

대한기계학회 주최

제13회 전국학생설계경진대회(2023년)

설계 최종 보고서

참가부	대학부 (O)				
참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()				
참가팀명	따신밥				
설계제목	스마트 방법 차수 시스템				
지도교수/교사	(소속) 기계공학부 (성명) 김영수 (연락처) (이메일)				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	강찬	부산대학교 기계공학부			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	강찬	부산대학교 기계공학부 / 3학년	
2	박근영	부산대학교 기계공학부 / 3학년	
3	전형준	부산대학교 기계공학부 / 3학년	
4	이명직	부산대학교 기계공학부 / 3학년	
5	한태웅	부산대학교 기계공학부 / 3학년	
6	이승훈	부산대학교 기계공학부 / 4학년	

설계 요약문

참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()
참가팀명	따신밥
설계제목	스마트 방법 차수 시스템
대표자명	강 찬
요약문	설계배경 매년 7월 상순에서 중순까지 우리나라 전역이 장마권에 들어가 많은 비가 내린다. 이 시기에 내리는 집중호우로 인해 저지대 및 상습 침수 지역의 침수 피해는 매년 많이 보고된다. 20년도 통계청의 ‘인구 주택 총조사’에 따르면 침수위험지구에 있는 반지하 가구 수는 46,946가구이다. 지난 8월, 수도권에 쏟아진 집중호우로 서울시 반지하에 거주하는 일가족이 반지하 주택에서 고정형 방법창으로 인해 탈출하지 못하여 익사하는 사고가 발생하였다. 이는 침수위험지구의 반지하 가구들이 침수로 인한 생존 위협을 받고 있음을 확인하는 계기가 되었다. 설계내용 창틀 프레임에 차수막과 방법창이 결합된 구조의 제품을 설계하였다. 차수막의 경우, 평소에는 롤러에 말려있고, 우천 시 빗물 감지 센서가 상황을 인지하고 차수막이 전개될 수 있도록 설계하였다. 방법창의 경우, 슬라이딩 방법창을 채택하였고, 수위 감지 센서가 침수 상황을 인지하면 방법창의 잠금장치가 해제되어 사용자에게 탈출로를 제공한다. 설계결과 센서가 빗물을 감지하였을 때 차수막이 전개되고, 20cm까지의 침수 상황에서 차수막의 차수 성능 및 처짐이 없다는 것을 확인하였다. 또한 수위 감지 센서가 일정 수위 이상을 감지하면 잠금장치가 해제되며 방법창을 열 수 있음을 확인하였다. 기대효과 본 설계를 통해 차수판을 직접 설치해야 하는 번거로움을 최소화한다. 또한, 차수막으로 실내에 유입되는 빗물을 막을 수 있으며 침수 상황 시 열리지 않는 현관문 대신 개폐형 방법창을 통해 거주자는 탈출로를 확보하여 외부에서의 구조 작업을 원활히 하도록 하여 인명피해를 최소화할 것으로 기대된다.
설계프로젝트의 입상 이력	해당 사항 없음

스마트 방법 차수 시스템 개발

강찬* · 이명직* · 한태웅* · 전형준* · 박근영* · 이승훈* · 김영수*[†]
* 부산대학교 기계공학부

Design of smart security window and water barrier system

Chan Kang*, Myeong-Jik Lee*, Tae-Woong Han*, Hyeong-Jun Jeon*, Geun-Young Park*,
Seung-Hun Lee* and Young-Soo Kim*[†]

* School of Mechanical Engineering, Pusan National University

Key Words: Water Barrier(차수막), Security Window(방법창)

초록: 본 설계는 자동으로 작동하는 차수막과 개폐식 방법창이 결합된 스마트 방법 차수 시스템이다. 이는 침수 상황 발생 시, 반지하 가구의 침수 피해를 방지하고 내부의 거주자에게 탈출로를 제공하는 데 목적이 있다. 본 설계는 알루미늄 프로파일로 제작한 외부 프레임, 물의 유입을 막는 타포린 차수막, 슬라이딩 방법창으로 구성되어 있다. 우천 시 센서가 빗물을 감지하면 리드 스크류 모터가 차수막을 특정 위치까지 전개하고, 알루미늄 프로파일로 제작된 바이스가 차수막을 압착시킨다. 침수 상황을 수위 센서가 감지하면 방법창의 잠금장치가 해제되고 탈출 도움문을 열어 탈출로를 확보할 수 있다. 본 제품은 우천 시 차수판을 직접 설치해야 하는 번거로움을 줄여주고, 빗물의 유입을 막으며 거주자가 탈출할 수 있어 인명피해를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: This design is smart system that combines an automatically operated barrier and an open-closed security window. The purpose of design is to prevent flooding damage to semi-underground households and to provide escape routes to inner residents in the flood. When the sensor detects rainwater, the lead screw motor deploys the water barrier to a specific position, and a vice made of aluminum profile compresses the water barrier. This product is expected to reduce the hassle of installing the water barrier, prevent the inflow of rainwater, and reduce casualties as residents can escape.

1. 서 론

일반적으로 반지하 주택은 아파트나 전원주택과는 달리, 주거 공간이 아래에 위치하고 그에 따라 현관문과 창문이 땅과 가까이 위치한 것이 특징이다. 이런 반지하 주택은 집중호우나 태풍 등 많은 비가 쏟아지면 외부에 물이 차오르다 창문을 깨고 내부에 물이 차기 시작한다. 상대적으로 높아진 내부 수압 때문에 현관문이 열리지 않아 주거자의 의사 위험이 커진다. 게다가 현관문과 창문이 상대적으로 위쪽에 위치한 일반 주택에 비해 반지하 주택은 출입이 쉽고, 내부 구조가 쉽게 보여 침입자가 들어오기 용이하며 그에 따라 주거자의 생명이 위협받는다. 고로 반지하 주택에는 방법창이 필수로 설치되는데, 주로 사용되는 고정형 방법창이 침수 상황 시, 큰 문제를 일으킨다. 지난 8월, 수도권을 비롯한 중부지방

[†] Corresponding Author, ys.kim@pusan.ac.kr

© 2023 The Korean Society of Mechanical Engineers

에는 많은 비가 내렸고, 서울시 관악구의 한 반지하에서 침수로 인해 일가족이 탈출하지 못해 익사하는 안타까운 사고가 발생했다. 현관문도 수압으로 막히고, 유일한 탈출구인 창문도 고정형 방법창으로 막혀 내부의 거주자들이 대피 적기를 놓쳐 참사가 발생했다.

본 설계는 외부 침입과 집중호우 등 침수로 인해 생명의 위협을 받는 반지하 거주자를 위해 설계하였다. 자동으로 작동하고 보관이 용이한 소재의 차수막을 통해 사전에 빗물 유입을 차단하여 침수를 방지하고, 여단을 수 있는 개폐형 방법창을 통해 평상시에는 안전하게 침입을 막아주고, 침수 상황이나 탈출이 필요한 경우에는 잠금장치를 해제하여 방법창을 열고 탈출할 수 있게 하였다. 차수막과 방법창을 하나의 창틀에 결합하여 모듈 형태로 제작하고, 어떤 반지하에도 쉽게 설치할 수 있게 제작하여 보편적으로 사용할 수 있는 ‘스마트 방법 차수 시스템’을 설계하였다.

2. 설계핵심내용

2.1 개념 설계

2.1.1 문제 상황 인식

해결이 필요한 상황을 분석해보면 다음과 같다.

- ① 실내를 보호하기 위한 구조물인 차수막과 방법창이 탈출 과정에서 오히려 걸림돌이 된다.
- ② 개폐형 방법창은 내구성이 약하며 여단은 과정에서 매번 수동으로 자물쇠를 풀고 잠가야 하기에 불편하다.
- ③ 차수막은 매번 비가 오기 전 미리 수동으로 설치해야 하거나, 분리가 어려운 일체형 방식이다.
- ④ 위급상황 시, 외부에서 차수막을 개방하거나 파손하여 탈출 공간을 확보할 때 빗물이 실내로 유입될 수 있다.

2.1.2 해결방안

위 문제를 해결하기 위해, 차수막과 방법창이 하나로 결합된 시스템을 설계할 것이다. 제품의 요구사항은 다음과 같다.

- ① 비상시에 창문을 통한 탈출 경로를 확보할 수 있으며, 좁은 반지하에서도 활용이 가능할 수 있도록 방법창은 개폐형 방식을 채택한다.
- ② 방법창을 여단을 때 잠금과 해제가 전자식으로 쉽게 작동해야 한다.
- ③ 차수막은 평상시에 말려 있어 채광을 확보하면서, 비가 오는 것을 감지하고 자동으로 작동한다.
- ④ 프레임을 설계하면서 탈출 도움문을 제작하여 차수막이 동작하고 있을 때, 실내 우수 유입을 막으면서 거주자가 탈출할 수 있다.

위 요구사항을 주요 기능부로 분류하여 아래의 **Fig. 1**처럼 제품의 기능 구조도를 작성했다.

스마트 방범 차수 시스템 개발

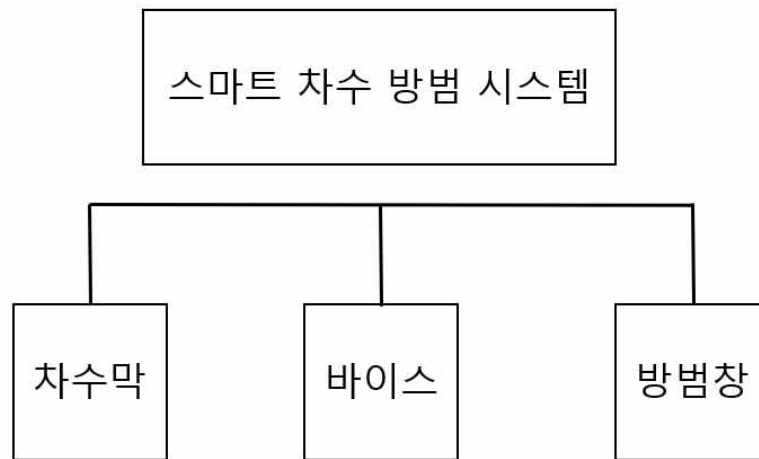


Fig. 1 Division of smart security window and water barrier system

스마트 방범 차수 시스템은 크게 차수막, 바이스, 방범창으로 나뉜다. 이때, 차수막은 기존의 단단한 차수판을 대체하는 유연한 재료를 이용하여 물의 유입을 막는 장치이다. 바이스는 유연한 차수막을 고정하여 보조할 수 있는 장치이다. 방범창은 외부로부터 내부를 보호하는 장치이다.

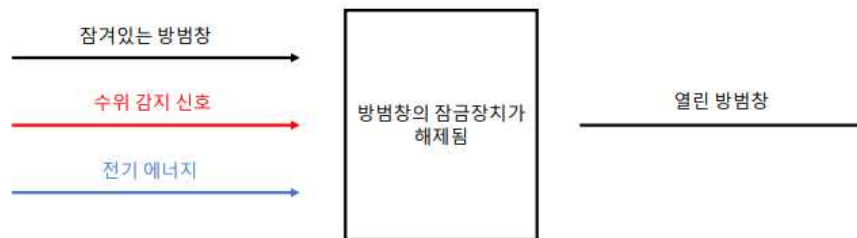


Fig. 2 Structural map of security window

Fig. 2는 방범창의 기능 구조도이다. 평상시에는 방범창이 잠겨 있으며, 수위 감지 센서로부터 외부 상황, 즉 침수 상황에 대한 정보를 전달받으면 방범창의 전자식 잠금장치가 해제되고 방범창을 개방할 수 있다.

Fig. 3과 **Fig. 4**는 차수막과 바이스의 기능 구조도이다. 센서로부터 빗물 감지 신호를 받으면 조작 신호를 통해 차수막 모터가 작동한다. 차수막 모터가 작동하면 롤러에 감긴 차수막이 상승하며 전개된다. 정해진 위치까지 상승하면 이동 완료 신호를 피드백한다. 이후 바이스 모터가 작동하여 바이스가 차수막 끝부분을 압축시켜 고정하도록 한다. 이후 신호를 받기 전까지 대기한다.

비가 그친 뒤, 센서로부터 신호를 전달받아 바이스 모터가 작동하여 바이스가 차수막의 물림을 해제하고 차수막 모터가 작동하여 차수막이 하강한다.

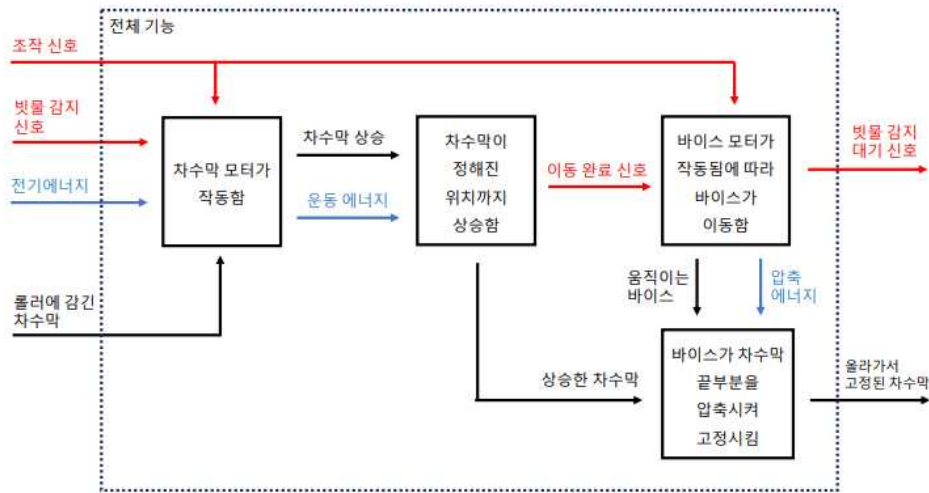


Fig. 3 Structural map of water barrier system (ON)

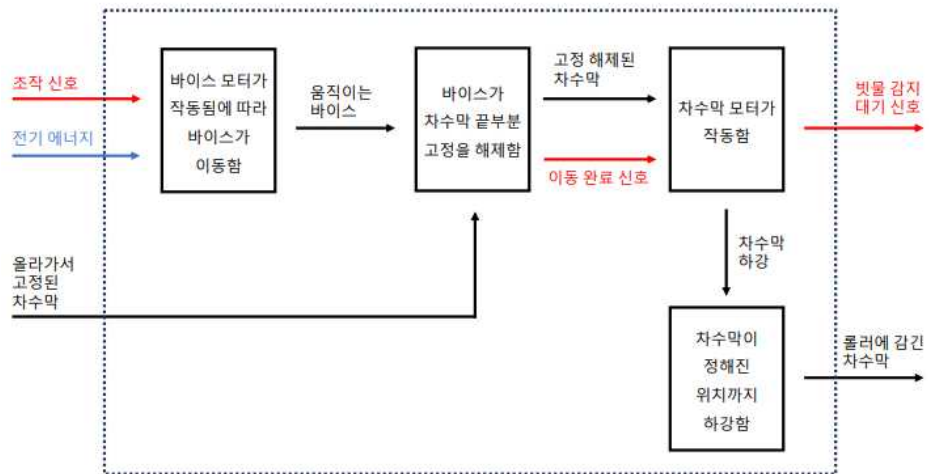


Fig. 4 Structural map of water barrier system (OFF)

2.1.3 기존 특허 분석

(1) 기존 차수판 특허

차수판은 고정형과 자동형으로 나뉜다. 현재 반지하 가구에서 가장 많이 쓰이는 차수판은 고정형으로 Table 1과 같다. 이는 차수판과 고정대로 구성되어있다. 고정대에 차수판을 꽂아 넣은 뒤 수동으로 볼트나 클램프로 고정하여 빗물의 유입을 막는 방식이다.

스마트 방법 차수 시스템 개발

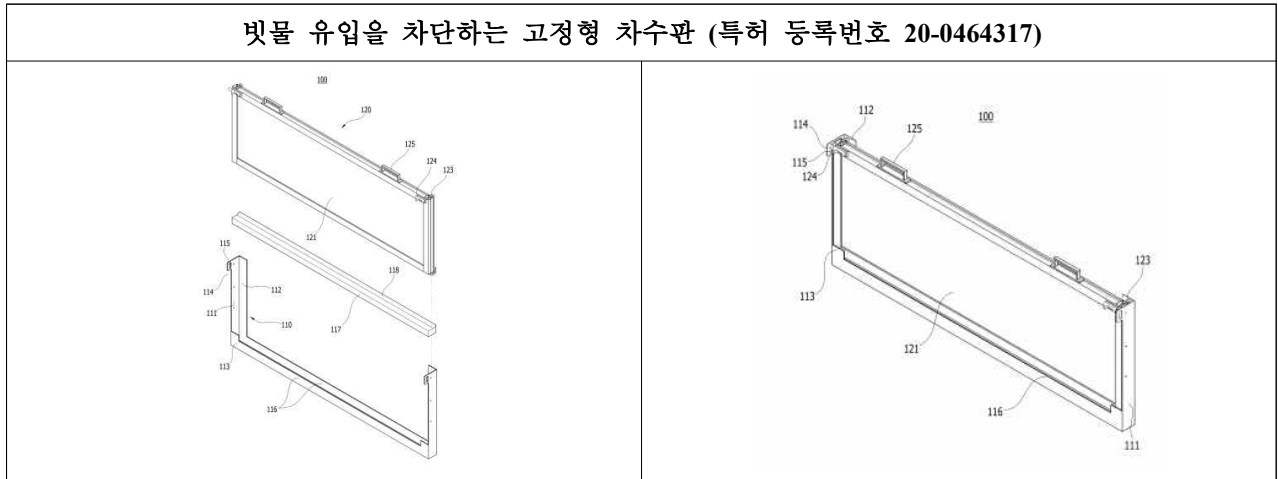


Table 1 Previous patent of fixed water plate

자동형 차수판은 여러 작동 방식이 존재하지만, 시중에서 가장 많이 사용되는 차수판 형태는 **Table 2** 과 같다. 바닥 상승 식 차수 장치는 차수판이 평상시에는 출입구 바닥 면에 형성된 인입홈에 놓혀져 있다가 차수 시 하단부에 구비된 회전축을 중심으로 회전하여 일어선 상태가 되어 건물 출입구를 차수할 수 있도록 하는 장치이다. 놓혀져 있는 차수판이 세워지는 구조라 차수판의 세로 길이만큼 회전해야 할 공간이 필요하고, 그에 따라 장치가 차지하는 부피가 크다.

엎다운 스윙식 차수 장치의 경우, 여닫이 형태로 회전하여 출입구를 막아 차수를 하는 장치이다. 앞서 언급했던 바닥 상승 식 차수 장치와 마찬가지로 차수판이 회전하지만, 차수판이 열릴 공간이 필요하여 장치의 부피가 크고 차수판이 외부에 드러난다는 특징이 있다.

마지막으로 자동 차수판을 구비한 소화 시스템은 앞서 언급한 두 차수판과는 다르게 물을 막는 제품이 아닌 화재 시 방출되는 독성물질이나 소화약제를 막기 위한 차수판이며, 출입구 하부를 가로질러 수 밀되도록 차단하는 구조의 차수판이 설치된다. 마찬가지로 차수판이 회전하여 닫히는 방식에 공간이 적합해야 하고 다른 차수판 구조에 비해 회전하는데 필요한 토크가 높아 고사양의 모터가 요구된다.

바닥 상승식 차수 장치 (특허 등록번호 10-1664327)	엎다운 스윙식 차수 장치 (특허 등록번호 10-1698463)	자동 차수판을 구비한 소화 시스템 (특허 등록번호 10-1450249)
--	---	--

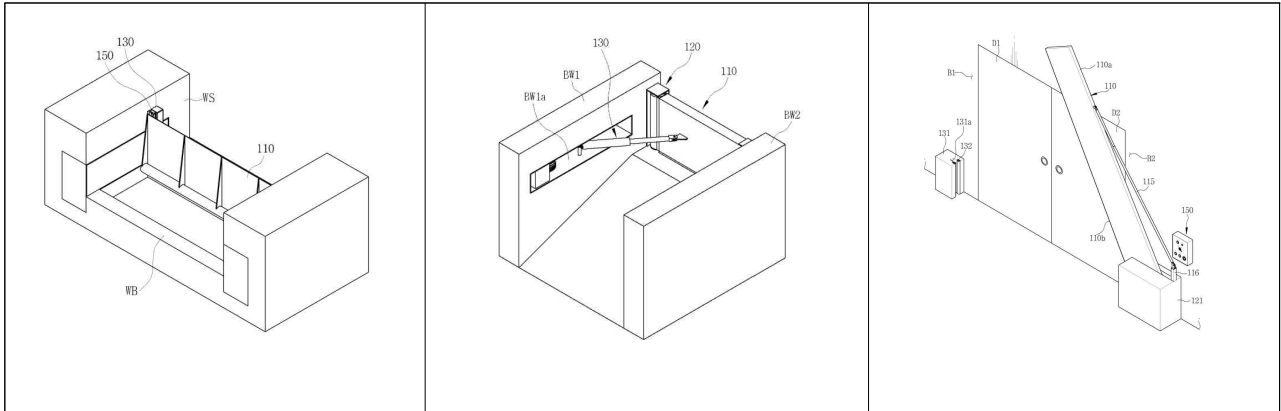


Table 2 Various types of water plate

앞선 차수판의 특허는 모두 단단한 재질의 차수판을 이용하여 차수하는 방식이며, 자동형 차수막의 핵심 메커니즘을 롤러에 감긴 차수막을 바닥에서 위로 전개하는 방식을 채택하여 기존 특허들과 차별화된 전략을 가져갈 것이다.

(2) 기존 슬라이딩 방법창 특허

기존 특허로 등록된 슬라이딩 방법창의 경우, 평소 고정되어 있던 방법창의 고정 부재를 해제하면 방법창을 아래로 슬라이딩할 수 있어 탈출 공간을 만드는 구조이다. 또한 좌우로도 방법창이 움직일 수 있어 탈출 공간을 더 확보할 수 있다. 다만 이를 반지하 창문에 적용할 경우, 방법창 이동부가 위에서 아래로 내려오는 구조라 방법창 하단부 1/3 지점은 항상 방법창으로 막혀있고, 그에 따라 내부의 거주자가 외부로 탈출하는 데에 어렵다는 단점이 있다. 또한 내부에서 가장 상단의 방법창을 내리는 것은 위치가 높아 어려우며 거주자가 외부로 탈출하기 위해선 방법창을 좌우로 움직여 탈출하는 것이 훨씬 용이하다는 것을 알 수 있다. 그래서 본 설계에서는 기존의 특허에서 단점이었던 슬라이딩 방식을 개선하고, 수위 센서가 접목된 자동 잠금장치를 부착한 새로운 방법창을 개발하여 차별화된 전략을 가져갈 것이다.

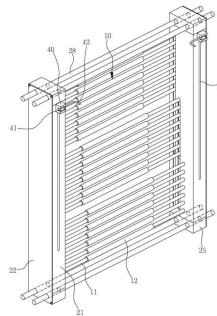


Fig. 5 Previous patent of open-and-close security window

2.1.4 시스템 개념설계

본 설계에서 차수막 재질, 차수막 상승 방식, 그리고 바이스 작동 방식을 분류하여 서술하였다.

스마트 방법 차수 시스템 개발

(1) 차수막 재질

우선 차수막 재질은 아래의 두 조건을 만족해야 한다.

- ① **유연성** : 롤러에 감을 수 있도록 유연해야 한다.
- ② **방수성** : 우수의 유입을 막을 수 있어야 한다.

이 두 가지 조건을 만족하는 차수막 재질로 **Table 3**와 같이 세 가지 재질을 선정하였다. 각 재질의 특징은 다음과 같다.

		
① 실리콘 고무	② 타포린	③ PVC

Table 3 Materials of water barrier

① **실리콘 고무** : 다양한 산업 및 응용 분야에서 사용되는 재료이다. 탄성이 있으며 내열성, 내구성이 강하며 표면 마찰력이 강하다. 가격이 비싸다는 특징이 있다.

② **타포린** : 방수 및 방풍 목적으로 사용된다. 방수가 가능하며 내구성이 뛰어나고 장기간 사용해도 변형이 적다. 다용도로 활용 가능하며 저렴하고 가볍다.

③ **PVC** : 방수가 가능하며 가볍고 가공이 쉬우며 가격이 저렴하다, 다만 고온에 취약하여 한여름철 사용 시 변형될 수 있다.

차수막의 재료를 선정할 때는 단순히 인장으로 인한 최대 전단 응력뿐만 아니라 사용 환경을 고려해야 한다. 차수막의 선정에서 추가로 고려해야 할 조건은 **차수 성능**과 **무게**이다. 또한 모든 재료가 유연하고 감겨있으므로 공간 활용성은 평가 항목에서 제거하였다. 이를 고려한 여러 가지 재료를 선정하여 1~5점으로 각각의 성능에 대해 가중치를 부여한 점수를 매겨 최적의 재료를 선정하였다.

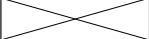
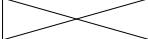
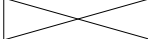
NO	평가항목	가중치	실리콘 고무		타포린		PVC	
								
1	경제성	1.2	2	2.4	4	4.8	5	6
2	제조 용이성	0.6	1	0.6	5	3	4	2.4
3	설계 신뢰성	3	2	6	5	15	1	3
4	내구성	1.6	5	8	3	4.8	3	4.8
5	차수 성능	3	5	15	4	12	4	12
6	무게	0.6	1	0.6	5	3	4	2.4
	총점	10						
			32.6		42.6		30.6	

Table 4 Selection of water barrier material

차수막 설계과정에서 중요하다고 여겨지는 특성이 설계 신뢰성과 차수 성능이라고 판단하여 높은 가중치를 부여하였다, 그 외의 내구성, 경제성, 무게, 그리고 제조 용이성 순으로 중요도가 떨어진다고 생각하여 표와 같이 가중치를 부여했다. 평가 결과, 내구성은 조금 떨어지지만 높은 설계 신뢰성과 준수한 차수 성능을 가진 **타포린**을 차수막 재질로 선정하였다.

(2) 차수 시스템 작동 방식

차수 시스템 작동 방식은 **Table 5**와 같이 두 가지 방식을 고려하였다. 다관절 방식은 길거리에서 쉽게 볼 수 있는 ‘스마트 그늘막’의 구조를 참고하여 고안하였고, 리드 스크류 방식은 3D 프린터의 베드가 상승하는 방식을 참고하여 고안하였다. 각 방식의 특징은 다음과 같다.

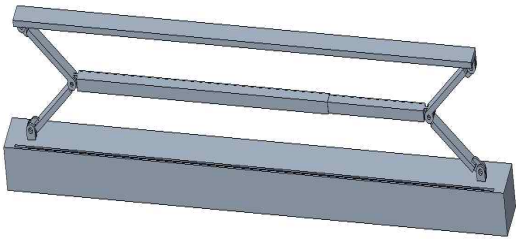
	
① 다관절 방식	② 리드 스크류 방식

Table 5 Operation methods of water barrier system

① 다관절 방식 : 차수막이 연결된 플레이트 하단 양쪽의 축이 모터에 의해 상승하면 각 조인트에 연결된 다른 링크들이 연쇄적으로 움직여 결과적으로 플레이트가 상승하는 방식이다. 여러 개의 링크로 구성된 이 방식은 수압에 의한 하중이 분산되어 안정적이나 제작이 어렵고 고장의 가능성이 높다는 특징이 있다.

② 리드 스크류 방식 : 리드 스크류를 통해 플레이트에 고정된 너트를 위로 상승시켜 결과적으로 플

스마트 방법 차수 시스템 개발

레이트를 상승시키는 방식이다. 오로지 스크류로 플레이트를 올려야 해서 플레이트가 불안정하게 올라가고 리드 스크류에 많은 하중이 가해지지만 설계나 제작이 간편하고 고장이 나도 수리가 쉽다는 특징이 있다.

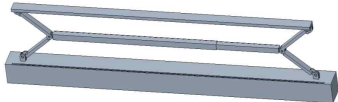
NO	평가항목	가중치	다관절 방식		리드 스크류 방식	
						
1	경제성	1.0	4	4	3	3
2	제조 용이성	1.0	2	2	4	4
3	설계 신뢰성	2.5	2	5	4	10
4	내구성	2.5	4	10	3	7.5
5	보수 용이성	2.0	2	4	4	8
6	작동 속도	1.0	4	4	3	3
총 점		10		29		35.5

Table 6 Selection of operation method of water barrier system

차수 시스템의 상승 방식에서 핵심은 차수막이 원하는 위치까지 정확하게 전개되고, 그 위치에서 고정되어 있어야 한다. 이러한 이유로 경제성 및 작동 속도보다는 **설계 신뢰성과 내구성**에 높은 가중치를 부여하였다. 그리고 이는 모터로 구동되기에 다른 부품들에 비해 마모율이 높아 제조 용이성보다 **보수 용이성**에 높은 가중치를 부여하였다. 위 평가항목에 대해 두 방식을 평가한 결과, 총점이 더 높은 **리드 스크류 방식**을 채택하였다.

차수막이 고정된 플레이트에 너트를 고정하고 리드 스크류를 스테핑 모터를 통해 회전시켜 플레이트를 상승시키는 방식으로 설계할 것이다. 또한 리드 스크류 하나만으로 플레이트를 상승시키면 플레이트가 불안정할 수 있으므로 플레이트가 좌우로 흔들리지 않게끔 구조를 설계할 것이다.

(3) 바이스 작동 방식

유연한 차수막이 외부의 유수를 완전히 차단하기 위해선 양옆과 아래쪽의 뚫려있는 부분을 막아야 한다. 이를 위해 바이스의 원리를 채택하였다. U자 형태로 한 쌍의 바이스를 제작하고 이 둘이 차수막의 앞뒤에서 서로를 압착해야 한다. 그리고 바이스가 수평으로만 이동해야 한다. 이를 구현하기 위한 동작 원리로 다음과 같이 두 가지 방식이 있다.

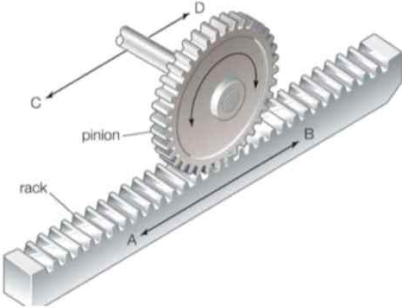
	
① 랙 & 피니언 이동	② 리드 스크류 이동

Table 7 Operation methods of vise

바이스 방식의 경우, 두 가지 방식을 고안하였다. 랙과 피니언을 바이스에 설치하여 차수막을 압착시키는 방식과 리드 스크류를 이용하여 바이스로 차수막을 압착시키는 방식이다. 두 방식을 앞서 차수막 재질 선정과 마찬가지로 각 평가항목과 그 가중치를 고려하여 총점을 매겨 최적의 방식을 선정하였다. 다만 차수막 선정 과정에서 고려한 차수 성능과 무게 대신 보수 용이성과 차수막 고정력을 추가로 고려해야 한다.

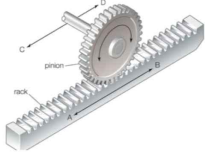
NO	평가항목	가중치	랙&피니언 방식		리드 스크류 방식	
						
1	경제성	1.0	2	2	4	4
2	제조 용이성	1.0	3	3	4	4
3	설계 신뢰성	2.0	3	6	5	10
4	내구성	2.0	4	8	3	6
5	보수 용이성	2.0	3	6	4	8
6	고정력	2.0	5	10	3	6
총 점		10	35		38	

Table 8 Selection of operation methods of vise

바이스 방식의 경우, 차수의 대부분을 가담하고 있기에 경제성보다는 설계 신뢰성, 보수 용이성에 더 큰 가중치를 부여하였다. 또한 모터에 의해 구동되기에, 다른 부품들에 비해 마모율이 높아 제조 용이성에 비해 내구성에 큰 가중치를 부여하였다. 위 평가항목과 각 항목당 가중치를 고려하여 평가한 결과, 고정력은 조금 떨어지지만, 나머지 항목에서 더 좋은 평가를 받은 리드 스크류 방식으로 바이스를 작동시키는 것이 더 적합하다고 판단된다.

스마트 방법 차수 시스템 개발

① 랙 & 피니언 이동 방식 : 피니언을 모터와 연결한다. 신호를 받고 모터가 돌아가면 피니언이 회전한다. 이때 회전 방향에 따라 랙이 앞뒤로 직선 운동한다. 바이스의 이동부와 랙을 연결한 후 차수막에 랙의 직선 운동을 이용하여 바이스의 고정부에 이동부가 압착되도록 만든다. 이후 빗물이 더 이상 감지되지 않으면 모터를 반대 방향으로 회전시켜 랙을 후진시켜 방식으로 이동부를 고정부로부터 후퇴시킨다.

② 리드 스크류 이동 방식 : 회전운동을 직선 운동으로 바꾸는 것은 랙 & 피니언과 동일하다. 모터와 연결된 스크류가 회전하면 스크류에 연결된 너트가 스크류의 리드선을 따라 이동한다. 바이스의 이동부에 너트를 고정하고 모터를 회전시켜 너트와 연결된 이동부가 직선 운동하여 고정부와 압착된다. 이후 빗물이 더 이상 감지되지 않으면 모터를 반대 방향으로 회전시켜 이동부를 뒤로 움직이게 만들어 고정부로부터 멀어지게 만든다.

(4) 방법창과 잠금 장치

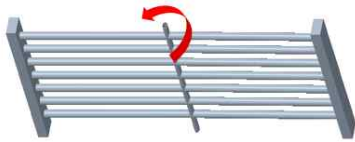
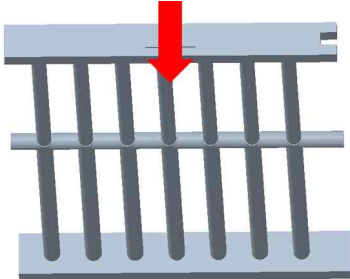
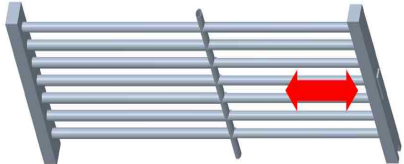
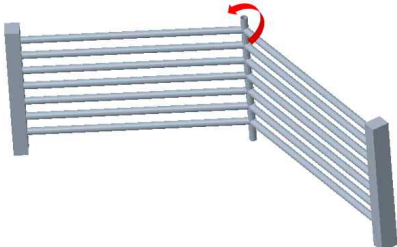
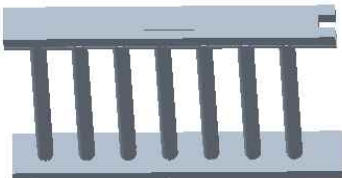
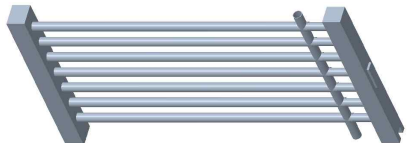
		
		
① 스윙형	② 상하 슬라이딩 이동	③ 좌우 슬라이딩 이동

Table 9 Operation methods of open-close security window

방법창은 크게 고정부와 이동부로 나뉘어진다. 고정부의 경우, 프로파일 프레임에 나사로 튼튼하게 고정하여 외부의 침입을 막고자 하였다, 이동부를 동작 원리로 나누면 ① 스윙형, ② 상하 슬라이드형, ③ 좌우 슬라이드형이 있다.

① 스윙형 : 스윙형 방법창의 경우, 문을 열 듯이 방법창을 여는 방식이다. 힌지 역할을 하는 축을 기준으로 이동부가 회전하여 방법창을 개폐하며 구조가 상대적으로 간단하며 작동 반경이 크다는 특징이 있다.

②, ③ 슬라이딩형 : 상하 슬라이딩 방식과 좌우 슬라이딩 방식의 경우, 방법창 고정부는 방법창 창살이 중공 축으로, 방법창 이동부의 창살이 중실축으로 설계되어 방법창 이동부의 창살이 방법창 고정부의 창살에 슬라이딩하여 내부로 들어가 개폐하는 방식이다. 작동 반경이 작아 공간 활용성이 좋다.

전자식 잠금 방식은 주로 솔레노이드 모터를 이용한다. 잠금 방식은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

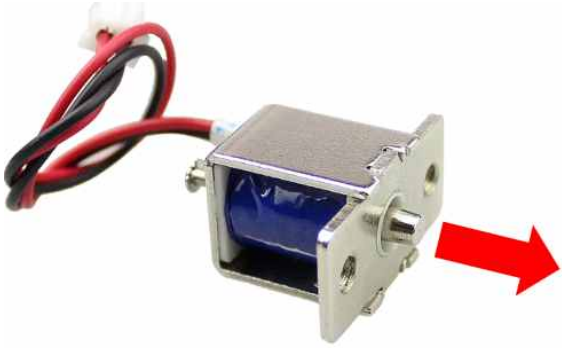
 A photograph of a silver-colored deadbolt lock mechanism. It has a blue internal component and a red arrow pointing to the right, indicating the locking direction.	 A photograph of a black hook lock mechanism. A red circle highlights the silver-colored hook and its internal components.
① 데드볼트 잠금	② 고리 잠금

Table 10 Locking methods

데드볼트 잠금 방식은 Table 10의 좌측 화살표 방향으로 원기둥 형태의 데드볼트가 튀어나와 반대 방향의 홈이나 구멍에 맞춰지면 잠금이 되는 방식이다. 주로 현관문이나 방문 등 축에 대해 회전하는 문에 자주 사용되는 방식이며 튼튼한 잠금을 제공한다. 고리 잠금 방식은 Table 10의 우측 그림을 보면 고리와 잠금 장치가 결합되어 잠금이 되는 방식이다, 이 방식은 주로 문이 단방향으로 움직일 때 사용되는 잠금 장치이다.

방법창은 이동부와 잠금 방식에 따라서 동작원리를 분석했다. 잠금 방식의 경우 데드볼트 잠금 방식과 고리 잠금 방식이 있는데, 데드 볼트 방식의 경우 스윙형 방법창에 적합하고, 고리 잠금 방식의 경우 슬라이딩 이동 방법창에 적합하다. 따라서 각각을 묶어서 평가한다.

스마트 방법 차수 시스템 개발

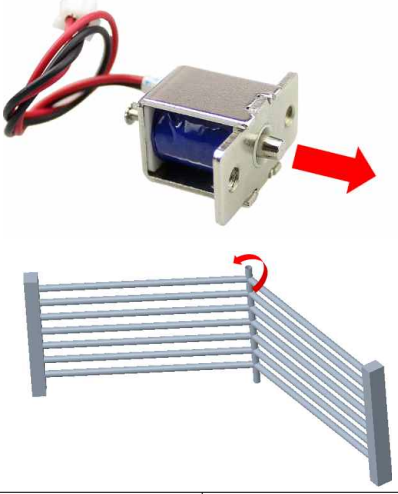
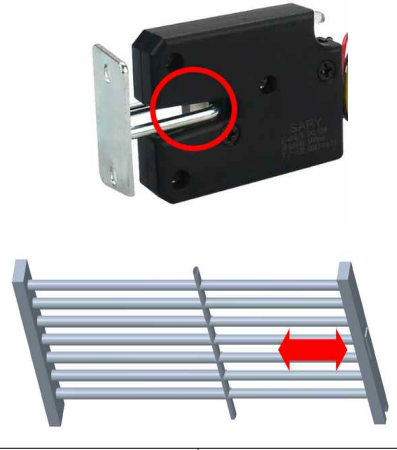
NO	평가항목	가중치	스윙형 방법창, 데드 볼트 잠금		슬라이딩 방법창, 고리 잠금	
						
1	경제성	1.0	4	4	4	4
2	제조 용이성	2.0	2	2	4	8
3	설계 신뢰성	2.0	2	4	2	4
4	공간 활용성	3.0	1	3	4	12
5	내구성	2.0	4	8	4	8
총 점		10	21		36	

Table 11 Selection of locking methods

방법창의 경우 제작 방식에 따른 가격 차이가 크지 않다, 데드락 잠금 방식과 고리 잠금 방식 모두 솔레노이드 모터를 사용한 방식으로 가격이 비슷하다. 내구성과 설계 신뢰성도 두 방식에 따라 차이가 발생하지 않다고 평가했다. 하지만 사용 환경을 고려했을 때, 방법창의 경우 열림 방식에 따른 가동범위를 중요하게 고려해야 하기에 공간 활용성을 크기 주었다. 이런 조건으로 평가 총점을 비교한 결과 슬라이딩형과 고리 잠금 방식을 선정했다.

(5) 프레임 구조

차수막이 작동하고 있을 때는 공간적 제약이 발생하므로 이를 해결하기 위한 탈출 방식을 생각해야 한다. 이를 위해 두 가지의 동작 원리를 탐색하였다. 또한 이 구조의 명칭을 ‘탈출 도움문’이라 정의한다.

① 슬라이딩 탈출 도움문 : 레일을 이용하여 프레임을 수평으로 이동할 수 있게 만드는 장치이다. 프레임은 각각 고정된 부분과 움직이는 부분으로 나뉜다. 고정된 프레임에는 빈 공간을 만들고 움직이는 프레임은 그 공간에 충분히 드나들 수 있도록 작게 설계한다. 이후 프레임에 레일을 설치하여 원활한 수평운동을 보장한다. 이렇게 되면 반지하 거주자는 탈출 도움문을 옆으로 밀어 탈출 공간을 확보할 수 있다.

② 힌지 탈출 도움문 : 프레임의 윗부분을 두 개로 나눈다. 이후 한쪽 면은 옆면과 고정하고 다른 쪽은 고정하지 않는다. 고정되지 않은 면과 고정된 면을 윗부분에 힌지를 이용하여 서로 연결한다. 이때 힌지를 아래쪽이 아닌 위쪽에 설치하여 고정되지 않는 프레임이 위로 열릴 수 있게 한다. 이렇게 되면 반지하 거주자는 탈출 도움문을 위로 밀어 열어 탈출 공간을 확보할 수 있다.

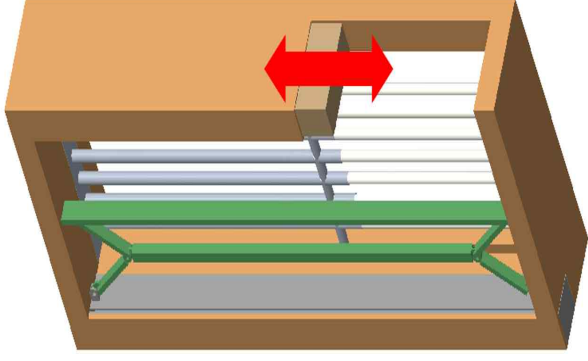
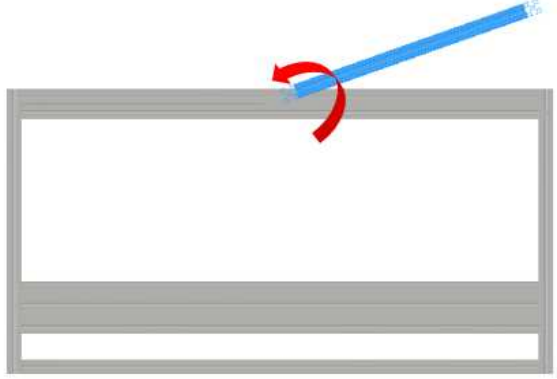
	
① 슬라이딩 탈출 도움문	② 힌지 탈출 도움문

Table 12 Operation methods of escape door

2.2 상세 설계

2.2.1 프레임 설계

앞서 정한 세부 기능들을 포함할 수 있는 프레임을 설계해야 한다. 반지하 가구의 창문은 규격화가 되어있지 않다. 따라서 제품의 효용성과 동작을 확인하기 위한 프로토타입의 규격을 (1080X260X570)으로 지정하였다.

현재 주요 기능부는 ① 차수막 ② 바이스 ③ 방법창 ④ 탈출 도움문이다. 이 기능들을 모두 장착할 수 있도록 하나하나 대략적인 위치 지정이 필요하다. 첫째, 차수막의 기능을 포함할 수 있도록 프레임 하부에 차수막이 감겨있는 롤러와 전자 부품들이 들어갈 수 있는 컨트롤 박스가 들어갈 공간이 필요하다. 둘째, 바이스는 차수막이 올라올 때 이를 앞뒤로 밀착하여 압력을 줄 수 있어야 하므로 중앙부에 위치해야 하며 이를 위한 공간을 예상하고 설계해야 한다. 셋째, 방법창은 프레임의 중앙부에 위치하며 차수막, 바이스의 후방에 위치해야 한다. 마지막으로 탈출 도움문은 프레임 상부에 위치하여 차수막이 작동 중일 때에도 탈출할 수 있는 공간을 확보하도록 할 것이다.

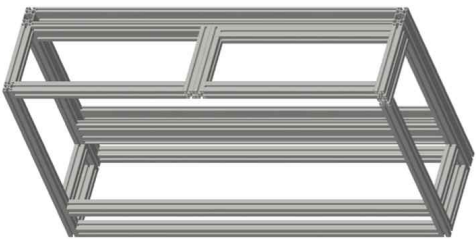
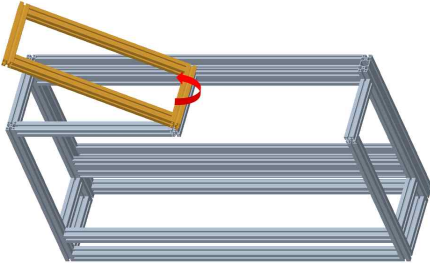
명칭	프레임	탈출 도움문
모델링		

Table 13 Design of frame

2.2.2 플레이트

(1) 플레이트 형상 및 재질

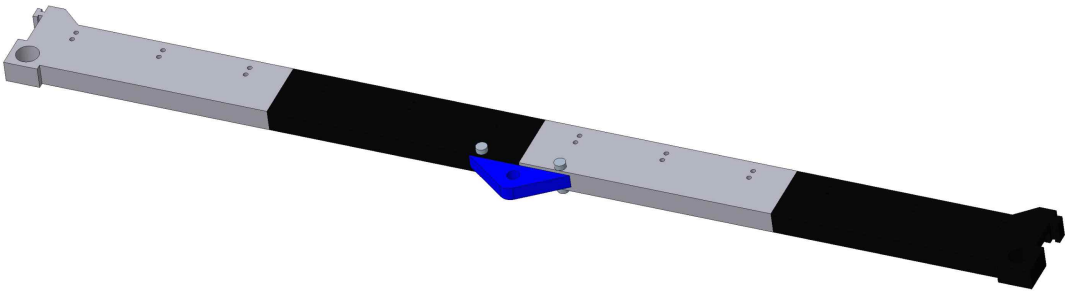
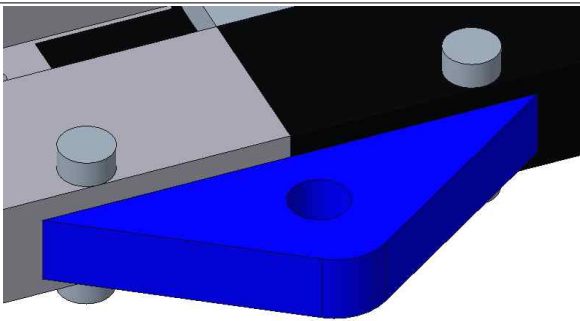
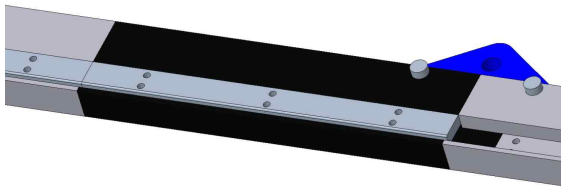
플레이트 전체형상	
	
가이드 플레이트	
	
리드 스크류 체결부품	차수막 체결
	

Table 14 Design of plate

차수막을 끌어올리는 본체가 되는 플레이트는 위 그림과 같은 형상으로 제작하였다. 우선 플레이트 중간에 긴 홈을 만들어 두었다. 플레이트와 가이드 플레이트 사이에 차수막을 삽입 후 두 플레이트를 볼트와 너트로 체결하였다. 그 후 차수막을 올려주는 리드 스크류의 너트와 체결되는 부품을 따로 제작하여 플레이트와 결합하였다. 수압으로 인해 리드 스크류가 받을 하중을 분산시켜 주기 위하여 후에 서술할 바이스 고정부에 끼울 수 있도록 플레이트 양옆에 T자 모양의 형상을 설계하였다.

위와 같이 플레이트의 경우 형상이 복잡하여 해당 형상의 부품을 찾기 힘들고, 차수막의 체결 및 수직 이송이 목적이기에 비교적 가볍고 경제성이 좋은 PLA를 사용하여 3D프린터로 제작하였다. 3D프린트 특성상 길이가 긴 부품을 한 번에 제작할 수가 없기 때문에 Table 15의 4개의 부품들을 제작한 후 체결하였다.

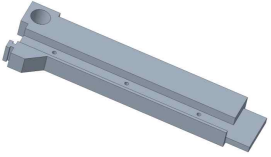
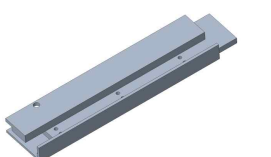
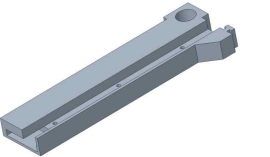
플레이트 1	플레이트 2	플레이트 3	플레이트 4
			

Table 15 Detailed design of plate

(2) 플레이트 모터 선정

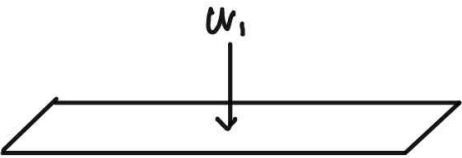
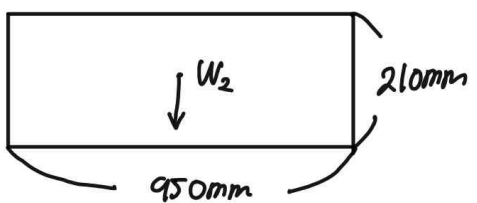
플레이트	상승한 차수막
	

Table 16 Free body diagram of water barrier & plate

W_1 : 플레이트 무게 (PLA, INFILL 70%)

PLA 밀도 = $1.25g/cm^3$

$V = 839656 mm^3 = 839.656 cm^3$ (V=Plate의 부피)

$W_1 = 734.699 g$ ($W_1 = V * \rho$, W_1 =Plate의 질량)

W_2 : 상승한 차수막(타포린) 무게

스마트 방법 차수 시스템 개발

$$A = 95cm * 21cm = 1995cm^2 \text{ (A=올라온 차수막 너비)}$$

$$W_2 = 39.375g \text{ (} W_2 \text{=차수막 질량)}$$

F_2 : 태엽스프링의 탄성력

$$F_s = 0.526N = 0.0536kg$$

탄성력은 차후에 서술되는 롤러에서 설명할 것이다.

$$\text{설계 토크} = (\text{물체의 무게} * \text{리드스크류 피치}) / (\text{효율} * 2\pi)$$

$$\text{축 하중 } F = W_1 + W_2 + F_s = 788.299g \text{ / 피치 } p = 2mm \text{ / } \eta = \frac{1 - \mu * \tan \alpha}{1 + \mu / \tan \alpha} \text{ / } \alpha = \arctan(p / (\pi * d_e))$$

$$\text{리드 스크류 마찰계수 } \mu = 0.1 \text{ / 유효지름 } d_e = 7mm$$

$$\alpha = 5.2^\circ \text{ / } \eta = \frac{1 - 0.1 * \tan(5.2)}{1 + 0.1 / \tan(5.2)} = 0.472$$

$$\text{설계토크 } T = \frac{Fl}{2\pi\eta} = \frac{(0.788299 * 2)}{2\pi * 0.472} = 0.5316kg \cdot mm = 0.05316kg \cdot cm$$

주어진 모터의 정격토크 $0.42kg \cdot cm \geq 0.05316kg \cdot cm$ 이므로 만족한다.

2.2.3 롤러

(1) 롤러 형상 및 재질

롤러는 차수막이 말려있게 하는 장치이다. 롤러 본체, 태엽 스프링 케이스 2개, 롤러 홀더 2개로 구성되어 있다. 롤러 본체는 길이 900mm, 직경 50mm의 기다란 원통 형상이다. 평상시에는 롤러 본체에 차수막이 감겨있으며 본체와 차수막은 직결 피스로 결합되어 있다. 태엽 스프링은 롤러 홀더의 중심부에 있는 얇은 틈으로 결합되며 태엽 스프링은 케이스에 담겨 있고, 케이스는 롤러 본체와 직결 피스로 고정되어 있다. 강우 시, 플레이트에 의해 차수막이 위로 이송되게 되면 롤러 본체는 회전하면서 말려있는 차수막은 서서히 풀리게 된다. 이때 본체 내부에 있는 태엽 스프링에 의해 초기지점으로 복원하려는 탄성력이 발생한다. 강우가 끝나고 다시 차수막이 하강 시, 롤러 본체가 탄성력으로 이전과 반대로 회전하며 차수막을 다시 감는다.

롤러 또한 PLA 재질을 이용하여 3D프린터로 제작하였는데, 차수막의 무게가 상당히 가볍고 태엽 스프링의 탄성력 또한 강하지 않기 때문에 롤러 본체와 홀더가 감당하는 하중이 적다. 따라서 싸고 가벼우며 쉽게 제작이 가능한 PLA를 선정하였다. 3D프린터는 출력 크기가 제한되어 있기에 롤러 본체를 3개의 파트로 나눠 출력 후 조립하였다.

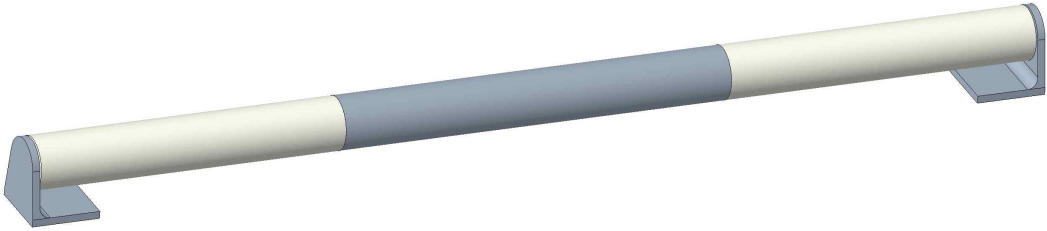
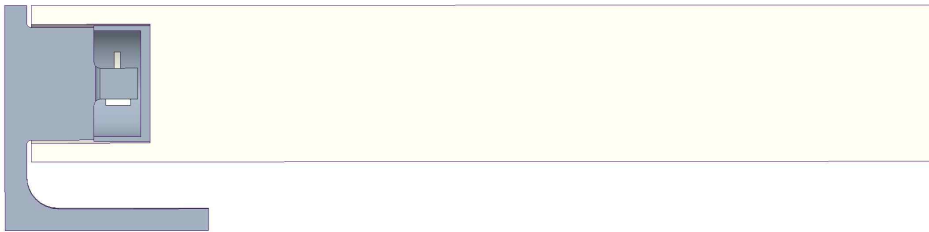
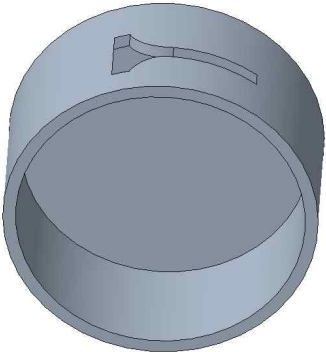
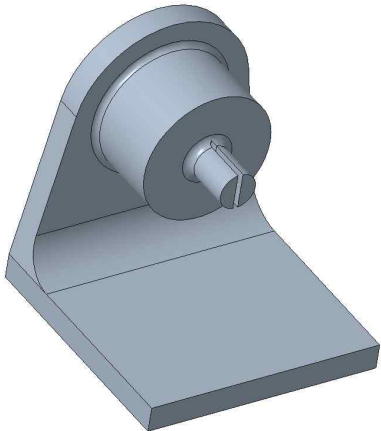
롤러 전체형상	
	
롤러 단면	
	
태엽 스프링 케이스	롤러 홀더
	

Table 17 Design of roller

스마트 방법 차수 시스템 개발

롤러 part 1	롤러 part 2	롤러 part 3
		

Table 18 Detailed design of roller

(2) 태엽 스프링 선정

롤러에 들어가는 태엽 스프링의 경우 아래와 같은 계산으로 탄성력을 구하였다.

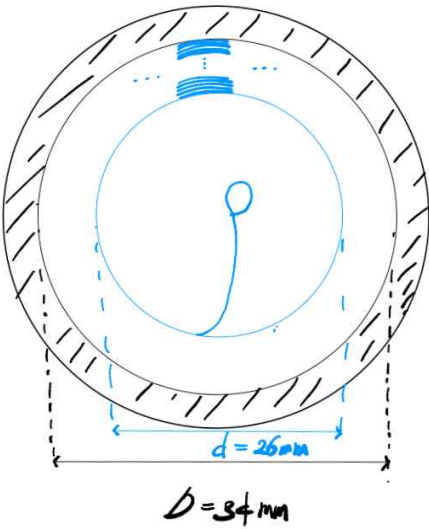
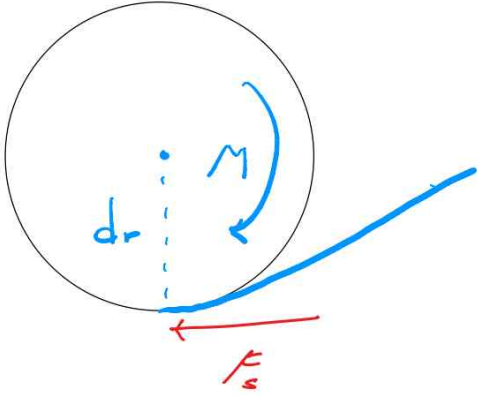
태엽스프링	롤러
	

Table 19 Reel spring and roller diagram

외경 $D=34\text{mm}$, 내경 $d=26\text{mm}$, 감긴 횟수 $n=28$, 스프링 폭 $b=13.5\text{mm}$, 스프링 두께 $t=0.2\text{mm}$

$$\text{태엽스프링의 길이 } L = \frac{\pi n (D + d)}{2} = 2639\text{mm}$$

$$\text{태엽스프링의 스프링 상수 } k = \frac{Ebt^3}{12L} = 0.6394\text{ N} \cdot \text{mm}$$

플레이트의 동작범위는 20cm이므로 차수막도 20cm가 올라가게 된다. 따라서 직경 $d_r=50\text{mm}$ 인 롤러 본체는 $\frac{20}{5\pi} \times 2\pi = 8\text{rad}$ 회전을 하게 된다. 거기에 더해 2바퀴를 회전시켜 스프링 탄성력이 걸린 상태로 조립 할 예정이기 때문에 자유위치에서 총 $\theta = 6.54\pi \text{ rad}$ 을 회전되는 상태다. 따라서,

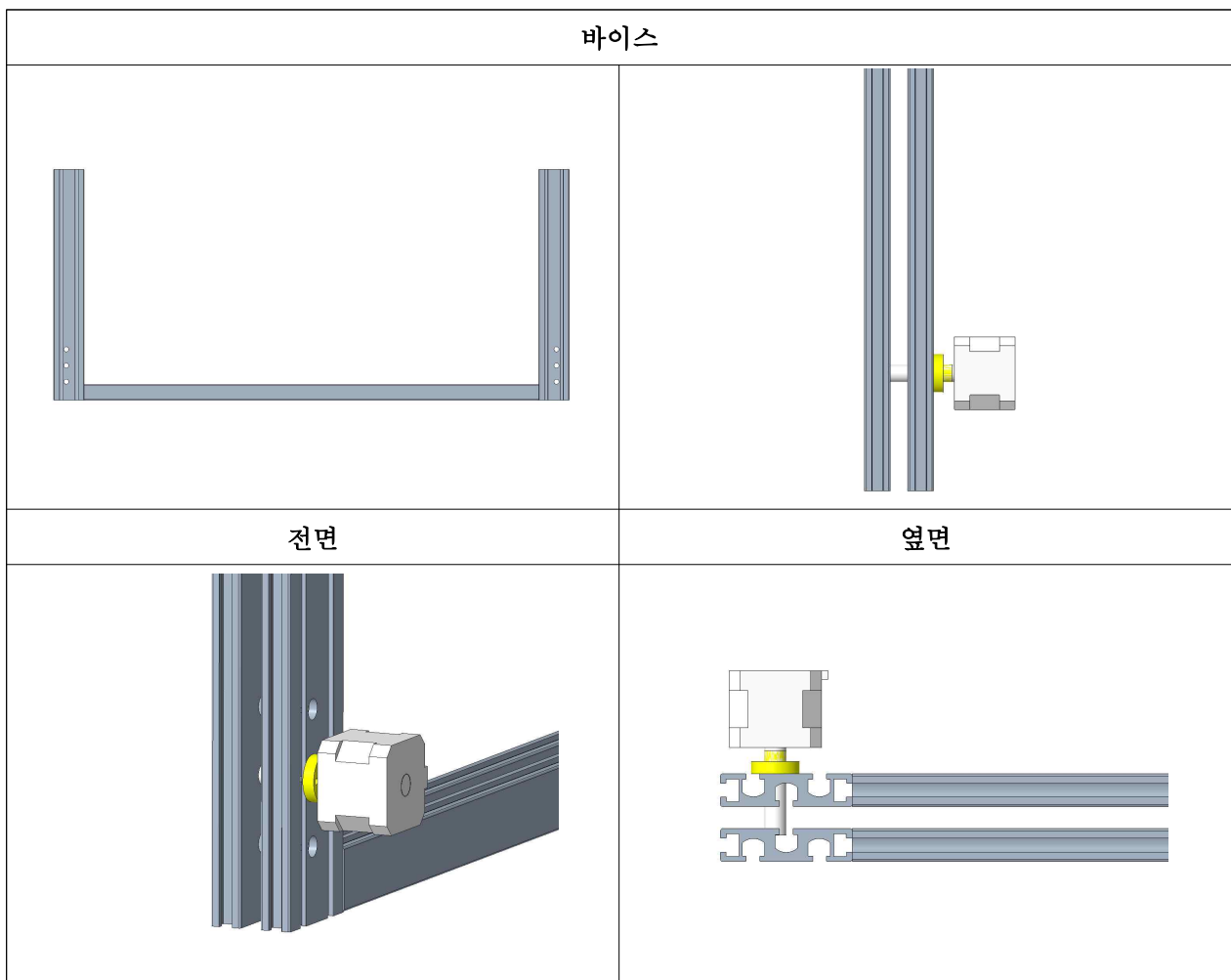
$$\text{태엽스프링의 탄성력 } M = k \times \theta = 13.14 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_s = \frac{M}{d_r/2} = 0.526 \text{ N}$$

태엽스프링의 탄성력은 0.526N의 힘으로 차수막을 잡아당기게 되며 타포린 재질인 차수막을 다시 말리게 하기 충분한 힘이다.

2.2.4 바이스 설계

(1) 바이스 형상 및 재질



모터	하단부
----	-----

Table 20 Design of vise

바이스는 외력에 쉽게 접혀버리는 타포린 차수막을 고정하기 위해 고안된 장치이다. 리드 스크류 모터를 통해 차수막 시스템을 작동시키게 되면 차수막이 올라가 외부의 물을 차단하게 된다. 이때, 외력에 쉽게 접혀버리는 타포린 방수포의 특성상 프레임들과 맞닿아 있는 하단부, 양옆에서 물이 셀 수 있다. 따라서 이러한 현상을 막기 위하여 U자 형상의 바이스를 설계했다.

바이스의 구성은 ① 프로파일 프레임과 브라켓이 연결된 고정부, ② 너트와 결합된 스크류의 회전을 통해 이동되는 동작부, ③ 동력을 제공하는 리드 스크류 모터, ④ 동작부와 스크류를 연결하는 스크류 너트로 구성되어 있다.

플레이트가 움직여 차수막이 정해진 위치까지 상승하면 차수막은 바이스 고정부와 동작부 사이에 위치하게 된다. 그다음 바이스 양단에 있는 모터들이 작동하여 동작부를 고정부를 향해 밀어준다. 그리하여 차수막의 취약 지점인 하단부와 양옆의 방수가 되게 한 것이다.

스마트 방법창의 프레임을 알루미늄 프로파일로 선정하였기 때문에 프레임과의 체결이 용이한 15mm × 60mm 프로파일을 선정하였다. 알루미늄 프로파일은 표면이 매우 균일하고 매끄럽기 때문에 넓은 지역에 고른 압력을 전달해 줄 수 있다. 또한 규격화된 프로파일이기 때문에 부품 간의 조립도 용이하며 가격도 저렴하다.

(2) 바이스 모터 선정

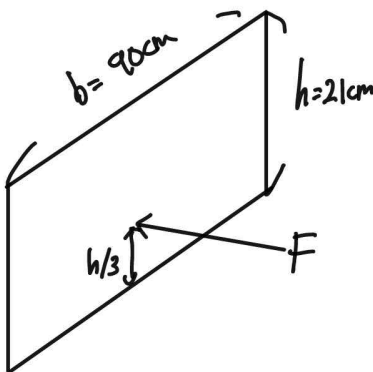
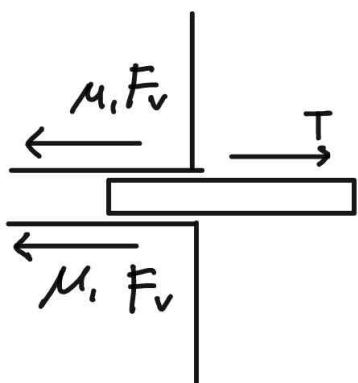
차수막에 가해지는 정수압	바이스 작동 FBD
	

Table 21 Free body diagram of water barrier and vise

$$F = \frac{1}{2} \rho_{water} g h^2 \times b = 194.68 N \quad (F = \text{차수막에 가해지는 정수압을 힘으로 변환})$$

차수막에 가해지는 힘은 바이스가 온전히 감당하게 된다. 그리고 바이스는 2개의 스텝모터로부터 압착력을 받게 되므로,

강찬·이명직·한태웅·전형준·박근영·이승훈·김영수

$$\text{연속체 장력 } T = (\text{가해지는 힘}/2) = 194.68/2 = 97.34N$$

타포린이 두께가 얇아 바이스가 작동하면 알루미늄 프로파일끼리 맞물리는 것을 고려하면,

F_V :요구되는 바이스 스텝모터의 힘

$$\mu_1 = 1.35 \text{ } (\mu_1 = \text{Al-Al 마찰계수})$$

$$2.7F_V = 97.34N / F_V = 36.05N$$

설계 토크 = (필요 힘 * 리드스크류 피치) / (효율)

$$F_V = 36.05N / p = 2mm / \eta = \frac{1 - \mu^* \tan \alpha}{1 + \mu / \tan \alpha} / \alpha = \arctan(p / (\pi * d_e))$$

리드스크류 마찰계수 $\mu = 0.1$ / 유효지름 $d_e = 7mm$

$$\alpha = 5.2^\circ / \eta = \frac{1 - 0.1 * \tan(5.2)}{1 + 0.1 / \tan(5.2)} = 0.472$$

T_d : 설계 토크

$$T_d = \frac{F_V l}{2\pi\eta} = \frac{36.05 \times 2}{2\pi \times 0.472} = 24.31N \cdot mm = 2.413N \cdot cm$$

주어진 모터의 정격토크 $T = 28N \cdot cm \geq 2.413N \cdot cm$ 이므로 만족한다.

스마트 방법 차수 시스템 개발

2.2.5 회로 설계

본 제품을 제어하는 부분은 크게 모터 구동부, 잠금장치 해제로 나눌 수 있고, 컨트롤러로 Arduino MEGA 2560 및 Arduino Uno R3 보드를 선정하였다. 시제품이기에 12V 축전지를 전압원으로 사용하여 각 회로 요소들에 인가한다.

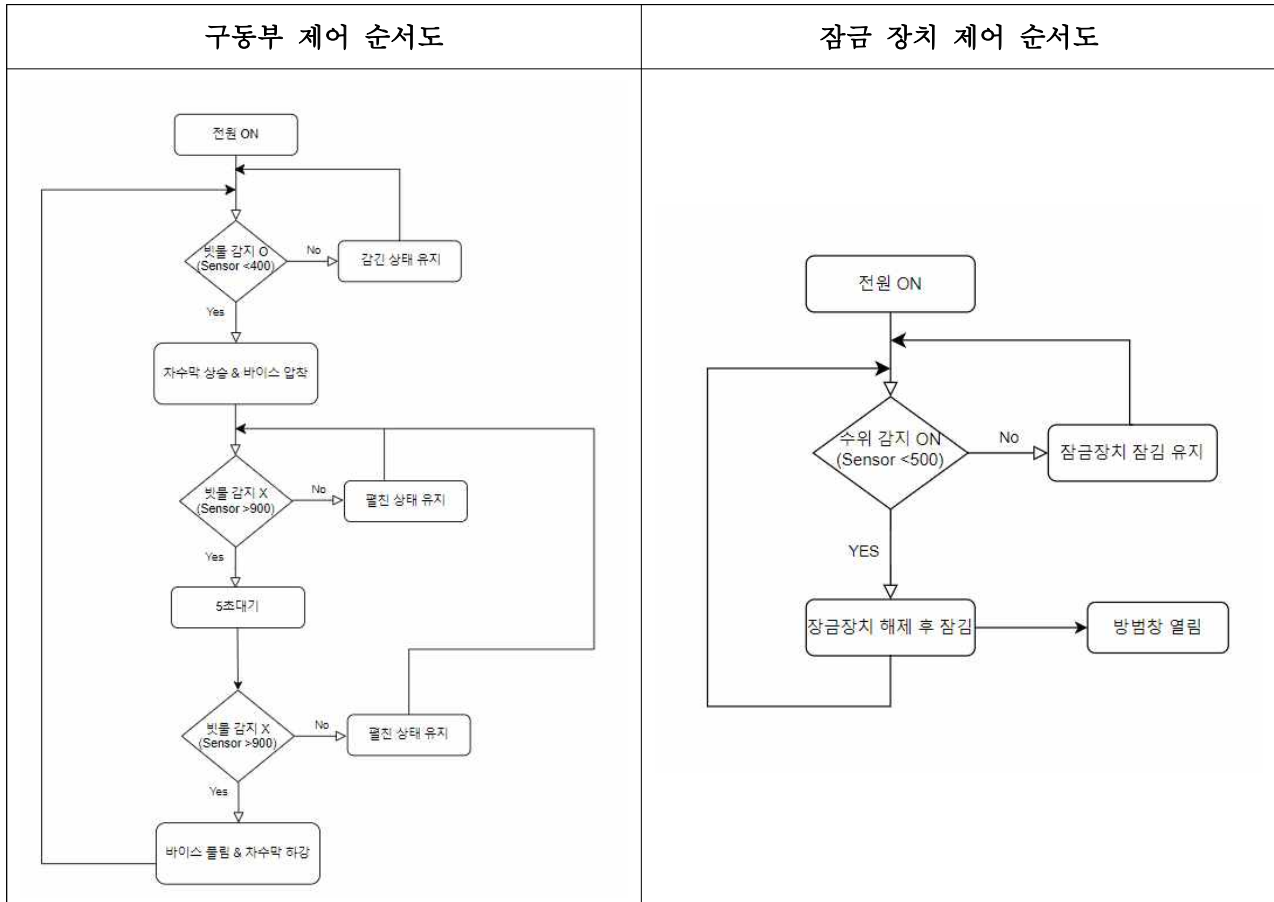


Table 22 Control flow chart

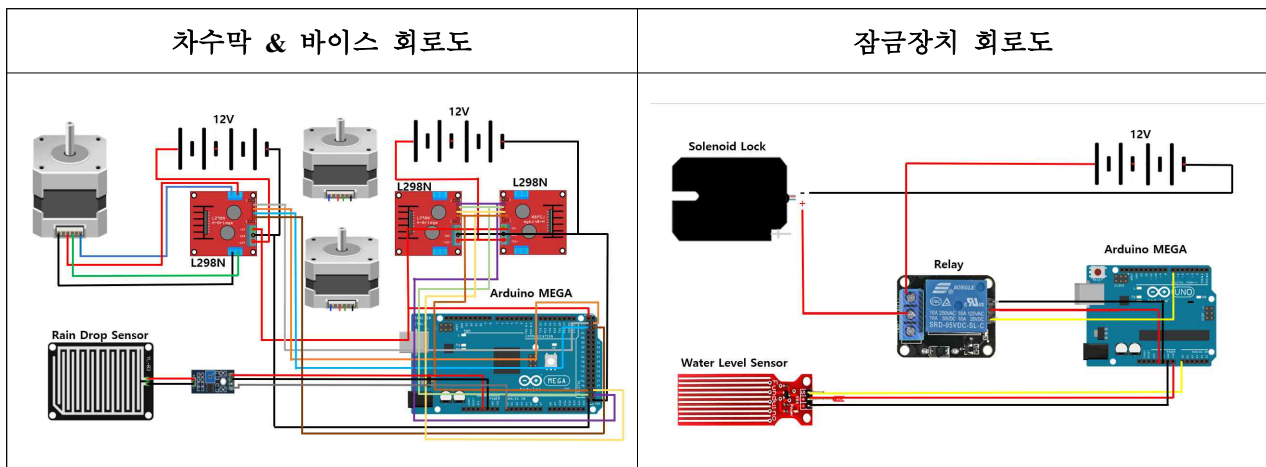


Table 23 Circuit diagram

구동부 회로의 경우, 플레이트를 상승 및 하강시켜 주는 중앙 모터 및 바이스를 작동시키는 2개의 스크류 모터가 12V 축전지의 전원장치를 각각 연결되어 있다. 빗물 감지 센서를 통해 빗물이 감지되면 중앙모터- 바이스 모터 순으로 작동하며, 빗물 감지가 안 될 때까지 대기상태를 유지한다. 후에 빗물이 5초 이상 감지되지 않으면 위와 역순으로 모터가 작동한 후 빗물이 감지될 때까지 대기한다.

잠금장치 회로의 경우, Arduino Uno R3 보드가 수위 감지 센서 및 솔레노이드 잠금장치와 연결되어 있으며, 일정 수위가 감지되면, 릴레이 모듈과 연결된 잠금장치에 전류가 흘러 잠금이 해제 후 잠금이 1번 반복된다. 이외에는 항상 잠금 되어있도록 유지한다.

2.3 전체 시제품 레이아웃

위의 상세 설계를 바탕으로 각각의 부품들의 위치와 조립 방식 등을 고려하여 시제품의 레이아웃을 설계한다. 시제품은 CAD를 이용하여 3D 모델링을 제작하였다. 이때 각각의 부품과 기능이 잘 보이게 색을 정하여 모델링을 진행하였고, 제작 과정에서의 공차를 고려하며 모델링을 진행하였다. 아래의 Fig. 6는 전체 부품 모델링 사진과 각 기능을 표현하였다.

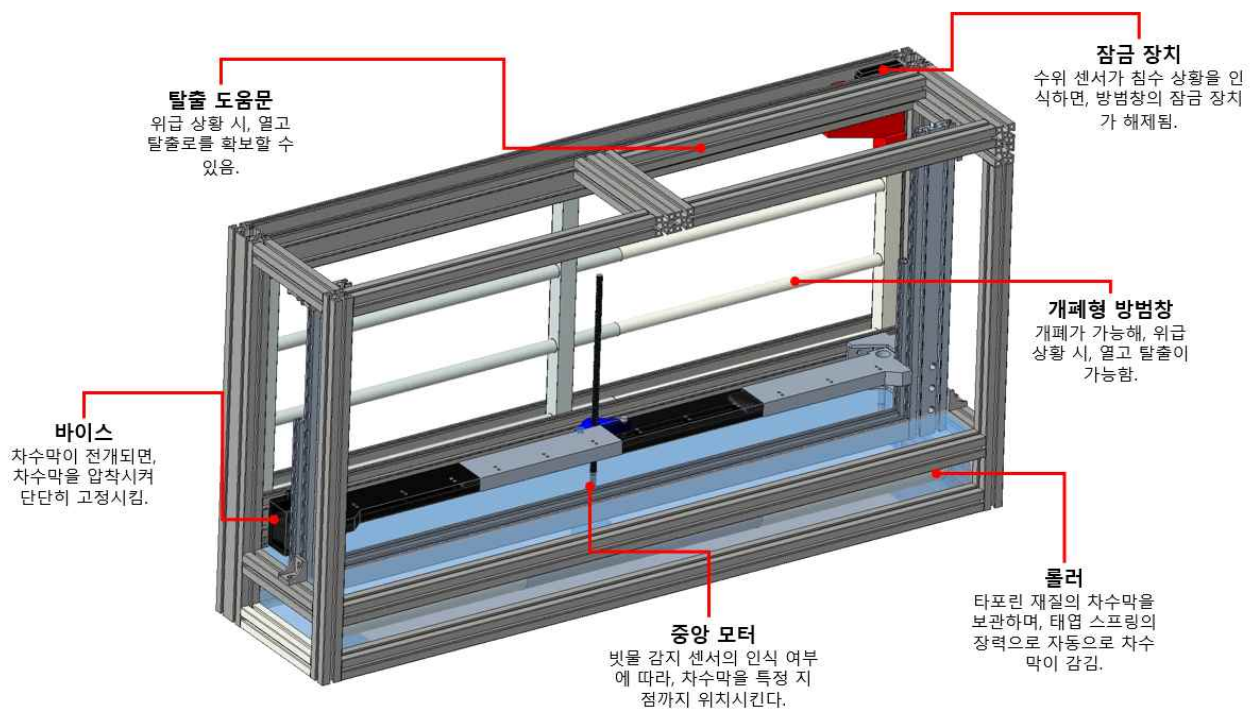


Fig. 6 Full product functional diagram

2.4 B.O.M

구분	순번	내역	개수	단가	금액	비고
바이스	1	프로파일	1	30,724	30,724	전체비용

스마트 방법 차수 시스템 개발

	2	스크류 모터	2	21,340	42,680	
	3	모멘트 PLA필라멘트	1	38,500	38,500	모터 브라켓 제작
	4	너트, 볼트	1	3,520	3,520	전체비용
	5	볼트 브라켓	1	5,080	5,080	전체비용
	6	전선	1	2,500	2,500	1set
	7	브레드 보드	1	2,200	2,200	회로 확장 및 연결
	8	12V 전원 장치	1	14,000	14,000	
	9	모터드라이버 L298N	2	3,300	6,600	
플레이트 & 차수막	10	모멘트 PLA필라멘트	2	38500	77,000	
	11	리지드 커플링	1	8900	8,900	
	12	12V 스텝모터	1	19500	19,500	
	13	타포린 차수막	1	3080	3,080	
	14	아두이노 MEGA 2560	1	63,300	63,300	
	15	빗물감지 센서	1	2500	2,500	
	16	전선	1	2500	2,500	1 set
	17	모터드라이버 L298N	1	3300	3,300	
	18	12V 전원장치	1	12210	12,210	
	19	리드 스크류	1	4800	4,800	
	20	리드 스크류 너트	1	3000	3,000	
	21	볼트, 너트, 와셔	1	10880	10,880	전체비용
	22	태엽 스프링	2	2000	4,000	
방법창	23	방법창	1	35,500	35,500	
	24	솔레노이드 잠금장치	1	18,000	18,000	
	25	수위감지 센서	1	1900	1900	
	26	아두이노 Uno R3	1	9900	9900	
프레임	27	프로파일	1	204,340	204,340	전체비용
	28	볼트 브라켓	1	52,900	52,900	전체비용

	29	다이캐스팅 경첩	2	4,100	8,200	
	30	볼트, 너트	1	7,080	7,080	전체비용
	31	멀티블럭 30용 / 흰색	1	16,720	16,720	전체비용
	32	PVC엔드캡 3030/ 회색	4	200	800	
	33	투명 아크릴	1	104,000	104,000	전체비용
계					820,114	

Table 24 Material cost

2.5 실패 모드 설정 및 보완

시제품을 실제로 작동할 때, 요구되는 기능이 제대로 작동하는지 관점에서 제대로 수행되지 않은 점들의 설계를 보완했다.

세부 기능	실패상황	설계 보완 해결책
바이스가 작동하여 차수막을 압착시킨다.	바이스가 프레임에 끼서 작동되지 않는다.	바이스에서 프레임과 끼는 부분을 깎아낸다.
	차수막이 완전히 압착되지 않는다.	바이스에서 차수막이 압착되는 부분에 실리콘을 붙인다.
방범창이 잠금 해제되어 연다.	방범창이 원활히 열리지 않는다.	방범창 이동부 하단에 바퀴를 단다.
	방범창이 해제되지 않는다.	반지하 내부에서 수동으로 열 수 있도록 한다.
비가 오면 차수막이 올라온다.	차수막이 고정된 플레이트가 프레임에 끼서 올라오지 않는다.	플레이트의 세부 구조를 변경하고 처짐을 방지하기 위해 강성을 늘린다.
	차수막이 고정된 플레이트와 나선 스크류의 마찰로 플레이트가 올라오지 않는다.	나선 스크류와 너트에 윤활제를 바른다.

Table 25 Selecting & Improvement of failure modes

3. 결과 및 토의

3.1 제품 작동 원리

본 제품의 작동 메커니즘은 크게 4가지로 나뉜다. 첫 번째, 비가 오기 시작하면 이를 빗물 감지 센서가 감지한다. 그 후 차수막이 목표 높이까지 올라간다. 두 번째, 바이스가 전진한다. 바이스가 차수막을 강하게 압착해서 차수막이 튼튼히 고정되고 물을 막는다. 세 번째, 빗물이 일정 수위까지 도달하게 되면 탈출을 위해 방범창의 잠금장치가 풀린다. 네 번째, 빗물이 감지 되지 않으면 바이스가 후진하고 차수막이 내려간다.

① 빗물을 감지하여 차수막이 상승한다.

제품 상단에 위치한 빗물 감지 센서가 빗물을 인식하면 전체 메커니즘이 시작된다. 우선 중앙에 위치한 리드 스크류 모터가 작동하여 플레이트를 상승시키고 플레이트에 고정된 차수막이 목표 높이까지 상승한다. 또한 모터에 의해 상승한 플레이트와 태엽 스프링이 롤러에 충분한 장력을 주어 차수막이 평평하게 펴진 상태로 올라간다.

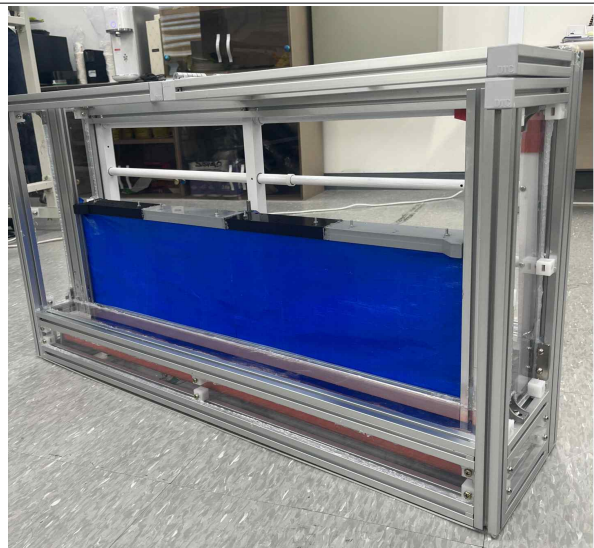
차수막 상승	태엽 스프링에 의해 장력이 걸려있는 롤러
	

Table 26 Ascending of water barrier

② 바이스 동작부가 전진하여 차수막이 압착된다.

바이스 양단에 위치한 리드 스크류 모터가 작동하여 바이스가 움직여 차수막을 충분히 압착시킨다. 이때, 손으로 눌러 차수막에 충분한 장력이 걸려있는 것을 확인하였다.

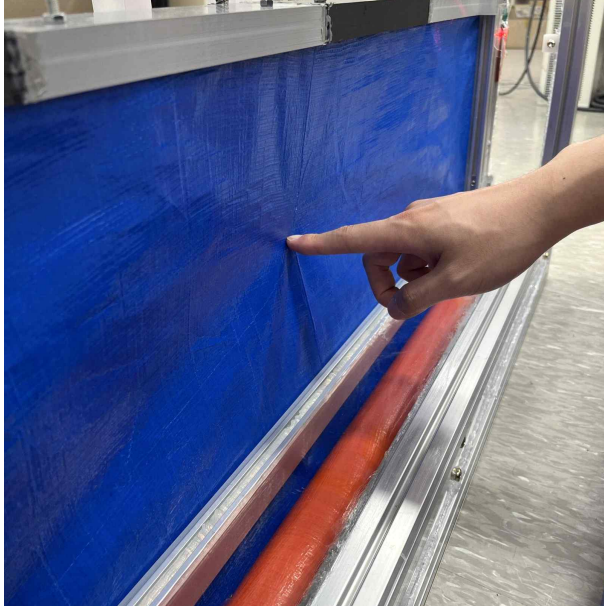
바이스에 의해 차수막 압착	차수막에 충분한 장력이 걸림
	

Table 27 Pressed water barrier

③ 일정 수위에 도달하게 되면 방법창의 잠금장치가 풀린다.

수위 감지 센서가 물을 감지하면 솔레노이드 잠금 장치가 해제되고 이때 내부의 거주자가 방법창을 손으로 밀어 열 수 있게 된다. 또한 방법창을 열고 제품 상단에 위치한 탈출 도움문을 열어 쉽게 탈출할 수 있다.

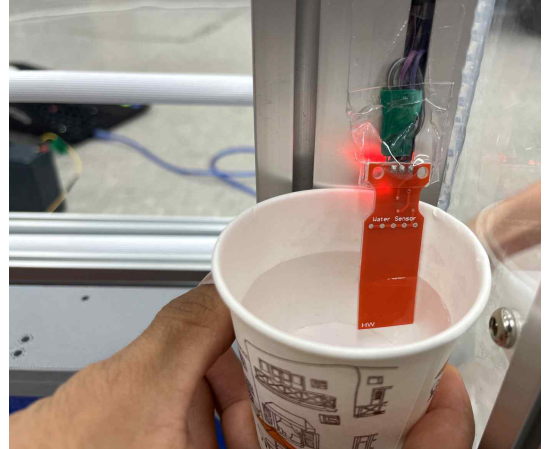
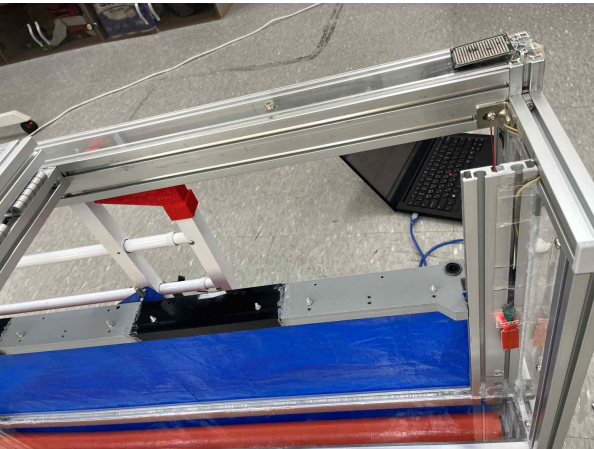
수위 감지 센서가 물을 감지	방법창 및 탈출 도움문 개방
	

Table 28 Released lock

스마트 방법 차수 시스템 개발

④ 빗물이 더 이상 감지되지 않으면 바이스가 후진하고 차수막이 내려온다.

비가 그쳐 빗물 감지 센서가 물을 감지하지 못하면 바이스가 다시 원래의 위치로 돌아간다. 바이스가 원래의 위치로 돌아가 충분한 공간이 확보된 후에 차수막이 내려오기 시작한다. 이때, 태엽 스프링에 의해 발생한 장력으로 차수막이 롤러에 감기며 내려온다.

차수막 하강	
	
바이스 원위치로 돌아감	차수막이 롤러에 감김
	

Table 29 Descending water barrier

3.2 제품 성능 평가



Fig. 7 Spray water to rain drop sensor

본 설계가 잘 작동하는 지, 차수 성능이 뛰어난 지를 확인하기 위해 비가 많이 와 물이 고이는 상황을 가정하여 실험을 수행하였다. 우선 빗물 감지 센서가 비를 감지하여 차수막이 상승하는 것을 확인하기 위해 **Fig. 6**과 같이 센서에 분무기로 물을 뿌린다.



Fig. 8 Water barrier test

차수막이 상승하고 바이스가 이를 튼튼히 압착한 것을 확인할 수 있었다. 비가 고이는 상황을 만들기 위해 타포린 천과 철제 스트립과 앵글을 이용하여 차수막 크기의 박스를 만들었고, 이를 차수막 앞에 설치한 뒤 물을 부었다. 약 12시간 동안 실험을 진행하였고, 차수막 뒤로 물이 새는지 확인하여 충분히 본 설계의 차수 성능을 확인할 수 있었다.

3.3 기대효과 및 활용방안

기대효과는 아래와 같다.

- ① 사용자가 우천 상황을 인지하지 못하더라도, 스마트 방법 차수 시스템이 자동으로 우천 상황을 인식하여 차수막이 전개됨으로써 빗물 유입을 차단할 수 있다.
- ② 개폐형 방법창을 도입하여 위급상황 시 탈출이 가능하여 인명피해를 줄일 수 있다.
- ③ 우천 상황을 인식하여 자동으로 차수막이 전개되므로 직접 우천 시에 차수판을 설치해야 하는 번거로움을 줄여줄 수 있다.
- ④ 기존의 판 형태의 차수판 형식에 비해 유연한 재질의 차수막을 사용하기에, 차수막을 감아서 보관할 수 있어 창문의 위치가 낮은 반지하 주거 환경에 적합하다.
- ⑤ 유연한 재질의 차수막을 사용하기 때문에 반지하 가구의 상황에 맞게 전개 길이 조절이 가능하다.

활용방안은 아래와 같다.

① IoT 시스템 구축

기존의 회로에 블루투스 모듈을 설치해 IoT 통신이 가능하게 만들 수 있다. 제품과 연동된 어플리케이션을 구축하여 반지하 거주민이 스마트폰을 통해 직접 제품을 조작할 수 있게 만들면 개인의 상황에 맞게 차수 시스템을 조작이 가능할 것이다.

② 차수막 전개 방식 차용

제품에 적용된 차수막 전개 방식을 차용하여, 일반적인 거주 형태를 띠는 가정집에서도 기존 차수판에 비해 공간을 적게 차지하는 차수막을 설치할 수 있을 것이다.

③ 위급상황 시 알림 송신

수위 감지 센서가 위급상황을 인식하면, 방법창의 잠금장치가 해제됨과 동시에, 지역의 소방서에 구조 신호를 보내어 신속한 위치 파악과 구조 작업으로 인명피해를 최소화할 수 있다. 그리고 이 데이터를 저장하여 침수 피해에 취약한 지역을 파악하여 사전에 피해를 막기 위한 보수작업을 할 수 있다.

④ 정부 지원사업을 통한 설치 사업 추진

이전 강동구의 사례처럼 정부에서 지원하는 사업을 통하여 주로 사회적 취약계층이 거주하는 반지하 가구에 본 제품을 무료로 설치하여 더 많은 가구의 침수 피해를 효과적으로 줄일 수 있을 것이다.

4. 결 론

대부분의 반지하 가구에는 고정형 방법창 또는 고정형 차수판이 설치되어 있다. 이로 인해 침수상황 발생 시 신속한 대피가 힘들다. 이를 해결하기 위해 본 설계에서 리드 스크류 모터로 작동하는 자동형 차수막과 솔레노이드 잠금장치가 부착된 개폐식 방법창이 결합된 하나의 시스템을 구축하였다. 본 설계는 센서들을 통해 우천상황을 인식하여 차수막이 전개되고, 방법창을 통한 탈출로 확보가 가능하게 설계되었다. 이에 따라 차수판 설치의 번거로움을 줄일 수 있고, 침수 피해로 인한 인명피해를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

- 이 논문을 작성하는 데 아낌없이 도움을 주신 김영수 교수님께 감사드립니다.
- 학문의 장을 펼치게 해주신 기계학회 관계자분들에게 감사의 인사를 드립니다.
- 본 공모전의 제품 제작에 지원비를 지원해주신 부산대학교 관계자분들에게 감사의 인사를 드립니다.

참고문헌

- (1) Kim. J. W, 2008, ‘Engineering Design (Creative New Product Development Methodology)’, Munundang, Seoul
- (2) Park. S. H, Bae. W. B, Song. J. B, Cho. Y. J, Hwang. S. M, 2013, ‘Mechanical Design’, Books Hill, Seoul, pp. 503~522.
- (4) “반지하 순식간에 침수”...일가족 참변-SBS 뉴스
https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1006854351&plink=LI
- (5) Philip M. Gerhart / Andrew L. Gerhart / John I. Hochstein | John Wiley & Sons, 2017 , Munson’s Fluid Mechanics, Wiley, New jersey, pp. 65~67.
- (6) Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 2023, ‘Changes and Trends in Average Daily Precipitation and Maximum Hourly Precipitation over 50 Years’
- (7) 침수위험지구 인근 반지하 가구 수 현황 (2022년 9월 기준), 통계청
- (8) 삼익 THK 기술지원 - 스크류 너트 https://e-lmsystem.co.kr/product/ViewPDF.do?pf_seq=17600
- (9) 리니어 스크류의 장단점 <http://www.msdkr.com/news/articleView.html?idxno=1323>
- (10) 장력(tension) <https://lifeisforu.tistory.com/470>