출품번호
3065

제41회 전국학생과학발명품경진대회

책꽂이 이제는 들고 다니자!

2019. 07. 30.

출품학생	
지도교원	
출품분야	고

- 차 례 -

1. 제작 동기 및 목적 ····· 1
가. 제작 동기 ····· 1
나. 제작 목적 ····· 2
2. 유사 작품 및 차별성 ····· 2
<유사작품 1> 책 개수에 따라 칸막이를 움직이거나 고정할 수 있는 책꽂이 ····· 2
<유사작품 2> 책이 쓰러지지 않는 책꽂이 ····· 2
<유사작품 3> 책꽂이용 책 쓰러짐 방지구 ····· 2
<유사작품 4> 칸막이의 간격조절이 가능한 책꽂이 ····· 3
3. 제작 아이디어 구상(1 ~ 4차) ····· 3
가. 아이디어 구상 및 정리 ····· 3
1) 1차 구상 ····· 3
2) 2차 구상 ····· 3
3) 3차 구상 ····· 4
4) 4차 구상 ····· 4
4. 5차 구상 : 탄성체와 막대를 이용한 책꽂이 ····· 4
가. 작품 내용 ····· 4
1) 기본 구상 내용 ····· 4
2) 막대를 고정시키는 탄성체 ····· 5
3) 막대의 세부구조 ····· 6
가) 각도 θ에 따른 최소무게일 때 필요한 탄성계수 관계 ····· 6
나) 서있는 책의 쓰러짐을 막는 막대의 최소 각도 ····· 6
다) 막대의 크기와 총체적 구조 ····· 7
라) 막대에 수평적으로 작용하는 힘과 그에 따른 효율적인 구조 ····· 7
4) 책꽂이의 크기 및 전체 틀 구조 ····· 7
가) 책꽂이의 막대의 홈 크기 ····· 8
나) 책꽂이 판의 가로, 세로, 높이 ····· 8
나. 작품 제작 ····· 9
5. 6차 구상: 유연한 곡선형 고무판을 이용한 책꽂이 ····· 9
가. 작품 내용 ····· 9
1) 기본 구상 내용 ····· 9
2) 고무판을 이용한 탄성 ····· 10
3) 유동적으로 움직일 수 있는 고무 ····· 11
6. 7차 구상: 일자 용수철의 복원력을 이용한 막대 ····· 11
가. 작품 내용 ····· 11

1) 기본 구상 내용 ····· 11
2) 보완 및 설계 ····· 12
나. 작품 제작 ····· 13
1) 기어와 용수철의 상호작용을 이용한 탄성체 ····· 13
7. 8차 구상: 중력을 이용한 커튼형 책꽂이 ····· 14
가. 작품 내용 ····· 14
1) 기본 구상 내용 ····· 14
나. 작품 제작 ····· 15
1) 책을 한번에 옮기는 것을 돕는 막대 ····· 15
8. 9차 구상: 연질아크릴판을 이용한 휴대용 책꽂이 ····· 16
가. 작품 내용 ····· 16
1) 기본 구상 내용 ····· 16
나. 작품 제작 ····· 18
9. 기대효과 및 전망 ····· 19
가. 주변을 효율적으로 관리할 수 있다. ····· 16
나. 책꽂이의 휴대가 가능하다. ····· 16
다. 책꽂이의 다양한 응용 ····· 16
라. 간단한 책정리와 실용성 ····· 16
10. 과학적 원리 ····· 20
11. 참고문헌 ····· 21

- 그림 목차 -

< 그림 1 > 1차 구상 정면 ····· 4
< 그림 2 > 1차 구상 측면 ····· 4
< 그림 3 > 2차 구상 정면 ····· 4
< 그림 4 > 2차 구상 배면 ····· 4
< 그림 5 > 5차 구상 정면 ····· 5
< 그림 6 > 5차 구상 배면 ····· 5
< 그림 7 > 고무밴드 ····· 6
< 그림 8 > ····· 7
< 표 2 > ····· 7
< 그림 9 > ····· 7
< 그림 10 > ····· 7
< 그림 11 > 5차 구상 책 있을때 ····· 9
< 그림 12 > 5차 구상 책 없을때 ····· 9
< 그림 13 > 6차 구상 배면 ····· 10
< 그림 14 > 6차 구상 정면 ····· 10
< 그림 15 > 6차 구상 ····· 10
< 그림 16 > 6차 구상 ····· 10
< 그림 17 > 막대와 책꽂이 아래의 구조 ····· 11
< 그림 18 > ····· 12
< 그림 19 > ····· 12
< 그림 20 > ····· 12
< 그림 21 > 세부 막대 구조 ····· 14
< 그림 22 > 배면 구조 ····· 14
< 그림 23 > 7차 구상 작품 ····· 14
< 그림 24 > 8차 구상 정면 ····· 15
< 그림 25 > 8차 구상 측면 ····· 15
< 그림 26 > 8차 구상 책 하나 ····· 16
< 그림 27 > 8차 구상 책 여러권 ····· 16
< 그림 28 > 막대를 이용한 책 옮김 ····· 16
< 그림 29 > 9차 구상 정면 ····· 17
< 그림 30 > 9차 구상 배면 ····· 17
< 그림 31 > 8차 구상 측면(오른쪽) ····· 18
< 그림 32 > 8차 구상 측면(왼쪽) ····· 18
< 그림 33 > 9차 구상 접었을 때 ····· 18
< 그림 34 > 측면 ····· 19

< 그림 35 > 정면 ····· 19
< 그림 36 > 정면 ····· 19
< 그림 37 > 측면 ····· 19
< 그림 38 > ····· 20

1. 제작 동기 및 목적

가. 제작 동기

중학교 봉사활동을 위해서 마을 작은 도서관에서 책장정리 업무를 맡으면서 대출을 위해 인출한 책들이 있던 자리가 비면서 책이 넘어지는 것을 자주 보았다. 매번 책들을 반듯이 세우고 북엔드로 고정해놓아도 책을 이용하는 사람들이 책을 뽑아 가면 옆에 있는 책들이 차례대로 쓰러지기 때문에 보기에도 안 좋을 뿐만 아니라 버려두면 쌓여 결국 완전히 넘어지게 된다. 일하면서도 이를 세우는 일이 절대 쉽지 않았을 뿐만 아니라 그 책을 다시 되돌려 놓을 때도 순서에 맞게 배열해야 하므로 특히 아이들이 보는 유아 책의 경우에 책의 이동이 많기 때문에 책들을 하나하나 다시 들어서 수납해야 하는 어려움이 있었다.

또 독서실에서 책장에 책을 차곡차곡 세워 놓아도 참고서나 여러 문제집을 한꺼번에 꺼내게 되면 옆에 있던 두꺼운 문제집들이 서로 다른 높이와 무게 때문에 쓰러질 뿐만 아니라 북엔드가 밀려나고 심지어 책들이 표지끼리 미끄러지면서 책들이 떨어지는 일을 많이 겪게 된다.

구비 되는 공간의 여유분에 영향받지 않고 수납된 책을 항상 직립 된 상태로 유지하고 책을 빼내더라도 빼낸 위치와 인접한 책이 기울어지거나 넘어지는 것을 방지한다. 그리고 책장이든 책상이든 편리하게 책을 뽑고 수시로 책을 점검하고 정리할 필요 없는 유용하고 편리한 책꽂이를 만들기 위해 이런 발명품을 고안하게 되었다.

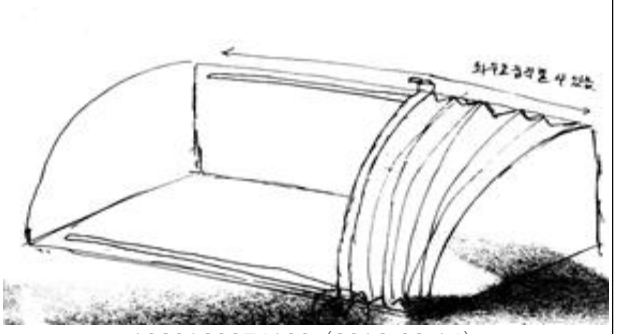
어질러진 책장	정돈된 책장

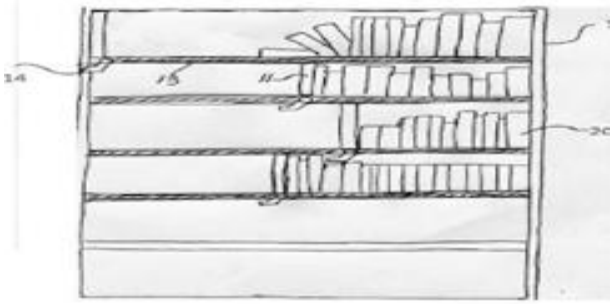
< 표 1 >

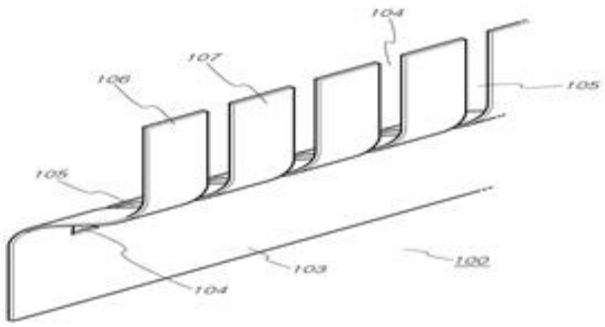
나. 제작 목적

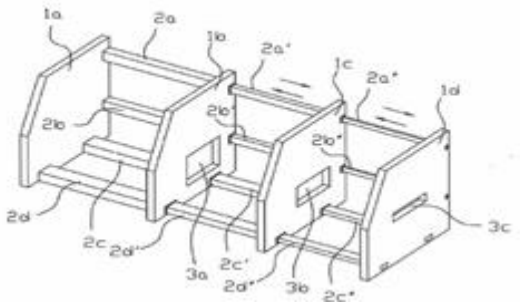
1) 책과 책 사이의 책이 빠져도 남은 책들이 쓰러지지 않고 스스로 반듯이 서 있는 것이다.
2) 위치에 구애받지 않고 설치할 수 있는 책꽂이이다.
3) 책을 종류에 따라 분류하여 유용이 정리할 수 있는 것이다.

2. 유사작품 및 차별성

책 개수에 따라 칸막이를 움직이거나 고정할 수 있는 책꽂이	
책의 두께나 크기에 상관없이 책을 고정하고 분류하여 정리하기 아주 좋고 레일을 설치해서 책을 꽂기에 아주 자유롭다.	
여전히 책을 뽑았을 때 책이 쓰러지면서 다시 반듯이 서지 않는다.	1020160074100 (2016.06.14)

책이 쓰러지지 않는 책꽂이	
다른 발명품과 다르게 책이 쓰러졌을 때 다시 세울 수 있다. 레버로 판자를 이동시켜 세우기 때문에 많은 양도 가능하다.	
사람이 직접 레버를 이동시켜 세우기 때문에 편리하지 않고 원래 발명 목적에 부합하지 않는다.	1020130135143 (2013.11.08)

책꽂이용 책 쓰러짐 방지구	
책의 쓰러짐을 방지한다는 목적에는 부합하고 탈부착할 수 있으므로 다양한 책들에 대해 가용하다.	
책 사이에 간격을 두게 하고 책이 밀집하지 않기 때문에 공간적으로 손실이 있다.	1020090065509 (2009.07.17)

칸막이의 간격조절이 가능한 책꽂이	
책꽂이의 길이를 조절하여 책을 쓰러지는 것을 막는다.	
책이 무리 지어 있을 때는 가능하지만 여전히 책 하나하나 들어가 있을 경우에는 혼자서 서 있을 수 없다.	2020000012670 (2000.05.03)

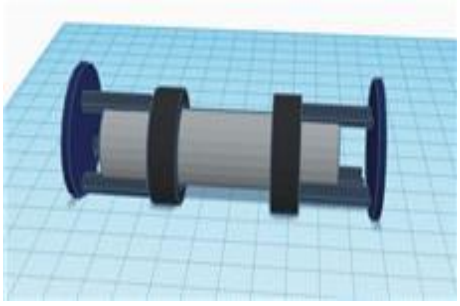
국립 중앙과학관 및 경남과학교육원에서 책꽂이에 관한 40여 개의 발명품이 검색되었지만, 막대형식으로 바닥을 세우는 책꽂이는 없었으며 쓰러지지 않는 책꽂이 또한 4, 5개 정도 검색되었지만, 대부분 설치용 방지기구거나 구역만 나누는 책꽂이 정도였다.

3. 제작 아이디어 구상(1~4차)

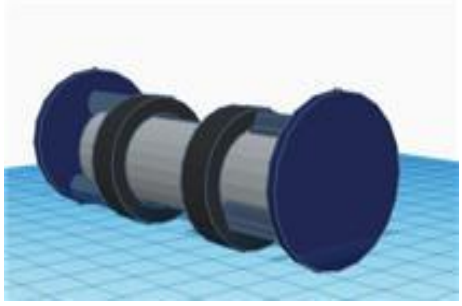
가. 아이디어 구상 및 정리

1) 1차 구상 : 책을 밀어서 책을 세우는 책 정리 봉

중앙에 스프링을 넣은 책 정리 봉을 만들어서 책 무리와 책 무리 사이 혹은 책장 벽과 책 무리 사이에 집어넣어서 책 무리 책 무리 사이에 빈 곳이 생기면 계속해서 탄성력으로 누르고 있던 봉이 빈 부분으로 책에 힘을 가해 들어가는 형식이다. 하지만 스프링의 탄성력만으로는 무거운 책이나 책 무리 사이에 많은 책이 위치할 경우 힘이 부족 할 수 있으므로 여러 상황에서의 호환성이 떨어진다고 생각했다.



< 그림 1 > 1차 구상 정면

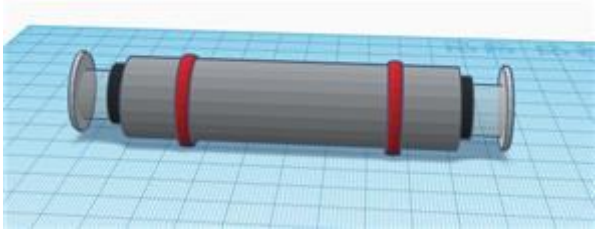


<그림 2> 1차 구상 측면

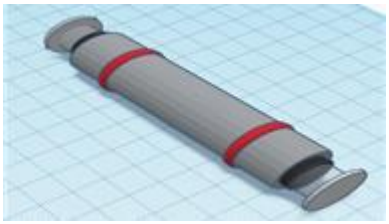
2) 2차 구상 : 책을 밀어서 책을 세우는 책 정리 봉 (고정식)

문틀 철봉에서 아이디어를 얻어 돌리면서 점점 봉의 길이가 늘어나고 그 늘어난 길이

는 고정되면서 계속해서 책을 강한 힘으로 밀게 된다. 하지만 이 경우에 책과 책 사이를 너무 강한 힘으로 눌러야 하기 때문에 책에 손상을 가하게 되고 충분한 책의 양이 있지 않으면 누르는 봉의 길이의 한계가 있기 때문에 책이 빠지게 되면 더 이상 누르지 못하고 그대로 떨어지게 되기 때문에 봉이라는 형태로는 한계가 있다고 생각했다



< 그림 3 > 2차 구상 정면



< 그림 4 > 2차 구상 배면

3) 3차 구상 : 칸막이를 뒷부분에 설치하여 정리하는 책꽂이

칸막이를 책꽂이의 뒷부분에 일정한 간격으로 설치하고 책의 두께에 상관없이 들어갈 수 있도록 한쪽으로 용수철을 하나하나 설치하여 정리한다. 이 방법은 책을 넘어뜨리지 않고 분리되어 완벽하게 정리할 수 있지만, 벽이 이동할 수 있도록 책꽂이의 뒷부분과 오직 용수철로만 연결되어 있기 때문에, 고장 날 위험이 있고, 책과 단단히 고정하지 않기 때문에 넘어질 가능성도 충분히 생기게 된다..

4) 4차 구상 : 경사를 이용하여 책의 넘어짐을 방지하는 책꽂이

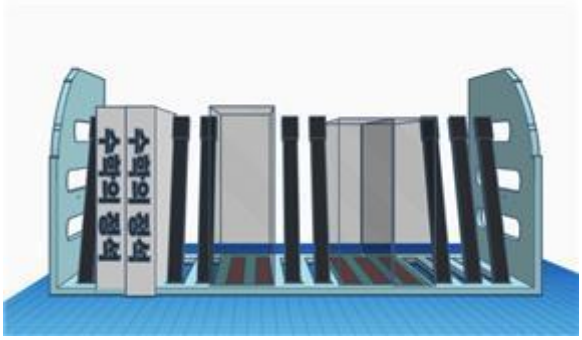
경사를 옆 벽면으로 주어서 아예 책이 넘어지기 전에 빠진 책이 있던 자리가 채워지면서 쌓이게 되지만 이 구조의 문제점은 본래 생각했던 책이 이탈한 자리가 계속 남아 있어 책의 분류와 정리를 쉽게 하는 목적에 부합하지 않는다는 것이다. 결국, 순서대로 배열하기 위해서는 경사로 인해 쌓은 책들의 무게를 들어서 그 안에 집어넣어야 하기 때문에 위쪽에 새로운 책들이 쌓일 수밖에 없다.

4. 5차 구상 : 탄성체와 막대를 이용한 책꽂이

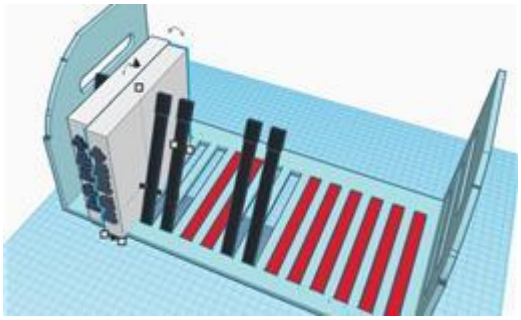
가. 작품 내용

1) 기본 구상 내용

책꽂이의 바닥을 일정한 간격으로 나누어 막대를 세우고 막대는 책이 있는 부분에는 책의 무게로 인해 바닥에 붙어있고 책이 들어 있지 않은 부분에는 책이 없기 때문에 막대가 서 있게 된다. 이때 막대는 위아래로만 움직이기 때문에 책이 이탈해도 그 부분은 막대가 채워주게 되므로 이탈한 책들로 인접한 책들이 쓰러지는 현상을 막는다..

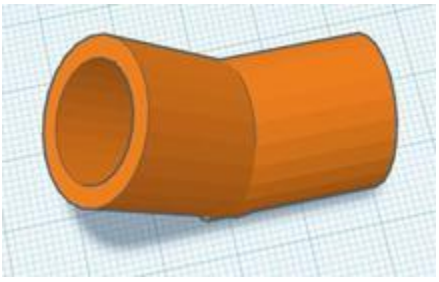


< 그림 5 > 5차 구상 정면



< 그림 6 > 5차 구상 배면

이때 막대를 세우는 방법으로 처음에는 용수철을 생각했다. 먼저 막대와 바닥이 가까운 부분에 용수철을 설치하여 용수철이 책의 무게로 인해 축소되었다가 다시 책이 이탈하면 탄성력으로 인해 막대가 올라가는 형태를 생각했다. 하지만 용수철은 휘거나 구부러지기 쉽고 복잡한 형태로 제작 되어야 하기 때문에 효율성이 떨어진다고 생각했다. 용수철보다는 고무로 제작하는 것이 좀 더 간단하고 효율적이라고 생각했고 처음에는 아래 그림과 같은 고무 밴드를 감아서 고무의 탄성력을 이용해보려고 했다. 먼저 막대와 책꽂이 본체는 경첩으로 연결되어있고 그 연결 부위를 구부러진 형태로 제작된 튜브 형태의 고무 밴드로 감싼다. 이때 고무 밴드는 계속 원래 상태로 돌아가려 하므로 경첩이 완전히 펴져도 원래 상태인 구부러진 상태로 돌아가려 한다.



< 그림 7 > 고무 밴드

2) 막대를 고정하는 탄성체

책이 이 책꽂이에서 이탈하게 되면 그 위치의 막대가 올라오면서 비어 있는 책의 자리를 채우게 되고 그 이탈한 책의 인접한 위치의 책들은 막대가 고정하면서 책의 쓰러짐을 막게 된다. 이때 막대를 책꽂이의 바닥과 고정하고 책의 무게가 작용할 때 눌렸다가 다시 책의 이탈이 일어나면 올라오는 탄성체가 필요하다. 탄성체에 가장 필요한 조건은 책의 무게인 수직적인 힘에는 잘 구부러지면서도 또 인접한 책들이 작용하는 수평적인 힘에는 잘 버티는 성질을 가지고 있어야 한다.

용수철의 수직적인 탄성력을 내야 하기 때문에 독서대의 스프링의 모습을 보고 토션 스프링의 성질을 이용하기로 했다. 토션 스프링이란 스프링의 비틀림을 이용하여 힘을 얻는 스프링이다. 스프링의 암을 막대와 연결해서 책꽂이 바닥 면과 고정시키게 되면

스프링이 일정 이상의 수직적인 힘을 받았다가 뺐을 때 다시 올라오게 된다. 이때 토션 스프링은 강한 힘부터 약한 힘까지 다양한 스프링의 특성을 비틀림을 이용하여 만들어낼 수 있으므로 굉장히 유용하다.

3) 용수철의 탄성계수 및 막대의 세부 각도

가) 각도 θ에 따른 최소무게일 때 필요한 탄성계수 관계

발명과정에서 온라인 서적사이트의 베스트셀러 목록 top list를 조사한 결과 책들의 무게는 보통 약 300~ 600g 정도였다. 이때 최솟값인 300g 책에도 책이 스프링의 탄성력을 이기고 들어가야 하기 때문에 300g일 때 또 각도 θ 이면 어떤 각도일 때, 탄성계수가 어느 정도일 때 가장 효율적으로 인접한 책들의 쓰러짐을 막으면서 또 책의 무게를 받아 바닥 면과 붙을 수 있을지 회전력을 이용하여 계산해보았다.

종탄성계수가 21000 kg/mm^2 선경 1mm 중심경 5mm 총 권수 4 Arm1 150 mm Arm2 150mm 취부각도 60도일 때 탄성계수는 0.11 kg/mm^2를 갖게 된다. 이때 하중은 0.04 kg/mm^2 모멘트는 6 이다. 토크는 $\tau = r \times F$ 이므로 막대를 포함한 책이 가하는 중력의 질량중심 부위까지 스프링에서부터의 거리 R:120 또 베스트셀러 조사결과 평균 중량은 300g 이기 때문에 0.3 kg *10 m/s^2 = 3N 이다. 120 mm * 3N = 0.12 m * 3 N = 0.36 kgf * m 이다. 이때 360 kgf * mm 이므로 충분히 책의 무게가 주는 무게는 스프링이 갖는 탄성력을 뛰어넘기 때문에 역할을 제대로 수행할 수 있다.

< 그림 8 >

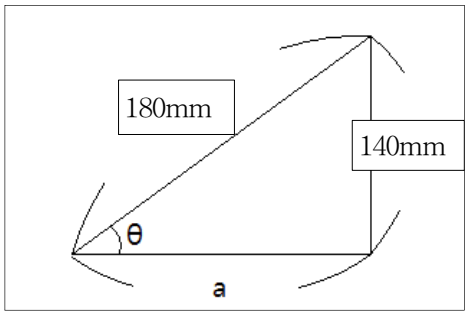
항 목	기호
종탄성계수	E
선 경	d
외 경	Do
중심경	Dm
내 경	Di
총권수	Nt
자유장	L
고정 길이	a2
취부 길이	a1
자유 각도	θ
취부 각도	δ
하 중	P
모 멘 트	M
스프링상수	K
지수비	C
응력수정계수	k'
굽힘 응력	σ
인장강도	σ_b

<표 2>

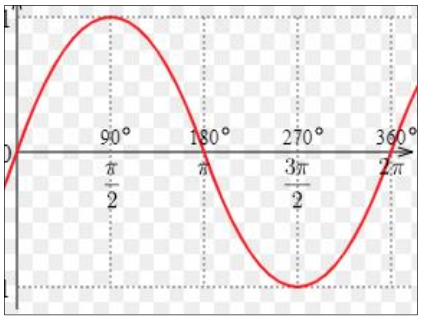
나) 서 있는 책의 쓰러짐을 막는 막대의 최소 각도

책이 옆으로 쓰러짐 힘을 받을 때 최소한 막대가 지나야 하는 책의 부위는 책의 바닥면으로부터 전체 높이의 약 1/3 부분을 지날 때 책이 쓰러지지 않고 버틸 수

있다. 이때 책의 평균적인 높이가 약 225 mm 정도 되므로 240 mm를 기준으로 1/3 지점인 80 mm를 막대가 지나서 받치고 있어야한다. 하지만 최대한 많은 책을 받칠 수 있게 만들기 위해서 약 140mm 정도는 지날 수 있어야한다. 이때 삼각형에서 막대의 길이가 180mm 높이가 140mm 일 때 sinθ의 값이 140/180=0.777 이 값이 sin60 의 값과 비슷하기 때문에 60도로 각도를 잡아도 관계는 딱히 없다. 스프링의 경우에는 각도는 60도로 고정시켜 전체 책의 쓰러짐을 방지한다.



< 그림 9 >



< 그림 10 >

다) 막대의 크기와 총체적 구조

용수철을 이용한 발명체에서는 탄성력을 기어를 통해서 다시 막대를 들어올리는 힘으로 전환시켜야 한다. 이 경우에는 막대가 힘을 받았을 때 잘 휘는 성질이라면 수평적 힘을 받았을 때 문제가 생기기 때문에 막대가 잘 휘지 않는 성질을 가진 재질로 이루어져 있어야만 한다. 또한 위 과정에서 구한 수직 높이 80을 넘기 위해서 막대의 수직높이는 약 100mm로 한다. sin 각은 45도 정도로 하고 이때 사인 삼각비에 의해서 막대의 길이는 141 정도로 한다.

라) 막대에 수평적으로 작용하는 힘과 그에 따른 효율적인 구조

막대가 서 있도록 바닥면과 고정하는 부분이 스프링이기 때문에 스프링과 바닥면 사이의 접합면 사이의 접합력이 강하지 않으면 쓰러지게 된다. 수평적으로 작용하는 힘을 잘 견디고 옆면으로 막대가 쓰러지는 것을 막기 위해 막대가 충격을 잘 흡수하거나 바닥 면에 수평 힘을 전달하여 막대가 쓰러지지 않게 하는 것이 중요하다. 막대와 바닥 면과의 접합부를 바닥 홈에 일부 포함되도록 붙여놓으면 옆으로 작용하는 힘을 조금 더 버틸 수 있게 된다. 또한 막대의 형태를 힘을 받았을 때 바닥 면으로 하중을 분산시키는 구조를 갖고 있는 것이 중요하다.

4) 책꽂이의 크기 및 전체 틀 구조

책꽂이는 다양한 책들을 수용할 수 있는 유연한 구조와 호환성을 지니고 있어야 한다. 뿐만 아니라 책꽂이의 크기가 너무 클 경우 많은 장소에 불편과 구애를 받게 된다. 전체적인 막대나 고무 막대의 경우 적정한 크기와 높이를 가지고 있어야지 최대한 다양한 책들을 넣을 수 있게 된다. 적정한 크기와 높이 등은 평균적인 책들의 크기와 시중의 많은 책꽂이를 고려해서 정한다.

가) 책꽂이의 막대의 홈 크기

온라인 서적 베스트셀러 리스트를 조사한 결과 평균적인 책들의 두께는 약 23.5mm 정도였다. 또 최대 크기는 약 35mm 이때 막대의 두께는 책의 두께보다 조금 더 작고 홈 간의 공간 + 홈의 간격은 책의 두께보다는 커야 한다. 이때 홈의 크기는 막대의 크기보다 작아야지 막대의 이동이 용이하다. 막대의 크기는 책들 중 다소 작은 크기인 20mm보다 2mm 작은 18 mm로 하고 홈은 2mm 큰 20mm 로 한다. 그리고 두 책이 연속적으로 놓여있을 경우도 생각해야 하므로 양 옆 간격을 10mm 씩 넓혀서 총 40mm의 책도 수용할 수 있는 공간을 확보한다.

나) 책꽂이 판의 가로, 세로, 높이

책꽂이 판의 가로 길이는 책의 전체적인 용량을 나타낸다. 가로의 길이가 넓을수록 많은 책들을 넣을 수 있고 가로길이를 적당하게 잡는 것이 책꽂이의 역할을 수행하는데 있어서 중요하다. 또한 세로길이는 책의 세로 길이를 수용하는데 있어서 중요한 역할을 한다. 시중의 책꽂이의 경우에 대부분 190mm였다. 높이는 책의 높이를 고려하여 180 cm 정도로 정하였다.

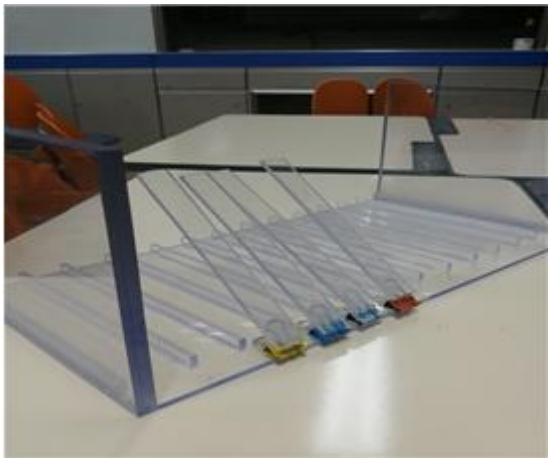
무게	가로	세로	높이
560g	30	152	215
590g	20	147	223
420g	21	127	188
452g	30	130	205
460g	20	145	213
462g	20	152	190
300g	20	130	225

< 표 3 >

나. 작품 제작

토션 스프링을 탄성체로 이용한 책꽂이에서 내부의 움직임을 잘 보여주게 하기 위해서 아크릴 판을 이용하기로 했다. 아크릴판을 가공하여서 먼저 ㄷ자형태로 책꽂이 기본 틀을 제작하였고, ㄷ자 형태를 제작하고 ㄷ자 형태에 홈을 파는 대신 바닥 면에 아크릴 판을 깔아서 판 사이를 막대가 들어가는 공간으로 남겨둔다. 이때 스프링을 판과 고정시키고 스프링의 암과 막대를 고정시켜서 막대가 60도의 각도를 가지고 서 있을 수 있게 하였다.

< 그림 11 > 5차 구상 책 있을때



< 그림 12 > 5차 구상 책 없을때

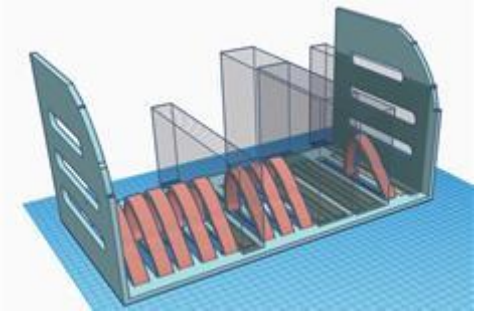
5. 6차 구상 : 유연한 곡선형 고무판을 이용한 책꽂이

가. 작품 내용

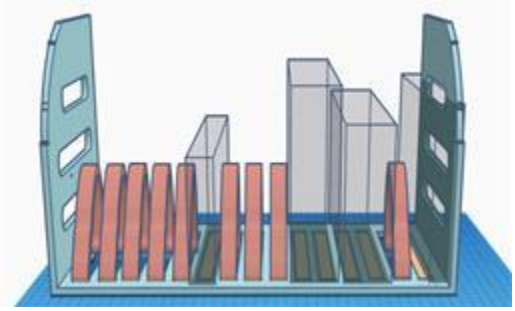
1) 기본 구상 내용

위 5차 구상에서 막대의 경우에는 인접한 책들의 크기나 무게에 따라서 고무 밴드와 경첩 막대의 힘만으로는 제대로 책을 받칠 수 있다는 확신을 가질 수 없었다. 막대의

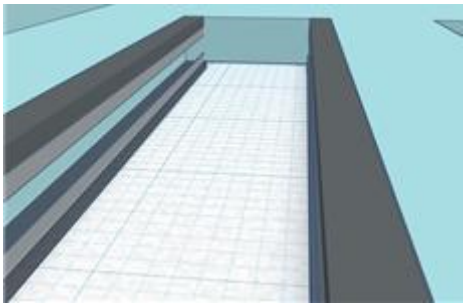
경우에 처음 막대의 시작 위치만 연결되어있었기 때문에 이 부분이 충분한 힘을 가지지 않는다면 막대는 제 기능을 다 하지 못했을 것으로 판단했고, 위 5차 구상의 홈에 곡선 형태의 유연한 고무판을 장착해 곡선 형태가 끝나는 부분이 책꽂이의 홈의 레일을 따라 이동할 수 있는 형태로 제작하는 방식을 생각해보았다. 이때 레일 사이에는 고무에 연결된 작은 바퀴가 굴러가면서 펼쳐지게 된다. 책의 중량을 충분히 견디기 위해서는 책의 질량중심을 파악해 그 질량중심보다 더 높은 곳을 책이 지지하게 되면 그 책은 쓰러지지 않고 버티지 않을까 생각했고, 고무판을 그 최대한 높이 설치하게 된다면 충분히 버틸 수 있을 것으로 생각했다.



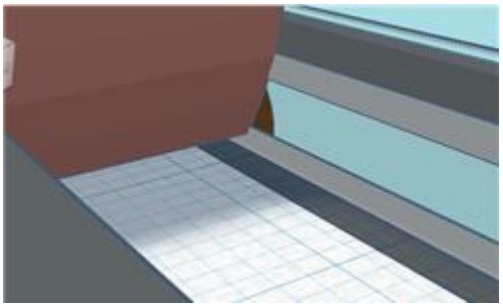
< 그림 13 > 6차 구상 배면



< 그림 14 > 6차 구상 정면



< 그림 15 > 6차 구상
홈에 있는 레일의 세부구조



< 그림 16 > 6차 구상
고무판의 바퀴와 레일

2) 고무판을 이용한 탄성

고무를 책꽂이 탄성체로 사용할 때는 고무는 양 끝점이 모두 책꽂이 바닥 면과 고정되어있어야 한다. 고정되어있을 때 고무를 힘에 반응하여 들어가게 만들기 위해서 레일을 설치하여 고무 탄성체의 끝점이 움직일 수 있도록 한다. 고무의 경우에는 수평으로 작용하는 힘에 약하기 때문에 탄성체의 옆면을 고정할 수 있는 수단을 취해야 한다.

3) 유동적으로 움직일 수 있는 고무

가장 찾기 어려운 것은 일정한 형태로 계속 유지 되는 고무 재질과 재료를 찾는 것이다. 일정한 무게의 책이 들어오면 밀려져서 펴지는 고무 재질을 찾아야 하는데 이때 곡선 형태의 고무 모양으로 자르기 위해서는 큰 고무 재료가 필요하다.

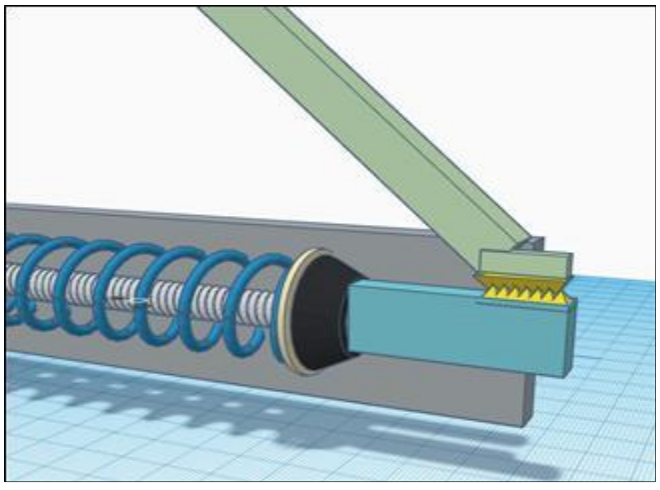
6. 7차 구상 : 일자 용수철의 복원력을 이용한 막대

가. 작품 내용

1) 기본 구상 내용

앞의 6차 구상에서의 작품은 고무의 강도가 약하기 때문에 여전히 수평적인 부분에서는 약했다. 책이 기울 때 고무는 땅에 고정되어 있지도 않기 때문에 높은 높이로 고무판이 떠있어야 했는데 이때 고무판에 적합한 고무 재질을 찾기 힘들었다. 이런 단점들의 보완하기 위해서는 쓰러짐을 막아주는 막대가 강도가 높아야 했다. 하지만 토션 스프링이 외부로 노출된 5차 작품은 수평적인 힘에 약했기 때문에 용수철과 기어의 연쇄운동에 의해 막대를 세워보기로 했다.

막대에 스파이크를 붙이고 또한 스프링과 연결된 막대에도 스파이크를 부착해서 서로 맞물리게 해 기어를 형성한다. 이때 막대가 힘을 받아 내려가게 되면 기어는 오른쪽으로 힘을 받고 용수철과 연결된 스파이크 또한 오른쪽으로 힘을 받는다. 용수철은 반대편과 고정되어 있기 때문에 막대로 인해 오른쪽으로 늘어났다가 다시 탄성력에 의해서 막대에 가해지는 무게가 없을 때엔 막대가 올라가게 되면서 벽을 세우게 된다.



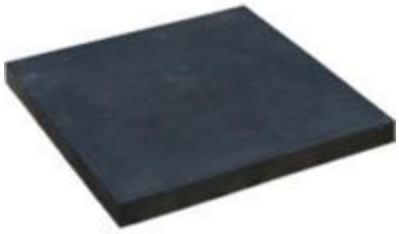
< 그림 17 > 막대와 책꽂이 아래의 구조

이 구조의 또 하나의 장점은 바닥 면에 막대가 완전히 고정되어 있기 때문에 수평적으로 가하는 힘에 완벽히 버틸 수 있고 내구성 또한 갖추게 된다.

가장 먼저 막대가 힘을 받아 수직적으로 움직이는 운동은 수직적인 운동이다. 하지만 일반 선 용수철이 늘어나고 또 탄성력을 받는 것은 수평적인 운동이다. 이 두 가지 운동을 연결하여 유기적으로 움직이도록 하기 위해서는 기어와 같은 연결체가 필요하다. 이때 기어를 사용하여 막대의 수직 운동의 힘을 용수철에 전달해 탄성력을 유지하도록 하고 인접한 책으로부터 받는 힘을 잘 견딜 수 있게 만든다.

2) 보완 및 설계

발명 구상품은 최대한 수직적 힘에 잘 반응하고 수평적 힘을 잘 견디는 조건을 갖춰야 한다. 크게 3가지의 구상품들의 특징을 제작을 통해 알아보고 가장 효율적인 탄성체를 찾은 뒤 최종 제작품을 결정 개선 한다.

		
< 그림 18 >	< 그림 19 >	< 그림 20 >
토션 스프링 탄성체를 이용	**고무 탄성체를 이용**	**압축 용수철 탄성체를 이용**

가. 토션스프링은 코일 스프링(Coil spring)에 양 끝에 지지대 형상의 비틀림으로 힘을 얻을 수 있게 되는 스프링이다. 이형 스프링과 함께 토션 스프링도 그 형태에 많은 변화를 가할 수 있다. 주로 자동차, 섬유기계, 농기계, 전기·전자푸붐, 건축 내·외장용 등 산업 전반에 적용이 가능하며 특히 문구류의 구조에서 많이 사용된다.

나. 늘어났다 줄어들었다 하는 신축성이 좋은 고무를 사용해야 하는데 이때 처음 구상은 실리콘 고무를 이용하는 것이었다. 실리콘 고무를 이용하여 변형이나 고무 재질의 끊어짐이 잘 없도록 하고 또한 탄성력 또한 잘 작용해야 한다. 이런 유연성 있는 재질은 그에 해당하는 탄성체를 찾는 것부터 쉽지 않고 또한 변형이나 유연성에 문제가 쉽게 생기기 때문에 다소 어려울 것이라고 생각이 들었다.

다. 압축 용수철 탄성체의 경우에는 무엇보다 용수철이라는 안정한 탄성체를 이용하

기 때문에 고장이나 혹은 여러 부가적인 문제가 잘 발생하지 않는다. 또한 기어구조의 막대는 아주 강한 힘을 한번에 주지 않는 이상 잘 부러지거나 휘지 않기 때문에 아주 단단한 구조를 가지고 있다. 하지만 압축 용수철은 장기적으로 책을 보관할 때에는 용수철의 복원성을 잃어버려 기능을 잃을 가능성이 존재한다. 또 복잡한 구조를 가지고 있어 경제성이 떨어지고 많은 막대를 만들어내기 어렵다.

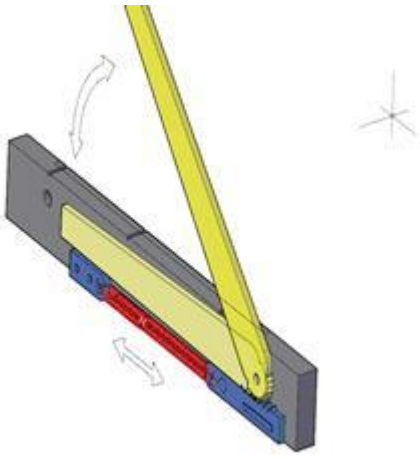
전체적인 문제점을 봤을 때 복원력을 만들기 위한 탄성력 혹은 용수철이 가지는 고유한 문제점이었다. 복원력 자체를 바꾸고 절대 상실되지 않는 복원력을 이용한다면 지속적으로 간편하게 사용할 수 있을 것이다. 또한 많은 책들을 보관하고 원래 목적을 만족시키기 위해서는 간편한 구조를 가지고 있어야 한다.

나. 작품 제작

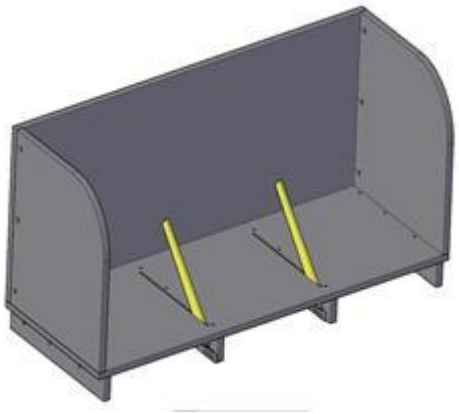
1차 작품에서 만든 작품의 경우에는 토션스프링이 수직적인 위아래 운동은 해결 해주지만 책이 기울어지는 힘을 막을 수 있는 힘이 부족했다. 토션 스프링의 경우에는 고정해줄 수 있는 역할의 부품이 없기 때문에 이를 해결하기 위해서 홈을 파서 그 아래에 수직적인 힘을 이용하는 것을 이용하기로 했다.

1) 기어와 용수철의 상호작용을 이용한 탄성체

큰 막대를 바탕으로 용수철 한 끝을 큰 막대에 부착된 작은 막대에 고정시킨다. 그리고 또 한끝은 홈이 파여진 작은 막대와 붙이는데 이때 홈이 파여진 작은 막대는 움직일 수 있는데 막대의 홈이 움직이는 홈과 맞물려 있어 막대가 내려갈 때 홈이 회전하는데 이때 움직이는 막대의 홈도 함께 오른쪽으로 힘을 받게 된다. 용수철과 막대가 붙어 있게 하기 위해서 둘을 연결하여 늘어났을 때 탄성력을 받게 한다.

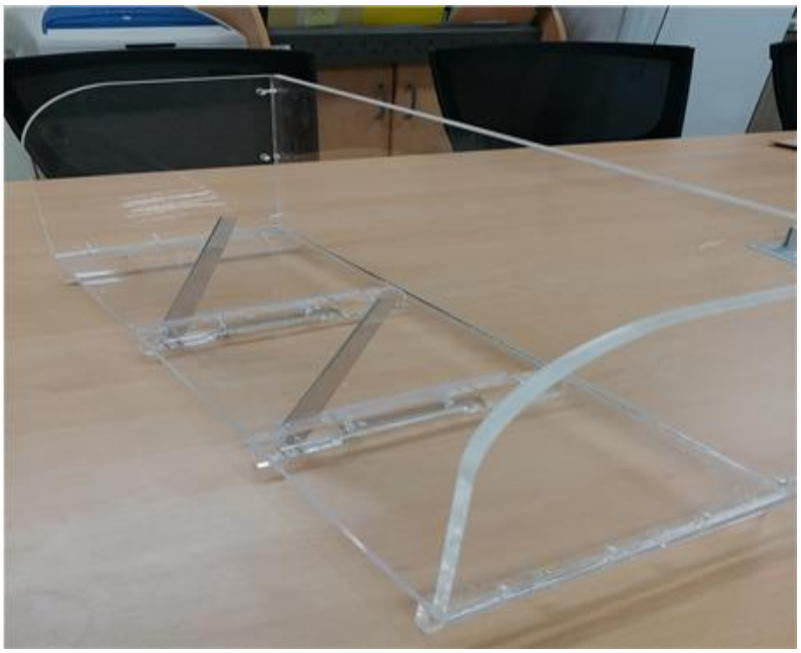


< 그림 21 > 세부 막대 구조



< 그림 22 > 배면 구조

또한 앞에서 구한 책을 받치는 최소 각도를 이용하여서 막대와 바닥 면 사이의 각도를 46도로 잡고 만들었다. 그리고 막대는 인접한 책의 힘을 받기 때문에 잘 휘어지지 않는 성질을 가지고 있어야 한다. 세움판의 재질은 휘는 것을 방지하기 위해 알미늄 재질로 제작하고 수직 높이는 100mm 정도 되게 막대의 길이를 잡아 제작한다.



< 그림 23 > 7차 구상 작품

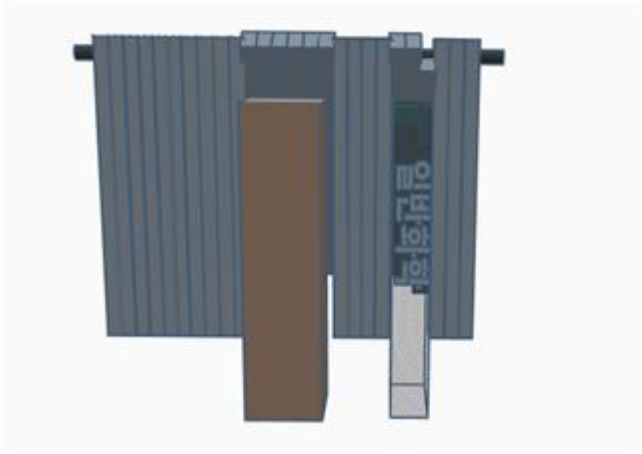
7. 8차 구상 : 중력을 이용한 커튼형 책꽂이

가. 작품 내용

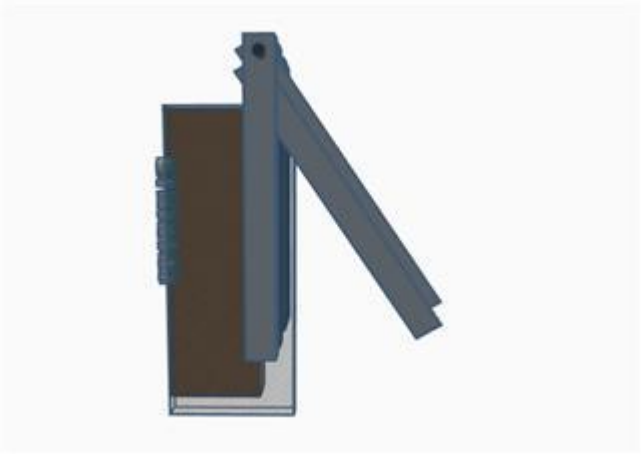
1) 기본 구상 내용

7차 작품의 경우에는 복원력의 상실이 문제가 되었다. 용수철이 늘어난 상태로 유지될 때 용수철의 복원력을 잃게 되는데 이는 용수철의 큰 단점이다. 특히나 장서 보관에 있어서 완벽히 기능하지 못하기에 작품으로서 문제가 있다. 복원력을 만들기 위한 탄성력 혹은 용수철이 가지는 고유한 문제점이었다. 복원력 자체를 바꾸고 절대 상실되지 않는 복원력을 이용한다면 지속적으로 간편하게 사용할 수 있을 것이다.

힘을 상실하지 않는 복원력을 찾다가 중력을 이용하기로 했다. 중력은 절대 없어지지 않기 때문에 칸막이를 책꽂이 위에서 내려오는 형태로 만드는 방법을 찾았고, 위에서 내려오는 막대를 촘촘히 배치하여 어떤 책이 들어와도 모두 들어맞게 가용성을 늘렸다.



< 그림 24 > 8차 구상 정면



< 그림 25 > 8차 구상 측면

나. 작품 제작

먼저 책꽂이 틀을 만들고 상층부에 구멍을 뚫어 철봉이 들어갈 구멍을 만든다. 또 아크릴판 위쪽에 철봉크기의 구멍을 뚫어 철봉에 끼워서 촘촘히 배치한다. 아크릴판을 끼운 철봉을 전체 틀에 연결시켜서 아래그림과 같이 완성시킨다.

<그림 26 > 8차 구상 책 하나

< 그림 27 > 8차 구상 책 여러권

1) 책을 한번에 옮기는 것을 돕는 막대

이 작품같은 경우에는 책이 가득차있거나 무리지어있는 경우에 한꺼번에 이동시키는 것이 어렵다 그래서 막대를 모두 올려 주는 장치가 필요한데 이때 쇠막대를 이용해서 일정한 각도로 막대를 유지시켜 놓는다면 한번에 올리는 기능 뿐만 아니라, 살짝 뒤로 쏠려 있는 각도로 막대를 유지 시켜주기 때문에 책을 넣었다 뺄 때 드는 힘을 줄

여줄 뿐만 아니라 책의 손상을 줄여준다.

< 그림 28 > 막대를 이용한 책 옮김

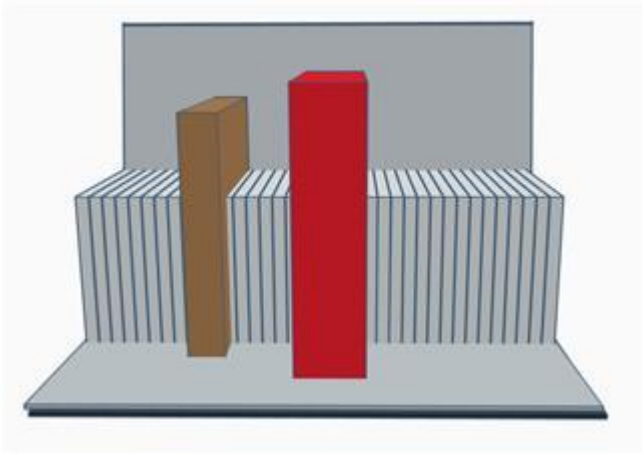
8. 최종 작품 : 카드 접이식 책꽂이

가. 작품 내용

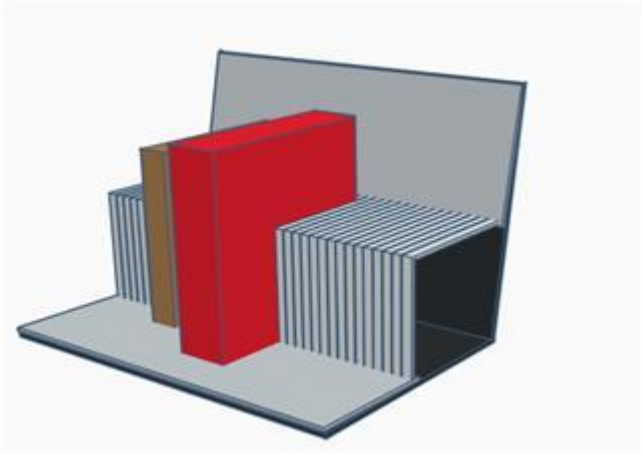
1) 기본 구상 내용

위 8차 작품의 경우에는 다수의 책도 세울 수 있고 본래 목적에 맞는 기능을 가지고 있지만, 막대를 뒤로 밀어서 책이 서 있기 때문에, 책을 넣을 때 책의 손상을 가져 올 수 있다. 또한 경제적인 부분에서도 수십 개의 막대를 철봉에 끼워야하기 때문에 경제성이 떨어지고 또 최대한 많은 종류의 책을 끼우기 위해서는 높게 만들어야하기 때문에 효율적인 구조가 되지 못한다. 이를 해결하기 위해서는 최대한 가볍고 작으면서 본래 목적에 맞는 기능을 수행할 수 있어야한다. 또한 재질 자체의 가격적인 부분에서도 그렇게 비싸서는 안된다.

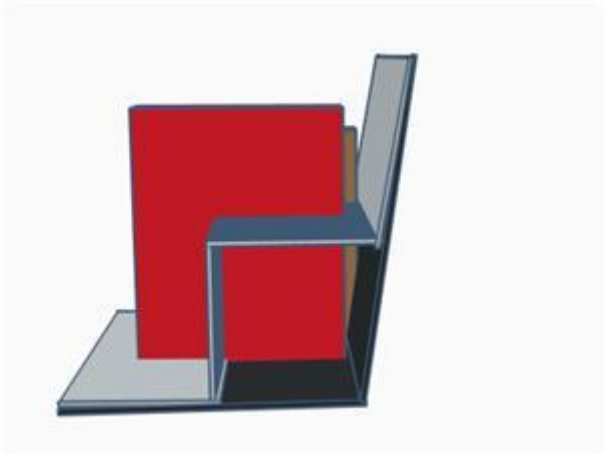
이런 문제점들을 보완하기 위해 카드를 접었을 때는 보이지 않다가 카드를 펼치면 입체적으로 일어나서 나오게 되는 것에 아이디어를 착안하여 얇은 플라스틱판의 복원력을 이용해보기로 했다. 얇은 플라스틱판은 어떤 일정한 힘에 의해 구부려져도 결국엔 다시 펴져서 원래 모양을 유지하게 되는데 이때 책이 들어가도 양옆의 플라스틱판을 계속 서 있기 때문에 책이 넘어지지 않고 계속 서 있을 수 있게 된다.



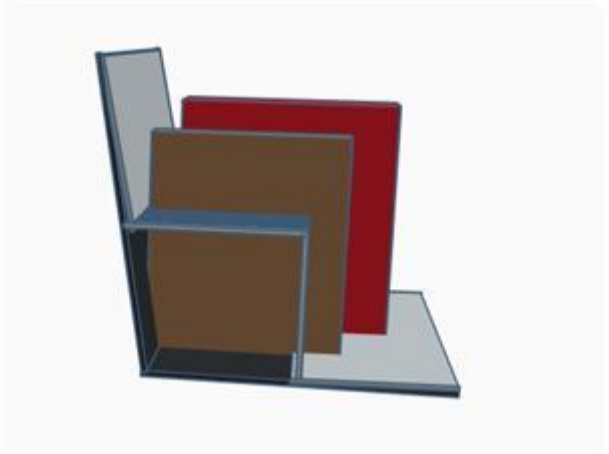
< 그림 29 > 최종 구상 정면



< 그림 30 > 최종 구상 배면

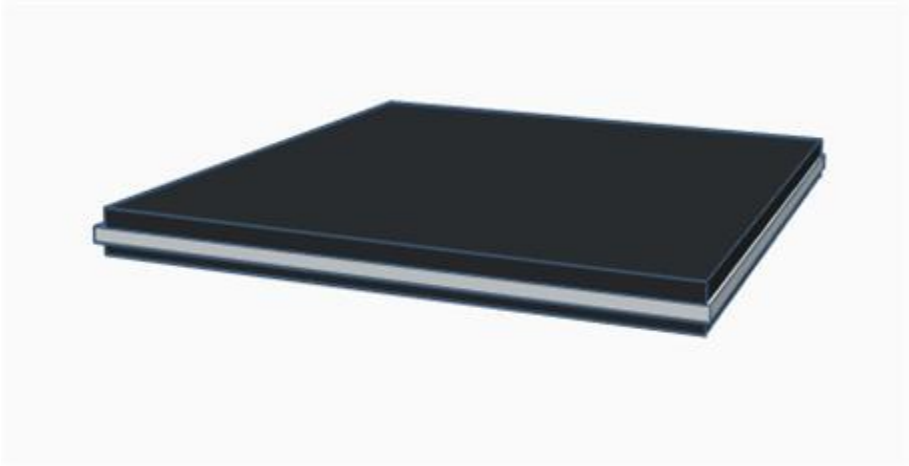


< 그림 31 > 최종 구상 측면(오른쪽)



< 그림 32 > 최종 구상 측면(왼쪽)

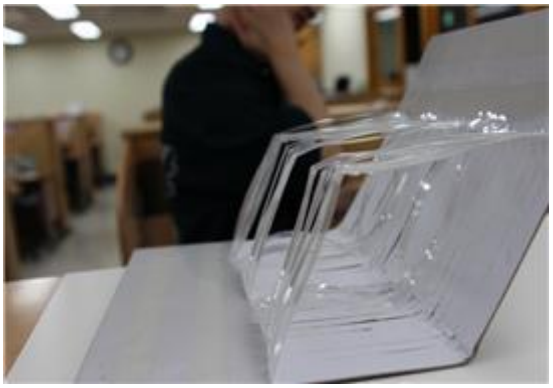
이 책꽂이는 책을 쓰러지지 않게 고정하는 것뿐만 아니라 책이 없거나 자리를 옮길 때에는 휴대 가능하다는 점이다. 책꽂이를 옮길 때에는 측면(오른쪽)에서 윗판을 아래 판으로 접으면 아래 그림처럼 책꽂이 판이 접히면서 하나의 책처럼 접혀 손쉽게 이동 가능하다. 자신이 원하는 곳에서만 책꽂이를 펼치어 사용할 수 있는 것이다.



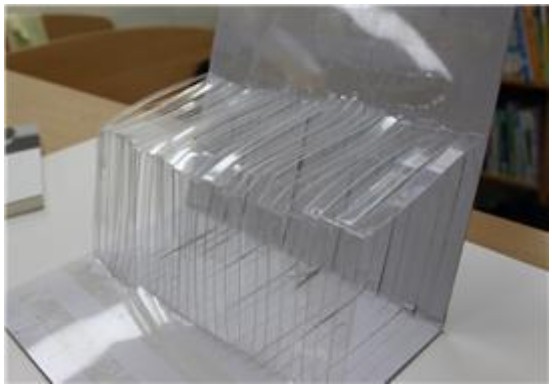
< 그림 33 > 9차 구상 접었을 때

나. 작품 제작

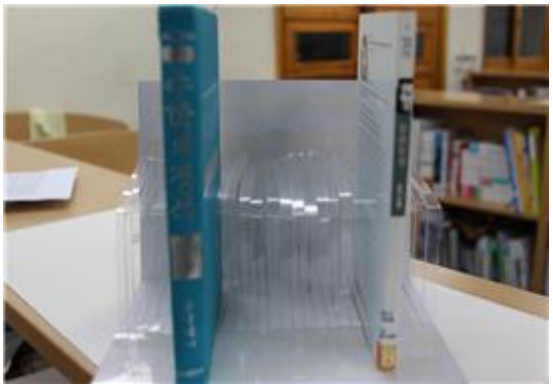
플라스틱판에는 잘 휠 정도로 유연하면서 책을 고정 시킬 만큼 복원력이 강한 재질이어야 하기 때문에 연질 아크릴판의 유연함과 강도를 이용해보기로 했다. 연질 아크릴판은 잘 끊어지지 않으면서도 한번 휜 상태로 계속 유지하려하기 때문에 책을 충분히 지지할 수 있을 것이라 생각했다. 먼저 8절크기의 하드보드지를 반으로 접고 기본 틀을 만든다. 그 다음 연질 아크릴 판을 하드보드지 크기에 알맞게 자르고 하드보드지의 각 면윗부분과 아래부분만 붙이고 중간 부분은 붙이지 않고 그대로 둔다. 하드보드를 다시 처음 구부렸던 만큼 접게 되면 연질아크릴의 붙이지 않은 중간부분은 같이 휘게 되지만 아래쪽에 힘을 줘서 펴지게 만들면 연질아크릴판은 아래 < 그림 35 >처럼 계단형식으로 서게 된다. 이를 이용하여 연질아크릴에서 붙이지 않은 부분에 칼로 약 5mm간격으로 자르게 되면 일정한 간격으로 잘린 채로 서 있게 된다.



< 그림 34 > 측면



< 그림 35 > 정면



< 그림 36 > 정면

< 그림 37 > 측면

9. 기대효과 및 전망

가. 주변 공간을 효율적으로 관리할 수 있다.

책꽂이에 설치되는 주변 여유에 구애받지 않고 수납되는 책을 항상 서 있는 상태로 유지하면서, 책을 꺼내더라도 그 위치에 인접한 책이 빈 공간으로 기울어지거나 넘어지는 것을 방지하도록 함으로써 항상 책들이 원래 자리에 곧바로 서 있을 수 있게 되는데, 이를 통해서 책들이 쓰러지면서 생기는 불필요한 자리 채움을 방지하고 효율적인 책 수납을 가능하게 한다.

나. 책꽂이의 휴대가 가능하다.

다른 책꽂이와는 다르게 책꽂이를 접고 펼 수 있고 또 무게 자체도 가볍기 때문에 가방에 책들과 함께 넣어 다니면서 자신이 원하는 곳에 책꽂이를 펴고 사용할 수 있다. 이뿐만 아니라 책꽂이 자체의 높이와 두께가 크지 않기 때문에 높이와 두께에 제한받지 않고 설치와 사용이 간편하고 응용의 범위가 넓다. 가방에 들어갈 정도로 작은 이 책꽂이는 책장이나 책상의 어떤 조건에도 구애받지 않고 심지어 바닥에도 펴서 책꽂이로 이용할 수 있다. 책꽂이가 없는 책상이나 작업공간은 어수선하고 정돈되지 않은 분위기 때문에 주위를 산만하게 만들 수 있다. 휴대 가능한 이 책꽂이는 책장이나 원래 주로 이용하는 공간뿐만 아니라 어떤 작업공간에서도 정리 가능하고 깔끔한 환경을 만들어줄 수 있다.

다. 책꽂이의 다양한 응용

단순히 책꽂이의 기능만 가지고 책을 정리하는 것보다는 책꽂이의 역할을 하면서도 다른 기능을 추가적으로 가지고 것이 중요하다. 이 작품의 경우에는 다른 책꽂이와 다른 독특하면서도 눈에 잘 보이는 구조이다. 그렇기 때문에 주변 주의를 끌어야하 는 서점, 도서관과 같은 곳에서 아주 큰 효과를 보일 수 있다. 또한 튀어나오는 부분은 책 과함께 가장 잘 보이는 부분이기 때문에 이곳에 원래 비치되어야하는 책의 이름을 써놓으면 책 정리에 큰 효과를 볼 수 있고 **혹은 좋은 문구나 독서를 이끌 수 있는 문구의 경우에는 사람들의 독서욕구**를 이끌어낼 수 있다.

또 가정용의 경우에는 인테리어에도 큰 효과를 볼 수 있다. 예를 들면 밋밋한 책장이나 책상의 책꽂이보다는 감성적인 문구나 공부를 유도할 수 있는 문구를 이용하여 큰 시너지 효과를 낼 수 있을 것이다. 또 **돌출한 부분의 모양을 꽃 모양이라든지 여러 가지 귀여운 모습으로 꾸미면** 더 큰 매력을 지닌 책꽂이가 될 수 있다. 무엇보다 기존의 책이 쓰러지거나 북엔드만으로 해결되지 않는 책 쓰러짐 현상을 해결하여서 더 효율적이고 깔끔하며 체계적인 책 정리를 가능케하고 책 정리하는 수고를 훨씬 더 쉽도록 하게 해준다.

라. 간단한 책정리와 실용성

이 책꽂이의 가장 큰 장점은 빠른 책 정리와 수납이다. 특히 책이 많이 꽂혔다 뽑혔다. 하는 도서관이나 혹은 서점같은 경우에는 책 쓰러짐현상이 무수히 많이 일어난다. 요즘에는 대부분 책이 많이 유동하는 곳에는 눕혀놓는데 책을 눕혀놓게 되면 확실히 책의 수납 효율이 떨어지고 책의 표지에 손상이 많이 오게 된다. 이 책꽂이를 이용하게 되면 자주 사용하는 서류철 혹은 책을 읽고 싶을때만 뺏다가 다시 아무렇게나 넣어놓아도 쓰러지지 않고 곧바르게 정리 되어 있기 때문에 책 정리에 드는 시간과 수고가 덜어지게 되고 일의 능률도 올라가게 된다.

10. 과학적 원리

탄성력: 외부의 힘에 변형된 물체가 다시 원래의 형태로 되돌아가려는 성질. 이때 발생하는 힘을 탄성력이라고 한다. 모든 물건은 제각기 탄성을 가지고 있다. 이런 탄성을 확인하기 좋은 실험이 바로 진자 충돌 실험. 탄성이 높으면 물체는 충돌 등에 대해 상당한 저항력을 가지게 된다. 하지만 탄성의 한계를 넘기는 외력을 받게 되면 결국 부서지게 된다. 발명체의 경우는 막대의 탄성력이 책의 무게를 받았을 때는 가만히 늘어나거나 내려갔다가 책이 이탈할 경우 탄성력에 의해서 다시 올라가 수평적 힘을 견디게 된다. 이때 탄성력은 크게 고무와 용수철을 이용한다.

돌림 힘: 돌림 힘은 물체의 회전운동 변화를 야기 시키는 물리량이다. 공식은

$$\tau = r \times F$$

이다. 뉴턴의 법칙에 의하여 이 물체에 작용하는 힘은 없고, 돌림힘의 모멘트 합이 0일 때 평형이라고 표현한다.

질량 중심: 물체 전체의 질량의 중심점으로, 전체 질량이 질량 중심에 있는 것처럼 외부계와 작용한다. 미분 질량의 위치를 질량가중치 (미분질량/전체질량)를 곱하여 적분한 것이다. 중력이 균일한 경우 무게 중심과 같으므로, 혼용되어 쓰이기도 한다. 이때는 물체의 각 부분에 작용하는 중력을 합한 합력의 작용점을 무게 중심이라고 한다.

11.참고문헌

http://www.kipris.or.kr/khome/main.jsp 키프리스
https://www.science.go.kr/ 국립중앙과학관
http://gnse.gne.go.kr/gnse/main.do 경남 과학교육