

# 로컬&글로벌 모델을 이용한 용접법에 따른 박판 필릿용접 각변형 검토

## Analysis of Angular Distortion in Fillet Joint by Using Local & Global Model

장경복\*, 허희영\*, 조시훈\*, 장태원\*

\* 삼성중공업 거제조선소 조선플랜트 연구소 용접 연구

### 1. 서 론

선체 구조물 제작 공정의 대부분을 차지하는 용접에 의해 발생하는 변형은 정도, 강도 뿐 아니라 제품의 미관에도 영향을 미치는 인자로 품질 및 생산성 확보를 위해 반드시 제어되어야 하는 부분이다. 특히, 여객선과 같은 박판 구조물의 경우 강성 저하로 인해 용접 변형의 제어가 가장 큰 문제이다. 변형이 심할 경우 곡직과 같은 후공정이 증가하여 구조물의 신뢰성 저하와 더불어 생산 공정 지연으로 인해 상당한 손실이 발생한다. 여객선 박판 블록 제작에서 가장 기본적인 변형이 판계 용접 라인에서 발생하는 필릿 각변형이다. 이러한 각변형을 줄이기 위해 양면 용접 대신 편면(one side), 체인(chain) 용접 등이 적용될 수 있다. 이러한 용접법을 적용하기 위해서는 실험적 검증 뿐 아니라 시뮬레이션을 이용한 해석적 기법의 적용을 통한 정성적 및 정량적 검토 또한 필요하다.

이에 본 연구에서는 시험편 제작을 통한 실험 및 Local&Global 모델을 이용한 3차원 유한요소 해석을 실시하여 용접법에 따른 필릿 각변형을 정성적 및 정량적으로 검토하였다.

### 2. 실험

본 연구에서는 다음과 같은 시험편을 제작하여 용접법에 따른 박판 필릿 용접 각변형을 검토하였다. Fig.1 은 시험편 형상, 변형 측정 위치 및 용접 방법을 나타낸다.

One-side 용접의 경우 1, 3번 용접만 해당되며, Chain 용접의 경우는 1,2,3,4의 순으로 용접되며 피치(100mm) 당 용접길이는 70mm이다. 용접은

FCAW 이며, 각변형 측정은 레이저 측정 장비를 이용하였다. Fig.2는 실제 용접 및 측정하는 모습을 나타낸다

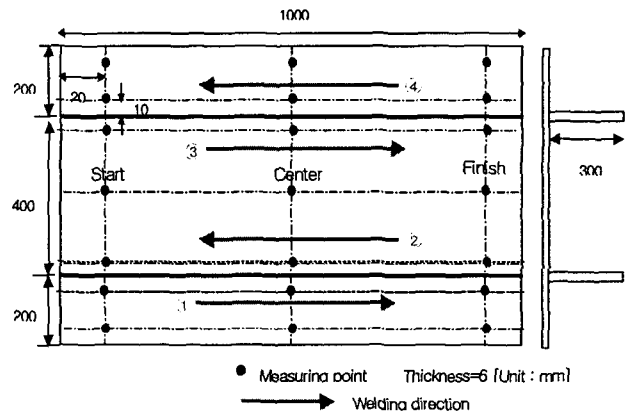
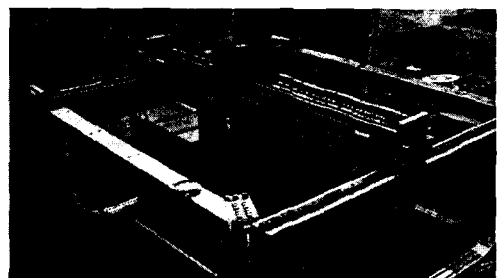


Fig.1 Specimen shape and welding sequence



(a) Welding



(b) Monitoring of deformation

Fig. 2 Welding and deformation measurement

### 3. 해석 및 실험 결과

Local&Global 개념을 이용한 변형 해석의 장점은 해석 결과의 정확성과 계산 시간 및 용량을 줄일 수 있다는 것인데 전자를 위해서는 Local 모델의 선정 및 해석이 중요하다. 본 연구에서는 시험편 마크로 단면을 기준으로 플랜지 폭 40mm, 웨브 높이 20mm, 그리고 모델의 길이는 체인 용접의 피치당 용접 길이인 70mm로 하였다. Fig. 3은 시험편의 마크로 단면과 Local의 열전달 해석 결과를 나타낸 것이다.

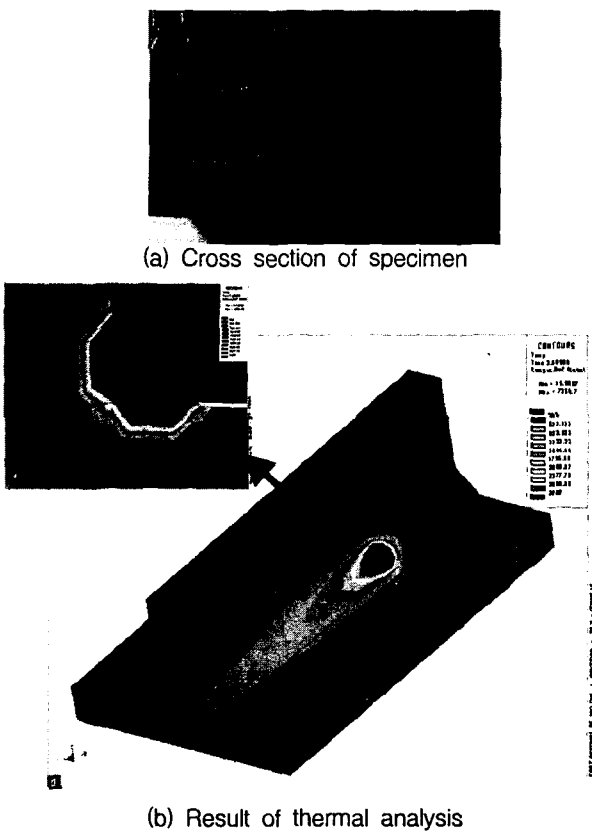


Fig. 3 Cross section of specimen and result of thermal analysis in local model

Fig. 4는 Local 모델 해석 결과 얻어진 Plastic Strain 분포를 나타낸다. 이 분포를 Global 모델에 Mapping하여 탄성 해석을 수행하는 것이 Local&Global 해석법의 기본 개념이다.

Fig. 5는 실제 시험편 형상과 동일한 Global 모델의 편면 용접 해석 결과를 나타낸다. Local 모델의 중앙 단면의 plastic strain 분포를 Global 모델에 Extrusion 시킨 결과이다. 편면 용접과 같이 긴 연속 용접라인의 경우 이와 같이 Extrusion 방법이 효과적이다.

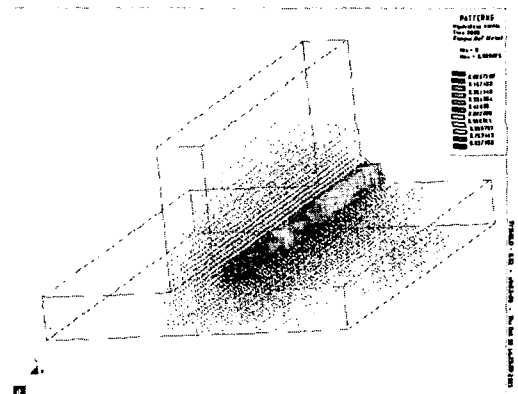


Fig. 4 Plastic strain distribution of local model

Fig. 6은 Global 모델의 체인 용접 해석 결과이다. Local 모델의 전체적인 plastic strain 분포를 Block으로 설정하여 체인 용접의 각 용접 라인에 그대로 Mapping 하여 해석한 결과이다. 이처럼 Local 모델 전체를 Block을 설정하여 해석하는 방법은 용접 길이가 짧은 단속 용접이나 가접의 해석에 상당히 효과적이다.

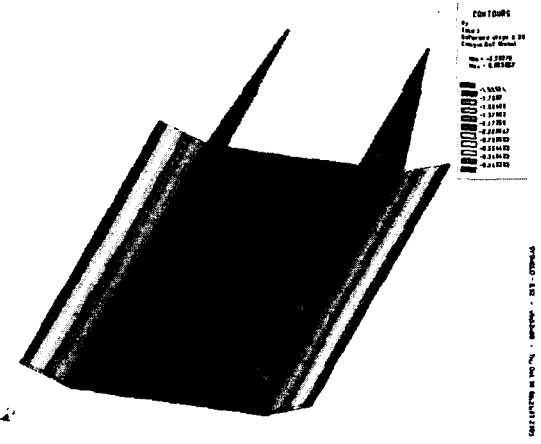


Fig. 5 Deformation shape of one-side welding for global model(×20)

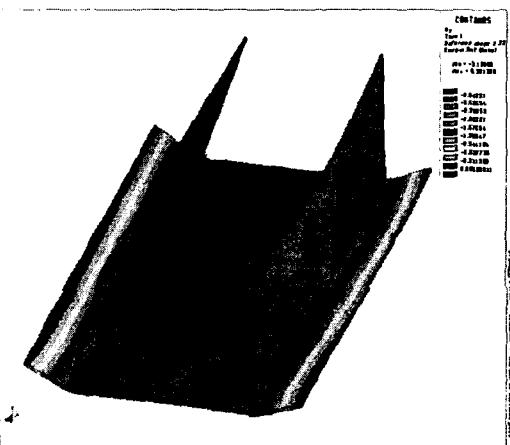


Fig. 6 Deformation shape of chain welding for global model(×20)

Fig.7은 편면 용접 시험편 테스트 결과와 해석 결과를, Fig.8은 체인 용접 결과를 나타낸 것이다.

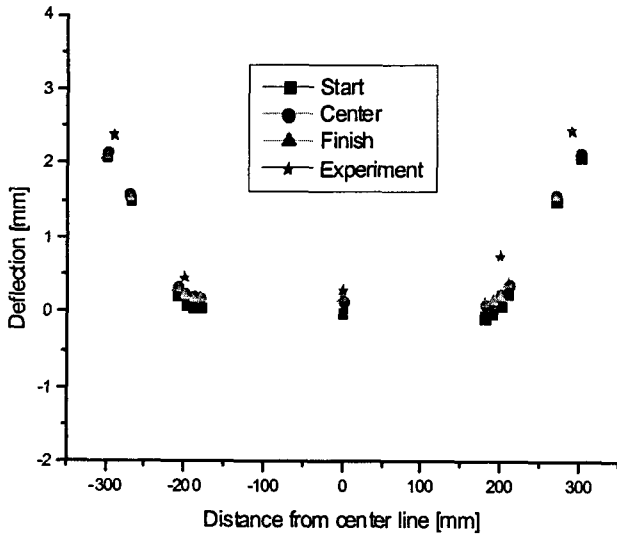


Fig.7 Deflection result of one-side welding specimen and global model

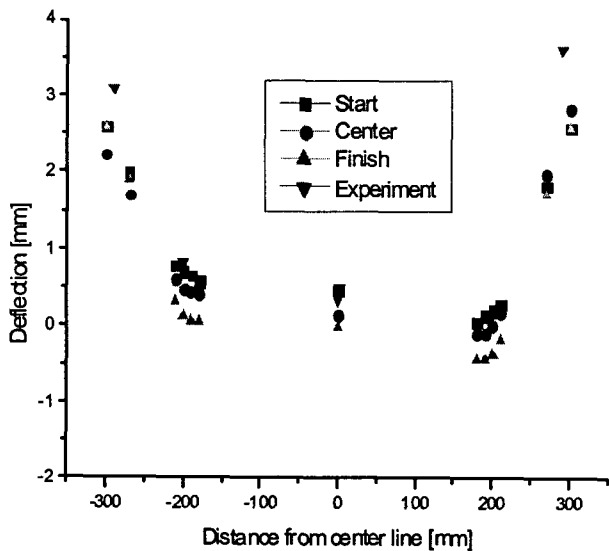


Fig.8 Deflection result of chain welding specimen and global model

전체적으로 해석 결과가 실험 결과와 상당히 유사하여 Local&Global 모델 해석법의 타당성을 확인할 수 있다. 편면 용접과 체인 용접에 대해 각변형 량을 비교해 보면 큰 차이가 없어 박판

블록 제작 시 판계 라인에 시공상 유리한 편면 용접을 적용하는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 단, 편면 용접의 경우 웨브의 기울어짐이 체인 용접 보다 다소 크기 때문에 이를 제어하기 위해 다양한 방법 들이 검토되어야 할 것으로 여겨진다.

#### 4. 결 론

선체 박판 블록 판계 라인에서 필릿 용접 각변형을 줄이기 위해 적용 가능한 편면 및 체인 용접을 시험편 제작 및 Local&Global 모델을 이용한 해석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 해석 결과는 실험 결과와 유사하여 대형 용접 구조물 변형 해석법으로서 Local&Global Model의 타당성을 확인할 수 있었다.
- 2) 편면 용접과 체인 용접의 각변형은 크게 차이가 없어 박판 블록 제작 시 판계 라인에 시공상 유리한 편면 용접을 적용하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. Satoh, K and Terasaki, T Effect of welding conditions on welding deformations in welded structural materials, Journal of the Japanese welding Society, Vol.45, No.4, 1976.
2. Ueda, Y. and Yamakawa, T., Analysis of thermal elastic-plastic behavior of metals during welding by finite element analysis method, Journal of the Japanese Welding Society, Vol. 42, No.6, 1973.
3. Nomoto, T., Takechi, S. and Aoyama, K. Basic Studies on Accuracy Management System Based on Estimating of Weld Deformations, Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 181, 1997.
4. Murakawa, H. and Luo, Y. and Ueda, Y, Prediction of Welding Deformation and Residual Stress by Elastic FEM Based on Inherent Strain (First Report) Mechanism of Inherent Strain Production, Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 180, 1996.