

선체 hopper tank corner 용접부의 피로수명 향상 연구  
A Study on the Improvement of fatigue life at hopper tank corner weldment  
of the hull structure

김현수\*, 황주환, 윤중근  
현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서론

구조적 응력 집중부에는 선박에 작용하는 화물 및 자중에 의한 정적 하중과 파도등에 의한 동적 하중의 반복 작용으로 인하여 피로 균열의 발생이 용이하다. 슬롯부, 거더, 보강재 용접부 및 호퍼탱크 용접부등이 선체 구조 용접부중에서 비교적 피로 손상이 많이 발생된다고 보고되고 있다<sup>1)2)</sup>. 피로수명 향상이 필요한 호퍼탱크 용접부 특히 코너 용접부는 선급에 따라서 완전 용입 용접부와 부분 용입용접부가 혼용되어 사용되고 있어 호퍼탱크 코너부 제작시 선주와 제작사간에 종종 용입형상에 대한 논쟁이 발생되고 있다. 비록 일반 T 형 용접부의 피로특성에 미치는 용접부의 용입형상 차이에 대한 연구는 있지만<sup>1,2)</sup> 논쟁을 해결하기에는 아직 부족한 상태이다.

본 연구에서는 호퍼 탱크 코너 용접부의 용입형상에 따른 피로 특성 정립하고자, 실 구조 부재의 하중 조건을 재현할 수 있는 축소 시편을 설계하여 피로시험을 수행하였다. 이를 바탕으로 호퍼 탱크 용접부에 대한 응력 해석을 통하여 구조 형상을 최적화하여 피로균열부에서의 구조적 응력집중을 완화시켜 피로 수명을 향상시킬 수 있는 호퍼탱크 용접부의 설계를 제안하고자 하였다.

2. 응력 해석

2.1 시편 설계

본 연구에서 사용된 시편은 그림 1과 같으며, 이는 응력 해석을 통하여 피로시험시 실 구조 부재의 하중 조건을 재현할 수 있도록 설계된 것이다.

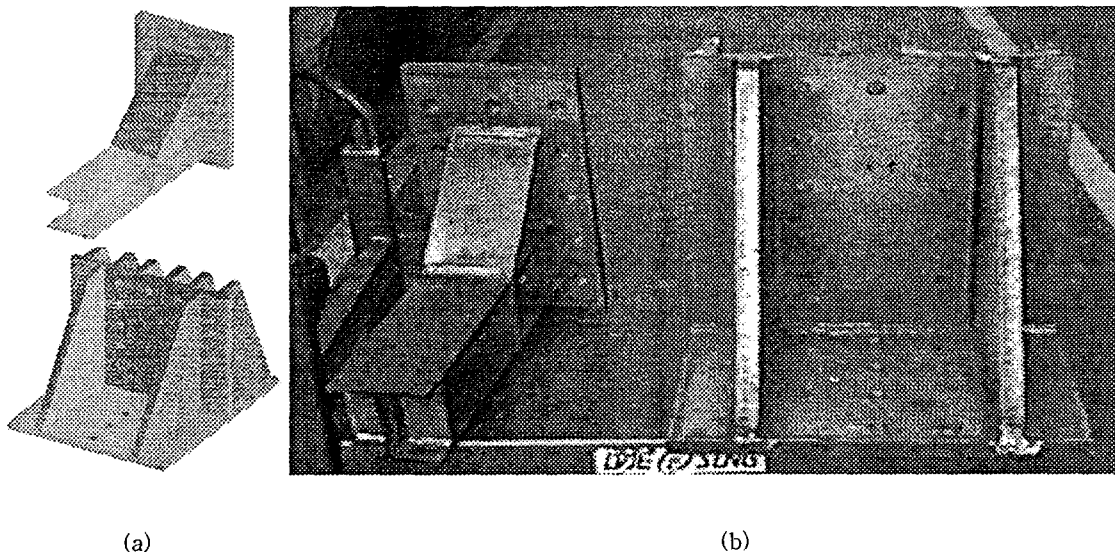


그림 1. 호퍼 탱크 코너 용접부 시편 : (a) 설계도, (b) 실제 시편

## 2.2 해석 결과

호퍼 탱크 코너 용접부에 대한 구조 해석 및 형상 최적화는 상용의 IDEAS 프로그램으로 수행하였으며, 용접부 상세해석을 위하여 ANSYS 프로그램을 이용하여 sub-modeling 해석을 실시하였다. 해석시 내부 bottom 판재 길이의 중앙부에 out of plane 힙을 5톤 부여하였다.

조대한 mesh로 구성된 모델을 이용하여 용입 형상에 따른 호퍼 탱크 코너 용접부의 응력분포를 평가한 결과, 용입 형상에 관계없이 최대 응력은 코너 용접부의 중앙부에 작용하고 있었으며 완전 용입 용접부의 경우에는 최대 응력값이 약  $36 \text{ kgf/mm}^2$ , 부분 용입 용접부의 경우에는 약  $41 \text{ kgf/mm}^2$  로 부분 용입 용접부의 굽힘 응력이 높게 작용하고 있었다. 부분 용입 용접부에서의 미용입부를 고려하기 위하여 미세 mesh로 구성된 모델을 이용하여 동일한 하중조건으로 재차 상세 해석을 수행하였다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 최대응력값을 보이는 위치는 조대 모델과 같이 코너 용접부의 중앙부이었다. 그러나 최대 응력값은 완전 용입 용접부의 경우에는 약  $54 \text{ kgf/mm}^2$ , 부분 용입 용접부의 경우에는 약  $57.6 \text{ kgf/mm}^2$  로 부분 용입 용접부가 다소 높은 굽힘 응력이 작용하고 있다.

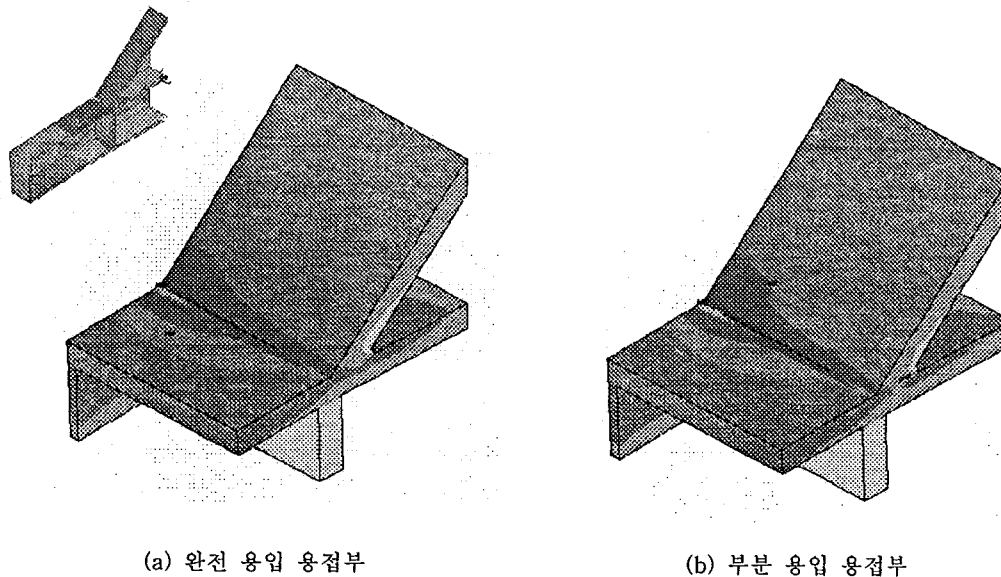


그림 2. 용입 형상에 따른 호퍼 탱크 코너 용접부의 응력분포 (상세 해석결과)

그림 2에서 나타난 호퍼 탱크 코너 용접부의 응력을 완화시키기 위하여 하부 거더 위치를 형상 변수로 하여 각 위치에 따른 완전 용입 용접부의 변위량 및 굽힘 응력을 평가하였다. 이 경우에는 해석의 편이상 조대한 mesh로 구성된 모델을 이용하였다. 그림 3에서 보여주듯이 용접부에서의 최대 응력값은 하부거더의 위치에 크게 영향을 받으며, 선체 중심방향으로 거더가 약 12mm 정도 이동하는 경우 최대 굽힘 응력값 및 변위량은 크게 감소됨을 알 수 있다. 즉, 호퍼탱크 코너 용접부에 대한 적정 설계가 이루어 지면, 용입양상에 관계없이 피로균열수명에 큰 영향을 미치는 국부응력 값을 감소시킬 수 있어 피로수명을 향상시킬 수 있음을 보여주고 있다.

한편 하부거더의 위치를 적정하게 선정된 부분 용입 용접부에 대한 상세 결과, 부분 용입 용접부의 최대 굽힘 응력은 약  $52.7 \text{ kgf/mm}^2$ 로 그림 2의 (b)에 비하여 약 8.5%의 최대 응력 감소를 얻을 수 있었다.

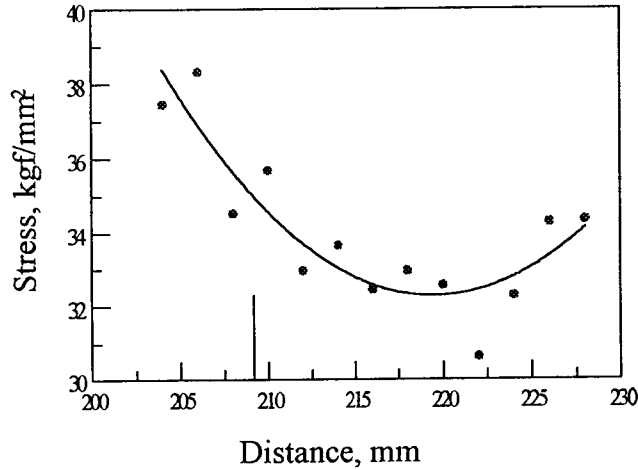
### 3. 결 론

용입형상에 따른 호퍼 탱크 코너 용접부의 피로특성을 국부응력차원에서 정립하고 이를 개선할 수 있는 적정 용접부 형상을 얻고자 응력 해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

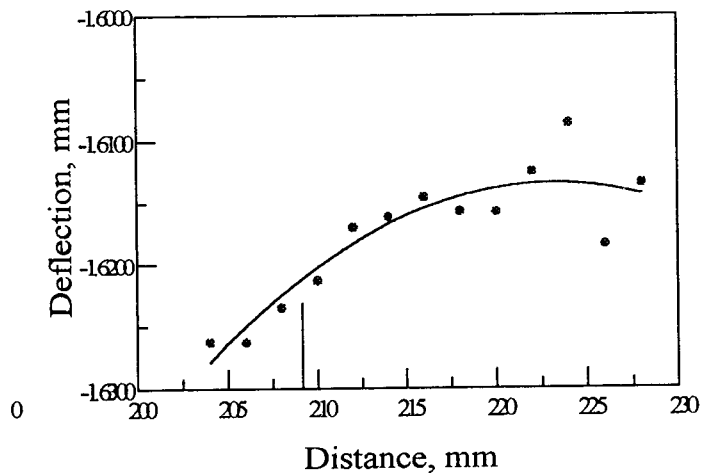
- 1) 호퍼 탱크 코너 용접부에서 최대 응력이 작용하고 있는 위치는 용입형상에 관계없이 코너 용접부의 중앙 부이다. 최대 응력값은 완전 용입 용접부에 비하여 부분 용입 용접부가 다소 높다.
- 2) 호퍼탱크 코너 용접부에서의 최대 응력값은 하부 거더의 위치에 크게 영향을 받으며, 선체 중심방향으로 거더가 일정량 만큼 이동시 크게 감소된다.

#### 참고문헌

1. T.R. Gurney : 'Fatigue of Welded Structures, 2nd ed.', Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1979
2. 윤중근, 정수원, 박동환 : 기술현대, 제5권 3호 (1985), p.8



(a)



(b)

그림 3. 호퍼 탱크 코너 용접부의 응력 및 변위량에 미치는 하부거더의 위치 : (a) 최대 응력, (b) 변위량