

## 장애인 휠체어 캐리어에 관한 연구

### A Research on the Wheelchair Carrier for Disabled Driver

이수철\*, 박석순\*\*  
S. C. Lee, S. S. Park

#### 요 약

본 논문에서는 장애인 자가운전을 위한 휠체어 자동탑재기능을 가지는 캐리어를 개발하기 위하여 기구학적 동특성을 분석하고 기구부의 안전성을 고려한 강도 해석을 하였다. 휠체어 자동탑재장치의 실차량 장착 및 크기를 고려한 자가운전용 차량으로는 9인승 승합차량을 선정하였다. 먼저 기구학적 동특성과 구동 방식을 결정하고, 운동 궤적 및 동작 프로세스를 참조하여 캐리어를 적용하고자 하는 승합 차량에 대한 간섭 여부를 확인하여 기구학적 개념 설계를 확정하고 기구부의 안전성을 확인하기 위해 강도해석을 통하여 설계의 신뢰성을 검증하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, the feasibility of a wheelchair carrier for the disabled own driver is checked kinematically to fit one of current domestic vans by drawings, design. A van with 9 passengers is selected for the modification to attach the wheelchair carrier and test the operation in real situation. The trajectory and motion process are studied to protect from the interception with outside body of van, and the conceptual design is proceeded kinematically. For the detail design, the stress analysis and driving mechanism with power supply must be studied and selected basically.

**Keyword :** Wheelchair Carrier, Disabled Driver

### 1. 서론

보건복지가족부의 2006년 12월의 전국장애인 등록현황을 살펴보면 지체장애인의 수가 1,243천명이다. 또한 통계청의 65세 이상 고령자의 통계를 살펴보면 약 4,792천명으로 전체인구의 9.8%를 차지하며 고령사회를 목전에 두고 있는 상황이다. 앞에서 말한 지체장애인과 고령자의 수를 합하면 약 600만 명이며 전체 인구의 약 18.5%가 넘는 수치로 장애인과 고령자의 증가에 대한 사회적 대안을 제시할 필요가 있다. 그 중에서도 장애와 고령으로 인한 기능상의 쇠퇴로 인해 이동과 활동의 권역이 한정적

으로 제한되며 이로 인한 사회참여의 제한과 기회 박탈이 사회적 문제로 인식되어지고 있다. 이러한 문제의 해결책 중 하나를 제시하고자 본 논문의 연구를 진행하였다.

또한 교통사고나 산업재해로 인한 후천적 장애인들이 늘어나며 장애인도 더불어 살아가야 한다는 사회의식의 전환에 따라 장애인 및 노약자들의 사회생활 참여 여건이 호전되고 있다. 따라서 현대생활의 필수품이 된 자동차에서의 장애인 및 노약자들을 위한 장치가 다양하게 고려되고 있다.

그 중 승용차의 보조 장치로 초기에 경량의 수동 휠체어를 보호자가 접어서 뒤쪽 트렁크에 적재하는 방식이 사용되었다. 그러나 이러한 장비들은 수동 및 반자동으로 사용상 불편함이 많고, 차량 루프 등에 추가적인 장비를 장착하므로 심미적 관점에서도 좋지 않았다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 자동으로 휠체어 수납이 가능하고 차량 외관에 크게 영향을 미치지 않는 보조 장비가 필요하다.

그러므로 본 논문에서는 장애인 자가운전을 위한

접 수 일 : 2012.05.09

심사완료일 : 2012.06.11

게재확정일 : 2012.06.18

\* 이수철 : 대구대학교 기계자동차공학부 교수

sclee@daegu.ac.kr (주저자)

\*\* 박석순 : 대구대학교 기계자동차공학부 외래강사

sspark@daegu.ac.kr (공동저자)

휠체어 자동탑재기능을 가지는 캐리어를 개발하기 위하여 기구학적 동특성을 분석하고 기구부의 안전성을 고려한 강도 해석을 하고자 한다.

또한 주5일 근무제에 따른 여가활동의 증가에 따라 가족구성원 중 장애인이 있는 가정의 경우도 고려하여, 자동 휠체어수납기능을 가지는 캐리어에 일반 자전거의 수납 또한 가능하게 하여 장애인만을 위한 복지차량의 범주를 넘어서 레저 및 다용도 기능이 가능한 복지차량의 개발에 연구의 목적을 두었다.

## 2. 본론

### 2.1 국내의 복지차량 연구동향 및 분석

국내에서는 장애인의 차량이용 실태에 관한 국내의 전반적인 연구가 매우 미진하다고 할 수 있다. 전반적으로 고령자나 장애인을 대상으로 하는 복지차량의 필요성과 제한적인 운전형태에 관한 연구는 일부 논문이나 보고서에서 진행되어 온 바 있으나, 본 연구에서 진행하고자 하는 연구와 같이 장애인이 차량을 이용할 경우 신체의 특성이나 행동 특성에 관한 다양한 사례의 근본적인 연구는 진행되어 있지 않다.

이러한 근본적인 연구가 필요함에도 불구하고, 대부분의 국내연구는 장애인 및 노약자를 위한 운전 보조 기기 및 휠체어와 스쿠터 등의 수납과 이를 이용하는 장애인의 차량 탑승을 도와주는 리프트 등의 장치 개발에 관한 연구에 국한되어 있다. 이는 최근 미국과 일본 등 선진국에서 장애인이나 노약자를 위한 복지차량과 그 보조 장비 등이 수입되어 장착하고 있는 실정에서 이러한 제품의 국산화를 위한 경제성 측면에서의 노력만이 진행되어 왔기 때문이다. 또한, 이러한 장치의 국내 개발도 한정된 몇 가지 시스템에 국한되어 있기 때문에 좀 더 기초적이고 포괄적인 연구가 필요한 실정이라 할 수 있다.

국외의 미국이나 일본 등 사회복지 제도가 잘 되어있는 선진국에서는 노약자나 장애인을 위한 다양한 보조 장치 등의 제품화가 매우 활성화 되어 있고, 특히 장애인의 차량 탑승 장치 및 휠체어 등의 탑재장치의 관련 제품이 매우 다양하다.

분석결과 국내의 차량 관련 보조기기 기술의 경우 외국제품을 국내차종에 동조화시키는 기술에 관련된 특허가 대부분이며, 그마저도 수가 매우 적다. 그 외의 특허의 경우, 대부분 국외 업체에서 출원한

것이 주를 이루고 있다.

국외에서 많은 다양한 복지차량 및 관련기술이 개발되었으며 상용화되어 유통되고 있다. 세계에서 가장 고령화된 국가인 일본은 그 기술력이 안정화 단계에 있으며 수요와 공급의 조화로 그 시장과 기술력이 함께 성장하는 것을 볼 수 있다. 이와 더불어 독일과 미국도 높은 고령화 비율로 실버산업이 높은 비중을 차지하고 있다.

### 2.2 개념설계

#### 2.2.1 설계목표 선정

현재 복지차량 분야에서 관절식 휠체어 캐리어 부문에서 가장 앞서가고 있는 독일 P社 제품의 분석과 벤치마킹을 실시하였다. 본 연구를 위해 독일 제품 및 동일제품이 적용되는 일본 M사의 차량의 자료를 분석하였다.



그림 1.일본/M社의 관절식 휠체어 캐리어 적용차종

#### 2.2.2 기능선정

본 논문에서는 휠체어 탑재뿐만 아니라 자전거 등의 다용도기능을 접목시킨 가족용 차량으로 제작하는 것이 목적이므로 기존 개발되어 사용되고 있는 그림 2 (a), (b), (c)를 조합하여 그림 2 (d)처럼 구성하였다. 그림 2 (d)의 전체적인 시스템의 구성은 차량의 후미에 캐리어가 장착되어 있는 형태로 운전자, 즉 장애인이 차량에 승차한 뒤 운전석의 버튼 조작에 의해 휠체어가 차량의 후미에 탑재되는 형태이다. 캐리어의 수행능력은 첫째로 휠체어 및 자전거의 무게를 고려하고 이를 충분히 지지할 수 있는 적당한 용량의 액추에이터를 선정하여야 하며, 액추에이터 자체의 토크가 목표치에 미달할 경우 감속기의 적용도 고려한다. 캐리어의 링크 각부는 구조해석을 통해 설계하며, 회전과 상/하강 운동 및 전체 시스템의 지지부 역시 액추에이터를 사용한다. 액추에이터는 차량의 전압과 같은 12V용을 사용한다. 캐리어는 순차 제어를 적용하여 정확한 운동궤적을 수행하도록 설계한다.



(a) 로봇암식 관절 캐리어



(b) 일반 자전거 캐리어



(c) 휠체어 캐리어



(d) 휠체어 및 자전거 겸용 차량용 캐리어

그림 2. 관절식 캐리어 기능 구성도

### 2.2.3 회전 동작 궤적 산출

휠체어 캐리어 각부 요소부품 및 작동기능선정을 고려하며, 차량에 달리는 장치이므로 도로법규에 만족하는 동작 궤적을 산출, 설계한다. 휠체어 캐리어 작동 시 국내 도로여건 및 주차시설 여건을 고려한 동작궤적을 산출해야하므로 장애인 주차시설 법규를 조사, 법규에 만족하는 동작 궤적을 산출하여 설계에 적용한다.

### 2.2.4 작동흐름도

휠체어 캐리어의 전체 작동 프로세스는 다음과 같다.

- ① 사용자 차량 탑승 후 휠체어 수납
- ② 휠체어 수납박스의 회전에 앞서 지면과의 간섭회피를 위한 리프트업 동작
- ③ 1축 및 2축의 로테이션 동작
- ④ 1축 및 2축의 로테이션 동작 완료, 휠체어 차량 탑재 완료

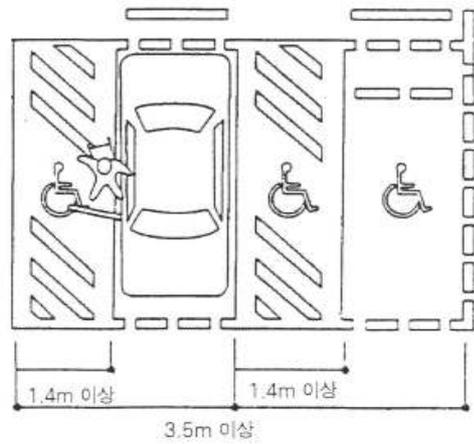


그림 3. 장애인주차시설 시공 법규



그림 4. 휠체어 캐리어 동작궤적 구성도

### 2.2.5 프로토타입 설계 및 제작

선정 스펙상의 1:3 비율로 축소한 프로토타입을 선제작하여 선정기능의 적합성 유무와 작동성 평가 및 간섭체크를 실시하여 결과를 확인하였다.

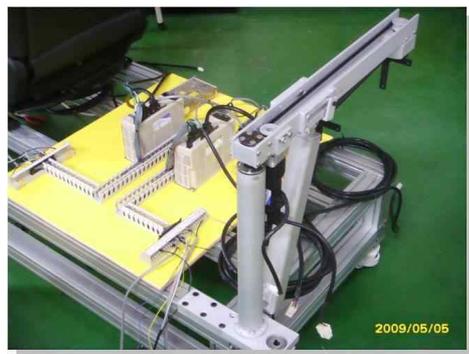


그림 5. 프로토타입 시험

기본 설계안을 바탕으로 시제품을 제작하여 간섭, 구동 프로세스, 기구적인 요소에 관하여 시험을 해 보았다. 실차 적용에 앞서 테스트 베드를 제작하여 시제품을 장착하였다. 회전축의 위치와 베이스 축의 위치를 다르게 함으로써 필요한 회전궤적은 얻을

수 있었지만 베이스 축과 회전축의 불일치로 인하여, 회전운동 중 진동이 발생하였다. 또한 승/하강 운동을 하는 액추에이터의 브래킷 강성 부족 및 유격으로 인해 승/하강 동작 시 좌/우 방향으로 떨림 현상이 발생되었다.

이러한 문제점들을 보완하기 위하여 실 제품 설계 시 회전축의 직경 증가, 승/하강 동작의 액추에이터 브래킷 강성보완을 위해 브래킷 형상수정 등의 개선을 하였다.

## 2.3 제작 및 결과

### 2.3.1 개념설계 설정

휠체어 수납편의성을 향상시켜 자가운전에 유용한 캐리어는 휠체어 및 자전거 수납기능의 특성을 고려하여 다음과 같이 기본설계에 앞서 설명한 개념설계를 설정한다.

- 로테이션 폴딩-암 기구 구조
- 액추에이터 구동 리프팅 구조
- 차체와의 간섭 배제
- 최적의 캐리어 작동 궤적 설정
- 충분한 안전성
- 경량화 최적 설계
- 사용 편리성 극대화

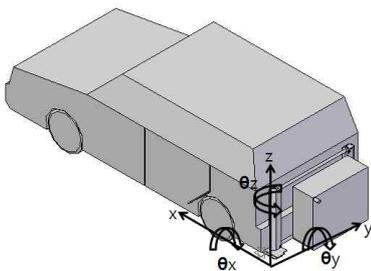


그림 6. 휠체어 캐리어 장착 개념도

### 2.3.2 휠체어 캐리어 설계

차량 후미 하부에 장착되어 수동 휠체어 및 자전거의 탑재를 용이하게 하는 기능을 가진 휠체어 캐리어를 설계한다.

#### ① 작동특성

차량 내에서 동력을 전달하기 위해서 차량 전원인 12V의 동력원을 쓰는 차량용 윈도우 모터를 사용한다. 또한 견인력은 최대 50kgf의 부하를 고려하여야 하므로 적용코자하는 차량용 윈도우

모터의 허용 견인력을 고려한다.

#### ② 조작방식

기구부의 접이식 구조 및 회전구조의 작동은 안전을 고려하여 전/수동 조작이 가능하게 하며, 수동 휠체어 및 자전거를 탑재하기 위한 동작은 버튼에 의한 간편 조작으로 설계한다.

#### ③ 신뢰성 및 내구성

기구부는 최대 50kgf의 부하에서 사용가능해야 하므로 정적해석을 통한 구조해석을 한다.

#### ④ 안정성

리프팅 장치 및 회전부의 손 끼임 현상 방지를 위하여, 접합부의 틈을 채우는 구조로 설계한다.

#### ⑤ 기능성

기구부는 2단 접이식 로테이션 구조를 가지며, 자전거의 탑재 시에는 리프트 업다운 기능만을 사용하며, 휠체어의 탑재 시 운전석에서의 사용이 원활하도록 2단으로 회전 및 전개가 되어 휠체어 탑재를 가능하게 한다. 또한 2단 접이식 회전암의 경우 ARM1내에 업다운 기구를 설치하여 상하운동이 가능하게 한다.

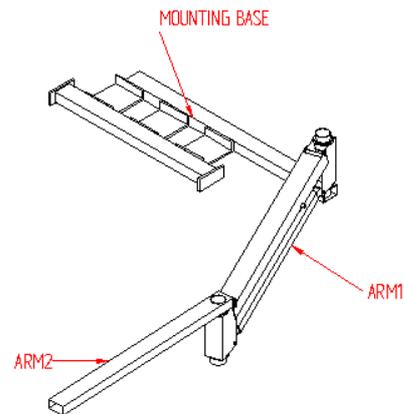


그림 7. 휠체어 캐리어 구조

### 2.3.3 MOUNTING BASE 설계

휠체어캐리어의 MOUNTING BASE설계에 앞서기 생산된 제품군을 조사하여 분석 및 벤치마킹을 시행하였다. 본 논문에서는 휠체어 캐리어를 장착할 차량으로 K社의 C차량을 선정하였으므로 C차량에 특성화시켜 설계를 진행하였고, C차량의 경우 분석결과 배기장치의 간섭으로 인해 차량프레임에 MOUNTING BASE의 장착이 불가능한 것을 확인하였다. 이에 따라 기 양산되는 제품군과는 다른 장착방식을 선택하였다.

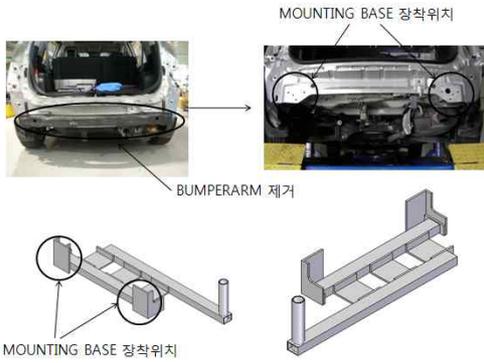


그림 8. MOUNTING BASE 장착위치 선정 및 3D 모델

### 2.3.4 정적해석

그림 9에서 그림 11까지는 휠체어 캐리어의 정적 강도해석을 위해 SOLID WORKS COSMOS WORKS의 해석 기능을 이용하여 강도해석을 수행하였다. 해석 경계 조건으로는 선형 정적 가정을 이용하여 경계 조건이 하중작용 시점부터 최종변형 상태까지 변하지 않도록 하였다. 휠체어 캐리어의 재료로는 항복강도가 262 MPa인 기계구조용강을 적용시켰다.

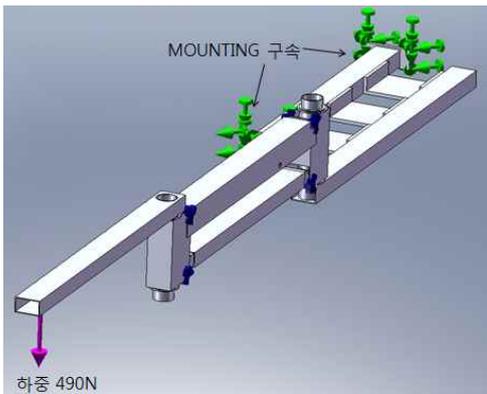


그림 9. 휠체어 캐리어 구속조건

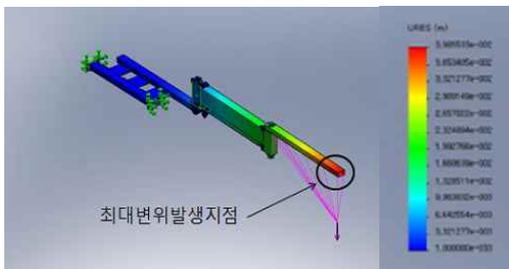


그림 10. 휠체어 캐리어 실험결과1

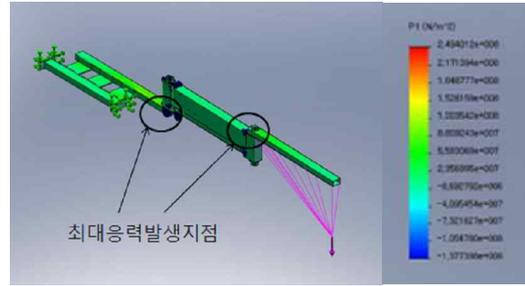


그림 11. 휠체어 캐리어 실험결과2

그림 10은 정적 해석을 분석한 결과로 끝점에서 최대 변위가 0.039mm 발생하였고, 그림 11에서 최대 응력은 그림에서 표시된 조인트부에서 약 250MPa이 발생하였다. 최대 변위의 수치로 보아 사용상 변위발생에 의한 문제점은 발생되지 않으리라 생각되며, 해석을 통해 조사한 응력집중 구간을 제외한 나머지 부위의 경량화가 가능하리라 생각된다.

### 2.3.5 제작 결과

그림 12는 휠체어 수납장치가 동작되는 일련의 과정을 나타내었다.



(a) 휠체어가 미수납된 상태



(b) 휠체어 수납 과정1



(c) 휠체어 수납 과정2



(d) 휠체어 수납 과정3



(e) 휠체어 장착과정



(f) 휠체어가 수납된 상태  
그림12. 휠체어 수납 과정

### 3. 결론

본 논문에서는 휠체어 자가 수납이 가능하며 직접 운전을 하여 목적지까지 이동할 수 있는 장애인 자가 운전 특수차량용 휠체어 캐리어를 선정 기능의 타당성 검증을 위한 개념설계의 프로토타입을 제작, 시험하고 이 내용을 바탕으로 실제제품의 설계를 하였다.

설계는 차량과의 간섭을 확인하고 최적의 공간 활용을 위한 작동계적 시뮬레이션을 하였고, 부분별 구조해석 및 전체 3D 정적해석을 통해 최적설계를 하였다. 또한 3D 정적해석을 통하여 휠체어 캐리어의 신뢰성을 검증할 수 있었다.

기구부의 안전성을 검토하기 위해 유한요소해석을 통한 강도해석에서 전체 링크의 재질 및 구조선정을 통해 강도상 안전함을 판단할 수 있었다. 이런 기구학적 검토는 상세설계와 제작을 위한 필수 단계로서 캐리어와 차량의 간섭을 사전에 확인하고 각 공정별 문제점을 파악하기 위한 단계라고 할 수 있다.

리프트의 상세 설계를 위해 탈착식 전동휠체어와 상호보완적인 설계를 통해 프로토타입을 제작하였고 완성 차에서 직접간섭 여부 및 구동성을 확인하

기 위한 실제제품의 설계를 마쳤다. 또한 이러한 설계를 바탕으로 시제품 제작을 하였다.

향후 연구 방향으로는 제작 완료된 실제제품의 안정적인 제어를 위한 동적 시스템 해석 및 가속, 등속, 감속 동작을 통한 부드러운 작동을 위한 속도제어에 관하여 연구할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이달엽, 이근민, 이덕영, 이수철, 이승욱, 임명준, 김경명, "장애인의 이동권과 접근성 보장을 위한 특수차량 개념설계", 두뇌한국21 특수교육연구단, pp. 139-159, 2004.
- [2] 권영운, "장애인 및 노약자용 경차량 휠체어리프트 개발에 관한 연구", 대구대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 1999.
- [3] 이태문, 이권용, 황우석, "대중교통 버스장착용 휠체어 리프트 기구부 설계 및 해석", 대한의용생체공학회 춘계학술대회 발표논문집, 22권, 1호, 2000.
- [4] 이수철, 이덕영, 윤재웅, 임구, "장애인 및 노약자용 특수 차량 설계", 한국자동차공학회 2003춘계학술대회 발표논문집, 2003.
- [5] 김경명, 윤재웅, 이덕영, 이수철, "장애인 자가 운전 특수차량용 리프트의 개념 설계", 한국정밀공학회 생체공학부문 학술대회 논문집, pp. 55-59, 2004.
- [6] 김경명, "장애인 자가운전을 위한 복지차량용 탈착식 전동휠체어 리프트에 관한 연구", 대구대학교 대학원 석사학위논문, 2005.
- [7] Digges K, and Bertocci G. "Application of the ATB Program to Wheelchair Transportation", Technical Report #3, University of Pittsburgh RERC on Wheeled Mobility, Pittsburgh, PA, Nov. 1994.
- [8] Digges K. and Hobson D. A, "Fitting Motor Vehicle Shoulder Belts to Wheelchair Occupants." Technical Report #1, University of Pittsburgh RERC on Wheeled Mobility, Pittsburgh, PA, Jul. 1994.

**이 수 철**



1982년 2월 서울대학교 농  
공학과 졸업(학사)  
1984년 2월 서울대학원 농  
공기계공학과 졸업  
(석사)  
1993년 2월 Columbia  
U n i v e r s i t y ,  
Mechanical Eng.  
(M.Phil.)

1993년 10월 Columbia University, Mechanical  
Eng'(Ph.D.)

1984년 3월 - 1988년 8월 (주)대우 기획,연구

1993년 10월 - 1994년 8월 삼성중공업 중앙연구  
소 수석연구원

1994년 9월 - 현재 대구대학교 기계공학과 교수  
관심분야 : 복지자동차, 재활로봇, 기계제어

**박 석 순**



1990년 2월 동아대학교 기  
계공학과 졸업(학  
사)  
1996년 2월 영남대학교 기  
계공학과 졸업(석  
사)  
2005년 8월 영남대학교 기  
계공학과 졸업(박  
사)

관심분야 : 로봇&제어공학, 복지자동차