한국정밀공학회지 제 22 권 제 5 호 (2005 년 5 월)
Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 5, May 2005

스쿠터 승하차를 위한 밴승합차용 윈치 리프트 설계

이덕영#, 윤재웅*, 이수철*, 임구**

Design of a Winch Lift for a Scooter to Get On and Off a Coach Van

Dug-Young Lee#, Jae-Woong Youn* , Soo Cheol Lee*, Goo Lim**

ABSTRACT

The numbers of the elder are rapidly growing who wants to enhance social activities, because Korea is already an aging society since 2000. The mobility and accessibility are the key issues to enhance them. The electric motor scooter and the power wheel chair are efficient movable means at a short range. It would be needed to get on and off them if the elder wants use them after arriving a long distant destination. But the electric scooter is too heavy for a man to get on and off a coach van. The motor winch lift is developed for the elder and the handicapped to get on and off a van easily. The lift consists of 3-linkage which can be installed in a trunk of a van with a small space. The clearance and stress of each component are checked by a computer simulation. The prototype was made, and the performances of safety and comfortableness were verified by operational ability test and durability test.

Key Words : Motor winch lift(윈치 리프트), Scooter(스쿠터), Coach van(밴승합차), Mobility(이동권)

1. 서론

2000 년 기준으로도 전 국민의 약 7%(약 350 만 명) 이상을 차지하고 있는 노인 인구에 대한 복지 및 취업 문제는 이미 중요한 국가 정책적 문제로 대두하였으며, 의료기술의 발전에 따라 65 세 이상 노령 인구는 2000 년 전체 인구의 7%(고령화 사회), 2019 년 전체 인구의 14%(고령사회)로 급속히 증가할 것으로 예상된다.[1,6] 특히 우리나라는 고령인구의 비중이 7%에서 14%로 가는데 불과 19 년밖에 안 걸려 지금까지 세계기록이었던 일본의 24 년을 초과할 것으로 전망하고 있다. 인구의 고령화는 사회적, 경제적으로 큰 충격을 준다.

고령인구가 급격히 늘어나면 노인들의 경제활동 욕구도 점차 증가할 것이므로 활동성을 높이기 위한 근거리 이동 매체인 스쿠터나 전동 휠체어의 사용이 점차 증가할 것으로 예상된다.[2,3,7,8] 보다 폭넓은 사회 활동을 위해서는 원거리 이동 매체인 차량을 이용한 이동성을 고려해야 할 것이다. 그리고 목적지에 도착한 후 활동성을 고려하면, 스쿠터나 전동휠체어를 차량에 탑재하여 이동해야 할 필요성이 있다.

그러나 근거리 이동 매체인 스쿠터나 전동 휠체어의 무게가 무겁고 부피가 크기 때문에 차량에

접수일: 2004 년 2 월 26 일; 게재승인일: 2005 년 2 월 18 일
교신저자 : 대구대학교 자동차· 산업· 기계공학부
E-mail dylee@daegu.ac.kr Tel. (053) 850-6681
* 대구대학교 자동차· 산업· 기계공학부
** 삼주기계 기술연구소

탑재하기란 여간 어려운 일이 아니다. 스쿠터나 전동휠체어의 경우 평균 무게가 60~80kg 정도[4,5] 되므로 여성이나 노약자뿐만 아니라 성인 남성이라도 이를 차량에 탑재하는 것은 결코 쉬운 일이 아닐 것이다. 이들의 탑재 공간을 고려하면 공간 여유가 비교적 큰 밴형 승합차가 적합하며, 스쿠터나 휠체어를 탄 상태에서 차실내로 진입하려면 차의 옆문이나 뒷문 쪽에 리프트(lift)나 램프(ramp)를 설치해야 한다. 그런데 리프트나 램프를 설치하기 위해서는 차량의 차체 높이를 낮추거나 실내공간을 확보하기 위해 내부 개조가 필요하다. 한편 스쿠터나 휠체어를 차량에 탑재할 수 있는 윈치(winch)는 큰 차체 개조 없이 비교적 저렴한 비용으로 기존 차량에 설치할 수 있다.

본 논문에서는 노약자 및 장애인들의 근거리 이동 매체인 스쿠터나 전동휠체어를 차량에 탑재하기 위한 보조 장치로서 모터 윈치 리프트를 개발하고자 한다. 밴형승합차(H 사의 T 승합차)에 윈치를 이용하여 이들을 승하차 하기 위한 적재 공간을 검토하였다. 차량의 내· 외장 부품과의 여유 공간을 확보하고, 스쿠터의 높이 및 무게 중심, 이동성을 고려하여 안전성 및 편리성을 극대화하기 위한 최적의 설계 입력값을 확보하였다. 차량용 윈도모터를 사용하며 탑재 시간을 줄이기 위해 모터 기어를 첨가하고, 기구부의 개념 설계와 동작원리를 전산시뮬레이션으로 검증하고, 이를 적용한 시제품으로 내구성 및 성능을 최종 확인하였다.

2. 개념 설계

2.1 기본 개념

시판되고 있는 스쿠터는 Fig. 1 과 같으며, 밴형 승합차의 트렁크에 탑재할 수 있는 스쿠터의 기하학적 치수는 Table 1 과 같다. 일반적으로 전동휠체어의 크기는 스쿠터보다 약간 작으므로 스쿠터를 탑재할 수 있으면 전동휠체어도 탑재할 수 있다.

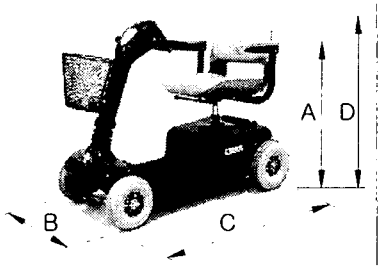


Fig. 1 Configuration of a conventional scooter

윈치 리프트는 밴형 승합차량 트렁크의 우측 가장자리에 설치하여 사용하지 않을 때의 공간 활용성을 극대화하고 또한 공간 활용성을 높이기 위해 기구부 구조를 접이식 관절형으로 하였다. 즉 스쿠터나 전동휠체어를 들어 올리는 윈치와 이들을 탑재하기 위한 회전형 구조를 이루어야 하며, 이용하지 않을 때의 공간을 확보하기 위해 접이식 관절로 정하였다.

Table 1 Basic design data of a scooter

항 목	크 기
무게	60kg ~ 80kg
팔걸이 높이(A)	750mm 이하
폭(B)	620mm 이하
길이(C)	1200mm 이하
전체높이(D)	800mm 이하

2.2 동작 방식

밴형 차량의 트렁크 공간에 스쿠터를 승차 시키기 위해서는 트렁크 바깥에 위치한 스쿠터를 상하방향으로 충분히 올린 후, 차 실내로 탑재하기 위해서는 수평방향으로 이동하기 위하여 윈치가 회전하여야 한다. 즉 윈치의 동작 방식은 회전 및 상하 이동이며, 회전각은 200°이내로, 상하방향의 리프트 행정은 약 700~800mm 로 설정하였다. 그리고 윈치의 실제 동작은 차량의 릴레이를 이용하여 on/off 모터 제어로 구현하였다.

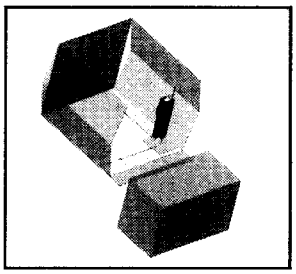
3. 상세 설계

3.1 기구부

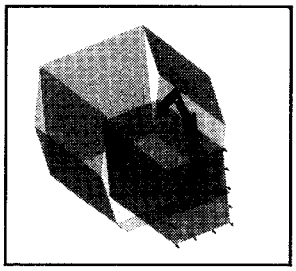
밴형 승합차량에 스쿠터를 탑재 하기 위해서는 3 열 시트(seat)를 제거하여 필요한 공간을 확보해야 한다. 윈치 리프트의 상세 설계에 앞서 리어 범퍼(rear bumper), 2 열 시트, 루프 리어 레일(roof rear rail)과의 간섭을 고려하여 회전 반경 및 윈치부의 높이를 결정하였다.

먼저, 본 연구에서는 윈치 리프트를 사용하지 않을 때의 트렁크 공간 활용성을 극대화하기 위해 3 단 접이식 윈치 리프트의 개념을 적용하기로 하고, 그 전제로 Solid Edge 를 사용하여 Fig. 2 와 같

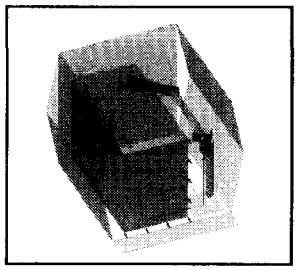
이 전산시뮬레이션을 수행하였다. 트렁크 공간에 탑재될 때, 윈치 링크의 끝단부가 스쿠터나 전동 휠체어의 무게 중심이 되도록 하였다.



(a) ready to get on a van



(b) during getting on a van



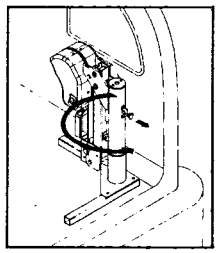
(c) finish getting on a van

Fig. 2 Motion simulation of a motor winch lift

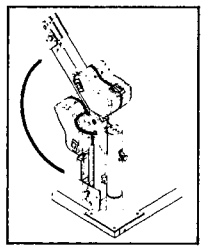
그리고 회전 및 3 단 접이식 구조의 동작에 따른 차량 트렁크 주변부와 스쿠터의 간섭을 확인하였다. 또한 윈치를 사용하지 않을 때 3 단 접이식 링크 구조의 공간 활용성을 점검하였다.

이상과 같은 전산시뮬레이션을 통하여 설계 확정한 기구부는 Fig. 3 과 같다. 스쿠터를 탑재해야 할 경우 Fig. 3(b)와 같이 차량 밖으로 3 단의 링크를 펼친다. 3 단의 접이식 링크는 회전되면서 동시에 펼쳐져야 하는데, 트렁크 바닥면(floor)에서 윈치 끝단부의 돌출 형상을 고려하여 회전되어야 한다. 각각의 링크는 고정할 수 있는 핀으로 결합하였으며, 사용의 용이성을 고려하여 원터치(one touch) 방식으로 잠금 장치를 부가하였다. 링크의 끝단부는 차량의 실내 공간을 최대한 활용하기 위해 높이를 조정할 수 있도록 고려하였다. Fig. 3(c)는 펼쳐진 상태를 나타낸 그림이다. 윈치 리프트에 고려한 기본 개념을 정리하면 다음과 같다.

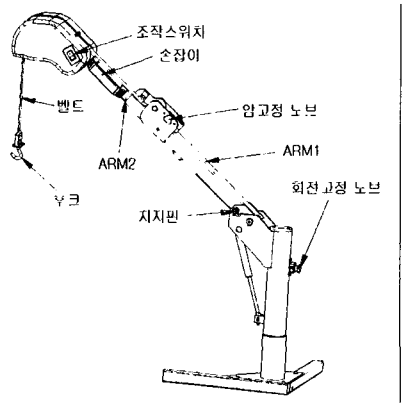
- 3 단 접이 방식으로 보관시 공간 최소화
- 윈치 및 윈치 조작 스위치는 링크 끝단 부착
- 윈치 장치를 제외한 모든 동작은 수동 방식
- 동작 편의성을 위해 1 단에 가스스프링 부착
- 윈치부에 기어를 사용하여 모터 출력 증가
- 주요 힌지를 포함한 기구부의 안전율 6 이상



(a) step 1



(b) step 2



(c) step 3

Fig. 3 Method of using motor winch lift

3.2 구동부

3 단 접이식 관절형의 1 단은 가스스프링을 적용하여 수동 접이식으로 인한 링크 부하를 줄일

수 있도록 배려하였다. 윈치부는 2 개의 차량용 윈도모터(window motor)를 적용하였다. 그리고 스쿠터 탑재 시간을 30 초 이내로 하기 위하여 기어 감속비를 3.5:1 로 하였다.

벨트는 자동차용 안전벨트를 사용하며, 그 치수는 16W×1.2t×800L 이다. 그리고 스쿠터나 전동휠체어를 들어 올릴 끝단부는 등산용 비너로 인장강도 500kg/cm^2 을 확보하고, 회전방식으로 채택하여 벨트에 가해지는 부하를 줄이면서 내구성을 높일 수 있도록 하였다.

3.3 전장부

전기장치는 기존 차량에서 사용되는 것을 우선적으로 적용하여 내구성 및 신뢰성을 높였으며 방수, 방진용 장치도 고려하였다. 와이어링 하네스(wiring harness)는 분리 및 조립이 용이하도록 설계하며, 외부 노출을 최소화하고 노출부는 튜브(corrugate tube)로 감싸도록 하였다.

릴레이는 자동차용 5 핀 C 접점 파워 릴레이(power relay)를, 메인 파워부는 자동차용 20A 퓨즈를 사용하였다. 모터는 차량용 윈도 모터로서 서큐트 브레이크(circuit breaker) 내장형이며 전장 구성도는 Fig. 4 와 같다.

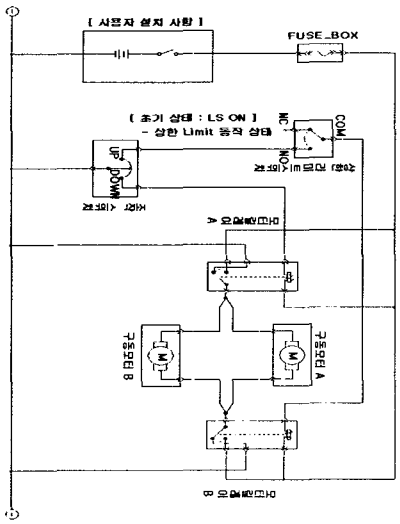


Fig. 4 Configuration of electric circuit

3.4 트렁크 차체부

윈치 리프트의 베이스부가 고정되는 트렁크 플로어 면은 브래킷(5t)으로 보강하며, 볼트 고정을 하여 윈치 리프트가 필요 없을 때는 제거할 수 있도록 배려하였다.

차체와의 안전성을 고려하여 링크가 차량 외부 및 내부 유리와의 충격 방지용 스토퍼(stopper)를 두고, 차량 운행시 흔들림을 방지할 수 있는 고정장치도 고려하였다.

3.5 윈치 리프트의 응력 해석

시제품 제작에 앞서 Visual NASTRAN 4D 로 윈치 리프트에 대한 응력 해석을 수행하여 각 구성부품들에 대한 응력, 변형율을 확인하였다.

리프트를 완전히 개방한 상태에서 밴드 끝단의 후크에 정하중으로 100kg 의 부하를 주었다. 하중의 크기는 시판중인 스쿠터의 평균 하중인 80kg 에 안전을 고려하여 20kg 을 더한 값이다. 하중 부하 초기 상태는 Fig. 5 이며, 해석 결과는 Fig. 6 및 7 과 같다.

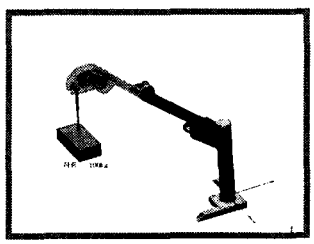


Fig. 5 Boundary condition of load in a scooter

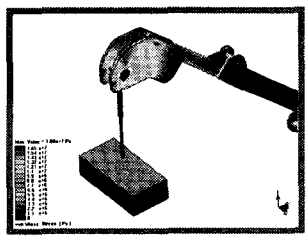


Fig. 6 Stress on a winch bracket

응력 해석 결과 가장 큰 응력이 발생하는 부분은 Fig. 6 의 윈치 브래킷의 핀 홀 주변으로 크기는 117MPa 이었다. 기계구조용 탄소강의 인장강도가 최대 780MPa 이므로 정하중 상태에서 충분

한 안전율이 확보될 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 리프트가 동작할 때, 응력 집중 현상을 완화할 수 있도록 응력 해석 결과를 참조하여 브래킷 등의 구배를 좀더 완만하게 하여 고려하였다.

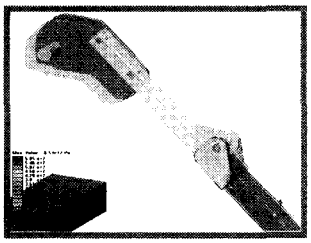


Fig. 7 Stress on a 2nd pin hole

4. 제작 및 시험 평가

4.1 시제품 제작

전산시뮬레이션 및 응력 해석 결과를 반영하여 완성한 설계도면으로 시제품을 제작하였다. 시제품으로 부하를 60kg 에서 120kg 까지 10kg 씩 증가시키면서 작동시간, 소비전류, 윈치 끝단부의 처짐량을 측정하였다. 그리고 부하 80kg 에 대한 40,000 회 반복 시험을 통해 윈치부와 링크부의 동작성, 내구성, 안전성을 검증하였다.

4.2 동작성 시험

정반 위에서 부하를 가하여 동작성능을 확인하는 시험 장치는 Fig. 8 과 같다.

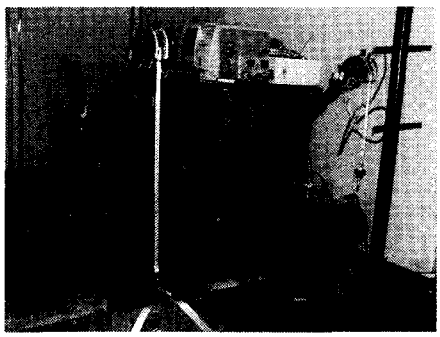


Fig. 8 Operational ability test of a motor winch lift

전압 DC 13.5V 을 인가하고, 리프트의 상하 방향 행정 650mm, 부하 60~110kg 의 조건으로 작동시간, 소비 전류, 효율, 처짐량을 확인하였으며, 시험 결과는 Table 2 와 같다.

Table 2 Operational test result of a motor winch lift

Load(kg)		60	70	80	90	100	110
Time (s)	Up	17.0	17.6	18.4	19.2	20.5	21.5
	Down	13.0	12.9	13.0	12.8	12.9	13.0
Curre nt(A)	Up	10.0	11.1	11.8	12.9	12.9	15.8
	Down	2.7	2.9	2.8	2.6	2.6	2.4
Efficiency(%)		18.5	19.7	20.8	21.2	22.1	20.3
Deflection(mm)		9.2	10.5	11.5	12.5	13.8	15.0

Table 2 의 시험 결과에 의하면, 90~100kg 부하시에 최대 효율을 얻을 수 있으며, 그 이상의 부하를 가하면 효율이 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 소비 전류의 변화량이 크므로 안정적이지 못하며, 안전성을 고려한다면 이보다 조금 낮은 90kg 이하의 부하에서 구동하여야 함을 알 수 있다. 동작성 시험 결과, 본 윈치 리프트가 들어 올리고자 하는 스쿠터의 60kg ~ 80kg 부하 범위에서 비교적 안정적으로 동작함을 확인할 수 있다.

목표 부하인 80kg 을 가했을 때, 작동 시간과 소비전류는 Table 2 로부터 31.4 초, 11.8A 임을 확인할 수 있다. 소비전류는 차량의 기본 전류인 12A 이하이므로 설계 목표를 만족한다. 그러나 작동시간에 대한 설계 목표는 30 초인데 비해 시험 결과 31.4 초가 소요되어 1.4 초 초과한다. 그러나 1.4 초 초과가 상품성을 크게 해칠 정도는 아닌 것으로 판단하여 무시하였다. 물론 모터 기어비 등을 보완하면 큰 문제 없이 30 초 이내로 조절할 수 있을 것이다.

그리고 Fig. 9 는 동작성 시험에서 얻은 처짐량과 윈치 리프트를 실제 밴차량의 트렁크에 장착하여 작동하였을 때 발생하는 처짐량과 비교한 그래프이다. Fig. 8 과 같이 정반 위에서 시험했을 때의 처짐량보다 실차에서 발생하는 처짐량이 더 큰 이유는 완성차 현가장치에서의 상하 방향의 완충 때문인 것으로 판단된다. 그런데 80kg 부하를 가했을 때 완성차의 처짐량을 처짐각도로 환산하였을 때, 2°미만으로 미국 ADA 규정인 3°이하이므로

상품성에는 문제가 없을 것으로 판단하였다.

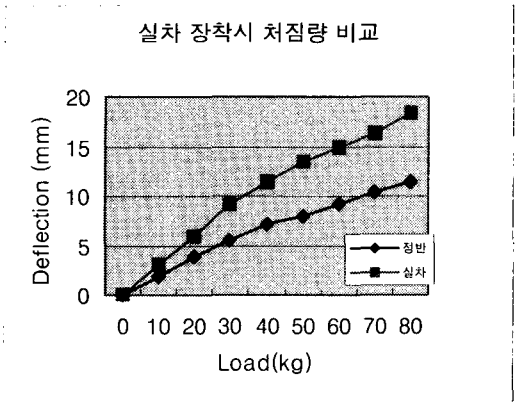


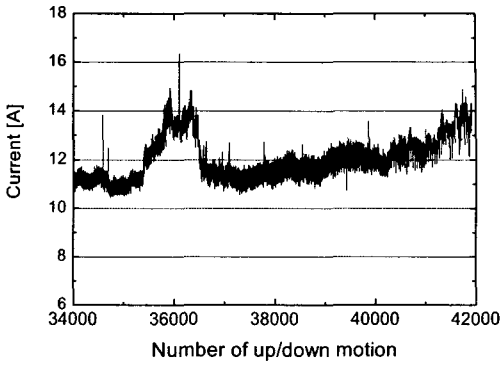
Fig. 9 Comparison of deflection after install on a van

4.3 내구성 시험

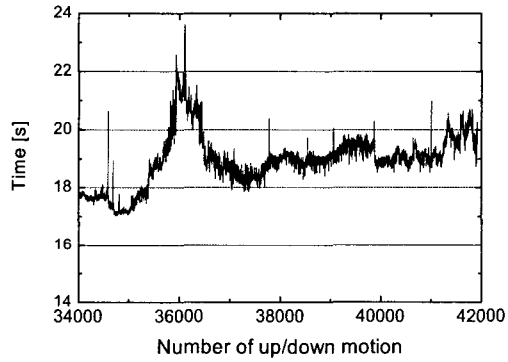
내구성을 확인하고자 설계 목표 하중인 80kg 의 부하로 리프트 행정만큼 연속 41,920 회 상하 방향으로 반복 이동하는 실험을 수행하였다. 실제 스쿠터는 상하 이동시 흔들림이 있어 대체 부하를 사용하였으며, 열에 의해 모터의 성능이 저하되지 않도록 Fig. 10 과 같이 방열판 및 냉각팬을 설치하였다.

Fig. 10 Durability test of a motor winch lift

Fig. 11 (a) 및 (b)는 상승 운동 내구시험을 할 때 얻은 전류 변화와 작동 시간 변화를 나타낸 것이다. 전류는 약 ±1.5A 의 변화를 보이며, 작동 시간은 약 ±2.0s 의 변화를 보인다.



(a) Change of current during up-motion



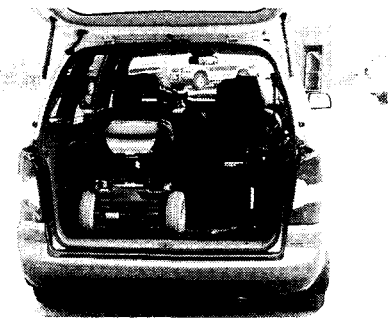
(b) Change of time during up-motion

Fig. 11 Test results for durability test of a winch lift

전체 내구 시험을 수행하는 동안 3 차례의 모터 교체가 있었다. 그러므로 본 시험에 사용된 윈치 리프트 모터의 수명은 최대 약 15,000 회 정도로 기대된다. 내구 시험을 완료하는 동안 모터 이외의 부품에는 문제점이 발생되지 않았다. 그러므로 윈치 리프트의 내구성은 윈치부의 모터 수명에 의해 결정되며, 안전을 고려한다면 10,000 회 작동을 기본으로 하고, 이상이 발생되지 않더라도 모터를 교체한다면 지속적으로 사용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. 모터를 교체할 때 소모품으로 볼 수 있는 벨트도 함께 교체하는 것이 바람직하리라 사료된다.

(a) Ready to get on a van

(b) During getting on a van



(c) Finish getting on a van

Fig. 12 Photos of a scooter to get on a coach van with a winch lift

그리고 Fig. 12 는 윈치 리프트를 밴형 승합차의 트렁크에 장착하여 스쿠터를 실제 탑재하는 과정을 보여주는 사진들이다. 스쿠터의 무게 중심 위치에 자동차용 안전벨트와 같은 재질의 벨트를 Fig. 12 (a) 와 같이 횡으로 설치하고 윈치 끝단부의 후크로 벨트를 걸어 윈치로 스쿠터를 들어 올릴 때 흔들림이 적도록 배려하였다.

4. 결론

본 연구에서 노약자나 중증장애인들이 사용하는 단거리 이동 매체인 스쿠터나 전동 휠체어를 밴형 차량의 트렁크 공간에 승하차할 수 있는 윈치 리프트를 개발하였다. 이를 적극 활용한다면 노약자나 장애인들이 보다 용이하게 차량을 이용할 수 있을 것이므로 활동성을 크게 넓힐 수 있어 사회활동이 증대되고 자아실현의 기회가 부여될 기회가 많아질 수 있을 것으로 기대된다.

현재 개발한 윈치 리프트를 채택할 수 있는 차량은 밴형 이상의 공간을 확보한 승합차에만 국한된다. 스쿠터나 전동 휠체어를 승하차 시킬 때 내, 외장 부품과의 간섭이 없도록 전산시뮬레이션을 통하여 공간 확보를 확인하였다. 그리고 응력해석을 통하여 하중에 대한 안전성을 확인한 후, 내구성 및 사용상의 편리성 등을 고려하여 설계를 수행하였다. 시작품 제작과 시험을 통하여 동작성 및 내구성이 만족됨을 확인하여 윈치 리프트에 대한 기본적인 설계 자료를 축적하였다.

그러나 현재 국내에서 시판되는 다양한 MPV 차량 등 다양한 차종에 적용할 수 있도록 링크부를 개선하는 등 윈치 리프트의 크기를 줄여야 할 필요가 있다. 그리고 국내에 윈치 리프트가 상용으로 시판될 경우를 대비하여 내구 목표 등 구체적인 제품의 설계 목표 사양에 대한 논의도 있어야 하리라 사료된다.

참고문헌

1. Chun, K. J., "Silver Engineering Technology," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 11-16, 2004.
2. Ryu, J. C., "The Convertible Wheelchair System," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 14-18, 2003.
3. Chun, K. J., "Intelligent Silver Technology," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.

19, No. 2, pp. 33-40, 2002.

4. Lee, S. C., Lee, D. Y., Youn, J. W. and Lim, G., "Design of Motor-winch Lift for the Handicapped and the Edlerly," Korea Society of Automotive Engineering, Autumn Conference Proceeding, pp. 879~883, 2003.
5. Lee, S. C. and Lim G., "Slide-up Seat System for the Handicapped and the Elderly," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 182-187, 2004.
6. 김미숙, 원종욱, 서문희, 강병규, 김교성, 임유경, "고령화사회의 사회경제적 문제와 정책대응방안:OECD 국가의 경험을 중심으로," 한국보건사회연구원 연구보고서 2003-14, 2003. 12.
7. 정경희, 김미희, 정순둘, 이윤경, "한국의 노인복지지표 개발에 관한 연구," 한국보건사회연구원 연구보고서 2002-17, 2002. 12.
8. 신연식, "고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전대책 연구," 교통개발연구원 연구보고서 2001-3, 2001. 12.