

19T
BIF
-C1
439
75-
02

ICT기
반
유지
관리
기술
을
적용
하여
노후
하수
관
정밀
진단
이
가능
하고
지반
함물
을
관측
하여
긴급
보수
가
가능
한
하수
관
자동
화
보수
로봇
개발

최
종
보
고
서
(안)

2019

국
토
교
통
과
국
토
교
통
부
국
토
교
통
부
기술
진흥
원

보안 과제(), 일반 과제(○)/ 공개(), 비공개(), 발간등록번호()
국토교통기술사업화지원 사업 제2차 연도 최종 보고서

R&D / 19TBIP-C143975-02

ICT기반 유지관리 기술을 적용 하여 노후 하수관 정밀진단이 가능하고 지반함몰을 관측하여 긴급 보수가 가능한 하수관 자동화 보수 로봇 개발 최종보고서

2020. 01. 22

주관연구기관 / 웅진고분자(주)
위탁연구기관 / 동부엔지니어링(주)

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘ICT기반 유지관리 기술을 적용하여 노후 하수관 정밀진단이 가능하고 지반함몰을 관측하여 긴급 보수가 가능한 하수관 자동화 보수 로봇 개발’(연구개발 기간 : 2018. 04. 01 ~ 2019. 12. 31) 과제의 최종보고서(안) 3부를 제출합니다.

2020. 01. 22.

주관연구기관명 : 웅진고분자(주)

(대표자) 이영숙 (인)

주관연구기관책임자: 김광선

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19TBIP-C143975-02	해당 단계 연구 기간	2018.01.01. ~ 2019.12.31	단계구분	(2차년도)/ (2차년도)
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부사업명	서비스R&D융합기술사업화			
연구과제명	대과제명	대과제가 있을 경우 기재합니다(단위과제일 경우에는 아래에 기재합니다)			
	세부과제명	ICT기반 유지관리 기술을 적용하여 노후 하수관 정밀진단이 가능하고 지반함몰을 관측하여 긴급 보수가 가능한 하수관 자동화 보수 로봇 개발			
연구책임자	김광선	해당단계 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 205,000천원 민간: 137,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 342,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 20명 내부: 20명 외부: 명	총 연구비	정부: 400,000천원 민간: 267,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 667,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	웅진고분자(주) 기술부			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 동부엔지니어링(주)			연구책임자: 송헌영	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	보안등급(일반)
-------------------------	----------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수
---	--------

연구의 목적 및 내용	○ 연구 목적 ICT기반 기술을 적용하여 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부 동공을 정밀하게 관측하고 긴급 보수 또는 예방 유지보수를 통해 지반함몰 예방이 가능한 하수관 자동화 시공장비 개발				
	○ 연구 내용 • ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 개발 - 노후 하수관의 파손 정도를 CCTV, 내시경 카메라 촬영 인터페이스 장치를 활용하여 정밀하게 측정하고 보수전·보수후 하수관 상태 정보를 현장에서 직접 작성이 가능하도록 프로그램을 구축하여, 노후 하수관 유지관리 및 예방 유지 보수를 위한 정보 제공 - 파손 부위가 넓을 경우 내시경 카메라를 삽입하여 하수관 외부의 공동을 관측하고 지반침하 등 붕괴 위험 요소를 찾아내어 긴급 보수공사가 필요할 경우 즉시 보수가 가능한 유선 원격제어 보수장비 개발 • 하수관 내부 지장물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 개발 - 하수관 내 지장물을 제거하고, 정밀진단 및 보수가 가능한 커팅 기술개발 • 하수관 보수시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지할 수 있는 IoT기술 개발 - 하수관 내 유독가스 잔존 유무를 사전 감지하여 상부 작업자에게 알람을 제공함으로써 안전사고 예방 - 여름철, 우기철 하수관 내 각 종 세균, 벌레로 인해 발생할 수 있는 전염병을 예방하기 위해 방역기기를 장착하여 보수와 방역의 일석이조 효과를 창출 - 육안으로 놓칠 수 있는 보수 위치를 정밀하게 찾을 수 있는 센서 설치				
연구개발성과	• ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 제작 - 노후 하수관 긴급 보수를 통한 지반함몰 예방 - 하수관 보수전·보수후 유지관리 보고서 작성 • 하수관 내부 지장물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 제작 - 하수관 정밀진단 및 보수시 지장물 제거가 용이하여, 시공성 향상 및 공사비 절감 - 시공 정밀도 향상 및 유지관리 효율성 제고 • 가스누설 탐지, 방역이 가능한 하수관 보수 장비 개발 - 가스누설 탐지기 설치로 하수관 내 발생할 수 있는 인명피해 예방 - 하수관 보수 및 방역을 동시에 할 수 있어 장비의 효율성 제고				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 최근 사회적 이슈가 되고 있는 노후 하수관로 누수로 인한 지반함몰에 대하여 정밀진단 및 예방 유지보수가 가능한 기술로 활용 • 하수관 보수 및 지장물 커팅작업을 동시수행 가능한 기술로 개발함으로써 비굴착 하수관 부분 보수공사시 시공성 향상 및 공사비를 절감할 수 있는 기술로 활용 • 하수관 보수공사 시공 정밀도 향상으로 지반침하 예방 및 부실공사 방지				
국문핵심어 (5개 이내)	하수관	비굴착	지반함몰	긴급보수	정밀진단
영문핵심어 (5개 이내)	Drain Pipes	Divided Shield	Ground Sinking	Immediate Restoration	Detailed Diagnosis

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	5
가. 연구개발 목적	5
나. 연구개발의 필요성	12
다. 연구개발의 범위	18
2. 연구수행 내용 및 성과	19
가. 연차별 연구수행 내용	19
나. 연구수행 성과	19
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	53
3-1. 목표	53
가. 사업화 최종 목표	53
나. 연도별 사업화 목표	53
다. 기술개발 성숙도 목표	54
3-2. 목표 달성여부	55
가. 성과점검 기준표(총괄)	55
나. 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄)	56
다. 관련 분야 기여도	57
4. 연구개발성과의 활용 계획	58
가. 국내외 시장분석 및 사업화 전망	58
나. 사업화 추진전략	63
붙임. 참고문헌	73

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 목적

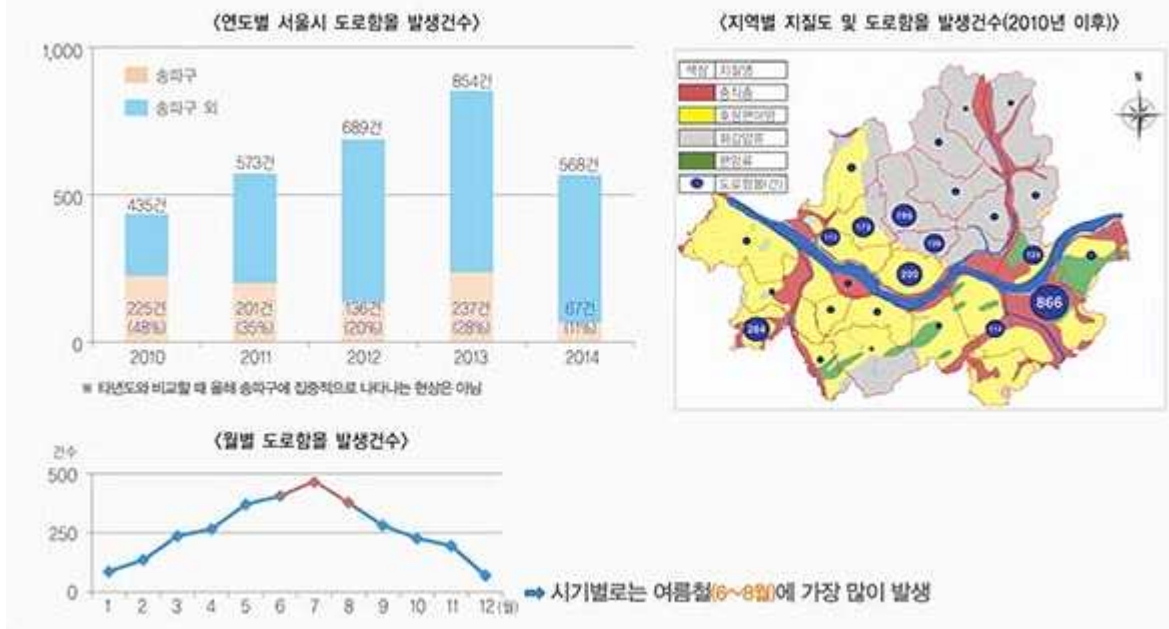
- (1) 최근 사회적 이슈로 도심지 지반함몰로 인한 인적·물적 피해 사례가 많이 발생하고 있다. 서울시 지반함몰 발생 원인 분석 자료를 참조하면, 하수관 손상으로 인한 지반 함몰이 전체 84%로 주요 원인으로 분석 되었다. 이로 인해 지반함몰 발생건수는 연평균 20%이상 증가하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 ICT기반 기술을 적용하여 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부 동공을 정밀하게 관측하고, 긴급 보수 또는 예방 유지보수를 통해 지반함몰 예방이 가능한 하수관 보수장비를 개발하고자 한다.



[그림 1-1] 지반함몰 사례 및 원인 분석(출처: 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회)

- 현재 서울시의 통계에 따르면 경미한 도로함몰, 동공이 연평균 681건 발생하고, 매년 20% 이상 증가하고 있다. 지반침하하는 하천 주변이나 하류의 퇴적층인 충적층에서 주로 발생하고 일부만 편마, 화강암에서 발생하는 것으로 조사됐다. 서울시에는 석회암층이 없어 해외사례와 같은 싱크홀 발생 가능성은 낮다. 기간별로는 집중호우 기간인 6~8월에 홍수량이 하수관 통수능을 초과하여 하수관구에 많은 부하를 주고 지하수 변동이 많아져 도로함몰의 40%가 이때 발생한다. 이제까지 대부분 도로함몰은 면적 1㎡, 깊이 1m 미만의 소규모로 발생했으나, 최근들어 면적 1㎡, 깊이 1m 이상의 함몰도 발생하고 있어 인명피해 발생 개연성이 존재한다. 5년간 인명 피해는 없지만 보행 및 교통안전을 감안해 2m 이상 규모는 특별관리 대상으로 분류해 관리하고 있다.

▶ 경미한 도로침하·동공까지 포함, 연간 약 681건 발생, 매년 29% 증가



[그림 1-2] 서울시 도로함몰 발생 현황(출처: 위터저널)



▲ 개구부 마감 불량 및 상수 동공 발생 / 연결관 불량 토사 유입 / 노후화에 의한 미음부 이격 및 누수

[그림 1-3] 하수관 노후화에 따른 동공발생(출처: 위터저널)

(2) 도심지 지반함몰 사례조사

- 서울시는 도로함몰을 사전에 예방하기 위해 2014년 국내 최초로 지하 동공탐사기술 도입으로 민·관·연 협업으로 기술혁신을 병행 하였다. ‘차량형 멀티 GPR장비’를 개발하여 지하 공동을 탐사하기 시작 하였다. 2019년 8월 기준으로 1,574km 도로에서 GPR탐사를 진행해 3,516개 공동을 발견했고, 3,495개를 복구했다. 위한 GPR장비 도입, 노후 하수관 정밀진단 사업 추진 등 여러 예방 대책들을 추진하고 있는 것을 확인할 수 있다. 본 연구 과제에서는 사회적 이슈로 대두되고 있는 지반함몰이 발생 했을 때, 어떻게 하면 신속하게 복구하여 2차 피해가 발생하지 않을 수 있을지에 대한 연구를 진행 하고자 한다. 부산시는 2017년 서울시를 벤치마킹하여 6월 20일부터 한 달간 연산교차로와 수영교차로, 괴정사거리 등 시내 5개 도로 총 43km 구간을 대상으로 공동(지반함몰) 시범탐사를 시행 하였다. 시범탐사 지역은 시민 발길이 잦은 도심부 지하철역 및 교차로와 노후하수관로 등 지하 매설물이 많은 곳으로 지난해 8월 동래구 사직동 하수배관 누수로 인한 공동 발견 이후 고조된 시민 불안을 해소할 계획으로 시행 되었다. 탐사는 1차 공동탐사, 2차

공동 확인조사 형식으로 진행하고, 탐사에 활용되는 차량탐재형 GPR장비는 한번에 30km/h 속도로 폭 2.4m를 조사할 수 있으며, 내시경 장비는 땅 속을 360도 회전하며 단면을 촬영하는 최첨단 장비로 구성 하였다.



[그림 1-4] 서울시 GPR차량(출처: 서울시)

- 부산시는 도로지반 탐사장비(차량형 멀티 GPR)를 이용해 주요 도로를 점검한 결과 2018년 7월 까지 140여 개의 동공을 발견해 복구한 것으로 확인 하였다. 아래 오른쪽 그림(부산 서면일대)의 경우 지반함몰에 대한 구체적인 원인분석 없이 긴급 복구하였다가 다시 지반함몰이 발생한 사례이다. 이처럼 임시 방편의 복구 공사는 2차 피해를 불러 올 수 있는 문제가 항상 잔존하고 있다. 따라서 본 연구개발과제를 통해 원 지반의 특성을 분석하고, 투수성능을 고려한 지반함몰 복구재를 개발하고, 이를 원활히 시공할 수 있는 장비를 개발 하고자 한다.



[그림 1-5] 부산시 GPR차량(출처: 부산시)

- 최근 도심지 지반함몰 사고가 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 이에 따라 관련 지자체 들은 지하 동공 탐사장비를 이용하여 노후 하수관 주변 및 연약 지반에 대한 정밀 조사를 하고 있다. 주요 도시에 최근 발생한 지반함몰 사례를 조사해 보았다.



발생장소	부산 번영로	발생장소	부산 서면
발생일자	2018년 07월 11일	발생일	2018년 04월
출처	경향신문 기사자료 (http://news.khan.co.kr/kh_news/kha_n_art_view.html?artid=201807161123011&code=620102)	출처	부산일보 기사자료 (https://twitter.com/busantweet/status/981468214679846914)



발생장소	포항남구 희망대로	발생장소	서울 중구 청계천(모전교 앞)
발생일자	2019년 10월 31일	발생일	2019년 8월 1일
출처	프레스리안 기사자료 (http://www.pressian.com/news/article/?no=263507&utm_source=naver&utm_medium=search)	출처	매일경제 기사자료 (https://www.mk.co.kr/news/society/view/2019/08/590013/)



발생장소	광주광역시	발생장소	의정부시 사패산 회룡사 입구
발생일자	2018년 11월 11일	발생일	2018년 08월 31일
출처	연합뉴스 기사자료 (https://www.yna.co.kr/view/AKR20181111027100054)	출처	노컷뉴스 기사자료 (https://www.nocutnews.co.kr/news/5027041)



발생장소	강릉시 송정동	발생장소	대전 동구 삼성동
발생일자	2019년 6월 7일	발생일	2017년 8월 3일
출처	조선일보 기사자료 (https://news.chosun.com/site/data/html_dir/2019/06/08/2019060800202.html)	출처	충청투데이 기사자료 (https://www.cctoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=1083730)

○ 여름철 집중호우로 인해 지반이 약해지거나, 노후 하수관으로 인해 지반함몰 현상이 발생하는 등 전국 곳곳에서 지반함몰에 대한 공포가 커지고 있다. 지반함몰은 지난 2017년 국내에서만 하루 2.6개소가 발생했다. 한반도가 아열대성 기후로 바뀌면서 집중호우에 따른 지질 변화가 예상돼 땅 꺼짐 현상은 더욱 빈번하게 나타날 것으로 전망된다. 최근에는 도심지에서 주로 발생하는 노후 상·하수도관 파손이나 부실공사 등으로 흙이 빠져 나가면서 땅이 내려앉는 ‘지반함몰’이 많이 발생하고 있는 실정이다. 금천구 가산동의 한 아파트 인근에서 강한 비에 지반이 약해져 가로 30m, 세로 10m, 깊이 6m의 대형 지반함몰이 발생해 주민들이 불안에 떨어야 하는 경우도 있었고, 동작구 상도초등학교 유치원 건물이 기울어지는 등 사회적으로 지반함몰에 대한 문제점 이슈가 대두되고 있다. 이러한 지반함몰은 갑자기 땅이 꺼져 행인이나 운전자들이 미처 구멍을 발견하지 못해 사고로 이어지는 경우가 빈번하다. 2012년 2월 18일 인천 서구 왕길동 한 아파트 앞에서 6차선 도로가 무너져 내려 미처 싱크홀을 발견하지 못한 50대 오토바이 배달원이 땅속으로 떨어져 사망하는 사고가 있었다. 그 지반함몰은 인천지하철 2호선 공사로 인해 발생 했으며 지름이 10m, 깊이가 26m에 달했다. 2018년 여름철에 내린 집중호우로 경기 의정부시의 화룡사로 가는 시멘트 포장도로가 깊이 5m 가량 함몰이 발생하여 이곳을 지나던 지게차가 추락해 운전자 1명이 다치는 사고도 발생 하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 노후 하수관을 정밀하게 진단하고, 효과적이면서 효율적으로 보수할 수 있는 기술개발이 절실한 실정이다.

(3) 기존 하수관 비굴착 부분 보수공법은 보강시트를 함침하여 하수관 내부에 부착하는 공법으로 시간이 경과함에 따라 부착력 저하로 들뜸, 처짐, 누수 등으로 인해 지반함몰로 이어지는 2차 피해가 많이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고, 노후 하수관 누수로 인해 유실된 토사의 공극을 채워줄 수 있는 하수관 보수 자동화 장비를 개발하고자 한다.



[그림 1-6] 기존 하수관 비굴착 부분 보수공법의 문제점

- (4) 하수관 보수시 작업 인력이 직접 투입하여 보수를 진행할 경우가 많은데, 관로 내 악취 및 유해가스로 인한 중독, 많은 양의 하수로부터 작업자의 안전이 보장되지 않는 문제점이 있다. 또한 지반함몰로 인한 인명피해 등 2차 피해가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 ICT기반 유지관리 기술을 적용한 하수관 자동화 보수로봇을 개발하고자 한다.



[그림 1-7] 작업자 질식사고 조사자료(출처: 한국산업안전보건공단 보도자료)



[그림 1-8] 작업자 안전사고 위험 이미지

(5) 비굴착 하수관 부분 보수공사의 자동화 시스템 토탈 솔루션을 제공 하고자 한다.



[그림 1-9] 기술개발 중점 추진전략



[그림 1-10] 실용화·사업화를 위한 코워그룹 구성

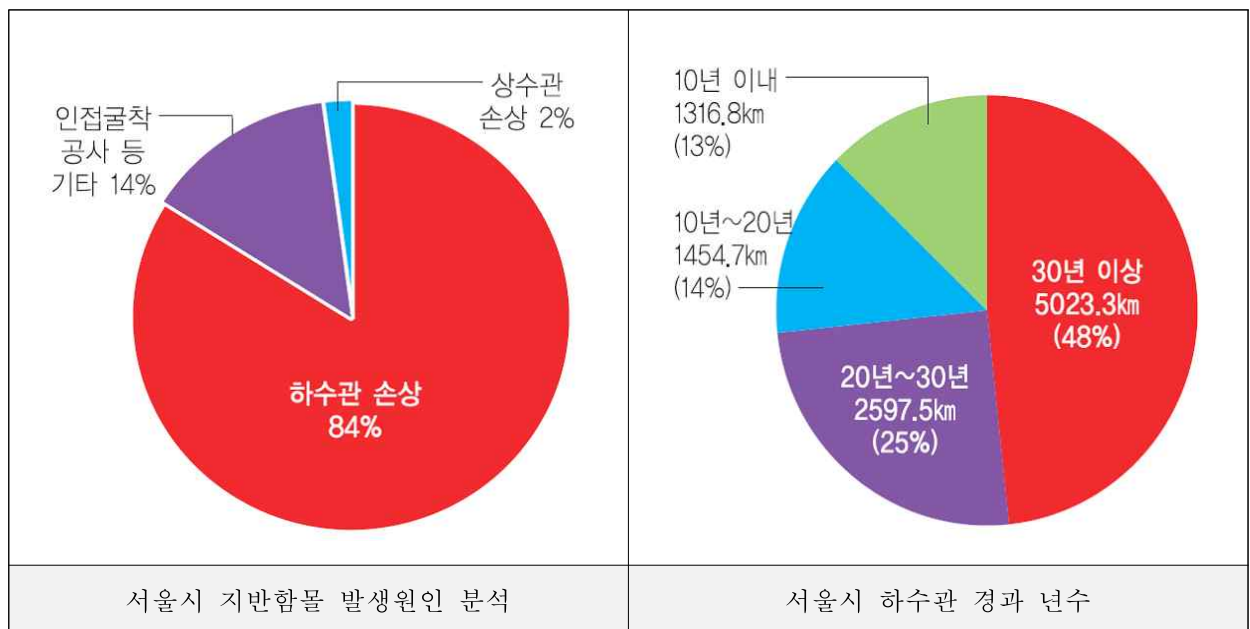
나. 연구개발의 필요성

- (1) 노후 하수관의 누수로 인해 지반침하가 발생하고, 2차적인 문제로 이어져 인적·물적 피해가 많이 발생하고 있다. 이러한 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부 동공을 정밀하게 관측하고 긴급 보수 또는 예방 유지보수를 통해 지반함몰 예방이 가능한 자동화 시공 장비 개발이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구개발 과제를 통해 ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공 장비를 개발 하고자 한다.



[그림 1-11] 기술개발 시제품 제작 컨셉

- 도심지 지반함몰로 인한 인적·물적 피해 사례는 지속적으로 증가하고 있다. 서울시 지반함몰 발생 원인 분석 자료를 참조하면, 하수관 손상으로 인한 지반 함몰이 전체의 84%로 가장 높은 것으로 확인할 수 있고, 다음으로 굴착공사 등의 이유가 14%, 상수관 손상이 2%로 확인 되었다.



[그림 1-12] 출처: 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회(서울시)

- 도심지 지반 함몰의 또 다른 원인은 굴착공사에 의한 것이다. 굴착공사로 인한 지반 함몰은 지반 조사 부실(27%), 가시설구조제 불안정(20%), 차수·배수·지하수(20%), 시공상 불안정(14%), 과다 굴착(7%), 보일링·히빙(5%), 관리 소홀(5%), 사면활동(2%)이 원인으로 조사 되었으며, 대부분 설계나 시공의 잘못으로 비롯된 사례가 많았다. 이는 제도적으로 공사의 시공 및 설계에 대한 감시를 철저히 하고 공사를 진행하는 관리자가 부실공사를 방지하려고 노력한다면 지반함몰에 대한 사고는 줄어들 수 있을 것으로 생각된다.



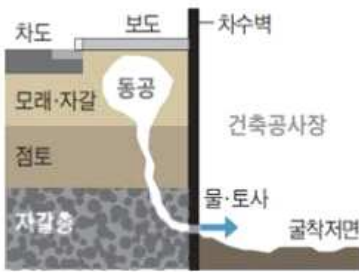
[그림 1-13] 출처: 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회(서울시)

- 서울시 행정 구역별로 지반 함몰의 발생 횟수로를 조사한 결과 송파구가 866건으로 가장 많았고, 구로구가 284건으로 뒤를 이었다. 종로구, 서대문구, 중구, 용산구 등의 도심지에서도 상당수 발생했다. 지역별 발생 횟수는 지반특성, 하수관의 길이(밀도)와 노후도, 지하공간의 개발 정도 등과 밀접한 관련이 있다. 최근 지반 함몰 사고가 잇달아 발생하며 관련 유관단체에서 여러 조사대책을 시행해 왔다. 환경부는 5월부터 2016년 말까지 설치된 지 20년이 경과하거나, 대형 공사장에 인접한 하수도 4만km에 대해 육안 및 CCTV 조사를 시행하고, 조사 후에는 침하 발생 우려 지역에 하수관로 교체 및 개량을 실시할 계획이다. 서울시에서는 지난해 말 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사를 실시하고, 발견된 공동에 위험 등급을 부여해 관리 및 조치를 취한 바 있다. 국토교통부는 3D 지하지도 작성, 지하개발 안전관리 강화 등 지반 침하 예방대책을 마련하고 있다. 다만, 지반 함몰 사고는 2014년 이전에도 지속적으로 발생해 왔다는 의문점을 고려했을 때 이러한 관련 대책들이 사고 발생 후에야 제기되기 시작했다는 문제점이 있다고 생각되어진다. 따라서 향후 지반함몰의 피해를 줄이기 위해서는 노후 하수관에 대한 정밀진단을 통해 사전 유지보수가 필요하다는 것을 다시한번 확인할 수 있다. 본 연구개발 과제에서 추구하는 최종 목표는 노후하수관을 정밀진단하고, 실시간으로 보수할 수 있는 자동화 시공장비를 개발하는데 있다.

굴착공사장 주변 싱크홀 왜 생기나

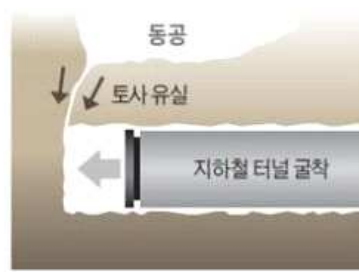
1. 일반 건축물 공사

차수벽(지하수 등을 막는 벽)에 생긴 틈새로 지하수가 토사를 쓸고 나와 발생



2. 지하터널 공사

터널 굴착 과정에서 위쪽의 토사가 조금씩 흘러내려 동공이 발생

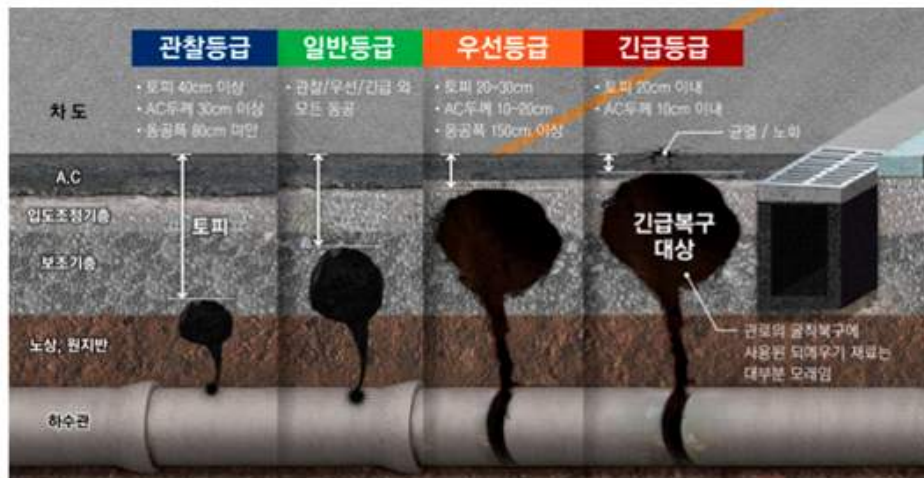


하수관 접합부 싱크홀 발생 원인

불량 시공된 하수관 접합부 사이로 새어나온 물이 주변 흙을 쓸어가 버려 동공 발생

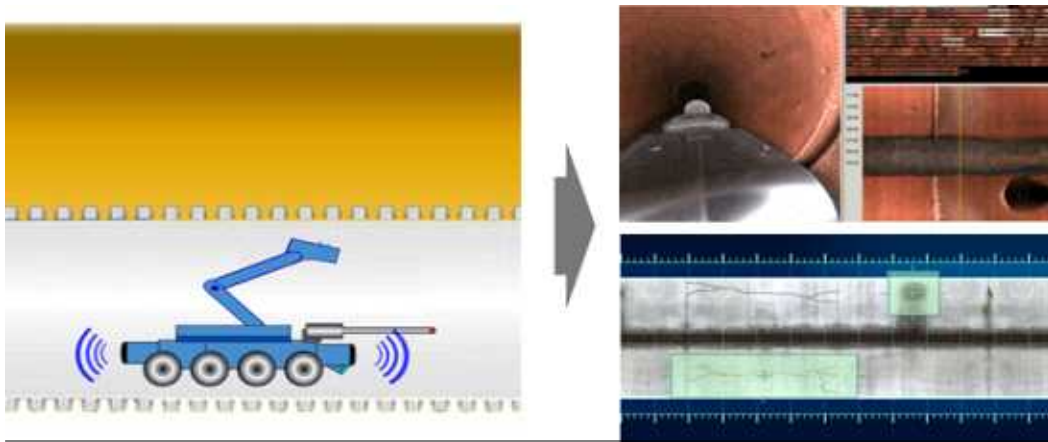


[그림 1-14] 지반함몰 발생 원인(출처: 서울시)



[그림 1-15] 서울시 동공관리 등급(출처: 서울시)

(2) 노후 하수관 보수 진단 보고서 작성을 위해 현장 작업자가 하수관 파손 부위를 촬영한 동영상 데이터를 내부 작업자에게 전달하면, 내부 작업자가 보수 위치를 일일이 확인하고, 그 부위의 사진을 캡처 하는 방식으로 진단 보고서를 작성하고 있다. 실제 현장 촬영 작업자와 내부 데이터 작업자가 이원화 되어 업무를 수행하다 보니, 실제 현장의 보수위치와 보수위치 진단 보고서의 오차가 많이 발생하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구개발 과제를 통해 보고서 오차를 줄이고, 파손된 하수관의 외부 공동이 어느 정도 크기인지 좀 더 정밀하게 진단하고 확인할 수 있는 진단 보고서 작성 프로그램을 개발 하고자 한다. 진단 보고서 작성 프로그램은 CCTV, 내시경 카메라 등 촬영 인터페이스 장치를 활용하여 하수관 파손 정도를 정밀하게 촬영하고, 내부 데이터 작업자가 별도로 보고서를 작성함으로써 발생하는 오차를 줄이기 위해 현장 작업자가 직접 촬영과 동시에 하수관 보수전·보수완료 보고서를 작성할 수 있도록 한다. 이를 통해 노후 하수관 유지관리 및 예방 유지 보수를 위한 정보를 제공함으로써 하수관 누수로 인한 지반침하를 예방할 수 있을 것으로 예상된다.



[그림 1-16] 하수관 보수전·보수완료 데이터 구축으로 유지관리 효율성 제고

- (3) 하수관 보수 공사를 진행하다 보면 파손된 하수관 부위에 나무 뿌리, 지장물 등이 관 내부로 뚫고 들어와 있어 보수 공사를 진행하는데 방해가 되는 경우가 많이 있다. 이럴 경우 장애물을 제거하지 않고는 하수관 보수 공사를 하지 못한다. 대부분 하수관 보수 공사업체는 지장물을 제거할 수 있는 커팅 장비가 없어, 장애물 제거 전문 업체를 통해 사전 작업 후 보수 공사를 진행할 수 밖에 없다. 이로 인해 공사기간이 지연되고 공사비가 증가하게 된다. 하수관 보수 공사시 관로 내 장애물이 있어도 현장에서 즉시 장애물을 제거하고, 하수관 파손 부위를 연속적으로 보수할 수 있는 장비 개발에 대한 필요성이 제기 되었다. 따라서 본 연구개발 과제를 통해 하수관 내 장애물을 제거하고, 정밀진단 및 보수가 가능한 다목적 하수관 보수 로봇을 개발 하고자 한다.



[그림 1-17] 하수관 내 장애물 확인 및 제거(출처: 원주시노후하수관 정밀조사 보고서 2015년)

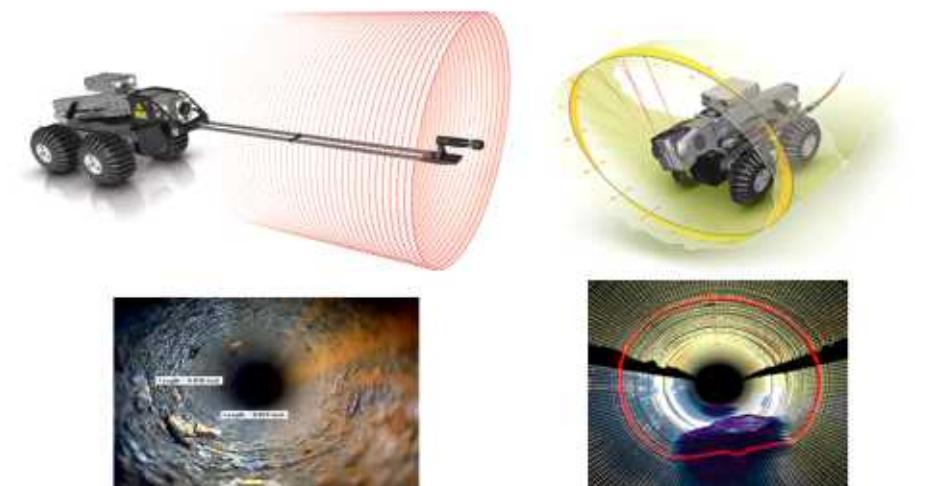
- (4) IoT기술을 적용하여 하수관 보수 공사시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지하여 안전 사고를 예방하는 기술 개발이 절실히 필요하다. 대형 하수관 보수시 작업자가 맨홀 내 직접 진입하여 시공해야 하므로 질식, 유해가스 중독 위험으로부터 항상 노출되어 있다. 실제 한국산업안전보건공단 보도 자료를 참조하면 가스중독, 질식으로 인한 사망자 장소를 분석한 결과 맨홀, 오폐수 시설에서 발생하는 사고가 56%에 달하고 있다. 따라서 작업자의 안전을 위협하는 문제를 해결하기 위해 가스누설 탐지 기능이 추가된 보수 장비 개발이 필요하게 되었다. 본 연구개발 과제를 통해 하수관 내부 유독가스 등을 사전에 탐지하여 상부 작업자에게 알람을 제공함으로써 절대 맨홀 내부로 인력이 투입되지 않도록 할 수 있어 인명피해를 예방할 수 있을 것으로 기대한다.

여름철, 우기철 하수관 내 번식하는 각종 세균, 벌레로부터 전염병 발생을 예방하기 위해 방역장치를 장착하여 보수 공사시 하수관 내 직접 방역을 실시 할 수 있도록 하면 일석이조의 효과를 가져 올 수 있을 것으로 생각되어, 보수 장비에 부착할 수 있는 방역 장비를 개발하고자 한다. 또한 연기식 방역 장치를 개발하여 장착할 경우 하수관과 오수관이 잘 못 연결되어 있는 오 집합을 찾을 수 있어, 우수로 인해 하수처리장으로 방류되는 수처리 용량을 줄일 수 있어 국가 예산이 낭비되는 문제를 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 추가적으로 하수관이 막혀 내려가지 않는 동맥경화 현상도 찾을 수 있게 된다.

하수관 보수 위치 확인시 CCTV 출력 영상으로만 확인하게 되면, 파손 부위를 놓칠 수 있는 문제점이 있어 하수관 보수공사 후에도 누수가 되는 하자가 발생할 수 있다. 각종 누수 관련 센서 적용이 가능하다면 누수, 균열 부위를 자동 센싱 할 수 있는 기술도 개발하면 보수 공사 정밀도를 높일 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 열악한 현장여건, 센서의 오작동으로 인해 오류가 발생할 수 있으므로 기술적인 검토를 통해 보수 로봇에 추가 장착할 수 있도록 개발 하고자 한다.



[그림 1-18] 가스누설 탐지기(인명피해 예방), 방역장치(병충해 예방, 오 집합 확인)



[그림 1-19] 하수관 누수, 균열 위치 확인 자동 센싱

(5) 암거, 차집관로, 맨홀 등 수압이 많이 발생하는 곳의 보수를 위한 성능개선 친환경 지수재 개발

- 당사가 건설신기술 제714호로 지정받아 시공하고 있는 저점도 변성아크릴계수지(MSA-100형)를 높은 수압에서도 시공성 및 내구성이 향상된 중점도 약액을 개발하고자 한다. 차집관로, 침입수의 수압이 높은 맨홀 보수에 적용할 수 있고, 환경오염이 없는 친환경 지수재 개발이 추가적으로 필요하다.
- 최근 도심지 지반침하로 인해 인적, 물적 피해 사례가 많이 발생하여 사회적으로 이슈가 되고 있다. 여러 가지 원인 분석이 있지만, 주요 원인으로 노후 하수관의 누수로 인한 지반침하가 발생하는 것으로 확인이 되었다. 노후 하수관도 보수하고 지반의 공동도 채울 수 있는 기술개발이 필요한 실정이다. 현재 사용중인 지수재에 시멘트를 혼합하여 압축강도를 개선한 재료를 개발하고자 한다.
- 하수관 파손부위에 지수재를 충전하여 관 외부의 토양과 샌드겔을 형성하고, 하수관 누수로 인해 유실된 토양의 공극을 밀실하게 채움으로써 지반침하를 예방할 수 있다.



[그림 1-20] 지반 동공을 채워주는 샌드겔 형성

다. 연구개발의 범위

[표 1-1] 연구범위 및 수행방법

구분 (연도)	연구범위	연구 수행 방법	성과물
1차 연도 (2018)	▪ 지수 충전재 성능검증	▪ 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 ▪ 지수재(주제, 경화제) 최적 배합비 도출	▪ 공인기관 시험성적서 ▪ 현장적용성 테스트 결과 ▪ 배합비 검토 결과
	▪ ICT기능을 탑재한 하수관 보수로봇 제작	▪ 시제품 제작(1차) - 노후 하수관 정밀진단 및 보수가 가능한 로봇 제작, 시스템 설계 및 알고리즘 개발 - 특허출원 및 시제품 제작	▪ 시제품 제작 설계 도면 ▪ 진단, 보수로봇 시제품 ▪ 특허 출원 증명서
		▪ 성능테스트 및 현장 적용성 검토(1차) - 테스트베드 운영, 성능테스트 - 시스템 설계 수정 및 시제품 개선	▪ 현장적용 실적
	▪ 실용화, 사업화 방안 마련	▪ 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 작성 - 경제성 분석을 통한 원가절감 방안 검토	▪ 시방서, 경제성 분석자료
		▪ 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 수립	▪ 비즈니스 모델 검토자료
2차 연도 (2019)	▪ 지수 충전재 성능검증	▪ 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 ▪ 지수재(주제, 경화제) 최적 배합비 도출	▪ 공인기관 시험성적서 ▪ 현장적용성 테스트 결과 ▪ 배합비 검토 결과
	▪ ICT기능을 탑재한 하수관 보수로봇 제작	▪ 시제품 제작(2차) - 1차년도 성과검증을 통한 개선사항 도출 - 개선한 보수로봇 추가 제작 - 특허출원 및 시제품 제작	▪ 시제품 제작 설계 도면 ▪ 진단, 보수로봇 시제품 ▪ 특허 출원 증명서
		▪ 성능테스트 및 현장 적용성 검토(2차) - 1차년도 테스트베드 운영시 발견된 문제점을 분석하고 개선사항 도출 - 현장 테스트 2차 진행, 성능 검증	▪ 현장적용 실적
	▪ 실용화, 사업화 방안 마련	▪ 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 개선사항 도출 및 수정 - 경제성 분석을 통한 원가절감 검증	▪ 시방서, 원가자료
		▪ 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 추가 수립 - 신기술 추진 및 지정	▪ 신기술 신청서

2. 연구수행 내용 및 성과

가. 연차별 연구수행 내용

[표 2-1] 연차별 연구수행 내용

수행기관명 (주관/위탁)	1차년도	2차년도
	주요 연구수행 내용	주요 연구수행 내용
웅진고분자 (주관)	- 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 : 압축강도, 점도, 비중, 팽창률 등 측정	- 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 - 지수재(주제, 경화제) 최적 배합비 도출
	- 시제품 제작(1차) - 지장물 제거 및 보수로봇 제작 - 특허출원 및 시제품 제작	- 시제품 제작(2차) 1차년도 시제품 성능 검증을 통한 보완 로봇 추가 제작(정밀진단, 방역, 가스탐지기 등 각종 IoT기능을 추가한 융·복합 로봇 제작)
	- 성능테스트 및 현장 적용성 검토(1차) - 테스트베드 운영, 성능테스트 - 시스템 설계 및 시제품 개선	- 성능테스트 및 현장 적용성 검토(2차) 1차년도 테스트베드 운영시 발견된 문제점을 분석하고 개선사항 도출 - 현장 테스트 2차 진행, 성능 검증
동부엔지니어링 (위탁)	- 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 작성 - 경제성 분석을 통한 원가절감 방안 검토	- 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 개선사항 도출 및 수정 - 경제성 분석을 통한 원가절감 검증
	- 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 수립	- 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 추가 수립 - 신기술 추진 및 지정

나. 연구수행 성과

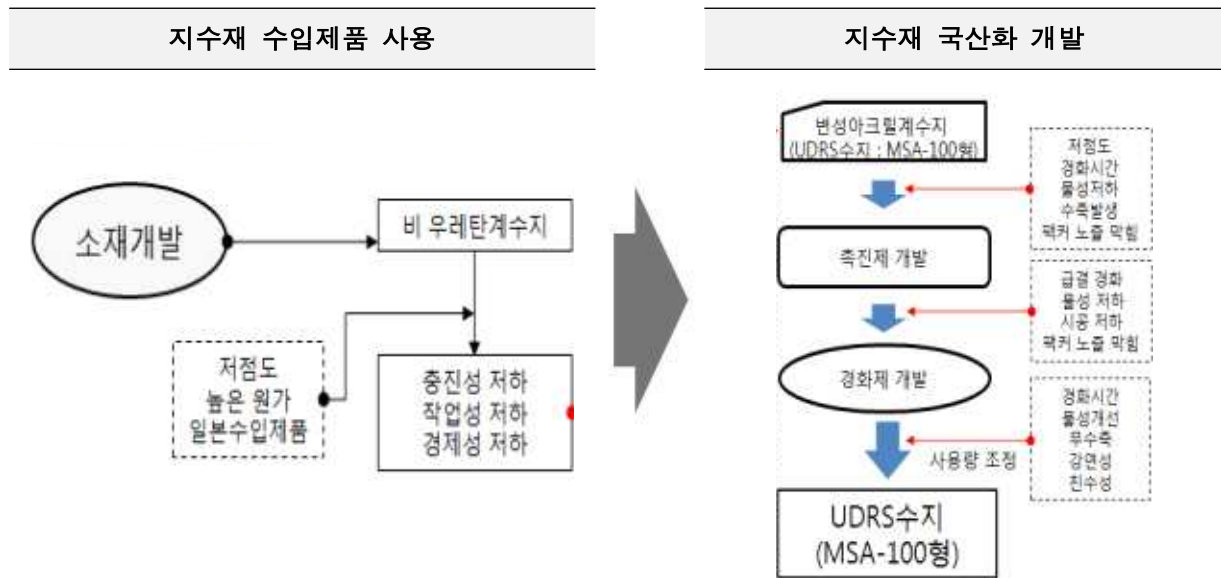
(1) 지수 충전재 성능 검증

(가) 하수관 보수 지수재 개발 배경

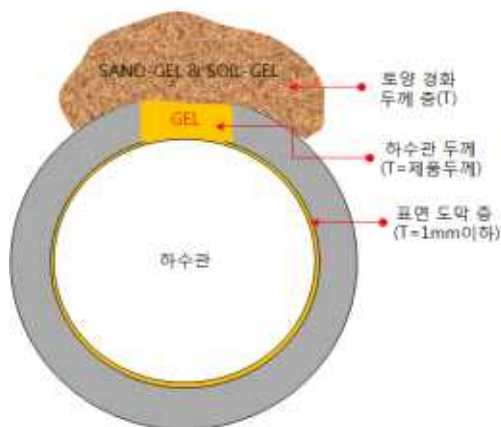
- 비굴착 하수관 부분 보수공법의 기존 기술은 관 내부에 보강시트를 부착하는 공법으로 하수의 흐름으로 인해 시간이 경과하면서 탈락, 들뜸, 처짐 현상이 발생하는 문제점이 있다.
- 보강시트의 문제점을 개선하기 위해 당사는 1999년 창립 이후부터 지수재 충전 공법을 개발하기 시작하였으며, 2001년 일본에서 수입한 비우레탄계 수지를 사용하여 일부 현장에 시험 적용하였

으나, 국내 하수관의 종류, 시공상태, 유지관리의 차이로 인해 충전성 부족, 집착력 저하, 경화시간 조절 문제 등 시공이 불량한 사례가 많이 발생 하였다.

- 2001년부터 국내 실정에 적합한 지수재를 개발한 결과 2003년 비우레탄계 수지를 변성아크릴계 수지로 개선한 「저점도 UDRS 수지(MSA-100형)」을 개발 하였다.



[그림 2-1] 지수재 국산화 개발 추진 내용



■ 저점도 UDRS수지(MSA-100형) 지수 충전

모식도

- 관 외부 토양과 샌드겔 형성
- 관 파손부위 지수재 충전
- 관 표면 도막층 형성

[그림 2-2] UDRS수지(MSA-100형)의 경화물 모식도

(나) 지수재 성능 개선

- 시공품질과 시공성, 작업성 등을 현장 시공자가 보수 후 모니터링을 통해 보수 상태를 확인하고, 불량 시공시 그 원인을 찾아 지수재의 구성 성분과 혼합비율 등을 촉진제인 트리에탄올 등을 사용하여 물성과 경화 시간을 개선 하였다.
- 암거, 차집관로, 맨홀 등 높은 수압이 작용하는 곳에 시공성을 좋게 하고, 시공품질을 높이기 위해 현장 여건에 따라 지수재의 점도를 조절할 수 있도록 개선 하였다. 또한 환경에 무해한 친환경 지수재를 개발 하였으며 어독성, 경구독성 시험을 통해 친환경 재료임을 입증 하였다.

[표 2-2] 지수재 성능개선 목표

구분			목표 결과치	비고
지수재 물성	점도	주제	10.5±1.0 mPa·s	KS M 3705 : 2015
		경화제	1.5±0.3 mPa·s	
	비중	주제	1.0±0.1	KS M ISO 2811-1 : 2012
		경화제	1.0±0.1	
	압축강도		0.5 N/mm ² 이상	KS L 5105 : 2007
	팽창률		팽창률 1.0% 이하	KS F 2478 : 2013
친환경성	어류독성		이상없음	KS I 3217
	경구독성		이상없음	식품의약품안전청

(다) 지수재 성능 검증

① 점도

○ 시험기기 : Brookfield Viscometer(Brookfield, USA)

○ 시험방법 : KS M 3705 : 2015(플라스틱-액상, 현탁상 또는 분산상의 수지-브룩필드법에 의한 겔 보기 점도의 측정)에 따라 점도를 측정한다.(주제 : LV1, 30 r/min, 경화제 : LV1, 60 r/min)



[그림 2-3] 점도 측정

○ 시험 결과 : 주제, 경화제 점도 목표 값을 만족함

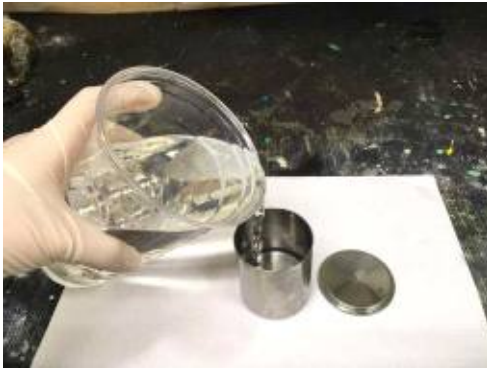
[표 2-3] 점도 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
점도	mPa·s	주제	9.7	9.7	9.8	9.7	OK
		경화제	1.5	1.5	1.3	1.4	OK

② 비중

○ 시험기기 : 금속 비중병(Sheen, USA)

○ 시험방법 : KS M ISO2811-1 : 2012(도료와 바니시 - 밀도 측정 방법 - 제 1부 : 비중병법)에 따라 비중을 측정한다.



[그림 2-4] 비중 측정

○ 시험 결과 : 주재, 경화제 비중 목표 값을 만족함

[표 2-4] 비중 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
비중	-	주재	1.08	1.05	1.08	1.07	OK
		경화제	1.05	1.04	1.05	1.05	OK

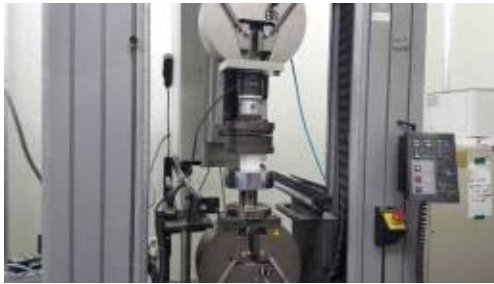
③ 압축강도

○ 시험기기 : 만능재료시험기(INSTRON, 5kN)

○ 시험방법 : 하수관 보수 약액을 주재와 경화제의 비율을 1:1(질량비)로 혼합하여 50 X 50 X 50mm 크기의 몰드에 넣어 성형하고, KS L 5105 : 2007(수경성 시멘트 모르타르의 압축 강도 시험 방법)에 준하여 압축강도를 측정한다.



[그림 2-5] 압축강도 시험 시편 제작



[그림 2-6] 압축강도 시험

○ 시험 결과 : 압축강도 시험결과 목표 값 0.5 N/mm² 이상 만족함

[표 2-5] 압축강도 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
압축강도	N/mm ²	7일	13.5	13.4	13.5	13.3	OK

④ 팽창률

○ 시험기기 : 메스실린더(용량 : 1000ml, Korea)

○ 시험방법 : 하수관 보수 약액을 주체와 경화제의 비율을 1:1(질량비)로 혼합하여 물을 채운 메스 실린더에 넣은 후 KS F 2478 : 2013(주입 모르타르의 블리딩률 및 팽창률 시험방법)에 준하여 초기 물의 높이와 24시간 경과 후 물의 높이 차를 계산하여 팽창률을 측정한다.



[그림 2-7] 팽창률 시험

○ 시험 결과 : 팽창률 1.0% 이하 목표 값을 만족함

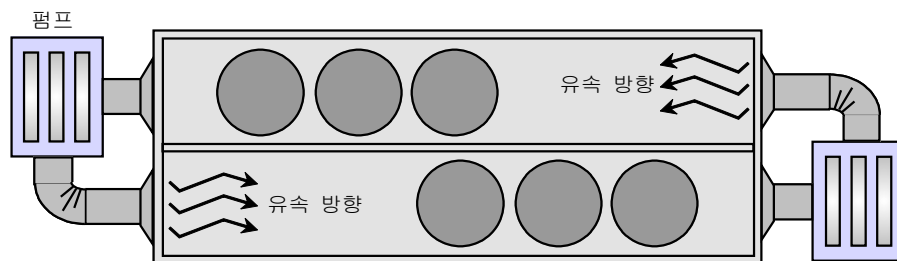
[표 2-6] 팽창률 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
팽창률	%	1일	0.65	0.66	0.66	0.66	OK
		3일	0.10	0.11	0.11	0.11	

⑤ 수중 유실 저항성능

○ 시험기기 : 유실저항성 시험기

○ 시험방법 : 본 시험방법은 KS F 4935(누수보수용 주입형 실링재)에 의거하여 시험하며, 2가지 누수보수재료(MSA-100, 비교시료(아크릴레이트 주입재))에 대한 시험체는 대기중에서 직경 100mm X 높이 10mm의 플라스틱 샤알레에 시료를 주입한 것으로 한다. 유실저항성 시험기를 이용하여 0.2m/s의 유속으로 48시간 동안 유지한 후 유실정도를 체크한다.



[그림 2-8] 수중 유실 저항성능 모식도



[그림 2-9] 수중 유실 저항성능 시험

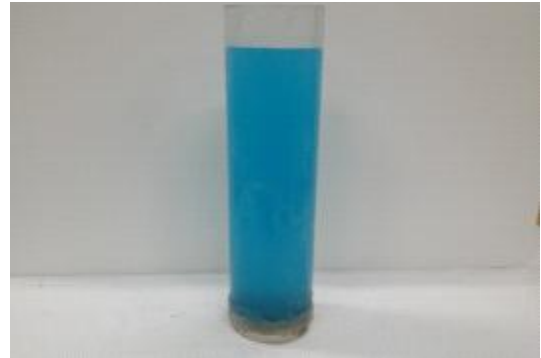
- 시험 결과 : MSA-100형은 시험 후 수중에서 팽창되면 기본중량(52.7g)에서 중량이 증가된 상태에서 수중 유실이 없음을 확인할 수 있었다. 반면 비교 시료는 중량을 측정할 수 없을 정도로 수중에서 유실되어 시험이 불가 하였다.

[표 2-7] 수중 유실 저항성능 시험 결과

시료 구분	시험체	결과 값(g)
MSA-100	1	55.42
	2	53.81
	3	54.63
비교시료 (아크릴레이트 주입재)	1	측정불가
	2	측정불가
	3	측정불가

⑥ 투수성능

- 시험기기 : 아크릴 투수관
- 시험방법 : 본 시험은 흡투수 몰드(내경 : $\varnothing 100 \times 50\text{mm}$)에 누수 보수재를 시공한 후 7일간 양생 시킨다. 양생이 끝난 시험체는 $\varnothing 100 \times 1000\text{mm}$ 아크릴 관을 시험체 상부면에 고정하고 자연수압으로 투수 여부를 확인한다.



[그림 2-10] 투수성능 시험

- 시험 결과 : 투수성능 시험결과 두 시료 모두 투수되지 않는 것을 확인 하였다.

[표 2-8] 투수성능 시험 결과

시료 구분	결과 값(g)
MSA-100	투수되지 않음
비교시료 (아크릴레이트 주입재)	투수되지 않음

⑦ 친환경성

㉠ 어류독성

○ 시험방법 : UDRS수지(MSA-100형) 경화물의 어류 급성독성시험을 96시간 동안 지수식으로 실시하여, 농도당 노출어류 10마리에 대한 생사수, 일반중독증상, 체중 및 전장을 관찰, 조사한 결과를 분석 하였다.

○ 시험결과 : 이상없음

㉡ 경구독성

○ 시험방법 : UDRS수지(MSA-100형) 경화물의 단회 경구 독성을 알아보기 위하여 시험물질의 투여량을 최고 용량으로 설정하여 흰 쥐 암·수 각각에 대해 1회 경구 투여 한 후 14일간 사망률, 일반증상, 체중변화 및 부검 소견을 관찰, 조사한 결과를 분석 하였다.

○ 시험결과 : 이상없음

(라) 지수재 최적 소요량 산출

① 관경별 지수재 표준 소요량 산출

○ UDRS수지(MSA-100형)를 이용한 지수재 충전 보수공법의 현장 시공시 사용되는 지수재 소요량 산출은 과학적인 이론을 근거로 제시한다.

○ 기존 시공의 경우 적정 소요량 산출 근거가 없어 실제 현장에서 기술자의 경험에 의존하여 시공하다 보니 지수재의 Loss율이 높아 경제성 측면에서도 불리한 측면이 있다.

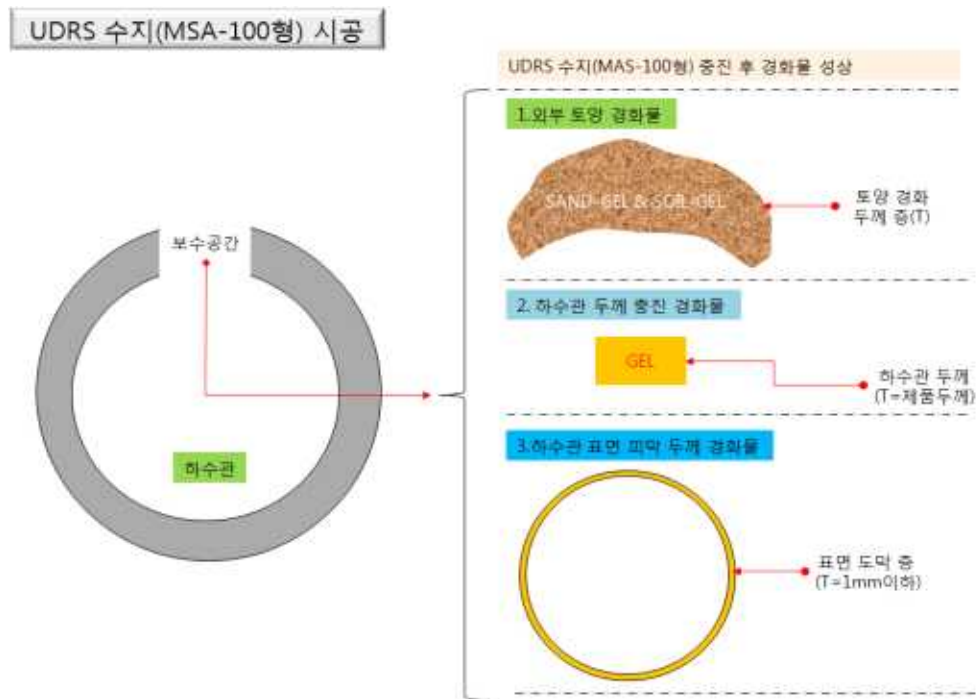
○ UDRS수지(MSA-100형) 재료인 주재와 경화제를 각각의 보관용 탱크에 일정한 양을 저장하여 일정한 주입 압력을 통해 1:1의 비율로 정량 주입할 수 있게 하여 과부족 상태가 되지 않게 하였다.

○ 아래 표와 같이 관경별 지수재 표준 소요량을 산출함으로써 실제 현장에서 지수재 주입량을 예측할 수 있어 시공성, 경제성 측면에서 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

[표 2-9] 관경별 지수재 표준 소요량

구분	하수관 규격(mm)															
	소형관				중형관						대형관					
	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1800	
소요량(kg)	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.0	5.3	5.7	6.2	6.7	7.3	8.0	8.7	11.3	

- 아래 그림과 같이 지수재 충전 위치에 따라 산출근거를 기준으로 관경별 지수재 표준 소요량을 산출할 수 있다.



[그림 2-11] 지수재 충전 위치

[표 2-10] 관경별 지수재 표준 소요량

지수재 충전 위치	체적 산출근거 (단위:mm)	위치별 체적 (단위:cm ³)	계 (단위:cm ³)	지수재 소요량 (단위:kg)
1. 외부토양 경화물	• 200X200X100	4,000	4,832	4.8kg
2. 하수관 두께 충전	• Ø: 100 • T: 25	196		
3. 하수관 표면 피막 두께	• D: 450 • 보수폭: 450 • 도막 두께: 1.0	636		

※ 산출근거를 기준으로 관경별 지수재 표준 소요량을 산출 가능

(2) ICT기능을 탑재한 하수관 보수 로봇 제작

(가) 자동화 시공장비 개발 방향

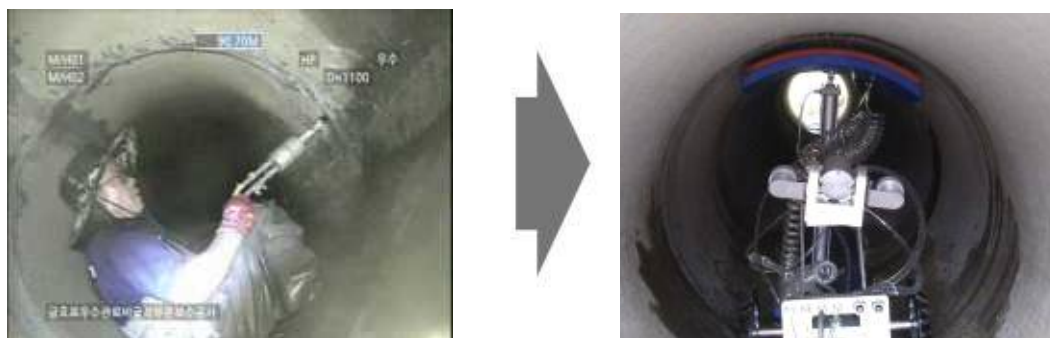
① 주요 목적

- 노후 하수관로 내 유해가스, 악취 등으로 작업자가 질식 위험에 노출될 수 있고, 많은 양의 하수가 있을 경우 작업자의 안전이 보장되지 않으므로 이를 개선할 수 있는 기술개발이 필요하다. 또한 물 돌리기 작업이 부실할 경우 집중 하수로 인해 작업자의 생명이 위험해 질 수 있다.
- 극한 작업 현장에서 산업재해를 예방할 수 있는 4차산업 기술이 필요한 실정이며, 본 연구개발 과제를 통해 국내 최초 하수관 보수 장비를 개발 하는데 있다.



[그림 2-12] 하수관로 작업시 발생할 수 있는 2차 피해 사례(매물, 침수)

- 하수관 보수 시 작업인력을 투입하지 않고, 보수할 수 있는 자동화 보수 장비를 개발 하였다.



[그림 2-13] 인력 시공을 대체할 자동화 시공 장비 개발

② 장비 적용기준 및 적용범위 설정

[표 2-11] 장비의 적용범위

적용기준	적용범위
분야	대/ 중/ 소 분야 : 토목/ 상하수도/ 하수관 보수
공법	하수관 비굴착 부분보수공법(자동화 시공 장비)
규격	300mm 이상 하수관
관종	콘크리트관, PE관, PVC관, 주철관, 파형강관
관거	직선관, 곡선관, 이음관, 분기관, 단차 부위
차재	UDRS수지(MSA-100) 주재, 경화제
장비	- 자동화 시공 장비(보수 로봇) - 구동장치(DC 24V 25W 특수모터 X 4EA) / 감속비(300:1) - 구동방식 : 베벨기어 사용(직접 구동식) - 주행속도 : 20M/min - 보수시간(시공속도) : 1개소당 10~20분(탐지→실린더 정착 및 주입→이동) - 보수면적(브라켓 면적) : 횡방향(40cm~50cm), 종방향(40cm~50cm)
인력	고급기술자 : 1인, S/W시험사 : 1인, 보통인부 : 1인
사용수명	- 자동화 시공 장비(보수 로봇) : 반영구 - 보수지원 차량 : 10년 이상

③ 자동화 시공 장비 요구 성능을 통한 시스템 설계

- 하수관 보수시 인력 시공의 문제점을 해결하고 구조적인 안정성, 시공 공정 최소화, 경제성 등을 위해 자동화 시공 장비의 각 요구 성능에 대한 시공 장비 시스템을 검토 하였다.

[표 2-12] 장비의 요구 성능

구분	요구성능(Input)	시공 장비 시스템(Output)
구성	• 하수관 보수가 가능한 시공 장비	• 경량화, 내구성이 중요
시공성	• 시공 공정 간소화 • 위치, 고정, 충전 장치 확보 • 이동성	• 탐지, 보수가 한번에 가능 • 실린더 밀착 기술 개발 • 연속 시공이 가능한 기술
안정성	• 구조적 안정성 확보 • 설치의 간소화 • 모니터링 시스템 안정성 확보	• 부품의 단순화, 모듈화 • 환경에 따라 손쉽게 조절 가능 • 보수 전·중·후 정확한 확인 시스템
경제성	• 재료 손실 최소화 • 폐기물 발생 최소화	• 디지털 정량 주입 시스템 적용
환경성	• 친환경성	• 태양광 전원 공급 시스템 개발
유지 보수성	• 불량률 감소	• 기밀성 유지를 위한 실린더 기술

④ 자동화 시공장비 알고리즘

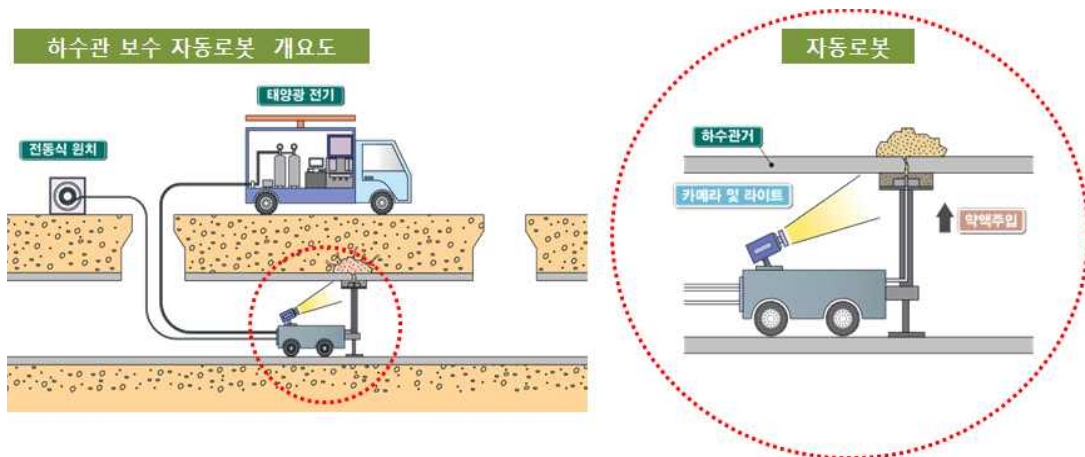
- 자동 보수 로봇 장치는 매설된 하수관의 내부 벽을 따라 이동이 가능한 구조로 만든다.
- 기존 CCTV탐지, 인력시공의 분리된 공정을 하나의 시스템으로 개선하여 공정을 축소한다.
- 보수 로봇은 구동축을 손쉽게 조절하고 바퀴는 탄성체로 구성하여 구조적 안정성을 높인다.
- 실린더와 서포터는 하수 관경에 따라 길이 조절이 가능하여 범용적으로 사용이 가능하도록 한다.
- 정해진 보수 위치에 로봇이 이동되면 실린더와 서포터를 고정하여 지수재 충진을 준비한다.
- 보수 지원 차량의 디지털 정량 주입 시스템을 적용하여 지수재를 충전하고 보수를 완료한다.
- 하수관 내 장애물 발생시 커팅이 가능한 구조로 만들어 연속적인 시공이 가능하도록 한다.
- IoT기능을 적용하여 가스누설 탐지, 방역, 자동 센싱 기술 구현이 가능 하도록 한다.
- 내시경 카메라를 설치하여 파손관 외부의 지하 공동을 확인하여 지반침하를 예방한다.
- 작업 현장에서 하수관 보수전·후 보고서 작성이 가능하도록 진단 프로그램을 개발한다.

(나) 하수관 자동화 보수장비 시제품 제작

① 개요

- 개발 장비는 로봇 구동 몸체, 환경에 따라 상·하·좌·우 조절이 가능한 구동축, 보수위치 확인 CCTV약액 주입 호스 및 실린더, 로봇 제어 장치로 구성되어 있다.
- 작업 목적에 따라 커팅기, 내시경 카메라, 가스 탐지기, 방역 장치, 각 종 센서 등을 설치할 수 있는 구조로 이루어져 있다.

탐지 및 보수 로봇 이동 ➡ 실린더 정착 ➡ 보수재 충전 준비 ➡ 보수재 충전



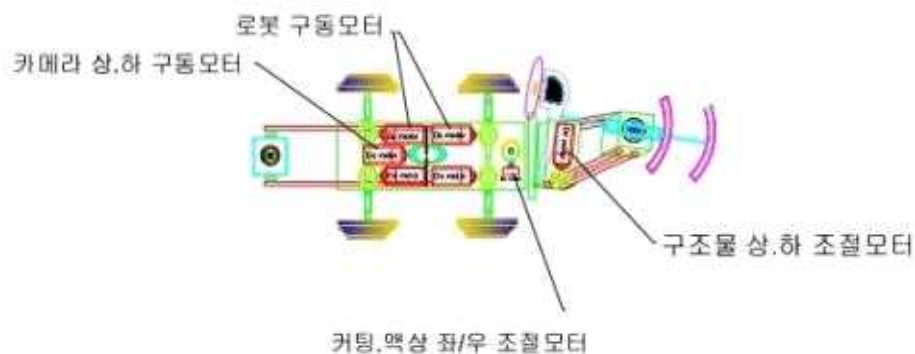
[그림 2-14] 하수관 보수 자동화 시공장비(Concept)

② 하수관 보수 및 장애물 커팅이 가능한 보수 로봇 제작

- 하수관 보수시 발생할 수 있는 장애물을 제거할 수 있는 커팅기, 드릴이 장착된 보수 로봇을 제작 하였다. 지수재 주입도 가능하며, 분기관 보수를 할 수 있도록 브라켓을 탈부착 할 수 있도록 개발 하였다.
- 하수관 보수 시공업체는 하수관 보수시 장애물이 발생하면 별도의 커팅 전문업체를 불러 시공할 수 밖에 없어 공사기간 지연, 공사비 증가가 불가피 하다. 하지만 당사가 개발한 커팅 및 보수 로봇을 활용할 경우 현장에서 바로 장애물 제거 및 보수공사가 가능하여 공사기간 단축, 공사비 절감의 기대 효과를 예상할 수 있다



a. 시제품 제작 컨셉



b. 커팅, 드릴 로봇(도면)

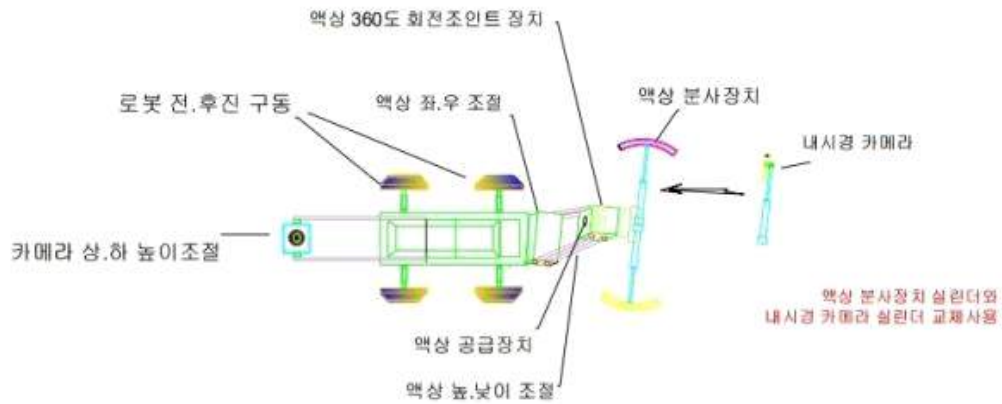


c. 커팅기 장착(탈부착 멀티유닛)



d. 드릴 장착(탈부착 멀티유닛)

[그림 2-15] 하수관 보수 및 장애물 커팅이 가능한 보수 로봇 제작

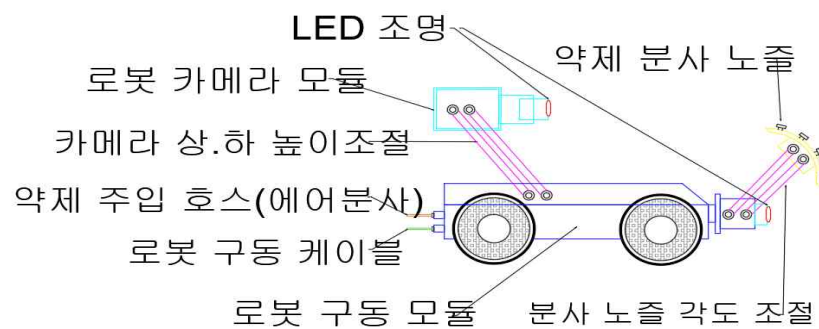


a. 내시경 카메라 로봇(도면)



b. 내시경 카메라 장착(탈부착 멀티유닛)

[그림 2-16] 정밀진단 내시경 카메라 보수 로봇 제작



a. 방역 로봇(도면)



b. 방역장치 장착(탈부착 멀티유닛)

[그림 2-17] 하수관 방역이 가능한 보수 로봇 제작

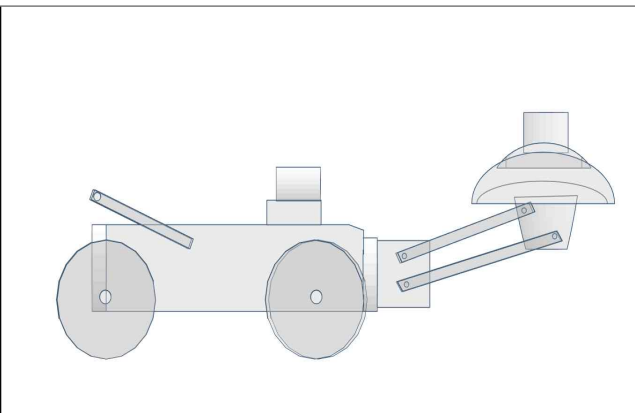
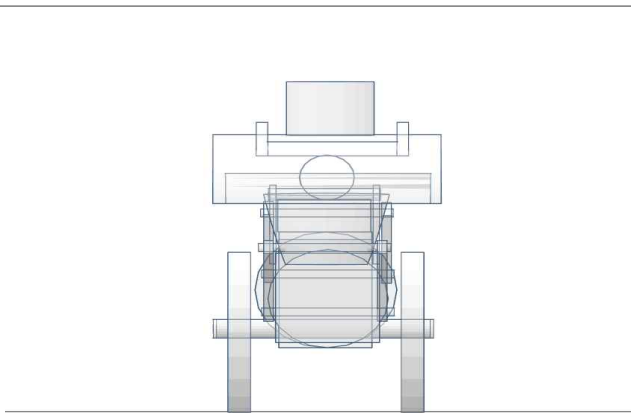


a. 가스탐지기 장착(탈부착 멀티유닛)



b. 가스탐지 측정 모니터링

[그림 2-18] 하수관 방역이 가능한 보수 로봇 제작



a. 분기관 보수로봇(도면)

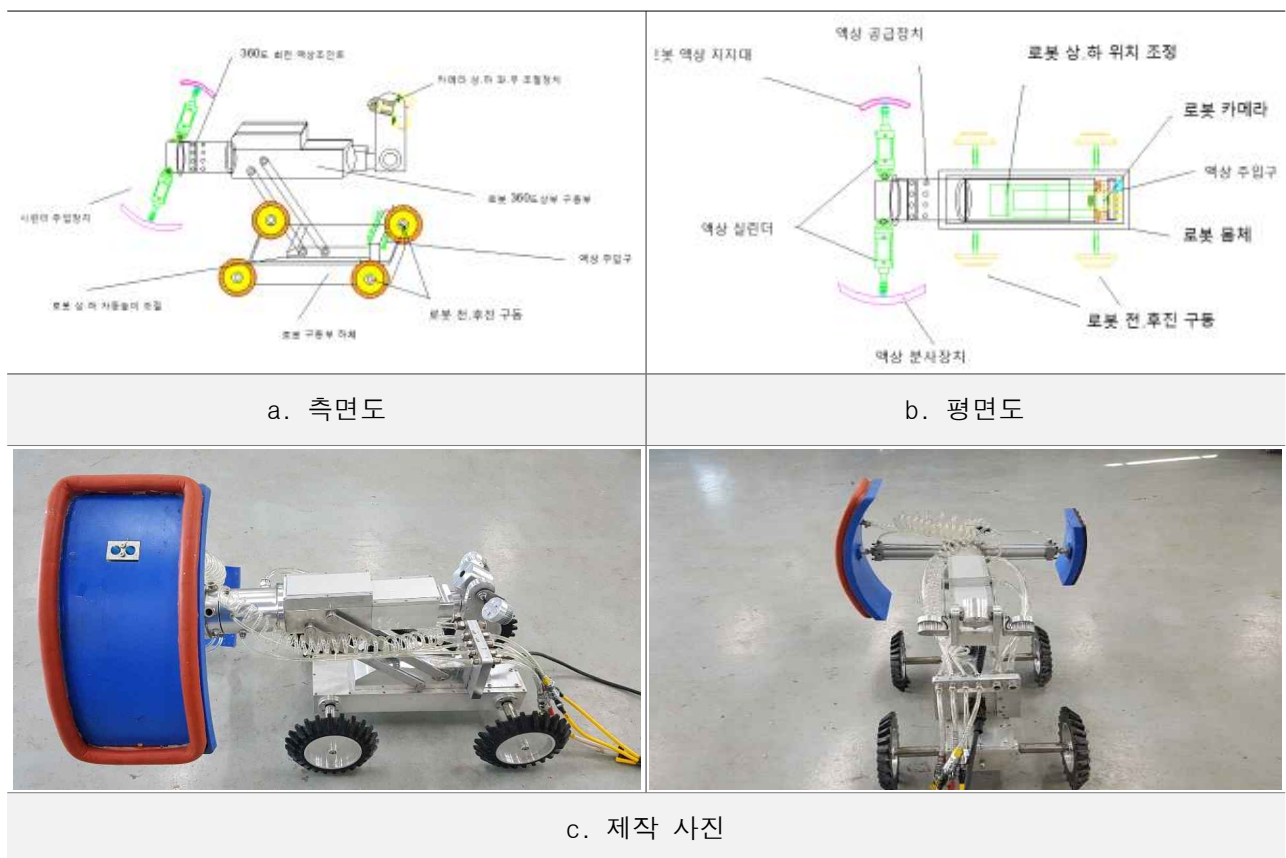


b. 분기관 보수 브라켓 장착(탈부착 멀티유닛)

[그림 2-19] 하수관 분기관 자동화 보수가 가능한 로봇 제작

③ 시멘트 주입이 가능하고 IoT기능을 탑재한 보수 로봇 제작

- 하수관 보수 공사시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지할 수 있도록 가스누설 탐지 등 각종 센서를 설치할 수 있도록 하였다. 하수관 내부 작업시 유독가스 등을 사전 감지하여 상부 작업자에게 알람을 제공하여 맨홀에 절대 인력이 투입되지 않도록 하여 인명 피해를 예방할 수 있다.
- 여름철, 우기철 하수관 내 번식하는 각종 세균, 벌레로부터 전염병 발생을 예방하기 위해 방역 기기를 장착하고 보수 공사시 하수관 내 직접 소독을 실시할 수 있도록 하였다. 이로써 하수관 보수 업체 최초로 방역 기능을 탑재한 보수 로봇을 개발하게 되었다. 기술적, 사회적 파급 효과가 상당히 클 것으로 예상하고 있다.
- 또한 연무식 방역 장치를 설치할 경우 하수관의 동맥경화, 오수와 우수가 잘못 연결된 오점합 등을 찾을 수 있어 우수로 인해 낭비되는 하수처리 비용을 절감할 수 있을 것으로 판단한다.

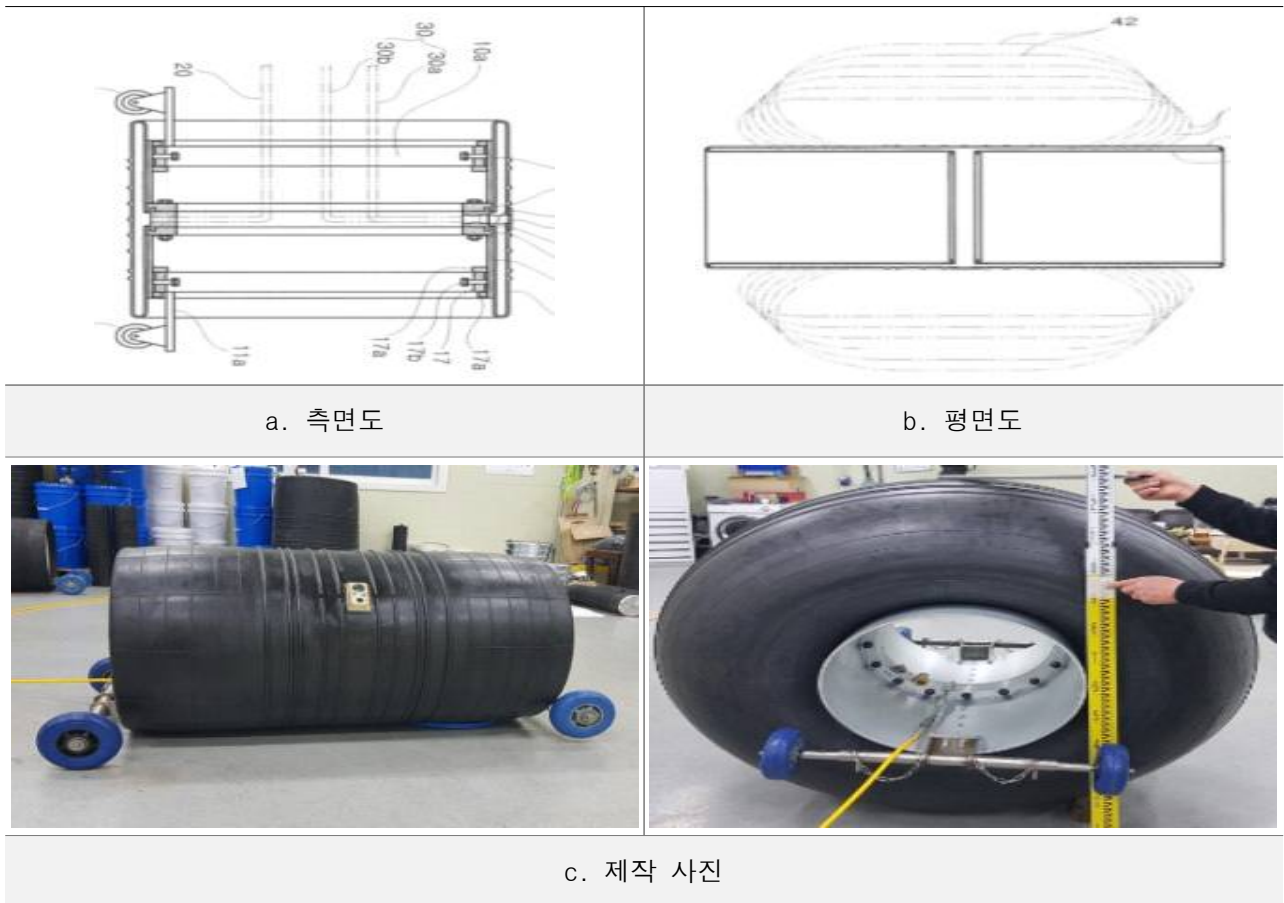


[그림 2-20] 시멘트 주입이 가능하고 IoT기능을 탑재한 보수 로봇 제작

④ 시멘트 주입 팽창 블레더 제작

- 하수관 종류 중 콘크리트 홈관의 경우 지수재 주입후 관 내부 열화 부위의 표면 처리가 되지 않는 부분이 있다. 침출수, 침입수 발생의 하자는 전혀 없으나 마감이 필요할 경우 시멘트 주입이 가능한 팽창 블레더를 제작 하게 되었다.
- 하수관 보수시 관 외부 공동 발생여부 확인이 가능한 기술로써 관 외부에 발생한 공동의 공극을

메워주고 일정 이상의 강도를 가진 주입 재료를 개발 한다면 지반침하를 원천적으로 차단할 수 있을 것으로 판단 하였다. 따라서 시멘트와 지수재를 혼합하여 개량한 주입 재료를 시공할 수 있는 팽창 블레더를 제작 하게 되었다.



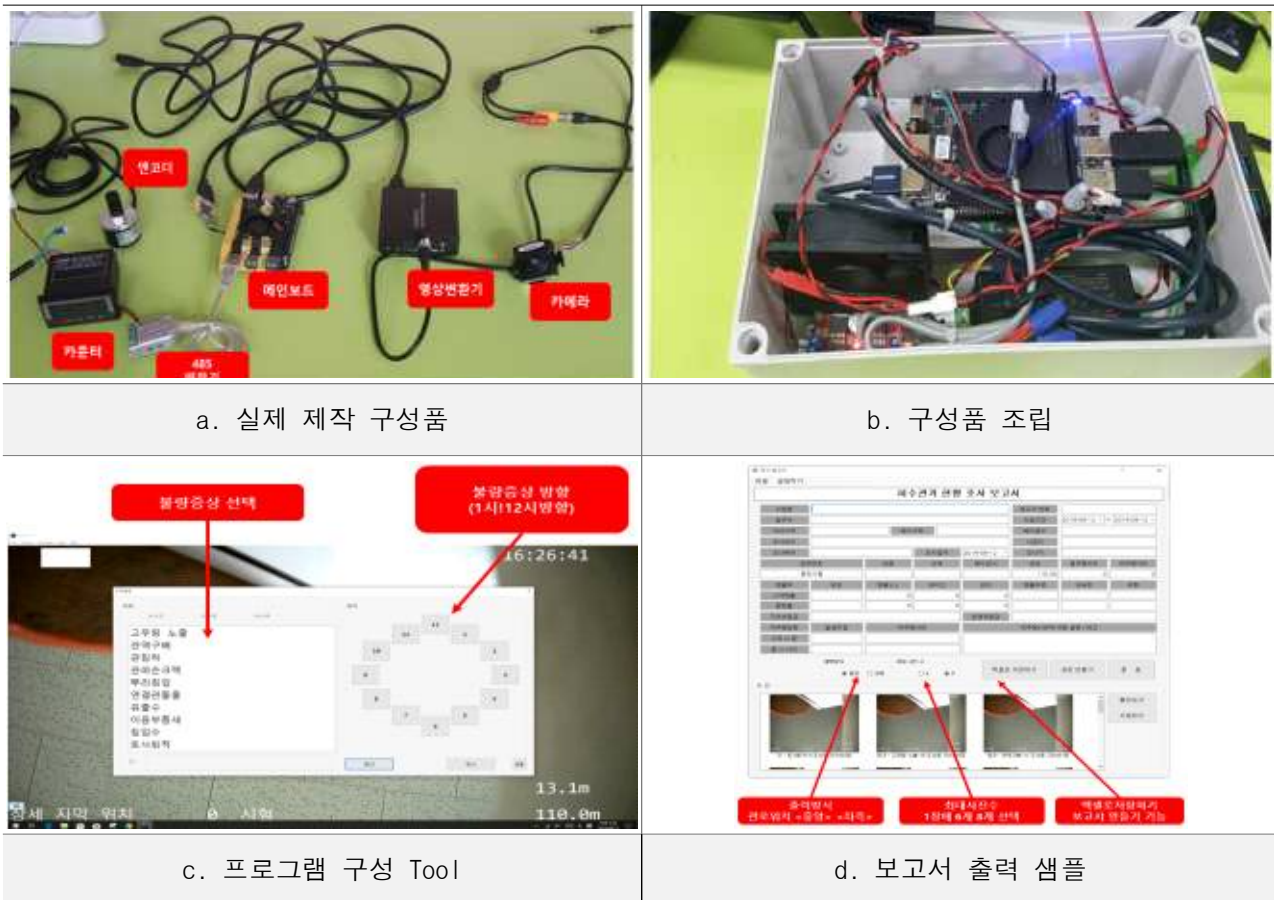
[그림 2-21] 시멘트 주입 팽창 블레더 제작

⑤ 정밀진단 프로그램 개발

- 기존의 하수관 보수전·후 보고서의 경우 현장 작업자가 CCTV로 촬영한 영상을 사무실 내부 작업자에게 전송해 주면 내부 작업자가 동영상을 보면서 보수 위치를 일일이 체크하여 사진을 캡처 하는 방식으로 보고서를 만들었다. 그렇게 하다 보니 실제 현장의 보수 위치와 보고서의 내용이 불일치 하는 오차가 많이 발생 했다.
- 이러한 문제점을 해결 하고자 현장 작업자가 하수관 보수전 CCTV를 촬영 하면서, 현장에서 바로 보수 위치를 체크하면 자동으로 보고서를 생성할 수 있는 정밀진단 프로그램을 개발하게 되었다. 이 프로그램은 별도의 보고서 작업자가 필요 없어 업무의 효율성을 제고할 수 있으며, 현장 작업자에 의해 바로 보고서 출력이 가능하여 신속, 정확한 보고서를 작성할 수 있게 되었다. 또한 보수전·후 현황을 현장에서 바로 체크가 가능하고 발주처 감독관에게 신속하게 제출할 수 있어 업무 개선 효과가 크다. 향후 유지관리 관망도 작성에도 큰 도움이 될 것으로 예상된다.



[그림 2-22] 정밀진단 프로그램 개발(Concept)



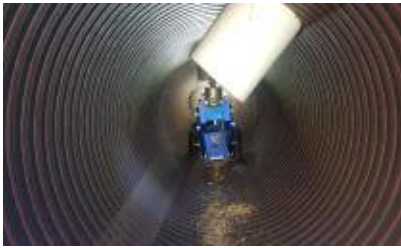
[그림 2-23] 정밀진단 프로그램 제작

(다) 현장 적용성 검증을 위한 테스트베드 운영

- ① 하수관 보수 및 장애물 커팅이 가능한 보수 로봇 테스트(1차년도)
- 현장위치 : 경기도 용인시 처인구 남사면 봉무로 223(웅진고분자 공장 내)
- 시공일자 : 2018년 10월 17일(수)
- 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), (주)에스쓰리, (주)지성하이테크
- 시험시공 내용

[표 2-13] 시험시공 내용

관 종류	보수장비	확인사항
D400mm PE관	자동화 시공장비	지장물 제거상태, 보수성능 확인

		
a. 하수관 매설	b. 파손 및 이음 부위	c. 시험 시공 준비
		
d. 장비진입 및 커팅위치 확인	e. 커팅 완료	f. 지수재 주입 확인

[그림 2-24] 시험시공 사진

- 시험시공 결과 : 커팅 능력, 보수(보수성, 충전성) 성능이 우수함

[표 2-14] 보수성 및 충전성 시험결과

시험항목	단위	결과 값	비고
커팅 능력	-	커팅 능력 양호	
보수성	-	이상없음(보수됨)	
충진성		이상없음(충진됨)	

② 시멘트 주입이 가능하고 IoT기능을 탑재한 보수 로봇 테스트(2차년도)

○ 현장위치 : 경기도 용인시 처인구 남사면 봉무로 223(웅진고분자 공장 내)

○ 시공일자 : 2019년 07월 19일(금)

○ 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), 에스프리(주)

○ 시험시공 내용

[표 2-15] 시험시공 내용

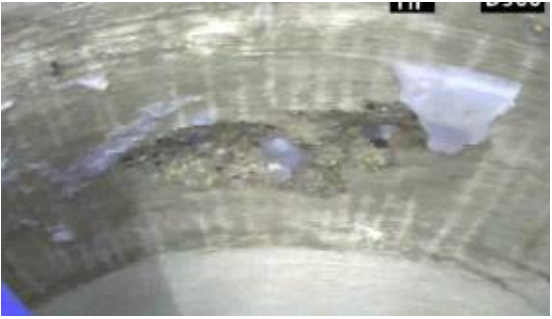
구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
하수관	D900mm 콘크리트 흡관	자동화 시공 장비	보수성, 충전성 확인
   a. 콘크리트 흡관 매설 b. 파손 및 이음 부위 확인 c. 시험 시공 준비			
   d. 장비진입 및 보수위치 확인 e. 실린더 고정 및 지수재 주입 f. 지수재 주입 확인			

[그림 2-25] 시험시공 사진

○ 시험시공 결과 : 보수성 및 충전성 시험결과 시공성능이 우수함

[표 2-16] 보수성 및 충전성 시험결과

시험항목	단위	결과 값	비고
보수성	-	이상없음(보수됨)	
충진성		이상없음(충진됨)	

보수성 및 충전성	
	
a. 보수 전(누수 확인)	b. 보수 후(누수 차단)

[그림 2-26] 보수성 및 충전성 시험결과 확인

③ 시멘트 주입 팽창 블레더 테스트(2차년도)

- 현장위치 : 경기도 용인시 처인구 남사면 봉무로 223(웅진고분자 공장 내)
- 시공일자 : 2019년 08월 20일(화)
- 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), (주)에이티에스, 에스쓰리(주)
- 시험시공 내용

[표 2-17] 시험시공 내용

구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
하수관	D900mm 콘크리트 흡관	팽창 블레더 시공	보수성, 충전성 확인

		
a. 콘크리트 흡관 매설	b. 파손 및 이음 부위 확인	c. 시험 시공 준비
		
d. 장비진입 및 보수위치 확인	e. 블레더 팽창 및 시멘트 주입	f. 시멘트 주입 확인

[그림 2-27] 시험시공 사진

○ 시험시공 결과 : 보수성 및 충전성 시험결과 시공성능이 우수함

[표 2-18] 보수성 및 충전성 시험결과

시험항목	단위	결과 값	비고
보수성	-	이상없음(보수됨)	
충진성		이상없음(충진됨)	

보수성	
	
a. 보수 전(누수 확인)	b. 보수 후(누수 차단)
충진성	
	
e. 시멘트 충전	f. 시멘트 경화

[그림 2-28] 보수성 및 충전성 시험결과 확인

(3) 실용화·사업화 방안

(가) 시공기준 검토

① 시공품질 확보를 위한 확인사항

- 시공 계획서, 품질관리 계획서 검토를 통해 시공상의 문제점이 발생되지 않도록 사전에 철저히 확인하며, 공법에 필요한 장비를 준비하고 전문 기술자로 부터 전문지식 등에 관한 정보를 사전 획득함
- 자동화 보수 장비로 시공시 시공품질 향상을 위해 하수관 내 세정 작업을 실시함
- 하수관 보수전 자동화 보수 장비의 실린더 작동상태, 실린더 압력, 지수재의 정량 주입 시스템, 차량의 모니터링 시스템을 사전에 점검함
- UDRS수지(MSA-100형)의 경화물인 수지 껍, 샌드껍의 경우 시공 후 수축, 팽창, 균열, 파손, 탈락 등이 없어야 함
- UDRS수지(MSA-100형) 시공후 토양과 샌드껍을 형성하게 되는데, 이때 환경 유해물질로 인해 토양, 하천의 오염을 발생 시키지 않도록 친환경 원료를 사용해야 함
- 작업자의 안전사항, 시공에 필요한 안전조치는 안전규정 및 관련법규를 준수할 수 있도록 사전 교육을 실시하며, 특히 하수관 내부에 잔존하는 유독성 가스에 대해 질식 위험을 예방할 수 있도록 철저히 조치하여야 함

② 시공 품질관리

- 본 기술은 기존 기술대비 시공공정이 단축되어 단시간에 시공완료 되는 것이 큰 장점이며, 지수재를 충전하여 관 외부에 샌드껍이 형성되어 지반침하를 예방할 수 있는 우수한 기술이다.
- 시공 후 보수 성능을 현장에서 기밀성과 수밀성 시험을 통해 바로 확인할 수 있어 보수의 성능 효과에 대한 검증이 가능하며, 시공 후 통수를 바로 할 수 있어 구조적 안정성도 확보되어 있다.
- 품질확보를 위한 주요 확인사항은 아래와 같다.

[표 2-19] 주요 확인사항 및 사용기준

주요 확인사항	사용기준	비고
자동화 장비 실린더 압력	2.0kgf/cm ² (≒ 30psi)	관 내부 실린더 밀착 (압력 조절 가능)
지수재 주입 압력	0.2kgf/cm ²	압력 유지
주제, 경화제 배합비	1:1	디지털 정량 주입 시스템
시공 온도	0℃ 이상	하수관 내부 온도

③ 시공 특기 시방서

㉞ 공사적용 범위

○ 본 시방서는 하수관 부분 보수를 위한 지수재 충전 비굴착 부분 보수 공법에 적용한다.

○ 본 시방서는 다음 각 항에 준하여 하수관 자동화 보수장비, 충전 지수용 보수재 및 부자재는 본 시방서 및 승인된 도면을 우선으로 하되 그 외 일반 사항은 하수관거 표준시방서의 기준하에 발주자, 감리자 및 감독관과 협의하여 적용한다.

- 저점도 UDRS 수지(MSA-100형)를 사용한 하수관거 보수
- 저점도 UDRS 수지(MSA-100형)를 사용한 접합부, 관단부 보수
- 저점도 UDRS 수지(MSA-100형)를 사용한 기타 관거 관련 및 연결 지하구조물

㉟ 적용 제품

○ 자재 검수 및 보관

- 자재의 현장도착 시 현장 담당자가 확인 검수하고 적절치 못한 자재에 대해서는 점검하여 결함 제품을 현장에서 반출시킨다.

○ 자재의 보관 및 취급

- 빗물 또는 직사광선에 접촉되지 않도록 실내에서 보관한다.
- 시공을 위해 실외에 임시로 보관하는 경우에는 각재 위에 합판을 깔고 적재하되 빗물, 이슬, 직사광선 등을 차단할 수 있도록 방수포 또는 PE 필름 등 덮개를 씌워 보관해야 한다.
- 공사 현장 내에서 일정한 조성물에 대한 품질의 변형이 없도록 관리하여야 한다.
- 사업장에서 운반된 주재 및 경화제는 구분이 될 수 있도록 표시하여 현장 창고나 보수용 차량 내에 보관한다.

○ 적용자재

- 충전 지수용 보수재(MSA-100형)

[표 2-19] 충전 지수용 보수재(MSA-100형)의 주성분

제품명	주재	경화제
저점도 UDRS 수지(MSA-100형)	-폴리에틸렌글리콜 -메타크리네트 외	-과류산 암모니움 외

㉔ 적용 장비

○ 하수관 보수 로봇

- 충전 지수용 보수 로봇은 하수관의 내부벽의 자동이동이 가능하며 실린더와 서포터의 길이조절이 가능함으로 하수관경에 따라 적용이 편리하며 정량적 주입이 실행된다. 충전 지수용 보수 로봇의 사용은 위치이동 후 실린더와 서포트를 장착하고 보수재 충전이 자동화된 공정으로 연속 진행한다.

○ 시스템 차량

- 시스템 차량은 자주차의 CCTV연결시스템과 SUS약액저장탱크, 차량용 인버터, 저소음 에어컴프레서, 약제주입장치, 가스복합측정기를 포함한 장비로 본 시방에 의한 시공을 진행시 전체적 컨트롤과 관리를 제어한다.

㉕ 시공 및 현장 관리

○ 하수관 보수 로봇 투입 및 모니터링 조사

○ 충전 지수용 보수재(MSA-100형) 준비

○ 지수재 혼합 및 하수관 보수 로봇의 충전시공

○ 하수관 보수 로봇의 이동, 연속시공

(나) 경제성 분석

① 정의 및 필요성

- 건설의 계획부터 설계, 초기공사비, 유지관리, 해체 및 폐기처리에 이르기까지 일련의 단계로 구성된 전체 과정을 프로젝트 수명기간 (Life Cycle)이라 정의하며 생애주기비용(Life Cycle Cost,LCC)이란 각 단계에서 발생하는 모든 비용의 합을 지칭한다.
- 본 연구에서는 LCC 기법을 이용하여 경제성 분석을 통해 수명주기 동안의 유지보수 비용 효율성을 정량적으로 분석하고자 하였다.
- 1차년도에서는 국내 기술동향을 검토하고 LCC 구성 항목 선정, 분석을 위한 기본가정 선정을 수행 하였고 2차년도에서는 검토 자료를 바탕으로 구성항목 별 비용분석, 경제성 분석, 비용 편익 분석을 수행하고자 하였다.

② 기존 연구 검토

- 관련 문헌 및 방법론 조사를 위하여 상하수도 경제성 분석 관련 문헌 등 유사사례를 검토하였다.
- 하수관 시설의 건설이나 유지관리에 투자되는 비용을 합리적으로 설계하여 하수관 사용기간을 연장하는 것이 중요하다.
- 노후 하수관의 예방적 유지보수를 통해 내구성을 증대하여 Case3의 예와 같이 본 기술을 적용할 경우 하수관의 사용연수를 연장할 수 있고 총 생애주기(LCC) 비용 측면에서 연평균 투입비용을 절감하는 효과를 가질 수 있다.

[표 2-20] 주요 확인사항 및 사용기준

구 분	검 토 내 용
공공하수도 시설 유지관리 실무 지침서 (환경부, 2005)	• 관거시설의 기능을 충분히 발휘시키기 위하여 정기적인 점검을 하여야 하며 결과 자료를 기초로 시설기능의 합리적 판정과 적절한 조치를 계획적으로 실시하여야 함 • 관경 800mm 이상 관거내부 조사의 주기는 30년 이하인 경우 10년에 1회, 30년 이상인 경우 7년에 1회를 실시함 • 하수도 관거 시설의 표준적 내용연수는 50년임
하수도계획 시 경제성 평가 방안에 관한 연구 (환경부, 2008)	• 일본의 하수처리 경제성 평가 분석을 바탕으로 국내 적용 시사점을 도출 • 집합처리 방식과 개별처리 방식으로 데이터를 정리, 추정하여 하수도 정비 기본계획 수립지침 개정안 및 하수도 계획의 경제성 평가 매뉴얼 정책 제언 • 일본의 경우 공공하수도(국토 교통성)는 관거의 내구연한은 50년으로 함
하수관거정비 BTL 사업의 효과분석 및 방안 수립 연구 (송호면 외, 2010)	• 하수관거 BTL 사업의 생활개선 편익, 할인율 변화(4,5,6%)에 따른 민감도 분석, 분석기간(30년,40년,50년)에 따른 민감도 분석을 실시함 • 하수관거 내용연수는 40년 적용
표본지역에서의 유역별 통합 하수도정비에 따른 경제적 효과 분석 (윤현식 외, 2012)	• 기존의 지자체별로 수행되고 있는 지자체 개별 하수도 정비와 복수의 지자체가 하나의 유역권내에서 통합으로 하수도 정비를 수행하는 유역별 통합 하수도 정비 시 발생하는 차이점을 경제적인 관점에서 분석 • 하수도 시설의 내용연수는 30년 적용

③ LCC 구성 항목 선정

- Life Cycle 동안의 비용조사를 통하여 LCC 항목을 다음의 표와 같이 도출하였다.

[표 2-21] LCC 구성항목 및 세부 내용

대분류	중분류		소분류	개발기술 (주입공법)	기존기술 (부착공법)
초기 투자 비용	시설 투자비용		재료비	○	○
			노무비	○	○
			경비	○	○
유지 관리 비용	관리자 비용	유지 보수비용	보수비	○	○
			교체비	○	○
	사용자 비용	에너지 비용	-	○	○
해체 · 폐기 비용	해체·폐기 처분비용		해체비	○	○
			폐기처분비	○	○
	잔존가치		폐기물 재활용비(수익)	○	○

○ 상기 표와 같이 본 연구에서는 LCC 항목을 크게 초기투자비용, 유지관리비용, 해체·폐기비용으로 대분류 하였다.

○ 초기투자비용은 시설 투자비용으로 나타냈으며, 유지관리비용은 유지보수비용, 에너지비용으로 구분하였다. 그리고 해체·폐기 비용에서는 해체·폐기처분비용과 잔존가치로 세분화해서 나타 내었다.

④ 분석을 위한 기본 가정 선정

○ LCC 분석은 설비 및 시설물의 미래를 대상으로 하므로, 미래의 예측을 위한 가정이 필수적이다. 따라서 LCC 분석을 위해서는 분석기간, 할인율에 대한 가정이 선행 되어야 한다.

㉠ 분석기간

○ 분석기간은 수명주기를 얼마동안으로 산정할 것인가에 대한 가정으로 기존 연구자료를 검토한 결과 하수도 관거 시설의 내용 년수는 평균적으로 40년으로 가정 하였다.

[표 2-22] 수자원 시설 내용연수

사업항목	감가상각율(%)	내용연수	잔존가액(%)	비고
발전 사업	2.00	45년	10	
관개 사업	1.82	55년	0	
홍수조절 사업	1.25	80년	0	
공업용수도 사업	2.00	45년	10	
상수도 사업	2.00	45년	10	
하수관거		40년		적용 내용연수

㉠ 실질할인율

- LCC 분석에는 미래의 발생비용을 현재의 가치로 환산하는 과정을 포함한다. 그런데 화폐는 시간이 지나면 그 가치도 변화하는 특성을 가지고 있으므로 발생시점이 다른 화폐의 객관적 비교를 위해서는 특정 시점으로 화폐의 시간가치를 환산해야 하며 이때 환산을 하기 위해서는 할인율이 이용된다.
- 소비자 물가 상승률과 시중금리는 한국은행 경제 통계 시스템(<http://esco.bok.or.kr/>) 을 이용하였다. 한국은행은 1996년 이후의 자료만 축적하고 있으며 때문에 1996년 이후의 자료를 바탕으로 실질 할인율을 산정하였다.
- 산정 결과 1996년~2015년 동안의 소비자 물가상승률은 3.064% 정도이고 은행 시중금리는 5.333% 이었음. 이를 바탕으로 계산한 결과 실질 할인율 평균은 2.19% 로 계산 되었다.

$$i(\text{할인율}) = \frac{1 + \text{이자율}}{1 + \text{물가상승율}} - 1$$

[표 2-23] LCC 소비자 물가 상승률 및 은행 시중금리(한국은행)

년도	소비자 물가상승률(%)	은행시중금리(%)	실질할인율(%)
1996	4.925	10.79	5.59
1997	4.438	11.32	6.59
1998	7.514	13.3	5.38
1999	0.812	6.9	6.04
2000	2.259	7.01	4.65
2001	4.067	5.43	1.31
2002	2.763	4.73	1.91
2003	3.514	4.15	0.61
2004	3.591	3.75	0.15
2005	2.754	3.62	0.84
2006	2.242	4.41	2.12
2007	2.534	5.07	2.47
2008	4.674	5.71	0.99
2009	2.757	3.26	0.49
2010	2.956	3.19	0.23
2011	4.000	3.69	-0.30
2012	2.192	3.43	1.21
2013	1.308	2.73	1.40
2014	1.272	2.43	1.14
2015	0.706	1.74	1.03
평균	3.064	5.333	2.19

⑤ 원가분석

- 개발공법의 가격 경쟁력을 확보하고 필요 시 원가절감 대책 수립과 타 공법 대비 경제적 우수성을 확인하기 위하여 개발공법 및 비교기술에 대한 원가분석을 수행 하였다.
- 비교기술은 하수관 비굴착 부분 보수 공법중 최근 지정받은 건설신기술 제783호 SRPS 공법을 선정하여 비교 하였다.

[표 2-24] 공법 비교

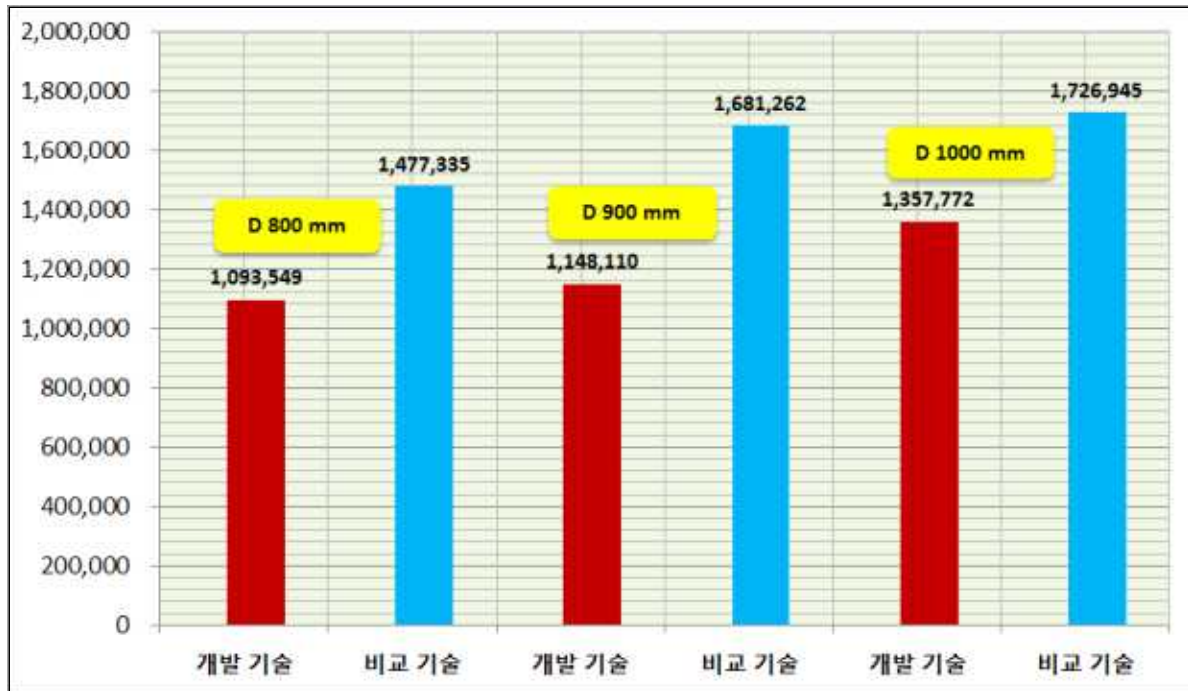
구 분	UDRS-R(주입공법) [개발기술]	SRPS(부착공법) [비교기술]
공법 내용	UDRS전용 지수재를 파손관 부위에 주입하는 공법	SRPS전용 보강시트를 하수관로 내 부착하는 공법
시공공정	- 하수관 세정 - 자동 보수로봇 진입 - 지수재 주입(연속시공 가능)	- 하수관 세정 - 보강시트 함침 - 팩커 분해 및 투입 후 조립(인력) - 보강시트 부착, 철거(연속시공 불가)

- 개발 기술과 비교 기술에 대한 원가계산 분석 결과는 다음과 같다.

[표 2-25] 대형 하수 관경별 총원가 분석

구분	규격	단위	총원가(원)	비교
개발 기술	800mm	개소	1,093,549	1
비교 기술			1,477,335	1.35
개발 기술	900mm		1,148,110	1
비교 기술			1,681,262	1.46
개발 기술	1000mm	개소	1,357,772	1
비교 기술			1,726,945	1.27

※ LCC분석은 원가 차이가 제일 적은 관경 1000mm를 대상으로 실시 함.



[그림 2-29] 대형 하수관 관경별 총원가 분석(그래프)

[표 2-26] 관경 1000mm 총원가 분석(부가세 포함)

구분 비목			관경 1000mm 비교		비고
			개발기술	비교기술	
순공 사 원 가	재 료 비	직접재료비	1,029,930	479,526	
		간접재료비			
		소계	1,029,930	479,526	
	노 무 비	직접노무비	100,067	529,368	
		간접노무비	9,706	51,348	직접노무비×9.90%
		소계	109,773	580,716	
	경 비	산출경비	38,452	333,792	
		산재보험료	4,281	22,647	노무비×3.80%
		고용보험료	955	5,052	노무비×0.87%
		환경보전비	3,505	4,028	(재료+직노+산경)×0.30%
		기타경비	53,680	49,937	(재료+노무비)×4.727%
		소계	100,873	415,456	
	순공사원가		1,240,576	1,475,698	
	일반관리비		74,434	88,541	순공사원가×6.00%
	이윤		42,762	162,706	(노무+경비+일반)×15%
	총원가		1,357,772	1,726,945	
	부가가치세		135,777	172,694	
	부가세 포함가격		1,493,549	1,899,639	

⑥ 수명주기비용(LCC) 분석 결과

○ 대형 하수관 보수 공법 중 절감액 차이가 제일 적은 환경 D1000mm 비교 분석 하였다.

[표 2-27] 환경 1000mm 총원가 분석(부가세 포함)

구분	개발 기술	비교 기술	비고
재료비	1,029,930	479,526	
노무비	109,773	580,716	
경비	100,873	415,456	
공무원가	1,240,576	1,475,698	
일반관리비	74,434	88,541	공무원가×6%
이윤	42,762	162,706	(노무비+경비+일반관리비) × 15%
총원가	1,357,772	1,726,945	
부가가치세	135,777	172,694	총원가×10%
부가세포함	1,493,549	1,899,639	

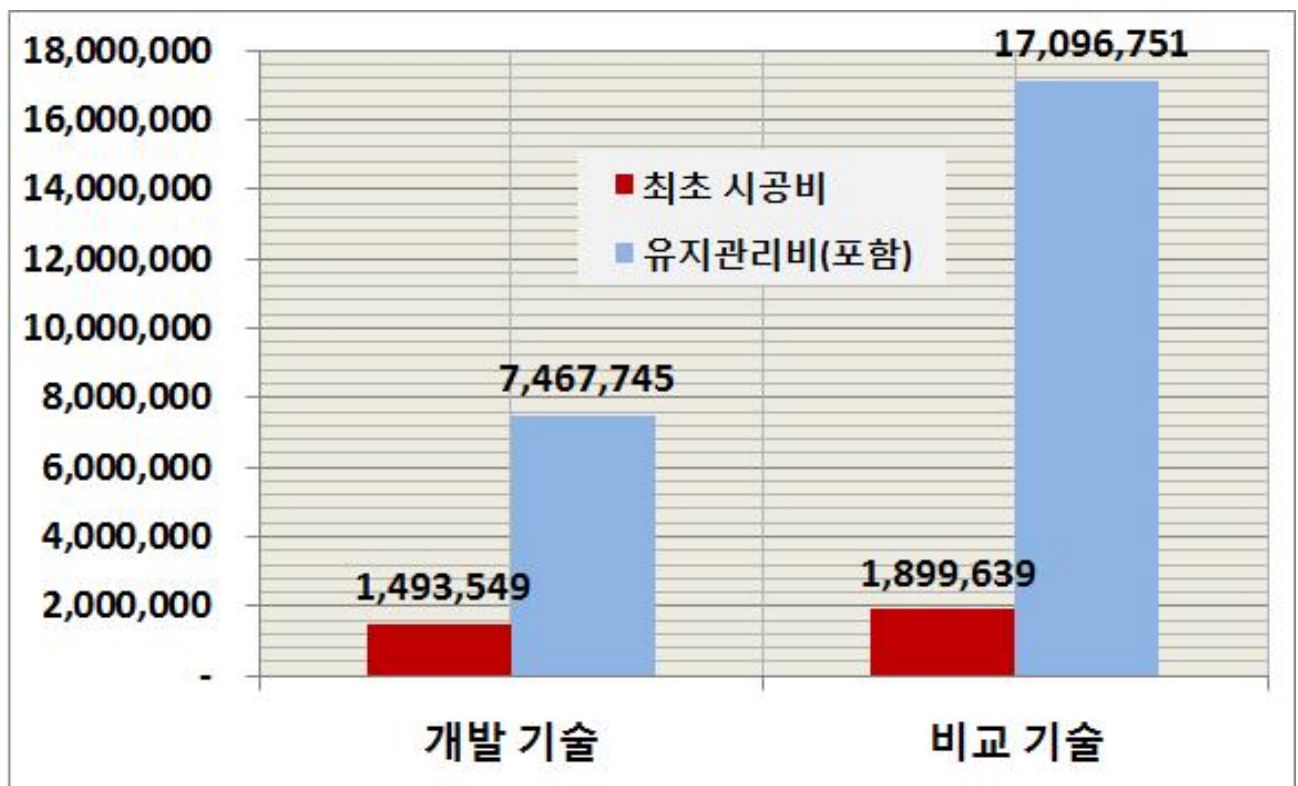


[그림 2-30] 환경 1000mm 총원가(부가세 포함) 분석(그래프)

- 하수관 내용연수를 40년을 기준으로 개발기술과 비교기술의 유지보수 기간 및 비용을 아래와 같이 가정하였을 때, 개발 기술은 비교 기술 대비 9,629,006원 절감할 수 있으며, LCC측면에서 약 43% 수준으로 경제성이 높은 것으로 확인 되었다.

[표 2-28] 관경 1000mm LCC 분석(보수 개소당)

구분	기계시공		
	개발 기술	비교 기술	증감
최초 보수시공 원가	1,493,549	1,899,639	-406,090(감)
수명	10년 이상	5년	
하수관 내구연한 40년 기준 (각 기술별 유지관리비 적용)	5,974,196	15,197,112	-9,222,916(감)
	4회/40년	8회/40년	
계(최초시공+유지관리비)	7,467,745(1.0)	17,096,751(2.29배)	-9,629,006(감)



[그림 2-31] 관경 1000mm LCC 분석(그래프)

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

가. 사업화 최종 목표

- ICT기반 기술을 적용하여 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부 공동을 정밀하게 관측하고, 긴급 보수 또는 예방 유지보수를 통해 지반함몰 예방이 가능한 자동화 시공장비 개발
 - ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 개발로 지반함몰 예방
 - 하수관 내부 장애물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 개발로 시공성능 향상
 - IoT기술을 적용하여 하수관 보수시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지하여 안전사고를 예방하고, 시공 정밀도를 향상
 - 하수관 보수시 관 내 방역을 실시할 수 있도록 제작하여, 하수관 내 번식할 수 있는 세균, 벌레를 박멸시켜 전염병 발생 위험성 감소

나. 연도별 사업화 목표

[표 3-1] 연도별 사업화 목표

구분 (연도)	사업화 목표	사업화 전략 및 방법	성과물
1차 연도 (2018)	▪ 지수 충전재 성능검증	▪ 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 ▪ 지수재(주제, 경화제) 최적 배합비 도출	▪ 공인기관 시험성적서 ▪ 현장적용성 테스트 결과 ▪ 배합비 검토 결과
	▪ ICT기능을 탑재한 하수관 보수로봇 제작	▪ 시제품 제작(1차) - 노후 하수관 정밀진단 및 보수가 가능한 로봇 제작, 시스템 설계 및 알고리즘 개발 - 특허출원 및 시제품 제작	▪ 시제품 제작 설계 도면 ▪ 진단, 보수로봇 시제품 ▪ 특허 출원 증명서
		▪ 성능테스트 및 현장 적용성 검토(1차) - 테스트베드 운영, 성능테스트 - 시스템 설계 수정 및 시제품 개선	▪ 현장적용 실적
	▪ 실용화, 사업화 방안 마련	▪ 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 작성 - 경제성 분석을 통한 원가절감 방안 검토	▪ 시방서, 경제성 분석자료
		▪ 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 수립	▪ 비즈니스 모델 검토자료

구분 (연도)	사업화 목표	사업화 전략 및 방법	성과물
2차 연도 (2019)	▪ 지수 충전재 성능검증	▪ 실내시험을 통한 친환경 지수재 성능 개선 및 검증 - KS품질기준에 준한 성능검증 ▪ 지수재(주제, 경화제) 최적 배합비 도출	▪ 공인기관 시험성적서 ▪ 현장적용성 테스트 결과 ▪ 배합비 검토 결과
	▪ ICT기능을 탑재한 하수관 보수로봇 제작	▪ 시제품 제작(2차) - 1차년도 성과검증을 통한 개선사항 도출 - 개선한 보수로봇 추가 제작 - 특허출원 및 시제품 제작	▪ 시제품 제작 설계 도면 ▪ 진단, 보수로봇 시제품 ▪ 특허 출원 증명서
		▪ 성능테스트 및 현장 적용성 검토(2차) - 1차년도 테스트베드 운영시 발견된 문제점을 분석하고 개선사항 도출 - 현장 테스트 2차 진행, 성능 검증	▪ 현장적용 실적
	▪ 실용화, 사업화 방안 마련	▪ 실용화 방안 마련 - 표준화 설계, 시방서 개선사항 도출 및 수정 - 경제성 분석을 통한 원가절감 검증	▪ 시방서, 원가자료
		▪ 사업화 방안 마련 - 사업화 비즈니스 모델 추가 수립 - 신기술 추진 및 지정	▪ 신기술 신청서

다. 기술개발 성숙도 목표

[표 3-2] 연도별 기술개발 성숙도

구분		제안시	1차 년도	2차 년도	단계별 설명
기초 연구 단계	TRL 1	해당 없음	해당 없음	해당 없음	【기초실험】 기본원리발견
	TRL 2				【개념정립】 기술개념과 적용분야의 확립
실험 단계	TRL 3				【기본성능검증】 분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	TRL 4				【부품/시스템 성능검증】 연구실 환경에서의 Working Model 개발
시제품 단계	TRL 5	■	□	□	【장치/시스템 시제품 제작】 유사 환경에서의 Working Model 검증
	TRL 6	□	■	□	【시제품 성능평가】 유사 환경에서의 프로토타입 개발
실용화 단계	TRL 7	□	□	■	【시제품 신뢰성평가】 실제 환경에서 시제품 데모
	TRL 8	□	□	□	【시제품 인증】 상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증
양산 단계	TRL 9	□	□	□	【사업화】 상용제품생산

3-2. 목표 달성여부

가. 성과점검 기준표(총괄)

[표 3-3] 성과점검 기준표(총괄)

구분	핵심 연구성과 (level 1))		단위성과 (level 2)		질적 목표 및 달성치						해당 기관	예 산 (백 만)	양적 목표 및 달성치							
					성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가 중 치			목표치	가 중 치	달성치					
주관	A	지수 충진재 성능검 증	A-1	KS시험 기준만족	① 압축강도	0.5N/mm ² 이상	만족	실내시험	성적서	1	웅진 고분자	20								
					② 팽창률	1.0%이하	만족	실내시험	성적서	1										
					③ 기타항목	시험기준 만족	만족	실내시험	성적서	1										
	B	ICT기능 을 탑재한 하수관 보수로 봇제작	B-1	시제품 개발	① 제작설계	1건	1건	도면	도면	1	웅진 고분자	422	특허: 출원 2건 등록 1건	20	특허: 출원 6건 등록 1건					
					② 특허출원	2건	6건	명세서	출원 확인증	2										
					③ 특허등록	1건	1건	명세서	특허증	1										
					④ 시제품 제작	2건	3건	제작여부	사진 동영상	2										
					⑤ 신규고용 인력	1명	1명	채용증명	확인서	1										
			B-2	성능 검증 및 현장 적용성	① 테스트 베드	2건	3건	실시여부	사진 동영상	2	웅진 고분자	150	사업화 매출액 0.2억원	10	사업화 매출액 0.52억 원					
					② 보수 정밀진단	2건	3건	진단결과	보고서	1										
					③ 시공성능 테스트	2건	3건	투수시험	보고서	2										
					④ 사업화 매출액	0.2억원	0.52 억원	계약	계약서	1										
위탁	C	실용화 사업화 방안	C-1	실용화	① 시방서 작성	1건	1건	시방서	시방서	1	동부 엔지니 어링	75	신기술 지정 1건	10	신기술 지정 0건					
					② 경제성 분석	1건	1건	결과	원가 계산서	1										
				사업화	① 비즈니스 모델수립	1건	1건	계획	보고서	1										
					② 신기술 지정	1건	접수 1건	심사결과	지정 증서	1										
계										20	667	특허: 출원 2건 등록 1건 시제품 2건 신규고용인력 1명 사업화매출액 0.2억 원 신기술 지정 1건	100	특허: 출원 6건 등록 1건 시제품 3건 신규고용 인력 1명 사업화 매출액 0.52억 원 신기술 지정 0건						

나. 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄)

[표 3-4 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄)]

구분		목표	달성	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
특허 출원	국내	2	6	300%	6건 출원
	국외				
	계	2	6	300%	
특허 등록	국내	1	1	100%	1건 등록
	국외				
	계				
인력 양성	석사				
	박사				
	계				
기술 이전	계약 건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문				
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어				
	화학물				
기타	시제품 제작	2	3	150%	3개 제작
	건설신기술 지정	1		0	1건 접수(1차탈락)
	일자리 창출				

다. 관련 분야 기여도

(1) 기술적 측면

- 하수관 정비사업의 직선부, 분기부, 곡선부, 단차부의 경우 기존 공법으로 시공시 하수의 흐름이나 시간이 경과함에 따라 부착 시트의 탈락, 처짐, 들뜸 현상이 발생하여 시공 후 2차 보수 소요가 발생하나, 당사 기술은 지수를 충전하는 공법으로 하수의 흐름에 전혀 영향을 받지 않는다.
- 하수관 외부에 샌드겔을 형성하여 침입수, 침출수를 원천적으로 차단할 수 있는 우수한 기술로 지반 침하를 예방할 수 있다.
- 대형 하수관 보수 장비에서 소형 하수관 보수 장비까지 응용하여 개발할 수 있어 기술적인 측면에서 범용성이 좋고, 시공의 품질도 양호하게 확보할 수 있다.

(2) 사회·경제적 측면

- 친환경 약액 개발로 토양오염, 지하수오염 방지 및 생태계를 보호할 수 있다.
- 본 연구를 통해 태양광을 이용한 친환경 전기 공급 시스템을 개발할 수 있어 기존의 차량 공회전으로 인해 발생하는 탄소배출량을 줄일 수 있으므로 저탄소녹색성장 기술개발 트렌드에 적합한 기술이다.
- 기존의 유지보수 공법과 비교할 경우 인력을 투입하지 않고 시공할 수 있어 산업재해를 예방할 수 있고, 보수탐지 및 시공을 동시에 할 수 있어 공사기간, 공사비를 절감하는 경제적인 기술임을 확인할 수 있다.

(3) 정책적 측면

- 2016년 환경부 공공하수도 보급을 통계에 따르면 '14년 하수관거 계획연장이 약 170,472km에 대한 실제 시공이 132,680km로 약 80%에 달하나 하수관거 유지관리에 대한 보수 비용 투입은 현재 1,579km로 1.2% 수준으로 확인 되었으며, 향후 하수관거 정비 사업은 꾸준히 늘어날 것으로 전망된다.
- 향후 대형 하수관 자동화 시공 장비 개발을 통해 인력을 대체해서 시공이 가능하므로 전 세계적으로 이슈가 될 것으로 판단하며, 외국에 기술력 보급시 기술판매 우위를 선점할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 연구개발성과의 활용 계획

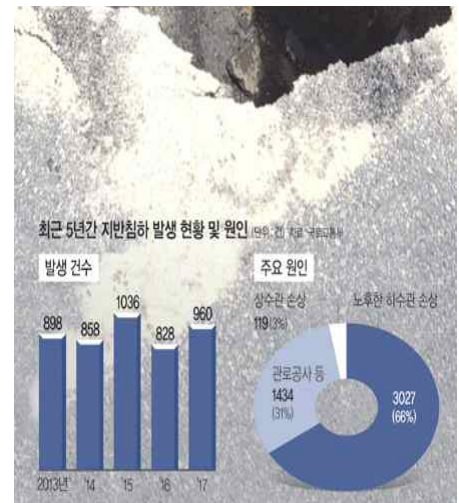
- 하수관 보수시 인력이 투입되어 시공하는 기존 방식과는 차별화 되는 공법으로 작업자의 안전성 보장 및 시공능력 향상에 효과가 있는 기술이므로 많이 사용하게 될 것으로 판단된다.
- 시공 성능이 개선된 친환경 지수재, 시멘트 주입재 개발로 인해 하수관 보수는 물론 암거, 차집관로 맨홀의 보수에도 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.
- ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 개발로 지반함몰을 예방할 수 있고, 하수관 유지관리 관망도 작성에 도움이 될 것이다.
- IoT기능을 적용한 하수관 보수 자동화 시공 장비를 개발함으로써 보수전·후 보고서 자동 작성 가스누설 탐지, 누수부위 자동 센싱, 방역까지 가능하도록 다양한 기능의 시스템을 연동할 수 있어 기술 파급 효과가 클 것으로 생각된다.
- 자동화 시공 장비 조작을 위한 전문인력 양성으로 고용창출의 효과가 있다.

가. 국내외 시장분석 및 사업화 전망

(1) 국내 시장

- 2017년 하수관거 및 하수처리시설의 보급률은 전국 93.6%(최고 보급률 : 서울특별시 100%, 최저 보급률 : 전라남도 78.9%) 수준이나 실제 오·폐수가 하수관거를 통해 하수종말처리장까지 도달하고 있는지에 대한 실제량 파악은 어려운 실정이며 확인 방식은 상수도 사용량과 하수종말처리시설 처리량으로 산정하고 있다. 현재 통계에 따르면 상수도 사용량에 비하여 하수종말처리시설에서 처리하는 수량이 크게 나타나고 있으며 이러한 수량 차이는 증발량을 뺀 나머지 오·폐수는 하수관거의 파손 및 균열부에 의한 누수량으로 추측할 수 있고 이에 누수 하수관을 정밀하게 진단하고 보수할 수 있는 공법이 절실히 필요한 실정이다. 또한 하수관 파손으로 인해 지반으로 침출수가 발생하여 지하에 동공을 형성함으로써 도로함몰 사고가 발생한다. 도로함몰 사고예방을 위해 서울시 전체 하수관거를 조사한 결과 48%이상 30년 가량 노후화 되어 있는 실정이다. 노후 하수관을 제대로 점검하고 보수하지 않으면 도로함몰 등 2차 사고가 발생 할 수 있다. 따라서 본 사업화 대상 기술이 개발될 경우 적용 시장은 아주 클 것으로 예상된다.

2013년부터 2017년 까지 5년간 지반함몰 발생 현황 및 원인에 대한 국토교통부 자료를 확인해 본 결과 노후 하수관 손상으로 인한 지반함몰이 3,027건(66%), 관로공사로 인한 지반함몰이 1,434건(31%), 상수관 손상이 119건(3%)로 확인 되었다.



- 서울시에 따르면 국내 도심지 지반 함몰 발생은 약 84%가 하수관 손상으로 인한 것으로 조사되었다. 그 외의 원인으로는 인접 굴착공사 등 기타 시공이 14%, 상수관 손상이 2%로 뒤를 이었다. 하수관 손상의 원인은 노후화이다. 하수관이 설치된 전체 연장별로 조사한 결과 30년 이상된 하수관이 5,023km로 전체의 48%를 차지했고, 20년~30년이 2,597km로 25%, 10년~20년이 1,454km로 14%, 10년 이내가 1,316km로 13% 조사 되었다. 노후된 하수관을 교체하지 않으면 노후화는 계속 진행되고, 이로 인해 지반함몰은 계속적으로 발생할 수 있다. 따라서 노후 하수관에 대한 정밀진단 및 이를 위한 보수방법을 강구하여 지반함몰을 예방하는 것이 우선적인 과제이다.
- GPR장비를 활용하여 도로상에서 지표면 하부에 동공, 상하수도 누수 등을 탐지하는 기술은 있으나, 하수관 내부에서 관 외부 지반 상태를 좀 더 정확하게 확인할 수 있는 기술이 필요하다. 본 사업화 대상기술은 하수관 내부를 정밀하게 진단하고, 파손 부위가 클 경우 관 외부의 지반 상태까지 확인할 수 있는 기술개발로 향후 시장성이 확대될 것으로 판단된다.
- 최근까지 하수관거 비굴착 부분보수공법은 많은 기술이 다양하게 개발되어 사용하고 있으며, 이들 기술의 대부분이 함침수지와 보강용 시트 등을 이용한 라이닝공법 기술로 시공되고 있다. 보강시트를 부착하는 공법은 관거의 곡선부, 이음부, 분기부, 단차 등에 시공이 어렵고, 시공 후 시간이 경과함에 따라 부착력 저하로 처짐, 탈락 등 하자가 발생한다. 본 사업화 대상기술은 친환경 지수재를 파손관 부위에 주입하는 공법으로 관거의 곡선부, 이음부, 분기부, 단차 등에 시공이 가능하며, 시공시간 단축으로 경제성을 확보할 수 있으며, 보강시트 탈락의 하자 발생이 전혀 생기지 않는 국내 유일한 기술이라 할 수 있다. 일부 일본의 기술을 도입하거나 국내 우레탄 수지 등을 적용한 사례가 있으나 시공품질 저하, 내구성 문제, 환경오염 문제 등의 이유로 현재 사용하지 않는 상황이다. 또한 이번 연구 과제를 통해 노후 하수관을 정밀진단 하고 지반침하 예상지점에 긴급 보수가 가능한 기술을 개발할 경우 해외시장 개척의 돌파구가 될것으로 예측된다.
- 당사에서는 본 신청 과제와 관련된 다수의 특허를 등록함으로써 기술의 독립성을 확보하여 유사 기술의 출원을 방지하였고 또한 상기 관련한 특허를 일본, 중국 등에 출원 할 계획이며, 해외시장에 대한 기술 방어력도 확보할 계획이다.
- 사업화 대상기술은 체계적인 하수관거 관리가 이루어지지 않은 중국이나 동남아, 중동 등의 시장

에서 매우 효과적으로 시장 수요를 창출할 것으로 판단되며, 해외에서 기술의 보호를 위하여 중국, 인도, 동남아 등지에 특허 출원(PCT) 준비로 해외시장에 대한 대비를 하고 있음이 있는 것 같아, 좀 더 실질적인 마케팅의 기회가 있으면 좋을 것으로 판단된다.

- 2014년~2017년 전국, 시도, 군, 구 별 하수관로 보급률을 조사한 결과 전국 93%이상 설치되어 있는 것으로 확인 되었다. 국내 하수관로 보급률은 매년 지속적으로 증가하고 있다. 서울특별시의 경우 하수도 보급률이 100%인 반면 전라남도의 경우 78.9%로 아직 부족한 실정이다. 신규 하수관 설치도 예정되어 있지만, 오래전 시공한 하수관의 경우 내구연수가 도래하고 있어 매년 유지보수 비용 또한 지속적으로 증가할 것으로 예측된다.

[표 4-1] 국내 하수도 보급률(출처: 환경부 하수도통계, 2018) 단위(%)

행정구역별	'17	'16	'15	'14
전국	93.6	93.2	92.9	92.5
서울특별시	100.0	100.0	100.0	100.0
부산광역시	99.3	99.1	99.2	99.2
대구광역시	98.4	98.3	98.3	98.3
인천광역시	96.8	97.5	97.6	97.6
광주광역시	98.6	98.7	98.6	98.6
대전광역시	97.5	97.6	97.4	97.4
울산광역시	99.0	99.0	98.8	98.1
세종특별자치시	92.5	91.0	89.5	81.4
경기도	94.5	94.2	94.0	93.7
강원도	87.1	87.1	86.0	85.6
충청북도	86.4	85.8	86.2	85.5
충청남도	77.9	76.9	74.3	72.7
전라북도	87.1	86.5	85.9	85.1
전라남도	78.9	77.1	76.1	75.1
경상북도	81.5	80.4	79.3	78.7
경상남도	90.5	89.4	88.6	88.1
제주특별자치도	92.3	92.4	91.4	91.1



[그림 4-1] 국내 하수도 보급률(출처: 환경부 하수도통계)

- 환경부는 하수관로로 인한 지반침하를 예방하기 위해 전국 노후 하수관로를 대상으로 정밀조사를 실시하였다. 조사 대상은 설치된 지 20년이 넘었거나, 지하 10m 이상 굴착공사 현장과 인접한 관로와 차량 하중의 영향이 예상되는 도로 구간에 매설된 하수관로 약 4만km를 대상으로 실시하였다. 2015년의 경우 서울시 등 90개 지자체 노후 하수관 1만 2,000km에 대한 정밀조사 실시한 결과 결함관로가 많이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 서울시의 경우 도로함몰(싱크홀) 안전예산을 긴급추경 편성하여 노후 하수관로를 집중 조사하고 정비하는 등 시민의 안전을 위해 지속적으로 사업비를 투자하고 있다. 따라서 정밀조사 결과 파손, 결함이 있는 하수관로에 대한 지속적인 정비 사업이 진행될 예정이며 하수관로 정비사업 예산이 증가할 것으로 예상된다.

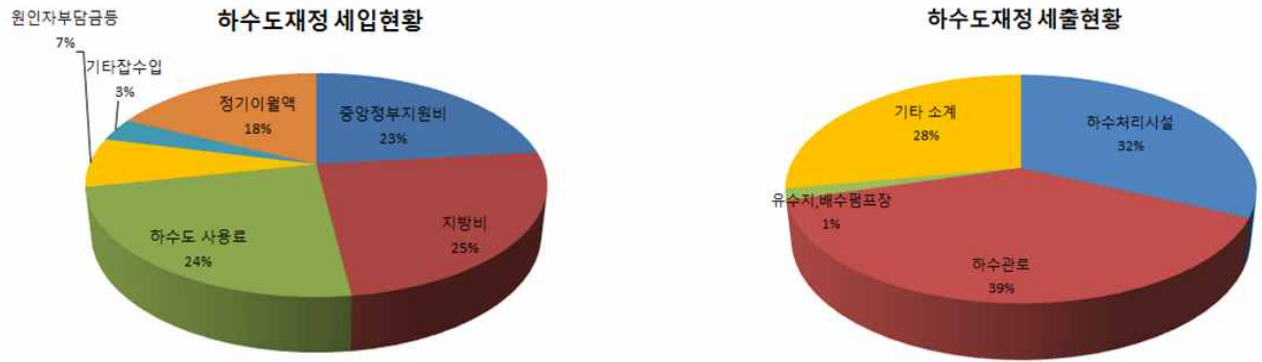
[표 4-3] 국내 노후 하수관로 정밀조사 현황(출처: 환경부, 2016)

구분	합 계	서울	경기	경남	경북	울산	대전	충북	전북	부산	강원	충남	전남	대구	기타
정밀조사(km)	12,211	3,900	2,618	1,297	852	541	473	468	439	420	365	316	192	189	141

- 하수도 사업비 현황을 분석해 본 결과 처리장, 하수관로, 유수지 및 펌프장, 기타 중 하수관로 보수에 투자되는 비용이 사업비 전체의 평균 37%로 비중이 큰 높은 편이다. 또한 노후 하수관의 결함으로 인해 보수 소요가 지속적으로 증가하고 있기 때문에 유지보수 시장도 지속적으로 증가할 것으로 예상하고 있다.

[표 4-4] 국내 하수도 사업비 투자 현황(출처: 환경부, 2016)

구분	`06	`07	`08	`09	`10	`11	`12	`13	`14
총계(억원)	48,628	49,348	56,192	63,284	63,299	65,140	70,400	73,113	86,662
처리장(억원)	22,689	22,735	24,909	29,608	29,286	30,575	31,108	18,681	27,623
하수관로(억원)	17,586	17,322	21,329	23,400	22,329	22,384	25,536	28,280	33,488
	36%	35%	38%	37%	35.3%	34.4%	36.3%	38.7%	39%
유수지및펌프장(억원)	1,242	1,088	1,154	1,175	2,469	1,697	1,624	1,585	1,381
기타(억원)	7,111	8,203	8,801	9,100	9,216	10,483	12,133	12,536	24,170



[그림 4-3] 국내 하수도 사업비 투자 현황 그래프(참조: 표 4-3)

(2) 국외 시장

- 분야별 세계 물시장 규모를 분석해 본 결과 하수도 시장은 전체 물 시장 규모의 35% 정도를 차지하는 것으로 나타났다. 물 시장 4개 분야가 각 각 평균 25%의 시장 규모를 가질 수 있다고 가정할 경우 하수도 시장이 차지하는 비중은 35% 수준으로 상당히 높은 편이다. 또한 하수도 물 시장의 규모도 연평균 4.8%이상 지속적으로 성장하고 있다. 이러한 움직임 속에서 우리가 개발한 하수관 보수 시스템을 해외에 판매할 수 있는 마케팅 전략이 필요하고, 이를 통해 해외시장 돌파구를 마련할 수 있을 것이다.

[표 4-5] 분야별 세계 물시장 규모(출처: Global Water Intelligence)

분야	전체	상수도	하수도	공업용수	생수
시장규모(100%)	4,577(100)	2,094(45.8)	1,618(35.4)	275(6.0)	590(12.8)

[표 4-6] 분야별 세계 물시장 규모 및 전망(출처: Global Water Intelligence 2010)

구분	2010년	2025년	연평균증가율
상수도	2,094	4,111	4.6%
하수도	1,618	3,426	4.8%
공업용수	275	570	4.9%
생수	590	1,024	4.5%



- (3) 국내·외 시장 진출을 위해 우리가 개발한 기술에 대한 SWOT분석을 실시하여 사업화 추진 전략을 수립 하였다.

[표 4-7] SWOT분석

(강 점 : Strength)	(약 점 : Weakness)
- 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 기술을 보유 하였다. - ICT기반 하수관 정밀진단 기술을 개발하여 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부의 공동을 관측하고, 긴급 보수가 가능하여 지반침하를 예방할 수 있다. - 관의 형태, 관의 종류에 상관없이 지수재를 충전할 수 있어 시공성이 우수하다. - 관 외부 토양궤를 형성하여 구조적 안정성을 확보, 불명수 유입을 근본적으로 차단한다.	- 하수관 보수 공사시 인력 투입으로 발생할 수 있는 안전사고를 자동화 보수장비 개발로 해결할 수 있으나, 작업 인력보다 정밀하게 하수관을 보수할 수 있는 정밀 제어 시스템 개선이 필요할 것으로 생각된다. - 하수관 보수장비에 ICT기능을 적용하여 하수관 정밀진단, 장애물 제거, 긴급보수 등 다양한 기능이 있어 효율적, 효과적으로 사용이 가능할 것으로 판단되나, 각 기능별 인터페이스 문제가 없는지 검토하여 지속적인 개발이 필요하다.
(기 회 : Opportunity)	(위 기 : Threat)
- 사회적 이슈인 하수관로 누수로 인한 지반침하 발생으로 노후 하수관 정밀조사가 지속적으로 증가 하고 있다. - 노후 하수관 보수 소요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 비굴착 부분 보수 공법의 적용이 많을 것으로 예상된다.	- 사업의 공공성이 강한 분야로 정책적 변화에 유동적일 수 있다. - 중국, 동남아 등에 장비와 기술 수출이 유리하나 개도국 위주의 사업은 협력체계 변동으로 안정적 수익창출이 어려울 수 있다.

나. 사업화 추진전략

(1) 시제품 양산 계획

- 연구개발 과제로 제작한 ICT기반 하수관 보수 로봇은 당사의 기술 know-how를 바탕으로 자체 제작 생산이 가능하여 원가 절감이 가능하며, 구매조달에서도 신속하게 진행할 수 있는 장점이 있다. 따라서 국내·외 시장에 장비를 판매할 경우 가격 경쟁력이 우수하여 유리한 조건에서 시장을 선점할 수 있다.
- 각종 IoT기능의 portable 장비를 탈부착 할 수 있도록 제작하여, 필요시 장애물 제거, 가스누설 탐지, 방역, 누수부위 자동 센싱 등의 기능을 추가할 수 있는 멀티 테스트 장비이다. 따라서 각 현장에 필요한 부수 장비를 제작 및 설치하여 시공할 수 있기 때문에 제품 성능에 차별화를 두었고, 고객의 요구사항에 다양하게 맞출 수 있는 아주 우수한 제품이다.

[표 4-8] 개발기술 제작 능력

구분	생산형태	핵심 원재료	가격 및 조달	생산규모
ICT기반 하수관 보수 로봇 제작	· 완제품 제작 · 제작 전문업체 필요시 OEM	· CCTV 장치 · 원격제어 보수 로봇 · 약액주입 노즐 및 누출방지 패킹	· 자체 제작으로 가격 경쟁력 우수 · 조달 용이	· 자체 생산 및 협력업체 확보
충진 지수재	· 자체 생산	· 변성아크릴계수지 (주제, 경화제)	· 가격경쟁력 우수 · 조달 용이	· 자체 생산시설 확보
보수차량 시스템	· 부품별 구입 후 완제품 조립 · 자체 생산	· 1톤 탑차 · 원격제어 모니터링 시스템 · 태양광 충전시스템	· 자체 제작으로 가격 경쟁력 우수	· 자체 생산 및 조립시설 확보
IoT 적용	· 완제품 구입	-	· 조달 용이	· 자체 조립
보수로봇 견인장치	· OEM	· 전동모터 · 로프, 휠	· 조달 용이	· 외부 제작의뢰

(2) 시장진입 가능성

- UDRS전용 수지를 이용한 지수충진 보수공법의 개발로 기존의 라이닝 부분보수공법의 문제점을 해결하고 구조적인 안정성, 시공능력 개선, 경제성 향상을 인정받아 특허등록 및 신기술을 취득하였다. 본 연구개발 과제로 개발한 하수관 보수 로봇을 활용하여 하수관 부분 보수 시공이 가능하며, 일반 시멘트와 혼합하여 배합한 재료를 사용할 경우 지반함몰로 발생한 공동 채움재로도 활용이 가능하게 된다.
- 작업 인력이 하수관거 내부로 들어가 작업을 할 경우 악취, 유독가스 발생, 많은 양의 하수 등으로부터 작업자의 안전이 보장되지 않아 산업재해와 관련하여 인명피해의 치명적인 안전사고에 노출되어 있다. 금 번 기술사업화 과제를 통해 개발한 하수관 보수 로봇 시스템을 이용할 경우 인력 투입 없이 하수관 내부에서 보수 공사를 할 수 있어 작업자의 안전도 확보할 수 있고 작업을 효율적으로 할 수 있어 시공 성능이 개선 되었다. 국내 최초 구동 로봇을 제작함으로써 기술적 파급효과가 클 것으로 판단되며, 향후 하수관 비굴착 부분 보수 시장을 선점할 수 있는 기회가 될 것으로 예상하고 있다.
- 시공 품질을 향상시키기 위해 지수재의 배합비를 정량화 하였으며, 보수성에 대한 현장 테스트를 통해 재료의 품질 개선에 최선을 다해 양품의 지수재를 확보할 수 있게 되었다. 또한 지수재 강

도 개선을 위해 시멘트와 첨가제를 혼합하여 재료 성능도 개선 하였다. 개발한 지수재를 하수관 보수용 로봇시스템을 이용하여 자동화 보수가 가능함으로 기존의 설비 및 자원을 최대한 활용할 수 있는 장점도 있다. 기존 공법의 경우 하수관 내부에 시트지를 붙이는 공법이 대부분 이지만, 당사는 관 내부에 붙이지 않고 관 외부로 지수재를 주입함으로써 통수단면적 확보, 시간의 경과에도 시트지가 들뜨거나 탈락되는 현상이 전혀 발생하지 않기 때문에 하자가 전혀 없는 아주 우수하고, 획기적인 시공 방법을 보유하고 있다. 따라서 지속적으로 시장점유율이 높아질 것으로 기대하고 있다.

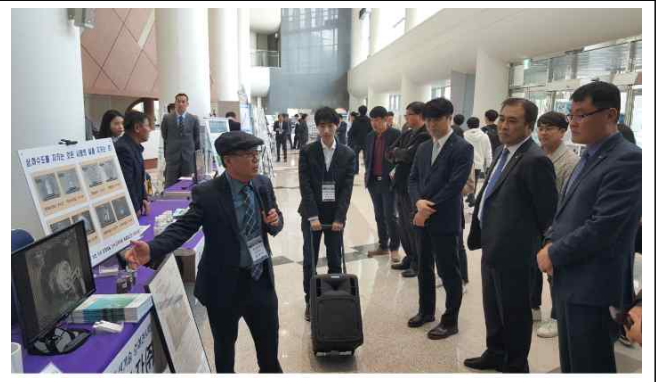
- 기존 보수지원 차량을 활용하여 자동화 설비, 태양광 신재생 에너지를 이용한 전기 공급 장치를 추가함으로써 시스템을 패키지화 할 수 있었다. 또한 다양한 기능의 IoT 장치를 추가적으로 장착할 수 있어 멀티 기능을 갖춘 장비로 탈바꿈 할 수 있어 활용도 측면에서 우수할 것으로 예상하고 있다.

(3) 최종 제품의 경쟁력

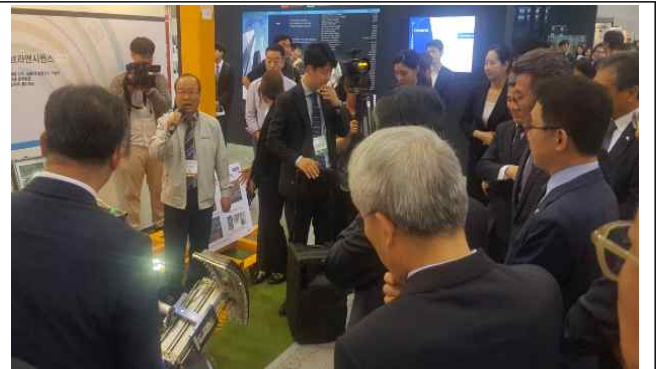
- 현재 비굴착 보수공법의 경우 일정 이상 크기의 하수관을 보수할 경우 인력이 투입되어 시공할 수 밖에 없는 구조이나, 본 연구개발 과제를 통해 개발된 보수용 로봇은 인력투입 없이 차량에서 원격조정으로 시공이 가능하기 때문에 국내 최초, 국내 최고 수준의 기술이 될 것으로 판단하고 있다.
- 기존에 당사가 보유한 하수관거 보수공법의 경우에도 분기관, 곡선관, 이음관, 단차 등 구조적으로 불안정한 관에서도 완벽한 보수가 가능하며, 이 기술을 바탕으로 향상된 기술을 개발 하였고 국내 최초로 하수관 자동화 보수 시스템을 보유한 업체가 될 것이다.
- 또한 기존의 라이닝 공법은 관 내부에 시트를 부착함으로써 공용수명이 짧아 시간이 지나면 탈락되는 현상이 빈번이 발생하지만, 당사 기술은 지수재를 충전하여 사용함으로써 하수관거 내·외부를 동시에 보수하여 관 내부의 통수단면적에도 전혀 지장을 주지 않고, 관 외부에 토양과 샌드 겔을 만들어 침입수를 원천적으로 차단할 수 있는 우수한 기술임을 입증 하였다.

(4) 연구개발 종료 후 마케팅 전략

- 기존 보유기술을 개량하여 모듈화된 장비시스템을 개발하고 국내외 각 발주처별 수요파악을 통해 맞춤형 마케팅 전략으로 시장을 선점할 계획이다.
- 관중, 환경에 영향을 받지 않고 보수가 가능한 우수한 기술개발로 해외에 장비수출 및 기술이전으로 국가 이미지 제고와 국익 창출을 통한 시너지 효과를 기대한다.
- 현재 연구개발 과제 성과를 활용하여 발주처 설명회 및 현장 시험시공을 진행하고 있으며, 과제 종료 후에도 사업화를 위해 발주처 설명회, 각 종 전시회를 적극적으로 추진할 계획이다.



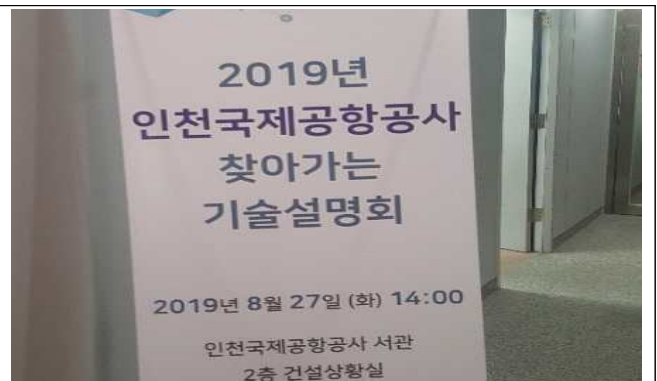
충남도청 기술 순회전시(2019.03.26)



2019국토교통기술대전(2019.05.29)



2019건설신기술박람회(2019.06.18)



인천국제공항공사 기술설명회(2019.08.27.)



창원시설공단 기술설명회(2019.09.05.)



대전도시철도공사 기술설명회(2019.10.16.)



경북개발공사 기술설명회(2019.10.18.)



창원시설공단 현장시험시공(2019.11.20.)



인천공항공사 현장시험시공(2019.12.30.)

[표 4-9] 개발기술 제작 능력

구분		2019년
국내 시장	관 발주 대비	• 중소기업청 제품 성능인증 확보 추진 • 조달청 우수제품 등록 추진 • 각종 전시회 참가 및 기술홍보 • 신기술, 신제품 등록 추진 • 국토교통기술설명회 등 기술발표
	민간 발주 대비	• 국내 대기업 공장 등 기술홍보 • 네트워크를 활용한 수요처 발굴 • 관 발주 대체 수요시장 창출
해외시장 진출		• 해외특허(PCT) 추진 • 해외 선진사 기술제휴(MOU체결)를 통한 시장선점 • 코이카 민간협력사업 추진등 해외시장 돌파구 마련 • 온라인 마케팅을 통한 홍보역량 강화

(5) 사업화 관련 인증(신기술 등) 확보 방안

- 연구개발 1차년도(2018년) 시제품 생산 및 현장 적용성 검증을 통해, 2차년도(2019년) 신기술을 1건 추진하여 지정 받을 계획이었으나, 2년 이내 신기술 지정까지 받기에는 시간적으로 다소 부족한 부분이 있다. 현재 연구개발 성과를 활용하여 환경신기술 지정 신청을 한 상황이며, 지난 11월 1차 심사결과 탈락하여 재신청 준비중에 있다. 연구과제 종료 후 1년 이내 2020년에는 신기술을 지정 받을 수 있도록 추진할 계획이다.
- 당사는 하수관 보수공사 현장을 다수 보유하고 있으며, 본 기술개발을 통해 현장에 적용할 기회가 많은 점이 장점이다. 신기술은 현장적용실적이 중요한 만큼 당사가 신기술을 추진하는데 유리한 부분이 있다. 추후 신기술 지정 및 필요할 경우 녹색인증도 같이 추진할 계획이다.

(6) 사업화 관련 예상 매출

[표 4-10] 년도별 예상 매출

구분		(2017)년 (기술개발 전년)	(2019)년 (개발종료当年)	(2020)년 (개발종료 후 1년)	(2021)년 (개발종료 후 2년)
사업화 기술(제품, 공법)		UDRS공법	UDRS-R공법	UDRS-R공법	UDRS-R공법
투자계획(백만원)					
판매 계획 (백만원)	내수	1,726	2,000	2,200	2,500
	직접수출			300	500
	간접수출				
	계	1,726	2,000	2,500	3,000
비용절감(백만원)					
수입대체(백만원)					

[표 4-11] 2020년 공사 예정 프로젝트

구분	공사명	발주처	진행시기
1	노후하수관로 정비공사 1단계	영주시	착공
2	00지구 노후하수관로 정비공사	순천시	20년 상반기
3	노후하수관로 정비사업	아산시	20년 상반기
4	공공하수관로 기술진단 결과에 따른 보수공사	세종시	20년 하반기
5	노후하수관로 정비사업 중 비굴착 부분보수	예천군	20년 하반기

- 연구성과를 활용하여 발주처 기술설명회, 현장 시험시공을 진행중에 있으며, 상기 확정된 사업외에도 각 지자체 상하수도사업소와 긴밀한 업무협조 관계를 통해 사업화를 진행중에 있다.
- 개발한 기술을 현장에 적용함으로써 기술의 신규성, 차별성을 입증하고, 현장 적용실적을 축적하여 신기술 신청 및 지정을 위해 적극적으로 노력할 계획이다.

(7) 기존 자원 활용 정도

- 현장경험이 풍부하고 숙련된 연구인력, 전문분야 신규 채용인력으로 연구 성과가 극대화 되었다.
- 연구의 효율적 수행을 위해 자체 생산이 가능한 다양한 장비를 보유하고 있다.

[표 4-12] 보유장비 현황

연구기자재 및 연구시설명	규격	수량	활용용도	비고
유압프레스(자동)	250ton	1대	고탄성 팩커제작	
유압프레스(자동)	200ton	1대	실리콘 주입노즐 제조	
오븐	60kg	1대	약품노화시험	
관로 조사용 로봇		12대	관로, cctv조사용	
관로 보수 시스템차량	1ton	4대	관로 조사 및 보수용	
복합가스측정기		3대	밀폐공간측정용	

- R&D과제와 연관된 하수관 보수공법과 관련하여 당사는 건설신기술 제 714호, 특히 10건 이상을 보유하고 있으며, 기존 노하우를 활용하여 연구개발 성과를 달성 하는데 큰 기여를 할 수 있었다. 향후 사업화를 위해 모든 기술을 접목하여 활용 한다면 매출액은 더욱 증대될 것으로 예상된다.
- 대부분의 장비는 자체 생산이 가능하며, 부분적으로 OEM을 통해 단위별 부품을 구입하여 공장에서 조립후 사용할 수 있 절감 및 가격 경쟁력이 우위에 있다.

(8) 최종 기술(제품, 공법)의 비교우위 수준

[표 4-13] 기존 기술과의 비교

구분		해당기술 UDRS-R(가칭)	기존기술(MPL) 건설신기술401호	기존기술(ALPS) 건설신기술492호	기존기술(MSRS) 환경신기술53호
기능/성능		- 하수관 정밀진단 - 지수재 충전공법 - 지반침하 예방	- 보강시트 부 착공법	- 보강시트 부 착공법	- 보강시트 부 착공법
장/단점		- 노후 하수관의 보수 소요를 정밀하게 진단하고, 관 외부 동공의 상태도 관측할 수 있는 기술이며, 필요시 긴급 보수가 가능한 일체형 기술임 - 지수재 충전공법으로 통수단면적 확보가 가능하여 하수 흐름이 원활함 - 관 외부 토양겔을 형성함으로써 지반 침하를 예방할 수 있음 - 관중, 관형태에 상관없이 시공이가능함 - 대형 하수관 보수시 인력이 투입되지 않아 질식 등 산업재해 위험요소를 차단할 수 있음	- 보강시트 부착 공법으로 시간 경과시 보강시트 탈락, 처짐, 들뜸 현상 발생 - 보강시트를 관 내부에 부착하므로 관경이 좁아져 통수단면적을 확보 할 수 없으며, 하수의 흐름으로 인해 하자 발생 - 파형강관, 곡선관, 분기관, 단차 부위에는 시공이 어려워 품질이 저하됨 - 대형 하수관 보수시 대형 팩커를 분해, 맨홀 투입 후 재조립, 보강시트 부착 공정을 인력이 직접 투입되어 시공함으로써 질식 등 산업재해 사고가 발생할 수 있어 각별한 주의가 요구됨		
경제성	공사비 (개소당)	508,010원 (기존기술 대비 28% 절감)	719,008원	720,115	-
	소요시간 (개소당)	60분 (기존기술 대비 60% 단축)	180분	180분	
	종합의견 (개소당)	- 상기 공사비 비교는 시공설비 설치, 자재준비, 시공 전 공정을 비교함 - 해당기술의 경우 보수위치 확인 및 직접 시공 후 후속 공정으로 진행함으로 기존 기술보다 공사소요 시간을 60%이상 단축할 수 있으며, 공사비도 28%가량 저렴함 - 하수관 보수전, 보수후 유지관리 관망도를 작성하여 향후 예방적 유지보수 자료로 활용할 수 있어 유지관리 측면에서도 우수한 기술임			

(9) 고용 현황 및 기대효과

[표 4-14] 예상 고용 현황

구 분	(2017)년 (기술개발 전년)	(2019)년 (개발종료 해당년)	(2020)년 (개발종료 후 1년)	(2021)년 (개발종료 후 2년)
신규고용(명)	1	1	1	2
상시고용(명)	8	9	10	12

(가) 기술적 측면

- 하수관거 정비사업의 직선부(본관), 이음부, 분기부, 단차부, 곡선부 비굴착 부분 보수공사에서 시공이 부적절하여 2차적인 보수공사 시행에 따른 공사비 증가가 초래 되고 있다. 본 과제를 통해 정밀진단 기술을 개발할 경우 정확한 보수소요를 파악하고, 모니터링하여 시공성을 향상 시킬 수 있으며, 사용자 맞춤형 유지관리 관망도를 제공할 수 있다.
- 본 기술은 하수관거의 직선부(본관), 이음부, 분기부, 단차부, 곡선부 등 다양한 부위의 파손, 균열 및 손상부위의 함몰된 지반의 동공을 관측할 수 있으며, 긴급 보수공사를 통해 지반 침하를 예방할 수 있다. 파손관 내부에서 관 외부로 지수재를 주입하는 공법으로 관 외부 토양과 겔이 형성되어 동공을 채워주는 기술이다. 또한 지수재는 어독성, 경구독성 시험결과 무해한 것으로 확인되어 환경적 측면에서도 오염발생이 없는 기술이다.
- 기존 비굴착 하수관 부분 보수 공법의 경우 관 내부에 보강시트를 부착하는 공법으로 하수의 흐름으로 인해 시간이 경과하면서 탈락, 들뜸, 처짐 현상이 발생하는 문제점이 있다. 본 기술은 하수관 내부와 외부를 동시에 보수하는 기술로 관 내부 파손된 부위에는 수지겔이 충전되고 관 외부에는 토양과 응집되어 토양 겔(Soil Gel)이 만들어져 누수를 차단하는 지수재 주입공법이다. 관 외부 지반의 동공을 채워주는 효과가 있어 지반침하를 예방할 수 있다.

(나) 경제적 · 산업적 측면

- 기존 하수관 보수 공법은 CCTV를 통한 육안 탐지 후 보수 시트를 함침하여 부착하는 공법으로 시트제작 공정, 보수장치 설치 등 장시간 보수소요 시간이 길었으나, 본 기술은 육안으로 놓칠 수 있는 정밀진단이 가능하고, 지수재를 충전하는 공법으로 탐지 및 보수가 연속적으로 가능한 기술이다. 따라서 공사 소요시간도 개소당 평균 60%이상 단축할 수 있으며, 공사비도 28%가량 절감이 가능한 경제적인 공법이다.
- 본 기술의 시제품을 현장테스트를 통해 검증한다면, 국내 최초 하수관 보수시 인력투입 없이 시공이 가능한 기술이 될 것이며, 나아가 하수관 보수소요 정밀진단과 긴급 보수를 동시에 할 수 있는 기술로 거듭날 수 있다. 또한 사용화 제품을 통해 해외 판매 등 사업 진출로 국가 경제발전에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

(다) 사회적 측면

- 2014년 환경부 통계에 따르면 하수관거 계획연장 약 170,472km에 대한 실제 시공이 약 132,680km로 보급률이 77.8% 수준으로, 하수관거 유지관리에 대한 개·보수는 약 1,579km로 전체 시설연장의 1.4% 수준으로 확인 되었으며, 향후 하수관거 정비 사업은 꾸준히 진행될 것으로 전망된다. 따라서 본 기술개발을 통해 노후 하수관을 정밀하게 진단하고, 필요시 긴급 보수가 가능하게 된다.
- 본 기술개발을 통해 하수관 보수 공사시 인력 투입 없이 보수로봇으로 시공이 가능하게 된다. 이는 산업재해 사망사고의 56%이상이 맨홀, 오페수 시설에서 발생하고 있는 문제점을 해결할 수 있는 해결책으로 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

붙임. 참고 문헌

- 환경부(2012.12) 하수도정비기본계획 수립지침
- 환경부(2015.03) 지반침하대응, 노후 하수관로 정밀조사 보도자료
- 환경부(2015.12) 지반침하대응 하수관로 정밀조사 매뉴얼 개정
- 환경부(2016) 제2차 국가하수도종합계획
- 서울시(2014.09) 보도자료
- JSWA(2015.04) 하수의 수질분석에서의 기술승계
- JSWA(2016.01) 나고야시에서의 합류식 하수도 개선대책
- 상하수도협회 하수도분과(2014.04) 2013 상하수도 업무개선사례 발표회 발표자료
- 식품의약품안전청 고시 제 2009-116호 (2009-08-24) “의약품등의 독성시험기준”
- 식품의약품안전청 고시 제 2011-05호 (2011-02-01) “의약품 품목허가 · 신고 · 심사규정”
- KS M ISO 2811-1 : 2007 (도료와 바니시 - 밀도 측정 방법 - 제1부 : 비중병 법)
- KS M 3705 : 2007 (도료와 바니시 - 도료, 바니시 및 도료와 바니시 결합제의 불휘발분 함량 측정법)
- 하수도 공사 시공 관리 요령
- 싱크홀 진단과 대책 정책 토론회(2014.09)
- 워터저널(2015.06)
- Global Water Intelligence(2010)
- 한국산업안전보건공단 보도자료(2011.05)
- 한국건설기술연구원(2001) LCC분석절차 및 기법에 관한 업무요령
- 한국건설기술연구원(2001) 하수관거에서 발생하수량의 모니터링시스템 구축방안 연구
- 한국건설기술연구원(2008) 상하수도 관로의 자산관리 체계구축을 위한 LCC 분석적용 기초연구
- ASCE(2008) Life-Cycle Cost Analysis for Infrastructure Systems
- Underground Construction(1999) Life cycle model for water
- ASTM F1417 : 92(2005) (Standard Test Method for installation Acceptance of Plastic Gravity Sewer Lines Using Low-Pressure Air)

붙임. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

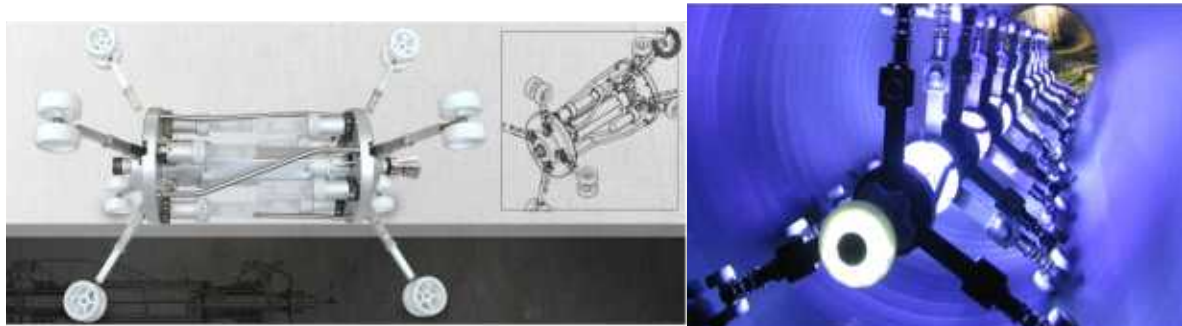
가. 독일_IBG Hydro-Tech

(1) 커팅 로봇 및 보수차량



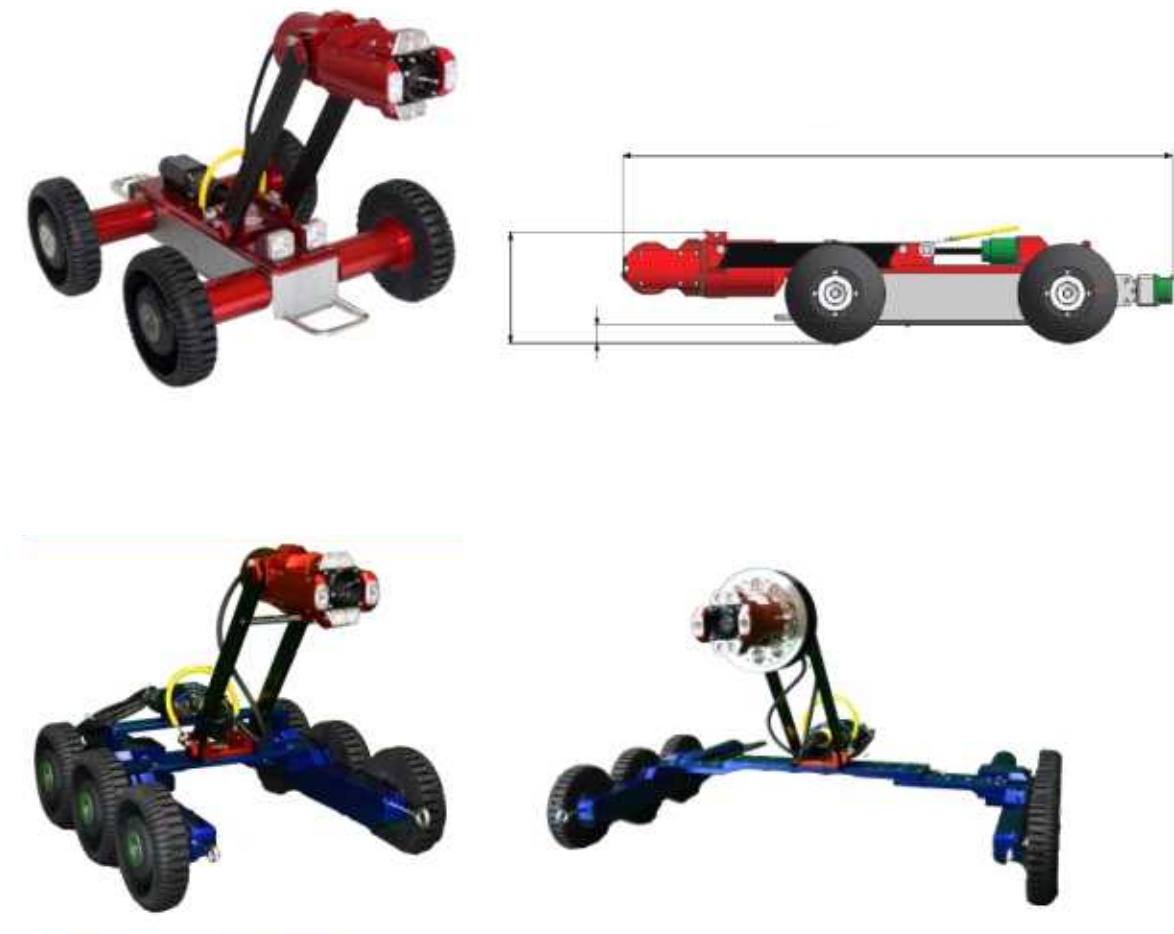
[그림 붙임-1] 커팅 로봇 및 보수차량

(2) 보강시트 부착 및 UV 경화 장치



나. 일본_TAP 주식회사

(1). CCTV 촬영 로봇



[그림 붙임-3] 대형 하수관 CCTV 촬영 로봇

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.