



용접변형(1)

- 용접변형의 특성과 임계용접길이 -

박 정 응

Welding Deformation (1)

- Characteristics and Critical Welding Length of Welding Deformation -

Jeong-Ung Park

1. 용접변형의 특징

용접변형은 용접잔류응력과 같이 고유변형도에 의해 발생되며, 고유변형도의 분포형상에 따라 그림 1과 같은 용접변형이 발생된다. 이러한 용접변형은 강구조물 제작시 다양한 용접부형상에 의해 복합적으로 발생되며, 이것은 강구조물을 설계치수를 변화시키거나 부재 간 단차를 발생시켜 절단 또는 교정과 같은 생산공정에 불필요한 작업을 유발시켜 생산성을 저하시킨다. 따라서 강구조물 제작시 용접변형을 예측하여 설계단계에서 마진을 주거나, 용접변형을 방지하기 위한 대책을 수립하여 생산성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

용접변형은 모두 복합적으로 발생하지만 편의상 면내변형, 면외변형 그리고 좌굴변형으로 구분할 수 있다. 면내변형은 종수축, 횡수축 그리고 회전변형이고, 면외변형은 각변형, 종굽힘변형으로 분류된다.

면내변형은 수축에 의해 강구조물의 크기를 설계치수보다 작게 하여 단부에 단차가 발생함으로 이를 위해서는 설계단계에서 수축마진을 주어 단차를 줄인다. 이 중 회전변형은 면내변형 중에도 특수한 변형으로 저입열 용접의 경우 용접부 앞부분이 그림과 같이 닫히려는 변형이 발생하지만, 대입열 용접의 경우는 반대로 용접부 앞부분을 벌어지려는 변형이 발생하여 경우에 따라 단부에 크랙이 발생시킨다. 따라서 회전변형을 제외하고는 면내변형에서는 주로 문제가 되는 것은 횡수축에 의한 변형이다. 반면 종수축은 다른 수축량에 비해 현저히 작으므로 큰 문제는 되지 않는다.

면외변형은 맞대기용접과 필렛용접시의 두께방향의 온도 차에 의한 발생하는 변형으로 이는 일반적으로 용

접 후 가스토치에 의한 교정작업으로 수정한다. 종굽힘 변형은 특히 용접길이가 길고, 부재의 중립축과 용접열원의 위치가 일치하지 않은 경우 용접 굽힘모멘트에 의해 발생하고, Built-Up재 용접시 주로 발생된다.

좌굴변형은 용접 입열량과 부재의 치수(폭/두께의 비)에 의해 영향을 받으며 주로 박판용접시 발생하며, 용접 중의 과도변형과 용접에 의한 수축에 의해 발생한다. 이러한 변형은 한번 발생하면 교정하기 힘들기 때문에 방지하는 것이 중요하다.

이상 설명한 용접변형은 강구조물 제작시 다양한 조건에 의해 여러 가지 형태로 발생함으로 각 변형특성에 따라 예측 및 방지대책을 수립해야한다.

다음은 용접변형의 생성근원인 고유변형도와 용접변형에 대해 서술하기로 한다.

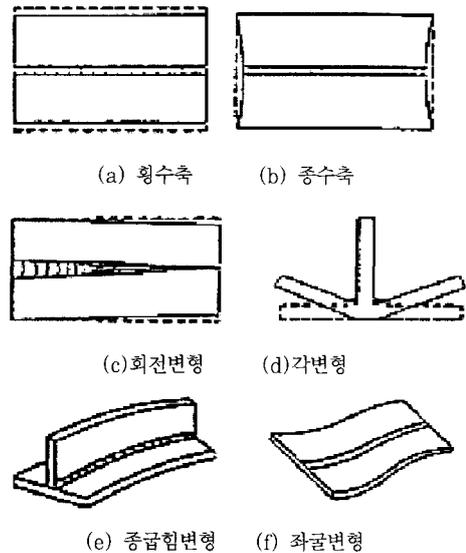


그림 1 용접변형의 형상

2. 고유변형도와 용접변형

용접변형은 용접부 근방의 열탄소성거동에 의해 발생된 고유변형도의 분포와 크기에 의해 결정된다. 이러한 고유변형도의 크기는 그 지점의 최고 도달온도와 구속 정도에 의해 결정된다.

최고 도달온도는 열전달해석에 의해 예측할 수 있으나, 구속도를 정확히 결정하기는 쉽지 않다. 일반적으로 구속은 내적구속과 외적구속으로 분류할 수 있으며, 내적구속은 용접부 근방의 온도구배에 의해 발생하고, 외적구속은 용접 구조물 자체구속 및 물리적인 구속을 의미한다. 이러한 두가지 구속을 정확히 고려하여 용접 변형을 예측하기는 쉽지 않으므로 적절한 가정을 통해 적용하는 것이 일반적이다.

고유변형도법을 이용하여 용접변형을 예측하는 경우, 특히 초충과 최종충의 용접비드에 있어서 구속과 고유 변형도와 관계가 현재 명확히 정의되어 있지 않으므로 연구가 필요한 부분이다.

3. 각변형과 임계용접길이

최근 대형 용접강구조물의 조립단계별 용접변형을 예측하기 위한 연구가 국내/외에서 활발히 진행되고 있다. 이러한 대형 강구조물의 용접변형은 열탄소성해석으로는 방대한 해석시간과 컴퓨터 메모리의 부족으로 현실적으로 해석이 불가능하다. 따라서 실험에 의한 직접측정법, 등가하중법 그리고 고유변형도법 등이 많이 적용되고 있다.

위의 방법을 적용을 위해서는 해석모델 및 시험체의 크기를 결정해야한다. 또한 소형시험체의 용접변형 측정결과를 대형 강구조물에 적용하기 위해서는 용접변형에 영향을 주지 않은 임계용접길이에 대한 연구가 선행되어야한다.

용접 임계길이에 대한 연구는 비드언플레이트 용접에 대해 일부 진행되었으나 저자의 연구결과에 의하면 비드언플레이트 용접을 대상으로 한 연구결과와 많은 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 실험적 방법을 통해서 V개선 맞대기용접, 무개선 필렛용접 그리고 Bead On Plate 용접에 있어서 용접각변형에 미치는 임계용접길이를 제시하고자 한다.

맞대기용접은 폭($B=600\text{mm}$)과 두께($t=10\text{mm}$)로 일정하게 하고 용접길이(L)를 500, 700, 1,000, 1,500mm로 변화시켜 용접하였다. 그림 2는 용접길이의 변화에 따른 중앙부의 각변형을 보여주고 있다. 결과에 의하면 용접길이가 1,000mm이내의 경우 용접길

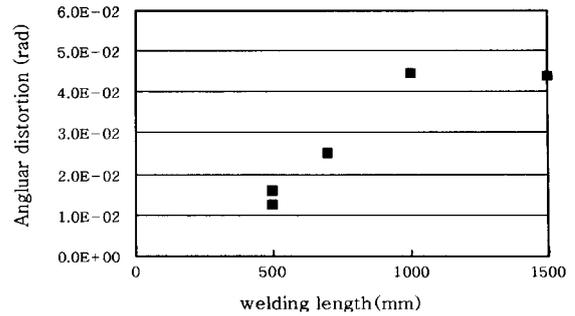


그림 2 용접길이에 따른 각변형(맞대기용접)

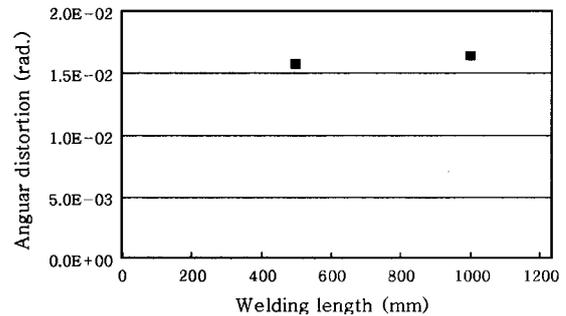


그림 3 용접길이에 따른 각변형(필렛용접)

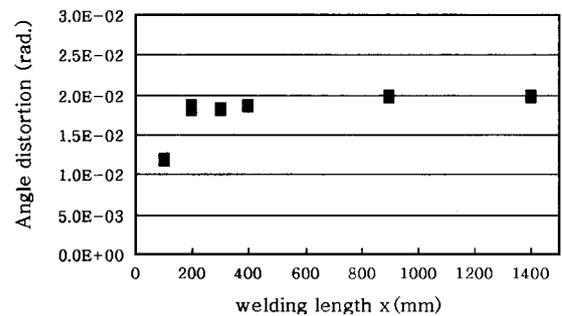


그림 4 용접길이에 따른 각변형(비드언플레이트 용접)

이가 증가함에 따라 각변형도 증가하고 있다. 한편 용접길이가 1,000mm이상에서는 용접 각변형이 용접길이에 영향을 받지 않고 거의 일정하게 발생하는 것을 알 수 있다.

필렛용접은 폭($B=300\text{mm}$)과 두께($t=10\text{mm}$)로 일정하게 하고 용접길이(L)를 500, 1,000mm로 변화시켜 용접하였다. 그림 3은 필렛용접에서 용접길이의 변화에 따른 중앙부의 용접각변형을 보여주고 있다. 결과에 의하면 용접길이가 500mm이상의 경우 용접각변형은 용접길이에 관계없이 일정한 값을 보여주고 있다.

비드언플레이트 용접은 폭($B=250\text{mm}$)과 두께($t=12\text{mm}$)로 일정하게 하고 용접길이(L)를 200, 300, 400, 500, 1,000, 1,500mm로 변화시켜 용접하였다. 그림 4는 비드언플레이트 용접에서 용접길이의 변화에 따른 중앙부의 용접각변형을 보여주고 있다. 결과에 의

하면 용접길이가 500mm이내의 경우 용접길이가 증가함에 따라 각변형도 증가하고, 용접길이가 500mm이상에서는 용접 각변형은 용접길이에 관계없이 거의 일정하게 발생하는 것을 알 수 있다.

위의 결과로부터 맞대기용접의 각변형에 대한 임계용접길이는 1,000mm이상이고, 필렛과 비드언플레이트 용접의 각변형에 대한 임계용접길이는 500mm이상임을 알 수 있다.



- 박정웅(朴正雄)
- 1966년생
- 조선대학교 토목공학과
- 용접잔류응력 및 변형, 용접강도
- e-mail:jupark@mail.chosun.ac.kr