

보행 보조 로봇의 설계 및 개발

Walking Assistance Robot Design and Development

이민규† · 이용훈* · 임홍재* · 이용권**

Min Gyu Lee, Yong Hoon Lee, Hong Jae Yim, and Yong Kwun Lee

Key Words : Walking assistance(보행 보조), Robot(로봇), CAE, Flexible-muti body Dynamics(유연체 다물체 동역학)

ABSTRACT

The aging society comes, the number of the old people expended. Technical aids allow elderly and handicapped people to live independently in their private homes as long as they wish. As a contribution to these required technological solutions, a demonstrator platform for a walking assistance robot. robot which has the capability to perform fetch and carry and various other supporting tasks. In this study, we addresses the development of a walking assistance robot system. We execute static analysis, vibration analysis and flexible dynamics to reserve stability at the design. Each motion of the robot uses a linear actuator and gears. Motion can be distinguished into 3 parts depending on the up & down, rotation, and cushion trans. In each motion, we compare the displacement of the case to be rigid with the case to be flexible. As a result, manufactured and feasibility of the walking assistance robot is validated through preliminary experiments.

기 호 설 명

1. 서 론

인간의 삶이 여유로워지고 자기 개발에 힘쓰는 일이 늘어나면서 자연스럽게 인간의 수명이 연장되어갔다. 이에 총인구 중에 65세 이상의 인구가 다수를 차지하는 고령화 사회가 되어가고 있다. 이러한 고령화 사회가 다가오면서 세계적으로 실버산업이라 불리는 노인 복지 산업이 발전해가고 있다. 특히 85세 이상 초고령 인구의 증가로 인해 요양보호가 필요한 노인이 증가함에 따라 의료 서비스, 사회 서비스 등의 실버산업이 각광받고 있다.

특히 근력 및 기억력이 저하된 재택 고령자의 경우 재택 생활 지원을 위한 보행 보조 기기의 사용이 절실히 요구되고 있으며 보행 보조뿐만 아니라 실내 생활 작업에 대해 지원까지 가능한 보조 기기가 필요한 실정이다.

물론 보통의 노약자의 경우 자신들이 희망하는 장소로 자유롭게 다니기 위해 요양을 돕는 도우미를 두기도 한다. 하지만 늘어나는 노약자를 보살피기에 인간이 직접 돕는 도우미 시스템은 한계가 있다.

이에 하체 근력이 저하된 노약자의 생활 지원을 위해 노약자의 실내외 보행을 돕고 노약자가 움직이면서 발생할 수 있는 다양한 정보를 처리할 수 있는 보행 보조 로봇의 개발이 필요하다.

이러한 보행 보조 로봇은 기본적으로 노약자가 사용하기 편리해야하고 큰 힘을 사용하지 않아도 쉽게 움직일 수 있어야하며 노약자의 이상을 빠른 시간내에 처리해야하기 때문에 정보 처리 능력이 좋아야한다. 그리고 무엇보다도 노인을 충분히 지탱할 수 있도록 강성 및 강도가 확보되어야 한다. 또한 노약자가 의지하였을 때 안정성 확보를 위해 걸리는 힘이 한곳에 집중되어 파손되어 노약자가 다치는 일이 발생하지 않아야 한다.

본 논문에서는 위에서 언급한 요구 사항을 충족시키는 보행 보조 로봇을 개발하기 위해 CAE를 이용하여 가상의 모델을 만들고 정적 해석 및 동역학 해석을 통하여 문제점을 파악한다. 또한 문제점이 발생 했을 경우 해결책을 제안하며 실제작시 발생할 수 있는 오류를 최소화하여 완벽한 설계 알고리즘 제안에 대하여 기술하기로 한다.

† 교신저자; 국민대학교 자동차 전문대학원
E-mail : redt01@gmail.com
Tel : (02) 914-8812, Fax :

* 국민대학교 기계자동차공학부

** 한국 과학 기술 연구원

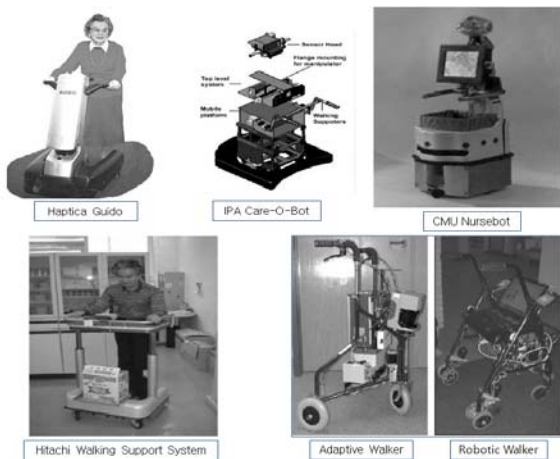


Fig 1. Existing walking assistance robot 1



Fig 1. Existing walking assistance robot 2

2. 지능형 보행 보조 로봇 개발 현황

2.1 개발 사례

보행 보조 로봇 기술은 처음에 시각 장애인의 보행을 돕기 위해 시작되었다. 이러한 기술을 바탕으로 노약자의 실내외 생활을 돕기 위한 지능형 보행 보조 기기로 활용 개발되어왔다. 유럽과 일본의 경우 1990년부터 노약자 복지를 위해 계획을 잡고 연구를 실시하였다.

2.2 국외 개발 point 및 문제점

Fig.1은 다른 나라에서 개발한 보행 보조 로봇이다.

Haptica의 Guido는 보행을 보조 안내하기 위한 목적과 사용자의 자율성을 개선시키기 위한 시스템으로 인공지능을 이용한 보행 보조 로봇이다. 장애물 감지 및 회피 지도 작성 및 주행 기능을 갖추고 있으며 보행 의지를 파악하여 보행의 안전성을 확보가 장점이다.

Care-O-Bot의 경우 터치스크린 장작으로 쉽게 인터페이스가 가능하고 불편한 노인의 실내 생활 지원을 할 수 있도록 되어있다. 물론 장애물을 자동으로 회피하며 핸들 센서로 힘을 측정하여 필터로 보정된 값을 통해 로봇의 진행 속도를 변화시킨다.

Nursebot은 스케줄 관리 및 건강증 보조까지 할 수 있으며 정기적 데이터 수집으로 비상상태를 예방하는 기능까지 가지고 있다.

Hitachi의 시스템은 2개의 전방 캐스터와 후륜 구동의 2개의 모터가 장착되어있으며 센서에 의한 장애물 검출 기술기 센서를 이용한 경사면 주행 제어 기능을 가지고 있다.

Adaptive, Robotic Walker는 각종 센서의 작용으로 장

애물 감지 지도 작성 및 자동 주차 기능까지 가지고 있다. 이러한 개발에 불구하고 개발 기간에 고가의 비용이 사용되고 장비를 제작하기에도 너무 많은 비용이 소모되기 때문에 상용화에 힘쓰고 있지만 실제적으로 어려운 실정이다. 또한 큰 대기업이 아닌 대학에서 연구할 경우 학문적으로만 접근하고 있다는 역시 문제점으로 나타나고 있다.

2.3 국내 개발 point 및 문제점 (Fig.2)

국내의 경우에도 많지는 않지만 개발의 모습이 보이고 있다. 1994년 이후 보장 및 장애인 재활 관련 연구의 중요성이 인식되면서 많은 변화를 보였다. 이에 KAIST에서는 체중 감지 및 보행시 하중 조절 기능을 갖춘 보행 도우미 로봇을 개발하고 있으며 한국 산업 기술대에서는 계단 승월이 가능한 로봇을 개발하고 있다. 산업 기술대의 로봇은 시각 장애인 용으로 개발을 시작하였지만 노약자 보행 보조에도 적용가능한 것으로 알려졌다. 주행 정보 획득 및 회피 알고리즘을 추가하면서 음성에 의한 항법 계획 기법을 적용하는 중이다. 다만 외국과 마찬가지로 고가의 장비라는 점이 문제시 되고 있으며 상용화를 위한 것보다는 학문적인 관점에서 접근하고 있다. 또한 아직 실용 가능한 결과를 내지 못하고 있기에 문제점을 가지고 있다.

이에 이번에 개발하고자하는 보행 보조 로봇은 또한 제작비 절감을 위해 단순한 구조인 엑추에이터를 이용한 링크 메커니즘과 기어를 이용하여 지지부의 상하 운동 및 회전운동을 구현한다. 또한 안정적인 지지를 위해 손으로 잡는 구성이 아닌 팔 전체를 올리는 모습을 구현하였다.

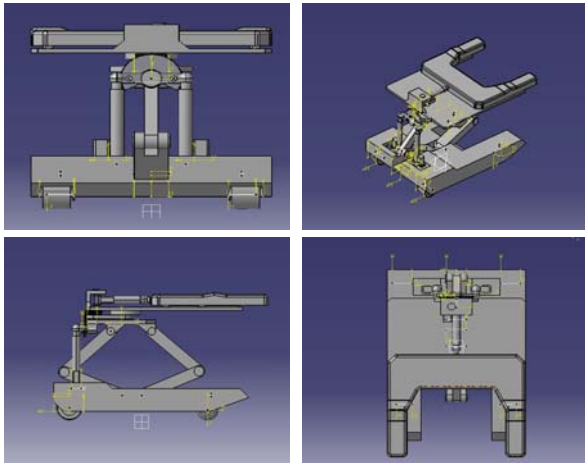


Fig 3. 3D modeling of robot

3. 보행 보조 로봇의 동역학 해석

3.1 3D modeling

Fig.3에서 볼 수 있듯이 사람의 팔을 지탱할 수 있는 지지 부를 구성하고 상하 운동할 수 있도록 링크 형태로 액츄에이터를 장착하였다. 또한 그 링크에 기어를 장착하여 기어 비를 이용하여 회전이 가능하도록 설계하였다. 그러나 액츄에이터의 움직임만으로 사람이 의지하고 있는 지지 부를 상승시키는 것이 힘들기 때문에 사다리꼴 형태의 다리를 설치하여 상부에서 작용하는 무게를 분산하여 집중 하중을 막고자했다. 또한 두 개의 액츄에이터가 상승하면서 지지 부가 상승할 때 사다리꼴의 다리가 같이 움직이게 된다. 이런 기본적인 모델과 컨셉을 가지고 실 제작 전 CAE를 이용하여 간단한 motion을 구현하여 동역학 해석을 실시하였다.

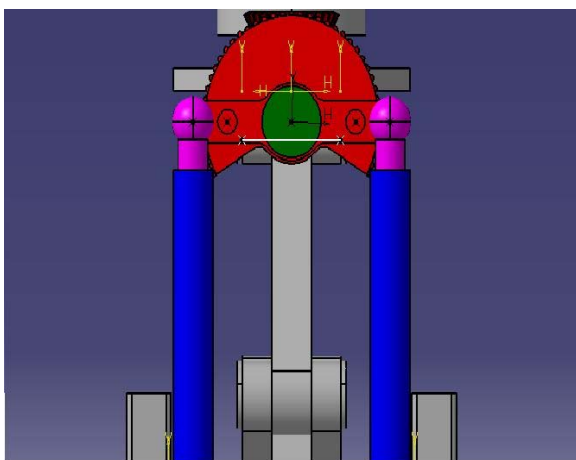


Fig. 4 link model

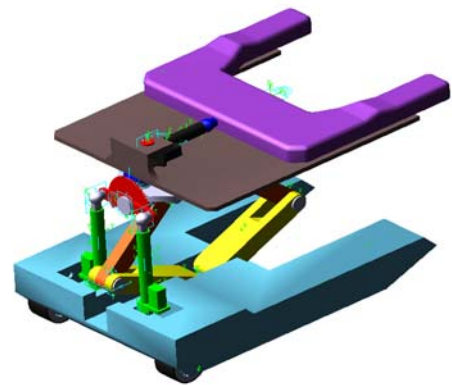
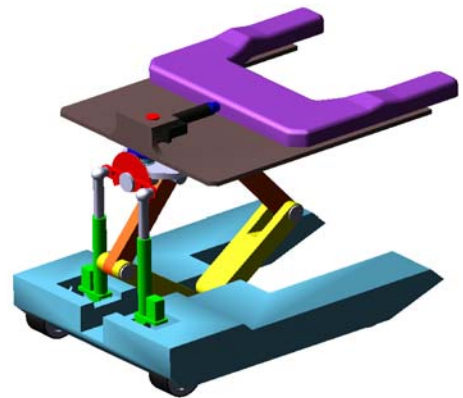


Fig. 5 Up & Down motion

3.2 상하 운동

Fig. 4는 링크 모델을 정면에서 본 그림이다. 좌우에 위치한 링크가 같은 방향으로 올라가게 되면 지지 부는 상승하게 된다. 또한 같은 방향으로 내려가게 되면 지지 부는 하강하게 된다. (Fig. 5) 이것은 상부에 많은 힘이 존재할 경우 양쪽으로 힘이 분산되는 것을 유도할 수 있으며 하나의 액츄에이터를 사용할 때보다 더 큰 힘을 이용할 수 있다.

3.3 지지 부의 좌우 회전

Fig. 6은 좌우 회전을 보여주고 있다. 이처럼 링크의 한 쪽을 상승시키고 다른 한쪽이 내려가거나 멈춰 있을 경우 기어 비에 의해 상부는 회전하게 된다. 반대쪽으로 회전할 때는 마찬가지로 회전하고자 하는 반대 방향에 존재하는 액츄에이터를 상승시키고 회전 방향의 액츄에이터를 고정하거나 내리면 회전을 실시하게 된다.

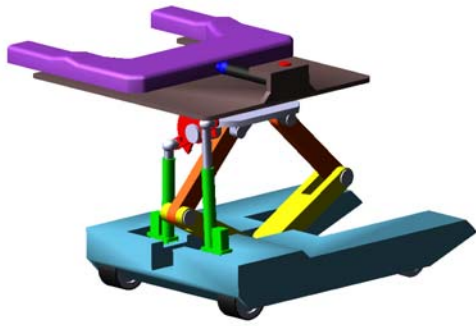


Fig. 6 Rotation motion

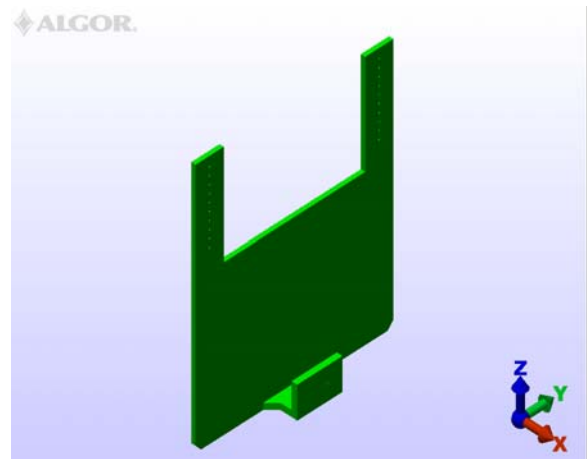


Fig. 8 Upper Plate

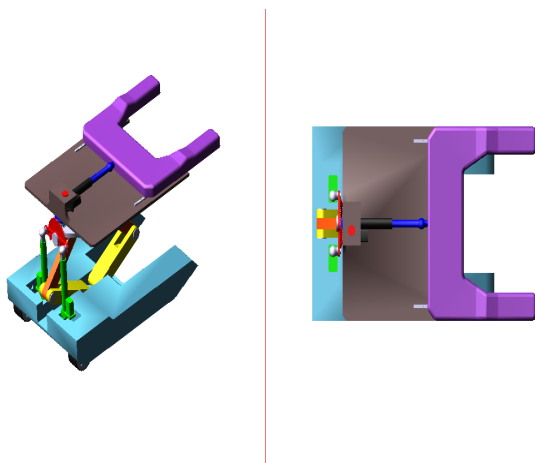


Fig. 7 Trans motion

3.3 지지 부의 병진 모션 해석

Fig. 7에서는 상부에 존재하는 쿠션의 움직임을 보이고 있다. 쿠션을 지지하는 판에는 레일이 존재하는데 그 레일을 따라 쿠션이 앞뒤로 움직임을 보인다. 이 움직임을 구현해내기 위해서 쿠션에 연결되어 있는 액츄에이터가 힘을 작용하여야한다. 물론 쿠션의 무게가 그리 많이 나가지 않기 때문에 큰 힘이 필요 없다.

Table 1 Aluminum Alloy 6061-0 specifications

mass density	$2.7104 \times 10^{-9} \text{Ns}^2/\text{mm}^4$
modulus of elasticity	$68947 \text{N}/\text{mm}^2$
poisson's ratio	0.33
thermal coefficient of expansion	$2.358 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
shear modulus of elasticity	$25993 \text{N}/\text{mm}^2$

4. 지지 부의 안정성 해석

4.1 상판의 안정성 해석

기구 부를 보면 구조적으로 가장 많이 힘을 받는 부분이 지지 부라고 했던 상판이다. (Fig. 8) 이 판의 물성치 값은 일반적으로 사용하는 알루미늄 6061를 사용하였다. (Table 1)

(1) 정적 해석

상판의 양 끝단에 700N의 힘을 분포하중을 주었다. 이것은 대략적으로 70Kg의 사람이 매달렸을 때 변형이 얼마나 일어날 수 있는지를 확인해보기 위함이다. 해석 결과 그 변위는 약 2.24mm 정도로 무게에 대한 안정성은 확보된 것을 확인할 수 있다.

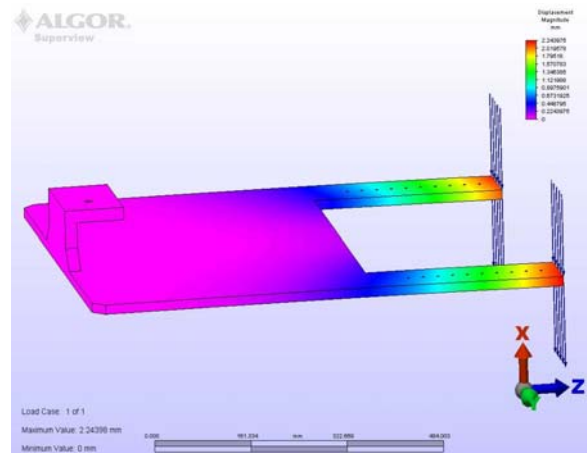


Fig. 9 Static Analysis

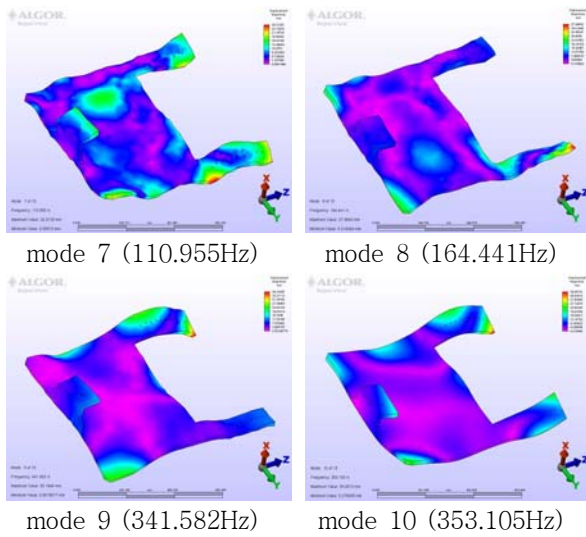


Fig 10. Modal Analysis

(2) 진동 해석

실제적으로 진동 해석은 큰 필요는 없다. 보행 보조 로봇이 계속해서 가진을 받는 경우는 극히 드물기 때문이다. 하지만 완성된 로봇에 유연체 다물체 동역학을 적용하여 해석을 위해서는 가장 힘이 많이 걸리는 부분 중에 하나인 상판에 대한 진동 해석을 실시해 주어야 한다. 상판의 양 끝단에 700N의 힘을 분포하중을 주었다. 이것은 대략적으로 70Kg의 사람이 매달렸을 때 변형이 얼마나 일어날 수 있는지를 확인해보기 위함이다. 해석 결과 그 변위는 약 2.24mm 정도로 무게에 대한 안정성은 확보된 것을 확인할 수 있다.

5. 유연체를 이용한 동역학적 안정성 해석

5.1 유연체

실제적으로 노약자가 상판에 의지하게 되면 아무리 힘이 없는 노약자일지라도 약간의 변형은 생길 수 있다. 또한 유연한 물체일 경우에는 정적 처짐이 발생할 수도 있다. 먼저 언급한 움직임에 대한 해석은 강체일 경우로 해석을 실시한 것이므로 이러한 정적 처짐이나 변형을 무시한 결과이다. 이에 가장 처짐이나 많은 힘이 작용할 것 같은 부분을 유연체로 바꾸어 해석해 줄 필요성이 있다.

5.2 강체의 유연체화

가장 변형이 심하게 일어날 것으로 예상되는 부분은 상판이며 그 상판을 지지하는 액츄에이터의 스트로크 부분과 사다리꼴 다리 부분에서 가장 많은

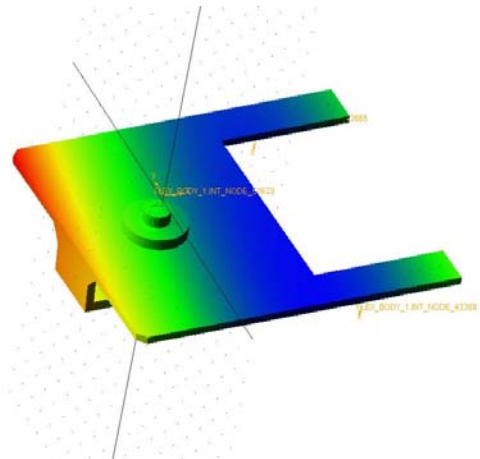


Fig. 11 upper plate

힘이 작용될 것으로 예상된다.

(1) 상판

위에서 진동 해석을 실시하였던 상판에 외부 노드를 설정하여 조인트간의 연결을 원활히 하게 설정해준다. 그리고 상용 프로그램을 이용하여 유연체화 시켰다.

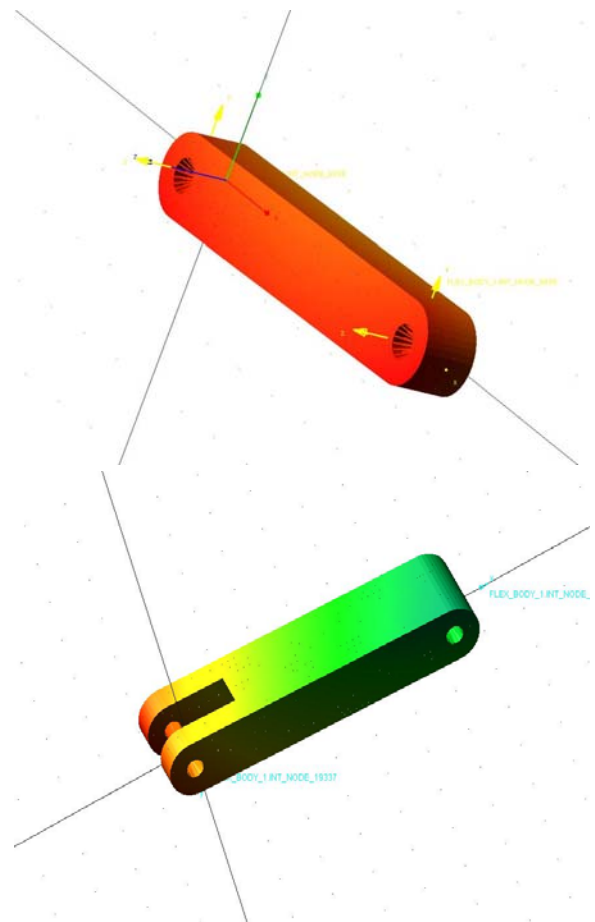


Fig. 13 Assistance lifter

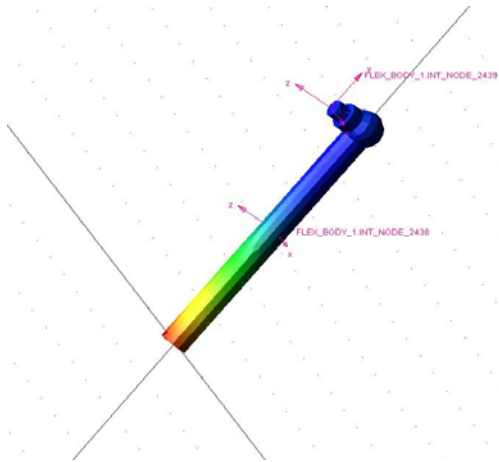


Fig. 14 actuator cylinder

(2) 보조 사다리꼴 다리 (Fig.13)

액츄에이터에서 움직임을 주면 같이 연동되어 움직이는 부분이다. 액츄에이터의 힘으로만 상부의 물체들을 상하 운동 시키는 것은 무리가 따른다. 이에 이 사다리꼴 다리 역시 해석을 실시하여 얼마의 힘이 걸리는지 알 필요가 있다.

(3) 액츄에이터 실린더 (Fig.14)

액츄에이터는 뒤에서 힘을 준다. 하지만 그 힘을 받아 직접적으로 힘을 작용하는 부분은 기어와 연결되어있는 실린더 부분이다. 이 실린더 부분에서 힘이 작용할 것으로 예상되며 이 부분을 유연체로 교체해주어야 실제적으로 힘이 작용함에 따른 각 부분에 걸리는 힘이나 변형을 확인 할 수 있을 것으로 예상된다.

5.3 유연체의 해석

(1) 상하 운동 해석

상하 운동 시 확인해야할 것은 가장 큰 힘이 걸리는 곳과 액츄에이터가 필요한 힘이다. 그리고 상판의 변형이 얼마나 일어나는지를 확인해야한다. Fig.15에서 위의 그림은 액츄에이터가 작용할 때 보조 다리에 걸리는 힘을 보여주고 있다. 5초까지 상승하는 움직임이며 5초부터 10초까지는 하락하는 움직임이다. 전체적으로 최대 150N에서 130N 사이의 힘이 걸리는 것을 확인할 수 있다. 또한 밀을 살펴보면 상승하는 움직임에 따른 상판의 위치 변동만이 존재할 뿐 떨리거나 처짐에 관련된 사항은 확인하기 힘들다. 그렇지만 액츄에이터가 작동하면서 최대 520N에서 380N의 힘이 필요함을 확인할 수 있다.

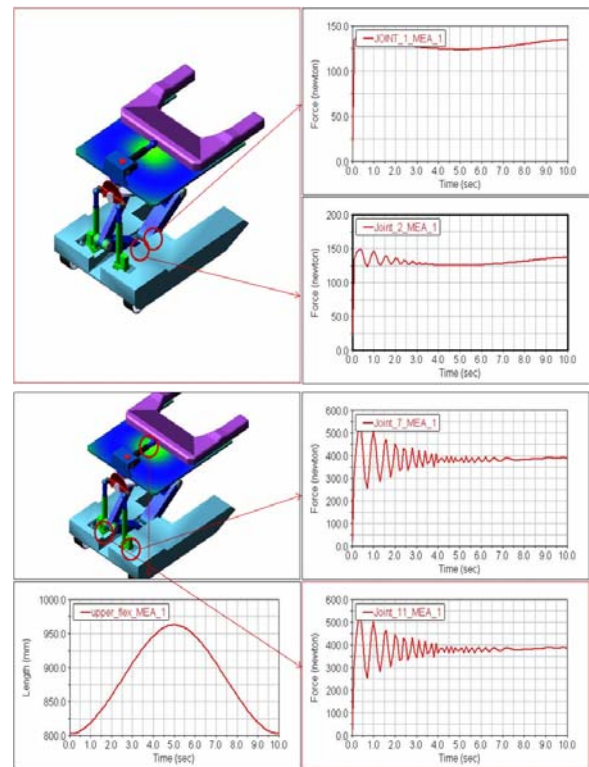


Fig. 15 Up & down motion

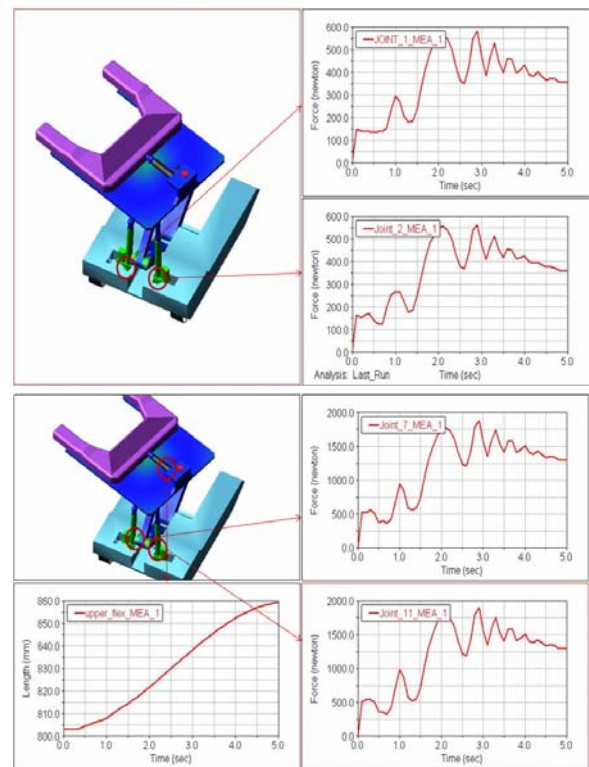


Fig. 16 Rotation motion

(2) 회전 운동 해석(Fig 16)

회전 운동 역시 상하 운동과 같은 것을 확인해야 한다. 변위를 먼저 보면 상승 곡선을 따라 가다가 약 1.2초가 지나면서 약간의 변형을 확인할 수 있다. 이것은 액추에이터 하나만 움직이면서 회전 움직임을 구현할 때 위에 존재하는 상판에서 변형이 일어나는 것을 보여주는 것이다. 힘에 대한 그래프를 분석해보면 회전이 시작되고 약 2초가 되었을 때(회전각 60°) 2000N에 가까운 힘이 필요하게 된다는 것이다. 이것은 링크 모델의 특성상 한쪽의 액추에이터만 사용하더라도 상승하는 움직임이 조금 구현되는데 액추에이터 두 대가 아닌 한 대만의 힘으로 위의 상부를 움직이되면서 큰 힘이 필요하게 되는 것이다. 이것은 실제 제작 시에 액추에이터의 힘이 부족하면 파손이 일어날 수도 있다는 것을 보여준다. 이 보행 보조 로봇은 회전 운동까지 필요하기 때문에 액추에이터를 개발 시 적어도 2000N의 힘을 출력해 낼 수 있는 능력이 필요하다.

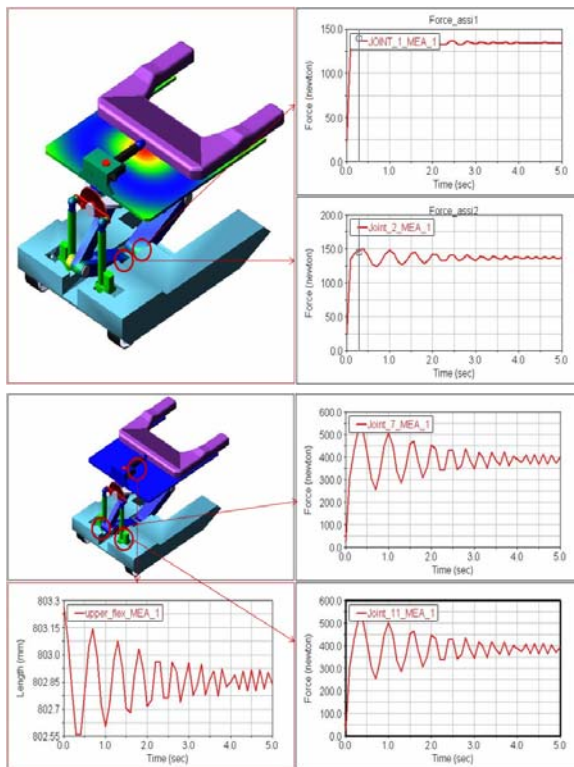


Fig. 17 Cushion Trans motion

(3) 쿠션 병진 운동

가장 먼저 확인할 것은 처짐에 관한 변위량이다. Fig 17에서 확인할 수 있듯 처짐량은 약 1mm로 노약자에게 큰 영향을 줄 정도는 아니다. 또한 단

지 쿠션만 움직이기 때문에 액추에이터와 보조 사다리꼴 다리에 작용하는 힘 역시 500N~150N사이로 액추에이터 하나만을 움직이면서 필요한 힘에 비하면 작다는 것을 확인할 수 있다.

6. 결론

보행 보조 로봇을 제작하기 앞서 정적해석 및 진동해석으로 안정성을 확보하고 상용 프로그램을 이용하여 동역학적 해석을 실시하여 각 부품 간에 발생할 수 있는 문제점을 초기에 발견하고 수정할 수 있었다. 노약자가 사용하는 로봇이기 때문에 특히 안정성 확보에 많은 시간을 투자하였고 유연체 다물체 동역학을 이용하여 액추에이터가 필요로 하는 힘과 상판의 처짐을 검토하고 추후 개발에 데이터로 사용하였다. 회전 운동 시 요구되는 큰 힘에 관련하여 액추에이터 개발이 어려울 경우 설계 변경을 통해 필요한 힘을 분산시키는 것이 과제로 남아 있다.

후 기

본 연구는 인간 기능 생활 지원 지능 로봇 기술 개발 사업의 일환으로 한국 과학 기술 연구원 (KIST) 인지 로봇 연구단의 지원을 받아 수행되었음.

참 고 문 헌

- (1) Shane MacNamara and Gerard Lacey, April 2000, "A Smart Walker for the Frail Visually Impaired," Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation San Francisco, CA, pp.1354-1359.
- (2) B. Graf, M. Hans, J. Kubacki, R.D. Schraft, 2002, "Robotic Home Assistant Care-O-bot II," Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference, Houston, TX, USA, October 23-26, pp.2343-2344.
- (3) Yasuhiro Nemoto, Saku Egawa, Atsushi Koseki, Shizuko Hattori, Takeshi Eshii, and Mesakatsu Fujie, 1998, "Power-Assisted Walking Support System for Elderly," Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Machine and Biology Society, Volume 5, pp. 2693-2695.
- (4) 심현민, 정치연, 이응혁, 2006, "노령자의 생활 지원을 위한 지능형 보행 보조 로봇 기술" 전자공학학회지 제 33권 제

7호 pp.730-745

(5) 김형식, 고영준, 2005, “실버 케어 로봇 개발을 위한 디자인 가이드 라인 연구” 한국 디자인학회 추계 학술대회 pp176~177

(6) 심현민, 홍승홍, 이응혁, 민홍기 2002.6, “시각장애인을 위한 장애물 경보기의 개발,”2002년 대한전자공학회 하계종합 학술대회 논문집V, 25권 1호, pp.113-116.0

(8) 이종실, 이응혁, 민홍기, 홍승홍 2003. 6. “계단승월이 가능한 시각장애인 유도 로봇 개발,”재활복지 제7권 1호, pp.126-157,