

# 박판용접에 작용하는 구속력의 측정

(A Measurement of restraint force on thin plate welding)

염동빈\*, 고준빈\*, 김상진\*, 김홍배, \*\*이영호\*\*\*

\*충남대학교 기계공학과 대학원

\*\*담양대학 기계과

\*\*\*충남대학교 기계공학과

## 1. 서론

박판 용접에 대하여 수많은 방법들이 연구되어져왔고 근래에는 유한요소법을 통한 판재의 열응력, 각변형 해석<sup>(1)</sup> 과 박판에서의 용접성능<sup>(2)</sup> 이 연구가 진행되어 오는 실정이다. 현재 각종 박판은 냉매 압력용기, 공기 압축기등 가전제품에 다방면으로 사용되고 있다.

중중 저온균열, 용접부의 취화, 내외적인 구속응력등 복합적인 작용에 기인하는데 이는 모재의 선정, 모재의 선택과 적정 용접조건을 택하여 제어할 수 있다.<sup>(5)</sup> 하지만 자체 구속력이 큰 압력용기에서 이들을 고려한 용접조건하에서도 균열은 빈번하게 관찰되고 있다. 이는 실 용접구조물에 대한 구속응력에 대한 평가가 정량적으로 이루어지지 못했기 때문이다.

본 연구에서는 일정한 용접 조건하에서 박판 용접시 실시간으로 Load Sensor 를 이용하여 용접부의 열 영향에 의한 모재의 구속력을 추정하여 추후 용접 조건, 재질등의 변화에 따른 탄소성 변형과 잔류응력등을 예측하기 위한 기초적인 연구로서 제안하고자 한다.

## 2. Load Sensor 의 원리

물체에 외부로부터 힘을 가해 주면 내부에서는 이에 저항하는 응력이 발생하는 동시에 물체를 구성하고 있는 분자상태가 변화하여 물체의 형상, 치수가 변화를 하여, 저항의 변화를 가져오고 이것은 양단에 전위차를 일으킨다<sup>(3)</sup>.

실험에 사용한 Strain Gauge(350Ω)는 국산 제품으로 Fig.1 과 같이 bridge 4개중 모두

Active arm을 가지는 회로로 구성된 이유로 Sensitivity를 최고로 할 수 있으며, 외부 환경요인을 상쇄시키는데 정확하기에 Wheatston Bridge로 회로를 구성하였다.

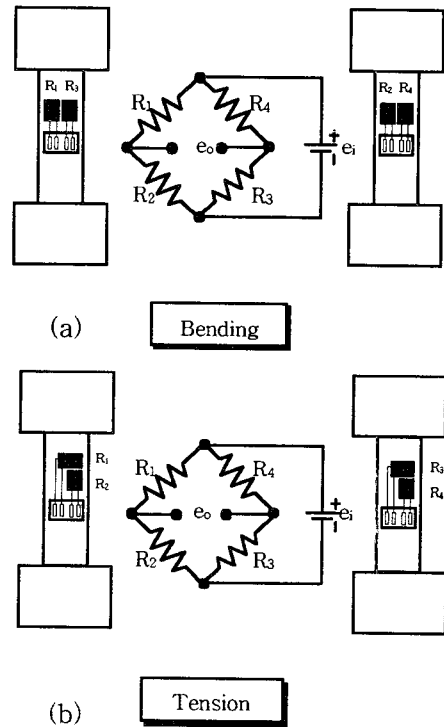


Fig. 1 Wheatston Bridge Circuit

- Wheatston Bridge 측정원리<sup>(3)</sup>

$$F = \frac{\Delta R}{R} / \epsilon \tag{1}$$

where  $F$ : Gauge Factor

$\epsilon$ : strain

$R$ : Resistance

$\Delta R$ : Variation of Resistance

Fig.2는 인장 및 압축을 받는 Strain Gauge의 힘 방향을 표시하였다.

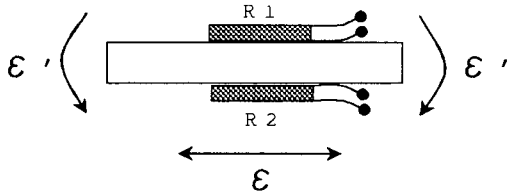


Fig 2. Direction for loading

(a) Pure Bending 만을 측정할 경우 축strain  $\epsilon$ 와 굽힘 strain  $\epsilon'$ 가 공존할 경우 R1 이 받는 strain은  $(\epsilon + \epsilon')$ 이고 R2 이 받는 strain은  $(-\epsilon + \epsilon')$ 이다. 따라서 입력전압을  $e_i$  라하고 대칭일 경우 출력전압  $e_o$  은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} e_o &= \frac{1}{4} F(\epsilon' + \epsilon + \epsilon' - \epsilon)e_i \cdot 2 \\ &= \frac{1}{4} F \cdot 2\epsilon' e_i \cdot 2 \\ &= F \cdot \epsilon' \cdot e_i \end{aligned} \quad (2)$$

(b) Pure Tension 의 경우

두 장이 표리(表裏)로 대칭으로 접착될 때 출력 전압  $e_o$  는 다음과 같다.

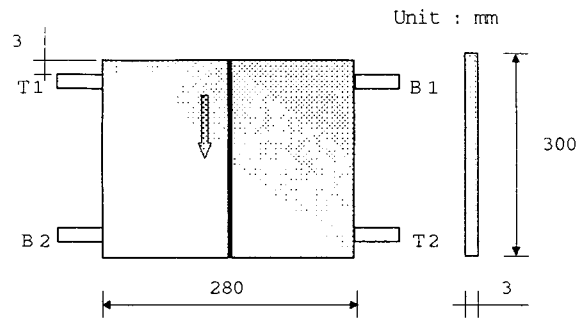
$$\langle 2 \text{ gauge} \rangle : e_o = \frac{1}{2} F\epsilon(1+\nu)e_i \quad (3)$$

$$\langle 4 \text{ gauge} \rangle : e_o = F\epsilon(1+\nu)e_i$$

where  $\nu$  : poisson's ratio

따라서, 순 인장(Pure Tension), 순 굽힘(Pure Bending)을 측정하고자 4개의 변형 게이지를 부착하였고 Bridge 의 결선만을 달리하여 하중(load)과 변형(strain)과의 교정(calibration)을 통해서 용접시간 중의 생기는 변위, 거동을 실제 측정하였다.

### 3. 실험장치 및 방법



T1 : Forward Tension T2 : Behind Tension  
B1 : Forward Bending B2 : Behind Bending

Fig. 3 Dimension and Configuration of welding base

용접 모재는 Fig.3 과 같이 스테인리스 박판 (sus304) 3×280×300mm이며 제작된 Tension 및 Bending Load Sensor를 장착하였다. 모재는 Welding Jig에 체결하였는데, Welding Jig는 mild steel 10×100×500mm으로 제작되었고 bolt로 모재를 체결할 수 있도록 하였다. 사용된 용접기는 7.9KW TIG자동용접기를 사용하였다

Tab.1 Welding Condition

Dia. of electrode	Welding speed	Distance from test sheet	shiel- ding gas	Torch angle	Tip Angle
2.3mm	3.4mm/s	4mm	Ar	90 °	60 °

용접 조건<sup>(4)</sup>은 Tab.1 에 나타나있다.

아르곤 가스압력은 10kgf/cm<sup>2</sup>을 유지하였다. 용접 전에 불순물 제거를 위하여 거즈로 용접부위를 세척하였으며 TIG 전극봉은 매 용접시 일정한 각을 유지하기 위해 grinding 되었다. 이때 발생하는 기공 및 크랙 기타 발생하는 결함은 용접구 속력에 극히 적은 영향을 미치므로 이를 무시하였다.<sup>(6)</sup>Load Sensor의 온도 영향 오차를 판단하기 위해 용접시 발생하는 열을 측정하였다. K-type 열전대를 이용하여 모재 및 Load Sensor 의 온도를 측정하였다.

Load Sensor는 듀랄루민으로 가공되고 Strain

Gauge 접착부분은 두께 2mm 로 가공하였고 변형 게이지 접착시, 표면에 붙은 불순물 제거를 위해 Sand Paper로 Finishing 후 아세톤으로 불순물을 제거했다.

Load Sensor 장착 시 일정한 체결력을 얻기 위해 Torque Meter를 이용하여 80cm·kg 로 체결하였다.

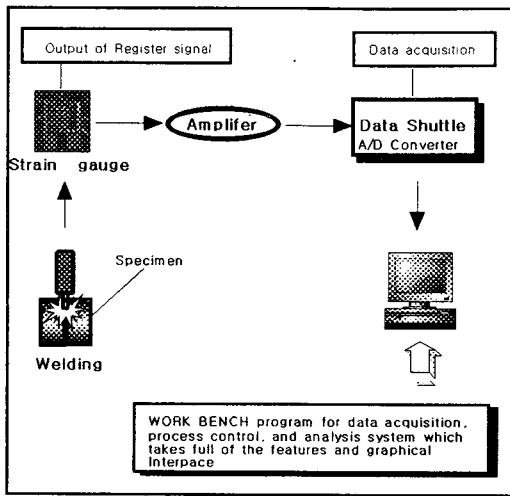


Fig.4 Schematic of data acquisition and processing

용접시 발생하는 구속력은 Fig.4 와 같이 Strain Gauge를 통해 전압 오차가 발생하고 이는 증폭기를 거쳐 Data Shuttle에서 A/D Converting 후 수집되어 Computer를 통해 신호 처리 된다.

#### 4.결과 및 고찰

시간에 따른 용접부에 구속력에 의한 변형을 Load Sensor를 이용하여 비교 평가하였다. Fig. 5에서 나타난것처럼 용접진행시 각각의 요소에 인장과 압축이 변갈아가면서 작용하는데 용접 root부에서 용접아크에 의해 용접부의 모

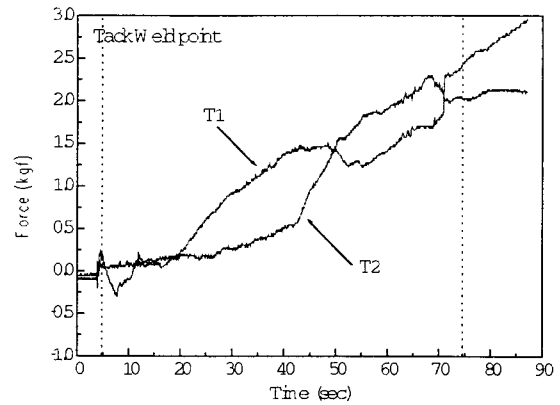


Fig. 5 Comparison between forward and behind tension force

재는 팽창되나 용접부 부근은 상대적으로 온도가 낮아 팽창이 제한되어 압축응력이 작용한다. 그러나 시간이 경과함에 따라 용접부 및 가열된 모재가 수축함으로써 인장 구속력이 현저함을 보이게 된다.

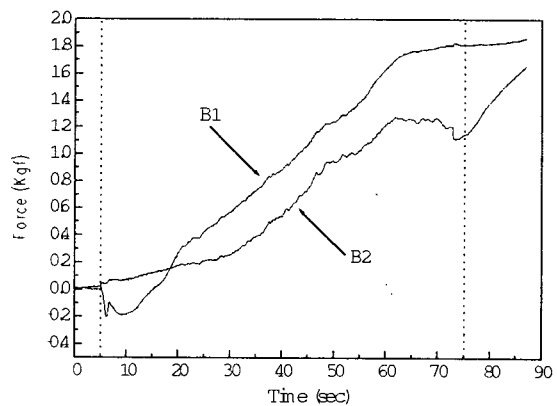
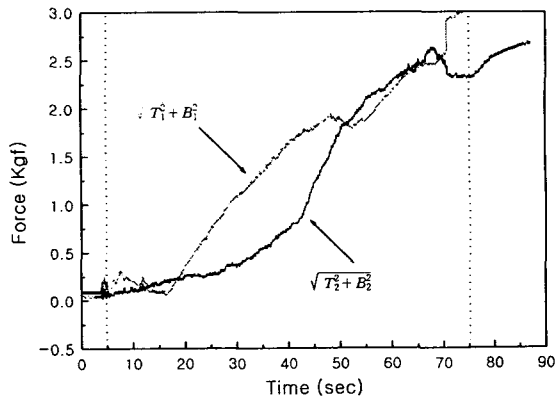


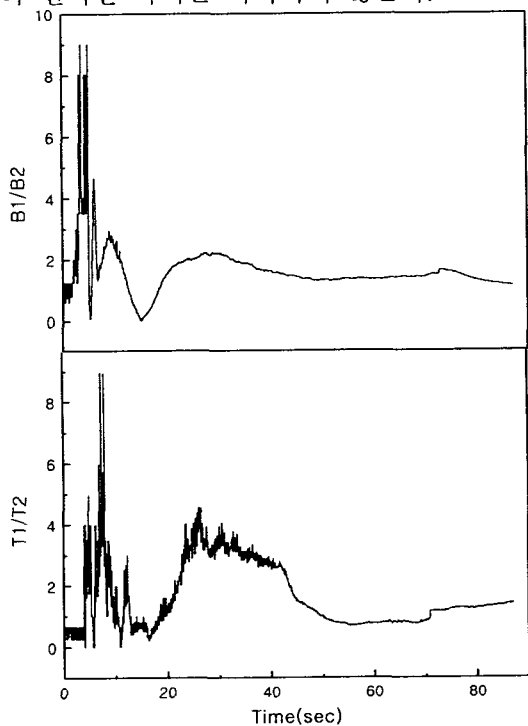
Fig. 6 Comparison between forward and behind bending force

Fig.6은 굽힘력의 거동을 나타낸것인데 초기 아크의 발생시 가스 및 아크에 의해 처짐이 순간적으로 발생하나 후방에서는 이런 현상은 나타나지 않으며 시간의 경과에 따라 모재가 상방향으로 들어올려지는 변형이 발생한다.



**Fig. 7 Comparison between forward Cooperation and behind Co-operation**

Fig.7은 전방 및 후방의 합력을 나타낸 것이다. 열원의 이동에 따라서 구속의 방향과 힘이 차이를 갖는다. 또한 굽힘력과 인장력의 크기 정도는 그리 현저한 차이는 나타나지 않는다.



**Fig. 8 Comparison between Bending and Tension ratio**

Fig.8 은 인장력과 굽힘력의 비율로써 나타내었다. 상대적으로 전반부에서 변형이 심하게 나타

난다. 이것은  $T_1/T_2, B_1/B_2$ 의 값은 전방 후방의 구속력을 무차원화 것으로 그 비율이 클수록 모재에는 상응하는 비틀림이 생기는 것으로 추정된다. 즉 상대적으로 인장력이 굽힘력 보다 크다 모재 및 Load Sensor의 형상이 인장에 대한 저항력이 크므로 변화량은 굽힘쪽이 더크게 나타난다.

## 5. 결론

용접시 모재의 다양한 점에서 측정되는 온도구배는 열원 부근에서 팽창과 수축의 결과인 데 이는 기존 유한요소법을 통한 연구의 결과<sup>(6)(7)</sup>와 유사한 형태를 나타낸다. 그러므로 실제 시간을 적용한 측정은 신뢰성을 가지며 추후 판재의 온도 측정, 탄소성에 따르는 열응력, 잔류응력비틀림 응력의 관계 및 측정이 가능한 연구를 진행하고자 한다.

## 후 기

본 논문을 지도해주신 한양대학교 명예교수 한응교 교수님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. Journal of KWS, Vol.17.No.1. February, 1999 p104~115
2. Journal of Materials Processing Technology 89-90(1999)410~414
3. 韓應教 “스트레인 게이지- 理論과 應用-” 普成文化社, (1987), pp18
4. V.P Kujanpa, weld defects in austenitic stainless steel sheet-effect of the Japan welding parameters
5. K.Satoh and S. Matsui: J. of the J.of welding Society, vol.36, 1967, pp.1096~1109
6. 大韓鎔接學會誌第15卷第1號1997年2月PP 9~14.
7. Satoh, K. and Terasaki, T. :Effect of Welding Conditions on Welding Deformation in Welding Society, 1976(45), p.302~308.