

한국인 고령자의 인체정보를 고려한 Power Lift 의 전도방지 해석 및 Feasibility Study

Turnover Prevention Analysis and Feasibility Study of Power Lift

Considering Human Information of Korean Elderly

*조덕연¹, #전경진¹, 김수택¹, 고철웅¹, 김양수², 김진²

*D.Y. Cho¹, #K.J. Chun(Chun@kitech.re.kr)¹, S.T. Kim¹, C.W. Ko¹, Y.S. Kim², J. Kim²

¹ 한국생산기술연구원 실버기술개발단, ² (주) 나라컨트롤

Key words : Power Lift, Turnover Prevention, Stable Region, Design Parameter

1. 서론

최근 경제성장 및 의료기술의 발전에 따라 세계적으로 고령화가 급격하게 진행되고 있으며, 가장 영향이 큰 국가적 사회적인 문제의 하나로 대두되고 있다. 2007년 미국의 건강복지부서(DHHS)에 의하면, 65세 이상에 가까운 미국 남성, 여성들의 평균 수명이 각각 82세, 85세이며, 65세나 그 이상의 사람들은 홈케어 환자가 대부분이고, 2004년 인구의 12%에서 2050년 인구의 21%로 증가할 것이라고 보고하고 있다¹. 한국 또한 고령화 사회에 진입하여, 2007년 전체인구의 9.8% (480만명) 가 65세 이상의 고령자로 확인되었으며, 2018년에는 14%, 2026년에는 20%까지 차지하게 될 것으로 예상되고 있다^{2,3}. 이러한 한국의 고령화 속도는 고령화가 가장 빠르게 진행되었다는 일본보다 약 4배 앞서고 있는 상황이다.

미국, 일본, 유럽 등 선진국의 경우 고령화 사회를 대비하여 고령자 케어를 위한 다양한 고령친화용품의 연구개발이 진행되어 왔다. 그 중에서도 고령자의 이동/이송과 필요한 Lift와 같은 제품 개발에는 Feasibility Study 단계에서부터 사용자뿐만 아니라 수발자의 부담이 경감 가능하도록 고령자의 인체정보를 고려한 연구개발이 진행되고 있다. 이에 반하여, 한국에서는 고령자를 위한 제품의 연구개발 및 관련 시장에 관심을 갖기 시작한지 오래되지 않았으며, 현재 관련 산업도 영세하여 핵심 기술에 대한 연구 개발은 초기 단계에 있으며, 대부분의 고령관련 제품은 외국에서 수입되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 고령자의 수발과 건강유지 및 향상, 그리고 적극적인 이동권을 제공하고 인력을 이용한 리프팅으로 인하여 발생되는 근골격계 질환 예방 및 수발자의 효과적인 케어가 가능한 재활 보조 이동 장치(Power Lift) 개발에 필요한 Feasibility Study 결과를 보고한다. 이러한 검토 과정을 통하여 최적설계 Factor를 제시하여 기존 제품을 대체할 수 있는 보다 신뢰성 있는 Lift 개발을 위한 기반을 마련하고자 한다.

2. Power Lift 구조설계 및 전도해석

2.1 Lift 주요 설계변수 선정

Lift에는 크게 천정 주행식과 바닥주행식으로 구분 가능하며, 천정주행식은 주로 고령자의 몸을 감싸는 천을 사용하여 기기에 거취(Sling)한 뒤 사용하는 방식이 대부분이므로, 고령자 또는 환자의 이동 중 흔들림, 충돌 등에 대한 위험 요소가 있다. 한편, 바닥주행식의 경우에는 무게 중심이 높아서 이동시 균형이 확보되지 않아 사용자가 부상당하는 위험이 존재하며, 고령자 또는 환자의 체중이 클수록 주행성이 나빠져 효율적인 수발에 어려움이 수반된다.

Lift 설계에서 중요한 점은, 승하강 및 이송 시 전도되지 않고 안정성이 확보되도록 설계가 이루어 져야 하며, 가능한 넓은 베드 공간을 확보하여 사용자 및 수발자에게 사용 편의성을 제공해야 된다. 본 연구에서는 사용범위가 넓고 환경의 영향을 적게 받는 Power Lift를 대상으로 주요 설계변수를 검토하였다. Feasibility Study로서 Lift에 작용하는 외부 충격력(F)과 베드 폭(D_{bed})을 정역학적 전도해석에 필요한 설계 변수로 선정하였으며, 이들 변수에 따른 Lift 전도 안전성을 조사했다.

전체적인 구조물의 크기를 결정하기 위하여 Lift 프레임을 강체(Rigid)로 가정하였고, 국소적인 변형은 무시하였다. Lift의 허용하중은 일반 성인무게 75kg에 충분한 안전율을 고려하여 200kg으로 설정하였으며, 베드 프레임(Bed Frame), 중심 프레임(Axis Frame), 바닥 프레임(Base Frame)으로 나누어 각각 최대 무게 50kg으로 가정하였다. 바닥 프레임 Wheelbase(L)는 고령자 전문 요양시설의 현장조사 결과(출입구 실측치: 1000-1200mm) 및 고령자 주거시설의 설계 치수(2006, 한국산업규격)를 반영하여 최대한 Compact 하게 800mm로 설정하였다. 배터리 및 손잡이 여유공간(L₂)은 타사 제품의 설계 Factor를 고려하여 100mm로 설정하였고, 베드 프레임 끝단과 중심프레임의 축간 거리(l₂)는 욕조에서의 사용편의성을 고려하여 200mm로 설정하였다. 베드길이는 60대 이상 고령자의 신체 특성(Size Korea)을 반영하여 1800mm 설정 하였고, 베드폭(D_{bed})은 최대어깨너비와 출입구 통과 폭을 고려하여 440mm 이상, 500mm 이하로 선정하였다 (Fig. 1). 이를 바탕으로 Eq.(1)을 통해 베드부 무게중심 축과 중심 프레임 축 사이의 거리(l)는 최소 420mm, 최대 450mm로 도출되었고, 외부 충격력 지점(H)은 이동 중 제3의 물체/사람과 충돌 가능한 높이로 가정하여 1200mm로 설정하였다 (Fig. 2).

$$l = D_{bed}/2 + l_2 \dots\dots\dots(1)$$

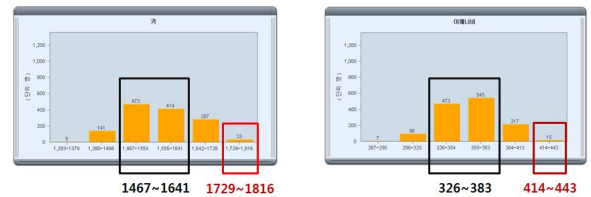


Fig. 1 Height and Shoulder Width of Korean Elderly (Age: 60-69)

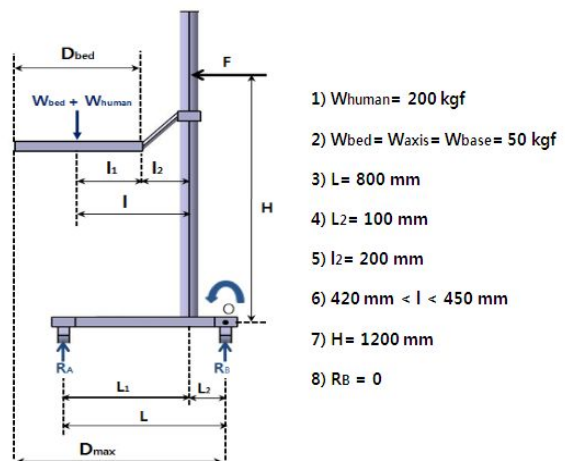


Fig. 2 Schematic Diagram of Lift and Design Parameters for Turnover Analysis

2.2 Lift 전도해석 및 결과분석

바닥 프레임의 반력지점(O점) 에 있어서 정역학적 조건에 의한 Moment를 계산하였고, 반력 R_B가 0 kgf가 되는 경우를 Lift의 전도 조건으로 설정하였다. Eq.(2)는 Lift 구조물에 작용하는 외력 조건이며, Eq.(3), (4)는 반력지점(O점) 에 있어서의 정역학적 Moment 조건이다.

외부 충격력(F) 의 증가에 따른 Moment 해석 결과를 Fig. 3 에 나타냈다. 외부 충격력이 작용하지 않는 경우에는 구조적으로 전도가 발생하기 어려운 것이 확인되었다. 본 연구에서 설정한 베드폭(D_{bed})이 500mm (최대) 인 경우, 약 100kgf 의 외부 충격력이 지는 전도가 발생하지 않는 것으로 예측되었다.

$$W_{all} = W_{bed} + W_{human} + W_{axis} + W_{base} = R_A + R_B \quad \dots\dots(2)$$

$$\sum Mo = R_A L - (W_{bed} + W_{human}) \times (l + L_2) - W_{axis} \times L_2 - W_{base} \times L/2 - F \times H \quad \dots\dots(3)$$

$$= (W_{all}-R_B) \times L - (W_{bed} + W_{human}) \times (l + L_2) - W_{axis} \times L_2 - W_{base} \times L/2 - F \times H \quad \dots\dots(4)$$

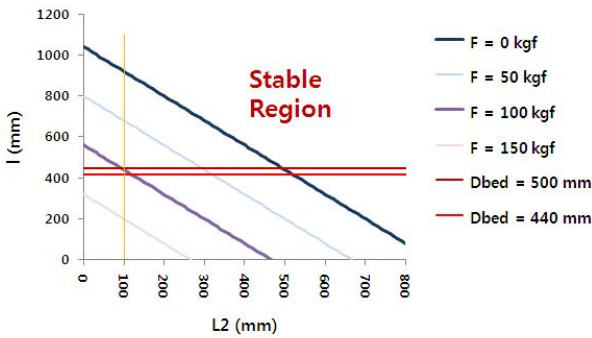


Fig. 3 Static Analysis Results of Lift Turnover

3. 사용 환경 변화에 따른 전도 범위 및 고찰

베드 높이 및 경사면 등의 사용 환경의 변화에 따른 리프트 안정성을 조사하기 위하여 전도 해석을 실시하였다. 전체 프레임 크기 및 외부 충격력의 위치는 동일한 조건으로 하였고, 마찰력에 의한 효과는 무시하였다. 10°의 경사면 조건(한국고령친화용품 산업협회 단체표준)에서 베드 높이(h) 를 250mm에서 1100mm 까지 조절하면서 전도 가능성을 해석하였다. 경사면의 경우, 정역학적 전도 Moment 는 Eq.(5) 와 같이 얻어진다.

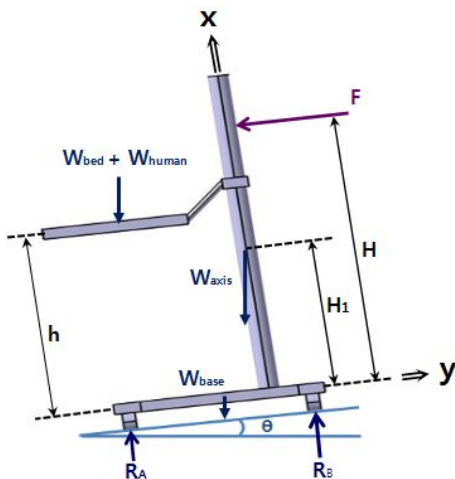


Fig. 4 Schematic Diagram of Lift on Slope Plane

$$\begin{aligned} \sum Mo &= (W_{all} \times \cos \theta - R_B) \times L \\ &- (W_{bed} \times \cos \theta + W_{human} \times \cos \theta) \times (l + L_2) \\ &- W_{axis} \times \cos \theta \times L_2 - W_{base} \times \cos \theta \times L/2 - F \times H \\ &- (W_{bed} \times \sin \theta + W_{human} \times \sin \theta) \times h \\ &- W_{axis} \times \sin \theta \times H_1 \quad \dots\dots(5) \end{aligned}$$

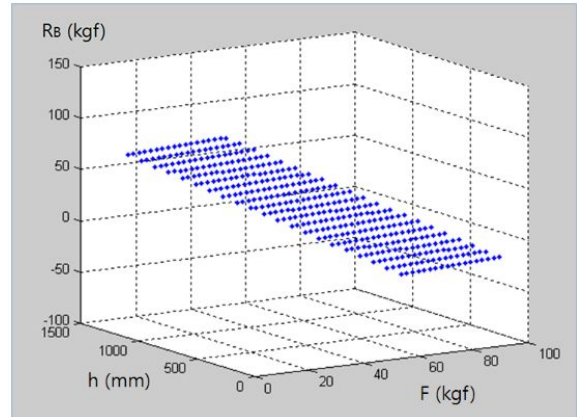


Fig. 5 Static Analysis Results of Lift Turnover on Slope Plane with three Design Parameters

외부충격력 (F), 베드면의 높이 (h), 반력 (R_B) 을 각각 독립적인 변수로 하여 Eq.(5)의 의해 전도 가능성을 검토하였다 (Fig. 5). 전도 Moment 계산은 MATLAB 7.1(The MathWorks,Inc) 을 이용하였다. 경사면에서의 정역학적 해석 결과, 베드가 가장 높은 위치 (h=1100 mm) 에서의 전도 가능 외부 충격력(F)은 약 75kgf 로 추정 되었고, 베드의 높이가 낮아짐에 따라 전도 가능성도 낮아짐이 확인되어 본 연구에서 설정한 Lift 구조물의 Overall Size 에 대하여 전도 안정성이 확보 가능한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 한국인 고령자의 인체 정보를 고려하여 Power Lift의 베드부 크기를 설정하였고, 노인전문 요양시설 등에서 적용되는 출입구 통과 크기 및 경사면 등의 사용 환경을 반영하여 Lift 프레임의 최적 설계 변수의 설정이 가능하였다. 특히, 평지 및 경사면에서의 Lift의 무게중심의 변화에 따른 정역학적 전도 방지 해석을 통하여 사용 안전성을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 확보된 Feasibility Study 결과를 바탕으로, 향후 인체의 하중의 분포에 따른 베드부 최적 상세 설계를 진행할 예정이다. 동시에, 시제품의 사용성 평가를 통하여 Power Lift의 안전성에 대하여 추가적으로 검토 예정으로, 이러한 연구개발 결과를 바탕으로 제품 경쟁력을 갖춘 Lift 개발이 가능할 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 전략기술개발사업의 연구비 지원을 받아 수행하였다. (과제번호: 09-FM-1-0051).

참고문헌

1. U.S. Department of Health & Human Services, "http://www.hhs.gov/"
2. 통계청 자료 및 저출산고령사회기본계획 대비 심층분석, 보건복지부, 2006.
3. 고령친화용품산업 실태조사, 산업자원부, 2007.