

# Tailor Welded Blanks를 이용한 승용차용 Front Side Member 설계기법연구

이승희\*, 전병희\*\*, 전한수\*\*\*

## A Study on the Design Method of Passenger Car type Front Side Member Using Tailor Welded Blanks

Seung Hee Lee \*, Byung Hee Jeon \*\*, Han Soo Jeon \*\*\*

\* Graduate School, Kangwon National University

\*\* Dep't of Mech. Design and Prod. Engng., Induk Institute of Technology

\*\*\* Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning

### Abstract

The use of tailor welded blanks(TWB) in automotive applications is increasing due to the potential of weight and cost saving. In this study, the front side member of passenger car is developed by typical analysis and crash simulations. According to these results, energy absorption and barrier force is very important to control passenger safety and deformation shape. For that purpose, it is most effective to absorb energy more tailor welded blanks front side member than non-twbl.

The front side member with twbl is simulated, in which reduced stamping parts, weight reduction and cost down.

Keyword : front side member,  
tailor welded blanks

대한 사회적 욕구를 충족시킬 수 있고, 가격 경쟁력이 있는 자동차를 생산하기 위한 방법으로서 일본, 미국, 유럽을 중심으로 최근에 널리 사용되기 시작하고 있다. 승용차의 각종 부재에 사용되는 많은 판재 성형품은 성형 후 제품의 표면이 깨끗하고 고속·대량 생산에 의한 완제품을 양산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 판재 성형 부품은 자동차나 항공기 등의 부품은 물론 가전제품 및 일반 소비재 부품 등에도 널리 쓰이고 있다. 이러한 방법에 의해 생산된 제품은 부품 하나로 쓰이지 않고 여러 부품이 결합된 형태의 단품으로 제작·사용되기 때문에 각 부품은 용접을 이용하여 이음을 하여 사용한다. 본 연구에서는 자동차의 충돌 시 전체 충돌에너지의 35%정도를 흡수하는 프론트 사이드 멤버의 twbl 적용[1][2][3][4]을 통하여 제품의 경량화, 고강도, 생산원가절감 및 신기술의 적용을 통하여 국제적인 기술 경쟁력 우위를 확보하고자 한다.

### 1. 서론

현재 자동차의 발전 추세는 고성능화, 고속화, 고안전화의 추세로 변화하고 있으며 이에 따라 자동차의 각종 부품도 소형, 경량화되는 추세이다. 최근 유럽, 미국 및 일본의 자동차 업계에서는 신기술을 이용하여 부품생산 비용을 절감 및 개발의 효율화를 위한 많은 연구를 수행하고 있다. 새로운 기술의 적용은 현재 자동차 업계가 직면하고 있는 경량화 및 고품질, 안전성 및 내식성 확보에

### 2. 본론

#### 2.1 개요

자동차의 프론트사이드 멤버는 차량의 중간 및 앞부분의 차체를 지탱해주는 역할을 하는 동시에 충돌안전성과 밀접한 관계가 있는 프레임으로써 디자인의 미려함보다는 강도상의 문제와 조립되는 상관 패넬과의 관계를 고려해야 하는 매우 중요한 부품이다. 또한 강도상의 문제를 해결하기 위하여 프레임의 취약부에 많은 보강재를 추가하여 충돌

안전성을 향상시키고 있다. 그러나 이러한 방법은 현재의 자동차 발전 추세인 경량화에 역행하므로, 현재 개발, 적용되어지고 있는 twb를 이용한 새로운 프레임 설계 방안이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 좌측부 13개, 우측부 14개 부품으로 이루어져 있는 부품의 충돌해석을 통하여 기존 프레임과 twb 적용한 프론트 사이드 멤버를 비교 분석하여 새로운 프론트 사이드 멤버 설계에 반영하고자 한다.

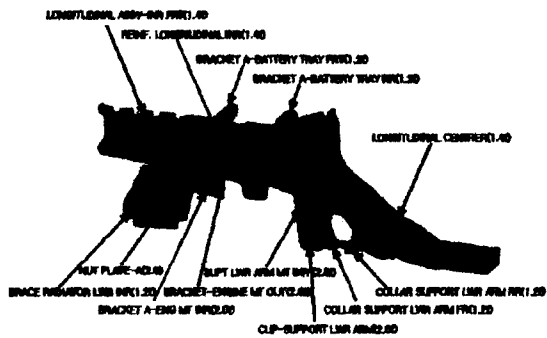


Fig. 1 A detailed neighborhood parts of front side frame

2.2 용접부 선정 및 경계조건

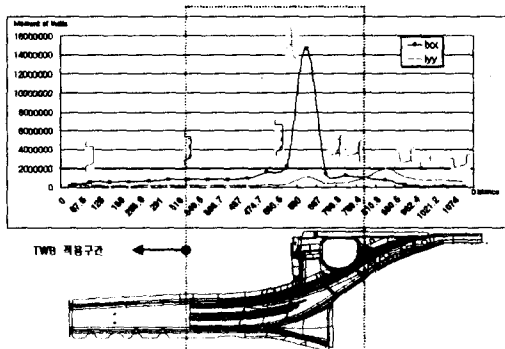


Fig.2 Moment of inertia

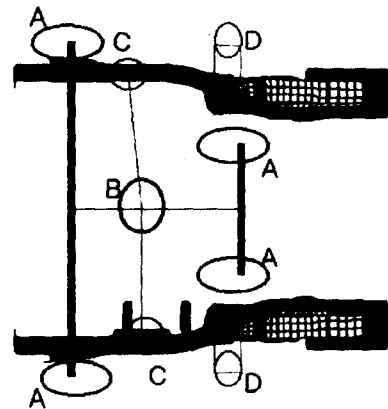
twb 적용을 위한 용접부의 선정을 위하여 Fig. 2와 같이 부품의 선단에서 각각의 특징을 갖는 부분에서 단면2차 모멘트를 구하여 twb 적용의 근거로 삼았다. Fig. 2에서 나타나듯이 단면 2차 모멘트가 증가하는 부분에서 강성이 요구되며, 부품 선단을 기준으로 약 300mm 근방에서부터 기하학적

인 형상을 고려하여 twb를 적용하는 것이 적당할 것으로 판단된다.



Fig. 3 Design concept for applied twb zone

부품의 감소로 인하여 발생하는 강성을 보강하기 위하여 서로 다른 두께의 판재를 사용하며, 기존제품의 외곽 형상은 유지하면서 간섭이 없도록 판재를 배열해야 한다. 그리고 제품의 특성상 Fig. 3에 나타나 있듯이 Longitudinal Center 부분은 성형상의 난이성으로 인해 그대로 사용한다.



Distribution	Boundary condition
A	Body mount part All Fix
B	Engine load point 100 Kg <sub>f</sub>
C	Engine mount part Rigid Element
D	Lower arm support point All Fix
Body contact part all fix	

Fig. 4 Boundary conditions

본 제품을 사용하는 승용차 엔진은 4점 지지방식으로 지지 되어있다.(중심지지 방식) 앞부분은

크로스멤버에 장착되어있고, 뒷부분은 바디에 장착되어( beam element 로 표현) 엔진을 지지한다. 또한 바디가 프론트 사이드 멤버의 외판 역할을 하므로 바디 장착부를 모두 구속 시켰다.

프론트 사이드 멤버의 엔진 마운트부와 로워 암 장착부는 강제요소를 사용하여 표현하였다. 차량이 정지해있는 경우를 고려하여 제동시나 범프시 같은 동적인 상황은 배제했고, 단품 충돌해석을 하여 동적인 상황을 고려하였다.

### 2.3 구조해석결과

#### 2.3.1 기존모델

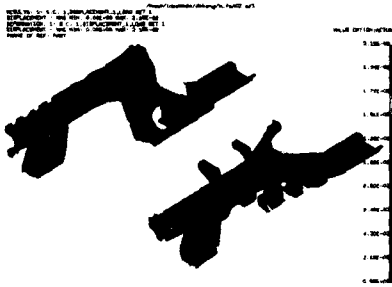


Fig. 5 Displacement distribution

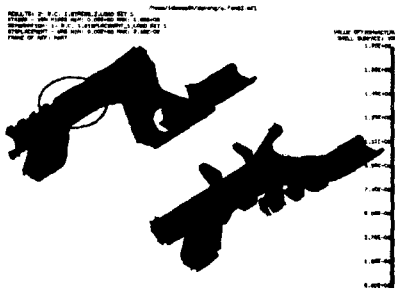


Fig. 6 Max. Von Mises stress distribution

Fig.5와 Fig. 6에 나타나 있듯이 가장 취약한 부분은 우측면의 엔진 마운트 부분이며 기존 제품의 경우 이 부분에 보강판이 부착되어있다. 단면2차 모멘트의 분포와 연계했을 때 이 부분에서부터 강성이 요구되며, 본 연구에서의 twb적용을 위한 디자인 컨셉과 잘 일치됨을 알 수 있다.

#### 2.3.2 TWB 모델 (1.4t ~ 2.2t)

twb 판재를 사용한 모델을 Fig. 7, Fig. 8에 나타내었다. 경계조건은 Original Model과 동일하고

두께는 기존 판재의 총두께 대비 약 60%의 수준으로 설정하여 해석을 수행하였다.

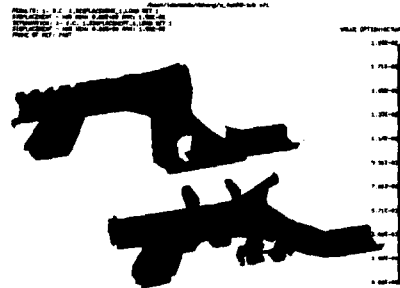


Fig. 7 Displacement distribution

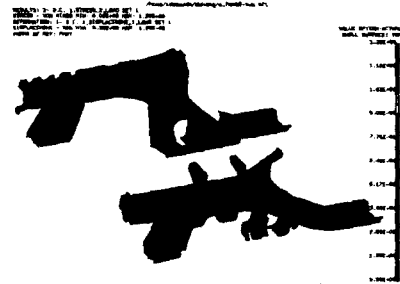


Fig. 8 Max. Von Mises stress distribution

Table 1. Static Analysis Results

Distribution	Dis (mm)	Von Mises ( $Kg_f / mm^2$ )	Principal ( $Kg_f / mm^2$ )	
Original	2.15E-02	1.85	2.00	
Applied twb part	1.2 - 1.8	2.11E-02	2.10	2.28
	1.2 - 2.0	2.15E-02	1.57	1.78
	1.2 - 2.2	2.01E-02	1.48	1.68
	1.4 - 1.8	2.19E-02	1.47	1.67
	1.4 - 2.0	2.12E-02	1.52	1.73

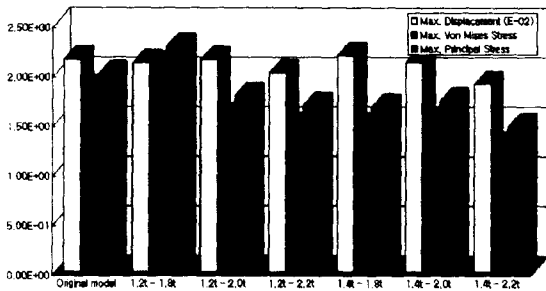
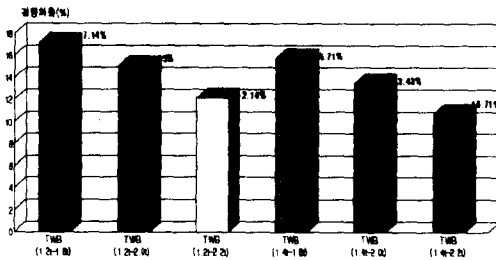


Table 1의 해석결과에 나타나 있듯이 1.2t-1.8t를 제외하고는 모두 기존 판재보다 양호한 결과를 보이고 있다. 경량화 측면을 고려하면 중량이 가벼운 두께 배합을 선정해야 하나 안전도를 고려한 충돌 특성을 감안하여야 함으로 1.4t-2.2t 소재 배합을 선택하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 2. Lightness Ratio



좌우 부품에서 성형이 까다로운 2개의 대물 파트와 비교적 성형이 쉬운 1개의 소물 파트가 감소되어 최소 9공정이 감소되었고, 용접 공정과 다이, 지그, 노동력에 따른 생산성 향상을 고려하면 그 효과는 더 클 것으로 예상된다. 또한 기존 판재의 경우 좌/우 부품 중 서로 다른 부품으로 인해 급형의 공용화가 불가능 하나 twb 적용시 공용화가 가능하여 비용절감과 생산성 향상에 큰 기여를 할 것으로 판단된다

## 2.4 충돌해석

프론트 사이드 멤버 모델링에 있어서 변형이 집중되거나 변형 가능성이 있는 부품에 대하여는 메쉬 크기를 7~10 mm로 모델링 하였다. 특히 충돌시 가장 큰 영향을 받는 Longitudinal Assy-INR FRT 부품에 대하여는 6~7 mm로 메쉬 크기를 유지하였다. 유한요소 모델에서 프레임과 각 부품간의 결합은 실제 제품과 동일한 위치에 대하여 Rigid Body Option을 사용하였다. Front Side 프레임에 대한 유한 요소모델은 Fig. 9과 같다.



Fig. 9 F.E. model for front side frame

### 2.4.1 경계조건

단품 충돌해석시 Full Model 해석과 유사한 결과를 산출하기 위한 경계조건은 무엇보다 중요하다. 단품 충돌해석 방법은 Rigid Wall이라는 강제벽을 프레임 전방에 설치하고 Initial Velocity를 부가하여 충돌해석을 수행한다. 경계조건으로는 프레임 충돌시 Front 부분이 Rigid Wall과 충돌하면서 회전하게 되는데 이것을 막기 위하여 Rigid Wall과 가장 먼저 접촉이 일어나는 프레임의 node에 대하여 충돌방향에 대한 변위 경계조건을 제외한 모든 경계조건을 구속하였다. 프레임의 Rear부분은 Rigid Body 구속 조건을 이용하여 역시 충돌방향의 변위 경계조건 외의 경계조건은 모두 구속하였으며, C.O.G. 에 차량 중량 450 kg을 부가하였다. 본 차량의 중량은 총중량 760 kg 에 70 kg 성인 2명이 승차한 중량인 900 kg을 사용하였다. 프레임 충돌 속도는 FMVSS 208 조건에 의거하여 시속 30 mile/hour (13.41 m/s)를 사용하였다. Fig. 10은 프론트 사이드 멤버 단품 충돌해석을 위한 경계조건을 나타낸다.

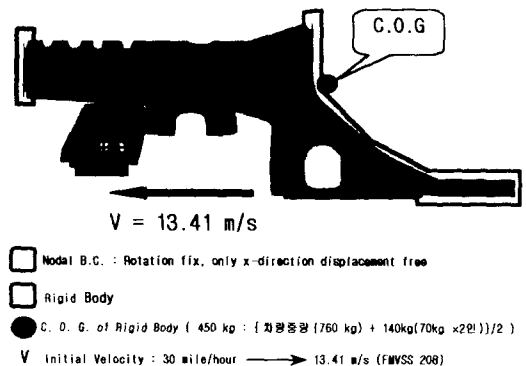


Fig. 10 Boundary conditions for frontal crash of side frame

### 2.4.2 기존모델 충돌해석결과

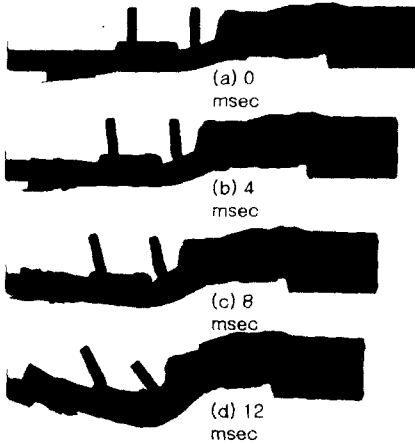


Fig. 11 Deformed shapes

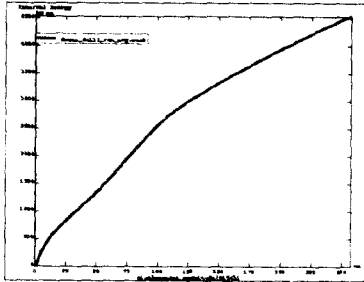


Fig. 12 Internal Energy after frontal crash of front side frame

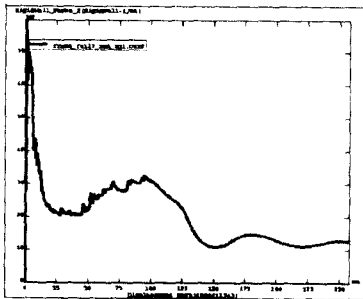


Fig. 13 Rigid wall force after frontal crash of front side frame

Fig. 11에 보이듯이 충돌해석 결과 프레임 전반부의 변형과 동시에 프레임의 중간부분에서 굽힘 변형이 발생하였다. 이후 프레임은 전반부 접합에 의한 변형보다 굽힘에 의한 변형이 크게 작용하고 있으며, 이것은 충돌 시 프레임에서의 충격에너지 흡수를 저하시키는 원인이 된다. 기존 모델에 대한

충돌해석 결과 엔진 마운팅 브라켓 바로 뒤의 프레임이 굽어지는 부분에서 과도한 굽힘 변형이 발생하였다. 따라서 프레임 전반부의 변형이 진행되는 과정에서 후반부의 굽힘 변형이 발생 함으로써 Fig. 13에서와 같이 Rigid Wall Force 가 점점 작아지는 경향을 나타내며, 이것으로부터 충돌 후 에너지 흡수성이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

### 2.4.3 TWB모델 충돌해석결과(1.4t-2.2t)

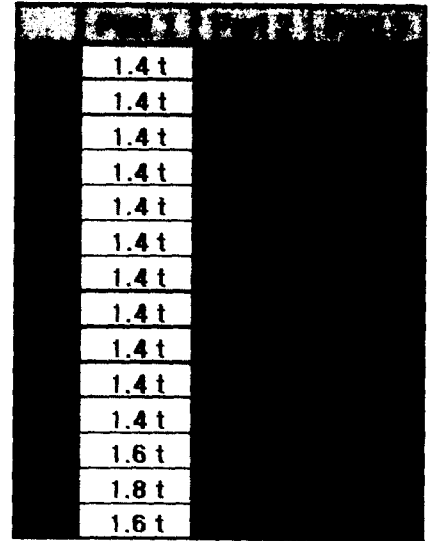
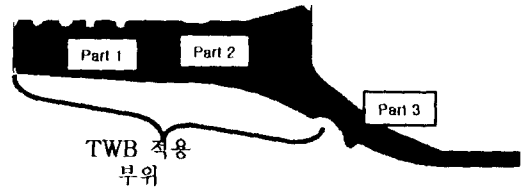


Fig. 14 Thickness combination of frame

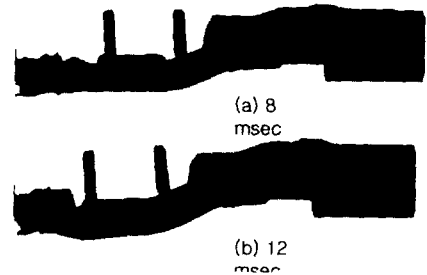


Fig. 15 Deformed shapes

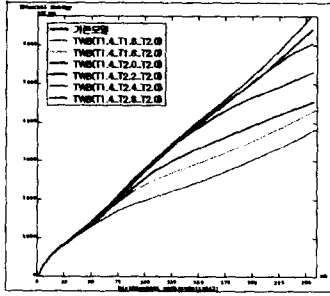


Fig. 16 Internal Energy

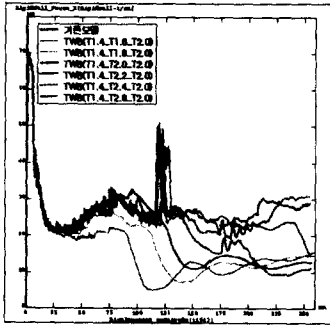


Fig. 17 Rigid wall force

part 2의 두께를 1.6t, 1.8t로 하였을 경우 Fig. 11에서와 같이 part 1의 주름변형과 동시에 part 2의 굽힘변형이 발생하였다. 반면 part 2의 두께를 2.0t 이상 하였을 경우는 part 1에서의 완전한 주름변형에 의하여 Fig. 15에서와 같이 part 2에서의 굽힘 변형은 거의 발생하지 않았다. 또한 Fig. 16, Fig. 17에서 에너지 흡수성 측면을 비교해 볼 때, 1.6t와 1.8t의 경우 part 1에서 충분한 주름 변형이 발생하지 않은 상태에서 part 2의 굽힘변형이 발생함으로써 충돌 에너지 흡수성이 기존 제품보다 낮게 나타났으며, 2.0t 이상일 경우는 대부분 기존 제품의 경우보다 높게 나타났다.

### 3. 결론

승용차용 프론트 사이드 멤버의 twb 적용을 위한 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 정적 해석을 통한 프론트 사이드 멤버의 해석 시 1.4t-2.2t의 판재 조합이 가장 좋은 결과를 얻었다.
- (2) twb를 적용한 프레임 대부분 기존의 보강판적

용 모델보다 충돌 성능이 우수한 것으로 나타났다.

(3) twb 적용 프레임의 두께 조합이 part1(1.4t), part2(2.0t), part3(2.0t)일 경우 기존 제품의 충돌해석 결과와 가장 유사하였다.

(4) 충돌해석 결과 판재의 두께를 증가시키면 전체 질량의 증가와 동시에 초기 에너지, 단위 질량당 에너지 흡수율이 모두 증가함을 알 수 있다.

(5) 충돌해석을 통하여 에너지 흡수와 Weight reduction을 함께 고려했을 경우 두께 조합이 part 1 : 1.4t, part 2 : 2.2t로 하는 것이 가장 좋게 나타났다.

### Reference

- [1] 이승희, 전병희, 김현영 "Tailor Welded Blanks를 이용한 자동차용 부품 개발" 1998년 춘계학술대회
- [2] Kumar Bhatt, Gary Neiheisel "Forming of Tailor-Welded Blanks" 1994 ERC/NSM Report
- [3] Ming F. Shi and Ken M. Pickett "Formability Issues in the Application of Tailor Welded Blank Sheets" SAE technical paper series B 930278
- [4] 김현영, 최광용, 김관희, 조원석 "레이저 용접 차체의 유한요소 모델링과 성형해석" '97 춘계학술대 논문집