

로컬&글로벌 모델을 이용한 선체 용접변형에 관한 연구

The Analysis of Welding Deformation of Ship Structure by Using Local and Global Model

장경복*, 조시훈**, 허희영**, 장태원**

* 삼성중공업(주) 거제조선소 조선&플랜트연구소 용접연구

** 삼성중공업(주) 거제조선소 조선&플랜트연구소 용접연구

1. 서론

조선·해양 구조물 산업에 있어 코스트 절감, 생산 자동화를 통한 생산성 향상을 위해 반드시 확보되어야 하는 것이 정도의 확보이다. 이러한 정도확보를 위해서는 변형을 최소화하는 적절한 작업조건, 용접변형의 제어 등이 필요하다.

특히 선체 및 해양 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. 최근 용접변형의 제어를 위해서 해석적 기법의 적용은 필수적인 것이 되었으며, 컴퓨터의 발달로 용접현상을 정밀하게 해석하기 위한 3차원 열탄소성 해석이 대부분 모델에서 가능하게 되었다. 그러나, 아직까지 선박과 같은 대형구조물의 해석은 거의 불가능하다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 실험적 연구 외에 증가하중법, 간이 열탄성 해석법, 고유변형도법 등과 같은 간이 해석법에 관한 많은 연구가 진행되어 왔으며 각 해석법은 장·단점을 지니고 있다. 간이 해석법의 선택은 해의 정확도와 효율성에 의해 좌우된다고 볼 수 있으므로 산업체마다 각자의 노하우가 담겨진 다양한 해석법을 적용하고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 해의 정확도를 유지하면서 보다 효율적인 해석법의 정립이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 선박·해양플랜트와 같은 대형실 구조물의 효율적 용접변형 해석을 위해 로컬 & 글로벌 모델을 이용한 해석적 접근법의 적용성 및 타당성을 검토하였다.

본 연구의 해석 모델은 Fig.1과 같이 판계 용접된 주판에 2개의 길이방향 및 1개의 횡방향 보강재가 부착되는 mock-up 구조물이다. 시험편은 판 간격이 800mm으로 균일하게 설치된 정반 위에 올려놓고 용접하였으며 Fig.2는 mock-up 구조물의 용접 후 최종 형상을 나타낸다.

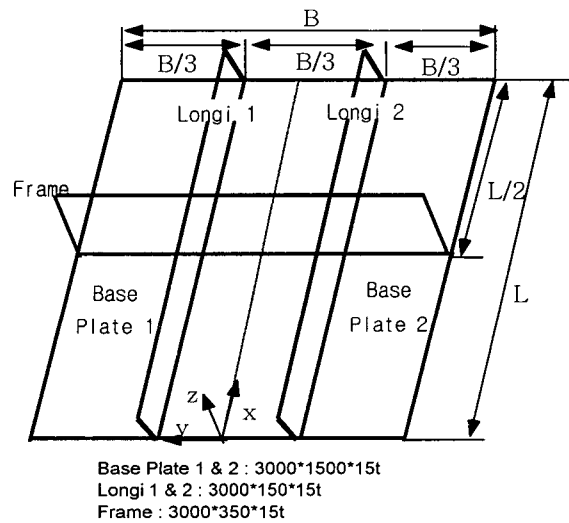


Fig.1 Shape of mock-up structure

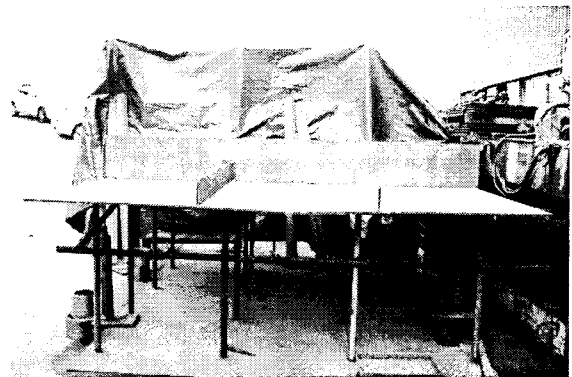


Fig.2 Final shape after welding

2. 실험방법

Table 1은 용접조건을 나타낸다.

Table 1 Welding conditions

| | | 전류(A) | 전압(V) | 속도(mm/s) | 비고 |
|----------|------|-------|-------|----------|------------------------------|
| BUTT용접 | 1층 | 220 | 28 | 3.1 | - FCAW용접 DW-100 (1.4φ) |
| | 2-4층 | 290 | 32 | 4.3 | |
| FILLET용접 | 1층 | 240 | 26 | 7.8 | 각각 4.5mm |

3. 해석법의 적용

해석 모델은 크게 해의 정확성을 위한 로컬 모델과 해석의 효율성을 위한 글로벌 모델로 이루어진다. 실질적으로 용접에 의한 열탄소성 효과는 용접부 근방에 국한되며, 나머지 부분은 실질적으로 탄성 거동을 한다고 볼 수 있기 때문에 이러한 접근이 가능하다. 용접 모델의 정확성에 대한 검토는 로컬 모델에서 충분히 이루어질 수 있으며, 글로벌 모델의 해석은 이렇게 검증된 로컬 모델의 해석 결과를 효율적으로 mapping하는 것이 주 관심사이다. 대형 용접구조물의 변형 해석을 이처럼 로컬&글로벌 모델로 나눔으로서 해석모델의 크기 제한을 극복할 수 있으며, 변형을 최소화하는 용접순서나 구속조건 등을 효율적이면서 다양하게 검토해 볼 수 있다.

Fig.3은 본 모델에서 로컬 모델의 선정을 나타낸 것으로 판계의 맞대기 용접과 보강재의 필릿 용접으로 이루어진다. Fig.4는 로컬 모델의 해석 결과로서 plastic strain의 분포를 나타낸다. 이렇듯 충분히 검토된 로컬 모델의 해석 결과인 plastic strain을 글로벌 모델에 mapping하는 것이 다음 단계의 해석이다.

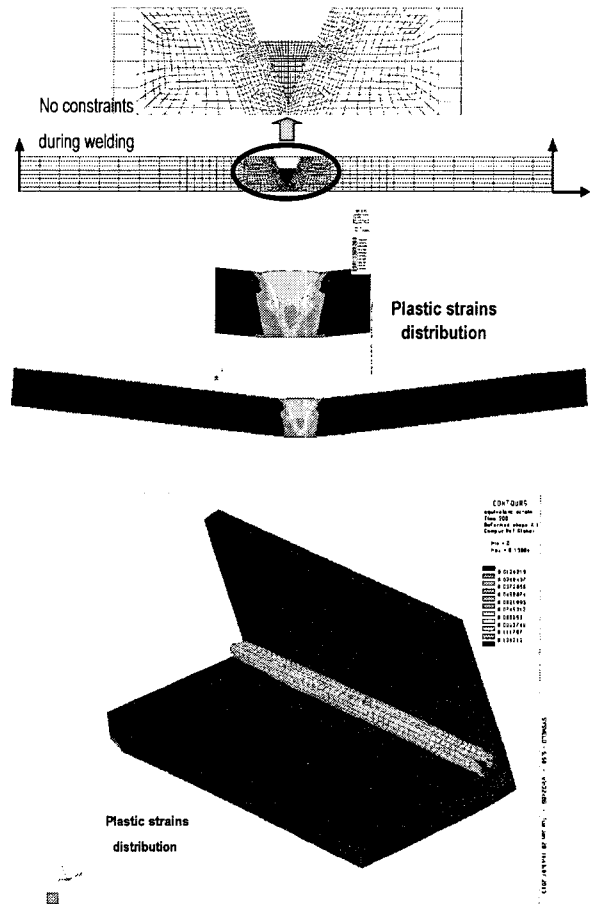


Fig. 4 Analysis result of local model

Fig.5는 global model의 요소 형상을 나타낸 것으로 local model의 결과가 mapping 되는 역은 해석의 정확도를 위해 충분히 fine 하며 mapping 시 최종적으로 탄성해석이 이루어지므로 해석 시간의 제한은 없다고 볼 수 있다.

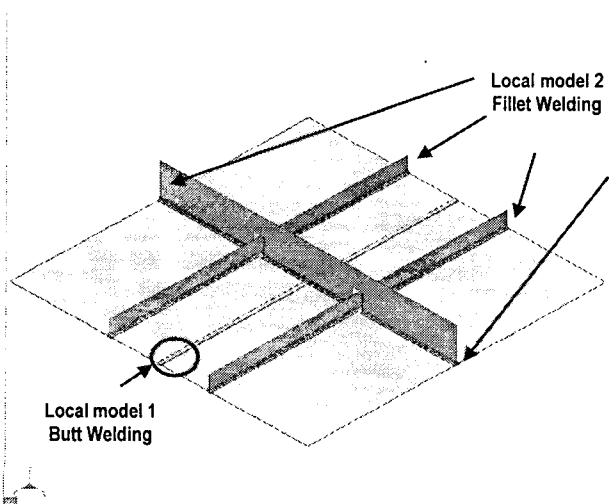


Fig. 3 Choice of local model in global mo

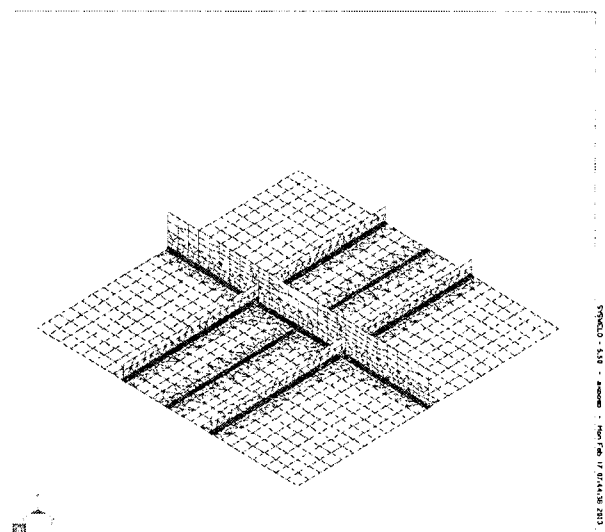


Fig. 5 Mesh generation in global mode

Fig.6은 용접 순서의 영향을 고려하지 않고 모든 용접부가 동시 용접된다고 가정했을 경우의 해석 결과를 나타낸다.

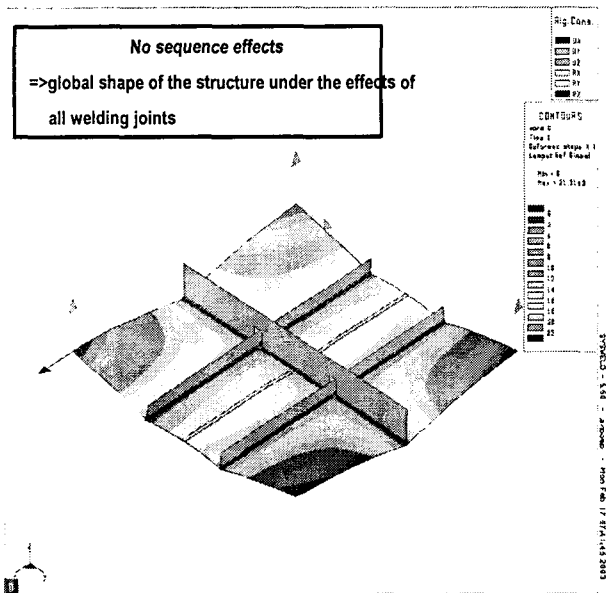


Fig.6 Distortion distribution in analysis no sequence effect

Fig.7은 그림에서 나타난 용접순서로서 용접한 경우에 대한 해석 결과로서 전체적인 변형 양상이나 변형량의 정도가 실험 결과와 상당히 유사한 결과를 나타내었다.

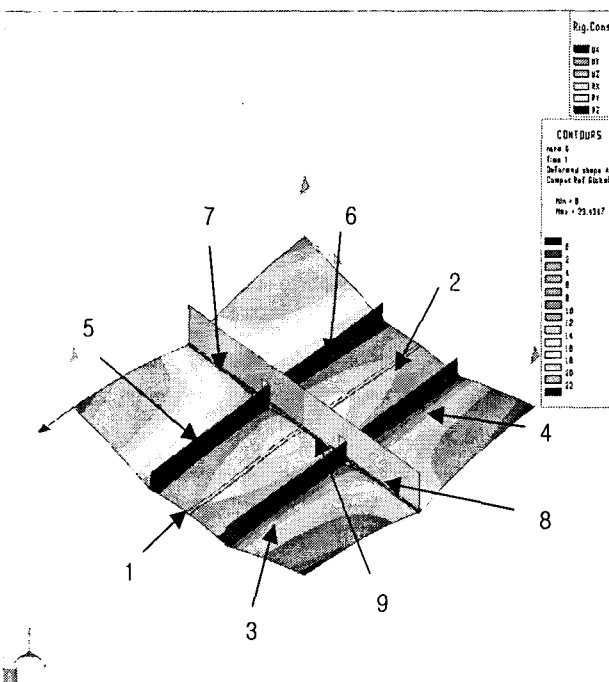


Fig.7 Final distortion distribution in ana

Fig.8은 상기와 같은 로컬&글로벌 모델을 이용한 대형 용접 구조물 해석 방법에 대한 개념도를 나타낸 것이다.

1-Local model simulations of each welding joints on a dedicated mesh (usually very fine due to high thermal gradients), the non linearity of the material properties and the moving heat source.



2-Transfer to the global model of the effects of the welding joints by projection of the plastic strain tensors.



3-Elastic simulation to determine the final distortions

Fig.8 Flow of methodology in local & glob model

4. 결 론

선박과 같은 대형 실 용접 구조물의 변형 해석을 위해 해석의 정도를 위한 로컬 모델과 해석의 효율성을 위한 글로벌 모델로 구성된 해석 모델을 정립하여 mock-up 구조물에 적용한 결과 정성적 뿐 아니라 정량적으로도 실험 결과와 유사하여 충분한 정도를 지님을 확인할 수 있었다.

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.