

CO2 용접에 의한 ATOS70-M2 강 열변형 해석 Analysis of Thermal Deformation for ATOS70-M2 Steel by CO2 Welding

*이지혜¹, #김일수², 장한기³, 광성규³, 김희진⁴, 유희수⁴

*J. H. Lee¹, #I. S. Kim(ilsookim@mokpo.ac.kr)², H. K. Jang³, S. K. Kwak³, H. J. Kim⁴, H. S. Ryoo⁴

¹ 목포대학교 대학원 기계공학과, ² 목포대학교 기계조선해양공학부,

³ 두산인프라코어(주) 기술원 예측설계기술팀, ⁴ 한국생산기술연구원 정밀접합·용접팀

Key words : Fillet Welding, Finite Element Analysis, Thermal Deformation

1. 서론

국내 건설기계 업체의 주력 기종인 30 톤급 굴삭기는 작업 하중의 가혹도가 높고 경량화 필요성이 있음에도 불구하고, 장비의 내구성과 안정성에만 주력하고 있다. 연료의 가격 또한 날로 급증하고 있어, 굴삭기의 경량화를 통한 에너지 절감은 굴삭기 산업의 경쟁력을 확보하는데 매우 중요한 요인이 된다. 경량화 달성을 위한 가장 효과적인 방안은 고강도 소재를 Front 부에 적용하는 것이며, 이를 통한 에너지 사용 절감 및 유해가스 배출 감소는 국가 에너지이용의 효율화라는 큰 기대효과를 나타낼 것이다.

굴삭기 작업장치의 주된 과손이 발생하는 용접부에는 용접 균열의 존재가 우려되며 변형은 용접구조물의 치수 정밀도에 영향을 미칠 뿐만 아니라 제품 가치를 저하시키기에 용접에 의한 변형을 해석적으로 예측하여 용접 변형을 최소화하고 있으며, 용접부 피로강도를 최적화할 수 있도록 용접부 비드형상을 설계하고 있으며, 또한 용접에 의한 잔류응력을 고려한 응력해석을 수행하여 용접부에 대한 local 해석 및 전체 구조의 global 해석을 통합하려는 시도가 있다.

본 연구에서는 30 톤급 경량화 굴삭기용 소재의 용접변형 특성을 분석하기 위하여 ATOS70-M2 강의 필릿 이음에 대한 실험을 수행하였다. 또한 용접 시 발생하는 용접변형을 예측하기 위해 수치해석용 유한요소해석 시스템을 이용하여, 용접조건에 따른 열전달 및 용접변형 해석을 통해 용접공정 중에 개발된 소재의 열적 특성 규명 및 변형거동을 평가하였다.

2. 용접실험

2.1 ATOS70-M2 강의 용접변형 특성분석을 위한 용접실험

용접 시험편은 ATOS70-M2 강의 400×500×16mm 로 현장에서 사용되고 있는 붐 제작도 및 WPS 를 기준으로, 500A 용접전원에 직경 1.2mm 의 솔리드 와이어와 일반직선 용접 캐리지를 이용하여 변형측정을 위한 필릿이음의 용접 대상물을 선정하였다. 필릿이음의 용접변형 형상을 측정하기 위해 용접선 방향과 수직방향으로 50mm 간격으로 격자를 그리고 가접한 다음 구속이 없는 상태에서 변형특성 분석을 위한 용접실험을 수행하였다. 그림 1 은 용접 변형량을 측정하기 위한 용접실험 제작도 및 시험편을 나타낸다.

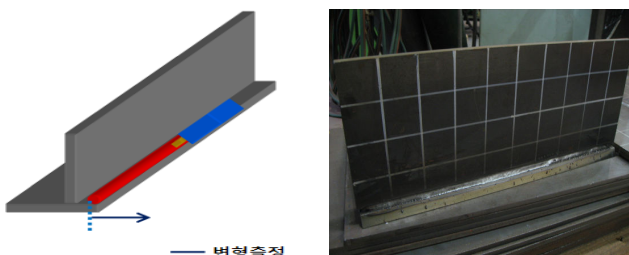
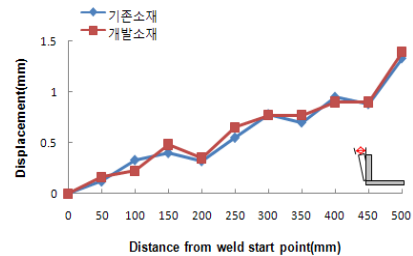


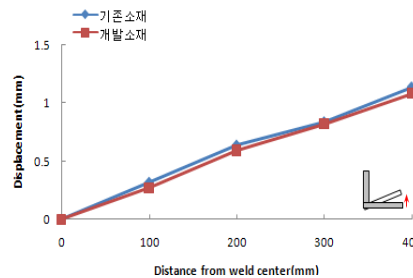
Fig. 1 Configuration of welding specimen

2.2 용접조건 및 이음 변화에 따른 용접변형 특성 분석

용접 실험 후 변형량 계측을 통하여 용접조건 및 용접 이음 변화에 따른 용접변형 특성 분석을 수행하였다. 그림 2 은 필릿이음 실험을 통해 용접선 평행방향 및 직각방향의 변형량을 계측한 결과를 기존 굴삭기에 사용되어지는 강재(SM490A)와 비교·분석한 것을 나타내었다. 모재 윗면을 기준으로 변형이 대칭적으로 발생함을 알 수 있었고, 용접 후 나타나는 변형은 기존소재와 비슷한 결과 값을 확인할 수 있었다.



(a) Longitudinal deformation



(b) Transverse deformation

Fig. 2 Deformation of fillet joint

(380A, 36V, 300mm/min)

3. 해석결과 및 고찰

용접변형 해석을 위해 FEM 을 이용한 필릿이음에서의 용접분석을 위해 용접소재의 상수값을 적용하여 2 차원 모델의 용접변형 해석을 수행하였다. 해석을 위해 점용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS 11.0 을 이용하였고, 모델링된 필릿이음에 대한 유한요소모델은 그림 3 와 같다. 용접공정의 특성상 용입 금속이 용접패스를 기준으로 모재에 첨가되는 특징이 있으므로 유한요소법의 요소생성법을 이용하였다.

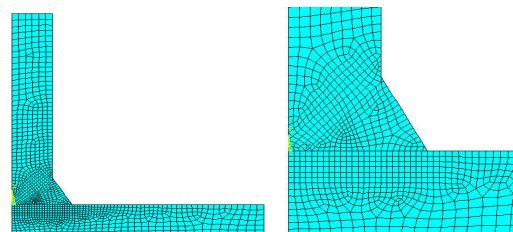


Fig3. Finite element model for Fillet joint

유한요소모델의 열전달 해석을 통한 용접비드부의 온도 분포 결과를 확인하였다. 그림 4 는 필릿이음 용접비드부의 각 패스별 비드형상을 나타낸 것이다. 용융점인 1465℃를 기준으로 각 용융부(fusion zone)와 열영향부(heat affect zone)을 패스별로 구분하여 해석결과를 나타냈다. 필릿 이음 용접 비드부의 각 패스별 시간에 따른 온도분포 열전달 해석 결과는 그림 5 와 같다. 앞서 도출된 각 용접 열전도 해석 결과를 토대로 용접 변형량 예측을 위해 2 차원 모델의 용접 변형 해석을 수행한 결과는 그림 6 에서 보는 바와 같다.

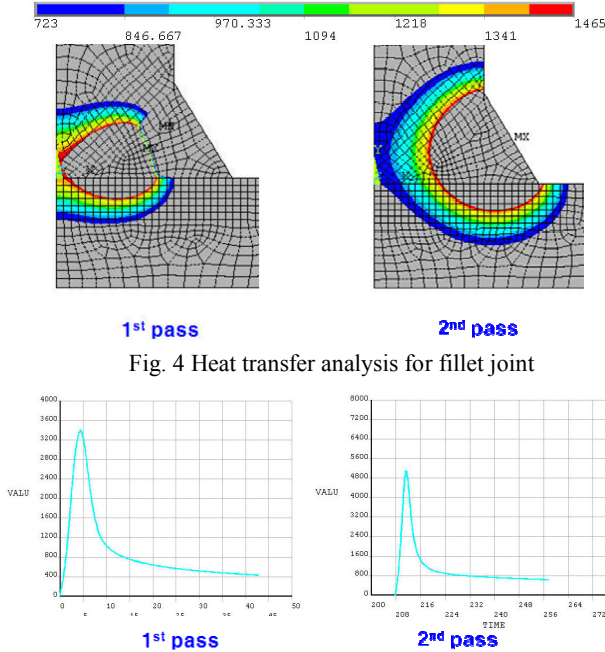


Fig. 4 Heat transfer analysis for fillet joint

Fig. 5 Temperature variation at each joints

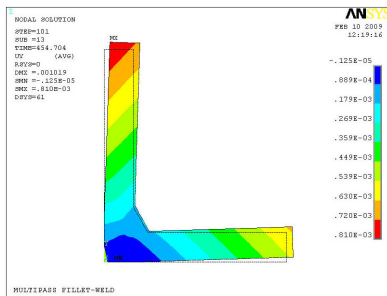


Fig. 6 Thermal deformation for 2 pass

4. 결론

본 연구는 30 톤급 경량화 굴삭기용 소재(ATOS70-M2)의 용접 시 발생하는 용접변형 특성을 분석하기 위해 필릿 이음 실험을 수행함으로써, 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

- 1) 소재를 두산인프라코어(주)의 굴삭기용 붐, 암 부품용 소재 제작 관련 WPS 를 기준으로 용접변형 특성분석을 위한 용접실험 수행을 통해 용접 변형량을 산출하였으며, 용접 후 측정된 변형량은 기준 소재와 비슷한 결과값을 확인할 수 있었다.
- 2) 소재의 물성치 및 해석조건을 적용하여 필릿이음에서 FEM 을 이용하여 2 차원 모델의 용접변형 열전달 해석을 통해 용접비드부의 온도분포 및 열변형 결과를 도출하였다.

후기

본 연구는 중기거점기술개발사업으로 수행된 연구결과이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 용접·접합학회 : 용접·접합편람-III 공정 열가공, 460, 2007
2. B. N. Park, K. H. Kim, H. K. Kim, 2002, "An Evaluation Method of Fatigue Strength and Reliability in a Railway Wheel with an Application of Strength-Stress Interference Model," KSR, Vol.5, No.2, pp.118-124.
3. S.I. Seo, J.G. Noh and J.S. Lee, Development of a Program for Prediction and Visualization of Weld Deformation, Journal of KWS, 20-5, 689-695, 2002
4. L.E. Lindgren, Finite Element Modeling and Simulation of Welding Part 1 : Increased Complexity, Journal of Thermal Stresses, 24, 141-192, 2001
5. D. Radaj, Heat effects of welding, Springer-Verlag, Berlin, 1992
6. J. R. Davis, Materials handbook, 10th edn., Vol.1. American Society for Metals, 1990
7. M. F. Rothman, High-temperature property data: ferrous alloys. American Society for Metals, 1988