

자동차 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 산업용 전동수레의 설계 및 제작

(Industrial Electircity cart design and production)

(2013년 03월 01일 ~ 2013년 12월)

팀명: NC (New Creation)

자동차 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

2013. 12.

대구대학교 기계자동차공학부

제 출 문

대구대학교 기계,자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제 ‘산업용 전동수레의 설계 및 제작’의 결과보고서로 제출합니다.

과제기간 : 13년 03월 01일 ~ 13년 12월

지도교수 :	임 학 규 (인)
대표학생 :	장 경 현 (인)
참여학생 :	신 현 (인)
	박 찬 형 (인)
	이 경 욱 (인)
	민 삼 홍 (인)
	최 영 (인)

목 차

최종보고 요약문	4
제 1장 서론.....	5
제 1절 아이디어 선정 배경.....	5
제 2절 기존 제품 분석.....	5
제 3절 특허자료 조사.....	8
제 4절 최종 주제 선정.....	10
제 2장 이론적 배경	12
제 1절 독창적 아이디어의 적용.....	12
제 2절 4륜 조향 장치의 이론적 배경.....	16
제 3절 4륜 조향 장치의 적용 방법.....	19
제 3장 설계 과정 및 해석결과.....	22
제 1절 컴퓨터 디자인 및 설계 사양 선정.....	22
제 2절 부품 선정 및 도면 작성.....	25
제 3절 부품 어셈블리.....	46
제 4장 제작 과정.....	46
제 1절 부품 구매 및 가공.....	48
제 2절 제품 조립.....	49
제 3절 실험 결과.....	53
제 5장 문제점 분석 및 실험.....	55
제 1절 문제점 분석.....	55
제 2절 해결 방안.....	56
제 3절 결 론.....	60
부록 1. 참고문헌 및 참고 자료.....	61
2. 1) 전체 도면 및 부품도면.....	62
2) 해석 물성치.....	68

최종보고 요약문

과제명	산업용 전동수레의 설계 및 제작
팀명	NC (New Creation)
팀원	민삼홍, 이경옥, 장경현, 신 현, 최 영, 박찬형
과제기간	2013년 03월 02일 ~ 2013년 10월 31일

1. 과제명

-산업용 전동수레의 설계 및 제작 (Industrial electricity cart design and production)

2. 연구개발목표

-기존 전동수레의 장점인 근로자의 피로도 감소, 작업의 용이성, 등의 장점은 그대로 유지 하되 단점인 높은 판매가격을 보완하기위해 독자적으로 수레를 설계 및 제작한다. 또한 기존 수레와 차별성을 두기위한 독창적인 아이디어를 적용하여 가격 및 상품성에서 경쟁력을 가질 수 있는 수레를 설계하는 것을 최종 목표로 한다.

3. 연구개발 내용 및 범위

- 적재 하중 150kg (수레의 자중 제외), 속도 4km/h의 속도(보행자의 속도)를 낼수 있도록 설계.
- 수레가 경사면을 오르는 것에 대한 수직항력(N), 중력(mg), 마찰력()이 작용을 계산하고 ANSYS프로그램에서 유한 요소해석을 통해 계산한 결과를 바탕으로 실제 제품을 설계.
- CATIA를 이용한 수레의 구조 설계 및 도면 화.
- ANSYS를 사용한 구조해석 및 안정성 있는 프레임 설계.
- 스프라켓 기어 및 평 기어를 적용하여 4륜 조향 (4Wheel Steering)이 가능한 수레 제작.

4. 연구결과

- 목표하중 150kg의 하중적재 가능.
- ANSYS프로그램에서 유한 요소해석을 통해 계산한 결과를 바탕으로 실제 제품을 제작하여 실험결과 등판능력에 문제가 없음을 확인.
- 부품 선정의 실수로 인한 수레의 결함 발생.
(체인의 처짐 현상, UC 베어링으로 인한 베어링 유닛의 조인트 움직임)
- 수레의 최고속도 약 6km/h(150kg 하중 적재), 4km/h (하중 미 적재 시)
- 결함 해결을 위한 방법 제시.
(베어링 유닛을 베어링 홀더로 교체, 별도의 체인 텐서너 부착 등)

5. 기대효과

- 원가 절감을 통한 전동수레의 대중화 예상. (제작 원가 110만원)
- 중량물 적재로 인한 작업자의 피로도 감소 및 산업재해 예방.
- 4륜 조향 적용을 통한 수레의 회전 반경 감소.

제 1장 서론

제 1절 아이디어 선정 배경

팀에서 1학기 동안 수행할 주제를 선정 하기위해 팀원 간 브레인스토밍을 통하여 총 9개의 아이디어가 나오게 되었다. (아이디어 내용은 아래의 표 참조)

<표 1.1 아이디어 및 평가표>

순위	프로젝트 후보	득점	번호
1	선박의 조향타 형상 설계	41	⑨
2	전동수레 설계 및 제작	39	⑥
3	컨베이어 벨트가 장착된 컨테이너 박스 설계	38	⑦
4	세면대 물 재활용 시스템 설계	37	⑩
5	변속기오일 예열장치 설계	31	②
6	전동식 대형버스 선바이저 설계	30	①
7	컵홀더와 결합된 보온장치 설계	26	④
8	슬라이딩도어 설계	20	⑤
9	자가발전기를 이용한 자전거 온열장갑 설계	13	③
10	동작인식 보닛 개폐장치 설계	10	⑧

9개의 아이디어 중 최종 아이디어를 선정하기 위하여 팀원 투표를 통하여 순위를 선정하였다. 투표 시 기술성(공학적 지식의 접목 가능성), 독창성, 시제품 제작 가능성, 설계 난이도의 적절성, 시장성(제품의 이익 창출 가능성) 5가지 항목에 대한 점수를 채점하였다. (순위는 표 1.1에 정리 되어 있다.)

투표 이후 팀에서는 과목 지도 교수님 및 관련 정공 교수님과 면담을 통하여 최종아이디어를 선정하기로 하였다. 1위로 선정된 선박의 조향타의 면담 결과 유체역학적 지식이 상당히 필요하고 학부과정에서는 연구하기 힘들다는 답변을 얻을 수 있었고, 2번째 아이디어인 전동수레의 설계 및 제작은 학부 과정의 지식을 바탕으로 설계 및 제작 할 수 있다는 답변을 얻어 전동수레의 설계 및 제작을 최종 아이디어로 선정하게 되었다.

제 2절 기존 제품 분석

전동수레를 설계 및 제작하기 위한 기초 단계로 팀에서는 시장에 출시 되어있는 전동수레의 정보와 독창적인 아이디어를 접목하기 위하여 시장조사와 특허 조사를 수행하였다.

시장조사 결과 시중에는 다양한 전동수레가 출시 되어있고 또한 그용도 또한 다양 한 것을 파악할 수 있었다.

<그림 1.1>에서는 시장 조사하였던 대표 적인 제품 몇 가지를 소개 하였다.

<그림 1.1 시장제품 조사표>

제품명	사진	특징 및 사양
자작 전동수레		모터 : - 적재 하중 : - 구동 방식 : - 조향 방식 : - 배터리 용량 : 12V 2EA 가격 : ₩1,500,000~₩2,500,000 특징 -주문 제작 방식으로 제작 (원하는 사이즈의 적재함 제작 가능)
농장용 전동수레		모터 : - 적재 하중 : - 구동 방식 : 전륜구동 조향 방식 : - 배터리 용량 : - 가격 : ₩1,100,000 특징 -비포장 도로 사용 가능 -속도를 1~3 단으로 조절 가능
운송용 전동카트 BIP801 Series		모터 : 800w 트랜스 액슬 모터 적재 하중 : 600kg 구동 방식 : 후륜구동 조향 방식 : 전륜조향 배터리 용량 : - 가격 : - 특징 -탑승가능 발판 구비 -충격 흡수 장치 장착 -폼 필드 타이어 장착(펑크가 나지 않음)
운송용 전동카트 BIP801 Series		모터 : 800w 트랜스 액슬 모터 적재 하중 : 600kg (440kg 리프팅 가능) 구동 방식 : 후륜구동 조향 방식 : 전륜조향 배터리 용량 : - 가격 : - 특징 -적재함 리프팅 가능 -충격 흡수 장치 장착 -폼 필드 타이어 장착(펑크가 나지 않음)

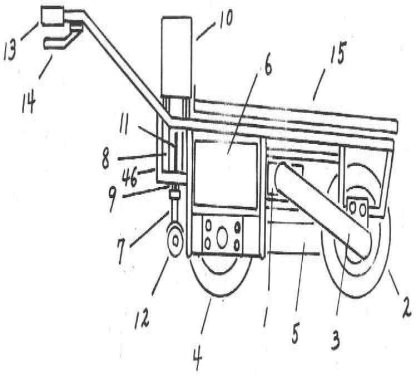
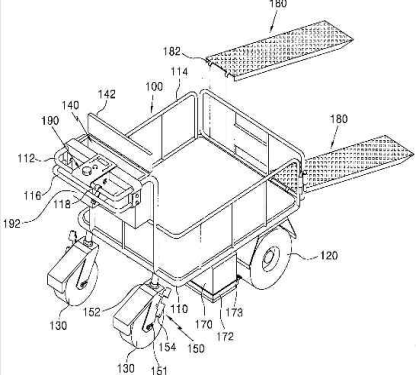
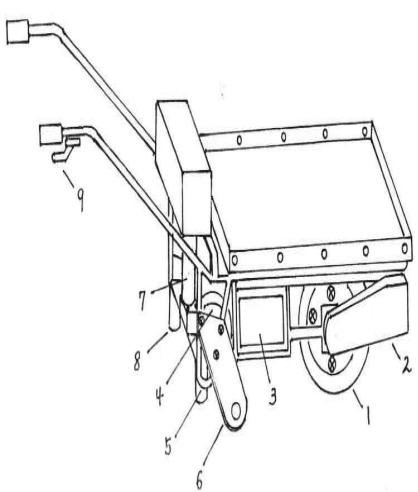
<p>운송용 전동카트 BIP801 Series</p>		<p>모터 : 800w 트랜스 액슬 모터 적재 하중 : 600kg 구동 방식 : 전륜 구동 조향 방식 : 후륜 캐스터 배터리 용량 : - 가격 : - 특징 -적재함 리프팅 가능 -충격 흡수 장치 장착 -폼 필드 타이어 장착(펑크가 나지 않음)</p>
<p>UDT 전동카트</p>		<p>모터 : 400w 적재 하중 : 500kg 구동 방식 : 전륜구동 조향 방식 : 후륜 캐스터 배터리 용량 : 12V x 2ea(24V) x 33Ah (연속 사용시간 : 3~4시간) 가격 : ₩2,110,000 특징 -테이블크기 : 1,280L x 920W mm -전체크기 : 1,450L x 920W x 1,080H mm -바퀴규격 : 구동용 10"(254mm) 이동용 5"(125mm) -중 량 : 110kg</p>
<p>다목적 운송 카트 (승용 가능)</p>		<p>모터 : DC24V, 36V 500W~5000W 배터리 : DC12V 70AH x 3 (연속 사용시간 : 6~7시간) 충전 : AC220V 정전압 적재중량 : 300 ~ 1000kg 가격 : 6,600,000 특징 -충전시간 : 4~5시간 -기본사이즈 : 1200 x 900 x 650 (주문제작 가능) -속도 : 0 ~ 5km/h (조절가능) -등판능력 : 15 ~ 25도</p>

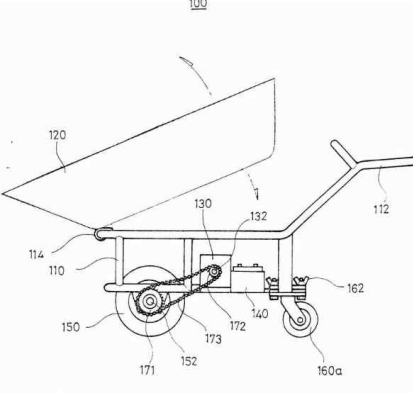
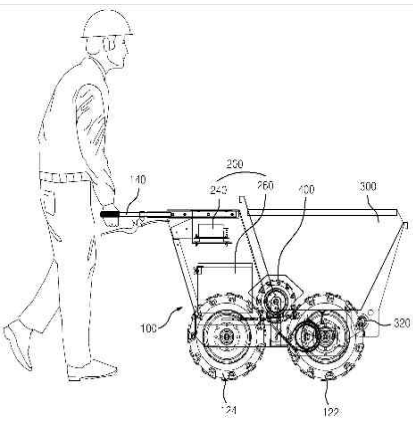
보고서 상에 소개한 제품 이외에 시장에는 다양한 형태의 전동 구동 장치가 부착된 제품이 출시 되어있었다.

제 3절 특허자료 조사

시장조사 결과 시중에는 다양한 전동손수레가 출시 되어있음을 확인 할 수 있었으며, 시장 조사를 수행한 후 팀에서 설계하는 전동손수레의 특허 기술에 대하여 살펴보고자 관련 특허를 조사 하였으며 대표적인 특허 몇 가지를 소개 하도록 하겠다.

<그림 1.2 특허자료 조사>

제품명 및 사진	상세설명
<p>전동손수레 (Motor-driven Cart)</p> 	<p>본 발명은 전동손수레에 후륜바퀴를 구성하고, 손수레의 레버 on 시 손수레의 받침대가 상승하여 소정의 위치에 도달 후 주행모터에 전원이 연결되도록 구성하고, 전동손수레의 레버 off 시, 주행모터에 전원공급을 차단하고, 손수레의 받침대가 하강하며 후륜바퀴를 들어올려 소정의 위치에 도달하여 손수레가 안정적으로 안착토록 구성하고 상기 전륜바퀴와 후륜바퀴의 일측 측에 체인스프라켓을 구성하고 체인으로 연결해서 전륜구동토록 구성하여 사용자가 편리하고 실용적으로 전동손수레를 사용할 수 있도록 구성한 기술이다.</p>
<p>전동손수레 (Handcart)</p> 	<p>개시된 내용은 전동손수레에 관한 것으로, 특히 보조륜에 제동장치를 구비하여 언덕길 등에서 안전하게 운행하고, 상기 손수레에 승강판을 구비하여 무거운 물건도 쉽게 적재함에 적재할 수 있는 전동손수레에 관한 것이다.</p> <p>이러한 본 고안의 전동손수레는 전동손수레에 있어서 손수레와 상기 손수레의 프레임에 회동가능하게 결합된 포오크부재와 상기 포오크부재에 축지된 보조륜 및 상기 보조륜을 제동하기 위해 상기 포오크부재의 소정위치에서 구비된 제동장치를 포함한다.</p>
<p>전동손수레의 받침대 이송장치</p> 	<p>본 발명은 전동손수레의 받침대 사이에 한개의 보조바퀴를 구성하고 자동 상승/하강토록 구성한 전동손수레의 보조바퀴 이송장치에 있어서, 손수레가 물기가 많은 포장 또는 경사지, 고랑의 웅덩이등의 주구동바퀴만으로는 주행이 어려운 주행로를 주행할 수 있도록 주구동바퀴의 동력을 체인으로 보조바퀴와 연동토록 구성한 전륜구동장치에 있어서 받침대 사이에 고정보조바퀴를 착탈토록 하고, 자동 상하강 보조바퀴를 받침대로 교체하고 전기장치를 전환하여 손수레의 주행버튼 on 시, 로더를 상승케 하여 소정의 위치에서 정지하면, 손수레가 자동으로 출발하고, 주행버튼 off 시, 전동손수레의 주행이 정지되고 로더가 하강하여 소정의 위치에서 정지토록 구성하는 손수레에 받침대를 제공하는 기술이다.</p>

<p>제품명 및 사진 전동식 손수레 (Electrical Handcart)</p>	<p>상세설명</p>
	<p>본 고안은 전동식 손수레에 관한 것으로 운반작업이 매우 손쉽고 운전이 간편한 전동식 손수레를 제공하는 데 그 목적이 있다. 전술한 목적을 달성하기 위하여 본 고안은 후방에 손잡이가 설치되는 본체 프레임, 상기 본체 프레임의 상측에 위치되며 상기 본체 프레임의 전방 일측단과 회전가능하게 힌지 결합되는 적재함, 상기 본체 프레임의 내측에 위치되어 동력을 제공하는 구동모터, 상기 구동모터에 전원을 제공하는 충전용 배터리, 상기 본체 프레임의 하측 전방에 위치되며 상기 구동모터의 회전력을 제공받아 선택적으로 회전되는 전륜, 상기 본체 프레임의 하측 후방에 위치되며 상호간의 설치폭이 자유롭게 조절되는 한쌍의 후륜, 상기 전륜에 전달되는 상기 구동모터의 회전력을 선택적으로 단속하는 클러치수단으로 이루어진다.</p>
<p>전동 손수레 (The motor-driven carts)</p>	
	<p>본 발명은 전동 손수레에 관한 것으로, 요약하면 하부 전측에는 원동바퀴가 형성되고 하부 후측에는 종동바퀴가 설치되고, 상부에는 후측으로 손잡이가 형성되어 이동 가능한 프레임 본체, 상기 본체 하부에는 상기 원동바퀴를 구동하는 모터와 상기 본체 상부에는 상기 모터의 구동을 제어하는 컨트롤러로 구성된 구동부 상기 본체 상측에 위치하여 전측 일측단과 탈부착 되고 회전 가능하게 결합되는 적재함 및 상기 원동바퀴와 종동바퀴 사이에 구비되어 상기 원동바퀴의 동력을 상기 종동바퀴로 전달하는 보조바퀴가 포함되는 것을 특징으로 하여 원동바퀴로 구동하는 것을 종동바퀴도 구동할 수 있도록 하여 4륜으로 운행할 수 있도록 하는 전동 손수레에 관한 것이다.</p>
<p>전동 손수레 (Electric carts)</p>	
	<p>본 고안은 전동손수레에 관한 것으로 보다 구체적인 것은 차체 앞쪽으로 장치되어 축전지로 구동되는 전동식 바퀴에 브레이크 장치를 하고 차체후방으로 장치되는 바퀴를 차체 저면 중심부에서 힌지 연결되어 시이소 작용을 하는 지지대의 양단에 설치함으로써 고르지 못한 지형을 갈 때 차체 기울림이 방지되도록 하여 사용이 더욱 편리하고 안전성이 담보되게 한 전동 손수레이다.</p>

제 4절 최종 주제 선정

시장 조사와 특허 조사를 통하여 전동 수레가 산업용부터 농업용으로 다양하며 또한 탑승이 가능한 모델과 불가능 한 모델 등 여러 가지 제품이 있다는 것을 파악 하였다. 팀에서는 회의를 통하여 수레의 용도 및 탑승 가능 불가를 결정하기 위하여 회의 및 자문을 구하였다. 농업용 전동 수레의 경우 노면의 불규칙성으로 인하여 BIP801 Series의 제품과 같이 수레 자체에 현가장치를 설계해야 한다고 판단되었다. 이와 같은 경우 수레의 제작 가격 및 설계 난이도가 증가 할 것이라 판단되어 노면의 불규칙성이 덜한 산업현장을 사용하는 곳으로 선정 하였으며 탑승 가능 여부의 경우 도로교통법을 참고 하였으며 또한 공신력 있는 기관의 자문을 구하고자 사이버 경찰청에 자문을 구하였다.

<표 1.2 도로교통법>

도로교통법 2조 17항
"차마"란 다음 각 목의 차와 우마를 말한다. 가. "차"란 다음의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. 1) 자동차 2) 건설기계 3) 원동기장치자전거 4) 자전거 5) 사람 또는 가축의 힘이나 그 밖의 동력(動力)으로 도로에서 운전되는 것. 다만, 철길이나 가설(架設)된 선 을 이용하여 운전되는 것, 유모차와 안전행정부령으로 정하는 보행보조용 의자차는 제외한다.
도로교통법 2조 19항
19. "원동기장치자전거"란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 차를 말한다. 가. 「자동차관리법」 제3조에 따른 이륜자동차 가운데 배기량 125cc 이하의 이륜자동차 나. 배기량 50cc 미만(전기를 동력으로 하는 경우에는 정격출력 0.59킬로와트 미만)의 원동기를 단 차

수레의 경우 도로교통법 2조 17항을 살펴보면 다음과 같다.

전동 수레의 경우 도로교통법 2조 17항을 살펴보면 <표 1.2> 중 5)에 해당하는 것으로 판단하였으며 차로 분류된다고 판단하였다. 또한 도로교통법 2조 19항을 살펴보면 0.59kw 미만의 모터를 장착한 차의 경우 원동기 자동차 장치로 분류 된다는 것을 알 수 있다.

팀에서는 설계 하고자 하는 모터의 성능 및 속도를 예상하여 경찰청에 자문을 구하였다. 가정과 질문 사항은 <표 1.3>에서 확인 할 수 있다.

<표 1.3 경찰청 질문 사항>

질문 사항
전기배터리 동력을 사용하여 움직이는 전동수레가 있습니다. 속도는 사람의 평균도보속도인 4km/h의 속력을 낼 수 있고 모터의 동력은 500w~5000w 까지 낼 수 있고. 또한 수레에 발판 부분에 사람이 탑승하여 조향과 제동 을 할 수 있는 수레가 있습니다.
질문 1. 위와 같은 수레는 자동차관리법, 도로교통법상 자동차로 분류되는지의 여부와 분류된다면 어떠한 자동차로 분류되는지를 알고 싶습니다.

질문 2. 위의 수레를 공장의 마당, 개인 사유지 내에서 운행할 경우 필요한 면허의 종류와 면허가 없이 운전할 경우 위반하는 법이 있는지 알고싶습니다.

질문 3.위와 같은 수레를 도로가 아닌 공장의 마당, 공장의 현장 내에서 운행할 수 있는지 알고 싶습니다.

답변 1.

자동차관리법 시행규칙 제2조"에 의하여 이륜자동차 경형은 배기량이 50cc 미만(최고정격출력 4킬로와트 이하)로 규정 되므로 사람이 탑승하는 전동수레는 자동차로 분류 된다.

답변 2.

위와 같은 이륜차 경형을 도로에서 운행할 경우 원동기 장치 자전거 면허가 필요하게 된다. 또한 도로에서 운행할 경우 등록 절차를 거쳐 번호판을 교부 받은 후에는 운행 가능하다.

답변 3.

도로가 아닌 공장의 마당, 공장의 현장 내 등이라고 하더라도 도로교통법상 "도로"인가의 여부는 해당 지역의 접근성, 공개성, 공공성, 경찰력의 개입성 등 여러 가지 사안을 검토하여 개별적으로 결정할 수 있습니다.

또한, 공장의 마당, 공장의 현장 내 등이 "도로"가 아닌 곳이라고 하더라도 "도로"를 이용해 가야 하므로 면허종별에 해당하는 운전면허가 필요함.

<표 1.3> 같은 법규 사항과 질문결과를 종합하여 내린 결론은 팀에서 제작하는 전동수레는 사람 탑승여부에 관계 없이 도로에서 운행할 경우 별도의 등록번호를 거쳐야 하며 자동차 관리법상 사람이 탑승할 경우 이륜자동차로 분류되기 때문에 탑승자의 경우 원동기 면허를 갖추어야 한다는 문제점이 생기게 되었다. 공학적인 측면도 중요하지만 공학적인 윤리 또한 무시 할 수 없다고 팀 내부에서 판단하여 사람이 탑승할 경우 발생하는 사고 (수레의 전복, 도로에서 자동차와의 충돌)등을 고려하여 사람이 탑승하는 기능은 수레에서 삭제 시키는 방향으로 하였다. 또한 수레의 모터용량을 0.5kw이하의 모터를 사용하여 도로교통 법상 자동차로 분류 되지 않도록 제품을 설계 및 제작 하도록 하였다.

위와 같은 주제 선정전 사전 조사를 통하여 최종 주제는 "산업용 전동수레의 제작 및 설계" 로 선정 하게 되었다.

제 2장 이론적 배경

제 1절 독창적 아이디어의 적용

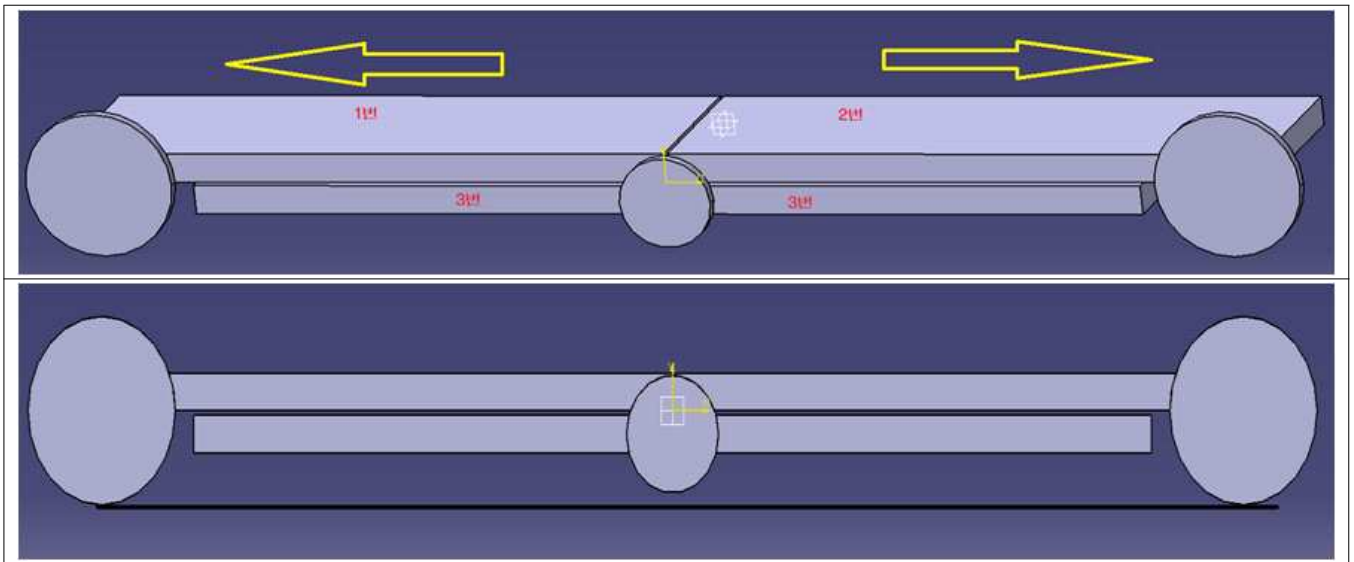
1장에서 선정된 최종 주제에 독창성을 갖추기 위하여 팀에서는 기존 제품과 차별되는 아이디어를 제시하고 투표하여 전동수레에 적용하기로 하였다. 팀에서 총 5가지의 아이디어를 도출하였으며 이중 4륜 조향 장치의 적용이 독창적인 아이디어로 선정하였다. 1절에서는 선정되지 않은 4가지의 아이디어를 소개하고 2절에서는 선정된 아이디어의 이론적 배경을 상세히 설명하도록 하겠다.

아이디어(1) : 접이식 적재함

아이디어(1)는 수레의 적재함을 변형하여 적재량을 유동적으로 조절할 수 있는 방법을 고안하면서 출발하게 되었다. 상용트럭에 사용되는 가변축을 벤치마킹하여 적재함의 구조를 설계하는 방안으로써 가변축은 적재량에 따라 에어를 이용해 올리고 내리는 에어 서스펜션의 일종이며 장점으로서는 하중을 여러 개의 바퀴에 분산시켜 화물차량의 적재중량을 늘려주고 도로의 파손을 방지한다. 또한 적재함이 비었을 경우에는 바퀴를 들어 올림으로써 불필요한 마찰을 제거해주어 화물차의 연비를 줄일 수 있다는 점이 있다.

이론적 원리를 바탕으로 예비 모델링을 하였으며 <그림 2.1>에 나타내었다.

<그림 2.1 예비 모델링>



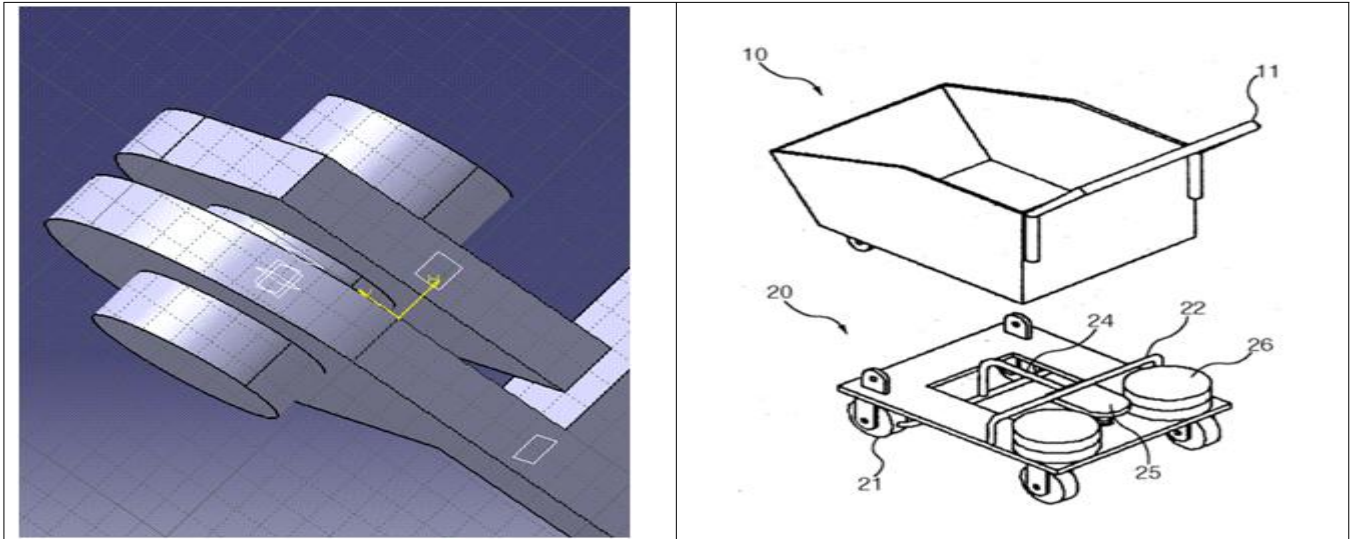
<그림 2.1>에서 보는 바와 같이 1번, 2번은 주 적재함으로 적은 양의 화물을 적재 할 경우 사용된다. 3번, 4번 적재함은 보조 적재함으로 많은 양의 화물을 적재할 경우 1번, 2번과 연결되어 적재함을 연결하여 사용할 수 있도록 설계 하고자 하였다, 또한 가운데 바퀴는 평시 지면과 접하지 않고 있으며 적재함을 변형할 경우 바퀴가 지면에 닿는 구조로 설계 하고자 하는 아이디어 이다. (상기 3D 모델은 자세한 구조 및 적용 장치를 구현하지 않았으며 개념을 나타내는데 사용되는 예비 모델링이다.)

위의 아이디어가 선정되지 못한 이유는 주어진 예산 50 만원으로 유압장치를 설계 하기에는 무리가 따른다는 판단으로 인하여 제외 하게 되었다.

아이디어(2) : 탈부착형 적재함

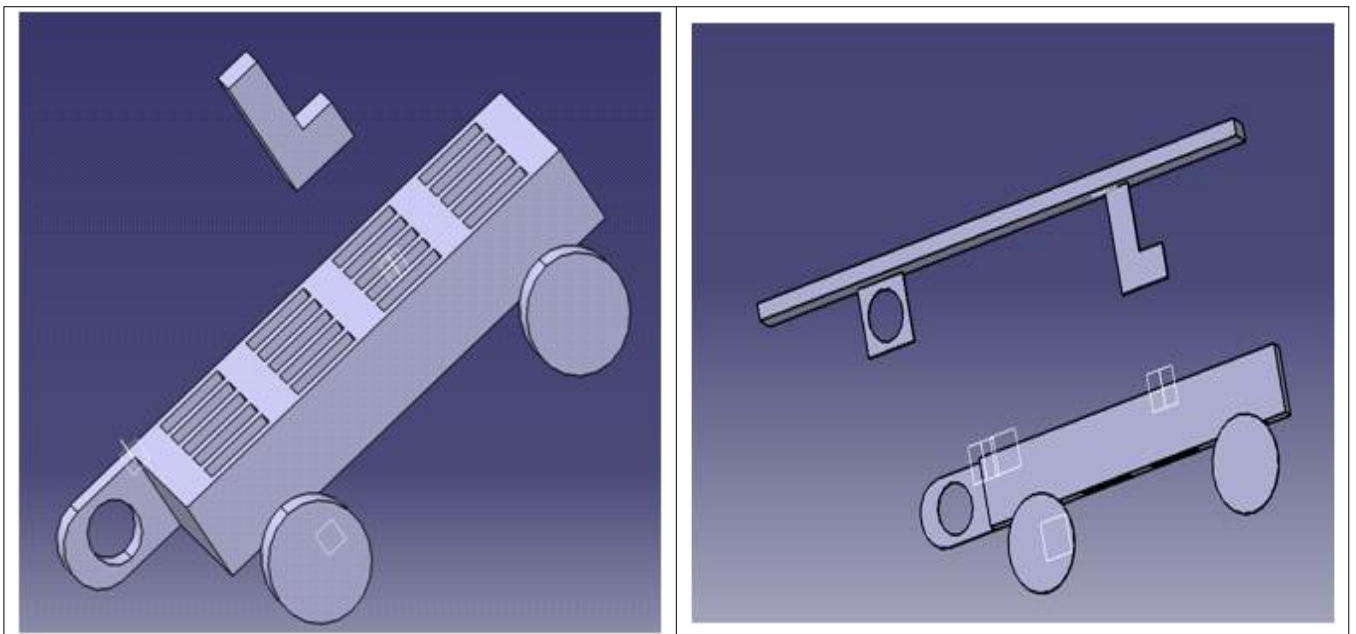
아이디어(2)는 기존에 출시되어 있는 수레에 여러 가지 용도에 맞는 적재함을 부착할 수 있는 제품을 설계하고자 하는 아이디어이다.

<그림 2.2 아이디어 모델링 및 개념도>



평소 일반적인 화물을 적재할 경우는 일반 수레와 같이 적재함을 사용 하고, 건설 현장에서 사용되는 골재 및 자재 등을 운반하기 위한 적재함을 사진의 핀과 같은 원리를 이용하여 결합하여 다양한 용도로 사용할수 있게 제작 하는 아이디어 이다.

<그림 2.3 아이디어 모델링>



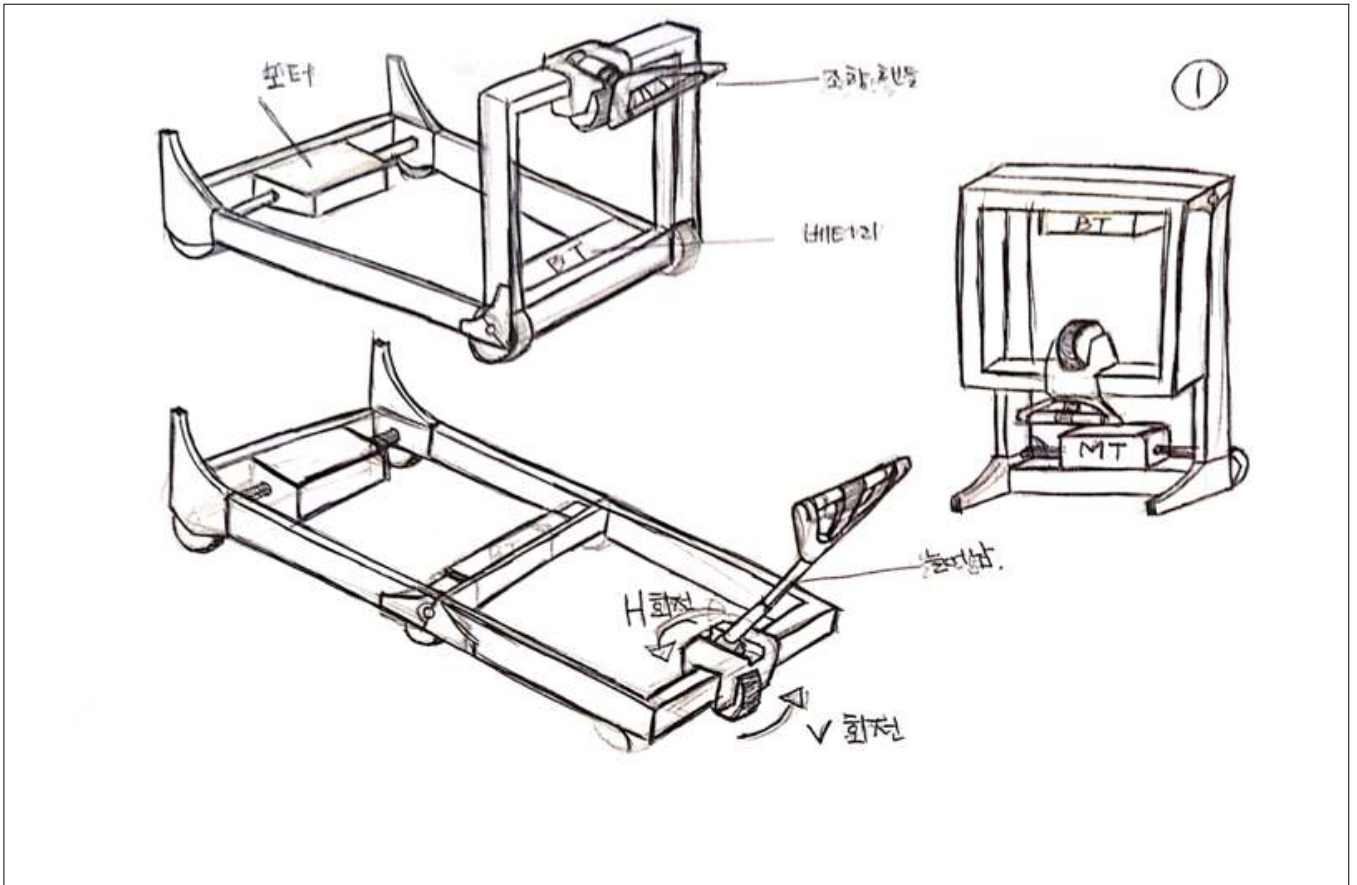
<그림 2.3>과 같이 안전고리를 별도로 설계 하여 경사로에서 적재물을 운반할 경우 무게에 의해 적재함이 털팅되지 않도록 설계 하고자 하는 아이디어 이다.

위의 아이디어가 선정되지 못한 이유는 별도의 특허 조사 결과 중복되는 특허가 있어 독창성이 떨어지게 되어 선정하지 않았다.

아이디어(3) : 보관 수납이 용이한 전동 수레

아이디어(3)은 수레를 사용하지 않을 경우 수레는 산업현장의 공간을 차지하게 되는데 이점을 보완하기 위하여 수레를 사용하지 않을 경우 수레의 부피를 작게 하여 보관하자는 아이디어 이다.

<그림 2.4 개념 스케치>



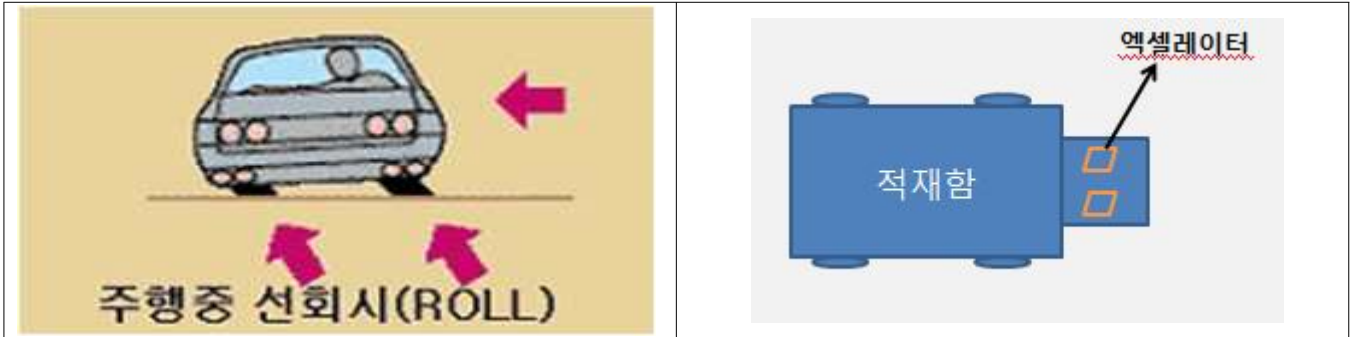
<그림 2.4>의 스케치는 수레의 개념을 나타내기 위한 그림으로써 그림 오른쪽의 그림은 수레를 접어 보관할 때 왼쪽 위의 그림은 일반적인 수레의 형태로 예비 적재함이 수레의 가이드바 역할을 하게 된다. 왼쪽 아래의 그림은 많은 양의 적재물을 적재 하기위하여 가이드 바를 설치한 그림이다.

위의 아이디어가 선정되지 않은 이유는 팀에서 구조 및 배터리, 모터의 소형화가 어렵다고 판단되어 위의 아이디어를 선정하지 않게 되었다.

아이디어(4) : 미끄럼 조향 장치

아이디어(4)는 수레의 주행 중의 롤링 현상을 막아 적재물의 안정성을 확보하고자 하는 아이디어였다. 이를 극복하고자 사람이 탑승하고 핸들이 아닌 양발로 수레의 조향을 하고자 하는 아이디어 이다.

<그림 2.5 자동차 주행 시 롤링 현상 및 개념도>



조향 바뀌는 탱크 및 중장비에 사용되는 캐터필러의 원리를 사용하여 핸들 없이 수레가 조향이 되도록 하였으며 캐터필러의 조향 방법원리는 아래 표에서 설명하도록 하겠다.

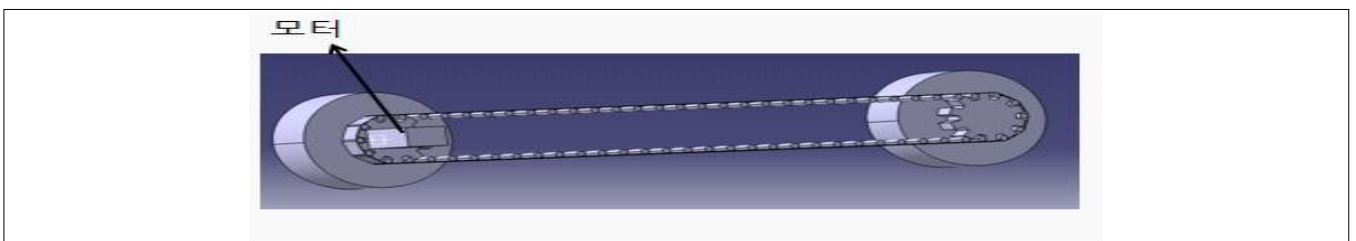
<그림 2.6 캐터필러의 조향 원리>

제자리 선회 시	급선회 시
<p style="text-align: center; color: green;"><그림3 제자리 선회></p>	<p style="text-align: center; color: green;"><그림4 급선회></p>
<p>좌우 궤도를 역방향으로 같은 속도로 구동 시키면 선회 반경이 0이 되어 제자리에서 360도 선회가 가능하다</p>	<p>한 쪽의 궤도를 정지 시켜 선회 반경이 궤도의 중심간의 반 이내에서 방향전환이 가능 하다.</p>

또한 <그림2.6>과 같이 캐터필러를 사용할 경우 회전 반경이 작아진다는 장점이 있다. 이와 같은 원리를 벤치마킹 하여 팀에서는 캐터필러를 사용하고자 하였으나 금액적인 문제로 인하여 캐터필러 대신 바퀴와 체인을 연결 함으로써 캐터필러와 유사한 움직임을 가지고자 하였다.

설계 방안으로는 아래의 그림에서 보는 바와 같이 우륜과 좌륜에 각각의 독립적으로 구동 가능한 모터를 장착하고 전륜과 후륜을 체인으로 연결하며 발판에 엑셀레이터를 장착하여 핸들 없이 조향할 수 있도록 설계한다.

<그림 2.7 예비 모델링>



<그림 2.7>의 아이디어가 선정 되지 못한 이유는 모터를 2개 장착하고 이를 독립적으로 제어할 수 있는 기술이 부족하다 판단되어 제외 하게 되었다.

이상으로 팀에서 도출한 5개의 아이디어 중 4가지의 아이디어를 소개 하였고 2장 2절에서는 독창적인 아이디어로 선정된 4륜 조향 장치에 대하여 자세히 설명 하도록 하겠다.

제 2절 4륜 조향 장치의 이론적 배경

4륜 조향장치를 적용하고자 하는 아이디어는 좁은 산업 현장내의 구조 내에서 수레가 적은 회전 반경으로 기동할 수 있는 방안을 모색하면서 시작 되었다. 3학년 2학기 과목 중 자동차 구조 및 실습에서 배운 내용을 바탕으로 아이디어 제안자는 위의 아이디어를 수레에 적용하면 어떨까 라는 생각을 하였다. 또한 시중에는 위와 같이 4륜 조향으로 움직이는 농기구(농약 살포기), 자동차의 몇몇 브랜드에서 위와 같은 4륜 조향 장치가 적용된 제품이 있었으며, 시중의 전통 수레 제품에는 4륜 조향이 적용된 제품이 없다는 것을 확인 하여 위와 같은 기술을 수레에 적용할 경우 기술적인 면에서 시장제품과 경쟁력을 가질 수 있을 것이라 판단되었다. <그림 2.7>은 실제 산업현장을 방문하여 산업현장의 협소한 공간을 촬영한 사진이다.

<그림 2.7 산업 현장의 협소한 공간 >



자동차 공학 (전흥신, 최영 공저)이라는 책에 나타난 4륜 조향의 원리 및 이론은 아래와 같다.

(1) 4륜 조향의 정의

4WS란 4 Wheel steering의 약자로서 4륜조향을 말한다. 일반적인 4륜차 (4WD)는 파트타임 4륜차로 앞키만을 핸들로 방향을 바꾸지만 4WS는 뒷바퀴도 함께 방향을 바꾸는 것이다. 그목적은 저속 시 선회 반경을 적게 하려는 것과 중, 고속에서 선회시 조정 안정성을 높이는데 있다.

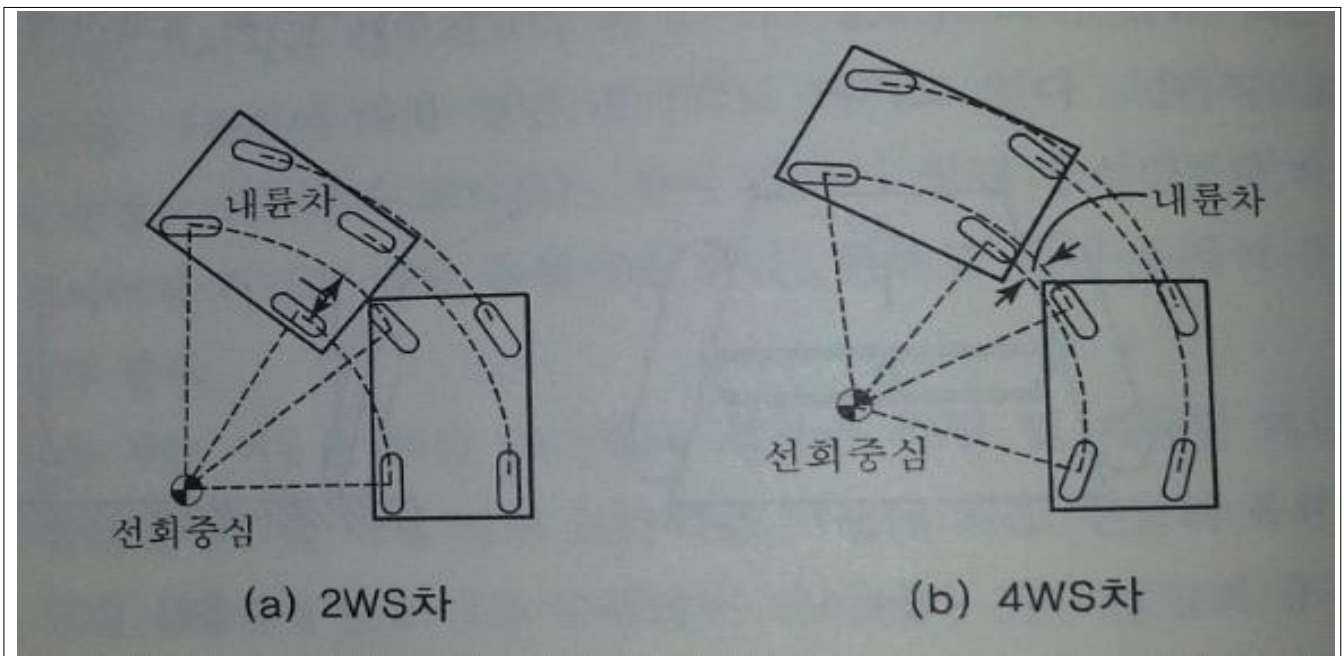
(2) 4륜 조향의 작은 회전 반경

회전반경이란 자동차가 선회할 때 외측 앞바퀴가 그리는 최소 반지름을 말한다. 자동차가 저속에서 선회하

는 경우 차량의 진행 방향과 타이어의 방향은 거의 일치 하고 있고, 각 타이어는 코너링 포스를 거의 발생시키지 않는다.

2WS차량은 저속 선회 시 주행궤적을 보면 <그림 2.8>와 같이 애커먼 장토식 조향기구의 원리에 따라 선회 중심은 뒷 바퀴의 연장선상에 있고, 그 점을 중심으로 모든 바퀴가 선회 하고 있다. 4WS는 저속 선회 시 뒷 바퀴를 역 위상으로 조향하므로 선회 중심은 그림 (b)와 같이 2WS 차량 보다 차량 전d의 차량에 가까운 위치에 온다. 따라서 4WS차는 회전반경이 작게 되며 , 앞,뒤 안쪽 바퀴의 선회 반경의 차이를 작게 할 수 있다. 승용차의 경우 뒷바퀴를 5° 역상 조향하면 회전 반경은 약 50m, 안쪽 바퀴의 선회 반경 차이는 약 10cm 정도 감소시킬 수 있다.

<그림 2.8 저속 선회 시의 주행궤적 >



(3) 중, 고속에서의 선회 안정성

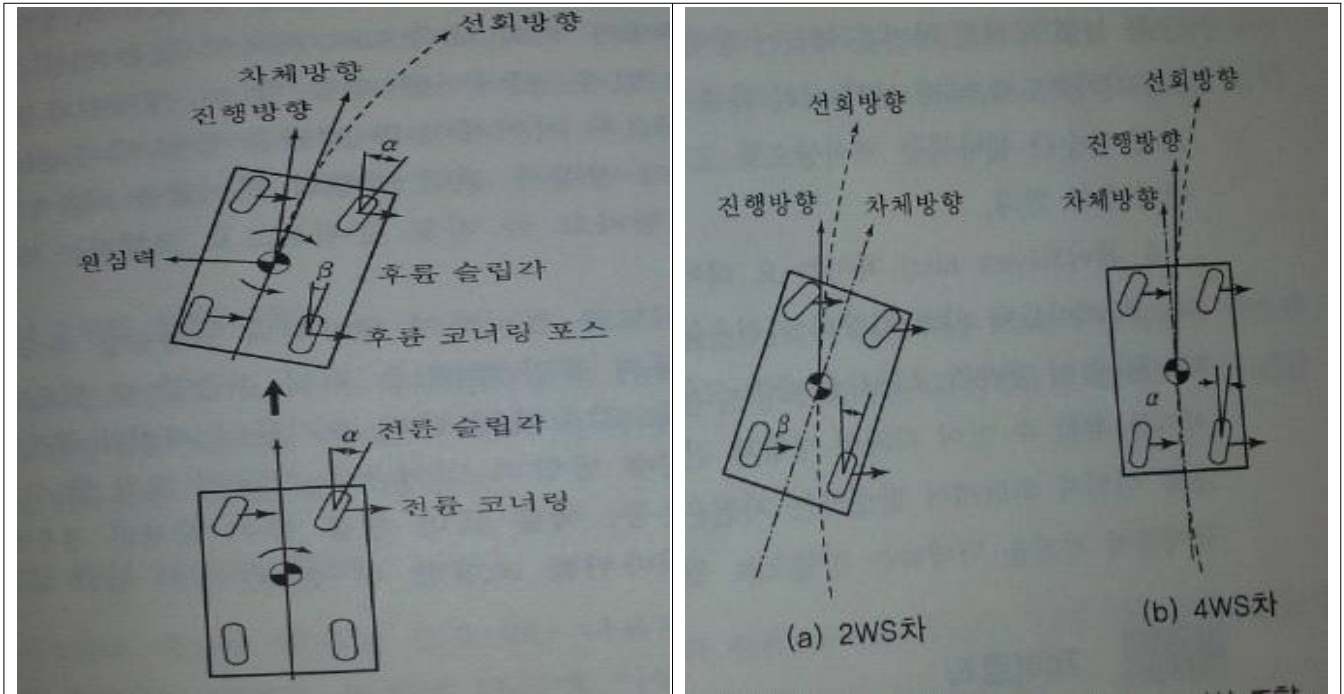
고속으로 직진하고 있는 차가 선회할 때에는 차량의 중심점의 진행 방향이 변하는 공전과 그 중심점 주위로 차량이 자전하는 2가지 운동이 합성되어 나타나게 된다.

2WS차의 고속 선회시 차량거동을 <그림 2.9>에 나타내었다. 먼저 앞바퀴의 방향이 변하면 앞바퀴는 슬립각을 발생하고 코너링 포스가 발생하여 차체가 자전을 시작한다. 그 결과 차체가 한쪽 방향으로 기울어 뒷바퀴에도 슬립각 β 를 발생하여 뒷바퀴에도 코너링 포스를 발생 시킨다. 따라서 4바퀴는 자전과 공전의 힘을 분담하여 균형을 취하면서 선회하게 된다. 그러나 속도가 높게 되면 원심력이 증대하여 그것과 평형을 이루려는 코너링 포스도 증가하기 때문에 앞바퀴에 보다 큰 슬립각을 주어 큰 코너링 포스를 발생시키면 안된다. 그래서 뒷바퀴에도 그것에 맞는 슬립각을 주기 위하여 차체에 보다 큰 자전운동을 일으킬 필요성이 생긴다. 그러나 속도가 높을수록 차체의 자전운동은 불안정성이 증가 되므로 차량의 스핀이나 횡류를 일으키기 쉽게 된다.

이상적인 고속 선회운동은 차체의 방향과 차량의 진행방향을 가능한 일치시켜 자전운동을 억누르고 앞,뒷 바퀴에 충분한 코너링 포스를 발생시키는 것이다. 4WS차는 <그림 2.10>과 같이 뒷바퀴를 동위상 조향하여

뒷바퀴에도 슬립각을 발생시켜 앞바퀴의 코너링 포스와 균형을 이루어 자전운동을 억누른다. 그 결과 차체의 방향과 차량의 진행방향을 일치시킨 안정한 선회를 기대할 수 있다.

<표 2.9 2WS차의 고속 선회 시의 차량 거동, 표2.10 고속 선회 시의 동위상 조향>



(4) 4륜 조향의 제어 종류

4륜 조향은 앞, 뒷바퀴를 모두 정밀하게 조향시킬 필요가 있고 조향 시에는 앞바퀴와 뒷바퀴의 방향이 반대(역위상)로 하거나 혹은 동일한 방향(동위상)으로 행하기 때문에 전자 제어 방식을 행하고 있다. 2-2-4)에서는 4륜 조향에 사용되는 몇가지 전자제어 방법을 소개 하도록 하겠다.

(5) 조향각 비례 제어

조향각 비례 제어는 핸들의 조향각에 비례하여 뒷 바퀴를 저속영역에서는 역위상으로 중, 고속에서는 동위상으로 조향하는 방식이다. 중, 고속에서 앞, 뒷바퀴가 균형을 이루어 안정한 정상 선회상태가 된 경우에는 차의 진행방향과 차체의 방향이 일치하여 안정한 선회성능이 얻어진다. 조향 초기의 과도 시에는 처음부터 앞, 뒷바퀴가 동시에 코너링 포스를 발생하여 차체가 자전보다 앞서 공전운동을 하게 된다. 이 때문에 4WS차는 언더스티어가 일어날 경향이 있지만 2WS차의 선회에 비하면 선회방향과의 벗어남은 충분히 작다.

(6) 요 레이트 비례제어

요 레이트 제어는 요 레이트를 검지하여 뒷바퀴의 조향량을 제어하는 것이다. 요 레이트에 의해 차량의 자전운동의 증감을 직접 검출할 수 있으며, 그것에 대응하여 뒷바퀴 조향각을 증가 또는 감소하면 선회 초기부터 자전과 공전에 적절한 시기를 취할 수 있어 차체의 방향과 진행 방향의 벗어남을 상당히 작게 할 수 있

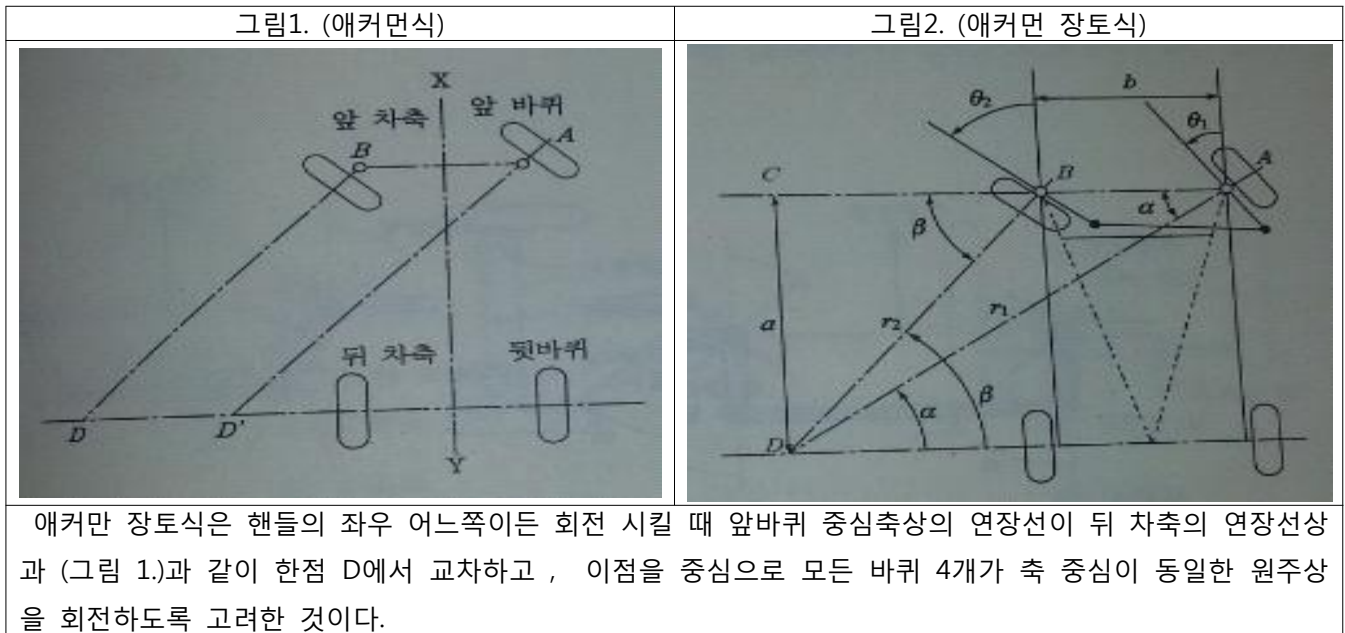
다. 또 조향 이외의 외력에서 발생하는 자전운동 예를 들면 횡풍 등이 발생한 경우에도 순간 감지하여 자전을 억제하는 방향으로 뒷바퀴를 조향 할 수 있다.

제 3절 4륜 조향 장치의 적용 방법

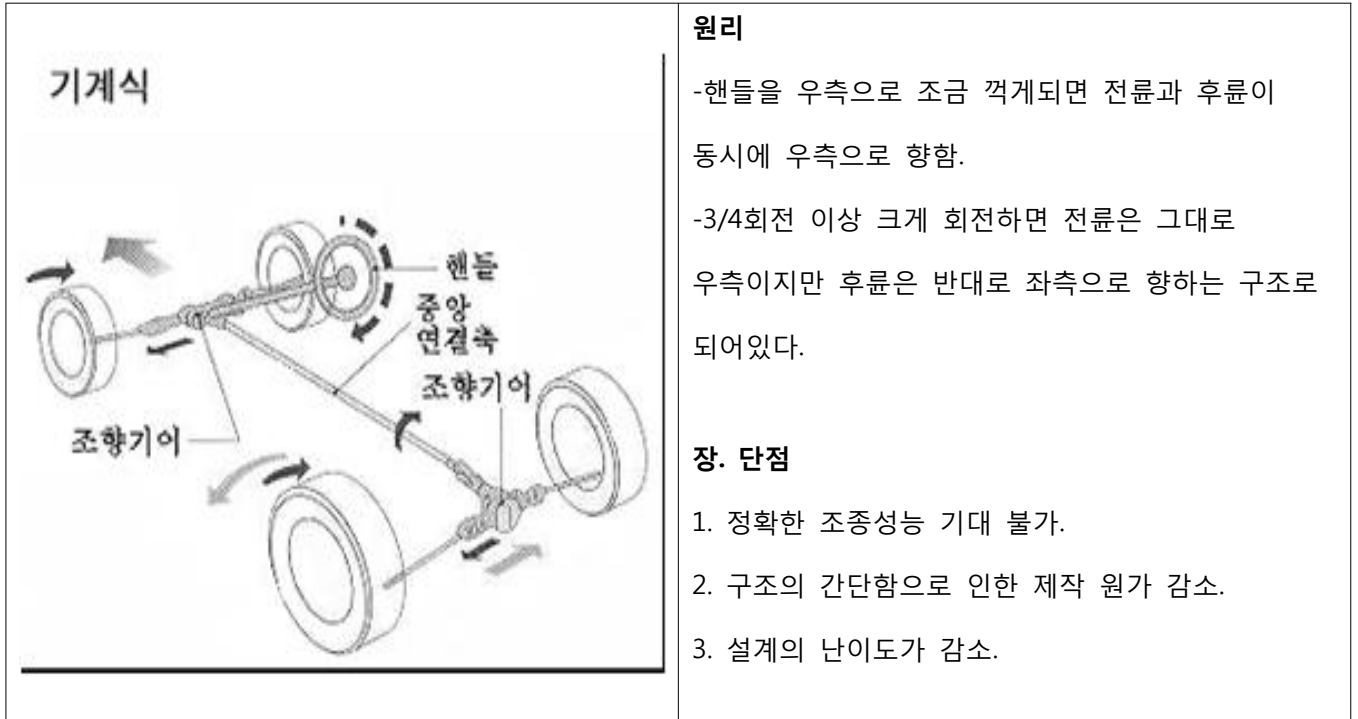
제 2장 2절에서 소개한 이론적인 내용을 바탕으로 팀에서는 조향 방식 및 제어 방식을 선정 하였다. 초기에는 수레내부에 자동차의 애커만 장토식의 조향장치와 전자제어 방식을 적용하여 수레를 설계하여 실제 자동차에 적용되는 사륜 조향 방식과 유사한 조향 장치를 설계하려 하였으나 그럴 경우 설계 난이도가 매우 증가하고 제작비용 또한 기하급수 적으로 증가 할 것으로 판단하여 기계적인 장치를 사용하여 4륜 조향이 되고 애커만 장토식을 사용하지 않는 수레를 설계 및 제작하기로 하였다.

애커만 장토식 및 기계식 4륜 조향에 대한 이론은 아래 <그림 2.11, 그림 2.12>에서 간단히 설명 하고자 한다.

<그림 2.11 애커만 장토식>



<그림 2.12 기계식 4륜 조향>



위 3절에서 설명한 기계식 4륜 조향을 전동수레에 적용하기 위한 3가지 설계 방안을 마련 하였으며 설계 방안은 아래와 같다.

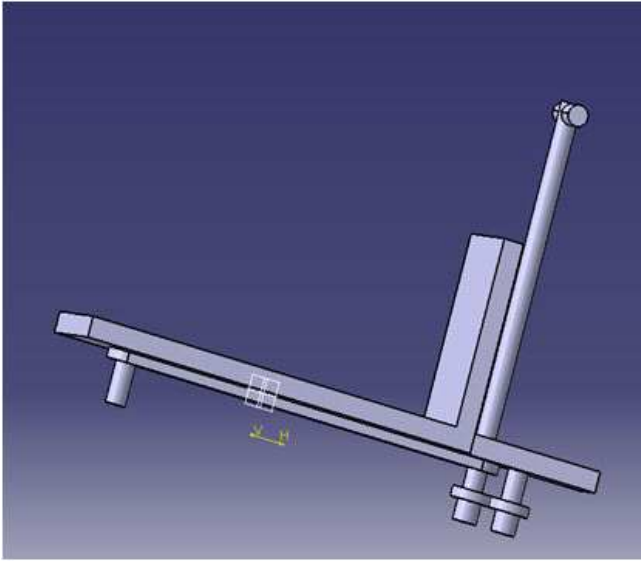
-설계 방안-

1. 후륜은 전륜과 반대인 역 위상으로만 움직이게 설계
2. 조향 바퀴와 제어방식은 기계식 제어 방식을 사용
3. 기어와 체인을 사용하여 후륜과 전륜의 역위상 유도

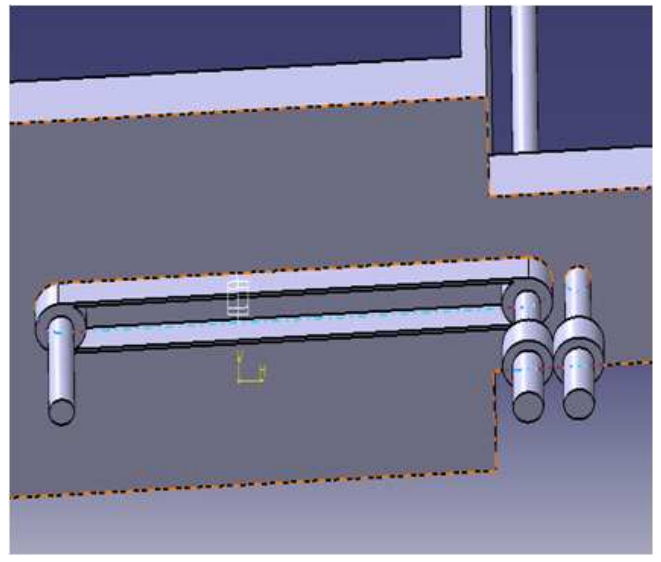
첫 번째 설계 방안을 제시한 이유는 전동수레는 4륜조향 장치를 구비한 자동차와는 달리 시속 4km/h 인 사람의 도보속도와 유사하게 움직이므로 앞서 설명한 고속일 경우의 4륜 조향 제어방식(앞바퀴와 뒷바퀴가 동위상으로 움직임.)은 따를 필요가 없다고 판단하였다. 또한 조향은 후면부에서 하게 되며 조향핸들과 후륜은 기어를 이용하고 전륜은 체인을 사용하여 역위상으로 수레가 조향될 수 있도록 설계 및 제작하고자 하였다. 이에 대한 개념 모델링과 개념도는 아래의 <그림 2.12>에 나타내었다. (19 페이지 참고)

<그림 2.13 개념 모델링 및 개념도>

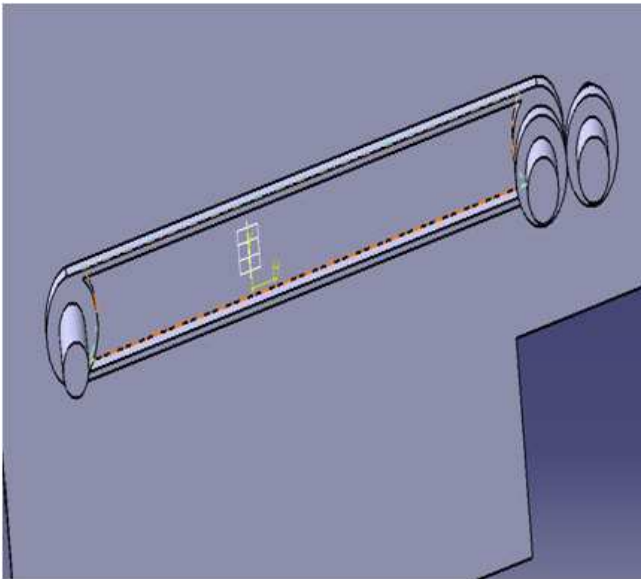
개념도



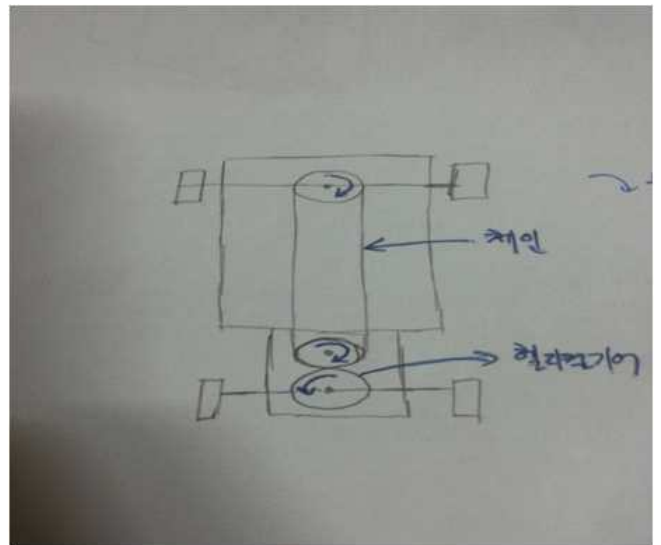
전체 형상



4륜 조향장치의 구조 1



4륜 조향장치의 구조 2



조향 예상도



헬리컬기어 (Helical Gear)

기어의 움직임

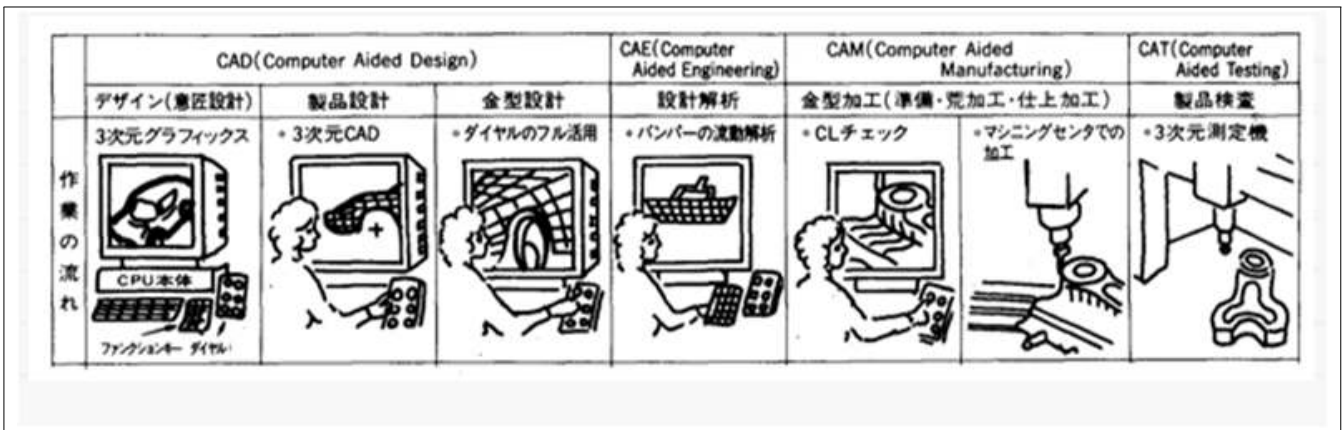
- 치수는 임의의 치수 사용 (개념을 나타내기 위한 모델링)
- 차축, 구동장치, 제동장치는 표현하지 않음.

제 3장 설계 과정 및 해석 결과

제 1절 컴퓨터 디자인 및 설계 사양 선정

팀에서는 자동차 역학 시간에 배운 자동차의 개발 과정과 유사한 제작 계획을 세우기로 하였다. 자동차의 개발 과정은 아래의 <그림 3.1>에 간략하게 소개하도록 하였다.

<그림 3.1 자동차의 개발과정>



위의 <그림 3.1>을 참고하여 팀에서는 수레의 제작 계획을 세우게 되었다.

-4륜 조향 전동수레의 제작 계획

1.컴퓨터 디자인 - 2.CAD를 이용한 도면 설계 - 3.모델 해석 - 4. 제작 - 5. 실험

위와 같은 5단계의 과정을 수행하여 수레를 제작하기로 하였으며 첫 번째로 컴퓨터 디자인 프로그램인 Rinoceros 프로그램을 사용하여 전동수레를 디자인 하는 과정을 수행하였다.

디자인 결과물은 아래 <그림 3.2>에 나타내었다.

<그림 3.2 컴퓨터 디자인 결과>





컴퓨터 디자인 작업을 통하여 <그림 2.13>의 개념 모델링을 바탕으로 전체적인 형상을 구체화 하는 작업을 하였다. 초기 디자인은 원형 핸들을 사용하여 수레를 조향하고자 하였으며 후면부에 배터리와 제어장치를 부착할 수 있는 공간을 마련하였다. 또한 배선장치의 길이를 짧게 하기 위하여 모터는 후륜에 부착하는 방향으로 디자인 하였다.

프레임은 구조용 각관을 사용하며 적재함 바닥은 목재를 사용하여 수레를 제작하기로 하였다.

디자인 작업을 수행한 후 팀에서는 수레의 목표 능력치를 선정 하였다. 목표 사양 선정 기준은 시장조사를 통해 얻은 수레의 스펙을 바탕으로 능력치를 선정하였다. 초기 목표 능력치는 아래와 같다.

-초기 목표 사양

속도 : 4km/h

적재하중 : 500kg

적재함 크기 : 900mm(가로) X 1200mm(세로)

가이드 바의 높이 : 1000mm

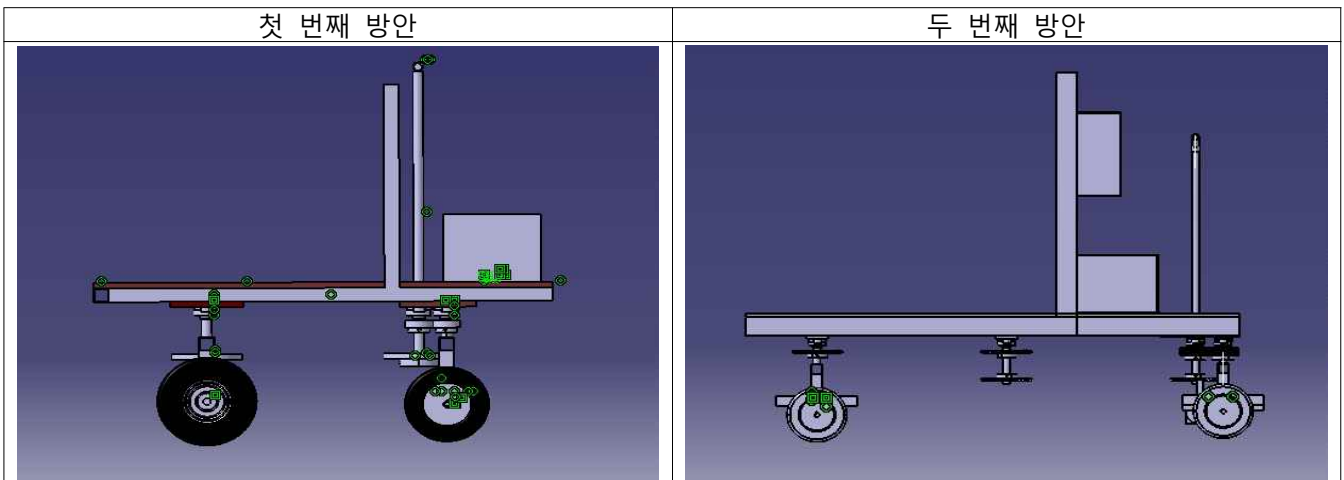
위와 같은 설계 사양을 바탕으로 팀에서 부품 선정을 하고 도면을 작성한 뒤 부품의 대략적인 가격을 조사 하였다. 과제 지도 교수님과 의 면담을 통하여 수레의 문제점을 발견하고 문제점을 보완하기 위하여 설계 사양을 수정하는 과정을 거치게 되었다. 초기 수레 설계 사양의 문제점은 아래와 같다.

- 초기 설계 모델의 문제점

1. 스프라켓 기어 간의 거리 조절 문제
2. 제작 단가의 초과 (모터 및 제어 장치의 구입 금액이 매우 비싸다.)

위와 같은 두 가지 문제점이 발생하게 되었다. 첫 번째 문제점은 초기 모델의 스프라켓 기어의 축간 거리가 1400mm인데 이와 같을 경우 체인을 연결할 경우 체인이 쳐지게 되어 조향력 정확히 전달되기 어렵다는 문제점이 발생하게 된다. 지도 교수님께 얻은 답변은 스프라켓 기어의 축간거리가 500mm~600mm 이상이 될 경우 체인이 쳐지게 되는 현상이 발생한다고 조언해 주셨으며, 해결방안으로는 첫 번째 수레의 전체 크기를 작게 하여 스프라켓 기어 2개와 체인을 연결하는 방법, 두 번째 스프라켓 기어를 추가로 설치하여 축간거리를 줄여나가는 방법이 있었다. 문제점을 해결하기 위해 팀에서는 첫 번째 방안을 선택하여 수레의 제작 원가와 스프라켓 기어 간의 거리 조절 문제를 해결하기로 하였다. 수레를 크기를 줄이기 위해 팀에서는 수레의 목표 사양을 재설정 하여 설계를 다시 하였다. <그림 3.3>에서는 두 번째 방안의 이해를 돕기 위한 그림을 삽입 하였다.

<그림 3.3 개선 방향>



3-1절에서는 재설정된 설계 사양만을 소개하고 3-2절에서 재설정된 설계 사양을 바탕으로 설계한 부품에 대하여 설명하도록 하겠다. 또한 초기 설계 사양과의 비교를 통하여 설명 하도록 하겠다.

-재설정된 목표 사양

속도 : 4km/h

적재하중 : 180kg (수레의 자중 : 약 90kg)

전면 적재함 크기 : 600mm(가로) X 760mm(세로)

후면 적재함 크기 : 600mm(가로) X 600mm(세로)

가이드 바의 높이 : 600mm

제 2절 부품 선정 및 도면 작성

3-2절에서는 부품 선정 및 도면 작성 과정에 대해서 기술하도록 하겠다. 4륜 조향 전동수레는 총 21개의 부품으로 구성 되었다. 아래의 <표 3.1>에는 수레에 사용된 부품의 품번, 품명, 수량 및 간략한 설명을 나타내었다.

<표 3.1 4륜 조향 전동수레 부품 구성 및 설명>

품번	품명	수량	설명
1	Main frame	1	s45c, 40x40 구조용 각관, 용접을 통한 접합
2	Rear frame	1	상기 동일
3	Front frame	1	상기 동일
4	Super Gear	2	S45C, 모듈 2.0, 잇수 36, 후륜 조향에 사용
5	sproket Gear	2	s45c 잇수 35, 전륜 조향에 사용
6	Battery Case	1	12v 배터리 2개 내장, 충전 단자 내장
7	Control Box	1	모터 제어
8	Control Box case	1	컨트롤 박스 수납용 케이스, 재질은 목재 사용
9	Handle bar	1	전동 수레 조향 담당, 재질은 알루미늄
10	Handle shaft	1	핸들바와 연결, 핸들바와 조립되어 수레의 조향 담당
11	Under Panel	2	베어링 홀더, 메인프레임, 리어프레임, 프런트 프레임 결합용
12	Bearing unit	3	프런트 프레임, 리어 프레임, 핸들의 회전운동을 도와 춤.
13	Transaxle motor	1	전동수레의 구동부, 리어프레임에 장착됨
14	Motor guide	2	모터와 리어프레임을 결합해 주는 역할
15	Upper Panel	2	메인프레임상부에적재함과컨트롤박스및배터리결합을 위해 구성
16	Front shaft	1	수레의 앞 바퀴 축
17	Front tier	2	수레의 앞 바퀴
18	Rear tier	2	수레의 앞 바퀴
19	M6 Bolt	3	베어링 홀더와 각 축을 연결하는 역할.
20	Bolt, Nut (8pi)	4	모터 결합용
21	Bolt, Nut (8pi)	1	핸들바, 핸들 샤프트 결합용
22	Bolt, Nut (16pi)	6	베어링 유닛 결합용
23	Bolt (6pi)	3	베어링 유닛, 핸들 샤프트, 리어 프레임, 프런트 프레임 결합용
24	Screw Piece	15	목재 패널과 구조용 각관의 조립에 사용됨.

참 고 : 도면상의 품번에 -1을 해준다. 도면 1은 전체 조립도이기 때문.

지금 부터는 위에 표에 나타난 부품의 선정 이유, 구조해석 결과에 대하여 설명 하도록 하겠다.

(볼트, 너트의 규격은 표시하되 도면 및 형상 모델링은 생략 하였다.)

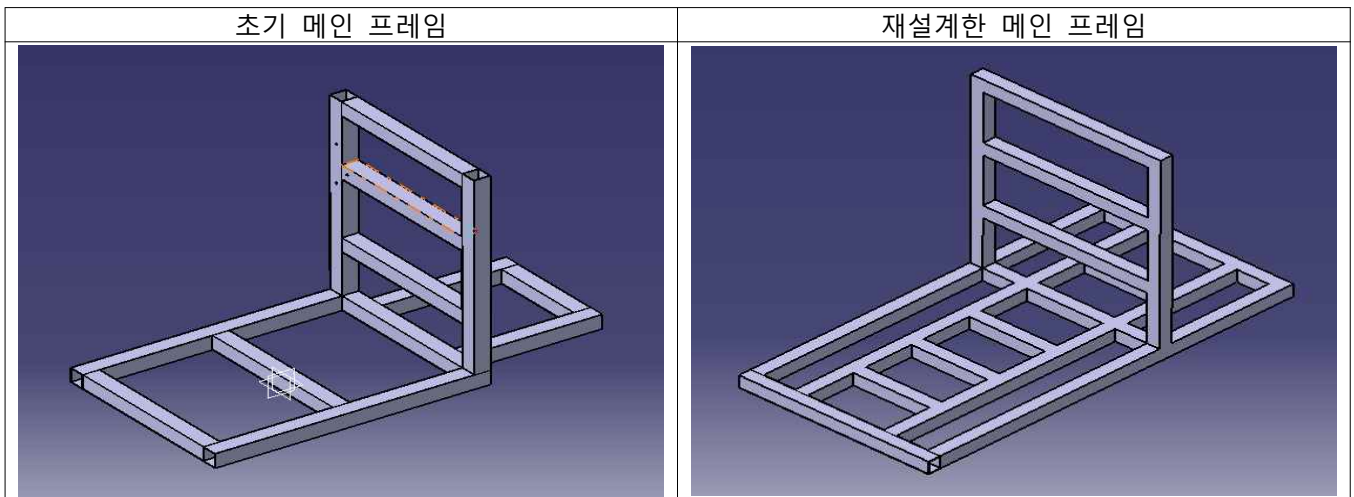
(1) Main Frame

메인 프레임은 전동수레의 전면, 후면 적재함 및 가이드 바를 구성하게 된다. 수레의 뼈대가 되는 부품이다. 재료는 S45C를 사용한 구조용 각관을 각각의 크기에 맞게 절단하여 아크용접을 이용하여 접합 하게 된다.

초기 메인프레임은 75X75, 3T의 구조용 각관을 사용하려 하였으나 설계 하중의 변경, 제작 원가 절감, 체인이 쳐지지 않는 축간 거리 조정의 목적으로 40x40, 2T의 구조용 각관을 사용하였다. 또한 화물이 적재되는 적재함의 크기는 900mmX1200mm에서 600mmx760mm로 줄어들게 되었다.

초기 메인 프레임은 구조가 단순하여 하중의 분산이 효과 적으로 이루어지지 않을 것이라 판단하여 시중에 출시되어 있는 대차의 구조를 벤치마킹하여 하중 분산에 용이한 구조로 프레임을 재설계 하였다. <그림 3.4>에 초기 메인 프레임과 재설계한 프레임의 형상 비교를 나타내었다.

<그림 3.4 초기 메인 프레임, 재설계한 메인 프레임의 형상 비교>



메인 프레임의 도면 및 상세 치수는 부록2. 설계 도면(No.2) 참고

설계 한 프레임이 팀에서 정한 설계 사양의 만족여부를 판단하기 위하여 ANSYS 프로그램을 이용하여 유한 요소 해석을 실시하였다.

구조 해석에 사용된 물성치 및 접합조건은 아래와 같다. (자세한 물성치 정보는 부록3. 물성치 참고.)

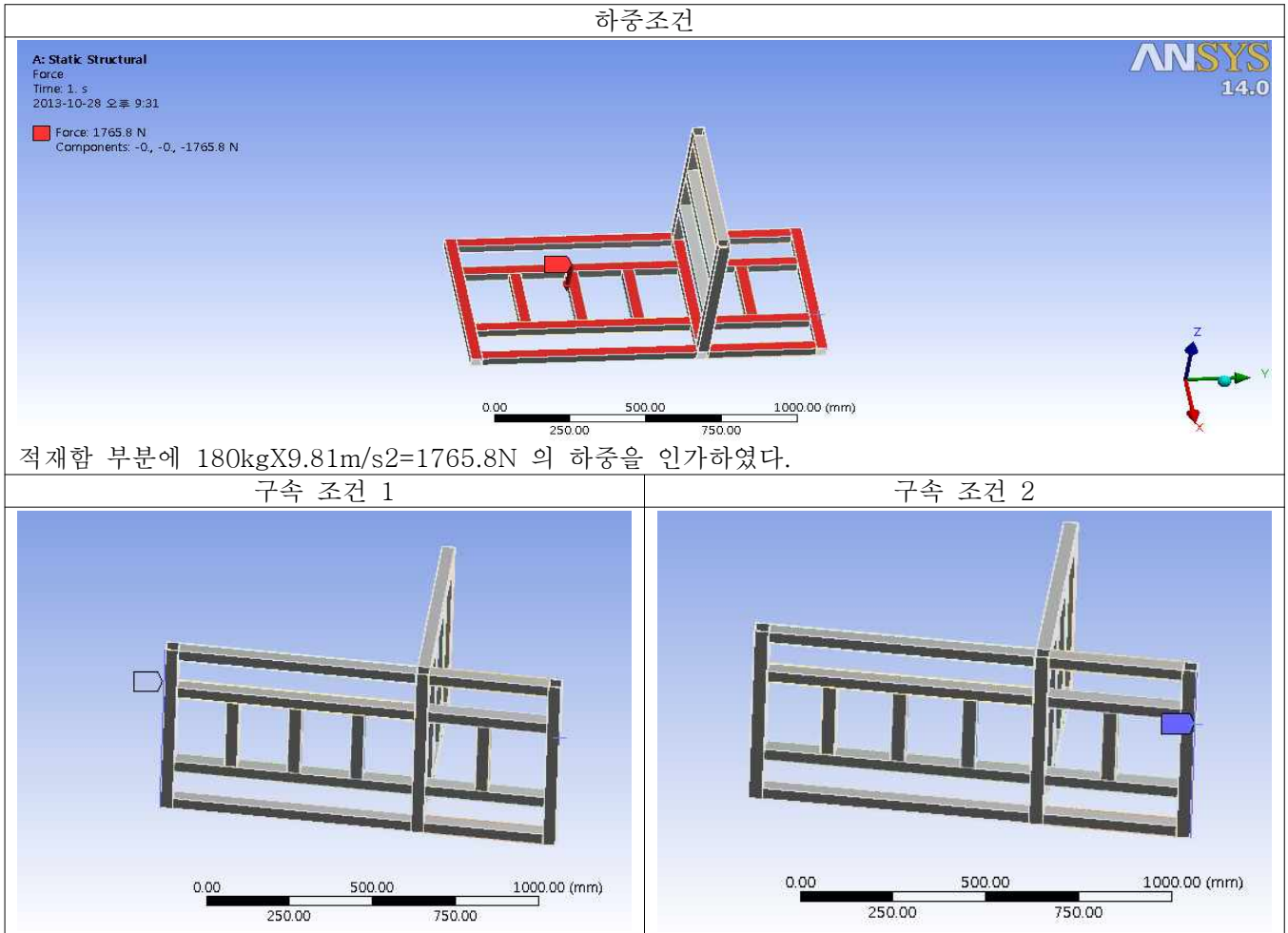
재료 : JIS S45C Steel

물성치 : 후면 별첨자료 참고

접합 조건 : Bond (용접)

구조 해석에 사용된 구속 조건과 하중은 아래와 같다.

<그림 3.5 하중과 구속조건>

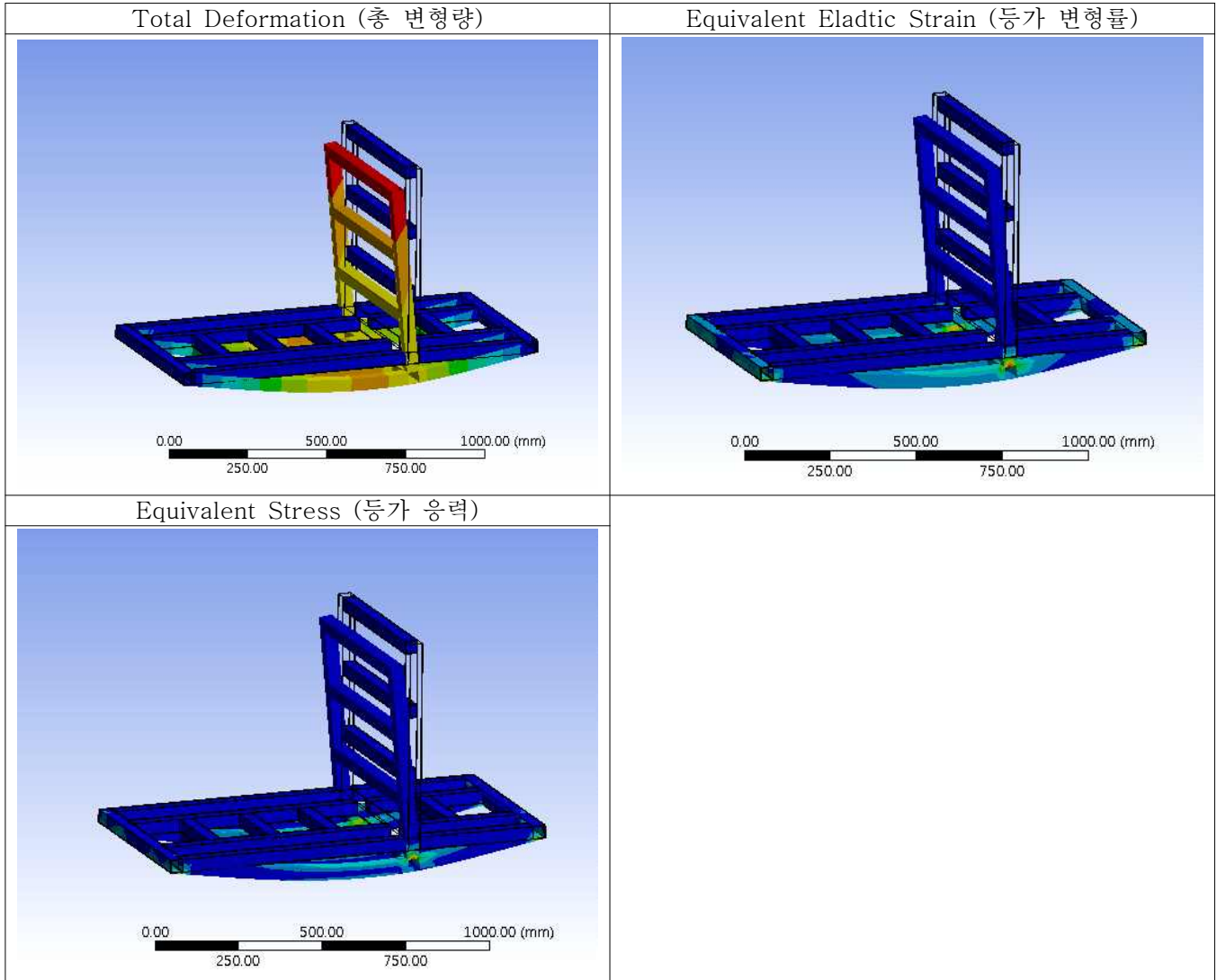


유한요소 해석 결과

총 변형량(mm) : 0.14mm (Max value)

등가 변형률(mm/mm) : 7.53×10^{-5} (Max value)

<그림 3.6 유한요소 해석 결과>



등가 응력 : 14.65Mpa (Max value)

<그림 3.6>과 같은 해석결과와 Jis s45c (Normalized)의 한복인장강도 343Mpa를 바탕으로 메인프레임의 설계는 안정성을 갖추었다고 판단하였다.

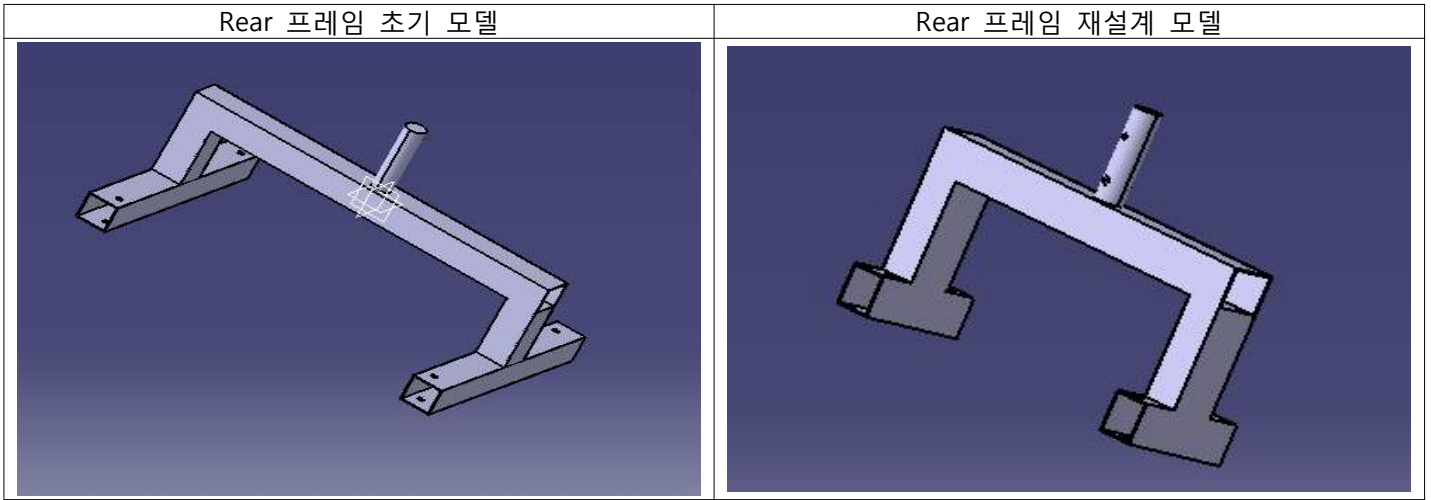
(2) Rear Frame

전동 수레의 메인 프레임과 트랜스 액슬 모터를 연결하기 위해 사용되는 프레임으로서 s45c 40x40mm 2.0T의 구조용 각관을 용접하여 제작할 예정이다.

리어 프레임에는 하부에는 모터 브라켓을 부착할수 있도록 지름 8mm 규격의 구멍이 가공되게 된다.

프레임의 상부에는 25mm 원형강 90mm가 용접된다. 프런트 타이어와 리어 타이어의 규격이 달라 차고를 조정하기 위하여 프런트 프레임 보다 약 10mm 높이가 낮게 설계 하였다.

<그림 3.7 초기 Rear 프레임, 재설계한 Rear 프레임의 형상 비교>



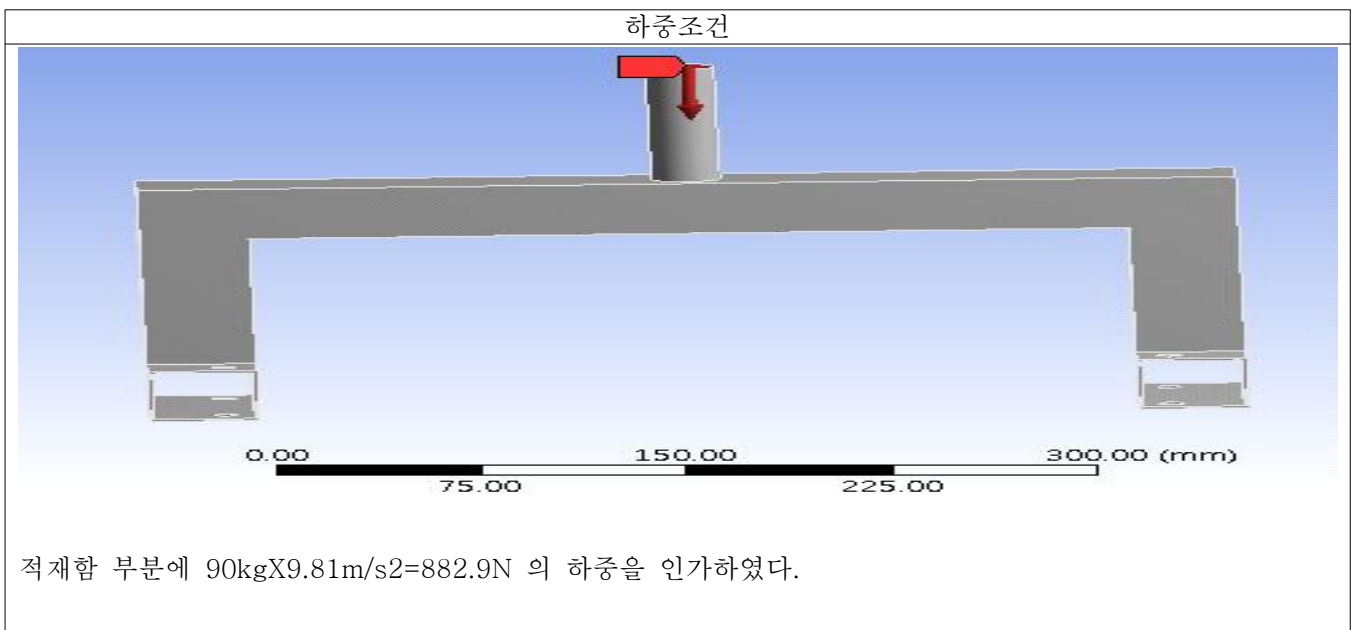
설계 한 프레임이 팀에서 정한 설계 사양의 만족여부를 판단하기 위하여 ANSYS 프로그램을 이용하여 유한요소 해석을 실시하였다.

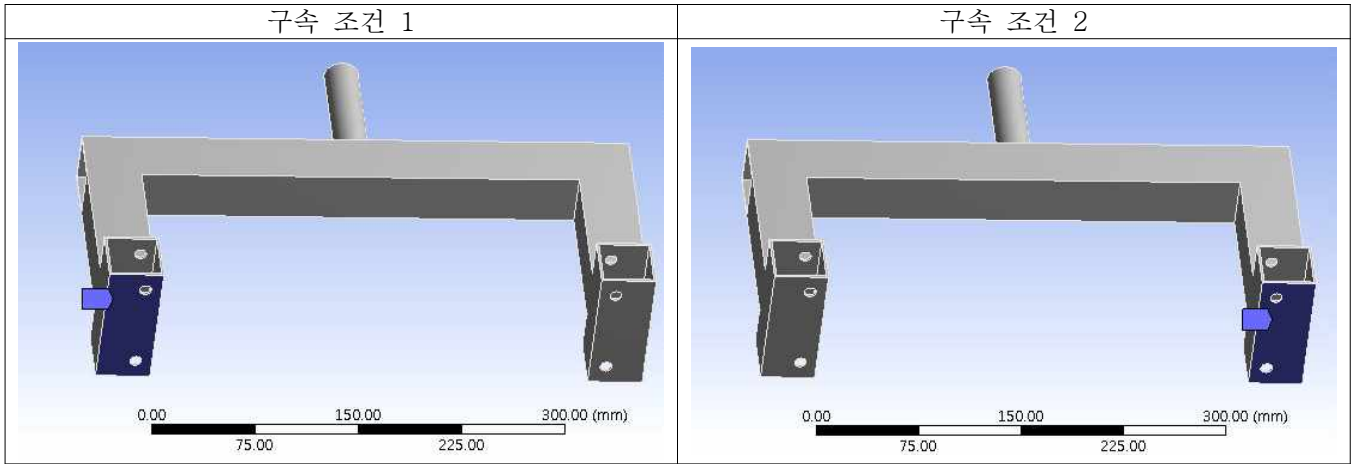
구조 해석에 사용된 물성치 및 접합조건은 메인 프레임과 동일하다.

구조 해석에 사용된 구속 조건과 하중은 아래와 같다.

(하중조건은 재설계 모델을 기준으로 작성, 초기 설계제품과 재설계 제품의 하중 및 구속조건은 동일하다.)

<그림 3.8 Rear 프레임의 유한요소 해석 >

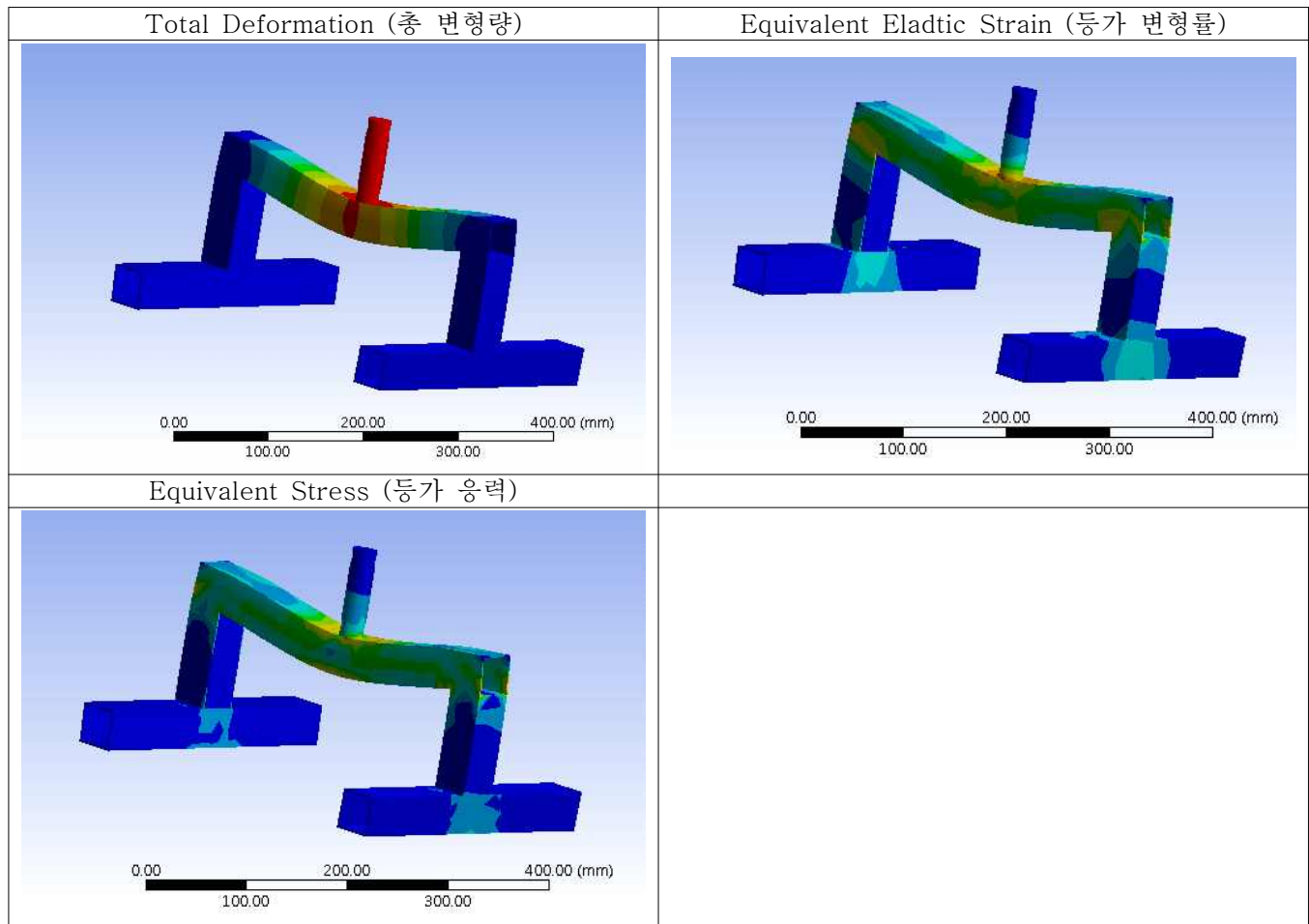




유한요소 해석 결과

<그림 3.9>의 해석결과는 설계 수정전의 해석 값과 설계 수정후의 해석 값을 비교 하였다.

<그림 3.9 Rear 프레임 수정 전 >



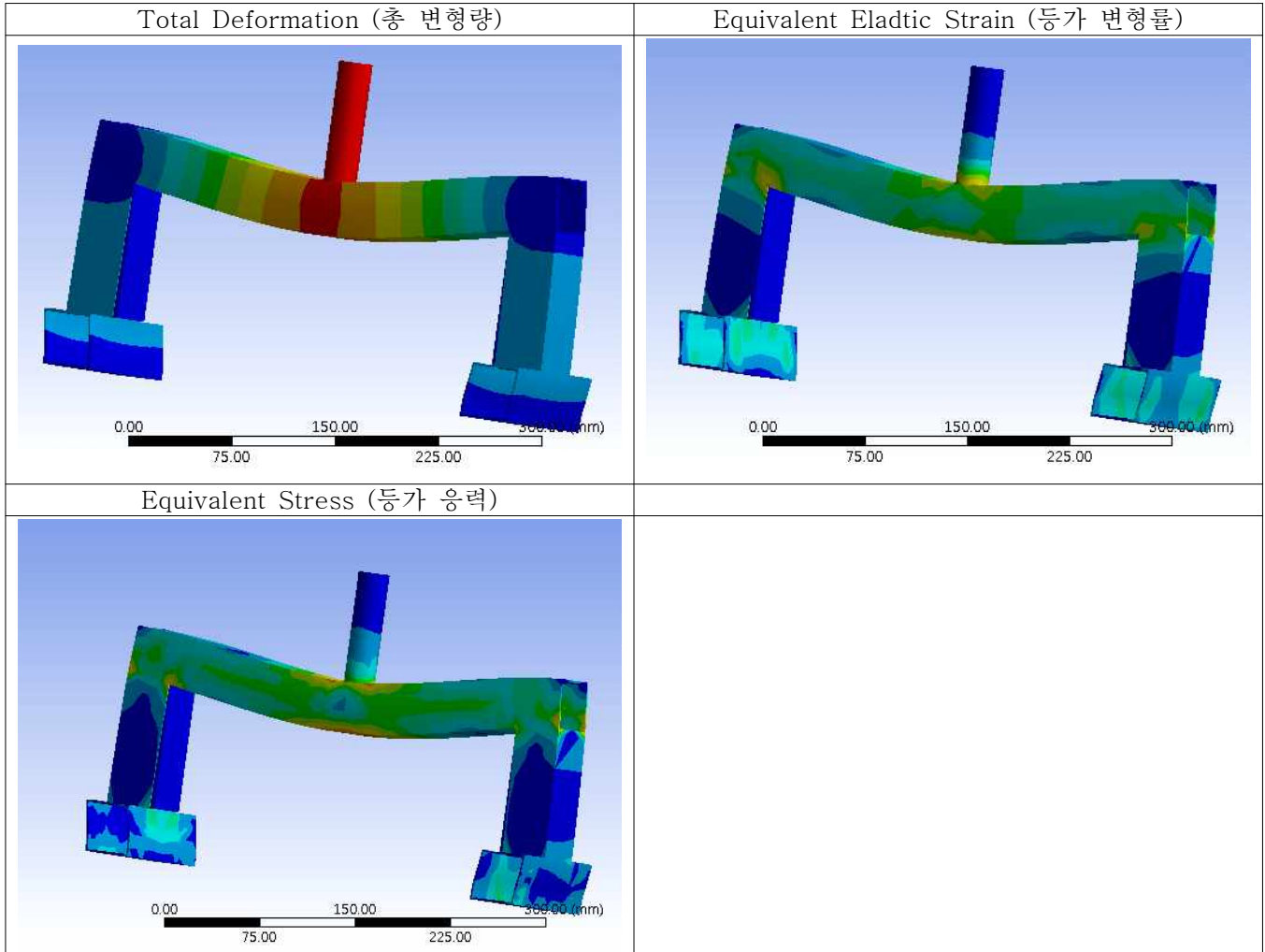
수정 전

총 변형량(mm) : 0.036mm (Max value)

등가 변형률(mm/mm) : 9.16e-5 (Max value)

등가 응력 : 17Mpa (Max value)

<그림 3.10 Rear 프레임 수정 후 >



총 변형량(mm) : 0.041mm (Max value)

등가 변형률(mm/mm) : 0.00019 (Max value)

등가 응력 : 17.23Mpa (Max value)

위의 <그림 3.10>과 같은 해석 결과를 바탕으로 팀에서는 수정한 설계 사양의 값이 수정전보다 증가 하였지만 그 값이 거의 미미하다고 분석 하였고, 안정성을 확보하였다고 판단하여 프레임에 추가적인 보강재를 더하지 않기로 하였다. 또한 보강재를 덧대는 부분을 삭제하여 제작 원가를 절감하고자 하였다.

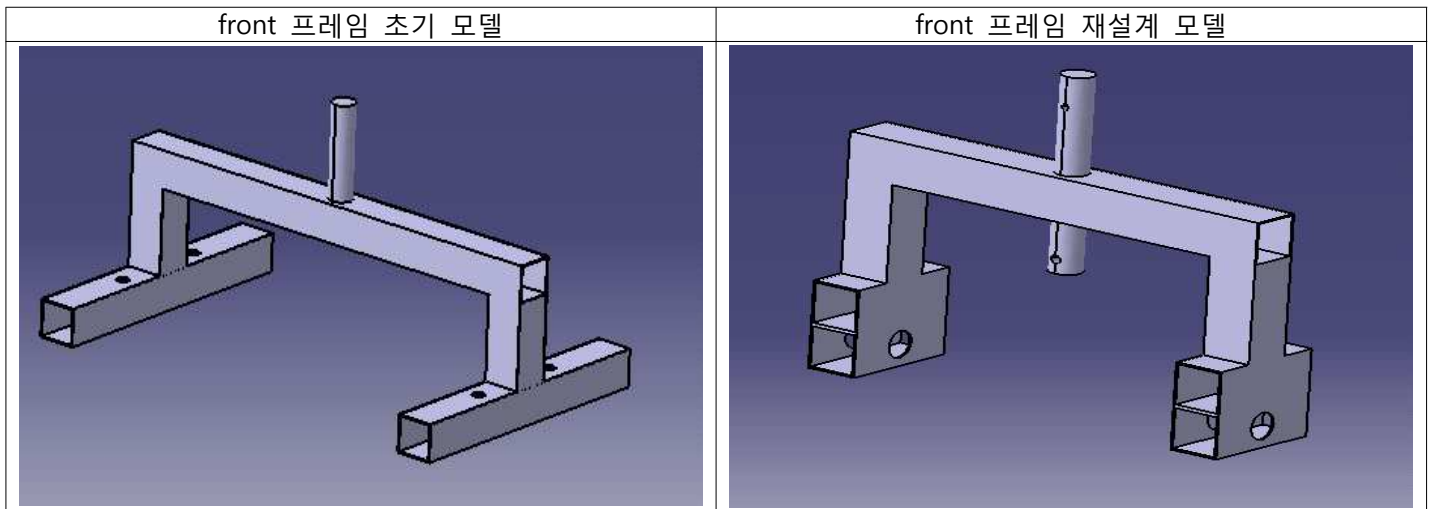
(3) Front Frame

전동 수레의 메인 프레임과 타이어를 연결하기 위해 사용되는 프레임으로서 s45c, 40x40mm 2.0T의 구조용 각관을 용접하여 제작할 예정이다.

Front 프레임에는 하부에는 Front 프레임과 Front 샤프트를 고정하기 위한 구조를 설계 하였다. 이를 위해 Front 프레임 하부에는 Front 샤프트와 결합하기 위한 지름 25mm 규격의 구멍이 가공된 각관을 용접하여 부착하게 된다.

프레임의 상부에는 25mm 원형강 90mm가 용접되어 부착 되고 하부에는 25mm 원형강 50mm 가 용접 되어 부착 되게 된다.

<그림 3.11 초기 Front 프레임, 재설계한 Front 프레임의 형상 비교>



기존 제품에는 베어링 유닛을 결합하여 프론트 프레임을 고정 하려 하였으나 베어링 유닛을 삭제하고 프론트 샤프트를 프론트 프레임에 직접 용접하여 결합하는 방식을 채택 하였다. (프론트 프레임의 도면 및 상세 치수는 부록2. 설계 도면(No.3) 참고)

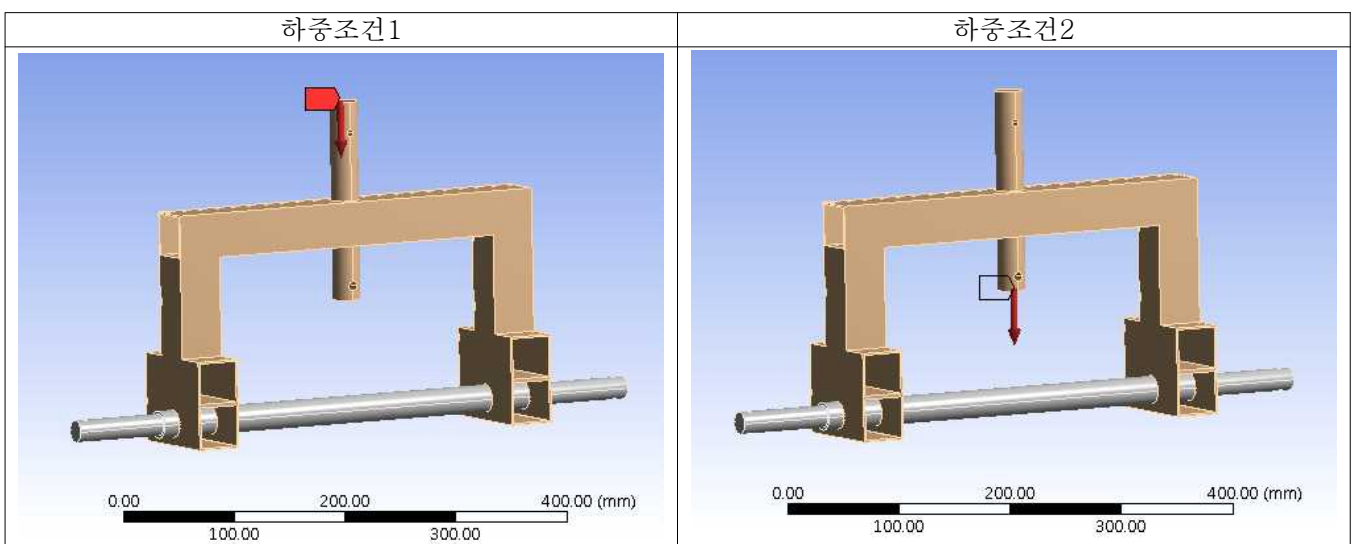
Rear 프레임의 해석결과를 토대로 유차하여 보았을 때 초기 설계 모델의 해석결과 안정성이 높다고 판단되어 보강재를 부착할 수 있는 공간을 설계상에서 삭제한 뒤 재설계 하게 되었다. 또한 프론트 샤프트가 용접 되었을 때를 가정 하여 해석 을 수행 하였다.

설계 한 프레임이 팀에서 정한 설계 사양의 만족여부를 판단하기 위하여 ANSYS 프로그램을 이용하여 유한 요소 해석을 실시하였다.

구조 해석에 사용된 물성치 및 접합조건은 메인 프레임과 동일하다.

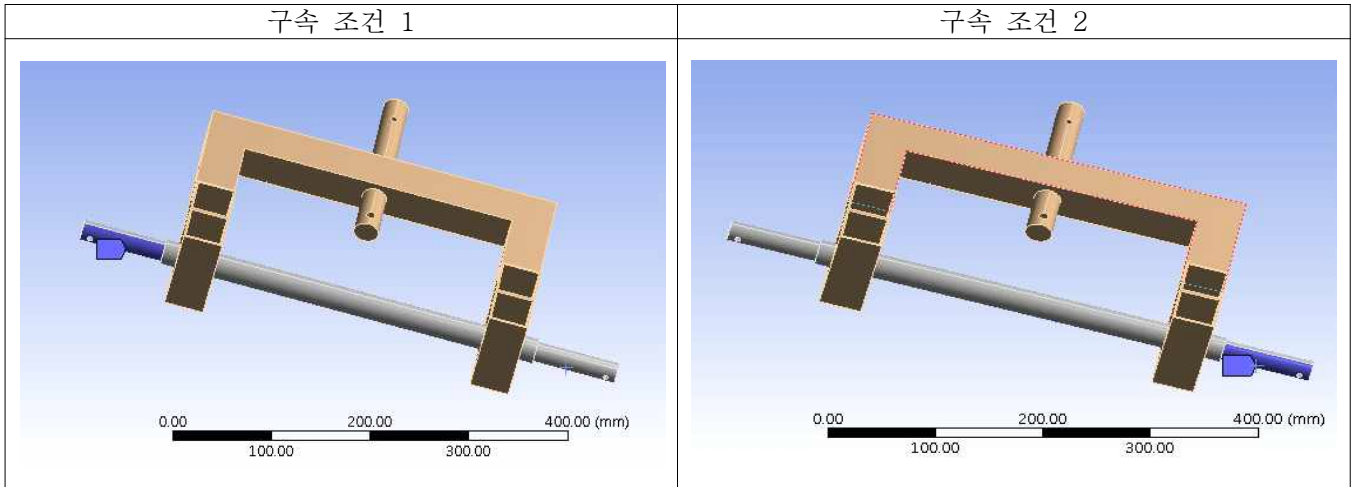
구조 해석에 사용된 구속 조건과 하중은 아래와 같다.

<그림 3.12 프론트 프레임 구속조건 >



하중1) 프론트 프레임 상부에 90kg X 9.81m/s²=882.9N 의 하중을 인가하였다.

하중2) 프론트 프레임 하부에 3kg X 9.81m/s²=29.2N의 하중을 인가하였다.(스프라켓 기어의 무게)

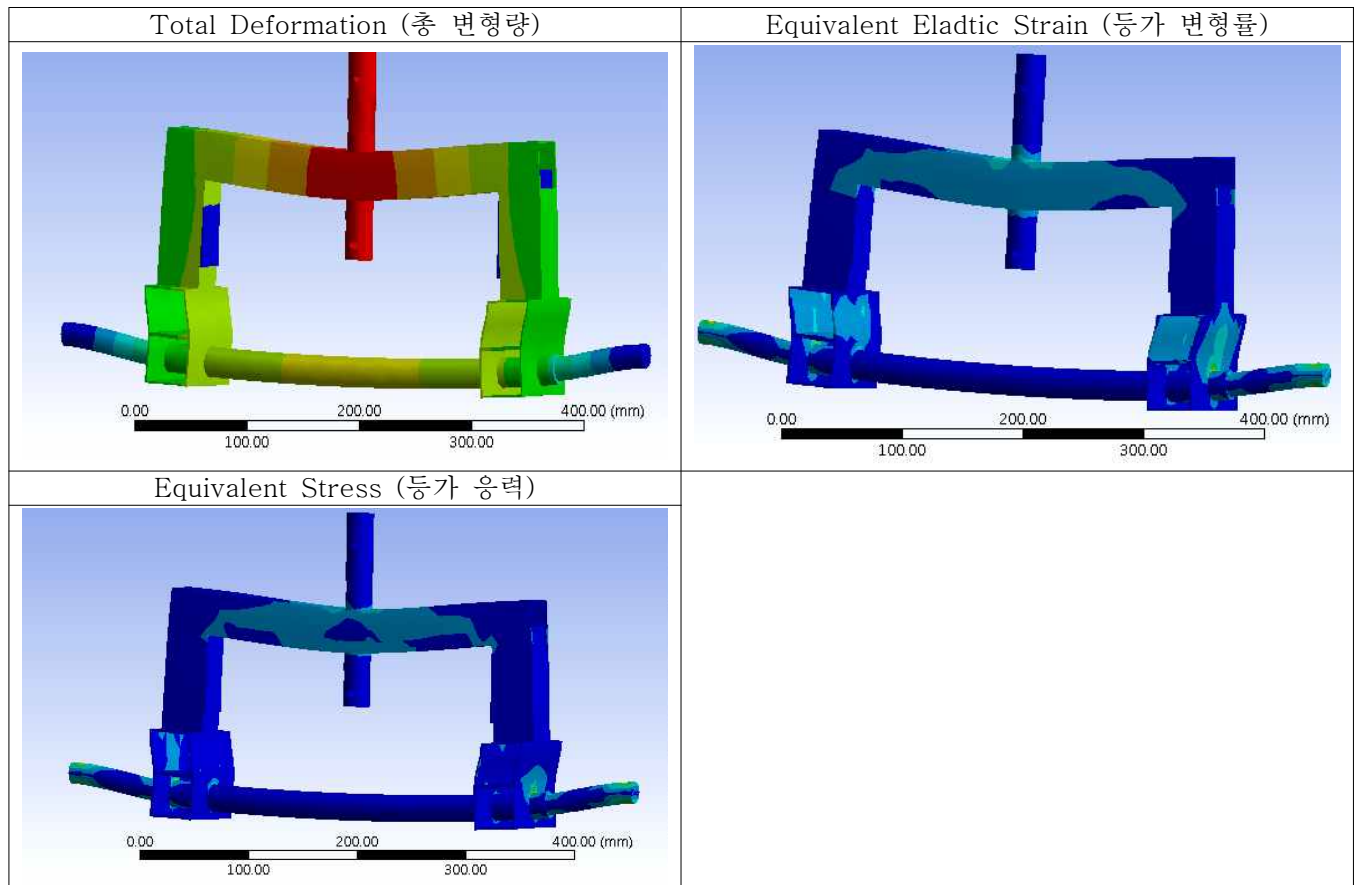


유한요소 해석 결과

총 변형량(mm) : 0.07mm (Max value) 등가 변형률(mm/mm) : 0.0003 (Max value)

등가 응력 : 60Mpa (Max value)

<그림 3.13 프론트 프레임 유한요소해석 >



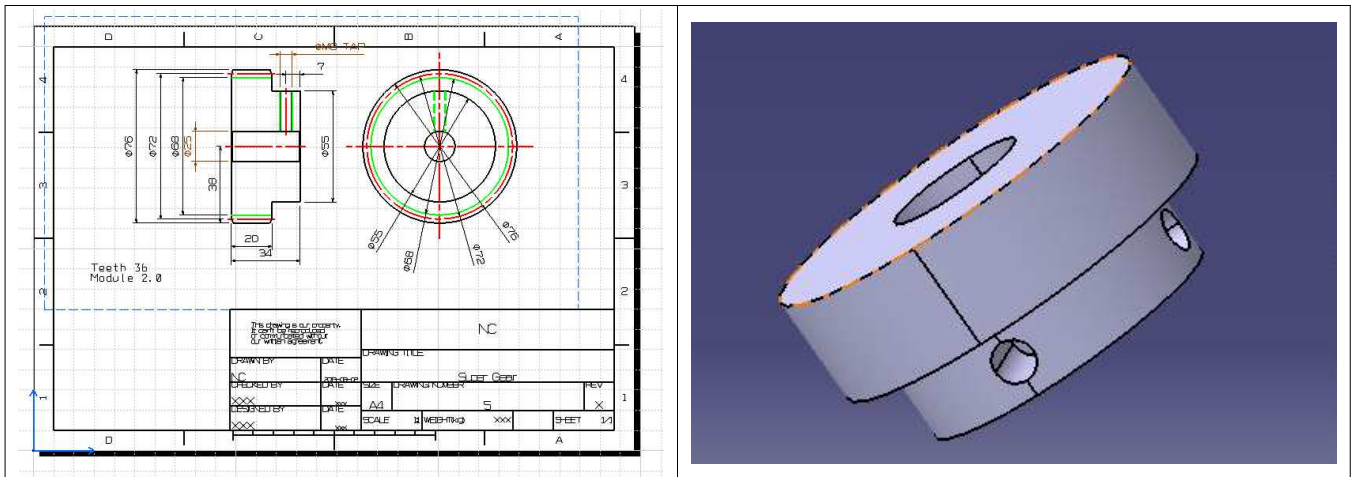
(4) Super gear

Super gear는 Handle shaft, Rear frame에 장착 되게 되며 조향핸들에서 발생된 조향력을 전달하고 방향은

반대로 전달하는 역할을 한다. 기어의 잇수를 선정 할 때 이론적으로 최대한 360°에 가까운 잇수를 가지는 기어를 설계 하고자 하였으나 잇수가 증가할 경우 기어의 크기 및 제작 가격이 증가 하게 되어 팀에서는 36개의 잇수를 가지는 기어를 선정하였고 모듈의 경우 초기 3.0의 기어를 설계 하였으나 지도 교수님과의 면담을 통하여 모듈을 2.0으로 재설계 하게 되었다.

Super Gear의 2D 도면 및 3D형상은 <그림3.14>에 나타내었다. (Super Gear)의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

<그림 3.14 Super Gear 2D 도면 및 3D 형상>

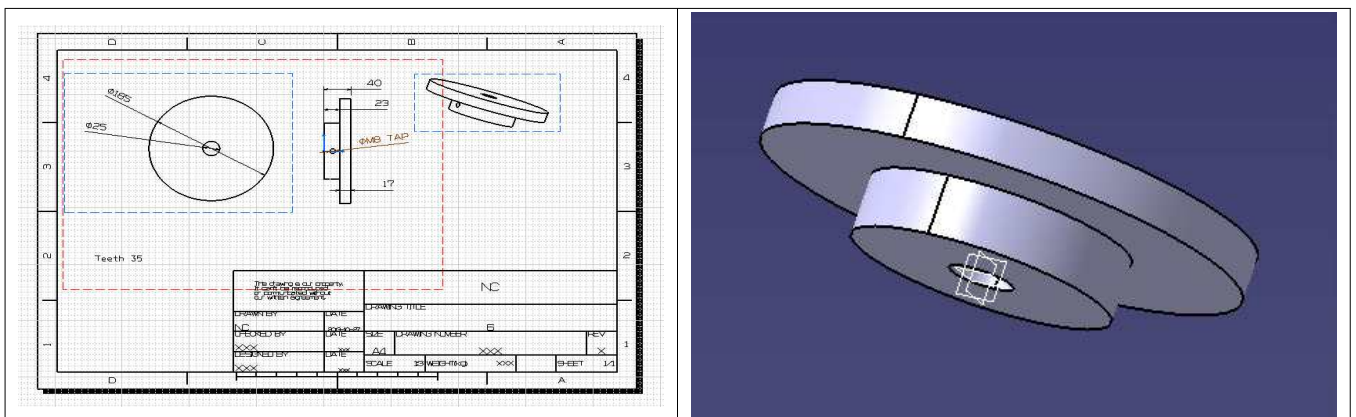


Super gear 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품의 2D 도면을 바탕으로 작성 하였으며 기어 이빨의 구체적인 형상묘사는 하지 않고 대략적인 형상만을 나타내었다.

(5) Sproket gear

Sproket gear는 Handle shaft, Front frame에 장착 되게 되며 조향 핸들에서 발생된 조향력 및 방향을 체인을 통하여 전달하는 역할을 한다. Super gear와의 잇수를 맞추기 위해 Sproket 36개의 잇수를 가진 기어를 찾지 못하고 또한 36개의 잇수를 가진 기어는 주문 제작을 하여야 되어서 35개의 잇수를 가진 Sproket 기어(규격품)를 선정 하게 되었다. 3D 모델링은 한국 미스미를 통해 어렵지 않게 구하였으며 이를 바탕으로 2D 도면으로 도면 화 작업을 실시하였다.

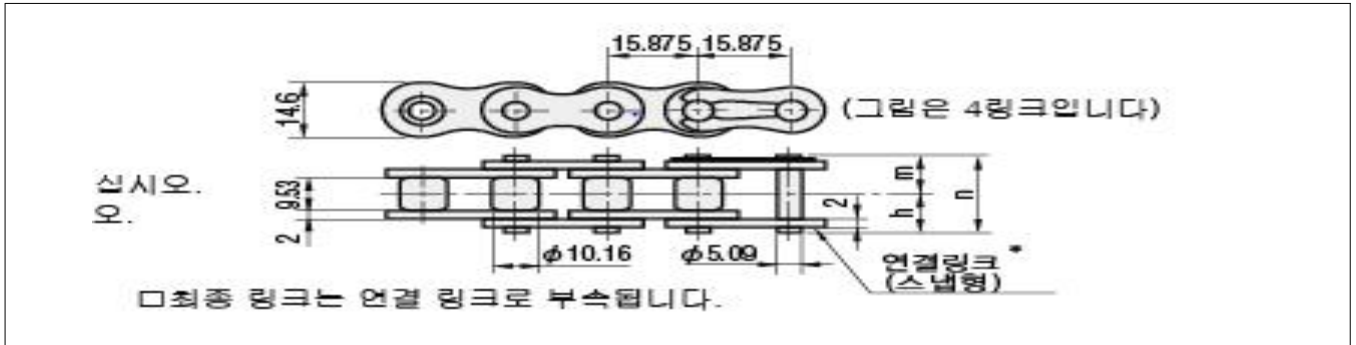
<그림 3.15 Sproket Gear 2D 도면 및 3D 형상>



Sproket gear 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품의 2D 도면을 바탕으로 작성 하였으며 기어 이빨의 구체적인 형상묘사는 하지 않고 대략적인 형상만을 나타내었다.

스프라켓 기어와 함께 사용되는 체인은 50B 체인을 사용 하였으며 체인의 모델링 과정은 모델링이 난해 하여 생략 하였다. 체인의 2D 도면은 한국 미스미에서 참고 하였으며 도면은 아래의 <그림3.16>에 나타내었다.

<그림 3.16 50B 체인 2D 도면>

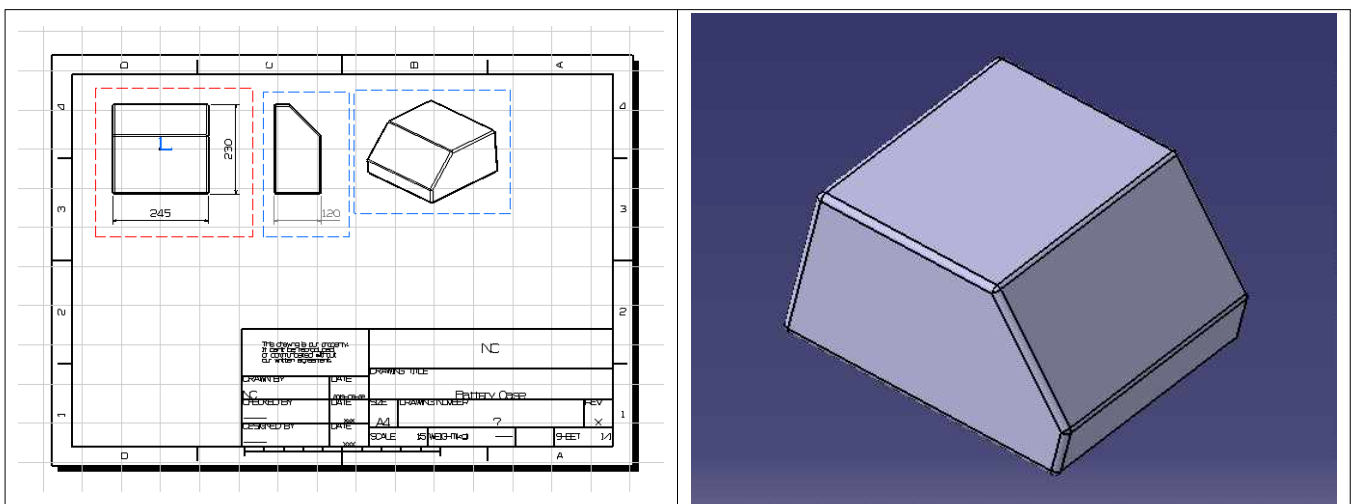


(6) Battery Case

배터리 케이스는 케이스 내부에 12V x 12Ah 배터리 2개가 내부에 장착 되어있다. 처음에는 자동차용 배터리 12V x 40Ah 배터리를 사용하여 사용시간을 늘리고 배터리 케이스도 독자적으로 설계 하려 하였으나, 충전 장치 설계 지식의 부족 및 제작 예산 부족으로 인하여 시중에 출시되어 있는 전동 휠체어 등에 사용되는 배터리 케이스, 배터리가 결합되어 시중에 출시된 부품을 선정하였다.

배터리 케이스의 형상은 <그림3.17>에 나타내었다. (배터리 케이스의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

<그림 3.17 배터리 케이스 형상>

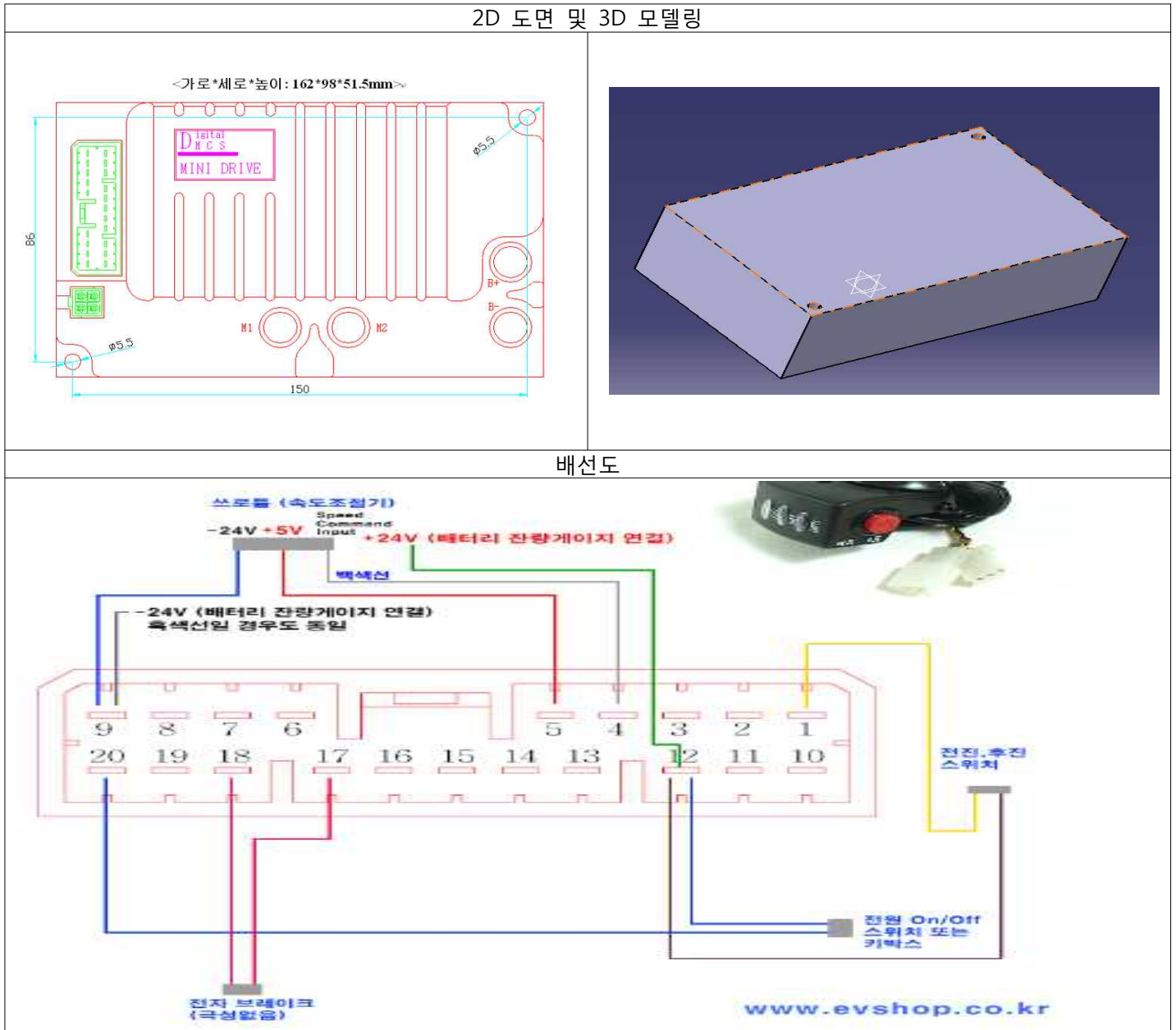


배터리 케이스의 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품을 측정값을 바탕으로 작성 하였으며 구체적인 형상묘사는 하지 않고 대략적인 형상(부피)만을 나타내었다.

(7) Control box

전동수레의 모터 및 기타 장치의 제어에 필요한 컨트롤러는 시중에 출시된 전동 차량에 사용되는 컨트롤 박스를 사용하여 하기로 하였다. 24V 60A 컨트롤러와 24V 110A 컨트롤러 2개가 판매 되고 있었으며, 60A 컨트롤러의 경우 ₩150,000 110A 컨트롤러의 경우 ₩240,000의 가격대에 현재 판매 되고 있다. 이중 업체 방문을 통하여 업체 관계자에게 자문을 구하였는데 가격적인 문제와 모터 및 배터리의 크기를 고려하였을 때 60A 컨트롤러를 사용해도 무방하다는 답변을 얻을 수 있었다. (컨트롤 박스의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

<그림 3.18 컨트롤 박스 형상>

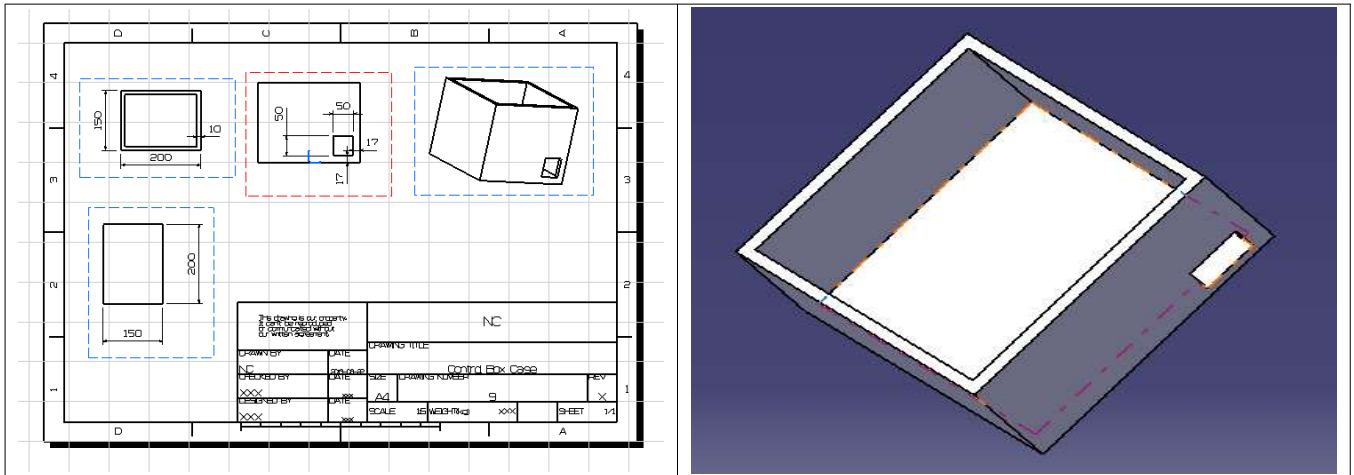


컨트롤 박스의 3D 모델링 및 2D 도면은 업체의 2D 도면, 규격품을 측정값을 바탕으로 작성 하였으며 구체적인 형상묘사는 하지 않고 대략적인 형상(부피)만을 나타내었다.

(8) Control box case

컨트롤 박스 케이스는 컨트롤 박스 케이스 내부에 컨트롤 박스가 장착 될수 있도록 하는 역할을 하며 전기 장치들의 수분 유입 및 외부 충격으로부터 보호해주는 역할을 한다, 또한 케이스 덮개에는 수레의 전원을 제어하는 On/Off 스위치가 장착되게 된다. 덮개와 케이스는 경첩을 이용하여 열고 닫을수 있도록 제작 할 예정이다.

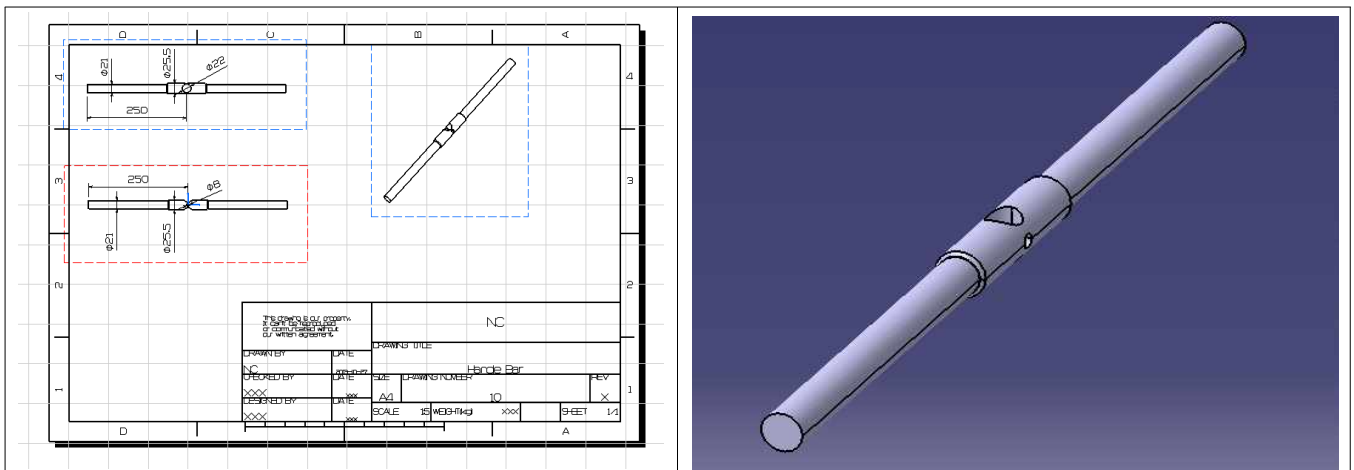
<그림 3.19 Contol box case 의 2D 도면 및 3D 도면>



(9) Handle Bar

핸들 바는 시중에 출시되어 있는 자전거 핸들을 가공하여 제작하기로 결정 하고 도면 작성을 하였다. 핸들 바 가운데 부분에 z, y축 방향으로 구멍이 가공되도록 도면을 제작 하였다. z축의 구멍은 18 로 구멍이 뚫리게 되며, y축은 8φ로 구멍을 뚫어 핸들바와 결합할 수 있도록 도면을 제작 하였다.

<그림 3.20 핸들바의 2D 도면 및 3D 도면>

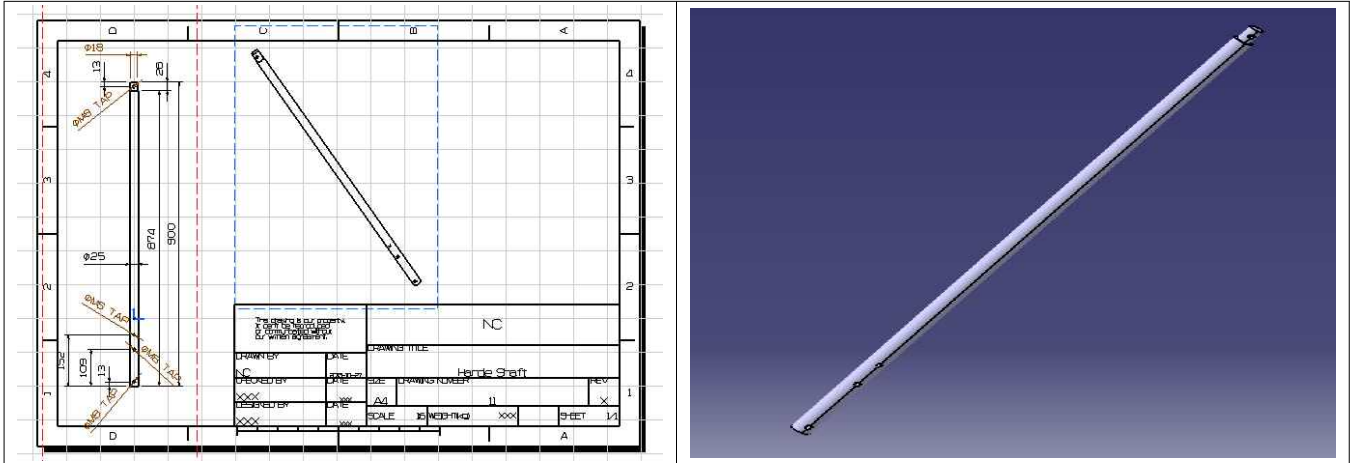


핸들 바 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품의 측정값을 바탕으로 작성 하였다.

(10) Handle shaft

Handle 샤프트는 Handle Bar, Super gear, Sproket gear가 결합되게 되며 핸들 바에서 발생한 조향력을 프론트 Front Frame, Rear frame에 전달해주는 역할을 한다.

<그림 3.21 shaft의 2D 도면 및 3D 도면>

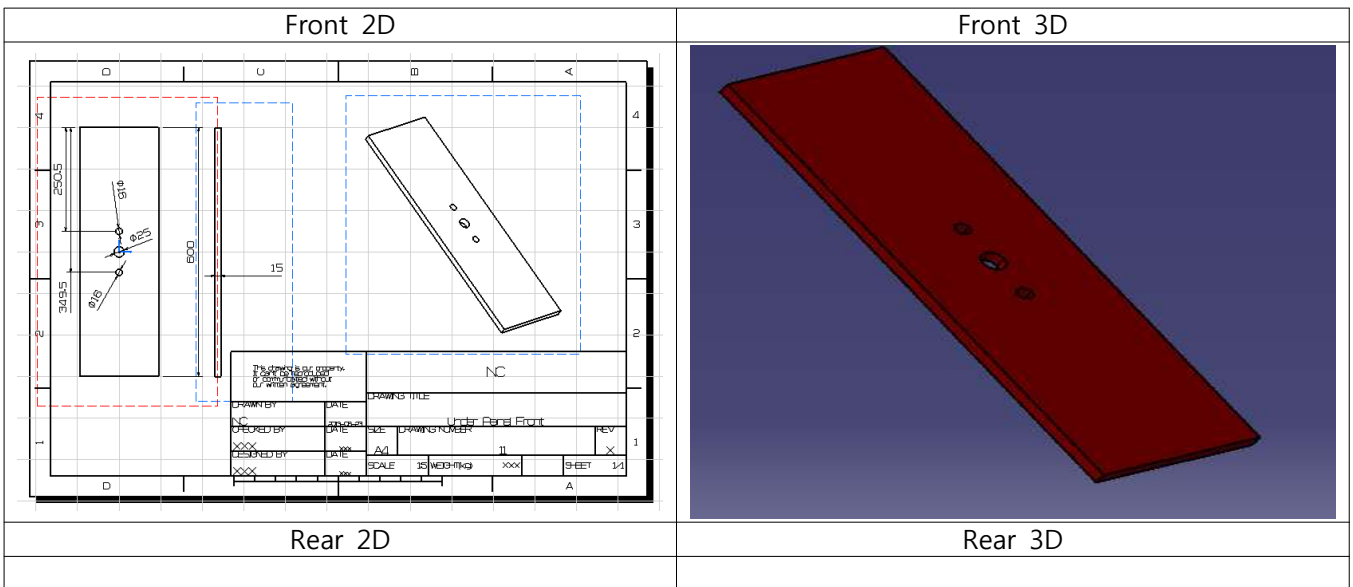


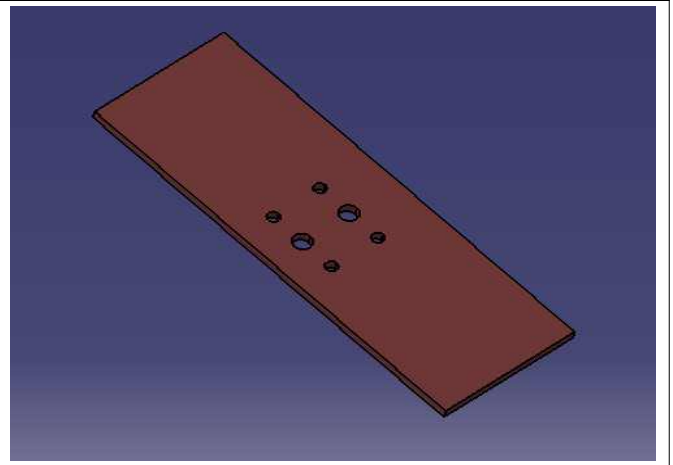
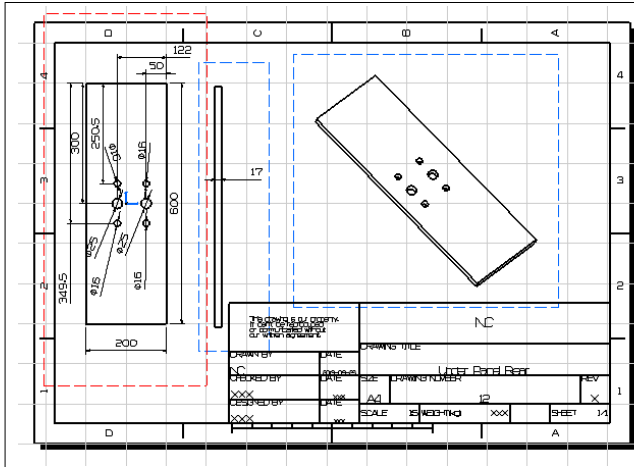
헨들 바 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품의 측정값을 바탕으로 작성 하였다.

(11) Under Panel (front, rear)

언더 패널은 메인프레임과 베어링 유닛이 결합을 보조해주는 역할을 한다.

<그림 3.22 언더패널 2D 도면 및 3D 도면>

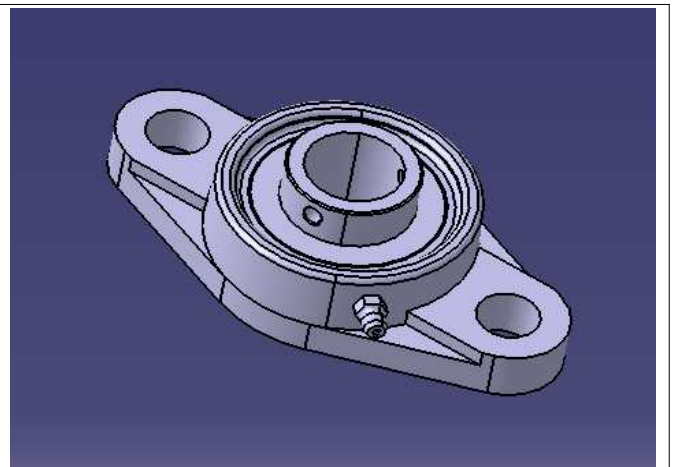
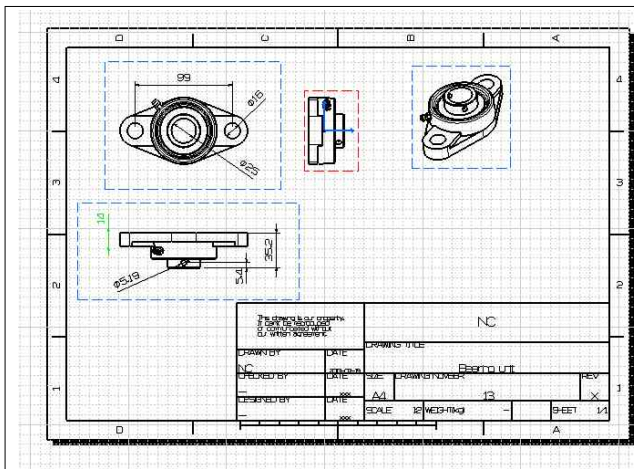




(12) Bearing Unit (CHDH 25)

베어링 유닛은 프론트 프레임, 리어 프레임, 핸들샤프트를 메인 메인프레임에 결합할 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 또한 위의 세 가지 부품이 회전운동을 할 수 있도록 하는 역할을 하게 된다.

<그림 3.23 베어링 유닛의 2D 도면 및 3D 도면>



핸들 바 3D 모델링 및 2D 도면은 규격품의 측정값 및 한국 미스미에서 제공하는 자료를 바탕으로 작성하였다.

(13) Transaxle motor

전동 수레에 제작에 사용되는 구동장치는 DC 모터를 사용하는 트랜스 액슬을 사용하여 구동 바퀴에 구동력을 전달하려 한다. 트랜스 액슬은 변속을 하는 변속기와 차축을 구동하는 차동장치(종 감속기어, 차동기어)를 이용하여 일체로 만들어진 것이다. 여기서 종 감속기어의 원리는 회전하는 바퀴를 가속하고 지면에 견인력을 제공하기 위하여 차축에 전달되는 토크는 종 감속 기어비에 의해 확대 되게 된다.

<그림 3.24 시중에서 판매중인 트랜스 액슬의 종류>

전압	24V	24V	24V	36V
정격출력	DC 270w	DC 400w	DC 800w	DC 1000w
감속비	21:1	25:1	30:1	40:1
최대 RPM	223.8	166.8	145	82.5
가격	₩220,000	₩333,000	₩470,000	₩580,000
원산지	대만	대만	대만	중국
재고 유무	무	무	유	무

<그림 3.25 트랜스 액슬의 제품 선정>

24V 800W 감속비 : 25:1

Test report for electric motor transaxle

Test item	Synchronous onload	Test No.	080513-039
Model	24V 800w	Transaxle No.	0338
Temperature	25	Atmosphere	101
		Humidity	80
Tester	Q.C department	Date	2008-05-13
Company	Ruipu Machinery Manufacturing Co.,Ltd	Gear Ratio	25:1
Remark			

	Current (A)	Output speed (rpm)	Output torque (N.m)	Total efficiency (%)	Power input (W)	Power output (W)
Max efficiency (%)	31.720	230.3	23.0	72.7	752.2	546.8
Max power output(W)	200.000	125.0	137.7	43.3	4181.5	1810.5
Rated output Speed	33.947	226.9	24.0	71.9	803.6	577.6

Voltage	24V	Power Output	800W
Output Speed	220~250RPM	Gear Ratio	25:1
Free Load Current	10A Max	Noise	≤68DB (A)
Max Torque Output	≥278N.m	Brake Torque	≥6N.m
Motor Diameter	97mm	Tire Size	10", 12", 14"
Transaxle Efficiency	≥65%	Vibration	5UM
Max Power Output	≥2000W	Net Weight	13kg
Packing Size	71*27*21 (CM)	Max Load	400KG

24V 800W 감속비 : 40:1

Test report for electric motor transaxle

Test item	Synchronous onload	Test No.	080513-078
Model	24V 800w	Transaxle No.	0367
Temperature	25	Atmosphere	101
		Humidity	80
Tester	Q.C department	Date	2008-05-14
Company	Ruipu Machinery Manufacturing Co.,Ltd	Gear Ratio	40:1
Remark			

	Current (A)	Output speed (rpm)	Output torque (N.m)	Total efficiency (%)	Power input (W)	Power output (W)
Max efficiency (%)	53.686	119.7	74.5	75.2	1254.7	944.0
Max power output(W)	164.057	76.4	245.8	55.4	3540.7	1961.7
Rated output Speed	34.232	128.6	43.3	71.7	810.5	580.9

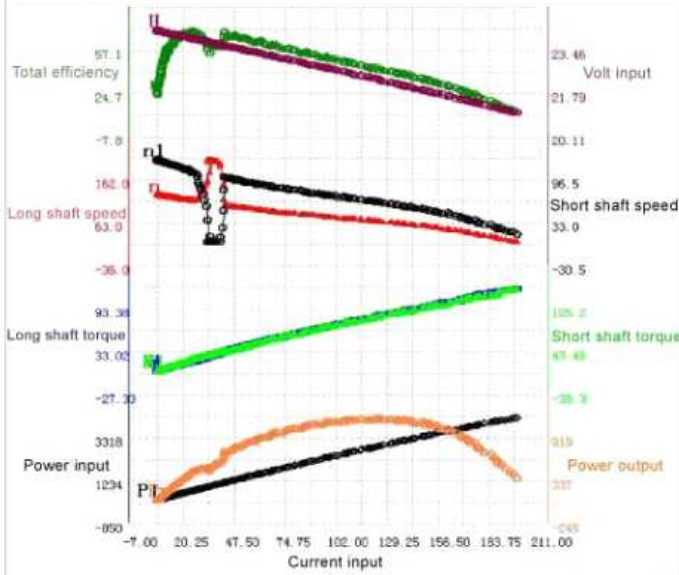
Voltage	24V	Power	800-1000W
Output Speed	80-120RPM	Gear Ratio	40:1
Free Load Current	10A Max	Noise	≤68DB (A)
Max Torque Output	≥380N.m	Brake Torque	≥6N.m
Motor Diameter	115mm	Tire Size	10", 12", 14", 16"
Transaxle Efficiency	≥65%	Vibration	≤5UM
Max Power Output	≥2500W	Net Weight	14.5 kg
Packing Size	71*27*21 (CM)	Max Load	500KG

24V 500W 감속비 : 40:1

결과

Test report for electric motor transaxle

Test item	Synchronous onload	Test No.	080513-666
Model	24V 500w	Transaxle No.	0339
Temperature	25	Atmosphere	101
		Humidity	80
Tester	Q.C department	Date	2008-05-14
Company	Ruipu Machinery Manufacturing Co.,Ltd	Gear Ratio	40:1
Remark			



	Current (A)	Output speed (rpm)	Output torque (Nm)	Total efficiency (%)	Power input (W)	Power output (W)
Max efficiency (%)	25.565	107.3	38.3	70.1	668.1	426.3
Max power output(W)	122.636	60.0	182.5	42.2	2729.0	1161.6
Rated output Speed	20.967	109.9	30.3	65.9	500.6	330.1

Voltage	24V	Power	400-600 W
Output Speed	80-120 RPM	Gear Ratio	40:1
Free Load Current	12.5A Max	Noise	≤68DB(A)
Max Torque	≥190N.m	Brake Torque	≥6N.M
Motor Diameter	97mm	Tire Size	10",12", 14",16"
Transaxle Efficiency	≥65%	Net Weight	13kg
Max Power Output	≥1000W	Packing Size	71*27*21 (CM)
Motor efficiency	≥78%	Max Load	280KG

조사 한 자료에서 보는 바와 같이 24V 800W (감속비 : 25:1) 의 경우 약 400kg의 최대 하중을 견인 할 수 있고, 24V 800W (감속비 : 40:1)의 경우 약 500kg의 하중을 견일 할 수 있다. 또한 24V 500W (감속비 : 40:1) 의 경우에는 약 280kg의 하중을 견인 할 수 있다.

팀에서 목표한 설계사양과 제작가격을 절충하기 위하여 24V 270W의 트랜스 액슬 모터를 팀에서 사용하기 로 하였다.

장점 및 단점

장점 : 양산되는 트랜스 액슬을 사용할 경우 컨트롤러와 조합하여 다양한 움직임 제어 가능하며 독자적인 구동장치 설계를 할 필요가 없다. 트랜스 액슬에 바퀴를 바로 장착이 가능 하다. (별도의 바퀴 트랜스 액슬의 결합구조 설계 불필요.) 트랜스 액슬 내부에 자체적인 전자 브레이크가 장착되어 있어 별도의 제동장치를 설계 할 필요가 없다. 대부분의 양산형 전동 운반차에 트랜스 액슬이 사용되고 있다.

<그림 3.26 트랜스 액슬의 사용>



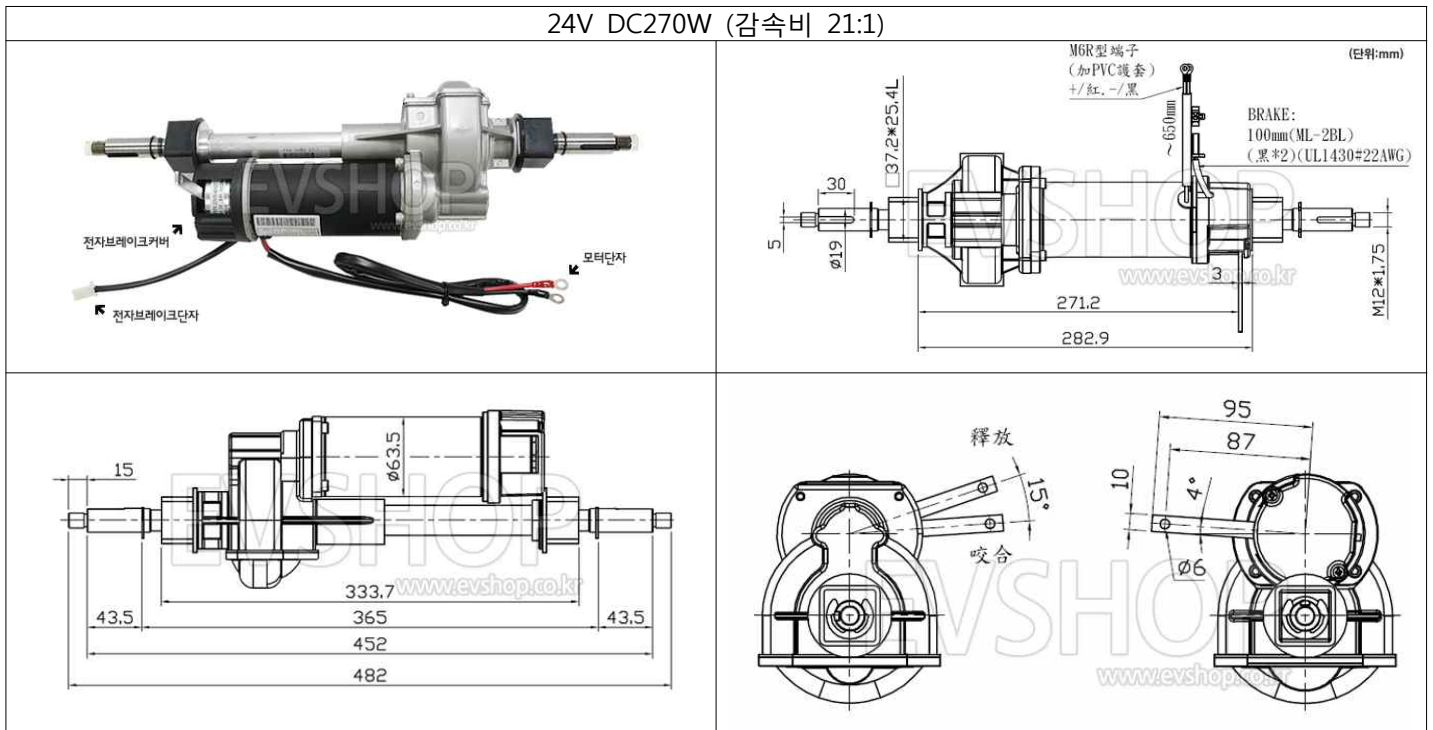
단점 : 트랜스 액슬의 가격이 매우 높다. (모터컨트롤 박스, 엑셀레이터, 컨트롤러, 브레이크 등과 조합 시 제작비 50만원 초과.)

위와 같은 결과를 바탕으로 24V DC 270w의 제품을 전동수레의 트랜스 액슬 모터로 선정 하게 되었다.

트랜스 액슬 2D 도면 (업체 제공)

선정된 제품을 및 업체에서 제공하는 2D 도면을 바탕으로 개략적인 형상을 CATIA에서 구현 하였다. 아래는 상세 도면이다.

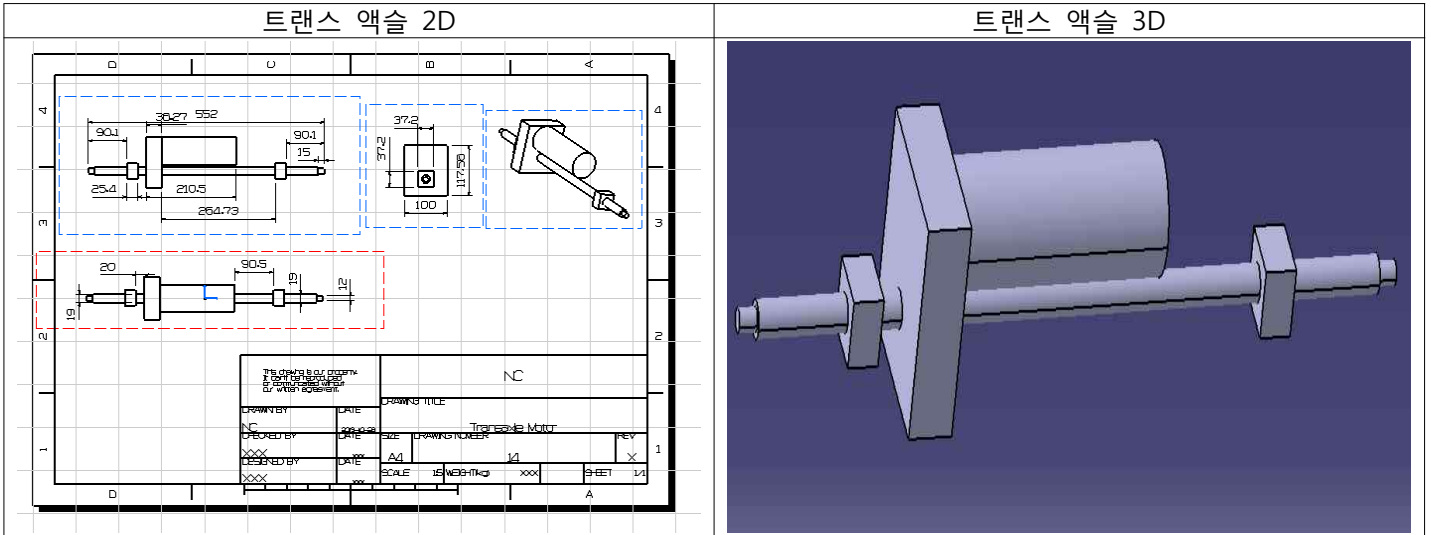
<그림 3.27 트랜스 액슬 도면>



트랜스 액슬 3D 모델링

모델링에 사용된 트랜스 액슬 제품은 24V DC 270W (감속비 30:1)의 제품의 2D 도면을 참고 하여 하였으며 2D 도면상에 정확히 나타내지 못한 부분이 많아 3D 모델링 상에는 제품의 부피와 간섭이 생기는 부분의 형상만을 구현하려 하였다.

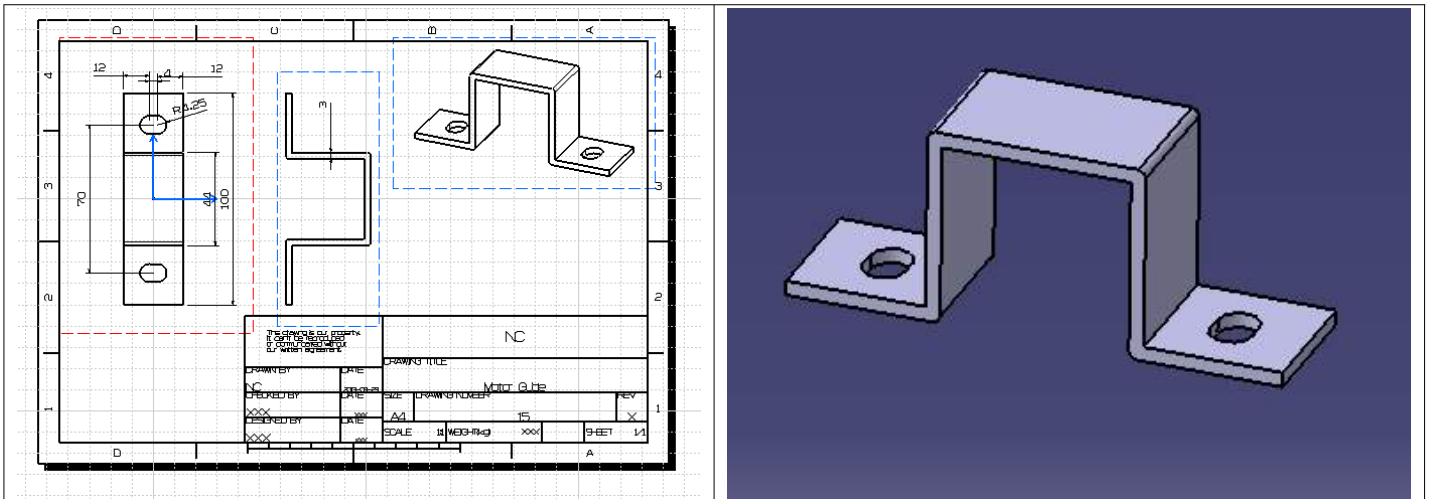
<그림 3.28 트랜스 액슬 모델링>



(14) Motor guide

모터 가이드는 리어 프레임과 모터를 연결해주는 역할을 한다. 업체에서 제공해준 2D 도면을 바탕으로 3D 모델링을 하였다. <표 3.>에 업체에서 제공해준 2D 도면과 이를 바탕으로 모델링한 3D 모델링 결과를 나타내었다.

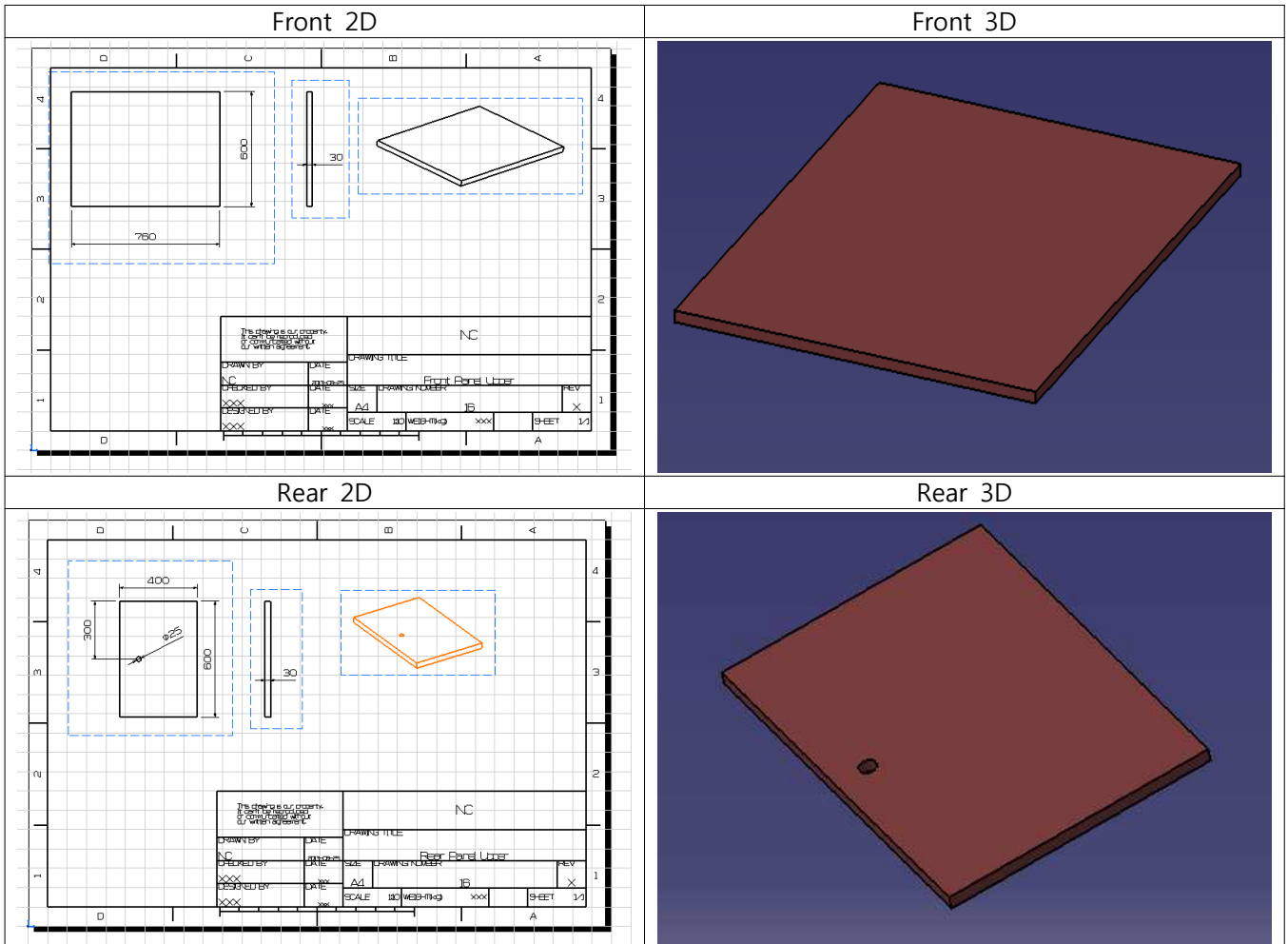
<그림 3.29 Motor guide 2D 도면 및 3D 모델링>



(15) Upper panel (Fornt, Rear)

Upper panel은 메인 프레임 상부에 적재함(Front), 배터리 수납공간 (Rear)를 구성하는 부품이다

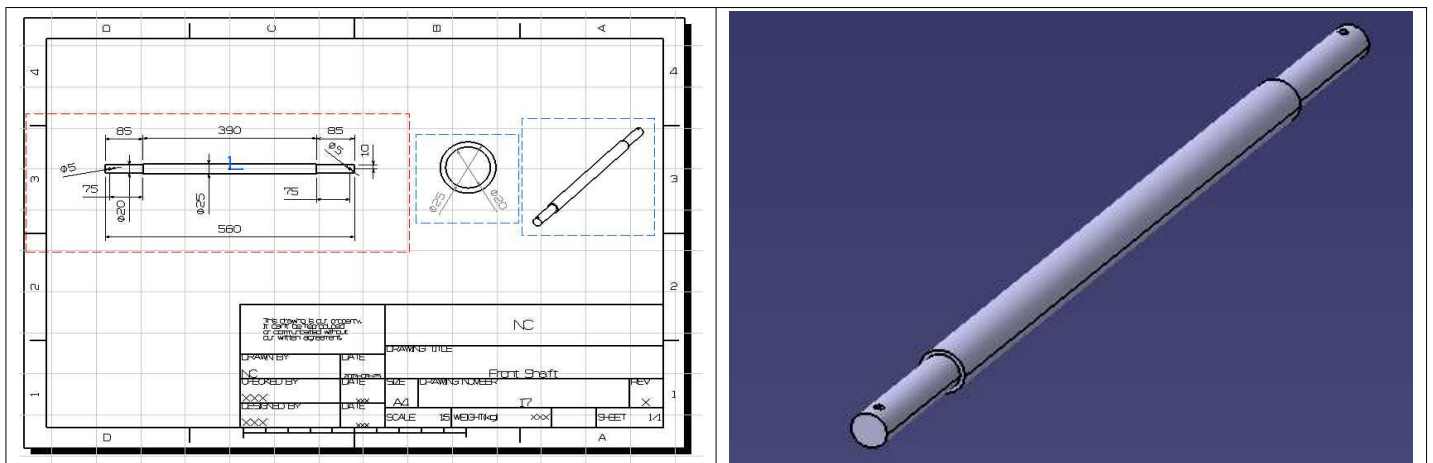
<그림 3.30 Upper panel (Front, Rear) 2D 도면 및 3D 모델링>



(16) Front Shaft

프론트 샤프트는 프론트 프레임, 프론트 타이어나 결합되어 전륜 조향 부를 형성하게 된다. 프론트 타이어를 구입하여 내경 및 내경의 크기를 측정하고 측정값을 바탕으로 프론트 타이어나 프론트 샤프트가 결합 될 수 있도록 지름 5mm의 핀 홀 및 단차를 설계 하였다

<그림 3.31 Front shaft 2D 도면 및 3D 모델링>



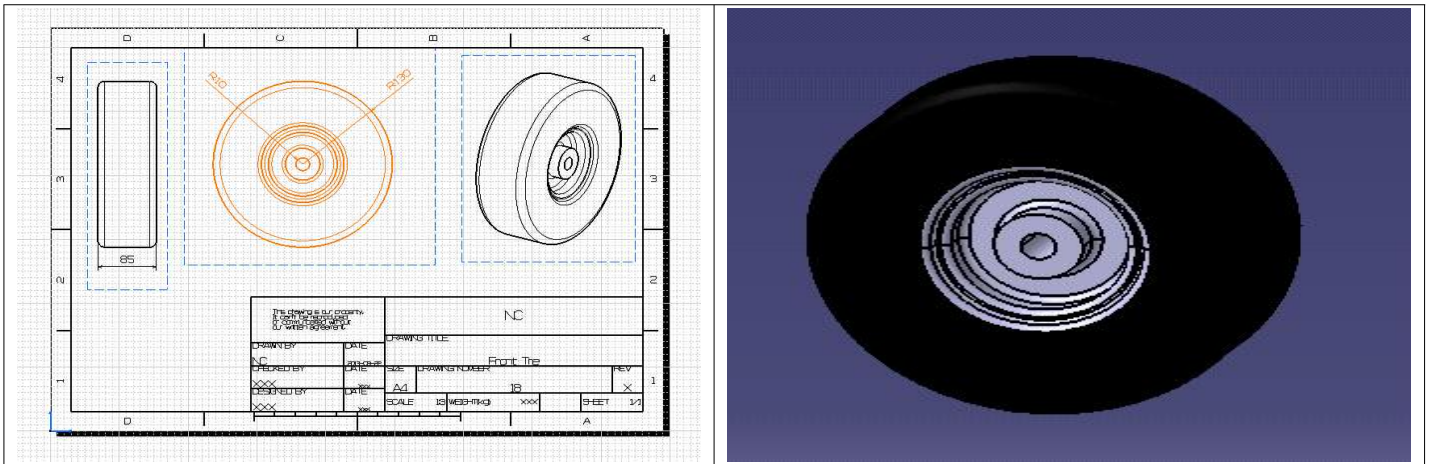
(Motor guide의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

(17) Front tier

전동 수레의 전륜에 사용되는 타이어는 구동력을 발생할 필요가 없다고 판단하여 핸드 카트에 사용되는 타이어를 사용하기로 하였다. 핸드 카트에 사용되는 타이어를 사용하게 되면 제작 리어타이어 4개를 사용할 때 보다 가격이 감소하게 되어 제작 원가가 줄일 수 있을 것이라 판단된다.

핸드 카트와 타이어의 결합구조를 벤치 마킹하여 수레에 적용될 수 있도록 설계 하였다. <그림 3.32>에는 프론트 타이어의 2D 및 3D 모델링 결과물을 나타내었다. (Front tire의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

<그림 3.32 Front tier 2D 도면 및 3D 모델링>

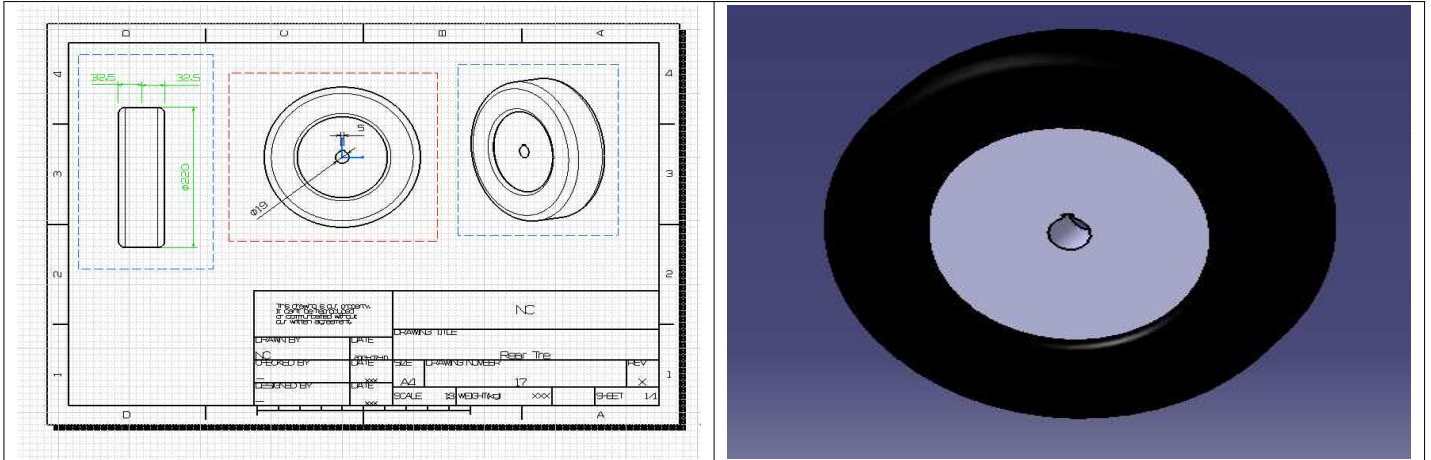


(18) Rear tier

전동 수레의 후륜에 사용되는 타이어는 전륜과 다른 타이어를 사용해야 한다. 이유는 모터의 동력을 전달해 줄 장치가 필요한데 앞서 설명 하였듯이 트랜스 액슬 모터와 모터 전달 방식은 키와 키 홈을 이용한 모터 전달 방식이기 때문이다. 이미 시중에 트랜스 액슬 모터와 결합 할 수 있는 형태의 타이어가 출시되어 있었다.

시중에 출시 되어있는 9~13인치의 타이어중 10인치 타이어를 사용하기로 하였으나 프레임, 모터, 리어타이어를 결합해본 결과리어 프레임과 타이어 내륜 사이의 간섭이 생겨 9인치 타이어를 사용하기로 하였다. 또한 타이어에 펑크가 나지 않는 폼필드 타이어와 일반 튜브 타이어가 있었으나 제작 원가 절감의 목적으로 9인치 튜브 타이어를 사용 하였다. (폼필드 타이어 가격 : ₩ 77,000 , 튜브타이어 가격 : ₩55,000) <그림 3.33>에서는 업체 홈페이지에서 참고한 2D 도면과 업체에 문의하여 얻은 2D 도면상에 표시 되지 않은 치수를 바탕으로 3D 모델링 결과물을 나타내었다.

<그림 3.33 Front tier 2D 도면 및 3D 모델링>



위의 <그림 3.33> 같은 타이어를 사용할시 타이어나 트랜스 액슬에 별도의 기계적 가공을 할 필요 없이 바로 타이어나 트랜스 액슬을 결합 할 수 있다는 장점이 있다.

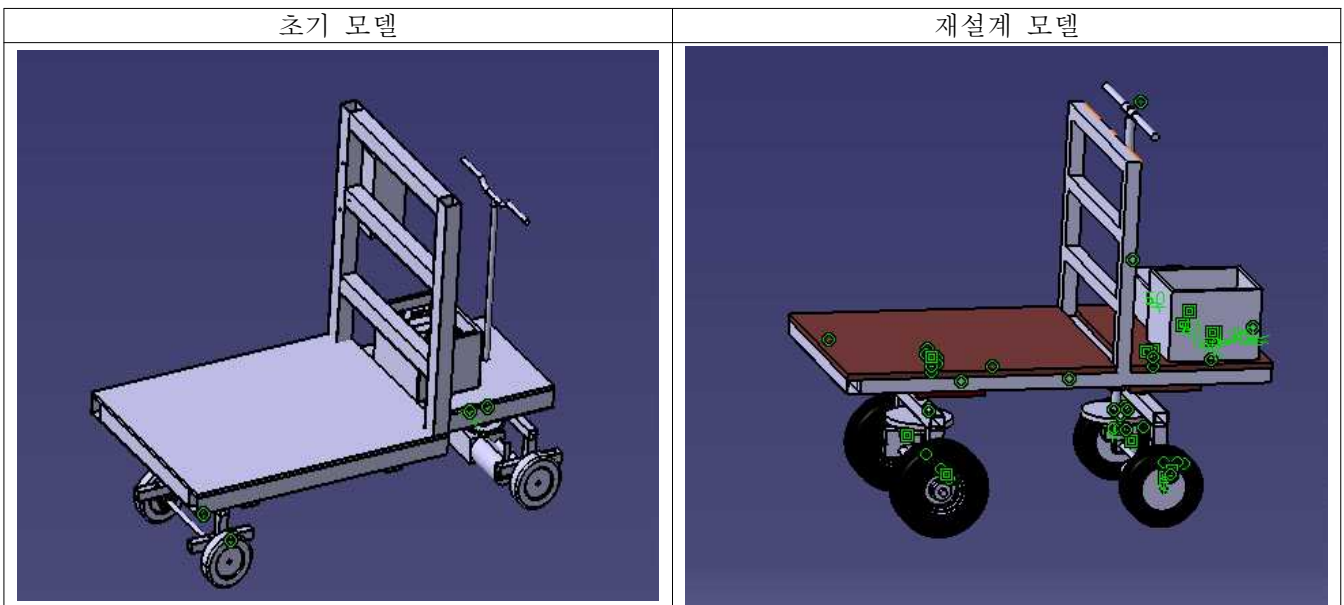
(Rear tier의 2D 도면 및 상세 치수는 부록 2 도면란 참고.)

이상으로 전동수레에 사용된 24개의 부품 중 18개 부품에 대해 부품 선정 및 도면 제작에 관하여 설명 하였다.

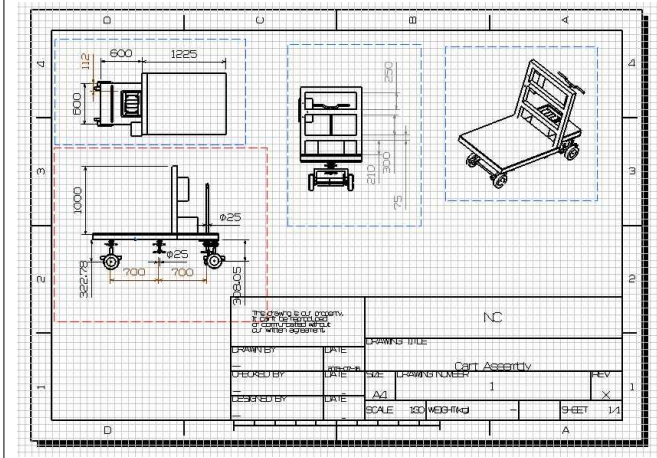
제 3절 부품 어셈블리

위의 24개의 부품을 어셈블리하여 3D 모델링 및 조립도를 작성 하였고 결과는 아래 <그림3.34>에서 확인 할수 있다.

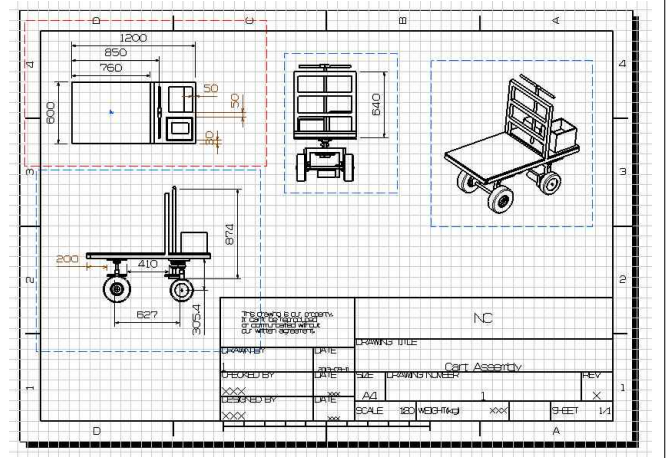
<그림 3.34 조립도 및 어셈블리 결과물>



조립도



조립도



볼트 및 너트 등은 모델링 과정이 난해하여 생략하였음.

제 4장 제품 제작 및 실험 결과

제 1절 부품 구매 및 가공

3장에서 설계된 부품을 규격품을 구매한 경우, 외주가공을 통해 제작된 부품, 교내 기계공작실의 공구 및 장비를 이용하여 제작된 자체 가공품으로 구분을 하여 구매 및 제작을 하였다.

(1) 규격품

<표 4. 1 규격품과 용도>

Battery Case	1	12v 배터리 2개 내장, 충전 단자 내장
Control Box	1	모터 제어
Bearing unit	3	프런트 프레임, 리어 프레임, 핸들의 회전운동을 도와줌
Transaxle motor	1	전동수레의 구동부, 리어프레임에 장착됨
Motor guide	2	모터와 리어프레임을 결합해 주는 역할
Front tier	2	수레의 앞 바퀴
Rear tier	2	수레의 앞 바퀴
M6 Bolt	3	베어링 홀더와 각 축을 연결하는 역할
Bolt, Nut (8pi)	4	모터 결합용
Bolt, Nut (8pi)	1	핸들바, 핸들 샤프트 결합용
Bolt, Nut (16pi)	6	베어링 유닛 결합용
Bolt (6pi)	3	베어링 유닛, 핸들 샤프트, 리어 프레임, 프런트 프레임 결합용
Screw Piece	15	목재 패널과 구조용 각관의 조립에 사용됨

(2) 외주 가공품

<표 4. 2 외주가공품>

Super Gear	2	S45C, 모듈 2.0, 잇수 36, 후륜 조향에 사용
sproket Gear	2	s45c 잇수 35, 전륜 조향에 사용
Handle shaft	1	핸들바와 연결, 핸들바와 조립되어 수레의 조향 담당
Front shaft	1	수레의 앞 바퀴 축
Handle bar	1	전동 수레 조향 담당, 재질은 알루미늄

(3) 자체 가공품

<표 4. 3 자체 가공품>

Main frame	1	s45c, 40x40 구조용 각관, 용접을 통한 접합
Rear frame	1	상기 동일
Front frame	1	상기 동일
Control Box case	1	컨트롤 박스 수납용 케이스, 재질은 목재 사용
Under Panel	2	베어링 홀더, 메인프레임, 리어프레임, 프론트 프레임 결합용
Upper Panel	2	메인프레임 상부에 적재함과 컨트롤박스 및 배터리결합을 위해 구성

제 2절 제품 조립

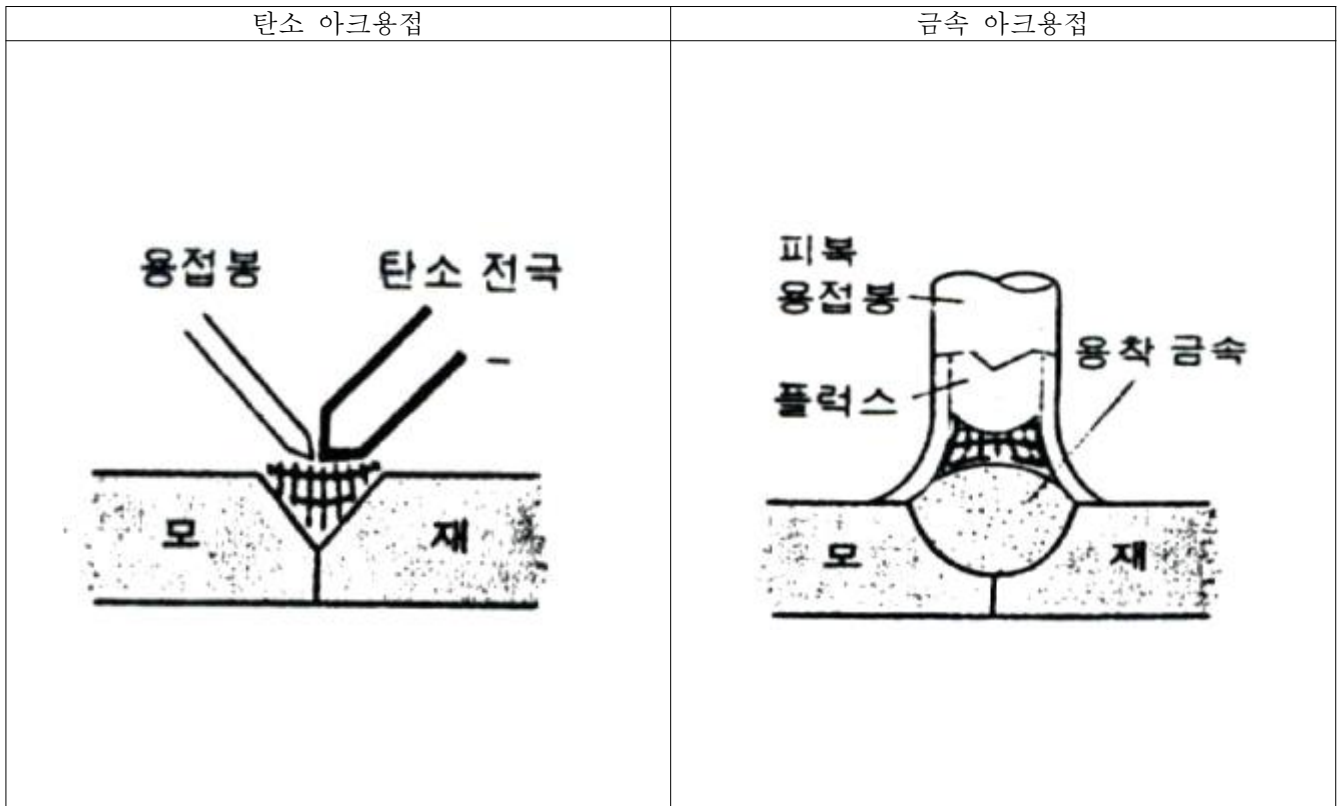
(1) 각 프레임 파이프 각각의 규격 수치 (사용 된 모든 파이프 기본규격 40mm X 40mm)

<표 4. 4 파이프 규격 수치>

Main Frame		
길이(mm)	수량	합계(mm)
720	4EA	2880
600	5EA	3000
520	3EA	1560
360	4EA	1440
Front Frame		
길이(mm)	수량	합계(mm)
100	4EA	400
90	2EA	180
360	1EA	360
Rear Frame		
길이(mm)	수량	합계(mm)
402	1EA	402
100	4EA	400

(2) 아크용접

<그림 4. 1 아크용접의 종류>



금속과 금속을 접합하는데 아크 방전을 이용하는 방법. 아크 용접에는 탄소전극을 사용하는 탄소 아크 용접과 금속전극을 사용하는 금속 아크 용접의 두 종류가 있다. 탄소 아크 용접은 용접모재와 탄소전극 사이에 아크를 발생시켜 그 속에 넣은 용접봉이 녹아 용접 부분을 채우게 되는데 아크를 이동해 나감에 따라 채운 것이 굳어져서 용접이 된다. 금속 아크 용접은 용접모재와 같은 종류의 금속으로 만든 전극 사이에 아크를 발생시켜 전극 그 자체를 녹여서 접합부분을 채워 모재를 접합하는 방법이다. 보통 용접봉에는 플럭스를 칠한 피복아크 용접봉이 사용된다. 플럭스는 슬래그를 표면에 떠오르게 하여, 녹은 금속을 보호하는 구실을 한다. 플럭스의 재료는 고(高)셀룰로오스계·고산화티탄계 등 종류가 많다. 최근에는 고주파전류를 사용한 고주파 아크 용접기가 많이 사용되고 있다. 그 이유로서는 아크의 발생·유지가 수월하고 소비전력이 적게 들며, 작거나 얇은 판의 용접에 편리하기 때문이다. 아크 용접은 4,000℃에 가까운 고온과 강한 자외선을 방출하므로 작업자는 눈이나 몸을 보호하기 위해 헬멧·에이프런·장갑 등을 착용해야 한다.

(3) 아크용접 및 규격품 조립작업

<그림 4. 2 아크용접 및 조립작업>

프레임 아크용접 작업	프레임 글라인더 작업
	
<p>재료 JIS S45C Steel을 사용한 구조용 각관을 각각의 크기에 맞게 절단하여 아크용접으로 접합하였다. 재설계한 600mmX760mm의 크기로 프레임을 제작하였다.</p>	<p>아크 용접을 하여 만든 프레임의 잔여 돌출 부분을 글라인더로 제거 하였다.</p>
프론트 · 리어 프레임	키 박스
	
<p>S45C, 40x40mm 2.0T의 구조용 각관을 용접하였다. 프론트 프레임 상부에는 25mm 원형강 90mm를 접합하였고 하부에는 25mm 원형강 50mm를 접합하였다. 리어 프레임 상부는 25mm 원형강 80mm, 하부에는 모터 브라켓을 위해 지름 8mm 규격의 구멍을 가공하였다.</p>	<p>10mm 두께의 목재판을 사용하여 150mmx200mm 크기의 직사각형 박스를 피스작업으로 제작하였다. 박스의 덮개는 경첩을 이용하였고 가운데 직경 25mm의 구멍을 뚫어 on/off 스위치를 장착하였다.</p>

선판 작업 후	체인 연결작업
	
<p>선판을 목재합판을 이용하여 피스작업을 하였다. 프레임 밑 언더 패널은 600mmx200mm, 직경 16mm,25mm의 구멍을 뚫어 베어링 유닛의 결합을 가능케 하였다.</p>	<p>국제규격 체인 50B를 이용하여 연결 작업을 하였다.</p>

(4) 제작 비용

<표 4. 5 제작 비용>

품번	품명	수량	단가
1	배터리, 케이스	2EA	₩ 119,000
2	휠, 타이어(assy)	2EA	₩ 110,000
3	휠, 타이어(assy)		₩ 14,000
4	트랜스액슬 구성세트	1EA	₩ 397,500
5	트랜스액슬 가이드	1EA	₩ 25,000
6	24V 2A 납산충전기	1EA	₩ 45,000
7	충전케이블	1EA	₩ 7,000
8	스프라켓 기어 (50)	2EA	₩ 34,000
9	체인 (50, 3M)	1EA	₩ 16,000
10	베어링 유닛 (25pi)	3EA	₩ 12,000
11	핸들 연결용 PVC 파이프	1EA	₩ 500
12	평기어	2EA	₩ 50,000
13	핸들바	1EA	₩ 10,500
14	구조용 각관	12m	₩ 49,200
15	직결 피스	1봉	₩ 7,000
16	스프라켓 기어 및 프런트 프레임 가공비		₩ 40,000
17	핸들바 및 핸들 축 가공		₩ 70,000
18	모터 연장용 배선 및 터미널 구입		₩ 15,000
19	결합용 볼트 및 너트 구입		₩ 15,000
		합 계	₩ 1,036,700

제 3절 실험 결과

(1) 실험결과

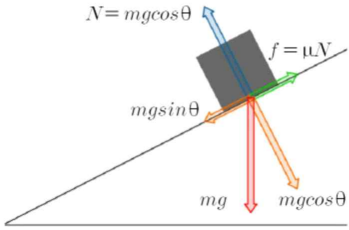
<그림 4. 3 등판 및 하중능력 실험>

등판능력 실험	등판능력 실험결과
	
<p>전동수레의 등판능력을 측정하기 위해 캠퍼스 내 각도15의 경사를 올라가게 하였다.</p>	<p>DC 270w 출력의 트랜스액슬의 파워로 충분히 올라갈 수 있었다.</p>

하중실험	
	
<p>전동수레의 적제함 측 성인 남성 65kg 두 명이 탑승하여 최소 120kg이상의 하중을 견디며 주행실험을 하여 하중능력에 문제가 없음을 확인하였다.</p>	

(2) 등판실험 이론

경사진 면을 수레가 올라가게 되면 아래 그림과 같이 수직항력(N), 중력(mg), 마찰력()이 작용한다. 수레는 바퀴가 있으므로 마찰력을 제외한 수레에 필요한 힘은



$$= 9.81M \cdot v \cdot G(W)$$

M = 수레의 총 무게(kg)

v = 수레의 속도(m/s)

G = 오르막의 정도, $\sin[\tan^{-1}(y\text{축 이동거리}/x\text{축 이동거리})]$ 로 계산할 수 있다.

<그림 4. 4 수레 분해도>

ANSYS프로그램에서 유한 요소해석을 통해 계산한 결과를 바탕으로 실제 제품을 제작하여 실험하였는데 하중, 등판능력에 문제가 없음을 확인하였다.

제 5장 문제점 해결방안 및 결론

제 1절 문제점 분석

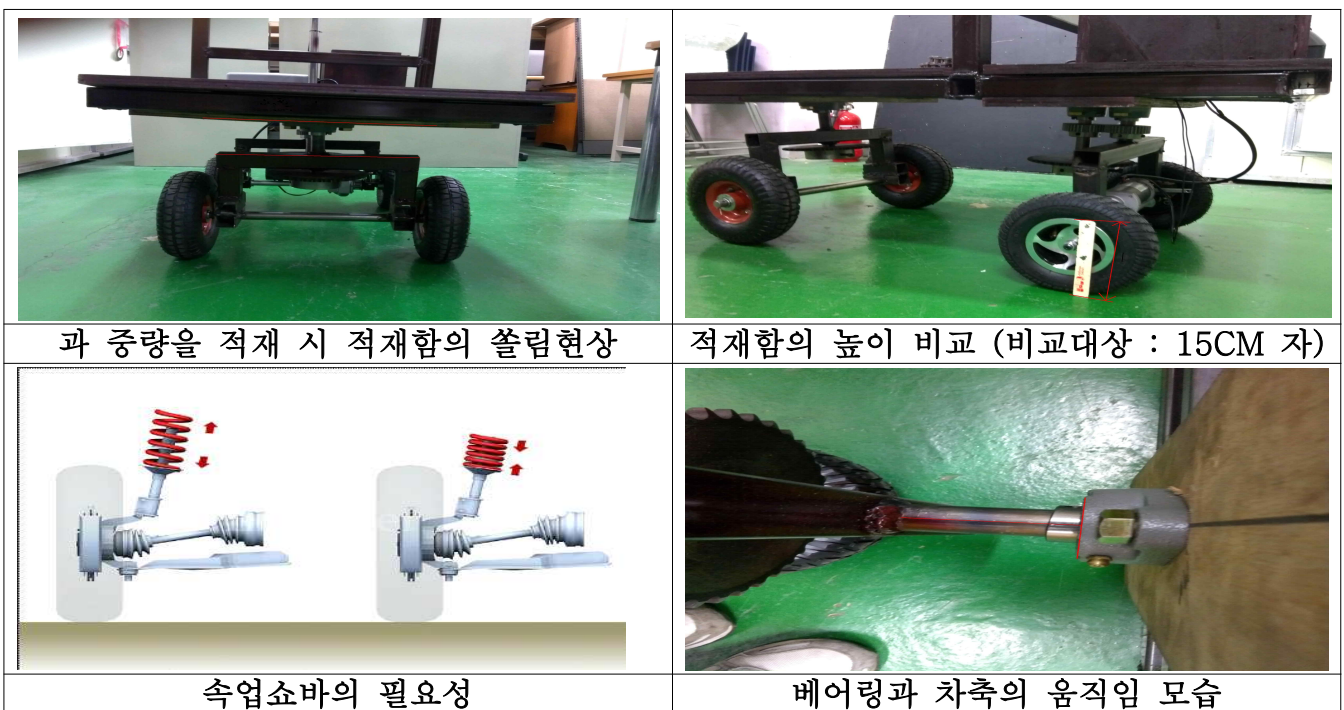
1. 차축의 조인트 운동으로 인한 문제점 발생 : 4륜 장치의 움직임을 원활하게 하며 차축의 고정성을 고려해 설치한 베어링 유닛이 차체와 수하물의 무게에 의하여 베어링의 내륜과 덮개부분이 차축과 함께 앞뒤로 움직이는 문제점이 발생했다. 이로 인해 다음과 같은 문제가 발생하게 되었다.

(1) 벨트의 유격이 커지는 문제점 발생 : 두 기어사이의 간격을 고려해 제작한 벨트의 길이를 앞차축의 움직임으로 인해 벨트의 유격이 때론 커지고 때론 작아지는 문제점이 발생하게 되었다. 특히 유격이 커졌을 경우 4륜 장치로써의 앞바퀴의 방향전환이 변화와 복원이 느려지는 점을 빼놓을 수 없다.

(2) 기어의 불균형 문제점 발생 : 뒤 차축의 움직임으로 인해 4륜 장치에서 중요한 역할을 차지하는 두 기어 헬리컬 기어와 차축의 기어가 부정합하게 맞추어 저 힘의 전달의 약화 및 기어 간의 마모증가의 문제점들의 문제점이 발생했다.

(3) 차축의 응력 집중 문제점 발생 : 베어링 유닛과 차축의 움직임은 차축의 기울기를 커지는 요인이 되었다. 이로 인해 저희 조가 예상했던 차축에 가해지는 힘의 크기보다 더 많은 힘이 기울기로 인해 가해지는걸 알 수 있었으며 이 힘에 의해서 베어링은 쉽게 고장 날수 있으며 차체의 안정성에도 큰 문제의 요인이 될 수도 있다고 보인다.

<그림 5. 1 차축의 조인트로 인한 문제점>



2. 차체의 요잉 현상과 쏠림현상의 문제점 발생 : 수레의 주행 중 지면의 상황과 주행속도로 인해 차체에 요잉 현상이 발생하게 되었으며 수하물의 형상과 무게로 인한 차체의 쏠림현상 또한 나타나는 실태이다.

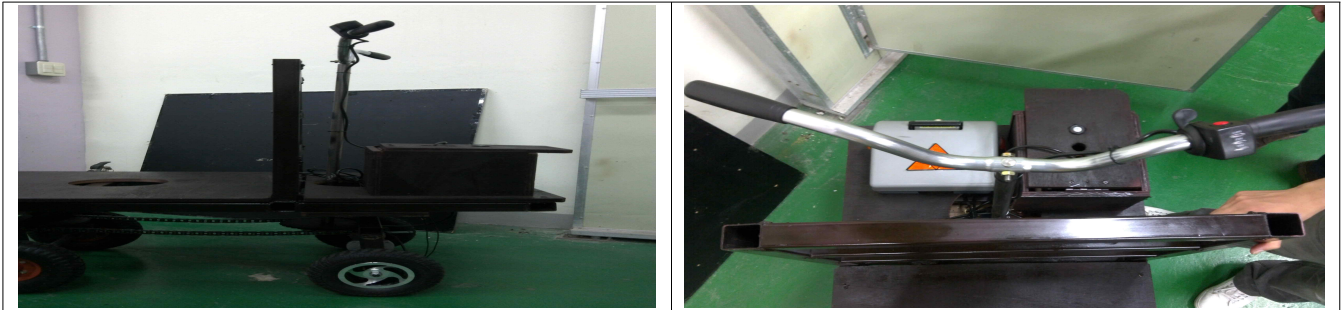
이 문제들은 일반적 수레 즉 시중의 제품에서도 흔히 보이는 문제점들 중 하나로 볼 수 있다. 그럼 이 문제점들이 왜 발생했는지에 대해 다음과 같이 말할 수 있다.

(1) **차체의 높이** : 수레에서 적재함의 부분을 넓히기 위해 차체의 하부 쪽에 기어와 모터 장치등 다양한 장치가 들어가게 설계를 하였다. 그 결과 어느 정도의 높이를 가지게 되었고 그 결과 쏠림현상이 더 뚜렷하게 보였다고 보인다.

(2) **속업쇼바의 부재** : 일반 차량의 경우 요잉 현상과 쏠림 현상등 다양한 진동에 대비하기 위해 속업쇼바가 장착되어 있다. 하지만 저희 수레의 경우 단가와 생산비 그리고 저희에게 책정된 총 제작비를 고려하여 부품에 제외하였다.

(3) **베어링의 움직임** : 위에서도 말했듯이 베어링 유닛과 연결된 차축의 움직임으로 인해 주행 시 위 현상들이 더 커지는 경향을 예측할 수 있다.

<그림 5. 2 핸들 정렬 불량>



핸들의 정렬 불량 모습

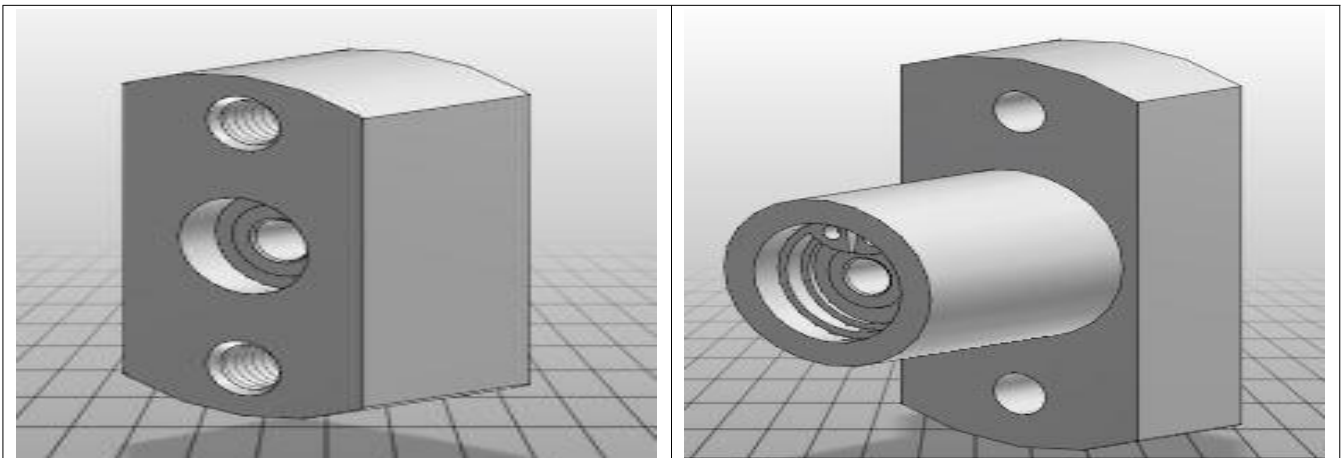
3. **핸들의 정렬 불량** : 스프라켓 기어와 평 기어의 잇수 차이에서 발생한 문제이다.

두 기어의 차이로 인해 핸들의 정렬이 똑바르지 않다는 문제점이 발생했다.

물론 이 문제는 방향성의 문제보다는 외관상의 문제점으로 더 커 보인다.

제 2절 해결 방안

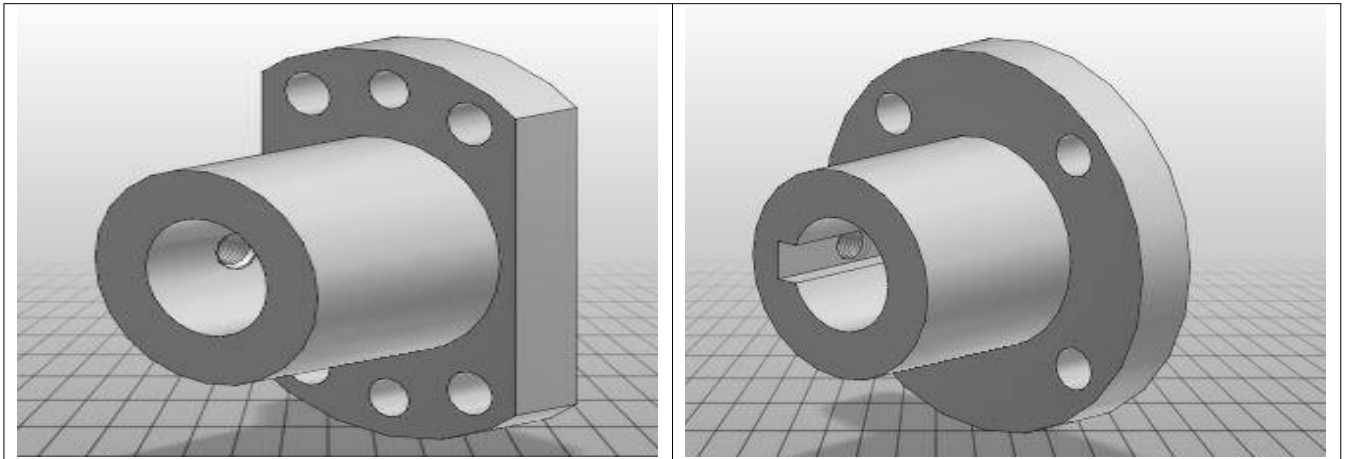
<그림 5. 3 베어링 유닛과 베어링 홀더>



1. 베어링 유닛 대신 베어링 홀더로 교체한다.

베어링 홀더로 교체함으로써 베어링 홀더에 포함되어 있는 링 형상의 키를 통하여 기존에 있었던 중량에 의한 앞뒤로 움직이는 현상을 방지할 수 있다.

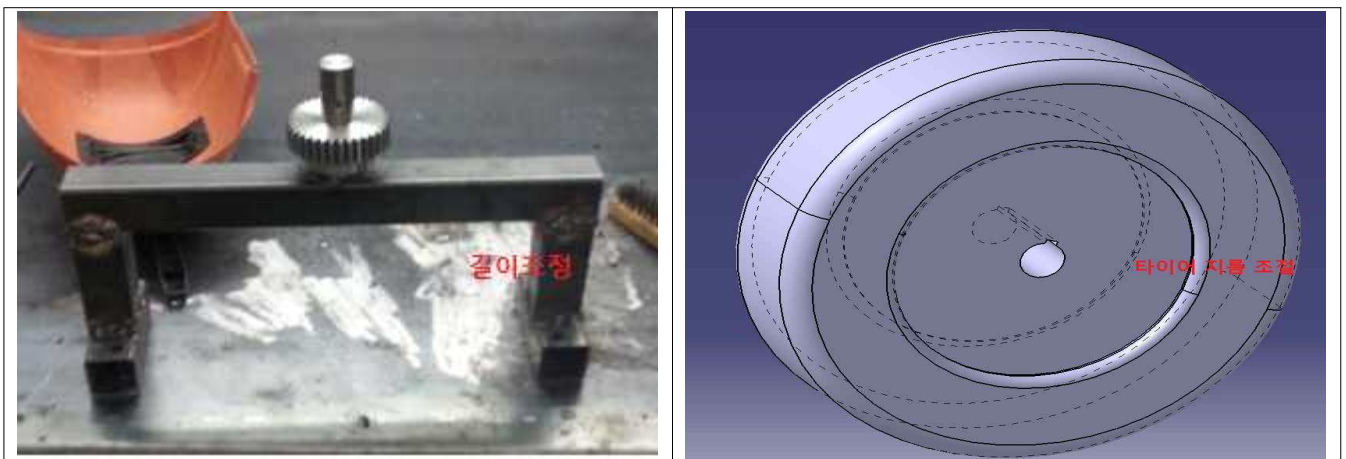
<그림 5. 4 추가적인 장치>



2. 베어링 유닛 외에도 추가적인 고정 장치 부착.(현재 플라스틱 가공 부착중)

베어링 유닛만으로 수화물의 중량을 다 해결하기 어렵기에 위와 같은 형상의 추가적인 고정 장치를 조향축, 회전축 상하로 추가 설치를 통하여 유동할 때의 힘을 받아주는 부분을 두 배로 늘려 유동을 억제한다.

<그림 5. 5 프론트 프레임과 타이어 도면>

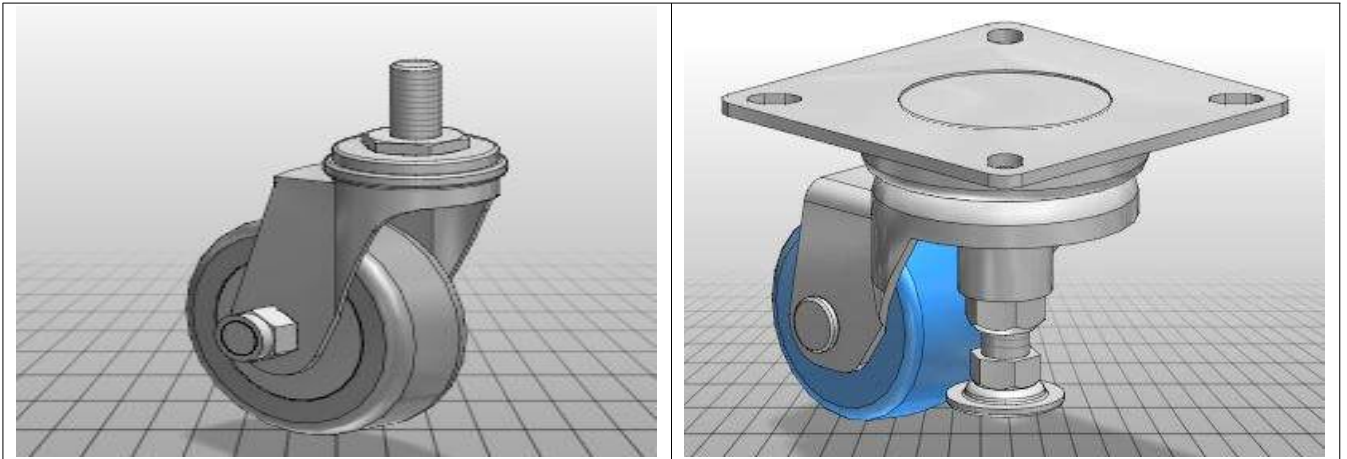


3. 차체를 낮게 낮추어 요잉 현상과 조인트 운동을 감소시킨다.

기본적으로 요잉 현상과 조인트 운동이 크게 발생하는 이유는 축 고정애 따른 문제도 있지만 구동에 필요한

축들이 길고 지면에서부터 수레의 바닥면까지의 차량의 높이가 높기 때문이다. 그를 해결하기 위해서 주력구동장치부의 위치 재설정과 구동축과 바퀴 등의 길이와 지름의 조정이 필요하다.

<그림 5. 6 보조바퀴>



4. 보조바퀴를 통한 평형성 유지.

<그림 5. 6>에서 언급한 것과 같이 속업쇼바를 장착하기에는 기존에 설정하였던 단가를 초과하게 되기 때문에 비교적 단가가 저렴하고 충분히 필요로 하는 작용을 할 수 있는 보조바퀴를 착안함으로써 기존 4개에 바퀴에만 쏠리게 되는 하중을 분산함으로써 요잉 유동 등의 현상 등을 해결할 수 있을 것이다.

<그림 5. 7 기어 및 체인>



5. 양기어의 늘어지지 않는 거리와 필요 잇수를 다시 계산하여 부품 교환.

발생하는 문제 중에 가장 크다고 할 수 있는 두 번째 문제는 체인의 이탈이라고 볼 수 있다. 현재 기어의 이빨이 체인의 길이에 맞지 않거나 축의 유동으로 인해 <그림5. 7>과 같이 기어의 상대 거리가 변하게 됨으로써 생기는 문제이다. 이를 해결하기 위해 위의 해결방안들을 적용하여 유동을 없애고 다시 기어와 체인간의 길이를 조정하여야 하며 또한 발생할 수 있는 체인길이가 길어짐에 따라 발생하는 체인의 처짐 현상을 차단하기 위해 체인장력조절장치 또한 단가대비 설치가능성을 염두에 두어야 할 필요가 있을 것이다.

제 3절 결론

산업용 전동수레의 제작 및 설계로 주제를 정한 후 4가지의 아이디어를 통하여 예비 모델링을 거친 끝에 최종적으로 4륜구동 장치를 접목 시키는 아이디어를 선정하게 되었고,

4륜 조향장치를 적용하고자 하는 아이디어는 좁은 산업 현장내의 구조 내에서 수레가 적은 회전 반경으로 기동할 수 있는 방안을 모색 시중에는 4륜 조향으로 움직이는 농기구(농약 살포기), 자동차의 몇몇 브랜드에서 4륜 조향 장치가 적용된 제품이 있었으며, 시중의 전통 수레 제품에는 4륜 조향이 적용된 제품이 없다는 것을 확인 수레에 적용할 경우 기술적인 면에서 시장제품과 경쟁력을 가질 수 있을 것이라 판단되었다.

이를 통해

-적재 하중 150kg (수레의 자중 제외), 속도 4km/h의 속도(보행자의 속도)를 낼수 있도록 설계.

-수레가 경사면을 오르는 것에 대한 수직항력(N), 중력(mg), 마찰력()이 작용을 계산하고

ANSYS프로그램에서 유한 요소해석을 통해 계산한 결과를 바탕으로 실제 제품을 설계.

-CATIA를 이용한 수레의 구조 설계 및 도면 화.

-ANSYS를 사용한 구조해석 및 안정성 있는 프레임 설계.

-스프라켓 기어 및 평 기어를 적용하여 4륜 조향 (4Wheel Steering)이 가능한 수레 제작.

등의 프로세서를 통하여 저희의 아이디어를 연구 하였으며, 그것을 토대로 연구결과의 시제품 제작을 착수 최종적으로 프로젝트의 시제품을 만들게 되었으며 이를 토대로 제 검토한 결과,

5장1절과 같은 추가 보완하여야 할 점 들을 발견하게 되었으며,

5장2절의 많은 해결 방안들 중에 현재 해결방안 2.를 통하여 어느 정도 보완 및 완화 되었으나 완전한 해결을 위해서는 축을 고정하는 베어링 유닛을 차체에 수평 회전만 가능한 베어링 홀더로의 교체, 또한 차체를 낮출 수 있도록 구동부의 설계 변경, 양기어의 거리와 필요 잇수를 다시 계산하여 만든 기어를 교체 결합한다면 추가 고정 장치나 보조바퀴를 달지 않고도 정상적인 구동이 가능할 것으로 판단된다.

제 4절 총론

우리는 산업용 전동수레 제작이라는 프로젝트로 두 학기 동안 설계와 제작을 해왔다. 산업용 전동수레 제작을 주제로 정하는 과정 중 여러 팀원들로 부터 다양한 주제가 제시 되었고, 그 중 다시 주제를 선정하는 여러 가지 반복적인 과정을 거쳐 이 주제를 선정 하였다. 그 과정은 브레인스토밍의 중요성을 깨우칠 수 있던 좋은 시간이 되었고 또한 팀원들 간의 의견을 수립하고 정리하는 시간이 되었다.

아이디어 도출에서부터 실험, 보고서 작성 및 분석에 이르기까지 다양한 경험을 해 봄으로써 실무 전의 좋은 경험이 되었으며 공학도로써 한걸음 더 나아가는 계기가 되었다.

제작을 함에 있어서 학업만으로 배웠던 이론적인 과정과 실제 제작 시 필요한 실무적인 과정의 난관도 있었고 미처 배우지 못했던 특정 과목에 대한 아쉬움도 남았다. 하지만 우리는 그러한 과정에 눌러 포기하기 보단 우리만의 해결책을 만들었고, 아쉬움이 남지 않는 작품을 완성시켰다. 그 뿐만 아니라 팀원과의 화합과 하고자 하는 의지, 완성하겠다는 열망을 깨우쳐준 작품이라 할 수 있다.

이 프로젝트를 구상하여 설계, 실험하기까지 많은 자문을 주시고 또한 두 학기 동안 자동차 설계 프로젝트 과제를 지도해 주신 임학규 교수님께 깊이 감사드립니다. 교수님께 배운 실무경력을 토대로 프로젝트를 잘 수행 할 수 있도록 이끌어 주셔서 저희 NC 팀원들 모두가 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

부록1. 참고문헌 및 참고 자료

UDT 전동수레 체원 및 가격 :

http://0921.co.kr/shop/goods/goods_view.php?goodsno=8624&inflow=naver&NaPm=ct%3Dhmfuyocg%7Cci%3D0b6d0c29f0bcf341074f232eb9acc225cc264676%7Ctr%3Dslsl%7Csn%3D189971%7Chk%3D21694cde636196808ed29c66059fbc3dc0f064da

운송용 전동카트 **BIP801 Series** : <http://www.bluemotion.co.kr/board/bbs>

특허 관련 자료 : <http://www.kipris.or.kr>

농장용 전동 수레 : <http://cafe.naver.com/batterycharger/93>

도로교통법 : <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=122978&efYd=20130701#0000>

4륜 조향의 이론 : 자동차 공학 (전홍신, 최영 공저) P.354~358

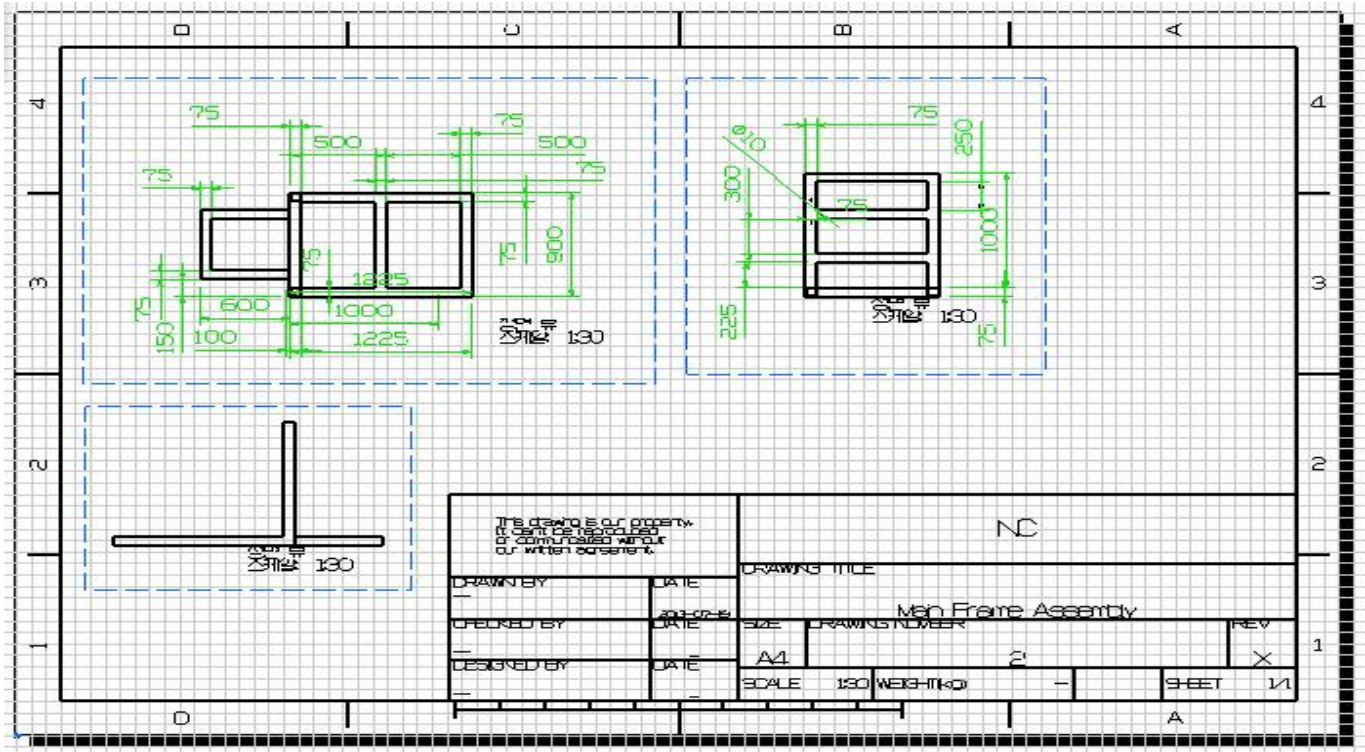
에코아이 홈페이지 : http://ecoi.co.kr/shop/list.php?ca_id=50

ev샵 홈페이지 : http://www.evshop.co.kr/shop/goods/goods_list.php?&category=054003

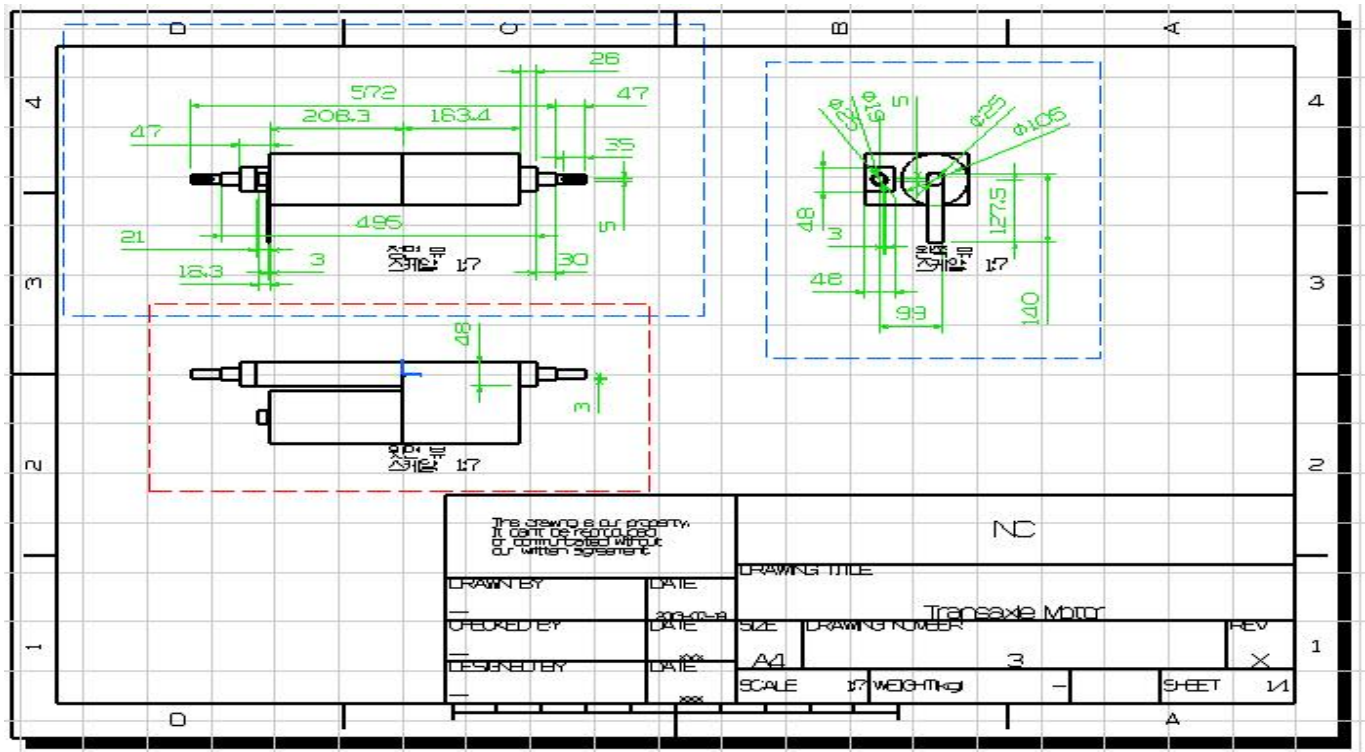
물성치 자료 : <http://matweb.com/>

2. 1) 전체 도면 및 부품 도면

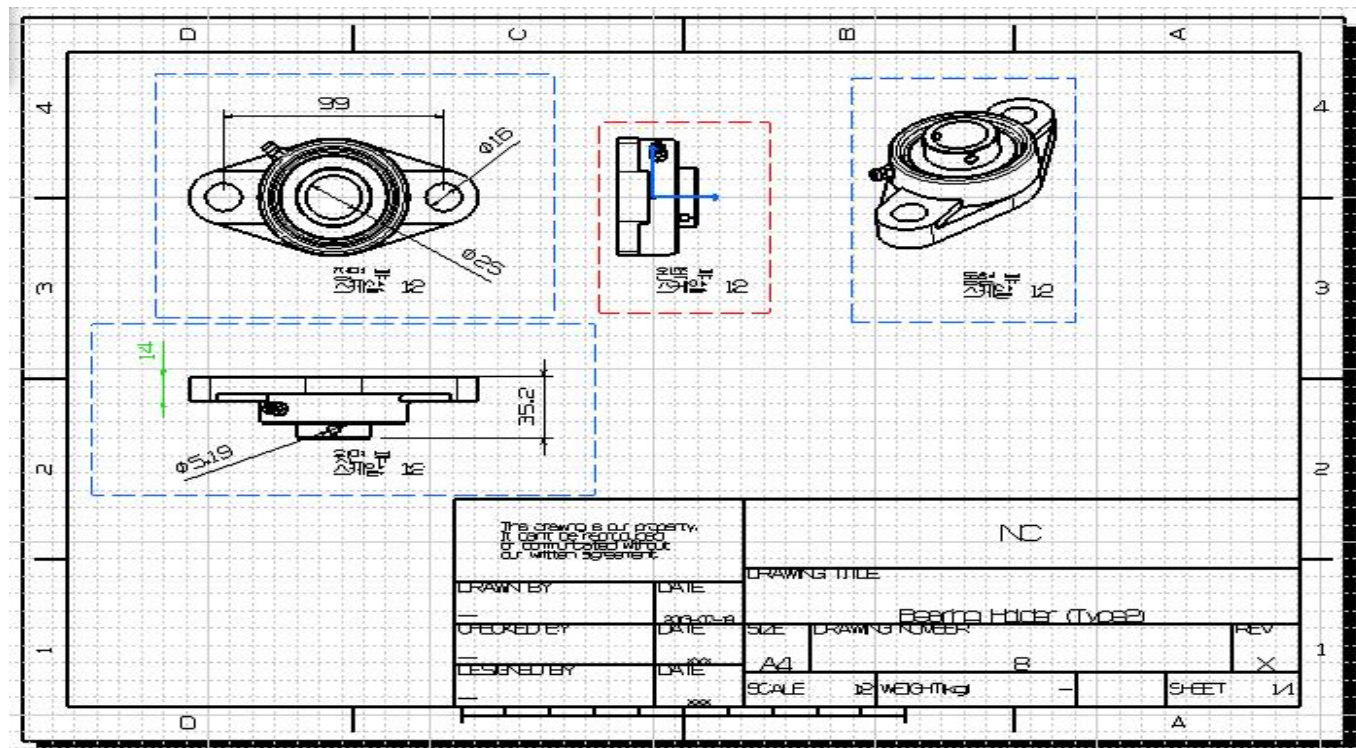
Frame <도면 1>



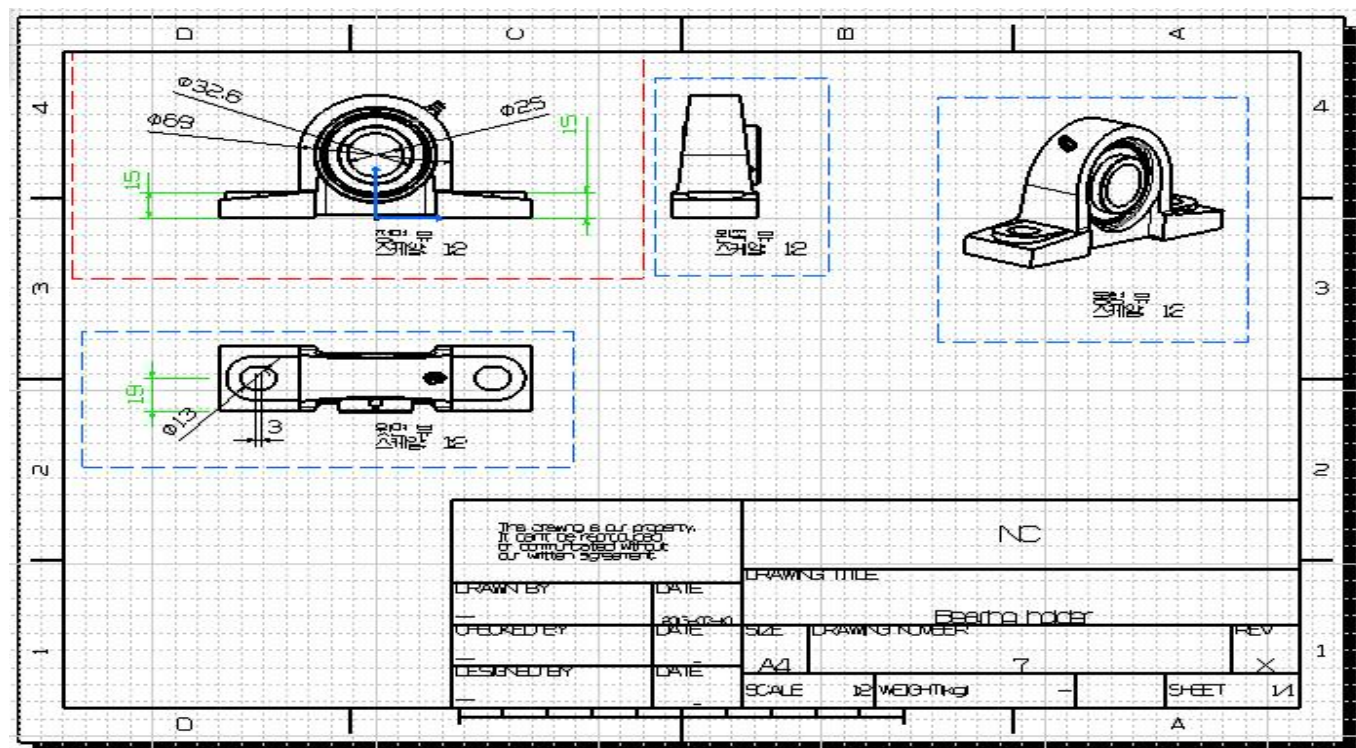
Transaxle <도면 2>



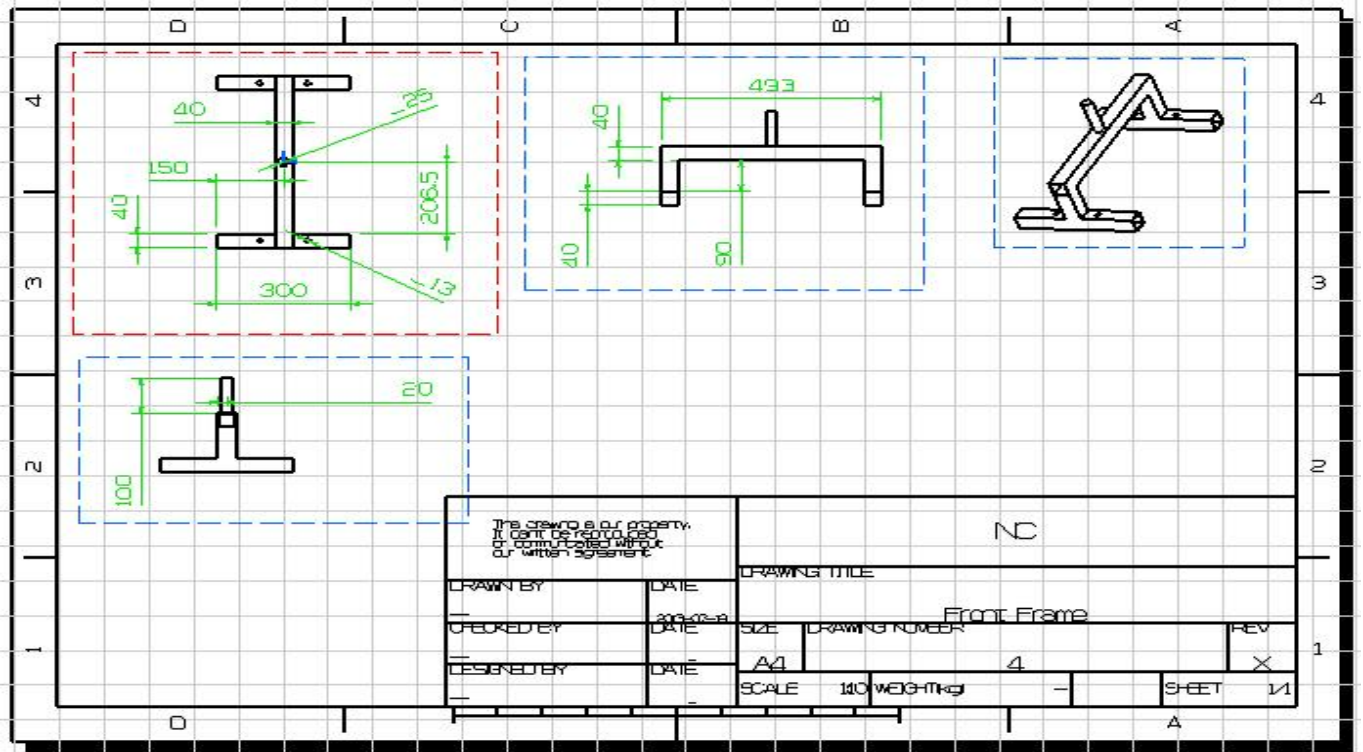
Bearing <도면 3>



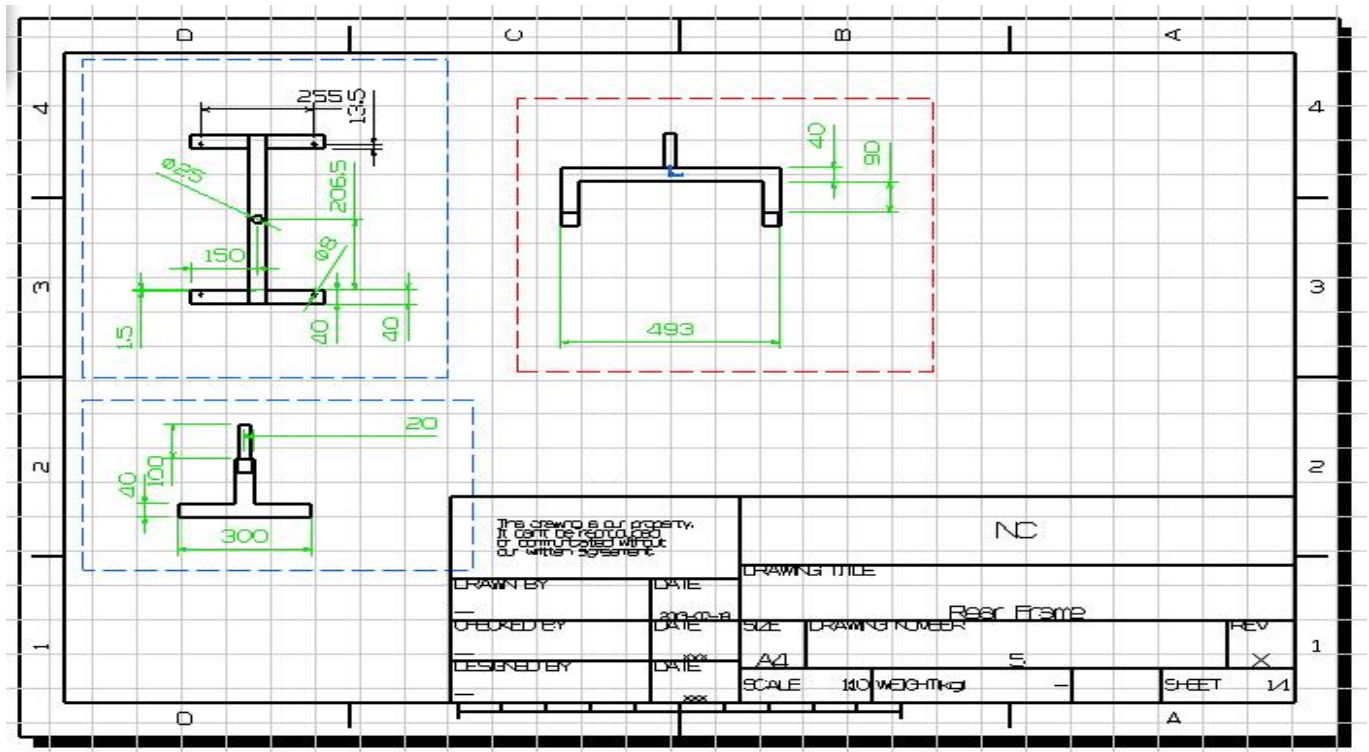
Bearing holder <도면 4>



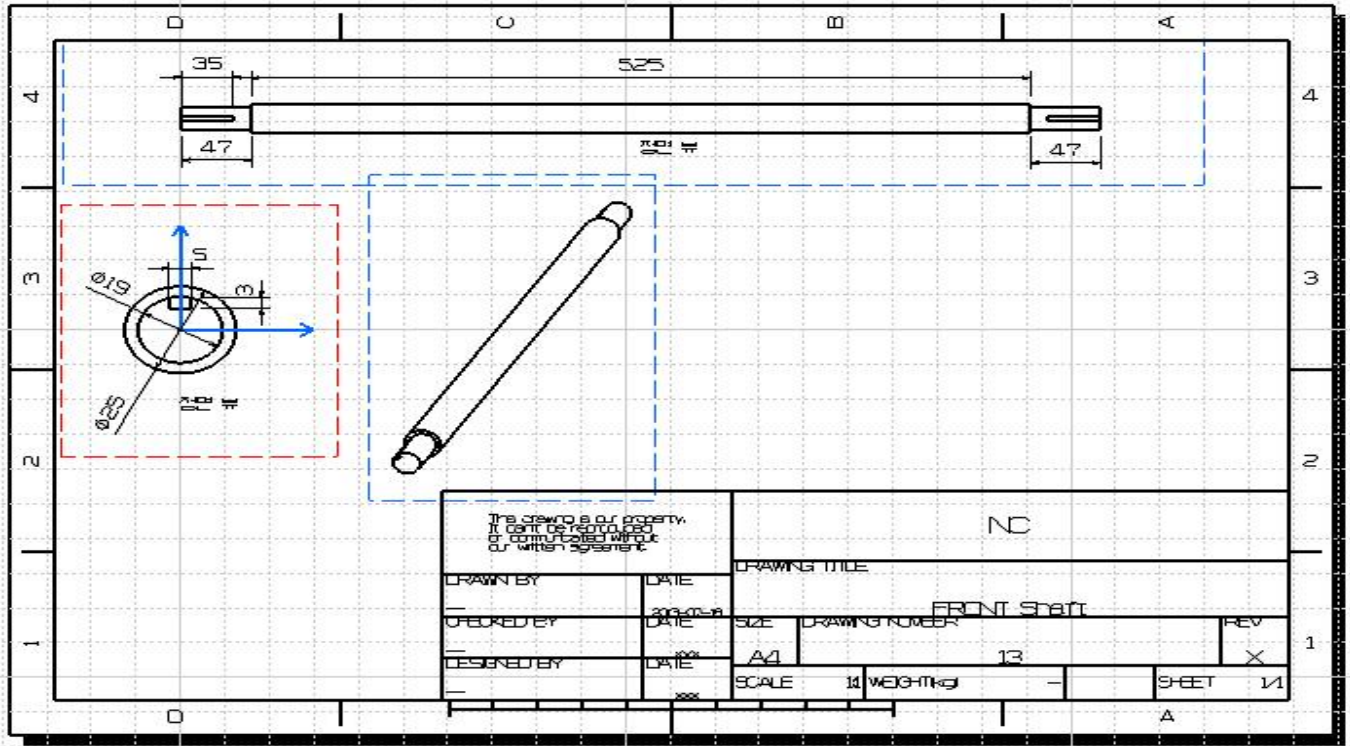
Frontframe <도면 5>



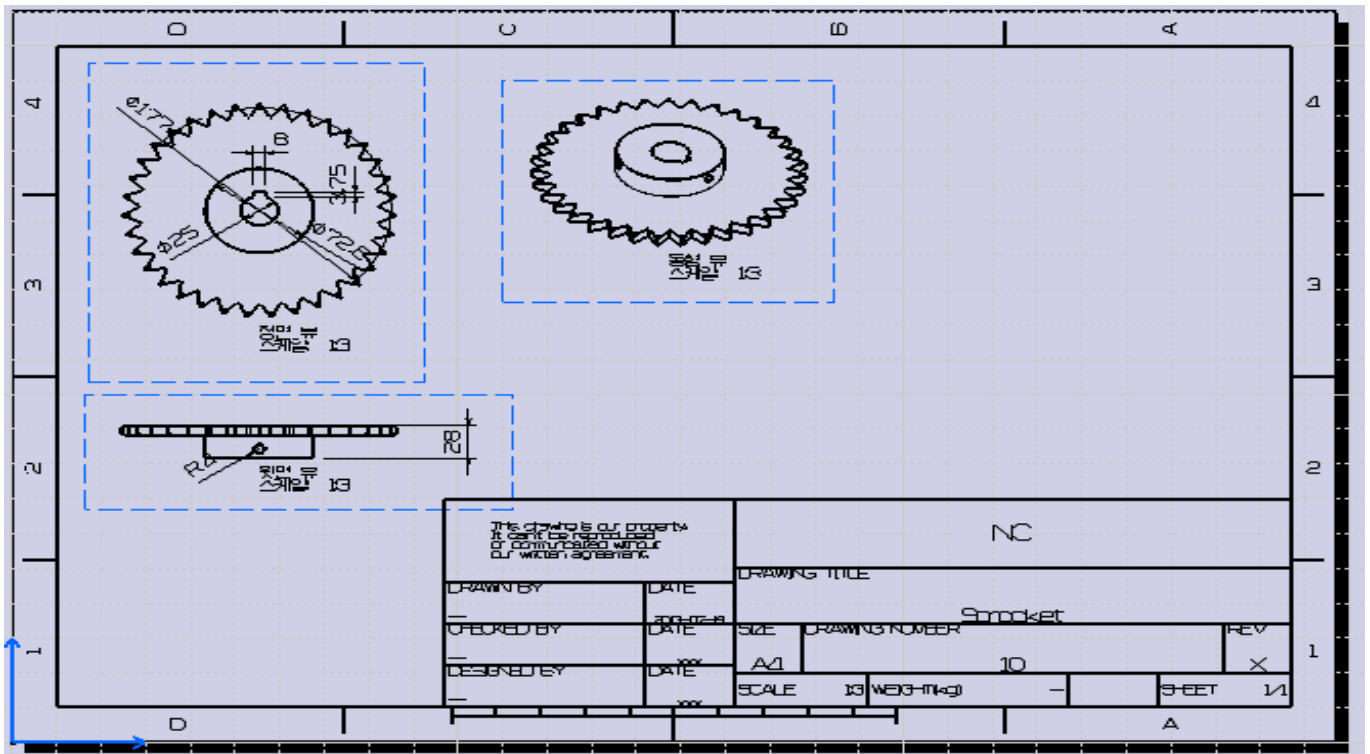
Rearframe <도면 6>



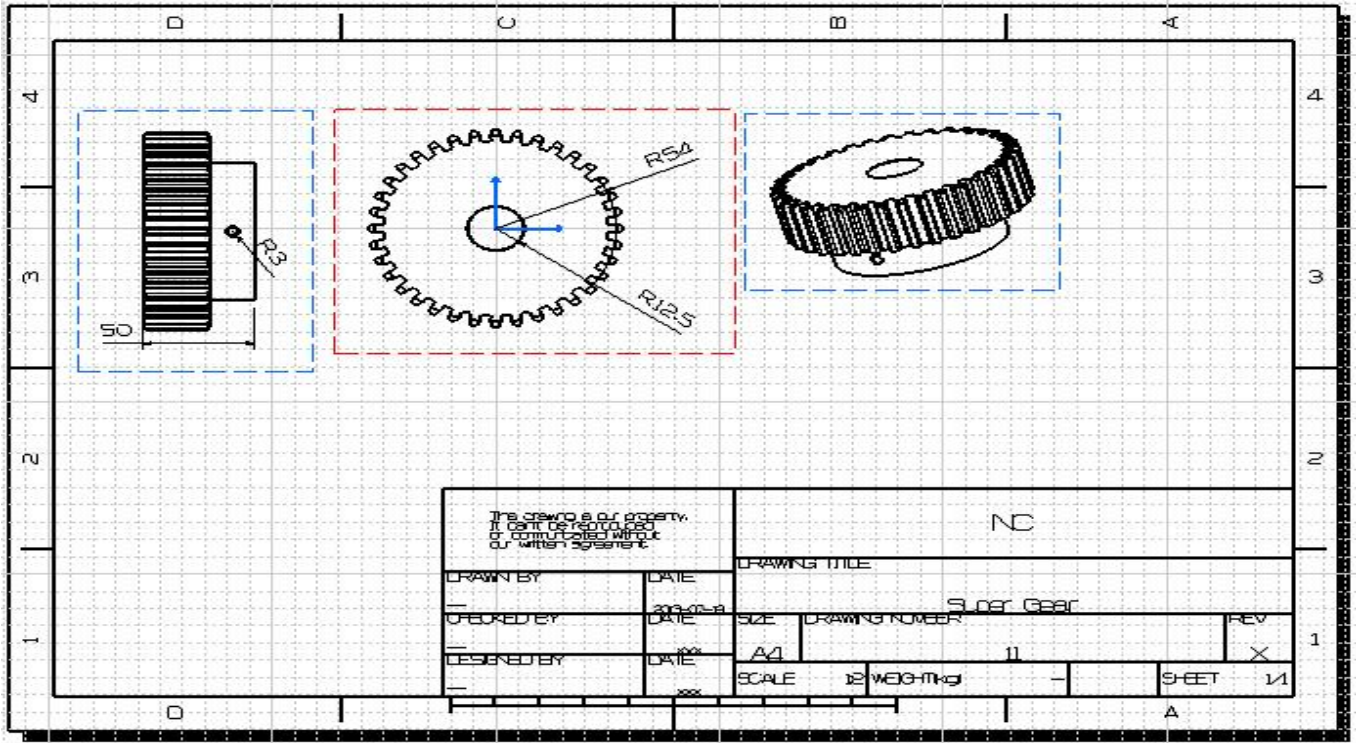
Shaft <도면 7>



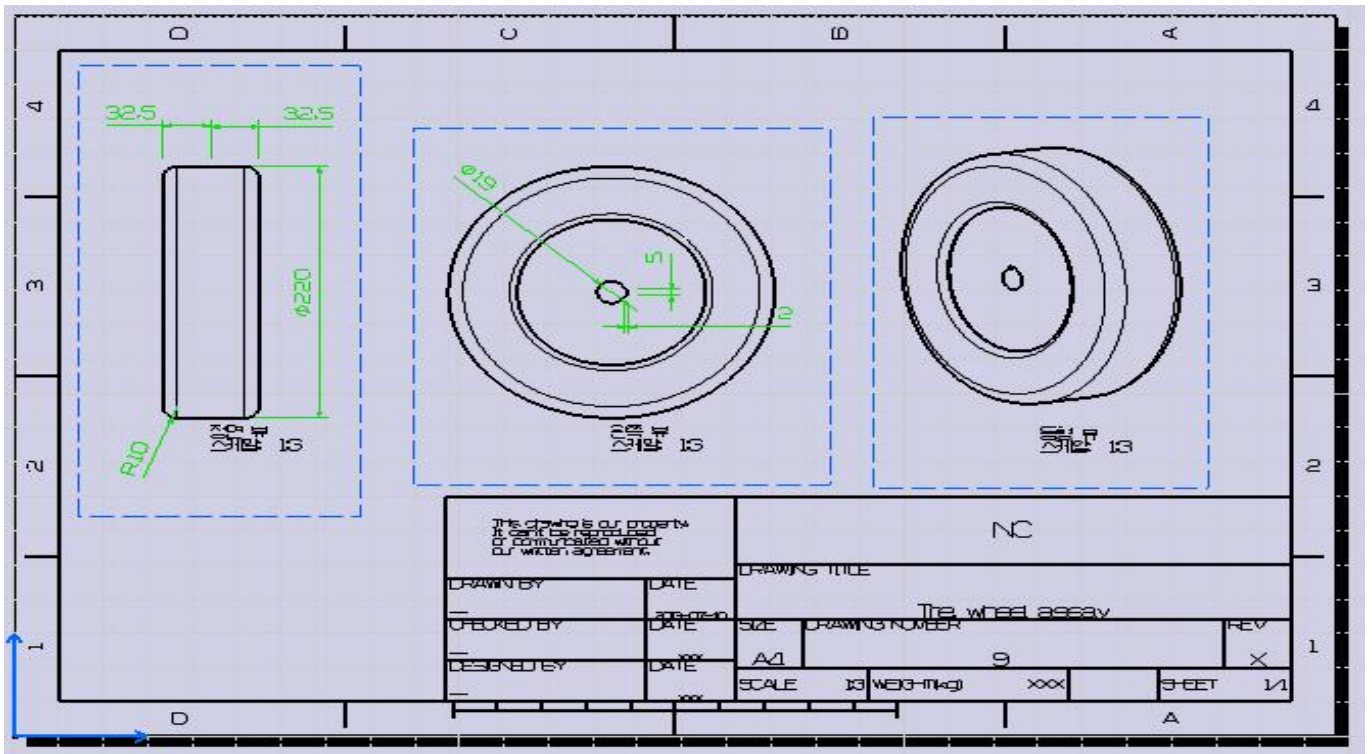
Sprocket <도면 8>



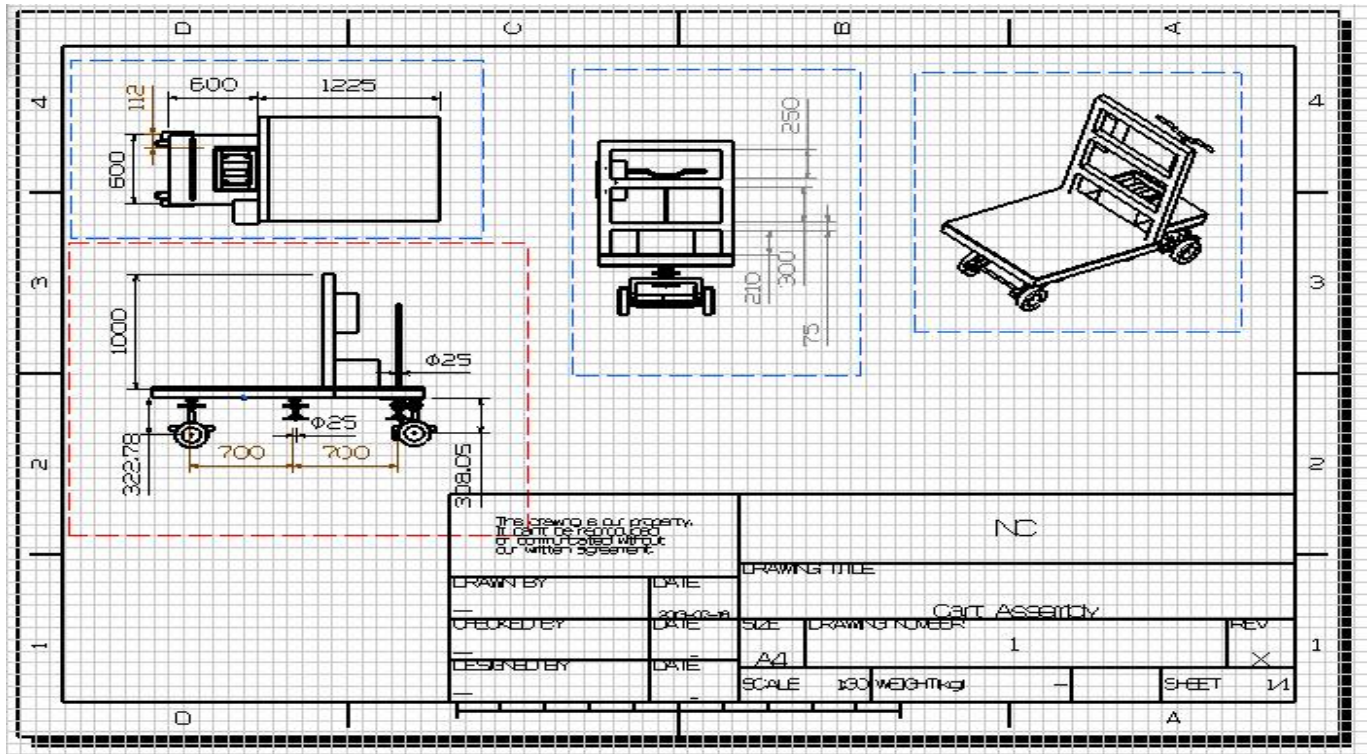
Super gear <도면 9>



Wheel <도면 10>



전체 도면 <도면 11>




2) 해석 물성치

<물성치 그림 1>

JIS S45C Steel, Normalized				
Categories:	Metal ; Ferrous Metal ; Carbon Steel ; AISI 1000 Series Steel ; Medium Carbon Steel			
Material Notes:	Very common grade in Asia.			
Key Words:	Similar to AISI 1045 and DIN CK45.			
Vendors:	No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.			
Printer friendly version Download as PDF Download to Excel (requires Excel and Windows) Export data to your CAD/FEA program				
Add to Folder: <input type="checkbox"/> My Folder 0/0				
Physical Properties		Metric	English	Comments
Density		7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	AISI 1045
Mechanical Properties		Metric	English	Comments
Hardness, Brinell		167 - 229	167 - 229	
Tensile Strength, Ultimate		569 MPa	82500 psi	
Tensile Strength, Yield		343 MPa	49800 psi	
Elongation at Break		20 %	20 %	
Modulus of Elasticity		205 GPa	29700 ksi	Typical steel
Poissons Ratio		0.29	0.29	Typical steel
Machinability		55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel as 100% machinability
Shear Modulus		80.0 GPa	11600 ksi	Typical steel
Electrical Properties		Metric	English	Comments
Electrical Resistivity		0.0000162 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.0000162 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	annealed specimen

<물성치 그림 2>

Thermal Properties		Metric	English	Comments
CTE, linear 		11.5 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 100 °C	6.39 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 212 °F	
		13.0 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	7.22 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
		14.0 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity		0.486 J/g-°C @Temperature 50.0 - 100 °C	0.116 BTU/lb-°F @Temperature 122 - 212 °F	(AISI 1045) annealed
Thermal Conductivity		49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-°F	Typical steel
Component Elements Properties		Metric	English	Comments
Carbon, C		0.42 - 0.48 %	0.42 - 0.48 %	
Chromium, Cr		<= 0.20 %	<= 0.20 %	
Copper, Cu		<= 0.30 %	<= 0.30 %	
Iron, Fe		97.6 - 98.8 %	97.6 - 98.8 %	
Manganese, Mn		0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Nickel, Ni		<= 0.20 %	<= 0.20 %	
Phosphorous, P		<= 0.030 %	<= 0.030 %	
Silicon, Si		0.15 - 0.35 %	0.15 - 0.35 %	
Sulfur, S		<= 0.035 %	<= 0.035 %	

[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.