

# 레이저 용접 판재의 T형 단면에서의 적용 및 성형성 연구

홍주표\* · 김현영\*\* · 전병희\*\*\* · 오수익\*\*\*\*

## Study on the Forming of Tailor Welded T-Section

J.P. Hong, H.Y. Kim, B.H. Jeon and S.I. Oh

### Abstract

Wrinkles and shape distortions are generated during the forming of B-pillar(or center pillar), which is a component of the automobile side-frame. The stretch flanging modes at the joining part of the B-pillar and the roof-rail or the side-sill give rise to forming problems when tailor-welded blanks are applied to the side-frames. The authors simplified B-pillar lower part to T shaped section to investigate the forming behaviors. Three of die step locations and two of blank types were tested to show the effects of weld line locations and edge conditions on the forming of tailor welded blanks. The heights of body wrinkles and the strain distribution in the stretch flanged area were measured and compared.

**Key Words** : Sheet metal forming, Wrinkling, Stretch flanging mode, Tailor welded blanks (TWB)

### 1. 서론

판재 성형 공정에 있어서 찢어짐은 가장 피하고 싶은 문제점이었으나, 기술의 축적이 이루어짐에 따라 주름이나 스프링백과 같은 형상동결성에 관한 문제가 관심의 대상이 되고 있다.

한편, 자동차 업계에서는 레이저 용접 판재(Tailor Welded Blanks, TWB)나 하이드로포밍 기술을 이용한 차체 개발이 점차 각광을 받고 있으며, 이 기술을 이용할 경우의 성형 특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>(1,2)</sup>.

레이저 용접 판재는 이중 두께, 이중 재질의 판재 두

장 혹은 그 이상을 용접한 것으로, 여러 가지 이점으로 인해 널리 쓰이고 있으나, 레이저 용접 판재를 이용한 부품 생산을 할 경우 일반적인 판재와는 성형 특성이 다르므로 이에 따른 금형 설계안이 제시되어야 한다<sup>(3,4)</sup>.

레이저 용접 판재를 자동차 측면 차체에 이용할 경우, 센터 필라(B-필라)와 실사이드, 혹은 센터 필라와 루프 레일의 접합부에 발생하는 신장 플랜지 모드가 성형성에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 몇 가지 시험 방법이 개발되어 연구되고 있다<sup>(5,6)</sup>.

본 연구에서는 센터 필라와 실사이드의 접합부를 T형으로 단순화하여 레이저 용접 판재의 성형 양상을 파악하고자 하였다(Fig. 1, Fig. 2).

\* 서울대학교 대학원

\*\* 강원대학교 기계공학과

\*\*\* 인덕대학교 기계실계과

\*\*\*\* 서울대학교 기계항공공학부

용접선의 위치가 성형성에 미치는 영향을 파악하기 위해 용접선 위치를 3가지 고려했으며, 단면 경계 부분의 영향을 파악하기 위해 소재 형상을 2가지 고려하였다 (Fig. 3) 성형 후 터짐이나 주름을 검사하고 그 양을 측정하였다. 또한 두께 및 표면의 변형 정도를 살펴보았다.

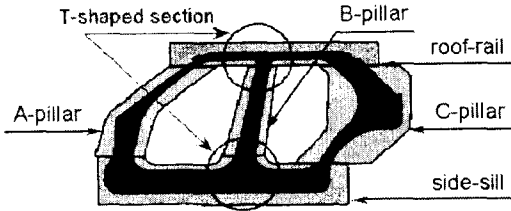


Fig. 1 Side-frame of automobile

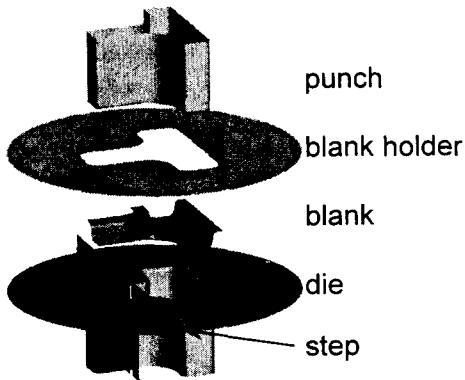


Fig. 2 T-section modeling

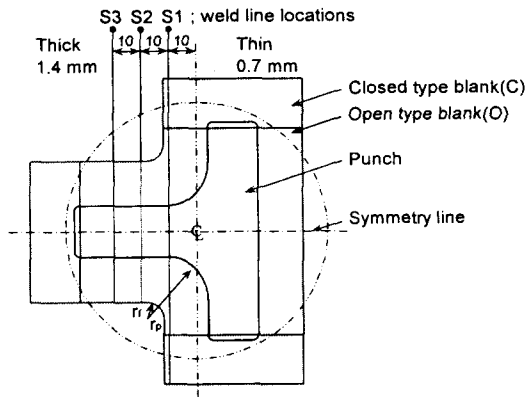


Fig. 3 Blank types (Closed and Open) and weld line locations (S1, S2, and S3)

## 2. 실험 방법

실제 차체 부품을 단순화하고, 자체 보유 프레스의 성형크기를 고려하여 T형 단면 금형을 제작하였다. 실제 센터 필라가 약간 기울어진 형태이지만, 본 시험 모델은 소재 곡률 반경의 영향 평가를 위해 직각을 유지하였다. 펀치 단면은 주름을 유도하기 위해 편평하게 제작되었다.

소재는 SCP3을 사용하였으며, 인장 시험 결과를 Table 1에 정리하였다. 0.7 mm 와 1.4 mm 두께의 소재를 레이저 맞대기 용접하였으며, 용접조건을 Table 2에 나타내었다.

용접선의 위치는 모델 중심으로부터 10 mm 간격으로 3가지를 선정했으며, 소재는 단면 끝 경계 조건을 고려하여 열린 형상과 닫힌 형상을 채택했다(Fig. 3). 이하 시험 결과는 Table 3에 사용된 기호를 사용하였다.

Table 1 Material properties of SCP3 sheet of 0.7 mm thick

Rolling Direction	Young's Modulus E(GPa)	Yield Stress Y(MPa)	Stiffness Coefficient K(MPa)	Hardening Exponent n	Anisotropy R-value
0 °	206	150	513.11	0.2490	1.7697
45 °	206	165	523.36	0.2428	1.3911
90 °	206	163	509.39	0.2437	2.1140
Average	206	161	517.31	0.2446	1.6665

Table 2 Welding Parameters

Power	2.4 kW
Frequency	99 kHz
Speed	1.2 m/min
Shielding Gas	7 l/min(He)
Focus	+ 1.5 mm

Table 3 Considered factors and test symbols

Step Location (Distance from Center)	Section Type	
	Open (O)	Closed (C)
10 mm (S1)	OS1	CS1
20 mm (S2)	OS2	CS2
30 mm (S3)	OS3	CS3

### 3. 시험 결과

#### 3.1 펀치 밑 주름 생성

센터 필라 하부에는 주로 몸체 주름과 벽 주름이 발생한다. T형 단면 성형의 경우 편평한 펀치 면으로 인해 몸체 주름이 선명하게 나타났으며, 용접선 위치에 따라 다른 양상을 나타내었다. 경우에 따라서 터짐도 발생하였다(Fig. 4).

삼차원 측정기를 사용하여 시편의 대칭 선을 따라 높이를 측정하였으며, 결과를 Fig. 5-7에 도시하였다. 주름의 크기는 최대 성형 깊이와 최소 성형 깊이의 차로 정의하여 Table 4에 정리하였다. 열린 형상의 경우에는 용접선 위치 S1의 경우가, 닫힌 형상의 경우에는 용접선 위치 S3의 경우가 다른 두 경우보다 성형 깊이의 차가 크게 나타났다(Fig. 5, Fig. 7). 단면 끝 부분의 열림과 닫힘이 성형성에 미치는 영향이 크을 알 수 있다.

같은 형상이지만 성형 깊이가 다른 경우의 성형 양상은 비슷했다(Fig. 6). 성형 깊이의 약  $\pm 10\%$  오차범위 내에서는 주름의 크기가 비슷한 것으로 생각할 수 있다.

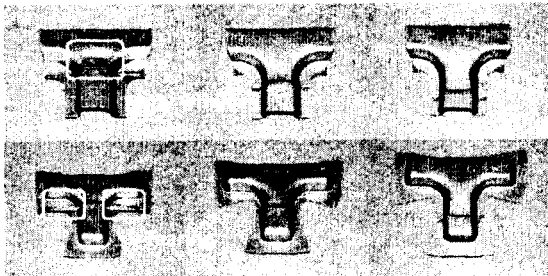


Fig. 4 Tailor welded T-sections

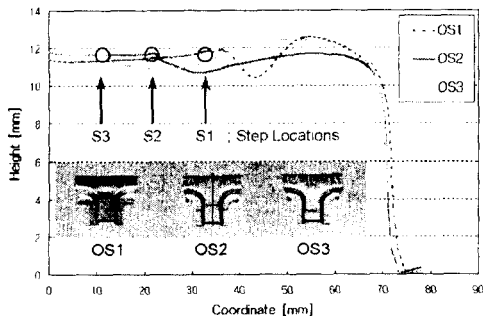


Fig. 5 Height profiles for open sections

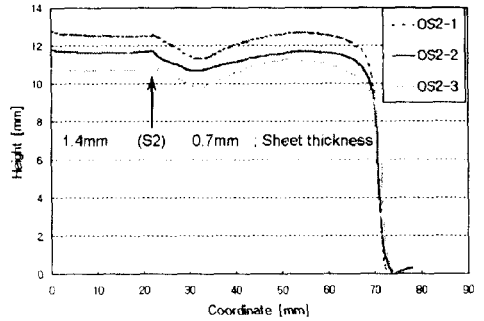


Fig. 6 Height profiles at the different forming strokes for the same section type

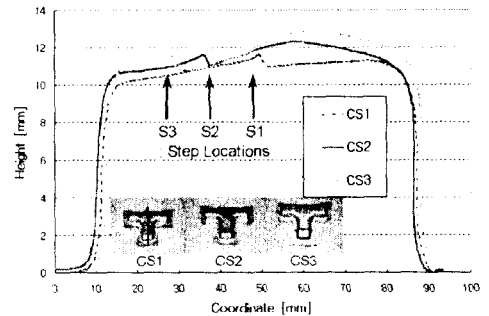


Fig. 7 Height profiles for closed sections

Table 4 Maximum wrinkling height (mm)

Step Location (Distance from Center)	Section Type	
	Open (O)	Closed (C)
10 mm (S1)	2.14	1.46
20 mm (S2)	1.13	1.60
30 mm (S3)	1.59	2.07

#### 3.2 두께 및 인장 변형

전기화학 에칭 방법을 이용하여 시편에 성형 전에  $2.54 \text{ mm} \times 2.54 \text{ mm}$  정사각형 격자무늬를 입히고, 성형 후에 변형률 자동 측정장치를 이용하여 변형률을 측정하였다(Fig. 8, Fig. 9). 그러나, T형 단면 실험의 경우 시편 크기의 제약으로 인해 경계에서의 정확한 측정값을 유도하는 데에는 한계가 있었다. 컴퓨터를 이용한 유한요소 해석 결과는 시험 결과와 유사한 양상을 나타내었으며, 그 결과를 결과 분석에 이용하였다(Fig. 10).

플랜지에서의 두께 변형은 약  $-20\%$  정도를 나타내었

다. 닫힌 형상의 경우 펀치 코너와 접촉한 부분의 두께가 약 -25% 정도로 나타났으며 경우에 따라 터짐이 발생하였다. 신장 플랜지 모드는 용접선 위치의 영향을 받았으나, 성형한계도에 도시했을 경우 큰 문제는 없는 것으로 판단되었다.

모델 시험에서의 열린 형상은 단면 끝에서의 구속이 불가하여 안쪽으로의 유동이 발생하였고, 닫힌 형상에서는 단면 끝 코너에서 터짐이 발생하였다. 실제 차체에 적용할 경우에 단면 끝 형상은 연속적이므로, 열린 형상과 닫힌 형상일 경우를 비교하여 적당한 값을 취할 필요가 있다.

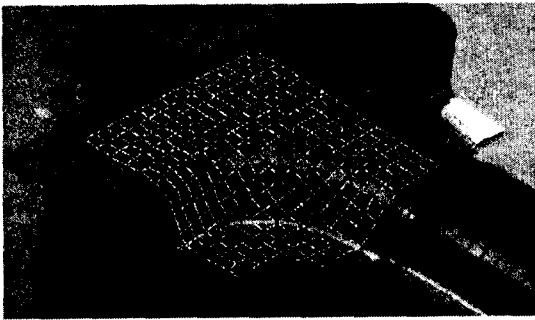


Fig. 8 Automated strain measurement with image-processing

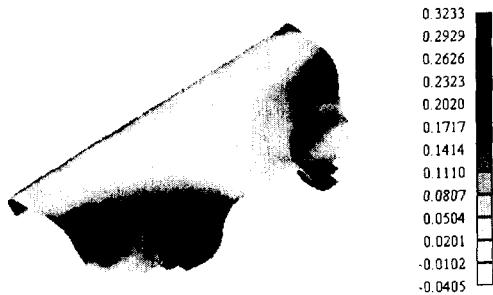


Fig. 9 Measured image of major strain distribution

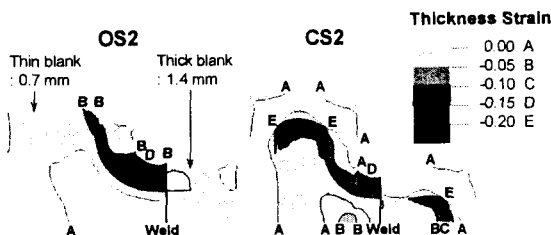


Fig. 10 Predicted thickness strain contours

#### 4. 결론

레이저 용접 판재의 자동차 측면 패널 적용시의 거동 양상을 고찰하기 위해 센터 필라 하부와 실사이드의 접합부를 T형 단면으로 이상화하였다. 주름 모드와 변형 모드의 차이를 나타내기 위해 3가지의 용접선 위치와 2가지의 소재 형상을 채택하여 시험을 수행하였다.

T형 단면의 성형 깊이가 일정할 때, 실제 성형 모드는 용접선 위치에 따라 다르게 나타났다. 단면 끝 형상이 열려 있는가 닫혀 있는가에 따라 최대 주름 크기를 생성하는 용접선 위치가 다르게 나타났는데, 실제 차량에 적용할 경우에는 적당한 선택이 필요하다. 주름 크기와 변형 모드를 고려할 경우에 용접선 위치가 모델 중심에서 20 mm 인 경우(S2)가 가장 안정적인 성형 특성을 나타냈다고 사료된다.

#### 후 기

본 연구는 1998년도 한국학술진흥재단의 지원사업에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) Prange, W., Schneider, C. and Selige, A.J., 1989, "Application of Laser-Beam-Welded Sheet Metal", SAE tech. rep. series 890853.
- (2) Dohmann, F. and Hartl, Ch., 1997, "Tube Hydroforming-Research and Practical Application", J. of Mat. Proc. Tech., Vol.71, pp.174~186.
- (3) Shi, M.F., Pickett, K.M. and Bhatt, K.K., 1993, "Formability Issues in the Application of Tailor Welded Blank Sheets", SAE tech. rep. series 930278, 1993.
- (4) 홍주표, 김현영, 오수익, 1997, "레이저 용접 판재의 정사각 컵 드로잉 성형성 연구", 한국소성가공학회지, 제6권, 제1호, pp.68~80.
- (5) Nakagawa, N., Ikura, S., Natsumi, F. and Iwata, N., 1993, "Finite Element Simulation of Stamping a Laser-Welded Blank", SAE tech. rep. series 930522.
- (6) Van der Hoeven, J.M., Lambert, F., Rubben, K., Rycke, I. and Leiman, E., 1995, "Design and Manufacturing Issues for Components Made from Tailored Blanks", IBEC'95, Materials and Body testing, pp.96~107.