

상용 버스용 알루미늄 시트 프레임의 개발에 관한 연구

우 호 광¹⁾ · 이 상 복²⁾ · 김 상 범^{*3)} · 김 현 영³⁾

현대상용차¹⁾ · 한일이화²⁾ · 강원대학교³⁾

A Study on the Development of Aluminum Seat Frame for Commercial Bus

Hokwang Woo¹⁾ · Sang Bok Lee²⁾ · Sang Bum Kim^{*3)} · Heon Young Kim³⁾

¹⁾Hyundai Motor Company, 800 Yongarm-Ri, Bongdong-Eup, Wanju-gun 565-904, Korea

²⁾Hanil E-Hwa, 398-1 Namsung-Ri, Shinchang-Myun, Asan-si 336-882, Korea

³⁾Dartment of Mechanical Engineering, Kangwon National University, Gangwon-do 200-701, Korea

(Received 30 April 2003 / Accepted 19 March 2004)

Abstract : This study presents the development of a new aluminum seat frame for the commercial bus. Back moment and seat belt anchorage analysis of the conventional steel seat frame was conducted as a base model. Effective aluminum section dimensions for aluminum pipe were calculated from equivalent stiffness and equivalent weight study. Back moment and seat belt anchorage strength with the developed aluminum seat frame were compared to those of the base model. Additionally, to pass the fatigue test, shape modification of side frame assembly was conducted. From this study we could reduce the weight of seat frame more than 5 kg. And the current analysis model and procedure can provide useful informations in designing a new commercial car seat and can reduce the overall design cost and time.

Key words : Commercial bus (상용버스), Finite element method(유한요소법), Equivalent section(등가 단면), Seat belt anchorage test(시트벨트 앵커리지 시험), Back moment test(후방 모멘트 시험), Weight reduction(경량화)

1. 서론

자동차의 중요한 구성 요소 중 하나인 시트는 차량 주행 시 전달되는 충격이나 진동을 적절하게 흡수하여 승객에게 안락성을 제공하는 역할을 한다. 또한 승객의 안전과 직접적인 연관성이 있기 때문에 충분한 강성과 강도를 가져야 하며, 충돌안전도 및 내구성 등과 같이 시트 프레임의 구조적 기능에 대한 설계 요구조건을 만족시켜야 한다. 특히 환경 보호와 에너지 절감에 대한 국내외의 관심이 증대되면서, 여기에 대응하기 위하여 경량화에 대한 연

구들이 많이 이루어지고 있다. Fig. 1은 현재 적용되고 있는 일반 고속버스용 시트를 보여준다. 상용차 시트는 승용차와 비교하여 구조가 간단하여 경량화율이 크지 않지만, 상대적으로 주행거리가 길고, 장착 갯수가 많아 알루미늄 시트를 적용할시 자동차 성능 및 연비 향상, 환경 오염방지 및 자동차 배기가스 규제를 만족시킬 수 있는 등의 많은 장점을 기대할 수 있다.

자동차 시트의 경량화는 알루미늄 단면의 최적 설계를 통한 부품의 경량화,¹⁾ 또는 플라스틱 같은 경량재료로 재료를 대체하는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다.²⁾

*To whom correspondence should be addressed.
laudem@andt.co.kr

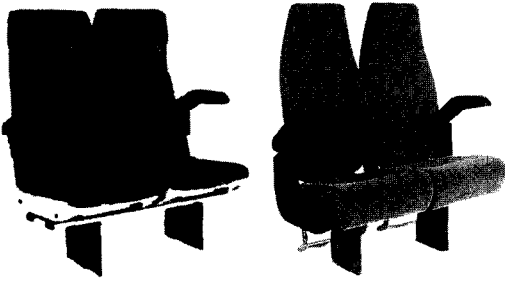


Fig. 1 Seat assembly for commercial bus

Table 1 Seat testing status^{10,11)}

	Load	Requirements	Regulation
Back Moment	38 kg _r -m	No failure	FMVSS 202
Seat Belt Anchorage	300 kg _r	No failure	FMVSS 210
Fatigue	38 kg _r -m	More than 60,000 cycle	No regulation
Head Rest	6.8 kg _r 24.1 kph	<80 G' during 3msec	FMVSS 201
Frontal Impact	30 mph	Chest G' < 60 HIC < 1000 Femer < 10 kN	FMVSS 208
Luggage	18kg _r 20G'	No failure at locking mechanism	ECE R17

특히, 알루미늄 재료는 엔진부품, 범퍼와 차체 등의 자동차 부품에 다양하게 사용되며, 복잡한 단면형상의 알루미늄 압출재는 경량화에 매우 효과적이어서 점차 그 사용이 확대되는 추세이다. 알루미늄 사용의 장점은 강재에 비하여 40%정도까지 경량화가 가능하다는 것이다.³⁾ 그러나, 알루미늄 시트 개발을 위해서는 구조강성 확보 및 제품을 구성하는 각각의 부품의 재료 특성, 설계, 제조방안 그리고 접합 기술에 대한 종합적인 대처가 필수적이다.

본 연구에서는 기존 강재 시트 프레임을 경량화한 45인승 상용 버스용 알루미늄 시트 프레임을 개발한 내용을 기술하고 있다. 시제품 제작 횟수를 줄이고 설계단계에서 강성에 대한 정보를 제공하기 위하여 유한요소 해석 방법을 적용하였다.⁴⁻⁹⁾ 상용차 시트는 크게 등받이(back frame)와 주프레임(main pipe)으로 이루어져 있다. 이들을 상호 연결시켜주는 부품으로는 전/후 두 개의 주프레임을 연결시켜주는 side assembly 및 등받이와 주프레임을 연

결시켜주는 힌지 브라켓(hinge bracket)으로 이루어져 있다(Fig. 2). 따라서 시트 개발시 수행되는 시험 규정(Table 1)중 이 부분들의 강성을 평가할 수 있는 시트벨트 앵커리지(seat belt anchorage)시험 및 후방 모멘트(back moment) 시험 그리고 반복 피로내구시험에 대한 해석을 수행하였으며,^{10,11)} 그 결과로부터 알루미늄 시트 프레임의 설계안을 확정하고, 시제품을 제작하여 실제로 반복피로내구시험 및 시트벨트 앵커리지시험을 수행하여 개발 모델의 안정성을 확인하였다.

2. 기존 강재 시트 프레임의 구조강도 해석

2.1 비교모델의 유한요소 모델링

개발하고자 하는 알루미늄 시트 프레임의 비교모델인 강재 시트 프레임(steel seat frame)에 대한 유한요소 모델링을 수행하였다. 강재 시트 프레임은 셀, 보 및 솔리드 요소로 모델링하였다. 강재 시트 프레임의 전체 유한요소 모델을 Fig. 2에 보였다. 총 20여개의 부품으로 이루어져 있고 12,772개의 요소와 13,267개의 절점으로 구성되었다. 유한요소 모델 무게는 12.34kg으로 계산 되었으며, 동일 부품에 대한 실제 Seat 무게인 11.944kg과 비교하여 볼 때 비교적 상세히 모델링 되었음을 알 수 있다.

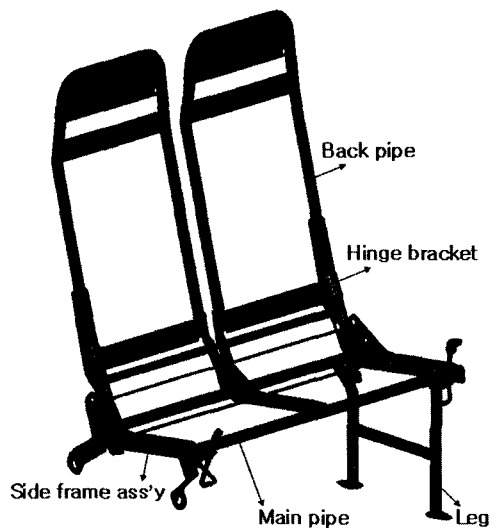


Fig. 2 F.E. model of steel seat frame

Table 2 Material property for steel seat frame

Material	Young's Modulus (GPa)	Yield Stress (MPa)	Strain at break (%)	Tensile Stress (MPa)
STKM11A	200	175	30-35	290
SS41	176	245	17	400
SPCC	210	195	26	400
SUS 304 (304SS)	200	205	40	519

강도에 가장 큰 영향을 미치는 주프레임은 STKM11A재질로서 외경이 25.4mm이고, 두께는 1.5mm인 재료로 모델링 되었다. Side frame assembly는 SS41 재질로서, 두께 4.5mm인 재료로 모델링을 수행하였다. 힌지 브라켓은 SPCC재료이며, 두께는 2.3mm이다. 다리(leg) 부분은 1.5mm 두께의 SUS 재료로 모델링하였다. 강재 시트 프레임에 적용된 재료에 대한 항복응력 및 인장응력 등에 대한 물성치 값을 Table 2에 나타내었다. 시트의 결합부는 강체 요소를 사용하여 모델링을 하였다. 모델링에 사용된 요소 크기는 10mm내외이다.

2.2 비교모델 구조강도 해석

개발하고자 하는 알루미늄 시트 프레임의 강성에 대한 기준을 마련하기 위해, 스틸 시트 프레임을 비교 모델로 설정하였으며, 후방모멘트 해석과 시트벨트 앵커리지에 대한 구조강도 해석을 수행하였다.

2.2.1 후방 모멘트 해석

후방 모멘트 해석을 위한 경계조건 및 하중조건을 Fig. 3에 나타냈다. FMVSS 202 규정에 따라 착석 기준점에 대하여 38 kgf-m의 모멘트를 프레임 상단에 부가하였다. Fig. 4는 최대하중은 38 kgf-m가 적용 되었을 때 변형량 및 응력 분포를 보여준다. 등받이의 최대 변형은 58.32mm로 평가 되었으며, 좌굴로 인한 등받이의 과도변형은 발생하지 않았다. 최대 유효 응력은 힌지 브라켓의 회전 부위에 발생 하였으며, 269MPa로 파단응력 400MPa보다 작은 값이다.

2.2.2 시트벨트 앵커리지 해석

시트 전체 구조물에 대한 시트벨트 앵커리지 강도해석은 FMVSS 210 규정중 상용차에 대한 부분을

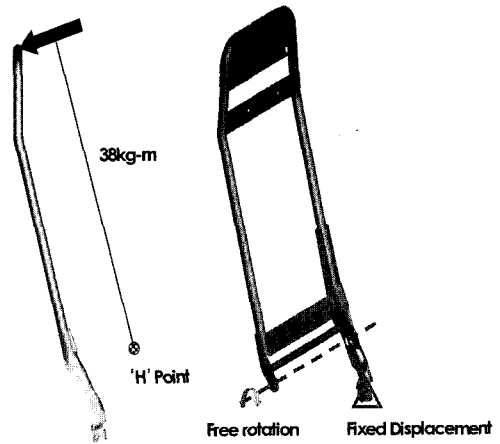


Fig. 3 Initial configuration of back moment test

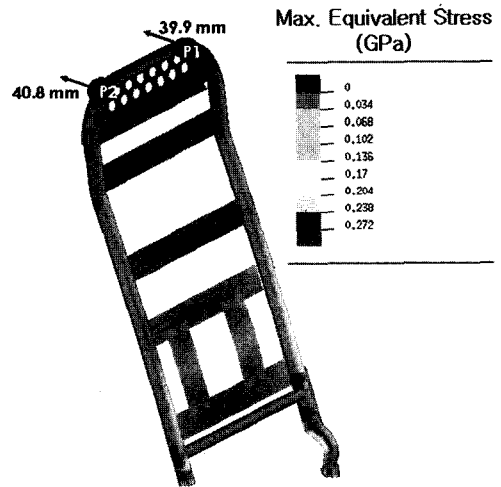


Fig. 4 Maximum deflection and equivalent stress distribution

적용하였다. 이때의 하중은 Fig. 5와 같은 형상의 골반 벨트 바디블럭에 300kg의 하중을 최소 10도에서 최대 15도 사이로 작용시키도록 규정하고 있다. 이때, 시트 구조물의 다리는 바닥에 고정되며, 반대쪽의 시트 프레임은 측벽면에 고정된다. 시트벨트 앵커리지 하중 적용시 하중 전달을 실제 시험과 유사하게 보이기 위하여 시트벨트를 1차원 바요소로 모델링 하였다. 해석에는 PAM-CRASH를 사용하였다. Fig. 6에서 해석 모델에대한 경계조건과 변형을 비교하기 위한 측정점을 나타내었다.

시트에 적용하는 하중은 동적인 효과를 최소화하

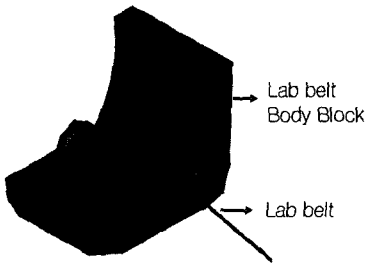


Fig. 5 Pulling wire and lab body block model

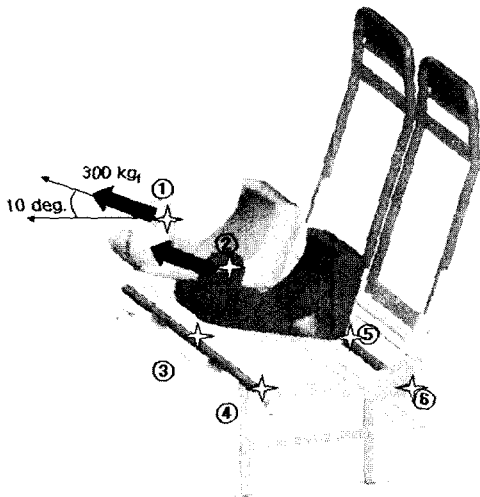


Fig. 6 Loading condition for seat-belt anchorage test

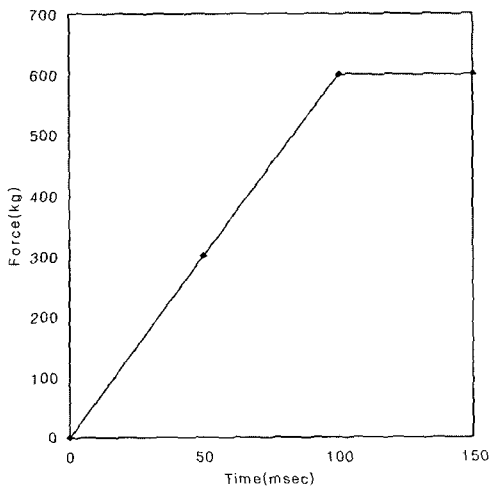


Fig. 7 Load curve for seat-belt anchorage test

기 위하여 양쪽 바디 블록에 대하여, 각각 약 100msec 동안 일정한 기울기를 유지하여 100% 하

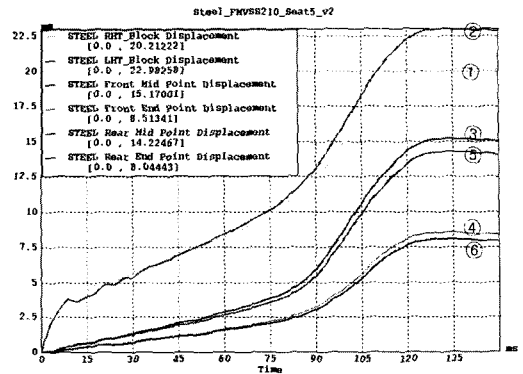


Fig. 8 Displacement history at each point

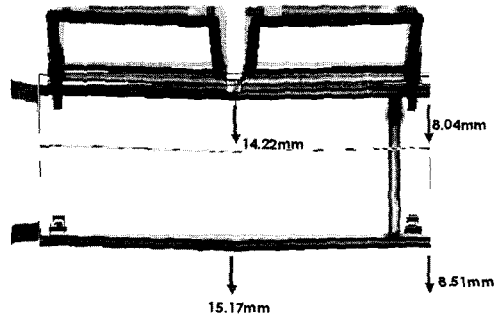


Fig. 9 Displacement magnitude at main frame

중인 300kg에 도달하도록 적용하였으며, 이후 50msec 동안 하중을 유지하도록 설정하였다(Fig. 7).

Fig. 8에서는 시트벨트 앵커리지 하중을 적용하였을 때 시트 프레임 및 바디 블록에서의 각 측정점에서 변형량을 보여준다. 시트 프레임 자체의 변형 모습을 Fig. 9에 나타내었다. 강제 시트 프레임에서의 최대 변형은 주프레임 중앙(측정점 ③)에서 나타났으며, 15.17mm로 평가 되었다.

유효 응력의 분포는 Fig. 10과 같이 나타났으며, 최대 유효 응력은 메인 파이프와 측벽 연결부에서 278MPa로 평가되었다. 강제 시트 프레임의 시트벨트 앵커리지 하중 해석 및 후방 모멘트 하중 해석 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Steel seat frame stiffness

	Maximum displacement of seat frame occurs at	Magnitude
Seat belt anchorage simulation	Center of front main cross pipe(P3)	15.17
Back moment simulation	Upper right (P2)	58.32



Fig. 10 Equivalent stress distribution

3. 알루미늄 시트프레임의 설계

3.1 Main Pipe

시트벨트 앵커리지 하중시험시 시트 강성은 주프레임의 강성과 관계되고, 백모멘트 시험은 등받이의 굽힘 강성에 영향을 받는다. 따라서 적용되는 하중 조건에 따른 부품 형상 및 두께의 설계가 경량화 설계에 유용함을 알 수 있다.

본 논문에서는 경량 재료로서 알루미늄을 사용하였으며, 사용된 알루미늄 6061-T6의 재료의 물성치를 Table 4에 나타내었다.

Table 4 Material property for Al-6061-T6

	Young's Modulus (GPa)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
A6061-T6	69	272	294	15

주 프레임은 기존 강재 시트에서의 프레임 형상과 같이 원형 프레임으로 형상을 결정하였으며, 이에 대하여 동등 이상의 강성을 확보하기 위한 등가 강성식을 적용하였다. 강재 프레임과 알루미늄 프레임의 등가 굽힘강성은 식 (1)과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$E_{st}I_{st} = E_{al}I_{al}$$

$$E_{st} \frac{\pi(d_o^4 - d_i^4)_{st}}{12} = E_{al} \frac{\pi(d_o^4 - d_i^4)_{al}}{12} \quad (1)$$

여기서, E_{st} : Young's modulus of steel

I_{st} : Section modulus of steel

E_{al} : Young's modulus of aluminum

I_{al} : Section modulus of aluminum

d_o : outer diameter, d_i : inner diameter

위 식을 이용하여 등가의 강성을 갖도록 하기 위한 원형파이프의 내경과 외경의 관계를 구할 수 있으며, 이것을 도시하면 Fig. 11의 effective stiffness lower bound가 된다. 즉 경계선 이상의 영역에서 내/외경을 설계하면 동등이상의 강성을 갖는 단면설정이 가능하다. 무게에 대하여 등가인 단면 계산은 식 (2)로부터 외경과 내경의 관계를 알 수 있다. 식에서 사용된 강재와 알루미늄의 밀도는 각각 7860kg/m^3 과 2800kg/m^3 으로 가정하였다.

$$\rho_{st}A_{st}L = \rho_{al}A_{al}L$$

$$\rho_{st} \frac{(d_o - d_i)_{st}^2}{4} = \rho_{al} \frac{(d_o - d_i)_{al}^2}{4} \quad (2)$$

식 (2)로부터 구한 외경과 내경의 관계는 Fig. 11에서 effective mass upper bound이며, 동등 이하의 질량을 갖기 위해서는 경계선 아래 영역에 내/외경이 존재하면 된다. 따라서 설계 가능한 영역은 두 경계선 내에 존재해야하며, 이때 생산성을 고려하여 선택하도록 하였다.

본 연구에서는 안전도와 성형성 등을 고려하여 지름 35mm, 두께 1.6mm인 파이프를 결정하였으며, 이것은 설계 가능영역에 존재한다.

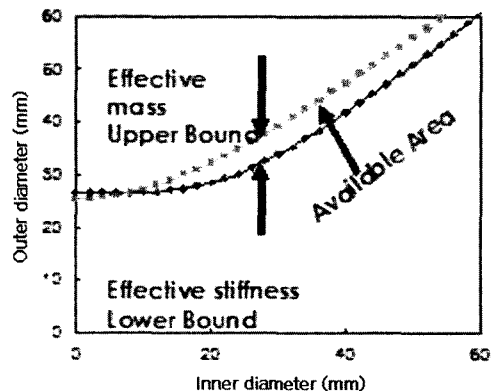


Fig. 11 Design region for circular aluminum

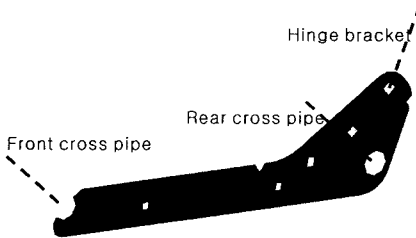
3.2 Side Frame

Side frame은 두개의 주프레임을 연결하는 부품이다. 주요 기능은 시트벨트 앵커리지 하중 작용시 후방 주프레임에 작용되는 시트벨트 앵커리지 하중을 전방 주프레임에 분담시키는 것이며, 두 번째 기능은 힌지 브라켓을 고정하는 역할을 한다. 강재 시트의 경우 사이드 프레임은 Fig. 12(a) 같이 절단된 부품에 전/후방 메인 파이프를 용접하여 연결하도록 되어 있으며, 등받이는 나사를 사용하여 고정하도록 만들어져 있다. 본 연구에서 개발한 알루미늄 시트 프레임의 side frame은 전/후방 주프레임을 side frame에 삽입하도록 제작하였다. 특히 부품의 공용성을 증대시키고, 가공 횟수를 줄이기 위하여 Fig. 12 (b)와 같이 압출하여 제작하도록 설계하였다.

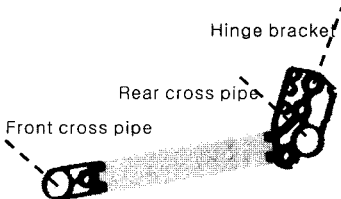
Table 5는 강재 시트 프레임과 알루미늄 시트 프레임의 무게를 비교하였다. 알루미늄 시트 프레임에서 등받이부분은 약 3.4kg의 경량화가 이루어졌으며,

Table 5 Weight reduction of aluminum seat frame

PART NAME	Steel Seat (kg)	Aluminum Seat (kg)	Weight Reduction (kg)
Back Frame Part	13.30	9.90	-3.4
Main Frame Part	4.94	2.44	-2.5
Others	10.76	9.98	-0.78
Total	29.00	22.32	-6.68



(a) Steel seat frame



(b) Aluminum seat frame

Fig. 12 Design of side frame

며, 주프레임에서는 약 2.5kg의 경량화가 이루어졌다. 전체적으로는 6.68kg의 경량화가 이루어질 것으로 예상되며, 이는 목표치인 5kg을 만족시키며, 45인승의 상용버스에서 전체 경량효과는 150kg정도 기대할 수 있다.

4. 알루미늄 시트 구조강도 해석

4.1 후방 모멘트 강도 평가

알루미늄 시트 프레임의 등받이에 대하여 강도평가를 수행하였다. 적용하중은 강재 시트의 하중과 동일하게 38kgf·m의 모멘트를 적용하였다. 이때의 변형량 및 유효응력 분포를 Fig. 13에 나타내었다.

최대 변위는 강재 시트 프레임과 같은 위치인 P2에서 최대 변위가 발생하였으나, 알루미늄 프레임에서 17.52mm 적은 40.8mm의 변형이 발생하였다. 최대응력은 강재 모델과 동일하게 힌지 브라켓에서 발생하였으며, 353MPa로 파단응력인 400MPa보다 작게 발생하였다.

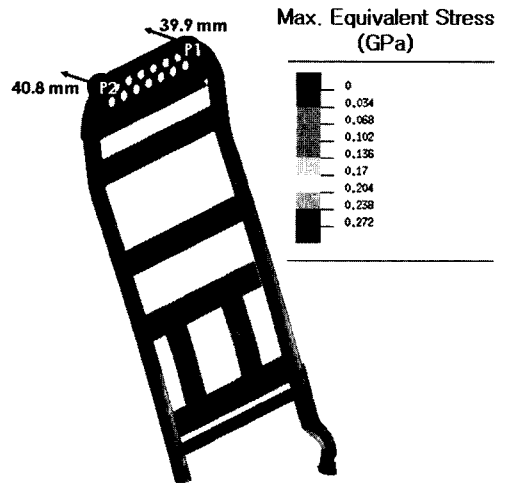


Fig. 13 Maximum deflection and equivalent stress distribution of aluminum seat frame

4.2 피로해석 및 side frame 재설계

Side frame 부품은 실제 차량 주행시 승객의 몸무게로 인해 지속적인 반복하중을 받는 부품이다.

따라서 시트 개발시, 규제화 되어 있지는 않지만, 차량의 수명기간 동안 품질을 보증하기 위해 모든

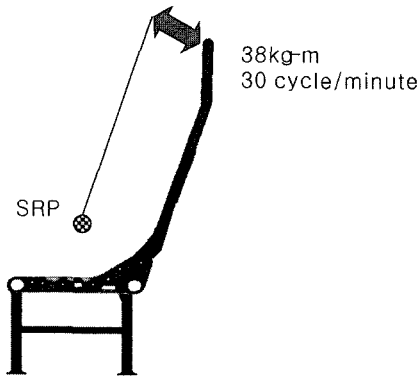


Fig. 14 Boundary condition for fatigue strength analysis

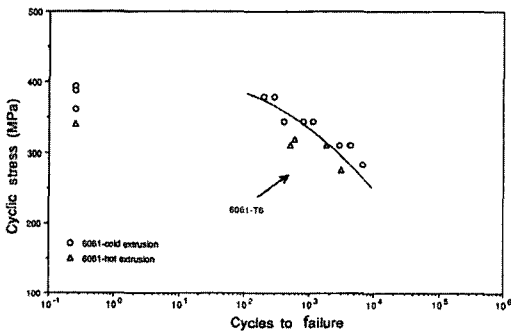


Fig. 15 Extruded 6061-T6 fatigue properties

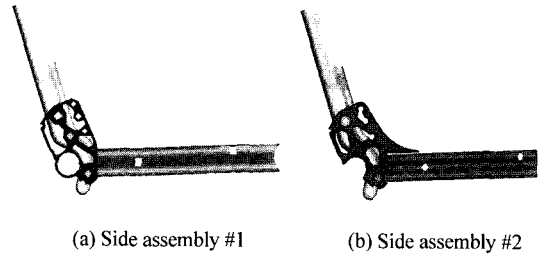


Fig. 17 Design of side frame

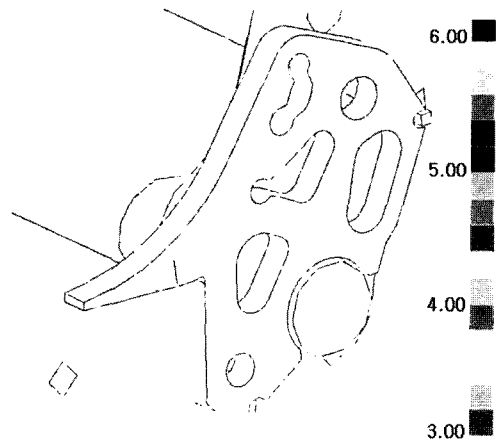


Fig. 18 Predicted life at side assembly bracket #2

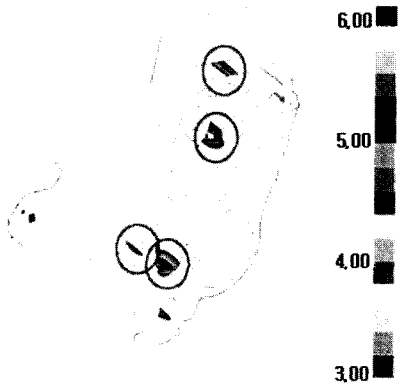


Fig. 16 Predicted log life at side assembly bracket

시트 설계과정에서 필수적으로 반복내구 시험을 수행한다.

본 연구에서는 3.2에서 제안된 side frame 형상에 대하여 반복내구해석을 수행하여 피로수명을 평가하고, 형상변경을 수행하였다. 해석시 경계조건은 Fig. 14와 같이 후방 모멘트 하중과 같은 값인 38

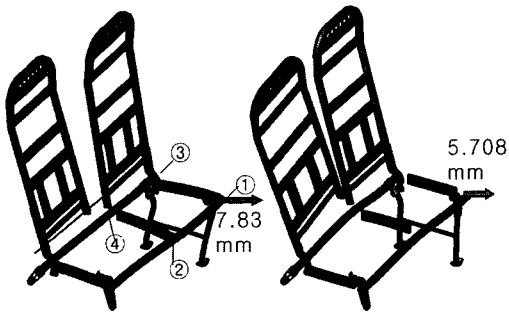
kgf-m를 30 cycle/minute의 속도로 전후방으로 작용시켰다. 이때 사용한 해석 프로그램은 MSC-FATIGUE이며, 알루미늄 재료의 응력-수명선도는 Fig. 15를 사용하였다.¹²⁾

Fig. 16은 해석 결과 구하여진 예상 수명을 log scale로 도시한 것이다. 그림에서 원으로 표시한 부분에서 목표치인 60,000 cycle 이하의 수명이 예측되었다.

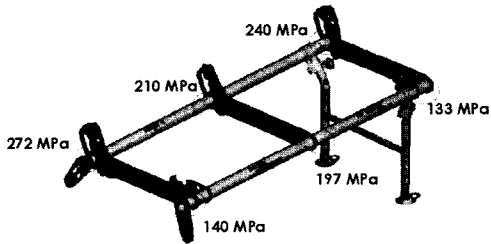
수명 개선을 위해 Fig. 17과 같이 연결부를 보강하고, 전체적으로 홀의 두께를 증가시키는 설계 변경을 수행하였다. Fig. 18은 변경된 모델에 대한 피로수명 해석 결과로서 목표치 이하의 값들이 모두 제거된 것을 볼 수 있다. 이때 중량은 개당 90g 증가하였다. 따라서 최종적인 중량 감소는 6.41kg으로 계산되었다.

4.3 시트벨트 앵커리지 해석 결과

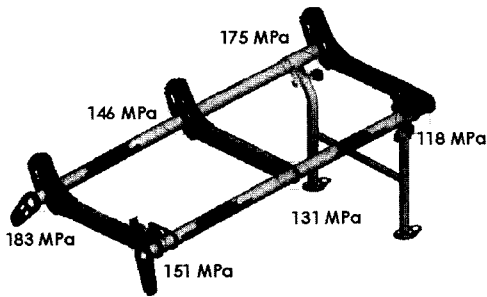
시트벨트 앵커리지 하중 해석에서도 동일하게 Fig. 17과 같이 사이드 마운팅 브라켓의 형상을 두가



(a) Side assembly #1 (b) Side assembly #2
 Fig. 19 Comparison of deformed shape and maximum displacement at ① from seat belt anchorage simulation



(a) Side assembly #1



(b) Side assembly #2

Fig. 20 Design of side frame

지 형태로 설정하여 해석을 수행하였다.

시트벨트 앵커리지 강도평가 결과, 최대하중 부가 이후 두 모델 모두에서 시트의 붕괴가 발생하지 않았음을 알 수 있다. Fig. 19에서 두 모델의 변형 정도를 5배 확대하여 보였다. 최대 변위가 발생한 측정점 ①에서 변형을 비교해 보면 브라켓 타입 #1에서 7.83mm 발생하였으며 타입 #2에서는 5.708mm 발생하였다. 강제 시트프레임에서는 이 부분에서의 변형이 8.51mm 발생하였다. 최대 응력은, Fig. 20에서 비교해 보면, 측벽 접합부분에서 발생하며 알루미늄

파이프에 걸리는 최대응력이 기존 272 MPa에서 183 MPa로, 타입 #2에서 응력이 더 작음을 알 수 있다.

본 해석을 통해, 사이드 프레임 #2 모델의 경우 결합부분의 강성을 보강해 주는 역할을 하도록 모델 변경을 하였기 때문에 시트벨트 앵커리지 하중 작용시 더 우수한 강성을 보이는 것으로 판단된다.

5. 개발 모델의 검증시험

5.1 반복내구시험

알루미늄 시트 프레임의 시제품을 제작하였으며 강도를 검증하기 위한 피로하중시험 및 시트벨트 앵커리지 시험을 수행하였다.

Fig. 21은 피로시험을 위한 시험장비 구성을 보여 준다. 시험규정 및 해석시 경계조건과 동일하게 시트가 바닥면과 측벽지그세트에 고정된 것을 볼 수 있다. 등받이 상단부에 유압장치가 부착되어 전/후 방향으로 하중을 가하도록 구성되어 있다. 반복 내구 시험 결과 파단은 약 150,000회에서 발생하였다. 파단의 발생 지점은 유압장치와 등받이의 고정부에서 발생하였다. 따라서 개발된 시트는 기대수명을 충분히 충족시키는 것을 알 수 있다.



Fig. 21 Test set-up for fatigue test

5.2 시트벨트 앵커리지 시험

시트벨트 앵커리지 시험 구성은 해석 과정과 동일하게 바디 블럭을 시트위에 얹은 후, 시트벨트로 고정하고, 수평방향에 대하여 상향 10도 각도를 유



Fig. 22 Seat belt anchorage test set-up with developed aluminum seat frame



Fig. 23 Deformed shape at 100% seat belt anchorage load condition

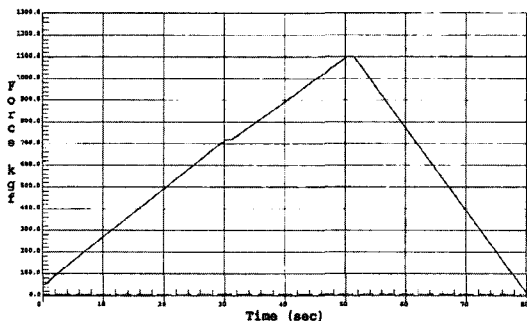


Fig. 24 Force applied seat belt anchorage test

지하면서 쇠사슬로 바디 블럭을 당기도록 하였다 (Fig. 22). Fig. 23에서 시트벨트 앵커리지 시험 규정에 의거하여 30sec 부근에서 최대 하중인 600kgf 작

용시 시트의 상태를 보여 주는 것으로서, 시트부 전체에 육안으로 보았을 때 붕괴가 발생하지 않은 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 24의 힘-시간 선도를 보면 600kgf까지 하중감소 없이 선형적으로 증가하는 것을 통해 시트 프레임의 주요부에 파단이 발생하지 않았음을 예측할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 경량시트에 대한 구조강도 해석을 수행하였으며, 시제품을 제작하여 강성을 평가하였다. 개발 과정 및 시제품 시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 상용차에 적용되고 있는 강재 시트 프레임을 알루미늄 구조로 대체하기 위한 기준 모델로서 유한요소 모델링 및 구조해석을 수행하였다. 시트벨트 앵커리지 시험에 관하여 구조강도해석을 수행한 결과 프레임에서의 최대 변위가 15.17mm 발생하였으며 최대하중에서 좌굴이 발생하지 않았다. 후방 모멘트 하중 적용시 최대 변형은 58.32mm 발생하였으며 등받이의 좌굴은 발생하지 않았다.
- 2) 반복 내구해석을 수행하였을 때 사이드 프레임 타입 #1에서 목표치 이하의 수명이 발생하였다. 따라서 결합부위 및 홀 부분을 보강한 타입 #2를 제안하였으며, 이때 반복 내구해석에서 목표치 이상의 수명이 예측되었다.
- 3) 사이드 프레임 타입 #2를 적용하였을 때, 시트벨트 앵커리지해석 결과 프레임부의 최대 변위는 5.708mm로 같은 위치에서 강재 시트 프레임의 8.51mm보다 작게 발생하였기 때문에 강도성능 기준을 만족시킴을 알 수 있다. 이때 알루미늄 시트 프레임의 무게는 22.59kg으로 강재 시트 프레임과 비교하여 약 6.41kg의 무게감소가 있었고, 목표치인 5kg 이상의 경량화를 이룰 수 있었다.
- 4) 시트벨트 앵커리지 해석에서의 최대 응력은 측벽과 연결되는 주프레임에서 발생하였으며, 타입 #1에서는 최대 응력이 272MPa로 계산되었고, 타입 #2에서는 183MPa로 계산되었다.
- 5) 시제품을 제작한 후 반복내구시험 및 시트벨트 앵커리지 하중을 수행하였다. 반복내구에서는

150,000회 이상의 수명을 보였으며, 시트벨트 앵커리지 시험에서는 규정하중인 600kgf까지 과단이 발생하지 않았다.

References

- 1) J. Y. Jung, B. J. Kim, S. J. Heo, S. K. Lee, H. S. Kim, C. H. Jung, "Optimal Design and Analysis of Automotive Light Weight Seat in Consideration of Safety," Spring Conference of KSAE, pp.722-727, 2002.
- 2) H. G. Kim, G. H. Choe, B. H. Lee, Y. T. Cho, D. J. Lee, "A Study on the Lightweight Design of a Seat Frame in Automotive Vehicle," Transaction of the KSME, Vol.8, No.1, 1999.
- 3) M. Saito, S. Iwatsuki, K. Yasunaga, K. Andoh, "Development of Aluminum Body for the Most Fuel Effecient Vehicle," JSAE Review 21, pp.511-516, 2000.
- 4) H. Y. Lee, J. Y. Lim, H. T. Boom, "The Finite Element Analysis of Car Seat Frame According to The FMVSS Strength Test," Transactions of KSAE, Vol.7, No.6, pp.341-247, 1999.
- 5) O. K. Lim, J. S. Lee, H. C. Roh, J. M. Choi, "Optimum Design of Automobile Seat Upper Arm Using Finite Elements," Transaction of Computational Structural Engineering Institute, Vol.14, No.2, pp.135-141, 2001.
- 6) H. Y. Kim, S. K. Lee, J. J. Kim, K. S. Lee, "Optimum Design and Impact Characteristics for Automobile Seat," The Ninth International Pacific Conference on Automotive Engineering, November 16-21, pp.25-30, 1997.
- 7) B. K. Chun, J. H. Choi, K. H. Park, "Development of Rear Impact Analysis Technique for Construction Lightweight Seat System with High Strength," SAE 96380103, 1996.
- 8) Y. Sugiyama, N. Niikura, "Strength Analysis of a Seat Slide using PAM-CRASH," PUCA94, pp.107-112, 1994.
- 9) S. J. Hopper, D. R. Ellis, "Aviation Safety and Crashworthy Seat Design," NATO/ASI, 1996.
- 10) "Seating System Test," FMVSS No.207, NHTSA USA, 2003.
- 11) "Seat Belt Assembly Anchorage Test," FMVSS No.210, NHTSA USA, 2003.
- 12) S. C. Bergsma, M. E. Kassner, X. Li, M. A. Wall, "Strengthening in the New Aluminum Allow AA6069," Material Science and Engineering A254, pp.112-118, 1998.