

정하중 작용하에서 절단부 응력의 거동

Behavior of Stress Generated by Cutting during the Static Load

장 경호*, 이 상형**, 김 재민**

* 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과

** 중앙대학교 대학원 토목공학과

1. 서론

최근 강교량이나 선박과 같은 용접구조물에 있어서 여러 가지 환경요인에 의해 균열 및 부식 등의 문제가 다수 발생하고 있다. 이들 문제를 해결하는 보수방법으로 손상부위의 크기가 작은 경우 손상부를 용접에 의해 재용융하는 방법을 사용하나, 그 손상부위의 크기가 큰 경우 손상부를 절단하고 신판으로 용접에 의해 교체한다. 그러나, 이와 같은 용접에 의한 보수 방법중 신판으로의 교체는 절단에 의한 구조물의 일시적 강성저하 및 절단열에 따른 작업후 새로운 잔류응력의 발생으로 구조물의 안전성 및 내하력 측면에서 그 신뢰성이 확립되어 있지 않은 것이 현실이다.^{1~3)}

본 연구에서는 정하중 작용하에서 절단시 발생하는 응력의 거동을 파악하기 위한 기초적 연구로서 가장 단순한 모델인 판의 절단시 정하중 즉, 압축력 및 인장력이 작용한다고 상정하여 3차원 탄소성 해석을 수행하였다. 또, 그 결과를 토대로 부재에 생기는 응력의 거동 특성을 검토함으로써 실제의 복잡한 하중이 작용하는 상태에서 강구조물의 절단중 안전성 및 절단후 내하력에 대한 신뢰성을 판단하고자 하였다.

2. 해석조건

2.1 해석모델과 용접조건 및 하중조건

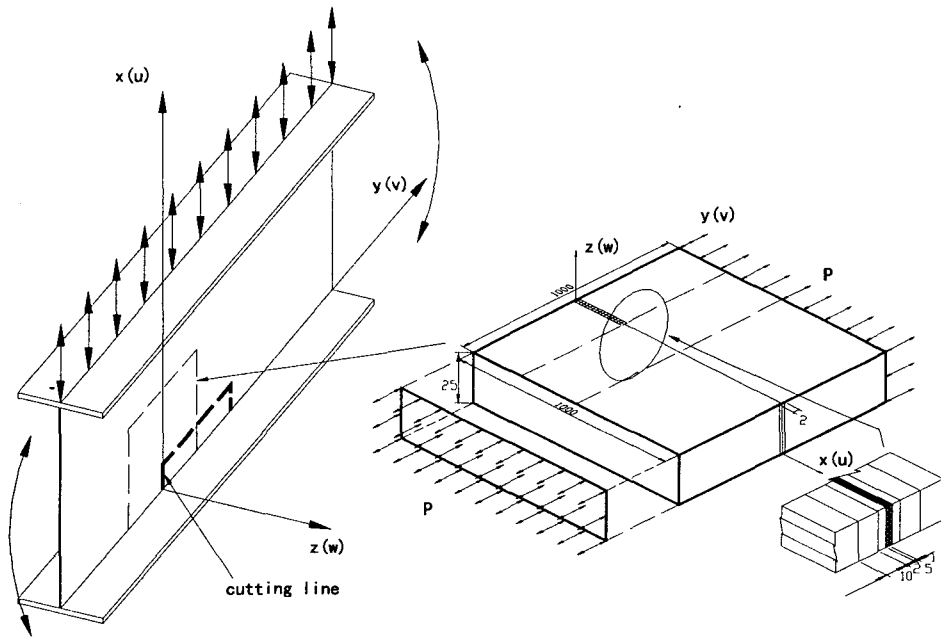


Fig 1. Cutting Model

해석 모델은 Fig 1. 과 같이 I-거더의 일부를 절단하는 것을 기본개념으로 $1000 \times 1000 \times 25 \text{mm}$ 크기의 연강 (SS400) 판에 2mm 크기의 절단폭을 상정하여 1Pass에 가스절단을 수행하는 것으로 설정하였다. Fig 1.의 해석 모델상에서 점선은 잔류응력의 주목점을 나타내고 있다. 그리고, 가스절단은 철과 산소의 화학반응열을 이용하는 절단법이다. 즉, 절단을 하려는 평판의 절단 시작부에 미리 예열을 행한 후에 고압의 산소를 불어내면 예열부위가 고압산소의 기류에 의하여 날려지게 되면서 그 자리가 파지게 됨으로써 절단이 이루어지는 것이다. 그래서 이러한 절단현상을 모델링하기 위해 처음 절단요소에 10초 동안 예열 온도를 가한 후 절단이 시작되는 것으로 하였으며 강재의 용융열을 고려하여 강판의 절단부위 온도가 1400°C 이상이 되면 모재가 절단이 되는 것으로 상정하였다. 즉, $850 \sim 900^\circ\text{C}$ 정도의 온도로 10초간 단부 ($x=0, y=0$)를 예열한 후 $v = 300 (\text{mm}/\text{min})$ 의 절단속도로 절단하는 것으로 상정하여 해석을 수행하였다. 또한, 정하중은 Fig 1.과 같이 절단선 직각방향 (y 방향)으로 절단과 동시에 연강의 항복응력의 $1/3 (80 \text{MPa})$ 크기까지의 하중이 재하되도록 하였다. 그리고, 재료의 물리정수 및 기계적 제성질의 온도의존성⁽⁴⁾을 고려하여 탄소성 해석을 수행하였다.

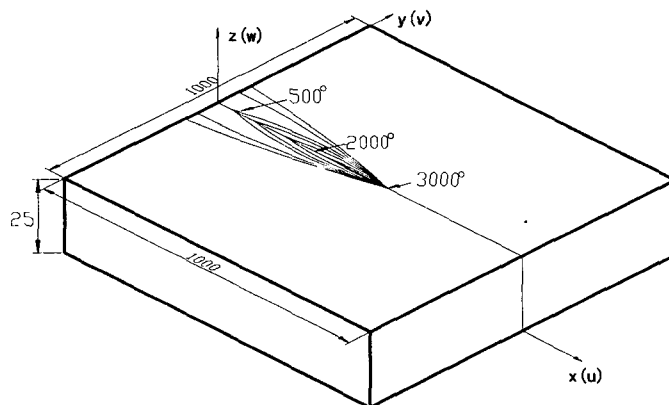


Fig 2. Temperature Contour

2.2 온도분포

3차원 비정상 열전도 해석을 상기와 같은 조건하에서 수행하여 온도이력을 구하였고, 이 온도이력을 평판에 작용하는 온도하중으로 상정하여 3차원 탄소성 유한요소해석을 수행하였다. Fig 2.에 3차원 비정상 열전도 해석을 수행하여 얻은 온도이력중 한 예를 나타내었다.

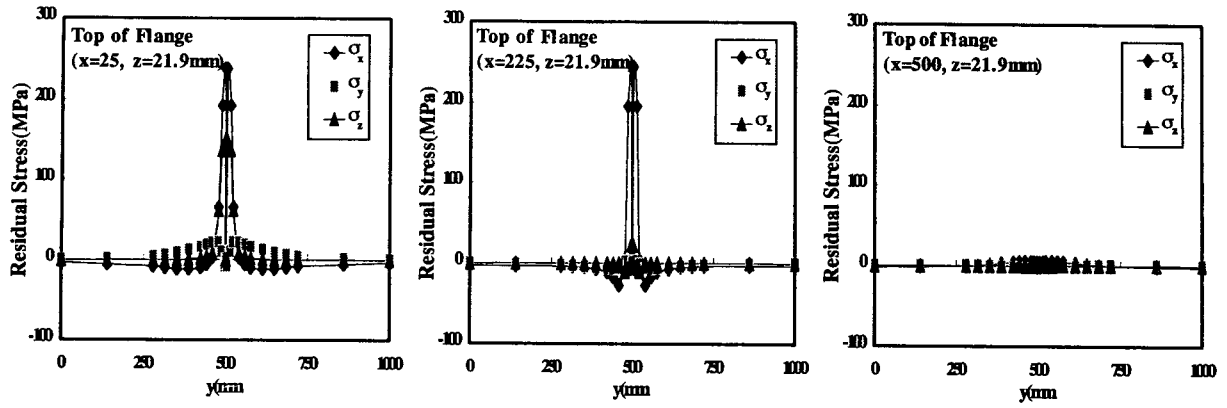
3. 응력

정하중 작용하의 절단시 응력거동을 파악하기 위해 다음의 3가지 경우에 대하여 해석을 수행하였다.

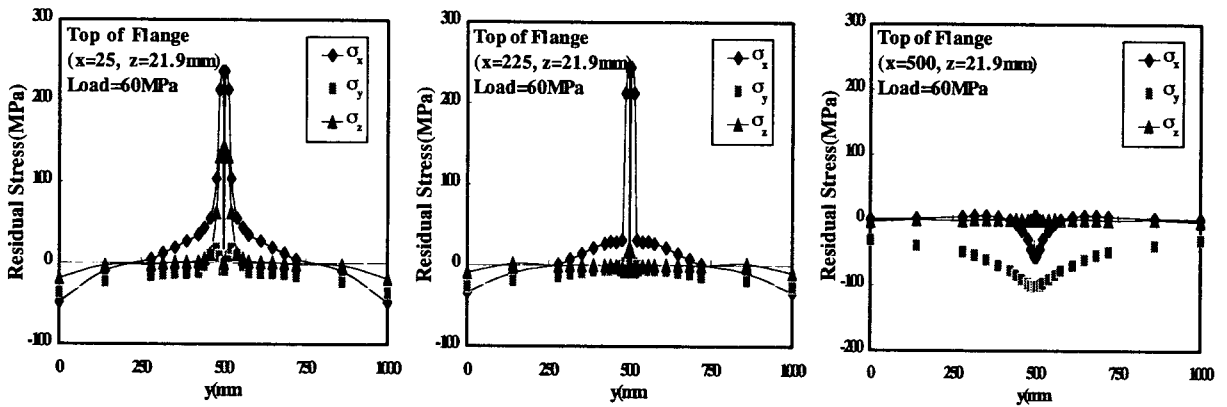
Case A : 무응력 상태에서 절단만 수행하는 경우

Case B : 압축력 작용하에서 절단을 수행한 경우

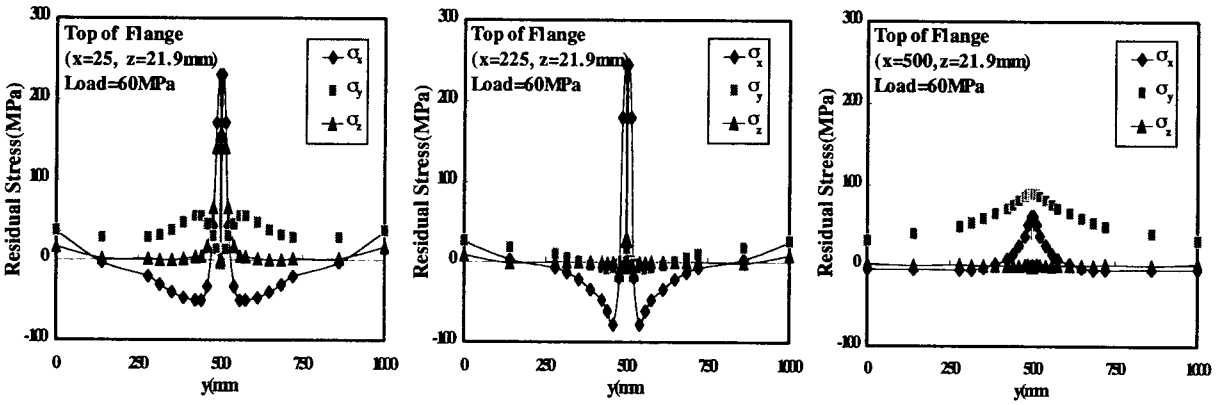
Case C : 인장력 작용하에서 절단을 수행한 경우



(a) Case A



(b) Case B



(b) Case C

Fig 3. Residual Stress of Perpendicular Direction of Cutting Line

평면 상단의 절단 시작부 ($x=25, z=21.9\text{mm}$), 종료부 ($x=225, z=21.9\text{mm}$), 부재중앙부 ($x=500, z=21.9\text{mm}$)의 절단선 직각방향의 응력에 주목하여 Fig 3. (a), (b), (c)에 나타내었다.

절단에 의한(Case A) 잔류응력은 절단부 근방 ($y=497.5, 502.5\text{mm}$)에서는 입열 후 냉각에 따른 열 수축으로 인해 인장응력이 발생하였으며, 요소의 응력은 "0"이다.

압축력(60MPa) 작용하(Case B)에서 잔류응력의 분포는 절단선 부근에는 절단 인장잔류응력이 존재했고, 하중을 가하는 부근에서는 압축응력이 발생했다. 또한, 하중을 가하는 부근의 압축응력이 발생함에 따라 절단선부근의 인장응력분포도 상대적으로 평형을 이루려고 넓은 인장응력 분포를 나타내었다. 그리고, 인장력(60MPa) 작용하(Case C)에서 잔류응력의 분포는 절단선 부근에는 절단인장응력이 존재했고, 하중을 가하는 부근에서는 인장응력이 발생했다. 또한, 하중을 가하는 부근에 인장응력이 발생함에 따라 인장응력이 존재하는 절단선에서 조금 떨어진 부근에서는 평형을 이루려고, 압축잔류응력이 발생됨을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 정하중 작용하 평판의 절단에 의한 절단부의 잔류응력의 거동을 3차원 유한요소해석을 통해 명확히 하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

- ① 절단에 의한 잔류응력은 절단선 부근에서 인장응력이 발생되었다.
- ② 압축력 작용시, 하중을 가하는 부근의 압축응력이 발생함에 따라 절단선부근의 인장응력분포도 상대적으로 평형을 이루려고 넓은 인장응력 분포를 나타내었다.
- ③ 인장력 작용시, 하중을 가하는 부근에 인장응력이 발생함에 따라 인장응력이 존재하는 절단선에서 조금 떨어진 부근에는 평형을 이루려고, 압축잔류응력이 발생됨을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- (1) 장경호, 이상형, 전준태 : 공용중 보수용접에 의한 용접부의 응력 및 변형의 거동, 한국강구조학회 논문집 제 12권 3호, (2000),pp.269-279.
- (2) 장경호, 김재민, 이상형 : 절단시 발생하는 강판의 잔류응력 특징, 대한토목학회 학술발표회 논문집, (2000), pp.177-180
- (3) 장경호, 김재민, 이상형, 박정웅 : 절단시 발생하는 강판의 잔류응력 특징에 관한 연구, 대한용접학회 학술발표회 논문집, (2000), pp.106-109.
- (4) Y.C.Kim, K.H. Chang, and K. Horikawa: Production Mechanism of Out-of-Plane Deformation in Fillet Welding, Trans.of JWRI,27-2(1998),pp.107-113
- (5) 일본강구조협회 기술위원회 안전성 분과회 내화소위원회 고온강도반, 구조용강재의 고온시 및 가열후의 기계적 성질 목차