연구논문

Journal of Drive and Control, Vol.18 No.4 pp.19-27 Dec. 2021
ISSN 2671-7972(print) ISSN 2671-7980(online)
http://dx.doi.org/10.7839/ksfc.2021.18.4.019

가스 스프링을 이용한 높이조절 벙커침대 설계
Design of a Height Adjustable Bunker Bed Using a Gas Spring

정규홍[1*]
Gyuhong Jung

Received: 4 Aug. 2021, Accepted: 10 Oct. 2021

Key Words : Gas Spring(가스 스프링), Repulsive Force(반발력), Bunker Bed(벙커 침대), Height Adjustment(높이 조절), Bi-Stable Mechanism(쌍안정 기구), Four-Bar Link(4절 기구)

Abstract: A bunker bed is a type of furniture that efficiently utilizes a narrow indoor space by having a high bed and using the empty space below as a living and storage space. The demand for multi-purpose furniture is increasing due to the recent increase in single-person households and wide-spread shared accommodation. According to the consumer research, one of the major drawbacks of a bunker bed was to get on and off the bed through a ladder or stairs. In order to overcome these problems, it was confirmed that the height adjustment function that can easily adjust the minimum and maximum heights of the bed was necessary. In this study, a height adjustable bunker bed was designed by using a gas spring that generates a repulsive force by the compressed gas inside. The design process consisted of the following three steps: Firstly, the hysteresis characteristics due to a friction and spring constant of a commercial gas spring were confirmed by measuring the repulsive force vs. compressed displacement. Secondly, requirements of the vertical lifting force exerted on the bed against gravity force were derived. Finally, the height-adjustable bed using the four-bar link mechanism was designed with 4 parameters so that the bed weight of 60-70 kgf could be adjusted to 800 mm in height by an affordable initial operation force. The performance was verified through prototype production and the results of vertical displacement and force to move were nearly the same as designed. In addition, an electrically operated height-adjustable bed was also designed with linear actuators and the performance was proved with the prototype.

기호 설명

x_s: Gas spring stroke, m
$(x_s)_{\max}$: Gas spring maximum stroke, m
$Y_{\max}$: Maximum displacement of bed, m
FR: Gas spring force, N
FR_{Cmin}, FR_{Cmax}: Min., Max. compression force
FR_{Emin}, FR_{Emax}: Min., Max. extension force
Fy: Lifting force exerting on bed, N
Fy_{DBot}, Fy_{DTop}: Lifting force at bottom and top during bed downward cycle, N
Fy_{UBot}, Fy_{UTop}: Lifting force at bottom and top during bed upward cycle, N
W: Weight of moving bed and frame, kgf
S_1: Arm length of link, m
S_2: Length of link fixed on hinge, m
D_x, D_y: Gas spring relative position to hinge, m
θ_{P}, θ_{N}: Maximum angle in positive, negative direction, rad
ΔX, ΔY: Horizontal and vertical displacement of moving bed, m

* Corresponding author: ghjung@daejin.ac.kr
1 Department of Mechanical Engineering, Daejin University, Gyeonggi 11159, Korea
Copyright Ⓒ 2021, KSFC
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

2층 침대는 복층 매트리스 구조로 하나의 침대공간에 2인이 숙면할 수 있으므로 효율적인 공간활용이 필요한 다자녀 가구나 대학교 기숙사에 많이 사용되고 있다. 이에 비하여 벙커침대는 2층 침대를 변형하여 2층에는 침상이 있어 수면공간으로 1층 빈 공간에는 책상이나 옷장을 놓아 생활 및 수납공간으로 이용함으로써 협소한 실내공간 활용을 극대화할 수 있는 장점이 있다(Fig. 1 참조). 최근 1인 가구 증가로 좁은 공간을 효율적으로 활용하는 다용도 가구에 대한 수요가 커지고 있으며 주거공간뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 벙커침대는 장점을 갖는다. 이와 같은 벙커침대 구매자의 사용후기로부터 파악된 가장 큰 단점은 사다리 또는 계단을 통해 2층 침대에 오르내리는 것으로 체중이 큰 사용자의 경우에는 침대 흔들림이 커서 불안정하고 특히, 기상하여 정신이 온전치 않은 상태에서 높은 침대를 내려갈 때 부상의 위험을 느낀다고 조사되었다. 부가적으로 벙커침대가 높지 않은 제품은 하부공간 채광이 충분치 않아 다소 어둡고 답답한 느낌을 받는다고 하였다. 사용자 의견조사로부터 파악된 벙커침대 개선방안으로는 침대높이를 필요에 따라 최저와 최고높이로 손쉽게 조절할 수 있는 높이조절기능이 필요함을 확인하였다.

최근 공유숙박 서비스인 에어비엔비가 한국에도 진출하였고 국내에서도 2019년 내국인을 대상으로 숙박을 제공하는 방안을 ICT 규제샌드박스로 지정하여 허용하였다. 소유하고 있는 주택의 빈방을 공유숙박으로 제공하는 사업에서는 다기능 가구 설치가 필수적이며 높이조절이 가능한 벙커침대는 공유숙박의 표준형 가구로 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 현재 높이가 조절되는 벙커침대로 출시된 국내제품[1]으로는 가스 스프링 4개를 비스듬한 수직으로 연결하여 사용자 힘만으로 수직이동이 가능하도록 설계한 상품이 있으나 수직 조절높이가 630mm에 불과하여 침대를 최저높이로 하여도 여전히 계단을 통해 오르내려야 하는 불편함이 있으며 침대 높이조절 시 안정적으로 이동하지 않고 높이조절에 필요한 힘도 다소 큰 단점이 있다. 해외제품[2]으로 높이가 조절되는 침대는 평상시에는 소파로 사용하다가 이층침대로 전환하는 방식으로 수직 조절높이는 900mm로 크고 이동구조가 안정적이지만 벙커침대용이 아니라 특별한 상황에서만 소파를 침대로 사용하므로 침대무게와 높이조절방식이 본 연구에서 개발하려는 높이조절침대와 다르다.

본 연구에서는 다용도 가구로 보급이 확산되고 있는 벙커침대의 단점을 개선하기 위해 내부에 압축된 가스로 반발력을 발생시키는 가스 스프링을 이용하여 사용자가 손쉽게 침대높이를 조절할 수 있는 제품을 설계하였다. 평상시에는 침대를 최고높이로 올려서 여유있는 생활공간을 확보하고 수면 시에는 침대높이를 낮춰 별도의 사다리나 계단없이 이용할 수 있는 구조로 기존 벙커침대의 장점을 가지면서 단점을 개선할 수 있을 것으로 예상된다. 개발된 높이조절침대는 침대와 받침대 무게에 해당되는 60-70kgf의 중력부하를 사용자 근력만으로 수직변위 800mm를 움직일 수 있도록 가스 스프링을 이용한 기계기구 설계를 통해 구현하였으며 시제품 제작을 통해 작동성능을 검증하였다. 또한 가스 스프링을 전기모터로 구동되는 직선운동 전동 실린더로 대체하여 버튼조작만으로 높이가 조절되는 자동 높이조절침대도 설계하여 시제품 제작을 통해 성능을 검증하였다.

(a) height fixed type

(b) height adjustable type

Fig. 1 Bunker bed

2. 가스 스프링 구조 및 특성

가스 스프링은 내부에 밀봉된 고압의 질소가스에 의해 발생하는 반발력을 이용하여 크고 무거운 도어 등을 여닫을 때 사용자가 작은 힘으로 작동할 수 있게 하는 공압부품이다. 가스 스프링은 자동차의 테일게이트(tail gate), 트렁크리드(trunk lid) 및 엔진후드(hood)와 같이 힌지를 중심으로 회전하면서 수직방향으로 작용하는 큰 중력을 고압 질소가스의 반발력으로 적절하게 상쇄시켜 대상물을 용이하게 개폐할 수 있는 기구에 활용된다[3].

Fig. 2는 가스 스프링의 내부구조와 피스톤 압축변위(x_s)에 따른 반발력(FR) 특성을 도시한 그림이다. 가스 스프링은 내부에 밀봉된 질소가스 충전압력에 의해 반발력이 발생하는데 피스톤이 후진하면 실린더로 삽입되는 로드 체적만큼 질소가스가 압축되어 내부압력이 증가하며 오일 씰(seal)의 마찰력에 의해 압축행정과 신장행정 시의 반발력이 서로 다른 히스테리시스(hysteresis) 특성을 갖는다. 피스톤에는 노즐이 뚫려 있어 이를 통해 질소가스가 자유로이 이동하므로 피스톤 양단 압력은 항상 동일하고 반발력은 질소가스 압력에 로드면적을 곱한 값으로 결정된다. 가스 스프링 내부압력은 온도에 따라서도 변화하며 10 °C 상승할 때마다 약 3.4% 증가한다고 알려져 있으나 본 연구에서는 적용대상이 실내용 가구이므로 온도에 따른 반발력 변화는 고려하지 않았다. 이와 같은 가스 스프링을 힌지를 중심으로 회전하는 구조물에 적절하게 연결하면 침대와 받침대의 무게를 가스 스프링 반발력으로 상쇄하면서 최저 및 최고높이에서 안정된 상태를 유지하는 높이조절침대의 설계가 가능하다[4].

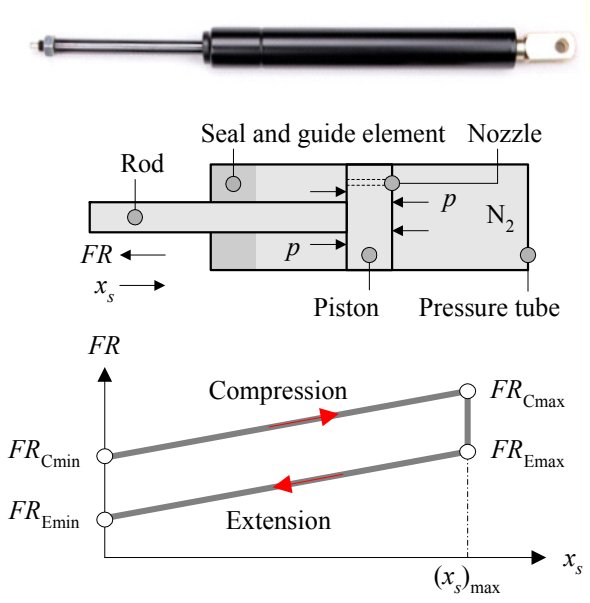


Fig. 2 Gas spring schematic and typical force vs. stroke diagram

상용으로 판매되는 가스 스프링은 Fig. 2의 반발력 특성이 제공되지 않아 Fig. 3의 시험장치를 제작하여 50kgf와 80kgf의 표준품 가스 스프링을 대상으로 압축변위에 따른 반발력을 측정하였다. 가스 스프링 공칭 반발력은 신장된 기준위치에서의 반발력을 의미하고 공칭행정(최대 행정-40mm)은 두 모델 모두 300mm이다. Fig. 4는 측정된 시험결과를 나타내고 Table 1은 시험결과를 바탕으로 최소오차자승법으로 근사화된 1차식을 이용해서 압축과 신장 기준위치에서 계산된 반발력과 스프링 상수이다. 반발력은 압축

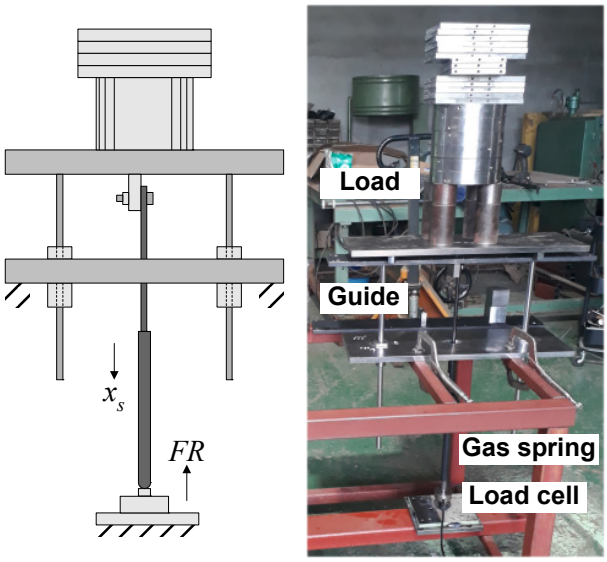


Fig. 3 Experimental setup for gas spring force measurement

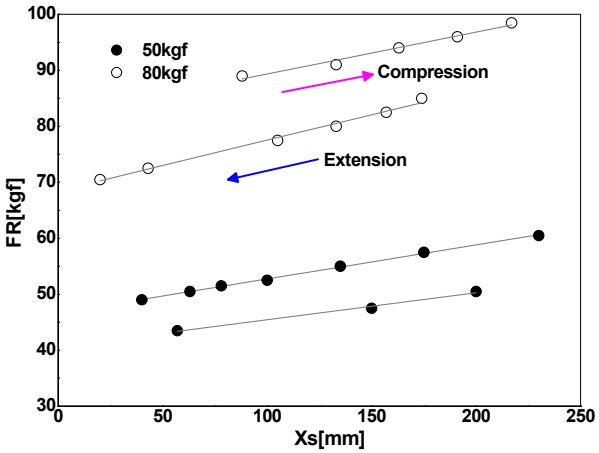


Fig. 4 Measured force vs. stroke of gas springs

Table 1 Gas spring force and spring rate

Type	FR[kgf]			
	Cmin	Cmax	Emax	Emin
	Regressed Com./Ext. spring rate[kgf/m]			
50kgf	46.6	64.9	55.1	40.6
	61/48.2			
80kgf	81.8	104.3	95.7	68.4
	74.8/90.7			

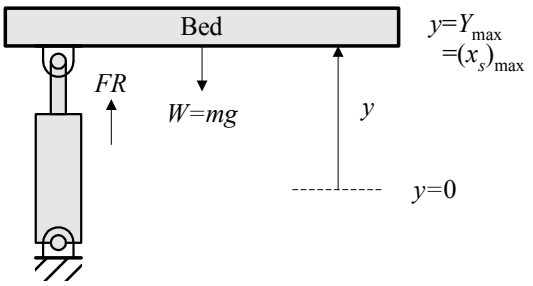
과 신장 시 압축변위에 선형적으로 비례하지만 반발력 증가율에는 다소 차이를 나타내고 압축과 신장된 위치에서 작용하는 마찰력도 같지 않음을 확인하였다. 80kgf 가스 스프링의 마찰력에 따른 히스테리시스는 9.8-13.9kgf이고 300mm 압축과 인장에 따른 반발력 변화는 22.5-27.3kgf이다. 시험결과로부터 파악된 반발력 모델은 침대높이조절 기구설계에 활용하였다.

3. 이동침대에 작용하는 반발력 분석

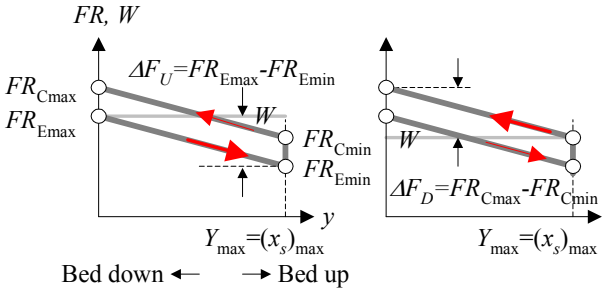
가스 스프링 반발력을 이용한 침대높이조절 기구설계의 핵심은 높이조절이 안정적이고 높이조절 시 사용자 작동력이 작으면서 높이조절장치 제작비용을 최소화하는 것이다. 이를 위해서 이동침대의 무게에 해당하는 중력(W)과 압축변위에 따라 달라지는 가스 스프링 반발력(FR) 또는 가스 스프링에 연결된 기계기구에 의해 이동침대에 작용하는 수직 반발력(Fy) 특성분석을 수행하였다.

Fig. 5(a)는 단순하게 가스 스프링을 수직으로 세워서 이동침대를 지지하는 구조이다. 이동침대의 최저위치를 $y=0$, 상승하는 방향을 양으로 정의하면 이동침대 수직변위 y가 높을수록 가스 스프링 압축량이 작아지므로 반발력이 감소하며 침대 최대이동변위 $Y_{\max}$는 가스 스프링 최대 압축변위 $(x_s)_{\max}$와 같게 된다. Fig. 5(b)는 최대로 압축된 상태에서 신장될 때의 반발력(FR_{Emax})을 이동침대 무게와 같도록 설계하는 경우로 최저위치에서는 평형을 유지하지만 이동침대가 높아질수록 반발력이 감소하므로 최고위치에서는 $FR_{\mathrm{Emax}}-FR_{\mathrm{Emin}}$의 힘을 사용자가 위로 작용시켜야 하며 최고위치를 유지하기 위해서는 별도의 고정장치가 필요하다. 이와 반대로 Fig. 5(c)는 최대로 신장된 상태에서 압축될 때의 반발력(FR_{Cmin})을 이동침대 무게와 같도록 설계하는 경우로 최고위치에서는 평형을 유지하지만 이동침대가 낮아질수록 반발력이 증가하므로 최저위치에서는 $FR_{\mathrm{Cmax}}-FR_{\mathrm{Cmin}}$의 힘을 아래로 사용자가 작용시켜야 하며 Fig. 5(b)와 동일하게 최저위치를 유지하기 위해서 별도의 고정장치가 필요하다. Fig. 5와 같은 설계에서 사용자 작동력을 작게 하려면 압축량에 따른 반발력 변화가 작은 가스 스프링을 특수하게 제작해야 한다. 이와 같이 단순하게 가스 스프링을 수직으로 연결하면 사용자가 높이조절 시 이동침대에 작용해야 하는 힘이 매우 클 뿐만 아니라 이동변위도 작고 최저 또는 최고위치에서 안정된 상태를 유지하지 않는 단점이 있다.

Fig. 6(a)는 가스 스프링과 이동침대에 기계기구를 연결하여 침대 이동변위와 침대에 작용하는 수직 반발력을 변화시키는 구조이다. 기계기구를 적절하게 활용하면 동일한 가스 스프링에 대해 이동침대 수직변위를 크게 하거나 침대변위에 대해 수직 반발력이 변화되는 형태를 조절할 수 있다. Fig. 6(b)는 이동침대 무게 W를 가스 스프링 히스테리시스에 의해 발생되는 상승 시 최대 반발력(Fy_{UBot})보다 크고 하강 시 최소 반발력(Fy_{DTop})보다 작게 되도록 한 설계이다. 최저위치에서는 $W>Fy_{\mathrm{UBot}}$이므로 상승하지 않고 최고위치에서도 $W<Fy_{\mathrm{DTop}}$이므로 하강하지 않는 안정된 상태를 유지한다. 수직 반발력의 히스테리



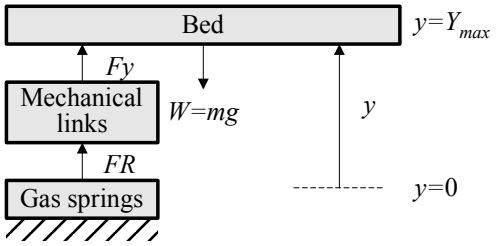
(a) direct lifting force by gas spring



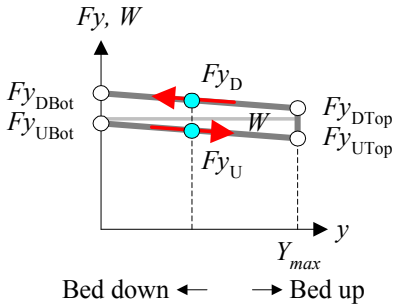
(b) add upward force (c) add downward force

Fig. 5 Direct vertical connection of gas springs

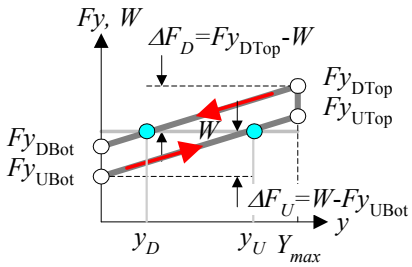
시스 구간($Fy_U < W < Fy_D$)에 이동침대 무게를 위치시키면 모든 수직변위에서 평형을 유지하므로 작은 사용자 작동력으로 침대 높이조절이 가능하고 별도의 고정장치가 필요하지 않게 된다. 다만 표준품 가스 스프링을 이용해서 요구되는 수직변위와 최저와 최고높이에서의 수직 반발력 변화(즉, 수직변위에 따른 반발력의 기울기)가 작게 되도록 하는 기계기구의 설계가 쉽지 않으며 침대무게나 가스 스프링 반발력 특성이 변화하는 경우에는 안정되지 않는 단점이 있다. Fig. 6(c)는 가스 스프링과 이동침대를 연결하는 기계기구를 이용해서 이동침대 높이에 비례하여 수직 반발력이 증가하도록 설계한 경우이다. 이동침대가 상승할수록 가스 스프링 반발력은 감소하지만 링크와 연결되는 가스 스프링 각도를 변화시켜 회전모멘트를 크게 함으로써 수직반발력을 크게 할 수 있다. Fig. 6(c)는 상승 시에는 수직변위 y_U, 하강 시에는 수직변위 y_D에서 반발력이 이동침대 무게와



(a) lifting force by mechanical links



(b) floating type



(c) bi-stable type

Fig. 6 Mechanical link connection of gas springs

평형을 이루도록 설계한 경우이다. 침대를 올리는 경우에는 초기에 최대$\Delta F_U = W - Fy_{UBot}$의 힘을 위쪽으로 가하면 침대 상승에 따라 사용자 작동력이 감소하며 $y = y_U$에서는 평형을 이루고 이후에는 반발력이 더 커지므로 저절로 최고높이에서 도달하게 된다. 유사하게 침대를 내리는 경우에도 초기에는 최대 $\Delta F_D = Fy_{DTop} - W$의 힘을 아래쪽으로 가하면 침대가 하강함에 따라 사용자 작동력이 감소하며 $y = y_D$에서는 평형을 이루고 이후에는 반발력이 더 작아지므로 저절로 최저높이에서 도달하게 된다. 상승과 하강 시 $y_D < y < y_U$에서는 침대무게가 히스테리시스 구간에 존재하므로 외력을 가하지 않아도 평형상태를 유지한다. Fig. 6(c) 설계는 최저와 최고높이에서만 변위제한장치에 의해 안정된 상태를 유지하므로 별도의 고정장치는 불필요하다. 본 연구에서는 80kgf, 300mm 사양의 가스 스프링 2개를 이용하여 수직 이동변위 800mm를 구현하면서 Fig. 6(c)와 같은 형태의 수직 반발력으로 사용자 작동력이 최소화되는 기계기구를 설계하였다[5].

4. 침대높이조절 기구 설계

4.1 가스 스프링 설계

가스 스프링 압축변위와 반발력으로부터 이동침대 수직변위와 반발력을 설계목적에 적절하게 변환하는 기능의 기계기구는 Fig. 7과 같은 4절 기구를 이용하여 설계하였다[6]. AG 링크와 BH 링크길이가 동일하면서 평행이 되도록 설계하면 가스 스프링의 신장과 압축으로 BH 링크가 힌지 H를 중심으로 회전할 때 AB 링크는 회전하지 않으므로 수평 상태의 이동침대를 AB 링크에 고정시키면 BH 링크가 회전함에 따라 수평을 유지하면서 상하로 이동하게 된다. AG 링크는 이동침대의 수평을 유지하는 기능으로 큰 힘이 작용하지 않아 A점에 작용하는 수직방향 힘을 무시하고 침대무게가 모두 B점에 수직으로 작용한다고 가정하면 BH 링크에 대한 단순화된 해석이 가능하다.

Fig. 8은 이동침대의 최저 및 최고높이에서 BH 링크에 작용하는 가스 스프링 반발력 FR, B점에 작용하는 수직 반발력 Fy와 설계 파라미터를 나타내는 그림이다. 4절 기구 설계 파라미터는 BH 링크길이 S_2, 가스 스프링 모멘트 암(arm)의 길이 S_1, 힌지 H에 대한 가스 스프링 고정점 P의 상대좌표 D_x, D_y이다. 기구 설계는 가스 스프링 압축변위 x_s에 따른 반발력 FR이 주어졌을 때 최저와 최고 높이에서의 수직

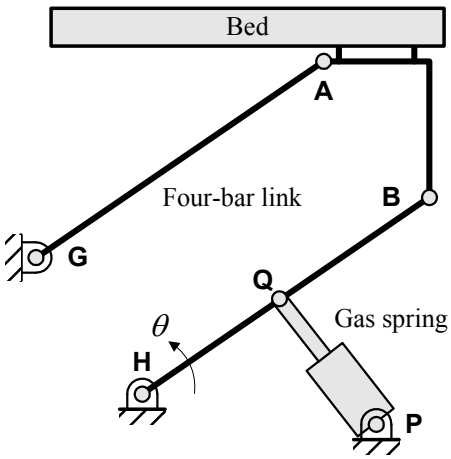


Fig. 7 Height adjustable mechanism using four-bar links

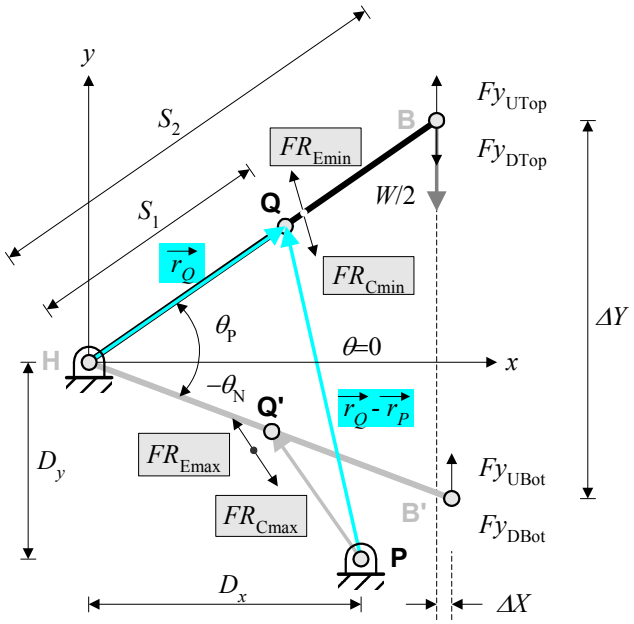


Fig. 8 Design parameters of four-bar links

반발력 Fy, 수평 및 수직방향 이동변위 $\Delta X, \Delta Y$를 구하여 목표사양을 만족시키는 설계 파라미터를 결정하는 것이다. BH 링크 회전각은 Fig. 8에서 x축으로부터 반 시계방향이 양으로 정의되고 최저와 최고높이에서의 회전각 θ_N과 θ_P는 같지 않다. 4절 기구 설계 파라미터와 가스 스프링 사양으로부터 침대 이동변위와 수직 반발력은 다음 식으로 계산된다.

$$\Delta X = S_2|\cos\theta_P - \cos\theta_N|$$
$$\Delta Y = S_2(\sin\theta_P + \sin\theta_N)$$
$$Fy = \frac{(\overrightarrow{r_Q} \times FR\,\vec{u}) \cdot \vec{k}}{S_2\cos\theta}$$

where, $\vec{u} = \dfrac{\overrightarrow{r_Q} - \overrightarrow{r_P}}{|\overrightarrow{r_Q} - \overrightarrow{r_P}|}$

4절 기구 설계에서 우선적으로 충족되어야 하는 조건은 이동침대의 수직방향 변위 ΔY이고 다음으로는 Fig. 6(c)의 쌍안정 방식 설계에서 침대 상승과 하강 시의 초기 작동력(ΔF_U, ΔF_D)이 작아지도록 하는 것이다. 연구대상 4절 기구 설계 파라미터를 결정하는데 있어서 목적함수를 최소화하는 최적설계 적용도 가능하지만 실제 상황에서는 이동침대 무게가 고정된 값이 아니고 제품편차와 작동온도 차이로 인해 가스 스프링 반발력도 다르게 나타나므로 설계 결과를 확인하면서 설계 파라미터를 변화시키는 시행오차(trial and error)를 이용하였다. Table 2는 80kgf, 300mm 사양의 가스 스프링을 이용해서 결정된 4절 기구 설계 파라미터이고 Table 3은 설계 결과를, Fig. 9는 BH 링크 회전각에 따른 가스 스프링 반발력과 이동침대에 작용하는 수직 반발력을 보여준다. 여기서 가스 스프링 반발력은 시험 데이터를 이용하여 근사된 1차식을 적용하였다.

수직 반발력의 최소(Fy_{UBot})와 최대(Fy_{DTop})값 평균은 35kgf이며 이동침대 무게가 $W/2 = 35\text{kgf}$인 경

Table 2 Mechanical link parameters with gas spring

Symbol	Unit	Value
S_1	mm	400
S_2	mm	900
D_x	mm	600
D_y	mm	500

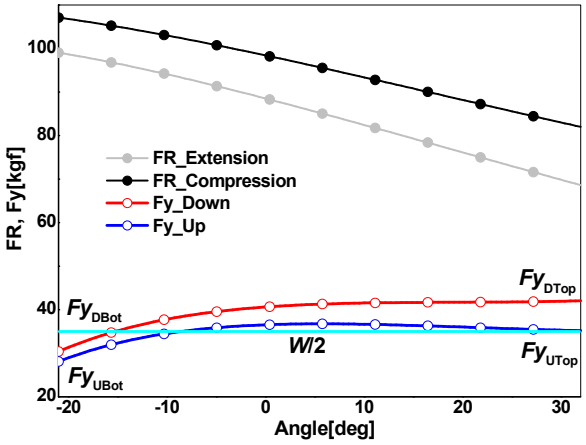


Fig. 9 Gas spring and lifting force vs. link angle

Table 3 Design results with 80kgf gas spring

Symbol	Unit	Value
θ_P / θ_N	deg	32/21
$\Delta X / \Delta Y$	mm	77/800
$Fy_{U\,Top}$	kgf	35.2
$Fy_{D\,Top}$	kgf	42
$Fy_{U\,Bot}$	kgf	28.1
$Fy_{D\,Bot}$	kgf	30.4

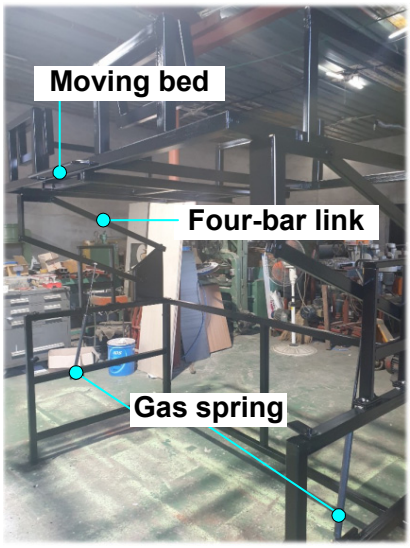


Fig. 10 Prototype of height adjustable bed using gas spring

우에 상승과 하강 시 초기에 $2(W-Fy_{U\,Bot})=2(Fy_{D\,Top}-W)$=14kgf의 이상의 힘을 가하면 침대높이 조절이 가능하다. 침대 상승 시에는 최고높이에서 $W/2 \approx Fy_{U\,Top}$이므로 매우 작은 사용자 작동력만이 필요하고 하강 시에는 $\theta=-15^\circ$에서 $Fy_D = W/2$이고 최저 높이에서 $W/2 > Fy_{D\,Bot}$이므로 $\theta=-15^\circ$에 도달하면 저절로 최저위치로 이동한다. 가스 스프링 히스테리시스와 4절 기구 설계 파라미터로 결정되는 14kgf의 초기 작동력은 일반 성인이 큰 부담없이 낼 수 있는 힘이며 초기 작동력이 너무 작으면 침대무게나 가스 스프링 반발력 변화로 인해 최고높이에서 안정된 상태를 유지하지 못하는 경우도 발생될 수 있으므로 적절하다고 판단된다. Fig. 10은 Table 2의 설계 파라미터를 적용하여 제작된 시작품을 보여주며 60-70kgf의 부하를 이동침대에 탑재하였을 때 사용자가 간편하게 침대높이조절이 가능함을 확인하였으며 침대 이동변위 측정결과도 800mm의 설계목표에 부합하였다.

4.2 전동 실린더 설계

전동실린더는 직류모터의 회전운동을 볼 스크루와 같은 기계적인 장치를 이용해서 직선운동으로 변환하는 작동기로 높이조절 침대에 적용하면 사용자가 스위치 작동만으로 침대높이를 조절할 수 있고 임의의 위치에 고정시키는 것도 가능하다.

Fig. 11은 전동 실린더 외형을 나타내고 높이조절 침대에 적용된 전동 실린더 사양은 Table 4와 같다. 전동 실린더는 압축과 신장 시 히스테리시스가 거의 없어 동일한 구동력을 나타내고 외력에 의해 실린더 변위가 변화되지 않는 특성을 갖는다. 선정된 전동 실린더는 가스 스프링에 비해 구동력이 큰 반면에 행정이 작으므로 이를 고려하여 적절하게 Fig. 8의 사절 기구 설계 파라미터를 설계하였다. Table 4의 사양으로부터 전동 실린더가 전 행정을 이동하는데 소요되는 시간은 37.5초이다.

Table 5는 선정된 전동 실린더를 이용해서 결정된 4절 기구 설계 파라미터이고 Table 6은 설계 결과이다. 전동 실린더는 이동 변위에 무관하게 동일한 구동력을 나타내므로 최저와 최고 침대높이에서의 수직반력이 유사하도록 설계하였다. Table 6의 설계 결과를 살펴보면 기구학적 특성은 가스 스프링 설계와 동일하고 최저 높이에서 수직반력은 46.4kgf, 최고 높이에서는 48.9kgf로 좌우측에 전동 실린더 2개를 설치하면 약 90kgf 부하의 이동침대를 구동할 수 있음을 알 수 있다. Fig. 12는 전동 실린더를 적용하여 설계된 높이조절 침대 시작품이다.

Fig. 11 Linear actuator

Table 4 Specification of linear actuator

Item	Unit	Value
Rated voltage	V	24
Current at full load	A	2.5
Stroke	mm	150
Max. load	kgf	250
Speed	mm/s	4

Table 5 Mechanical link parameters with linear actuator

Symbol	Unit	Value
S_1	mm	170
S_2	mm	900
D_x	mm	170
D_y	mm	330

Table 6 Design results with linear actuator

Symbol	Unit	Value
θ_P / θ_N	deg	32/21
$\Delta X / \Delta Y$	mm	77/800
Fy_{Top}	kgf	48.9
Fy_{Bot}	kgf	46.4

Fig. 12 Prototype of height adjustable bed using linear actuator

5. 결 론

독립적으로 생활하는 1인 가구가 급속히 증가함에 따라 좁은 공간을 효율적으로 활용하기 위해 사용되는 벙커침대는 높은 침대를 오르내리는 불편함이 있어 필요에 따라 이동침대를 최저와 최고높이로 간편하게 이동시킬 수 있는 높이조절침대에 대한 개발필요성이 조사되었다.

가스 스프링은 밀폐된 실린더 내에 압축된 질소가스와 소량의 오일이 봉입되어 질소가스 압력에 의해 반발력이 발생되는 장치로 자동차, 주방용품 및 가구 등의 다양한 분야에 적용되고 있다. 가스 스프링 반발력은 피스톤 압축변위에 비례하고 씰 마찰로 인해 이동방향에 따라 힘이 다른 히스테리시스특성을 갖는다. 가스 스프링과 중력이 작용하는 이동침대를 적절하게 설계된 기계기구로 연결하면 가스 스프링 반발력으로 중력부하를 상쇄함으로써 크지 않은 사용자 작동력만으로 침대높이를 조절할 수 있는 설계가 가능하다.

본 연구에서는 먼저 상용으로 판매되는 표준품 가스 스프링을 대상으로 압축변위에 따른 반발력을 측정하여 스프링 상수와 마찰력에 의한 히스테리시스 특성을 확인하였다. 다음으로 이동침대 수직변위에 따른 수직 반발력 변화특성을 고찰하여 최저와 최고높이에서 외력없이 이동침대가 고정된 상태를 유지할 수 있는 조건을 도출하였다. 가스 스프링 반발력과 압축행정으로부터 침대에 작용하는 수직 반발력과 변위로 변환하는 기계기구는 4절 기구를 적용하여 60-70kgf의 침대무게를 800mm 높이조절할 수 있도록 4개 파라미터를 설계하였다. 설계된 높이조절 침대는 침대무게가 70kgf인 경우에 상승과 하강에 최대 14kgf의 힘을 가하면 조절이 가능하고 임계 변위를 지나면 최저와 최고높이에 스스로 도달하는 특성으로 별도의 고정장치없이 변위 제한장치만으로 안정된 상태를 유지한다. 가스 스프링을 활용한 높이조절침대는 설계결과를 바탕으로 시제품을 제작하여 작동성능을 입증하였다. 또한, 가스 스프링을 전기모터로 구동되는 전동실린더로 대체하여 버튼작동만으로 높이를 조절할 수 있는 전동식 높이조절침대도 4절 기구를 이용하여 설계하였으며 시제품을 통해 성능을 검증하였다.

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자는 이 논문과 관련하여 이해관계 충돌의 여지가 없음을 명시합니다.

참고 문헌

1) https://smartstore.naver.com/goldenstreet/products/4849322804
2) https://expandfurniture.com/product/the-dormire-bunk-bed-couch-transformer/

3) C. T. Lee, “A Study on the Optimal Design of Automotive Gas Spring”, Journal of Drive and Control, Vol.14, No.4, pp.45-50, 2017
4) J. S. Jang, "A Study on the Evaluation of Energy Consumption of the Air Compressor", Journal of Drive and Control, Vol.17, No.2, pp.38-44, 2020.
5) M. S. Chang et al., "Analysis of a Variable Damper and Pneumatic Spring Suspension for Bicycle Forks Using Hydraulic-Pneumatic Circuit Model", Journal of Drive and Control, Vol.16, No.1, pp.7-13, 2019.
6) George N. Sandor and Arthur G. Erdman, Advanced Mechanism Design: Analysis and Synthesis Volume 1, Prentice-Hall, New Jersey, pp.75-78, 1984