

# 대한기계학회 주최

## 제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

### 설계 최종 보고서

|              |                                                  |                |           |        |    |
|--------------|--------------------------------------------------|----------------|-----------|--------|----|
| 참가부          | 대학부 ( V )                                        |                |           |        |    |
| 참가분야         | 공모주제 ( V ) / 자유주제 ( )                            |                |           |        |    |
| 참가팀명         | 누울까 말까                                           |                |           |        |    |
| 설계제목         | 침대 이동 보조 휠체어                                     |                |           |        |    |
| 지도교수/교사      | (소속)단국대학교 (성명) 조구영 (이메일)guyoungcho@dankook.ac.kr |                |           |        |    |
| 대표자<br>(신청인) | 성명                                               | 소속             | 연락처 (휴대폰) | E-mail | 주소 |
|              | 이재웅                                              | 단국대학교<br>기계공학과 |           |        |    |

### 참가팀원 인적사항

| NO | 성명  | 소속 / 학년           | E-MAIL               |
|----|-----|-------------------|----------------------|
| 1  | 문준연 | 단국대학교 기계공학과 / 4학년 | mjy5559@naver.com    |
| 2  | 이재웅 | 단국대학교 기계공학과 / 4학년 | wodnd0228@naver.com  |
| 3  | 이진유 | 단국대학교 기계공학과 / 4학년 | e_asynew@naver.com   |
| 4  | 최원창 | 단국대학교 기계공학과 / 4학년 | dnjsckd511@naver.com |
| 5  |     |                   |                      |
| 6  |     |                   |                      |

## 설계 요약문

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 참가분야          | 공모주제 ( V ) / 자유주제 ( )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 참가팀명          | 누울까 말까                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 설계제목          | 침대 이동 보조 휠체어                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 대표자명          | 이재웅                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 요약문           | <p>인구 고령화 현상이 빠르게 진행되면서 국산 휠체어에 대한 수요가 늘고 있다. 하지만, 아직까지 대부분의 환자들은 수동 휠체어나 이동기능만 포함되어있는 전동 휠체어를 사용한다.</p> <p>이런 기존의 휠체어들의 문제점은 환자가 휠체어에서 이탈하고자 할 때 넘어지는 사고가 자주 발생한다는 것이다.</p> <p>이 사고는 휠체어에서 다른 가구(침대)로 이동할 때 다른 사람의 도움을 받아야만 환자가 움직일 수 있기 때문에 발생한다. 또한 간병인이 환자를 안은 채로 움직여야 하기 때문에 종종 발생한다. 게다가 한국은 간호인력이 부족하고, 간병인은 의료보험에 가입되어 있지 않기 때문에 비용이 많이 든다.</p> <p>때문에 환자가 혼자 휠체어를 조작해 침대로 이동할 수만 있다면 추락사고와 필요한 인력을 줄일 수 있다.</p> <p>휠체어 스펙은 대한민국 평균 남성의 무게와 사람의 평균 치수를 고려하여 설계를 진행한다. 높이를 조절할 수 있으며, 휠체어의 움직임을 고정하기 위해 팔걸이를 장착하여 의도치 않은 휠체어의 운동을 방지한다. 휠체어의 높이는 X형상의 구조물에 모터 실린더를 부착하고 가구(침대)에 따라 유동적으로 조정한다. 다음으로 높이 조절 후 의자 시트 아래에 고정된 모터 실린더를 사용하여 다리 시트의 각도를 조절한다. (각도는 침대와 평행해야 한다.) 또한, 의자 좌석 상단 윗판과 하단 아랫판이 레일에 의해 체결되어진다. 레일은 침대와 휠체어 사이의 간격을 좁히기 위해 보드를 침대로 옮기는 횡이동 역할을 해준다. 이 메커니즘으로 "침대 이동 보조 휠체어"는 휠체어에서 침대로 이동하는 과정에서 안전과 편의를 제공한다.</p> |
| 설계프로젝트의 입상 이력 | 없음                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

# 침대 이동 보조 휠체어

문준연\* · 이재웅\* · 이진유\* · 최원창\*  
\*단국대학교 기계공학과

## Wheelchair that assists in moving to bed

Jun Yeon Moon\*, Jae Woong Lee\*, Jin Yoo Lee\* and Won Chang Choi\*

\* School of Mechanical Engineering, Dankook University

---

**Key Words:** Wheelchair that assists in moving to bed(침대 이동 보조 휠체어), Height adjustment(높이조절), Leg angle adjustment(다리 각도 조절) Width movement(횡이동), Assistant staff(보조 인력)

**초록:** 인구 고령화 현상이 진행됨에 따라 국산 휠체어에 대한 수요가 늘고있다. 하지만, 대부분의 휠체어는 단순히 환자의 이동수단인 기능 외에는 다른 기능을 가지고 있지 않다. 본문에서 소개된 침대 이동 보조 휠체어는 휠체어 사용자가 침대 및 다른 가구로 이동할 때 타인의 도움없이 스스로 이동하는 것을 보조하는데에 목적이 있다. 위 목적을 수행하기 위해서 높이조절, 다리 각도 조절, 횡이동 기능을 갖추고 있다. 이는 보조 인력을 절감 할 수 있으며, 안전성을 높인다.

**Abstract:** As the population aging phenomenon is progressing, demand for domestic wheelchairs is increasing. Most wheelchairs, however, have no other function than simply a patient's means of transport. The Wheelchair that assists in moving to bed introduced in the thesis are intended to help wheelchair users move on their own without the help of others when they move to any furniture such as beds. It has the function of height adjustment, leg angle adjustment and width movement to achieve the above purpose. By doing so, it can reduce assistant staff and increase safety.

---

### 1. 서 론

현재 휠체어의 주 사용자는 하지 장애인이었으나, 사고나 수술에 의한 일시적 보행 장애를 갖게 된 환자 및 거동을 하기 어려운 지체 장애인 등 그 범위가 확대되었다. 그리고 우리나라는 세계 최저 수준의 출산율과 평균 수명의 연장으로 인해 인구 고령화 진행속도가 세계적으로 유례를 찾아보기 힘들 정도로 매우 빠르게 진행되고 있다.

통계 결과 국내 장애인고용공단 등록 장애인의 약 50%가 지체 장애인 (1,267,174명)이며, 한국 65세 인구 비율이 13.8%이다.

휠체어 사용자의 증가로 인해 휠체어의 수요는 높아지고 있다.

---

† Corresponding Author,

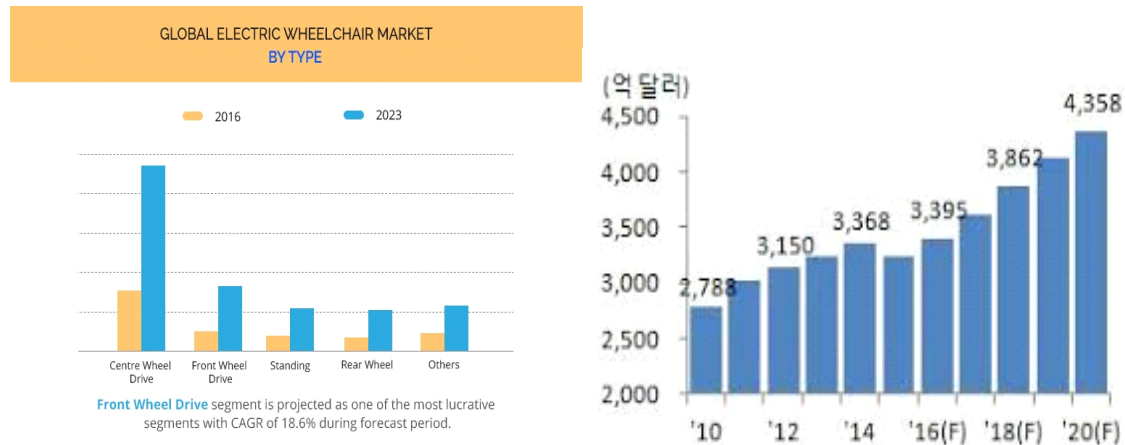


Fig. 1 Motorized Wheelchairs, Medical Device Sales Graphs.

휠체어 이용에 있어서 가장 중요한 것은 안전성이다.

병원, 가정집, 노인정 등 휠체어가 흔히 사용되는 장소에서 대단히 빈번하게 발생하는 안전사고는 낙상사고이며 낙상 사고는 다른 심각한 질병을 초래하기에 상당한 위험성을 가지고 있다. 낙상사고 발생 원인 중 하나는 휠체어에서 다른 곳으로 옮겨 앉을 때이다.

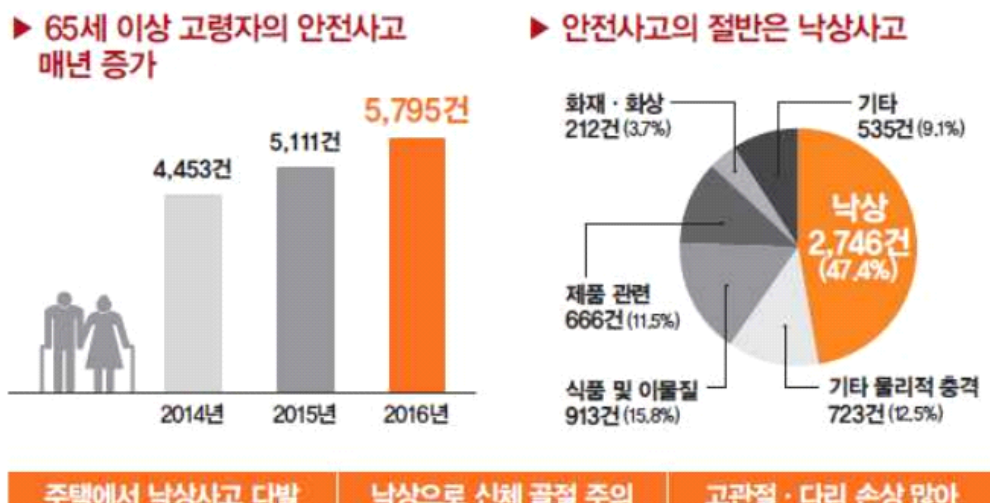


Fig. 2 Status by type of accident for the elderly safety accident.

Table 1 Number of types of accidents occurring in hospitals.

| 사고 유형 | 낙상           | 약물 오류      | 검사        | 처치/시술    | 수술       | 진료재료 오염/불량 | 환자자살/자해  | 의료장비/기구  | 식사       | 기타        |
|-------|--------------|------------|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|
| 보고 건수 | 1,522 (49.7) | 857 (28.0) | 194 (6.3) | 47 (1.5) | 34 (1.1) | 38 (1.2)   | 33 (1.1) | 33 (1.1) | 22 (0.7) | 280 (9.1) |



## 간병인 과실 낙상사고..."병원 손해배상 책임없다"

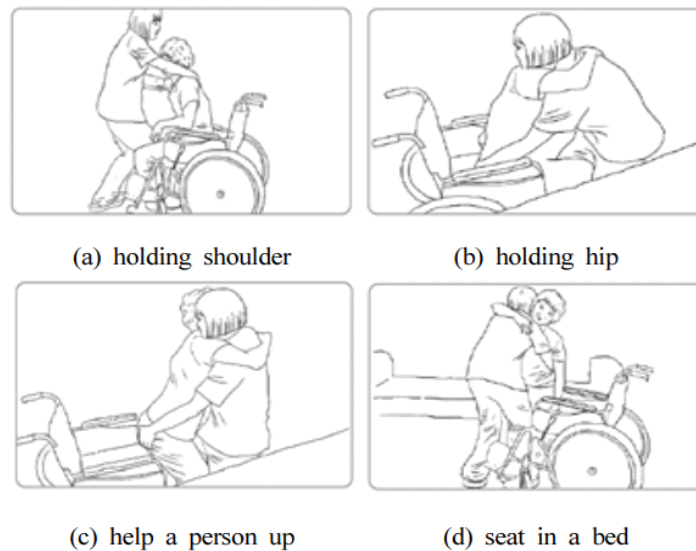
울산지법 "환자-간병업체 별도 계약에서 사고...관리 권한과 책임은 업체가"

박양명 기자 (news@medialtimes.com)

기사입력 : 2017-11-10 05:00



**Fig. 3** An article about a fall accidents



**Fig. 4** The process of transporting a wheelchair patient.

거동이 불편한 휠체어 이용자들의 가장 큰 불편함 중 하나는 휠체어 이용 시, 타인의 도움이 필요하다는 점이며, 그중에서도 휠체어에서 침대 및 다른 곳으로의 이동 시 환자 본인의 상체 힘만으로는 어려움이 있다는 점이다.

휠체어 환자를 이송하는 과정은 일반적으로 Fig.4과 같고 간호사나 간병인 등의 보조인이 휠체어 이용자의 이동이나 침대에서 휠체어로의 이동 혹은 반대의 상황을 대신해주는 경우가 대다수이다. 이 과정은 환자에게도, 보호자에게도 매우 불편한 방법이다. 그럼에도 일반적인 휠체어 사용자들은 위와 같은 과정을 반복하고 있다.

이는 기존 휠체어의 다음과 같은 문제점들 때문이다.

먼저 등받이와 팔 받침대가 고정되어있다는 점이다. 전방을 통한 이동만이 가능하기에 보호자의 역할이 무거워지는 상황이다.

둘째는 시트의 높이가 고정되어있다는 점이다. 침대와 휠체어의 높이 차이로 인해 이동이 불편하기 때문이다.

셋째는 휠체어에서 환자를 이동시킬 시 보호자와 환자 사이에 많은 신체 접촉이 일어난다는 점이다. 이 과정에서 신체 접촉이 환자에게 스트레스가 되는 경우가 많고, 보호자가 환자보다 체구가 작으면 무리가 가게 되고 심하게는 다치는 경우까지 발생한다.

우리나라의 간병 서비스도 열악한 실정이다. 선진국에서는 간병은 간호서비스의 일부이지만, 국내에선 병실에 보호자와 간병인이 상주하여 환자를 돌본다.

이는 간호 인력이 부족하며, 허약한 건강보험 및 재정과 한국인의 유교 문화 등의 이유가 얹혀 지속되어 온 현상이다. Fig.5 을 보면 우리나라는 환자 수보다 간병인이나 간호사 수가 상대적으로 다른 나라에 비해 많이 부족하다는 것을 확인할 수 있다.

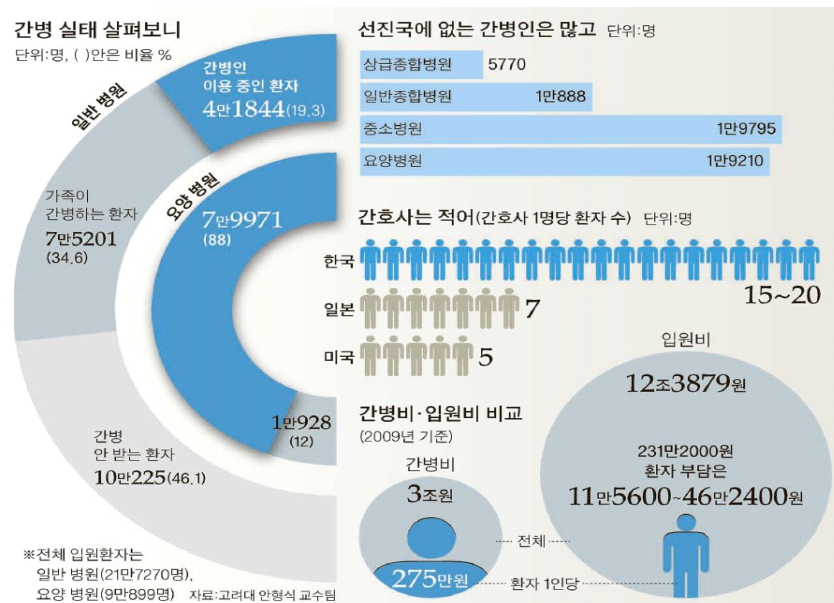


Fig. 5 The actual condition of care

거동이 불편한 (대부분이 휠체어 이용자) 환자는 늘어 가지만 간병인의 수가 따라가지 못하고 있다. 간병비는 건강보험 적용이 안 되어 환자의 1인당 평균 입원비 (약 231만원)보다 더 비용이 들게 되며 그 물가 또한 상승하고 있다.

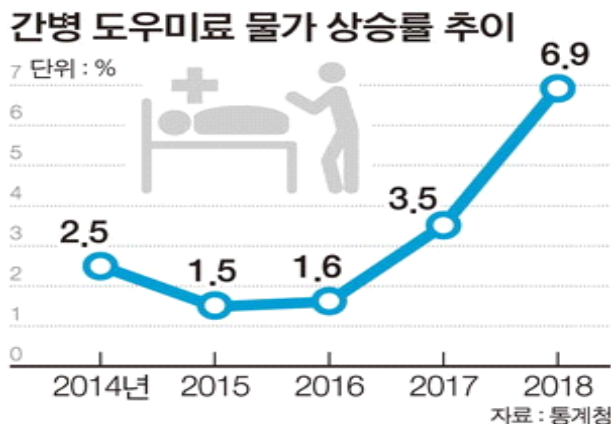


Fig. 6 Nursing Helper Price Growth rate.

위의 문제점들을 개선하고자 하는 ‘누울까 말까 휠체어’ 설계의 취지는 다음과 같다.

병원에서 환자나 고령자가 타인의 도움 없이 조작할 수 있어야 한다.

휠체어 이용자가 발이 땅에 닿지 않은 상태에서 다른 곳으로 이동할 수 있어야 한다. (침대의 경우를 선택)

높낮이 조절 기능과 슬라이더 기능을 채택한다.

위의 기능에 따라 휠체어 이용자와 보호자의 불필요한 접촉과 스트레스를 감소시키고 이용자가 큰 힘을 들이지 않고 위의 기능들이 온전히 작동할 수 있어야 한다.

기본적으로 휠체어 자체의 구조에는 안정성이 포함되어 있어, 새로운 기능을 넣되, 기존의 안전성이 유지 혹은 상향되는 방향으로 설계한다.

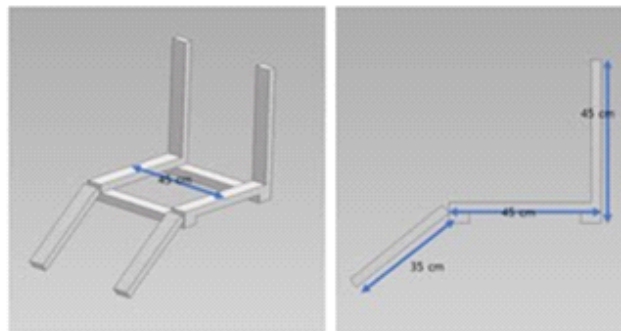
간병인 비용 절감(환자가 휠체어를 이용할 때)시키고, 간병인의 간병 시간 감소시킨다.

안정성과 경제성, 기능성을 확보한다.

## 2. 설계핵심내용

### 2.1 설계 목표

#### 휠체어의 프레임의 규격



#### 그 외 지정 값

다리 각도 만큼 회전 (다리 받침과 의자시트 사이의 각도가 120에서 180로 회전)  
각도 조절 속도

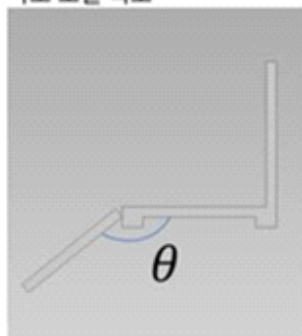


Fig. 7 Draft Wheelchair Design

다리 시트 각도조절, 시트의 높낮이 조절, 좌우 슬라이드 3가지의 기능을 필요로 한다.

먼저 시트의 높이를 휠체어 이용자가 이동을 목표로 하는 가구 (침대 등)에 높이를 맞출 수 있을 정도까지 조절해야 한다. 다리 시트 각도조절은 일반적인 각도에서 180°에 근접하게 퍼질 수 있어야 하며, 이후 매끄럽게 슬라이드 형식으로 시트를 해당 가구(침대) 방향으로 밀어야 한다.

이 세 기능을 정상적으로 작동시킬 수 있는 방향에 대해 토의를 했고, 위 프레임 모양이 최적의 상태

라는 결론이 도출됐다. 해당 모양으로 설계 기준을 잡아놓은 후 전체적인 설계와 부가 기능을 추가하여 설계를 진행했다. 노인이나 환자가 사용하는 제품인 만큼 3가지 기능 수행과 동시에 안전성을 고려하여 개념설계를 충분히 하는 것이 중요하다.

## 2.2 시장조사 및 특허 조사

### - 수동/전동 휠체어



**Fig. 8** Manual wheelchair

기본적인 휠체어로 가벼운 무게와 작은 부피로 인해 추가적인 기능을 넣을 시 제 기능을 하기 어려우며 안전하지 않다.

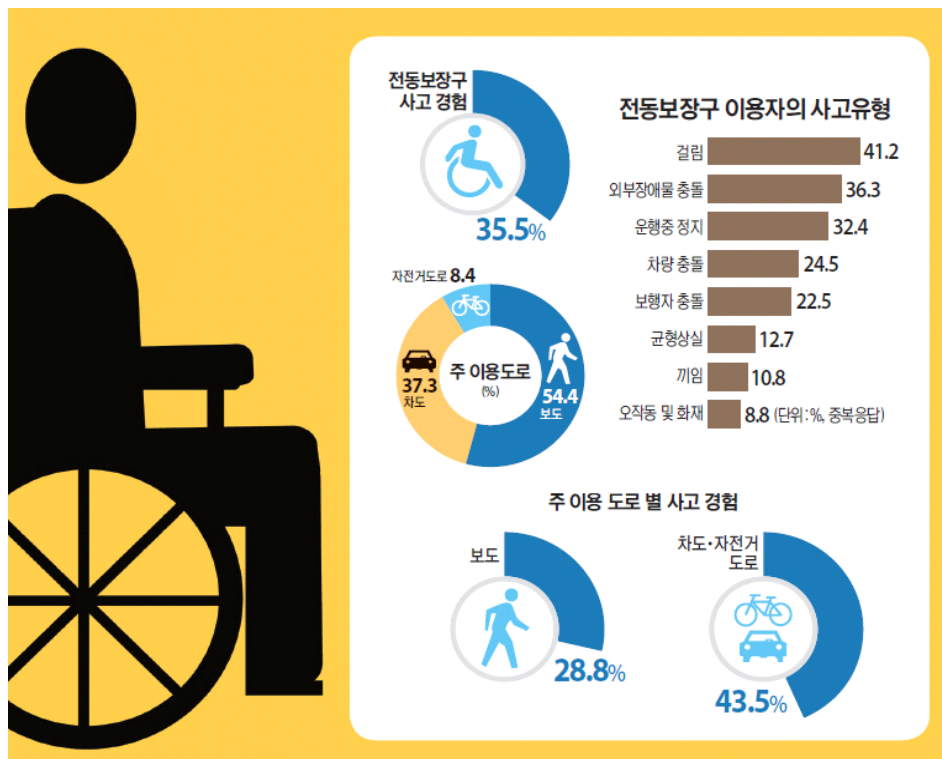


**Fig. 9** An electric wheelchair

휠체어의 종류 중 상대적으로 가격이 가장 비싸며 위험성이 크다.



**Fig. 10** Types of Accident by Motorized Wheelchair Users



**Fig. 11** Accident Experience of Motorized Wheelchair Users



- 기능성 휠체어의 종류



**Fig. 12** Lift wheelchair

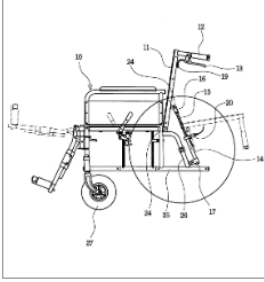
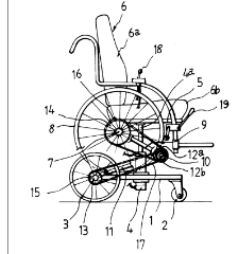
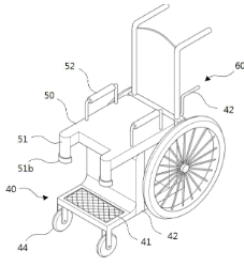
높낮이 조절이 가능하여 환자가 휠체어 이용 시 휠체어 높이에 따른 불편을 해결해준다.



**Fig. 13** Recliner wheelchair

등 받침, 다리 받침 시트 부분의 각도를 조절하여 환자를 일으키거나 옮기거나 혹은 눕히는데 용이하다. 하지만 이용자가 스스로 몸을 가누기 힘든 상황이라면 보조인의 도움이 필요하다

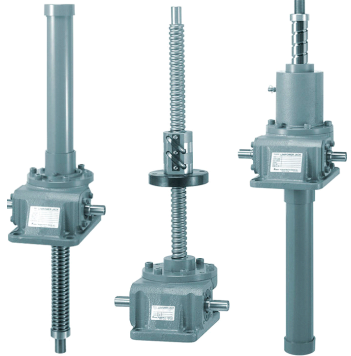
**Table 2** Wheelchair patent investigation

| 그림                                                                                  | 정보                                                                                                                                                                                 | 설명                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>1) 발행 유형 :<br/>(존속기간만료)</p> <p>2) 출원 번호 :<br/>2020030001660</p> <p>3) 출원일 :<br/>2014년 11월 20일</p> <p>4) 발명자 :<br/>대성공업주식회사</p>                                                  | <p>휠체어 등받이의 각도조절 장치에 관한 것으로, 본체 내부에 요부홈을 갖는 작동레버를 수용시키되, 상기 작동레버 상측부에는 작동핀이 내장된 조정박스가 형성되며, 상기 작동핀은 휠체어 등받이에 형성된 작동 손잡이와 일체로 결합된 케이블과 연결되어 작동됨과 아울러 상기 작동핀이 작동레버에 형성된 요부홈에 삽입됨과 함께 분리가 반복될 수 있도록 구성, 사용자의 상황에 맞추어 휠체어 등받이의 각도를 임의대로 조절할 수 있는 특징과 함께 구조가 간단하여 안전하면서도 간단하게 조절가능하다.</p>          |
|   | <p>1) 발행 유형 :<br/>소멸</p> <p>2) 출원 번호 :<br/>1020010025267</p> <p>3) 공개 날짜 :<br/>(2002.11.16)</p> <p>4) 출원일 :<br/>(2001.05.09)</p> <p>5) 특허상태:<br/>소멸(등록료불납)</p> <p>6) 발명자 : 이양배</p> | <p>본 발명은 의자체와 구동바퀴가 상부프레임에 장치되고 구동바퀴의 회동에 의하여 이동할 수 있도록 된 공지의 휠체어에 있어서, 후방에 보조바퀴가 장치된 하부프레임에 설치된 실린더의 피스톤로드를 상부프레임에 고정, 구동바퀴의 회동축에 일단부가 고정된 제1지지대의 타단부를 보조축에 유동되게 연결, 하단부가 하부프레임에 연결된 제 2 지지대의 상단부를 보조축에 유동되게 연결하며, 구동바퀴의 회동축과 보조바퀴의 회동축이 '각각의 체인에 의하여 일체로 회동되도록 장치하여 구성</p>                  |
|  | <p>1) 발행 유형 :<br/>승인</p> <p>2) 출원 번호 :<br/>1020100067195</p> <p>3) 공개 날짜 :<br/>(2012.01.19)</p> <p>4) 출원일 :<br/>(2012.07.16)</p> <p>5) 특허상태 : 등록</p> <p>6) 발명자 : 서윤강</p>           | <p>거동이 불편한 환자, 장애인 또는 노약자들이 앉은 상태에서 이동할 수 있도록 하는 휠체어에 관한 것으로, 구체적으로는 이동프레임과 시트의 사이에 침대의 난간 등이 삽입될 수 있는 공간부를 형성시킴으로써, 휠체어의 시트부분을 침대에 최대한 근접하게 위치시킬 수 있도록 할 뿐만 아니라 침대의 높이와 시트의 높이가 대응되게 하여 환자가 침대에서 휠체어로 용이하고 안전하게 이동하여 착석할 수 있도록 하며, 이로 인해 환자의 추락사고를 방지할 수 있도록 하는 기울기 조절이 가능한 휠체어에 관한 것이다.</p> |

## 2.3 개념설계

### 2.3.1 높이 조절 구동부 개념 설계

**Table 3** How to adjust height of a Wheelchair

| Screw jack                                                                        | 4절 링크 구조                                                                          | 슬라이딩 구조                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |

Screw jack의 경우에 모터를 이용한 정밀한 위치제어가 가능하지만, 비용면에서 상당히 고가의 제품이다. 저렴한 가격대의 screw jack은 무게가 많이 나가고 정교함이 떨어지며 진동이 심하여 휠체어에 부적합하다.

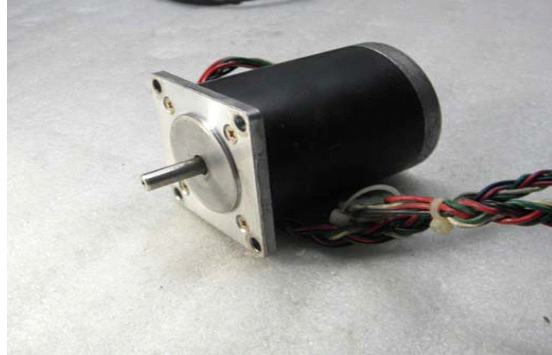
4절 링크 구조에 전동실린더를 부착하여 높이를 조절하는 방법은 전동실린더의 고정 위치와 링크에 연결되는 위치에 따라 필요한 리니어 모터의 힘을 조정할 수 있지만, 사람의 움직임으로 인해 유격이 생길 가능성이 크다. 높이조절이 곡선으로 조절되기 때문에 가이드 설치에 어려움이 있다.

슬라이딩 구조는 x자 형태의 링크를 전동실린더에 연결하여 높이를 조절할 수 있다. 이 구조도 사람의 움직임으로 유격이 생길 수 있지만, 높이가 직선으로 조절이 되기 때문에 비교적 간단하게 가이드 설치를 하여 유격이 줄일 수 있다. 대부분의 전동리프트들이 이 구조를 사용한다.

그러므로 높이조절 방법으로 x자 형태의 링크를 전동실린더에 연결하여 높이를 조절하는 방법을 채택하였다.

### 2.3.2 다리 각도조절 구동부 개념 설계

**Table 4** How to adjust the angle of a leg seat

| 스텝 모터                                                                               | 전동실린더                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |



다리 각도를 조절하는 방법은 크게 2가지가 있다.

스텝 모터를 사용하는 방법은 다리 각도 프레임과 레일이 부착된 아래 철판을 연결하는 조인트 부분에 연결하여 쉽게 구동할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 RPM이 상당히 낮은 속도에 비해 요구되는 토크가 비교적 크다는 특성 때문에 천천히 구동해야 하는 우리의 제품에 부적합하다. 그리고 다리 각도 프레임과 레일이 부착된 아래 철판의 조인트에 연결하려면 모터를 지지하는 마운트가 따로 설치되어야 한다. 이는 휠체어에 부착되기에 부피를 많이 차지하므로 적절하지 않다.

따라서 구동부의 부피차지가 크지 않고, 속도를 천천히 조절할 수 있으며 모터에 비해 많은 힘을 받쳐주는 전동실린더 방식을 채택했다. 실린더의 행정길이가 늘어나는 속도를 고려하여 조인트로부터 전동실린더가 연결되는 위치의 거리를 조절해 각도조절 속도를 맞추었다.

### 2.3.3 의자시트 횡이동 구동부 개념설계

**Table 5** Method of lateral movement of sheet

| 컨베이어벨트                                                                             | 레일                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

의자 시트를 가구(침대) 방향으로 횡 이동하는 방법은 컨베이어 벨트를 부착하는 방법과 시트에 레일을 부착하여 리니어 모터를 사용해 밀어내는 방법이다.

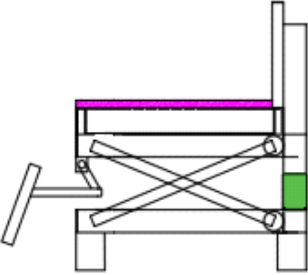
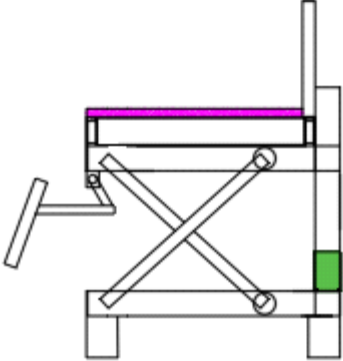
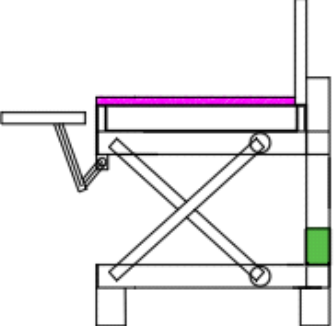
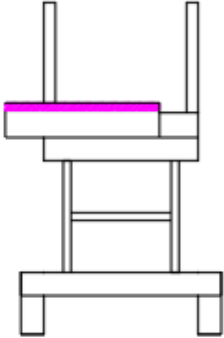
컨베이어 벨트를 상당히 고가의 제품이며 가구(침대)로 횡 이동 시 시트와 가구(침대) 사이의 간섭이 생기게 되고, 휠체어 시트의 두께가 두꺼워지며, 높이조절 방법과 함께 사용되기에는 부적합하다.

시트의 판과 판 사이에 레일을 부착하여 시트를 만든 후에 리니어 모터를 이용하여 횡 이동을 할 경우, 전동실린더를 이용하면 구동부가 차지하는 부피가 비교적 작고, 횡 이동 속도와 길이를 손쉽게 조절할 수 있다.

그러므로 횡 이동 방법으로 시트의 판과 판 사이에 레일을 부착하여 시트를 만든 후에 리니어 모터를 이용하여 횡 이동을 하는 방법으로 채택하였다.

## 2.4 지원 기능

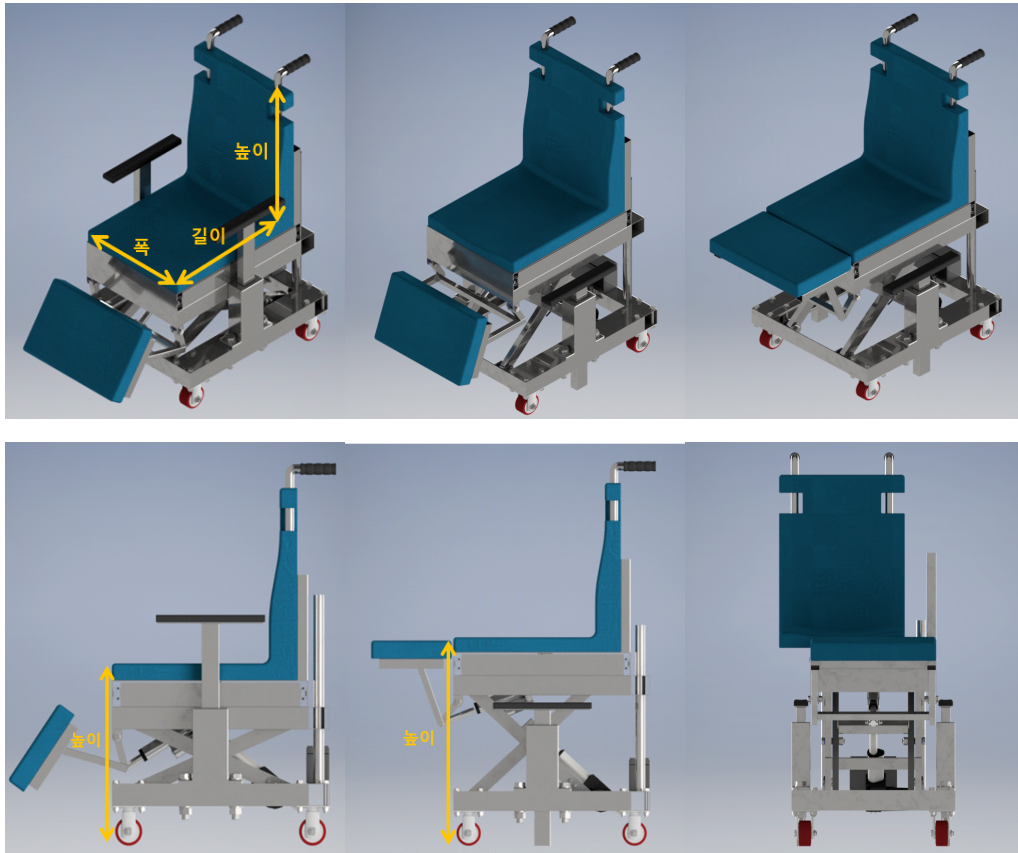
**Table 6** Design-Considerable Support Capabilities

| 구동전 휠체어 상태                                                                          | 높이 조절된 휠체어 상태                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
| 보조 모드 전 휠체어의 형태                                                                     | <p>높이 조절 보조 모드를 통해 바닥에서 시트까지의 높이가 450mm에서 600mm까지 총 150mm 구동한다.</p>                  |
| 다리 조절된 휠씬 의자 상태                                                                     | 레일 구동 시 휠체어 상태                                                                       |
|  |  |
| <p>높이 조절 후 다리 각도가 초기 20°에서 90° 까지 총 70° 조절 가능하다.</p>                                | <p>레일 모드를 통해 시트를 침대 옆으로 붙이기 위해 100mm 조절할 수 있다.</p>                                   |

## 2.5 제품 사양 및 스펙 설명서

**Table 7** Product specification

### 보조 휠체어



| 모델          |                           | 동작                    |                  |
|-------------|---------------------------|-----------------------|------------------|
| 치수(mm)      | 520폭 * 610길이 * 450~600 높이 | 작동방식                  | 전자동              |
| 시트(mm)      | 400폭 * 500길이 * 510높이      | 다리 조절각                | 20도 ~90도         |
| 제품 무게       | 56.9kg                    | 횡 이동 거리               | 최대 100mm         |
| 권장 키        | 150~180cm                 | 높이 조절                 | 450~600mm        |
| 최대 허용<br>중량 | 110kg                     | 동작 시간<br>(다리조절/높이/레일) | 8.2초/11.13초/3.3초 |
| 외장          | 직물 쿠션                     | 모터                    | 전동 실린더 3개        |
| 프레임<br>재질   | 흑강,철판                     | 요구 전압                 | 12V              |

## 2.6 설계 변수 설정

### 2.6.1 사용자의 체중

**Table 8** World average weight

#### 전 세계 평균 체중 [편집]

| 나라/지역    | 평균 남성 체중 | 평균 여성 체중 | 표본 인구 연령대 | 분류 방식 | 연도        | 출처  |
|----------|----------|----------|-----------|-------|-----------|-----|
| 브라질      | 72.7kg   | 62.5kg   | 20-74     | 직접 측정 | 2008-2009 | [1] |
| 칠레       | 77.3kg   | 67.5kg   | 15+       | 직접 측정 | 2009-2010 | [2] |
| 독일       | 82.4kg   | 67.5kg   | 18+       | 직접 측정 | 2005      | [3] |
| 대한민국     | 68.6kg   | 56.5kg   | 18+       | 직접 측정 | 2007      | [4] |
| 영국 - 웨일스 | 84.0kg   | 69.0kg   | 16+       | 직접 측정 | 2009      | [5] |
| 미국       | 86.6kg   | 74.4kg   | 20-74     | 직접 측정 | 1999-2002 | [6] |

전체적인 계산에 앞서 한국 평균 남자 몸무게를 조사한 결과 68.6kg이 평균으로 나왔으며 계산상의 편의를 위해 70kg으로 가정을 하여 계산을 진행했다.

휠체어의 안전계수는 1.5로 설정을 했고

$$70\text{kg} \times 1.5 = 105\text{kg} \quad (1)$$

105kg을 계산상의 편의를 위해 110kg으로 계산을 진행했다.

**Table 9** Average human dimension

| Link    | Length [m] | Mass [kg] | CM position [m] |             |              |
|---------|------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
|         |            |           | sagittal        | transversal | longitudinal |
| Head    | 0.2722     | 5.8347    | 0.0000          | 0.0000      | 0.1361       |
| Trunk   | 0.7667     | 36.5380   | 0.0144          | 0.0000      | 0.3216       |
| Thorax  | 0.2500     | 13.4180   | 0.0100          | 0.0000      | 0.1167       |
| Abdomen | 0.3278     | 13.7291   | 0.0150          | 0.0000      | 0.2223       |
| Pelvis  | 0.1889     | 9.3909    | 0.0200          | 0.0000      | 0.0345       |
| Arm     | 0.3444     | 2.2784    | 0.0000          | 0.0000      | -0.1988      |
| Forearm | 0.3222     | 1.3620    | 0.0000          | 0.0000      | -0.1474      |
| Hand    | 0.2111     | 0.5128    | 0.0000          | 0.0000      | -0.0779      |
| Thigh   | 0.4556     | 11.9047   | 0.0000          | 0.0000      | -0.2275      |
| Shank   | 0.4389     | 3.6404    | 0.0000          | 0.0000      | -0.1957      |
| Foot    | 0.2800     | 1.1518    | 0.0420          | 0.0000      | -0.0684      |

전체적인 휠체어 규격을 계산에 있어 휠체어 작동에 영향을 주는 인체 부위인 종아리와 엉덩이 부분의 치수 및 무게를 결정했다.

한국 인체 치수 조사 사이트에서 인체 평균 치수를 이용하여 종아리 무게는

$$(3.6404(\text{종아리}) + 1.1518(\text{발})) \times 2 \times 70 / 84 = 8\text{kg}(\text{양쪽}) \times 1.5 (\text{설정한 안전계수}) = 16\text{kg}$$

16kg으로 결정하였고 중앙에만 무게가 작용한다고 가정을 하여 다리 시트 부분을 계산하였다.  
 휠체어 이용자가 휠체어에 앉았을 때 앉은 엉덩이 길이는  
 (땅에서부터 엉덩이 돌출부까지의 높이) - (살 높이) = 10cm  
 위 엉덩이 높이 (10cm)의 절반이 더 닿는다고 가정하여  
 시트에 닿는 엉덩이 면적의 길이를  
 $10cm + 5cm = 0.15m$  (2)  
 로 결정하였다.

## 2.6.2 사용자의 신체 치수

**Table 10** Average hip height and comb height for wheelchair users

- 성별 : 전체
- 나이 : 19세~59세

### 엉덩이높이

| 측정수 | 평균     | 표준편차 | 최소값 | 1분위   | 5분위   | 25분위  | 50분위 | 75분위  | 95분위 | 99분위 | 최대값 |
|-----|--------|------|-----|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-----|
| 346 | 731.41 | 93.3 | 391 | 491.5 | 560.5 | 673.5 | 739  | 790.5 | 879  | 929  | 993 |

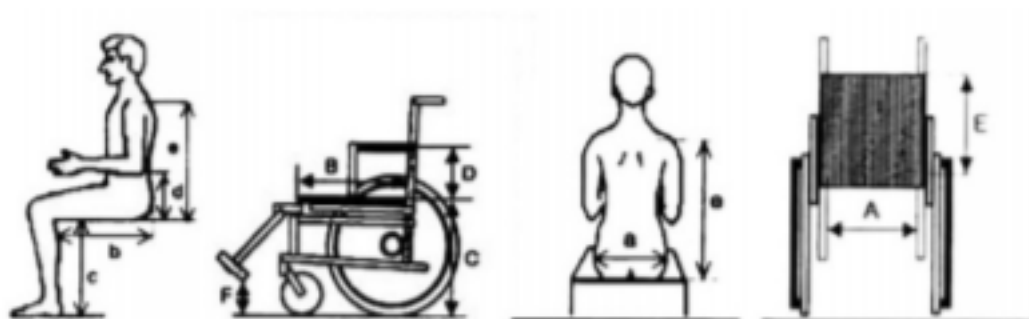
### 살높이

| 측정수 | 평균    | 표준편차  | 최소값 | 1분위 | 5분위 | 25분위  | 50분위  | 75분위  | 95분위  | 99분위  | 최대값 |
|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 351 | 631.9 | 87.85 | 312 | 392 | 465 | 580.5 | 639.5 | 688.5 | 763.5 | 808.5 | 835 |

한국 인체 치수 조사 : <https://sizekorea.kr/>

휠체어 이용자의 신장에 대해서는 큰 고려를 하지 않았다. 제작할 휠체어의 높낮이와 다리 시트의 각도조절 기능을 통해 다양한 크기의 신장에 맞출 수 있기 때문이다.

사용자의 인체치수와 관련된 휠체어의 설계요소와 인체 측정학적 측면을 고려한 설계 기준은 다음과 같다.



**Fig. 14** Wheelchair Design Elements Related to Human Dimensions

**Table 11** Wheelchair Design Criteria

| 설계요소     | 인체측정항목             | 설계기준                                               |
|----------|--------------------|----------------------------------------------------|
| 좌석너비(A)  | 앉은엉덩이너비 (a)        | a + 30mm                                           |
| 좌석깊이(B)  | 앉은엉덩이<br>오금수평길이(b) | b - 20~50mm                                        |
| 좌석높이(C)  | 앉은오금높이(c)          | 바닥 위 50mm 이상에 발<br>판이 위치해야 하며, 오금<br>길이에 따라 높이가 결정 |
| 발판높이(F)  |                    |                                                    |
| 팔걸이높이(D) | 앉은팔꿈치높이(d)         | 팔꿈치 높이 - 35mm                                      |

한국기술표준원에서 제공하고 있는 ‘국민표준체위’ 자료를 활용하여 한국의 65세 이상 남녀의 앉은어깨높이(a), 앉은엉덩이오금수평길이(b), 앉은오금높이(c), 앉은팔꿈치높이(d), 앉은어깨높이(a)를 표로 나타내었다.

**Table 12** Wheelchair-related human dimensions for men and women 65 years of age or older in Korea.(in mm)

| 성별 | 측정항목               | 치수    |       |       |
|----|--------------------|-------|-------|-------|
|    |                    | 5분위   | 50분위  | 95분위  |
| 남성 | 앉은엉덩이너비(a)         | 303   | 337.5 | 366.5 |
|    | 앉은엉덩이<br>오금수평길이(b) | 420   | 466.5 | 518.5 |
|    | 앉은오금높이(c)          | 344.5 | 382.5 | 409.5 |
|    | 앉은팔꿈치높이(d)         | 199.5 | 249   | 285.5 |
| 여성 | 앉은엉덩이너비(a)         | 300.5 | 334.5 | 367   |
|    | 앉은엉덩이<br>오금수평길이(b) | 398.5 | 443   | 481.5 |
|    | 앉은오금높이(c)          | 323.5 | 350.5 | 385   |
|    | 앉은팔꿈치높이(d)         | 179   | 219   | 261   |

좌석의 너비는 앉은 엉덩이 너비에 의해 결정된다. 좌석이 너무 좁으면 사용자가 몸을 움직이기 어려우며 욕창을 유발하게 된다. 좌석이 너무 넓으면 안정성이 떨어진다.

따라서 95분위의 남성 앉은엉덩이너비(366.5mm)에 30mm를 더해 약 400mm로 좌석너비를 결정하였다.

좌석의 깊이는 앉은엉덩이오금수평길이에 의해 결정된다. 좌석 깊이가 너무 길면 사용자는 무릎을 굽힐 수 없게 된다. 반면에 좌석 깊이가 너무 짧으면 앉기 불편하고, 허벅지 일부분에 과도한 압력이 집중되어 혈액순환을 방해한다.



따라서 95분위의 남성 앉은엉덩이오금수평길이(518.5mm)에 20mm를 빼서 500mm를 좌석 깊이로 결정하였다.

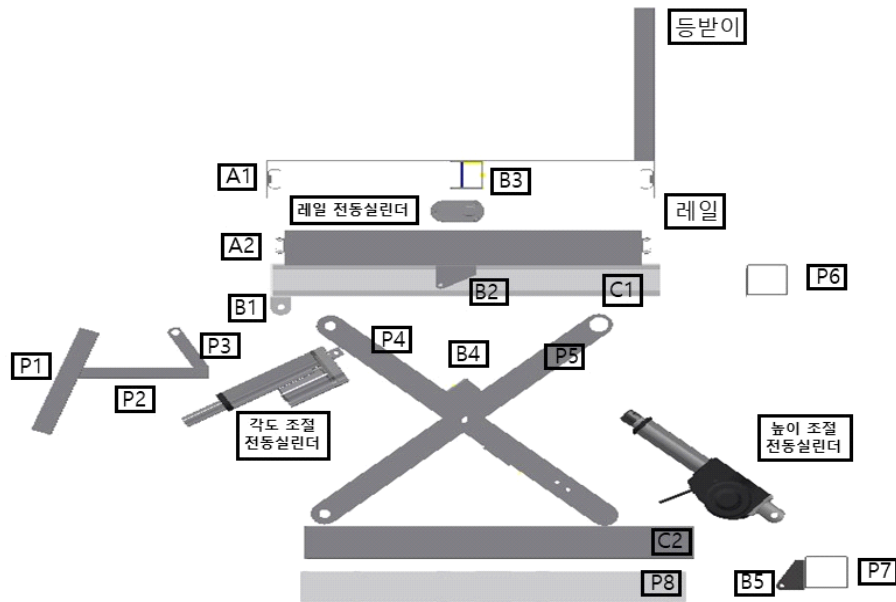
좌석의 높이는 인체측정항목 중 앉은오금높이에 의해 결정되며, 발판의 높이는 지면의 돌출 장애물로부터 하지를 보호하기 위해 50mm 이상의 높이에 위치해야 한다.

따라서 좌석의 높이는 450mm로 결정하였다.

팔걸이 높이는 인체측정항목 중 앉은 팔꿈치 높이에 의해 결정되며, 팔걸이가 너무 낮으면 몸이 앞과 옆으로 기울어져 자세가 나빠지고, 앞으로 기울어진 자세에서는 사용자가 앞으로 넘어지기가 쉽다. 반대로 너무 높으면 어깨를 좁힌 자세가 되므로 폐의 기능이 저하되며, 턱을 내민 자세로 피로하기 쉽게 된다.

따라서 5분위의 남성 앉은 팔꿈치 높이(195mm)에 35mm를 빼어 팔걸이 높이는 160mm로 결정하였다.

## 2.7 각 링크들의 명칭



**Fig. 15** Name of Part

보고서에서 설명되는 각 링크들의 명칭을 다음과 같이 지정했다.

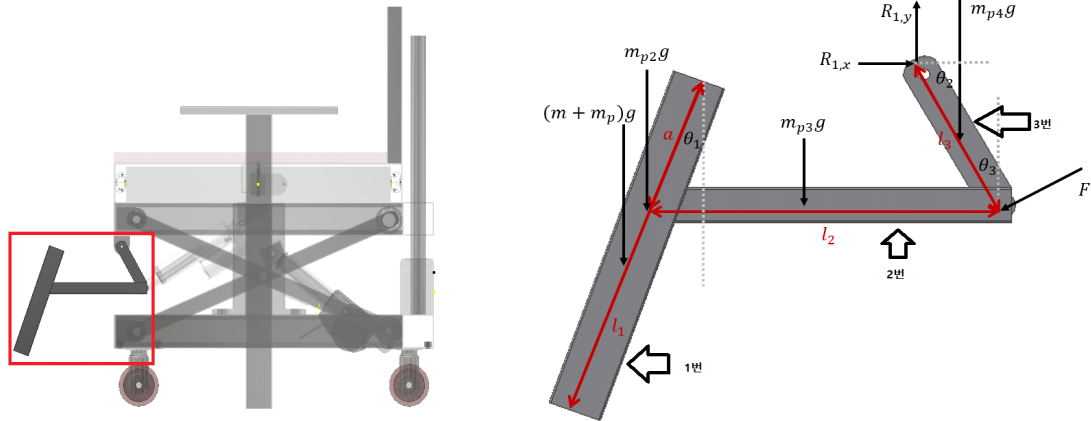
‘An’는 철판으로 제작된 부분을 나타낸다. ‘Bn’는 브라켓을 나타내고 ‘Cn’는 C형강 파이프를 나타낸다. ‘Bn’은 브라켓을 나타내며 ‘Pn’은 파이프 제품을 나타낸다. ‘n’에 번호를 부여하여 각 부품을 구별할 수 있도록 한다.

## 2.8 각 링크들의 해석

### 2.8.1 다리각도 조절 프레임 (P1, P2, P3)

휠체어를 구동시키기 위한 구동 모터 및 실린더를 선정하기 위해, 링크에 외부에서 가해지는 하중을 받는 부분부터 해석을 진행한다.

## -다리 시트 부분



**Fig. 16** Free body diagram for leg sheets

위 그림은 휠체어의 다리 시트의 자유 물체도에 외력과 반력들을 표시하여 나타내었다.  $(m + m_p)g$ 는 110kg 사람의 다리 무게와 1번 파이프에 의한 자중,  $m_{p2}g$ 는 반대편 1번링크와 이어주는 파이프의 자중,  $m_{p3}g$ 는 2번 파이프에 의한 자중,  $m_{p4}g$ 는 3번 파이프에 의한 자중,  $R_{1,x}$ 와  $R_{1,y}$ 는 다리시트가 연결되는 브라켓에 의한 반력이다. 위 자유 물체도에 의한 반력과 외력들의 값들은 아래 표에 표기하였다.

**Table 13** External and reactionary force of leg sheet

| 외력 및 반력                         | 하중의 값                                                                           |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $(m + m_p)g$ (연결 파이프의 자중+다리하중)  | 128.31N                                                                         |
| $m_{p2}g$ (1번 링크의 자중)           | 4.39N                                                                           |
| $m_{p3}g$ (2번 링크의 자중)           | 3.04N                                                                           |
| $m_{p4}g$ (3번 링크의 자중)           | 1.47N                                                                           |
| $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  | $20^\circ \sim 90^\circ, 60^\circ \sim 130^\circ, 54.33^\circ \sim 67.43^\circ$ |
| $R_{1,x}, R_{1,y}$ (브라켓에 의한 반력) | 구해야 하는 값                                                                        |

(※각 파이프들의 무게는 부록의 파이프들의 규격을 확인)

$$l_1 = 200mm, l_2 = 175.00mm, l_3 = 85.36mm, a = 70.07mm \quad (3)$$

우리가 필요한 힘은 다리 시트의 각도를 조절해주는 전동실린더의 미는 힘이 얼마인지를 구하기 위해서 위 자유 물체에서 정역학적 평형식에 힘  $F$ 의 관한 식을 각도  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 에 관한 식으로 나타내었다.

$$\sum F_x = 0; \Rightarrow R_{1,x} - F \sin \theta_3 = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0; \Rightarrow R_{1,y} - (m + m_{p1} + m_{p2} + m_{p3} + m_{p4})g - F \cos \theta_3 &= 0 \\ \Rightarrow R_{1,y} - (128.31N + 4.39N + 3.04N + 1.47N) - F \cos \theta_3 &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\therefore R_{1,y} = 137.21N + F \cos \theta_3 \quad (6)$$

$$\therefore R_{1,x} = F \sin \theta_3 \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
& \sum M_1 = 0; \\
& -\frac{l_3}{2} \cos \theta_2 \times m_{p4} g - l_3 \cos \theta_2 \times F \cos \theta_3 - l_3 \sin \theta_2 \times F \sin \theta_3 + \left(\frac{l_2}{2} - l_3 \cos \theta_2\right) m_{p3} g \\
& + (l_2 - l_3 \cos \theta_2) m_{p2} g + [l_2 - l_3 \cos \theta_2 + \left(\frac{l_1}{2} - a\right) \sin \theta_1] \times (m + m_{p1}) g = 0 \\
& \Rightarrow -\frac{(85.36 \text{ mm})}{2} \cos \theta_2 \times (1.47 \text{ N}) - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2 \times F \cos \theta_3 - (85.36 \text{ mm}) \sin \theta_2 \times F \sin \theta_3 \\
& + \frac{175 \text{ mm}}{2} - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2 (3.04 \text{ N}) + [(175 \text{ mm}) - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2] (4.39 \text{ N}) \\
& + [(175 \text{ mm}) - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2 + \frac{(200 \text{ mm})}{2} - (70.07 \text{ mm}) \sin \theta_1] \times (128.31 \text{ N}) = 0 \quad (8) \\
& \therefore F = \left\{ \begin{aligned} & [l_2 l_3 \cos \theta_2 + \left(\frac{l_2}{2} - a\right) \sin \theta_1] (m + m_{p1}) g + \left(\frac{l_2}{2} - l_3 \cos \theta_2\right) m_{p3} g + (l_2 - l_3 \cos \theta_2) m_{p2} g \\ & - \frac{l_3}{2} \cos \theta_2 m_{p4} g \\ & \times l_3 (\cos \theta_2 \cos \theta_3 + \sin \theta_2 \sin \theta_3) \end{aligned} \right\} \quad (9)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \Rightarrow F = [(175 \text{ mm})(85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2 + \left(\frac{(175 \text{ mm})}{2} - (70.07 \text{ mm})\right) \sin \theta_1 (128.31 \text{ N}) \\
& + \left(\frac{(175 \text{ mm})}{2} - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2\right) (3.04 \text{ N}) + ((175 \text{ mm}) - (85.36 \text{ mm}) \cos \theta_2) (4.39 \text{ N}) \\
& - \frac{(85.36 \text{ mm})}{2} \cos \theta_2 (1.47 \text{ N})] \times (85.36 \text{ mm}) (\cos \theta_2 \cos \theta_3 + \sin \theta_2 \sin \theta_3) \quad (10)
\end{aligned}$$

위 식에서 나온 F를  $\theta_1$ 에 관한 그래프를 그려 F의 최댓값을 구하였다.

**Fig. 17** Power cylinder according to theta

전동 실린더의 힘은 20도에서 90도가 될 때 까지 점점 증가하여 90도에서 최댓값인 885.50N의 힘을

받는다.

$$F_{\max} = 885.50N \quad (11)$$

**Fig. 18**  $R_{1,x}$  and  $R_{1,y}$  according to theta

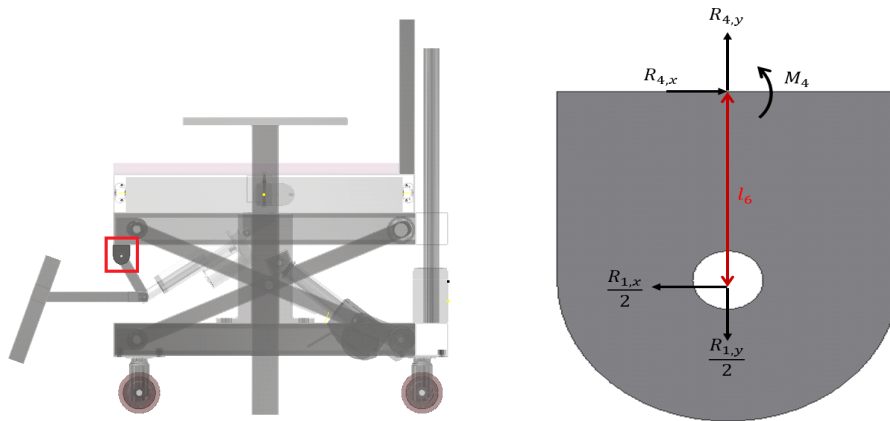
다리 시트의 브라켓의 반력도 또한 90도에서 최대값을 가지며  $R_{1x}$ 는 817.672N,  $R_{1y}$ 는 477.11N의 힘을 받는다.

$$R_{1,x\max} = 817.672N \quad (12)$$

$$R_{1,y\max} = 477.11N \quad (13)$$

### 2.8.2 다리각도 조절 브라켓 (B1)

식 (12), (13)에서의  $R_{1,x}$ ,  $R_{1,y}$ 을 브라켓의 자유물체도에 표시하고 해석한다.



**Fig. 19** Free body diagram for the leg sheet bracket

위 그림은 C 형강과 다리 시트 프레임을 이어주는 브라켓의 자유 물체도로 외력과 반력을 표시하여 나타내었다.  $R_{1,x}$ ,  $R_{1,y}$ 는 다리 시트에 의한 브라켓 2개의 반력이므로 절반으로 나누어 표기하였고,  $R_{4,x}$ ,  $R_{4,y}$ ,  $M_4$ 는 브라켓과 C 형강 사이의 반력과 모멘트이다. 다리 시트 부분 브라켓은 아랫판과 용접하여 제작하기 때문에 반력 모멘트  $M_4$ 가 존재한다.

**Table 14** Exterior and reaction forces of the leg seat bracket

| 외력 및 반력, 치수        | 치수 및 하중의 값       |
|--------------------|------------------|
| $l_6$              | 0.02m            |
| $R_{1,x}, R_{1,y}$ | 817.67N, 477.11N |
| $R_{4,x}, R_{4,y}$ | 구해야 하는 값         |
| $M_4$              | 구해야 하는 값         |

$$\sum F_x = 0; R_{4,x} = \frac{R_{1,x}}{2}$$

$$\Rightarrow R_{4,x} = \frac{817.67N}{2} = 408.84N \quad (14)$$

$$\sum F_y = 0; R_{4,y} = \frac{R_{1,y}}{2}$$

$$\Rightarrow R_{4,y} = \frac{477.11N}{2} = 238.56N \quad (15)$$

$$\sum M_4 = 0; M_4 = \frac{R_{1,x}}{2} \times l_6$$

$$\Rightarrow M_4 = \frac{817.67N}{2} \times (0.02m) = 8.18N \quad (16)$$

**Fig. 20**  $R_{4,x}, R_{4,y}$  according to theta1

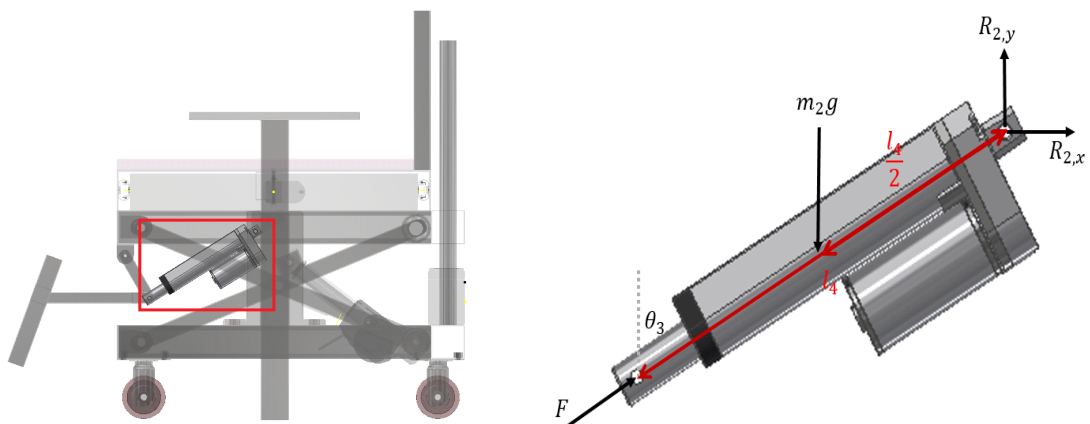
$$R_{4,x \max} = 408.84N \quad (17)$$

$$R_{4,y \max} = 238.56N \quad (18)$$

**Fig. 21**  $M_4$  according to  $\theta_1$

$$M_{4, \max} = 8.18N \cdot m \quad (19)$$

### 2.8.3 각도 조절 전동실린더



**Fig. 22** Free body diagram of the linear motor of the seat section of the leg

위 자유물체도에서 힘  $F$ 는 전동실린더에 대한 자유물체도에서는 전동실린더의 스트로크(행정)가 받는 힘으로 표현된다. 또한 앞장의 다리 시트 부분에서 각도  $\theta_3$ 가 다리 각도 위치에 따른 임의의 각도  $\theta_1$ 에 의해 범위가 정해지기 때문에 전동실린더 브라켓에 의한 반력  $R_{2,x}$ ,  $R_{2,y}$  역시  $\theta_1$ 에 관한 값으로 계산될 수 있다.



**Table 15** Exterior and reactionary forces of the leg seat linear motor

| 외력 및 반력, 치수                     | 치수 및 하중의 값       |
|---------------------------------|------------------|
| $l_4$                           | 200mm~281.59mm   |
| $\theta_3$                      | 54.33 ° ~67.43 ° |
| $m_2g$ (실린더의 자중)                | 19.62N           |
| $F$ (실린더가 미는 힘)                 | 885.50N          |
| $R_{2,x}, R_{2,y}$ (실린더 브라켓 반력) | 구해야 하는 값         |

$$\sum F_x = 0;$$

$$F \sin \theta_3 + R_{2,x} = 0 \quad \therefore R_{2,x} = -F \sin \theta_3 = -(885.50N) \sin \theta_3 \quad (20)$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$F \cos \theta_3 - m_2g + R_{2,y} = 0 \quad \therefore R_{2,y} = 19.62N - (885.50N) \cos \theta_3 \quad (21)$$

$$R_{2,x, \max} = -817.6720N \quad (\theta_3 = 90^\circ \text{에서}) \quad (22)$$

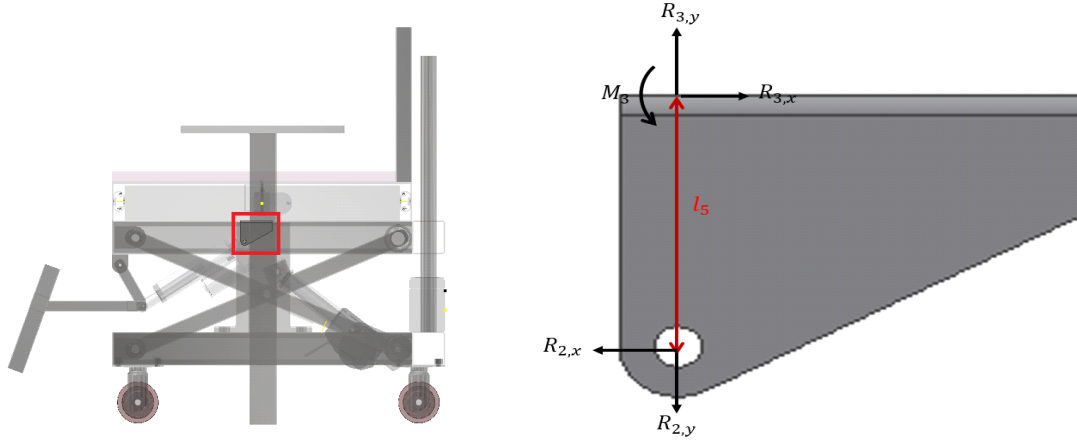
$$R_{2,y, \max} = -320.2788N \quad (\theta_3 = 90^\circ \text{에서}) \quad (23)$$

**Fig. 23**  $R_{2,x}$  and  $R_{2,y}$  according to theta1

$$R_{2,x \max} = -817.67N \quad (24)$$

$$R_{2,y \max} = -320.28N \quad (25)$$

#### 2.8.4 각도 조절 전동실린더 브라켓 (B2)



**Fig. 24** Free body diagram for the leg adjustment cylinder bracket

위 그림은 다리조절 실린더 브라켓의 자유 물체도를 나타낸 것이다.

$\theta_1$ 이  $20^\circ$ 에서  $90^\circ$ 로 움직이는 동안 발생하는 실린더에 의한 외력  $R_{2,x}, R_{2,y}$ 으로 인하여 시트 밑판에 가해주는 반력과 모멘트  $R_{3,x}, R_{3,y}, M_3$ 가 발생 할 것이다. 이는  $\theta_1$ 에 관한 식으로 나타내어 매트랩을 통해 최대값이 되는 반력을 구할 수 있다.

**Table 16** Exterior and reaction forces of the leg control cylinder bracket

| 외력 및 반력, 치수                     | 치수 및 하중의 값               |
|---------------------------------|--------------------------|
| $l_5$                           | 37.3mm                   |
| $\theta_1$                      | $20^\circ \sim 90^\circ$ |
| $R_{3,x}, R_{3,y}$ (실린더 브라켓 반력) | 구해야 하는 값                 |
| $M_3$ (실린더 브라켓 모멘트)             | 구해야 하는 값                 |

$$\sum F_x = 0; \quad (26)$$

$$R_{3,x} - R_{2,x} = 0 \Rightarrow R_{3,x} = R_{2,x}$$

$$\sum M_3 = 0; \quad (27)$$

$$M_3 - R_{2,x}l_5 = 0 \Rightarrow M_3 = R_{2,x}l_5$$

$$\sum F_y = 0; \quad (28)$$

$$R_{3,y} - R_{2,y} = 0 \Rightarrow R_{3,y} = R_{2,y}$$

**Fig. 25**  $R_{3,x}$  and  $R_{3,y}$  according to theta1

$R_{3,x\max} = -817.67N$

(29)

$R_{3,y\max} = -320.28N$

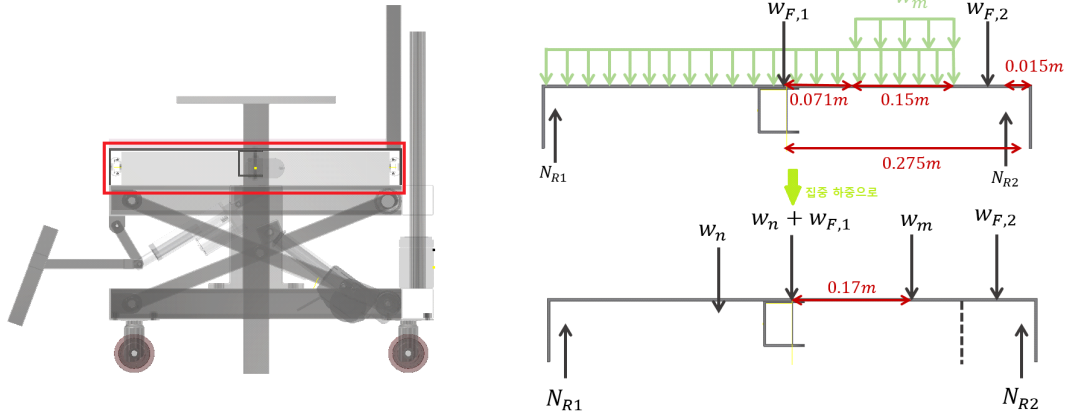
(30)

**Fig. 26**  $M_3$  according to theta1

$M_{3\max} = -30.50N$

(31)

### 2.8.5 엉덩이 시트 윗판 (A1)



**Fig. 27** Free body diagram for butt seat top

휠체어 엉덩이 시트 위 판에 대한 자유물체도를 그려 외력과 반력들을 표시하였다.

$W_{F,1}$ 은 의자 시트(철판)의 무게만큼 작용하는 자중을 나타낸 것이고,  $W_{F,2}$ 는 등판 파이프(2개)에 의한 자중이며  $W_m$ 은 사람의 몸통의 하중을 사람의 체중 테이블을 참고하여 110kg 사람의 몸통에 의한 하중,  $N_{R1}$ 은 앞쪽 레일에 의한 반력,  $N_{R2}$ 는 뒤쪽 레일에 의한 반력,  $W_n$ 은 허벅지의 하중을 나타낸 것이다. 위 자유 물체도에 의한 반력과 외력들의 값들은 아래 표에 표기하였다.

**Table 17** Exterior and reaction forces of hip seat top

| 외력 및 반력                 | 하중의 값    |
|-------------------------|----------|
| $W_{F,1}$ (의자 시트의 자중)   | 76.24N   |
| $W_{F,2}$ (등판 파이프의 자중)  | 11.65N   |
| $W_m$ (사람 몸통의 하중)       | 651.04N  |
| $W_n$ (사람 허벅지의 하중)      | 308.31N  |
| $N_{R1}$ (앞쪽 레일에 의한 반력) | 구해야 하는 값 |
| $N_{R2}$ (뒤쪽 레일에 의한 반력) | 구해야 하는 값 |

엉덩이 시트 윗판에 대한 자유 물체도의 정역학적 평형식을 세워서 레일에 의해 생기는 반력 값들을 구하였다.

$$\sum F_y = N_{R1} + N_{R2} - W_n - W_{F,1} - W_m - 2W_{F,2} = 0$$

$$\rightarrow N_{R1} + N_{R2} - 308.314N - 88.713792N - 651.0454382N - 011.65428N = 0$$

$$\therefore N_{R1} + N_{R2} = 1059.72751N \quad (32)$$

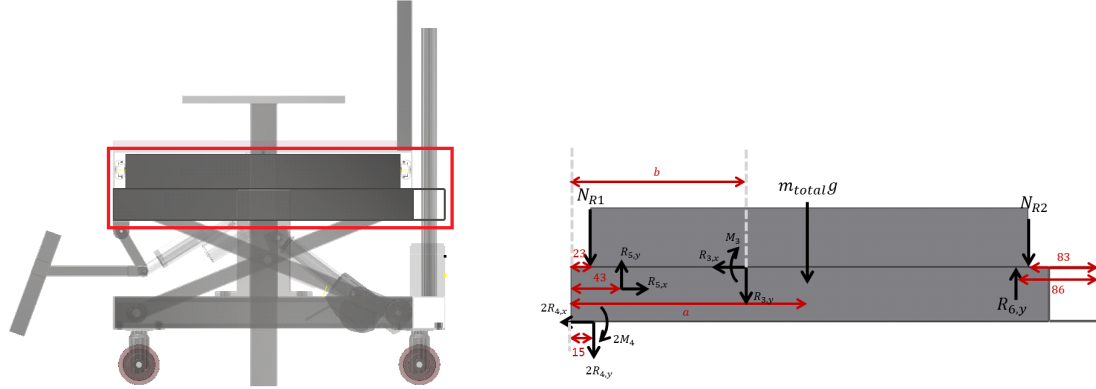
$$\sum M = -(0.275m)N_{R1} - (0.17m)W_m - 2(0.26m)W_{F,2} + (0.275m)N_{R2} = 0$$

$$\rightarrow -0.275N_{R1} + 0.275N_{R2} = 116.7379501Nm \quad (33)$$

$$N_{R1} = 317.20N \quad (34)$$

$$N_{R2} = 741.70N \quad (35)$$

## 2.8.6 엉덩이 시트 아랫판 (A2)



**Fig. 28** Free body diagram for bottom of hip seat

위 그림은 휠체어 시트 아래 판과 이와 연결되는 철판, C 형강 그리고  $60 \times 60$  파이프를 하나의 강체로 보고 자유물체도를 그려서 외력과 반력들을 표시하였다.

$N_{R1}$ 와  $N_{R2}$ 는 휠체어 시트 윗판에서의 레일의 반력이고,  $R_{3,x}$ ,  $R_{3,y}$ ,  $M_3$ 는 다리조절 실린더 브라켓의 반력과 모멘트,  $R_{5,x}$ ,  $R_{5,y}$ 는 높이조절 바깥 링크의 브라켓 반력,  $R_{6,y}$ 는 베어링의 반력.  $a$ 는 무게중심의 위치 마지막으로  $b$ 는 다리조절 실린더 브라켓 반력의 위치이다. 위 자유 물체도에 의한 반력과 외력들의 값들은 아래 표에 표기하였다.

**Table 18** External and reactionary forces of the lower part of the hip seat

| 외력,반력 및 수치                               | 값                  |
|------------------------------------------|--------------------|
| $N_{R1}$ (앞쪽 레일에 의한 반력)                  | 317.20N            |
| $N_{R2}$ (뒤쪽 레일에 의한 반력)                  | 741.70N            |
| $R_{3,x}$ , $R_{3,y}$ (다리조절 실린더 브라켓의 반력) | -817.67N, -320.28N |
| $M_3$ (다리조절 실린더 브라켓의 모멘트)                | -30.50N-m          |
| $m_t$ (아래판 총무게)                          | 11.25kg            |
| $R_{4,x}$ , $R_{4,y}$ (다리 시트 부분 브라켓의 반력) | 408.84N, 238.56N   |
| $M_4$ (다리 시트 부분 브라켓의 모멘트)                | 8.1767N-m          |
| $a$ (무게중심의 위치)                           | 220.16mm           |
| $b$ (다리조절 실린더 브라켓 반력의 위치)                | 302.48mm           |
| $R_{5,x}$ , $R_{5,y}$ (바깥 링크의 브라켓 반력)    | 구해야 하는 값           |
| $R_{6,y}$ (베어링의 반력)                      | 구해야 하는 값           |

$$\sum F_x = R_{5,x} - R_{3,x} - 2R_{4,x} = 0$$

$$\rightarrow R_{5,x} - (-817.67N) - 2(408.84N) = 0 \quad (36)$$

$$\sum F_y = -N_{R1} - N_{R2} + R_{5,y} - R_{3,y} + R_{6,y} - 2R_{4,y} - m_t g = 0$$

$$\rightarrow -(317.20N) - (741.70N) + R_{5,y} - (320.28N) + R_{6,y} - 2(238.56N) - (11.25kg)(9.81m/s^2) = 0 \quad (37)$$

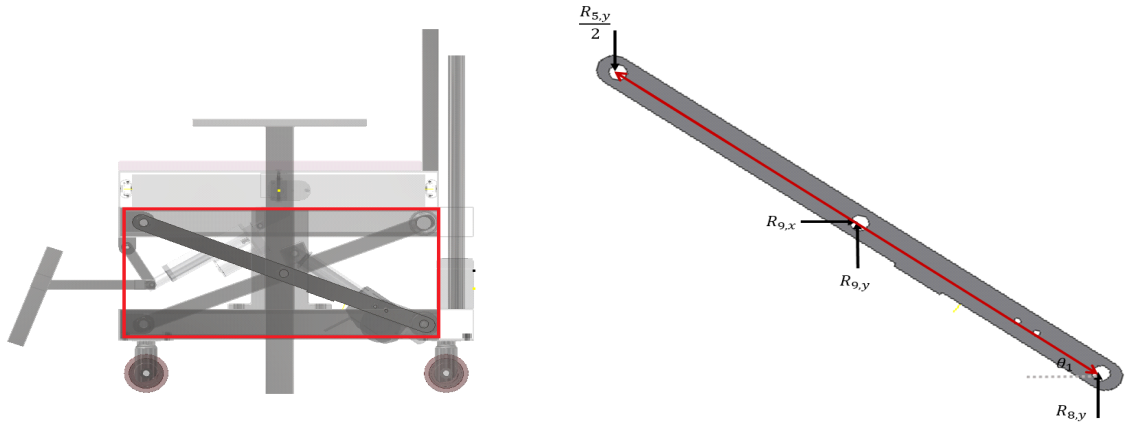
$$\begin{aligned}
\sum M_5 &= (0.02)N_{R1} + (0.028)2R_{4,y} - (b - 0.043)R_{3,y} - (a - 0.043)m_t g + (0.481)R_{6,y} \\
&\quad - (0.484)N_{R2} + (0.027)R_{3,x} - (0.03)2R_{4,x} - M_3 - 2M_4 = 0 \\
\rightarrow &(0.02)(317.20N) + (0.028)2(238.56N) - (0.30248 - 0.043)(-320.28N) \\
&\quad - (0.22016 - 0.043)(11.25kg)(9.81m/s^2) + (0.481)R_{6,y} - (0.484)(741.70N) \\
&\quad + (0.027)(-817.67N) - (0.03)2(408.84N) - (-30.50N \cdot m) - 2(8.18N \cdot m) = 0 \quad (38)
\end{aligned}$$

$$R_{6,y} = 714.42N \quad (39)$$

$$R_{5,y} = 611.66N \quad (40)$$

$$R_{5,x} = 0 \quad (41)$$

### 2.8.7 높이조절 안쪽 구조물 (P4, 2개)



**Fig. 29** Free object diagram for the inner link of the wheelchair

위 그림은 높이조절 링크의 바깥 링크로 초기 상태의 자유물체도를 그려 외력과 반력들을 표시하였다.

$R_{8,y}$ 는 아래 C형강에 있는 항가차의 반력이고  $R_{9,x}, R_{9,y}$ 는 안쪽 링크와의 반력이다.

**Table 19** External and reaction forces of the inner link of the wheelchair

| 외력,반력 및 치수                     | 값        |
|--------------------------------|----------|
| $l$ (링크의 길이)                   | 520.92mm |
| $\theta_1$ (링크의 초기 각도)         | 22.58 °  |
| $R_{5,y}$                      | 611.66N  |
| $R_{9,x}, R_{9,y}$ (링크 사이의 반력) | 구해야 하는 값 |
| $R_{8,y}$                      | 구해야 하는 값 |

$$\sum F_x = R_{9,x} = 0 \quad (42)$$

$$\begin{aligned}
\sum M_9 &= \frac{l}{2} \times \frac{R_{5,y}}{2} \times \cos\theta_1 - \frac{l}{2} R_{8,y} \cos\theta_1 = 0 \\
\rightarrow &\frac{(0.52092m)}{2} \times \frac{(611.66N)}{2} \times \cos 22.58^\circ - \frac{(0.52092m)}{2} R_{8,y} \cos 22.58^\circ = 0 \quad (43)
\end{aligned}$$

$$\sum F_y = -\frac{R_{5,y}}{2} + R_{9,y} + R_{8,y} = 0 \quad (44)$$

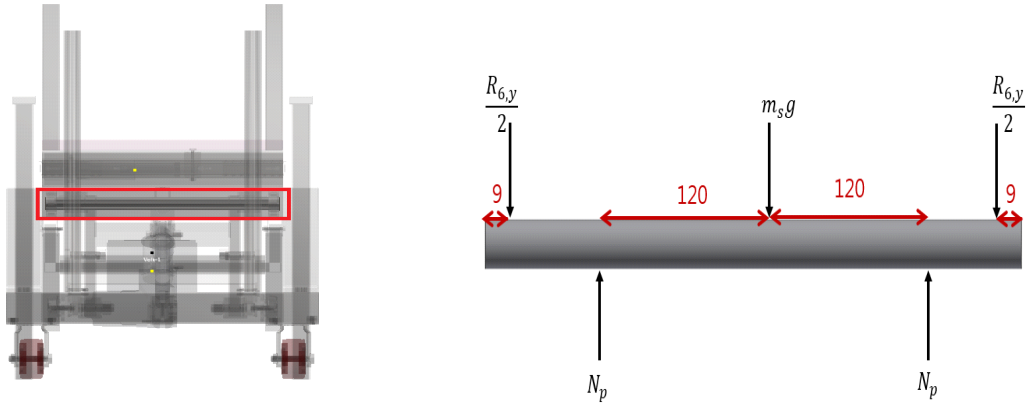
$$\rightarrow -\frac{(611.66N)}{2} + R_{9,y} + R_{8,y} = 0 \quad (45)$$

$$R_{9,x} = 0 \quad (46)$$

$$R_{8,y} = 305.83N \quad (47)$$

$$R_{9,y} = 0 \quad (48)$$

2.8.8 베어링 축 ( $\rho = 7.85g/cm^3 = 7.85 \times 10^{-6}kg/mm^3$ )



**Fig. 30** Free body diagram for bearing shafts of C-shaped steel above

위 그림은 위 C 형강의 베어링 축의 자유 물체도이다.  $R_{6,y}$ 는 베어링에 의한 반력이고,  $N_p$ 는 X 링크에 의한 반력을 나타낸 것이다. 축은 중공축으로 연강을 선택하였고, 축은 회전하지 않으므로 굽힘 모멘트만 받는다고 가정하고 설계하였다. 축 지름을 결정하기 위해 지름을 25mm로 가정하여 최대 모멘트를 구한 뒤 바흐의 축 공식을 통해 25mm가 안전한지 확인하였다.

**Table 20** External force and reaction force of bearing shaft

| 외력,반력 및 치수      | 값            |
|-----------------|--------------|
| $D$ (축지름,가정)    | 25mm         |
| $l$ (축 길이)      | 400mm        |
| $\rho$ (연강의 밀도) | $7.85g/cm^3$ |
| $m_s$ (축 무게)    | 1.541kg      |
| $R_{6,y}$       | 714.42N      |



정적 평형식

$$\sum F_y = 0; \quad (49)$$

$$-2 \times \left( \frac{714.42}{2} \right) - 15.12058362 + 2N_p = 0$$

$$N_p = 364.77N \quad (50)$$

<특이 함수 - 강도 설계>

$$\begin{aligned} W(x) = & -\frac{R_{6,y}}{2} \langle x-9 \rangle^{-1} + N_p \langle x-74 \rangle^{-1} - m_s g \langle x-194 \rangle^{-1} \\ & + N_p \langle x-314 \rangle^{-1} - \frac{R_{6,y}}{2} \langle x-379 \rangle^{-1} \end{aligned} \quad (51)$$

$$\begin{aligned} V(X) = & -\frac{R_{6,y}}{2} \langle x-9 \rangle^0 + N_p \langle x-74 \rangle^0 - m_s g \langle x-194 \rangle^0 \\ & + N_p \langle x-314 \rangle^0 - \frac{R_{6,y}}{2} \langle x-379 \rangle^0 \end{aligned} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} M(X) = & -\frac{R_{6,y}}{2} \langle x-9 \rangle^1 + N_p \langle x-74 \rangle^1 - m_s g \langle x-194 \rangle^1 \\ & + N_p \langle x-314 \rangle^1 - \frac{R_{6,y}}{2} \langle x-379 \rangle^1 \end{aligned} \quad (53)$$

$$M_{\max} = -23219Nmm = 23.219m \quad (54)$$

<안정성 확인>

굽힘만 작용

$$\sigma = 110mPa \quad (55)$$

**Fig. 31** Moment lead for safety check of C-shaped bearing shafts

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{\max}}{rc + 6}} = \sqrt[3]{\frac{32 \times 23.219 Nm}{\pi 110 \times 10^{-6} Nm^2}} = 0.012907m \quad (56)$$

$$= 12.91mm$$

25mm 보다 작으므로 만족함.

25mm가 안정한지 강도 설계를 통하여 확인한 후 강성설계를 통해 처짐이 얼마나 되는지 그 처짐량이 문제가 없는지 확인해 보았다.

\* c형강 베어링 처짐

$$BDC \quad (57)$$

$$V(9) = V(379) = 0;$$

$$E = 207 \times 10^3 N/mm^2 \quad (58)$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad (59)$$

$$EI \frac{d^2 V}{dx^2} = M \quad (60)$$

$$EI \frac{d^2 V}{dx^2} = -\frac{R_{6,y}}{2} \langle x - 9 \rangle^1 + N_p \langle x - 74 \rangle^1 - m_s g \langle x - 194 \rangle^1$$

$$+ N_p \langle x - 314 \rangle^1 - \frac{R_{6,y}}{4} \langle x - 379 \rangle^1 \quad (61)$$

$$EI \frac{dV}{dx} = -\frac{R_{6,y}}{4} \langle x - 9 \rangle^2 + \frac{N_p}{2} \langle x - 74 \rangle^2 - \frac{m_s g}{2} \langle x - 194 \rangle^2$$

$$+ \frac{N_p}{2} \langle x - 314 \rangle^2 - \frac{R_{6,y}}{4} \langle x - 379 \rangle^2 + C_1 \quad (62)$$

$$EIV = -\frac{R_{6,y}}{12} \langle x - 9 \rangle^3 + \frac{N_p}{6} \langle x - 74 \rangle^3 - \frac{m_s g}{6} \langle x - 194 \rangle^3$$

$$+ \frac{N_p}{6} \langle x - 314 \rangle^3 - \frac{R_{6,y}}{12} \langle x - 379 \rangle^3 + C_1 x + C_2 \quad (63)$$

$$V(9) = 0 \text{ 일 때} \quad (64)$$

$$9C_1 + C_2 = 0$$

$$V(379) = 0 \text{ 일 때} \quad (65)$$

$$379C_1 + C_2 = 1.29 \times 10^9$$

$$C_1 = 3.486 \times 10^6 \quad (66)$$

$$C_2 = -3.14 \times 10^7 \quad (67)$$

$$\delta_{\max} = 0.09397mm \quad (68)$$

$$\frac{\delta}{l} \leq 0.35 [mm/m], l = 0.388m$$

$$\Rightarrow \delta \leq 0.1358mm \quad (69)$$

$\therefore 0.09397mm < 0.1358mm$  이므로 만족

**Fig. 32** Graph for Deflection Calculation of C-Shaped Steel Bearing

위 C형강 베어링의 수명

$$\text{반력} : R_{6,y} = 714.42$$

$$\frac{R_{6,y}}{2} = 357.21 \quad (70)$$

$$D = 52mm \quad R = 26mm \quad \alpha = 25mm$$

$$\text{회전수} : \frac{95.17mm}{2\pi(26mm)} = 0.58rev \quad (71)$$

$$\text{시간} : \frac{(368.99 - 280)mm}{8mm/s} \times \frac{mm}{603} = 0.19min \quad (72)$$

$$n = \frac{0.58rev}{0.19min} = 3.14rpm \quad (73)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{\frac{3}{10}} = \left(\frac{33.3}{3.14}\right)^{\frac{3}{10}} = 2.03 \quad (f_n : \text{속도 계수}) \quad (74)$$

$$f_h = f_n \times \frac{C}{P} = 2.03 \times \frac{3550}{357.21} = 20.18 \quad (f_h : \text{수명 계수}) \quad (75)$$

$$L_h = 500f_h^{\frac{10}{3}} = 500 \times (20.18)^{\frac{10}{3}} = 11180962.5hr \quad (L_h : \text{수명 시간}) \quad (76)$$

$$\therefore 11180962.5hr \times \frac{day}{24hr} \times \frac{1year}{365days} = 1276.37year \quad (77)$$

|               |          | NU       |                  | NJ                            |                       | NUP                   |                       | N                      |                       | NF                     |                                |        |
|---------------|----------|----------|------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|--------|
| 주요 치수<br>(mm) |          |          |                  |                               |                       |                       | 기본 정격 하중<br>(N) [kgf] |                        |                       |                        | 허용 회전수 <sup>(1)</sup><br>(rpm) |        |
| <i>d</i>      | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i><br>(최소) | <i>r</i> <sub>1</sub><br>(최소) | <i>F</i> <sub>w</sub> | <i>E</i> <sub>w</sub> | <i>C</i> <sub>r</sub> | <i>C</i> <sub>or</sub> | <i>C</i> <sub>r</sub> | <i>C</i> <sub>or</sub> | 그리스 윤활                         | 오일 윤활  |
| 20            | 47       | 14       | 1                | 0.6                           | 27                    | 40                    | 15 400                | 12 700                 | 1 570                 | 1 290                  | 15 000                         | 18 000 |
|               | 47       | 14       | 1                | 0.6                           | 26.5                  | —                     | 25 700                | 22 600                 | 2 620                 | 2 310                  | 13 000                         | 16 000 |
|               | 47       | 18       | 1                | 0.6                           | 27                    | —                     | 20 700                | 18 400                 | 2 110                 | 1 880                  | 13 000                         | 16 000 |
|               | 47       | 18       | 1                | 0.6                           | 26.5                  | —                     | 30 500                | 28 300                 | 3 100                 | 2 890                  | 13 000                         | 16 000 |
|               | 52       | 15       | 1.1              | 0.6                           | 28.5                  | 44.5                  | 21 400                | 17 300                 | 2 180                 | 1 770                  | 12 000                         | 15 000 |
|               | 52       | 15       | 1.1              | 0.6                           | 27.5                  | —                     | 31 500                | 26 900                 | 3 200                 | 2 740                  | 12 000                         | 15 000 |
| 25            | 52       | 21       | 1.1              | 0.6                           | 28.5                  | —                     | 30 500                | 27 200                 | 3 100                 | 2 770                  | 11 000                         | 14 000 |
|               | 52       | 21       | 1.1              | 0.6                           | 27.5                  | —                     | 42 000                | 39 000                 | 4 300                 | 3 950                  | 11 000                         | 14 000 |
|               | 47       | 12       | 0.6              | 0.3                           | 30.5                  | —                     | 14 300                | 13 100                 | 1 460                 | 1 330                  | 15 000                         | 18 000 |
|               | 52       | 15       | 1                | 0.6                           | 32                    | 45                    | 17 700                | 15 700                 | 1 800                 | 1 600                  | 13 000                         | 16 000 |
|               | 52       | 15       | 1                | 0.6                           | 31.5                  | —                     | 29 300                | 27 700                 | 2 990                 | 2 830                  | 12 000                         | 14 000 |
|               | 52       | 18       | 1                | 0.6                           | 32                    | —                     | 23 700                | 22 800                 | 2 410                 | 2 330                  | 12 000                         | 14 000 |
| 30            | 62       | 17       | 1.1              | 1.1                           | 35                    | 53                    | 35 000                | 34 500                 | 3 550                 | 3 550                  | 12 000                         | 14 000 |
|               | 62       | 17       | 1.1              | 1.1                           | 35                    | —                     | 29 300                | 25 200                 | 2 980                 | 2 570                  | 10 000                         | 13 000 |
|               | 62       | 17       | 1.1              | 1.1                           | 34                    | —                     | 41 500                | 37 500                 | 4 250                 | 3 800                  | 9 000                          | 11 000 |
|               | 62       | 24       | 1.1              | 1.1                           | 35                    | —                     | 42 500                | 41 000                 | 4 350                 | 4 200                  | 9 000                          | 11 000 |
|               | 62       | 24       | 1.1              | 1.1                           | 34                    | —                     | 57 000                | 56 000                 | 5 800                 | 5 700                  | 9 000                          | 11 000 |
|               | 80       | 21       | 1.5              | 1.5                           | 38.8                  | 62.8                  | 46 500                | 40 000                 | 4 750                 | 4 050                  | 9 000                          | 11 000 |
| 35            | 55       | 13       | 1                | 0.6                           | 36.5                  | 48.5                  | 19 700                | 19 600                 | 2 000                 | 2 000                  | 12 000                         | 15 000 |
|               | 62       | 16       | 1                | 0.6                           | 36.5                  | —                     | 23 500                | 21 500                 | 2 390                 | 2 200                  | 11 000                         | 13 000 |
|               | 62       | 16       | 1                | 0.6                           | 37.5                  | —                     | 39 000                | 37 500                 | 4 000                 | 3 800                  | 9 500                          | 12 000 |
|               | 62       | 20       | 1                | 0.6                           | 38.5                  | —                     | 33 000                | 33 000                 | 3 350                 | 3 400                  | 10 000                         | 12 000 |
|               | 72       | 20       | 1                | 0.6                           | 37.5                  | —                     | 49 000                | 50 000                 | 5 000                 | 5 100                  | 9 500                          | 12 000 |
|               | 72       | 19       | 1.1              | 1.1                           | 42                    | 62                    | 38 500                | 35 000                 | 3 950                 | 3 800                  | 8 500                          | 11 000 |
| 40            | 72       | 19       | 1.1              | 1.1                           | 40.5                  | —                     | 53 000                | 50 000                 | 5 400                 | 5 100                  | 8 500                          | 10 000 |
|               | 72       | 27       | 1.1              | 1.1                           | 42                    | —                     | 51 500                | 51 000                 | 5 250                 | 5 200                  | 7 500                          | 9 500  |
|               | 72       | 27       | 1.1              | 1.1                           | 40.5                  | —                     | 74 500                | 77 500                 | 7 600                 | 7 300                  | 8 000                          | 9 500  |
|               | 90       | 23       | 1.5              | 1.5                           | 45                    | 73                    | 62 500                | 55 000                 | 6 400                 | 5 900                  | 7 500                          | 9 500  |
|               | 62       | 14       | 1                | 0.6                           | 42                    | 55                    | 22 600                | 23 200                 | 2 310                 | 2 360                  | 11 000                         | 13 000 |
|               | 72       | 17       | 1.1              | 0.6                           | 43.8                  | —                     | 33 500                | 31 500                 | 3 450                 | 3 200                  | 9 500                          | 11 000 |
| 45            | 72       | 17       | 1.1              | 0.6                           | 44                    | —                     | 50 500                | 50 000                 | 5 150                 | 5 100                  | 8 500                          | 10 000 |
|               | 72       | 23       | 1.1              | 0.6                           | 43.8                  | —                     | 49 000                | 51 000                 | 5 000                 | 5 250                  | 8 500                          | 10 000 |
|               | 72       | 23       | 1.1              | 0.6                           | 44                    | —                     | 61 500                | 65 000                 | 6 300                 | 6 650                  | 8 500                          | 10 000 |
|               | 80       | 21       | 1.5              | 1.1                           | 46.2                  | 68.2                  | 49 500                | 47 000                 | 5 050                 | 4 800                  | 8 000                          | 9 500  |

주 (1) 허용회전수는 머신드 리테이닝의 경우의 값을 표시함. 프레스 리테이닝의 경우는 상기의 80%로 한다.  
(2) 끝에 ET가 붙은 베어링은 폴리아미드 리테이닝임. 통상 최고 사용온도는 120℃이다.  
(3) L형 턱륜(B102페이지 참조)을 끼우면 NH형으로 된다.

Fig. 33 Bearing Dimensions and Rated Loads

### 2.8.9 높이조절 바깥쪽 구조물 (P5, 2개)

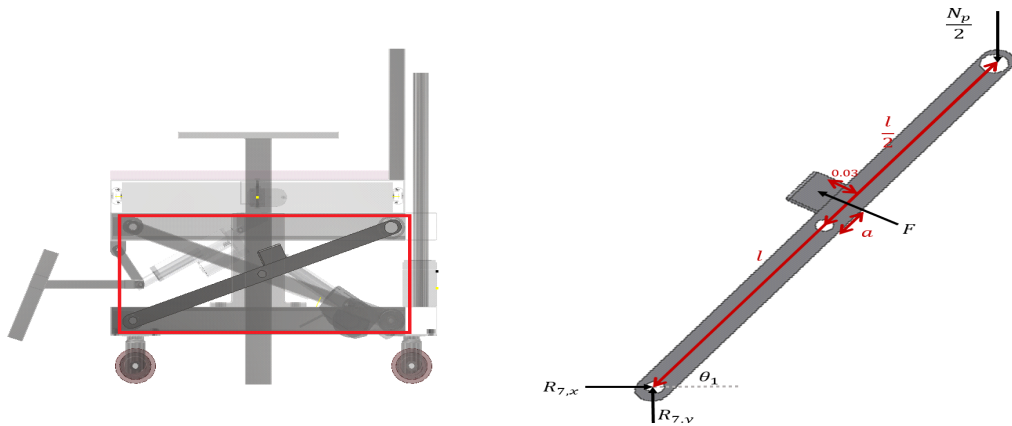


Fig. 34 Outer link free body diagram

위 그림은 높이조절 링크의 안쪽 링크로 초기 상태의 자유 물체도를 그려 외력과 반력들을 표시하였다.

$R_{6,y}$ 는 C 형강에 있는 베어링 반력이고 링크는 2개이므로 절반으로 나눠 표기하였다.  $R_{7,x}, R_{7,y}$ 는 아래 C 형강에 있는 브라켓의 반력이고  $F$ 는 높이조절 실린더의 외력이다.

**Table 21** External force and reaction force of outer link

| 외력,반력 및 수치                           | 값        |
|--------------------------------------|----------|
| $l$ (링크의 길이)                         | 520.92mm |
| $a$ (실린더 브라켓 위치)                     | 35.49mm  |
| $\theta_1$ (링크의 초기 각도)               | 22.58 °  |
| $\theta_2$ (높이조절 실린더의 초기 각도)         | 34.51 °  |
| $N_p$ (축에 의한 반력)                     | 364.77N  |
| $R_{7,x}, R_{7,y}$ (아래 C 형강 브라켓의 반력) | 구해야 하는 값 |
| $F$ (높이조절 실린더 외력)                    | 구해야 하는 값 |

$$\sum F_x = R_{7,x} - \frac{F}{2} \cos \theta_2 = 0$$

$$\rightarrow R_{7,x} - \frac{F}{2} \cos 34.51^\circ = 0 \quad (78)$$

$$\sum F_y = R_{7,y} + \frac{F}{2} \sin \theta_2 - N_p = 0$$

$$\rightarrow R_{7,y} + \frac{F}{2} \sin 34.51^\circ - 364.77 = 0 \quad (79)$$

$$\begin{aligned} \sum M_F = & - (0.03 \sin \theta_1 + (\frac{l}{2} - a) \cos \theta_1) N_p - ((\frac{l}{2} + a) \cos \theta_1 - 0.03 \sin \theta_1) R_{7,y} \\ & + ((\frac{l}{2} + a) \sin \theta_1 + 0.03 \cos \theta_1) R_{7,x} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & - (0.03 \sin \theta_1 + (\frac{0.52092mm}{2} - 0.03549mm) \cos 22.58^\circ) 364.77 \\ & - ((\frac{0.52092}{2} + 0.03549) \cos 22.58^\circ - 0.03 \sin 22.58^\circ) R_{7,y} \\ & + ((\frac{0.52092mm}{2} + 0.03549mm) \sin 22.58^\circ + 0.03 \cos 22.58^\circ) R_{7,x} = 0 \quad (80) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_7 = & (\frac{F}{2} \cos \theta_2) \left[ (\frac{l}{2} + a) \sin \theta_1 + 0.03 \cos \theta_1 \right] + (\frac{F}{2} \sin \theta_2) \left[ (\frac{l}{2} + a) \cos \theta_1 - 0.03 \sin \theta_1 \right] \\ & - l \cos \theta_1 \times N_p = 0 \end{aligned}$$

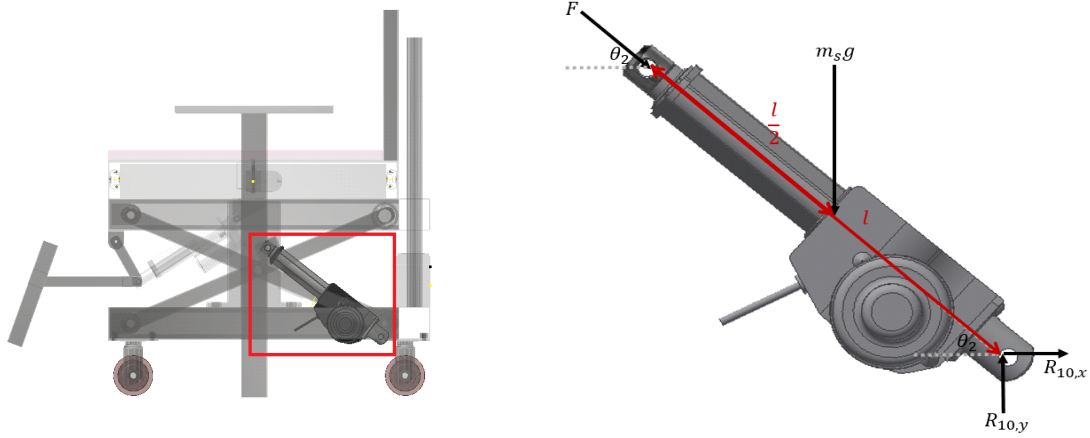
$$\begin{aligned} \rightarrow & (\frac{F}{2} \cos 34.51^\circ) \left[ (\frac{0.52092mm}{2} + 0.03549mm) \sin 22.58^\circ + 0.03 \cos 22.58^\circ \right] \\ & + (\frac{F}{2} \sin 34.51^\circ) \quad (81) \end{aligned}$$

$$R_{7,y} = 356.43N \quad (82)$$

$$R_{7,x} = 583.04N \quad (83)$$

$$F = 1415.2N \quad (84)$$

### 2.8.10 높이조절 실린더



**Fig. 35** Cylinder free object diagram for height control

위 그림은 휠체어의 높이를 조절해주는 전동실린더의 자유물체도를 나타낸 것이다. 실린더의 무게 정보는 별도로 제공하고 있지 않아 5kg으로 전동실린더 중앙을 무게중심으로 설정하고 설계하였다.

$F$  와  $\theta_2$ 는 초기 위치의 전동실린더의 힘과 각도이고,  $R_{10,x}, R_{10,y}$ 는 높이조절 전동실린더 하부 브라켓의 반력이다

**Table 22** Exterior and reaction forces of height-controlled cylinders

| 외력,반력 및 수치                              | 값        |
|-----------------------------------------|----------|
| $l$ (링크의 길이)                            | 280mm    |
| $\theta_2$ (높이조절 실린더의 초기 각도)            | 34.51 °  |
| $F$ (높이조절 실린더 외력)                       | 1415.2   |
| $m_s$ (실린더 무게)                          | 5kg      |
| $R_{10,x}, R_{10,y}$ (전동실린더 하부 브라켓의 반력) | 구해야 하는 값 |

$$\sum F_x = F \cos \theta_2 + R_{10,x} = 0$$

$$\rightarrow (1415.2N) \cos 34.51^\circ + R_{10,x} = 0 \quad (85)$$

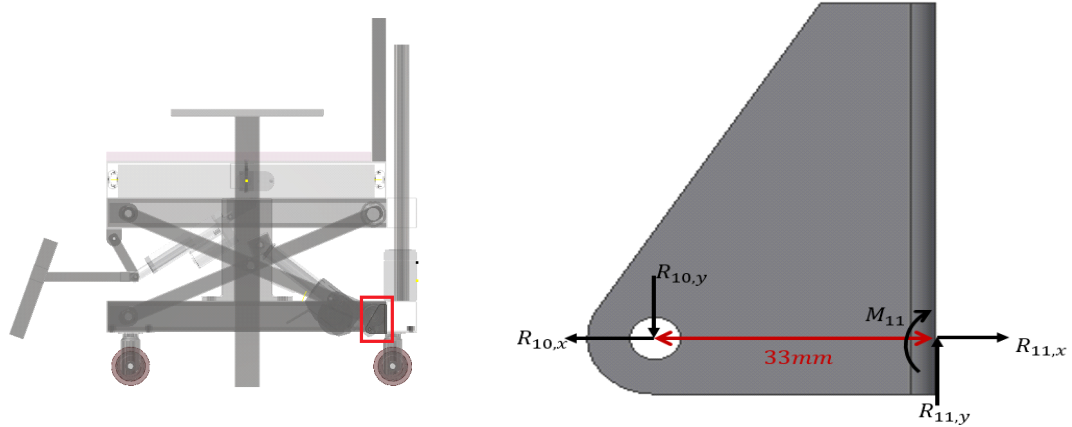
$$\sum F_y = -F \sin \theta_2 - m_s g + R_{10,y} = 0$$

$$\rightarrow -(1415.2N) \sin 34.51^\circ - (5kg)(9.81m/s^2) + R_{10,y} = 0 \quad (86)$$

$$R_{10,x} = -1166.16N \quad (87)$$

$$R_{10,y} = 850.83N \quad (88)$$

### 2.8.11 높이조절 실린더 브라켓 (B5)



**Fig. 36** height controlled cylinder bracket free object diagram

위 그림은 높이조절 실린더 하부 브라켓의 자유물체도에 반력과 외력을 나타낸 것이다. 이 때  $R_{10,x}$ ,  $R_{10,y}$ 는 높이조절 전동실린더의 반력이고,  $R_{11,x}$ ,  $R_{11,y}$ ,  $M_{11}$ 는 브라켓과 하부 사각 파이프의 반력과 모멘트다.

**Table 23** Exterior and reaction forces of the height-adjusting cylinder bracket

| 외력,반력 및 치수                               | 값                  |
|------------------------------------------|--------------------|
| $l$ (링크의 길이)                             | 33mm               |
| $R_{10,x}$ , $R_{10,y}$ (높이조절 전동실린더의 반력) | -1141.90N, 834.24N |
| $R_{11,x}$ , $R_{11,y}$ (브라켓의 반력)        | 구해야 하는 값           |
| $M_{11}$ (브라켓의 모멘트)                      | 구해야 하는 값           |

위의 자유물체도의 정역학적 해석을 통해  $R_{11,x}$ ,  $R_{11,y}$ ,  $M_{11}$ 를 구하면,

$$\begin{aligned} \sum F_x &= -R_{10,x} + R_{11,x} = 0 \quad (89) \\ \rightarrow -(-1141.90N) + R_{11,x} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= -R_{10,y} + R_{11,y} = 0 \quad (90) \\ \rightarrow -834.24N + R_{11,y} &= 0 \end{aligned}$$

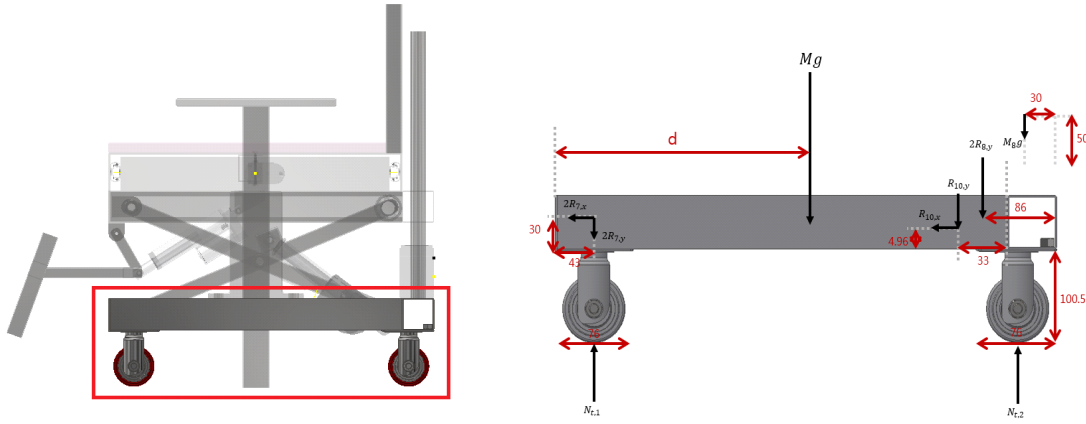
$$\begin{aligned} \sum M &= -R_{10,y} \times l + M_{11} = 0 \quad (91) \\ \rightarrow -834.24N(0.033m) + M_{11} &= 0 \end{aligned}$$

$$R_{11,x} = -1141.90N \quad (92)$$

$$R_{11,y} = 834.24N \quad (93)$$

$$M_{11} = 27.53N \cdot m \quad (94)$$

### 2.8.12 휠체어 밑판 해석 (C2, P7, P8)



**Fig. 37** Free body diagram for wheelchair base

위 그림은 휠체어의 하부 부분인 밑판에 대한 자유물체도에 반력과 외력을 나타낸 것이다.  $M_t$ 는 밑판의 부재들의 전체 무게를,  $d$ 는 밑판의 무게중심 위치를 나타내고  $m_B$ 는 배터리의 무게를 나타낸다. 앞에 구한  $R_{7,x}, R_{7,y}, R_{8,y}, R_{10,x}, R_{10,y}$  처럼 다른 부재들과의 반력을 통해 바닥과 바퀴 사이의 반력  $N_{t,1}, N_{t,2}$ 를 자유물체도를 통해 구할 수 있다.

**Table 24** External under-force reaction of the under-wheeler plate

| 외력,반력 및 치수                | 값                  |
|---------------------------|--------------------|
| $M_t$ (밑판의 전체 무게)         | 9.03kg             |
| $m_B$ (배터리 무게)            | 2.5kg              |
| $d$ (밑판의 무게중심 위치)         | 325.15mm           |
| $R_{7,x}, R_{7,y}$        | 570.95N, 349.04N   |
| $R_{8,y}$                 | 305.83N            |
| $R_{10,x}, R_{10,y}$      | -1141.90N, 834.24N |
| $N_{t,1}$ (앞 타이어의 반력, 2개) | 구해야 하는 값           |
| $N_{t,2}$ (뒤 타이어의 반력, 2개) | 구해야 하는 값           |

정적 평형 식

$$\sum F_x = -2R_{7,x} - R_{10,x} = 0$$

$$\rightarrow -2(570.95N) - (-1141.90N) = 0 \quad (95)$$

$$\sum F_y = -2R_{7,y} - R_{10,y} - 2R_{8,y} - Mg - m_B g + N_{t,1} + N_{t,2} = 0$$

$$\rightarrow -2(570.95N) - (834.24N) - (305.83N) - (9.03kg)(9.81m/s^2) - (2.5kg)(9.81m/s^2)$$

$$+ N_{t,1} + N_{t,2} = 0 \quad (96)$$

$$\sum M_A = -5(2R_{7,y}) + 130.5(2R_{7,x}) - (d - 35)Mg + (100.5 + 4.96)R_{10,x}$$

$$- (517 - 38)R_{10,y} - (524 - 38)2R_{8,y} + (610 - 38 \times 2)N_{t,2} - (610 - 38 - 30)m_B g = 0$$



$$\begin{aligned} \rightarrow & -5(2 \times 349.04N) + 130.5(2 \times 570.95N) - (325.15mm - 35mm)(9.03kg)(9.81m/s^2) \\ & + (100.5 + 4.96)(-1141.90N) - (517 - 38)(834.24N) - (524 - 38)2(305.83N) \\ & + (610 - 38 \times 2)N_{t,2} - (610 - 38 - 30)(2.5kg)(9.81m/s^2) = 0 \quad (97) \end{aligned}$$

$$N_{t,1} = 886.81N(\text{바퀴 2개}) \quad (98)$$

$$N_{t,2} = 1270.29N(\text{바퀴 2개}) \quad (99)$$

## 2.9 전동실린더 선정

전동실린더를 지정 할 때 고려 해야 할 부분은 크게 4개로 나눌 수 있다.

- ① 전동실린더의 초기 길이와 스트로크
- ② 작동 최고 하중(힘)
- ③ 속도
- ④ 전압

### 2.9.1 다리각도 조절 실린더

**Table 25** Bridge angle cylinder selection comparison table

|          | 필요한 값  | 실린더   |
|----------|--------|-------|
| 초기 길이    | 200mm  | 200mm |
| 스트로크 길이  | 82mm   | 100mm |
| 작동 최고 하중 | 885.5N | 900N  |
| 전압       | 12V    | 12V   |

전동실린더가 최소일 때는 200mm이고 최대로 늘어 날 때는 282mm로 82mm의 스트로크가 필요하다. 시중에 파는 전동실린더의 경우 스트로크 길이는 50mm 별로 나와 있으므로 우리는 100mm 스트로크를 가진 실린더를 선택했다.

**Fig. 38** Power cylinder according to theta1

전동실린더에 최대로 걸리는 하중은 90° 일 때 885.5N이 걸리게 된다. 작동 하중과 작동 스트로크를 통하여 최대 작동 하중이 900N이고, 속도는 10mm/s인 전동실린더를 선택할 수 있었다. 이때 총 82mm를 움직이므로 다 20°에서 90°로 올리는데 약 8.2초 정도 걸리는 것을 알 수 있었다.

**Table 26** Leg Angle Electric Cylinders Specification

| 다리 각도 전동실린더                                                                        | 전동실린더 스펙            |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  | 정격출력: 20W~30W       |
|                                                                                    | DC 모터 전압 : 12V, 24V |
|                                                                                    | 작동 최대 하중 : 900N     |
|                                                                                    | 작동 속도 : 10mm/s      |
|                                                                                    | 초기거리 : 200mm        |
|                                                                                    | 행정 거리 : 100mm       |

### 2.9.2 레일 실린더

**Table 27** Rail cylinder selection comparison table

|          | 필요한 값 | 실린더   |
|----------|-------|-------|
| 초기 길이    | 205mm | 205mm |
| 스트로크 길이  | 100mm | 100mm |
| 작동 최고 하중 | 0N    | 300N  |
| 전압       | 12V   | 12V   |

**Table 28** Friction coefficient table

| 접촉표면          | 정지마찰계수 | 운동마찰계수 |
|---------------|--------|--------|
| 철과 철(건조한 상태)  | 0.6    | 0.4    |
| 철과 철(윤활 상태)   | 0.1    | 0.05   |
| 철과 테프론        | 0.04   | 0.04   |
| 철과 청동(건조한 상태) | 0.5    | 0.4    |
| 주철과 브레이크 라이닝  | 0.4    | 0.3    |
| 건조한 노면과 고무타이어 | 0.9    | 0.8    |

레일 실린더는 시트를 침대와 붙이기 위해 슬라이드 시킬 때 필요하다. 우리는 그 길이를 100mm로 설계하여 실린더의 행정 거리는 100mm가 필요하다. 또한, 시트의 폭은 400mm로 (초기 거리)+(행정 거리)가 400mm를 넘지 않아야 한다.

레일 실린더는 철과 철(윤활 상태)로 정지 마찰 계수를 0.1로 설정하여 계산하였다. 위 식 (34)와 (35)를 보면 알 수 있듯이  $N_{R1} = 317.20N$ ,  $N_{R2} = 741.70N$  이 나오는데 이 반력들에 마찰 계수  $\mu_s = 0.1$ 를 곱한 값이 레일 전동실린더가 필요한 작동 하중일 것이다.

$$F = (N_{R1} + N_{R2}) \times \mu_s \quad (100)$$

$$F = (741.70N + 317.20N) \times 0.1 = 105.89N \quad (101)$$

전동실린더에 필요한 힘은 105.89N으로 속도 30mm/s, 힘 300N인 전동실린더로 선택하였다.

**Table 29** Rail Power Cylinders Specifications

| 레일 전동실린더                                                                           | 전동실린더 스펙            |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  | 정격 출력: 20W~30W      |
|                                                                                    | DC 모터 전압 : 12V, 24V |
|                                                                                    | 작동 최대 하중 : 300N     |
|                                                                                    | 작동 속도 : 300mm/s     |
|                                                                                    | 초기거리 : 205mm        |
|                                                                                    | 행정 거리 : 100mm       |

### 2.9.3 높이 조절 실린더

**Table 30** Height adjustment cylinder selection comparison table

|          | 필요한 값   | 실린더   |
|----------|---------|-------|
| 초기길이     | 280mm   | 280mm |
| 스트로크 길이  | 89mm    | 100mm |
| 작동 최고 하중 | 1415.2N | 3924N |
| 전압       | 12V     | 12V   |

최소일 때는 280mm에서 최대로 늘어 날 때는 369mm로 의자의 높이를 150mm 올리기 위해서는 전동 실린더가 89mm 움직여야 한다. 우리는 100mm 이상의 행정 거리를 가진 전동실린더가 필요했고, 200mm가 넘는 실린더는 초기 길이가 더 길어 100mm를 가진 전동실린더로 지정하였다.

또한, 높이조절 실린더는 하중을 많이 받는 실린더이기 때문에 선택할 때 작동 최대 하중을 가장 신경썼다. 필요 최대 하중은 1415.2N이나, 작동 최대 하중이 3924N인 전동실린더로 선정하여 높이 조절하는데 더 안정적으로 설계하였다. 이 실린더의 속도는 8mm/s이고 총 89mm를 움직이므로 약 11.125초 정도 시간이 소요됨을 알 수 있다.

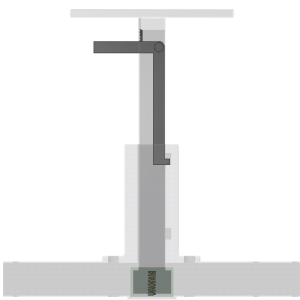
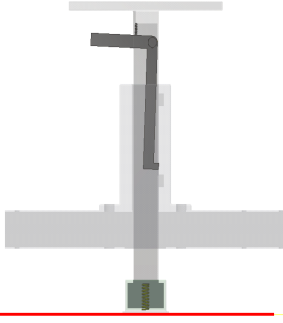
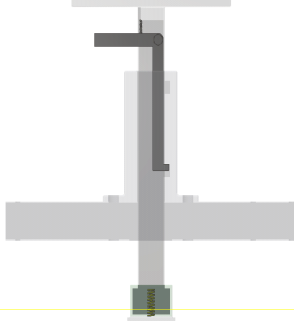
**Table 31** Height Adjusted Electric Cylinders Specifications

| 높이조절 전동실린더                                                                         | 전동실린더 스펙         |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | 정격출력: 78W        |
|                                                                                    | DC 모터 전압 : 12V   |
|                                                                                    | 작동 최대 하중 : 3924N |
|                                                                                    | 작동 속도 : 8mm/s    |
|                                                                                    | 초기거리 : 280mm     |
|                                                                                    | 행정 거리 : 100mm    |

## 2.10 휠체어 락킹

### 2.10.1 휠체어 락킹 과정

**Table 32** Wheelchair locking process

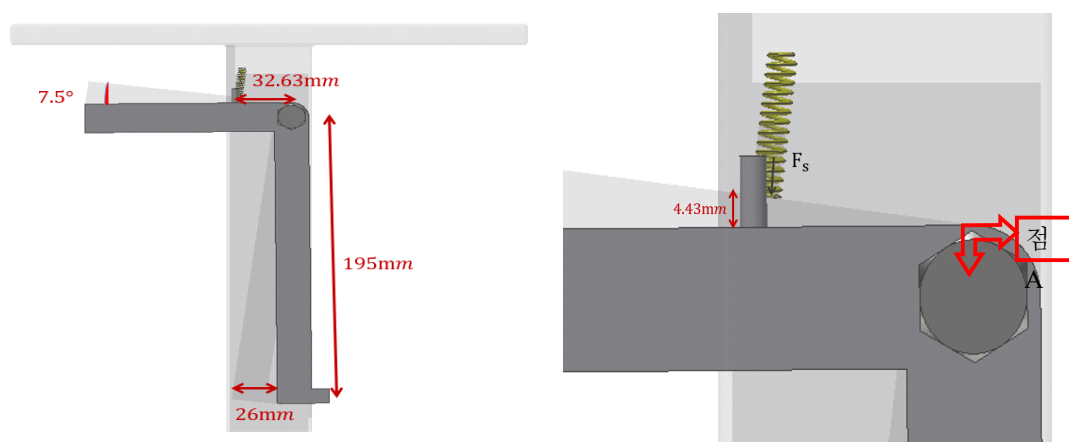
| 락킹 손잡이 초기 상태                                                                        | 락킹 손잡이 락킹 중 상태                                                                      | 락킹이 완료된 상태                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |     |
| <p>휠체어가 평상시에 락킹 기능을 사용하지 않을 때는 락킹 레버가 손잡이 가이드 내부의 홈에 구속되어 있는 상태로 움직이지 않는다.</p>      | <p>휠체어의 락킹 기능을 사용할 때 지면에 닿을 때까지 레버를 당긴 상태로 휠체어 손잡이를 내린다.</p>                        | <p>휠체어의 락킹 밀 부분이 지면에 닿는 순간부터 내부의 스프링이 압출력을 받게 되고 손잡이 가이드의 아랫부분 홈에 구속이 된 상태로 락킹이 된다.</p> |

## 2.10.2 락킹 원리

**Table 33** Handle Locking Part Spring Material

|                                                                                   |                     |      |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------|-----------|
|  | 와이어 코일스프링 WB(25%변형) |      |           |
|                                                                                   | 스프링 정수<br>(N/mm)    | 4.9  | 허용 변형률(%) |
|                                                                                   | 최대 하중(N)            | 24.5 | 외경(D)(mm) |
|                                                                                   | 전장(L)(mm)           | 20   | RoHS      |
|                                                                                   |                     |      | 10        |

위 스프링을 사용하여 휠체어 손잡이의 레버를 왕복운동을 할 수 있도록 설계한다.



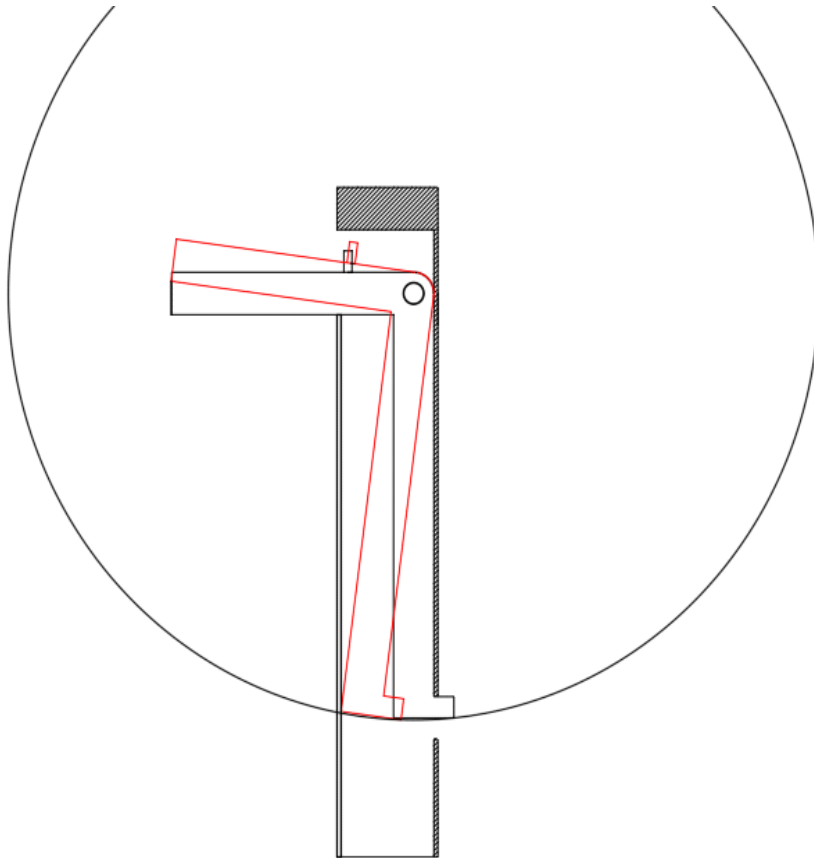
**Fig. 39** Wheelchair handle lever

위 그림은 사람이 손잡이의 레버를 당기기 전의 상태와 당기고 있는 상태를 겹쳐서 나타낸 것이다. 손잡이 레버를 당기기 전에 상태에서는 가이드 내부의 홈에 구속되어있는 상태이고, 레버를 당겼을 때는 락킹을 하기 위해 휠체어의 손잡이가 y방향 자유도가 생기게 된다. 레버를 당겨서 링크가 회전하게 되는 중심은 링크에 연결된 볼트의 중심이고 링크가 손잡이 외부와 간섭이 생기지 않는 최대한의 거리까지 당긴다고 가정한다. 그때 손잡이의 최대의 각도는 7.5°이며 링크의 아래부분의 변위는 26mm, 스프링의 최대 압축 길이는 약 4.43mm 까지 압축된다.

$$k_1 = 4.9 \text{ N/mm} \quad (102)$$

$$x_1 = 4.43 \text{ mm} \quad (103)$$

$$F_{s,1} = k_1 \times x_1 = 21.707 \text{ N} \quad (104)$$



**Fig. 40** Handle Rotation Interference

회전의 중심이 되는 점(볼트 중심)을 기준으로 원을 그려 링크의 아랫부분과 손잡이의 간섭이 존재하지 않는 것을 확인하였고, 스프링 상수( $4.9N/mm$ )의 값을 대입하여 사람이 당기는 힘을 계산 해보면  $21.71N$  (약  $2.21kg$ )으로 손잡이 레버를 당길 수 있다.

### 2.10.3 락킹 해석

**Table 34** Handle Locking Part Spring Material

| 코일스프링 -고변형용 SWR                                                                     |            |       |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|---------------|
|  | 선 종류       | 이형선   | D(직경)(mm)     |
|                                                                                     |            |       | 17            |
|                                                                                     | L(전장)(mm)  | 35    | d(이형선 내경)     |
|                                                                                     |            |       | 10.5          |
|                                                                                     | 내열 온도      | 200℃  | 스프링 정수 (N/mm) |
|                                                                                     |            |       | 11.21         |
|                                                                                     | 하중(N)      | 196.1 | 허용 변형량(mm)    |
|                                                                                     |            |       | 17.5          |
|                                                                                     | 도장박리 처리 유무 | 있음    | RoHS          |
|                                                                                     |            |       | 10            |

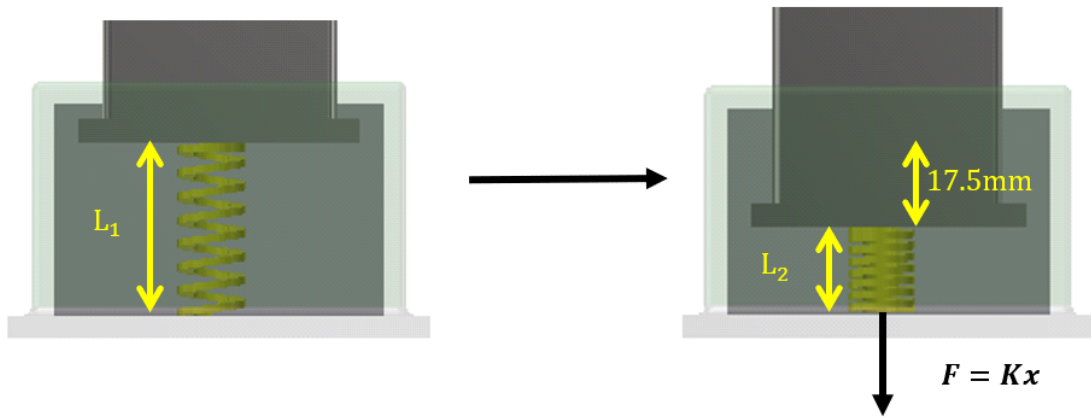


Fig. 41 locking method

Table 35 External and reaction forces when locking

| 외력,반력 및 수치         | 값         |
|--------------------|-----------|
| $x_2$ (스프링 압축 길이)  | 17.5mm    |
| $k_2$ (스프링 상수)     | 11.21N/mm |
| $L_1$ (스프링 길이)     | 35mm      |
| $L_2$ (압축된 스프링 길이) | 17.5mm    |

Fig. 40 는 손잡이에 의한 하중으로 스프링이 압축되기 전 상태와 압축되고 난 후의 상태이다. 선정한 스프링 제원에 의하여 스프링이 최대로 압축되었을 때의 압축력으로 바닥 간의 마찰력을 계산한다.

$$k_2 = 11.21N/mm \quad (105)$$

$$x_2 = 17.5mm \quad (106)$$

$$F_{s,2} = k_2 x_2$$

$$\rightarrow 11.21N/mm \times 17.5mm = 196.1N$$

$$F_{s,2} = 196.1N \quad (107)$$

정역학적 평형식을 세워 계산한 결과, 한 손잡이당 대략 196.1N(19.53kg)의 y방향 하중을 가해야 한다. 손잡이 락킹으로 막을 수 있는 x방향 하중을 앞에서 구한 y방향 하중 값으로 계산한다. (단, 고무와 바닥 간의 마찰 계수는 건조한 노면과 고무 타이어의 마찰계수를 사용한다.)

Table 36 Friction coefficient table

| 접촉표면             | 정지마찰계수 | 운동마찰계수 |
|------------------|--------|--------|
| 철과 철(건조한 상태)     | 0.6    | 0.4    |
| 철과 철(운할 상태)      | 0.1    | 0.05   |
| 철과 테프론           | 0.04   | 0.04   |
| 철과 청동(건조한 상태)    | 0.5    | 0.4    |
| 주철과 브레이크 라이닝     | 0.4    | 0.3    |
| 건조한 노면과<br>고무타이어 | 0.9    | 0.8    |

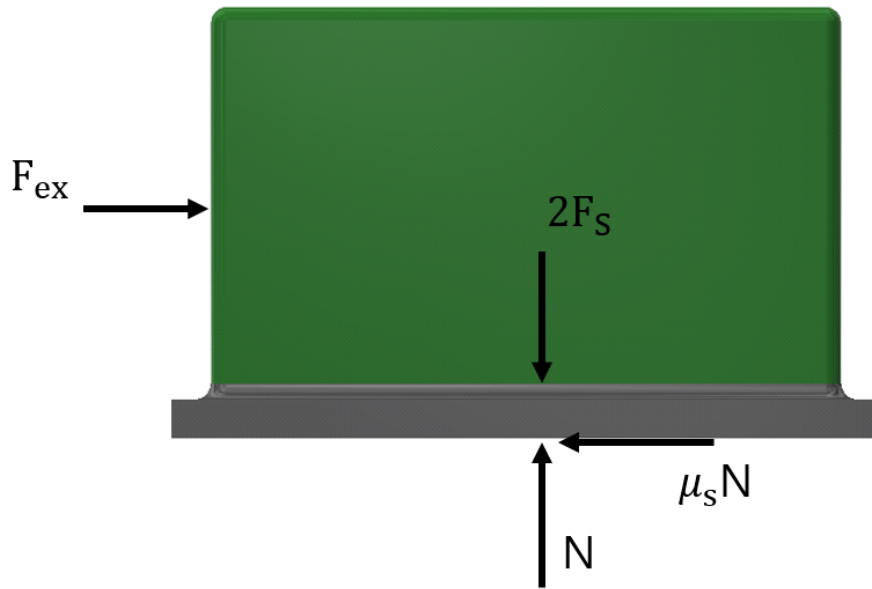


Fig. 42 Free body diagram of rubber

Table 37 external force and reaction force of rubber part

| 외력,반력 및 수치         | 값         |
|--------------------|-----------|
| $x$ (스프링 압축 길이)    | 17.5mm    |
| $k$ (스프링 상수)       | 11.21N/mm |
| $L_1$ (스프링 길이)     | 35mm      |
| $L_2$ (압축된 스프링 길이) | 17.5mm    |

Fig.41 에서 휠체어 손잡이가 가하는 하중을  $2F_{s,2}$ (휠체어 손잡이가 양쪽에 달려있으므로 2배를 해준다)로 바닥 간의 마찰력( $F_{ex}$ )을 계산한다.

$$\sum F_y = N - 2F_{s,2} = 0 \quad (108)$$

$$\Rightarrow N = 2F_{s,2} = 2(196.1N) = 392.2N$$

$$\sum F_x = F_{ex} - \mu_s N = 0 \quad (109)$$

$$\Rightarrow F_{ex} - 0.9(392.2N) = 0$$

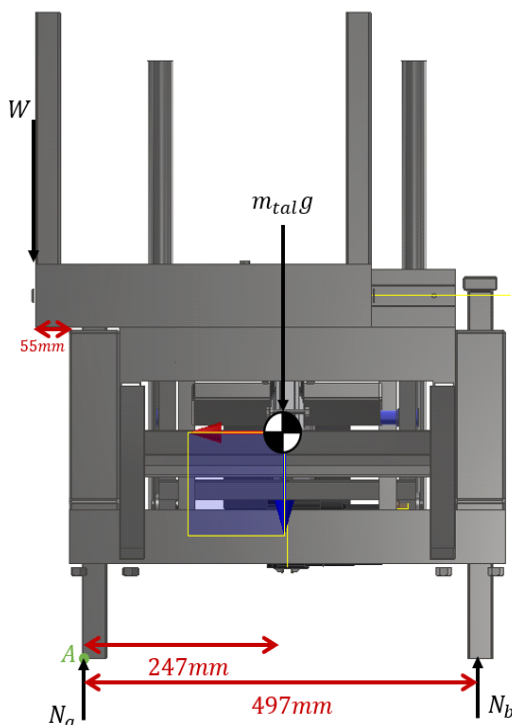
$$\boxed{F_{ex} = 352.98N} \quad (110)$$

위 계산 값에 의하여 손잡이 락킹으로 인해 얻을 수 있는 효과는 예기치 못한 x방향 하중이 외부에서 가해질 때 대략 352.98N(35.98kg)의 하중을 막을 수 있다.



## 2.11 휠체어 모멘트 계산

레일의 전동실린더가 구동되었을 때 휠체어가 넘어가지 않는지 휠체어에 작용 되는 모멘트를 아래의 A점(락킹 손잡이가 지면과 붙어있는 점)을 기준으로 계산한다.



**Fig. 43** Free body diagram for the entire wheelchair

Fig.43 는 A점에서 휠체어의 전체적인 모멘트를 계산하기 위해 레일이 최장길이가 되었을 때를 휠체어의 정면에서 본 모습의 자유물체도이다. (레일의 이동이 좌우 방향의 횡 이동만 하기 때문에 정면에서 본 모습을 선택했다.)  $m_{tal}g$ 는 휠체어 전체의 무게이며,  $W$ 는 사람의 침대로 이동할 때 사람의 하중이다.

실제 시트의 끝보다 무게중심에 가까운 쪽에 하중이 작용하지만, 극단적인 상황으로 가정하여 여유 있게 계산을 진행하였다. (단,  $m_{tal}g$ 의 무게는 철판, 파이프, 실린더, 볼트, 너트 및 와셔 부싱, 배터리 등의 무게를 다 합친 값으로 대략 25kg으로 가정한다. 실제로 계산 시엔 더 큰 무게로 작용한다)

**Table 38** External and reactionary forces of the entire wheelchair

| 외력, 반력 및 치수 | 값              |
|-------------|----------------|
| $m_{tal}g$  | 25kg           |
| $W$         | 110kg          |
| $N_a, N_b$  | 바닥에 의한 반력      |
| 점 A         | 무게중심으로부터 247mm |

점 A를 기준으로 모멘트 평형식을 세워서 반력  $N_b$ 의 방향을 보고 휠체어가 넘어가는지를 판단한다. 반력  $N_b$ 의 방향이 위 자유물체도처럼 양의 값이 나온다면 정적 상태에서 휠체어는 넘어가지 않는다고 판단할 수 있다.

$$\sum F_y = -W + N_a + N_b - m_{tal}g = 0 \quad (111)$$

$$\sum M = (0.055m)W - (0.247m)m_{tal}g + (0.497m)N_b = 0 \quad (112)$$

$\therefore N_b = 2.467N$  이므로 휠 체어는 넘어가지 않는다.

## 2.12 배터리 선정



규 격 | VK1209

용 량 | 12V 9Ah

사 이 즈 | 길이 151mm X 폭 65mm X 높이 95mm X 총높이 100mm

중 량 | 2.5kg

Fig. 44 Battery Specifications

높이를 조절하는 전동실린더의 정격출력은 78W이고 다리 시트의 각도를 조절하는 전동실린더의 정격출력은 30W이며 레일을 이용하여 시트를 옆으로 미는 전동실린더의 정격출력은 36W이다.

선정한 배터리의 용량은 12V에 9Ah로

$$12V \times 9Ah = 108Wh \quad (113)$$

이다.

의자 시트 높이를 15cm 올리기 위해서는 전동실린더의 행정길이가 89mm가 필요하다. 높이를 조절하는 전동실린더는 8mm/s로 89mm를 올리기 위해서는 11.125초의 시간이 소요된다.

$$(369mm - 280mm) \div (8mm/s) = 11.125s \quad (114)$$

다리 각도를 조절하기 위해서는 초기 각도  $20^\circ$  에서 일자로 펴진  $90^\circ$  로 전동실린더의 행정길이가 82mm가 되어야 하고, 이 전동실린더의 속도는 10mm/s로 82mm를 조절하기 위해서는 8.2초의 시간이 소요된다.

$$(282mm - 200mm) \div (10mm/s) = 8.2s \quad (115)$$

의자 시트를 레일과 전동실린더를 이용하여 100mm 옆으로 이동시키기 위해서 전동실린더의 행정길이가 100mm가 되어야 하고, 슬라이더에 사용되는 전동실린더의 속도는 30mm/s로 100mm를 조절하기 위해서는 3.33초의 시간이 필요하다.

$$(100mm) \div (30mm/s) = 3.33s \quad (116)$$

따라서 사람을 휠체어에서 침대로 이동시키는데 걸리는 시간은 총 22.658초의 시간이 소요된다.  
높이를 조절하는 시간은 총 걸리는 시간은 22.658초 중에 11.125초가 소요되어

$$\frac{11.125s}{22.658s} \times 78W = 38.30W \text{의 동력이 필요하고.}$$

다리 각도를 조절하는 시간은 총 걸리는 시간은 22.658초 중에 8.2초가 소요되어

$$\frac{8.2s}{22.658s} \times 30W = 10.86W \text{의 동력이 필요하다.}$$

의자 시트를 옆으로 옮기는데 걸리는 시간은 22.658초 중에 3.3초가 소요되어

$$\frac{3.33s}{22.658s} \times 36W = 5.30W \text{의 동력이 필요하며 총 필요한 동력은 } 54.46W \text{이다.}$$

$$108Wh \div \left( \left( \frac{11.125s}{22.658s} \times 78W \right) + \left( \frac{8.2s}{22.658s} \times 30W \right) + \left( \frac{3.33s}{22.658s} \times 36W \right) \right) = 1.983h \quad (117)$$

따라서 배터리 완충 시 1.983시간 만큼 사용이 가능하다.

$$1.983h \times \frac{60min}{1h} \times \frac{60sec}{1min} \div 22.658s = 315.137\text{번} \quad (118)$$

배터리 한 번 충전 시 315번의 구동이 가능하다.

## 2.13 제어부 설계

### 2.13.1 알고리즘

각각의 기능을 수행하는 스위치 버튼을 눌렀을 때 어떻게 작동하는지 순서도를 구성했다.

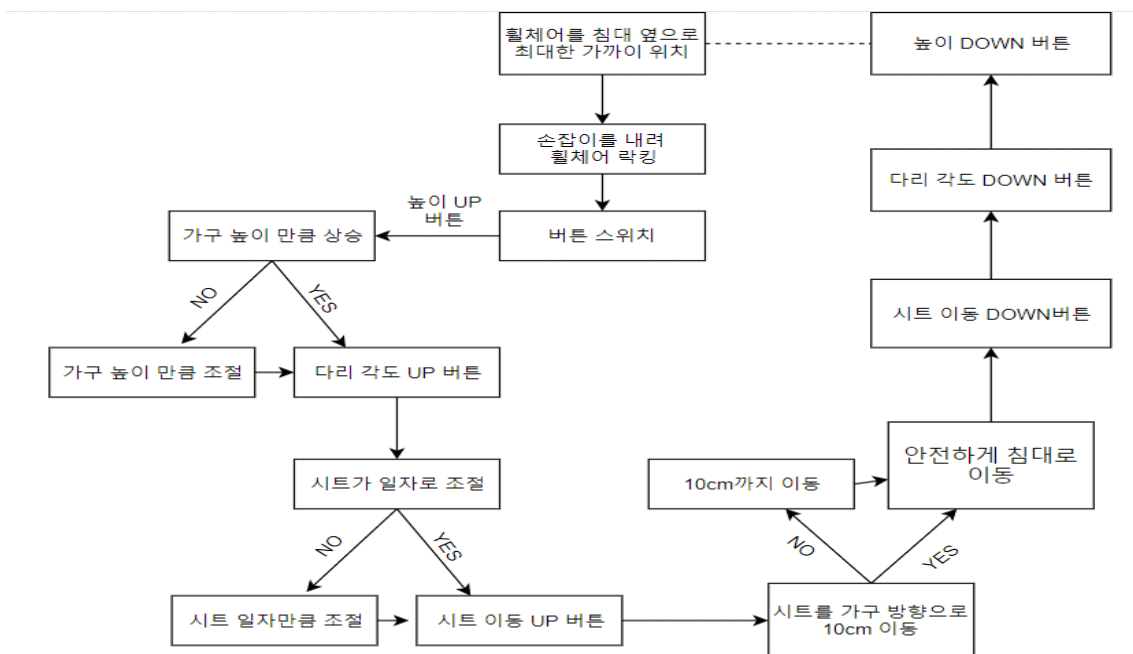


Fig. 45 Switch diagram of chair

### 2.13.2 전동 실린더 제어

의자 시트 높이를 15cm 올리기 위해서는 전동실린더의 행정길이가 89mm가 되어야하며, 높이를 조절하는 전동실린더는 8mm/s로 89mm를 올리기 위해서는 11.125초의 시간이 소요된다.

다리 각도를 조절하기 위해서는 초기 각도  $20^{\circ}$  에서 일자로 펴진  $90^{\circ}$  로 각도를 조절하기 위해서는 전동실린더의 행정길이가 82mm가 되어야 하고, 다리 각도를 조절하는 전동실린더의 속도는 10mm/s로 82mm를 조절하기 위해서는 8.2초의 시간이 소요된다.

의자 시트를 레일과 전동실린더를 이용하여 100mm 옆으로 이동시키기 위해서는 전동실린더의 행정길이가 100mm가 되어야하고, 슬라이더에 사용되는 전동실린더의 속도는 30mm/s로 100mm를 조절하기 위해서는 3.33초의 시간이 걸린다.

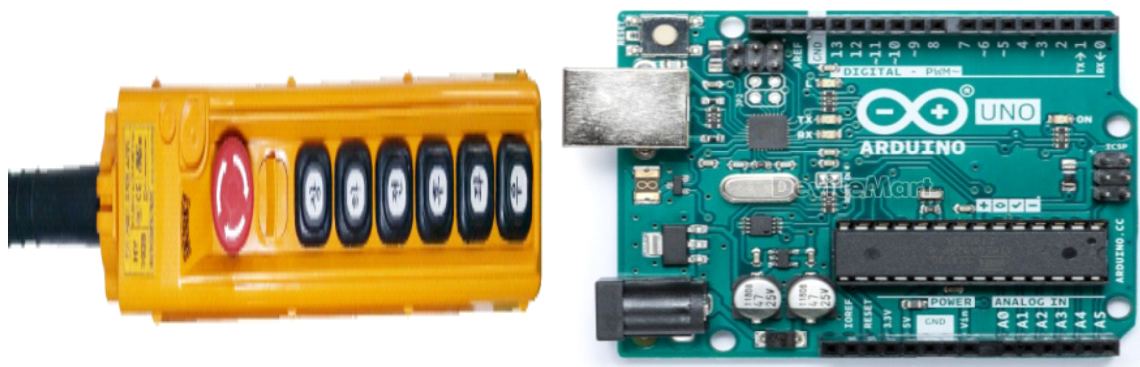


Fig. 46 Switch and Arduino uno R3 to be installed on the chair

높이 조절 UP, DOWN버튼, 다리 각도조절 UP, DOWN버튼, 시트 이동 UP, DOWN버튼 총 6개의 버튼이 있는 스위치와 전동실린더 3개를 Arduino uno 연결하여 휠체어를 작동시킨다.

### 2.13.3 회로도

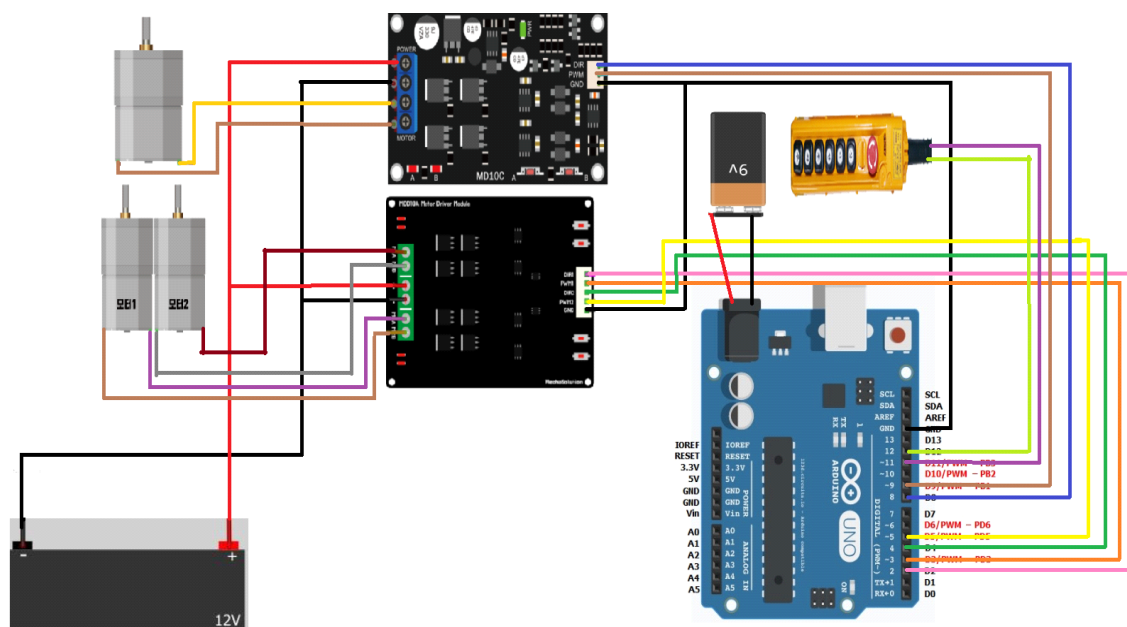


Fig. 47 Circuit diagram

MDD10A 모터 드라이버 모듈은 2개의 DC모터를 제어할 수 있는 고용량 모터드라이버 모듈이다. 5~30V에 해당하는 DC 모터의 방향과 속도를 제어할 수 있으며, 각 모터당 10A의 연속 전류를 허용한다. MDD10A 모터 드라이버 모듈을 통해 다리 각도조절 전동실린더와 시트 이동 전동실린더를 제어할 수 있다.

MD10C 모터 드라이버 모듈은 1개의 DC모터를 제어할 수 있는 고용량 모터드라이버 모듈이다. 5~30V에 해당하는 DC 모터의 방향과 속도를 제어할 수 있으며, 13A의 연속 전류를 허용한다. MD10C 모터 드라이버 모듈을 통해 높이조절 전동실린더를 제어할 수 있다.

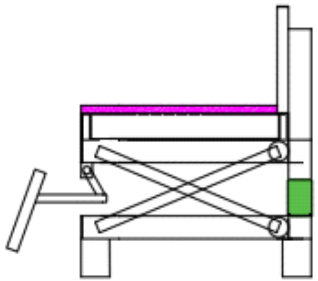
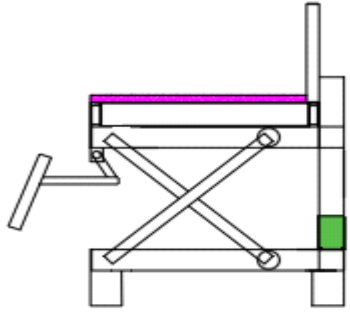
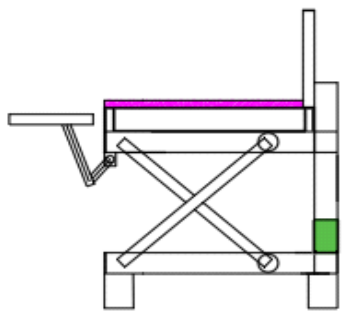
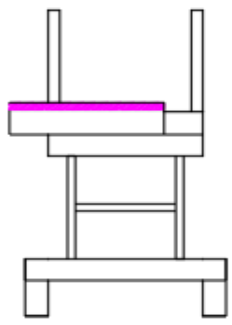
MDD10A, MD10C 모터 드라이버 모듈은 아두이노와 같은 3.3~5V 로직의 마이크로 컨트롤러와 사용할 수 있으며, 디지털 (로직) 신호와 PWM 신호를 통해 모터를 제어한다.

12V 배터리는 전동실린더 사용에 쓰이고, 9V의 건전지는 아두이노 외부 전원 연결부에 연결하여 아두이노를 작동에 사용한다. Arduino UNO에서 스위치의 입력을 받아 전동실린더를 작동시킨다.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1 작동원리 및 작동과정

**Table 39** Design-considering support capabilities

| 구동전 휠체어 상태                                                                          | 높이 조절된 휠체어 상태                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 보조 모드 전 휠체어의 형태                                                                     | 높이 조절 보조 모드를 통해 바닥에서 시트까지의 높이가 450mm에서 600mm까지 총 150mm 구동한다.                         |
| 다리 조절된 휠체어 의자 상태                                                                    | 레일 구동 시 휠체어 상태                                                                       |
|  |  |
| 높이 조절 후 다리 각도가 초기 20°에서 90°까지 총 70° 조절 가능하다.                                        | 레일 모드를 통해 시트를 침대 옆으로 붙이기 위해 100mm 조절할 수 있다.                                          |



높이 조절 구동부는 X자형 링크에 전동 실린더를 부착하여 이가 450mm에서 600mm까지 총 150mm 구동된다.

다리 각도 조절 구동부는 제작한 프레임에 전동 실린더를 부착하여 초기 20°에서 90° 까지 총 70° 조절이 가능하다.

레일 횡 이동 구동부는 의자 시트를 크게 윗판과 아랫판으로 나누어 서랍식으로 레일을 부착한 뒤 전동 실린더를 이용하여 횡으로 100mm 조절할 수 있다.

### 3.2 기대 효과 및 의의

침대 이동 보조 휠체어는 높이 조절, 다리 받침 각도 조절, 침대로의 횡 이동을 자동화하여 단순히 리모컨으로 휠체어 사용자 스스로 조작이 가능하게 한다.

다만, 횡 이동 중 환자의 몸무게가 특정 부분으로 치중되기 때문에 모멘트가 발생하여 안정성이 절하될 가능성이 있다. 이 부분에 대해서 손잡이를 락킹 기능이 포함된 제품으로 적합하게 추가 설계를 마쳐 안정성을 확보했다.

이는 휠체어 사용자가 휠체어에서 침대 및 다른 가구로의 이동 시 발생하는 낙상사고의 위험을 감소시킨다.

또한, 간병인 및 타인과의 불필요한 신체 접촉에서 오는 불편함을 방지하며, 보조 인력을 절감할 수 있다.

휠체어의 비용은 대략 70만원 가량이며, 이는 가격적인 측면에서의 경쟁력을 충분히 갖추을 알 수 있다. 제작 과정 또한 특별한 어려운 과정 없이 철판 및 파이프 가공 후 간단한 볼트와 너트의 조립으로 진행되어 쉽게 제작이 가능하다. 상용화가 어렵지 않음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

### 4.1 제품 사양 및 스펙 설명서



| 모델       |                           | 동작                    |                 |
|----------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| 치수(mm)   | 520폭 * 610길이 * 450~600 높이 | 작동방식                  | 전자동             |
| 시트(mm)   | 400폭 * 500길이 * 510높이      | 다리 조절각                | 20° ~90°        |
| 제품 무게    | 56.9kg                    | 행 이동 거리               | 100mm           |
| 권장 키     | 150~180cm                 | 높이 조절                 | 450~600mm       |
| 최대 허용 중량 | 110kg                     | 동작 시각<br>(다리조절/높이/레일) | 8.2/11.13초/3.3초 |
| 외장       | 직물 쿠션                     | 모터                    | 전동실린더 3개        |
| 프레임 재질   | 흑강,철판                     | 요구 전압                 | 12V             |

## 4.2 부품 및 조립 방법

### 4.2.1 링크 부시 결속

링크와 부시를 연결하기 위해 끼워 맞춤 공차를 고려한다.

**Table 40** Bearing fitting

|                            |                  |                 |  |                             |                                                 |
|----------------------------|------------------|-----------------|--|-----------------------------|-------------------------------------------------|
|                            | H7/h6<br>(H7/h7) | 헐거운<br>끼워<br>맞춤 |  | 윤활유를 공급하면 손으로 움직일 수 있다.     | 긴 축에 끼는 키, 고정 풀리와 축 컬러                          |
|                            | H7/g6<br>(H7g7)  |                 |  | 틈새가 근소하고, 윤활유의 사용으로 서로 운동   | 연삭기의 스피들베어링 등 정밀공작기계 등의 주축과 베어링, 고급변속기의 주축과 베어링 |
|                            | H7/t7            |                 |  | 작은 틈새, 윤활유의 사용으로 서로 운동가능    | 크랭크 축, 크랭크 핀과 그들의 베어링                           |
|                            | H8/e8            |                 |  | 조금 큰 틈새                     | 다소 하급인 베어링과 축, 소형엔진의 축과 베어링                     |
| 8<br>·<br>9<br>급<br>구<br>영 | H8/h8            | 보통공작            |  | 쉽게 끼고 빼고 미끄러질 수 있다.         | 축, 컬러, 풀리와 축, 소형엔진의 축과 베어링                      |
|                            | H8/t8            |                 |  | 작은틈새, 윤활유의 사용으로 서로 운동       | 내연기관의 크랭크베어링, 안내차와 축, 원심 펌프 송풍기 등의 축과 베어링       |
|                            | h8/d9            |                 |  | 큰 틈새, 윤활유의 사용으로 서로 운동가능     | 차량베어링, 일반하급베어링, 요동베어링, 아이들 휠과 축 등               |
|                            | H9/c9<br>H9/d8   |                 |  | 대단히 큰 틈새, 윤활유의 사용으로 운동하는 부위 |                                                 |

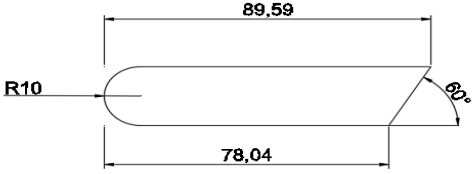
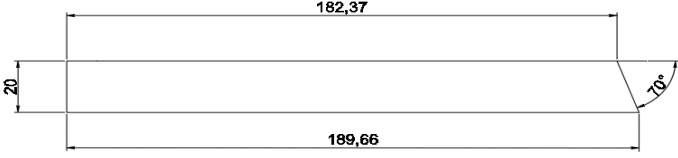
억지 끼워 맞춤을 하게 될 시 부시가 링크의 구멍에 영구적으로 조립되어 분해의 어려움이 있고, 억지 끼워 맞춤과 중간 끼워 맞춤 모두 링크와 부시의 회전이 어려워 헐거운 끼워 맞춤으로 링크와 부시의 조립은 진행한다.

헐거운 끼워 맞춤 시 힘 전달이 제대로 되지 않을 수도 있으므로 비교적 틈새가 작은 H7/g6의 공차를 선택하였다.

#### 4.2.2 링크 가공

##### ① 절단 가공

**Table 41** Pipe cutting machining

| 파이프 이름 | 개수 | 도면                                                                                 |
|--------|----|------------------------------------------------------------------------------------|
| P3     | 2  |  |
| P2     | 2  |  |

다리 시트 부분 링크는 전동실린더의 힘이 최대한 적게 받기 위해 링크에 P1은  $60^\circ$  링크 P2는  $70^\circ$ 에 각을 주도록 절단 가공을 할 예정이다. 이 부분은 정밀해야 하므로 정밀 가공을 업체에 맡길 예정이다. 링크 P1은 끝단에 반지름 10으로 라운드 가공을 하여 브라켓과의 간섭을 피한다.

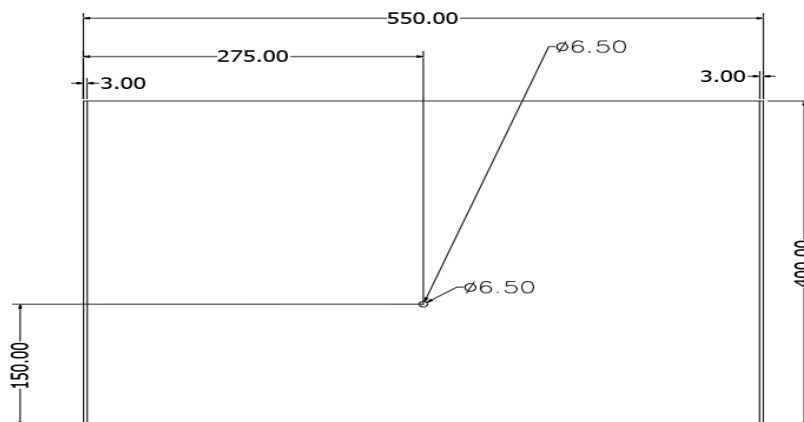


## ② 구멍 가공

**Table 42** Pipe hole machining

| 파이프 이름 | 개수 | 도면 |
|--------|----|----|
| P4     | 2  |    |
| P5     | 2  |    |
| P6     | 1  |    |
| P7     | 1  |    |
| P8     | 2  |    |
| P3     | 2  |    |

## 4.2.3 시트 윗판(A1) 구멍 가공



**Fig. 48** Seat top plate (A1) hole machining

시트 윗판 (A1)은 정밀한 위치에 구멍가공이 필요하므로 정밀 가공을 맡긴다. 이는 레일 실린더 브라켓 (B3)이 볼팅 되는 구멍이므로 구멍의 공차는 중요하지 않아 표기하지 않았다.

#### 4.3 가공 도면

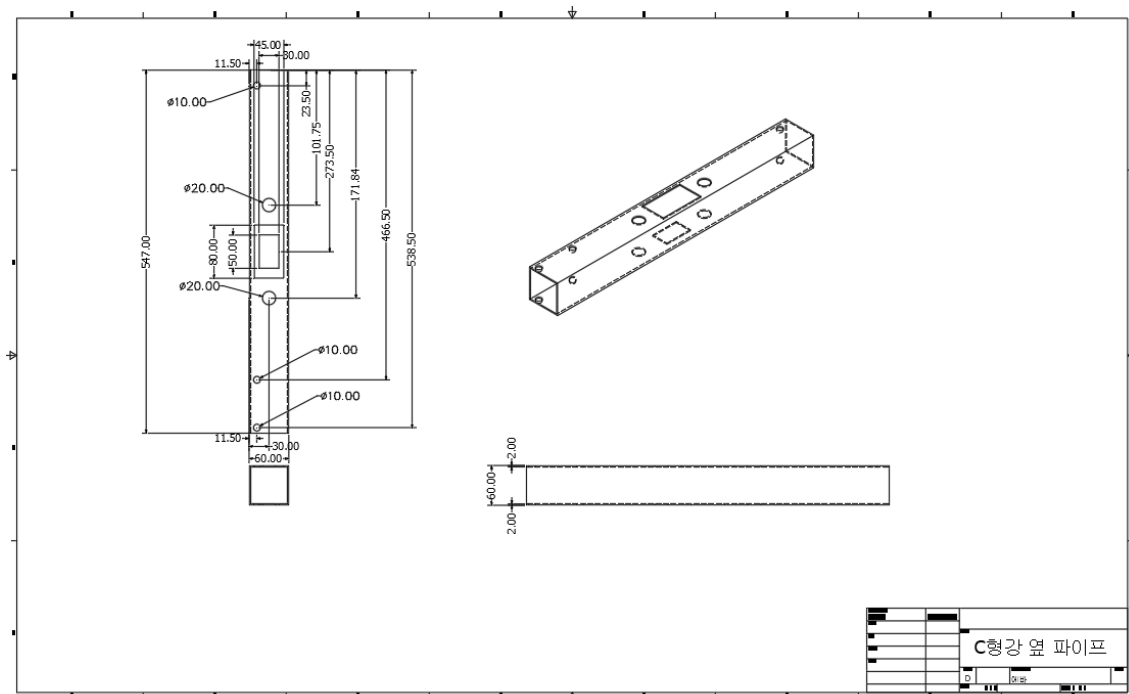


Fig. 49 Pipe machining drawing next to C-shaped steel

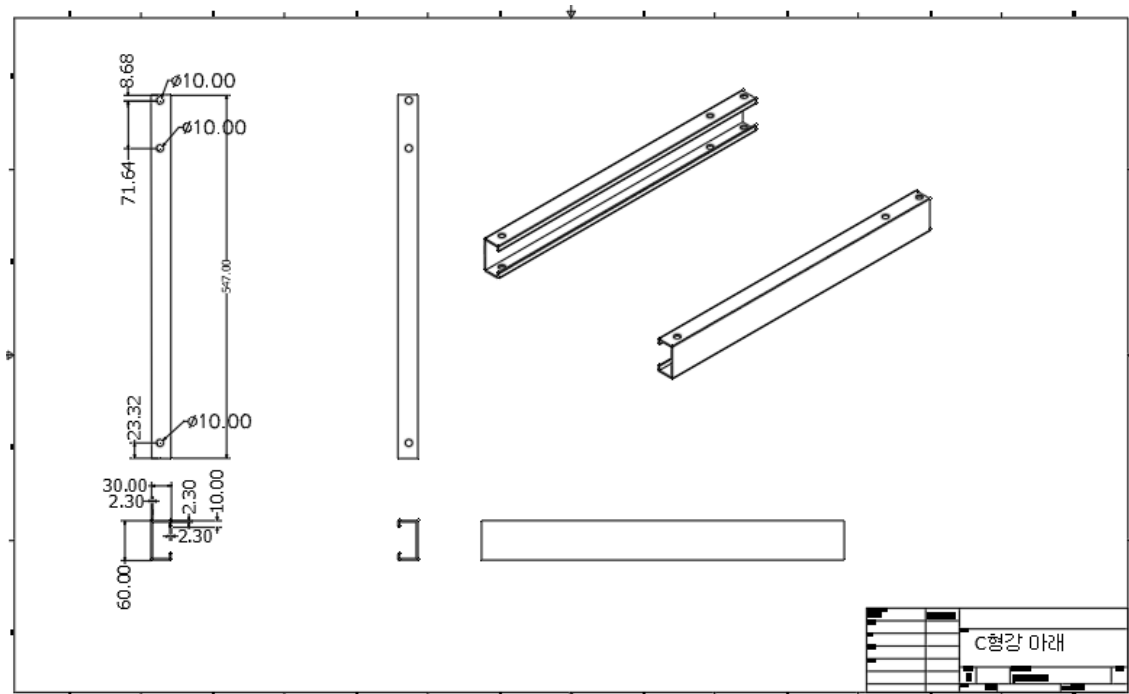


Fig. 50 Pipe machining drawing under C-shaped steel

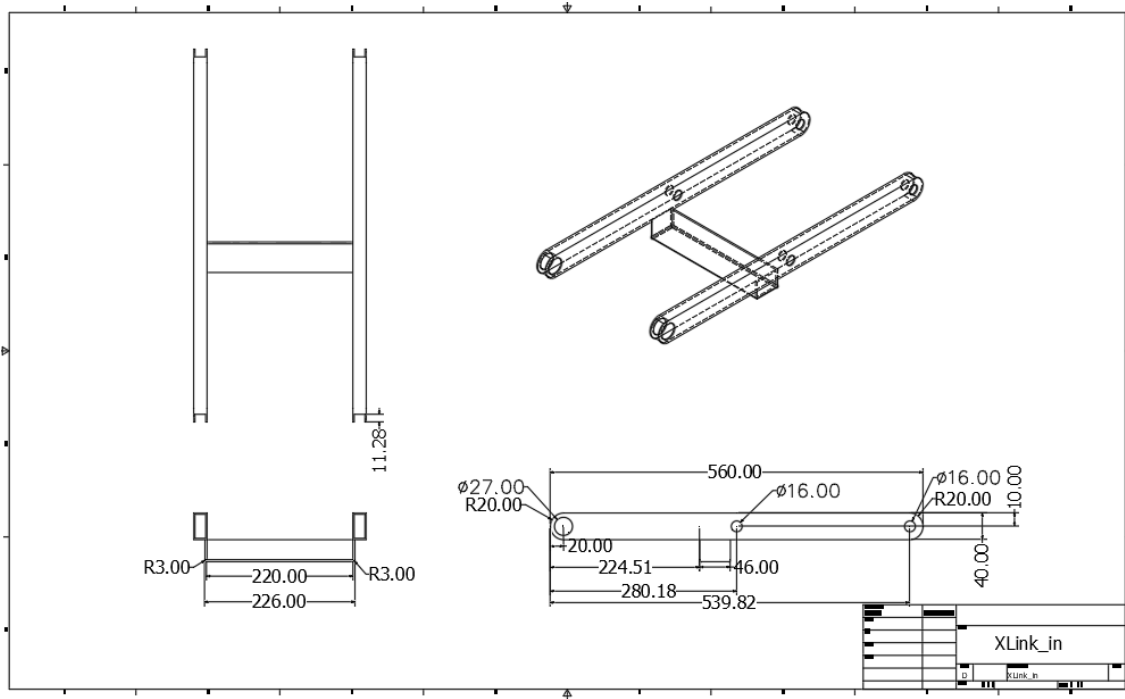


Fig. 51 Machining drawing inside height control structure

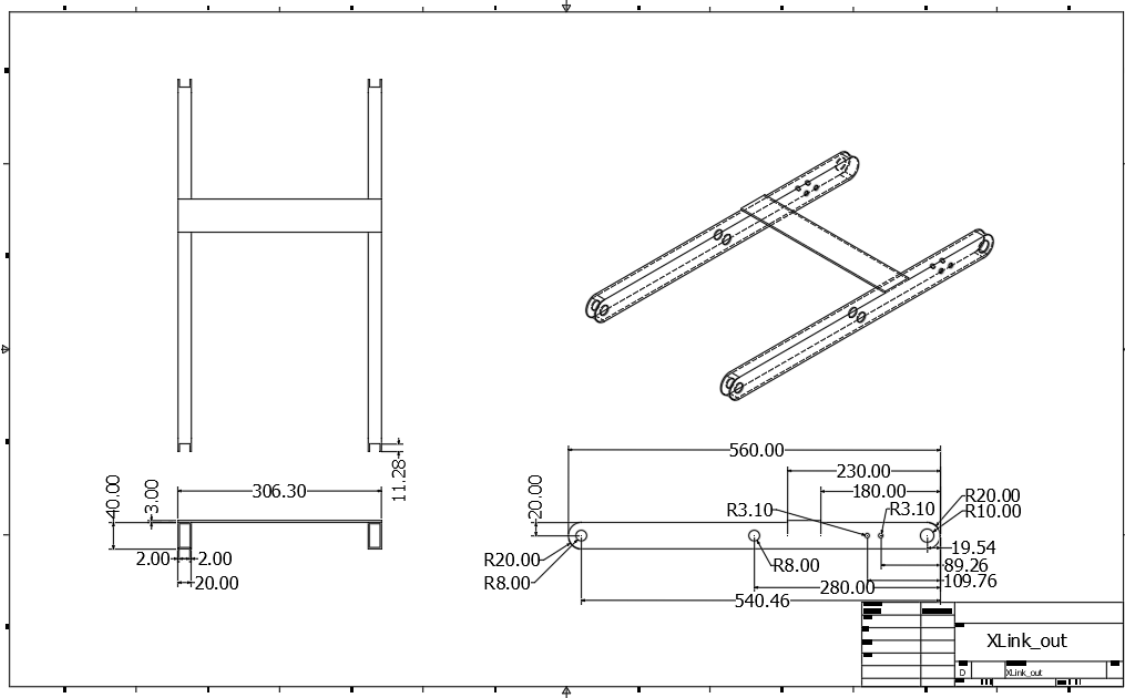


Fig. 52 Outer machining drawing of height adjustment structure

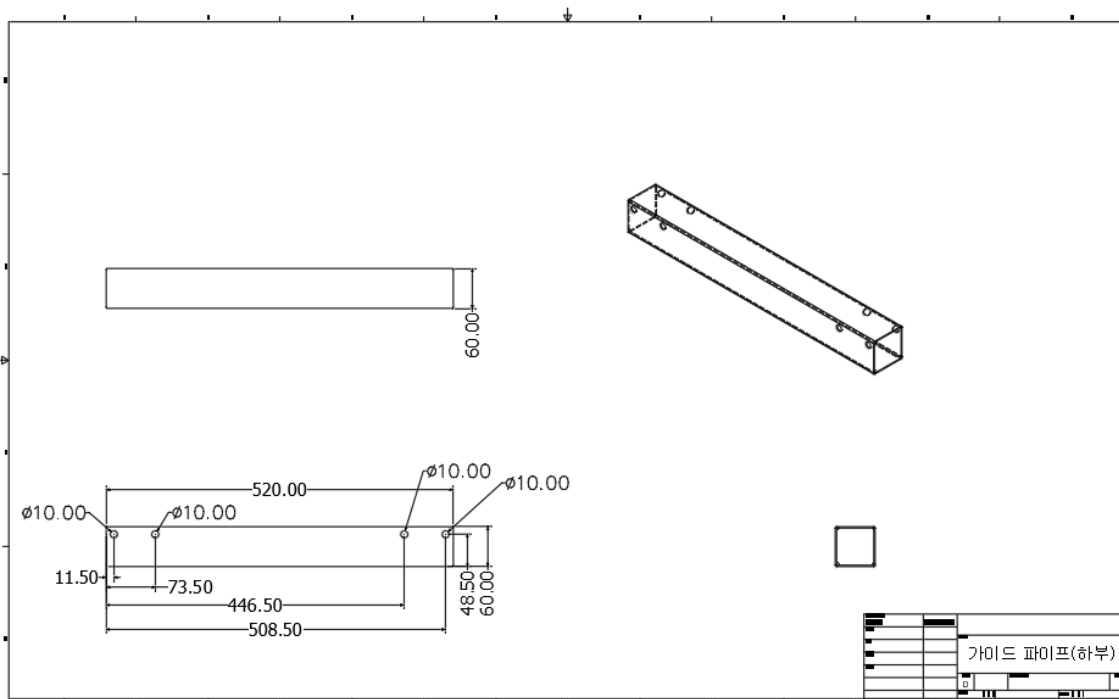


Fig. 53 Guide pipe (lower) machining drawing

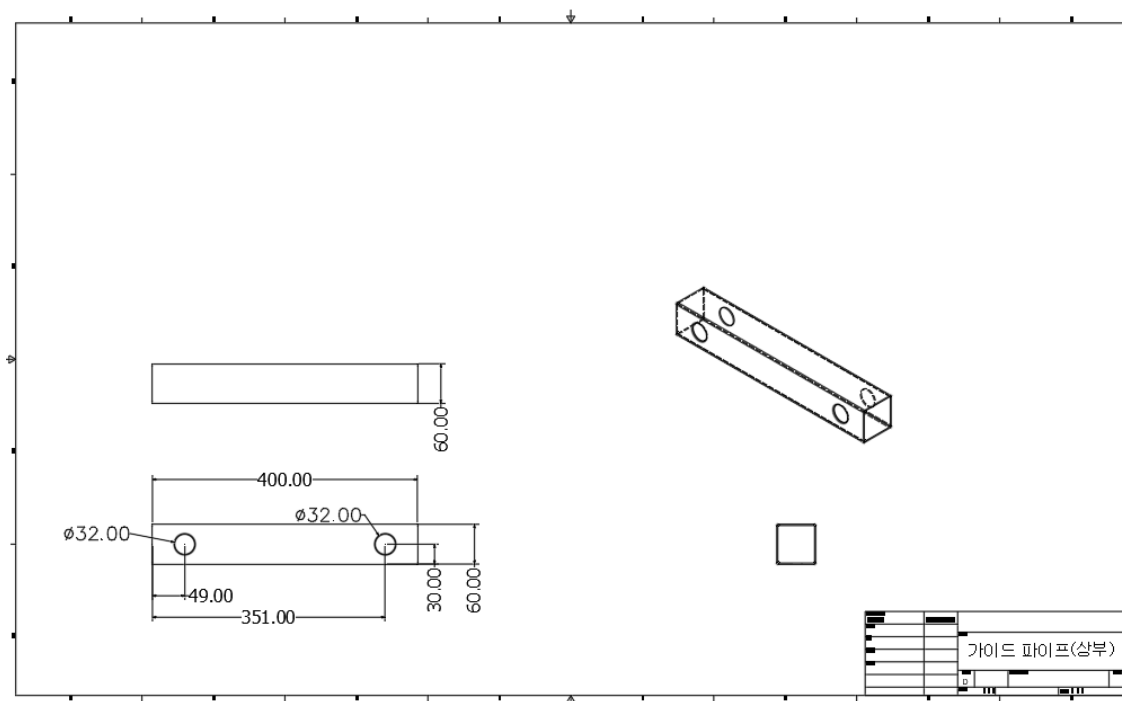


Fig. 54 Guide pipe (top) machining drawing

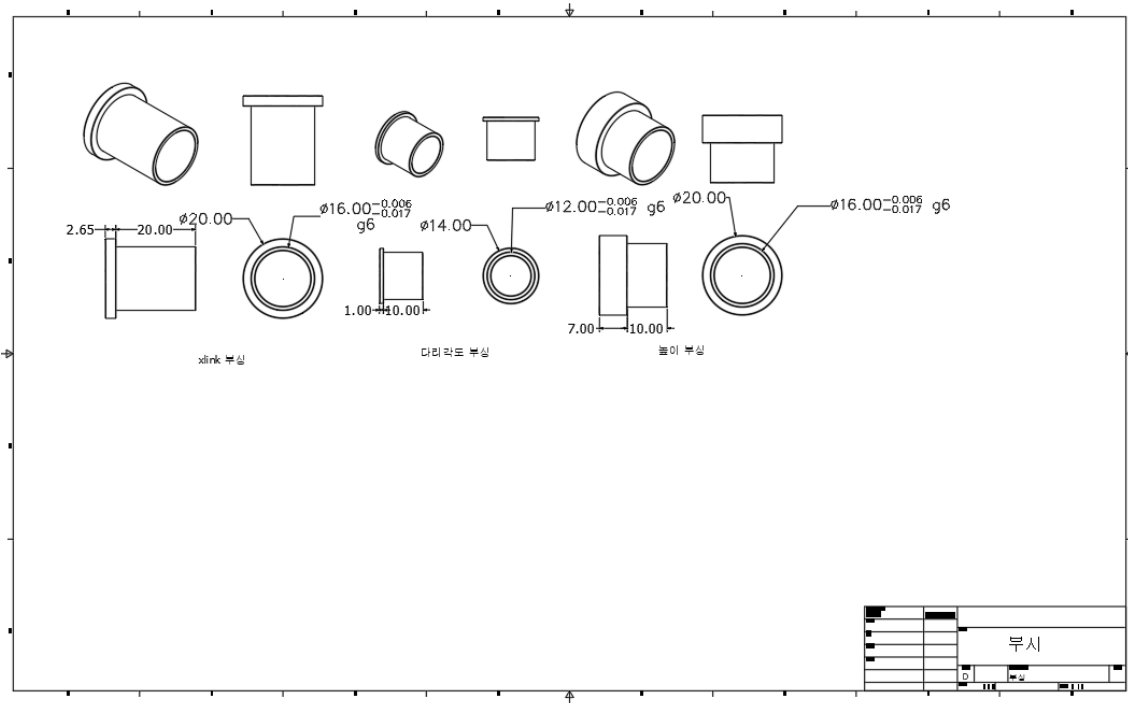


Fig. 55 Bush machining drawing

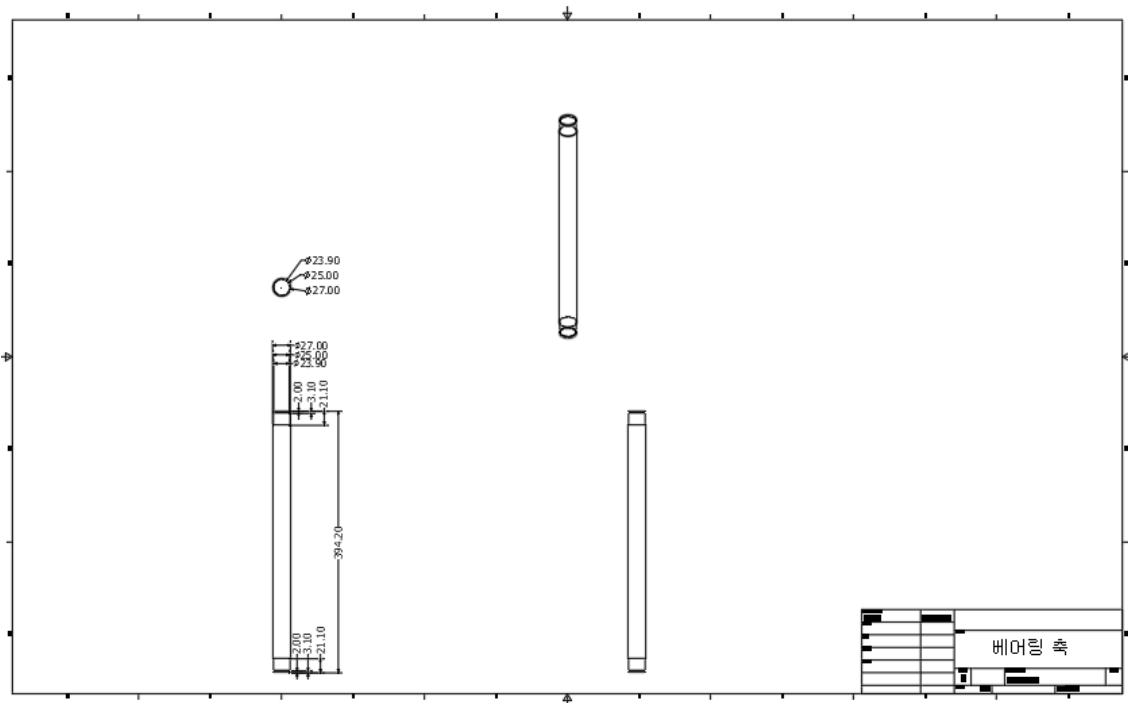


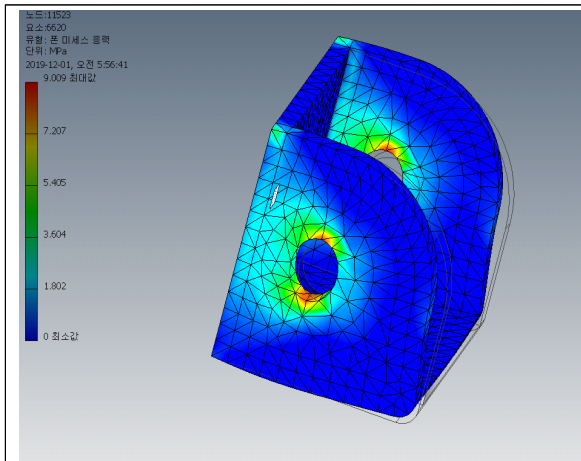
Fig. 56 Bearing shaft machining drawing

#### 4.4 견적표

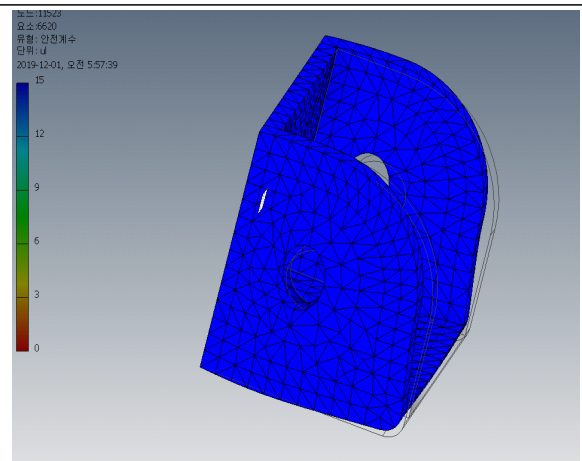
| 항목               | 구매처            | 개수 | 가격 (₩)  |
|------------------|----------------|----|---------|
| <b>[프레임]</b>     |                |    |         |
| 사각 파이프 60*60*2   | 스틸뱅크           | 3  | 39,000  |
| 사각 파이프 30*30*1.4 | 스틸뱅크           | 5  | 14,000  |
| 사각 파이프 30*20*2   | 스틸뱅크           | 4  | 13,200  |
| 사각 파이프 20*20*1.4 | 스틸뱅크           | 4  | 7,600   |
| 원형 파이프 30mm/t=2  | 스틸뱅크           | 1  | 8,600   |
| C형강 파이프          | 메탈마켓           | 4  | 66,000  |
| 철판 3'×6'×2.3     | 프론스틸           | 2  | 문의      |
| <b>[실린더]</b>     |                |    |         |
| 높이 조절용 실린더       | Richmat        | 1  | 54,000  |
| 다리각도 조절 실린더      | 포유테크           | 1  | 53,600  |
| 레일 움직임 실린더       | 브랜드 없음-UNIT808 | 1  | 36,050  |
| <b>[세부 부품]</b>   |                |    |         |
| 레일               | 가구철물닷컴         | 2  | 209,000 |
| w항가차             | 브랜드 없음-옥션      | 2  | 20,000  |
| 다리각도 실린더 브라켓     | ForYouTECH     | 1  | 3,300   |
| 전동실린더 브라켓 D타입    | JENO Mall      | 1  | 5,000   |
| 원통 롤러 베어링*       | MiSUMi         | 2  | 88,000  |
| 중량용 바퀴 3인치       | ACACIA LIVING  | 4  | 13,200  |
| 배터리              | 볼타코리아          | 1  | 29,000  |
| 리모컨              | MOTVEN         | 1  | 31,500  |
| MDD10A 모터드라이버    | 메카솔루션          | 1  | 21,890  |
| MD10C 모터드라이버     | 메카솔루션          | 1  | 13,200  |
| Arduino uno R3   | 메카솔루션          | 1  | 22,500  |
| 아두이노 9V 배터리홀더    | 11번가           | 1  | 1,500   |
| 에너지저 9V          | 파워랜드           | 1  | 1,400   |
| 합계               |                |    | 670,540 |

침대 이동 보조 휠체어 제작을 위해서 67 만원이 필요하다. 시중에 판매하고 있는 침대형 휠체어 판매가격은 100 만원 후반대를 형성하고 있다.

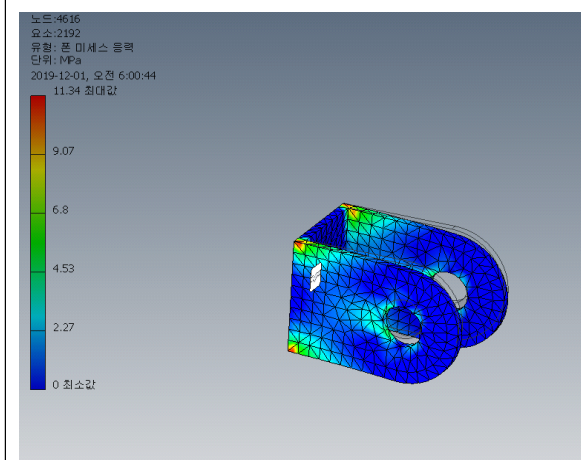
#### 4.5 프로그램을 통한 해석



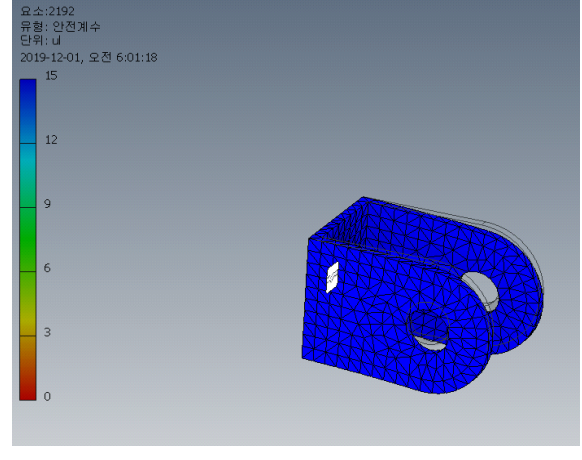
높이조절 전동실린더 앞쪽 브라켓(응력)  
철(연성)으로 하중을 주었을 때 폰 미세스  
응력이 항복 응력(811Mpa) 보다 훨씬  
낮으므로 안전하다.



높이조절 전동실린더 앞쪽 브라켓(안전계수)  
안전계수를 적용시켰을 경우에 안전계수는  
대략 15정도로 안전하다는 것을 확인할 수  
있다.



윗판 브라켓(응력)  
철(연성)으로 하중을 주었을 때 폰 미세스  
응력이 항복 응력(811Mpa) 보다 훨씬  
낮으므로 안전하다.



윗판 브라켓(응력)(안전계수)  
안전계수를 적용시켰을 경우에 안전계수는  
대략 15정도로 안전하다는 것을 확인할 수  
있다.

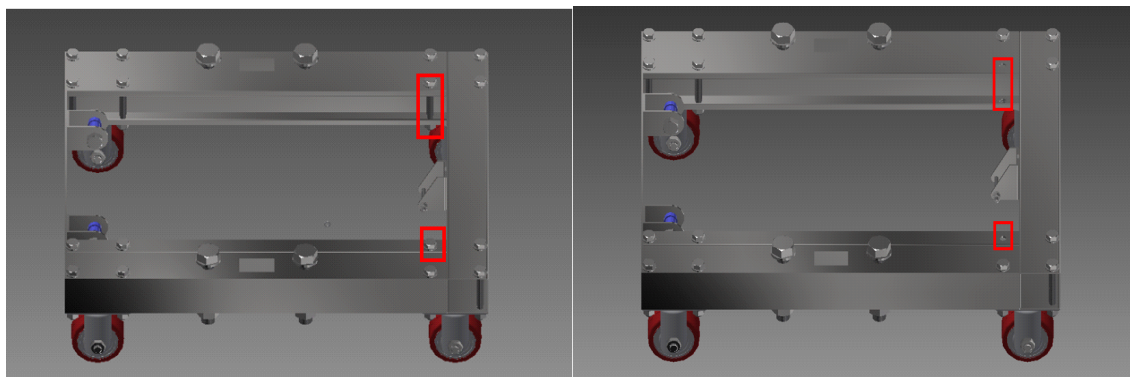
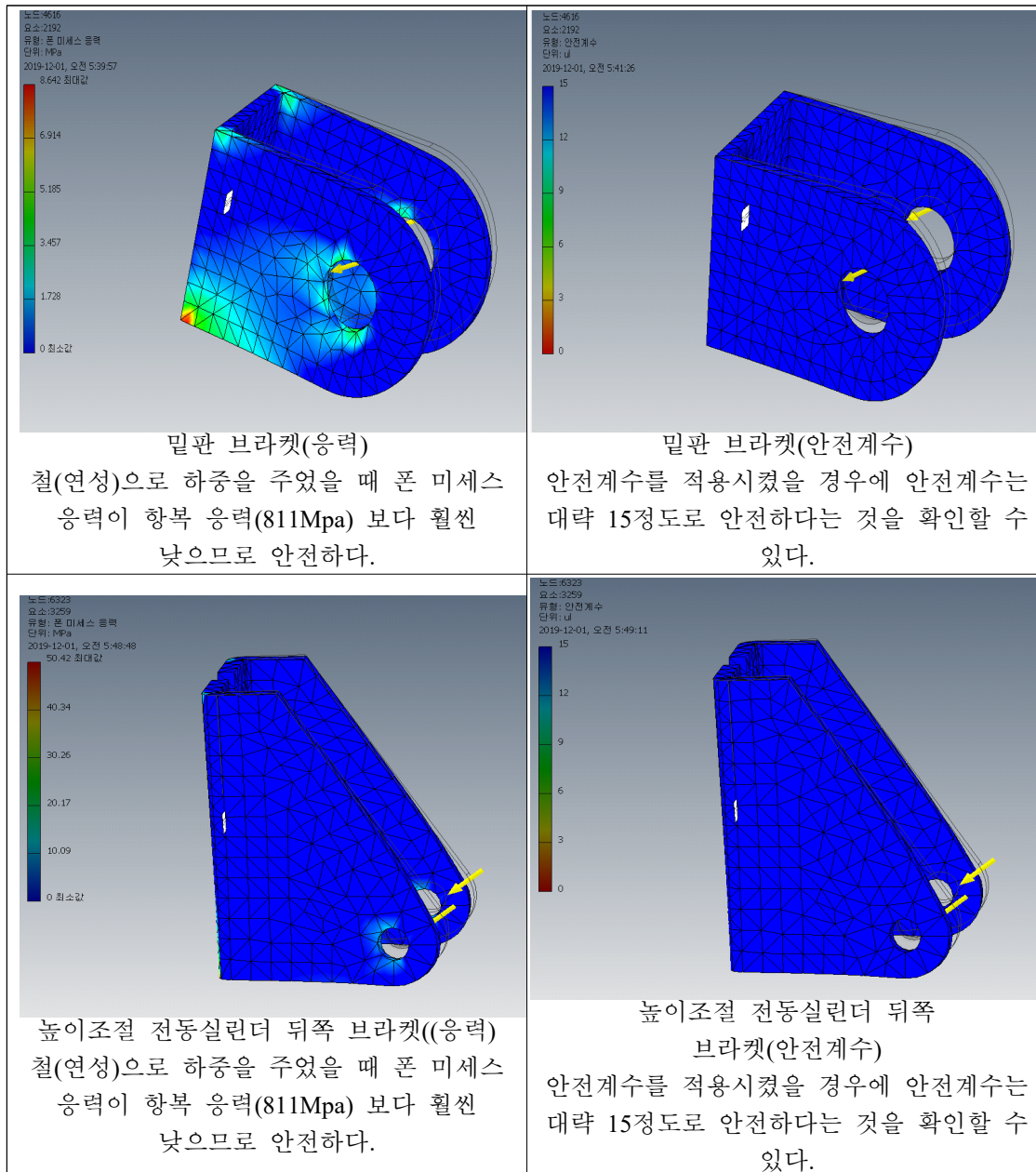
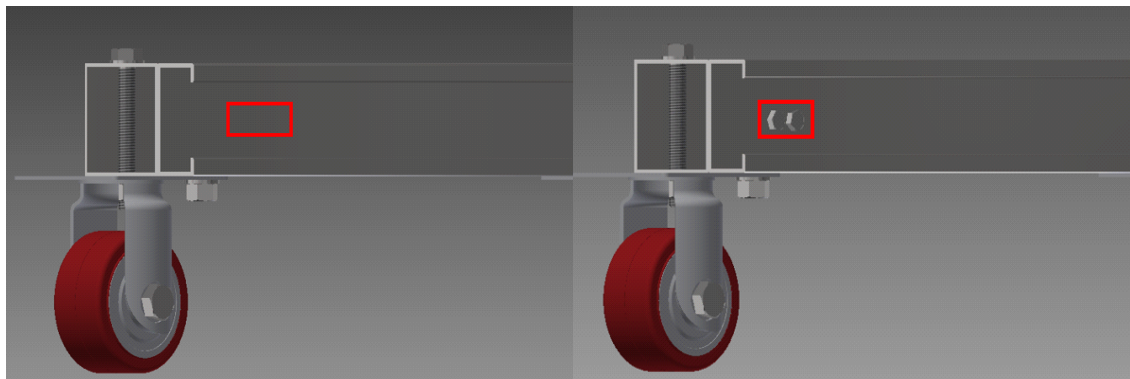


Fig. 57 Before and after changing the height adjustment frame (1)





**Fig. 58** Before and after changing the height adjustment frame (2)

**Table 43** Production specification



| 모델       |                      | 동작                    |                  |
|----------|----------------------|-----------------------|------------------|
| 치수       | 520폭*610길이*450~600높이 | 작동방식                  | 전자동              |
| 시트       | 400폭 * 500길이 * 510높이 | 다리<br>조절 각            | 20도 ~90도         |
| 제품 무게    | 60kg                 | 높이 조절<br>속도           | 최대 10mm/s        |
| 권장 키     | 150~180cm            | 높이 조절                 | 450~600mm        |
| 최대 허용 중량 | 110kg                | 동작 시각<br>(다리조절/높이/레일) | 8.2초/11.13초/3.3초 |
| 외장       | 직물 쿠션                | 모터                    | 전동 실린더 3개        |
| 프레임 재질   | 흑강,철판                | 요구 전압                 | 12V              |

## 후 기

교내 과목인 ‘종합설계’ 과목 수강의 기회로 침대 이동 보조 휠체어를 직접 제작해 볼 수 있었다. 그 결과 설계 변경 사항이 발생했다. 높이 조절 구동부에서 사용된 C형강 보강을 진행했다. 그 내용은 다음과 같다.

처음 설계상에서는 아래와 같은 위치에 볼트를 체결할 계획이었으나, 제작 과정에서 볼트 체결 시 휠체어 시트의 높이 조절 가동범위에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 볼트를 체결하지 않고 제작을 진행하였다.

볼트 미체결 시 C형강 끝부분이 변형이 발생하였다. 이 문제는 설계상에서 C형강과 높이 조절 전동 실린더가 연결되는 프레임을 강체로 간주하여 설계를 진행한 부분에서 발생하였으며, 실제 제작과정에서는 프레임에 변형이 생기고 응력 집중 현상이 일어나기 때문에 제작 계획상의 문제를 야기 하였다.

그래서 이 변형을 회피하고자 C형강 측면에 구멍을 뚫어 높이 조절 프레임의 닿는 부분과 볼트를 체결하는 방법으로 문제를 해결하였다.

그 결과 제작된 휠체어의 최종 사양은 다음과 같다.

## 참고문헌

- (1) Yoo Jae-woo, 2006, "Gender/age-specific characteristics of Korean human body dimensions," Journal of the Korean Society of Human Engineering, 25 (2). 71-76.
- (2) Jeong Kwang-tae and five others, 2009, "Anatomical Evaluation and Design of Wheelchairs," the Silver Technology Development Project of the Korea Institute of Production and Technology.
- (3) Ko Hyun-joon, Kim Nam-yeol, Hyun Jung-geun, Jung Woo-chul, Kang Mo-won, Kim Jong-hyung, 2013, "Manual wheelchair design with bed transport."
- (4) Song Chan-yang, Yoo Hyo-joon, Lee Chi-beom, 2013, "Development of Standing and Walking Aid Wheelchair"
- (5) Jung Kwang-tae, Kim Hye-sun, Lee Na-hyun, Jeon Kyung-jin, Won Byung-hee, Hong Jae-soo, 2009, "Humanometric Evaluation and Design of Wheelchairs"
- (6) KIPRIS, Daesung Industrial Co., Ltd., "Angle control of wheelchairs backrests", patent Application No.2020030001660 (2003.01.20.)
- (7) KIPRIS, Lee Yang-bae, "height-control wheelchairs", patent Application No. 1020010025267 (2001.05.09.)
- (8) KIPRIS, Seo Yoon-kang, "Wheelable Wheelchair with Slope Control", patent Application No. 1020100067195 (2010.07.13.)