

FEM을 이용한 가스 절단 변형 예측에 관한 연구

A study on the prediction of gas cutting distortion using a FEM

송민철*, 박상철, 윤중근
현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서 론

가스 절단 공정은 강 구조물을 제작함에 있어 강재를 가공하는 첫번째 공정으로서 이 과정에서 발생하는 잔류변형은 후공정인 용접을 통한 취부 및 조립공정에 있어 오차를 발생시키는 원인이 된다. 또한 최근 구조물의 제조과정에 있어 급격히 자동화가 진행됨에 따라 이전보다 더 높은 수준의 정밀도가 요구되고 있어 절단과정에서 발생하는 변형을 예측하고자 하는 연구는 그 중요성을 더해가고 있다. 이미 알려져 있듯이 용접과 마찬가지로 절단과정 또한 그 변형양상 및 크기에 대해서 여러가지 복합적인 요인들이 동시에 작용하고 있으며, 이론적인 측면에서는 비정상적이고 비선형적인 문제라 할 수 있다. 따라서 최근 급격히 발전한 FEM은 이러한 복잡한 현상에 대하여 일정하지 않은 요인들의 영향을 제거하고 근원적인 원인에 대하여 정량적인 분석을 가능케 한다는 점에서 유용하며 Ueda등[1,2]에 의해서 그 해석기법이 소개된 바 있다.

본 연구에서는 기존 보고된 해석기법중 열원에 대한 가정을 달리하여 가스 절단시 발생하는 변형을 예측할 수 있는 열탄소성 유한 요소 해석 기법을 검토하였다. 또한 현업에서 좀 더 간편하게 해석결과를 이용할 수 있도록 주요 인자들을 바꾸어 가며 해석을 수행하여 이를 정리함으로써 strip 부재의 one side cutting에 대한 최대변형량 예측식을 개발하고자 하였다.

2. 해석 및 실험방법

해석은 가스 절단공정에서 발생하는 변형이 열전달 조건에 미치는 영향이 미미한 현상임을 고려 열전달 해석과 탄소성 해석을 별도로 수행하였다. 우선 열전달 해석을 수행하여 비정상적인 가열 및 냉각 과정의 온도 분포를 구한 후 이를 바탕으로 탄소성 해석을 수행하였다. 사용한 프로그램은 상용유한요소 프로그램인 ABAQUS 5.5 이었다. 열전달 해석시 열원은 가스 절단시 발생하는 현상에 근거하여 산화반응에서 나오는 열원과 화염에 의한 열원으로 분리하여 절단면에 한꺼번에 부가하였다. 해석시 사용한 열적 기계적 물성은 S. Brown[3]의 논문을 참고하였다.

실험은 절단시 발생하는 강체운동때문에 직사각형의 판재를 한쪽 모서리부터 폭을 달리하여 차례로 절단하는 방식으로 이루어졌다. 변형량의 측정은 SOKKIA사의 3차원 측정기를 이용하여 부재의 중앙선의 변형량을 측정하였다. 이러한 실험과정때문에 실제 측정된 시편은 양쪽면에 순차적으로 절단면을 가지며 해석시 이러한 사항을 고려하였다. 실험결과

와 해석결과는 변형양상과 변형량의 크기면에서 그림 1에서 보여주듯이 비교적 일치하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 두께 16mm, 폭 100mm의 시편에 대하여 절단후의 폭방향 변위분포를 유한요소법으로 해석하고 그 결과를 10배 확대하여 나타낸 것이다. 절단변형은 최종 절단면에 볼록한 형태로 발생하였으며, 최대 변형량은 1.83mm 이었다. 이는 시편 폭방향 양쪽의 절단에 의한 소성영역이 서로 상호작용을 하였기 때문이다. 이와 같은 방법으로 여러 가지 절단 모델에 대한 해석을 실시하였으며, 그 결과를 실험 결과와 비교하여 그림 2에 나타 내었다. 그림 2에서 보여주는 바와 같이 실험결과와 해석결과가 비교적 일치함을 알 수 있다.

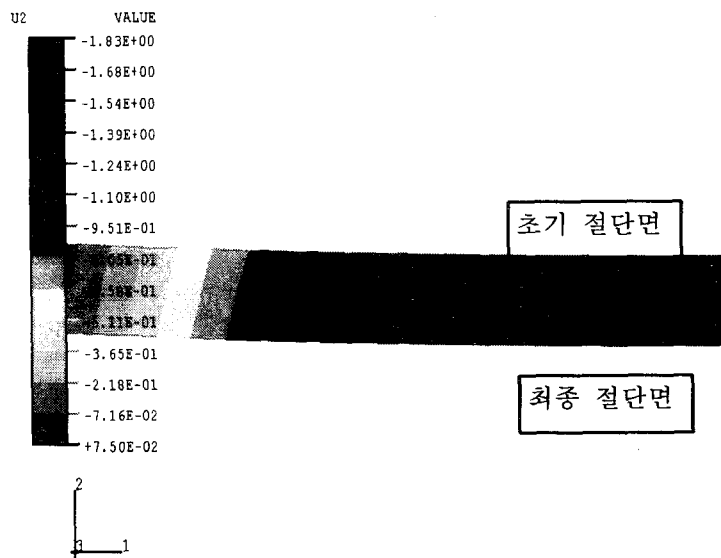


그림 1 유한요소법에 의한 최종 절단후의 폭방향 변위 분포

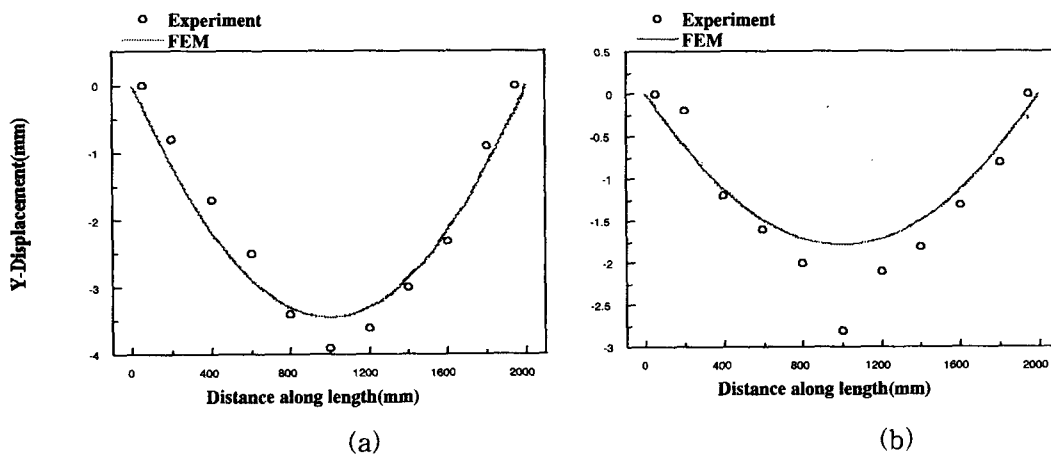


그림 2 절단폭 100mm시 FEM 및 실험 결과 비교 : (a) 두께 8mm, (b) 두께 16mm

절단변형을 예측할 수 있는 식을 정립하고자 상기된 절단변형 해석기법을 이용한 parametric study 즉, 강재의 one side 절단시 절단속도, 판폭, 판 길이 등의 공정변수 및 강재의 기하학적 형상을 변수로 하여 해석을 실시하였다. 이러한 변수별 해석결과를 분석하고 이를 종합하여 강재의 one side 절단시 최대변형량을 간편하게 예측할 수 있는 간이에측식을 다음과 같이 정립하였다. 최대변형량은 절단부재 형상과 절단 속도에 의존하는 함수로 표현된다.

$$\delta = C \left(\frac{V_n}{V} \right) \left(\frac{L}{B} \right)^2 \quad (5)$$

상기식을 이용하여 예측된 결과를 실험과 비교하여 그림 3에 도시하였다. 비교적 예측식은 실험의 결과와 잘 일치하며 부재의 길이대 폭의 비가 클수록 예측결과는 실험치에 비하여 다소 큼을 보여주고 있다.

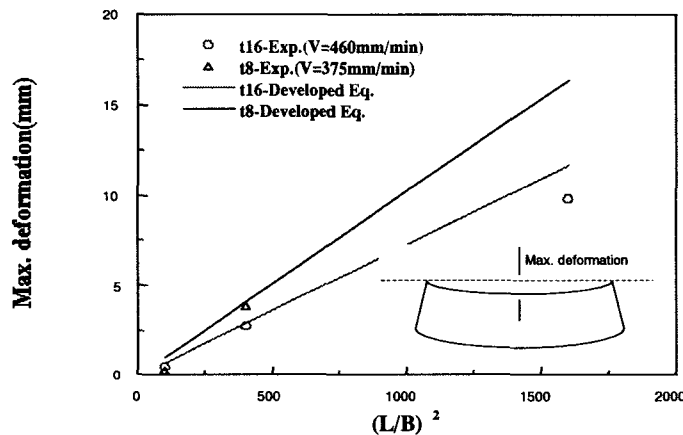


그림 3 예측식에 의한 절단 변형량과 실험 결과간의 비교

4. 결론

- 1) 가스절단시 발생하는 변형량을 해석할 수 있는 유한요소해석기법을 정립하였으며, 이는 실험결과와 근사하게 일치하였다.
- 2) 강재의 one side cutting에 대한 강재의 형상과 공정변수별로 parametric 해석을 통하여 최대변형량을 예측할 수 있는 간이에측식을 정립하였다.

참고문헌

1. Yukio Ueda 외 : 일본조선학회논문집 No.175 (1994), p307-315
2. Yukio Ueda : 일본월간용접기술 (1997. 9)
3. S. Brown and H. Song : J. of Engineering for Industry, Vol. 114 (1992), p441-451