

# 이중두께 레이저 용접 프레임의 구조해석

## Structural Analysis of the Dual Thickness Laser Welded Frame

이 영 신\*  
Lee, Young-Shin

윤 충 섭\*\*  
Yun, Chung-Sub

오 재 문\*\*\*  
Oh, Jae-Moon

### 요지

본 연구에서는 현재 자동차구조에 사용되고 있는 점용접 보강 리어사이드 프레임, 비보강 리어사이드 프레임 및 레이저 용접을 이용한 이중두께 리어사이드 프레임의 응력, 좌굴 및 진동해석이 수행되었다. 응력 및 진동해석의 경계조건은 양단고정이며, 좌굴해석시에는 단순지지 경계조건을 사용하였다. 구조해석에는 ANSYS 5.0 Code를 사용하였다. 점용접된 리어사이드 프레임의 최대응력은 메인프레임에서 발생하였으며, 그값은 80.9MPa이다. 이때의 최대변형률은 501 $\mu$ 이다. 이중두께 레이저 용접된 리어사이드 프레임은 두께가 1.8mm일 때 점용접 보강 리어사이드 프레임의 최대응력과 같아진다. 따라서 동일등가 응력을 기준으로 할 때 레이저 용접을 이용하면 중량을 17.2% 줄일 수 있다. 양단 단순지지된 보강 점용접 리어사이드 프레임을 좌굴하중은 52.54kN이다. 이때 동일한 좌굴하중을 갖는 이중두께 레이저 프레임의 두께는 1.9mm이다. 따라서 중량을 15% 감소시킬 수 있다. 보강된 점용접 리어사이드 프레임의 고유진동수는 163.6Hz로 굽힘모드이며, 이중두께 레이저 용접 리어사이드 프레임의 고유진동수는 179.8Hz이다.

### Abstract

In this paper, the stress, buckling and vibration analyses have been performed for several case with the spot weld stiffened rear side frame, the unstiffened rear side frame and the dual thickness laser weld rear side frame. For stress and vibration analyses, the clamped boundary condition with spring supports are used. But for the buckling analyses, the both ends simply supported boundary conditions are used. For the numerical analyses, ANSYS 5.0 code is adopted. Maximum stress of the spot weld stiffened rear side frame occurs in the main frame and is 80.9 MPa. Maximum strain is 501  $\mu$ . The maximum stress of the dual thickness laser weld rear side frame of 1.8mm thickness structure is equal with the stress of spot weld stiffened frame. The weight of dual thickness laser weld frame can be reduced about 17.2%. For the stiffened spot weld rear side frame with both ends simply supported boundary condition, the buckling load is 52.54 kN. When the thickness of the dual thickness laser weld rear side frame become 1.9mm thickness structure, the buckling load of the stiffened rear side frame is equal to that of dual thickness laser weld frame. The reduction of the structure weight is about 5%. The fundamental natural frequency of the stiffened spot weld rear side frame for bending mode is 163.6 Hz and that of the dual thickness laser weld rear side frame is 179.8 Hz.

*Keywords* : dual thickness, laser weld rear side frame, spot weld, stiffened, buckling load, fundamental natural frequency

\* 정회원·충남대학교 기계설계공학과, 교수  
\*\* 대전산업대학교 제어계측공학과, 교수  
\*\*\* 충남대학교 기계설계공학과 대학원

• 이 논문에 대한 토론을 1998년 3월 31일까지 본 학회에 보내주시면 1998년 6월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

다양한 응용잠재력을 갖는 이종두께 레이저 용접 구조물의 기술개발과 이 기술의 고성능 및 고기능의 공업구조물에 대한 활용이 크게 요구되고 있다. 특히 무한한 시장 잠재력을 가진 자동차 구조물의 고경량화 및 고효율화는 국가 기간산업 발전에 크게 기여할 것이다.

자동차 차체는 고강성 부재로 구성되어 있으며, 이러한 부재들은 차체의 형상을 유지하기 위하여 복잡한 단면들로 구성되어 있다. 자동차의 경량화는 자원의 절약, 연비개선, 동적 성능의 향상을 위한 수단뿐만 아니라 설계의 질을 판정하는 기준으로 취급된다. 자동차 공정중 판재를 성형하여 제품을 제조하는 스탬핑 공정은 주로 몇 단계의 연속적인 프레스 공정을 거치면서 완성되므로 레이저 용접을 이용하여 가공 공정을 줄임으로서 자동차 차체의 경량화 및 자원의 절약을 꾀할 수 있다<sup>1-4)</sup>.

본 연구에서는 현재 자동차에 사용되고 있는 보강 리어 사이드 프레임(stiffened rear side frame)과 비보강 리어 사이드 프레임(unstiffened rear side frame), 레이저 용접을 이용하여 이를 개선한 이종두께 리어 사이드 프레임(dual thickness rear side frame)에 대해 응력해석, 좌굴해석, 진동해석을 수행하였다. 응력해석, 좌굴해석, 진동해석은 상용유한요소 코드인 ANSYS 5.0을 이용하여 수행하였다. 균일 분포하중을 받는 리어 사이드 프레임의 응력해석과 진동해석을 수행하였으며, 좌굴해석은 양단 단순지지 경계조건에서 좌굴하중을 고찰하였다<sup>5)</sup>. 보강 리어 사이드 프레임을 이종두께 리어 사이드 프레임으로 대체할때의 경량화율을 제시하였다.

## 2. 해석과정

자동차 주행장치에서 가장 중요한 부품은 새시와 프레임이다. 프레임은 새시를 구성하는 주요 장치를 설치하는 곳이므로 차체와 새시의 결합을 위한 차량의 골격이다<sup>6-8)</sup>. 새시 프레임에는 자동

차의 추진력, 제동 작용, 원심력, 노면으로부터의 충격력, 차량 중량 등에 의한 수직하중 및 각종 반력 등이 가해지는데, 이와 같은 힘들에 의한 변형률, 비틀림, 인장력, 압축 및 진동에 대해서 국부적이든 전체적이든 간에 충분히 견디어 나갈 수 있어야 하고, 또 원형의 변형 및 파손이 되지 않아야 하며 무게도 가벼워야 한다.

### 2.1 프레임

본 연구에서 채용되고 있는 이종두께 프레임의 개념도는 Fig. 1과 같다. (a)는 비보강 메인 판이며, (b)는 점용접을 이용하여 메인 판과 보강 판을 용접한 것을 보강 점용접이라 하였다. (c)는 레이저 용접을 이용하여 메인 판과 이종두께 판을 레이저 용접한 것을 이종두께라 하였다. 임의의 하중을 받는 보강 점용접 구조물에 발생하는 응력을 기준으로 하여 이종두께 구조물이 보

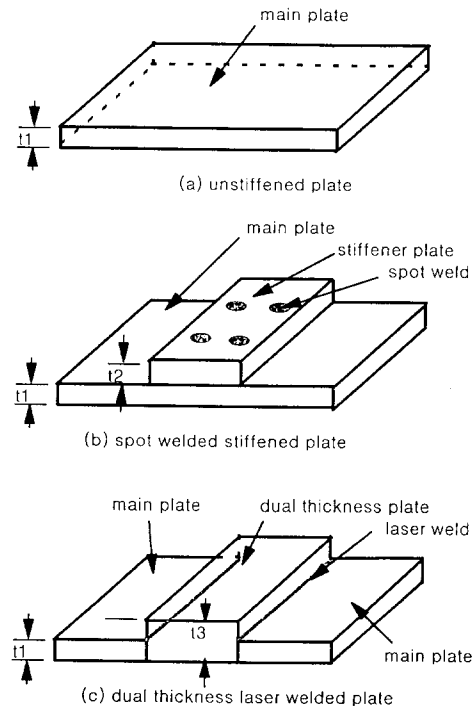


Fig. 1 The concept of the unstiffened, spot welded stiffened and dual thickness ( $t_1$  =main plate thickness,  $t_2$ =stiffener plate thickness,  $t_3$ =dual thickness)

강 점용접 구조물에 발생하는 응력과 같이질 때의 두께를 이중두께라 하였다. 이중두께에 대해서, 보강 점용접 구조물과 이중두께 구조물의 중량을 고찰하여 이중두께 구조물의 경량화율을 제시하였다.

Fig. 2(a)~2(b)는 메인 프레임, 보강 프레임, 상판 프레임, 보강 리어 사이드 프레임의 형상과 재원을 나타내고 있다. 메인 프레임은 총 길이가 1584 mm이고, 단면의 「ㄷ」형 채널의 형상이며, 단면 A-A와 B-B, 단면 C-C에 대한 각각의 형상과 재원이 나타나 있다. 메인 프레임의 두께는 1.6 mm이다. 보강 프레임의 길이는 840 mm이며, 두께는 1.6 mm이다. 보강 프레임의 단면 A-A와 단면 B-B, 단면 C-C의 형상이 (b)에 나타나 있다. 보강 프레임의 폭은 60 mm와 164.2 mm이다. 보강 프레임의 위치는 z가 480 mm~1320 mm에 위치에서 43개의 점용접으로 메인 프레임과 연결되고 있다. 상판 프레임은 길이가 1584 mm이며 작은 폭은 60 mm이고 큰 폭은 160 mm이다. 상판 프레임은 두께가 1.6 mm이다. z축의 길이가 888 mm에서 기울어지기 시작해서 넓어진다. 1160 mm부터 1584 mm까지의 폭이 160 mm로 일정하다. 보강 리어 사이드 프레임은 상판 프레임과 메인 프레임, 보강 프레임의 3부분으로 구성되어 있다. 보강 프레임은 밀판에 9개, 옆판에 34개, 총 메인 프레임에 43개의 점용접으로 메인 프레임과 연결되어 있다. 보강 리어 사이드 프레임에서 메인 프레임에 용접된 보강 프레임을 제외하면 비보강 리어 사이드 프레임이 된다.

Fig. 3은 이중두께 리어 사이드 프레임의 형상과 재원이며, z축이 480~1320 mm가 이중두께 영역이다.

### 2.2 유한요소해석

자동차용 보강 리어 사이드 프레임, 비보강 리어 사이드 프레임과 레이저 용접을 이용하여 이를 개선한 이중두께 리어 사이드 프레임의 응력 해석, 좌굴해석, 진동해석을 수행하기 위해서 상용유한요소 코드인 ANSYS 5.0을 사용하였다<sup>9)</sup>.

메인, 보강, 상판, 이중두께 프레임의 모델링은

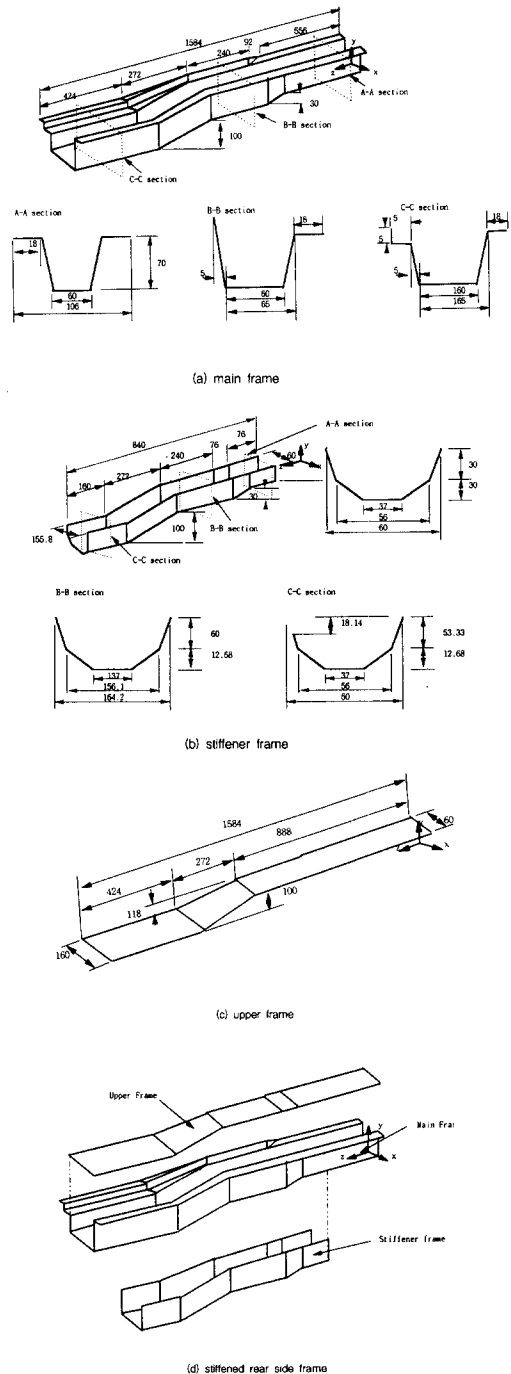


Fig. 2 Geometry and dimensions of the main frame, stiffener frame, upper frame, and stiffened rear side frame

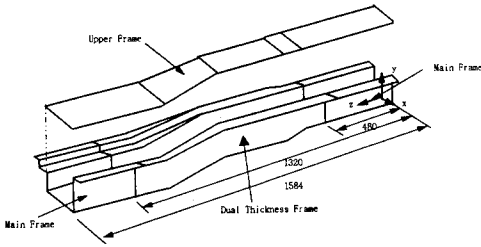


Fig. 3 Geometry and dimensions of dual thickness rear side frame

탄성 4절점 쉘 요소를 사용하였으며, 각 절점당 변위 3자유도( $u_x, u_y, u_z$ )와 회전 3자유도( $\psi_x, \psi_y, \psi_z$ )의 총 6자유도를 갖는 요소이다. 용접 부분은 2절점 빔(BEAM 4) 요소를 사용하여 모델링하였으며, 각 절점당 변위 3자유도( $u_x, u_y, u_z$ )와 회전 3자유도( $\psi_x, \psi_y, \psi_z$ )를 갖는 총 6자유도의 요소이다. 지지 부분은 스프링-댐퍼(COMBIN 14) 요소로 사용하였으며, 각 절점당 변위 3자유도( $u_x, u_y, u_z$ )와 회전 3자유도( $\psi_x, \psi_y, \psi_z$ )의 총 6자유도의 요소이다.

Fig. 4는 보강 리어 사이드 프레임의 유한요소 모델링 형상이다. 보강 리어 사이드 프레임은 절점수는 2931, 요소수는 1908이다. 메인 프레임과 보강 프레임, 상판 프레임의 두께는 모두 1.6mm이다.

Fig. 5(a)~5(d)는 메인 프레임, 보강 프레임, 상판 프레임, 스프링-댐퍼의 유한요소 모델링 형상이다. 메인 프레임의 절점수는 1718, 요소수는

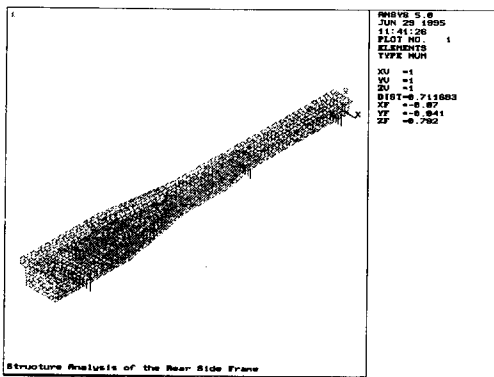


Fig. 4 FEM model configuration of the stiffened rear side frame

1646이다. 보강 프레임의 절점수는 756, 요소수는 723이다. 상판 프레임의 절점수는 583, 요소수는 500이다. 지지 스프링-댐퍼의 절점수는 38개이며, 요소수는 19개이다. 스트링-댐퍼 요소의 스프링 상수는 전체 프레임에 1000N 정도의 하중에 대해서 20 cm내외의 변형이 발생되도록 K 값을 5kN/m으로 하였다.

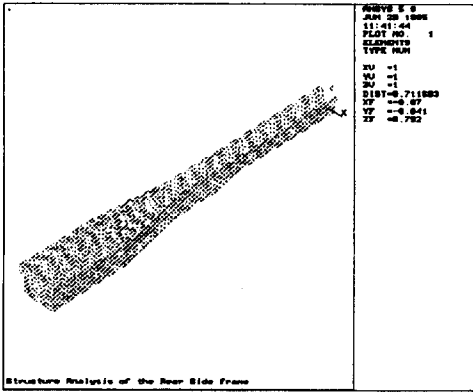
메인 프레임의 밑판과 보강 프레임의 밑판의 점용접된 곳의 용접부의 모델링은 빔 요소를 사용하여 모델링하였다. 절점수는 18이며, 요소수는 9이다. 9개의 밑판에 용접된 부분은 직경이 5mm인 원형 단면을 갖는 원형 빔으로 모델링하였다. 용접부의 단면적은  $19.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ 이고, 2차 단면모멘트는  $30.7 \times 10^{-12} \text{ m}^4$ 이다. 또한 메인 프레임의 옆판과 보강 프레임의 옆판의 점용접된 곳은 밑판이 용접된 것과 마찬가지로 옆판의 용접도 빔 요소를 사용하여 모델링하였다. 절점수는 68, 요소수는 34이다.

Table 1은 메인 프레임과 보강 프레임 사이의 밑판에서의 점용접된 위치를 나타내고 있다. 모두 9개의 용접점을 가지고 있다. 각 용접점에 대해서 x, y, z의 좌표를 보이고 있다. Table 2는 메인 프레임의 왼쪽 판, 오른쪽 판과 보강 프레임의 왼쪽 판과의 용접점을 나타내고 있다. 점용접점의 수는 17개이다.

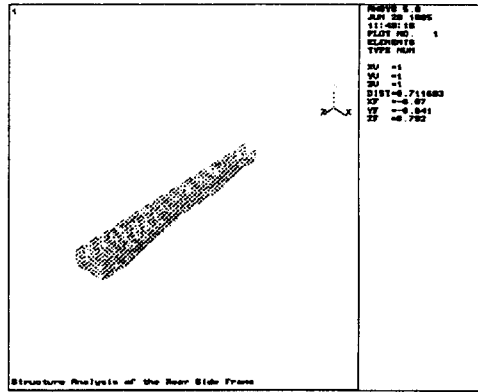
Fig. 6(a), 6(b)는 리어 사이드 프레임의 상판 프레임에 작용하는 하중조건과 경계조건을 보이고 있다. 하중조건은 메인 프레임의 굽힘에 의한 영향을 고찰하기 위해서, 상판 프레임 중에 z축

Table 1 The welded position of the main frame in the bottom plate(Unit : mm)

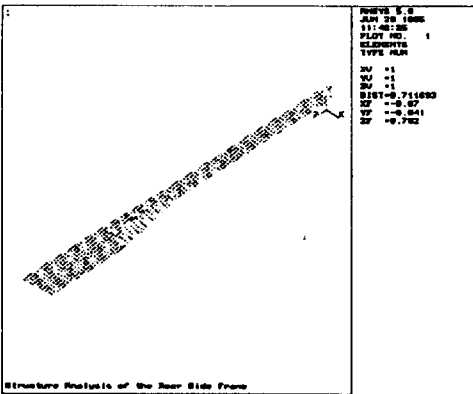
item number	node number	x position (mm)	y position (mm)	z position (mm)
1	402	0	0.518	0
2	546	0	0.728	-0.030
3	549	0	0.788	-0.030
4	552	0	0.848	-0.030
5	1515	-0.010	0.922	-0.043
6	1504	-0.070	1.109	-0.111
7	967	-0.120	1.256	-0.130
8	1060	-0.040	1.276	-0.130
9	969	-0.120	1.295	-0.130



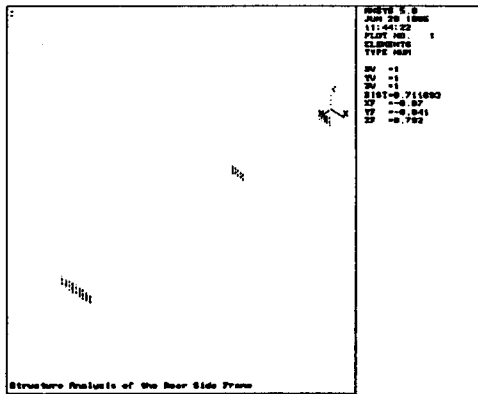
(a) main frame



(b) stiffener frame



(c) upper frame



(d) spring-damper element

Fig. 5 FEM model configuration of the main frame, stiffener frame, upper frame and spring-damper element

이 648~888 mm인 메인 프레임과 보강 프레임의 중앙 부분에 균일분포하중을 가하였으며 크기는 50 kPa이다. 메인 프레임의 밀판과 연결된 한 개의 스프링-댐퍼 요소의 강성의 크기는  $5 \text{ kN/m}$ 이다.  $z$ 축이 40 mm 지지점에서의 K1은 5개의 스프링-댐퍼,  $z$ 축이 480 mm인 지지점에서의 K2은 5개의 스프링-댐퍼,  $z$ 축이 1320 mm인 지지점에서 K3은 9개의 스프링-댐퍼가 각 절점에 연결되어 있다. 스프링-댐퍼 요소의 밀 절점에서 변위와

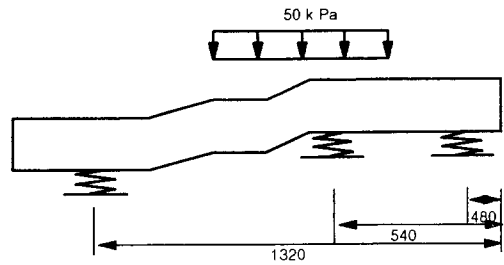
회전 6자유도를 구속하였으며 스프링-댐퍼 요소와 메인 프레임의 연결부분의 절점은 변위성분  $u_x, u_y$ 를 구속하였다. 좌굴해석은 양단 단순지인 경계조건에서 수행하였다.

### 2.3 해석절차

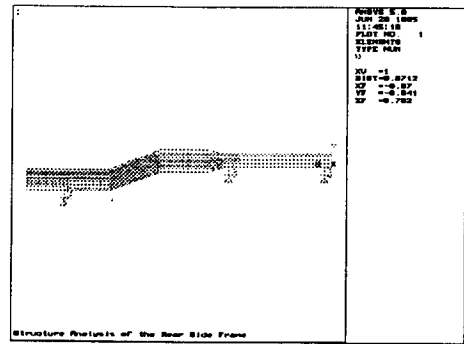
해석은 비보강, 보강 이중두께 리어 사이드 프레임의 메인 프레임과 보강 프레임, 상판 프레임을 쉘 요소를 사용하였으며, 빔요소를 사용하여

Table 2 The welded position of the main frame in the left and right plate (Unit : mm)

item number	node number	x position (mm)		y position (mm)	z position (mm)
		left	right		
1	426	0.032	-0.032	0.035	0.499
2	427	0.032	-0.032	0.035	0.518
3	1324	0.032	-0.032	0.033	0.575
4	1328	0.032	-0.032	0.036	0.595
5	649	0.033	-0.033	0.036	0.688
6	638	0.032	-0.032	0.020	0.688
7	652	0.033	-0.033	0.036	0.748
8	641	0.032	-0.032	0.020	0.748
9	613	0.033	-0.033	0.036	0.888
10	612	0.032	-0.032	0.020	0.888
11	611	0.032	-0.031	0.003	0.888
12	1173	0.002	-0.163	-0.080	1.198
13	1152	0.001	-0.162	-0.096	1.198
14	1175	0.002	-0.163	-0.080	1.237
15	1154	0.001	-0.162	-0.096	1.237
16	1177	0.002	-0.163	-0.080	1.275
17	1156	0.001	-0.162	-0.096	1.275



(a) Load condition



(b) Boundary conditions

Fig. 6 Load and boundary conditions of the rear side frame

Table 3 Material properties for the rear side frame in the analysis

Property	Material	Unit	steel	welded position
			Young's modulus	GPa
Density	kg/m <sup>3</sup>	7800	7800	
Poisson's ratio	-	0.3	0.3	
Yield strength	MPa	300	300	

메인 프레임과 보강 프레임의 접용접 부분을 구현하였다. 응력해석과 좌굴해석에서 지지부는 스프링-댐퍼 요소를 사용하였다. 스프링-댐퍼의 지지는 변위와 회전 6자유도를 구속하였으며, 메인 프레임과 지지부의 절점은 x, z방향의 변위를 구속하였다. 하중 조건은 상판 프레임에 균일분포하중 50 kPa의 하중을 가하였다. 좌굴해석에서는 양단 단순지지된 리어 사이드 프레임에 대해서 좌굴하중을 계산하였다.

비보강, 보강, 이중두께 리어 사이드 프레임과 보강 리어 사이드 프레임의 물성은 보통 steel의 물성을 사용하였으며, 용접된 구조물의 물성은 일반적인 용접 구조물보다 큰 일반 steel 물성의 2배의 탄성계수 ( $E=410GPa$ )로 취하였다<sup>10)</sup>.

### 3. 프레임의 구조해석

#### 3.1 구조응력해석

프레임의 구조응력해석에서는 비보강, 보강, 이중두께 리어 사이드 프레임에 대한 구조응력을

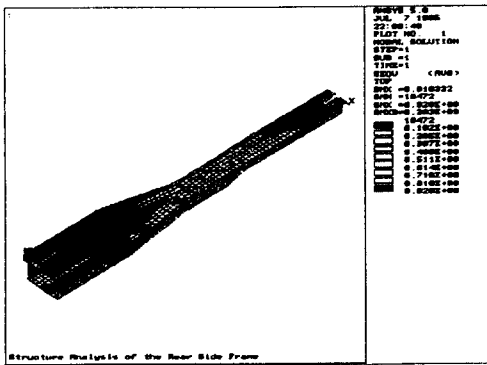
수행하였다. 보강 리어 사이드 프레임과 등가 응력을 갖는 이중두께를 제시하였으며, 그 때의 변형률도 제시하였다.

Fig. 7, 8은 비보강과 보강 리어 사이드 프레임의 응력, 변형률, 변위의 해석 결과를 보여주고 있다. 비보강 리어 사이드 프레임은 길이가 증가하면서 「ㄷ」형 채널의 폭이 증가하며, 응력

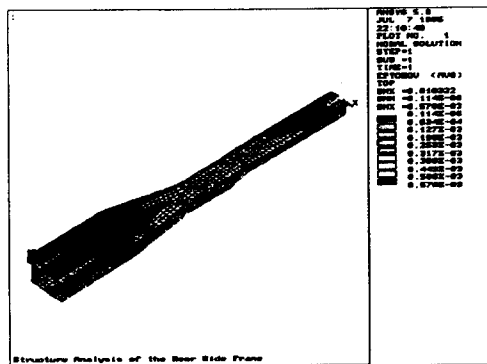
과 변형률도 크게 발생하고 있다. 최대 응력과 최대 변형률은  $z$ 가 888mm인 메인 프레임에서 발생하였다. 비보강 메인 프레임의 최대 응력은 92.0MPa 정도 발생하였으며, 변형률은 570 $\mu$ 수준이다. 보강 리어 사이드 프레임은 길이가 증가하면서 「ㄷ」형 채널의 폭이 증가하며, 응력과 변형률도 크게 발생하고 있다. 비보강 리어 사이드 프레임과 마찬가지로 최대 응력과 최대 변형률은  $z$ 가 888mm인 메인 프레임에서 발생하였다. 최대 응력은 80.9MPa을 보이고 있으며, 최대 변형률은 501 $\mu$ 의 결과를 보이고 있다. 최대 응력과 최대 변형률은 메인 프레임에서 발생하였다. 보강 프레임의 최대응력과 최대변형률은 「ㄷ」형 채널의

폭이 증가하면서  $z$ 가 888mm에서 발생하였다. 최대응력은 45.5MPa정도이고, 최대 변형률은 282 $\mu$ 수준이다. 보강 리어 사이드 프레임과 등가 응력을 기준으로 하여 이종두께 ( $t_3$ )가 1.8mm인 이종두께 리어 사이드 프레임의 응력과 변형률 선도를 제시하였다. Fig. 9는 이종두께가 1.8mm일때의 응력과 변형률 선도이다. 최대응력은  $z$ 가 888mm인 메인 프레임에서 발생하였다. 비보강 리어 사이드 프레임과 마찬가지로 최대 응력과 최대 변형률은  $z$ 가 888mm인 메인 프레임에서 발생하였다. 그리고 지지점에서도 높은 응력을 보이므로 다른 부분에 비해서 강성을 증가시켜야 한다.

Table 4는 비보강, 보강, 이종두께 리어 사이

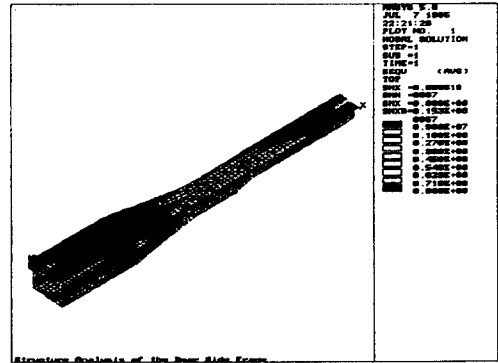


(a) Stress contour

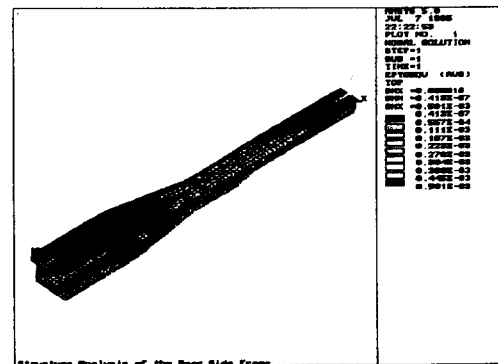


(b) Strain contour

Fig. 7 Stress and strain contour of the unstiffened rear side frame

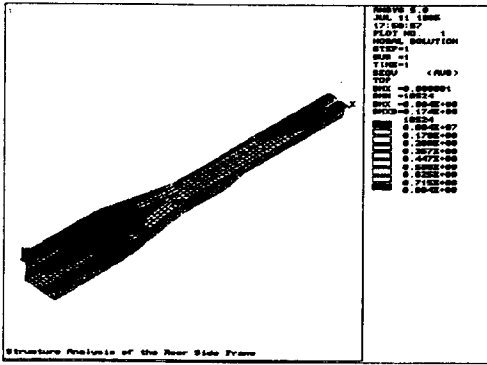


(a) Stress contour

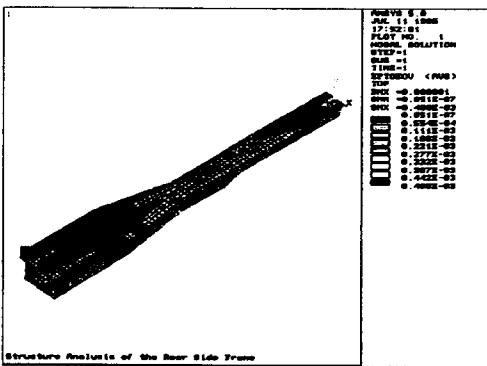


(b) Strain contour

Fig. 8 Stress and strain contour of the stiffened rear side frame



(a) stress contour



(b) Strain contour

Fig. 9 Stress and strain contour of the dual thickness rear side frame

Table 4 Stress, strain and weight variation of the unstiffened, stiffened and dual thickness rear side frame by varying dual thickness

Frame	Item	weight (kg)	maximum stress (MPa)	maximum strain ( $\mu$ )
unstiffened rear side frame		8.74	92.0	570
stiffened rear side frame		11.11	80.9	501
dual thickness rear side frame	dual thickness $t_3=1.7\text{mm}$	8.97	86.0	532
	dual thickness $t_3=1.8\text{mm}$	9.20	80.4	498
	dual thickness $t_3=1.9\text{mm}$	9.43	75.4	467
	dual thickness $t_3=2.0\text{mm}$	9.66	70.9	439

드 프레임의 이종두께 변화에 따른 중량, 최대 응력, 최대 변형률의 변화를 보이고 있다. 보강 리어 사이드 프레임과 등가응력을 기준으로 할때 이종두께 리어 사이드 프레임의 이종두께는 1.8mm이며, 중량은 17.2%가 감소하였다.

### 3.2 구조좌굴해석

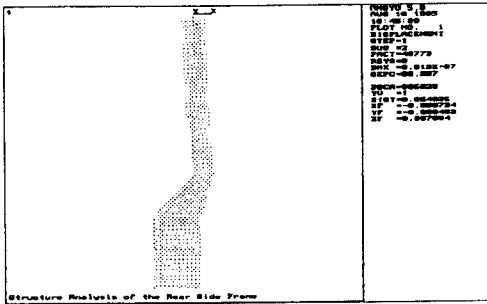
Table 5는 양단 단순지지 경계조건을 갖는 비보강, 보강, 이종두께 리어 사이드 프레임의 중량과 좌굴하중이다. Fig. 10은 양단 단순지지 경계조건을 갖는 비보강과 보강 리어 사이드 프레임의 좌굴해석에 대한 결과를 보여주고 있다. 비보강 리어 사이드 프레임의 좌굴하중은 48.77kN이다. 보강 리어 사이드 프레임의 좌굴하중은 52.54kN이다. 보강 리어 사이드 프레임의 좌굴하중은 비보강 리어 사이드 프레임의 좌굴하중에 비해서 7.7%좌굴하중이 증가하였으며, 중량은 27.1%증가하였다. Fig. 10(c)는 이종두께가 1.9mm인 양단 단순지지 경계조건을 갖는 이종두께 리어 사이드 프레임의 좌굴해석에 대한 결과를 보여주고 있다. 보강 리어 사이드 프레임의 좌굴응력과 등가인 이종두께는 1.9mm이다.

등가좌굴하중을 기준으로 하면, 보강 리어 사이드 프레임과 등가인 이종두께 프레임의 중량은 15.1%의 감소를 얻을 수 있다. 보강 리어 사이드 프레임을 이종두께 리어 사이드 프레임으로 대체했을 경우 상당한 중량의 감소를 얻을 수 있다.

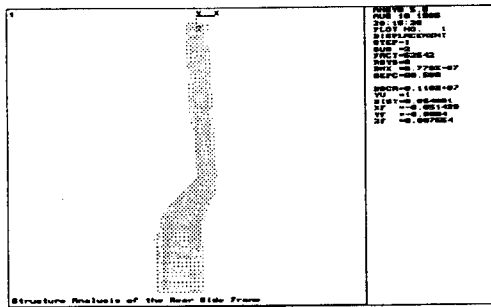
Table 5 Buckling load of the unstiffened, stiffened and dual thickness rear side frame with both ends simply supported boundary condition

Frame	Item	weight (kg)	buckling load (kN)
unstiffened rear side frame		8.74	48.77
stiffened rear side frame		11.11	52.54
dual thickness rear side frame	dual thickness $t_3=1.7\text{mm}$	8.94	51.09
	dual thickness $t_3=1.8\text{mm}$	9.20	51.97
	dual thickness $t_3=1.9\text{mm}$	9.43	52.68
	dual thickness $t_3=2.0\text{mm}$	9.66	53.28

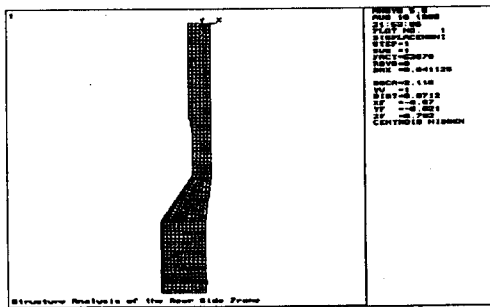




(a) unstiffened rear side frame



(b) stiffened rear side frame



(c) dual thickness rear side frame

Fig. 10 Buckling load of the unstiffened, stiffened and dual thickness rear side frame with both ends simply supported boundary condition

### 3.3 구조진동해석

Table 6은 비보강, 보강, 이중두께 리어 사이드 프레임의 진동해석과 결과를 제시하였다.

Table 6 Natural frequency of the unstiffened, and dual thickness rear side frame

Frame Modes	frequency of unstiffened rear side frame (Hz)	frequency of stiffened rear side frame (Hz)	frequency of dual thickness rear side frame (Hz)
1	16.0	14.1	15.4
2	22.0	21.1	21.5
3	30.1	35.0	31.8
4	109.0	116.0	112.9
5	176.0	163.6	179.8

Fig. 11 (a) ~ 11 (c)는 비보강, 보강, 이중두께 리어 사이드 프레임의 5차 진동해석의 결과를 보여 주고 있다. 비보강 리어 사이드 프레임의 1~5차 진동수는 16.0, 22.0, 30.1, 109.0, 176.0 Hz이다. 비보강 리어 사이드 프레임의 1차 진동모드는 전체적으로 y방향으로 이동하는 병진모드를 나타내고 있다. 2차 진동모드는 제1지지 스프링-댐퍼에서는 y방향으로 증가하며, 제3지지 스프링-댐퍼에서는 -y방향으로 이동하는 병진 모드를 보이고 있다. 3차 진동모드는 비틀림 모드를 나타내고 있다. 4차 진동 모드는 비틀림 모드이다. 5차 진동모드는 굽힘모드를 보이고 있다, 보강 리어 사이드 프레임의 1~5차 고유 진동수는 14.1, 21.0, 35.0, 116.0, 163.6 Hz이다. 구조진동해석에서 비보강 리어 사이드 프레임과 보강 리어 사이드 프레임의 고유 진동수 중에서 5차 고유 진동수의 모드는 굽힘모드가 나타나 있으며, 1, 2차 모드는 병진모드이며, 3, 4차 모드는 비틀림 모드이다. 이중두께 리어 사이드 프레임의 1~5차 고유 진동수는 15.4, 21.5, 31.8, 112.9, 179.8 Hz이다. 구조진동해석에서 보강 리어 사이드 프레임과 마찬가지로 고유 진동수 중에서 5차 고유 진동수의 모드는 굽힘모드가 나타나고 있으며, 1, 2차 모드는 병진모드이며, 3, 4차 모드는 비틀림 모드이다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 구조응력해석

비보강 리어 사이드 프레임의 최대 응력과 최대 변형률은 z가 888mm인 메인 프레임에서 발생하였다. 비보강 메인 프레임의 최대 응력은 92.0MPa정도 발생하였으며, 변형률 수준은 570μ이다. 보강 리어 사이드 프레임은 비보강 리어 사이드 프레



이동하는 병진 모드를 보이고 있다. 3차 진동모드는 비틀림 모드를 나타내고 있다. 4차 진동모드는 비틀림 모드이다. 5차 진동모드는 굽힘 모드를 보이고 있다. 보강 리어 사이드 프레임의 1~5차 각각의 고유 진동수는 14.1, 21.0, 35.0, 116.0, 163.6 Hz이다. 비보강 리어 사이드 프레임과 마찬가지로 고유 진동수 중에서 5차 고유 진동수의 모드는 굽힘 모드가 나타나고 있으며, 1, 2차 모드는 병진모드이며, 3, 4차 모드는 비틀림 모드이다. 이중두께 리어 사이드 프레임의 1~5차 고유 진동수는 15.4, 21.5, 31.8, 112.9, 179.8 Hz이다. 구조진동해석에서 보강 리어 사이드 프레임과 마찬가지로 고유 진동수 중에서 5차 고유 진동수의 모드는 굽힘모드가 나타나고 있으며, 1, 2차 모드는 병진모드이며, 3, 4차 모드는 비틀림 모드이다.

보강 점 용접 프레임은 비보강 점용접 프레임에 비해서 중량 증가에 비해 강성의 증가가 작아서 고유진동수가 감소하였으나, 이중두께 레이저 용접 프레임은 질량 증가에 비해 강성의 증가가 크므로 고유진동수가 증가하였다. 따라서 보강 점용접 프레임을 이중두께 레이저 용접 프레임으로 대체하면 중량 감소의 효과(강성 증가 효과)를 얻을 수 있다.

## 5. 결 론

보강 리어 사이드 프레임을 대치하여 이중두께 리어 사이드 프레임을 채용함으로써, 중량의 감소를 통하여 경량화를 이룰 수 있으며, 가공공정을 단순화할 수 있다. 응력과 좌굴, 진동해석을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 보강 리어 사이드 프레임은 비보강 리어 사이드 프레임에 비해서 최대응력과 최대변형률이 감소하였고, 보강 리어 사이드 프레임의 응력을 기준으로 할 때, 등가응력을 보이는 이중두께 리어 사이드 프레임은 중량은 17.2% 감소하였다.

2) 양단 단순지지 경계조건을 갖는 보강 리어 사이드 프레임은 비보강 리어 사이드 프레임에 비해서 좌굴하중과 중량은 증가하였으며, 보강 리어 사이드 프레임의 좌굴응력을 기준으로 할 때, 등가 좌굴하중을 보이는 이중두께 리어 사이드

드 프레임의 중량은 15% 감소하였다.

3) 보강 리어 사이드 프레임의 굽힘진동 모드를 보이는 고유진동수는 비보강 리어 사이드 프레임에 비해서 진동수가 감소한다. 등가응력을 기준으로 할 때 이중두께 리어 사이드 프레임의 고유진동수는 보강 리어 사이드 프레임의 고유진동수에 비해 증가하였으며, 비보강 리어 사이드 프레임과 비슷한 고유진동수를 보이고 있다.

## 참 고 문 헌

1. Beerman, H.J., 1984, "Static Analysis of Commercial Vehicle Frames : a Hybrid-Finite Element and Analytical-method", International Journal of Vehicle Design, Vol. 5, No. 1, pp.26-52
2. Prasad, K. S. R. K. and Subba, M. V., Rao H. J., 1989 "Analysis of Torsion Loads on Vehicle Structures and Suspension Systems by Simplified Elastic Models", International Journal of Vehicle Design, Vol. 10, No. 6, pp.687-702
3. Pries, H. and Wille, H.-Chr., 1984, "Some Examples of Modern Vehicle Design Analysis by the Finite Element Method", International Journal of Vehicle Design, Vol. 5, No. 1, pp. 53-66
4. 이영신 외, 1997. "이중두께 금속용접 구조물의 구조해석 및 설계 최적화", 1차년도 보고서, 충남대학교 산업기술연구소
5. 이영신, 한재도, 한유희, 서정 (1996), "보강 박스 구조물의 진동 및 응력 해석", 한국소음진동학회지, Vol. 6, No2, pp. 147~162
6. 배원섭, 1992, "NEW 자동차 공학", 동명사
7. 장병주, 1991, "자동차 공학", 동명사
8. 김희철, 이재순, 1991, "최신 자동차공학", 동명사
9. Desalvo, G.J., 1989 "ANSYS User's Manual Vol. I, II", Swanson Analysis System, Inc
10. 정태은, 김창수, 이용래, 1994, "용접 결합주의 강성 평가에 의한 SPACE FRAME의 해석", 대한기계학회 추계 학술대회논문집 (I), pp. 230~234

(접수일자 : 1997. 3. 24)