

## Fillet 용접시 크기에 따른 각변형량의 고찰 A study of angular distortion at the Fillet welding

임 동용, 이 정수, 최 우현  
한진중공업 기술연구소

### 1. 서 론

선박의 건조시 편면 보강판으로 이루어진 외판에서 많은 용접 변형이 발생한다. 이 변형으로 인한 설계에서의 보강판의 첨가나 현장에서의 곡직작업으로 작업 시수가 증가하게 된다. 편면 보강판의 Plate의 두께에 따른 각변형량의 차이를 정의함으로써 실선의 변형 정도가 예측 가능하다.

시편 테스트를 통하여 Plate의 두께에 대한 각변형량의 결과를 측정하였다. 실 모델의 크기와 같은 비율로 축소된 크기이므로 각 변형량은 같게 나타남을 증명하였고, 각 변형량의 크기를 분석하여 구속과 비구속의 차이, 두께에 따른 차이를 나타내었다.

### 2. 시편의 크기 결정

편면보강판의 용접시 발생하는 각변형량을 측정하기 위해 실험 가능한 Size로 축소하여 실험을 하였다. Size의 축소시 각변형량의 차이를 밝혀 실험결과를 실선에 적용하고자 한다.

#### 2.1 편면 보강판의 해석 모델

해석 대상으로 삼은 모델은 Fig.1에서 보인것과 같이 Stiffener의 간격이 840mm 이고, Plate의 크기는 3240x1680x12mm이며, Stiffener는 150x90x12mm인 Angle을 사용하였다.

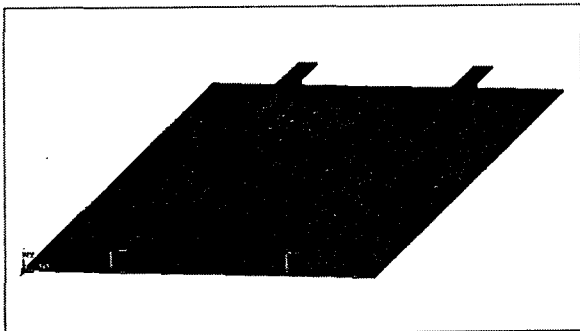


Fig.1 Real size model

### 2.2 모델의 열탄소성 해석

우선 Stiffener의 간격에 의한 용접시 열간섭의 범위를 확인하기 위해 Plate 하나에 2개의 Stiffener를 모델링하여 열전달 해석을 하였다.

비선형 물성치를 사용하였으며, 시간에 따른 과도응답 해석을 수행하였다. 용접 입열은 Heat Flux로 주었으며, 각 이동 열원(1Pass)의 진행 후 충분한 냉각 시간을 주었다. 해석 결과 4개의 열원과 공냉 후 각 Node의 온도 분포를 확인할 수 있었다.

Fig.2는 열전달 해석의 온도 분포를 도식화 하였다. Heat flux가 가해진 부분을 중심으로 온도 등고선을 형성 하고 있으며, Stiffener 간격이 840mm인 실 모델은 용접에 의한 열 간섭이 일어나지 않음을 알 수 있었다.

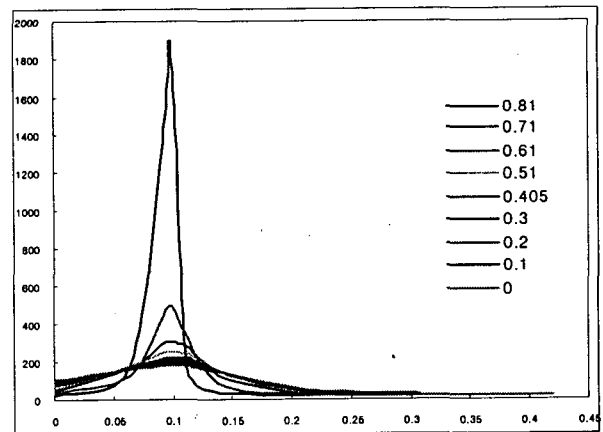


Fig.2 Distribution of thermal at each node

각 Node의 시간에 따른 온도분포를 하중으로 주어 열변형 해석을 수행 하였다. Fig.3은 최종 냉각 상태에서의 변형 모습을 나타낸다. Stiffener 사이에서의 국부변형 역시 뚜렷이 나타난다. 그러나 Stiffener 사이에서의 국부 변형은 아주 미세하게 나타났으며, 양쪽 바깥부분의 각변형량은 평균적으로 0.0357정도의 값을 가진다. Fig.4에서 각변형량을 그래프로 나타내었다.

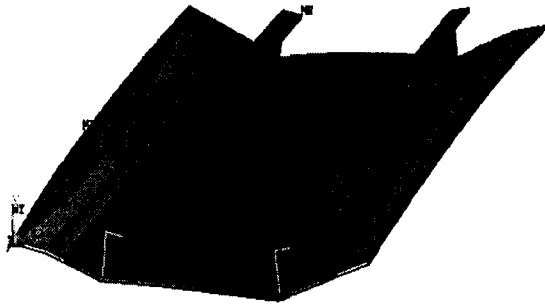


Fig.3 Distortion simulation (At last step)

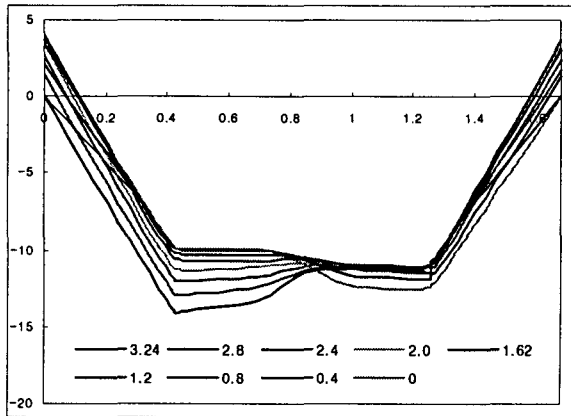


Fig.4 Distribution of transverse distortions (At last step - Real Model)

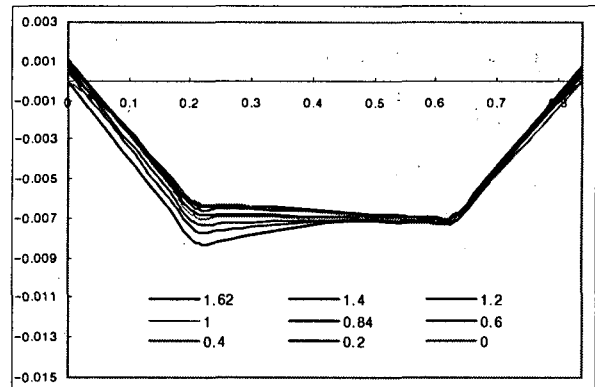


Fig.5 Distribution of transverse distortions (At last step - Half Model)

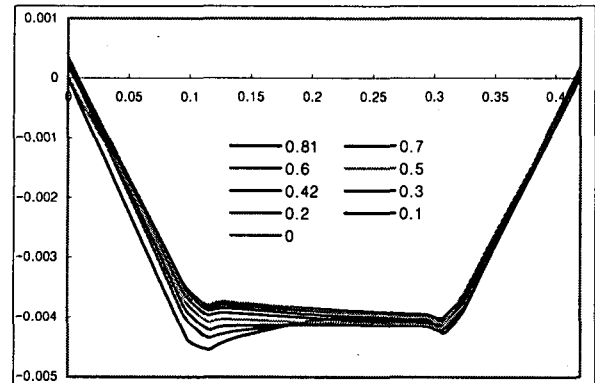


Fig.6 Distribution of transverse distortions (At last step - Quarter Model)

실 모델에서 Plate의 크기와 Stiffener의 크기를 1/2로 하여 열 탄소성 해석을 수행 하였다. 치수의 변화만 있으므로 Stiffener의 간격은 좁아졌으나, 용접장의 감소로 전체적인 입열량은 실 모델의 1/2가 된다. 해석 결과 각변형량에서 큰 차이가 없다는 것을 확인하였다. 1/4 모델 역시 각변형량의 차이는 거의 없다.

실 모델과 비교해 볼 때 유사한 양상의 변형을 보이며, 각변형량 역시 0.0380으로 비슷한 값을 가진다. 이것은 각변형량은 모델의 크기와는 독립변수로 존재하며 입열량에 의한 변화량이라 할 수 있다. 단, 가열구간의 겹침에 대한 입열량 증가는 고려되어야 한다. 실험 모델의 크기 결정에서 Plate의 세장비와 두께등의 전체적인 비율을 같게 하여 축소된 크기를 결정하면 실 모델과 유사한 변형량을 보이게 됨을 예상할 수 있다. Fig.5와 Fig.6에서 Half Model과 Quarter Model의 각변형량을 그래프로 나타내었다.

본 연구를 통하여 두께를 제외한 모든 치수의 균일한 축소는 유사한 변형량을 유발한다는 사실을 확인하였다. 따라서 균일한 비율을 가지는 실험 가능한 모델을 제작하여 변형량을 측정 함으로써 실 모델의 변형량을 예측할 수 있다.

### 3. 축소 모델의 실험

#### 3.1 실험 장비 및 시편의 크기

본 연구에서 실험에 사용된 시편의 크기는 620X620mm이며, 두께는 15, 12, 10, 8mm이다. 각 Case별로 Free 상태에서 용접을 시행하였다. Stiffener의 두께 및 크기와 용접 입열량은 같은 조건으로 하였다. 시편의 두께가 25mm이하인 경우에 용접길이가 457mm 이상 일때 길이의 효과는 무시할 수 있기(DeGarmo) 때문에 시편의 길이를 620mm로 하였다. 고온 입열량과 정확성을 위해 용접로봇을 사용하였다.

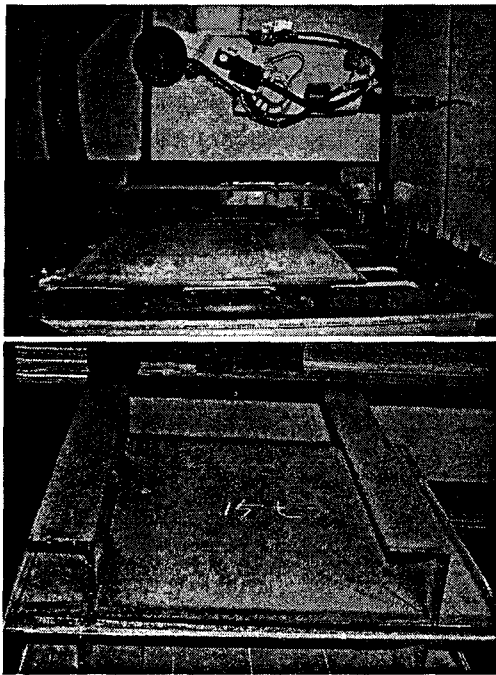


Fig. 6 Welding Robot & Test Pieces

3.2 실험 결과

비구속 상태에서 각각 두께에 따른 각변형량을 비교하였다. Fig.7은 각 시편의 용접 시작부와 종료부인 양 끝단을 제외한 부분의 평균값을 사용하여 두께에 따른 각변형 정도를 나타내었다. 자유단 부분에서의 각변형량은 두께가 작을수록 더 큰 값을 가짐을 확인 할 수 있다. 보강판 사이의 각변형량 역시 같은 양상을 보인다. 앞서 밝힌 시편의 크기결정을 위한 시뮬레이션에서의 각변형량값과 본 실험에서의 각변형량의 값이 유사하게 나타남을 알 수 있다. Fig.8은 자유단의 각변형량을 계산하여 비교해보았다. 두께에 따라 완만한 기울기의 값을 가짐을 알 수 있다. 그러나 실험 시편의 종류가 작았으며, 두께 25mm 이상의 시편에서의 적용에 대해서는 설명할 수 없다.

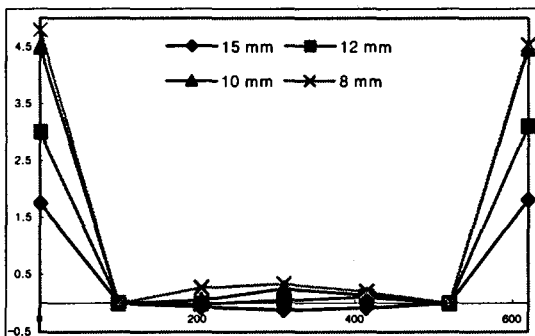


Fig.7 Angular distortion of Test-piece

Table 1 Angular distortion about the thickness

두께 (mm)	각변형량 값
15	0.0177
12	0.0345
10	0.0434
8	0.0467

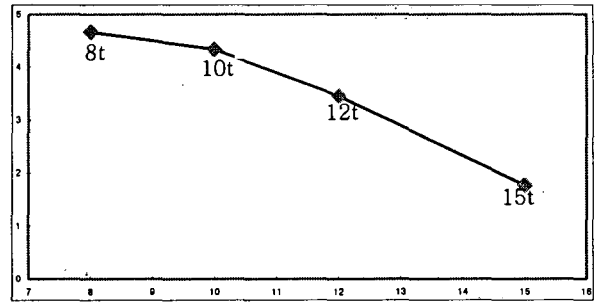


Fig.8 Comparison with Angular distortion

4. 결 론

강재의 두께에 따른 편면 보강판의 각변형량의 차이를 알아보기 위하여 본 연구에서는 실험을 위한 시편의 크기결정방법과 Plate의 두께에 따라 각변형량이 얼마나 차이가 나는지 알아보았다.

첫째, 실험을 위한 시편의 크기 결정은 실 모델과 같은 비율로 축소를 할 경우 실 모델의 각변형량과 유사한 각변형량을 가진다.

둘째, 실 모델의 시뮬레이션 결과와 축소모델의 수치해석 결과, 시편 테스트의 각변형량 측정 결과가 거의 유사하게 나타났다.

두께에 따른 각변형량의 상관관계를 밝히기 위해서는 더 많은 시편의 실험이 필요하며, 구속일 경우와의 비교를 통하여 각변형량의 변화를 분석하여야 한다.

참 고 문 헌

1. DeGarmo, E.p., J.L.meriam, and F.Jonassen, 1946, The Effect of Weld Length upon The Residual Stress of Unrestrained Butt Welds, Welding journal 25(8) : 485-s - 486-s
2. Masubuchi, K., 1980, Analysis of Welded Structures-Residual Stress, Distortion and Their Consequences, Newyork : Pergamon Press