

장애인 및 노약자용 슬라이드업 시트 시스템

이수철[#], 임구^{*}

Slide-up Seat System for the Handicapped and the Elderly

Soo Cheol Lee[#] and Goo Lim^{*}

ABSTRACT

In an aging society, the mobility and the accessibility are considered sincerely for the elderly and the handicapped person. The slide-up seat system, which helps board and disembark a car via electric power was developed for the elderly, the handicapped and the families who accompany them. In this paper, critical factors and methods to design the mechanism and controller for safety and comfortableness are suggested. The performance of the system including linkage, electrical, and electronic parts was improved by changing the detail design and some parts after durability test for them.

Key Words : Slide-up Seat(슬라이드업 시트), Rehabilitation(재활공학), The handicapped(장애인), The elderly (노인)

1. 서론

우리나라의 장애인수는 2002년 6월말의 통계에 따르면 121만 7천 여명으로, 전 인구의 약 3.9%가 장애인으로 발표되었으나 장애인이 잘 드러나지 않는 우리나라의 특성상 장애인구는 훨씬 많을 것으로 추정된다.¹⁻³ 또한 인구가 점점 노령화되어 2020년대에는 65세 이상의 노인이 전체인구의 15.1%, 약 766만 7천여명이 될 것으로 보건복지부는 추산하고 있다. 선진국에서는 이미 오래 전부터 장애인 및 노약자의 승하차 및 운전 편의를 위하여 차량에 장애인 및 노약자용 편의장치를 설치하여 호평을 얻고 있다.^{4-6,9} 한편, 국내에서는 장애인 및

고령사회에서 요구되는 의학기술과 공학기술의 학문적 연계지점에서 의공학, 생체역학 및 재활공학의 형태로 연구활동이 활발하게 진행되고 있다.^{7,8} 특히, 기계공학분야에서는 생체역학기술과 로봇기술이 재활공학에 접목되어 장애인의 편의시설 및 보조장치 분야에서 안전성과 쾌적성을 향상시킬 수 있는 자동화 연구가 진행되고 있다.¹¹⁻¹⁹

그러나, 우리나라의 경우 사회구조가 노령화되어가고 장애인의 수가 늘어가고 있음에도 불구하고 자동차에 있어서 장애인과 노약자를 위한 배려로는 운전보조장치만 있고, 승하차를 위한 편의 보조장치에 대한 연구와 개발은 미약한 실정이다. 거동이 불편한 장애인이나 노약자들의 근거리 이동시

접수일:2003년 10월 1일; 게재승인일:2004년 2월 20일

[#] 대구대학교 자동차산업기계공학부

Email : sclee@daegu.ac.kr Tel. (053) 850-6671

^{*} 대구대학교 대학원 기계공학과

중요한 이동매체로는 수·전동 휠체어, 스쿠터 등이 있으며, 원거리 이동매체로는 택시나 자가용 같은 승용·승합차가 있다.¹⁰ 외출 시 보호자가 이들을 차량에 승·하차시키는 것뿐만 아니라 근거리 이동매체인 스쿠터와 전동 휠체어의 무게가 무겁고 부피가 크기 때문에 차량에 탑재하기란 여간 어려운 일이 아니다. 본 연구를 통하여 선천적 또는 후천적으로 장애를 가진 장애인이나 자연장애로서 노인성 질환 등으로 고통을 받는 노약자의 가족 구성원이나 보호자 등이 그들의 이동을 도울 수 있는 보조복지기기를 개발함으로써, 편리함은 물론이고 그들 또한 외출에 대한 불편함과 두려움이 감소되어 외부와의 접촉 및 사회활동의 기회가 증대되고 자아실현의 기회를 갖는데 도움을 줄 수 있을 것이다.^{6,7}

장애인이나 노약자의 승하차 용이성과 이동매체인 휠체어나 스쿠터 탑재 공간을 고려하면 공간 여유가 비교적 큰 승합차가 적합하다. 그런데 승합차의 시트와 전동 휠체어나 스쿠터의 시트와 높이 차이가 있으므로 장애인이나 노약자의 승하차를 위해서는 차량의 시트가 차량 외부로 돌출할 때 적절한 높이 조정 및 차량 도어의 개폐 방향을 고려한 시트 회전이 되어져야 한다. 이러한 시트를 슬라이드업 시트(slide-up seat)라 정의한다.

본 연구에서는 중증장애인 또는 노약자들의 승차 및 하차를 도울 수 있는 슬라이드업 시트의 시스템을 연구·개발하고자 한다.

2. 슬라이드업 시트 시스템 설계

슬라이드업 시트를 적용시키기 위하여 차량 내·외장 부품과의 여유 공간을 확보하고, 안전성 및 편리성을 고려한 최적 설계 입력값을 확보하여야 한다. 그리고, 주어진 공간의 효율성을 극대화하기 위한 기구부의 개념설계와 동작원리를 시뮬레이션을 통하여 검증하고 적용시켜 내구성 및 안전성을 확보하였다.

2.1 개념설계

본 시스템의 개념설계 관점에서 고려되어야 할 사항으로 슬라이드업 시트는 차량의 1열 조수석이나, 2열 우측에 위치시킨다. 그리고, 차량외부로 돌출된 슬라이드업 시트와 전동 휠체어 및 스쿠터의 시트 높이를 맞추어 장애인 및 노약자를 편리하게

움길 수 있도록 고려하였다. 한편, 슬라이드업 시트 백 및 쿠션은 기존 차량의 제품을 활용하였다.

2.2 기본설계 사양

당초 개념설계의 목적과 취지에 맞는 기본설계에 필요한 차량과 인간 그리고 주요 핵심 사양 및 동작의 제어로직 흐름은 다음과 같다.

- 1) 장착공간 : H사 승합차의 1열 조수석
- 2) 대상자 : 한국 성인남자 기준
몸무게 65kg, 키 172cm(앉은 키 91cm)
- 3) 동작 : 시트 회전 및 상·하 이동
 - ① 시트 90°회전
 - ② 시트 상·하 이동 높이 : 200mm
- 4) 제어 : PIC16C72A를 이용한 모터제어
- 5) 제어 로직 흐름도 : 슬라이드업 시트 시스템을 활용하고 운영하는 절차는 Fig. 1와 같다.

2.3 상세설계

상기 개념 및 기본설계에서 나온 기본 사양을 토대로 기구부와 전동부의 부품선정과 아울러 구체적인 설계를 실시하게 된다. 1차 2차원 설계를 실시하고 이를 조합하는 3차원 설계를 실시함으로써 차량내에서의 간섭 및 충돌 확인 등의 유의성을 검증하게 된다. 이 과정을 통하여 수정 및 최적화설계가 계속 진행되게 된다.

상세설계는 기구부와 전장부로 나누어 설계가 이뤄지게 되고 이를 통합하여 연동하는 과정이 필요하게 된다. 특히 상세설계시 고려되어야 할 사항으로서 슬라이드업 시트는 조수석 크래시 패드(crash pad), 도어의 개폐 각도, 프론트 필라(front pillar), 센터 필라(center pillar)와의 간섭을 고려한 회전중심 및 각도, 돌출 되는 길이를 결정하여 상세설계를 진행하게 된다.

2.3.1 기구부

기구부의 설계로 완성된 3차원 조립도면을 설계전용 소프트웨어인 Solid Edge를 이용한 작동 시뮬레이션으로 슬라이드업 시트의 차량 설치 시 시트 백의 눕힘 각도를 109°로 결정하고, 회전 중심과 체인을 이용한 슬라이드 기구부의 승·하강 이동 높이를 결정하여 간섭 및공간의 활용성을 확인하였다. 시뮬레이션은 크게 3단계로 구분되는데, Fig. 2에서 보는 것과 같이 차량내에 있는 (a)Rotation In

상태와 차량밖으로 나와 있는 (b)Rotation out, 그리고, 스쿠터나 휠체어에 안전하게 옮겨 탈 수 있는 높이로 낮춰 주는 (c)Slide Down 으로 크게 설명할 수 있다.



(a) Rotation In (b) Rotation Out



(c) Slide Down

Fig. 2 Motion simulation of slide-up seat

1) 하중 및 경계조건 :

한국 성인남자의 표준 몸무게(65kg) + 시트 자체중량(12kg) + 여유하중(73kg), 시트의 상면 균등 분포

2) 해석결과 및 분석 :

회전을 주도하는 볼베어링에서의 응력분포는 Fig. 3과 같다. 전체적인 분포는 (a)와 같으며, 주요 특정부위인 회전가이드 부위의 응력분포를 확대하여 본 결과는 (b)와 같다. 그리고, 직진운동을 하는 slide 동작시 발생하는 slide ball bearing에서의 응력 분포는 Fig. 4와 같으며 주요 특정부위인 한 쪽 부분의 응력분포는 (b)와 같다. 한편, slide동작시 부하를 받게 되는 slide와 slide guide부에서의 응력분포는 Fig. 5와 같다. slide와 slide guide부에서 특정부위의 응력분포는 각각 (b)와 (d)와 같다.

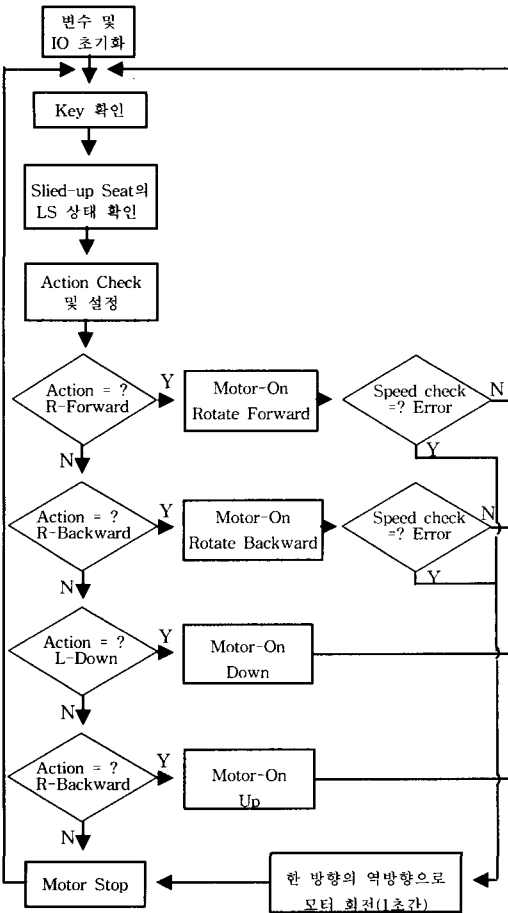
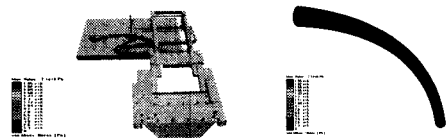


Fig. 1 Control logic flow chart

2.3.2 구동시 기구부의 응력해석

구조해석(Solid Edge, Visual Nastran 4D 사용)을 통한 각 구동 구성요소들의 변형, 응력을 확인하여 안전율을 고려한 최적설계를 실시하였다.



(a) Ball bearing(total) (b) Ball bearing 1

Fig. 3 Stress in rotation ball bearing

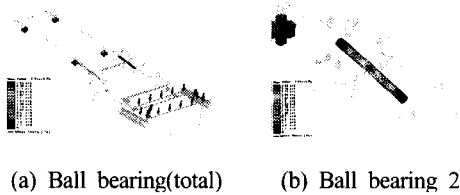


Fig. 4 Stress in slide ball bearing

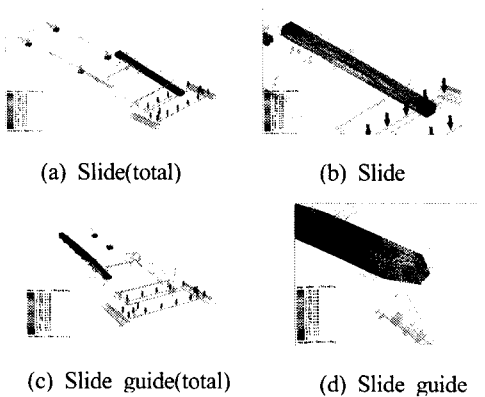


Fig. 5 Stress in slide and slide Guide

상기와 같은 구조해석 결과, 가장 큰 응력이 발생하는 부분은 슬라이드 가이드(slide guide)의 끝단부로 크기는 $3.91 \times 108 \text{Pa}$ 이다. 이 경우, 기계구조용 탄소강의 인장강도가 최대 $7.80 \times 108 \text{Pa}$ 이므로 안전율은 2.0이 되지만, 슬라이드 시트 사용 시의 실질 하중이 일반적으로 85kg 미만인 점을 고려할 때 안전율은 3.5 이상을 확보할 수 있게 된다.

2.3.3 차량의 도어 및 편의장치 개발

슬라이드 시트의 차량 외부로 원활한 동작을 위하여 필요로 하는 차량 도어의 열림 각도는 $65 \sim 70^\circ$ 이다. 따라서, 현행 열림각도 $15^\circ \sim 20^\circ$ 를 조정하여야 한다. 따라서, 브라켓(bracket)을 가공하고 보강하여 열림각을 크게 하였다. 그리고, 장애인이나 노인의 안전하고 쾌적한 탑승을 돕기 위하여 발판을 장착하였으며, 뇌성마비장애인 등의 중증장애인의 안전을 위하여 가슴보호대와 팔걸이를 제작하여 부착하였다. 그리고, 보호자인 운전자와 탑승자가 조작기(controller)를 공동으로 사용할 수 있고 편리하게 보관할 수 있도록 하기 위하여 도어 상단부

에 거치할 수도 있고, 차체 철판 임의의 부위에도 부착이 가능하도록 자석을 조작기 뒷면에 붙여 놓았다.

3. 성능 실험

시제품의 동작성, 내구성, 안전성을 확인하기 위하여 성능시험을 실시하였다. 성능시험은 회전 및 승·하강을 100회 반복 실험하여 확인하였으며, 동작성, 내구성 및 안전성 확인을 위하여 부하 100kg으로 10,000회 실험을 실시하였다. Fig. 6은 시제품의 성능시험을 실험실 환경에서 실시 하는 관경이다. 이 실험에서 시험대상인 인간의 몸무게를 100Kg으로 가정하였으며, 시트와 인간을 대신하여 상자에 100Kg의 쇠 구조물들을 적재하였다. 그림 좌 상단의 쇠 구조물은 전복과 진동을 상쇄하기 위하여 눌러 놓은 counter balance 역할을 하고 있다.

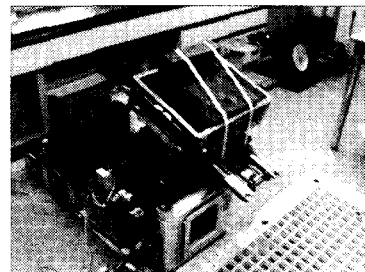


Fig. 6 Durability test of slide-up seat

3.1 동작성 측정

무부하 및 부하(82kg)에 대한 동작성 시험에 따른 동작시간, 소비전류, 처짐량 및 소음 등을 측정하였다. 그리고, 기구부와 전장 하네스(wiring harness)와의 간섭을 확인하였다.

Table 1 Time(sec)

구 분	회전		슬라이드	
	In	Out	Up	Down
무부하	5.1	10.9	10.1	5.1
부 하	5.5	9.4	11.9	5.3

Table 2 Current(A)

구 분	회전		슬라이드	
	In	Out	Up	Down
무부하	1.7	1.4	1.5	2.1
부 하	2.2	0.9	3.9	2.4

Table 3 Deflection(mm, °)

구 분	부하(kg)						
	70	80	90	100	110	120	130
처짐량	8.05	8.68	9.35	9.77	10.2	10.4	11.1
각 도	0.65	0.70	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91

Table 4 Noise(Surround noise 54dB, dB)

구 분	회전		슬라이드	
	In	Out	Up	Down
무부하	60	59	54	55
부 하	62	61	59	60

상기 실험결과중 처짐량을 제외한 작동시간, 소비전류, 소음부분은 부하가 걸린 경우와 부하를 걸지 않은 경우로 대별할 수 있다. 슬라이드엿 시트의 1 사이클 작동의 동작성은 Table 1-4 에서 보는 바와 같이 작동시간 은 33sec 이내, 소비전류는 4A 이하, 최대 처짐량은 11mm이하, 소음은 54~62dB로 측정되었다.

3.2 내구성/회로 안전성 분석 및 성능개선

무부하 및 부하(82kg)에 대한 동작 시 기구부에서 간섭 및 진동을 확인하고, 마모 시 손상정도를 확인하였다. 그리고, 전장부에서는 각종 전장 하네스의 간섭 및 꼬임으로 인한 손상정도, 이상 유무 발생을 확인하였다.

1) 간섭 및 진동, 마모 확인

무부하시 기구부, 구동부, 회로부, 차체와의 간섭이 없었으며, 회전시 모터와 직결된 기어부의 소음이 발생되었으나, 이는 기어간의 중심거리를 조정하여 해결이 되었다.

부하시 간섭부위는 없었으나, 슬라이드부의 동력 전달부에서 진동이 발생되었다. 원인은 슬라이

드부의 베어링 마찰부 손상에서 오는 것이었고, 이를 해결하기 위해 점 접촉인 볼 베어링을 선 접촉인 롤러 베어링으로 변경하였다.

2) 전장 하네스, 회로 안정성

전장 하네스의 간섭 및 내구성은 10,000회 시험 결과 문제점이 도출되지 않았다.

회로의 안전성은 급격한 조작 시 기구적인 응답을 확인하고 구동이 원활한 지를 확인하였고, 리미트스위치(limit switch)들의 작동 및 응답성을 확인한 결과 문제점이 없었다.

4. 결론

본 연구에서 중증장애인 또는 노약자들의 승하차를 도와줄 수 있는 슬라이드엿 시트 시스템을 개발하였다. 기준사양으로서 기존 일본 제품과의 비교 실험을 통하여 검증한 결과, 각 구성품들의 국산화와 각 부품의 성능 향상을 통해 보다 우수한 성능을 확인하였다. 국내 H사의 승합차 차량을 대상으로 동작시 내외장 부품과의 공간을 확보하고 하중에 대한 안전성 및 내구성, 사용상의 편리성을 고려한 최적 설계를 하고 시제품 제작과 시험을 통하여 설계 사양이 충족됨을 확인하였다.

한편, 향후 연구과제의 일환으로 다양한 종류의 국내 차량에 적용하기 위해서 장애인과 노약자에 대한 유형별 기초 연구를 포함하여 의학 및 재활공학 관점에서 학제간 공동연구가 이루어 져야 하겠다.

후 기

이 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비의 부분적인 지원에 의한 논문임

참고문헌

1. 보건복지부 장애인제도과, "장애인실태조사 2000," 보건복지부 재활지원과, 한국보건사회연구원, 2000.
2. 교통개발연구원, "교통약자를 고려한 교통수단제공 및 시설정비지침 연구," 2000.
3. 박을중, 설재훈, 김인순, "장애인·노약자를 위한 특별수송체계에 관한 연구," 1999.

4. 조일목, 이계준, "편의시설 다시보기," 재단법인 파라다이스 복지재단과 장애인 편의시설 촉진 시민모임, 1998.
5. 박종철, "대중교통차량 승하차 리프트 및 안전장치에 관한 연구," 대구대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 2000.
6. 이태문, 이권용, 황우석, "대중교통 버스장착용 휠체어 리프트 기구부설계 및 해석," 대한의용생체공학회 춘계학술대회 발표논문집, 22권, 1호, 2000.
7. Choi, K., "Joint Prostheses and Engineering Technology," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 11, pp.17-24, 2000.
8. Kim, Y., "Overview of the Spine Biomechanics," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 4, pp.25-33, 2002.
9. Chun, K., "Intelligent Silver Technology," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 2, pp.33-40, 2002.
10. Ryu, J., "The Convertible Wheelchair System," J. of the KSPE, Vol. 20, No. 2, pp.14-18, 2003.
11. Hong, J. and Mun, M., "Prosthetic Gait and Socket Biomechanical Analyses of Transfemoral Amputee," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 4, pp.52-72, 2002.
12. Chung, I. and Ahn, M., "Application of Stiffness Matrix Element for Finite Element Analysis of Spine," J. of the KSPE, Vol. 20, No. 10, pp.226-232, 2003.
13. Lee, K., Shin, D., Park, S., Kim, B. and Park, J., "Measurement of Biomechanical Property of Chondrocyte," Proc. of the KSPE, pp.154-157, June 2002.
14. Yum, Y., "Bio-Robots and Intelligent Prosthetics," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 11, pp.36-42, 2000.
15. Lee, S., "Precision of Iterative Learning Control for the Multiple Dynamic Subsystems," J. of the KSPE, Vol. 18, No. 3, pp.131-142, 2001.
16. Kim, S., Jung, S., Ryu, D., Jo, K. and Kim, B., "Development of the Pneumatic Manipulator of Gait Rehabilitation Robot using Fuzzy Control," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 12, pp.169-175, 2000.
17. Kang, S., Jo, K. and Kim, Y., "Knee Joint Control of New KAFO for Polio Patients Gait Improvement," Proc. of the KSPE, pp.132-135, June 2002.
18. Shin, H., Kang, C., Jung, S. and Kim, S., "Force Control of an Arm of Walking Training Robot Using Sliding Mode Controller," J. of the KSPE, Vol. 19, No. 12, pp.38-44, 2002.
19. Shin, H., Choi, S. and Kim, S., "Position and Vibration Control of Flexible 2-Link Robot Arm Using Piezoelectric Actuators and Sensors," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 11, pp.206-212, 2000.