

선박 선각구조물의 변형감소에 대한 연구

Study on Reduction of Welding Deformation of Thin-Plate Ship Hulls Structures

최승면*, 박상철**

* 현대중공업 산업기술연구소 용접연구실

** 현대중공업 산업기술연구소 재료연구실

1. 서론

두께가 얇은 판넬부재 용접시 용접에 의한 변형이 크게 발생하므로, 변형을 구속하기 위하여 종, 횡 방향으로 보강재, 벌크헤드 및 카링과 같은 모든 부재를 주판에 모두 취부한 후에 반자동용접을 한다. 그러나 이러한 부재가 자동용접기의 주행을 방해하므로 용접량이 절대적으로 많은 종방향 보강재의 용접자동화가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 블록의 제작순서를 기존의 방법과 달리, 생산성을 향상시키기 위하여 먼저 종방향 보강재를 자동용접하는 경우에 용접변형 측면에서 적용성에 문제가 있는지를 평가하고자 하였다. 이 경우 카링은 사용되지 않으며, 또 변형감소를 위하여 자동용접의 장점을 살려 최소각장을 4.5mm에서 3mm로 변경하였다.

이 방법의 유효성을 평가하기 위하여 우선 주판 butt 및 보강재의 fillet용접에 의한 시편상태의 단위 용접변형을 비교, 검토한 후, 현재 제작방법과 변경된 방법으로 모의구조물을 제작하여 용접변형을 비교, 평가하였으며, 마지막으로, 변경된 방법으로 실제 블록을 제작하고 변형을 측정하여 최종적인 결론을 도출하였다. 용접변형은 종방향의 보강재와 보강재 사이의 plate가 면외로 변형하는 각변형에 중점을 두었으며, KSQS가 정하는 기준은 종방향 보강재 사이의 처짐이 bulkhead는 8mm, deck부분은 6mm이하이다.

2. 본론

2.1 용접법에 따른 용접변형 비교시험 및 시험결과

용접법에 따른 각변형량을 평가하기 위하여 두께 4mm, 6mm 판재에 대하여 fillet과 butt용접실험을 수행하였다. 변형측정은, fillet용접은 용접선에서 폭방향으로 양쪽 290mm 떨어진 지점에서 높이 방향(z방향) 변위를 용접선을 따라 여섯 지점에서 측정하였으며, butt용접에서는 용접선에서 폭방향 양쪽으로 145mm, 290mm 떨어진 지점에서 높이방향(z방향) 변위를 용접선을 따라 다섯 지점에서 측정하였다. 실험에 사용된 용접조건은 Table 1~2, fillet용접에 의한 시편 중앙부에서의 각변형 측정 결과는 Fig. 1에 나타내었다. Fillet용접의 경우에 GMAW와 FCAW에 의한 각변형은 4mmt는 0.5°, 6mmt는 1.2° 정도이며 용접법에 의한 차이가 거의 없으며 모두 4mmt보다 6mmt에서 각변형이 다소 크게 발생하였다. 이는 두께증가에 따른 두께방향 소성변형량 차이가 강성증가의 영향보다 크게 작용하기 때문이다. Butt용접에서는 FCAW와 GMAW는 각변형량이 모두 6mm(1.3°) 정도로 차이가 거의 없으며 또한 6mmt보다 4mmt의 각변형이 크게 나타났다. SAW에서는 4mmt는 12mm(2.5°), 6mmt는 7mm(1.5°)의 변형이 발생하였다. 반자동용접은 용접사에 크게 의존하므로 실험하지 않았다.

2.2 모의구조물 용접변형 시험 및 시험결과

현재 공법과, 실험을 통하여 새롭게 제안된 공법을 모의구조물을 제작하여 변형량을 비교, 평가하였다. 현재 공법은, 주판 판재용접(SAW) 후에 bulkhead 및 deck에 종, 횡방향 보강재 및 카링을 취부한 후 반자동 용접을 행하는 것이며, 새로운 공법은 주판용접(Mechanized FCAW) 후에 bulkhead 및 deck의 종방향 보강재를 카링없이 간이자동 FCA용접한 후, 횡방향 보강재를 반자동 FCA용접하는 것이다. 그러나 시험시 Mechanized FCAW장비의 미비로 주판 butt용접은 기존의 SA용접으로 수행하였다.

구조물 1(test structure 1)은 현재공법으로, 구조물 2(test structure 2)는 변경된 공법으로 제작된 구조물을 의미하며 각 구조물은 Fig. 2에 나타낸 bulkhead와 deck로 구성되어 있다. 최소각장은 3.5mm를 목표로 하였으며, 주판에 보강재를 취부한 상태에서 주판의 초기 변형상태를 측정된 후에

용접후의 변형상태를 다시 측정하여 용접에 의한 변형량을 평가하였다.

보강재의 fillet용접 전, 후의 plate 각변형을 측정하였다. 구조물 1은 보강재 취부 후에 각변형이 국부적으로 5mm, 전 길이를 기준으로 하면 14mm까지 발생하여 초기변형이 크게 발생하였고, 구조물 2는 base plate의 치수가 작기 때문에 초기변형이 3mm이내이고 용접 후에도 구조물 1에 비하여 변형이 작게 발생하였다.

구조물 1의 bulkhead는 용접에 의하여 5~8mm의 처짐이 발생하였고, 한 부분에서만 10.5mm가 발생하였다. 그 부분의 특징적 현상은 발견되지 않았으며 대체로 허용치인 8mm이내에 접근하는 수치를 보여주고 있다. 구조물 1의 deck는 6~8.5mm의 처짐이 발생하였으며, 한 부분에서 최대 13mm가 발생하여 전체적으로 허용치 6mm를 상회하고 있음을 알수 있다. 한편 구조물 2의 bulkhead는 용접에 의하여 대부분 3.0~5.0mm의 처짐을 보이고 있으며, 구조물 2의 deck는 판계용접이 없으므로 초기 변형상태는 양호하며 종방향 보강재 용접 후에는 4.5~5.5mm, 횡방향 보강재 및 벌크헤드 탑재 후에는 4.0~7.5mm가 발생하였다. 대체적으로 변형량은 허용기준치내에 있으며, 따라서 제작공법을 변경하여도 소각장용접이 적용된다면 용접에 의한 각변형량이 기존의 예상치보다 크지 않을 것이라는 것을 예측할 수 있다.

2.3 선체 선각구조물에서의 적용

제안된 블록제작공법을 실제 제작중인 호선에 적용하여 그 결과를 평가하였다. 판 두께가 7.0mm~8.0mm인 3개 호선 8개 블록에 대하여 종방향 보강재와 횡방향 보강재가 만드는 사각형 안에서 판재의 가운데 지점의 높이방향 변위(z축 방향)를 측정하였다.

측정결과는 Table 3에 나타내었으며 그 시험결과로서 1) 두께 7.0mm, 일면 단속용접의 경우에 각 변형량이 모두 6mm이내에 있으며, 2) 양면 연속용접일 경우에 두께 7.0mm와 8.0mm간에 차이가 많이 발생함을 알 수 있다. 두께가 8mm인 경우에는 4mm이하의 처짐이 발생하므로 안정적으로 볼 수 있으나, 두께 7.0mm인 경우에는 처짐이 최대 10mm까지 발생하였다. 6mm이상의 처짐은 주판의 butt seam 주위에서 대부분 발생하고 있으며, 주판 seam이 종방향 보강재의 방향과 일치하고 있다는 사실에서 보더라도 두께 7mm에서는 주판 판계용접에 의한 초기변형이 큰영향을 미침을 알 수 있다.

3. 결 론

새로운 선각블록 제작공법을 제안하여, 모의구조물과 실제 선각구조물 제작시 용접에 의하여 발생하는 용접변형량을 측정, 평가하였다. 평가결과 두께 7.0mm~8.0mm 부재에는 카링을 사용하지 않아도 소각장 용접을 적용한다면 용접변형을 허용기준치 이내로 유지하는 것이 가능하며, 더 얇은 두께의 구조물에 대한 새로운 제작공법의 유효성은 추후 실험을 통하여 평가할 예정이다.

Process	Amp.	Volt.	속도(mm/분)	입열(KJ/cm)	Wire	각장(mm)
FCAW	200	25	700	4.3	1.2φ, SF-70MX	4.4-4.7
GMAW	250	28	750	5.6	1.2φ, SM-70S	4.1-4.3

Table 1 Fillet welding parameters

Process	Thk.(mm)	Amp.	Volt.	속도(mm/분)	입열(KJ/cm)	Wire	기타
FCAW	4	250 (300)	28 (31)	700 (775)	6.0/7.2	1.2φ SF-70MX	양면 1 pass
	6	340 (350)	34 (34)	780 (800)	8.9/8.9		
GMAW	4	270 (290)	28 (29)	785 (785)	5.8/6.4	1.2φ SM-70S	
	6	300 (300)	31 (31)	700 (700)	8.0/8.0		
SAW	4	200 (250)	35 (35)	600 (700)	7.0/7.5	1.6φ L-8	
	6	300 (350)	35 (37)	650 (800)	9.7/9.7		

Table 2 Butt welding parameters[()안은 이면 용접조건]

Block No.	Thk. (mm)	각장 (mm)	한면/양면 단속/연속	Longi 간격	측정치(mm)
1	7.0	4.5	일면단속	830	-5, -5, -4, -6 -3, -4, -5, -6, -3,-4
2	7.0	4.5	일면단속	830	-2,-2,-1,-2 -2,-2,-2,-3,-2,-2
3	8.0	4.5	양면연속	550~670	-1,-1.5,-2,-2,-2,-1.5,-2.5,-2,-2,-2,-4,-1.5 -0.5, -1,-2,-2,-2,-2,-2,-2,-3,-3,-2,-4,-1.5
4	8.0	4.5	양면연속	"	0, 0,-2.5,-2.5,-2,-3,-1.5,-3,-2,-2,-1.5,-2,-1.5 0, 0,-2,-1,-2.5,-1,-1.5,-1.5,-1.5,-1.5,-2,-3,-2
5	8.0	4.5	양면연속	"	0,-2,-2,-3,-2,-3,-2,-3,-2,-2,-3 0,-1.5,-1.5,-2,-2,-3,-3,-3,-2,-2,-2
6	7.0	4.5	양면연속	469~688	-2,-3,-3,-3, 0, -7,-2,-5, 0,-6,-2,+1,-7,+3,-9, 0,-4,-1,-5 -1.5,-4,-3,-3, 0,-6,-3,-2,-5,-2,-5,-3,-2,-6, 0,-5,-3,-2,-3,-5
7	7.0	4.5	양면연속	"	-1,-2, 0,-3,-4,-5,-3, 0,-6, -6,+2,-7,-1,-5,-4,0 -1,-2,-2,-3,-3,-6,-5,+1,-9, +2,+1,-8, 0,-3,-3,-1
8	7.0	4.5	양면연속	"	-2,-2,-2,-3,-7,-2,+1,-4,-3, -10,+2,-8,-3,-7,-3,-2 -2,-3,-2,-2,-4,-6,-2,-2,-7, -7, 0,-7,+3,-2,-2,-3

Table 3 Angular distortion of actual ship hulls blocks[(-)는 보강재 쪽, (+)는 보강재 반대쪽으로 변형]

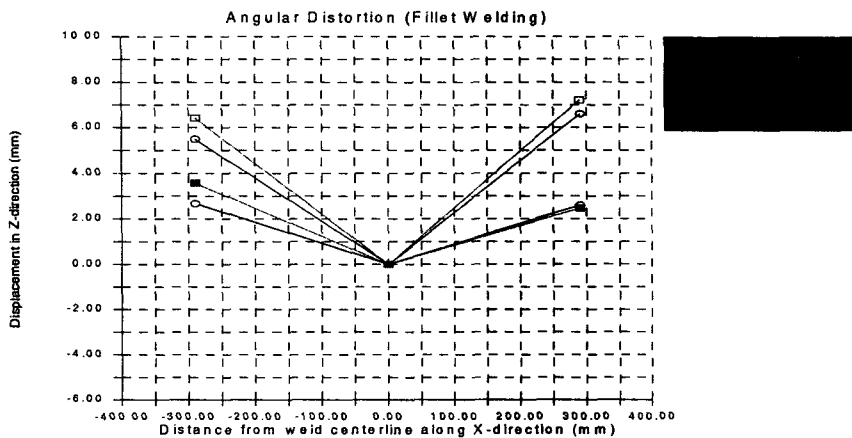


Fig. 1 Angular distortion due to fillet welding

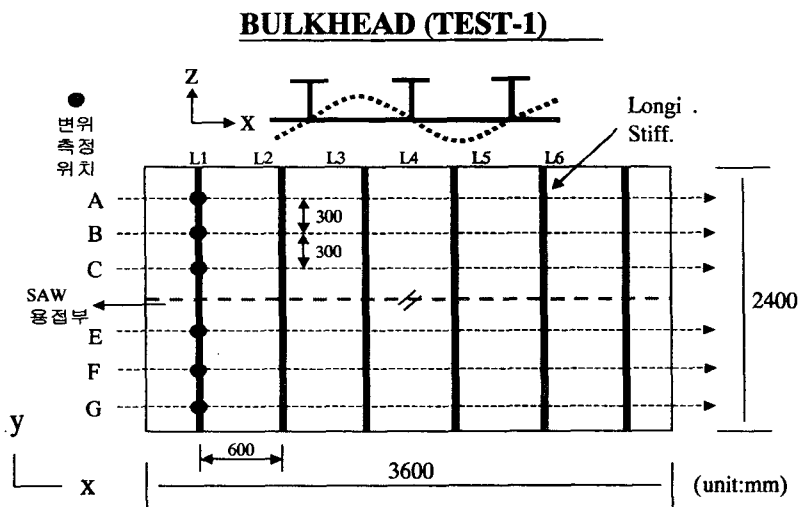


Fig. 2 Bulkhead structures