

자동차/기계 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 스프링을 이용한 목견인 치료기
(2013년 3월 5일 ~ 12월 20일)

팀명: SECRET (시크릿)

자동차/기계공학 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이
제출합니다.

2013. 12

대구대학교 기계자동차공학부(자동차/기계전공)

제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제 ‘스프링을 이용한 목걸인 치료기’의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 13. 03. 05 ~ 13. 12. 20)

2013. 12.

지도교수 :	김봉훈	(인)
대표학생 :	강필중	(인)
참여학생 :	신영교	(인)
	오창훈	(인)
	이병재	(인)
	정서영	(인)

목 차

최종보고 요약문	4
1. 과제내용 및 목표	5
1-1. 목적 및 필요성	5
1-2. 특허 및 제품 관련성분석	6
1-3. 기대효과 및 활용방안	8
2. 개념설계 및 상세설계	8
2-1. 개념설계	8
2-2. 상세설계	17
3. 시작품 제작	28
3-1. 구조 제작	28
3-2. 하중 조절	34
4. 운용 및 시험	37
4-1. 운용 및 시험 요구조건	37
4-2. 스프링을 이용한 하중 검증 방법 및 결과	39
4-3. 운용 및 시험 결과	43
5. 결론	44
참고문헌	45
부록	46

최종보고 요약문

과제명	스프링을 이용한 목견인기
팀명	SECRET (시크릿)
팀원	강필중 신영교 오창훈 이병재 정서영
과제기간	2013 년 3 월 5 일 ~ 2013 년 12 월 20 일

1. 개발내용 및 목표

스마트폰 사용이나 컴퓨터, 책상 등에 오래 앉아 일을 하게 되는 경우가 많아지면서 목 디스크나 목의 휨으로 나타난 거북목증후군 등이 있다. 우리는 시장성을 반영하고 고려하여 스프링을 이용하여 사람의 머리(최대 11kgf)를 반복적인 운동으로 치료 할 수 있는 메커니즘 설계 및 시제품 제작을 목표로 한다.

2. 개념설계 및 상세설계

외부는 사람이 앉을 수 있도록 의자형상을 구현했고, 등받이 부분에 사각지지대를 설치하여 와이어의 이동이 원활하게 설계 하였다. 의자의 내부 아래쪽에는 철판을 이용하여 부품들이 들어가게 된다.

내부는 철판에 고정되어 있는 정역AC모터가 동력을 체인과 샤프트에 전달하면 폴리가 와이어를 감으면서 하중을 조절하는 스프링이 늘어나거나 줄어들면서 목견인기에 연결되어 있는 사람의 목이 수직방향으로만 움직이도록 설계하였다.

3. 제작

앵글과 사각파이프를 이용하여 구조설계 하고 내부 철판에는 모터, 샤프트가 고정 되며 기어체인을 이용하여 구동을 원활하게 해준다. 전자 회로 및 부품을 부착하여 작동시키고 문제점을 파악 및 보완하여 최종적으로 완성한다.

4. 운용 및 시험

일반인을 대상으로 시험 운영을 하고 목에 따른 변화나 결과의 데이터를 가지고 비교 및 분석한다.

* 작동 방법 및 설명

사용자의 목에 목견인기를 장착하고 컨트롤박스 전원을 ON에 위치한다. 원하는 하중 9kgf, 13kgf, 17kg의 스프링 케이스에 리미트 스위치를 장착하고 컨트롤박스 START버튼을 누르면, 모터가 동작을 하면서 스프링이 늘어난다. 스프링은 늘어나면서 목표점의 리미트 스위치를 누르게 되고 순간 역회전이 걸리면서 복원점으로 돌아간다.

* 작동 결과

9kgf의 하중 일 때, 평균 2.65cm의 인장 변위가 일어나게 되며 스프링 상수(k)는 3.3962kgf/cm이고, 13kgf의 하중 일 때, 평균 3.86cm의 인장 변위가 일어나며 스프링 상수(k)는 3.3679kgf/cm이다. 마지막으로 17kgf의 하중 일 때, 평균 4.97cm의 인장 변위가 일어나며 스프링 상수(k)는 3.4205kgf/cm이다. 각각의 오차는 -0.0038 / -0.0321 / 0.0202로 실험 스프링 상수와의 오차가 적은 것을 알 수 있다.

5. 세부 연구개발 내용 및 실적

스프링을 이용하여 사람의 평균 머리 무게인 11kg까지 달성하였고, 사람의 머리를 안정적으로 치료 할 수 있도록 스프링과 컨트롤박스를 이용하여 작동이 가능하도록 제작하였다.

1. 과제내용 및 목표

1-1. 목적 및 필요성

1) 과제개발의 필요성

제목 : 스마트폰 때문에 20대 목 디스크 환자 급증

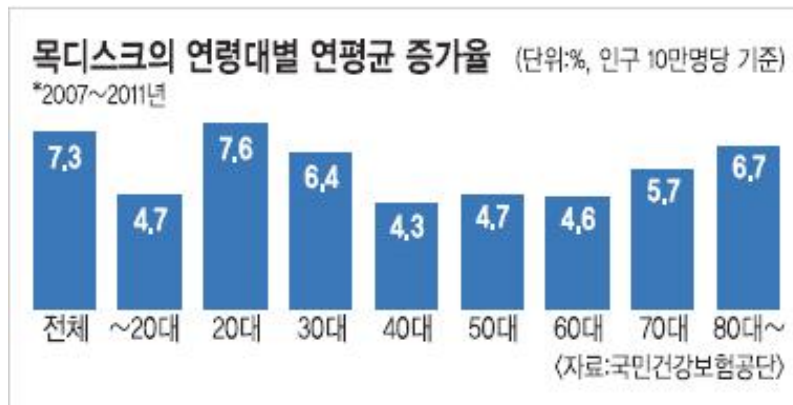


Fig. 1-1 연령대별 연평균 목 디스크 증가율

위 Fig 1-1을 보면 목 디스크 증가율을 알 수 있다. 항상 스마트폰을 들고 사는 20대 젊은 층을 중심으로 목 디스크 환자가 크게 늘고 있다. 스마트 폰이 처음 보급된 2010년부터 1년간 20대 환자 수가 무려 15% 가까이 증가했다.

국민건강보험공단은 목뼈원판장애(목 디스크) 통계를 분석한 결과, 4년 동안 연평균 8.1%씩 늘었다고 14일 발표했다. 최근 통계인 Fig 1-1의 그래프를 보면 2011년 증가율(12.3%)이 앞선 3년(5.0~8.3%)보다 뚜렷하게 높았다. 스마트폰이 본격적으로 도입된 시점이 2010년인데다 스마트폰을 많이 쓰는 20대 환자가 크게 늘었다는 점을 고려하면 주범은 스마트폰으로 추정됐다.

2) 과제개발의 목적

척추디스크 환자의 물리 치료기인 트랙션 기기 이다. 이 제품은 시중에 나와 있는 디스크 환자를 위한 트랙션 가격이 억대가 넘어간다. 그래서 이런 재활 치료기는 큰 병원에서만 볼 수 있다. 또한 요즘 스마트폰 사용이나 컴퓨터나 장기간 책상에 앉아서 공부하면서 많은 사람들이 목 디스크나 거북목증후군 등을 앓고 있다. 그래서 가격이 싸면서 목 견인에 관한 집중적인 치료가 가능한 목견인 치료기를 설계하고, 스프링을 이용하여 사용자의 머리(11kgf)를 분당 1회전으로 하고 컨트롤박스를 이용하여 값을 설정하고 최종 상하운동을 하도록 메커니즘 설계 및 제작을 목표로 한다.

1-2. 특허 및 제품 관련성분석

1). 스프링 상수 k값

○ 재질 : 피아노선 ① KS : PW-1
② JIS : SWP-A



Table 1-1 모델 별 스프링 K값

PART NO.	(FACE) 모델명		외경 mm	선경 mm	초기 조건		최대		스프링 상수 (K)			
	TYPE	D - L			장력 kg	자유길이 mm	허용하중 kg	늘어난길이 mm				
DW31-211-011	AWS	3-10	3	0.4	0.09	10	0.45	3.5	0.10			
212-001	BWS											
211-002	A	15								15	6	0.06
212-002	B											
211-003	A	20								20	9	0.04
212-003	B											
211-004	A	25								25	12	0.03
212-004	B											
211-005	A	4-15	4	0.5	0.12	15	0.65	6.5	0.08			
212-005	B											
211-006	A	20								20	10.2	0.05
212-006	B											
211-007	A	25								25	13.9	0.04
212-007	B											
211-008	A	30								30	17.5	0.03
212-008	B											

Table 1-1을 보면 스프링의 상수k값들이 나타나 있다. 각 사람마다 목을 늘릴 때 최대 허용 중량이 다르고 환자마다 목 상태가 다르기 때문에 같은 힘으로 상하운동을 하게 되면 위험하다. 그렇기 때문에 인장스프링의 상수k값으로 각 환자의 환경에 따라 적절한 인장스프링을 쓰며, 같은 힘으로 당기지만 스프링k값으로 인해 환자의 목에 부담을 주지 않으면서 재활치료를 할 수 있다.

2) 스프링의 탄성을 이용한 운동기구



Fig. 1-2 스프링의 탄성을 이용한 운동기구

관련성 : Fig. 1-2의 기구는 인장스프링으로 탄성을 조절하여 상하 높이 조절하는 운동기구지만 우리가 사용하려고 하는 제품의 원리와 비슷하여 많은 고부가 되었으며 도움이 되었다.

3) Neck traction

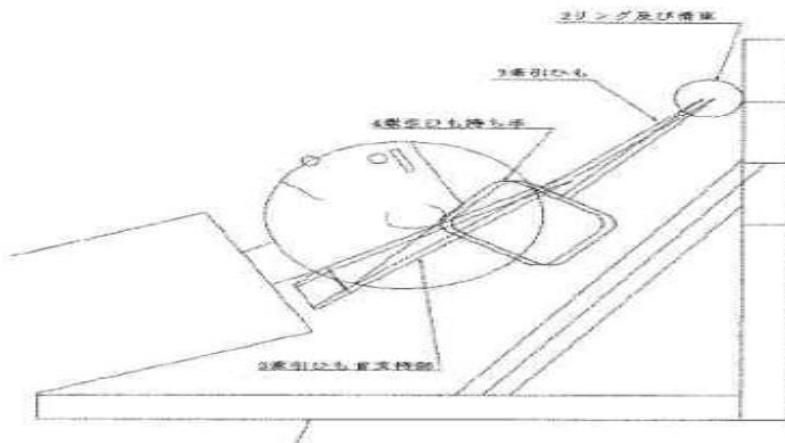


Fig. 1-3 Neck traction

관련성 : Fig. 1-3의 제품은 사람의 목에 견인기를 달고 간단한 구조인 도르래를 이용하여 목에서 도르래를 타고 연결되어있는 손잡이를 당겼다가 놓았다가를 수동적으로 반복하는 원리로 치료하는 원리가 비슷하다.

1-3. 기대효과 및 활용방안

1) 기대효과

단순한 구조로 되어 있어서 남녀노소 누구나 손쉽게 조작이 가능하므로 환자의 자발적인 재활 치료가 가능하며, 와이어의 최종 운동 범위를 상하로 운동하게 하였기 때문에 목 디스크나 거북 목증후군 등, 환자들에 빠른 재활 치료가 가능하다.

2) 활용방안

기존 제품과 동일한 성능과 작동에 필요한 간단한 요소들을 이용해 구조적인 메커니즘을 구현 하였기 때문에 간단하고 비싸지 않게 제작되어 수요가 늘어날 것이다. 또한 간단한 조작으로도 쉽게 조작이 가능하기 때문에 인근 작은 병원이나 보건소에도 배치되어 쉽게 활용될 수 있다.

2. 개념 설계 및 상세설계

2-1. 개념설계

1) 이론적 배경

목견인기의 작동원리를 이용하여 각종 축, 기어&체인, 정역AC모터, 전자적인 메커니즘을 이용하여 스프링에 반복적으로 힘을 가하여 디스크 환자의 목을 치료 할 수 있는 장치를 설계하게 된다. 정역AC모터를 이용하여 기어와 체인을 움직이게 한다. 모터의 최종 출력은 6RPM에 90W로 하며 기어&체인에 연결되어 있는 풀리를 이용하여 실험 하고자 하는 물체와 연결되어있는 와이어를 감고 풀게 되는 반복 운동을 한다. 여기서 사람의 목에 가해지는 하중을 조절하기 위해서 사람의 얼굴 무게 11kg으로 예상하여 스프링 상수 $K=0.51$ 로 설정 하였다. 그리고 하중을 스프링을 이용하여 조절하고 컨트롤 박스와 센서를 이용하여 스프링이 적정 길이만큼 늘어나면 역으로 다시 회전하게 된다. 또한 Fig. 2-1-1의 기존 제품은 본체와 의자가 따로 분리가 되어 있지만 시작품은 의자형태로 설계하여 본체와 의자가 일체형으로 활용성과 이동성이 편리하게 제작된다.

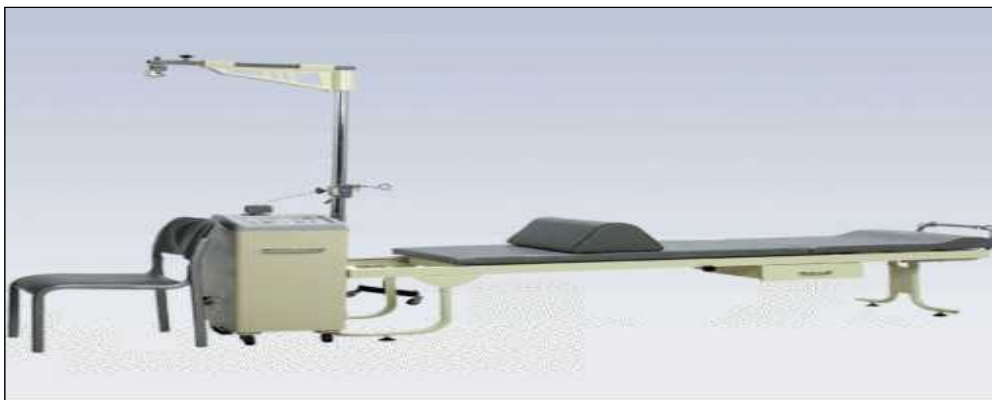


Fig. 2-1-1 기존 척추 트랙션기기

2) 하중설계

(1) 초기 하중설계

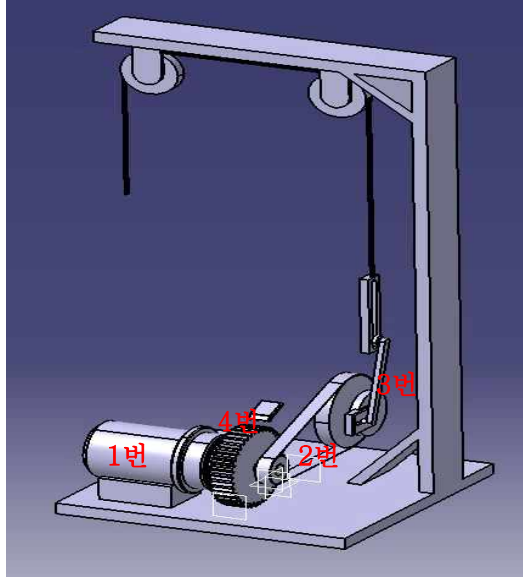


Fig. 2-1-2 초기설계 안 전체그림

Fig. 2-1-2는 초기에 커넥팅로드를 이용한 하중조절 설계로 1800rpm DC모터(1번)에서 감속기를 통해 약 10rpm까지 회전수를 낮추고 타이밍 벨트(2번) 풀리 1:1.7비로 6rpm까지 회전수를 낮추게 된다. 그다음에 최종 감속이 이루어지는 타이밍 풀리에 커넥팅로드(3번)를 설치하고 이에 와이어를 연결하여 한 방향 회전만으로 와이어를 당기고 풀 수 있도록 설계하였다. 리밋스위치를 이용하여 목표된 하중까지 와이어가 당겨졌을 때 래치 브레이크(4번)이 작동되고 래치 브레이크와 모터 사이에 설치된 전자클러치가 작동하여 무부하 상태를 이루게 된다.

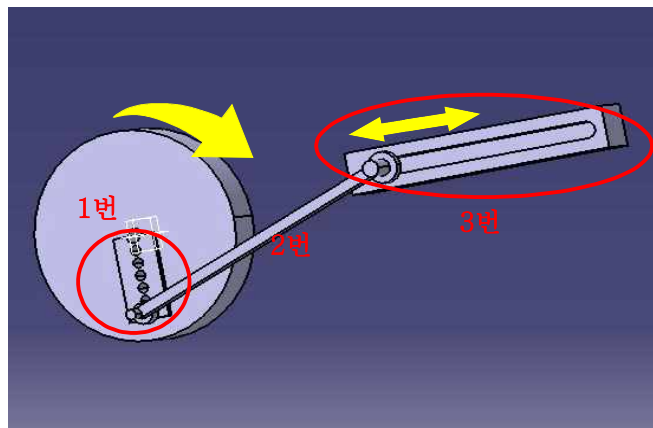


Fig. 2-1-3 초기 하중조절 방법 (커넥팅로드)

최종 감속이 되는 풀리에 커넥팅로드가 설치되고 환자의 개인 상태에 따라 다른 하중을 주기 위해 커넥팅로드의 회전반경을 조절할 수 있는 홈(1번)을 설치한다. 로드(2번)의 다른 쪽 끝에 와이어가 설치되고 와이어가 수직 상하운동을 할 수 있도록 레일(3번)을 설치하게 됨으로써 와이어의 상하 직선 운동이 가능하도록 설계를 하였다. 그러나 위 제품은 현재 풀리와 스프링을 이용하여 하중 조절 장치로 변경되었으며, Fig. 2-1-3은 초기 검토사항이다.

(2) 설계변경 사항 및 이유

의료기기로써의 기존 설계의 문제점과 그에 대한 보완책으로 내부 부품의 변경이 이루어지게 되었다. 아래의 Table 2-1은 변경된 부품과 그 이유에 대한 것이다.

Table 2-1 설계 변경사항 및 변경목적

변경 내용	변경 목적
래치 브레이크 → 전자브레이크	기계적인 래치 브레이크는 시중에 나와 있는 모델이 없고 제작비용이 많이 들게 되므로 상대적으로 저렴한 전자브레이크를 채택하게 되었다.
전자 클러치 → ×	모터를 정지시키고 정/역회전이 가능해졌으므로 동력차단 장치가 필요치 않게 되었다.
타이밍 벨트 → 기어체인	타이밍 벨트를 사용할 경우 벨트 풀리의 부피가 크기 때문에 공간 활용이 불리하게 된다. 그러므로 비슷한 가격과 작은 부피로 동일한 효과를 낼 수 있는 기어체인을 채택하게 되었다.
커넥팅로드 → 풀리	커넥팅로드는 회전운동을 상/하 운동으로 바꾸는 장치이므로 회전반경에 따라 움직이기 때문에 일정한 속도로 와이어를 당길 수 없다. 그러므로 와이어를 감고 푸는 방식으로 전환하여 풀리를 채택하였다.
DC모터 → AC모터	기존에 커넥팅로드 방식에서 풀리와 스프링을 이용한 하중조절로 바뀌었기 때문에 정역회전이 가능한 모터의 선정 필요성을 느꼈다. AC모터는 정역회전 회로 구성이 간편하기 때문에 선정하게 되었다.
스프링 추가	본 제품을 의료기기이므로 안전성이 최우선시 되어야 한다. 모터에서 나온 힘이 환자에 목에 바로 전달 될 경우 안전성에 문제가 생길 수 있기 때문에 하중조절 장치로써 와이어에 스프링을 설치하였다.

(3) 최종 하중설계안

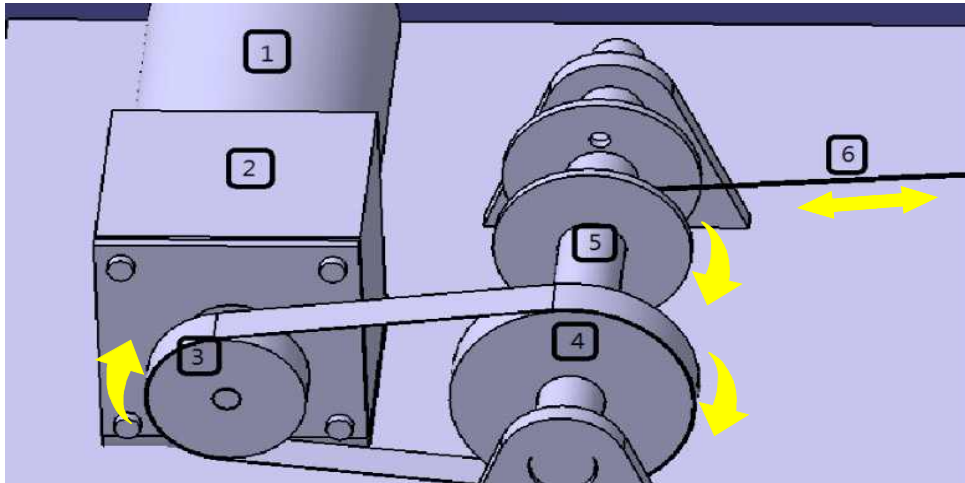


Fig. 2-1-4 하중의 전달 방향(a)

Fig. 2-1-4는 모터의 구동력이 와이어 풀리까지 전달되는 방향을 나타낸 그림으로 모터(1)가 90W의 힘으로 회전을 하게 되면, 감속기(2)가 1/60로 감속 되어 모터(1)의 속도를 감속하게 되고 기어체인(3)(4)을 통해 최종 6rpm으로 최종 감속하게 된다. 감속하고 난 후 동력을 풀리(5)를 통해 회전하는 힘으로 와이어(6)를 감게 된다. 기어체인(3)(4)은 X축으로만 회전을 하게 되며, 풀리(5)또한 기어체인(3)(4)과 동일하게 X축으로 회전을 하게 된다. 그러면서 와이어는 Y축으로 움직이며 풀리(5)에 감기게 된다.

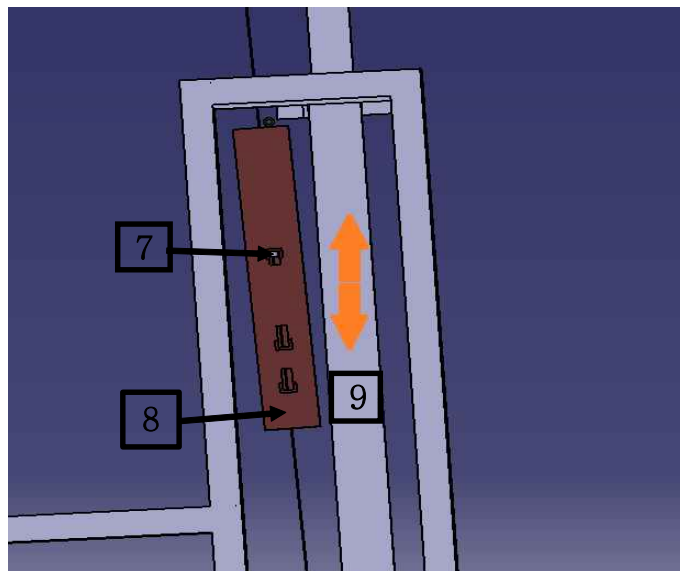


Fig. 2-1-5 하중의 전달 방향(b)

다음 Fig. 2-1-5와 같이 Fig. 2-1-4의 와이어(6)에 연결된 스프링(7)은 스프링 케이스(8)안에 부착된 상태에서 상하로 수직 운동하며 인장과 수축을 반복하게 된다. 와이어(6)가 감기게 되면, 고정대(9)에 수평하게 위치한 스프링(7)이 운동을 하면서 최종 목표점에 도달하게 된다. 그렇게 되면 스프링(7)은 리미트 스위치를 누른 다음 복원점으로 다시 돌아가게 되며, 이런 운동이 반복적으로 이루어 지게 설계 하였다.

3) 스프링을 이용한 목견인 치료기의 CATIA(3D) 도면

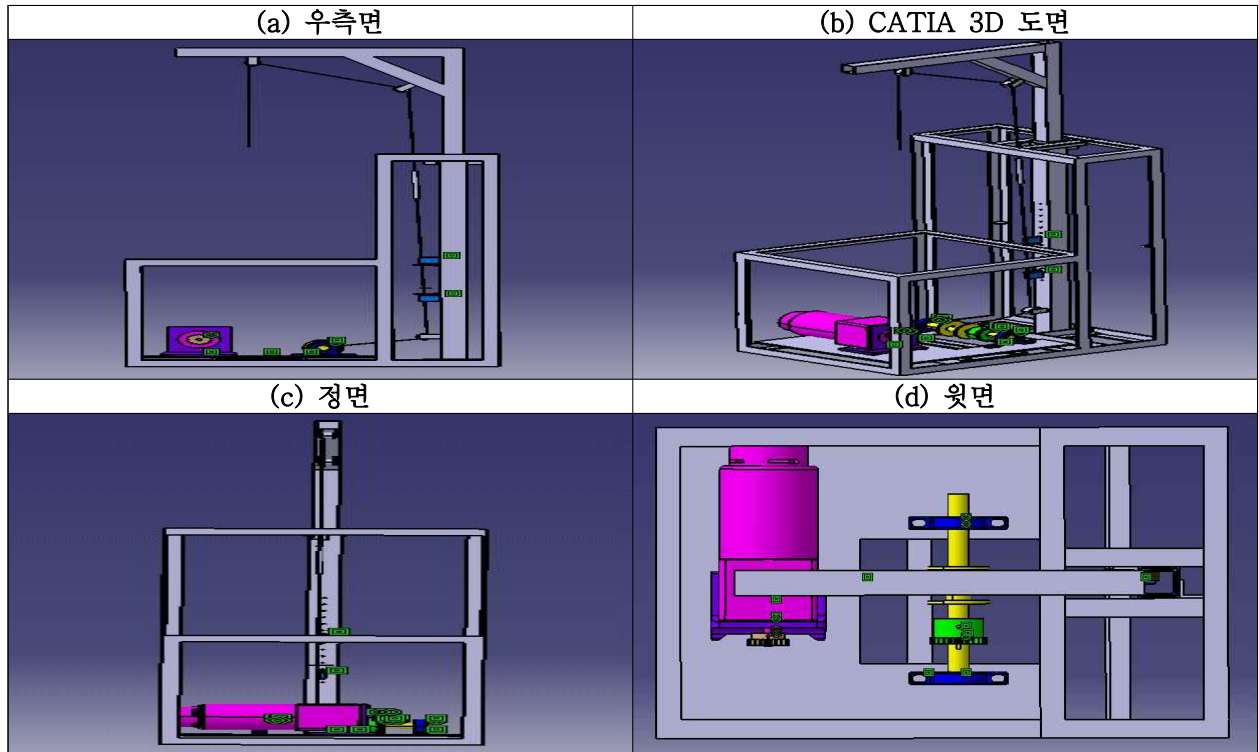


Fig. 2-1-6 전체 구조도면

Fig. 2-1-6은 전체적인 3D도면으로 외부 디자인은 앵글로 제작하여 목 디스크 환자가 편안히 앉을 수 있는 구조로 되어 있고, 그 위로 ㄱ모양의 사각파이프를 설계하여 와이어가 순차적으로 이동하여 최종적으로 환자가 앉을 상태에서 목에만 힘을 가하여 집중적인 물리치료가 가능하게 하는 구조로 되어있다.

4) 지지대 형상 설계

재질은 강이며, Fig. 2-1-7과 같이 ㄱ형상으로 와이어가 지나가는 도르래가 설치되며, 고정대를 이용하여 길이 조절이 가능하도록 설계 되어 있고, 각축 사이에 지지대를 설치하여 하중을 분산시킬 수 있도록 설계 하였다.

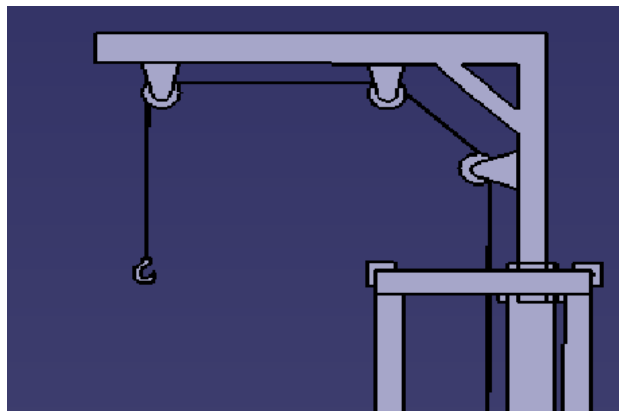


Fig. 2-1-7 지지대 형상

지지대는 사용자의 목에 수직한 힘을 주기 위하여 머리 위에서 와이어가 내려오도록 설계 하였고, 사람의 머리 무게(평균 8~10kgf)와 모터에서 당기는 하중을 토대로 많은 하중을 받을 것으로 예상되어 ANSYS 프로그램을 활용하여 해석해 보았다.

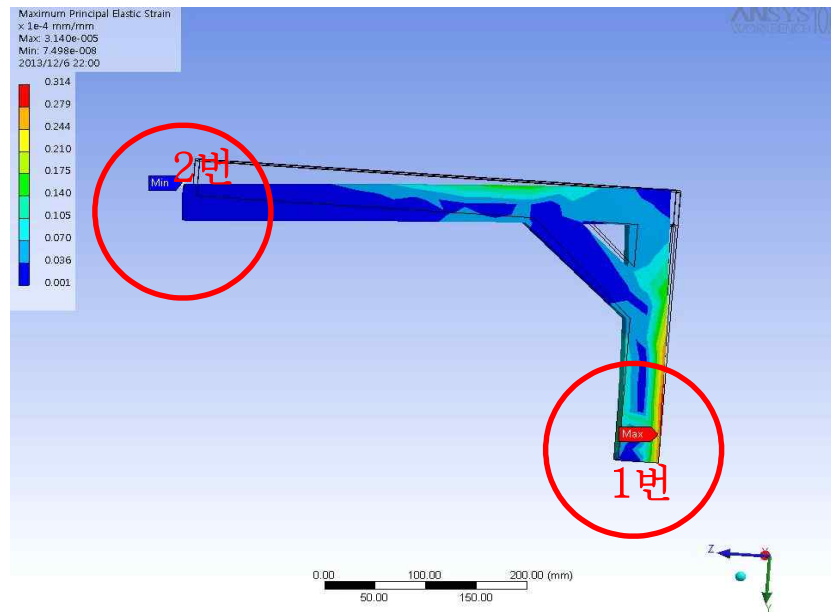


Fig. 2-1-8 Maximum principal Elastic Strain (a)

Fig. 2-1-8을 보면, 경계조건은 1번에 고정을 주었고, 2번에는 9kgf의 힘을 주어 관찰 하였다. Maximum principal Elastic Strain으로 Min은 $7.48e-008$ Mpa, Max는 $3.140e-005$ Mpa의 힘이 가해지고 있는 것을 볼 수 있다.

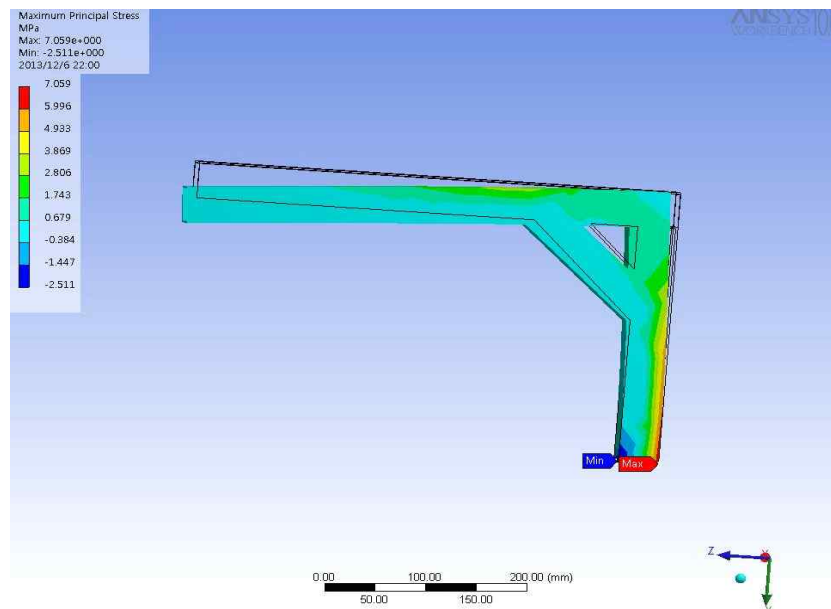


Fig. 2-1-9 Maximum principal Stress (b)

Fig. 2-1-9를 보면, Maximum principal Stress로 Min는 -2.511 Mpa, Max는 7.059 Mpa의 힘으로 변형이 일어나는 것을 볼 수 있다.

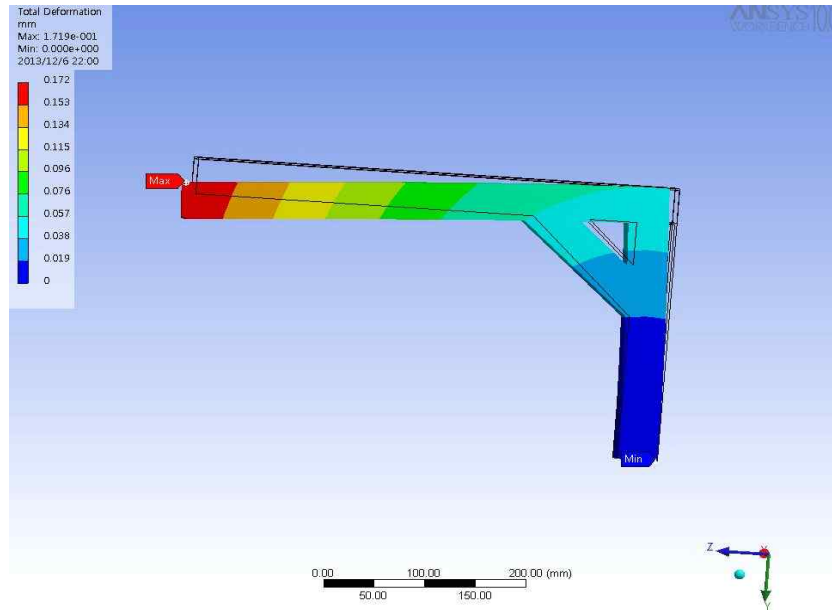


Fig. 2-1-10 Total Deformation (c)

Fig. 2-1-10을 보면, 최종 Total Deformation으로써, Fig. 2-1-8에 보이는 부분의 해석결과 1번 지점에 1.719e-001MPa 의 Max Steel가 작용하였고, 사각파이프는 아래로 최대 0.172mm 처짐을 보였다. 해석 결과 스프링을 이용한 목견인기로써 지지대에는 큰 하중이 가해지지 않는 것을 알 수 있다.

5) 컨트롤 박스

더 편리하고 원하는 시점에서 시작과 비상 정지를 하기 위해 그리고 정밀한 작동을 위한 컨트롤 박스 회로를 구성하였다.

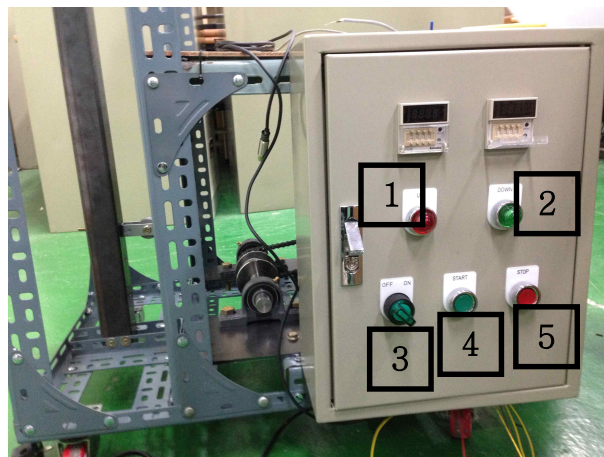


Fig. 2-1-11 컨트롤박스가 설치된 모습

Fig. 2-1-11을 보면 전원③을 켜 후 시작버튼④을 누르면 모터가 동작을 하면서 인장일 때에는 UP①에 수축일 때에는 DOWN②③에 불이 들어오며 비상시에는 STOP⑤버튼을 누를 수 있게 제작 하였다.



Fig. 2-1-12 컨트롤박스 회로구성

Fig. 2-1-11은 컨트롤박스의 구조물에 장착된 모습으로 캐비넷 형태로써 Fig. 2-1-11의 형상으로 의자의 우측 하단 부분에 부착되도록 제작되었으며 각종 스위치 및 작동상태를 나타내는 램프들이 내부에 위치되어 있으며 Fig. 2-1-12는 컨트롤박스의 내부 부품들의 모습이다.

(1) 컨트롤 박스 회로도

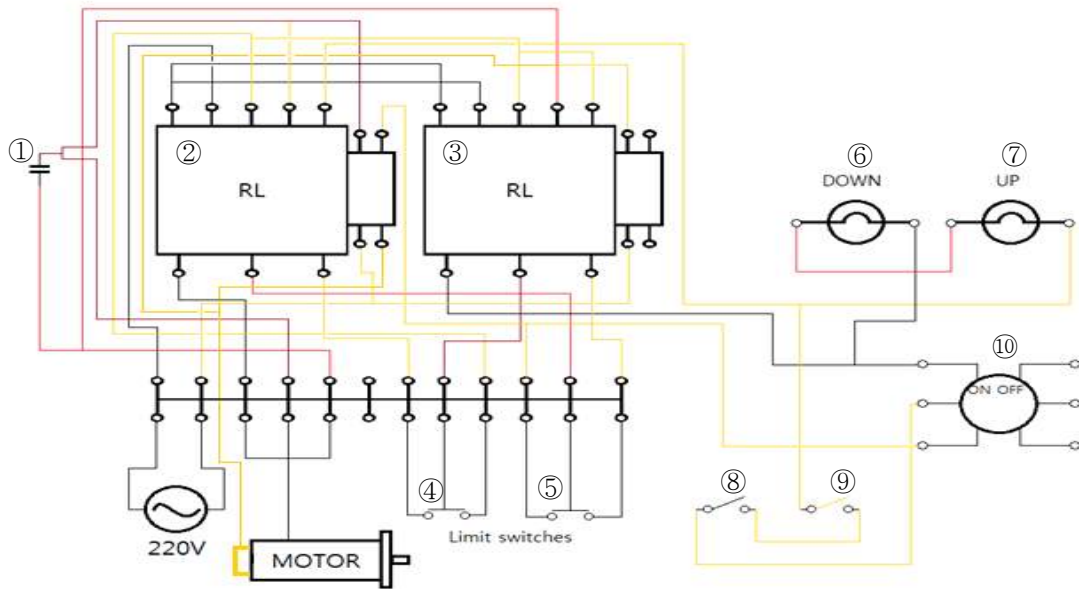


Fig. 2-1-13 컨트롤박스 회로도

Fig. 2-1-13은 컨트롤박스의 회로구성을 나타낸 회로도로서 AC모터의 회전방향 변환용 콘덴서(①)와 두 대의 릴레이(②③ : 교류전자개폐기), 두 대의 리미트 스위치(④⑤), UP/DOWN 램프(⑥⑦), Start/Stop 스위치(⑧⑨) 그리고 로터리 형 On/Off 스위치(⑩)로 구성되어 있으며 전원으로 220V의 전원을 사용한다. 두 대의 릴레이는 각각 두 대의 리미트 스위치와 연동하여 콘덴서로 신호를 보내어 모터의 정/역회전을 조종한다. 또한 Start/Stop 스위치와 연동되어 모터로 가는 전류를 차단하고 전자브레이크로 전류를 보내는 역할 및 UP/DOWN 램프를 점멸시켜 정/역회전 시 그 상태를 표시하는 역할도 한다.

6) 플로우 차트

아래 Fig. 2-1-14는 제품의 작동모습을 순차적으로 나타낸 플로우 차트이다. 좌측 컨트롤 박스로 시간과 횟수를 설정하여 모터를 작동 시킨다. 시작과 동시에 모터가 돌면서 감속기와 기어체인을 통해 원하는 출력을 얻게 되고 그 출력으로 샤프트와 일체형인 풀리가 회전을 하면서 와이어를 감게 된다. 와이어의 경우에는 도르래를 이용하여 가운데 하중조절장치인 케이스에 들어가 있는 스프링을 통해 최종 도르래에 안착되고 그런 다음에 최종적으로 사용자의 목견인에 힘이 가해지도록 되어 있다. 컨트롤 박스에서는 스프링의 늘어나는 길이에 따라 리미트 스위치를 작동하게 되면서 모터가 정역회전으로 반복 운동하게 되면서 목 디스크 환자가 물리 치료를 반복적인 힘을 이용해 집중적으로 받을 수 있게 된다.

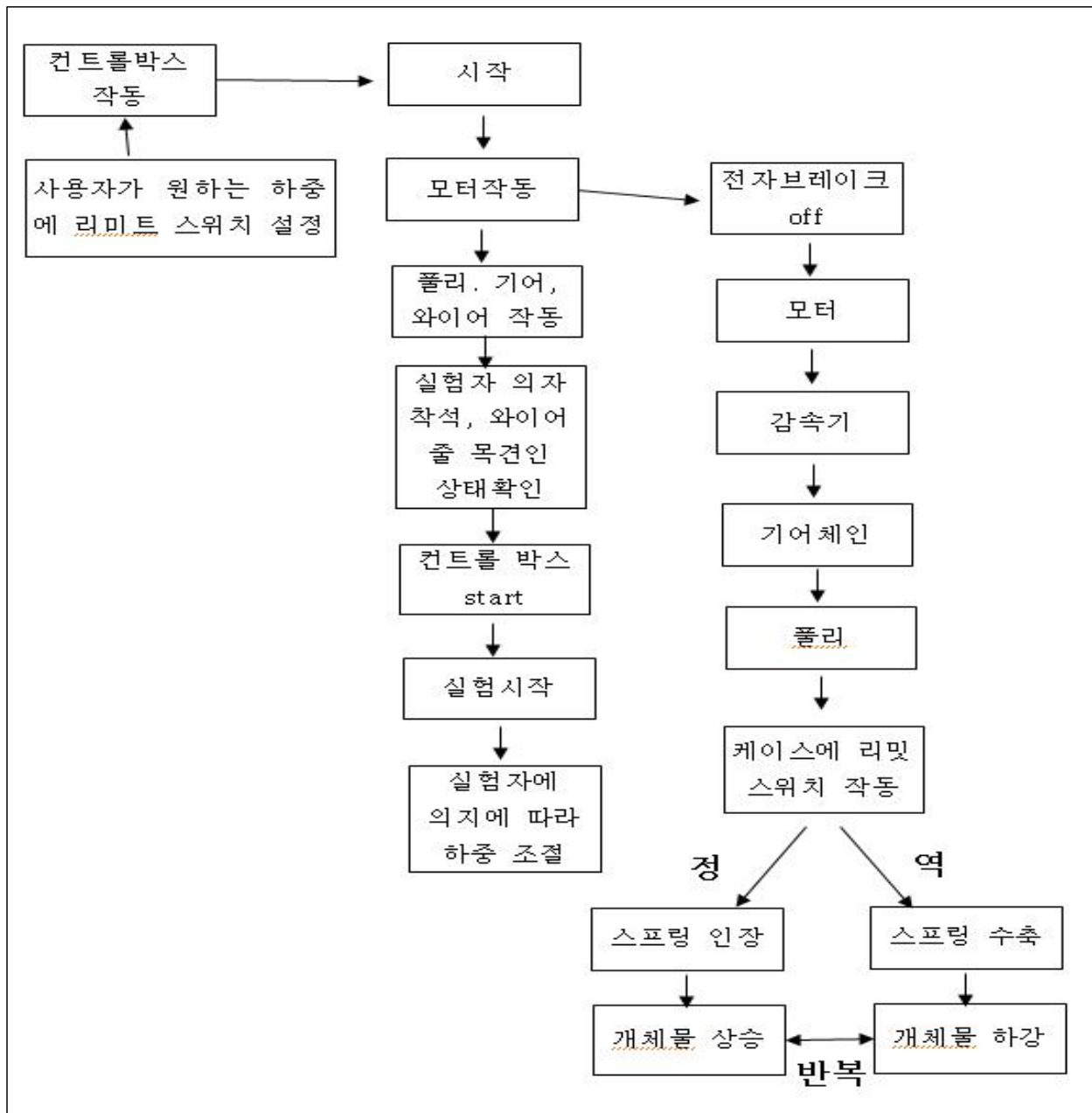


Fig. 2-1-14 플로우 차트

2-2 상세설계

스프링을 이용한 목걸인 치료기를 설계하기 위해서는 모터나 풀리의 상세한 설계도 및 사양이 필요하였다.

1) 동력 전달 순서

Fig. 2-2-1-6의 순으로 동력이 전달된다.

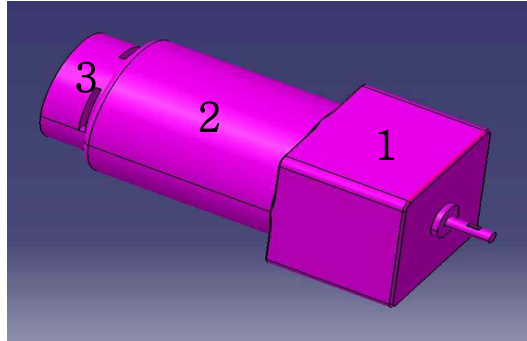


Fig. 2-2-1 AC모터 & 감속기

Fig. 2-2-1을 보면, 90W의 힘으로 1800RPM으로 회전하는 정역AC모터(2)에 1:18의 감속기(1)를 장착하여 최종 10RPM으로 낮추어 기어(4)에 동력을 전달한다.

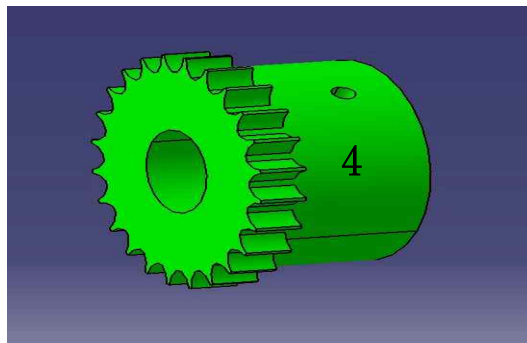


Fig. 2-2-2 기어

Fig. 2-2-2를 보면, 최종 10RPM까지 줄어든 회전수는 기어(4)를 통해 최종적으로 6RPM까지 줄어들게 된다. 줄어들면서도 90W의 힘은 유지한 상태로 샤프트에 전달하게 된다.

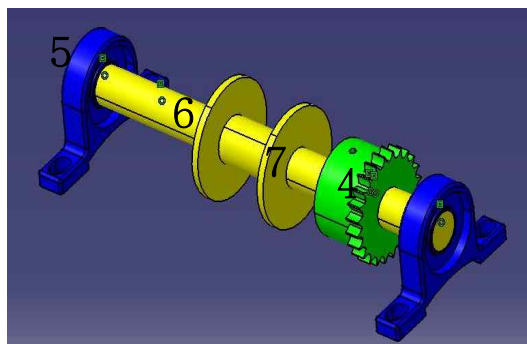


Fig. 2-2-3 풀리&샤프트

Fig. 2-2-3을 보면, 샤프트(6)에는 양쪽에 베어링(5)이 연결되어 기어(4)를 통해 전달되는 90W의 힘을 손실 없이 유지하고 최종 6RPM에 맞게 회전하며 샤프트(6) 일체화 되어 있는 풀리(7)에 와이어(10)가 모터(2)의 이동 방향과 일치하게 감기게 된다.



Fig. 2-2-4 인장 스프링

Fig. 2-2-4를 보면, 풀리(7)와 와이어(10)가 감기면서 하중조절장치인 스프링(7)은 늘어나게 된다.

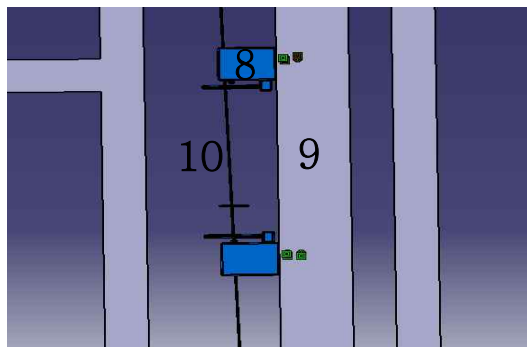


Fig. 2-2-5 리미트 스위치

Fig. 2-2-5를 보면, 스프링(7)이 늘어나면서 하단 리미트 스위치(8)를 치게 된다. 그러면 모터(2)의 동력이 정 회전에서 역 회전으로 바뀌면서 스프링(7)이 수축을 하게 되고 다시 상단의 리미트 스위치(8)를 치게 되면서 모터(2)는 리미트 스위치(8)를 통해 반복운동을 하게 된다.

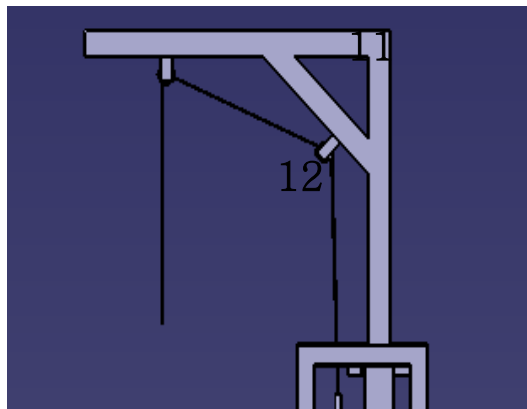


Fig. 2-2-6 도르래 & 와이어

Fig. 2-2-6을 보면, 와이어(10)는 상하 운동을 하면서, 지지대(11)에 부착된 도르래(12)를 통해서 최종 목견인기에 힘이 가해서 스프링(7)을 이용한 최종 하중 조절로 사람에게 원하는 하중만큼 주면서 목견인 으로서 물리 치료가 가능하도록 설계 하였다.

2) 부품목록

프로젝트에 사용되는 부품들은 공학적 계산으로 나온 결과 값을 기준으로 시장에 출시된 제품들을 선정하는 것이 효율적이라고 판단되고, 출시된 제품이 없는 부품은 외주가공으로 시제품제작에 들어갈 것이다. 프로젝트에 사용될 시장제품을 사진과 특징 및 사양을 아래에 설명 하였다.

(1) AC모터(K9RP90FC)



Fig. 2-2-7 AC모터

Fig. 2-2-7은 정역AC모터로써, 대구 유통단지에 기어체인 회사를 통해 사양 90W, 220V, 60Hz, 1800rpm의 출력을 내는 제품을 125,000원에 구매 하였다.

(2) 감속기 (K9P180B)



Fig. 2-2-8 감속기

Fig. 2-2-8은 감속기이며, Fig. 2-2-7과 함께 공동 구매하였다. Fig. 2-2-8의 사양은 180:1로 모터 및 감속기를 이용한 회전수를 10RPM으로 낮춰 제작의뢰 하였다.

(3) 컨트롤 박스



Fig. 2-2-9 컨트롤 박스

Fig. 2-2-9는 컨트롤 박스의 내부도이며, 컨트롤 박스는 대구 유통시장에 주인테크회사에서 제작 의뢰를 하였고, 220V, 3A의 전압과 전류가 흐르며 가격은 440,000원이다. 컨트롤 박스의 특징은 ON / OFF 제어와 정/역회전 제어가 가능하도록 제작 되어 있다.

(4) 베어링 유닛 2EA



Fig. 2-2-10 베어링 유닛

Fig. 2-2-10은 베어링 유닛이며, 기어체인에서 일체형인 샤프트&폴리와 함께 주문 제작하였으며, 내경 25mm이고 중량은 약 650g정도이다. 가격은 15,000원이고, 샤프트&폴리의 양 끝에 고정되면서 샤프트&폴리를 철판에 고정할 수 있게 하기 위해 제작 하였다.

(5) 체인기어



Fig. 2-2-11 기어체인

Fig. 2-2-11은 기어체인이며, 대구 유통단지의 기어체인에서 제작 의뢰를 하였고, 모터에 연결되는 기어는 잇수(z)가 13이고 샤프트에 연결되는 기어의 잇수(z)는 22로 기어 비 1:1.7로 최종 RPM은 6RPM까지 낮춰 제작하였다.

(6) 샤프트&폴리

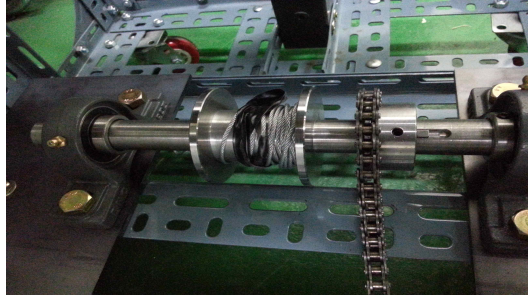


Fig. 2-2-12 샤프트&폴리

Fig. 2-2-12는 일체형인 샤프트&폴리이며, 재질은 S45C로 제작 되었거 구동축 (직경25mm, 길이300mm), 폴리 (직경30mm, 길이50mm), 폴리 외경 (직경75mm, 길이5mm)으로 폴리와 함께 제작되 하였다.

(7) 리미트 스위치



Fig. 2-2-13 리미트 스위치

Fig. 2-2-13은 리미트 스위치이며, 스프링 케이스를 이용한 하중 조절에 사용되며 주인테크에서 구입하였다. 접점용량은 250V(AC)에 10A의 전압과 약 160G의 중량이다. 가격은 4,000원으로 정방향과 역방향으로 이용되기에 2개를 구매 하였다.

3) 부품 설명

CATIA(3D) 프로그램을 사용하여 부품 개별 사양 및 설계도를 작성 하였다.

(1) 내부설계

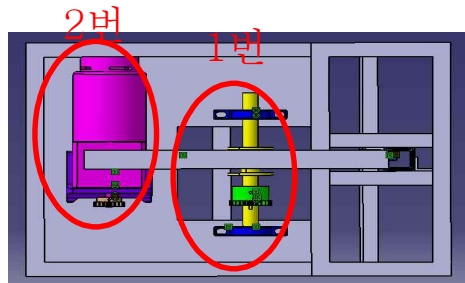


Fig. 2-2-14 내부 CATIA(3D) 도면

Fig. 2-2-14을 보면 철판에 모터&감속기(2)와 폴리&샤프트(1)가 고정되고 컨트롤 박스에 연결된 리미트 스위치를 이용해 모터(2)를 정/역 변환하여 작동할 수 있는 구조로 설계

(2) 내부 고정 철판

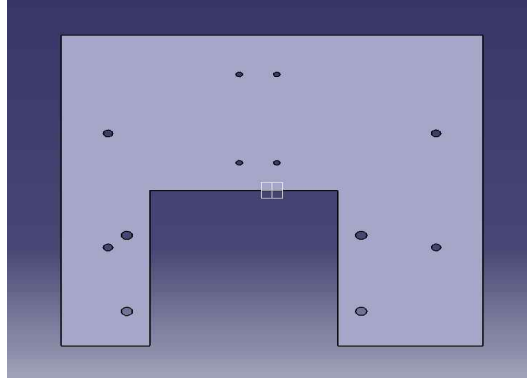


Fig. 2-2-15 철판 CATIA(3D) 도면

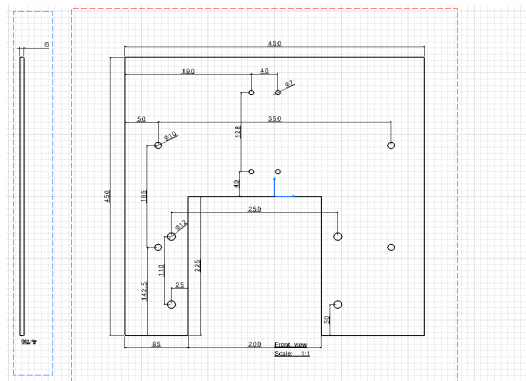


Fig. 2-2-16 철판 CATIA(2D) 도면

Fig. 2-2-15은 철판의 재질이 탄소강이며 Fig. 2-2-16도면과 같이 가로 45mm × 세로 45mm × 두께 6mm의 규격을 갖고 있고 이 철판에는 $\Phi 7 \times 4$ 개, $\Phi 10 \times 4$ 개, $\Phi 12 \times 4$ 개의 총 12개의 구멍이 뚫려져 있어서, 정역AC모터와 일체형 샤프트&폴리가 고정되며, Fig. 2-2-15의 도면에 파여져 있는 부분에 일체형 샤프트&폴리가 고정되게 된다. 철판은 외부구조 밑에 앵글로 틀이 만들어져 있는 곳에 고정된다.

(3) 감속부분

Fig. 2-2-17을 보면, 모터는 정역AC모터를 사용하고 1800RPM으로써 기어체인과 감속기를 이용하여 최종 6RPM을 목표로 하고 있다. 모터의 뒷부분에는 전자브레이크를 장착하여 구동 후 무부하 상태일 때에는 일시 정지 할 수 있다.

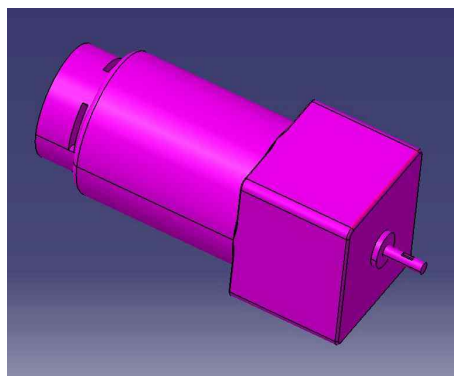


Fig. 2-2-17 AC모터 & 감속기

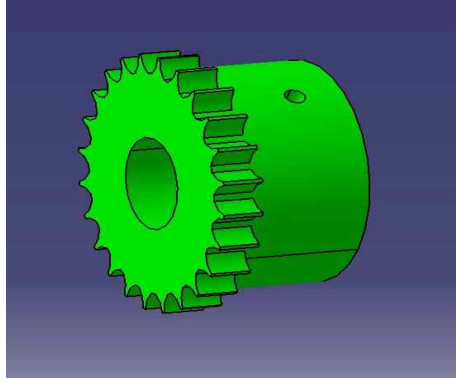


Fig. 2-2-18 기어

Fig. 2-2-18을 보면, 모터에 연결된 기어와 샤프트에 연결된 기어를 이용해 최종 6RPM의 회전력을 얻을 수 있게 설계 하였고, 기어에 체인을 연결하여 정 회전에서 역 회전으로 변환 시 바로 바뀔 수 있도록 설계하였다.

(4) 풀리 및 샤프트 부분

일체형 풀리&샤프트의 재질은 기계구조용 탄소강 SM45C이며, 샤프트에 가해지는 항복응력은 350Mpa로 환산을 하면 35kgf/mm^2 이고, 허용굽힘 응력은 항복응력 $\times 1/3 = 11.67\text{kgf/mm}^2$ 이다. 풀리가 한바퀴 돌면서 감기는 와이어 길이는 $\pi \times$ 풀리의 직경의 식으로 구한다.

Fig. 2-2-19를 보면, 감속기와 기어체인을 이용하여 최종 풀리의 회전수는 6rpm이며, 10초당 1바퀴를 돌게 되므로 1분 동안 약 6바퀴를 돌게 된다. 축의 지름을 고려하여 풀리의 내경을 30mm, 와이어가 감기는 원의 지름을 60mm로 선정하여 1분동안 풀리에 감기는 와이어 길이를 계산해 보면 $\pi \times 60 \times 6 = 1130.4\text{mm}$ 으로 와이어 길이는 1130.4mm 보다 길게 해야 한다. 따라서 풀리에 걸리는 회전수는 6rpm 사이의 회전수가 걸리게 하며, 풀리에 와이어가 감기는 원의 지름은 60mm로 설계한다.

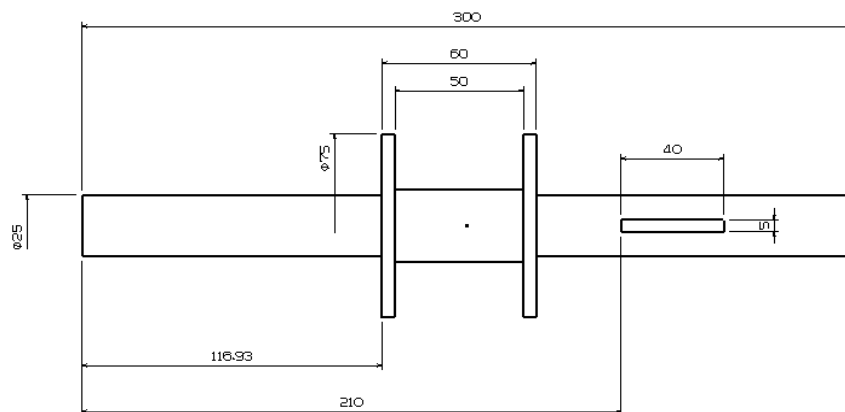


Fig. 2-2-19 풀리&샤프트 설계도

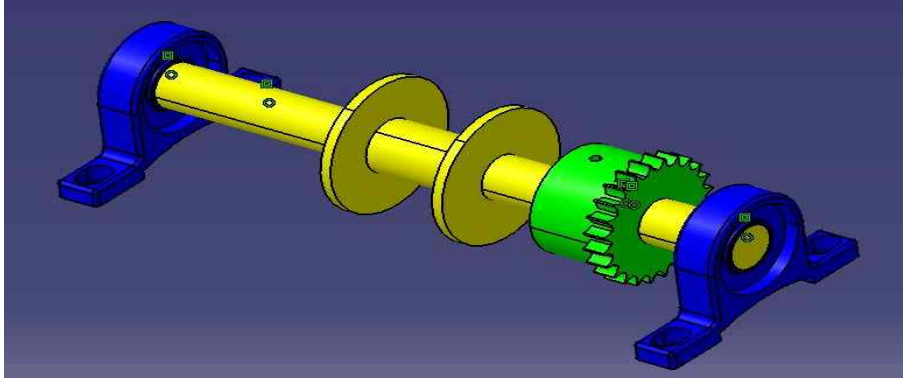


Fig. 2-2-20 풀리&샤프트 CATIA(3D) 도면

$$\text{비틀림 모멘트 : } T[\text{kg}_f \cdot \text{mm}] = 974000 \frac{H_{kW}}{N} = 974000 \frac{0.006}{90} = 64.93 \text{kg}_f \cdot \text{mm} \quad (2.1)$$

$$\text{굽힘 모멘트 : } M[\text{kg}_f \cdot \text{mm}] = \frac{Pl}{4} = \frac{8 \times 300}{4} = 600 \text{kg}_f \cdot \text{mm} \quad (2.2)$$

$$\text{상당 비틀림 모멘트 : } T_e[\text{kg}_f \cdot \text{mm}] = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{64.93^2 + 600^2} = 603.5 \text{kg}_f \cdot \text{mm} \quad (2.3)$$

$$\text{상당 굽힘 모멘트 : } M_e[\text{kg}_f \cdot \text{mm}] = \frac{1}{2}(M + T_e) = \frac{1}{2}(600 + 603.5) = 601.75 \text{kg}_f \cdot \text{mm} \quad (2.4)$$

Fig. 2-2-20을 보면, 풀리와 샤프트를 일체형으로 설계하여 정/역회전 변환 시 생기는 최소한의 회전 오차를 줄였다. 감속기와 기어체인을 이용한 최종 6RPM을 샤프트에 전달한다. 그리고 전달 되는 와중에 모터의 90W의 힘을 손실 없이 와이어에 전달 해 주기 위해서 샤프트의 양 끝에 베어링을 이용하여 회전 시 마찰을 줄여 주었다. 풀리는 한 바퀴 당 와이어는 13cm가 당겨지게 되어 있다.

(5) 고정대 부분

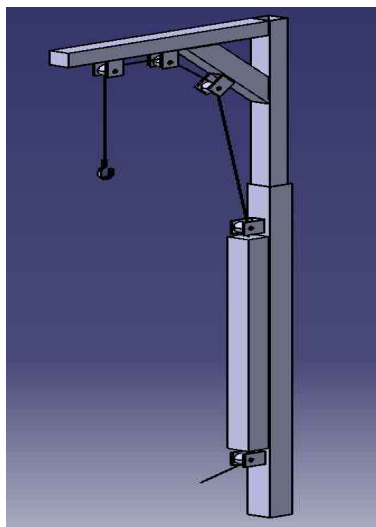


Fig. 2-2-21 도르래 및 고정대

Fig. 2-2-21에 직경 50mm의 사각파이프를 이용하여 고정대를 만들고 42mm의 사각파이프가 고정대 안에 들어갈 수 있도록 설계 하였다. 고정대 옆에는 사각 파이프를 이용하여 안에는 스프링이 이동을 하고, 긴 와이어와 스프링이 흔들리지 않도록 하기 위해 사각 파이프를 설계하였다.

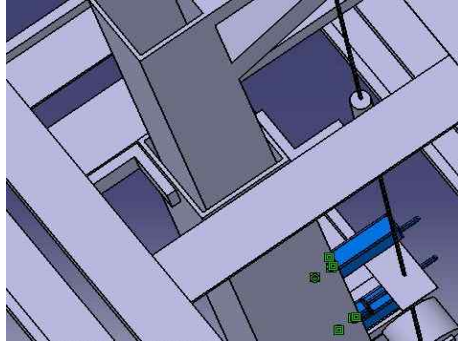


Fig. 2-2-22 사각파이프(상) 고정부분

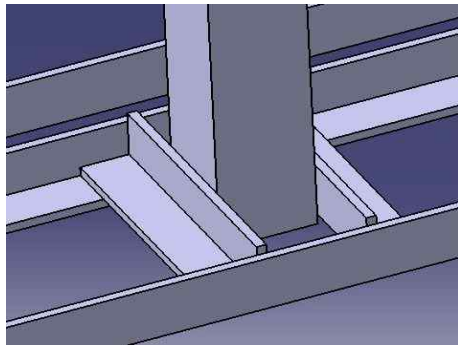


Fig. 2-2-23 사각파이프(하) 고정부분

Fig. 2-2-22에 사각파이프 상단 고정부분으로써 50mm의 사각 파이프의 직경에 딱 맞게 고정하기 위해서 앵글로 사각 파이프의 외부직경에 맞게 틀을 짜서 좌우 앞뒤로 흔들림이 없이 고정하도록 설계하였고, Fig. 2-2-23에 사각 파이프의 가장 아랫면으로써 상단에 비해 더 튼튼하게 고정이 되어야 하므로, 구멍을 뚫어 볼트로 고정하여 움직이지 않도록 설계하였다.

(6) 하중 조절 부분

Fig. 2-2-24를 보면, 아크릴을 이용한 사각 틀이다. 상단의 구멍에는 스프링의 고리부분이 돌출되게 되어 있고, 안에는 스프링이 케이스와 일체형으로 되어 케이스 안에서 유동 할 수 있도록 설계 하였고, 하중을 조절하기 위해서 리미트 스위치가 내부에 부착되도록 설계

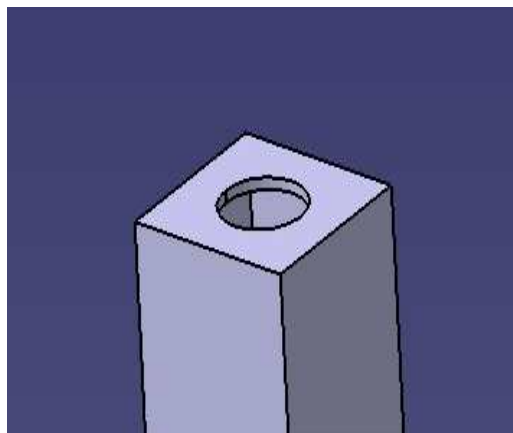


Fig. 2-2-24 스프링 케이스 상단

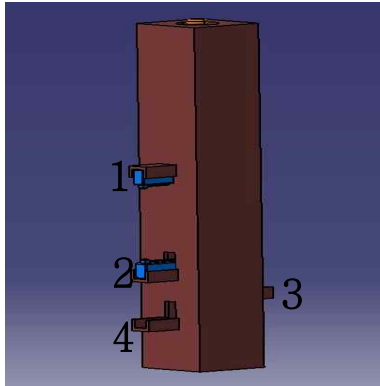


Fig. 2-2-25 리미트 스위치 부착 위치

위의 Fig. 2-2-24와 Fig. 2-2-25는 스프링 케이스에 대한 3D설계도이다. (1) 부분에 정 방향 리미트 스위치를 부착하고 (2),(3),(4) 부분에는 역방향 리미트 스위치를 부착하게 된다. 예를 들어 (1) 부분에서 스프링이 시작을 하며 원하는 하중인 (2)부분 9kgf, (3)부분 13kgf, (4)부분 17kgf 의 하중 중에 도달 하였을 때 리미트 스위치의 작동으로 목표점에서 다시 복원 점으로 돌아오게 된다. 목표 점에서 복원 점, 복원 점에서 목표 점으로 반복운동을 하면서 사용자의 목에는 임의의 정해진 하중 중에서 목표하는 하중에 도달 하여 목견인 치료를 할 수 있도록 해주는 하중 조절 장치이다.

*** 하중 설정 방법**

Table 2-2-1 하중 설정 방법 및 작동 방법

목표	방법	설명
9Kgf	(2)에 리미트 스위치 안착	원하는 위치에 놓인 리미트 스위치를 스프링이 늘어나면서 누르게 되면 역으로 돌면서 (1)의 스위치로 돌아와 다시 누르면서 반복운동을 하게 된다.
13Kgf	(3)에 리미트 스위치 안착	
17Kgf	(4)에 리미트 스위치 안착	

*** 하중 실험 검증 방법**

하중 값이 나오는 스프링을 이용하여 원하는 하중이 가해지는 모습을 검증한다.



Fig. 2-2-26 하중 값 검증 기구

사람의 목에 목견인기를 설치한 상태에서 컨트롤 박스로 ON스위치를 켜면, 모터의 동력으로 와이어가 폴리에 감기면서 스프링에 하중이 가해질 때에 검증 기구가 늘어나면서 기존 리미트 스위치로 목표 했던 시점에 정확히 도달하였는지를 Fig. 2-2-26에 표시된 눈금으로 한 번에 확인 할 수 있다.

*** 스프링을 이용한 검증 방법**

스프링 상수(k)가 0.45kgf/cm 인 스프링을 가지고 하중 9kg, 13kg, 17kg에 각각 10회의 걸쳐 변위를 구하여 평균값을 낸 후 스프링 상수(k)와 비교해본다.



Fig. 2-2-27 검증용 스프링 고정면



Fig. 2-2-28 17kgf의 하중이 가해지는 모습

Fig. 2-2-27의 방법으로 반대편에 와이어로 고정을 하고 스프링을 연결한 후 인장과 수축을 각각 10회 실시 하였고, Fig. 2-2-28처럼 값을 기록하였고 그 값들의 평균을 내었다. 9kgf의 경우 평균 20.55cm의 변위가 나타났고, 13kgf의 경우 27.36cm의 변위가 나타났으며, 마지막으로 17kgf의 경우 35.47cm의 길이 변위가 나타났다. 실험의 스프링 상수는 9kgf, 13kgf 그리고 17kgf의 하중에 따라 0.4379kgf/cm, 0.4751kgf/cm 그리고 0.4792kgf/cm이다.

3. 시작품 제작

3-1. 구조 제작

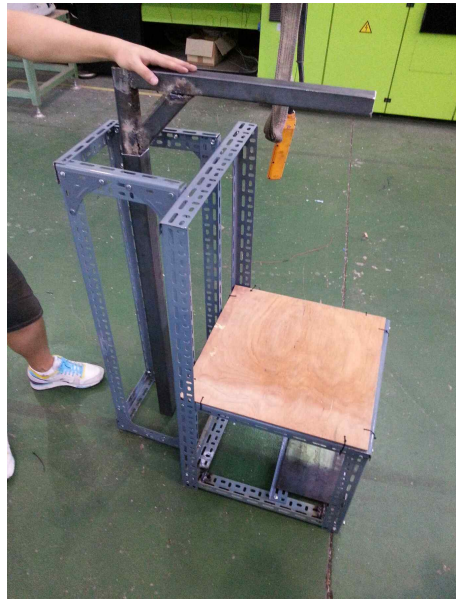


Fig. 3-1-1 초기모델

구조의 틀을 앵글로 제작하여 보다 쉽고 튼튼한 구조를 생각하여 실시하였다. Fig. 3-1-1은 스프링을 이용한 목걸인 치료기의 초기 구조로써 아래에 바퀴를 장착할 경우 불안정한 구조를 보였다.

1) 현재 개선된 모델



Fig. 3-1-2 개선된 모델

Fig. 3-1-2은 앵글을 이용하여 초기 모델과 달리 의자 부분과 고정대의 틀 부분을 따로 분리하지 않고 하단 앵글 부분을 일체화 함으로써 구조에 안정감을 향상 시켰다. 또한 삼각대를 이용하여 앵글간의 90도의 정확한 고정 단면을 구축하여 사용자가 앉을 경우 하중을 안전하게 분산시킬 수 있었다.



Fig. 3-1-3 이동식 바퀴 부착

Fig. 3-1-2의 개선된 구조에서 안정화를 위해 Fig. 3-1-3은 일체화 시킨 앵글의 하단 부분의 양 끝 4개의 꼭지 점 부분에 360도 회전이 가능한 바퀴를 장착하여 무거운 점을 감안한 이동이 편이 하도록 제작 하였다.

3) 지지대 제작



Fig. 3-1-4 지지대 제작 및 도르래 설치

Fig. 3-1-4에 보이는 것과 같이 40mm 사각 파이프를 이용하여 지지대를 만들고 하중을 받는 것을 생각하여 삼각대를 설치하고 용접을 하여 와이어에서 전해지는 하중을 분산되게 제작 하였고, 도르래를 사각파이프의 지지대에 설치하여 풀리에서 나오는 와이어의 이동을 원활하게 유동 할 수 있도록 제작 하였다.

4) 지지대 고정

(1) 지지대 고정 위치



Fig. 3-1-5 지지대 위치

Fig. 3-1-5에 보이는 것과 같이 앵글로 짜여진 의자 모양의 등받이 뒷 부분에 고정대가 들어가는 틀을 만들어 고정대를 고정하고 50mm의 고정대 안에 42mm의 지지대를 제작하여 길이조절이 가능하도록 제작 하였다.

(2) 상단



Fig. 3-1-6 상단 고정 부분

Fig. 3-1-6을 보시면 고정대의 안에 딱 맞게 지지대가 들어가도록 되어 있는 것을 볼 수 있다. 이런 점을 감안하여 윗부분은 볼트로 고정하게 되면 지지대가 이동을 할 수 없기 때문에 앵글로 고정대의 직경만큼 틀을 만들어 고정하였다.

(3) 하단



Fig. 3-1-7 하단 고정 부분

Fig. 3-1-7의 아랫부분은 상단부분과 달리 지지대의 영향을 적게 받기 때문에 고정대의 하단 부분은 밀링기계를 이용하여 구멍을 뚫고 외관 구조에 사용된 앵글로 간단한 구조를 만들어 앵글의 구멍을 이용하여 볼트를 단단히 고정해 고정대가 움직이지 않도록 제작하였다.

5) 내부 조립

(1) 철판 고정 틀

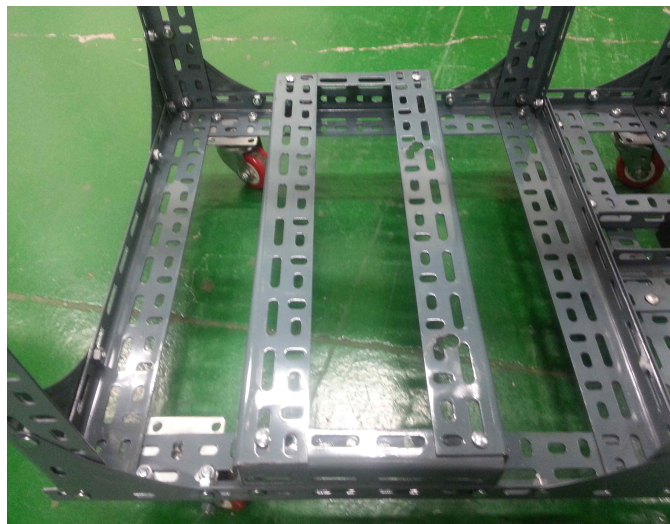


Fig. 3-1-8 철판 고정 틀

Fig. 3-1-8에 보면 앵글을 이용해 만들어진 의자 모양의 구조 안쪽에 앵글을 이용하여 160mm × 500mm의 틀을 만든 뒤 밀링기계를 이용하여 철판이 고정 될 수 있도록 필요한 구멍을 뚫었다.

(2) 철판 고정 부품



Fig. 3-1-9 철판에 고정된 부품

Fig. 3-1-9를 보면, Fig. 3-1-8의 틀에 고정된 철판의 윗부분에 정역AC모터와 일체형인 폴리&샤프트를 고정하고 그 사이에 체인을 연결하여 최종 와이어가 당겨질 수 있는 구조로 제작하였다. 모터에는 전자 브레이크가 달려있어 후반 텐션이 걸려있고, 동력 또한 무부하 상태 일 경우 전자 브레이크를 이용하여 일시정지 하게 된다.

(3) 도르래&와이어



Fig. 3-1-10 도르래&와이어

Fig. 3-1-10을 보면, 일체형인 샤프트에 연결된 폴리에서 풀려져 나오는 와이어가 도르래에 연결되어 상단 개체물이 걸리는 곳까지 힘의 손실 없이 이동할 수 있도록 제작 하였다. 도르래는 고정대에 구멍을 뚫어 나사로 고정을 하였고 상단 지지대에는 용접을 이용하여 도르래를 고정하였다.

(4) 스프링 케이스

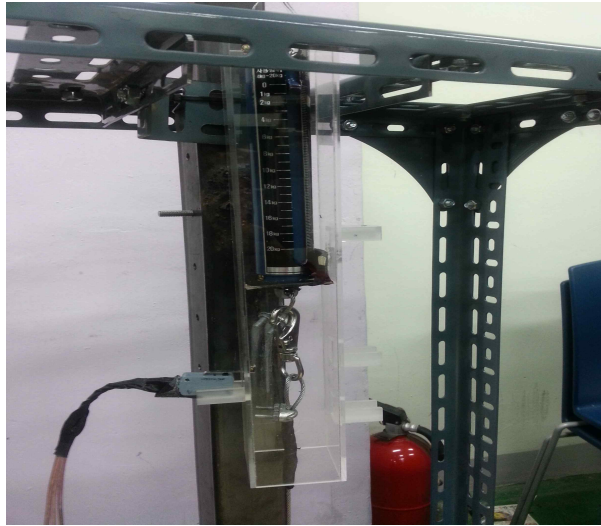


Fig. 3-1-11 스프링&케이스 결합 부분

Fig. 3-1-11에 보이는 것과 같이 투명 아크릴을 이용하여 스프링 케이스를 제작하였고 내부에는 스프링이 들어가 들어나는 길이에 따라 하중이 걸리도록 제작 하였다. 스프링 케이스의 상단에는 복원 점 리미트 스위치를 부착할 수 있도록 되어있고 반대로 목표 점인 하중 조절 리미트 스위치는 9kgf, 13kgf 그리고 17kgf중 원하는 하중에 달수 있도록 고정이 아닌 유동적인 형상으로 제작 하였다.

(5) 상단 텐션



Fig. 3-1-12 상단 하중 장치

Fig. 3-1-12에 보이는 것과 같이 약 600g의 쇠기둥을 이용하여 가운데 구멍을 뚫어 목견인의 위쪽 부분의 와이어에 연결하였다. 전방 텐션장치로써 환자가 치료를 끝낸 후에도 전방 텐션이 가해져 폴리에 감겨있는 와이어가 원 상태를 유지 할 수 있도록 하였다.

3-2. 하중 조절

1) 스프링 케이스

스프링 케이스에 스프링이 들어가 고정되게 되고, 1번에 리미트 스위치가 일시적으로 고정된다. 스프링의 늘어나는 길이로 하중을 조절하며, 늘어나는 길이에 맞게 홈을 파서 리미트 스위치가 들어갈 수 있도록 제작하였다.

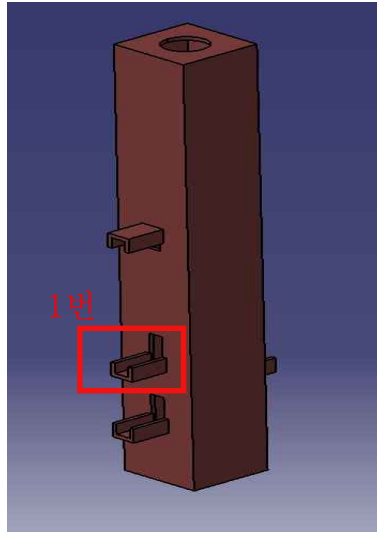


Fig. 3-2-1 하중조절 스프링 케이스

Fig. 3-2-1의 제품은 투명 아크릴로 제작되었으며, 상단의 구멍으로 스프링의 상단 고리가 나와 와이어의 연결고리에 고정되어 작동한다. 스프링은 스프링 케이스 안에서만 인장과 수축을 반복하게 되며 스프링 케이스는 스프링 위에 놓여 와이어의 움직임에 따라 함께 움직인다. 한 마디로 아크릴로 제작된 케이스는 스프링의 일체형으로 모터의 구동에 따라 상하로 이동하게 된다.

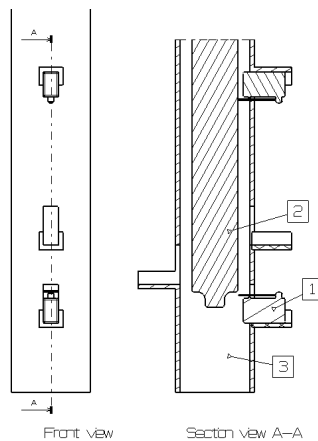


Fig. 3-2-2 스프링 케이스 단면도

Fig. 3-2-2의 단면도를 보면, 스프링②이 스프링 케이스③의 안에 장착 되며 스프링②이 늘어나면서 리미트 스위치①를 건들리게 된다. 위 단면도는 스프링 케이스③의 내부의 모습과 리미트 스위치①가 장착되면서 스프링②이 늘어나 어떻게 치는지를 표현한 그림이다.



Fig. 3-2-3 복원점 리미트 스위치

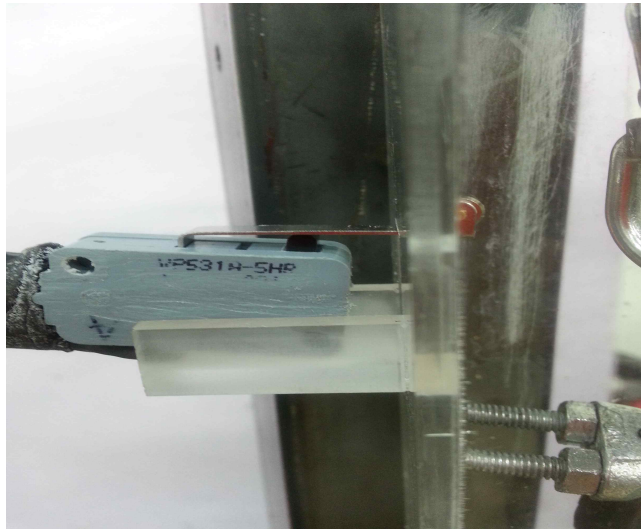


Fig. 3-2-4 목표점 리미트 스위치

Fig. 3-2-3에 보이는 것과 같이 상단의 복원점 리미트 스위치는 스프링 케이스에 고정되어 있으며, Fig. 3-2-4에 보이는 것과 같이 하단 목표점 리미트 스위치는 원하는 하중 위치에 놓여져 있다. Fig. 3-2-4에 보면 빨란 숫자가 적인 스티커가 붙어 있는데, 보여지는 면에는 9kgf와 17kgf의 하중을 줄 수 있는 받침대가 있고 정 반대편에는 13kgf의 하중을 줄 수 있는 받침대가 놓여져 있어서 원하는 하중에 리미트 스위치를 옮겨 놓으면 스프링이 늘어나면서 목표점의 리미트 스위치를 누르게 된다.

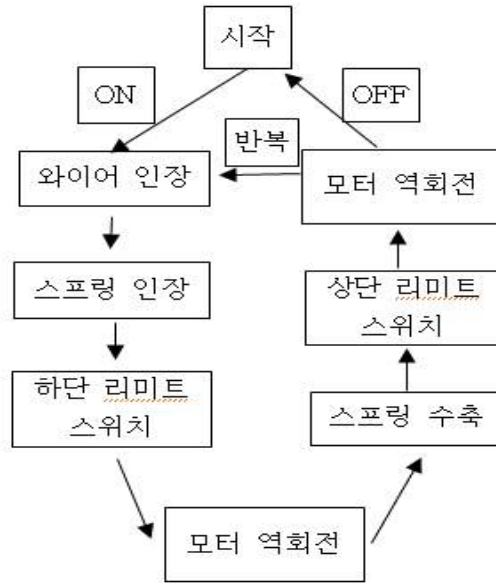


Fig. 3-2-5 하중조절 플로우 차트

Fig. 3-2-3의 플로우 차트를 보면, 모터가 구동을 시작하면, 기어체인을 이용해서 6RPM으로 줄게 된다. 그런 다음 샤프트에 연결된 폴리에 와이어가 감기고 풀리게 되는데, 초기 모터가 움직이면서 와이어가 인장된다. 인장되면서 하중이 가해지기 시작하면 스프링이 늘어나게 된다. 늘어나면서 원하는 하중의 목표 점에 도달 하면 리미트 스위치를 누르게 된다. 그렇게 되면 모터는 역회전을 하게 되며, 목표 점에서 다시 복원 점으로 스프링이 수축이 되면서 복원 점에 있는 리미트 스위치를 누르게 된다. 이런 동작들이 단순 반복적으로 이루어지게 된다.

이런 하중 조절을 위한 스프링 케이스는 복원 점에서 목표 점까지 줄 수 있는 하중은 총 3가지로써, 9kgf와 13kgf, 17kgf의 하중을 다르게 줄 수 있다. 물론 하중 조절을 하기 위해서는 최초 기기를 작동하기 전에 스프링 케이스의 목표 점에 위치한 리미트 스위치를 원하는 하중의 위치에 임시 고정을 시킨 후 컨트롤 박스를 이용하여 작동을 하여야 할 것이다.

4. 운용 및 시험

4-1. 운용 및 시험 요구조건

1) 이론

사용자의 목(평균 5 ~ 10kg)을 스프링의 늘어나는 길이(변위)에 따라 하중을 조절 할 수 있다. 스프링의 복원점과 목표점에서 각각 리미트 스위치를 설치하여 스프링이 리미트 스위치에 각각 도달하면 정/역으로 변환된다.

2) 작동 방법

Fig 4-1-1 ~ 3의 순서로 이용한다.



Fig. 4-1-1 초기 셋팅

먼저 Fig. 4-1-1과 같이 실험자가 의자에 착석하고 와이어 줄 목견인기를 목에 장착하고, 실험자가 원하는 하중 값에 리미트 스위치를 임시 고정된 후, 완료가 되면 START버튼을 눌러 운영을 시작한다.

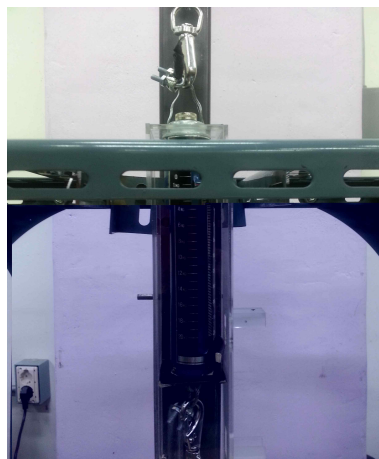


Fig. 4-1-2 원점 스프링

초기 세팅값으로 하중이 0kg가 가해지는 시점에서 운영이 시작된다. Fig. 4-1-2의 그림은 초기 하중이 가해지지 않은 모습의 사진이다.

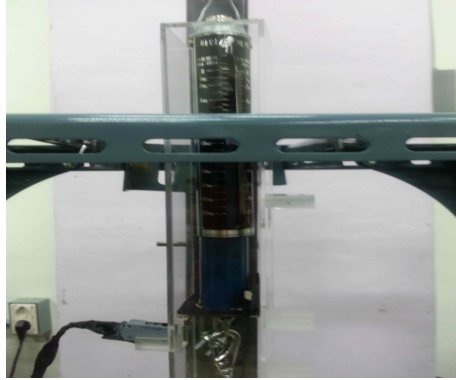


Fig. 4-1-2 인장된 스프링

Fig. 4-1-2를 보면 작동이 시작이 되면서 스프링이 늘어나게 된다. 늘어난 스프링은 사용자가 원하는 하중 값에 위치한 리미트 스위치에 도달하게 되면, 인장에서 수축을 나타내며 복원 점으로 다시 돌아오게 된다.

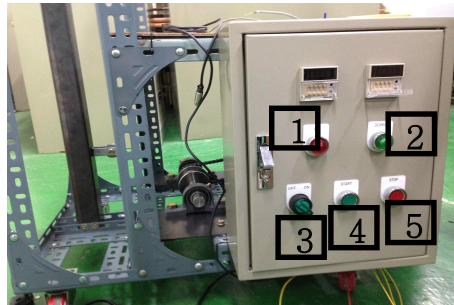


Fig. 4-1-3 컨트롤 박스

Fig. 4-1-3을 보면, 사용자의 셋팅이 완료가 되면 전원 ON/OFF버튼③을 ON으로 돌려 놓은 후 START버튼④을 눌러 작동을 시작하게 되면, 스프링의 인장 시 UP①에 불이 들어오고 수축 시 DOWN②에 불이 들어와 표시가 된다. 기기 작동에 오류가 발생하거나 위급한 경우 STOP⑤버튼을 눌러 일시 정지 하며, 누른 후 전원 ON/OFF버튼③을 OFF로 돌려 전원을 완전히 차단한다.



Fig. 4-1-4 작동 모습

Fig. 4-1-4을 보면, 사용자가 치료를 받는 모습으로써, 스프링의 끝점이 최대 목표점에 도달하면 스프링이 리미트 스위치를 누르게 되고 모터의 회전은 정 회전에서 역 회전으로 전환된다. 다시 자유장의 길이만큼 복원되면 모터는 다시 역 회전에서 정 회전으로 전환된다. 이런 모터의 구동이 단순 반복적으로 이루어지며, 실험자의 목을 치료 할 수 있게 된다.

4-2. 스프링을 이용한 하중 검증 방법 및 결과

1) 스프링을 이용한 검증 방법

스프링 상수(k)가 3.4kgf/cm 인 스프링을 가지고 하중 9kg, 13kg, 17kg에 각각 10회의 걸쳐 스프링이 늘어나는 변위를 구하여 평균값을 낸 후 스프링 상수(k)와 비교해본다.

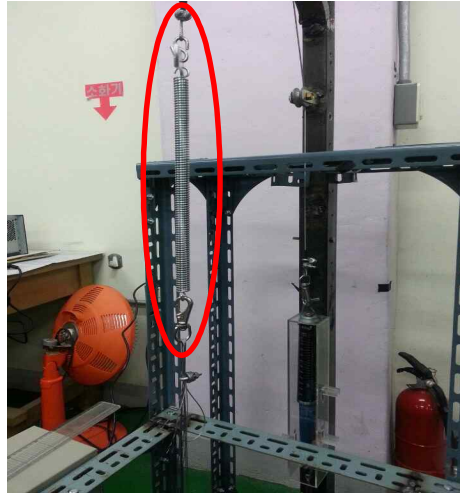


Fig. 4-2-1 검증 용 스프링 위치

Fig. 4-2-1 을 보면, 실험자의 상단에 도르래를 통해 내려오는 와이어에 목걸인기가 아닌 스프링을 연결하고 의자의 아랫부분에 앵글을 고정하여 와이어를 연결한 후 반대쪽 스프링을 연결하여, 작동을 하게 된다.

실험자가 앉아 작동하는 원리처럼 스프링 케이스에 원하는 목표점의 하중에 리미트 스위치를 장착하고, 컨트롤 박스에 START버튼을 눌러 작동을 시작한다. 그렇게 되면 모터가 동작을 시작하며, 가장 먼저 와이어를 감아 스프링의 인장이 먼저 나타나게 되고, 목표점에 도달하게 되면 리미트 스위치로 인해 복원 점으로 되돌아가게 된다.

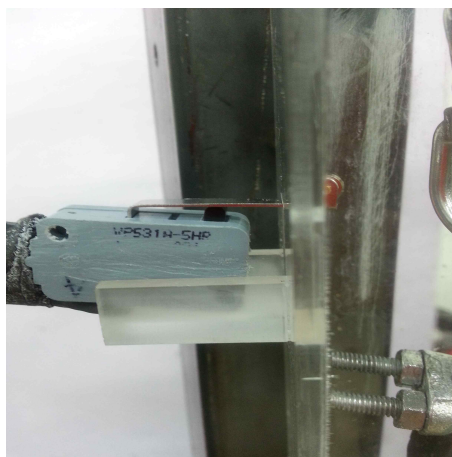


Fig. 4-2-2 목표점 리미트 스위치

Fig. 4-2-2 를 보면, 하중 조절 장치인 스프링 케이스 목표점에 리미트 스위치를 장착하여 검증을 시작한다. 하중 조절 목표점인 9kgf, 13kgf 그리고 17kgf이 스프링 케이스에 표시 되어 있으며, 목표점 하나마다 10회의 인장 시험을 하여 아래의 식(4.1)을 이용하여 스프링이 늘어나는 변위에 따른 스프링 상수(k)를 비교 해 보았다.

$$\text{스프링 상수 } (k) = \frac{\text{하중 } (F)}{\text{스프링의 변위 } (x)} \quad (4.1)$$

(1) 검증 설명

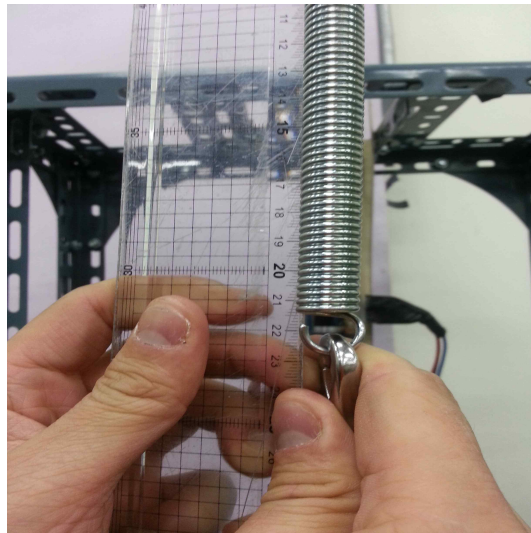


Fig. 4-2-3 검증용 스프링 실험 전

Fig. 4-2-3를 보면, 길이 21.5cm의 검증용 스프링으로 상단에는 모터에서 도르래를 통해 연결된 와이어가 고정이 되고, 하단에는 실험자의 의자 밑에 앵글에 와이어를 연결하여 스프링에 고정을 하고 검증실험을 준비 한다.

검증용 스프링을 Fig. 4-2-1에서 보이는 부분에 고정을 한 뒤 Fig. 4-2-2 처럼 하중 조절 장치인 스프링 케이스에 리미트 스위치를 부착시킨다. 복원점에는 리미트 스위치가 고정되어 있다. 검증용 스프링의 셋팅이 완료가 되면, 컨트롤 박스를 이용하여 START버튼을 이용하여 모터를 작동 시킨다. 동작되는 모터는 하중조절 장치인 리미트 스위치를 이용하여 정/역회전을 하면서 검증용 스프링이 인장과 수축을 반복하게 된다.

우리는 10회의 인장과 수축의 반복 실험을 하였고, 그 실험에 대한 데이터를 기록하여 평균을 내어 스프링 상수(k)와 비교하였다.

*** 하중 조절 목표점 9kgf 검증**

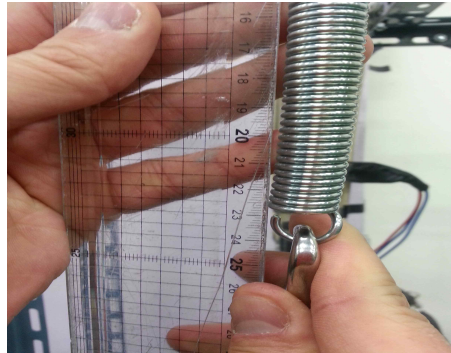


Fig. 4-2-4 하중 9kgf의 힘에 늘어난 검증용 스프링

하중 조절 장치인 스프링 케이스의 9kgf 목표점에 도달하였을 때 컨트롤 박스의 STOP버튼을 이용하여 모터 구동을 멈추고, Fig. 4-2-4와 같이 자를 이용하여 검증용 스프링의 변위를 측정하여 기록하고 이를 10회 반복하여 평균값을 산출하였다.

Table 4-1 하중 9kgf의 측정 기록(단위:cm)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
9kgf	24.3	24.4	24.3	24.3	24.4	24.1	24.0	23.8	24.3	23.6
변위	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.6	2.5	2.3	2.8	2.1

하중 9kgf가 가해질 때의 검증용 스프링의 변위는 Table 4-1과 같고 평균 2.65cm로 나타났으며, 스프링 상수(k)는 약 3.3962kgf/cm이다.

*** 하중 조절 목표점 13kgf 검증**

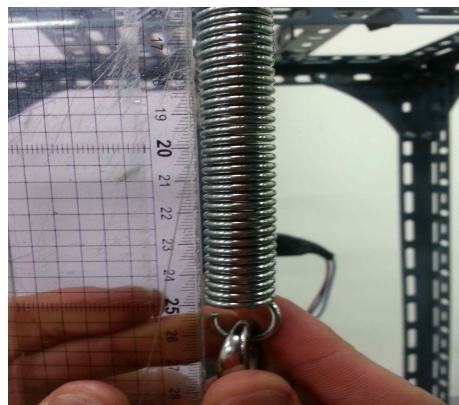


Fig. 4-2-5 하중 13kgf의 힘에 늘어난 검증용 스프링

하중 조절 장치인 스프링 케이스의 13kgf 목표점에 도달하였을 때 컨트롤 박스의 STOP버튼을 이용하여 모터 구동을 멈추고, Fig. 4-2-5와 같이 자를 이용하여 검증용 스프링의 변위를 측정하여 기록하고 이를 10회 반복하여 평균값을 산출하였다.

Table 4-2 하중 13kgf의 측정 기록(단위:cm)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
13kgf	25.1	25.8	25.4	25.5	25.1	25.2	25.2	25.4	25.5	25.4
변위	3.6	4.3	3.9	4.0	3.6	3.7	3.7	3.9	4.0	3.9

하중 13kgf가 가해질 때의 검증용 스프링의 변위는 Table 4-2과 같고 평균 3.86cm로 나타났으며, 스프링 상수(k)는 약 3.3679kgf/cm이다.

* 하중 조절 목표점 17kgf 검증

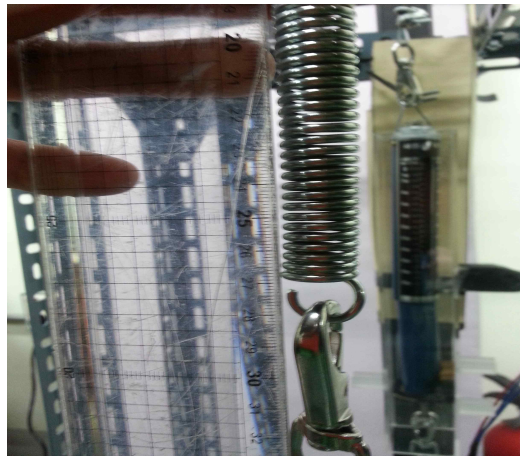


Fig. 4-2-6 하중 17kgf의 힘에 늘어난 검증용 스프링

하중 조절 장치인 스프링 케이스의 17kgf 목표점에 도달하였을 때 컨트롤 박스의 STOP버튼을 이용하여 모터 구동을 멈추고, Fig. 4-2-6와 같이 자를 이용하여 검증용 스프링의 변위를 측정하여 기록하고 이를 10회 반복하여 평균값을 산출하였다.

Table 4-3 하중 13kgf의 측정 기록(단위:cm)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
17kgf	26.7	26.5	26.4	26.5	26.6	26.1	26.2	26.7	26.8	26.2
변위	5.2	5.0	4.9	5.0	5.1	4.6	4.7	5.2	5.3	4.7

하중 17kgf가 가해질 때의 검증용 스프링의 변위는 Table 4-3과 같고 평균 4.97cm로 나타났으며, 스프링 상수(k)는 약 3.4205kgf/cm이다.

(2) 검증 정리

Fig. 4-2-1의 방법으로 반대편에 와이어로 고정을 하고 스프링을 연결한 후 인장과 수축을 각각 10회 실시 하였고, Fig. 4-2-3 ~ 4-2-5처럼 자를 이용하여 값을 기록하였고, 평균을 내었다. 9kgf의 경우 평균 2.65cm의 변위가 나타났고, 13kgf의 경우 3.86cm의 변위가 나타났으며, 마지막으로 17kgf의 경우 4.97cm의 길이 변위가 나타났다.

실험의 스프링 상수는 9kgf, 13kgf 그리고 17kgf의 하중에 따라 3.3962kgf/cm, 3.3679kgf/cm 그리고 3.4205kgf/cm이다.

4-3. 운용 및 시험결과

실험 결과에서 스프링의 변위는 이론과 동일 / 각 하중마다 스프링이 자유장에서 최대 변위까지 도달하는 시간을 측정하였다. 아래 Table 4-4는 각 하중마다 10번의 실험으로 변위를 측정하고 그 평균값을 작성한 표이다.

Table 4-4 하중에 따른 스프링의 변위(단위:cm)

하중 \ 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9kgf	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.6	2.5	2.3	2.8	2.1
13kgf	3.6	4.3	3.6	4.0	3.6	3.7	3.7	3.9	4.0	3.9
17kgf	5.2	5.0	4.9	5.0	5.1	4.6	4.7	5.2	5.3	4.7

실험에 쓰인 스프링의 상수는 3.4kgf/cm인데 실험결과에서 보이듯이 9kgf, 13kgf, 17kgf에서의 스프링 상수는 3.3962kgf/cm, 3.3679kgf/cm, 3.4205kgf/cm이고 오차는 각각 -0.0038 / -0.0321 / 0.0205로 실험 스프링의 상수와 오차가 적은 것을 알 수 있다.

이 오차의 발생 이유는 Table 4-4에서처럼 변위가 일정하지 않기 때문이다. 이 변위가 일정하지 않은 이유는 첫째, 와이어에 텐션을 주기 위해 전자브레이크와 무게 추를 설치함으로써 발생한다. 두 번째는 와이어마다 연결 되어있는 자재들의 무게 때문에 오차가 발생한다.

아래 Fig. 4-2-7을 보면, 각 하중마다 반복되는 힘을 그래프를 이용하여 나타내었다.

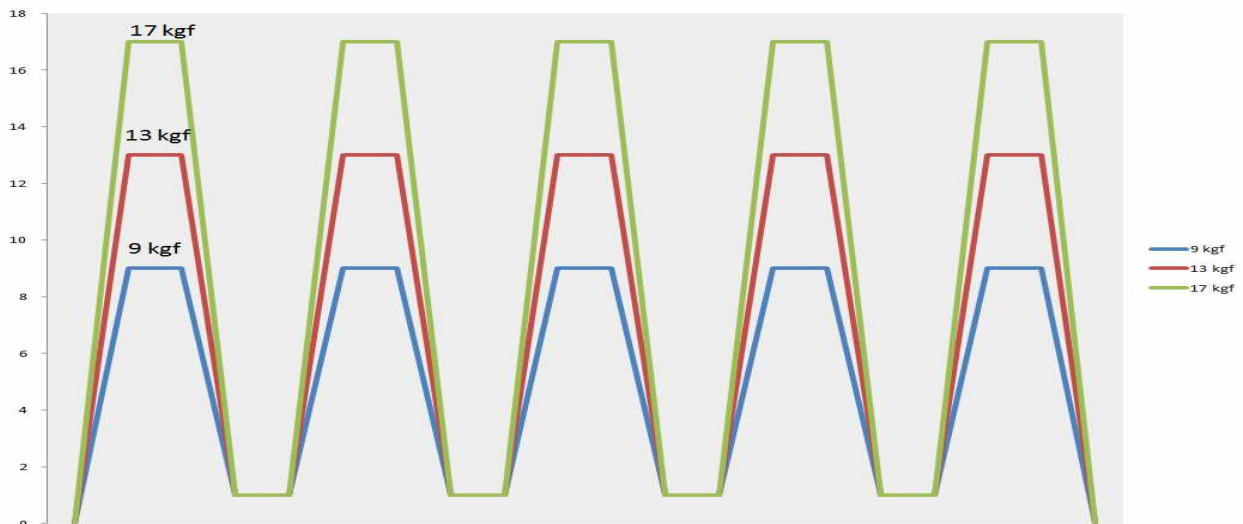


Fig. 4-2-7 하중 조절 그래프

5. 결론

90W의 정/역 모터를 감속기와 기어체인을 이용하여 최종 6rpm으로 감속 시키고, 그 회전을 샤프트와 일체형인 폴리로 연결되어 와이어를 감기고 푸는 식이다. 폴리에 감기는 와이어가 스프링에 하중을 주게 되는데, 각 각 3개의 하중을 줄 수 있다. 줄 수 있는 하중으로는 9kg, 13kg, 17kg의 하중이고, 이 하중을 실험자의 목에 줄 수 있게 제작 하였다.

하중 조절을 위해 복원점(고정된 리미트 스위치, 상단 부)에 위치한 리미트 스위치는 스프링 케이스에 고정되고, 목표점(유동 리미트 스위치, 하단 부)은 사용자가 원하는 하중의 값에 위치하여 스프링 케이스에 임시로 고정한다. 이 경우 사람이 직접 손으로 리미트 스위치의 위치를 바꾸어야 하는 불편한 점이 있다. 스프링이 목표점(유동 리미트 스위치, 하단 부)에 도달 할 때 리미트 스위치를 치는 건 문제가 없으나, 복원점(고정된 리미트 스위치, 상단 부)에 도달 할 때는 하중이 너무 적어 리미트 스위치를 치는데 문제가 발생하는 점이 있다. 이 부분의 문제로는 첫 째, 스프링에 가해지는 하중이 너무 적어 리미트 스위치를 치는 순간의 힘이 약하다는 점이다. 둘째, 컨트롤 박스 정/역 릴레이에서의 문제가 있었다. 마지막으로 사용자의 목은 인장과 수축을 반복하는데 스프링과 함께 인장운동을 할 때 오는 달리 수축일 경우에는 리미트 스위치를 치는 순간의 힘이 약하다는 것을 감안하지 못하였다. 그리고 실험 할 때 마다 스프링과 와이어가 상하로 계속 움직이게 되는데, 이 점은 실험자의 목과 관절 사이의 유동 때문에 스프링과 와이어 등이 상하로의 유동이 있는 점을 고려하지 못하고 제작한 것 또한 실험할 때 약간의 오차를 주게 된다. 또한 와이어와 스프링 케이스(하중조절)가 좌우로 유동이 있는데, 이 점은 사각기둥에 고리 링을 걸어 와이어를 좌우로의 유동을 최대한으로 잡아주어 실험할 때의 오류를 최대한으로 줄여 줄 수 있다. 와이어의 텐션 부분은 폴리에 감기는 와이어는 정렬되지 않고 감기는 경우가 종종 발생하였다. 이 부분을 폴리 부분에 자전거 기어 변속기방식으로 와이어를 정렬되게 감기고 풀릴 수 있도록 하는 장치가 필요할 것으로 판단되어 상단에 약 600g의 추를 달아서 전방 텐션이 가능하도록 할 수 있었다. 그리고 하중을 조절하는 스프링 케이스를 제작하는 과정에서 약간의 오차를 보여 약 0.2kgf의 근소한 하중 조절 오차 범위를 보이고 있다.

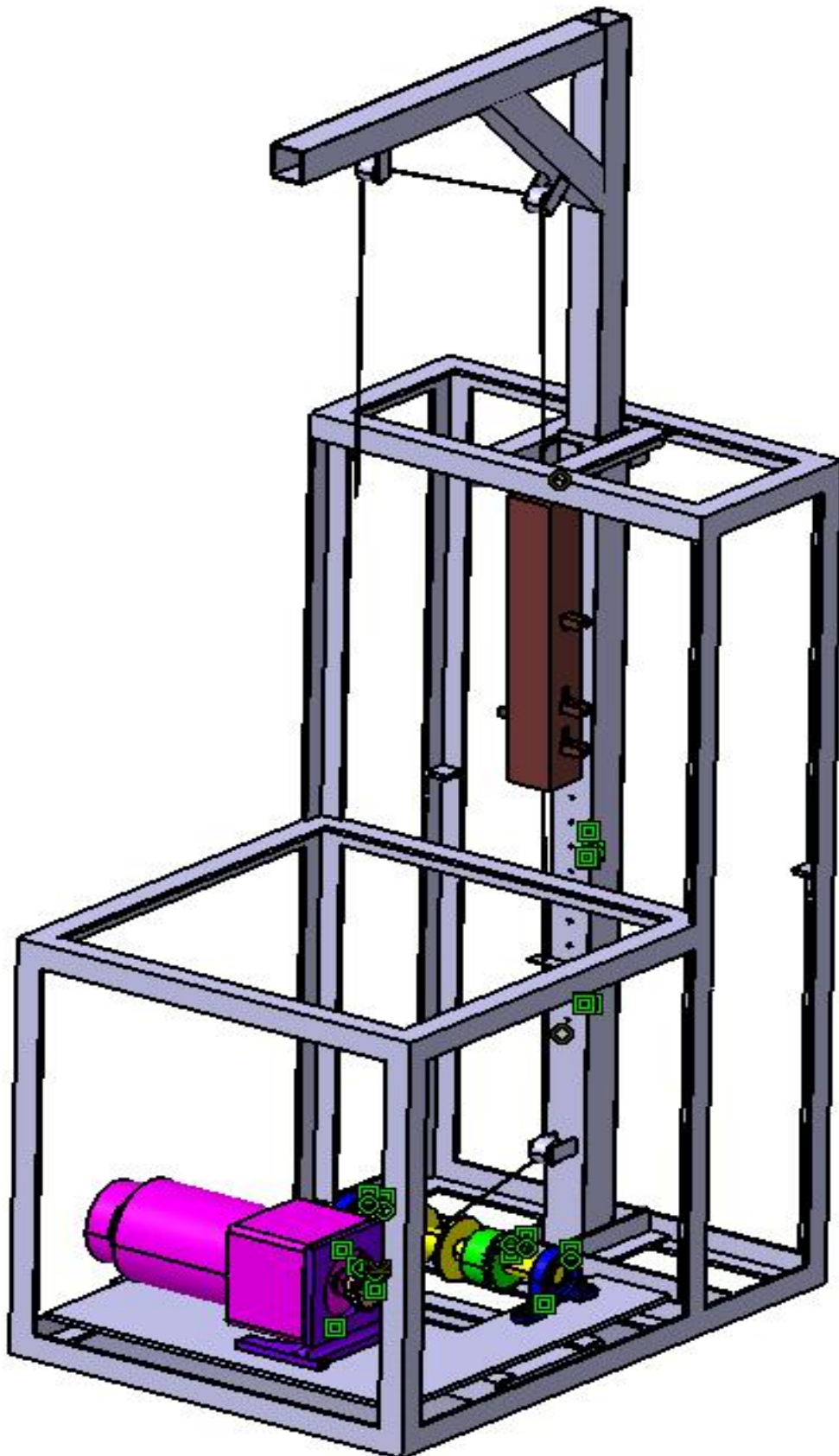
마지막으로 실험자에게 있어 좀 더 안정성 있고 정확한 목 견인을 위해 지정된 하중 값 보다는 실험자가 직접 손으로도 하중을 조절 할 수 있도록 리미트스위치를 따로 제작, 연결하여 하는 방식도 포함되어야만 의료기구로서의 안정성이 보장된다고 판단된다.

참고 문헌

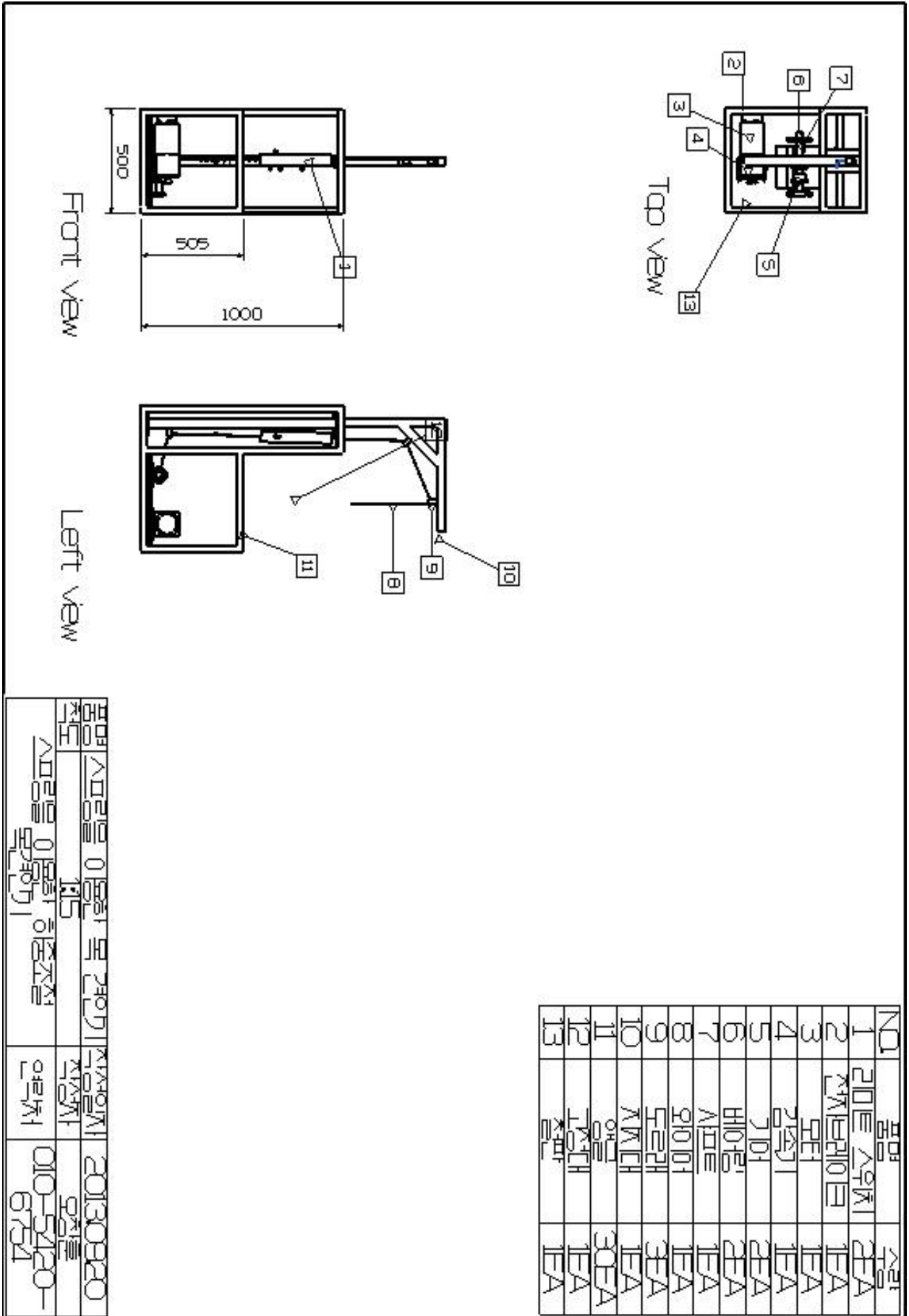
1. WARP 조, 주철 피복아크 용접시공에 따른 금속조직 및 경도 변화에 대한 연구, 학부 졸업 작품 전시회, 논문 참조 [2012]
2. O.S(Over Spec) 조, 자동차 후방 시야 확보를 위한 먼지 차단 스포일러, 학부 졸업 작품 전시회, 논문 참조 [2012]
3. 3 조, SM45C 탄소강 열처리에 대한 연구, 학부 졸업 작품 전시회, 논문 참조 [2012]
4. 신선돌풍 조, 스포일러를 통한 급제동력 능력 확보, 학부 졸업 작품 전시회, 논문 참조 [2012]
5. 특허청 : www.kipo.go.kr 관련 특허 참조
6. 네이버 : www.naver.com 자료 조사
7. 대구광역시 유통단지, 기어체인, 관련 자료 수집
8. 대구광역시 유통단지, 주인테크, 관련 자료 수집
9. 디스크 및 거북목증후군 파악 <http://dicagallery.com/140160161777>

부록

1. 시작품 전체 개념도



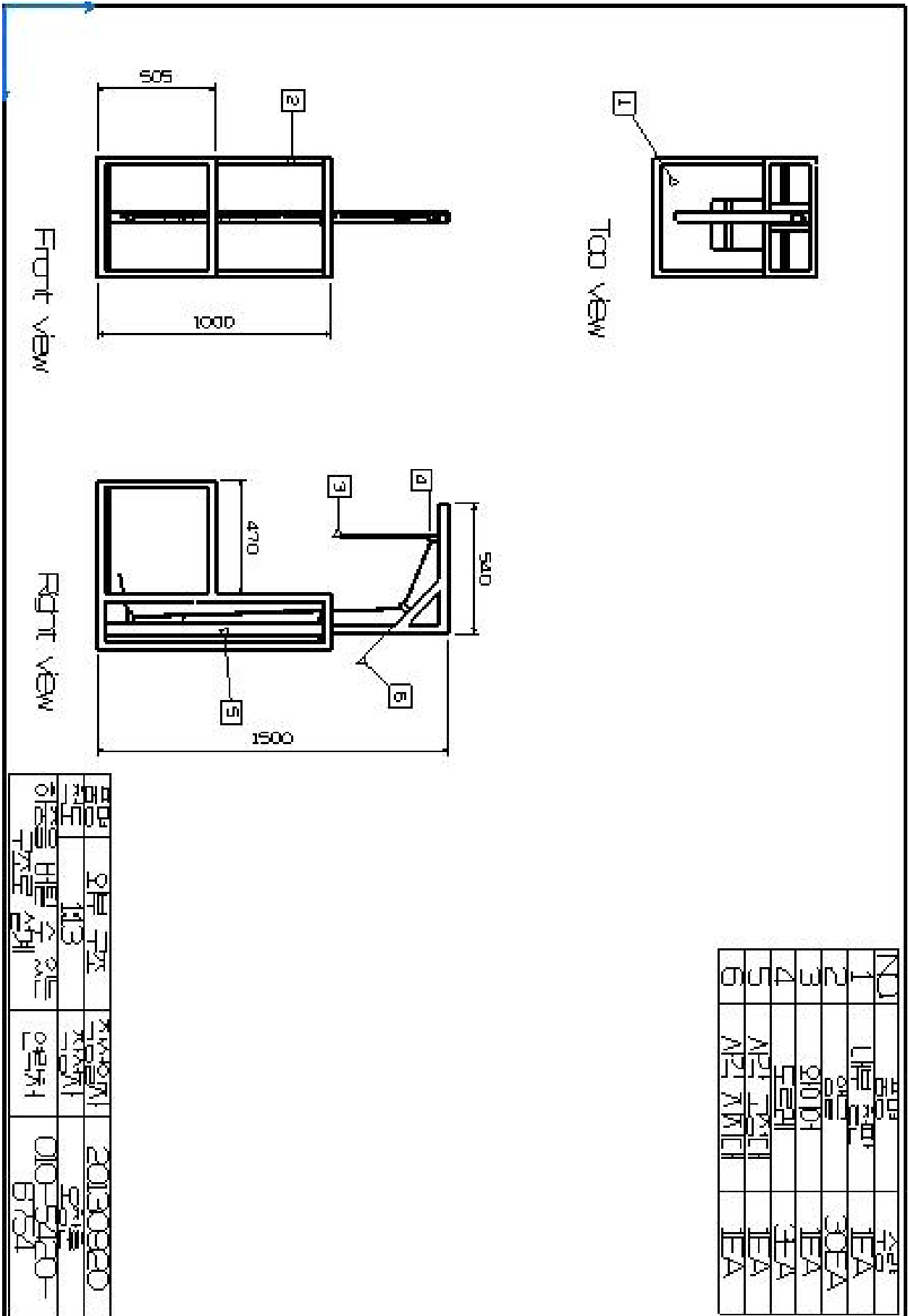
2. 시작품 전체 도면



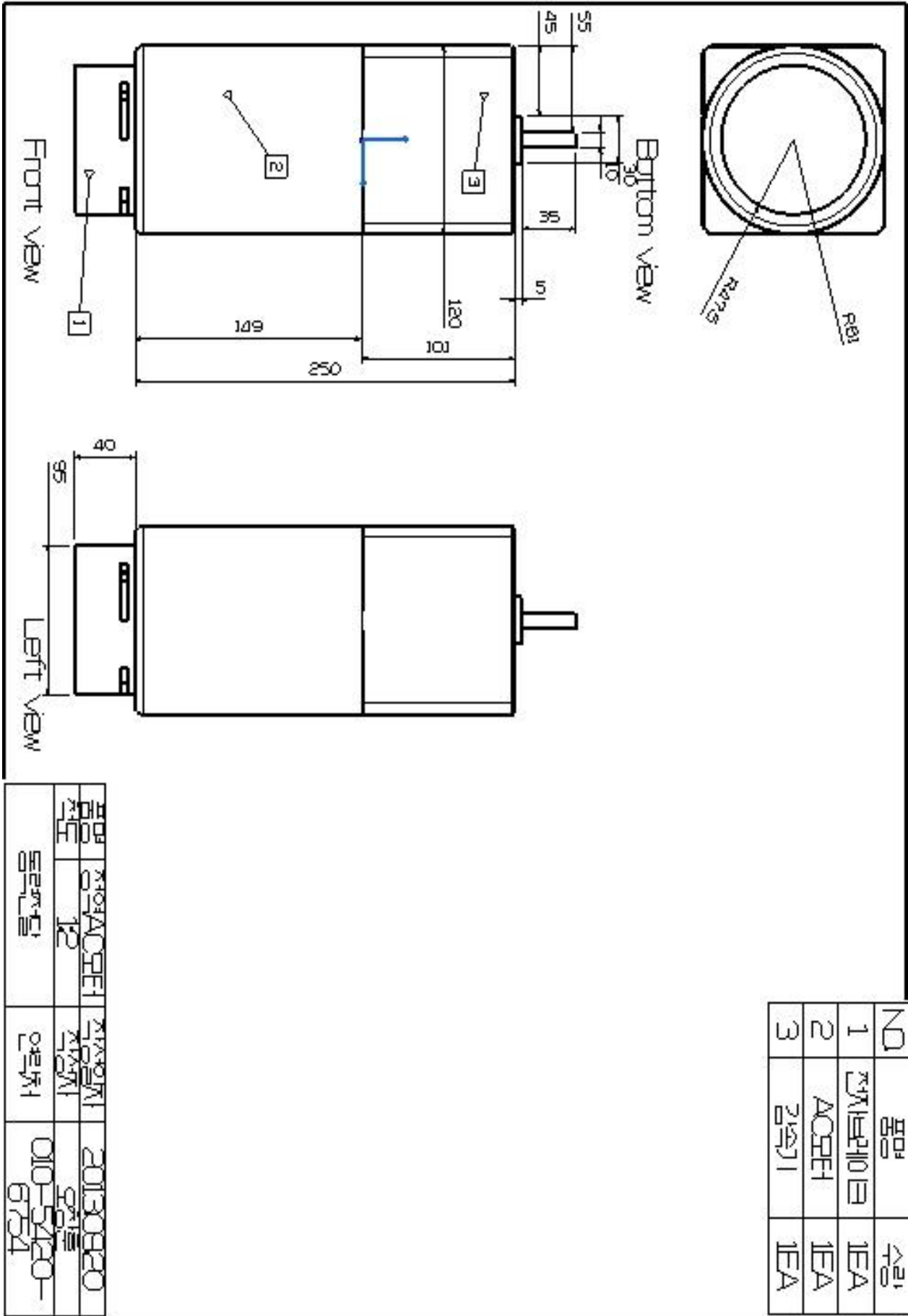
NO	품명	수량
1	리모트 스위치	3EA
2	스피커	1EA
3	무선	1EA
4	스피커	1EA
5	리모	3EA
6	리모	3EA
7	스피커	1EA
8	스피커	1EA
9	스피커	3EA
10	스피커	1EA
11	스피커	30EA
12	스피커	1EA
13	스피커	1EA

제품명	스피커 모듈	제출일	20130920
작업자	김민서	검열자	양지현
스피커 모듈	스피커 모듈	양지현	010-5420-6754

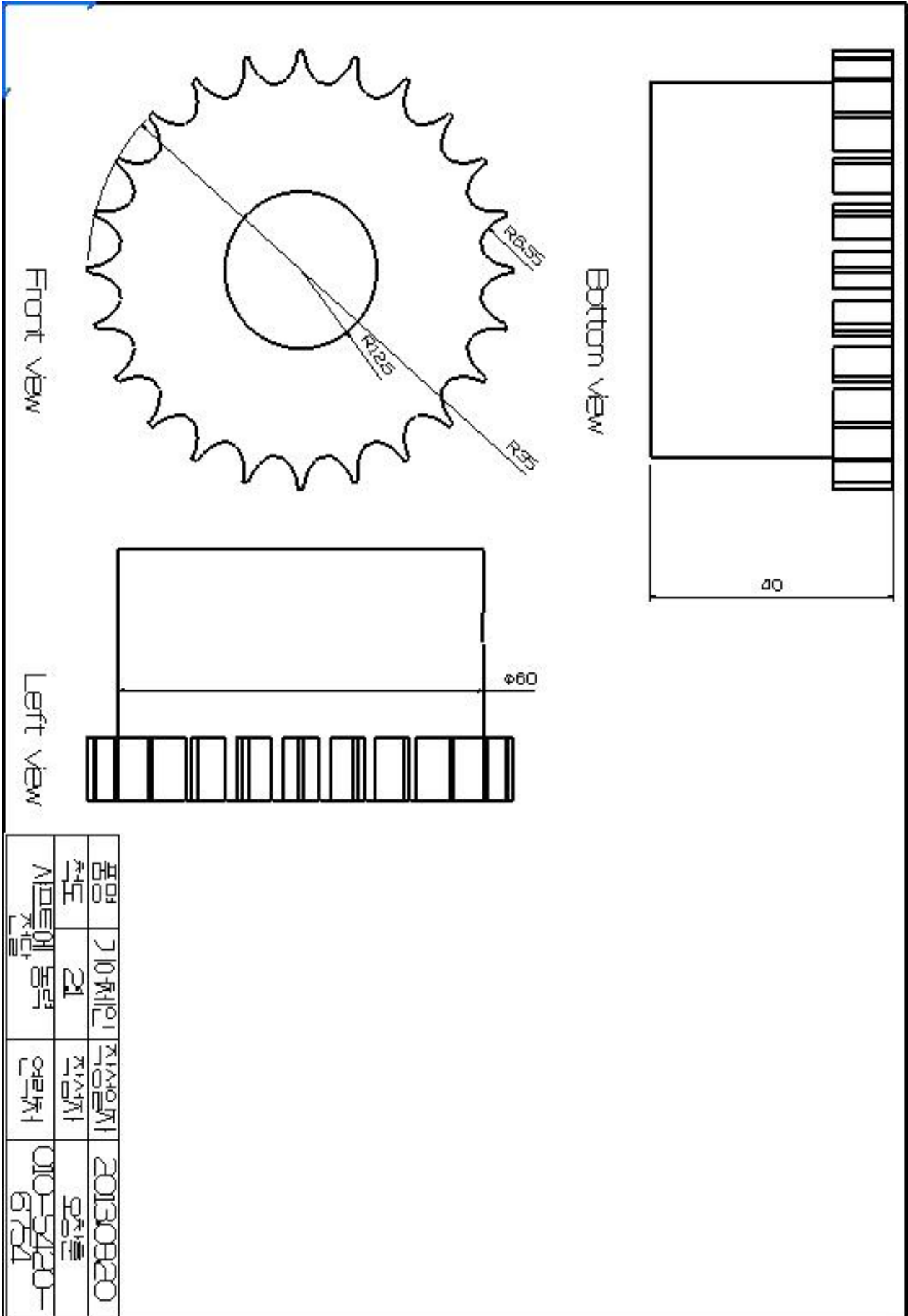
3. 부품도 - 프레임



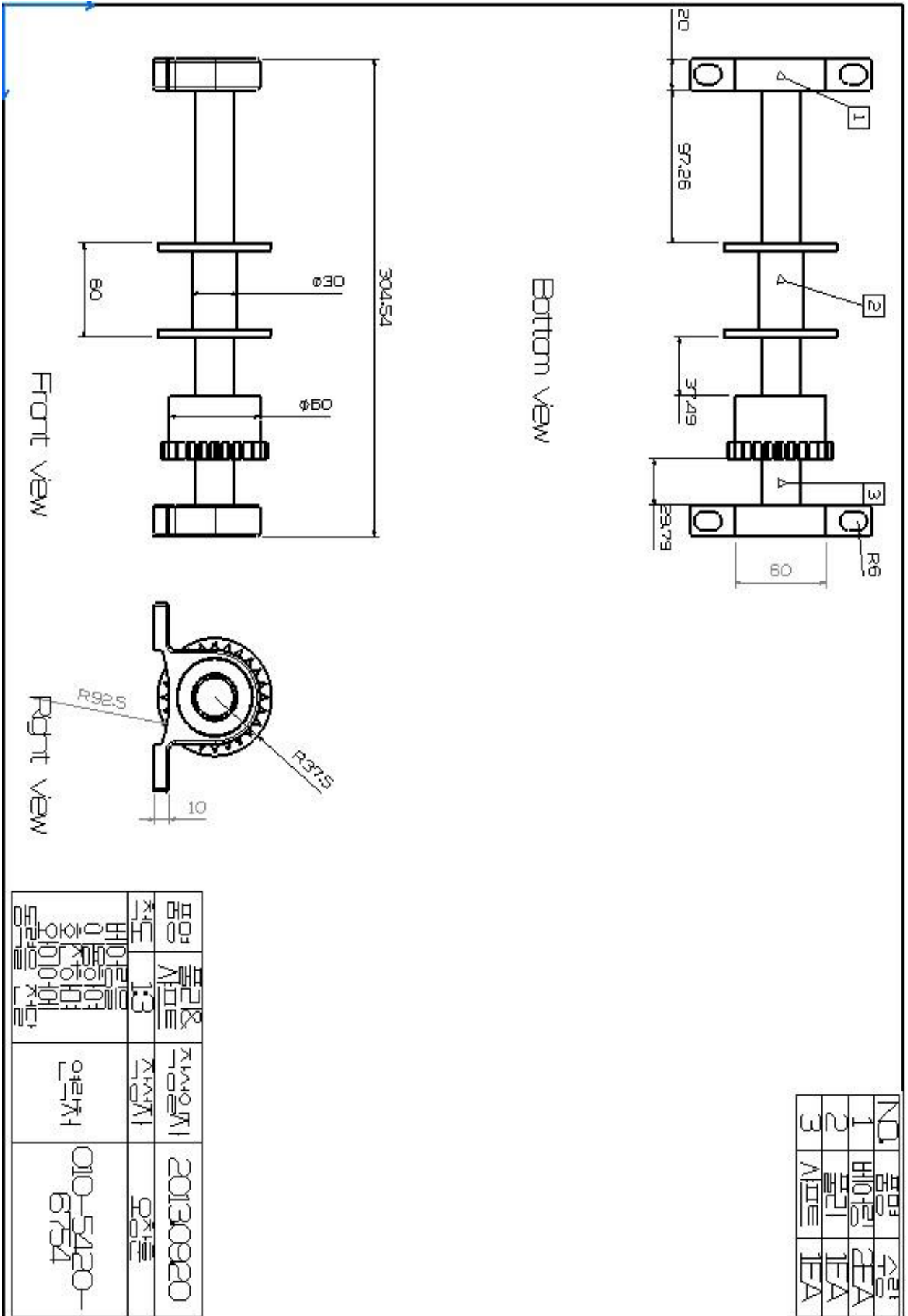
4. 부품도 - 모터 및 전자브레이크



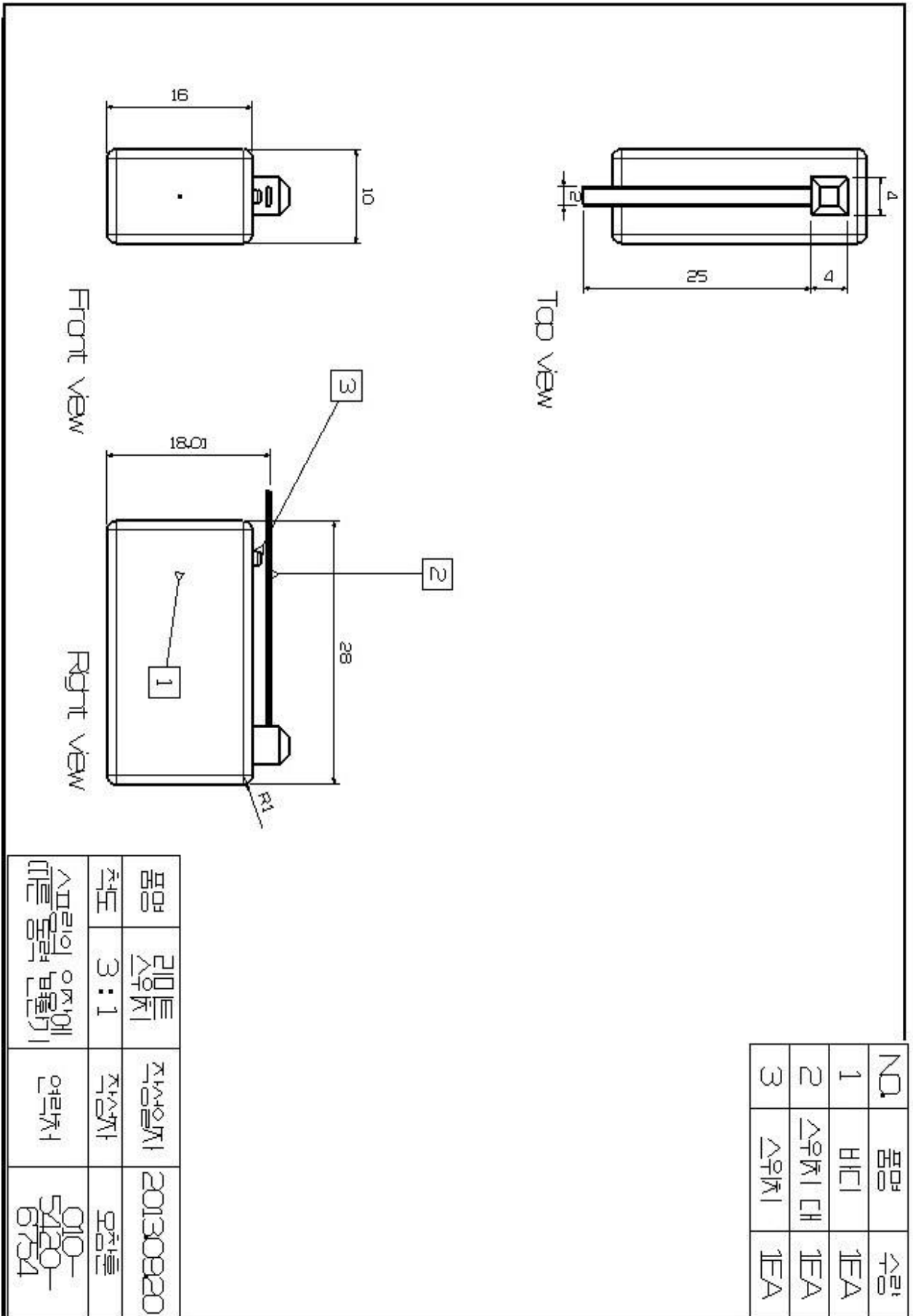
5. 부품도 - 체인기어



6. 부품도 - 샤프트 및 폴리



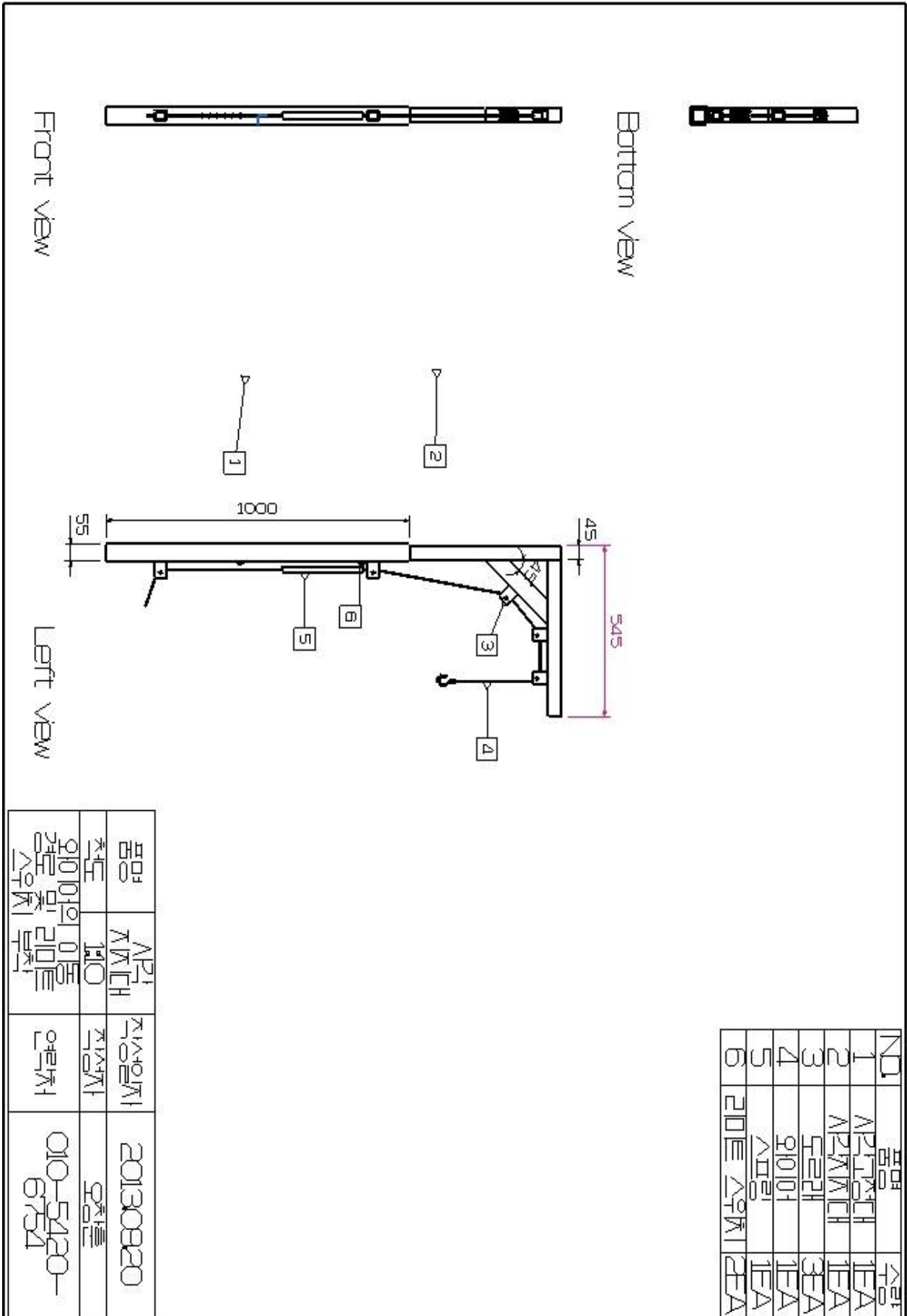
7. 부품도 - 리미트 스위치



NO	품명	수량
1	비치	1EA
2	△우측이대	1EA
3	△우측이	1EA

품명	리미트 스위치	작성일자	2013.09.20
척도	3 : 1	작성처	모집팀
△포리의 양쪽에 이들 물량 반영!		영리처	010-5420-6754

8. 부품도 - 고정대 및 지지대



9. 부품도 - 스프링 케이스

