

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.1.525>

JCCT 2023-1-63

4절 링크기구를 이용한 높이 조절 행거 설계

Design of height adjustable hanger using 4-bar linkage

박세윤*, 이현은*, 이용수*, 김상현**

Seyun Park*, Hyuneun Lee*, Yongsu Lee*, Sang-Hyun Kim**

요약 2단 행거는 공간 활용도가 높고 설치가 쉬운 장점으로 인해 많은 가정에서 사용되고 있지만 사용 시 높이 조절이 불가능해 사용자가 상단봉에 걸려있는 옷을 내리기에 많은 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 2단 행거의 기능 및 장점은 유지하면서 사용자가 의류를 손쉽게 걸거나 꺼낼 수 있는 새로운 형태의 2단 행거 형상을 제안한다. 한 번의 동작으로 상단봉이 사용에 편리한 높이까지 내려올 수 있도록 적절한 링크기구를 설계하였으며 높이 조절 시 상/하단 의류가 겹치지 않도록 상/하단봉의 움직임을 입체형으로 구현하였다. 또한 상단봉이 내려올 때 행거가 넘어지지 않으면서 사용 후 고정해제되어 원래의 높이로 올라갈 수 있는 적절한 링크 길이와 조인트 위치 및 구속 조건을 선정하였으며 사용자의 안전을 위해 가스 스프링을 추가하여 하강 및 상승 속도를 조절하였다. 높이 조절 시 옷의 하중을 지탱할 수 있도록 FEA 해석을 통해 개선 형상에 대한 안정성을 검증하였으며 실제 제작을 통해 입체형 높이 조절 행거의 작동 여부를 확인하였다.

주요어 : 2단 행거, 입체형 높이 조절, 4절 링크, 기구설계, 운동성

Abstract Although double-stage hanger is used in many homes for its space utilization and ease of installation, it is inconvenient for users to take off clothes hung on the upper bar due to its high height. Therefore, this paper proposes a new type of double-stage hanger that allows users to easily hang or take out clothes hung on the upper bar while maintaining the function of the existing double-stage hanger. 4-bar link mechanism is applied so that the upper bar can come down to a convenient height with one operation. In addition, an appropriate link shape, length, and joint type are selected so that the height is adjusted three-dimensionally to prevent overlapping of clothes hanging on upper/lower bars. FEA analysis is performed to ensure that the presented hanger shape can support the load of clothes during height adjustment and the feasibility of the three-dimensional height adjustment hanger is verified through fabrication.

Key words : Double-stage Hanger, 3-dimensional Height Adjustment, 4-bar Linkage, Kinematic Design, Mobility

1. 서론

주거 공간은 인간의 삶을 담는 필수적인 장소로서 거주자의 다양한 요구와 변화하는 사회에 맞추어 끊임 없는 변화와 진보를 거듭하고 있다. 현대인들의 거주

방식이 대가족 형태에서 1인 가구나 개인 공간을 선호하는 주거형태로 점차 변화하면서 좁은 공간을 효율적으로 활용할 수 있는 여유롭고 효과적인 수납공간에 대한 요구가 증대되고 있다. 과거에는 의류를 장롱이나 서랍장에 정리하였지만 최근 수납에 대한 인식 변화 및

*준회원, 한성대학교 기계시스템공학과 학부생 (공동저자)
**정회원, 한성대학교 기계시스템공학과 교수 (교신저자)
접수일: 2022년 8월 19일, 수정완료일: 2022년 11월 17일
게재확정일: 2022년 12월 20일

Received: August 19, 2022 / Revised: November 17, 2022
Accepted: December 20, 2022
**Corresponding Author: shkim@hansung.ac.kr
Dept. of Mechanical Systems Eng., Hansung Univ, Korea

협소한 공간을 자신만의 방식으로 배치할 수 있는 행거 사용이 증가하고 있다[1-3].

행거는 옷장이나 붙박이장과 같이 많은 옷을 걸거나 보관할 수 있는 가구로 가볍고 공간 차지가 적으며 설치 및 해체가 용이하고 탈부착이 가능하다는 장점이 있다. 특히, 1단 행거를 수직으로 연결한 2단 행거는 공간 활용도를 극대화하면서도 효과적인 코디가 가능하여 1인 가구를 포함한 대부분의 가정에서 보편적으로 사용된다. 하지만 현재 판매되고 있는 2단 행거는 상/하단봉에 옷을 수납할 수 있어 수직공간을 활용할 수 있지만 높이가 2m 이상으로 성인 여성 평균 키인 사용자가 상단봉에 걸린 옷걸이를 빼고 가는 경우 높이가 높아 쉽게 사용할 수 없다. 또한 의류가 행거에 걸려있을 때 높이 조절은 불가능하며 옷장과 같이 벽에 고정되지 않아서 상단의 옷을 무리하게 꺼낼 시 옷이나 봉 자체가 떨어지는 낙하 문제가 많이 발생한다.

따라서 본 연구에서는 기존 2단 행거의 장점을 유지하면서 상단봉에 걸린 의류를 사용자가 쉽고 안전하게 꺼낼 수 있는 행거 형상을 제시한다. 행거에 링크기구를 적용하여 평상시에는 수직 공간을 활용해 기존 행거와 동일한 수납력을 가지면서 한 번의 동작으로 상단봉이 사용에 편리한 높이까지 내려올 수 있도록 하였다. 행거를 누르면 고정이 해제되면서 원래의 높이로 올라가게 하였으며 사용자의 안전을 위해 하강 및 상승 속도를 조절하였다. 또한, NASTRAN 프로그램을 통해 2단 행거의 안전성 검증 해석을 수행하였으며 실제 제작을 통해 작동 여부를 확인하였다.

II. 이론적 배경

그림 1(a)는 현재 시중에 판매되고 있는 2단 행거를 나타내며, 상/하단봉과 기둥 및 받침대로 구성되어 있다. 2단 행거는 1단으로 구성된 행거보다 2배의 수납력을 가지면서도 설치 범위가 옷장만큼 크지 않아 공간 활용성이 높으며 설치와 해체가 쉬워 이동 용의성이 크다. 또한, 설치 시 1단과 2단의 높이 조절이 가능해 의류 길이에 따라 구김이나 손상 없이 수납할 수 있다.

하지만, 시중에 판매되고 있는 2단 행거의 통상 높이는 2m 이상으로 평균 키가 159cm인 성인 여성이 2단 행거를 사용하기에는 팔을 뻗어도 손은 닿지만 옷걸이를 빼고 걸기엔 어려움이 있다[4, 5]. 기존 행거도 높이를

조절할 수는 있지만 이는 행거를 조립할 때 옷 길이를 고려해서 상/하단봉의 위치를 조절하는 기능으로 설치 후 사용자가 옷을 걸거나 꺼낼 때의 불편함을 해소하지는 못한다. 더구나 2단 행거는 간편한 설치를 위해 옷장처럼 잘 고정되어 있는 구조가 아니므로 손이 제대로 닿지 않는 사용자가 옷을 꺼내려 할 때 옷걸이를 정확히 잡지 않고 옷을 꺼낸다면 그림 1(b)와 같이 걸린 옷이 떨어지거나 옷걸이로 봉을 계속 밀게 되면서 상단봉 자체가 떨어지는 낙상사고가 발생하게 된다. 물론, 행거 스틱과 같은 보조기구를 이용하여 옷을 내릴 수 있지만 추가 구매 비용이나 평상시 공간을 차지하는 등 사용하기에 불편함이 있다.

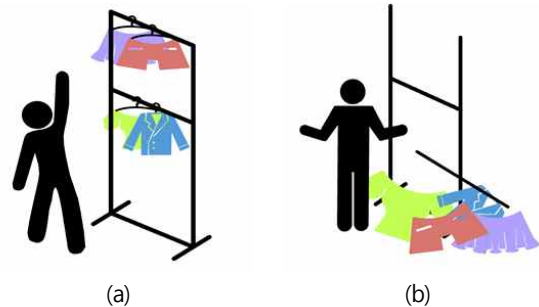


그림 1. (a) 이중 행거 (b) 문제점
Figure 1. (a) double-stage hanger (b) problem in use

기존 2단 행거의 공간 활용도 및 수납 기능을 유지하면서 옷을 걸거나 꺼내기 힘든 단점을 보완하기 위한 새로운 형태의 높이 조절 2단 행거 개념도를 그림 2에 나타내었다. 여성 사용자가 상단봉에 걸린 의류를 손쉽게 안전하게 사용할 수 있도록 필요 시 2단 행거의 상단봉이 적절한 높이까지 내려온다. 상/하단봉과 기둥이 여러 개의 링크기구로 연결되며 사용자가 하단봉을 움직이면 연결된 링크들의 상호작용에 의해 상단봉의 높이가 조절된다. 사용에 편리한 행거 높이는 사용되는 링크의 개수와 링크를 조합하거나 구속하는 방법에 따라 달라지며 이는 아래 식 (1)과 같은 평면 기구의 움직임을 결정하는 쿠츠바흐 판별식(Kutzbach criterion)에 의해 정해진다[6].

$$M = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \quad (1)$$

식 (1)에서 M 은 기구의 운동성(mobility)으로 기구를 특정 위치나 방향으로 움직이기 위해 독립적으로 제어

해야 하는 입력 변수의 수이며, n 은 링크 수, j_1 과 j_2 는 각각 자유도가 1과 2인 조인트 수를 나타낸다. 링크기구는 사용되는 링크 종류와 각 링크를 결합하는 방법에 따라 다양한 운동이 가능하므로 설계하려는 기구의 운동성에 맞는 적절한 링크와 조인트의 수 및 종류를 선정해야 한다.

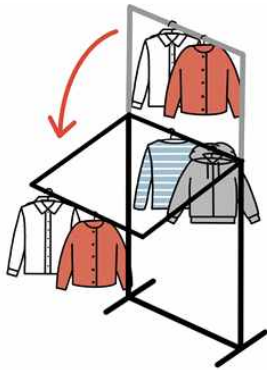


그림 2. 높이 조절 2단 행거 개념도
 Figure 2. Conceptual design of height adjustable double-stage hanger

III. 설계 및 제작과정

1. 링크기구 구동 방법 설정

기존 2단 행거의 단점을 보완하기 위해 본 논문에서 제시한 높이 조절 2단 행거는 사용자가 쉽고 안전하게 상단봉에 의류를 걸거나 꺼낼 수 있어야 한다. 따라서 일련의 과정들이 한 번의 동작만으로 이루어져야 하므로 식 (1)의 운동성 M 은 1 이어야 한다. 이를 만족하기 위한 가장 단순한 링크기구는 $n=4$, $j_1=4$, $j_2=0$ 인 4절링크에 해당되며 이때 출력링크인 상단봉은 링크를 구성하는 방법 및 1자유도 조인트의 종류에 따라 병진 또는 회전 운동을 할 수 있다. 하지만 상단봉이 수직으로 내려오게 되면 상단에 걸려있는 의류가 하단봉과 부딪혀 구김이나 손상이 발생하거나 바닥에 떨어질 수 있다. 또한 하단봉이 고정된 상태에서 상단봉만 회전하여 내려오면 상/하단 의류의 겹침은 없지만 상단봉에 걸려있는 옷의 무게로 인해 행거 전체가 넘어질 위험이 있다. 더군다나 상단봉의 위치가 높아 사용자가 상단봉의 병진이나 회전 움직임을 구현할 수도 없다.

이러한 문제점을 보완한 높이 조절 행거 형상을 그림 3에 나타내었다. 상단봉과 하단봉이 각각 행거 기둥과 직접 연결되어 있는 기존 행거와 다르게 상/하단봉을

사각 형상의 일체형 프레임으로 구성하였으며 4절링크인 크랭크-슬라이드 기구를 적용하여 높이 조절을 위한 상단봉의 수평 및 회전 운동을 동시에 구현하였다. 상단봉이 하강하면 하단봉도 동시에 움직이므로 무게가 앞뒤로 분산되어 행거가 넘어지는 것을 막을 수 있다. 이러한 움직임을 구현하기 위해 지지봉 링크를 추가하여 상/하단봉과 메인 기둥에 각각 힌지 조인트와 핀 조인트로 연결하였다. 또한 프레임 기둥 부분과 메인 기둥은 롤러 조인트로 연결되며 하단봉을 밀면 입력링크인 지지봉이 핀 조인트를 중심으로 회전하게 되고 연결된 4절링크의 기구학적 상호작용으로 프레임 기둥에 위치한 롤러 조인트가 슬라이딩 조인트를 따라 수직으로 움직이면서 상단봉 높이가 일체형으로 조절된다.

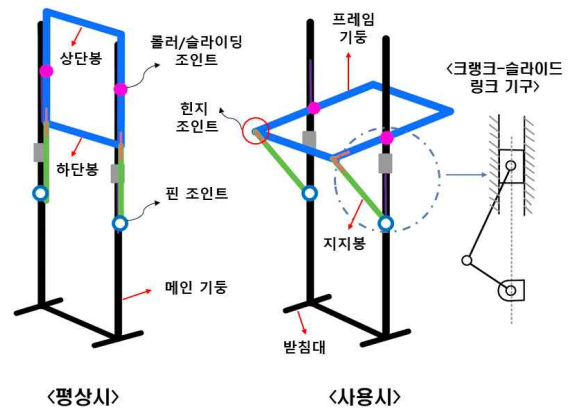


그림 3. 4절 링크기구를 이용한 높이 조절 2단 행거 모식도
 Figure 3. Schematic drawing of height adjustable double-stage hanger using 4-bar linkage

2. 2단 행거 상세 설계

이러한 2단 행거의 입체적 움직임을 구현하기 위해서는 링크기구에 대한 치수 합성 과정을 거쳐야 한다. 치수 합성은 기구를 구성하는 각 링크의 세부 치수를 결정하는 과정으로 링크의 조합, 링크의 길이와 입력 및 출력링크의 위치에 따라 다양한 운동이 가능하다. 더군다나 공간 활용도 및 설치 용이성이라는 기존 2단 행거의 기능도 유지해야 하므로 행거 형상 구속조건을 통해 적절한 링크 길이 및 각 링크를 연결하는 조인트 위치를 선정해야 한다.

높이 조절이 가능한 2단 행거의 링크기구 치수 합성을 위해 고려한 구속조건은 다음과 같다. ① 기존 행거와 동일한 수납력을 가져야 한다. 주택건설기준 3조에 따라 2단 행거의 전체 높이는 2.2m 이하를 만족해야

하므로 의류 수납과 이용의 편리성을 위해 하단봉은 여성 평균 어깨높이인 1.3m 위치에 설치하고 여성 의류 길이와 옷걸이 높이를 고려하여 상/하단봉 사이의 거리인 사각 프레임 기둥의 길이를 0.85m로 유지하였다. ② 사용자가 높은 곳에 걸린 옷을 손쉽게 사용할 수 있도록 상단봉이 적절한 높이까지 내려와야 한다. 따라서 여성 평균 팔 길이인 0.51m와 보다 힘이 덜 드는 어깨와 팔 사이 각도를 고려하여 하강한 상단봉의 최소 높이를 1.6m로 정하였다. ③ 일반적으로 행거는 벽에 가깝게 위치시켜 사용하는 가구이기 때문에 상단봉이 입체형으로 내려왔을 때 프레임으로 연결된 하단봉이 벽면에 닿지 않아야 한다. 평상 시 행거의 봉 위치는 벽에서부터 최소 받침대의 절반 정도 떨어져 있으므로 하단봉이 움직일 수 있는 수평 이동거리는 바닥 받침대 길이의 절반인 0.25m로 제한하였다. ④ 상단봉 하강 후 봉에 걸려있는 옷 무게에 의해 행거가 넘어지지 않아야 한다. 행거 자체 무게와 상/하단봉에 걸려있는 옷 무게 및 상단봉의 하강 위치에 따라 행거의 도심 위치와 발생하는 모멘트는 달라진다. 따라서 상단봉이 최대로 내려왔을 때 행거가 넘어지지 않도록 최소한의 모멘트가 발생하는 링크 길이 및 조인트 위치를 선정하였다.

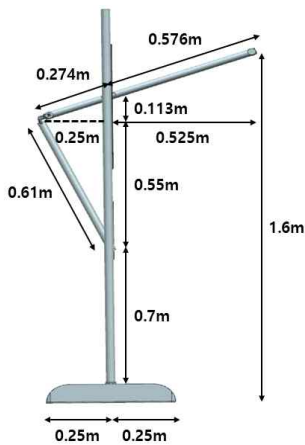


그림 4. 높이 조절 가능 2단 행거 최종 형상 및 치수
Figure 4. Configuration and dimensions of the height adjustable double-stage hanger

행거 형상 구축조건을 통해 설계된 높이 조절 가능 2단 행거의 최종 형상을 그림 4에 나타내었다. 하단봉 최대 수평 이동거리 0.25m와 상단봉 최소 높이가 1.6m 및 힌지 조인트 작동범위 90°를 고려하면 롤러 조인트는 프레임 기둥 상의 0.274m에 위치하며 상단봉 수평

이동거리는 0.525m, 롤러 조인트 이동거리인 슬라이딩 조인트 길이는 0.21m가 된다. 또한 사인법칙을 적용하면 지지봉의 길이는 0.61m가 되고 핀 조인트는 바닥에서 0.7m 높이에 위치한다. 그림 4에서 상/하단봉에 옷이 걸려 있는 경우의 도심 위치가 받침대 끝단 이내에 위치하며 행거가 넘어지지 않는 것을 확인하였다.

3. 2단 행거 안전성 검증

기존 2단 행거는 옷에 의한 하중이 고정단에 수직으로 작용하며 최대 30벌의 옷이 걸려 있더라도 붕이 휘어지지 않게 설계되어 있다. 하지만 본 논문에서 제시한 높이 조절 2단 행거는 사용자가 상단봉을 아래로 내리는 경우 옷 무게가 작용되는 지점과 고정단의 위치 차이로 인해 봉에 수직방향 하중 뿐만 아니라 굽힘 하중도 작용한다. 따라서 기 설계된 행거에 대한 안정성 해석을 수행하였으며 사용된 알루미늄 행거의 재료 물성값은 표 1과 같다[7].

표 1. 행거 물성값
Table 1. Material properties of hanger (AL6063-T5)

Properties	Value
Elastic Modulus [GPa]	68.9
Poisson's ratio	0.33
Density [g/cm ³]	2.90
Yield Stress [MPa]	145

FEA 해석을 위해 행거 바닥면을 구속하였으며 상단봉이 최대로 내려왔을 때 옷 30벌 무게에 해당하는 11.7kg의 무게를 상/하단봉 각각에 분포하중으로 부여하였다. 모델링 편의성과 해석 모델 형상을 고려해 사면체 요소인 CTETRA(요소 크기 30mm)를 사용하였으며

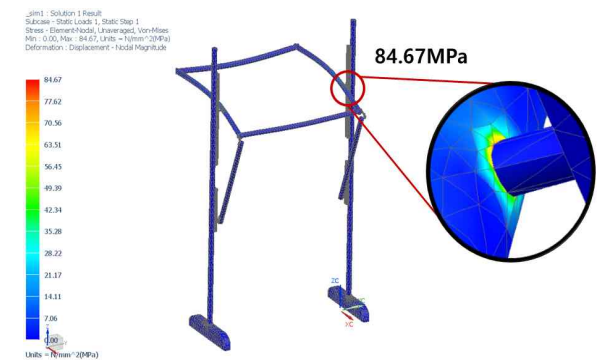


그림 5. 2단 행거 응력 해석 결과
Figure 5. Stress analysis result of double-stage hanger

그림 5에 최종 해석 결과를 나타내었다. 상단봉 중앙부에 0.639mm의 최대변형 및 행거 프레임과 기둥이 연결되는 슬라이드 조인트 부위에 약 84.67MPa의 최대응력이 발생하였다. 연결부에 발생하는 최대응력이 재료의 항복강도인 145MPa보다 현저히 낮으므로 설계된 2단 행거가 정적 하중에 대해서 안전하다고 판단된다.

IV. 제작 및 검증

위에서 제시된 2단 행거의 거동을 구현하기 위해 추가 제작된 부품 형상을 그림 6에 나타내었다. 가능한 기존 2단 행거 부품을 사용하였으며 높이 조절을 할 수 있게 필요한 링크기구를 추가하였다. 먼저 한 번의 동작으로 상/하단봉이 동시에 움직일 수 있도록 사각 프레임을 제작하였다. 프레임의 가로 길이는 기존 행거와 같이 0.91m로 고정하였으며 여성 평균 옷 길이를 고려하여 프레임 세로 길이를 0.85m로 정하였다. 사각 프레임은 메인 기둥과 롤러 조인트로 연결되어 슬라이딩 레일을 따라 수직으로 움직인다. 상단봉 하강 시 롤러 조인트가 이동할 수 있는 수직 거리가 0.21m이므로 이를 고려하여 슬라이딩 레일을 제작하였다. 또한 상/하단봉의 입체적 움직임을 구현하면서 상단봉 하강 시 발생하는 모멘트를 지탱할 수 있는 0.61m의 지지봉을 추가하였으며 프레임과 메인 기둥에 힌지 및 핀 조인트로 연결하였다[8].

2단 행거 높이 조절 시 상단봉이 너무 많이 내려오면 사각 프레임으로 연결된 하단봉이 벽과 닿을 수 있으므로 상단봉은 1.6m 높이에서 멈춰야 한다. 하지만 힌지 조인트는 슬라이딩 레일을 따라 움직이는 롤러 조인트의 직선운동을 회전운동으로 방향 전환하는 역할만 하며 직접 하중을 받지는 않으므로 프레임과 지지봉을 힌지 조인트로만 연결하면 특정 높이에서 고정할 수가 없다. 또한 옷과 메인 프레임의 무게로 인해 상단봉을 내릴 때는 상단봉 하강 속도가 증가하는 안전상 문제가 발생할 수 있으며 행거를 사용하고 되돌리는 과정에서는 사용자가 오히려 힘을 더 써야하는 불편함을 겪을 수 있다.

따라서 상단봉의 하강 범위를 제한하면서 특정 높이에서 고정될 수 있도록 기어 형태의 힌지 조인트를 제작하였으며 하강 시 안전성과 고정 해제 시 힘을 들이지 않고 원복시킬 수 있도록 프레임 기둥과 지지봉 사이에 가스스프링을 설치하였다. 상단봉의 높이가 2.2m에서

1.6m로 조절되어야 하므로 힌지 구동 범위를 $180^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 로 제한할 수 있는 기어를 제작하였으며 행거와 걸려있는 옷의 하중을 고려해서 최대반발력 5kg의 가스스프링을 사용하였다. 행거가 내려오는 동안 가스스프링에 의해 하강 속도가 조절되며 높이가 1.6m에 도달하면 기어에 걸려 상단봉은 고정된다. 기어는 한 번의 동작으로 두개의 힌지가 동시에 고정 및 해제가 가능하므로 높이 조절 후 사용자가 하단봉을 아래로 살짝 내리면 양쪽 기어의 고정 장치가 풀리면서 가스스프링의 힘으로 상단봉이 원래의 위치로 되돌아간다.

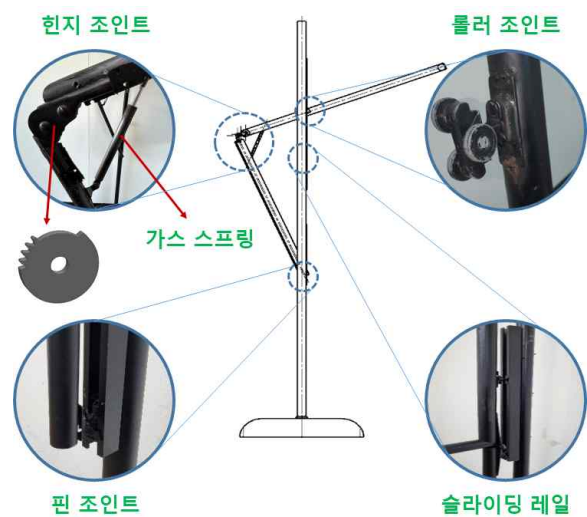


그림 6. 최종 제작된 2단 행거 형상
Figure 6. Final product of double-stage hanger

그림 7은 최종 제작된 2단 행거 형상 및 높이 조절 작동 결과를 나타낸다. 상/하단봉을 포함한 프레임과 지지봉 및 기구 움직임을 구현한 슬라이딩 레일, 조인트, 힌지와 같은 부품들이 행거에 잘 부착되어 있다. 사용자가 하단봉을 미는 한 번의 동작으로 상단봉이 기구학적 상호작용에 의해 적절한 높이로 손쉽게 내려오며 하강 후에도 걸려있는 옷 하중에 의한 붕이 처지거나 행거가 넘어지는 경우는 발생하지 않았다. 또한 행거를 살짝 내리면 고정 장치가 해제되면서 상단봉이 원래의 위치로 되돌아오는 것을 확인하였다.

V. 결론

본 연구에서는 기존 2단 행거의 가장 큰 문제점인 실사용 높이 조절이 불가능한 부분을 개선하고자 4절



그림 7. 2단 행거 작동 과정 (a) 평상시 (b) 높이 조절
 Figure 7. Operating process of double-stage hanger (a) normal (b) height adjustment

링크기구를 적용한 새로운 형태의 2단 행거를 설계하였으며 제작을 통해 타당성을 확인하였다. 2단 행거의 상단에 옷이 걸려있는 경우에도 의류를 손쉽게 뺄 수 있으며 높이 조절 시 상/하단봉에 걸려있는 옷들이 서로 걸리지 않도록 상단봉의 수평 및 회전 운동을 동시에 구현하였다. 일체형으로 제작된 상/하단봉이 기둥과 여러 개의 링크 기구로 연결되며 사용자가 하단봉을 움직이는 한 번의 동작으로 연결된 링크들의 상호작용에 의해 행거가 넘어지지 않고 상단봉이 내려올 수 있도록 적절한 링크 길이 및 조인트 위치를 선정하였다. 보다 손쉽게 안전한 사용을 위해 기어를 포함한 힌지 구동 범위를 설정하였으며 가스 스프링을 추가하여 하강 및 상승 속도를 조절하였다.

본 연구에서 제시한 높이 조절 2단 행거는 행거 스틱과 같은 보조 제품을 사용하지 않으면서도 필요한 경우에만

한 번의 동작으로 상단에 위치한 봉이 사용에 편리한 높이로 입체적으로 움직이므로 사용 편의성 및 공간 활용도가 높으며 낙상사고를 예방할 수 있다. 또한 높이 조절을 위해 사용된 4절링크는 롤러와 레일로 구동되므로 반영구적으로 사용이 가능하다고 판단된다.

References

- [1] H. Chae and C. Oh, "Design Culture of Single-person Households Residential Space: 'Housewarming' posts in <The House of Today>," Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art, Vol. 19, No. 3, pp. 247-258, 2018.
- [2] K.S. Im, J.S. Kim and D.K. Cho, "A Study of Easy Knock-down Hanger Design," J. of the Korea Furniture Society, Vol. 18, No. 3, pp. 234-242, 2007.
- [3] S. Lee, E.S. Shin and Y.H. Yoon, "A Study on Furniture Design to Meet the Needs of the Current Times - Focus on Single Householder's Dry Rack and Hanger," Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art, Vol. 19, No. 3, pp. 247-258, 2018.
- [4] I. Kim and S. Kim, "A Study on the Somato type of Women in the Early 20's," J. of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 28, No. 2 pp. 35-55, 2009.
- [5] M.K. Uh, "Body type characteristics and classification of short adult women under 155 cm," J. of the Korea Fashion & Costume Design Association, Vol. 20, No. 3, pp. 15-26, 2018.
- [6] J.J. Uicker, G.R. Pennock and J.E. Shigley, "Theory of Machines and Mechanism, 4/e" ITC, 2012.
- [7] A.G. Erdman, "Mechanism Design, Analysis and Synthesis," Prentice-Hall, 2017.
- [8] P. Childs, "Mechanical Design Engineering Handbook," Elsevier, 2018.

※ 이 논문은 한성대학교 교내학술연구비 지원 과제임
 This research was financially supported by Hansung University.