

# 자율주행자동차 전용 시트 모델 연구

김성호\* · 김수빈\*\* · 한경희\*\*\* · 신재호\*\*\*,† · 김정진\*\*\* · 장형진\*\*\*\* · 김시우\*\*\*\*\*

## Seat Model Study for Autonomous Vehicle

Seongho Kim\*, Subin Kim\*\*, Kyeonghee Han\*\*\*, Jaeho Shin\*\*\*,†, Kyungjin Kim\*\*\*, Hyung-Jin Chang\*\*\*\*, Siwoo Kim\*\*\*\*\*

*Key Words: Seat foam(시트 폼), Comfort(안락감), Seat frame(시트 프레임), Structural analysis(구조해석), Topology optimization(위상 최적화), Autonomous vehicle(자율주행자동차)*

### ABSTRACT

In the development of automated driving, interest in the interior parts of vehicle is to become more significant in terms of the occupant safety and comfort. This study proposed an optimal design of front seat according to the design requirements for frame stiffness and seat comfort. For the seat comfort, the appropriate foam thickness was obtained using the structural analysis under reclined occupant loadings. While the strength and stiffness analyses were performed to evaluate the seat frame structure. Topology optimization was carried out based on the simulation results and the derived optimal model and baseline seat design was updated. The conceptual seat design for the autonomous vehicle in this study showed that the model development process is appropriate for the design parameters in both frame stiffness and seat comfort.

### 1. 서론

최근 가장 중요한 제조 산업 중 하나는 자율주행 자동차 산업으로 특히, 운전자의 과실로 인해 발생하는 교통사고 감소방안으로 자율주행기술이 주목받으면서 자율주행 기술의 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>(1,2)</sup>

자율주행 자동차 기술 발전의 가속화로 자율주행 자동차는 연장된 생활공간의 기능을 할 것으로 예측되면서 실내공간에서의 활동과 그에 따른 실내공간 설계의 중요성이 과거에 비교해 높아져 단순한 기능적 실내공간 연출 이상으로 탑승자의 다양한 활동이 가능한 최적화된 실내

공간 설계에 대한 필요성이 중요해지고 있다.<sup>(3)</sup>

자율주행기술의 발전으로 자동차 내부 공간이 편안한 생활공간으로 전환되는 상황에서, 자동차의 주행 중 탑승자와 많은 시간 접촉하는 부품인 시트의 중요성이 증대되고 있고, 편안한 공간의 제공을 위해 안락한 시트의 필요성은 확대되고 있다. 자동차 시트는 단순히 탑승자의 하중을 지지하는 것에 그치지 않고 주행 중 안전성, 안락성, 편의성, 미려함 등이 종합적으로 고려된 것으로 안전설계, 인간공학 및 감성공학 분야가 반영되고 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 가져야 한다.<sup>(4)</sup> 또한, 기존의 시트는 운전자가 운전하기 적합한 자세를 기준으로 개발되어 있어 안락한 시트와는 다소 거리가 있으며, 다양한 승객 자세를 고려한 시트 모델의 연구는 제한적이다. 특히 자율주행 자동차의 탑승자가 자동차 내부를 생활공간으로 인식함에 따라 소비자의 감성적 욕구를 충족시키기 위하여 시트 모델 설계에 안락성, 심미성, 기능성에 초점을 맞추어 설계를 진행해야 한다.<sup>(5)</sup>

\* 경일대학교 대학원 기계공학과, 학생

\*\* 경일대학교 기계자동차학부, 학생

\*\*\* 경일대학교 기계자동차학부, 교수

\*\*\*\* 한국교통안전공단 자동차안전연구원, 연구위원

\*\*\*\*\* 한국교통안전공단 자동차안전연구원, 처장

†교신저자, E-mail: jhshin@kiu.kr

본 연구는 자율주행 자동차 승객의 탑승 자세에 따른 각도를 연구하고, 실험 결과를 바탕으로 시트 모델의 정적 안락감 평가 및 자동차 시트의 최적 설계 수행으로 자율주행 자동차 시트의 개념 모델 제안을 연구의 목적으로 하였다.

## 2. 안락감 연구방법

### 2.1. 시트 폼의 정적 안락감 특성 연구

시트의 기하학적 요인과 시트 폼의 재질 및 형상에 따라 시트의 안락감은 결정된다.<sup>(6)</sup> 시트의 기하학적 요인으로 각도, 재질, 형상이 있고, 시트 폼의 기하학적 요인으로 두께, 크기, 표면 형상 및 기울기 등이 있다. 본 연구에서는 시트의 기하학적 요인 중 각도를 선정하여 안락감을 평가하고자 하였고, 시트 폼의 기하학적 요인 중 안락감에 큰 영향을 미치는 폼 두께와 깊이를 선정하여 평가를 수행하였다. 평가 시 사용된 시트는 일반적으로 많이 적용되는 폴리우레탄 재질의 승용차용 시트로 고려하였다.

안락감을 평가하는 방법은 정적 평가와 동적 평가로 나누며, 정적 평가는 실험자들의 데이터를 통한 주관적 평가와 같이 고려하여 안락감을 판단하였다. 탑승자의 좌각 시편안한 자세를 평가하는 방법으로 Overall Load Deflection, Hard Profile Test, Impact Test, 체압 분포 평가방법이 있으며, 체압 분포 시험이 객관적인 평가지표로 많이 연구되고 있다.<sup>(6)</sup> 본 논문은 체압 분포 평가를 컴퓨터 시뮬레이션으로 수행하여 탑승객의 안락감을 평가하였다.

### 2.2. 안락감을 고려한 승객자세 연구

탑승객이 주행 중 편안함을 느끼는 시트 각도를 피실험자의 승객 자세 실험을 통해 주관적 데이터를 평균화하였다. Table 1과 같이 다양한 신체 사이즈를 가진 남녀를 대상으로 Fig. 1의 일반 승용차 시트 모델로 Fig. 2와 같이 진행하였다. 남자 8명, 여자 2명, 총 10명의 피실험자가 가장 편안함을 느끼는 시트 각도를 측정하는 실험을 수행하였다.

실험 방법은 시트에 앉아 각도를 달리하였을 때 편안하다고 느끼는 시점에 피실험자가 손을 들면 그 시점의 각도를 측정하여 데이터를 수집하였다. 실험은 Fig. 2와 같이 진행하였으며 바닥 면을 기준으로 피실험자의 엉덩이와 맞닿는 시트의 Bottom 사이 각도와 피실험자의 등이 맞닿는 시트의 Back 사이 각도를 Fig. 3과 같이 측정하였다.

Table 1 Test subject body size

	Sex	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Subject 1	Male	177	85	27.1
Subject 2	Female	160	55	21.5
Subject 3	Male	174	73	24.1
Subject 4	Male	180	60	18.5
Subject 5	Male	178	77	24.3
Subject 6	Male	170	85	29.4
Subject 7	Male	173	76	25.4
Subject 8	Female	163	52	19.6
Subject 9	Male	172	65	22.0
Subject 10	Male	176	75	24.2



Fig. 1 Seat model of a midsize sedan



Fig. 2 Occupant postures for comfort

피실험자들의 주관적인 판단으로 편안하다고 느낀 자세의 각도(bottom and back angles)를 측정하여 Fig. 3에서 정의한 Seat angle로 계산하여 Table 2에 나타냈다. 기준면인 바닥 면으로부터 피실험자들의 시트 Bottom에서 측정된 각도의 평균값은 약 10도, 시트 Back 각도의 평균값은 약 30도로 계산되었다. 피실험자의 평균 Seat

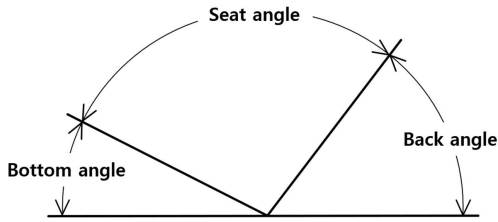


Fig. 3 Definition of seat angle

Table 2 Seat angles for comfort

	Bottom (°)	Back (°)	Seat (°)
Subject 1	10	30	140
Subject 2	7	29	144
Subject 3	5	36	139
Subject 4	16	26	138
Subject 5	15	27	138
Subject 6	10	30	140
Subject 7	8	40	132
Subject 8	4	28	148
Subject 9	11	28	141
Subject 10	10	29	141
Average	9.6	30.3	140.1

angle 값은 140.1도로 계산되어 Fig. 4와 같이 안락감 평가를 위한 간이 더미-시트 모델에 적용하였다.

### 2.3. 정적 안락감 평가를 위한 구조해석

#### 2.3.1. 안락감 평가를 위한 간이 더미 모델

충돌해석에 적용되는 더미 모델은 골반 부분이 강체 모델로 구성되어 다양한 자세를 모델링하여 해석모델에 적용하기에 제한적이다. 다양하게 젖혀진 자세를 평가하기 위해 시트 안락감 평가를 위한 간이 더미를 구성하였다. 개념적 구조해석을 위해 일반적인 더미 모델 또는 인체 모델처럼 머리, 상하지를 고려하지 않고 시트와 접촉하는 부위만 고려하였다. 간이 더미 모델은 상체와 하체로 분리하여 구성하였고 상체와 하체 모델은 THUMS(Total Human Model for Safety) AM50 Model<sup>(7)</sup>(Toyota Motor Corporation)의 형상과 크기 등을 참고하여 구성하였다.

체압 분포 시험<sup>(6,8)</sup>을 동적구조해석으로 구현하기 위해 간이 더미의 상체와 하체가 자유로운 거동을 보일 수 있도록 두 부위를 스프링으로 연결하였고, 시트의 안락감을 평

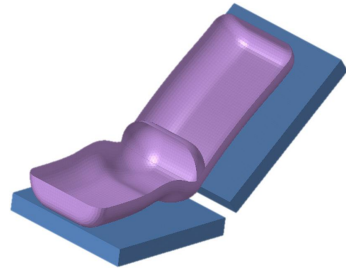


Fig. 4 Simple dummy model and seat foam

가하기 위한 간이 더미와 시트 모델을 Fig. 4와 같이 모델링하였다.

#### 2.3.2. 모델 구성 및 경계 조건

시트의 안락감을 평가하기 위한 적절한 폼 두께를 선정하고자 Radioss(Altair Engineering Inc., version 2022)를 이용하여 동적구조해석을 수행하였다. 일반 중형 승용차(Toyota Camry) 시트 모델의 평균 폼 두께인 50mm를 기준으로  $\pm 10\text{mm}$ ,  $\pm 20\text{mm}$  두께의 총 5가지 모델을 Table 3과 같이 구성하였고, Radioss의 Material Card MAT38을 사용하여 폴리우레탄 폼 모델링을 하였다. 폼 모델의 Stress-strain curve는 Fig. 5와 같다. 시트 폼 모델은 10mm 크기의 Hexa 요소(3D element)를 이용하여 구성하였다.

안락감 평가를 위해 간이 더미의 상체와 하체에 각각 30kg와 40kg의 무게를 부여하고, 중력가속도를 적용하였

Table 3 Foam thicknesses

Model	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Foam Thickness (mm)	30	40	50	60	70

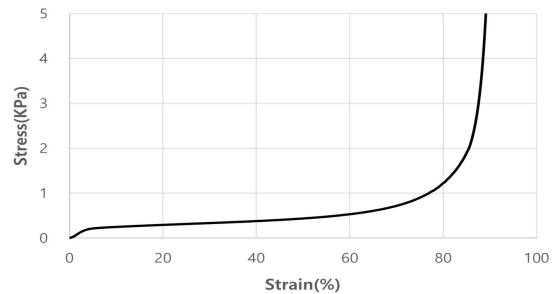


Fig. 5 Stress-strain curve of foam models

다. 또한 시간에 따른 시트 폼 변형의 수렴성을 확인하기 위해 계산시간은 3초로 설정하였다.

### 2.3.3. 해석 결과

선행연구<sup>(9)</sup>에 따르면 일반적으로 채압 분포 시험의 안락감 평가 기준으로 Max Pressure, Mean Pressure, Contact Area, Min Pressure, SPD 총 5가지의 평가 기준이 있다. 해석으로 구현할 수 있는 평가 항목인 Max Pressure, Mean Pressure, Contact Area의 3가지 항목으로 안락감을 평가하였다. 폼의 두께가 커짐에 따라 Max Pressure와 Mean Pressure는 최소화되고, Contact Area는 증대되어 우수한 안락감으로 평가된다고 보고되었다. 선행연구의 3가지 기준을 바탕으로 폼 두께가 다른 5가지 해석모델을 평가하여 Table 4와 같은 결과가 계산되었다.

폼의 두께가 클수록 Max Pressure는 작아지는 경향을 보이고, 간이 더미가 시트 폼에 닿는 면적으로 정의되는 Contact Area는 증대되는 경향성이 나타났다. Mean Pressure는 두께에 따라 상이한 결과로 계산되었다. 3가지 안락성 평가 기준에 대해 상대적으로 우수한 결과가 계산된 모델을 2가지 경우씩 선정하여 최종적으로 모든 기준에 대해 공통적으로 우수한 결과가 계산된 모델을 선정하였다. Max Pressure 기준에서 최솟값이 계산된 모델의 두께는 60mm와 70mm이고, Mean Pressure 기준에서 상대적으로 작은 값이 계산된 모델의 두께는 50mm와 60mm로 나타났다. Contact Area 기준에서 상대적으로 높은 수치가 계산된 모델의 두께는 60mm와 70mm로 나타났다. 결과적으로 모든 기준에서 우수한 결과가 계산된 모델은 60mm 폼 모델로 나타났다.

Table 4 Foam thickness evaluation results

Foam Thickness (mm)	30	40	50	60	70
Max. Pressure (MPa)	0.1412	0.1430	0.0957	0.0758	0.0580
Mean Pressure (MPa)	0.0311	0.0353	0.0207	0.0286	0.0312
Contact Area (mm <sup>2</sup> )	50,175	51,550	51,875	57,075	58,180

### 2.3.4. 안락감을 고려한 폼 변형 모델 및 해석 조건

Lieke de Mare 등은 시트 폼의 깊이 변화로 시트 접촉 면적을 증가시켜 평균 압력 값이 최소화되는 결과를 보고하였고,<sup>(10)</sup> 본 연구에서는 안락감이 우수한 폼 두께로 선정된 모델(폼 두께 60mm)의 폼 형상(폼의 중앙부 깊이)에 따른 접촉면적의 증대 및 평균 압력 값을 감소시킬 수 있는 모델을 도출하고자 하였다. Fig. 6과 같이 3가지 평가 기준에 의해 우수한 결과가 도출된 폼 두께 60mm 모델의 최종 변위에 해당하는 Convergence Displacement, 13.29mm를 기준으로 4가지 깊이가 다른 폼 모델(13.29mm \* 0.5, 1.0, 1.5, 2.0)을 Fig. 7과 같이 구성하였다.

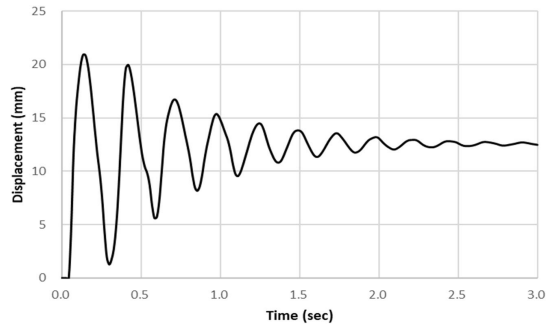


Fig. 6 Displacement-time history of a foam (t=60mm) model

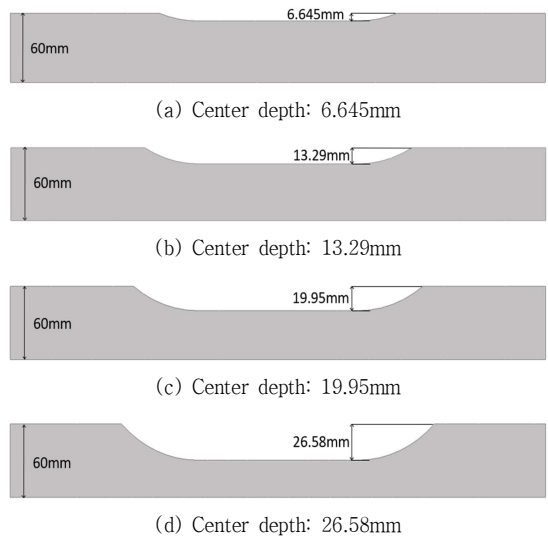


Fig. 7 Modified foam shape models

2.3.5. 폼 변형 모델의 해석 결과

안락감 평가 기준으로 적용했던 3가지 기준으로 4가지 폼 형상 변형 모델에 대해 간이 더미 모델을 이용하여 시트 동적구조해석을 수행하였고 해석결과를 Table 5에 나타내었다. 폼의 중앙부 깊이가 증가함에 따라 Max Pressure는 증가하는 경향을 보였으며, 중앙부 깊이, 6.645mm 모델의 결과를 제외하고 폼의 중앙부 깊이가 증가함에 따라 Contact area는 증가하는 경향이 나타났고, Mean Pressure 결과는 폼의 중앙부 깊이 변화에 따른 경향성이 도출되지 않았다.

3가지 평가 기준에 대해 결과가 우수한 2개의 모델을 각각 선정하고, 평가기준 별 우수한 모델로 가장 많이 선정된 모델을 안락성이 우수한 모델로 정하였다.

Max. Pressure 기준에서는 6.645mm와 13.29mm 깊이의 폼이 선정되었고, Mean Pressure 기준에서는 13.29mm와 19.95mm 깊이의 폼이 선정되었다. 반면에 Contact Area 기준에서는 6.645mm와 26.58mm 깊이의 폼이 선정되었다. 결국, 3가지 기준에 대해 종합적으로 우수한 결과가 도출된 모델은 6.645mm 깊이의 모델로 나타났다.

Table 5 Modified form model evaluation

Depth (mm)	6.645	13.29	19.95	26.58
Max. pressure (MPa)	0.0655	0.0684	0.0896	0.1099
Mean pressure (MPa)	0.0119	0.011	0.0111	0.0115
Contact area (mm <sup>2</sup> )	68,500	64,200	66,500	68,700

2.4. 시트 프레임 모델링

2.4.1. 시트 폼과 프레임 모델

폼 두께 60mm 모델에 중앙부 깊이가 6.645mm인 모델이 최종적으로 안락성이 가장 우수한 폼 형상으로 선정되었고, 폼의 아랫면에 두께 100mm의 시트 프레임 모델을 구성하였다. 또한, 기존 시트의 슬라이더를 모사하여 Bottom 프레임 하단에 경계조건을 설정하였고, 시트 Back과 Bottom 프레임의 연결을 담당하는 리클라이너를 모사하여 Fig. 8과 같이 유행요소모델링을 수행하였다.

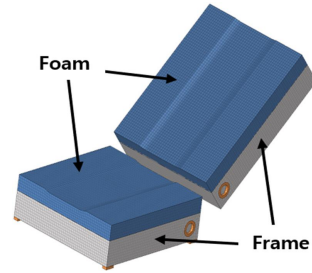


Fig. 8 Baseline seat model for optimization

2.4.2. 강성해석의 경계 및 하중 조건

시트 프레임은 자동차의 운행 중 탑승자를 안전하게 지지해야 하므로 탑승자의 안전을 확보할 수 있는 시트 프레임의 강성과 강도를 평가한 선행연구<sup>(11)</sup>의 하중 조건을 반영하여 본 연구에서는 Fig. 9와 같이 4가지 하중 조건을 적용하였다.

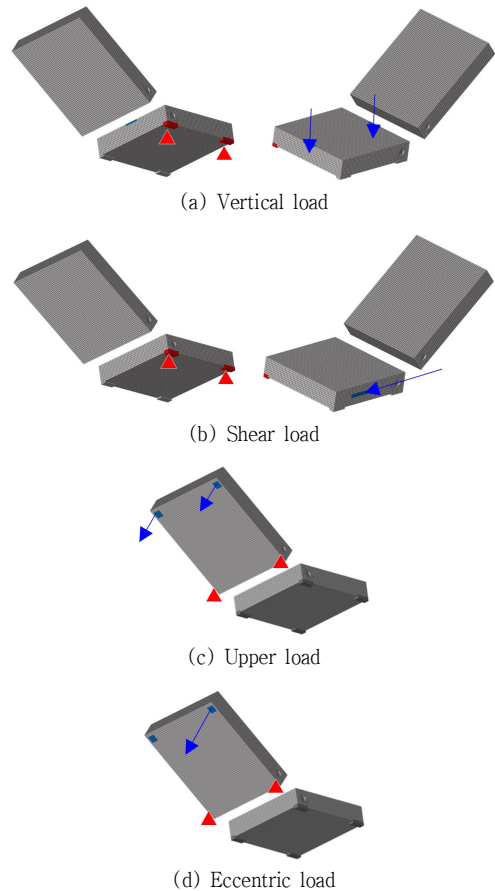


Fig. 9 Stiffness load cases

Vertical load는 Bottom 시트 프레임의 표시된 영역에 승객 1명의 하중 조건인 980N을 앞뒤에 나누어 각각 490N을 부여하였고, 경계조건으로 시트 프레임의 슬라이더 부위를 3방향의 병진과 회전에 대해 구속하였다.

Shear load는 Bottom 시트 프레임의 측면부에 수평 방향으로 980N을 두 지점에 나누어 부여하였고, 구속조건은 Vertical load case와 동일하다.

Upper load는 Back 시트 프레임의 전방에서 센터에 작용하는 490N을 좌우에 분배하여 각각 245N을 수직 방향으로 부여하였고, 구속조건은 Seat back frame의 리클라이너 주변을 3방향의 병진과 회전에 대해 구속했다.

Eccentric load는 선행된 연구<sup>(12)</sup>에서 승객이 자동차에 탑승하거나 도로 면의 기울기 및 도로 사정을 고려하여 Back 시트 프레임의 전방에서 작용하는 편심하중으로 716N을 수직 방향으로 부여하였고, 구속조건은 Front load case와 동일하다.

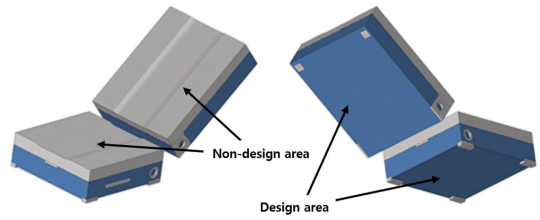


Fig. 11 Design and non-design areas

이 이루어질 수 있도록 Fig. 11과 같이 시트 프레임을 설계 영역으로 정의하였고, 시트 폼, 리클라이너, 슬라이더, 하중이 가해지는 부분 등은 비설계 영역으로 정의해서 Optistruct(Altair Engineering Inc., version 2022)를 이용하여 위상 최적화를 정적 해석으로 수행하였다.

### 3.2. 최적화 조건

위상 최적화는 구성 요소들을 효과적으로 0과 1 사이를 변화하여 최적의 위상을 찾는 방법으로 설계 변수는 요소의 밀도이다. 제조 제약조건으로 y, z 방향으로 대칭 조건을 부여했다. 위상 최적화를 위한 목적 함수로 설계 가능한 재료에 대한 부피 분율의 최소화로 정의했고, 구조에 대한 제약조건으로 하중 조건 별로 Table 6과 같이 설정하였다.

선행연구<sup>(11)</sup>에서 충분한 강성과 강도를 확인한 하중 조건의 해석결과(Max displacement)보다 1/2배 크기의 제약조건을 부여하여 강성이 2배 증가할 수 있도록 하였다. Vertical load는 1.058mm 이하, Shear load는 2.921mm 이하, Upper load는 0.058mm 이하로 설정하였다. Eccentric load는 강성 하중 조건을 보완하기 위해 고려하였고, 이에 대한 제약조건은 본 모델의 Upper load의 해석결과인 Max displacement와 선행연구<sup>(10)</sup>의 Upper load의 해석결과인 Max displacement를 비교하여 1/2배 크기의 0.112mm 이하 조건을 설정하였다. 안락감 하중 조건에 대한 제약조건은 각 안락감 하중 조건에 대한 해석결과인 Max displacement

#### 2.4.3. 안락감 해석의 경계 및 하중 조건

4가지 조건의 시트 프레임 강성해석조건에 추가하여 안락감을 고려하는 하중 조건을 Fig. 10과 같이 설정하였다. 탑승객이 착좌 시 느끼는 안락감을 모델링하기 위해 시트 폼에 가해지는 탑승객의 무게를 고려하여 총 700N으로 부여하였다. Back Foam에 가해지는 힘을 300N, Bottom Foam에 가해지는 힘을 400N으로 가정하고, 선행연구<sup>(13)</sup>의 체압 분포 결과를 구간별로 구분하고 Back foam(A)과 Bottom foam(B)에서 최대 압력이 측정된 영역에 132N(Back foam)과 248N(Bottom foam)을 각각 적용하였다. 구속조건은 Seat 슬라이더 위치에 3방향의 병진과 회전에 대해 구속조건을 적용하였다.

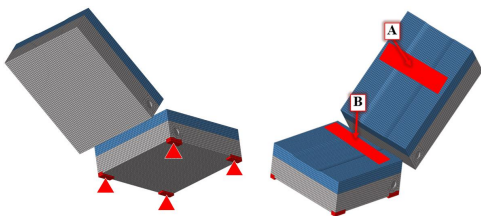


Fig. 10 Comfort load case

## 3. 시트 프레임 최적화 해석

### 3.1. 최적화 정의

최적화 대상은 시트 프레임이며, 적절한 영역에서 위상

Table 6 Optimization constraints

Stiffness Load Case	(a)	(b)	(c)	(d)
Constraints [mm]	Upper 1.058	Upper 2.921	Upper 0.058	Upper 0.112
Comfort Load Case	Back foam (A)		Bottom foam (B)	
Constraints [mm]	Lower 0.138		Lower 0.269	



보다 2배 크게 제약조건을 부여하여 안락감이 2배 증가할 수 있도록 하였다. Back foam(A) 영역에는 0.138mm 이상, Bottom foam(B) 영역에는 0.269mm 이상으로 설정하였다.

3.3. 최적화 결과

강성과 안락감을 고려한 위상 최적화의 형상은 Fig. 12에 나타내었고, 이에 대한 최적화 결과를 Table 7에 나타내었다. 부여한 제약조건과 해석결과를 비교하였을 때, 강성 하중 조건 중 Upper load와 두 안락감 하중 조건만 제약조건을 만족하였다.

설정한 강성 하중 조건에 대해 모두 만족하도록 강성

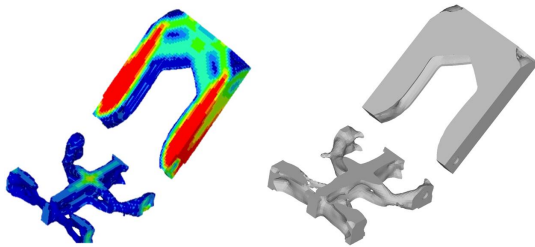


Fig. 12 Topology optimization model

Table 7 Topology optimization model analysis results

Stiffness Load Case	(a)	(b)	(c)	(d)
Max Displacement [mm]	1.255	3.229	0.045	0.119
Comfort Load Case	Back foam (A)		Bottom foam (B)	
Max Displacement [mm]	0.738		0.603	

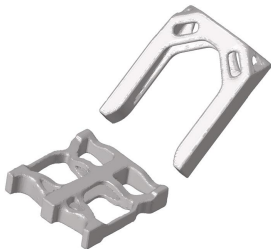


Fig. 13 Updated seat frame model

Table 8 Updated model analysis results

Stiffness Load Case	(a)	(b)	(c)	(d)
Max Displacement [mm]	0.280	0.030	0.048	0.104
Comfort Load Case	Back foam (A)		Bottom foam (B)	
Max Displacement [mm]	1.776		0.308	

하중 조건에 효과적인 부위에 재료를 추가하여 개선안을 Fig. 13과 같이 구성하고, 개선된 모델의 해석결과를 Table 8에 나타내었다. 개선된 모델은 모든 하중 조건에 대해 제약조건을 만족하였으며, 강성 조건을 2배 만족하고 안락감도 2배 만족하는 시트 설계안이 도출되었다.

4. 결론

자율주행기술의 발전으로 자율주행자동차의 운행이 보편화될 시기가 앞당겨질 것으로 전망된다. 자율주행자동차에 탑승한 승객은 다양한 착좌자세를 취할 수 있으며 차량 내에서 편안한 자세, 즉 안락성을 느낄 수 있는 자세로 이동할 것으로 예상되어 본 연구에서는 안락성과 강도 조건을 만족하는 자율주행자동차 전용 시트모델의 개념 연구를 수행하였다.

탑승객의 가장 편안한 자세를 피실험자 실험을 통해 도출하고 승객의 안락성에 영향을 미치는 폼 두께 및 형상과 시트 강성에 영향을 미치는 시트 프레임의 형상에 관해 최적화를 수행하였고, 최적화 조건에 만족하는 시트 설계 개념 안을 도출하였다. 본 연구는 자율주행자동차에 적용될 시트의 개념 설계를 위한 연구방법을 제시하였으며 본 연구 내용은 자동차 탑승객의 우수한 안락성과 안전도를 확보할 수 있는 시트 개편 설계의 기초자료가 될 것이다. 추후 피실험자의 수와 연령, 성별 등을 종합적으로 고려한 체압 분포 실험을 통한 해석결과 검증 연구가 필요하며 주행 중의 승차감을 고려한 시트 안락성 평가를 위한 하중 및 경계 조건의 연구도 요구된다.

후 기

본 연구는 ‘자율주행기술개발혁신사업, 주행 및 충돌상

항 대응 안전성 평가기술 개발'의 연구 결과로서 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 22AMDP-C160637-02).

### 참고문헌

- (1) 장승주, 2016, “자율 주행 자동차 관련 SW기술 동향”, Information and Communications Magazine, pp. 27~33.
- (2) 권주영, 주다영, 2018, “완전 자율주행 자동차의 실내공간 설계를 위한 문헌연구 기반의 실내행위 분석 및 유형화”, Journal of the HCI Society of Korea, Volume 13, Issue 2, pp. 5~20.
- (3) 박유선, 2022, “자율주행 자동차의 세그먼트 모델 제안을 위한 모빌리티 퍼니처 구성 연구”, 한국산학기술학회논문지, Vol. 23, No. 4, pp. 370~376.
- (4) 김기선, 김성수, 김세환, 조재웅, 2013, “자동차 시트 프레임의 구조 강도 해석에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, Vol. 14, No. 1, pp. 39~44.
- (5) 박상남, 2009, “자동차 시트 기술 개발동향”, Auto Journal, pp. 26~33.
- (6) 전용두, 2021, “차량용 시트 쿠션의 경도 특성이 인체의 안락감에 미치는 영향”, 최종보고서.
- (7) Toyota Motor Corporation, 2021, “TOTAL HUMAN MODEL FOR SAFETY (THUMS): REVOLUTIONIZING CRASH SIMULATION TO SUPPORT SAFE MOBILITY FOR ALL”, January 28, 2021.
- (8) M.M. VERVER, J. VAN HOOF, C.W.J. OOMENS, J.S.H.M. WISMANS, F.P.T. BAAIJENS, 2004, “A Finite Element Model of the Human Buttocks for Prediction of Seat Pressure Distributions”, Taylor & Francis, Vol. 7, No. 4, August 2004, pp. 193~203.
- (9) 지효성, 김성욱, 전용두, 2020, “피험자 체형에 따른 자동차 시트 쿠션의 체압분포 특성과 안락감”, 한국자동차공학회 대전·세종·충청지회 춘계학술대회.
- (10) Lieke de Mare, Bas de Groot, Fleur de Koning, Richard Geers & Daniel Tetteroo, 2021, “The influence of a contoured seating base on pressure distribution and discomfort”, Taylor & Francis Online.
- (11) 김성수, 김기선, 최두석, 박상흡, 김세환, 조재웅, 2012, “자동차 시트 쿠션 프레임 및 백 프레임의 구조 강도 해석”, Journal of the Korea Academia-Industrial, Vol. 13, No. 11, pp. 4,956~4,962.
- (12) 신현호, 강희용, 양성모, 2019, “유한요소해석을 이용한 차량용 시트 백 프레임의 최적설계”, 자동차안전학회지, Vol. 11, No. 4, pp. 57~62.
- (13) Peter Vink, Conne Mara Bazley and Karen Jacobs, 2016, “Application of ideal pressure distribution in development process of automobile seats”, Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation, Vol. 54, No. 4, pp. 895~904.