

기계설계프로젝트 최종보고서

자동 밸런싱 외발 자전거(Only One)
(Self balancing uni-cycle)

팀명 : 5.P.M

지도교수 : 이동환 교수님

2014. 6. 10

대구대학교 공과대학 기계자동차공학부

제 출 문

기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 "자동 밸런싱 외발 자전거(Only One)"의 연구결과보고서로 제출합니다.

2014. 6. 10

연구기관 : 대구대학교 기계자동차공학부

연구기간 : 2013. 9. 1 ~ 2014. 6. 10

지도교수 : 이 동활 교수님

연구책임자 : 변 호진

공동연구자 : 김 성연
박 진효
이 상민
정 성원

요 약 문

1. 과제명

“기울기에 따른 속도 조절 및 자동 밸런싱이 가능한 개인용 이동수단(Only One)”

2. 정량적 개발목표

- 제품 중량 : 15kg
- 가반 하중 : 100kgf
- 구동 속도 : 9km/h
- 구동 시간 : 1시간
- 제작 가격 : 80만원

3. 개발 내용 및 범위

이 연구에서는 2D 도면, 3D Modeling, 구조해석과 ANSYS Programdm 통해 모델링 및 구조해석을 수행하여 초기 디자인을 설계하고 한 번 더 해석을 통해 최종 디자인의 결과를 비교하여 제작하는 것을 범위로 설정.

4. 중간 결과

기술조사 : 자이로 센서를 이용한 전후 방향 밸런싱과 기울어지는 각도에 따른 속도

조절 및 코리올리의 힘 원리를 이용한 좌우 방향 밸런싱 기술이 주요 기술이다.

가능성 실험 : 자이로 센서를 이용하여 전후 방향 밸런싱 및 기울어지는 각도에 따른 속도

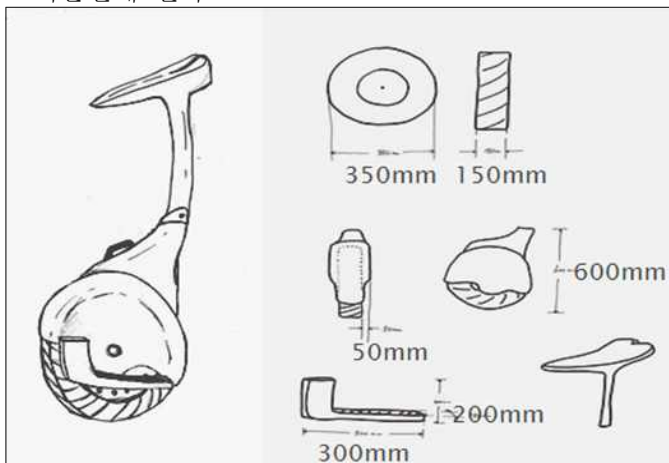
조절 실험을 위해 모형 2휠 소형 자동차로 가능성 실험 및 좌우 방향

밸런싱 확인을 위해 자전거 바퀴로 전향력(코리올리의 힘) 발생 확인

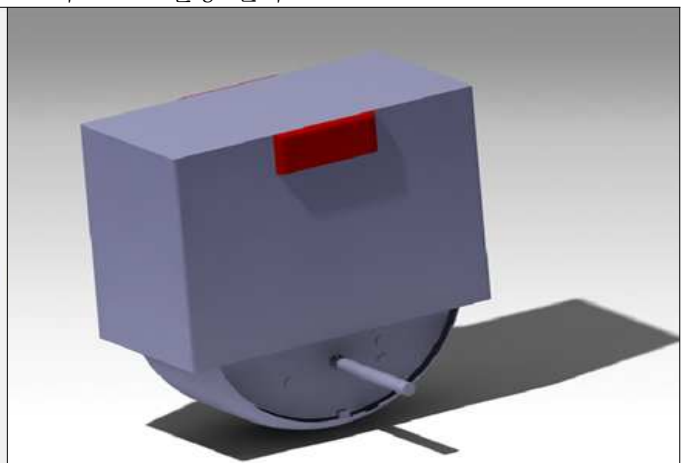
해석 결과 : 소형화, 경량화 및 안전성을 고려한 프레임의 소재 선정 및 설계의 방향 제시

사양결정 : 정량적 개발 목표에 따름

*기본설계 결과



*1차 3D 모델링 결과



5. 결론

기구의 구조 해석 및 기구 내부 공간을 최대한 활용한 최적의 상세 설계도 제작 및 Feasibility Test를 통하여 전후, 좌우 방향 밸런싱의 실현 가능성을 확인하였고, 제품 사용 시 안정성을 고려하여 이용자의 숙련도의 따른 최대 속도 제한을 제시하였다.

목 차

| | |
|----------------------------|-----------|
| 제1장 서론 | 5 |
| 제1절 과제의 목적..... | 5 |
| 제2절 과제의 정량적 목표..... | 5 |
| 제3절 필요성 및 기대효과..... | 5 |
| 제2장 과제도출 과정 | 6 |
| 제1절 후보과제..... | 5 |
| 제2절 과제선정 결과..... | 10 |
| 제3장 연구내용 | 11 |
| 제1절 이론적 연구 | 11 |
| 제2절 특허조사분석 및 시장조사..... | 12 |
| 제3절 가능성 실험..... | 13 |
| 제4장 상세설계 | 15 |
| 제1절 기본설계..... | 15 |
| 제2절 사양서 | 16 |
| 제3절 시스템 구성도 | 18 |
| 제4절 1차 모델링 조립도 및 부품도 | 19 |
| 제5절 해석결과 및 분석..... | 32 |
| 제6절 2차 모델링 조립도 및 부품도 | 34 |
| 제7절 회로도..... | 44 |
| 제8절 소프트웨어 구성도 | 45 |
| 제5장 성능평가 | 46 |
| 제1절 정량적 목표..... | 46 |
| 제2절 평가결과 및 분석 결론..... | 47 |
| 제6장 결 론 | 48 |
| 제1절 결론..... | 48 |
| 제2절 문제점 | 48 |
| 제3절 향후계획 | 48 |
| [참고문헌] | 49 |

제1장 서론

제 1 절 과제의 목적

친환경 개인 이동 수단의 필요성이 증가 되면서 세그웨이가 주목을 받고 있다. 하지만 기존의 세그웨이는 값이 비싸고 무게가 무겁고 부피가 커 보관이 불편하고 휴대성이 떨어진 다. 그 문제를 해결하기 위해 우리가 개발하는 세그웨이는 중량과 부피를 줄여 보관 및 휴대성에 중심을 두는 동시에 안전하며 생산 단가를 1/10이상 줄일 수 있도록 기구부 설계 및 소프트웨어 개발을 통해 구매비용 및 유지비용 절감하며, 기존 세그웨이의 문제점을 골라 해결하는 것이 목적입니다.

제 2 절 과제의 정량적 목표

- 제품 중량 : 15kg
- 가반 하중 : 100kgf
- 구동 속도 : 9km/h
- 구동 시간 : 1시간 이상
- 제작 가격 : 80만원

제 3 절 필요성 및 기대효과


편리함을 추구하는 현대인들은 가까운 거리를 이동함에 있어서도 자동차 및 오토바이, 자전거, 스케이트보드 등 여러 종류의 이동 수단들을 이용하지만 소비자들의 모든 욕구를 충족시켜 줄만한 제품이 많지 않은 것이 사실이다. 따라서 소비자들의 모든 욕구를 충족시키지는 못하더라도 최대한의 욕구 충족을 목적(저렴한 구매비용/유지비, 이동의 자유로움, 친환경적 등)으로 창의적인 공학적 설계를 바탕으로 그에 따른 결과물을 제안하려고 한다. 이번 과제의 시제품을 완성 한다면 기존 고가의 개인용 이동수단을 저렴하게 제작하여 대중화를 중점적으로, 전기 구동 방식으로 매연 등 기타 오염물질이 배출되지 않는 친환경적이며 부피가 작고 가벼운 중량으로 타 이동수단에 비해 상대적으로 이동의 규약이 적어 휴대성이 편리한 개인용 이동수단 뿐만 아니라 취미 및 레저 생활에도 널리 이용 될 것으로 기대되어 진다.

제2장 과제도출 과정

제 1 절 후보과제

| 아이디어 명 | 시각장애인용 길안내 로봇 |
|--------------|---|
| 그림 |  |
| 기존 제품의 단점 | <p>기존 시각장애인 안내견은 양성에 대해 특수 교육이 필요하며, 특수 교육에 대한 많은 비용이 든다. 또한 안내견의 정기적인 유지 및 관리비, 그리고 안내견의 수명이 있어 안내견의 사망 시에는 다른 안내견에 대한 교체 비용이 필요함.</p> |
| 아이디어 도출(변경점) | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>시각장애인용 길안내 로봇으로 IR센서와 초음파 센서 및 PID제어를 통하여 자율주행이 바탕 되고 gps센서를 활용하여 이동 경로를 저장하여 사용자가 자주 가는 장소를 보다 편리하게 안내해주고 보다 정확하고 안정성을 기하기 위하여 음성 안내 시스템을 도입하여 사용하도록 도출.</p> </div> </div> |

| 아이디어 명 | 짐 운반 로봇 |
|--------------|---|
| 그림 |  |
| 기존 제품의 단점 | <p>기존의 짐 운반 카트는 무거운 짐을 직접 옮겨야 하며, 계단이나 굴곡이 있는 면에서는 이동이 불가 하거나 이동하기가 힘들다. 카트를 이동하는데 시간적 비용이 많이 들며 물건을 많이 싣거나 움직이기는 물건을 싣기에 제약이 있다.</p> |
| 아이디어 도출(변경점) | <div data-bbox="651 1070 1284 1489" data-label="Image"> </div> <p>짐 운반 로봇으로 무거운 짐의 운반에 자동화 시스템을 도입함으로써, 시간 및 노력을 절감할 수 있다. 무한 경도를 이용하여 이동성을 높이고, 자이로 센서를 이용하여 장애물 통과 계단 이동시에 짐이 안정적으로 운반 될 수 있도록 동체를 바닥면과 평행하게 이동하도록 구상하였다. 또한, 컨트롤러를 이용하여 조작하는 사람 입의대로 컨트롤을 하도록 하여 사용자 편의성을 높이는 데 중점을 두었음.</p> |

| | |
|--------------|--|
| 아이디어 명 | 계단 청소 로봇 |
| 그림 |  |
| 기존 제품의 단점 | <p>계단청소에는 사람의 직접적인 인력이 필요하다. 인력이 필요하 다보니 시간, 인력에 투입에 대한 인건비가 적용된다.</p> |
| 아이디어 도출(변경점) | <div data-bbox="628 1032 1310 1529" data-label="Diagram"> </div> <p>계단 청소 로봇으로 아이디어의 요점으로는 자동화된 계단 청소가 중점이다. IR센서와 터치센서를 활용하여 자유로이 계단을 감지하고 이동할 것을 전제로 전방부와 후방부 이중구조로 나누어 감지부를 먼지 청소 후방부는 물청소를 동시에 할 것을 생각하고 한계를 오르내릴때 균형을 잃어 넘어지지 않도록 전후방부의 높이를 균형을 잡아 이동하며 볼 캐스터를 활용하여 보다 안전성을 고려하</p> |

| 아이디어 명 | 외발 세그웨이 |
|--------------|---|
| 그림 |  |
| 기존 제품의 단점 | <p>기존의 세그웨이는 사용자가 서서 균형을 잡고 몸의 기울기를 주면 전기 모터의 구동으로 작동하게 되며, 15~20km/h의 속도가 나온다. 하지만 무게가 50kg으로 무겁고 휴대가 불편하며, 1200만원 정도로 고가의 가격을 가지고 있다.</p> |
| 아이디어 도출(변경점) | <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>아이디어의 요점은 세그웨이가 너무 무겁고 부피가 커 휴대성이 불편하다는 점과 고가의 가격이라는 점을 개선하여, 제작비를 줄이고 부피와 크기를 줄여 별도의 보관 장소가 필요 없이 휴대성이 용이하도록 도출하였다. 제품의 바퀴부분은 자이로스코프를 이용하여 앞뒤 균형을 잡고 전·후진 할 수 있으며 안의 내부 구조로 인하여 코리올리 효과를 이용하여 좌·우 벨런스가 맞추어 질것으로 도출하였다.</p> </div> </div> |

제 2 절 과제 선정 결과

| 선정된 아이디어 | | 외발 세그웨이 (Only One) |
|----------|-----|--|
| 선정 이유 | 경제성 | 기구부를 소프트웨어적으로 완성도를 높여 기존의 세그웨이에 비해 제작비용의 절감이 가능하고, 기구부의 자중을 줄여 에너지 효율을 상승시킴 |
| | 독창성 | 기존의 세그웨이는 2개의 바퀴로 좌우 방향에 대한 안전성을 가지는 반면, 외발 세그웨이는 코리올리의 힘 원리를 활용하여 하나의 바퀴로도 좌우 방향 밸런싱을 통하여 안전성을 가짐으로 기존의 세그웨이에 비해 소형 및 경량화가 이루어짐 |
| | 기술성 | <ul style="list-style-type: none"> • 공학적 기술 요소 <ol style="list-style-type: none"> 1. 제품의 소형, 경량화를 위한 각 부품들을 내부 구조에 적절히 배치하는 기술 및 리브에서 휠로 동력을 전달하는 마찰전동 장치 활용 기술 2. 자이로스코프 원리를 이용한 좌우 방향 밸런싱 제어 및 전후 방향 밸런싱 및 기구부의 기울기에 따른 출력 속도 조절 기술 3. 기구부에 가해지는 하중에 따른 구조 해석을 통한 적절한 소재 선정 및 2D, 3D 모델링 및 공학적으로 전문적 지식 활용 |
| | 실용성 | 부피가 작아 상대적으로 공간이 협소한 실내에서도 사용이 가능하며 기존의 세그웨이와 같이 따로 보관 공간에 대한 부담감이 줄고 경량화로 휴대성이 뛰어나며 레저 활동으로도 활용이 가능하다. |

제3장 연구내용

제 1 절 이론적 연구

- 기존 디자인과 차이점

기존의 세그웨이와는 다르게 바퀴를 하나로 바꾸며 외발 자전거의 형태로 변경하였고 이로 인한 무게 감소와 부피 감소로 인해 휴대성을 높였다.

- 좌·우 밸런싱을 돕기 위한 내부 구조

처음 탑승할 때 쉽게 탑승하기 위해 코리올리 효과를 사용하여 내부구조를 바퀴 휠 내부에 리브를 돌리는 방식으로 설계하였다.

- 베어링 방식의 내부 구조의 휠

리브를 돌리면서 마찰력으로 인한 휠을 돌릴 때 발판으로 인한 내부 구조적으로 오류가 있어 베어링의 방식과 같이 구조를 설계하였다.


- 접이식 발판

휴대성을 높이기 위하여 발판을 접이식으로 구조를 하여 보관할 때 나 휴대할 때 방해 받지 않기 위한 구조로 설계하였다.

| 외발 자전거 구조 | 자이로스코프 응용 구조 | 베어링 구조의 휠 | 접이식 발판 |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

제 2 절 특허조사분석 및 시장조사

 [미국] Powered single-wheeled self-balancing vehicle for standing user

| | |
|--|---|
| 상세정보 공개공보  행정진행정보  | |
| 서지정보 인명정보 청구항 패밀리정보 인용 Related US Application Data 심사관 | |
| (13) 구분 | A1 국가별 특허문헌코드 |
| (*) 공보번호/일자 | 20110220427 / 2011.09.15 |
| (11) 등록번호/일자 | / |
| (65) 공개번호/일자 | 20110220427 / 2011.09.15 |
| (21) 출원번호/일자 | 13044487 / 2011.03.09 |
| (73) 출원인 (Assignee) | Chen Shane |
| (30) 우선권번호 (Priority No.) | |
| (51) IPC(Int. Cl.) | B62K 1/00 B62D 61/00 |
| (52) UPC(U.S. Cl.) | 180/21 |



본 특허는 자이로스코프의 원리를 이용한 셀프 밸런싱 외바퀴 자전거 장치이다. 모터부터 발 부분 플랫폼 아래에 배치된 드라이브 휠까지 무 허브 휠이 토크를 전송하는 마찰 전동 메카니즘에 의해 구동되고 케이스 부분은 사람의 다리가 서 있는 동안 무리가 가지 않도록 부드러운 소재를 사용하며, 그 부분에 힘을 가함으로써 방향을 제어 할 수 있다. 발 부분 플랫폼은 사용하지 않을 시 제품의 부피를 줄이기 위해 접을 수 있는 형식을 취하고 있다. 또한 제품 최 상부에 손잡이가 있어 이동 시 제품의 운반을 쉽게 도와준다.

현 특허 제품과 제작 구상중인 제품의 큰 특별한 차이점은 없지만 독창성, 기술성, 실용성, 경제성 측면에서 기술성에 가장 큰 비중을 둔 제품으로써, 다소 생소할 수 있는 기술이 접목 된 제품이며, 기술적인 노출이 적은 편이라 공학도로써 한번 쯤 도전해 볼만한 제품이란 판단 하에서 낮은 제작비용으로 최대한 시제품의 사양을 구현하거나, 또한 보완할 수 있는 단점을 최대한 보완함에 중점을 둘 것입니다.

제 3 절 가능성실험

실험 1. 좌·우 밸런싱을 도와주기 위한 코리올리의 힘 대체 실험

제품의 좌우 방향 밸런싱을 돕기 위해 필요하던 코리올리의 힘에 대해 이해하고, 역학적 계산을 통한 값과 실험 결과를 비교하여 실현 가능성에 대한 점검이 필요하며 설계 시 제품에 적용 방안을 고려해보아야 한다.



쉽게 구할 수 있는 자전거 바퀴 ($d=600\text{mm}$)를 사용하여 아크릴 판 사이에 연결을 하여 모터를 구동시켜 휠을 돌려 코리올리 힘의 작용 방향과 힘의 세기를 역학적 계산을 근거로 실험 결과와 비교하여 적용 및 실현 가능성을 점검해보는 기회가 되었다.

| | |
|------------------|-------------------------|
| Feasibility Test | 자이로스코프의 이해 |
| 기간 | 2013.11.16. ~2013.11.16 |

실험 2. 전·후진 밸런싱 기술 실현 가능성을 알아보기 위한 소형화 실험

관성 센서를 이용하여 동체의 균형을 잡으며 기울기에 따라 방향 및 PWM제어를 하는 기술이 세그웨이의 가장 기본적이고 원초적으로 필요한 기술이며 PID제어를 통해서 그 동작이 부드러울 수 있도록 하는 기술들이 필요합니다. 또한, 세그웨이는 사람이 직접 탑승하고 이동하는 제품이므로 각별히 안전성에 신경을 써야하기 때문에 동작의 신뢰성이 뒷받침되어야 하므로



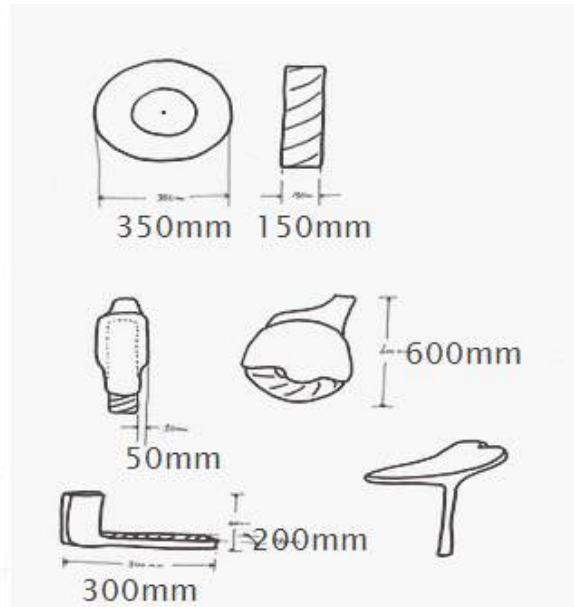
종이 상자와 소형모터를 이용해 Feasibility Test를 통해 을 통하여 기구부의 기울기에 따라 방향 및 속도 조절을 통하여 기구부의 앞뒤 방향 밸런싱이 됨을 확인하였고, 동작의 신뢰성도 확인하였습니다. 다만, 다소 거친 움직임을 확인하여 PID제어의 필요성에 대해 다시 한번 깨닫게 되었습니다.

| | |
|------------------|-------------------------|
| Feasibility Test | 앞뒤 방향 밸런싱 기술 확인 |
| 기 간 | 2013.11.16. ~2013.11.23 |

제4장 상세설계

제 1 절 기본 설계

- 제 품 명 : Only One
- 기본 도면



•요구 기능

- ARS 센서로부터 roll과 pitch 값을 받아 PID제어를 통한 최종 PWM제어를 필요로 한다.
- 센서 값을 통해 모터를 제어하여 앞뒤 밸런싱을 할 수 있어야 한다.
- 코리올리의 힘 원리를 이용하여 좌·우의 균형에 도움이 되어야 한다.
- 소형화 및 경량화를 위한 적절한 부품 선정 및 자리 배치 기술

제 2 절 사양서

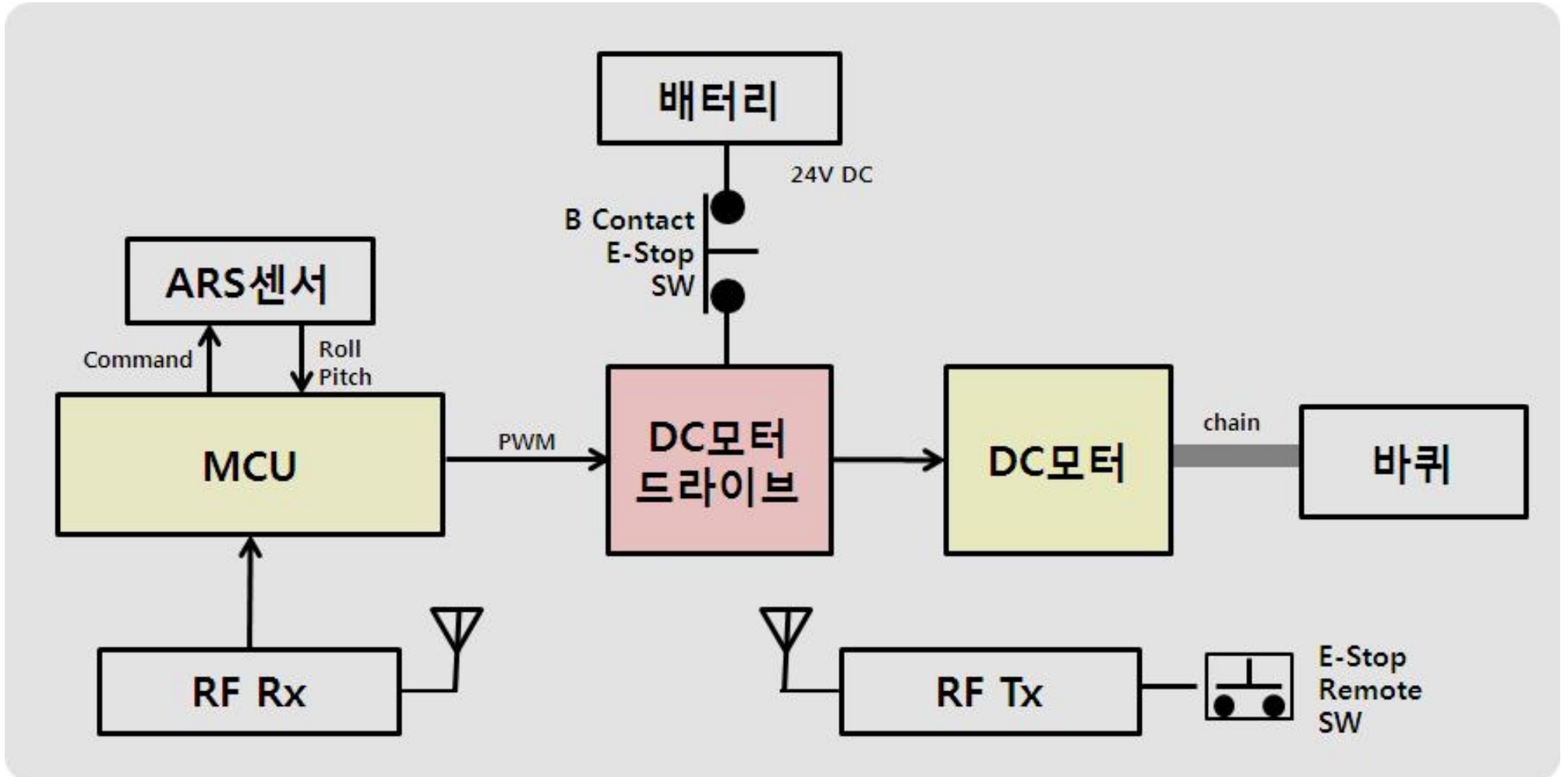
| | |
|-----------|--|
| 형태 | 싱글 휠 드라이브, 외발 자전거 |
| 최대 하중 | 110kg |
| 타이어 크기 | 37cm x 8cm |
| 최고속도 | 약 9Km/hr. |
| 배터리 종류 | 24V 4Ah 연납 축전지 (12V 4Ah 연납 축전지 2개 직렬 연결) |
| 완전 충전시간 | 약 2시간 |
| 완충 후 주행거리 | 9Km ~ 15Km(탑승자의 무게 및 지형 등에 따라 다를 수 있음) |
| 충전기 | 12Volt, 2A 리튬 급속 충전기(2개로 각각의 배터리 충전) |
| 배터리수명 | 약 3~4년 |
| 제원 | 길이 : 50cm |
| | 높이 : 53cm |
| | 무게 : 16Kg |
| | 폭 (페달 뺐을 때) : 49cm |
| | 폭 (페달 접었을 때) : 25cm |

부품 제원

| | |
|--|---|
| <p>모 터</p>  | <p>제품명 : UM MY 1016Z2-200W-24V 제조사 : UM 판매처 : 디바이스마트 용량 및 전압 : 200W - 24V 무게 : 2.115kg 감속비 : 9.78 : 1 RPM : 357±5% TORQUE : 6.65Nm±5% 크기 : D=10.1, W=12.6, H=13.3 (cm) 가격 : 68,000 - 1EA = 68,000원</p> |
| <p>모터 드라이브</p>  | <p>제품명 : NT-DC20A 제조사 : (주)엔티렉스 판매처 : 디바이스마트 특징 : 1개의 200W급 DC모터 구동 가능 정역 및 PWM 입력 전압:12~36V, 전류: 최대 40A 크기 : D=3, W=4, H=2 (cm) 가격 : 65,000-1EA = 65,000원</p> |

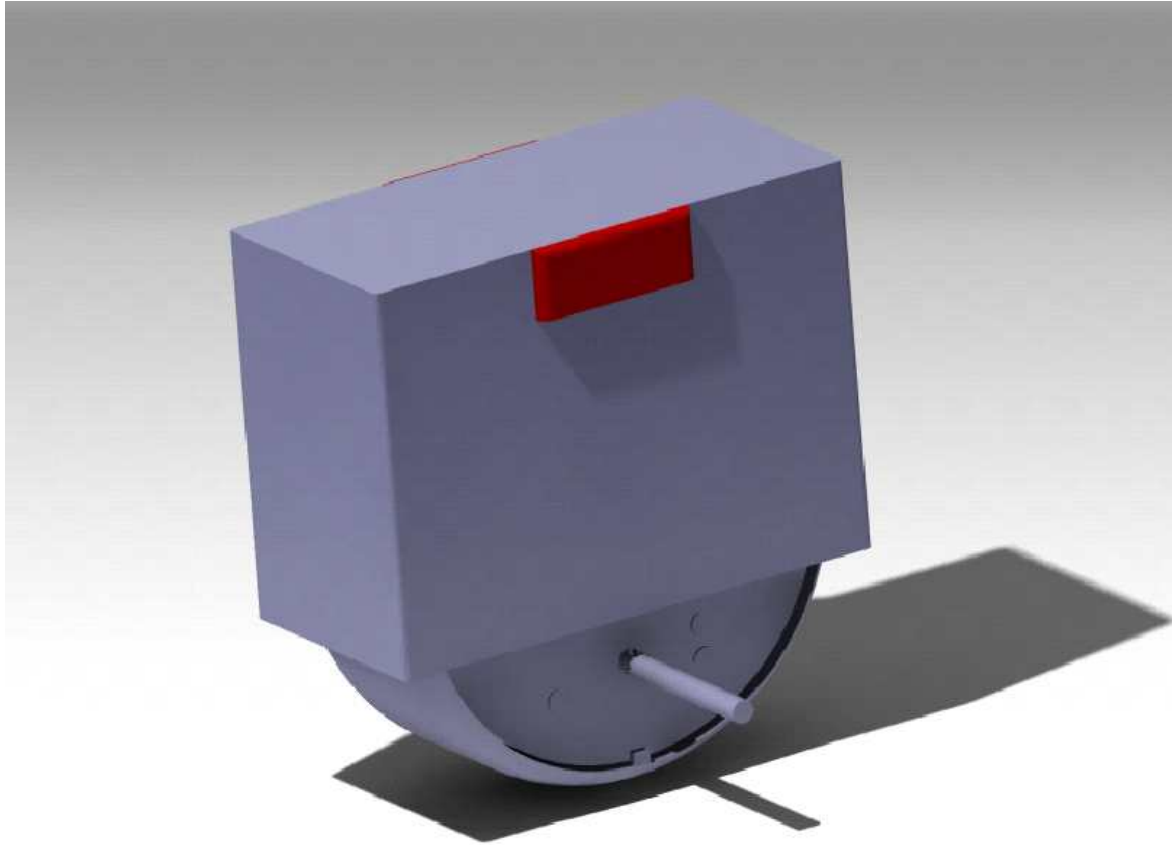
| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">관성 센서</p>  | <p> 제품명 : myARS-USB 제조사 : 위드로봇(주) 판매처 : 디바이스마트 특징 : 3축 가속도 및 2축 자이로센서 출력 32비트 ARM Cortex-M3 탑재하여 100Hz 데이터 출력속도 가속도 측정 범위는 $\pm 300\text{deg/s}$ 전원은 4.5~5.5V의 범위 사용 가능 롤-피치(roll-pitch) 각도 출력($-90^\circ \sim 90^\circ$) 6개의 3차원 자세정보 중 롤, 피치 각도 출력 크기 : D2*W3.5 (cm) 가격 : 77,000*1=77,000원 </p> |
| <p style="text-align: center;">MCU</p>  | <p> 제품명 : AM-128PRO V03 제조사 : New TC 특징 : ATmega128 16AU AVR 마이크로 컨트롤러 사용 대부분 단일 클럭으로 실행 32x8 범용 동작 레지스터 + 주변 컨트롤 레지스터 완전 정적 동작 16 MHz 환경에서 16 MIPS※ 이상의 성능 2 사이클 곱셈기를 칩에 내장 메모리 용량 Flash - 128Kbyte, SRAM - 4Kbyte, EEPROM : 2Kbyte 크기 : D3*W4(cm) 가격 : 20,000*1=20,000원 </p> |

제 3 절 시스템 구성도

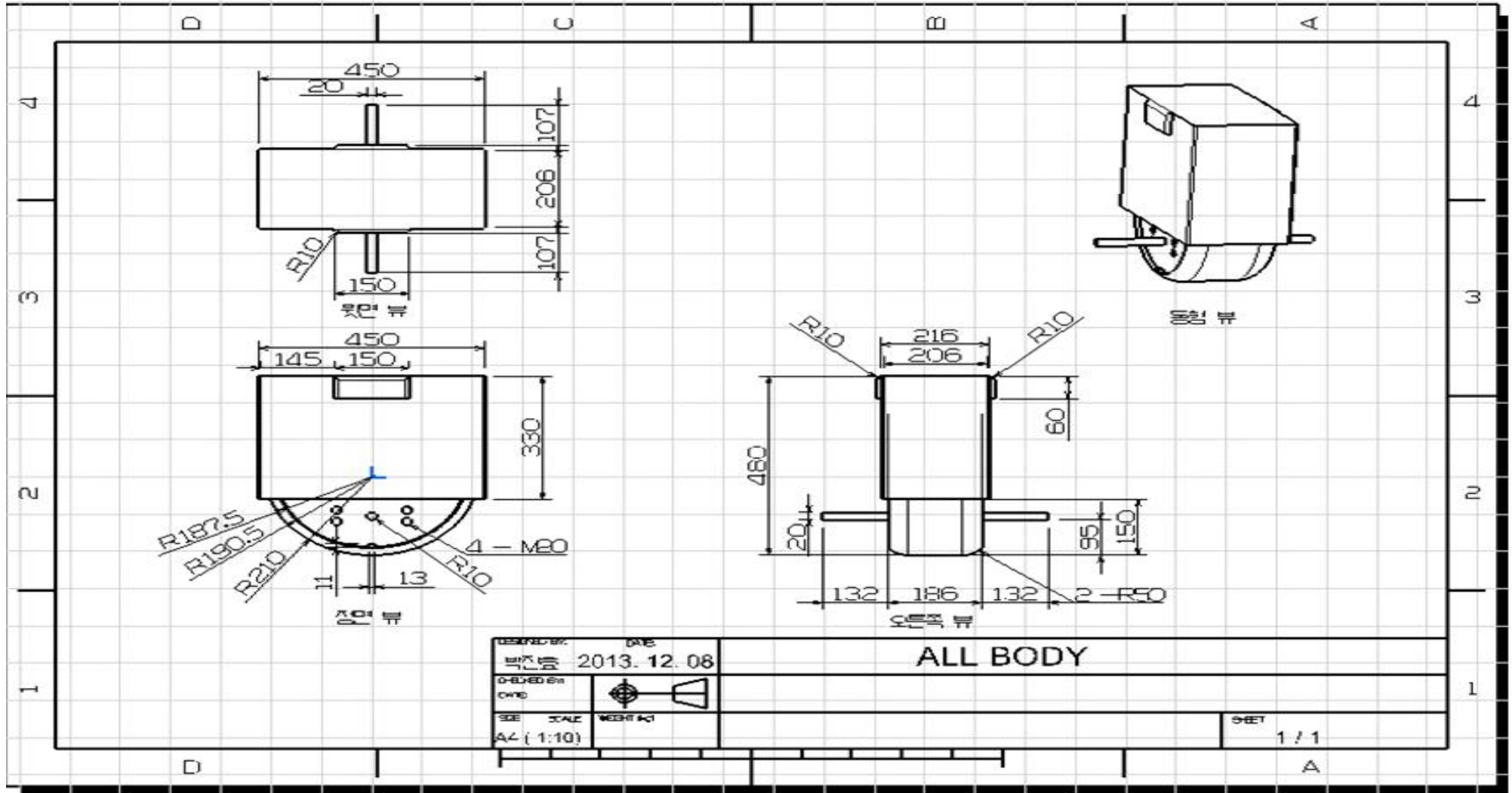


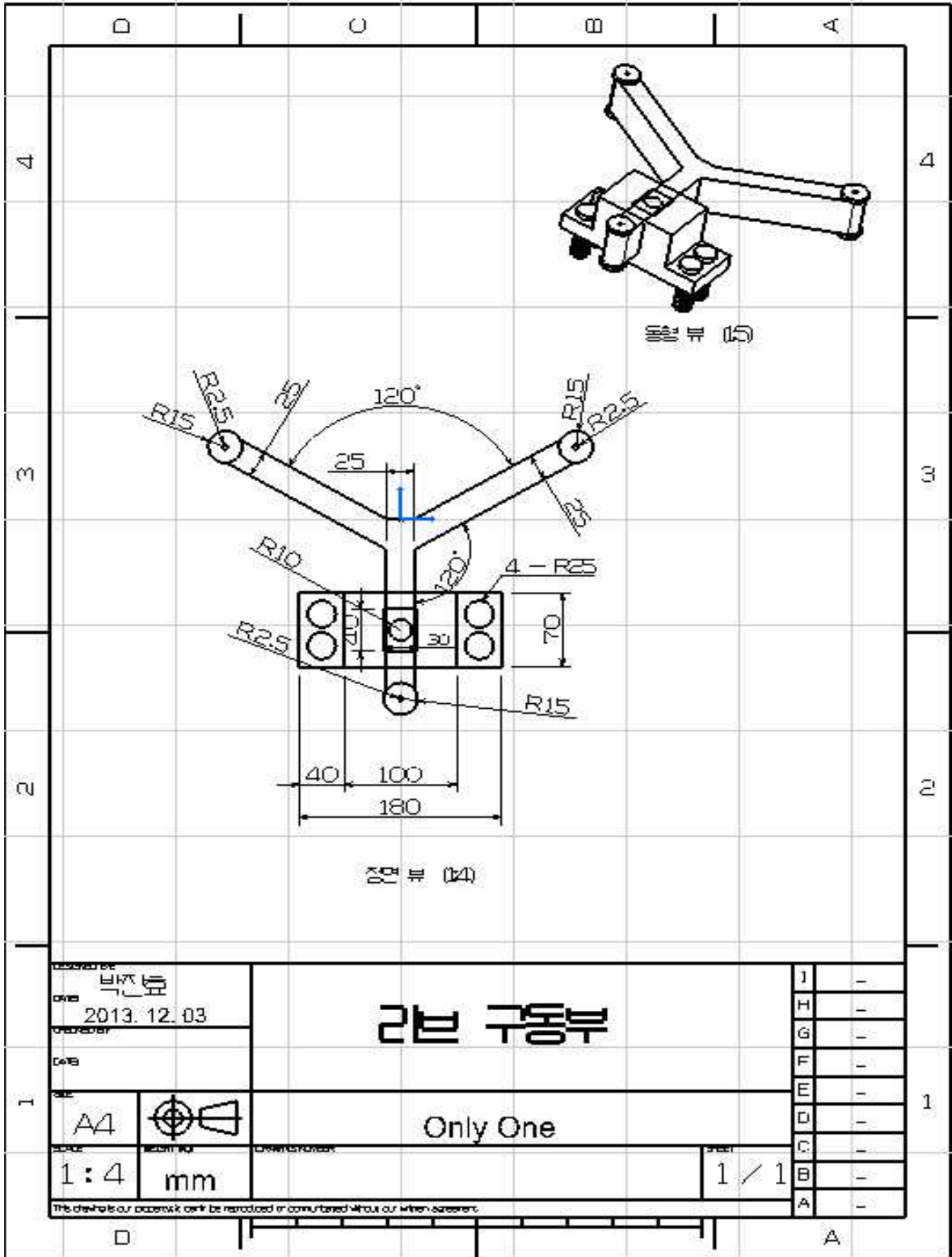
제 4 절 1차 모델링 조립도 및 부품도

1차 모델링 및 조립도(3D)



1차 모델링 조립도(2D)



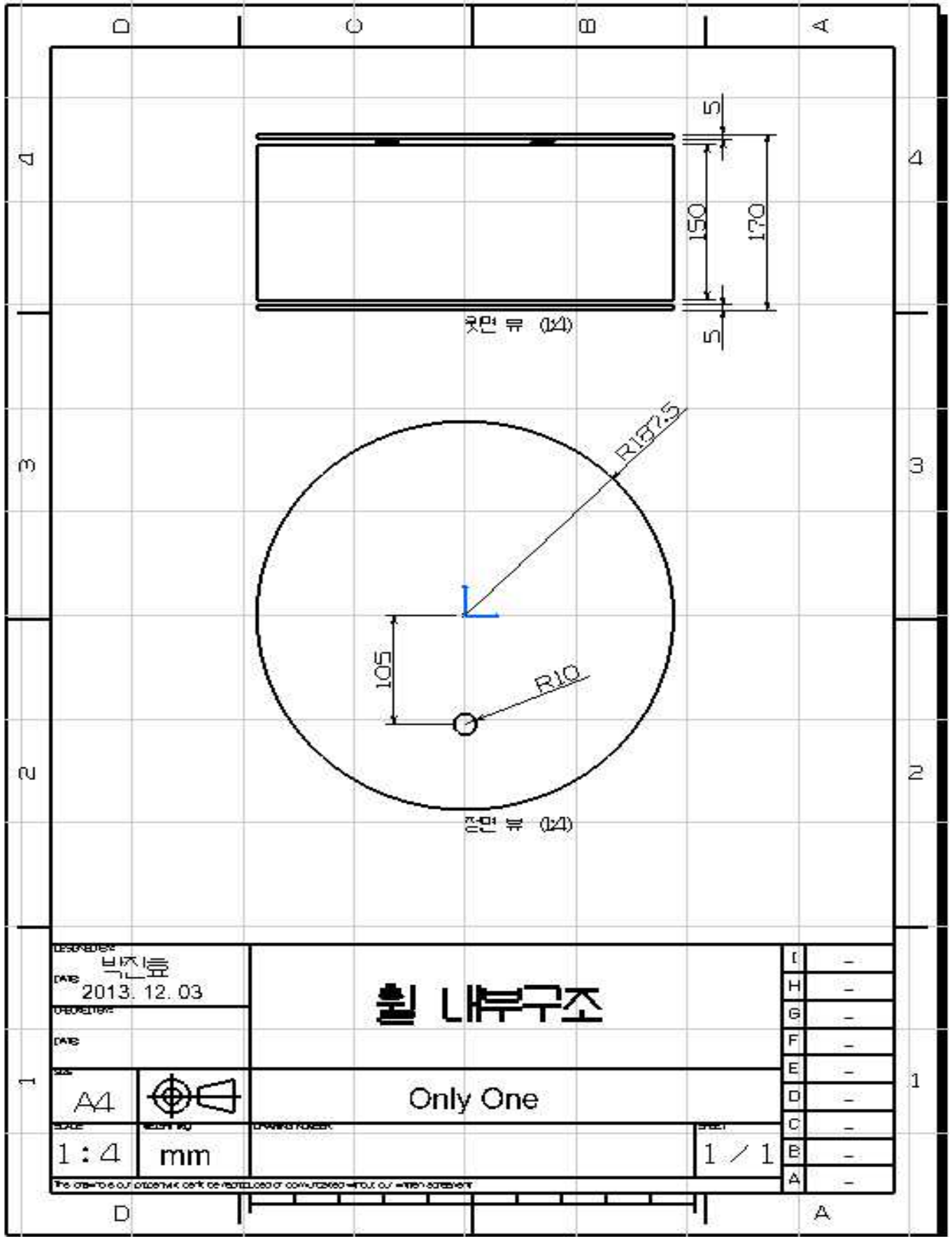


| | | |
|-------------|--------------|--|
| Designed by | 박지현 | |
| Date | 2013. 12. 03 | |
| Checked by | | |
| Scale | A4 | |
| Unit | mm | |
| Sheet | 1 / 1 | |

부속 구성도

Only One

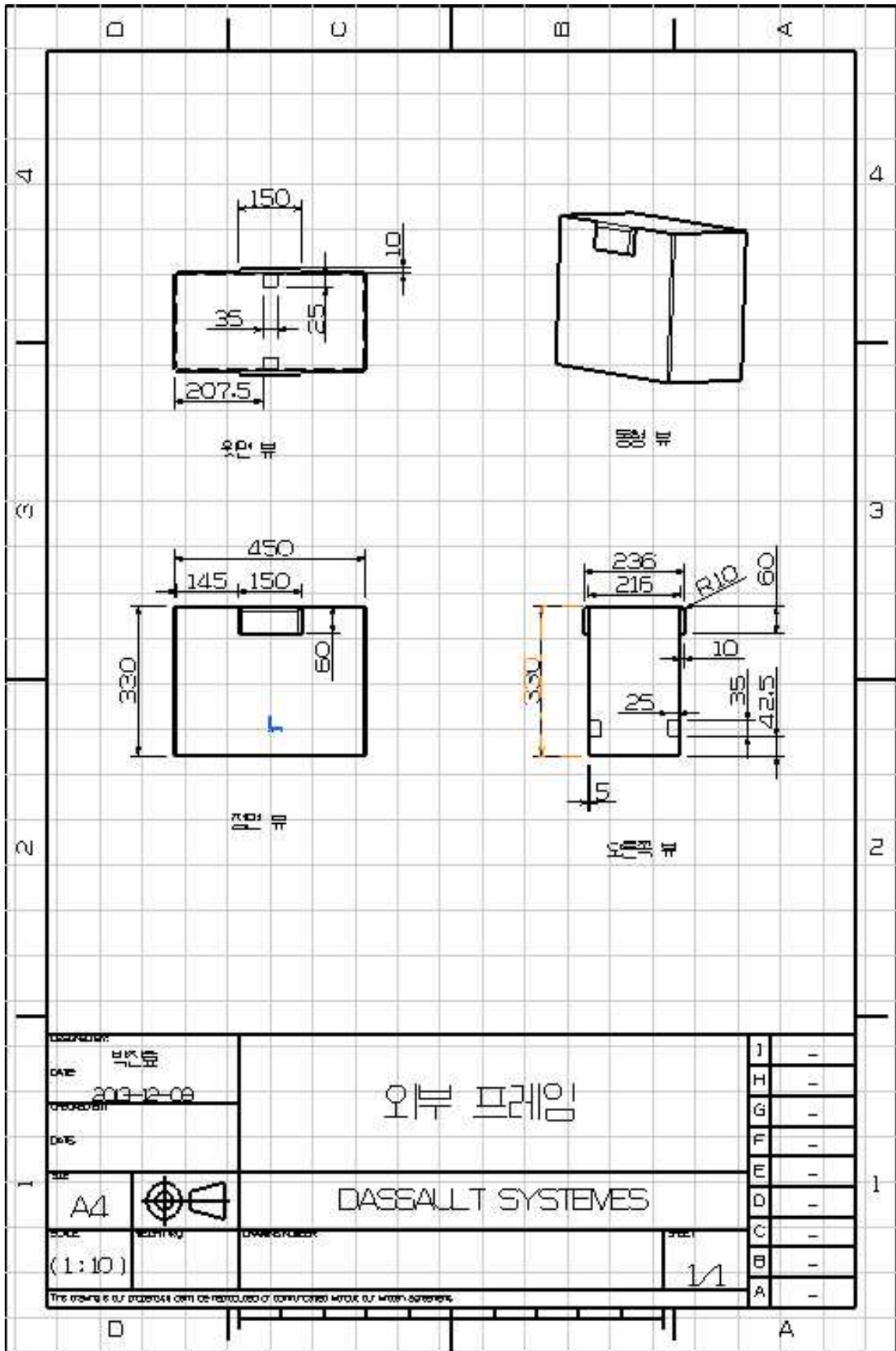
| | |
|---|---|
| J | - |
| H | - |
| G | - |
| F | - |
| E | - |
| D | - |
| C | - |
| B | - |
| A | - |

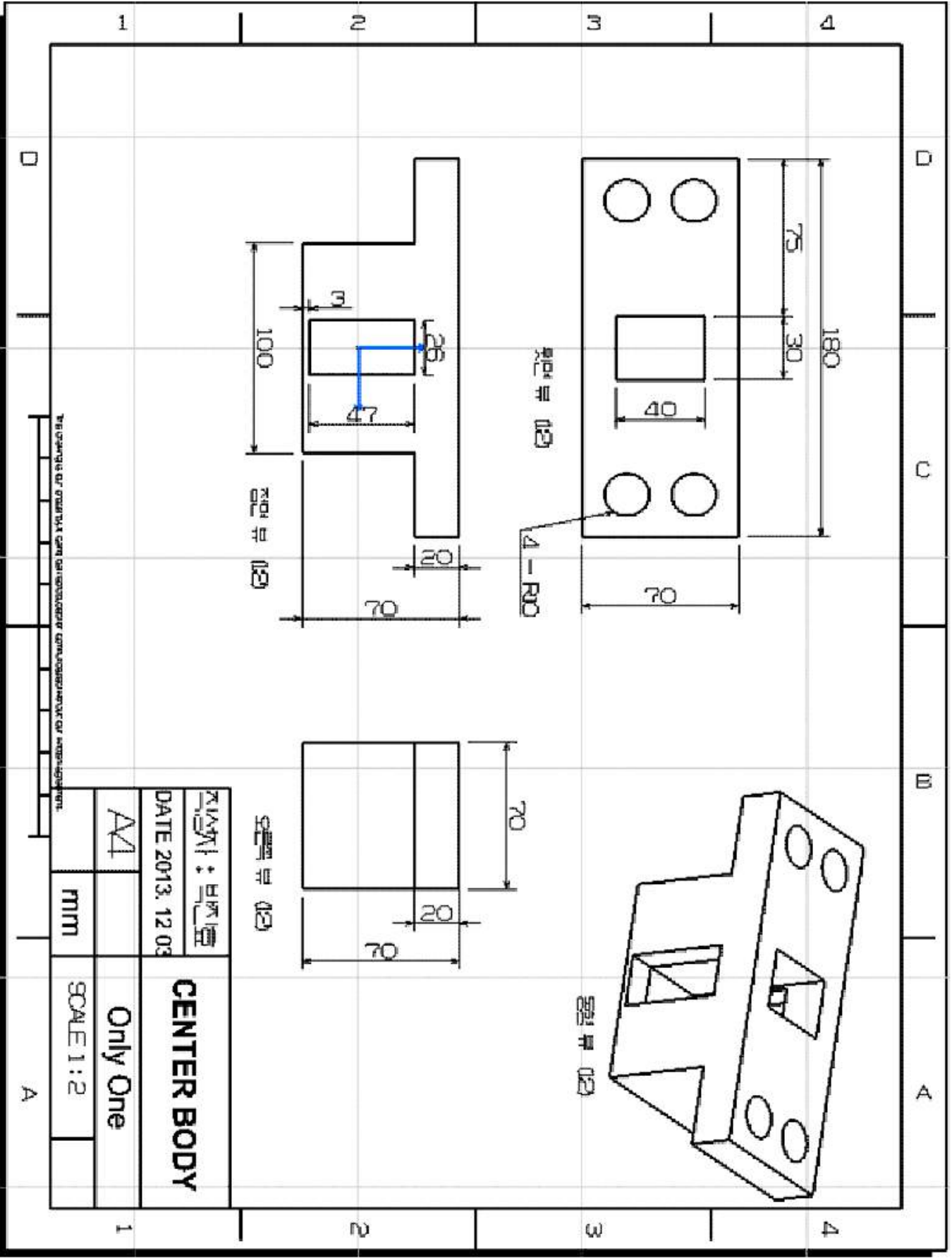


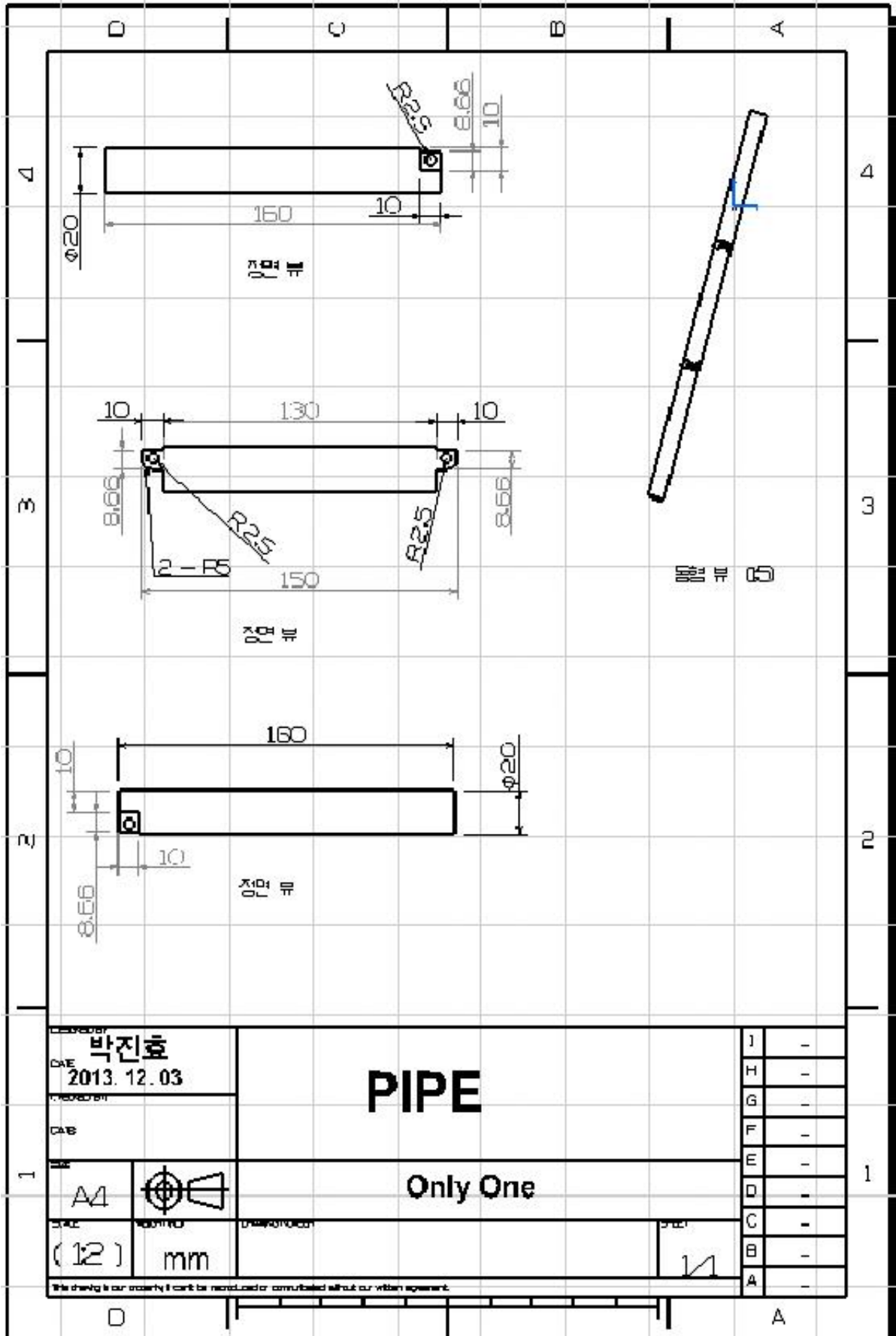
| | |
|------------------------|------------|
| DESCRIPTION 호일 내부구조 | |
| DATE 2013. 12. 03 | |
| OPERATION | |
| DATE | |
| SIZE A4 | |
| SCALE 1:4 | UNIT mm |

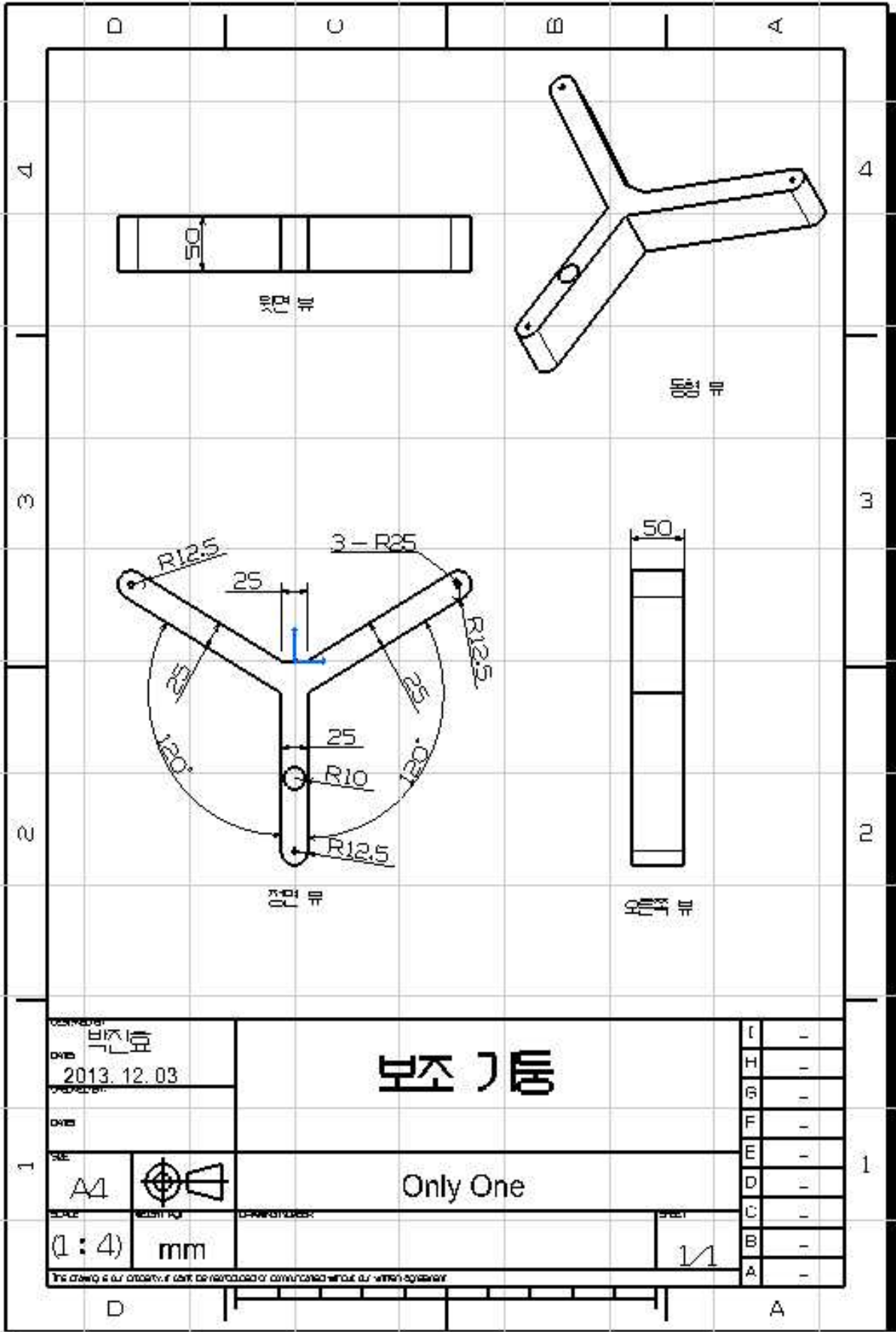
| | | | |
|---|--|---|---|
| 호일 내부구조 | | I | - |
| | | H | - |
| Only One | | G | - |
| | | F | - |
| 1 / 1 | | E | - |
| | | D | - |
| 1 / 1 | | C | - |
| | | B | - |
| The copyright of this drawing is reserved by the company. | | A | - |

1차 모델링 부품도(2D)







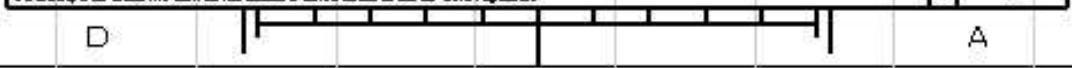


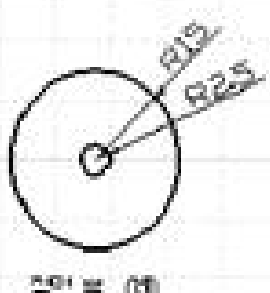
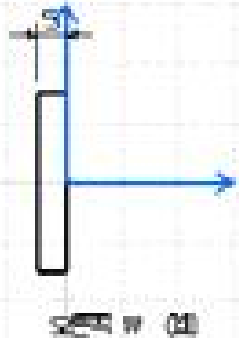

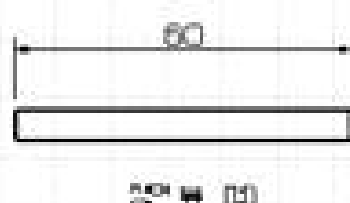

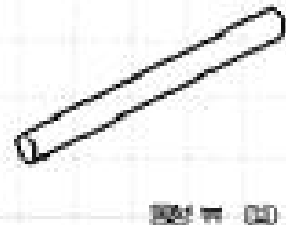

DESIGNER
 박진효
 DATE
 2013. 12. 03
 CHECKER
 DATE
 FILE
 A1
 SCALE
 (1 : 4)
 UNIT
 mm

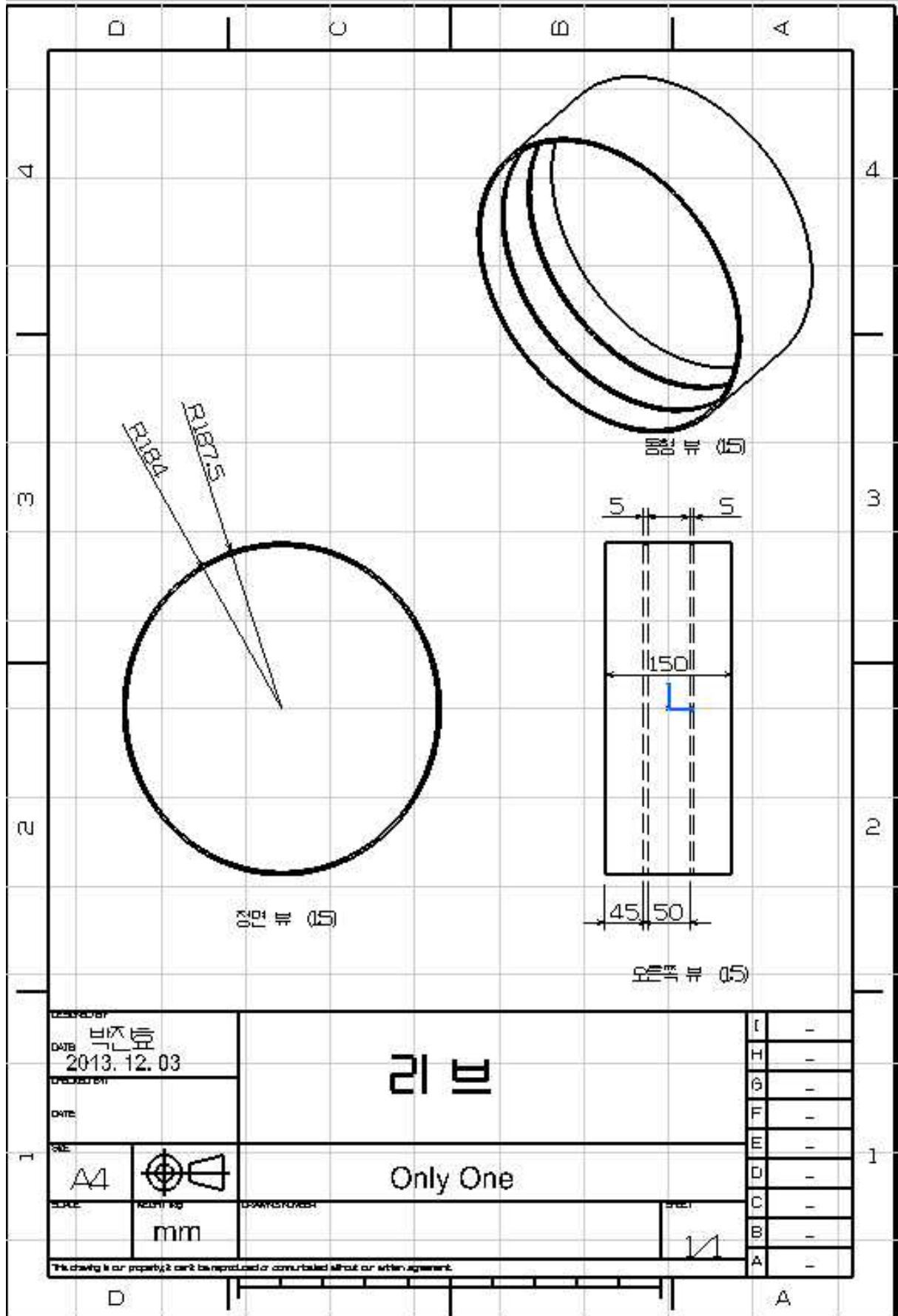
보조 기둥

Only One

| | |
|---|---|
| I | - |
| H | - |
| G | - |
| F | - |
| E | - |
| D | - |
| C | - |
| B | - |
| A | - |



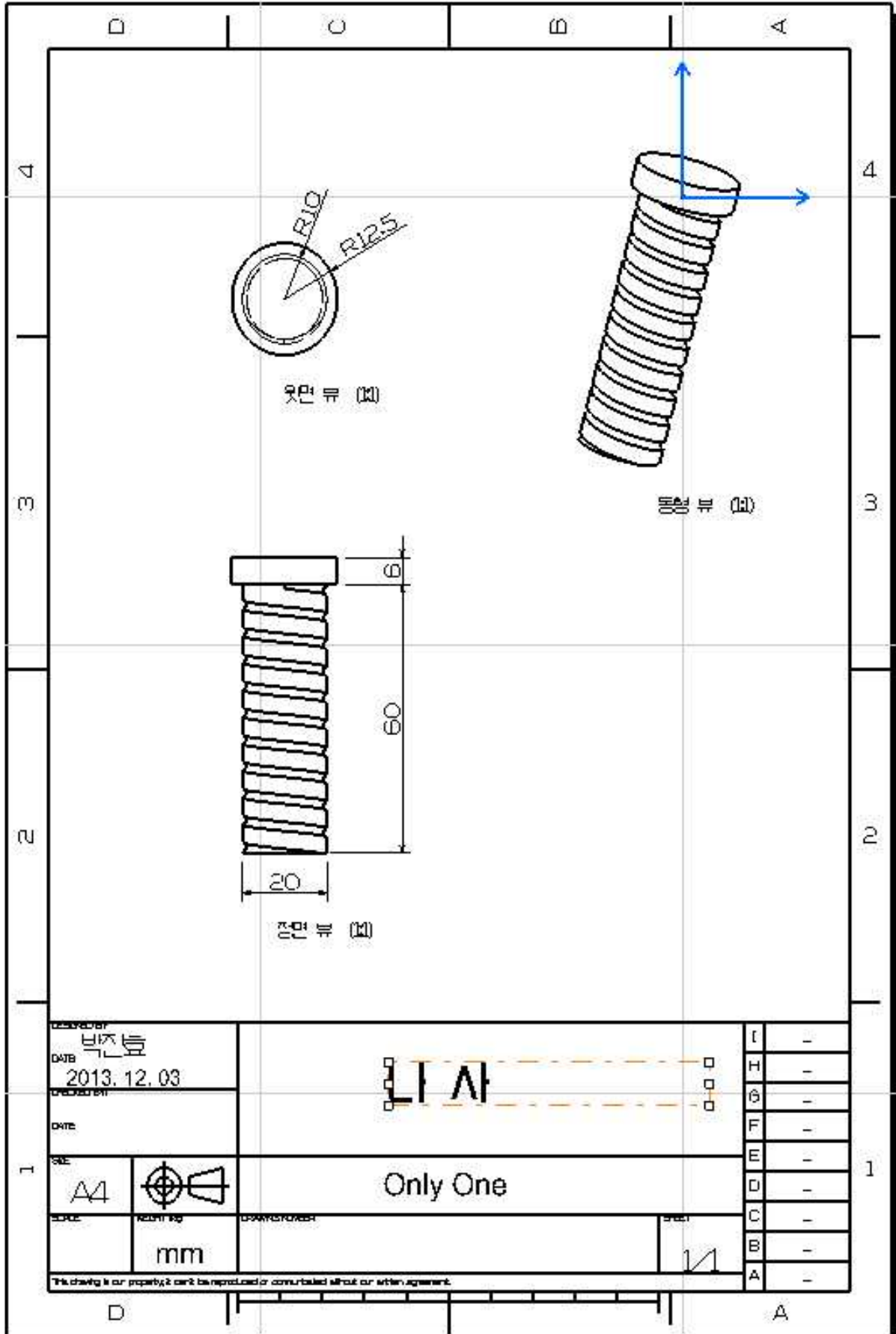
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | U | D | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 |    | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 |    | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>2023. 12. 03</p> </div> <div style="width: 40%; text-align: center;"> <h1>1 보조 배위</h1> <h1>2 민</h1> </div> <div style="width: 20%; text-align: right;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>I</td><td>-</td></tr> <tr><td>H</td><td>-</td></tr> <tr><td>G</td><td>-</td></tr> <tr><td>F</td><td>-</td></tr> <tr><td>E</td><td>-</td></tr> <tr><td>D</td><td>-</td></tr> <tr><td>C</td><td>-</td></tr> <tr><td>B</td><td>-</td></tr> <tr><td>A</td><td>-</td></tr> </table> </div> </div> | | I | - | H | - | G | - | F | - | E | - | D | - | C | - | B | - | A | - | 1 |
| I | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>A1</p>  </div> <div style="width: 40%; text-align: center;"> <p>014 078</p> </div> <div style="width: 20%; text-align: right;"> <p>M</p> </div> </div> | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Description of components or assemblies or assemblies or sub-assemblies or parts or sub-parts | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

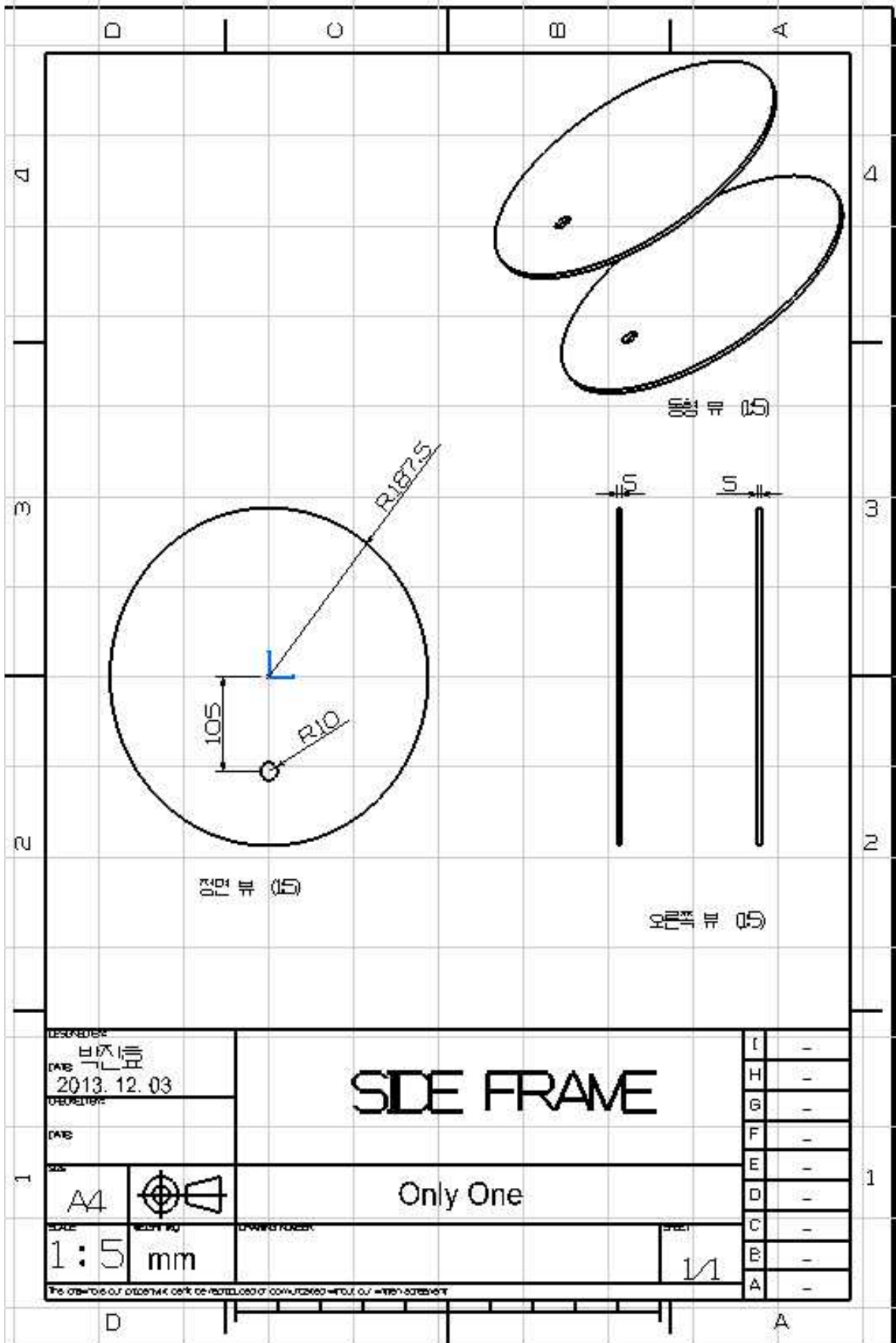


| | |
|----------|--------------|
| DESIGNER | 박진웅 |
| DATE | 2013. 12. 03 |
| DRAWN BY | |
| DATE | |
| SIZE | A4 |
| SCALE | 1:1 |
| UNIT | mm |

| | |
|----------|-----|
| 리브 | |
| Only One | |
| SCALE | 1:1 |

| | |
|---|---|
| I | - |
| H | - |
| G | - |
| F | - |
| E | - |
| D | - |
| C | - |
| B | - |
| A | - |





DESIGNER: 田代 昌
 DATE: 2013.12.03
 CHECKER: 田代 昌
 DATE: 2013.12.03
 SIZE: A4
 SCALE: 1:5 mm
 DRAWING NUMBER: 11

SIDE FRAME

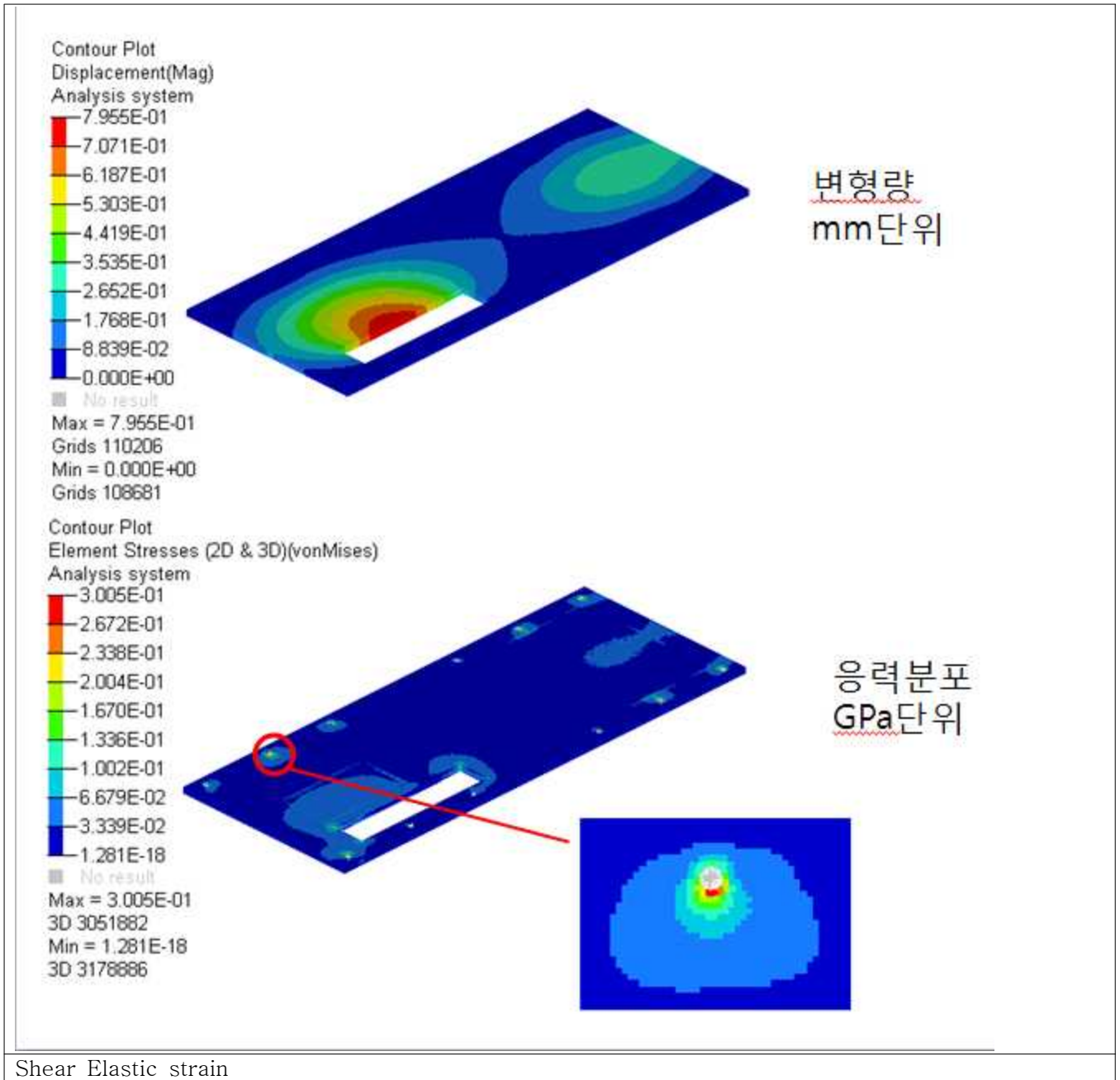
Only One

| | |
|---|---|
| I | - |
| H | - |
| G | - |
| F | - |
| E | - |
| D | - |
| C | - |
| B | - |
| A | - |

THE STEEL-TO-STEEL CONTACT OF THE JOINTS OF COMPOSITE-FRAME OF STEEL STRUCTURE

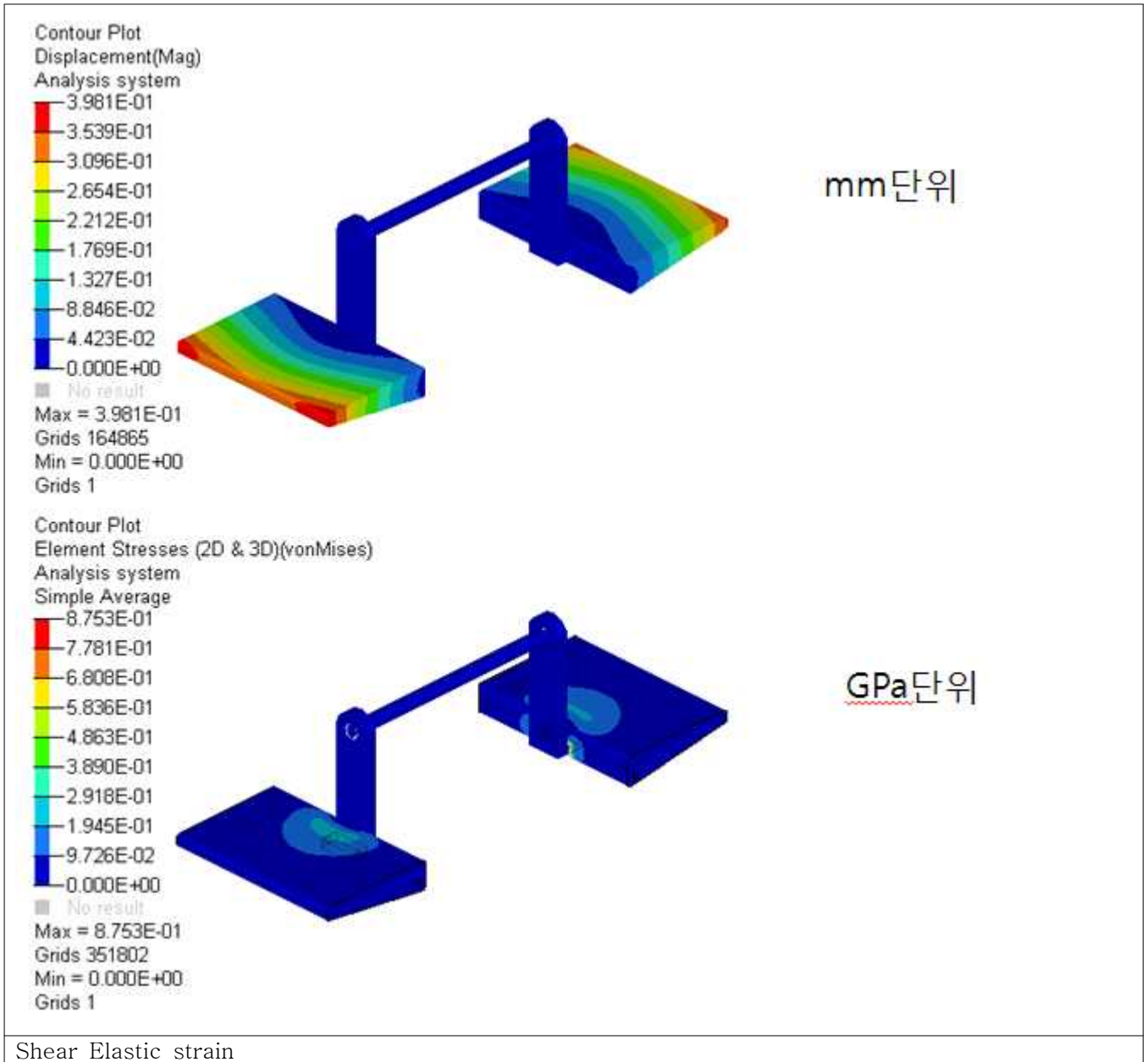
제 5 절 해석결과 및 분석

해석1. 모터 체인 장력에 의한 상부 프레임 굽힘 해석



- 선형 구조 해석을 통한 소형화 및 경량화, 안전성을 고려한 재질 선정 및 각 프레임 부의 두께 결정을 하였다. 해석 결과로 Center Frame부를 AL5051 재질에 두께 3t로 설계 하였으나, 해석 시 고려하지 못한 체인 장력 및 모터의 진동에 인한 프레임 진동 현상이 발생 해 실험적으로 보조 프레임을 덧대는 방식으로 적정 두께를 찾아 두께를 6t로 최종 수정 하게 되었다.

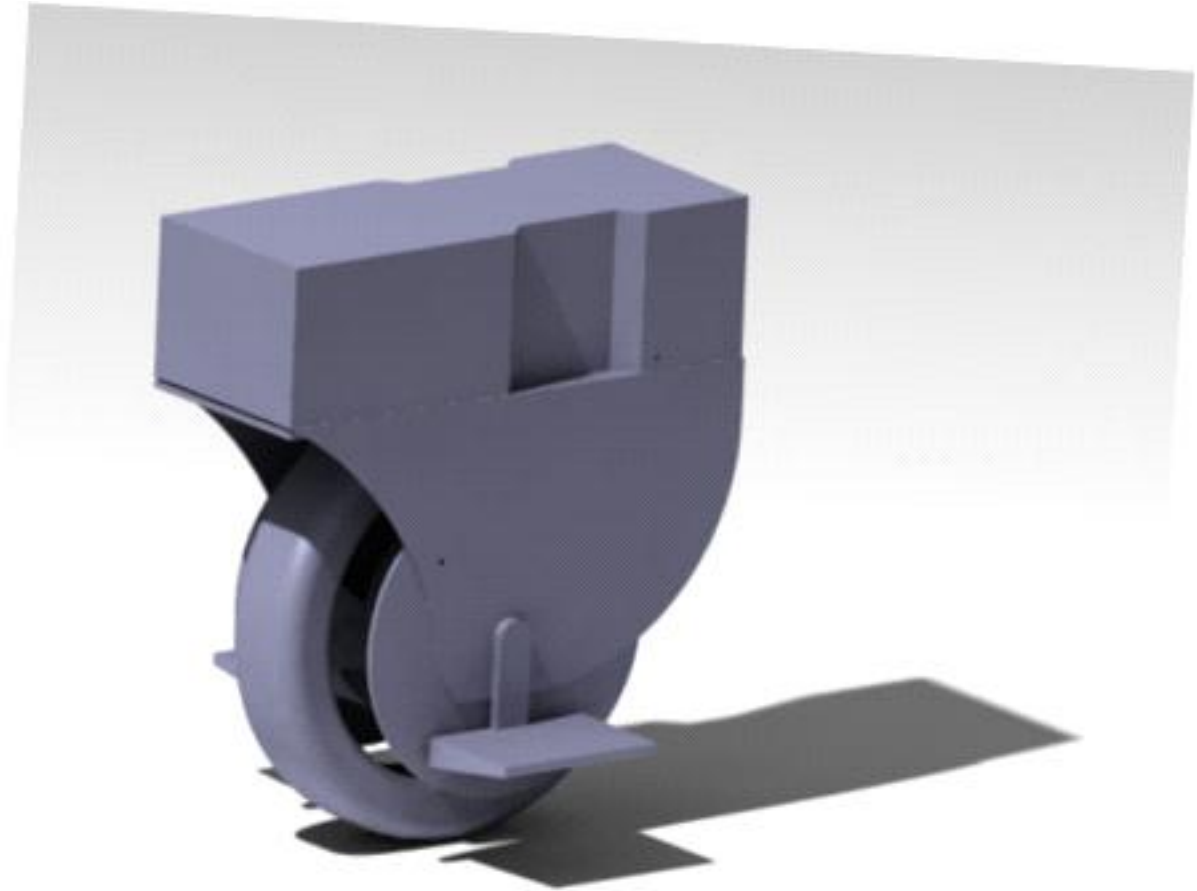
해석2. 발판 및 축 구조 해석



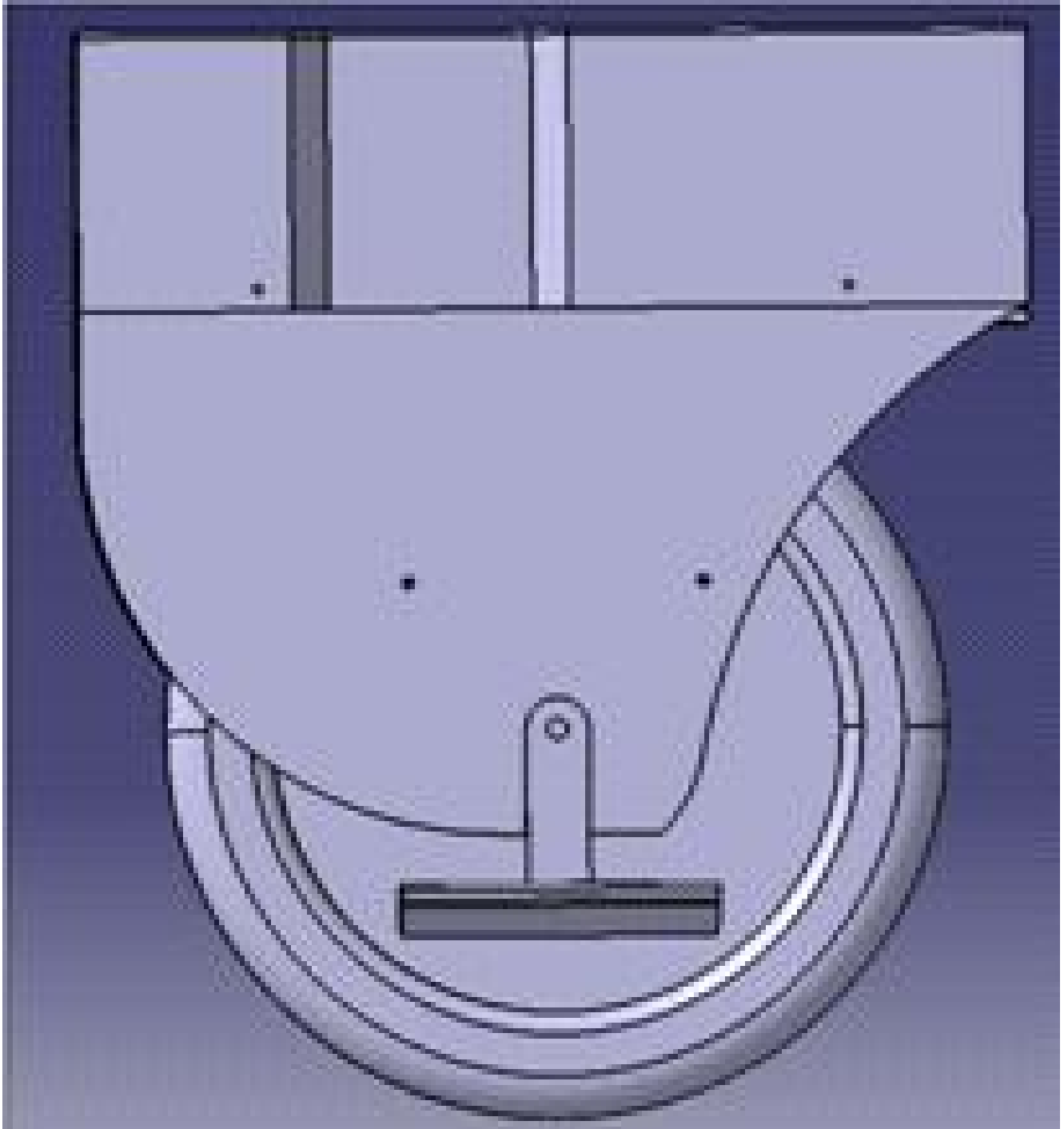
- 바퀴 축 및 발판 부 해석을 통해 축의 지름 선정 및 발판 지지대의 재질 및 위치를 선정 하게 되었습니다.

제 6 절 2차 모델링 조립도 및 부품도

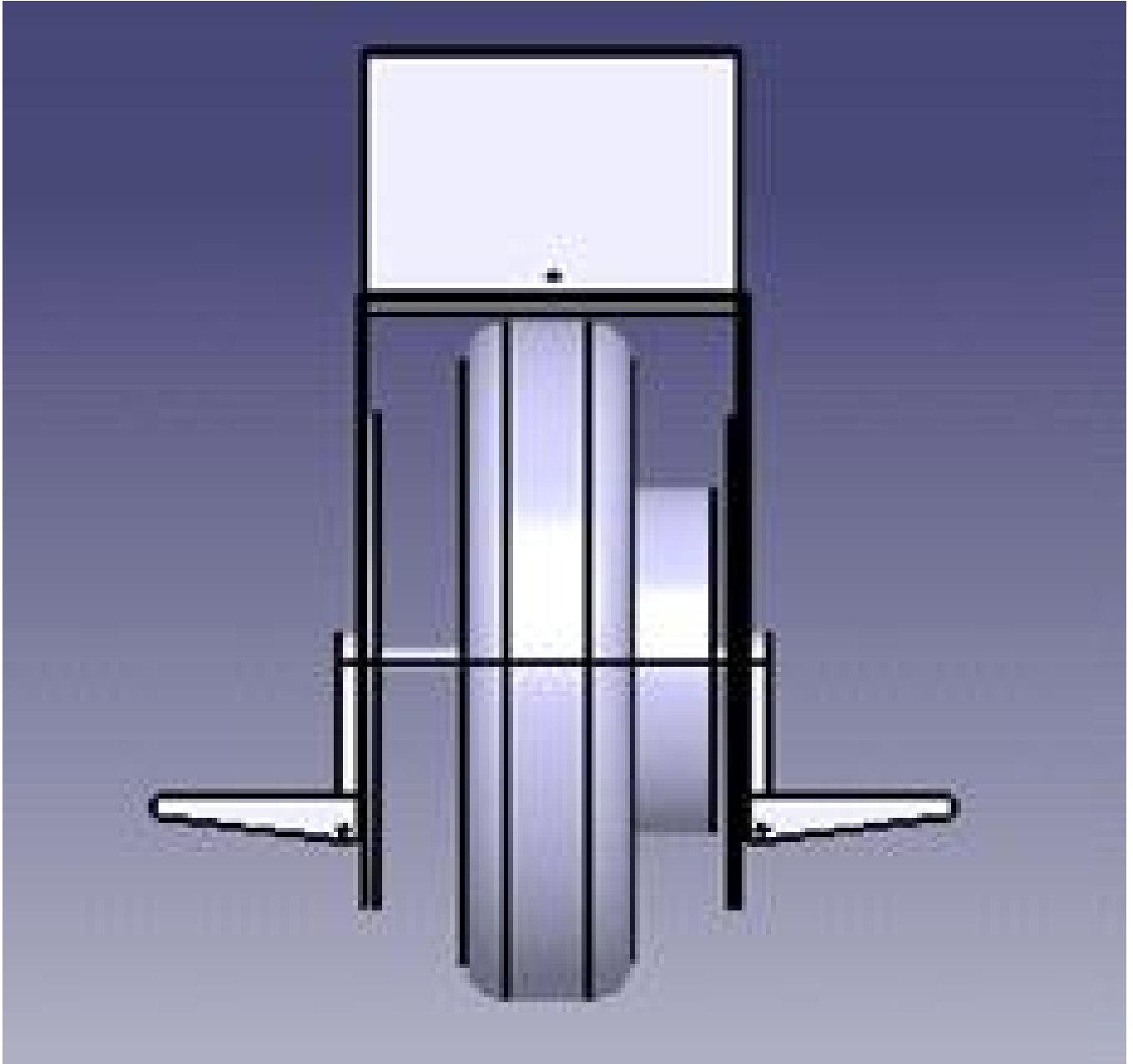
2차 시제품 부품도(3D - 최종조립도)



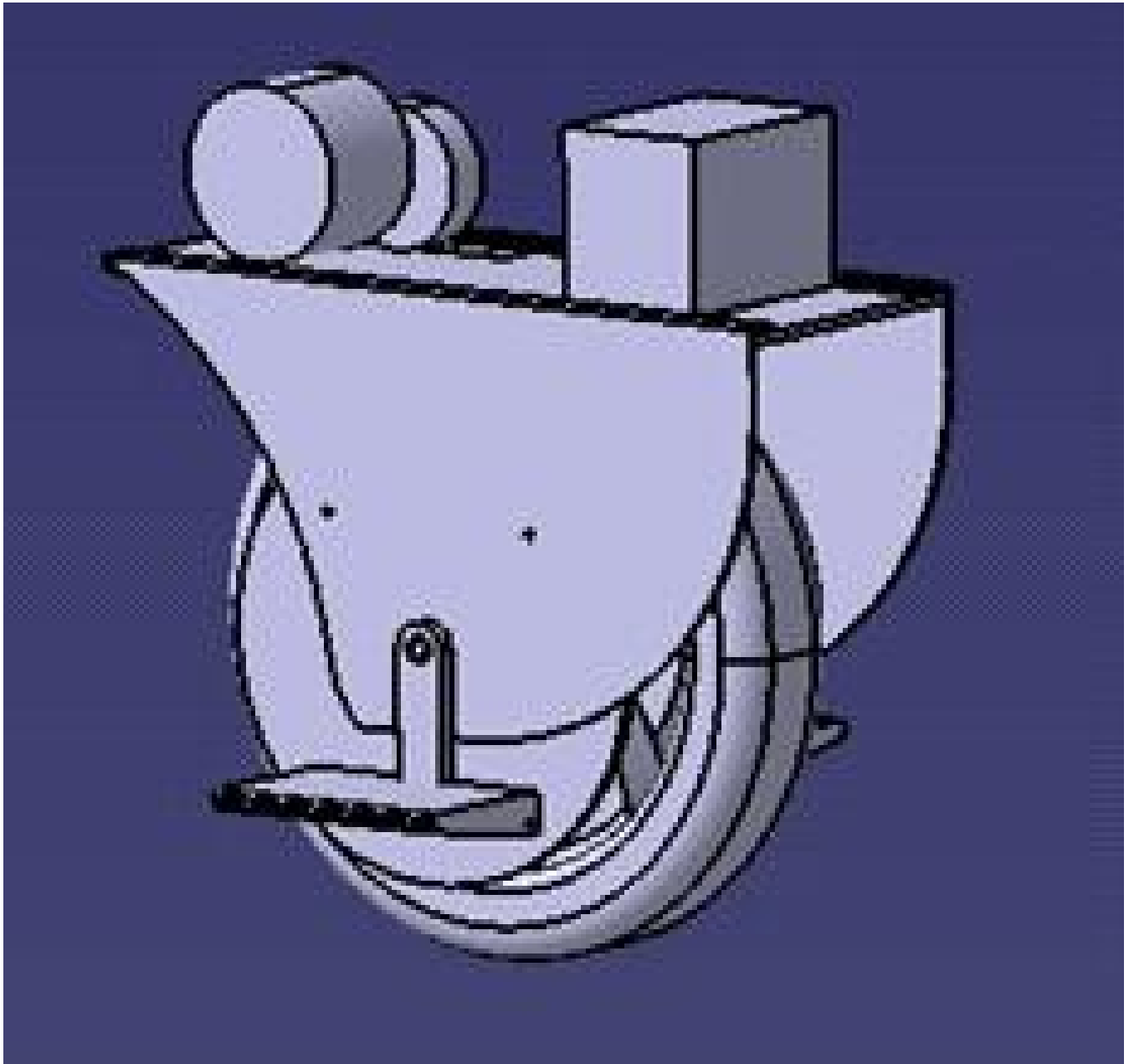
2차 시제품 부품도(3D - 사이드 뷰)



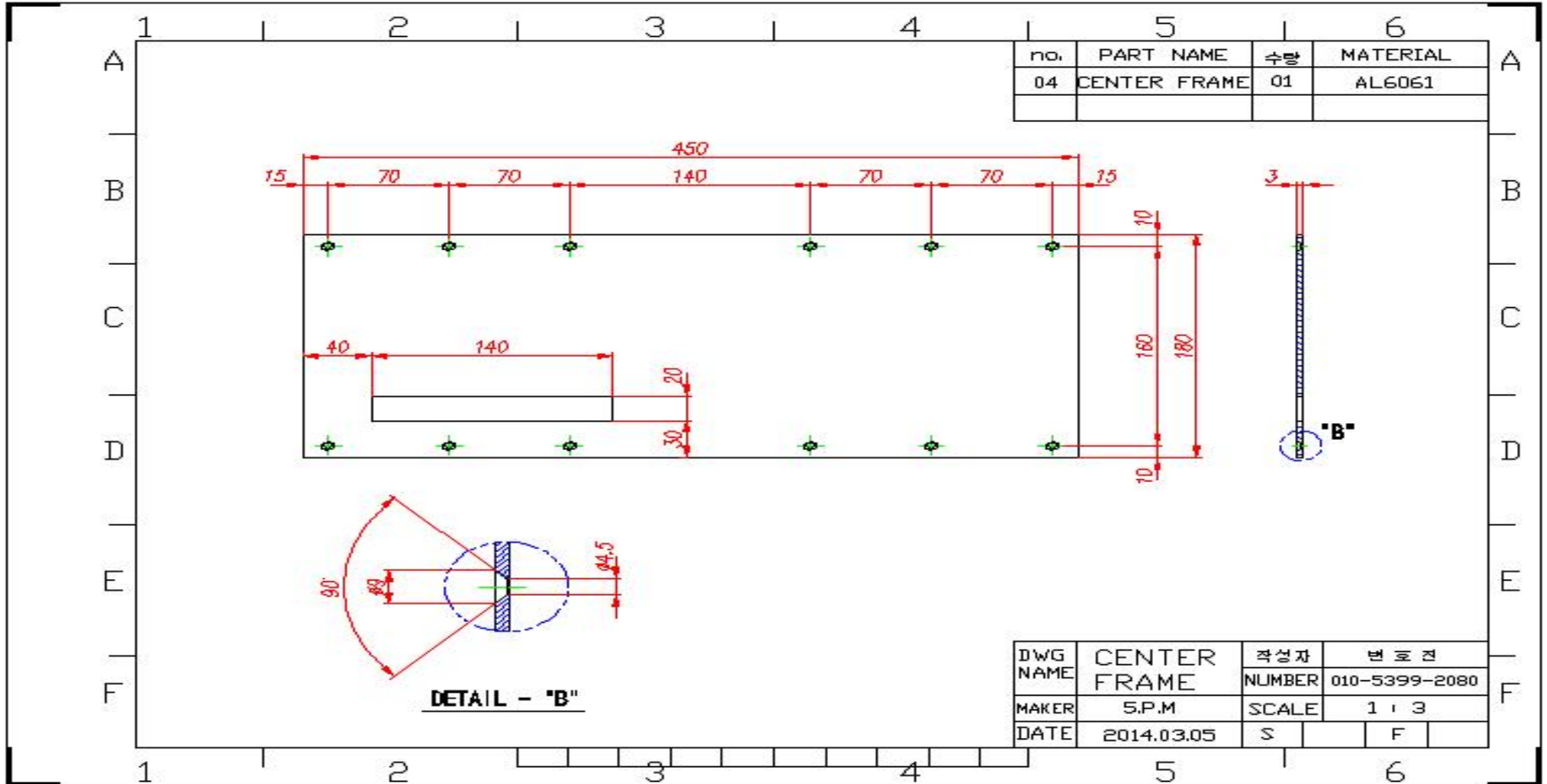
2차 시제품 부품도(3D - 백 뷰)

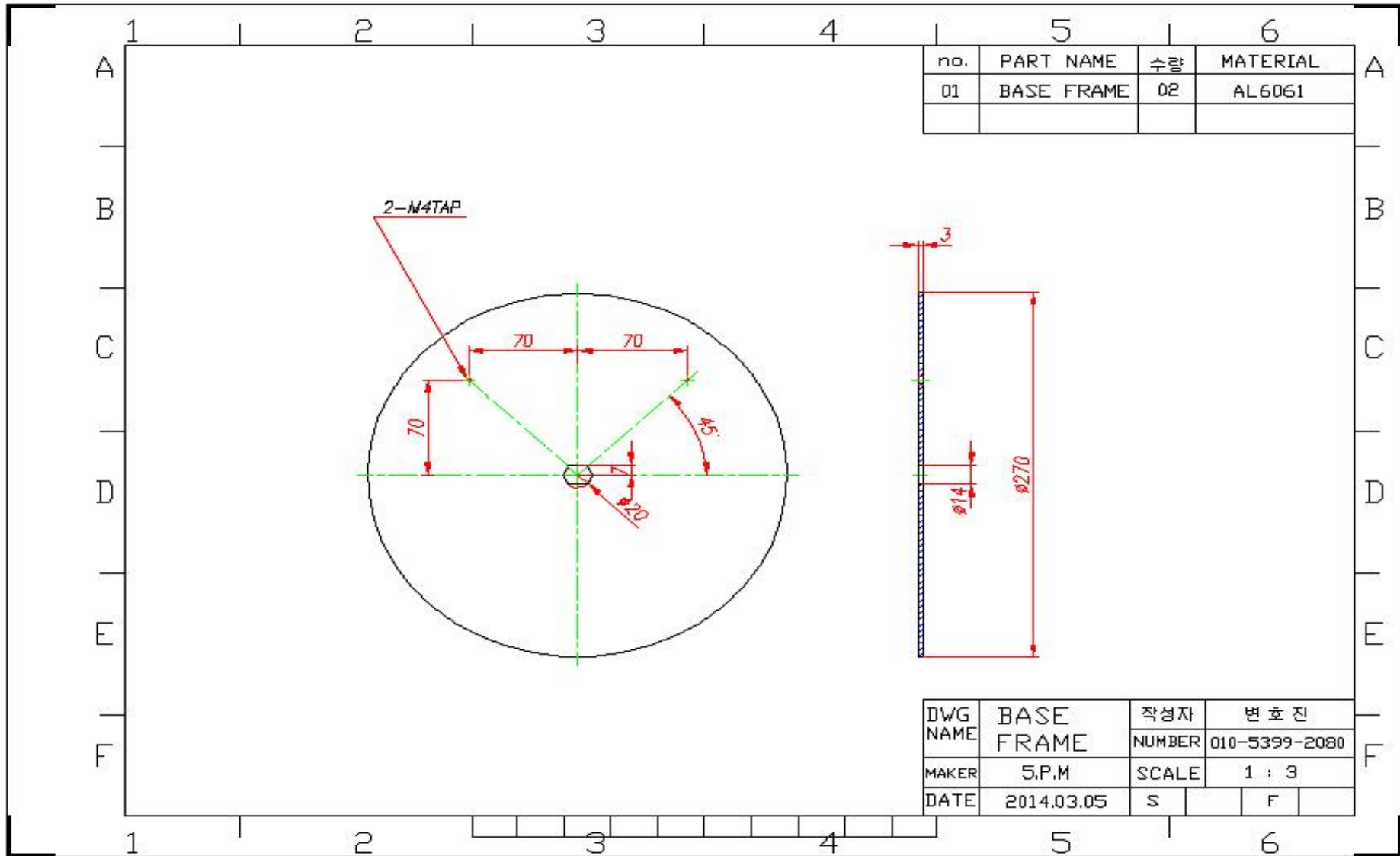


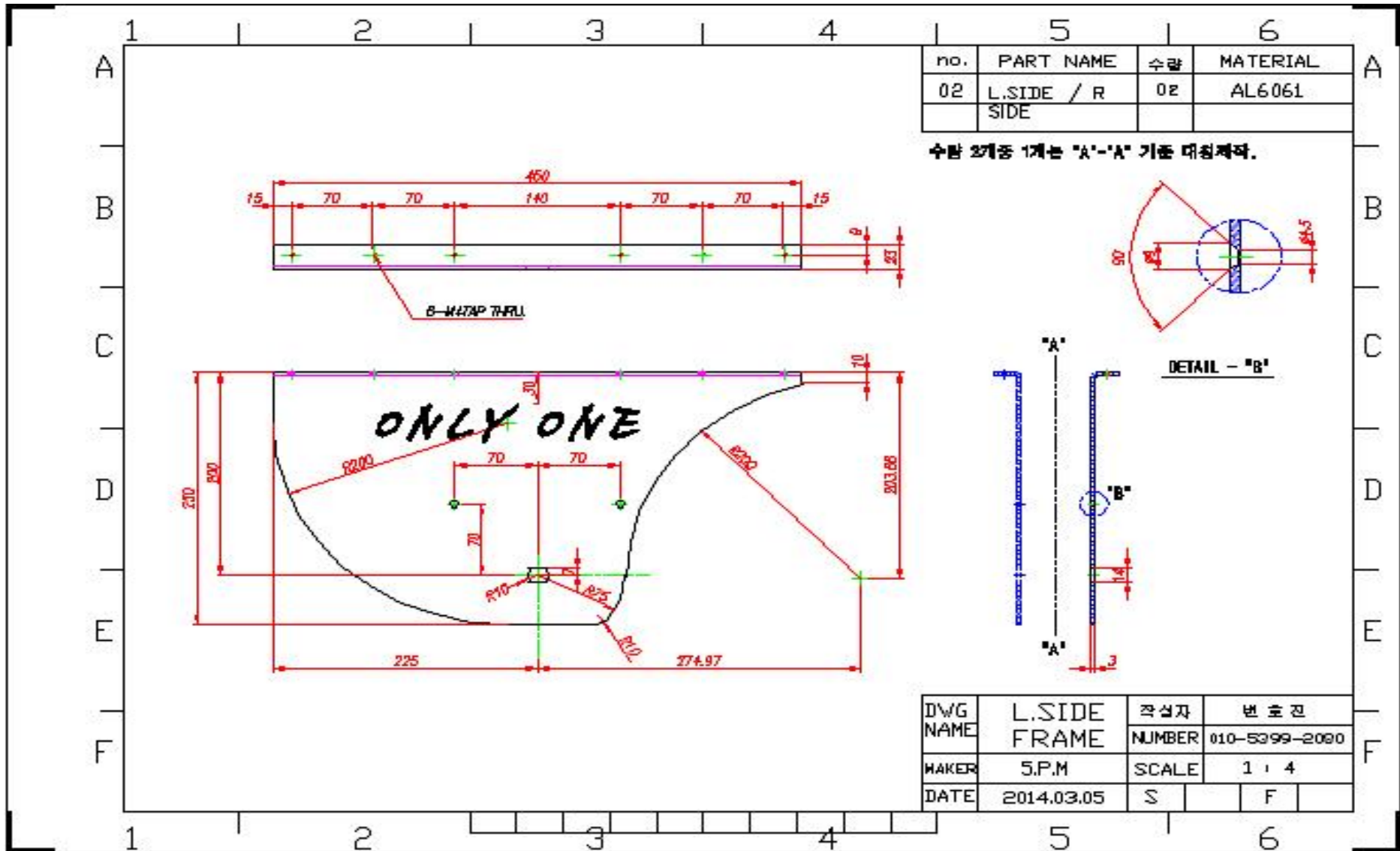
2차 시제품 부품도(3D - 인 뷰)

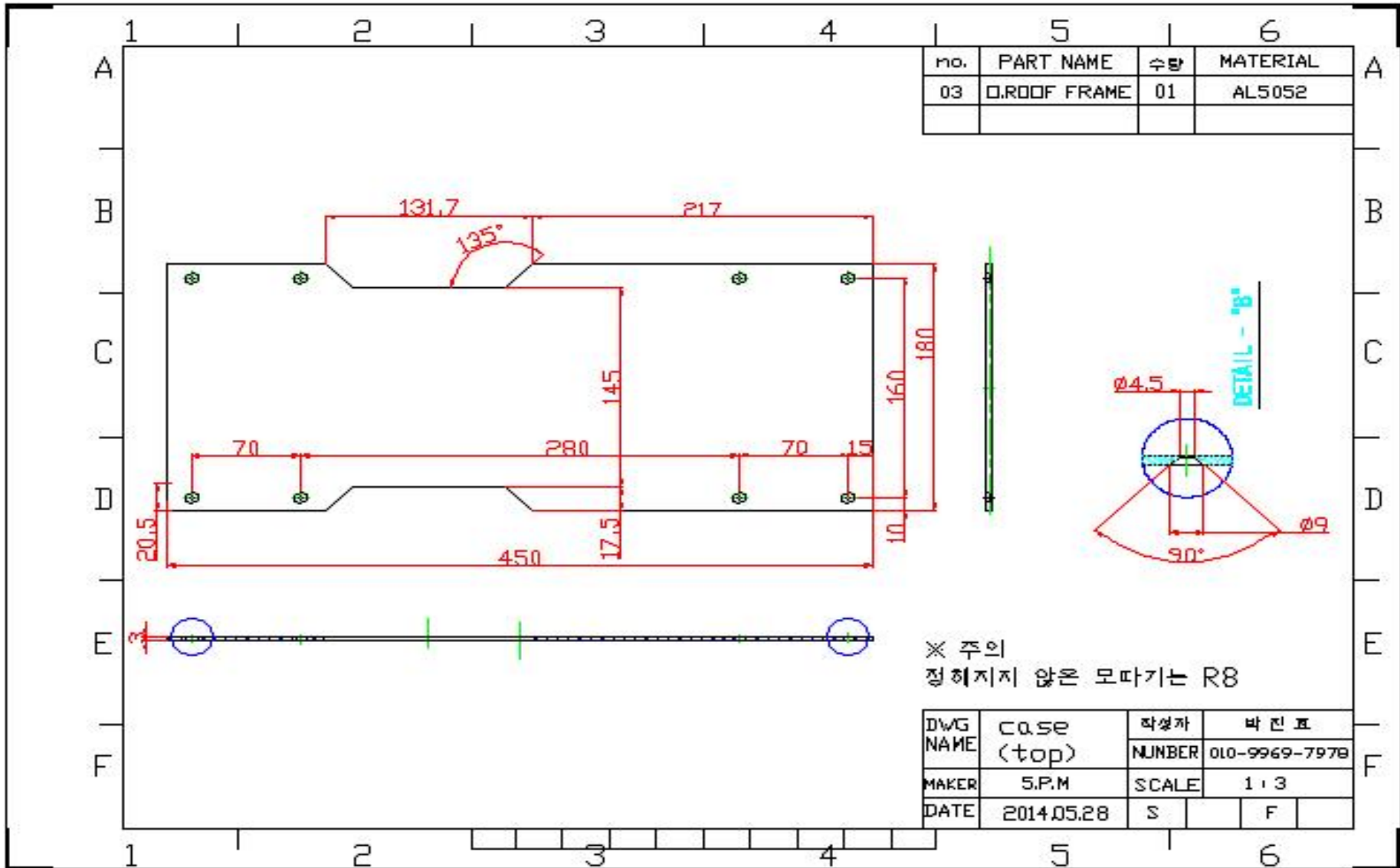


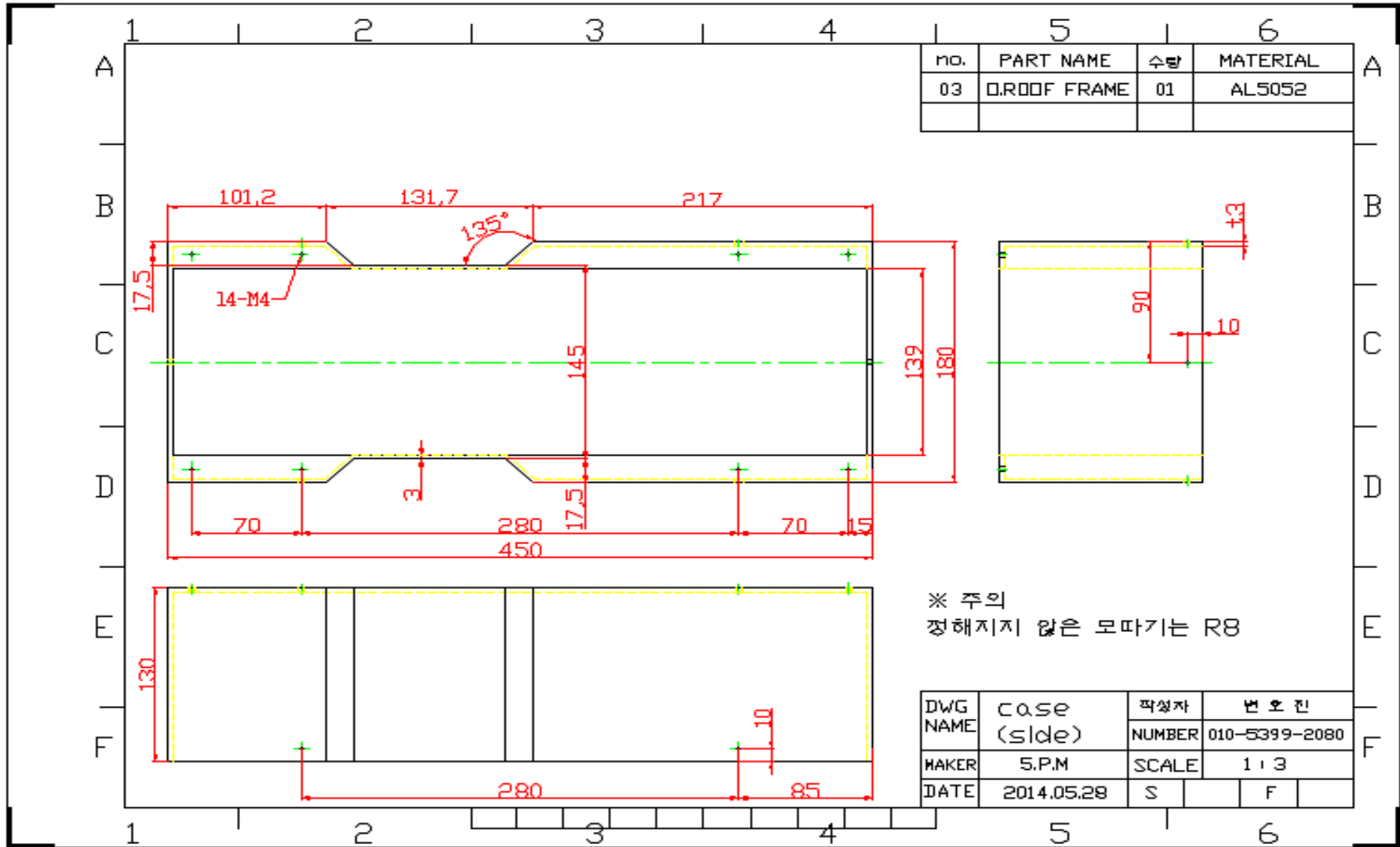
2차 모델링 부품도(2D)











- 최종 설계 수정 이유

1차 기구부 설계 당시 소형화 및 경량화에 중점을 둔 설계로 인해 생산 단가가 높아져 예산 부족의 결과에 부딪히게 되어 불가피하게 기구부 설계를 조정하게 되었다. 소형화와 경량화도 중요하지만 생산 단가를 낮추는 것 또한 중요한 목표 중 하나였기 때문에 어느 하나를 포기하는 것이 아닌 세 가지 목표 모두를 소화해 낼 수 있는 설계를 하게 되었다.

- 설계 수정 후 발생한 문제사항

어느 정도 중량이 있는 모터와 배터리가 바퀴 상단에 위치하게 됨으로 무게 중심이 높아져 좌우 밸런싱 문제가 발생하게 되었다.

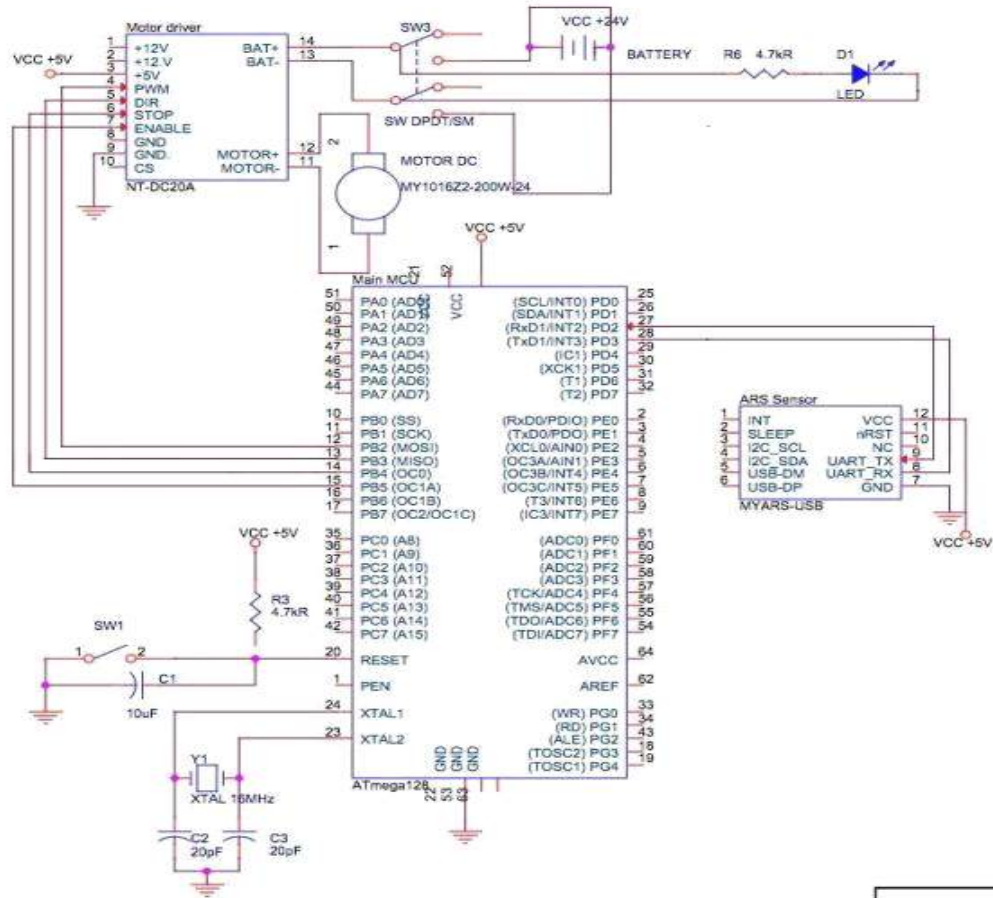
또한, 코리올리의 힘 원리를 적용시키기 위한 리브 구동부를 사용할 수 없어 불가피하게 초기 탑승 시 탑승자가 스스로 좌우 균형을 잡으며 타야 한다는 문제가 발생하게 되었다.

- 문제사항에 대한 보완사항

무게 중심이 높아진 문제를 해결하기 위하여 바퀴 축에 지지대를 연결하여 발판을 하단으로 내려 탑승자가 탑승 후의 상황에서 무게 중심이 아래쪽으로 낮아지도록 설계 하였다.

리브 구동부의 사용 제약으로 인해 탑승자가 탑승 시 스스로 균형을 잡아야 한다는 리스크가 있지만 가속이 붙게 되면 코리올리의 힘 효과를 얻을 수 있어 주행 시에는 큰 문제가 되지 않는다.

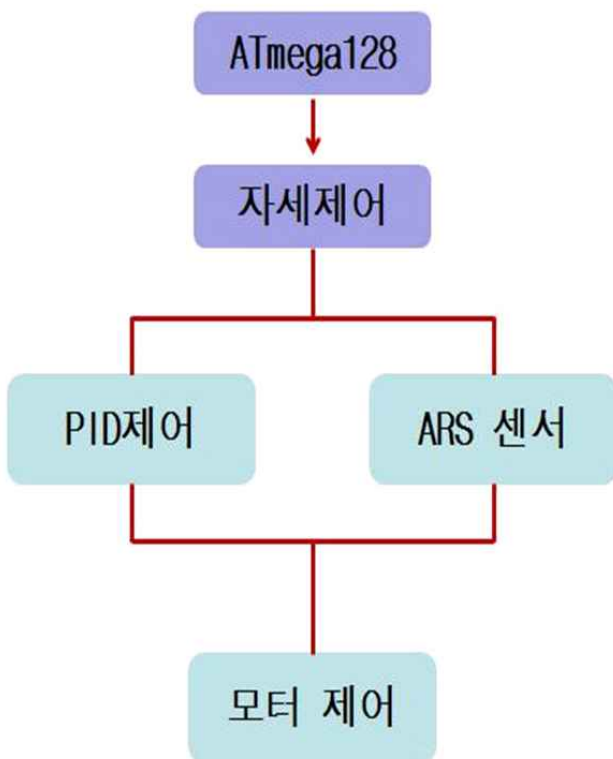
제7절 회로도



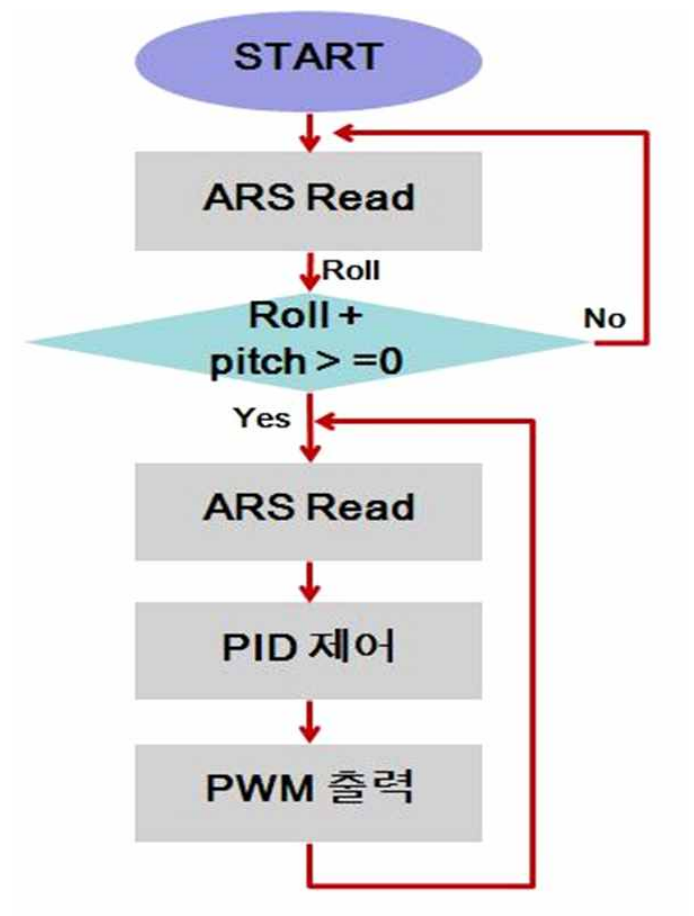
| | | |
|-------------------------|----------------------------|--------|
| Title | | |
| 5.P.W - Only Solo Wheel | | |
| Size | Document Number | Rev |
| A4 | 작성 자 : 이상민 (010-5225-0964) | |
| Date: | Sheet | 1 of 1 |

제8절 소프트웨어 구성도

□ Software Architecture



□ Flow chart



제5장 성능평가

제1절 정량적 목표의 분석 검토

| 평가항목 | 목표 | 평가결과 | 평가(측정)방법 | 측정조건 | 측정시행횟수 |
|----------|--------|-------|----------|----------------|--------|
| 제품 무게 | 약 15kg | 16kg | 저울 | - | 1회 |
| 최고 속도 | 9km/h | 9km/h | GPS 속도계 | 복도, 도로 | 5회 |
| 구동 가능 시간 | 1시간 | 3~40분 | 타이머 | 80kg 탑승자 복도 | 3회 |

안전성 자체 평가표

| 평가 항목 | 안전 | 미흡 |
|---------------------------------|----|----|
| 탑승자가 온리 원에 걸려서 넘어지지 않는가? | ○ | |
| 기구부에 모서리나 뾰족한 부분이 없는가? | ○ | |
| 급 제동시에 뒤집어 질 가능성은 없는가? | ○ | |
| 탑승자가 온리 원 위에서 미끄러져 다칠 가능성은 없는가? | ○ | |
| 비/눈 오는 날에도 위험성 없이 탈수 있는가? | | ○ |
| 비상시 급정거 할 수 있는가? | ○ | |
| 급 조향 시 중심을 잘 잡을 수 있는가? | | ○ |

제2절 평가결과 및 분석 결론

- 무게

제품의 무게는 목표로 정한 15kg을 크게 벗어나지 않는 약 16kg으로 알루미늄 프레임을 사용하여 무게를 줄였다. 초기 배터리 선정에 있어서 리튬이온 배터리를 장착하기로 하였는데 저예산의 제작을 위해서 부품 선정에서 성능보다 가격적인 측면을 많이 고려하게 되었고 빠른 시제품 제작을 위하여 납축전지를 장착하게 되었다. 납축전지를 대신하여 리튬이온 배터리로 장착한다면 약 3kg정도 절감할 수 있을 것이라 예상한다.

- 속도

초기 목표 성능인 최대 속도 9km/h는 사람이 걷는 평균보행속도가 4km/h보다 조금 빠르게 목표를 잡았고, 스마트폰 gps 앱을 통하여 이 사실을 확인하여 목표 성능으로 설정하였다. 현재의 only one은 탑승자의 몸의 기울기에 따라서 속도를 조절할 수 있기 때문에 전압 확보 및 기존의 모터보다 고사양의 모터를 사용한다면 속도를 더 올릴 수 있을 것이라 예상한다.

- 구동시간

탑승자의 무게, 바퀴와 바닥면의 마찰계수 등 여러 요인에 의해 구동 시간에 차이가 있을 수 있지만, 만 충전 시 80kg의 탑승자를 기준으로 3~40분의 구동 시간을 확인 할 수 있었다.

- 안전성

탑승자의 몸의 기울기를 이용하여 속도 조절하기 때문에 위험성을 가지고 있어 RF통신을 이용해 리모콘과 같이 버튼을 눌러 신호를 주는 형식을 이용하여 위험상황 및 제품 하차 시 탑승자의 의지대로 동작 정지 컨트롤 할 수 있도록 구현하였다.

제6장 결론

제 1 절 결론

기구부를 CAE해석으로 허용무게(100kg)을 버틸 수 있는 적정 재질 및 두께를 선정하고 각 부품의 사이즈를 측정하여 기구부 내부에 공간을 최대한 활용 할 수 있도록 기구부 설계를 통하여 초기 정량적 목표에 맞도록 설계한 각 주요 부품 모터와 mcu 및 주변 회로에 충분한 전압과 전류를 공급할 수 있는 배터리, 또한 소홀하기 쉬운 본 작품의 외형 설계와 모터 배치 시 고려해야 할 점들에 대해 논하고 기준을 제시하였다. *제품에 사용하는데 있어, 사용자의 안전성에 대해 고려해 응급 상황 시 긴급 정지 버튼을 구성하였고, 탑승자의 숙련도에 따라 초보, 중급, 고급으로 나누어 속도의 limit를 설정할 필요가 있다고 제시하였다.*

제 2 절 문제점

1. 초기 설정했던 정량적 목표중 구동시간이 많이 부족하다.
2. 실험적인 방법을 통해 얻은 PID게인 값이 설정 상황과 다른 환경에서 이상 오동작을 일으킬 수 있다.
3. 사람이 탑승하는 제품이니 만큼 안정성이 무엇보다도 우선시 되어야 하나 모든 경우의 안전성을 보장할 수 없다.
4. 제품의 무게중심이 높아 보조바퀴를 제외하고는 미숙련자들에게는 다소 탑승이 힘들 수 있다.

제 3 절 향후 계획

1. 지속적인 PID 게인 값을 조절로 구동 환경에 구해 받지 않고 부드러운 동작을 구현할 것이다.
2. 추가적인 연구를 통해 제품의 무게중심을 낮출 수 있는 방안을 모색하고 실현할 것 입니다.
3. 탑승자의 안전에 문제가 될 수 있는 환경의 조건들을 알아보고 환경별 안전을 보장할 수 있는 방법을 모색할 것입니다

[참고문헌]

유사 제품 사양서



| | |
|-----------|---|
| 형태 | 싱글 휠 드라이브, 전기, 외발 전동스쿠터 |
| 최대하중 | 113kg(250lbs) |
| 등판각도 | 11.3도(경사도15%) |
| 타이어 크기 | 40.6cm x 5.4cm(16" x 2.125") |
| Brakes | 1,000와트 허브 모터를 통한 재 충전 브레이킹 |
| 최고속도 | 약 16Km/hr |
| 배터리 종류 | 고 농축 리튬이온 배터리(High quality LifePO4 lithium-ion Battery) |
| 완전 충전시간 | 약 2시간 |
| 완충 후 주행거리 | 16Km ~ 20Km(탑승자의 무게 및 지형 등에 따라 다를 수 있음) |
| 충전기 | 100~240Volt, 2A급속 충전기 |
| 배터리수명 | 약 1,000회 충전 |
| 체원 | 길이 : 43.2cm(17 .0) |
| | 높이 : 48.3cm(19 .0) |
| | 무게 : 13Kg(26lbs) |
| | 폭 (페달 뿔었을 때) : 35.6cm(14 .0) |
| | 폭 (페달 접었을 때) : 20.3cm(8 .0) |

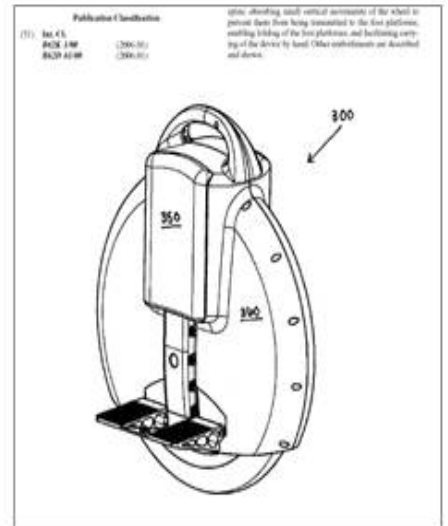
단품 가격 : 3,500,000원

●인터넷으로 이미 많이 알려진 제품이나 비싼 구매 비용으로 인해 실 구매자는 현저히 적은 편임

참조 특허

 [미국] Powered single-wheeled self-balancing vehicle for standing user

| | |
|---|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 상세정보 공개공보  행정진행정보  </div> | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> 서지정보 인명정보 청구항 패밀리정보 인용 Related US Application Data 심사관 </div> | |
| (13) 구분 | A1 국가별 특허문헌코드 |
| (*) 공보번호/일자 | 20110220427 / 2011.09.15 |
| (11) 등록번호/일자 | / |
| (65) 공개번호/일자 | 20110220427 / 2011.09.15 |
| (21) 출원번호/일자 | 13044487 / 2011.03.09 |
| (73) 출원인(Assignee) | Chen Shane |
| (30) 우선권번호(Priority No.) | |
| (51) IPC(Int. Cl.) | B62K 1/00 B62D 61/00 |
| (52) UPC(U.S. Cl.) | 180/21 |
| (*) CPC | B62K3/007 B62K1/00 B62K2015/003 |
| (58) Field of Search | |
| (86) 국제출원번호(PCT No.) | |
| (87) 국제공개번호(PCT Pub No.) | |



[크게보기 !\[\]\(0f848bbd71cef6b345273b16f905912a_img.jpg\)](#)

(57) 요약(Abstract)

A powered, gyroscopically balanced unicycle device to be used while standing, having leg contact surfaces which are made of a yielding, slightly soft material whose mild friction against the user's legs allows stable, precise control of the device without restraining the legs in any way. In one embodiment a single hubless wheel is driven by a friction drive mechanism which transmits torque from a motor through a drive wheel positioned below the foot platforms and in contact with the inner rim of the wheel. Various structures are provided for supporting the wheel and keeping it in place as it spins; absorbing small vertical movements of the wheel to prevent them from being transmitted to the foot platforms; enabling folding of the foot platforms; and facilitating carrying of the device by hand. Other embodiments are described and shown.

※ 요약 자동번역

동력이 공급된다, 스탠딩일지라도 이용될 gyroscopically 균형 적 외부자 자전거 장치, 하라는 대로 하는의 만들는 접촉면을 발 이 빠르는 것, 그것의 온화한 마찰이 사용자의 레그에 대하여 안정적이어서 허용되는 다소 부드러운 재질, 일 실시예에 있는 임 의의 way,에서 레그를 제한하는 것 없이 소자의 정밀 제어 단 일의 무허브 휠이 토크를 전송하는 마찰 전동 메카니즘에 의해 구동되고 모터부터 발 부분 플랫폼아래에 배치된 드라이브 휠 까지 그리고 그것이 회전하기 때문에 휠을 지지하고 장소를 그 것을 가두어 뒤 wheel, 다양한 구조의 내부 림과 접해서 제공된 다; 발 부분 플랫폼을 그들이 전송되는 것을 막기 위해 휠의 작 은 수직 운동을 흡수하는 것; 가능하게 한다 발 부분 플랫폼의 접다; 그리고 hand, 다른 실시예에 의해 소자의 운반을 가능하 게 하는 것은 기술되고 도시된다. {자동번역}

기술참조문헌

교보문고 / 기계설계_이론과 실제 6판

McGraw-Hill Korea / 공학도를 위한 동역학 SI-units 9판

센계이지러닝코리아 / 논리설계기초 6판

피어슨에듀케이션코리아 / 공업재료가공학 5판

청호 / 재료역학 수정 3판

사이텍미디어 / 로봇공학의 이해 개정 2판

ATmega128(MCU) datasheet

MY 1016Z2-200W-24V(모터) 사양서 및 특성곡선

NT-DC20A(모터 드라이버) datasheet

myARS-USB(센서) datasheet

소스코드

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>
#define F_CPU 16000000 //클럭 설정
#include <util/delay.h>

ISR(INT4_vect) //비상 정지
{
    PORTB=0x00; _delay_ms(10000);
}

#define MOTOR_PORT PORTB
#define MOTOR_Idle MOTOR_PORT = 0x00
#define MOTOR_Break MOTOR_PORT = 0x30
#define MOTOR_CW MOTOR_PORT = 0x2c
#define MOTOR_CCW MOTOR_PORT = 0x24

#define USART0 ((unsigned char)0)
#define USART1 ((unsigned char)1)

extern int USART1_send(char data, FILE *stream);
extern int USART1_receive(FILE *stream);
extern int USART0_send(char data, FILE *stream);
extern int USART0_receive(FILE *stream);

int USART1_rx_check(void);

#define CR 0x0d
#define LF 0x0a

#define LENGTH_RX_BUFFER 20
#define LENGTH_TX_BUFFER 20

#define KP 0.079 //0.079 비례게인
#define KI 0.008 //0.008 적분게인
#define KD 0.047 //0.047 미분게인
#define dt 0.01 //0.01

volatile unsigned char rx1_buffer[LENGTH_RX_BUFFER],
tx1_buffer[LENGTH_TX_BUFFER];
volatile unsigned char rx1_head=0, rx1_tail=0, tx1_head=0, tx1_tail=0;

void port_init(void){
    DDRB |= (1<<DDB5);
```

```

    DDRB |= (1<<DDB4);
    DDRB |= (1<<DDB3);
    DDRB |= (1<<DDB2);
    PORTB |= (0<<PORTB2);
}

void pwm_init(void){
    //16bit timer1 fast pwm mode
    TCCR1A
(1<<WGM11)|(1<<WGM10)|(1<<COM1A1)|(0<<COM1A0)|(1<<COM1B1)|(0<<COM1B0);
    TCCR1B |= (1<<WGM12)|(0<<CS12)|(0<<CS11)|(1<<CS10);
}
void sensing_init(void){
    //16bit timer1 fast pwm mode
    TCCR2 |= (0<<CS22)|(1<<CS21)|(1<<CS20);    TIMSK |= (1<<TOIE2);
}

static
usart0_stdio=FDEV_SETUP_STREAM(USART0_send,USART0_receive,_FDEV_SETUP_RW);

char dir,start=1;
unsigned char one;
int motor_pwm,motor_v;
void lf() { putchar(CR); putchar(LF); }
double roll_sum, KP_term, KD_term, KI_term;
volatile int ax, ay, az, gx, gy, tt = 0,roll, pitch = 0;

    signed char buf[256];
    unsigned char buf_idx = 0;

ISR(TIMER2_OVF_vect)
{
    TCNT2=230;
    if (USART1_rx_check())
    {
        one=USART1_receive(stdin);
        if(one==LF)
        {
            sscanf(&buf[1], "%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d,%d", &ax, &ay, &az, &gx,
&gy, &tt, &roll, &pitch);
            buf_idx = 0;
        }
        else
        {
            buf[buf_idx++] = one;
            buf[buf_idx]=0x00;
        }
    }
}

```

```

    }
}

int main(void){

    stdin=stdout=stderr=&usart0_stdio;

    UCSR0B=0x18; UBRR0H=0; UBRR0L=8;
    UCSR1B=0x98; UBRR1H=0; UBRR1L=8;

    port_init();
    pwm_init();
    sensing_init();
    EICRA=0b00000000;
    EICRB=0b00000001;
    EIMSK=0b00010000;
    SREG=0x80;

    ////////////////////////////////////////////각도 0이상일때 동작
    while(start){
        if(roll<0){
            start=1;
        }
        else if(roll>0){
            start=0;
        }
    }

    while(1){
        roll_sum+=roll;

        if(roll_sum>20000) roll_sum=20000;
        else if(roll_sum<-20000) roll_sum=-20000;

        KP_term = roll*KP; //비례제어 KP=0.079
        KI_term = roll_sum * KI* dt; //적분제어 KI=0.008
        KD_term = gx * KD; //미분제어 KD=0.047

        motor_v=KP_term+KI_term+KD_term;

        if(motor_v>0) dir=1;

        else{
            dir=0;
            motor_v *= -1;
        }
    }
}

```

```

    }

    motor_pwm = 26*(int)(motor_v);

    if(dir){
        MOTOR_CCW;
        PORTC=0xF0;
    }
    else{
        MOTOR_CW;
        PORTC=0x0F;
    }

    if(motor_pwm > 1010 ) motor_pwm = 1010; //모터 드라이버 특성상 최대 듀티비
= 99%

    OCR1A = motor_pwm;

}

}

// 폴링에 의한 문자 전송
int USART0_send(char data, FILE *stream)
{
    while ( !( UCSR0A & (1<<UDRE0)) ); // UDR 레지스터가 빌 때까지 폴링한다.
    UDR0 = data; // UDR 레지스터에 값을 기록한다.
    return data;
}

// 폴링에 의한 문자 수신
int USART0_receive(FILE *stream)
{
    while ( !(UCSR0A & (1<<RXC0)) ); // UDR 레지스터에 문자 수신 검사
    return UDR0;
}

// 인터럽트에 의한 문자 전송 호출
int USART1_send(char data, FILE *stream)
{
    // txbuffer[] full, 한 개라도 빌 때까지 기다림
    while( (tx1_head+1==tx1_tail) || ((tx1_head==LENGTH_TX_BUFFER-1) &&
(tx1_tail==0)) );

    tx1_buffer[tx1_head] = data;
    tx1_head = (tx1_head==LENGTH_TX_BUFFER-1) ? 0 : tx1_head+1;
}

```

UCSR1B = UCSR1B | 1<<UDRIE1; // 보낼 문자가 있으므로 UDRE1 빔 인터럽트
활성화

```
    return data;
}
```

// 인터럽트에 의한 문자 수신 호출

```
int USART1_receive(FILE *stream)
{
    unsigned char data;

    while( rx1_head==rx1_tail ); // 수신 문자가 없음

    data = rx1_buffer[rx1_tail];
    rx1_tail = (rx1_tail==LENGTH_RX_BUFFER-1) ? 0 : rx1_tail + 1;
    return data;
}
```

// USART1 RXC interrupt service

```
ISR(USART1_RX_vect)
{
    volatile unsigned char data;

    // rx_buffer[] full, 마지막 수신 문자 버림
    if( (rx1_head+1==rx1_tail) || ((rx1_head==LENGTH_RX_BUFFER-1) &&
(rx1_tail==0)) ){
        data = UDR1;
    }else{
        rx1_buffer[rx1_head] = UDR1;
        rx1_head = (rx1_head==LENGTH_RX_BUFFER-1) ? 0 : rx1_head+1;
    }
}
```

// USART1 receive char check

```
int USART1_rx_check(void) { return (rx1_head != rx1_tail) ? 1 : 0; }
```