

# 포물러 형태 자작자동차의 경량화 및 주행 성능 향상을 위한 최적설계에 관한 연구

신상원<sup>1</sup>, 강신욱<sup>1</sup>, 하승현<sup>1</sup>, 박진표<sup>1</sup>, 김대완<sup>1</sup>, 이무연<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>동아대학교 기계공학과, <sup>2</sup>엔티에프 테크

## Optimum Design of Weight Reduction and Driving Performance enhancement for Formula type Self-design on-road vehicle

Sang-Won Shin<sup>1</sup>, Sin-Wook Kang<sup>1</sup>, Seung-Hyun Ha<sup>1</sup>, Jin-Pyo Park<sup>1</sup>,  
Dae-Wan Kim<sup>2</sup>, Moo-Yeon Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Dong-A University

<sup>2</sup>R&D Division, NTF Tech Co.

**요 약** 경량화는 현재 자동차 산업에 있어 가장 중요하게 여겨지는 화두 중 하나이다. 내연기관은 물론 미래형 자동차, 친환경 자동차 개발을 위해 경량화는 자동차 산업에 있어서 결코 빠질 수 없는 소재이다. 친환경 자동차를 개발하는데 있어 연비향상과 주행성능향상은 경량화가 핵심이기 때문이다. 본 연구팀에서도 포물러 형태의 자작자동차를 제작하면서 경량화와 최적설계를 통한 주행 성능 향상에 주안점을 두고 연구를 시작하였다. 본 연구는 전년도 제작 차량을 바탕으로 다음의 네 가지 항목으로 나누어 진행하였다. 첫 번째, 엔진의 교체를 통한 엔진룸의 구조설계 및 경량화. 두 번째, 프레임의 최적설계를 통한 부재의 단순화 및 경량화 연구. 세 번째, 프레임의 최적설계에 따른 서스펜션의 구조설계 및 해석. 마지막으로, 업라이트와 허브의 설계 및 경량 부품 사용을 통한 경량화 등이다. 이러한 목표설정을 두고 차량 설계를 진행하였으며 결과적으로 전년도 차량 대비 48 kg을 감량하여 19.5% 만큼의 경량화 하였고 이에 가속도 또한 80 m 기준 6.65 s에서 5.8 s만큼 단축시켰다.

**Abstract** Weight reduction is one of the important issues in the automotive industry and the development of internal combustion engines vehicles, future vehicles, and eco-friendly vehicles for improving fuel efficiency. The objective of this study is to investigate the improvement of driving performance by weight reduction and optimum design for a formula-type self-designed on-road vehicle. This study is divided into the four steps. Firstly, the engine room was replaced and designed with a lighter engine. Secondly, an optimization study was conducted to simplify and lighten the vehicle components with the design of the frame. Thirdly, the structure design was optimized and the suspension was analyzed with the design of the frame. Finally, the design of an upright and hub with reduced weight was carried out using lighter parts. As a result, we reduced the weight of the vehicle by 48.5kg compared to the previous year (19.5%) and increased the acceleration from 6.8 s to 5.8 s.s.

**Keywords** : Formula, Rigidity analysis, Structural analysis, Suspension geometry, Weight reduction

### 1. 서론

한정된 자원의 고 효율적 사용을 위해서 기계장치들의 경량화 연구가 계속되면서 자동차에 대한 환경 규제

도 강화되고 있다. 이로 인해 자동차 업계는 연비개선 및 경량화에 비중을 두고 연구를 하고 있다. 자동차 부분에 있어서 경량화를 위해 기존의 철제 부품들은 복합재료와 경량의 금속으로 교체되고 있다[1].

본 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2016R1D1A1B03935822). 본 연구는 동아대학교 창업지원단에서 일부 지원을 받아 수행하였습니다.

\*Corresponding Author : Moo-Yeon Lee(Dong-A Univ.)

Tel: +82-51-200-7642 email: mylee@dau.ac.kr

Received September 25, 2017

Revised (1st October 11, 2017, 2nd October 12, 2017)

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

전기자동차, 하이브리드차, 연료전지차와 같은 환경 친화 자동차는 기존 자동차와는 달리 전지 및 모터, Controller 등의 탑재로 기존 차량보다 200 ~ 300 kg 무거워지는 문제점이 있어 이에 대한 경량화 요구는 기존 차량보다 더욱 더 절실한 상태이다. 따라서 차량경량화는 향후 차세대 자동차의 필수 과제로 인식되어 각국에서는 자동차 경량화에 많은 노력을 기울이고 있다 [2,3,4,5].

자동차 시장에서 경량화는 오랜 시간 지속되어 온 기술적 화두이며, 최근 선진국을 중심으로 점차 강화된 연비 및 배기가스 규제로 인해 완성차 및 부품업체의 시장 경쟁력을 좌우하는 핵심 기술로 강조되고 있다[6].

차량중량 10% 절감 시 연비 1 km/l 향상, 배기가스 (Emission) 약 7% 감소, 브레이크 성능 향상으로 제동거리 단축, 차량가속성능 개선 및 내구성향상, 차량 주행 성능 향상의 효과가 있다[7].

경량화를 위해서 현재 주목 받는 기술로 선정된 3D프린팅 기술을 이용해 적합한 부품을 제작하고 충격완화장치를 무거운 철판 대신 대회 규격에서 제시된 허용한계에 맞게 알루미늄 같은 가벼운 소재를 선택하여 제작하기도 한다. 또한 실제 제작에 앞서 CAD 프로그램을 이용하여, 2D 및 3D 도면작업을 수행하고, 유한요소해석 (FEM) 기술을 적용된 CAE 프로그램을 사용하여, 실제 차량 주행 시 차량이 받는 정적 및 동적 하중에 의한 해석의 결과를 설계에 반영하여, 차량의 내구성을 갖춘 경주용 차량으로 설계 및 제작되어지고 있다[8].

이와 같이 차량 경량화에 대한 연구는 현재 자동차 산업에 있어서 가장 큰 화두 중 하나 이다. 또한 국내 대학의 대학생들이 직접 차량을 제작하여 경합하는 자작자동차대회에서도 차량 경량화는 자작자동차 동적 평가에서의 성적향상을 위한 가장 중요한 항목 중 하나이다.

Kim et al은 자작자동차의 설계 및 해석·제작 과정과 그에 따른 몇 가지 경량화 사례들을 서술하였으나 자작자동차의 경량화에 대한 체계적인 설계 및 연구는 거의 전무한 실정이다[9].

따라서 본 연구에서는 차량 설계 및 경량화에 대한 연구를 시작하게 되었다. 첫 번째, 엔진의 교체를 통한 엔진룸의 구조설계 및 경량화. 두 번째, 프레임의 최적설계를 통한 부재의 단순화 및 경량화 연구. 세 번째, 프레임의 최적설계에 따른 서스펜션의 구조설계 및 해석. 마지막으로, 업라이트와 허브의 현가하질량(Unsprung mass)

Table 1. Main specification of the vehicle

Specification		
Parameter	Length (mm)	2,200
	Height (mm)	1,150
	Width (mm)	1,350
	Wheelbase (mm)	1,520
	Ground Clearance (mm)	300
	Weight (kg)	198

경량화를 위한 설계 및 경량 부품 사용을 통한 경량화 등 다음과 같이 네 가지 항목으로 분류하여 연구하였으며 이에 따른 차량의 동적 성능 향상을 고찰하였다.

## 2. 차량 설계 및 경량화

### 2.1 주요 제원

본 차량은 경량화를 통한 주행 중 로드 홀딩의 극대화를 목표로 잡고 제작을 진행하였다. 로드 홀딩이란 차량이 주행 중 타이어에 의하여 노면에 어느 정도 밀착을 하고 있는가를 나타내는 지표로써, 로드 홀딩의 증가는 서스펜션의 안정적인 움직임과 접지력을 향상시키는데 그 목적이 있다. 본 연구팀 자작자동차(이하 ‘오라차차\_F17’)의 주요 제원은 Table 1과 같다.

서스펜션이 안정된 작동을 하기 위해서는 현가상질량이 무겁거나 현가하질량이 가벼워야 한다. 현가상질량이 증가하게 되면 서스펜션의 축이 되는 부분의 무게가 증가하여 바운딩과 리바운딩이 감소하고 로드 홀딩이 증가하게 된다. 그와 반대로 현가하질량이 줄어들면 질량으로 부가되는 관성의 영향이 줄고 줄어드는 관성에너지 덕분에 서스펜션에 가해지는 부담이 적어져서 움직임은 더욱 빠르고 기민해지게 된다.

또한 현가하질량에 해당하는 휠, 허브, 구동축 등의 무게가 줄어들게 되면 회전을 시작하거나 또는 회전속도를 증가시키려고 할 때 회전운동을 방해하는 질량에 의한 관성의 영향이 줄어들어 차량의 가속과 감속 성능에 매우 큰 영향을 끼치게 된다. 자작자동차대회의 특성 상 선회구간이 많아 가속과 감속이 매우 중요하기 때문에 현가상질량과 현가하질량의 경량화에 중점을 두고 설계하게 되었다.

Table 2. Compare with the engines

Name	Comet 250	VJF 250
Max output	26.6 ps / 10,000 rpm	24.1 ps / 10,000 rpm
Max torque	2.1 kgf.m / 7,500 rpm	1.96 kgf.m / 9,750 rpm
Type	Air, Injection	Water, Injection
Shift gears	6-return	5-return
Weight	43.3 kg	34.6 kg

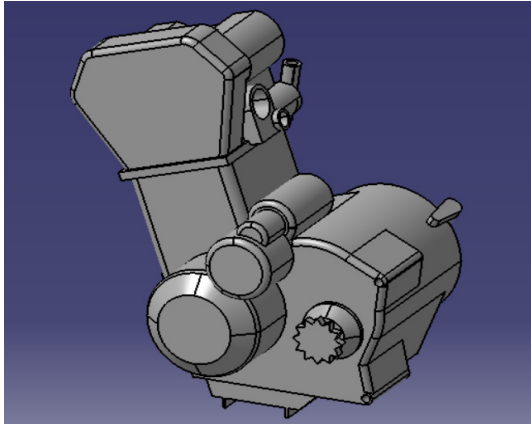


Fig. 1. Modeling design of VJF\_250 engine

### 2.2 엔진

본 연구팀의 으라차차\_F17은 VJF\_250 모델의 246.9 cc 수냉식 단기통 엔진을 사용하였으며, Table 2에서는 기존 차량에 사용하던 엔진인 Comet\_250 모델의 249 cc 공랭식 2기통 엔진의 주요 제원을 비교하였다.

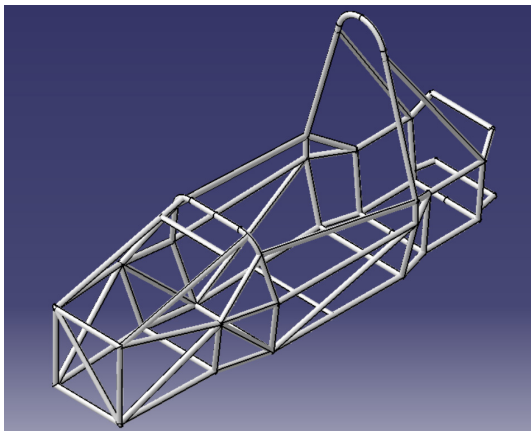


Fig. 2. Modeling design of frame

기존의 Comet\_250 모델 공랭식 2기통 엔진은 VJF\_250의 단기통 수냉식 엔진대비 출력은 약 2.5 ps

더 높지만 2기통 엔진의 특성상 부피가 크고 라디에이터와 냉각팬을 제외한 순수 엔진의 무게만 측정하였을 때, VJF\_250 엔진보다 약 9 kg 정도 무거워 본 차량에는 적합하지 않다고 판단하였다. 또한, 수냉식 엔진인 VJF\_250 엔진의 경우 정지해 있는 중에도 라디에이터와 냉각 팬이 작동하여 엔진에서 발생하는 열을 지속적으로 냉각시켜주어 엔진의 오버히트(Overheat)를 방지할 수 있다. 그러나 Comet\_250 엔진은 공랭식이기 때문에 차량이 정차해 있을 경우 엔진에서 발생하는 열이 충분히 냉각되지 않아 엔진의 성능 저하를 야기하며, 극한 상황에서 과부하 시 엔진이 기능을 못 할 경우가 발생한다. 따라서 본 차량에는 VJF\_250 엔진이 적합하다고 판단하여 본 엔진을 선정하였다.

### 2.3 프레임

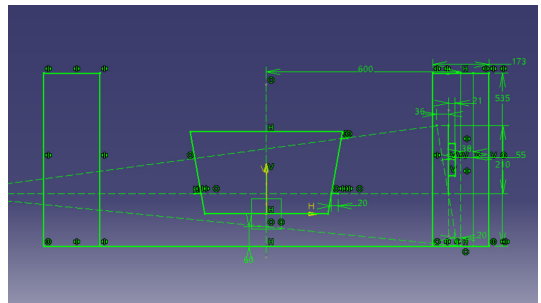
프레임은 차량의 서스펜션, 파워트레인, 드라이브트레인 등 차량을 구동시키는데 필요한 부품들을 구비하기 위한 뼈대로써 그 역할을 한다.

본 차량의 프레임은 기어룸을 제거하고 모든 서스펜션 하드 포인트가 프레임에 부착될 수 있도록 제작하여 경량화를 실현하였다. 그에 따른 강성을 보완하기 위해 수많은 형상의 모델링을 하고 해석하여 최적의 구조를 선정하였다.

프레임의 파이프 부재는 탄성계수, 항복강도, 인장강도 등 대회의 안전규정을 고려하여 최소 물성치 조건을 만족하는 재료들을 선정하였으며 Table 3과 같다.

Table 3. Main material of frame

Specification	
Material	Drawing steel pipe-13c
Main	25.4 mm x 1.8T
Assistance	25.4 mm x 1.6T / 20 mm x 1.2T
Arm	15 mm x 2.0T



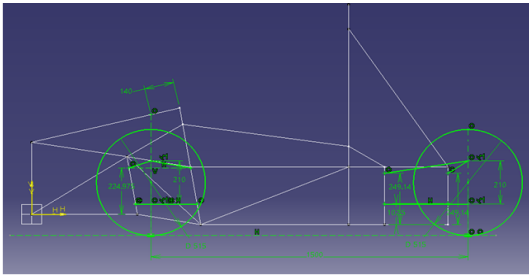


Fig. 3. Design of suspension

## 2.4 서스펜션

### 2.4.1 얼라이먼트

본 차량의 서스펜션은 프레임의 구조에 기반하여 선 회구간이 많은 코스의 특성에 맞게 설계하였으며 선회 시 Oversteer 성향과 함께 타이어 접지에 따른 안정된 코너링을 주기 위하여 전륜을 Toe-out & (-)camber, 후륜을 Toe-in & 0camber로 설정하였다.

Table 4. Specifications of the suspension

Category	Front	Rear
Type	Double wishbone push road	Double wishbone push road
Damper	DNM RCP3-350lbs	
Wheel	ENKEI / 6j / 13inch / 3.2kg	
Tire	Kumho s700 (170 515 R13)	
Center of mass (mm)	90	40
Roll center (mm)	50	70
Toe angle (°)	-2	2
Camber angle (°)	-2	0
Caster angle (°)	0	0
King-pin angle (°)	9.6	9.2

그리고 후륜 대비 전륜의 롤 센터를 낮춤으로써 코너에서 차체가 롤이 발생할 때 피치에 의한 조향성능을 안정적으로 이끌어낼 수 있도록하였다. 킹핀(King-pin) 각 조절을 통해 스크럽(Scrub) 반경이 0에 가깝도록 설정하여 너클 마운팅 위치보다 프레임의 마운팅 위치를 낮게 잡아 주행 시 타이어의 롤 각이 커지지 않도록 설계하였다. 이와 같이 차량의 얼라이먼트 최적설계를 통해 경량화에 따른 차체의 주행 성능을 극대화 할 수 있도록 하였으며 설정 값은 Table 4에 나타내었다.

### 2.4.2 현가장치

현가장치의 방식은 휠의 범프 및 리바운드 변화에 따라 캠버 조절이 용이하며 자유도가 높은 더블위시본 & 푸시로드 타입을 적용하였다. 쇼크업쇼버(Shock absorber)의

경우 압축 및 리바운드 속도의 다양한 조절이 가능한 길이 190 mm의 DNM RCP3-350lbs 스프링을 선정하였다.

벨크랭크(Bell crank)는 경량화를 위해 2개의 판재 형태로 중간에 베어링을 넣어 제작하였으며 Motion ratio를 6:7(0.85)의 비율로 설정하여 이상적인 Damping을 받을 수 있도록 설계하였다. 또한 동적특성 제어를 위해서 암(Arm)의 양 끝에 로드엔드를 적용하여 토우와 캠버, 킹핀 등 코너웨이트의 자유로운 조절이 가능하도록 설계하였다.



(a)



(b)

Fig. 4. Suspensions structure (a) L:Front (b) R:Rear

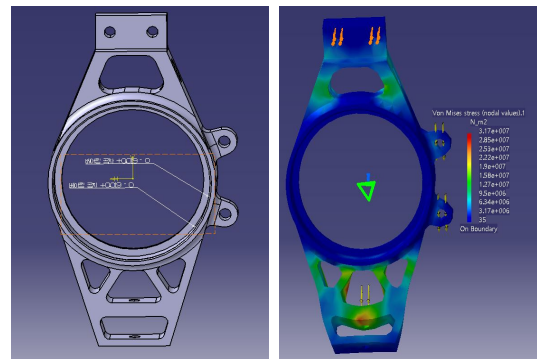
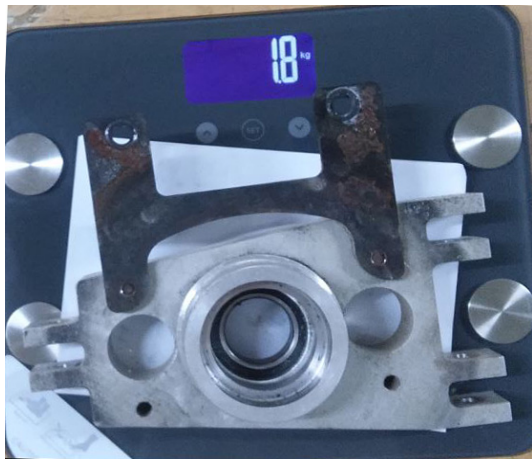
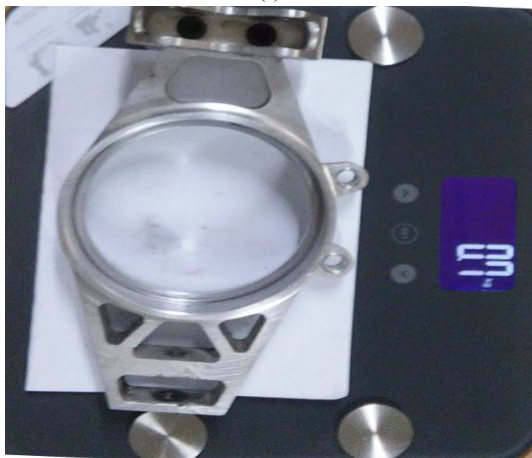


Fig. 5. Modeling design of knuckle

이 중 전륜 서스펜션은 노면으로부터 오는 충격흡수를 효율적으로 받아내기 위해서 프레임의 전방롤후프 지지대에 쇼크업쇼버(Shock absorber) 마운트를 부착시켰다. 후륜 서스펜션의 경우 기어룸을 제거하고 서스펜션의 하드 포인트가 프레임에 부착될 수 있도록 설계하면서 메인롤후프 지지대에 쇼크업쇼버(Shock absorber)의 마운트를 부착시켰다. 이를 통해 공간을 최대한 활용하여 별도의 부재가 추가되지 않게 제작할 수 있었다. 이외에도 개당 3.2 kg의 Enkei(6j/13in)의 경량알루미늄 휠과 Kumho S700 슬릭타이어를 장착하여 현가하중량을 줄임과 동시에 차량과 노면과의 접지력을 향상시켜 로드홀딩을 극대화 시켰다.



(a)



(b)

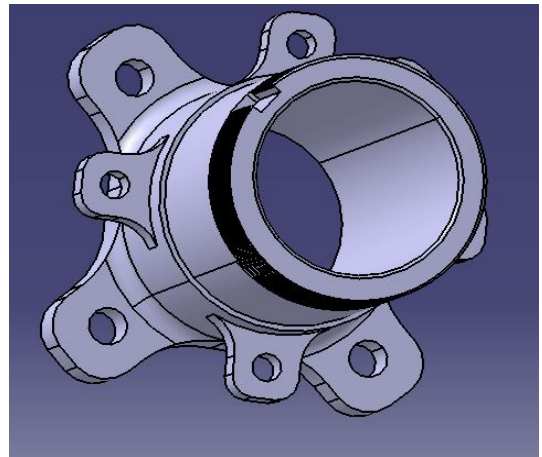
Fig. 6. Compare with the weight of knuckle  
(a) L:2016 (b) R:2017

### 2.4.3 업라이트

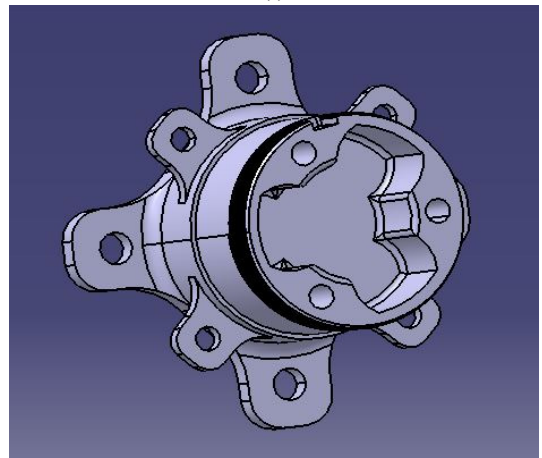
현가하중량 경량화를 위해 최적의 소재를 고려하였다. 탄성계수, 항복강도, 극한강도 등 소재의 물성치를 비교하였을 때 Table 5와 같은 수치를 나타내었다. Al7075의 경우 Al6061에 비해 재료의 단가가 하나의 가공물 당 40,000원 가량 비싸지만 차체의 하중을 견디기 위해서는 가격 대비 강도가 더 중요하다고 판단하여 Al7075로 선정하였다.

Table 5. Property of Aluminum material

Material	Young's modulus	Yield strength	Ultimate strength
Al6061	68.9 Gpa	255 Mpa	290 Mpa
Al7075	71.7 Gpa	475 Mpa	525 Mpa

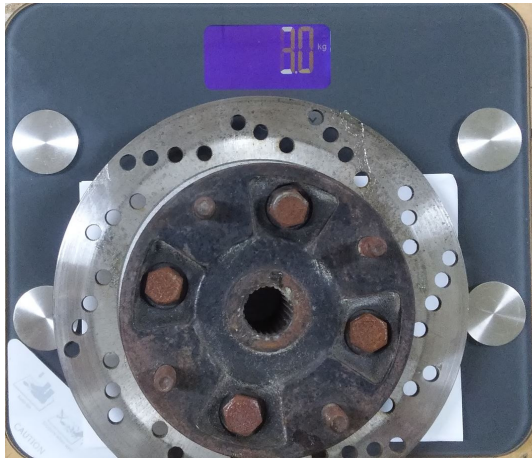


(a)

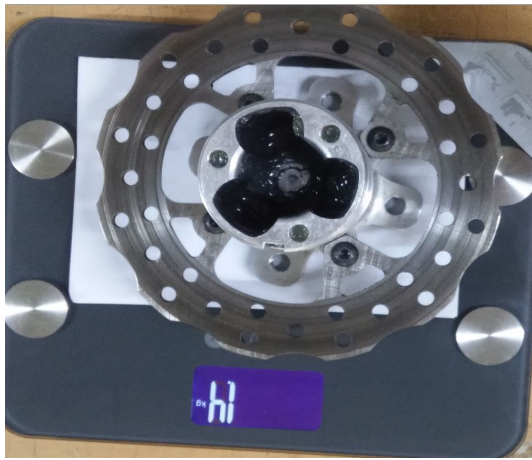


(b)

Fig. 7. Modeling design of hub  
(a) L:Front (b) R:Rear



(a)



(b)

Fig. 8. Compare with the weight of hub  
(a) L:2016 (b) R:2017

Fig. 6(a)와 같이 이전 차량에서는 브레이크 캘리퍼 (Caliper) 브라켓을 별도 제작하여 업라이트에 결합하였고, 베어링이 들어가는 부분은 어댑터(Adapter)를 제작하여 결합하였으나, Fig. 6(b)와 같이 2017년도 차량은 경량화 및 정비의 편의성을 위해 브레이크 캘리퍼가 브라켓 없이 너클과 직접 결합할 수 있도록 너클에 브라켓을 일체형으로 설계하였으며, 베어링 하우징 또한 일체형으로 제작하였다. 그리고 지오메트리 설정의 편의성을 위해서 어퍼 암(Upper arm) 고정부위는 볼트 너트로 체결할 수 있도록 하였다. 하중을 잘 버티게 하기 위하여 너클앞 뒤 방향으로 앵글러 콘택트 베어링을 각각 하나씩 사용함으로써 하중을 분산시켜 업라이트에 무리가 가지 않도록 해석 및 설계하였다.



Fig. 9. Finished vehicle appearance

주철 소재의 너클보다 알루미늄 합금 소재의 너클은 30~50%의 경량화를 달성할 수 있고, 너클의 동강성은 30%이상 우수 한 것으로 나타나 진동적으로도 더 우수한 성능을 기대할수 있을 것이다[10].

#### 2.4.4 허브

허브는 엔진으로부터 오는 힘을 휠과 직접적으로 연결되어 전달하는 장치이다. 구동에서 발생하는 손실을 줄이기 위해서는 구동장치의 경량화가 필요하다 기존에는 차량 제작 가격을 고려하여 승용차에서 쓰이던 주철 허브를 사용하였으나 신규 차량은 경량화를 위해 알루미늄 합금 중 높은 강도를 가지는 Al70계열을 선정하여 설계 및 제작하였으며 Fig. 7에 나타내었다.

허브에 동력이 전달되기 위해서는 차동기어에서부터 허브까지 이어지는 CV조인트를 필요로 한다. 조인트 컵의 무게를 줄이기 위해 조인트 컵 역설계를 통하여 조인트 컵의 트라이포드 베어링(Tripod bearing)이 후륜 허브와 일체화 될 수 되도록 설계하여 동력의 손실을 감소와 함께 많은 경량화를 이루어낼 수 있었다.

또한 정비의 용이성과 경량화를 고려하여 로크너트(Lock nut)를 이용한 센터락(Center-lock) 방식을 이용하였다. 전문의 허브는 설계의 완성도를 올리기 위하여 후륜과 동일한 모양을 사용하였고, 중심의 공간을 비워둠으로써 연결축이 필요한 후륜 허브보다 비교적 더 가볍게 설계하였다.

Table 6. Compare with the specification of vehicles

Categorize	Contents	2016	2017
Material	Frame	Drawing steel pipe	
	Upright	Al6061	Al7075
	Hub	Cast iron	Al7075
Weight	Frame	38.2 kg	32.1 kg
	Upright	1.8 kg	0.7 kg
	Hub	3.0 kg	1.4 kg
	Wheel	5.5 kg	3.2 kg
	Engine	43.3 kg	34.6 kg
	Total weight	246 kg	198 kg
Test results	Acceleration	6.65 s	5.8 s
	Skid pad	13.23 s	12.70 s
	Autocross	85.71 s	64.06 s

### 3. 결론

본 연구에서는 포물리 형태의 자작자동차의 경량화 및 동적 성능 향상을 위하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 기존 2016년도 차량은 경량화와 조향성능에 대한 별도의 고려 없이 안전규정과 강성에만 중점을 두고 제작한 것에 반해, 2017년도 차량은 안전규정과 강성을 유지하고 조향능력과 경량화를 고려한 설계를 실시하였다. 경량화 및 주행 측정 결과 값은 Table 6와 같다.
2. 신규 차량에는 프레임의 최적 설계를 통해 부재를 최소화하였으며, 알루미늄을 재료로 이용한 업라이트의 가공, 경량 부품교체(휠, 타이어 등)들을 통해 최종적으로 기존 차량 대비 공차 중량을 기존 2016년 차량 대비 246 kg에서 198 kg로 48 kg 만큼 감량하여 19.5%의 경량화를 이루어냈다.
3. 가속테스트 구간 80 m를 주행하였을 때 기존 2016년 차량 대비 6.65 s에서 5.8 s로 0.85 s 단축하여 가속력이 12.79% 향상되었다.
4. 복잡한 트랙에서 완주하는 시간을 측정하는 경기인 오토크로스에서는 기존 2016년 차량 대비 85.710 s에서 64.058 s로 21.652 s 단축시켰다. 차량의 경량화와 서스펜션의 최적설계를 통하여 비틀림과 롤이 크게 작용하지 않고 선회구간에서의 주행안정성이 향상되었음을 확인할 수 있었다.

### References

- [1] Y. S. Kim, I. K. Kim and D. S. Kim, "A study of light weight of auto supplies ", *Proc. of The Korean Society for Power System Engineering 1999 Spring Annual Meeting*, pp. 174-178, Jun. 1999.
- [2] W. S. Jo and J. M. Kim, "Material technology of next-generation automobile", *High cost co-molding symposium*, pp. 9-20, Nov. 2002.
- [3] Byoung-Guk Jeong, Hong-Kyu Kwon, "A Case Study on Developing Automotive Part(Housing) by Filling and Solidification Analysis", *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, vol. 38, no. 1, pp. 44-51, 2014.  
DOI : <https://doi.org/10.11627/jkise.2014.38.1.44>
- [4] Sangwook Lee, Chunghun Ha, "Long-Term Demand Forecasting Using Agent-Based Model : Application on Automotive Spare Parts", *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 38, No. 1, pp. 110-117, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.11627/jkise.2014.38.1.110>
- [5] "Young-Seok Ock, Byung Soo Kim, Jun-Hee Bae, ""Automobile Assembly Sequence System Using Production Information""", *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol. 37 No. 3, pp. 8-15, 2014.  
DOI : <https://doi.org/10.11627/jkise.2014.37.3.08>
- [6] H. K. Jang, M. G. Kang, S. H. Yoon and J. S. Park, "A Study on Design Methodology for Alternative Design of weight reduction Composite Carbody Component and Case Study", *Proc. of The Korean Society of Automotive Engineers 2017 Spring Annual Meeting*, pp. 842-842, May 2017.
- [7] Myunghwa Co, "Status of Vehicle weight reduction technology development," *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, pp. 1-35, Oct. 2005.
- [8] S. J. Lee, W. S. Jeong, G. B. Kim and S. K. Kim. "Design and Manufacture of a Hand-made Vehicle Based on a Formula". *Journal of Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, vol. 24, no. 5, pp. 568-575, Oct. 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.7735/ksmte.2015.24.5.568>
- [8] J. S. Kim, D. S. Shin, M. S. Shin and S. K. Kim. "Design and Making of a Handmade Vehicle with a Formula in 2016", *Journal of Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, vol. 26, no. 1, pp. 82-88, Feb. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.7735/ksmte.2017.26.1.82>
- [10] K. J. Kim, "Light-Weight Design of Automotive Knuckle by Using CAE (Computer Aided Engineering)", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 9, pp. 663-668, Sep. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.9.663>

**신 상 원(Sang-Won Shin)**

[준회원]



- 2013년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (재학중)

<관심분야>

자동차 샤시 및 서스펜션 설계, 자동차 부품 설계

**박 진 표(Jin-Pyo Park)**

[준회원]



- 2013년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (재학중)

<관심분야>

자동차 내연기관, 친환경 자동차 열관리

**강 신 욱(Sin-Wook Kang)**

[준회원]



- 2014년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (재학중)

<관심분야>

자동차 전기 모터, 자동차 부품 설계

**김 대 완(Dae-Wan Kim)**

[정회원]



- 2009년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학사)
- 2011년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (박사수료)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 엔티에프텍 선임연구원

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 신재생에너지, 자성유체

**하 승 현(Seung-Hyun Ha)**

[준회원]



- 2014년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 (재학중)

<관심분야>

자동차 하이브리드 시스템, 자동차 내연기관

**이 무 연(Moo-Yeon Lee)**

[정회원]



- 2010년 2월 : 고려대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2011년 1월 : 고려대학교 기계공학과 (연구교수)
- 2011년 2월 ~ 2012년 8월 : 자동차부품연구원 선임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

친환경 자동차 열관리, 전통식 히트펌프, 신재생에너지 변환 시스템, 열/물질전달, 연료전지, 나노유체, 자성유체