

Fillet 다층 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형에 관한 연구

A study on the angular and bending distortion of the multi-pass fillet weldment

신상범*, 윤중근
현대 중공업(주)

1. 서론

선체와 같은 대형 철 구조물은 가공 및 절단, 용접 그리고, 이송 및 반전등의 일련의 작업 공정을 통하여 제작되므로, 효율적인 작업을 위해서는 정도 관리를 통한 생산 제어 시스템 구축이 무엇보다 중요하다. 특히, 용접 공정은 철 구조물의 제작시 거의 대부분을 차지하는 공정으로써 생산성 및 품질 향상을 위해서 가장 주목해야될 제작 공정이라고 할 수 있다. 따라서, 용접시 발생하는 변형의 효율적인 제어를 위해 용접 변형 예측 및 제어 기법의 표준화를 위한 연구가 많은 연구자들에 의해서 수행되어 왔다. 그러나, 아직까지 일의적인 용접 변형 예측 및 제어 기법은 제안되지 않고 있는데, 이는 실 용접부의 변형 인자들에 대한 정량적인 평가가 수행되지 못하였기 때문이다. 따라서, 본 연구자들은 효율적인 용접 변형 예측 및 제어 기법의 개발을 위하여 각 용접 공정에 따른 변형 인자를 도출하고 이에 따른 변형 거동 양상의 정량적인 평가를 위한 예측 시스템을 구축하고자 추진중이다.

본 고에서는 변형 예측 시스템 구축을 위한 기초 연구 단계로 수행된 다층 fillet 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형의 거동 양상을 유한 요소 해석을 이용하여 각 변형 및 굽힘 변형 거동 양상을 평가하고 간이 예측 기법을 소개하였으며, 제안된 간이 예측 기법의 타당성은 실험 결과와의 비교를 통해 평가하였다.

2. 실험 및 해석 방법

다층 fillet 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형 예측 기법의 타당성 평가를 위한 실험 모델은 FCA(Flux Cored Arc)에 의한 T joint이며, Table 1과 같이 용접 조건의 변화에 따른 용접 입열량 및 fillet 용접부의 기하학적인 형상에 따라 8가지의 모델을 선정하였다. 이때, 사용된 모재와 용접재는 각각 선급용 A grade 강재와 E70T-1이다. FCA 용접에 의하여 발생하는 각 변형 및 굽힘 변형량은 각 용접 pass가 완료된 후 용접부가 상온으로 완전히 냉각된 후 steel자, gap gage 그리고, 3차원 측정기를 이용하여 측정하였다.

Table 2-1 Variables used at the experiment of fillet weldment

Type	Welding Condition	Welding speed [mm/min]	Dimension [mm]	
			Flange (t x S x L)	Web (t x S x L)
A	360Amp x 36V	300	10 x 500 x 500	15 x 300 x 500
B		700		
C		300	20 x 500 x 500	
D		700		
E	360Amp x 36 V	300	20x125x3000	10 x 300 x 3000
F		500		10 x 290 x 3000
G		300		15 x 285 x 3000
H		500		15 x 280 x 3000

유한 요소 해석에 의한 다층 fillet 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형 해석시 사용된 변수는 용접 조건 그리고, 기하학적 인자에 따라 모델을 선정하고 해석을 수행하였으며, 각 변형 해석을 위한 비선형 열 탄소성 해석에 앞서 먼저, 열 전달 해석을 수행하였다. 이때, 열 변형에 의한 열 전달 기구에 미치는 영향이 매우 미세하므로 열 전달 및 열 응력이 각각 비 연성된 것으로 가정하고 해석을 수행하였다

3. 해석 결과

각 변형

Fig. 1은 B type의 다층 fillet 용접부에서 용접 및 냉각 시간의 경과에 따른 각 변형량의 천이 거동에 대한 유한 요소 해석 및 실험 결과를 비교하여 도시한 것이다. 기존의 해석 결과와 동일하게 용접부의 각 변형량은 용접 후 냉각 초기에 두께 방향의 온도차에 기인하여 급격하게 증가한 후, 냉각 시간이 경과함에 따라 두께 방향의 온도차의 감소에 기인하여 그 증가율이 현저하게 감소함을 알 수 있다. 그리고, 각 용접 pass에 따른 각 변형량 천이 거동 양상은 실험 결과와 유한 요소 해석 결과가 모두 매우 유사한 경향을 가짐을 알 수 있다.

굽힘 변형

Fig. 2는 E type 즉, 용접선의 길이가 3000mm이고, web의 두께와 폭이 각각 10, 290mm이고, flange의 두께와 폭이 각각 20, 125mm인 다층 built up T 용접부의 용접선의 길이 방향의 각 위치에서 굽힘 변형량을 도시한 것이다. Fig. 2와 같이 built up 용접부의 경우 용접 pass가 증가함에 따라 굽힘 변형량은 증가함을 알 수 있으나, 3번째 pass의 적용시 변형 증가율은 현저하게 감소한다. 이는 용접부 굽힘 변형량이 용접시 용착 금속 및 그 근방의 모재 수축에 기인한 수축 하중과 T 용접부의 도심과의 차이에 기인한 용접선 방향의 굽힘 모멘트 크기에 결정되는데 반해, 다층 용접시 용접 pass가 진행됨에 따라 용접부의 중심과 도심과의 차이가 감소함으로써 굽힘 하중이 비례적으로 감소하고, 기 생성된 용착 금속에 의한 굽힘 강성의 증가에 의하여 변형에 대한 저항성 즉, 내적 구속의 증가에 기인한 것이다

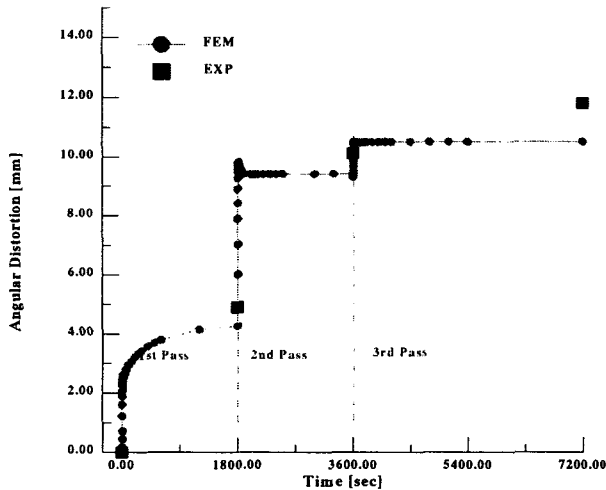


Fig. 1 Transitional behaviour of angular distortion of FCA multi pass fillet weldment of B type by FEM & Exp

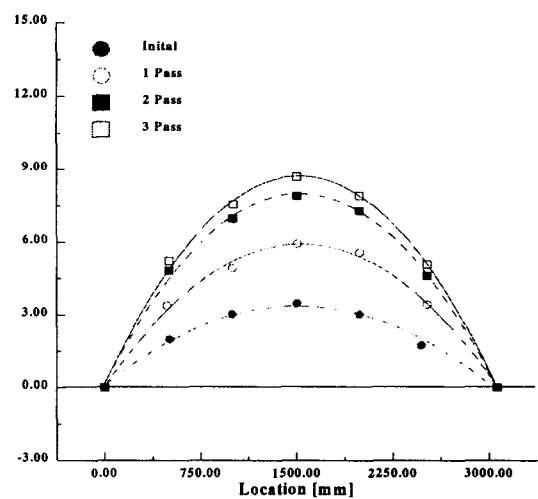


Fig. 2 Distribution of bending distortion at the E type T bar by Exp

4. 결론 및 고찰

다층 fillet 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형에 대한 간이 예측 기법을 제안하기 위해 실험 및 유한 요소 해석을 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

다층 fillet 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형은 용접 pass가 증가함에 따라 증가하나 증가율은 감소한다. 이는 이전 용접 pass에 의한 굽힘 강성 및 용접 수축 하중과 도심과의 거리차의 감소에 기인한 것이다. 따라서, 다층 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형의 예측을 위해서는 이에 따른 효과를 반드시 고려해야 한다.