

## 손상 방지용 보강재의 용접부 피로특성 Fatigue Properties of reinforcement plate for damage prevention

김 현수\*, 박 윤기\*, 황 주환\*, 윤 중근\*

\* 현대중공업(주) 기술개발본부 산업기술연구소

**ABSTRACT** The purpose of this study is to evaluate effects of stiffener configuration welded to the plate on the fatigue strength. Nominal stress and hot spot stress for the stiffened plate under pure bending condition were evaluated using FEA and experiment and fatigue test for each specimen was performed. For S and SD type, the fatigue strength increase with a decrease in the nominal stress and hot spot stress. D type with doubler plate was found to have the lowest value of nominal and hot spot stress for a given condition. However its fatigue strength was smaller than the others.

### 1. 서 론

구조물의 주부재에 보강재 및 doubler를 용접하여 보강 및 표면 손상 방지를 하고 있다. 그러나 평판 주부재에 취부된 보강재 및 doubler는 응력집중을 유발함으로써 피로손상의 발생원으로써 작용한다.

일반적으로 용접구조물의 피로강도는 작용된 nominal stress range를 기준으로 joint형상에 따라 각각의 피로선도를 규정하고 있으며, 최근에는 용접부 선단의 Hot Spot Stress(이하 HSS)를 기준으로 피로선도를 만들려는 많은 연구가 진행되고 있다[1,2].

따라서 본 연구에서는 평판에 보강재 및 doubler가 용접된 시편을 4-point 굽힘 시험을 실시하여 nominal stress 및 HSS를 기준으로 보강 방법에 따른 피로강도를 평가하였다.

### 2. 응력해석 및 계측

본 연구에서 사용한 보강재 및 doubler 용접 시편의 형상은 Fig. 1과 같으며 주부재의 재질은 SM490A 보강재 및 doubler의 재질은 SS400이며 기계적 물성은 Table 1과 같다.

Table 1 Mechanical properties of materials

재 질	항복강도 MPa	인장강도 MPa
SM490A(18t)	Min. 315	Min. 490
SS400	Min. 240	Min. 400

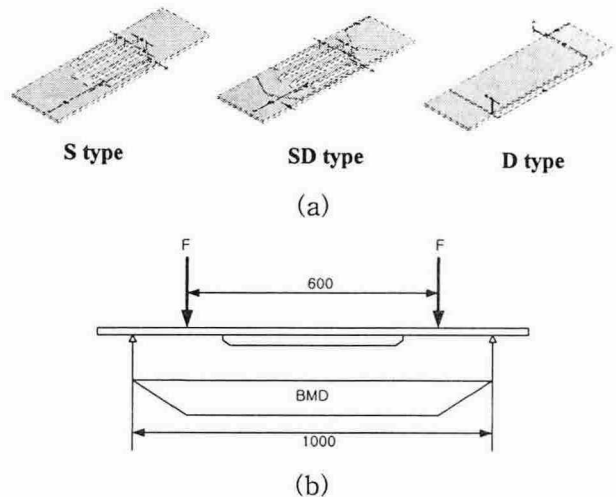


Fig. 1 (a) Configurations of test specimens, (b) 4-point bending fatigue test method

Fig. 2는 각 시편에 4 ton의 굽힘 하중에 의하여 보강재 용접 구간에 굽힘 모멘트가 일정하게 작용된 경우의 해석 결과를 도시한 것이다. S와 SD type시편의 경우 동일한 모멘트가 보강재 선단에 작용하지만 SD type 시편의 경우 doubler의 보강에 의하여 상대적으로 낮은 응력이 작용한다. D type의 경우 doubler 선단에 상대적으로 낮은 모멘트가 작용하고 보강재 선단과 같은 구조적 응력집중부가 없기 때문에 가장 낮

은 응력수준을 보이고 있다. 따라서 각 용접 시험편에 작용하는 국부응력 수준은 S>SD>D type 순이다.

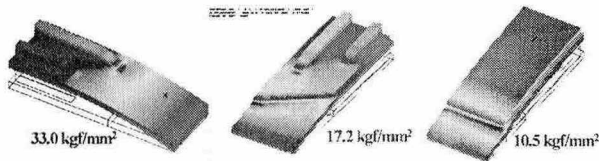


Fig. 2 Bending stress distribution at the welded specimens under 4-point bending load of 4 ton

Fig. 3은 S type 시편에 대하여 IIW HSS rule을 따라 주부재 두께를 기준으로 0.4, 0.9 및 1.4t 위치의 응력을 계측한 것이다. Fig. 3과 같이 계측 및 해석결과를 토대로 정의된 HSS와 매우 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며 이는 본 고의 해석결과가 타당함을 의미한다. Table 2는 각 용접 시험편에 3 ton 하중이 작용한 경우 HSS, nominal stress 그리고 응력집중, Kt에 대한 해석결과를 나타낸 것이다. Table 2와 같이 HSS, nominal stress 그리고 응력집중, Kt는 S, SD, D type 순으로 감소함을 알 수 있다.

Table 2 HSS, nominal stress and Kt of specimens at weld toe

	S type	SD type	D type
HSS	267 MPa	186 MPa	75.7 MPa
Nominal	143 MPa	63.3 MPa	73.6 MPa
HSS Kt	1.86	2.94	1.03

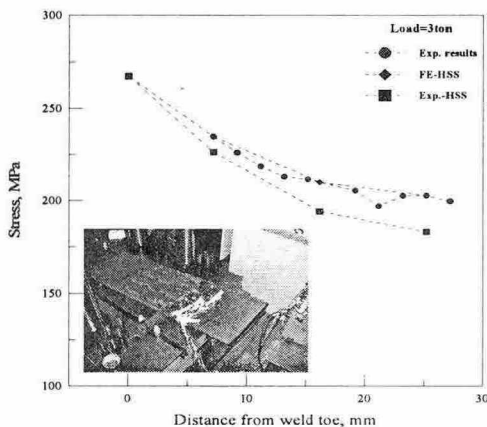


Fig. 3 Hot spot stress at the weld toe of the S type specimen

### 3. 피로 강도

응력비 R=0.1의 4-point 굽힘 피로시험 결과 nominal stress를 기준으로 피로강도를 평가하면 Fig. 4와 같이 S type은 FAT100이며 SD 및 D type은 FAT50으로 S type 용접시험편의 FAT가 가장 높음을 알 수 있다.

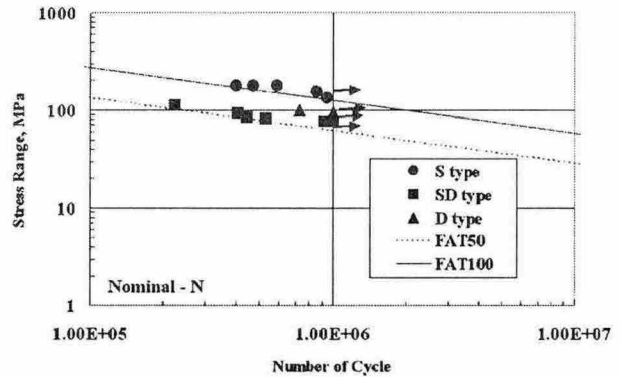


Fig. 4 Fatigue life at each specimen under constant nominal stress amplitude

HSS를 기준으로 평가된 피로강도는 Fig. 5와 같이 S>SD>D type 순으로 응력해석 및 계측 결과의 HSS Kt(SD>S>D)와는 전혀 다른 경향을 보이고 있다.

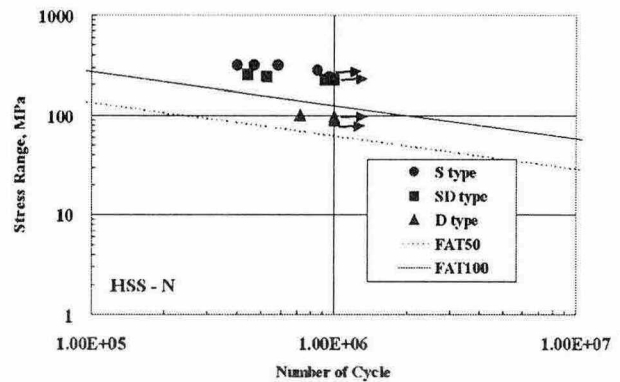


Fig. 5 Fatigue life at each specimen under constant hot spot stress amplitude

이러한 doubler plate의 피로강도 저하는 기존의 nominal stress와 HSS를 이용한 피로수명 평가가 보강재의 폭과 길이 그리고 doubler 두께 및 폭의 영향을 효과적으로 고려하지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

평판에 보강재 및 doubler가 용접된 시편에 대한 피로강도를 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용접부의 nominal stress와 HSS는 각각 D, SD 그리고 S type 순으로 감소한다.
- 2) 용접부 nominal stress와 HSS는 기준으로 평가된 피로강도는 S, SD 그리고 D type 순으로 감소한다.
- 3) D type 용접 시편의 경우 nominal stress와 HSS를 기준으로 평가한 피로강도는 실용접부의 피로강도를 과대 평가한다.

#### 참고문헌

1. P.J. Haagenen : Fatigue of high strength steels, 2nd Int. Sym on high strength steel, Stiklestad Apr. 2002
2. H.O.Fuchs et. al.: Metal fatigue in engineering