

# 장애인과 보호자를 위한 전동휠체어 바디 제작

정현우\* · 유재준\* · 김덕술\* · 이동훈\*

\*동명대학교

## Making of Electronic Wheelchair Body For the Disabled

Hyun-Woo Jung\* · Jae-Jun You\* · Duck Sool Kim\* · Dong-Hoon Lee\*

\*TongMyung University

E-mail : ldh5522@tu.ac.kr

### 요 약

이 연구는 고령화 시대에 맞게 한국의 장애인 증가로 인한 휠체어 사용의 증가를 이야기한다 기존의 모터가 들어있는 전동휠체어를 보호자가 환자와 함께 탈 수 있게끔 하였고 모터와 배터리를 분해하지 않고도 휠체어를 접을 수 있어 자동차트렁크나 작은 공간에 쉽게 넣을 수 있고 핸드카형식으로도 사용할 수 있는 접이식 휠체어바디를 설계했다. 설계한 휠체어 바디는 Solidworks를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 인장응력, 변형률, 피로해석으로 나뉘어 휠체어가 튼튼하게 설계하였다. 또한 환자를 위한 휠체어 디자인을 개선했고 갑작스러운 가속이나 급정지에도 잘 제어되게끔 설계하였다.

### ABSTRACT

This research notes dramatic increase of wheelchair usage along with rapidly aging population and handicapped people in Korea. Differentiated from existing electronic wheelchairs, we invented an electronic wheelchair that is collapsible even when the battery is installed and a guardian can ride along with a patient, It is also easy to put in a small space such as car trunks. We simulated to wheelchair body for Stress, Strain, fatigue Analysis. Additionally, we improved stoic design to be preferable for patients. The model ensures there's neither abrupt acceleration nor sudden stop and lastly, is much cheaper than other imported models.

### 키워드

Electronic Wheelchair, Welfare, Wheerchair Body, Solidworks Simulation

### 1. 서 론

선천적으로 장애를 갖고 있는 사람들을 포함하여 산업재해, 교통사고 또는 인구의 고령화 등으로 인한 장애인의 수가 증가함에 따라, 장애인이나 노약자에게 이동성을 부여하는 전동휠체어의 요구는 갈수록 증대되고 있다. 한국사회는 고령화의 시대를 맞고 있다. 전체 인구대비 65세 이상 인구 비율이 2000년에 7%에 도달하여 '고령화 사회'에 접어들었고, 현재는 약 10%수준에 육박하고 있다. 이러한 경향은 더욱 가속화되어 2018년에는 14%인 고령화 사회, 2026년에는 초 고령화 사회에 도달할 전망이다 세계에서 가장 빠른 속

도의 인구고령화가 진행될 것으로 보인다. 따라서 재활 보조용 장치는 미국, 일본, 유럽 공동체에서 이미 우리나라보다 먼저 연구가 시작돼 왔으며 유럽의 경우 30여년 정도이며 북미나 일본의 경우 20여년 정도의 짧은 역사를 가지고 있다. 장애인이나 노약자의 보조 장치로 사용되는 휠체어는 속도 및 힘의 제한을 의미하는 수동 안정성, 마이컴이 항상 시스템의 속도, 힘 그리고 프로그램의 적절한 기능 등을 감시하는 관리 안정성 및 마지막으로 인간의 동작 지시명령을 항상 센서와 사용자용 알람 등의 장치를 이용하여 휠체어에 정확하게 전달될 수 있는 대화형 안정성을 고려해서 휠체어를 개발하여야 한다.

휠체어는 구동방식에 따라 수동(manual)형과 전동(power)형으로 나뉜다. 사용자가 직접 손으로 바퀴를 굴리는 수동 휠체어는 따로 구동장치가 없으므로 구조가 간단하고 유지 보수가 용이하며 가격도 저렴하다. 전동휠체어는 무게가 무겁고 가격도 고가이다. 그러나 상지가 손상된 장애인이나 근력이 저하된 노약자들은 휠체어보다는 전동휠체어를 필요로 한다.

이에 따라 본 논문은 다양한 신체조건을 사용자가 이용가능하고, 부피와 무게가 혁신적으로 개선되고, 배터리를 탑재한 상태에서 휠체어를 접는 방법을 용이하게 하여 보호자가 차량이나 다른 곳에 전동휠체어를 놔두기 용이하게 하였다.

## II. 휠체어 바디 설계

바디는 SolidWorks 라는 3D CAD 프로그램을 이용하여 원하는 모습으로 설계하였다. 일반적으로 나와 있는 휠체어 프레임이 아닌 배터리를 장착한 상태로 펴짐(그림 5)과 접힘(그림 6)을 가능하게 하여 전동휠체어의 이동시 배터리를 빼고 차로 옮기는 불편함을 제거하였다. 또한 알루미늄 재질로 만들어 경도를 낮추고 높은 강도를 가지게끔 제작 하였고 완전히 접힘(그림 7) 상태에서 컨트롤러를 뒤쪽 보호자용 손잡이까지 가게 제작하여 보호자가 접은 상태에서 컨트롤러를 조작함으로써 어렵지 않게 보관하는 곳이나 다른 곳으로 이동할 수 있게 설계 하였다. SolidWorks의 시뮬레이션을 이용하여 응력을 계산하였고 하중을 주었을 때 변형이 일어나는 정도를 실험하였다. 정적해석과 피로해석, 좌굴해석을 통하여 휠체어 바디를 설계함으로써 더욱 향상된 안정성과 이동시 편의점을 보완하였다. 모든 바디프레임의 재질은 알루미늄 6063으로 하였다. 가장 일반적으로 쓰이는 알루미늄 6063은 항복응력이  $2.15 \times 10^8 \text{N/m}^2$ 이고, 인장응력이  $2.4 \times 10^8 \text{N/m}^2$ 으로 매우 견고하고 밀도가 높아 휠체어 제작과 시뮬레이션에 적합하다. 프레임 개수는 기존의 일반적인 휠체어보다 5개정도 줄어들었다. 따라서 무게 또한 많이 절감되었고 이로 인해 다른 곳으로의 이동이 용이해 졌다



그림 1. 펼쳐진 상태

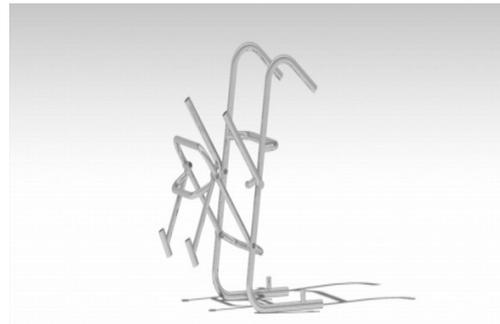


그림 2. 접는 중

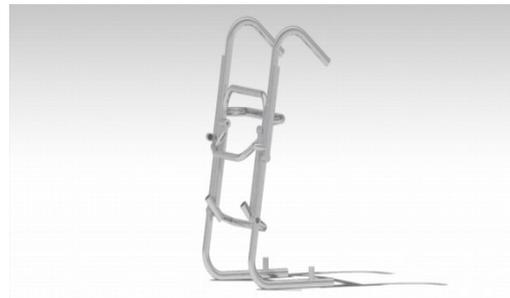


그림 3. 접힌 상태

## III. 메시 작성

Solidworks에서 시뮬레이션을 할 때 가장먼저 해보아야하는 것이 메시 작성이다 메시에서 왜곡이 일어나면 시뮬레이션의 결과 값은 틀렸다고 말할 수 있다. 메시는 요소수와 요소크기, 허용공차 등을 좀더 세분화시킬 때 품질이 더 좋아진다. 본 연구에서는 메시의 품질을 최상으로 하여 전체 1.3m정도 되는 바디프레임을 15000여 개로 나누어 실행하여 정확도를 많이 높였다. 또한 왜곡된 요소를 없애서 오차율 또한 많이 줄였다.

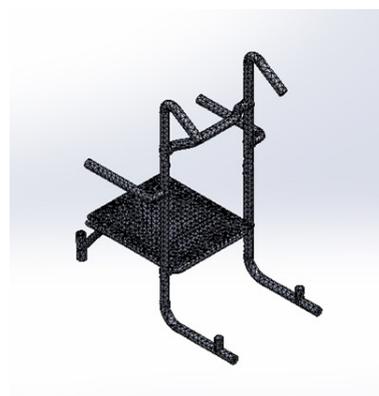


그림 4. 메시를 적용한 바디

표 1. 메시 정보

총 절점 수	29409
총 요소 수	15361
최대 중형비	49.854
%왜곡된 요소	0
요소 크기	31.0044mm
허용 공차	1.55022mm
메시 품질	고

#### IV. 시뮬레이션

테스트는 기본적인 중력 9.81N을 넣고, 하단에 있는 발판이 들어가는 골격에 고정지오메트리로 구속조건을 입력시켜 하중이 가해졌을 때 안장부분이 제대로 하중이 전해지게끔 하였고 안장에는 기본적인 하중 100~150N/씩 넣었고 안장이 들어가는 나사부분에도 나사 각각에 100~150N/씩 넣어 100kg이 넘어가는 사람들도 충분히 탈 수 있다는 것을 증명하였다. 위의 그림을 보면 인장응력이 가장 낮은 고정 지오메트리를 넣은 뒤쪽 바퀴가 들어가는 부분이 최소치(22.9)로 가장 낮았고 가장 많이 변한 부분인 안장 부분에서 6662.399로 이 부분은 안장인 천이 들어가는 부분이기 때문에 제외하면 기존의 연구목적인 바디프레임은 변화량이 거의 없는 것을 알 수 있다.

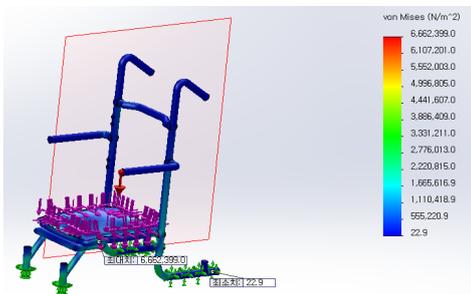


그림 5. 응력 테스트

시편의 최대 응력이 재료의 탄성한도를 넘지 않을 경우는, 하중이 제거되면 초기의 상태로 돌아간다. 탄성력 내에서의 상태라면 하중을 여러 차례 반복하는 경우에는 옳다. 그러나 하중이 수 천 번, 수백만 번 반복될 경우에는 옳지 않다. 이러한 경우에는 정적인 파손강도보다 훨씬 낮은 응력에서 파손이 일어나는데 이러한 현상을 피로라고 한다. 휠체어에 적용된 재료는 알루미늄이다. 알루미늄 및 구리와 같은 비철금속은 대표적인 하중 사이클의 횟수가 증가함에 따라 파괴에 이르는 응력은 계속 감소한다. 피로에 의해 파괴된 축, 스프링, 그리고 다른 부품들의 시편을 검사하면, 파괴가 미세균열 혹은 어떤 유사한 불

완전성에서 시작되었다는 것을 알 수 있다 매 하중 적용에 균열은 아주 조금씩 성장을 한다. 아래의 그림을 보면 모든 부분의 값이 2.00E-001의 값으로 매우 안정된 결과 값을 가지는 것을 알 수 있다.

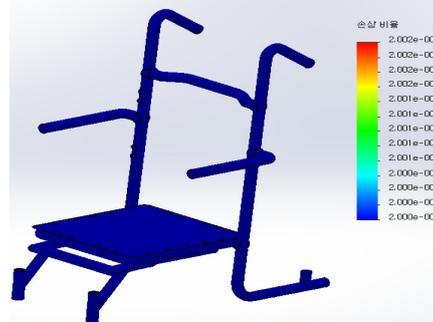


그림 6. 피로해석

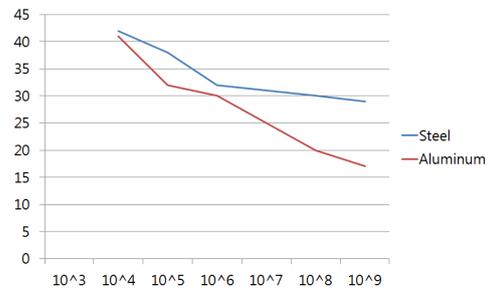


그림 7.  $\sigma - n$ 의 일반적인 곡선

하중을 받는 부분의 변형 또한 크게 일어나지 않았다. 메시와 재료는 모두 동일하게 적용하였다. 휠체어 안장과 좌의 거리를 L로 두고 단면적을 A로 둔 휠체어 안장아래쪽 프레임을 보면 훅 법칙을 적용하여 다음과 같은 식을 적용하여 안장과 나사부분 전체의 변형률을 계산하였다.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{AE} \quad (1)$$

$$\delta = \int_0^L \frac{Pdx}{AE} \quad (2)$$

위의 식을 시뮬레이션에 적용 하여 나온 결과 값이 일치 하였고 최대변형률이 요소는 241개가 변하였고 6.04891e-010인 안정적인 값이 나와 변형률이 매우 작은 것을 확인하였다.

#### V. 결 론

해마다 많은 수의 사람들이 교통사고와 산업재해 그리고 각종 질병으로 장애인판을 받고 있다. 특히 우리나라는 교통사고율이 높고, 20~30대의 중도장애인이 많은 것으로 나타나, 가장 열심히 일하고 활동을 많이 해야 할 젊은 사람들의 장애

는 사회적으로 국가적으로 큰 손실이 아닐 수 없다. 이러한 현실에도 불구하고 현재 우리나라는 장애인에 대한 복지 면에서 많은 우를 범하고 있으며, 그들을 우리와 같은 공동체 안에서 살아가는 똑 같은 사람들이 아니라 불쌍하고, 측은한 대상으로 생각하는 것이 큰 잘못이라 하겠다. 누구나 교통사고로 장애인이 될 수 있는 예비 장애인이라는 사실을 망각한 채 장애인에 대한 차별과 편견의 시선은 안타까운 현실이 아닐 수 없다. 선진국일수록 장애인은 우리와 다른 특별한 사람이 아니라 몸이 일반인과 비교해서 좀 아픈 사람으로 취급하는 경향이 많아 색안경을 끼고 바라보는 것은 장애인들로서도 원하지 않고 있다. 이러한 여건 속에서 장애인들의 재활능력과 자립능력을 키우며, 스스로 사회의 일원으로 돌아오도록 도와주는 것이 재활공학에서 다루는 재활제품이다. 그 중에서 실생활에서 가장 많이 사용되고 있는 제품을 꼽는다면 장애인의 발 역할을 해 주는 휠체어라 할 것이다. 제작된 휠체어는 고성능 MCU를 사용하여 병렬 운전에서 각각의 전동기 센서신호를 측정 비교하여 방향성 및 PWM효율비에 따라 속도를 제어하고, 직접 리더기를 통해 속도를 제어하여 기존의 휠체어보다 급정거 급발진이 줄어들었다. 또한 기존의 휠체어와 다르게 코너링에서 몸 쓸림 현상이 많이 감소되었다. 장애의 정도 및 휠체어 운전 능력에 따라 조정장치의 조절이 가능하도록 설계함으로써 다양한 사용자의 요구조건에 능동적으로 대응이 가능하다. 본 연구를 통해 부피와 무게가 혁신적으로 개선되고, 기능에 비해 경제적인 가격으로 판매가 가능하다고 판단되었다. 자체적으로 실 부하 운전시험 및 평가를 실시한 결과, KS P 6114 규정 및 ISO 7176 규정이 정한 기준을 만족시키는 우수한 특성을 나타내어 상용화 할 경우, 해외 시장에서도 충분한 경쟁력이 있을 것으로 판단되었다. 현재, 이 바디프레임 방식은 2013년 10월 특허출원(출원번호 10-2013-0117485)되어 특허 등록을 기다리고 있다.

## 참고문헌

- [1] 백용운 수.전동전환 휠체어 구동부 메커니즘 설계 = Electric automatic manual driving mechanism design, 국내석사, 중앙대학교 대학원, pp.3, 2009
- [2] 김태정, 휠체어디자인을 위한 조사분석, 국내석사, 숙명여자대학교 석사학위논문, 1994
- [3] 정동춘, 휠체어 전·후방 추진 방법이 대사 및 근피로도와 추진 동작에 미치는 영향 국내박사, 서울대학교 대학원, 1998
- [4] 임재규, 조규중, 김영석, 김영수, 컴퓨터원용 고체역학, 3nd, McGraw-Hill, Korea, 2000
- [5] 조장현 전동 파워 리프팅 휠체어의 설계 및 제작에 관한 연구 = A Study o Designed and Making Power Lifting Wheelchair, 한국기계기술학회지, 한국기계기술학회 pp.133-139, 2010
- [6] 김성진, 김병국 전동휠체어의 자유주행을 위한 실시간 제어 구조의 개발 = Development of Real-Time Control Architecture for Autonomous Navigation of Powered Wheelchair, 제어로봇시스템학회 논문지, 제어로봇시스템학회, pp.10, 2004
- [7] 권영하, 박영철, 박원조, 윤영한, 윤한기, 이준성, 최현창, 한근조, SI 고체역학, 3nd, INTER VISION, Korea, 2004