2017학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 교육용 유압 집게팔

(2016년 9월 1일 ~ 2017년 6월 15일)

팀명: 세븐일레븐

기계공학 설계프로젝트 최종보고서를

붙임과 같이 제출합니다.

2017. 6. 2

대구대학교 기계공학부(기계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계공학부 설계프로젝트 과제 “교육용 유압 집게팔”의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 2016. 09. 01 ~ 17. 06. 15)

2016. 6. 2

지도교수 : 이동활 (인)

대표학생 : 김재구 (인)

참여학생 : 조영훈 (인)

최상명 (인)

강재훈 (인)

서경렬 (인)

강민석 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본인은 보고서를 작성함에 있어 다음과 같이 연구 윤리 및 보고서 작성 윤리를 준수하였음을 서약합니다.

1. 본인은 다른 학생의 보고서를 복사(copy)하지 않았습니다.
2. 본인은 다른 사람의 보고서 내용 중 전부 또는 일부를 무단으로 도용하거나 인터넷에서 내려받기(download)하여 대체하지 않았습니다.
3. 본인은 보고서에 참고자료를 인용할 경우 원본의 출처를 반드시 표시하였습니다.

2017. 6. 2

지도교수 :	이동활	(인)
대표학생 :	김재구	(인)
참여학생 :	조영훈	(인)
	최상명	(인)
	강재훈	(인)
	서경렬	(인)
	강민석	(인)

목 차

최종보고 요약문 1

요약1 부품 및 제작비 사용내역 **(반드시 포함해야 함)** 2

요약2 설계구성요소 일람 **(반드시 포함해야 함)** 3

요약3 현실적 제한요소 일람 **(반드시 포함해야 함)** 4

제1장 과제내용 및 목표 6

제1절 목적 및 필요성 6

제2절 과제의 목표 7

제3절 기대효과 및 활용방안 8

제2장 개념설계 및 상세설계 9

제1절 개념설계 9

제2절 해석 및 평가 10

제3절 설계 보완 11

제4절 상세설계 12

제3장 제작 13

제1절 공정도 13

제2절 제작 14

제4장 시험 및 평가 15

제1절 시험 요구조건 15

제2절 시험결과 16

제5장 결론 17

제1절 문제점 분석 및 처리결과 17

제2절 총평 18

참고문헌 19

부록 20

부록1 첫 번째 부록 20

부록2 두 번째 부록 21

부록3 보고서 후기 22

최종보고 요약문

과제명	교육용 유압 집게 팔
팀명	세븐일레븐
팀원	김재구, 조영훈, 강재훈, 강민석, 서경렬, 최상명
과제기간	2016 년 9 월 1 일 ~ 2017 년 6 월 15 일

1. 개발내용 및 목표

- 건설 기계 트랙의 이론적 내용을 활용하기 위해 경량화를 목표로 한 교육용 유압 집게 팔을 주제로 정하였고 시제품에 교과서적인 내용을 활용했을 때 어떤 부분에서 차이가 나타나는지 혹은 설계 과정에서 겪은 애로사항을 보완하는 것이 목표입니다.

1) 범용적으로 사용하는 알루미늄 6061 사용, 실린더 최소 직경40mm 및 적재 가능 무게 50kg를 목표
2) 각 부품별 하중에 관한 내구성 안전율을 2~5안으로 제작을 목표
3) 집게팔(붐, 암, 집게) 구동 속력 40mm/sec를 내는 정량적 구동목표

2. 개념설계 및 상세설계

1) 각 부품별 NFX 안전율 해석을 토대로 도면 사양 결정 및 설계
2) DAFUL S/W의 조인트 구속을 활용한 기구학적 거동 해석
3) 유압 회로도 작성 및 전문가와 상담 후 유압 회로도를 완성
4) 집게팔 링크 위치 및 유압 실린더 위치를 코사인 법칙을 이용하여 설계

3. 제작

1) 각 부품별 NFX 안전율 해석을 이용하여 사양 설정(ex 알루미늄 판 두께, 봉 지름) 및 각 부품 조립 후 최종 시제품 제작
2) 실린더 행정 및 유량을 제어하기 위한 유압회로도 검토 및 필요 유압 유니트 구매 후 유압 시스템 구성
3) on/off기능, 유량 제어를 위한 아두이노 제어 회로도 작성 및 제어부 제작

4. 시험 및 평가

1) 목표 무게값 (50kg)을 이상(부품 파괴, 유압장치 미 구동)없이 운반할 수 있는지 평가
2) 솔레노이드 밸브 제어로 집게팔이(붐, 암, 집게) 속도 40mm/sec로 움직이는지 평가

5. 세부 연구개발 내용 및 실적

1) 기구학적 거동(실린더 전후진 행정)을 문제없이 해낼 수 있는지를 위한 DAFUL 해석 검토
2) 유압 유니트 구성을 위한 탱크 용량, 버킷 용량, 실린더 압력, 행정 거리의 이론적 계산
3) 시제품 소재인 알루미늄 두께 선정을 위한 각 기구부들의 NFX 안전율 범위 2~5 범위 내 한정 해석

요약 1. 부품 및 제작비 사용내역

순번	부품 구매 및 제작 내용 상세	참조페이지	소요예산(원)
1	유압실린더(HHA-SD 40C N100 A) × 3개		216,000
2	유압 유니트(2마력 베인펌프-3연) 제작		900,000
3	유압 솔레노이드 밸브(SS-G01-A3X-R-C2) × 3개		210,000
4	모듈러 밸브(OCY-GO1-W-Y) × 3개		168,000
5	호스(1m) × 13개		128,700
6	알루미늄 소재 구입 및 가공 (붐, 암, 집게, 링크)		407,000
7	아두이노 우노(DM-USTYLE-CT V1.0) × 1		17,000
8	위상변환기		100,000
9	차단기		5,000
10	8채널 릴레이 모듈(NER-11343) RELAY-M1(CH8)-5V		22,000
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
총 액			2,173,700
예산지원 사업목록	•		

요약 2. 설계구성요소 일람표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
설계구성요소	설계 목표 설정	교육용 유압 집게 팔을 제작하는 것으로 적은 비용으로 유압장치를 구성하고 시제품의 정상적인 구동에 대한 목표를 두었다	○	
	합성	안전율 해석을 통한 선정한 두께의 알루미늄 판재부에 유압 시스템 구성에 필요한 유압 유니트들과 전기적 신호 제어를 통한 유량 제어 목적의 아두이노 제어장치를 모두 합성	○	
	분석	NFX 안전율 해석을 이용하여 선정한 알루미늄 판재의 이론적 내구성이 목표 하중 50kg의 물체를 운반할 때 실제로 안전하게 구동할 수 있는지 유량 제어를 위한 밸브에 가해지는 전기적 신호가 목표 속도 및 목표 행정 거리를 만족하는지 분석	○	
	제작	운반 능력을 원활히 수행할 수 있는 내구성을 갖춘 기구부 및 솔레노이드 밸브에 전기적 신호를 가하여 실린더 전후 행정을 목표 속도로 수행할 수 있는 제어부 제작	×	
	시험	1) 완성 시제품의 구동을 통해 연결부의 체결이 잘 되어있으며 실린더 및 하중을 잘 견디는지 시험 2) 목표 하중 50kg을 버킷으로 운반하면서 구동에 지장을 주며 속도가 느려지는지 멈추는지 시험	×	
	평가	1) 작성한 유압 회로도에서 원하는 동작을 시제품이 수행하는지 평가 2) 목표 하중 50kg 물체를 운반하면서 파손 없이 정상적으로 구동되는지 평가 3) 작성한 제어 회로를 토대로 솔레노이드 밸브에서 원하는 유량으로 제어하는지 평가	×	

요약 3. 현실적 제한조건 일람표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
현실적 제한조건	원가		×	
	안전성	컴퓨터상의 기구학적 거동에 관한 작동 시뮬레이션(DAFUL), NFX 안전율(2~5)해석을 고려한 집게팔 부품설계	○	
	신뢰성	목표 무게 운반 및 유압 시스템 구동을 위한 유압 유니트 제작과 NFX 안전율(2~5)해석을 고려한 집게팔 부품설계를 하였고 시운전에서 목표 무게를 이론상 구동에 이상 없이 운반할 수 있도록 제작하였다.	○	
	윤리성	건설 장비 분야에서 널리 활용하고 수요가 증가하고 있는 굴삭기를 고려하여 유압 집게팔을 아이디어로 선정하였으며 실린더 행정을 위한 유압 시스템을 구동시킴으로 교과서적으로 배운 내용을 활용하는 것을 목표로 한다.	○	
	미학	알루미늄을 소재를 채택하여 가벼우며 위험성 없는 안전한 디자인, 하중에 관한 안전율(2~5)을 고려한 각 부품들 설계 및 제작, 건설 기계 교육을 위한 유압 회로도 작성 및 유압 시스템 구성	○	
	사회에 미치는 영향	건설 현장에서 사용되는 굴삭기의 구동 모습과 형상을 직접 보고, 수업 시간에 선행 학습으로 인한 건설 장비 분야에 취직할 경우 남보다 유리 할 수 있다.	○	

제 1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

건설기계 트랙을 이수하면서 이론적으로 배운 유압 시스템을 실제로 적용하고 설계하기 위한 대상을 찾던 중 다기능성과 경제성 등의 장점으로 건설 장비 중 가장 많이 사용되고 있으며 수요가 꾸준히 증가하고 있는 굴삭기를 설정하여 실무에서 중점적으로 연구하는 붐, 암, 실린더와 어태치먼트를 목표로 기구 모델링, 제어 회로도, 유압 회로도, 해석의 과정을 거쳐 실무적인 경험을 쌓는 것을 주요 동기로 삼았습니다.

제2절 과제의 목표

실무 현장에서 굴삭기의 주행부는 완성품을 사오고 붐과 암 그리고 어태치먼트를 주 연구기술로 삼고 있는 때문에 저희도 굴삭기 형태의 붐과 암을 채택하고 버킷을 달아 집게 팔을 만들어 유압 시스템의 이론적인 내용을 설계에 적용하고자 합니다. 또한 굴삭기의 성능은 작업장치의 구동 회로 및 제어회로를 구성하는 유압시스템에 의해 성능이 좌우되기 때문에 제어와 유압 회로에 대해 저희가 자체적으로 검토하고 평가하면서 유압 시스템에 대한 관심과 이해도를 높이고 저희가 학교에서 수업으로 배운 내용들을 실무에 어떻게 적용할 수 있는가 혹은 실무로 적용하는데 어떤 차이가 있는지를 경험하는 것이 목표입니다.

제 3절 기대효과 및 활용방안

건설기계 트랙을 이수하면서 들었던 유공압공학의 이론을 활용하여 시제품을 제작하면서 설계 과정에서 실제로 고려해야 하는 마찰 계수 혹은 경제적 비용 등에 의한 설계 변경, 소재 변경, 경량화와 같은 요인들 때문에 교과서적인 내용을 제품 설계 및 제작에 그대로 적용할 수 없다는 것을 경험하고 유압 회로도를 작성하면서 유압 용어 및 구성품, 용도에 대해 공부하고 해석 소프트웨어들을 활용하여 해석 결과의 의의 및 기구학적 거동을 분석할 수 있으며 설계 과정에서 실린더 조립 위치를 선정하기 위한 제 2코사인법칙 활용, 실린더 면적과 압력을 활용한 실린더가 낼 수 있는 힘, 펌프 용량 선정 공식을 활용한 버킷 및 유압 시스템의 용량 결정 등 이론적인 설계 근거를 무엇을 사용하여 어떻게 활용할 수 있는지 학습할 수 있습니다.

제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 개념설계

유압 유니트 선정

실린더 선정

사용 압력과 목표하중에 의거하여 결정

F(힘 gf) = P(유압사용압력 kg/cm) X A(실린더단면적π $^2/4cm^2$)

실린더 직경 D = 40mm 로 한다면 $6kg/cm^2$ x $\pi 4^2/4\,cm^2$ (12.56 cm^2) = 70kgf

따라서 목표 적재 하중 50kg를 들기 충분함으로

실린더 직경 D = 40mm, 행정길이 10mm로 결정

펌프 선정

실린더 작동 속도에 의거하여 결정

Q(펌프용량 $\ell/\min$) = V(실린더 속도 cm/s) x A(실린더 단면적 $\pi D^2/4cm^2$)

Q = V(40cm/11s) x A($\pi 4^2/4\,cm^2$) = 2740$cm^2/\min$)

따라서 펌프용량 Q = 3$\ell/\min$ 로 결정

전동 모터(기어모터) 선정

펌프 및 사용 압력에 따라 결정

펌프용량(Q = 3$\ell/\min$), 사용압력(P = 140kg/cm^2)

KW = P X Q = 140kg/cm^2 x 3$\ell/\min$ / 612(상수 위의 단위를 상쇄) = 0.69kw

1HP = 0.75kw 이므로 0.69Kw = 1HP

따라서 모터는 1HP로 선정

유압 탱크 선정

펌프 용량의 3~5배로 정해야 안정적이다.

따라서 유압탱크는 10L로 선정

붐, 암 기구학적 설계

붐(Boom)설계

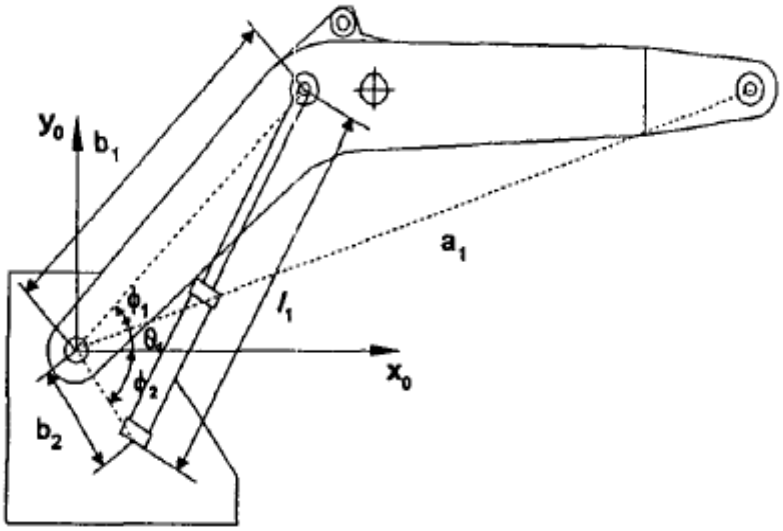
세변이 $,b_1,b_2$로 이루어진 삼각형에 대해 코사인 제 2 법칙을 이용하면 다음과 같다.

$l_1^2 = b_1^2 + b_2^2 - 2b_1b_2\cos\theta$ (3.1)

여기서

$\theta_A = \theta_1 + \varnothing_1 + \varnothing_2$ (3.2)

($\varnothing_1$과 $\varnothing_2$는 상수)



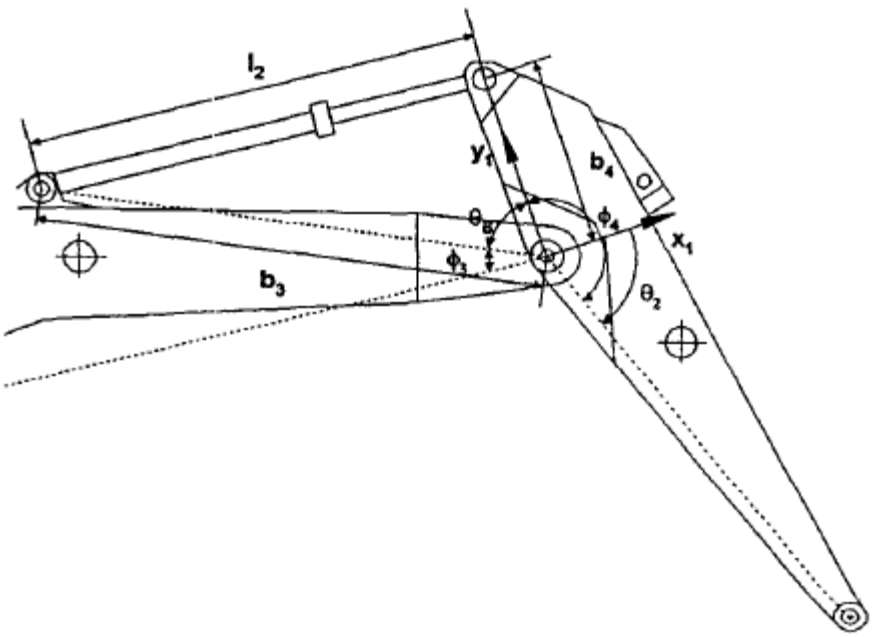
식 (3.1)을 전개하면

$$= \theta + \varnothing_1 + \varnothing_2 = \cos^{-1}\left(\frac{b_1^2 + b_2^2 - l_1^2}{2b_1 b_2}\right) \qquad (3.3)$$

이 된다. 따라서 θ_1은 다음과 같이 구해진다.

$$\theta_1 = \cos^{-1}\left(\frac{b_1^2 + b_2^2 - l_1^2}{2b_1 b_2}\right) - \varnothing_1 - \varnothing_2 \qquad (3.4)$$

암(Arm)



세변이 l_2, b_3, b_4로 이루어진 삼각형에 대하여 코사인 제2법칙을 적용

$$l_2^2 = b_3^2 + b_4^2 - 2b_3 b_4 \cos\theta_B \qquad (3.5)$$

여기서

$$\theta_B = \pi + \theta_2 - \varnothing_3 - \varnothing_4 \qquad (3.6)$$

($\varnothing_3$과 $\varnothing_4$는 상수)

식 (3.5)를 전개하면

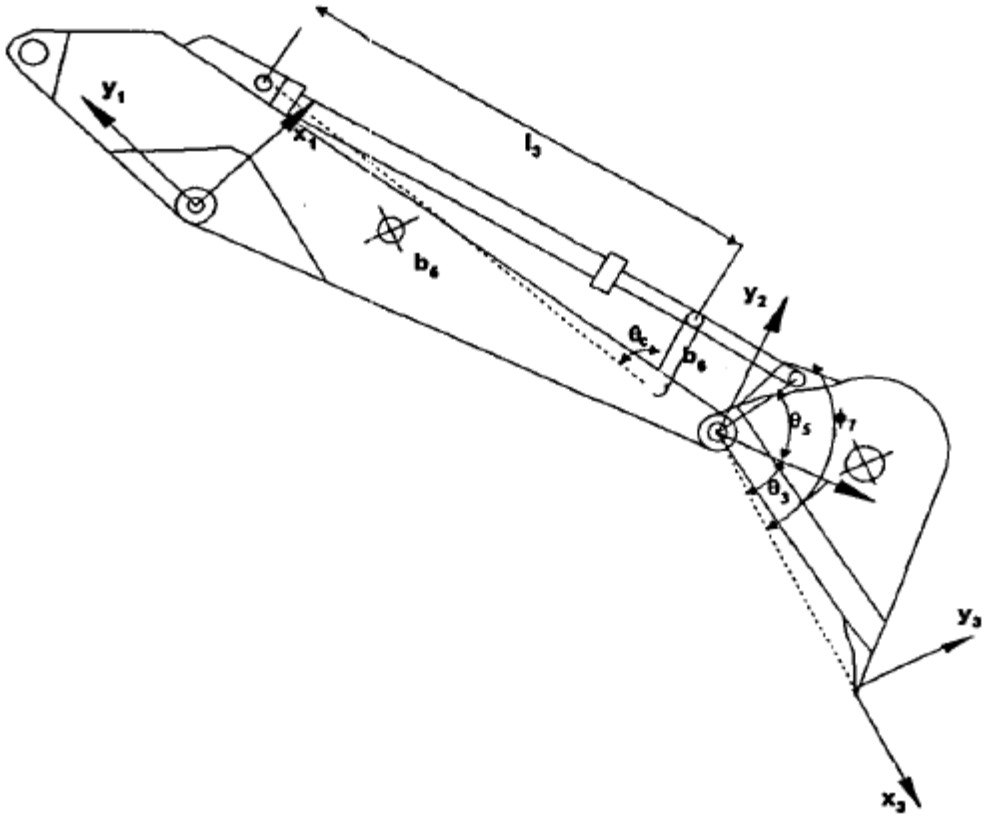
$$= \pi + \theta - \varnothing_3 - \varnothing_4$$

$$= \cos^{-1}\left(\frac{b_3^2 + b_4^2 - l_2^2}{2b_3 b_4}\right) \qquad (3.7)$$

이다. 따라서 θ_2는 다음과 같다.

$$\theta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{b_3^2 + b_4^2 - l_2^2}{2b_3 b_4}\right) + \varnothing_3 + \varnothing_4 - \pi \qquad (3.8)$$

버킷(Bucket)



세변이 l_3, b_5, b_6로 이루어진 삼각형에 대하여 코사인 제 2법칙을 적용하면 다음과 같다.

$$l_3^2 = b_5^2 + b_6^2 - 2b_5 b_6 \cos\theta_c \qquad (3.9)$$

여기서

$$\theta_c = \pi - \theta_4 - \varnothing_5 \qquad (3.10)$$

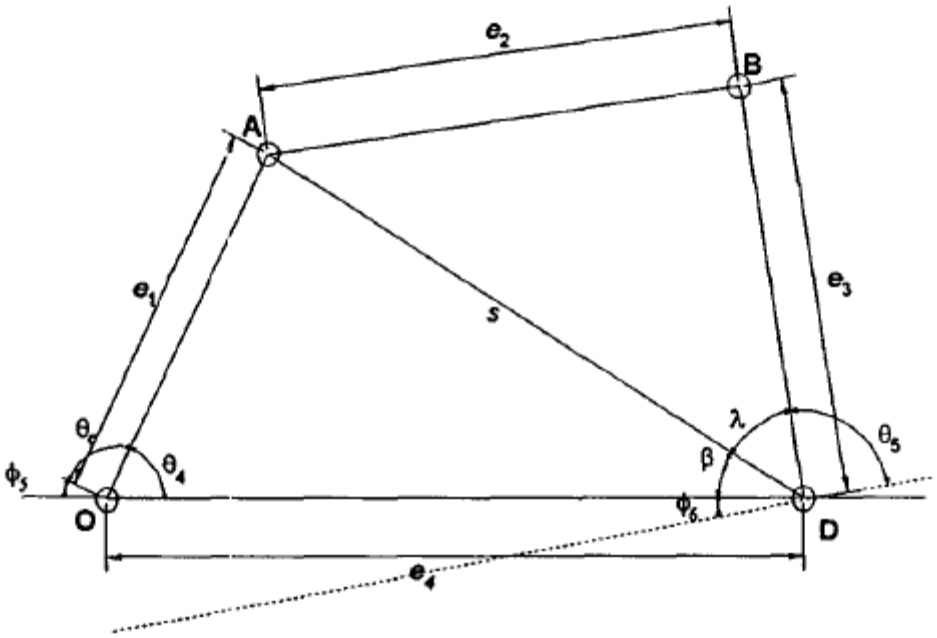
($\varnothing_5$는 상수)

식 (3.10)을 전개하면 다음과 같다.

$$\theta_c = \cos^{-1}\left(\frac{b_5^2 + b_6^2 - l_3^2}{2b_5 b_6}\right) \qquad (3.11)$$

$$= \pi - \varnothing_5 - \cos^{-1}\left(\frac{b_5^2 + b_6^2 - l_3^2}{2b_5 b_6}\right) \qquad (3.12)$$

버켓 실린더와 버켓은 4절 링크 구조에 의해 연결되어 있다.



△ AD에서 코사인 제 2법칙을 적용하면 다음과 같다.

$$s^2 = e_1^2 + e_4^2 - 2e_1 e_4 \cos\theta_4 \qquad (3.13)$$

$$e_1^2 = s^2 + e_4^2 - 2se_4 \cos\beta \qquad (3.14)$$

이며, 식 (3.14)로부터

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{s^2 + e_4^2 - e_1^2}{2se_4}\right) \qquad (3.15)$$

가 된다.

또한 $\triangle ABD$에서

$$e_2^2 = s^2 + e_3^2 - 2se_3 \cos\lambda \qquad (3.16)$$

이고

$$\lambda = \cos^{-1}\left(\frac{e_3^2 + s^2 - e_2^2}{2e_3 s}\right) \qquad (3.17)$$

$$\theta_5 = \pi - (\beta + \lambda + \varnothing_6) \qquad (3.18)$$

이다. 따라서 θ_3는 다음과 같다.

$$\theta_3 = \varnothing_7 - \theta_5$$

($\varnothing_7$은 상수)

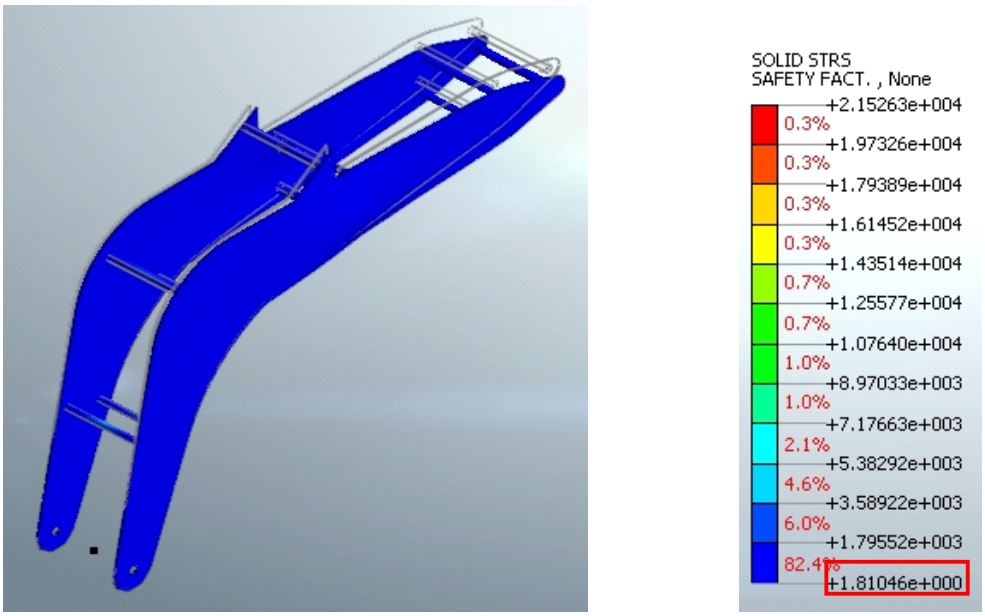
제2절 해석 및 평가

1. 붐

1) 해석조건 - 붐 실린더 받침대와 붐의 연결부 (핀 고정)
- 붐 실린가 체결되는 중간 봉 (밑면 고정)
- 붐 실린더 체결되는 최상단 봉 (실린더 무게 2.5kg = 하중 25N)
- 암 연결부

(목표 하중 50kg + 부품 무게 5kg + 실린더 무게 5kg = 하중 600N)

2) 해석결과



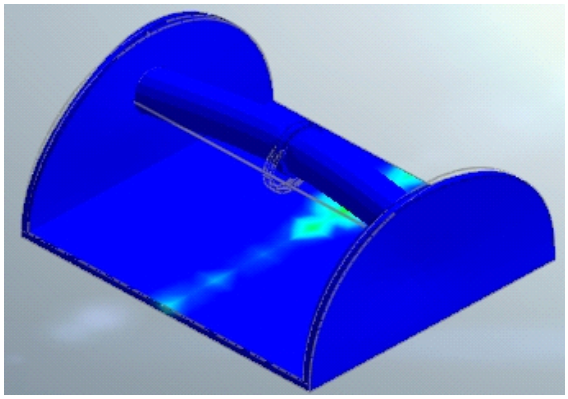
(붐 두께 1T - 6061 Aolly)

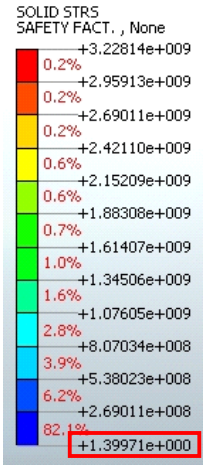
붐 두께를 1T로 하였을 때 해석 결과 안전율 1.81로 목표 하중과 운반 무게를 고려했을 때 목표 안전율을 충족하지 못한다고 판단하여 붐 두께를 더 두껍게 하여 보완하기로 결정
목표 안전율 범위(2~5)를 만족시키기 위해서 두께를 2T로 보강하여 해석하기로 계획

2. 붐 실린더 받침대

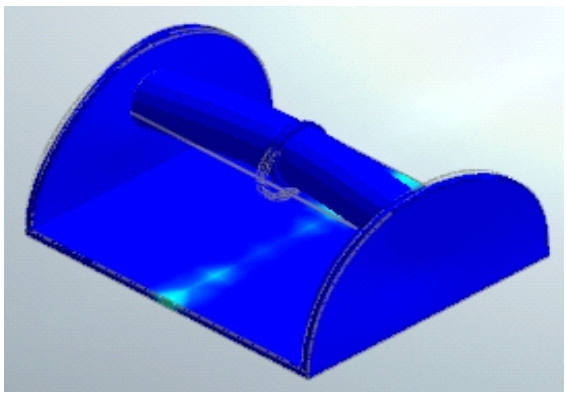
1) 해석조건 - 밑면 (고정 구속)
- 연결 봉 중간 (목표 운반 무게 50kg + 집게팔 무게 20kg = 700N)

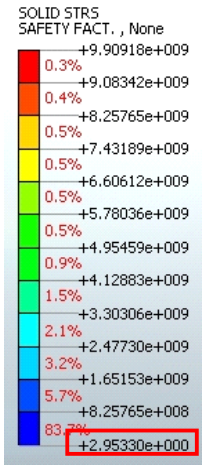
2) 해석 결과





(받침대 두께 1T , 봉 지름 12mm - 6061 Aolly)





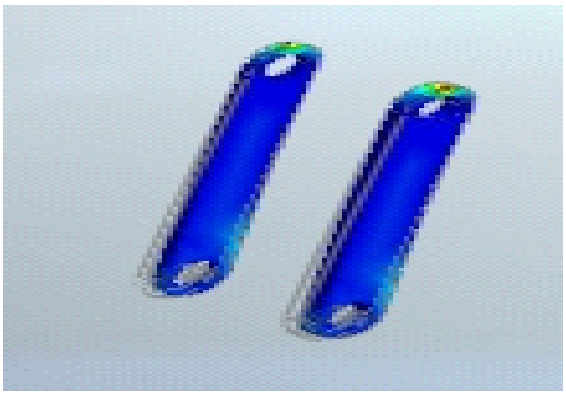
(받침대 두께 3T , 봉 지름 12mm - 6061 Aolly)

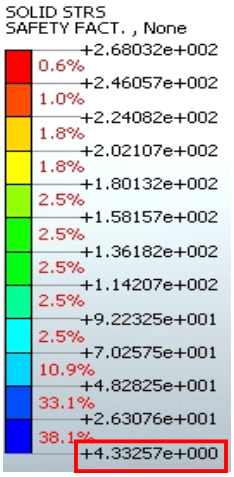
가장 많은 하중이 가해지는 부품으로써 받침대 밑면의 두께보다 연결 봉의 지름이 해석 결과에 더 많은 영향을 미쳤다. 적정 연결 봉 지름은 12mm로 설정하였고 판재의 두께를 변화시키며 해석을 진행한 결과 1T에서는 목표 안전율 미달, 3T에서는 목표 안전율을 만족하였으나 두께가 두꺼울수록 소재 및 제작 비용이 증가하기 때문에 사이 값인 2T로 설계를 변경하여 도출되는 해석 결과를 보고 목표 두께 결정

3. 집게 연결 링크(1)

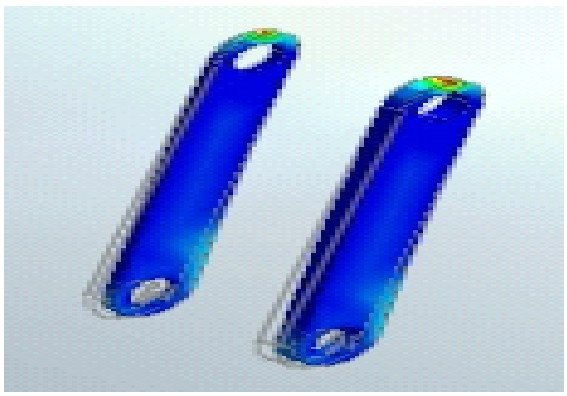
1) 해석조건 - 실린더 연결 링크 체결부(핀 고정)
- 집게 체결부(실린더 무게 5kg + 링크 한개 당 목표 하중 25kg = 300N)

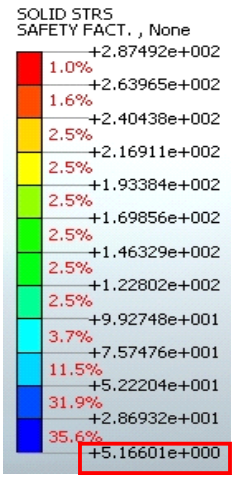
2) 해석 결과





(링크 두께 - 6061 Aolly)





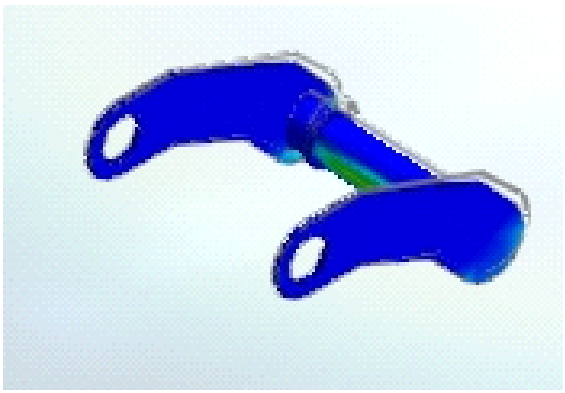
(링크 두께 - 6061 Aolly)

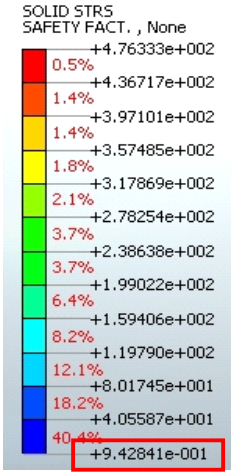
링크 두께를 2T로 하였을 때 안전율4.33으로 목표 안전율 범위에 충분히 들어가지만 소재 및 제작 비용 절감을 위해 두께를 줄여 1T로 설계를 변경해도 버틸 수 있는지를 해석 및 설계 목표로 설정

3. 집게 연결 링크(2)

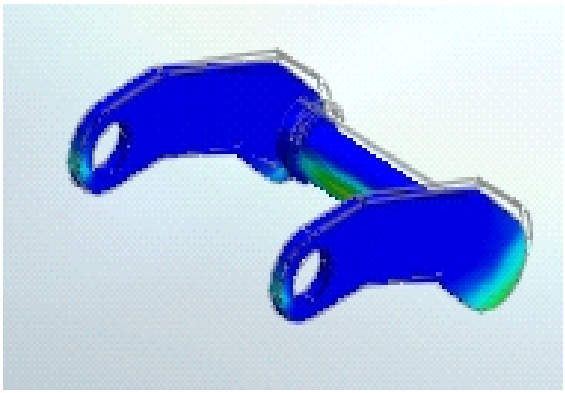
1) 해석조건 - 실린더 연결 링크 체결부(핀 고정)
- 집게 체결부(실린더 무게 5kg + 링크 한개 당 목표 하중 25kg = 300N)

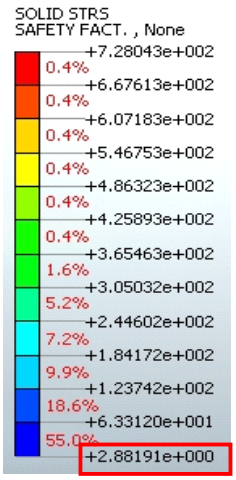
2) 해석 결과





(링크 두께 1T - 6061 Aolly)





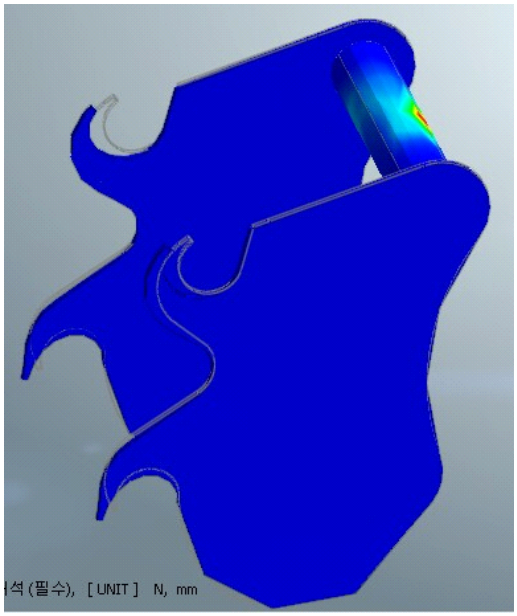
(링크 두께 3T - 6061 Aolly)

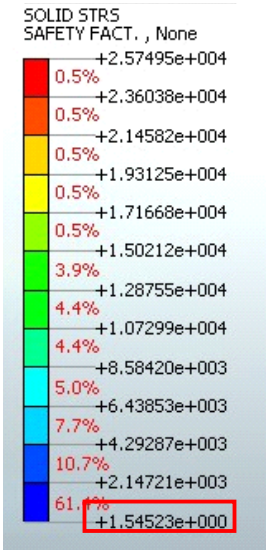
링크 두께를 1T로 하였을 경우 목표 운반 무게를 견디지 못한다는 해석 결과 도출, 3T로 두께를 두껍게 하였을 경우 안전율 2.88로 목표 안전율 범위에 들어가지만 소재 및 제작 비용 절감을 위해 두께를 줄여 2T로 설계를 변경해도 버틸 수 있는지를 해석 및 설계 목표로 설정

3. 집게 연결 링크(3)

1) 해석조건 - 봉 연결부(핀 고정)
- 집게 연결부(목표 운반 하중 500N)

2) 해석 결과





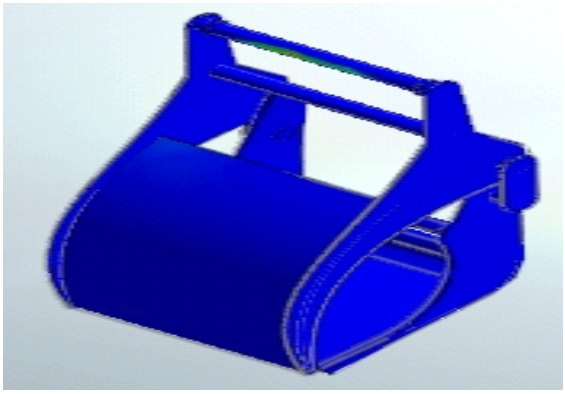
(링크 두께 1T - 6061 Aolly)

링크 두께를 1T로 하였을 때 목표 안전율 범위를 충족하지 못하므로 2T로 링크 두께를 보강하여 목표 안전율 범위를 충족시킬 수 있는지 해석 및 설계 목표로 설정

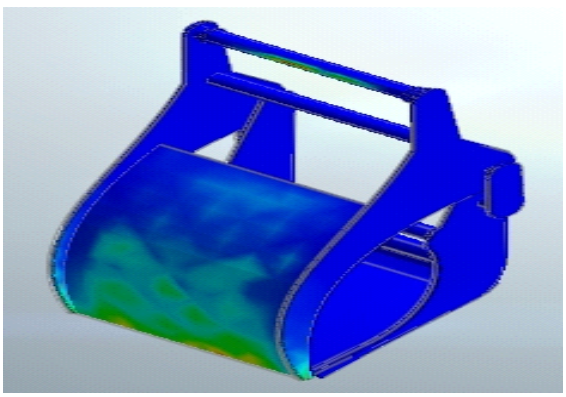
4. 집게

1) 해석조건 - 암 연결부 (핀 고정)
- 집게 한 쪽 의 내부 작용 하중 (목표 하중 25kg = 250N)

2) 해석 결과



(집게 두께 1T - 6061 Aolly)



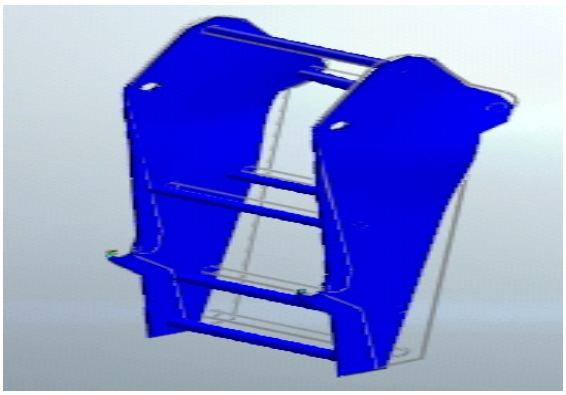
(집게 두께 2T - 6061 Aolly)

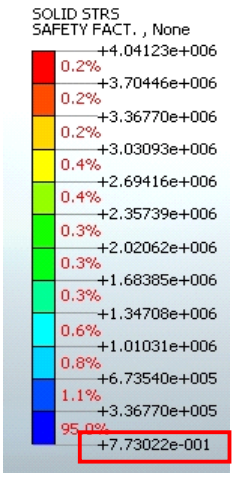
집게 두께 1T 해석 결과 안전율 1.11로 목표 하중에 딱 들어가는 한계치 범위라고 판단하여 두께를 더 두껍게 하여 2T로 해석한 결과는 1.71로 목표 안전율 범위에 들지 못하여 두께를 3T로 설계 변경하여 해석 진행 후 도출되는 안전율을 참고하여 설계를 검토하기로 결정

5. 암

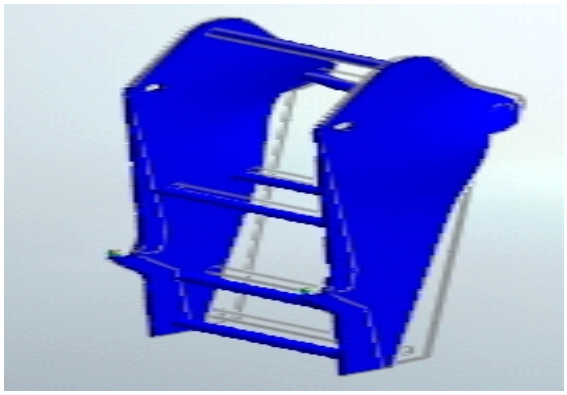
1) 해석조건 - 붐과 연결부 (핀 고정)
- 실린더 연결부 최상단 봉 (실린더 무게 2.5kg = 하중 25N)
- 실린더 연결부 중간 봉 (목표 하중 25kg = 하중 250N)
- 집게 연결부 (목표 하중 50kg = 500N

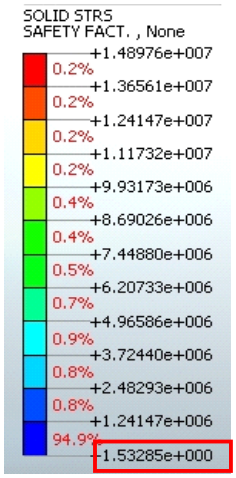
2) 해석 결과





(암 두께 1T - 6061 Aolly)





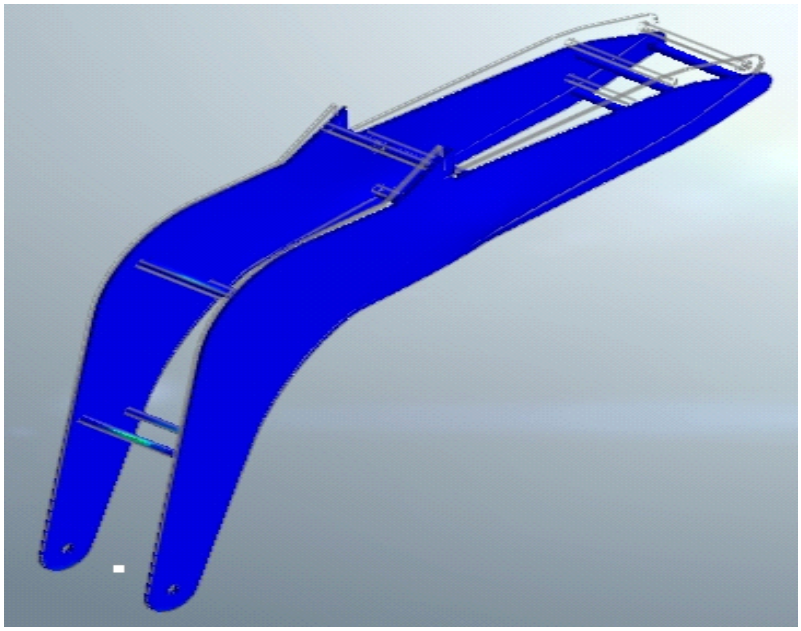
(암 두께 2T - 6061 Aolly)

1T 해석결과 0.77로 목표 하중을 버티지 못하는 것으로 도출되었고 두께를 두껍게 하여 2T로 해석한 결과 1.53로 목표 안전율을 충족시키지 못하여 두께를 더 보강하여 도출되는 해석 결과를 토대로 설계에 적용하는 것으로 결정

제3절 설계 보완

1. 붐

1) 해석결과

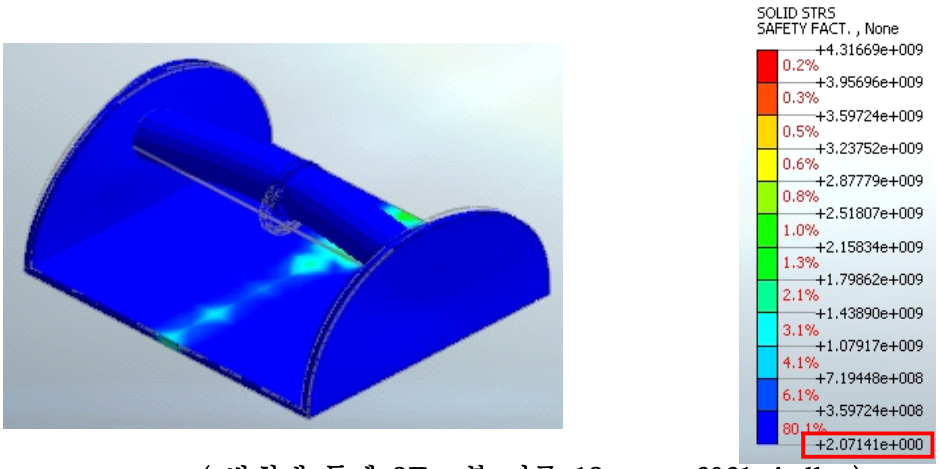


(붐 두께 2T - 6061 Aolly)

붐 두께 1T에서의 도출 해석 결과가 목표 안전율 범위를 만족하지 못하여 두께를 2T로 더 두껍게 보강하여 해석한 결과 안전율 2로써 목표를 충족하므로 붐 두께를 2T로 설계를 보완하기로 결정

2. 붐 실린더 받침대

1) 해석 결과

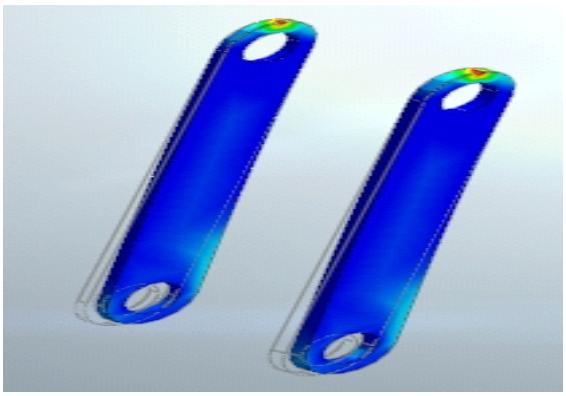


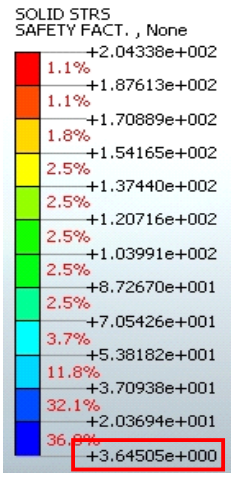
(받침대 두께 2T , 봉 지름 12mm - 6061 Aolly)

판재 두께를 변화시키며 해석을 진행한 결과 1T와 3T 모두 목표 안전율을 만족하였으나 소재 및 제작 비용이 절감을 위해 사이 값인 2T로 해석한 결과 안전율 2.0으로 목표 안전율 범위를 충족하면서도 제작 비용을 절감할 수 있다고 판단하여 2T로 설계 변경 및 보완

3. 집게 연결 링크(1)

1) 해석 결과



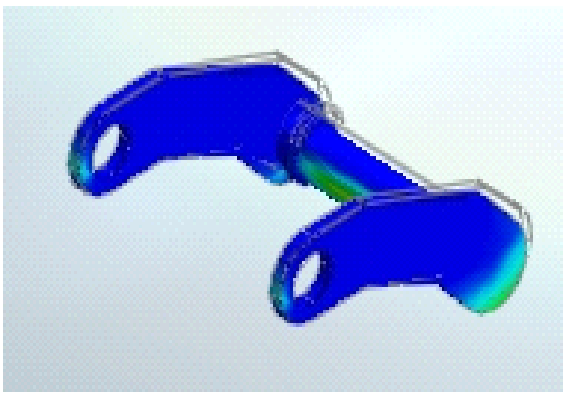


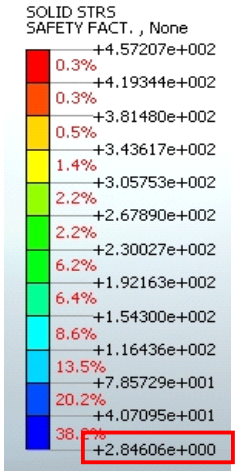
(링크 두께 1T - 6061 Aolly)

소재 및 제작 비용 절감을 위해 두께를 줄여 1T로 설계를 변경해도 버틸 수 있는지를 해석한 결과 목표 안전율 범위를 충족하였기 때문에 하중을 가해도 충분히 버틸 수 있다고 판단하여 1T로 설계 변경 및 보완

3. 집게 연결 링크(2)

1) 해석 결과



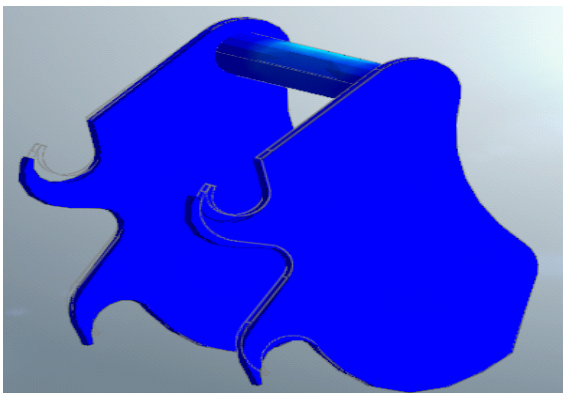


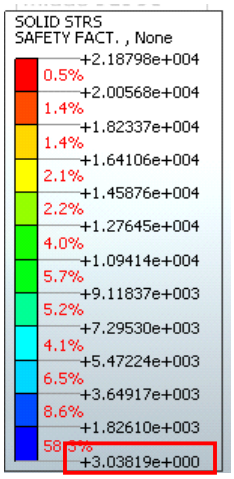
(링크 두께 2T - 6061 Aolly)

소재 및 제작 비용 절감을 위해 두께를 줄여 2T로 설계를 변경해도 버틸 수 있는지를 해석한 결과 목표 안전율 범위를 충족하였기 때문에 하중을 가해도 충분히 버틸 수 있다고 판단하여 2T로 설계 변경 및 보완

3. 집게 연결 링크(3)

1) 해석 결과



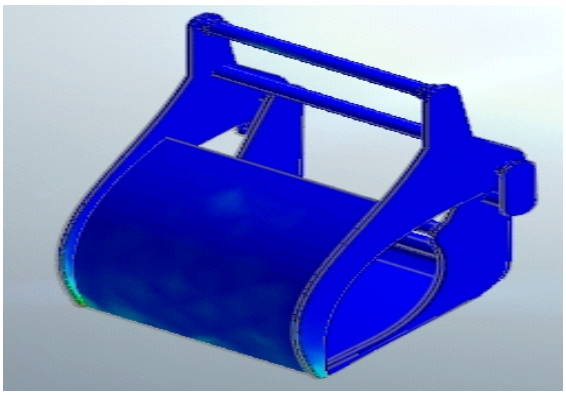


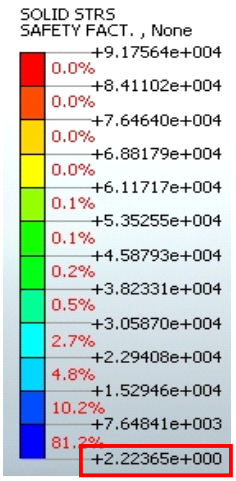
(링크 두께 2T - 6061 Aolly)

1T에서 목표 안전율 범위를 충족하지 못하여 2T로 두께를 보강하여 해석한 결과 3.04로 목표 안전율 범위를 충족하였기 때문에 운반 하중을 충분히 견딜 수 있다고 판단하여 2T로 설계 보완

4. 집게

1) 해석 결과



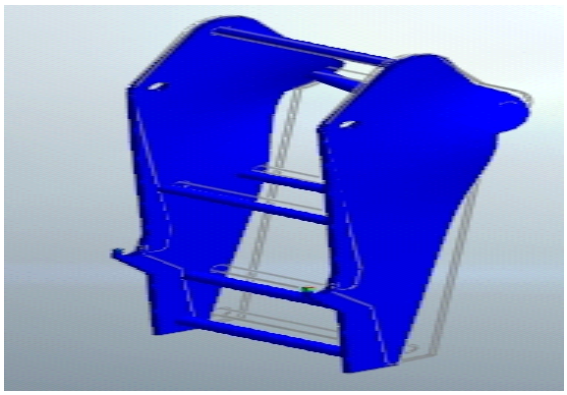


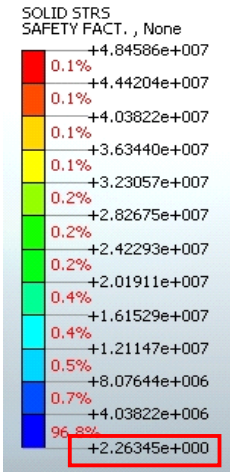
(알루미늄 판 3T - 6061 Aolly)

두께 1T 및 2T로 해석한 결과 목표 안전율 범위를 충족하지 못하여 3T로 변경하여 진행한 결과 2.22로 목표 안전율 범위를 만족시켜 3T로 두께를 보강하여 설계 변경 및 보완

5. 암

1) 해석 결과





(알루미늄 판 3T - 6061 Aolly)

1T 해석결과는 목표 하중을 버티지 못하는 것으로 도출되었고 두께를 보강하여 2T로 해석한 결과 또한 목표 안전율을 충족시키지 못하여 두께를 더 두껍게 하여 3T로 암을 설계한 후 해석을 진행한 결과 2.26으로 목표 안전율 범위를 충족시켰다. 따라서 두께를 보강한 형태인 3T로 설계를 변경하고 보완

제4절 상세설계

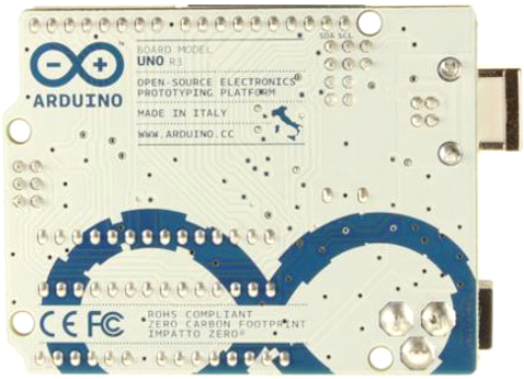
제어부

제어부는 크게 실린더 제어파트와 유압펌프의 전원장치파트로 나뉘어져있다.

*** 실린더 제어 파트**

- 부품선정

Arduino Uno



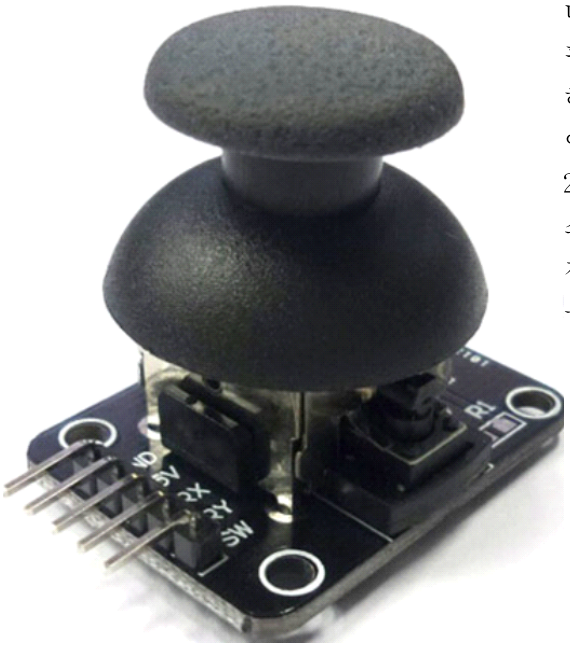
앞에서 선정된 부품과 가공품들을 조립한 후 최종 동작을 위해 아두이노 제어 및 별도의 유압펌프 전원장치를 제작하였다.
우선 아두이노의 경우 아두이노의 모델들 중 가장 보편적으로 사용하고 호환이 쉽게 되는 ***우노보드***로 선정하였다.
위의 사진은 아두이노 우노보드의 모습이다.

다음으로 아두이노 우노 보드에서 솔레노이드밸브를 연결하는 과정인데 여기서 문제는 우노보드의 정격전압은 5V이다. 하지만 솔레노이드밸브의 전압은 이보다 훨씬 크다. 따라서 우노 보드랑 솔레노이드밸브를 직접적으로 연결을 하게 되면 파손되는 경우가 생길 수 있다.
따라서 파손을 방지하기 위해선 ***릴레이모듈***을 중간에 설치를 해야 하는데 이때 밸브의 전기적인 사양을 확인한 후 선정해야한다.

이 솔레노이드밸브는 교류 220V이고 평소 상태로 유지시키기 위한 유지전류, 신호에 의해 작동이 되는 동작전류가 있는데 아래의 표에 의하면 각각 0.23A, 1.1A의 값이 적혀있다.

그리고 또 한가지 고려해야 하는 것은 솔레노이드 밸브3개가 동시에 작동하는 것을 고려해야한다.
그러므로 3개의 밸브를 작동하기 위해서는 교류220V, 3.3A(1.1A*3)의 값에 맞는 릴레이모듈을 선정하면 된다.

Classification of solenoid		AC Solenoid											
Power supply type		C1			C115			C2			C230		
Solenoid coil	SS type	EDC64-C1			EDC64-C115			EDC64-C2			EDC64-C230		
	SA type	EAC64-C1			EAC64-C115			EAC64-C2			EAC64-C230		
Voltage (V)		AC100		AC110	AC110		AC115	AC200		AC220	AC220		AC230
Frequency (Hz)		50	60	60	50	60	60	50	60	60	50	60	60
Starting current (A)		2.2	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	1.1	1.0	1.1	1.0	0.91	1.0
Holding current (A)		0.52	0.38	0.46	0.47	0.35	0.42	0.26	0.19	0.23	0.24	0.17	0.21
Holding power (W)		25	22	28	25	22	28	25	22	28	25	22	28
Permissible voltage range (V)		80 - 110	90 - 120		90 - 120	100 - 130		160 - 220	180 - 240		180 - 240	200 - 260	
Insulation resistance (MΩ)		100 or more (500V)											



다음으로 실린더를 작동시키기 위한 신호를 보내는 부품이 필요한데 ***조이스틱2개***로 실린더를 제어하는 것으로 결정하였다.

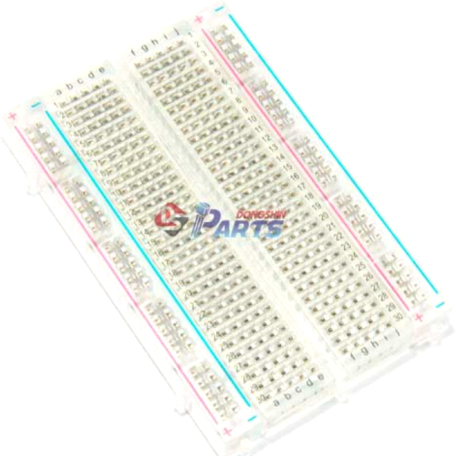
이 조이스틱은 x, y축(VRx, VRy)을 제어하는데 사용하는 2개의 가변저항과 1개의 스위치가 내장되어있는데 내장된 스위치의 기능은 사용하지 않을 것이고 총 3개의 실린더를 제어할 것이므로 1개의 조이스틱에는 x, y축 제어 모두 사용하고 나머지 하나는 하나의 축만 제어하는데 사용한다.

아두이노 전원 아답터 12V 5A Arduino Power D30-5

아두이노의 전원 및 밸브의 전원을 공급하기 위한 어댑터도 필요하다.

아두이노의 입력전압은 권장사양기준으로 7-12V의 전압(최대전압: 9-20V)이므로 이 범위 내와 그리고 위에 나와 있는 것처럼 밸브가 동시에 작동할 경우 필요한 전류(3.3A)를 고려하여 3.3A보다 좀 더 여유있는 어댑터를 선정하면 된다.

좌측의 어댑터는 12V 5A의 사양을 가진 모델이다. 위의 입력전압의 권장 범위 내에 들어가는 전압이고 솔레노이드 밸브 작동 시 필요한 최대전류, 3.3A보다 여유있는 전류를 가지고 있으므로 선정하였다.

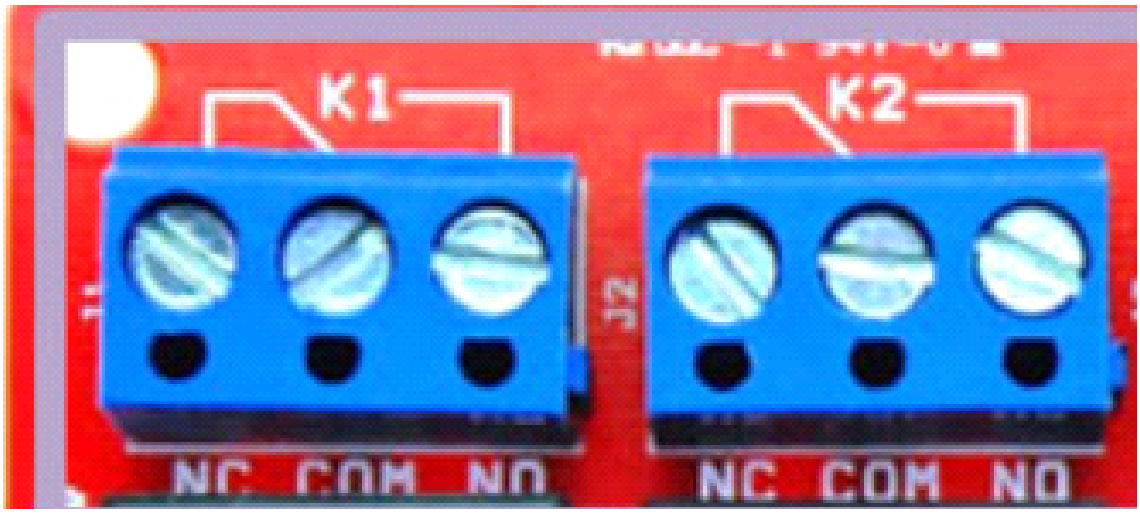


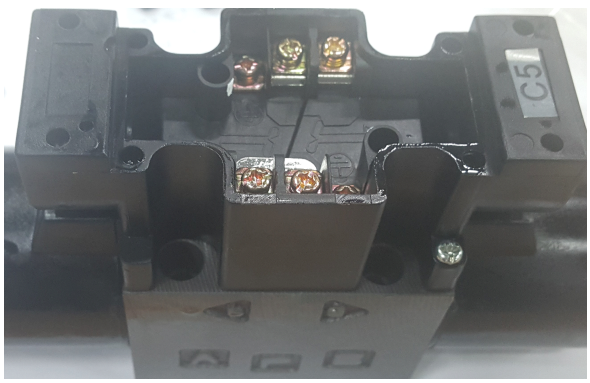
마지막으로 VCC와 GND를 공유하기 위한 브래드 보드도 필요하다.

브레드보드 사이드부분에 각부품의VCC(+), GND(-)[아두이노 우노 보드, 조이스틱2개, 릴레이모듈]을 연결하여 공유하는 역할을 한다.

- 결선 과정

우선 조이스틱, 릴레이모듈, 아두이노 우노 보드는 각각 VCC(건전지로 치면+극), GND(건전지로 치면-극) 이 전부 붙어있는데 우노 보드에는 연결할 공간이 많지 않으므로 브래드 보드를 이용하여 VCC, GND를 공유하여 연결한다.
조이스틱은 가변저항에 의해 0부터1024의 값을 가진 아날로그형식의 신호이므로 아날로그채널 A0~A2에 각각 연결하면 된다.
릴레이모듈은 껐다, 켰다 즉 0과1의 값이 필요한 디지털형식의 신호가 필요하므로 디지털 채널 D2~D7에 각각 연결하면 된다.
다음으로 릴레이 모듈과 솔레노이드 밸브를 연결해야 하는데 릴레이 모듈과 밸브에는 3개의 단자가 있다. 릴레이에는 CO, NC, NO의 단자들이 있고 솔레노이드 밸브에는 CO, Sol.a(또는b), GND의 단자들이 있다.





GND	Sol.a	Sol.b
A		B
CO	CO	GND

상단의 사진은 2채널의 릴레이모듈 단자의 모습이고 하단의 사진은 솔레노이드 밸브의 단자의 모습과 그것을 그림으로 상세히 그린 것이다.(이 장치에서 사용할 밸브모두 동일하게 적용됨)

밸브의 GND단자는 이 모델의 경우 사용하지 않는 부분이므로 배제한다.
각각의 릴레이모듈의 CO는 솔레노이드 밸브의 CO부분에 연결하면 된다.(이때 밸브의 CO연결 시 a부분의 CO와 b부분의 CO가 혼동되면 안된다.) 그러면 각 채널의 NC와 NO, Sol.a과 Sol.b가 남는데 NC는 평소에 작동을 하다가 신호를 받게되면 작동하지않는 상태가 되는 것이고 NO는 평소에 작동하지 않다가 신호를 받게 되면 작동하는 상태가 되는 것이다.

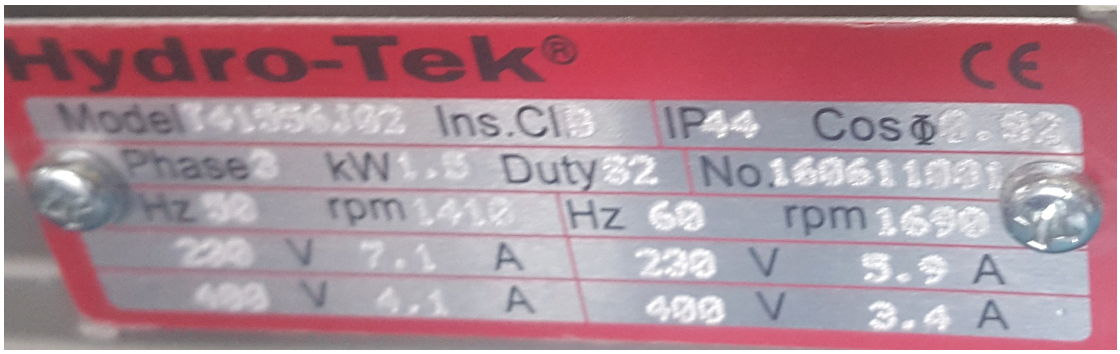
이 경우 조이스틱에 의한 신호로 밸브가 작동해야 하므로 Sol.a 와Sol.b는 NO에 연결하면 된다.

- 프로그래밍
위의 과정들을 종합해보면 다음과 같다.
전원 공급후 조이스틱을 움직이게 되면 아두이노를 통하여 릴레이모듈에서 작동을 함으로써 솔레노이드 밸브가 움직이게 되는 것이다.
프로그래밍 시 주의해야할 것은 조이스틱에서 오는 아날로그 신호와 릴레이 모듈이 받는 디지털 신호를 중간에서 조정을 해야 하는 것이다.
아날로그 신호의 특정 값 또는 특정범위를 선정한 후 그것을 0,1의 값에 맞추어 작동하게끔 프로그래밍을 해야 한다.

*유압펌프의 전원장치

- 부품 선정

유압공식에 의한 유압 유니트의 기계적인사양만을 고려하여 시장에서 조사한 결과 명판에 나 다음과 같은 사양의 유압펌프를 선정하였다.



위의 사진은 유압 유니트에 설치된 유압펌프의 기계 및 전기적인 사양이 적혀있는 패널이다.
이 유압펌프는 ***'3상 교류 유도전동기'*** 이고 230V/400V, 50Hz/60Hz 겸용이다. 230V는 가정용전원에 연결하여 전원을 공급할 때 사용하고 400V는 산업용전원(주로 공장)에 연결하여 전원을 공급할 때 사용한다.
이 장치는 가정용전원을 연결하여 전원을 공급할 것 이므로 230V 으로 설정하고 주파수는 60Hz에 맞추어 해당주파수의 사양을 참고하면 된다.

가정용전원에 공급받기 위해 플러그를 연결해야하는데 여기서 문제는 이 모터는 3상 교류 유도전동기이지만 가정용 전원의 경우 단상 교류전원이다. 그러므로 이장치 또한 직접적으로 연결을 하면 문제가 발생한다. 따라서 3상을 단상으로 변환하는 장치가 필요한데 ***'위상변환기'***를 사용하면 된다.

아래의 사진은 위상변환기의 제품 중 하나인 디지털위상변환기의 모습이고 우측의 표는 선정한 모델을 표시한 것인데 230V, 60Hz에서 가지는 전기적인 사양들을 생각하여 선정하였다.

Model	용량	출력	전류	주파수	치수	부착Hole
	HP	KW	A	Hz	W×H×D	Ø
MY-PS-0.5	0.5	0.4	1.5	50/60	50×97×82	4
MY-PS-1	1	0.75	3	50/60	50×97×82	4
MY-PS-2	2	1.5	6	50/60	50×97×82	4
MY-PS-3	3	2.2	9	50/60	80×154×115	5
MY-PS-5	5	3.7	15	50/60	80×154×115	5
MY-PS-7.5	7.5	5.5	23	50/60	99×183×120	5
MY-PS-10	10	7.5	30	50/60	99×183×120	5

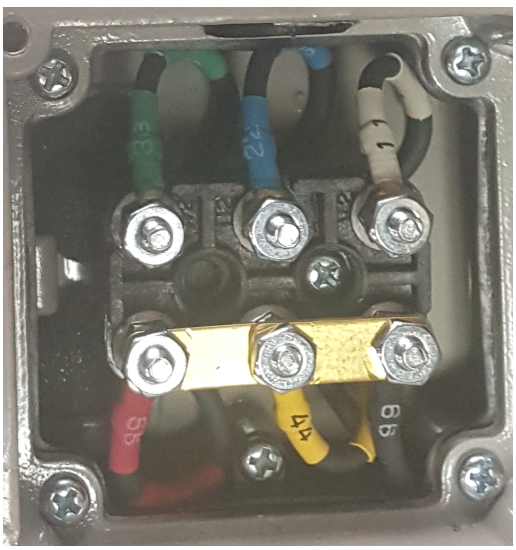
01 배선용차단기
BS32c

정격전압 | 6A
10A
15A
20A
30A

마지막으로 전원장치를 제어할 스위치의 경우 스위치역할과 과전류를 보호하는 동시의 기능을 가진 ***'차단기'***를 선정하였다.(차단기 대신 일반 스위치를 설정할 경우 과전류로부터 보호받을 수 없기 때문에 과도하게 작동할 경우 파손될 수도 있다.)

좌측의 사진은 선정한 차단기의 모습이며 위상변환기와 마찬가지로 모터의 전기적인 사양을 고려하여 선정하였다(10A 정격전류)

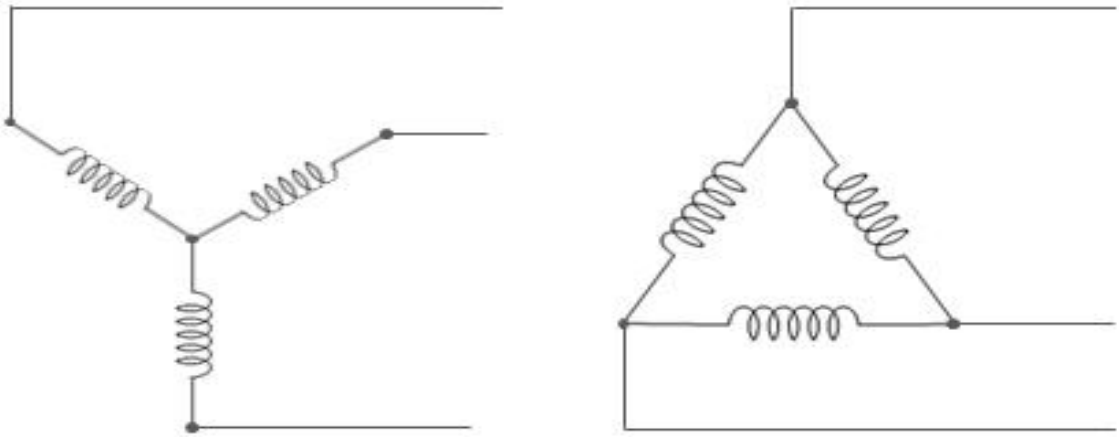
- 결선 과정

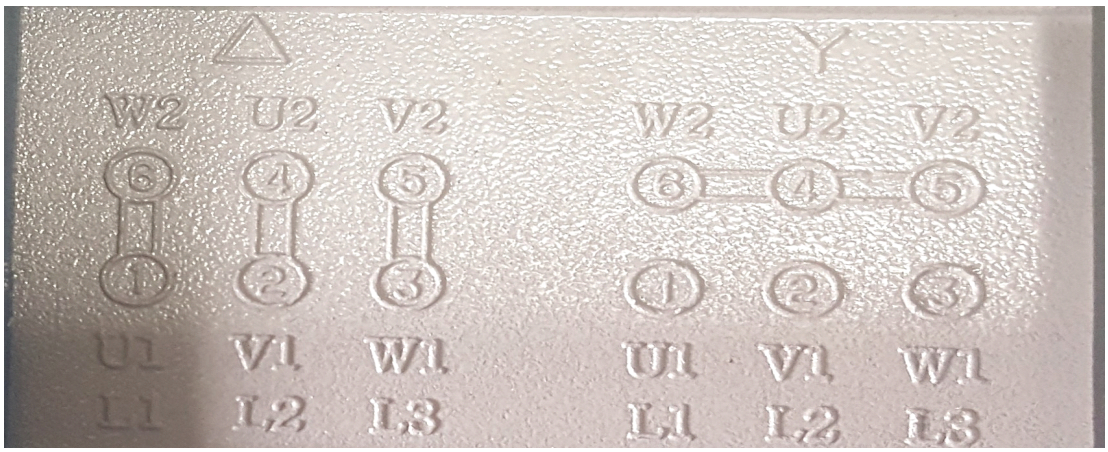


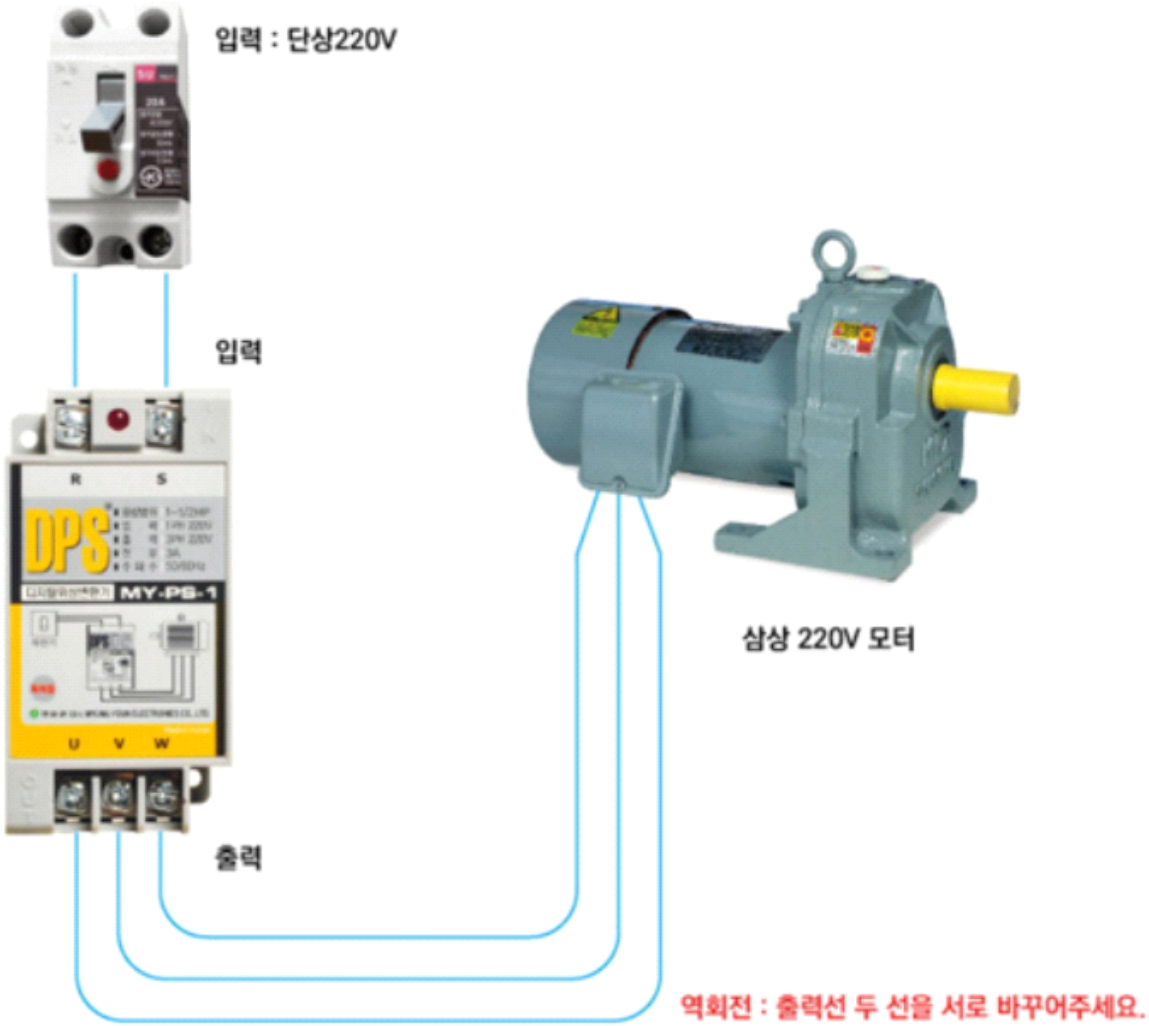
W2	U2	V2
U1	V1	W1

상단 좌측의 사진은 유압펌프(3상유도전동기)의 단자의 모습이고 우측의 그림은 좌측단자에 대한 자세한 부분을 그림으로 그린 것이다.

우선 3상 유도 전동기는 크게 두 가지의 결선방법이 있다.
모터의 U2, V2, W2를 한곳에 묶고 U1, V1, W1은 각각 퍼지게 하는 형태인 와이결선과 (U1-W2, W1-V2, V1-U2)를 묶어서 마치 델타모양을 가지게 하는 델타결선방법이 있다.
아래 사진은 와이결선의 모습을 나타낸 것이고 우측은 델타결선의 모습을 나타낸 것이다.
추가로 델타 결선 시 각각 연결해야하는 단자의 그림 및 와이 결선 시 각각 연결해야하는 단자의 그림 표기이다.







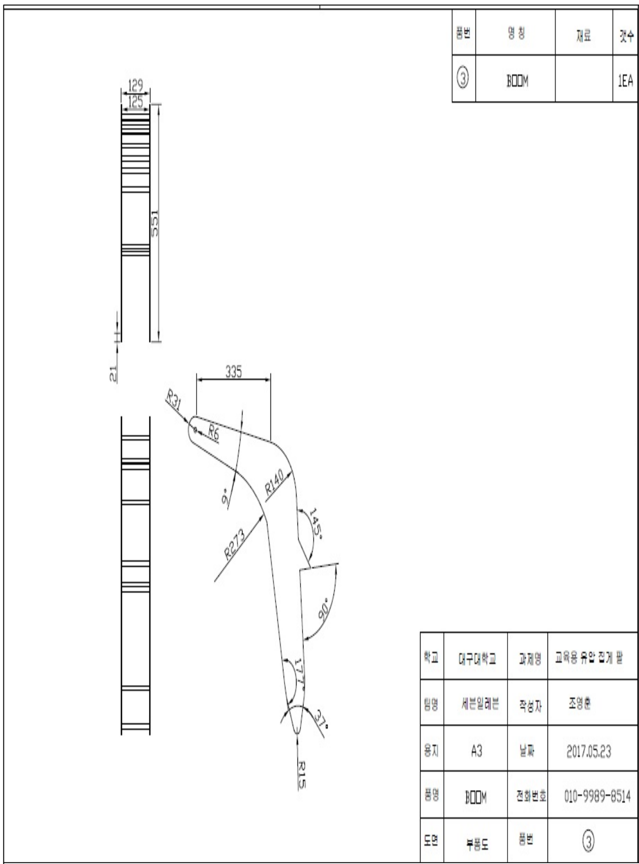
이 장치는 가정용전원(220V)에 연결 즉 저전압에 연결하여 전원을 공급할 것이므로 델타 결선해야 한다.

다음으로 델타결선한 회로의 각 끝부분을 위상변환기랑 연결하는 과정인데 아래사진의 하단에 보면 U1, V1, W1밑에 각각 L1, L2, L3가 적혀있다.

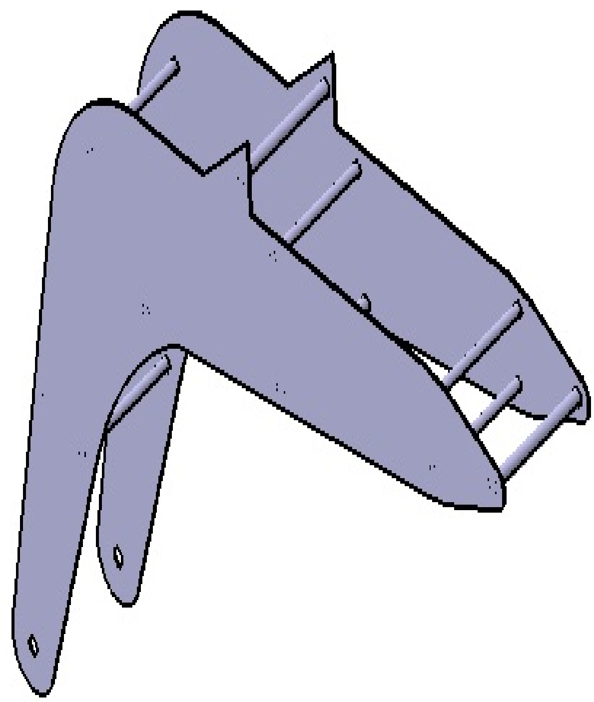
L1은 U1과 연결되어있으므로 위상변환기의 U부분과 연결하면 되고 나머지 L2, L3은 위상변환기의 V, W에 연결하면 된다.

마지막으로 위상변환기 위측의 R, S 부분과 아래측의 차단기를 결선하고 R, S에 맞게 위측의 차단기와 플러그의 전선부분을 알맞게 결선하여 최종적으로 유압펌프의 전원장치를 완성하면 된다.

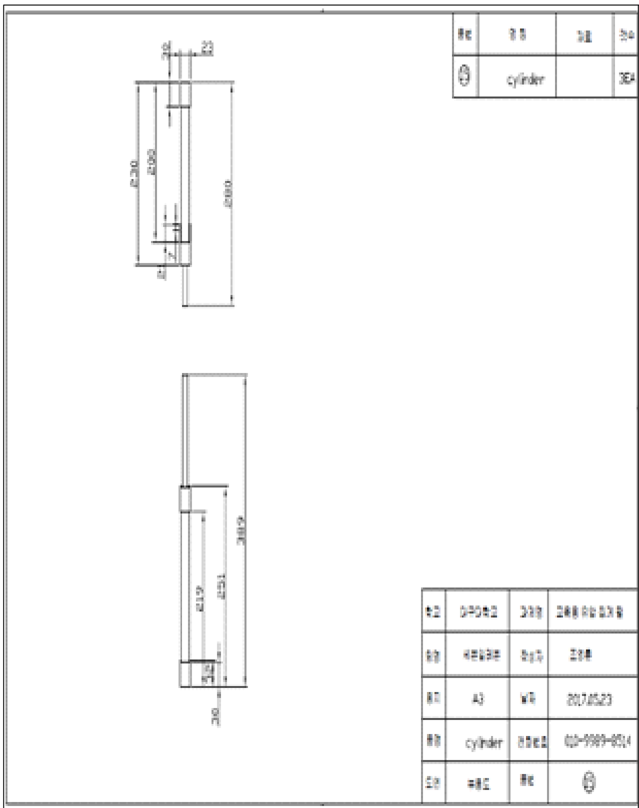
기구부



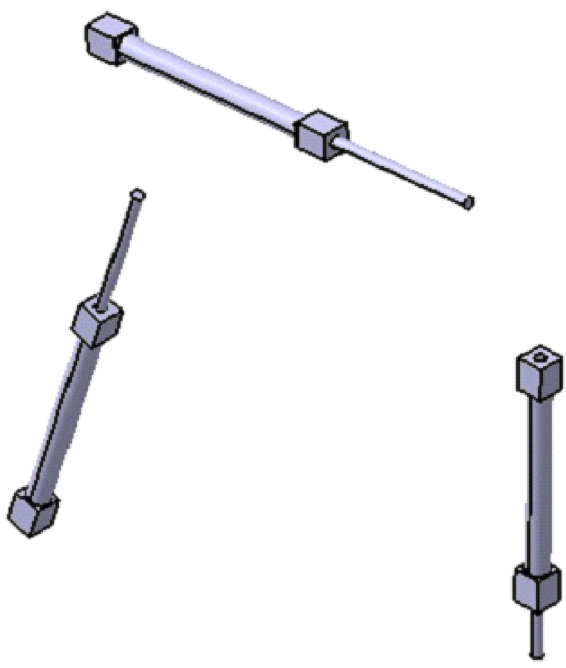
BOOM
1EA
129
125
551
21
335
R31
R6
R140
9°
R273
145°
90°
177°
37°
R15
대구대학교
A3
2017.05.23
BOOM
010-9989-8514
부품도



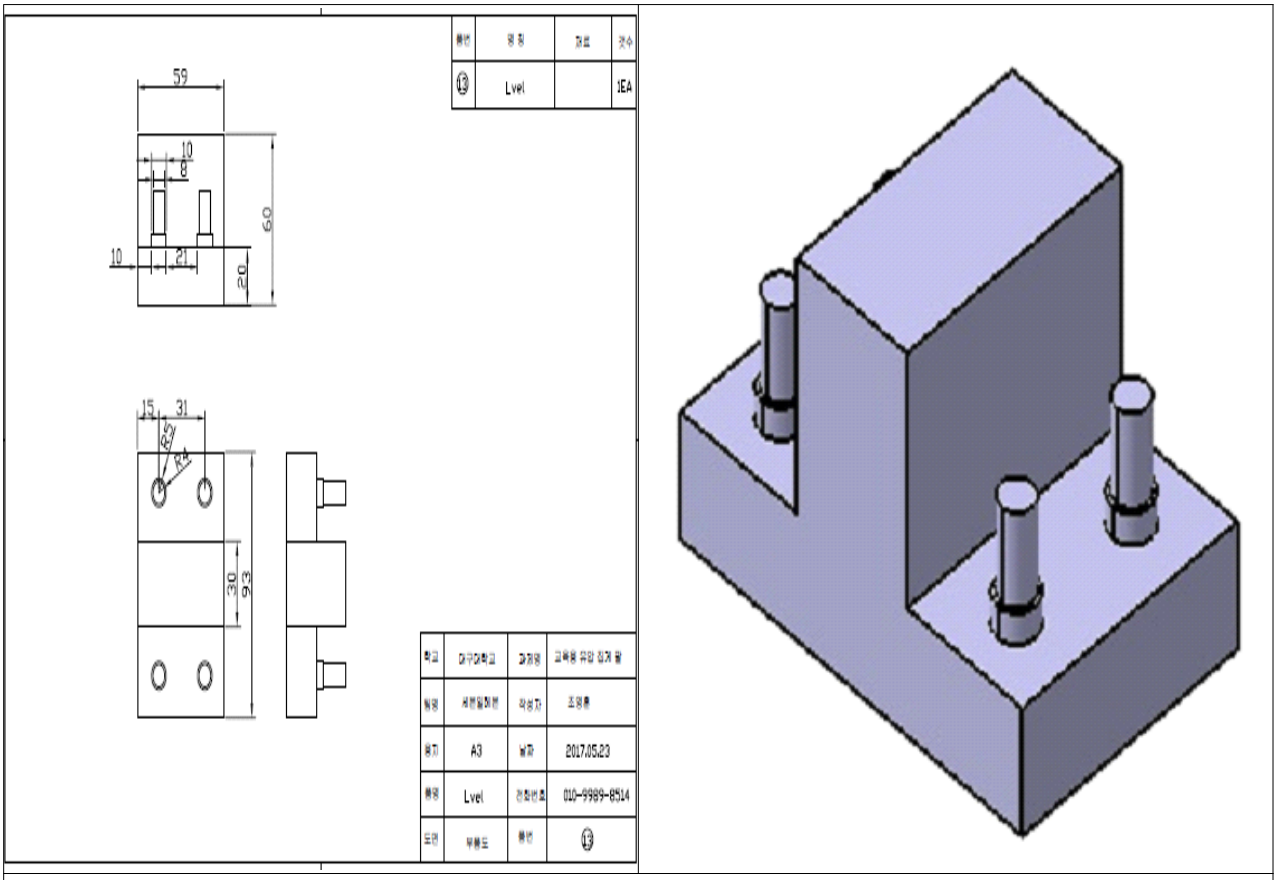
붐



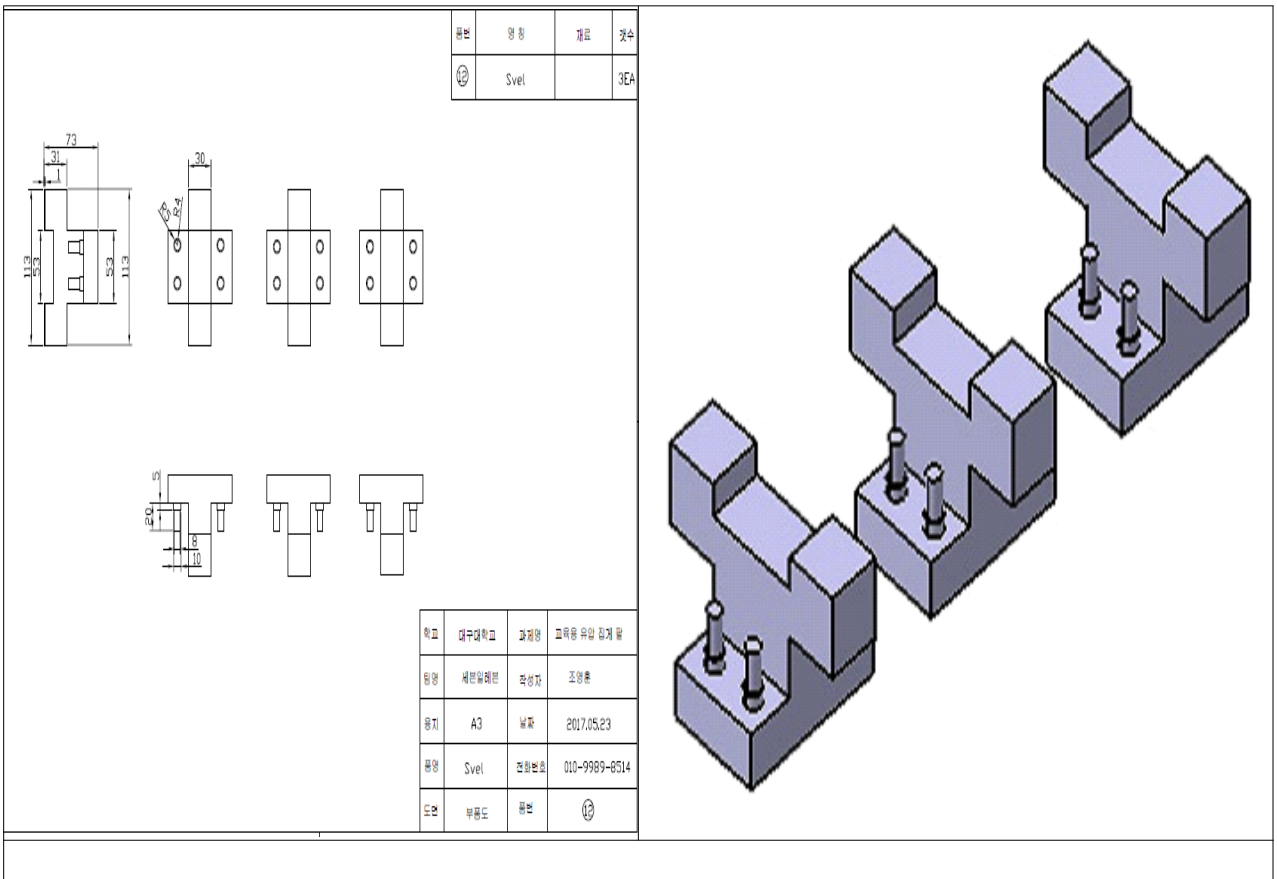
cylinder
3EA
23
230
200
280
389
351
217
A3
2017.05.23
cylinder
010-9989-8514



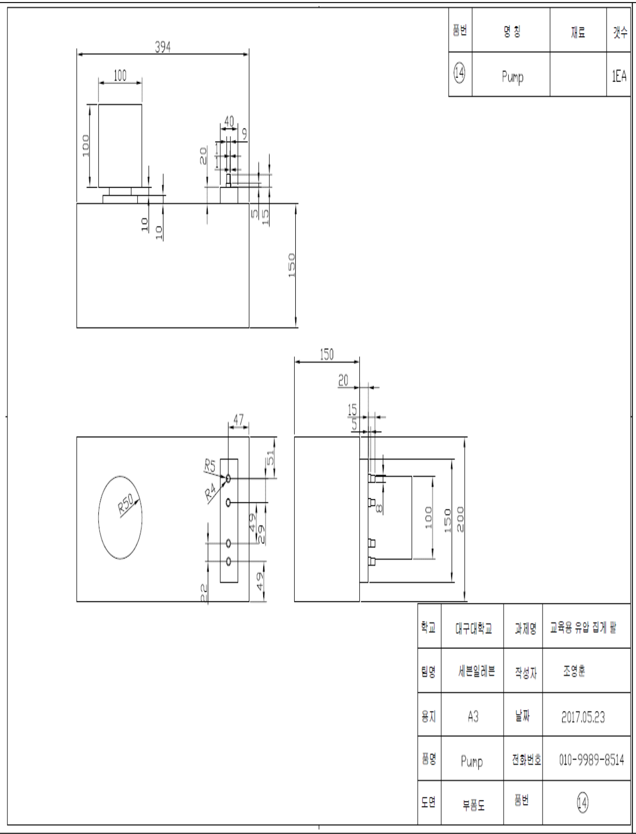
실린더

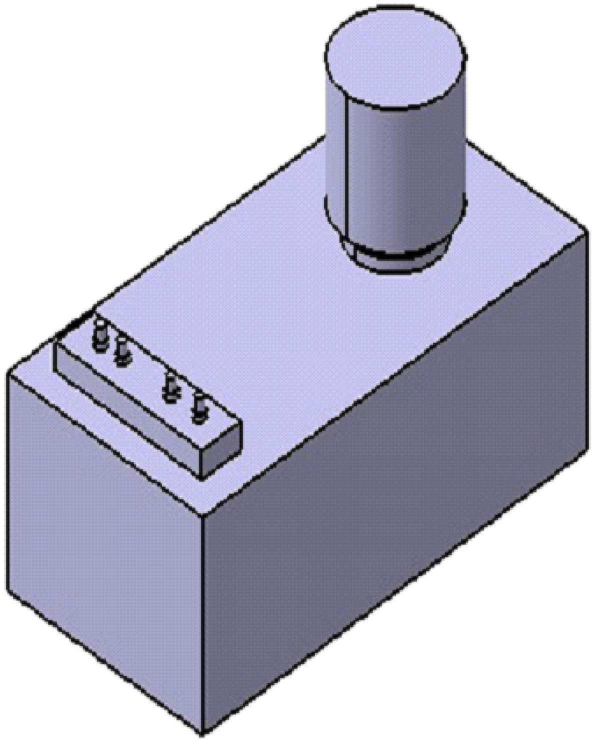


방향 제어 밸브

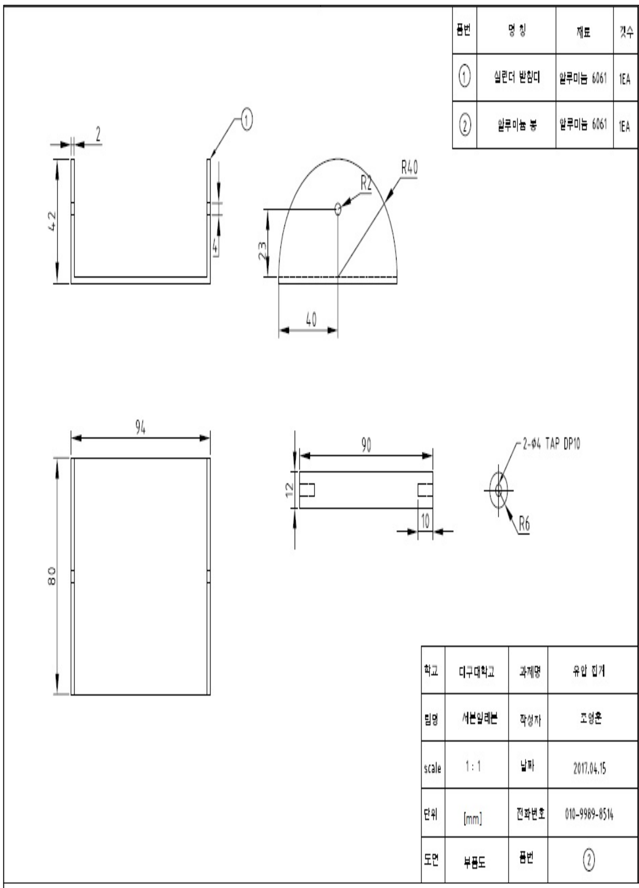


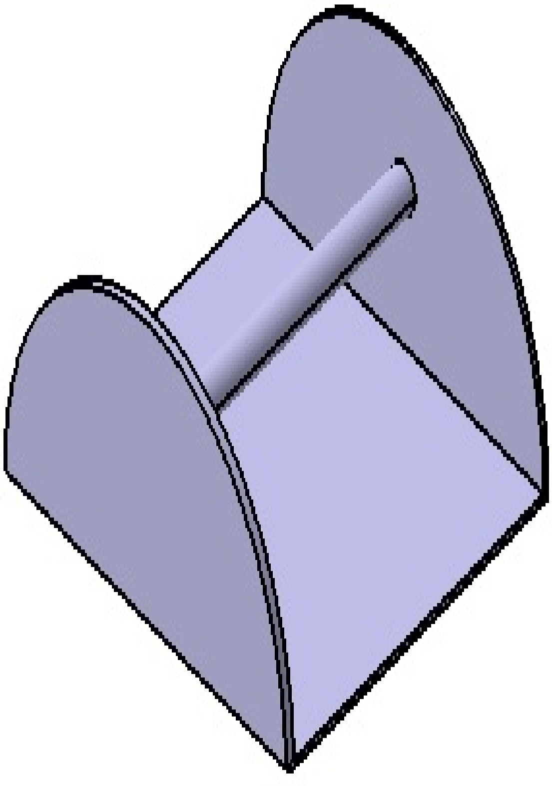
솔레노이드 밸브


품번
명칭
재료
갯수
⑭
Pump
1EA
394
100
100
40
9
20
10
10
5
15
150
150
20
15
5
47
R5
R4
R50
51
49
29
49
22
100
150
200
학교
대구대학교
과제명
교육용 유압 집게 팔
팀명
세븐일레븐
작성자
조영훈
용지
A3
날짜
2017.05.23
품명
Pump
전화번호
010-9989-8514
도면
부품도
품번
⑭

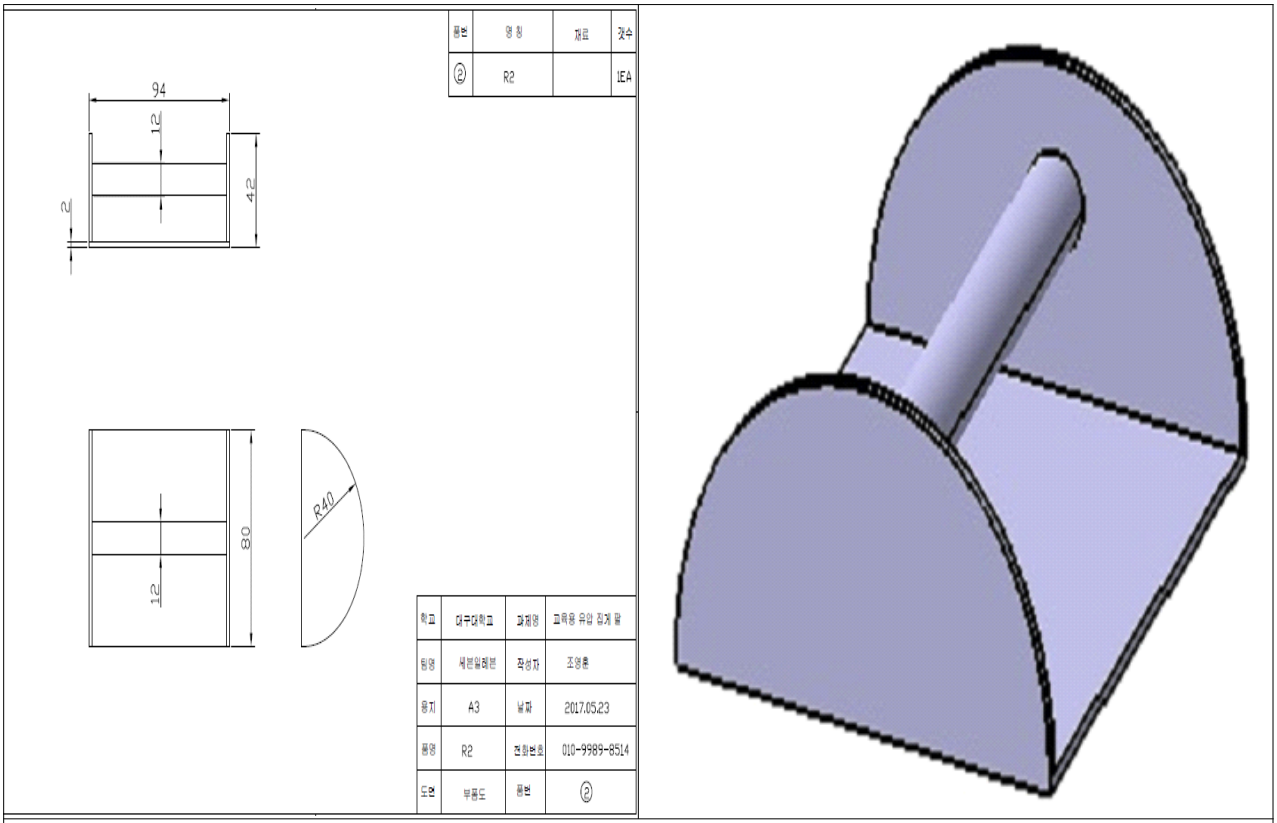


펌프

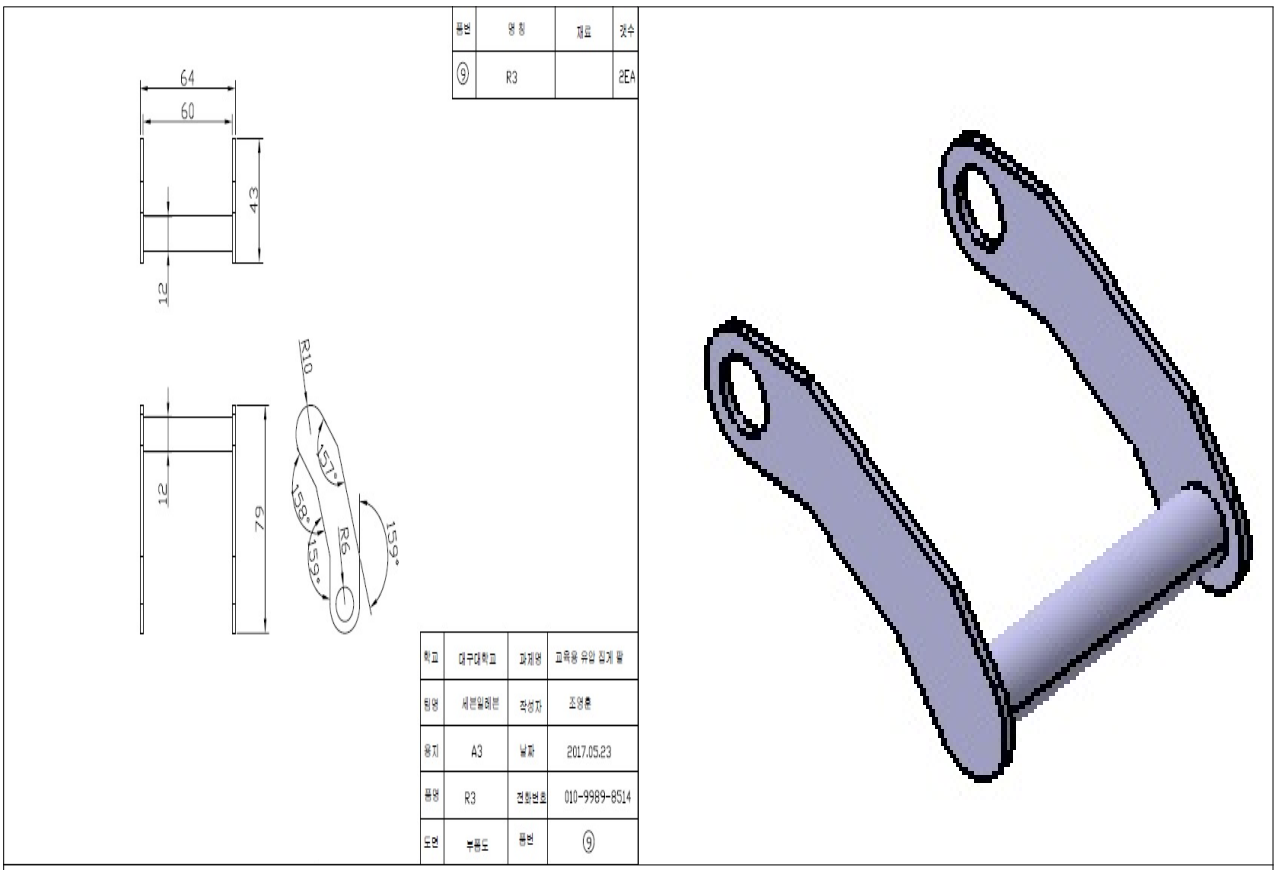

품번
명칭
재료
갯수
①
실린더 받침대
알루미늄 6061
1EA
②
알루미늄 봉
알루미늄 6061
1EA
2
42
4
R2
R40
23
40
94
80
90
12
10
2-Φ4 TAP DP10
R6
학교
대구대학교
과제명
유압 집게
팀명
세븐일레븐
작성자
조영훈
scale
1 : 1
날짜
2017.04.15
단위
[mm]
전화번호
010-9989-8514
도면
부품도
품번
②



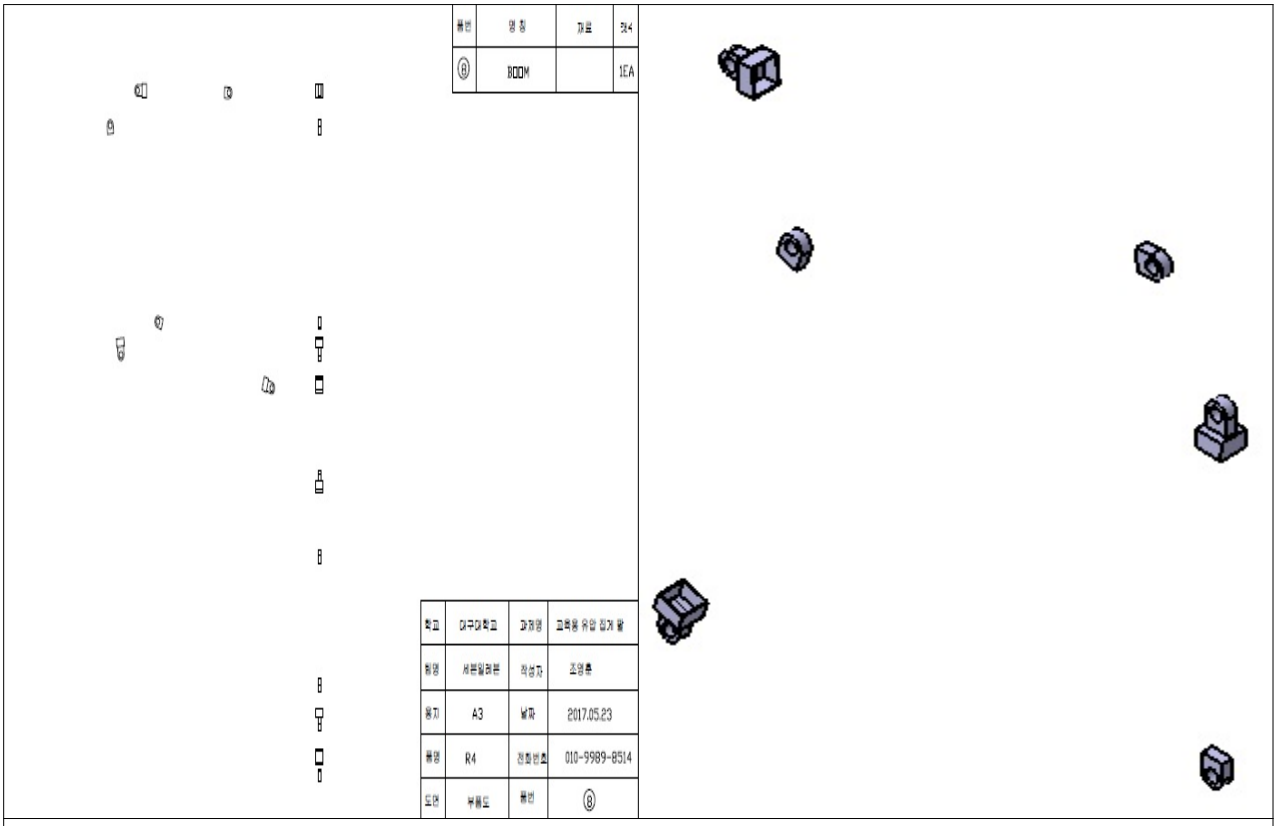
링크 1


품번 | 명 칭 | 재료 | 갯수
② | R2 | | 1EA
94
12
42
2
80
12
R40
학교 | 대구대학교 | 과제명 | 고속용 유압 집게 팔
팀명 | 세븐일레븐 | 작성자 | 조영훈
용지 | A3 | 날짜 | 2017.05.23
품명 | R2 | 전화번호 | 010-9989-8514
도면 | 부품도 | 품번 | ②

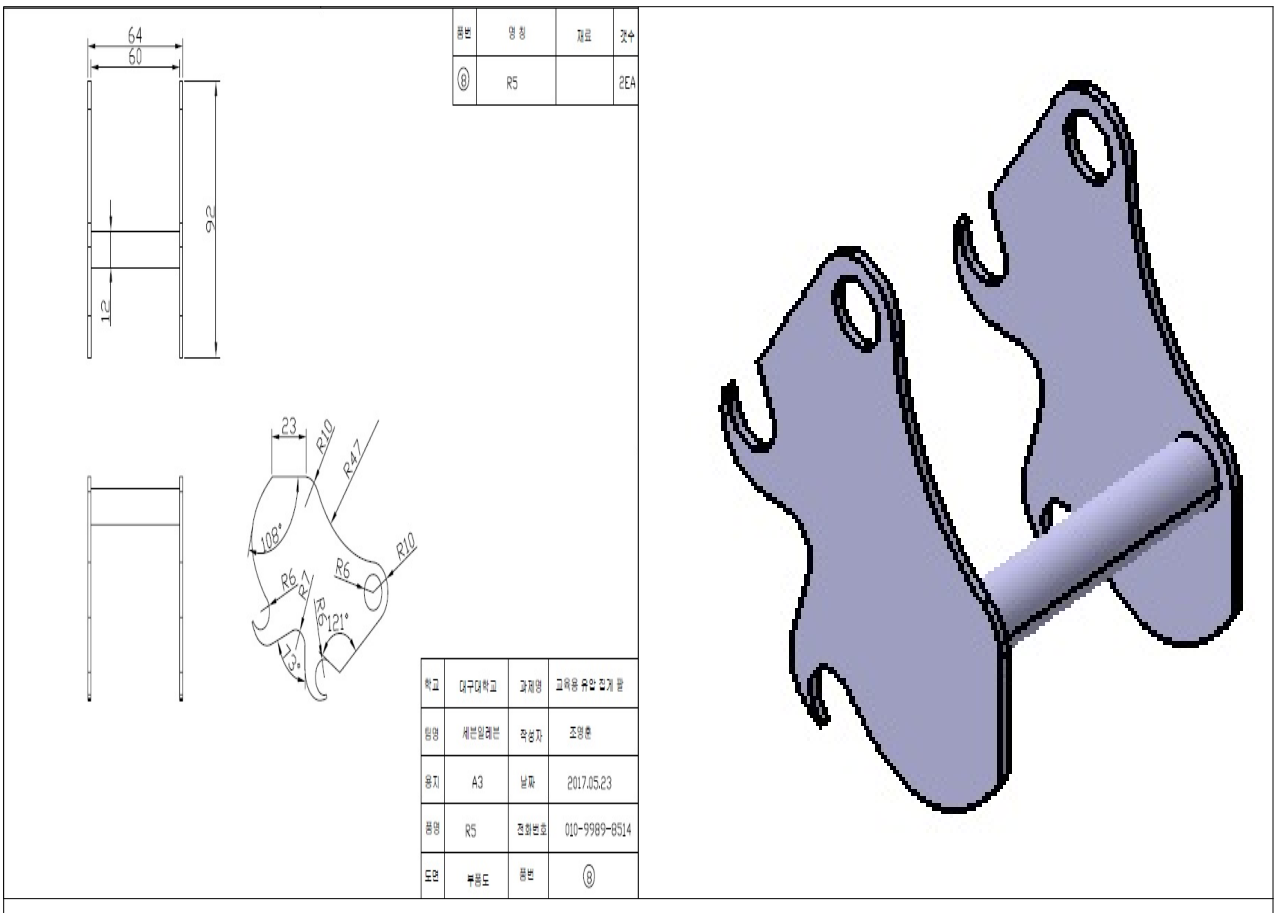
링크 2


품번 | 명 칭 | 재료 | 갯수
⑨ | R3 | | 2EA
64
60
43
12
12
79
R10
157°
158°
155°
R6
159°
학교 | 대구대학교 | 과제명 | 고속용 유압 집게 팔
팀명 | 세븐일레븐 | 작성자 | 조영훈
용지 | A3 | 날짜 | 2017.05.23
품명 | R3 | 전화번호 | 010-9989-8514
도면 | 부품도 | 품번 | ⑨

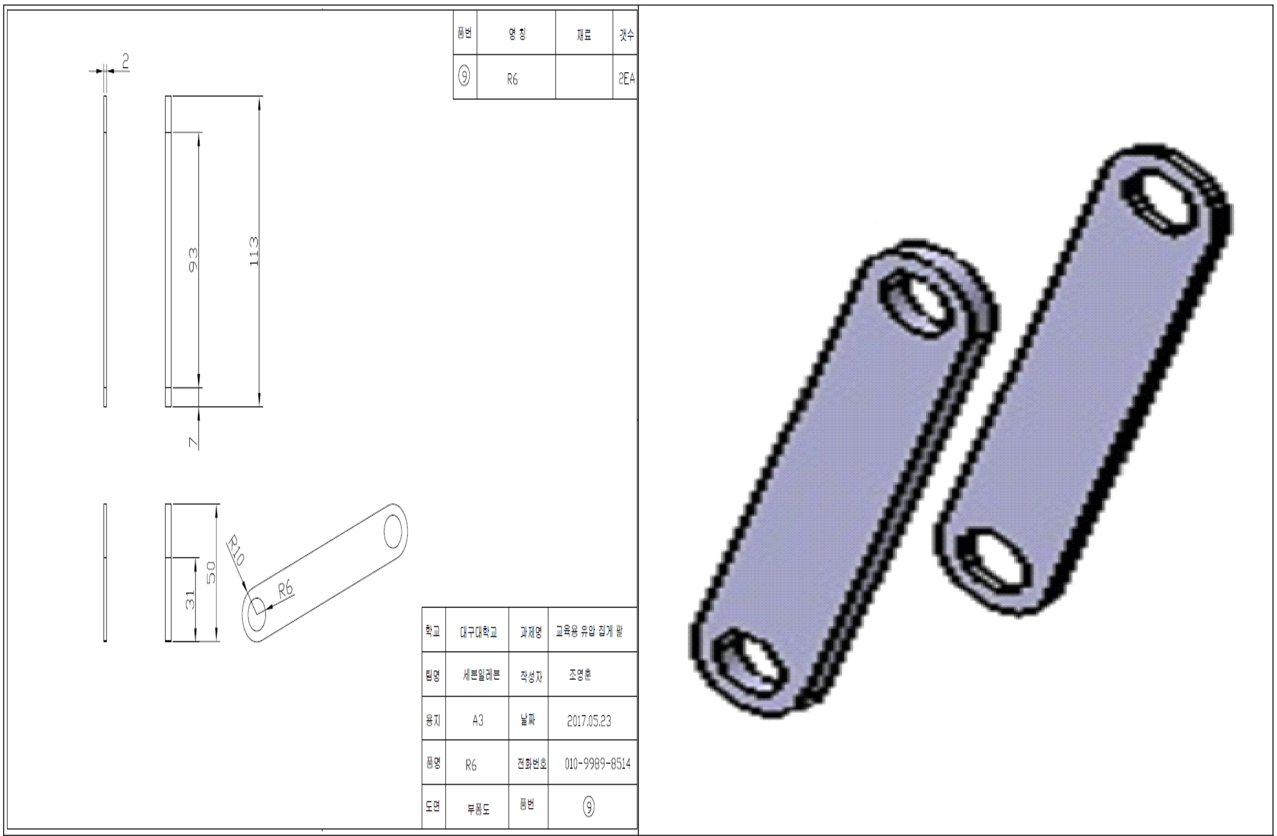
링크 3


품번 | 명 칭 | 재료 | 갯수
⑧ | BOOM | | 1EA
학교 | 대구대학교 | 과제명 | 고속용 유압 집게 팔
팀명 | 세븐일레븐 | 작성자 | 조영훈
용지 | A3 | 날짜 | 2017.05.23
품명 | R4 | 전화번호 | 010-9989-8514
도면 | 부품도 | 품번 | ⑧

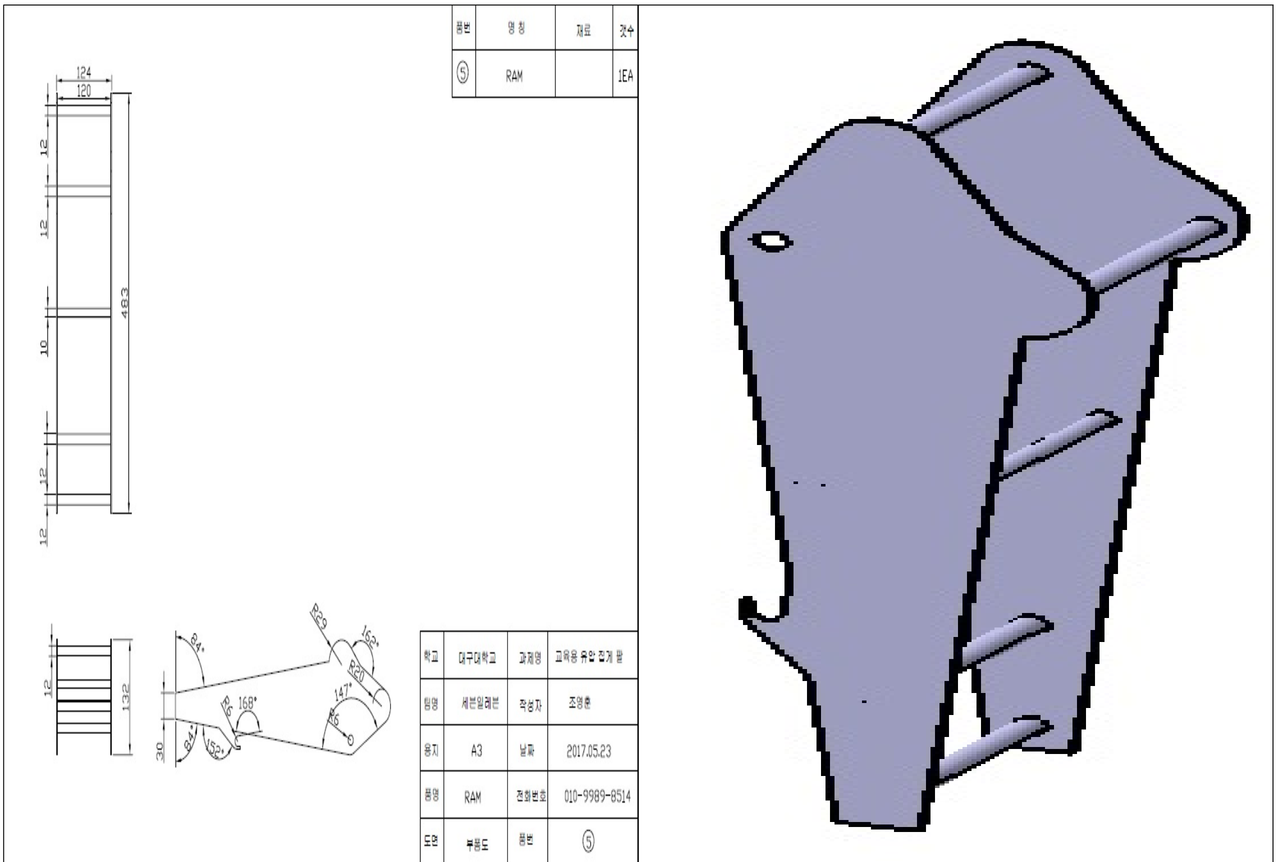
링크 4


64
50
92
12
23
R10
R47
108°
R6
R6
R10
121°
13°
품번 | 명 칭 | 재료 | 갯수
⑧ | R5 | | 2EA
학교 | 대구대학교 | 과제명 | 고속용 유압 집게 팔
팀명 | 세븐일레븐 | 작성자 | 조영훈
용지 | A3 | 날짜 | 2017.05.23
품명 | R5 | 전화번호 | 010-9989-8514
도면 | 부품도 | 품번 | ⑧

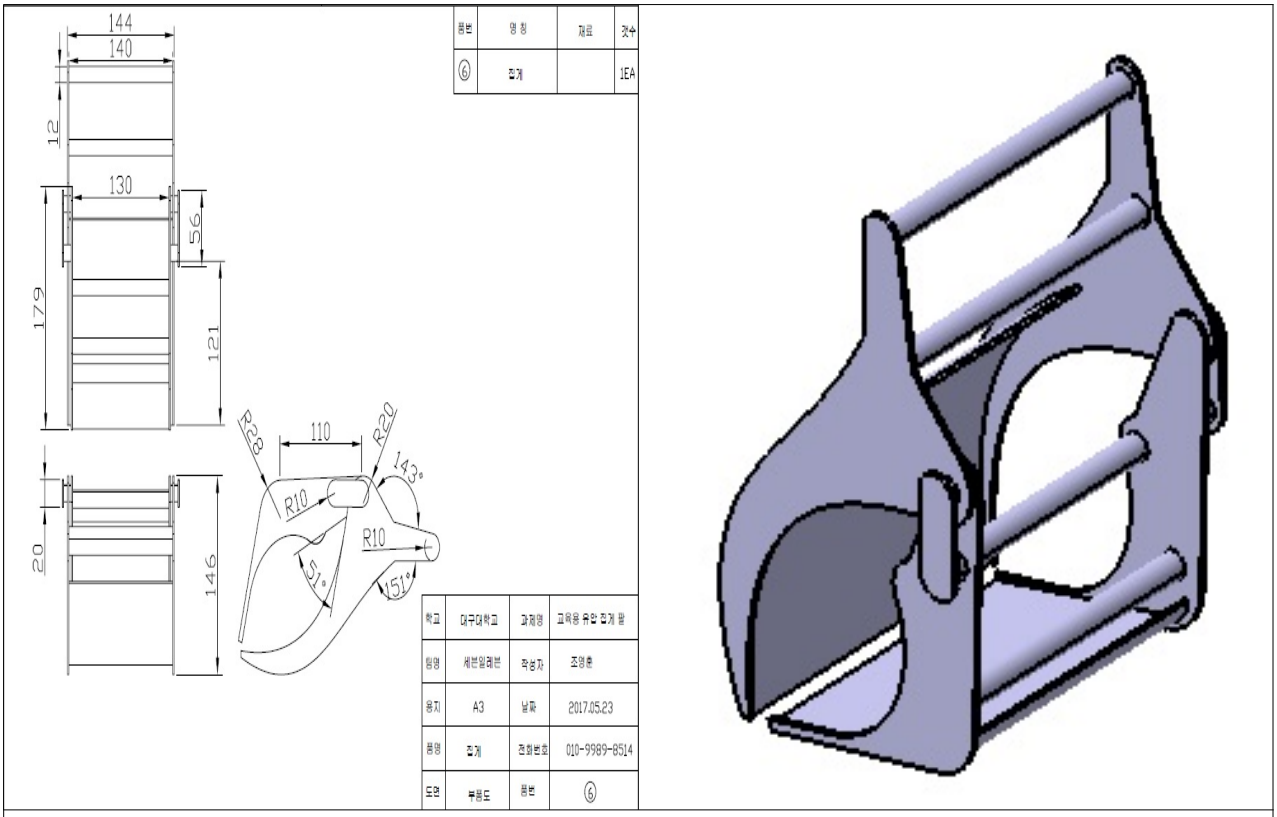
링크 5


품번
명 칭
재료
갯수
⑨
R6
2EA
2
93
113
7
R10
R6
50
31
학교
대구대학교
과제명
교육용 유압 집게 팔
팀명
세븐일레븐
작성자
조영훈
용지
A3
날짜
2017.05.23
품명
R6
전화번호
010-9989-8514
도면
부품도
품번
⑨

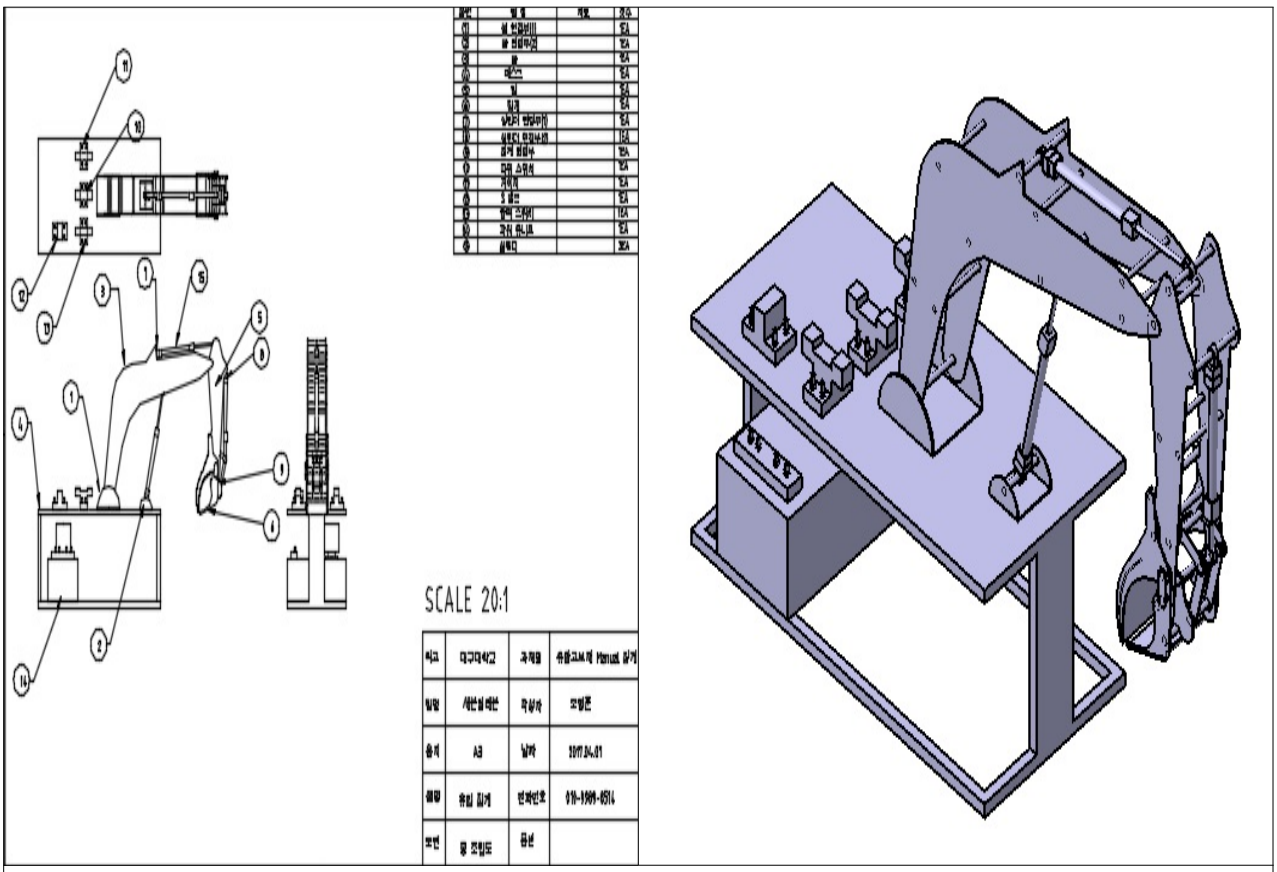
링크6


품번
명 칭
재료
갯수
⑤
RAM
1EA
124
120
12
12
10
12
12
483
12
132
30
84°
84°
152°
168°
R6
R29
162°
R20
147°
학교
대구대학교
과제명
교육용 유압 집게 팔
팀명
세븐일레븐
작성자
조영훈
용지
A3
날짜
2017.05.23
품명
RAM
전화번호
010-9989-8514
도면
부품도
품번
⑤

암


144
140
12
130
56
179
121
20
146
R25
110
R20
143°
R10
R10
51°
151°
품번 | 명 칭 | 재료 | 갯수
⑥ | 집게 | | 1EA
학교 | 대구대학교 | 과제명 | 고속용 유압 집게 팔
팀명 | 세븐일레븐 | 작성자 | 조영훈
용지 | A3 | 날짜 | 2017.05.23
품명 | 집게 | 전화번호 | 010-9989-8514
도면 | 부품도 | 품번 | ⑥

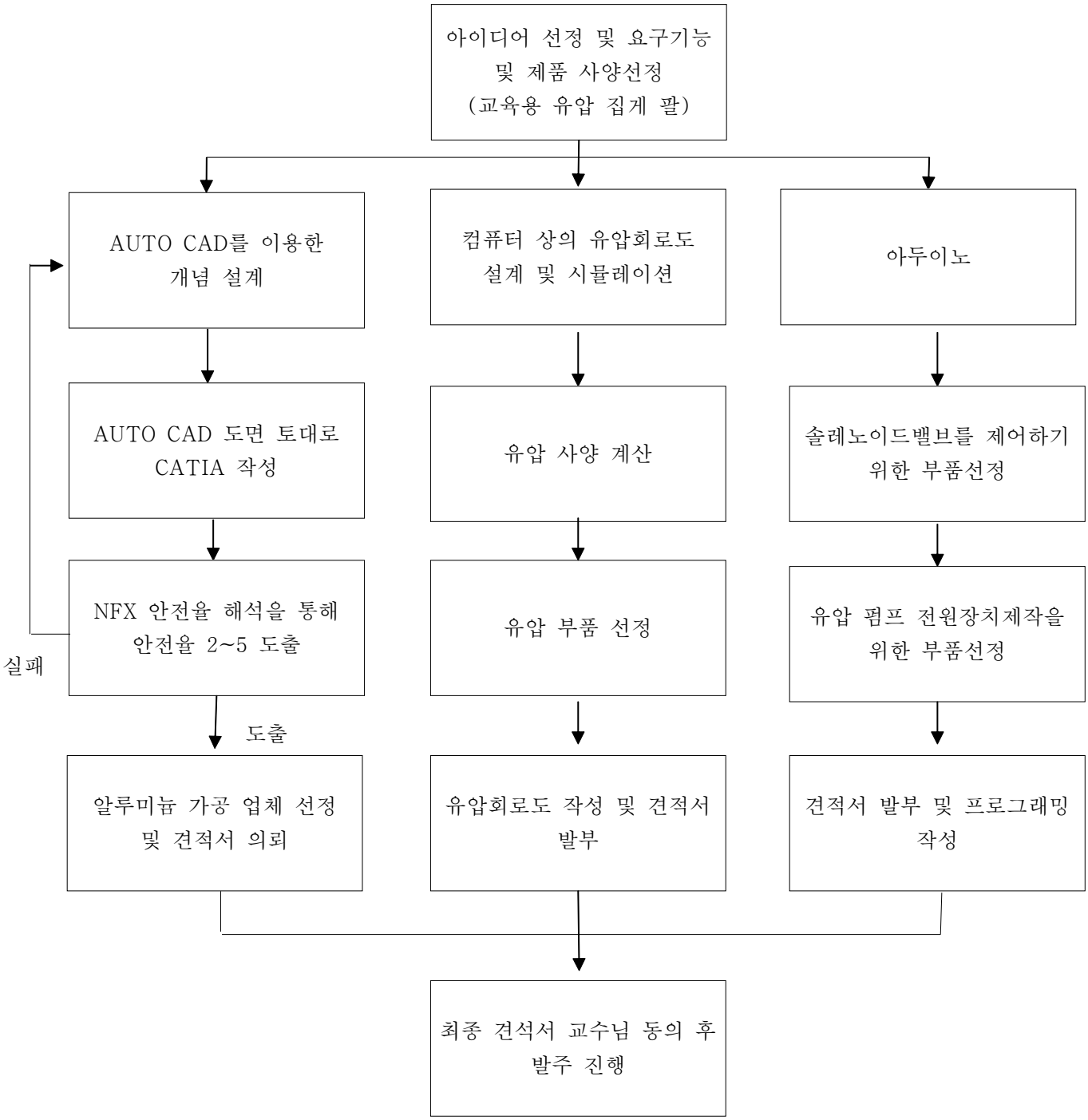
집게


SCALE 20:1

총 조립도

제3장 제 작

제1절 공정도



제2절 제작

품명	구매처	사양	수량	단가	금액
유압실린더	㈜ 세광 F.A 시스템	HHA-SD 40C N100 A	3	72,000	216,000
유압유니트	㈜ 세광 F.A 시스템	2마력 베인펌프-3연	1	900,000	900,000
솔레노이드 밸브	㈜ 세광 F.A 시스템	ss-g01-c5-r-c2	3	87,000	261,000
모듈러밸브	㈜ 세광 F.A 시스템	OCY-GO1-W-Y	3	56,000	168,000
호스	㈜ 세광 F.A 시스템	1m	13	9,900	128,700
브레이크감속모터 + 컨트롤러세트	디바이스 마트	DBGM42 - 12V	1	140,000	140,000
아두이노 우노	디바이스 마트	DM-USTYLE-CT V1.0	1	17,000	17,000
8채널 릴레이 모듈	동신전자	[NER-11343] RELAY-M1(CH8)-5V	1	22,000	22,000
알루미늄 재료 구입 + 가공비	에스피엔유	도면참고	7	407,000	407,000
합계금액				2,259,700	

위에서 서술한 개념 설계와 상세 설계를 토대로 해석을 진행하고 유압 회로도 및 제어 회로도를 작성한 뒤 예산 집행을 위한 견적서를 위와 같이 작성하여 시제품 제작을 계획하였으나 학기 초 설계 프로젝트를 미루어 온 것에 대한 결과로 시간적 여유가 없는 상황과 제품에 대한 명확하고도 가치 있는 목표 설정을 수립하는 과정에서 어려움을 겪어 시제품으로 제작하는데 실패했다.

제4장 시험 및 평가

제1절 운용 및 시험 요구조건

제2절 시험결과

시제품을 제작하는데 실패하여 시운전 및 평가를 진행할 수 없었다.

제5장 결론

제1절 문제점 분석 및 처리결과

1)진행과정의 문제

- 목표설정 단계에서의 지체로 인한 아이디어 변경
- 제어부분의 지식 부족함에도 불구하고 교수님께 자문을 구하지 않았음
- 시제품 제작을 하지 못함

2) NFX안전율 신뢰도가 떨어짐

3) DAFUL S/W 구동을 위한 정확한 함수 입력이 부족

제2절 총평

3학년 2학기 설계프로젝트 아이디어 시트(지게차 제작)를 작성 할 당시에는 큰 의욕을 가지고 시작 하였으나, 회로도 부분에서 자문을 구하지 않고, 진행 상태가 중단 되고 그 상태가 지속 되고 시간이 흐르다보니, 처음의 의욕을 끝까지 가지고 가지 못하고 아이디어를 변경(교육용 유압 집게팔)하는 상태가 되었고, 뒤늦게 다시 의욕을 가지고 시작했으나 발표 기한 내에 발주를 맞추지 못하여 시제품 제작에 실패 하였습니다.

[참고문헌]

[1]전태용, 1997, “유압 굴삭기의 기구학 및 동역학적 거동 해석” pp. 16~20

[2]오명식, 서자호, 정슬, 2016, “소형 굴삭기의 모델링을 통한 위치 및 힘제어 구현”, 제어로봇시스템학회 논문지

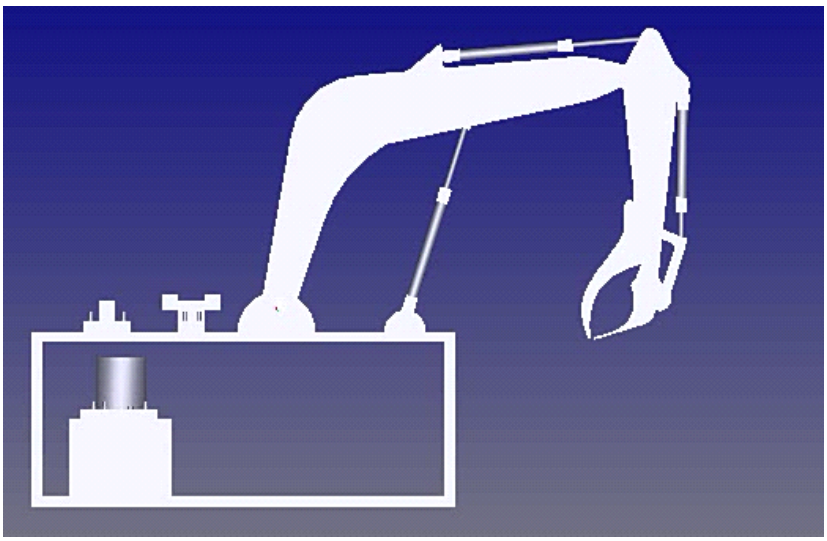
[3]오경원, 김동남, 김남훈, 홍대희, 김윤기, 홍석희, 2011, “실린더 출력 힘의 실험적 추정을 통한 굴삭기 궤적제어”, 한국정밀공학회지

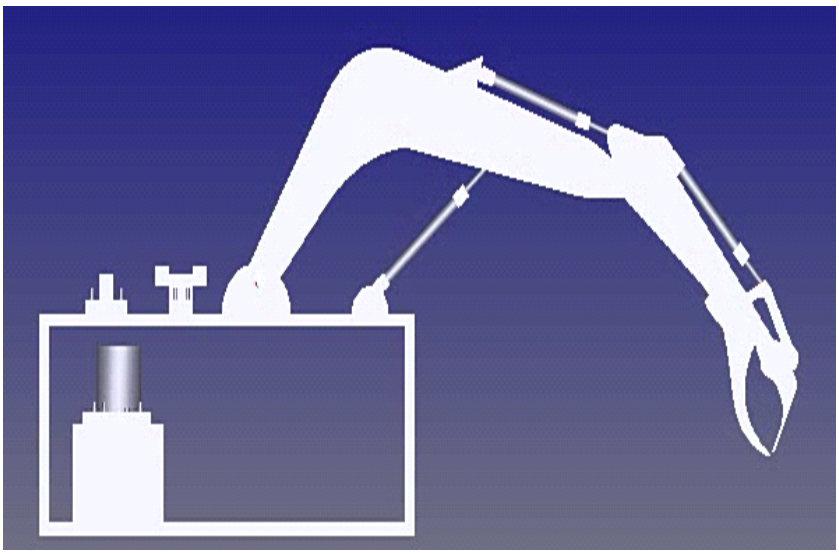
[4] Anthony Esposito, 7TH, [유공압공학],(강철구, 장효환, 조승호, 황성호 공역), 사이텍미디어

[부록]

부록 1. 첫 번째 부록

DAFUL을 이용한 기구학적 거동 해석





구동 해석 동영상 파일 캡쳐본

부록 2. 보고서 후기

설계프로젝트를 두 학기 동안 진행하면서 간접적인 실무 경험을 했습니다.
3학년 2학기에 처음 설계 프로젝트를 시작하면서 가장 처음 맞닥뜨린 과제는 주제 선정을 하는 것 이었습니다. 어떤 주제를 선정 하느냐에 따라서 앞으로의 전반적인 방향이 정해지고, 해야 할 일이 정해집니다. 저희 조는 건설기계 트랙을 이수하기 때문에 건설 현장에서 사용하는 장비를 위주로 먼저 모색하였습니다. 굴삭기, 지게차, 크러셔 등 많은 장비 중 지게차를 선택하고, 다음 단계인 목표설정서 단계를 진행 하였습니다. 필요 기능, 필요 기술, 정량적 목표, 스케치 도면, 시제품 사양까지의 과정을 요약하는 단계로써 처음에는 필요 기능과 필요 기술이 어떻게 다른지 몰라 갈피를 잡지 못했습니다.. 조별 회의를 통해서 아는 범위 내에서 적어 갔지만 아니나 다를까 수업시간에 지적을 받았고 교수님께서 예시를 들어 설명을 해주셨습니다. 필요 기능은 예를 들어 시제품을 모방하는 것이고 필요 기술은 수업시간에 배운 내용들을 바탕으로 설계와 같은 일을 하는 것이었습니다. 또한, 내용은 누가 봐도 알 수 있게 자세히 적으라고 하셨고 목표 설정서 안에 저희 조가 할 내용을 정확히 명시 하라고 하셨습니다. 이 과정이 오래 걸릴 거라고 생각은 못 했지만 보안과 수정을 반복을 하다 보니 한 학기가 금방 가버렸습니다. 4학년 1학기에 들어섰고 지게차의 각 부품들(리프트, 포크, 구동부)에 관한 도면을 2D CAD를 활용하여 그리고 제어 단계에서 제어 쪽에 관한 지식을 가진 조원이 없어 시작을 할 수 조차 없었습니다. 이 과정에서 교수님께 도움을 구하지 않고 진행은 멈춰 버렸습니다. 시간은 계속 흘러갔고 4월 달에 들어서서 교수님께 찾아가서 도움을 청하였고 주제를 유압 교보재 제작으로 변경 하였습니다. 다시 처음으로 돌아가서 목표 설정서를 작성하고, 도면을 다시 그리고 나니 중간 발표 기간이 다가 왔습니다. 당연히 좋은 결과가 나올 리가 없었고, 앞으로 남은 기간 동안 시제품을 제작을 향해 목표를 잡았습니다. 중간 발표 후 교수님은 유압 교보재의 의미를 저희 조가 잘못 알고 있다고 하셨고 또 다시 저희 조는 정체 되었고 유압 교보재의 의미를 다시 생각해서 도면을 수정하고 어태치먼트를 추가하고 제작 계획을 진행하였습니다. 원래는 학교에 있는 유압 부품들을 활용해 만들려고 하였는데 부족한 실린더 가격과 재료들을 사려고 구매한 업체에 전화를 해보니 가격이 다른 유공압 부품을 판매하는 업체보다 비싸서 시장 조사를 통해서 업체를 다시 선정하였습니다. 제어 부분은 실제 지게차 도면도 찾아보고 교수님께 도움을 구하면서 아두이노를 통해서 유압 실린더를 제어하려고 하였습니다. 최종 발표일이 가까워지고 있었고 발주 상태로 넘어가야 하는 상황이 왔는데, 교수님께서 남은 기간 동안 발주를 내어 시제품을 완성 못할 것 같아 설계의 근거를 질적으로 더 채우라고 하셨습니다. 설계 프로젝트를 두 학기 동안 진행하면서, 지금까지 배운 것을 바탕으로 이론적으로 정확히 알지도 못하고 진행 과정도 많이 미숙하지만 크게 보았을 때 제품을 제작하는 실무의 전반적인 방향을 알 수 있었고 어떤 과정에서는 일처리 과정에서 무엇이 중요한지, 어떤 내용을 중점적으로 정하고 진행 하여야 하는지 공부 할 수 있었습니다. 시제품은 만들지 못했지만 이 과정 또한 저희에게 앞으로 사회에 나아가서 도움이 되는 것이라고 생각 합니다.