

용접부 피로강도에 미치는 후처리의 영향

Effect of post treatment on the fatigue strength of welded joint

윤 중근, 김 현수, 황 주환, 박 동환

현대중공업(주) 기술개발본부 산업기술연구소

ABSTRACT Effect of post treatment on the fatigue strength of a box weldment was investigated in order to improve fatigue life of the weldment. The post treatment applied were the smooth grinding of weld bead, weld toe grinding and hammer peening at the weld toe. The fatigue strength of the weldment after post treatment clearly increased, compared with that of the weldment in as-welded condition. After smooth grinding of weld bead, fatigue crack initiated at the root of the weldment, while fatigue crack initiated at the weld toe for the other methods.

1. 서 론

강 구조물의 조업도중 발생하는 문제점 중 대표적인 것이 반복하중에 의한 피로손상이다. 선박의 경우에는 파도, 엔진이나 프로펠러에서 발생하는 진동 등과 같은 동적 하중으로 인하여 구조적 불연속부 즉, 응력집중이 발생하는 곳에서 피로 균열이 발생되어 전파된다. 구조 용접부의 피로수명은 주로 외부 하중이력과 실제 응력의 크기 혹은 응력집중 정도에 지배받는다. 따라서 구조 용접부의 피로수명을 향상시키기 위해서는 주어진 외부 하중 조건하에서 발생하는 용접부에서의 국부응력집중을 구조적 형상과 용접부의 형상 최적화를 통하여 최소화하여야 한다. 최근 용접부 피로강도에 대한 연구 결과에 의하면 용접부에 대한 smooth grinding, toe grinding, hammer peening 등의 여러 가지 후처리를 통하여 용접부 피로강도가 100% 이상 향상된다는 결과 등이 발표되고 있으며, 특히 후처리 방법에 따른 피로강도 상승효과는 고강도강에서 더욱 두드러지게 나타나는 것으로 보고 되고 있다 [1,2].

따라서 본 연구에서는 구조용 강재로 많이 사용되는 인장강도 50kgf/mm²급 SM50 강재 box

용접부의 피로 강도에 미치는 후처리 방법 즉, 용접비드의 smooth grinding, weld toe grinding 및 hammer peening의 효과를 평가하고자 하였다. 피로강도 분석을 위하여 후처리에 따른 용접부의 국부응력과 잔류응력 변화 거동을 유한요소법으로 평가하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 강재는 두께 10mm의 SM50A로 최저 항복강도 및 인장강도는 각기 32 kgf/mm², 50 kgf/mm² 이다. 피로강도를 평가하기 위한 box 용접부는 Fig.1 과 같으며, 용접은 직경 1.4mm의 E71-T 재료를 이용한 FCAW 기법으로 각장 5mm로 하여 2 패스 용접을 실시하였다. 후처리는 용접비드의 smooth grinding, weld toe grinding 및 hammer peening을 실시하였는데, smooth grinding은 용접부 형상비 (하 각장 : 상 각장)를 1:2 로, toe grinding은 3mm 직경의 연마석으로, hammer peening 은 6mm 직경의 툴 직경을 이용하여 AWS D1.1 규정에 따라 실시하였다 [3].

용접부에서의 응력집중을 평가하기 위하여 유한

요소법과 정적 인장하중 하에서 strain gage를 이용한 응력계측을 실시하였다. 피로시험편은 기본적으로 Fig.1의 형태대로 제작하여 상온에서 R=0.1의 조건으로 피로시험을 실시하였다. 피로수명은 피로균열이 시험편 폭의 1/2이상 진전하였을 때의 수명으로 하였다.

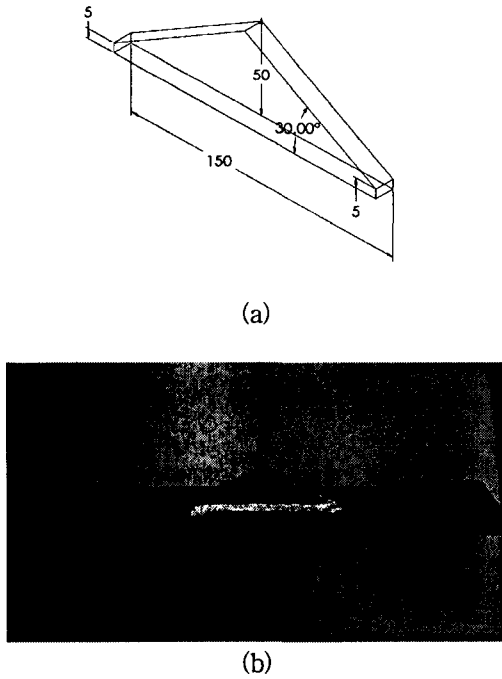


Fig.1 Box weldment for fatigue test :
(a) Dimension of Rib (mm), (b) General view

3. 결과 및 고찰

3.1 Box 용접부에서의 피로 파괴

Fig.2는 피로시험후 box 용접부에서 발생된 피로파단 양상을 후처리 방법별로 보여 주고 있다. Fig.2 (a)와 (b)는 용접부 비드가 smooth grinding 된 경우의 피로 파단된 양상을 보여 주고 있는데, 일반적인 as-welded 용접부와는 달리 루트부에서 균열이 발생되어 전파된 양상을 보여주고 있다. 본 연구에서 수행된 다른 피로 응력 범위에서도 동일한 파단 양상이 관찰되었다. 이는 box 용접부의 피로수명에 미치는 용접 비드의 smooth grinding의 우수한 효과를 보여 주고 있다.

Toe grinding 및 hammer peening 된 용접

부에서는 피로 시험시 적용된 응력범위에 관계없이 공히 Fig. 2 (c)와 (d)에서 보여주듯이 용접 toe부의 가공 면에서 발생되어 전파되었다.

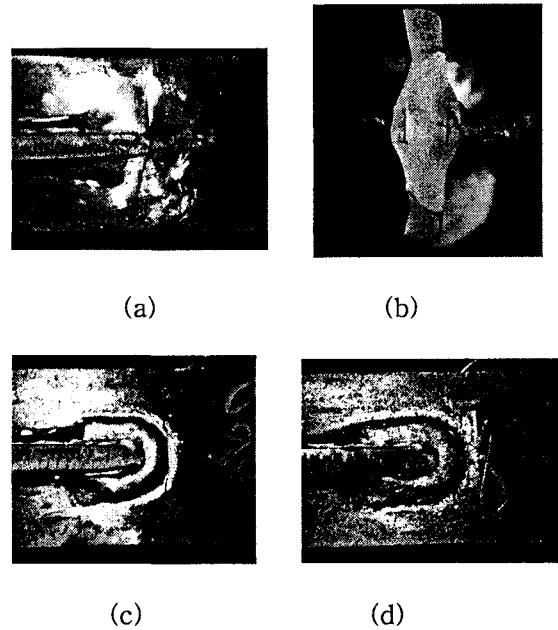


Fig.2 Fatigue crack initiation and propagation : (a), (b) Smooth grinded, (c) Toe grinded and (d) Hammer peened

3.2 Box 용접부의 피로 강도

Fig.3은 box 용접부의 피로 강도에 미치는 후처리의 영향을 도시하였다. (본 그림내의 일반 용접부 결과는 비교 목적상 삽입하였으며, 이들의 시편 형상은 본 연구에서 사용된 시편 형상과 거의 유사하다.) Fig. 3에서 보여주듯이 후처리된 box 용접부의 피로강도는 후처리 방법에 관계없이 기존 as-welded box 용접부의 피로강도보다 현저히 우수하다. 이는 IIW에서 제공하는 box 용접부의 피로강도인 FAT 71과 비교시에도 인증된다[4]. 용접비드가 smooth grinding 된 경우에는 용접 toe에서의 응력집중이 현저히 저하됨에 따라 피로강도가 증대되었다. 이는 전술한 바와 같이 피로균열 발생이 용접 toe에서 억제되었기 때문이다. 반면 toe grinding 이나 hammer peening의 경우에는 용접 toe부에서의 응력집중 저하보다는 toe 부에 존재하는 undercut 등의 미소결함 제거 및 압축 잔류응력의 형성 등으로 인하여 box 용접부의 피로 강도가 증가된다고 하겠다.

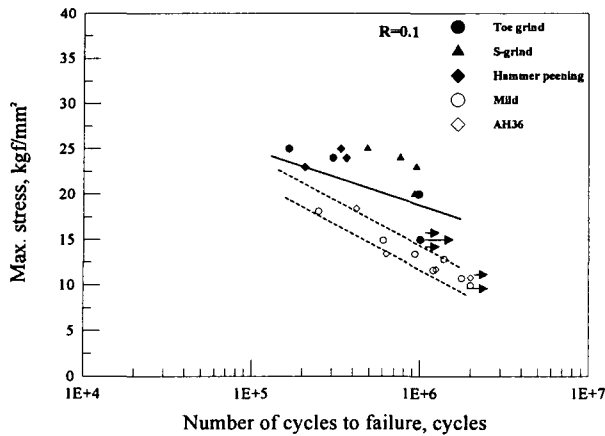


Fig.3 Effect of post treatment on fatigue strength of box weldment

4. 결 론

SM50 강재 box 용접부의 피로 강도에 미치는 후처리 방법인 용접 비드의 smooth grinding, weld toe grinding 및 hammer peening의 효과를 평가하였다.

- 1) 후처리 방법에 관계없이, 후처리된 box 용접부의 피로강도는 기존 as-welded box 용접부의 피로강도 보다 현저히 우수하다.
- 2) Smooth grinding 된 용접부에서는 일반 as-welded 용접부와는 달리 루트부에서 피로균열이 발생되어 전파되었으며, toe grinding 및 hammer peening 된 용접부에서는 피로균열이 용접 toe부의 가공면에서 발생되어 전파되었다.

참고문헌

1. P.J. Haagenen : Fatigue of high strength steels, 2nd Int. Sym on high strength steel, Stiklestad Apr. 2002
2. I. Huther et. al: IIW document XIII-1601-95
3. AWS D1.1/D1.1M2002
4. IIW document XIII-1539-94