

KAERI/TR-1846/2001

하수관 보수를 위한 Packer 개발

Development of the Packer for Sewages Maintenance

KAERI

한국원자력연구소

# 제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2001년도 사용후핵연료 원격취급실증장치개발 과제의 “하수관 보수를 위한 packer 개발” 기술보고서로 제출합니다.

2001. 6.

과 제 명 : 사용후핵연료원격취급실증장치개발

주 저 자 : 정재후

공 저 자 : 윤지섭, 김영환, 이종열, 김성현

## 요 약 문

하수관을 보수하기 위해서는 땅을 굴착하여 파손된 하수관을 작업 위치로 노출시켜야 하는데 이 경우 굴착공사로 인한 심각한 교통 체증이 야기되며, 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 이 방법은 비효율적이다. 따라서, 지면을 굴착하지 않고 인간 작업자 또는 특수 장치를 하수관 내로 직접 투입시켜 보수 작업을 수행하고 있다.

대형 하수관(직경 800 mm 이상)에는 인간 작업자가 하수관 내로 들어가 검사 또는 보수작업을 수행할 수 있으나, 작업시 유독가스가 발생할 수 있는 작업 공정 중 발생하는 실수로 인적 피해를 유발하기도 한다. 직경이 작은 하수관의 경우에는 인간 작업자가 하수관 내에 들어가기 어렵기 때문에 이동 로봇을 사용하고 있다.

하수관 검사/보수 로봇에 의한 하수관의 상태를 검사하고, 보수를 위하여 준비를 한 후, 그 파손된 부분의 보수를 위한 장비의 개발이 필요하다. 따라서, 이러한 파손된 부분의 보수를 위하여 packer를 개발하였다. 기존의 packer는 packer 표면의 중앙부가 부풀어 하수관 내벽에 밀착하므로 접촉면적이 작아 보수에 있어서 작업 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서 개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있는 V자형의 주름 관을 설치하여, 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어오르도록 하였다. 하수관 내벽에 넓은 분포로 밀착하므로 전체적인 보수 면적을 향상시킬 수 있으며, 보수시간도 짧게 소요된다. 그리고 보수 작업 후에 보수가 끝난 하수관 상태를 검사하기 위해 카메라 검사 장비를 탑재하였으며, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사할 수 있는 시스템은 하수관 밖의 control room에 설치되어 있다.

따라서, 본 연구에서 개발된 packer는 향후 하수관 보수 사업에 큰 도움이 될 것으로 전망된다.

## SUMMARY

In order to repair sewages, it is required to dig out the damaged sewages. But, this kind of repair work is not effective since it causes serious traffic jams and takes too much time and cost. To solve this problems, another method, which send workers or special devices into the sewages for repair work, has been used. This method gets rid of the necessity of digging out the sewages.

In case of huge sewages, whose diameter are greater than 800 mm, human workers can get into the sewages and carry out repair works, but it is probable that the work can generate toxic gases. In addition, the human mistakes sometimes lead to severe disasters. For sewages with small diameters, it is difficult for human workers to go inside, so mobile robot has been used.

To enhance the work condition, it is necessary to develop a device that can repair the damaged part whose conditions were inspected by sewages inspection/repair robots. For this reason, a packer was developed. The disadvantage of the previous packer was low work efficiency due to low surface contact because the previous packer inflated its center part to stick to the sewages. To increase the efficiency, V-shaped wrinkle tube was attached to the newly-developed packer. So while injecting air, the surface of the packer expands uniformly. This increases the surface contact with the sewages, which means more area can be repaired in less time. Also a camera was attached to the packer so that one can check the sewages conditions after repair work is finished. Also inspection system is connected to the control room outside the sewages.

In conclusion, with the advantages mentioned above, the newly-developed packer will be very useful for sewages repair work.

# 목 차

제 출 문 ..	1
요 약 문 ..	2
제 1 장 서론 ..	9
제 2 장 기술개발 현황 ..	12
제 1 절 국외 기술개발 현황 ..	12
제 2 절 국내 기술개발 현황 ..	15
제 3 장 Packer 설계 및 제작 ..	16
제 1 절 Packer 설계 방법 ..	16
1. Packer 사양 및 구성 ..	16
2. Packer 설계 방법 ..	20
제 2 절 Packer 제작 ..	27
1. Packer 제작 방법 ..	27
제 4 장 하수관 검사/보수 로봇 설계/제작 및 보수작업 ..	34
제 1 절 하수관 검사/보수 로봇 설계 및 제작 ..	34
1. 본체 설계 ..	34
제 2 절 하수관 검사/보수 로봇 검사 및 보수작업 ..	41
1. 하수관 검사 시스템 ..	41
2. 제어반 ..	53
제 5 장 Packer 성능 시험 ..	56

제 1 절 Packer 보수 공법 .....	56
제 2 절 Packer 작동 원리 .....	59
제 6 장 결 론 ..	63
참고 문헌 ..	64

## 그림 목차

그림 3-1. Packer 설계 전체도 .....	16
그림 3-2. Packer 정면도 .....	17
그림 3-3. Packer extension 부 .....	18
그림 3-4. Packer wheel 부 .....	19
그림 3-5. Packer 기본 설계도 .....	21
그림 3-6. Packer 구동부 설계도 .....	22
그림 3-7. Packer extension system 설계도 .....	24
그림 3-8. Air hose reel 설계도 .....	25
그림 3-9. Camera 부 설계도 .....	26
그림 3-10. Packer 제작품 .....	30
그림 3-11. Packer 구동부 제작품 .....	31
그림 3-12. Air hose reel 제작품 .....	32
그림 3-13. 카메라 제작품 .....	33
그림 4-1. 로봇 몸체에 대한 크기 및 내부 설계도 .....	38
그림 4-2. 로봇 몸체의 구성품 배치 설계도 .....	39
그림 4-3. 제작된 로봇 .....	40
그림 4-4. 하수관 검사/보수 로봇 시각 장치 개략도 .....	44
그림 4-5. 카메라 브라켓 내부 구조 개략도 .....	45
그림 4-6. 시각 장치의 전방감시 자세 .....	49
그림 4-7. 시각장치 파손부위 상세 조사 자세 .....	50
그림 4-8. 지관제거 작업시 시각장치 자세 .....	51
그림 4-9. 파손부위 연삭 작업시 시각장치 자세 .....	52
그림 4-10. 시각장치 제작 사진 .....	54
그림 4-11. 제어반의 외관 .....	55
그림 5-1. 기존 packer의 모습 .....	57

그림 5-2. 개발된 packer의 모습 .....	58
그림 5-3. Packer 작동원리 공정도 .....	61
그림 5-4. 하수관 속에 투입하여 공기를 넣기 전의 모습 .....	62
그림 5-5. 하수관 속에 투입하여 공기를 넣은 후의 모습 .....	62

## 표 목 차

표 4-1. 시각장치용 카메라 사양 .....	47
---------------------------	----

## 제 1 장 서 론

하수관을 보수하기 위해서는 땅을 굴착하여 파손된 하수관을 작업 위치로 노출시켜야 하는 데 이 경우 굴착공사로 인한 심각한 교통 체증이 야기되며, 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 이 방법은 비효율적이다. 따라서, 지면을 굴착하지 않고 인간 작업자 또는 특수 장치를 하수관 내로 직접 투입시켜 보수 작업을 수행하고 있다. 대형 하수관(직경 800 mm 이상)에는 인간 작업자가 하수관 내로 들어가 검사 또는 보수작업을 수행할 수 있으나, 작업시 유독가스과 같은 유해 환경이나 작업 공정 중 발생하는 실수로 인적 피해를 유발하기도 한다. 직경 800 mm보다 작은 하수관의 경우에는 인간 작업자가 하수관 내에 들어가기 어렵기 때문에 이동 로봇을 사용하고 있다.

국내의 일부 업체에서 상용화된 기존의 하수관 검사용 로봇은 카메라만 장착하여 하수관을 검사하고 있으나, 국외에서는 검사의 신뢰성을 향상시키기 위해 카메라 이외의 센서를 장착하기도 한다. 보수용 로봇은 아직 개발되지 않아 외국에서 수입하고 있는 실정이며, 수입된 보수 로봇을 우리나라의 하수관에 적용한 결과, 우리나라의 하수관은 외국의 하수관과는 달리 작업 조건이 열악하기 때문에 도입 로봇의 작업 효율이 매우 낮고 고장 발생률도 상당히 높은 편이다. 그리고 보수를 위한 방법에 있어서 국내 하수관 실정을 감안할 때 필터(filer)에 의한 방법과 수지 침착 방법이 있으나 현재는 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하고 작업의 효율성을 높이기 위하여 검사와 보수 작업을 병행하여 수행할 수 있는 검사/보수 작업용 다기능 로봇의 조속한 개발이 요구된다.

이상에서 기술한 바와 같이 하수관의 검사/보수 작업용 이동 로봇이 구비하여야 할 기능으로는 검사를 위한 파손부위 인식 기능, 보수를 위한 절삭/연삭/수지 침착 기능, 하수관 내 이동을 위한 자율주행/장애물추월/자기

위치 인식 기능 등이 있다. 이와 같은 기능을 만족하기 위해서 여러 가지의 첨단 요소 기술(센서 응용, 제어 알고리즘, 로봇 제작 및 응용기술)의 개발과 아울러 기존 검사 및 보수 로봇의 문제점을 개선함으로써 작업의 효율성을 향상시키고 직경 300 mm의 하수관 내에도 투입하여 작업할 수 있는 크기의 검사/보수 작업용 다기능 이동 로봇을 개발하고자 하였다.

이를 위하여 본 연구에서는 산업자원부의 공업기반기술개발사업의 일환으로 1997년 10월에 착수하여 1999년 9월까지 2차 년도에 걸쳐 수행하였다. 1차 년도에는 하수관 보수/검사 로봇의 개발에 중점을 두어 로봇을 설계·제작하여 성능실험을 완료하였고, 2차 년도에는 1차년도 로봇의 성능 실험 결과에서 발견된 여러 가지 문제점과 개선사항을 도출하여 실용화에 적합하도록 1차년도에 개발된 로봇을 개조하였다. 또한 절삭로봇과 더불어 보수작업을 수행하는 packer, 검사작업을 수행하는 자율주행형 자동검사로봇을 개발하였고, 이들 로봇의 구동에 필요한 각종 부대장치(로봇차량, cable reel, 냉각수 공급장치, 로봇 견인용 크레인, 및 제어 장치)의 개발을 완료하였다.

본 연구에서는 1차년도와 2차년도의 연구개발 수행내용 및 결과를 종합하고, 보수를 위한 packer 개발과 성능 개선에 대해서 기술하고자 한다. 보수 방법에 있어서 하수관 속의 파손된 관로를 보수하기 위하여 개발된 packer 장비는 관로 속에 투입한 후 packer에 수지포를 침착하여 정확히 파손된 부위로 위치시키고 packer에 압축 공기를 주입하여 그 수지포를 파손 부위에 부착하는 방법이다. 이때 수지포는 시간이 경과되면 자연 경화되어 자체적으로 형태를 유지하면서 파손된 부위에 부착되면서 모양을 형성하게 된다. 이와 같이 수지포가 경화된 후에는 packer 내의 압축 공기를 제거하여 packer를 축소시키고 보수가 완료되면 다음 작업을 계속적으로 수행하도록 하였다. 그러나 기존의 packer는 packer 표면의 중앙부가 부풀어 하수관 내벽에 밀착하므로 접촉 면적이 작아 보수에 있어서 시간이 많이 소요되고, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사하지 못하는 단점을 가지고

있다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서 개발된 packer는 packer의 양단에 주름 관을 설치하여 전체적인 보수 면적을 향상시켰고, 또한 보수 작업 후에 보수가 끝난 하수관 상태를 검사하기 위해 카메라 검사 장비를 탑재하였다.

개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있도록 V자형의 주름 관을 설치하여 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어올라 하수관 내벽에 밀착하므로 접촉 면적이 넓어 보수시간이 짧다. 또한, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사할 수 있는 시스템이 하수관 밖의 control room에 설치되어 있으며, 이의 검사를 보다 효율적으로 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서, 기존의 보수 방법에서 접촉효율을 높이므로써 하수관 로봇의 작업 능력을 향상시켰다.

## 제 2 장 기술개발 현황

### 제 1 절 국외 기술개발 현황

독일의 BODENBENDER GmbH 사에서는, 소구경 하수 관거 부분 공법 (point liner system)으로써 지반을 굴착하지 않고 소구경관의 내부에서 손상 또는, 부실 시공된 부분 수리를 하는데 목적을 두고 있다. 대상 관로는 전 종류의 구경이 200 mm 에서 800 mm 까지 사용 가능하도록 되어있다. 소구경관의 내부에서 손상 또는, 부실 시공된 부분을 수리하기 위한 사용 재료 및 기구로는 packer, PL-resin(harz 2000), glass-fiber sheet, 공기 주입기, 분리 호일(separation-foil) 등이 있으며, 내용은 다음과 같다. Packer는 튜브 속에 압축 공기를 불어 넣어주면 고무가 풍선처럼 골고루 퍼져서 확장하게 된다. 따라서 파이프 벽에 긁지 않은 FRP가 평평하게 압착되도록 한다. 또한 모서리와 굴곡 부분에 층이 없이 깨끗하게 나타난다. PL-resin(harz 2000)은 특수한 두 종류의 resin으로서 부식과 마찰에 대한 저항성이 강하며, 신축성과 파손에 대한 안정성, 녹 방지 저하, 습기에 대한 부착성 등이 강하며, 공해를 유발시킬 우려가 적다. Glass-fiber sheet 는 그림 3에서 보는 바와 같이 유리섬유망은 다양한 넓이와 두께로 특수 제작되어 있으며, 부식에 매우 강한 특성을 지니고 있다. Resin이 쉽게 조직 속으로 스며든다. 공기 주입기는 협소한 구멍에도 쉽게 사용할 수 있을 만큼 유연하며, 다음 3가지 목적에 사용된다. 첫 번째는 packer를 손상된 부위에 밀어 넣는다. 두 번째는 딱딱한 봉을 쉽게 손상된 부위로 정확히 밀어 넣는다. 세 번째는 packer에 공기를 채운다. 분리 호일 (separation-foil)은 그림 5에서 보는 바와 같이 분리 호일이 굳기 전에 FRP가 packer에 달라붙는 것을 방지한다. 또한, FRP가 형성되는 동안 더러운 것이 묻지 않도록 하고, 수지는 배분을 일정하게 한다. 시공 방법으로는 보수하기 전에 TV에 연결되어 있는 카메라를 이용해 손상부위의 정확

한 위치를 확인하고, 굳기전 FRP를 감은 packer를 정확한 위치에 옮기고 packer에 압축공기를 주입하여 FRP가 관 벽에 압착되면서 resin이 갈라진 틈이나 파손된 부위에 스며들어 접착하게 된다. 이후 2 시간이 흐르면 FRP가 자체적으로 형태를 유지하며, 강하게 굳어 모양을 형성한다. 다시 굳은 후에는 packer 내의 공기를 빼면 packer는 축소되어 빼낼 수 있으며, 다음 작업에 즉시 착수 할 수 있다. 작업이 끝난 후 packer를 분리하기까지의 시간은 2시간이 소요된다. 평균 작업량은 packer 2개 사용시 하루에 8 개소이다.

일본의 (株)住吉製作所는 ASS 공법(Affix Support System), 管清工業(株)旭テック(株)는 part liner method, (株)日本管路サービス, 주(株)サンワンは E.P.R(Engineering Plastics Pipe Repair Method) 공법, FRP 内面補修工法協會는 FRP 内面補修工法, SGC 下水道 센타 株式會社 등이 있다. 보수 목적은 하수관의 크랙, 이음부 파손 및 불량 부분의 보수 및 하수관 포설 뒤 이음부의 벌어진 곳 및 부등 침하로 인한 변동의 방지 처리에 목적이 있다. 대상 관로는 하수관 관거 일반(홍관, 토관, 염화 비닐관) 및 관경 200 mm ~ 600 mm 까지 사용된다. 사용재료 및 기구는 고무 sleeve(내부에 세라믹 히타 설치), 비닐 에틸수지(주제 및 경화제), 부직포, 유리섬유, 스텝 카바 등을 사용한다. 시공 방법으로는 독일의 P-L system과 똑 같은 절차로 진행되나, sleeve(packer)를 팽창시킨 뒤 외부에서 내장된 가열장치를 가동하여 이때 센서를 이용하여 내부 온도를 확인할 수 있다. Sleeve(packer)를 분리하기까지의 시간으로 Ass(비닐 에틸수지) 공법은 1시간, FRP 내면 보수 공법은 45분이 소요된다. 또한 평균 작업량은 250 mm 관을 기준으로 평균 7개소를 할 수 있다. 기존기술의 문제점으로 위 내용과 같은 공법을 비교하여 볼 때 독일의 point-liner system은 일일 작업량이 적음으로 개소 당 공비가 과다하고, 일본의 관로 내면 보수 공법은 FRP의 경화를 촉진하기 위해 가열하여 시간을 45분~1시간으로 50% 이상 단축하였으며 가열(60 ℃)후 냉각되면, 내부 관(FRP)이 매설

관으로부터 분리되어 소기의 목적을 달성하지 못하는 단점이 있다. 이는 접착 수지로 사용하는 비닐 에텔수지(Ass 공법), 에폭시 아크리트 수지(FRP 공법) 등과 같은 수지 성분과 매설 관의 열팽창 계수가 서로 크게 다르므로, 가열된 후 냉각과정에서 내부 관(FRP)과 매설 관이 각각 수축되는 정도가 달라 변형이 생겨 접합부의 일부가 분리되거나 취약한 곳이 생긴다. 비록 시공후 즉시는 분리되지 않더라도 법착 부가 취약하여 하수의 침투로 인해 점진적으로 내부 관(FRP)과 매설 관의 분리가 진행될 수 있다. 이상과 같이 기존 기술은 시공비, 시공 기간, 변형 등의 문제점을 가지고 있다. 위의 문제점들은 외국의 독일, 스위스와 일본 등의 보수 현장에 서 확인된 바가 있다.

## 제 2 절 국내 기술개발 현황

국내의 (주)한미 산기에서는 스나프로크 무절삭 형은 관거 내면에 가압 밀착 됨으로써 방수성능이 우수하며, 관의 이음새, 관 크랙, 관 구멍이 있는 곳 등을 보수개소에 스나프로크를 채움으로써 관 내면의 연마처리 없이 직접 잠김으로써 단시간 내에 시공의 높은 신뢰성으로 방수효과를 얻는 공법이다. 또한 스나프로크의 표준형은 스나프로크의 설치전 상당한 부분을 표면처리기로 관 내면을 연마하여 목한, 몰타르 등 관거 내의 해독물을 제거함으로써 내면유효 단면을 축소하지 않는 우수한 방수성을 발휘하는 공법이다. 감합기는 보수 관소에 압경한 스나프로크를 이동하여 원주방향으로 균등하게 벌어지지 않게 함으로써 스테인레스가 벌어지므로 확장되어 밀착시킨다. 소정의 위치에 감합기 본체에 위치결정을 위한 장치가 내포되어 있어 조기에 설치할 수 있다.

## 제 3 장 Packer 설계 및 제작

### 제 1 절 Packer 설계

#### 1. Packer 사양 및 구성

Packer의 설계 도면은 그림 3-1~4 에서 보는 바와 같다. 규격으로는 길이 700 mm, 내경 450 mm, 외경 230 mm 이다. 고무 풍선의 사양으로는 인장강도  $150 \text{ kg/cm}^2$ , 공기 압력 1.5 ~ 2 bar, 고무재질은 내마모성 고무, 고무풍선의 두께는 5 mm 이다. 또한 packer의 사용 재료는 SUS 304, AL plate, SS 41, 고무 풍선 등을 사용하였다. Packer의 주요 구성은 packer 구동부, extension system 부, cable reel 부, camera 부 등으로 이루어진다.

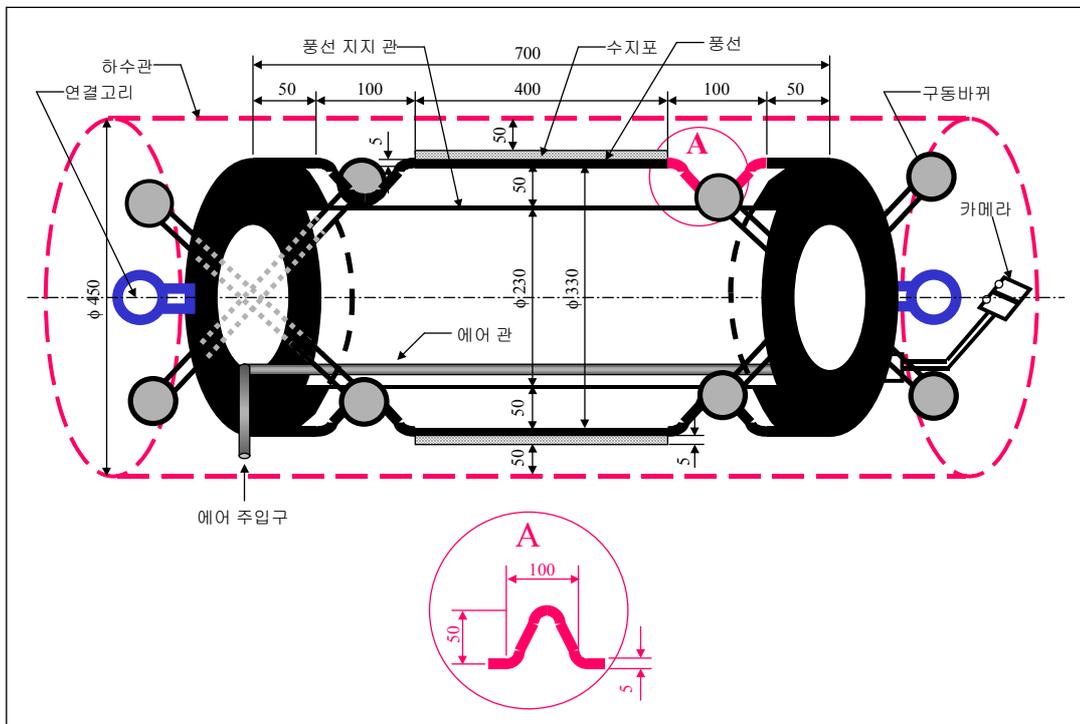


그림 3-1. Packer 설계 전체도

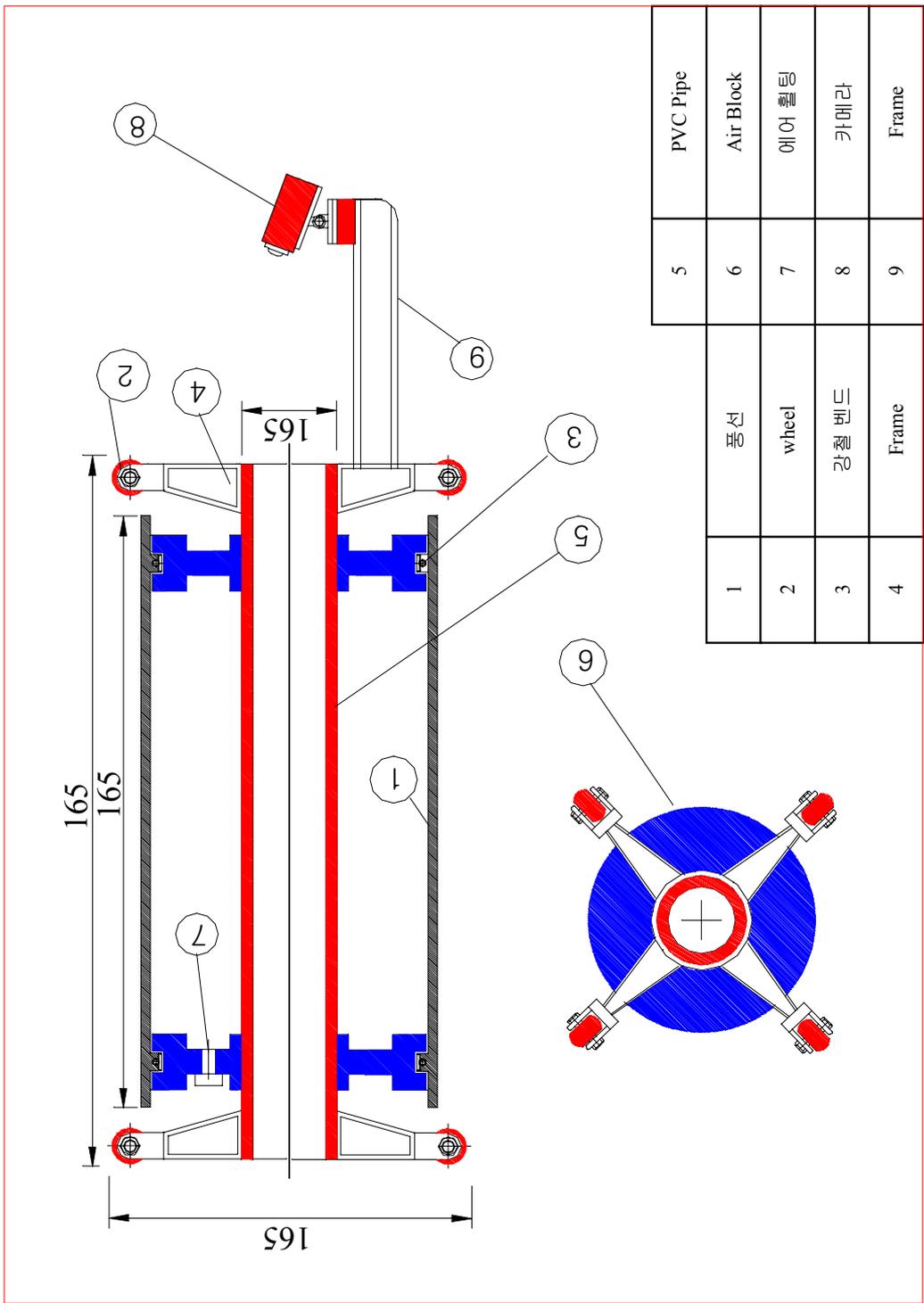


그림 3-2. Packer 정면도

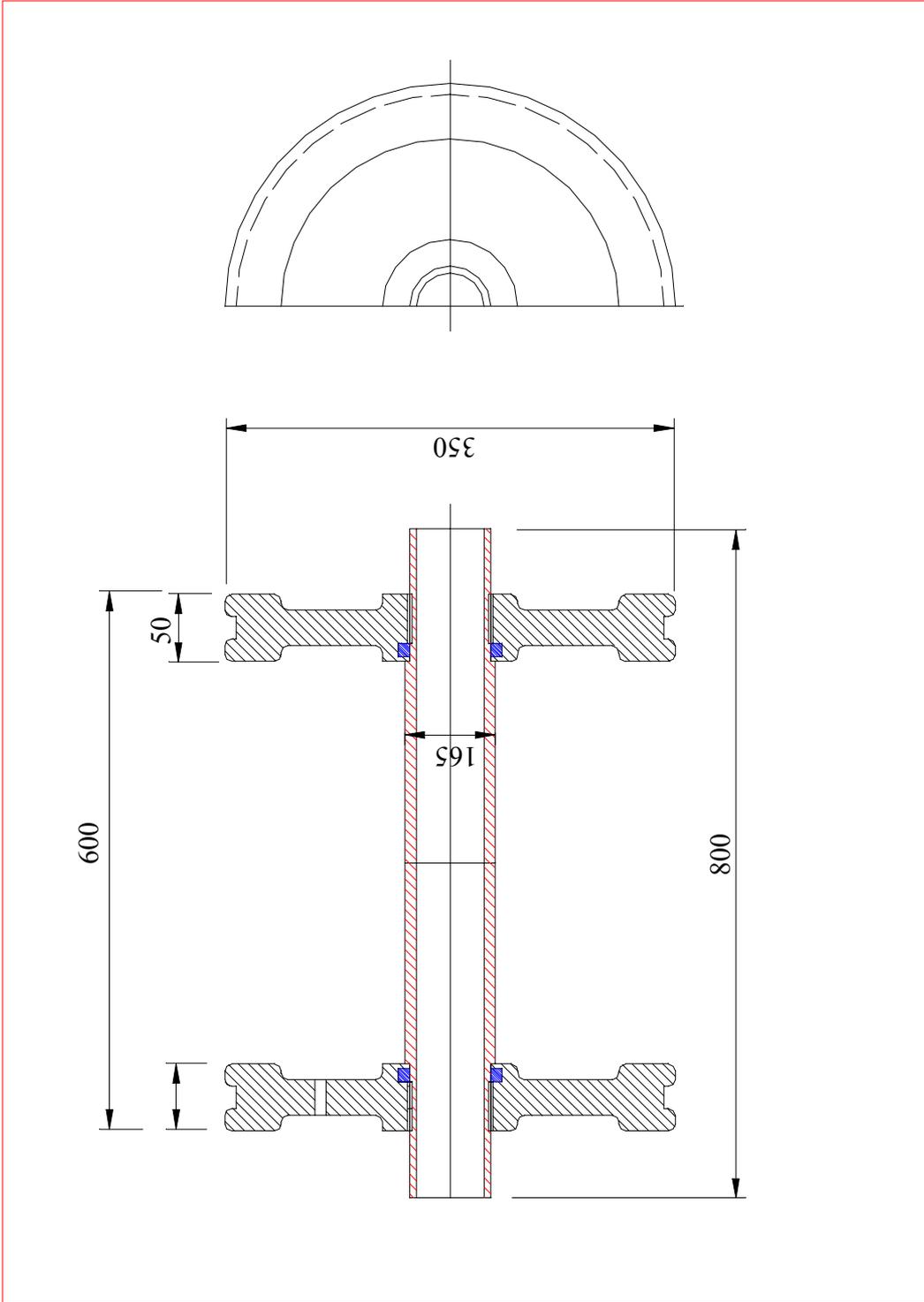


그림 3-3. Packer extension 부

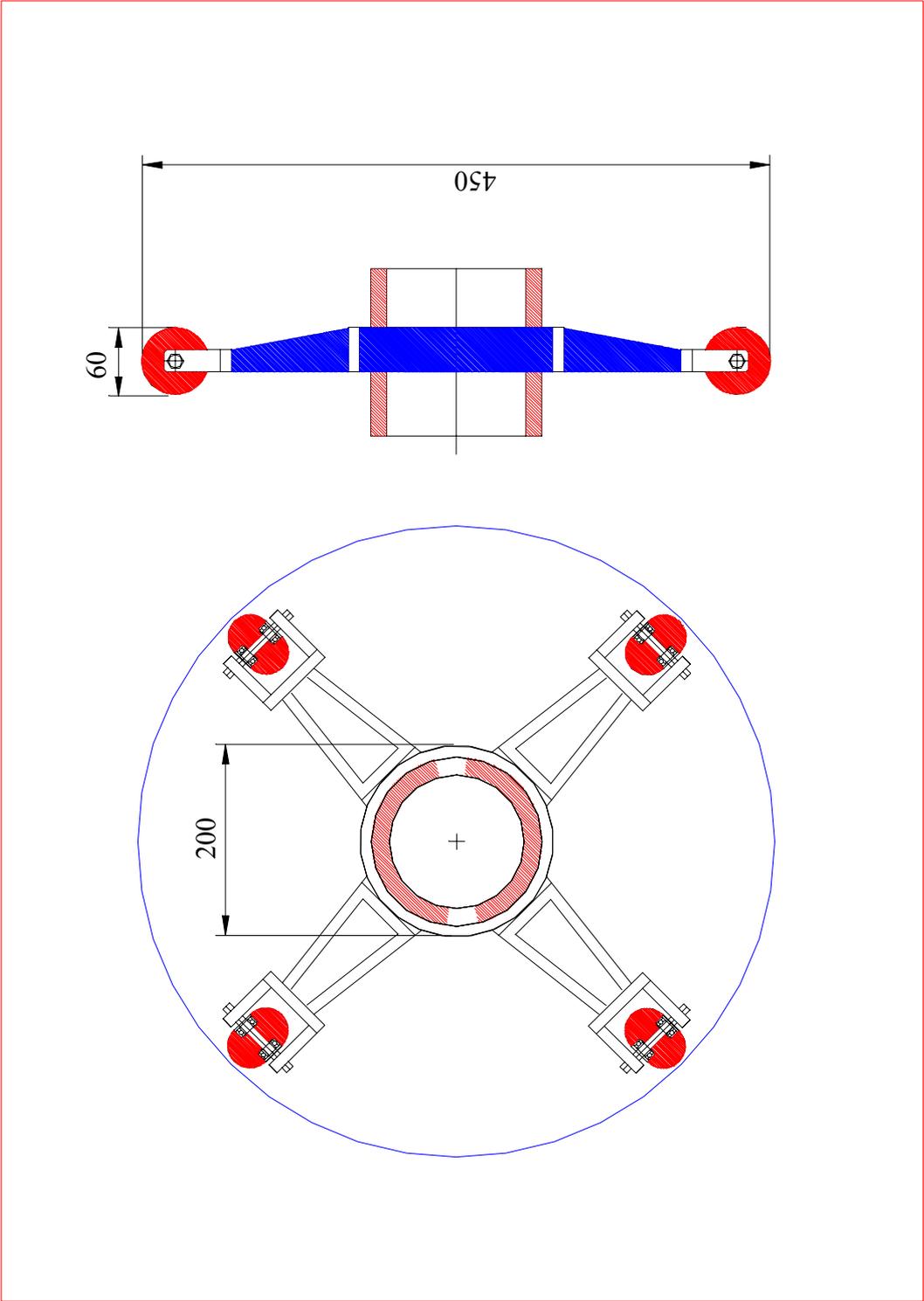


그림 3-4. Packer wheel 부

## 2. Packer 설계 방법

Packer에 대한 기본 개념도는 그림 3-5에서 보는 바와 같으며, packer 구동 부, extension system 부, cable reel 부, 카메라 부 등의 제작 내용은 다음과 같다.

### 가. Packer 구동부

구동 장치는 하수관 내경 면에 완전히 밀착하여 작업시 진동이나 충격으로 인한 이탈 현상에도 충분히 견딜 수 있게 하였다. 또한 하수관의 이물질에도 용이하게 움직일 수 있고, packer 작업시 지하의 오수가 스며들지 않도록 하였다. 이 모든 조건을 만족하기 위해 SUS 304 재질을 선택하였고, packer의 몸체 앞, 뒤에 각각 구동 바퀴를 제작하여 설치할 수 있도록 설계하였다. 또한 구동부 앞, 뒤에는 케이블 릴을 연결할 수 있는 견인 고리를 제작하여 부착하고, 와이어 로프를 이용하여 지상에서 용이하게 조정할 수 있도록 하였다. 와이어 로프는 중심에 섬유질을 가진 7가닥 6코임으로 구성된 것을 선택하였다. 또한 packer 중앙 부분에는 하수관 안에 있는 물이 작업시 packer를 통과하여 흐를 수 있도록 파이프를 사용하여 설계하였다. 사용된 파이프는 poly vinyl cholid 수지를 사용하여 만든 편수 칼라관 A형, VP-PR 파이프인 KSM-3401로 선정하였다. 그림 3-6은 packer 구동부의 설계도를 나타낸 것이다.

그림 3-5에서 보는 바와 같이 구동 장치는 하수관의 내면에 밀착하여 움직이도록 설계하였다. 이를 위해 바퀴 부착을 위한 브라켓을 제작하여 바퀴를 90°간격으로 배치하여 힘이 일정하게 분포되도록 설계하였다.

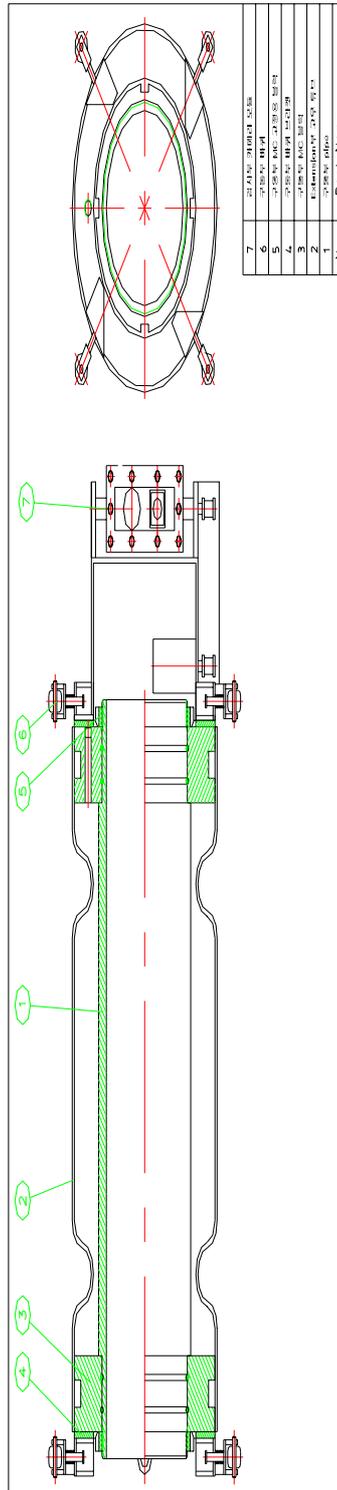


그림 3-5. Packer 기본 개념도

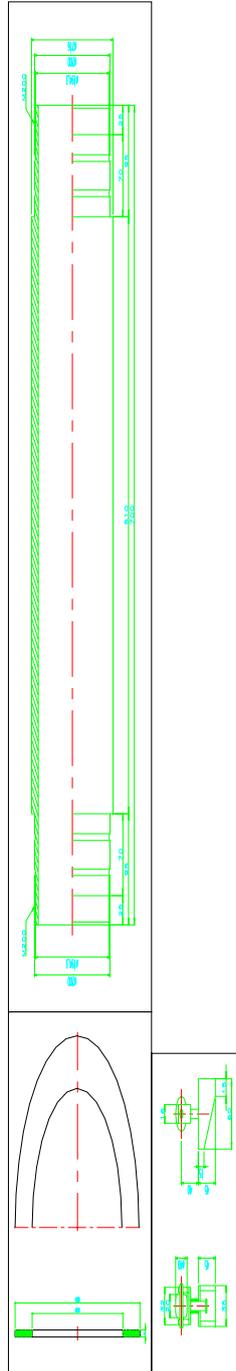


그림 3-6. Packer 구동부 설계도

## 나. Extension system 부

Packer는 고무 튜브의 내부로 공기가 유입되어 표면이 팽창하며, 그 팽창한 표면에 미리 설치한 수지가 하수관 표면에 완전히 밀착하도록 한 다음, 그 수지가 완전히 경화되면 그 내부의 공기를 제거하여 작업을 끝내는 방식으로 하수관 내의 한정된 공간에서 작업이 이루어진다. 그러므로 공간을 잘 활용할 수 있고, 경량이면서 견고한 재질을 선택해야 한다.

본 개발에서 사용된 고무 튜브 재질으로는 내마모성 재질의 고무를 선정하였다. 이 고무 튜브 재질은 신축성과 탄력성을 갖으며, 이물질 및 작업 조건이 열악한 상태에서도 장기간 견딜 수 있도록 설계하였다. 또한 제작된 고무 튜브는 작업시 1.5 ~ 2 bar 정도의 공기 압력이 유입되므로 이를 유지할 수 있어야 한다. 그래서 인장강도가  $150 \text{ kgf/cm}^2$ 인 내마모성 재질을 선정하였다.

그림 3-7은 extension system 부의 설계도를 나타낸 것이다. 외부의 공기 압축기로부터 압축된 공기는 바퀴 고정을 위해 설치된 브라켓을 통해 공급되며, 그 공기는 고무 튜브 내로 들어간다. 이 고무 튜브의 형태를 만들기 위해 파이프와 고무 튜브 사이에 모노 카스트 라이트 재질을 이용하여 파이프 양쪽에 설치하도록 하였다. 이 모노 카스트 라이트 재질 블록의 설치시 공기가 유출되는 것을 방지하기 위해 o-ring을 이용하여 처리하도록 하였고, 모노 카스트 라이트 블록을 packer 구동부와 체결하기 위해 별도로 모노 카스트 라이트 블록 고정용 nut을 제작하여 설치하도록 하였다. 그리고, packer 구동부와 extension 부의 체결은 강철 밴드를 사용하고, 또한 주름 관을 설치하여 공기 유입으로 인한 팽창시 작업 유효 면적을 넓게 하도록 하였다.

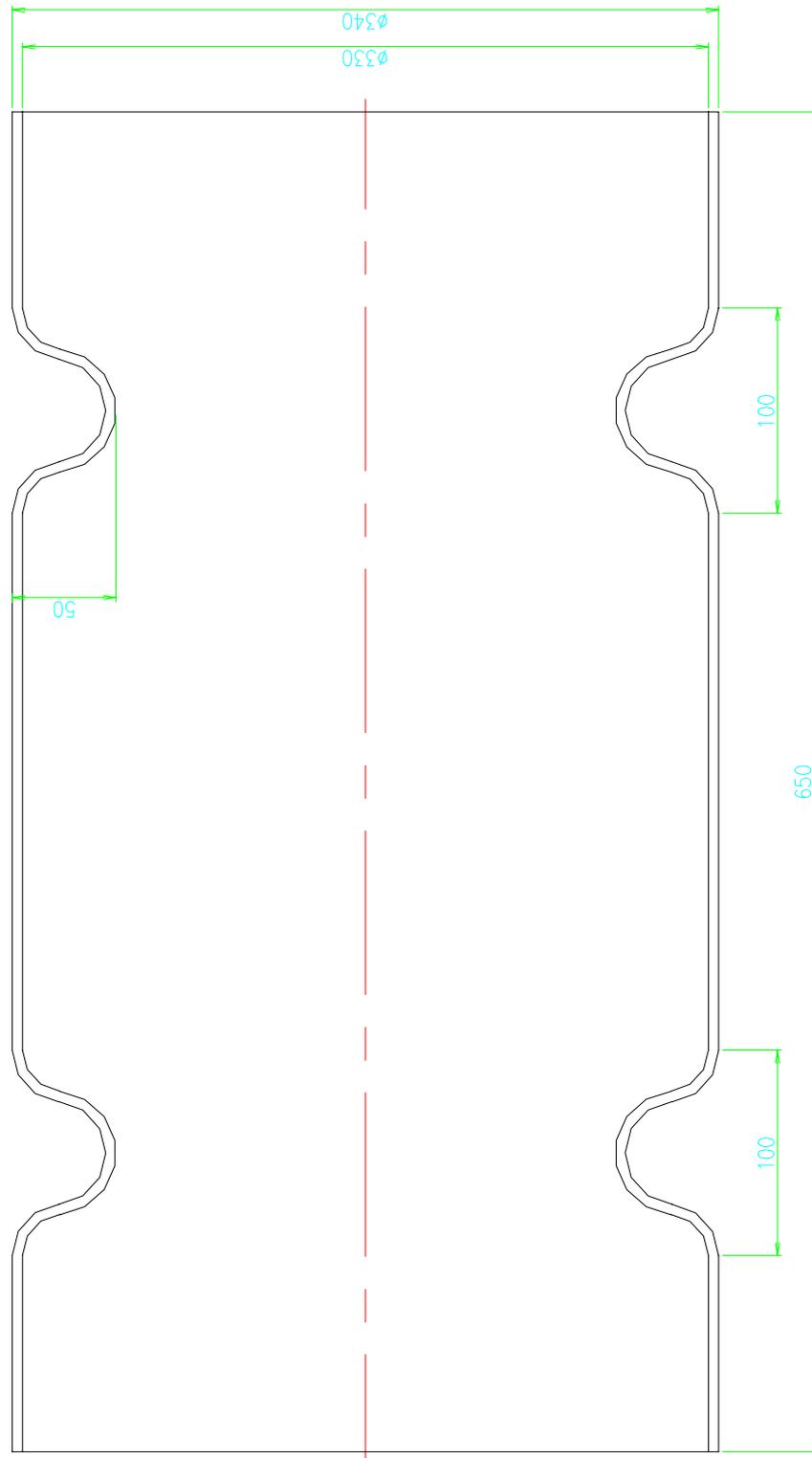


그림 3-7. Packer extension system 부 설계도

다. Air hose reel 부

지상에서 packer로 압축 공기와 카메라 부의 전원을 공급하고 카메라 영상 신호를 전송하기 위한 장치이다. 이 공기 호스 릴의 중앙부로 압축 공기와 전원 및 신호 선을 연결할 수 있도록 하였다. 호스의 길이는 70 m이므로 이를 지탱할 수 있는 강도를 가진 열연 압연 강판을 사용하도록 설계하였다. 이 air hose reel 부가 회전할 경우 공압 라인이 같이 회전하면 라인이 꼬이므로 이를 방지하기 위해 에어 로터리 조인트를 설치하여 호스 릴이 회전하여도 공압 라인은 회전하지 않도록 하였다. 그리고, 전원 및 영상 신호 선은 호스 릴의 중앙에 슬립 링을 설치하여 연결하였다. 또한 압축 공기, 전원 및 신호선의 옆에는 작업이 끝났을 때, packer를 인양하기 위한 케이블이 설치되었다. 그림 3-8은 air hose reel 부의 설계도를 나타낸 것이다.

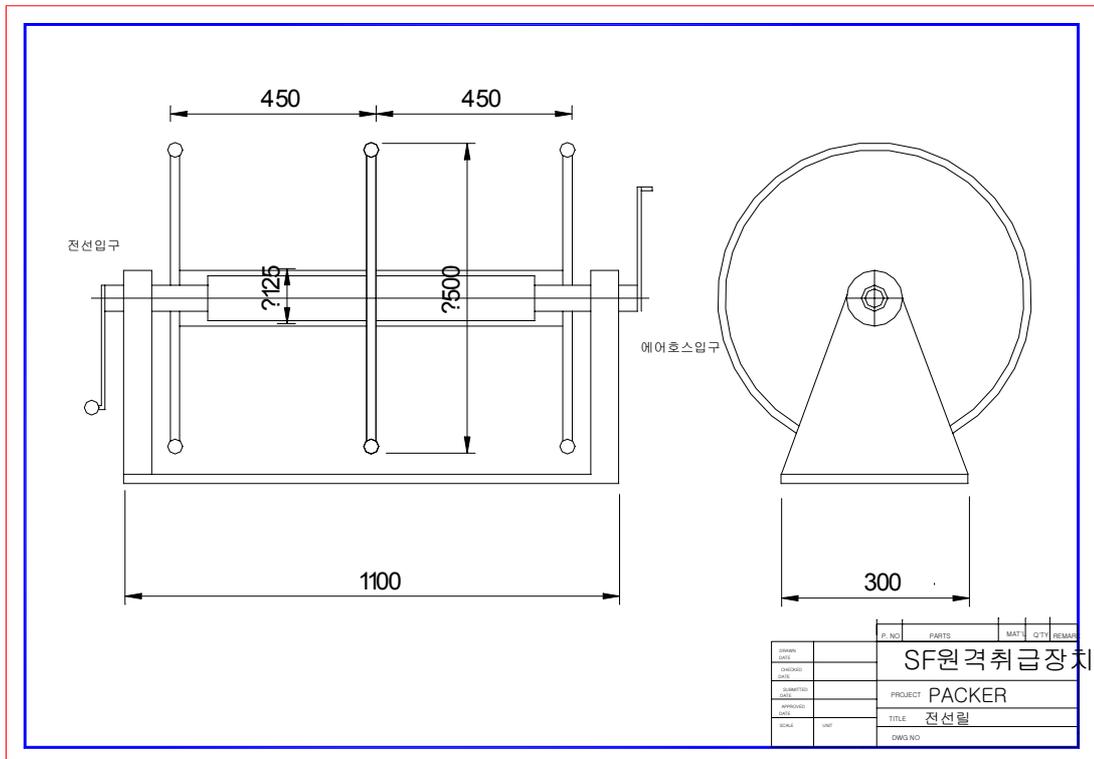


그림 3-8. Air hose reel 설계도

## 라. Camera 부

Packer가 관로 속을 진행 및 작업할 경우 이 모든 작업 상황을 감시하기 위해 카메라를 설치하였다. 이 카메라는 몸체 부의 앞단에 관로 진행에 있어서의 진동과 충돌에 견딜 수 있도록 견고하게 설계하였다. 또한 관 내벽을 검사하기 위해 회전을 할 수 있도록 전기 모터와 카메라의 시야를 확보하기 위해 조명을 설치하도록 설계하였다. Camera 부에 사용된 재료는 AL 6061, SUS 304, 강화 유리 5 mm를 사용하였다.

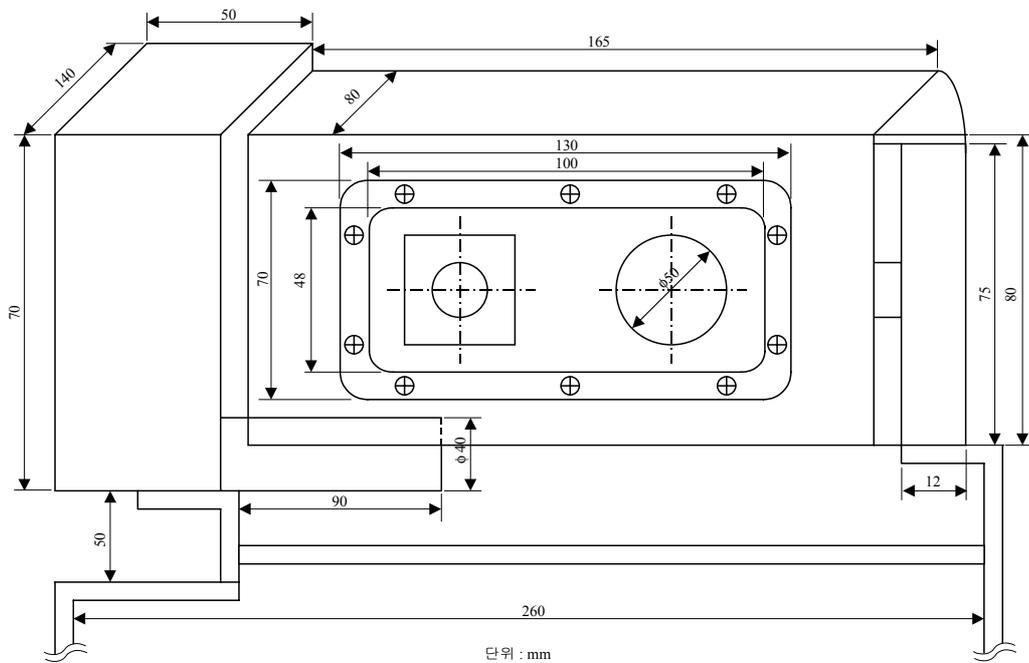


그림 3-9. Camera 부 설계도

## 제 2 절 Packer 제작

### 1. Packer 제작 방법

Packer의 제작품은 그림 3-10에 나타내었다. Packer의 각 주요 메카니즘으로서 그림 3-11은 packer 구동 부, 그림 3-12는 extension system 부, 그림 3-13은 cable reel 부, 그림 3-14는 카메라 부를 나타낸 것이다. 각 주요 메카니즘의 제작 내용은 다음과 같다.

#### 가. Packer 구동부

- 구동 장치는 하수관 내경 면에 완전히 밀착하여 작업시 진동이나 충격으로 인하여 이탈 같은 현상에도 충분히 견딜 수 있게 제작하였다.
- 구동 장치는 방사형으로 제작하여 힘이 일정하게 분포 되도록 하였다.
- 구동 부는 지하에 흐르는 물과 접촉을 하므로 SUS 304 재질과 플라스틱 계통의 재질을 선택하였다.
- 구동 부의 구동 장치중 bearing은 밀폐형 #6203ZZ번을 사용하고 구동 부의 축은 SUS 304 재질을 사용하여 정밀하게 제작하였다.
- 구동 부는 packer의 몸체 앞, 뒤에 각각 제작하여 설치했다.
- 구동 부는 하수관의 조그마한 돌출 물에도 용이하게 움직일 수 있도록 스프링 강 및 스프링 장치를 사용하였다.
- 구동 부 앞, 뒤에는 공기 호스 릴을 연결할 수 있는 견인 고리를 제작하여 부착하고, 와이어 로프로 지상에서 용이하게 조정할 수 있도록 구동부 앞, 뒤에 각 2개씩 제작하여 부착을 하였다.
- Packer 중앙부분에는 하수관 안에 있는 물이 흐르므로 작업시에 packer 주위에 물이 packer를 통과하여 다른 곳으로 흘러갈 수 있도록 중앙 부분에 증공 상태로 된 관을 사용하여 제작하였다.

#### 나. Extension system 부

- 고무풍선 내부로 공기가 유입되어 풍선이 부풀어오르며, 풍선 내부에 공기가 유입되면 풍선이 팽창하여 하수관 내면에 수지와 함께 완전하게 밀착이 되도록 제작하였다.
- 고무풍선 재질은 신축성과 탄력성을 겸비한 것을 사용하여 제작하여야 하며, 또한 이물질 및 기타 작업 조건이 좋지 않는 상태에서도 장기간 견딜 수 있는 고무 풍선을 사용하였다.
- 고무풍선 내부의 공기 압력은 1.5~2 bar 정도의 공기가 유입되므로 이를 유지할 수 있는 고무 풍선을 사용하였다.
- 하수관 속에서 packer 작업을 수행하므로 가벼우면서도 견고한 재질을 선택하여 제작하였다.
- Extension system은 하수관 내의 한정된 공간에서 작업이 이루어지므로 공간을 잘 활용할 수 있도록 제작하였다.
- AL block은 중공과 사각형으로 기계에서 정밀하게 가공을 한 후 보링 M/C에서 연마하여 제작하였다.
- Packer 전, 후에 공기 block을 설치하여 지상에서 보내준 공기를 고무 풍선에 공급하는 구조로 제작하였다.
- 공기 block 표면에는 풍선 안에 있는 공기가 밖으로 나가지 못하도록 홈을 가공하여 밴드로 견고하게 제작하였다.
- 공기 block은 물과 직접 닿는 부분이므로 부식에 강한 SUS 304 재질을 선택하여 제작하였다.
- 다단 system 내경 중앙에 중공 홀을 가공하였다.
- 작업시에 물이 장치를 통과하지 못하면 수지접촉면에 물이 묻어서 작업을 할 수 없는 상태가 되므로 중공 홀을 만들어 물이 장치를 통과할 수 있는 구조로 제작하였다.
- 중앙 부분에는 SUS pipe를 사용하여 제작하였다.
- 다단 system은 1단계 및 2단계로 나누어 동작할 수 있도록 제작하였

다.

- 다단 system 끝 면에는 라운딩 블록을 분할하여 설치하였다.

다. Air hose reel 부

- 지상에서 packer 장치가 있는 하수관의 속까지 공기를 공급하기 위한 장치로서 한쪽에서 호스 릴을 감으면 다른 한쪽에서는 줄이 풀려 나가도록 제작하였다.
- 공기 호스 릴의 길이는 70 m 로서 air hose reel을 지상에 둠으로 열연압연강관을 사용하여 본체 및 릴 부분을 제작하였다.
- 공기 호스 릴이 회전할 시에 호스가 꼬이는 현상이 일어나지 않는 system 방법으로 제작하였다.
- Packer가 구동시에 회전이 원활하도록 베어링# 6204ZZ을 사용하여 설계 및 제작하였다.
- 에어 호스에 연결된 카프링은 공기 호스 릴이 회전하더라도 꼬이지 않게 제작하였다.

라. 카메라 부

- 카메라 부는 조립한 후 물이 들어가지 않도록 하였다.
- 카메라는 몸체부에 부착하여야 하는데 packer가 관로 속에서 진행 및 작업을 수행하더라도 흔들림이 없도록 견고하게 부착하였다.
- Packer가 앞으로 진행시 카메라 앞면에 부착된 유리가 깨지지 않도록 하였다.
- 콘크리트 관로 안에서 구동이 원활하게 이루어지는 형태로 제작되어야 하며, 충격 및 돌출물이 나타날 때 이를 흡수할 수 있는 형태로 제작하였다.
- 물이 달는 곳은 녹을 방지하기 위하여 녹이 슬지 않는 재질을 선택하였다.

- 바퀴는 4개를 설치하되 몸체 중심부에 맞게 설치하였다.



그림 3-10. Packer 제작품



그림 3-11. Packer 구동부 제작품

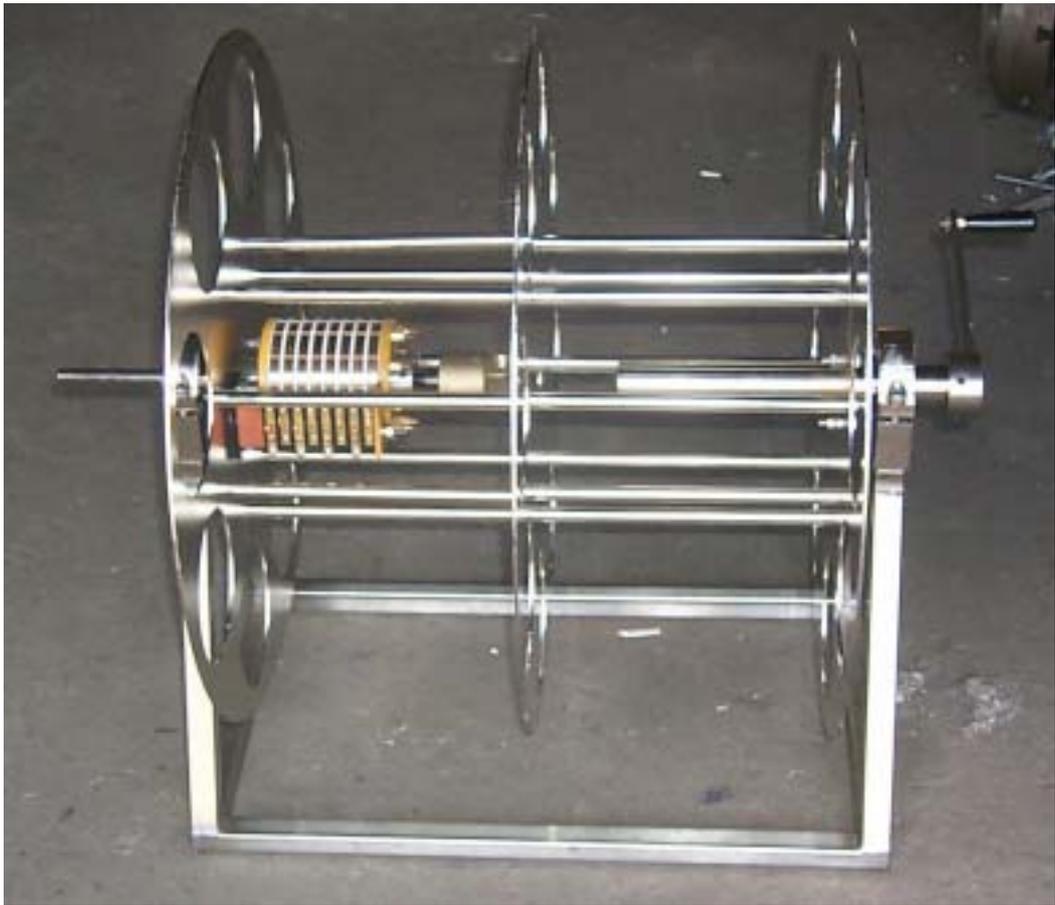


그림 3-12. Air hose reel 제작품



그림 3-13. 카메라 제작품

## 제 4 장 하수관 검사/보수 로봇 설계/제작 및 보수작업

### 제 1 절 하수관 검사/보수 로봇 설계 및 제작

본체는 하수관 로봇의 진행 및 검사/보수 작업에 필요한 전원을 제공하며, 이에 필요한 구성부품들을 포함하고 있다. 하수관 로봇의 본체는 필요한 모든 시스템을 장착하고 직경 300 mm 까지의 하수관 내부로 들어갈 수 있을 만큼 소형이어야 하며, 하수관 내부에 존재하는 물에 대한 충분한 방수처리가 이루어져야 한다. 또한 로봇의 하중 및 충돌에 견딜 수 있는 충분한 내구성을 갖추어야 한다.

#### 1. 본체 설계

본체의 크기는 하수관 내경이 300 mm 부터 600 mm 크기의 하수관에 적용할 수 있어야 하며, 하수관 내부에 존재하는 하수나 물이 스며들지 않도록 충분한 방수 처리가 이루어져야 한다. 또한 로봇의 하중과 하수관을 진행할 때 관 내벽 및 장애물에 충돌하더라도 견딜 수 있는 내구력을 지닌 재질로 이루어져야 한다. 로봇 본체 내에 설치되는 주요 구성부품은 다음과 같다.

#### 가. 유압 구동 모터 및 기어박스

로봇의 주행을 위하여 로봇 본체에 각 하수관용 바퀴가 장착되며, 이러한 구동부를 구동시키는 유압 모터 및 기어박스가 몸체 내에 설치된다. 공구부의 공구 구동을 위해서도 유압 모터가 필요하며, 공구 구동용 유압 모터는 공구부에 설치하고, 관련된 제어 밸브는 몸체 안에 설치한다.

#### 나. 몸체 지지 실린더

공구부의 보수 연삭 작업시 충격에 따른 몸체의 흔들림으로 진동이 발생할 수가 있다. 이러한 진동은 연삭 작업의 효율을 떨어뜨리고 로봇의 내부 부품들을 손상시킬 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 보수 연삭 작업시 몸체를 고정하기 위한 지지 실린더를 몸체 내에 장착하여야 한다. 지지 실린더 끝에는 받침대를 부착하여 실린더를 작동하면 피스톤 축이 나와서 받침대를 하수관 내벽에 밀착시켜 몸체를 지지하도록 한다.

#### 다. 공구부 회전 전기모터 및 감속기어

공구부의 연삭 작업이나 카메라 검사 작업시 몸체 앞단의 공구부 및 검사용 카메라의 하수관 내벽에 대하여 방사 상으로 검사/보수가 이루어지기 위해서는 공구부가 몸체 중심선을 기준으로 360°로 회전이 가능하여야 한다. 이러한 회전을 몸체 내의 전기 모터가 담당하며, 무거운 공구부를 충분히 구동하기 위하여 전기 모터 및 큰 감속비를 갖는 감속기어를 몸체 내에 설치한다.

#### 라. 제어 및 회로 시스템

제어 및 회로 시스템은 전기적인 부품들에 필요한 전원을 공급하고, 원격 조정 장치에서 작업자가 입력한 명령 신호를 처리하여 각각의 부품을 제어하며 카메라 신호를 처리하여 원격 조정장치의 작업자에게 보내는 역할을 담당한다. 이러한 시스템은 누수나 진동 등에 견딜 수 있도록 몸체 내에 따로 방수 케이스로 처리한다.

#### 마. 유압 제어밸브

몸체 내의 유압 모터, 유압 실린더 및 공구부의 유압 모터, 실린더를 구동하고 제어하기 위해서 각각의 유압 구동 부품에 맞는 유압 제어밸브를

장착하여야 한다. 이러한 모든 유압 제어밸브는 몸체 내에 설치한다.

#### 바. 유압 매니폴더

로봇 내의 모든 유압 구동 부품 및 유압 제어밸브에 유압을 공급하기 위해서 유압 공급로를 설치하여야 한다. 이러한 유압 공급로를 설치하기 위한 방법으로는 유압 호스, 유압관, 및 유압 매니폴더 등 여러 가지 방법이 있다. 본 하수관 로봇은 제한된 공간에서 내벽 검사/보수 작업이 가능한 로봇 몸체를 가지기 때문에 유압 공급로는 우선 몸체 내에 압축된 (compact) 형태로 충격 등에 손상이 적은 방법이어야 한다. 이러한 조건에 적합한 방법이 유압 공급로를 유압 매니폴더로 구성하는 것이다. 따라서 본 하수관 로봇 몸체 내의 유압 공급로는 유압 매니폴더로 구성한다.

#### 사. 슬리브

유압 공급로는 유압을 공구부의 공구 회전 모터 및 공구부 이동 실린더에까지 공급하여야 한다. 공구부는 작업시 회전을 하므로 회전시에도 유압 공급로가 회전에 의한 장애를 받지 않고 유체를 공급하여야 하며, 몸체에서 몸체 앞단 카메라까지 연결된 전선이 회전시 꼬이지 않아야 한다. 이러한 기능을 제공하기 위하여 몸체 내에 슬리브를 설치한다.

#### 아. 리미트 스위치

공구부 회전시 한 방향으로 계속 회전을 하다보면 전선이 꼬여서 손상을 입거나 끊어지게 된다. 따라서 전선의 끊김을 방지하기 위하여 한 방향으로의 회전을 제한하여야 한다. 이러한 기능을 제공하기 위하여 몸체 내에 리미트 스위치를 설치한다. 또한 로봇 시각 장치의 링크의 회전을 제한하기 위해 리미트 스위치를 설치한다.

#### 자. 체인

본 하수관 검사/보수 로봇은 하수관에서 바퀴로 구동한다. 구동 바퀴는 몸체 양옆에 나온 4 개의 축에 연결되며 구동력을 높이기 위하여 4륜 구동이 되어야 한다. 따라서, 두 개의 유압 구동 모터로부터 나오는 동력을 4 축 모두에 전달하기 위해서 몸체 옆의 좌측과 우측에 있는 2축을 체인으로 연결한다. 이 체인은 몸체 내에 설치한다.

#### 차. 물라인

공구부의 보수 연삭 작업시 하수관 내벽과 공구 사이에는 마찰로 인하여 많은 열이 발생한다. 따라서 공구를 보호하고 공구가 원활한 연삭 작업을 하기 위해서는 냉각을 충분히 해 주어야 한다. 따라서 냉각을 위한 냉각수가 필요하며 이 냉각수는 외부로부터 몸체를 지나 공구부로 공급되어야 한다.

본체의 크기는 상기 구성 부품들을 고려하여, 이러한 부품들을 모두 수용하는 공간을 가진 최소 본체 크기와 하수관 300 mm 직경에도 적용하기 위한 최대 본체 크기라는 서로 상충되는 조건을 갖는다. 이러한 상충되는 조건을 최적으로 만족시키는 본체 크기를 설계하였다. 설계된 로봇의 본체에 대한 개념 설계 및 본체의 구성품 배치도는 그림 4-1과 그림 4-2에 나타나 있다.

설계된 본체의 크기는 길이 551 mm × 높이 193.85 mm × 두께 152 mm이다. 또한 물 속에서 부식되지 않고 로봇의 하중을 충분히 견딜 수 있도록 본체의 재질은 SUS 304로 선정하였다. 설계된 로봇의 크기는 직경 300 mm 하수관에서도 검사/보수 작업이 원활히 수행될 수 있으며, 관내에 장애물이나 어느 정도의 곡 관이 있더라도 충분히 진행할 수 있도록 설계된 크기이다. 그림 4-3은 설계를 토대로 제작된 로봇을 나타낸 것이다.

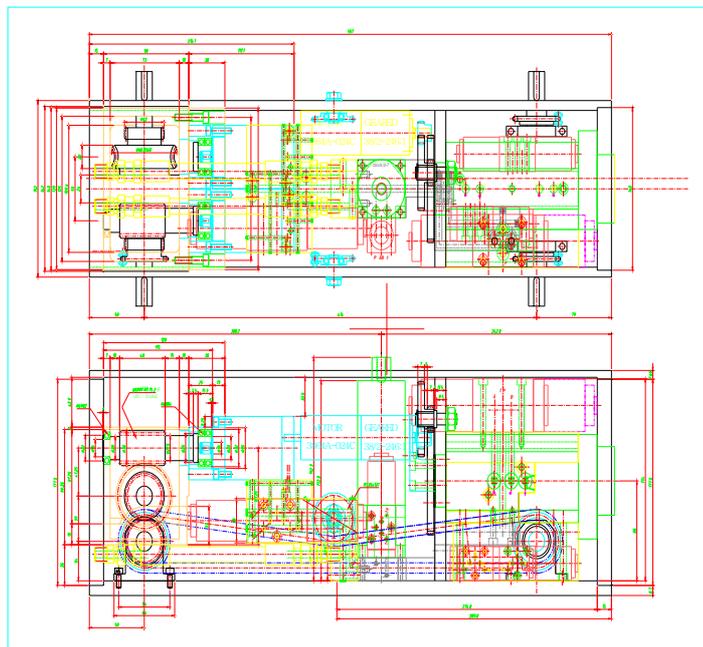


그림 4-1. 로봇 몸체에 대한 크기 및 내부 설계도

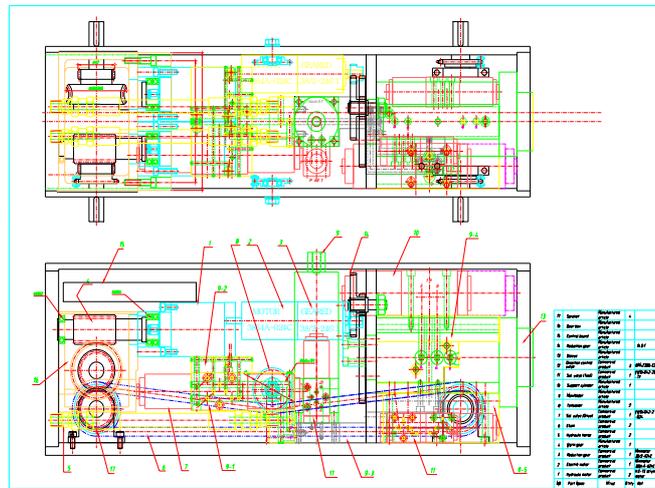


그림 4-2. 로봇 몸체의 구성품 배치 설계도

## 절삭 로봇

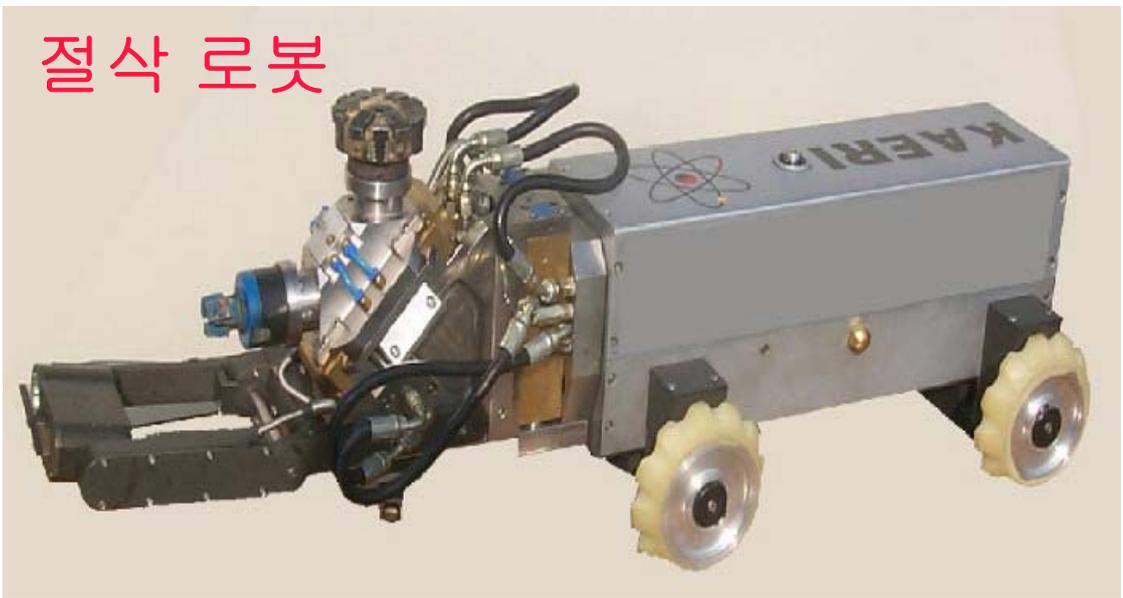


그림 4-3. 제작된 로봇

## 제 2 절 하수관 검사/보수 로봇 검사·보수 작업

### 1. 하수관 검사 시스템

하수관 검사시스템으로 로봇 선단의 다중 공구 모듈에 부착할 시각장치를 설계·제작하였다. 이 시스템은 로봇의 시각장치는 CCD 카메라와 조명램프, 그리고, 와이퍼를 사용하여 작업에 필요한 모든 정보를 작업자에게 전달할 수 있도록 하여 로봇이 검사 및 보수작업을 원활히 수행할 수 있도록 설치하였다.

#### 가. 로봇 시각장치

##### 1) 설계 조건

로봇이 하수관 내에서 검사/보수 작업을 수행하는데 있어서 시각장치는 로봇의 눈과 같은 역할을 한다. 따라서, 시각장치의 역할이 충분히 발휘할 수 있도록 다음과 같은 설계 조건을 고려하였다.

- 시각장치는 로봇의 눈과 같은 역할을 할 수 있어야 하기 때문에 카메라를 사용한다.
- 하수관 검사 작업 시에는 로봇의 전방은 물론 상·하, 좌·우 방향으로 시각장치를 향하게 함으로써 하수관 내의 이상 유무를 원거리 또는 근접거리에서 파악할 수 있게 한다.
- 검사 작업 도중 하수관 내부에 지관이 돌출되어 있는 경우에는 시각장치의 위치를 절환하여 지관 제거 작업중인 공구 및 작업 영역을 감시할 수 있게 한다.
- 보수 연삭 작업 시에도 시각장치의 위치를 절환함으로써 보수 공구의 연삭 작업을 감시할 수 있게 한다.
- 작업변화에 따른 시각장치의 위치 변경시 가능한 한 운전자의 눈을

- 피로하지 않게 하기 위해 시각장치의 최대 구동속도는 6 rpm이 넘지 않도록 한다.
- 하수관 내부는 조도가 낮기 때문에 시각장치에 조명 램프를 부착한다.
  - 하수관 내부는 습기가 있고, 물이 흐르기 때문에 시각장치에 사용되는 부품은 방수가 잘 되도록 한다.
  - 하수관 검사/보수 작업시 카메라 전면에 이물질이 붙어 시야를 방해할 수 있기 때문에 요동운동을 할 수 있는 브러시(brush)를 부착한다.
  - 하수관 검사/보수 작업시 지름이  $\phi 300$  mm인 하수관은 물론  $\phi 600$  mm 관에서도 성능을 발휘할 수 있도록 가능한 한 부품 및 제작품은 소형이 되게 한다.
  - 시각장치는 하수관 내부에서 지관, 하수관 등에 충돌 위험성이 있기 때문에 가능한 한 견고한 재질을 사용한다.

## 2) 시각장치 설계

시각장치는 앞에서 언급한 설계 조건을 근거로 그림 4-4에서 보는 바와 같이 카메라 브라켓 부와 링크 1, 링크 2, 링크 3, 링크 4로 구성되는 관절부로 설계하였다.

### 가) 카메라 브라켓

카메라 브라켓 내부에는 그림 4-5에서 보는 바와 같이 로봇을 안내하는 역할과 하수관 상태 조사 및 작업 상황을 주시하는 기능을 갖는 카메라, 어두운 하수관 내부의 밝기를 조절하는 조명 램프, 그리고 브라켓 전면의 이물질을 제거하는 와이퍼 링크기구 및 이의 구동모터가 설치될 수 있도록 설계하였다. 브라켓 전면 창은 투명한 재질을 사용하여 카메라가 전면을 볼 수 있게 하며, 온도에 강한 유리 재질을 선정하여 브라켓 내부의 조명 때문에 발생하는 높은 온도에도 견디도록 한다. 카메라는 온도에 약하

므로 카메라 설치구역과 조명램프 설치구역은 차단시킨다. 또한, 브라켓 전면에는 브러시를 부착하여 브라켓 전면에 부착하는 이물질 제거할 수 있도록 한다. 카메라, 조명, 모터, 캠의 크기는 두께 133.5 mm × 높이 53 mm × 지름 63 mm인 케이스 속에 설치하였으며, 케이스는 두랄루미늄 (AL 7075)을 사용하여 비교적 가볍고 견고하게 한다. 또한 방수가 잘 되도록 한다.

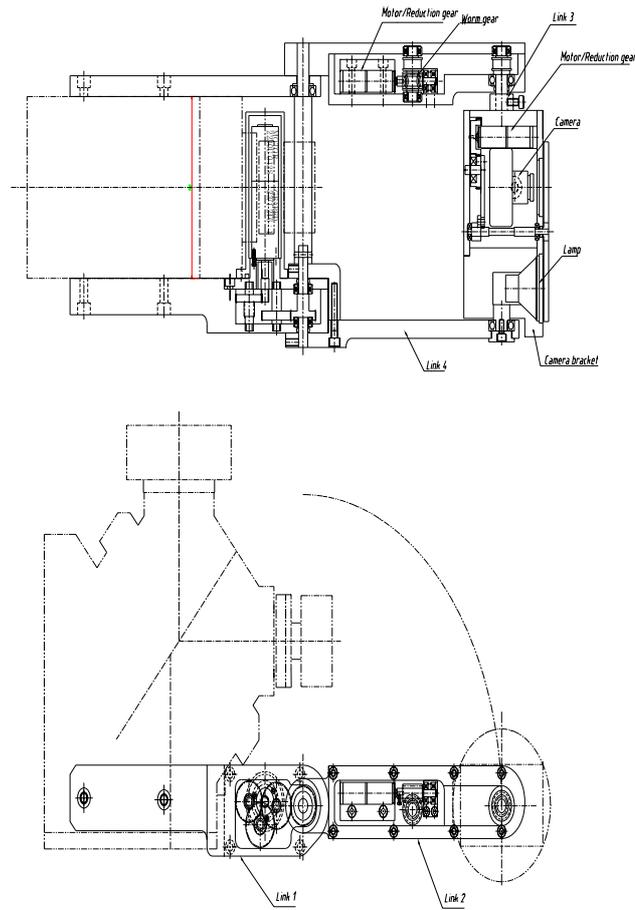
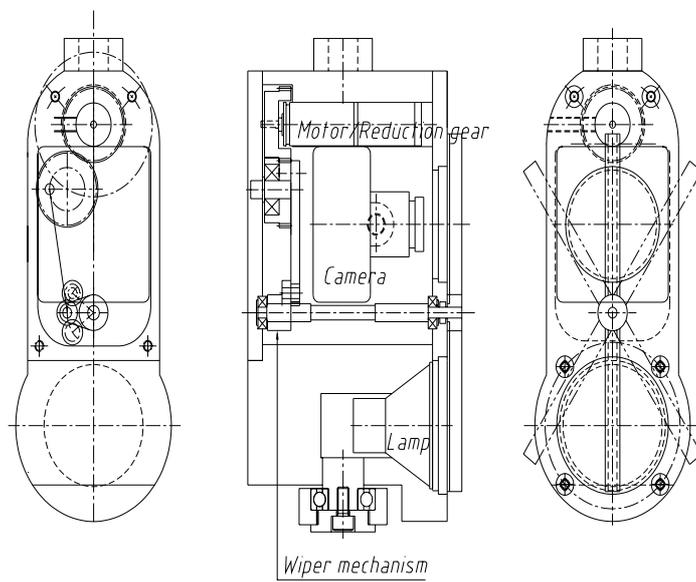


그림 4-4. 하수관 검사/보수 로봇 시각 장치 개략도



(a) 좌측면도

(b) 평면도

(c) 우측면도

그림 4-5. 카메라 브라켓 내부 구조 개략도

### 3) 카메라 및 조명 선정

하수관 검사/보수 로봇의 시각장치는 설계 조건에서 언급한 바와 같이 여러 가지 작업 환경에서도 시각기능을 발휘할 수 있도록 카메라는 원거리 1 m 이상과 근거리 4 cm 정도를 선명하게 볼 수 있어야 한다. 이 경우 대부분 카메라에 줌 렌즈(zoom lens)를 장착하게 되는데 이 경우 부피는 커지게 된다. 또한, 별도로 controller를 필요로 하게 된다.

본 하수관 검사/로봇은 450 mm 하수관 및 300 mm 하수관에서도 검사/보수 작업을 수행하도록 설계하였기 때문에 가능한 부품이 작아야 한다. 따라서, 소형이면서 초점거리가 짧아 근접거리 4 cm 정도가 선명하고, 4~5 m의 전방 시야까지도 어느 정도 선명성을 유지하는 초점 고정형 칼라 카메라를 선정하였다. 선정된 카메라에 대한 사양은 표 4-1에서 보는 바와 같다.

표 4-1. 시각장치용 카메라 사양

Model No.	GMC-810N
TV standard	NTSC
Power supply	DC 6.0 ±0.25V
Power consumption	1.3 W ±20 %
Imager	1/4" Image format interline transfer CCD (CCD cell size : H 5.5 mm, V 3.8 mm)
Picture elements (active)	380 K
Scanning system	2 : 1 interlace
Synchronization	Internal
Video output	Composite video signal : 1.0V <sub>p-p</sub> , 75Ohms
Horizontal resolution (center)	470 TV lines
Signal to noise ratio	48dB or More (AGC off, weighting)
Gamma correction	Approx. 0.6
Aperture correction	provided (H,V)
Minimum scene illumination	2.0 lux(F 1.2), 6.0 lux(F 2.0)
ESC range	300:1
White balance	Automatic tracing TTL (through the lens)
Lens	F 2.0, f = 3.7mm (3G4E : 2A spherical)
Dimensions/Weight	38×43×20 (mm)/30 g
Ambient temperature	0 to +40 °C (5 to +35 °C : performance guaranteed)

선정한 카메라는 초점거리가 3.7 mm로 40 mm부터 5000 mm 정도는 선명성을 유지한다. 선정한 카메라가 300 mm 하수관과 450 mm 하수관 속에서 전방을 바라볼 때 카메라로부터 하수관 단면적 전체를 볼 수 있는데 실제 물체까지의 거리는 아래 식으로부터 구할 수 있다.

$$\text{대물거리} = f \times (1 + \text{FOV}/\text{CS})$$

여기서,  $f$ 는 렌즈의 초점거리, FOV(field of view)는 볼 수 있는 영역이고, CS는 CCD 셀 크기이다. 하수관 단면적 전체를 볼 수 있는 대물거리는 CCD 셀의 수직방향 길이와 하수관의 직경을 대입하면 구할 수 있다. 이를 위 식에 대입한 결과 선택된 카메라는 이론적으로  $\phi 300$  mm 관에서는 300 mm,  $\phi 450$  mm 관에서는 450 mm 이후부터 하수관 단면적을 모두 볼 수 있다. 대물거리 이내에서는 카메라가 정면을 바라 볼 때 사각지대가 발생한다. 그러나 시각장치는 자세변화를 할 수 있는 관절기구로 설계하였기 때문에 이와 같은 문제를 극복할 수 있다.

하수관은 비교적 조도가 낮기 때문에 카메라에 잡히는 화상이 밝지 않다. 따라서, 그림 4-5에서 보는 바와 같이 카메라 옆에 조명 램프를 부착하도록 설계하였다. 여기서 선정한 조명은 12 V/20 W의 소형 할로겐 램프이다. 카메라 화상의 빛을 균일하게 하기 위해서는 카메라 좌우에 각각 한 개씩의 램프를 설치하는 것이 바람직하나, 카메라 브라켓의 크기를 줄이기 위하여 한쪽에만 설치하는 것으로 설계하였다. 또한, 빛의 밝기 조절은 운전자가 조작 반에서 조절할 수 있도록 하였다.

#### 4) 기능 설명

본 하수관 검사/보수용 로봇 시각장치의 동작 유형은 전방감시 및 하수관 내벽 상세 검사용 절환, 지관제거 작업 감시용 절환, 보수연마 작업 감

시용 절환 등 크게 3 가지로 나누어진다. 본 하수관 검사/보수용 로봇 감시카메라를 전방 감시용으로 사용하고자 할 경우, 시각장치의 대표적인 자세는 그림 4-6에서 보는 바와 같다.

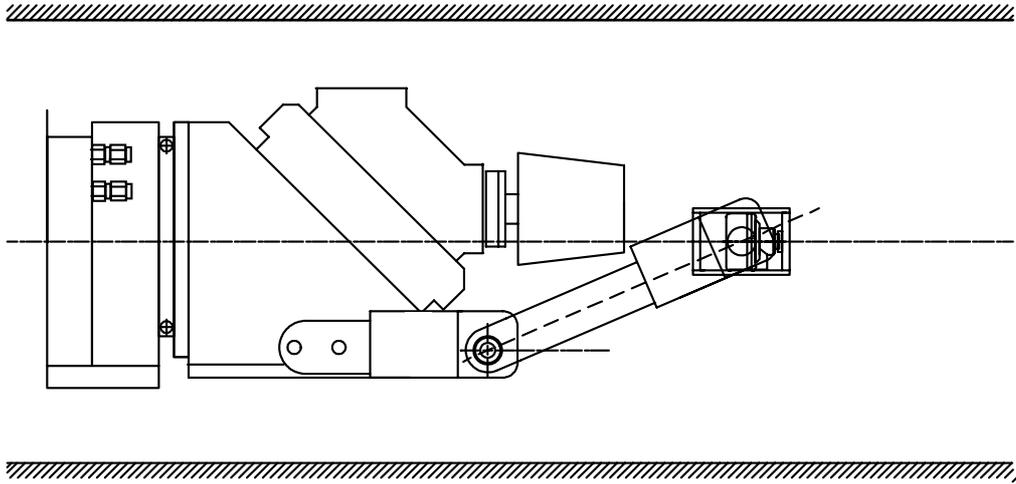


그림 4-6. 시각장치의 전방감시 자세

하수관 내부 검사/보수 로봇이 관내 검사를 위하여 전방향으로 진행할 때에는 링크 1과 링크 2가 동일 선상에 놓인 상태에서 링크 1 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 2를 상방향으로 23°정도 회전하여 카메라가 몸체의 중심선상과 같은 높이가 되도록 위치시킨다. 상기 절차를 수행한 후, 링크 2 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 3을 하방향으로 23°정도 회전하여 카메라 브라켓 내부에 설치된 카메라가 로봇의 중심축 높이에서 전방향을 향하도록 한다. 이러한 상태로 로봇이 진행함에 따라 하수관 내벽의 파손상태를 검사하고 동시에 진행 방향에 지관 등 장애물이 존재하는지 카메라를 통하여 운전자가 파악한다. 하수관 내벽의 파손 부위 검출시 상세 검사를 위한 대표적인 작업자세가 그림 4-7에 나타나 있다.

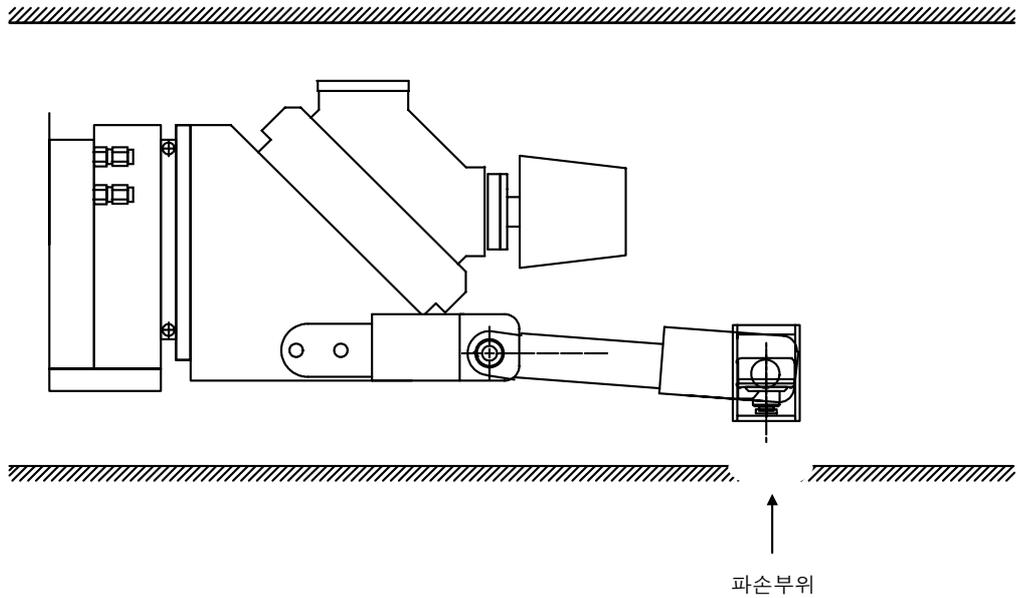


그림 4-7. 시각장치 파손부위 상세 조사 자세

파손부위가 바닥에 존재하는 경우, 링크 1 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 2를 하방향으로 회전하여 링크 2를 하수관 내벽에 가까이 접근시킨다. 링크 2 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 3을 전방향에 대해 하방향으로 90°정도 회전하여 카메라가 관 내벽을 바로 볼 수 있도록 한 다음 카메라를 통하여 상세 검사를 수행한다. 파손부위가 바닥이 아닌 다른 위치에 있는 경우에는 다중공구 모듈을 로봇의 중심 축을 중심으로 회전시키고 다중공구 실린더를 상하 이동하여 시각장치 전체를 이동시킨다. 다음에는 링크 2와 링크 3을 회전시켜 파손 부위 앞으로 시각장치의 카메라를 접근시킨 후 상세 검사를 수행한다.

본 하수관 검사/보수용 로봇 시각장치를 지관제거 작업감시용으로 사용하고자 할 경우, 대표적인 자세는 그림 4-8에서 보는 바와 같다.

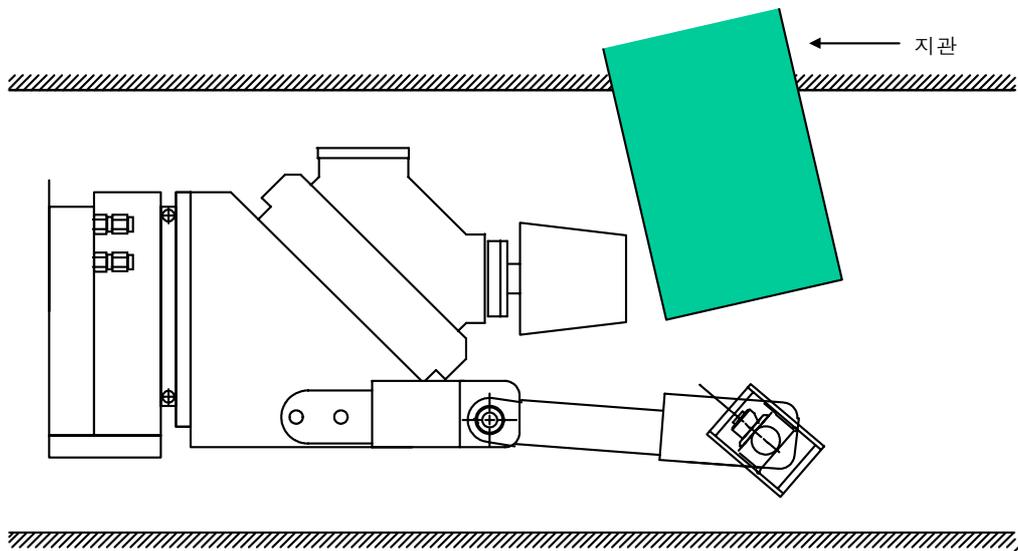


그림 4-8. 지관제거 작업시 시각장치 자세

그림 4-8에서 보는 바와 같이 로봇이 진행중에 돌출된 지관 등과 같은 장애물이 나타나면 다중공구 모듈에 부착한 지관제거용 공구를 사용하여 이를 제거한다. 이 경우 지관제거 공구가 지관에 접촉할 수 있도록 카메라의 위치를 지관의 반대방향으로 절환시켜야 한다. 즉, 링크 1 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 2를 로봇 몸체 중심선상의 위치에서 하방향으로 최대한 회전하여 카메라 브라켓을 하수관 바닥으로 이동한다. 위의 절차를 수행한 후에 링크 2 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 3을 상 방향으로 회전하여 카메라가 지관 제거용 공구 끝단을 향하도록 한다. 위의 절차를 완료한 후 운전자는 로봇을 전진시켜 지관제거용 공구를 접근시키면서 지관을 제거한다. 본 하수관 검사/보수용 로봇 시각장치를 보수연삭 작업감시용으로 사용하고자 할 경우, 시각장치의 대표적인 자세는 그림 4-9에서 보는 바와 같다.

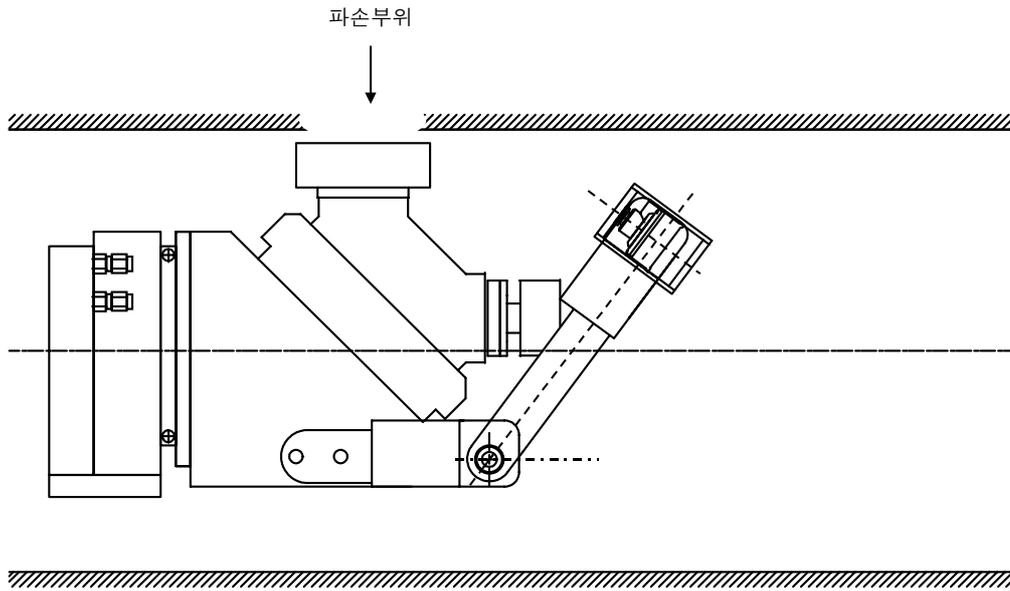


그림 4-9. 파손부위 연삭 작업시 시각장치 자세

하수관 내벽이 파손되어 보수작업을 할 경우 파손부위를 연삭하여 고르게 한 후 보수재를 파손부위에 칠하여 파손부위를 복구한다. 보수 연삭 작업을 위해서 먼저 로봇은 파손부위까지 진행하고 파손부위 근방에서 정지하여 보수 연삭 작업을 수행한다. 파손부위로 진행시 카메라는 그림 4-6에서 본 바와 같이 전방감시용 자세로 로봇을 진행시킨다. 보수작업을 위한 하수관 내벽 파손부위 영역으로 간 다음에는 보수작업을 감시하기 위해 링크 1 내부에 설치된 전기모터를 구동하여 전기모터에 연결된 워 기어에 의해 링크 2를 몸체 중심선 상에서 상 방향으로 회전하여 다중공구 모듈 전단에 부착된 지관제거공구 상단으로 카메라 브라켓을 위치시킨다. 상기 절차를 수행한 후 링크 3을 회전하여 카메라 브라켓 내부에 설치된 카메라가 다중공구 모듈 상단에 부착된 보수연삭 작업용 공구로 향하도록 한다. 상기 절차를 완료 후 운전자는 카메라의 모니터 화면을 보며 연삭 작업을 수행한다.

## 5) 제작

시각 장치는 앞에서 설계한 내용을 바탕으로 제작하였으며, 그림 4-7에 서는 모습을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 링크 1, 링크 2, 링크 3, 링크 4 및 카메라 브라켓 부로 구성된다. 그림에서 가운데에 카메라가 설치되어 있고, 왼쪽에 조명 램프가 설치되어 있다. 링크 1 속에는 링크 2를 회전시키는 모터 및 기어가 들어가며, 링크 2에도 카메라 브라켓 부를 회전시키는 모터 및 기어가 들어간다. 카메라 브라켓 내부에는 브러시를 구동시키는 링크 기구가 설치되어 있으며, 로봇 운전자는 70°정도 요동하는 브러시를 필요에 따라 로봇 제어 반에서 조작한다.

운전자는 로봇 제어반의 모니터에 나타나는 하수관의 영상 정보를 보면서 로봇을 이동시킨다. 로봇 이동 중에 작업자는 하수관의 상태를 주시하다가 파손 등 이상이 있는 곳에서는 관절을 움직여 보고자 하는 영역에 카메라를 근접시켜 상세히 관찰한다. 또한, 하수관에 지관이 돌출된 경우의 제거나 파손 부위를 보수하는 경우 시각 장치를 활용하여 작업한다.

## 2. 제어반

제어반은 그래픽 처리 기능이 보강된 퍼스널 컴퓨터를 중심으로 구성된다. 본 제어반에 사용된 컴퓨터 시스템은 intel MMX 233 CPU를 내장한 펜티엄 MMX 233 PC로, 128 MB ram, super VGA PCI 및 삼성전자 17 inch color monitor 700 PT로 구성된다. 상기의 컴퓨터를 중심으로 제어반은 로봇 운용 프로그램, 화상 처리 시스템, 수동 조작반 및 유틸리티 시스템으로 구성되어 있다. 그림 4-8은 19 inch rack에 내장된 제어반의 외관을 보여준다. 하수관 로봇 제어 반에서 관로 속에 들어간 packer를 이용하여 보수 할 부분의 위치나 조명을 확인하기 위하여 제어한다.

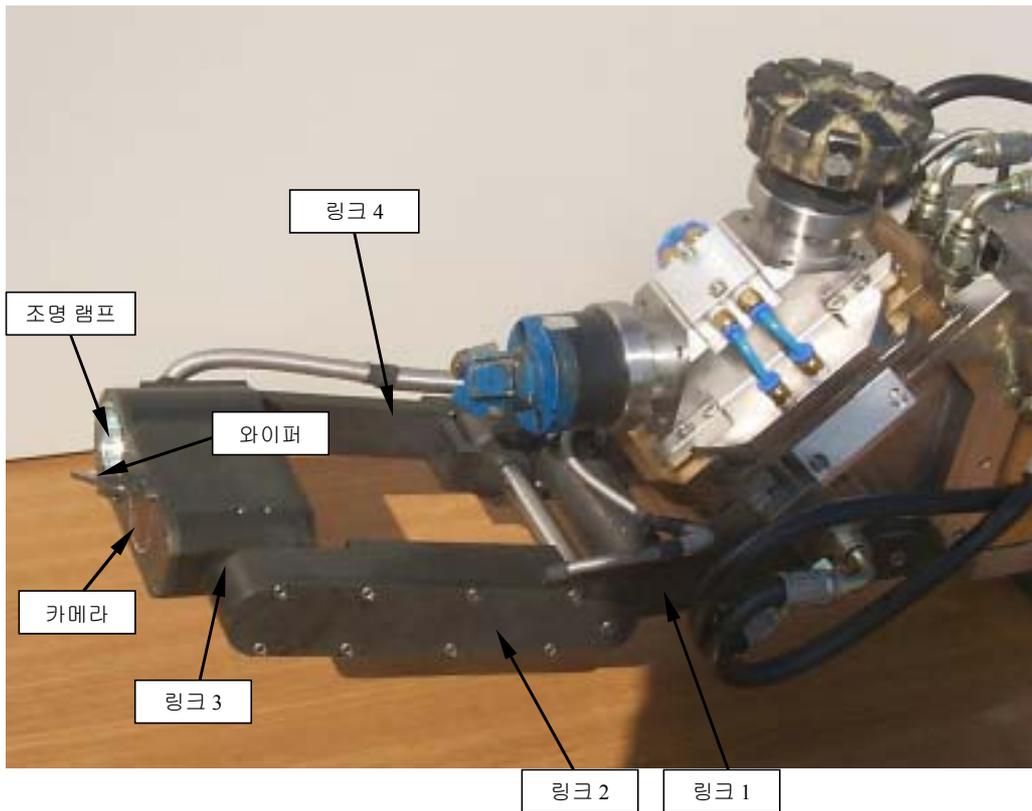


그림 4-10. 시각장치 제작 사진



그림 4-11. 제어반의 외관

## 제 5 장 Packer 성능 시험

### 제 1 절 Packer 보수 공법

하수관 속의 파손된 관로를 보수하기 위하여 개발된 packer 장비는 관로 속에 투입되어 packer에 수지포를 침착하여 정확히 파손된 부위로 위치시키고 packer에 압축 공기를 주입하여 그 수지포를 파손 부위에 부착하는 방법이다. 이때 수지포는 시간이 경과되면 자연 경화되어 자체적으로 형태를 유지하면서 파손된 부위에 부착되면서 모양을 형성하게 된다. 이와 같이 수지포가 경화된 후에는 packer 내의 압축 공기를 제거하여 packer를 축소시키고 보수가 완료되면 다음 작업을 계속적으로 수행하도록 하였다. 그러나 기존의 packer는 그림 5-1에서 보는 바와 같이 packer 표면의 중앙부가 부풀어 하수관 내벽에 밀착하므로 그 면적이 작아 보수에 있어서 시간이 많이 소요되고, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사하지 못하는 단점을 가지고 있다.

이를 개선하기 위해 본 연구에서 개발된 packer는 packer의 양단에 주름관을 설치하여 전체적인 보수 면적을 향상시켰고, 또한 보수 작업 후에 보수가 끝난 하수관 상태를 검사하기 위해 카메라 검사 장비를 탑재하였다.

그림 5-2는 개발된 packer의 모습을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있도록 V자형의 주름관을 설치하여 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어올라 하수관 내벽에 밀착하므로 그 면적이 넓어 보수시간이 짧다. 또한, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사할 수 있는 시스템이 하수관 밖의 control room에 설치되어 있으며, 보수 후 검사를 보다 효율적으로 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

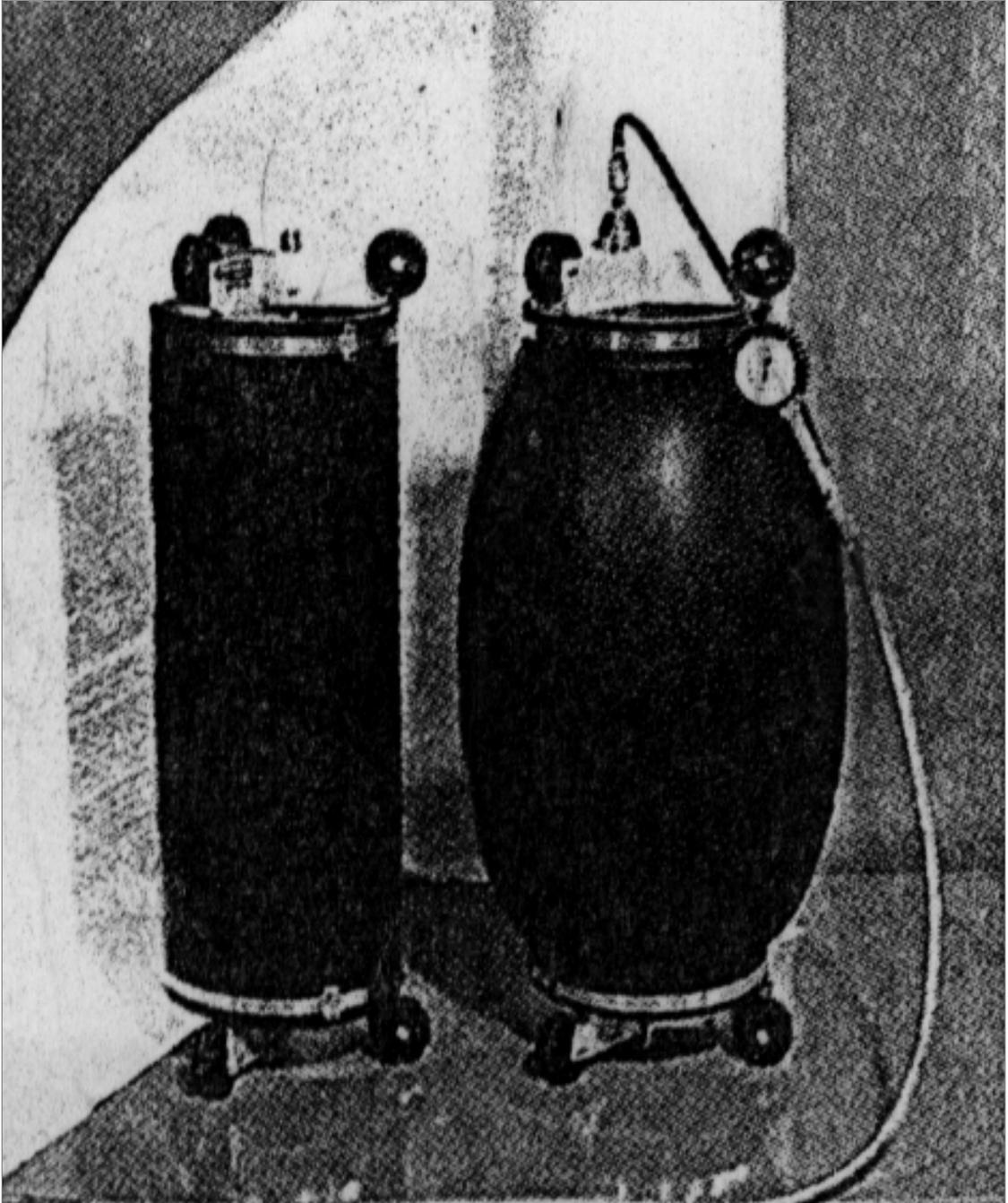


그림 5-1. 기존 packer의 모습



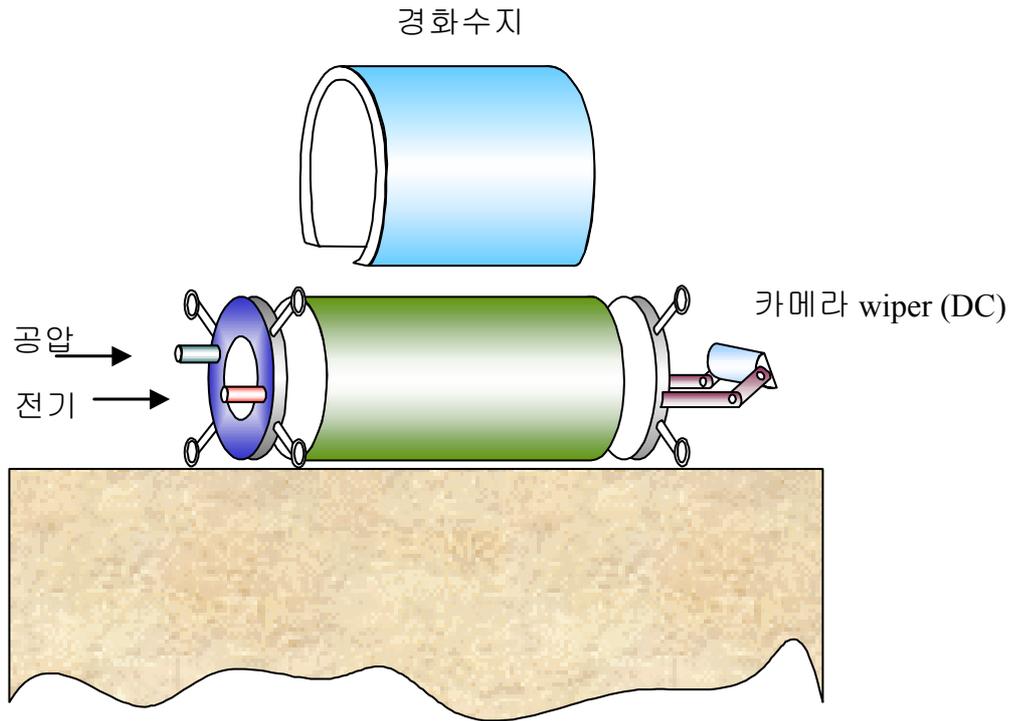
그림 5-2. 개발된 packer의 모습

## 제 2 절 Packer 작동 원리

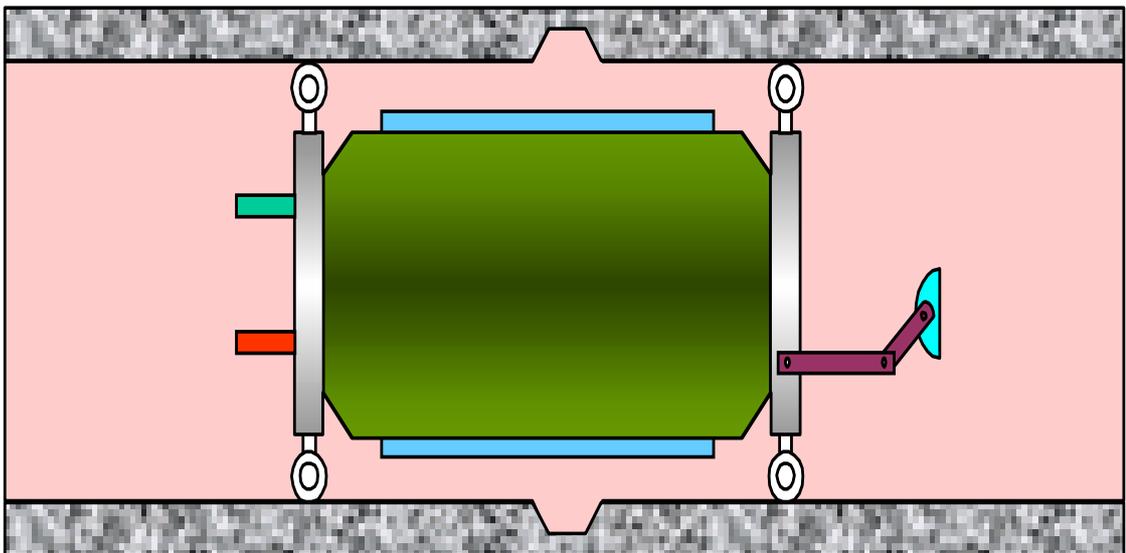
하수관 검사/보수 로봇에 의한 하수관의 상태를 검사하고, 보수를 위한 준비를 한 후, 그 파손된 부분의 보수를 위한 시공법의 개발이 필요하다. 이러한 시공법에는 부분 시공법과 전체 보강법, 그리고 완전 교체 법으로 분류할 수 있다. 개발된 시스템은 부분 시공법으로 packer를 이용한 보수 공법과 그에 필요한 packer를 개발하여 이를 성능시험 하였으며, 그 원리는 다음과 같다.

공정 1은 packer 몸체 외부에 경화수지를 감은 후 하수관에 투입시키는 모습을 나타낸 것이다. 공정 2는 packer를 카메라로 확인된 하수관의 보수 예정 위치로 이동시키는 모습을 나타낸 것이다. 공정 3은 외부 차량에 탑재되어 있는 compressor를 이용하여 packer에 공기를 주입시켜 하수관 내벽까지 팽창시키는 모습을 나타낸 것이다. 공정 4는 경화수지가 약 40분 동안 경화되면 packer 내부에 팽창된 공기 압력을 배출하고 수축시킨 후 완전 보수 여부를 확인하고 철수한다. 이러한 packer의 작동원리 공정도는 그림 5-3에서 보는 바와 같다.

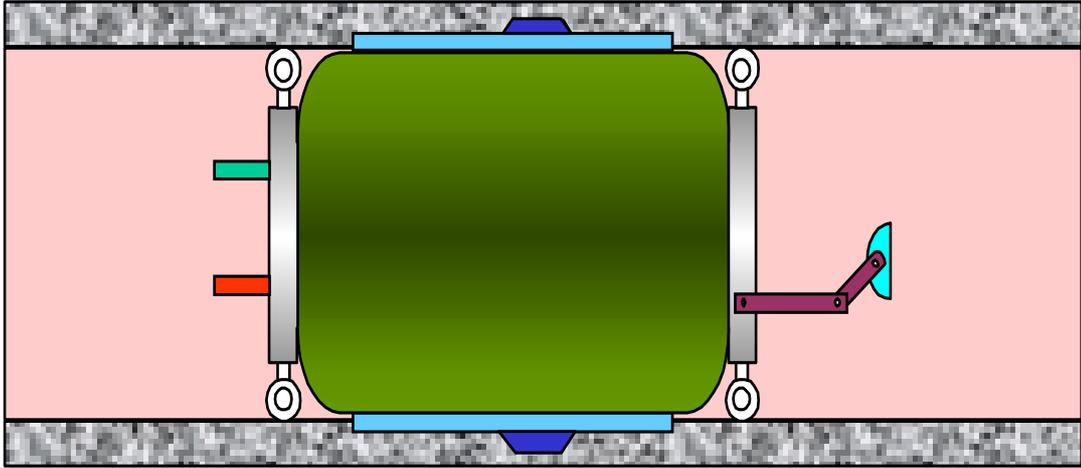
그림 5-4는 packer를 하수관 속에 투입하여 packer 속에 공기를 불어넣기 전의 모습을 나타낸 것이다. 그림 5-5는 packer를 하수관 속에 투입하여 packer 속에 공기를 불어넣은 후의 모습을 나타낸 것이다.



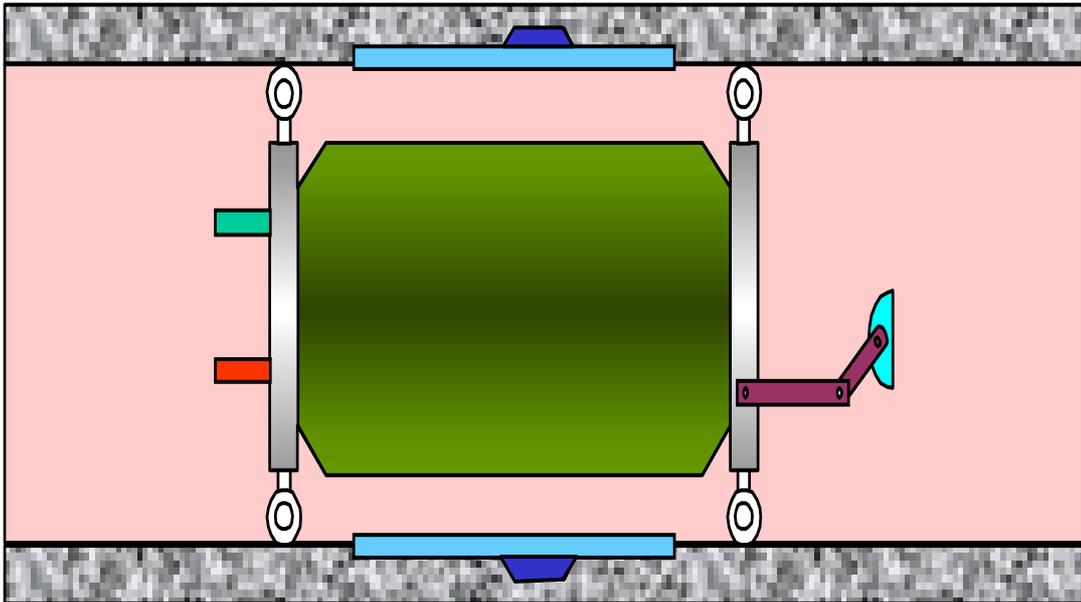
공정 1



공정 2



공정 3



공정 4

그림 5-3. Packer 작동원리 공정도 (공정 1, 2, 3, 4)



그림 5-4. 하수관 속에 투입하여 공기를 넣기 전의 모습



그림 5-5. 하수관 속에 투입하여 공기를 넣은 후의 모습

## 제 6 장 결 론

하수관 검사/보수 로봇에 의한 하수관의 상태를 검사하고, 보수를 위한 준비를 한 후, 그 파손된 부분의 보수를 위한 시공법의 개발이 필요하다. 이러한 시공법에는 부분 시공법과 전체 보강법, 그리고 완전 교체 법으로 분류할 수 있다. 이러한 공법들과 병행하여 사용할 때 앞으로 환경을 눈에 보이지 않게 오염시키고, 지하수가 침입하는 하수관 보수에 있어 보다 저렴하고 품질 좋고 완벽한 공법으로 채택될 수도 있다.

지금까지 하수도관 부설작업은 묻어버리면 끝이라는 인식으로 작업을 했기 때문에 이음부의 부실로 인하여 가정에서 흘러나오는 생활수와 기타 오수는 이음부를 통해 전부 땅으로 누수되어 관속에는 하수가 흐르지 않는다. 반대로 하류의 지하수가 있는 곳에서는 외침수가 맑은 상태로 관속으로 들어와서 하수처리장으로 흘러드는 현실로서, 오수가 스며들어 지하수가 오염되는 환경보존과 하수도 시설물의 본래 목적달성을 위해서도 하수도관 보수가 절실하다.

개발된 packer를 이용하여 하수관 보수 성능시험을 하였다. 성능시험결과 개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있는 V자형의 주름관을 설치하여, 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어오르도록 하였다. 따라서 하수관 내벽에 넓은 분포로 밀착하므로 전체적인 보수 면적을 향상시킬 수 있으며, 보수시간도 짧게 소요된다. 그리고 보수 작업 후에 보수가 끝난 하수관 상태를 검사하기 위해 카메라 검사 장비를 탑재하였으며, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사할 수 있는 시스템은 하수관 밖의 control room에 설치되어 있다.

따라서, 개발된 packer는 기존의 개발된 packer보다 성능이 우수하여 앞으로 널리 활용될 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

1. Mattias Hartrumpf and Roland Munser, "Optical three-dimensional measurements by radially symmetric structured light projection", *Applied Optics*, Vol. 36, No. 13, pp. 2923-2928, 1997.
2. 윤지섭, "지하매설파이의 검사/보수용 다기능 이동로봇개발(1차년도 중간보고서)", KAERI/CR-52/97, 1998.
3. 오승철, "하수관용 로봇의 차륜 및 보수장치 설계제작", *추계정밀공학회논문집*, 1998.
4. 김성현, "하수관용 로봇의 검사장치 설계제작", *추계정밀공학회논문집*, 1998.
5. KA-TE Robotics, "High-Tech Sewer Rehabilitation", <http://www.no-dig.com/ka-te/index.html>.
6. American Robotics, "Pipe Rehabilitation Systems", [http://www.thomasregister.com/olc/american robotics/the bot. htm](http://www.thomasregister.com/olc/american%20robotics/the%20bot.htm).
7. Hokuryo Co., Ltd, "Hokuryo Products"
8. 윤지섭 외, "지하매설파이프의 검사/보수용 다기능 이동로봇 개발", KAERI/CR-77/98, 1999.

서 지 정 보 양 식					
<b>수행기관보고서번호</b>		위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드	
KAERI/TR-1846/2001					
제목 / 부제		하수관 보수를 위한 Packer 개발			
주저자 및 부서명		정재후 (사용후핵연료원격취급실증장치개발)			
공저자 및 부서명		윤지섭, 김영환, 이종열, 김성현 (사용후핵연료원격취급실증장치개발)			
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2001. 06
페이지	64 p.	도표	있음( √ ), 없음( )	크기	30 Cm.
참고사항					
비밀여부	공개( √ ), 대외비( ), — 급비밀		보고서종류	기술보고서	
연구위탁기관				계약 번호	
초록 (15-20줄내외)		<p>하수관을 보수하기 위해서는 땅을 굴착하여 파손된 하수관을 작업 위치로 노출시켜야 하는데 이 경우 굴착공사로 인한 심각한 교통 체증이 야기되며, 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 이 방법은 비효율적이다. 따라서, 지면을 굴착하지 않고 인간 작업자 또는 특수 장치를 하수관 내로 직접 투입시켜 보수 작업을 수행하고 있다. 대형 하수관(직경 800 mm 이상)에는 인간 작업자가 하수관 내로 들어가 검사 또는 보수작업을 수행할 수 있으나, 작업시 유독가스가 발생할 수 있는 작업 공정 중 발생하는 실수로 인적 피해를 유발하기도 한다. 직경이 작은 하수관의 경우에는 인간 작업자가 하수관 내에 들어가기 어렵기 때문에 이동 로봇을 사용하고 있다. 하수관 검사/보수 로봇에 의한 하수관의 상태를 검사하고, 보수를 위하여 준비를 한 후, 그 파손된 부분의 보수를 위한 장비의 개발이 필요하다. 따라서, 이러한 파손된 부분의 보수를 위하여 packer를 개발하였다. 기존의 packer는 packer 표면의 중앙부가 부풀어 하수관 내벽에 밀착하므로 접촉 면적이 작아 보수에 있어서 작업 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서 개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있는 V자형의 주름 관을 설치하여, 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어오르도록 하였다. 하수관 내벽에 넓은 분포로 밀착하므로 전체적인 보수 면적을 향상시킬 수 있으며, 보수시간도 짧게 소요된다. 그리고 보수 작업 후에 보수가 끝난 하수관 상태를 검사하기 위해 카메라 검사 장비를 탑재하였으며, 보수 작업 후 하수관 상태를 검사할 수 있는 시스템은 하수관 밖의 control room에 설치되어 있다. 따라서, 본 연구에서 개발된 packer는 향후 하수관 보수 사업에 큰 도움이 될 것으로 전망된다.</p>			
주제명키워드 (10단어내외)		하수관, 이동로봇, 하수관 검사, 보수 로봇, 팩커 개발			

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/TR-1846/2001					
Title / Subtitle					
Development of the Packer for Sewages Maintenance					
Project Manager and Department		Jae Hoo Jung (Development of Spent Fuel Remote Handling Technology)			
Researcher and Department		Ji Sup Yoon, Young Hwan Kim, Jong Youl Lee, Sung Hyun Kim(Development of Spent Fuel Remote Handling Technology)			
Publication Place	TEAJON	Publisher	KAERI	Publication Date	2001. 06
Page	64 p.	Ill. & Tab.	Yes( <input checked="" type="checkbox"/> ), No ( <input type="checkbox"/> )	Size	30 Cm.
Note					
Classified	Open( <input checked="" type="checkbox"/> ), Restricted( <input type="checkbox"/> ), Class Document		Report Type	TR	
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)					
<p>In order to repair sewages, it is required to dig out the damaged sewages. But, this kind of repair work is not effective since it causes serious traffic jams and takes too much time and cost. To solve this problems, another method, which send workers or special devices into the sewages for repair work, has been used. This method gets rid of the necessity of digging out the sewages. In case of huge sewages, whose diameter are greater than 800 mm, human workers can get into the sewages and carry out repair works, but it is probable that the work can generate toxic gases. In addition, the human mistakes sometimes lead to severe disasters. For sewages with small diameters, it is difficult for human workers to go inside, so mobile robot has been used. To enhance the work condition, it is necessary to develop a device that can repair the damaged part whose conditions were inspected by sewages inspection/repair robots. For this reason, a packer was developed. The disadvantage of the previous packer was low work efficiency due to low surface contact because the previous packer inflated its center part to stick to the sewages. To increase the efficiency, V-shaped wrinkle tube was attached to the newly-developed packer. So while injecting air, the surface of the packer expands uniformly. This increases the surface contact with the sewages, which means more area can be repaired in less time. Also a camera was attached to the packer so that one can check the sewages conditions after repair work is finished. Also inspection system is connected to the control room outside the sewages. In conclusion, with the advantages mentioned above, the newly-developed packer will be very useful for sewages repair work.</p>					
Subject Keywords (About 10 words)		Sewages, Mobile robot, Sewages inspection, repair robots, Packer development			