.

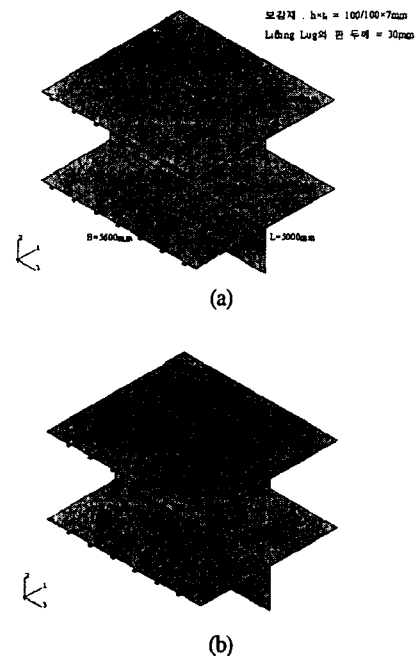
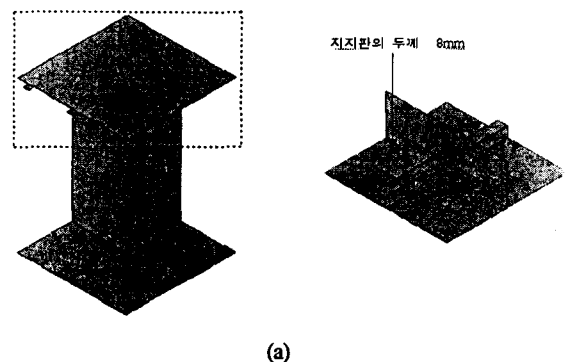


그림 1 해석 모델의 차원, (a) 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우, (b) 러그의 위치가 보강재 사이에 있는 경우



제1저자 김상일 연락처 : 울산시 동구 로이드선급 아시아
052-233-9445 sang-il.kim@lr.org

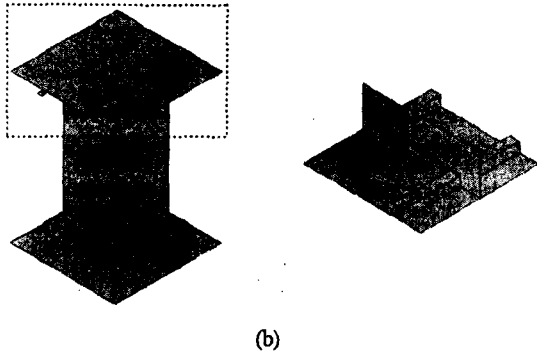


그림 2 현재의 구조 보강 방안, (a) 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우, (b) 러그의 위치가 보강재 사이에 있는 경우

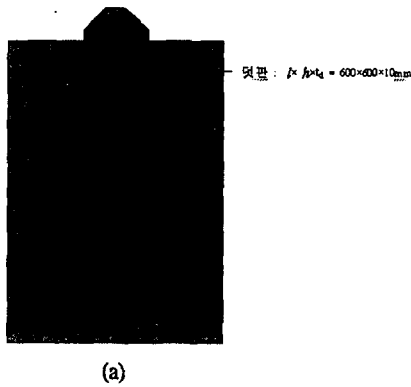


그림 3 개선된 구조 보강 방안, (a) 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우, (b) 러그의 위치가 보강재 사이에 있는 경우

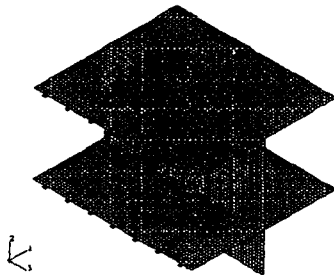


그림 4 러그 위치가 보강재 상단에 있는 경우의 유한요소모델

2.4 해석 결과

그림 5는 현재의 구조 보강 상태에서 리프팅 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우의 3차원 변형 형상을 보여 주고 있으며, 최대 변위는 0.968mm로 나타났다. 그림 6, 7과 표 1은 대우조선해양(주)의 Hull No. 4070호선의 90A Block의 러그 위치와 구조 보강 상태에 따른 리프팅 작업 시의 응력 해석 결과를 보여 주고 있는데, 현재의 구조 보강 상태에서는 러그의 위치에 상관없이 러그 하부에 16kgf/mm² 정도의 비교적 큰 응력이 유발되며, 러그 하부에 덧판을 시공하게 되면 러그의 위치에 관계없이 덧판 하부에는 8kgf/mm² 정도의 상대적으로 작은 응력이 발생된다는 사실을 알 수 있다. 이러한 개선된 구조 보강 상태에서의 응력 수준은 모재의 항복응력의 1/3에도 못미치는 수준이며, 용접부 및 열영향부의 항복응력 수준이 어느 정도 감소한다 하더라도 덧판 하부의 구조 안전성에는 문제가 없을 것으로 여겨진다.

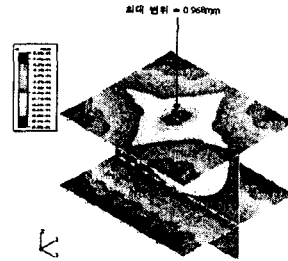


그림 5 러그 위치가 보강재 상단에 있는 경우의 3차원 변형 형상

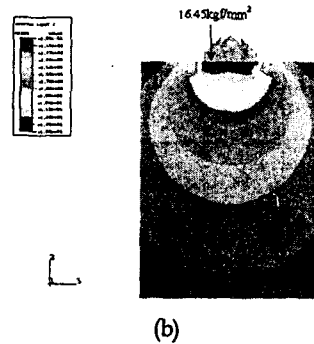
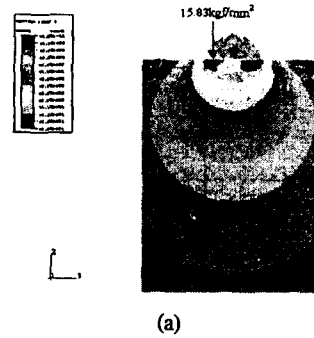


그림 6 현재의 구조 보강 상태에서의 응력 해석 결과, (a) 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우, (b) 러그의 위치가 보강재 사이에 있는 경우

3. 결 론

현재 건조 중인 대형 Container선의 거주구 블록의 해상 탑재 시의 리프팅 러그 하부 구조에 대한 응력 해석 결과, 현재의 구조에서는 러그의 위치에 상관없이 러그 하부에 16kgf/mm² 정도의 비교적 큰 응력이 유발되어 구조 안전성에 문제가 있을 수 있으며, 러그 하부에 덧판을 시공하게 되면 러그의 위치에 관계 없이 덧판 하부에는 8kgf/mm² 정도의 상대적으로 작은 응력이 발생되어 덧판 하부의 구조 안전성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

단, 리프팅 러그 하부에 부착되는 덧판의 높이는 작업 조건에 따라 400~600mm 정도로 하는 것이 강도 측면에서 유리할 것으로 생각된다.

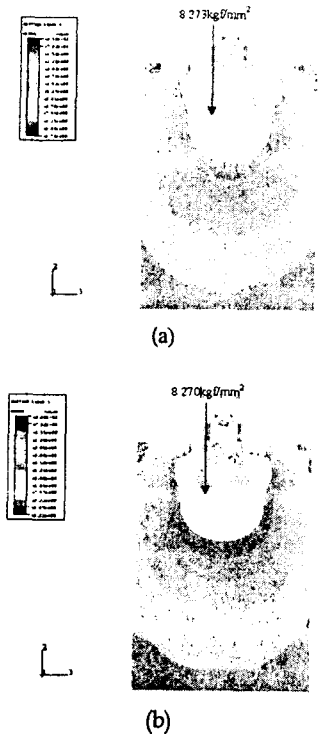


그림 7 개선된 구조 보강 상태에서의 응력 해석 결과, (a) 러그의 위치가 보강재 상단에 있는 경우, (b) 러그의 위치가 보강재 사이에 있는 경우

표 1 러그의 위치와 구조 보강 상태에 따른 응력 해석 결과

모델	러그 위치	지지판의 두께 (mm)	덧판의 크기 LxBx1 (mm)	최대 응력 σ _{max} (kg/mm ²)	수직 방향 응력 (kg/mm ²)	von-Mises 응력 (kg/mm ²)
현재의 구조 보강	보강재 상단	8	무	0.968	14.63 (러그 하부)	15.83 (러그 하부)
개선된 구조 보강 (I)		16	무	0.964	14.50 (러그 하부)	15.44 (러그 하부)
개선된 구조 보강 (II)		8	600×400×10	0.824	8.995 (덧판 하부)	9.631 (덧판 하부)
개선된 구조 보강 (III)		8	600×600×10	0.785	7.818 (덧판 하부)	8.273 (덧판 하부)
현재의 구조 보강	보강재 사이	8	무	0.975	15.02 (러그 하부)	16.46 (러그 하부)
개선된 구조 보강 (I)		16	무	0.973	14.80 (러그 하부)	16.35 (러그 하부)
개선된 구조 보강 (II)		8	600×400×10	0.826	9.024 (덧판 하부)	9.643 (덧판 하부)
개선된 구조 보강 (III)		8	600×600×10	0.787	7.825 (덧판 하부)	8.270 (덧판 하부)