

스프링모델을 이용한 용접변형 해석에 대한 연구
Study on Welding Distortion Analysis using Spring Model

박상철

현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서 론

산업체에서 사용되고 있는 구조물들은 여러 제작공정을 거쳐서 제작되며, 특히 용접작업은 이러한 구조물을 제작하는데 있어서 중요한 생산기술의 일부분임에 틀림이 없다. 이러한 용접작업시 필연적으로 발생하는 용접변형을 예측하고 평가하는 일은 용접설계측면에서 몹시 중요한 일이며, 제작시 변형을 방지하는 기술을 개발하는 것은 생산성측면에서 또한 중요한 일이다. 해석적인 측면에서 보면, 기존에 많이 사용되었던 이동열원에 의한 열탄소성해석은 해석대상인 구조물이 3차원적으로 점차 대형화됨에 따라 컴퓨터 저장공간 및 계산시간 측면에서 그 적용성에 한계가 현저히 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 실구조물에 대한 용접변형을 예측, 평가하기 위한 한 방법으로서, three bar analogy를 사용하여 근사적인 spring model을 개발하고, 그 적용 가능성을 thermal analysis model과 비교, 검토하였다.

2. 본 론

실구조물에 대한 용접변형을 예측, 평가하기 위한 preliminary work으로서, 적용이 가능한 근사적인 해석모델을 개발하고 그 타당성을 평가하기 위하여 thermal model과 spring model를 사용하여 three bar analysis를 수행하였다. Thermal model은 용접선에 해당되는 middle bar에 heating-cooling stage와 cooling stage를 고려하여 열탄성, 열탄소성해석을 수행하였으며, 한편 spring model은 냉각시 용접부근처에 발생하는 shrinkage force를 고려하기 위하여 강성을 갖는 spring을 middle bar에 채용하였으며, shrinkage force를 initial force로 spring에 가하였다. 이러한 shrinkage force는 용접조건에 따라 다르며 각각의 조건에 따른 thermal analysis에 근거하여 equivalent spring constant와 shrinkage force를 결정하였다. Spring constant는 $K = \beta_1 \frac{AE}{l}$ (A:middle bar cross sectional area, E:Young's modulus, l:middle bar 길이, β_1 :spring constant reduction coeff.)로 표시할수 있으며, spring에 작용하는 shrinkage force는 $F = \beta_2 * K * \alpha * \Delta \theta * l = \beta_1 * \beta_2 * A * E * \alpha * \Delta \theta = \beta * A * E * \alpha * \Delta \theta$ (α :thermal expansion coefficient, $\Delta \theta$:temperature difference, K:spring constant, β_2 :reduction coeff., β :shrinkage force reduction coeff.)로 표현할수 있다. 수치해석은 A36 연강에 대하여 thermal analysis에는 온도에 따른 material properties를 고려하였으며, heating-cooling stage, cooling stage에서 side bar 면적 A_s , middle bar 면적 A_m 변화에 따른 stress, strain, displacement변화를 온도변화에 따라 고찰하였다. 해석결과로서 A_s/A_m 에 따른 spring constant reduction coeff β_1 과 shrinkage force reduction coeff. β_2 , shrinkage force관계를 도출하였다.

3. 결 론

실구조물에 대한 용접변형을 예측하고 평가하기 위한 해석방법을 개발하기 위하여 thermal model과 spring model을 사용하여 three bar analysis를 수행하였다. 열탄성범위에서 두 model은 동일한 경향을 나타내었으며, 열탄소성범위에서는 상이한 해석결과를 보정하기 위하여 weld nugget area, 항복응력, Young's modulus에 따른 여러 coefficient를 결정할 필요가 있으며, 이들 계수에 대한 상관관계를 도출하였다. 결론적으로 지금까지 널리 사용되었던 thermal model을 사용한 용접변형 해석은, spring model을 사용하여 보다 효율적으로 수행할 수 있음을 알 수 있었다.