

곡 블록 용접변형 해석법에 관한 연구  
- 해석법 정립 및 실 블록 적용

Study on Analysis Method for Welding Deformation of curved Block  
- Development of Analysis and Application of real Block

이 명수\*, 장 경복\*, 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 뿐 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 정립하고 이를 실 블록에 적용하였다.

2. 실 험

용접에 의한 곡판의 기본적인 변형량을 획득하기 위해 실제 현장에서 사용되는 다양한 곡률과 두께를 가진 시험편에 대한 용접변형 테스트가 수행되었다. 이렇게 측정된 변형량을 기준으로 용접 등가하중이 산출되며 이는 대형 곡 블록의 용접변형 해석에 사용되어 진다.

아래 Table 1에 사용되어진 각 곡률과 두께에 따른 측정 시편 종류를 나타내었다.

Table 1. The Specimen Type of Radius & Thickness

구 분		종 곡			횡 곡		
		500R	1000R	1500R	500R	1000R	1500R
Butt	15t	○	-	-	○	○	○
	19t	○	-	-	○	-	-
	25t	○	-	-	○	-	-
Fillet	15t	○	○	○	○	-	-
	19t	○	-	-	○	-	-
	25t	○	-	-	○	-	-

여기서 종곡이라 함은 용접방향과 곡의 방향이 일치하는 것이고 횡곡이라 함은 용접방향과 곡의 방향이 수직하는 형태이다.

이 종곡과 횡곡의 형태가 Fig. 1에 나타나 있다.

구분	종곡	횡곡
Butt		
Fillet		

Fig. 1 Curvature Type on Welding Method

이렇게 측정되어진 변형 데이터를 정리하여 용접방법과 두께에 대한 변형량 데이터를 만든다. 이 데이터를 바탕으로 본 논문에서 제안한 등가하중법을 적용하여 곡 블록 용접 변형해석을 실시한다.

### 3. 해석법 정립

시험편에 변형 데이터를 바탕으로 나온 해석을 실시하였다.

외판과 Positioning Jig 사이의 접촉 문제를 포함하는 탄성 해석이 수행되었다. 여기에 자중효과를 고려했다.

기존 평판 및 기초 곡 블록 해석과 달리 실 블록 해석에서는 몇 가지 차이점이 존재한다.

먼저 Pre-Process에서의 차이이다. 간단한 평판 및 1차곡의 기초 곡 블록의 경우 Mesh Generation작업의 정도가 높지 않았다.

하지만 실 블록의 경우 단순한 1차 곡의 형태가 아니기 때문에 요소의 정도가 매우 중요한 변수로 등장하였다.

따라서 곡률의 보다 정확한 모델링과 정도 향상을 위해 전용 Pre-process인 MSC PATRAN을 사용하여 요소 작업을 실시하였다.

그 요소 정도의 차이가 Fig. 2에 나타나 있다.

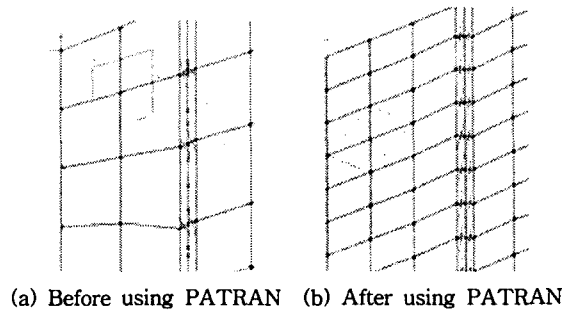


Fig.2 Compare (a) with (b) in Element Precision

또 하나의 차이점은 곡 블록의 경우 실제 블록의 Positioning Jig의 위치를 찾아 해석에서 적용하는 것이다. 실 블록의 경우 Jig 위치에 따라 변형양상 및 값이 달라진다. 따라서 해석 전 실제 Jig 위치를 찾아내는 것이 매우 중요하다.

Fig. 3에 실제 Jig위치와 해석에서의 Jig 위치를 나타내었다.

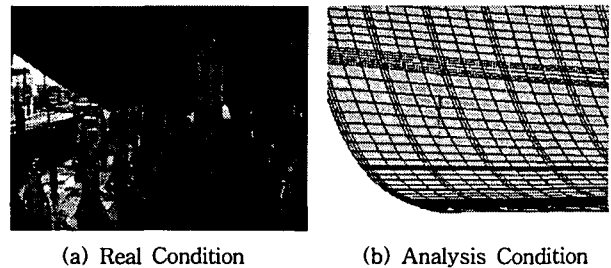


Fig.3 Contact Condition in Real & Analysis

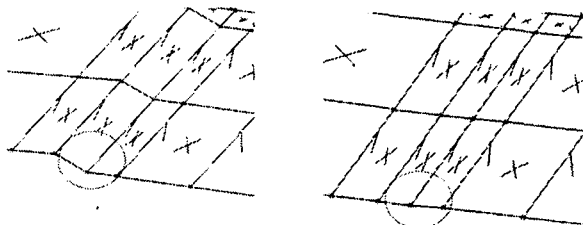
마지막으로 실 블록 해석에서는 하나의 단품 해석과 달리 조립이라는 과정이 발생하게 된다. 즉 용접된 소조제품을 다시 조립하는 중조와 이 중조에서 전체 블록을 조립하는 대조라는 과정이 발생한다. 그전까지의 블록 해석 방법에서는 이 조립에 대한 변형을 고려하지 못했다. 본 연구에서는 조립에 대한 해석방법으로 Rezone Mesh라는 기법을 도입하였다.

실제 중조내지 대조시 용접을 하기 위해 양 끝단을 기계적, 열적 방법을 사용하여 맞추었다. 이 방법처럼 일치하지 않는 절점(Node)을 정해진 기준에 의해 맞추어 주는 방법이 Rezone Mesh 기법이다.

이 방법은 실제 물리적 현상과도 잘 들어맞는다. 왜냐하면 현장 작업에서도 틀어진 모서리만 끌어다가 맞추는 것이 아니라 동일 평면에 위치시켜서 끌어다 맞추기 때문이다. 이어서 이어질

실 블록 해석에서 제안된 Rezone Mesh 기법을 사용하여 중조 및 대조 해석을 수행할 것이다.

다음 Fig. 4에 Rezone Mesh에 대한 내용이 나타나 있다.



(a) Before use Rezone Mesh (b) Using Rezone Mesh

Fig.4 Rezone Mesh Method

실 블록인 E12 블록의 중조 해석을 실시하여 실 측정결과와 비교하였다. 그것이 Fig. 5에 나타나 있다.

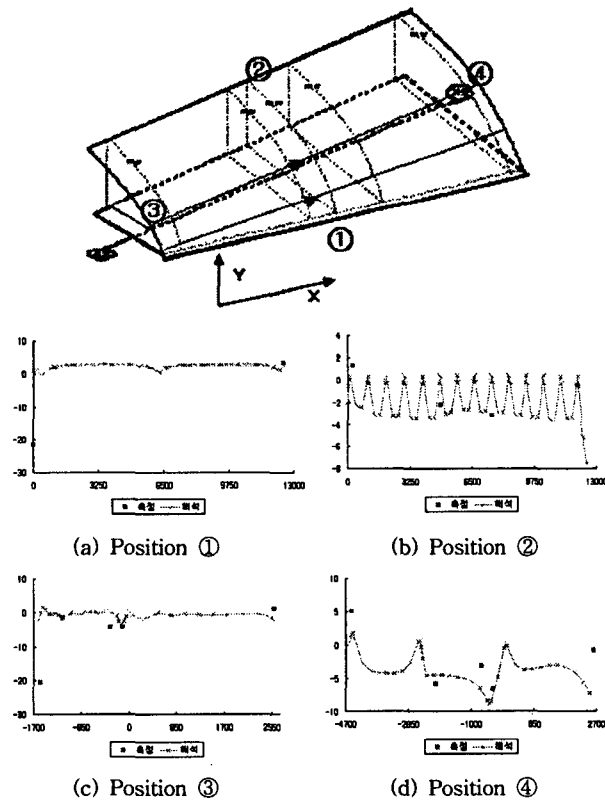


Fig. 5 The Position Edge of Deformation

#### 4. 결 론

유한요소법을 이용하여 곡 블록의 용접변형을

실질적으로 해석할 수 있는 방법을 정립하였다.

그리고 실 블록 해석에 있어서 제안한 기법을 사용하여 변형 해석을 적용할 수 있었다.

이 방법은 용접 순서, 곡판의 자중 및 곡 외판과 지그와의 접촉 조건 등을 고려할 수 있는 해석법으로 실제 곡 블록의 용접변형 해석을 수행하는 데 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다.

#### 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. Debiccari, 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.