

하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛 개발

김재열*, 김영석⁺, 안재신⁺⁺, 광이구⁺⁺, 송경석⁺⁺⁺, 이창선⁺⁺

Development of unit for cutting of projecting parts connects
with interior parts of drainpipe

Jae-Yeol Kim*, Young-Seck Kim⁺, Jae-Sin An⁺⁺, Lee-Ku Kwac⁺⁺, Kyung-Seck Song⁺⁺⁺, Chang-Sun Lee⁺⁺

Abstract

The issue with the drainpipe now a day is that they are laid underground. Causing us to perform additional work to repair, such as digging up the ground and peeling off the insulator that surrounds the pipe. And such series works are difficult that concession appears from government and municipal office. However, if we can save time and money. Performance of piping robot that we are studied in existing session through fixing unit and improvement of cutting byte shorten and wished to heighten work efficiency. This is why we are trying to develop a unit that can cut up the projecting parts which connects with the interior part of the drainpipes.

1. 서론

공업화, 산업화의 근대화사회로 들어오면서 환경적, 보건적, 측면에서 볼 때 도시인구 집중으로 인해 더욱 심각해지고 있는 우리 주변의 몇 수십 년 전에 설치한 상·하수관은 국민보건위생 및 수해대책의 큰 문제가 아닐 수 없다. 전국적으로 지하에 매설된 상·하수도의 실태를 보면 몇 수십 년이 경과된 관이 몇 킬로미터 이상이며 찌꺼기, 오물 등으로 퇴적되어 상·하수관의 절반이상이 막혀 버린 상태이며 이로 인한 수질오염, 하수찌꺼기로 인한 부패악취 및 각종 병충해가 서식함으로써 국민위생상 큰 문제가 아닐 수 없으며 각 지역의 하수도관이 막힘으로

폭우 때는 배수가 제대로 되지 않아 교통장애를 비롯 침수 지역까지 발생하게되어 재산상의 손실이 국민뿐만 아니라 국가적으로 얼마나 많은 피해를 보고 있는지 우리 국민 모두가 느끼는 실정이다

따라서 하수관의 유지 및 보수는 깨끗한 환경을 보전하기 위하여 반듯이 이루어져야 될 과제이다. 이러한 하수관을 보수하기 위해서는 부식되거나 균열 된 부분을 절단하여 다시 보강제로 보수해야 한다. 하지만 하수관은 지하에 묻혀있고 직접 사람이 들어가 작업을 할 수가 없고, 국내 하수관 실태가 지속적인 보수가 불가피한 상황에서 기존 굴착방식에 의한 보수공사로는 도로굴착에 의한 교통장애, 오물로 인한 악취, 소음공해, 도로수명

* 주저자, 조선대학교 정밀기계공학과(jykim@mail.chosun.ac.kr)
주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지
+ 조선대 공과대학 기전공학과
++ 조선대 대학원 정밀기계공학과
+++ 조선대 대학원 광응용공학과

단축, 지하매설물 손상 등의 문제가 발생된다.

따라서, 지하에 매설되어 있는 하수관의 파손 부위 또는 하수관 안으로 다른 작은 관들의 돌출 되는 것들을 하자로 분리되어 관공서로부터 허가가 나오지 않기 때문에 이러한 부분을 땅을 굴착하지 않고도 보수할 수 있는 로봇의 개발이 필요하게 되었다. 현재 시중에 개발된 하수관 연결 돌출부 절단기 로봇은 하수도관의 육안검사나 관의 재료 및 물성검사 및 수리, 보수까지 다양한 응용분야로 확산되고 있다. 본 연구의 목표는 이러한 하수도용 장치로봇이 가지고 있는 단점들을 보완하고 새로운 편리기능 등을 추가한 새로운 개념의 하수 관로 연결돌출부 절단기 유닛을 개발하는 것이다. 기존 모델의 문제점으로는 현재 연구 개발된 하수관로 연결 돌출부 절단기 로봇은 관로상의 작업에 따라 그 종류와 용도가 다양하게 발전해 왔다. 관로상에서 작업함에 따른 여러 가지의 문제점에 봉착함에 따라 그 크기와 형태 작업공구들이 더욱더 발전되고 연구되어지고 있다.

이러한 로봇들은 관로 상에 돌출되어 있는 흙관을 제거하는 주된 목적을 두고 있어서 작업함에 따른 문제점은 다음과 같다.

1. 절단헤드의 구조적 문제점으로 인하여 과부하시 구동모터가 손상된다.
2. 흙관 절단시에 절단헤드에 받는 부하로 인하여 수평 및 센터 잡기가 불안정하다.
3. 절단헤드의 자유도 및 구조적 문제로 절단직경의 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 가지고 있는 유닛을 보완하여 이를 해결할 수 있는 방안을 찾고자 새로운 형태의 하수 관로 연결돌출부 절단기 유닛을 개발하고자 하였다.

2. 하수관로 연결 돌출부 절단기 로봇

2.1. 절단기 유닛의 전체 시스템 구성도

본 연구의 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛은 기존의 로봇에 대하여 작업중의 문제점과 애로사항에 대하여 이를 해결하고 더 향상되고 효율적인 작업을 위하여 보완된 유닛을 설계 제작하였다.

2.1.1. 본체

하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛의 본체는 기존의 유닛과 거의 흡사하며 관로상에서 전·후진이 원활하도록 견고하고 유연성 있게 설계하였다. 직경 300~400 이하의 직선

으로 된 관로를 운행하기 때문에 유닛의 차륜은 일반 타이어나 갈게 하였고 본체의 상단과 정면에 고정유닛과 절단헤드를 부착하기 때문에 그에 대한 하중을 견딜수 있도록 크기와 안정성을 충분히 고려하여 설계하였다.

관로의 구조는 원형으로 되어 있기 때문에 그에 대한 안정된 주행을 위하여 본체의 차륜에 11°의 경사를 주어 원형 관로상에서 안정된 주행을 할 수 있도록 하였다.

본체의 구동모터는 ϕ 100, 정격전압은 AC 200 V이며, 정격출력은 600W 로 된 모터를 사용하였고, 본체의 구동은 본체의 동력전달장치인 베벨기어로 동력을 전달하고, 하나의 샤프트 주축과 세 개의 바퀴축에 있는 디퍼런셜에 의해 동력을 전달하여 구동하게 된다.

Fig. 1 은 본 연구에서 설계한 하수관로 연결 돌출부 절단기의 본체 설계도고, Fig. 2는 본체를 CATIA를 이용해 3차원 모델링한 그림이다.

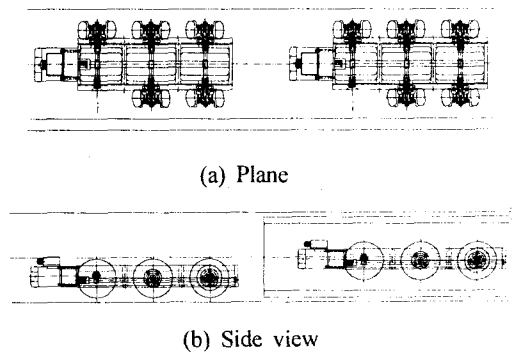


Fig. 1 The plane and side view of substance

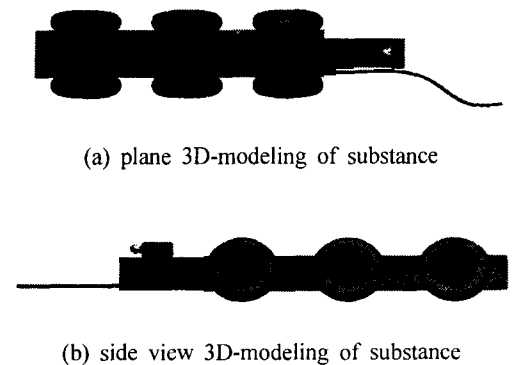


Fig.2 The plane 3D-modeling and side view 3D-modeling of substance

하수관로 연결 돌출부 유닛의 바퀴는 Fig. 3에서의 도면과 같이 일반적으로 쓰이는 타이어를 이용하였고, 관로에 투입시에 관로상의 주행 환경에 맞추어 교체가 가능하도록 하였다.

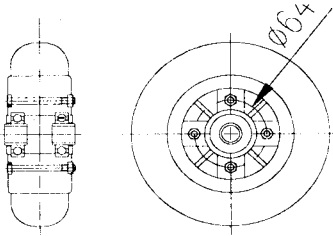


Fig. 3 The wheel of substance

Fig. 4 의 그림은 이 본체의 바퀴를 CATIA를 이용하여 3차원 모델링을 하고 그 내부의 구성을 볼 수 있도록 한 것이다.

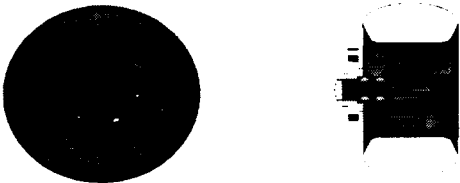


Fig.4 3D-Modeling of wheel and inside construction

2.1.2 고정유닛

고정유닛은 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛이 관로 내부에 돌출된 홈관을 절단 할 시에 받는 백래쉬와 진동 등으로 인하여 작업시에 유닛의 동작에 대한 제약을 많이 주는 것을 방지하기 위하여 고안한 것이다. 실제로 하수관로 연결 돌출부 유닛은 작업시에 홈관과의 마찰과 절단시에 의한 진동으로 인해 안정된 위치에서의 작업이 원활하게 이루어지지 않으며 진동으로 인한 작업부위에서 바이트가 이탈하는 경우가 생기게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 무한궤도 차륜 형식의 고정유닛을 개발하였다. 이 고정유닛은 하수관로 연결 절단기 유닛이 돌출 되어 나온 홈관과의 접촉

시 유닛의 상단에서 공압 피스톤으로서 구동을 하고 작업시에 유닛이 흔들리지 않도록 고정시켜주며 앞으로 조금씩 이동함과 동시에 고정유닛도 무한궤도 차륜 형태로 조금씩 전진할 수 있게 설계하였다. 이 때 고정유닛이 작동함에 있어 관로 상단으로 뺀어 나감에 따라 일정한 부하가 걸리면 고정유닛에 장착되어 있는 로드셀에 전압의 변화가 검출되어 일정한 힘에 의해 지지할 수 있도록 조절하게 된다.

Fig. 5 는 고정유닛의 설계 도면을 도시화 한 것이고 Fig. 6 은 이 고정유닛의 도면을 CATIA로 3차원 모델링 한 그림이다.

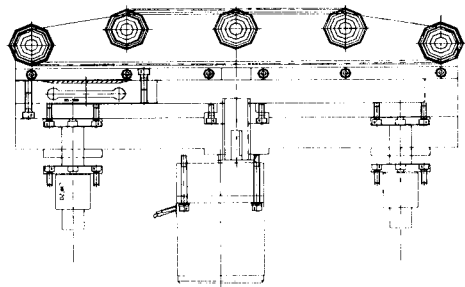


Fig. 5 Fix unit

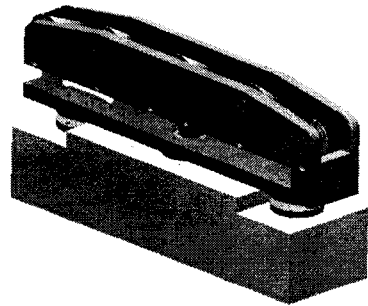


Fig. 6 3D-Modeling of fix unit

2.1.3 절단 헤드

절단헤드는 하수관로 연결 돌출부 유닛이 관로상의 돌출된 홈관을 절단할 때 직접적인 영향이 가장 많이 받는 곳이다. 기존에 있는 절단헤드는 2개의 자유도를 가지고

가장 자리부터 조금씩 절삭해 가는 방식을 취하였다. 본 연구에서 설계한 절단헤드는 기존의 방식을 벗어나 돌출된 홈관을 안쪽에서부터 한번에 절단하여 작업시간을 줄여 짧은 시간에 더 효율적인 작업을 할 수 있도록 설계하였다.

돌출된 홈관은 거의 관의 위쪽으로부터 돌출되어 나오기 때문에 절단헤드의 회전 반경만 자유로이 조절할 수 있게 하고 바이트는 원통형으로 절단 부위는 띠톱 형식으로 설계하였다. 원통형 바이트는 홈관 절단시에 한번의 작업으로 돌출된 홈관을 제거할 수 있으므로 작업시간을 단축시켜 더 효율적인 작업이 가능하다.

Fig. 7과 Fig. 8은 하수관로 연결 돌출부 유닛의 절단헤드 설계도면이다.

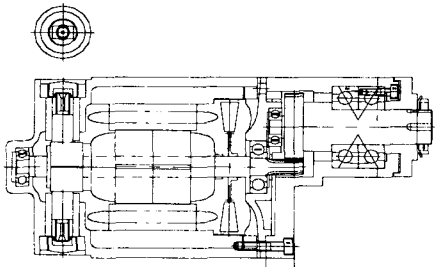


Fig. 7 The side view of cutting head

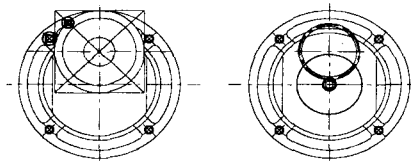


Fig. 8 The front part of cutting head



Fig. 9 3D-Modeling of cutting head

Fig. 9 의 그림은 이를 3차원 모델링한 그림이다.

Fig. 10의 그림은 절단헤드에 원통형 바이트를 장착했을 때의 형상을 3차원 모델링한 그림이다.

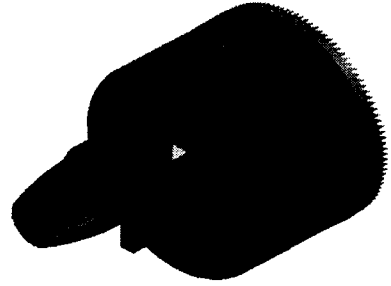


Fig. 10 3D-Modeling of cutting head with parting tool

Fig. 7 ~ 10 에 보인 그림과 같이 절단헤드에 원통형 바이트를 장착한 형상을 보면 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛이 관로상을 진행함에 있어 작업시에 돌출되어 있는 홈관을 제거함에 있어 바이트의 동작 반경이 작아도 돌출되어 있는 홈관을 한번의 작업으로 제거할 수 있다는 것을 알 수 있다.

2.2 하수관로 연결 돌출부 절단기 제작

Fig. 11의 사진은 이와 같이 하수관로 연결 돌출부 유닛을 설계하여 제작되어진 실제 모습이다.

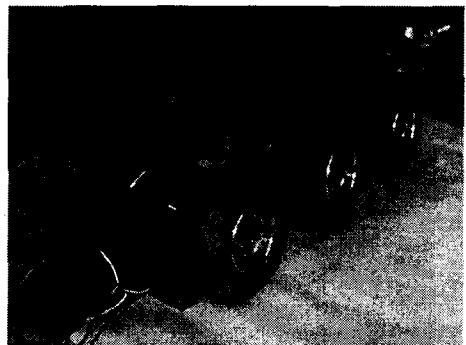


Fig. 11 The cutting unit of projecting parts connects with interior parts of drainpipe

본 연구에서 제작한 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛의 구동은 사진에서 보는 바와 같이 유닛에 CCD 카메라를 장착하기에는 구조적으로 문제가 있어 유닛을 투입 후에 반대편 출구로부터 CCD 카메라를 장착한 유닛을 투입하여 하수관로 연결돌출부 절단기 유닛의 작업 위치까지 안내를 받아야 한다.

관로상에서 유닛이 흡관과 접촉이 있으면 고정유닛을 작동하고, 절단헤드의 바이트를 구동시킨다. 고정유닛의 충분한 지지를 얻은 후에 전진하면서 흡관 절단을 시작하게 된다. 작업이 시작하면 유닛의 전진 속도를 감속하여 절단헤드 모터에 과부하나 흡관에 바이트의 잠김 현상을 방지하는데 이때에 감속의 조절은 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛의 내부에 장착된 로드셀로서 이를 조절한다. 로드셀은 바이트가 구동하여 작업을 시작하면 전진속도에 의해 과부하가 생기고 이로 인해 변화된 전압을 검출하여 감속을 할 수 있도록 조절한다.

이 때에 모터의 전압은 AC 220V를 사용하였고, 감속비는 9/55 이며, 모터의 회전수는 17560 rpm에서 2875 rpm으로 감속하게 되어 모터의 과부하와 바이트의 잠김 현상을 해결하였다.

Fig. 12는 본 연구에서 개발된 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛의 전체적인 모습을 3차원 모델링한 그림이다.

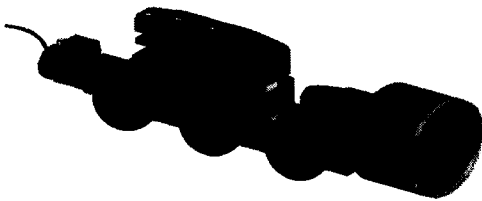
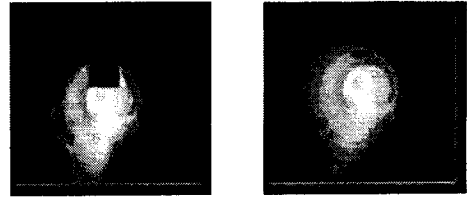


Fig. 13 The whole 3D-modeling of cutting unit of projecting parts connects with interior parts of drainpipe

2.3 유닛의 돌출부 절단 실험

본 연구에서 개발한 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛을 가지고 300mm의 직선관로상에 돌출되어 나온 흡관을 주행시켜 절단해 보았다.

Fig. 13은 관로상의 흡관 절단하기 전의 모습과 작업 후에 절단된 모습을 나타낸 사진이다



(a) begin operation (b) after operation
Fig. 13 The projecting part of begin and after operation

사진에서 보는 것과 같이 흡관이 원형 바이트로 인해 절단됨에 있어 매끄럽게 작업된 것을 알 수 있다.

작업도중 주행시와 작업시의 출력의 변화와 이동속도, 절단헤드의 회전 rpm을 측정해 본 결과 Table 1 과 같은 수치가 나왔다.

Table 2.는 본 연구에서 개발한 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛을 구동하는 모터의 전압을 나타낸 것이다.

Table 1. Unit performance

	일반주행시	작업시
구동모터 출력	300W	600W
이동속도	20m/분	2m/분
구동모터 회전 rpm	17560rpm	2875rpm
절단헤드출력	340W	450W

Table 2. Electric pressure of unit moter

	구동모터 전압	절단헤드 전압	좌우 회전모터 전압
유닛 모터	AC 24V	AC 220V	AC 12V

4. 결론

본 연구에서 개발된 하수관로 연결 돌출부 절단기 유닛은 기존에 있던 유닛을 보완하여 작업함에 있어 작업성능과 효율적인 작업을 할 수 있도록 하였다.

1. 절단헤드의 구조적 문제점으로 인하여 과부하시 구동모터가 손상되는 문제점을 절단헤드의 자유도를 없애고 원통형의 바이트를 장착함으로써 한번의 작업으로 흡관을 제거해 모터의 과부하를 방지하였다.

2. 흡관 절단시에 절단헤드에 받는 부하로 인하여 수평 및 센터 잡기가 불안정 요소를 고정유닛의 개발을 통해 수평 및 센터잡기를 하여 작업 중에 받는 불안정한 진동이나 백래쉬를 해결하였다.

3. 절단헤드의 자유도 및 구조적 문제로 절단직경의 한계가 있었으나 이 문제도 역시 자유도를 없앤 절단헤드와 원통형 바이트로 인하여 절단직경의 한계를 없애고 원활한 작업이 이루어 질 수 있도록 하였다.

이 밖에 작업함에 유닛이 흡관과의 접촉 할 때에 전진속도로 인한 부하와 바이트 잡힘 현상을 유닛의 내부에 과부하로 인한 전압의 변화가 발생하면 감속할 수 있게 하는 센서인 로드셀을 장착하여 안정된 작업을 할 수 있도록 하였다.

하수관로 연결 돌출부 유닛은 현재 국내에는 비굴착공법에 관한 학술적인 연구가 미비한 상태이다. 이러한 로봇 개발은 하수관 유지보수 산업의 시간, 비용, 환경 등 여러 가지 문제점들을 해결해줄 수 있고 배관시설과 관련된 설비의 검사, 진단, 및 기타 작업용으로 응용범위가 넓어 앞으로 많은 기술개발의 필요성이 있다.

후기

본 연구는 2002년 광주·전남 테크노 파크로부터 연구비를 지원 받아 연구하였으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) Kyu-won Jeong, "Pose Estimation of a Cylindrical Object for an Inspection Robot" KSMTE Conference, Vol.12 No. 1, pp.8 - 15. 2003.
- (2) J. Y. Kim, J. H. Han, L. K. Kwac, H. W. Kim, C. I. Son, N. J. Kim, "The Development of Transmission and P.T.O on Work Vehicle with Multi-Function for

Agriculture"

- (3) J.Y Kim, J.H Han, H.W Kim, S. You, L.K Kawc, I.S Son, "A Study on the Optimal Structural Disign and Ultra Precision Control using FEM for Micro Stage", KSPE, pp.336 - 340, 2001.
- (4) S.C. Oh, J.S. Yoon, Y.S. Pack, M..W. Cho, J.H. Kim "Design of vehicle and maintenance system for sewer robot" KSPE, pp.673 - 676, 1998.
- (5) Mr. Eric Michel, "Methodology and Technologies for Sewer Rehabilitation in France", nternational Seminar on Innovative Management for Sewer System, pp.139 - 165, 2002.
- (6) S.Y. Chaug, S.J. Lee, "Robot Application in Gas Cutting" The Korean Welding Society, Vol 14. No 1. 1996.
- (7) K.H. Hwa, "Vnstable phenomenon of High-Speed Rotating Circular saws", KSNVE, Vol. 9. No 6, 1210-1217, 1999.
- (8) Tong-Jin Pack, Chang-Soo Han, "A Path Generation Algorithm of Autonomous Robot Vehicle Through Scanning of a Sensor Platform", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 151 - 156, 2001.
- (9) Ryo Kurazume and Shigeo Hirose, "Development of a Cleaning Robot System with Cooperative Positioning System", Autonomous Robots, Vol. 9, No. 3, pp237 - 246, 2000
- (10) Seung-Eun Lee, Wee-Kuk Kim, Byung-Ju Yi, "Kinematic Modeling of a Car-like Planar Mobile Robot with Four Fixed Wheels", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 19, No. 7, 2002