

# FAB 용접시 회전 변형 해석에 대한 연구

## (The Study of Rotational Distortion of FAB Weldment)

신상범\*, 윤중근  
현대중공업(주), 산업기술연구소

### 1. 서론

용접시 용접부는 용접 arc에 의해 급열 및 급랭의 복잡한 열 cycle을 겪게 되는데, 이때 발생한 불균일한 온도 구배는 열 변형도를 유발하고, 이의 상호 작용으로 인해 용접부에는 잔류 응력 및 변형을 생성된다. 이러한 용접 잔류 응력이나 변형은 구조물의 안전성이나 외관상의 문제를 야기할 뿐 아니라, 제작시 용접 균열의 주 발생원으로써 작용하기 때문에 이들의 제어를 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 선박의 선체의 제작시 강재의 반전 작업 공정을 배제함으로써, 생산성 향상을 꾀하고자 적용하고 있는 FAB(Flexible asbestos backing)용접의 경우 입열량 및 용접 속도 그리고, 용접 부재의 형상에 기인한 회전 변형에 의해 용접부 종단부 근방에서 균열이 빈번히 발생함으로써, FAB 용접 적용에 의한 생산성 향상 효과는 극히 한정될 수 밖에 없었다. 이러한 FAB의 회전 변형에 의한 균열 발생 방지를 위한 연구는 주로 일본의 연구자들을 중심으로 활발히 진행되어 왔으나, 뚜렷한 성과를 얻지는 못하고 있다.

따라서, 본 고에서는 FAB 용접부의 종단부 균열 제어를 위해 유한요소해석(Finite Element Analysis, FEA)을 이용하여 용접 속도 및 구속 용접 등의 인자들이 FAB 용접부의 회전 변형에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

### 2. 유한요소해석

#### 2.1 해석 모델 및 방법

FAB 용접시 발생하는 회전 변형에 대한 유한요소해석시 선정된 해석 모델은 Fig. 1과 같이 용접부의 길이  $L$ 이 2500mm이고, 폭  $W$ 가 20000mm 그리고, 두께  $t$ 가 18mm인 주판에 50mm의 가접이 300mm간격으로 배치된 용접부이며, 유한요소 해석을 위한 초기 요소망 즉, 용착 금속이 생성되기 전의 요소망은 Fig. 1의

(b)와 같이 4절점 평면 등매개 요소를 이용하여 구성하였다. FAB 용접시 회전 변형이 열 전달 기구에 미치는 영향이 매우 미세하므로 열 전달 및 열 용력을 각자 비연성된 것으로 가정하고 해석을 수행하였다.

열 전달 해석시 사용된 하중 및 경계 조건은 Fig. 2와 같이 Gaussian 분포의 열속(heat flux)이 용접선을 따라 등속으로 이동하면서 용착금속을 형성하는 것으로 가정하였으며, 용접부의 표면에서 자연 대류에 의한 열 손실이 발생하는 것으로 가정하였다. 열 전달해석에 의한 각 절점의 온도를 하중 조건으로 적용하는 회전 변형을 위한 열 용력 해석시 Fig. 2와 같이 용접이 진행됨에 따라 변위 경계 조건을 변화되는 즉, moving displacement 경계조건을 적용하였다.

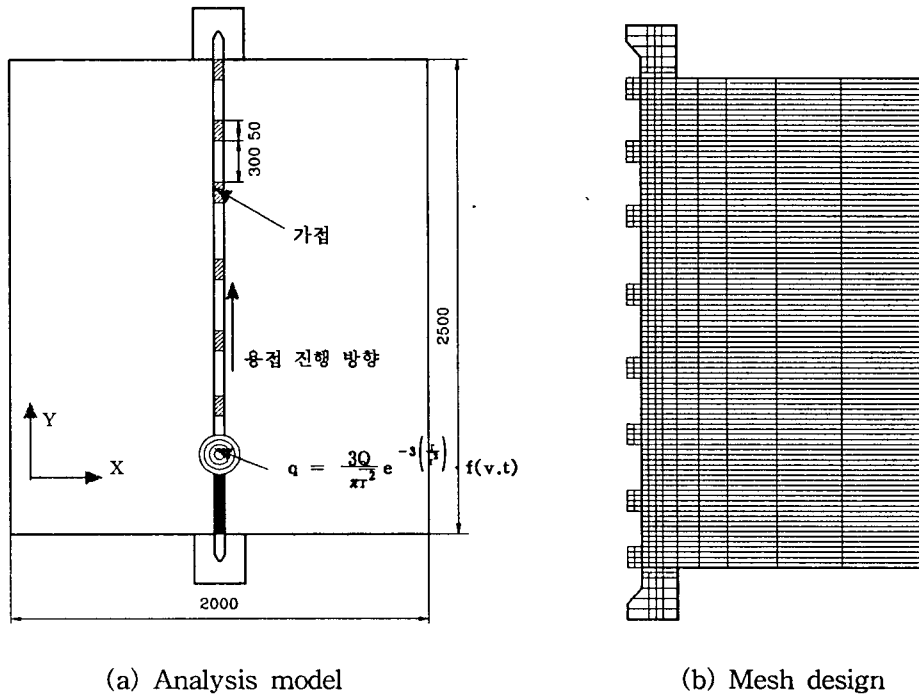


Fig. 1 The schematic diagram of analysis model and mesh design(unit:mm)

## 2.2 해석 결과

Fig. 3은 Fig. 1에 나타낸 본 고의 해석 모델에 FAB 용접부에 단위 용접선에 작용하는 입열량이 동일하나, 용접 속도가 각각 각각 3.5mm/sec와 5mm/sec로 변하는 경우 용접선의 중심에서 100mm 그리고, 용접 중단부에서 각각 0, 400 그리고, 700mm에 위치한 절점에서 회전 변형(X축 방향의 변위)를 도시한 것이다. Fig. 3과 같이 용접 속도의 관계없이 회전 변형의 천이 양상은 용접 arc가 접근함에 따라 회전 변형량은 서서 증가하다가, 용접부가 각각 해석 위치를 통과할 때, 이 지점에서 변형량은 급격히 증가하며, 또 최대 변형량은 용접 속도가 감소함에 따라 증

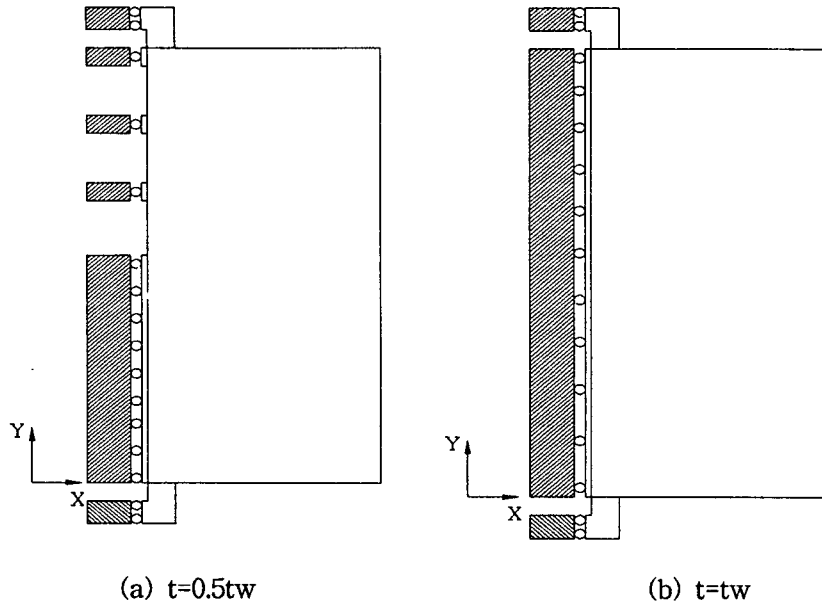


Fig. 2 Displacement boundary conditions with welding time  $t_w$  ( $t_w$ : 용접 시간)

가함을 알 수 있다.

Fig. 4는 용접속도 및 입열량이 일정한 경우 회전 변형의 제어를 위한 구속 용접의 효과를 나타낸 것이다. Fig. 4와 같이 초층 용접부를 적용한 A의 경우에 용접 중단부에 50mm와 400mm의 구속 용접부를 가진 C나 B의 경우 보다 최종 변형량은 다소 감소 하였으나, 그 크기가 매우 미비함을 알 수 있다. 즉, FAB용접시 회전 변형에 의한 용접부 중단부에 가접부를 형성한 구속방법은 회전 변형의 감소는 어느 정도 기대되나, 효율성이라는 측면에서 타당하지 못하다.

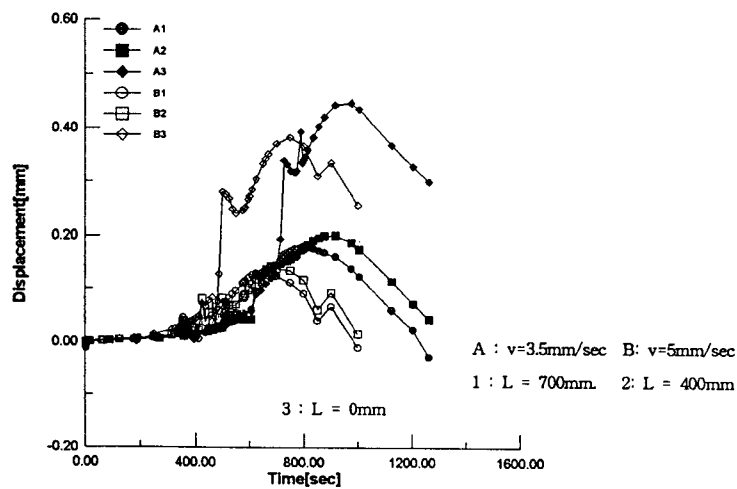


Fig. 3 Changes of rotational distortion with welding speed,  $v$

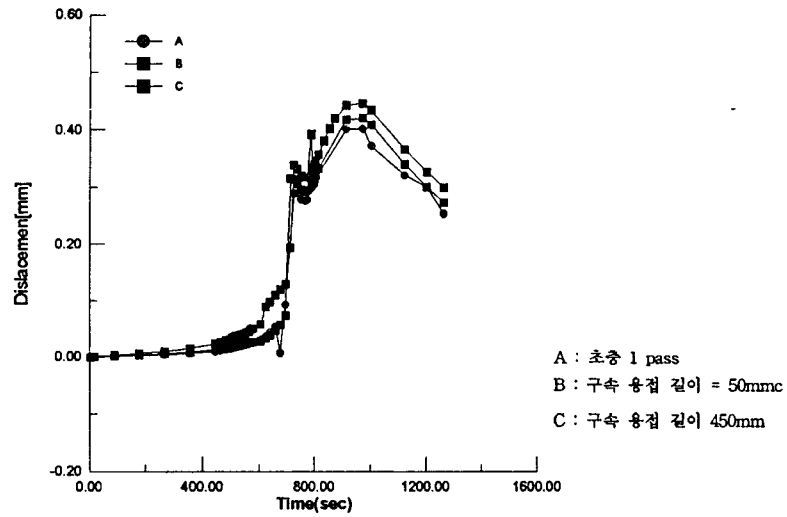


Fig. 4 Changes of rotational distortion with variable the length of restraint weld

### 3. 결론

유한 요소 해석을 이용하여 FAB 용접시 발생하는 회전 변형에 대해 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. FAB 용접시 단위 용접선당 입영량이 동일한 경우 용접 속도가 증가함에 따라 회전 변형은 감소한다.
2. FAB 용접부 회전 변형 제어를 위한 구속용접(가접)장의 길이가 증가함에 따라 회전 변형량은 감소하나, 그 효과는 미비하다.