

## 자동 용접부 회전 변형에 미치는 가접의 영향

### Effects of the Length of Tack Weld on the Rotational Distortion of the one side SA Butt Weldment

신 상범, 김 경규, 윤 중근

현대중공업(주) 기술개발본부 산업기술연구소

**ABSTRACT** The purpose of this study is to identify the effects of the length of tack weldment on the rotational distortion at the one side SA butt weldment using experiment. The maximum rotational distortion at the end of the SA weldment decrease with an increase in the length of tack weld length, while the maximum rate of the distortion increases. This result indicates that the increase of the length of the tack weldment at the one-side SA butt weldment does not prevent the hot cracks.

## 1. 서 론

선제 선수미의 곡 주판의 판계 용접은 정반 특성과 생산성을 고려하여 주로 일면 자동 용접을 통하여 제작되고 있다. 그러나, 실 용접부의 시종단부에서 회전 변형에 의한 용접 균열로 인하여 실질적인 생산성 증대 효과는 매우 제한적인 것이 사실이다. 일면 자동 용접부에서 발생하는 균열은 고온 균열이며, 주로 용접 종단부로부터 200-500mm 떨어진 위치에서 발생하는 것으로 알려져 있다.[1] 일반적으로 알려진 일면 자동 용접부의 고온 균열은 1) 용접 bead에 작용하는 용접선에 수직 방향의 변형량 및 변형 속도. 2) 용착 금속의 저 용점 개재물( $Fe_3P$ ,  $FeS$ )의 입계 편석에 따른 응고 직후의 취화 그리고, 3) 용착 금속의 단면 형상의 상호 작용에 기인한 것으로 알려져 있다. 기존의 연구 결과에 의하면, 이러한 고온 균열을 방지하기 위한 방안으로 용착 금속의 단면 형상 즉, 용착 깊이(p)와 비드의 폭( $w_b$ )의 비에 따라 화학 조성의 의한 균열 감수성 지수의 비(UCS, Unit Crack of Susceptibility)를 제어하는 방안과 용접시 적절한 기계적 구속에 의하여 용접부의 변형량 및 변형 속도를 제어하는 방안이 제안되어 왔으나[1], 아직까지 일면 용접부의 균열 제어를 위한 효과적인 방안은 선정되지 못하고 있는 것이 사실이다.

따라서, 본 연구에서는 일면 자동 용접부에서 고온 균열 발생을 제어하기 위한 방안을 선정하기 위한 연구의 일환으로써 실 용접 구조물에서

균열 발생 방지를 위한 입계 회전 변형량 및 변형 속도를 정의하고, 용접부의 가접(tack weld)이 회전 변형량 및 변형 속도에 미치는 영향을 평가함으로써 이에 대한 타당성을 검토하고자 하였다.

## 2. 입계 변형량 및 변형 속도

### 2.1 실험 방법

일면 자동 용접부의 균열 발생을 방지하기 위한 입계 변형량 및 변형 속도를 정의하기 위하여 Fig. 1과 같이 실 곡 주판의 용접 종단 이면부에서 200과 500mm 위치에 dial gage를 부착하여 변형 및 변형 속도를 data logging 시스템을 이용하여 측정하였다. 사용된 용접부의 주요 치수와 용접 조건은 Table 1과 같으며, 고온 균열 방지를 위한 입계 회전 변형과 변형 속도를 정의하기 위한 시험 변수로 sealing bead, 용접 종단부에 tack 용접, tab piece 그리고, reverse welding을 적용하였으며, 가접 길이 및 간격은 각각 50과 300mm로 일정하게 하였다. 이때, 최대 회전 변형량은 용접 및 냉각시 용접선에 수직 방향으로 발생하는 최대 변형량으로 정의하였으며, 변형 속도는 dial gage가 부착된 위치의 가접부가 재 용융된 후 발생하는 변형량과 시간의 증분 함수로 정의하였다.

Table 1 Dimensions and welding conditions for the actual one-side SA weldments

Dimension [mm]			용접 입열량 [cal/sec]
두께(t)	폭(W)	길이(L)	
15-22	4000	8000	1152 -2200
	-7500	-16000	

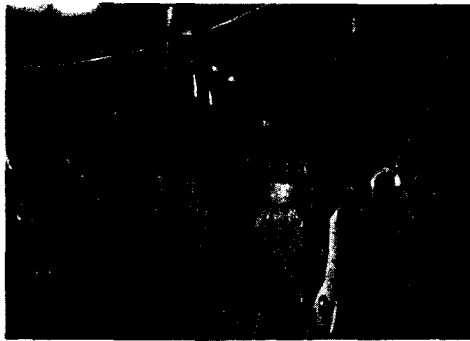


Fig. 1 Measuring equipment for the amount and velocity of rotational distortion at the one side SA weldment.

2.2 실험 결과

Fig. 2는 Table 1의 일면 자동 용접부의 각 위치에서 측정된 최대 변형량과 변형 속도를 도시한 것이다. 여기서, 용접장의 중앙에서 양 끝단으로 자동 용접을 수행한 reverse welding의 경우

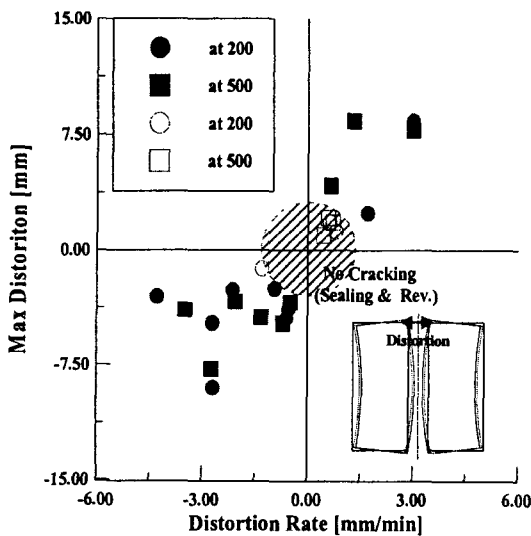


Fig. 2 A Critical amount and rate of rotational distortion for preventing hot crack form the one-side SA butt weldment

와 FCA를 이용하여 sealing bead를 시공한 후 본 용접을 수행한 경우를 제외한 일면 자동 용접부의 종단부에서 모두 균열이 발생하였다. 즉, Fig. 2와 같이 각 측정 위치에서 최대 변형량 및 변형률 속도가 각각 3.0mm와 1.5mm/min (0.025mm /sec)를 초과하는 경우 용접부 종단부에서 균열이 발생하였다. 이상의 결과로부터 본 연구에서는 일면 자동 용접부에서 균열을 방지하기 위한 임계 변형 및 변형률 속도를 Fig. 2의 hatching된 영역으로 정의하였으며, 이는 기존의 연구 결과에서 제안된 임계 변형량 및 변형 속도인 2.0과 1.0mm/min과 거의 유사하다.[1]

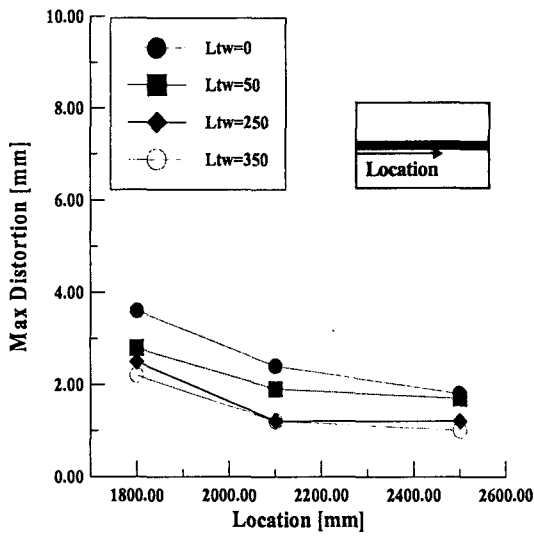
3. 가접의 길이에 따른 변형 특성

가접 용접의 길이가 일면 SA butt용접부의 회전 변형특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 용접 종단부의 가접의 길이(0-350mm)에 따른 변형 거동 특성을 평가하였다. 이때, 사용된 용접 조건 및 용접부의 주요 치수는 Table 2와 같으며, 가접 간격은 300mm로 동일하게 하였다. 그리고 용접 및 냉각중 각 위치에서 발생하는 최대 변형량과 변형 속도는 용접 종단부, 300 그리고, 700mm 떨어진 위치에서 dial gage를 이용하여 측정하였다.

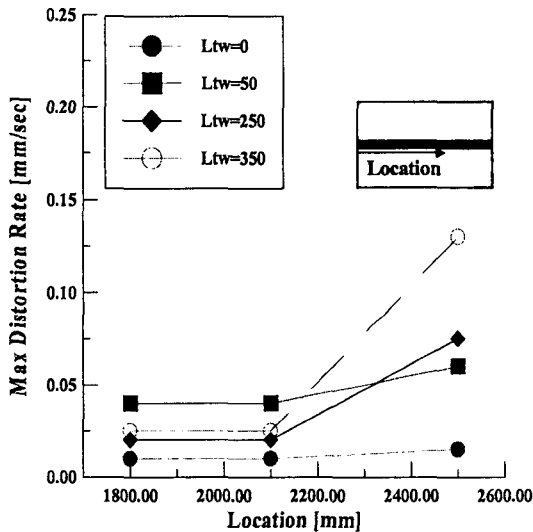
Table 2 Dimensions and welding conditions for the one side SA weldments with the length of tack weld

Dimension [mm]			용접 입열량 [cal/sec]
두께(t)	폭(W)	길이(L)	
18	2000	2500	1900-2100

Fig. 3의 (a)와 (b)는 각각 일면 SA 용접부의 각 위치에서 계측된 최대 변형량과 가접 용접부가 재 용융된 후 최대 변형량까지 도달할 때, 변형 증분량과 시간의 비로 정의되는 변형 속도를 도시한 것이다. Fig. 3의 (a)와 같이 용접 종단부의 가접의 길이가 증가함에 따라 용접부의 각 위치에서 최대 회전 변형량은 감소한다. 가접의 길이가 일정한 경우 용접 종단부로 접근함에 따라 최대 회전 변형량은 감소한다. 따라서, 가접의 길이가 250mm이상인 경우 용접 종단부에서 최대 변형량은 전 절에서 정의한 최대 변형량의



(a) Maximum distortion



(b) Maximum distortion rate

Fig. 3 Changes of the amount and rate of the maximum rotational distortion at the one-side SA butt weldment with the length of tack weldment

임계 기준인 1.5mm를 만족한다. 그러나, 용접 종단부에서의 변형 속도의 경우 Fig. 3의 (b)와 같이 대체로 가접 길이가 증가함에 따라 오히려 증가하며, 특히 용접 종단부로 접근함에 따라 이러한 경향은 더욱 두드러지게 나타난다. 즉, 가접의 길이가 0이거나 50mm로 용접부의 회전 변형에 의한 면내 구속이 작은 경우 용접부의 각 위치에서 변형 속도의 차이가 미미한 반면에, 가

접 길이가 250mm를 초과하는 경우 용접 종단부에서의 변형 속도가 급격하게 증가하여 최대 변형 속도의 임계 기준(0.025mm/sec)을 초과한다. 이러한 일면 자동 용접부에서 가접에 의한 회전 변형 거동 특성은 비파괴 검사(UT)를 통하여 평가된 Table 3의 각 시험 용접부에서의 균열 발생 위치에서 확인할 수 있다. 즉, Table 3과 같이 용접 종단부에 가접이 수행되지 않은 경우 고온 균열은 회전 변형량이 비교적 큰 영역 즉, 용접 종단부로부터 약 300-400 mm 떨어진 내부에서 발생한 반면, 용접 종단부에 가접이 수행된 경우 모두 용접 종단부에서 고온 균열이 발생하였다.

Table 3 Locations of crack at the one-side SA butt weldment

Length of Tack Weldment [mm]	Locations of Crack
0	2100-2200
50	2400-2500
250	
300	

#### 4. 결 론

일면 SA butt 용접부의 균열 방지를 위한 임계 회전 변형량 및 변형 속도를 가접 길이에 따른 회전 변형의 거동 특성을 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 실 선체 주판에 대한 일면 자동 용접부에서 시공 방안에 따라 변형 거동과 균열 발생 유무를 평가하고 고온 균열 방지를 위한 임계 변형량 및 변형 속도를 정의하였다.
- 2) 일면 자동 용접 종단부에서의 가접의 길이가 증가함에 따라 자동 용접부의 회전 변형량은 감소하나 회전 변형 속도는 증가한다.

#### 참고문헌

1. Yuzuru Fujita et al : Prevention of End Cracking in One Side Automatic Welding, Journal of SNAJ, No. 133(1973), p.267-275