

# 미래 자율 주행 자동차의 시트 프레임 해석 및 최적화 디자인 제안

---

경일대학교 기계자동차학부

왕벌의 비행

김민수, 김수빈

# CONTENTS

---

## 1. INTRODUCTION

- Research Background
- Problem
- Process Overview

## 2. MODEL ANALYSIS

- Seat Model
- Dummy

## 3. OPTIMIZATION PROCEDURE

- Foam Model
- Seat Model
- Radioss Model
- Optistruct Model
- Optimization

## 4. CONCLUSION

- Summary
- Final Design Proposal
- Reference

# 1. INTRODUCTION

## RESEARCH BACKGROUND

### 1. 자율주행

#### 1-1) 주변 현황



경일대학교 자율주행 버스



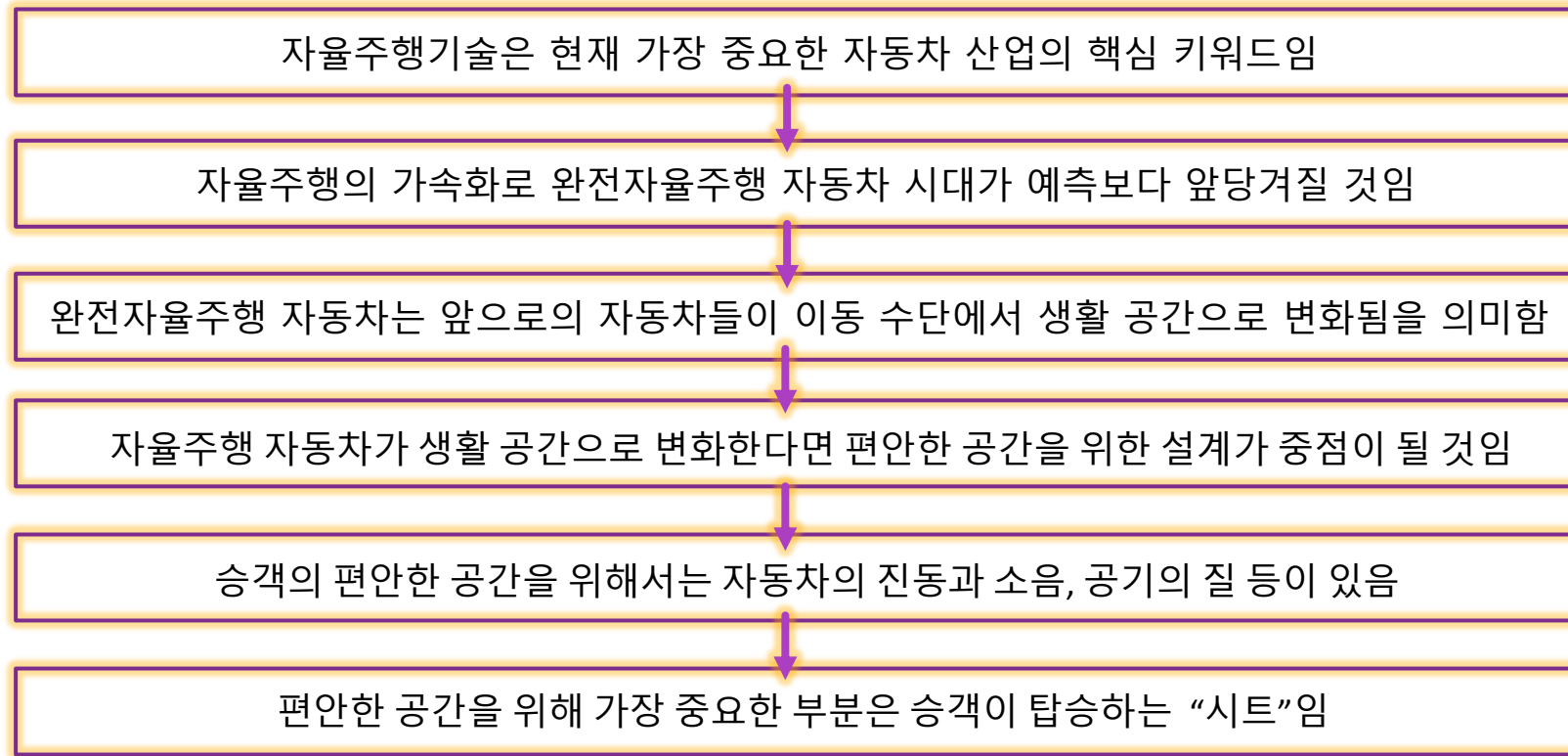
경일대학교 자율주행 자동차

- 본 학교에는 자율주행 자동차 융합기술 연구소 및 교내 기업이 있음
- 타 학교에 비해 자율주행자동차 연구가 활발하며, 자율주행 자동차 혹은 버스 등 접할 기회가 많았음

## RESEARCH BACKGROUND

### 1. 자율주행

#### 1-2) 자율주행 현황



## RESEARCH BACKGROUND

### 2. 자율주행 시트

#### 2-1) 자율주행 컨셉카 내부



현대차 컨셉카 EV45



크라이슬러 에어플로우 컨셉카



현대 트랜시스 (2022)

## RESEARCH BACKGROUND

### 2. 자율주행 시트

#### 2-2) 시트 착석 자세



경일대학교 자동차  
주행 시뮬레이션 센터

- 자율주행 착석 자세 연구에 참여
- 자율주행 자동차에서 장시간 앉아있을 경우에 탑승객이 어떠한 자세로 변화하는지 확인해보는 실험을 진행함
- 실험 결과 실험에 참여한 인원 중 평균적으로 자동차 시트를 젖혀 휴대폰을 하거나 휴식을 취하려고 함
- 이 실험 결과에서 다양한 자세에서 평균적으로 어떠한 각도에 머무르는지 확인해볼 수 있었음
- 이러한 각도가 사람이 느끼는 편안한 각도라고 가정하여 최적의 자율주행 자동차 시트의 최적화 디자인을 계획함

## RESEARCH BACKGROUND

---

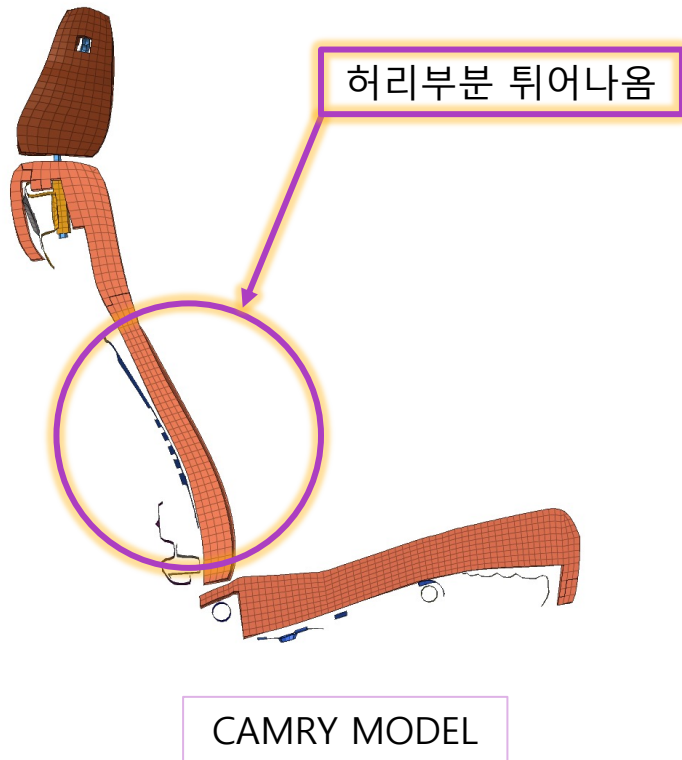
### 3. 연구 배경 및 목표

- 앞으로의 자동차 시트는 현재와는 다른 형태의 디자인이 필요할 것임
- 차량 내부 공간의 의미 변화로 탑승객이 더 안락함을 느낄 수 있는 시트가 필요할 것임
- 탑승객의 자세가 변화하기 때문에 승객의 보호를 위해 그에 맞는 시트 프레임의 강성도 필요할 것임
- 즉, 시트 설계는 안락감과 안정성을 만족하는 설계를 해야 하므로 젖힌 상태일 때의 안락감을 위한 폼과 안정성을 위한 프레임을 최적화 해보고자 함
- 미래 자율 주행 자동차에 적용될 시트를 위한 최적화 디자인 제안을 목표로 함

## PROBLEM SOLVING PLAN

### 4. 문제 정의

#### 4-1) 시트의 안락함

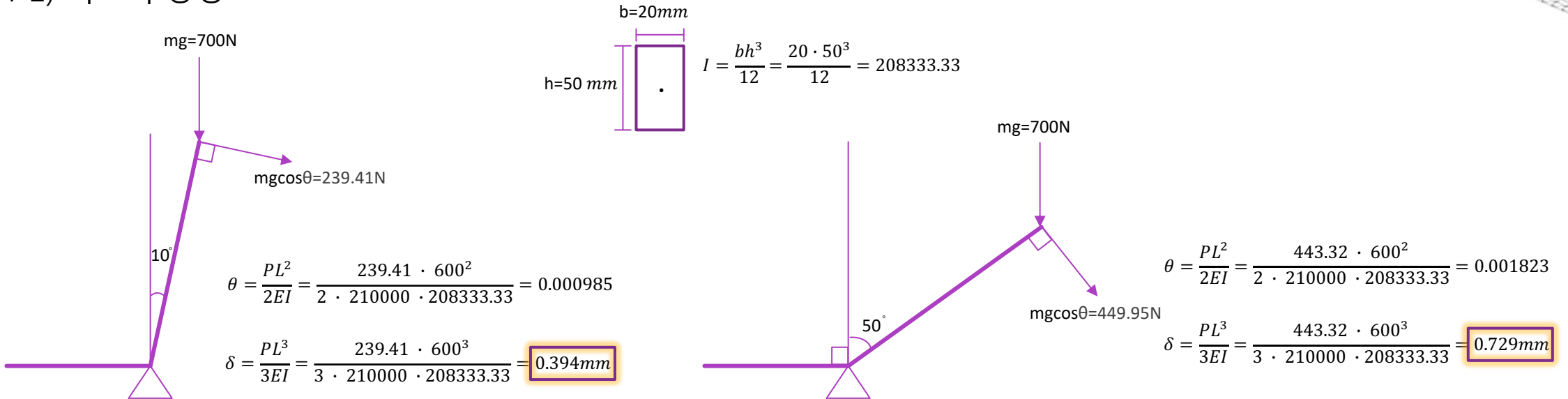


- 기존의 시트는 자동차를 운전하기에 적합한 자세를 기준으로 설계되어 있음
- 첨부한 사진에서 보는 것과 같이 탑승객의 체중 분산을 위해 시트의 허리 부분이 튀어나와 있어 탑승객이 시트를 젖혀 누웠을 때 안락함을 느끼기 어려움
- 시트의 허리 부분을 평평하게 설계하여 압력 분포를 줄이고, 기존에 비해 안락함을 더 느낄 수 있도록 하고자 함

# PROBLEM SOLVING PLAN

## 4. 문제 정의

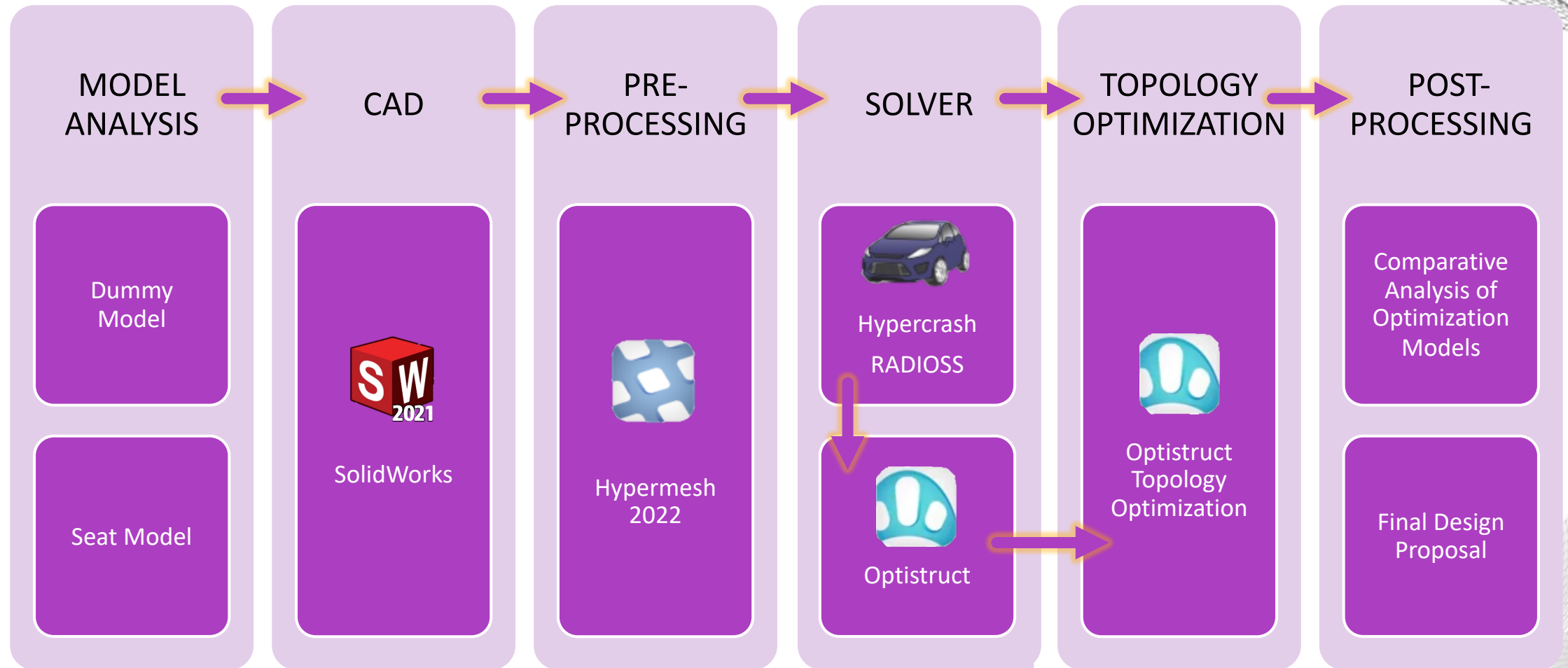
### 4-2) 시트의 강성



SEAT 각도에 따른 변형량 계산 예시

- 위의 예시에 따르면 정자세와 누워있는 자세인 경우에 프레임에 가해지는 하중이 달라지므로 시트가 젖혀진 경우에 대한 새로운 시트 모델이 필요함

## PROCESS OVERVIEW

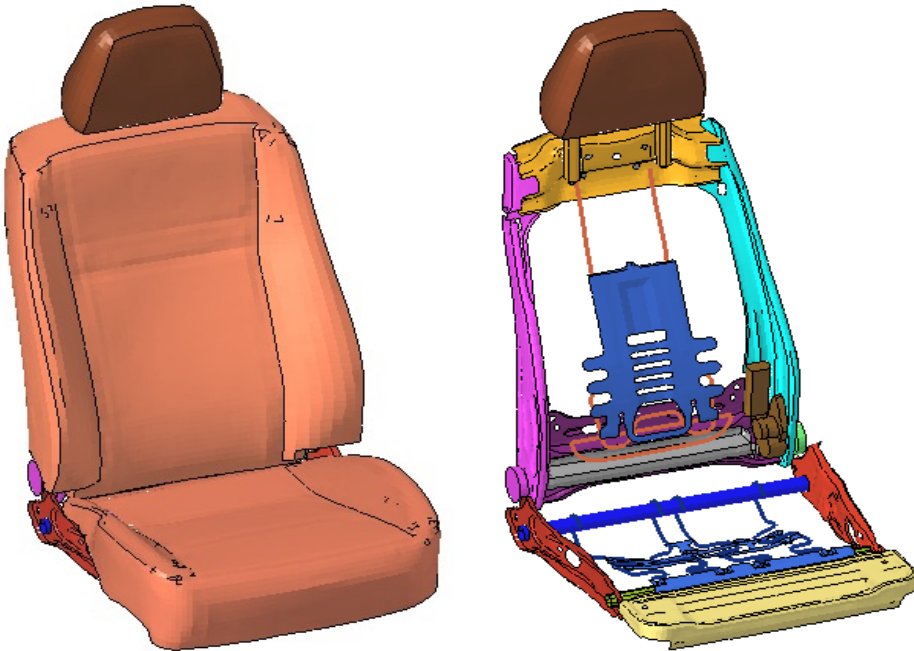


## 2. MODEL ANALYSIS

# SEAT MODEL ANALYSIS

## 1. 기존 시트 모델 분석

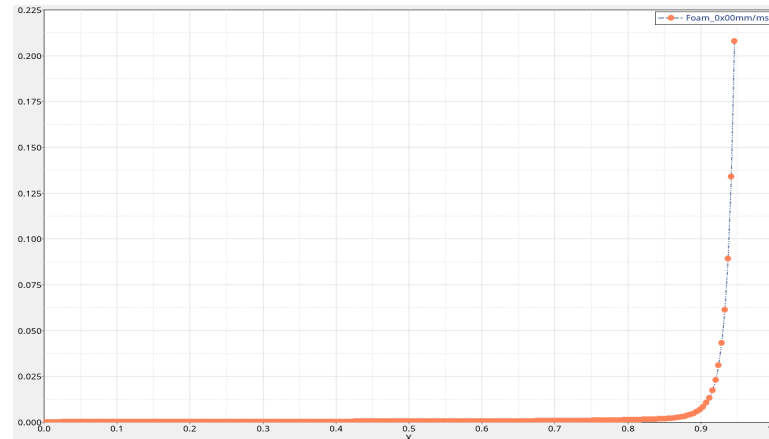
### 1-1) Camry Model 분석



Camry Seat Model (좌)품과 (우)프레임

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 밀도(RHO) [ton/mm <sup>3</sup> ] | 1.01E-10 |
| E [Mpa]                        | 4.16     |

Foam의 물성치



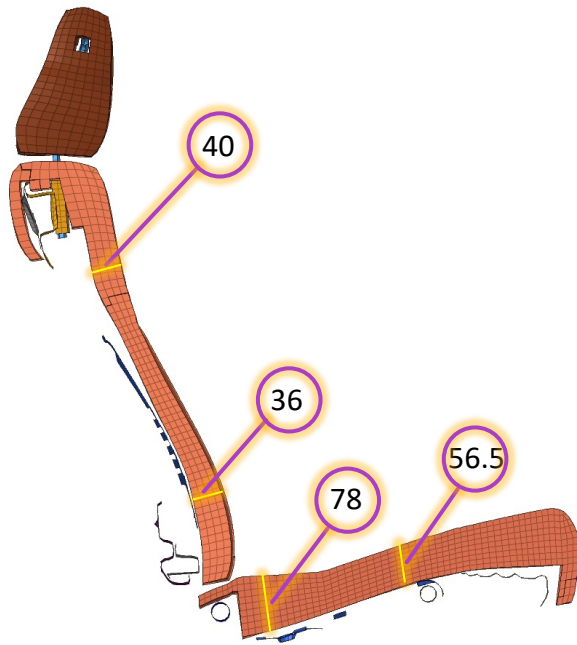
Stress-Strain Curve

- Camry 유한요소모델은 제공 받음
- 시트의 물성 중 Foam에 대한 데이터가 가장 중요했고, Camry 모델의 물성치와 S-S Curve 데이터를 사용했음

# SEAT MODEL ANALYSIS

## 1. 기존 시트 모델 분석

### 1-1) Camry Model 분석



시트 부위별 Foam 두께 (mm)

- Foam의 안락감을 좌우하는 조건에 Foam의 두께가 해당함
- Camry 모델의 Foam의 두께를 영역별로 나누어 측정함

| 위치       | Thickness [mm] |
|----------|----------------|
| Bottom_1 | 56.5           |
| Bottom_2 | 78.0           |
| Back_1   | 36.0           |
| Back_2   | 40.0           |
| Average  | 52.6           |

- 평균 Foam의 두께가 52.6mm임을 확인하였음

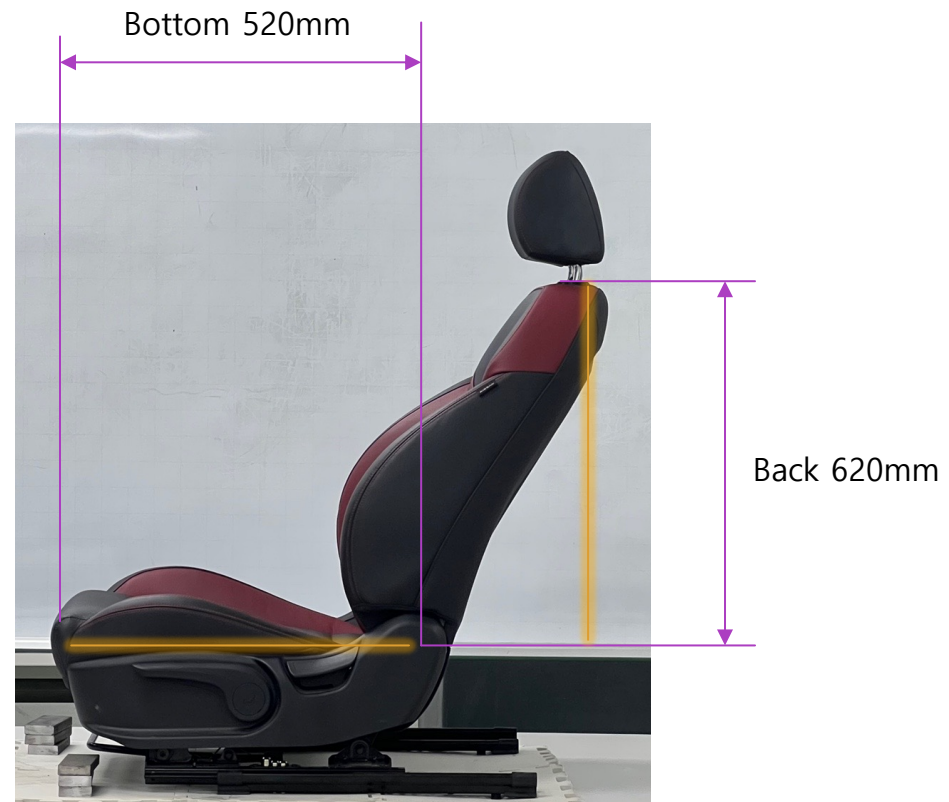
# SEAT MODEL ANALYSIS

## 1. 기존 시트 모델 분석

### 1-2) 아반떼 시트 분석



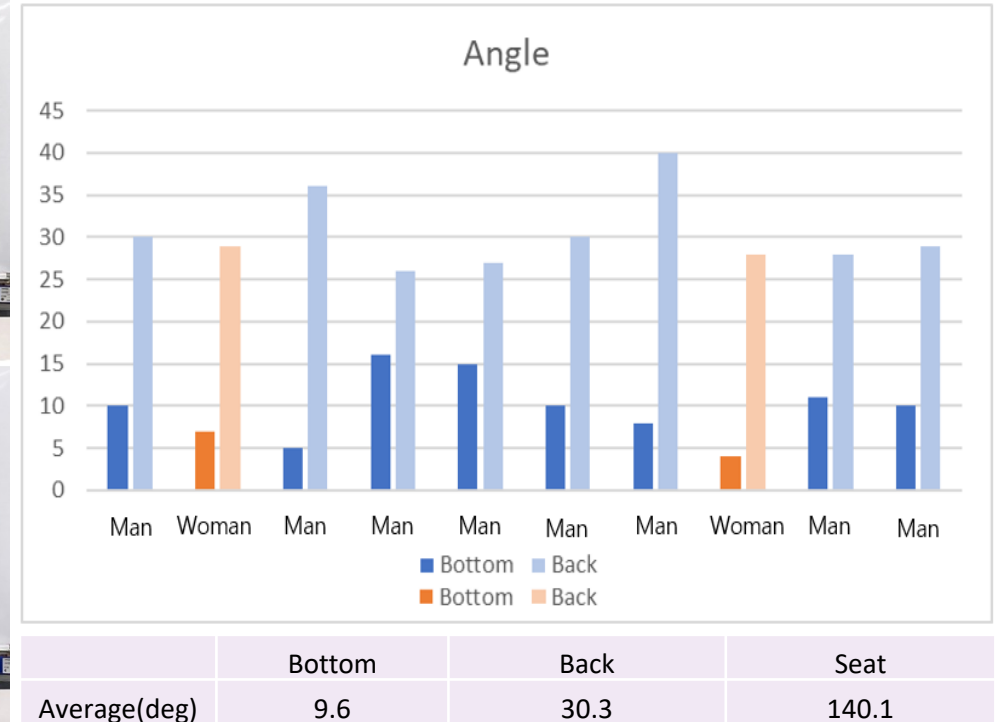
시트 앞면



시트 측면

# SEAT MODEL ANALYSIS

## 2. 시트 데이터 확보

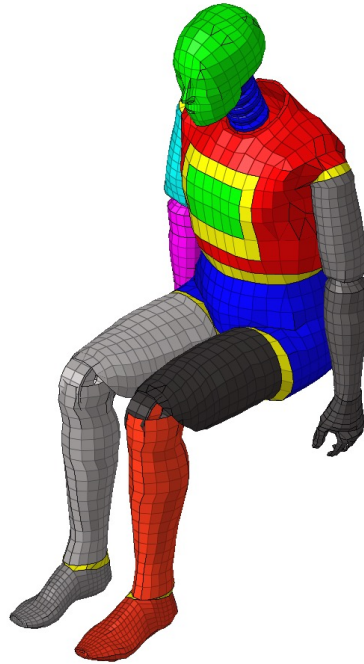


- 실제 시트를 이용하여 다양한 신체 사이즈를 가진 남녀 대상으로 실험을 진행하였음
- 편안하다고 느끼는 각도로 자세를 취하도록 하여 기준으로부터 Bottom, Back 각도를 측정함

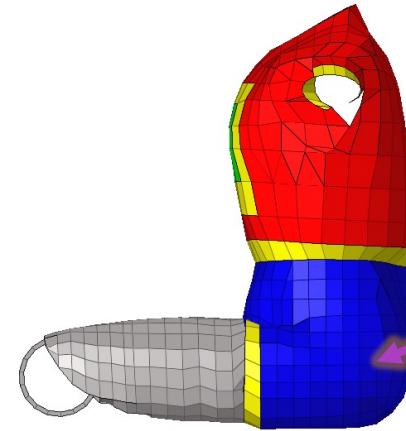
# DUMMY ANALYSIS

## 1. 기존 더미 분석

- 실험을 통해 시트의 편안한 각도 데이터를 확보한 결과, 최종 목적을 위해 140도 이상으로 젖혀지는 더미가 필요함
- 기존의 더미는 엉덩이 부분이 고정되어 있어 140도 이상으로 젖힐 수가 없음
- 평가를 위해 더미를 140도 이상 젖힐 수 있도록 모델링할 필요가 있음



기존 더미 모델



엉덩이 부분이 고정되어 있음

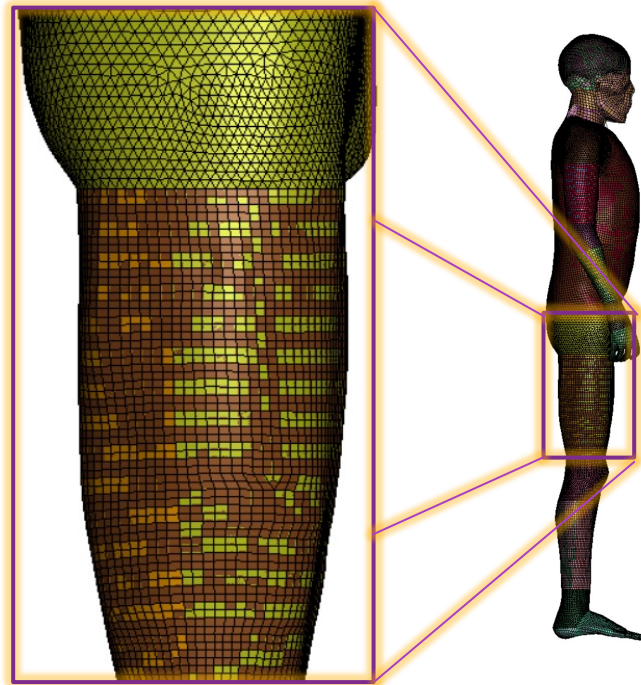
더미 측면 모습

## DUMMY MODELING

### 2. 시트 개발용 간이 더미

#### 1-1) 엉덩이 부분 모델링

- 안락감, 강성을 위한 더미 모델링이므로 시트와 닿는 부분에 대한 모델이 필요함
- Thums Model을 통해 실제 사람의 엉덩이 곡률과 너비를 비교하였음
- 곡률과 너비의 비교, 기존 더미 엉덩이 부분을 참고하여 아래와 같이 단순화 모델링



LS\_Dyna Thums Model 측면부

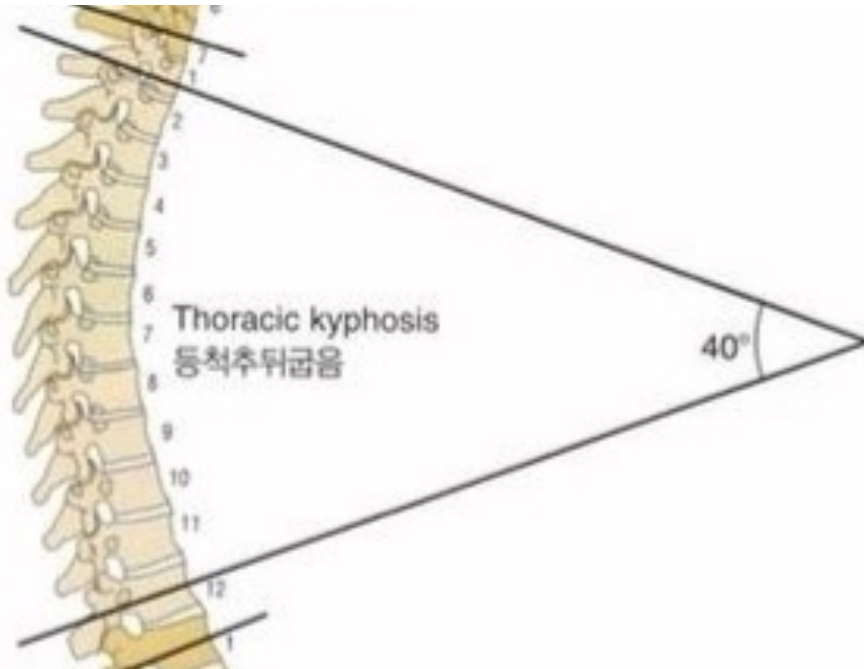


간이 더미 하부 측면 모습

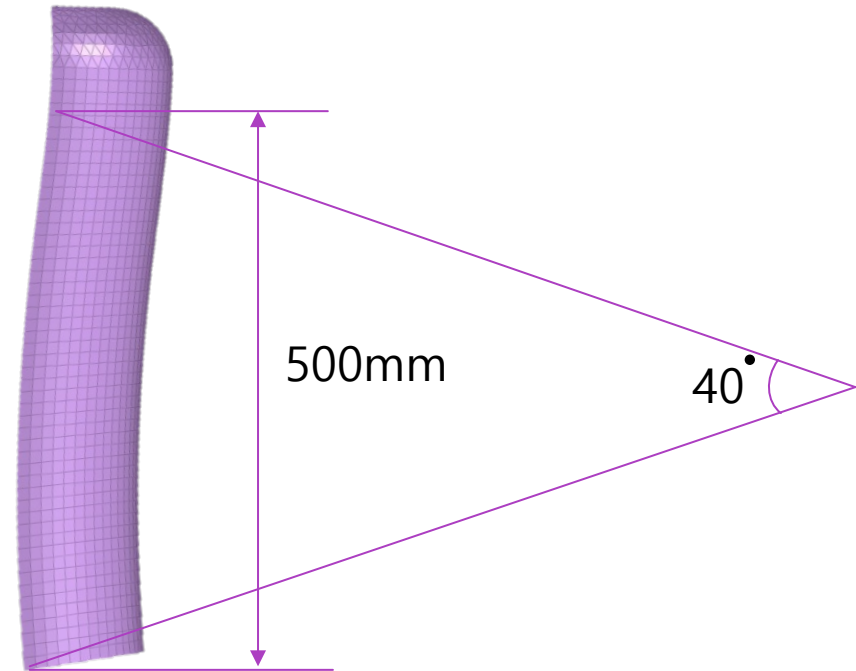
# DUMMY MODELING

## 2. 시트 개발용 간이 더미

### 1-2) 허리 부분 모델링



등 척추 굽음 각도



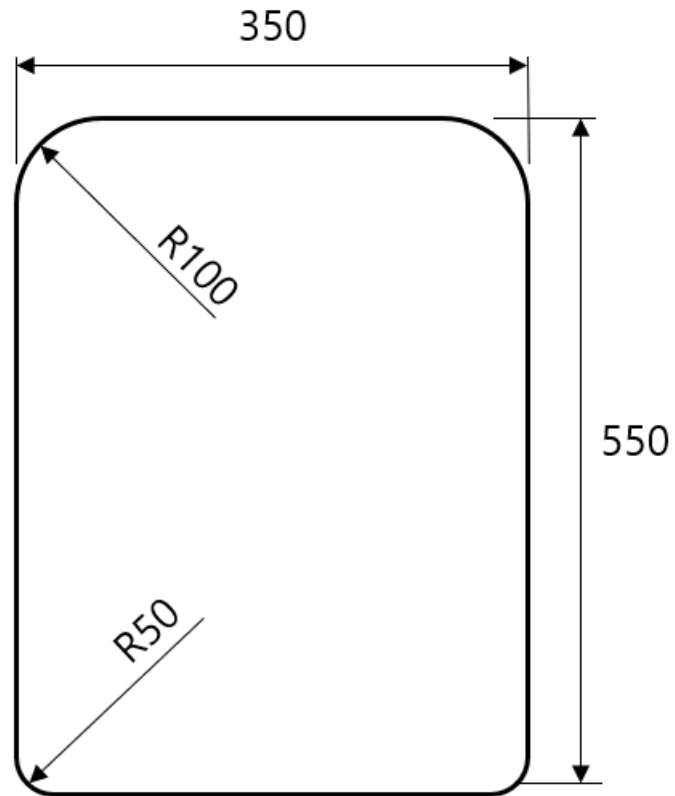
간이 더미 상체 측면 모습

- 허리 부분은 척추 각도 및 곡률에 대한 논문과 관련 서적을 참고하여 모델링함

## DUMMY MODELING

### 2. 시트 개발용 간이 더미

#### 1-3) 접촉 면적

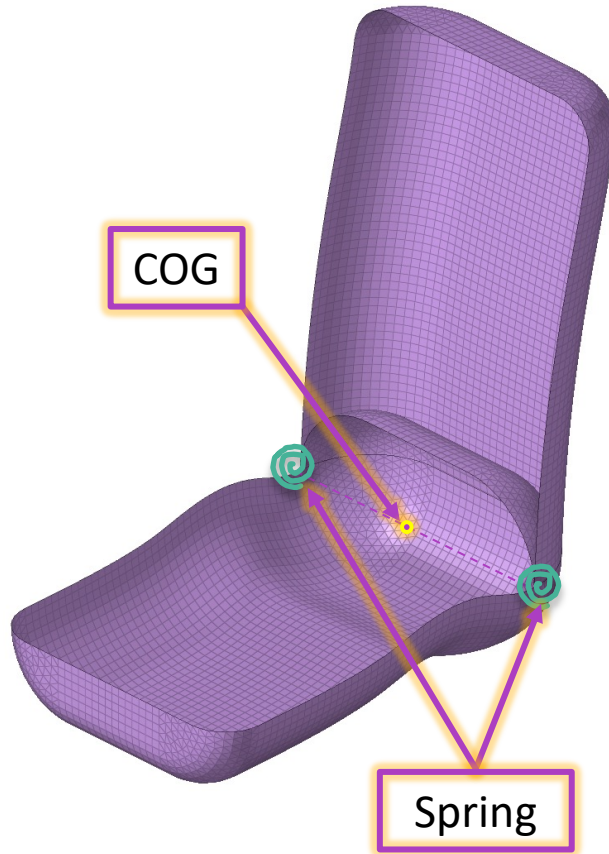


- 더미 치수에서 접촉 면적의 가로 치수는 실제 엉덩이 치수를 참고하여 유사하게 설정하였음
- 세로 치수인 Back Body 부분은 실제 허리 길이를 참고하여 설정함
- Dummy의 Back Body와 Bottom Body의 면적은 동일함

## DUMMY MODELING

### 2. 시트 개발용 간이 더미

#### 1-4) 간이 더미 모델



- Back Body와 Bottom Body를 스프링으로 연결함
- 일반 더미와 다르게 Seat와 접촉하는 면적만 고려하여 시트 개발용 간이 더미를 설계함
- Rigid Body로 설정하여 Bottom, Back 부분을 각 강체로 설정하여 두 개의 파트로 나누었고 이 두 파트는 스프링으로 연결함
- 일반적으로 인체의 살에 해당하는 부분은 고려하지 않고 설계함
- 완성된 더미 모델은 기존 더미의 H Point를 COG로 설정함
- 시트 개발용 간이 더미 질량은 Bottom Body 부분에는 40kg를 적용하고, Back Body 부분에는 30kg의 질량을 적용하였음

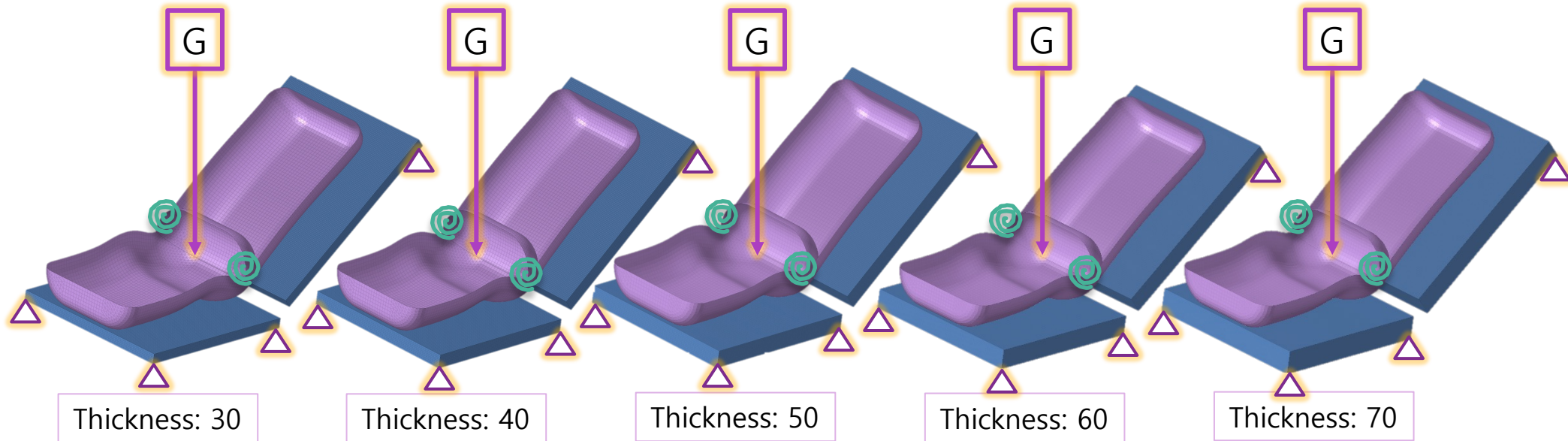
### 3. OPTIMIZATION PROCEDURE

# FOAM MODEL

## 1. 모델 파라미터 선정

### 1-1) 폼 두께 선정 기준

- 안락한 시트 설계를 위해서 Foam의 두께 결정이 필요함
- Foam의 두께는 Camry Model Foam의 평균 두께와 유사한 50을 기준으로 잡았음
- 기존 시트 폼 두께 기준으로  $\pm 10$ ,  $\pm 20$ 만큼 5개의 모델을 같은 조건에서 Radioss 해석을 진행함



# FOAM MODEL

## 1. 모델 파라미터 선정

### 1-2) 파라미터 모델 세부사항

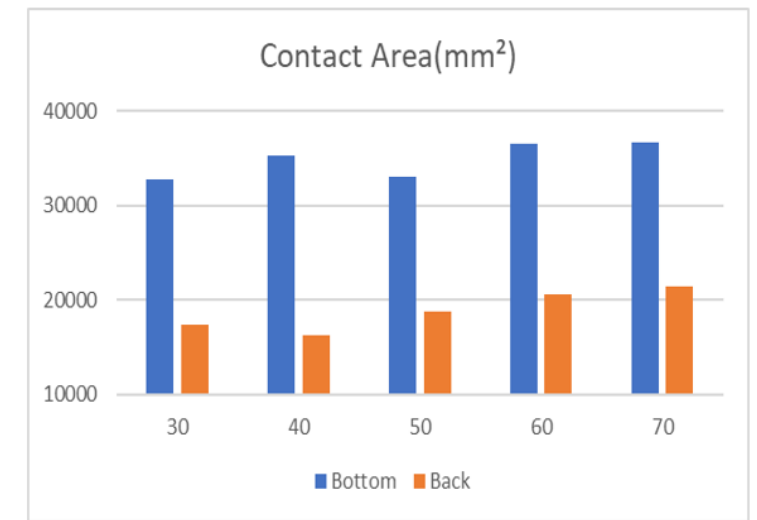
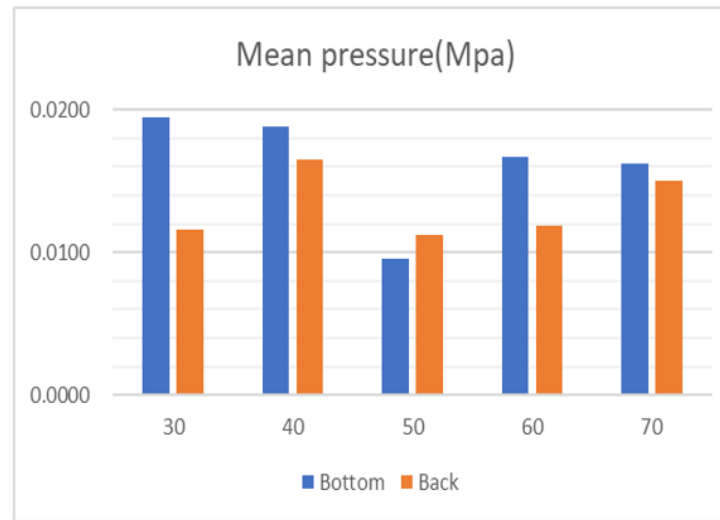
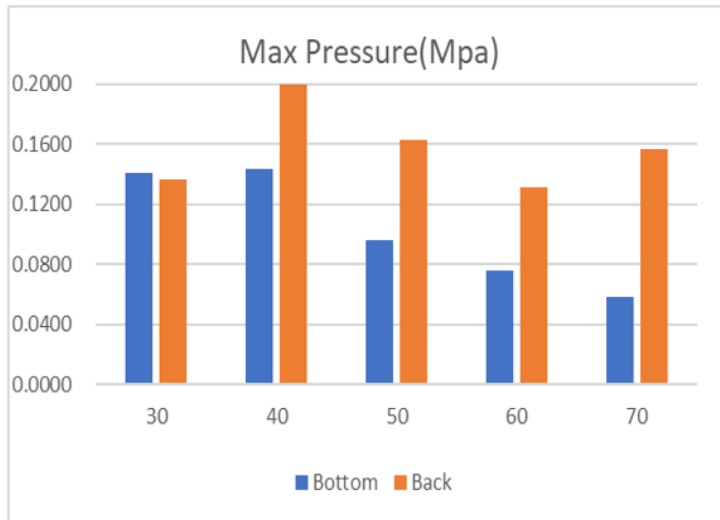
|              |         |         |
|--------------|---------|---------|
| Thickness 30 | Node    | 163,603 |
|              | Element | 188,795 |
| Thickness 40 | Node    | 208,447 |
|              | Element | 234,475 |
| Thickness 50 | Node    | 253,291 |
|              | Element | 294,155 |
| Thickness 60 | Node    | 298,135 |
|              | Element | 325,835 |
| Thickness 70 | Node    | 342,979 |
|              | Element | 371,515 |

- 요소 사이즈는 5mm로 진행함
- Foam은 변형이 잘 발생하는 재료이기 때문에 Foam의 요소 형상은 Hexa 요소로 해석진행
- Node 개수 보다 Element 개수가 더 많은 이유는 Foam 외부에 Fabric (2D Shell)이 있기 때문임

# FOAM MODEL

## 1. 모델 파라미터 선정

### 1-3) 비선형 해석 결과

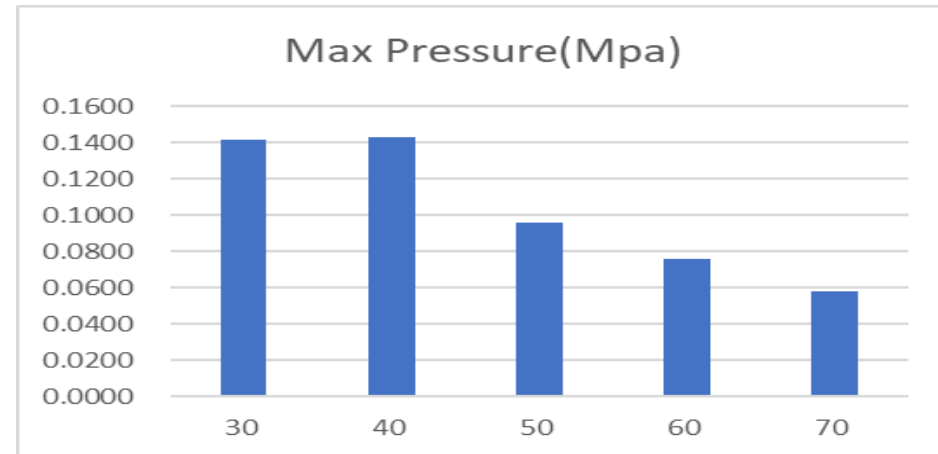
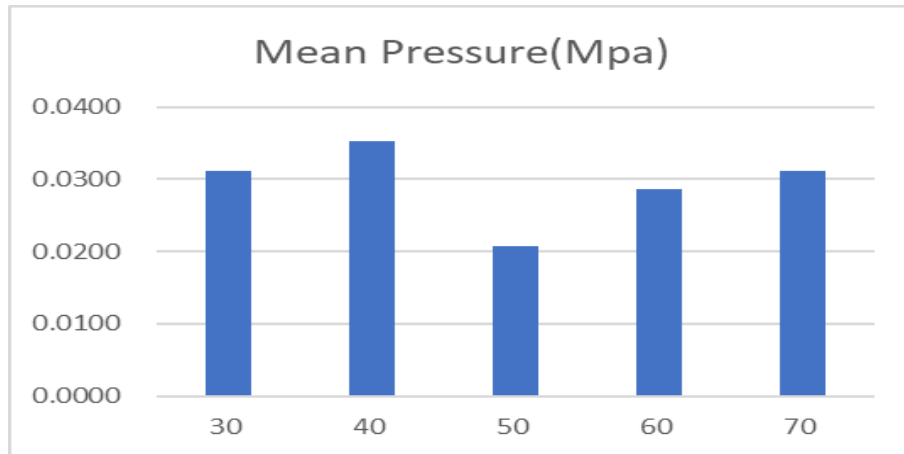
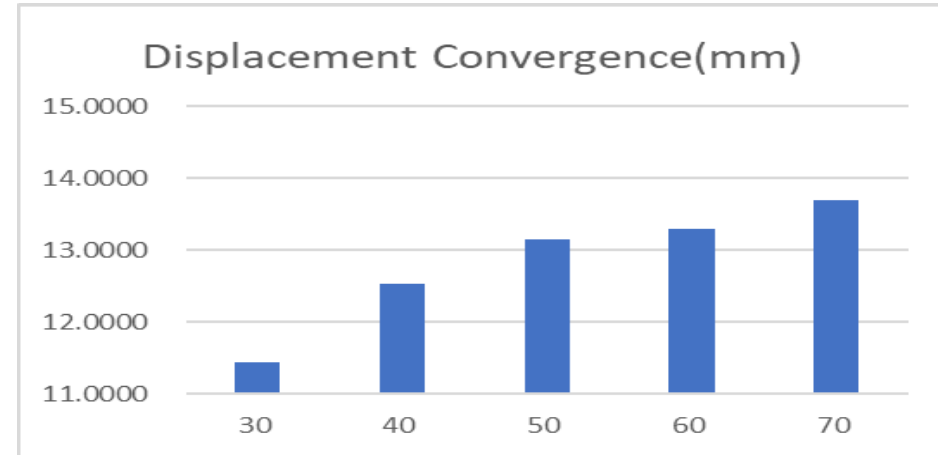
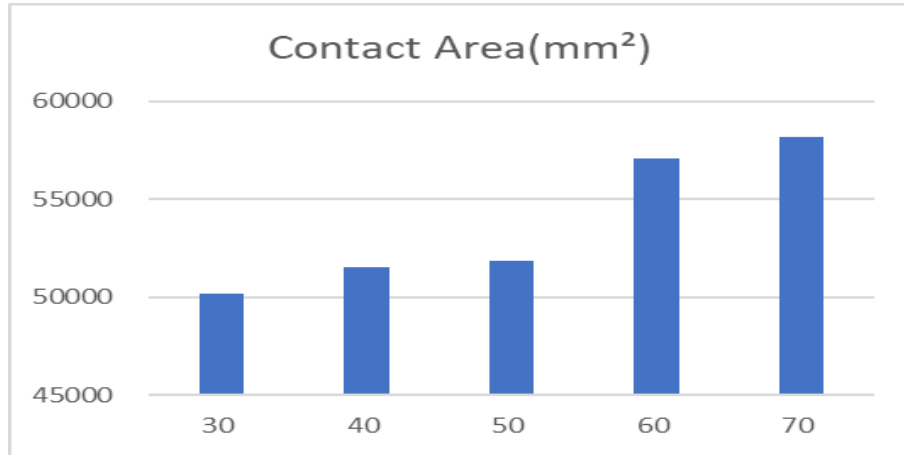


- 논문에 따르면 안락감은 Contact Area, Mean-Pressure, Max-Pressure, SPD(Seat Pressure Distribution) 등을 평가 기준으로 사용함
- 여러 평가 기준 중 Contact Area, Mean-Pressure, Max-Pressure를 선정하여 평가함

# FOAM MODEL

## 1. 모델 파라미터 선정

### 1-3) 비선형 해석 결과



# FOAM MODEL

## 1. 모델 파라미터 선정

### 1-4) 폼 두께 선정 안락감 평가 기준

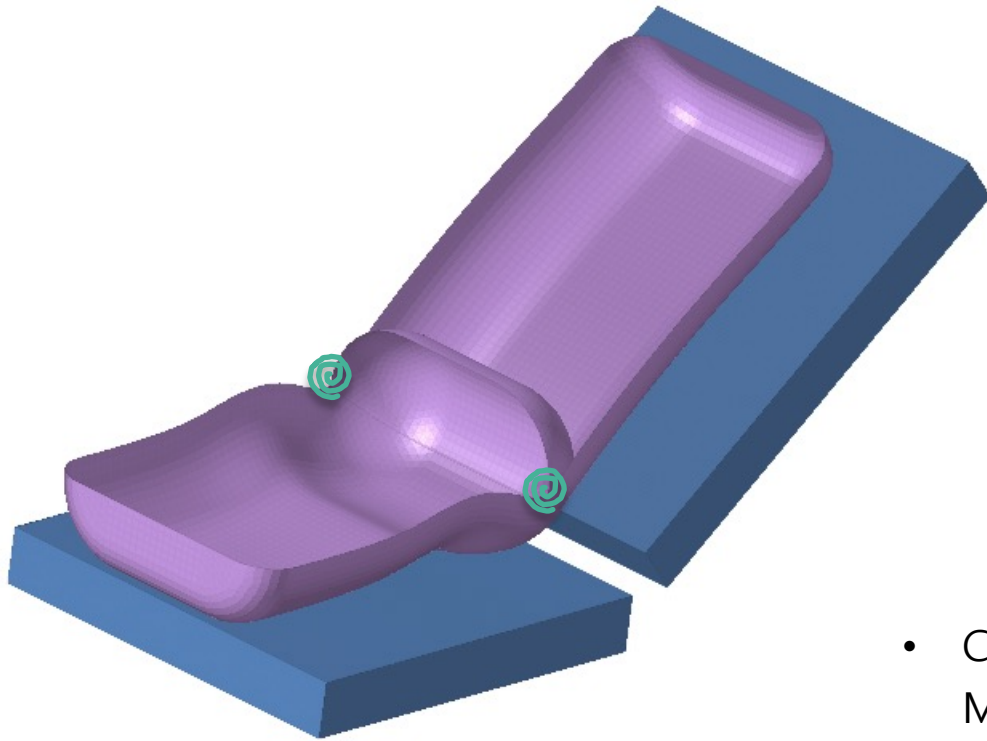
- 안락감은 Contact Area가 넓을 수록, Max Pressure가 작을 수록 좋음
- 또한, 시트에 앉았을 경우의 Displacement Convergence 값이 클수록 안락하다는 의미임
- 안락감을 평가하는 모든 기준에서 결과가 우수한 모델을 2개씩 선정하여 최종적으로 가장 적절한 모델을 선정함

### 1-5) 폼 두께 선정 안락감 평가

| Foam Thickness [mm]             | 30      | 40      | 50      | 60      | 70      |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Contact Area [mm <sup>2</sup> ] | 50,175  | 51,550  | 51,875  | 57,075  | 58,180  |
| Displacement Convergence [mm]   | 11.4420 | 12.5410 | 13.1420 | 13.2870 | 13.6940 |
| Mean Pressure [Mpa]             | 0.0311  | 0.0353  | 0.0207  | 0.0286  | 0.0312  |
| Max Pressure [Mpa]              | 0.1412  | 0.1430  | 0.0957  | 0.0758  | 0.0580  |

## FOAM MODEL

### 2. 선정된 모델



Thickness  
60mm  
Foam Model

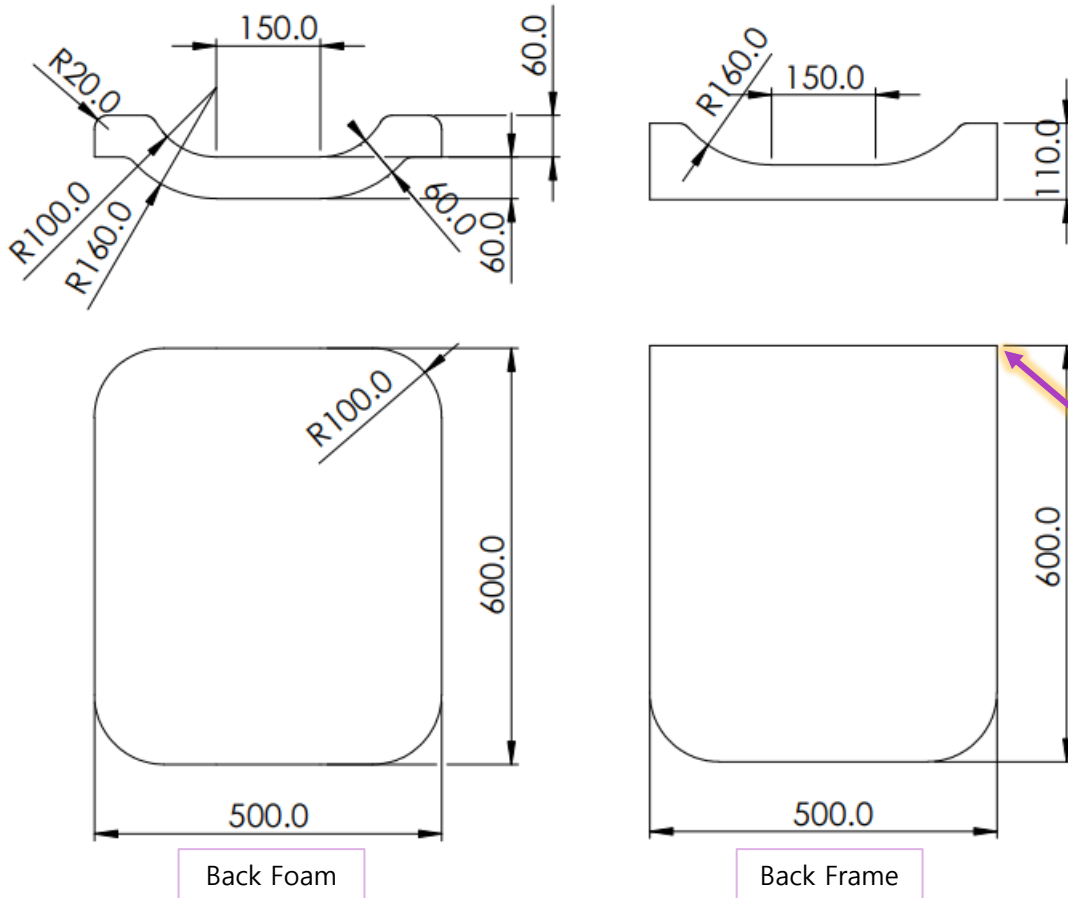
|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Foam Thickness [mm]             | 60     |
| Contact Area [mm <sup>2</sup> ] | 57,075 |
| Displacement Convergence [mm]   | 13.287 |
| Mean Pressure [Mpa]             | 0.0286 |
| Max Pressure [Mpa]              | 0.0758 |

- Contact Area와 Displacement Convergence 값이 좋은 수치에 속하였고, Mean-Pressure와 Max-Pressure에서 가장 좋은 수치를 보였음
- 위와 같은 이유로 최종적으로 두께가 60mm인 Foam을 선정함

# SEAT MODEL

## 3. CAD 모델링

### 3-1) Back Seat

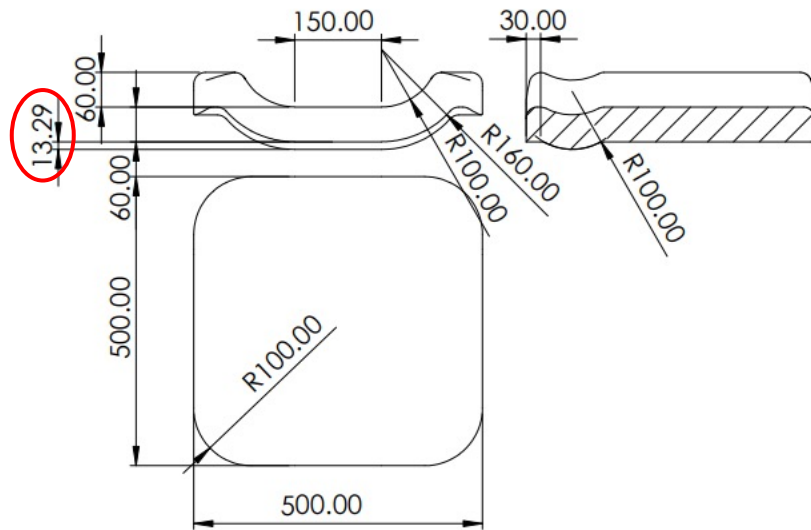


- Bottom Dummy의 형상 치수를 참고하여 Seat에 접촉되는 면적을 최대화하고자 Back Foam을 재설계함
- 실제 시트에서 측정한 너비 길이를 참고하여 설계함
- Back Frame은 Foam의 굴곡 형상에 따라 모델링하여, Foam을 지지할 수 있도록 함
- Back Frame 모델에 생성된 굴곡진 Edge 부분은 해석의 편의성을 위해 고려하지 않았음

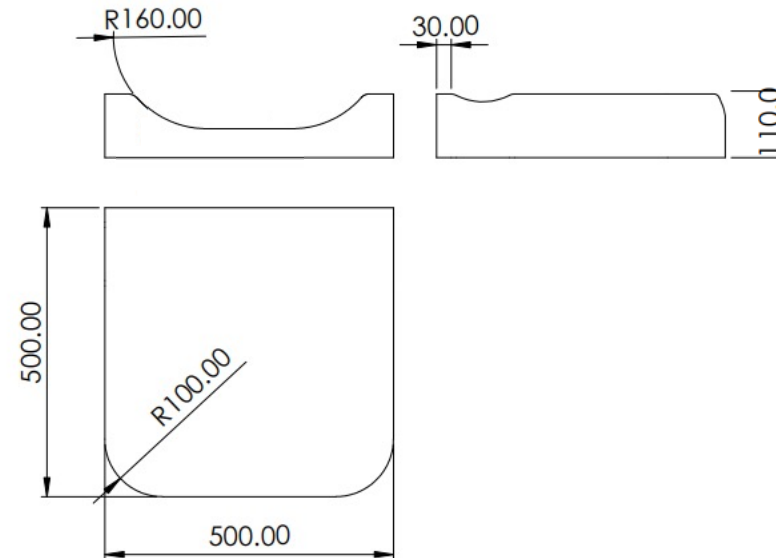
# SEAT MODEL

## 3. CAD 모델링

### 3-2) Bottom Seat



Bottom Foam



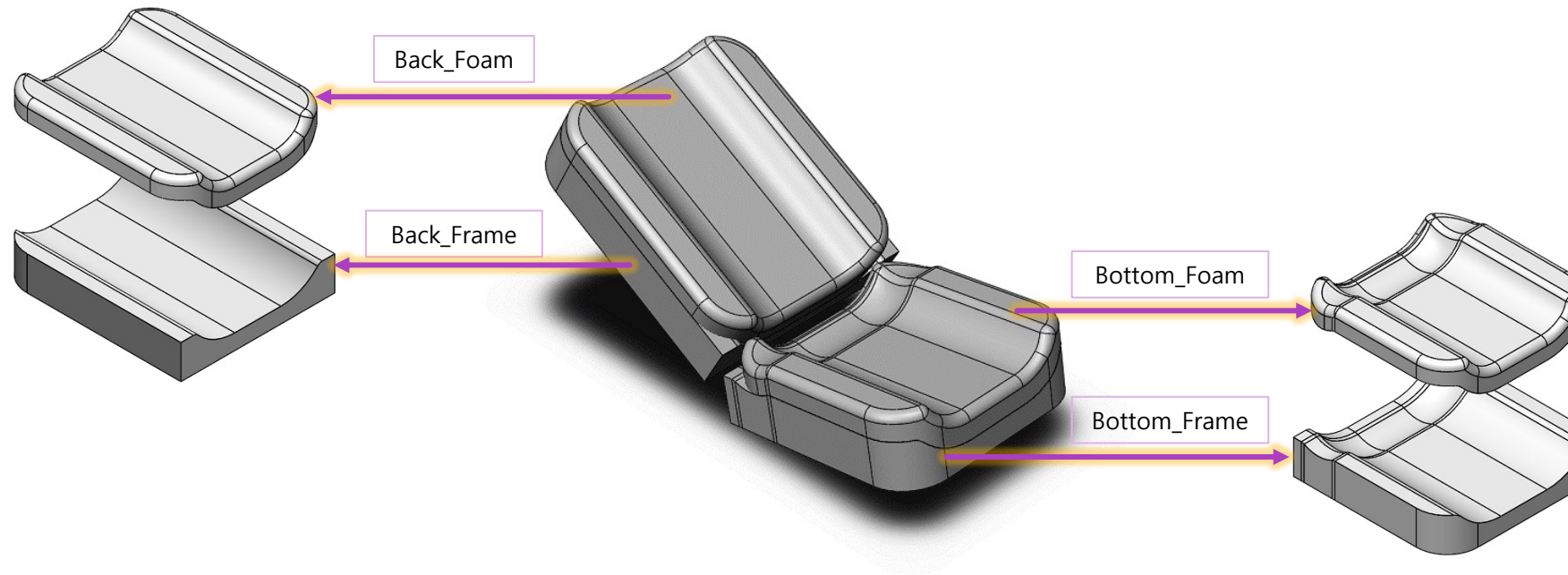
Bottom Frame

- 엉덩이와 Foam이 접촉되는 부분은 Foam의 두께가 60인 경우 수행한 비선형 해석 결과를 참고하여 수렴하는 변위만큼 엉덩이 굴곡에 맞게 설계하였음
- 이 외 설계는 Back Seat 설계 기준과 동일함

## SEAT MODEL

### 3. CAD 모델링

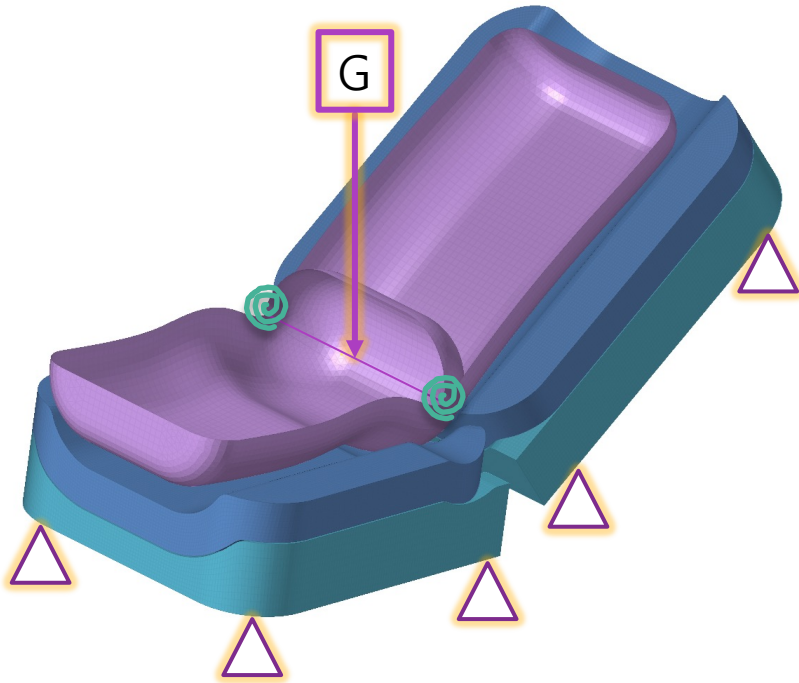
#### 3-3) 최종 모델링 형상



# RADIOSS MODEL

## 1. Radioss Model

### 1-1) Model 구성



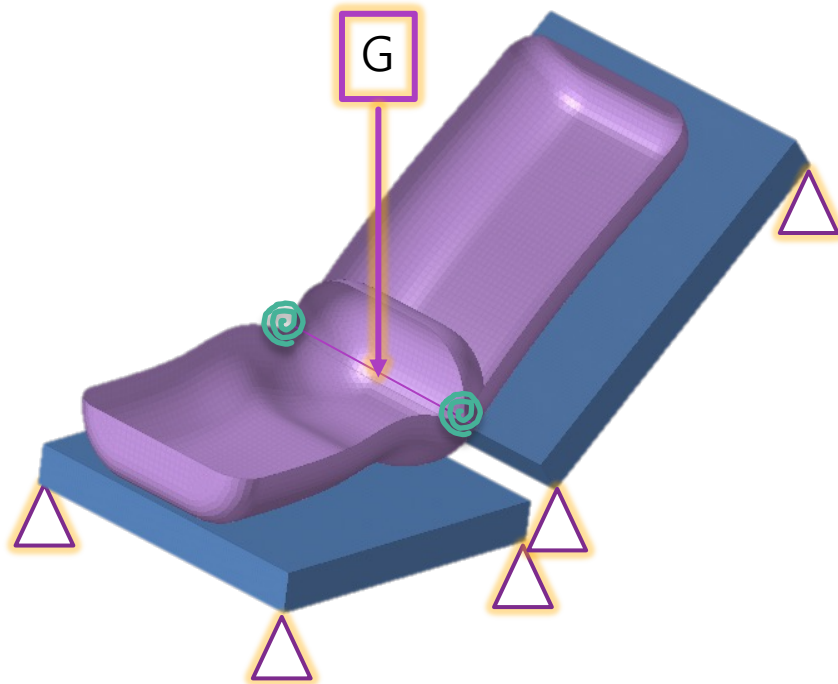
- Frame의 하단에 구속 조건을 부여함
- 간이 더미 모델은 70kg임
- 간이 더미 모델의 COG에 중력 하중 조건을 부여함
- 다른 정적인 하중은 고려하지 않음
- 요소 사이즈는 5mm임

|         |         |
|---------|---------|
| Node    | 723,254 |
| Element | 693,241 |

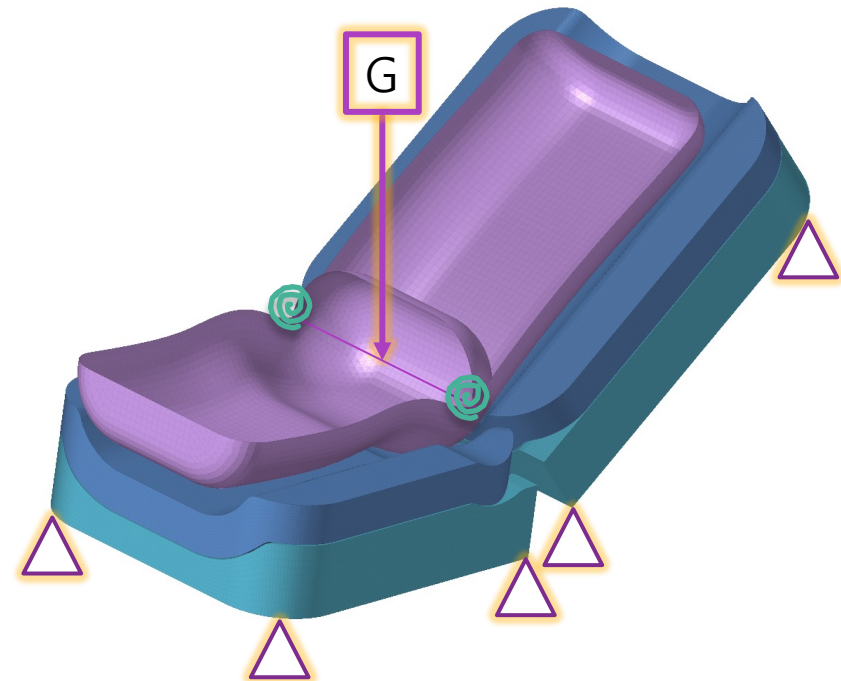
# RADIOSS MODEL

## 1. Radioss Model

### 1-2) 안락감 평가 모델 비교



기본 폼 모델  
(Thickness 60mm)



변형 폼 모델  
(Thickness 60mm)

# RADIOSS MODEL

## 1. Radioss Model

### 1-3) 안락감 평가

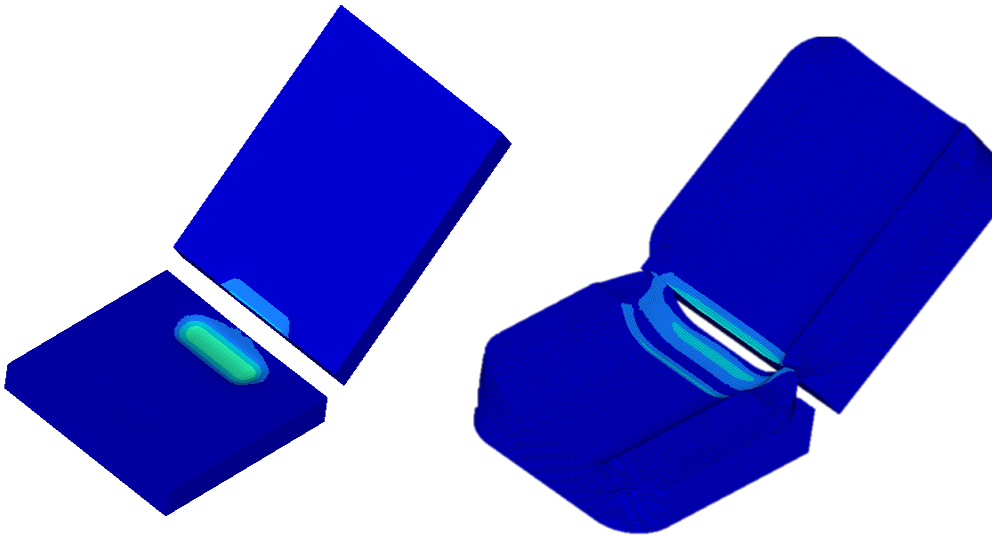
| Foam                            | 기본 폼 모델 | 변형 폼 모델 |
|---------------------------------|---------|---------|
| Contact Area [mm <sup>2</sup> ] | 57,075  | 51,025  |
| Displacement Convergence [mm]   | 13.2870 | 5.4450  |
| Mean Pressure [Mpa]             | 0.0286  | 0.0190  |
| Max Pressure [Mpa]              | 0.0758  | 0.1160  |

- 변형 폼 모델은 Contact Area가 크고, Max Displacement, Mean-Pressure, Max-Pressure이 작아야 함
- 변형 폼 모델의 Displacement Convergence이 약 2배, Mean-Pressure는 약 0.07배 감소함
- 변형 폼 모델의 Contact Area가 약 1.12배 줄어들고, Max-Pressure는 약 1.5배 증가하는 결과가 발생함
- Max-Pressure는 변형된 폼 형상과 간이 더미의 엉덩이 부분과 접촉되면서 Pressure가 크게 나타남을 확인함

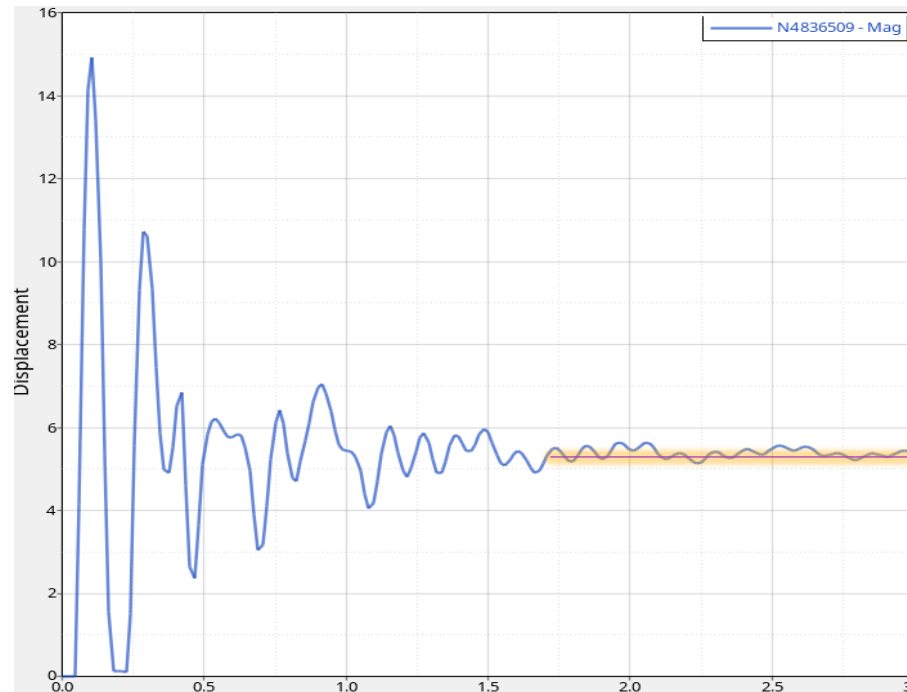
## PRE-PROCESSING

### 1. RADIOSS MODEL ANALYSIS

#### 1-4) 안락감 평가 고찰



Contact Area

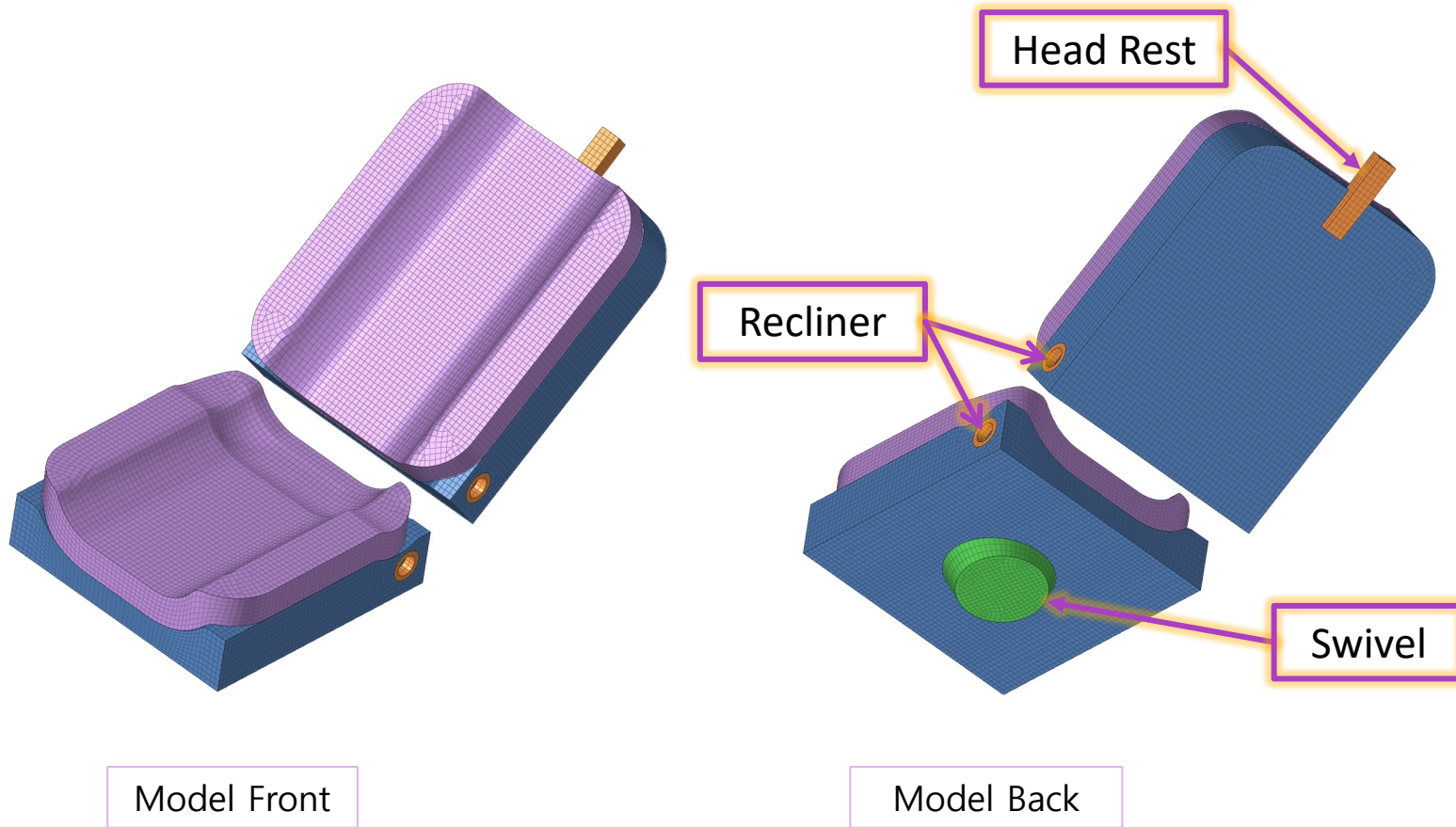


최적화 품의 수렴 그래프

- Contact Area 수치는 줄었으나 엉덩이 부분과 닿는 부분의 면적은 늘었음
- 또한, 더미가 안착했을 때 변위 수렴 값이 2배 이상 작아진 점과 Mean-pressure 값이 줄어든 점에서 의미 있는 모델이라고 볼 수 있음

# OPTISTRUCT MODEL

## 2. Optistruct Model



|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 밀도(RHO) [ton/mm <sup>3</sup> ] | 1.01E-10 |
| E [MPa]                        | 4.16     |

Foam의 물성치

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 밀도(RHO) [ton/mm <sup>3</sup> ] | 6.90E+04 |
| E [MPa]                        | 4.16     |
| v (Poisson's ratio)            | 0.3      |

AI의 물성치

# OPTISTRUCT MODEL

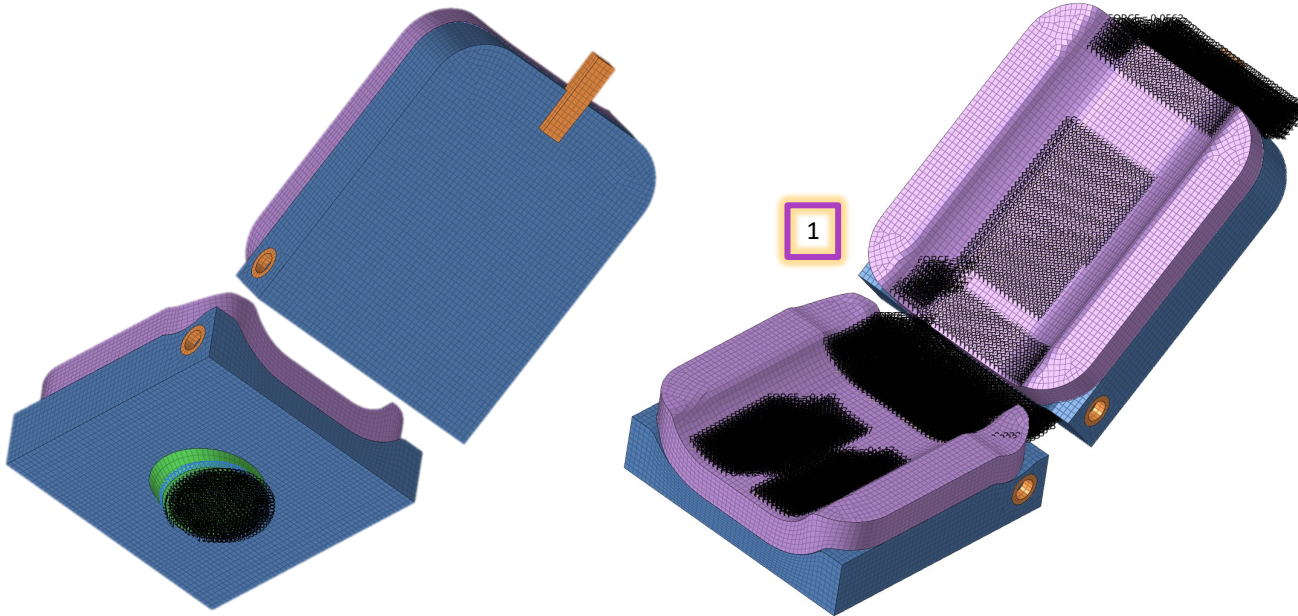
## 3. Optistruct Model Load Case

| Load Case                  | Explanation                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contact Pressure           | Contact Force를 면적에 해당하는 Element를 나눠 Contact Pressure를 구하였고,<br>Contact Area에 Contact Pressure를 부여하였음 |
| Head Rest Force            | 일반적인 사람 머리 무게를 참고하여 머리에 중력이 가해졌을 때를 가정한 후에<br>Head Rest 방향으로 하중을 부여하였음                               |
| Side Crash Force (3) ~ (4) | 자동차가 100km/h 속도로 충돌 시 차량이 받는 충격량을 참고하여<br>(3), (4) Load Case로 나누어 충돌 하중을 부여하였음                       |
| Hand Force (5) ~ (8)       | 탑승객 혹은 운전자가 차에 탑승하면서 손으로 시트를 잡거나 누르는 상황을 가정하여<br>(5), (6), (7), (8) Load Case로 나누어 하중을 부여하였음         |

## OPTISTRUCT MODEL

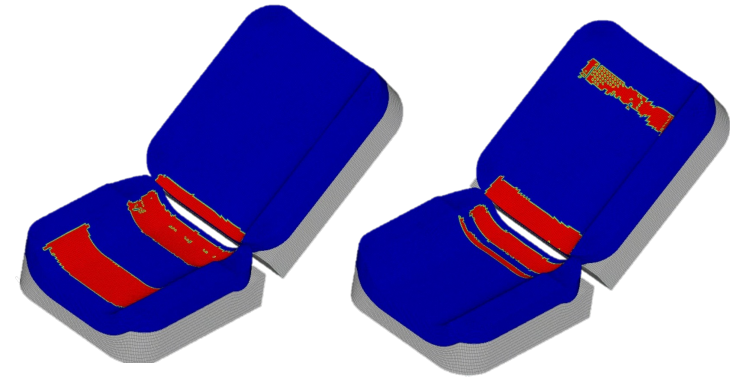
### 3. Optistruct Model Load Case

#### 3-1) Load Case – 안락감 (Contact Pressure)



SPC

Load Case 1\_ Contact Pressure



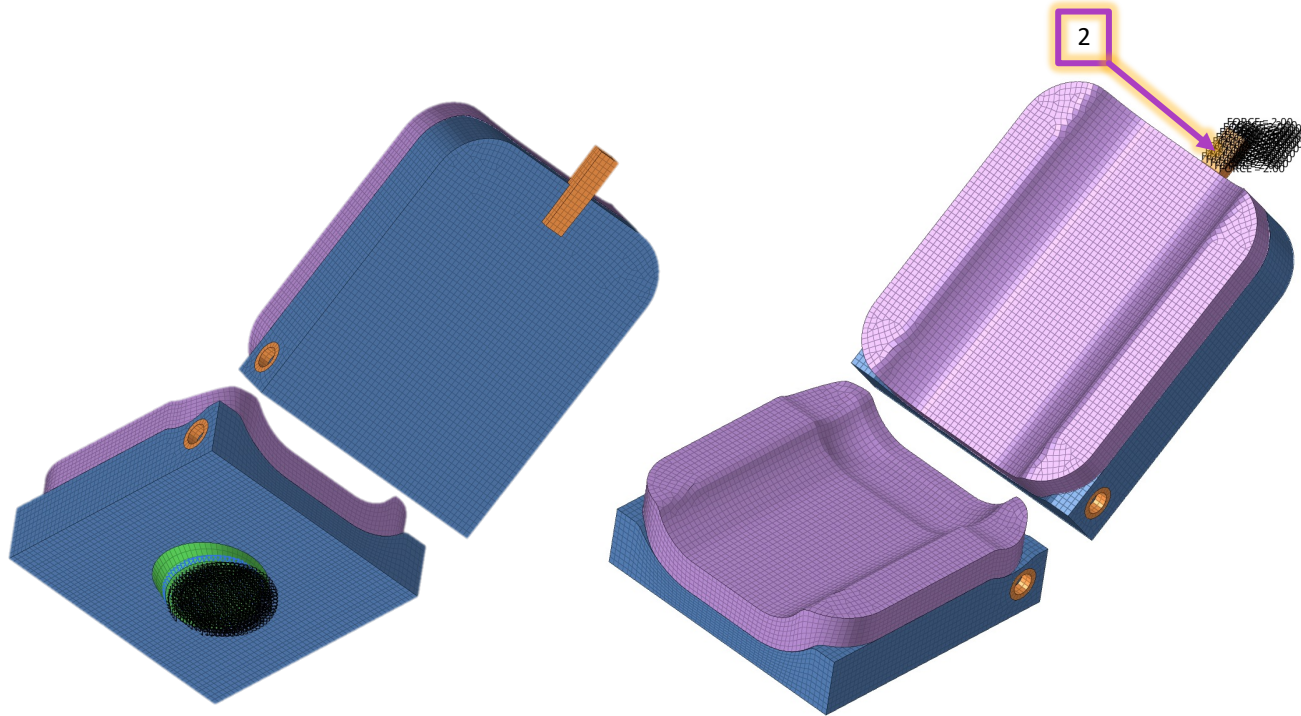
동적해석에서의 더미가 닿는 면적

- 위 사진의 동적 해석에서의 Contact Area를 참고하였고, 정적 해석이기 때문에 Contact Area를 추가하여 하중을 분포함
- Bottom Foam에는 400N의 하중을 Back Foam에는 300N의 하중을 면 방향으로 부여함

## OPTISTRUCT MODEL

### 3. Optistruct Model Load Case

#### 3-2) Load Case – 강성 (Head Rest Force)



SPC

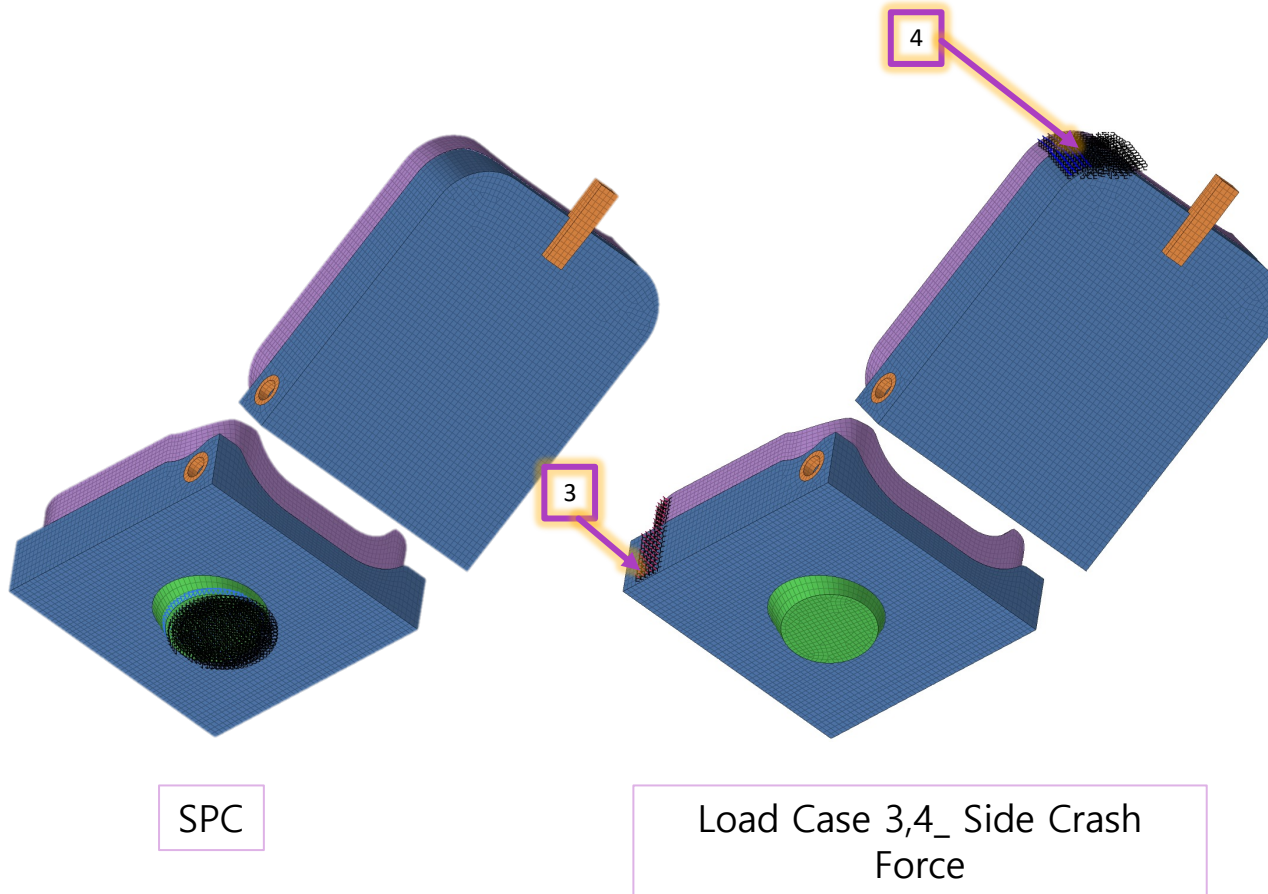
Load Case 2\_ Head Rest Force

- 일반적으로 사람의 머리 무게는 4~7kg임
- 강성을 위해 일반적인 머리 무게보다 과도한 무게로 면 방향으로 100N만큼의 힘을 부여함

# OPTISTRUCT MODEL

## 3. Optistruct Model Load Case

### 3-3) Load Case – 강성 (Side Crash Force)

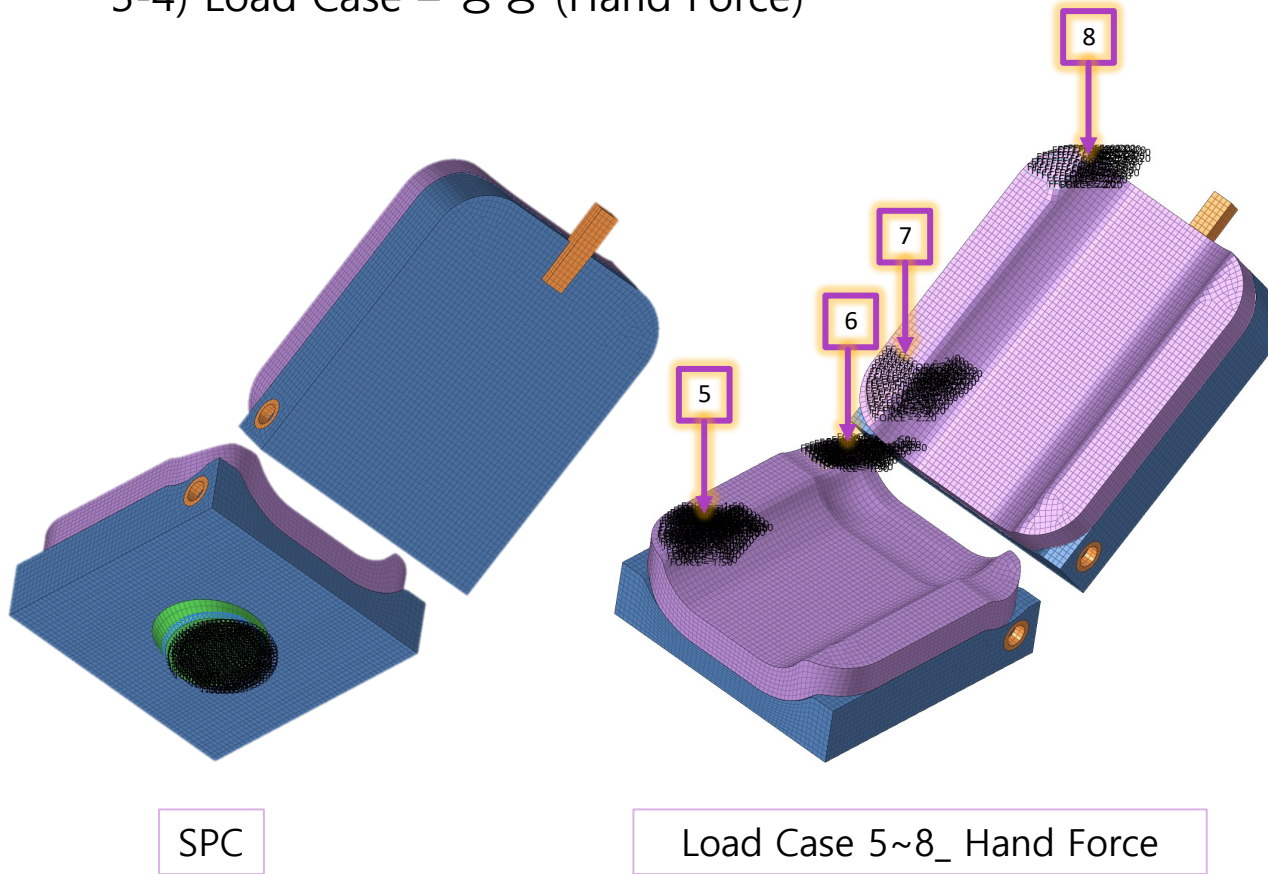


- 자동차가 100km/h 속도로 충돌 시 차량이 받는 충격량은 대략 400,000J임
- 3번 Load Case에 비해 4번 Load Case가 작용하는 길이가 길어 모멘트가 크기 때문에 더 중요하다고 판단함
- 로드 케이스의 중요도에 따라 가중치를 부여하여 4번 Load Case는 충격량의 1.5~2배로 가정, 3번 Load Case는 충격량의 0.5~0.7배로 가정하여 하중을 계산한 후 부여함
- 최종적으로 3번 Load Case에 900N, 4번 Load Case에 800N의 하중을 부여함

## OPTISTRUCT MODEL

### 3. Optistruct Model Load Case

#### 3-4) Load Case – 강성 (Hand Force)

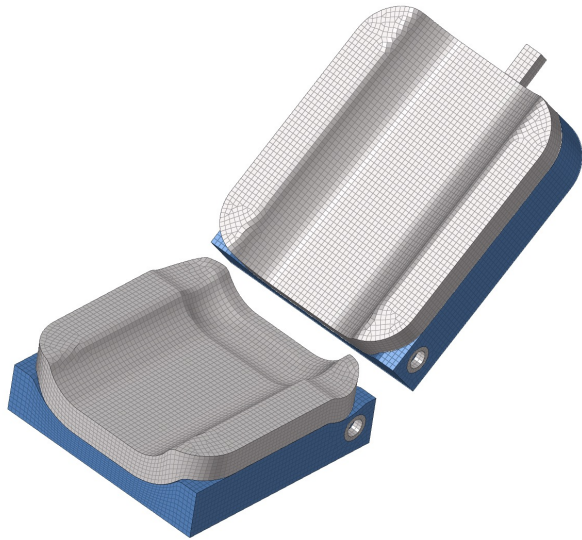


- 탑승객이 자동차에 탑승하면서 손을 잡거나 누르는 경우에 발생하는 하중을 부여함
- 5, 6 Load Case는 시트에 앉을 승객이 탑승하면서 잡을 수 있는 부위이며, 힘의 기준은 Contact Pressure Load Case에서 Bottom 부분의 힘인 400N의 힘을 나누어 각각 부여함
- 7, 8 Load Case는 뒷자리나 옆자리 사람이 잡고 누르는 경우를 나타내는 Load Case이며 5, 6 Load Case와 동일하게 Contact Pressure Load Case에서 Back 부분의 힘인 300N을 나누어 각각 부여함

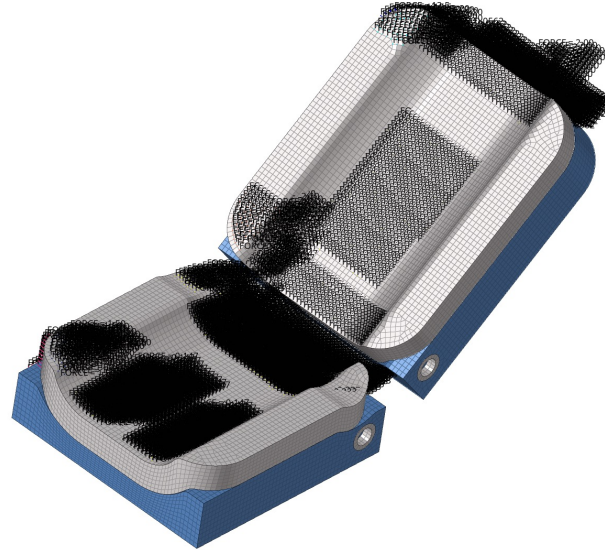
# OPTIMIZATION

## 1. Optistruct Topology

### 1-1) 최적화 조건 (동일)



Design / Non-Design



Force 크기 및 방향, 영역

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 밀도(RHO) [ton/mm <sup>3</sup> ] | 1.01E-10 |
| E [MPa]                        | 4.16     |

Foam의 물성치

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| 밀도(RHO) [ton/mm <sup>3</sup> ] | 6.90E+04 |
| E [MPa]                        | 4.16     |
| v (Poisson's ratio)            | 0.3      |

AI의 물성치

|         | ID       | PID   | PID |
|---------|----------|-------|-----|
| DTPL    | 1PSOLID  | 3     |     |
|         | MINDIM   |       |     |
| MEMBSIZ | 60.00000 |       |     |
|         | TYP      | AID   |     |
| PATRN   | 2        | 11995 |     |

Design Variables

# OPTIMIZATION

## 1. Optistruct Topology

### 1-2) 최적화 조건

#### ① Case 1: Displacement Maxmin

|                            |                                        |                      |
|----------------------------|----------------------------------------|----------------------|
| Response                   | Volume Fraction                        | 모든 경우에 대해 정의         |
|                            | Displacement                           | 안락감, 강성 정의           |
| Constraints (볼륨, 강성 제약 조건) | Volume Fraction                        | Upper 0.2            |
|                            | Displacement (Hand Force)              | Upper 0.12           |
|                            | Displacement (Side Crash Force)        | Upper 10             |
| Objective                  | Displacement Maxmin (Obj Reference 사용) | 안락감 Displacement 최대화 |

#### ② Case 2: Weighted Compliance Min

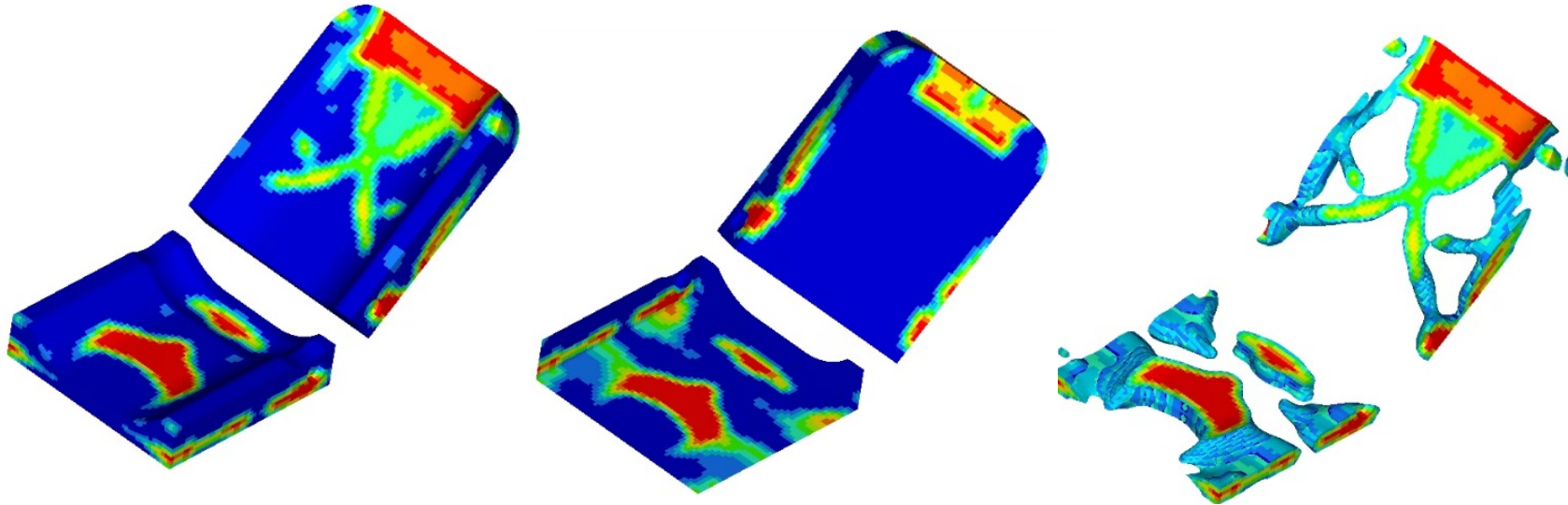
|                             |                                 |              |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|
| Response                    | Volume Fraction                 | 모든 경우에 대해 정의 |
|                             | Displacement                    | 안락감 정의       |
|                             | Weighted Compliance             | 강성 정의        |
| Constraints (볼륨, 안락감 제약 조건) | Volume Fraction                 | Upper 0.2    |
|                             | Displacement (Contact Pressure) | Lower 0.0033 |
| Objective                   | Weighted Compliance Min         | 강성 최대화       |

# OPTIMIZATION

## 1. Optistruct Topology

### 1-3) 최적화 결과

#### ① Case 1: Displacement Maxmin



Element Density

Iso (Current Value 0.25)

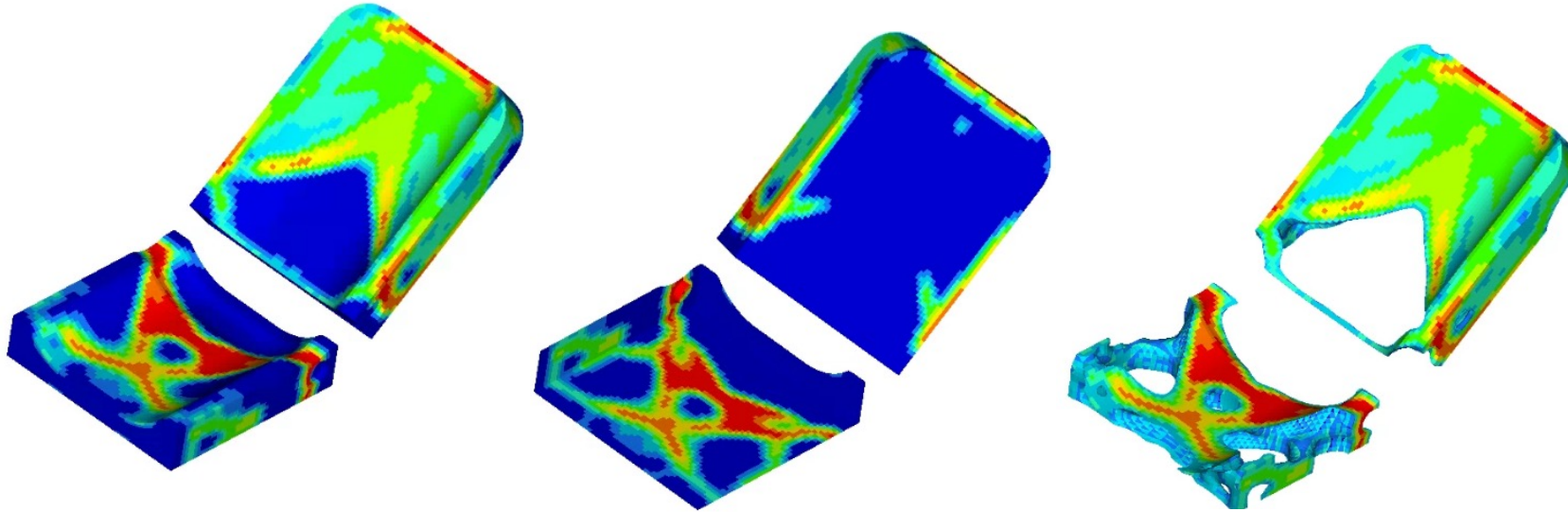
- Max Iterations : 92
- Current Value : 0.25
- Current Iterations : 69
- Optimization Converged
- Feasible Design  
(All constraints satisfied.)

# OPTIMIZATION

## 1. Optistruct Topology

### 1-3) 최적화 결과

#### ② Case 2: Weighted Compliance Min



Element Density

Iso (Current Value 0.25)

- Max Iterations : 25
- Current Value : 0.25
- Current Iterations : 25
- Optimization Converged
- Feasible Design  
(All constraints satisfied.)

# OPTIMIZATION

## 1. Optistruct Topology

### 1-4) 최적화 결과 비교

#### ① 안락감 로드 케이스

| Load Case        | Results           | Case 1 | Case 2 |
|------------------|-------------------|--------|--------|
| Contact Pressure | Foam Displacement | 0.9720 | 1.3880 |

→ Foam Displacement 크면 안락하다고 판단  
**Case 2가 더 안락함**

#### ② 강성 로드 케이스

| Load Case            | Results            | Case 1 | Case 2 |
|----------------------|--------------------|--------|--------|
| Head Rest Force      | Frame Displacement | 0.0347 | 0.0195 |
|                      | Frame Von Mises    | 0.5861 | 0.3853 |
| Side Crash Force (3) | Frame Displacement | 0.0096 | 0.0067 |
|                      | Frame Von Mises    | 3.7650 | 1.0070 |
| Side Crash Force (4) | Frame Displacement | 0.0679 | 0.0316 |
|                      | Frame Von Mises    | 3.2430 | 1.4500 |
| Hand Force (5)       | Frame Displacement | 0.0033 | 0.0032 |
|                      | Frame Von Mises    | 0.8522 | 0.3286 |
| Hand Force (6)       | Frame Displacement | 0.0061 | 0.0023 |
|                      | Frame Von Mises    | 1.0490 | 0.1790 |
| Hand Force (7)       | Frame Displacement | 0.0342 | 0.0090 |
|                      | Frame Von Mises    | 1.5310 | 0.3014 |
| Hand Force (8)       | Frame Displacement | 0.0413 | 0.0222 |
|                      | Frame Von Mises    | 0.9051 | 0.4836 |

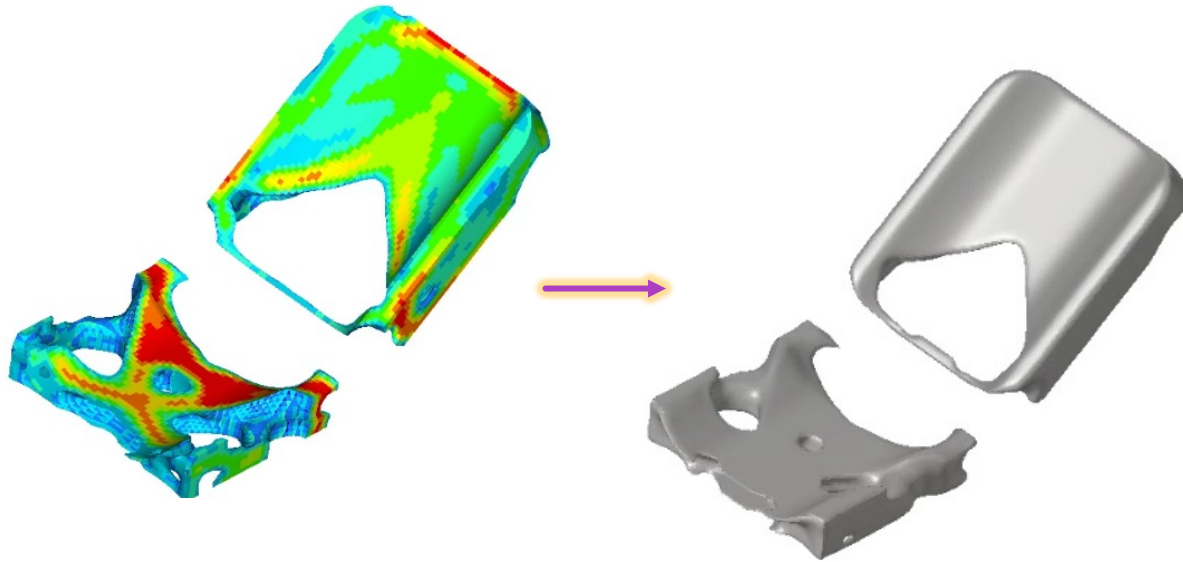
→ Frame Displacement와 Von Mises가 작으면  
강성이 좋다고 판단

모든 로드 케이스에 대해  
**Case 2가 더 강성이 큼**

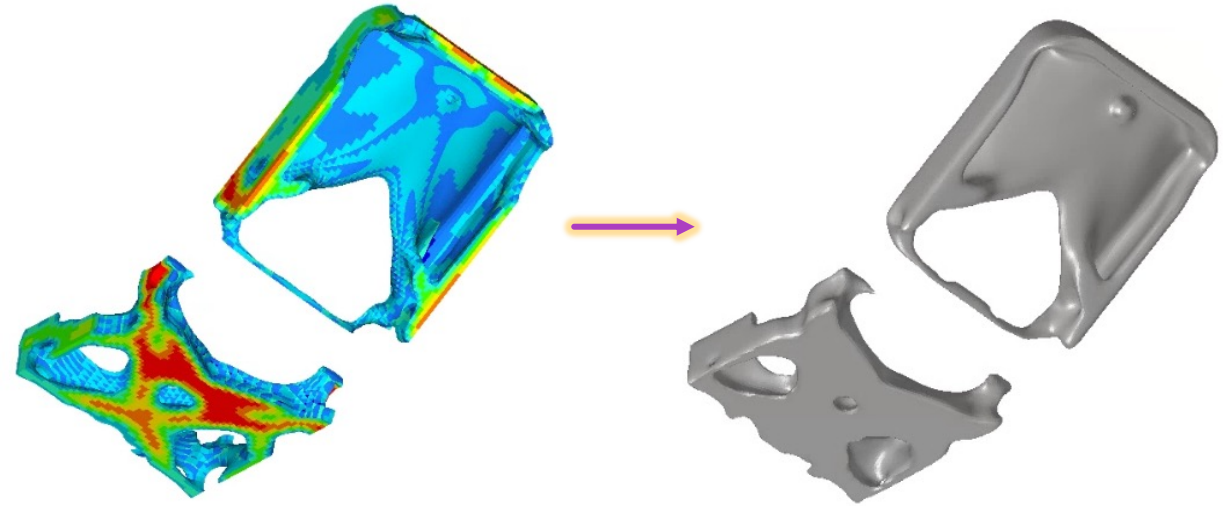
## OPTIMIZATION

### 2. 2nd Modeling

#### 2-1) Poly Nurbs 이용



Weighted Compliance Min  
Optimization Model  
Front



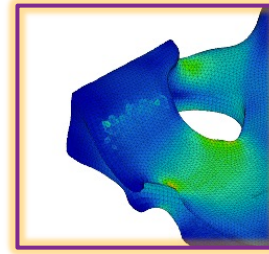
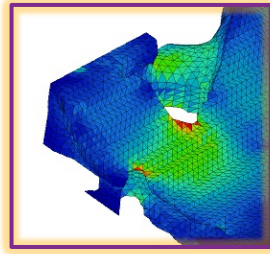
Weighted Compliance Min  
Optimization Model  
Back

# OPTIMIZATION

## 2. 2nd Modeling

### 2-2) 최적화 결과 비교

#### ① 안락감 로드 케이스



| Load Case        | Results           | Case 2 | Case 2 Poly Nurbs |
|------------------|-------------------|--------|-------------------|
| Contact Pressure | Foam Displacement | 1.3880 | 2.7690            |

→ Foam Displacement 크면 안락하다고 판단  
**Poly Nurbs한 모델이 더 안락함**

#### ② 강성 로드 케이스

| Load Case            | Results            | Case 2 | Case 2 Poly Nurbs |
|----------------------|--------------------|--------|-------------------|
| Head Rest Force      | Frame Displacement | 0.0195 | 0.0283            |
|                      | Frame Von Mises    | 0.3853 | 1.0720            |
| Side Crash Force (3) | Frame Displacement | 0.0067 | 0.0077            |
|                      | Frame Von Mises    | 1.0070 | 1.2390            |
| Side Crash Force (4) | Frame Displacement | 0.0316 | 0.0486            |
|                      | Frame Von Mises    | 1.4500 | 3.4140            |
| Hand Force (5)       | Frame Displacement | 0.0032 | 0.0050            |
|                      | Frame Von Mises    | 0.3286 | 0.6645            |
| Hand Force (6)       | Frame Displacement | 0.0023 | 0.0027            |
|                      | Frame Von Mises    | 0.1790 | 0.3223            |
| Hand Force (7)       | Frame Displacement | 0.0090 | 0.0173            |
|                      | Frame Von Mises    | 0.3014 | 1.1040            |
| Hand Force (8)       | Frame Displacement | 0.0222 | 0.0302            |
|                      | Frame Von Mises    | 0.4836 | 1.4630            |

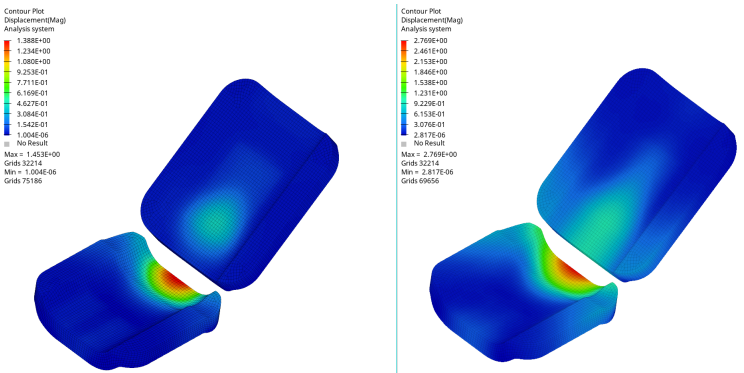
→ Frame Displacement와 Von Mises가 작으면  
강성이 좋다고 판단

모든 로드 케이스에 대해  
**Case 2가 더 강성이 큼**

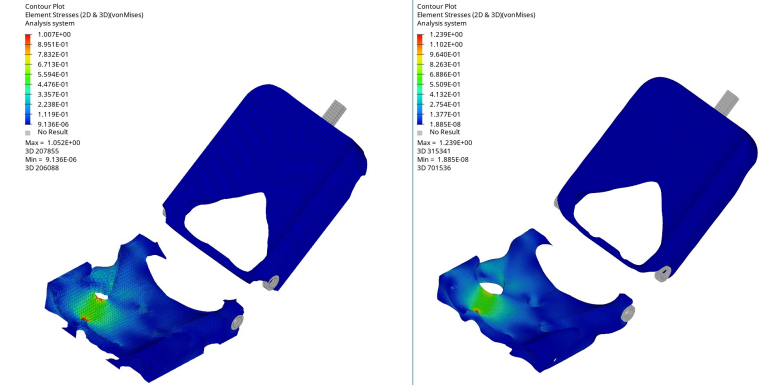
# OPTIMIZATION

## 2. 2nd Modeling

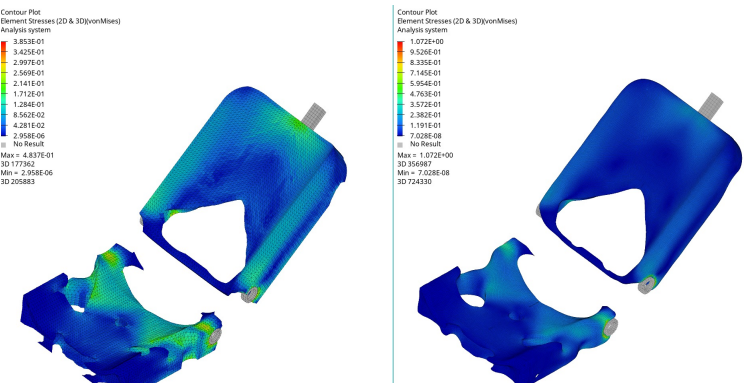
### 2-2) 해석 결과



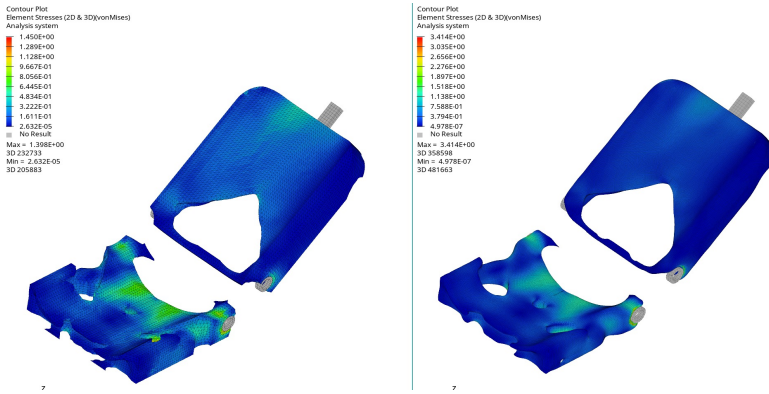
Contact pressure



Side crash force 3



Head force

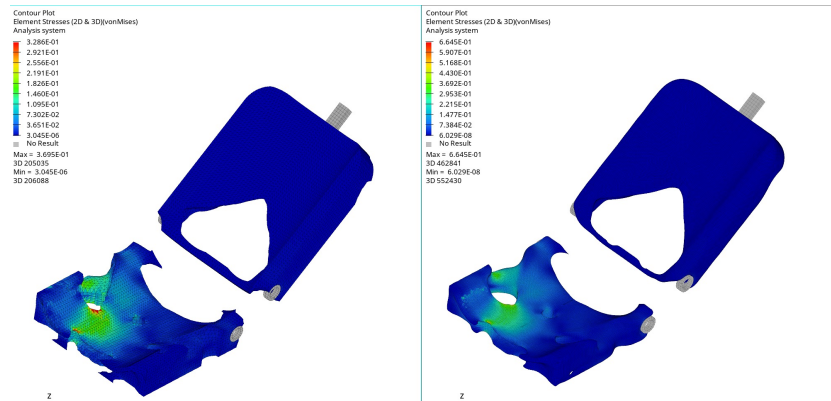


Side crash force 4

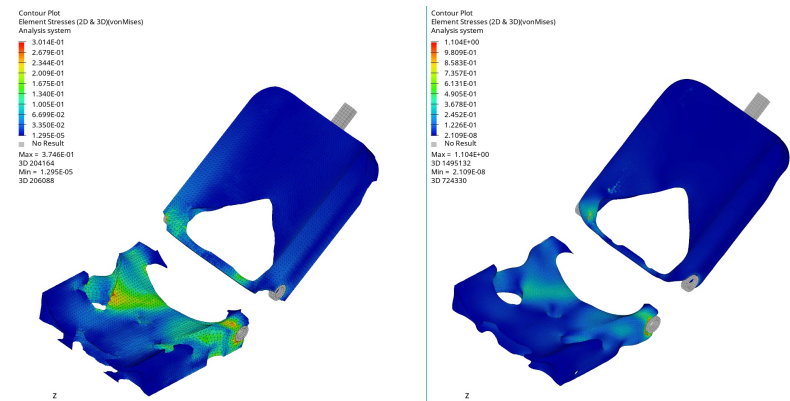
# OPTIMIZATION

## 2. 2nd Modeling

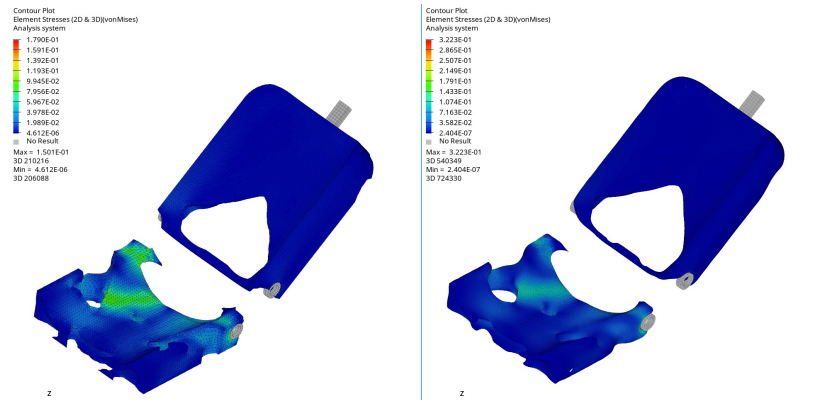
### 2-2) 해석 결과



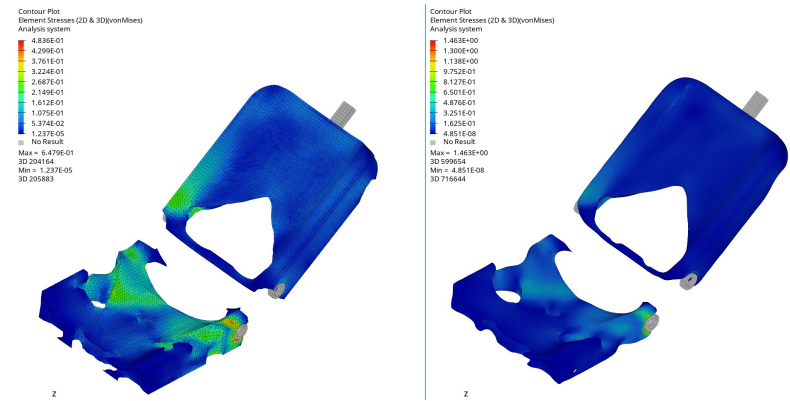
Side force 5



Side force 7



Side force 6



Side force 8

## 4. CONCLUSION

# SUMMARY

- Objective: 미래 자율 주행 자동차에 적용될 시트
- Process

안락감을 위한 폼 두께 선정 (60mm)

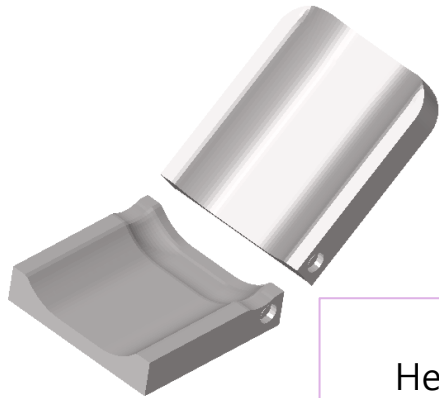


안락감과 강성을 고려한 프레임 최적화



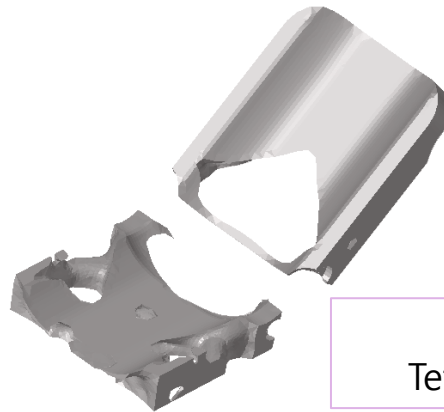
Poly Nurbs를 통한 안락감 극대화

- Optimization



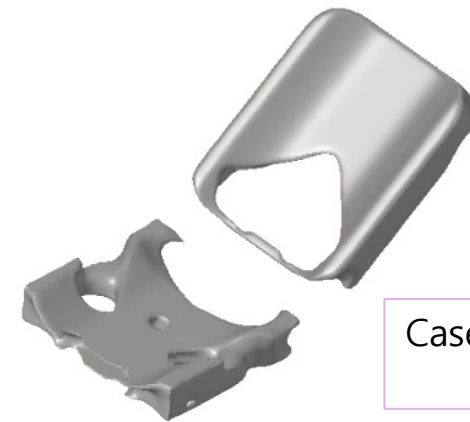
Base  
Hexa 10mm

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Mass [kg]                       | 102.50 |
| Max Displacement (Comfort) [mm] | 0.123  |
| Stiffness [N/mm]                | 32,129 |



Case 2  
Tetra 10mm

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Mass [kg]                       | 52.05  |
| Max Displacement (Comfort) [mm] | 1.390  |
| Stiffness [N/mm]                | 25,316 |

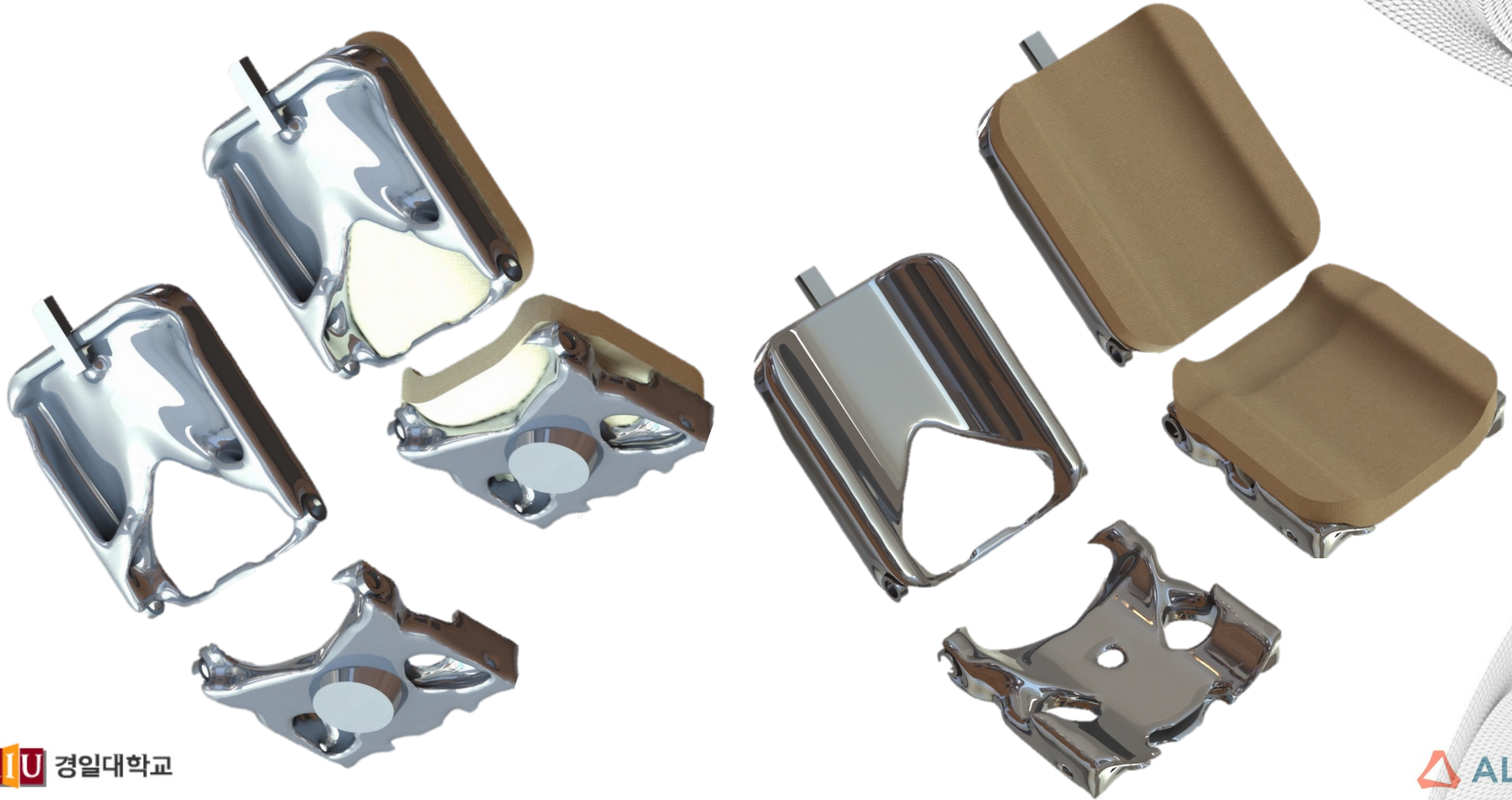


Case 2 Ploy Nurbs  
Tetra 5mm

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Mass [kg]                       | 49.58  |
| Max Displacement (Comfort) [mm] | 2.770  |
| Stiffness [N/mm]                | 16,461 |

## FINAL DESIGN PROPOSAL

---



## REFERENCE

---

- 2016-013 자동차 시트 개발 동향과 향후 전망 – 최선배, 정선경 / 2016
- Seat-cushion and soft-tissue material modeling and a finite element investigation of the seating comfort for passenger-vehicle occupants - M. Grujicic \*, B. Pandurangan, G. Arakere, W.C. Bell, T. He, X. Xie / 2009
- 피험자 체형에 따른 자동차 시트 쿠션의 체압 분포 특성과 안락감 - 지효성1), 김성욱2), 전용두\*3)
- Comfort Evaluation of Slow-Recovery Ejection Seat Cushions Based on Sitting Pressure Distribution - Jiayi Bao1,2, Qianxiang Zhou1,2\*, Xingwei Wang3 Chao Yin1,2
- 시트 백 프레임의 형상에 따른 구조 해석에 관한 연구 – 김성수1), 최해규1), 최두석2), 김세환2), 오세환2), 조재웅2), 국정환3)
- 자동차 시트 프레임의 구조 강도 해석에 관한 연구 - 김기선1), 김성수2), 김세환3), 조재웅1\*)

The background is a gradient from dark purple at the top to deep blue at the bottom, speckled with white and light blue dots resembling a starry sky. On the left side, there are several overlapping circular and semi-circular patterns. Some are solid white lines, while others are dashed. A prominent circular scale with tick marks and numbers (140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260) is visible. Arrows indicate a clockwise direction of movement. The text '감사합니다' is centered in the middle-right area.

감사합니다