



알테어 최적설계상 보고서

학교명	한국항공대학교	팀명	KAUVOY
차량번호	206	팀장	심민서
차량	이름	KAU링스타	
	제원	전장 1720mm × 전폭 1280mm × 전고 1138.5mm (무게 250kg)	

상기 참가팀은 2022 대학생 자작자동차대회의 알테어 최적설계상 부문 보고서를 다음과 같이 제출합니다.

2022년 08 월 12 일

대학생 자작자동차대회 조직위원회 귀중

- 설계 보고서 작성법은 아래와 같습니다.

- 1) 가급적 어떤 기술(방법)을 적용 했느냐가 아니라 어떤 이유로 CAE를 적용, 활용했는가 서술
- 2) 가급적 어떤 부품을 적용 했느냐가 아니라 어떤 이유로 부품을 적용했는가 서술
- 3) 감성적 글쓰기가 아니라 정량적 결과를 서술 (사진, 계산식, 해석결과, 그래프 등)
- 4) 과거 차와 비교해 개선 또는 혁신 내용 (과거차를 무시하는 발언은 금물)
- 5) 해당사항 또는 강조할 내용 중심 위주로 작성

- 새시 : 프레임, 현가장치, 제동장치, 조향장치 등
- 동력계 : 엔진(흡배기), 모터-배터리, 구동계, 윤활-냉각 등
- 인체 공학 : 변속기, 시트, 페달, 스위치 접근성, 계기판 시인성 등
- 공기역학 : 바디, 디퓨저, 윙 등

6) 작성 순서 (총 4page 이하)

- 요약 / 설계 / 해석 / 제작 / 검증, Test 결과 / 원가절감 사례(3건이하) / 결론 / 참고 문헌

- 본 문서는 8/12 (금)까지 아래 메일로 제출 바랍니다.

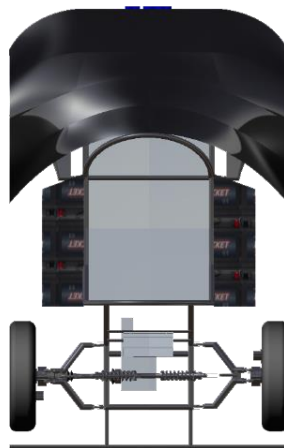
- 제출 메일 : LAB@altair.co.kr

1. 도면

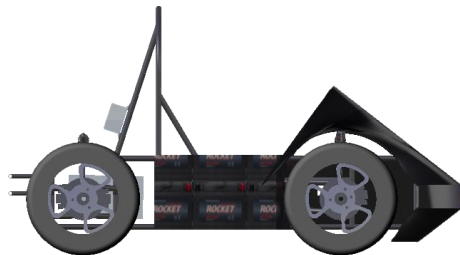
1) 정면도



2) 평면도



3) 측면도



4) Isometric view



설계 보고서 : EV 차량 주행거리 향상을 위한 CAE 설계

심민서, 강민주, 남도엽, 노진우, 박재필, 김사무엘, 김재호, 김종수, 김태훈, 마채영, 박주호, 배건일, 신종현, 이경도, 이기혁, 장재성, 정재엽, 조명진, 최우용, 한창훈

한국항공대학교 KAUVOY 팀

요약 : 주행거리 확보를 위한 차량 최적화 설계 및 검증.

2022 대학생 스마트 e모빌리티 경진대회_내구레이싱 경기에서는 내구 2차, 결승경기를 하루에 진행한다. 트랙 1바퀴에 1km라고 했을 때 이날 주행하는 총 거리는 45km이며, 현재 차량의 제원으로 계산해 본 최대 주행거리가 배터리 1세트 당 41.6km이기 때문에 추가 1세트의 여분 배터리를 사용할 수 없는 상황을 가정한다면 주행거리의 최대화가 필요하다. 이러한 상황에서 한국항공대학교 자작자동차동아리 Kauvoy에서는 차량 주행거리 최대화, 차량 안정성 확보를 위한 최적화를 진행하였다. 해당 내용은 다음과 같다.

1. 전비 최적화 : 전력소모를 최소화하는 기어비 최적화

납산 배터리의 단점인 낮은 용량을 극복하기 위하여 기어비 최적화를 통한 차량의 전비 향상을 이번 프로젝트의 목표로 삼았다. 동력원으로 DC모터와 납산 배터리가 사용되었으며, 동력 전달 장치로는 Sprocket Gear가 사용되었다. Matlab을 이용하여 기어비에 따른 체크포인트별 배터리 전력 소모 시뮬레이션을 진행하기 위해 대학생 자작 스마트 e-모빌리티 경진대회에서 사용된 트랙의 위성사진을 CATIA 프로그램을 사용하여 모델링하였다. 각 체크포인트의 좌표 및 속도를 현재차량의 주행특성을 고려하여 설정하고 이를 시뮬레이션에 대입하여 임의의 Sprocket 기어비에 대한 배터리 전력 소모율을 구하였다. 이러한 과정으로 선정된 Sprocket 기어비가 대회에 적합한지 평가하였으며, 최적의 기어비를 선정하여 모델링 및 현물화하였다.

2. 지오메트리 & 너클 최적화 : 차량 안정성 확보 & 경량화

내구레이싱의 주행상황에 맞는 주행안정성, 조향성을 갖는 이상적인 지오메트리의 셋팅값을 조사하고 설계하였다. 최적화된 지오메트리를 구현할 수 있는 디테일한 하드포인트에 대해 Altair Motionview 기능을 이용해 검증하고자 하였으며, 이를 토대로 암 및 너클의 제작을 위해 직접 계산한 극한 주행상황에서의 하중값과 Inspire Topology optimization을 통해 위상 최적화를 진행하여 안전 계수가 검증된 너클을 설계하고자 하였다. 암 및 너클의 제작에 앞서 제작방향성에 대해 논의하고, 부품의 체결성을 검증하기 위해 3D-Printer를 이용하였다.

3. 카울 최적화 : 유동저항 최소화

Simlab CFD를 이용하여 차량 형상에 따른 차체 주변 유동의 흐름을 정성적으로 분석하였다. 항력으로 인한 주행 저항을 최소화할 수 있는 카울 최적설계를 진행하였다. 또한 추가적인 에어로파츠 부착에 대한 항력의 변화 경향성을 분석하며 데이터를 축적하는 작업을 진행하였다.

4. 프레임 최적화 : 차량 안전성 확보

Inspire를 이용한 충돌해석을 진행하여 차체 안정성을 검증하였다.

1. 서론

2020 e-스마트 모빌리티 출전 목표로 제작된 KAUVOY의 기존 차량에서 납산배터리 이용으로 인한 낮은 배터리 용량(3840kW), 짧은 암으로 비롯된 동적 상황에서 캠버각의 잦은 변동(최대 10°), 공기저항을 고려하지 않은 카울(항력계수 1.0585) 등으로 인한 비효율적인 주행성능으로 2022 e-스마트 모빌리티 대회 내구 레이스를 완주할 수 없다고 판단, 이러한 단점을 극복하기 위해 각각 전비 최적화, 지오메트리&너클 최적화, 카울 최적화, 프레임 최적화를 진행하였다. 또한, 설계에 대한 완성도 검증을 위한 전장 팀에서의 센서 설계 및 측정을 도모하였다.

2. 부분별 초기설계 및 최적화

2.1 전비향상을 위한 기어비

2.1.1 설계

1) 초기조건

항목	수치	비고
차량의 무게	335.35kg	실측
Rolling Coefficient	0.0105	4등급 타이어 기준
공기 밀도	1.22kg/m ³	상온 기준
전면 투영 면적	1.004m ²	유동해석 결과
타이어 반경	0.265m	-
Drag Coefficient	0.7247	유동해석 결과
동력전달효율	0.9	설정값

Table 1. Vehicle Properties

제작된 차량의 제원을 토대로 주행저항을 계산하였다.

2) 기초개념 및 변수설정

차량의 구동력은 주행 시 차량에 걸리는 저항들의 합과 같으며 구동력과 기어비를 통해 모터의 토크를 구할 수 있다. 키르히호프 전압 법칙을 이용하여 구한 DC 모터의 회로 방정식은 다음과 같다.

$$V_{motor} = L_a \frac{di}{dt} + R_a i_a + e_b$$

(V_{motor} : DC 모터의 전압, L_a : 코일의 유도계수, R_a : 코일의 저항,

i_a : 전류, e_b : 역기전력)

$$e_b = k_{bemf} \cdot \omega$$

(k_{bemf} : 역기전력 상수, ω : 모터의 각속도)

Steady-state 상태로 가정하고 모터 구동 시 전기적 손실이 없다면 위의 식은 다음과 같아진다.

$$V_{motor} = \frac{R}{k_T} Torque + k_T \omega$$

모터 작동 전압은 모터의 토크와 각속도로 정해지고 전압값이 배터리의 정격전압을 넘지 않는다면 모터는 정상 작동한다. 토크방정식에 의해서 배터리에서 출력되는 전류는 모터의 토크에 비례하며, 모터와 컨트롤러, 배터리가 직렬연결되어 있으므로 배터리에서 출력되는 전류는 배터리 전압과 소모전류의 곱으로 결정된다. 따라서 전력 소모량은 기어비와 구간별 주행속도의 함수로 가정할 수 있다.

3) Track Modelling



Figure 1. Track

실제 트랙 위성사진을 카티아로 모델링하여 100개의 체크포인트를 설정하였고 각 포인트에서의 속도를 부여하였다. 주행환경을 고려하여 전체 구간을 각각 등속 직선, 감가속 직선, 등속 선회, 감가속 선회 주행의 네 가지 케이스로 나누었다. 첫 번째 랩에서만 정지상태에서 출발을 가정하였다. 자동차의 최고속도를 54km/h로 가정한 후 속도-시간의 관계를 2차 함수로, 가속도-시간 관계를 1차 함수로 모델링하였다.

2.1.2 해석

1) Gear Ratio Optimization

기어비	배터리 소모비율(%)	최대 속도(km/h)	소요시간(min)	
case1	4	91.994	60	37
case2	4.5	76.5	54	38

Table 2. Gear Ratio Optimization

Iteration 이후 최종 두가지 case를 비교하였을 때 소요시간은 큰 차이를 보이지 않았지만, 배터리 소모비율을 약 15% 감소시킨 기어

비 4.5를 선정하여 주행 시뮬레이션을 진행하였다.¹

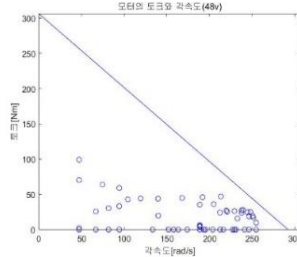


Figure 2. 모터의 토크,각속도 선도

트랙의 체크포인트 별 속도와 주행저항을 모터 제작사 (AGNI Motors)에서 제공한 자료를 선행 보관하여 비교해본 결과, 정상 주행이 가능한 것을 알 수 있다.

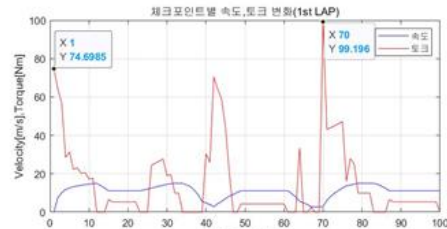


Figure 3. 1stLAP 속도, 토크

최대 토크는 99.196Nm로, 코너링 후 가속 시 발생하였다. 전류는 토크만의 함수이므로 경향은 Figure 3과 같고 최대값은 604.117A를 기록한다. 1st LAP은 시작점에서 급격한 가속으로 인해 높은 토크가 발생하였다. 두번째 바퀴 이후 시작점부근 가속이 급격하지 않으므로 필요 토크가 감소한다.

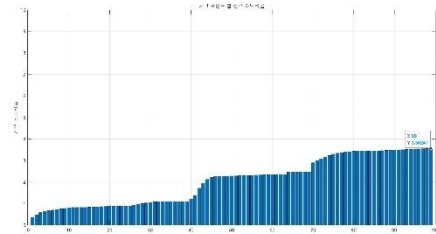


Figure 4. 1st LAP 주행 시 전력 소모비율

첫번째 바퀴 주행 시 Starting Point에서의 필요토크 증가로 인해 전체 전력의 3.56%, 두번째 바퀴 이후 전체전력의 3.04%를 소모한다. 25LAP 즉, 25km를 완주하였을 때 전력 소모비율은 76.45%, 완주시간은 약 38분이다. 위 결과에 따라 최적의 기어비를 4.5로 선택하였다.

2.2 지오메트리 및 너클

2.2.1 설계

1) 개념설계

차량의 주행성, 조향성, 주행 안정성 확보를 위해 서스펜션 지오메트리를 설계하였다. 직진 주행 시 타이어의 편 마모를 최소화하기 위해 캠버 각을 0°로 결정. 선회 시 바깥쪽 타이어의 접지면적을 늘리기 위해 캐스터 각을 10°로 설정했다. 또한 스크립 반경은 타이어와 노면사이의 마찰력 차이로 발생하는 토 아웃 현상을 보완하기 위해 -15mm로 결정하고 토 각은 2°로 결정하여 후륜 구동 차량의 전륜 휠 토 아웃 현상을 보완하였다.

2) 초기설계



Figure 5. Catia Geometry

구분	캠버각	캐스터각	스크립반경	토 각
기준차량	3°	8°	+70mm	0°
설계차량	0°	10°	-15mm	2°

	기준차량	설계 차량
롤센터와 무게중심 거리	80mm	164mm

Table 3&4. Geometry Characteristic

지오메트리 성능 개선 과정 중 롤센터와 무게중심 거리가 불가피하게 증가하였으나, 이로 인한 롤링 현상이 미미함을 증명하고자 하였다. 이를 목적으로 롤 각 증대에 대해 검토하였다.

* 심민서, Email : opj1011@naver.com

$$K_s = 0.6K_s^*s^2, R_s = \frac{Mgh_c}{K_s - Mh_s} \text{ (롤 강성, 롤을 공식)}$$

계산 결과 롤율은 0.76°/g이다. 일반적인 상용차량은 롤율이 3~7°/g 이므로 롤 증가는 고려하지 않기로 한다.

3) 상세설계

주행 상황 중 타이어의 지면 접지면적 최대화를 통해 차량의 서스펜션 성능을 개선시키고자 하였으며, 이를 위해 지오메트리 변화량 최소화를 목적으로 모션 뷰에서 하드 포인트 최적화를 진행하였다. Static Ride 상황에서 타이어에 상하 방향으로 50mm 변위를 준 경우를 가정, 설계 변수는 너클-타이로드 체결 점, LCA, UCA의 Z 방향 체결 점을 선택하였다.

목적함수	정의	목표[Deg/m]
Ride Steer Jounce	1000*YAW	-4
Ride Camber Jounce	-1000*Roll	5
Ride Caster Jounce	-1000*AY	-8

Table 5. Objective function

최적화 Iteration 이후 도출된 하드 포인트는 다음과 같다.

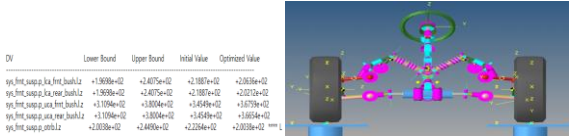


Figure 6. Suspension hard point

2.2.2 해석

1) 모션 뷰 해석조건

Tire Static Loaded Radius[mm]	265
Tire Vertical Spring Rate[N/mm]	96.45
Vehicle CG Height[mm]	240
Wheel Base[mm]	1200
Jounce travel in Ride[mm]	50
Rebound travel in Ride[mm]	50
Wheel travel in Roll [mm]	50

Table 6. Boundary condition

2) 모션 뷰 해석 결과

그래프의 x축은 캠버 각, y축은 휠의 변위이다. 나머지 값들도 동일하게 구현하여 그래프 대신 표로 대체했다.

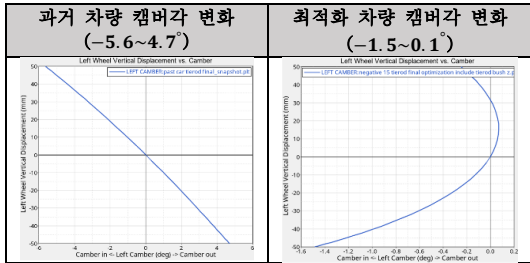


Table 7. Camber angle variation

	이전 차량	최적화 차량	개선율
캠버	-5.6~4.7°	-1.5~0.1°	78.6%
토	-0.2~2.7°	1.7~3.9°	33.3%
캐스터	9.9~10.2°	9.8~10.2°	-33.3%

Table 8. Geometry variation

3) 너클 하중 계산

설계된 지오메트리가 적용된 너클, 암 제작이 필요했으며, 이를 위한 너클 경량화 작업을 진행했다. 하프 카 모델을 사용하여 필요 하중을 계산, 바퀴 마찰 계수 1.7로 가정하였다.

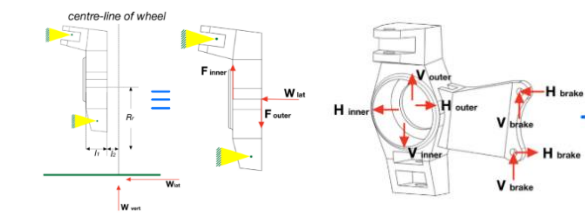


Figure 7. 선회 시, 제동 시 너클 자유물체도

선회시	최대하중(N)	제동 시	최대하중(N)
F inner	17858	V outer	2933
F outer	16086	H outer	3709
W lat	3013.2	V inner	1161
		H inner	1468
		F brake	6316

Table 9. Force boundary condition

4) 너클 해석조건 및 해석

Density[g/cm³]	7.85
Yield Strength[MPa]	275
Tensile Strength[MPa]	410
Poisson's Ratio	0.3
Young's Modulus[MPa]	210000

Table 10. Knuckle material properties



Table 11. Topology optimization (Objective function: 강성최대화, 제약조건: mass 50%)

Inspire의 Topology optimization을 참조한 너클 형상을 토대로 어퍼암, 로워암 체결부에 경계조건을, 스핀들과 타이로드 암, 브레이크 캘리퍼 체결부에 하중을 적용한 후 Inspire를 이용하여 급제동 및 선회 상황에 대해 최종 설계 너클의 내구성을 검증하였다.

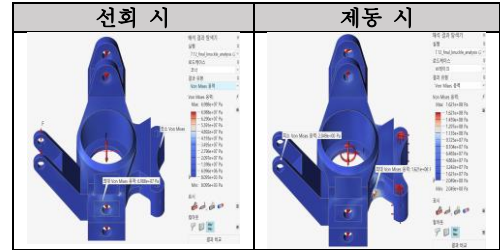


Table 12. Knuckle stress analysis

응력 해석 결과는 위의 그림과 같고, 안전계수가 각각 최소 3.9, 1.7로 설계 목표인 안전계수 1.5이상을 만족한다.

2.3 카울

2.3.1 설계

1) 개념설계

공기역학적 측면에서의 외력은 크게 Lift, Drag, Side Force로 구분한다. 저속 주행 조건인 점을 감안, Drag Force로 인한 공기역학적 저항을 최소화하여 전기 소모량 효율을 높이고자 한다.

2) 초기 설계

공력적으로 유리한 차량 설계를 위해 카울 미부착 차량의 해석 자료를 바탕으로 차량 전방 항력 저감 방법에 집중한다.

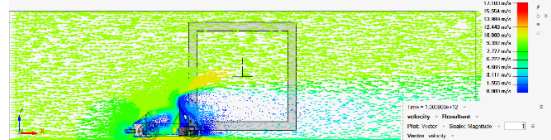


Figure 8. Non-cowl velocity vector property

기존 차량의 경우, Drag=80.3577N, Cd=1.0585으로 항력 면에서 불리하다. 정성적 유동 분석과정 중 도출된 주요 문제는 전방 유동이 유선형이지 않아 후방 툴루프에서 유동 박리 발생으로 인한 항력의 급격한 증가이다. 따라서 이를 개선하기 위한 에어로일 형상의 카울과 윈드실드 설계를 진행하고자 하였다.

3) 상세설계

전방 툴루프, 사이드 임팩트 바, 범퍼의 상하단으로 카울의 부착 지점을 결정하였다. 이후 전방 곡률이 다른 총 6가지 카울 샘플을 모델링 한 뒤 이 중 공기역학적으로 주행에 가장 유리한 모델을 선정한다. 이를 기준으로 윈드실드 각도를 45°~75° 범위로 설계한다.

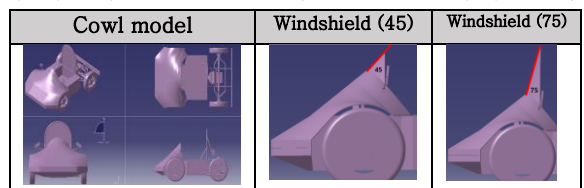


Table 13. Cowl & Wind shield model

2.3.2 해석

1) 유동 해석 조건

유동해석의 경우 Simlab의 CFD 해석을 이용하였다.

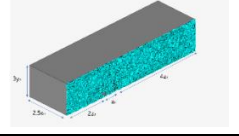
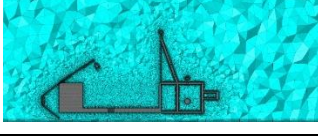
Mesh	Average Size	Minimum Size
Surface mesh	10mm	1mm
Region mesh	100mm	10mm
Volume mesh	200mm	100mm
First-layer thickness	1mm / 12 layers	
		
Wind Tunnel blockage ratio	Node points	Elements
4.33%	2,140,319	12,409,755

Table 14. Fluid analysis boundary condition

Wind Tunnel의 크기는 차량의 제원, 정면 투영면적을 고려한 Blockage ratio로 도출하였다. 차량의 주행 속도는 40km/h로 설정하였으며 Eddy Viscosity, 공기밀도와 압력은 상온에서의 공기 특성을 기입한다.

2) 해석 결과

차량의 카울 모델들 중 항력계수가 가장 낮은 모델을 선택하여 윈드셸드 각도에 따라 Velocity 값을 Vector 형태로 도출하여 분석한다.

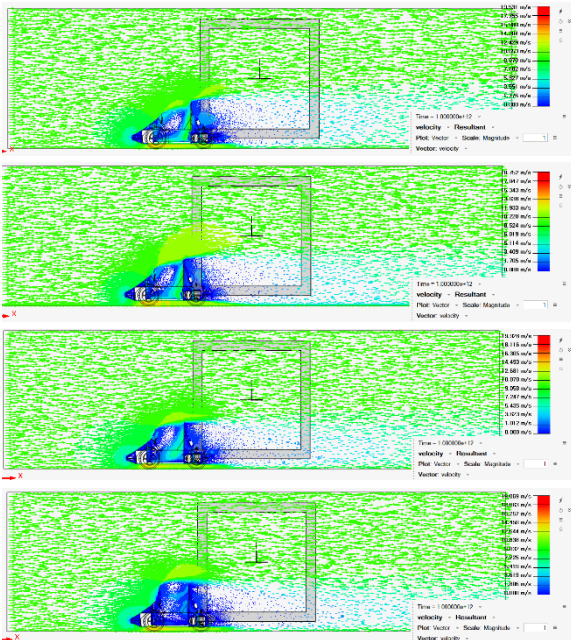


Figure 9,10,11,12 Wind shield angle(45°, 55°, 65°, 75°) Velocity Vector 수렴된 항력을 이용하여 항력계수를 비교한다.

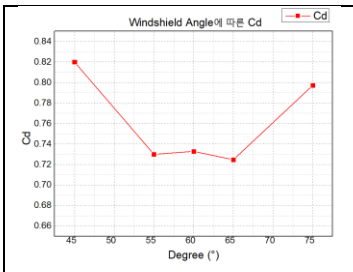


Figure 13. Cd Comparison

일정 각도까지는 윈드셸드 각도가 커짐에 따라 후방 물후프를 넘어가는 유동이 유선형에 가까워진다. 하지만 특정 각도 이상일 경우 과도한 유동 박리로 항력계수가 다시 증가하는 것을 확인할 수 있다. 해석 결과, 가장 낮은 항력계수 Cd=0.7247을 도출하는 65° 각도의 윈드셸드를 채택했다.

2.4 프레임

2.4.1 설계

메인 프레임을 기준으로 사이드 임팩트 바, 범퍼, 롤후프 등과의 체결점을 고려하여 설계한다.

2.4.2 해석

전후방, 측면충돌 상황을 고려한 관성해석을 진행한다. 차량 구성품, 운전자와 변형된 프레임 사이 안전거리를 30mm로 설정한 뒤

교통사고 공학 연구소의 충돌시간 자료(0.15s)와 속도 80km/h 조건으로 충격력을 계산한다.

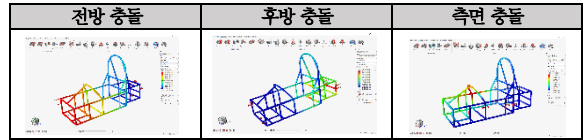


Table 15. Collision analysis

	측정 거리	허용 변형량	충돌 변형량
정면-운전자	100mm	70mm	18.7mm
측면-운전자	40mm	10mm	4.997mm
후면-모터	83mm	53mm	9.564mm

Table 16. Collision result

변형된 프레임의 안전거리(30mm) 만족을 확인하였다.

3. 제작

3.1 너클 제작



Figure 14. 너클 현물화

부재의 두께, 가공 시간 및 편의성을 고려하여 와이어컷팅을 통한 부품 제작 후 각 파트를 용접하였다.

3.2 스프라켓 기어 제작

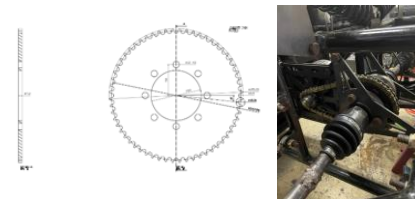


Figure 15. 스프라켓 기어 현물화

레이저커팅을 이용하여 소기어 N15, 대기어 N67 형상을 현물화하였다.

4. 검증

4.1 센서설계

전력소모 최소화 검증을 위한 센서 설계를 완료하였다. 현재 진행 중인 센서 시험단계 이후 속도계, 배터리 잔량 표시계를 통한 전비 향상검증, 자이로센서, 가속도센서를 통한 지오메트리 향상검증을 추가적으로 진행할 예정이다.

4.1.1 Speedometer

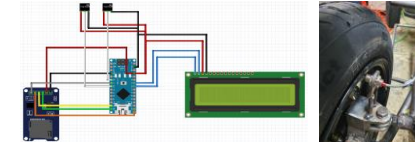


Figure 16. Speedometer

GPS 이용 시 위성통신 delay 발생으로 정확한 측정이 어렵다고 판단, Wheel 부착 자석의 센서 통과 시간, 횡수 측정을 직접 진행하였다. 이때, 타이어 슬립을 고려하여 왼쪽, 오른쪽 앞바퀴 총 2개의 센서 평균을 출력하였다. SD카드 module에서 데이터 확인이 가능하게 설계하였다.

4.1.2 Battery checker

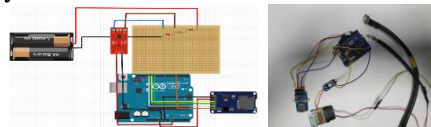


Figure 17. Battery checker

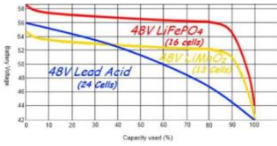


Figure 18. Battery 방전곡선

Rocket 사의 GB80R 배터리 방전 곡선을 도출하여 배터리 잔량을 파악하고자 했다.

48V 납산 전지의 전압 범위는 42V~56V이므로 완충 후 방전될 때

까지 트랙을 주행하여 방전 곡선을 작성한다. 센서 값을 백분율로 나타내어 battery checker를 제작하였으며, 아두이노를 이용하여 배터리 전압을 측정하였다.

4.1.3 Accelerometer & Gyroscope

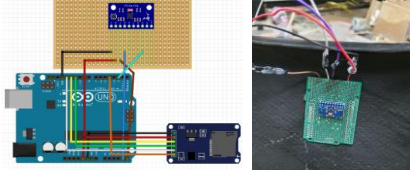


Figure 19. Accelerometer & Gyroscope

가속도, 자이로 센서로는 mpu9250을 사용하였다. 차량 roll 각을 측정하기 위한 상보 필터 식은 다음과 같다.

$$X = \alpha \times Tmp.X + (1.0 - \alpha) \times Ac.X, \quad Tmp.X = X + Gy.X \times dt$$

(X: 필터값, α : 가중치, Ac.X: 가속도값, Gy.X: X축 자이로값)

알파 값을 조절해서 자이로센서의 가중치를 높였다.

5. 원가절감사례

사례 1. 압 용접을 위한 고정지그 제작

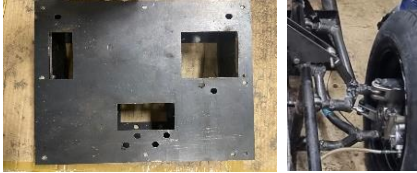


Figure 20. Fixed Jig

부품 사양 변경을 할 때마다 압 제작을 여러 차례 반복하게 되는데, 이럴 때 외주를 맡기지 않고 자체제작이 가능하게끔 레이저커팅을 통해 압 제작용 지그를 현물화하였다. 압 제작 지그를 활용함으로써 외주 의뢰 비용을 절감할 뿐만 아니라 추가적으로 용접변형 방식을 통한 제작품질을 향상시킬 수 있다.

사례 2. 카울 FRP 두께 최적화

몰드와 카울 제작과정에서 FRP의 적층량에 따른 두께와 무게 변화가 있다. 본 작업 전에 실험을 진행해 부재 원가비용을 최소화한다. 단위면적 0.01m²의 유리섬유가 각각 1장, 2장, 3장일 경우 두께와 무게, 강성을 비교한다.

우선적으로 목형 위 Release Agent를 도포한다. 이후 목형 표면에 Galcoat 도포를 진행, 그리고 Resin이 함침된 유리섬유를 깔고 롤러로 기포를 제거하여 경화 및 탈형을 진행한다.

유리섬유 Layer	1장	2장	3장
사진			
무게	22g	44g	66g
두께	2mm	2.8mm	3.8mm

Table 16. FRP experiment result

강성의 경우 1장은 코팅지와 비슷한 수준이었으며 3장의 경우 손으로 구부러지지 않을 정도의 강성을 가졌다. 몰드의 무게는 중요하지 않으므로 강성이 가장 큰 3장을 이용하며, 카울의 경우 충분한 강성을 가지면서 무게까지 고려한 2장으로 진행하였다.

사례3. 서스펜션 3D 프린팅을 이용한 시제품 제작



Figure 21. 3D Printed Knuckle

너클 3D제작을 통한 로드엔드와의 체결성 사전검증을 통해 제작오류로 인한 비용 증대를 줄일 수 있었다.

6. 결론

한국항공대학교 자작자동차동아리 KAUYOY 팀에서는 2022 E스마트 모빌리티 대회 내구레이싱 완주를 목표로 차량 주행상황에 맞는 주행성능 최적화를 하고자 하였다.

1. 전비최적화 : 트랙 체크포인트 기반으로 전비해석을 진행하였다. Matlab을 통해 배터리 소비비율을 15% 감소시킨 기어비를 도출하였고, 이를 반영한 대기어, 소기어를 레이저커팅을 통해 제작했다. 향후 속도계센서, 배터리 잔량센서가 설계되는 대로 기어비 개선을 통한 전비 향상에 대한 검증을 진행할 예정이다.

2. 지오메트리 및 너클형상 최적화 : 모션뷰를 통해 최적 지오메트리를 구현할 수 있는 하드포인트를 도출, 최대 78.6% 개선된 캠버 각 변화량을 통해 타이어의 접지면적을 극대화 하였다. 또한 설계된 하드포인트에 기반해 Topology optimization 기법을 이용하여 46% 경량화된 너클 형상을 구현하였다. 3D프린터로 너클의 체결 검증을 진행하고 와이어커팅을 통해 현물화 하였으며, 추가적으로 레이저커팅을 통해 압 작업을 위한 지그를 제작하여 제작 비용을 절감했다. 향후 가속도센서, 자이로센서를 통한 지오메트리 변화량 검증을 진행할 계획이다.

3. 유동항력 최적화 : 유선형 카울 형상 구현 및 Simlab CFD을 통해 최적화한 윈드실드 각도 구현 결과 최종적으로 31.5% 만큼의 항력 감소가 기대된다. 향후 차량 후방에 디퓨저와 같은 에어로파츠 추가 부착을 통해 유동효율을 극대화시킬 계획이며, 유압센서, 배터리 열 센서를 통한 유동 데이터 및 냉각검증을 진행할 예정이다.

4. 충돌 안전성 확보 : 프레임의 가장 취약한 측면충돌의 상황에서 사이드 임팩트 바 추가와 하부 프레임 추가로 21.66mm에서 9.564mm로 변형량 감소를 확인하였다.

References

1. 조준형. "회전관성 변화를 고려한 사륜구동 2단변속 전기차의 모드 변환 맵과 기어비 최적화." 국내석사학위 논문 한양대학교 대학원, 2022. 서울
2. 김동민. "가변 기어비를 갖는 마그네틱 기어의 토크 조절에 관한 연구." 국내석사학위논문 한국교통대학교 일반대학원, 2018. 충청북도
3. Altair HyperWorks. "MotionView & MotionSolve for Vehicle Modeling v2019.1 Analysis and Optimization Exercise Manual." HyperWorks 2019
4. Vo, Dai Q., et al. "Caster-Camber relationship in vehicles." Nonlinear approaches in engineering applications. Springer, Cham, 2016. 63-89.
5. Rajvardhan, R. P., S. R. Shankapal, and S. M. Vijaykumar. "Effect of wheel geometry parameters on vehicle steering." SAS TECH Journal 9.2 (2010): 11-18.
6. Effect of underbody structure on aerodynamic drag and optimization_Zhiquan Yuan1, Yiping Wang2
7. EFFECT OF BOAT TAIL PROFILE ON DRAG COEFFICIENT OF A SEDAN USING CFD
8. CENTER FLOOR UNDERCOVER AIR GUIDE DEVELOPMENT TO IMPROVE AERODYNAMIC DRAG FOR A PASSENGER CAR
9. Effects of Rear Diffuser Size on the Driving Performance of a Passenger Car