

## 선체 곡 블록의 변형에 관한 연구

### A Study on the Welding Distortion at the Curved Hull Structure

김하근\*, 신상범  
현대중공업(주)

#### 1. 서론

선체 등과 같은 대형 용접 구조물의 제작에서 선체의 선미나 선수부에 위치한 곡 블록은 곡 외판의 프레스에 의한 1차 성형 후 선상가열(line heating)을 통한 2차 성형작업을 거쳐 조립정반에서 종 및 횡 보강재의 탑재 및 취부 후 용접을 수행하는 일련의 세분화된 공정으로 이루어져 있다. 특히 곡 블록의 용접시 보강재의 기하학적 형상과 같은 용접부의 구조상의 문제 혹은 용접 변형에 기인하여 종 및 횡 보강재의 취부 후 본 용접을 적용함으로써 자동화된 용접 적용이 매우 어렵다. 따라서, 용접 능률 향상 및 정도 관리를 위해서는 기존의 종 및 횡 보강재를 모두 선 취부 후 용접하는 현재의 제작 방안을 지양하고 종 보강재의 선 취부 및 본 용접 후 횡 보강재를 용접하는 것으로 시공 방안의 변경이 것이 필요하다. 이를 위해서는 종 보강재의 용접시 용접 변형의 최적의 제어 기법의 선정이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 선체 곡 블록의 제작시 종 보강재의 선 취부 및 용접에 따른 변형의 효율적인 제어를 위하여 MEB(Modified Elastic Bending)법의 표준화를 위한 시공 방안을 제안하고자 하였다.

#### 2. 해석 방법

MEB법은 Kumose에 의해 제안된 EB(Elastic Bending)법에서 제어 하중 및 구속 위치의 변경을 통해 전 용접부에 동일한 skin stress를 작용시키기 위하여 고안된 제어 기법으로, 실 선체 곡 블록의 변형 제어를 위해서는 1차적으로 skin stress의 정식화 및 clamping 간격 및 제거 시간에 따른 정식화가 무엇보다도 중요하다. 특히, 기존의 Kumose의 model의 변형 제어를 위한 skin stress는 판 두께 및 용접 각장에 따른 효과를 실험적 방법을 이용하여 평가함으로써 적용범위가 매우 제한적이다. 따라서, 본 연구에서는 Table 1과 Fig. 1과 같은 해석 변수를 선정하고 이에 따른 skin stress 및 MEB 시공 방안을 유한 요소 해석을 이용하여 정식화함으로써 곡 블록의 효율적인 변형 제어 방안을 제안하고자 하였다.

Table 1 Variables used for FEA

Heat input [cal/sec]	Dimension [mm]		D [mm]	Clamp	
	Flange (t x S) [mm]	Web (t x S) [mm]		Span [mm]	Release time [sec]
224	10 - 25 x 300	10 - 25 x 300	0 - 2.5	100 - 2000	20 - 1800
313					
522					

#### 3. 해석 결과 및 고찰

Fig. 2는 flange 및 web의 두께가 12mm이고, 용접 입열량이 313cal/sec이고 clamp가 부착되지 않은 경우 냉각 시간에 따라 Fig. 1의 "a"에서의 각 변형 및 Fig. 1의 "b"에서의 온도 변화의 거동을 도시한 것이다. Fig. 1과 같이 용접부의 각 변형은 기존의 연구 결과와 동일하게 용접이 완료된 후 수 십초 내에 거의 완성된다. 이는 각 변형이 두께 방향의 수축 하중의 차이에 기인하므로

냉각 시간이 어느 정도 경과된 후에는 용접부의 두께 방향으로의 온도차에 의한 수축 하중의 차이가 감소하기 때문이다.

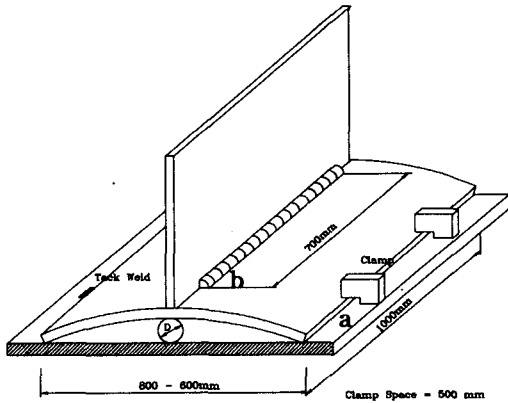


Fig. 1 Schematic diagram for analysis model

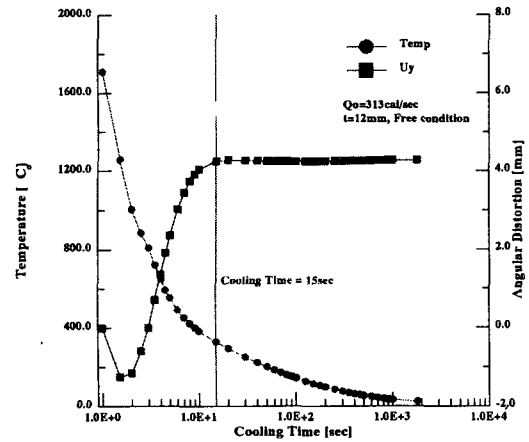
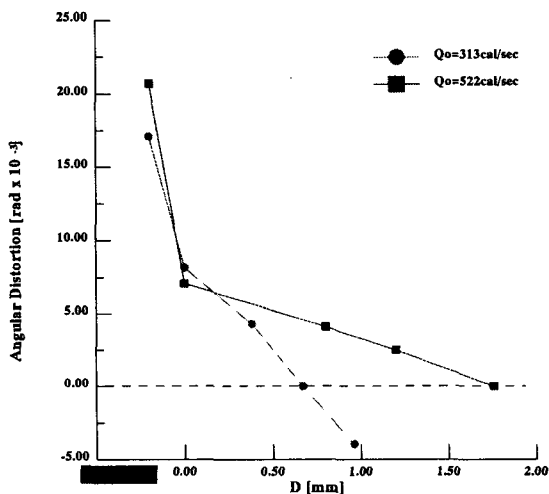
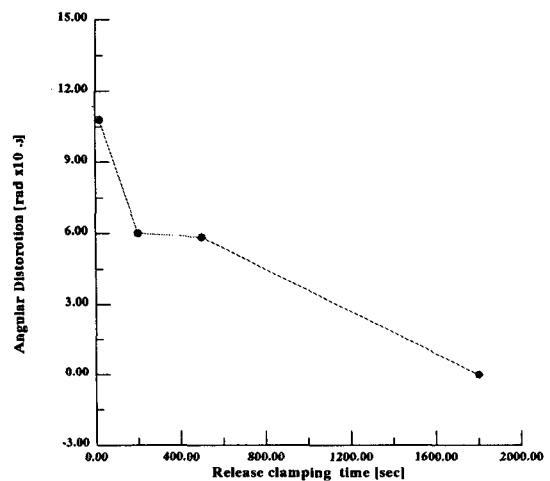


Fig. 2 Change of temperature and angular distortion with cooling time

Fig. 3의 (a)는 flange 및 web의 두께가 각각 12mm이고, 용접 입열량이 313 및 552 cal/sec 인 경우 Fig. 1의 D의 크기에 따른 각 변형량의 거동을 도시한 것이다. D의 크기가 증가함에 따라 즉, skin stress의 크기가 증가함에 따라 용접부의 각 변형은 감소하나, 과도한 skin stress가 작용하는 경우 역 변형이 발생함을 알 수 있다. 따라서, 용접부의 각 변형을 제어하기 위해서는 적정 skin stress의 평가가 무엇보다도 중요함을 알 수 있다. Fig. 3의 (b)는 flange 및 web의 두께가 12mm이고, 용접 입열량이 313 cal/sec이고, D가 0.67mm인 경우 각 변형 거동 양상을 보여주고 있다. Fig. 4와 같이 용접부의 각 변형량은 clamp의 제거 시간이 증가함에 따라 급격히 감소한다.



(a) D



(b) Release time

Fig. 3 Changes of angular distortion with D and Release time

#### 4. 결론

곡선체 블록의 종 보강재 취부 및 용접시 변형 제어를 MEB법의 skinn stress는 주판의 두께 및 용접 입열량에 의존하고, 과도한 skin stress는 역 변형을 유발한다. 또한 clamping 제거 시간 즉, skin stress의 제하는 용접부가 상온으로 냉각된 후 시행해야 한다.