

용접잔류응력의 생성 메카니즘과 그 영향(2)

- 용접잔류응력의 분포와 영향 -

박정웅

Mechanism and Effects of Welding Residual Stress

- Distributions and Effects of Welding Residual Stress -

Jeong-Ung Park

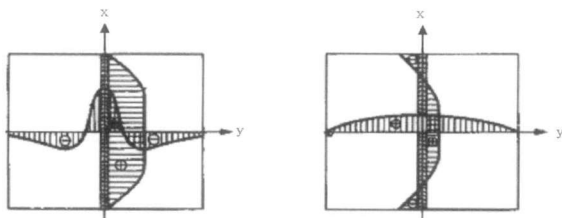
1. 용접 잔류응력의 분포

전 기술강좌에서 설명한 용접잔류응력의 생성 메카니즘에 의해 발생한 용접잔류응력의 분포형상과 맞대기용접에서의 용접잔류응력의 크기를 간단히 예측하는 방법에 대해 설명하고자 한다.

그림 1은 외적구속이 없는 맞대기 용접에서의 잔류응력분포를 보여주고 있다. 잔류응력의 크기는 용접선방향의 잔류응력이 항복응력에 가까운 응력이 발생하고, 용접선 직각방향의 잔류응력은 용접선방향의 잔류응력보다 무시할 수 있을 정도로 매우 작은 잔류응력이 발생된다. 따라서 일반적으로 잔류응력은 용접선 방향의 잔류응력이 역학적으로 중요한 의미를 가진다. 그러나 용접선 직각방향의 변형을 구속하면 용접에 의한 열변형이 구속되어 용접선 직각방향의 잔류응력도 크게 발생되고, 그 크기는 구속의 크기에 의해 결정됨으로 일반적으로 강구조물 제작시 용접순서를 고려한 시공을 실시해야한다.

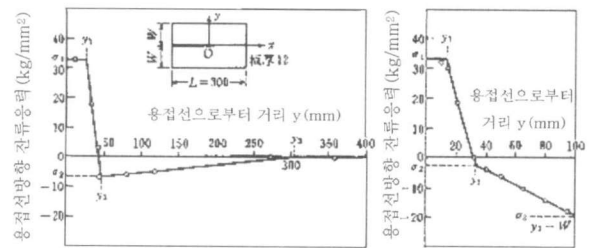
그림 2는 맞대기용접에서 부재의 폭에 따른 용접선방향의 잔류응력의 크기와 분포형상을 보여 주고 있다.

용접부 근방의 인장잔류응력은 부재의 폭에 관계없이 항복응력에 가까운 잔류응력이 발생하나, 용접부로부터



(a)용접선방향 응력(σx)분포 (b)용접선직각방향 응력(σy)분포

그림 1 맞대기용접 잔류응력분포



(a)W=400mm

(b)W=100mm

그림 2 맞대기용접 용접선방향 잔류응력 (CO₂용접, 용접입열 3000cal/cm)

표. 1 용접잔류응력 예측 간이식

부재 폭(cm)	잔류응력(kg/mm ²)	위치(cm)
$W \geq 10^{-2}Q/H$	$\sigma_1 = (1.0 \sim 1.1)\sigma_{Y0}$ $\sigma_2 = -0.25\sigma_{Y0}$ $\sigma_3 = 0$	$y_1 = 0.6 \times 10^{-3}Q/h$ $y_2 = 2.0 \times 10^{-3}Q/h$ $y_3 = 11 \times 10^{-3}Q/h$
$W \leq 0.33 \times 10^{-2}Q/H$	$\sigma_1 = (0.9 \sim 1.1)\sigma_{Y0}$ $\sigma_2 = -0.1\sigma_{Y0}$ $\sigma_3 = -0.8\sigma_{Y0}$	$y_1 = 0.18W$ $y_2 = 0.4W$ $y_3 = W$

여기서 W, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 은 그림.4 참조.

σ_{Y0} 는 항복응력, Q는 용접입열량, h는 부재의 두께를 의미함.

떨어져있는 압축잔류응력의 분포는 부재의 폭에 따라 다르다.

연강인 경우 잔류응력의 크기와 위치는 표 1과 같이 간이식을 이용하여 예측할 수 있다.

예측 간이식으로부터 다음과 같은 내용을 알 수 있다. 1) 용접잔류응력은 용접입열량에 관계없이 부재의 항복응력에 비례한다. 2) 비교적 폭이 넓은 부재의 경우 잔류응력의 발생위치는 용접입열량에 비례하고, 용접입열량이 크면 잔류응력의 발생영역도 넓다. 3) 폭이 좁은 부재의 경우 잔류응력의 발생위치는 용접입열량에 관계없이 부재 폭에 비례한다.

2. 용접잔류응력의 영향

용접잔류응력은 좌굴강도, 횡크랙 발생, 피로강도 및 균열진전 등에 영향을 미친다는 사실은 널리 알려져 있다. 그 중 대표적인 피로균열에 미치는 용접잔류응력과 횡크랙을 유발시키는 극후판 다층 용접시 잔류응력에 대해 설명하고자 한다.

그림 3은 용접Seam 간격에 따른 피로균열 전파현상을 보여주고 있다. 그림. 3(a)는 용접선간 간격이 2.5t (t=부재두께)이고, (b)는 용접seam 간격이 7.5t(t=부재두께)이다. 피로균열은 시험편 측면의 노치로부터 발생, 진전된다. 용접seam간 거리가 두께의 2.5배인 경우 용접Seam간 거리가 짧아 용접잔류응력에 부가응력이 추가되어 더 크게 발생하며, 일단 발생한 균열은 비드를 거의 직선으로 관통하며 완전 파단되었다. 반면, 용접seam간 거리가 두께의 7.5배인 경우 이음부 사이에 압축잔류응력이 존재하여 균열 전파를 저지하고, 방향을 바꾸는 역할을 하여 균열 전파속도를 느리게 한다. 따라서 여러 시험 결과로부터 일반적으로 용접이음부간 간격을 최소 두께의 5배 이상으로 규정되어 있다.

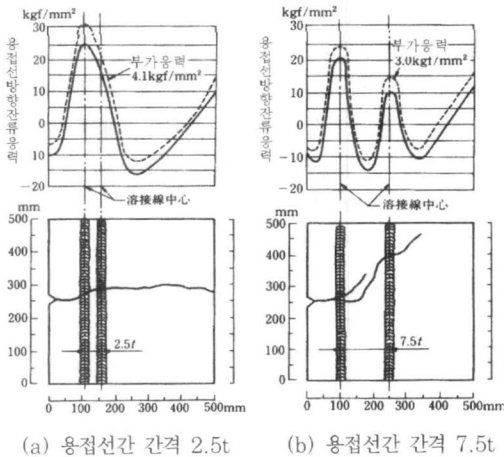


그림 3 용접선간격과 피로균열진전



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

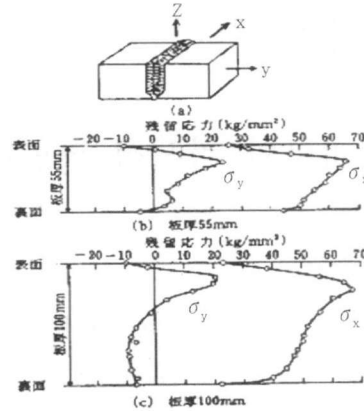


그림 4 극후판 다층용접에 의한 잔류응력분포

그림 4는 두께가 다른 극후판의 용접잔류응력을 보여주고 있다. 용접잔류응력은 y방향의 잔류응력이 약간 다르나 두께에 관계없이 비슷한 경향을 보이고 있다. 특히 횡크랙에 영향을 미치는 x방향의 잔류응력은 그 크기는 표면의 최종 용접층 아래에서 최대 잔류응력이 발생되고 초층 용접부쪽으로 내려가면서 급격히 감소하고 있다. 이러한 최종 용접층 아래 발생하는 x방향의 최대 잔류응력은 수소와 결합하여 횡크랙을 발생시킨다. 이를 방지하기 위해서는 적절한 예열 및 층간온도를 유지함으로써 방지할 수 있다.

3. 마무리

2회에 걸쳐 용접잔류응력의 생성 메카니즘과 그 영향에 대해 기술하였다. 용접잔류응력은 매우 복잡한 현상이나 소개한 기본원리만 정확히 파악하고 있다면 이를 토대로 실제문제에 적용하는데 다소 도움이 되리라 생각한다. 용접잔류응력의 영향은 주어진 문제에 따라 그 영향이 다르므로 문제의 유형에 따라 전문가와 상의하여 대책을 수립하는 것이 좋다.