

2013.12.16(Mon)

Body Frame Design Project

스카이(skai)
2009010934 정승원
2009010008 김수창

Index

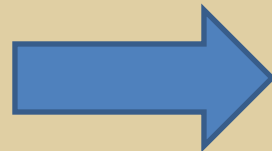
**01 Concept | 02 Basic Frame | 03 Topology Optimization | 04 Reinforcement |
05 Size Optimization | 06 Result | 07 Q&A**

1. Concept – Baja

01



- Off road type
- Baja 부문은 차 검사 및 제동시험 등을 테스트한 뒤 본 경기가 진행
- 특히, 내구 2 경기는 요철과 구배가 있는 오프로드 서킷 50랩

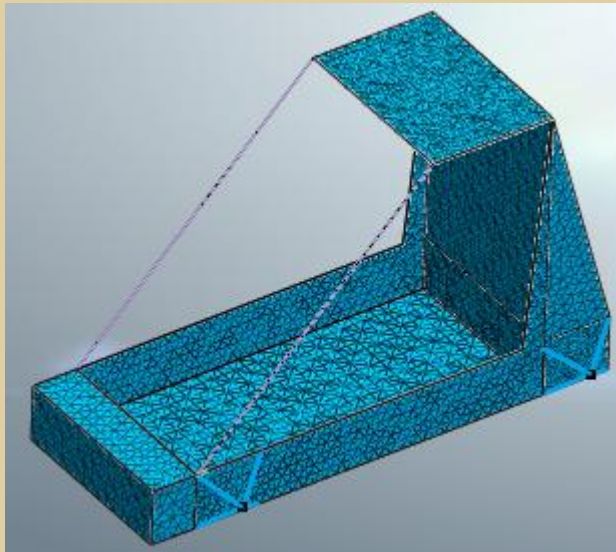


내구성이 중요!

2. Basic Frame

02

2.1 초기 형상



- 솔리드로 제작
- 폭 : 800mm
- 전장 : 2100mm
- 축거 : 1900mm
- 전고 : 1300mm

2.2 재료 – Alloy steel

- $E=210\text{GPa}$
- 밀도 : $7.7e^{(-6)}\text{kg/mm}^3$

2.3 목적 함수

- 컴팩트한 설계를 위해 부피 최소화!

2.4 구속 조건

■ 응력 : $\sigma_{allow} \leq \text{alloy steel의 } \sigma_y \times 0.9 \approx 230\text{MPa}$

■ 변위1 : 비틀림 하중에 대한 변위

$$\begin{aligned} w &= \text{Frame width} = 800\text{mm} \\ K &= 300000\text{Nm/rad} \text{으로 가정} \\ K &= \frac{T}{\theta} = \frac{Fw}{2\delta/w} \\ \Rightarrow \delta_1 &\leq \frac{Fw^2}{2K} = 1.6\text{mm} \end{aligned}$$

■ 변위2 : 굽힘 하중에 대한 변위

$$\begin{aligned} F &= (\text{운전자} + \text{엔진} + \text{기타}) \text{의 무게} \approx 1500\text{N} \\ K &= 2500\text{N/mm} \text{로 가정} \\ \delta_2 &\leq \delta_{max} = \frac{F}{K} = 0.6\text{mm} \end{aligned}$$

■ 진동수 : 125cc엔진이므로 $\omega_n \geq 25\text{Hz}$

2.5 강성 가정

■ 굽힘 강성

중형 자동차 기준 ($L = 2000\text{mm}$)

$$K = 7000\text{N/mm}, F = 6680\text{N}$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{F}{K} = 0.954\text{mm} \Rightarrow \frac{\delta}{L} = 0.000477$$

Baja ($L = 1400\text{mm}, F = 1500\text{N}$)

$$\Rightarrow \delta = 0.000477 \times L = 0.668\text{mm} \Rightarrow K = \frac{F}{\delta} = 2500\text{N/mm}$$

■ 비틀림 강성

중형 자동차 기준 ($w = 1560\text{mm}$)

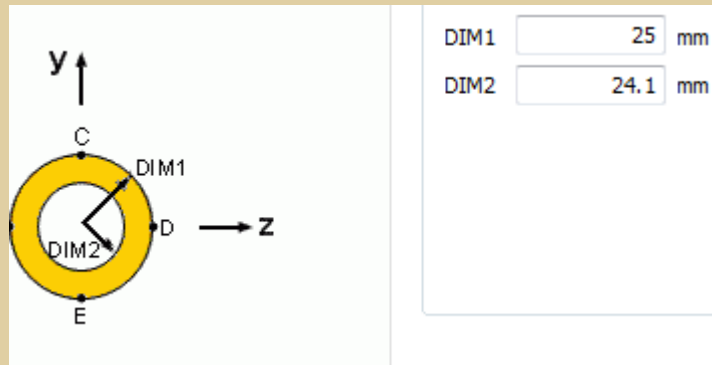
$$K = 687549\text{Nm/rad}, F = 4955.13\text{N}$$

$$\Rightarrow K = \frac{Fw}{2\delta/w} \Rightarrow \delta = 8.77\text{mm} \Rightarrow \frac{\delta}{w} = 0.00562$$

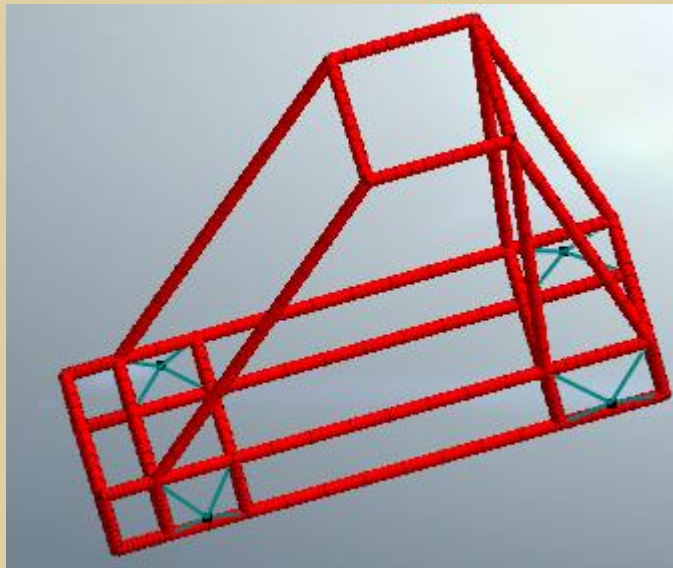
Baja ($w = 800\text{mm}, F = 4000\text{N}$)

$$\Rightarrow \delta = 0.00562 \times w = 4.5\text{mm} \Rightarrow K = \frac{Fw}{2\delta/w} = 300000\text{Nm/rad}$$

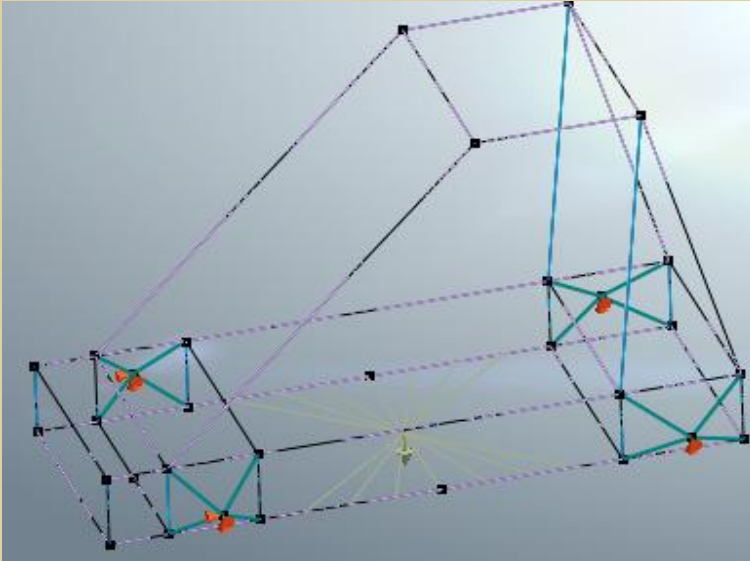
2.6 초기 단면



- 솔리드 모델 이외 같은 치수를 가지는 빔 모델 제작



2.7 Bending Test

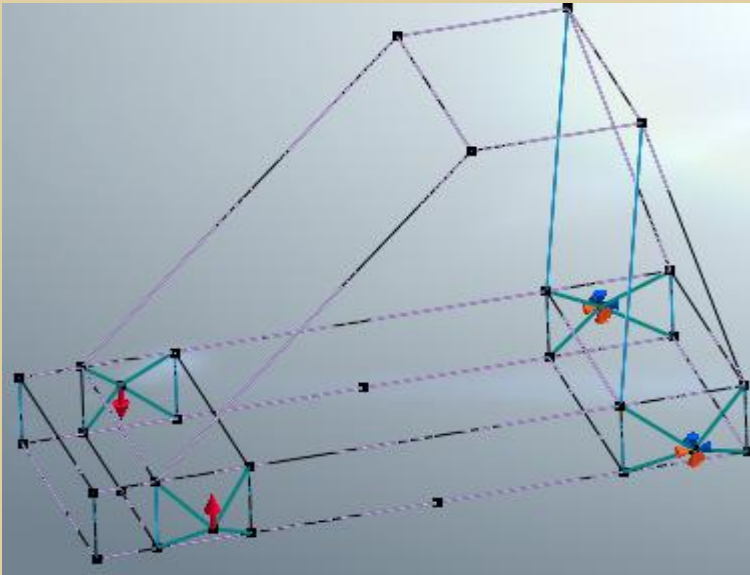


앞바퀴 : 핀구속

뒷바퀴 : 롤러구속

하중 : 리모트 하중 1500N

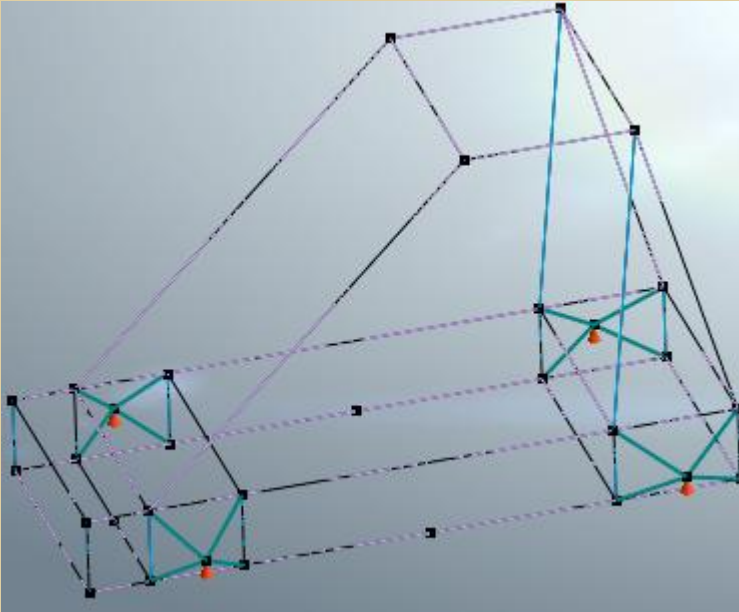
2.8 Torsional Test



뒷바퀴 : 고정 구속

하중 : 집중 하중 4000N

2.9 Mode Analysis



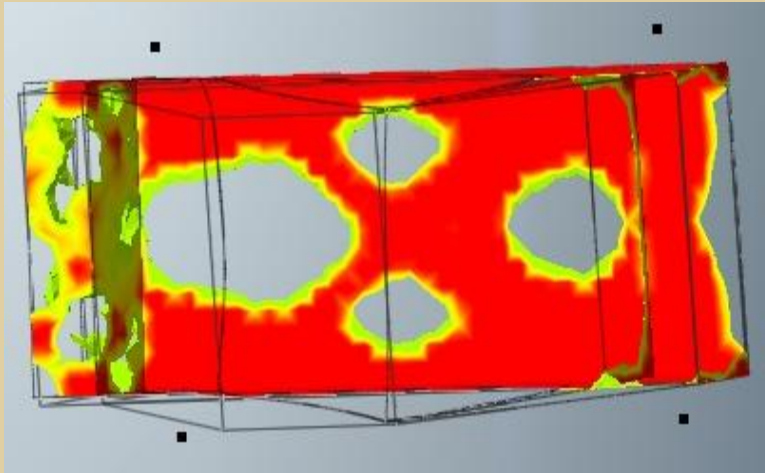
모든 바퀴 : 단순 지지 구속

2.10 초기 모델 결과 값

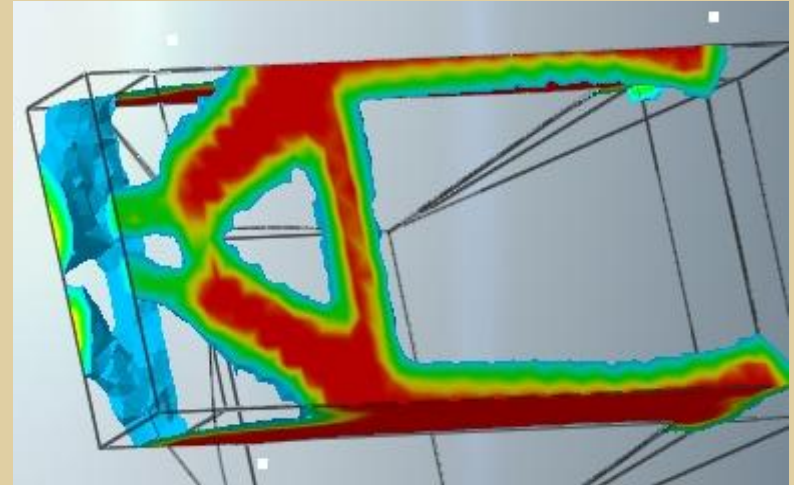
	굽힘 하중	비틀림 하중	고유 진동수	무게
결과 값	0.992mm	10.28mm	18.98Hz	29.99kg
강성	1512N/mm	124514Nm/ra d		

3. Topology Optimization

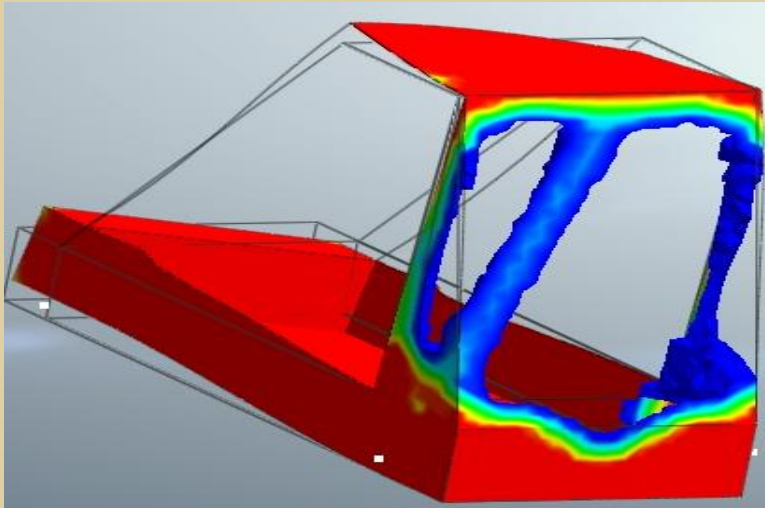
■ Bottom Surface



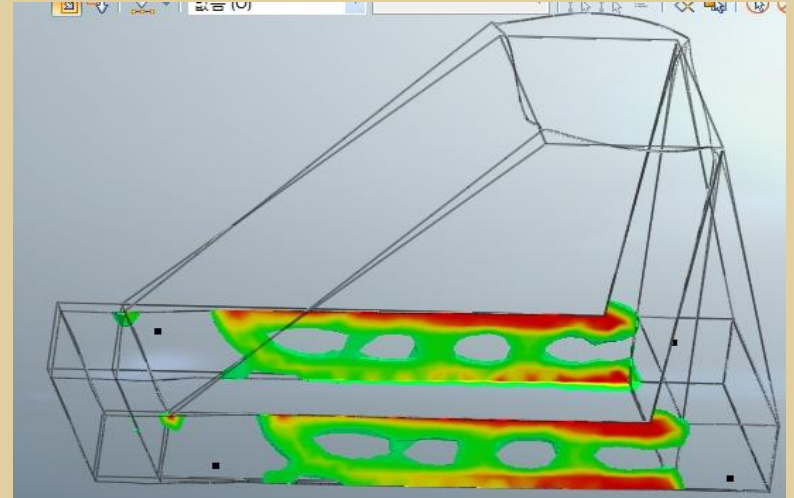
■ Front Bumper



■ Seat Back

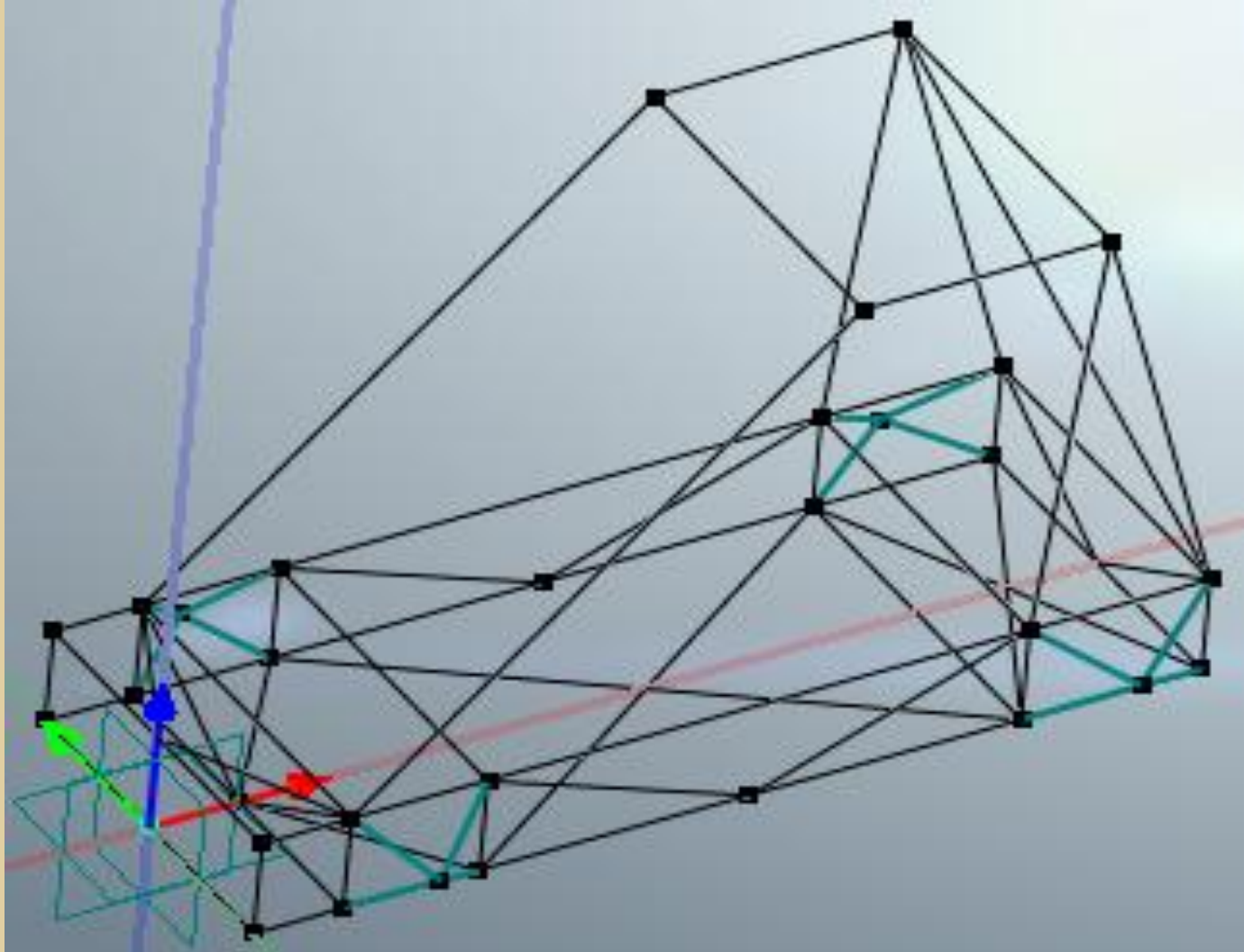


■ Side Surface

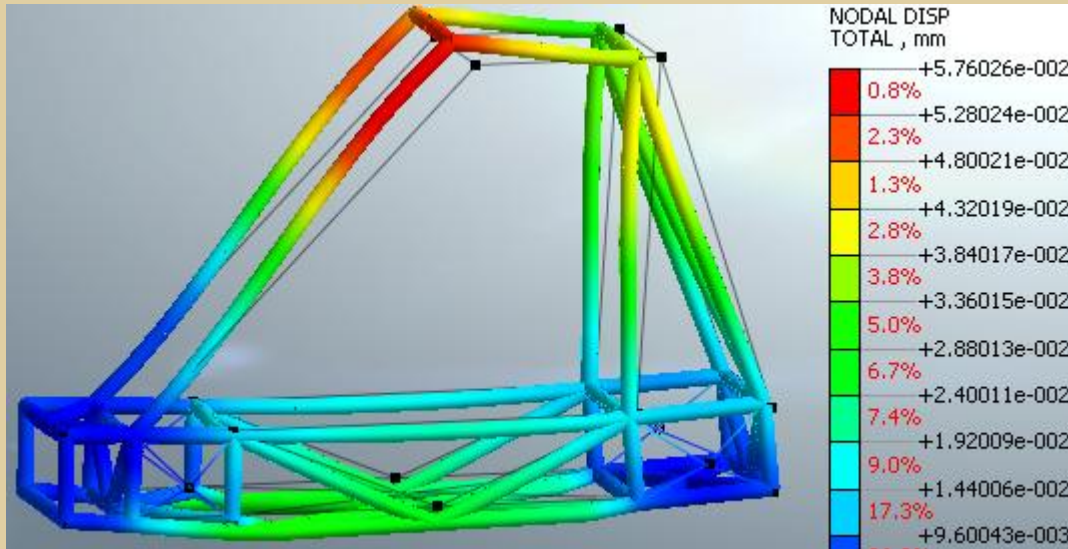


4. Reinforcement

04



4.1 Bending Test

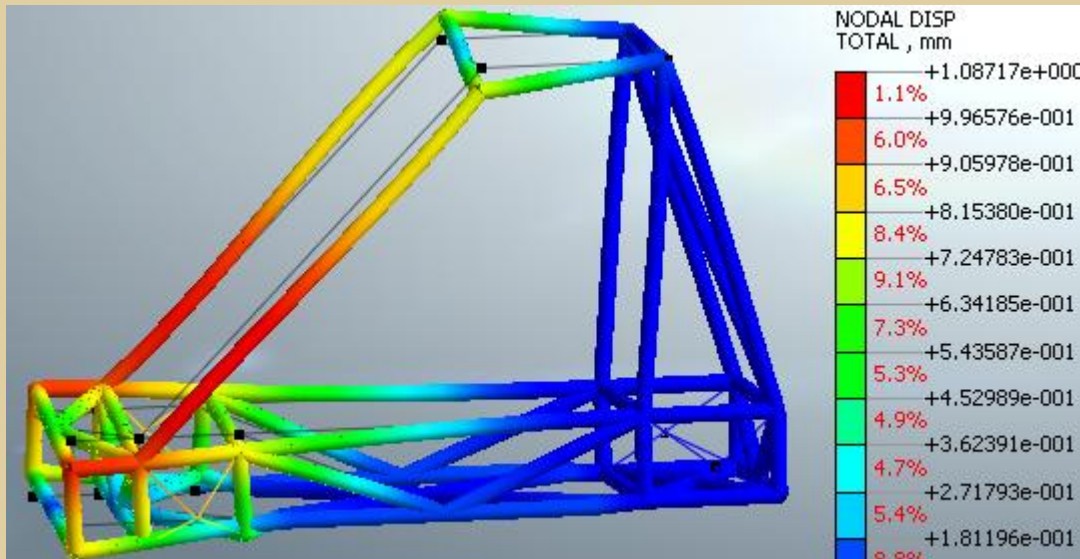


최대 변위 : 0.0576mm



$K=26040\text{N/mm}$

4.2 Torsional Test

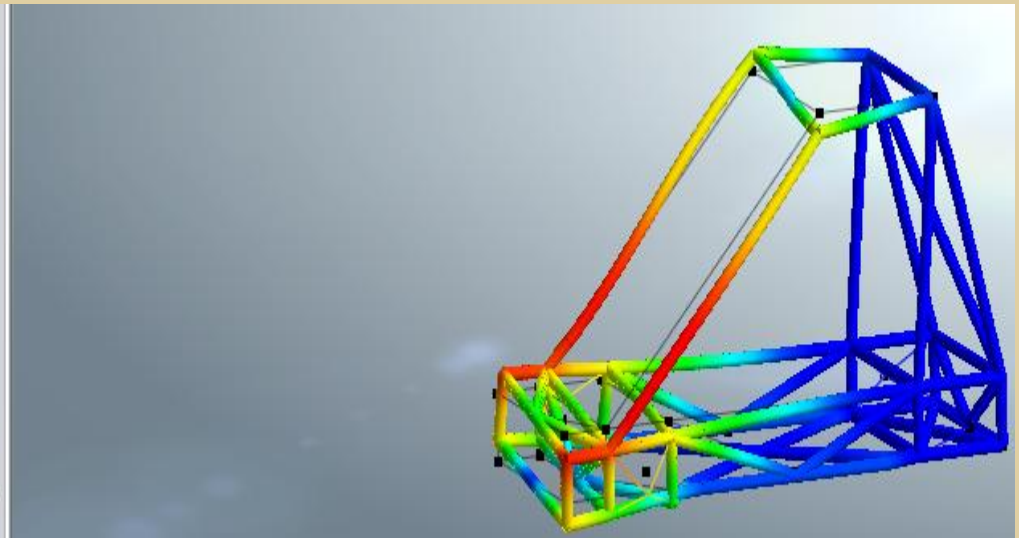
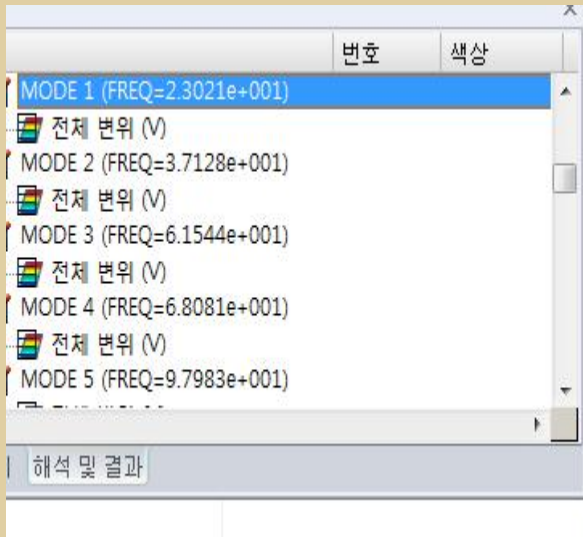


최대 변위 : 1.087mm



$K=1177550\text{Nm/rad}$

4.3 Mode Analysis



04

4.4 결과 값

	굽힘 하중	비틀림 하중	고유 진동수	무게
결과 값	0.0576mm	1.087mm	23.021Hz	43.3kg
강성	26040N/ mm	1177550Nm/ rad		

5. Size Optimization

05

최적설계 결과 요약

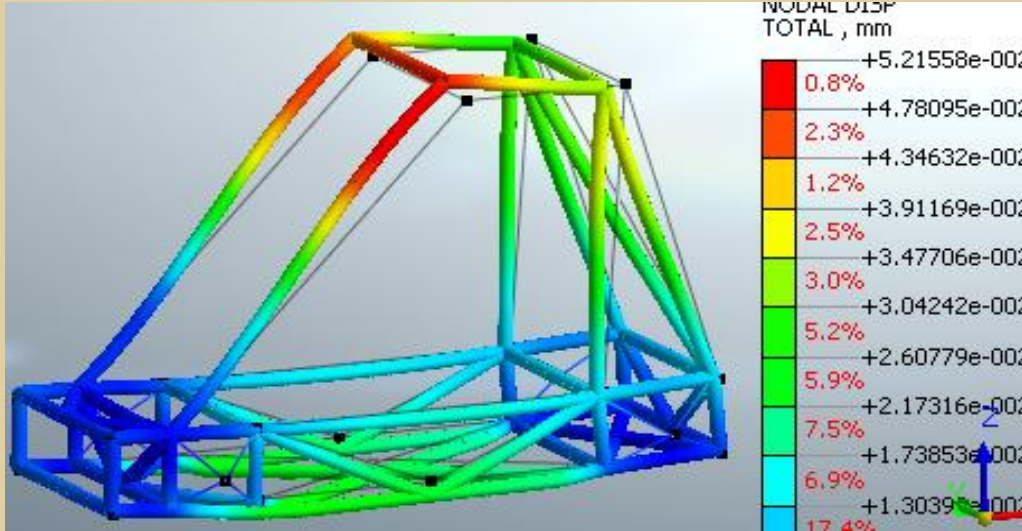
최적화 케이스

설계변수 이름	초기값	최소값	최대값	설계안 1	설계안 2	설계안 3	사용자 설계안	
입 력								
비틀림 외반	25	25	30	25	25	25	25	
비틀림 내반	24	20	24	24	24	24	24	
밴딩 외반	25	25	30	25	25	25	25	
밴딩 내반	24	20	24	24	24	24	24	
충돌 외반	25	25	30	30	30	30	26	
충돌 내반	24	20	24	20	20	20	24	
출 력 (예상값 / 해석값)								
목적함수 변화율 (%)	0			1.9e+002	2e+002	2e+002	8.3	12
제약조건 최대위배율 (%)	0			0	0	0	0	0
목적함수-1	5.5e+006			1.6e+007	1.6e+007	1.7e+007	5.9e+006	6.1e+006

실험점 200개를 구하고 치수 최적화를 통한 결과

충돌로 설정하였던 빔들의 두께가 두꺼워짐!

5.1 Bending Test



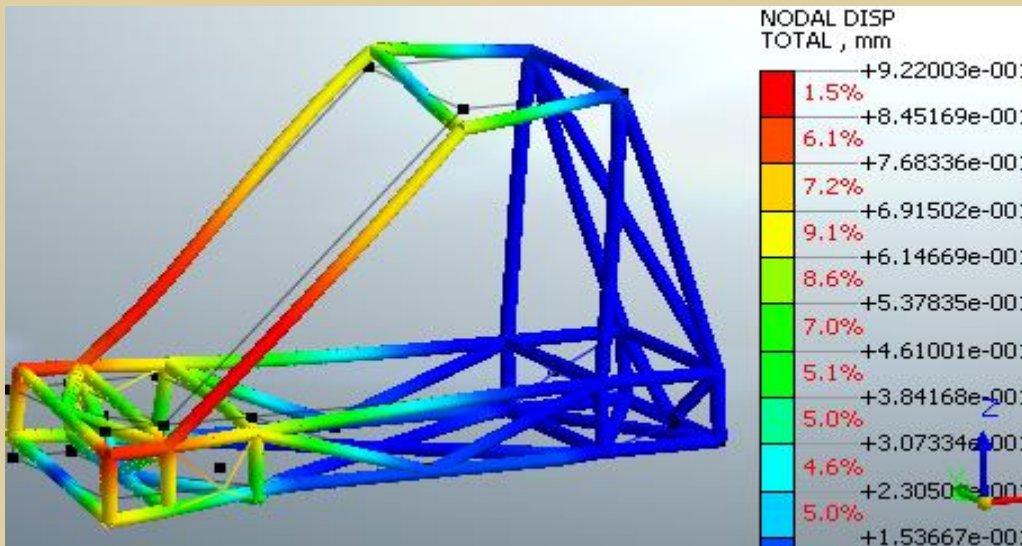
최대 변위 : 0.0522mm



$K=28700\text{N/mm}$

05

5.2 Torsional Test

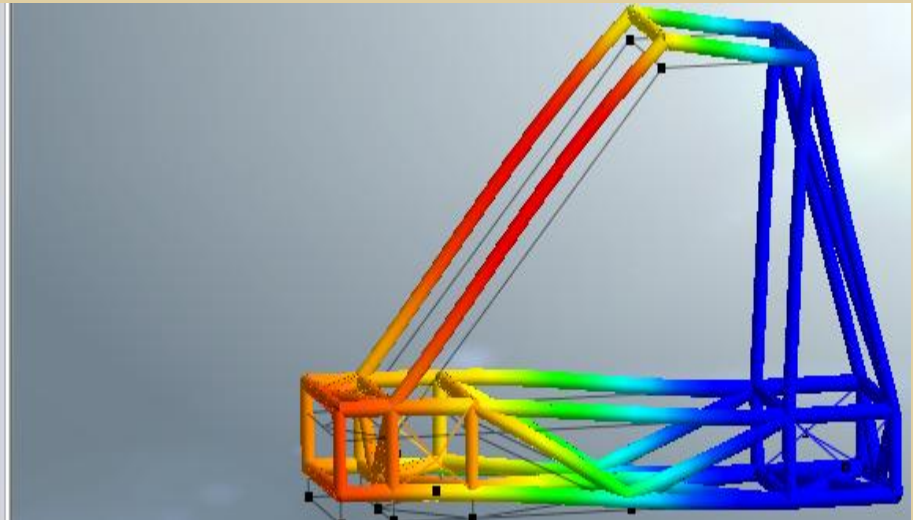
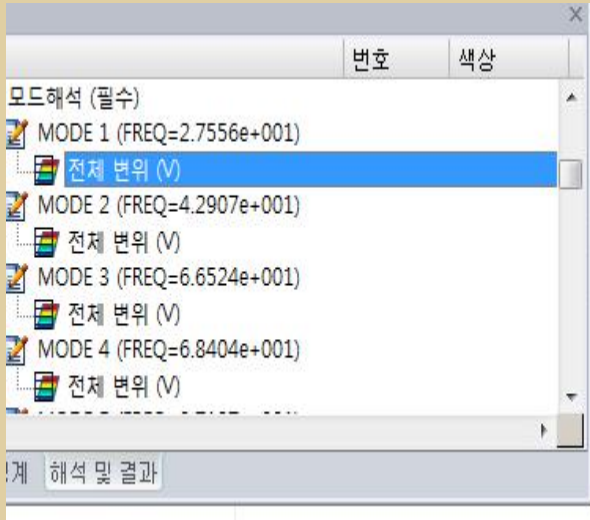


최대 변위 : 0.922mm



$K=1388000\text{Nm/rad}$

5.3 결과 값



05

5.4 결과 값

	굽힘 하중	비틀림 하중	고유 진동수	무게
결과 값	0.0522mm	0.922mm	26.8Hz	48.02kg
강성	28700N/ mm	1388000Nm/ rad		

6. Result

	굽힘 강성 (N/mm)	비틀림 강성 (Nm/rad)	고유 진동수 (Hz)	무게 (kg)
초기 모델	1512	124514	18.98	29.99
위상 최적화	26040	1177550	23.02	43.3
치수 최적화	28700	1388000	27.556	48.02

위상 최적화, 치수 최적화

초기 모델



무게 60% 증가
굽힘 강성 18배 증가
비틀림 강성 10배 증가
고유 진동수 41% 증가

Q&A

참고자료

- 위상최적화를 이용한 자작자동차의 프레임 설계
(이겨레, 황의상, 민승재, 2010)
- KSAE 부문종합 학술대회(KSAE10-B0241 (발표자료))
- Designing All-Terrain Vehicle Frames Using Topology Optimization
- 대학생 자작 자동차대회 홈페이지
- 차체구조 수업자료

Thank You
