자율주행차 라이다 센서 장착용 프레임의 구조 최적화

학교명 : 경일대학교

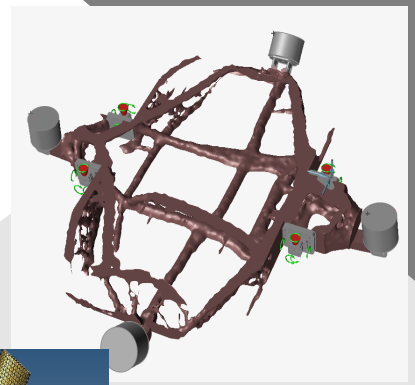
학과 : 기계자동차학부 전산기계설계전공

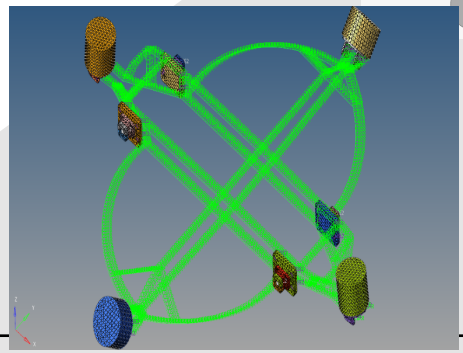
신 수 린(3) – Hypermesh 빔 모델링 / 최적화

서 차 미(4) – Inspire 디자인 영역 모델링 / 최적화

과제 개요

목적	- 라이다 센서 장착 프레임의 중량 최소화
수행내용	- Inspire로 디자인 영역 모델링 / 최적화 - Inspire 최적화 기반으로 Hypermesh로 빔 모델링 - 빔 단면 사이즈 최적화 - Base model과 최적화 모델 비교
결론	- 프레임 및 연결부위 중량 33.73% 감소 (7.03kg → 4.659kg)





목 차

1. 개요
   1.1 소개
   1.2 주제
   1.3 설계목표

2. 해석절차

3. 설계영역

4. 최적화
   4.1 1,2차 디자인 영역 모델링 / 최적화
   4.2 디자인 영역 빔 모델링

5. 결과

1.1 소개_경일대학교 자율주행차

경일대학교 자율주행차

(자율주행차 융합기술 연구소/교내 기업)

→ 자율주행 임시 면허 취득

→ 자율주행차 운행 중 (초소형 전기차 기반, 레벨 4등급)

→ 내년 상반기 중으로 학생 통학용 자율주행 셔틀버스 운행

→ 미래 신산업 BIG 3(바이오헬스, 시스템반도체, 미래자동차) 중 자율주행 센싱 분야 지원 기업으로 선정

1.1 소개_라이다 센서

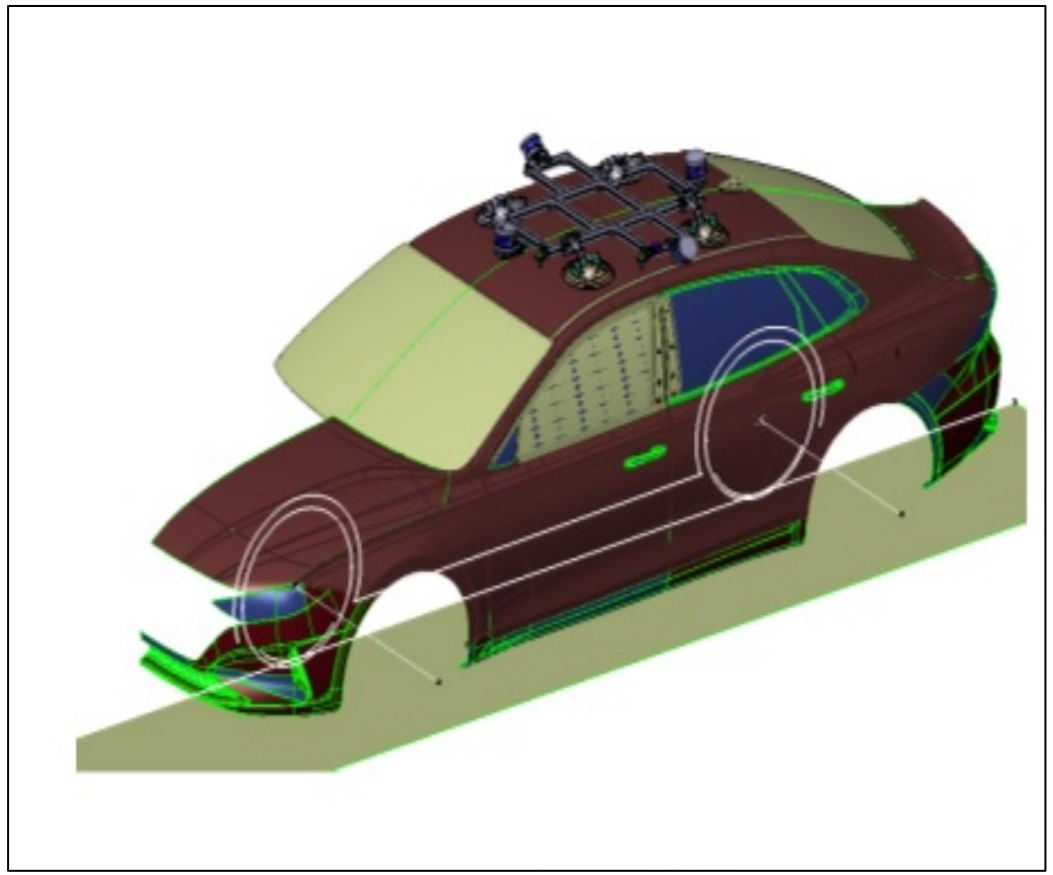
라이다 센서

- 레이저를 목표물에 비춰 사물과의 거리 및 다양한 물성을 감지할 수 있는 기술
- 주변 사물, 지형지물 등을 감지하고 이를 3D 영상으로 모델링

라이다 센서 원리

라이다에서 나온 레이저 광선이 피사체에서 반사된 뒤 다시 라이더 센서로 돌아오기 까지의 시간을 측정해 센서로부터 주변 물체까지의 거리를 측정

1.1 소개_라이다 센서 장착 위치

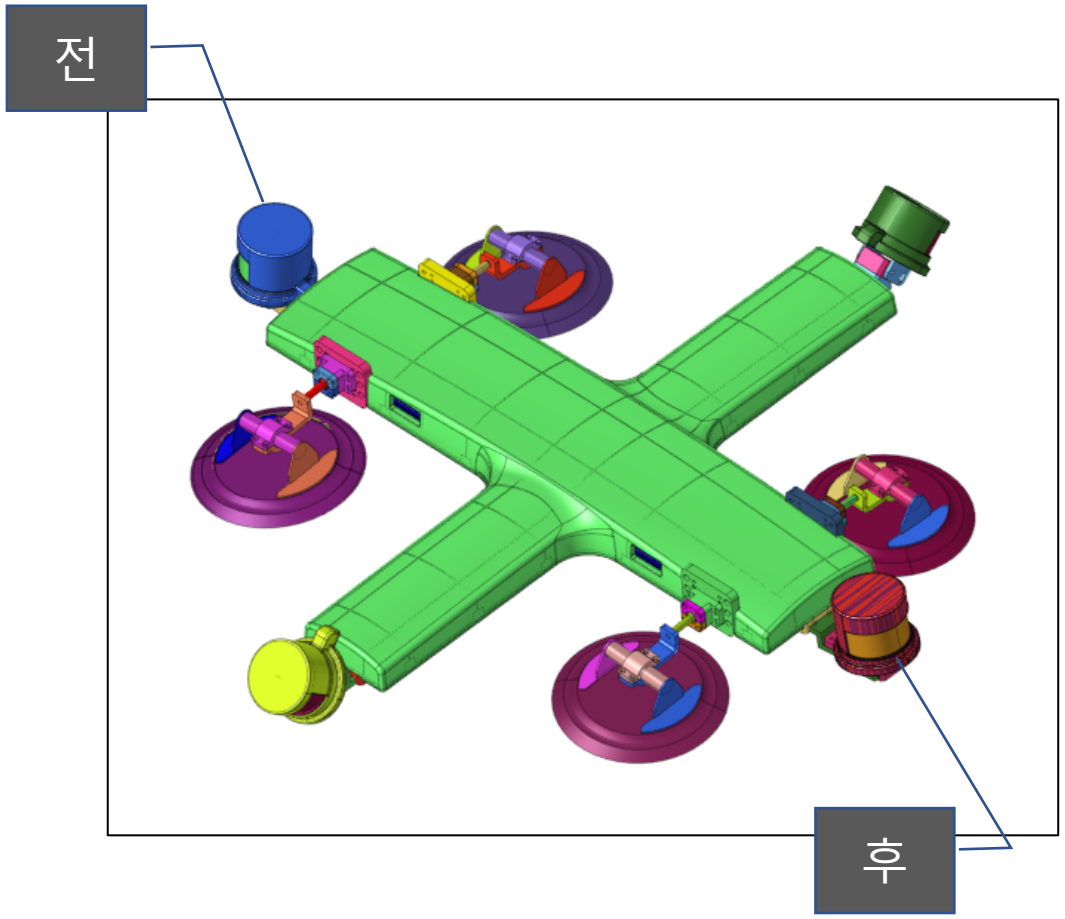


→ 비용과 장착 편의성 측면에선 사이드 미러에 장착하는 것이 유리

→센싱 효과 측면에서는 루프 쪽에 장착하는 것이 유리

1.2 주제_시제품 내구시험을 위한 자율주행차용 라이다 프레임

1.2 주제_라이다 장착 프레임 개요



제품명	Puck(좌우)	Ultra Puck(전후)
Model	VLP - 16	VLP – 32C
Range	100m	200m
Accuracy	±3cm	±3cm
Angular Resolution (Vertical)	2	0.33
Angular Resolution (Horizontal)	0.1~0.4	0.1~0.4
Weight	830g	925g

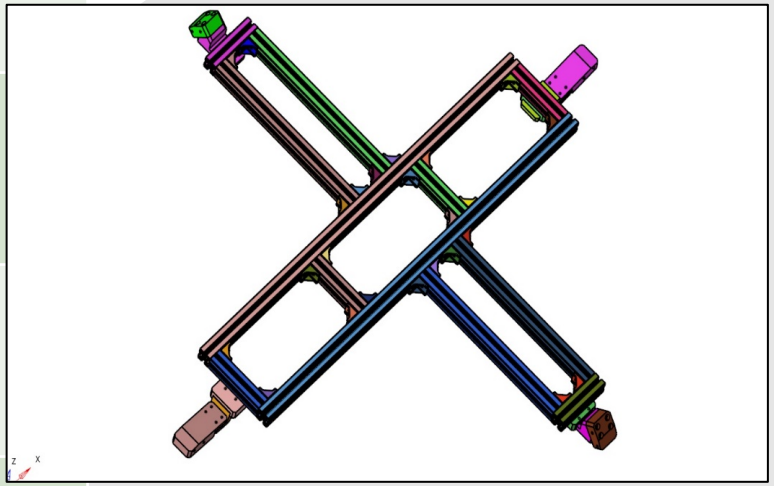
1.2 주제_목적

→ 프레임 중량 최소화 필요(차량의 운행에 영향을 줄 수 있으므로)

→ 주행 중 라이다 센서의 움직임 최소화 필요

1.3 설계목표_최적화 범위

부품	질량
LIDAR 연결 BRACKET	2.04KG
FRAME + BRACKET	4.99KG
LIDAR	3.51KG
그 외	1.43KG
총 무게	11.97KG



1.3 설계목표_하중/지지 조건

도로 상태에 따라 차량에 가속도 발생

→ 루프 부분 흔들리게 되면서 라이다 프레임 흔들림

→ 라이다 프레임에 수G의 가속도 발생

→ 정확하게 하려면 동적하중 고려해야함

Spherical joint 연결 부분에서 위치만 구속(회전 가능)하고 각 방향 1G의 중력을 가하는 것으로 단순화

1.3 설계목표_설계 구속 조건 및 목적함수

Inspire

→ 디자인영역 중량제한

→ 강성최대화

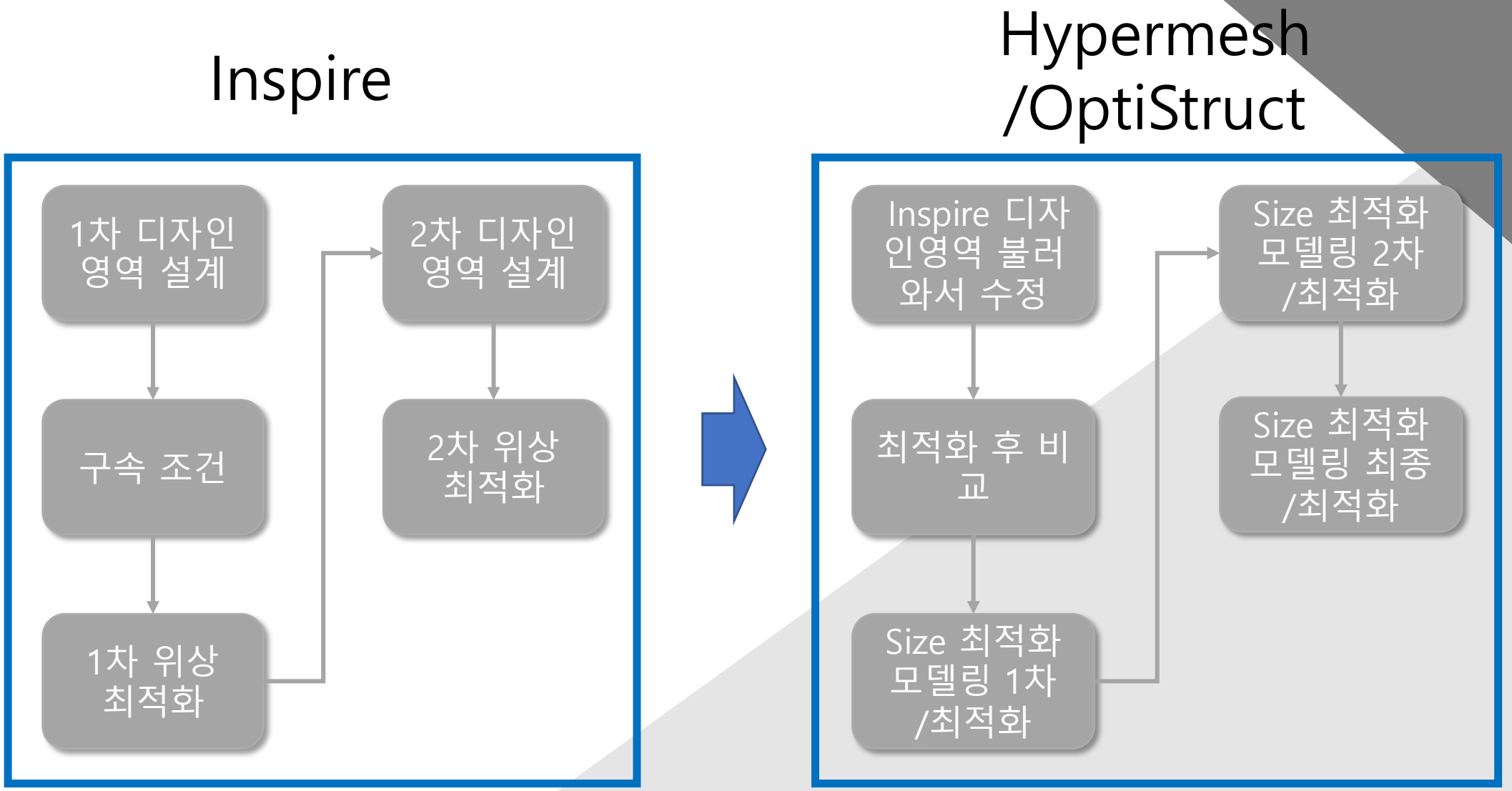
Hypermesh / OptiStruct

→ 프레임 및 연결부위 중량 최소화

→ 라이다센서 회전량 제한 (베이스 모델 해석결과 기준)

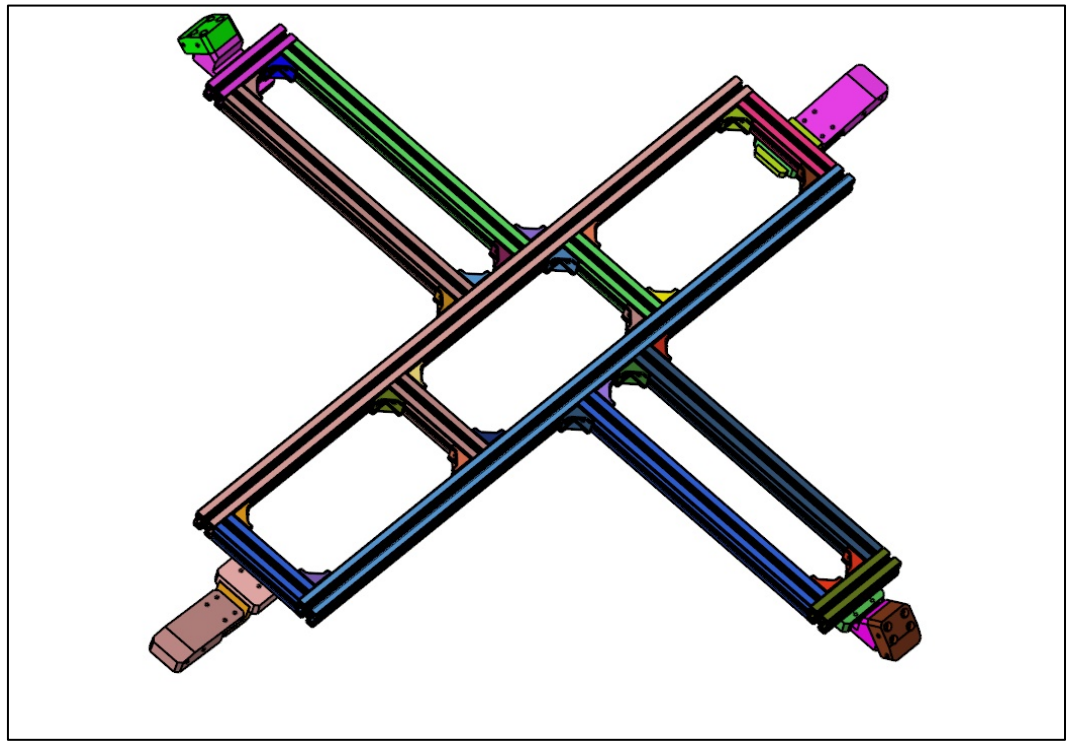
Z방향 중력(베이스모델)			베이스 변위(회전량)	
	U	전	3.28E-04	yrot
	D	후	3.69E-04	yrot
	R	우	2.51E-03	xrot
	L	좌	2.51E-03	xrot
x방향 중력 (베이스모델)				
	R	우	1.35E-05	zrot
	L	좌	1.35E-05	zrot
y방향 중력 (베이스모델)				
	U	전	4.72E-05	zrot
	D	후	2.02E-05	zrot

2. 해석절차


Inspire
1차 디자인 영역 설계
구속 조건
1차 위상 최적화
2차 디자인 영역 설계
2차 위상 최적화
Hypermesh /OptiStruct
Inspire 디자인영역 불러와서 수정
최적화 후 비교
Size 최적화 모델링 1차 /최적화
Size 최적화 모델링 2차 /최적화
Size 최적화 모델링 최종 /최적화

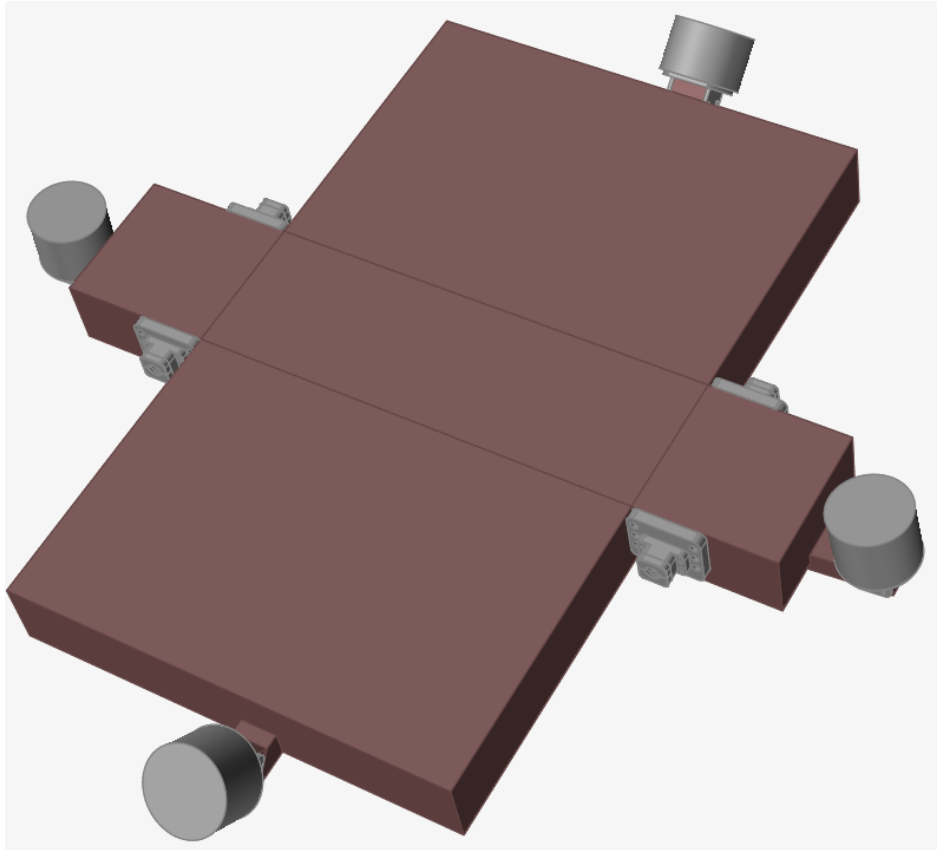
3. 설계영역

최적화 대상



비설계영역

4.1 1차 디자인 영역 모델링_Inspire 사용

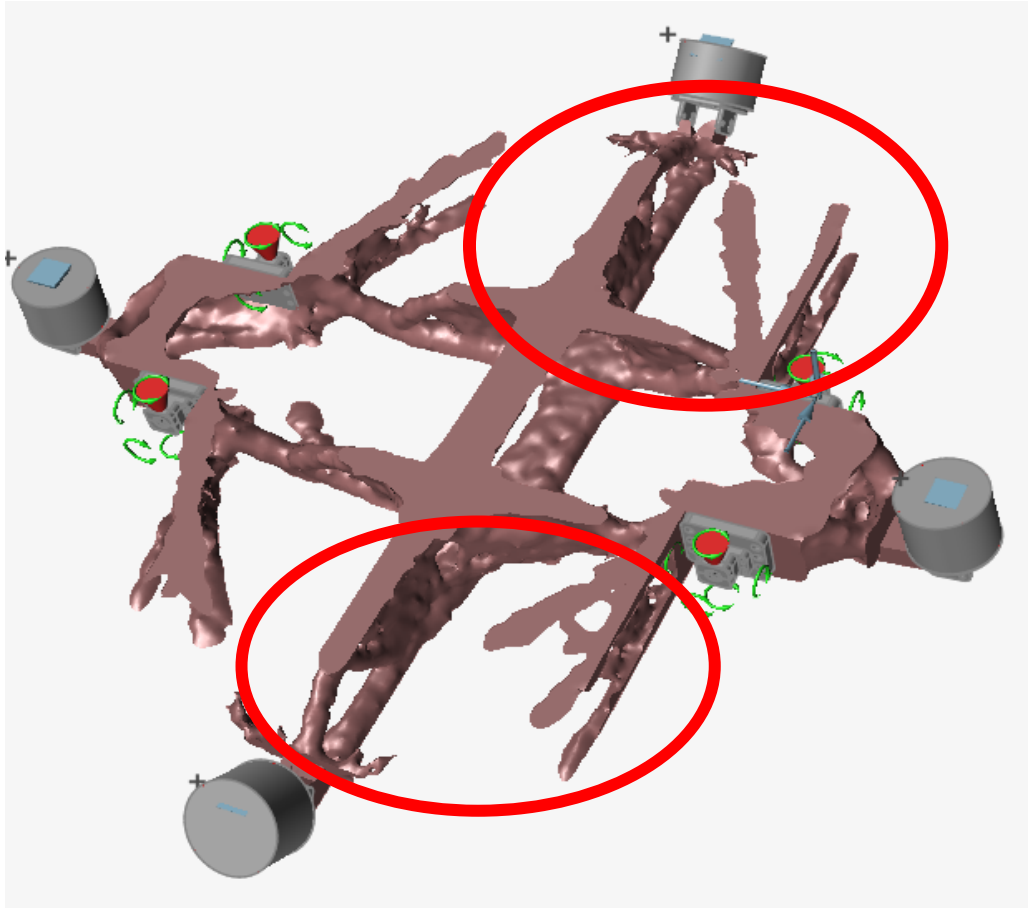


→ 목표 질량 : 총 디자인 영역 체적의 5%

→ 강성 최대화

→ 두께 구속조건 : 30mm

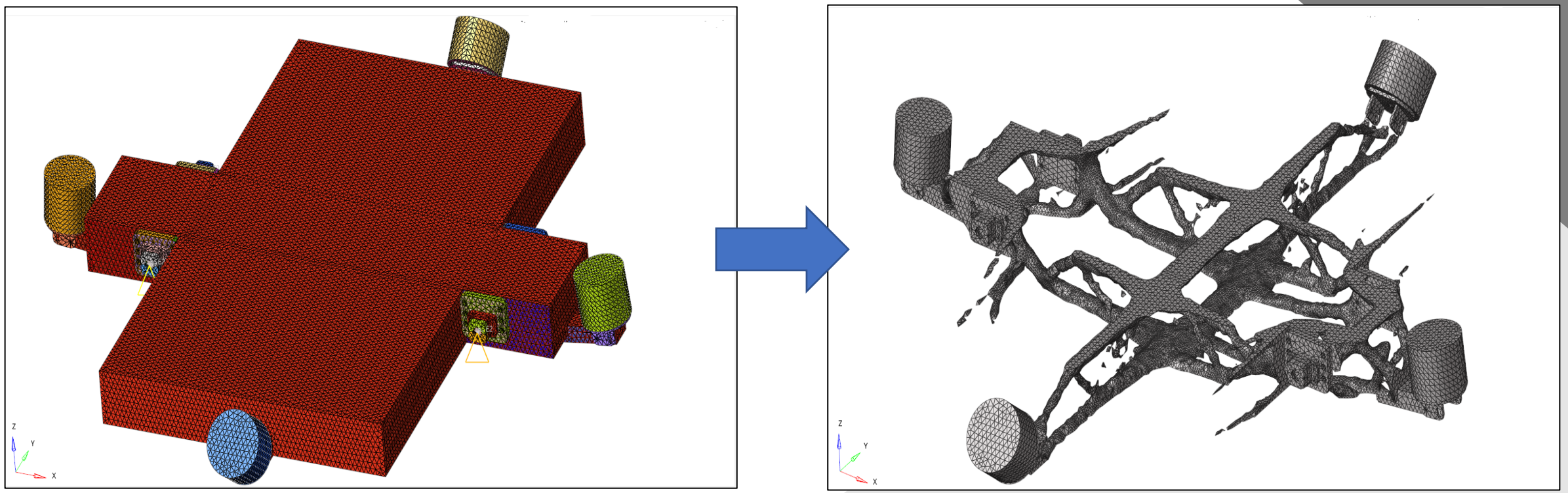
4.1 1차 위상 최적화_최적화 결과



연결 부위 형상이 두갈래로 나와 어떤 부분을 따라가야 할지 확실히 알지 못함

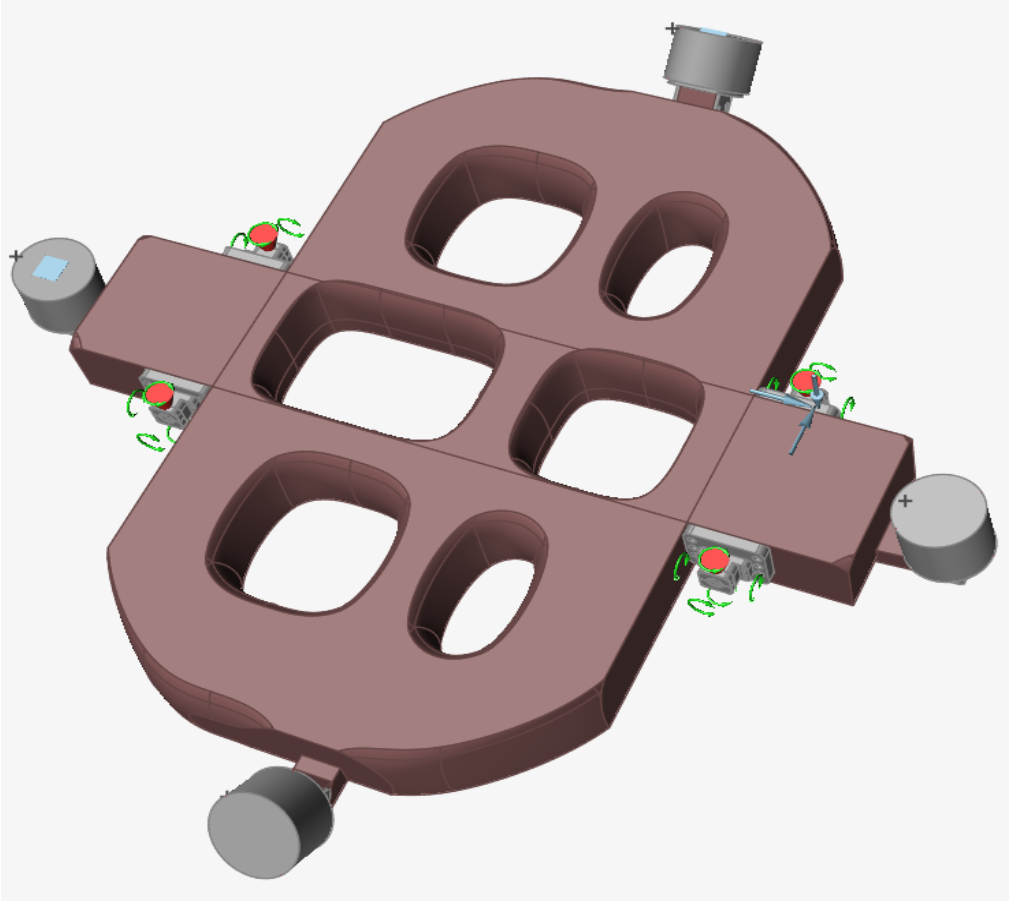
2차 디자인 영역 설계 필요

4.1 1차 위상 최적화_Hypermesh



→ Inspire에서 생성한 OptiStruct 입력파일을 HyperMesh에 불러와서 재수행

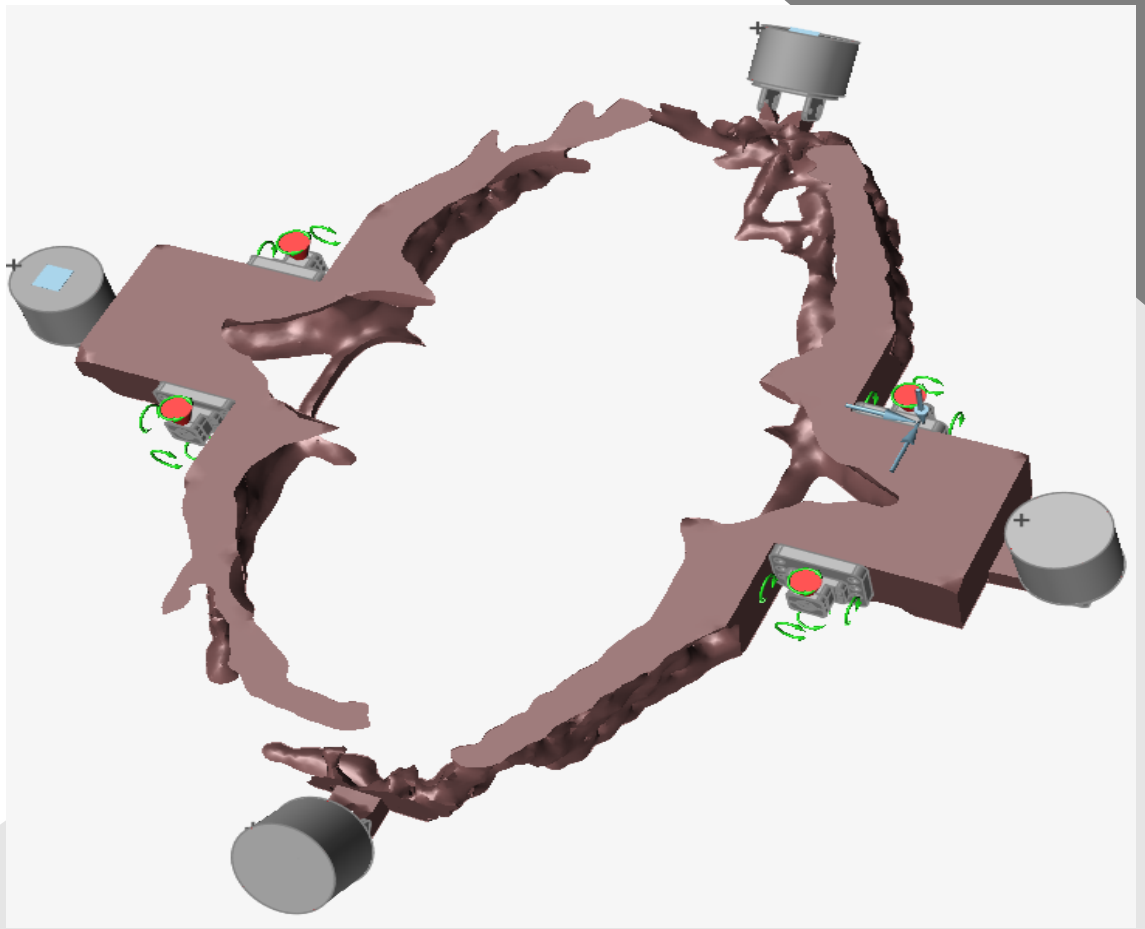
4.1 2차 디자인 영역 모델링



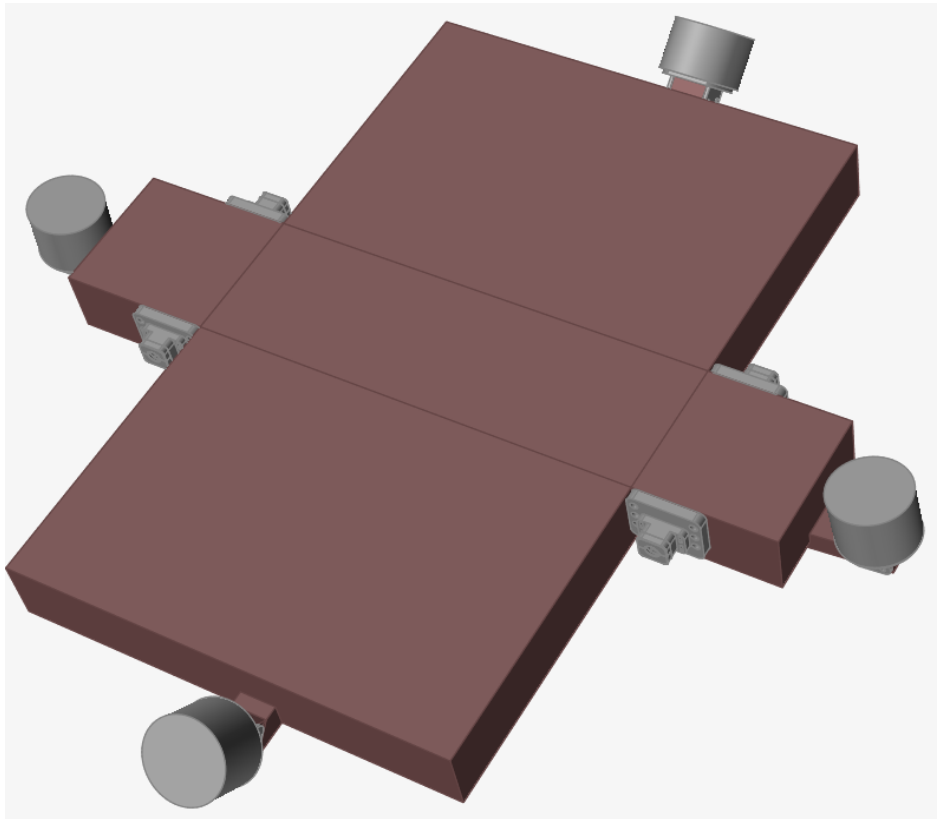
PolyNurbs를 사용하여 1차 디자인 영역 모델링 최적화된 모양을 토대로 2차 디자인 영역 모델링

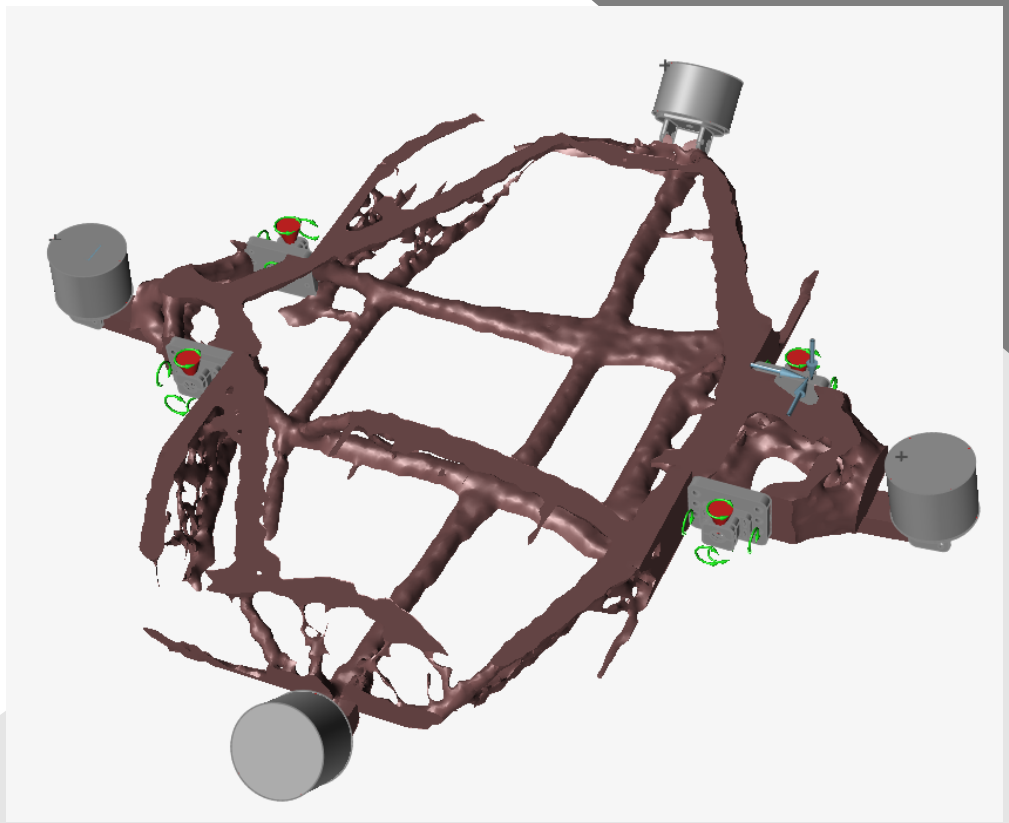
4.1 2차 위성 최적화_최적화 결과

가운데 연결 부분이 없어졌으나
1차 위성 최적화한 것에 비해 연결
부위 형상 뚜렷해짐



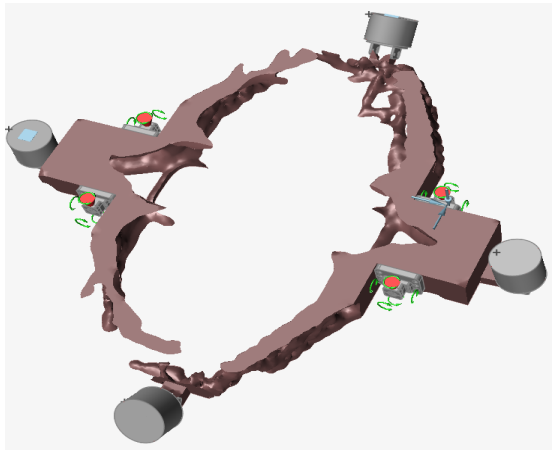
4.1 2차 디자인 영역 모델링

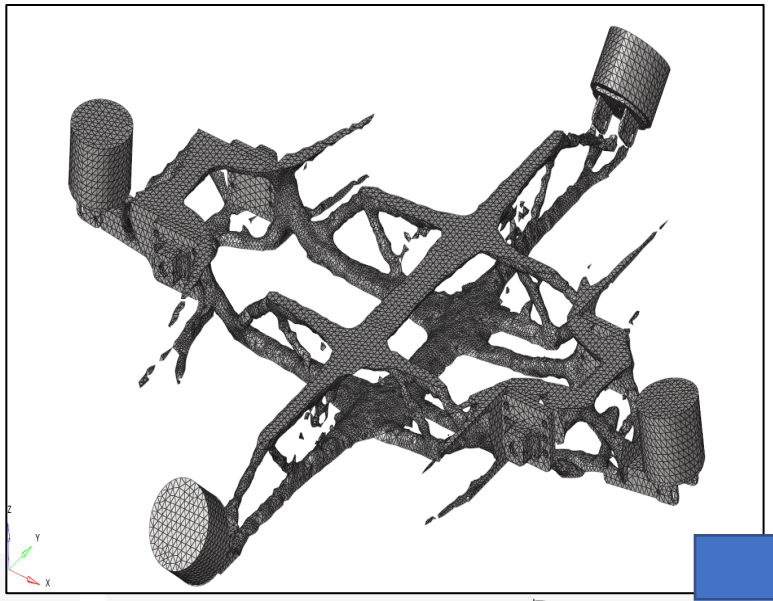


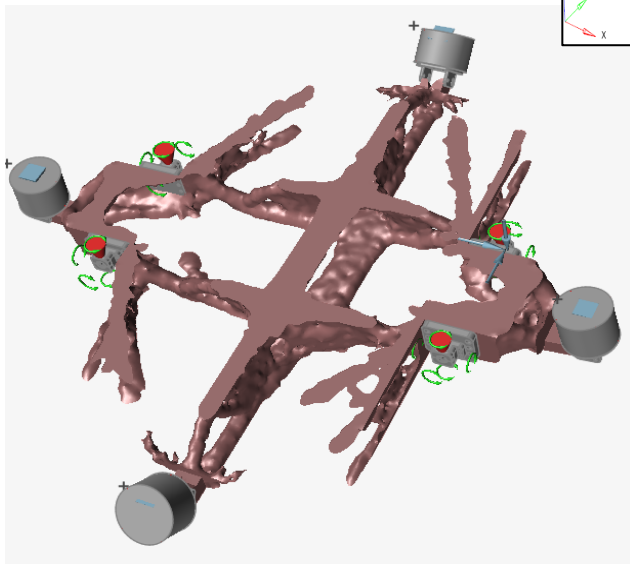


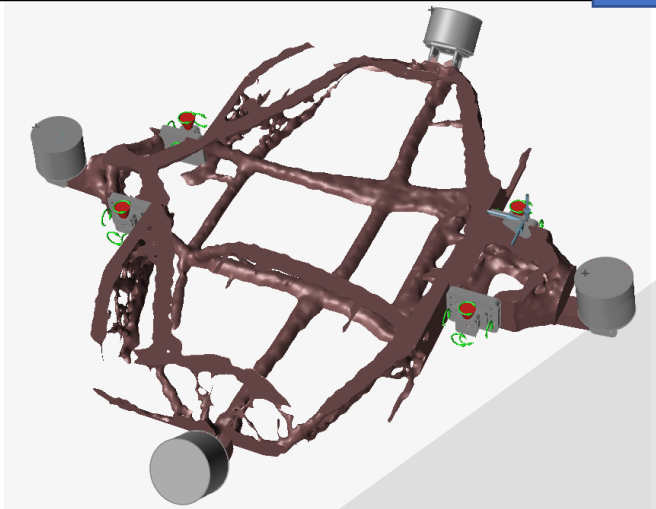
→ 1차 디자인 영역 모델링에서 디자인 영역 높이 조절

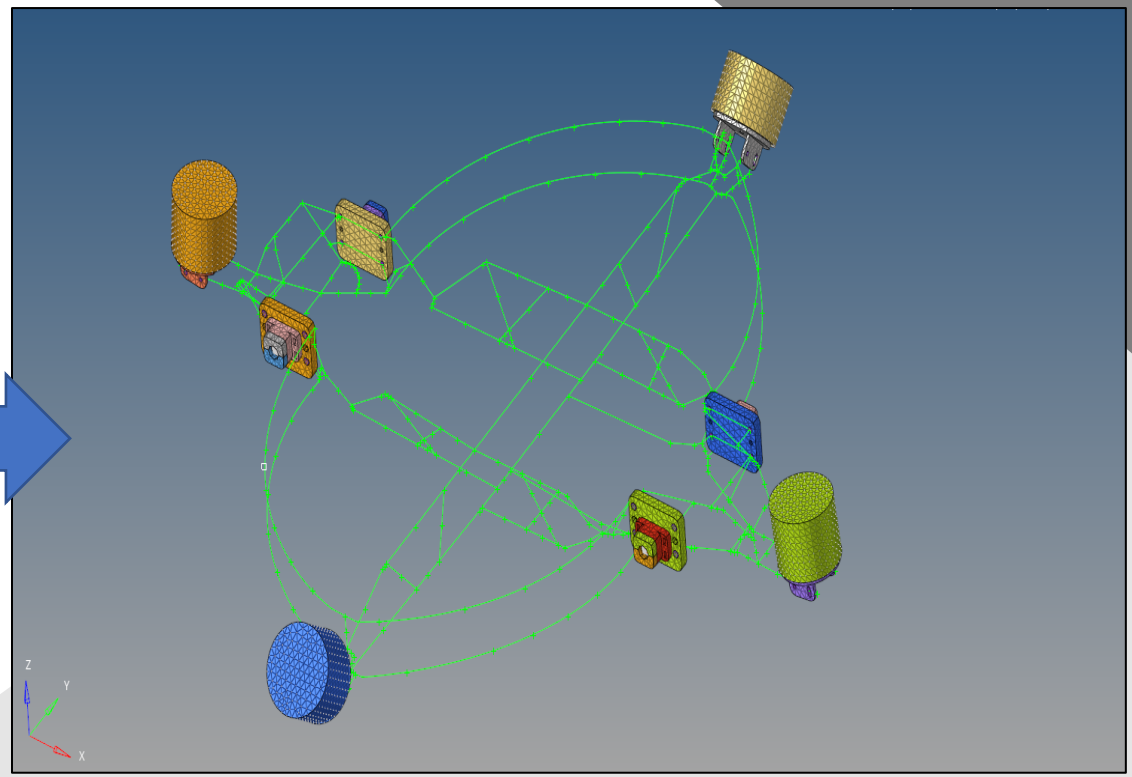
4.2 1차 디자인 영역 빔 모델링



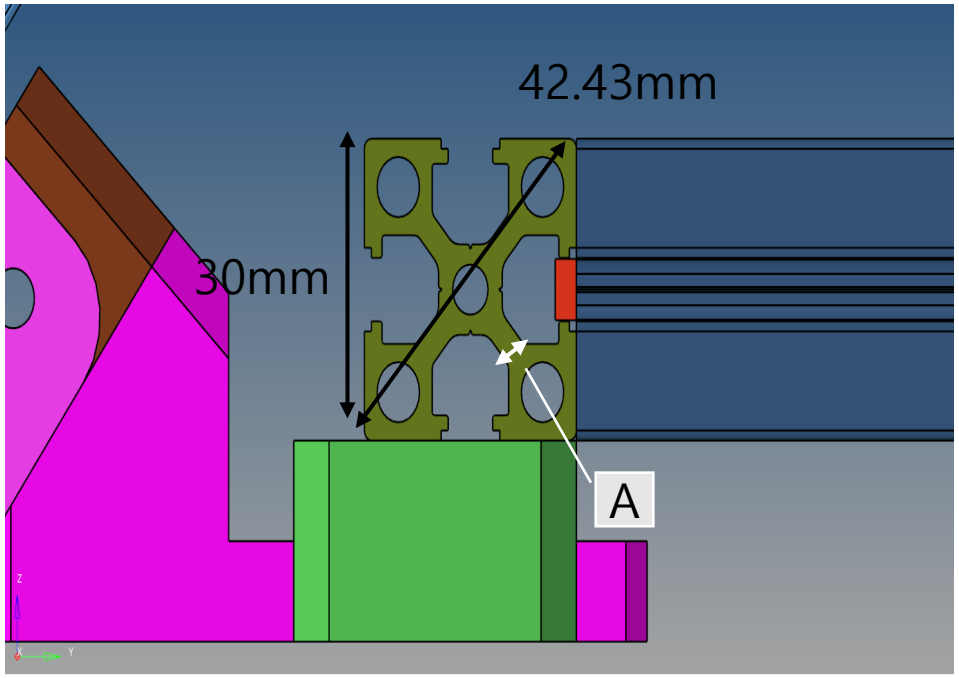


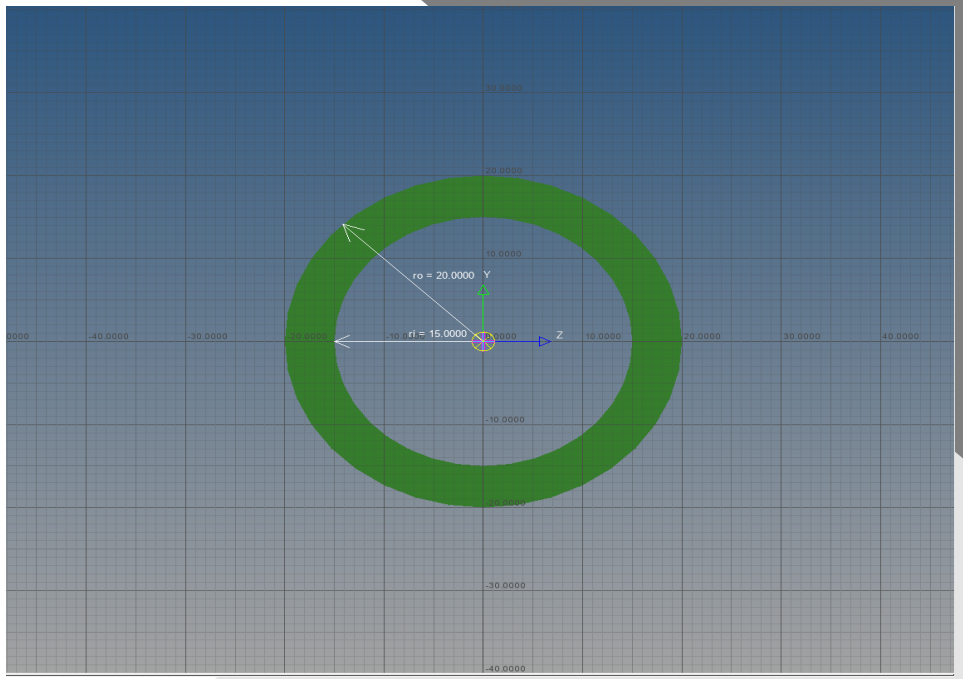






4.2 디자인 영역 빔 모델링

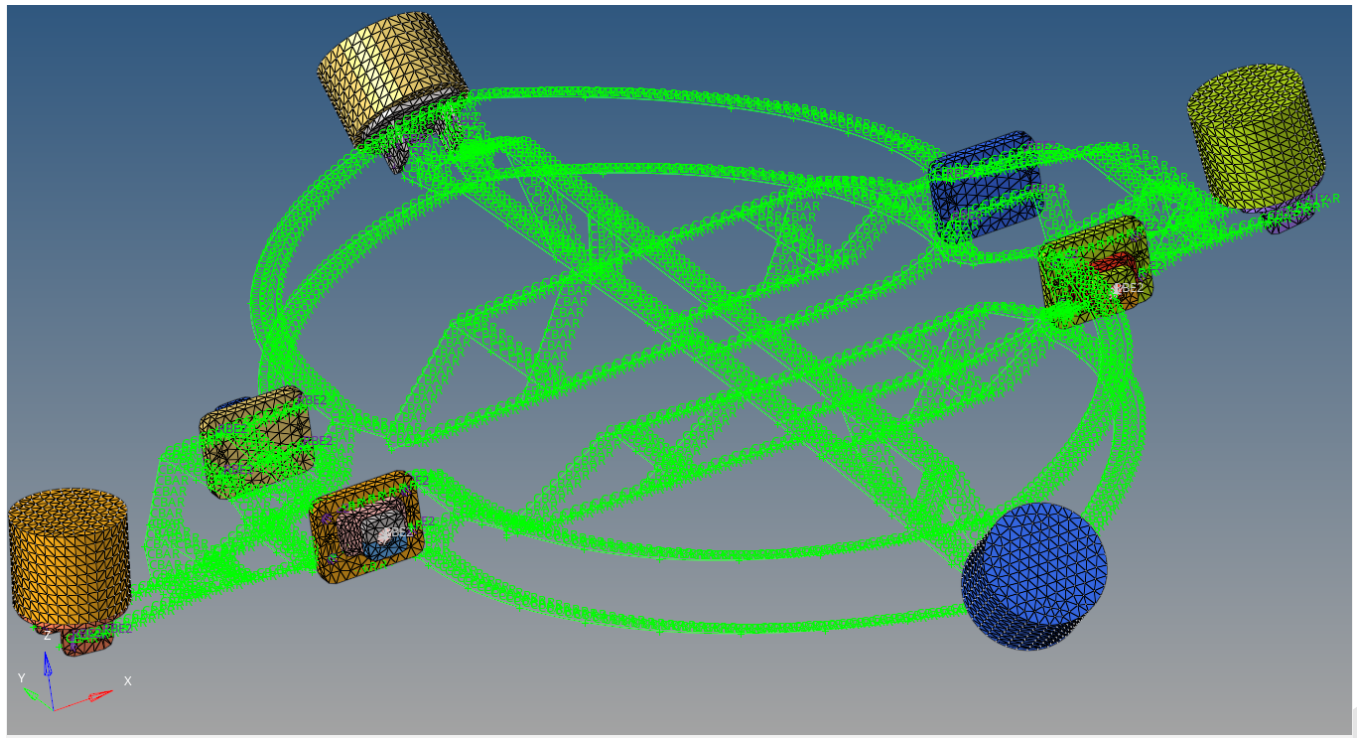




T(A)	대각선	가로, 세로
2.97mm	42.43mm	30mm

	D	T
LOWER BOUND	25	2
UPPER BOUND	50	7
INITIAL VALUE	40	5

4.2 1차 디자인 영역 빔 모델링



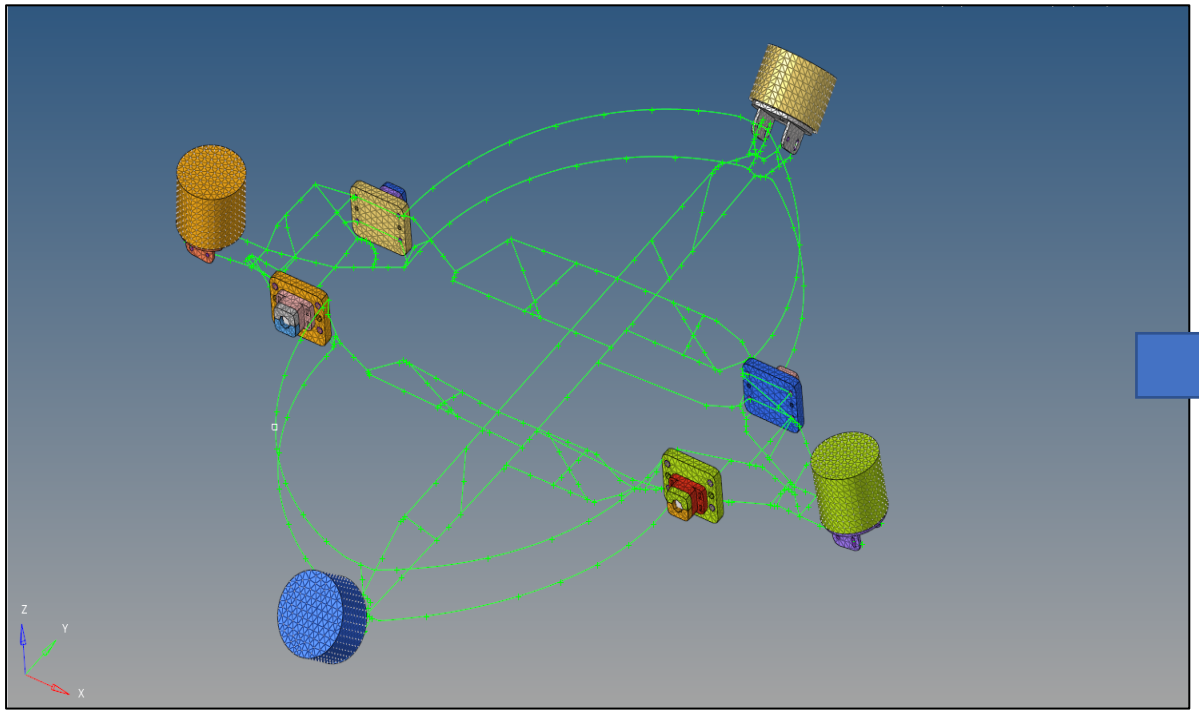
Beam modeling -> Size 최적화

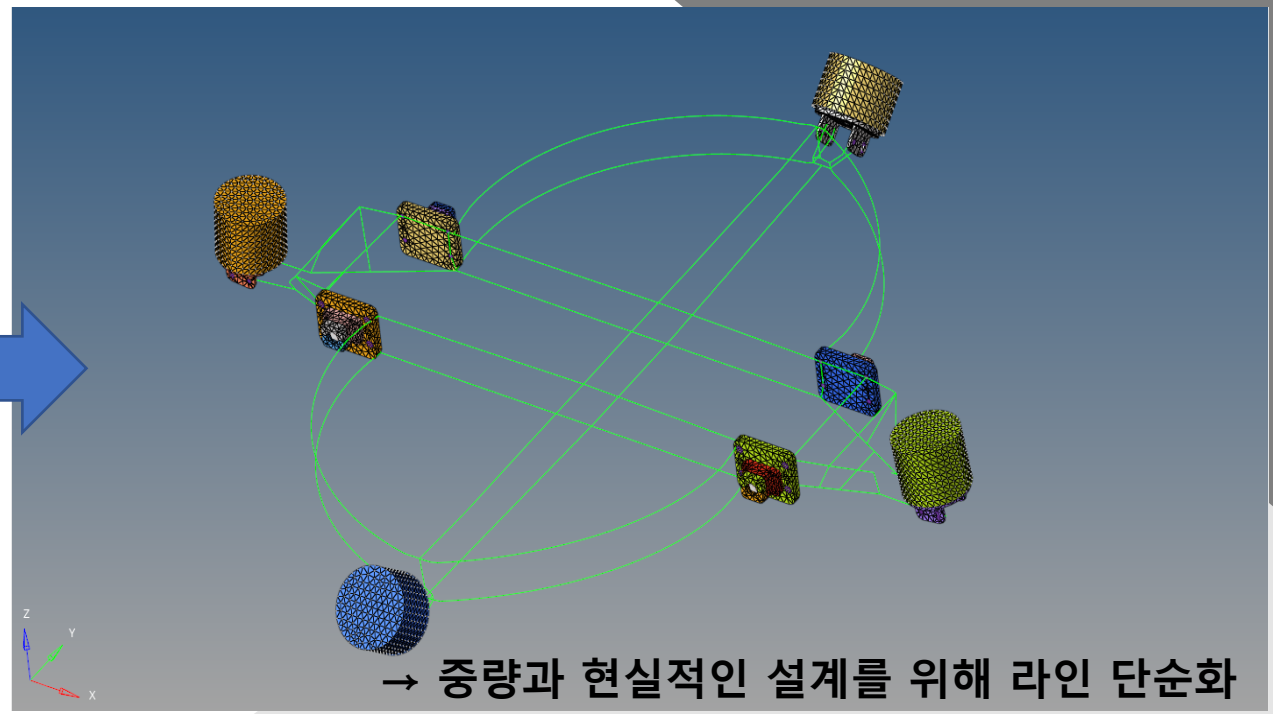
요소 사이즈 : 10mm

단면 기준 방향 : z방향

→설계변수 D, t를 단면 property(PBAR)에 연결하여 사이즈 최적화 모델 구성

4.2. 2차 디자인 영역 빔 모델링





→ 중량과 현실적인 설계를 위해 라인 단순화

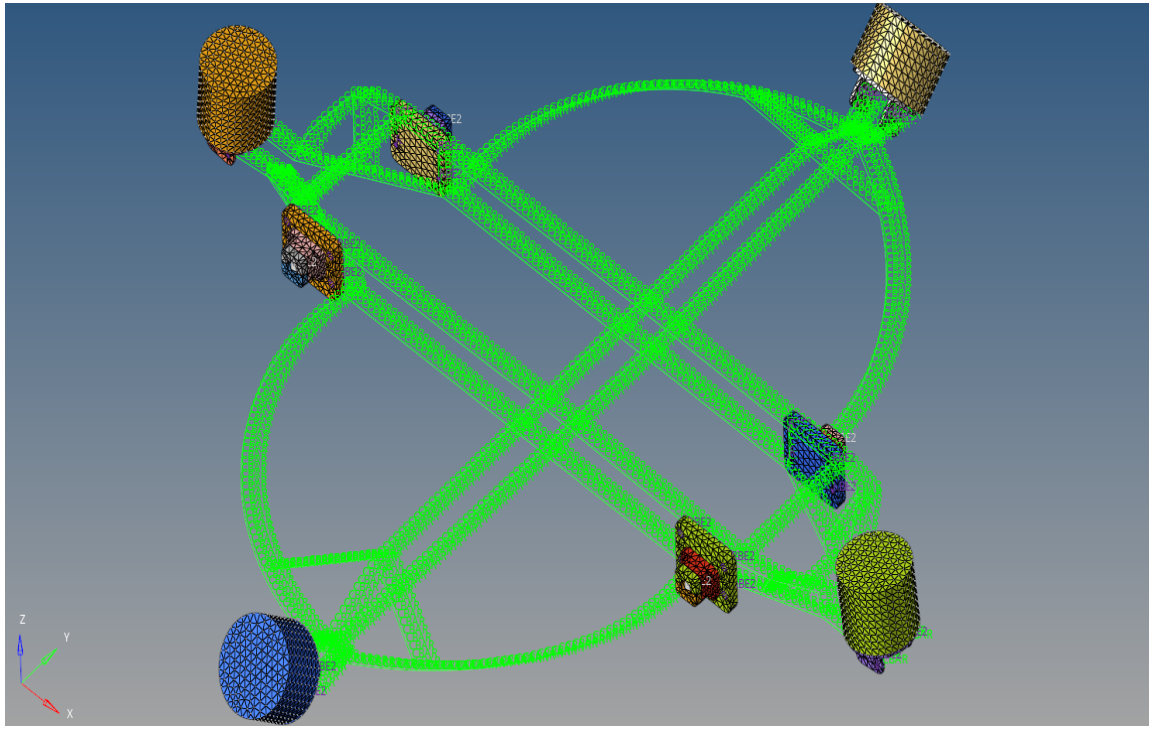
	1차 모델
최적화 전 질량	24.95kg
최적화 후 질량	7.85kg

* D, t가 최소 제한 값에 수렴

	2차 모델
최적화 전 질량	20.95kg
최적화 후 질량	5.51kg

* D, t가 최소 제한 값에 수렴

4.2 최종 디자인 영역 빔 모델링



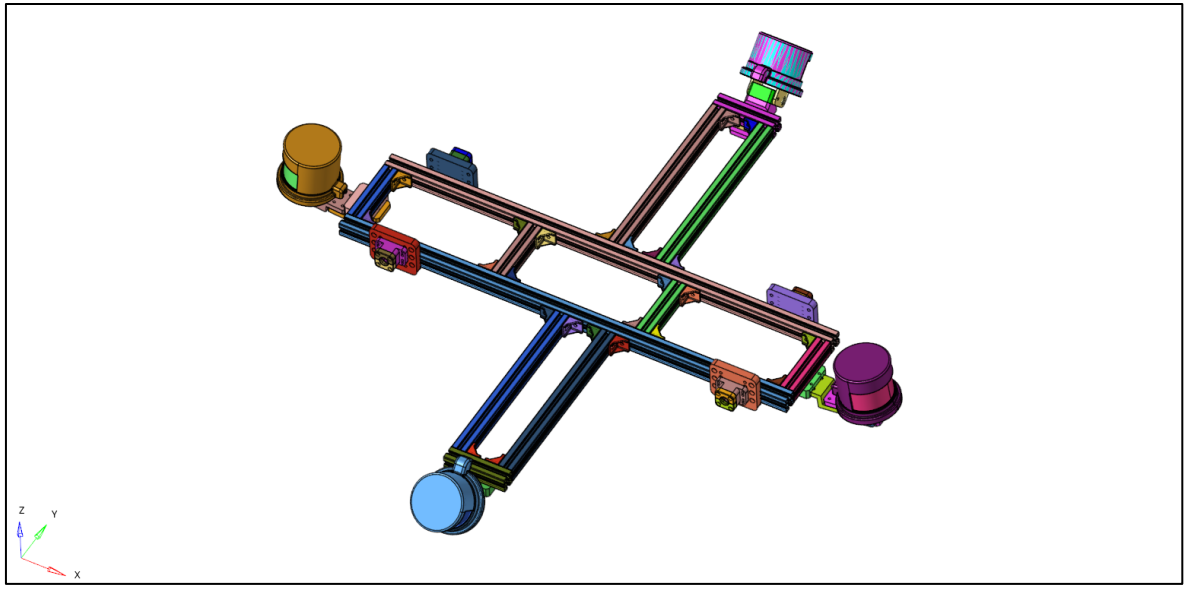
→ 2차 라인 모델링보다 질량 감소

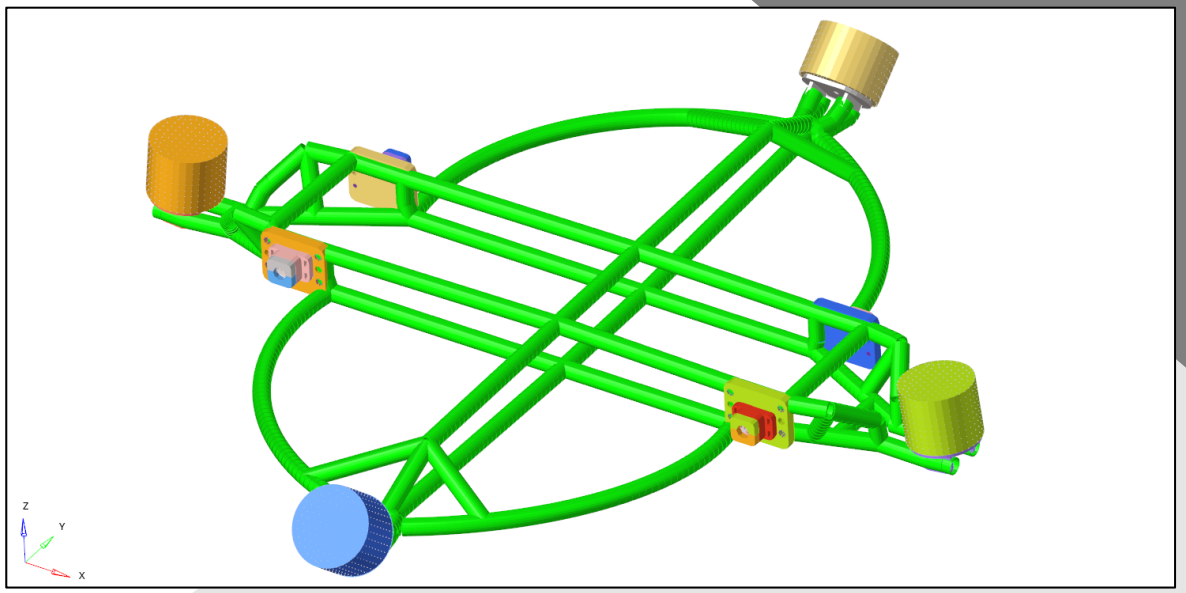
→ 베이스 모델보다 강성↑, 변위↓

	최종 모델
최적화 전 질량	17.73kg
최적화 후 질량	4.659kg

* D, t가 최소 제한값에 수렴

5. 결과





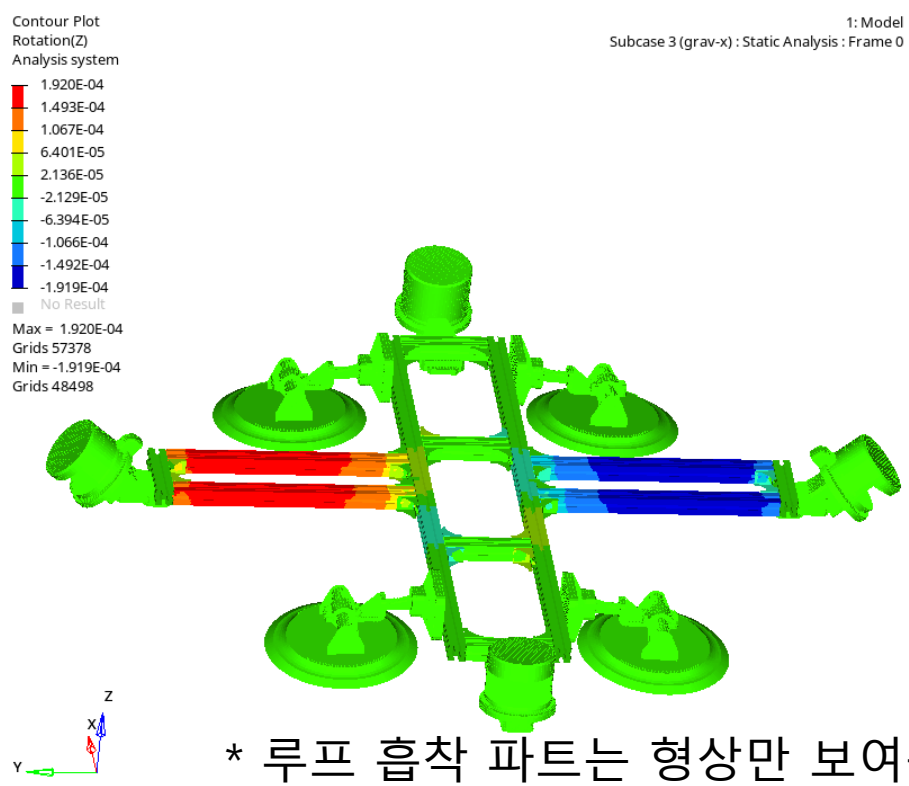
	초기 모델
질량	7.03kg

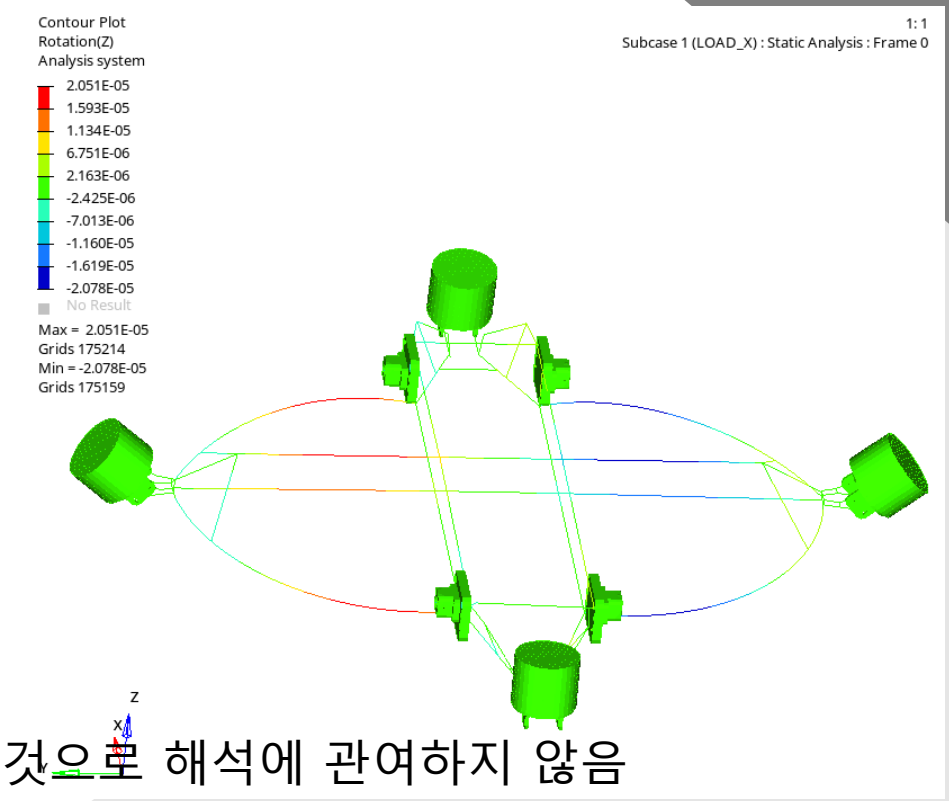
33.73% 감소

	최종 모델
최적화 전 질량	17.73kg
최적화 후 질량	**4.659kg**

변위 100배 확대

5. 결과-변위<x방향 중력(z방향회전변위)>



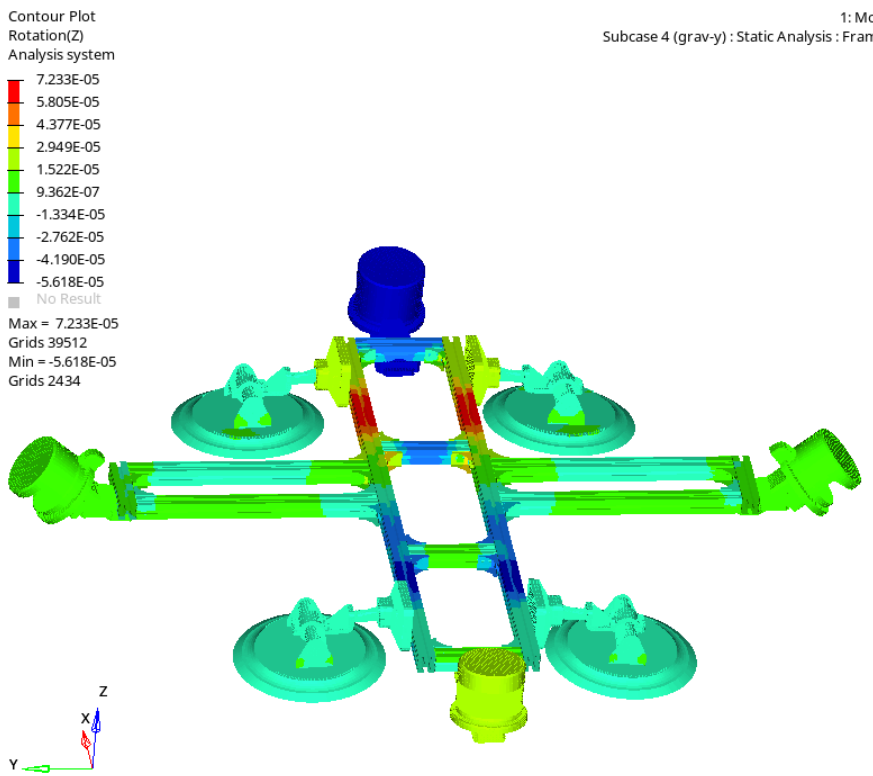


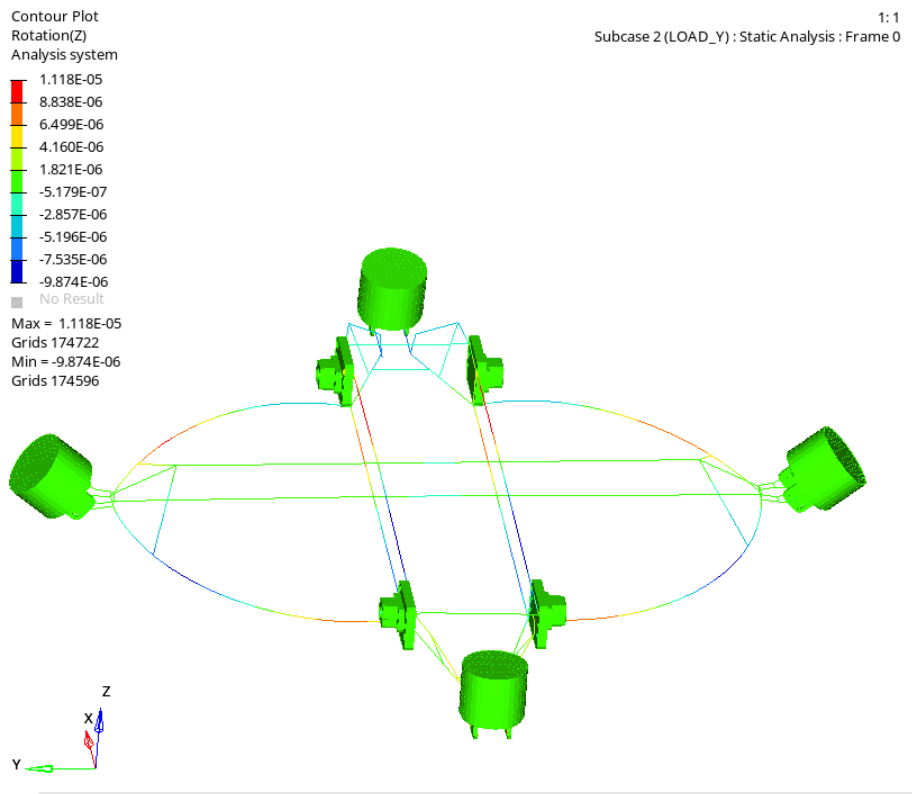
* 루프 흡착 파트는 형상만 보여준 것으로 해석에 관여하지 않음

베이스모델 → **변위감소** → 최적화모델

변위 100배 확대

5. 결과-변위<y방향 중력(z방향회전변위)>





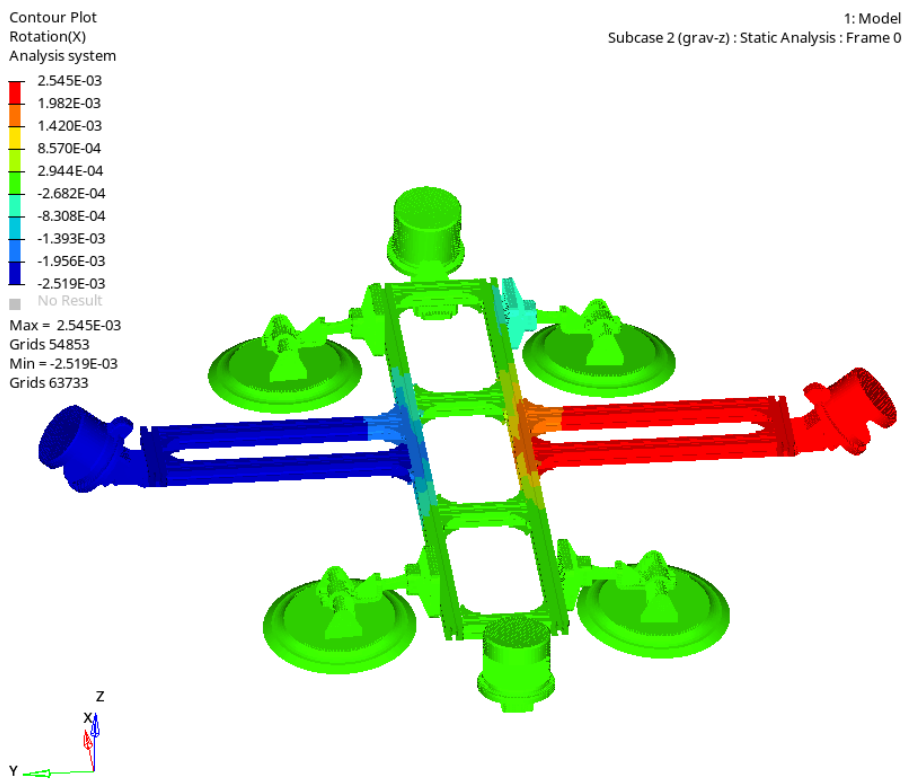
베이스모델

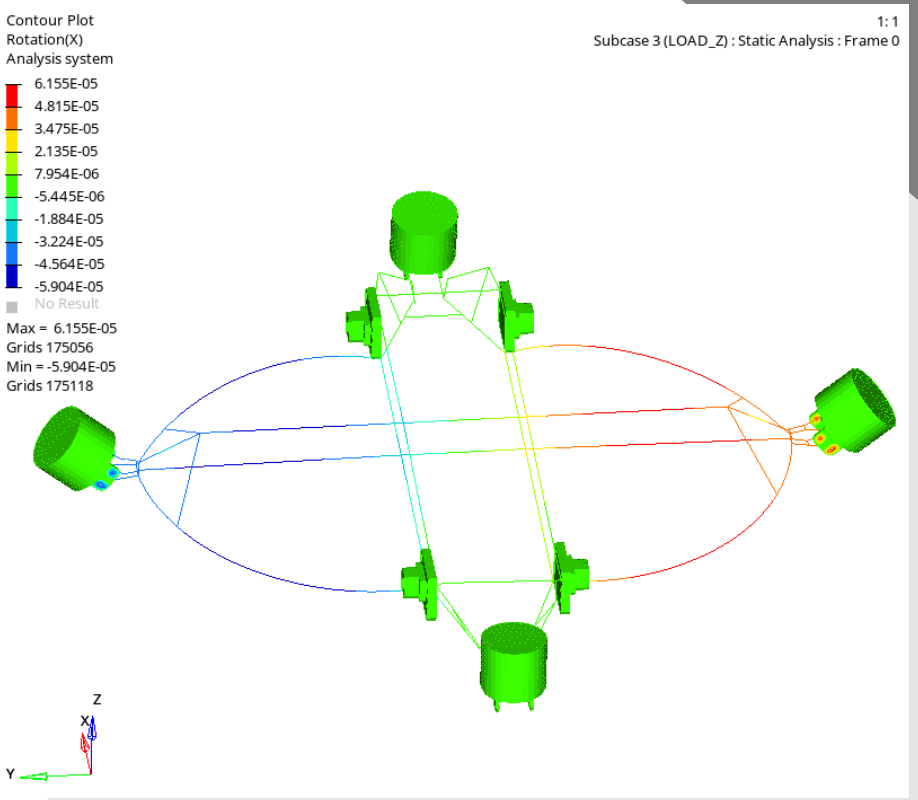
변위감소

최적화모델

변위 100배 확대

5. 결과-변위<z방향 중력(x방향회전변위)>





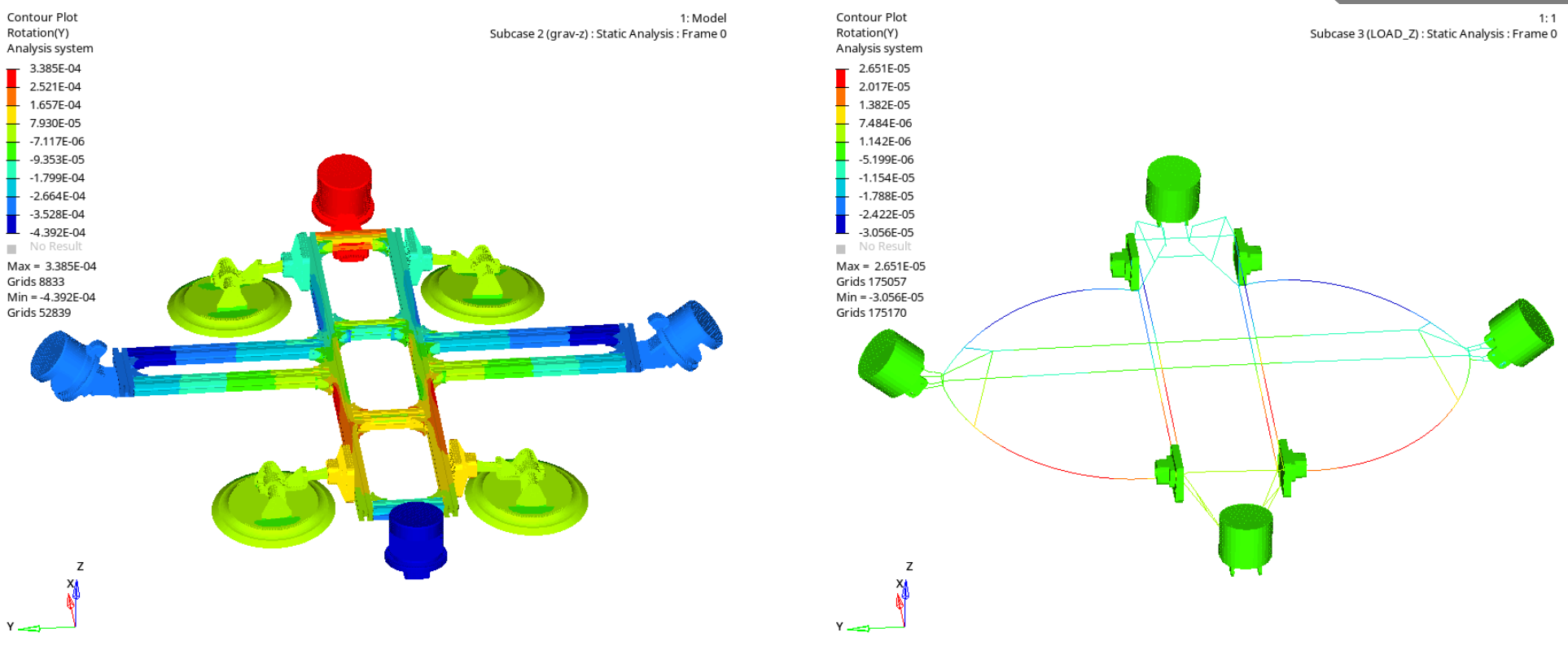
베이스모델

변위감소

최적화모델

변위 100배 확대

5. 결과-변위<z방향 중력(y방향회전변위)>



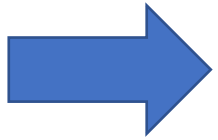
"베이스 모델에서는 프레임과 프레임 연결부분에 변형이 많이 발생하였다. "

베이스모델 → **변위감소** → **최적화모델**

5. 결과_변위

Z방향 중력(베이스모델)			베이스 변위(회전량)	
	U	전	3.28E-04	yrot
	D	후	3.69E-04	yrot
	R	우	2.51E-03	xrot
	L	좌	2.51E-03	xrot
x방향 중력 (베이스모델)				
	R	우	1.35E-05	zrot
	L	좌	1.35E-05	zrot
y방향 중력 (베이스모델)				
	U	전	4.72E-05	zrot
	D	후	2.02E-05	zrot

베이스모델

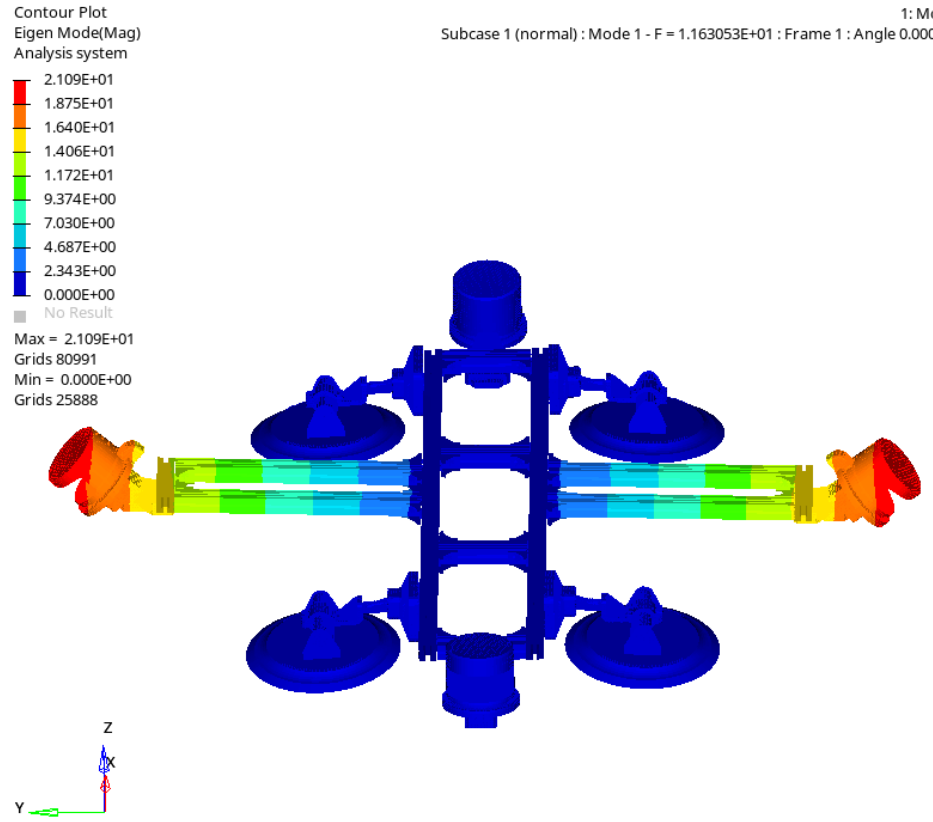


최적화를 통해 만든 최종안의 회전량이 베이스대비 감소하였다.

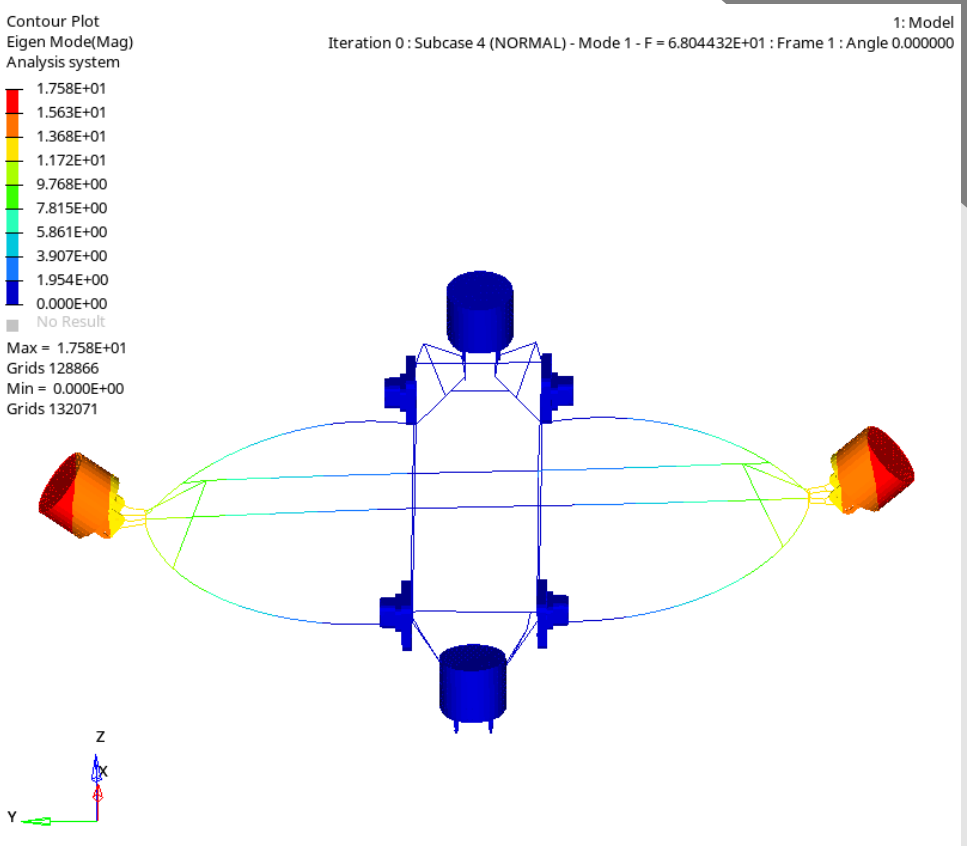
z방향 중력		최종모델 변위(회전량)	
U	전	5.35E-05	yrot
D	후	2.55E-05	yrot
R	우	1.15E-04	xrot
L	좌	1.16E-04	xrot
x방향 중력			
R	우	9.86E-06	zrot
L	좌	9.71E-06	zrot
y방향 중력			
U	전	1.63E-05	zrot
D	후	1.35E-05	zrot

최적화모델

5. 결과-고유모드 해석 비교



베이스모델



최적화모델

6. 결론

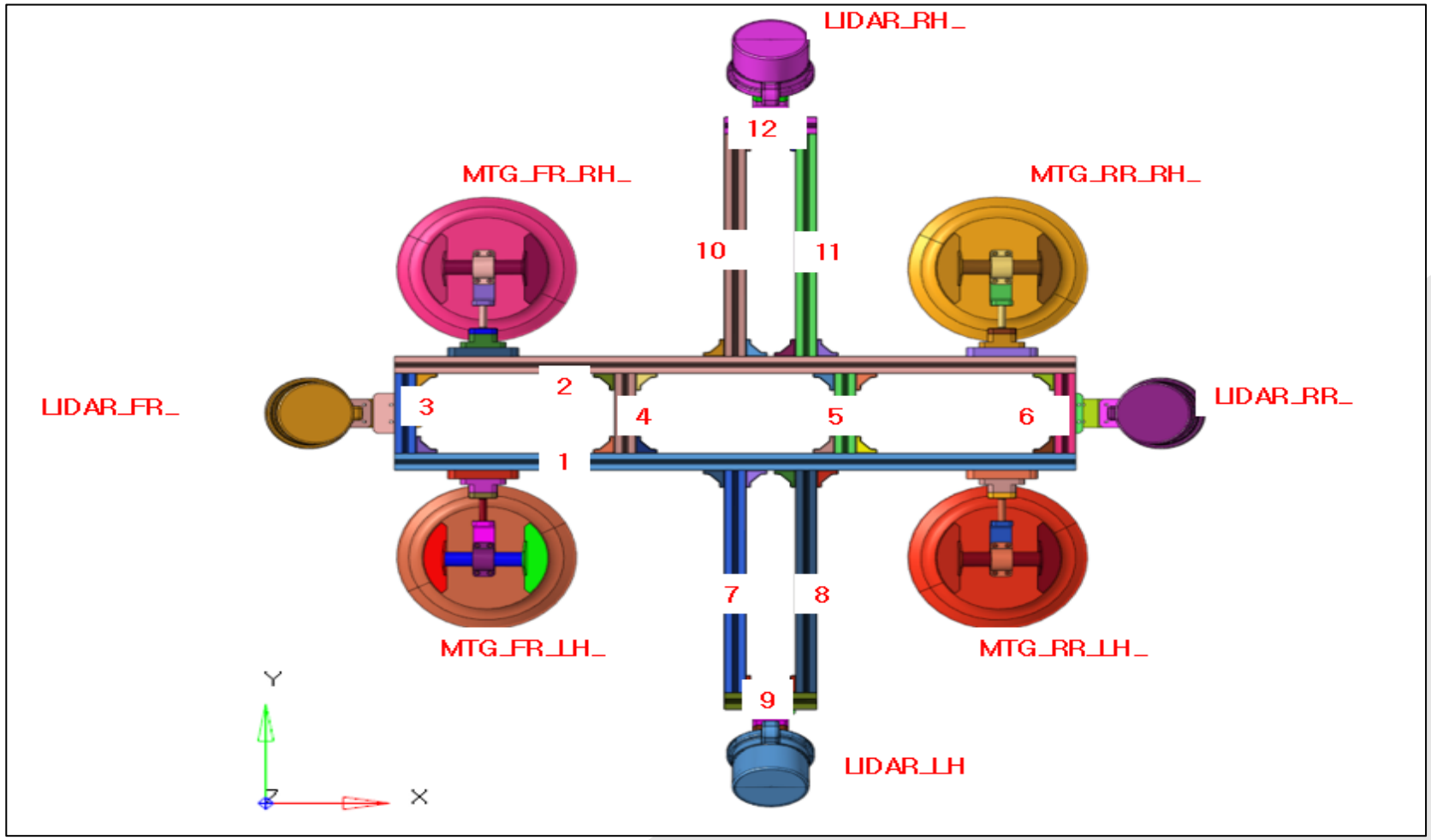
→ 프레임 및 연결부위 중량 33.73% 감소 (7.03kg → 4.659kg)

→ 고유주파수 약 6배 증가 (11.63054HZ → 68.044HZ)

Thank you!

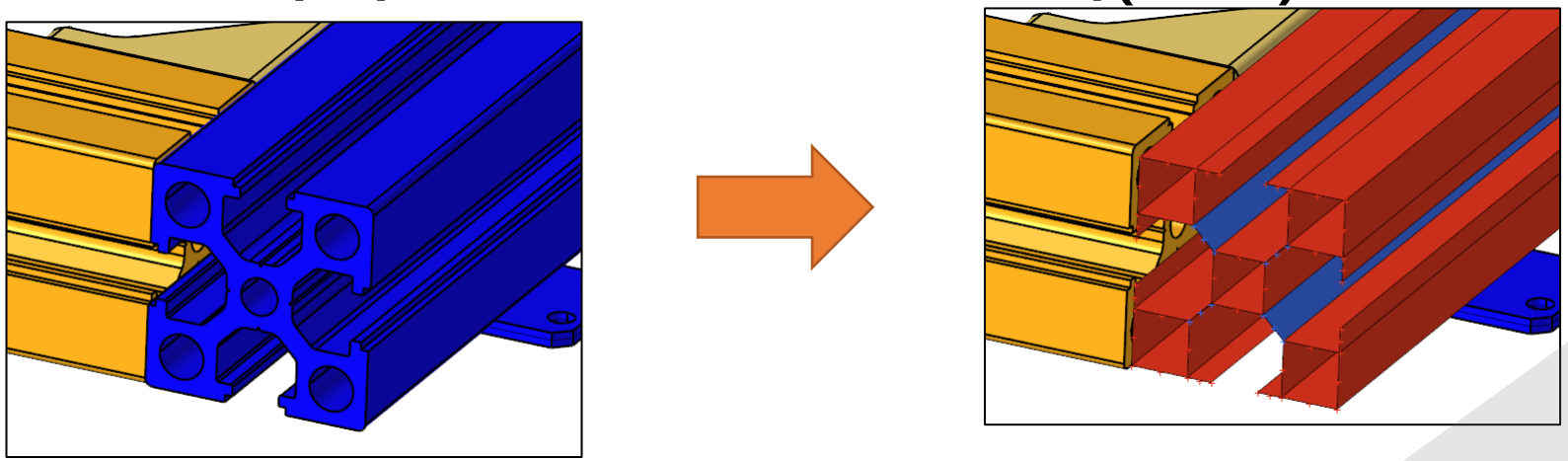
첨부 – 베이스 해석 모델 설명

* Base model은 받아서 사용했습니다.

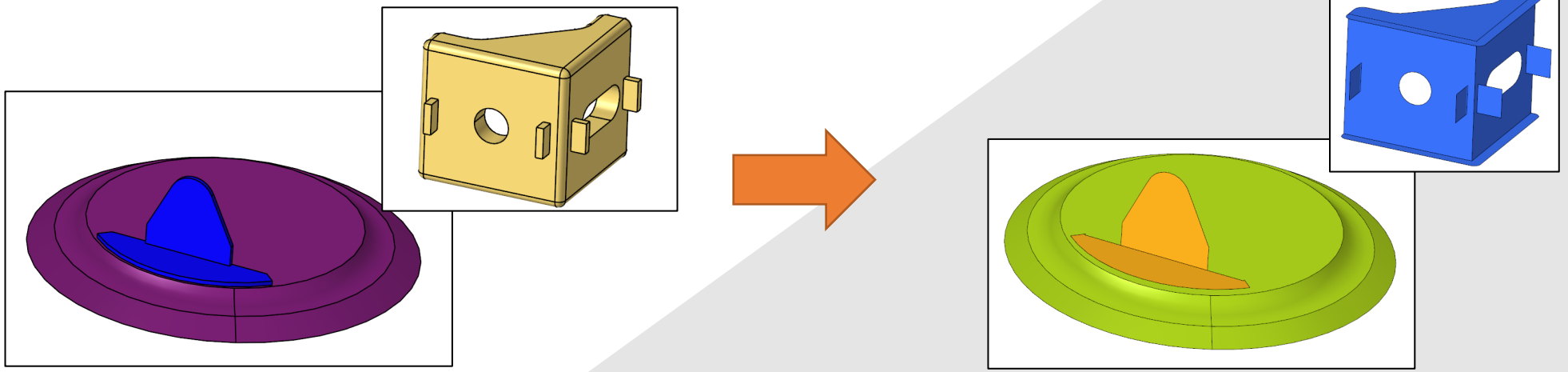


첨부 – 베이스 해석 모델 설명

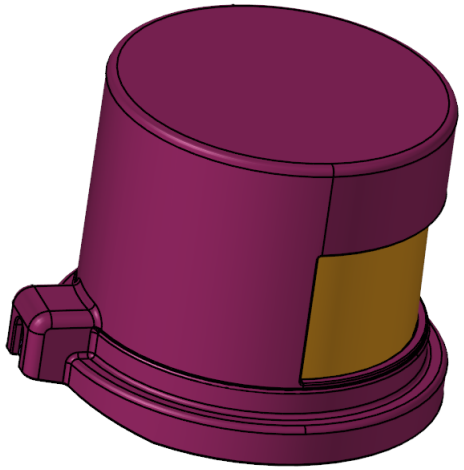
알루미늄 Frame → 단면 단순화(Shell)



두께 일정한 부품 → midsurf(Shell)



첨부 – 베이스 해석 모델 설명



라이다 센서 → 형상만 묘사 후 질량 부여

라이다 센서 외 → Aluminum(6061-T6)

밀도 → 2.7E-09kg/mm^3

탄성계수 → 75000MPa

단위MPA(mm, t, N, s)

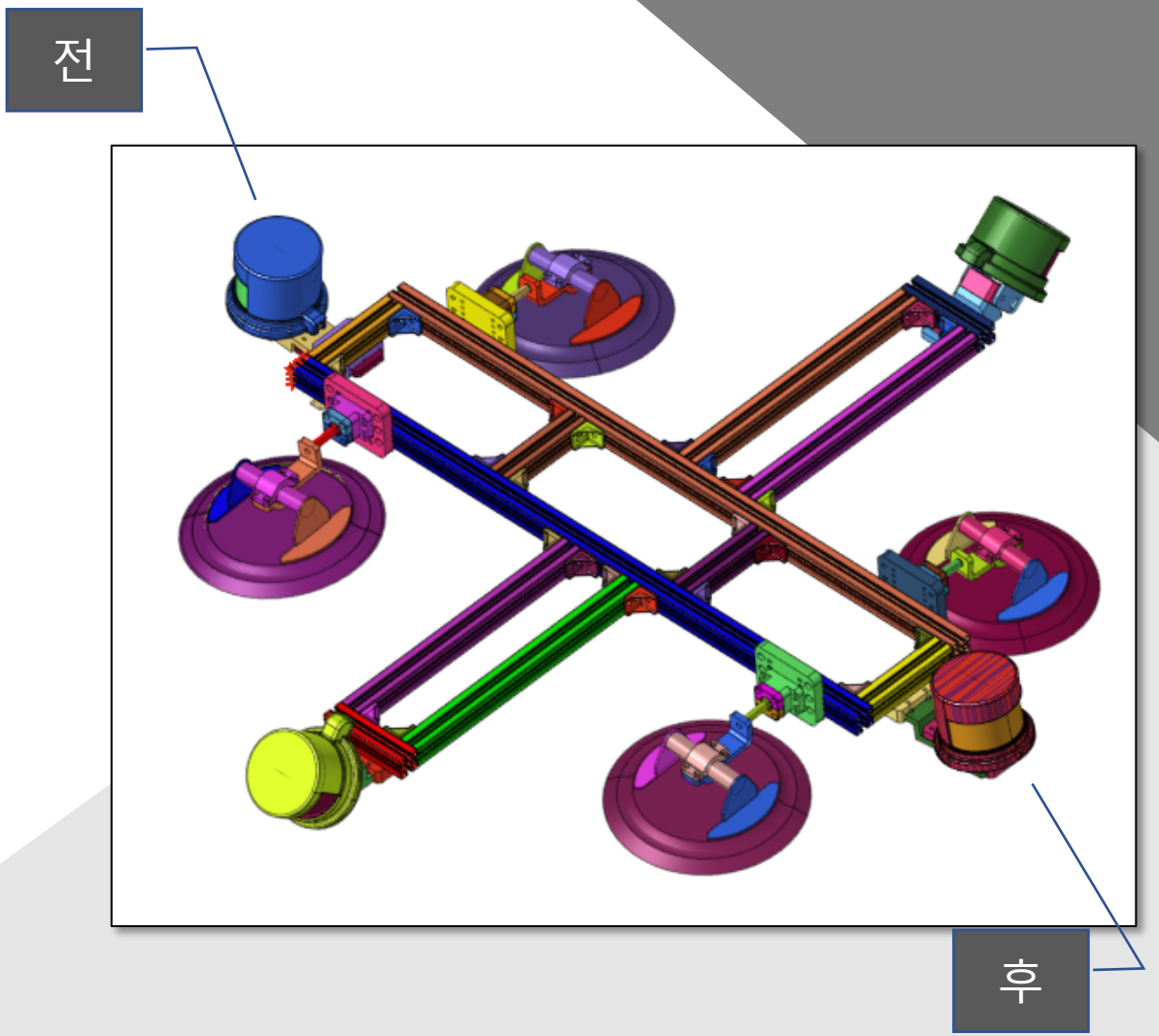
첨부-센서 분해능

<전/후방 LIDAR_VLP-32C (Ultra Puck)>

→ 수직 resolution : 0.33° 이내

→ 수평 resolution : 0.1° 이내

<좌/우 LIDAR_VLP-16 (Puck)>

→ 수직 resolution : 2° 이내

→ 수평 resolution : 0.1° 이내