

대학생 자작자동차대회 설계 비교 보고서



학교명	동국대학교 서울캠퍼스	팀명	Team KART			
팀장	박기현	지도교수	이재훈 교수님			
전년도 수상 실적	KSAE e-formula 금상					
차량 내용						
구분	명칭	길이(mm)	폭(mm)	높이(mm)	무게(kg)	비고
전년도	DKT-23	3095	1474	1203	266.5	
올해	DKT-24	2795	1474	1200	240	

상기 참가팀은 전년도 KSAE 대학생 자작자동차대회에서 상위 입상한바 다음과 같이 설계 비교 보고서를 제출합니다.

2024 년 05 월 29 일

대학생 자작자동차대회 조직위원회 귀중

■ Summary

2023년 Team KART는 안정적인 Electric System을 바탕으로 좋은 성적을 거두었다. 하지만 안정적인 Electric System에 비해 Chassis System과 Aero System은 보수적인 설계로 인하여 formula에서 중요한 요소인 경량화를 이루지 못했다. 이는 차량의 성능을 최대로 활용하지 못하는 결과로 이어졌다고 판단된다.

2024년 Team KART의 목표는 [파트별 최적화를 통한 Electric 시스템의 최대 활용]이다. 이러한 목표를 위해 각각의 파트에서는 경량화에 집중하였고, 변화된 대회 코스에 대응하기 위해 DRS를 도입하였다. 이 보고서에서 중점을 두고 서술할 부분은 크게 4가지이다. 경량화에 초점을 둔 프레임, 통합형 인클로저, DRS를 도입한 Aero System, 커스텀 라디에이터이다.

■ Preliminary Design

DKT-23 차량 제원	전륜	후륜
전장/전폭/전고 (mm)	3095mm / 1474mm / 1203mm	
축거 : Wheelbase	1575mm	
윤거 : tread	1265 mm	1265 mm
공차 중량(실측)	총 중량 : 266.5 kg	
무게 배분 비율 (%)	48%	52%

<표1. 전년도 차량 제원>

DKT-24 차량 제원	전륜	후륜
전장/전폭/전고 (mm)	2795mm / 1474mm/ 1200mm	
축거 : Wheelbase	1575mm	
윤거 : tread	1265 mm	1265 mm
공차 중량(설계)	총 중량 : 240 kg	
무게 배분 비율 (%)	50	50

<표2. 금년도 차량 제원>

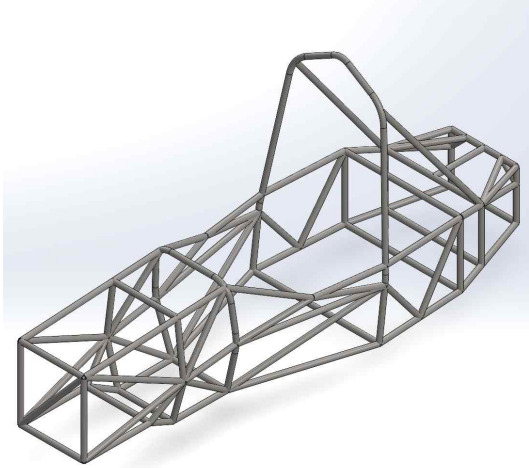
■ Detail Design

(1) 경량화 프레임

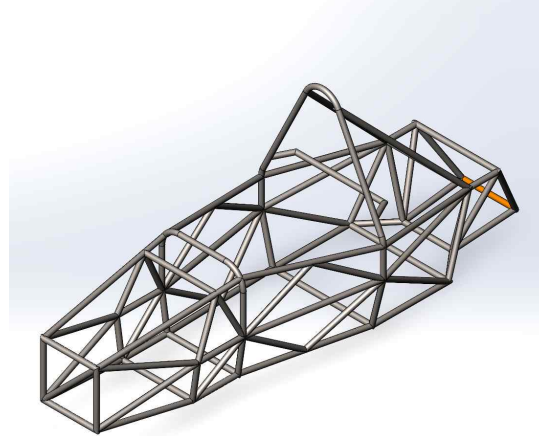
기존 차량이었던 DKT-23의 프레임은 높은 강성과 신뢰성을 목표로 설계하여 우수한 성능을 보여주었으나 경량화와 소형화에는 실패하였다. DKT-24는 DKT-23의 우수했던 점은 유지하고 단점으로 지적되었던 부분을 개선하여 높은 신뢰성과 경량화를 동시에 이룩하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 설계상 무게 39.5kg으로 기존 차량 대비 약 20% 경량화하였으며, 전장과 높이 모두 이전 차량보다 감소시켜 컴팩트하고 가벼운 프레임을 설계하였다. 그러면서도 2450Nm/deg의 비교적 높은 비틀림 강성을 확보하여 안정성과 신뢰성을 확보하였다.

	DKT-23	DKT-24
프레임 무게 (kg)	51.1 (실측)	39.5 (설계)
프레임 전장 (mm)	2415.4	2395.4
프레임 높이 (mm)	1155.4	1045.4
비틀림 강성 (Nm/deg)	2800	2450

<표3. 전년도 프레임과 금년도 프레임 비교>



<그림1. DKT-23 프레임>



<그림2. DKT-24 프레임>

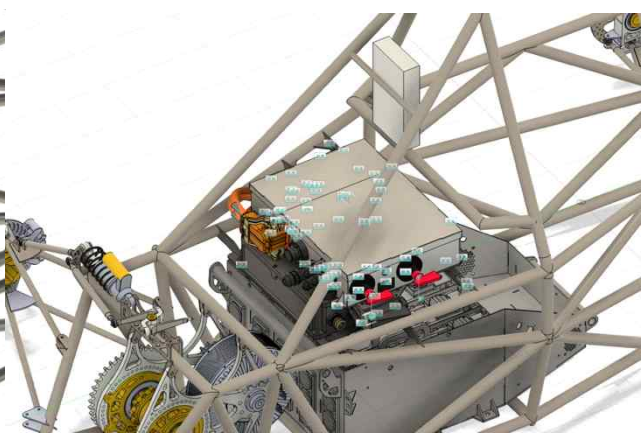
(2) 통합형 인클로저

DKT-23의 경우 차량 후방에 장착되는 Electric 파트들 간의 배선이 외부에 노출되어 있어 단선 위험, 방수처리의 어려움 등과 같은 문제가 있었다. 이를 개선하기 위해 여러 위치에 나누어 장착되던 LV, 에너지 미터, HVD, 사이드콥핏을 하나로 묶어 인클로저에 패키징 할 수 있도록 설계하였다. 위의 부품들을 위해 독립적으로 존재했던 각종 마운트들을 하나로 통합하면서 제작 과정을 간소화하였고 불필요한 무게를 줄일 수 있었다.

통합형 인클로저를 설계함에 따라 기존에 사이드콥핏으로 가던 외부 배선을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대되고, 이는 정비성과 안정성의 향상으로 이어질 것이다.



<그림3. DKT-23 Rear 전기 시스템>



<그림4. DKT-24 통합형 인클로저>

(3) 커스텀 라디에이터

DKT-23 냉각 시스템에 사용되던 상용 라디에이터의 냉각 성능은 우수하였지만, 크기와 형상을 원하는 대로 결정할 수 없었고, 이는 불필요한 무게 증가와 정비성 악화로 이어졌다. 그래서 DKT-24 차량의 경우, 라디에이터를 커스텀 제작하였다. 필요 이상의 면적을 가졌던 DKT-23 차량의 라디에이터와 비교했을 때, 효율적인 코어 면적을 계산하여 코어 단면적을 $0.045m^2$ 에서 $0.04m^2$ 으로 줄여 총 무게 1.5kg을 줄였다. DKT-24 프레임에 맞춘 라디에이터를 설계하고, 위치를 확정하였기 때문에 기존 냉각 시스템과 비교했을 때 사용되는 호스의 길이를 줄일 수 있었다. 라디에이터의 inlet, outlet 외경 크기를 모터, 컨트롤러와 일치시킴으로써 니플 개수를 줄였고 이러한 설계들을 통해 경량화를 이루어냈다.

Reserve tank를 도입하여 냉각수의 체적변화에 대비하였고, 위치를 전체 cooling system보다 상단부에 위치하도록 하여 냉각수 투입과 같은 정비과정에서 시간을 단축할 수 있게 설계하였다.



<그림5. DKT-23 상용라디에이터>



<그림6. DKT-24 커스텀 라디에이터>

(4) DRS (Drag Reduction System) Rear Wing

Aero system에서의 가장 큰 변화는 DRS이다. DKT-23의 경우, 엔드플레이트에 open, haif-open, close 총 세 단계의 각도로 주행하는 코스의 특징에 따라 플랩 각도를 조정한 후, 고정하여 주행하였다. 하지만 올해에는 트랙 코스에 따라, 주행 중에 드라이버가 리어윙 플랩의 각도를 자유롭게 바꿀 수 있는 DRS를 도입하였다. DRS는 공압 제어로 작동하도록 설계하였으며 리어윙 플랩의 각도가 close 상태일 때는 각각 40° , 60° 에서 DRS를 작동시키면 두 플랩 모두 0° 로 바뀐다.

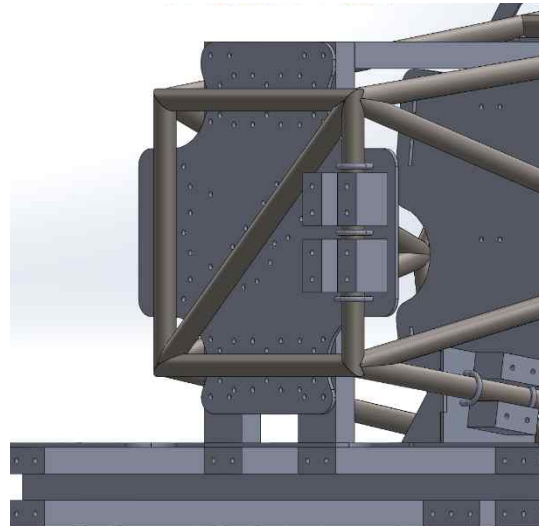
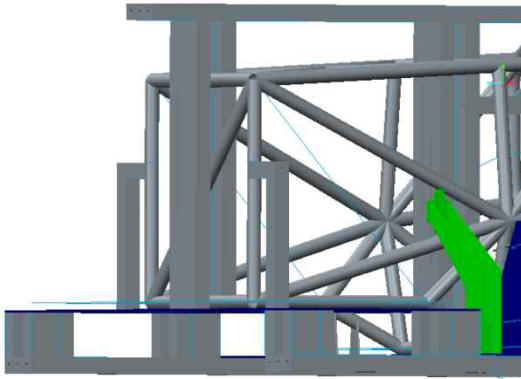
그리고 각 파트별 에어포일의 chord 길이를 메인 윙 기준 450에서 350으로, 플랩 기준 180에서 160으로 감소시켰다.

	DRS-close	DRS-open
AoA	flap1 - 40° flap2 - 60°	flap1 - 0° flap2 - 0°
Cl	5.29	3.24
Cd	1.84	0.65
Cl/Cd	2.63	4.98

<표4. DRS close/open 비교>

■ Manufacturing

DKT-23 새시 지그는 각 프레임 파이프의 전후 방향 구속을 잡아주는 데는 매우 우수했으나 좌우 방향 구속을 정확하게 맞추기 힘들다는 문제점이 있었다. 특히 벌크헤드, 롤후프 등 기준이 되는 부재들의 좌우 방향 구속을 맞추지 못해 지그 구조물이 부족한 부분이 크게 문제가 되었다. DKT-24에서는 수직 부재들의 중심을 정확하게 맞추기 수 있도록 수직부재 제작용 지그를 차량 전체 지그에 함께 묶을 수 있는 구조를 설계하였고, 타 부재들도 유볼트로만 고정되던 기존과 달리 좌우 방향 구속을 높여줄 수 있는 프로파일 구조를 추가하였다. 이를 통해 기존보다 높은 정확도의 프레임을 제작할 수 있었다.



■ Conclusion

TeamKART는 21년부터 e-formula A-class를 시작하여 다년간의 노력 끝에 전기시스템의 안정성을 확보하였다. 안정적인 배터리를 바탕으로 그동안 약점으로 여겨졌던 새시를 보완하고, 냉각 성능을 향상시켜 다수의 연습주행을 통해 차량의 주행 데이터를 확보할 계획이다. DRS와 커스텀 라디에이터 등 그동안 자본 및 제작 시간 등의 이유로 시도하지 못했던 새로운 기술들을 도전할 것이다. 그간의 노하우를 통해 차량의 완성도를 높이고 최선의 제작 과정을 통해 제작비를 최소화할 예정이다.