

# 기계설계프로젝트 최종보고서

작업자 환경 개선을 위한 무인 백호우  
( Unmanned Backhoe for improving workers environment)

팀명 : (주)WATER ENG

지도교수 : 이 동환 교수님

2014. 6. 10

대구대학교 공과대학 기계자동차공학부

# 제 출 문

기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 "작업자 환경 개선을 위한 무인 백호우" 의 연구결과보고서로 제출합니다.

2014. 6. 10

연구기관 : 대구대학교 기계자동차공학부

연구기간 : 2013. 9. 1 ~ 2014. 6. 10

지도교수 : 이 동활 교수님

연구책임자 : 안 현대

공동연구자 : 손 범국  
조 현대

# 요 약 문

## 1. 과제명

“작업자 환경 개선을 위한 무인 백호우”

## 2. 정량적 개발목표

기존에 있는 백호우 보다 작업의 효율을 증대 시키고 작업자의 편의를 향상시키기 위해 8~10m거리에서 컨트롤러를 이용한 원격제어로 굴삭 작업을 할 수 있도록 한다. 이때 기존에 있는 백호우를 1/5비율로 소형화하여 만들어 평지에 있는 흙을 4~8L정도 굴삭 할 수 있도록 하고 정확한 주행능력을 가지도록 하겠다. 백호우 특성상 빠른 속도를 요구하지 않기 때문에 50cm~1m/s의 속도를 가지도록 하겠다.

## 3. 개발 내용 및 범위

이 연구에서는 2D 도면, 3D CATIA 설계, CAE구조 해석을 통한 변형량을 확인하여 최적화된 구조물을 설계 하고 재료비를 절감 및 효율적인 동력 전달을 고려해 부품을 선정한다. 먼저 작업자의 입장에서 시나리오를 구상하여 기존제품의 고충을 보완 및 개발한다.

기존의 백호우의 작업환경을 고려한 타이어를 고려 및 선정하고, 바디와 버킷, 붐, 암, 유압 부품 등의 무게를 합친 자중과 마찰력을 이길 수 있는 동력 및 토크를 계산하여 효율적인 모터를 선정하고 안정적이고 큰 토크를 산출하기 위해 감속비를 고려해 감속기를 정한다. 제품을 사용하는 환경이 비포장도로임을 고려해 모터 선정에 있어서 비교적 큰 힘을 발생하는 모터를 조사하고 모터에 알맞은 동력을 전달할 수 있도록 Battery를 선정한다. 붐, 암, 버킷을 구동하는 유압실린더와 DC모터를 조사 및 선정하고 센싱 할 수 있는 Arduino board와 모터를 제어할 수 있는 Motor driver를 선정함으로써 hardware 구성을 완료한다.

이를 CATIA를 통해 Modeling함으로써 최종 디자인을 결정 및 완성하고 향후 프로그래밍을 위한 계획을 수립한다.

#### 4. 제작 결과

- CAE구조해석을 통해 철 관재의 두께를 3mm로 선정한다.
- 계산을 통해 필요한 동력과 토크를 산출하여 DC 모터 12V 60W로 선정하고 감속비 50:1 감속효율 65%의 감속기를 통해 필요한 토크를 산출한다.
- 버킷용량 계산식을 이용해 1/5비율로 축소했을 때의 버킷 용량을 4~8L로 선정한다.
- 아두이노 메가와 블루투스 모듈을 이용해 백호우의 주행과 굴삭작업을 원격제어 한다.

#### 5. 결론

본 설계프로젝트를 진행하면서 원격제어 백호우에 대해 선행연구를 하고 기존 백호우와는 다른 원격제어 백호우를 개발함에 있어 기존 제품과의 차별화를 두었다.

설계적인 측면에서 우리의 목표인 4~8L용량의 모래를 굴삭 하기 위한 버킷의 무게를 지지하는 유압실린더 고정 축 2개의 위치선정은 큰 문제점을 일으키지 않았지만 암과 버킷에 연결된 유압실린더 고정 축의 위치선정은 앞으로의 제작과정에서 문제를 야기할 것으로 생각된다. 현재 설계된 암에 정해놓은 축의 위치대로 시제품을 제작 한다면 토사를 굴삭 하는 과정에서 굴삭 작업을 한 버킷무게와 암의 무게를 유압실린더 하나가 Push와 Pull 동작을 해야 하는데 토사와 버킷과 암 그리고 유압실린더의 자중을 버티기에 축의 위치가 알맞지 않게 된 것으로 생각되고 붐과 회전판에 연결된 유압실린더도 같은 문제를 갖게 될 것으로 생각되어 추후 수정이 필요할 것으로 생각된다.

해석적인 측면에서 알루미늄 프로파일과 철판을 해석하면서 deformation을 해석해 본 결과 실제 가해지는 상부 자중보다 큰 힘을 준 경우에도 deformation의 값이 매우 작게 산출되어 제품의 형상에 문제를 일으키지 않는다는 결과를 보았다. 이는 상부 회전판의 붐, 암, 버킷, 리니어모터의 무게와 굴삭 작업시의 토사의 무게까지 버틸 수 있는가를 볼 수 있는 가장 중요한 스펙을 선정하는 과정이라고 볼 수 있다.

마지막으로 (주)WATER ENG가 만들 백호우는 시제품 형식으로 만들기 때문에 크기에 제한이 있다. 그렇기 때문에 부품 선정 과정에서 붐, 암, 버킷에 맞는 유압실린더를 구하기 어렵고 구하더라도 제어하는 부분이 어려울 것으로 예상 되어 리니어모터로 대체하여 제어하고 주행제어에서 DC모터 4개를 동기화하여 정주행 뿐 만 아니라 회전 주행까지 제어 하는 부분에 있어서 많은 실험과 자료조사가 필요할 것 같다.

# 목 차

<b>제1장 서론</b> .....	<b>1</b>
제1절 과제의 목적.....	5
제2절 과제의 정량적 목표.....	5
제3절 필요성 및 기대효과.....	6
<b>제2장 과제도출 과정</b> .....	<b>1</b>
제1절 후보과제.....	5
제2절 과제선정 결과.....	5
<b>제3장 연구내용</b> .....	<b>5</b>
제1절 이론적 연구 .....	9
제2절 특허조사분석 및 시장조사.....	6
제3절 해석결과 및 분석.....	6
제4절 가능성 실험.....	9
<b>제4장 상세설계</b> .....	<b>11</b>
제1절 기본설계.....	5
제2절 사양서 .....	9
제3절 조립도 .....	9
제4절 부품도 .....	9
제5절 시스템 구성도 .....	9
제6절 회로도 .....	9
제7절 소프트웨어 구성도 .....	9
<b>제5장 성능평가</b> .....	<b>11</b>
제1절 정량적 목표.....	5
제2절 평가결과 및 분석 결론.....	5
<b>제6장 결론</b> .....	<b>12</b>
제1절 결론.....	5
제2절 문제점 및 향후계획.....	5
<b>[참고문헌]</b> .....	<b>12</b>

# 제1장 서론

## 제 1 절 과제의 목적

기존의 백호우는 작업자가 백호우에 탑승하여 작업을 하고 있다. 이는 백호우가 작업을 할 때 마다 발생하는 극심한 진동과 소음이 작업자에게 그대로 전달되어 작업자에게 극심한 피로를 느끼게 하고 그로인해 작업효율이 떨어질 수 있다. 또한 백호우 내의 냉·난방 시설은 효율이 뛰어나지 않아 작업자는 불편함을 느끼게 된다.

사람이 중심이고 우선이 된 현시대에서 작업자의 작업환경이 개선될 필요가 있다고 생각되어 원격제어 백호우를 고안하게 되었다. 기존의 백호우를 사용할 경우 작업자의 피로도 상승으로 인한 작업효율이 떨어질 수 있는데 우리가 고안한 제품을 통해서 작업자의 작업환경을 개선하고 그 결과로 작업효율을 비교적 상승시킬 수 있다는 것에 중점을 두고 개발을 시작 하게 되었다. 또한 우리가 지금까지 배워왔던 거의 모든 분야의 전공지식을 활용하여 백호우를 개발하는데 주안점을 두었다.

원격제어 백호우의 경우 구조해석부터 재료선정 프로그래밍 까지 기계공학과에서 배울 수 있는 많은 전공분야가 포함되어있고 우리가 이미 배워온 것을 십분 활용하기에 알맞은 주제이며 작업자의 능률과 우리의 능력에 초점을 두고 개발하기에 적합한 제품이다.

고체역학과 공업재료 가공학을 통해 알맞은 부품을 선정하고, 동역학을 통해 모터 및 바퀴를 선정하고 C언어를 통해 프로그래밍 할 수 있으며 기계요소설계를 통해 붐, 암, 버킷 및 나사 선정을 할 수 있다.

먼저, 초기목적으로는 원격제어 백호우를 개발하여 작업자의 작업 환경을 보장하는 것이고 두 번째로 원격제어를 성공시켜 하나의 제품만이 아닌 여러 제품을 한 작업장에서 가동 할 수 있도록 하는 것, 그리고 세 번째로 우리의 기계공학적 지식을 활용 하는 것과 그밖에, 가격 및 제품을 완성하는데 걸리는 기간 등이 있다.

이를 초점에 두고 자율운전 작업자 환경개선을 위한 무인 백호우의 선행 연구를 시작한다.

## 제 2 절 과제의 정량적 목표

- 실제 백호우 1/5비율로 소형화하여 만든다.
- 평지에 있는 흙을 4~8L정도 굴삭 할 수 있도록 한다.
- 흙 지지대에서 굴삭가능 거리를 800~850mm 로 한다.
- 주행속도를 50cm~1m/s로 프로그래밍하고 이 역시 컨트롤러로 제어한다.
- 유압실린더의 원리를 이해하고 약 50N의 힘을 낼 수 있도록 설계한다.
- 8~10m거리에서 컨트롤러를 이용한 원격제어로 굴삭 작업을 할 수 있도록 한다.

## 제 3 절 필요성 및 기대효과

실제 백호우로 작업을 할 때 전달되는 진동과 소음이 원격조정을 함으로써 작업자에게 직접적으로 전달되지 않아 작업자가 쉽게 피로해 하지 않고 작업을 할 수 있으며, 그만큼 작업 능력을 높일 수 있고 작업의 질이 향상된다. 그리고 원격제어로 작업을 하면 작업할 공간을 더 자세하고 다양한 관점에서 볼 수 있고 주변도 쉽게 살필 수 있어 작업하는데 더 정확하고 안전하게 작업을 할 수 있다. 이는 다소 위험한 건설기계현장 특성상 작업자가 조금 더 안전한 곳에서 작업을 할 수 있기 때문에 안전하게 작업을 할 수 있다고 생각 할 수 있다. 흙, 암 부분을 속이 텅 비고 조립하는 구조로 설계해 비교적 경제적으로 만들어졌기 때문에 제작비도 많이 줄일 수 있고 흙, 암 부분을 조립하는 구조로 만듦으로써 수리를 간편하게 할 수 있고 교체가 쉬워 경제적이다.

백호우뿐만이 아니라, 클램셀, 파워 셔블 등 다양한 건설 굴삭기계에서 사용 및 응용이 가능해 제한적이지 않고 산업활용 방안이 다양하다.

## 제2장 과제도출 과정

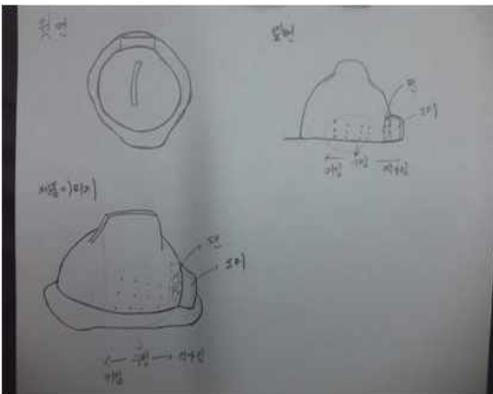
### 제 1 절 후보과제

#### 1. 현장용 다용도 삽



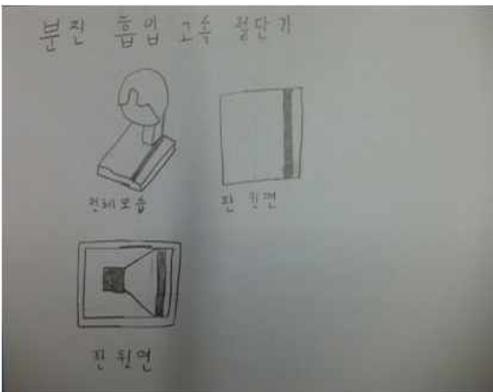
요구기능	기대성과	필요기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 삽 몸통 길이 조절</li> <li>- 삽 머리 크기 조절</li> <li>- 접이식 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자기 체형에 맞게 조절하여 사용가능</li> <li>- 정리가 편리해 공간을 줄일 수 있다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-CATIA설계</li> <li>-CAE해석</li> <li>-ANSYS구조해석</li> </ul>

#### 2. 선풍기 안전모



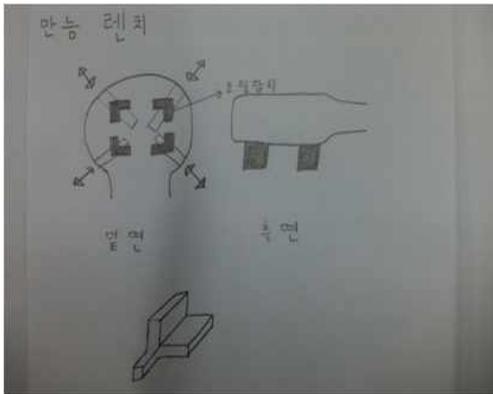
요구기능	기대성과	필요기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 양쪽에 선풍기를 달아 작업 환경 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 더운 날씨에도 시원하게 작업할 수 있어 작업효율 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CATIA설계</li> <li>- 동력 모터 제어</li> <li>- CAE 해석</li> </ul>

#### 3. 분진 흡입 고속 절단기



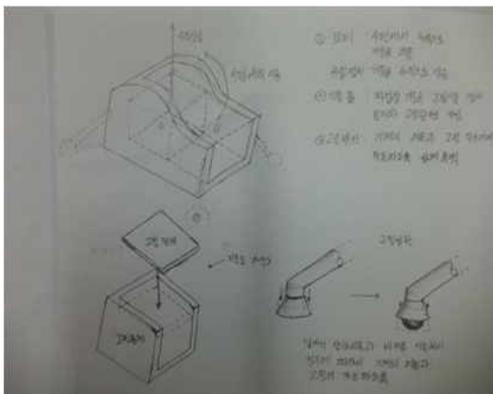
요구기능	기대성과	필요기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업시 발생하는 분진을 자동으로 바로 제거 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분진을 바로 제거 함으로써 작업환경 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CATIA설계</li> <li>- CAE해석</li> <li>- 모터 동력 제어</li> </ul>

#### 4. 만능 렌치



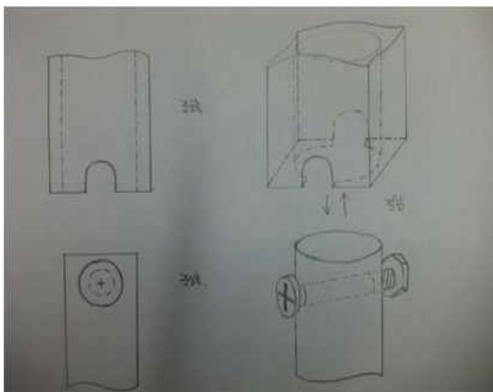
요구기능	기대성과	필요기술
- 렌치의 머리부분을 볼트의 크기에 맞게 자동 조절	- 작업의 편리성과 효율성, 속도 증가	- 센서 제어 - 동력 모터 제어 - CAE해석

#### 5. 비계 자동 올리기 기계



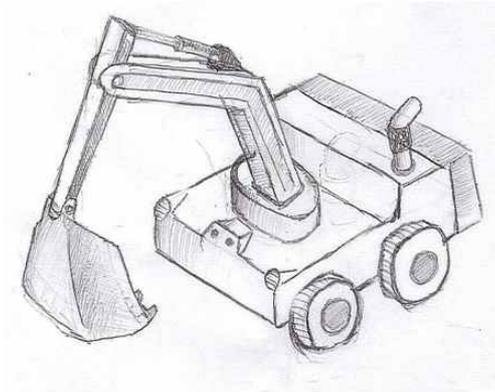
요구기능	기대성과	필요기술
- 수작업으로 하고 있는 비계 올리기를 자동으로 올림	- 편리한 작업 - 시간 단축	- 모터 동력 전달 - 유압 제어 - ANSYS구조해석 - 하중 감지 센서

#### 6. 타워크레인 자동 인양 기계

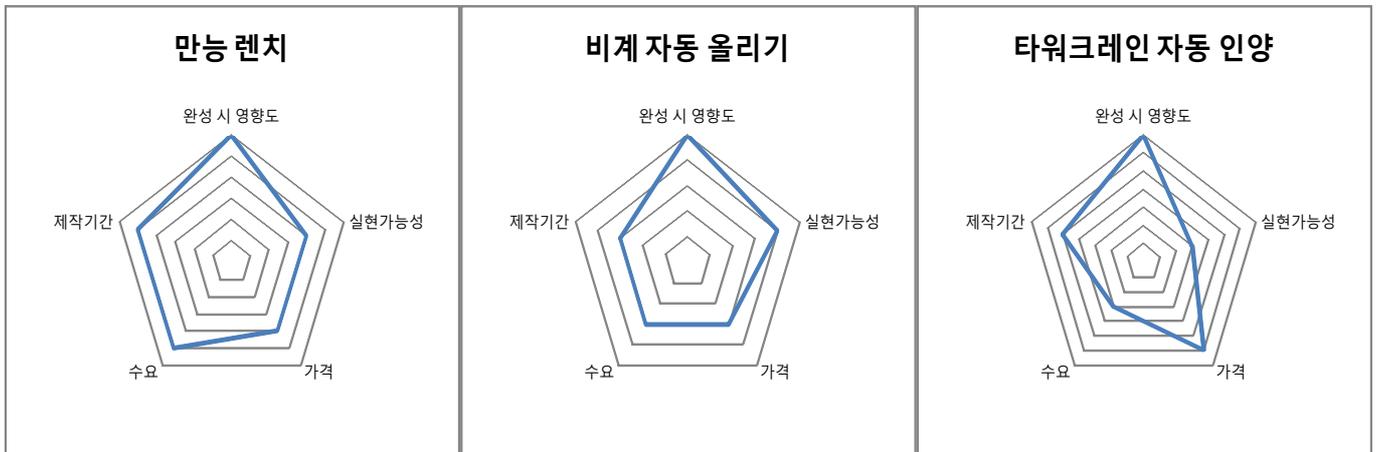


요구기능	기대성과	필요기술
- 타워크레인을 자동으로 인양함	- 안전확보 - 시간단축 - 인력낭비 방지	- 유압 제어 - 제품 정밀화 - ANSYS구조해석 - 하중 감지 센서

## 7. 무인 백호우

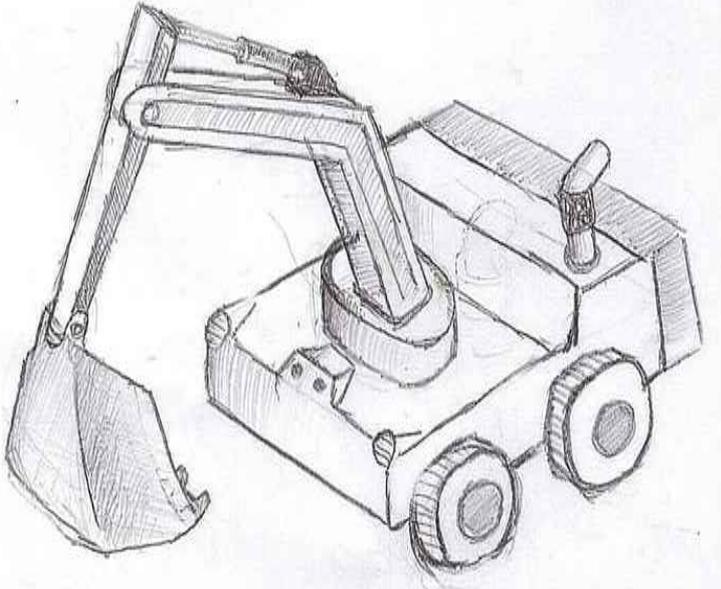


요구기능	기대성과	필요기술
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 토사를 굴삭/이송</li> <li>- 주행의 자유로움</li> <li>- 컨트롤러를 이용한 원격제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업자 환경개선</li> <li>- 무인화를 함으로써 작업 효율증가</li> <li>- 건설기계 산업분야의 성장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압밸브 컨트롤</li> <li>- 링크/기구의 전체적 구조해석</li> <li>- 자율주행 프로그래밍</li> </ul>



## 제 2 절 과제 선정 결과

### <작업자 환경 개선을 위한 무인 백호우>



- 후보과제 분석 결과 건설 중장비에도 가장 근접하고 완성 시 영향도가 높은 원격제어 백호우로 결정했고, 프로젝트명은 <작업자 환경 개선을 위한 무인 백호우>로 최종 결정 하였다. 중장비라는 점에서 소형화하여도 크기나 무게가 다른 후보들보다 크고 무거운 것으로 예상되므로 바퀴선정을 가장 중요시하여 설계를 시작해야 할 것으로 보인다.

전체 크기는 1/5의 비율로 제작되고 크게 굴삭을 위한 상부바디와 주행을 위한 하부바디로 나누어 상부바디는 4~8L의 토사를 굴삭 할 수 있도록 유압부품의 선정 및 해석이 필요할 것이다. 하부바디는 50cm~1m/s의 속도로 주행할 수 있고 전체 무게를 지탱 할 수 있도록 충분한 힘과 속도를 고려하여 모터를 선정해야 할 것이다. 기구부 구성이 완료 되면 상부와 하부를 동시 컨트롤 가능한 컨트롤러를 제작하거나 구매한 컨트롤러를 시제품에 맞게 MCU를 통하여 제어해야 할 것이다.

다른 후보제품에 비해 제작기간은 다소 오래 걸리지만 현재 굴삭기를 많이 사용하는 현장을 생각한다면 충분히 가치가 있다고 생각하였고, 그 가치가 높은 가격을 메울 수 있을 것이라 예상한다.

## 제3장 연구내용

### 제 1 절 이론적 연구

#### <이론적 배경>

백호우는 기계가 서 있는 지면보다 낮은 장소의 굴착작업에 적합하고, 수중 굴착이 가능하고, 굳은 지반의 토질에서도 굴착 작업이 가능하다. 하부구동체와 상부회전체로 되어 있는 본체에 연결된 굴삭용 버킷으로 굴삭작업을 한다. 버킷은 후방향으로 투스(tooth)가 향하고 있어서 토사를 긁어 깎아 내리는데 유리하며 주로 바퀴식과 크롤러 식이 있고, 트렌치, 디치의 굴삭, 사면정리, 인양작업, 배관작업등 다양한 용도로 활용된다.

우리는 1/5비율로 축소 모델로 구축하고 전자적인 요소를 결합하여 원격제어 백호우를 만드는데 목적이 있다. 또한, 기존의 백호우에서 작업자를 고려한 안전성을 배제하고 원격제어를 추가하면 가격이 크게 상승되지 않은 가격을 추구하기 때문에 구조해석을 통해 재료비를 절감하고 기존에 배운 기계공학적 지식을 활용해 최대한 저렴하고 알맞은 부품을 선정하겠다.

설계 계획에 있어서 먼저 알맞은 부품을 선정하고 도면화 하여 Hardware를 완성한 뒤 프로그래밍을 시작한다.

프로그래밍을 시작하기에 앞서 구조해석을 통해 재료 선정 및 규격 선정을 진행하고 계산을 바탕으로 그밖에 부품들을 선정한다.

가격 및 성능에서 기존의 백호우와 차별화 하여 경제적 및 기술적으로 이득을 취할 수 있도록 접근을 하겠다.

#### <구조해석>

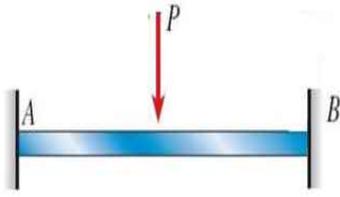
아래의 식을 이용하여 이론적인 계산을 통한 결과 산출을 수행한다.

#### 수직하중

- 역학적 계산
- 탄성 계수 :  $703604.187 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 항복 강도 :  $2651.262 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 최대 강도 :  $2957.177 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$
- 최대 지지하중 :  $3869.25\text{kgf}$
- 탄성 영역의 최대 지지하중 :  $2651.262 \times (2 \times 2) = 10605.048 \text{ kg}_f$
- 실제 하중을 고려한 최대 변형량 :  $\delta$

$$\delta = \frac{FL}{AE} \quad (F: \text{하중}, L: \text{빔 길이}, A: \text{단면적}, E: \text{탄성계수})$$

수평하중



- 집중하중 조건에서의 처짐량 : Y

$$Y_{\max} = \frac{Wl^4}{384EI} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이}, E: \text{탄성계수}, I: \text{2차단면 모멘트})$$

$$E = 0.72 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \quad F = \frac{Wl}{2} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이})$$

$$I = \frac{1}{12}(b_2h_2^3 - b_1h_1^3) + b_1h_1^3 = \frac{b_2h_2^3}{12}$$

<모터선정>

1)제작품의 전체 질량(시연용 SCALE)

- ◆ 모래 무게 : 대략 1kg
- ◆ 부재: DC모터 1.76kg × 5(EA), 리니어모터 : 1.5kg × 3(EA), 배터리 4.0(kg) × 2(EA)  
 철 판 3.744(kg) × 2(EA), 에어바퀴 : 1kg × 4(EA)  
 알루미늄 프로파일 : (170 × 4) + (360 × 4) + (560 × 4) = 4360mm → 1.635kg  
 회전체 : 1.5319kg, 모터 브라켓 : 0.196 × 4(EA), 암 : 2.871kg, 붐 : 2.744kg  
 버킷 : 2.3kg  
 ∴ 총 무게 44.6539kg

2)운동 부품의 종류, 개수 및 마찰 계수

- ◆ 모터 + 감속기, 에어 바퀴: 4EA(μ = 0.2)

3)베어링 부품의 개수 및 부담 하중

- ◆ 베어링 : 4EA, 부담하중 :  $\frac{(44.6539\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2)}{4EA} = 109.5136N$

4)정격 운전 상태의 속도 또는 회전속도

- ◆ 회전속도 : 3000rpm의 모터를 1:75 비율의 감속기를 쓰면 40rpm
- ◆ 바퀴 직경 : 26cm , 원주 길이: (πD=0.8168m)
- ◆ 분당 이동거리 : 40rpm × 0.8168m = 32.672m
- ◆ 운전 상태의 속도 : 32.672m ÷ 60(s) = 0.545m/s

5)정지→정격 운전의 가속, 감속 시간

가속, 감속 시간 : 3(s)

6)주요 부하 토크

- $F_f = \mu mg = 0.2 \times 44.6539 \times 9.81 = 87.61N$
- $T_f = F_f r = 87.61 \times 0.13 = 11.04N \cdot m$

7)필요 가속 토크

- $\sum F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}, F_d = 44.6539 \times \frac{0.545}{3} = 11.9N$
- $F_{tot} = 55.888N, T = 11.9 \times 0.13 = 1.547N \cdot m$

8)모터 1개당 요구 토크&동력

- 모터 1개당  $T = 11.4N \cdot m \rightarrow T = 130kg_f \cdot cm$
- $Power = F_f v = 87.61 \times 0.545 = 47.74W$
- 모터 1개당  $P = 47.74 \div 4 = 11.9368W$

9)선정 모터에 대한 감속비

- 감속비 : 50 감속비 효율 : 60%  $T_G = 1.9 \times 75 \times 0.6 = 85.5kg_f \cdot cm$

<버킷 용량 계산>

- 일반 시제품의 버킷 용량

$$q = \frac{1}{2} H \frac{H}{\tan \alpha} L \cdot E \quad H : \text{블레이드 높이}, L : \text{블레이드 길이}$$

$\alpha$  : 블레이드 경사각(30~35°), E : 블레이드 효율

$$\frac{1}{2} \times 0.18 \times \frac{0.18}{\tan 30} \times 0.18 \times 0.8 = 0.0040405m^3$$

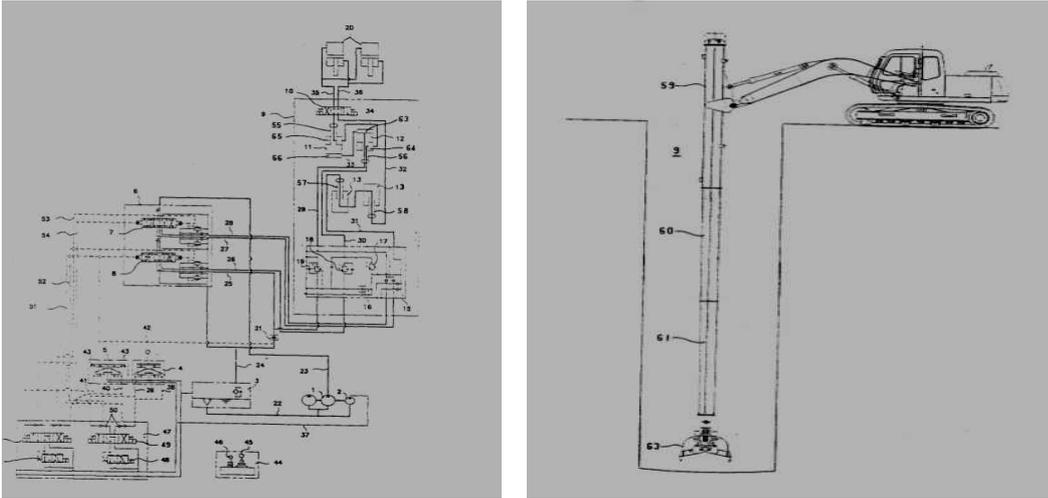
- 1/5스케일 버킷 용량

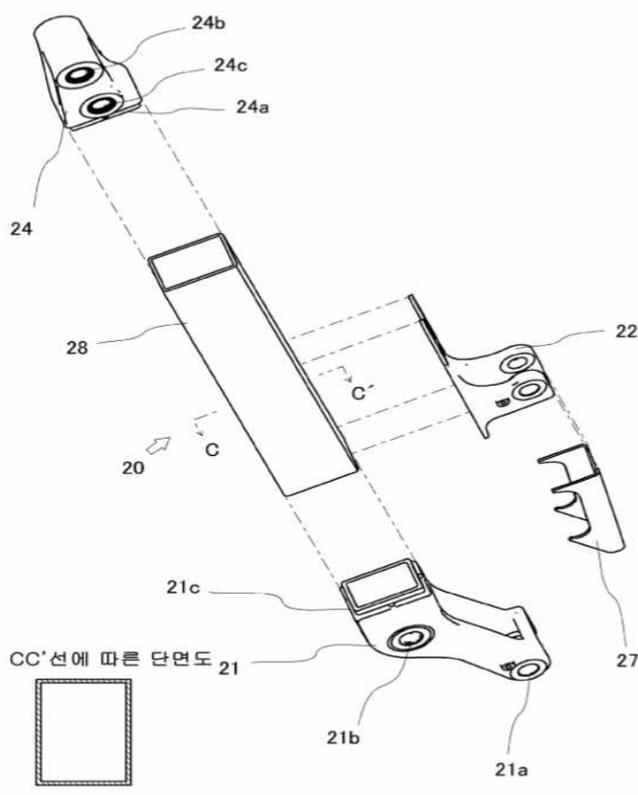
$$\frac{1}{2} \times 0.9 \times \frac{0.9}{\tan 30} \times 0.9 \times 0.8 = 0.505m^3$$

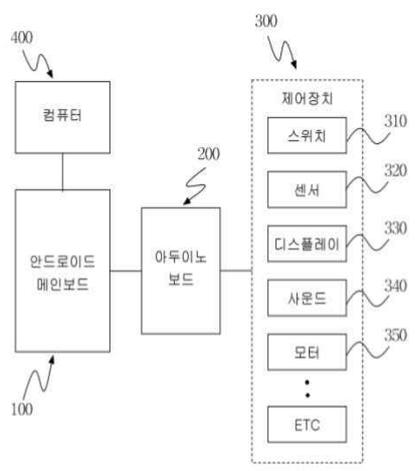
제 2 절 특허조사분석 및 시장조사

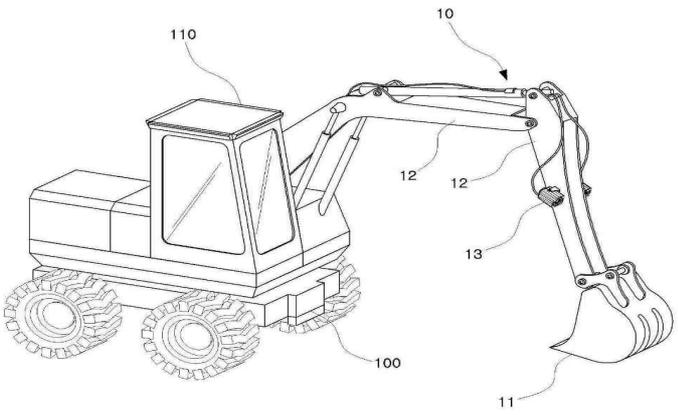
특허명	굴착 작업기의 암		
출원번호	10-2008-7024635	등록일자	2010년 06월 11일
출원자	안마 가부시키가이샤	등록상태	등록결정(일반)
도면 및 요약	<p>. 본 발명의 목적은 굴착 작업기의 작업기를 구성하는 암의 제조 코스트 및 제조 공정수를 삭감하는 것이다. 크롤러식 주행 장치의 상부 중앙에 좌우 선회 가능하게 지지되는 상부 선회체에 장착된 작업기의 암에 있어서, 상기 암은 일체 성형으로 주조 되는 부분으로서 암의 받침침부와 버킷 받침침부와, 버킷 실린더 받침침부를 갖고 사각형 파이프로 연결하여 고정 설치 하여 구성 하였다.</p> <p>일체 성형한 주조 부분이외의 스트레이트 부분, 즉 형상을 단순하게 할 수 있는 사각형 파이프 부분은 필요한 길이만큼 절단하는 것만으로 제작 할 수 있어 부품수를 삭감할 수 있고, 필요한 만큼의 파이프 길이를 변경하는 것으로 간단하면서도 저비용으로 여러 개 제작할 수 있다.</p>		
키워드	부품 수 삭감, 공정수 삭감		
유사점	1. 공정수를 삭감한 구조		
차별점	1. 무게를 낮추는 공정 2. 필요한 길이만큼 변경 가능한 파이프		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

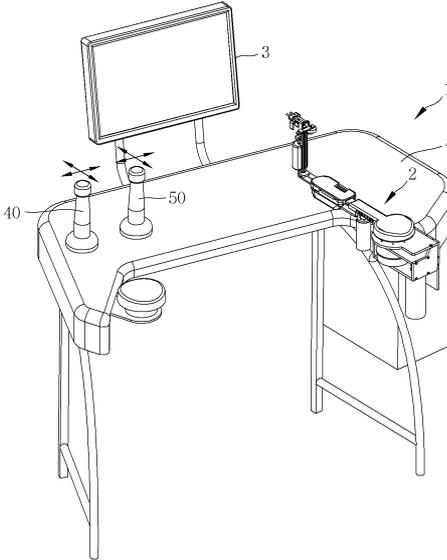
특허명	전동 액추에이터의 제어 장치		
공개번호	10-2012-0127488	공개일자	2012년 11월 21일
출원자	가부시키가이샤 고마쓰 세이사쿠쇼	등록상태	등록공개
도면 및 요약	<p>정역 반전 동작이 가능한 전동 액추에이터를 제어하는 전동 액추에이터의 제어 장치는 전동 액추에이터의 정방향, 역방향 조작 가능한 조작 수단, 파일럿 압을 생성하는 파일럿 회로, 생성된 제어 지령에 의거하여 전동 액추에이터의 구동 제어를 행하는 구동 제어 수단을 구비한다. 즉 조작레버를 이용해 전송되는 신호값으로 압의 덤프와 굴삭작업, 선회 작업을 제어 할수 있다.</p>		
키워드	제어 장치		
유사점	1. 제어를 통한 모터 구동		
차별점	1. 무인 조종이 가능하다. 2. 원격 조종이 가능하다		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

특허명	텔레스코픽 암 및 클램셀 버킷 유압 시스템		
등록번호	특0175728	등록일자	1998년 11월 11일
출원자	현대중공업주식회사	등록상태	등록후 소멸
도면 및 요약	 <p>본 발명은 식축로딩되는 암에서 서로 반대되는 방향으로 로딩되는 유압실린더를 내설하여 상기 각 암이 수직으로 슬라이딩되게 3단으로 구성하고 각 암의 유압실린더내로 별도의 유압라인을 설치하여 클램셀 버킷 실린더를 작동하도록 하는 텔레스코픽 암 및 클램셀 버킷으로 리모콘 밸브와 리모콘을 설치하여 장비외부의 어느 위치에서나 리모콘으로 작업 가능하도록 하였다.</p>		
키워드	리모콘으로 작동 가능		
유사점	1. 리모콘을 이용한 원격 작동		
차별점	1. 텔레스코픽 암 사용 유무 2. 유압실린더가 아닌 리니어모터		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

특허명	굴착 작업기의 붐		
출원번호	대한민국 10-2008-7024637	등록일자	2010년 08월 09일
출원자	안마 가시가샤	등록상태	등록결정(일반)
도면 및 요약	 <p>굴착 작업기에서의 크롤러식 주행 장치의 상부 중앙에 좌우 선회 가능하게 지지되는 상부 선회체에 장착한 작업기의 붐에 있어서 붐은 일체 성형으로 주조되는 부분으로서 붐 받침점 부를 각형관을 개재하여 암과 열결하도록 구조설계 하였다. 현재 많이 쓰이고 있는 붐은 중앙부분의 폭을 넓게 함으로써 용접작업에 많은 시간과 노력이 필요로 하고 제조 비용이 많이 든다. 따라서 본 발명은 조립식으로 각자 만든후 공정을 하기 때문에 원하는 길이 만큼 만들어 사용할 수 있고 붐의 제작 비용과 제작 공정수를 삭감 할 수 있다. 조립식으로 만들었기 때문에 백호우 뿐만아니라 붐,암을 갖는 다른 굴착작업기계에도 적용 가능하다.</p>		
키워드	제작비용 삭감, 쉬운 공정		
유사점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 제작비용을 삭감한 구조</li> <li>2. 공정이 쉬운 구조</li> </ol>		
차별점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 조립식 구조과 연결된 구조</li> </ol>		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

제품명	안드로이드 연동 아두이노 실습장치		
등록번호	20-0468597	등록일자	2013년 08월 19일
등록자	(주)에프디크리에이트	등록상태	특허등록
사진 및 요약	 <p>본 고안은 안드로이드 기반의 스마트폰과 연동하여 스마트폰을 통한 원격 감시 및 제어와 관련된 다양하고 종합적인 실습을 수행할 수 있도록 하는 안드로이드 연동 아두이노 실습장치에 관한 것이다.</p> <p>독립적인 장치가 아닌 다양한 실습 제어 장치를 연결해 하나의 실습 장치를 통하여 스마트폰의 제어와 관련된 다양한 실습 수행.</p>		
키워드	아두이노 보드, 스마트폰 제어		
유사점	아두이노 보드를 이용해 모터 제어 다양한 장치 제어 컴퓨터를 이용한 프로그래밍		
차별점	스마트폰이 아닌 일반적인 조이스틱을 이용한 방향 및 버킷 제어.		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

제품명	작업상태의 확인이 가능한 포크레인의 버킷 뷰어 시스템		
등록번호	1011632890000	등록일자	2012년 06월 29일
등록자	육상조	등록상태	특허등록
사진 및 요약	 <p>본 발명은 건축 및 토목공사를 위한 포크레인에 관한 것으로, 특히 포크레인을 이용하여 작업을 할 때 버킷의 작업경로상의 충돌이나 적재상태를 모니터로 직접 확인하면서 안전하게 작업할 수 있는 뷰어장치에 관한 것이다.</p> <p>일반적으로 포크레인은 상부 회전체의 전방에 아암이 형성되어져 그 전단에 형성된 버킷을 조작하여 굴삭작업이나 파쇄작업, 정리작업을 하는 것으로 종래의 포크레인은 지상에 재치된 상태에서 지하작업을 할 경우, 또는 수중작업을 요하는 경우에 운전자의 시야에 보이지 않는 사각지대가 발생하게 됨으로 작업에 많은 어려움이 있는 것이고, 이러한 이유로 안전사고의 문제가 항상 상존하는 것이었다.</p> <p>따라서 본 발명은 포크레인의 버킷과 아암으로 구성되어진 작업장치에 장애물에 근접한 정도 및 버킷의 작동상태를 촬영해주는 카메라와, 상기 카메라로부터 영상신호를 전달받아 카메라가 촬영한 영상정보를 디스플레이장치에 표출하도록 되는 원격제어장치를 구비하여 포크레인 운전요원이 장애물의 근접여부와 버킷의 작동상태를 확인해 가면서 안전하게 건설작업을 할 수 있도록 한 것이다.</p>		
키워드	포크레인, 카메라, 모니터, 디스플레이장치		
유사점	카메라를 이용한 모니터링 작업		
차별점	버킷뿐만이 아니라 사람을 대신 할 수 있는 모든 시야 확보		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

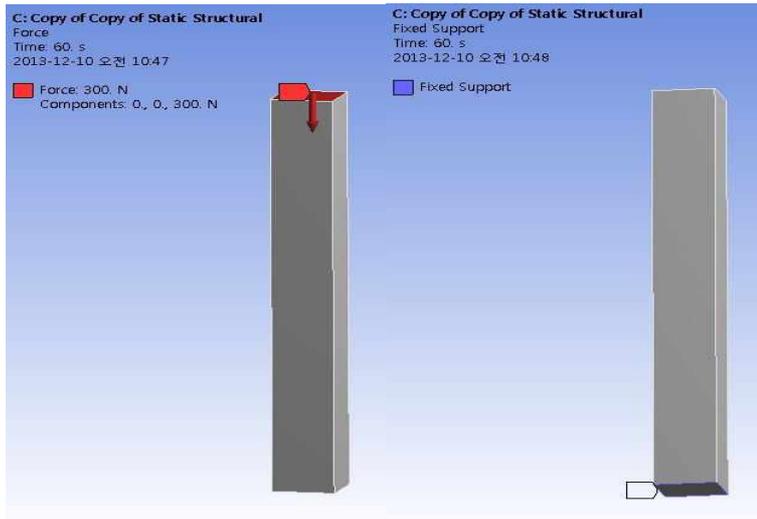
제품명	굴삭기의 원격 조종 시스템		
공개번호	1020130076101	등록일자	2013년 07월 08일
등록자	고려대학교 산학협력단 (주)내경엔지니어링	등록상태	특허공개
사진 및 요약	 <p>본 발명은 굴삭기의 원격 조종 시스템에 관한 것으로서, 각종 컨트롤부로 붐, 암, 버킷을 전후좌우 조작을 화면을 보면서 할 수 있다.</p> <p>햅팅조종장치에 의하여 초보자라도 굴삭기의 동작을 쉽게 인지할 수 있도록 구성함과 동시에 위치 제어를 기반으로 하여 누구라도 쉽고 편하게 조종할 수 있고, 보다 정확한 굴삭기의 조종이 가능하며, 하나의 조이스틱으로 독립적인 트랙구동을 원격조종하고, 또 하나의 조이스틱으로 스윙구동과 크러셔의 장착구동을 원격 조정함으로써, 조작이 간편하고 안전한 굴삭 작업을 할 수 있다.</p>		
키워드	원격 조정, 조이스틱		
유사점	조이스틱을 이용한 원격제어 조작이 간편함		
차별점	정해진 장소 뿐만 아니라 사용자도 움직이며 조종 가능		
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 ( <a href="http://www.kipris.or.kr">http://www.kipris.or.kr</a> )		

### 제 3 절 해석결과 및 분석

#### 1)알루미늄 프로파일 구조해석

##### ▶ 수직 하중

- 상/하부 바디의 수직 하중을 지탱하는 프로파일 4개 중 1개의 프로파일을 1/4의 하중을 주어 해석해 보았다.



##### 역학적 계산

- 탄성 계수 :  $703604.187 \text{ kg}_f/cm^2$
- 항복 강도 :  $2651.262 \text{ kg}_f/cm^2$
- 최대 강도 :  $2957.177 \text{ kg}_f/cm^2$
- 최대 지지하중 :  $3869.25 \text{ kg}_f$
- 탄성 영역의 최대 지지하중 :  $2651.262 \times (2 \times 2) = 10605.048 \text{ kg}_f$
- 실제 하중을 고려한 최대 변형량 :  $\delta$

$$\delta = \frac{FL}{AE} \quad (F: \text{하중}, L: \text{빔 길이}, A: \text{단면적}, E: \text{탄성계수})$$

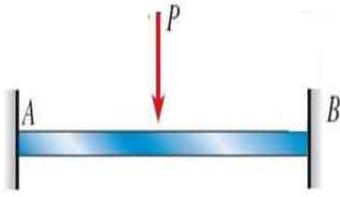
$$= \frac{13.9469 \text{ kg}_f \times 17 \text{ cm}}{(2 \times 2) \times 703604.187 \text{ kg}_f/cm^2} = 8.4244 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

프로파일이 수직으로 하중을 받을 시에 최대 지지 하중은  $10605.048 \text{ kg}_f$ 로 상부에 얹혀질 파트의 총 무게와 모래의 무게를 더한 총 무게가  $15 \text{ kg}$  이므로 프로파일의 최소사양  $20 \text{ mm}$ 가 충분하다.

##### ▶ 수평 하중

- 상/하부 바디의 수평 하중을 지탱하는 프로파일 4개 중 윗보와 아랫보로 2개씩 구별하여 1개의 프로파일을 1/2의 하중을 주어 해석해 보았다.

역학적 해석



- 집중하중 조건에서의 처짐량 : Y

$$Y_{\max} = \frac{Wl^4}{384EI} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이}, E: \text{탄성계수}, I: \text{2차단면 모멘트})$$

$$E = 0.72 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \quad F = \frac{Wl}{2} \quad (W: \text{하중}, l: \text{빔 길이})$$

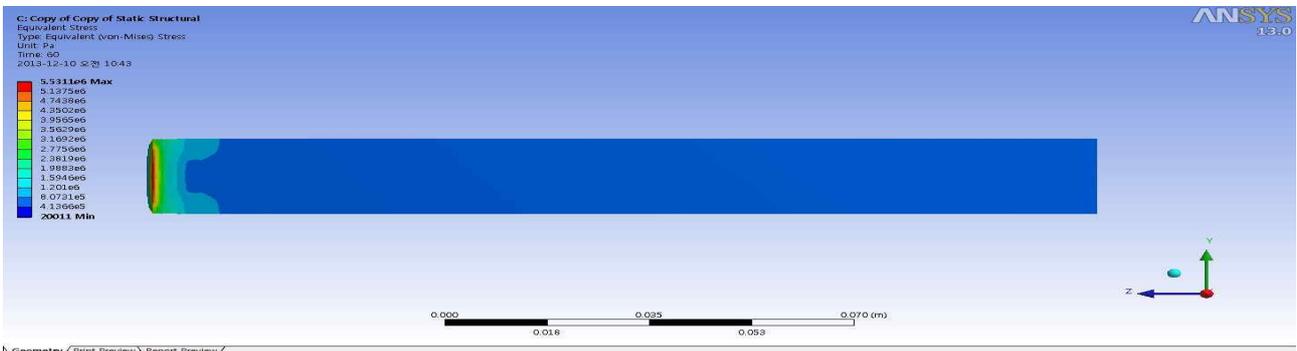
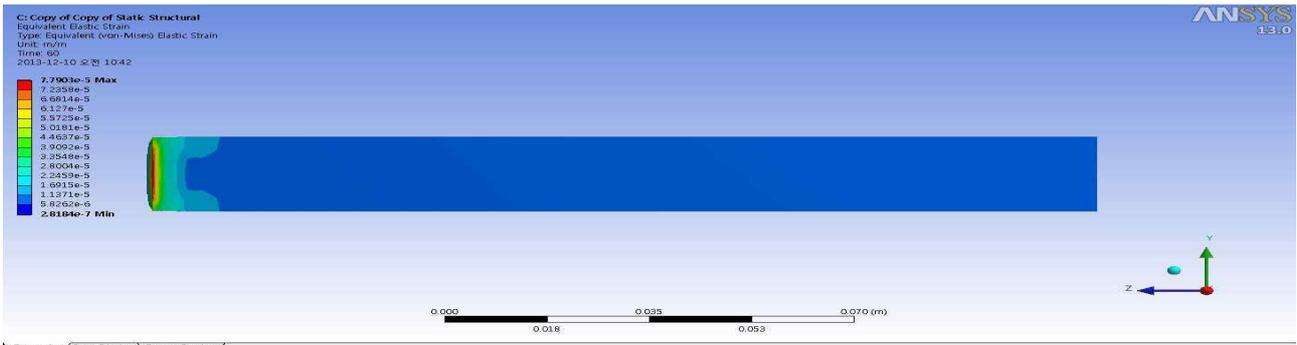
$$I = \frac{1}{12}(b_2h_2^3 - b_1h_1^3) + b_1h_1^3 = \frac{b_2h_2^3}{12}$$

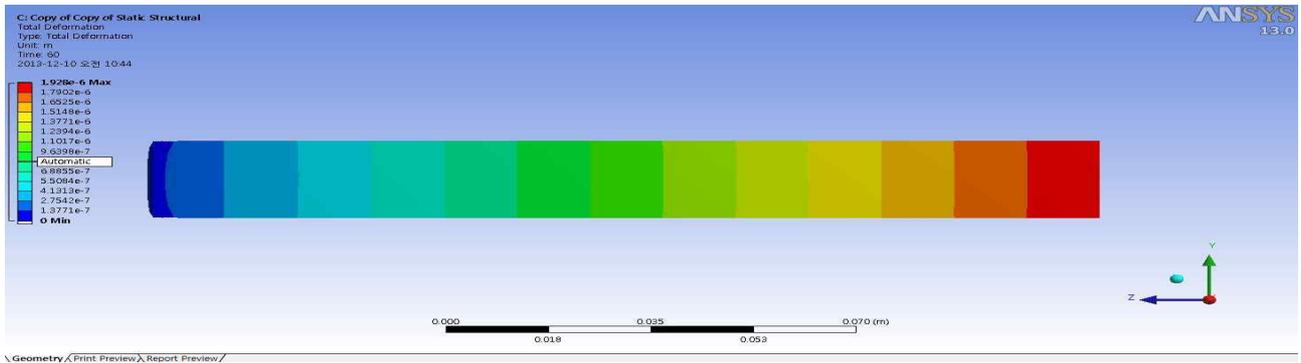
$$Y_{\max} = \frac{\frac{15}{64} \times 64^4}{384 \times 0.72 \times 10^6 \times \frac{16}{12}}$$

$$\therefore Y = 0.011\text{cm}$$

보의 최대 처짐이 0.011cm 로 거의 변형을 하지 않으므로 프로파일 사용이 충분하다.

CAE 해석(검증 및 구조해석)



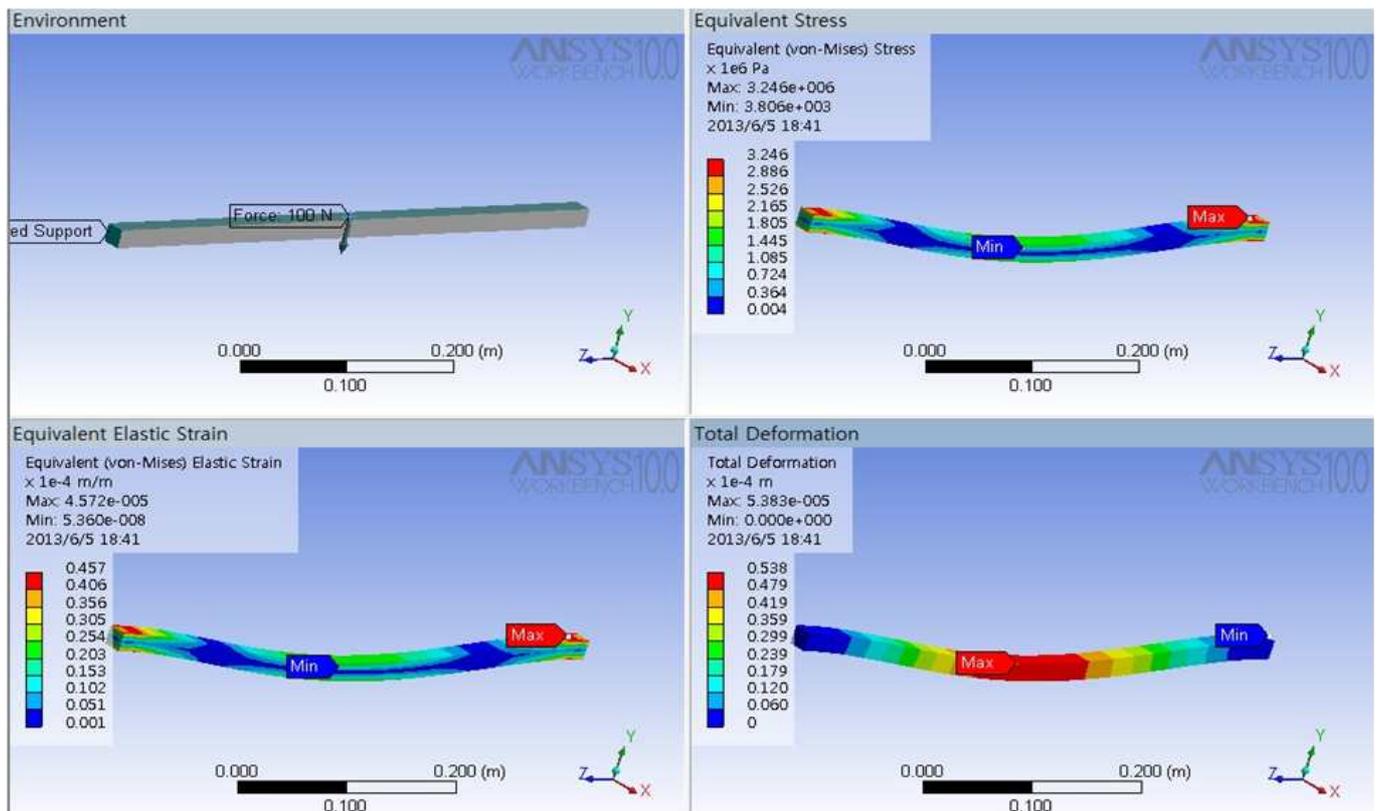


가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(m)
15kgf	프로파일의 끝단	Al(알루미늄)	40(medium)	Max : 1.928e-006 Min : 3.8559e-007

가용하중으로 상부(봄, 암, 버킷)과 모래, 회전부의 총무게인 15kgf 를 주었으며, 해석 결과로 보아 프로파일의 끝단(구속된 바닥)에 5.5311e+006MPa 로 가장 많은 스트레스를 받는다. 판을 직접 적으로 받히고 하중을 받기 때문으로 판단된다. 변형률로는 1.928e-006(mm) 로 프로파일의 가장 윗부분(힘을 받는부분)에서 가장 많은 변형이 일어난다.

CAE 해석 (검증 및 구조해석)

윗보

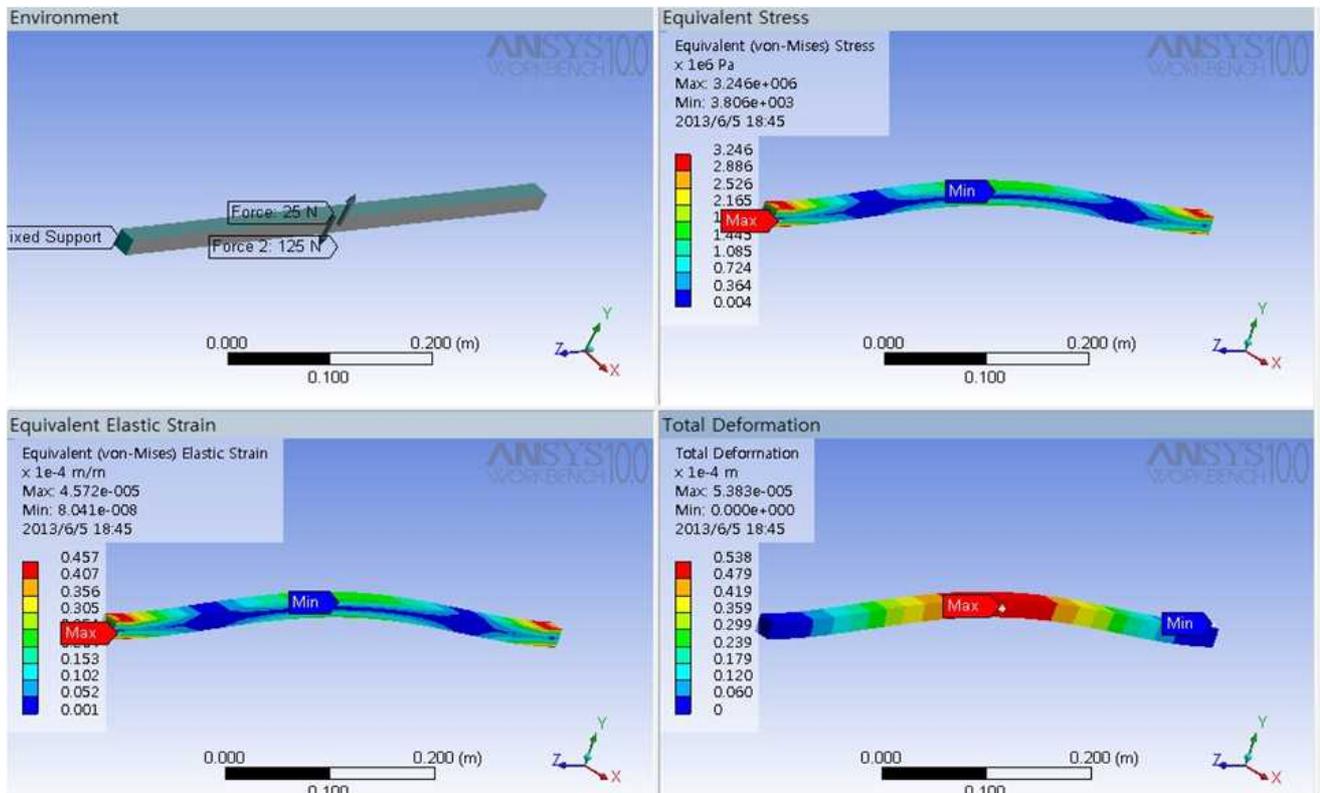


가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(x1e-4m)
100N	빔의 끝단	Al(알루미늄)	1000	Max : 5.383e-005 Min : 0.000e+000

보의 처짐량을 해석하는데 있어서 가장 극한의 상황을 고려하여 윗 보에 실질적으로 4군 대로 나누어 힘을 받지만 가장 긴 부분인 60cm에서 가장 큰 힘으로 집중하중을 주었을 경우 처짐량을 판단함으로 안정성을 평가해 보았다. 그 결과 양옆을 고정시키고 상부의 무게를 약 20kg정도로 하여 상부의 무게가 가해졌을 때 가장 큰 stress는 3.246e-006 e6pa로 나왔고 가장 큰 변형량은 가운데 부분에서 5.38e-005xe-4m로 나타났다.

위 CAE 프로그램을 통해 해석해 본 결과 가장 극한의 경우를 생각하여 힘을 주었을 경우에도 변형량의 값이 너무나도 작게 나와 제품의 형상에 문제를 일으키지 않는다. 따라서, 위의 스펙으로 시연제품을 완성하여도 문제가 없다는 결론이 나오게 된다.

### 아랫보



가용하중	구속 조건	물성치	Mesh	변형량(x1e-4m)
100N	빔의 끝단	Al(알루미늄)	1000	Max : 5.383e-005 Min : 0.000e+000

보의 처짐량을 해석하는데 있어서 가장 극한의 상황을 고려하여 윗 보에 실질적으로 4군 대로 나누어 힘을 받지만 가장 긴 부분인 60cm에서 가장 큰 힘으로 집중하중을 주었을 경우 처짐량을 판단함으로 안정성을 평가해 보았다. 그 결과 양옆을 고정시키고 바디 무게인

20kg정도의 힘과 아래 판 부분에 들어가게 되는 배터리와 모터 등 5kg의 무게가 더해져 총 25kg의 무게가 가해졌을 때 가장 큰 stress는 3.246e-006 e6pa로 나왔고 가장 큰 변형량은 가운데 부분에서 5.38e-005xe-4m로 나타났다.

CAE해석을 통해 보면 위 보는 아래쪽으로 휘는 반면에 아래 보는 위쪽으로 휘는 것을 볼 수 있다. 이것은 자중의 무게가 지면으로부터 반작용의 힘을 받고 있어 위쪽으로 더 휘어지게 되는 것이다.

결론적으로는 위 CAE 프로그램을 통해 해석해 본 결과 가장 극한의 경우를 생각하여 힘을 주었을 경우에도 변형량의 값이 너무나도 작게 나와 제품의 형상에 문제를 일으키지 않는다. 따라서, 위의 스펙으로 시연제품을 완성하여도 문제가 없다는 결론이 나오게 된다.

## 2)알루미늄판 구조해석

상/하부 바디를 구성하는 알루미늄판의 두께(T)를 결정하기 위해서 2mm와 3mm의 알루미늄판을 후보로 두고 해석해 보았다.

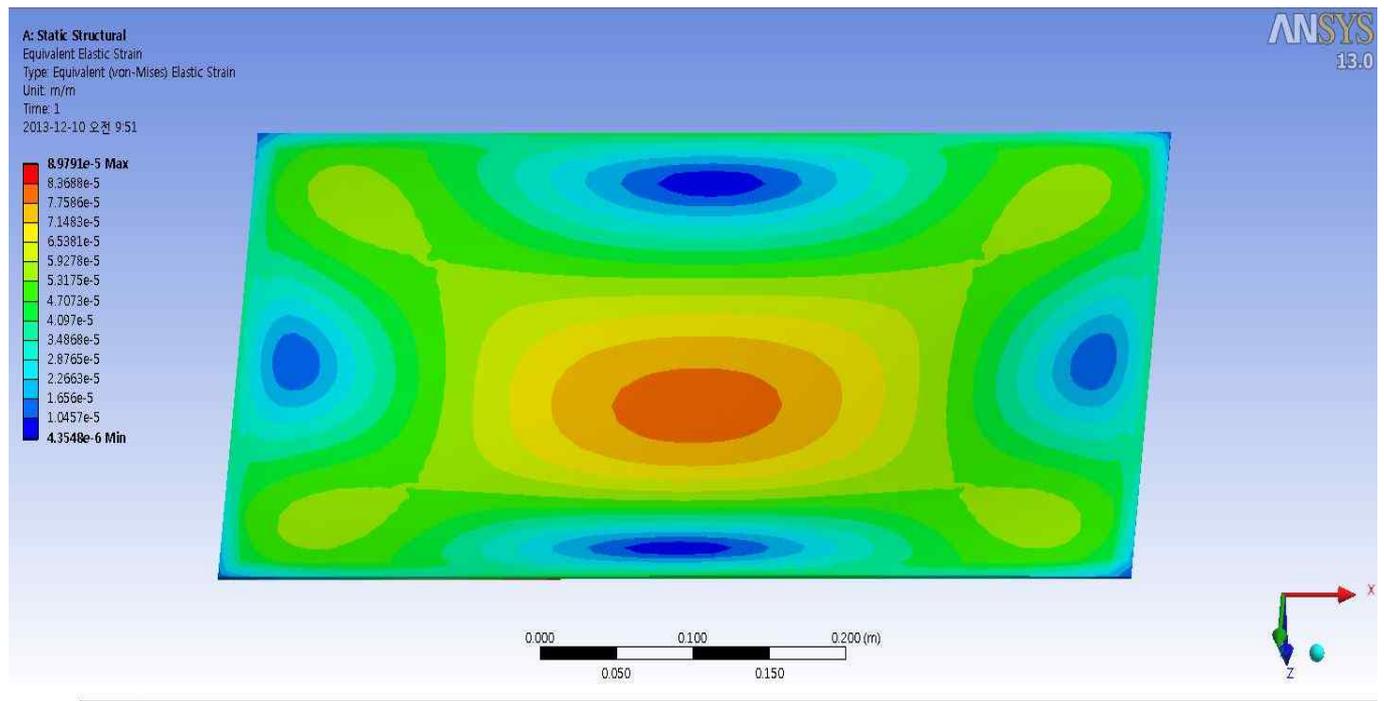
탄성계수 :  $203940kg_f/cm^2$

항복강도 :  $2243.37567kg_f/cm^2$

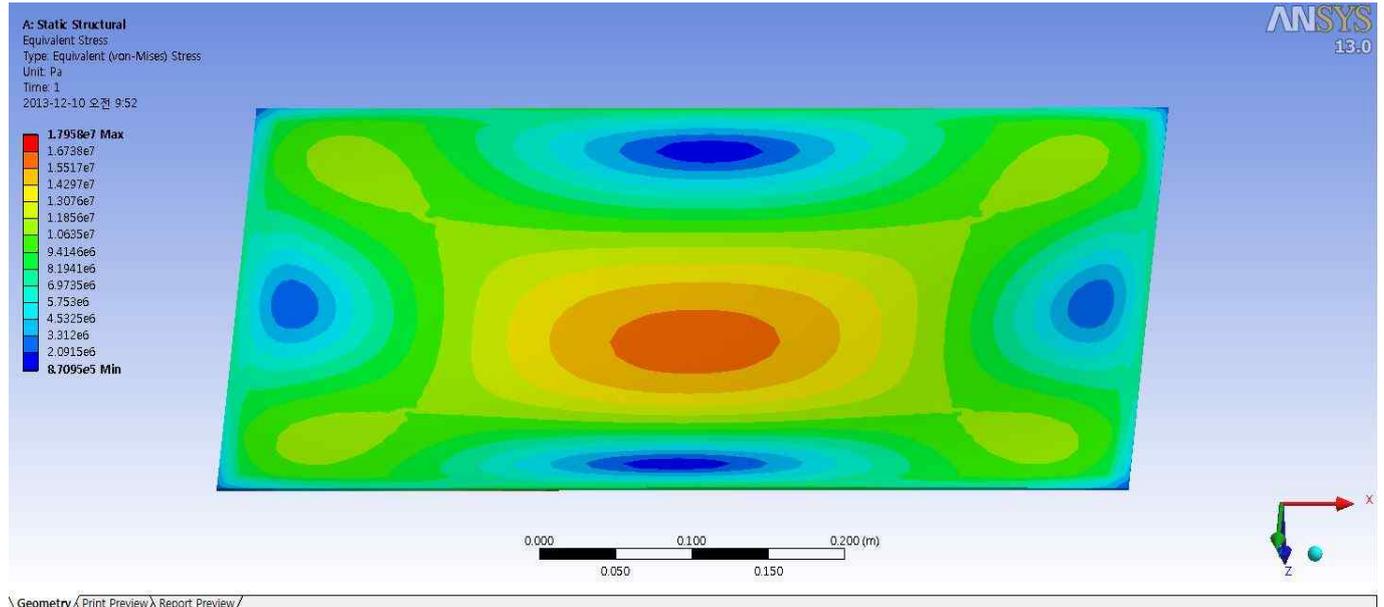
최대인장강도 :  $2549.29053kg_f/cm^2$

- CAE 해석

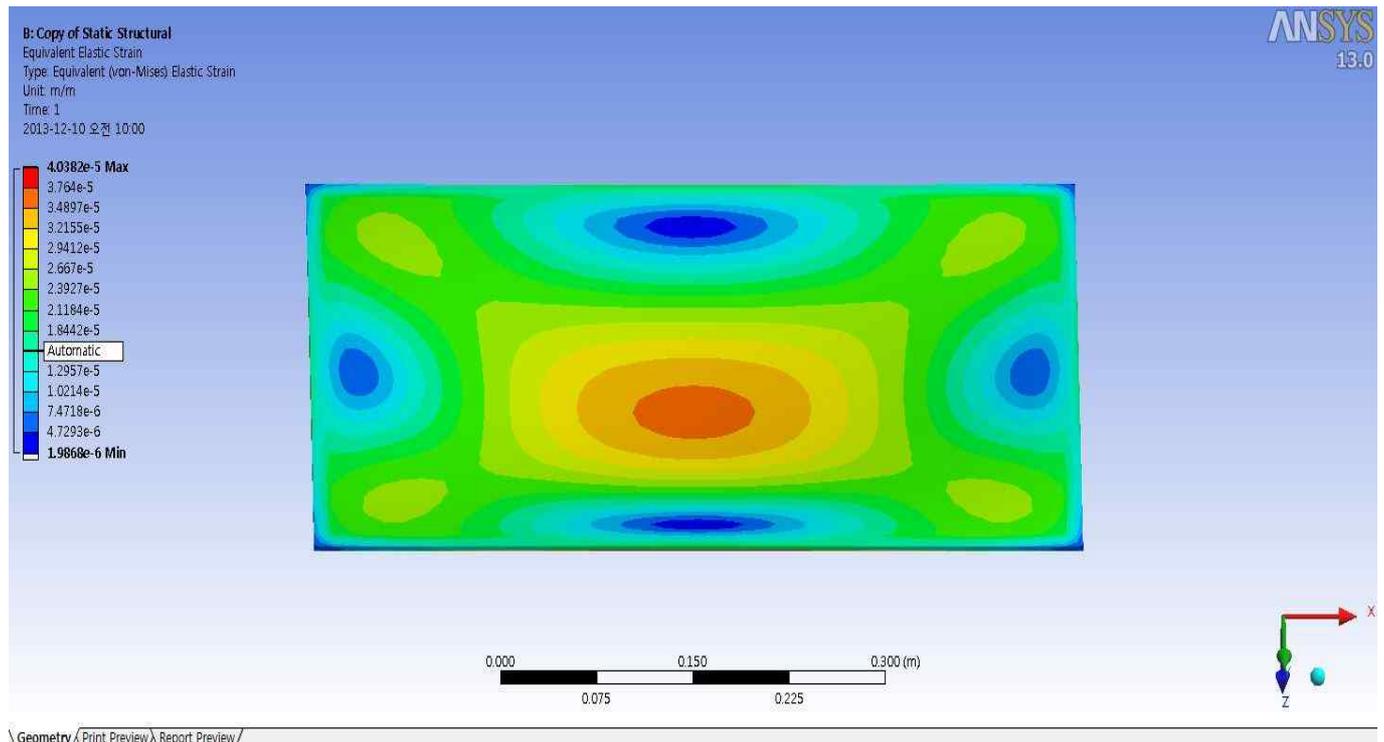
### 2mm Strain



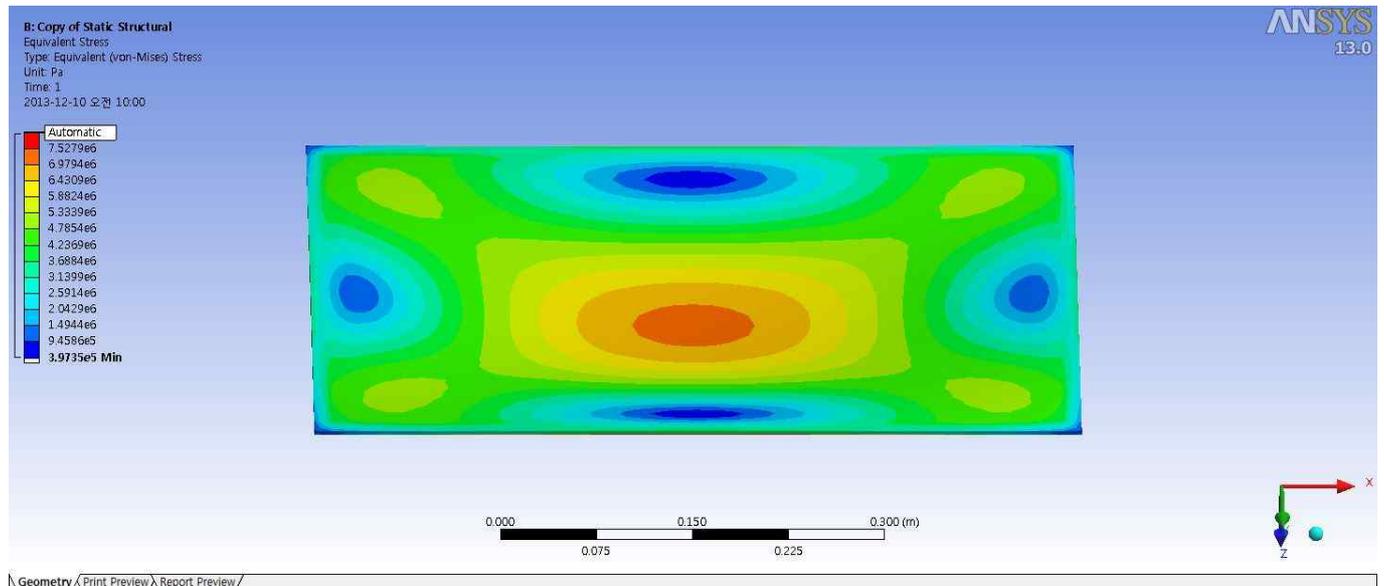
## 2mm Stress



## 3mm Strain



### 3mm Stress



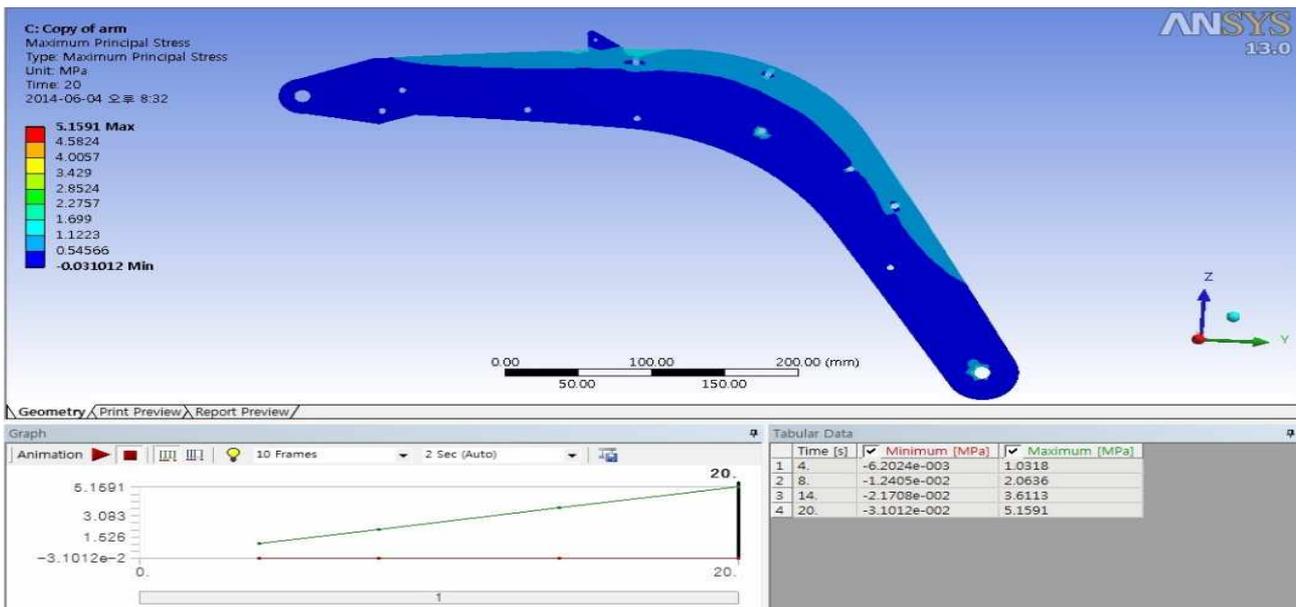
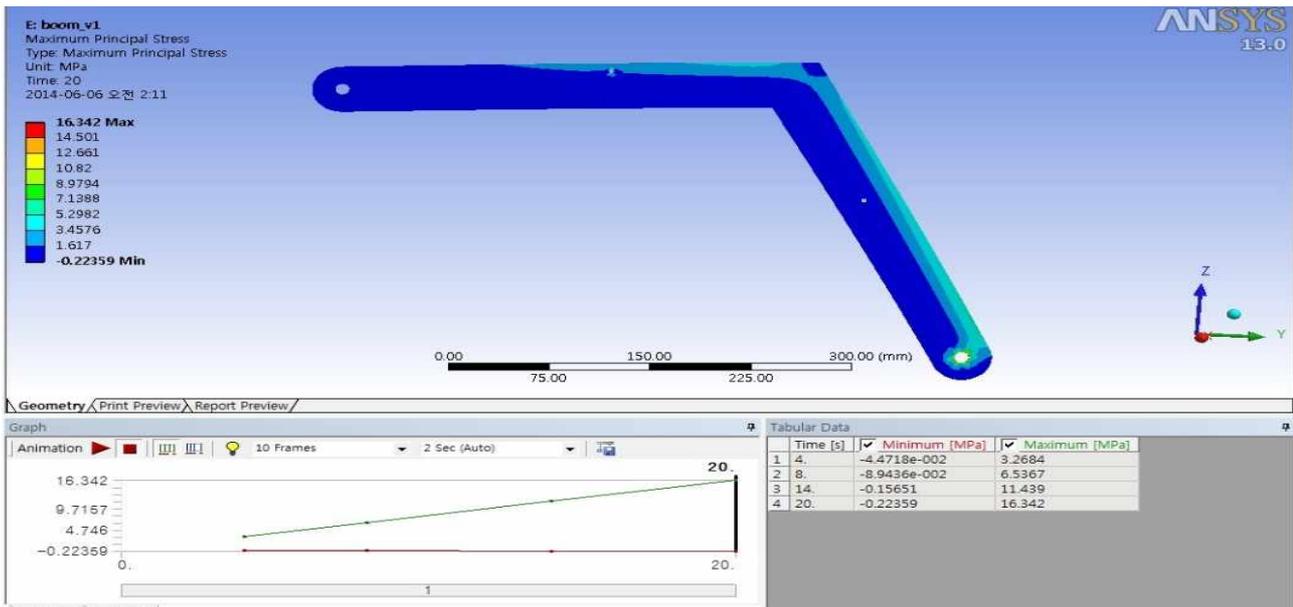
	stress(Mpa)	strain(x1e-4 mm/mm)	deformation(mm)
2mm(Max)	1.7958e+ 007	8.9791e-005	8.1291e-004
3mm(Max)	8.0764e+ 006	4.0382e-005	2.413e-004

CAE를 이용하여 판을 해석하였을 때 4면을 고정시켜 놓고 판위에서 분포하중을 주었을 경우 결과 값을 보면 2mm 와 3mm일 경우 각각 최대 처짐량이 0.8129mm 와 **0.2413mm**로 나타난다. 두 개의 값을 절대적으로 비교해 보면 약 3배 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 굴삭기 특성상 많은 하중을 들어 올려야 되고 힘이 많이 필요로 하기 때문에 3mm로 정하였다.

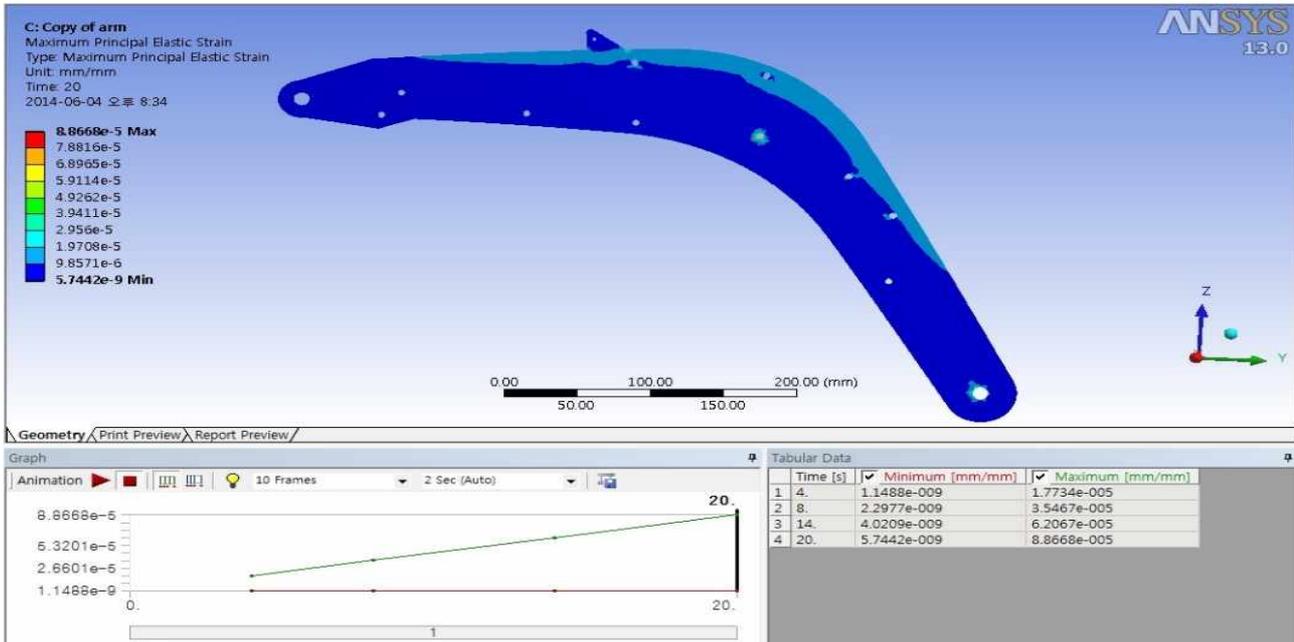
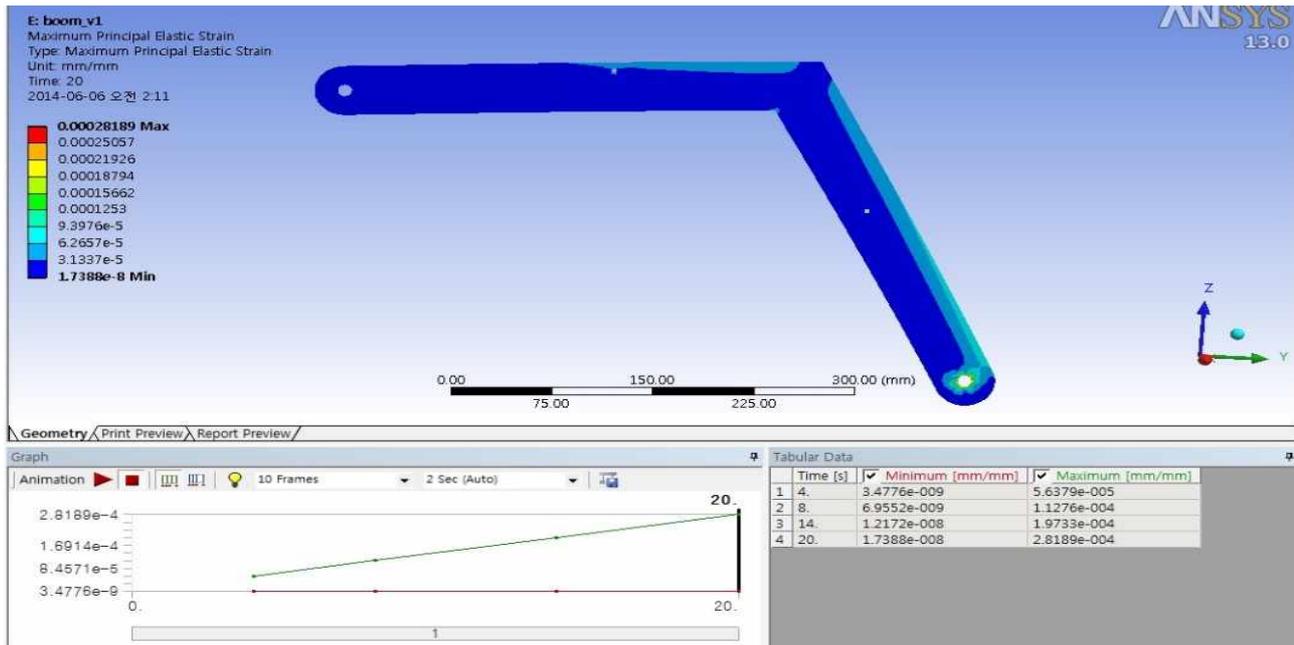
### 3) 붐-암-버킷 구조해석

- 붐과 암의 첫번째 설계모델과 두번째 설계모델의 ANSYS구조해석을 하여 각각 주응력, 탄성응력, 변형량을 알아보기로 하였다. 이때 아랫쪽 링크부분을 고정하고 위쪽 링크부분에 붐=40N, 암=30N씩 주고 20초 동안의 변형을 정역학적으로 해석 하였다.

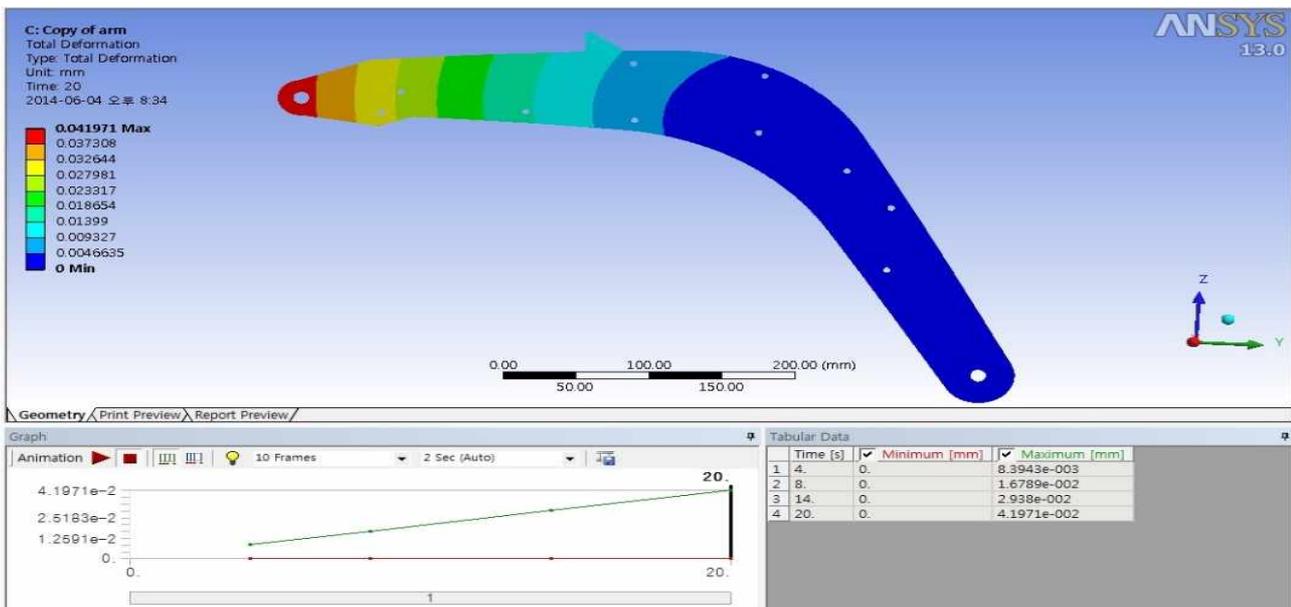
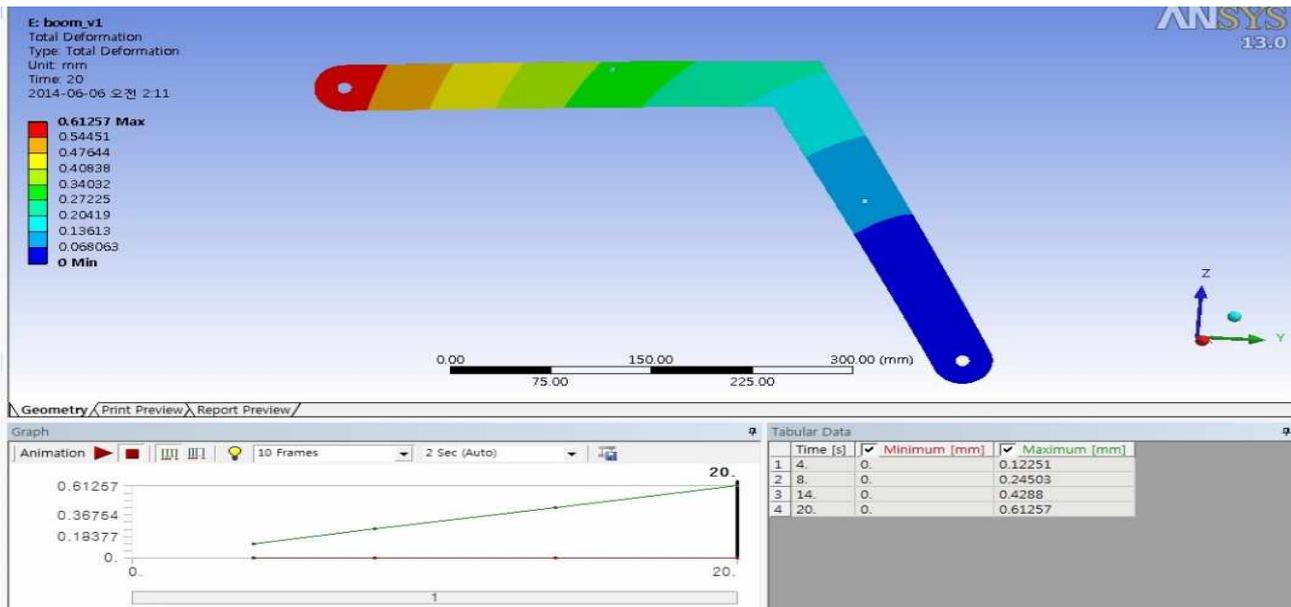
#### ① 붐1과 붐2 비교 (Stress)



(strain)



(Deformation)

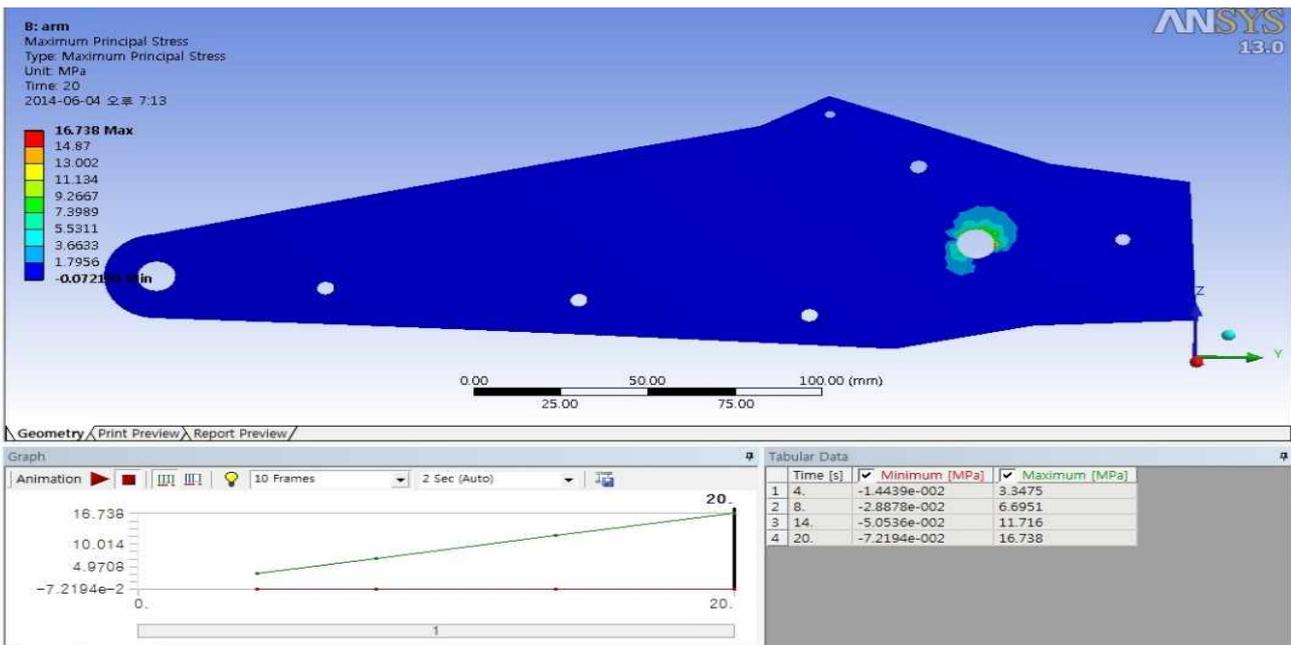
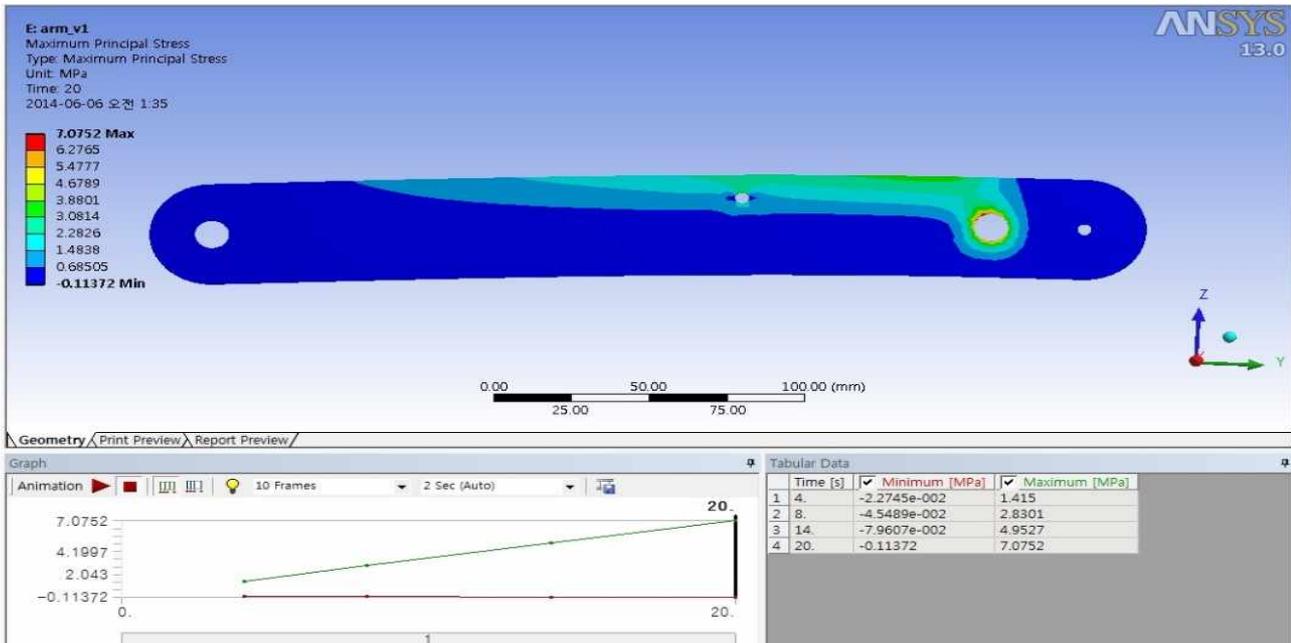


(결과)

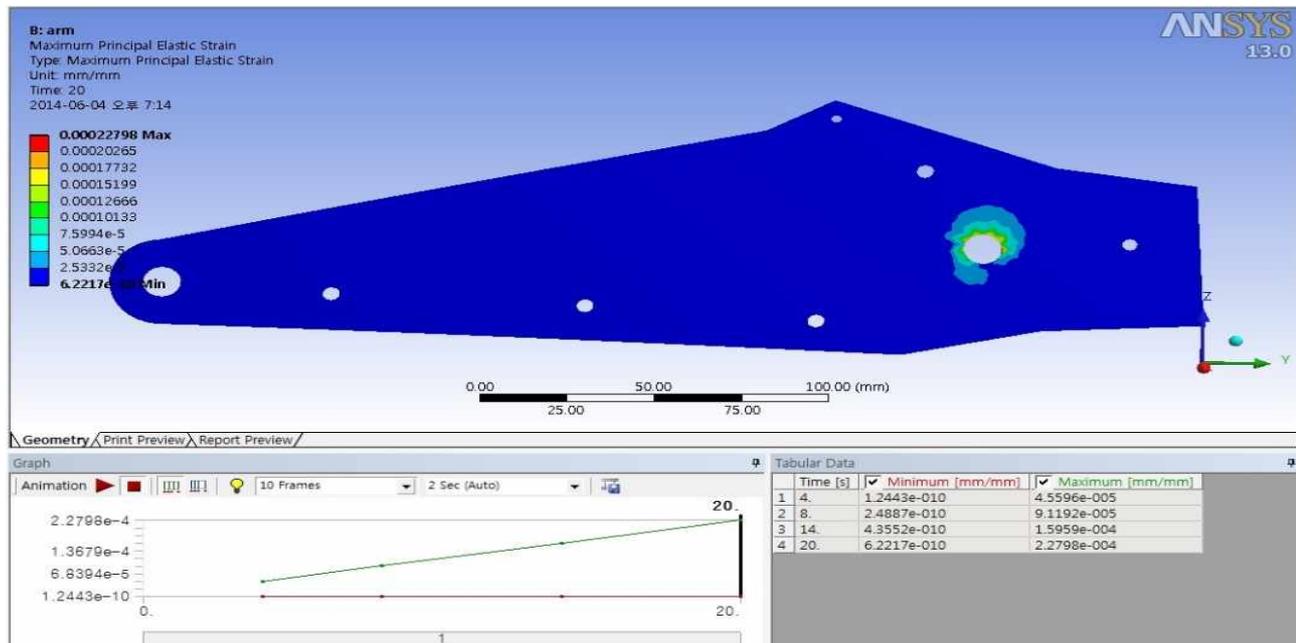
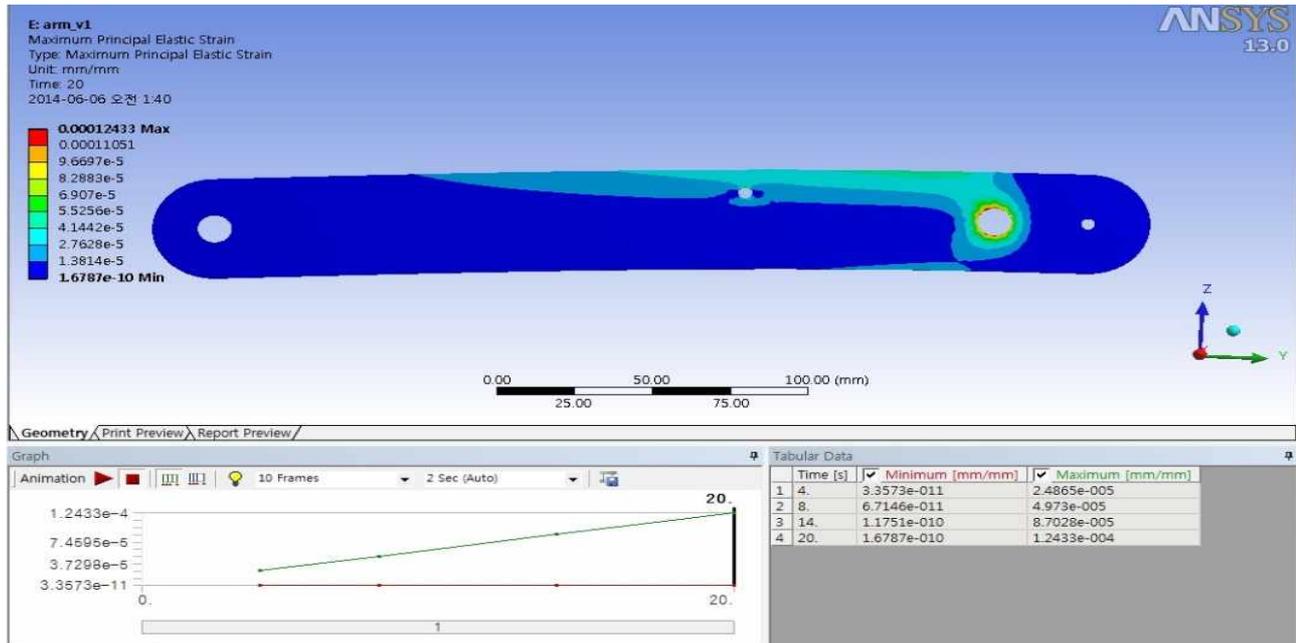
	Stress(MAX)	Strain(MAX)	Deformation(MAX)
뿔Model 1	16.3420MPa	$2.8189 \times 10^{-4}$ mm	0.6156mm
뿔Model 2	5.1592MPa	$8.8668 \times 10^{-5}$ mm	0.4197mm

- Model2가 Model1보다 더 안정적이라는 것을 알 수 있다.

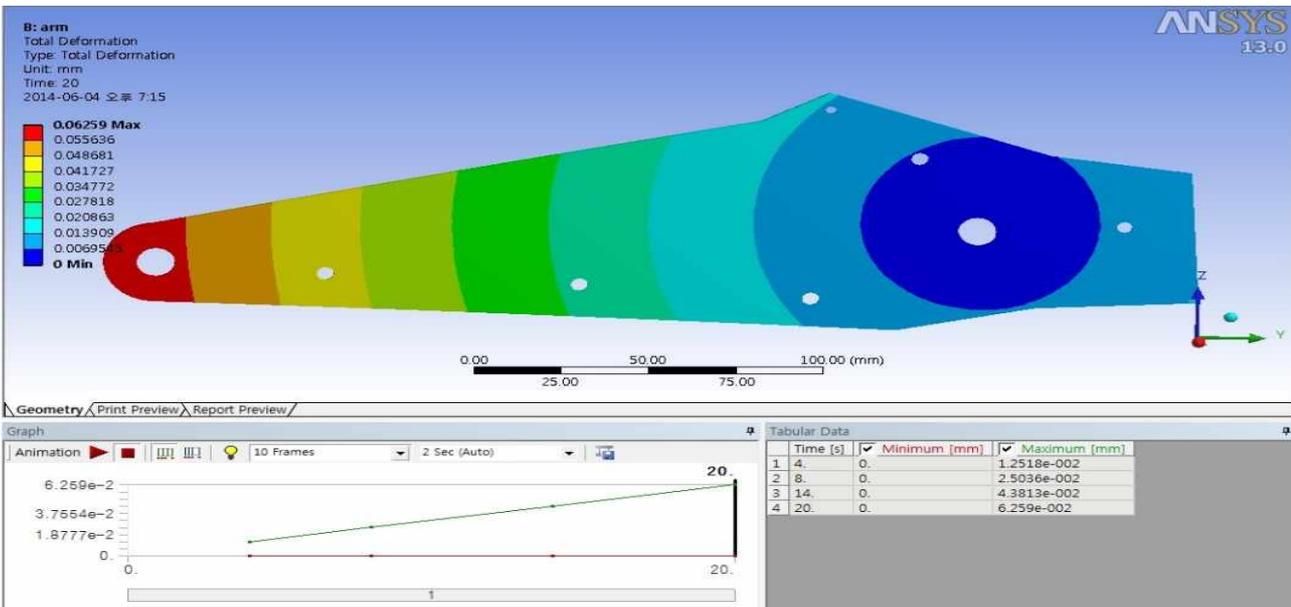
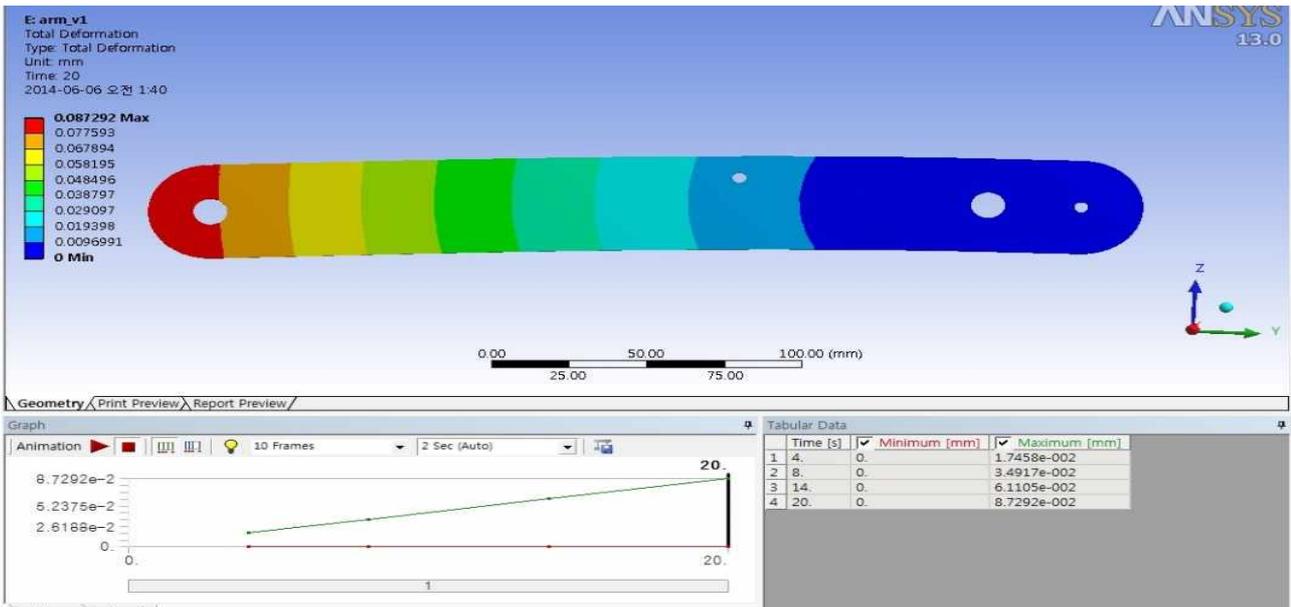
② 암1과 암2 비교  
(Stress)



(Strain)



(Deformation)

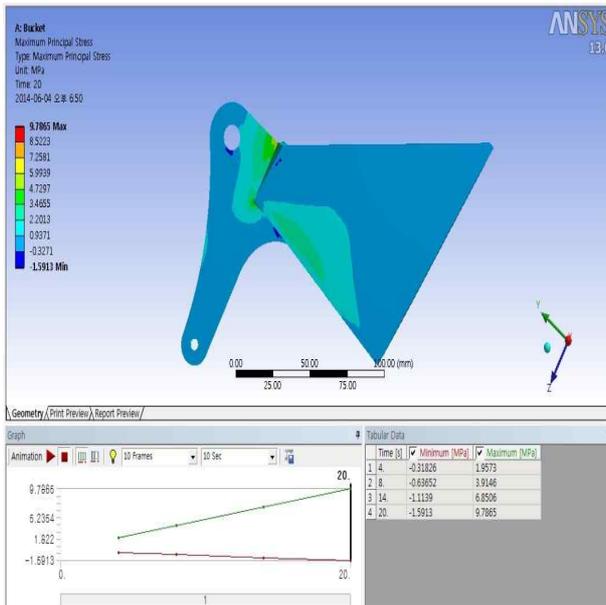


(결과)

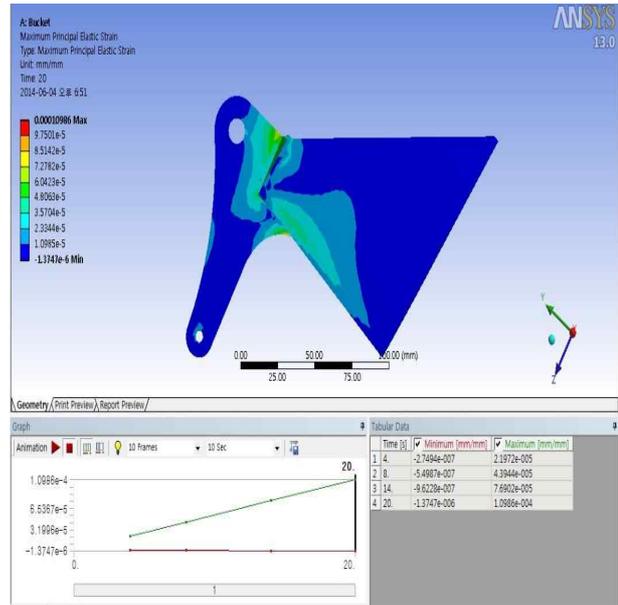
	Stress(MAX)	Strain(MAX)	Deformation(MAX)
암Model 1	7.0752MPa	$1.2433 \times 10^{-4}$ mm	$8.7292 \times 10^{-2}$ mm
암Model 2	16.738MPa	$2.2798 \times 10^{-4}$ mm	$6.2590 \times 10^{-2}$ mm

- 주응력은 Model2가 더 많이 받지만 구조적으로 인해 변형량은 더 적다. 그러므로 굽힘현상이 적은 Model2로 제작하기로 하였다.

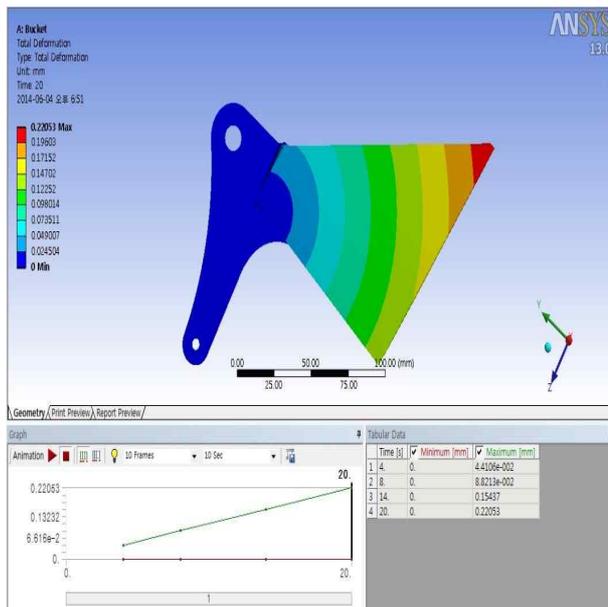
③ 버킷 구조해석  
(Stress)



(Strain)



(Deformation)

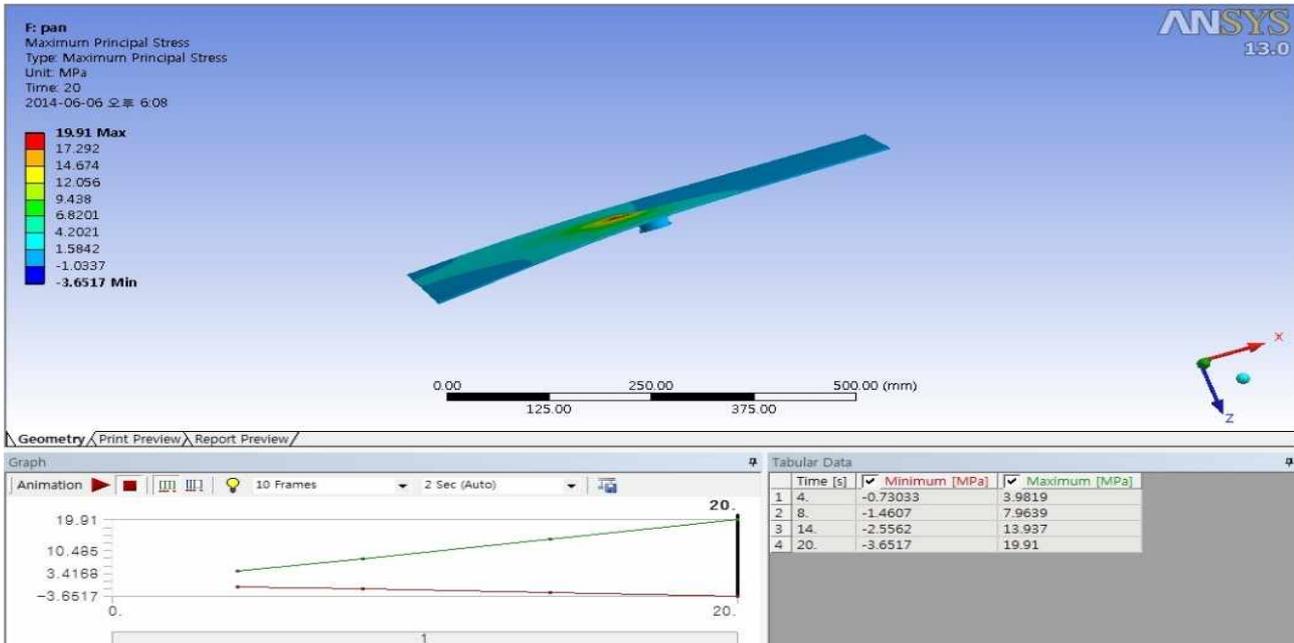


(결과)

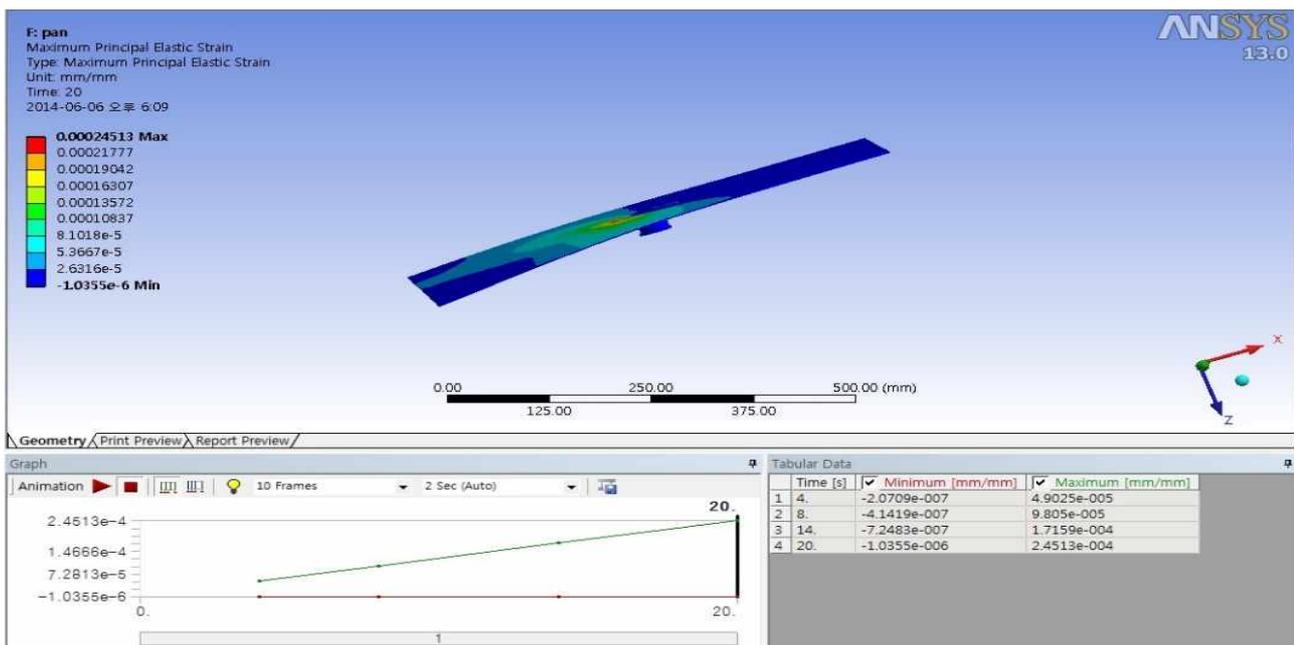
크기	130x150x120mm
무게	600g
Stress	9.7865MPa
Strain	$1.0986 \times 10^{-4}$
Deformation	0.22053mm

-30N의 하중을 가했을 때의 해석 내용이다. 0.2mm의 처짐이 버킷 끝부분에만 나타나고 전체적인 변형량은 0.1mm미만으로 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 굴삭작업을 하는데 큰 무리가 없어 제작하기로 한다.

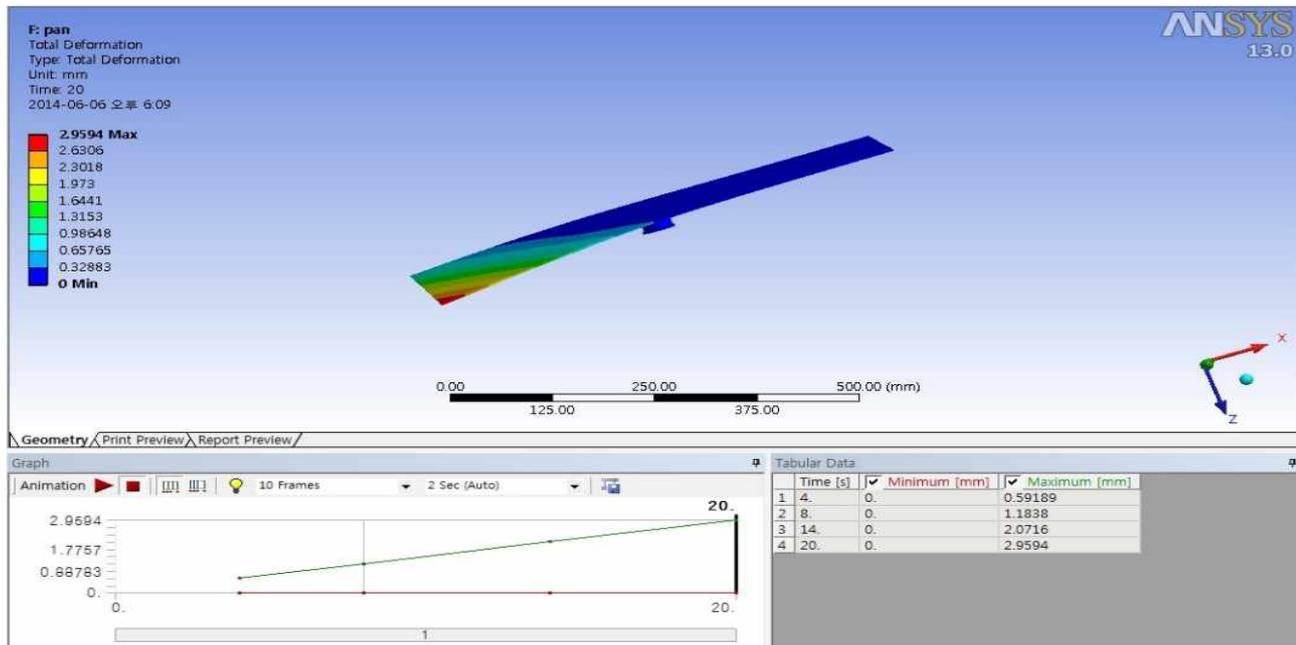
④상부 바디 해석  
(Stress)



(Strain)



(Deformation)



(결과)

	Stress(MAX)	Strain(MAX)	Deformation(MAX)
암Model 1	19.91MPa	$2.4513 \times 10^{-4}$	2.9535mm

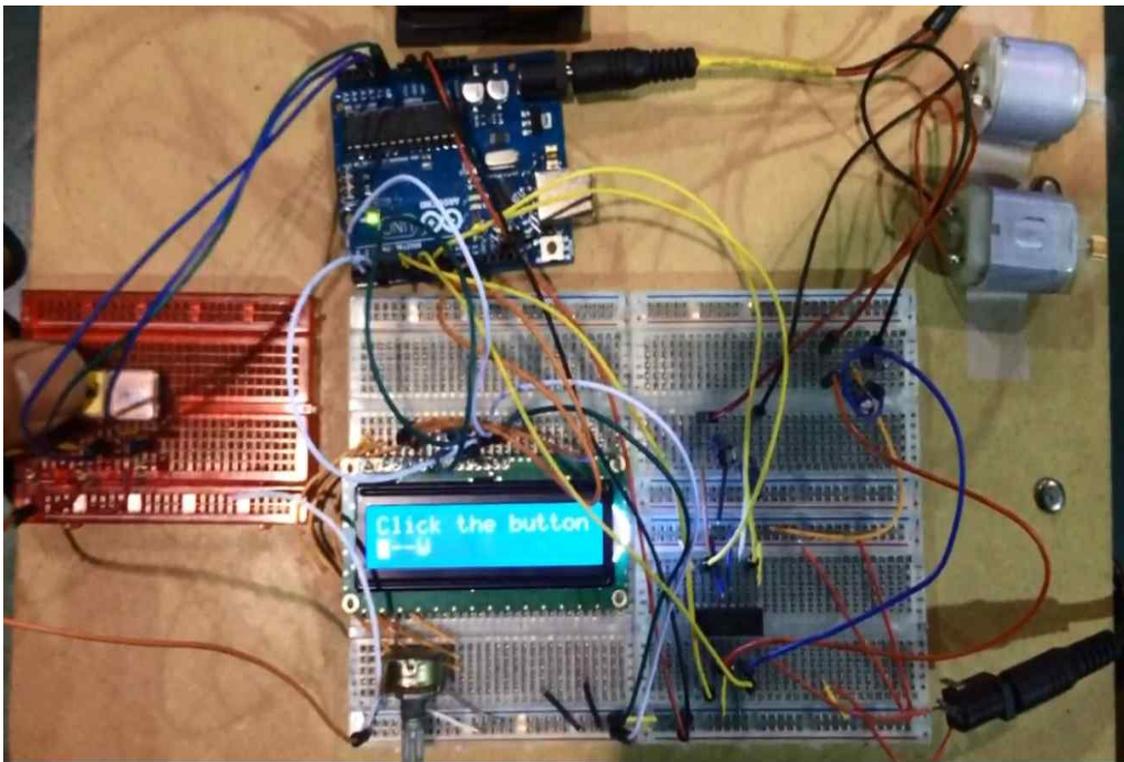
- 그림의 왼쪽부분이 뿔-암-버킷이 있어 굴삭작업을 하는 부분으로 50N의 힘을 가했을 때의 해석 내용이다. 앞부분에 약3mm의 굽힘현상이 나타남을 볼 수 있다. 하지만 알루미늄프로파일로 받치고 있기 때문에 손상을 없을 것이라 예상한다. 하지만 많은 응력이 회전모터가 있는 중심으로 쏠리고 있기 때문에 회전모터에는 손상이 입을 것이라 예상된다. 주응력을 분산시키기 위한 대책이 필요하다.

제 4 절 가능성실험

외주가공 전 정확한 설계 검증을 위한 실험	
실험 목적	상부 프레임 모형조립을 통한 링크위치와 동작 확인
실험 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압실린더/뿔/암/버킷의 연결 위치 찾기</li> <li>- 전체 링크위치의 기구학적인 해석</li> <li>- 굴삭 가능 거리의 수치화</li> </ul>
실험을 통한 제작 가능성 고찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 뿔-암-버킷의 링크위치를 확인하기 위해 기구학적으로 다가가 많은 작업을 하였고 진행한 작업을 통해 가장 부드럽고 굴삭작업이 원활하게 이루어지는 위치를 확인하였다.</li> <li>- 버킷의 움직임이 부드럽지 않고 땅을 파기 위한 각도가 나오지 않아 각도를 늘리기 위한 구성품(버킷 구성품1,2)을 추가하기로 하였다.</li> <li>- 유압실린더의 최저길이(140mm)와 최대길이(240mm)에 맞고 부드러운 움직임을 하기 위한 연결위치를 확인하였다. 이는 실제 굴삭 작업 시 걸림이 없어야 하며 실린더의 효율을 가장 많이 살리기 위한 중요한 작업이다.</li> <li>- 목표로 설정한 굴삭 가능거리에 맞게 최적화 된 기구를 완성하여 도면작업을 실시하였고, 외주가공을 실시할 수 있었다.</li> </ul>



DC모터 방향/ 속도제어 실험	
실험 목적	미니 DC모터를 이용해 정/역/정지/가감속 제어
실험 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미니DC모터를 이용한 PWM제어</li> <li>- 미니DC모터를 이용한 DIR제어</li> </ul>
실험을 통한 제작 가능성 고찰	<p>- 4개의 DC모터를 이용한 4륜구동 주행을 미니DC모터로 실험하여 보았다. PWM방식을 통한 정/역/정지/가감속 제어를 확인하였다. 버튼을 통하여 위쪽모터와 아랫쪽모터를 각각 정/역/정지/가감속로 제어할 수 있었으며, 버튼을 누르고 있는 동안 가속, 감속 하는 것 까지 제어를 하였다. 이 실험을 통하여 만들어진 프로그램 소스로 실제 시제품의 DC모터의 정/역/정지/가감속을 제어 할 수 있으며 좌측과, 우측 바퀴의 속도를 다르게 함으로써 회전을 할 수 있다.</p>



**제4장 상세설계..... 11**

제1절 기본설계..... 5

제2절 사양서 ..... 9

제3절 시스템 구성도 ..... 9

제4절 시제품조립도 ..... 9

제5절 시제품부품도 ..... 9

제6절 회로도 ..... 9

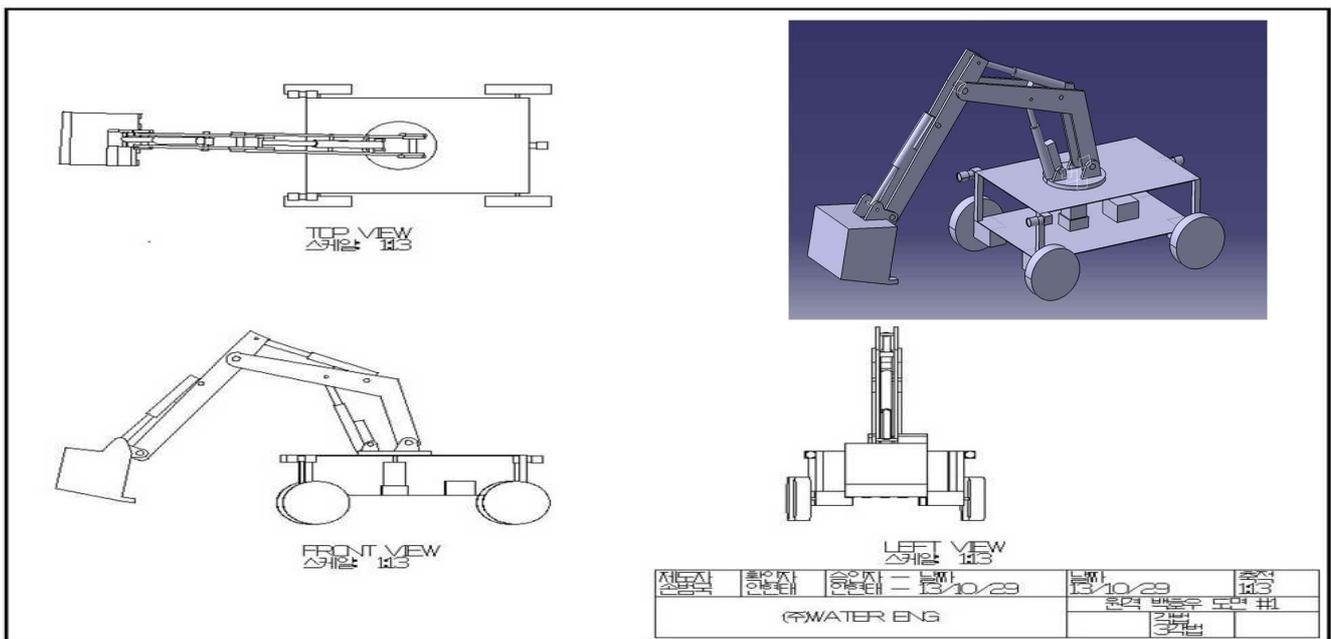
제7절 소프트웨어 구성도 ..... 9

**[참고문헌]..... 12**

**제4장 상세설계**(휴먼명조 14크기, 볼드체)

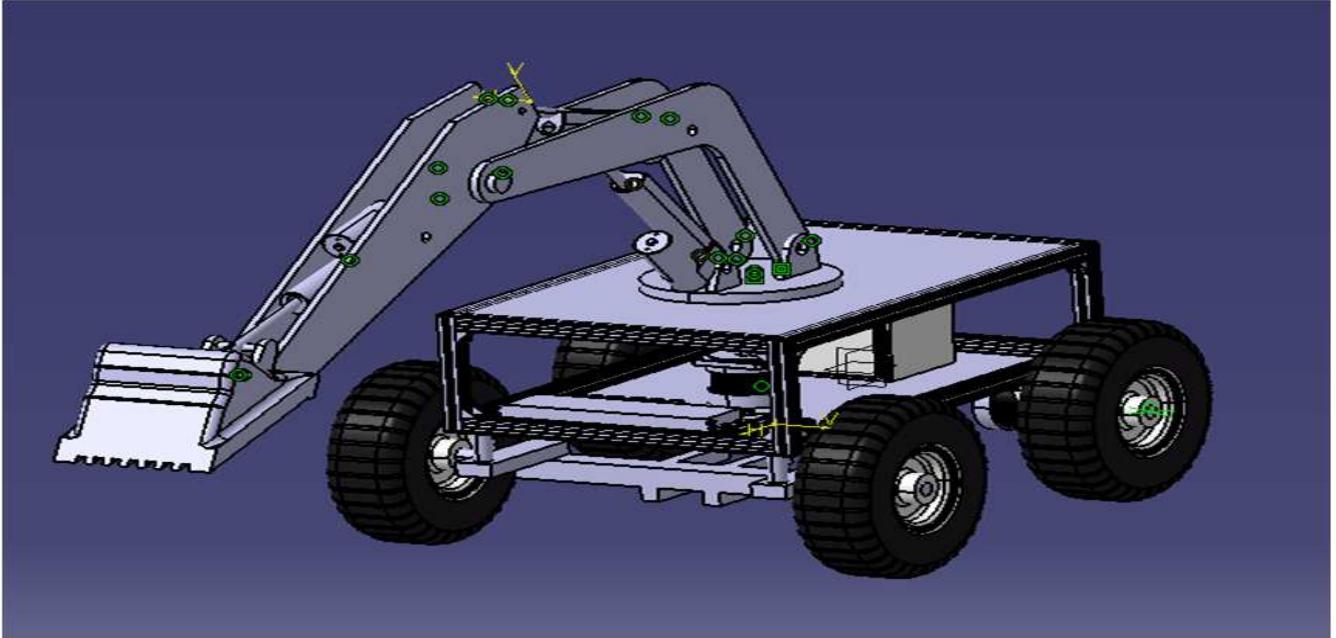
**제 1 절 기본 설계**(휴먼명조 12크기)

<초기 모델링>



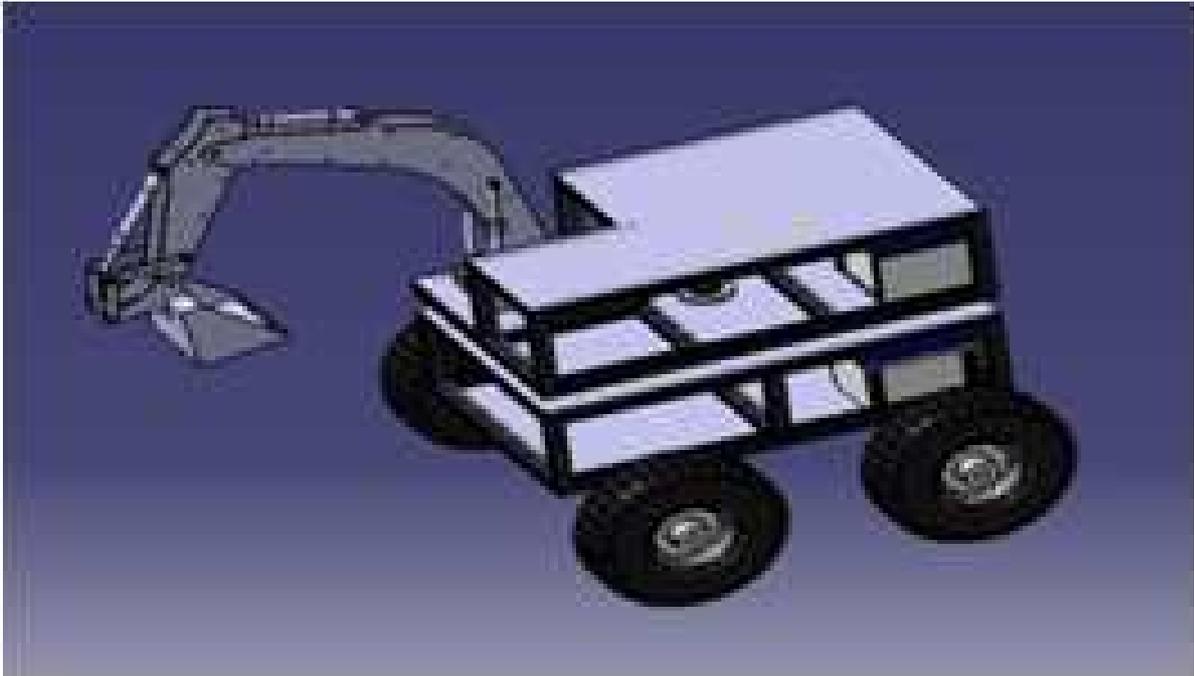
- 붐과 암은 최대한 무게를 줄이기 위해 알루미늄 판으로 제작할 것이며 두 판 사이에 기둥을 넣어주어 형태를 유지하는 형식으로 모델링 하였다. 붐과 암과 버킷을 지탱하고 힘을 주는 유압실린더가 각각의 위치에 자리 잡고 있다. 차체 중심에는 회전마운트가 위치해서 상부프레임을 회전 하게 된다. 그리고 4륜구동을 위한 DC모터가 각각 배치될 것이다.

## <두번째 상세모델링>



-ANSYS구조해서를 하기 위해 조금 더 구체적으로 모델링 하였다. 실질적인 바퀴 선정과 상부프레임 최적화 모델 선정, 모터의 선정 후 제품 설계 목적인 작업자가 원격으로 백호우를 제어함에 있어 가장 중요한 컨트롤보드를 아두이노 메가로 선정하였다. 아두이노 메가 보드와 2개의 모터드라이브, 배터리 1개를 모델링에 추가하였다. (제어부분에 보면 손잡이 부분에 버튼을 3개 놓아 on-off시스템, 수동 자동 전환 버튼을 만들어 놓았으며 이는 작업자의 편의에 따라 제품의 구동 방식 시스템을 바꾸기 위함이다.) 바퀴 부분에 모터를 직접연결하여 동력의 손실을 줄이고 최종 속도 까지 도달하기 위한 토크힘의 계산의 편의를 위하여 제품 모델링을 하였다. 바퀴는 에어바퀴를 사용하여 마찰력을 줄려 미끄럼을 방지하였다.

<최종 모델링>



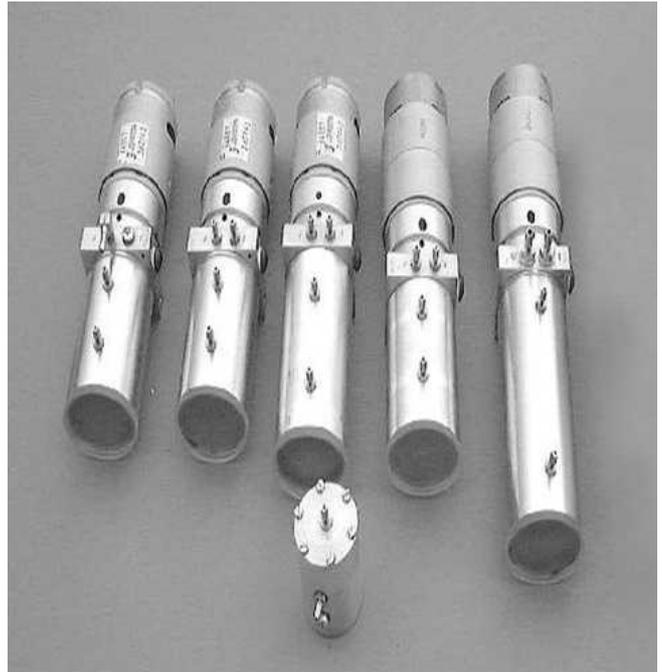
- 상부프레임 모형제작을 통해 링크부분 위치를 파악하였고, 유압실린더의 힘을 더 보강 하기 위해 붐실린더를 1개에서 2개로 늘려 260N의 힘을 내도록 하였다. 이는 실제 우리가 시연할때 4~8L의 흙을 펌과 동시에 운반, 적재 하는데 충분한 힘이다. 붐실린더를 2개로 늘리면서 회전마운트 구조를 변경하였다. 그리고 유압부품이 많은 유압호스로 연결되어 있고, 회전을 하여야 하는 특성상 주행관련부품과 유압관련부품을 분리시키기로하고 상부바디의 모양을 바꾸어 하부바디와 각각 유압부품, 주행관련부품이 들어가도록 하였다.

상부바디를 위와 같이 제작함으로써 전체적인 제품의 높이가 200mm 높아졌다. 이는 땅의 흙을 완전히 퍼지 못하는 결과를 초래하여 붐-지지대를 앞쪽 오른쪽 끝으로 보내고 상부바디를 전체 회전 시키는 방향으로 결정하였다. 그리고 주행부분은 똑같이 4개의 DC모터를 이용해 4륜구동으로 하였고, DC모터를 이용해 상부프레임을 회전시키기로 하였지만 피니언 기어와, 회전마운트를 이용해 프레임을 회전시키기로 하였다.

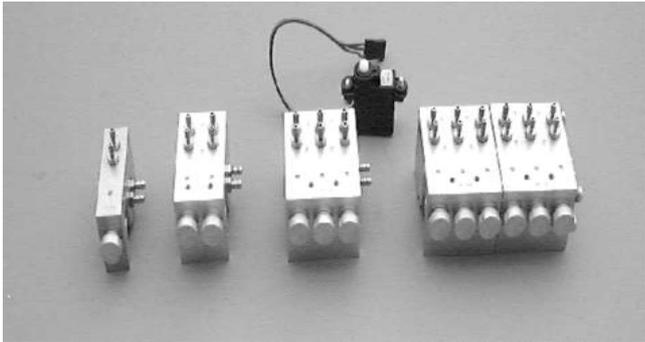
## 제 2 절 사양서



- ※ 유압 실린더
- 피스톤직경 : 16mm
  - 외경 : 18mm
  - 길이 : 145mm
  - stoke 길이 : 100mm
  - 추력 : 180N
  - 견인력 : 135N



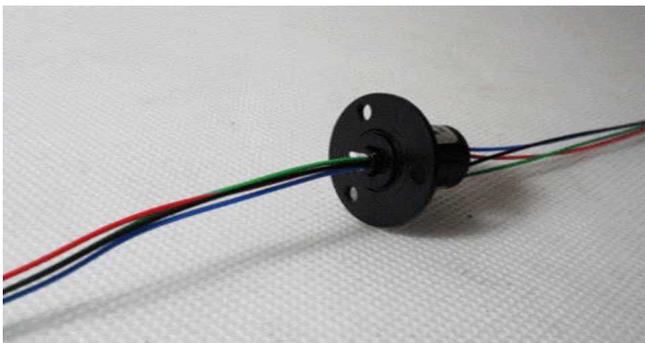
- ※ 유압 펌프
- 유량 : 200~120 mL/min
  - 전압 : 7.2~12 V
  - 소비전류 : 3A
  - 압력 : 10~16 bar



- ※ 3제어 밸브
- 압력 : 10bar
- 크기 : 43x29.5x36mm



- ※ BMA
- 소비전류 : 6A
- 크기 : 65x30x12mm
- 압력 : 10 bar



- ※ 슬립링
- 케이블당 4암프
- 외경 : 45mm
- 나사구멍 : 3mm



- ※ 회전 마운트
- 상부연결외경 : 90mm
- 나사구멍 : 3mm
- 하부연결외경 : 70mm
- 나사구멍 : M4/6mm



※ DC 모터(K8D□40N1)

- 기동 토크가 크다
- 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적으로 비례한다
- 입력전류에 대하여 출력 토크가 직선적으로 비례하며, 또한 출력 효율이 양호하다
- 가격이 저렴하다

Voltage : 12(V) / Output : 40(W)

Current : 6.1(A) / Weight : 1.76(kg)

Length : 154(mm)/ Speed : 3000(rpm)



※ 감속기(K8DG40N□)

- 사양  
감속비 : 50 감속비 효율:65%
- 감속비율별 토크 계산법

$$T_G = T_M \times I \times \eta$$

$$T_G = 1.3 \times 50 \times 0.65 = 42.6 \text{ kg}_f \cdot \text{cm}$$



※ 배터리(ES12-12)

● 사양

전압 : 12V

용량 : 12,000mAh(12AH)

크기 : 151\*98\*94(mm)

중량 : 4.0kg

STAND-BY USE

: 13.5~13.8V NO LIMIT(initial current)

CYCLIC USE : 14.4~15.0V 3.0A MAX



※ 모터마운트(K8B (□80mm))

● 사양

재질 : 알루미늄

중량 : 120(g)



※ 알루미늄 판

● 사양

재질 : ASTM-A36

탄성계수 :  $203940kg_f/cm^2$

항복강도 :  $2243.37567kg_f/cm^2$

최대인장강도 :  $2549.29053kg_f/cm^2$



※ 프로파일(AL2020)

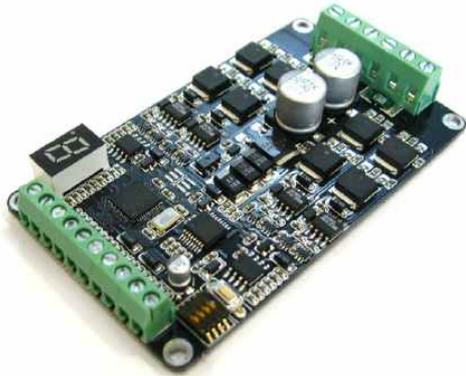
● 사양

재질 : A6N01-T5

탄성계수 :  $703604.187kg_f/cm^2$

항복강도 :  $2651.262kg_f/cm^2$

최대강도 :  $2957.177kg_f/cm^2$



※ NT-S-DCDM1210

Input Voltage Range : 12V ~ 24V  
 최대 연속전류 : 5A  
 최대 순간전류 : 30A  
 PWM 주파수 : 14.4KHz  
 동작 온도범위 : 0 ~ 80°C



※ Arduino Mega 2560 - R3

• 기본사양 :

54 Digital I/O Pins (14 PWM outputs)  
 16 Analog Inputs  
 4 UARTs(하드웨어 시리얼 포트)  
 256KB Flash Memory  
 (8KB는 부트로더로 사용됨)  
 SRAM 8KB  
 EEPROM 4KB  
 16Mhz Clock Speed

• 기능 :

ATMega2560, 16MHz 작동  
 USB변환기 내장(ATmega8U2)  
 권장 입력전압 7V~12V 직류 지원  
 5V 레귤레이터 내장  
 3.3V 레귤레이터 내장 (최대 150mA)  
 쇼트 보호를 위한 리셋가능한 퓨즈 장착  
 USB전원과 외부전원 자동 선택  
 외부전원 소켓 내장



※ 에어바퀴

- 규격 : 앞바퀴 : 10(inch)(260×80(mm))
- 에어 주입 방식으로 탄성이 좋아 잘 구르고 자중에 대한 충격을 흡수 할 수 있으며 볼베어링을 사용하여 내구성이 좋고 발포바퀴에 비해 가격이 낮아 경제적이다.



※ 조종기 SET

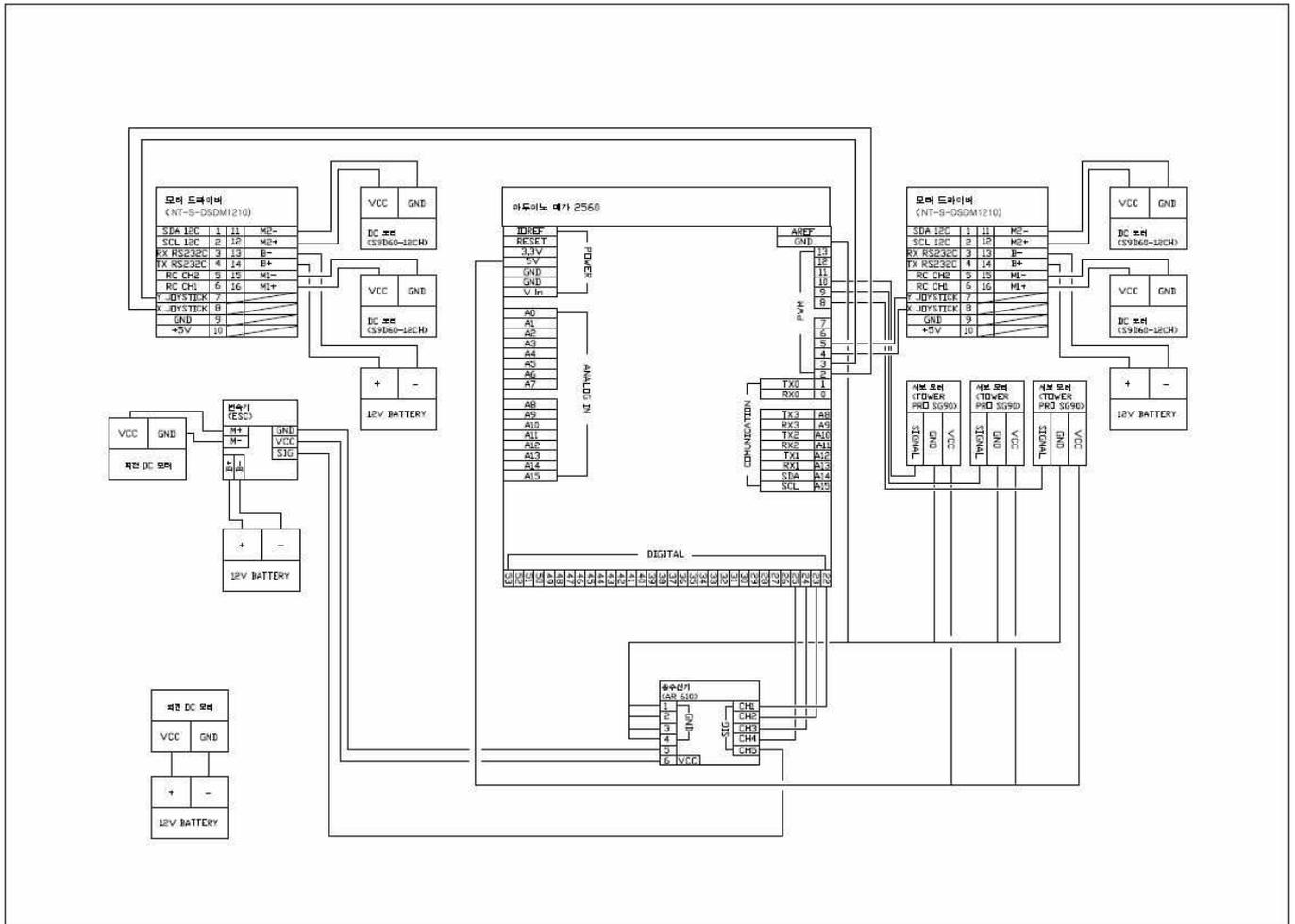
- 4 in 1 컨트롤러 (장착완료)
- 마이크로 서보 2개 (장착완료)
- 7.4v 800mAh 리튬 폴리머 배터리 1개
- 7.4v ~ 11.1v 겸용 리튬 폴리머 충전기

수신기

- 크기 : 50X24X15mm
- 채널 : 6ch
- 범위 : 250m/~800피트
- 무게 : 10.7g
- 전압 범위 : 4.8-6.0V

### 제 3 절 시스템 구성도

<회로도>



<아두이노 소스>

```
#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;
int angle = 0;
int ch1;
int ch2;
int ch3;
int ch4;
int ch5;
```

```
const int in1Pin = 2;
const int in2Pin = 3;
const int in3Pin = 4;
const int in4Pin = 5;
int spd = 0;
int dir = 0;

void setup()
{
```

```

myservo1.attach(8);
myservo2.attach(9);
myservo3.attach(10);
pinMode(22,INPUT);
pinMode(23,INPUT);
pinMode(24,INPUT);
pinMode(25,INPUT);
pinMode(26,INPUT);
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
ch1 = pulseIn(22,HIGH, 25000);
ch2 = pulseIn(23,HIGH, 25000);
ch3 = pulseIn(24,HIGH, 25000);
ch4 = pulseIn(25,HIGH, 25000);
ch5 = pulseIn(26,HIGH, 25000);
ch4 = map(ch4, 1000, 1800, 0, 1);
ch5 = map(ch5, 1000, 1800, 0, 1);
if (ch4==1)
{
ch1 = map(ch1, 1110, 1700, 0, 180);
ch2 = map(ch2, 1200, 1900, 0, 180);
ch3 = map(ch3, 1200, 1980, 0, 180);
if(ch1>160) go1();
else if(ch1<20) back1();
else if(ch1<=95&&ch1>=85) stop1();
if (ch2>160) go2();
else if(ch2<20) back2();
else if(ch2<=90&&ch2>=70)stop2();
if (ch3>145) go3();
else if(ch3<20) back3();
else if(ch3<=85&&ch3>=70)stop3();
}
else if(ch4==0)
{
ch2 = map(ch2, 1250, 1850, 0, 255);
ch3 = map(ch3, 1210, 1970, 0, 255);
if(ch2 > 230) m1forward();
else if(ch2 < 20) m1backward();
else m1stop();
if(ch3 >= 230) m2forward();
else if(ch3 <= 20) m2backward();
else m2stop();
if(ch5==1) allstop();
}
Serial.print("ch1:");
Serial.print(ch1);
Serial.print("ch2:");
Serial.print(ch2);
Serial.print("ch3:");
Serial.print(ch3);
Serial.print("ch4:");
Serial.print(ch4);
Serial.print("ch5:");
Serial.print(ch5);
Serial.println();
delay(100);
}
void go1()
{myservo1.write(ch1);}
void back1()
{myservo1.write(ch1);}
void stop1()
{myservo1.write(ch1);}
void go2()
{myservo2.write(ch2);}
void back2()
{myservo2.write(ch2);}
void stop2()
{myservo2.write(ch2);}
void go3()
{myservo3.write(ch3);}

```

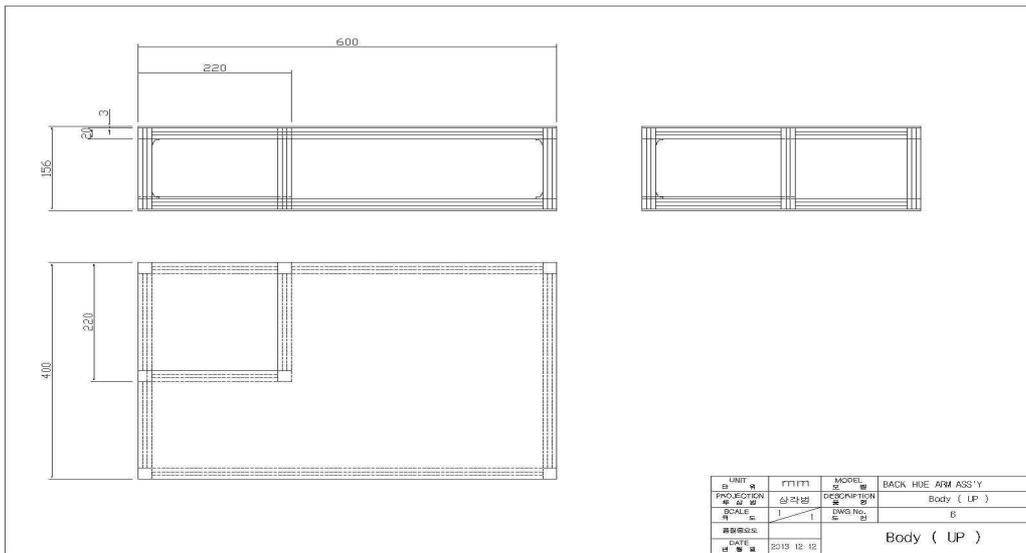
```

void back3()
{myservo3.write(ch3);}
void stop3()
{myservo3.write(ch3);}
void m1forward()
{spd=spd+ 5;
  if(spd>250) spd=255;
  analogWrite(in1Pin, 0);
  analogWrite(in2Pin, spd);}
void m1backward()
{ spd=spd+ 5;
  if(spd>250) spd=255;
  analogWrite(in1Pin, spd);
  analogWrite(in2Pin, 0);}
void m1stop()
{ if(ch2<=150&&ch2>=100) spd=spd-50;
  if(spd<0) spd=0;
  analogWrite(in1Pin, spd);
  analogWrite(in2Pin, spd);}
void m2forward()
{ spd=spd+ 100;
  if(spd>250) spd=255;
  analogWrite(in3Pin, 0);
  analogWrite(in4Pin, spd);}
void m2backward()
{ spd=spd+ 100;  if(spd>250) spd=255;
  analogWrite(in3Pin, spd);
  analogWrite(in4Pin, 0);}
void m2stop()
{ if(ch3<=150&&ch3>=100) spd=spd-150;
  if(spd<0) spd=0;
  analogWrite(in3Pin, spd);
  analogWrite(in4Pin, spd);}
void allstop()
{ spd=0;
  analogWrite(in1Pin, spd);
  analogWrite(in2Pin, spd);
  analogWrite(in3Pin, spd);
  analogWrite(in4Pin, spd);}

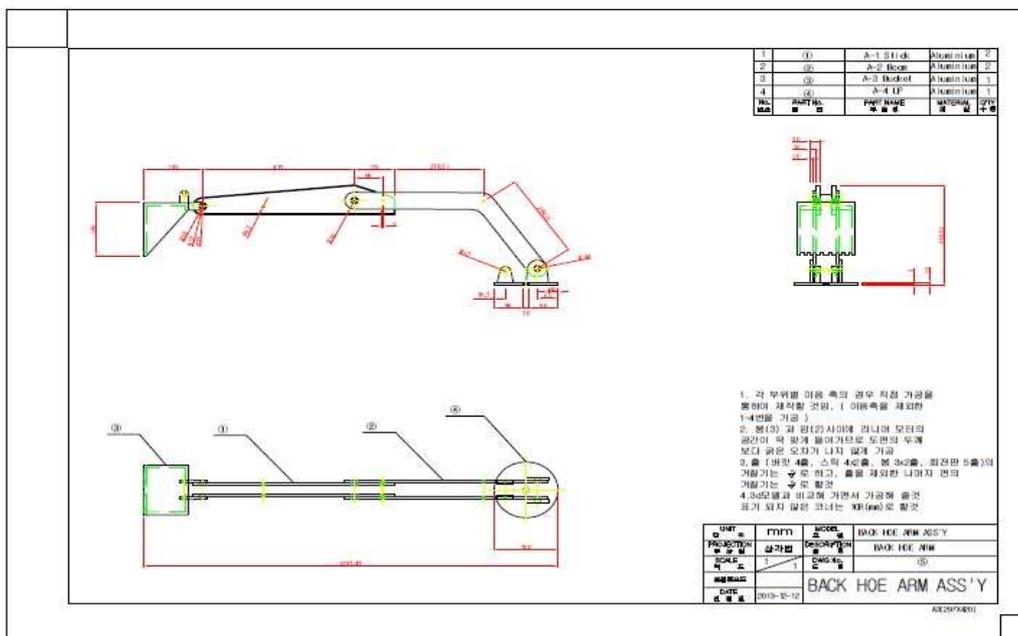
```



<상부 바디>

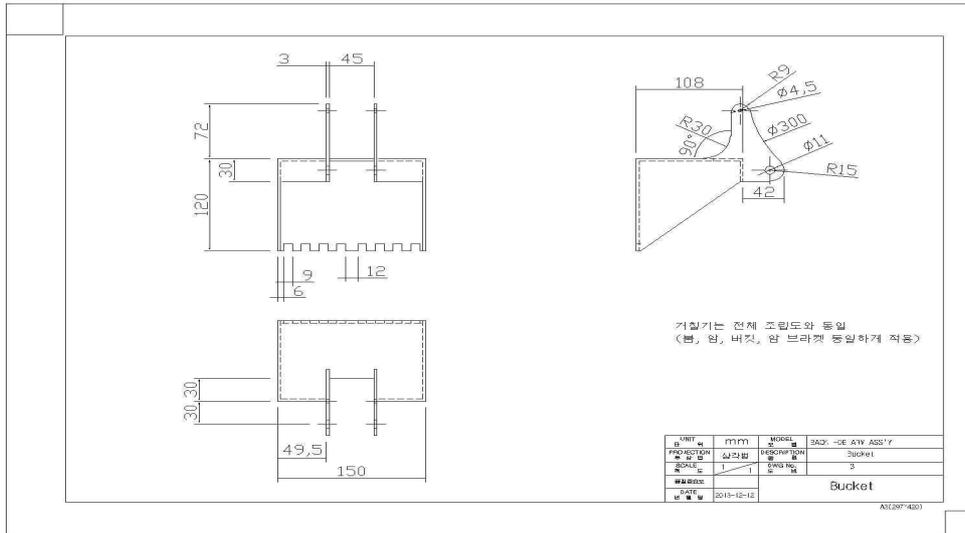


<상부 바디 유압>

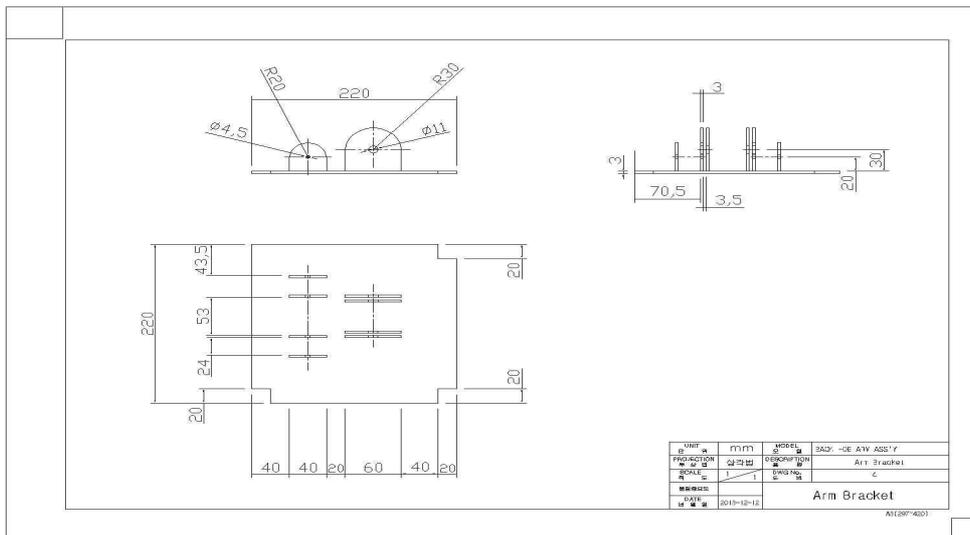




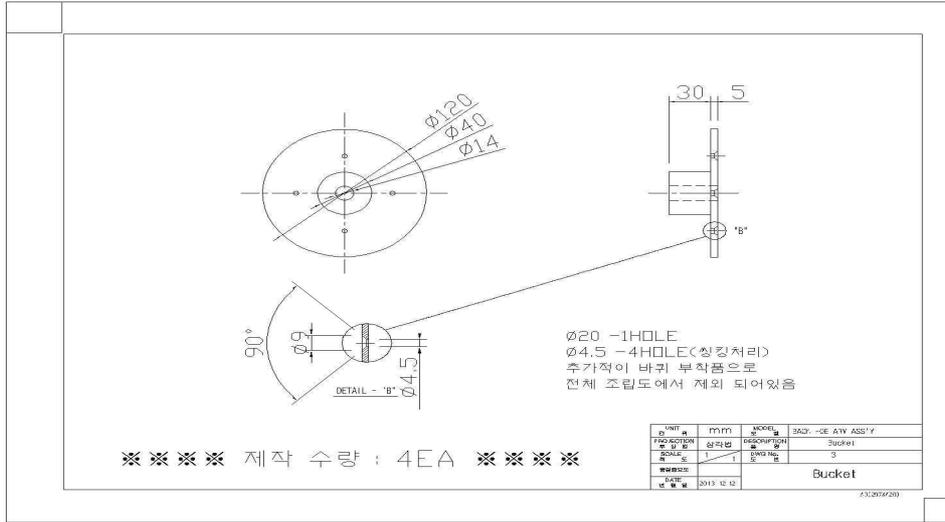
<버킷>



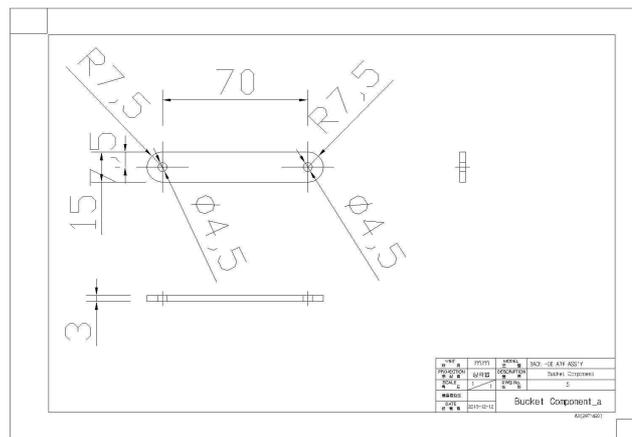
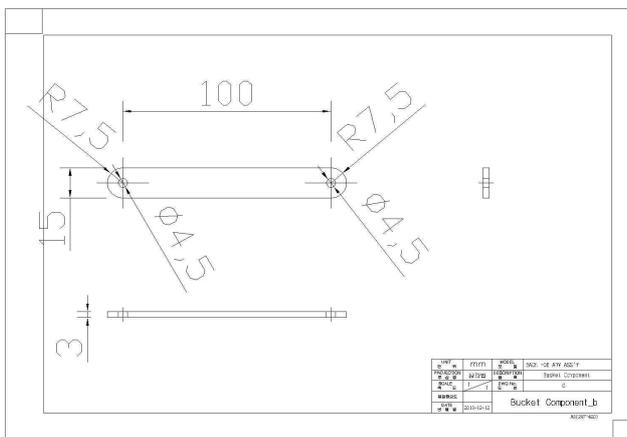
<붐 지지대>



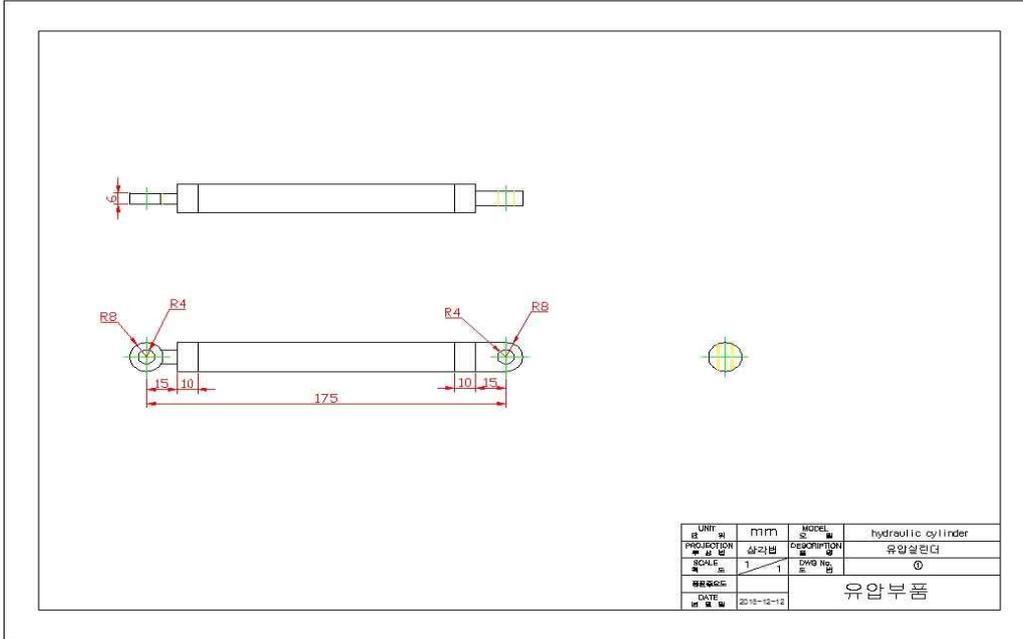
<바퀴-모터 연결체>



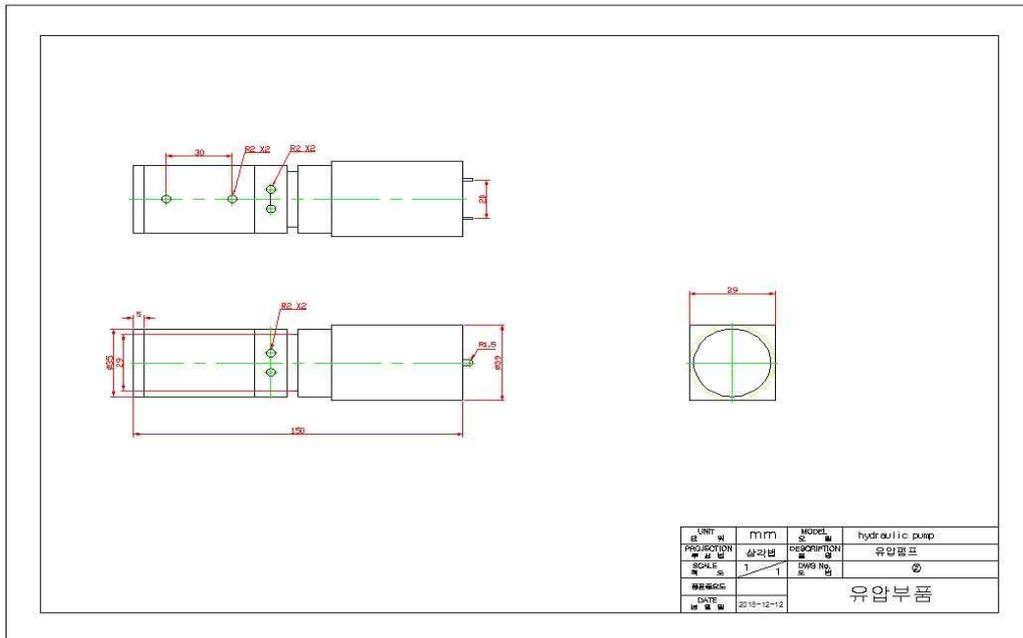
<버킷 구성품>



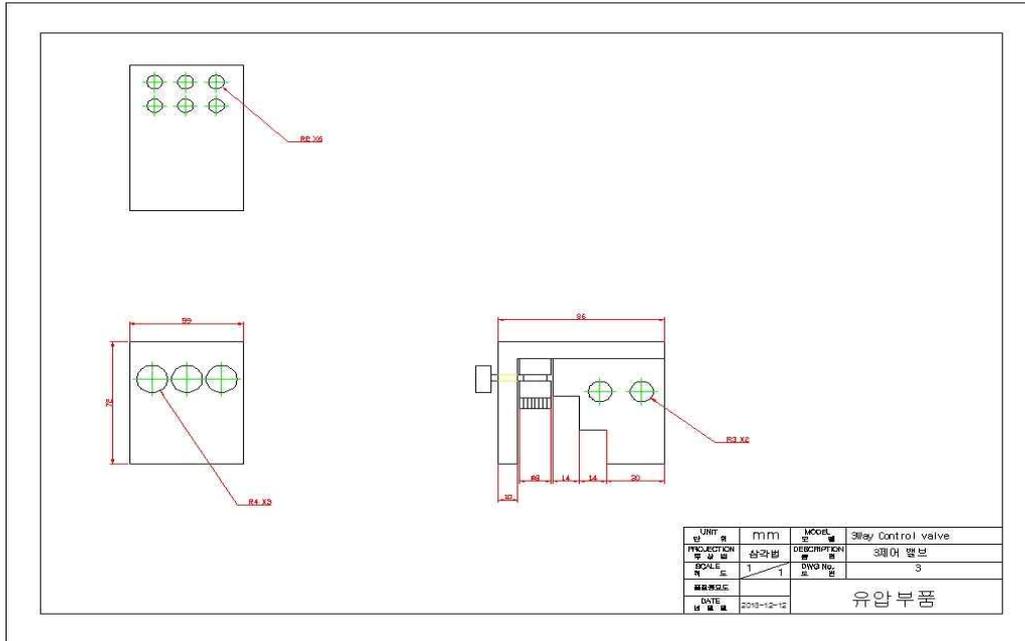
<유압 실린더>



<유압 펌프>



<3제어 밸브>



## 제5장 성능평가

- 완성품 -



제1절 정량적 목표의 분석 검토

평가항목	목표	단위	평가(측정)방법	측정조건	측정시행횟수
최고 속도	0.5~1	m/s	10m 이동하는데 걸리는 시간측정	가속시키는 시간은 제외한다	10
버킷용량	4~8	L	평지에 있는 흙 굴삭	쌓여있는 흙을 기준으로 한다	10

제2절 평가결과

	목표사양	시제품 결과
제품 무게	50kg	45kg
최대 속도	0.5~1m/s	1m/s
버킷용량	0.002m <sup>3</sup>	0.00165m <sup>3</sup>
최대굴삭력	흙 4~8L	흙 3L
크기	3000x1100x1500	1500x700x900mm

## 제6장 결론

### 제 1 절 결론

- 설계프로젝트를 진행 하면서 원격제어 백호우에 대해 선행연구를 하였고, 기존 제품과의 차별화를 두었다. 설계적인 측면에서 우리의 목표인 4~8L 용량을 퍼기 위한 버킷의 무게를 지지하는 유압실린더의 정확한 동력설계와 위치설계로 8L의 흙을 퍼는데 동력은 충분 하였지만 버킷의 크기가 작아 4L를 퍼는데 그쳐야 했다. 이는 버킷의 용량을  $0.002m^3$ 으로 늘린다면 충분히 해결 할 수 있다. 최대 굴삭 가능거리도 처음 목표에서 계획한 800~850mm의 범위 안에 들어간 830mm의 거리를 최대 굴삭 가능거리로 하여 1/5의 스케일에서 실제 백호우에 뒤쳐지지 않을 만큼의 최대 굴삭 가능거리를 나타내 주었다.

처음에 리니어모터로 설계하였을 때는 리니어모터의 자중을 버티기 위한 버킷과 암의 축 위치 설계의 문제는 리니어모터보다 다소 가벼운 유압실린더로 교체함으로써 해결 할 수 있었다. 유압실린더로 교체함으로써 제품의 무게가 5kg이나 줄어들었다. 이는 굴삭작업을 하는데 하부바디가 들리지 않을까 하는 의문을 남겼지만 80%이상의 하중이 하부바디에 쏠려있기 때문에 무게중심이 낮아져 더 안전하고 원활한 굴삭작업을 할 수 있었다.

처음에는 현장에서 다소 떨어진 장소에서 컨트롤러에 있는 모니터로 작업현장을 보면서 원격제어를 하는 구동방식을 생각하였으나 주어진 예산, 컨트롤러에 모니터링 구현 등의 문제로 인해 R/C송수신기를 통한 원격제어로 대체하였다.

제품의 주행제어는 3000rpm의 DC모터를 5배로 줄이는 감속기를 사용하여 45kg의 제품을 1m/s의 속도를 내도록 하였다. 이는 주행용도가 아닌 작업용도로 만들어진 굴삭기 특성상 빠른 속도가 필요 없기 때문에 설계한 속도이다.

하지만 감속으로 인한 정지만 가능하기 때문에 원하는 위치에서의 정확한 정지는 할 수 없었다. 실제제품의 1/5비율로 축소하여 만들기로 한 크기는 1500x700x900mm의 크기로 제작함으로써 1/5비율로 맞추었다.

## 제 2 절 문제점 및 향후 계획

- 정량적인 목표치는 모두 성공하였지만 설계로는 문제 되지 않았던 기구부에서 직접 조립 제작하고 시운전을 해봄으로써 많은 문제점이 나타났다.

### ① 굴삭작업시 상부바디의 흔들림

- 상부바디와 하부바디를 연결하기 위한 부품이 회전마운트 뿐이고 회전마운트에 회전모터가 물려있다. 이는 굴삭작업을 하는데 상부바디의 흔들림 현상을 발생시켰고 상부바디의 균형을 잡기 위한 모든 하중이 회전모터에 집중된다. 회전모터에 장기간 하중을 가하게 되면 모터의 손상으로 인해 상부바디를 회전할 수 없는 상황을 초래할 수 있어 대책이 필요하다.

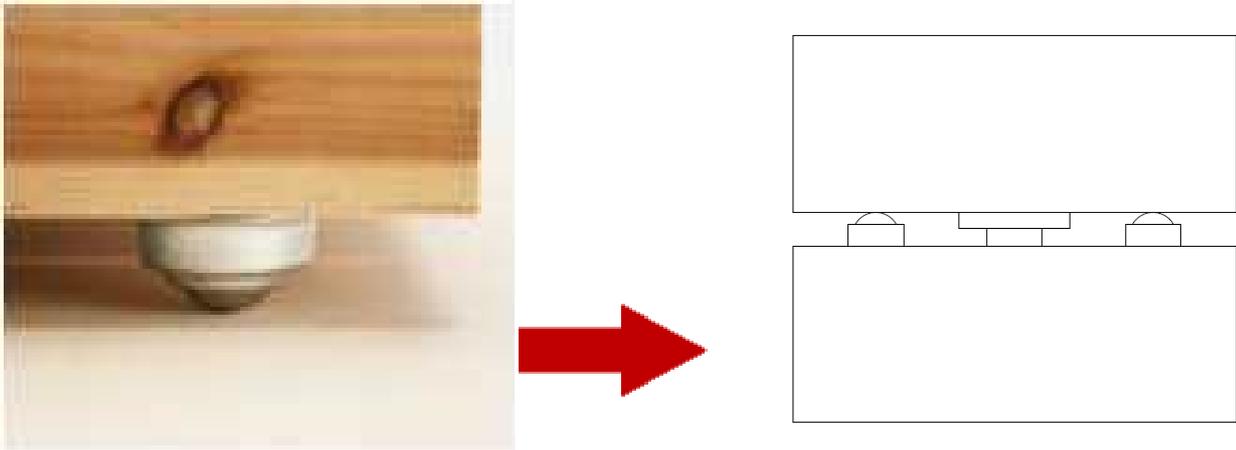
### ② 압 위치에 의한 하중의 불균형

- 붐 지지대를 회전시키기로 했던 설계를 회전마운트를 상부바디에 연결해 상부바디를 전체 회전시키고 붐 지지대는 상부바디에 고정시키기로 설계를 바꿈으로써 붐 지지대를 상부바디의 오른쪽위쪽끝으로 위치시켰다. 이는 굴삭작업을 할 때 하중이 오른쪽으로 쏠림으로써 흔들거리던 상부바디가 오른쪽으로 쏠리는 현상을 초래하였다. 하부바디의 모터와 배터리로 인해 쓰러지진 않지만 이 역시 회전모터에게 하중을 가함으로써 회전모터의 손상을 초래할 수 있어 대책이 필요하다.

**(향후계획 및 대책방안)**

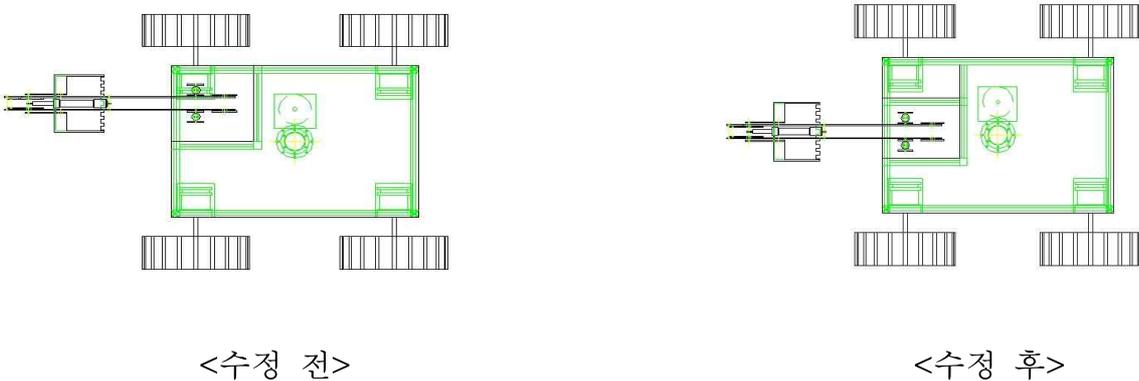
① 굴삭작업시 상부바디의 흔들림

- 볼 캐스터를 이용하여 흔들림을 최소화 시키며 회전모터에 쏠리던 하중을 볼 캐스터로 분산 시킨다. 상부바디와 하부바디의 공간은 30mm이며 볼 캐스터의 높이도 30mm이다. 이격 없이 높이가 맞아 들어가기 때문에 붐/암/버킷에 의한 상부의 무게가 앞으로 쏠리는 현상을 완화시켜 기구부의 영구변형이나 피로파괴현상을 피할 수 있다.



② 암 위치에 의한 하중의 불균형

- 초반 설계를 할 때 시중의 백호우의 형상에 맞추어 설계를 하다 보니 미처 생각치 못한 실수이므로 위치를 가운데로 수정한다.



**[참고문헌]**

각종 사양서, 기술참조자료, 참조 특허, 주요 부품 사양서, 프로그램 소스, ....