

# 절단시 발생하는 강판의 잔류응력 특징에 관한 연구

## A Study on The Characteristics of Residual Stress Generated by Cutting in Steel Plate

장 경호\*, ○김 재민\*\*, 이 상형\*\*, 박 정웅\*\*\*, 신 영의\*\*\*\*

\* 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과

\*\* 중앙대학교 대학원 토목공학과

\*\*\* 삼성중공업 조선플랜트연구소

\*\*\*\* 중앙대학교 기계공학부

### 1. 서론

현재 강구조물의 공장 제작 공정상이나 현장에서 강재의 절단이 수행되어지고 있다. 여러 가지 절단방법이 있으나 그 중에서 가스절단은 경제적으로 저렴하고 사용이 간편한 점에서 광범위하게 사용되어지고 있다. 그러나 이런 절단 과정은 국부적으로 급가열, 급냉과정을 동반하기 때문에 절단변형 및 잔류응력을 발생시킨다.

본 연구에서는 강판의 절단에 의한 잔류응력 특징을 파악하기 위하여 일반 구조용 강재인 SS400을 상정하여 절단 실험을 수행하였고 실험에 사용된 모델을 유한요소법을 이용, 3차원 열탄소성 해석을 수행하여 절단후의 잔류응력을 측정하였다.

상기의 실험 및 유한요소해석을 통하여 절단후의 잔류응력 특징을 비교하였으며 이를 통해 강판의 절단시 발생하는 잔류응력의 특징을 명확히 하였다

### 2. 본론

#### 2.1 실험

##### 2.1.1 실험 방법 및 조건

보통의 가스절단은 산소를 이용한 산소절단을 말한다. 가스절단은 철과 산소의 화학반응열을 이용하는 절단법이다. 즉 절단을 하려는 평판의 절단 시작부에 미리 예열(850~900℃)을 행한 후에 고압의 산소를 불어내면 예열부위가 고압산소의 기류에 의하여 날려지게 되면서 그 자리가 파지게 됨으로써 절단이 이루어지는 것이다. 잔류응력 추정을 위한 실험 및 가스절단의 상세를 Fig.1에 나타내었다.

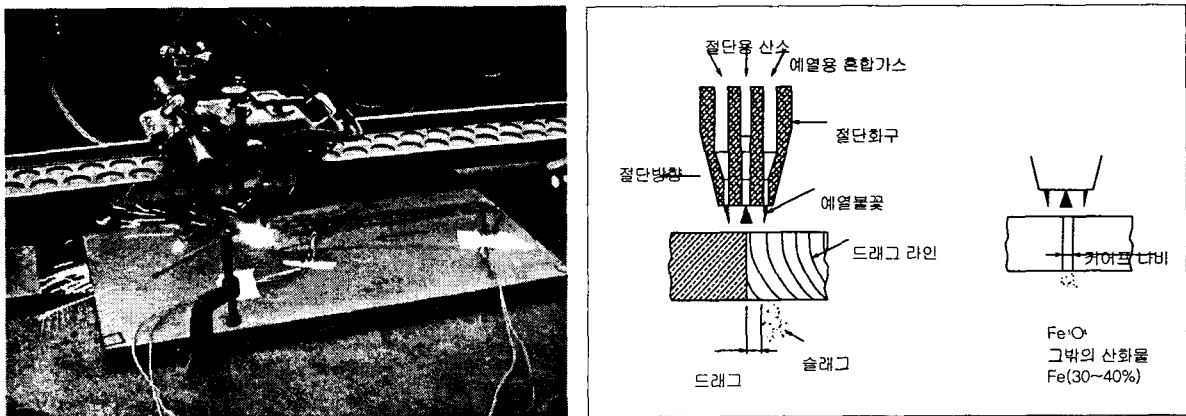


Fig.1 Gas cutting experiment

본 연구에 사용되어진 실험 모델의 치수 및 형상은 Fig. 2에 보인다. 실험 재료는 SS400을 사용하였으며, 910(mm) × 598(mm) × 25(mm) 크기의 평면 플레이트를 Fig.2와 같이 상정하여 실험을 실시하였다. 절단 실험에 사용된 노즐은 TW'103 30bar 3번이며, 절단 시작부에 10초 동안 예열을 행한 후 360mm/min의 절단속도를 가지고 1pass로 절단하였다.

상기의 방법에 의하여 절단 실험을 수행하였으며 절단에 완료된 플레이트에 Fig.3에서 보는 바와

같이 절단 시작부(x=30mm) 및 절단 종료부(x=880mm)에 각각 2축 strain gage를 부착하여 절단선 방향 및 절단선 직각방향의 잔류응력을 측정하였다.

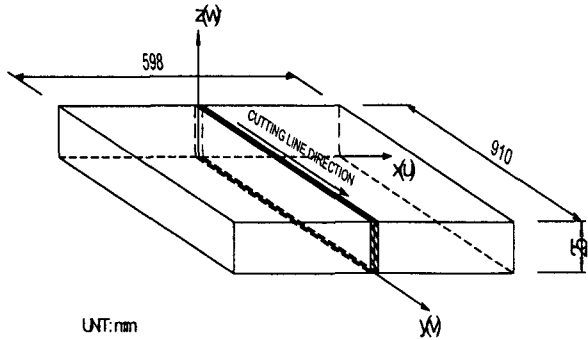


Fig.2 Cutting model

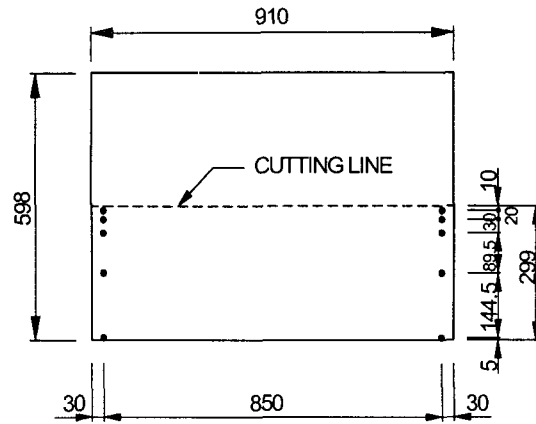
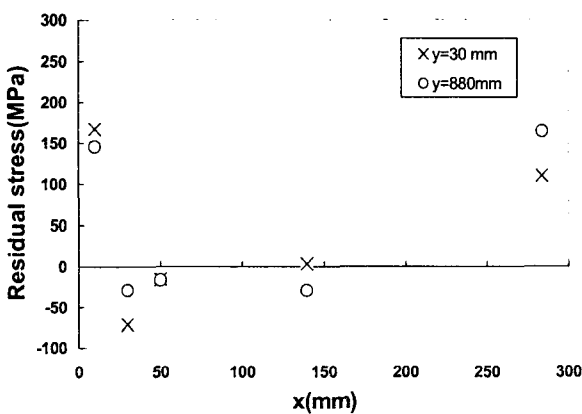


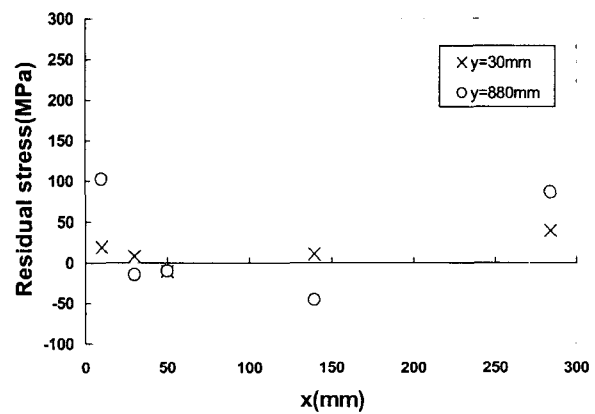
Fig.3 Position of Strain gage

### 2.1.2 실험결과

절단선방향 및 절단선 직각방향의 잔류응력 실험치를 Fig.4 (a),(b)에 나타내었다. 절단선 방향의 잔류응력은 2군데(y=30mm, 880mm)의 측정위치에서 동일하게 절단부에서는 인장응력이 발생하였고 x=30mm 부근 이후에서부터는 압축응력을 나타내었다. 또한 x=299mm 부분에서는 인장응력을 나타내고 있는데, 이것은 실험에 사용된 플레이트 제작과정에서의 절단에 의한 잔류응력으로 판단된다. Fig.4 (b)에서 보는 바와 같이 용접선 직각방향의 잔류응력은 절단 시작부(y=30mm)에서는 인장응력을 나타내었고 절단 종료부(y=880mm)에서는 절단부에서 인장응력이 발생하고, x=30mm부근에서부터 압축응력을 나타내고 있다.



(a) Residual Stress of Cutting Line Dir.

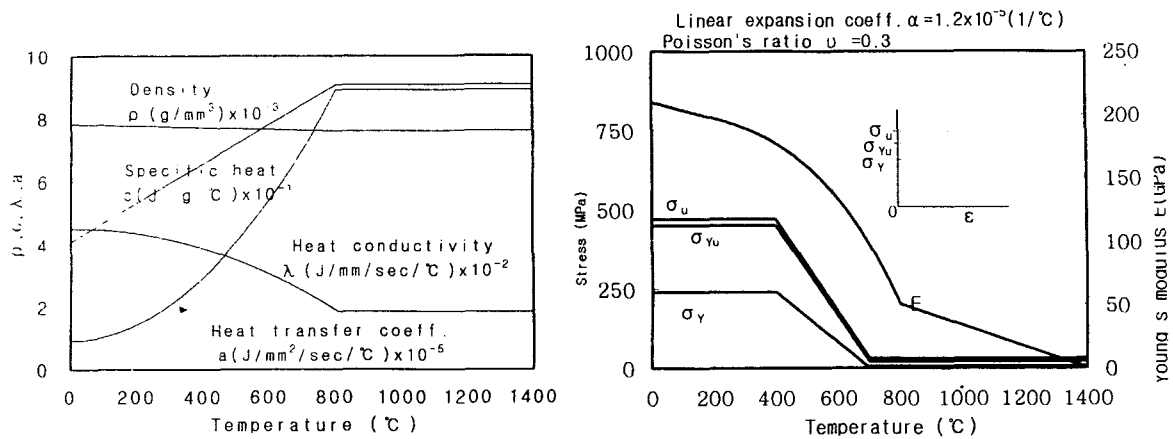


(b) Residual Stress of Longitudinal Dir.

Fig.4 Residual Stress of Cutting Plate

### 2.2 수치해석

실험에 사용된 모델을 이용하여 수치해석을 실시하였다. 3차원 탄소성해석은 재료의 물리정수 및 기계적 제성질의 온도 의존성을 고려하였다. 모재의 물리정수와 온도변화에 따른 강재의 기계적 제성질은 Fig.5에 나타내었다.



(a) Physical Constants

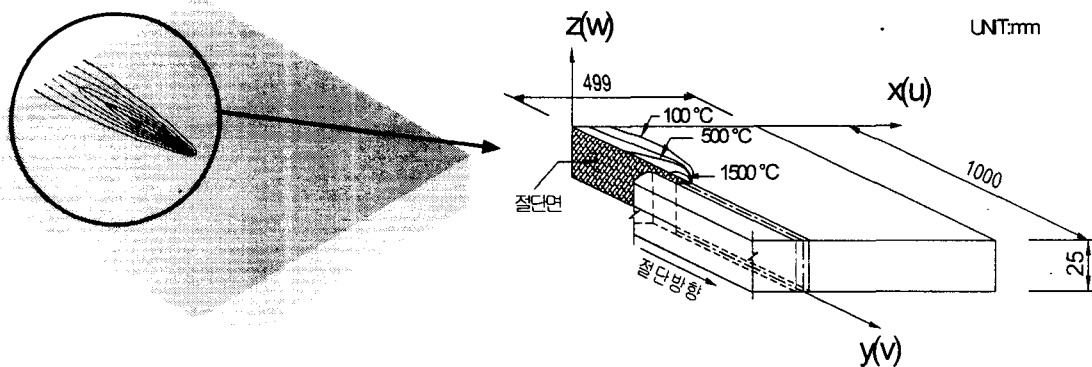
(b) Mechanical Properties

Fig.5 Properties of Steel

또한 가스절단은 절단에 필요한 열원을 얻기 위해 절단전 예열을 실시하는데 이러한 절단현상을 모델링하기 위해 절단시작부에 10초 동안의 예열온도를 가한 후 절단이 시작되는 것으로 상정하였으며 Fig.6 기계적 제성질에서 보는 바와 같이 강재가 1400°C가 되면 강재가 용융상태가 되는 것을 고려하여 강판의 절단부위 온도가 1400°C 이상이 되면 모재가 절단이 되는 것으로 상정하였다.

### 2.2.1 절단시 온도 분포

3차원 비정상 열전도 해석을 상기와 같은 조건하에서 수행하여 온도이력을 구하였다. 이의 한 예 ( $t = 95.7 \text{ sec}$ )를 Fig.6에 나타내었다.



(a) Temperature distribution ( $t=95.7 \text{ sec}$ )

(b) Detail of temperature

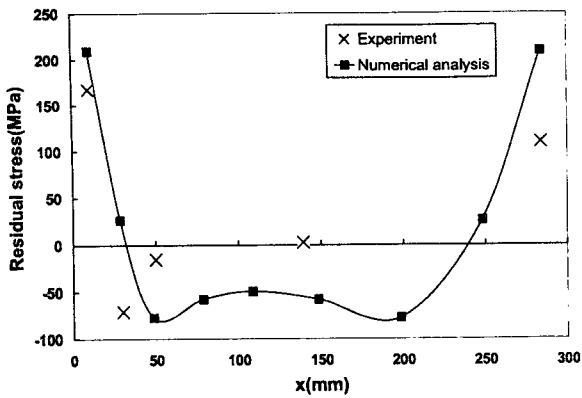
Fig.6 Temperature distribution

### 2.2.2 수치해석결과

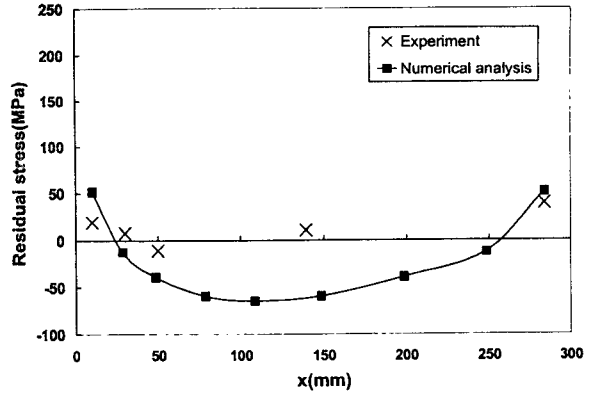
절단실험을 모델링하여 수치해석한 결과와 실험결과치를 정리하여 Fig.7에 나타내었다. 실험에서 나온 결과들을 수치해석과 비교하기 위하여 플레이트 상단부분 중 절단 초기부 ( $y = 30\text{mm}$ ,  $z = 25\text{mm}$ )와 절단 종료부 ( $y = 880\text{mm}$ ,  $z=25\text{mm}$ )의 절단선 방향 및 절단선 직각방향의 잔류응력을 측정하였다.

Fig.7 (a), (b)는 절단 시작부( $y=30\text{mm}$ )의 잔류응력을 표시한 것으로, 절단선 방향응력은 절단부 ( $x=10\text{mm}$ ) 부분에서 인장응력이 발생하였고 대략  $x=50\text{mm}$  부근 이후에서부터는 압축응력을 나타내었다. 절단선 직각방향응력은 절단부( $x=10\text{mm}$ )에서 인장응력이 발생하였고 일부 구간에서 압축응력의 형태를 보이고 있다.

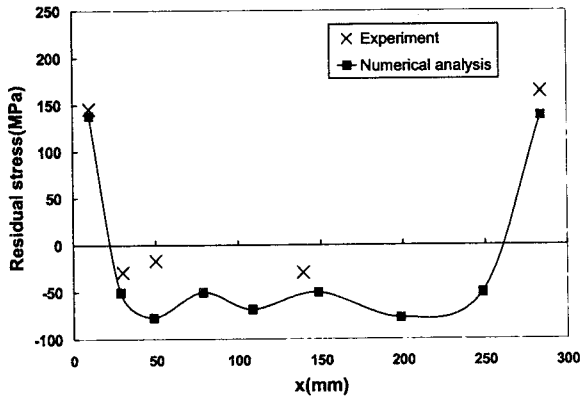
또한 Fig.7 (c),(d)는 절단 종료부( $y=880\text{mm}$ )의 잔류응력을 나타낸 것이며, 절단 시작부와 약간의 차



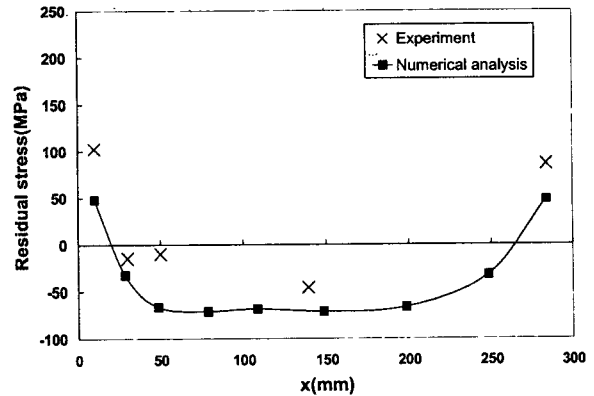
(a) Residual Stress of Cutting Line Dir.  
(y=30mm)



(b) Residual Stress of longitudinal Dir.  
(y=30mm)



(a) Residual Stress of Cutting Line Dir  
(y=880mm)



(b) Residual Stress of longitudinal Dir.  
(y=880mm)

Fig.7 Residual Stress of Cutting Plate

이는 있으나 비슷한 결과를 보여주고 있다. 절단 시작부에서 예열등의 영향으로 잔류응력이 절단 종료부보다 다소 큰 값을 보이고 있으며, y=299mm부분에서 절단부에서와 동일하게 인장응력이 발생하는 것을 알수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 절단시 발생하는 강판의 잔류응력 특징을 실험 및 수치해석을 통해 비교하였으며, 상기의 결과치를 통해 절단에 의한 잔류응력 특징을 명확히 하였다.

- ① 절단선 방향 및 절단선 직각방향의 잔류응력은 x=10mm 부근에서 동일하게 인장응력을 발생됨을 알수 있다.
- ② 절단선 방향응력은 절단시작부에서 예열등의 영향에 의해 절단 종료부보다 응력이 더 크게 발생함을 알수 있다.

### 4. 참고문헌

1. 한국강구조학회, “강구조의 접합(강구조편람 ②)”
2. 장경호, 이진형, “이종강재 맞대기 용접에 따른 용접부의 잔류응력 특징”, 대한용접학회 35-4(2000), pp235-238
3. 장경호, 양성철, “강판 용접부의 잔류응력의 특징”, 대한용접학회,35-4(2000), pp.239-242