

## Structural stress를 이용한 피로실험 data 분석

### Data analysis for fatigue test of welded joint using structural stress

박형진\*, 김유일\*, 강중규\*, 허주호\*

\* 대우조선해양(주) 선박해양기술연구소 구조R&D팀

**ABSTRACT** Fatigue assessment of welded structure is very sensitive to the method of local stress determination. Normally, hot spot stress which is surface stress extracted from 0.5t, 1.5t away from weld toe is widely used to obtain local stress. However, this method has a lot of limitation in the evaluation of fatigue strength. Therefore, mesh has to comply with strict requirements since stress extracted from this method strongly rely on mesh size and element types. And that method does not cover the stress gradient through thickness direction since only surface stress is considered.

Recently, new method to obtain local stress is proposed, which is structural stress. This method has an advantage, which is mesh intransitiveness and covering the effect of both bending and axial stress in local area. In this paper, fatigue test data for various welded joints was analyzed to review the reliability of structural stress. As a result, it is verified that S-N curve using structural stress guaranteed single master curve for various joint type and testing condition.

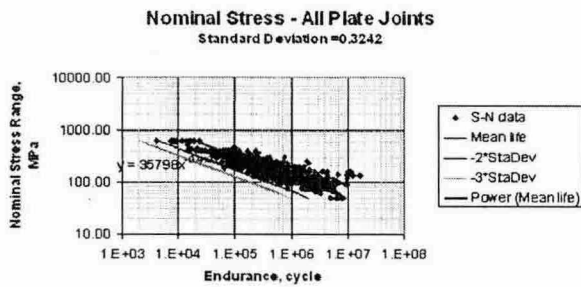
#### 1. Introduction

용접부의 피로강도는 다양한 요소에 의해 지배 받게 된다. 전통적으로 구조부재의 형상에 기인한 응력집중과 용접비드의 존재로 인해 발생하는 노치에 의한 응력 집중으로 나뉘어 질 수 있다. 현재의 구조물의 피로강도 검토를 통한 설계과정에 있어서 구조부재의 형상에 기인한 응력집중은 모든 용접이음에 대해 일정하게 작용한다고 가정되고 있다. 이 형상에 기인한 응력집중을 표현하는 방법은 현재 표면응력의 외삽에 의한 hot spot stress를 보편적으로 많이 사용하고 있으며 이를 통한 실제 구조물의 피로수명 평가가 이루어지고 있다. 하지만 hot spot stress 평가방법을 이용하여 구조물의 피로수명을 평가할 때 가장 큰 문제점은 평가할 부분의 요소 크기를 반드시 일정하게 유지해야 한다. 즉 요소크기에 따라 응력 값이 종속적으로 변화한다. 이는 해석을 위한 상당한 노력 및 시간을 필요로 한다. 또한 현재의 hot spot stress를 이용한 평가방법은 표면응력을 대상으로 하기 때문에 면외 굽힘응력 과 축 방향 하중에 대한 평가를 동일하게 함으로써 다소 과대하게 피로강도를 평가하게 된다. 이에

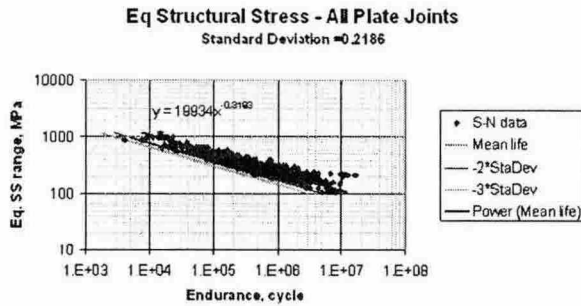
따라 Dong[2]에 의해 새로운 local stress평가 방법인 structural stress를 이용한 평가방법을 제안되었으며, 이에 대한 많은 검증작업이 진행 중이다. 본 연구에서는 structural stress의 검증작업 중 하나로 실험데이터를 이용하여 structural stress의 효과를 파악하였다. 또한 피로강도에 영향을 미치는 인자들에 대하여 피로실험 데이터 분석을 통하여 그 효과를 또한 검토하였다. 마지막으로 검토한 피로실험 데이터를 통하여 structural stress의 실효성을 검증하여 보았다.

#### 2. Analysis of test data

피로실험 데이터를 이용한 분석에서 실험데이터는 battelle에서 제공한 데이터베이스를 이용하였다. 이 데이터베이스는 현재까지 각 연구기관 및 산업체에서 수행한 840개의 데이터를 포함하고 있다. Tuber joint의 결과를 제외한 plate에 대한 data를 추출하여 등가의 structural stress로 변환한 S-N 선도는 Fig.1과 같다. Fig. 1에서 보듯이 structural stress로 변환한 데이터들은 큰 편차를 갖지 않고 하나의 curve로 잘 표현되는 것을 확인 할 수 있다.



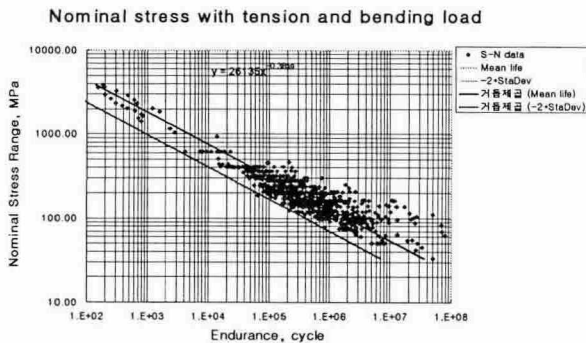
(a) S-N curve with nominal stress



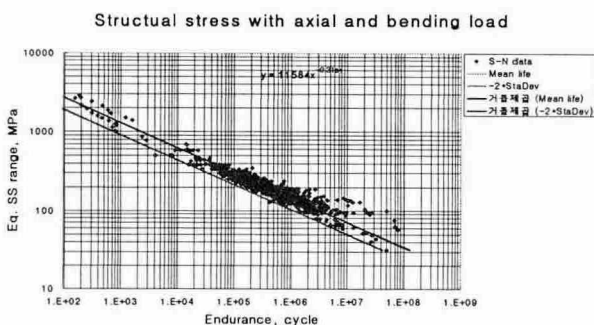
(b) S-N curve with structural stress

Fig. 1 S-N curve with all plate joints

Fig. 2는 굽힘 하중 과 축 하중을 받는 모든 joint들에 대한 데이터들을 nominal stress와 structural stress를 이용하여 나타낸 S-N curve 이다.



(a) Nominal stress for bending/axial load

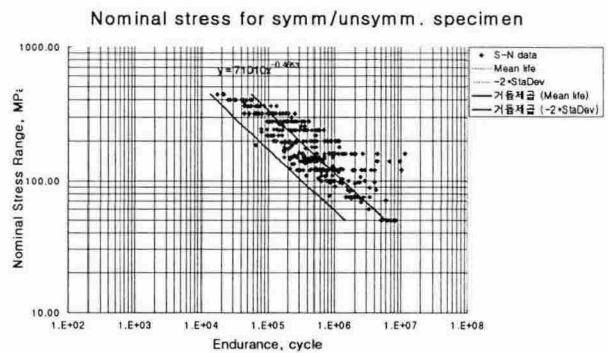


(b) Structural stress for bending/axial load

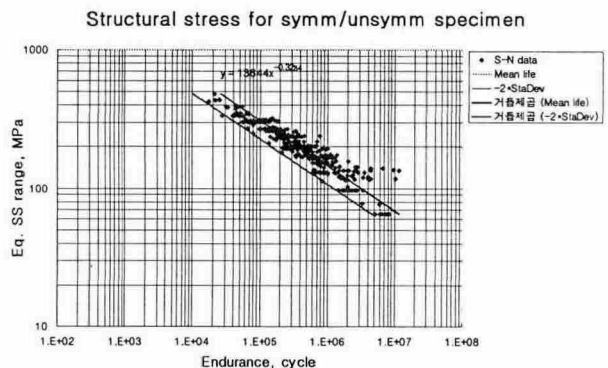
Fig.2 S-N curve with various loads

Fig.2에서 보이듯이 굽힘 및 축 하중을 받는 경우에 대하여 structural stress로 변환된 값들이 하나의 선으로 잘 표현되는 것을 확인 할 수 있다.

피로강도에 영향을 미치는 요소들 중 시편의 형상 또한 중요한 요소 중 하나이다. Fig.3은 시편 형상이 대칭인 것과 비대칭인 것에 대하여 nominal stress와 structural stress를 이용하여 실험 데이터를 분석하였다.



(a) S-N curve for symmetric joint



(b) S-N curve for unsymmetric joint

Fig. 3 S-N curve for various joint type

Fig. 3에서 보이듯이 structural stress를 이용하여 데이터분석 결과 하나의 선으로 표시되어지는 것을 확인 할 수 있었다.

### 5. Conclusions

Structural stress를 이용한 실험데이터 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) Plate구조물에 대하여 각 산업체 및 연구소에서 수행한 모든 실험 데이터들을 structural stress를 이용하여 변환한 결과 하나의 mater

curve로 표현이 되는 것을 알 수 있었다.

2) 피로강도에 영향을 미치는 인자들에 대하여 structural stress를 이용하여 분석을 수행하였다. master curve와 마찬가지로 각 요소를 기준으로 정렬된 데이터들은 큰 편차를 갖지 않고 하나의 선도로 표현되어 지는 것을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. Zhenning Cao, J.K. Hog, Pingsha Dong: JIP Master S-N Database Development, Battelle (2005)
2. Pingsha Dong: Mesh-Insensitive Structural Stress Method for Fatigue Evaluation of Welded Structures, Battele structural stress JIP Final Report(2004)
3. 하청인, 김명현: 플릿 용접구조물의 피로해석을 위한 기준응력에 대한 비교연구, 추계 대한조선학회 논문집, 669-674 (2005)
4. A. Almar-Naess: Fatigue Handbook Offshore Steel Structures