

장애인과 보호자를 위한 접이식 전동휠체어 바디 제작

Making of Foldable Electronic Wheelchair Body for the Disabled and Their Guardians

정현우*, 유재준, 이동훈
H. W. Jung, J. J. Yoo, D. H. Lee

요 약

본 연구는 고령화시대에 따라 한국의 장애인 증가로 인한 전동휠체어의 수요가 증가함에 따라, 시물레이션을 이용한 접이식 전동휠체어에 대해 기술하였다. 기존의 모터가 들어있는 전동휠체어를 보호자가 환자와 함께 탈 수 있는 구조로 설계 하였고 모터와 배터리를 분리하지 않고도 휠체어를 접을 수 있어 자동차트렁크나 작은 공간에 쉽게 넣을 수 있고 핸드카형식으로도 사용 할 수 있는 접이식 휠체어를 제안하였다. 또한 환자의 편리성을 위해 휠체어 디자인을 외산에 비해 경제적인 가격으로 개선했고 갑작스러운 가속이나 급정지에도 적절히 제어될 수 있도록 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 have 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. Additionally, we have 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.

Keyword : Electronic wheelchair, welfare, wheelchair body

1. 서론

선천적으로 장애를 갖고 있는 사람들을 포함하여 산업재해, 교통사고 또는 인구의 고령화 등으로 인한 장애인의 수가 증가함에 따라, 장애인이나 노약자에게 이동성을 부여하는 전동휠체어의 요구는 갈

수록 증대되고 있다[1-2]. 현재, 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 속도의 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 향

접 수 일 : 2014.04.25

심사완료일 : 2014.05.20

게재확정일 : 2014.05.26

* 정현우 : 동명대학교 전기전자정보통신공학과 석사과정
smhwvic@naver.com (주저자)

유재준 : 동명대학교 전기전자정보통신공학과 석사과정
onlyone6229@hanmail.net (공동저자)

이동훈 : 동명대학교 의용공학과 부교수
ldh5522@tu.ac.kr (교신저자)

상 센서와 사용자용 알람 등의 장치를 이용하여 휠체어에 정확하게 전달될 수 있는 대화형 안정성을 고려해서 휠체어를 개발하여야 한다[3-4]. 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 수동 휠체어보다는 전동휠체어를 필요로 한다[5]. 이에 따라 본 논문은 다양한 신체조건을 가진 사용자가 이용가능하고, 부피와 무게가 혁신적으로 개선되고, 배터리를 탑재한 상태에서 휠체어를 접는 방법을 용이하게 하여 보호자가 차량이나 다른 곳에 전동휠체어를 놔두기 용이하게 하였다.

2. 하드웨어 구성

2.1 제어 입력장치

그림1은 휠체어의 모든 기능을 제어하는 컨트롤러이다. 휠체어 운전 시 빠른 방향 제어를 위해 조이스틱을 사용하였고 360°의 방향에 상관없이 주행이 가능하다. 주변 기능으로 배터리상태 표시램프와 모터 속도를 제한하는 외부 Limit V/R 입력이 가능해 작동 상태를 파악할 수 있다. 그 외에도 전조등, 방향지시등, 비상등, 경적, 후진 시 경적이 울리는 기능을 갖추고 있다. 별도의 전원 및 원격 모듈을 사용하여 뛰어난 드라이브 성능과 효율성을 갖추고 있다. 또한 바디와 연결 시 장착 판으로 컨트롤러의 MCU(Micro Controller Unit)의 방열 기능을 하기 위해 방열 그리스를 MCU의 밑 부분과 연결하도록 되어 있다.



그림 1. 휠체어 컨트롤러

2.2 직류변속기어식 모터

그림 2는 24V, 4,600RPM, 320W의 DC모터로서 직류변속기어식 전동기로 정 방향(직진)과 역방향(후진) 구동으로 바퀴에 직접회전력을 전달하여 주행할 수 있도록 한 직접구동방식의 직류 모터장치이다. 좌우에 장착된 2개의 전동기는 각각 작동되므로 회전반경을 줄일 수 있으며, 감속비율 32:1의 기어로 큰 구동력과 부가된 클러치는 제동능력을 증대시킨다. 클러치는 컨트롤러의 오작동이나 전선 누선, 주행 중 배터리 방전등 돌발 상황이 발생했을 때 휠체어가 방향을 잃어버리지 않도록 고정해주는 기능을 하고 있다. 장거리 주행을 위해 특화되어 있고 저소음, 유지 보수가 필요 없는 기어 박스구조로 되어 있다.



그림 2. 직류변속기어식 전동기

2.3 전원공급용 배터리

자동차용으로 많이 쓰이는 배터리는 에너지의 밀도가 낮지만 용량과 중량이 크기 때문에 많이 쓰이고 있다. 양극의 활성 물질로 과산화납을 사용하며 음극에는 납, 전해액은 묽은 황산을 사용한다. 따라서 그림 3의 본 논문의 배터리는 12V 40AH 용 제품이고 배터리의 충전가능 횟수는 300회 내외이며 2개를 장착하였다. 또 배터리는 국제공식규격에 맞추어 제작되기 때문에 주변의 배터리 샵에서도 쉽게 구할 수 있는 장점이 있다. 또 다른 특징이 있다면 눕히거나 흔들어도 액이 새지 않는 무누액 완전 밀폐형 구조로서 산소 재결합 방식으로 오랜 수명을 보장한다. 번거로운 액 보충이나 잔 손실 등 유지보수가 필요 없는 무보수형 축전지로 수명 종료 시까지 안정적인 용량과 윤택한 성능으로 사용할 수 있는 장점이 있다.



그림 3. 배터리



그림 6. 접힌 상태

2.4 바디프레임 설계

바디는 SolidWorks 3D CAD 프로그램을 이용하여 3차원 기반으로 설계하였다. 일반적으로 나와 있는 휠체어 프레임이 아닌 배터리를 장착한 상태로 피침(그림 4)과 접힘(그림 5)을 가능하게 하여 전동 휠체어의 이동시 배터리를 빼고 차로 옮기는 불편함을 제거하였다. 또한 알루미늄 재질로 만들어 경도를 낮추고 높은 강도를 가지게끔 제작하였고 완전히 접힘(그림 6) 상태에서 컨트롤러를 뒤쪽 보호자용 손잡이까지 가게 제작하여 보호자가 접은 상태에서 컨트롤러를 조작함으로써 어렵지 않게 보관하는 곳이나 다른 곳으로 이동할 수 있게 설계하였다. 프레임 개수는 기존의 일반적인 휠체어보다 5개정도 줄어들었다. 따라서 무게 또한 많이 절감되었고 이로 인해 다른 곳으로의 이동이 용이해 졌다.



그림 4. 펼쳐진 상태

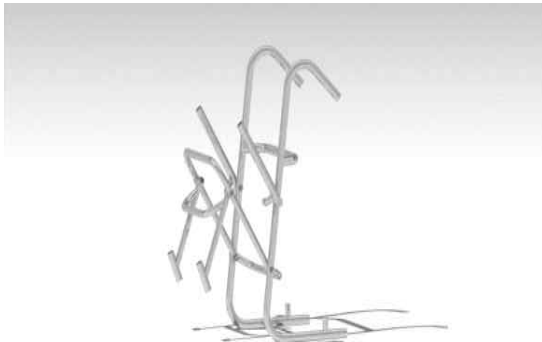


그림 5. 접는 중

2.5 시뮬레이션을 통한 분석

SolidWorks의 시뮬레이션을 이용하여 응력을 계산하였고 하중을 주었을 때 변형이 일어나는 정도를 실험하였다. 응력은 외력이 재료에 작용할 때 그 내부에 생기는 저항력으로 변형력이라고도 하고 내력이라고도 한다. 응력은 외력이 증가함에 따라 증가하지만 이에 한도가 있어서 응력이 그 재료 고유의 한도에 도달하면 외력에 저항할 수 없게 되어 그 재료는 마침내 파괴된다. 따라서 정적해석과 피로해석, 좌굴해석을 통하여 휠체어 바디를 설계함으로써 더욱 향상된 안정성과 이동시 편의점을 보완하였다[6-7]. 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.

2.5.1 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 좀 더 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 7은 메시지를 적용하여 분석한 휠체어의 모습을 보여주고 있다. 표 1은 시뮬레이션에서 사용된 메시정보를 보여주고 있다.



그림 7. 메시를 적용한 휠체어 모습

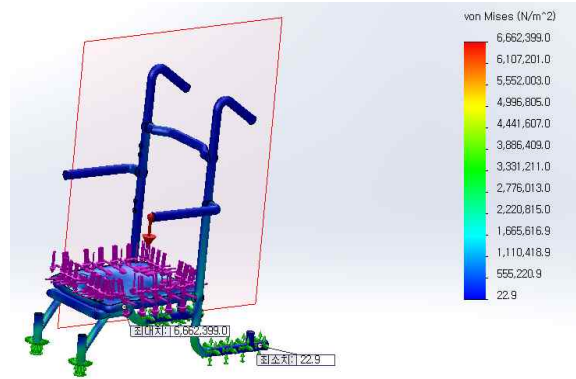


그림 8. 응력테스트

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

2.5.2 인장응력 시뮬레이션

테스트는 기본적인 중력 9.81N을 넣고, 하단에 있는 발판이 들어가는 골격에 고정 지오메트리로 구속조건을 입력시켜 하중이 가해졌을 때 안장부분이 제대로 하중이 전해지게끔 하였고 안장에는 기본적인 하중 $100 \sim 150N/m^2$ 씩 넣었고 안장이 들어가는 나사부분에도 나사 각각에 $100 \sim 150N/m^2$ 씩 넣어 100kg이 넘어가는 사람들도 충분히 탈 수 있다는 것을 증명하였다. 또한 보호자가 탑승했을 때 보호자의 무게를 $200N/m^2$ 을 가하여 같이 시뮬레이션 하였다. 보호자가 탑승하게 될 가장 뒷부분은 실제로 알루미늄 바디 프레임과 바퀴쪽에만 힘이 가해지므로 변화가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 아래의 그림 8을 보면 인장응력이 가장 낮은 고정 지오메트리를 넣은 뒤쪽 바퀴가 들어가는 부분이 최소치 22.9로 가장 낮았고 가장 많이 변한 부분인 안장 부분에서 6662.399로 이 부분은 안장인 천이 들어가는 부분이기 때문에 제외하면, 기존의 연구목적인 바디 프레임은 변화량이 거의 없는 것을 알 수 있다.

2.5.3 피로해석, 변형률 시뮬레이션

시편의 최대 응력이 재료의 탄성한도를 넘지 않을 경우는, 하중이 제거되면 초기의 상태로 돌아간다. 탄성력 내에서의 상태라면 하중을 여러 차례 반복하는 경우에는 옳다. 그러나 하중이 수천 번, 수백만 번 반복될 경우에는 옳지 않다. 이러한 경우에는 정적인 파손강도보다 훨씬 낮은 응력에서 파손이 일어나는데 이러한 현상을 피로라고 한다. 휠체어에 적용된 재질은 알루미늄이다.

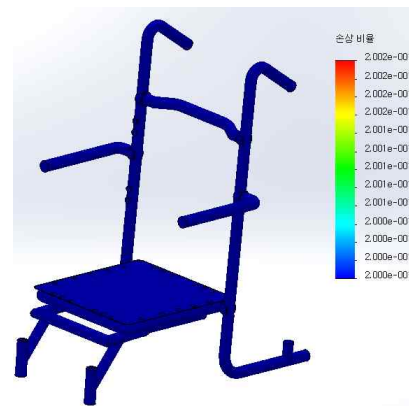


그림 9. 피로 해석된 휠체어

알루미늄 및 구리와 같은 비철금속은 대표적인 $\sigma - n$ 은 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 불완전성에서 시작되었다는 것을 알 수 있다. 매 하중 적용에 균열은 아주 조금씩 성장을 한다. 위의 그림 9를 보면 모든 부분의 값이 2.00×10^{-1} 의 값으로 매우 안정된 결과 값을 가지는 것을 알 수 있다.

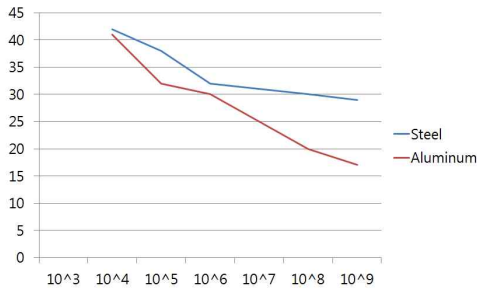


그림 10. $\sigma - n$ 의 일반적인 곡선

하중을 받는 부분의 변형 또한 크게 일어나지 않았다. 메시와 재질은 모두 동일하게 적용하였다. 휠체어 안장과 좌의 거리를 L로 두고 단면적을 A로 둔 휠체어 안장아래쪽 프레임을 보면 후 범칙을 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 식은 그림 10의 시뮬레이션에 적용하여 나온 결과 값과 일치 하였고 최대변형률이 요소는 241개가 변화였고 6.04891×10^{-10} 인 안정적인 값이 나와 변형률이 매우 작은 것을 확인하였다.

3. 바디프레임 제작

SolidWorks를 이용한 설계도면을 토대로 알루미늄을 아크용접으로 제작하였다. 다른 많은 용접방법 중 아크용접을 선택한 이유는 설치가 간단하며 불활성가스가 따로 필요하지 않고 가격이 저렴하기 때문이다. 다소 작업속도가 현저히 느린 단점이 있으나 용접기 자체의 크기가 작고 작업하기 편리하여 아크용접을 선택하였다. 그림 11~13은 실제 제작된 휠체어의 모습을 보여주고 있다. 제작 후 부하 운전시험 및 평가를 실시한 결과, KS P 6114 규정 및 ISO 7176 규정이 정한 기준을 만족시켰고 프레임 위에 100kg 이상의 무게를 올려도 잘 버텨내었다. 또한 알루미늄을 사용하여 기존의 전동휠체어보다 무게를 더 가볍게 하여 휠체어를 불가피하게 다른 곳으로 옮길 때 좀 더 편리하게 제작하였다.



그림 11. 제작된 휠체어 측면모습



그림 12. 제작된 휠체어 정면모습



그림 13. 제작된 휠체어가 접힌 측면모습

4. 결론

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

이 될 수 있는 예비 장애인이라는 사실을 망각한 체 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 해주는 휠체어라 할 것이다.

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.

부 록

표 2. 전동휠체어 제원

항목	제원	항목	제원
전장×전폭×전고(mm)	1070×630×990	배터리(V,A)	12V 40A×2
축거(mm)	1050	모터형식	DC24V3 20W
최저지상고(mm)	80	변속방법	무단
차량건조중량(kg)	100	최고속도(km/h)	10
탑승인원(인)	1	배터리충전시간(시간)	20
주행거리(Km)	40	등판능력(°)	12

참 고 문 헌

[1] 백용운 "수.전동전환 휠체어 구동부 메커니즘 설계", 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] 조장현 "전동 파워 리프팅 휠체어의 설계 및 제작에 관한 연구", 한국기계기술학회지, 한국기계기술학회 pp.133-139, 2010
 [5] 김성진, 김병국 "전동휠체어의 자유주행을 위한 실시간 제어 구조의 개발", 제어로봇시스템학회 논문지, 제어로봇시스템학회, pp.10, 2004
 [6] 권영하, 박영철, 박원조, 윤영환, 윤한기, 이준성, 최현창, 한근조, SI 고체역학, 3nd, INTER VISION, Korea, 2004
 [7] 임재규, 조규중, 김영석, 김영수, 컴퓨터원용 고체역학, 3nd, McGraw-Hill, Korea, 2000



정 현 우

2012년 8월 동명대학교 의용공학과 졸업(학사)
 2012년 - 현재 동명대학교 의용공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 기계공학



유 재 준

2013년 2월 동명대학교 의용공학과 졸업(학사)
 2013년 - 현재 동명대학교 의용공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 기계공학

이 동 훈

1987년 인하대학교 전자공학과 (학사)
 1993년 인하대학교 전자공학과 (석사)
 2001년 인하대학교 전자공학과 (박사)
 1988년~2006년 원자력의학원 책임연구원
 2006년~현재 동명대학교 의용공학과 부교수



관심분야 : 바이오메디칼시스템, 의료방사선 기기, HMI