

곡 블록 용접변형 해석법에 관한 연구 - 시험편 테스트 및 검증

Study on Analysis Method for Welding Deformation of curved Block - Specimen test and Verification

이 명수*, 장 경복**, 박 중구**, 양 진혁**, 강 성수*

* 부산대학교 정밀기계공학과

** 삼성 중공업 거제 조선소 생산 기술 연구소 용접 연구

ABSTRACT To achieve high productivity of assembly hull blocks, it is important to predict welding deformations accurately and to apply these data to the production planning. In the deformation analysis of hull block, simplified methods (elastic analysis) such as inherent method, equivalent loading method and local & global approach are usually used instead of thermal-elastic-plastic analysis because of calculating time and cost. To be much more practical, these simplified methods should consider gravity effect of plate and contact condition between the plate and the positioning jig.

In this research, using finite element method, practical predicting method for the welding deformation of the curved hull blocks with considering welding sequence, gravity effect and contact condition is proposed.

1. 서 론

블록 정확도의 확보는 선체 블록 제작에 있어 코스트 절감, 생산 자동화를 통한 생산성 향상에 직접적으로 영향을 준다. 이러한 블록 정확도 확보를 위해서는 블록변형을 최소화하는 적절한 작업조건의 확보, 용접변형의 제어 등이 필요하다. 특히 선체 블록 제작 공정의 대부분을 차지하는 용접에 의해 발생하는 변형은 정확도, 강도 뿐만 아니라 품질 및 생산성 확보를 위해 반드시 제어되어야 하는 부분이다. 그러나, 현업의 경우 코스트 또는 공작상의 이유로 각 공정에서 변형을 원하는 수준으로 제어하기란 쉽지 않으며 변형의 제어 방안도 대부분 작업자의 경험에 의한 방법으로 대처하고 있어 때로는 시행착오에 의해 상당한 비용의 손실이 발생하고 있는 실정이다. 특히 선체의 선미나 선수부에 위치한 곡 블록의 경우 기하학적 특성 및 제작 공정 등에 의해 평 블록 보다 더 심각한 실정이다.

이에 본 연구에서는 곡 블록 용접변형 제어를 위한 기초 단계로 등가하중법에 기반을 둔 간이 곡 블록 용접변형 해석법을 개발하고 이를 실 블록에 적용하여 그 타당성을 검토하였다.

2. 실 험

용접에 의한 곡판의 기본적인 변형량을 획득하기 위해 시험편에 대한 용접변형 테스트가 수행되었다. 이렇게 측정된 변형량을 기준으로 용접 등가하중이 산출되며 이는 대형 곡 블록의 용접 변형 해석에 사용되어 진다. 변형 측정은 3차원 Portable CMM System으로 이루어졌다. Fig.1은 변형 측정 모습을 나타낸다.

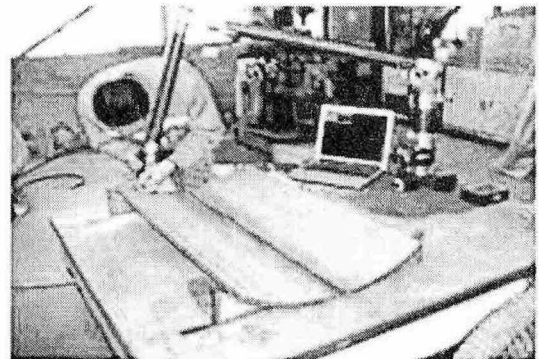


Fig.1 Deformation Measurement using Portable CMM System

변형 측정은 기본 1차곡 맞대기 시험편을 사용하였으며 1개의 Seam 용접으로 이루어진 형태의

시험편에 대해 이루어졌다. 이 시험편의 전체 크기와 치수는 Fig.2에 나타나 있고 변형 데이터는 Table 1에 나타나 있다. 이 변형 데이터로부터 실 블록에 본 논문에서 제안한 등가하중법을 적용하여 나오는 변형량을 실 마진 데이터와 비교하여 그 타당성을 검증하고자 한다. 실 블록은 아래 Fig. 3에 나와 있다.

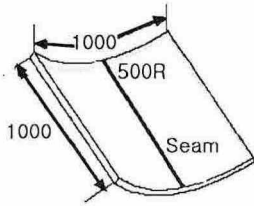
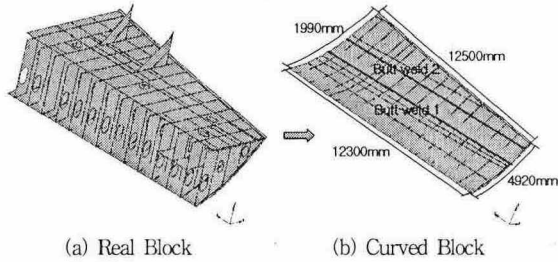


Fig.2 Specimen of curved Shell Plate



(a) Real Block (b) Curved Block

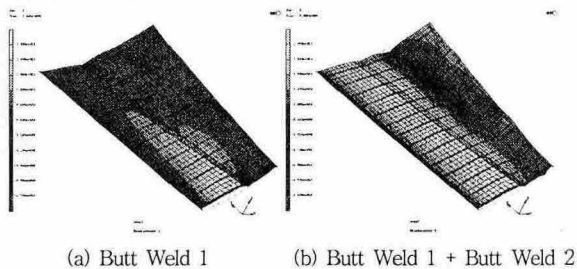
Fig.3 Curved Shell Plate in Real Block

Table 1. The Experiment Result of Welding Shrinkage

Shrinkage	Experiment [mm]
Transverse(횡 수축)	2.3
Longitudinal(종 수축)	0.35
Angular Distortion(각 변형)	0.012rad

3. 해석법 정립

시험편에 대한 해석 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 외판과 Positioning Jig 사이의 접촉 문제를 포함하는 탄성 해석이 수행되었다. 여기에 자중효과를 고려했다. 등가하중법을 이용한 곡판의 용접변형 해석양상이 아래 그림에 나타났다.



(a) Butt Weld 1 (b) Butt Weld 1 + Butt Weld 2

Fig.4 FE Model for Welding Deformation Analysis of curved Plate[Thickness = 20 mm]

Table 2는 Butt Weld 1에 대한 용접 수축량의 실험 및 해석 결과를 나타낸 것이며, Fig.4은 각 변형에 대한 실험 및 해석 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 수축량 데이터 Butt Weld 1과 2를 모두 용접했을 때 결과로 추출해야 하나 곡판 해석시 Geometry 특성에 의해 중첩된 수축량을 동시에 비교하는 것은 무리가 있기 때문이다. 따라서 Butt Weld 1에 대해서 수축량을 비교하였으며 수축에 대해서는 해석 결과가 실험 결과와 잘 일치하고 있으나 종수축의 경우는 다소의 차이를 나타내고 있다. 그 이유는 실제 계산되어진 종수축은 용접 라인 근방에 대한 것으로 실제 이 부분을 제외한 나머지 주변부가 일종의 구속 역할을 하기 때문이다. 그러므로, 향후 이러한 부분까지도 고려할 수 있는 해석 모델이 개발될 필요가 있다.

Fig.5에 나타난 면외 변형의 결과의 측정 지점을 나타낸 것이다. 이 면외 변형에 대해서는 현재 측정 결과와 해석결과를 비교하는 방법에 있어 연구 중이다. 하지만 각 모서리 부와 용접선 방향에 대한 높이 방향의 결과는 현재 사용 중인 현장 곡 마진 데이터와 유사한 경향을 보이며 그 양이 매우 타당하다고 볼 수 있다. 이 결과를 확인하기 위해 Fig. 5에 면외 변형 해석 결과를 나타내었으며 실험 결과와의 데이터 비교를 위한 측정 라인 또한 함께 나타내었다. 또한 Fig.6는 각 변형에 대한 데이터 비교를 위한 측정 라인에 대한 실험 및 해석 결과를 비교하기 위하여 측정 라인에 대한 양상을 그래프로 나타내었다. 여기서는 Butt Weld 1과 2를 모두 해석한 결과를 사용하였다. 전체적으로 해석 결과가 실험 결과와 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다. 그러므로, Contact조건과 자중효과가 고려된 제안된 곡 블록 용접 변형 해석법의 타당성을 확인할 수 있다.

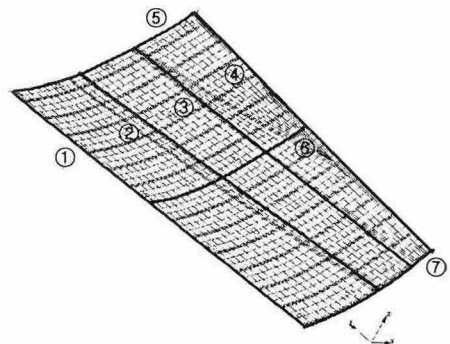
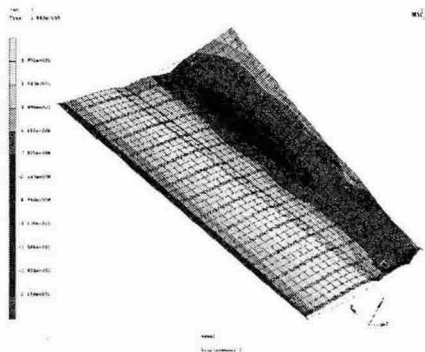


Fig. 5 The Position Edge of Deformation

4. 결 론

유한요소법을 이용하여 곡 블록의 용접변형을 실질적으로 해석할 수 있는 방법을 정립하였다. 이 방법은 용접 순서, 곡판의 자중 및 곡 외판과 지그와의 접촉 조건 등을 고려할 수 있는 해석법으로 실제 곡 블록의 용접변형 해석을 수행하는데 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다.



- Model on Measurement(Seam 1+ Seam 2) -

참 고 문 헌

1. Luo, Y., Murakawa, H., and Ueda, Y. (1996): Prediction of Welding Deformation and Welding Residual Stress by Elastic FEM Based on Inherent Strain(1st report), Journal of the Society of Naval Architects of Japan, No. 180, pp. 739-751.
2. P. Michaleris and A. Debicari, 1997, Prediction of Welding Distortion, Welding Journal, April, pp. 172-181.
3. Takeda, Y. (2002) : Prediction of Butt Welding deformation of curved Shell Plates by Inherent Strain Method, Journal of Ship Production, Vo. 18, No.2, pp. 99-104
4. Dean Deng, Murakawa, H., and Ueda, Y. (2002): Theoretical Prediction of Welding Distortion Considering Positioning and Gap between Parts, The Proceedings of the 12th International offshore and Polar Engineering Conference, pp.337-343.

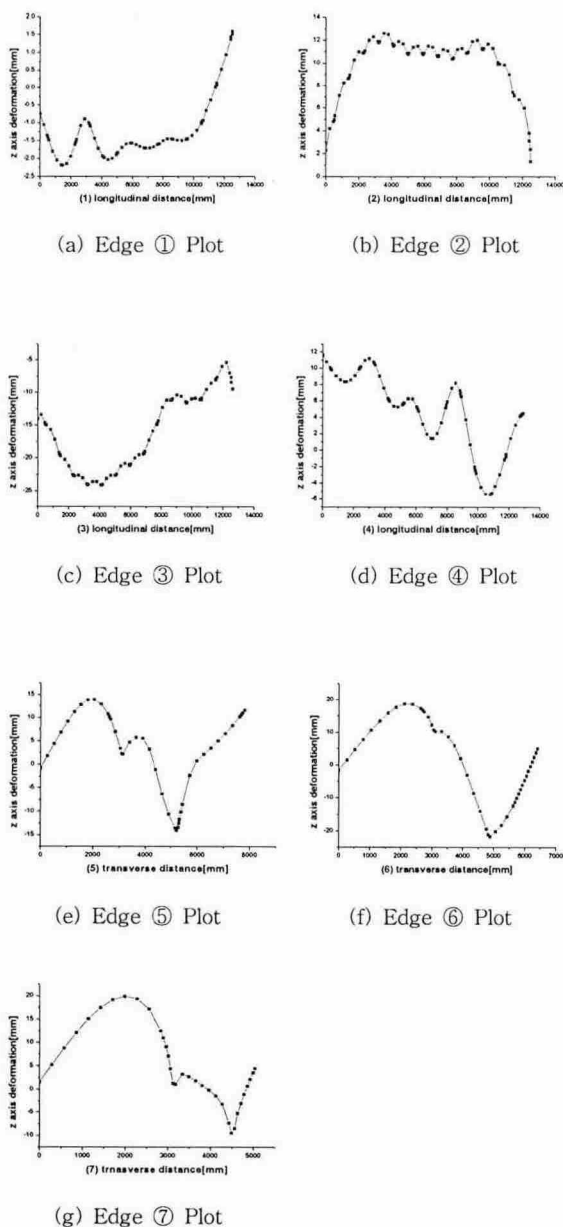


Fig. 6 The Result on Analysis Data