

17TBIP
-C1116
10-02

국토교통기술사업화지원사업 최종보고서

2018 국토교통과학기술진흥원
국토교통부

국토교통기술사업화지원사업 R&D Report

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()

국토교통기술사업화지원사업 최종보고서

R&D / 17TBIP-C111610-02

도시지역 수목성장을 고려한 하이브리드형 유출저감 기술 최종보고서

2018. 3. 23.

주관연구기관 / 어스그린코리아(주)

공동연구기관 / 한국건설생활환경시험연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

‘도시지역 수목성장을 고려한 하이브리드형 빗물활용 기술’(연구개발 기간 : 2016.04.27 ~ 2018.02.26) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2018. 3. 23.

주관연구기관명 : 어스그린코리아(주)

(대표자) 박 용 순

공동연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원

(대표자) 김 경 식

주관연구기관책임자 : 박 용 순

공동연구기관책임자 : 김 상 래

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17TBIP-C11161 0-02	해당 단계 연구 기간	2016~2017	단계구분	2 / 2(년)
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	도시지역 수목성장을 고려한 하이브리드형 유출저감 기술			
	세부과제명				
연구책임자	박용순	해당단계 참여 연구원 수	총: 9 명 내부: 9 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:170,000천원 기업:115,000천원 정부 외: 천원 계: 285,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 12 명 내부: 12 명 외부: 명	총 연구개발비	정부:359,310천원 기업:241,000천원 정부 외: 천원 계: 600,310천원
연구기관명 및 소속 부서명	어스그린코리아(주) 기업부설연구소			공동기관명 한국건설생활환경시험연구원	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요 약				보고서 면수: 73페이지	

- 침투기능과 식생기능을 겸비한 하이브리드 제품이 주관연구기관을 통해 개발이 되었고, 조달 우수제품 지정과 신제품인증을 받았으나 사업화에는 한계가 있음
- 사업화 및 실용화가 부진한 주요 원인으로는 제품의 하자(내구성, 내후성, 유지관리편의성) 극복을 위한 금형 및 재료비 확보에 한계가 있음
- 따라서, 내구성이 개선된 침투시설과 내후성이 개선된 수목생장 장치의 결합을 통해 도시지역 유출저감능을 향상시킬 수 있는 침투형 및 식생형 하이브리드 우수제품을 개발하여 유출저감, 물순환, 조경 관련 산업 육성 견인
- 또한, 개선된 제품에 대해 다양한 기후환경의 해외 맞춤형 현장 적용성 평가를 통해 해외 수출 등 세계시장 선점이 가능하며 해외사업화 실적 달성도 가능
- ※ 베트남, 중국, 몽골, 러시아 등 하이브리드 LID 제품의 디자인과 적용성에 대한 관심과 현지 시연을 통해 MOU를 체결하였음, 현지 기후(동결융해 등)에 적합한 제품 개발 요구

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	1) 연구의 목적 - 개선된 하이브리드형 LID 제품 개발 및 현장적용 - 다환경 기후조건에서 제품의 내후도 평가 - 해외시장 진출을 위한 제품의 성능 보완 및 기술개발 2) 연구의 내용 - 국내외 LID제품의 현황 및 기술수준 분석 - 해외 지역 맞춤형 하이브리드 제품의 적용성 분석 - Test Bed 설치를 통한 제품의 기존제품과의 성능 비교 및 침투량 증대 - 다양한 기후조건에서 제품의 성능평가 및 정량화				
연구개발성과	1) 기존 제품군의 성능개선 - 저영향개발(LID기법) 침투형 시설의 법적 설치기준을 위한 하층 토양 침투량 13mL/h이상 기술 개발 - 유입수 소진시간을 보름 이상 확보를 위한 저류용량 20L이상 확대 - 차량 통행시 하자발생 방지를 위한 하중 2 t/m² 이상 확보 2) 개발제품의 정량적 성능지표 및 평가기술 개발 - 열대, 온대, 냉대, 한대기후 등 해외 지역 맞춤형 하이브리드 제품의 적용성 분석 - 냉대 한대 지역 동결융해에 대한 저항범위 설정(최대 영하 28도 이하, 지역별) - 개발 제품에 대한 보수성능 및 투수성능 정량화				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	1) 활용계획 - 가로수보호판에 적용하여 도시의 수목생육환경 개선과 동시에 빗물침투 확보 - 기존 LID침투시설과 연계한 수목생육환경 개선과 침투량 증대 - 해외진출을 통한 국내 LID시설 해외 수출 2) 기대효과 - 과학기술적 측면 : LID침투시설 기능 개선 : 국내 LID기술 선진화 - 사회경제적 측면 : 개발기술 보급을 통한 도심지 환경 개선 : 수목고사 및 보행환경 개선을 통한 국가의 유지 보수비 절감 - 정책적 측면 : 가로환경 관련 일자리 창출 : 세계적인 LID강국으로 국가 위상 강화				
핵심어 (5개 이내)	빗물	침투	가로수	저영향개발	유출저감

SUMMARY

Purpose & Contents	- Developed hybrid LID products and applied to the field - Evaluation of the weatherability of products under various environmental climatic conditions - Complementing product development and technology development for overseas market entry				
Results	1) Improved performance of reference family - Lid technique Development of technology for the lower level soil infiltration 13mL/h or higher for legal installation standard of infiltration facility - Expansion of storage capacity 20L or more to ensure more than half of the influent exhaust time - Load more than 2t / m² to prevent defects in vehicle traffic 2) Development of quantitative performance indicators and evaluation technology of developed products - Analysis of applicability of customized hybrid products in overseas regions such as tropical, temperate, cold, and one climate - Setting resistance range for freezing and thawing in one cold region(Below minus 28 degrees Celsius, regional) - Quantification of repair performance and permeability performance for developed products				
Expected Contribution	1) Usage plan - It is applied to the roadside protection board to improve the growth environment of the trees in the city and secure penetration of rainwater - Improvement of plant growth environment and increase of penetration in connection with existing LID infiltration facilities - Exporting domestic LID facilities overseas through overseas expansion 2) Benefit - Technological aspect : Improvement of LID penetration facility : Advancement of domestic LID technology - Socio-economic aspects : Improvement of urban environment by spreading development technology : Reducing national maintenance cost by improving tree test and walking environment - Policy aspect : Job creation related to landscape environment : Strengthening national status as a global LID power				
Keywords	LID	Infiltration	Runoff	Rainwater	Permeability

CONTENT

1. Overview of R&D Challenges	11
2. Current status of domestic and overseas technology development	15
3. Contents and performance of research	21
4. Target attainment and contribution to the field involved	73
5. Utilization Planning of R&D Performance	75
6. Information on Overseas Science Technology from Research Process	76
7. Security grade of R&D performance	77
8. Research facility and equipment status registered in National Science and Technology Integrated Information System	77
9. Performance of safety measures implementation by research and development tasks	78
10. Key research results of R&D tasks	78
11. Other matters	79
12. Reference	79

목 차

1. 연구개발과제의 개요	11
1 절 연구개발 목적	11
2 절 연구개발의 필요성	12
3 절 연구개발 범위	14
2. 국내외 기술 개발 현황	15
3. 연구 수행 내용 및 성과	21
1 절 연구개발 목표 및 내용	21
2 절 주요 연구성과 요약	23
3 절 연구 수행 내용	25
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	74
1 절 목표 달성도	74
2 절 관련 분야 기여도	75
5. 연구개발성과의 활용 계획	76
1 절 활용방안	76
2 절 기대효과	76
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	77
7. 연구개발성과의 보안등급	78
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	78
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	79
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	79
11. 기타 사항	80
12. 참고 문헌	80

표 차례

< 표 2-1 > 국가연구개발사업 유사연구 현황	15
< 표 2-2 > 주요 피인용 해외 특허정보	18
< 표 2-3 > 주요 피인용 국내 특허정보	19
< 표 3-1 > 연차별 연구개발 내용	22
< 표 3-2 > 국내외 분석 및 사례 연구	23
< 표 3-3 > 제품 기술 개발	23
< 표 3-4 > Test Bed 설치를 통한 성능 시험	23
< 표 3-5 > 제품의 성능보완 및 기술 개발	24
< 표 3-6 > 기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발 ...	24
< 표 3-7 > 침투형 LID 시설의 개요 및 사업화 가능성	25
< 표 3-8 > 투수블록 설치 사례	27
< 표 3-9 > 침투도랑 설치 사례	28
< 표 3-10 > 침투저류지 설치 사례	31
< 표 3-11 > 토지이용별 LID 시설 설치장소 및 기능 분류	31
< 표 3-12 > 국내외 동종업계 기술 현황 및 수준	33
< 표 3-13 > 개발 제품 및 국내·외 제품 비교	36
< 표 3-14 > 시험 성적 결과	41
< 표 3-15 > 강우강도 및 분포도(150mm/hr)	44
< 표 3-16 > 강우강도 및 분포도(25mm/hr)	46
< 표 3-17 > 강우강도 및 분포도(75mm/hr)	46
< 표 3-18 > 시험 성적 결과	53
< 표 3-19 > 시험 성적 결과	53
< 표 3-20 > 시험 성적 결과	54
< 표 3-21 > 기존 제품과 개발 제품 비교	56
< 표 3-22 > 증발량 변화	62
< 표 3-23 > 침투 성능	64
< 표 3-24 > 동결융해 저항성 실험 조건	68
< 표 3-25 > 데이터 분석 결과	71

그림 차례

< 그림 1-1 > 도심지 빗물 침투 시스템	11
< 그림 1-2 > 서울시 도시화율 변화	12
< 그림 1-3 > 기존 제품의 하자 및 유지관리 문제점	13
< 그림 1-4 > 다양한 환경 변화가 가능한 실험동 개요	13
< 그림 1-5 > 한국건설기술연구원 제 10-1485001호 도로와 보도 연계 빗물관리 시스템	13
< 그림 2-1 > 국가연구개발사업 유사연구 분석	15
< 그림 2-2 > 녹지 및 도로 유출수 분리 여과 기능을 갖는 빗물 저류 시스템 및 빗물 저류 방법	16
< 그림 2-3 > 도로와 보도 연계형 빗물관리 시스템	16
< 그림 2-4 > 수자원 에너지 기반 국가기술별 특허출원 및 등록현황	17
< 그림 2-5 > 연도별 특허출원등록 현황	17
< 그림 2-6 > 국가별 특허출원등록 비율	18
< 그림 2-7 > 기술별 특허출원등록 비율	18
< 그림 3-1 > 지표유출수 저감 및 수목생육 개선	21
< 그림 3-2 > 연구개발 최종목표	21
< 그림 3-3 > 투수성 포장	26
< 그림 3-4 > 투수블록	27
< 그림 3-5 > 침투도랑	28
< 그림 3-6 > 침투통	29
< 그림 3-7 > 침투트렌치/침투관	29
< 그림 3-8 > 침투측구	30
< 그림 3-9 > 침투저류지	31
< 그림 3-10 > 침투저류지 도시의 열섬현상과 생태공원의 역할	34
< 그림 3-11 > 호주 멜버른시의 가로수 물 재사용 설비 단면	34
< 그림 3-12 > City of Melbourne WSD Guidelines	35
< 그림 3-13 > Life Cycle Costing Elements	35
< 그림 3-14 > How High Point Work	35
< 그림 3-15 > 기존 가로수 보호판	37
< 그림 3-16 > 1차 엘보 개선 전.후	37
< 그림 3-17 > 1차 개선 시제품	38
< 그림 3-18 > 1차 점검 시제품 이미지	38
< 그림 3-19 > 2차 개선 시제품	38
< 그림 3-20 > 2차 점검 시제품 이미지	39
< 그림 3-21 > 연결 엘보	39
< 그림 3-22 > 1차 개선 시제품	39
< 그림 3-23 > 1차 점검 시제품 이미지	39
< 그림 3-24 > 개선된 보호판 적용한 가로수 보호판	40
< 그림 3-25 > 보호판 개선 전.후	40
< 그림 3-26 > 보호판 개선 현황	40
< 그림 3-27 > 보호틀 개선 전.후	41

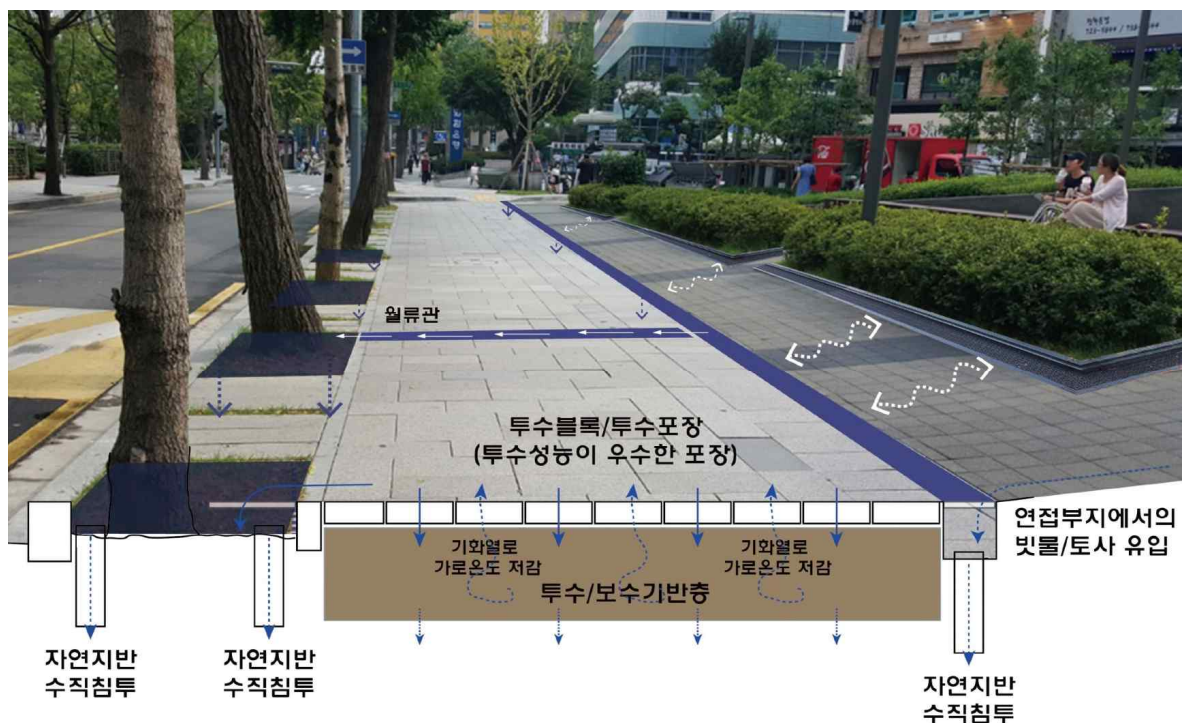
< 그림 3-28 > 1차 개선 시제품	42
< 그림 3-29 > 2차 개선 시제품	42
< 그림 3-30 > 3차 개선 시제품	42
< 그림 3-31 > 동결저항성 평가	43
< 그림 3-32 > 침투성능 및 보수성능 평가	44
< 그림 3-33 > 가뭄저항성 평가	44
< 그림 3-34 > 강우강도 및 분포도 확인	44
< 그림 3-35 > 강우모사(150mm/hr)	45
< 그림 3-36 > 냉대 및 한대지역 기후모사	45
< 그림 3-37 > mock-up	45
< 그림 3-38 > 가로수보호판, 보호틀, 삼통관 파손여부 확인	45
< 그림 3-39 > 강우강도 및 분포도 확인(25mm/hr)	46
< 그림 3-40 > 강우강도 및 분포도 확인(75mm/hr)	46
< 그림 3-41 > mock-up 설치	46
< 그림 3-42 > mock-up 상부의 토양수분함량 변화	47
< 그림 3-43 > mock-up 하부의 토양수분함량 변화	47
< 그림 3-44 > 침투속도 및 토양수분함량 변화	47
< 그림 3-45 > 일사강도 및 분포도	47
< 그림 3-46 > 일사 제어	47
< 그림 3-47 > 기후환경실험실 온도 제어	48
< 그림 3-48 > mock-up 상부 토양수분함량	48
< 그림 3-49 > mock-up 하부 토양수분함량	49
< 그림 3-50 > 1차년도 개발된 가로수 보호판	49
< 그림 3-51 > ㄱ자 엘보 시제품	50
< 그림 3-52 > 연결 엘보	50
< 그림 3-53 > 보호틀	51
< 그림 3-54 > 보호판 연결부	51
< 그림 3-55 > 보호판 형태	52
< 그림 3-56 > 2차년도 개발된 가로수 보호판 적용 현장(오산시 쉼리사로)	52
< 그림 3-57 > 알루미늄 보호틀 개선 전.후	52
< 그림 3-58 > 도색 알루미늄 보호틀	53
< 그림 3-59 > 시험 의뢰 제품	54
< 그림 3-60 > 엘보	55
< 그림 3-61 > 보호판	55
< 그림 3-62 > 알루미늄 보호틀	55
< 그림 3-63 > 알루미늄 가로수 보호판	56
< 그림 3-64 > 동결저항성 평가	58
< 그림 3-65 > mock-up 설치	58
< 그림 3-66 > 가로수보호판 및 토양수분센서 설치	58
< 그림 3-67 > 흙의 토성 및 투수계수	59
< 그림 3-68 > 가뭄 저항성 평가	59
< 그림 3-69 > 침투 성능 평가	60

< 그림 3-70 > 동결융해 저항성 평가	60
< 그림 3-71 > 실험실 공기온도 cycle	60
< 그림 3-72 > 압연강 가로수보호판, 812W/m ²	60
< 그림 3-73 > 어스그린코리아 가로수보호판, 808W/m ²	60
< 그림 3-74 > 가물 저항성 평가	61
< 그림 3-75 > 실험실 공기온도	61
< 그림 3-76 > 어스그린코리아 가로수보호판의 토양수분함량 변화	62
< 그림 3-77 > 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 변화	62
< 그림 3-78 > mock-up 설치	62
< 그림 3-79 > 강우강도 측정	62
< 그림 3-80 > 어스그린코리아 가로수보호판의 토양수분함량 변화	63
< 그림 3-81 > 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 변화	63
< 그림 3-82 > 강우 실험 종료 후 mock-up	63
< 그림 3-83 > mock-up 설치	64
< 그림 3-84 > 동결융해 저항성 실험(빗물 끼임)	64
< 그림 3-85 > 공기온도 cycle 실험	64
< 그림 3-86 > 가로수보호판	65
< 그림 3-87 > 가로수보호판 내틀	65
< 그림 3-88 > 가로수보호판 외틀	65
< 그림 3-89 > 삼통관	65
< 그림 3-90 > 일사 강도 측정	66
< 그림 3-91 > 공기온도 제어	67
< 그림 3-92 > 가물 저항성 실험	67
< 그림 3-93 > 강우 강도 측정	67
< 그림 3-94 > 침투 성능 실험	67
< 그림 3-95 > 동결융해 저항성 실험(빗물 끼임)	68
< 그림 3-96 > 동결융해 저항성 평가(파손 유무 육안 확인)	68
< 그림 3-97 > 삼통관 설치 대상지 모델링 결과	69
< 그림 3-98 > 집수면 1m ² 으로 설정한 대상지 구역	70
< 그림 3-99 > 기후데이터 분석을 통해 도출한 1년 증발산량	70
< 그림 3-100 > 토성에 따른 유효수분, 장력, 공극의 범위	71
< 그림 3-101 > 토양수분의 시계열적 변화 모의 결과(삼통관의 유무)	71
< 그림 3-102 > 삼통관 유무에 따른 건조기간 내 필요 유량 분석	72
< 그림 3-103 > 안동지역 1시간 방재성능 목표에서의 침투유출 감소 효과	72
< 그림 5-1 > 과학.기술적 측면	76
< 그림 5-2 > 사회적.경제적 측면	76
< 그림 6-1 > 멜버른 현지 가로현황	77
< 그림 6-2 > H2POD 제품	77
< 그림 6-3 > 우리나라 물주머니	77
< 그림 8-1 > 국가 연구시설 장비정보 등록증	78

제1장. 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적

- 빗물 침투기능 향상으로 도심지 저영향개발(LID)을 통한 바른 물 순환구조를 가져오며, 동시에 식물생장을 통한 도심지 생태계 유지에 도움을 주는 하이브리드형 유출저감 제품의 개발 및 현장적용을 목적으로 한다.
- 내구성이 개선된 침투시설과 내후성이 개선된 수목생장 장치의 결합을 통해 도시지역 유출 저감능을 향상시킬 수 있는 침투형 및 식생형 하이브리드 우수제품 개발을 목적으로 한다.
- 또한, 국내 기후 환경 조건을 고려하여 성능평가를 통해 제품의 우수성을 확인하고, 해외 수출을 위해 다양한 기후환경의 해외 맞춤형 현장 적용성 평가를 통해 세계 시장에 진입하고자 한다.
- 기후변화로 인해 전 세계적으로 물 부족 국가들이 증가하는 추세로, 장기적인 관점에서 빗물의 소중함을 일깨워 일상생활 환경에서 빗물의 저장 및 침투 시설을 개발하고 연계하는 도심지 빗물 침투 시스템을 구축을 위한 기초 기술을 개발하고자 한다.

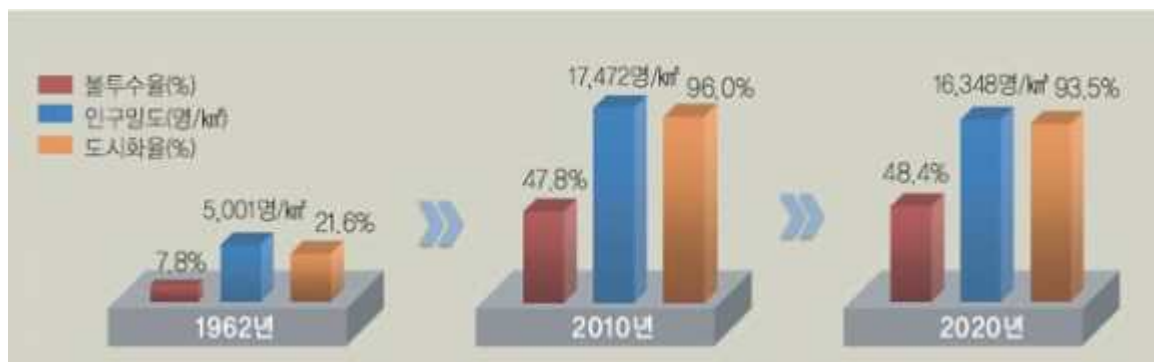


< 그림 1-1 > 도심지 빗물 침투 시스템

제 2 절 연구개발의 필요성

1) 도시화율에 따른 불투수율 증가

- 모두 숲과 흙일 때는 10%는 하천으로, 토양 흡수는 50%, 증발은 50% 정도 된다. 그러나 아스팔트나 콘크리트로 되어 있을 경우(포장면적 75~100%), 55%가 하천으로 유입되고 토양 흡수는 15% 정도이며, 나머지 30%는 증발된다.
- 세계 각국에서 도시화가 활발히 진행됨에 따라 빗물이 토양으로 흡수되지 않고 하천으로 빠르게 퍼져나가 홍수의 위험이 커진다. 그만큼 지구 표면 중 흙보다는 아스팔트나 콘크리트로 덮인 지역이 증가하고 있다.
- 서울시는 산업화를 거치면서 도시의 거리를 아스팔트나 콘크리트로 덮어 버리며, 자동차들의 원활한 운행을 위해 단단하고 매끄러운 아스팔트로 덮이며, 비가 많이 내리면 빗물이 땅속으로 스며들지 못하며 빠져나갈 곳이 없는 빗물이 도시 거리를 채웠다.
- 1962년 서울의 도심지가 본격적으로 개발되기 전까지는 콘크리트와 아스팔트로 덮인 비율이 7.8%에 불과했으나, 2010년에는 50% 육박하여 그만큼 홍수의 위험이 커졌다.



< 그림 1-2 > 서울시 도시화율 변화(출처 : 워터저널)

2) 제품의 침투량 증대 및 강도 증가

- 기존 제품은 초기 개발 제품으로 담배꽂초, 낙엽 등의 이물질이 걸러지는 것을 확인하였으나, 설치 후 시간이 경과함에 따라 예상치 못했던 문제점을 확인하였다.
- 차량 통행으로 인해 가로수 보호판 및 틀이 파손되고, 열에 의해 변형이 생기는 것을 확인하였다. 또한, 빗물침투 공간이 부족하여 빗물 침투량을 획기적으로 늘리며, 제품의 강도를 증진할 수 있도록 기술 개발이 필요하다.
- 단순히 제품의 강도를 증진하는 것이 아니라, 제품의 내구성·내후성을 바탕으로 보도의 보행자들의 편의성 증가를 위한 제품의 기술 개발하고, 이로 인해 유지관리비가 절감될 수 있는 기술 개발이 필요하다.

3) 해외 진출을 위한 제품의 기술 개발

- 국내 뿐 아니라 해외 수출을 목표로 하고 있기에, 기후 조건에 따른 제품의 성능 유지를 위한 기술 시험이 필요하다.
- 시험은 객관적인 데이터 확보를 위해 공인시험기관을 통해 시험을 하고, 증빙자료로 첨부하여 객관성 입증에 필요하다.
- 해외 가로수에 도입을 위한 다양한 기후 조건에서의 시험으로 하이브리드형 기술 개발이 필요하다.



< 그림 1-3 > 기존 제품의 하자 및
유지관리 문제점



< 그림 1-4 > 다양한 환경 변화가
가능한 실험동 개요

4) 한국건설기술연구원 기술실시 계획

- 국토교통부 건전한물순환 LID연구단에서 개발한 기술을 한국건설기술연구원과 기술실시 계약을 통해 도시지역 재난예방과 수목성장을 고려한 하이브리드형 유출저감 시스템을 식용화 하고자 한다.

[별지 18] 기술실시계약서 표준서식

기술 실시 계약서

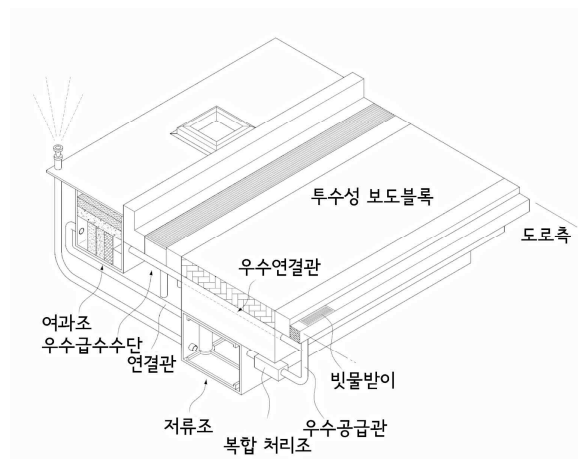
- 과제번호 : ○ 예산연도 : ○ 연구개발과제명 : 공간시설 및 공공·문화체육시설의 GI & LID 시스템 개발 ○ 연구개발비 : 2,515,627,000원 (정수용예산 : 1,402,000,000원, 기업부담금 : 1,113,627,000원)
- 기술실시 계약명 : 녹지 및 보도 공간에서의 물순환 관리 기술 ○ 기술로 : 정액가산료 : 금 일천구백만원(₩ 19,000,000, 부가세별도)
- 정상가산료 : 매출액의 2%(부가세별도)
- 계약기간 : 5년 (2016. 02. 16. ~ 2021. 02. 15)
- 계약당사자 : 연구개발결과를 소유기관 : 한국건설기술연구원
실시기관 : 에스그린코리아(주)

연구개발결과물 소유기관(한국건설기술연구원)과 실시기업(에스그린코리아(주))은 연구개발결과물 소유기관이 국토교통부 “물관리연구사업”으로 개발한 기술을 실시기업이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "기술"이라 함은 본 계약에 따라 연구개발결과를 소유기관이 실시기업에
게 이전하기로 한 기술로서, 아래 지식재산권과 이를 실시하기 위하여 관
련된 기술을 말한다.

구분	특허명	출원/등록인	국가	출원/등록번호
특허	도로와 보도 연계형 빗물관리 시스템	한국건설기술연구원	대한민국	10-1485001
특허	부상형 녹지 구조체를 갖는 지표 유출 빗물 집수 시스템 및 관리 방법	한국건설기술연구원	대한민국	10-1503523



< 그림 1-5 > 한국건설기술연구원 제 10-1485001호 도로와 보도 연계 빗물관리 시스템

제 3 절 연구개발 범위

- 본 연구과제에서는 빗물 침투기능 향상으로 도심지 저영향개발(LID)을 통한 바른 물 순환구조를 가져오며, 동시에 식물생장을 통한 도심지 생태계 유지에 도움을 주는 하이브리드형 유출저감 제품의 개발 및 현장적용을 목적으로 하며 다음과 같은 절차를 통하여 목표를 달성하고자 한다.

□국내외 LID제품에 대한 적용성 분석

- 비점오염원 제어 방안과 침투 유출 저감, LID개발 사례 분석
- LID 요소 기술의 현황, 잠재력 분석 및 목표 기술 항목 설정

□국내외 가로현황 종합사례 연구

- 국내외 현장 답사를 통한 현황 조사, 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석

□Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 침투량, 저류량 개선을 통한 기존제품과의 성능 비교

- 제품의 침투량 증대 및 수목 생장을 위한 제품의 기능에 대한 분석

□Test Bed 설치를 통한 다양한 기후 및 온도에 대한 제품의 성능 시험

- 다양한 기후 조건의 통제를 통한 제품의 성능 분석

□성능보완 및 기술 개발

- 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 후 시제품 제작
- Test Bed를 활용한 시제품 성능 시험

□하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발

- 요구 성능항목 및 성능지표 분석
- 고장원인 분석을 통한 성능지표 분석

□기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발

- 목업 요구성능 항목 분석 및 평가기술 개발
 - 시험평가 매뉴얼 개발
-

제2장. 국내외 기술 개발 현황

제 1 절 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

가) 국가연구개발사업 유사연구 검토

- 대표적인 유사연구로 국토교통부에서 진행중인 LID 기반 물순환 그린 인프라 구축기술 개발(2012.11.28.~2017.2.28)이 있으며, 이외 조사되지 못한 연구과제들이 다수 있을 것으로 판단된다.
- 완료된 연구과제로 2013년 3개의 특허 출원과 1개의 특허 등록, 2014년 2개의 논문 발표와 2개의 특허 등록, 2015년 5개의 논문 발표와 6개의 특허를 출원, 2016년 10개의 논문 발표와 6개의 특허 등록, 2017년 3개의 논문 발표와 1개의 특허를 등록하였다.

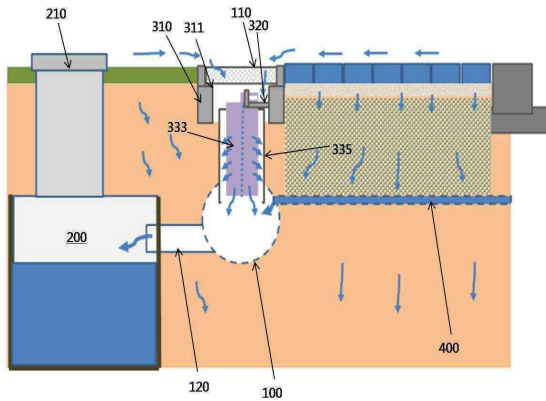
< 표 2-1 > 국가연구개발사업 유사연구 현황

부처명	사업명	과제명	예산(억원)	비 고
국토교통부	물관리 연구사업	LID 기반 물순환 그린 인프라 구축기술 개발	28.0	' 12
환경부	환경정책기반공 공기술개발사업	도시생태계 적응·관리 기법 및 지원시스템 개발	36.0	' 11~ 16
중소기업청	산학연협력기술 개발	초기우수처리에 적합한 인공토양여재와 이를 이용한 LID SYSTEM 개발	0.6	' 13~ 14
미래창조과학 부	한국과학기술원 연구운영비지원	수요공급 변화 시나리오 기반 물순환 변화 예측모델 및 지속가능형 적응전략 기획연구	0.2	' 14
중소기업청	산학연협력기술 개발	LID형 비점오염 저감 빗물저류 침투조 개발	0.6	' 13~ 14

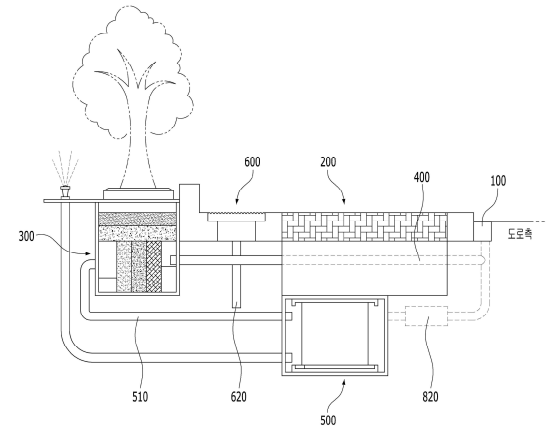


< 그림 2-1 > 국가연구개발사업 유사연구 분석

- 2015년 특허 등록한 녹지 및 도로 유출수 분리 여과 기능을 갖는 빗물 저류 시스템 및 빗물 저류 방법과 도로와 보도 연계형 빗물관리 시스템이 본 과제와 유사한 기술을 구현하고 있다.
- 본 개발 기술의 경우 유출 저감과 더불어 식생에 대한 생육촉진에 영향을 주는 기술로 차별화되어 있다.



< 그림 2-2 > 녹지 및 도로 유출수 분리 여과 기능을 갖는 빗물 저류 시스템 및 빗물 저류 방법



< 그림 2-3 > 도로와 보도 연계형 빗물관리 시스템

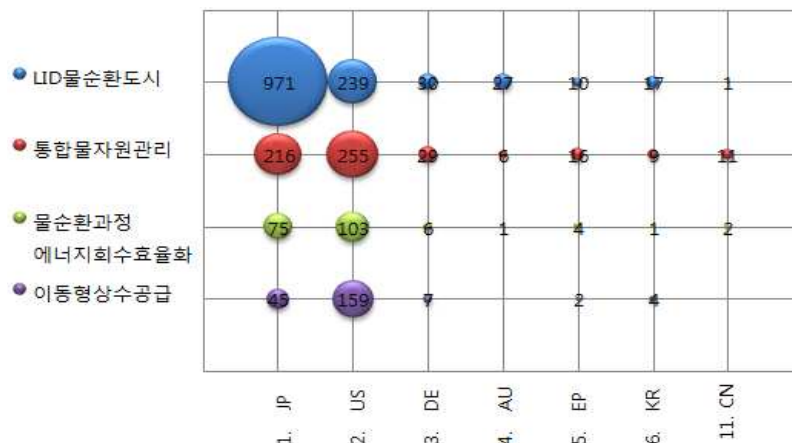
나) 사업화과제의 차별화 방안

- 본 기술사업화는 기존 기술과 달리 이미 상용화된 제품을 기반으로 연구개발을 진행하여 개발 후 바로 제품 생산 및 판매가 가능한 사업으로, 연구개발을 통한 제품개선으로 사업화 데스밸리(death valley)를 극복하여 국내 시장형성 및 해외시장 진출로 연구성과와 도출이 가능하다.
- 또한, 기존 연구개발은 LID연구에 전반적인 기술개발을 통해 물순환에 중점을 두었으나, 본 기술사업화는 LID의 요소 중 빗물의 침투에 집중한 과제 수행을 통해 도시의 물순환과 더불어 식물의 생육을 통한 생태계 환경 개선을 위한 하이브리드형 LID제품 개발로 구체적인 사업화제품을 개발하는데 중점을 두고 있다.
- 다양한 기후환경에 대한 실험 및 검증을 통해 국내를 비롯한 해외시장에서도 바로 적용이 가능한 제품 개발이 가능할 것으로 판단된다.
- LID제품에 대한 정량적 평가지표 제시를 통해 기존 제품과의 성능을 정량적으로 나타내어 향후 제품의 상용화에 있어 소비자들로 하여금 개발기술의 우수성을 인식할 수 있도록 할 예정이다.

제 2 절 국내외 관련 기술 특허 동향

가) 수자원 에너지 기반 국가· 기술 특허 출원 등록 현황

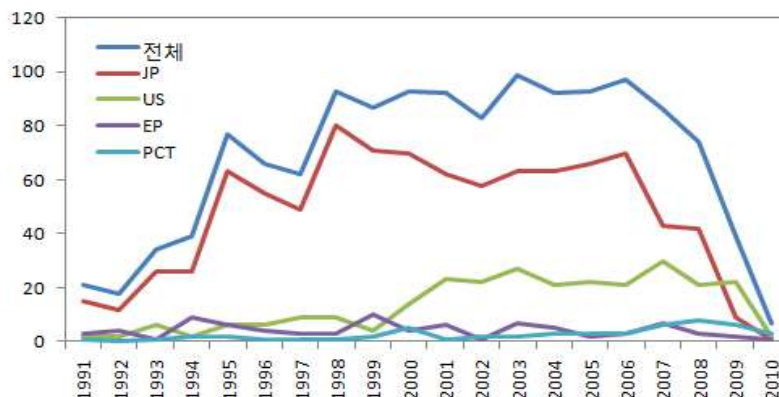
- 국가별 특허출원등록 현황을 분석해 보면, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련 특허를 가장 많이 출원 및 등록한 국가는 일본이고, 그 다음으로 미국, 독일, 호주, 스페인, 우리나라 순이다.
- 특히 일본은 LID 물순환도시 관련 특허를 집중적으로 출원 및 등록하였으며, 미국은 전 분야에서 특허 활동이 활발한 것으로 나타났으며 국내는 상대적으로 LID 물순환도시와 관련된 특허를 많이 출원 및 등록하고 있다.



< 그림 2-4 > 수자원 에너지 기반 국가기술별 특허출원 및 등록현황
(출처: 물순환 기술 기획보고서, 국토해양부, 2011)

나) LID 물순환 도시 기술 관련 특허 동향

- LID 물순환도시 기술과 관련한 특허는 총 1,352건 이상이 검색되었고, 꾸준히 증가하여 연평균 7%의 성장세를 나타내고 있다. 특히, 일본 특허청에서는 944건이 출원되어 일본 내 기업을 중심으로 기술개발과 지재산 확보 노력이 활발한 것으로 판단된다.
- 1990년대에는 일본에서 출원 및 등록된 특허가 주를 이루다가, 2000년대 들어 미국의 특허활동이 활발해진 것을 알 수 있다.

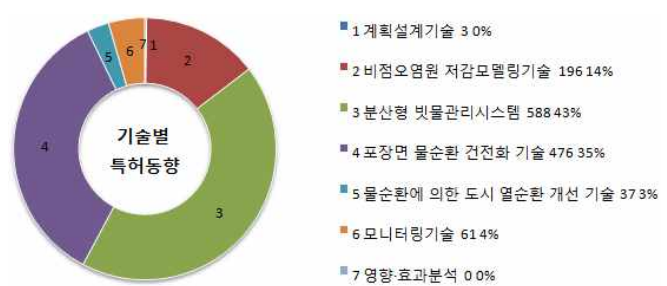


< 그림 2-5 > 연도별 특허출원등록 현황
(출처: 물순환 기술 기획보고서, 국토해양부, 2011)

- 우선권 주장을 국가별로 살펴보면, LID 물순환 도시 기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가 역시 일본으로 전체의 72%(971건)를 차지하고 있으며, 일본 다음으로는 미국, 독일, 호주, 우리나라 순으로 나타나고 있다.
- 기술분야별로 살펴보면, 분산형 빗물관리시스템, 포장면 물순환건전화기술에 집중적으로 특허가 출원 및 등록되었으며 계획설계기술, 영향효과 분석과 관련된 특허출원은 미미한 것으로 보여진다.



< 그림 2-6 > 국가별 특허출원등록 비율



< 그림 2-7 > 기술별 특허출원등록 비율

다) 해외 관련기술 특허 현황

- 1990년대 초 미국 Maryland에서 본격적으로 LID 기술을 적용하였고 이후 중앙정부(EPA)와 지자체에서 적극적으로 확산하며 많은 특허와 기술들이 나오고 있다.
- 미국, 독일, 영국 일본 등 선진국을 중심으로 국토자원을 보전하고 생물다양성 및 하천의 건강성을 위해 물순환(water cycle)에 포커스를 두고 기술을 개발하고 있다.

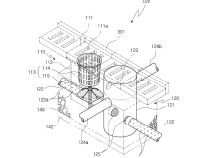
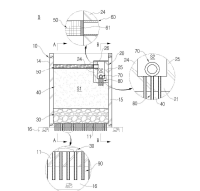
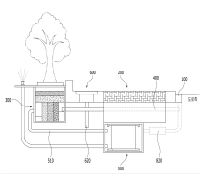
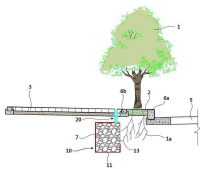
< 표 2-2 > 주요 피인용 해외 특허정보 (출처: 물순환 기술 기획보고서, 국토해양부, 2011)

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	대표도면
US5232587	Stormwater inlet filter 우수 유입구 필터	DANDY PRODUCTS, INC.	1993	
US6277274	Method and apparatus for treating stormwater runoff 우수 빗물 양을 처리하기 위한 방법과 장치	AMERICAST, INC.	2001	
US5174897	Constructed wetlands to control nonpoint source pollution 비점오염원 오염을 제어하기 위한 인공 습지	UNITED STATES OF AMERICA DEPARTMENT OF AGRICULTURE	1992	
US5954952	Stormwater catch basin filter assembly 우수 수챗구멍 쓰레기 받이 필터 어셈블리	SLAMMER MANUFACTURING, L.L.C.	1999	
US5437786	Stormwater treatment system/apparatus 우수 처리 시스템/장치	STORMTREAT SYSTEMS INC	1995	

라) 국내 관련기술 특허 현황

- 국내의 LID 물순환 도시기술 관련 관심 증가와 함께 특허 출원수가 꾸준히 증가하고 있으며, 2000년 초반 빗물의 이용과 관련된 특허와 기술이 개발되었고, 이후 물순환 건전화를 위한 LID 기반의 빗물관리와 관련한 연구개발 및 특허 출원수가 증가하고 있다.
- LID 관련 특허 조사결과 우리나라는 세계 5위권 안에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있는 것으로 파악된다.

< 표 2-3 > 주요 피인용 국내 특허정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	대표도면
10-1043661	지중 침투형 빗물배수 장치	한림에코텍주식회사	2011	
10-1333120	가로수목 식재박스 및 이를 이용한 물 순환 환경 구축을 위한 가로 수목 공간 조성	한국건설기술연구원	2013	
10-1485001	도로와 보도 연계형 빗물관리 시스템	한국건설기술연구원	2015	
10-1488139	우수를 활용한 무동력 가로수 관수시스템	동부엔지니어링 주식회사	2015	

제 3 절 국내외 시장분석 및 사업화 전망

- LID기술을 활용한 도시조성 및 물·물질순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임 전환으로 관련한 시장이 지속적으로 팽창하고 있다.
- 국토교통부에서는 도시·군계획시설에서의 물순환 관련 조상, 도시공원 및 녹지등에 관한 법률, 도시 및 주거환경 정비법, 지속 가능한 신도시 계획 기준, 친수구역 활용에 관한 특별법 등 LID시설 시장형성 및 사업화를 위해 가장 적극적으로 지원하고 있다.
- 환경부에서는 물이 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제정하였고 유출이 없는 주거단지, 상업단지, 산업단지 조성 시범사업을 실시하고 있다.
- 안전처에서는 자연재해대책법에 따라 우수유출저감시설 도입에 따라 저류 침투시설의 적용이 확대가 예상된다.

○ 사업화 계획

- 연구과제를 통해 개발한 제품의 적용 확대가 예상됨에 따라 개발 제품의 전략적 판단 필요
- 제품의 기능과 특징을 고려하여 홍수 저감 요소 보다는 환경적 요소에 중점을 두고 사업화 및 영업전략 필요
- 빗물 침투에 의한 생육환경 개선과 빗물 유출량 저감의 기능을 중점 홍보하여 각 지자체 및 건설관련 회사들 공략

○ 국내 시장

구분	내용
초기시장 개발 전략	• 현재 연구 개발 효과 사례를 중심으로 지자체 홍보 - 각 지자체 샘플시공으로 효과 입증 - 가로수 재정비 사업등을 통한 제품의 반영 - 빗물 침투에 의한 생육환경 개선과 빗물 유출량 저감의 기능을 중점 홍보 - 시범사업을 통한 적극적인 홍보
중·장기 영업전략	• 세계 물 문제, 기후환경 대응방안으로 빗물 활용 관련 산업에 확대 적용 • LH, SH 등의 공공기관의 LID 사업에 반영 • 주거지 및 산업단지 조성사업 초기단계에 설계 반영 유도 • 보도 환경 개선 및 가로수 생육환경 개선사업에 반영

○ 해외 시장

구분	내용
초기시장 개발 전략	• MOU 체결된 중국 및 베트남 시장 우선 공급 - 무역협회, KOTRA 등 전문기관을 통한 홍보 및 바이어 발굴
중·장기 영업전략	• 개발도상국 중심 MOU 진행 • KOICA 사업에 반영하도록 노력 • 주한미군조달품으로의 진입 • 러시아, 몽고 등 특수한 기후의 국가에 대한 실증시험 • 해외 대리점 지정 및 영업 • 각국의 협력사 선정, 조인트벤처 설립 진행

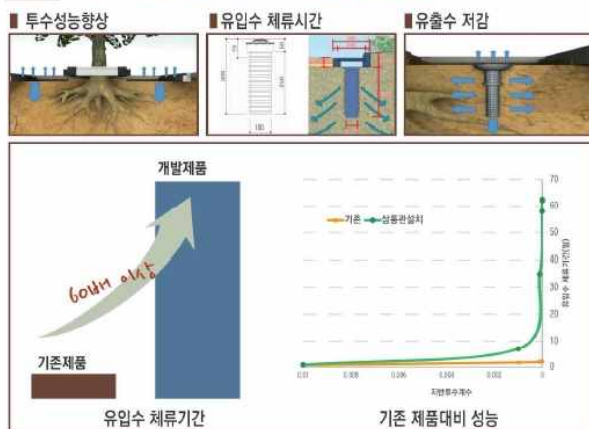
제3장. 연구 수행 내용 및 성과

제 1 절 연구개발 목표 및 내용

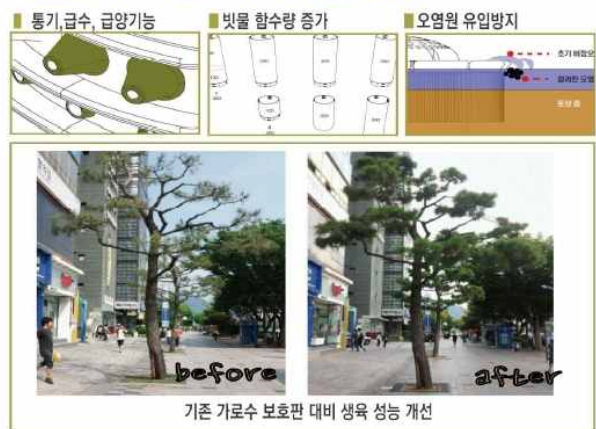
1) 연구개발 최종 목표

- 빗물 침투기능 향상으로 도심지 저영향개발(LID)을 통한 바른 물 순환구조를 가져오며, 동시에 식물생장을 통한 도심지 생태계 유지에 도움을 주는 하이브리드형 유출저감 제품 개발 및 현장에 적용한다.
- 다양한 기후환경조건의 적용 가능한 유출저감 제품개발 및 성능평가를 실시한다.
- 내구성이 개선된 침투시설과 내후성이 개선된 수목생장 장치의 결합을 통해 도시지역 유출저감능을 향상시킬 수 있는 침투형 및 식생형 하이브리드 우수제품을 개발 및 다양한 기후환경의 해외 맞춤형 현장 적용성 평가를 통해 해외 수출 등 세계시장에 진출한다.

1 지표유출수 저감성능



2 수목생육 개선성능



< 그림 3-1 > 지표유출수 저감 및 수목생육 개선

수목의 성장을 고려한 하이브리드형 침투시설 개발을 통한 사업화 확산

융합 기술

기존 제품에 대한 성능 개선				다양한 기후환경 적용			
Earth Green Korea 에스그린코리아(주)				KCL 한국건설생활환경시험연구원 Korea Conformity Laboratories			
목표	침투량	저류용량	강도	+	냉대 및 한대 지역	다우지역	열대 및 자막 지역
	하중도양 침투량 13mL/h 이상	저류용량 20L 이상	하중 2t/㎡ 이상		영하28℃ 성능유지	투수성능 보수성능 정량화	열 가뭄 저항성 정량화
설정근거	침투형 시설 법적 설치 기준	유입수 소진시간 보름이상 확보	공사용 차량 등분포 하중 이상	+	러시아 북부 1월 평균기온	투수성능, 보수성능 측정 및 성능 개선	일사장비를 통한 증발산 및 가뭄저항성

< 그림 3-2 > 연구개발 최종목표

2) 연차별 연구개발 내용

< 표 3-1 > 연차별 연구개발 내용

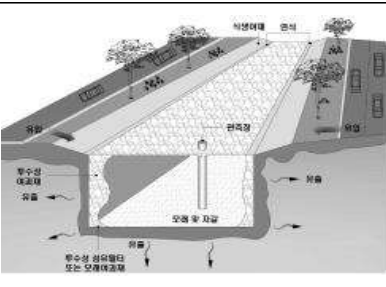
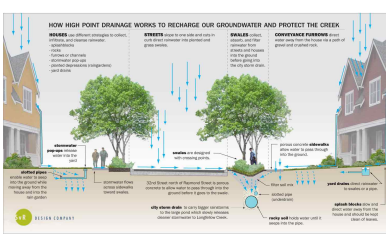
기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용
1차년도 (`16.05~ `17.02)	□ 국내외 LID제품에 대한 적용성 분석	- 비점오염원 제어 방안과 침투 유출 저감, LID개발 사례 분석 - LID 요소 기술의 현황, 잠재력 분석 및 목표 기술 항목 설정
	□ Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 침투량, 저류량 개선을 통한 기존제품과의 성능 비교	- Test Bed 설치 - 제품의 침투량 증대 및 수목 생장을 위한 제품의 기능에 대한 분석 - 기존 LID 제품과의 성능 비교 - 제품의 목표 성능 설정
	□ 성능보완 및 기술 개발	- 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 - 시제품 제작 - Test Bed를 활용한 시제품 성능 시험
	□ 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술 개발	- LID시설 중 유출저감제품에 대한 국내외 평가규격 조사/분석 - 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 요구성능항목 및 성능지표 분석 - 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 고장원인 분석을 통한 성능지표 분석 - 기존제품 및 개발제품에 대한 성능평가 지원 - 선진 유사제품 성능평가를 통한 성능비교평가 - 개발기술의 실수요처 발굴 및 마케팅 계획
2차년도 (`17.03~ `18.02)	□ 국내외 가로현황 종합사례 연구	- 국내외 현장 답사를 통한 현황 조사 - 국내외 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석
	□ Test Bed 설치를 통한 다양한 기후 및 온도에 대한 제품의 성능 시험	- Test Bed 설치 - 다양한 기후 조건의 통제를 통한 제품의 성능 분석 - 제품의 목표 성능 설정
	□ 제품의 성능보완 및 기술 개발	- 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 - 시제품 제작 - Test Bed를 활용한 시제품 성능 시험
	□ 기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발	- 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 목표 요구성능 항목 분석 및 평가기술 개발 - (다우기후용) Rainfall simulator(2.5~150mm/hr) - (사막기후용) 일사장비(800~1,200W/m ²) 조절 - (냉대 및 한대기후) 동결융해(0~영하40℃) - 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 시험평가 매뉴얼 개발 - 하이브리드형 유출 저감제품에 대한 성능평가법 표준화 제안

제 2 절 주요 연구성과 요약

1) 핵심성과별 연구내용 요약

○ 핵심성과 1

< 표 3-2 > 국내외 분석 및 사례 연구

세부연구성과	연구내용 요약	
□ 국내외 LID제품에 대한 적용성 분석	- 비점오염원 제어 방안과 침투 유출 저감, LID개발 사례 분석 - LID 요소 기술의 현황, 잠재력 분석 및 목표 기술 항목 설정	 The diagram illustrates a cross-section of a permeable pavement system. It shows a road surface with permeable pavement (투수성 포장층) and a storage layer (저수층) below it. Water (雨水) infiltrates through the pavement into the storage layer. Labels include: 不透水層 (Impermeable layer), 투수성 포장층 (Permeable pavement layer), 저수층 (Storage layer), 침투 (Infiltration), 유출 (Outflow), and 雨水 (Rainwater). A note at the bottom states: '투수성 포장층보다 높은 토질투수율' (Higher soil permeability than permeable pavement layer).
□ 국내외 가로현황 종합 사례연구	- 국내외 현장 답사를 통한 현황 조사 - 국내외 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석	 The diagram is titled 'HOW HIGH POINT DRAINAGE WORKS TO RECHARGE OUR GROUNDWATER AND PROTECT THE CREEK'. It shows a cross-section of a residential area with houses and trees. Rain (RAIN) falls on the ground and infiltrates into the ground. Labels include: HOW HIGH POINT DRAINAGE WORKS TO RECHARGE OUR GROUNDWATER AND PROTECT THE CREEK, RAIN, INFILTRATION, GROUNDWATER, and CREEK. A note at the bottom states: 'RAINFALL RECHARGES GROUNDWATER'.

○ 핵심성과 2

< 표 3-3 > 제품 기술 개발

세부연구성과	연구내용 요약
□제품 기술 개발	- 기술 개발을 위한 설계도 작성 후 시제품 제작 

○ 핵심성과 3

< 표 3-4 > Test Bed 설치를 통한 성능 시험

세부연구성과	연구내용 요약
□ Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 평가	- 다양한 기후에서 다환경 성능평가를 통해 제품의 침투, 보수, 동결저항성의 정량적 평가  다환경 해외 맞춤형 IUD시설의 성능평가 2017. 1 (재)한국건설생활환경시험연구원

○ 핵심성과 4

< 표 3-5 > 제품의 성능보완 및 기술 개발

세부연구성과	연구내용 요약	
□ 제품의 성능보완 및 기술 개발	- 1차년도 개발 제품의 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 후 시제품 제작	

○ 핵심성과 5

< 표 3-6 > 기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발

세부연구성과	연구내용 요약	
□ 기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발	- 다양한 기후에서 다환경 성능평가를 통해 제품의 가뭄 저항성, 침투 성능, 동결 융해저항성의 정량적 평가 - 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 시험평가 매뉴얼 개발	 다환경 해외 맞춤형 UD시설의 성능평가 2018. 2 재단법인 한국건설생활환경시험연구원 다환경 해외 맞춤형 UD시설의 성능평가 2018. 2 재단법인 한국건설생활환경시험연구원

제 3 절 연구 수행 내용

1. 국내외 분석 및 사례 연구

1-1. 국내외 LID 제품에 대한 적용성 분석

가) 비점오염원 제어 방안과 침투 유출 저감, LID개발 사례 분석

< 표 3-7 > 침투형 LID 시설의 개요 및 사업화 가능성

침투형 시설	개요	사업화 및 적용가능성
㉠ 투수성 포장	- 강우유출수 내 오염물질을 직접 포장체를 통해 하부 지층으로 침투시켜 제거하는 시설 - 침투수의 일시저류기능을 하는 자갈층과 토양층 및 섬유여과층으로 구성	콘크리트 및 레미콘 중심의 투수성능 뿐 아니라 보수성능을 개선한 제품개발 사업화 필요
㉡ 투수블럭	하중이 크지 않은 도로에 불투수성 포장 대신 빗물이 땅으로 침투되도록 투수성 블럭을 설치하여 자연의 물순환 기능을 회복할 수 있도록 하는 공법	
㉢ 침투도랑	자갈 등으로 채워진 도랑형태의 처리시설로 강우 유출수가 도랑을 통해 유하하는 동안 침투에 의해 오염물질을 처리하는 시설	조경업을 중심으로 수질개선을 위해 장치형과 결합한 제품위주 사업화 가능
㉣ 침투통	투수성을 가지는 통 본체와 주변을 쇠석으로 충전하여 집수한 빗물을 측면 및 바닥에서 땅속으로 침투시키는 시설	빗물받이와 연계한 소규모 침투통 사업화 가능
㉤ 침투트렌치 /침투관	굴착한 도랑에 쇠석을 충전하고 그 중심에 침투통과 연결되는 유공관을 설치하여 빗물을 통하게 하며, 쇠석의 측면 및 저면으로부터 땅속으로 침투시키는 시설	기존 콘크리트관 업체를 중심으로 시장형성
㉥ 침투측구	침투측구는 측구 주변을 쇠석으로 충전하고 빗물을 측면 및 바닥을 통하여 땅 속으로 침투시키는 시설	산마루측구 등 제품의 적용성 확대 필요
㉦ 침투저류지	투수성 토양으로 시공된 우수 저장시설로 강우유출수를 얇은 수심의 저류지에 차집하여 임시저장 및 침투를 통해 오염물질을 제거하도록 설계된 시설	조경업을 중심으로 수질개선을 위해 장치형과 결합한 제품위주 사업화 가능

㉠ 투수성 포장

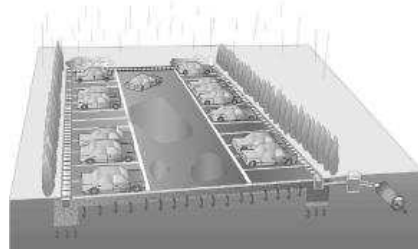
강우유출수 내 오염물질을 직접 포장체를 통해 하부 지층으로 침투시켜 제거하는 시설로, 침투수의 일시저류기능을 하는 자갈층과 토양층 및 섬유여과층으로 구성

□시설 설치 가능지역

- 교통량이 적은 도로 또는 주차장 등에 설치하며, 내구성을 고려하여 차량 총 중량 5톤 이하의 도로에 적용하고 간선도로에는 설치하지 않음
- 빗물의 침투로 지반의 안정성에 문제가 발생할 우려가 있거나 자연환경에 영향을 줄 수 있는 지역 및 지하수 함양이 높아 빗물침투가 불필요한 지역은 설치가 부적합
- 겨울철 동결로 인해 기능이 저하되지 않는 지역에 설치하는 것이 바람직함

□설치시 고려사항

- 토양 침투율이 낮은 지역에 투수성 포장을 시공할 때는 천공암거를 설치하며, 이때 관측정 및 청소정이 설치되어야 함
- 포장면적 이외의 불투수 면적으로부터 발생하는 강우유출수를 유입· 침투시킬 목적으로 투수성 포장을 설치하는 경우 자갈층 두께를 최소 30cm이상이 되도록 함
- 빗물 침투로 인한 지지력 저하나 교통하중에 의한 압밀로 침투기능이 저하되어서는 안 됨
- 보행자의 민원을 최소화하기 위하여 전면 투수성포장 보다는 부분포장을 우선 고려



< 그림 3-3 > 투수성 포장

㉡ 투수블럭

하중이 크지 않은 도로에 불투수성 포장 대신 빗물이 땅으로 침투되도록 투수성 블록을 설치하여 자연의 물순환 기능을 회복할 수 있도록 하는 공법

□시설 설치 가능지역

- 12m 미만의 도로, 보도, 주차장, 광장, 산책로, 자전거도로 등 모든 포장
- 토사유입이 많은 지역과 하천 내에 설치되는 것은 부적합

□설치시 고려사항

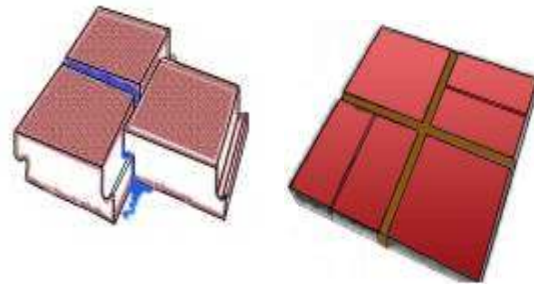
- 반드시 투수능력이 지속적으로 유지되어야 하며, 이를 위해 투수성능의 지속성에 관한 시험성적서 등을 제시하여야 함
- 공극 막힘에 대한 유지관리 방안으로 진공청소 등의 대안이 제시되고 있으나, 현실적인 적용의 한계가 있으므로 별도의 유지관리 없이도 일정기간 동안 일정 기준 이상의 투수능력이 유지될 수 있어야 함

□설치 사례

< 표 3-8 > 투수블록 설치 사례

주소지	투수계수 (mm/sec)	유지기간 (year)	시설면적 (m2)	토지이용
서울시 광진구 독성유원지역	6.3	5년 이상	200	이면도로
서울시 구로구 외	1.7	5년 이상	250	보도
경기도 의정부시 외	1.7	5년 이상	500	주차장

※ 유지기간은 별도의 유지관리 없이 기준 투수계수 이상의 투수능력을 확보할 수 있는 기간



<결합틈새 투수블록> <자체 투수블록>

< 그림 3-4 > 투수블록

㊤ 침투도랑

자갈 등으로 채워진 도랑형태의 처리시설로 강우유출수가 도랑을 통해 유하하는 동안 침투에 의해 오염물질을 처리하는 시설

□시설 설치 가능지역

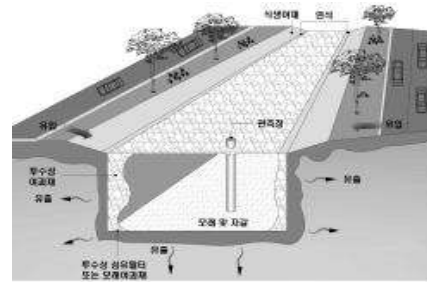
- 도로 및 주차장의 강우유출수 처리에 많이 적용되며, 저류지를 설치 할 수 없는 작은 부지나 배수구역 가장자리 및 자투리땅에 쉽게 설치 가능
- 침투시설에 적합한 토성은 양토(loam), 사질양토(sandy loam), 양질양토(loamy sand)이고, 침투속도는 13~210mm/hr 정도임
- 토지부하량이 많은 지역은 침사지 등 전처리시설을 배치하여야 하며, 부지경사가 6% 이상인 곳은 설치 부적합

□설치시 고려사항

- 강우유출수가 많아 침투용량을 초과할 경우 우회로를 이용해 월류시키며 설치시 최상부 30cm를 제외하고 막힘을 방지하기 위하여 투수성이 있는 부직포를 이용하여 충전재를 감싼 후 설치
- 직경 10~15cm의 두께가 있는 관측공을 설치하여 수위, 침투시간 및 오염물 퇴적량을 관측 지속적인 식생관리가 중요함

< 표 3-9 > 침투도랑 설치 사례

주소지	배수면적 (ha)	처리용량 (㎥/d)	시설면적 (㎡)	토지이용
경기도 용인시 포곡면 전대리1	0.3	39	300	도로
경기도 용인시 포곡면 전대리2	0.5	55	300	도로
경기도 이천시 부발읍 아미리 이천IC	1.6	135	444	도로, 주거지



출처: 저영향개발
(LID) 기술요소 가이드라인(2013, 환경부)

< 그림 3-5 > 침투도랑

② 침투통

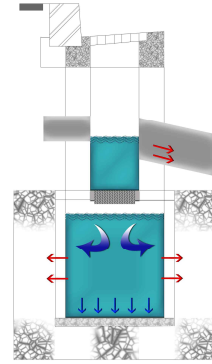
투수성을 가지는 통 본체와 주변을 쇠석으로 충전하여 집수한 빗물을 측면 및 바닥에서 땅 속으로 침투시키는 시설

□ 시설 설치 가능지역

- 투수계수가 10~5 cm/sec보다 작은토양(시공지역의 터파기 공사 후 물이 5 시간 동안 0.18 cm 이하로 침투되는 토양)은 침투통 설치 불가능
- 입도분포도에서 점토가 40 % 이상을 차지하는 지역 설치 불가능
- 침투시설에 적합한 토성은 양토(loam), 사질양토(sandy loam), 양질양토(loamy sand)이고, 침투속도는 13~210 mm/hr 정도임
- 입자상 오염물질(토사)을 많이 배출하는 지역은 침사지 등 전처리시설을 배치하여야 함

□ 설치시 고려사항

- 침투통은 단독으로 설치하거나 침투관이나 침투측구 등과 연결하여 설치 가능
- 침투통의 시공은 하부층이 동결되었거나 기온이 4℃ 이하인 경우와 30℃ 이상인 경우 부적합
- 토양오염의 가능성이 있는 경우 오염물질이 지하로 침투되지 못하게 시설 바닥에 차수층(遮水層)을 설치함
- 침투시설의 간격을 너무 가깝게 하면 침투류의 상호간섭에 의해 침투량이 저하되므로 침투시설은 서로 1.5m 이상 거리를 두고 설치함



< 그림 3-6 > 침투통

㉠ 침투트렌치/침투관

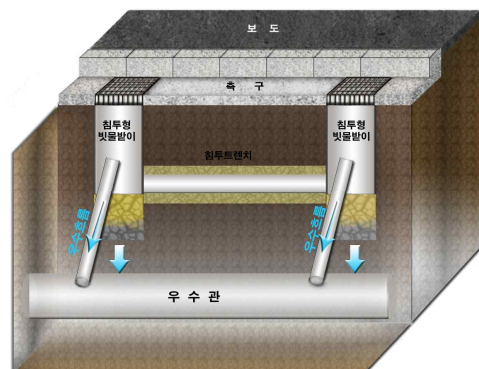
굳은 도랑에 쇠석을 충전하고 그 중심에 침투통과 연결되는 유공관을 설치하여 빗물을 통하게 하며, 쇠석의 측면 및 저면으로부터 땅속으로 침투시키는 시설

□ 시설 설치 가능지역

- 설치 적합지역 : 대지 및 단구, 선상지, 구릉지(구성 지질에 따라 급경사면은 적절치 않음), 사구지 등
- 고농도의 토사 또는 탄화수소(석유 및 유지 등)를 함유한 유출수는 폐색 및 토양오염의 염려가 있으므로 모래여과, 토사 스크린 등 전처리시설이 있는 곳이 적합함

□ 설치시 고려사항

- 공공도로에 매설하는 경우에는 그 매설위치 및 깊이를 도로관리자와 협의
- 철도횡단의 경우에는 침투트렌치가 교통하중 및 진동을 직접 받지 않도록 충분한 깊이로 매설하고, 종단경사의 특수성에 의하여 교통하중 및 진동이 작용하는 경우에는 관거에 직접 영향을 주지 않도록 방호공을 설치
- 수질 제어 및 침투 유량 저감을 위해 우수지와 같은 강우유출수 저감시설과 연계하여 설치 가능
- 시설의 바닥높이는 지하수위선에서 최소 1.5m 이상 떨어지는 것이 바람직하며 오염물질의 종류와 양, 토양특성 등을 종합적으로 고려하여 이격거리를 조정



< 그림 3-7 > 침투트렌치/침투관

㊤ 침투측구

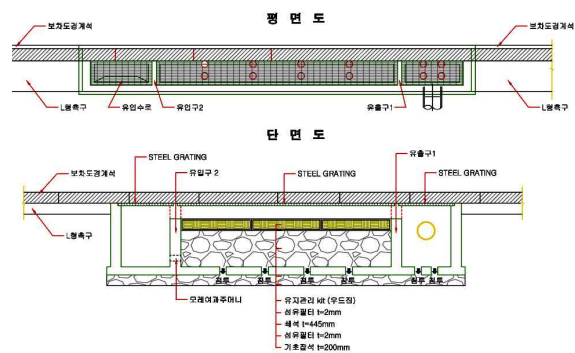
침투측구는 측구 주변을 쇠석으로 충전하고 빗물을 측면 및 바닥을 통하여 땅 속으로 침투시키는 시설

□ 시설 설치 가능지역

- I.C나 분리차선, 시가지 구간, 녹지대 및 부체도로에 지형여건을 감안하여 설치
- 침투시설에 적합한 토성은 양토(loam), 사질양토(sandy loam), 양질양토(loamy sand)이고 침투속도는 13~210 mm/hr 정도임

□ 설치시 고려사항

- 침투측구는 횡단경사 및 종단경사로 구분하여 시설을 설치
- 횡단경사의 경우 설계도에 별도의 명시가 없는 한, 도로쪽에서 보· 차도 경계블록 쪽으로 2~4%의 편경사를 두어야 하며, 도로 횡단경사를 편경사로 시공하는 경우에는 높은 쪽 측구를 도로 횡단경사에 맞추어 역경사로 시공
- 종단경사는 경사지의 경우 도로의 종단경사와 동일하게 적용하며, 평지의 경우에는 두 빗물받이 사이의 중앙점에서 양쪽으로 0.25% 이상 경사를 두어 배수가 원활히 되도록 함



< 그림 3-8 > 침투측구

㊤ 침투저류지

투수성 토양으로 시공된 우수 저장시설로 강우유출수를 얇은 수심의 저류지에 차집하여 임시저장 및 침투를 통해 오염물질을 제거하도록 설계된 시설

□ 시설 설치 가능지역

- 비교적 많은 토지가 필요하여 이미 개발된 지역보다는 개발되고 있는 지역에 적합함
- 설치 적합지역 : 대지 및 단구, 선상지, 구릉지(구성지질에 따라 급경사면은 적절치 않음), 사구지 등
- 모래, 양토와 같이 투과율이 5 mm/hr 이상인 토양이 적합함

□ 설치시 고려사항

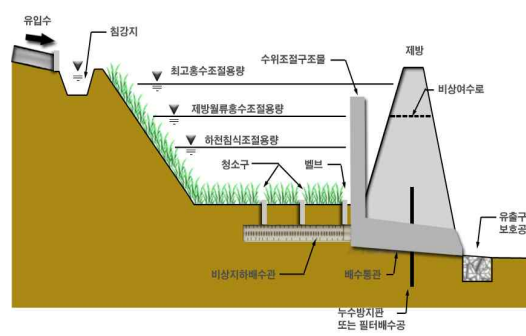
- 지하수위가 높은 경우 사용이 제한될 수 있으므로 지하수위는 최소한 시설의 바닥에서 60~120 cm 하부에 위치해야 함

- 완충지대는 침투저류지의 끝단으로부터 최소한 7~8m가 바람직함
- 저류지 바닥은 경사가 거의 없도록 수심을 균일하게 설계하여 저류지 내 모든 지역에 균일한 침투가 이루어지도록 함
- 물에 잘 견디는 식생을 조밀하게 조성하여 침식을 방지함
- 지역사회 의견 적극 반영하고 불쾌감, 선호도 등을 고려

□ 설치 사례

< 표 3-10 > 침투저류지 설치 사례

주소지	배수면적 (ha)	처리용량 (m ³ /d)	시설면적 (m ²)	토지이용
경기도 용인시 처인구 모현면 초부리	9.61	500	3,463	공장, 도로, 주택, 농경지
경기도 용인시 유방동	9.13	517	3,325	도로, 산지

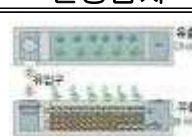


< 그림 3-9 > 침투저류지

나) LID 요소 기술의 현황, 잠재력 분석 및 목표 기술 항목 설정

① LID 요소 기술의 현황

< 표 3-11 > 토지이용별 LID 시설 설치장소 및 기능 분류

구분	침투도랑	측구형침투 시설	식생수로	도시형 인공습지	빗물저장조
모식도					
설치 장소	공원, 완충녹지 구간	도로 L형 측구 구간	공원, 완충녹지 구간	도로 식수대 구간	공원내
기능	침투시설 (증발, 침투)	침투시설 (침투)	식생형시설 (증발, 침투)	인공습지 (증발, 침투)	저류시설 (저류)

② 잠재력 분석

- LID 기법은 심각한 온난화 및 기후변화로 인해 물 부족을 비롯하여 이로 인한 삶의 환경에 많은 영향을 끼치고 있다. 빗물의 중요성을 인식하여 빗물의 효율적인 활용에 대하여 전 세계적으로 연구 개발이 진행중이며, 앞으로 더욱더 LID 관련 산업은 더욱더 확장될 것이다.
- 하나의 제품이 아닌 시대의 흐름으로 자리를 잡아 복합적인 체계를 갖춘 시스템으로 진화하여 필수적인 기법이 될 것이다.

③ 목표 기술 항목 설정

- 표준시방서, 저영향개발(LID) 기법 설계 가이드라인, 보도공사 설계시공 매뉴얼에 부합하는 기준을 충족할 수 있도록 한다.

○ 표준시방서(국토교통부)

- 일반식재기반 식재(KCS 34 40 10 : 2016, 2016.6.30. 제정)

2.1.5 가로수 보호재료

관리대상시설로는 가로수 보호틀과 보호덮개 및 보호대, 오물 등의 유입을 방지할 수 있는 뚜껑이 있는 통기시설, 빗물 유입관 시설등을 사용한다. 또한 BPN 40 이상을 적용한다.

○ 저영향개발(LID) 기법 설계 가이드라인(환경부, 행정중심복합도시건설청, LH, 한국환경공단)

- 제4장 LID 기술요소 설계기준(P.102, 2016. 12)

라. 침투통

3) 세부 설계기준

가) 구조형식 기준

- (1) 침투시설에 적합한 토성 : 양토(loam), 사질양토(sandy loam), 양질양토(loamy sand)
- (2) 하부토양 침투율 : 13~210mm/hr
- (3) 지하수위 이격거리 : 최고 지하수위 또는 기반암으로부터 수직으로 최소 1.2m 이상
- (4) 유지관리 용이성을 위하여 전처리 시설을 설치(토사유입이 없는 경우 제외가능)
- (5) 침투통 및 침투빗물받이 규격 : 설계 강우량을 충분히 처리할 수 있는 규격을 선정하여 설치하며, 침투빗물받이의 전처리조는 전체 용량의 50% 이상으로 하며, 퇴적물 제거가 용이한 구조로 설치하여야 한다.
- (6) 유공일 경우 : 개공율 0.5% 이상
- (7) 다공성일 경우 : 투수계수 3×10^{-4} cm/s 이상

○ 보도공사 설계시공 매뉴얼(서울특별시, 서울특별시 시설관리공단)

- 2.2.6 보도 포장재 미끄럼 저항기준 준수(P.26, 2016. 12)

(1) 보도포장 미끄럼 저항기준

- 가. 보도의 횡단경사 기준은 빗물 배수를 원활히 하면서도 교통약자의 보행시 불편함을 최소화하기 위해 2% 이내로 규정되어 있고, 대부분의 보도가 여기에 해당되며, 이러한 구간은 '40BPN 이상' 을 적용
- 나. 차도를 횡단하기 위해 설치한 횡단보도 턱낮춤 구간, 보도상 차량 진출입을 위한 턱낮춤 구간, 버스 및 택시정차대 주변구간은 '45BPN 이상' 을 적용(경사도 10% 이내인 경우)
- 다. 불가피하게 중·횡단 경사가 10%를 초과하는 구간은 '50BPN 이상' 을 적용(횡단보도 턱낮춤 구간의 경사석은 '50BPN 이상' 적용)

1-2. 국내외 가로현황 종합사례 연구

가) 국내외 현황 조사

< 표 3-12 > 국내외 동종업계 기술 현황 및 수준

국내	국외
- 국내 동종업체는 철재 또는 압연, 주철 소재를 이용한 다양한 디자인을 적용한 비슷한 제품 구현중 - 잔디보호블록은 잔디보호 역할 미흡	- 해외 시장을 조사한 바에 의하면 가로수 보호판을 알루미늄 소재로 설치한 사례 없음

- 국내



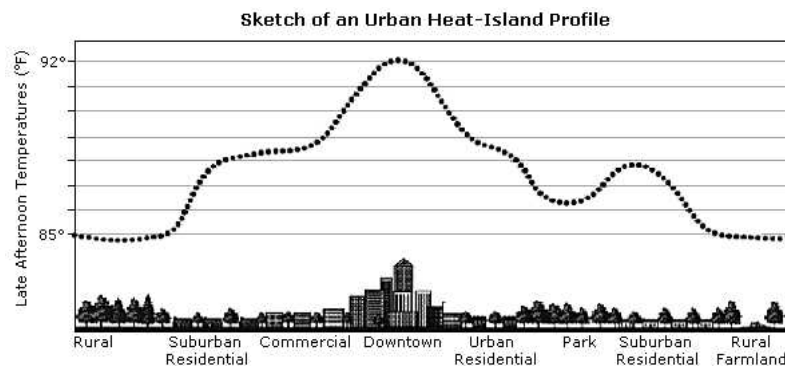
- 국외(중국, 일본)



중국

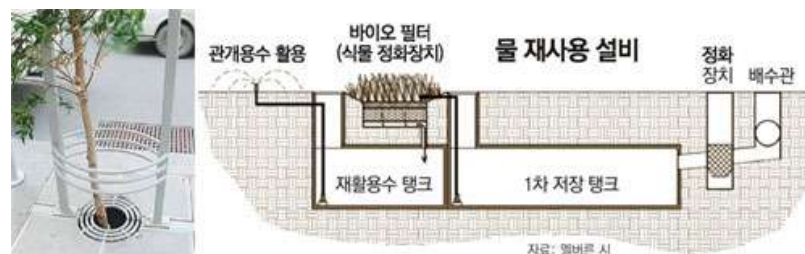
일본

- 1980년대부터 질적 및 양적인 측면에서 녹지네트워크 구축에 관한 연구 그리고 네트워크 필요성과 정책적 방향에 대한 연구가 진행되고 있다.
- 특히 Little(1990)은 녹지네트워크 조성에서 도시민의 이용성에 주안점을 둔 도시공원의 연계 시스템의 필요성을 강조하였으며 John et al(1995)은 휴양적, 생태적 측면을 포괄하는 경관 생태적 접근을 통한 녹지네트워크 계획을 연구하였다.
- Christopher and Brown(1995)은 미국의 Huron-Clinton 대도시 공원네트워크를 조성함에 있어서 추가녹지 조성을 위한 전략 지역의 공간확보 방안을 연구하였다.
- Brown et al(1991), John et al(1995), Turner(1995)는 녹지네트워크 구축에 질적·양적 확대 필요성 및 정책적 방향제시에 주안점을 두어 연구하였다.
- 열섬현상이 일어나는 도시에서 생태공원, 가로수 등의 녹지는 낮은 열용량을 가지고 있어 태양복사열을 흡수하며 토양이 빗물을 흡수하고 풍속을 저감시키는 효과를 가짐으로써 도시 열섬현상을 완화하는 역할을 수행한다.
- McPherson and Rowntree(1993)은 미국의 12개 도시를 대상으로 수고 7.6m의 나무 한그루가 건물 주변의 울바를 위치에 잘 식재되어 있을 경우 연간 100-400kW(10-15%)의 냉방에너지를 절감시킨다고 보고되었다.



< 그림 3-10 > 침투저류지 도시의 열섬현상과 생태공원의 역할
(http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html)

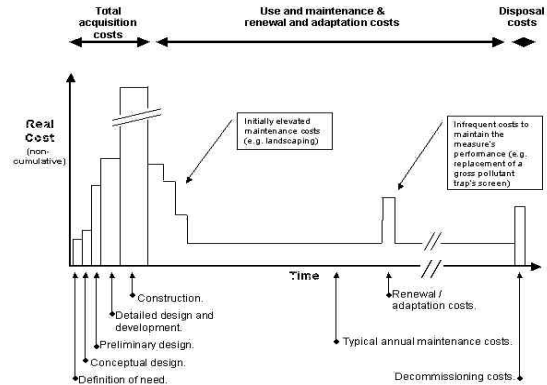
- 호주 멜버른시에서는 기후변화로 인한 가뭄으로 가로수가 고사하는 것을 막기 위해 지하에 물탱크를 설치하여 급수시스템으로 활용하는 것을 상용화 하였다.
- 시에서 운영하는 공원과 운동장, 골프장 등의 지하에 물 재사용설비를 설치하여 잔디에 뿌린 물이 지하로 스며들면 이 물은 지하에 매설된 물탱크, 정화장치 등을 거쳐 다시 사용될 수 있도록 하였다. 호주 멜버른 시내 도로 옆 가로수 지하에는 빗물을 최대한 오랫동안 가뭇둘 수 있는 장치가 매립되어 가뭄에 대비하고 있다.



< 그림 3-11 > 호주 멜버른시의 가로수 물 재사용 설비 단면
(동아일보, 2010.9.14.)

- 또한, City of Melbourne WSUD Guidelines 에서는 멜버른 지역 가로환경 조성시 시각적 아름다움, 안정성, 토지이용, 홍수, 생태계 관리 등의 문제를 고려하고 있다.
- 이러한 기후변화(극한강 우, 가뭄 등)를 고려한 가로환경 조성을 통해 비용절감 효과를 누리고 있는데 초기 건설비용이 소요되지만 우수재활용 등 유지관리 비용이 절약되어 전 생애 비용평가를 실시하면 비용절감 효과가 있음을 알 수 있다.

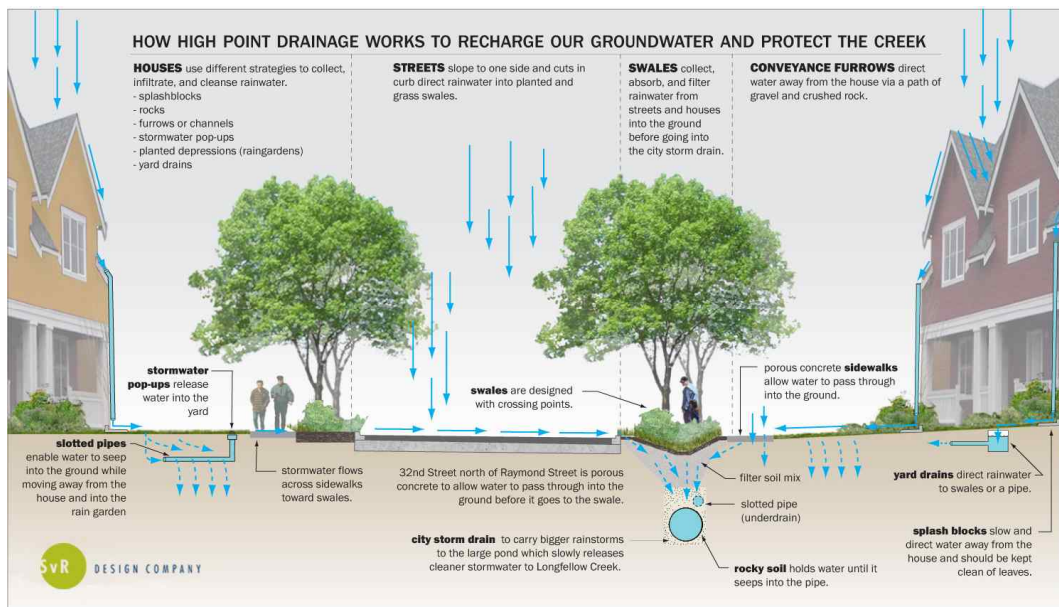
Figure 3. Illustration of a conventional urban water cycle
(adapted from a figure contained in the report by the New Zealand Parliamentary Commissioner for the Environment, 2000).



< 그림 3-12 > City of Melbourne WSUD Guidelines

< 그림 3-13 > Life Cycle Costing Elements
(Gold Coast City Council; Land Development Guidelines)

- 그리고 도로변에서 흘러오는 유출수를 가로수 내 토양에서 흡수하고 그 외의 유출수는 파이프를 배출할 수 있는 기능을 가진 우수를 이용한 가로수 자동 관수 시설이 구성되어 있다.



< 그림 3-14 > How High Point Work (S v R Design Company)

나) 국내외 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석

- 기존의 업체들은 대다수가 압연강, 주철 또는 주물로 가로수 보호판이 구성되어있다. 강도는 우수하지만 빗물의 침투, 이물질들을 걸러내는 역할은 미비하다. 도심지의 경관을 고려하지 않아 미관을 해치는 경우가 있어, 향후 재설치시에는 경관적인 측면을 고려하고, 보행자를 위해 고려하여 설치 할 필요가 있다.
- 가로수 보호판의 가장 중요한 역할은 수목을 보호하는 것이다. 또한, 수목의 생육을 원

활히 할 수 있도록 답압이 되는 것을 방지하는 것이다. 수목의 답압을 방지하는 기능을 가진 제품들은 대다수 존재하나, 수목의 생육을 원활히 할 수 있는 제품은 없다.

- 수목의 생육을 원활히 할 수 있는 것은 수목 뿌리가 충분한 수분을 공급받고, 통기성을 갖춰 호흡이 가능하도록 하는 것인데, 개발 제품은 삼통관을 통해 수분을 공급하고, 통기성을 확보하여 수목의 생육을 원활하게 할 수 있다.

< 표 3-13 > 개발 제품 및 국내·외 제품 비교

항목	개발 제품 기술	기존제품 기술	
		국내제품	국외제품
자재	알루미늄으로 우수한 강도 및 내구성	압연강으로 무거움	압연강으로 무거움
빗물 저장성	잔디보호블록 및 지지유닛의 설치로 빗물 등 수분 저장	없음	없음
급수,양 장치	있음	없음	없음
가로수 성장성	수목성장에 미치는 영향 극대화 (단시간에 최대 성장)	수목성장에 미치는 영향이 미미 (우수공급이 안됨)	수목성장에 미치는 영향이 미미 (우수공급이 안됨)
보행로 안전성	안전한 보행로 확보(유모차, 롤러브레이드, 유아보행, 여성하이힐 보행 편리 등)	불편한 보행로 (불규칙한 돌출)	불편한 보행로 (불규칙한 돌출)
디자인	GD 선정으로 디자인 우수성 입증	획일적인 디자인.	단순 디자인
경제성	물류비의 절감 및 불필요시 수거하여 재생	물류비 증대로 경쟁력 약화	물류비 증대로 경쟁력 약화
	EGK-AL-1515 SQ / 524,000원	*휴트리(압연강1500) / 595,650원	
	EGK-AL-1818 SQ / 658,300원	*한길산업(압연강1840) / 678,700원	
유지,보수	- 언제든지 분해조립이 가능 - 파손된 부분만 교체 가능	전체 교체	전체 교체
색상 구현성	형태, 크기, 색상을 원하는 대로 자유롭게 제작 설치할 수 있음.	없음	없음
환경성	- 공기정화, 열섬현상완화, 먼지제거 등 - 깨끗하고 쾌적한 가로환경으로 즐거운 거리환경 구현	파손 및 유실로 미관 저해	파손 및 유실로 미관 저해
재활용성	100% 재활용	일부 재활용	일부 재활용

2. 제품 기술 개발

2-1. 기술 개발을 위한 설계도 작성 후 시제품 제작

가. 제품의 침투량 증대

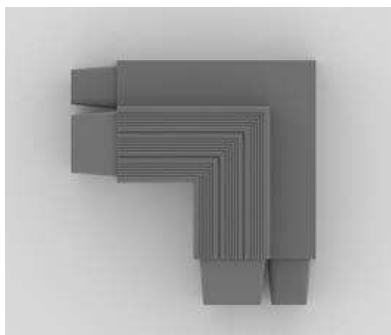
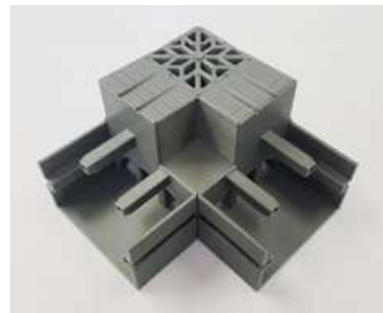
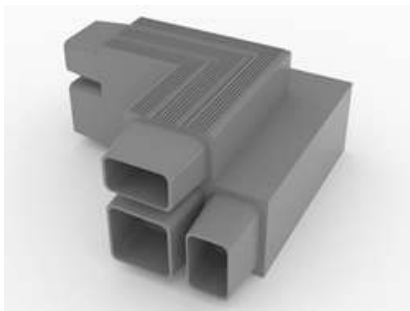
- 기존의 가로수 보호판은 빗물이 보호판을 통해 유입되어, 토양에 설치된 삼통관(급수,급양관)을 통해서만 토양으로 빗물이 침투되는 구조다.
- 이에 침투량을 증대시키기 위해 기존 부품인 엘보에도 침투기능 추가하여 침투량이 증대 될 수 있는 개선된 제품을 개발하고자 한다.



< 그림 3-15 > 기존 가로수 보호판

○ ㄱ자 엘보

- 가로수 보호판의 각 모서리에서 보호틀을 연결시켜주는 부품으로 침투홀을 만들어 주어 침투량 및 침투율을 증대하고자 한다.
- 개발 제품은 조립형 구조로 강도를 보완한 보호틀과 안전하게 결합 될 수 있도록 세부적인 조립 구조로 개선하고자 한다.



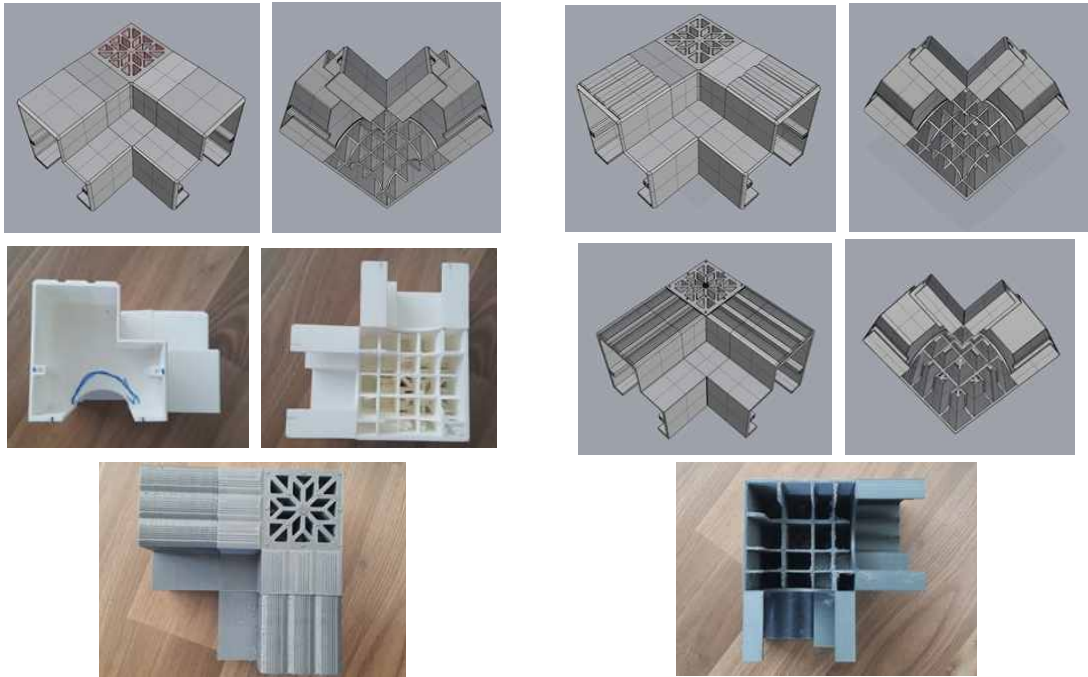
개선 전

개선 후

< 그림 3-16 > ㄱ자 엘보 개선 전.후

○ 개선 시제품(1차)

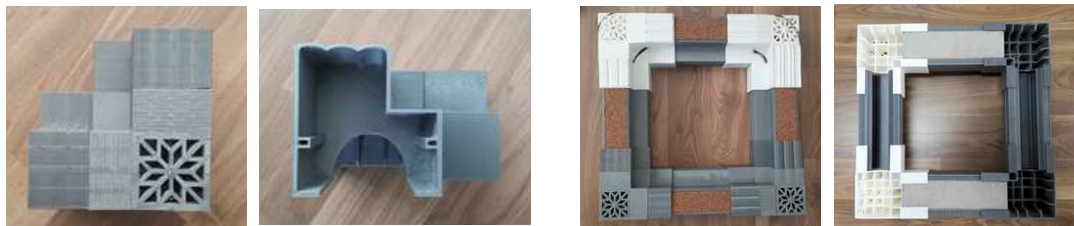
- 스케치와 설계 도면 작성 과정을 거쳐 다음과 같은 형태의 제품을 개발하였으며, 제품 확인을 위해 3D 프린트를 활용하여 출력하였다.



< 그림 3-17 > 1차 개선 시제품

- 1차 점검 시제품

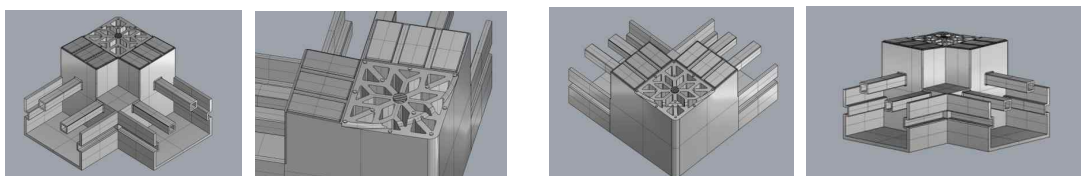
- 빗물의 침투량 증대를 위해 제품의 모서리에 해당 되는 엘보에 침투홀을 형성하고 신규 개발예정인 보호틀에 맞는 구조로 개선하였다.
- 조립과정에서 엘보와 보호틀과의 조립부분이 매끄럽지 못한 것을 확인하였고 제품의 수정 보완이 필요함을 확인하였다.



< 그림 3-18 > 1차 점검 시제품 이미지

○ 개선 시제품(2차)

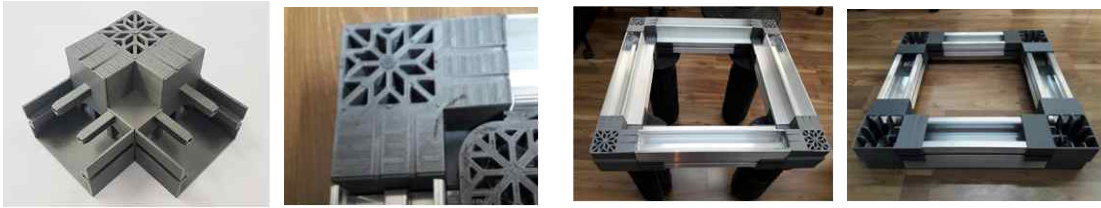
- ㄱ자 엘보가 보호틀을 덮는 형태의 1차 시제품의 단점을 보완하기 위해 보호틀과 조립하여 평행을 이룰 수 있는 구조로 변경하였으며, 하부에는 보호틀의 하중을 지지해 줄 수 있는 지지판을 형성하여 견고한 구조로 변경하였다.
- 전체적으로 침투 홀 부분의 높이를 낮춰 보도면에서 흐르는 빗물이 원활하게 유입 될 수 있도록 개선하였다.



< 그림 3-19 > 2차 개선 시제품

- 2차 점검 시제품

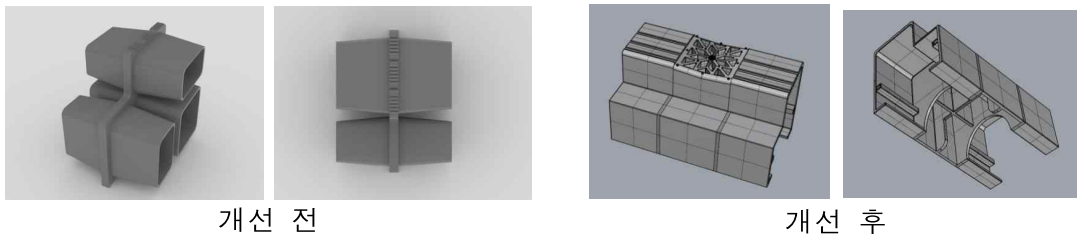
- 테스트 후 조립간에 마찰이 생기는 유격 부분의 공차를 높여 주었고, 보호틀을 감싸는 부분을 넓혀 주어 보호틀을 여유있게 감싸는 구조로 조립이 원활하도록 개선하였다.
- 엘보는 바깥쪽 테두리를 감싸는 외측 엘보와 안쪽에서 테두리를 감싸는 내측 엘보가 있으며 서로 동일한 규격과 크기로 내외측 방향이 반대로 되게 설계하였다.



< 그림 3-20 > 2차 점검 시제품 이미지

나. 연결 엘보

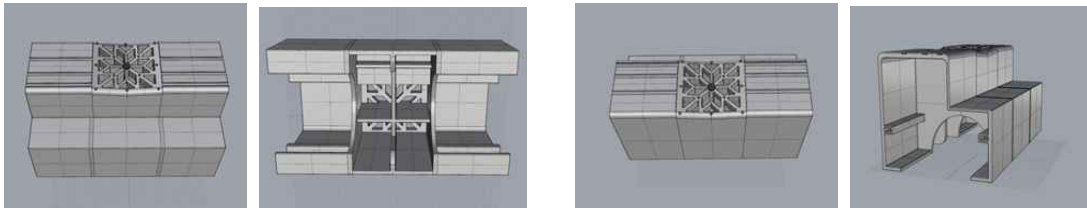
- 직경이 큰 가로수의 보호판 또는 보도의 화단에 길게 시공하는 보호틀과 보호틀을 연결 해주는 부품으로 결합력을 높여준다.



< 그림 3-21 > 연결 엘보

○ 개선 시제품(1차)

- 기존의 단순히 제품을 연결해주는 제품에서, 결합력 및 자체적으로 빗물을 침투 할 수 있도록 연결 엘보의 구조를 개선하였다.



< 그림 3-22 > 1차 개선 시제품

- 1차 점검 시제품

- 보호틀을 안전하게 연결해주며, 사이의 침투홀을 이용하여 빗물이 침투 할 수 있도록 개선하였으며, 시제품 단계로 보호틀을 겹에서 감싸연결 해주는 방식이다.
- 2차 보완시 ㄱ자 엘보와 동일하게 보호틀과 평행하게 연결하여 단차를 없애고 하부에서 틀을 지지할 수 있도록 개선할 예정이다.



< 그림 3-23 > 1차 점검 시제품 이미지

다. 제품의 강도 증대

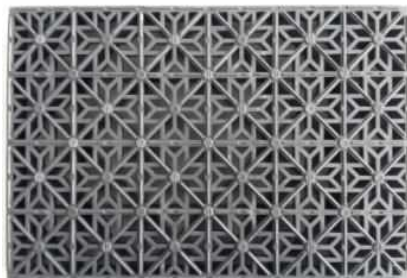
- 기존 빗물 침투형 가로수 보호판의 파손을 방지하고, 강도를 높이기 위해 보호판의 구조 변경 및 보호틀의 구조, 재질, 공법을 개선하였다.
- 보호판은 하중을 견딜 수 있도록 중앙부를 동형상으로 두껍게 올려주고, 중앙 뼈대를 두껍게 보강 하여 강도 개선하였다.



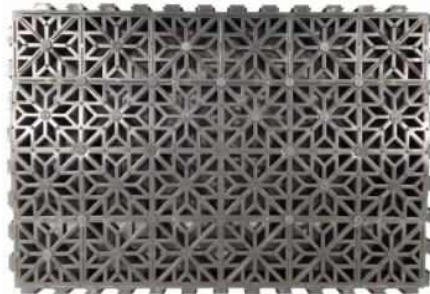
< 그림 3-24 > 개선된 보호판 적용한 가로수 보호판

○ 보호판

- 하중을 견디기 위한 구조를 분석하여 개선하였다.



개선 전



개선 후

< 그림 3-25 > 보호판 개선 전.후

○ 개선현황

- 보호판이 설치된 현장을 점검하여, 제품의 파손 환경 및 원인을 분석하였다.
- 원인으로서는 보도의 차량통행으로 고중량의 하중압력으로 보호판의 가로방향이 파손되는 것을 확인하였으며, 이에 대한 개선 방안으로 중앙부를 동형상으로 두껍게 올려주고, 중앙 뼈대를 두껍게 보강 하여 강도를 개선하였다.

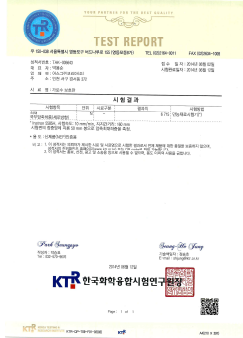
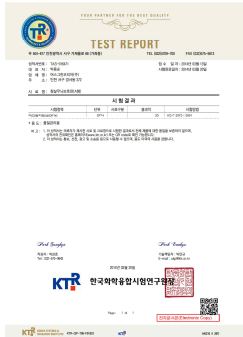
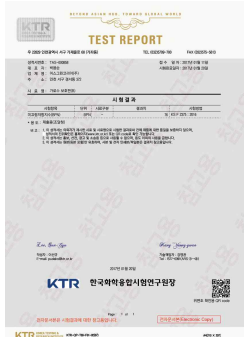


< 그림 3-26 > 보호판 개선 현황

- 시험 분석 결과

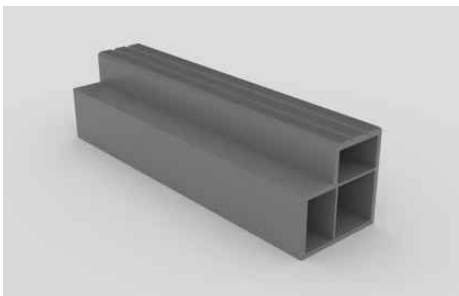
- 압축 하중 강도가 당초 6,715N에서 8,312N으로 1,597N이 증가하여 당초 목표했던 예상치 보다 강도가 높아진 것을 확인할 수 있었다.
- 강도 뿐 아니라 미끄럼 방지를 위한 돌기가 상부로 노출되어 미끄럼 방지 지수가 당초 53 BPN에서 76 BPN으로 23 BPN이 증가한 것을 확인하였다.

< 표 3-14 > 시험 성적 결과

구분	당초	개선 제품	증(△)감
최대 국부압축 하중 (세로)	6,715	8,312	1,597
			
	[시험방법] 장비명 : Instron 5585H, 시험속도 : 100mm/min, 지지간거리 : 160mm 시험편의 정중앙에 지름 50mm봉으로 압축최대하중 측정		
미끄럼 저항성 (BPN)	53	76	23
			
	[시험방법] KS F 2375 : 2016		

○ 보호틀

- 계절에 따른 온도 변화에 변형을 최소화 하며, 좀 더 높은 하중에도 견딜 수 있도록 구조, 재질, 공법의 개선



개선 전



개선 후

< 그림 3-27 > 보호틀 개선 전.후

○ 개선 시제품(1차)



< 그림 3-28 > 1차 개선 시제품

- 1차 점검 시제품

- 기존의 제품은 보도의 차량통행으로 인한 고충량의 하중압력으로 보호틀 상부의 파손 및 계절의 온도변화에 따른 보호틀의 휨 현상이 발생하였다.
- 기존의 HDPE 재질의 틀에서 소재를 바꿔서 적용할 수 있는 구조로 개선하고자 하였다.

○ 개선 시제품(2차)

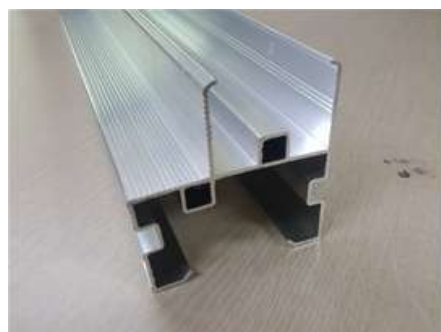


< 그림 3-29 > 2차 개선 시제품

- 2차 점검 시제품

- 제품의 변형 방지를 주 목적으로 내부에 내후성이 우수한 재료를 채워 제품이 변형 되는 것을 방지하고자 하였다.
- 제품의 상부에 변형 방지를 위해 컬러 모래를 채우는 공법을 도입하였으며, 이로 인해 경관성이 증대 될 수 있었다.

○ 개선 시제품(3차)



< 그림 3-30 > 3차 개선 시제품

- 3차 점검 시제품

- 기본적으로 강도를 높이기 위하여 HDPE 소재를 알루미늄으로 소재를 변경하여 강도를 개선 하였다.
- 상· 하부에 컬러 모래와 시멘트를 혼합한 유형별 시료로 투수율 및 강도 개선에 따른 테스트가 필요하여, 제품의 소재에 관한 검토 및 보완 후 테스트를 실시하고자 하였다.

3. Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 평가

3-1. 다양한 기후에서 다환경 성능평가를 통해 제품의 침투, 보수, 동결저항성의 정량적 평가 가. 다환경 해외 맞춤형 LID 시설의 성능평가

① 실험 필요성 및 목적

- 침투기능과 식생기능을 겸비한 가로수 보호판이 어스그린코리아(주)(주관연구기관)을 통해 개발되었다.
- 중국 및 베트남과의 MOU가 체결을 통해 해외 진출이 시작되었고, 향후 해외 진출 확대 및 해외 기후 맞춤형 LID시설의 시장 선점이 가능할 것으로 예상된다.
- 이에 따라 다양한 기후환경에 대한 실험 및 검증을 통해 국내를 비롯한 해외 시장에서도 바로 적용이 가능한 제품개발과 해외 맞춤형 현장 적용성 평가가 필요하였다.
- 따라서 본 실험의 목적은 다양한 기후(냉대 및 한 대기후, 다우기후, 열대 및 사막기후)에서 가로수보호판의 다환경 성능평가를 통해 제품의 성능(침투, 보수, 동결저항성)을 정량적으로 평가하는 것이다.

② 실험 개요

- 냉대 및 한대기후의 경우, 저온(-40°C)에서 동결저항성 평가를 한다.
- 다우기후의 경우, 강우강도(25mm/hr , 75mm/hr)에 따른 침투량 및 토양수분함량을 측정하여 투수성능 및 보수성능 평가를 한다.
- 사막기후의 경우, 일사강도(800W/m^2 , 1200W/m^2)와 시간변화에 따른 표면온도와 토양수분함량을 측정하여 가뭄저항성 평가를 한다.

③ 실험 방법

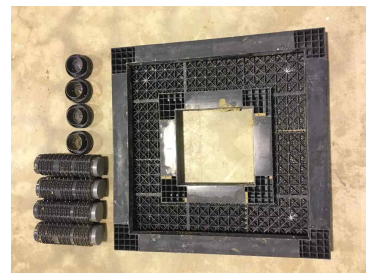
- 냉대 및 한대지역의 기후조건에서 동결저항성 평가
 - 강우강도(150mm/hr) 및 분포도 보정($\pm 10\%$)을 한다.
 - 강우강도 150mm/hr 로 한 시간 동안 비를 내리게 한다.
 - 냉대 및 한대지역의 기후(-40°C)로 모사한다.
 - 가로수보호판, 가로수보호틀, 삼통관의 파손여부를 확인한다.



□



□



< 그림 3-31 > 동결저항성 평가

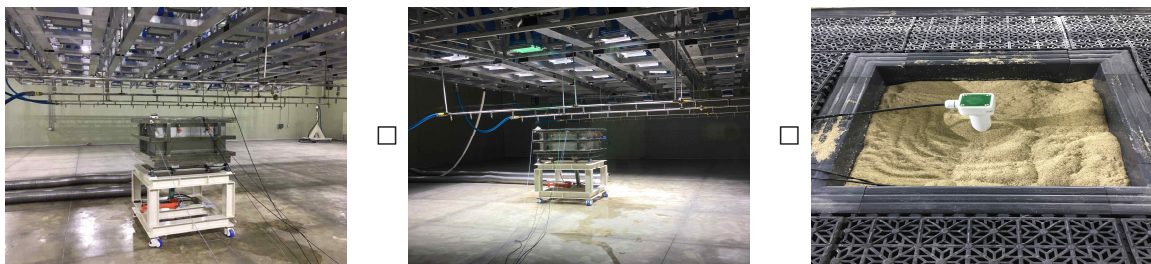
- 다우지역의 기후조건에서 침투성능 및 보수성능 평가
 - 강우강도(25mm/hr , 75mm/hr) 및 분포도 보정($\pm 10\%$)을 한다.
 - mock-up의 바닥면(총 50cm)으로부터 15cm , 30cm 위에 FDR type의 토양수분센서를 설치한다.
 - 강우강도로 한 시간 동안 비를 내리게 하며, 강우강도와 시간 변화에 따른 토양수분함량 측정, 한 시간 뒤 침투량 측정 및 평가를 한다.



< 그림 3-32 > 침투성능 및 보수성능 평가

○ 열대 및 사막지역의 기후조건에서 가뭄저항성 평가

- 일사강도(800W/m², 1200W/m²) 및 정확도 조정(± 10% 이내)을 한다.
- 공기온도(50℃), 일사강도로 한 시간 동안 제어한다.
- 일사강도와 시간 변화에 따른 토양수분함량 측정 및 평가를 한다.



< 그림 3-33 > 가뭄저항성 평가

나. 측정결과

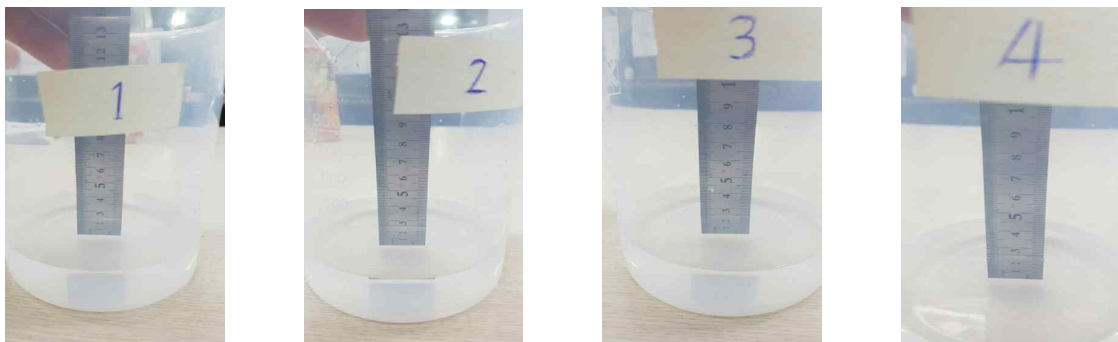
① 냉대 및 한 대지역에서 동결저항성 평가

○ 강우강도(150mm/hr) 및 분포도 조정(± 10% 이내)

- 강우강도 150mm/hr를 기준으로 분포도가 ± 10% 이내로 제어되었으며, 150mm/hr의 강우 강도 시 비교군의 강우량이 각각 25.0mm/min, 26.0mm/min, 25.5mm/min, 25.5mm/min이 기록되어 큰 차이가 없음을 확인하였다.

< 표 3-15 > 강우강도 및 분포도(150mm/hr)

NO	#1	#2	#3	#4
mm/min	25.0	26.0	25.5	25.5
mm/hr	150.0	156.0	153.0	153.0
Diff. %	0	+4%	+2%	+2%



< 그림 3-34 > 강우강도 및 분포도 확인

○ 강우모사

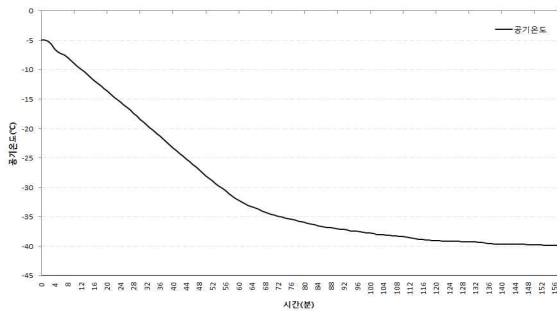
- 150mm/hr의 조건으로 강우강도를 설정하였다.



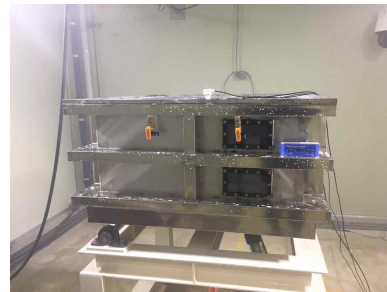
< 그림 3-35 > 강우모사(150mm/hr)

○ 냉대 및 한대지역의 기후모사(-40℃)

- 약 2시간 30분에 걸쳐 -40℃에 도달하도록 기후조건을 설정하였다.



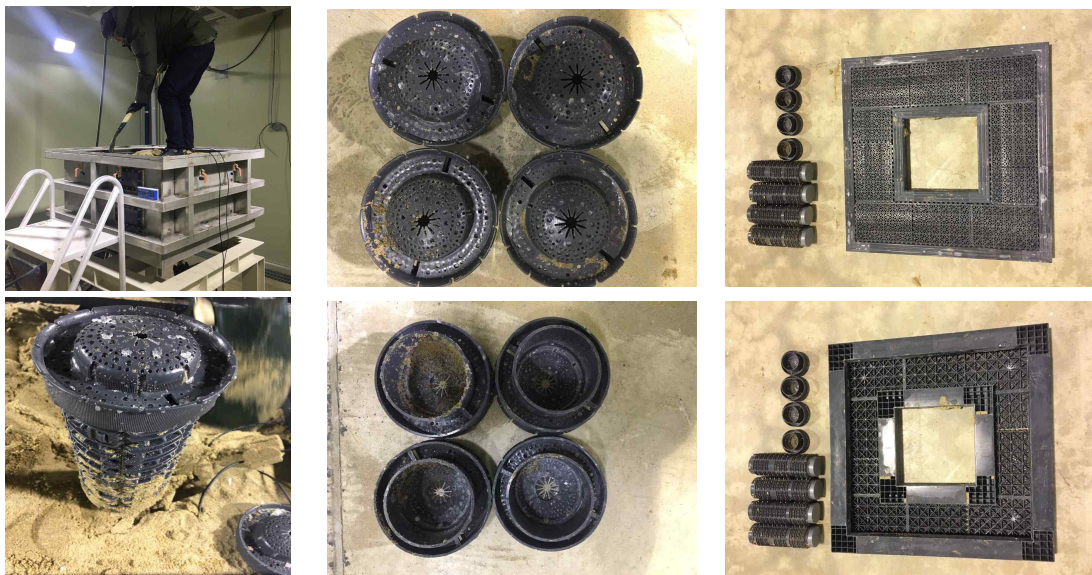
< 그림 3-36 > 냉대 및 한대지역 기후모사



< 그림 3-37 > mock-up

○ 가로수보호판, 가로수보호틀, 삼통관의 파손여부 확인

- 물이 응고되면서 삼통관 상부의 공기구멍이 일부 막힌 것을 확인하였으나, 저온(-40℃)으로 인한 제품의 파손은 없었다.



< 그림 3-38 > 가로수보호판, 보호틀, 삼통관 파손여부 확인

② 다우지역에서 침투성능, 보수성능 평가

○ 강우강도(25mm/hr, 75mm/hr) 및 분포도 보정(± 10%)

- 강우강도 25mm/hr를 기준으로 분포도가 ± 10% 이내로 제어되었으며, 25mm/hr의 강우 강도 시 비교군의 강우량이 각각 4.0mm/min, 4.5mm/min, 4.0mm/min, 4.0mm/min이 기록되어 큰 차이가 없음을 확인하였다.

< 표 3-16 > 강우강도 및 분포도(25mm/hr)

NO	#1	#2	#3	#4
mm/min	4.0	4.5	4.0	4.0
mm/hr	24.0	27.0	24.0	24.0
Diff. %	-4%	+8%	-4%	-4%

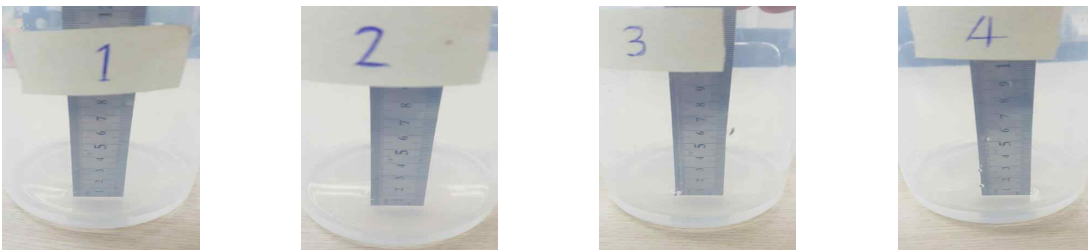


< 그림 3-39 > 강우강도 및 분포도 확인(25mm/hr)

- 강우강도 75mm/hr를 기준으로 분포도가 ± 10% 이내로 제어되었으며, 75mm/hr의 강우 강도 시 비교군의 강우량이 각각 11.5mm/min, 12.0mm/min, 11.5mm/min, 11.5mm/min이 기록되어 큰 차이가 없음을 확인하였다.

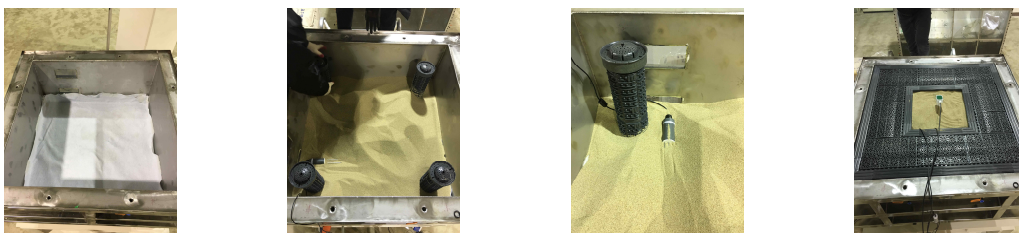
< 표 3-17 > 강우강도 및 분포도(75mm/hr)

NO	#1	#2	#3	#4
mm/min	11.5	12.0	11.5	11.5
mm/hr	69.0	72.0	69.0	69.0
Diff. %	-8%	-4%	-8%	-8%



< 그림 3-40 > 강우강도 및 분포도 확인(75mm/hr)

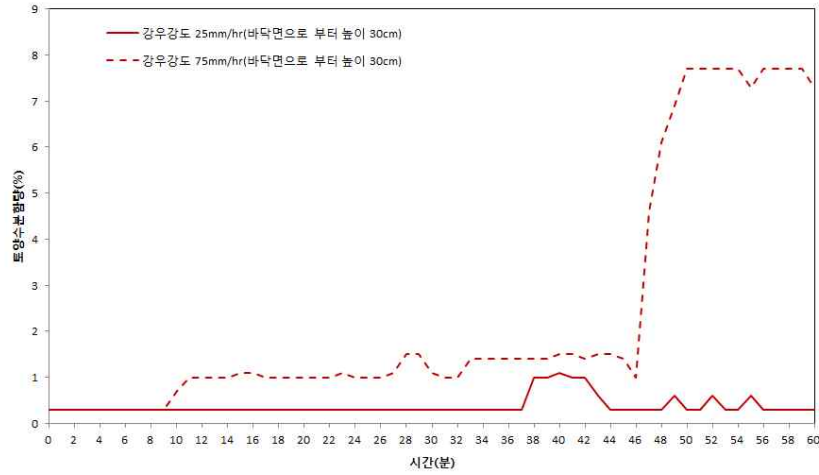
○ mock-up의 바닥면(총50cm)으로부터 15cm, 30cm 위에 FDR type의 토양수분센서 설치하였다.



< 그림 3-41 > mock-up 설치

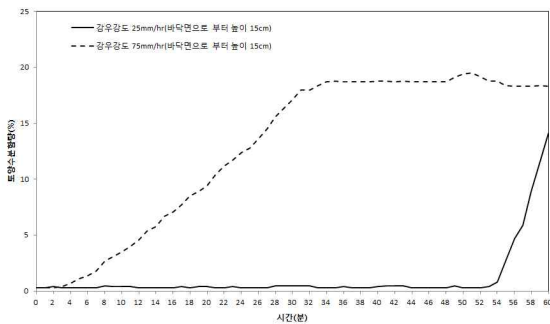
○ 강우강도와 시간 변화에 따른 토양수분함량 측정, 침투량 측정 및 평가

- mock-up의 높이는 50cm이며, mock-up 바닥면으로부터 높이가 30cm인 지점(mock-up 상부)에서는 강우강도가 클수록 초기 토양수분함량이 빠르게 증가하며, 하부의 토양수분함량이 포화되면 상부의 토양수분함량도 급격하게 증가하였다.

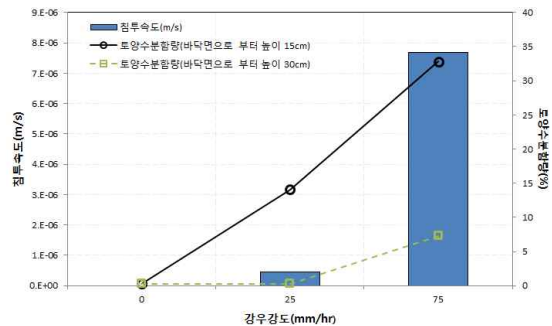


< 그림 3-42 > mock-up 상부의 토양수분함량 변화

- mock-up 바닥면으로부터 높이가 15cm인 지점(mock-up 하부)에서는 강우강도가 클수록 초기 토양수분함량이 빠르게 증가하고, 일정 토양수분함량에 도달하면 일정하게 유지되는 경향을 보였다.
- 강우강도가 낮은 경우에는 침투시간이 비교적 오래 소요되어 초기에 토양수분함량 변화가 적었다.



< 그림 3-43 > mock-up 하부의 토양수분함량 변화

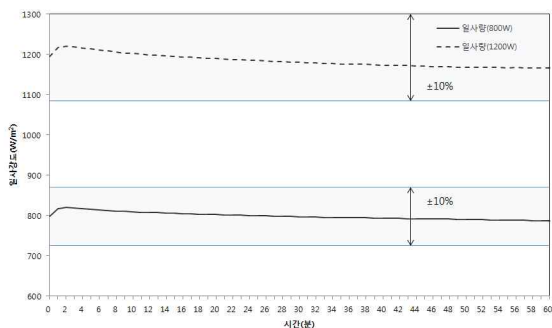


< 그림 3-44 > 침투속도 및 토양수분함량 변화

③ 열대 및 사막지역에서 가뭄저항성 평가

○ 일사강도(800W/m², 1200W/m²) 및 정확도 조정(± 10% 이내)

- 일사강도의 분포도가 설정 값을 기준으로 ± 10% 이내로 제어하였다.



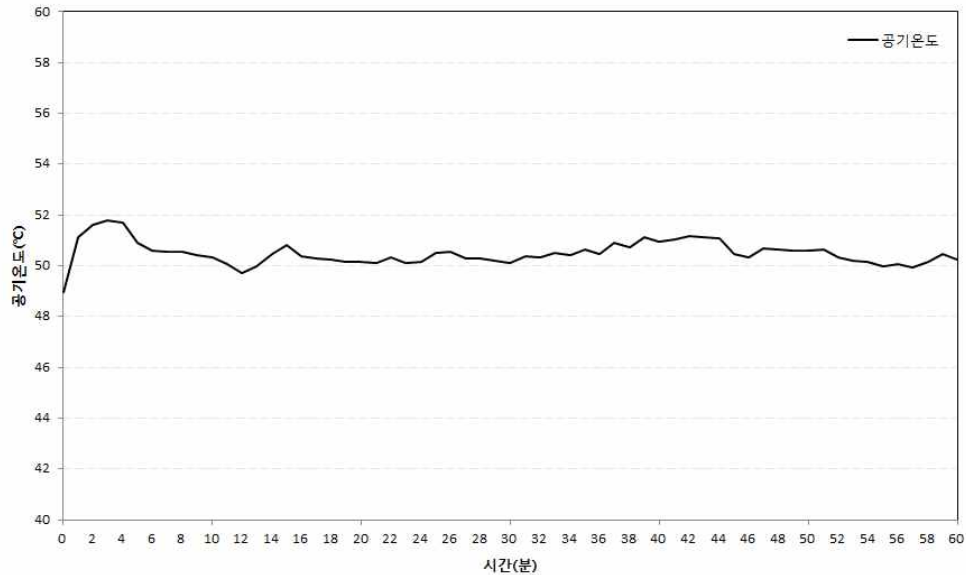
< 그림 3-45 > 일사강도 및 분포도



< 그림 3-46 > 일사 제어

○ 기후환경실험실 공기온도(50℃) 및 정확도 조정(±2℃)

- 기후환경실험실 공기온도 설정온도(50℃)를 기준으로 ±2℃ 이내로 제어하였다.

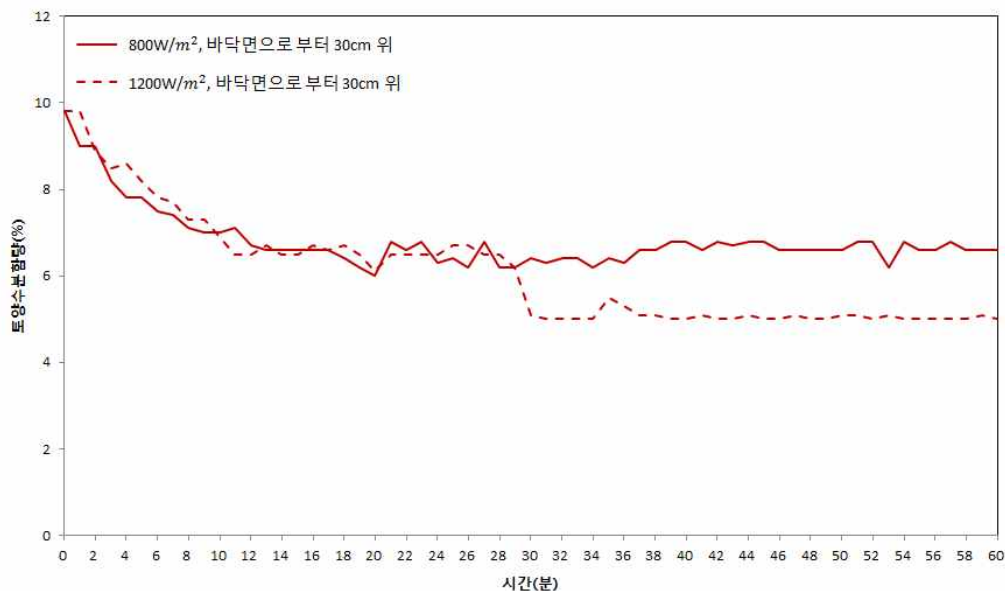


< 그림 3-47 > 기후환경실험실 온도 제어

○ 일사강도와 시간 변화에 따른 토양수분함량 측정 및 평가

- mock-up 상부의 경우(지표면으로부터 약 20cm 아래) 일정 시간이 지나면 일사강도가 강할수록 증발산량이 증가하여 토양수분 함량이 감소됨을 확인하였다.

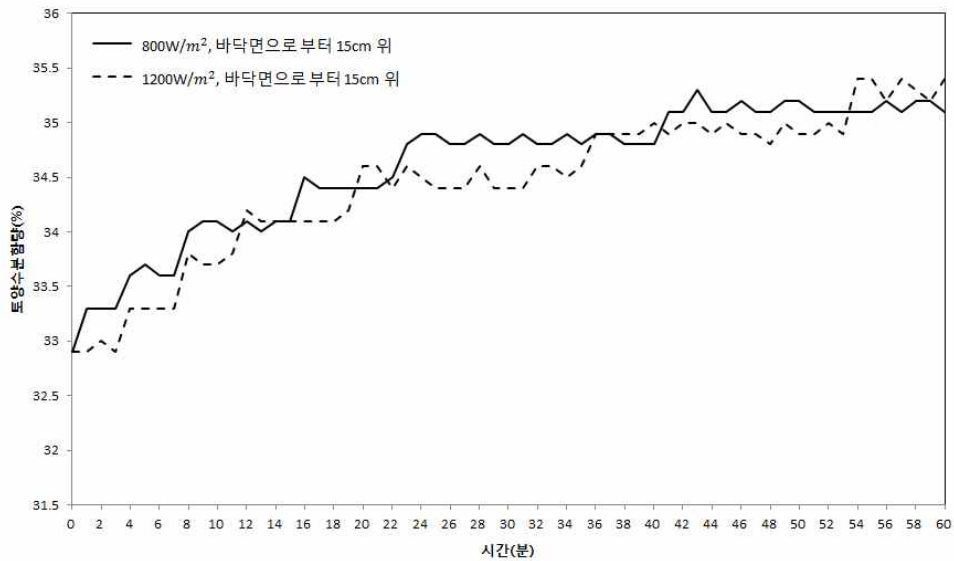
- 800W/m²의 일사강도에는 30여분이 지난 후 부터는 토양수분함량이 일정하게 유지되는 것을 확인하였고, 1,200W/m²의 일사강도에는 30여분이 지난후 토양 수분함량이 급격하게 떨어진 후 일정하게 유지되는 것을 확인하였다.



< 그림 3-48 > mock-up 상부 토양수분함량

- mock-up 하부의 경우(지표면으로부터 약 35cm 아래) 상부와 비교하여 일사강도에 큰 영향을 받지 않는 것으로 분석되었다.

- 800W/m²와 1,200W/m²의 일사강도에는 상부에서는 내려온 수분으로 인해 지속적으로 토양수분함량이 증가하는 것을 확인하였다.



< 그림 3-49 > mock-up 하부 토양수분함량

4. 제품의 성능보완 및 기술 개발

4-1. 1차년도 개발 제품의 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 후 시제품 제작

가. 제품의 빗물 침투량 증진

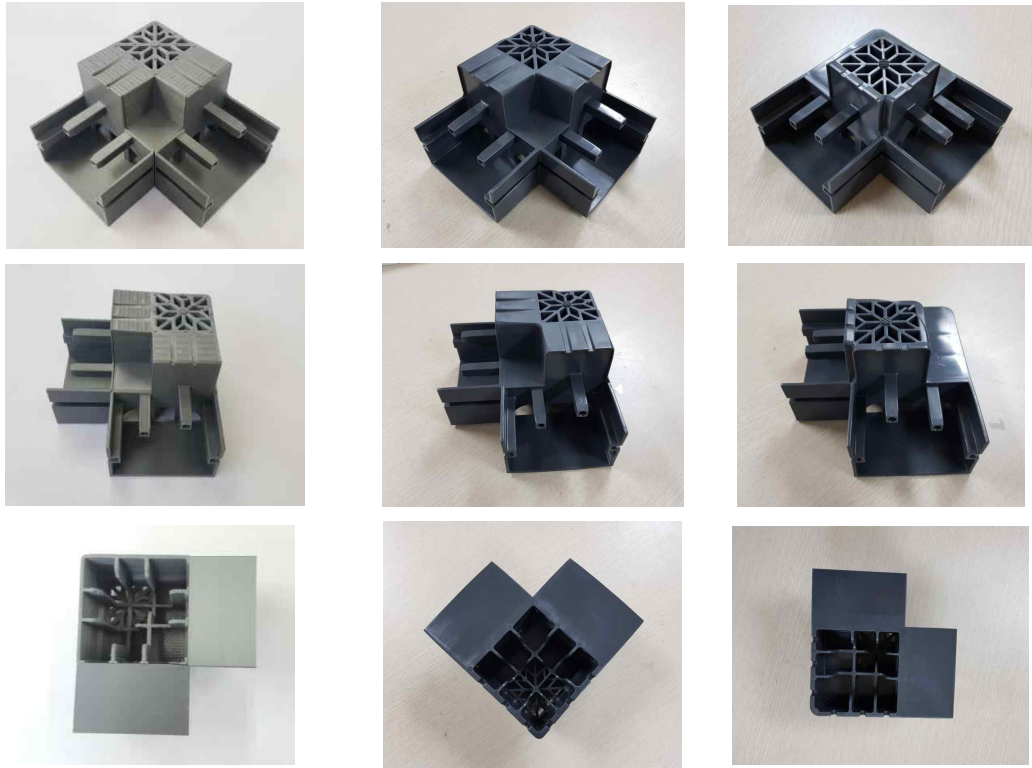
- 1차년도 연구를 통해 제품의 구조 변경으로 인한 강도 증진 및 시험을 통해 보완 사항을 확인하였으며, 2차년도에는 제품 설치의 효율성 및 빗물의 침투량 증진을 목표로 개발을 하였다.
- 이에 침투량 증진을 위해 보호판 및 보호틀에 침투기능을 확대하여 제품을 개선하고자 하였다.



< 그림 3-50 > 1차년도 개발된 가로수 보호판

① ㄱ자 엘보 시제품

- 1차년도 연구 시 3D 프린트로 제작한 모형을 육안으로 확인하고, 자체 검토 및 시험을 통해 시제품 제작을 제작하였다.
- 2차년도 연구를 통해 강도를 보완하여 침투량 및 침투율을 증진하였으며, 보호틀과 안전하게 결합 될 수 있도록 구조를 개선하였다.



3D 프린트 제작품

제작 시제품

< 그림 3-51 > ㄱ자 엘보 시제품

② 연결 엘보

- 1차년도 연구를 통해 제품을 연결해주는 단순 역할의 제품에서, 자체적으로 빗물을 침투할 수 있도록 구조를 개선하였다.
- 2차년도 연구를 통해 보호틀과의 연결부를 생성하여 결속력을 강화하였으며, 틀 하부의 토양으로도 빗물이 투수될 수 있도록 상부 투입구 및 공간을 형성하여 빗물의 침투력을 향상하였다.
- 추후 시제품 제작을 통해 내구성, 내후성 등 시험이 필요하다.



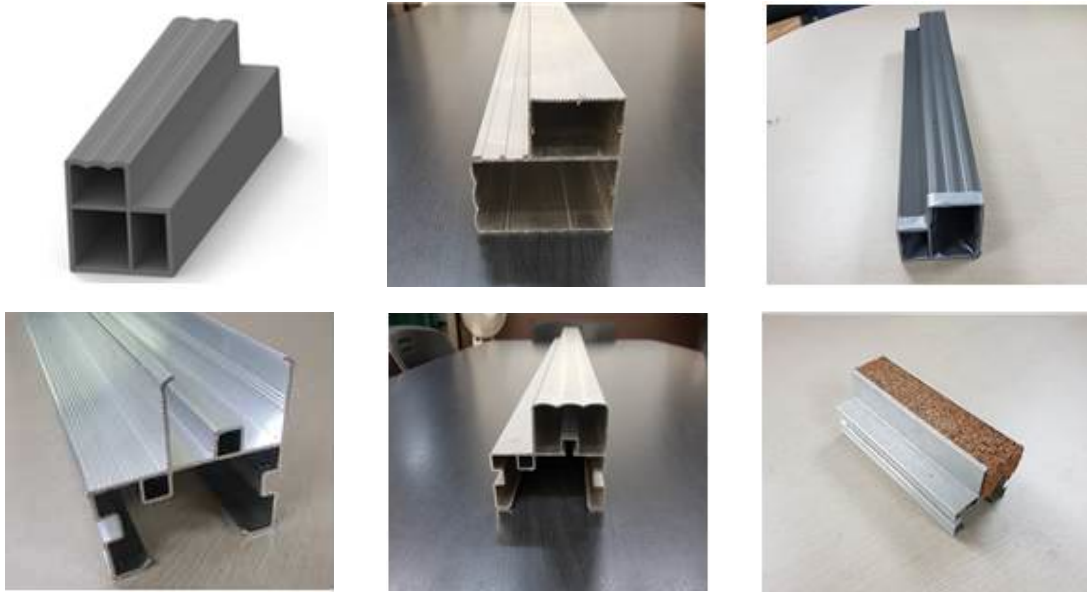
개선 전

개선 후

< 그림 3-52 > 연결 엘보

③ 보호틀

- 빗물 침투 후 저류에 대한 부분을 고려하여 하부의 빗물의 저류공간으로 활용이 가능하도록 하였으며, 다양한 형태로 구성하여 설치 대상지별 최적의 제품으로 현장에 적용이 가능하다.
- 발주처에서 원하는 형태의 제품으로 내구성을 고려하여 설치가 가능하며, 컬러모래를 도입하여 주변 경관을 고려하여 조화를 이룰 수 있는 색감을 선정하여 설치가 가능하다.



개선 전

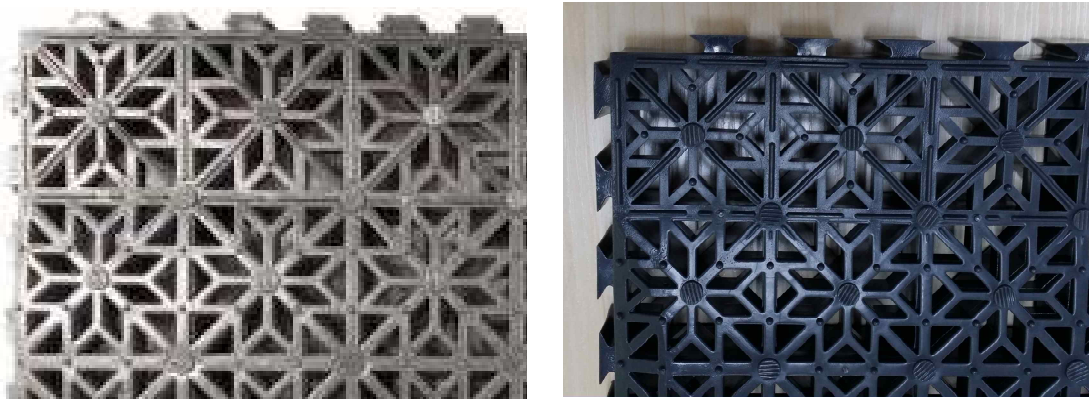
개선 후

< 그림 3-53 > 보호틀

나. 제품의 설치 효율성 증진

① 보호판 연결부

- 1차년도 연구를 통해서 중앙부를 동형상으로 두껍게 올려주고, 중앙 뼈대를 두껍게 보강 하여 강도를 개선하였다.
- 2차년도 연구를 통해 제품간 결속력 강화를 위해 연결부의 형태에 대하여 검토하였으며, 복잡하지 않으면서 결속력을 강화 할 수 있는 연결부의 형태 변경으로 강도 및 설치의 효율성을 증진하였다.



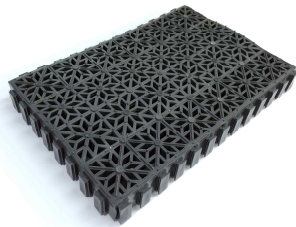
개선 전

개선 후

< 그림 3-54 > 보호판 연결부

② 보호판 형태

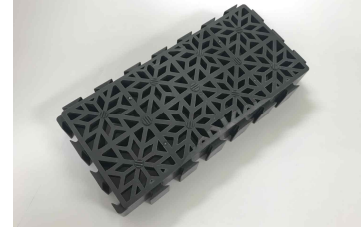
- 가로수 보호판 설치 시 모서리 부분의 제품의 외관 및 설치 시 효율성 증진을 위하여 형태를 변경하였다.
- 여러개의 보호판을 사용하지 않아 설치의 효율성이 높아졌으며, 이로 인하여 제품의 외관이 향상되어 시각적 효과를 상승하였다.
- 공간이 좁은 곳에 설치시 절단면에 의해 외관이 훼손되는 것을 방지하기 위해 폭이 좁은 규격으로 시제품을 제작하였다.



개선 전



개선 후



< 그림 3-55 > 보호판 형태

③ 가로수 보호판 설치 현황

- 보호판 연결부 형태 변경으로 제품의 결속력이 증진되었으며, 형태 변경 제품으로 설치 시 조립의 효율성 및 시각적 효과가 증진하였다.



< 그림 3-56 > 2차년도 개발된 가로수 보호판 적용 현장(오산시 궤리사로)

나. 제품의 설치 효율성 증진

- 기존 빗물 침투형 가로수 보호판의 파손을 방지하기 위해 보호틀의 강도를 개선하였다.

① 알루미늄 보호틀

- 1차년도 연구를 통해 계절별로 온도 변화에 따른 변형을 최소화 하며, 높은 하중에도 견딜 수 있도록 구조를 개선하였다.
- 2차년도 연구를 통해 알루미늄 틀 내부에 모르타르를 채워 제품의 변형 방지 기능을 추가하였으며, 강도를 개선하였다.



개선 전

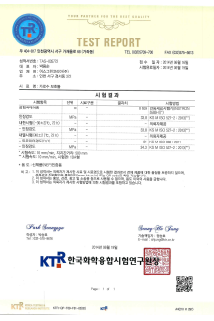


개선 후

< 그림 3-57 > 알루미늄 보호틀 개선 전.후

- 시험 분석 결과

< 표 3-18 > 시험 성적 결과

구분	당초(HDPE 제품)	개선 제품	증(△)감
	8,659N	8,702N	43N
최대 굴곡하중			
	[시험방법] HDPE 제품 - 장비명 : Instron 5585H, 시험속도 : 10mm/min, 지지간거리 : 500mm 개선제품 - SHIMADZU UH-F1000kN, 시험속도 : 5mm/min, 지지간거리 : 410mm, 가압봉 크기 : 50 Ø ※ 알루미늄은 HDPE와 소재가 달라 시험방법이 다름		

② 도색 알루미늄 보호틀

- 내구성 증진을 위해 기존 HDPE에서 알루미늄으로 소재를 변경하여 적용하였다.
- 기존 보호틀(2,266g) 대비 도색 알루미늄 보호틀 무게(1,319g)가 40% 정도 경량화 하였으나 제품의 강도는 우수하며, 현장에서 제품 이동 시 효율성이 증가하였다.



< 그림 3-58 > 도색 알루미늄 보호틀

- 시험 분석 결과

< 표 3-19 > 시험 성적 결과

구분	시험성적서	
	7,900N	
최대 굴곡하중		
	[시험방법] HDPE 제품 - 장비명 : Instron 5585H 시험속도 : 10mm/min 지지간거리 : 500mm 개선제품 - 장비명 : SHIMADZU UH-F1000kN 시험속도 : 5mm/min 지지간거리 : 410mm 가압봉 크기 : 50 Ø	

③ 알루미늄 가로수 보호판

- 공인시험기관인 한국화학융합시험연구원을 통한 제품의 변형, 균열, 갈라짐 시험결과 ‘이상없음’으로 판정되었다.
- 제품의 중성염수분무시험 시험결과 ‘이상없음’으로 판정되었다.



< 그림 3-59 > 시험 의뢰 제품

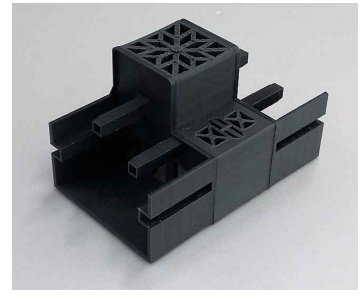
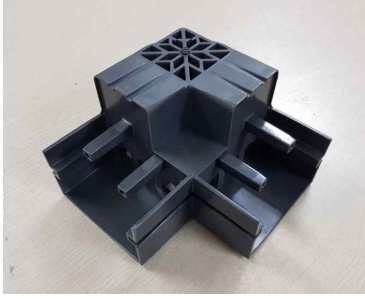
- 시험 분석 결과

< 표 3-20 > 시험 성적 결과

구분	압축시험 후 제품의 변형, 균열, 갈라짐 이상유무	중성염수분무시험
	이상없음	이상없음
알루미늄 가로수 보호판		
	[시험방법] KS B 5541 : 1985 장비명 : Instron 5585H 가압판 : 200mm x 500mm x 50mm	[시험방법] KS D 9502 : 2009

다. 최종 개발 제품

- 연구를 통해 개발한 엘보 및 다양한 알루미늄 보호를 제작으로 발주처의 요구에 따라 설치가 가능한 장점이 있다.
- 엘보
 - 연결엘보는 3D프린트로 출력한 제품으로 시제품 제작 후 공인시험기관에 시험 의뢰 후 적합여부를 검토 후 생산할 예정이다.



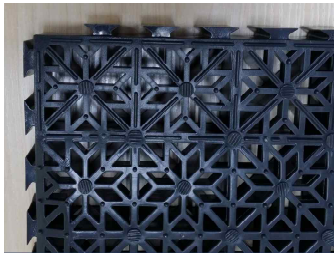
내·외곽 엘보

연결엘보

< 그림 3-60 > 엘보

○ 보호판

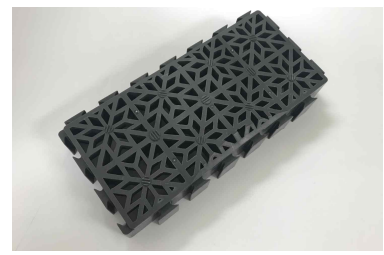
- 보호판 결합부의 형상 변경으로 결속력 강화 및 결합 시 효율성이 높아졌으며, 이로 인하여 제품의 외관이 향상되어 시각적 효과를 상승하였다.
- 좁은 폭의 보호판 제작으로 공간이 좁은 곳에 설치시 절단면에 의해 외관이 훼손되는 것을 방지할 수 있다.



보호판 결합부



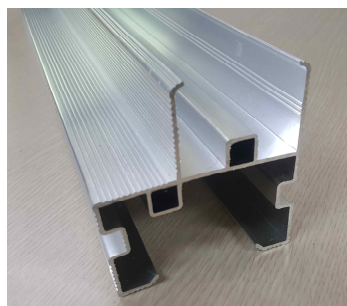
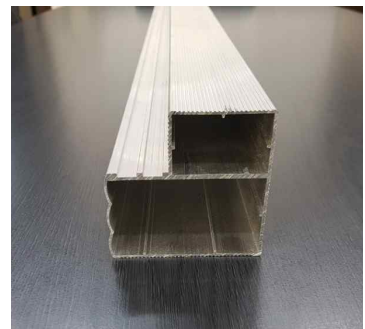
보호판 형태



< 그림 3-61 > 보호판

○ 알루미늄 보호틀

- 다양한 알루미늄 보호틀 제작으로 현장 시범 적용 및 각각의 제품들을 공인시험기관의 시험 후 현장에 적용 할 예정이다.



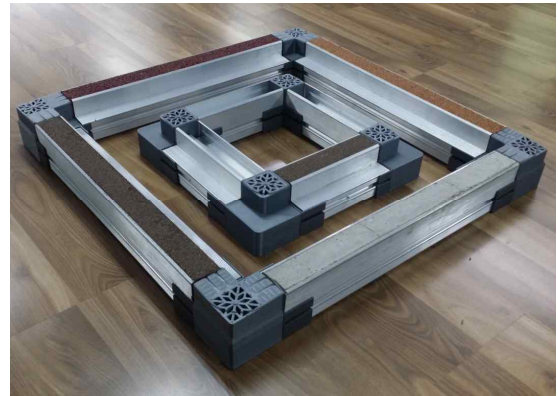
< 그림 3-62 > 알루미늄 보호틀

○ 알루미늄 가로수 보호판

- 도색 알루미늄 가로수 보호판은 연구과제를 통해 개선된 제품으로 현장에 설치되고 있으며, 제품의 객관적인 결과물 도출을 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 규사가 적용된 알루미늄 가로수 보호판은 보호틀의 형태 및 구조를 지속적으로 개선중이며, 추후 공인시험기관의 테스트 및 인증 획득 후 시장에 출시할 예정이다.



도색 알루미늄 가로수 보호판



알루미늄 보호틀, 변형 보호판 활용

< 그림 3-63 > 알루미늄 가로수 보호판

라. 기존 제품과 개발 제품 비교

< 표 3-21 > 기존 제품과 개발 제품 비교

구 분		기존 제품	개발 제품
설치현황			
규격		1000 * 1000 * 80mm	1000 * 1000 * 80mm
가로수 보호판	최대국부압축하중	• 6,715N	• 8,312N
	미끄럼저항성	• 53N	• 76N(미끄럼 방지 돌기 보유)
시공성		조립해체가 간편하나, 크기조절 시 커팅작업으로 시간소요	크기조절이 용이하며, 조립해체가 간편하여 시공성 용이
공사기간		1일 8~12개 설치 (현장 여건 및 작업자 능력에 따라 상이)	1일 12~17개 설치 (현장 여건 및 작업자 능력에 따라 상이)
경제성	가로수 보호판	270,000원 / 조 (조달가격)	304,400원 / 조 (조달가격)
	보호틀 원자재	(PVC) 2,200원 / Kg	(알루미늄) 5,100원 / Kg
총평		- 기존 제품은 1조 당 단가가 낮으나 1일 설치 수량이 최대 9조 차이로 시공에 따른 인건비 추가 소요 - 개발 제품은 1조 당 단가가 기존 제품보다 다소 높으나 보호판의 구조 개선으로 시공 소요시간이 단축됨에 따라 시공성 우수 - 보호틀의 자재단가는 개발 제품의 원자재가 높은 가격이지만, 공시기간 및 인건비를 고려하면 개발 제품의 설치가 효율적	

5. 기후조건형 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발

5-1. 다양한 기후에서 다환경 성능평가를 통해 제품의 가뭄 저항성, 침투 성능, 동결 융해저항성의 정량적 평가

■ 다환경 해외 맞춤형 LID시설 실험보고서

가. 실험 필요성 및 목적

- 침투기능과 식생기능을 겸비한 가로수보호판이 어스그린코리아(주)(주관연구기관)를 통해 개발되었다.
- 중국 및 베트남과의 MOU가 체결을 통해 해외 진출이 시작되었고, 현지 지속적인 연구 개발로 추가적인 해외 진출 확대가 예상된다.
- 이에 따라 다양한 기후환경에 대한 실험 및 검증을 통해 국내를 비롯한 해외 시장에서도 바로 적용이 가능한 제품 개발과 해외 맞춤형 현장 적용성 평가가 반드시 필요한 실정이다.
- 따라서 본 실험의 목적은 다양한 기후(열대 사바나 기후, 다우 기후, 냉대 기후)에서 가로수보호판의 다환경 성능평가를 통해 제품의 성능(가뭄 저항성, 침투 성능, 동결융해 저항성)을 정량적으로 평가하는 것이다.

나. 실험 개요

- 열대 사바나 기후의 경우, 탄자니아의 다르에스살람(열대 사바나) 지역의 기후를 검토하여 공기온도 50℃, 일사강도 800W/m²에서 시간 변화에 따른 토양수분함량, 증발량을 측정하여 가뭄저항성을 평가한다.
- 다우 기후의 경우, 인도의 말라 지역의 기후를 검토하여 강우강도(75mm/hr)에 따른 강우량, 침투량, 유출량, 토양수분함량을 측정하여 침투 성능을 평가한다.
- 냉대 기후의 경우, 러시아의 블라디보스토크 지역의 기후를 검토하여 공기온도(-20℃ ~ 30℃) cycle을 모사하여 제품의 동결융해 저항성을 평가한다.

다. 기후 조사

- 열대 사바나 기후, 다우 기후, 냉대 기후 등 다양한 기후에서의 성능평가를 위한 시험장 구성 및 조사를 한다.

라. 실험 방법

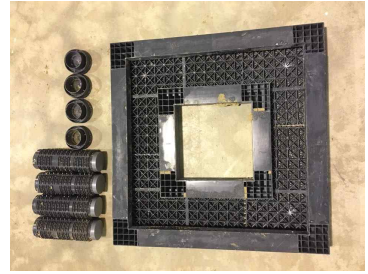
- 냉대 및 한대지역의 기후조건에서 동결저항성 평가
 - 강우강도(150mm/hr) 및 분포도 보정(± 10%)을 한다.
 - 강우강도 150mm/hr로 한 시간 동안 비를 내리게 한다.
 - 냉대 및 한대지역의 기후(-40℃)를 모사한다.
 - 가로수보호판, 가로수보호틀, 삼통관의 파손여부를 확인한다.



□



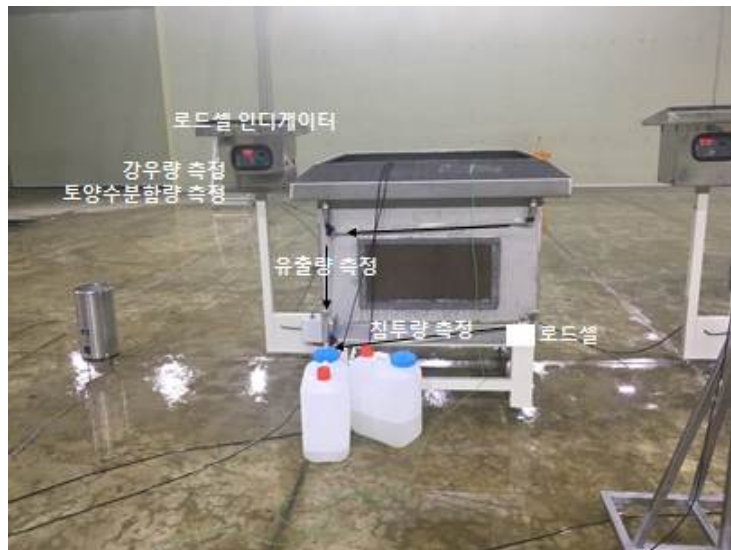
□



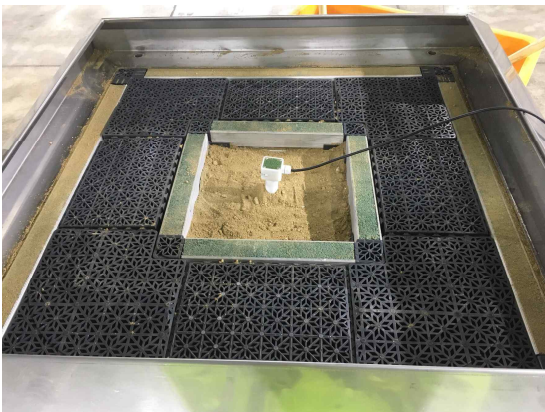
< 그림 3-64 > 동결저항성 평가

○ mock-up 설치

- mock-up 내 토성과 투수계수가 일정한 흙을 채운다.
- 압연강 가로수 보호판과 어스그린코리아에서 제작한 삼통관이 포함된 가로수 보호판을 설치 한다.
- 유출량과 침투량을 측정할 수 있도록 mock-up에 물통을 연결한다.
- 10cm, 20cm, 30cm, 40cm 토양수분함량을 측정할 수 있는 rod-type 센서를 설치한다.
- 로드셀과 물통을 이용하여 강우량, 침투량, 유출량, 토양수분함량을 계산한다.



< 그림 3-65 > mock-up 설치



< 어스그린코리아 가로수보호판 >



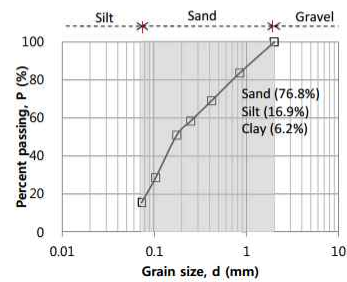
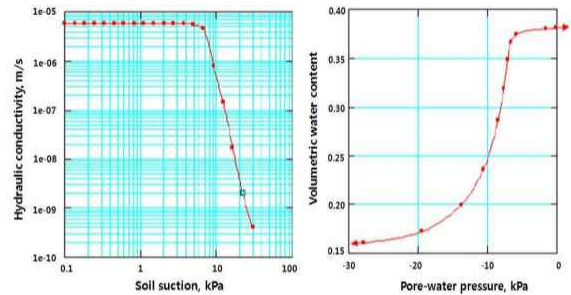
< 압연강 가로수보호판 >

< 그림 3-66 > 가로수보호판 및 토양수분센서 설치



SOIL PROPERTIES OF LOAMYSAND

	K_{sat} (m/s)	θ_s	AEV (kPa)	D_{10} (mm)	D_{60} (mm)
Loamy sand	5.83E-06	0.38	6	0.06	0.3



< 그림 3-67 > 흙의 토성 및 투수계수

○ 열대 기후 조건에서 가뭄 저항성 평가

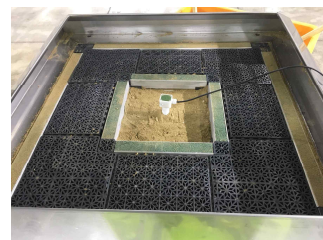
- 일사강도(800W/m²) 및 정확도 $\pm 2\%$ 이내 환경을 모사한다.
- 공기온도(50℃) 및 정확도 $\pm 1^\circ\text{C}$ 이내 환경을 모사한다.
- 일사강도(800W/m²) 및 공기온도(50℃) 환경 조건에서 5시간 동안 제어한다.
- 시간 변화에 따른 토양수분함량, 증발량을 측정한다.



□



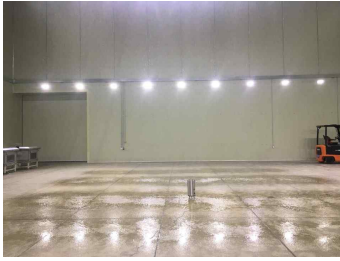
□



< 그림 3-68 > 가뭄 저항성 평가

○ 다우 기후 조건에서 침투 성능 평가

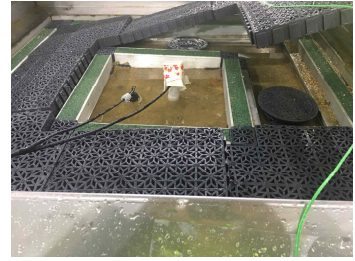
- 강우강도(75mm/hr) 및 분포도 $\pm 10\%$ 이내 환경을 모사한다.
- rod type의 토양수분센서를 설치한다.
- 75mm/hr 강우강도로 한 시간 동안 비를 내리게 한다.
- 로드셀 및 물통과 mass balance equation을 활용하여 강우량, 유출량, 침투량, 토양수분 함량을 측정한다.



□



□



< 그림 3-69 > 침투 성능 평가

○ 냉대 기후 조건에서 동결융해 저항성 평가

- 20L의 빗물을 가로수보호판, 가로수보호판 보호틀, 삼통관에 투입한다.
- 공기온도(-20℃ ~ 30℃) cycle 실험을 한다.
- 가로수보호판, 가로수보호판 틀, 삼통관의 파손여부를 확인한다.



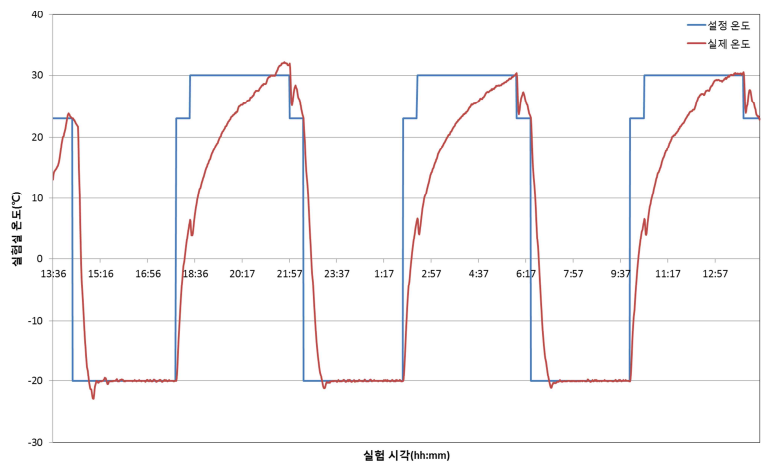
□



□



< 그림 3-70 > 동결융해 저항성 평가



< 그림 3-71 > 실험실 공기온도 cycle

마. 측정결과

① 열대 지역, 가뭄저항성 평가

○ 일사강도 측정

- 일사강도 분포가 설정 값(800W/m²)을 기준으로 ± 2% 이내로 제어한다.



< 그림 3-72 > 압연강 가로수보호판, 812W/m²



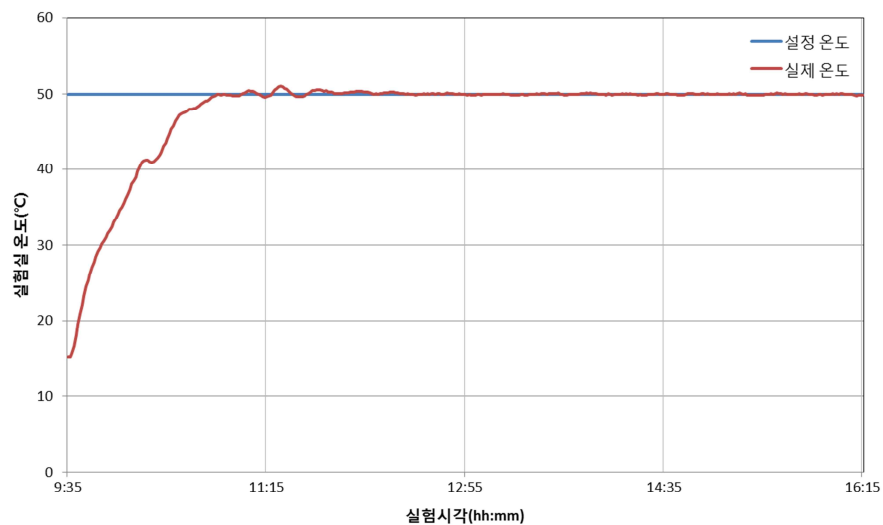
< 그림 3-73 > 어스그린코리아 가로수보호판, 808W/m²



< 그림 3-74 > 가뭄 저항성 평가

○ 실험실 공기온도

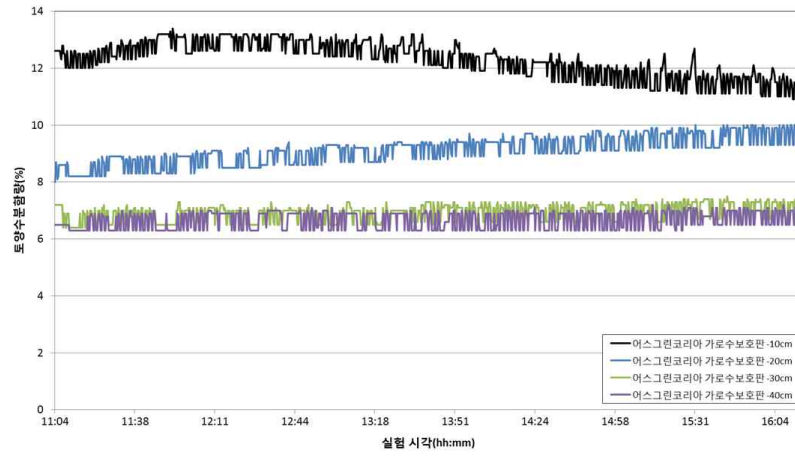
- 열대 기후, 가뭄저항성 평가는 11시 15분부터 시작하여 5시간 동안 진행한다.
- 실험실 공기온도가 설정 온도(50℃)를 기준으로 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내로 제어한다.



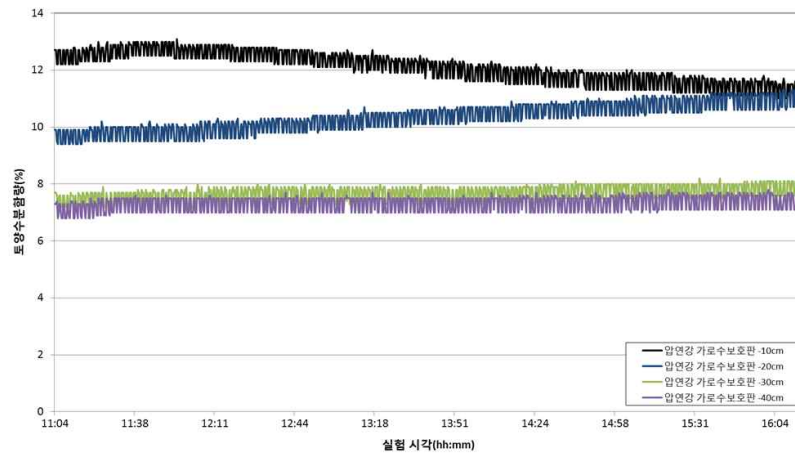
< 그림 3-75 > 실험실 공기온도

○ 토양수분함량 변화

- 어스그린코리아(주)의 가로수보호판과 압연강 가로수보호판 두 제품 모두 실험 시작 1시간 경과 후 10cm 깊이에서 토양수분함량이 낮아졌으며, 이는 증발에 의한 영향으로 분석되었다.
- 20cm 깊이에서는 토양수분함량이 증가하였으며, 이는 상부의 수분이 중력에 의해 내려온 것으로 분석되며, 30cm ~ 40cm 깊이에서는 열대 기후에 영향을 받지 않고 일정한 토양수분함량을 유지하는 것으로 분석되었다.
- 열대 기후에서 어스그린코리아의 가로수보호판과 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 변화는 유사한 것으로 분석되었다.
- 토양수분함량을 비교하였을 때 두 제품 간 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다.



< 그림 3-76 > 어스그린코리아 가로수보호판의 토양수분함량 변화



< 그림 3-77 > 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 변화

○ 증발량 변화

- 어스그린코리아의 가로수보호판과 압연강 가로수보호판 모두, 열대 기후 실험 종료 후 2kg의 수분이 증발한 것으로 나타났으며 증발 성능은 유사한 것으로 분석되었다.

< 표 3-22 > 증발량 변화

구분	실험 전 무게(kg)	실험 후 무게(kg)	증(△)감
어스그린코리아 가로수보호판	678	676	△2
압연강 가로수보호판	972	970	△2

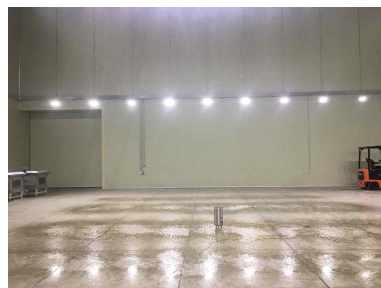
② 다우 지역, 투수 및 보수 성능 평가

○ 강우강도

- 강우강도 설정 값(75mm/h)을 기준으로 $\pm 10\%$ 이내로 제어한다.



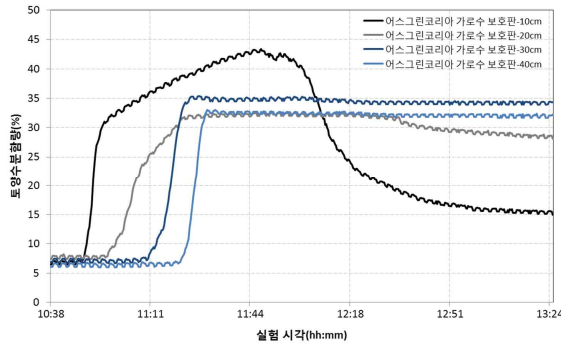
< 그림 3-78 > mock-up 설치



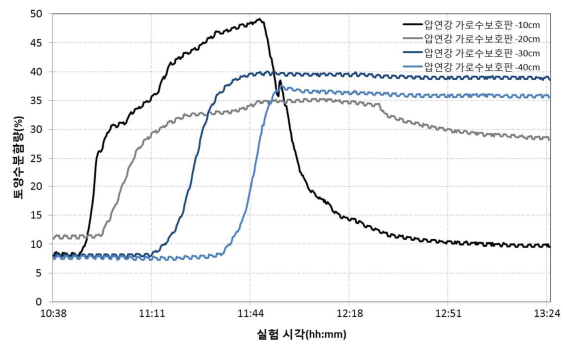
< 그림 3-79 > 강우강도 측정

○ 토양수분함량 변화

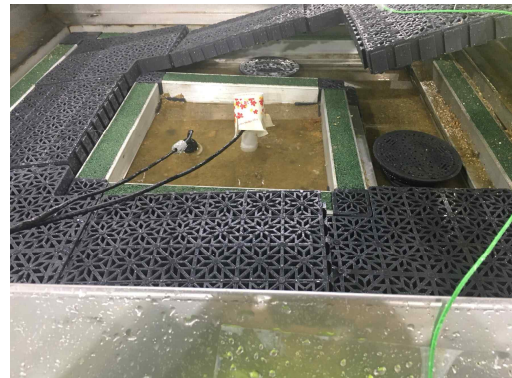
- 어스그린코리아의 가로수보호판은 하단에 삼통관이 설치되어 있으며, 삼통관의 영향으로 토양 하부(-30cm ~ -40cm)의 토양수분함량이 압연강 가로수보호판보다 빠르게 상승하는 것으로 분석되었다.
- 어스그린코리아 가로수보호판의 토양수분함량 최고치가 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 최고치보다 낮은 것은 빗물이 삼통관을 통하여 mock-up 하부로 빠르게 침투되기 때문으로 분석되었다.



< 그림 3-80 > 어스그린코리아 가로수보호판의 토양수분함량 변화



< 그림 3-81 > 압연강 가로수보호판의 토양수분함량 변화



< 그림 3-82 > 강우 실험 종료 후 mock-up

○ 침투 성능

- 강우량 측정은 mock-up에 설치된 로드셀을 활용하여 강우 전과 강우 후의 무게변화를 강우량으로 측정하였다.
- 유출량은 mock-up 상부와 물통을 호스로 연결하여 강우 시 물통에 고인 물의 무게를 유출량으로 측정하였다.
- 침투량은 mock-up 하부와 물통을 호스로 연결하여 강우 시 물통에 고인 물의 무게를 침투량으로 측정하였다.
- 토양수분함량은 로드셀과 물통 그리고 mass balance equation을 활용하여 강우량에서 유출량과 침투량을 뺀 값으로 계산하였다.
- 어스그린코리아(주) 가로수보호판의 경우 삼통관이 설치되어 있어 삼통관이 없는 압연강 가로수보호판에 비해 침투 속도가 빠르며, 폭우 시 홍수예방에 효과적일 것으로 판단하였다.

< 표 3-23 > 침투 성능

구분	강수량(kg)	유출량(kg)	침투량(kg)	토양수분함량(kg)
어스그린코리아 가로수보호판	128.9	3.6	6.7	118.5
압연강 가로수보호판	109.9	4.4	0	105.5

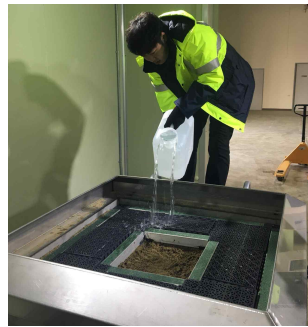
③ 냉대 지역, 동결융해 저항성 평가

○ 동결융해 저항성 실험

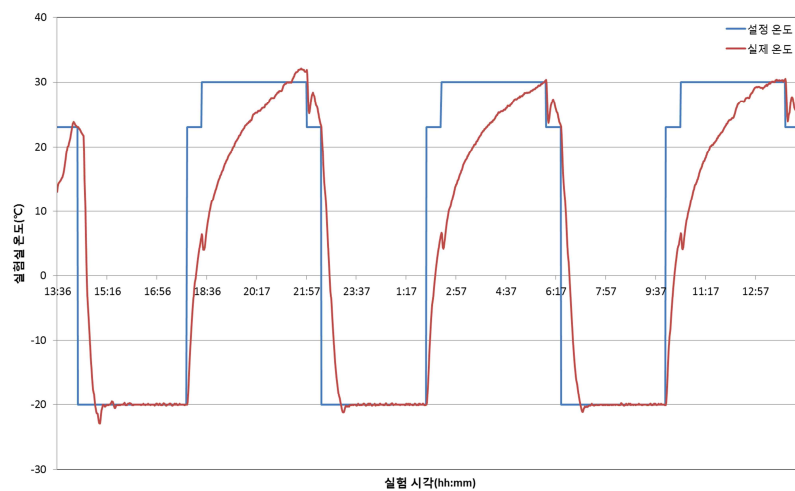
- 공기온도 변화 시(-20℃~30℃) 빗물에 의한 가로수보호판, 가로수보호틀, 삼통관의 동결융해 저항성을 평가하기 위해 20L의 빗물을 끼얹은 뒤, 공기온도(-20℃ ~ 30℃) cycle 실험을 실시하였다.



< 그림 3-83 > mock-up 설치



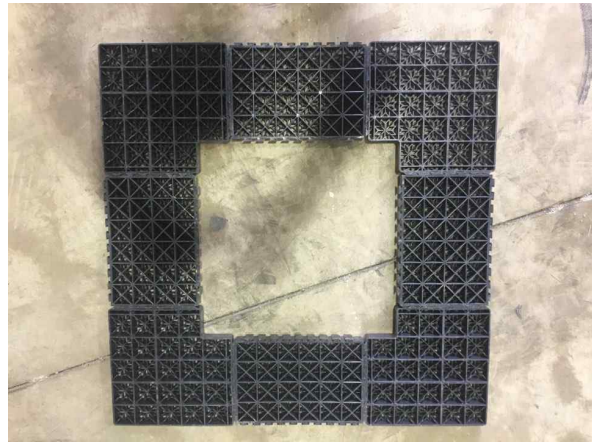
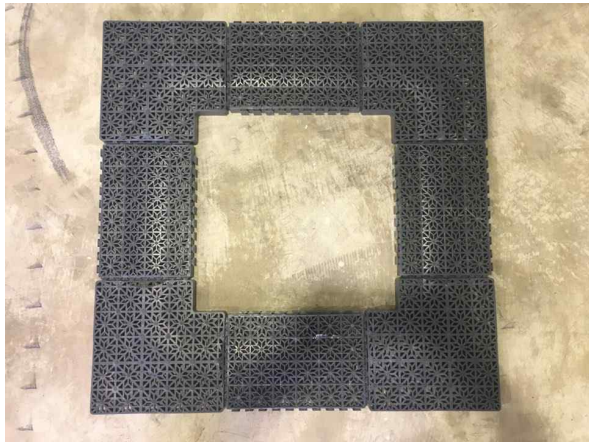
< 그림 3-84 > 동결융해 저항성 실험(빗물 끼얹음)



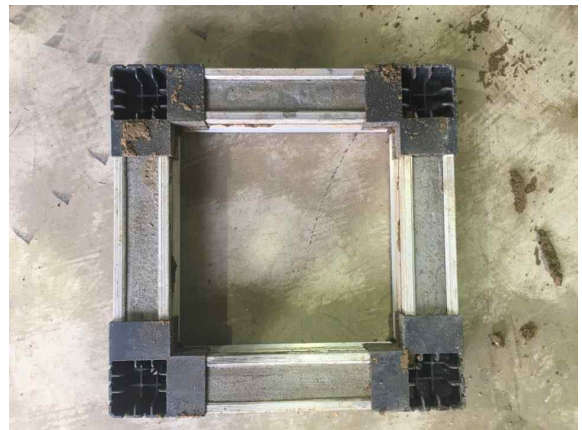
< 그림 3-85 > 공기온도 cycle 실험

○ 동결융해 저항성 평가

- 공기온도 cycle 실험 후 가로수보호판, 가로수보호판 틀, 삼통관의 파손 유무를 육안으로 확인하였으며 파손된 부위가 없음을 확인하였다.
- 제품들이 지면 아래로 묻혀있어서 일부 영향이 있을 것이라고 판단되지만, 지면 위로 나와있는 모든 제품들은 이상이 없었다.
- 급격한 온도 변화에서 제품들의 소재에 관계없이 파손되지 않아 우수한 내구성이 입증되었다.



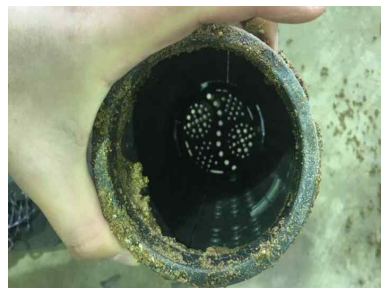
< 그림 3-86 > 가로수보호판



< 그림 3-87 > 가로수보호판 내틀



< 그림 3-88 > 가로수보호판 외틀



< 그림 3-89 > 삼통관

5-2. 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 시험평가 매뉴얼 개발

■ 가로수보호판의 다환경 성능평가 매뉴얼

가. 필요성 및 목적

- 최근, 저영향개발 기법 중 침투 기능과 식생 기능을 겸비한 가로수보호판 세트(가로수 보호판, 가로수보호판 틀, 삼통관)가 개발되었고, 해외 시장 진출 확대가 예상된다.
- 이에 따라 다양한 기후환경에서 실험 및 검증을 통해 국내를 비롯한 해외 시장에서도 바로 적용이 가능한 제품개발과 해외 맞춤형 현장 적용성 평가가 필요하다.
- 따라서, 본 성능평가 매뉴얼의 목적은 다양한 기후(열대 사바나 기후, 다우 기후, 냉대 기후)에서 가로수보호판 세트의 다환경 성능평가를 통해 제품의 성능(가뭄 저항성, 침투 성능, 동결융해 저항성)을 정량적으로 평가하는 것이다.

나. 환경챔버를 활용한 가로수 보호판의 다환경 성능평가

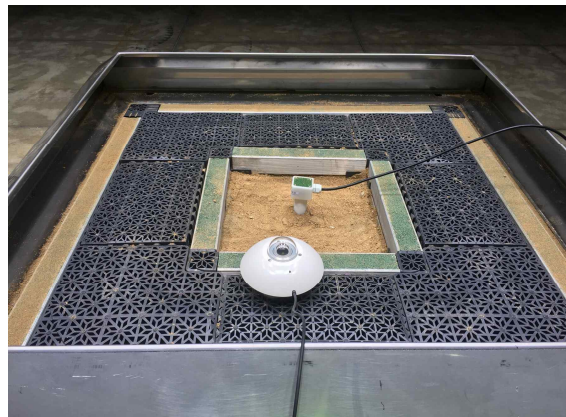
① 열대 사바나 기후 조건에서 가로수보호판의 가뭄 저항성 평가

○ 실험방법

- 환경 챔버 내 mock-up과 가로수보호판 세트(실험군, 대조군 각 1개)를 설치한다.
- 토양수분 센서를 가로수보호판 내틀 안에 설치한다.
- 일사 강도는 가로수보호판 표면에서 (800 ± 20) W/m²가 되도록 제어한다.
- 환경 챔버 내 공기 온도와 상대 습도는 mock-up에 설치된 가로수보호판의 표면 위 50cm에서 계측한다.
- 공기 온도 $(50 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $(50 \pm 10)\%$ 로 제어되도록 온·습도 조절장치를 조작한다.
- 공기 온도, 상대 습도, 일사 강도 모두 허용 오차 이내로 들어온 뒤 실험을 시작한다.
- 5시간 동안 기후 환경을 모사하며, 시간 변화에 따른 높이별 토양수분함량 측정한다.
- 로드셀을 활용하여 기후 모사 전과 후의 무게 차를 증발량을 계산한다.
- 대조군(압연강 가로수보호판)과 실험군의 토양수분함량과 증발량을 비교하여 가뭄 저항성을 평가한다.

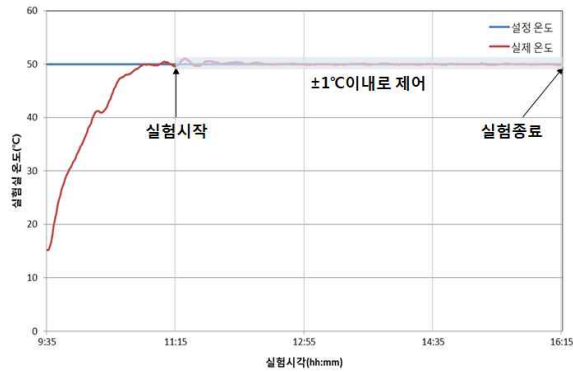


대조군



실험군

< 그림 3-90 > 일사 강도 측정



< 그림 3-91 > 공기온도 제어

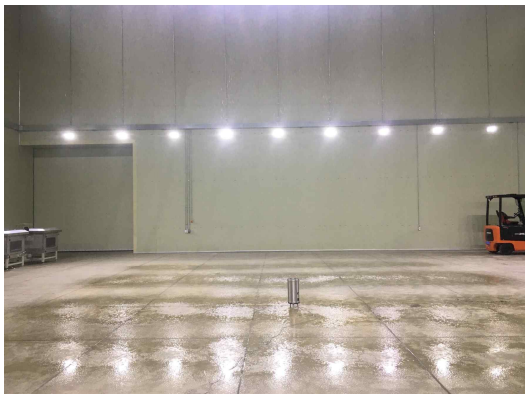


< 그림 3-92 > 가뭄 저항성 실험

② 다우 기후 조건에서 가로수보호판의 침투 성능 평가

○ 실험방법

- 환경 챔버 내 mock-up과 가로수보호판 세트(실험군, 대조군 각 1개)를 설치한다.
- 토양수분 센서를 가로수보호판 내틀 안에 설치한다.
- 강우 강도 설정 값(75mm/h)을 기준으로 $\pm 10\%$ 이내로 제어되도록 한다.
- 1시간 동안 기후 환경을 모사하며, 시간 변화에 따른 높이별 토양수분함량 측정한다.
- 강우량 측정은 로드셀을 활용하여 강우 전·후의 무게 변화를 강우량으로 측정한다.
- 유출량 측정은 mock-up 상부와 연결된 유출량 저장조의 고인 빗물의 무게로 측정한다.
- 침투량 측정은 mock-up 하부와 연결된 침투량 저장조의 고인 빗물의 무게로 측정한다.
- 토양수분함량은 mass balance equation을 활용하여 강우량에서 유출량과 침투량을 뺀 값으로 계산한다.
- 대조군(압연강 가로수보호판)과 실험군의 토양수분함량, 유출량, 침투량, 토양수분함량을 비교하여 침투 성능을 평가한다.



< 그림 3-93 > 강우 강도 측정



< 그림 3-94 > 침투 성능 실험

③ 냉대 기후 조건에서 가로수보호판의 동결융해 저항성 평가

○ 실험방법

- 가로수보호판 세트의 파손 유무를 육안으로 확인한다.
- 가로수보호판 세트의 파손이 없을 시 환경 챔버 내 mock-up과 가로수보호판 세트(실험군, 대조군 각 1개)를 설치한다.
- 빗물 20L를 가로수보호판 세트에 끼얹는다.
- 공기온도($-20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$) cycle을 3회 반복한다.
- 가로수보호판 세트의 파손 유무를 육안으로 확인하여 동결융해 저항성을 평가한다.



< 그림 3-95 > 동결융해 저항성 실험(빗물 끼얹음)

< 표 3-24 > 동결융해 저항성 실험 조건

온도	유지시간(min)	비 고
$(30\pm1)^{\circ}\text{C} \rightarrow (-20\pm1)^{\circ}\text{C}$	30	총 3회 반복
$(-20\pm1)^{\circ}\text{C}$	180	
$(-20\pm1)^{\circ}\text{C} \rightarrow (30\pm1)^{\circ}\text{C}$	30	
$(30\pm1)^{\circ}\text{C}$	180	



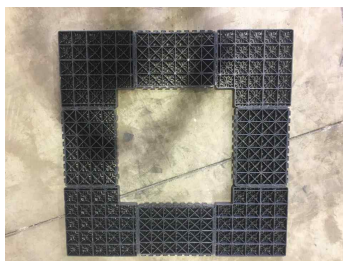
가로수보호판



가로수보호판 내틀



가로수보호판 외틀



삼통관

< 그림 3-96 > 동결융해 저항성 평가(파손 유무 육안 확인)

6. 토양 수분효과 모델링

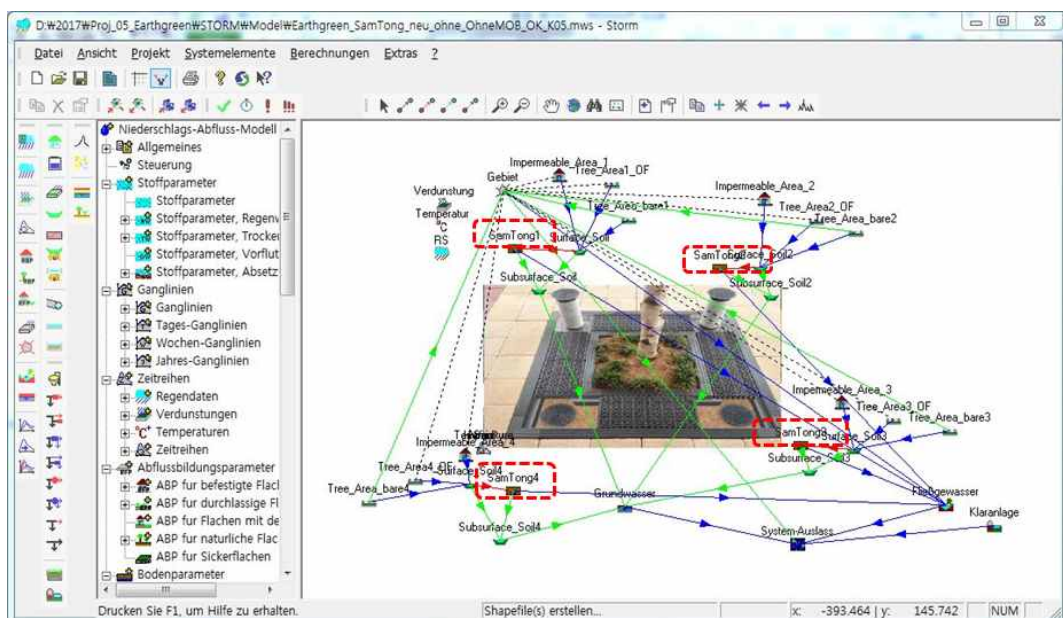
6-1. 모델링을 통한 연단위 모의 분석

가. 실험 개요

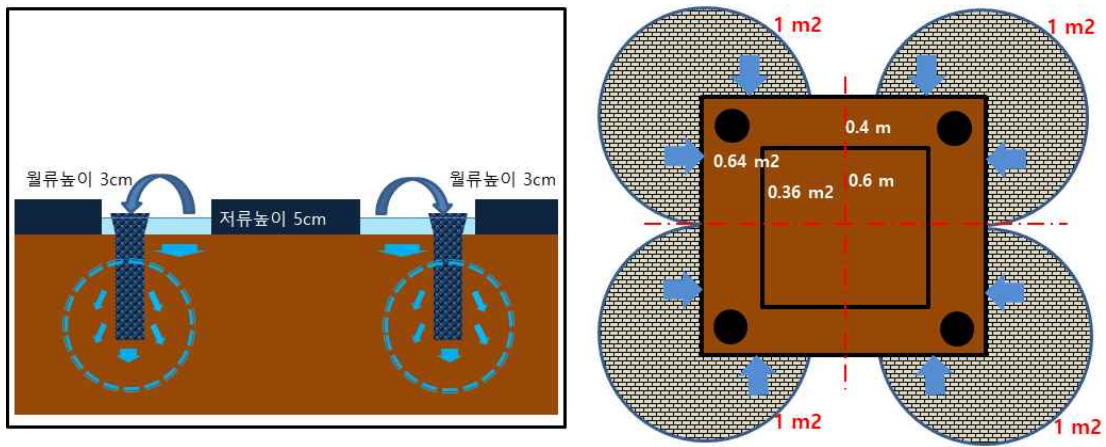
- 이 실험은 생육삼통관의 유출저감 효과를 확인하고자 (재)한국먹는물안전연구원 도시물순환연구센터에서 실험하였던 “수목 통기관(삼통관)의 토양 유효수분 공급, 물수지 개선, 침투유출 저감에 관한 실험적 연구”의 일부를 발췌한 것이다.

나. 실험 방법

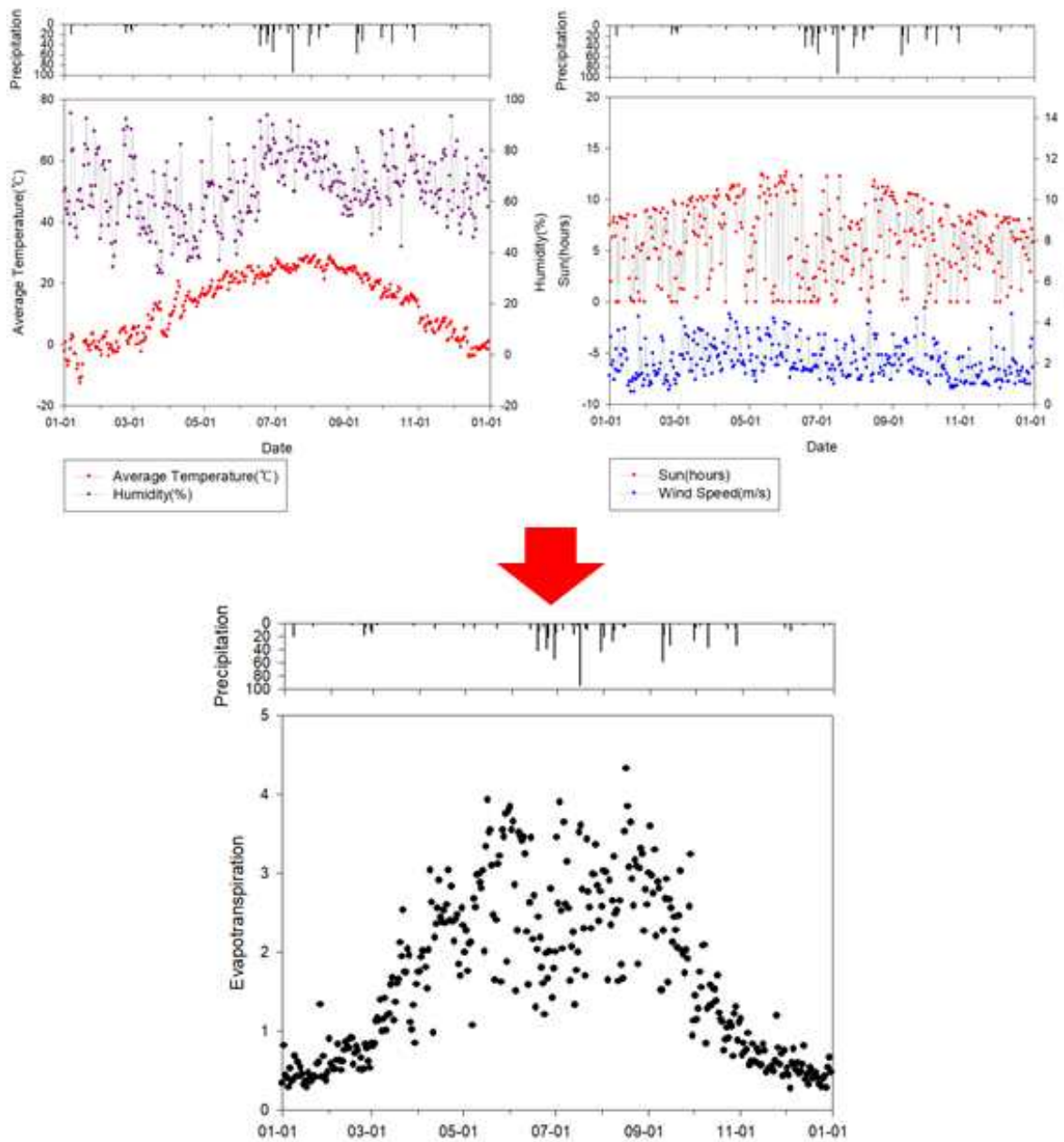
- 수문학적 강우 유출을 모의하여 분석할 수 있는 모델 STORM을 사용하여 대상지에 대한 규격을 개략적으로 일반화하여 집수면에 따른 토양 수분 변화를 분석하였다.
- 삼통관은 직경100mm, 높이 350mm이며 대상지는 보호판이 설치되어 있는 구조로 정사각형 내부의 가장자리에 각각 4개가 설치된 것으로 가정한다.
- 대상지 토양 조건은 분석결과로 나온 사질양토 기준으로 분석하며 삼통관으로 유입되는 빗물의 집수면적은 1㎡, 2㎡, 3㎡으로 각각 설정하여 삼통관을 설치하지 않은 대상지 설정의 토양수분량과 비교하여 분석한다.
- 대상지에 대한 1년치 모의를 통해 강우에 따른 토양유효수분 변화와 증발산량의 변화를 확인한다.
- 대상지 내부에 식재된 식물의 종류에 따라 증발량 요소가 달라지므로 penman-monteith 공식으로 도출할 수 있는 증발산량을 구하기 위해 기온, 일조량, 상대습도, 풍속에 대한 데이터를 분석하여 대상지의 증발산량을 분석한다.



< 그림 3-97 > 삼통관 설치 대상지 모델링 결과



< 그림 3-98 > 집수면 1㎡으로 설정한 대상지 구역



< 그림 3-99 > 기후데이터 분석을 통해 도출한 1년 증발산량

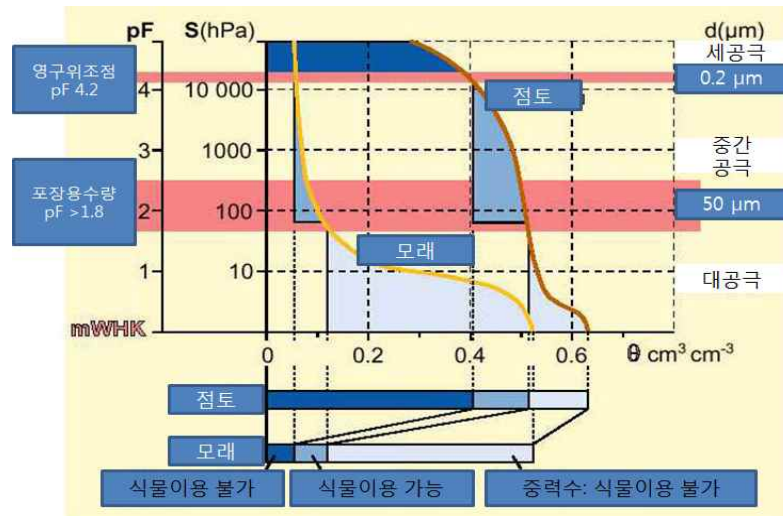
6-2. 데이터 분석 결과

< 표 3-25 > 데이터 분석 결과

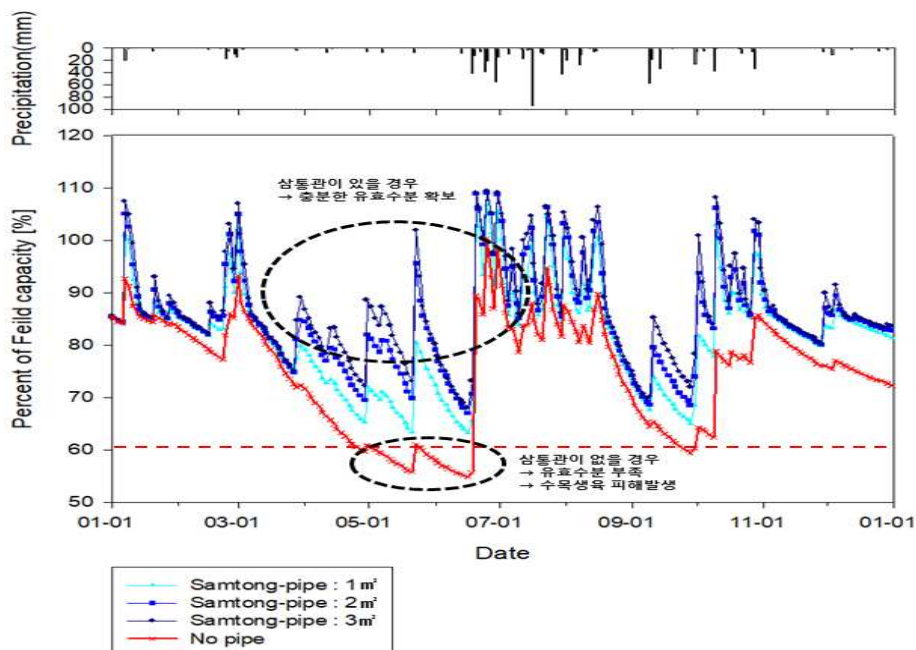
토성	대공극량	포장용수량	유효수분량	흡습수량
모래	32	11	7	4
양질사토	9	33	16	17
사질양토	12	30	18	12
양질식토	7	36	14	22
미사질식토	7	36	17	19
식토	4	48	15	33

<자료: 독일지질과학연구소(2005), 토양지도 작성 지침>

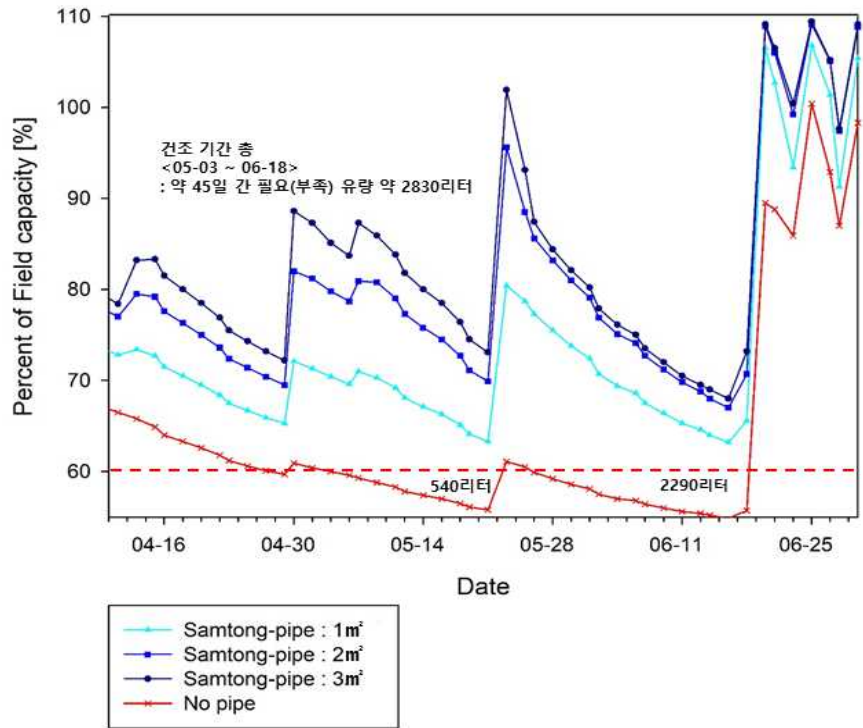
- 대상지 토양 시료채취 분석을 통해 확인한 “사질양토”의 유효수분 범위 18 [vol.%)는 포장용수량 [vol.%)의 60%에 해당된다.



< 그림 3-100 > 토성에 따른 유효수분, 장력, 공극의 범위

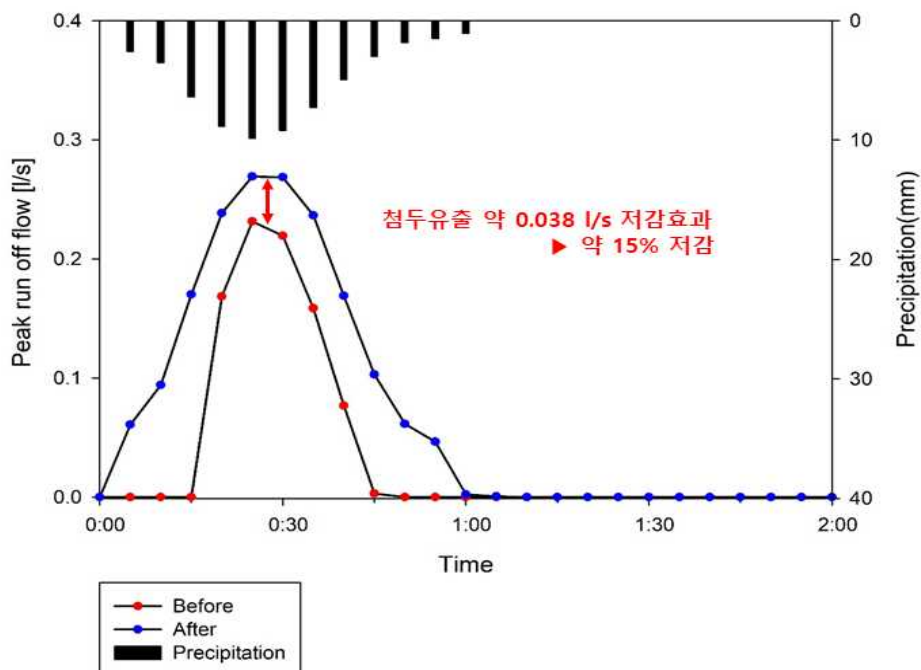


< 그림 3-101 > 토양수분의 시계열적 변화 모의 결과(삼통관의 유무)



< 그림 3-102 > 삼통관 유무에 따른 건조기간 내 필요 유량 분석

- 전체 기간 중 강우가 거의 없던 건조 기간을 확대하여 보았을 때 삼통관을 설치하지 않은 상태의 물 부족량을 분석하였다.
- 모의 대상 토양인 사질양토의 유효 수분 범위는 포장용수량의 60%에 해당하는 것과 비교하여 60%이하의 값을 가지는 기간에 감소량을 분석하였다.
- 모의한 0.5m³의 대상지는 1[vol.%] 당 1.5L의 유량임을 확인하여 수관투영면 4m²을 고려했을 때 4개의 공간을 가정, 건조 기간 동안 0.1% 씩 감소하는 것을 계산하여 총 약 2830리터의 수분이 부족했음을 확인하였다.
- 삼통관이 설치된 3개의 모의 대상지는 기간 동안 충분한 수분함량을 나타냈다.



< 그림 3-103 > 안동지역 1시간 방재성능 목표에서의 첨두유출 감소 효과

나. 모델링 분석 결과

- 1년 강우데이터와 기후데이터를 통해 모의한 결과 비교구인 삼통관을 설치하지 않은 일반 토양에서는 강수량이 적은 5월 ~ 6월 사이에 토양 내 유효 수분량이 급격히 감소하는 것을 확인하였다.
- 유효 수분량이 포장용수량의 60% 정도가 되는 사질양토 조건 하에서, 토심이 50cm, 가로 1m, 세로 1m 인 토층에서의 유효수분의 변화를 모의한 결과, 5월 ~ 6월 사이에 유효 토심 이하로 토양수분이 내려감을 모의하였다.
- 토심 50cm 값은 도로변의 관목류나 소형 교목의 뿌리가 대부분 존재하는 깊이이며, 수목의 크기나 수령에 따라 뿌리는 2m 이상 발달할 수 도 있지만, 이 모의에서는 소형 교목이나 관목을 식재한지 얼마 되지 않은 시점에서의 토양수분 영향을 분석하기 위해, 토심을 50cm로 가정하였다.
- 이 기간 동안에는 유효수분 부족에 따라 수목생육에 피해가 발생할 가능성을 확인하였다.
- 삼통관 1개소당 집수면적을 1m², 2m², 3m²으로 할 경우, 토양수분의 함량이 급격히 증가하여, 유효수분의 범위 내에 토양 수분이 분포함에 따라. 가뭄 시점에서의 물부족 현상을 극복할 가능성이 매우 높았다.
- 삼통관 1개소당 불투수 집수면적을 2m² 로 할 경우, 가뭄 기간 중에 소규모 강수를 이용하여 안정적인 수분공급을 할 수 있는 최적 집수면을 파악되었다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 목표 달성도

○ 연구계획서 및 연차실적계획서를 중심으로 연구 목표 달성도를 기술하였다.

- 1차년도에 기존 제품의 성능을 보완하였으며, 제품의 성능평가를 완료하였다.

기간	주요 목표	성과내용	달성도
1차년도 (`16.05~ `17.02)	□ 국내외 LID제품에 대한 적용성 분석	- 비점오염원 제어 방안과 침투 유출 저감, LID 개발 사례 분석 - LID 요소 기술의 현황, 잠재력 분석 및 목표 기술 항목 설정	100%
	□ Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 침투량, 저류량 개선을 통한 기존 제품과의 성능 비교	- Test Bed 설치 - 제품의 침투량 증대 및 수목 생장을 위한 제품의 기능에 대한 분석 - 기존 LID 제품과의 성능 비교 - 제품의 목표 성능 설정	100%
	□ 성능보완 및 기술 개발	- 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 - 시제품 제작 - Test Bed를 활용한 시제품 성능 시험	100%
	□ 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 성능평가 기술개발	- LID시설 중 유출저감제품에 대한 국내외 평가 규격 조사/분석 - 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 요구성능 항목 및 성능지표 분석 - 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 고장원인 분석을 통한 성능지표 분석 - 기존제품 및 개발제품에 대한 성능평가 지원 - 선진 유사제품 성능평가를 통한 성능비교평가 - 개발기술의 실수요처 발굴 및 마케팅 계획	100%
	□ 특허출원 2건	- 특허출원 3건 : 특허출원서(10-2016-0147928) 옥상을 사용하면 옥상 빗물을 저장하는 장치 : 특허출원서(10-2016-0147930) 건물 외벽의 빗물 저장장치와 그 저장장치의 시공방법 : 특허출원서(10-2016-0179378) 빗물침투형 연결 소켓, 및 이를 구비하는 보호판 지지틀	100%
	□ 학술발표 1회	- 학술발표 1회 : 기후변화 대응 열섬현상 저감 제품의 정량적 성능평가 방법	100%

기간	단계별 주요 연구활동	세부추진내용	달성도
2차년도 (`17.03~ `18.02)	□ 국내외 가로현황 종합사 례연구	- 국내외 현장 답사를 통한 현황 조사 - 국내외 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석	100%
	□ Test Bed 설치를 통한 다양한 기후 및 온도에 대한 제품의 성능 시험	- Test Bed 설치 - 다양한 기후 조건의 통제를 통한 제품의 성능 분석 - 제품의 목표 성능 설정	100%
	□ 제품의 성능보완 및 기 술 개발	- 성능 보완 및 기술 개발을 위한 설계도 작성 - 시제품 제작 - Test Bed를 활용한 시제품 성능 시험	100%
	□ 기후조건형 하이브리드 형 유출저감 제품에 대 한 성능평가 기술개발	- 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대한 목업 요구성능 항목 분석 및 평가기술 개발 - (다우기후용) Rainfall simulator(2.5~150mm/hr) - (사막기후용) 일사장비(800~1,200W/m ²) 조절 - (냉대 및 한대기후) 동결융해(0~영하40℃) - 기후조건별 하이브리드형 유출저감 제품에 대 한 시험평가 매뉴얼 개발 - 하이브리드형 유출 저감제품에 대한 성능평가 법 표준화 제안	100%
	□ 성과전시 1회	- 박람회, 전시회 참가 2회	100%
	□ 특허출원 및 등록 각 1 건	- 특허등록 2건 : 특허 제10-1778579호 빗물 침투 및 저류 저 장이 용이한 경계석의 제조방법과 그 방법을 이용한 경계석 : 특허 제10-1778586호 빗물침투형 인도와 차 도의 칼라 경계석을 이요한 포장 시공방법	100%
	□ 시제품 1건	- 시제품 1건	100%
	□ 공인성적서 1건	- 공인성적서 1건	100%
	□ 신기술인증 1건	- 제품의 완성도 향상 및 현장 확대 설치 후 진행	-
	□ 우수조달제품 출원 1건	- 제품의 완성도 향상 및 현장 확대 설치 후 진행	-
	□ 실험보고서 1건	- 다환경 해외 맞춤형 LID시설의 성능평가 실험보 고서	100%
	□ 매뉴얼 1건	- 가로수보호판의 다환경 성능평가 매뉴얼	100%

제 2 절 관련 분야 기여도

- 전 세계적으로 온난화 현상에 따른 기후변화로 물 부족현상이 심각해지고 있는 상황으
로, 연구개발로 빗물 침투 효과를 극대화 할 수 있는 제품 개발이 활발해 질 것이다.
- 기존의 도로 및 가로 제품은 시중에 많이 있지만, 빗물을 효과적으로 침투시켜 식물의
원활한 생장을 돕는 제품은 없었으나, 자사의 연구개발로 인해 앞으로 다양한 빗물 침
투 제품들이 시장에 판매될 것으로 예상된다.
- 빗물 침투 시설의 표준화가 실현된다면 국내 LID 산업 전반을 이끌어 갈 수 있으며, 물
부족으로 인한 사회적 문제 해결이 가능하다.
- 물 부족은 국내에 한정적인 문제가 아니기에 전 세계적으로 수출이 가능하여, 국내 경
제성장 및 일자리 창출 등 여러 분야에 기여 가능하다.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

제 1 절 활용방안

- 가로수보호판에 적용하여 도시의 수목생육환경 개선과 동시에 빗물침투 시스템을 확보하였다.
- 기존 LID침투시설과 연계한 수목생육환경 개선과 빗물의 침투량을 증대하였다.
- 해외진출을 통한 국내 LID시설을 해외에 수출 할 수 있는 발판을 마련하였다.

제 2 절 기대효과

- 과학 □기술적 측면
 - LID침투시설의 기능개선을 통한 강우유출 부하량 저감, 도시지역 비점오염 부하량 저감, 하천의 건천화를 방지한다.
 - 재해에 강하고 자연자원을 보전하는 녹색도시 기반을 조성한다.
 - LID 조경설계 및 시공을 위한 식생기반 개발을 연계한다.
 - 하이브리드형(식생형, 침투형) LID시설 국제적 기술 선도 및 개발 제품의 수출이 가능하다.

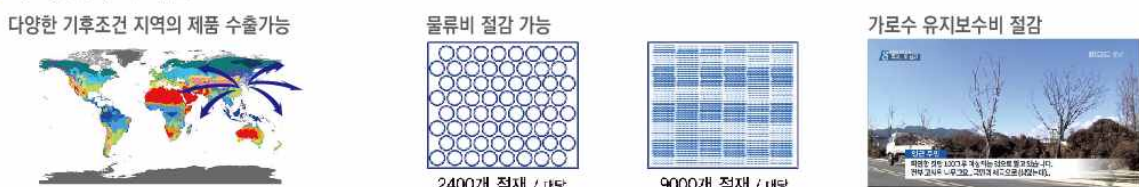
과학/기술적 측면



< 그림 5-1 > 과학.기술적 측면

- 사회적 □경제적 측면
 - 개발기술 보급을 통한 도심지 환경을 개선한다.
 - 수목고사 및 보행환경 개선을 통한 국가의 유지 보수비를 절감한다.
 - 주거단지 자산가치의 상승을 통한 세수입이 증가한다.
 - LID 조경설계 및 시공기법 제시를 통한 현장 적용성 확대 기반 마련으로 고부가가치 조경산업을 견인한다.

사회/경제적 측면



< 그림 5-2 > 사회적.경제적 측면

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

가) 해외 현지조사 실시

- 조사방법 : 세계한인무역협회를 통한 조사
- 국가 및 조사기간 : 호주 멜버른(2017. 8. 1 ~ 2018. 2. 1)

나) 현지 분석

- 멜버른 내에는 인도와 도로가 자연친화적으로 이루어져있어 도로 조성이 불필요하다.
- 멜버른 외 근교지역에서의 인도와 차도는 경관보다는 자연을 그대로 보존하는 것이 주목적이다.



< 그림 6-1 > 멜버른 현지 가로현황

다) 현지 기업 분석

- 현지 기업 : CITY WIDE(공기업)
- 나무의 심각한 건조상태를 막기 위해 물을 고르게 분배해주는 제품 개발 및 멜버른 내 나무 주위에 설치중이며, 우리나라의 물주머니와 유사하다.



< 그림 6-2 > H2POD 제품



< 그림 6-3 > 우리나라 물주머니

라) 결론

- 전 세계적으로 물 부족에 대한 우려가 가중되고 있는 현실이지만, 자연친화주의 인식이 강한 호주의 국가적 특성상 수목을 보호하는 제품의 개발은 정체중이다.
- 호주 멜버른의 날씨는 4계절이 뚜렷하지만 유독 비오는 날이 잦은편으로 빗물을 활용할 수 있는 제품이 각광 받을 수 있다.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

※ 본 연구과제는 별도의 보안이 필요하지 않은 일반 연구과제입니다.

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
에스그린코리아(주)	3D프린터	3DISON	1EA	'16.9.1	4,818,182	(주)프라임웨어 (070-8825-3316)	기업부설연구 소 내	NFEC-2017-01-235646

국가연구시설장비정보등록증

Registration Certificate of Research Facilities & Equipment

시설장비등록번호	NFEC-2017-01-235646	등록일자	2017-01-09
한글명	3D프린터		
영문명	3D Printer		

기본정보			
고정자산관리번호	EGK-2016-02-0001	연구시설·장비구분	주시설장비
취득방법	구매	모델명	3DISON
제조사	(주)로킷	제작국가	대한민국
취득금액(원)	4,818,182원	취득일자	2016-09-01
활용범위	단독활용만 가능	장비용도	시험

보유기관정보	
보유기관명	에스그린코리아(주)
설치장소	서울 양천구 신월로 315 청호빌딩 5층 에스그린코리아(주) 기업부설연구소

국가연구개발사업			
국가과제고유번호	1615008512	부처명	국토교통부
과제명	도시지역 수목성장을 고려한 하이브리드형 유출저감 기술		
주관기관	에스그린코리아 (주)	연구책임자	박용순

2018. 02. 09

국가연구시설장비진흥센터장

< 그림 8-1 > 국가 연구시설 장비정보 등록증

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

○ 기술적 위험 요소 분석

- 연구책임자가 현장이나 실험실에서 기술적 위험요소를 분석·파악하고, 위험도 저감 및 참여연구원의 안전확보를 위한 대책 및 안전교육을 실시한다.
- 실험에 관련된 안전사고 및 위험 정보를 미리 숙지하고, 위험도를 저감할 수 있는 적절한 안전 확보 및 조치 방법을 숙지한다.

○ 안전 관리 대책

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

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	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	특허	옥상을 사용하면서 옥상 빗물을 저장하는 장치	어스그린 코리아(주)	발명	대한민국	-	10-2016-0147928 (출원번호/2016.1 1.08)	단독	-
2	특허	건물 외벽의 빗물 저장장치와 그 저장장치의 시공방법	어스그린 코리아(주)	발명	대한민국	-	10-2016-0147930 (출원번호/2016.1 1.08)	단독	-
3	특허	빗물침투형 연결 소켓, 및 이를 구비하는 보호판 지지를	어스그린 코리아(주)	발명	대한민국	-	10-2016-0179378 (출원번호/2016.1 2.26)	단독	-
4	특허	투수성능을 갖는 집수정	어스그린 코리아(주)	발명	대한민국	-	10-2017-0022981 (출원번호/2017.0 2.21)	단독	-
5	기타	2016 대한건축학회 추계학술발표대회	한국건설 생활환경 시험연구 원	발표	대한민국	-	2016.10.06	단독	-

제11장. 기타 사항

※ 해당없음

제12장. 참고 문헌

1. 국토해양부(2011), 물순환 기술 기획보고서
2. 국토기술교통평가원(2011), 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획
3. 환경부(2013), 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인
4. 서울특별시(2015), 건강한 물순환 도시 이야기 2015
5. 동아일보(2010), 호주 멜버른시의 가로수 물 재사용 설비 단면(2010.9.14.)
6. 독일지질과학연구소(2005), 토양지도 작성 지침
7. Gold Coast City Council; Land Development Guidelines, Figure 13.2-k
8. http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 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.