

I butt 판계 SA 용접부의 변형 연구

A Study on the the Distortion of the I Butt SA Weldment

이동주*, 신상범, 김경규

현대중공업 (주), 기술개발본부 산업기술연구소

1. 서 론

선체와 같은 대형 panel 용접 구조물의 제작은 주판의 판계 및 중 및 횡 보강재의 용접의 일련의 제작 공정을 거쳐 제작된다. 이때 판계 용접시 발생된 변형은 중 및 횡 보강재 용접이 완료된 후 panel 용접부의 전반적인 변형에 미치는 영향은 매우 미미하지만, 교정하기가 매우 힘든 국부적인 변형을 유발함으로써 이에 대한 적정 제어 방안의 선정이 무엇보다도 중요하다. 일반적으로 판계 용접부의 국부 변형 양상은 주판 두께가 감소함에 따라 증가하는 것으로 알려져 있으며, 단 전극(1 pole)을 이용한 I butt 판계 용접부의 경우 backing pass에 의하여 유발된 각 변형이 고착화됨으로써 발생하기 때문에 panel 용접부에서 최종 변형 양상은 이면부에 취부 및 용접되는 보강재에 의한 각 변형과 상쇄되어 나타나는 것으로 알려져 있다. 그러나, 최근 용접 생산성 향상을 목적으로 SA (submerged arc) 용접의 경우 다 전극화되고 있으나, 이에 따른 변형 거동에 대한 평가는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 SA 용접시 전극수 즉, 1 pole과 2 pole에 따른 변형 거동 양상을 유한 요소 해석 및 실험적 방법을 이용하여 평가하고, 이를 이용하여 SA 용접 기법별 각 변형 및 횡 수축 거동 예측 기법을 제안하고자 하였다.

2. 유한 요소 해석

2.1 해석 모델 및 방법

판계 SA 용접시 변형 거동 평가를 위한 열

전달 해석시 준 정상 상태 조건(quasi-stationary state condition) 즉, 용접 arc의 시단부와 끝단부에서 발생하는 효과를 배제하고 열속이 등속으로 이동한다고 가정하여 해석을 수행하였다. 해석시 사용된 요소망(mesh design)은 8절점 등매개 평면 요소를 이용하여 구성되었으며, 2차원 해석을 수행하였다. 사용된 열 경계 조건은 대기와 접촉하는 모든 면에서는 상온(20°C)의 공기와 자연 대류에 의한 열 손실이 존재하며, 대칭면에 대해서는 대칭면의 수직인 방향으로 열 유동이 없는 즉, 단열된 것으로 가정하였다. 이때, 사용된 입열 모델로 Fig. 1과 같이 단위 체적당 입열의 크기가 일정한 반 타원 형상의 용융 pool로 이상화된 열원을 이용하였으며, 용접 조건에 따른 용융 pool의 형상 정보는 bead-on 용접 시험 결과를 이용하여 정의하였다. 비선형 열 탄소성 해석시 용접선 방향으로의 변위를 제어하는 generalized plane strain condition을 적용하였다. 이때, 용접 부재의 하부 표면은 용접부의 하부의 가열시 역 변위를 spring 요소를 이용하여 구속함으로써 용접 arc에 의한 용접부의 가열시 유발되는 역 방향의 변위를 제어하였다.

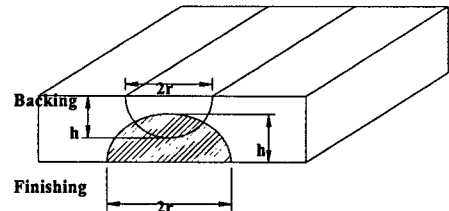


Fig. 1 Shape of weld pool idealized for I butt SA weldment with 2 pole

2.2 해석 결과

Fig. 2의 (a)와 (b)는 전극수 즉, 1 pole과 2

pole의 I butt 판계 용접시 용접 입열량과 굽힘 강성 비에 따른 backing pass와 finishing pass의 각 변형 거동에 대한 유한 요소 해석 및 실험 결과를 도시한 것이다. Fig. 2와 같이 판계 SA 용접부의 각 변형은 전극수 즉, 1 pole 및 2 pole의 적용 여부에 관계없이 용접 입열량 및 용접부의 굽힘 강성의 비 ($f(Q/Db)$)가 증가함에 따라 증가하며, $f(Q/Db)$ 가 일정한 비를 초과하는 경우 감소하는 일정한 경향을 보이고 있다. 그러나, 각 용접 기법에 의한 변형 모드 즉, 최종 잔류 변형

에는 매우 큰 차이를 보인다. 즉, 1 pole을 이용한 I butt SA 용접시 동일 입열 조건하에서 backing pass에 의한 각 변형이 큰 반면에 2 pole 용접의 경우 backing pass에 의한 각 변형보다 finishing pass에 의한 변형량이 더 크게 발생한다. 1 pole SA I butt 용접부의 경우 판계 용접에 의한 국부 변형은 종 보강재 용접시 발생하는 각 변형에 의하여 어느 정도 상쇄되지만, 2 pole SA 용접부의 각 변형은 후 공정인 종 보강재 용접과 중첩되는 변형 모드를 가짐을 알 수 있다.

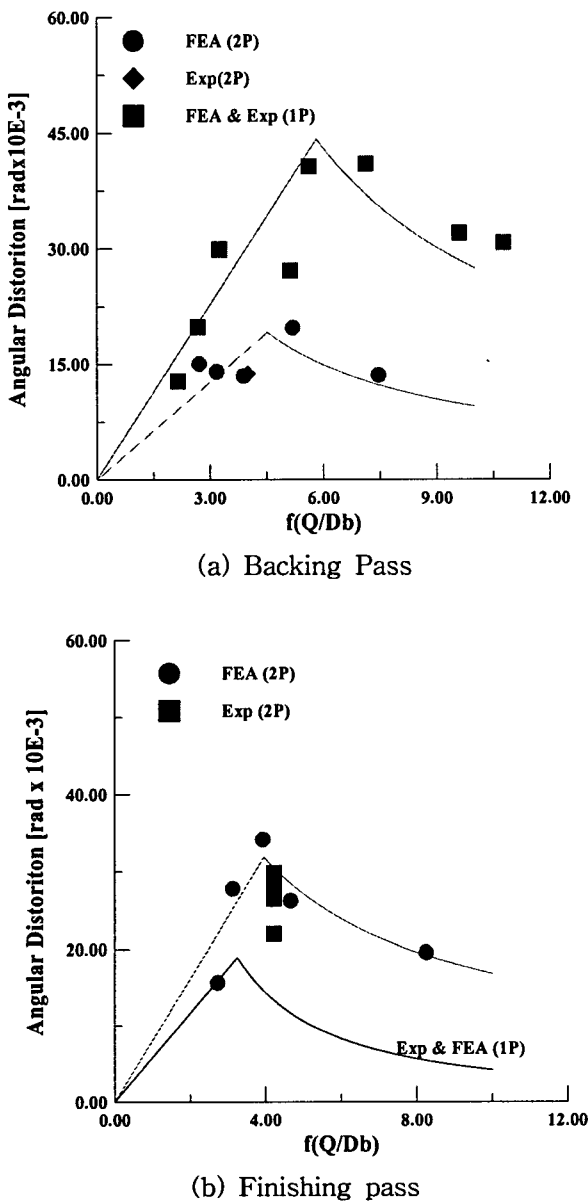


Fig. 2 Change of angular distortion at the I butt SA weldment with $f(Q/Db)$ and the number of pole

Fig. 3은 I butt 판계 용접부의 용접 입열량 (Q)과 면내 강성(D_i)의 비에 따른 횡 수축 거동을 도시한 것이다. Fig. 3과 같이 SA I butt 판계 용접부의 횡 수축은 전극수에 따른 차이는 거의 없으며, 피 용접재로 유입되는 용접 입열량과 용접부의 면내 강성의 비가 증가함에 따라 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 즉, I butt 용접부의 횡 수축량은 용접 입열량 및 용접부의 면내 강성의 비에 따른 선형 함수로 정의할 수 있다.

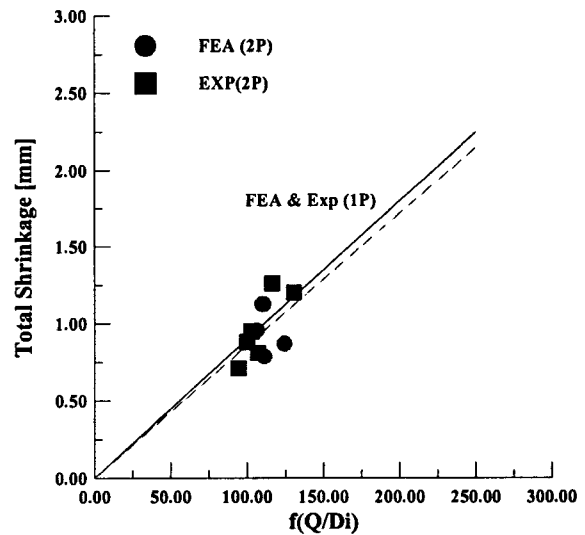


Fig. 3 Change of transverse shrinkage at the I butt SA weldment with $f(Q/D_i)$ and the number of pole

3. 예측 기법 타당성

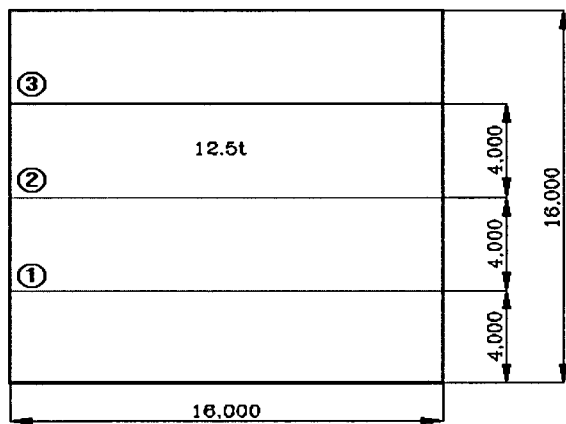
3.1 평가 모델 및 방법

판계 용접부 변형 예측 기법의 타당성을 검토하기 위하여 Fig. 4의 용접부에 대해 Table 1

에 도시한 용접 조건에 따른 변형 거동 양상을 측정하였다. 그리고, 이 결과를 예측 결과와 비교함으로써 I butt SA 용접부의 전극수에 따른 용접 변형 거동의 타당성을 평가하였다.

Table 1 Welding conditions for Experiment

Pass		Heat Intensity [cal/mm]	
①	Backing	Lead(DC)	347
		Trail(AC)	383
③	Finishing	Lead(DC)	457
		Trail(AC)	387
②	Backing	1 pole	898
	Finishing		980



(unit : mm)

Fig. 4 Experimental model

3.2 타당성 평가 결과

Fig. 5는 판계 용접부의 중앙에서 용접부에 수직인 방향의 주판 양 끝단을 기준점으로 선정 한 경우 Z 방향의 변형 분포를 도시한 것이다. Fig. 5와 같이 예측된 판계 용접후 주판의 변형 양상 즉, 용접부가 국부적으로 함몰되거나 융기 하는 gull 형상의 변형 모드는 예측 결과와 매우 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 측정 및 예측된 전반적인 변형 분포에는 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 변형 분포 특성 차이는 roll 정반에서 수행되는 판계 용접시 용접부의 자중에 대한 저항성 즉, 강성이 매우 작아 변형 모드가 roll 정반에 지지 위치에 의존하기 때문이다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 제안된 용접 기법에 따른 I butt SA 용접 변형 예측 기법은 판계 용접부의 국부 변형 모드를 정확하게 예측하고 있음을 알 수 있다.

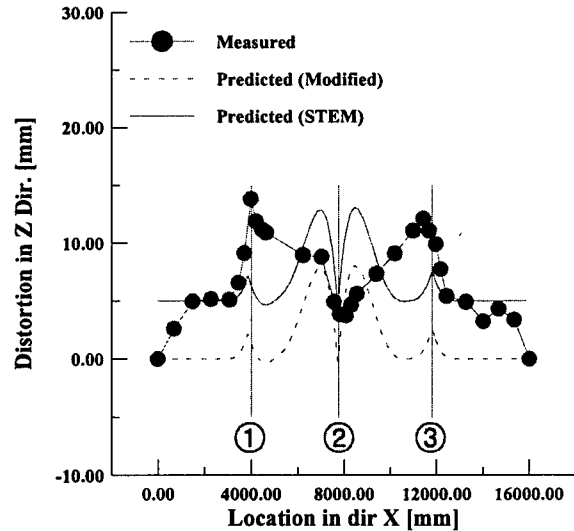


Fig. 5 Deformed Shape of the I butt weldment after 1 pole and 2 pole SA welding

4. 결 론

I butt SA 용접시 전극수에 따른 변형 거동 양상을 유한 요소 해석 및 실험을 이용하여 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) I butt SA 용접부의 변형 모드는 전극수에 의존한다. 즉, 단전극을 이용한 SA I butt 용접부의 변형 모드는 backing pass의 변형 모드와 일치하지만, 2전극의 경우 변형 모드는 finishing pass의 변형 모드에 의존한다.
- 2) I butt 용접시 SA 용접부의 횡 수축량은 전극수와는 무관하며, 용접시 유입되는 입열량 및 용접부의 면내 강성에 의존한다.