



# 설계 요약문

<b>참가분야</b>	공모주제 ( ○ ) / 자유주제 (   )
<b>참가팀명</b>	우주쫄꼬미
<b>설계제목</b>	맨홀 뚜껑 이탈 방지와 맨홀 내 가스 검출을 위한 체인 연결식 타원형 보조판
<b>대표자명</b>	전승윤
<b>요약문</b>	<p>           최근 국내에서 이상 기후로 인한 지역적인 집중 폭우가 증가하고 있다. 폭우로 인한 강수량 증가는 다양한 문제의 원인이 되고 있는데, 그 중 가장 큰 문제점으로 부각되고 있는 것이 바로 맨홀이다. 따라서 본 설계의 아이디어는 맨홀 뚜껑이 폭우나 폭발로 인해 이탈하는 것을 방지하며, IoT 기술을 통한 하수도 상태 파악 및 관리는 타원형 보조판에 센서를 부착해 통합적인 시스템을 구축하는 것을 목적으로 한다. 센서는 아두이노를 이용해 제작하고, 파이썬으로 센서값을 받아 전체적인 프로그램을 제작하였다. 이는 하수도 시설의 안정성과 효율성을 높이고, 보다 안전한 도시환경을 조성하는 것을 도울 것이다. 설계한 타원형 보조판은 장축은 24cm이며 단축은 20cm로 철개 장축은 받침의 직경(21.3cm)보다 길며, 단축은 철개 받침의 직경보다 짧게 제작하였다. 타원형 보조판에 연결된 체인의 한쪽을 들어올리게 되면 장축의 정사영된 길이가 철개받침의 직경보다 짧아지게 된다. 이에 타원형 보조판이 암거에 걸리지 않게 되어 맨홀과 타원형 보조판을 동시에 암거로부터 제거할 수 있다. 또한 타원형 보조판은 네 점에서 줄과 연결되어 있으며 장축과 단축에 각 점이 있어 기울어지거나 회전하지 않고 안정적인 상태를 유지할 수 있다. 이때 맨홀의 구멍을 통해서 줄을 넣게 되는데, 보행자의 안전을 위해 줄이 맨홀 밖으로 돌출되지 않도록 하는 구조물이 필요성을 느꼈다. 이에 줄이 맨홀 아래로 지나갈 수 있게 하는 ‘와이어 숨김 고리’를 설계하였다. 본 장치는 3D프린팅(PLA)으로 제작하였으며, 고리 부분과 걸림 부분으로 이루어져 있다. 걸림 부분은 맨홀 구멍 윗면에서 줄에 대한 구속력을 제공하는데, 윗 부분은 곡면으로 설계하여 자동차가 지나갈 때 안정적으로 지나가도록 하였다. 또한 충분한 마찰력을 제공하여, 혹여 보행자가 건드리더라도 이탈 없이 항상 안정적인 상태를 유지하도록 하였다. 고리 부분은 줄이 지나다니는 통로로 타원형 보조판의 무게를 지탱할 수 있을 만큼 견고하게 설계되었다. 본 설계를 맨홀 뚜껑에 적용함으로써 폭우나 압력 변화에 의한 맨홀 뚜껑의 이탈 사고를 예방할 수 있으며, 이를 통해 도로 훼손 및 인명 피해를 최소화하고 도시의 안전을 확보할 수 있다. 또한, 본 발명품은 IoT 기술을 활용하고 있기 때문에 하수도 내부의 환경 및 유해 가스를 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 이를 통해 하수도의 상태를 실시간으로 파악할 수 있는데, 이는 쓰레기 쌓임, 가스 농도 변화 등 다양한 문제에 대한 문제점을 조기에 감지하여 문제를 예방하고 빠르게 대응할 수 있다는 장점이 있다. 특히, 하수도 내부 작업 시 가장 큰 문제점인 메탄 가스와 이산화 탄소 농도, 산소 농도 등의 변수 등을 실시간으로 측정하여 작업자의 안전을 보장할 수 있다.         </p>
<b>설계프로젝트의 입상 이력</b>	해당없음

## 1. 설계의 필요성 및 목적

최근 국내에서 이상 기후로 인한 지역적인 집중 폭우가 증가하고 있다. 폭우로 인한 강수량 증가는 다양한 문제의 원인이 되고 있는데, 그 중 가장 큰 문제점으로 부각되고 있는 것이 바로 맨홀이다. 맨홀은 수도관·하수관·지하 전선 등의 정비를 위해 지상과 지하를 연결해주는 수직 구멍이다. 이 중 기능이 뛰어난 맨홀의 경우 배수 기능을 가지는데, 배수 시스템이 처리할 수 있는 강수 용량을 초과하는 순간, 특정 구간에서 하수가 강하게 역류하여 그 압력에 의해 맨홀 뚜껑이 들려 빠지는 문제가 발생한다. 이로 인해 맨홀 뚜껑이 사라진 맨홀 속으로 사람이 빠지거나, 폭우로 인한 급류에 휩쓸려 익사하는 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 특히, 지난 8월에 밤 사이 강남 현대백화점 무역센터점 앞이나 도시철도 광화문역·삼성역·이수역·잠실역·대치역 일대의 맨홀에서 물기둥이 솟아오르거나 뚜껑이 날아가 주변 도로 아스팔트가 부서지는 상황이 벌어졌고, 부산에서는 맨홀 뚜껑이 버스 바닥을 뚫는 사건도 일어났다.



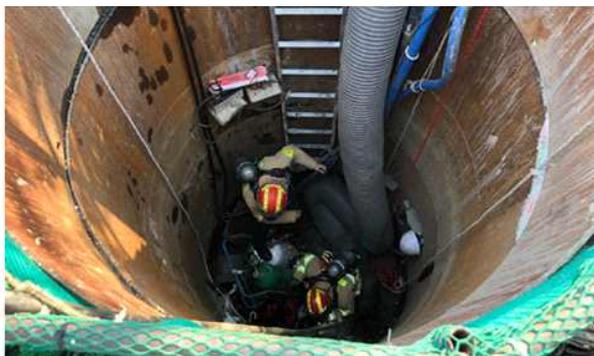
지난 10일 청원시 등에 따르면 이날 오전 6시 5분에 청원시 의창구 대안동 한 아파트 주변을 순찰하다가 정차해 있던 101번 시내버스 밑바닥으로 갑자기 맨홀 뚜껑이 튀고 올라왔다. <사진=연합뉴스>

Fig 1. 폭우, 태풍 올 때마다 ‘도로 위 흉기’ 돌변, “맨홀 조심하세요”, 파이낸셜뉴스(2023.8.17.)



Fig 2. 인천, 송도 등 집중호우에 곳곳 침수... 밤사이 사건사고, KBS뉴스(2023.8.8.)

더불어 기술자가 정비 등의 이유로 하수도의 폐쇄된 지하 공간에서 작업을 하는 경우, 하수도 내부의 유독 가스, 일산화탄소 등으로 인한 가스 중독 사고나 산소 농도 부족으로 인해 안타까운 사망 사고가 발생하기도 하였다.



▲ 9일 오후 부산 사하구 하단동에서 깊이 4m 하수도 맨홀에서 작업하던 3명이 가스에 중독됐다는 신고가 접수돼 119 구조대원이 구조작업을 하고 있다. 부산소방본부 제공

Fig 3. 하수구 맨홀 작업하던 중국동포 가스 질식... 3명 사망, 시계일보(2020.4.9.)

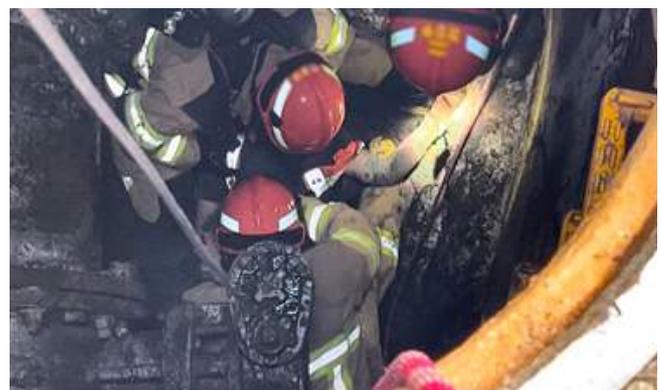


Fig 4. 경기 부천시 맨홀에 들어가 작업하던 50대 노동자 쓰러져 병원이송, MBC뉴스(2023.9.5.)

따라서 본 설계의 아이디어는 맨홀 뚜껑이 폭우나 폭발로 인해 이탈하는 것을 방지하며, 사물인터넷 기술을 통해 하수도 시설의 가스 등의 유해한 물질이나 산소의 농도 등을 측정하는데 목적이 있다. 또한 이는 하수도 시설의 안정성과 효율성을 높이고, 보다 안전한 도시환경을 조성하는 것을 도울 것이다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

본 설계의 주요 문제는 다음의 네 가지로 정의된다.

첫째, 지역적으로 집중되는 폭우로 인해 하수도 내 특정 지역의 압력이 높아지는 경우 발생하는 맨홀 뚜껑의 이탈을 방지해야 한다.

둘째, 점검 등의 목적으로 인위적으로 맨홀 뚜껑을 여닫는 경우나 보행자 및 다른 이동수단(자동차, 자전거 등)들이 맨홀 뚜껑 위를 이동하는 경우 불편함이 없어야 한다.

셋째, 인위적인 목적이 아닌 이상 타원형 보조판이 회전하는 일이 없어야 한다.

넷째, IoT 기술(사물인터넷)을 활용하여 하수도 내의 유해 물질이나 온습도 등의 환경을 파악하고, 이를 통해 위험 지역에 대한 대비 또는 조치가 가능해야 한다.

### (2) 설계의 독창성 및 접근 방법

#### 1) 설계 방법 및 배경

위에서 정의된 I, II, III의 세 가지 설계 문제 중 가장 핵심적인 문제는 수도 시설 내 압력 상승에 따른 물의 역류이며, 이로 인한 맨홀 뚜껑의 탈착을 방지해야 한다. 이를 해결하고 예방할 수 있도록 본 설계에서는 다음과 같은 구조를 제안하였다.

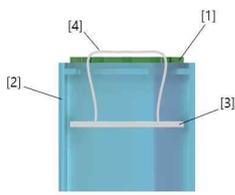


Fig 5. 정면

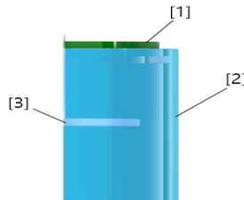


Fig 6. 측면

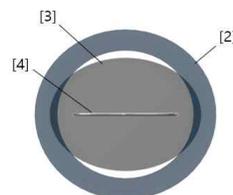


Fig 7. 타원형 보조판

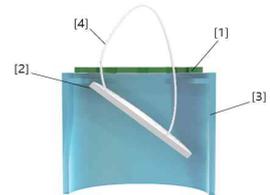


Fig 8. 탈착 과정

암거(하수도로 내려가는 구간) 및 철개 받침(암거의 돌출부로 맨홀 뚜껑의 거치를 위해 고안된 구조)(Fig. 5, 6) 내부의 상하수 역류로 인해 맨홀 뚜껑이 이탈하는 상황을 막기 위해 위 그림과 같이 체인(Fig. 8)을 통하여 맨홀 뚜껑에 연결할 수 있는 타원형 보조판(Fig. 7)을 고안하였다.

우선 설계에 앞서, 새로운 형태의 맨홀 뚜껑을 제작하는 것은 높은 사회적 비용을 요구한다고 판단하였다. 따라서 본 설계는 기존 맨홀 뚜껑에 고안한 타원형 보조판이 추가적인 비용이나 용접 등의 복잡한 과정 없이 연결될 수 있는 형태를 갖추도록 진행되었다. 타원형 보조판은 맨홀 뚜껑보다 역류하는 물을 먼저 만나기 때문에 맨홀 뚜껑에 가해지는 충격량을 낮출 수 있으며, 높은 압력이 가해졌을 때 맨홀 뚜껑이 암거로부터 이탈하지 않도록 구속력을 줄 수 있다. 체인은 맨홀 뚜껑의 배수 구멍을 통해 타원형 보조판과 연결되며, 타원형 보조판이 일정한 깊이에 있도록 유지한다.

#### **맨홀 뚜껑이 이탈하는 경우, 이탈 방식을 크게 두 가지로 나눌 수 있다.**

첫째, 맨홀 뚜껑이 수직으로 날아가 암거 주변에 떨어지는 경우이다. 이로 인해 발생하는 문제는 주로 도로 손상이지만, 사람이 맞게 되는 경우에는 심각한 부상이나 인명 피해로 이어질 수 있다. 위와 같은 타원형 보조판을 사용하게 되면 맨홀 뚜껑이 일정 높이 이상으로 날아오르는 것과, 날아오른 맨홀 뚜껑이 일정 거리 이상에 떨어지는 것을 방지할 수 있어 안정성을 높이고 피해 범위와 정도를 최소화할 수 있다는 장점이 있다.

들때, 폭우 시 이탈한 맨홀 뚜껑이 급류에 휩쓸려 사라지는 경우이다. 이 같은 경우, 휩쓸려 이동하는 맨홀 뚜껑으로 인해 직접적으로 피해가 발생하거나, 뚜껑이 없어진 맨홀에 빗물이 차면 맨홀 유무의 여부를 알기 어려워져 사람이 빠지는 인명사고가 발생하기도 한다. 이때, 타원형 보조판을 통해 맨홀 뚜껑이 휩쓸려 사라지는 것을 막을 수 있고, 만약 맨홀 뚜껑이 이탈하여 맨홀이 열려있는 경우에도 보조판을 통해 내부에 빠져 생기는 피해를 줄일 수 있다.

이는 설계 문제 중 폭우 등의 수해로 인해 하수도 내 수압이 높아지는 경우 발생하는 맨홀 뚜껑의 이탈을 방지해야 한다는 내용을 충족시킬 수 있다.

**또한, 맨홀은 상·하수도 점검을 목적으로 하는 구조이므로, 타원형 구조를 통해 인위적인 탈착이 가능하도록 설계되었다.**

타원형 보조판의 구조를 자세히 살펴보면, 장축은 철개 받침의 직경보다 길며, 단축은 철개 받침의 직경보다 짧은 것을 확인할 수 있다. 타원형 보조판에 연결된 체인의 한쪽을 들어올리게 되면 장축의 정사영된 길이가 철개 받침의 직경보다 짧아지게 된다. 이렇게 되면 타원형 보조판이 암거에 걸리지 않게 되어 맨홀과 타원형 보조판을 동시에 암거로부터 제거할 수 있다. 이는 설계 문제 중 점검 시의 의도적인 맨홀 뚜껑 제거가 용이해야 한다는 내용을 충족시킬 수 있다.

**마지막으로, IoT 기술을 통한 하수도 상태 파악 및 관리는 타원형 보조판에 센서를 부착해 통합적인 시스템을 구축하는 것을 목적으로 한다.**

센서는 아두이노를 이용해 제작하고, 파이썬으로 센서값을 받아 전체적인 프로그램을 제작하였다. 맨홀에서 역류가 발생하는 주요 원인은 쓰레기 등의 이물질로 인해 특정 경로가 막히는 경우이다. 일반적으로, 쓰레기로 인해 발생하는 위해가스는 메탄(CH<sub>4</sub>)과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 98% 이상을 차지하고 있다. 따라서, 이산화탄소와 메탄 가스 센서를 이용하면 센서값을 통해 역류가 발생하는 주요 원인인 쓰레기의 양을 간접적으로 추정할 수 있다. 이를 포함한 여러 센서값들은 파이썬을 통해 데이터 베이스화되며 앱 제작에 사용된다. 이러한 앱 개발은 간단하게 여러 맨홀의 상황을 파악할 수 있어 설계 문제 중 위험 지역에 대한 대비 또는 조치가 가능해야 한다는 내용을 충족시킬 수 있다.

## 2) 설계의 독창성

본 설계와 관련하여, 독창성을 검증하기 위해 기존 특허와 논문, 연구자료 등을 분석 하였다. 특히 다음의 세 가지 유사 특허를 분석함으로써, 차별성과 독창성을 담보하였다.

**첫째, 가스 및 하수 배출 기능을 가지는 맨홀뚜껑(등록번호 1012767020000)이라는 특허 내용을 분석하였다.** 이 특허에서의 맨홀 뚜껑은 특정 압력에 의해 맨홀뚜껑이 개방되는 것을 방지하며 맨홀 내의 압력으로 인해 역류하는 가스나 하수가 잠금장치를 통해 외부로 배출 되도록 하여 맨홀의 폭발을 방지하는 가스 및 하수 배출 기능을 가진다.

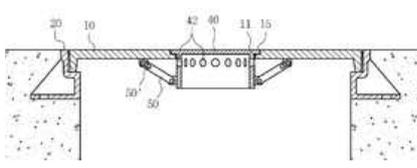


Fig 9. 고안한 구조를 도시  
(출처: 특허등록번호 1012767020000)

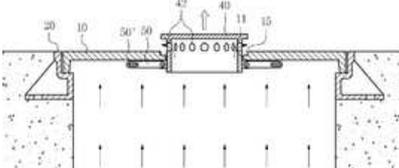


Fig 10. 도시한 사용상태 단면도  
(출처: 특허등록번호 1012767020000)

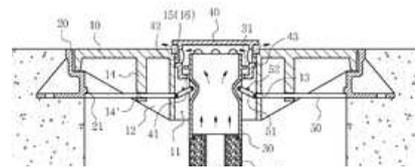


Fig 11. 하수 배출 기능 도시  
(출처: 특허등록번호 1012767020000)

본 설계의 아이디어가 위의 특허와 차별성을 갖고 우수한 이유는 다음과 같다.

먼저, 구조의 간단함이다. 위 특허는 맨홀에 결쇠 조작부 등의 복잡한 구조를 더하여 만들어진다. 따라서 기존 맨홀에 비해 훨씬 더 구조가 복잡하고 유지보수가 더 어렵다.

또한, 경제성이다. 본 발명은 위 발명과 다르게 맨홀을 처음부터 새롭게 만들 필요가 없다. 본(우리의) 발명은 기존 맨홀의 구조를 전혀 바꿀 필요없이 기존의 맨홀에 간단한 구조만 추가하여 역류 방지 기능을 구현할 수 있다.

**둘째, 맨홀 역류시 유실 방지용 맨홀 뚜껑 및 그를 이용한 맨홀 운영 관리 시스템(등록번호 1025591530000)을 살펴보았다.** 2023년 7월에 등록된 특허로 돌기와 홈부를 이용해서 맨홀 뚜껑을 커버하여 상부에서는 보이지 않는 구조로 체결됨으로써, 맨홀 내 부에서 역류가 발생하더라도 맨홀 뚜껑이 상부로 열리지 않아 유실될 염려가 없고, 홍수시 행인이나 작업자 등의 인명사고 발생도 막을 수 있다.

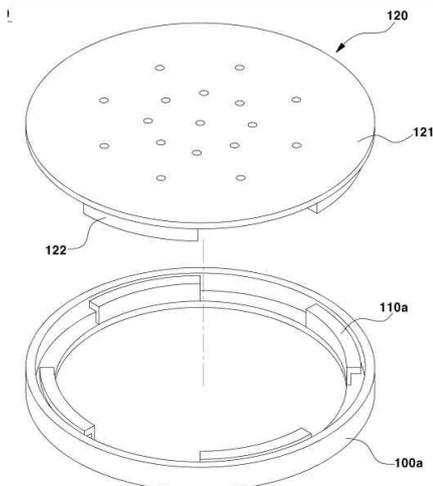


Fig 12. 특허의 대표도  
(출처: 특허등록번호 1025591530000)

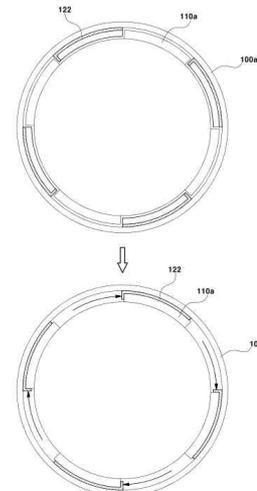


Fig 13. 고안된 맨홀 뚜껑 고정 메커니즘  
(출처: 특허등록번호 1025591530000)

하지만, 맨홀운영관리 시스템 특허와 달리, 본 설계 아이디어의 차별성과 우수성은 다음과 같다.

먼저, 이 특허는 마모의 위험이 있다. 돌기와 홈부를 돌려 서로 맞물림으로써 수압을 버티게 되는데, 이에 따라 서로 맞물리는 과정에서 마찰에 의해 마모가 일어나고 시간이 지남에 따라 그 정도는 심해져 실제로 수압에 의해 맨홀이 이탈하려고 할 때 그것을 방지하지 못한다. 본 설계에서는 이를 해결할 수 있는 방안을 고안하였다.

또한, 재활용 측면에서 차별성을 찾을 수 있다. 위 특허는 기존의 맨홀을 이용하는 것이 아니라서 기존 맨홀의 구조를 완전히 바꾸어야 한다. 하지만 본 설계 아이디어는 기존 맨홀의 구조를 변형할 필요가 전혀 없이 타원형 보조판 하나를 추가함으로써 이와 같은 기능을 수행한다.

셋째, 맨홀 뚜껑의 이탈방지 구조(등록번호 1007966220000)라는 특허를 살펴보았다. 맨홀의 뚜껑을 간편하고 견고하게 고정하여 줌과 아울러 편리하게 열고 닫을 수 있도록 구성하여 뚜껑의 이탈로 인한 사고를 미리 방지할 수 있게 되는 효과를 얻는 발명품이다. 이는 시건장치 외에도 안전링 및 안전고리 등 많은 부품이 있는것을 확인할 수 있고 이는 잔고장이나 파손이 쉽게 생긴다는 단점을 가지고 있다. 반면 본 발명은 단순한 부품을 가지고 있어 쉽게 파손되지 않는 특성을 가지고 있다. 이에 근거하여 본 설계는 경제적, 환경적으로 보다 우수한 기능을 가질 것으로 사료된다.

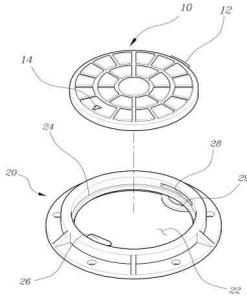


Fig 14. 맨홀의 분해 사시도  
(출처: 특허등록번호 1007966220000)

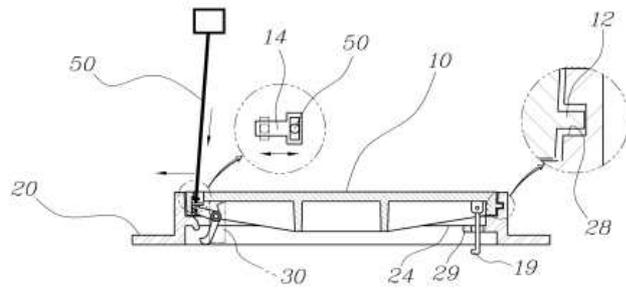


Fig 15. 장치를 해제하는 작동 과정  
(출처: 특허등록번호 1007966220000)

### 3) 설계의 제약조건 및 문제 해결방안

설계의 제약조건을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 타원형 보조판이 손상될 수 있다. 타원형 보조판의 기능 중 하나는 맨홀보다 먼저 높은 수압을 받아 맨홀 뚜껑이 직접적으로 받는 최대 충격량을 줄이는 점이다. 이러한 수압을 완화함으로써 맨홀 뚜껑에 가해지는 물리적인 파괴력을 감소시키고, 맨홀 뚜껑의 안정성을 향상할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이러한 수압 완화 기능은 맨홀 뚜껑이 받는 충격량을 줄이는 동시에 타원형 보조판 자체가 받는 충격량을 늘리므로 타원형 보조판의 손상으로 이어질 수 있다.

다음으로, 하나의 와이어로 연결된 타원형 보조판은 약한 충격에도 쉽게 회전할 가능성이 있다. 예를 들어, 장축 단일로 와이어가 연결되어 있을 경우, 장축을 회전축으로 하여 보조판이 회전할 수 있다. 이는 인위적인 목적 외의 타원형 보조판 회전 방지에 대한 세 번째 설계 문제를 만족시키지 못한다.

또한, 맨홀 뚜껑과의 접합 부위에서 마찰력이 부족한 와이어를 사용하면 맨홀 뚜껑에 대해 미끄러질 가능성이 있다. 와이어가 미끄러지면 타원형 보조판은 탈착 시 기울어지는 정도의 기울기를 가지게 되고, 이때 충격을 가해지면 맨홀 뚜껑에 대한 구속력을 주지 못하고 같이 이탈할 수 있다. 즉, 연결점의 저항력이 부족할 경우, 설계 문제에서 기대하는 안정성 및 보조판의 기능을 충족시키지 못한다. 이에 따른 대안으로 체인을 제안하였는데, 체인을 활용하면 마찰력이 증가하여 미끄러지지 않을 것이라고 판단하였기 때문이다. 하지만 동시에 맨홀 뚜껑 위로 올라온 체인이 보행이나 차량에 지장을 줄 수 있다는 문제가 발생할 수 있다. 체인은 수직인 방향의 단위 모형들이 연속적으로 결합된 형태로, 맨홀 뚜껑의 특정 부분에 돌출이 생기게 된다. 이로 인해 보행자나 차량이 맨홀 뚜껑을 통과하는 동안 체인의 돌출부에 부딪히거나 걸릴 우려가 있으며, 통행의 원활함을 저해하고 특히 차량의 경우에는 차체나 바퀴의 손상을 유발할 수 있다.

위 문제를 해결하기 위해 타원형 보조판에 구멍을 추가하였다. 총 4개의 구멍을 타공하였으며, 이는 전체 면적의 7.5%에 해당한다. 구멍의 면적 비율은 추후의 실험을 통해 적절한 수치를 설정할 수 있다. 이 구멍을 통해 기존 맨홀의 역할인 배수가 원활할 것으로 예상되며, 역류하는 하수의 충격량을 온전히 받지 않으면서 힘을 분산하는 역할을 하여 맨홀 뚜껑의 손상을 줄이면서 타원형 보조판의 파손 또한 방지할 것이다.

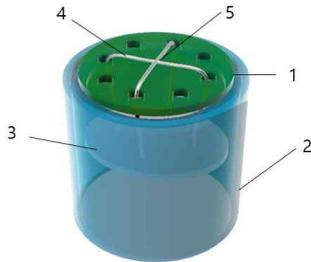


Fig 16. 네 점에 연결한 타원형 보조판

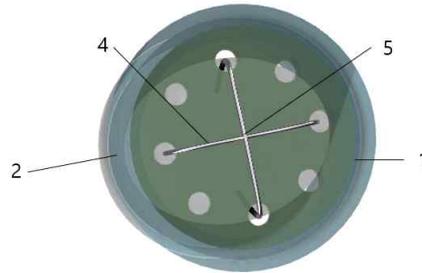


Fig 17. 상부

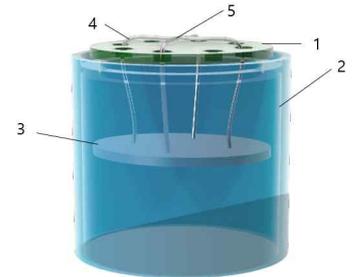


Fig 18. 측면

앞서 제시한 타원형 보조판의 고정과 관련된 문제를 해결하기 위해 타원형 보조판과 연결된 와이어의 개수를 늘렸다. 체인의 경우 단순히 마찰력을 늘릴 수 있다는 장점이 있지만, 무게, 연결 등의 요소를 고려하였을 때 와이어를 사용하되 개수를 늘려 움직임을 줄이는 방안이 효과적이라고 판단하게 되었다. 장축과 단축 각각 하나의 와이어를 연결하여 맨홀 뚜껑과 연결하였으며, 각 축으로의 기울어짐 및 회전을 방지하기 위해 장축에 연결된 와이어와 단축과 연결된 와이어의 결합부(와이어 결합부(5))의 이동 반경에 제한을 주었다.



Fig 19. 초기 모델



Fig 20. 보완된 모델(상부)



Fig 21. 보완된 모델(측부)

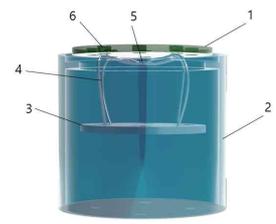


Fig 22. 기존 구조와 결합

맨홀 뚜껑의 돌출 부위를 없애기 위해 새로운 구조를 고안하였다. 맨홀 뚜껑의 배수 구멍에 와이어 숨김 고리(6)을 넣어 체인이 맨홀 뚜껑 아래를 통과하도록 설계하였다. 이때, 줄을 들어 뚜껑과 타원형 보조판을 탈착할 수 있어야 하므로 와이어 숨김 고리는 맨홀 뚜껑에 걸릴 수 있게 하는 걸림 부분과 와이어를 걸기 위한 U자형 고리 부분으로 나누었다. 초기의 고리 부분은 단순히 U자 형태로 제작되었는데, 해당 부분이 수직 방향으로 견뎌야 하는 중량에 비해 쉽게 부서지는 경향을 보여 사진과 같은 십자가 형태로 수정하였다. 또, 외부에서 힘이 가해졌을 때 와이어 숨김 고리가 흔들리는 것을 방지하기 위해 걸림 부분의 직경을 늘리고 고리 부분 위쪽에 원통형 구조를 추가하였다. 자동차와 사람이 와이어 숨김 고리를 지날 때 고리의 마모와 통행의 불편함을 최소화하기 위해 걸림 부분 상단을 둥글게 제작하였다.

**참고) 줄을 들어올리는 상황에 대한 정성적 역학 분석**

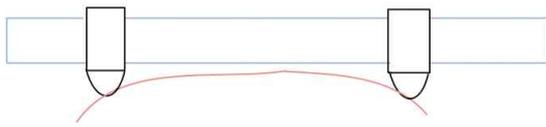


Fig 23. 와이어 숨김 고리를 들어올리기 전

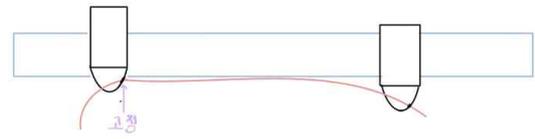


Fig 24. 와이어 숨김 고리를 올릴 때 생기는 고정점

줄을 들어올리는 상황에서는 줄이 맨홀 뚜껑에 걸리게 되며 큰 수직항력을 만들어 마찰력의 크기를 증가시킨다. 따라서 반대쪽 줄이 끌어올려지게 되어 타원형 보조판을 들어올려 빼낼 수 있다.

### (3) 설계 내용

#### 가. 중간보고 단계 (1차 설계)

중간보고 시 1차 설계에서는 제약사항 등을 고려하여 한 개의 줄로 타원형 원판의 두 점을 연결했을 때, 적용될 수 있는 해결방안의 모색을 중심으로 진행되었다.

#### 한 개의 줄로 타원형 원판의 두 점을 연결했을 때

첫 번째는 타원형 보조판이 의도하지 않은 상황에서 기울어질 수 있다는 것이다. 기울어진 방향이 타원형 보조판의 장축을 기준으로 돌아간다면 맨홀 뚜껑에 대해 정사영한 길이에는 변화가 없기 때문에 문제가 되지 않는다. 그러나, 만약 타원의 단축 방향을 기준으로 기울어져 맨홀 뚜껑에 정사영한 길이가 맨홀 뚜껑의 지름보다 작아진다면 수압이 높아진 상황에서 맨홀 뚜껑이 고정되지 않고 들리거나 이탈할 것이다.

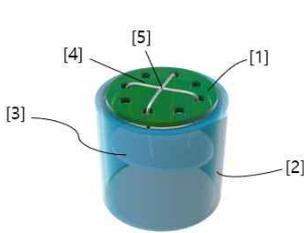


Fig 25. 네 점에 연결한 타원형 보조판

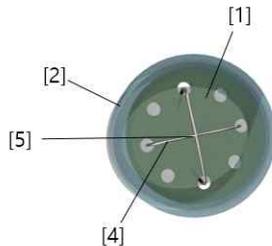


Fig 26. 상부

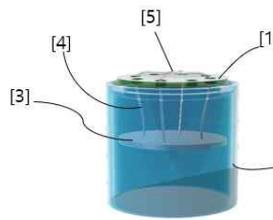


Fig 27. 측면

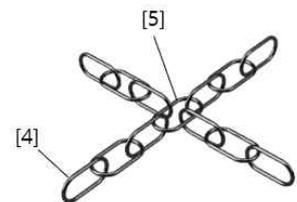


Fig 28. 체인 결합부

#### 해결 방안1: 타원형 보조판의 네 점에 줄 연결

타원형 보조판의 네 점에 줄을 연결하면 타원형 원판이 의도하지 않은 상황에서 특정 방향으로 기울어지는 문제를 해결할 수 있다. 네 점에 줄을 연결하였을 때는 의도치 않은 압력이 발생하여 원판이 기울어지더라도 힘 평형에 의해 다시 원래대로 돌아오게 된다. (안정성이 증가하여 압력이 작용하여도 수평을 유지한다.) 또한 보수 작업 등을 위해 맨홀 뚜껑을 여는 것에도 지장이 없다.

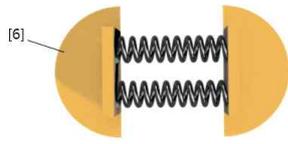


Fig 29. 직경 가변형 스프링(상부)

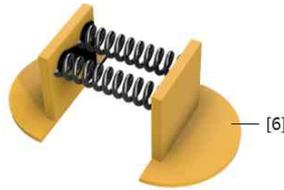


Fig 30. 직경 가변형 스프링(측면)

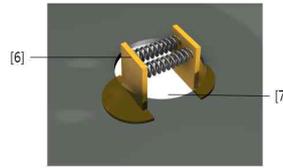


Fig 31. 작동 전

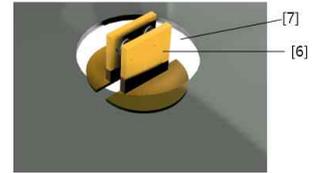


Fig 32. 압축(작동) 후

## 해결 방안2: 체인에 직경가변 스프링[6]를 달아 맨홀 뚜껑 구멍과 체인을 고정

타원형 원판이 의도치 않게 한쪽 방향으로 힘을 받아서 타원형 원판이 기울어지는 것이 문제이다. 이를 해결하기 위해 체인이 맨홀 뚜껑에 대해 일정 수준 이상 미끄러지지 않도록 하며, 의도적인 탈착 시에만 고정장치를 해제해 체인을 움직일 수 있게 하는 직경 가변 용수철을 고안하였다.

### 나. 결과보고 단계 (2차 설계)

중간보고 이후 설계개념을 더욱 발전시켰고, 특히 도시의 맨홀 뚜껑을 안전하게 유지하고, 하수 관리 및 유지보수를 효율적으로 수행하기 위해 타원형 보조판과 IoT 센서를 활용하는 부분에 대해 진행하였다.

먼저, 와이어 숨김 고리라는 설계를 추가적으로 고안하게 되었는데, 이는 맨홀 뚜껑의 구멍을 통해 타원형 보조판과 연결된 와이어를 맨홀 뚜껑 아래에 위치하게 하는 장치이다. 이는 고리 부분과 걸림 부분으로 이루어져 있으며, 고리 부분은 와이어가 지나갈 수 있는 통로, 걸림 부분은 맨홀 뚜껑 위에 위치하여 고리 전체가 뚜껑에 걸려지고 타원형 보조판을 빼낼 수 있는 와이어의 손잡이 역할을 한다.

다음으로, IoT 센서 설계에 관한 부분이다.

IoT 설계를 진행하는 과정에서 아두이노, 파이썬, MIT App Inventor가 주로 사용되었다. 아두이노를 이용해 얻은 센서값은 파이썬을 통해 실시간으로 업데이트되고, 앱인벤터를 통해 스마트폰 앱을 제작하여 간단하고 빠르게 맨홀에 대한 정보를 얻을 수 있게 하였다. 세부적인 내용은 다음과 같다.

#### 1. 아두이노 설계

쓰레기에서 주로 배출되는 가스인 메탄과 이산화탄소를 집중적으로 측정하기 위해 아두이노 센서는 MQ-2(가연성 가스), MQ-4(메탄 가스), MQ-5(LPG, 부탄, 프로판), DHT-11(온습도), CM1106(이산화탄소) 다섯 가지를 사용하게 되었다. 이들 센서는 하수도 내부 환경을 실시간으로 모니터링하며, 유해 가스 농도, 온습도, 가스 누출 등의 값을 측정하여 데이터를 수집한다.

#### 2. 실시간 데이터 활용: 파이썬 설계

설계 목적에 맞게 실시간으로 데이터가 수집되어야 한다. 아두이노에서 1초마다 측정되는 센서값은 앱 제작 등 외부에서 사용하기에 어렵다는 단점이 있으므로, 아두이노 값을 파이썬으로 불러와 사용한다. 이후 구글 스프레드시트에 실시간으로 저장할 수 있다.

#### 3. 앱 설계

MIT App Inventor 프로그램을 통해 스마트폰 앱을 제작하였다. 스프레드시트에 실시간으로 저장되는 값은 사용자가 화면 상단의 버튼을 누를 때 출력할 수 있도록 하였고, 문제가 발생한 시각의 값을 체크할 수 있게 하여 쉽고 빠르게 문제 상황에 대한 보고를 진행할 수 있게 하였다.

### 3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
<b>주제선정/제안서</b> 문제 정의 및 요구사항 분석	■						
<b>아이디어 구체화</b> 사용자 요구사항 파악 및 분석 맨홀 뚜껑 이탈 방지 및 하수도 환경 모니터링을 위한 아이디어 도출		■					
<b>맨홀 실태 조사/ 문제점 조사</b> 폭우로 인한 맨홀 뚜껑 이탈 사고 및 하수도 내 환경 문제 등 문제 정의 유사 기술 동향 및 해결방안조사		■					
<b>중간보고서 작성</b>			■				
<b>기계장치 설계</b> IoT 기술 및 센서 기술 조사후 설계 시작				■			
<b>기계장치 제작 1</b> 상세 설계 및 구현 계획 수립 필요한 재료 및 센서 등 구매 계획 수립				■	■		
<b>기계장치 제작 2</b> 시제품 제작 및 테스트					■	■	
<b>IoT 센서 제작</b> 센서 연동 및 IoT 시스템 구축 센서를 시스템에 연동하고 데이터를 수집하는 IoT 시스템 구축					■	■	
<b>보완 및 최종보고서 작성</b> 시스템 통합 및 테스트 최종보고서 작성						■	
<b>최종보고회 및 발표준비</b>							■

## 4. 설계 결과물

### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

설계 목표와 과정에 따라 최종 결과물을 제작은 다음과 같이 진행되었다.

먼저, 타원형 보조판은 나무 합판을 활용하여 제작하였다.

제작된 타원형 보조판의 구조를 자세히 살펴보면, 장축은 24cm이며 단축은 20cm로 철개 장축은 받침의 직경(21.3cm)보다 길며, 단축은 철개 받침의 직경보다 짧게 제작하였다. 타원형 보조판에 연결된 체인의 한쪽을 들어 올리게 되면 장축의 정사영된 길이가 철개받침의 직경보다 짧아지게 된다. 이에 타원형 보조판이 암거에 걸리지 않게 되어 맨홀 뚜껑과 타원형 보조판을 동시에 암거로부터 제거할 수 있다.

타원형 보조판은 네 점에서 줄과 연결되어 있으며 장축과 단축에 각 점이 있어 기울어지거나 회전하지 않고 안정적인 상태를 유지할 수 있다. 이때 맨홀의 구멍을 통해서 줄을 넣게 되는데 보행자의 안전을 위해 줄이 맨홀 밖으로 돌출되지 않도록 하는 구조물이 필요성을 느꼈다. 이에 줄이 맨홀 아래로 지나갈 수 있게 하는 ‘와이어 숨김 고리’를 설계하였다. 본 장치는 3D프린팅(PLA)으로 제작하였다. 고리 부분과 걸림 부분으로 이루어져 있다.

걸림 부분은 맨홀 구멍 윗면에서 줄에 대한 구속력을 제공한다. 윗부분은 곡면으로 설계하여 자동차가 지나갈 때 안정적으로 지나갈 수 있도록 설계하였다. 또한 충분한 마찰력을 제공하여 혹시라도 보행자가 건드리더라도 이탈 없이 항상 안정적인 상태를 유지할 수 있다. 고리 부분은 줄이 지나다니는 통로로 타원형 보조판의 무게를 지탱할 수 있을 만큼 견고하게 설계되어 있다. 특히, 고리 부분 상단은 아래 사진과 같이 원통형으로 되어 있어 고리 자체만 있는 경우의 흔들림보다 흔들림이 감소한다.



Fig 33. 정면



Fig 34. 맨홀 뚜껑 아래



Fig 35. 상부



Fig 36. 와이어 숨김 고리

다음은 본 설계의 최종적인 목표인 IoT 기술을 적용한 통합적 시스템을 구축하기 위해, 타원형 보조판에 각종 센서를 장착하였다. 구현을 위해 사용한 센서는 다음의 다섯 가지인 MQ-2(가연성 기체), MQ-4(메탄 가스), MQ-5(LPG·부탄·메탄·프로판), DHT-11(온습도), CM1106(이산화탄소)이다. 일반적으로, 쓰레기로 인해 발생하는 위해 가스는 메탄( $CH_4$ )과 이산화탄소( $CO_2$ )가 98% 이상을 차지하고 있다. 따라서, MQ-2, MQ-4, MQ-5 가스 센서와 CM1106의 센서값을 통해 역류가 발생하는 주요 원인인 쓰레기의 양을 간접적으로 추정할 수 있다. 또한, 기본적인 맨홀의 상시 상태 파악을 위해 DHT-11 온습도 센서를 사용한다. 이에 대한 자세한 코드는 <부록 1>을 참고한다.



Fig 37. MQ-2



Fig 38. MQ-4



Fig 39. MQ-5

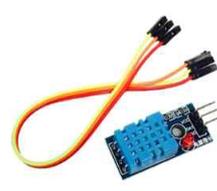


Fig 40. DHT11



Fig 41. CM1106

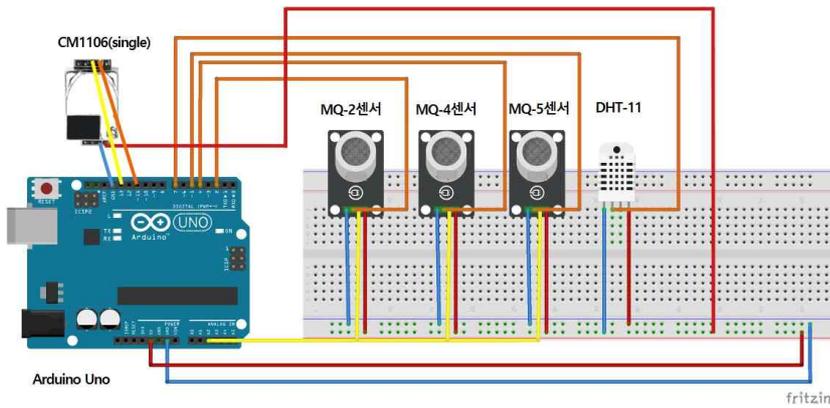


Fig 42. 아두이노 회로도 (fritzing으로 작성)

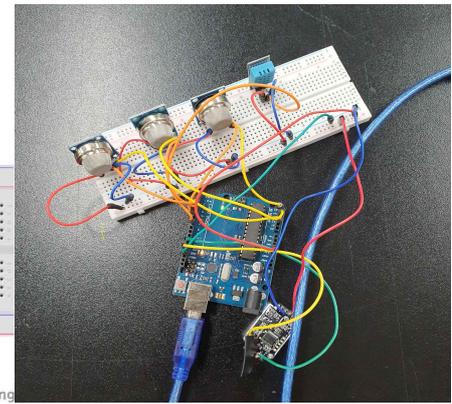


Fig 43. 아두이노 실제 사진

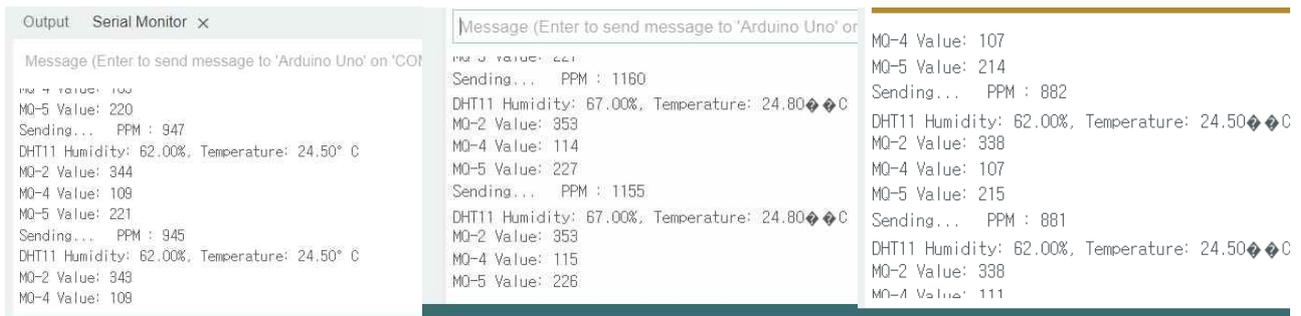


Fig 44. 아두이노 실행 결과

이렇게 아두이노 센서들로 측정된 데이터들은 결과적으로 우리가 직접 제작한 앱을 통해 실시간으로 보여지게 된다. 먼저, 아두이노 센서로 측정된 데이터는 serial 모듈을 통해 파이썬으로 전달된다. 그렇게 전달된 측정 데이터는 구글에서 제공하는 google sheets API를 사용하여 아래 사진과 같이 스프레드시트에 실시간 저장된다. 이때 사용되는 파이썬 라이브러리는 gspread이다. 자세한 코드는 <부록 2>를 참고한다.

이는 우리가 앱을 제작하는데 사용하는 'MIT App Inventor'의 데이터베이스로 사용된다. MIT App Inventor으로 제작된 앱은 스프레드시트에 저장된 값을 읽어와 아두이노 센서값을 일정한 단위로 끊어 사용자에게 휴대폰 화면을 통해 보여준다. 또한, 보여지는 데이터 중 기준치를 초과한 데이터가 있는 경우, 이상 데이터를 체크할 수 있는 체크박스가 존재한다. 이를 통해 위험한 데이터를 빠르게 표시하고 체크하는 것이 가능하도록 하였다. 추가적인 연구를 통해 기준치를 초과하는 위험한 데이터가 측정된 경우, 자동으로 체크하는 기능을 제작하려는 계획에 있다. 앱에 대한 코드는 <부록 3>을 참고한다.

```

Sending... PPM : 550 look 0.0
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 2.6048080921173096
MQ-2 Value: 254 look 3.607632875442505
MQ-4 Value: 135 look 4.614668130874634
MQ-5 Value: 88 look 5.629529237747192
Sending... PPM : 550 look 9.367271900177002
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 10.372711420059204
MQ-2 Value: 257 look 11.374397277832031
MQ-4 Value: 138 look 12.38010287284851
MQ-5 Value: 90 look 13.392079591751099
Sending... PPM : 550 look 16.434539794921875
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 17.441735982894897
MQ-2 Value: 261 look 18.444430589675903
MQ-4 Value: 142 look 19.450937747955322
MQ-5 Value: 92 look 20.45286774635315
Sending... PPM : 550 look 23.82355046272278
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 24.829932689666748
MQ-2 Value: 264 look 25.8358371257782
MQ-4 Value: 144 look 26.84511661529541
MQ-5 Value: 94 look 27.860021352767944
Sending... PPM : 550 look 30.908861978530884
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 31.904407024383545
MQ-2 Value: 266 look 32.91522932052612
MQ-4 Value: 146 look 33.92111086845398
MQ-5 Value: 95 look 34.92937231063843
Sending... PPM : 550 look 37.960673332214355
DHT11 Humidity: 69.00%, Temperature: 22.60°C look 38.97449493408203
    
```

Fig 45. 파이썬 실행결과

	A	B	C	D	E
1	PPM Value:	550	0.00초		
2	DHT11 Humidity	69.00%	2.60초		
3	Temperature	22.60°C	2.60초		
4	MQ-2 Value:	254	3.61초		
5	MQ-4 Value:	135	4.61초		
6	MQ-5 Value:	88	5.63초		
7	PPM Value:	550	9.37초		
8	DHT11 Humidity	69.00%	10.37초		
9	Temperature	22.60°C	10.37초		
10	MQ-2 Value:	257	11.37초		
11	MQ-4 Value:	138	12.38초		
12	MQ-5 Value:	90	13.39초		
13	PPM Value:	550	16.43초		
14	DHT11 Humidity	69.00%	17.44초		
15	Temperature	22.60°C	17.44초		
16	MQ-2 Value:	261	18.44초		
17	MQ-4 Value:	142	19.45초		
18	MQ-5 Value:	92	20.45초		
19	PPM Value:	550	23.82초		
20	DHT11 Humidity	69.00%	24.83초		
21	Temperature	22.60°C	24.83초		
22	MQ-2 Value:	264	25.84초		
23	MQ-4 Value:	144	26.85초		
24	MQ-5 Value:	94	27.86초		

Fig 46. 스프레드시트 실시간 업로딩

Screen1  
Text for Label1  
sync

PPM Value:  
550  
144.33초

DHT11 Humidity:  
68.00%,  
147.42초

Temperature  
23.00°C  
147.42초

MQ-2 Value:  
272  
148.43초

MQ-4 Value:  
143  
149.43초

MQ-5 Value:  
90  
150.44초

Fig 47. 앱인벤터 실행결과(휴대폰 화면)

## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 설계의 최종 결과물인 타원형 보조판의 장점 및 의의는 다음과 같다.

첫째, 보조판을 통해 폭우 등의 재해가 있을 때 강수 용량을 초과하는 순간, 특정 구간에서 하수가 강하게 역류하여 그 압력에 의해 맨홀 뚜껑이 들려 이탈하는 것을 방지할 수 있다. 이는 인명 및 재산 피해를 최소화하는데 큰 역할을 할 것이다.

둘째, 타원형 보조판은 맨홀 뚜껑의 이탈을 방지하면서도 필요한 경우 와이어를 통해 간편하게 탈부착할 수 있는 구조이다. 이는 맨홀 점검이나 유지 보수에 용이하도록 설계되어 있을 뿐만 아니라, 체인 연결 구조를 사용함으로써, 맨홀 뚜껑을 간편하게 제거하거나 재설치할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이로 인해 작업자들은 특별한 도구 없이도 빠르게 맨홀 뚜껑을 열거나 닫을 수 있어, 점검 및 유지보수할 수 있고, 작업의 효율성을 높인다는 특징이 있다.

끝으로, 타원형 보조판은 맨홀 뚜껑과 타원형 보조판이 안전하게 고정되는 자동 잠금 메커니즘을 포함하고 있다는 점이다. 이를 통해 맨홀 뚜껑이 강풍이나 급류 등에 의해 열리는 상황을 예방하며, 도로나 보행자의 안전을 보장할 수 있을 것이다.

<b>A 이탈방지와 안전</b>	타원형 보조판을 활용하여, 맨홀 뚜껑의 이탈 방지 보행자, 이동 차량 등의 안전성 확보
<b>B 유지점검 편리함</b>	체인 연결구조 사용을 통한 작업의 효율성 극대화 점검, 유지보수는 물론 작업자의 안전 보장
<b>C 사회간접비 절감</b>	경제적 설치를 통한 인명피해 등 큰 사고를 예방할 수 있음 도시기반시설의 유지보수에 사용될 비용을 절감할 수 있음
<b>D 환경 모니터링</b>	하수도 내부의 환경 및 유해가스를 모니터링 실시간 안전한 환경유지 및 확보가 가능

Fig 48. 설계 아이디어의 특징점

다만, 다음과 같은 단점이 있어 보완이 필요하다.

첫째, 튀어나온 부분이 보행자와의 지속적인 마찰로 마모가 생겨 내구성에 문제가 생길수 있다. 지나친 마모는 와이어 숨김 고리가 제 기능을 하지 못하게 하며, 이로 인한 전체적인 구조가 뒤틀릴 가능성이 있다. 하지만 와이어 숨김 고리는 부드러운 곡선으로 이루어져 있기 때문에 적은 점점으로도 충분히 보완이 가능할 것이다.

둘째, 와이어 숨김 고리의 강도를 높이기 위해 제작한 두 U자 고리의 형태가 교점에서 만드는 침점에 실이 걸리게 되면서, 마찰력의 크기가 증가해 타원형 보조판이 평형점으로 이동하는 것을 방해하기 때문에 타원형 보조판의 기울기 문제를 완벽하게 해결하기 어려울 가능성이 있다. 그러나 지속적인 실험을 통하여 해결 방안을 모색하고자 한다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

### (1) 활용방안

우리가 설계한 시스템을 도시의 맨홀 뚜껑에 적용함으로써 폭우나 압력 변화에 의한 맨홀 뚜껑의 이탈 사고를 예방할 수 있다. 이를 통해 도로 훼손 및 인명 피해를 최소화하고 도시의 안전을 확보할 수 있다. 또한 본 발명품은 IoT 기술을 활용하고 있기 때문에 하수도 내부의 환경 및 유해 가스를 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 이를 통해 하수도의 상태를 실시간으로 파악할 수 있다. 뿐만 아니라 쓰레기 쌓임, 가스 농도 변화 등을 조기에 감지하여 문제를 예방하고 빠르게 대응할 수 있다. 하수도 내부 작업 시 가장 큰 문제점인 메탄 가스와 이산화 탄소 농도 등을 실시간으로 측정하여 작업자의 안전을 보장할 수 있다. 또한, 온도, 습도 등의 변수도 모니터링하여 작업 환경을 안전하게 유지할 수 있다.

### (2) 기대효과

본 설계에서 기대되는 효과는 다음과 같다.

첫째, 맨홀 뚜껑의 이탈 사고로 인한 인명 피해와 도로 훼손 등을 예방함으로써 도시의 주민이나 관련 기관의 생명과 재산을 보호할 수 있다. 이는 하수도 시설의 안정적 운영이 가능해지고 하수 관련 문제가 줄어들어 도시 환경을 개선시킬 수 있다는 장점을 가진다.

둘째, 유해 가스와 쓰레기 쌓임을 감지하고 미리 대응하여 환경 오염 예방에 기여할 수 있다. IoT 모니터링 시스템은 하수도 시스템의 상태를 실시간으로 파악하여 필요한 조치를 즉시 취할 수 있게 하며, 유지보수 및 관리 작업의 효율성을 높인다.

이러한 혁신적인 시스템 도입은 기술 혁신을 촉진하고 도시 안전 문화를 확산시키는데 기여할 수 있다. 선제적인 안전 대책의 도입으로 다른 도시에서도 유사한 시스템을 도입할 수 있는 선진적인 모습을 기대할 수 있으며, 사고로 인한 손실 감소와 효율적인 유지보수로 인해 도시의 비용을 절감할 수 있다는 점을 기대해볼 수 있다. 종합하면, 설계한 시스템은 도시의 안전과 환경 개선에 기여하는 동시에 효율적인 하수도 관리와 작업자의 안전을 확보하는데 큰 기대효과를 가지고 있다.

### <참고문헌>

- [1] 박정섭, 문병선, 김재훈, 송상현, 이주연, 2022, 제53회 대한전기학회 하계학술대회, pp. 738
- [2] 김주환, 김민욱, 정해찬, 김지원, 임중선, 2021, 한국정보기술학회 추계종합학술대회 및 대학생논문경진대회, pp. 370~372
- [3] 이광혁, 김주환, 김민욱, 김정호, 백운보, 2021, 한국정보기술학회 추계종합학술대회 및 대학생논문경진대회, pp. 364, 366, 367, 368
- [4] Byeong Il You , Yun Oh , Gyo Woo Lee, 2018, Structural Design and Numerical Analysis of a Light-weight Manhole Lid Using a Carbon Steel Frame and Double Injection Molding, The Korean Society of Mechanical Engineers,
- [5] Chang-Ho Kim , Joon-Hong Park , A Study on Development of a Manhole with Height Adjustment, The Korean Society of Mechanical Engineers, 2004
- [6] Amit Mankotia, Anil Kumar Shukla, 2022, IOT based manhole detection and monitoring system using Arduino

## <부록 1> - 아두이노 코드

```

#include <DHT.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define DHTPIN 7 // DHT11 센서 입력 핀
#define DHTTYPE DHT11 // DHT11 센서 타입

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int mq2Pin = A2; // MQ-2 아날로그 핀
int mq4Pin = A4; // MQ-4 아날로그 핀
int mq5Pin = A5; // MQ-5 아날로그 핀

SoftwareSerial cm1106Serial(13, 11); // CM1106 센서 시리얼 통신 핀
unsigned char Send_data[4] = {0x11, 0x01, 0x01, 0xED};
unsigned char Receive_Buff[8];
unsigned char recv_cnt = 0;
unsigned int PPM_Value;

void Send_CMD(void) {
  unsigned int i;
  for (i = 0; i < 4; i++) {
    cm1106Serial.write(Send_data[i]);
    delay(1);
  }
}

unsigned char Checksum_cal(void) {
  unsigned char count, SUM = 0;
  for (count = 0; count < 7; count++) {
    SUM += Receive_Buff[count];
  }
  return 256 - SUM;
}

void setup() {
  pinMode(13, INPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);

  dht.begin();

  while (!Serial)
    ;
  cm1106Serial.begin(9600);
  while (!cm1106Serial)
    ;
}

```

```

void loop() {
    // CM1106 센서에서 이산화탄소 값 읽기
    Serial.print("Sending...");
    Send_CMD();
    while (1) {
        if (cm1106Serial.available()) {
            Receive_Buff[recv_cnt++] = cm1106Serial.read();
            if (recv_cnt == 8) {
                recv_cnt = 0;
                break;
            }
        }
    }

    if (Checksum_cal() == Receive_Buff[7]) {
        PPM_Value = Receive_Buff[3] << 8 | Receive_Buff[4];
        Serial.print("  PPM : ");
        Serial.println(PPM_Value);
    } else {
        Serial.println("CHECKSUM Error");
    }

    // DHT11 센서에서 온습도 읽기
    float humidity = dht.readHumidity();
    float temperature = dht.readTemperature();

    // MQ-2, MQ-4, MQ-5 센서에서 가스 값 읽기
    int mq2Value = analogRead(mq2Pin);
    int mq4Value = analogRead(mq4Pin);
    int mq5Value = analogRead(mq5Pin);

    // 센서 데이터를 시리얼 모니터에 출력
    Serial.print("DHT11 Humidity: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.print("%, Temperature: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println("°C");
    Serial.print("MQ-2 Value: ");
    Serial.println(mq2Value);
    Serial.print("MQ-4 Value: ");
    Serial.println(mq4Value);
    Serial.print("MQ-5 Value: ");
    Serial.println(mq5Value);

    delay(1000);
}

```

## <부록 2> - 파이썬 코드

```

import gspread
from oauth2client.service_account import ServiceAccountCredentials

scope = ['https://spreadsheets.google.com/feeds']
json_file_name = json_file_name = r"C:\Users\baeks\OneDrive - 인천광역시교육청\python\학생설계경진대회(팀 우주쥬 꼬미)\adroit-nimbus-398507-a126d2786933.json"
credentials = ServiceAccountCredentials.from_json_keyfile_name(json_file_name, scope)
gc = gspread.authorize(credentials)
spreadsheet_url = 'https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QKKLrIiesLXzsVQPPRHo-RrmCLt9ZC0sKpN1Vf2Hayo/edit?usp=sharing'

# 문서 불러오기
doc = gc.open_by_url(spreadsheet_url)
# a 시트 불러오기
worksheets = doc.worksheets()

```

```

import serial
import time

# 아두이노와 연결된 시리얼 포트를 지정
arduino_port = "COM9" # 아두이노가 연결된 포트에 따라 변경해야 함

# 시리얼 통신 설정
ser = serial.Serial(arduino_port, 9600)

start = time.time()
while True:
    current = time.time()-start
    # 아두이노에서 데이터를 읽음
    arduino_data = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()
    print(arduino_data,'look',current)

    # 데이터가 정상적인 형식인지 확인
    if arduino_data.startswith("DHT11 Humidity:"):
        # DHT11 센서 데이터인 경우 출력
        Humidity_data = arduino_data.split()[-3]
        Humidity_time = f'{current:.2f}초'
        Temperature_data = arduino_data.split()[-1]
        Temperature_time = f'{current:.2f}초'

    elif arduino_data.startswith("MQ-2 Value:"):
        # MQ-2 센서 데이터인 경우 출력
        MQ2_data = arduino_data.split()[-1]
        MQ2_time = f'{current:.2f}초'

    elif arduino_data.startswith("MQ-4 Value:"):
        MQ4_data = arduino_data.split()[-1]
        MQ4_time = f'{current:.2f}초'

    elif arduino_data.startswith("MQ-5 Value:"):
        MQ5_data = arduino_data.split()[-1]
        MQ5_time = f'{current:.2f}초'

    elif arduino_data.startswith("Sending... PPM :"):
        PPM_data = arduino_data.split()[-1]
        PPM_time = f'{current:.2f}초'

    worksheet.append_row(["DHT11 Humidity:",Humidity_data,Humidity_time])
    worksheet.append_row(["Temperature",Temperature_data,Temperature_time])
    worksheet.append_row(["MQ-2 Value:",MQ2_data,MQ2_time])
    worksheet.append_row(["MQ-4 Value:",MQ4_data,MQ4_time])
    worksheet.append_row(["MQ-5 Value:",MQ5_data,MQ5_time])
    worksheet.append_row(["PPM Value:",PPM_data,PPM_time])

    time.sleep(1) # 1초마다 데이터 확인

```

### <부록 3> - MIT App Inventor 코드

```

when Screen1.Initialize
do call Web1.Get

initialize global table to create empty list

when Button1.Click
do call Web1.Get

initialize global birthdays to create empty list
initialize global initial to create empty list

when Web1.GotText
url responseCode responseType responseContent
do set global table to list from csv table text get responseContent
call format
set ListView1.Elements to get global birthdays
set global birthdays to create empty list

to format
do
remove list item list get global table
index 1
remove list item list get global table
index 2
remove list item list get global table
index 3
remove list item list get global table
index 4
remove list item list get global table
index 5
for each number from floor(length of list list get global table / 6 * 6 - 5)
to floor(length of list list get global table / 6 * 6 + 0)
by 1
do add items to list list get global birthdays
item join
select list item list select list item list get global table
index get number
"\n"
select list item list select list item list get global table
index get number
"\n"
select list item list select list item list get global table
index get number

```