

선체 구조용 Stiffener 형상의 최적화 연구

대우 조선 기술 연구소 강 중규*
한 종만
한 용섭

I. 서론

최근 선박의 대형화 추세에 맞춰 VLCC의 건조가 활발히 진행되고 있는데, 이 VLCC의 건조에 허용 응력이 높은 고장력강의 사용이 늘어가고 있는 반면, 그에 대한 피로 강도의 연구는 미미한 편이다. 더욱이 최근 5년 이내에 일본에서 고장력강을 이용해 건조된 선박에서 피로 Crack이 발견되어 국부 응력 집중부에서의 고장력강의 피로 문제에 대한 관심이 고조되고 있다. 주된 손상 부위(Fig.1 참조)는 선체의 중부재 및 횡부재의 연결 부위로서, Side Longitudinal과 Web Frame이 교차하는 부분에 Web Frame의 좌굴 방지를 위해 Longitudinal과 Web Frame을 연결한 Stiffener와 Longitudinal의 Flange와의 용접부다. 이와같은 피로문제의 해결을 위해 Stiffener 형상을 바꿔가면서 실구조물 피로 실험을 행하였다. 피로 실험을 통해 여러가지 Load에 따른 피로 수명을 측정하여, Stiffener 형상에 따른 S-N Curve를 도출하였다.

II. 실구조물 피로 실험

1. 실험 Model 및 실험 방법

실험 Model은 손상 부위 중에서 Symmetric Condition을 만족하는 부분과 같은 Dimension으로 제작하였다. 피로 파괴는 주로 Full Load 상태에서 일정한 내부 화물의 수두에 대한 외부 Wave의 변화에 의한 Internal Pressure에 의해 발생하는데, 이와같은 Boundary Condition의 구현을 위해 Model의 양단을 구속하고, Web Frame 상단에서 편진 인장 하중을 가하였다. 실제 작용하는 Pressure와 치환 하중에 대해 Fig.2에 나타내었다.

실험은 구조적 응력 집중 부위에 Strain Gage를 붙여 반복 하중 하에서 Strain을 검출, 일정한 진폭을 갖고 있던 Strain의 진폭이 감소하는 시기를 Crack 발생 시기로 정하였다. Fig.3에 Crack 발생시기를 결정하는 예를 들어 놓았다. Stiffener 형상에 따른 S-N Curve의 도출을 위한 Stiffener 형상에 대한 Load의 크기를 5가지로 변화시켜서 수행하였다.

2. 실험 결과 및 고찰

가장 큰 응력 집중 현상을 보이는 Scallop 부근에 붙힌 Strain Gage에 의해 검출된 Strain을 이용하여 계산된 Fluctuating Stress와 Crack이 발생하기까지의 지속 Cycle을 통해 각 Stiffener 형상에 따른 S-N Curve를 작성하였다. Stiffener에서 Soft Toe의 유무에 따른 S-N Curve가 매우 큰 차이를 나타내고 있는데, 이를 Fig.4에 나타내었다. Soft Toe가 없는 Stiffener 형상이 Soft Toe가 있는 Stiffener 형상보다 좋은 피로 특성을 나타내고 있다. Soft Toe의 역할은 Stiffener와 Longitudinal과의 연결을 부드럽게 하여 응력 집중을 완화하는 효과는 있지만, 최대 응력 집중부인 Scallop 부위에는 오히려 응력 집중을 유발하는 비대칭성의 증가만을 가져오고 있다. 비대칭으로 인한 Moment 발생을 억제하는 방법으로 채택되어진 Back Bracket과 Soft Toe가 함께 있는 경우는 가장 좋은 피로 특성을 보여 주고 있다. 결국 Moment 발생의 방지가 이와같은 구조적 응력 집중부의 응력 집중 현상을 방지하는데 큰 역할을 하고 있는 것이다.

II. 결 론

1. 선체 구조용 Stiffener에서 Soft Toe는 Back Bracket이 없을 경우, 비대칭성의 증가를 유발하여 좋지 않은 피로 특성을 갖게 된다.

2. 선체 구조용 Stiffener에서 Stiffener에 의해 발생한 Moment를 제거하기 위해서는 Back Bracket을 이용해야 하며 이때 매우 좋은 피로 특성을 갖게 된다.

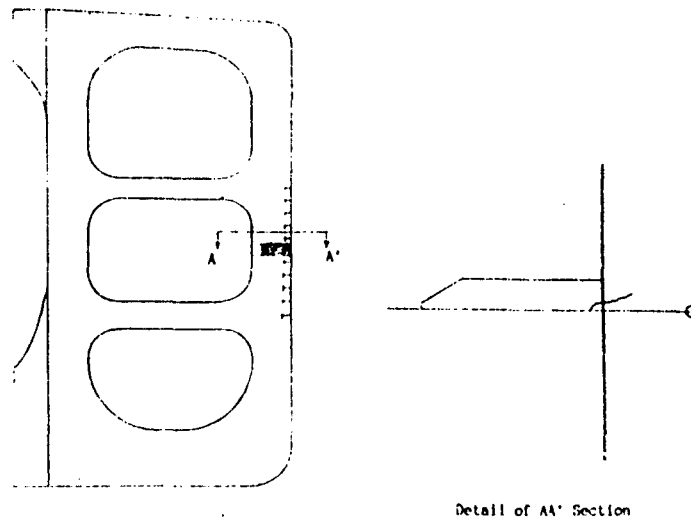


Fig.1 Location of Dissected Area

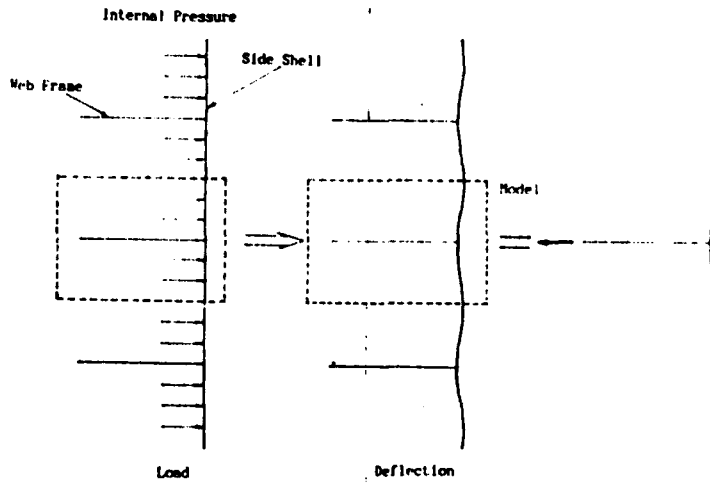


Fig. 2 Actual Pressure Distribution and Equivalent Concentrated Load

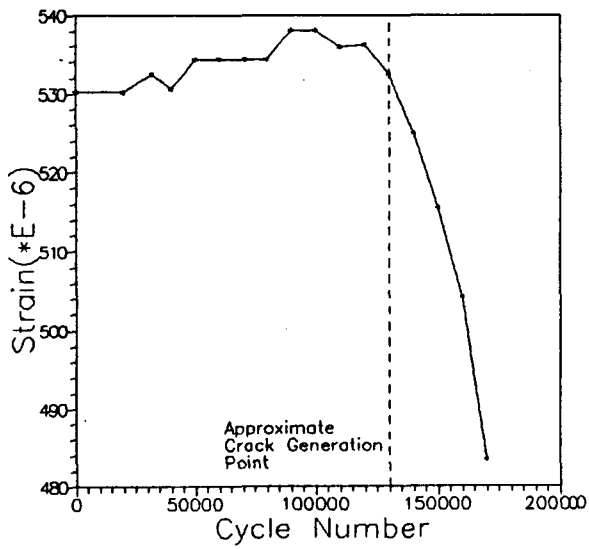


Fig.3 Decision of the Crack Generation Point

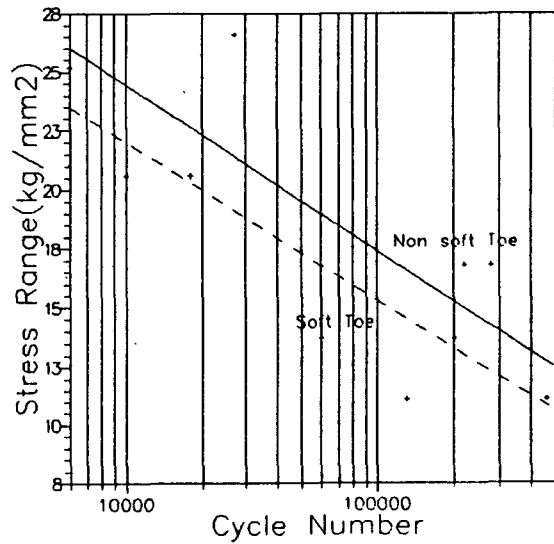


Fig.4 Comparison of the S-N Curve