

하수관 보수를 위한 Packer 설계 및 제작

Design and Manufacture of the Packer of Sewages Maintenance

정재후, 윤지섭, 김영환, 이종열, 홍동희(한국원자력연구소)

Jae Hoo Jung, Ji Sup Yoon, Yong Hwan Kim, Jong Youl Lee, Dong Hee Hong(KAERI)

Abstract

In order to repair sewage pipes, it is necessary to dig up the damaged sewage pipes, which results in traffic jams. Since digging up the pipes takes too much time and cost, this method is inefficient. So, in stead of digging up the damaged pipes, a robot is sent down to the pipe to do the repair works. For big pipes, human workers go into the pipe and do to repair works, but for small pipes, it is impossible for human worker to go inside the pipe. In this case, mobile robots have used. The procedures for repairing pipes are as follows : First, the condition of the sewage pipes is observed by a robot. Second, appropriate steps for repair are determined according to the types of the damage. While repairing procedures, a newly-developed packer is sent into the sport to be repaired inside the pipe. Then, the packer is filled with air by a V-shaped wrinkle pipe. This makes the packer inflates uniformly and adhere closely to the inside wall of the pipe in large area. This increases the area that can be repaired. Therefore, the newly-developed packer will be very helpful for sewage pipe repair works.

Key words : Sewages, Mobile robot, Sewages inspection, Repair robots, Packer development

1. 서 론

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 수행하며, 반면에 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. 반면에 본 연구에서 개발된 packer는 packer 몸체 양단에 신축성이 있는 V자형의 주름관을 설치하여, 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어오르도록 설계 및 제작하였다. 이렇게 packer를 설계 및 제작함으로써 하수관 내벽에 넓은 분포로 밀착하므로 전체적인 보수 면적을 향상시킬 수 있으며, 보수시간도 짧게 소요되므로 작업의 효율성을 높일 수 있다.

2. 국내·외 기술개발 현황

2.1. 국내 현황

국내의 (주)한미 산기에서는 스나프로크 무절삭형은 관거 내면에 가압 밀착됨으로써 방수성능이 우수하며, 관의 이음새, 관 크랙, 관 구멍이 있는 곳을 보수개소에 스나프로크를 채움으로써 관 내면의 연마처리 없이 직접 잠김으로써 단시간 내에 시공의 높은 신뢰성으로 방수효과를 얻는 공법이다.

2.2. 국외 현황

독일(BODENBENDER GmbH 사)에서는 소구경 하수 관거 부분 공법으로써, 지반을 굴착하지 않고 소구경관의 내부에서 손상 또는 부실 시공된 부분 수리를 하는데 목적을 두며, 관로 구경이 200~800 mm 까지 사용된다. 일본은 (株)住吉製作所 ASS 공법(Affix Support System), 管溝工業(株)旭 テック(株)는 part liner method, (株)日本管路 サービス(株)サンワン는 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. 하수관의 크랙, 이음부 파손 및 불량 부분의 보수 및 하수관 포설 뒤 이음부의 벌어진 곳 및 부등 침하로 인한 변동의 방지 처리에 목적을 두며, 관로는 하수관 관거 일반(홍관, 토관, 염화 비닐관) 및 관경 200~600 mm 까지 사용된다.

3. Packer 설계

3.1. Packer 주요 구성 및 사양

Packer의 설계도 그림 1, 2에 나타내었으며, 주요 구성은 packer 구동 부, extension system 부, cable reel 부, camera 부 등으로 이루어진다. 규격으로는 길이 700 mm, 내경 450 mm, 외경 230 mm 이다. Packer에 사용된 고무의 인장강도는 150 kg/cm², 공기 압력 1.5~2 bar, 고무재질은 내마모성 고무, 고무의 두께는 5 mm 이다. 또한 packer에 사용된 재료는 SUS 304, AL plate, SS 41, 고무 풍선 등이다.

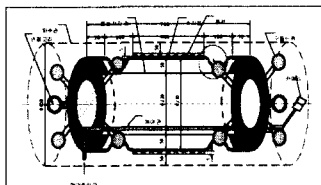


그림 1. Packer 설계 입체도

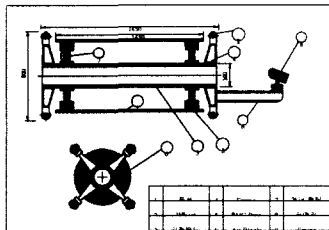


그림 2. Packer 정면도

3.2. Packer 설계 방법

Packer에 대한 packer 구동 부, extension system 부, air hose reel 부, 카메라 부 등의 주요 설계 내용은 다음과 같다. Packer 구동 부의 구동 장치는 그림 3에서 보는 바와 같이 하수관 내경 면에 완전히 밀착하여 작업시 진동이나 충격으로 인한 이탈 현상에도 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 구동 부 앞, 뒤에는 케이블 릴을 연결할 수 있는 견인 고리를 제작하여 부착하고, 와이어 로프를 이용하여 지상에서 용이하게 조절할 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.

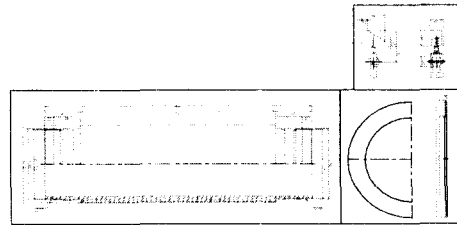


그림 3. Packer 구동 부

Packer extension system 부는 그림 4에서 보는 바와 같고, packer는 고무 튜브의 내부로 공기가 유입되어 표면이 팽창하며, 그 팽창한 표면에 미리 설치한 수지가 하수관 표면에 완전히 밀착하도록 한다. 수지가 완전히 경화되면 내부의 공기를 제거하여 작업을 끝내는 방식으로 하수관 내의 한정된 공간에서 작업이 이루어지도록 설계하였다. 본 개발에서 사용된 고무 튜브 재질은 내마모성, 신축성과 탄력성을 갖으며, 이물질 및 작업 조건이 열악한 상태에서도 장기간 견딜 수 있도록 설계하였다. 고무 튜브는 작업시 1.5~2 bar 정도의 공기 압력이 유입되므로 이를 유지할 수 있도록 설계하였다. 그래서 인장강도가 150 kgf/cm² 인 내마모성 재질을 선정하였다. 고무 튜브의 형태를 만들기 위해 파이프와 고

무 튜브 사이에 모노 카스트 라이트 재질을 이용하여 파이프 양쪽에 설치하도록 하였다. 공기가 유출되는 것을 방지하기 위해 o-ring을 이용하였고, 모노 카스트 라이트 블록을 packer 구동 부와 체결하기 위해 별도로 모노 카스트 라이트 블록 고정용 nut을 사용하도록 설계하였다. Packer 구동 부와 extension 부의 체결은 강철 밴드를 사용하였다. 또한 V자형의 주름 관을 설치하여 공기 유입으로 인한 팽창시 작업 유효 면적을 넓게 하도록 설계하였다.

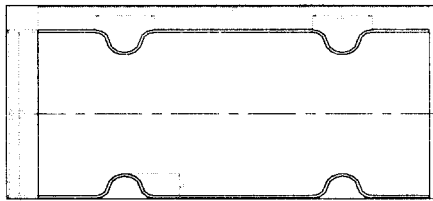


그림 4. Packer extension system 부

Air hose reel 부는 그림 5와 같이 설계하였으며, 지상에서 packer로 압축 공기와 카메라 부의 전원을 공급하고 카메라 영상 신호를 전송하도록 설계하였다. Air hose reel의 중앙부로 압축 공기와 전원 및 신호선을 연결하도록 하였고, hose의 길이는 70 m이므로 이를 지탱할 수 있는 강도를 가진 강관을 사용하였다. Air hose reel 부가 회전할 경우 공압 라인이 같이 회전하면 라인이 꼬이므로 이를 방지하기 위해 에어 로터리 조인트를 설치하여 air hose reel이 회전하여도 air line은 회전하지 않도록 설계하였다. 전원 및 영상 신호 선은 air hose reel의 중앙에 slip ring을 설치하여 연결하였다. 또한 압축 공기, 전원 및 신호선의 옆에는 작업이 끝났을 때, packer를 인양하기 위한 케이블이 설치되도록 설계하였다.

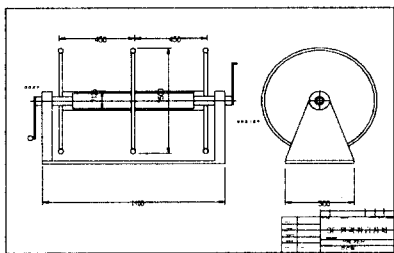


그림 5. Air hose reel 부

Camera 부는 그림 6에서 보는 바와 같이 설계하였으며, packer가 관로 속을 진행 및 작업할 경우,

모든 작업 상황을 감시하기 위해 카메라를 부착하도록 설계하였다. 카메라는 몸체 부의 앞단에 관로 진행에 있어서의 진동과 충동에 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.

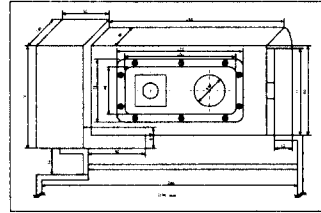


그림 6. Camera 부

4. Packer 제작

4.1. Packer 제작 방법

Packer의 제작품은 그림 7와 같고, 주요 메카니즘인 packer 구동 부, air hose reel 부, camera 부 등의 제작 내용은 다음과 같다. Packer 구동 부의 구동 장치는 그림 8에서 보는 바와 같이 하수관 내경에 완전히 밀착하여 작업시 진동이나 충격으로 인하여 이탈 같은 현상에도 충분히 견딜 수 있도록 스프링 강 및 스프링을 사용하여 제작하였다. 구동 장치는 방사형으로 힘이 일정하게 분포 되도록 엮었다. 구동 부는 지하에 흐르는 물과 접촉을 하므로 SUS 304, 플라스틱, bearing은 밀폐형 #6203ZZ번을 사용하여 정밀하게 제작하였다. 구동 부 앞, 뒤에는 견인 고리를 제작하여 부착하였다. Packer 중앙 부분에는 하수관 안에 있는 물이 흐르므로 작업시에 packer 주위에 물이 packer를 통과하여 다른 곳으로 흘러갈 수 있도록 중앙 부분에 중공 상태로 된 관을 사용하여 제작하였다.

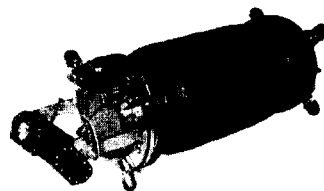


그림 7. Packer 제작품

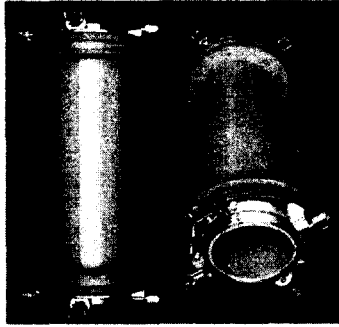


그림 8. Packer 구동부 제작품

Air hose reel 부는 그림 9와 같고, 이는 지상에서 packer가 있는 하수관의 속까지 공기를 공급하기 위한 장치로서 한쪽에서 hose reel을 감으면 다른 한쪽에서는 줄이 풀려 나가도록 제작하였다. 공기 hose reel의 길이는 70 m 이며, 이를 지상에 둘 수 있도록 열연압연강관을 사용하였다. Air hose reel이 회전할 시에 호스가 꼬이는 현상이 일어나지 않는 방법으로 제작하였다. Packer가 구동시에 회전이 원활하도록 베어링 # 6204ZZ를 사용하여 제작하였으며, 에어 호스에 연결된 카프링은 Air hose reel이 회전하더라도 꼬이지 않게 제작하였다.

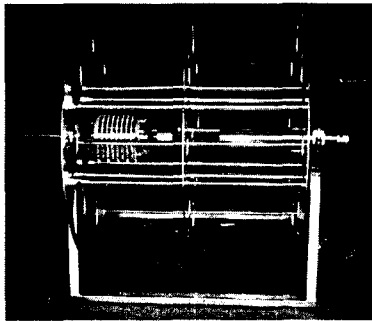


그림 9. Air hose reel 제작품

카메라 부는 그림 9에서 보는 바와 같이 조립한 후 물이 들어가지 않도록 하였으며, 이는 몸체 부에 부착하고, packer가 관로 속에서 진행 및 작업을 수행하더라도 흔들림이 없도록 부착하였다. Packer가 앞으로 진행시 카메라 앞면에 부착된 유리가 깨지지 않도록 유리 보호대를 설치하였다. 관로 안에서 구동이 원활하도록 제작하였으며, 충격 및 돌출물이 나타날 때 이를 흡수할 수 있는 형태로 제작하였다.

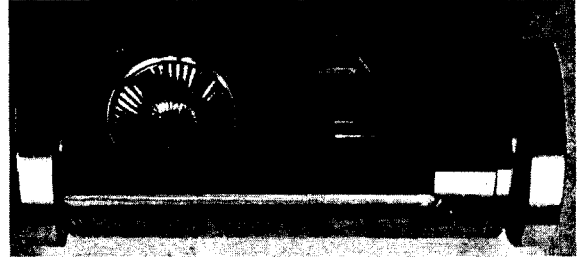


그림 10. 카메라 제작품

6. 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 공법에 사용될 장비 개발이 시급한 과제이다. 본 연구에서 설계·제작된 packer는 몸체 양단에 신축성이 있는 V자형의 주름관을 설치하여, 공기 주입시 packer 표면 전체가 일정하게 부풀어오르도록 설계·제작하였다. 따라서 이 장비는 하수관 내벽에 넓은 분포로 밀착하므로 전체적인 보수 면적을 향상시킬 수 있으며, 보수시간도 짧게 소요될 것이다. 따라서, 설계·제작된 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. KA-TE Robotics, "High-Tech Sewer Rehabilitation", <http://www.no-dig.com/ka-te/index.html>.
3. 윤지섭 외, "지하매설파이프의 검사/보수용 다기능 이동로봇 개발", KAERI/CR-77/98, 1999.
4. 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).