

스프링모델을 이용한 용접변형 해석에 대한 연구(II)

A Study on Welding Distortion Analysis using Spring Model(II)

박상철

현대중공업(주) 산업기술연구소 재료연구실

1. 서론

산업체에서 여러 종류의 구조물들을 제작하는데 있어서 용접작업은 중요한 생산기술의 일부분이다. 특히 최근에 제작하고자 하는 구조물이 점차 복잡 다양해지고 박판의 고강도 강재가 널리 사용됨에 따라, 이러한 구조물 제작시 발생하는 정도관리 문제는 중요한 사항이 되었으며 생산성 향상을 위해 반드시 해결해야 할 문제이다. 특히 이러한 구조물 제작시 용접에 의하여 발생하는 용접변형을 여러조건(용접조건, 구조물의 형상, 구속조건..)에 따라 정량적으로 예측, 평가하여 최적의 용접순서, 구속방법등을 결정하는 것은 용접설계 및 생산적인 측면에서 중요하나, 기존의 이동열원에 의한 열탄소성 해석방법과 사용가능한 전산기기 용량등을 고려하면 실구조물의 용접변형을 예측, 평가하는 것은 몹시 어려운 문제이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 실구조물에 대한 용접변형을 예측, 평가하기 위한 간이적인 방법을 제안하고자 하였으며, 근사적으로 사용할수 있는 스프링모델을 열탄소성 해석에 근거하여 개발하고 그 적용가능성을 평가하고자 하였다

2. 본론

실구조물에 대한 용접변형을 예측, 평가하기 위한 해석모델을 개발하기 위하여 thermal model과 spring model를 사용하여 one-dimensional, three bar analysis를 수행하였으며 그 연구결과는 이미 발표된 바 있다. 이때 thermal model은 용접선에 해당되는 middle bar에 heating-cooling stage와 cooling stage를 고려하여 열탄성, 열탄소성해석을 수행하였으며, spring model은 냉각시 용접부근처에 발생하는 shrinkage force를 고려하기 위하여 강성을 갖는 spring을 middle bar에 채용한 후, shrinkage force를 initial force로 spring에 가하였다. 열탄소성해석과 spring model을 사용한 해석결과를 비교, 평가하여 각각의 용접조건에 따른 equivalent spring constant K 와 shrinkage force F, 그리고 spring constant reduction coeff β_1 과 shrinkage force reduction coeff. β_2 , shrinkage force F 관계를 도출하였다.

본 연구에서는, 실제 용접시 발생하는 변형상태와 유사한 경우를 고려하기 위하여 수축이 용접선의 x, y방향으로 발생하는 two dimensional analysis를 수행하였으며 그 접근 방법은 one-dimensional, three bar analysis와 유사하다. 우선 rectangular bead와 groove bead model을 사용하여 3차원 열탄소성 해석을 수행하였으며, 그 해석결과에 근거하여 길이방향과 횡방향 spring을 적용한 spring model을 사용하여 두 해석모델의 상관성을 도출하기 위한 parametric study를 수행하였다.

두 해석모델의 상관성은 해석결과에 근거하여 여러가지 변수를 사용하여 표현하였으며, 여기서 spring constant K는 $K = \beta_1 * A_w * E / l$ (A_w : shrinkage area, E: Young's modulus, l: 시편길이, β_1 : spring constant reduction coeff.)로 표시할수 있으며, spring에 작용하는 shrinkage force F는 $F = \beta * A_w * E * \alpha * \Delta \theta$ (α : thermal expansion coeff., $\Delta \theta$: temperature difference, β : spring force modification coeff.)로 나타낼 수 있다. 상수 β 는 β_1 의 함수이며 수치해석 결과의 curve fitting을 통하여 longi. 와 transverse방향의 β_L, β_T 를 β_1 의 다항식으로 표현하였다.

또한 면외변형인 각변형을 평가하기 위하여 bending spring을 적용하였으며, 종방향굽힘과 각변형을 나타내기 위한 longi. 와 transverse방향의 β_L^m, β_T^m 를 β_1 , shrinkage area A_w 의 함수로서, 면내변형인 횡, 종수축인 경우와 유사하게 다항식으로 표현하였다. 이러한 parametric study 결과를 simple joint인 BOP(bead on plate), T-joint용접에 적용하여 그 유효성을 평가하였다.

3. 결 론

실구조물 제작시 용접에 의하여 발생하는 용접변형을 근사적으로 예측, 평가하기 위한 간이 해석방법인 spring model을 제안하였다. 이미 thermal model과 spring model을 사용한 one-dimensional, three bar analysis를 통하여 spring model의 적용가능성이 긍정적으로 평가되었으며, 본 연구에서는 실구조물 용접시 발생하는 변형발생 양상과 유사한 two dimensional analysis를 통하여 spring model의 유효성을 평가하였으며, 면외변형을 고려한 새로운 관계식을 도출하였다. 실구조물에 대하여 spring model의 유효성을 평가한 결과는 추후에 보고할 예정이다.