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

R&D / 17TBIP-C111276

하수관 누수로 인한 지반 함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수기술 개발 최종보고서

2018 . 02 . 23 .

주관연구기관 / 웅진고분자(주)
위탁연구기관 / 동부엔지니어링(주)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

R&D Report

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘하수관 누수로 인한 지반함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수기술 개발’(연구개발 기간 : 2016. 4. 27 ~ 2018. 1. 26) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2018. 02. 23.

주관연구기관명 : 웅진고분자(주) (대표자) 이 영 숙 (인)

위탁연구기관명 : 동부엔지니어링㈜ (대표자) 노 재 화 (인)

주관연구기관책임자: 김 광 선

위탁연구기관책임자: 송 헌 영

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17TBIP - C111276</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2017. 2. 27 ~ 2018. 1. 26</td><td>단계구분</td><td>(2차년도)/ (2차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술사업화 지원사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통안전기술사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">하수관 누수로 인한 지반함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수 기술 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">김 광 선</td><td>해당단계 참여 연구원 수</td><td>총: 10 명
내부: 10 명
외부: - 명</td><td>해당단계 연구개발비</td><td>정부: 148,000천원
기업: 100,000천원
정부 외: 천원
계: 248,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여 연구원 수</td><td>총: 20 명
내부: 20 명
외부: - 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 296,000천원
기업: 200,000천원
정부 외: 천원
계: 496,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">웅진고분자(주)</td><td colspan="2">참여기업명
위탁) 동부엔지니어링㈜</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명: 동부엔지니어링㈜</td><td colspan="2">연구책임자: 송 헌 영</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발 성과)

■ 대형 하수관 보수를 위한 자동화 시공장비 개발
- 대형 하수관 보수 공사시 투입되는 인력을 대체할 수 있는 자동화 시공장비를 개발하여, 관로내 유독가스로 인해 발생할 수 있는 산업재해(인명피해)를 예방함.
■ 친환경 지수재 성능개선
- 지수재 시공 후 팽창, 수축, 균열, 파손, 탈락이 발생하지 않도록 재료 성능을 개선하고, 환경 유해 물질이 검출되지 않도록 친환경성 원료를 사용하여 환경오염이 발생하지 않음.
■ 현장 적용성 검증을 통한 시공성능 확인
- 현장 시험 시공을 통해 자동화 보수장비의 시공 성능을 검증함.
- 파손 관 외부에 토양과 겔화 되어 시공되는 것을 확인할 수 있으며, 지반의 동공을 채워줘 지반침하를 예방할 수 있는 하수관 보수시스템임을 확인함.</td><td colspan="2">보고서 면수
76면</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td colspan="5">○ 연구 목적
노후 하수관로 누수로 인한 문제를 긴급 보수하여 지반침하를 예방할 수 있는 친환경 자동화 보수시스템 개발

○ 연구 내용
• 친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증
- 친환경 약액 성능 개선 및 공인시험기관 성능 검증
- 관경별 약액 최적 소요량 산출
- 팩커 및 자동 로봇 활용으로 약액 주입 성능 검증
• 대형 하수관로 자동화 시공 장비 개발
- 하수관 보수 자동 로봇 제작을 위한 시스템 설계
- 하수관 보수 자동 로봇 시제품 제작으로 현장 적용성 검증
• 자동화 시공 장비 사업화
- 디지털 정량 주입장치 개발
- 태양광 전원공급 시스템 개발
- 작업 효율 향상을 위한 전동 윈치 개발
- 현장 적용성 검토를 통한 경제성 분석, 사업화 계획 수립</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="5">• 친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증
- 시공 성능을 개선한 친환경 중점도 약액 개발
• 대형 하수관로 자동화 시공 장비 개발
- 800㎜이상 대형 하수관로 보수가 가능한 자동 로봇 개발
• 자동화 시공장비 사업화
- 보수 지원 차량 자동화 시스템 개선
- 경제성 분석을 통한 기술사업화 비즈니스 모델 작성</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">• 최근 사회적 이슈가 되고 있는 노후 하수관로 누수로 인한 지반함몰에 대하여 예방 유지보수가 가능하고, 보수 로봇을 통해 정밀시공이 가능함

• 대형 하수관로 보수시 맨홀 크기의 제한으로 인력이 시공할 수 밖에 없으나, 보수 로봇 개발을 통해 인력 대신 시공이 가능하여 산업재해로 인한 인명 피해를 예방 할 수 있음

• 친환경 중점도 약액 개발로 관 종, 관 형태에 상관없이 균열 및 손상부위를 보수할 수 있으며, 파손 관 외부 함몰된 지반의 공극에 샌드겔을 형성하여 침입수를 원천적으로 차단 하고, 하수처리 비용을 절감할 수 있음</td></tr>
<tr><td>핵심어
(5개 이내)</td><td>하수관</td><td>비굴착</td><td>지반함몰</td><td>예방</td><td>긴급복구</td></tr>
</table>

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ Purpose Development of Eco-friendly Automated Maintenance System to prevent ground subsidence by emergency recovery caused by leaks from old sewage pipes ○ Contents • Development and qualification of Eco-friendly Medium viscosity Liquid chemical - Improvement of Eco-friendly Liquid chemical performance and Verification from the authorized testing institute - Calculation of the optimum amount of Liquid chemical per pipe diameter - Verification of Liquid chemical input performance by using packer and automatic robot • Development of Automated construction equipment for large-scale sewage pipe - System design for Automatic robot production for Sewage pipe maintenance - Verification of Field application by prototype production of Sewage pipe maintenance automatic robot • Commercialization of Automated construction equipment - Development of Digital quantitative mix injection equipment - Development of Solar power supply system - Development of Electric winch to improve work efficiency - Economic analysis and Establishment of business plan by reviewing applicability in the field
Results	• Development and qualification of Eco-friendly Medium viscosity Liquid chemical - Development of Eco-friendly medium viscosity liquid chemical with improved construction performance • Development of Automated construction equipment for large-scale sewage pipe - Development of Automatic robot capable of repairing large-scale sewage pipe over 800mm • Commercialization of Automated construction equipment - Improvement of Automated system for Maintenance support vehicle - Creating the Technology commercialization business model through Economic analysis
Expected Contribution	• Preventive maintenance is possible for soil depressions caused by leaks from old sewage pipe which is becoming a social issue in recent years and Detailed construction is possible by using Automatic robot. • In case of the maintenance of large-scale sewage pipes, Builder can not construct due to the limitation of manhole size, Through the development of maintenance automatic robot can construct maintenance works instead of builder and it can prevent human damage from industrial accidents. • With the development of Eco-friendly medium viscosity liquid chemical, cracks and damaged areas can be repaired regardless of the types of pipe and tube. And it is possible to block the influent water by forming a sand gel on the pores of the ground that are located outside the damaged pipe. With this method, Sewage treatment cost can be reduced.

Keywords	Sewage	Trenchless	Soil depressions	Prevention	Emergency recovery

〈 Contents 〉

1. Overview ····· 11

2. Domestic and international technology developments ····· 16

3. Research contents and results ····· 22

4. Goal achievement and contributions related field ····· 61

5. Future Plan of R & D results ····· 64

6. Science and Technology Information Surveyed from Overseas ····· 70

7. Research and development achievements of security level ····· 72

8. Research Facility and Equipment ····· 73

9. Performance of Safety Measures ····· 74

10. Main result ····· 75

11. Etc ····· 76

12. Reference ····· 77

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 11

2. 국내외 기술 개발 현황 ····· 16

3. 연구 수행 내용 및 성과 ····· 22

4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 61

5. 연구개발성과의 활용계획 ····· 64

6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 70

7. 연구개발성과의 보안등급 ····· 72

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 73

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 74

10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 75

11. 기타 사항 ····· 76

12. 참고 문헌 ····· 77

〈 그림 차례 〉

<그림 1-1> 기존 하수관 부분 보수공법의 문제점 ····· 11
<그림 1-2> 지반함몰 사례 및 원인 분석(싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료) ····· 11
<그림 1-3> 기술개발 중점 추진사항 ····· 12
<그림 2-1> 작업자 질식사고 조사자료(한국산업안전보건공단 보도자료) ····· 12
<그림 2-2> 작업인력의 안전성 확보 필요 ····· 13
<그림 2-3> 대형 하수관 보수 자동화 시공장비 개발(Concept) ····· 13
<그림 2-4> 지반 동공을 채워주는 샌드겔 형성(테스트 베드) ····· 14
<그림 2-5> 태양광 전기 공급 시스템(Concept) ····· 14
<그림 3-1> 지수재 국산화 개발 추진 내용 ····· 25
<그림 3-2> UDRS수지(MSA-100형)의 경화물 모식도 ····· 25
<그림 3-3> 점도 측정 ····· 26
<그림 3-4> 비중 측정 ····· 27
<그림 3-5> 압축강도 시험 시편 제작 ····· 28
<그림 3-6> 압축강도 시험 ····· 28
<그림 3-7> 팽창률 시험 ····· 29
<그림 3-8> 수중 유실 저항성능 모식도 ····· 29
<그림 3-9> 수중 유실 저항성능 시험 ····· 30
<그림 3-10> 투수성능 시험 ····· 30
<그림 3-11> 지수재 충진 위치 ····· 32
<그림 3-12> 질식으로 인한 산업재해 발생 현황 ····· 33
<그림 3-13> 인력 시공을 대체할 자동화 시공 장비 개발 ····· 33
<그림 3-14> 자동화 시공장비 개요도 ····· 35
<그림 3-15> 자동화 시공장비 제작(Concept) ····· 35
<그림 3-16> 제작 도면 ····· 36
<그림 3-17> 제작 사진 ····· 36
<그림 3-18> 제작 도면 ····· 37
<그림 3-19> 제작 사진 ····· 37
<그림 3-20> 제작 도면 ····· 38
<그림 3-21> 제작 사진 ····· 38
<그림 3-22> 전동 윈치 개발 및 적용(Concept) ····· 39
<그림 3-23> 전동 윈치 종류 ····· 39

<그림 3-24> 전동 윈치 선정 및 제품사양 ····· 40
<그림 3-25> 전동 윈치 제작 도면 및 사진 ····· 40
<그림 3-26> 태양광 전기 공급 시스템 개발 및 적용(Concept) ····· 41
<그림 3-27> 태양광 전기 공급 시스템 개발 및 적용 모식도 ····· 42
<그림 3-28> 태양광 전기 공급 시스템 제작 도면 ····· 42
<그림 3-29> 충전 콘트롤러 및 태양광 모듈 ····· 43
<그림 3-30> 인버터 및 충전기 ····· 43
<그림 3-31> 태양광 전기 공급 시스템 설치 사진 ····· 44
<그림 3-32> 시험시공 사진 ····· 45
<그림 3-33> 보수성 및 충진성 시험결과 확인 ····· 46
<그림 3-34> 시험시공 사진 ····· 47
<그림 3-35> 보수성 및 충진성 시험결과 확인 ····· 47
<그림 3-36> 시험시공 현황 ····· 48
<그림 3-37> 보수성 및 충진성 시험결과 확인 ····· 49
<그림 3-38> 시험시공 현황 ····· 50
<그림 3-39> 보수성 및 충진성 시험결과 확인 ····· 50
<그림 3-40> 대형 하수관 관경별 총원가 분석(그래프) ····· 58
<그림 3-41> 관경 1000mm 총원가(부가세 포함) 분석(그래프) ····· 59
<그림 3-42> 관경 1000mm LCC 분석(그래프) ····· 60
<그림 5-1> 하수도 재정 세입 및 세출 현황(그래프) ····· 66
<그림 6-1> 커팅 로봇 및 보수차량 ····· 70
<그림 6-2> 보강시트 부착 및 UV 경화 장치 ····· 70
<그림 6-3> 대형 하수관 CCTV 촬영 로봇 ····· 71

〈 표 차례 〉

<표 1-1> 연구범위 및 수행방법 ····· 15
<표 2-1> 유사 연구과제 현황 ····· 16
<표 2-2> 유사 연구과제 중복도 검토 결과 ····· 16
<표 2-3> 유사 연구과제 중복성 및 차별화 방안 ····· 18
<표 2-4> 당사 보유 기술 정보 ····· 19
<표 2-5> 유사 특허 검색 키워드 ····· 19
<표 2-6> 유사 특허 목록 ····· 20
<표 2-7> 유사 특허 내용 검토결과 ····· 20
<표 2-8> 유사 신기술 내용 검토결과 ····· 21
<표 3-1> 최종성과 목표 및 성과지표 ····· 22
<표 3-2> 연구목표 및 주요 연구내용 ····· 23
<표 3-3> 연구 단계별 주요 연구활동 및 세부 추진내용 ····· 24
<표 3-4> 지수재 성능개선 목표 ····· 26
<표 3-5> 점도 시험 결과 ····· 27
<표 3-6> 비중 시험 결과 ····· 27
<표 3-7> 압축강도 시험 결과 ····· 28
<표 3-8> 팽창률 시험 결과 ····· 29
<표 3-9> 수중 유실 저항성능 시험 결과 ····· 30
<표 3-10> 투수성능 시험 결과 ····· 31
<표 3-11> 관경별 지수재 표준 소요량 ····· 32
<표 3-12> 관경별 지수재 표준 소요량 ····· 32
<표 3-13> 장비의 적용범위 ····· 34
<표 3-14> 장비의 요구성능 ····· 34
<표 3-15> 태양광 발전 장단점 ····· 41
<표 3-16> 시험시공 내용 ····· 45
<표 3-17> 보수성 및 충진성 시험결과 ····· 45
<표 3-18> 시험시공 내용 ····· 46
<표 3-19> 보수성 및 충진성 시험결과 ····· 47
<표 3-20> 시험시공 내용 ····· 48
<표 3-21> 보수성 및 충진성 시험결과 ····· 48
<표 3-22> 시험시공 내용 ····· 49

<표 3-23> 보수성 및 충진성 시험결과 ····· 50
<표 3-24> 주요 확인사항 및 사용기준 ····· 51
<표 3-25> 주요 확인사항 및 사용기준 ····· 54
<표 3-26> LCC 구성항목 및 세부 내용 ····· 55
<표 3-27> 수자원 시설 내용연수 ····· 55
<표 3-28> LCC 소비자 물가 상승률 및 은행 시중금리(한국은행) ····· 56
<표 3-29> 공법 비교 ····· 57
<표 3-30> 대형 하수 관경별 총원가 분석 ····· 57
<표 3-31> 관경 1000mm 총원가 분석(부가세 포함) ····· 58
<표 3-32> 관경 1000mm 총원가 분석(부가세 포함) ····· 59
<표 3-33> 관경 1000mm LCC 분석(보수 개소당) ····· 60
<표 4-1> 성과점검 기준표(총괄) ····· 61
<표 4-2> 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄) ····· 62
<표 5-1> 국내 하수관로 보급현황 ····· 65
<표 5-2> 노후 하수관 정밀조사 실시(현황) ····· 65
<표 5-3> 하수도 사업비 투자(현황) ····· 65
<표 5-4> 분야별 세계 물시장 규모 ····· 66
<표 5-5> 분야별 세계 물시장 규모 및 전망 ····· 66
<표 5-6> 개발기술 생산 능력 ····· 67
<표 5-7> 연도별 예상 매출액 ····· 68
<표 5-8> 국내외 발주처별 마케팅 전략 ····· 69

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

기존 하수관 비굴착 부분 보수공법은 보강시트를 함침하여 하수관 내부에 부착하는 공법으로 시간이 경과함에 따라 부착력 저하, 들뜸, 처짐, 누수 등으로 인한 지반함몰, 하천 및 지천(류) 오염, 토양오염 등 2차 피해가 발생 하였다. 또한 파손된 하수관 내부로 토양이 흘러 들어와 관 막힘으로 인해 지표면으로 하수의 분출로 주변 지역의 환경오염까지 발생 시키는 문제가 있었다. 이러한 하수관 비굴착 부분 보수공법의 문제점을 개선하고, 구조적인 안전과 시공성능 개선을 위해 지수재 주입공법을 개발 하고자 한다.



<그림 1-1> 기존 하수관 부분 보수공법의 문제점

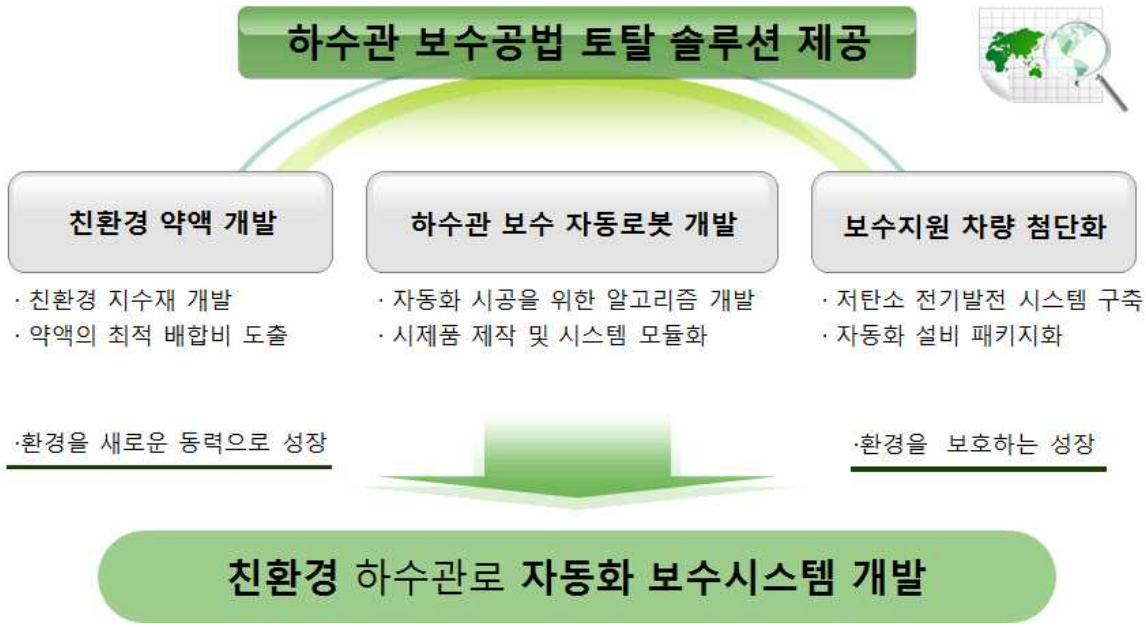
○ 최근 사회적 이슈로 도심지 지반함몰로 인해 인적·물적 피해 사례가 많이 발생하고 있다. 여러 가지 원인 분석이 있었지만, 노후 하수관의 누수로 인한 지반함몰이 주요 원인으로 도출 되었다. 서울시 지반 함몰 발생 원인 분석 자료를 보면 하수관 손상으로 인한 지반 함몰이 전체 84%를 차지하는 것을 확인할 수 있다.

○ 노후 하수관 누수로 인해 유실된 토사의 공극을 채워주고, 하수관 누수를 정밀하게 차단할 수 있는 지수재 충진공법을 개발 하고자 한다. 이를 통해 지반함몰도 예방할 수 있을 것으로 판단한다.



<그림 1-2> 지반함몰 사례 및 원인 분석(싱크홀 진단과 대책 정책 토론회 자료)

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



<그림 1-3> 기술개발 중점 추진사항

2. 연구개발의 필요성

가. 대형 하수관 보수용 자동화 보수장비 개발

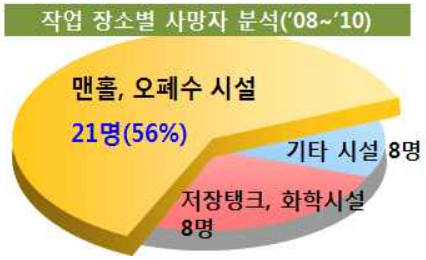
○ 800mm 이상 대형 하수관 보수 공사 시 맨홀의 크기 제한 등으로 작업 인력이 직접 투입하여 보수를 진행해야 하므로, 관로 내 악취 및 유해가스로 인한 중독, 많은 양의 하수로부터 작업자의 안전이 보장되지 않는 문제점이 있다. 따라서 이러한 산업재해로 인해 발생할 수 있는 인명피해를 최소화 하기 위해 대형 하수관 자동화 보수장비 개발이 필요하다.

○ 한국산업안전공단 질식과 관련된 산업재해 통계 자료를 보면 맨홀, 오폐수 시설에서의 사망자가 전체의 56%를 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다.



질식 재해 발생건수('08~'10)

구분	계	2008년	2009년	2010년
사망자수	37	14	12	11
부상자수	14	6	3	5



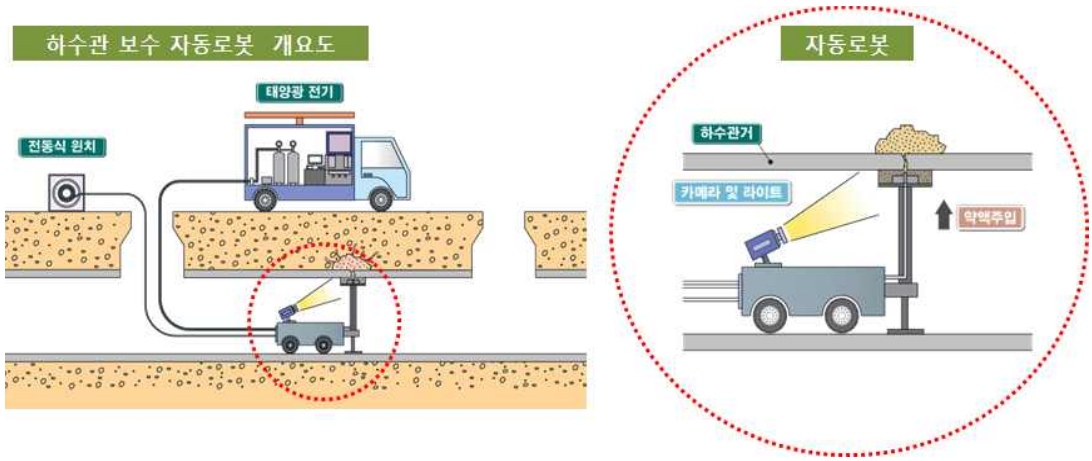
<그림 2-1> 작업자 질식사고 조사자료(한국산업안전보건공단 보도자료)

상기와 같이 대형 하수관 비굴착 부분 보수 공사의 경우 맨홀의 크기의 제한으로 대형 팩커를 제작하여 투입할 수 없어, 아래 그림에서와 같이 인력이 직접 투입되어 시공을 할 수 밖에 없는 실정이다. 이 경우 하수관으로 작업자가 투입하다 유독가스 질식 등의 산업재해 발생 위험이 잔존하고 있다. 이러한 문제점 개선을 위해 대형하수관 보수 공사시 인력을 투입하지 않고, 지상에서 원격제어가 가능한 보수장비 개발이 필요하다.



<그림 2-2> 작업인력의 안전성 확보 필요

○ 시공성능을 향상시키고 균질한 품질확보를 위해 자동화 시공 장비 개발이 필요하다.



<그림 2-3> 대형 하수관 보수 자동화 시공장비 개발(Concept)

나. 암거, 차집관로, 맨홀 등 수압이 많이 발생되는 곳의 보수를 위한 중점도 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 중점도 지수재 개발이 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 동공도 채울 수 있는 기술개발이 필요한 실정이다.

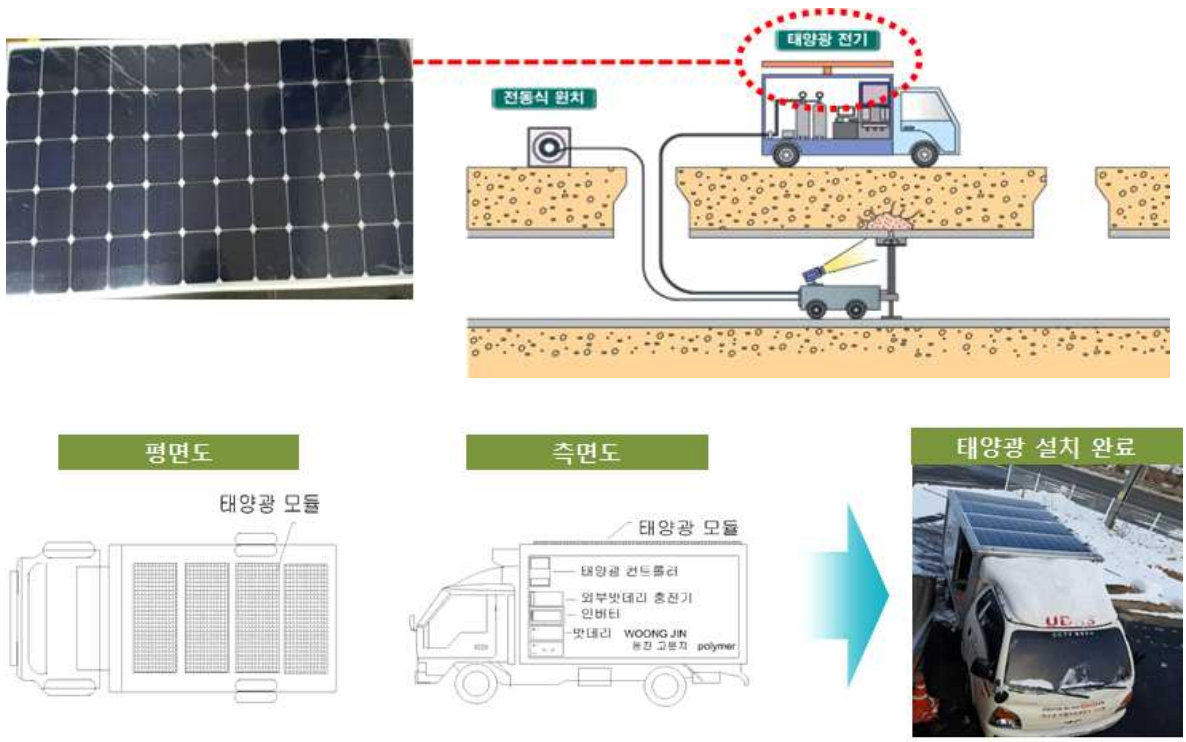
하수관 파손부위에 지수재를 충진하여 관 외부의 토양과 샌드겔을 형성하고, 하수관 누수로 인해 유실된 토양의 공극을 밀실하게 채움으로써 지반침하를 예방할 수 있다.



<그림 2-4> 지반 동공을 채워주는 샌드겔 형성(테스트 베드)

다. 친환경 전기 공급 시스템 개발

○ 기존 보수 차량 전기 공급 시스템은 차량의 공회전으로 배터리를 충전하여 사용하는 방식으로 이산화탄소 발생 및 유해물질로 인해 대기오염의 문제가 많이 발생 되었다. 이를 개선하기 위해 태양광 전기 공급 시스템을 개발 하고자 한다. 태양광 전기 공급 시스템으로 대기오염을 최소화 할 수 있을 것이며, 지속적으로 개발하여 활성화 한다면 친환경 녹색 건설 기술에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 2-5> 태양광 전기 공급 시스템(Concept)

3. 연구개발 범위

<표 1-1> 연구범위 및 수행방법

연구범위	연구 수행방법(이론적・실험적 접근방법)
친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	• 실내시험을 통한 지수재 성능 개선 및 검증 – 하수관 보수 지수재 개발 배경 – 지수재 성능개선 목표 수립 – 지수재 물성 검증(국가공인 KOLAS 인증기관 등) • 지수재 최적 소요량 산출 – 관경별 지수재 표준 소요량 산출을 위한 지수재 충진량 분석
대형 하수관 자동화 시공장비 개발	• 대형 하수관 자동화 시공장비 시스템 설계 및 알고리즘 개발 – 선행 기술 동향 분석 – 기존 기술의 문제점 분석을 통한 개발방향 정립 – 자동화 시공 장비 구현방식, 프로세스 검토 • 대형 하수관 자동화 시공 장비 시제품 개발 – 시공 장비 개발을 제작 도면 작성 – 브레인스토밍을 통한 개선사항 도출 – 제작 컨셉 설정 및 제작 • 작업 효율성을 위한 전동 윈치 개발 – 윈치 사용범위 설정 및 제작 도면 작성 – 브레인스토밍을 통한 개선사항 도출 – 제작 컨셉 설정 및 제작 • 친환경 전기 공급 시스템 개발(태양광) – 시공 장비 개발을 제작 도면 작성 – 브레인스토밍을 통한 개선사항 도출 – 제작 컨셉 설정 및 제작
자동화 시공장비 사업화	• 테스트 베드 – 현장 적용계획 수립 – 보수성, 충진성 검증(한국화학융합시험연구원) • 현장 적용성 및 시공기준 검토 – 현장 적용성 평가에 따른 보완사항 도출 – 시공품질 향상을 위한 방안 정립 • LCC분석 – 원가분석을 통한 경제성 검토 – LCC기술동향 분석 및 구성 항목 선정 – 분석을 위한 기본가정 설정

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 관련 분야의 국내·외 연구동향

가. 국가연구개발사업 유사연구 검토

국토교통과학기술진흥원 및 국가과학기술지식정보지식서비스 홈페이지 검색을 통해 유사연구를 검토하였으며, 유사 연구 검색 결과는 다음과 같다.

<표 2-1> 유사 연구과제 현황

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
환경부	환경정책기반공공기술개발사업	하수관로 누수에 기인하는 지반침하(공동) 탐지 및 평가기법 개발	2.35	2014 ~2016
환경부	차세대에코이노베이션기술개발사업	하수관거 상태평가 DB 표준화 및 레이져 탐사 시스템 개발	4.25	2011 ~2016
중소기업청	산학연공동기술개발	하수관거 탐사/측정을 위한 지능형로봇시스템 개발	0.34	2008 ~2009
환경부	차세대핵심환경기술개발	하수관망 최적 관리를 위한 통합하수관거 유지관리 시스템 개발	1.96	2006 ~2007

○ 중복도 검토 결과는 다음과 같음

<표 2-2> 유사 연구과제 중복도 검토 결과

1. 하수관로 누수에 기인하는 지반침하(공동)탐지 및 평가기법 개발	
내 용	• 하수관거 누수탐지를 위한 비파괴 물리탐사 기술 동향 분석 • 하수관 누수지역 상부지반 GPR탐사 및 국내 하수관거 매설 매질의 다양한 지반조건, 매설심도, 매설관 크기 등에 따른 GPR탐사 적용성 분석 • 지반침하(싱크홀) 진단용 하수관로 CCTV 중심축 고정용 보조장치 개발 • 지반침하(싱크홀) 진단용 하수관로 CCTV 긴급조사 보고서 작성 • GPR 탐사결과와 주변지반 특성을 고려한 GPR 적용범위/프로그램 적용항목 도출 • 하수관로로 인한 싱크홀(지반침하) 예측을 위한 GPR탐사 절차서 작성 • 열화상을 이용한 CCTV 긴급조사 보고서 작성 프로그램 개발 • GPR과 하수관로 CCTV 조사 결과를 활용한 지반침하(싱크홀) 진단 프로그램 및 관련 지침서 작성
검 토	• 지반침하(싱크홀) 진단용 하수관로 CCTV 개발을 연구목적으로 하고 있어 연구 중복도가 없음

2. 하수관거 상태평가 DB 표준화 및 레이져 탐사 시스템 개발	
내 용	• 하수관거 표준 DB 프로토콜을 개발하여 조사자에게는 표준기입양식을 제공하며, 관리자에게는 하수관거 상태 및 성능 DB에 대한 리스크 점수를 등급화 하도록 제공 • DB의 표준코드 개발은 기존 CCTV조사방식 DB 뿐만 아니라 파노라마 CCTV조사방식의 DB의 표준체계화를 실현하며 지자체 관리시스템에 연계 • 하수관거 상태 및 성능 DB점수의 집계는 하수관망의 리스크(서비스)등급분류를 실현 • 국내 실정에 맞는 노후화 추이분석을 실시하여 장기적으로 노후화 모델을 지속적으로 보정 개발 • 레이져 프로파일링 시스템을 개발하여 연성관 변형률 및 퇴적토량 등에 대한 수치적 결과를 자동 산출하도록 개발 • 일반 CCTV 탐사영상과 파노라마 방식의 탐사영상에서 취득된 결함항목 데이터를 수치적으로 정량화 산출
검 토	• 하수관거 자산관리시스템에 연계하여 활용하도록 하여 사후적 유지관리에서 예방적 유지관리 체계로 변모하기 위한 공학적 분석모듈을 개발 • 본 과제와의 중복도는 없으나 본 과제 사업시 노후관로 유지보수에 관한 조사를 위한 방법으로 참고 가능

3. 하수관거 탐사/측정을 위한 지능형로봇시스템 개발	
내 용	• 관거 탐사로봇을 이용한 배관의 파손 및 함몰 정도의 측정기술 개발 • 관거 탐사로봇을 이용한 하수관의 구배(경사도)측정기술 개발 • 관거 탐사로봇을 이용한 하수관거 내 삽입된 가지관의 위치 및 삽입각도 측정기술 개발
검 토	• 관거 탐사로봇을 이용하여 하수관의 파손 및 함몰정도를 측정하는 연구로 유지보수에 관한 본과업과의 중복도는 없음

4. 하수관망 최적 관리를 위한 통합하수관거 유지관리 시스템 개발	
내 용	• 관망해석 프로그램 정비 및 하수관망 D/B구축기술 개발 • 현장 자료 모니터링 기술 개발, 선진기술도입 • 개발될 프로그램의 입력, 출력 자료교환 Diagram 완료 • 현장 실무자 운영자와의 수요분석과 연계방안 • 시스템 메뉴구성 완료 • 최적화 인자도출 및 정리/AZ260/-세부프로그램 개발 • 폐쇄관로의 대안 선택 및 운영방안확립
검 토	• 구역구분 관망해석을 통하여 문제관을 유추, 유추된 문제관을 개·보수함으로써 하천의 수질을 개선하는 연구로 유지보수와 관련된 본 과업과는 중복도가 없음

나. 사업화과제의 차별화 방안

<표 2-3> 유사 연구과제 중복성 및 차별화 방안

<table>
<tr><th>주요내용</th><th>타 과제명</th><th colspan="4">중복성 및 차별화 방안</th></tr>
<tr><td rowspan="8">하수관 누수로 인한 지반함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수기술개발</td><td rowspan="2">하수관로 누수에 기인하는 지반침하(공동)탐지 및 평가기법 개발</td><td>중복없음</td><td>연계가능</td><td>고도화</td><td>중복됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 지반침하(싱크홀) 진단용 하수관로 CCTV 개발
• 본 제안 기술은 하수관로 비굴착 부분보수 공법으로 차별성이 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하수관거 상태평가 DB 표준화 및 레이저 탐사 시스템 개발</td><td>중복없음</td><td>연계가능</td><td>고도화</td><td>중복됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 사후적 유지관리에서 예방적 유지관리체계로 변모하기 위한 공학적 분석모듈을 개발
• 본 제안 기술은 이론적인 연구단계가 아닌 사업화 단계로 차별성이 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하수관거 탐사/측정을 위한 지능형로봇시스템 개발</td><td>중복없음</td><td>연계가능</td><td>고도화</td><td>중복됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 관거 탐사로봇을 이용하여 하수관의 파손 및 함몰정도를 측정하는 연구
• 본 제안 기술은 하수관의 부분 보수를 통해 함몰 위험의 지반을 보강하는 관점에서 차별성이 있음
• 본 과제로 개발된 자동화 시스템과 연계하여 사전 탐사를 통한 예방 보수개념으로 적용하면 시너지가 있을 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하수관망 최적 관리를 위한 통합하수관거 유지관리 시스템 개발</td><td>중복없음</td><td>연계가능</td><td>고도화</td><td>중복됨</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 구역구분 관망해석을 통하여 문제관을 유추하는 연구로 본 제안 기술에서는 장비 개발이 주 목적임
• 본 과제로 개발된 자동화 시스템을 적용하여 향후 하수 관망도를 유지관리하는데 적용하면 시너지가 있을 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

2. 국내외 관련 기술 특허 및 선행 기술 조사

가. 당사 보유 기술 정보

<표 2-4> 당사 보유 기술 정보

명칭	등록번호	등록일	기술개요
저점도 UDRS 수지(MSA-100형)와 충진 지수용 굴절식 팩커를 이용한 하수관거 비굴착 부분보수공법(UDRS공법)	신기술 제714호	보호기간: 2013.11.29 ~ 2021.11.28	· 파손된 하수관거의 부분보수시공이 요구되는 소형, 중·대형의 모든 하수관거에 파손, 균열, 부식, 어긋남, 이완, 이음부, 분기부, 단차부 등에 발생된 불량 및 결함부위에 지수재인 저점도 UDRS수지(MSA-100형) 와 다기능성 무보강 충진 지수용 굴절식 팩커시스템을 이용하여 보수 및 보강시공이 동시에 가능하게 한 기술
매설관의 보수시스템	10-0981706	2010.09.06	· 매설관 내부의 손상발생 부분을 보다 견고하고 확실하게 보수하기 위한 보수방법 및 보수시스템
충진지수용 굴절식 팩커	10-0942260	2010.02.05	· 하수관, 암거, 지중관로 등의 매설관 내부를 보수하는 데 이용되는 팩커에 관한 것
분기관의 유출수 및 유입수 차수공법	10-0915425	2009.08.27	· 분기관과 메인관 사이의 균열 및 누수된 부분을 반영구적으로 밀봉함으로써 분기관을 통과하는 유출수 및 유출수의 누설을 확실하게 차단할 수 있는 차수공법
맨홀과 관 사이의 밀봉방법	10-0509516	2005.08.12	· 맨홀의 개구와 연결되는 하수관과의 유격된 공간에 실링액과 경화재를 주입하여 밀봉시켜 하수관내 오폐수가 외부로 유출되거나 지하지반의 하수나 우수가 맨홀의 내부로 유입되는 것을 방지

나. 조사 기준

본 특허발명들은 “하수관거의 비굴착부분보수공법을 위한 보수방법 및 보수시스템”에 관한 것으로, 『하수관 보수』, 『비굴착』 등을 키워드로 선정하고, 검색된 관련특허를 조사하여, 본 특허발명과 동일 또는 유사한 구성요소, 구조 및 조성에 관한 자료의 존재 유무를 검토 하였다.

○ 검색 키워드(keyword)는 다음과 같음

<표 2-5> 유사 특허 검색 키워드

하수관 보수	· 하수관 보수, drain pipe repair, sewer pipe, waste pipe
비굴착	· 비굴착, non-excavation, non-excavating, non-digging, no-digging

다. 주요 검토 대상 특허기술 조사 결과

1) 주요 유사 특허 목록

<표 2-6> 유사 특허 목록

구분	문헌번호	출원인	명칭
1	한국등록특허 0407553	이정희	비굴착식 하수관 보수기
2	한국등록특허 1245258	테크노밸리 주식회사	하수관의 본관과 가지관이 연결된 부위를 보수하기 위한 비굴착 하수관 보수 방법 및 장치
3	한국등록특허 0100472	테크노밸리 주식회사	일체형 3실 독립 팽창식 보수장치 및 이를 이용한 비굴착식 하수관 라이닝 공법
4	한국등록특허 0009559	정영진	하수관 유지보수 장치
5	한국등록특허 0414994	구산건설(주)	비굴착식 하수관 보수용 패커

2) 주요 유사 특허 내용 검토 결과

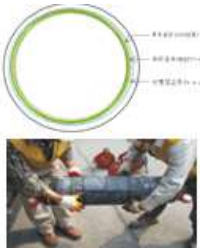
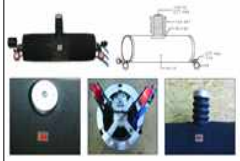
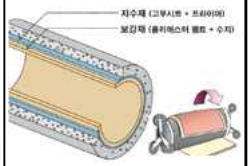
<표 2-7> 유사 특허 내용 검토결과

구분	검토결과
1	· 한국등록특허 「제0407553호」는 튜브 표면에 보수액을 도포하고 팽창후 보수부위에 부착하는 기존 비굴착식 하수관 보수기의 튜브 밴드에 관한 것으로, 손상부위에 차수제 및 경화제를 압출시켜 보수하는 본 특허발명인 충진지수용 굴절식 팩커와는 근본적인 차이가 있음
2	· 한국등록특허 「제1245258호」는 하수관의 보수부위에 보수재를 부착하는 비굴착 하수관 보수방법에 관한 것으로, 손상부위에 차수제 및 경화제를 압출시켜 보수하는 본 특허발명과 차이가 있음
3	· 한국등록특허 「제0100472호」는 팽창식 보수장치 및 이를 이용한 라이닝 공법에 의한 비굴착식 하수관 보수방법에 관한 것으로, 손상부위에 차수제 및 경화제를 압출시켜 보수하는 본 특허발명과 차이가 있음
4	· 한국등록특허 「제0009559호」는 하수관의 내부를 회전 플레이트로 청소, 몰타르로 유지보수하는 하수관 유지보수 장치에 관한 것으로, 손상부위에 차수제 및 경화제를 압출시켜 보수하는 본 특허발명과 차이가 있음
5	· 한국등록특허 「제0414994호」는 보수시트를 첨착시키는 비굴착식 하수관 보수 팩커에 관한 것으로서, 손상부위에 차수제 및 경화제를 압출시켜 보수하는 본 특허발명과 차이가 있음

라. 기타 신기술 조사 결과

기타 신기술 검토 결과 하수관거의 비굴착 부분보수 공법은 공기의 주입에 따라 튜브가 팽창하고 하수관의 크랙부위에 밀착하여 튜브에 부착되어 있는 보강시트를 파손관 부위에 부착하는 방식이 대부분이다. 당사가 개발한 지수재 충진으로 차수층 확보 및 외부 토양과 샌드겔을 형성하여 누수를 원천적으로 차단하는 보수공법은 없다.

<표 2-8> 유사 신기술 내용 검토결과

구분	당사 보유기술	기타 신기술			
	건설신기술 제714호	건설신기술 제783호	건설신기술 제492호	건설신기술 제401호	환경신기술 제53호
기술명	UDRS공법	SRPS공법	ALPS공법	MPL공법	MSRS공법
개요도					
공법	• 지수재 충진 • 굴절식 팩커 사용	• 보강시트 함침 및 부착 • 비굴절식 팩커 사용			
장단점	• 지수 충진공법으로 통수 단면적 확보가 가능하여 하수의 흐름이 원활함 • 관 외부 샌드겔 형성으로 누수 차단이 우수하고 지반 침하 예방이 가능함 • 관 종, 관 형태와 상관없이 시공성능이 우수함	• 보강시트 부착 공법으로 시간이 경과 할수록 보강시트 탈락, 처짐, 들뜸 현상 발생 • 보강시트를 관 내부에 부착하므로 통수 단면적이 좁아져 하수의 흐름도 방해하지만, 이로 인해 하수가 보강시트와 본관 사이로 침투하여 하자가 발생함 • 파형강관, 곡선관, 분기관, 단차 부위 등에는 시공이 어려워 품질이 저하됨			

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발 목표

가. 최종성과 목표 및 성과지표

<표 3-1> 최종성과 목표 및 성과지표

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
총괄	A	친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	A-1	약액 성능 검증	①	점도	10% 향상	실내실험	공인성적서	2.0	웅진고분자	80	특허 출원 : 1건 등록 : 건 논문 : 건 시제품 : 신기술 신청 : 건 S/W : 건
					②	압축강도	0.5N/㎟ 이상	실내실험	공인성적서	2.0			
					③	시험기준	시험기준 만족	실내실험	공인성적서	2.0			
			A-2	특허	①	특허	1건	특허출원	특허출원서	2.0	웅진고분자	6	
	B	대형 하수관로 자동화 시공장비 개발	B-1	시공장비 개발	①	시제품 개발	1건	개발여부	개발사진	4.0	웅진고분자	235	특허 출원 : 1건 등록 : 건 논문 : 건 시제품 : 1건 신기술 신청 : 1건 S/W : 건
					②	특허	1건	특허출원	특허출원서	2.0			
			B-2	시공장비 현장 적용	①	현장적용	2건	적용여부	현장사진	4.0	웅진고분자 동부ENG	115	
	C	자동화 시공장비 사업화	C-1	경제성 분석	①	LCC 분석	공사비 20% 절감	전문가 검증	보고서	2.0	동부ENG	60	특허 출원 : 건 등록 : 건 논문 : 건 시제품 : 건 신기술 신청 : 건 S/W : 건
계										20		496	특허 출원 : 2건 등록 : 건 논문 : 건 시제품 : 1건 신기술 신청 : 1건 S/W : 건

2. 연구계획

가. 연차별 연구목표 및 주요 연구내용

<표 3-2> 연구목표 및 주요 연구내용

연차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	• 실내시험을 통한 중점도 친환경 약액 성능 개선 및 검증 • 약액(지수제, 경화제)의 최적 배합비 도출
	대형 하수관 자동화 시공장비 개발	• 자동화 시공을 위한 시스템 설계 및 알고리즘 개발 • 자동화 시공 장비 시제품 개발 • 작업 효율성을 위한 전동 윈치 개발 • 친환경 전기 공급 시스템 개발(태양광)
	자동화 시공장비 사업화	• 1차 시험 시공 • 현장 적용성 및 시공기준 검토 • 원가계산 작성
2차년도	친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	• 테스트베드 현장 적용을 통한 지수재 성능검증
	대형 하수관 자동화 시공장비 개발 친환경 자동화 장비 시스템 개발	• 자동화 시공장비 시제품 현장 적용을 통한 문제점 발굴 및 개선사항 도출 • 시제품 보완 및 추가 개발 검토 • 작업 효율성을 위한 전동 윈치 현장 적용 및 보완 • 친환경 전기 공급 시스템(태양광) 현장 적용 및 보완
	자동화 시공장비 사업화	• 2차 시험 시공 • 공사시방서 작성 • 원가계산 및 LCC 분석 보고서 작성

나. 단계별 세부 추진내용

<표 3-3> 연구 단계별 주요 연구활동 및 세부 추진내용

기간	단계별 주요 연구활동	세부 추진내용
1단계 (2016.04 ~2017.02)	친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	• 약액(지수제, 경화제) 성능 개선 • 최적 배합비 결정 • 적정 주입량 검토 • 실내 물성 실험을 통한 효과 검토
	대형 하수관 자동화 시공 장비 시제품 개발 및 현장 적용 연구	• 자동화 시공장비 설계 및 알고리즘 개발 • 일정량 주입을 위한 장비 구성 검토 • 자동화 시공을 위한 시공 장비 시작품 개발 • 작업 효율성을 위한 전동 윈치 개발
	자동화 시공장비 사업화 (1차 현장 적용성 검토)	• 1차 현장 적용성 및 시공기준 검토 • 시험 시공 실시 및 개선사항 검토 • 단계별 투입 비용 및 원가 계산
2단계 (2017.03 ~2018.01)	1차 현장 적용성 검토결과 보완	• 시험 시공 결과를 반영한 장비 개선 • 친환경 전기 공급 시스템 개발(태양광)
	2차 시험 시공	• 시험 시공 실시 및 개선사항 검토
	현장 적용 결과 분석	• 현장 적용성 검토 • 시험 시공과 추적 조사 결과를 토대로 시공 기준 마련 및 시방서 작성 • 경제적, 사회적, 환경적 효과 분석 수행
	사업화계획	• 원가계산 및 LCC 분석보고서 작성 • 하수관 유형별 최적보수를 고려한 사업화계획
	건설신기술 신청	• 특허와 시험시공, 원가계산, LCC분석 내용을 바탕으로 한 건설신기술 보고서 작성 및 신청
	최종보고서 작성	• 실내 실험 결과 정리 • 시공 장비 개발 및 현장 적용성 검토 내용 • 공사시방서

3. 연구수행내용

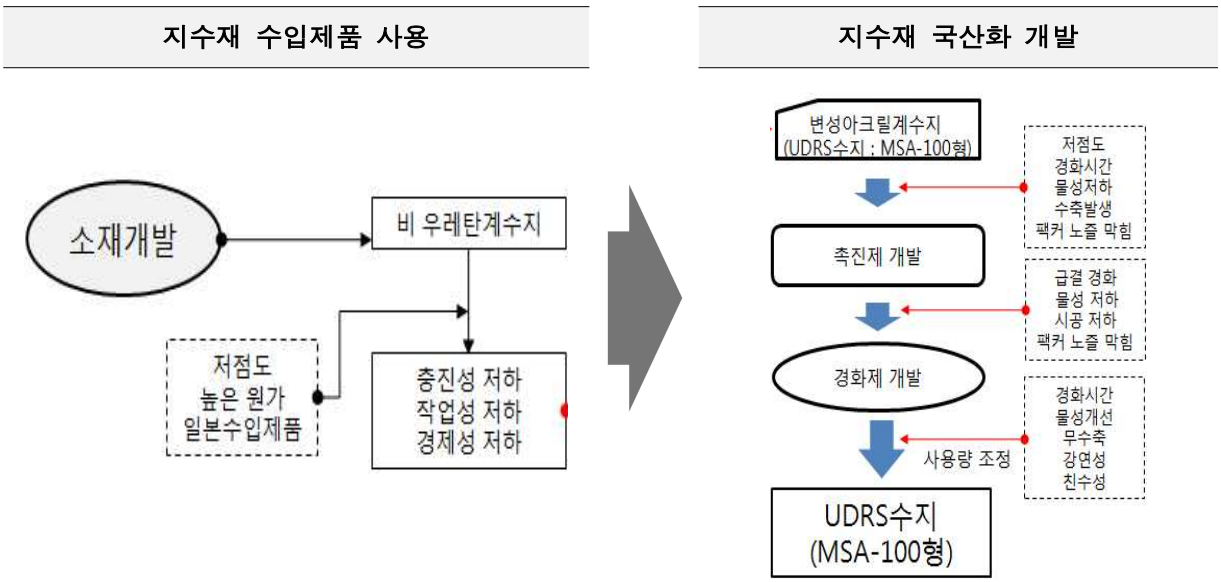
가. 친환경 중점도 지수재 개발

1) 하수관 보수 지수재 개발 배경

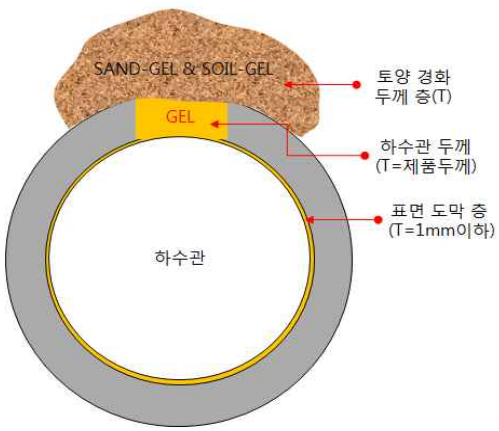
비굴착 하수관 부분 보수공법의 기존 기술은 관 내부에 보강시트를 부착하는 공법으로 하수의 흐름으로 인해 시간이 경과하면서 탈락, 들뜸, 처짐 현상이 발생하는 문제점이 있다.

○ 보강시트의 문제점을 개선하기 위해 당사는 1999년 창립 이후부터 지수재 충진 공법을 개발하기 시작하였으며, 2001년 일본에서 수입한 비우레탄계 수지를 사용하여 일부 현장에 시험 적용하였으나, 국내 하수관의 종류, 시공상태, 유지관리의 차이로 인해 충진성 부족, 접착력 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 3-1> 지수재 국산화 개발 추진 내용



■ 저점도 UDRS수지(MSA-100형) 지수 충진 모식도

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

<그림 3-2> UDRS수지(MSA-100형)의 경화물 모식도

2) 지수재 성능 개선

저점도 UDRS수지(MSA-100형)는 개발 후 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 좋게하고, 시공품질을 높이기 위해 지수재의 점도를 10%이상 향상시킨 중점도 친환경 지수재를 개발 하였다.

<표 3-4> 지수재 성능개선 목표

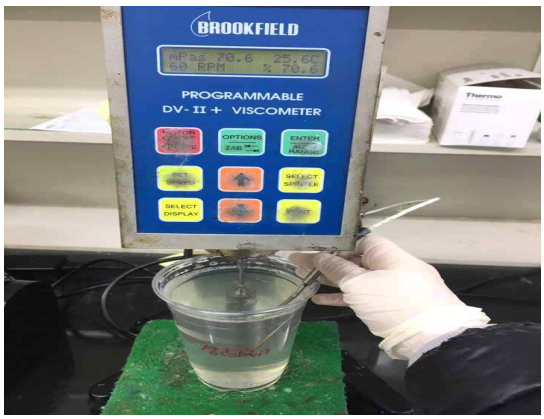
구분			기존 지수재	성능 개선 목표 값	비고
지수재 물성 (점도 개선)	점도	주제	21.0±2.0 mPa·s	10% 이상 증가	KS M ISO 2555 : 2002
		경화제	25.0±2.0 mPa·s	10% 이상 증가	
	비중	주제	1.0±0.1	동일	KS M ISO 2811-1 : 2011
		경화제	1.0±0.1	동일	
	압축강도		0.5 N/㎟ 이상	동일	KS L 5105 : 2007
	팽창률		팽창률 1.0% 이하	동일	KS F 2433 : 2014
친환경성	어류독성		이상없음	동일	KS I 3217
	경구독성		이상없음	동일	식품의약품안전청

3) 지수재 성능 검증

가) 점도

○ 시험기기 : Brookfield Viscometer(Brookfield, USA)

○ 시험방법 : KS M ISO 2555 : 202(플라스틱-액상, 현탁상 또는 분산상의 수지-브룩필드법에 의한 겉보기 점도의 측정)에 따라 점도를 측정한다.(주제 : LV1, 30 r/min, 경화제 : LV1, 60 r/min)



<그림 3-3> 점도 측정

시험 결과 : 주제, 경화제 점도 개선 목표 값 10%이상 증가에 만족함

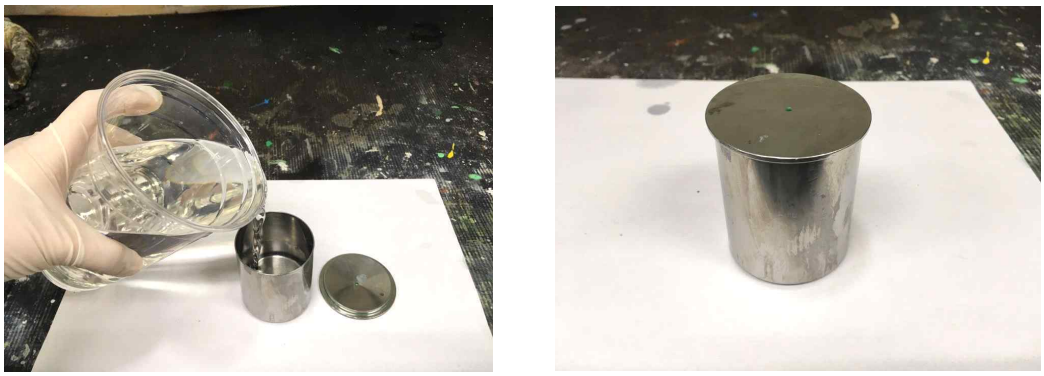
<표 3-5> 점도 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
점도	mPa·s	주제	24	25	24	24	OK
		경화제	28	27	28	28	OK

나) 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 3-4> 비중 측정

○ 시험 결과 : 주제, 경화제 비중 목표 값을 만족함

<표 3-6> 비중 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
비중	-	주제	1.10	1.08	1.11	1.10	OK
		경화제	1.02	1.01	1.02	1.02	OK

다) 압축강도

시험기기 : 만능재료시험기(INSTRON, 5kN)

○ 시험방법 : 하수관 보수 약액을 주제와 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 3-5> 압축강도 시험 시편 제작




<그림 3-6> 압축강도 시험

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

<표 3-7> 압축강도 시험 결과

시험항목	단위	구분	결과 값				비고
			X1	X2	X3	평균	
압축강도	N/㎟	1일	0.54	0.56	0.50	0.53	OK
		3일	0.58	0.61	0.58	0.59	
		7일	0.62	0.60	0.62	0.61	

라) 팽창률

시험기기 : 메스실린더(용량 : 1000ml, Korea)

○ 시험방법 : 하수관 보수 약액을 주제와 경화제의 비율을 1:1(질량비)로 혼합하여 물을 채운 메스실린더에 넣은 후 KS F 2433 : 2014(주입 모르타르의 블리딩률 및 팽창률 시험방법)에 준하여 초기 물의 높이와 24시간 경과 후 물의 높이 차를 계산하여 팽창률을 측정한다.



<그림 3-7> 팽창률 시험

○ 시험 결과 : 팽창률 0% 로 목표 값을 만족함

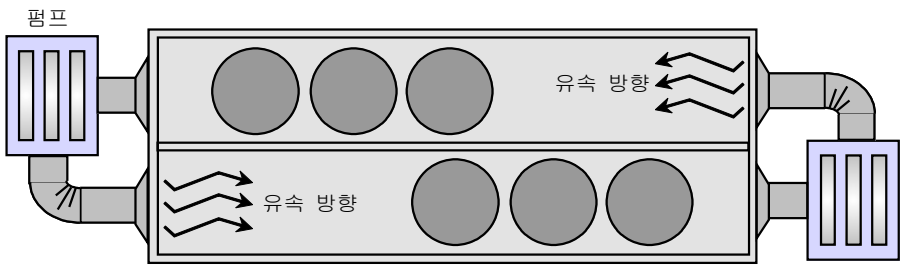
<표 3-8> 팽창률 시험 결과

시험항목	단위	결과 값				비고
		X1	X2	X3	평균	
팽창률	%	0	0	0	0	OK

마) 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 3-8> 수중 유실 저항성능 모식도




<그림 3-9> 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.

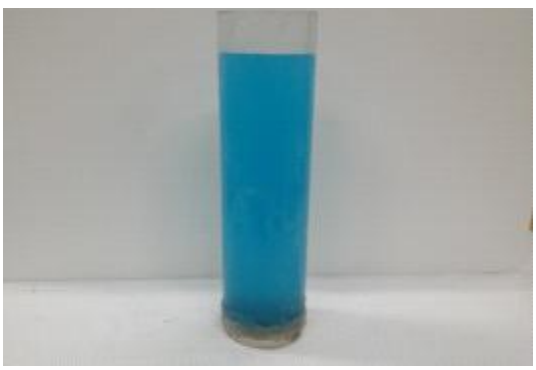
<표 3-9> 수중 유실 저항성능 시험 결과

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

바) 투수성능

○ 시험기기 : 아크릴 투수관

○ 시험방법 : 본 시험은 흡투수 몰드(내경 : ∅100 X 50mm)에 누수 보수재를 시공한 후 7일간 양생 시킨다. 양생이 끝난 시험체는 ∅100 X 1000mm 아크릴 관을 시험체 상부면에 고정하고 자연수압으로 투수 여부를 확인한다.

<그림 3-10> 투수성능 시험

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

<표 3-10> 투수성능 시험 결과

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

사) 친환경성

(1) 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

(2)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

3) 지수재 최적 소요량 산출

가) 관경별 지수재 표준 소요량 산출

○ UDRS수지(MSA-100형)를 이용한 지수재 충진 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.

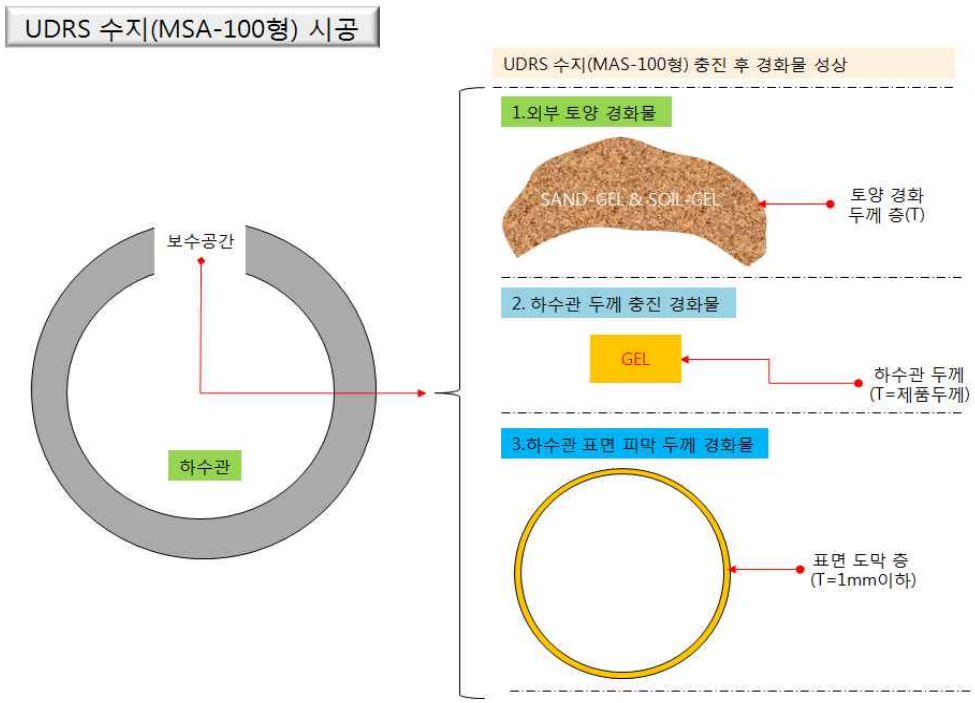
○ UDRS수지(MSA-100형) 재료인 주제와 경화제를 각각의 보관용 탱크에 일정한 양을 저장하여 일정한 주입 압력을 통해 1:1의 비율로 정량 주입할 수 있게 하여 과부족 상태가 되지 않게 하였다.

○ 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 3-11〉 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 충진 위치에 따라 산출근거를 기준으로 관경별 지수재 표준 소요량을 산출할 수 있다.



〈그림 3-11〉 지수재 충진 위치

〈표 3-12〉 관경별 지수재 표준 소요량

지수재 충진 위치	체적 산출근거 (단위:mm)	위치별 체적 (단위:㎤)	계 (단위:㎤)	지수재 소요량 (단위:kg)
1. 외부토양 경화물	• 200X200X100	4,000	4,832	4.8kg
2. 하수관 두께 충진	• ∅: 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

나. 대형 하수관 자동화 시공장비 개발

1) 자동화 시공을 위한 시스템 설계 및 알고리즘 개발

가) 기술개발 방향

800mm 이상의 대형 하수관 보수를 위한 대형 팩커 제작은 가능하나 맨홀 크기가 제한되어 있어 작업 인력이 팩커를 분리하여 맨홀내 진입한 후 하수관 내에서 재조립해서 시공해야 하는 공정이 발생한다.

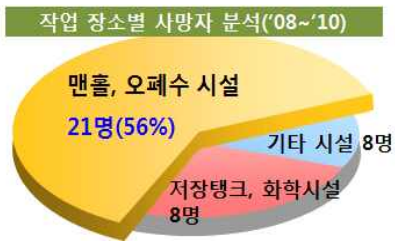
○ 대형 하수관 보수시 타사 기술은 대형 팩커를 분해, 조립의 공정을 거쳐 관 내부에 시트를 부착하는 공법으로 진행되나, 당사 기술은 팩커의 제작 없이 인력이 직접 보수 위치를 확인하고 약액을 주입할 수 있는 기술을 보유하고 있어 시공 성능이 우수하다.

○ 대형 하수관 보수는 팩커를 사용하거나 사용하지 않거나 무조건 인력이 투입 되므로, 관로내 유해가스, 악취 등으로 작업자가 질식 위험에 노출될 수 있고 많은 양의 하수가 있을 경우 작업자의 안전이 보장되지 않으므로 이를 개선할 수 있는 기술개발이 필요하다.



질식 재해 발생건수('08~'10)

구분	계	2008년	2009년	2010년
사망자수	37	14	12	11
부상자수	14	6	3	5



<그림 3-12> 질식으로 인한 산업재해 발생 현황

○ 대형 하수관 보수시 작업인력을 투입하지 않고, 보수할 수 있는 자동화 보수 장비 개발을 추진



<그림 3-13> 인력 시공을 대체할 자동화 시공 장비 개발

나) 장비 적용기준 및 적용범위 설정

<표 3-13> 장비의 적용범위

적용기준	적용범위
분야	• 대/ 중/ 소 분야 : 토목/ 상하수도/ 하수관 보수
공법	• 대형관 하수관 비굴착 부분보수공법(자동화 시공 장비)
규격	• 800mm 이상 대형 하수관
관종	• 콘크리트관, PE관, PVC관, 주철관, 파형강관
관거	• 직선관, 곡선관, 이음관, 분기관, 단차 부위
자재	• UDRS수지(MSA-100) 주제, 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 : 5~10년

다) 자동화 시공 장비 요구 성능을 통한 시스템 설계

대형 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 3-14> 장비의 요구성능

구분	요구성능(Input)	시공 장비 시스템(Output)
구성	• 대형관 보수가 가능한 시공 장비	• 경량화, 내구성이 중요
시공성	• 시공 공정 간소화 • 위치, 고정, 충진 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 • 관경에 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

라) 자동화 시공장비 알고리즘

자동 보수 로봇 장치는 매설된 하수관의 내부 벽을 따라 이동이 가능한 구조로 만듦

○ 기존 CCTV탐지, 인력시공의 분리된 공정을 하나의 시스템으로 개선하여 공정을 축소함

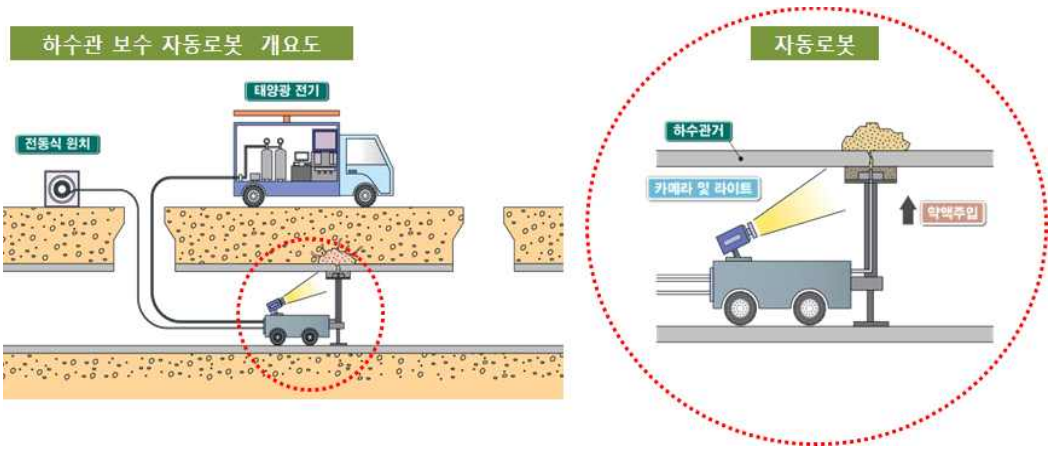
○ 보수 로봇은 구동축을 손쉽게 조절하고 바퀴는 탄성체로 구성하여 구조적 안정성을 높임

○ 실린더와 서포터는 하수 관경에 따라 길이 조절이 가능하여 범용적으로 사용이 가능함

○ 정해진 보수 위치에 로봇이 이동되면 실린더와 서포터를 고정하여 지수재 충진을 준비함

○ 보수 지원 차량의 디지털 정량 주입 시스템을 적용하여 지수재를 충진하고 보수를 완료함

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



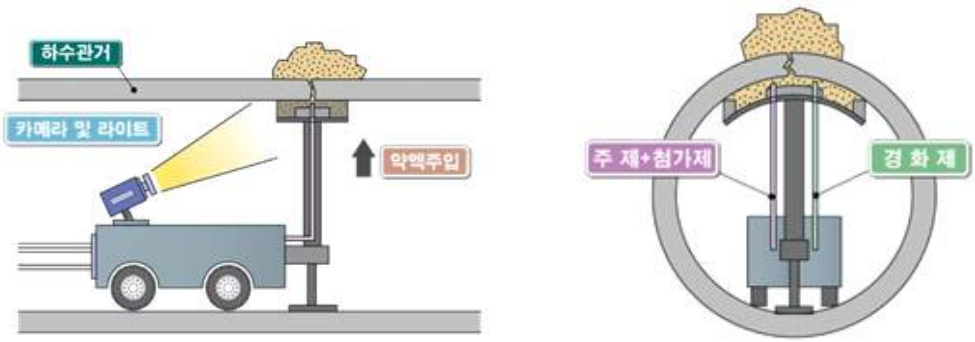
<그림 3-14> 자동화 시공장비 개요도

2) 대형 하수관 자동화 보수장비 시제품 제작(지수재 주입장비)

가) 개요

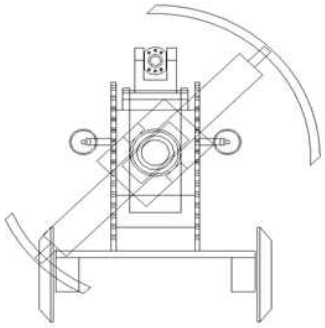
○ 800mm 이상 대형 하수관 보수 시 작업 인력이 투입되어 보수를 진행하므로, 관로내 악취 및 유해가스로 인한 중독, 많은 양의 하수로부터 작업자의 안전이 보장되지 않아 하수관 보수 자동 로봇을 제작하고자 한다.

○ 개발 장비는 로봇 구동 몸체, 관경에 따라 상· 하· 좌· 우 조절이 가능한 구동축, 보수위치 확인 CCTV약액 주입 호스 및 실린더, 로봇 제어 장치로 구성되어 있다.

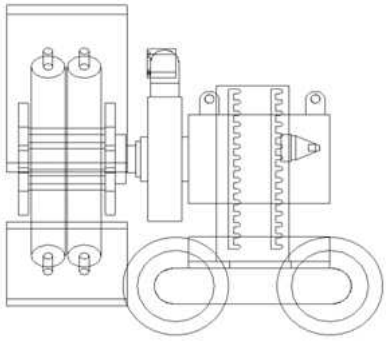


<그림 3-15> 자동화 시공장비 제작(Concept)

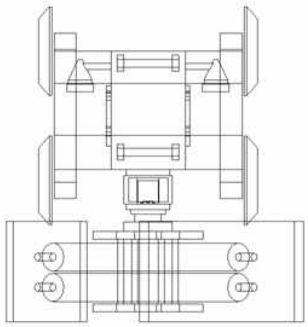
나) 제작 도면 및 사진



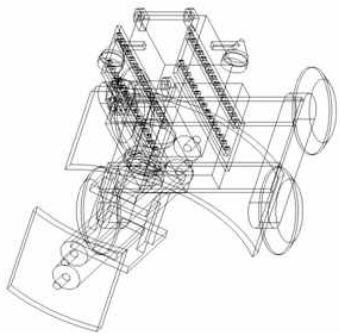
a. 정면도



b. 측면도



c. 평면도



d. 투시도

<그림 3-16> 제작 도면

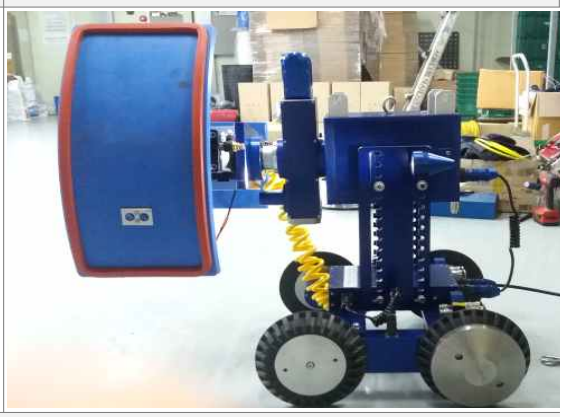


e. 실린더 정착 장치



f. 모니터링 시스템



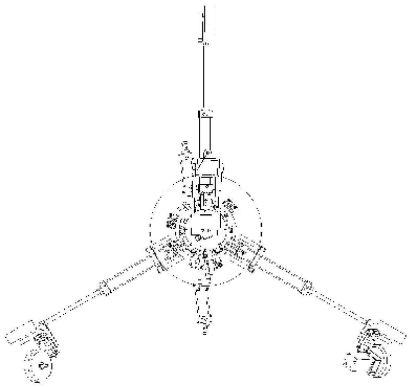


g. 자동화 시공 장비 제작 완료

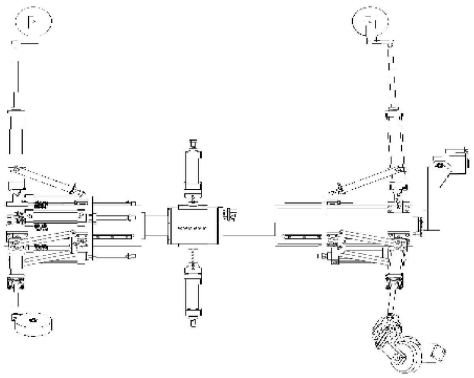
<그림 3-17> 제작 사진

3) 대형 콘크리트 하수관 자동화 보수장비 시제품 제작(지수재 및 몰탈 주입 혼용장비)

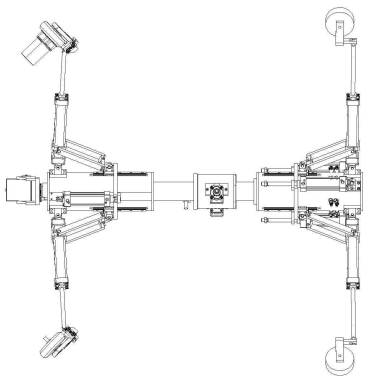
가) 제작 도면 및 사진



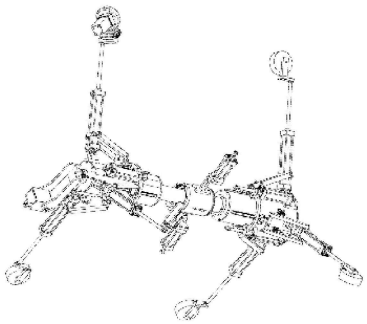
a. 정면도



b. 측면도



c. 평면도



d. 투시도

<그림 3-18> 제작 도면



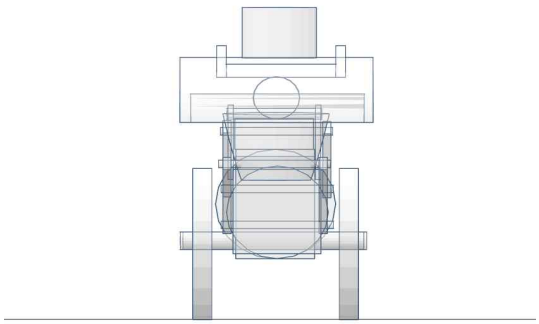


e. 시공 장비 제작 완료

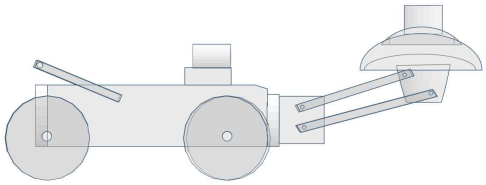
<그림 3-19> 제작 사진

4) 소형 분기관 자동화 보수장비 시제품 제작

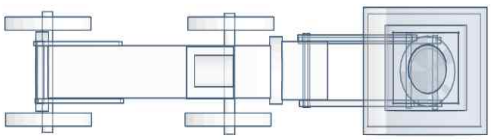
가) 제작 도면 및 사진



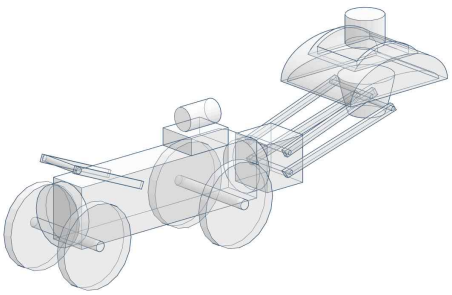
a. 정면도



b. 측면도



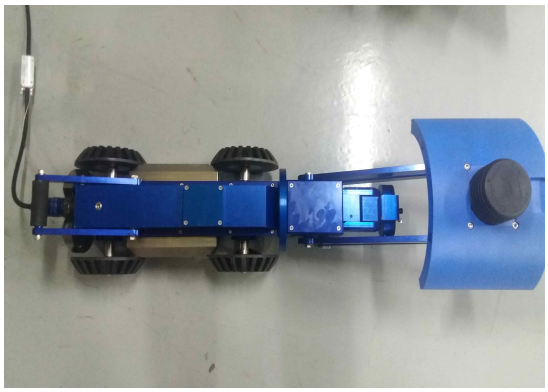
c. 평면도



d. 사시도

<그림 3-20> 제작 도면





e. 시공 장비 제작 완료

<그림 3-21> 제작 사진

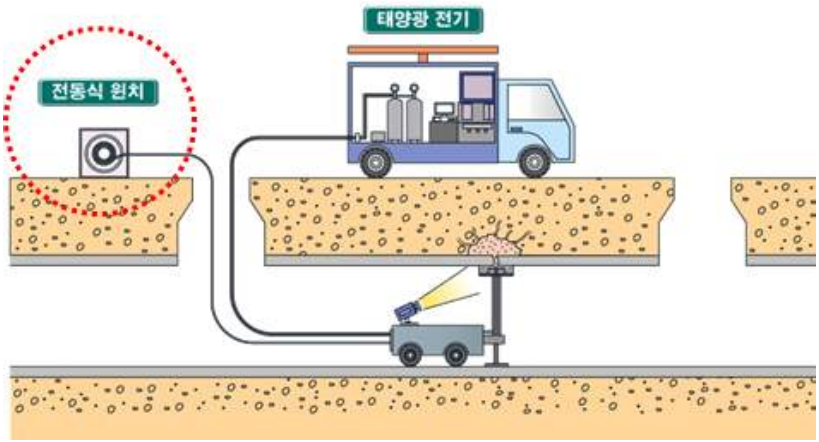
5) 친환경 자동화 장비 시스템 개발

가) 작업 효율성을 위한 전동 윈치 개발

(1) 시공 장비 개발(안)

현재 보수 팩커는 인력을 이용 이동시켜 보수 시공하므로 도로 등 위험한 곳에서 작업자의 안전과 효율을 향상시키기 위한 전동 윈치의 개발이 필요하다.

○ 장비 개발을 위해 개략적인 시공 개발(안)을 작성하였고, 장비 개발 시 활용할 수 있다.



<그림 3-22> 전동 윈치 개발 및 적용(Concept)

(2) 기술동향 분석

○ 국내외에는 다양한 업체에서 윈치 제품을 생산하고 있다.

○ 그러나 하수관 보수 시 협소한 도로 작업환경, 하수관 보수 로봇 투입 시 필요한 충분한 와이어 길이 등 하수관 보수 작업 환경에 맞는 윈치는 없는 것으로 조사 되었다.

○ 따라서 협소한 도로환경에도 작업이 가능하고 작업자의 의존도를 낮추어 생산성 및 작업자의 안전성을 향상시키는 장비개발이 필요한 실정이다.

		
a. 전동윈치	b. 수동윈치	c. 윈치 크레인

<그림 3-23> 전동 윈치 종류

(3) 장비의 설계 및 제작

하수관 보수 로봇을 자동으로 이동 시킬 수 있는 윈치 선정

	- 당기는 힘 : 3500 lbs / 1588kgs - 모터: 12V : input : 2.4kw/3.2HP output : 1.0kw/1.3HP 24V : input : 2.9kw/3.9HP output : 1.2kw/1.6HP - 기어비: 170 : 1 - 와이어: Ø7/32" X 42" (Ø5.4mm X 12.8m) - 볼트치수: 3.13"(79.5mm) 2-M8 - 자중: 21.3 lbs(9.6 kgs)
a. 차량용 전동윈치	b. 제품사양

<그림 3-24> 전동 윈치 선정 및 제품사양

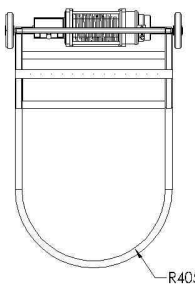
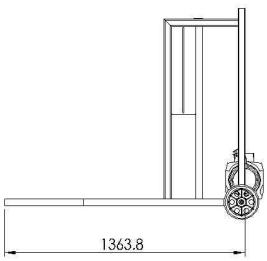
○ 시공 장비 개발에 필요한 디자인 및 도면을 제작하여 시공에 반영

○ 하수관 맨홀 상단부에 전동윈치를 거치하여 하수관 보수 로봇의 하중을 지탱하는 거치대 제작

○ 하수관연장을 고려하여 와어어 길이(100m) 연장 설치 제작

○ 이동 시 작업이 가능하도록 220V 충전 방식과 자동차 배터리를 이용하여 작업이 가능한 방식으로 제작

○ 작업 시 이동이 가능하도록 장비 본체에 바퀴 부착

	
a. 평면도	b. 측면도
	
c. 제작 사진	d. 윈치 작동 시험

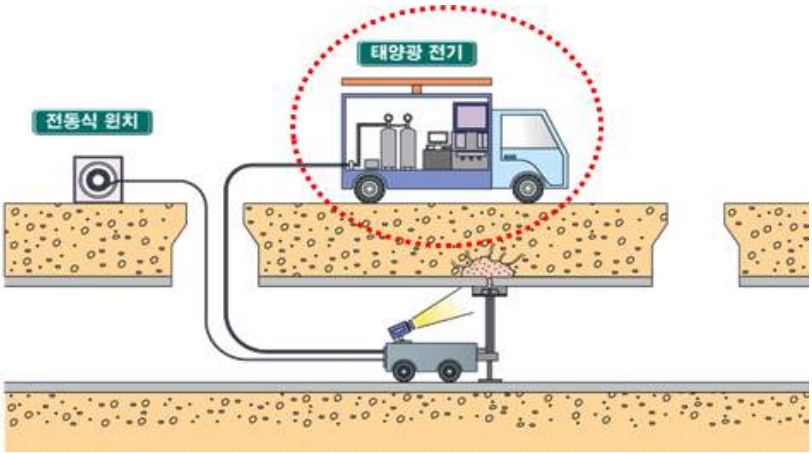
<그림 3-25> 전동 윈치 제작 도면 및 사진

6) 친환경 전기 공급 시스템 개발(태양광)

가) 시공 장비 개발(안)

현장 작업 시 이동식 발전기 또는 자동차 전지를 인버터에 연결하여 220V로 전환시켜 사용함 따라서 전기 충전을 위한 자동차 공회전으로 유해가스가 발생하고 유해가스로 인한 작업자의 건강과 환경에 좋지 않은 문제점이 발생하므로 문제점 해결을 위해 기술을 개발 하였다.

○ 장비 개발을 위해 개략적인 시공 개발(안)을 작성하였고 장비 개발 시 회의 자료로 활용 하였다.



<그림 3-26> 태양광 전기 공급 시스템 개발 및 적용(Concept)

나) 기술동향 분석

○ 국내외에는 다양한 업체에서 태양광 제품을 생산하고 있으며 태양광 업체는 총 28,900여개, 제품은 총 44,100여개가 존재함 (ENF SOLAR 데이터 참고)

○ 제품은 크게 태양광 모듈, 인버터, 콘트롤러 등으로 구성

○ 태양광 모듈 : 태양으로부터의 에너지를 전기에너지로 변환

○ 인버터(전력변환장치) : 태양전지 모듈에서 생산된 직류 전기를 교류전기로 변환

○ 콘트롤러 : 전류의 역방향흐름을 방지하고 과충전을 방지하는 것

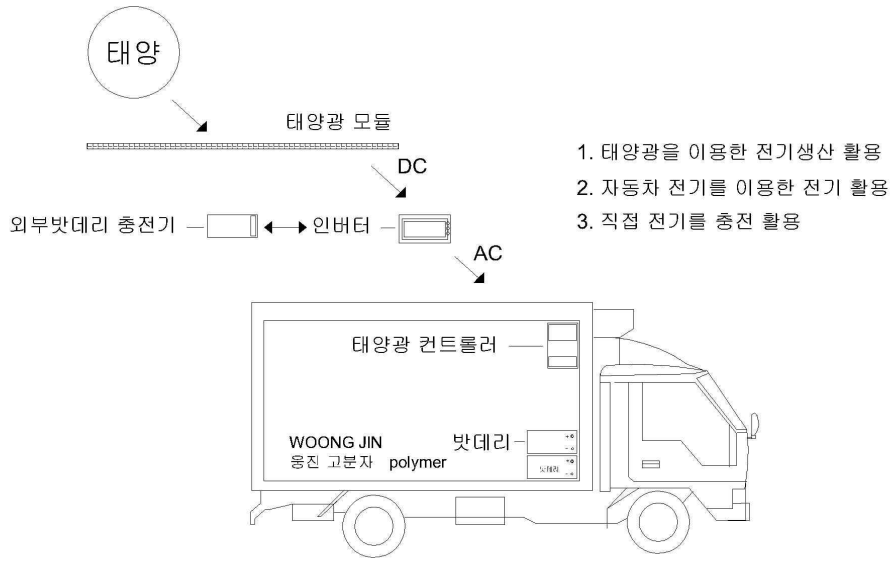
○ 태양광 발전의 장/단점을 비교 검토하여 사업 적용성을 검토

<표 3-15> 태양광 발전 장단점

장 점	단 점
• 에너지원이 방대하고 비 고갈 • 무공해 에너지원 • 여러 가지 발전 규모로 이용 가능 • 햇빛이 있는 곳이라면 어느 곳 이나 설치 가능	• 태양 빛의 에너지 밀도가 적음 • 기상 조건, 설치 장소에 의해 발전량이 변함 • 축전 기능이 없어 별도의 밧데리 필요 • 에너지 밀도가 낮아 많은 수의 태양전지 및 공간이 필요함

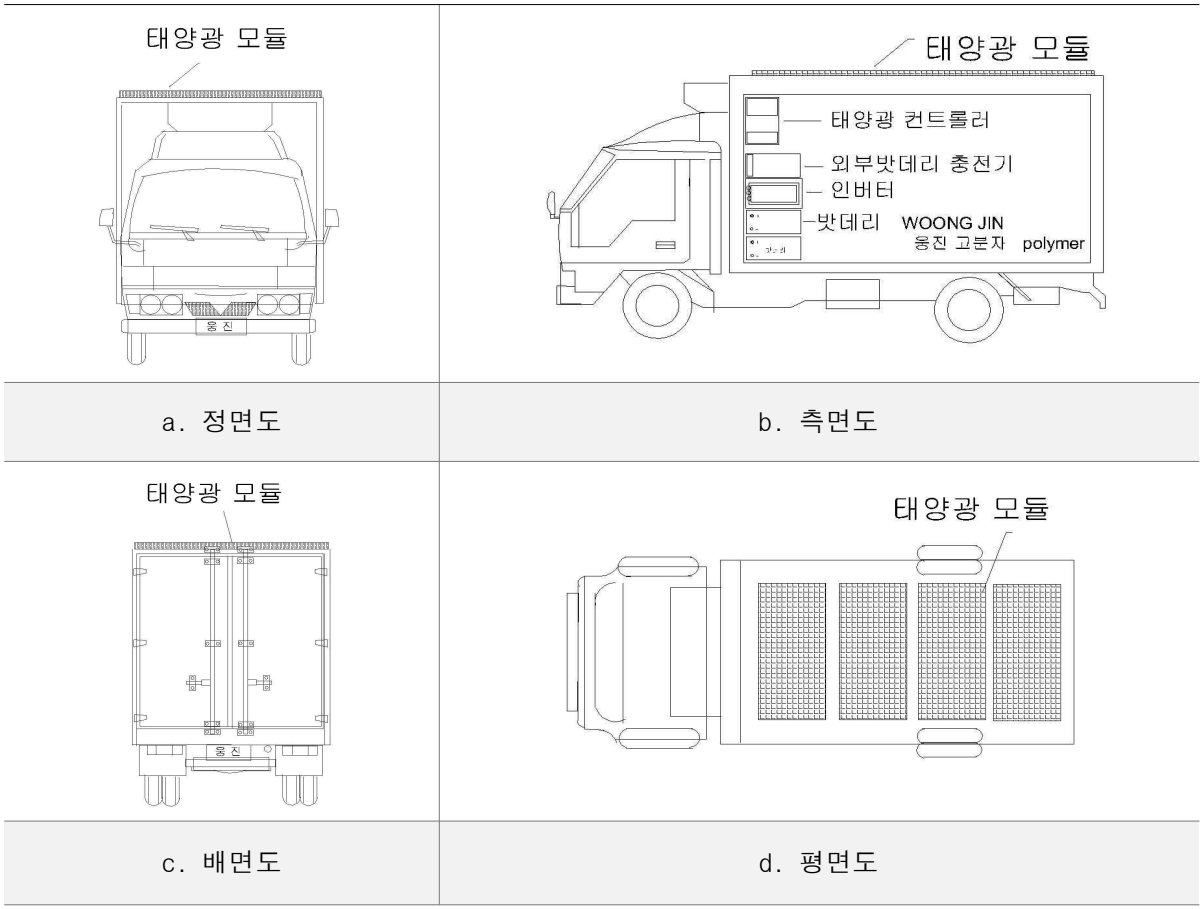
다) 장비의 설계 및 제작

작업 환경 여건에 맞게 활용 가능하도록 태양광 모듈을 이용한 전기 생산 방식, 자동차 전지를 이용한 방식, 직접 전기를 충전하는 방식으로 개발하여 작업차량에 설치 계획 하였다.



<그림 3-27> 태양광 전기 공급 시스템 개발 및 적용 모식도

○ 시공 장비 개발에 필요한 디자인 및 도면을 제작하여 시공에 반영 하였다.



<그림 3-28> 태양광 전기 공급 시스템 제작 도면

태양광 모듈의 효율 산정 식에 따라 같은 용량의 모듈일 경우 크기가 작은 것이 효율이 높으므로 면적 대비 용량이 큰 태양광 모듈을 선정 하였다.

효율 = (모듈의 용량 / (모듈의 면적 X 1,000)) X 100(%)



a. 태양광 충전 콘트롤러



b. 태양광 모듈

<그림 3-29> 충전 콘트롤러 및 태양광 모듈

○ 모듈에서 태양광을 전기로 변환할 때 전기는 직류인데 이것을 일반적으로 사용하는 전기형태인 교류로 변환시켜주는 것이 인버터임. 이러한 전기형태 변환과정에서 발생하는 손실(변환효율) 최소화를 고려하여 인버터를 선정 하였다.



a. 인버터



b. 충전기

<그림 3-30> 인버터 및 충전기

장비 제작 사진





a. 제작 및 시공





b. 설치





c. 설치 전후 비교

<그림 3-31> 태양광 전기 공급 시스템 설치 사진

다. 자동화 시공장비 사업화

1) 현장 적용성 검토

가) 대형 하수관 지수재 주입장비(1차 시험시공)

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

○ 시공일자 : 2017년 1월 6일(금) ~ 1월 7일(토)

○ 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), ㈜지성하이테크, ㈜에스쓰리, 한국화학융합시험연구원

○ 시험시공 내용

<표 3-16> 시험시공 내용

구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
대형 하수관	D900mm 콘크리트 흄관	자동화 시공 장비	보수성, 충진성 확인



a. 콘크리트 흄관 매설



b. 파손 및 이음 부위



c. 시험 시공 준비



d. 장비 진입 및 보수위치 확인



e. 실린더 고정 및 지수재 주입



f. 지수재 주입 확인

<그림 3-32> 시험시공 사진

○ 시험결과 : 보수성 및 충진성 시험결과 시공성능이 우수함

<표 3-17> 보수성 및 충진성 시험결과

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

보수성



a. 보수 전(파손부위)



b. 보수 후(파손부위)



c. 보수 전(이음부위)



d. 보수 후(이음부위)

충진성



e. 약액 충진



f. 샌드겔 형성

<그림 3-33> 보수성 및 충진성 시험결과 확인

나) 소형 하수관 지수재 주입장비(1차 시험시공)

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

○ 시공일자 : 2017년 1월 6일(금) ~ 1월 7일(토)

○ 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), ㈜지성하이테크, ㈜에스쓰리, 한국화학융합시험연구원

○ 시험시공 내용

<표 3-18> 시험시공 내용

구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
소형 하수관	D400mm PE관	굴절식 보수팩커	보수성, 충진성 확인



a. PE관 매설



b. 파손 부위



c. 팩커 진입



d. 약액 주입

<그림 3-34> 시험시공 사진

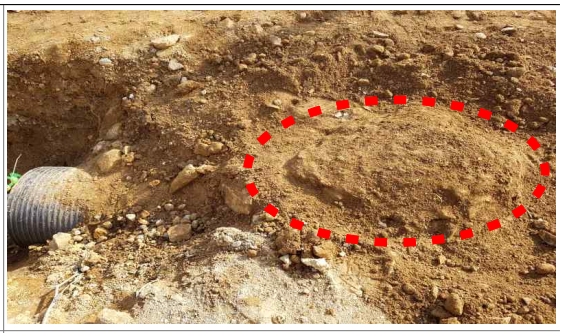
시험결과 : 보수성 및 충진성 시험결과 시공성능이 우수함

<표 3-19> 보수성 및 충진성 시험결과

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



a. 보수성



b. 충진성(샌드겔 형성)

<그림 3-35> 보수성 및 충진성 시험결과 확인

다) 대형 하수관 지수재 및 몰탈 주입장비(2차 시험시공)

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

○ 시공일자 : 2017년 11월 23일(목)

○ 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), ㈜에스쓰리, ARF산업기술연구원

○ 시험시공 내용

<표 3-20> 시험시공 내용

구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
대형 하수관	D900mm 콘크리트 흄관	자동화 시공 장비	보수성, 충진성 확인



a. 콘크리트 흄관 매설



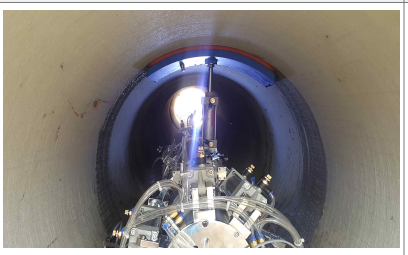
b. 파손 및 이음 부위



c. 시험 시공 준비



d. 장비 진입 및 보수위치 확인



e. 실린더 고정 및 지수재 주입



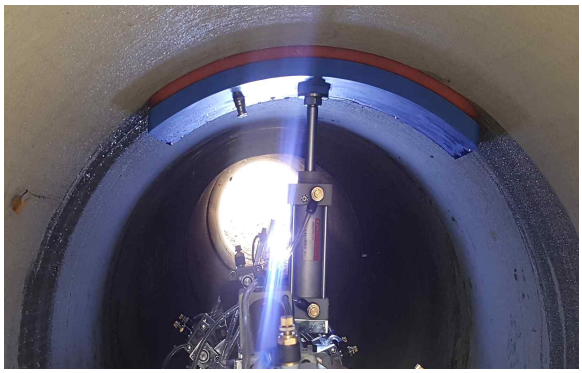
f. 지수재 주입 확인

<그림 3-36> 시험시공 현황

○ 시험결과 : 보수성 및 충진성 시험결과 시공성능이 우수함

<표 3-21> 보수성 및 충진성 시험결과

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

보수성	
	
a. 보수 전(파손부위)	b. 보수 후(파손부위)

충진성	
	
a. 약액 충진	b. 겔 형성

<그림 3-37> 보수성 및 충진성 시험결과 확인

라) 소형 분기관 지수재 주입장비(3차 시험시공)

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

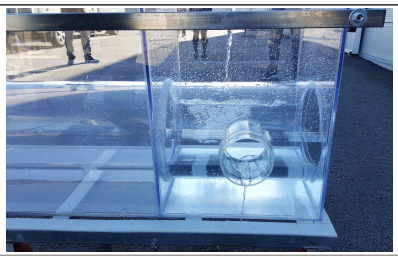
- ❍ 시공일자 : 2017년 12월 27일(수)
- ❍ 참석 : 웅진고분자(주), 동부엔지니어링(주), ㈜에스쓰리, ARF산업기술연구원, 서울과학기술대학
- ❍ 시험시공 내용

<표 3-22> 시험시공 내용

구분	관 종류	보수방법	보수 성능 확인
소형 분기관	아크릴 모형 분기관	자동화 시공 장비	보수성, 충진성 확인



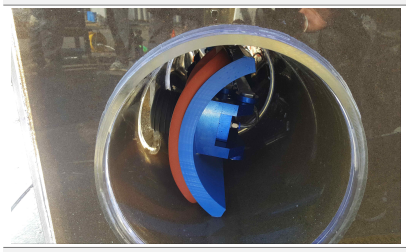
a. 아크릴 모형 분기관 제작



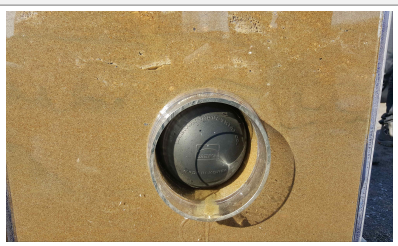
b. 분기관 누수 확인



c. 시험 시공 준비



d. 장비 진입 및 보수위치 확인



e. 실린더 고정 및 지수재 주입



f. 지수재 주입 확인

〈그림 3-38〉 시험시공 현황

시험결과 : 보수성 및 충진성 시험결과 시공성능이 우수함

〈표 3-23〉 보수성 및 충진성 시험결과

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

보수성



a. 보수 전(분기관 누수)



b. 보수 후(기밀시험)

충진성



a. 약액 충진

b. 샌드겔 형성

〈그림 3-39〉 보수성 및 충진성 시험결과 확인

2) 시공기준 검토

가) 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 겔, 샌드겔의 경우 시공 후 수축, 팽창, 균열, 파손, 탈락 등이 없어야 함

○ UDRS수지(MSA-100형) 시공후 토양과 샌드겔을 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

3) 시공 품질관리

○ 본 기술은 기존 기술대비 시공공정이 단축되어 단시간에 시공완료 되는 것이 큰 장점이며, 지수재를 충진하여 관 외부에 샌드겔이 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 3-24> 주요 확인사항 및 사용기준

주요 확인사항	사용기준	비고
자동화 장비 실린더 압력	2.0kgf/㎠(≒30psi)	관 내부 실린더 밀착 (압력 조절 가능)
지수재 주입 압력	0.2kgf/㎠	압력 유지
주제, 경화제 배합비	1:1	디지털 정량 주입 시스템
시공 온도	0℃ 이상	하수관 내부 온도

4) 시공 특기 시방서

가) 공사적용 범위

본 시방서는 하수관거 부분 보수를 위한 지수재 충진 비굴착 부분 보수 공법으로 대형 하수관거에 적용한다.

○ 본 시방서는 다음 각 항에 준하여 대형 하수관 자동화 보수장비, 충진 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

나) 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.
- 공사현장내에서 일정한 조성물에 대한 품질의 변형이 없도록 관리하여야 한다.
- 사업장에서 운반된 주제 및 경화제는 구분이 될 수 있도록 표시하여 현장 창고나 보수용 차량 내에 보관한다.

○ 적용자재

- 충진 지수용 보수재(MSA-100형)

[충진 지수용 보수재(MSA-100형)의 주성분]

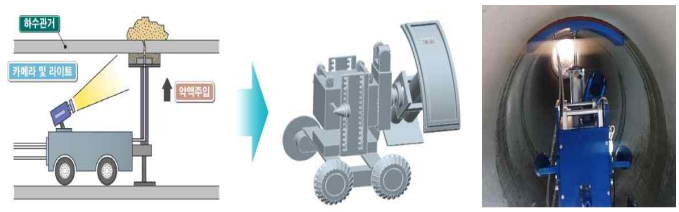
제품명	주제	경화제
저점도 UDRS 수지(MSA-100형)	-폴리에틸렌글리콜 -메타크리네트 외	-과류산 암모니움 외

다) 적용 장비

충진 지수용 보수 로봇 UDRS-R(대형 하수관 800mm이상 비굴착 부분 보수)

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

[충진 지수용 자동 보수 로봇의 구조와 구성]

충진 지수용 보수 로봇의 원리 및 구동	적용제품의 구성
	

○ 시스템 차량

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

라) 시공 및 현장 관리

○ 보수로봇 UDRS-R 투입 및 모니터링 조사

○ 충진 지수용 보수재(MSA-100형) 준비

○ 지수재 혼합 및 보수로봇(UDRS-R)의 충진시공

○ 보수로봇(UDRS-R)의 이동, 연속시공

● 하수관거 비굴착 충진 지수용 보수 로봇 부분 보수공사
(관경 800mm이상 대구경)



5) 경제성 분석

가) 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 발생되는 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.

나) 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 3-25> 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

다) LCC 구성 항목 선정

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

<표 3-26> 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.

라) 분석을 위한 기본 가정 선정

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

(1) 분석기간

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

<표 3-27> 수자원 시설 내용연수

사업항목	감가상각율(%)	내용연수	잔존가격(%)	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

(2) 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% 이였음. 이를 바탕으로 계산한 결과 실질 할인율 평균은 2.19% 로 계산 되었다.

$$(\quad \text{인율}) = \frac{1+\text{이자율}}{1+\text{물가상승율}} - 1$$

<표 3-28> LCC 소비자 물가 상승률 및 은행 시중금리(한국은행)

년도	소비자 물가상승율(%)	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

마) 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 3-29> 공법 비교

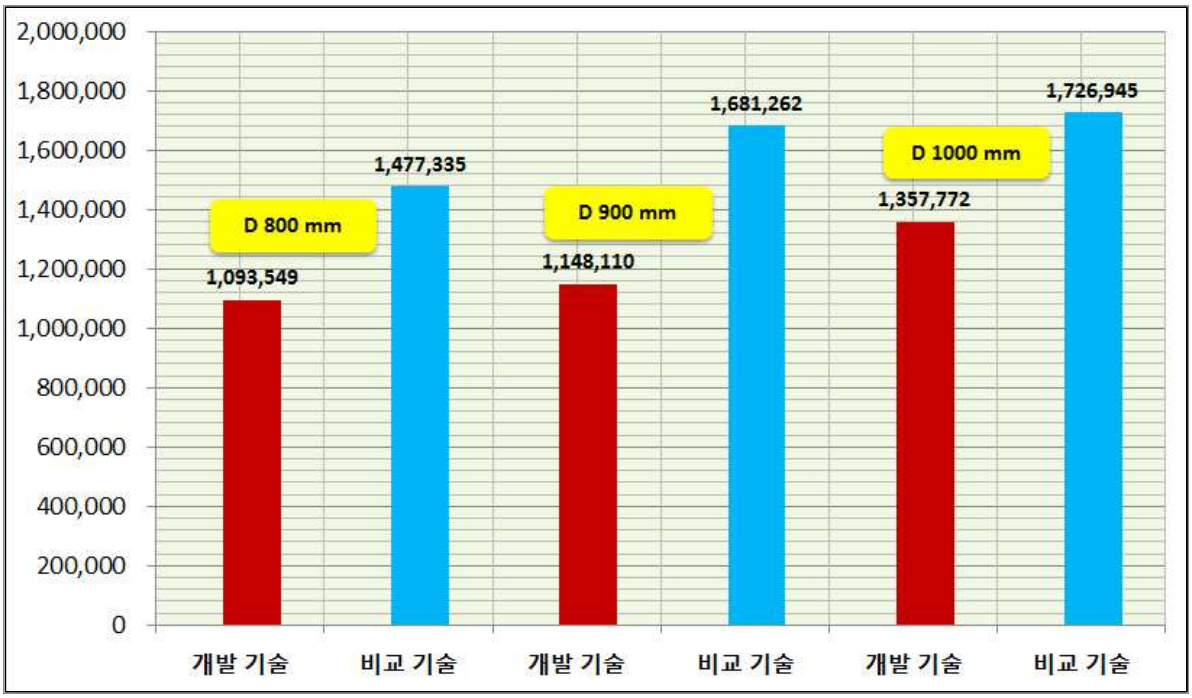
구 분	UDRS-R(주입공법) [개발기술]	SRPS(부착공법) [비교기술]
공법 내용	• UDRS전용 지수재를 파손관 부위에 주입하는 공법	• SRPS전용 보강시트를 하수관로 내 부착하는 공법
시공공정	• 하수관 세정 • 자동 보수로봇 진입 • 지수재 주입(연속시공 가능)	• 하수관 세정 • 보강시트 함침 • 팩커 분해 및 투입 후 조립(인력) • 보강시트 부착, 철거(연속시공 불가)

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

<표 3-30> 대형 하수 관경별 총원가 분석

	규격	단위	총원가(원)	비교
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 3-40> 대형 하수관 관경별 총원가 분석(그래프)

<표 3-31> 관경 1000mm 총원가 분석(부가세 포함)

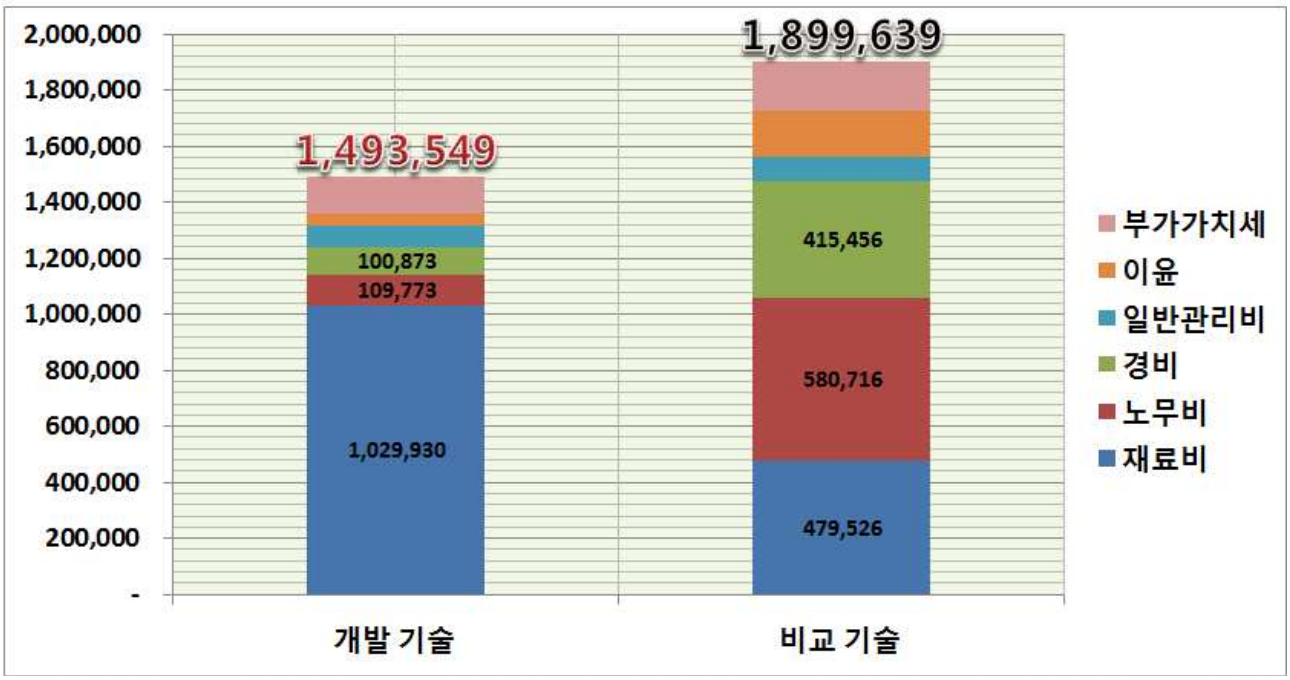
비목			관경 1000㎜ 비교		비고
			개발기술	비교기술	
순공사원가	재료비	직접재료비	1,029,930	479,526	
		간접재료비			
		소계	1,029.930	479,526	
	노무비	직접노무비	100,067	529,368	
		간접노무비	9,706	51,348	×9.90%
		소계	109,773	580,716	
	경비	산출경비	38,452	333,792	
		산재보험료	4,281	22,647	노무비×3.80%
		고용보험료	955	5,052	노무비×0.87%
		환경보전비	3,505	4,028	(재료+직노+산경)×0.30%
		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+일관)×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 관경 D1000mm 비교 분석 하였다.

<표 3-32> 관경 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	
공사원가	1,240,576	1,475,698	
일반관리비	74,434	88,541	공사원가×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	

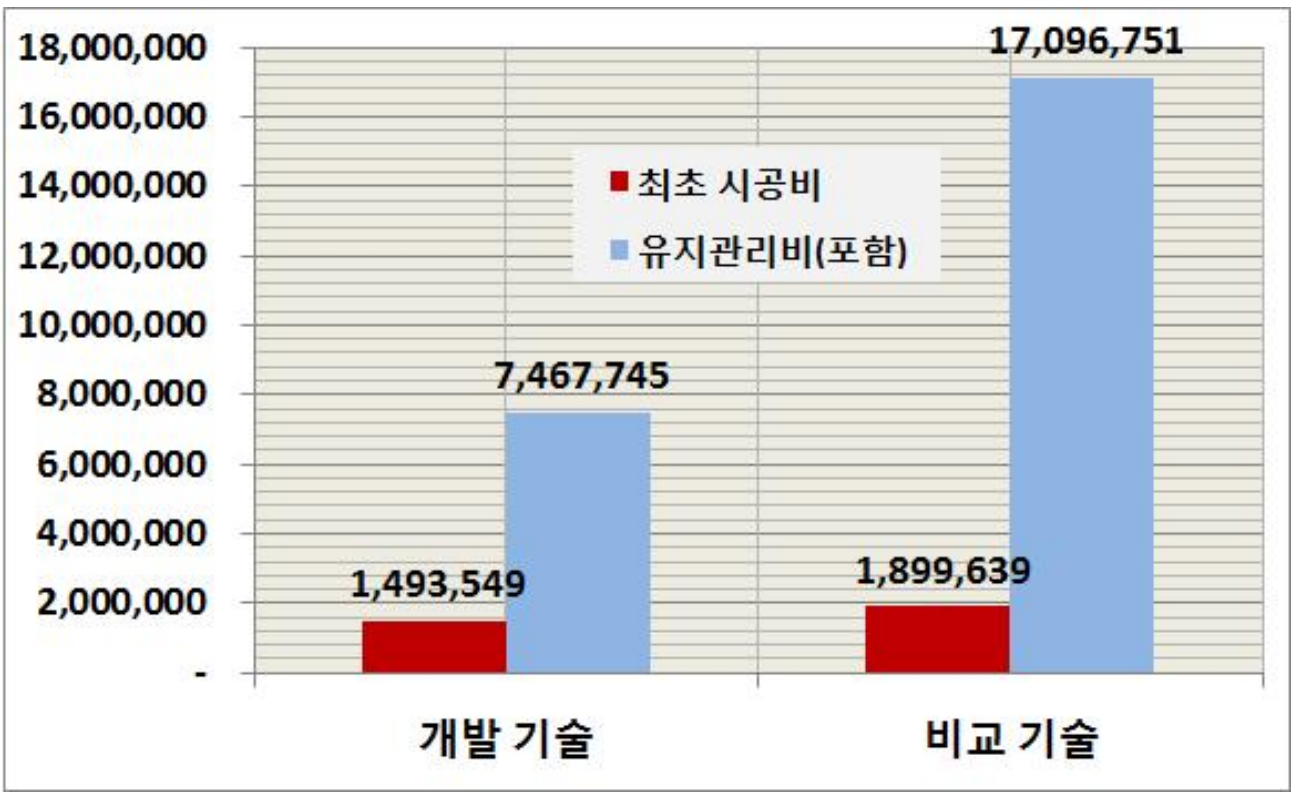


<그림 3-41> 관경 1000mm 총원가(부가세 포함) 분석(그래프)

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 3-33> 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 3-42> 관경 1000mm LCC 분석(그래프)

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 성과점검 기준표(총괄)

<표 4-1> 성과점검 기준표(총괄)

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치			
총괄	A	친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증	A-1	약액 성능 검증	①	점도	10% 향상	실내실험	공인성적서	2.0	웅진고분자	80	• 특허 출원 - 목표 : 1건 - 달성 : 1건
					②	압축강도	0.5N/㎟ 이상	실내실험	공인성적서	2.0			
					③	시험기준	시험기준 만족	실내실험	공인성적서	2.0			
			A-2	특허	①	특허	1건	특허출원	특허출원서	2.0	웅진고분자	6	
	B	대형 하수관로 자동화 시공장비 개발	B-1	시공장비 개발	①	시제품 개발	1건	개발여부	개발사진	4.0	웅진고분자	235	• 특허 출원 - 목표 : 1건 - 달성 : 3건 • 시제품 제작 - 목표 : 1건 - 달성 : 3건 • 신기술 신청 - 목표 : 1건 - 달성 : 0건
					②	특허	1건	특허출원	특허출원서	2.0			
			B-2	시공장비 현장 적용	①	현장적용	2건	적용여부	현장사진	4.0	웅진고분자 동부ENG	115	
	C	자동화 시공장비 사업화	C-1	경제성 분석	①	LCC 분석	공사비 20% 절감	전문가 검증	보고서	2.0	동부ENG	60	
계										20		496	• 특허 출원 - 목표 : 2건 - 달성 : 4건 • 시제품 제작 - 목표 : 1건 - 달성 : 3건 • 신기술 신청 - 목표 : 1건 - 달성 : 0건

나. 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄)

<표 4-2> 정량적 연구성과 목표 및 달성도(총괄)

구분			목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
특허 출원	국내		2	200%	4건 출원
	국외				
	계		2	-	
특허 등록	국내			초과 달성	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		1	300%	3개 제작
	건설신기술		1	0	미 접수
	일자리 창출				

2. 관련 분야 기여도

가. 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 충진하는 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.

나. 사회·경제적 측면

- ○ 친환경 약액 개발로 토양오염, 지하수오염 방지 및 생태계를 보호할 수 있다.
- ○ 본 연구을 통해 태양광을 이용한 친환경 전기 공급 시스템을 개발할 수 있어 기존의 차량 공회전으로 인해 발생되는 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.

다. 정책적 측면

- ○ 2016년 환경부 공공하수도 보급율 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.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

대형 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 중점도 지수재 개발로 인해 암거, 차집관로 심도 깊게 매설된 맨홀의 보수 및 보강에 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.

○ 대형 하수관 보수 자동화 시공 장비를 응용하여 소형 하수관 보수 자동화 시공 장비를 개발할 수 있어 기술 파급 효과가 클 것으로 판단되며 IoT기능을 접목하여 첨단화 시스템까지 연계가 가능한 기술이다.

○ 태양광 전기 공급 시스템을 적용함으로써 신재생에너지 융복합 기술 적용이 가능하다.

○ 자동화 시공 장비 조작을 위한 전문인력 양성으로 고용창출의 효과가 있다.

1. 국내외 시장분석 및 사업화 전망

가. 국내 시장현황

○ 2010년 하수관거 및 하수처리시설의 보급률은 80% 수준이나 실제 오·폐수가 하수관거를 통해 하수종말처리장까지 도달하고 있는지에 대한 실제량 파악은 어려운 실정이며 확인 방식은 상수도 사용량과 하수종말처리시설 처리량으로 산정하고 있음다. 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 하수관거 보수의 공법이 절실히 필요한 실정이다. 이를 해결 할 경우 국가 경제적으로도 낭비를 절감할 수 있는 효과가 클 것으로 판단한다.

○ 특히 하수도 관리에서 공공재로 볼 것인가 경제재로 볼 것인가에 대한 의견이 분분하였지만 최근 사업형태를 보면 대부분의 공사에서 BTL화되어 진행되고 있고 BTL은 이제 더 이상 하수도 관리에 있어서 공공재가 아닌 경제재로 관리되고 있음을 알 수 있다. 경제재에서 기술은 공공재에서 검토될 때 보다 한 단계 높은 차원에서 검토되고 적용되므로 시공성능은 물론 경제성이 없으면 적용에 있어서 제약이 따를 것으로 판단된다.

○ 최근까지 하수관거 비굴착 부분보수공법은 많은 기술이 다양하게 개발되어 사용하고 있으며, 이들 기술의 대부분이 함침수지와 보강용 시트 등을 이용한 라이닝공법 기술로 시공되고 있다. 본 사업화 대상기술은 보강용 시트에 의존한 보수공법에서 탈피한 신개념의 자재와 장비를 이용한 공법의 기술로 중점도, 무독성, 강연성, 무수축, 환경오염방지와 특수 관거인 곡선부, 이음부, 분기부, 단차 등에 시공이 가능한 공법으로 현재 시장에서 유일한 기술이라 할 수 있다. 일부 일본의 기술을 도입하거나 국내 우레탄 수지 등을 적용한 사례가 있으나 시공품질 저하, 내구성 문제, 환경오염문제 등의 이유로 현재 사용이 되지 않는 상황이므로 본 신기술은 하수관거 비굴착 부분보수분야에 새로운 시장을 개척하고 해외시장 진출의 돌파구를 마련할 할 수 있다.

당사에서는 본 개발 기술과 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 시장에서 매우 효과적으로 시장 수요를 창출할 것으로 판단되며, 해외에서 기술의 보호를 위하여 중국, 인도, 동남아 등지에 특허 출원(PCT) 준비로 해외시장에 대한 대비를 하도록 하고, 좀 더 실질적인 마케팅의 기회가 될 수 있도록 노력할 계획이다.

○ 국내 하수관로 보급현황

<표 5-1> 국내 하수관로 보급현황

구분	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
계획연장(km)	141,156	145,563	150,540	156,444	159,050	161,321	162,633	165,479	170,472
시설연장(km)	91,098	96,280	102,078	107,843	113,494	118,329	123,309	126,605	132,680
하수관로 보급률(%)	**64.5**	**66.14**	**67.8**	**68.9**	**71.35**	**73.4**	**75.8**	**76.5**	**77.8**

○ 노후 하수관로 정밀조사 실시

- 환경부는 하수관로로 인한 지반침하를 예방하기 위해 전국 노후 하수관로 정밀조사를 실시 하였다.
- 조사 대상은 설치된 지 20년이 넘었거나, 지하 10m 이상 굴착공사 현장과 인접한 관로와 차량 하중의 영향이 예상되는 도로 구간에 매설된 하수관로 약 4만km를 대상으로 실시 하였다.
- '15년의 경우 서울시 등 90개 지자체 노후 하수관 1만 2,000km에 대한 정밀조사를 실시 하였다.

<표 5-2> 노후 하수관 정밀조사 실시(현황)

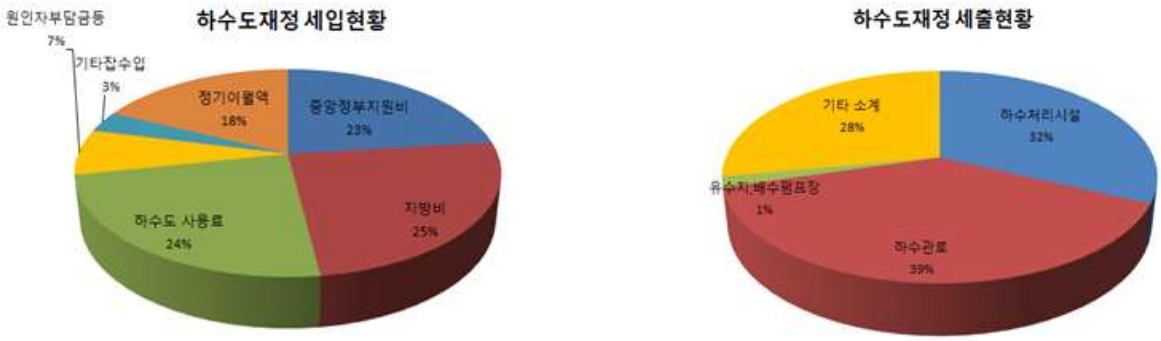
구분	합계	서울	경기	경남	경북	울산	대전	충북	전북	부산	강원	충남	전남	대구	기타
정밀조사(km)	**12,211**	3,900	2,618	1,297	852	541	473	468	439	420	365	316	192	189	141

○ 서울시의 경우 도로함몰(싱크홀) 안전예산을 긴급추경 편성하여 노후 하수관로를 집중 조사하고 정비하는 등 시민의 안전을 위해 지속적으로 사업비를 투자하고 있다.

○ 하수도 사업비 중 하수관 보수비 투자율 평균 37%로 높은 편이며, 하수관 유지보수 시장이 지속적으로 증가하고 있다.

<표 5-3> 하수도 사업비 투자(현황)

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	18681	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 5-1> 하수도 재정 세입 및 세출 현황(그래프)

나. 국외 시장현황

분야별 세계 물시장 규모

<표 5-4> 분야별 세계 물시장 규모

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)

○ 세계 물시장 규모 및 전망

<표 5-5> 분야별 세계 물시장 규모 및 전망

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%



2. 사업화 추진방안

가. 개발 기술의 생산특성

<표 5-6> 개발기술 생산 능력

구분	생산형태	핵심원재료	가격 및 조달	생산규모
대형하수관 보수용 로봇	· 완제품 제작 · 제작 전문업체 외주	· CCTV · 원격제어 보수 로봇 · 약액주입 노즐 및 누출방지 패킹	· 조달 용이	· 생산가능 협력업체 확보
친환경 충진지수재	· 자체 생산	· 변성아크릴계수지 (주제, 경화제)	· 가격경쟁력 우수 · 조달 용이	· 자체 생산시설 확보
보수지원 차량	· 부품별 제작 후 완제품 조립 · 자체 생산	· 1톤 탑차 · 원격제어 모니터링 시스템 · 태양광 충전시스템	· 국내 생산으로 가격 경쟁력 우수	· 자체 생산 및 조립시설 확보
소형 하수관 보수용팩커	· 완제품 제작 · 자체 생산	· EPDM고무 · 팩커 프레임	· 조달 용이	· 자체 생산시설 확보
팩커 견인 자동 윈치	· 완제품 제작 · 제작 전문업체 외주	· 전동모터 · 로프, 휠	· 조달 용이	· 외부 제작의뢰

나. 기존 자원 활용정도

UDRS전용 수지를 이용한 지수충진 보수공법의 개발로 기존의 라이닝 부분보수공법의 문제점을 해결하고 구조적인 안정성, 시공능력 개선, 경제성 향상을 인정받아 특허등록 및 신기술을 취득하였다.

○ 신기술의 경우 하수관 직경 150mm~800mm까지는 보수용 굴절식 팩커를 이용하여 시공이 가능하나, 직경 800mm 이상의 하수관 보수시 맨홀의 크기가 제한되어 있어 보수용 팩커를 투입할 수 없으므로 인력이 보수할 수 밖에 없는 실정 이었다.

○ 인력이 하수관거 내부로 들어가 작업을 할 경우 악취, 유독가스 발생, 많은 양의 하수 등으로부터 작업자의 안전이 보장되지 않아 금번 기술사업화 과제를 통해 대형 하수관 보수로봇 시스템 개발로 인력투입 없이 작업을 효율적으로 할 수 있을 것으로 판단하고 개발에 성공 하였다.

○ 기존의 저점도 지수재를 본 연구과제를 통해 중점도 지수재로 개발하였다. 개발된 지수재를 하수관 보수용 로봇시스템을 이용하여 자동화 보수가 가능함으로 기존의 설비 및 자원을 최대한 활용할 수 있었다.

○ 또한 기존 보수지원 차량을 활용하여 자동화 설비를 추가함으로써 시스템을 패키지화할 수 있었다.

다. 최종 제품의 경쟁력

현재 비굴착 보수공법의 경우 하수관거 직경 800mm이상의 관을 보수할 경우 인력이 투입되어 시공할 수 밖에 없는 구조이나, 본 연구개발 과제를 통해 개발된 대형관로 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 대형 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 충진하여 사용함으로써 하수관거 내·외부를 동시에 보수하여 관 내부의 통수단면적에도 전혀 지장을 주지 않고, 관 외부에 토양과 샌드겔을 만들어 침입수를 원천적으로 차단할 수 있는 우수한 기술임을 입증 하였다.

라. 판매계획 및 전략

1) 연도별 판매계획

○ 하수도법에 따라 하수관로 기술진단을 의무화하여 시행하고 있으며, 하수관로 기술진단을 근거로 공법이 결정된다.

○ 현재 하수관로 보수공법의 경우 기존의 라이닝 공법처럼 시트를 관 내부에 부착하는 공법은 지향하고 있으며, 국내 신기술인 당사의 지수재 충진 공법으로 변화하는 추세이다.

○ 현재 연 매출 10억원 규모의 보수공사를 실시하고 있으며, 본 과제를 통해 보수로봇 개발과 차량을 패키지화 할 경우 국내 지역별 협력사를 통해 제품 판매도 증가할 것으로 보이며, 향후 해외에 장비시스템을 패키지로 수출할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

<표 5-7> 연도별 예상 매출액

(단위 : 백만원)

연 도 별		2017년	2018년	2019 년	2020 년
보수공사	국내	1,000	1,500	1,800	2,000
	해외	-	-	-	1,000
장비시스템	국내	-	-	1,000	1,000
	해외	-	-	-	1,000
합계		1,000	1,500	2,800	5,000

2) 마케팅 전략

기존 신기술을 개량하여 모듈화된 장비시스템을 개발하고 국내외 각 발주처별 수요파악을 통해 맞춤형 마케팅 전략으로 시장을 선점할 계획이다.

○ 관 종, 관 형태, 관경에 영향을 받지 않고 보수가 가능한 우수한 기술로 해외에 장비수출 및 기술이전으로 국가 이미지 제고와 국익 창출을 통한 시너지 효과를 기대할 수 있다.

<표 5-8> 국내외 발주처별 마케팅 전략

구분		2018년
국내 시장	관 발주 대비	• 중소기업청 제품 성능인증 확보 • 조달청 우수제품 등록 • 각종 전시회 참가 및 기술홍보 • 신기술, 신제품 등록추진 • 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

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 독일_IBG Hydro-Tech

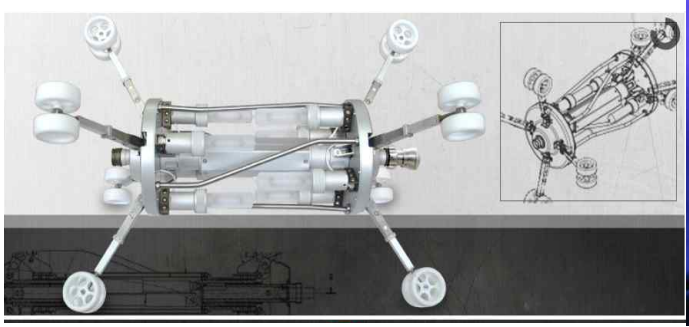
가. 커팅 로봇 및 보수차량



<그림 6-1> 커팅 로봇 및 보수차량

나. 보강시트 부착 및 UV 경화 장치



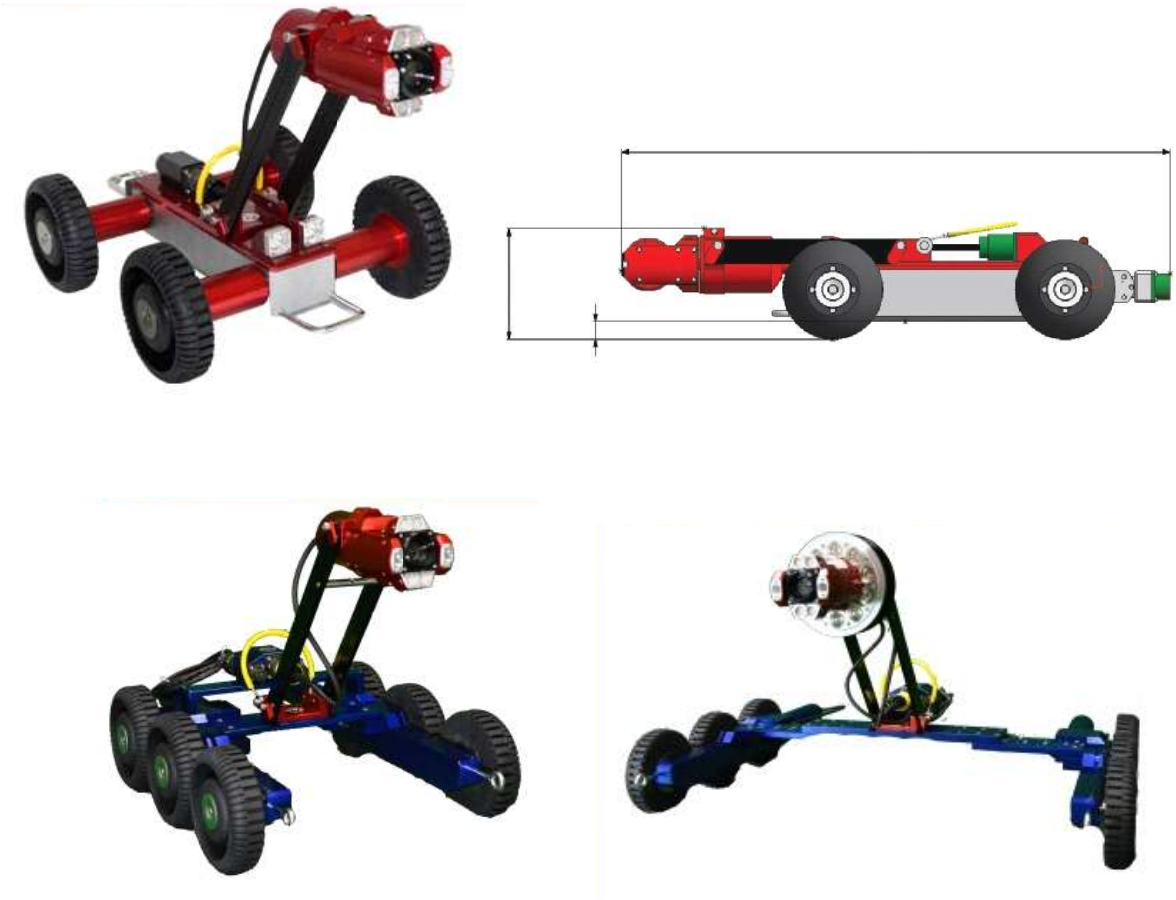




<그림 6-2> 보강시트 부착 및 UV 경화 장치

2. 일본_TAP 주식회사

가. CCTV 촬영 로봇



<그림 6-3> 대형 하수관 CCTV 촬영 로봇

제7장. 연구개발성과의 보안등급

해당과제는 일반등급에 속하는 연구과제임

분류	보안	일반
		○
결정 사유	국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제24조의 5(분류절차)에 따라 하수관 보수 자동화 시공 장비 개발 및 기술사업화로 일반 과제로 분류함.	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

○ 해당사항 없음

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

○ 기술적 위험 요소 분석

- 연구책임자가 기술적 위험요소 및 위험도를 분석·기술하고, 위험도 저감 및 참여연구원의 안전확보를 위한 대책(연구실 안전시설·장비 구비, 연구종사자 안전교육 매주 실시 수립)
- 실험에 관련된 위험 정보를 미리 숙지하고, 위험도를 저감할 수 있는 적절한 안전 확보 및 조치 방법 숙지

○ 안전 관리 대책

- 연구원의 안전을 위하여 안전관리지침에 따라 연구실에 관한 안전점검을 정기적으로 실시
- 안전점검 및 그 외에 상황에서 실험실에 노출된 위험을 안전관리 책임자나 담당자에게 보고
- 연구에 참여하는 전체 연구원을 대상으로 안전보건교육을 매달 시행
- 연구원들이 안전관련 각종 법규, 규정 및 지침을 준수하도록 교육 및 훈련 실시
- 위험물질과 각종 실험장비 등 사용에 따른 안전수칙이 잘 이행될 수 있도록 지도점검 및 교육
- 연구 내용 및 결과물의 보안 항목(인원 및 시설 보안 항목, 문서보안 항목, 정보보안 항목)에 대하여 매달 보안점검을 실시

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1		하수관 보수용 지수제 및 그에 의한 하수관의 보수 방법	웅진고분자(주)				2017.12.26		
2	특허출원	하수관 자동 보수 로봇 장치 및 그에 의한 하수관 보수 시스템	웅진고분자(주)				2016.05.11		
3	특허출원	보수용 가지 관 밀폐 팩 및 이를 가진 하수관 보수 장치	웅진고분자(주)				2016.05.16		
4	특허출원	원격조종 시스템이 구비된 하수관 보수 자동 견인장치	웅진고분자(주) 동부엔지니어링(주)				2017.08.14		
5	시제품 제작	대형 하수관 보수장비 제작(지수재 주입)	웅진고분자(주)						
6	시제품 제작	대형 하수관 보수장비 제작(지수재, 몰탈 주입)	웅진고분자(주)						
7	시제품 제작	소형 분기관 보수장비 제작(지수재 주입)	웅진고분자(주)						
8	성능평가 보고서	한국융합화학시험연구원	웅진고분자(주)						
9	성능평가 보고서	서울과학기술대학교 BK방수연구센터	웅진고분자(주)						

제11장. 기타 사항

○ 없음

제12장. 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) “의약외품 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)

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.