

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술사업화지원사업 제2차 연도 최종보고서

R&D / 18TBIP-C124733-02

유휴공간내 LID 기반 통합설계를 적용한 빗물 저류기술의 사업화 최종보고서 (보완)

2019. 3. 25.

주관연구기관 / (주)뉴보텍
협동연구기관1 / 어스그린코리아(주)
협동연구기관2 / (주)이피에스이앤이
위탁연구기관1 / (재)한국먹는물안전연구원
위탁연구기관2 / 한국건설기술연구원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

2. 제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘유휴공간내 LID 기반 통합설계를 적용한 빗물 저류기술의 사업화’ (연구개발 기간 : 2017.04.01 ~ 2018.12.31) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 01. 30.

주관연구기관명: (주)뉴보텍 (대표자) 우 석 배



협동연구기관명1: 어스그린코리아(주) (대표자) 박 용 순 (인)



협동연구기관명2: (주)이피에스이앤이 (대표자) 박 변 주



참여기관명1: (재)한국먹는물안전연구원 (대표자) 백 영 석 (인)



참여기관명2: 한국건설기술연구원 (대표자) 정 준 화 (인)



주관연구기관책임자: 박 점 옥

협동연구기관책임자1: 박 용 순

협동연구기관책임자2: 이 흥 복

참여기관책임자1: 백 영 석

참여기관책임자2: 안 창 혁

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	18TBIP-C1247 33-02	해당 단계 연구 기간	2017. 04. 01 - 2018. 12. 31 (21개월)	단계구분	2 / 2
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원 사업			
	세부사업명	중소기업 보유기술 사업화			
연구과제명	대과제명	대과제가 있을 경우 기재합니다(단위과제일 경우에는 아래에 기재합니다)			
	세부과제명	유희공간내 LID 기반 통합설계를 적용한 빗물 저류기술의 사업화			
연구책임자	박점옥	해당단계 참여 연구원 수	총: 32명 내부: 32명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:492,000천원 기업:328,000천원 정부 외: 천원 계:820,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 32명 내부: 32명 외부: 명	총 연구개발비	정부:507,000천원 기업:400,000천원 정부 외: 천원 계:907,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)뉴보텍 기업부설연구소			참여기업명	(주)뉴보텍, 어스그린코리아(주), 이피에스이앤이
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: (재)한국먹는물안전연구원			연구책임자: 백영석	
	연구기관명: 한국건설기술연구원			연구책임자: 안창혁	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

- 도시 유희공간내 저영향개발기술 기반의 물순환형 녹색도시 조성, LID 물순환 그린인프라 구축, LID 기술 해석, LID 물순환 도시 조성 설계 및 운영을 통한 지속가능한 물순환 도시조성을 위한 GI & LID 요소기술 개발, 해석/검증기술 및 통합적용을 목적으로 함.
- 주관: 한국형 LID 요소기술의 융복합 및 LID 기반 통합설계 적용한 저류 기술 사업화

- 공동1: IT 기반한 LID시스템 자동화 기술 고도화 (해석/검증기술)

- 공동2: 표면 유출관리 기술을 적용한 식생형 LID 실험단지 구축

- 위탁1: 초기우수 전처리 및 저류조 수질확보기술

- 위탁2: 수질 전처리를 위한 생태연못 구축

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	○ 본 연구는 도시지역 유휴공간내의 도시물순환 IoT를 적용한 LID기반 생태형 표면유출관리 및 빗물지하저류 시스템으로 초기우수 대응 및 우수의 배제, 재활용 등 다목적 기능을 고려하여, 시제품 개선 및 현장테스트, 최적 공법 개발, 사업화전략을 통해 LID 관련 산업 진출의 기반을 마련하는 기술사업화 과제임 (기술개발단계 중 실용화 및 사업화 단계로, TRL 7~9에 해당) ○ 도시 유휴공간내 저영향개발기술 기반의 물순환형 녹색도시 조성, LID 물순환 그린인프라 구축, LID 기술 해석, LID 물순환 도시 조성 설계 및 운영을 통한 지속가능한 물순환 도시조성을 위한 GI & LID 요소기술 개발, 해석/검증기술 및 통합적용을 목적으로 함. - 주관: 한국형 LID 요소기술의 융복합 및 LID 기반 통합설계 적용한 저류 기술 사업화 - 공동1: IT 기반한 LID시스템 자동화 기술 고도화 (해석/검증기술) - 공동2: 표면 유출관리 기술을 적용한 식생형 LID 실험단지 구축 - 위탁1: 초기우수 전처리 및 저류조 수질확보기술 - 위탁2: 수질 전처리를 위한 생태연못 구축 ○ LID기반의 물순환 도시 조성을 위한 각 요소기술의 통합설계 및 적용·운영기술 개발 ○ LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발 - 유휴공간내 도로측구 및 생태연못 시설을 연계한 GI & LID 시스템 개발 - 강우유출수 및 지하저류조 수위 연계한 LID 저류활용 시스템 개발 ○ 도시 유휴공간내 GI & LID 실증실험단지 구축 및 해석기술 개발 - GI & LID 물순환 요소기술의 효율성 실험 및 평가기술 개발 - 유휴공간내 LID 물순환 플랫폼 구축 및 최적 설계기술 개발
연구개발성과	기술적 기대성과 ○ 본 연구의 성과를 통해 달성할 수 있는 기대 및 파급효과는 기술적 측면과 사회·경제산업적 측면에서 정의할 수 있음. ○ 기술적 측면에서의 기대효과로는 도시 강우에 따른 침수 및 강우유출수 관리능력 달성, 침투/여과/저류 기능을 기본 메커니즘으로 하는 LID 기술의 보급으로 인한 도시 수자원 확보를 통한 도시 하천 건천화 저감 및 가용 수자원의 확보, 도시 비점오염원 부하량의 저감을 통한 방류수역의 수질개선 기대 사회경제적 기대성과 ○ 기후변화 적용 전술의 하나로 도시 열섬현상 저감을 통한 전력 수요량 절감, 녹색공간 확보 및 지역환경개선을 통한 지역주민의 삶의 질 향상, 경관적 가치 창출을 통한 파생적 경제적 효과 달성, 녹색일자리 창출 및 경제 활성화 및 건설 및 건축 비용절감을 통한 개발의 지속가능성 담보

연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 저탄소 녹색성장 기본법(국무총리실, '10), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙(국토해양부, 환경부, '10), 친수구역 활용에 관한 특별법(국토해양부, '10)에 의한 친수구역 조성지침(국토해양부, '11) 등 법령 시행을 위한 비용 효율적 기술 확보로 실제 물순환 도시 구현을 위한 LID 및 그린인프라 시설물 설치기준 마련				
	○ 정부 및 지자체에서 구도심 재생사업 시 유휴공간을 이용하여 투수율 증대, 방재성능 향상, 물순환 녹색도시 조성 등에 활용할 수 있는 물순환 인프라 구축 기술, 요소기술의 통합 계획·설계·운영 기술 제공				
	○ 정부 및 지자체에 물순환 녹색도시를 위한 유휴공간 활용모델, 운영 및 유지관리 가이드라인 제공				
	○ 친환경 물순환 도시 유휴공간 활용 관련 개발도상국 지원으로 국격 향상 및 해외시장 진출 기술기반으로 활용				
	○ LID 물순환 기술 플랫폼 구축과 킬러컨텐츠(killer contents) 개발을 기반으로 물순환 도시 조성·운영 기술의 해외 수출산업화 기반 마련				
	○ 산업체에 LID 물순환 도시 모니터링, 운영 등에 필요한 원천기술 제공을 통한 물순환 분야 건설산업기반 육성				
	○ 국내 건설시장은 기본 인프라 구축분야는 포화상태로 새로운 패러다임의 확립으로 인한 국내 건설시장 재창출 기술 기반				
	○ IoT를 적용한 물순환 도시 조성 기술 개발을 통해 물산업 신성장동력으로 육성				
	○ 효율적인 관리가 가능한 LID 시설의 적절한 배치 및 적용으로 시민들에게 도시 내 친수공간을 제공하여 쾌적한 도시환경 조성에 기여할 수 있는 기반기술				
	○ 유휴공간시설에 물순환 그린인프라 구축 시 시간방재 성능 향상으로 도시의 안전도 증대 기술로 활용				
핵심어 (5개 이내)	○ 물순환 건전화를 통한 열환경 개선으로 도시기온 저감, 냉난방에너지 절감 및 CO2 배출량 저감 극대화를 통한 개발의 지속가능성 달성				
	○ 발생원 강우 관리를 위한 LID 물순환 기술 확보로 기후변화 적응력 향상, 대체수자원 확보 및 도시 하천과 생태계 보전 기술로 활용				
	유휴공간	저영향개발	식생형 침투조	빗물저류조	물순환

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

Purpose & Contents	○ This study is a LID-based ecological surface runoff management and stormwater underground storage system using city water circulation IoT in urban idle space. It is designed to perform multi-purpose functions such as the first storm response, exclusion of stormwater, recycling, Technology commercialization project to lay the foundations for LID-related industry advancement through public law development and commercialization strategy (At the stage of commercialization during the technology development stage, corresponding to TRL 7 to 9) ○ GI & LID element for creating sustainable water cycle city through designing and operating LID water circulation city design, construction of LID water circulation green infrastructure, LID technology interpretation, water circulation type green city based on low impact development technology in urban idle space Technology development, interpretation / verification technology and integration application. - Main agency: Commercialization of the Retention technology combined with Korean LID element technology by LID-based integrated design - Joint institution 1: Advanced IT automation technology based on IT (analysis / verification technology) - Joint institution 2: Construction of vegetation-type LID experimental complex applying surface runoff management technology - Consignment institution 1: Early pre-treatment and reservoir quality assurance technology - Consignment institution 2: Ecological pond construction for water quality pretreatment ○ Integrated design, application and operation technology development of each element technology to create LID-based water cycle city ○ Development of LID-based water circulation green infrastructure construction technology - Development of GI & LID system linking roadside and ecological pond facilities in idle space - Development of LID storage utilization system in connection with storm water runoff and underground storage facility water level ○ Development of GI & LID test-bed complex and analysis technology in urban idle space - Development of efficiency test and evaluation technology of GI & LID water circulation element technology - Construction of LID water circulation platform in idle space and development of optimal design technology
-------------------------------	---

Results	Technical Expectations ○ The expectations and the ripple effects that can be achieved through the achievements of this research can be defined in terms of technology and social and economic industries. ○ Expected effects in terms of technology include reduction of urbanization and availability of urban water resources by securing urban water resources by achieving flood and rainfall runoff management ability by urban rainfall and penetration / filtration / retention function as a basic mechanism. Securing water resources and reducing water pollution load in urban areas Socioeconomic expectation performance ○ One of the tactics of applying climate change is to reduce the demand for electric power by reducing the heat island phenomenon, to improve the quality of life of local residents by securing green space and improving the local environment, to achieve a beneficial economic effect through creating scenic value, Sustainability of development through activation and reduction of construction and construction costs
----------------	--

Expected Contribution	○ Guidelines for the Establishment of Hydrophilic Areas by the Low-Carbon Green Growth Basic Law (Prime Minister's Office, '10), Rules on the Certification of Environment-friendly Buildings (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Ministry of Environment, '10), and Special Law on the Use of Hydrophilic Areas (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, '11), and the establishment of standards for installation of LID and green infrastructure facilities ○ Provide integrated planning, design and operation technology of water circulation infra construction technology and element technology that can be utilized in urban center recycling business by using idle space, increase water permeability, improve disaster prevention performance, and create water circulation green city in government and local governments ○ Provide guidance to governments and local governments on model, operation and maintenance of idle space utilization for water cycle green cities ○ eco-friendly water circulation Improving nationality and utilizing overseas technology as a base for technology development by supporting developing countries ○ Establishment of water circulation city based on LID water circulation technology platform and development of killer contents ○ LID water circulation to industry Fostering the construction industry based on water circulation by providing source technology necessary for city monitoring and operation ○ In the domestic construction market, the basic infra construction field is saturated and the new paradigm is established. ○ Development of water circulation city development technology applying IoT, and it is cultivated as a new growth engine of water industry ○ An infrastructure technology that can contribute to the creation of a comfortable environment of the city by providing the citizens with a hydrophilic space in the city by appropriately arranging and applying the LID facility that can manage efficiently ○ Through Water circulation in idle space facilities when the green infrastructures are built, time safety performance improves, and city safety is increased. ○ Sustainability of development through reduction of urban temperature, reduction of cooling and heating energy and reduction of CO2 emissions by improvement of thermal environment through water circulation restoration ○ LID water circulation technology for rainfall management of source will be used to improve adaptability to climate change, secure alternative water resources, and utilize it as urban river and ecosystem conservation technology.				
Keywords	urban idle space	Low Impact Development	Vegetation mat	Rain storage	Water Cycle

수정·보완 대비표

○ (과제명) 유희공간 내 LID기반의 통합설계를 적용한 빗물저류 기술의 사업화

○ (연구기관) (주)뉴보텍

○ (연구책임자) 박점옥

수정 · 보완요구사항		주1)수정 · 보완요구사항 반영내용 요약	주2)관련 페이지	주3)비 고
1	[목표 달성도] * 일부 특허 및 저류조 배관 보수공사 실적은 동 과제와 관련성이 낮으므로 성과에서 제외 필요	과제와 관련성이 적은 특허 및 실적 제외함	최종보고서 P 207 P 209~211	
2	[기술성] - 주요 연구내용(GMT 복합소재 개발, 최적 설계, 성형기술 등)에 대한 특허가 출원되지 않고 부수적인 기술에 대한 특허로 실적을 달성하였음	소재부문관련은 기술연구소 자체평가실험으로 진행하였으며, 본 연구과제의 핵심주제인 “유희공간 내 LID기반의 통합설계를 적용한 빗물저류 기술”과 관련하여 2019.01.07.일에 ‘저영향 개발기법 기반의 생태환경 빗물집수 시스템’으로 특허 출원(10-2019-0001725)하여 추가함	최종보고서 P 207	
3	- TEST-BED 구축기간이 짧아 (2018.8-2018.12) 저류조의 효과(빗물저류, 초기우수 오염물질 제거 등)를 판단하기에 부족하고, 실험한 초기우수 농도가 실제 도로의 표면 집수 수질과 차이가 있고, 한정적인 조건(예, 강우량 30mm/hr 시간당 50% 침투율 확인)으로 테스트 하였으므로 기술이 충분히 검증되었다고 판단할 수 없음	◦ TEST-BED 설치 기간이 짧아 장기 테스트를 수행하지 못하였으나, 사업종료 이후에 자체적으로 장기 모니터링을 통해 성능을 충분히 검증하겠음	-	연구 종료 후 자체성능 평가 수행예정
4	- 저류조 우수 배제 및 재활용 관련하여 지하침투/우수관 유입 메커니즘에 대해 도식화하여 알기 쉽게 최종보고서에 수록 필요	◦ 실증플랜트 모식도를 통해 간략하게 모식화 하여 물의 흐름을 도식화하여 서술하였음	최종보고서 P 171	
5	[사업성] - 향후 도시 물관리에 있어서 저영향 개발(LID) 시설에 대한 수요가 확대될 것으로 예상되므로 동 연구에서 개발된 제품의 활용 증대를 위해 신기술 및 조달우수제품 인증을 지속 추진 필요	신기술 및 조달우수제품 인증은 신청결과 아직 인증을 받지 못한 관계로 신청기술을 업데이트한 신규특허 및 성능인증, KS규격시험 등의 준비를 거쳐 지속적으로 추진할 예정.	-	연구 종료 후 지속해서 신청준비
6	- 유사제품과 비교한 설치비용 및 유지관리비 등 경제성 검토 자료를 최종 보고서에 보완 필요	유사제품과 비교한 설치비용 및 유지관리비 등 경제성 검토 자료 추가	최종보고서 P 238	

7	- 제품의 구조와 기능을 포함한 유지 관리매뉴얼 작성 필요	- 지하매설저류조 - 잔디보호블록 및 투수블록 - 모니터링시스템 구조와 기능을 포함한 유지 관리 시방서 추가	최종보고서 P 212~237	
---	-------------------------------------	--	--------------------	--

주1) 수정 · 보완반영내용은 반드시 최종보고서 內에 반영하고 필요시 별지를 사용하여 작성

주2) 관련 페이지란에는 수정 · 보완요구사항을 반영한 최종보고서의 해당 page를 기입

주3) 비고란에는 수정 · 보완요구사항과 관련된 연구책임자의 의견을 기재(필요시)하고 별지가 있을 경우
별지의 제목을 기입할 것

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
1.1. 연구개발의 목적	1
1.2. 연구개발의 필요성	4
1.3. 연구개발 범위	6
2. 국내외 기술 개발 현황	7
2.1. 국외 기술개발 현황	7
2.2. 국내 기술개발 현황	16
3. 연구 수행 내용 및 성과	26
3.1. 지하 빗물저류시설 설치 및 빗물 유입 배출 관리 기술로 우수의 배제 및 재활용 기능 구현	26
3.2. 표층의 빗물 유입(잔디매트 등) 최적관리 기술로 초기우수대응 및 표면유출관리 기능 구현	72
3.3. 실시간 모니터링 등 IT 관리 시스템을 구축하여 빗물의 저류와 배수관리를 자동화함으로써 LID 시스템의 스마트 유지관리 기능 구현	120
3.4. 빗물의 유입 및 배출시 최적화 모델링 및 효과분석을 통하여 빗물 수질 관리 및 처리 기능 구현 ·	144
3.5. 도시 유흥용지 내 실증단지 구축을 통한 LID기술 고도화 및 생태공원 조성 등 현장맞춤형 친환경 생태복원 기능구현	159
3.6. 유흥공간 내 LID기반 융복합 설계 및 실증단지 구축	165
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	194
5. 연구개발성과의 활용 계획	198
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	206
7. 연구개발성과의 보안등급	199
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	199
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	199
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	200
11. 기타 사항	212
12. 참고 문헌	232

〈 표 차 례 〉

<표2.1.1> 독일의 빗물관리 사례	8
<표2.1.2> 일본의 빗물관리 사례	10
<표2.1.3> 호주의 우수 저류조 사용 현황	12
<표2.2.1> 파주운정신도시 중앙인공호수 제원	17
<표3.1.1> 재료 및 시설 성능 시험	37
<표3.1.2> 시험편 치수	38
<표3.1.3> 인장시험 결과	39
<표3.1.4> 굴곡시험결과	41
<표3.1.5> 아이쵸드시험편 치수	42
<표3.1.6> 아이쵸드 충격강도 결과	43
<표3.1.7> 10%염화나트륨 인장시험 결과	45
<표3.1.8> 30%황산 인장시험 결과	46
<표3.1.9> 40%질산 인장시험 결과	47
<표3.1.10> 40%수산화나트륨 인장시험 결과	48
<표3.1.11> 1%세제 인장시험 결과	49
<표3.1.12> 10%염화나트륨 굴곡시험 결과	50
<표3.1.13> 30%황산 굴곡시험 결과	51
<표3.1.14> 40%질산 굴곡시험 결과	52
<표3.1.15> 40%수산화나트륨 굴곡시험 결과	53
<표3.1.16> 1%세제 굴곡시험 결과	54
<표3.1.17> 장기시험결과	58
<표3.1.18> Index법	59
<표3.1.19> 회수량 및 회수율	60
<표3.1.20> index법에 의한 수리학적 특성	60
<표3.1.21> 압축강도 시험 결과	60
<표3.1.22> 직접 물주입에 따른 공극률 평가	62
<표3.1.23> 제사성 평가 결과	63
<표3.1.24> GMT복합소재 물성시험 결과	64
<표3.1.25> 내약품성 전,후 변화율	64
<표3.1.26> 굴곡크리프시험 결과	65
<표3.1.27> 수리학적 특성시험 결과	65
<표3.1.28> 압축강도(연직방향,수직방향)시험 결과	65
<표3.1.29> 우수저류조의 공극률 비교	71
<표3.2.1> 국내외 동종업계 기술 현황 및 수준	74
<표3.2.2> 국내 제품 비교	76
<표3.2.3> 잔디보호블록 시험결과	84

<표3.2.4> 잔디보호블록 시험결과	85
<표3.2.5> 잔디보호블록 시험결과	86
<표3.2.6> 잔디보호블록 시험결과	86
<표3.2.7> 품질 성능 신뢰성	87
<표3.3.1> 유전율 토양수분 측정 센서들의 비교	126
<표3.3.2> 일반 방법(보정)과 개발 방법(필터링)	128
<표3.3.3> 필터링 방법에 대한 도식화	131
<표3.4.1> 토사 함유 빗물처리 수질 분석 결과	145
<표3.4.2> 유기물 함유 빗물처리 수질 분석 결과	145
<표3.4.3> 단계별 연구방법	145
<표3.4.4> 유기물 함유 빗물 처리	155
<표3.4.5> 토사 함유 빗물 처리	155
<표3.4.6> 중수도의 용도별 수질기준	157
<표3.6.1> Pilot-plant specifications	182
<표3.6.2> 고농도 유기물 및 영양염류 물질 제거 효율	186
<표3.6.3> 고농도 입자성 물질 제거효율	186
<표3.6.4> 중수도 용도별 수질기준	190
<표3.6.5> 농업용수 수질환경기준	191

〈 그림 차례 〉

<그림1.1.1> 유희공간에서의 빗물 침투, 집수, 저류활용 융복합 시스템	1
<그림1.1.2> IoT를 적용한 도로 측구용 표층 및 지하 저류시스템	2
<그림1.1.3> 생태연못과 도로측구를 연계한 저류 및 물순환형 시스템	2
<그림1.1.4> IT 관리 시스템 구축에 의한 빗물의 저류와 배수관리 자동화	3
<그림1.2.1> 세계평균과 비교한 우리나라의 강수량	4
<그림1.2.2> 국내 수자원 총량의 이용과 유출	4
<그림1.2.3> 서울시 물순환 모식도	5
<그림2.1.1> MIT STATA 센터 빗물이용 사례	13
<그림2.1.2> Texas 주 Hunt school	13
<그림2.1.3> 밀레니엄 돔	14
<그림2.1.4> 밀레니엄 돔 내의 빗물이용시설	14
<그림2.1.5> 빗물이용시스템 설치 저택	14
<그림2.1.6> Thai Jar	15
<그림2.1.7> Pumpkin tank	15
<그림2.1.8> Underground brick dome	15
<그림2.1.9> 인도의 빗물이용	16
<그림2.2.1> 파주운정지구 종합계획도	17
<그림2.2.2> 파주운정신도시 물순환시스템 조성안	18
<그림2.2.3> 인공호수 및 실개천 조성 계획안	19
<그림2.2.4> 축축한 도시 개념도	20
<그림2.2.5> 행복도시 6-4생활권 지구단위계획 LID 반영(안)	21
<그림2.2.6> 아산신도시 수계 현황도	22
<그림2.2.7> 아산탕정신도시 침투시설 계획(안)	23
<그림2.2.8> 아산탕정신도시 침투시설 조성방안(안)	23
<그림2.2.9> 용인동백지구 부지 현황도	24
<그림2.2.10> 용인 동백지구 물순환계획(안)	25
<그림2.2.11> 용인동백지구 함양지 조성(안)	25
<그림3.1.1> 우수저류조의 모래 유입 및 집사 원리	27
<그림3.1.2> 경사판 개발 제품	28
<그림3.1.3> 경사판 엠보싱구조	28
<그림3.1.4> 종류별 Mat 구조	29
<그림3.1.5> Mat 제조 공정	29
<그림3.1.6> GMT sheet 제조 공정	30
<그림3.1.7> PRESS 성형 공정	30
<그림3.1.8> 저류조 시스템의 각 제품을 생산하기 위한 시작금형 개발	31
<그림3.1.9> 저류조 시스템의 각 제품을 생산하기 위한 성형 공정 핵심 공정 조건	31

<그림3.1.10> 인장시험방법	38
<그림3.1.11> 인장시험 그래프	39
<그림3.1.12> 굴곡시험장면	41
<그림3.1.13> 굴곡시험 그래프	41
<그림3.1.14> 아이쥔드 시험방법 A를 위한 바이스, 시험편, 타격 모서리 간의 관계 ...	42
<그림3.1.15> 아이쥔드 시험장치 및 파격 후 시험편 장면	43
<그림3.1.16> 아이쥔드시험편 시험전 후 사진	43
<그림3.1.17> 약품침지장면	44
<그림3.1.18> 10%염화나트륨 인장시험 그래프	45
<그림3.1.19> 30%황산 인장시험 그래프	46
<그림3.1.20> 40%질산 인장시험 그래프	47
<그림3.1.21> 40%수산화나트륨 인장시험 그래프	48
<그림3.1.22> 1%세제 인장시험 그래프	49
<그림3.1.23> 10%염화나트륨 굴곡시험 그래프	50
<그림3.1.24> 30%황산 굴곡시험 그래프	51
<그림3.1.25> 40%질산 굴곡시험 그래프	52
<그림3.1.26> 40%수산화나트륨 굴곡시험 그래프	53
<그림3.1.27> 1%세제 굴곡시험 그래프	54
<그림3.1.28> 굴곡크리프 시험장면 1	55
<그림3.1.29> 침전조 R1	59
<그림3.1.30> 침전조 R2	59
<그림3.1.31> 수리학적 특성시험조건	59
<그림3.1.32> NaOH농도 대 시간 그래프	59
<그림3.1.33> 압축강도 시험	60
<그림3.1.34> 물 주입을 통한 용적을 평가 시험 방법	61
<그림3.1.35> 용적을 평가 시험 전경	61
<그림3.1.36> 제사성 평가 시험 전경	63
<그림3.1.37> 양평현장 현장시공전경	67
<그림3.1.38> 양평현장 빗물저장시설 설치 기본 단면도	67
<그림3.1.39> GMT 빗물저류조	68
<그림3.1.40> 지지각재의 형상	68
<그림3.1.41> GMT 구성재료	68
<그림3.1.42> 경사판	69
<그림3.1.43> 지지각재 부착	69
<그림3.1.44> 상판	69
<그림3.1.45> 하판	69
<그림3.1.46> 지지각재 연결 및 고정	70
<그림3.1.47> 개선된 GMT 빗물저류조 조립 시험시공	70

<그림3.1.48> 우수를 저장하는 체수재의 공극 부분	71
<그림3.2.1> 국내 동종업계 기술	74
<그림3.2.2> 국외 동종업계 기술	75
<그림3.2.3> 잔디보호매트	80
<그림3.2.4> 모델링 개선 전.후	80
<그림3.2.5> 1차 개선 시제품	81
<그림3.2.6> 3차 개선 모델링 제품	82
<그림3.2.7> 3차 개선 모델링 제품	82
<그림3.2.8> 1차 시제품	82
<그림3.2.9> 최종 시제품	83
<그림3.2.10> 150Kg 고정하중 적재	84
<그림3.2.11> 내피로 거동 반복(3,600회)	84
<그림3.2.12> 기존제품 압축하중 시험	85
<그림3.2.13> 당사제품 압축하중 시험	85
<그림3.2.14> 기존제품 압축하중 그래프	85
<그림3.2.15> 개발제품 압축하중 그래프	85
<그림3.2.16> 잔디생육평가 시료	86
<그림3.2.17> 잔디보호블록(판) 처짐 정도	86
<그림3.2.18> 빗물저장성 시험 현황	86
<그림3.2.18> 시험성적서	89
<그림3.2.19> 기존 집수로	91
<그림3.2.20> 개선 전.후	92
<그림3.2.21> 1차 시제품	92
<그림3.2.22> 2차 시제품	93
<그림3.2.23> 3차 시제품	93
<그림3.2.24> 3D프린트를 활용한 제품과의 결합	93
<그림3.2.25> 다양화를 위한 모델링 제품	94
<그림3.2.26> 알루미늄을 적용한 시제품	94
<그림3.2.27> 컬러 규사를 채운 시제품	94
<그림3.2.28> 재생 PVC 틀 시험성적서	95
<그림3.2.29> 식생블록 유해성시험 및 최대인장하중 시험성적서	95
<그림3.2.30> 알루미늄 틀(컬러모래) 시험성적서	96
<그림3.2.31> 기존 엘보	97
<그림3.2.32> 개선 전.후	97
<그림3.2.33> 빗물침투 엘보 시제품	98
<그림3.2.34> 틀과 엘보를 결합한 완제품	99
<그림3.2.35> 성능인증서	100
<그림3.2.36> 식생블록 현장사진	109

<그림3.2.37> 집수로 현장사진	113
<그림3.2.38> 식생블록 현장평가 시험성적서	115
<그림3.3.1> 펌프성능	122
<그림3.3.2> 수위계 종류	123
<그림3.3.3> 수위계 성능	124
<그림3.3.4> 유전율	125
<그림3.3.5> 토양 수분계 성능	127
<그림3.3.6> DB를 통한 네트워크 구성	131
<그림3.3.7> LID 자동운전 구성도	133
<그림3.3.8> 메인 화면	135
<그림3.3.9> 계측 트렌드 현황	135
<그림3.3.10> 알람 상태	136
<그림3.3.11> 펌프 상태	136
<그림3.3.12> 밸브의 상태	137
<그림3.3.13> 수동 및 자동 범위 설정/운전 제어	137
<그림3.3.14> 메인 화면 및 분석 모니터링	138
<그림3.3.15> 식생지 모니터링 및 시설물 점검일지	138
<그림3.3.16> 기초 자료 입력 및 계측기 상태 모니터링	139
<그림3.3.17> 재순환 및 이력 조회	139
<그림3.3.18> LID실증모니터링	140
<그림3.4.1> 빗물처리 파일럿 장치 제작도 및 장치 설치 모습	144
<그림3.4.2> 도로 유출수 수질분석 그래프	146
<그림3.4.3> 빗물처리 공정	146
<그림3.4.4> 표면유출수 처리	147
<그림3.4.5> 저류조 유입 처리 기술	147
<그림3.4.6> 토사유입 실험용 실험수 확보	148
<그림3.4.7> 유기물질 처리 실험용 실험수 확보	148
<그림3.4.8> 파일럿 장치 제작	149
<그림3.4.9> 파일럿 장치 평면도 및 정면도	149
<그림3.4.9> 파일럿 장치 사진	150
<그림3.4.10> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (부유물질)	151
<그림3.4.11> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (생물학적 산소요구량)	151
<그림3.4.12> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (총질소)	152
<그림3.4.13> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (총인)	152
<그림3.4.14> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (탁도)	152
<그림3.4.15> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (부유물질)	153
<그림3.4.16> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (생물학적 산소요구량)	153
<그림3.4.17> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (총질소)	154

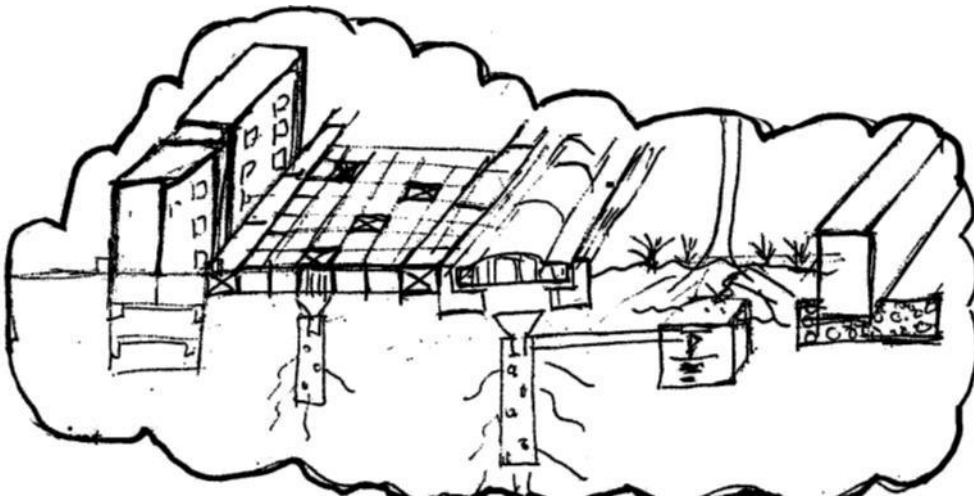
<그림3.4.18> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (총인)	154
<그림3.4.19> 일일 10톤 규모 실증플랜트 설계도 및 제작품	157
<그림3.4.20> 현장설치 위치도	158
<그림3.4.21> 현장설치 사진	158
<그림3.5.1> LID 기반 생태연못 구축 프로세스(안). 구체적인 생태연못	159
<그림3.5.2> KICT 커뮤니티가든 생태연못 시공 절차.	160
<그림3.5.3> 지하매립 어소방틀의 기능	161
<그림3.5.4> 건설연에 시공된 생태연못 전경	161
<그림3.5.5> 건설연에 시공된 생태연못	161
<그림3.5.6> 생태연못 모니터링 결과 예시	162
<그림3.5.7> 국외 LID 기반 생태연못의 다양한 조성사례	163
<그림3.5.8> 실증 파일럿 테스트 내 어류 및 도시 내 잠자리 서식처 예시	164
<그림3.5.9> LID 기법을 활용한 수원확보 절차 예시	164
<그림3.6.1> 유희공간활용 LID기반 빗물저류 융복합 시스템 설치 공사	165
<그림3.6.2> 유희공간활용 LID기반 빗물저류 융복합 시스템 지상설치도	167
<그림3.6.3> 전처리장치 설계	168
<그림3.6.4> 표면유출관리시스템 설계	169
<그림3.6.5> 저류조 빗물 운영 구성도	170
<그림3.6.6> 제어 및 시스템 구서동	170
<그림3.6.7> TestBed 현장 제어반 및 계측기 설치	171
<그림3.6.8> 현장제어반 외형도	172
<그림3.6.9> 현장제어반 내부 배치도	172
<그림3.6.10> 현장제어반 SEQUENCE DIAGRAM(1)	173
<그림3.6.11> 현장제어반 SEQUENCE DIAGRAM(2)	173
<그림3.6.12> 현장제어반 SEQUENCE DIAGRAM(3)	174
<그림3.6.13> 현장제어반 SEQUENCE DIAGRAM(4)	174
<그림3.6.14> 현장 제어반 설치	175
<그림3.6.15> 제어반 내부 구성	175
<그림3.6.16> 리미트 스위치	176
<그림3.6.17> 실내 전등(형광등)	176
<그림3.6.18> 전원 차단기	177
<그림3.6.19> 변환기	177
<그림3.6.20> 전자접촉기	178
<그림3.6.21> 과부하계전기	178
<그림3.6.22> 릴레이	178
<그림3.6.23> 전원 공급기	179
<그림3.6.24> 제어반 수동 운전방법	180
<그림3.6.25> 제어반 자동 운전방법	181

<그림3.6.26> Road run-off treatment process pilot plant diagram	183
<그림3.6.27> 실증플랜트 설계도면 (10ton/day)	183
<그림3.6.28> 실증플랜트 제작 및 설치사진	184
<그림3.6.29> 현장 Spiking 실험사진	185
<그림3.6.30> 중금속 및 영양염류물질 제거효율	187
<그림3.6.31> 역세에 따른 수량회복 및 수질평가	188
<그림3.6.32> 강우 시 유입 및 처리 수질모니터링	189
<그림3.6.33> Test-bed 활용 전 생태연못	192
<그림3.6.34> Test-bed 활용 후 생태연못 예시	192
<그림3.6.35> Test-bed의 생태연못에 적용된 어소방틀 및 기초수질항목 비교 예시	193

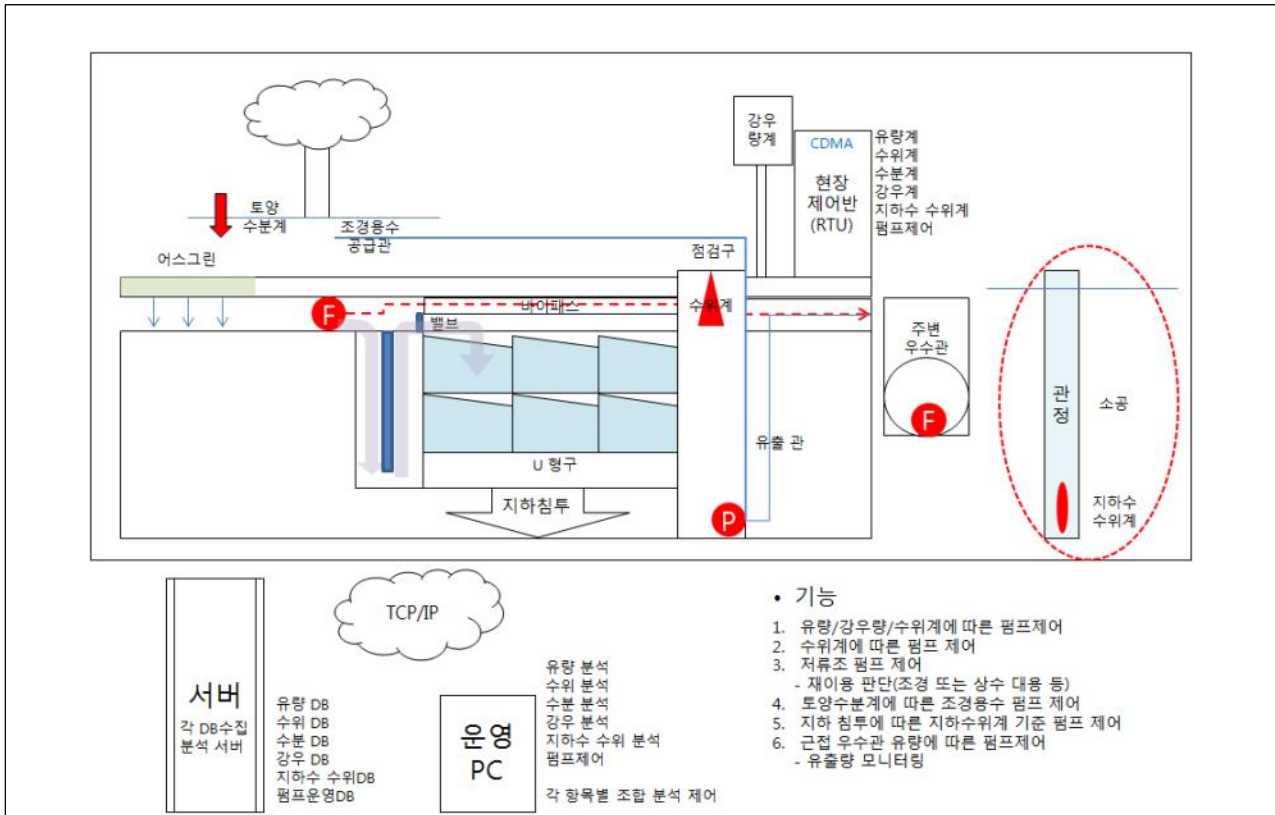
제1장. 연구개발과제의 개요

1.1. 연구개발 목적

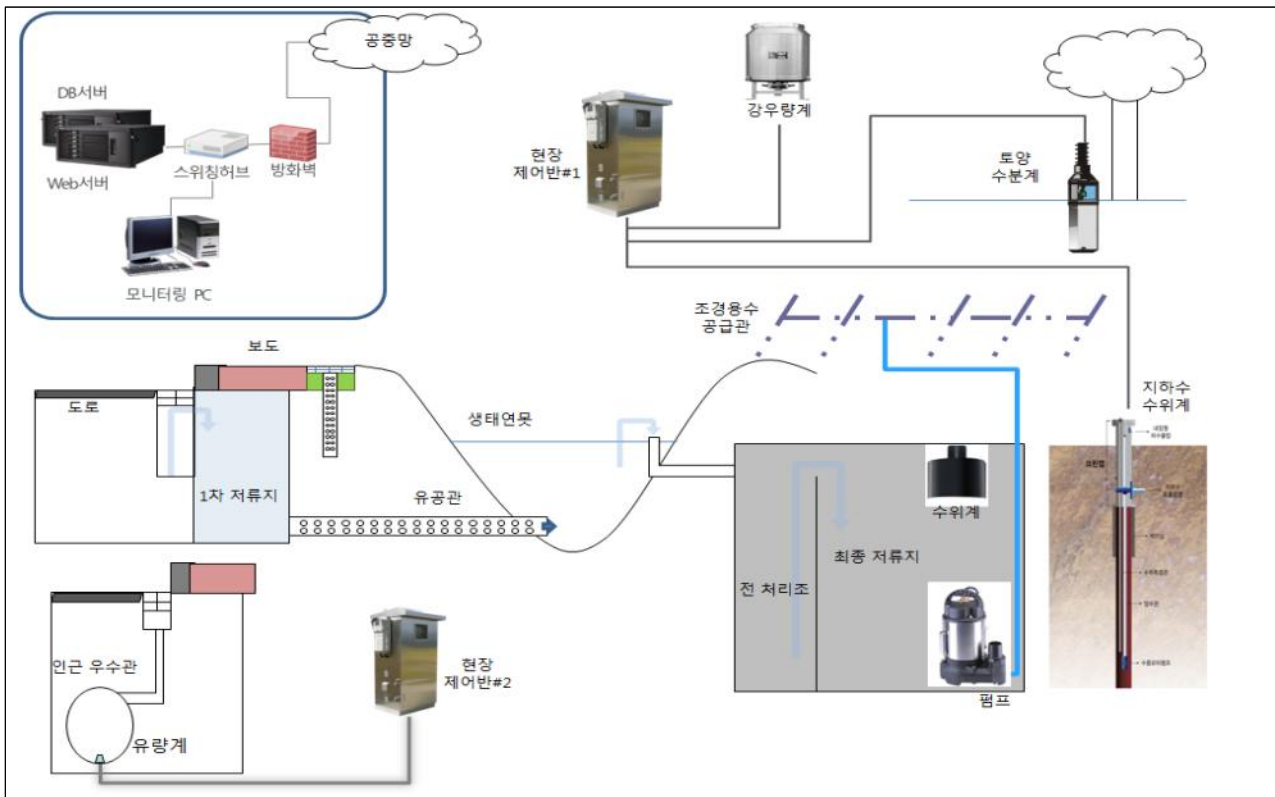
- 도시 유희용지 내에서 지표면이 넓은 지역의 표면에 빗물유출관리를 위한 식생형 매트 등을 피복하고, 도시물순환 IoT 기술을 적용한 지하저류 시스템을 개발하여 아래와 같은 다목적 기능을 구현하고자 함.
 - ① 지하 빗물저류시설 설치 및 빗물 유입 배출 관리 기술로 우수의 배제 및 재활용 기능 구현
 - ② 표층의 빗물 유입(잔디매트 등) 최적관리 기술로 초기우수대응 및 표면유출관리 기능 구현
 - ③ 실시간 모니터링 등 IT 관리 시스템을 구축하여 빗물의 저류와 배수관리를 자동화함으로써 LID 시스템의 스마트 유지관리 기능 구현
 - ④ 빗물의 유입 및 배출시 최적화 모델링 및 효과분석을 통하여 빗물 수질 관리 및 처리 기능 구현
 - ⑤ 도시 유희용지 내 실증단지 구축을 통한 LID기술 고도화 및 생태공원 조성 등 현장맞춤형 친환경 생태복원 기능구현
- 빗물을 효율적으로 분산·관리를 하며 빗물 침투 및 저류기능을 향상시켜 자원의 재활용 및 방재 등의 효과를 유발하는 제품 개발
- 사업화 대상기술을 결합하여 빗물의 침투에서부터 저류조에 이르기까지 보유중인 기술들과 융복합이 가능한 제품 개발
- 다양한 기후와 온도에 대한 실험을 통한 해외로 진출이 가능한 제품 개발



<그림1.1.1> 유희공간에서의 빗물 침투, 집수, 저류활용 융복합 시스템

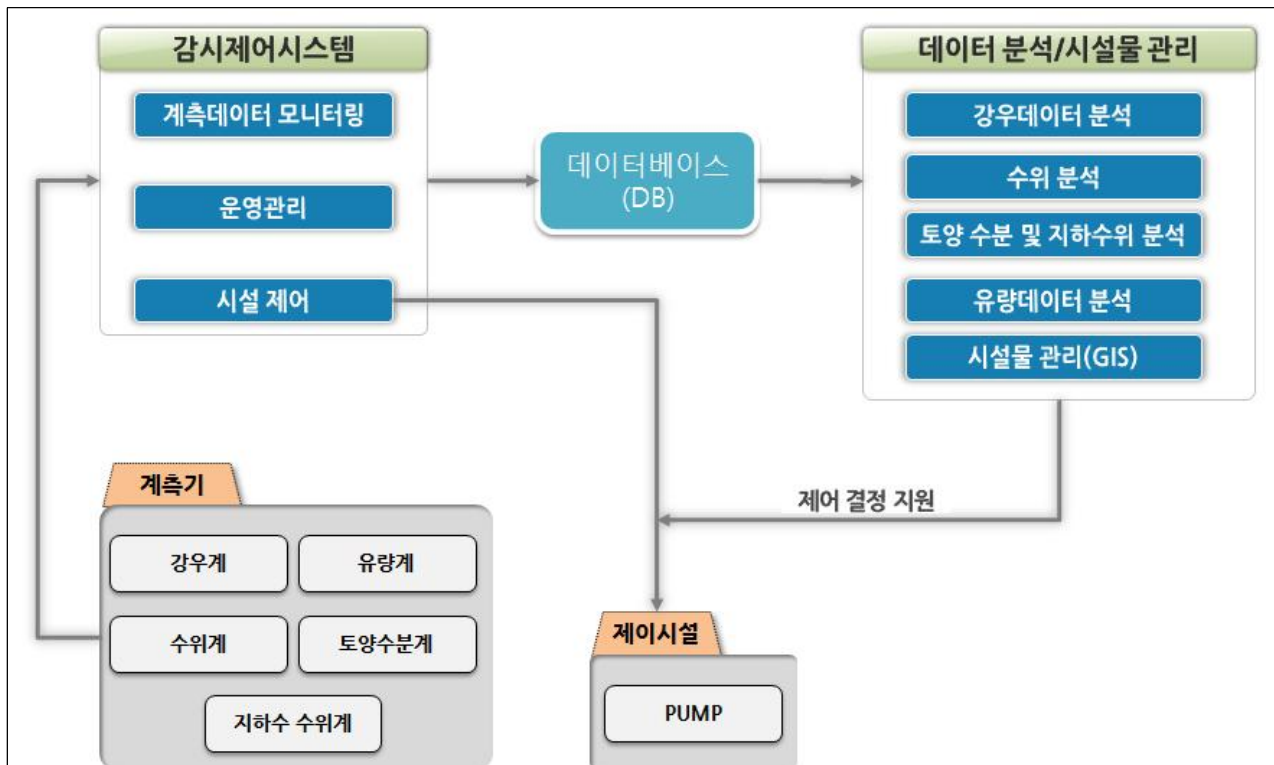
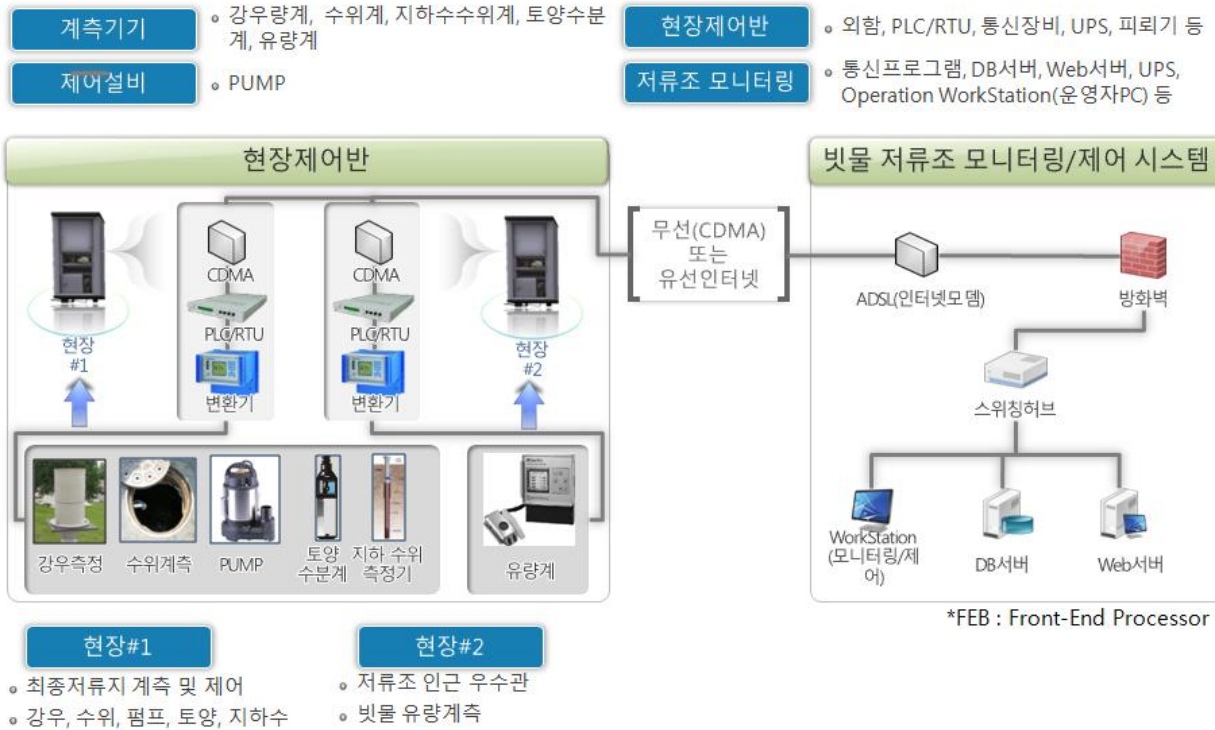


<그림1.1.2> IoT를 적용한 도로 측구용 표층 및 지하 저류시스템



<그림1.1.3> 생태연못과 도로측구를 연계한 저류 및 물순환형 시스템

시스템 구성 (H/W)

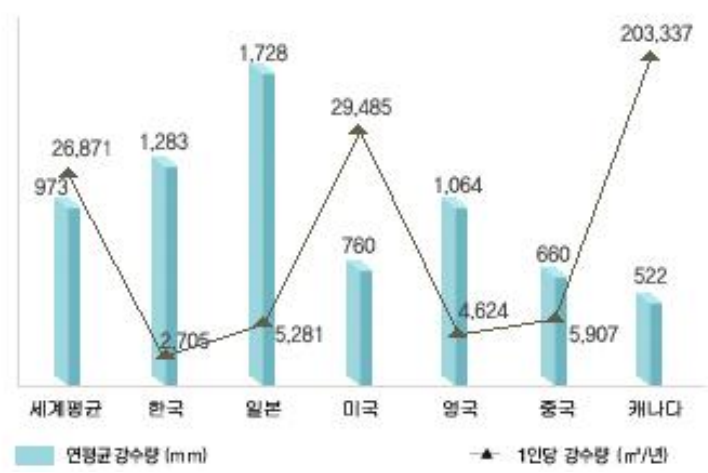


<그림 1.1.4> IT 관리 시스템 구축에 의한 빗물의 저류와 배수관리 자동화

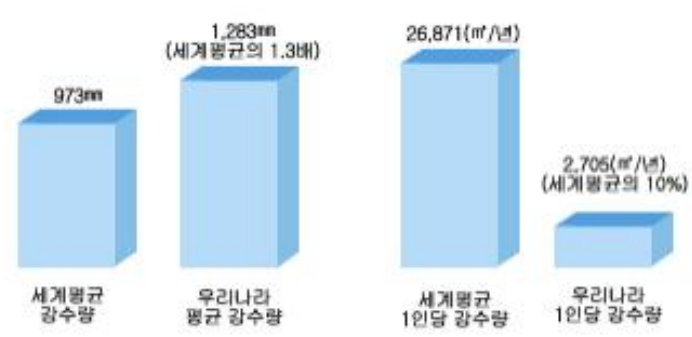
- 사업 전·후 적용에 따른 영향성을 계측 분석하여 영향의 최소화를 정량적으로 제공할 수 있으며 수위, 수질, 수분계, 지하수수위계, 강우설량계의 계측으로 강우에 따른 각종 모니터링과 프로그램 분석에 따른 재이용 활용 기준을 제시하여 실시간 저류지 펌프 및 밸브 제어, 운영관리 기술 표준을 제공

1.2. 연구개발의 필요성

우리나라의 수자원 관리여건은 매우 불리하다. 인구밀도가 높기 때문에 연평균 강수량(1,283mm)은 세계평균(973mm)의 1.3배이지만, 인구 1인당 연 강수총량(2,705m³)은 세계평균(26,800m³)의 1/10에 불과하다. 연강수량의 2/3가 6~8월의 장마와 태풍기간에 집중되고, 갈수기(11월~다음해 4월)에는 연 강수량의 1/5가 내리는데 그친다. 국토가 산악지형인데다 토양의 표토층이 얇아 홍수가 일시에 유출되고 갈수기에는 유출량이 적다.



<그림1.2.1> 세계평균과 비교한 우리나라의 강수량(자료: 국토부)



<그림1.2.2> 국내 수자원 총량의 이용과 유출(자료: 국토부, 제주도 지하염수 이용량 제외)

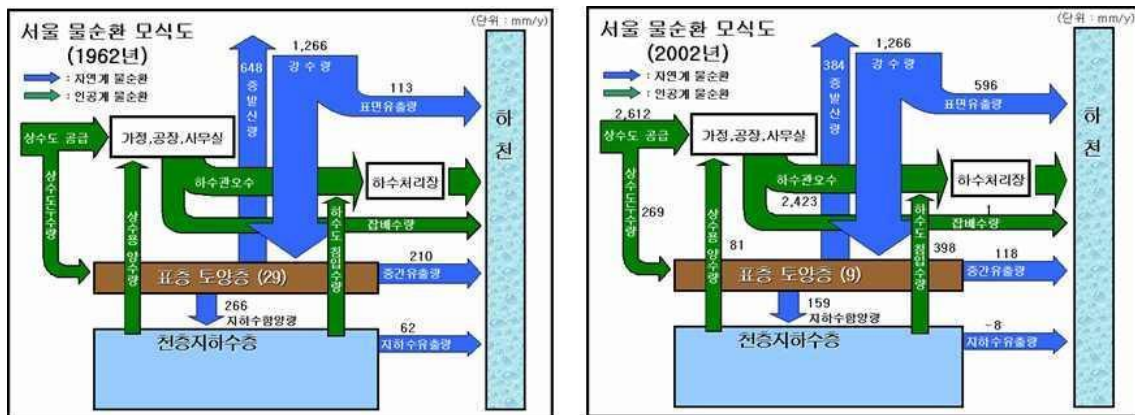
이런 문제를 해결하기 위해서 지금까지는 대규모 댐 개발을 통해 필요한 수자원을 확보해 왔다. 현재 우리가 이용하는 상수도는 주로 하천수 또는 댐 저장수이며, 갈수기 하천 유지용수도 상류지역에 설치된 댐에 의존하고 있다. 문제는 대규모 댐을 건설하여 수자원을 확보하기가 매우 어려워지고 있다는 사실이다. 이미 댐 개발적지가 소진된 상태에서, 이주비등 댐 건설비가 막대하게 소요될 뿐만 아니라 환경문제에 대한 우려와 수물지역 주민의 반발이 거세어 대규모 댐 건설은 거의 불가능하다. 우리나라의 경우 한 사람이 사용할 수 있는 물의 양은 1,550m³으로 물 부족 국가로 분류된다. 이제 물 수요관리를 강화하고 환경친화적인 대체 수자원을 적극 개발하여 국가경쟁력의 핵심요소인 수자원 확보에 문제가 없도록 해야 한다. 정부에서는 2000년부터 「절약 종합대책」을 추진하고 있는데 동 대책상 14개 과제중 하나로 빗물이용시설 설치 확대가 포함되어 있다. 환경과피 없이 부족한 물 문제를 해결하는 방안의 하나로 빗물을 저장하여 이용하는 것이 매우 효과적이기 때문이다. 도시의 상당부분이 아스팔트 등의 불투수성 포장으로 덮여 있어 빗물은 지하로 스며들지 못하고 하수도로 흘러가게 된다. 빗물을 이용한다면 대체 수자원을 확보한다는 장점 이외에도 하수도로 흘러가는 빗물의 양을 줄여 초기 강우로 인한 도시의 침수방지는 물론 도시환경에도 도움이 될 것이다.

최근에는 제도권의 참여로 빗물에 대한 관심이 더욱 확산되고 있다. 우선 아산신도시가 빗물관리지역으로 선정되는 등 도시개발계획 단계에서는 물론 기존 도시의 재개발 계획에도 빗물이용시설이 도입되고 있다. 또한 정부의 녹색 뉴딜 사업의 핵심 프로젝트인 ‘친환경 그린스쿨 조성사업’은 지난해에만 2천억원의 예산이 집행돼 빗물이용시설을 비롯한 친환경 학습 공간 만들기를 지원하고 있는 등 다양한 사업이 진행 중이다. 이에 대한 법률적 근거는 지난

2001년 ‘수도법’ 개정과 2010년 6월8일 제정공포된 ‘물의 재이용 촉진법’에서 체육시설과 공공청사 등에 빗물이용시설 설치를 의무화한 것이다. 여기에 서울시는 빗물관리에 관한 조례를 제정(2006. 3. 1시행)해 빗물이용시설 설치를 권장하고 있으며 민간에 시설 설치 보조금을 지급하는 등의 사업을 추진하고 있다. 또한 소방방재청은 2010년 7월15일 인위적으로 우수를 지하에 침투 저류시키는 시설에 관한 종류 구조 설치 및 유지관리기준을 제정했으며 지난 2009년부터 3500억원의 예산을 배정해 재해예방에 중점을 둔 우수저류시설 설치 사업을 진행 중이다.

우리나라 도시의 대부분은 불투수 면적의 증가로 인해 집중호우 시 일시에 우수유출이 증가하여 침수 피해 및 하천 수질 오염 등의 문제들을 겪고 있으며, 침투량 감소로 인해 하천 건천화, 지하수 고갈 등의 문제도 심화되고 있다. 뿐만 아니라 불투수층의 증가에 따른 증발량 감소와 도시 표면 열용량의 변화는 열섬현상과 열대야의 빈번한 발생을 가져왔으며, 이에 따른 냉난방 에너지 소비의 증가로 인해 열환경이 더욱 악화되는 현상이 되풀이되고 있다. 상기의 제반 문제는 불투수층 면적 증가에 따른 도시 내 물순환 체계의 왜곡으로 인해 기인한다고 볼 수 있다. 특히 서울시의 경우 도시화로 인해 불투수면적률이 도시화 전후에 7.3 % 수준에서 47.1 % (2001년 기준)로 급격히 증가한 것으로 나타났으며, 이로 인해 표면 유출량의 증가, 지하수 유출량 및 증발산량 감소를 가져온 것으로 분석되었다. 서울시의 표면유출량은 아래에 제시된 자료와 같이, 1962년도에 비해 엄청난 양이 증가한 반면, 지하수 함양과 지하수 유출량은 급격히 감소했음을 알 수 있다1).

- 표면유출량 변화 : 113 mm/y → 596 mm/y ⇒ 483 mm/y 증가
- 지하수함양 변화 : 226 mm/y → 159 mm/y ⇒ 107 mm/y 감소
- 지하수 유출량 변화 : 62 mm/y → -8 mm/y ⇒ 70 mm/y 감소



<그림1.2.3> 서울시 물순환 모식도

물순환 왜곡 문제의 해결과 함께 많은 인구가 거주하는 도시 지역의 경우 물공급을 위한 새로운 방안들이 시급히 모색되어야 한다. 도시 및 인구증가에 따른 장래 용수수급 현황을 살펴보면 2020년에 전국적으로 과부족량이 약 4.4억 m³에 달할 것으로 예상되므로 가용수자원의 지역 간 이동과 대체수자원의 확보가 필요하다2). 최근 들어 도시 내 물순환 왜곡으로 인한 침수피해와 수질오염을 방지하고, 열순환을 개선하며, 수자원을 확보하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 분산식 빗물관리를 통한 물순환 정상화 방안이 점차 부각되고 있는데, 분산식 빗물관리는 기존의 중앙 집중식(하수관거, 빗물 펌프장, 하수 종말 처리장 등) 물 관리 체계에만 의지하는 것이 아니라, 환경 친화적인 저류 및 활용, 침투 그리고 증발산을 통해 도시 배수 기능 이외에 환경 친화적이고 생태적인 도시 물순환을 유도하는 관리방안으로서 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 기술개발 및 시설도입이 추진되고 있다. 독일은 연방 물관리법(Wasserhaushaltgesetz), 건설기본법(Baugesetzbuch), 연방자연보호법(BNatSchG), 우수세(Getrente Abwasergebuehren) 제도를 통해 분산식 빗물관리를 위한 법적 근거를 마련하고 독일공업규격협회(DIN)와 독일 물, 하수, 폐기물 협회(DWA)에서 분산식 빗물관리에 관한 규정 및 지침을 제시하여 빗물관리를 활발히 추진하고 있다3). 일본의 경우에는 ‘특정도시하천침수대책법’을 통해 도시하천유역의 침수피해 대책으로써 우수저류침투시설의 정비를 명문화하였으며, 우수유출억제시설 정비 추진사업, 물순환·재생하수도 모형화 사업 등 빗물 관련 시책을 추진함으로써 빗물관리시설 도입 시 보조금 지원, 세제 지원 등을 수행하고 있다.

우리나라는 법적 근거에 있어 수도법과 지자체 조례를 통해 빗물이용시설 설치를 장려하고 있으나 이수 용도에 치

우친 경향이 있으며, 정부 부처의 성격에 따라 법률 제정을 개별적으로 추진하고 있어서 빗물관리시설의 활용목적에 따라 시설의 인·허가 및 심의기관에 혼선을 빚을 우려가 있다. 시설도입 경향을 살펴보면 공동주택단지, 학교 및 정부 청사를 중심으로 도입이 확산되고 있으나 용수확보를 위한 빗물 이용시설과 치수목적의 빗물 저류시설이 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 최근 환경부에서 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(2010.6.8제정)」과 국토해양부에서 「친수구역 활용에 관한 특별법(2010.12.29제정)」 등을 마련하고 소방방재청과 교육과학기술부에서도 자체적인 법률 정비와 사업을 추진하고 있으며, 전국적으로 많은 지자체에서 침투와 물순환 회복을 위한 빗물관리에 대해 관심이 높아지고 있어서 빗물관리를 위한 체계적인 연구와 사업이 필요하다.

분산식 빗물관리기술의 지속적인 추진과 더불어 향후 예상되는 무분별한 외국 제품 및 기술 수입에 효과적으로 대응하고 비효율적인 시설 남발을 예방하기 위해서는 민간의 참여를 유도하고 관련 기업을 육성을 해야 하며, 이를 위해서 국내 실정에 맞는 계획·설계 기술, 관련 시설기준 및 지침의 마련이 시급하다.

1.3. 연구개발 범위

본 기술은 고강도 및 유지관리성이 용이한 구조의 빗물저장시설을 개발하기 위해 GMT 복합소재를 이용한 고강도 조립식 빗물저장시설(체수재)을 개발하고자 한다.

현재의 대부분의 빗물저류조는 주로 콘크리트로 제작되나 최근에 들어 환경 친화적 측면이나 일본과 같이 지진이 많은 지역에서의 내 진동성의 측면에서 플라스틱(특히 PP, Poly-Propylene)이 당 빗물저류조의 소재로 각광을 받고 있다.

그러나 PP의 경우는 GMT소재에 비해 강도 및 물성이 현저히 취약한 것을 알 수 있다. 일반 PP소재의 빗물저장시설의 외부 마감재인 체수재는 토압 및 자동차 등에 의한 하중을 가장 직접적으로 민감하게 받아들이는 부분임에도 불구하고, 이에 대한 재질은 PP(폴리 프로필렌)의 비교적 강성이 약한 재질로 구성되어 있으며, 구조적인 측면에서도 하중을 견디기 위한 보강부가 별도 형성되어 있지 않다.

이처럼 소재 자체의 강도 한계로 인해 PP로 제조되는 빗물저류조는 기존의 콘크리트 제품과 동등한 하중 지지 강도를 획득하기 어려워 큰 단점으로 지적되고 있다.

이에 GMT 기술을 활용함으로써 PP보다 월등한 강도를 가진 GMT의 장점을 이용해 기존의 콘크리트 제품과 동등 수준의 하중 지지 강도 획득이 가능하면서 형상 단순화 및 Sandwich구조 불필요로 제조 원가에서도 경쟁력을 가질 수 있게 된다. 여기에 PP 소재가 갖는 친환경성도 병행하여 가질 수 있다.

이처럼 빗물저장시설에 대한 개발 필요성이 절실히 요구되어 당사에서는 고강도 및 유지관리성이 용이한 구조의 GMT 복합소재를 이용한 조립식 빗물저장시설을 개발하고자 한다.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

2.1. 국외 기술개발 현황

1. 기술개발 현황

전 세계적으로 빗물관리기술은 각국의 기후조건, 경제력 및 주요 산업특성, 사회·문화적 여건에 따라 다양한 기술 및 목적의 빗물관리기술을 적용하고, 개발하고 있다. 빗물관리기술의 국제 동향 및 기술수준은 전 세계적으로 관련 기술에 대한 연구개발이 지속적으로 추진되고 점차 증가 추세에 있다. 저류시설의 계획/설계기술, 의사결정지원시스템 등의 빗물관리시스템의 평가기술이 연도 구분 없이 지속적으로 개발되고 있으며, 2004년 이후 빗물관리기술 보급을 위한 관련 법·제도, 친환경 근자연형 침투기술, 유역 수질관리기술(BMP, Best Management Practices)에 대한 연구가 부각되어 빗물관리기술이 지속가능한 도시환경 개선 및 물순환 건전화를 위해 적용되고 있다.

2. 시설도입현황

(1) 독일

1985년 전체 하수배출, 처리 관련 소요비용 중에서 빗물 배출, 처리에 소요되는 비율이 전체의 12~15 %를 넘을 경우, 하수도 사용료를 빗물배출 사용료와 일반 오수 사용료로 구분해서 징수해야 한다는 독일 연방 행정법원과 지방 고등행정법원의 판결에 따라 전 독일 국민의 40 % 이상이 하수도 사용료를 분리해서 납부하고 있다. 이러한 제도적 기반을 통해 빗물 관리에 따른 하수도세 감소 효과뿐만 아니라 제한된 수자원인 지하수를 보전하고 홍수 시 배수나 하수처리 부하를 감소시키는 등 부수적인 효과도 얻고 있다. 빗물관리 뿐만 아니라 지속가능한 생태도시 조성을 위해서도 도시 경관계획 수립 시에 대기와 물의 순환, 생물·생태계의 보전 등을 고려함으로써 자연의 공생, 도시환경의 질적 향상을 도모하고 있다(“연방자연보고·경관보전법”, 1967).

빗물관리시설의 도입 경향을 살펴보면 이수용도의 빗물저장조를 침투블럭, 침투연못, Innodrain, Trough-trench 시스템 등 지표면 침투시설과 연계함으로써 빗물관리를 통해 물순환 건전화를 도모하며, 녹지 공간을 통해 자연·생태계 보전을 함께 고려하고 있다. 빗물관리 시에는 경관계획에 따라 도시 미관을 향상시키고 있으며, Watergy 프로젝트와 같이 물 및 에너지 순환을 통해 냉난방 비용을 절감하는 방안도 연구하고 있다. 아래 표를 통해 독일에서의 빗물관리 사례를 정리하여 나타내었다.

<표2.1.1> 독일의 빗물관리 사례

구분	시설	도입효과	주요시설	비고
건축물 (업무용)	 에코하우스, 프랑크푸르트	물 및 에너지를 순환 이용하는 친환경 건축물	옥상녹화+식생여 과조, 빗물저류조+연못 , 벽천 등 내부 수경시설	
건축물 (상업지구)	 포츠담어플라츠, 베를린	빗물 및 오염물질 유출저감, 수경시설을 통해 증발산 유도	옥상녹화(2,00 m²), 빗물저류조 (2,600 m³)+연 못(3,300 m³)	베를린 시에서 부지면적의 1 % 에 해당하는 우 수 유출만 허용, 사진(건물전경, 빗물관리 시스템 도 순)
건축물 (시범주택)	 베를린	수처리, 건물 기후조절 및 식량 생산을 위한 통합시스템 건축물	저 류 시 설 (6 0 m³), 열교환용 저 류시설(35 m³) 온실 및 열교환 기	Watergy 프 로젝트 시범 주택
건축물 (공장)	 Ingenieurb ro, 도르트문트	빗물 유출저감, 증발산 유도	습지 및 연못의 연계 운영	

구분	시설	도입효과	주요시설	비고
건축물 (대학)		빗물 및 오염물질 유출저감, 이수(화장실세정 용수, 조경용수)	저류조+연못, 옥 상녹화+벽면녹화, 모니터링 시설	물리학과 부지 내 우수 전량 처 리 (Z e r o Discharge), 사진(건축물 전 경, 내부 연못)
공동주택	 Humboldt 대학, Berlin			
	  엠서 지역 도르트문트	빗물 유출저감, 하천 수질보전	저류조+연못+ 실개천, 지표면 침 투 시 설 (Inodrain 등)	사진(중앙연 못 , I n n o d r a i n 순)
	  Lankwitz, 베를린	이수(화장실세 정용수, 조경용수)	저 류 조 (1 9 0 m'), 2단 식생처 리시설, 자외선 소독, 모니터링 설비, 도로 침투 블럭	사진(주택전경, 2단 식생처리시 설 순)
주차장	 브라운슈바이크, 하이츠	빗물 유출저감, 초기빗물 처리	지표면 침투시설	

(2) 일본

일본의 빗물관리기술 경향을 살펴보면 도시 하천유역의 종합치수 대책으로서 저류침투시설(종합적인 치수대책 (1977), 유역저류침투사업(1983)의 도입을 시작으로 하여 도심지에서의 빗물이용, 건전한 물순환 체계 확보를 위해 우수저류침투시설의 기능이 강화(특정도시하천침수피해대책법, 2003)되고 있다. 중앙정부 및 지자체는 우수유출억제시설 정비 추진사업, 물순환·재생하수도 모형화 사업 등 빗물 관련 시책을 통해 보조금 지원, 세제 지원 등을 수행하고 있으며, 업체 중심의 우수저류침투기술협회 등은 제품, 계획·설계·지침 등을 보급함으로써 빗물관리기술을 보급하고 있다. <표2>는 일본에서의 빗물관리 사례를 정리하여 나타내었다.

<표2.1.2> 일본의 빗물관리 사례(자료제공 : 일본 우수저류침투기술협회)

구분	시설	도입효과	주요시설	비고
건축물 (정부청사)	 코쿠기칸	이수 (화장실세정 용수)	저류조 (1,000 m ³)	
건축물(체육시설)	 후쿠오카돔	이수(화장실 세정 용수, 살수 용수)		
건축물(학교)	 타치와송북 초교, 후지시	빗물 유출저 감	지하저류, 운동장 저류, 방류시설	
공원	 나라 단지공원, 요코하마	빗물 유출저 감	지하 저류조	지하 저류조 만수 후 공 원 내 부지 에 저류

구분	시설	도입효과	주요시설	비고
공동주택 단지	  타치와송북 초교, 후지시 하이츠	빗물 유출저감, 물순환 건전화	공원 유수지, 침 투U자도랑(143 m), 침투트렌치 (494 m), 투수성 포장(2,404 m ²)	1982년부터 20여년 간의 대조군 모니터 링을 통해 침투공법지 구 도입효과 규명, 사진 (단지 전경, 유수지 순)
	伊奈町종합복지시설 		게이트볼장 쇄석공 극저류조(909 m ³), 주차장 지하저류조 (272 m ³), 침투트 렌치(705 m), 침 투통(48기)	사진(게이트 볼장)

(3) 호주

호주는 호주인구의 90 % 이상이 중앙이나 시 정부로부터 용수를 공급 받고 있으나 거주면적에 비해 상대적으로 낮은 인구밀도로 인해 저류탱크를 이용한 빗물이용과 지하수를 통해 추가적인 수원을 확보하고 있다. 1994년에서 2001년까지 호주 주민의 16 %가 우수 저류조를 사용하고 있으며, 이중 13 %가 주 음용수원으로서 우수를 활용하고 있다. 다음 <표>는 호주에서의 우수 저류조 사용 현황을 나타내고 있다. 특히 호주에서는 시드니 올림픽 경기 개최 시 수자원을 최대한 활용하기 위해 이중급수시설을 설치하여 홈부쉬베이에서 유출되는 빗물을 저류하고 하수를 처리하여 공원이나 과수원 등에서 관개용으로 재사용한 바 있다. 이를 통해 매년 전체 물 사용량의 50 %인 500,000 m³의 상수도 절감효과를 거두고 있다.

<표2.1.3> 호주의 우수 저류조 사용 현황 (자료: Australian Bureau of Statistics 1994-2001)

State/ Territory	Households with Rainwater tanks(%)	Rainwater tank as main source of drinking water(%)	Capital city households with(%)	Non-capital city households with rainwater tanks(%)
NSW	10	8	3	30
Vic.	13	11	3	26
Qld	18	15	5	29
SA	51	36	37	80
WA	11	8	5	30
Tas.	17	14	6	19
NT	3	2	nd	nd
ACT	1	0.2	nd	nd
Total	16	13	7	34

호주에서의 연구개발 사례로는 CRCCH(The Coperative Research Centre for Catchment Hydrology)에서 도시 내 우수관리 시스템의 설계 지원 및 수질 개선정도를 평가하기 위해서 MUSIC 모형을 개발하여 보급하고 있으며, 정부차원에서 호주 보건청(Australian Government Department of Health and Ageing)에서 우수 저류조의 유지 관리, 생물학적 혹은 화학적 교란을 방지하기 위한 수질관리 지침(GUIDANCE ON USE OF RAINWATER TANKS, Australian Government 2004)을 제정하여 발표한 바 있다.

(4) 미국

미국내 빗물 이용 시설은 정원용수를 목적으로 물받이와 직접 연결하여 건설되는 작은 규모의 저수시설에서부터 음용수를 포함한 복수의 사용목적으로 건설되는 대단위 빗물이용시스템까지 다양하게 존재한다. 2007년 건조한 지역을 중심으로 250,000개의 빗물저류시스템(Rainwater Harvesting System, RWHsystem)이 활용되고 있는 것으로 보고(Kincade, 2007) 되고 있으며, 하와이에서는 60,000명 이상이 RWH system에 의존하는 것으로 나타났다.(Maconber, 2001) 또한 텍사스주의 오스틴에서는 지난 10 년간 정원용수 수급용 소규모 시설 6,000개가 설치 운영되고 있다. MIT의 Stata 센터에서는 포장면과 지붕면, 식물 식재공간으로부터 빗물을 집수하여 화장실 세정용수와 습지 관개용수로 활용하고 있다. 집수된 빗물의 처리를 위해서는 생물학적 여과를 적용하고 있으며 태양에너지를 이용하여 펌프를 가동하여 생태습지의 식물에 물을 공급하고 있다. 또한, Texas 주에 위치한 hunt schol에서는 20,000 galons의 빗물저류조를 설치하여 관개용수, 정원용수, 운동장 용수 등으로 활용하고 있다. 특히 저류조를 설계 및 시공시 학생들이 직접 위치 결정 및 측량 등에 참여함으로써 교육적인 측면도 부가되었다.



<그림2.1.1> MIT STATA 센터 빗물이용 사례



<그림2.1.2> Texas 주 Hunt school

(5) 영국

영국은 1995년 심각한 가뭄에 시달리면서 물에 대한 인식의 전화이 이루어졌다. 극심한 가뭄으로 상수보급 회사들의 수도물 보유량이 바닥나면서 인구증가에 대한 자원고갈의 경종이 되었다. 특히 영국의 런던은 연간 강우량이 613 mm로 세계의 다른 도시들보다 적은 편인만큼 런던의 수자원을 효율적으로 관리하는 게 관건이었다. 이런 상황에서 영국 최고의 수도보급회사인 “템즈워터” 사는 이미 사용가능한 빗물의 55 %를 사용하고 있을 정도로 빗물 활용도를 높이고 있다. 더군다나 독신 증가와 날씨의 변화로 물소비량이 점점 증가하는 상황에서 빗물의 효율적인 이용이 포함된 수자원 재활용 연구가 영국의 주요 물 정책이다.

(가) 밀레니엄 돔(Millennium Dome)

영국 최고의 수도보급회사인 “템즈 워터” 사는 영국에 새로 생긴 밀레니엄돔을 빗물이용과 다른 방법의 재활용수를 비교하기로 하였다. 특히 연구원들은 사용자들의 반응을 관찰하였고, 여러 시범적인 물적약 도구들을 사용하여 그 효율성도 체크하였다. 밀레니엄 돔은 320 m의 직경을 가지고 있는 50 m 높이의 구조물로써 지붕은 플라스틱으로 코팅도니 강화 유리섬유로 건설되었으며 12개의 100 m 높이의 격자형 철제 돛대에 의해 지지된다. 빗물은 화장실 용수로 하루 필요한 양인 500 m³의 20 %를 보충해주었다. 100,000 m³의 지붕에서 모아진 물은 식물정화시스템을 거쳐 연못에 저장되고 남은 양은 템즈강으로 흘러들어간다. 밀레니엄 돔은 오염된 지하수를 처리하는데 이용되어 왔던 역삼투 방식과 멤브레인 방식에 의한 필터 시스템을 핵심적인 처리 기술로 활용하고 있다(Klaus W. Koenig, 2001).



<그림2.1.3> 밀레니엄 돔



<그림2.1.4> 밀레니엄 돔 내의 빗물이용시설

(6) 그 밖의 나라들

(가) 말레이시아

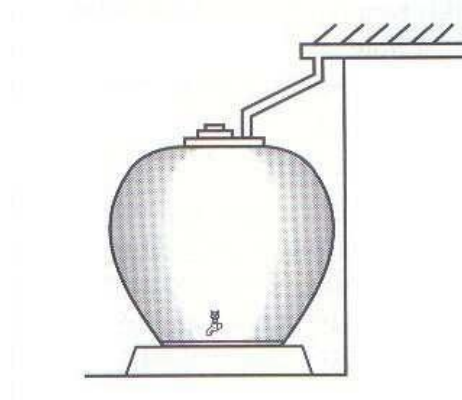
처리수에 대한 의존도 저감 및 가뭄과 홍수 대비 목적으로 빗물이용을 하고 있으며, 2004년도에 정부청사 및 2006년도에 대형건물(공장, 학교, 대저택 등)에 빗물이용 시설 또는 시스템의 설치를 권장하였다. 또한 2007년에는 대형건물(공장, 학교, 대저택 등)에 빗물이용시스템 설치를 의무화 하였다.



<그림2.1.5> 빗물이용시스템 설치 저택

(나) 태국

1980년부터 태국은 가정용 빗물 집수 시스템을 개발하여 큰 성과를 보여왔다. 특히 태국의 자-프로그램(Jar Program)은 세계적으로 잘 알려진 가정용 빗물 집수 저장조 설치 프로젝트로서 태국정부에 의해 주도되었는데 1980년대 중반이후 2톤의 철근 콘크리트로 된 빗물 저장조가 가정용으로 수백만 개나 건설 되었고 약 110,000 m³의 페로세멘트 탱크의 경우 매우 폭넓게 이용되어 태국의 북동부 지역에서 수천 개의 탱크가 설치되어 있다(Traitongyo, 1987). 태국은 1980년대에 다양한 페로세멘트(Ferrocement) 빗물 저장탱크를 개발하고 설치하여 그 결과 태국의 동북부 산악지대를 비롯한 농업 지역의 주민들이 보다 쉽게 음용수를 공급받을 수 있게 되었다. 이 지역에서는 큰 하천이 없는 데다 바다가 용기해 생성된 토지라 지하수는 염분농도가 높아 음용수로 적합하지 않다(한무영, 2001). 때문에 옛날부터 빗물을 이용해 왔고 가정용 빗물 이용 시스템 사용에 있어서 매우 선도적이라고 할 수 있다. 더욱이 2톤의 태국식 자(Thai Jar)의 개발은 빗물의 활용에 있어 더욱 더 커다란 효과를 불러 일으켰다.



<그림2.1.6> Thai Jar

(다) 스리랑카

스리랑카에서의 펌프킨 탱크(Pumpkin tank)와 지하 저장조(Underground brick dome)는 1995년~1998년 세계은행의 지원을 받는 Water and Sanitation Program에 의해 개발, 설치되었고 일반적인 수도 공급 시스템의 설치가 어려운 지역에 수백개의 탱크가 제작되었다.(Univ. of Warwick, web-site)



<그림2.1.7> Pumpkin tank



<그림2.1.8> Underground brick dome

(라) 칠레

칠레와 페루 남부의 건조 해안지역을 따라 안데스 산맥의 경사지역에는 구름이 지역적으로 카만차카스(Camanchacas)라고 불리우는 두꺼운 안개층을 형성하는 특이한 기상현상이 발생하는데 칠레에서는 이러한 안개층을 이용하여 깨끗한 물을 얻고 있다. 안개로부터 물을 모으기 위해 폴리프로필렌 망으로 된 직사각형의 구조물을 설치하는데 안토파가스타 지역에서 하루에 집수되어지는 물의 양은 2.5 L/m^2 정도다. 설치에 필요한 비용이 낮고 유지 및 운영비가 적게 든다는 장점이 있는 반면, 시스템을 설치하는데 적합한 장소가 제한적이고 환경에 미치는 영향은 적지만 미관상 좋지 않다는 단점이 있다.

(마) 인도

지역에 따라 다르지만, 미조람 지역에서는 연간 $2,500 \text{ mm}$ 의 비가 내리지만, 산간지방이라는 지형적 특성으로 모으기가 쉽지 않고, 강물로부터 물을 끌어 사용하였으나, 필요량에 비해 많이 부족한 실정이었다. 이에 지붕면을 이용한 빗물이용시설을 설치하여 생활용수로써 빗물을 활용할 수 있게 하였다. 그러나 빗물활용 시설은 대부분 단순한 집수탱크 설치 정도이다.



<그림2.1.9> 인도의 빗물이용

2.2. 국내 기술개발 현황

1. 기술개발 현황

우리나라는 6월에서 9월에 집중된 강우의 편중과 더불어 최근 이상기후로 인한 국지적 집중호우로 인해 방재 정책은 물론 도시 빗물관리 측면에서 매우 어려운 여건을 갖고 있다. 우리나라의 빗물관리기술은 1980년대 이후 간헐적인 연구가 시작되었으며 1990년대 이후부터 우수저류 및 침투기술 그리고 재이용 기술에 대하여 시범사업 성격의 연구 과제 등이 추진되고 있으나 발주처인 정부 부처 및 지자체 별로 연구내용 및 범위에 있어 다소 차이가 있다. 우리나라의 빗물저류 및 침투기술에 대한 연구개발 수준은 현재 시작단계를 벗어나고 있는 시점이며, 연구용역의 발주처인 정부 부처 및 지자체 별로 연구용역이 활발히 진행되고 있어 본격적인 도시 빗물관리 기술의 확보에 박차를 가하고 있다. 과학기술부와 건설교통부는 프론티어 연구개발사업을 통해 시설 확대 적용을 위한 관련 요소기술의 개발, 시설 지침 및 유지관리 매뉴얼 작성, 관련 시범사업을 추진하고 있다. 행정중심 복합도시, 혁신도시 및 기업도시 등의 신도시 개발이 계획 중 에 있으며, 도시 건설시 빗물관리시설을 도입하여 환경친화적인 도시관리 및 도시 안전 확보를 꾀하고 있다. 환경부에서는 물 절약 및 이수용도, 비점오염원 관리 차원의 빗물관리시설 확대를 추진하고 있으며, 행정자치부에서는 주로 방재 측면에서의 호우 시 우수 유출저감 대책으로서 관련 연구를 수행하고 있다. 건설교통부에서는 프론티어 연구개발사업의 일환으로 1, 2 단계 연구를 통해 건축물, 공동주택단지에서 활용 가능한 요소기술의 개발, 시설 지침, 관련 시범사업을 추진하고 있다. 행정자치부에서는 주로 방재 측면에서 호우시 빗물 유출저감 대책으로서 관련 연구를 수행하고 있다. 주요 연구내용으로는 침투통 등의 침투시설과 저류시설의 설치기법과 시설 기준마련, 유출저감시설 관련 입법화 추진 등이 있다. 논산, 문경, 문산 등 9개 시범지역에 침투통을 설치하여 각 지점에서의 빗물 유출저감효과를 지속적으로 모니터링하고 있다. 현재까지의 연구 사업은 대부분 문헌 조사, 시범시설 운영을 통해 국내에서의 빗물관리를 위한 정책방안 및 도입방안을 제시하고 있는 수준으로, 일부 과제에서 저류, 침투시설 가이드라인 및 계획·설계기술 등을 제시하고 있으나 대체 수자원 확보, 친환경 도시건설을 위한 기술 수요를 충족시키지 못하는 실정이다.

2. 도시물순환 사례

1) 파주운정신도시

파주운정지구 신도시 개발에 있어서 도시 생태계의 근간확보 및 물과 접해 즐기고 느낄 수 있는 친환경 물순환 시스템을 조성하는 것을 목적으로 하고 있다. 주요 목적으로는, 수해방지기능 강화 및 주운시설 도입하였으며, 인간과 자연이 어우러진 물의 도시를 건설하는 것이다. 위치는 경기도 파주시 교하읍 일원으로 면적은 공원 및 녹지 총면적 2,851,160 m², 수면적 326,516 m² 이다.

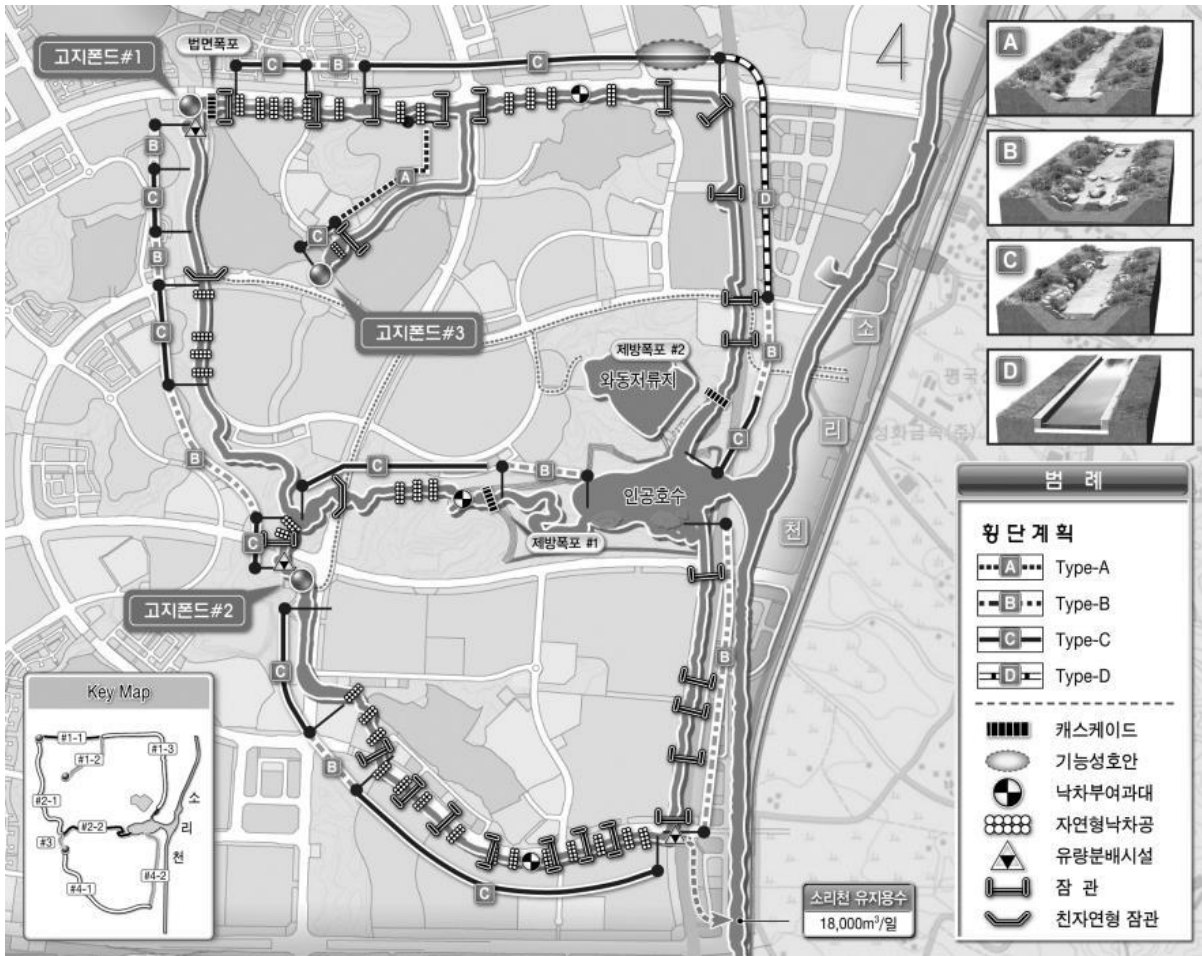
파주운정신도시의 물순환은 중앙 인공호수 제원을 근간으로 이루어진다. 중앙인공호수의 제원과 물순환 조성안은 아래 그림과 같다.



<그림 2.2.1> 파주운정지구 종합계획도.

<표 2.2.1> 파주운정신도시 중앙인공호수 제원

구 분	수심(m)	수면적(m²)	담수량(m³)	저 면 처 리
1지구 인공호수	1.0	190,000	190,000	고화토 공법
2지구 인공호수 (와동저류지)	1.0	57,151	57,151	고화토 공법
인공호수상류부소리천	1.0	31,228	31,228	벤토나이트 매트
인공호수하류부소리천	1.5	48,137	72,205	벤토나이트 매트
합 계	—	326,516	350,584	—



<그림 2.2.2> 파주운정신도시 물순환시스템 조성안.

파주운정신도시의 실개천 제원은 임진강 원수를 수처리하여 공급하도록 계획하였으며, 손실수량 보조수원 확보로 임진강 수원 사용 불가 시 9일간 정상운영, 최대 27일간 비상운영 가능하도록 계획하였다. 또한, 여울 및 식물을 이용한 자연 정화 효과를 극대화 하였으며, 접근이 제한된 폭포 조명을 UV 램프 사용 등으로 소규모 UV 소독 시설로 설치하였다.

호수수질관리 계획은 수처리 시설은 혼화+막여과(UF) 공법이며, 예상되는 사수역에 다기능 이동식 수중 폭기 시설(와류저수지 2개소, 인공호수 4개소)을 설치하였으며, 오염과다 예상 지역에는 간이처리 시설을 설치하였다. 파주운정신도시는 중앙인공호수가 큰 면적을 차지하면서 강우의 기본적인 담수 및 저류 역할을 할 수 있으며, 도시 중간에 실개천을 계획함으로써 어메니티 공간을 활용하고 자 하였다.



<그림2.2.3> 인공호수 및 실개천 조성 계획안.

2) 행정중심복합도시

행정중심복합도시는 충남 연기군 남면 중촌리, 송담리 일원에 조성되어 있으며 호수공원은 총면적이 1,238,523 m², 수면적 338,800 m² 로 조성되었다.

행정중심복합도시는 전반적으로 중앙행정권역 중심행정타운(1~5생활권)에 계획되어 있는 조경공간 및 중앙녹지공간의 중앙호수(인공호수) 공원을 친환경적 공간으로 조성하여 Blue-Green Network를 조성하고자 하였다. 따라서 중앙정부청사를 중심으로 실개천 및 중앙호수공원을 활용하여 쾌적한 친수환경제공 및 다양한 프로그램 도입을 통해 시민들에게 여가와 편의를 제공하고자 하는 목적으로 조성되었다.

행정중심복합도시는 물순환 회복을 위한 선도도시(촉촉한 도시) 조성의 컨셉 아래 빗물의 유출량을 줄이고 침투능력을 증대시켜 가뭄·홍수 등 기상변화 적응과 삶의 쾌적성을 높인 물순환 선도도시 선정 및 조성되었으며, 우선관리도시와 물순환개선 업무협약을 체결하고, 분산형 빗물유출저감시설 설치 등 2016년 물순환 선도도시로 선정된 바 있다.



<그림2.2.4> 촉촉한 도시 개념도.

행복도시 6생활권의 경우에는 설계 및 지구단위계획 수립(2016.12)시 저영향개발 기법을 전면 적용한 신도시 조성 모범사례 창출을 목표로 하였으며, 행복도시 사례를 토대로 ‘신도시 저영향개발 설계 가이드라인’을 마련하고, 도입된 시설에 대한 ‘LID 유지관리 매뉴얼’ 작성토록 하였다. 공공용지는 설계에 직접 반영, 민간용지는 지구단위계획을 통해 반영 유도하였으며, 도시 설계 단계부터 LID기법을 반영하기 위해 신규 개발 및 재개발 수요를 파악하여 환경부·지자체·사업시행자간 협업체계 구축 확산하도록 하였다. 관련하여 신규 개발사업 환경영향평가지 개발지역 전체 물순환을 원활히 하기 위한 물순환 유지방안을 마련토록 협의의견을 수렴하였고, 공공기관 청사 신·증축시 LID 기법을 우선 적용하도록 녹색건축물 인증제도 개선 등 관계기관 협의를 진행하는 등 물순환 목표달성 지자체에 투수 면적 확대를 위한 국고보조사업 우선 지원 등 인센티브 제공 방안 검토와 같은 사전 계획에서부터 다양한 LID 관련 설계가 적용될 수 있는 방안을 적극적으로 검토하였다.

3) 아산신도시

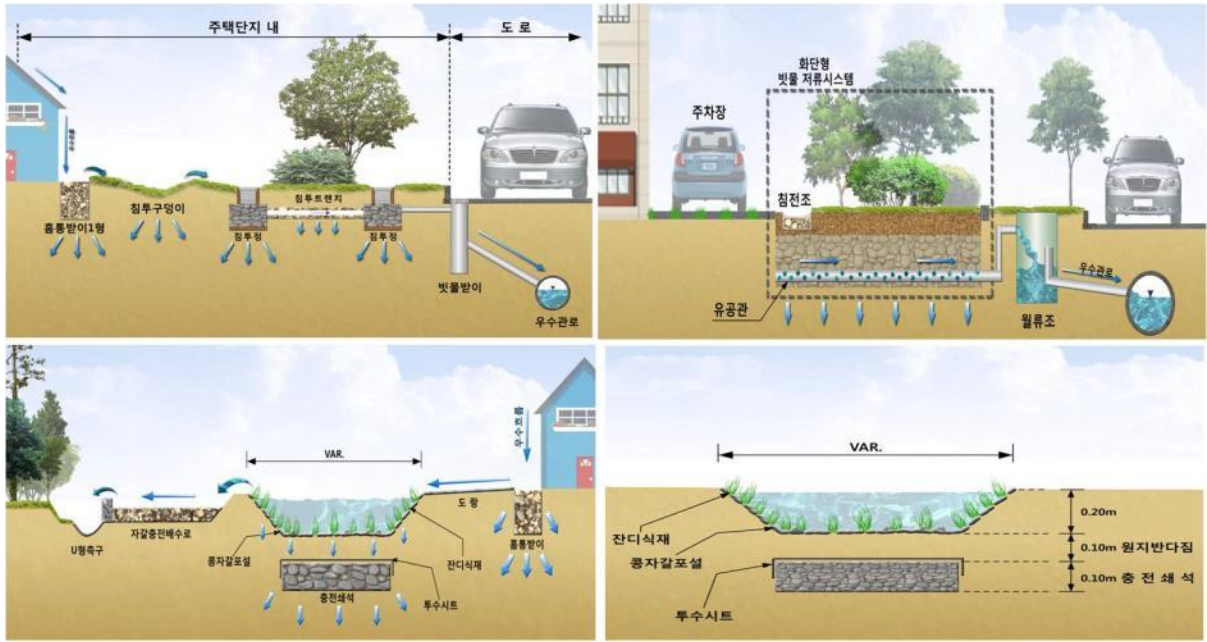
아산신도시는 충청남도 천안시와 아산시 탕정면 등 일원에 조성되었으며, 총면적 17,645,934 m², 공원녹지면적 918천 m²로 구성되었다. 조성된 주요 목적은 도시환경을 개선(자연계 수순환의 복원, 토양 생태성 향상, 비점관리 등)과 저에너지형 녹색도시 조성을 목적으로 빗물을 이용한 물순환체계로 이루어져 있다. 아산신도시의 특징으로는 지역 차원의 빗물관리(local management) 방식을 가미하기 위해 저류, 침투 등의 기법을 활용한 소규모 현장관리 기법(in-situ management)의 적용 등이 있다.

아산신도시 물순환체계를 계획하기 위해서 빗물을 침투, 저류시키면서 초기오염우수 저감에 초점을 두어 적용하였으며, 단독주택 내 빗물관리시설은 주로 홈통받이, 침투정, 침투트렌치, 침투구덩이를 활용하였다. 빗물관리시설은 단독주택단지 주변 여건에 따라 다르게 구성하였으며, 주택단지 내 공원, 녹지, 주차장 등을 적극 활용하며 인근 녹지와 연계되도록 구성하였다. 공원 및 녹지 내 부지를 이용한 우수 저류 및 이용을 최우선적으로 고려하였다.

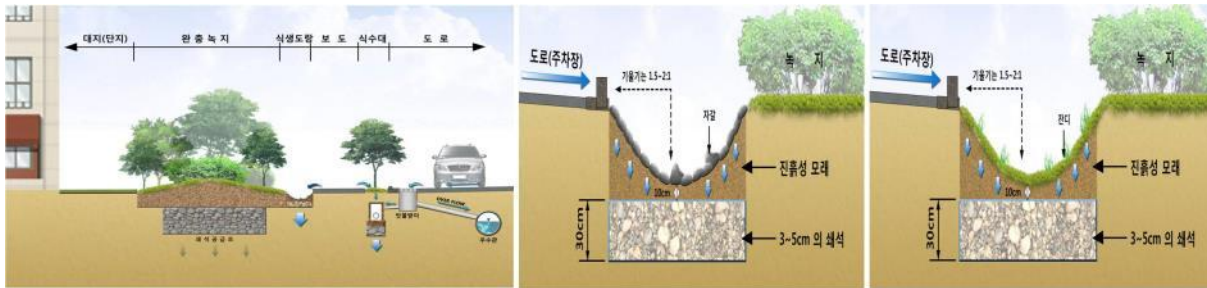


<그림 2.2.6> 아산신도시 수계 현황도.

현장조성방안으로는 공원 등에 투수구덩이, 지하쇄석공극저류(침투)조 등의 설치가 용이하기에 저장한 용수를 조경용수로 활용하도록 하였다. 공원 및 녹지 내 빗물관리시설의 설치는 우수관의 오픈수로 및 도랑 등의 설치로 미관 향상에 초점을 두었다.



<그림2.2.7> 아산탕정신도시 침투시설 계획(안).



<그림2.2.8> 아산탕정신도시 침투시설 조성방안(안).

4) 용인 동백지구

용인 동백지구는 경기도 용인시 기흥구 동백동 일원에 조성되었으며, 국내 최초로 대규모 택지개발 지구 내 자연수(빗물)를 이용한 환경친화적인 단지를 조성하는 프로젝트로 진행하였다. 조성목적은 사업지 배후 석성산 자연수(빗물)를 활용하여 개발이전에 존재한 실개울을 복원 단지 내부로 물을 흘려 물과 숲 그리고 인간이 어우러진 정주환경을 구현하여 친수공간 조성하고, 행복도시의 아이덴티티인 “Comfortable”을 도시에 반영하여 세계적인 명품도시로 건설하기 위해 추진되었다.

용인 동백지구의 물순환체계는 함양지 9개소(43,171 m²), 호수(97,557 m²), 실개울 7.48 km(자연형: 5.71 km, 인공형: 0.96 km, 그 외: 0.81 km)로 구성되었다. 실개울은 부지 내 물길 및 그 주변 비오름 조성을 통한 도시 생태성, 자연경관성 확보한다. 또한, 수공간 조성에 따른 단지 내 기온, 바람, 습도 조절과 먼지 등 환경오염물 제거를 통한 시민 생활의 쾌적성을 확보할 뿐만 아니라, 부가적으로 물놀이, 휴게시설, 친수공간 조성 레크리에이션 기능도 수행 할 수 있다.

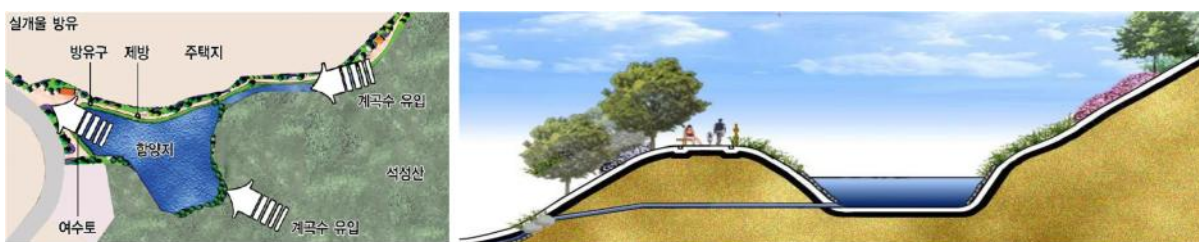


<그림2.2.9> 용인동백지구 부지 현황도.



<그림2.2.10> 용인 동백지구 물순환계획(안).

현장적용방안은 택지 개발 지구 내 석성산 자연수를 이용한 환경 친화적으로 단지를 조성하였다. 단지 내 자연수가 자연스럽게 실개울로 유입될 수 있도록 물길을 조성하였으며, 주거·상업지역 및 학교, 공원과 연계하여 지구 내를 관통하는 실개천을 설치하여 많은 시민이 이용하는 친수공간으로 구성하였다. 수질은 자연형 수처리시스템(수생식물, 자연지형 경사) 도입과 정기적인 수질관리로 시민 생활의 쾌적성을 확보하도록 하였으며, 기존 자연 실개울의 복원으로 친수기능 및 생태기능을 강화하였다. 전체적으로 환경친화적 수체계를 구성하여 지구 내 생태공간 및 시민이용 공간으로 활용 후 오산천으로 방류하게 되며, 방류는 자연지형을 이용한 함양지를 조성하여 자연유하방식으로 구성하였다.



<그림2.2.11> 용인동백지구 함양지 조성(안).

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

3.1. 지하 빗물저류시설 설치 및 빗물 유입 배출 관리 기술로 우수의 배제 및 재 활용 기능 구현

제 1 절 제품제작 및 생산

유지관리성이 용이한 구조의 경사판 개발과 빗물저장시설(체수재)의 성능, 생산성을 최대한 이끌어 낼 수 있는 GMT소재 및 GMT소재가 효율적으로 적용되는 고강도 빗물저장시설의 형상 개발을 진행 및 GMT로 개발된 빗물 저장시설을 PRESS 성형으로 생산하는 기술로 제작한다..

1. 기술개발 목표

■ 유지관리성이 용이한 구조의 경사판 및 GMT소재를 이용한 고강도 빗물저장시설 개발

가. 빗물저장시설의 유지관리가 용이한 구조의 경사판 개발

나. 빗물저장시설에 맞는 고강도 구조의 GMT 소재 개발

다. GMT에 적합한 빗물저장시설의 형상 최적화 평가

2. 추진체계

구분	주요개발내용
빗물저장시설 구조해석	- 기존 빗물저장시설 문제점 파악 - 국내 및 선진국 제품(일본) 수준 평가 - 현제품의 문제점 파악 및 검토 (유지관리성 및 물성쪽으로 중점화)
유지관리 최적화 설계	- 유지관리 용이한 구조의 경사판 개발 - 엠보싱효과를 통한 이물질 제거효율 증가
빗물저장시설에 적합한 고강도 구조의 GMT 복합소재 개발	- 강도 및 생산성을 감안한 유리 섬유 Mat 개발 - 필요한 성형성, 생산성을 가진 GMT 개발
GMT에 적합한 빗물저장시설의 형상 최적화 평가	- 압축강도(수평하중, 연직하중)평가 - 시설물의 매설시 하중에 대한 안정성 확보 가능성 평가 - 시설물 부피에 대한 저류 가능한 용적을 평가 - 강우시 시설물 내로 유입되는 모래의 집사 및 제사능력 평가 - GMT 적용시 제품 강도 성능 시뮬레이션 - GMT로 성형이 가능한 형상 도출 - 성능 및 성형 가능 모두 만족하는 최적 형상 설계
GMT 빗물저류조 성형 기술 개발	- 투입되는 GMT sheet의 크기 수량 선정 - 성형을 위한 압력 등 조건 최적화
고강도 빗물저장시설 성능평가	- 빗물저장시설에 대한 장기강도 성능평가 - 빗물저장시설 내화학적 시험 - 빗물저장시설 수질 및 수리학적 흐름 특성 시험

3. 기술개발팀 역할

주 관 기 관	참여연구원	기술내용
(주)뉴보텍	총괄책임자 (박점옥) 외 10명	- 빗물저장시설 개발 - 빗물저장시설에 맞는 GMT 소재 개발 - 빗물저장시설의 성능평가

4. 세부 추진 사항

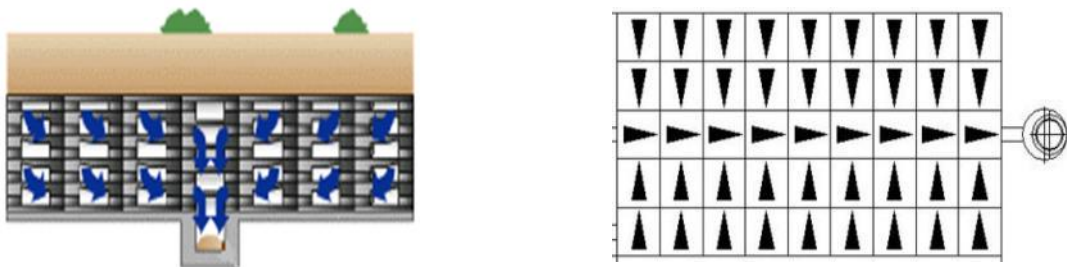
- 빗물저장시설 문제점 파악
- 유지관리 용이한 경사판 개발
- 제거효율 증가
- 고강도 구조의 GMT 소재개발
- 성능 및 성형 가능 모두 만족하는 최적형상 설계
- 시제품 제작 및 특성평가
- 장기강도, 내화학성 성능평가
- 수리학적 흐름 특성 시험
- 제품 생산 기술 개발
 - 계획수립 및 자료조사
 - GMT 적용시 제품 강도 성능 시뮬레이션
 - GMT로 성형 가능한 형상 도출
 - 최적성능을 내기 위한 유리섬유 함량 설정
 - GMT 최적 Grade 선정
 - 투입되는 GMT sheet의 크기 수량 선정
 - 성형을 위한 압력 등 조건 최적화

제 2 절 세부 개발내용 및 평가방법

1. 세부 개발 내용

가. 빗물저장시설의 유지관리가 용이한 구조의 경사판 개발

① 빗물저장시설의 내부에 경사판 형태의 가로 판재가 설치되어 있으며, 일정한 각도로 기울어져 설치되게 하여 경사재를 따라 부유물이 이동하여 중앙의 U형구에 토사 및 슬러지가 쌓이게 하는 구조 개발

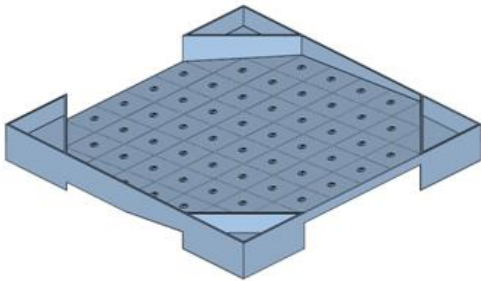


<그림3.1.1> 우수저류조의 모래 유입 및 집사 원리

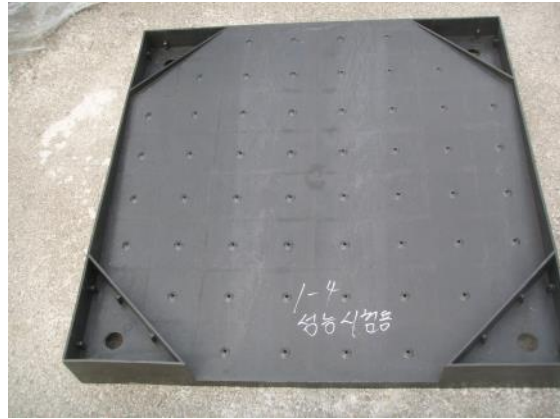
② 입자의 제거 효율을 높이고 내부 청소를 용이하게 하여 유지관리가 쉬운 경사판 구조

- 판의 경사각은 작은 만큼, 즉 수평에 가까워지는 만큼 효과적이지만, 수평판에 플러지 퇴적되기 쉽기 때문에 경사를 갖게 함

- 플럭 형성 후에 유체는 경사판 상부로부터 유입되며 하류부로 흘러 나가면, 이때 입자와 입자 덩어리들은 경사판 위에 쌓이며, 중력에 의해 저류조 하부로 이동함
- 유입수는 저류조 상부로 유입되어 하향류도 경사판 모듈(Moudule)을 통과하고 경사판 위에 쌓인 침전물은 중력으로 미끄러져 제거되는 구조



설계도면

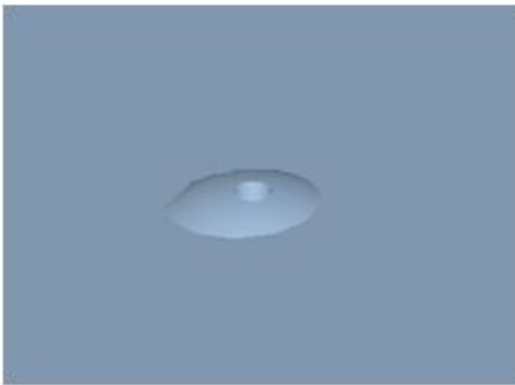


신작제품 사진

<그림3.1.2> 경사판 개발 제품

③ 엠보싱 효과에 의한 미처리된 이물질까지도 위 경사면의 빗물이 아래 경사면으로 흘러내려 재처리가 가능한 엠보싱 형상의 최적화

- 엠보싱 효과에 의한 물의 물결을 일으켜 토사의 이동을 용이하게 하며 토사가 경사판의 구멍을 막지 않고 용이하게 이동할 수 있도록 함.



설계도면



신작제품 사진

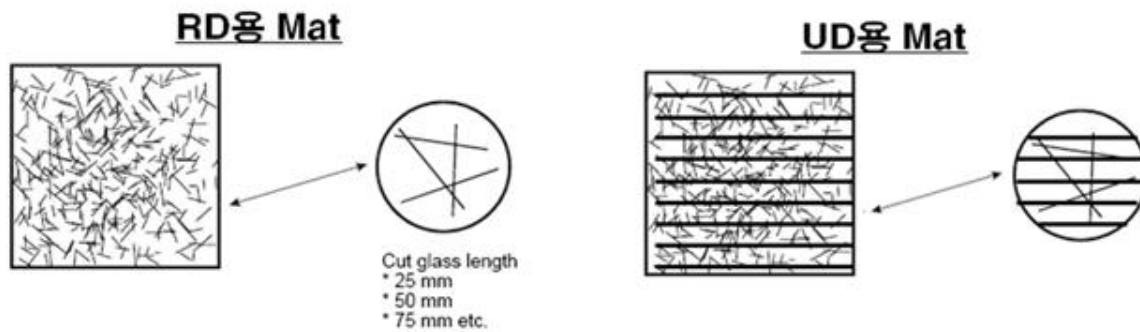
<그림3.1.3>경사판 엠보싱구조

나. 빗물저장시설에 적합한 고강도 구조의 GMT 소재 개발

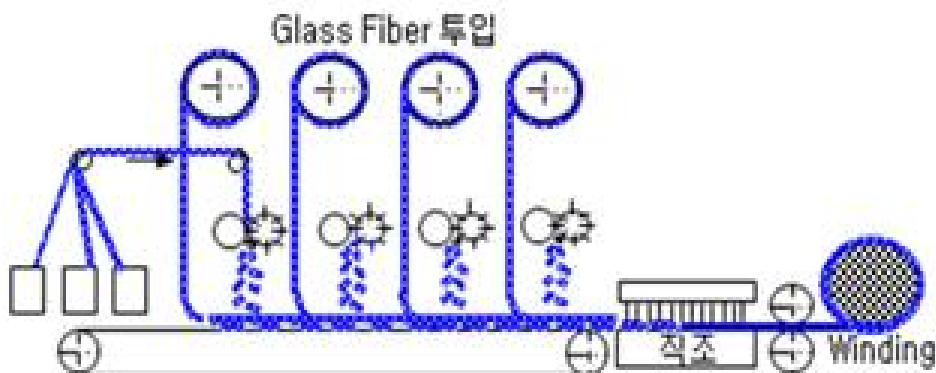
① 빗물저장시설의 필요 강도를 만족시킬 수 있도록 GMT에 투입되는 유리 섬유 Mat의 직조 밀도 및 배열 방식 개발

- 유리 섬유 Mat의 직조 밀도가 GMT 내 유리 섬유 함량 결정 및 소재 강도 결정, 당직조 밀도 개발과 병행하여 Coupling Agent (가교제) 등의 첨가제 투입 방식 개발

- 빗물저장시설이 받는 하중 방향 등을 고려 Mat내 유리 섬유 배열 방식 개발, 일정한 방향의 유리 섬유 배열을 가진 UD-type (Uni-Direction type) 또는 일정한 방향이 없는 RD-type (Random-Direction type)
- Mat는 주로 3~100mm의 유리 섬유로 이루어진다. 여기서 유리 섬유가 3mm 이하가 되면 강도 성능의 저하가 나타날 수 있으며 100mm 이상이 되면 흐름 성능의 저하가 나타날 수 있다. RD Grade GMT를 제조하기 위한 Mat는 당 3~100mm 유리 섬유가 방향성이 없이 직조되는 방식으로 제조되며 UD Grade를 제조하기 위해서는 이 RD Grade에 일정한 방향성을 가진 연속적인 유리 섬유가 추가된다.



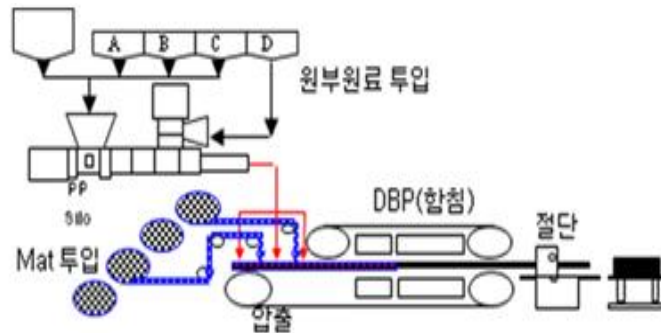
<그림3.1.4> 종류별 Mat 구조



<그림3.1.5> Mat 제조 공정

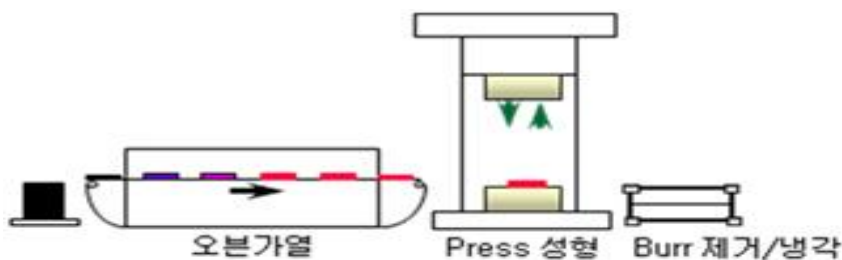
② 빗물저장시설이 원활하게 생산될 수 있도록 적절한 성형성을 가진 GMT 개발

- 유리 섬유 함량이 상승되면 소재 강도가 증가하나 반대로 성형성은 저하됨, 생산성 저하 초래
- 적절한 유리 섬유 함량 개발 또는 필요 시 GMT 자체의 흐름성, 성형성을 상승시킬 수 있는 첨가제 개발
- GMT에서 주 원료로 사용되는 PP는 압출기를 사용해 용융된다. 이 과정에서 자외선 안정제 (UV Stabilizer), 유리 섬유와의 결합을 도와주는 가교제 (Coupling Agent) 등의 첨가제가 추가된다. 용융된 PP는 압출기의 출구에 장착된 T형 금형(T-Die)을 통해 압출되어 앞서 제조된 유리 섬유 Mat 위 아래에 덮이게 된다. 이 상태에서 DBP(Double Belt Press)에 투입되면서 압착(PP가 Mat에 스며든다 해서 합침 이라고도 함.) 및 PP의 냉각이 이루어진다. DBP를 통과한 후 필요한 크기로 절단되면서 sheet의 형태를 한 GMT가 완성 된다.



<그림3.1.6> GMT sheet 제조 공정

- GMT를 성형된 제품으로 제조할 때는 오븐을 통하여 가열을 하게 되는데 이 때 PP가 다시 녹을 수 있는 190℃ 이상의 열을 가한다. 이렇게 되면 처음 3.8mm 두께인 GMT가 약 14mm까지 부풀게 되고 (이 상태를 GMT가 가소화 되었다고 한다.) 이 가소화된 GMT가 투입된 금형을 PRESS를 이용해 압력을 주면서 단고 일정 시간이 지난 후 다시 열면 필요한 형태의 제품이 완성된다. 이 과정을 PRESS 공정이라고 통칭한다.

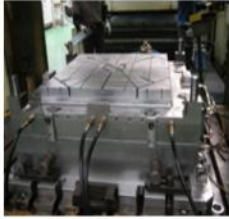


<그림3.1.7> PRESS 성형 공정

- 유리 섬유의 함량을 조절하는 등의 방식으로 필요한 성능을 내기 위한 여러 가지 GMT의 Grade가 개발되었다. 그리고 원하는 형태로 PRESS 성형을 하기 위해서 금형에 투입되는 GMT sheet의 크기 및 수량, PRESS에서 가해지는 압력의 양, 금형을 단고 있는 시간 등의 작업 조건의 개발하였다.

③ GMT 시트의 평가

- GMT 시트의 물성을 평가하기 위하여 인장강도, 굴곡탄성률 평가
- 금형 개발 및 실제 시험 생산을 진행하면서 성형성, 생산성 평가

	상판	각재	경사재	하판
上금형				
下금형				
주요 특징		4개 Cavity 구성		상판과 공용 금형 - 일부 Block 교체 활용

<그림3.1.8> 저류조 시스템의 각 제품을 생산하기 위한 시작금형 개발

	상판	각재	경사재	하판
Charge Pattern	UD45 140 X 1400 X 2P RD40 870 X 1400 X 2P	RD40 233 X 250 X 6P	RD25 350 X 900 X 2P 233 X 900 X 6P	RD25 466 X 800 X 4P
성형 압력	2000 Ton	1400 Ton	2000 Ton	2000 Ton
성형 시간	200 sec	120 sec	100 sec	100 sec

<그림3.1.9> 저류조 시스템의 각 제품을 생산하기 위한 성형 공정 핵심 공정 조건

④ GMT 저류조 제품의 구조해석

Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics

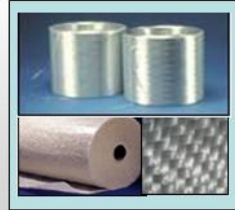


PP (PolyPropylene)

Lightweight
(경량화)



Mechanical Properties
(물성보강)



GF (Glass Fiber)

- Glass Fiber를 부직포 형태로 직조하여 PP수지에 함침 시켜 제조한 고강도 복합수지

- 냉연 강판에 준하는 인장 강도와 Plastic의 경량화를 동시 만족하는 복합소재인장탄성율(Mpa)

	GMT (UD45%)	SPEC45 고장력 강판
비중(g/cm³)	1.28	7.83
인장강도(Mpa)	250/50	250
인장탄성율(Mpa)	12500/5000	210,000

□ 소재 물성 비교

시험방법: ASTM

구 분	단 위	GMT (RD-40)	PP (BC6C)
비 중	g/cm³	1.2	0.9
인 장 강 도	MPa	110	32
굴 곡 강 도	MPa	158	44
굴 곡 탄 성 률	MPa	5500	1,650
IZOD 충격강도	kgf·cm/cm	70	11
HDT/18.6 MPa	°C	155	110

제품 Concept

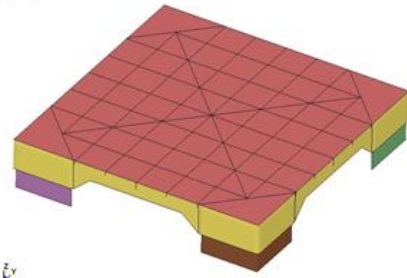
1) 개발 배경

- PP 저류조의 제조원가 절감
- GMT를 주원료로 사용하여 기존 플라스틱 대비 강도 향상
- 저류조 상판부품의 Capa 부족을 해소하기 위해 저류조 부품 개선

2) 제품 디자인 Concept

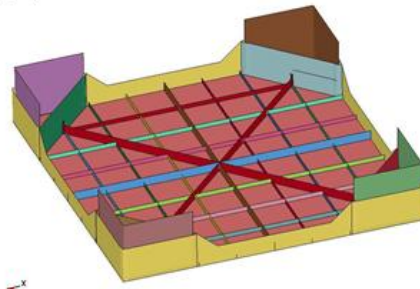
: 두개의 PP상판 Welding제품을 GMT부품 하나로 일체화 설계

LS-DYNA user input
Time = 0



상측에서 본 모델

LS-DYNA user input
Time = 0



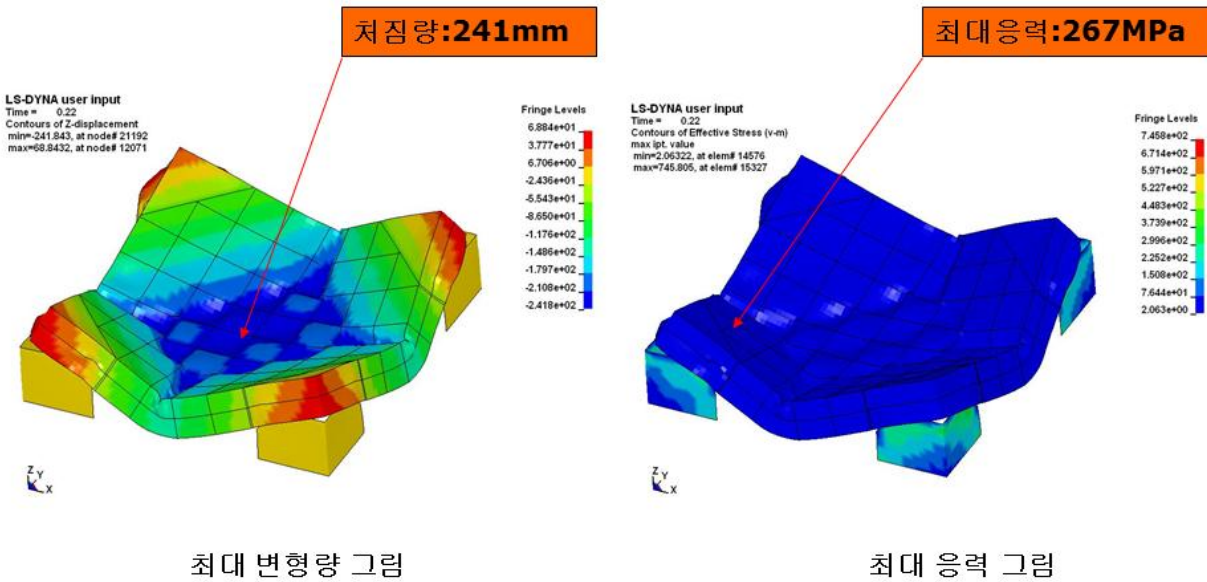
하측에서 본 모델

구조 해석결과

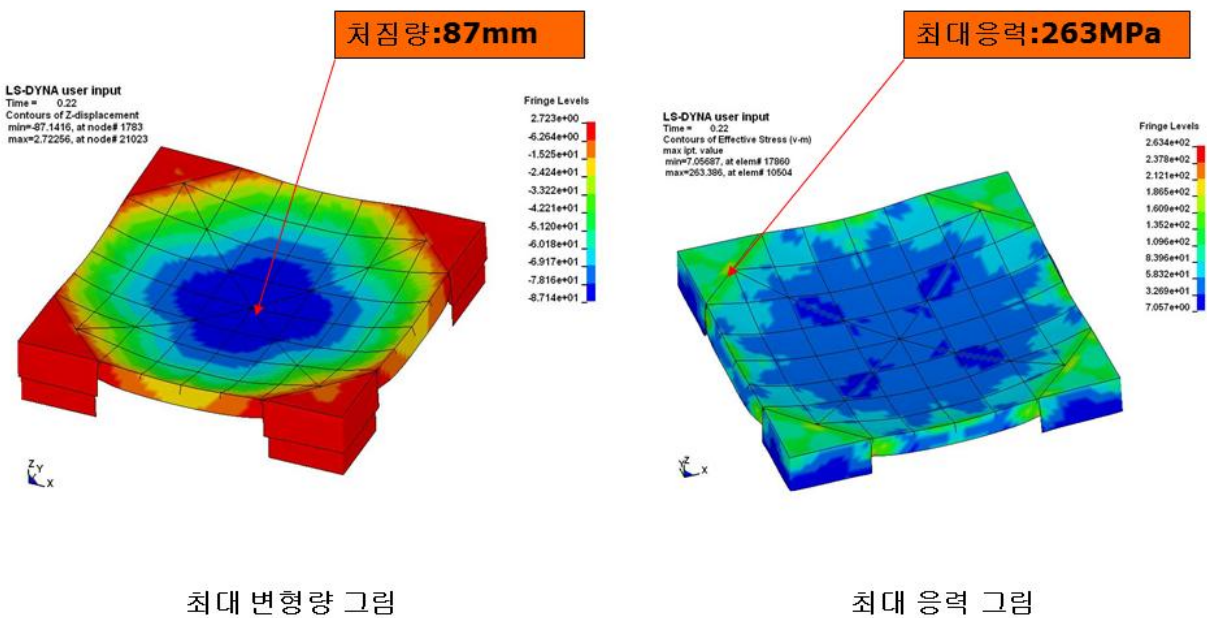
구 분		현 Design	GMT - 1	GMT - 2
중 량 (kg)		18.5	10	12
재 질	종 류	복합 PP	GMT RD-40	GMT RD-40
사용조건 (150kN)	변형량 (mm)	241 이상	87	76
	최대 응력(MPa)	267	263MPa	212MPa
Test 조건 (150kN)	변형량 (mm)	29	25	12
	최대 응력(MPa)	31	61	26
Test 조건 (300kN)	변형량 (mm)	42	37	16
	최대 응력(MPa)	54	92	35

▣ 사용조건에 따른 해석결과 그림

1) 복합PP 현 DESIGN 적용 (상판2개 적용) : 상판 중량 18.5Kg)



2) GMT -1 (중량 10kg)

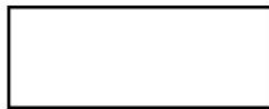


추가 검토 아이템 (차수판)

- 제품 Spec : GMT UD Sheet (두께 4mm)
- 변형량 : 5.6mm
- 예상중량 : 5kg/m^2

GMT Sheet 두께에 따른 변형량 및 응력

> 계산용 Dimension (Worst Case)



$a=505\text{mm}$

$b=200\text{mm}$

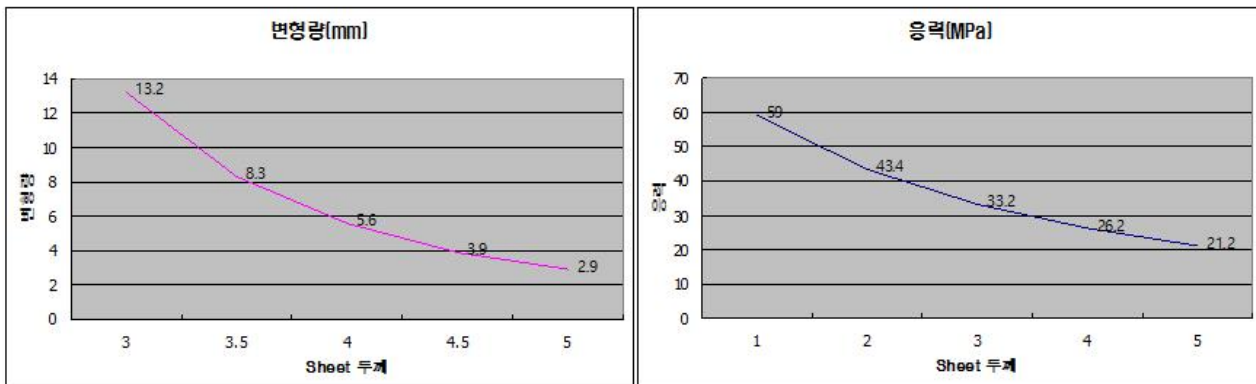
✓ 하중조건 : $\omega = 23\text{kN/m}^2 = 0.023\text{ MPa}$

✓ 탄성률 $E = 12,500\text{ MPa}$ (UD-45)

✓ $\alpha = 0.122813$, $\beta = 0.66438$

$a/b = 2.525$

> 변형량/응력 계산값



1) 해석 조건

- 하중 조건 : 상판에 15000Kgf/m^2 연직 하중 적용
- 구속조건: 상판 연결지지대는 변형 없다 가정함.
- 해석 재질 : GMT 제품 (RD40): $e=6000$ / 복합PP제품 : $e=1700$

2) 해석조건 비교

- ① Test 조건 : 15톤의 하중을 Steel Plate판을 이용하여 가압하는 조건 →
상판연결 지지대에만 하중이 집중되어 실제 현장의 가압조건 미반영
- ② 사용조건 : 15톤의 하중을 상판에 균등배분하여 가압하는 조건 →
상판연결 부위뿐만 아니라 모든 위치에 하중을 부여하여 실제 사하중과 활하중의 조건을 동시에 반영함

2. 시험평가방법

가. 압축강도(수평하중, 연직하중)평가

- ① 시설물의 매설시 하중에 대한 안정성 확보 가능성 평가
- ② 성능 Simulation 장비를 이용, 설계 과정에서 사전 압축 강도 평가 결과 예측 및 당 결과를 가지고 형상 설계, 최적화 진행
- ③ 금형 개발 후 시험 성형에서 생산된 시제품으로 압축시험 수행 후 강도평가

나. 용적률 평가

- ① 시설물 부피에 대한 저류 가능한 용적률 평가
- ② 3차원 설계 장비를 통하여 설계 단계에서 사전 용적률 예측
- ③ 체수재를 입수시킬 수 있는 아크릴 탱크를 만들어 체수재의 체적을 산정한 후 완전 입수시 유입된 수량 확인하여 평가함

다. 집사서/제사성 평가

- ① 강우시 시설물 내로 유입되는 모래의 집사 및 제사능력 평가

라. 빗물저장시설을 양산할 수 있는 GMT PRESS 성형 생산 기술 개발

- ① 실제 제품을 생산하기 위한 금형 등 Tool 개발
- ② Charge Pattern, 압력, 성형시간 등 과 같은 PRESS 성형 공정 핵심 조건 개발
- ③ 개발된 GMT 시트의 성형성, 생산성 평가 동시 진행
- ④ 개발 과정에서 생산된 시제품으로 빗물저장시설의 강도, 용적률 등 성능 평가

마. 유지관리성이 용이한 구조의 경사판 및 GMT복합소재를 이용한 고강도 빗물저장시설 성능 연구

- ① GMT 복합소재 장기강도 성능평가
 - ㉠ 재료의 장기 안정성 평가 및 장기계수 값 산정
 - ㉡ 시험방법: 시편제작: KS M ISO 899-2, ASTM D 2990에 의거하여 표준시편 제작
하중계산: 굴곡탄성계수 시험 후 굴곡강도 확보하여 재하하중 계산
데이타로거 작동 상태 확인 후 시험
장기강도 시험(KS M ISO 899-2, ASTM D 2990)방법에 의하여 시험
- ② GMT 복합소재 내화학성 시험
 - ㉠ 인장강도 및 굴곡강도를 측정하여 화학약품에 대한 안정성 평가
 - ㉡ 시편제작: ASTM D 638에 의거하여 인장강도 측정용 표준시편 제작
 - ㉢ 약품조제: 10% 염화나트륨, 30% 황산, 40% 질산, 40% 수산화나트륨, 세제 1% 등 조제(KS M ISO 175)
 - ㉣ 약품을 내식성이 없는 용기에 담고 차수/보호시트 및 체수재를 16일간 침지
- ③ 수질 및 수리학적 흐름 특성 시험
 - ㉠ 본 실험에서는 크게 우수저류조의 수리학적 특성과 강우조건을 반영한 입자제거 특성으로 나누어 실험

- ㉔ 먼저 우수저류조의 내부 구조물이 수리학적 흐름에 미치는 영향을 파악하기 위해 빈 공간을 가진 장방향 구조의 쟁조와 침전 유도용 경사판이 있는 저장조를 대상으로 pH를 이용한 tracer test를 실시하여 비교
- ㉕ 강우 시 우수저류조에서의 입자 제거 능력을 알아보기 위해 실제 강우와 유사하도록 유입되는 우수의 유량 및 입자의 농도를 변화시켜 보았으며, 우수 저장조 내부 구조에 따른 입자 제거 능력을 파악하기 위해 우수 유입 후 침전 시켜 유출수의 농도 변화를 측정

제 3 절 평가항목 및 평가결과

1. 개발기술의 평가항목

PP재질의 빗물저장시설을 지지체로 하여 GMT 소재가 적용된 고강도 및 유지관리성이 용이한 구조의 빗물저장시설을 다음과 같은 항목으로 평가하였음.

그리고, 개발된 GMT 소재를 이용한 빗물저장시설에 대한 성능평가를 실시하였음.

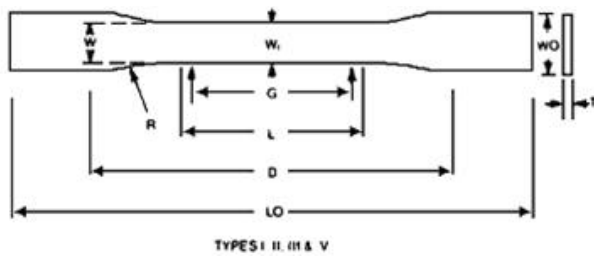
시험 항목		시험 규격 및 방법
자재물성 평가	압축강도	① 연직방향: 300kN/m ² 이상 ② 수평방향: 60kN/m ² 이상
	인장강도	- ASTM D638-10
	굴곡탄성율	- ASTM D790-10
	인장탄성율	- ASTM D638-10
	인장신율	- ASTM D638-10
	굴곡강도	- ASTM D790-10
	Izod 충격강도	- ASTM D256-10
	열변형온도	- ASTM D648-07
시설성능 평가	용적률	- KS M 3016 및 자체 평가
	집사/제사성	- KS F 2302 및 자체평가

<표3.1.1> 재료 및 시설 성능 시험

2. 개발기술의 평가방법 및 결과

가. 인장시험

- 1) 시험방법 : ASTM D 638 : 2010
시험편은 아래와 같이 절단하여 취한다.



시험편 모양

	7 or under
	Type I
W-Width of narrow section	13
L-Length of narrow section	57
W0-Width overall, min	19
L0-Length overall, min	165
G-Gage length	50
D-Distance between grips	115
R-Radius of fillet	76

<표3.1.2> 시험편 치수

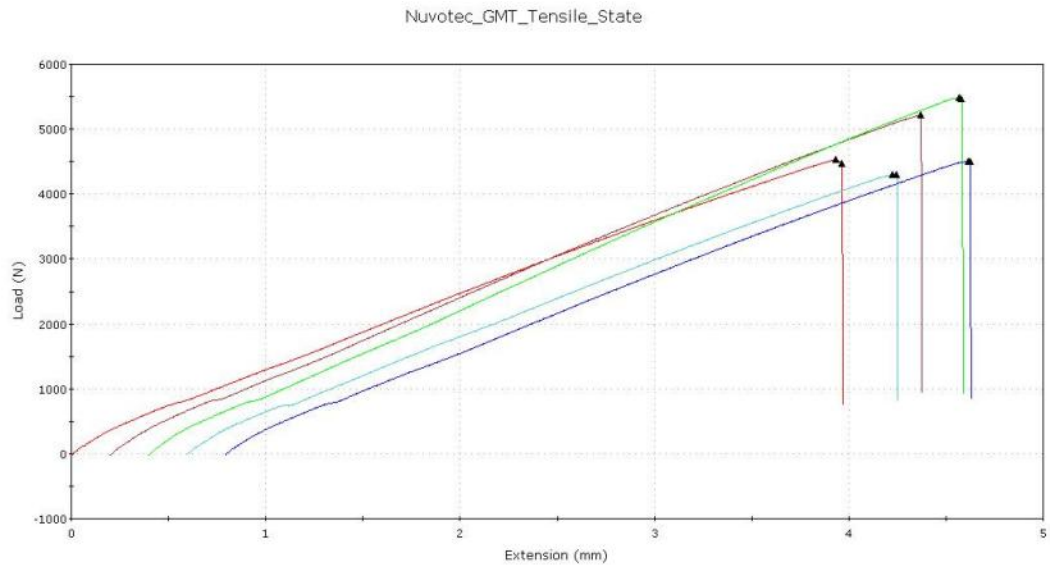
위와 같은 Type I 시험편을 (23±2) ℃, 상대습도 (50±5) % 시험조건에서 표점거리(G) 내에서 최소 단면적을 구하고 5 mm/min ± 10 %의 속도로 인장하여 인장강도, 신장율 및 인장탄성율을 구한다.

- 2) 시험장치 : 만능재료시험기(INSTRON 5585H)



<그림3.1.10> 인장시험방법

3) 시험결과



<그림3.1.11> 인장시험 그래프

	인장강도(MPa)	신장율(%)	인장탄성율(MPa)
1	107.621	3.565	7492.308
2	116.437	4.077	6008.579
3	111.207	4.056	6983.508
4	115.324	3.780	6590.655
5	110.750	3.655	7346.022
평균	112.27	3.83	<u>6,884.21</u>

<표3.1.3> 인장시험 결과

나. 굴곡시험

1) 시험방법 : ASTM D 790 : 2010

시험은 3점 굽힘법으로 지점간 거리는 시험편 구간의 16배(±1)이고 지름이 최소 3.2mm인 지지대와 가압 봉으로 시험을 수행한다. 시험편은 두께가 3.2 mm 또는 그보다 작을 경우 12.7 mm의 나비와 지점간 거리보다 최소 10 % 각 끝에 놓일 수 있는 충분한 길이를 평판에서 절단하여 취한다.

지점간 거리 중앙 근처에 놓이는 지점의 시험편 두께와 나비를 측정하고 시험편을 지지대와 가압봉 사이에 고정하여 계산된 시험 속도로 시험을 수행하고 중앙지점에서의 최대굴곡응력(굴곡강도) 및 하중-변위 곡선의 초기 직선으로 굴곡탄성률을 구한다.

$$R = ZL^2/6d \text{ ----- (1)}$$

R : 시험속도(mm/min)

L : 지점간 거리(mm)

d : 시험편 두께(mm)

Z : 바깥층 변형률(mm/mm/min) (절차 A에서 Z=0.01)

$$\sigma_f = 3PL/2bd^2 \text{ ----- (2)}$$

σ_f : 굴곡응력(MPa)

P : 하중-휨 곡선 상의 주어진 점에서의 하중(N)

L : 지지간 거리(mm)

b : 시험편 너비(mm)

d : 시험편 두께(mm)

$$E_B = L^3m/4bd^3 \text{ ----- (3)}$$

E_B : 굴곡탄성률(MPa)

L : 지지간 거리(mm)

b : 시험편 너비(mm)

d : 시험편 두께(mm)

m : 하중-변형 곡선의 초기 직선의 기울기(변형의 N/mm)

$$r = 6dD/L^2 \text{ ----- (4)}$$

r : 변형(mm/mm)

d : 시험편 두께(mm)

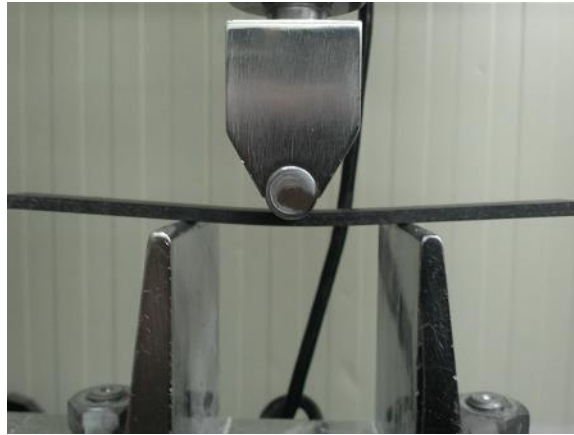
D : 중앙 휨(mm)

L : 지지간 거리(mm)

2) 시험장치 및 시험조건

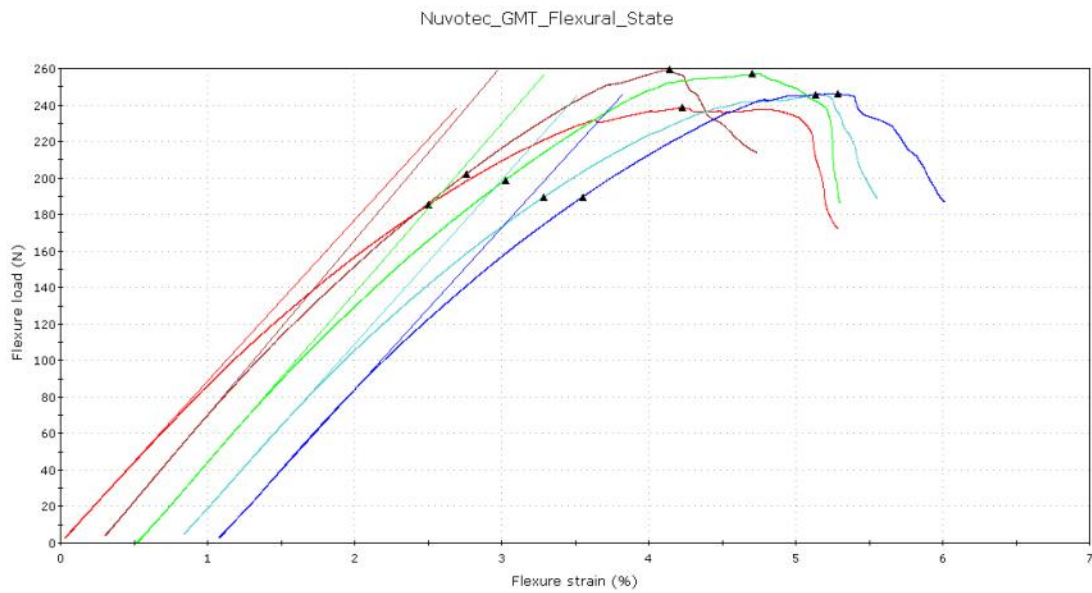
: 만능재료시험기(INSTRON 4468)

: 지지간거리 50 mm, 시험속도 1.3 mm/min



<그림3.1.12> 굴곡시험장면

3) 시험결과



<그림3.1.13> 굴곡시험 그래프

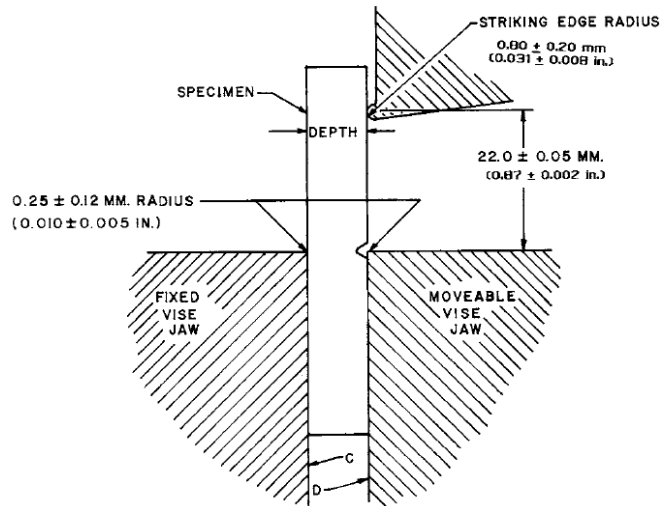
	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(MPa)
1	157.648	6011.969
2	159.835	5883.770
3	163.056	5890.682
4	160.855	6053.974
5	161.470	5954.568
평균	160.57	<u>5,958.99</u>

<표3.1.4> 굴곡시험결과

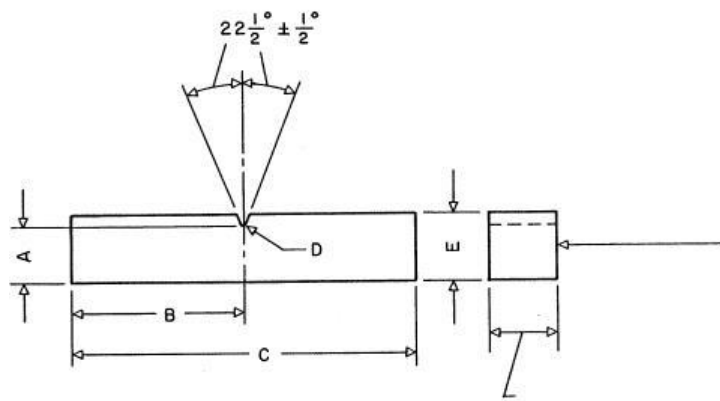
다. 아이쥔드충격강도시험

1) 시험방법 : ASTM D 256 : 2010(A법)

시험편을 수직 캔틸레버 빔으로 고정하고 한번의 진자 스윙에 의하여 파괴되는 소모 에너지를 측정하고 시험편 노치부의 단면적으로 나누어 아이쥔드 충격강도를 구한다.



<그림3.1.14> 아이쥔드 시험방법 A를 위한 바이스, 시험편, 타격 모서리 간의 관계



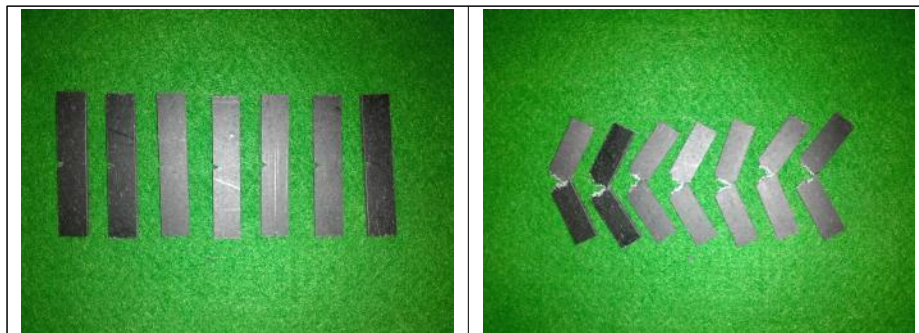
	mm
A	10.16 ± 0.05
B	31.8 ± 1.0
C	63.5 ± 2.0
D	0.25R ± 0.05
E	12.70 ± 0.20

<표3.1.5> 아이쥔드시험편 치수

2) 시험장치 : Tinius Olsen



<그림3.1.15> 아이쥔드 시험장치 및 파격 후 시험편 장면



<그림3.1.16> 아이쥔드시험편 시험전 후 사진

3) 시험결과

	시료두께 (mm)	시료너비 (mm)	충격에너지 (J)	아이쥔드 충격강도 (kJ/m ²)	파괴유형
1	3.15	10.20	1,9827	61.708	H ⁽¹⁾
2	3.15	10.20	1,9721	61.378	H ⁽¹⁾
3	3.15	10.20	1,9357	60.245	H ⁽¹⁾
4	3.15	10.20	1,9291	60.040	H ⁽¹⁾
5	3.10	10.10	1,9627	62.686	H ⁽¹⁾
				61.21	

<표3.1.6> 아이쥔드 충격강도 결과

주 1) 힌지파괴 : 시험편의 한 부분이 수직으로 서 있을 때 시험편의 다른 부분이 수평 위에서 스스로 지탱할 수 없는 불완전한 파괴

라. 내화학적 시험

－ 재료의 강도측정을 통한 안정성 평가를 위해 10% 염화나트륨, 30% 황산, 40% 질산, 40% 수산화나트륨, 1% 세제용액을 조제하여 16일간 위의 4.1.1 인장시험의 인장시험편과 4.1.2 굴곡시험의 굴곡시험편을 각 약품에 침지 후 잘 세척하여 인장강도, 굴곡강도 및 굴곡탄성율을 구한다.

－ 시험조건

： 인장시험 - 시험속도 : 5 mm/min

： 굴곡시험 - 지지간거리 : 50 mm, 시험속도 ;1.3 mm/min



<그림3.1.17> 약품침지장면

1) 인장시험

가) 10% 염화나트륨



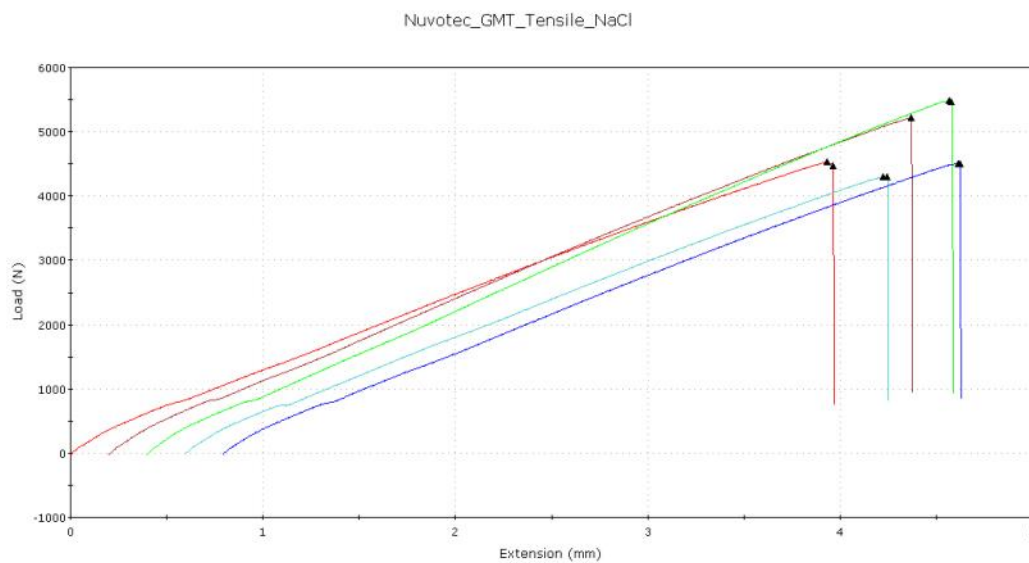
시험전



시험중



시험후

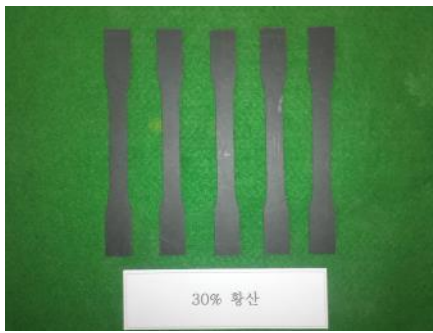


<그림3.1.18> 10%염화나트륨 인장시험 그래프

	인장하중 (N)	인장강도 (MPa)
1	4527.115	114.473
2	5220.783	128.590
3	5479.450	135.497
4	4301.167	106.278
5	4509.227	113.021
평균		119.57

<표3.1.7> 10%염화나트륨 인장시험 결과

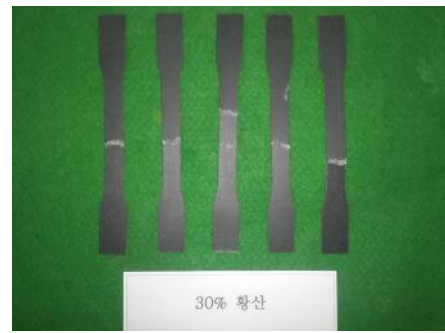
나) 30% 황산



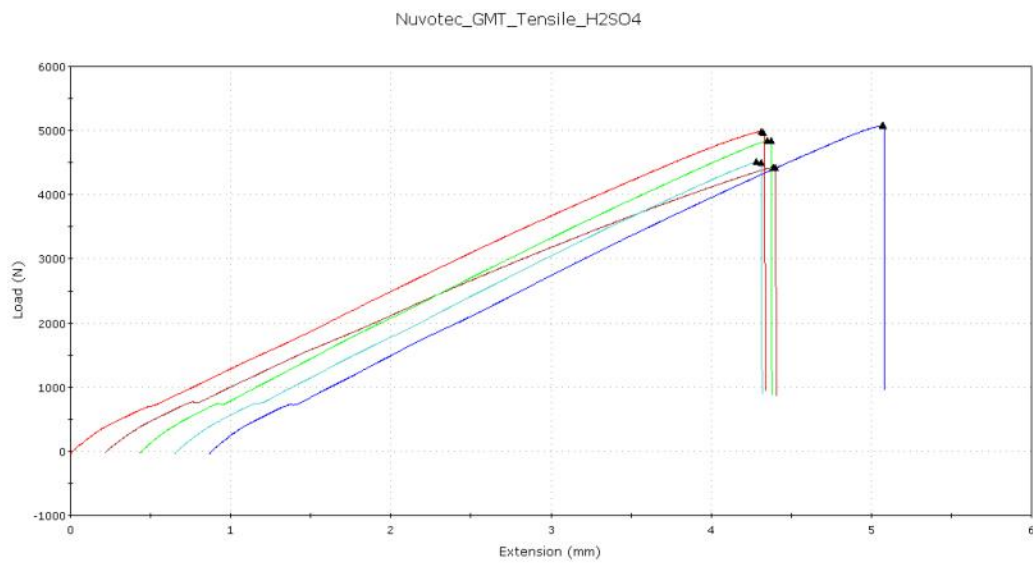
시험전



시험중



시험후

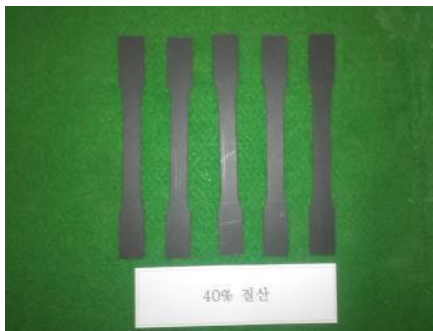


<그림3.1.19> 30%황산 인장시험 그래프

	인장하중(N)	인장강도(MPa)
1	4987.007	124.498
2	4423.954	111.416
3	4843.695	119.498
4	4512.343	111.668
5	5079.934	125.715
평균		118.56

<표3.1.8> 30%황산 인장시험 결과

다) 40% 질산



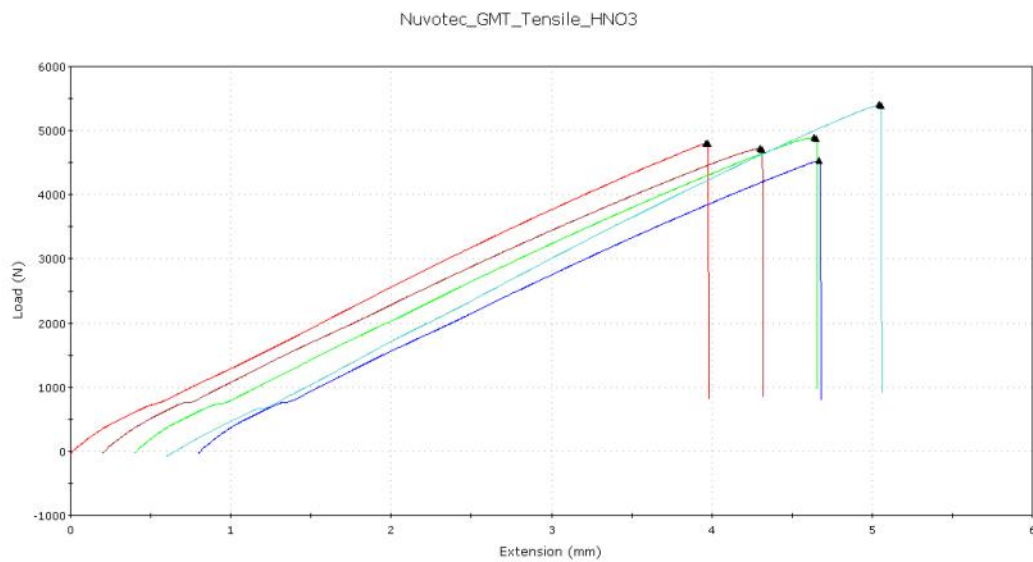
시험전



시험중



시험후



<그림3.1.20> 40%질산 인장시험 그래프

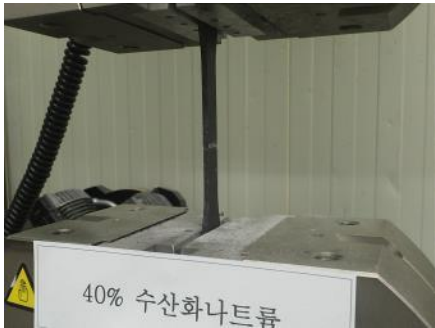
	인장하중(N)	인장강도(MPa)
1	4794.957	119.333
2	4726.238	116.974
3	4895.122	122.030
4	5400.143	133.432
5	4527.329	113.666
평균		121.09

<표3.1.9> 40%질산 인장시험 결과

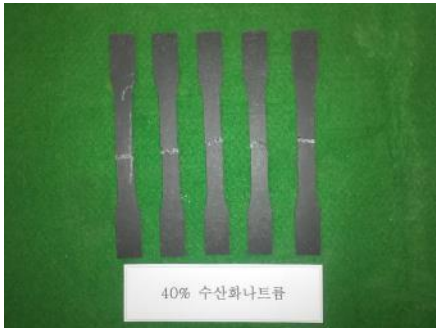
라) 40% 수산화나트륨



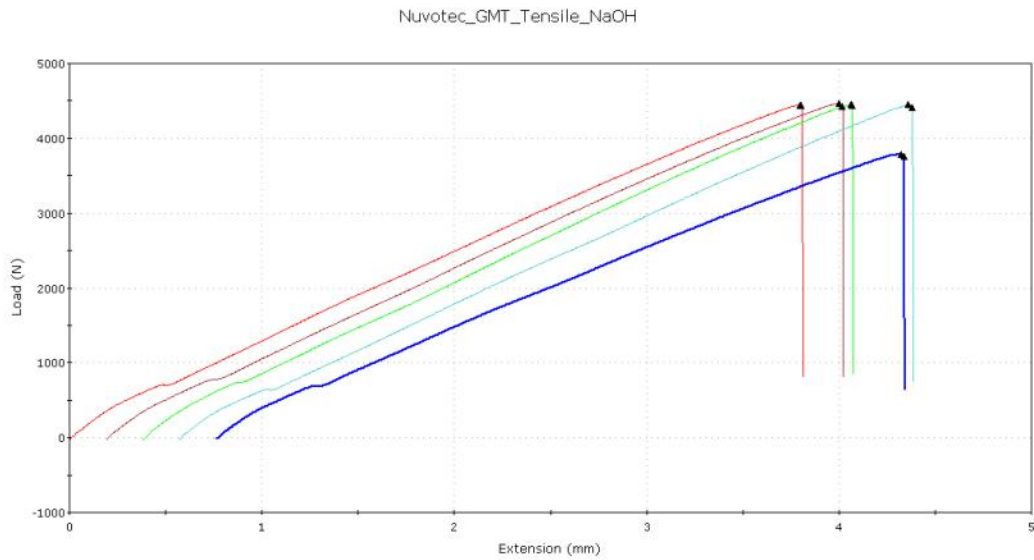
시험 전



시험 중



시험 후



<그림3.1.21> 40%수산화나트륨 인장시험 그래프

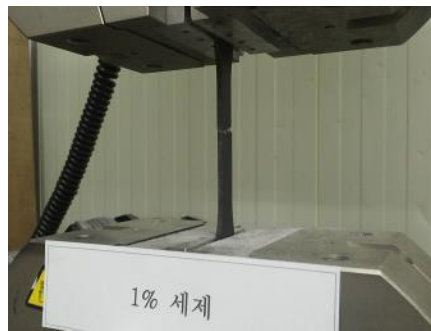
	인장하중 (N)	인장강도 (MPa)
1	4439.493	110.991
2	4464.207	110.306
3	4451.059	110.505
4	4447.417	110.318
5	3785.493	95.143
평균		107.45

<표3.1.10> 40%수산화나트륨 인장시험 결과

마) 1% 세제



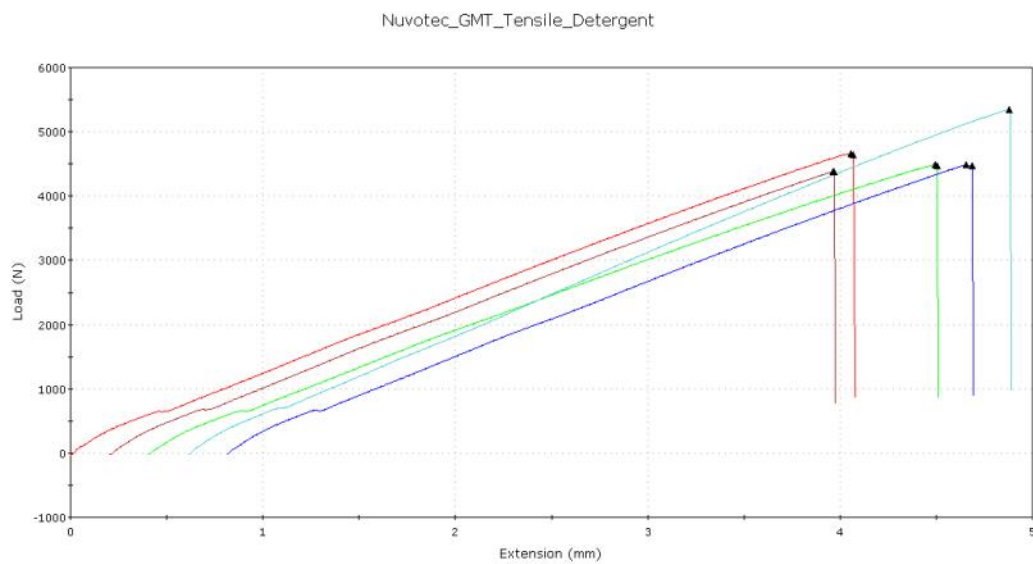
시험전



시험중



시험후



<그림3.1.22> 1%세제 인장시험 그래프

	인장하중 (N)	인장강도 (MPa)
1	4662.737	116.403
2	4379.081	108.634
3	4489.028	114.163
4	5347.933	132.566
5	4482.722	110.678
평균		116.49

<표3.1.11> 1%세제 인장시험 결과

2) 굴곡시험

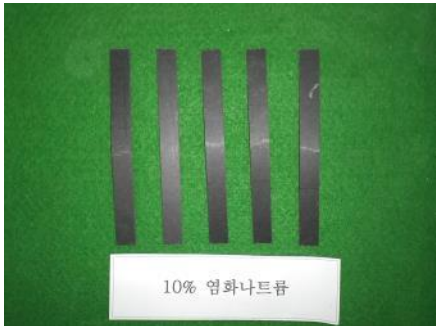
가) 10% 염화나트륨



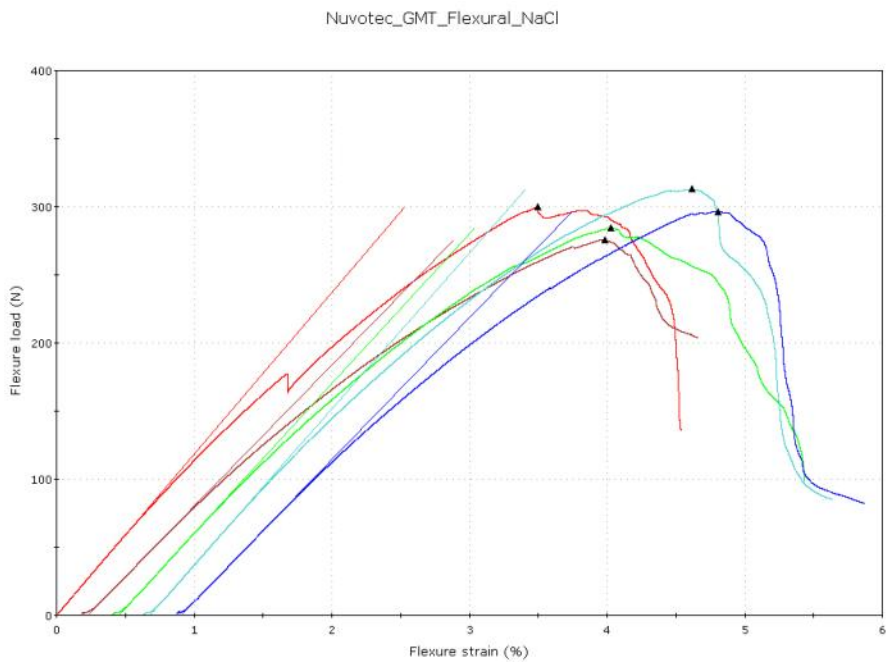
시험전



시험중



시험후



<그림3.1.23> 10%염화나트륨 굴곡시험 그래프

	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(MPa)
1	178.337	7051.003
2	161.328	6055.385
3	166.482	6426.358
4	186.666	6840.199
5	174.210	6126.688
평균	173.40	6,499.93

<표3.1.12> 10%염화나트륨 굴곡시험 결과

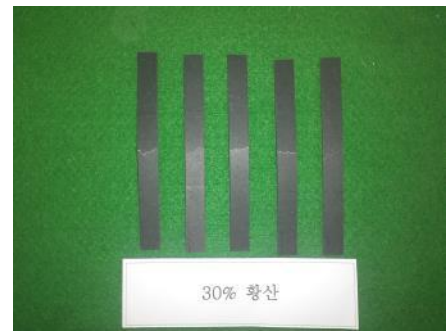
나) 30% 황산



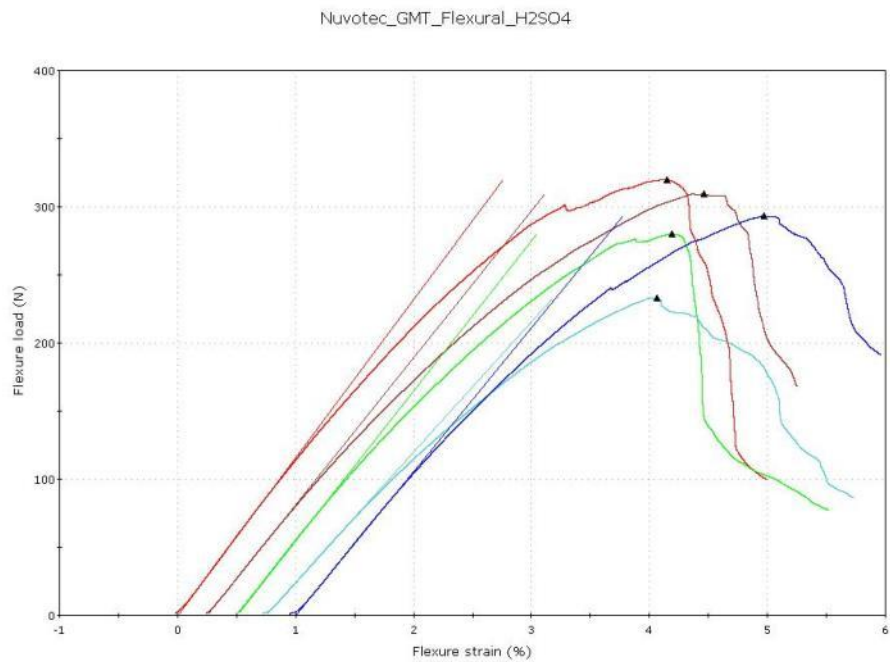
시험전



시험중



시험후



<그림3.1.24> 30% 황산 굴곡시험 그래프

	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(MPa)
1	193.799	7015.952
2	179.779	6273.982
3	167.982	6607.026
4	139.127	5722.705
5	172.252	6208.347
평균	170.59	6,365.60

<표3.1.13> 30% 황산 굴곡시험 결과

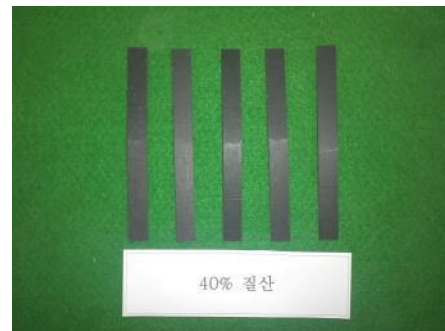
다) 40% 질산



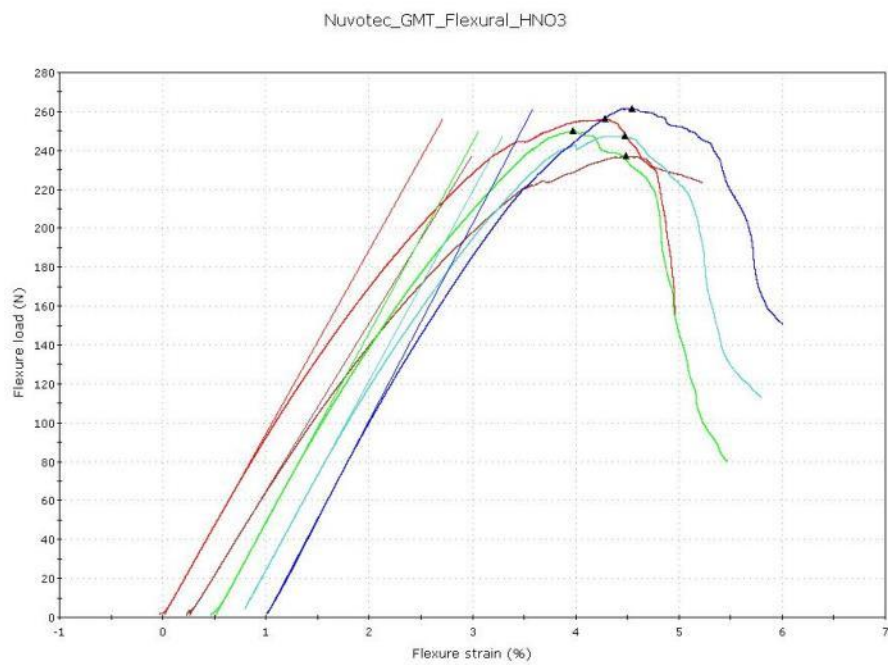
시험전



시험중



시험후

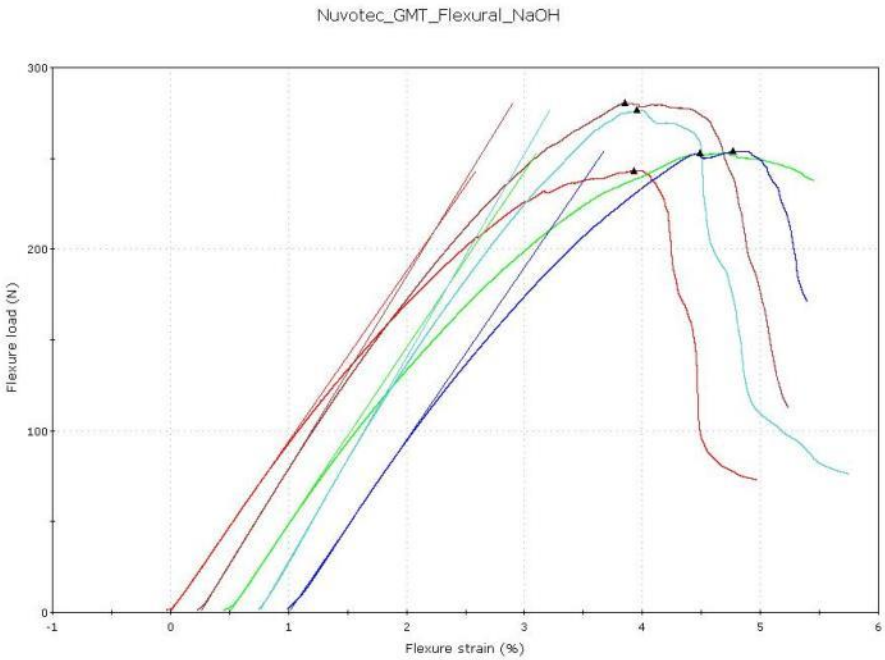


<그림3.1.25> 40%질산 굴곡시험 그래프

	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(MPa)
1	152.223	5613.361
2	144.934	5272.646
3	153.368	5981.688
4	146.205	5751.918
5	155.686	6017.692
평균	150.48	5,727.46

<표3.1.14> 40%질산 굴곡시험 결과

라) 40% 수산화나트륨



<그림3.1.26> 40%수산화나트륨 굴곡시험 그래프

	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(MPa)
1	148.262	5718.559
2	169.056	6378.635
3	151.772	5816.937
4	161.107	6525.967
5	153.390	5740.647
평균	156.72	6,036.15

<표3.1.15> 40%수산화나트륨 굴곡시험 결과

마) 1% 세제



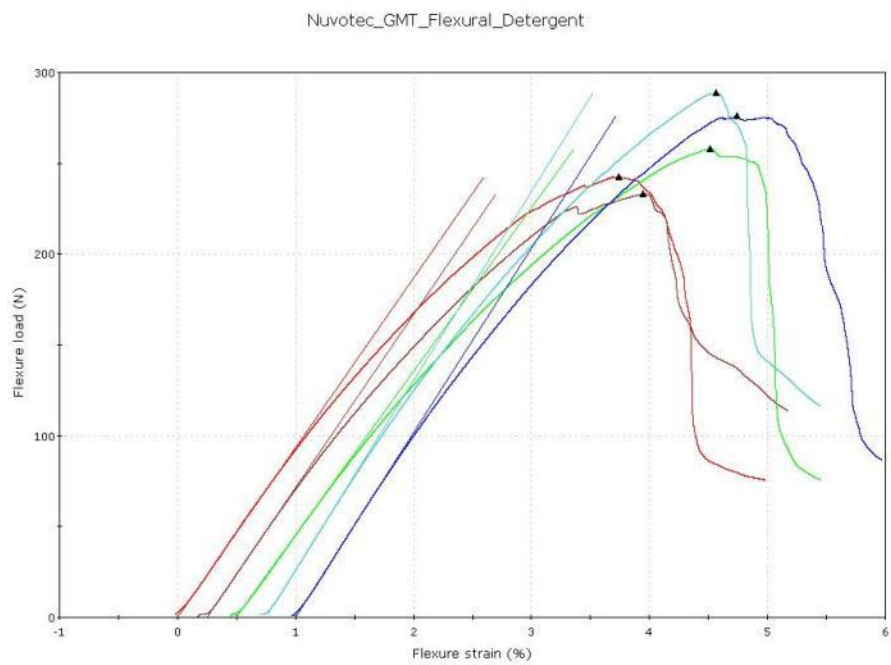
시험전



시험중



시험후



<그림3.1.27> 1%세제 굴곡시험 그래프

	굴곡강도(MPa)	굴곡탄성율(GPa)
1	147.304	5679.976
2	139.945	5713.424
3	156.511	5467.483
4	176.279	6362.335
5	163.633	6028.894
평균	156.73	5,850.42

<표3.1.16> 1%세제 굴곡시험 결과

마. GMT 복합소재 장기강도 성능평가

1) 시험방법 : ASTM D 2990 : 2009

재료의 장기 안정성 평가 및 장기계수 값 산정을 위해 4.1.2의 굴곡시험에 따라 지점간거리를 시험편두께의 16(+4,-2)배로 하여 굴곡시험을 수행하여 변형이 약 1.5%되는 굴곡응력에서의 재하하중을 위의 식(2)를 사용하여 계산하고 모든 하중이 인가된 순간을 t=0 로 잡고 변형 기록을 시작한다. 약 1,000시간까지 변위를 측정하여 KS M ISO 899-2에 따라 아래식을 이용하여 굴곡 크리프 탄성율을 구하고 50년 후의 굴곡 크리프 탄성율의 장기 계수 값 a 를 예측한다.

5개의 시험편을 시험하고 신뢰도가 높은 3개의 값을 선정하여 구했다.

$$E_t = L^3 F / 4bh^3 s_t \text{ ----- (3)}$$

E_t : 굴곡 크리프 탄성률(MPa)

L : 지점간 거리(mm)

F : 시험 하중(N)

b : 시험편 너비(mm)

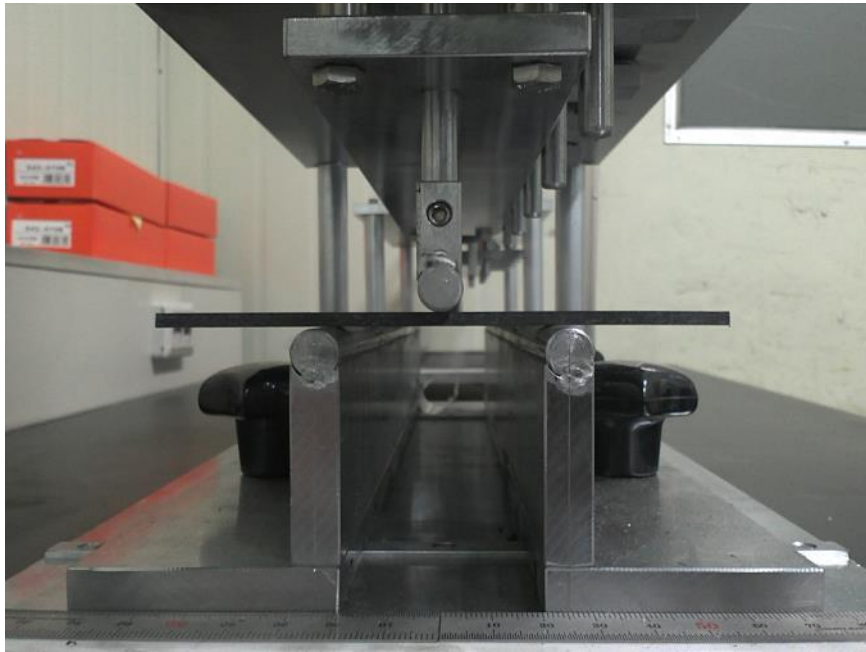
h : 시험편 두께(mm)

s_t : 시간 t에서의 지점간 중앙의 변형(mm)

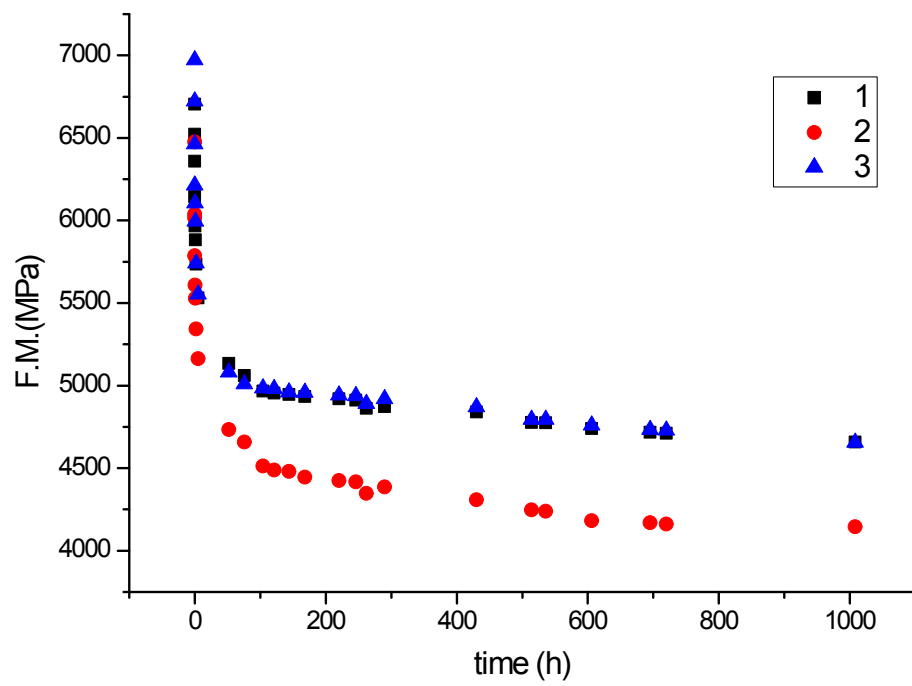
2) 시험조건 : 시험하중:90 kg, 지지간거리:50 mm

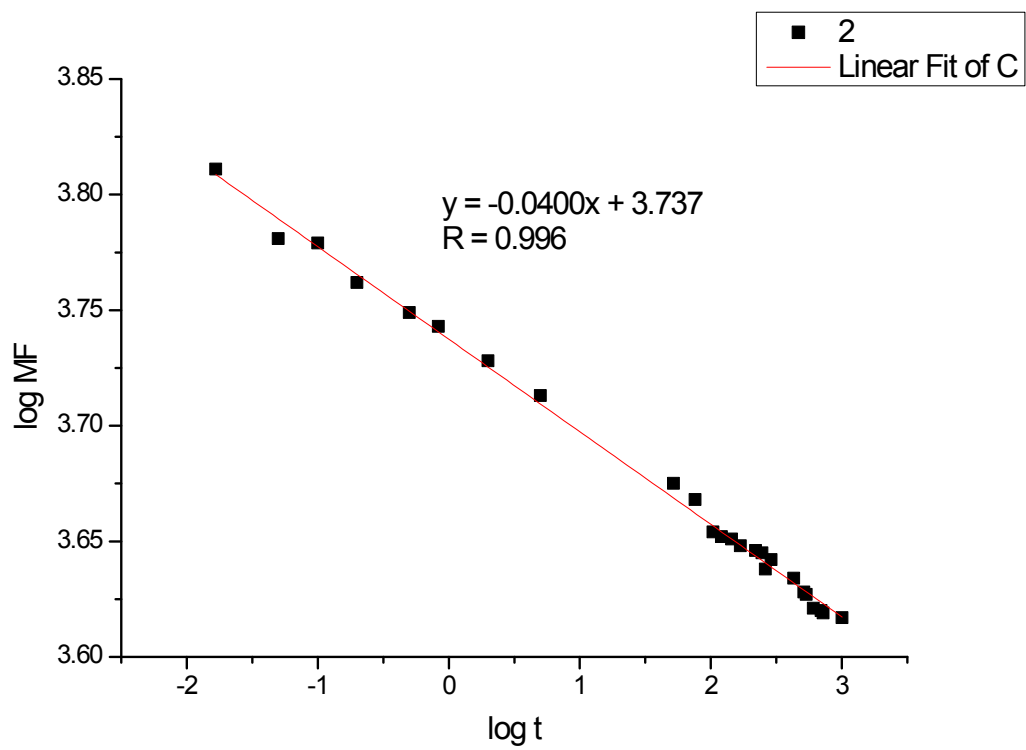
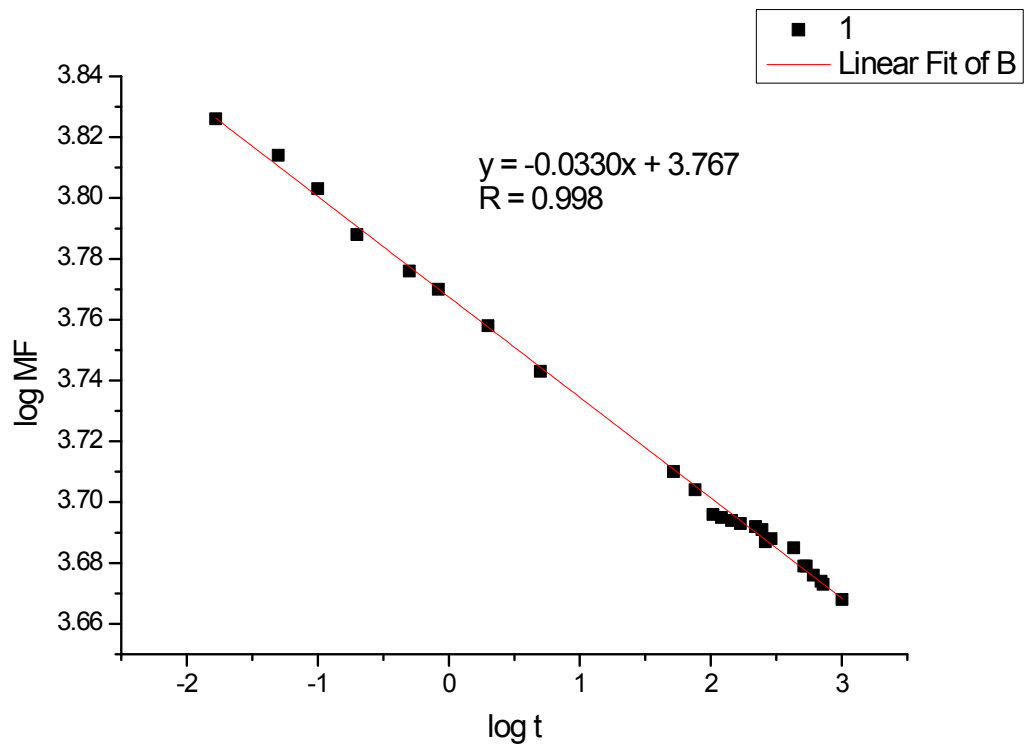


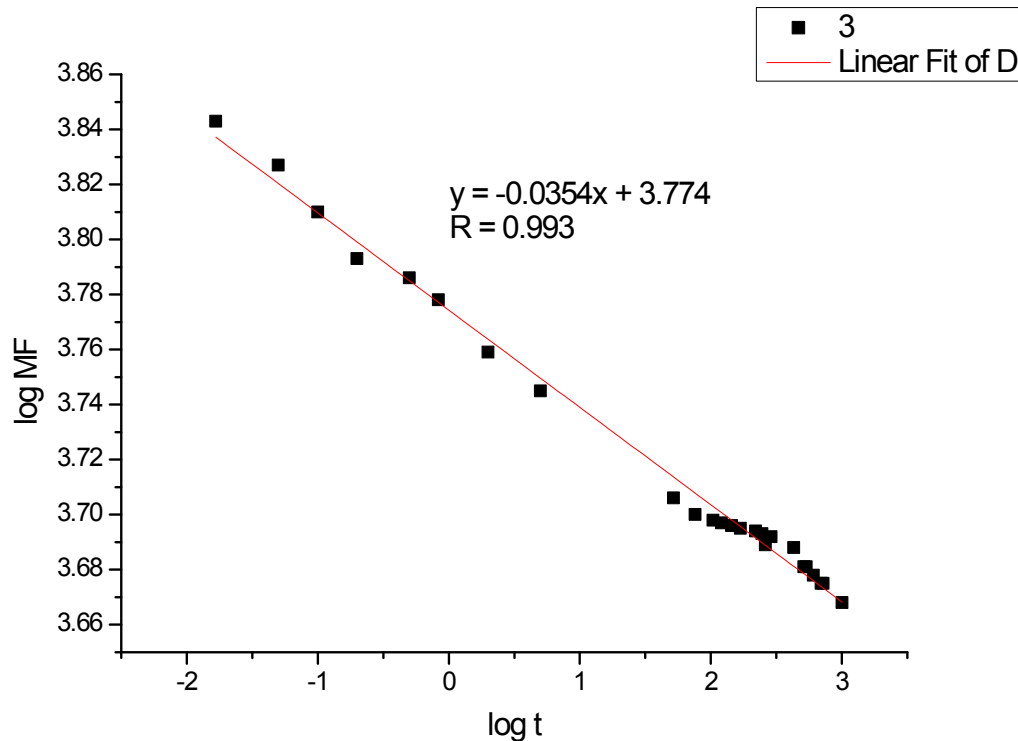
<그림3.1.28> 굴곡크리프 시험장면 1



3) 시험결과







구분	시편1	시편2	시편3	평균
E0	6704.5	6474.3	6972.1	6717.0
E50(95% 하한값)	3766.0	3189.3	3672.4	3542.6
E0/E50(장기계수값)	1.780	2.030	1.898	1.90
장기 계수 평균값은 1.90으로 책정하고 사용함				

E0 : 초기 굴곡크리프탄성율 (MPa)

E50 : 50년 굴곡크리프탄성율 (MPa)

<표3.1.17> 장기시험결과

바. 수리학적 흐름 특성 시험

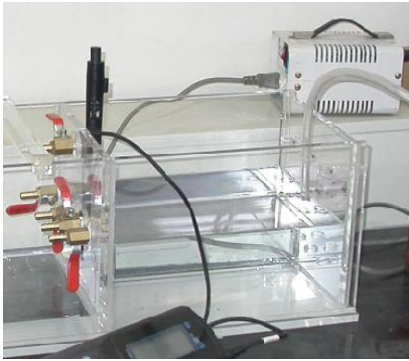
—우수저류조의 수리학적 특성을 알아보기 위해 빈 공간을 가진 모형 침전지와 침전 유도용 경사판을 넣은 모형침전조를 대상으로 pH를 이용한 추적자 실험을 실시하였다.

1) 시험방법 : 실험에 사용할 모형 침전조(R1)의 내부 크기는 W(210 mm)×L(295 mm)×H(200 mm)에 수위를110 mm로 유지하여 용량을 6.8 L로 하고, 침전 유도용 경사판 내부 구조물(100mm×100 mm×120 mm, 4EA)를 포함한 본 개발 제품이 적용된 침전조(이하 R2)는 5.9 L의 용량을 갖는 아크릴 재질로 만든 모형에 유입및 유출구를 만들고 추적자 물질은 1 N NaOH 표준용액을 유입구에 5 mL를 주입하고 5분 간격으로 유출수의 pH를 pH meter (HACH sension 378)로 측정하였다.

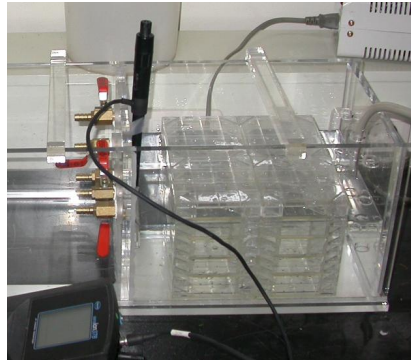
유입 유량은 R1은 6.8 L/h, R2는 5.9 L/h이고 체류시간은 1시간정도에서 실시하였고, 시험결과는 Index법을 사용하여 해석하였다.

Index법
Morill Index = 90%의 tracer 유출시간(t_{90}) / 10%의 tracer 유출시간(t_{10})
Modal Index = tracer peak 농도일 때 유출시간(T_p)/이론적인 수리학적 체류시간(T)
Short-circuiting Index = $\frac{\text{평균 수리학적 체류시간}(t_g) - \text{tracer peak일 때 유출시간}(t_p)}{\text{평균 수리학적 체류시간}(t_g)}$

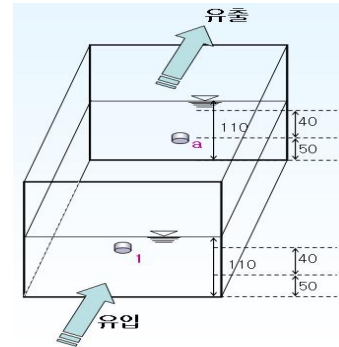
<표3.1.18> Index법



<그림3.1.29> 침전조 R1



<그림3.1.30> 침전조 R2

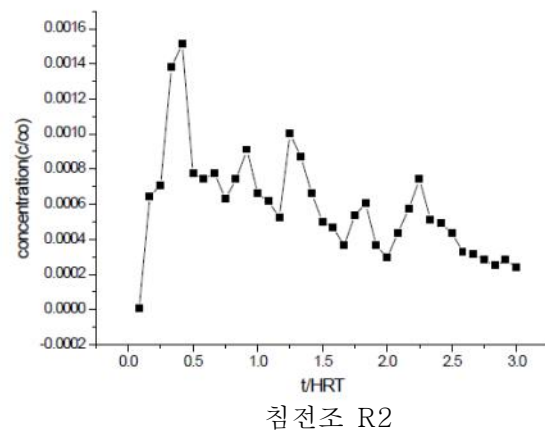
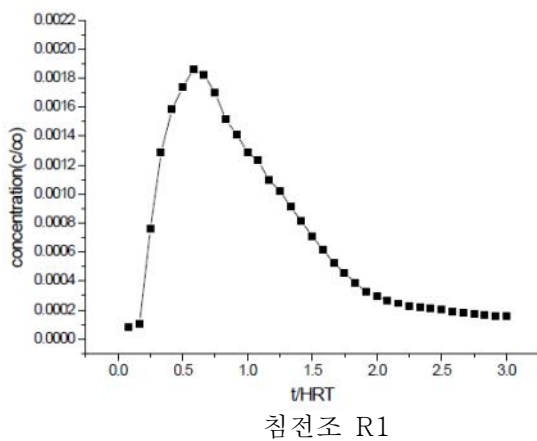


<그림3.1.31> 수리학적 특성시험조건

2) 시험결과

	시험시간(min)	HRT(min)	주입량(g)	회수량(mg)	회수율(%)
침전조 R1	180	60	0.200	0.176	88.1
침전조 R2	180	60	0.200	0.126	62.5

<표3.1.19> 회수량 및 회수율



<그림3.1.32> NaOH농도 대 시간 그래프

침전조	morill index	modal index	short circuiting index
R1	5.714	0.583	0.326
R2	8.055	0.416	0.642

<표3.1.20> index법에 의한 수리학적 특성

사. 압축강도(연직방향 수평방향)

- 1) 시험방법 : 시설물의 매설시 하중에 대한 안정성 확보 가능성 평가
 - 한국화학융합시험연구원에 시험 의뢰
 - 1m³ 용량으로 조립된 채수재를 이용하여 압축시험 수행 후 강도평가
 - 수직방향 : 사하중(연직도압) × 장기사용을 고려한 계수 + 활하중 값 이상
 - 수평방향 : 수평도압 계산값 이상
 - 하중은 시설물이 견딜 수 있는 최대하중 값까지 재하시킴



<그림3.1.33> 압축강도 시험

- 2) 시험결과 :
 - 채수재의 압축강도의 시험결과는 다음표와 같음
 - GMT함량이 많을수록 하중은 높은 것으로 나타남.
 - 매설깊이는 수평하중보다는 연직하중에 의하여 결정됨을 알 수 있음
 - 매설깊이는 4m를 기준으로 설정함

구 분	단위 (kN/m ²)	비 고
압축강도(연직방향)	384.0	
압축강도(수평방향)	289.5	

<표3.1.21> 압축강도 시험 결과

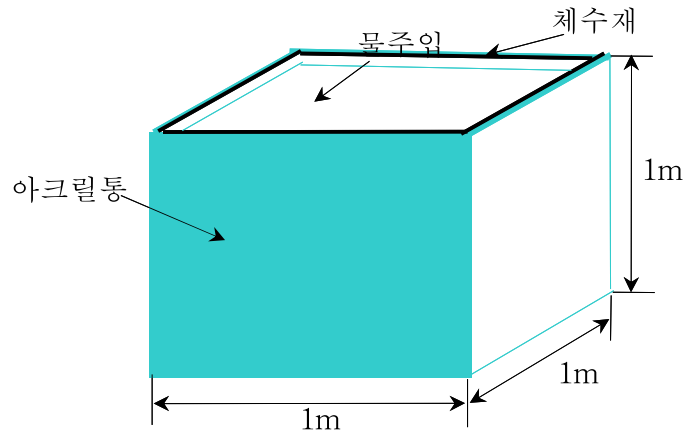
아. 용적율 시험

- 1) 시험방법
 - 실제주수 시험 ⇒ 물 주입을 통한 직접 산정

- 체수제를 입수시킬 수 있는 아크릴 탱크를 만들어 차수제의 체적을 산정한 후 완전 입수 유입된 수량 확인
- 경사판 개수가 최대일 때의 용적률 제시

수

2) 시험결과



<그림3.1.34> 물 주입을 통한 용적율 평가 시험 방법



<그림3.1.35> 용적율 평가 시험 전경

구분	Volume (m ³)	Volume ratio(%)
1	0.93	93
2	0.92	92
3	0.94	94
평균	0.93	93

<표3.1.22> 직접 물주입에 따른 공극률 평가

자. 집사성/제사성 평가

1) 시험방법

- 입경 10~16 mesh 이내의 모래 1kg 경사판에 투입
- 1회 유입 : 물 유입, 저류조 내 0.5마력으로 2분간 물 배수 후 회수된 모래 건조 질량

측정



<그림3.1.36> 제사성 평가 시험 전경

2) 시험결과: 아래표와 같이 제사성 시험에서 96% 이상의 결과가 나옴

시료명	건조 후 무게(g) (시험전 모래량)	건조 후 무게(g) (시험후 회수된 모래량)	집사율 (%)
모래-최초	1000		
모래-엠보싱 있는 경사판 제사성 결과		962	96.2

<표3.1.23> 제사성 평가 결과

3. 시험결과 종합

가. GMT복합소재 물성시험 결과

시험항목	구분	단위	결과	시험방법
인장강도	표준상태	Mpa	112	ASTM D638-10 TYPE I 시험속도: 5 mm/min
	10% 염화나트륨		120	
	30% 황산		119	
	40% 질산		121	
	40% 수산화나트륨		107	
	1% 세제		116	
신장율	표준상태	%	3.8	ASTM D790-10 지지간거리: 50mm 시험속도: 1.3 mm/min
인장탄성율	표준상태	GPa	6.88	
굴곡강도	표준상태	Mpa	161	
	10% 염화나트륨		173	
	30% 황산		171	
	40% 질산		150	
	40% 수산화나트륨		157	
	1% 세제		157	
굴곡탄성율	표준상태	GPa	5.96	
	10% 염화나트륨		6.50	
	30% 황산		6.37	
	40% 질산		5.73	
	40% 수산화나트륨		6.04	
	1% 세제		5.85	
아이쵸드 충격강도	표준상태	KJ/m ²	61.2	ASTM D256-10

■ 재료 물성시험결과 목표치 보다 우수한 성능 결과 값이 나왔음

<표3.1.24> GMT복합소재 물성시험 결과

나. 내약품성 전·후 변화율

구분	변화율(%)		
	인장강도	굴곡강도	굴곡탄성율
10% 염화나트륨	7.1	7.5	9.1
30% 황산	6.2	6.2	6.8
40% 질산	8.0	-6.8	-3.9
40% 수산화나트륨	-4.5	-2.5	1.3
1% 세제	3.6	-2.5	-1.8

■ 침지전후의 인장강도, 굴곡강도, 굴곡탄성율 변화를 백분율로 나타낸 결과 화학약품에 의한 변화량이 적어, 화학약품사용이 많은 공장지역에 사용이 가능한 것으로 나타남

<표3.1.25> 내약품성 전·후 변화율

다. 굴곡크리프시험 결과

구분	E0	E50(95% 하한값)	E0/E50(장기계수 값)
굴곡크리프탄선율	6717.0	3542.6	1.90

■ 재료의 장기 안정성 평가 및 장기계수 값 산정
<표3.1.26> 굴곡크리프시험 결과

라. 수리학적 특성시험 결과

침전조	morill index	modal index	short circuiting index
R1	5.51	0.58	0.33
R2	8.06	0.42	0.64

■ 유입 또는 침전시 R2 저장조의 탁도는 R1 저장조에 비하여 양호하였으며, 실제 실험이 끝난 후 저장조 내부에 있는 침전 유도용 경사판 구조물을 보았을 때 경사판에 입자들이 침전되어 있는 것을 확인할 수 있었음

■ 시험결과로 볼 때 결론은 저장조 내 침전 유도용 경사판 구조물을 설치할 경우 입자의 침전효율을 높일 수 있다고 평가 할 수 있으며 내부구조물이 설치되어 있는 경우 침전효율을 높여 입자제거를 용이하게 할 수 있음을 확인 함.

<표3.1.27> 수리학적 특성시험 결과

마. 압축강도(연직방향, 수평방향)시험 결과

구 분	단위 (kN/cm ²)	비 고
압축강도(연직방향)	384.0	
압축강도(수평방향)	289.5	

■ 압축강도 시험결과 목표치 이상의 값으로 매설시 안정성 확보

바. 평가항목 및 결과치

<표3.1.28> 압축강도(연직방향,수직방향)시험 결과

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체항목 에서 차지하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (일본 세키스이)	국내수준	목표치	결과치	평가방법
			성능수준	성능수준			
1.압축강도 (연직방향)	kN/m ²	20	250	200	300	384	만능재료시험기 압축시험
2.압축강도 (수평방향)	kN/m ²	20	50	41	60	289.5	만능재료시험기 압축시험
3.인장강도	kgf/cm ²	10	700	700	1,050	1,150 (113Mpa)	ASTM D638
4.굴곡탄성율	kgf/cm ²	10	40,000	40,000	60,000	61,122 (5.99Gpa)	ASTM D790
5.용적률	%	20	92	90	93	93%	KS M 3016
6.집사/제사성	%	10	80	75	90	96%	KS F 2302
7.열변형온도	℃	10	76	76	160	195	ASTM D648
8.인장탄성율	kgf/cm ²	20	60,000	60,000	65,000	70,714 (6.93Gpa)	ASTM D638
9.인장신율	kgf/cm ²	20	2	2	2	3.8	ASTM D638
10.굴곡강도	kgf/cm ²	35	1,100	1,100	1,400	1,642 (161Mpa)	ASTM D790
11.Izod 충격강도	kgf/cm ²	25	35	35	60	60	ASTM D256

4. 지정 최대 토피 2M이상 시공

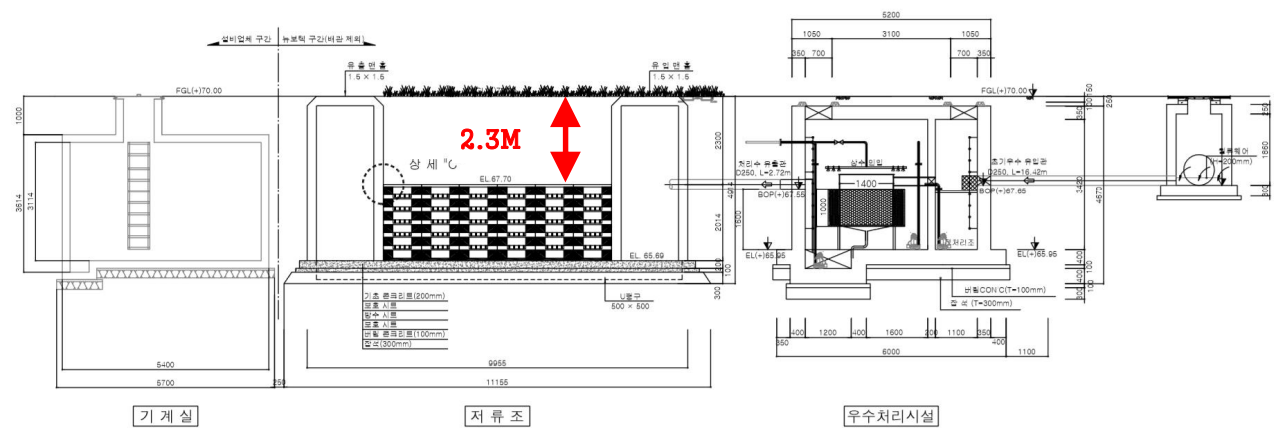
경기도 양평군 양평종합운동장 빗물저류조 설치공사에서 200톤 규모의 설치공사가 진행되었으며, 토피 2.3M로 설계반영하여 공사가 진행되었음.

사 업 명	용 량	발 주 처	지 역	토피 (M)
양평종합운동장 빗물저류조설치	200톤	(주)성광건설	경기도 양평군	2.3



<그림3.1.37> 양평현장 현장시공전경

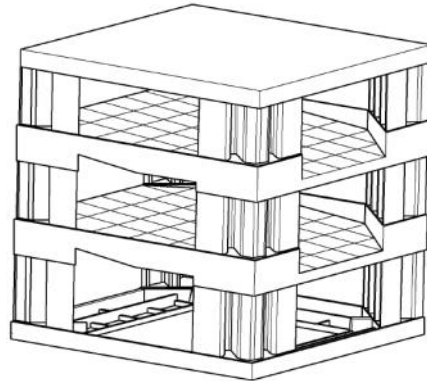
단면도



<그림3.1.38> 양평현장 빗물저장시설 설치 기본 단면도

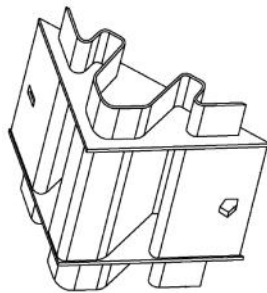
5. 빗물저류조 조립시험

본 개선 제품은 기존제품 대비 용적을 개선과 재질변경에 의한 강성 확보로 제품구조의 안전성과 품질을 향상시킨 제품이다.



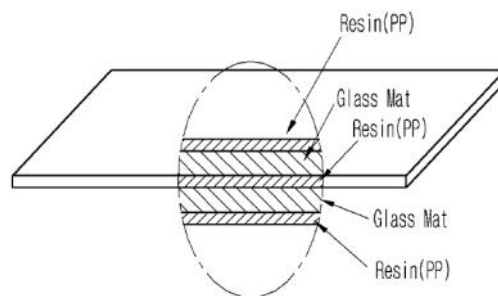
<그림3.1.39> GMT 빗물저류조

상기 제품은 특히 빗물저류조 제품의 기능역할을 하고 있는 각재의 구조와 크기를 변경하여 1세제곱미터당 소요되는 경사판의 수를 3개에서 2개로 줄여 빗물의 저장 용적율을 92%에서 95%로 상승시킬 수 있다.



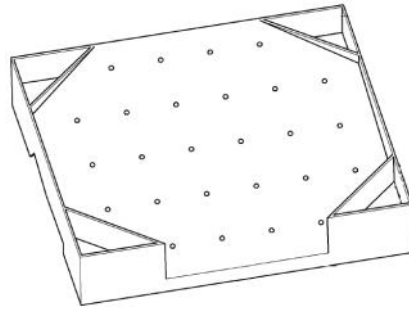
<그림3.1.40> 지지각재의 형상

또한 각재의 재질을 PP에서 GMT로 변경하여 기존제품 대비 탄성강도의 증가로 상부하중에 대한 안정성을 향상시켰다. GMT는 Glass-fiber Mat reinforced Thermoplastic의 약어로서, 하기의 그림과 같이 유리섬유를 부직포 형태로 직조한 2개의 MAT층과 MAT층 상하에 적층되는 3개의 PP층으로 총 5개층으로 구성된 판(Sheet) 형태를 가진다.



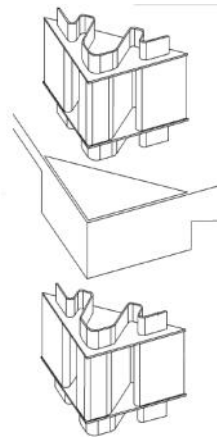
<그림3.1.41> GMT 구성재료

아래 그림의 경사판은 일정 각도로 기울어진 직사각의 이동판이며, 상판으로부터 투과된 빗물이 관통하도록 이동판에 복수개의 관통홀이 형성되어 있다.



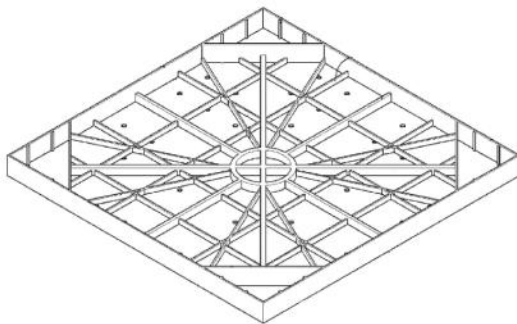
<그림3.1.42> 경사판

또한, 지지각재와 연결되도록 상기 경사판 모서리 측의 테두리를 따라 삼각기둥 형태의 기둥부를 형성하게 된다. 이 기둥부는 그 내부가 상,하부 동일한 깊이를 가지고 있는데, 나뉘어 질수 있도록 중간에 위치하는 칸막이에 의해 상,하부로 각각 삽입부를 형성하는 것을 특징으로 하고 있다.

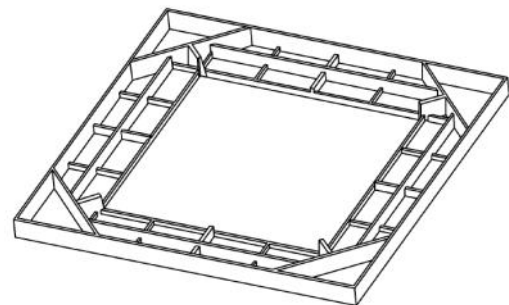


<그림3.1.43> 지지각재 부착

상판은 최상부에 위치하는 직사각의 수평판으로, 빗물을 투과시키도록 평판에 다수개의 투과공이 형성되어 있으며, 하판은 최하부에 위치하여 상판과 동일한 수치를 가지는 직사각의 평판으로 그 중앙이 직사각 형태로 통공되어 있다.

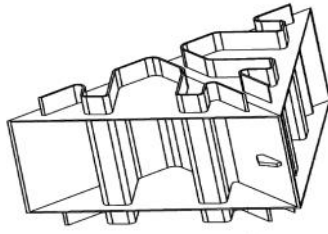


<그림3.1.44> 상판



<그림3.1.45> 하판

지지각재는 웨이브 형태로 끝단의 수직면에 있는 돌기부분에 현재 제작 중에 있는 스테인레스 클립을 장착하여 조립시 접촉되는 지지각재들을 연결 및 고정함으로써 다수의 지지각재를 일체화하는 역할을 수행하며, 이는 상부하중으로 인해 발생하는 구조체의 불균형을 해결하고, 작업자 및 구조적 안정성에 도움을 주게 될 것이다.



<그림3.1.46> 지지각재 연결 및 고정

다음은 기존의 PP 제품과 개선된 GMT제품에 대하여 현장에서 조립시험시공을 실시한 모습이다.



<그림3.1.47> 개선된 GMT 빗물저류조 조립 시험시공

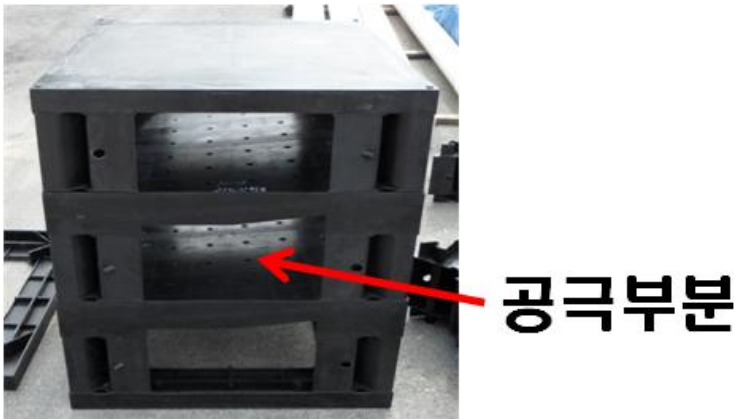
결과 요약

1. 빗물저장시설 내에 우수와 함께 흘러 들어와 퇴적되는 토사와 불순물의 제거가 용이한 기술.

■ 기존의 플라스틱 빗물저장시설은 조 내의 퇴적물 제거가 어려워 유지관리가 매우 어려운 실정이다. 그러나 본 개발 기술인 빗물저장시설은 우수와 함께 흘러 들어온 토사 및 불순물이 경사재를 통하여 U형구에 자동으로 집사가 되고, 집사된 토사는 설치 크기에 따라 흡입 준설이나 인력을 통하여 간편하게 제거할 수 있음.

2. 체수재를 조립한 공극 부분에 우수를 저장하므로 93% 이상의 높은 공극률을 확보하여 공간 절약화를 도모할 수 있는 기술

■ 본 신청기술인 다목적 우수 저류조는 체수재를 조립한 공극 부분에 우수를 저장하는 구조로 되어 있으므로, 저장 효율이 좋고, 작은 공간에서도 우수의 저장이 가능함.



<그림3.1.48> 우수를 저장하는 체수재의 공극 부분

■ 본 개발기술인 빗물저장시설과 콘크리트 저류조의 저류 공극률 비교

구분	본 개발 기술 (93%)	콘크리트 저류조 (현장 타설)	콘크리트 저류조 (프리캐스트)
공극률(%)	93~94%	50~70%	60~70%

<표3.1.29> 우수저류조의 공극률 비교

⇒ 용적률의 경우 평가한 결과 공극률은 약 93%로 나타나서, 기존콘크리트 저류조보다 약 20% 이상의 공간이 절약됨

3. 내구성이 높은 플라스틱(GMT+PP) 재료를 선별하여 사용하므로 장기 신뢰성이 높고, 수평강도를 대폭 향상시켜 깊은 매설도 가능한 기술

■ 내구성이 높은 플라스틱 재료를 선별하여 사용하므로 장기내구성이 높아, 50년간 취성 파괴가 발생하지 않음.

■ 연직하중 및 수평하중에 의한 매설 가능 깊이 시험결과

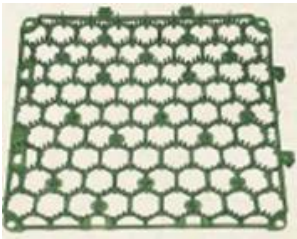
- 연직하중시험은 1M³의 시료를 만드는 과정에서 경사판 및 각재의 grade특성(GMT소재)에 따라 연직하중이 변화하기 때문에 적절한 원료 개발이 필요함
- 연직하중 및 수평하중 시험은 파괴하중을 측정하고 그에 대한 매설깊이를 산출 함.

4. 우수저류조에 저장된 우수를 처리하여 다양한 용도로 재이용이 가능한 기술

■ 우수저류조에 저장된 우수는 저류조 내에서 부유물질인 U-형구에 침전되어 처리되었으므로 청소용수나 정원용수 등 목적에 따라 다양한 용도로 재이용이 가능함.

3.2. 표층의 빗물 유입(잔디매트 등) 최적관리 기술로 초기우수대응 및 표면유출관리 기능 구현

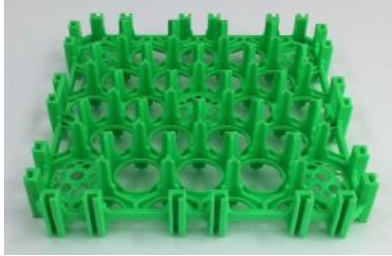
○ 핵심성과 1

세부연구성과	연구내용 요약	
■ 국내외 사례분석	- 변화된 국내외 환경요인을 고려하여 변화된 사례분석 - 국내외 관련 업체의 현황 및 잠재력 분석	  

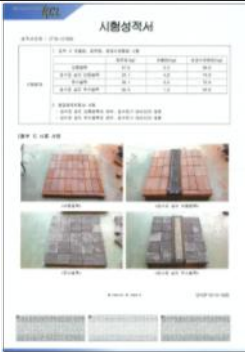
○ 핵심성과 2

세부연구성과	연구내용 요약	
■ Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 시험	- Test Bed 설치 및 시제품 성능 시험 - 현장 적용을 통한 제품의 성능 분석	 

○ 핵심성과 3

세부연구성과	연구내용 요약	
■ 성능보완 및 기술 개발	- 시제품 제작 - 디자인 및 성능 개선을 위한 분석	 
	- 성능 보완 및 융복합 장치 설치를 위한 성능 보완 - 성능인증 획득	

○ 핵심성과 4

세부연구성과	연구내용 요약	
■ 현장 적용을 위한 시험	- 제품의 투수능력 점검을 위한 실증 실험 - 해외 수출을 고려하여 해외 현지 기후여건을 고려한 지역 맞춤형 성능평가	

연구 수행 내용

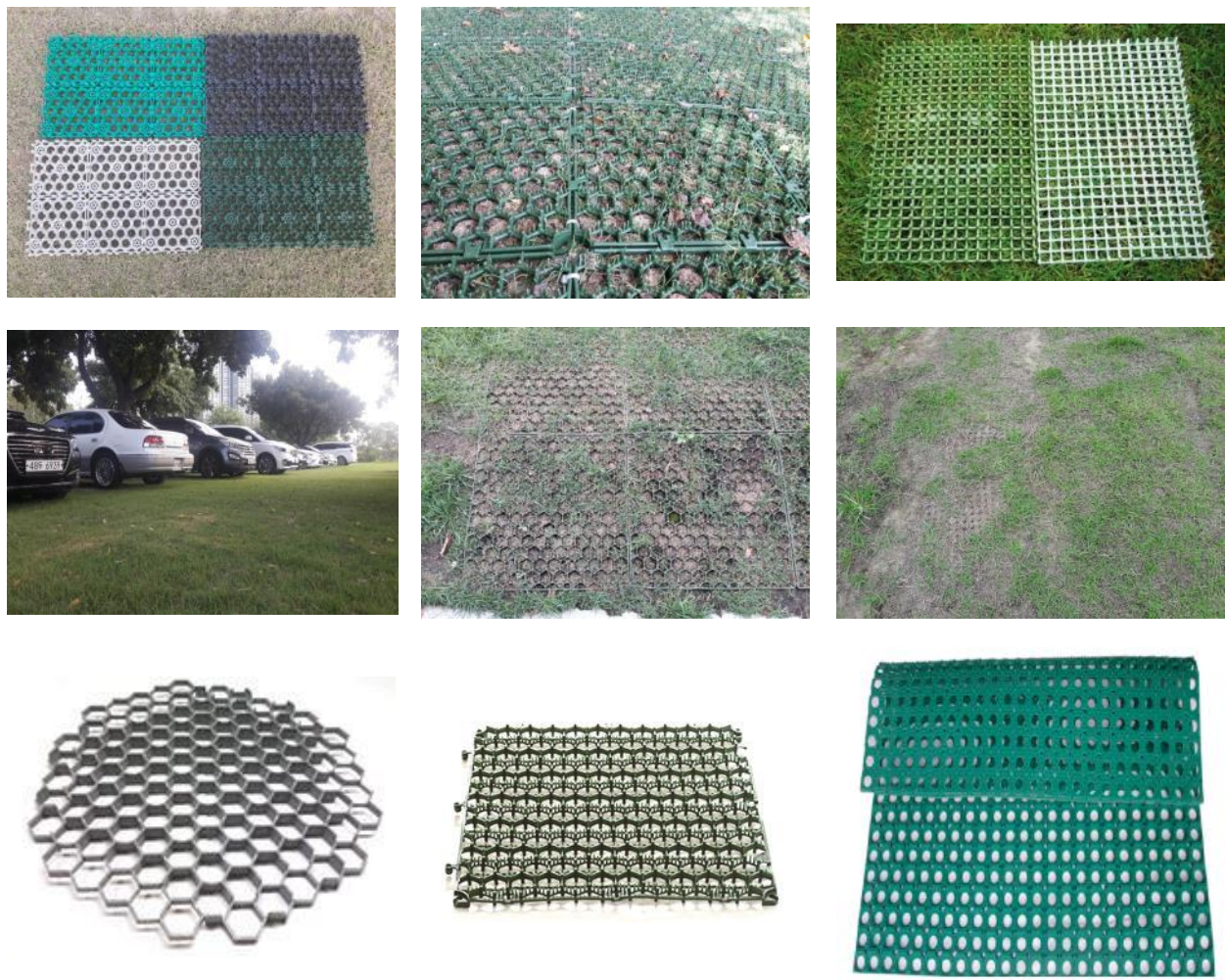
1. 국내외 분석 및 사례 연구

가) 국내외 현황 조사

국내	국외
- 국내는 잔디를 압착시키는 방법과 매트를 잔디위에 설치하는 제품으로 양분 - 잔디 위에 매트를 덮는 방식은 잔디보호 역할 미흡	- 해외 시장을 조사한 바에 의하면 잔디보호블록은 국내와 유사 제품이 설치중

<표3.2.1> 국내외 동종업계 기술 현황 및 수준

- 국내



<그림3.2.1> 국내 동종업계 기술

－ 국외(독일, 네덜란드)

독일



네덜란드



<그림3.2.2> 국외 동종업체 기술

- 국내에는 잔디위에 매트를 씌우는 제품과 잔디를 매트에 압착시키는 유형의 두가지 유형의 제품이 있었다.
- 사례 조사 결과 국내 대다수 제품들은 손쉬운 설치를 위해 잔디위에 매트를 씌우게 되어 있다. 설치의 편의성으로 인해 잔디가 답압되어 고사되고 있는 실정이다.
- 도심지의 공원 뿐 아니라 골프장 등 잔디가 필수인 장소에서 잔디보호 목적으로 잔디매트를 설치하는데 실상은 잔디를 더욱더 고사시키고 있었다. 많은 사람들의 보행에 의해 답압이 되어 잔디의 생장점이 고사되었다는 것이다.
- 잔디를 보호하는 것에 국한되지 않고 잔디를 활용할 수 있는 공간을 제공함으로써 국민의 복지를 증진할 필요가 있다.
- 최근 들어 잔디의 중요성에 대한 인식이 확산되어 잔디의 활용 용도가 다양해졌다. 이를 기회 삼아 개발 제품의 활용처가 다양해질 것이다.

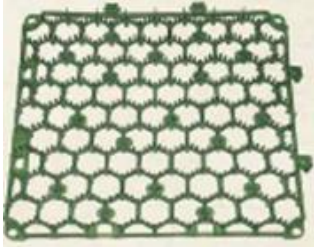
나) 국내 대상 업체의 현황 및 잠재력 분석

- 기존의 업체들은 대다수가 잔디위에 매트를 설치하는 매트 형식으로 되어있다. 잔디 식재 과정이 없어 시공절차가 간소하지만 잔디 보호의 역할은 미비하다. 도심지 공원에 설치되어 있는 것을 관찰한 결과 미관을 해치는 경우가 있어, 잔디의 재식재가 필요한 상황이었다.
- 잔디보호블록(잔디매트)의 가장 중요한 역할은 잔디가 고사되지 않도록 보호하는 것이다. 또한, 잔디의 생육을 원활히 할 수 있도록 답압이 되는 것을 방지하는 것이다. 잔디의 답압을 방지하는 기능을 가진 제품들은 대다수 존재하나, 잔디의 생육을 원활히 할 수 있는 제품은 사실상 기술 개발

제품 밖에 없다.

- 잔디의 생육을 원활히 할 수 있는 것은 잔디의 생장점이 답압에 의해 밟히지 않고 충분한 수분을 공급받아야 포복경이 원활하게 진행된다. 개발 제품은 상부 돌기에 의해 답압을 방지하며, 하부 돌기에 의해 토양에서 이동이 없도록 잡아주는 역할을 통해 잔디의 생육을 원활하게 할 수 있다.

<표3.2.2> 국내 제품 비교

구분	어스그린코리아(주)	키그린	(주)디딤잔디
적용기술 인증	① 특허 제10-1556605호 - 천연 잔디의 식재판과 이를 이용한 잔디밭 시공방법 ② 성능인증 (경기-20180122-3-01) - 답압저항구조 기능이 적용된 잔디 보호 블록	① 특허 제10-10-0962271호 - 잔디 보호 매트 및 그 시공 방법 ② K마크 - PM 12010-128-잔디보호 매트	① 특허 제10-1013165호 - 시공이 용이한 블록형 잔디 및 이를 이용한 잔디밭 조성방법 ② K마크 - PM 12011-076-잔디 보호매트
제품특징 및 기능	① 답압에 저항하여 잔디 생장점의 원활한 보호 ② 잔디보호블록의 유동을 방지하여 원활한 잔디 생장 가능 ③ 하부 돌기구조로 토양 지내력 향상을 통한 토양 붕괴 유실 방지 ④ 손쉬운 연결구조로 특별한 장비없이 설치 가능	① 천연잔디 상부에 거치하는 형식 ② 유연성 우수 ③ 요철구간 적용 가능	① 천연잔디와 잔디보호매트 일체형 제작 ② 시공 후 잔디보호매트 노출 없음 ③ 전용 프레스에 보호매트와 천연잔디를 일정, 적정한 단차를 주어 결합
주요구성	잔디보호블록, 천연잔디	잔디보호매트	생장점 보호매트, 천연잔디
용도	조경, 녹지화, 산책로 등의 원활한 잔디 적용을 위해 설치	조경, 녹지화를 위해 이용	조경, 녹지화를 위해 이용
이미지			

2. Test Bed 설치를 통한 제품의 성능 시험

가. 잔디보호블록

○ 잔디보호블록

- 시범 시공일자 : 2017. 7. 6
- 시범 시공장소 : 토지주택연구원(LHI)

- 대상지의 일부만 들어가는 것으로 변경되어 저류지에서 보행자의 통행이 빈번한 곳에 제품을 설치하여 답압 방지에 대한 효과를 보고자 하였다.
- 보행자에 의한 답압에도 불구하고 제품 설치 60일 경과 후에도 잔디의 생육상태가 원활한 것을 확인하였다.

구분	설치 내용	
시공 전	- 대상지 현장 확인	
시공 중 (기반다짐)	- 토양 붕괴 방지 및 잔디의 원활한 활착을 위해 기반 다짐 작업 실시	
시공 중 (설치)	- 잔디보호블록을 설치 대상지 위치에 맞춰 설치	
시공 중 (정리)	- 설치 완료 후 관수, 비료 살포 및 이물질 제거	
시공 후	- 현장 정리	
모니터링	- 시공 후(60일 경과) 관찰 결과 이상없음	

○ 잔디보호블록

－ 시범 시공일자 : 2017. 7. 14

－ 시범 시공장소 : 충북 증평군 보강천

- 보강천은 서울의 한강과 같은 곳으로 평일에는 주민들의 운동공간으로 주말에는 인근 지역 주민들이 산책과 휴식을 즐기기 위해 찾는 곳으로 많이 이용객들이 방문하는 곳이다.
- 개발 제품을 통해 이용객들에 의해 답압 방지에 대한 효과를 보고자 하였다.
- 보행자에 의한 답압에도 불구하고 제품 설치 40일 경과 후에도 잔디의 생육상태가 원활한 것을 확인하였다.

구분	설치 내용	
시공 중 (기반다짐)	－ 토양의 쇄굴현상 방지 및 잔디의 원활한 활착을 위해 기반 다짐 작업 실시	
시공 중 (설치)	－ 잔디보호블록을 설치 대상지 위치에 맞춰 설치	
시공 중 (정리)	－ 설치 완료 후 관수, 비료 살포 및 이물질 제거	
시공 후	－ 현장 정리	
모니터링	－ 시공 후(40일 경과) 관찰 결과 이상없음	

나. 집수로 8.31 LHI 시공

－ 시범 시공일자 : 2017. 8. 31

－ 시범 시공장소 : 토지주택연구원(LHI)

- 우리나라 토지개발 및 주택과 관련된 연구하는 공기업으로 협의 업무를 위해 많은 관계자들이 빈번하게 방문하는 곳이다.
- 보행자의 이동이 잦은 건물 출입구 정면에 제품을 설치하여 빗물의 투수능력 및 시각적 개선 효과를 보고자 하였다.
- 제품 설치 1년이 경과되었음에도 불구하고 보행자 및 차량 통행에도 제품의 파손은 없었으며, 비가 내릴 시 빗물침투 기능을 유지하고 있었으며, 시각적으로도 눈에 띄어 안전사고를 예방할 수 있는 우수한 효과를 보았습니다.

구분	설치 내용	
시공 전	－ 대상지 현장 확인	
시공 중 (기반다짐)	－ 빗물 저류기능을 위해 유공관을 매설하고 토양 붕괴 방지 및 제품의 파손 방지를 위해 기반 다짐 작업 실시	
시공 중 (설치)	－ 집수로 틀 및 보호판 설치	
시공 중 (정리)	－ 이음새 연결부 확인 및 이물질 제거	
시공 후	－ 현장 정리	
모니터링	－ 시공 후(1년 경과) 관찰 결과 이상없음	

3. 성능보완 및 기술 개발

3-1. 시제품 제작

가. 잔디보호블록

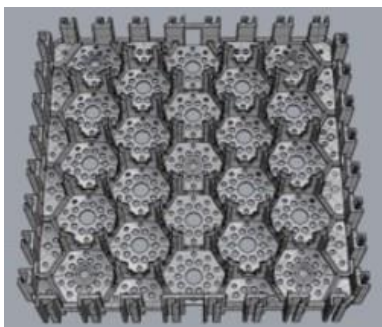
- 기존의 잔디보호매트는 잔디위에 잔디보호 명목으로 매트를 설치한 형태이다. 보행자에 의해 답압이 되어 잔디의 생장점이 고사되어 잔디가 고사되고 있는 실정이다.
- 이에 개발 제품은 잔디의 답압 방지와 생장점 보호라는 두가지 목적에 의해 개발을 하고자 한다. 목적 달성을 위해 잔디보호를 위해 필요한 기능을 추가하여 개발하고자 한다.



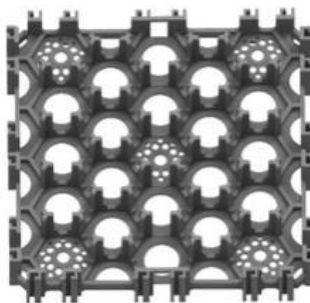
<그림3.2.3> 잔디보호매트

○ 잔디보호블록

- 3D 프린트를 활용하여 제품의 형태를 확인하고자 한다. 이상유무를 검토하고 제품과 연결이 원활한지 또는 당초 기획했던 성능이 유지될 수 있는 확인하고자 한다.



개선 전



개선 후

3D 모델링



3D 프린트 결과물

<그림3.2.4> 모델링 개선 전.후

○ 개선 모델링(1차)

- 특히 출원서 상의 이미지를 기반으로 응용하여 형태를 답압 방지에 효과적인 구조로 설계를 변경하였으며 3D 설계 후 구조적인 부분의 수정 과정을 통해 프린트를 활용하여 출력하였다.
 - 상부의 보호 돌기가 낮다고 판단되어 2mm 정도 높여 재설계 실시
 - 금형 제작 및 생산을 고려하여 구매 적용 등 수정 필요
 - 잔디의 뿌리 활착이 원활하도록 보완 예정
 - 조립형상 이빨 부분의 수량이 많아 수축 등의 변형시 조립 문제 우려



<그림3.2.5> 1차 개선 시제품

○ 개선 모델링(2차)

- 빗물을 저장할 수 있는 홈을 적용하였고, 동시에 투수율을 높이고 뿌리가 내릴 공간을 충분히 만들어 줌으로써 하부의 토양이 닿는 면적이 증가하였으며, 잔디 활착과 잔디 활착에 의한 수분 증발 현상이 줄어들 것으로 판단되었다.
- 결합부의 개수를 시공성과 결합력을 고려하여 수량을 조절하였다.
 - 곡면 시공(휘어지는)기능이 적용 되어 있지만 개선의 여지가 있음
 - 빗물을 머금은 홈의 기능을 더욱 증대 시켜야 함
 - 금형 제작 후 시제품을 통해 점검 필요

○ 개선 모델링(3차)

- 하부의 토양이 닿는 면적이 증가하여 잔디 활착과 잔디 활착에 의한 수분 증발 현상이 줄어들 것으로 판단되었다.
 - 금형 제작 후 시제품을 통해 점검 필요



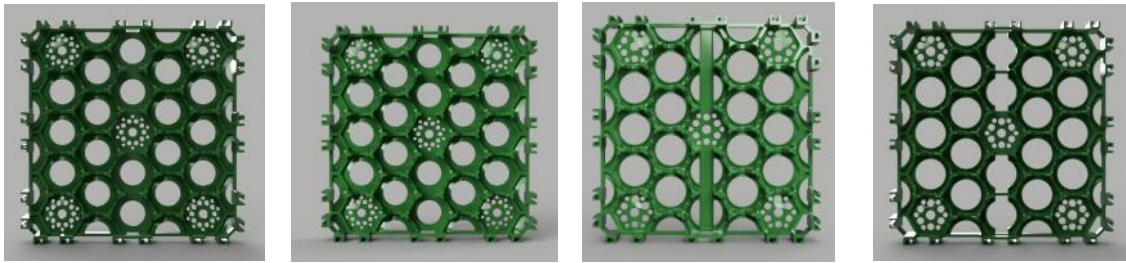
<그림3.2.6> 3차 개선 모델링 제품

○ 형태 변경

- 시제품 생산이전 다양한 형태의 잔디보호블록을 3D 설계하여 활용성 여부에 대한 내부검토를 하

였다.

- 기존 계획했던 잔디보호블록 형태로 금형 제작 및 시제품 제작으로 설정



<그림3.2.7> 3차 개선 모델링 제품

○ 시제품(1차)

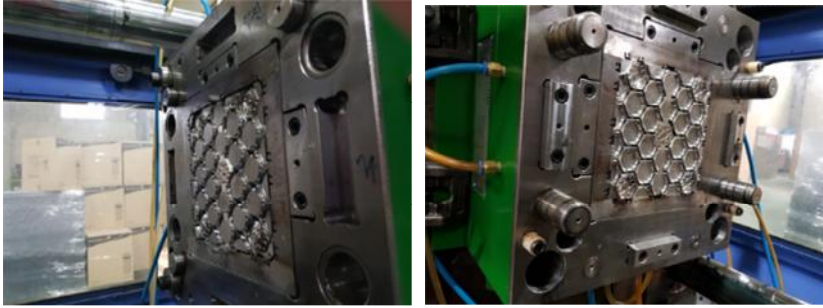
- 제품 설계 완료에 따른 식생블록 금형 제작 후 시제품을 생산하였다.
- 제품 간 결합 시 미끈한 면에 의하여 결합시 헐거운 느낌이 들어 일부 수정이 필요하다고 판단



<그림3.2.8> 1차 시제품

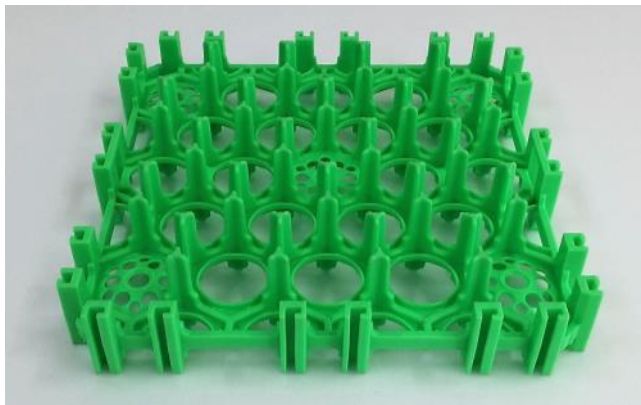
○ 식생블록 금형보완 사항

- 금형제작 후 현장에서의 의견을 반영하여 결합력 증진과 토양 내부에서의 미끄럼 방지를 위해 금형 부식 작업을 통해 제품 완성

구분	사진
식생블록 금형	
	식생블록 금형 검수 결과 이상없음 확인
금형 수정 (금형 부식)	
	시제품 사출 후 제품의 결합력 증진과 토양 내부에서 미끄럼 방지를 위해 금형 부식 도입 : 금형 내부를 긁어 제품에 까칠한 표면 도입

○ 시제품(최종)

- 제품 간 결합시 미끈한 면에 의해 헐거운 느낌이었으나, 금형 안쪽에 부식 작업을 통해 결합부위의 면을 거칠게 구성하여 결합 시 미끄러지는 현상이 없도록 구성을 완료하였다.



<그림3.2.9> 최종 시제품

나. 식생블록 타사제품과 비교 시험

○ 시험 결과

① 답압저항성(침투깊이)



<그림3.2.10> 150Kg 고정하중 적재



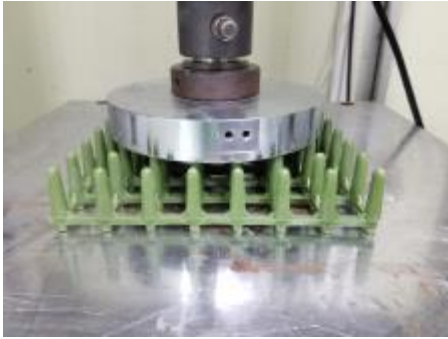
<그림3.2.11> 내피로 거동 반복(3,600회)

<표3.2.3> 잔디보호블록 시험결과

구분		시험 전 침투깊이(mm)	시험 후 침투깊이(mm)	침투깊이(mm)
기존제품	잔골재 + 보호판 + 잔디	100	90	10
	내피로 시험 후	102	91	11
개발제품	잔골재 + 보호블록 + 잔디	105	98	7
	내피로 시험 후	102	93	9

- 시험결과 기존대비 침투깊이는 약 18~33% 저감되어 발생 하중에 대해 흡수 및 분산이 효과적으로 이루어졌음을 알 수 있었다.
- 잔디보호블록의 지반침투 시 잔디 손상, 생육공간 감소, 토양 고결화로 인한 잔디 생장 저해 등의 문제점이 발생할 수 있는 바 답압에 대한 저항성을 통해 제품의 우수성을 확인할 수 있었다.

② 최대 압축하중



<그림3.2.12> 기존제품 압축하중 시험

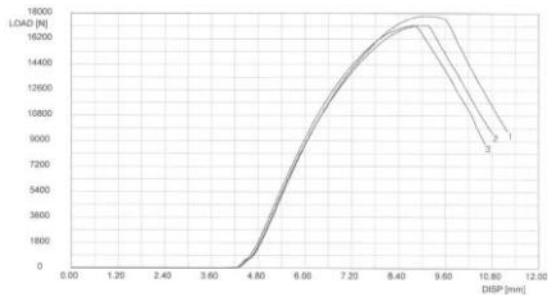


<그림3.2.13> 당사제품 압축하중 시험

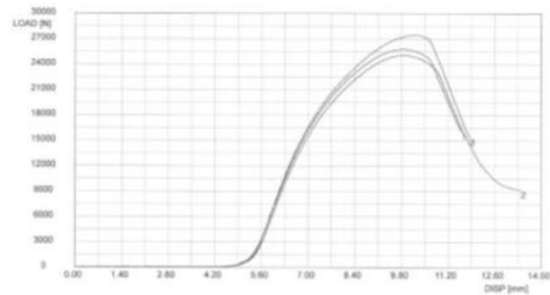
<표3.2.4> 잔디보호블록 시험결과

구분		최대하중(N)	평균 최대 하중(N)
기존제품	1	17,760	17,330
	2	17,130	
	3	17,100	
개발제품	1	25,700	26,018
	2	24,995	
	3	27,360	

잔디보호블록 압축하중 그래프



<그림3.2.14> 기존제품 압축하중 그래프



<그림3.2.15> 개발제품 압축하중 그래프

- 기존 제품과 비교하여 최대 하중이 평균 약 9,000N 차이가 있는 것을 확인하였다.
- 원료의 차이가 있겠지만 개발제품은 HDPE로 내구성이 강한 소재로 최대 압축하중 수치가 높게 나왔다. 이 결과는 답압에 효과적인 것임을 알 수 있으며, 사람 뿐 아니라 자동차 통행에도 큰 문제가 없다는 것을 확인하였다.

③ 잔디생육평가



<그림3.2.16> 잔디생육평가 시료



<그림3.2.17> 잔디보호블록(판) 처짐 정도

<표3.2.5> 잔디보호블록 시험결과

시험항목	구분	단위	측정결과			비 고
			기준A	기준B	신청제품	
잔디생육평가	처짐 (노상 1개월)	mm	8	6	5	-
	처짐 (노상 2개월)	mm	-	7	5	
	처짐 (노상 3개월)	mm	-	8	6	

- 실제 잔디생육 평가에서 신청제품의 처짐 발생이 가장 적어(기준 대비 약16~37%저감) 원활한 잔디생장이 가능한 것으로 검증되었다.

④ 빗물저장성



<그림3.2.18> 빗물저장성 시험 현황

<표3.2.6> 잔디보호블록 시험결과

구분	시험 전 무게(g)	시험 후 무게(g)	저장 가능한 물의 양(g)
기준제품	149.0	155.4	6.4
개발제품	174.0	203.2	29.2

- 기존 제품과 비교하여 저장 가능한 물의 양은 약 5배 가량 차이가 나는 것을 확인하였다..
- 1㎡로 환산 시 개발제품은 ㎡당 0.73리터의 물 저장이 가능하여 극심한 가뭄시에도 일정량의 수분을 보유하고 있어 잔디생육이 원활할 수 있음을 확인하였다.

⑤ 품질 성능 신뢰성

- 개발 제품은 성능의 우수성을 확인하기 위하여 여러 가지 실험을 하였다.
- 실험 결과 타사 제품과 직접 비교가 어려운 부분도 있었지만 우수제품으로써의 기능을 위해 전문공인시험기관과 협의를 거쳐 시험항목 구성 및 시험을 하였다.
- 유사한 타사 제품은 있으나 개발 제품은 제품의 원리 및 재료가 다르기 때문에 기존 기준을 100% 적용할 수 없었다.
- 제품의 기본적인 성능시험을 전부 시행하였으며, 시험값은 전체 성능기준 이상을 달성하였다.
- 특이사항으로 최근 환경부분에 민감한 것으로 고려하여 유해성 부분 검사 결과 불검출 된 것을 확인하였다.

<표3.2.7> 품질 성능 신뢰성

구 분	시험항목 (단위)	시험값	성능기준	시험성적서
완제품 성능	인장강도 (N/mm ²)	20.8	18 이상	TAA-021704
	신장률 (%)	11	8 이상	
	답압저항성 (mm)	7	8 이내	
	피로시험 후 답압저항성 (mm)	9	10 이내	TBA-000380
	처짐 성능 (mm)	5	6 이내	
	최대 압축하중 (N)	26018	24000 이상	
	단위면적당 부게 (g)	0.19	0.15 이상	
	최대인장하중(표준) (N)	941	850 이상	TBK-2018-004 657
	최대인장하중(고온) (N)	878	800 이상	
	최대인장하중(저온) (N)	948	850 이상	
환경성 및 내구성	액체저항성 (내산성)	이상없음	이상없을 것	TAA-021704
	액체저항성 (내알칼리성)	이상없음	이상없을 것	
	액체저항성 (내염수성)	이상없음	이상없을 것	
	촉진내후성 후 변색	이상없음	이상없을 것	
	촉진내후성 후 인장강도 (N/mm ²)	18.3	16 이상	
	촉진내후성 후 신장률 (%)	12	8 이상	
	내열시험 후 치수변화율 (%)	-0.07	±2 이내	
	내습시험 후 치수변화율 (%)	-0.02	±2 이내	
완제품 성분	Pb (mg/L)	불검출	3 미만	TAA-021705
	Cd (mg/L)	불검출	0.3 미만	
	Hg (mg/L)	불검출	0.005 미만	
	As (mg/L)	불검출	1.5 미만	
	Cu (mg/L)	0.007	3 미만	
	Cr ⁶⁺ (mg/L)	불검출	1.5 미만	
	주재질	PE	PE	
	Total-PBBs (mg/kg)	불검출	불검출	TAK-2018-090 161
	Mono-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Di-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Tri-BB (mg/kg)	불검출	불검출	

	Tetra-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	penta-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Hexa-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Hepta-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Octa-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Nona-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Deca-BB (mg/kg)	불검출	불검출	
	Total-PBDEs (mg/kg)	불검출	불검출	
	Mono-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Di-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Tri-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Tetra-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Penta-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Hexa-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Hepta-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Octa-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Nona-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	Deca-BDE (mg/kg)	불검출	불검출	
	프탈레이트계 가소제 (DEHP) (mg/kg)	불검출	불검출	
	프탈레이트계 가소제 (BBP) (mg/kg)	불검출	불검출	
	프탈레이트계 가소제 (DBP) (mg/kg)	불검출	불검출	
	프탈레이트계 가소제 (DIBP) (mg/kg)	불검출	불검출	

○ 시험성적서

<그림3.2.18> 시험성적서

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

주 18590 경기도 화성시 향남읍 토성로 14(향남리) 화성상공화역소 내 TEL: (031)8059-0171 FAX: (031)8059-0172

성적서번호 : TBA-200389
대 표 자 : 박용순
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 322

시 행 일 : 2017년 10월 11일
시행완료일자 : 2018년 01월 08일

시 료 명 : 이음 탈합 시험구조를 통한 잔디보조 생체보호판

시험 결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
압입저항(인) [침투깊이]	mm	기온 재료	18	외곽자재공시시험법(1)
압입저항(인) [침투깊이]	mm	당사재료	7	외곽자재공시시험법(1)
외곽자재 공	mm	기온 재료	11	외곽자재공시시험법(1)
압입저항(인) [침투깊이]	mm	당사재료	9	외곽자재공시시험법(1)
외곽자재 공	mm	기온 재료	17.38	외곽자재공시시험법(1)
외곽자재 공	mm	당사재료	26.018	외곽자재공시시험법(1)
최대 압축하중	N	기온 재료	6 mm 저항	외곽자재공시시험법(1)
최대 압축하중	N	당사재료	5 mm 저항	외곽자재공시시험법(1)
잔디생육촉진(노상에 설치 후) 1개월	g/㎡	기온 재료	8.4	외곽자재공시시험법(1)
잔디생육촉진(노상에 설치 후) 1개월	g/㎡	당사재료	29.2	외곽자재공시시험법(1)
잔디생육촉진(노상에 설치 후) 1개월	g/㎡	기온 재료	8.16	외곽자재공시시험법(1)
잔디생육촉진(노상에 설치 후) 1개월	g/㎡	당사재료	8.19	외곽자재공시시험법(1)

(*) 본 시험은 잔디 + 재래식 노상, 150 mm 두께, 24시간
(*) 시편크기 : 200mm x 200mm
(*) 시험조건 : 생체보호판(1) 시공된 1㎡ 시료를 노상에 설치 후, 1개월 동안 보행에 따른 생체보호판 저항을 측정함.
(*) 생체보호판 : 노상(크기 200mm x 200mm)에 적층으로 층을 주입하여 저장 가능한 물리적 성능을 측정함.
(*) 시편크기 : 200mm x 200mm

- 다음 페이지 -

Lee, Sun-Gyu
직장 : 인천구
E-mail : pusan@ktr.or.kr

Kang Young-gwan
기술책임자 : 김영관
Tel : 1577-3331/4RS (5~6)

2018년 01월 08일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 1 of 2

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

주 18590 경기도 화성시 향남읍 토성로 14(향남리) 화성상공화역소 내 TEL: (031)8059-0171 FAX: (031)8059-0172

성적서번호 : TAA-201204
대 표 자 : 박용순
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 322

시 행 일 : 2017년 10월 11일
시행완료일자 : 2018년 01월 08일

시 료 명 : 잔디생체보호판

시험 결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
인장강도	N/㎠	당사재료	29.8	KS M ISO 527-4 : 2013, 외곽자재공시시험법
신장률	%	당사재료	11	KS M ISO 527-4 : 2013, 외곽자재공시시험법
외곽자재(노상)에 대한, 5 % H ₂ SO ₄ , (25 ± 2) °C, 24 h		당사재료	이상없음	KS M ISO 2012-1 : 2012, 외곽자재공시시험법
외곽자재(노상)에 대한, 5 % NaOH, (25 ± 2) °C, 24 h		당사재료	이상없음	KS M ISO 2012-1 : 2012, 외곽자재공시시험법
외곽자재(노상)에 대한, 5 % NaCl, (25 ± 2) °C, 24 h		당사재료	이상없음	KS M ISO 2012-1 : 2012, 외곽자재공시시험법
축신내후(250h, 20%) 후 인장	N/㎠	당사재료	18.3	KS M ISO 4882-2 : 2012, 외곽자재공시시험법
축신내후(250h, 20%) 후 인장	%	당사재료	12	KS M ISO 4882-2 : 2012, 외곽자재공시시험법
내열시험(300°C x 24 h) 후 인장	N/㎠	당사재료	-0.07	KS L 3018 : 2002, 외곽자재공시시험법
내열시험(300°C x 24 h) 후 인장	%	당사재료	-0.02	KS L 3018 : 2002, 외곽자재공시시험법

* 시험편 및 시험방법 : 외곽자재공
* 인장강도 및 신장률
* 물방구 크기 : 80 mm, 속도 : 10 mm/min

- 다음 페이지 -

Lee, Sun-Gyu
직장 : 인천구
E-mail : pusan@ktr.or.kr

Kang Young-gwan
기술책임자 : 김영관
Tel : 1577-3331/4RS (5~6)

2018년 01월 08일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 2 of 2

< 답압저항성 등 >

< 인장강도 등 >

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

주 22829 인천광역시 서구 가좌로 68(가좌동)

성적서번호 : TBA-2018-08657
대 표 자 : 박용순
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 322

시 행 일 : 2018년 06월 11일
시행완료일자 : 2018년 06월 27일

시 료 명 : 이음 탈합 시험구조를 통한 잔디보조 생체보호판

시험 결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
잔디생육촉진(노상)	g/㎡	기온 재료	941	외곽자재 공
잔디생육촉진(노상)	g/㎡	당사재료	878	외곽자재 공
잔디생육촉진(노상)	g/㎡	기온 재료	948	외곽자재 공

* 시험방법 : 외곽자재 공
- 시험편 : (200 x 200) mm 정사각형
- 시험조건 : 생체보호판(1) 시공된 1㎡ 시료를 노상에 설치 후, 1개월 동안 보행에 따른 생체보호판 저항을 측정함.
- 시험조건 : 생체보호판(1) 시공된 1㎡ 시료를 노상에 설치 후, 1개월 동안 보행에 따른 생체보호판 저항을 측정함.
- 시험조건 : 생체보호판(1) 시공된 1㎡ 시료를 노상에 설치 후, 1개월 동안 보행에 따른 생체보호판 저항을 측정함.
- 시험조건 : 생체보호판(1) 시공된 1㎡ 시료를 노상에 설치 후, 1개월 동안 보행에 따른 생체보호판 저항을 측정함.

- 다음 페이지 -

Kim Sun-Hyeok
직장 : 인천구
Tel : 152-510-8542

Kang Young-gwan
기술책임자 : 김영관
Tel : 1577-3331/4RS (5~6)

2018년 06월 27일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 1 of 1

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

주 22829 인천광역시 서구 가좌로 68(가좌동)

성적서번호 : TAV-2018-59618
대 표 자 : 박용순
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 322

시 행 일 : 2018년 06월 11일
시행완료일자 : 2018년 06월 27일

시 료 명 : 이음 탈합 시험구조를 통한 잔디보조 생체보호판

시험 결과

Test Items	Unit	Sample	Results	MDL	Test Methods
Pb	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-5 Ed. 1.0 : 2013(AAS, 중량)
Cd	mg/kg	-	검출한계	1	IEC 62201-5 Ed. 1.0 : 2013(AAS, 중량)
Hg	mg/kg	-	검출한계	1	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(CV-AAS, 중량)
Cr	mg/kg	-	검출한계	5	IEC 62201-7 Ed. 1.0 : 2013(AAS, 중량)
Total-PBBs	mg/kg	-	검출한계	-	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Mono-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Di-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Tri-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Tetra-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Penta-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Hexa-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Hepta-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Octa-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Non-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Deca-BB	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Total-PBDEs	mg/kg	-	검출한계	-	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Mono-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Di-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Tri-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Tetra-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Penta-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Hexa-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Hepta-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Octa-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Non-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
Deca-BDE	mg/kg	-	검출한계	10	IEC 62201-4 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)
DEHP	mg/kg	-	검출한계	50	IEC 62201-5 Ed. 1.0 : 2013(SGCMS, 중량)

- 다음 페이지 -

Kim Sun-Hyeok
직장 : 인천구
Tel : 152-510-8542

Kang Young-gwan
기술책임자 : 김영관
Tel : 1577-3331/4RS (5~6)

2018년 06월 27일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 2 of 2

< 온도차별 최대인장하중 >

< 환경호르몬 시험 등 >

TEST REPORT

우 18590 경기도 화성시 향남읍 동성로 14(향남지리) 화성상공특화소 내 TEL (031)8059-0171 FAX (031)8059-0172
 1층
 성적서번호: TAA-021705 접수 일자: 2017년 10월 11일
 대표자: 박용순 시험완료일자: 2017년 12월 08일
 업체명: 에스그린코퍼레이션(주)
 주소: 인천 서구 염서동 372

시 료 명: 전다식생태도

시험결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
Pb	mg/L	당시제품	불검출	폐기물공정시험기준: 2017
Cd	mg/L	당시제품	불검출	폐기물공정시험기준: 2017
Hg	mg/L	당시제품	불검출	폐기물공정시험기준: 2017
As	mg/L	당시제품	불검출	폐기물공정시험기준: 2017
Cu	mg/L	당시제품	0.007	폐기물공정시험기준: 2017
Cr(VI)	mg/L	당시제품	불검출	폐기물공정시험기준: 2017
플라스틱류 주재질시험	-	당시제품	주 재질이 PE(polyethylene)인 KS M 0024: 1997 / KS M 6021: 1997	

* 용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 고객자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 총포, 선전, 광고 및 소송용 용어로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(사본)을 포함하여, 사본 및 전자 전사본(사본)은 효력이 없습니다.

Seong Hui-ra

작성일자: 성희라
 E-mail: seonghui@ktr.or.kr

2017년 12월 08일

KTR 한국화학융합시험연구원

Lee Jinho

기술책임자: 이진호
 Tel: 1577-0091(AFS ②-48)



위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-730-F01-02007

A4(210 x 297)

< 유해성시험 >

TEST REPORT

우 18590 경기도 화성시 향남읍 동성로 14(향남지리) 화성상공특화소 내 TEL (031)8059-0171 FAX (031)8059-0172
 1층
 성적서번호: TBA-000381 접수 일자: 2017년 10월 11일
 대표자: 박용순 시험완료일자: 2018년 01월 26일
 업체명: 에스그린코퍼레이션(주)
 주소: 인천 서구 염서동 372

시 료 명: 이종 답압 저항구조를 통한 전다보호 생태보호판

시험결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
전다생태보호판(노상) 설치 후 1개월	■	기준제품	7	의뢰자제공사시험방법
전다생태보호판(노상) 설치 후 2개월	■	당시제품	5	의뢰자제공사시험방법

(*) 의뢰자제공사시험방법

전다보호 생태보호판이 시공된 1# 시료를 노상에 설치 후, 2개월 동안 보행에 따른 생태보호판 처짐실태를 측정함.

* 용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 고객자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 총포, 선전, 광고 및 소송용 용어로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법에 의한 시험결과를 포함하고 있습니다.
 4. 이 성적서는 원본(사본)을 포함하여, 사본 및 전자 전사본(사본)은 효력이 없습니다.

Lee, Sun-Gyu

작성일자: 이선규
 E-mail: pudas@ktr.or.kr

2018년 01월 26일

KTR 한국화학융합시험연구원

Kang Young-gwan

기술책임자: 강영관
 Tel: 1577-0091(AFS ②-48)



위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-730-F01-02007

A4(210 x 297)

< 생육평가 >

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재동로 68(가재동)
 성적서번호: TBK-2018-04657 TEL (032)5709-700 FAX (032)570-5613
 대표자: 박용순 접수 일자: 2018년 05월 11일
 업체명: 에스그린코퍼레이션(주) 시험완료일자: 2018년 05월 27일
 주소: 인천 서구 염서동 372

시 료 명: 이종 답압 저항구조를 통한 전다보호 생태보호판

시험결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
최대인장하중(표준)	N	-	941	의뢰자 제시
최대인장하중(고온)	N	-	679	의뢰자 제시
최대인장하중(저온)	N	-	946	의뢰자 제시

* 시험방법 및 시험장비
 - 시험방법: (200 x 200)mm 2EA 결함제
 - 시험장비: 인장시험기(인스트론 5981)
 - 시험조건: 시간 70min
 - 시험속도: 1mm/min
 - 최대인장하중(표준) 시험조건: 20℃, 180h
 - 최대인장하중(고온) 시험조건: 40℃, 180h
 - 최대인장하중(저온) 시험조건: -20℃, 180h
 - 시험결과치는 평균값 3개에 대한 평균값임.

* 용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 고객자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 총포, 선전, 광고 및 소송용 용어로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시험방법에 의한 시험결과를 포함하고 있습니다.

Kim Sun-Hyeok

작성일자: 김선혁
 Tel: 032-570-9542

2018년 05월 27일

KTR 한국화학융합시험연구원

Kang Young-gwan

기술책임자: 강영관
 Tel: 1577-0091(AFS ②-48)



위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-730-F30-03108

A4(210 x 297)

< 최대인장하중시험 >

KTR 한국화학융합시험연구원
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

접 수 번 호	품 명
TBK-2018-4657	이종 답압 저항구조를 통한 전다보호 생태보호판



사진 3. 인장하중 시험 전



사진 4. 인장하중 시험 후

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

- 2 -



< 6대 중금속 유해성 시험 >

다. 집수로

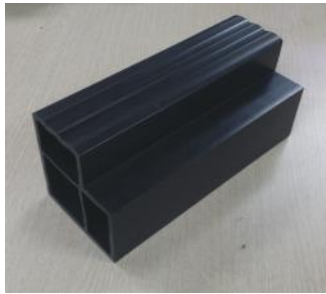
- 기존의 집수로는 플라스틱 제품으로 보행로에 설치시 지열에 의해 플라스틱이 휘어지는 현상이 발생하였다. 경관 훼손과 안전 사고가 발생할 수 있어 유지관리 비용이 많이 들어가는 단점을 확인하였다.
- 개발 제품은 현장에서 설치 위치 및 크기가 변경되어도 현장에서 신속하게 설치가 가능하도록 연결 소켓의 길이가 조절이 가능하도록 하며, 내구성 강화 및 빗물의 원활한 유동성, 시각적 효과 개선을 목표로 하여 개발하고자 한다.



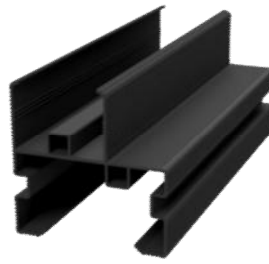
<그림3.2.19> 기존 집수로

- 집수로 개발
 - 빗물의 유동성과 시각적 효과를 개선하기 위하여 3D 모델링을 설계하였다.
 - 설계를 바탕으로 3D 프린트를 활용하여 제품의 형태를 확인하고자 하며, 이상유무를 검토하고

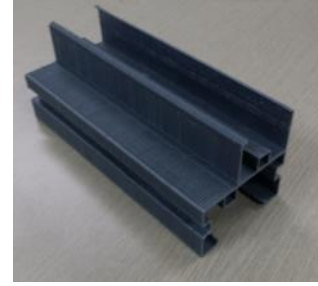
제품과 연결이 원활한지 또는 당초 기획했던 성능이 유지될 수 있는 확인하고자 하였다.



개선 전



3D 모델링



3D 프린트 결과물

개선 후

<그림3.2.20> 개선 전.후

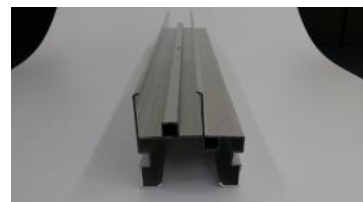
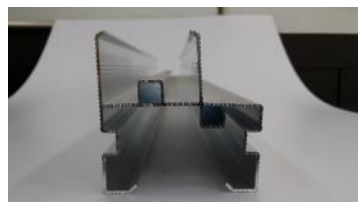
○ 집수로 틀 금형보완 사항

- 틀은 알루미늄을 활용하며 빗물의 침투와 저류가 가능한 구조로 형성

구분	사진
집수로 틀 금형	
알루미늄을 활용하며 빗물의 침투와 저류가 가능한 구조로 이상없음 확인 완료	

○ 시제품(1차)

- 제품 설계 완료에 따라 내구성 강화를 위한 원자재를 검토하였고, 검토 결과 알루미늄을 적용하는 것으로 확정하였다.
- 알루미늄 원자재 적용을 위하여 집수로 금형 제작 후 시제품을 생산하였다.
제품을 던져보고 밟아보고 해머로 타격을 하였으나, 제품에 이상이 없음을 확인



<그림3.2.21> 1차 시제품

○ 시제품(2차)

- 제품의 자체 내구성 테스트를 위해 콘크리트로 제품의 상부를 채웠다.
- 콘크리트 양생 후 관찰하였으나, 콘크리트는 미관상 흠물로 인식될 수 있어서 컬러 도입 검토



<그림3.2.22> 2차 시제품

○ 시제품(3차)

- 컬러 도입을 위해 콘크리트에 색을 입히거나 여러 가지 재료를 채우는 방안으로 검토하였으나, 최종적으로 컬러 규사(모래)를 도입하기로 결정하였다.
- 컬러 모래 도입 후 시각적 효과 개선될 것으로 판단되며, 공인시험기관을 통해 압축하중 시험 예정



<그림3.2.23> 3차 시제품

○ 3D 프린트를 활용한 제품과의 결합

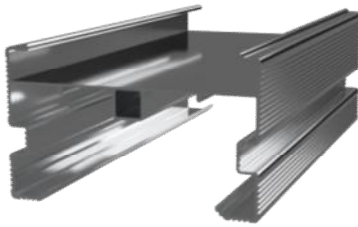
- 3D 프린트를 활용하여 엘보를 출력하여 제작하였으며, 집수로 틀을 결합하여 기본 형태 점검



<그림3.2.24> 3D프린트를 활용한 제품과의 결합

○ 집수로 형태의 다양화

- 집수로의 다양화를 위해 3D 모델링을 설계하여 내부 검토를 하였다.
- 집수로 뿐 아니라 보행로의 경계석 및 경계 구분을 위한 경계석 용도로 활용하고자 목표를 설정하였다.

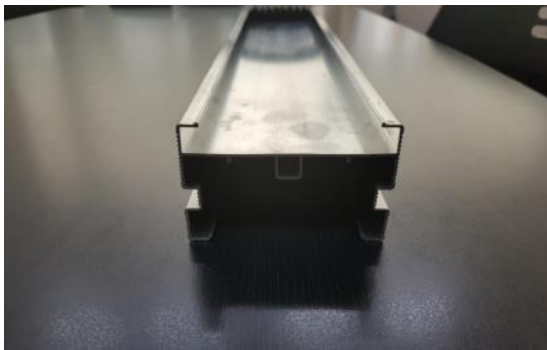


3D 모델링



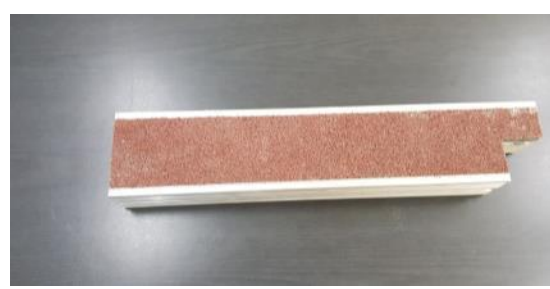
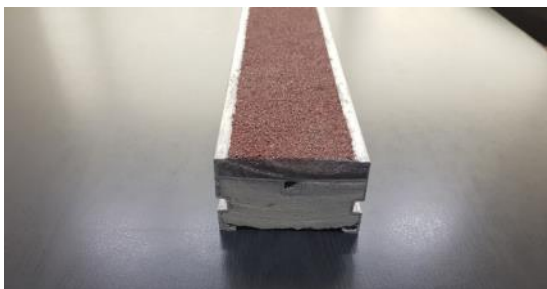
<그림3.2.25> 다양화를 위한 모델링 제품

- 시제품 제작을 통해 제품의 규격 이상 유무 및 상부의 채움재에 대한 방안을 검토하기로 하였다.
 - 기존 집수로와 같이 컬러규사를 채운 것으로 확정



<그림3.2.26> 알루미늄을 적용한 시제품

- 제품의 상부에 컬러규사를 채움재로 하여 제작하였다.
 - 활용 용도로는 경계석과 구획선을 대체할 수 있을 것으로 판단



<그림3.2.27> 컬러 규사를 채운 시제품

○ 시험성적서

- 재생 PVC 틀

시험항목	단위	결과치			시험방법
		시료1(검정)	시료2(노랑)	시료3(흰색)	
굴곡탄성률	MPa	2,291	2,653	2,054	KS M 3844 : 2010
인장강도	MPa	36.0	35.4	36.9	KS M 3844 : 2010
아이조드 충격강도	KJ/m ²	20	14	11	KS M 3844 : 2010
비카트연화온도 (승온속도 : 120℃/h)	℃	92	94	95	KS M 3844 : 2010 (시험하중 10N)

재생PVC 틀		
검정	노랑	흰색
		

<그림3.2.28> 재생 PVC 틀 시험성적서

- 식생블록 유해성시험 및 최대인장하중
- : 유해성물질 검출안됨
- : 최대인장하중은 다음과 같음

시험항목	단위	결과치			시험방법
		표준	고온	저온	
최대인장하중	N	941	878	948	시험성적서 참고

유해성시험	최대인장하중
	

<그림3.2.29> 식생블록 유해성시험 및 최대인장하중 시험성적서

- 알루미늄 틀(컬러모래)

시험항목	단위	결과치		시험방법
		상부 채움	상·하부 채움	
굴곡하중	N	12,718	14,019	시험성적서 참고

굴곡하중

알루미늄 컬러모래 상부 채움틀	알루미늄 컬러모래 상·하부 채움틀
------------------	--------------------

TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 002(575)-700 FAX 002(575)-5613

상책서번호 : TAK-2018-138657 합 수 일 자 : 2018년 09월 06일
대 표 자 : 박종순 시험완료일자 : 2018년 09월 14일
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 372
시 료 명 : 알루미늄 컬러모래 상부 채움 틀

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
굴곡하중	N	-	12,718	의뢰자제공시험방법*)

* 연동재료시험기: SHIMADZU UHF-F1000ANK, 시험속도: 5 mm/min
- 지지판 크기: 410 mm, 가압판 크기: 50 mm
- 용 도: 용질관리용

비 고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 채움에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 인쇄확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code를 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 총면, 인면, 뒷면 및 소송용 용으로 사용할 수 있으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/대일본은 결과치 참고용입니다.

Park Ki Hwang
작성자 : 박기웅
Tel : 02-2082-3629

Moon Guk Park
기술책임자 : 박문석
Tel : 1577-0091(AFS 0-48)

2018년 09월 14일

KTR 한국화학융합시험연구원

QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T08-P01-02(08) A4(24 X 36)

TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 002(575)-700 FAX 002(575)-5613

상책서번호 : TAK-2018-138658 합 수 일 자 : 2018년 09월 06일
대 표 자 : 박종순 시험완료일자 : 2018년 09월 14일
업 체 명 : 에스그린코리아(주)
주 소 : 인천 서구 경서동 372
시 료 명 : 알루미늄 컬러모래 상·하부 채움 틀

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
굴곡하중	N	-	14,019	의뢰자제공시험방법*)

* 연동재료시험기: SHIMADZU UHF-F1000ANK, 시험속도: 5 mm/min
- 지지판 크기: 410 mm, 가압판 크기: 50 mm
- 용 도: 용질관리용

비 고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 채움에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 인쇄확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code를 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 총면, 인면, 뒷면 및 소송용 용으로 사용할 수 있으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/대일본은 결과치 참고용입니다.

Park Ki Hwang
작성자 : 박기웅
Tel : 02-2082-3629

Moon Guk Park
기술책임자 : 박문석
Tel : 1577-0091(AFS 0-48)

2018년 09월 14일

KTR 한국화학융합시험연구원

QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T08-P01-02(08) A4(24 X 36)

<그림3.2.30> 알루미늄 틀(컬러모래) 시험성적서

라. 빗물침투 엘보

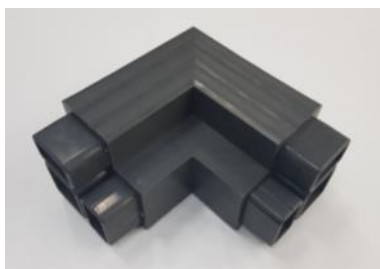
- 기존의 엘보는 빗물 침투가 가능한 틈이 없어 보호판으로만 빗물이 침투가 되었다. 또한 내부 구조가 견고하지 않아 외부 열에 의해 틀어지는 현상이 발견되었다.
- 엘보의 역할은 틀을 고정하는 역할로 한정되어 있었으나, 이에 개발 제품은 빗물을 침투시키고 집수로는 플라스틱 제품으로 보행로에 설치시 지열에 의해 플라스틱이 휘어지는 현상이 발생하였다. 경관 훼손과 안전 사고가 발생할 수 있어 유지관리 비용이 많이 들어가는 단점을 확인하였다.
- 이에 개발 제품은 유연성 있도록 규격을 조절할 수 있으며, 내구성이 우수하며, 경관을 훼손하지 않으며 다량의 빗물을 침투 시킬 수 있는 제품을 개발하고자 하였다.



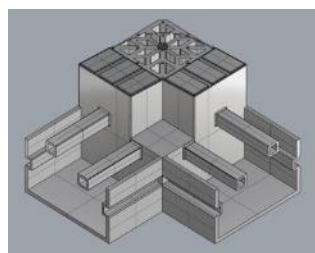
<그림3.2.31> 기존 엘보

○ 빗물침투 엘보 개발

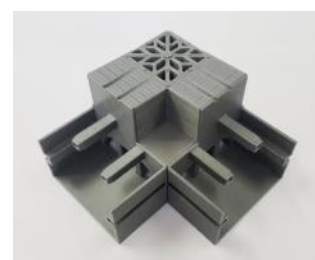
- 빗물 침투가 원활하고 시각적 효과를 고려하여 3D 모델링을 설계하였다.
- 설계를 바탕으로 3D 프린트를 활용하여 제품의 형태를 확인하고자 한다. 이상유무를 검토하고 제품과 연결이 원활한지 또는 당초 기획했던 성능이 유지될 수 있는 확인하고자 하였다.
 - 3D 프린트 결과물 검토 결과 연결고리 부분은 별도 프린트되어 접착하였기 때문에 정확한 관찰 어려움



개선 전



3D 모델링



3D 프린트 결과물

개선 후

<그림3.2.32> 개선 전.후

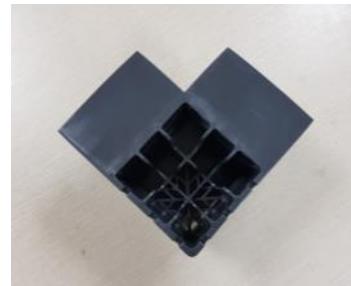
○ 집수로 엘보 금형보완 사항

- 엘보는 빗물의 침투량을 확대 할 수 있는 구조로 형성

구분	사진
집수로 엘보 금형	
빗물의 침투량을 확대 할 수 있는 구조로 이상없음 확인 완료	

○ 시제품

- 금형 제작에 따른 시제품 제작 제품을 검토한 빗물 침투가 원활하며, 빗물이 통할 수 있는 통로를 통해 원활한 빗물 저류가 가능할 것으로 판단되었다.
- 제품 하부의 구조를 견고히 하여 외부 열에 의한 변형 발생이 없을 것으로 판단되었다.



<그림3.2.33> 빗물침투 엘보 시제품

○ 틀과 엘보를 결합한 완제품

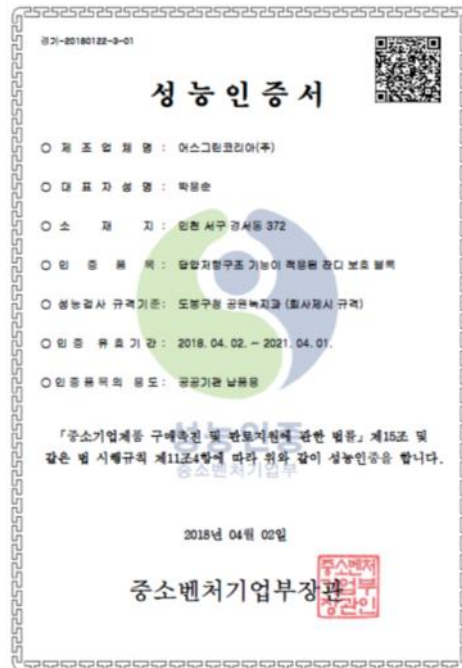


<그림3.2.34> 틀과 엘보를 결합한 완제품

3-2. 성능인증 획득

○ 성능인증

- 관련 특허 : 10-2013-0084449호 천연 잔디의 식재판과 이를 이용한 잔디밭 시공방법
- 인증 획득일 : 2018. 4. 2



<그림3.2.35> 성능인증서

○ 성능인증 종합평가 보고서

[별지 제3호서식]

종합평가보고서

어스그린코리아(주)

2018. 04.

평가자 : 이 윤 혁 

경기지방중소벤처기업청

제품성능기술과

1. 신청제품명

- (국문) 답압저항구조 기능이 적용된 잔디 보호 블록

2. 신청업체 일반현황

업 체 명	어스그린코리아(주)			대 표 자	박용순
소 재 지	인천시 서구 경명대로 263번길 16			전화번호	02-858-2970
종업원수	19	자 본 금	200백만 원	주생산품	잔디보호블록 가로수보호판
총 매출 (억원)	(직전년도) 27.3 (금년실적, 계획) 35		총 수출 (백만 \$)	(직전년도) - (금년실적, 계획) 0.2	
신청제품 매 출 (억원)	(직전년도) 0.3 (금년실적, 계획) 5		신청제품 수 출 (백만 \$)	(직전년도) - (금년실적, 계획) 0.2	
주거래처	관공서, 공기업 건설관련 회사		신청제품 주수요처	관공서, 공기업 건설관련 회사	
동종업체	디딤잔디, 키그린				
신청제품 인증현황(NEP, NET 등)			-		
동일 품목 타사제품의 기인증 여부			-		

3. 평가 경위

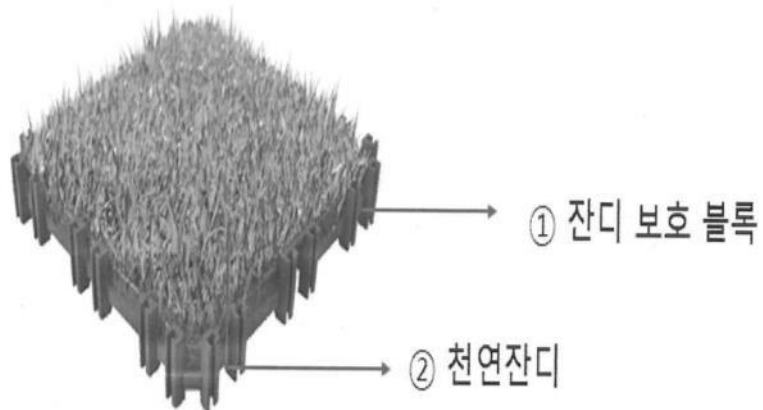
- 신청일자 및 신청근거
 - 신청일자 : 2018.02.07.
 - 신청근거 : 특허 사업화 제품*
 - *10-1556605 : 천연 잔디의 식재판과 이를 이용한 잔디밭 시공방법 (2017.11.28)
- 적합성 심사
 - 심사일자 : 2018.02.23.(광주·전남지방중소벤처기업청)
 - 평가결과 : 적합
 - 결과통보 : 제품성능기술과-269(2018.2.26.)
- 규격문의 공공기관 현황 제출
 - 규격문의(제품성능기술과-512, 2018.3.2.) : 도봉구청 공원녹지과
 - 회신일자(도봉구청 공원녹지과-4207, 2018.3.14.) : 적합(규격, 성능)
- 공장심사
 - 심사자 : 이윤혁(2018.03.26.)
 - 경영상태(신용평가등급), 기술개발여건(기술개발전담조직, 기술개발 인력보유비율 등), 생산 및 품질관리 (인증 및 설비 보유 현황, 제품 생산 방법 등) 확인
 - 평가점수 : 89점(적합)
- 성능검사
 - 한국화학융합시험연구원
TAA-021705(2017.12.05), TBA-000380, TAA-021704(2018.01.03), TBA-000381, TBA-000381(2018.01.26)

4. 제품내용

가. 제품개요

○ 구 조

- 신청제품은 천연잔디와 함께 잔디보호를 위한 블록이 일체형으로 구성되어 사용자의 통행 및 사용에 의한 잔디 답압 발생 저감 및 잔디 성장점을 보호하여 원활한 잔디 생장이 가능하도록 하는 답압 저항구조가 적용된 잔디보호블록



< 그림 1 > 신청제품 구성

< 표 1 > 잔디보호블록과 천연잔디의 기능

구 분	기 능
잔디보호블록	상부 천연잔디를 지지하며 잔디의 원활한 생장이 가능하도록 성장점을 보호하는 구조가 형성되어 있음.
천연 잔디	녹지율 향상, 사용자의 보행감, 조경, 미관을 위해 설치되는 천연 잔디

○ 작동원리

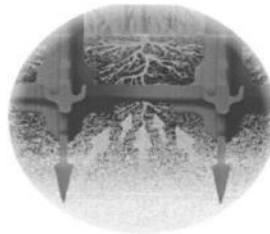
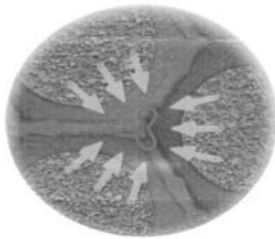
1) 답압에 의한 잔디 훼손 방지



< 그림 2 > 잔디 보호 블록 상부 지지체 모습

- 육각형 모양으로 형성되며 상부 지지체에 의해 발생 답압을 지지체를 통해 흡수하여 생장점으로 전해지는 답압 차단
- 생장점을 보호하여 답압에 의한 잔디의 고사를 방지하며 안정적인 잔디의 생장 가능

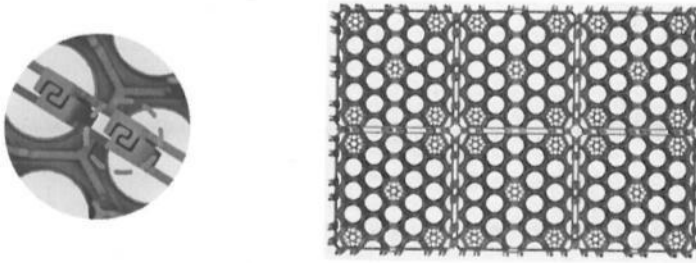
2) 하부 돌기 구조를 통한 블록 고정 구조



< 그림 3 > 하부 돌기 구조 모습

- 잔디 보호 블록 하부에 형성된 돌기 구조가 지반에 밀착하는 구조로 상부를 통해 흡수한 답압을 지반으로 전달하며, 돌기 구조에 의해 블록이 지지 고정되어 블록의 유동이 없

3) 제품 적용성 및 설치편의성 향상



< 그림 4 > 연결부 및 연결 모습

- 제품 간의 연결 결합이 용이하여 설치 편의성 향상
- 제품의 휨이 용이하여 다양한 지면의 상태에 따른 안정적인 대응 및 적용 가능

나. 제품의 시장성

○ 신청업체 제품의 시장 점유율

년 도	시장규모		시장점유율	
	국내(금액:천원)	세계(금액:\$)	국내(%(금액:천원))	세계(%(금액:\$))
과년도	26,500,000천원	2,650,000,000	0.1% (34,159천원)	-
금년도	28,000,000천원	2,800,000,000	1.8% (500,000천원)	0.009%
차기년도 (예상)	30,500,000천원	3,050,000,000	4.3% (1,300,000천원)	0.03%

○ 제품의 시장성

- 기존 잔디보호블록 대비하여 답압에 효과적으로 대응하여 원활한 잔디 생장이 가능하여 잔디 훼손에 의한 비용의 발생 감소
- 교체가 원활한 구조로 제품 설치 및 교체가 용이하여 설치비용 및 유지비용의 저감 가능

다. 동종업계와의 제품기술수준

구 분	신청제품	국내
하부 구조	돌기형 구조로 지반 침투 방지 및 지내력 향상	단순 구조로 지반 침투 발생
블록 유동	없음	있음
연결 구조	블록 간 체결구조	결합구조 없음

라. 신청제품과 관련된 산업재산권 보유 현황

구 분	등록번호(일자)	제 목	등록완료여부
특 허	10-1556605	천연 잔디의 식재판과 이를 이용한 잔디밭 시공방법	등록완료

마. 향후 제품의 성장가능성

- 천연 잔디 이용의 지속적 증가로 인해 잔디보호블록의 수요가 증가할 것으로 예상
- 안정적인 수요를 바탕으로 후속 연구개발을 통해 다양한 장소에 적용 가능한 제품의 개발이 가능할 것으로 추정

5. 평가결과

- 성능검사(요약)
 - 한국화학융합시험연구원에서 업체제시 규격서의 시험항목을 근거로 성능인증 신청제품에 대한 시험을 실시한 성적서로 통해 성능을 확인
- 공장심사(요약)
 - 기업부설연구소를 운영하고 있고 성능인증제품 관련하여 관련 특허 보유
 - 성능인증 대상 제품의 생산을 위한 설비를 자체 보유하여 직접 생산이 가능한 것으로 보이며 제품의 성능 및 품질 관리를 위한 자체 개발인력을 보유하여 지속적인 품질유지가 가능하다고 판단

6. 종합 의견

- 어스그린코리아(주)은 2007년에 설립되어, 가로수보호판 등을 개발하고 생산하는 업체
- 경영자의 기술 혁신 및 성능인증 추진 의지가 높으며,
 - 기업부설연구소를 운영하여 신청회사의 제품을 직접 개발하고 있으며, 기술인력 보유비율 31.6%('16년 기준), R&D투자비율 10.8%('16년 기준)
- 본 제품은 답압 저항구조 기능이 적용된 잔디보호 블록으로서, 특히 기술 적용을 통하여 가격 경쟁력을 높임
- 회사 내 제품생산에 필요한 설비와 연구개발 체계를 갖추고 있어 제품의 성능 및 품질유지, 사후관리가 가능할 것으로 추정되며, 회사 내 공장, 연구시설을 확인하였고 이를 근거로 기술개발한 제품으로서 경쟁력이 확인되어, 적합성심사, 공공기관 규격 확인, 공장 심사, 성능검사 절차를 완료하고 성능인증서를 발급하고자 함.

4. 현장 적용을 위한 시험

가. 식생블록

○ 식생블록 현장평가

－ 현장설치 사례 및 평가

： 현장 테스트 결과 대체적으로 돌기가 있음에도 불구하고 딱딱하다기 보다는 잔디가 있어 안정적인 느낌이 든다는 좋은 평이 대부분이었으며, 기반 다짐작업 시 유의하지 않을 경우 잔디 활착이 원활하지 않아 잔디가 고사되는 현상을 확인하였으나 제품의 문제는 아니었음

<그림3.2.36> 식생블록 현장사진

대상지	현장사진	
자사 실증시험장		
	현장평가	자사 실증시험장에 설치하여 테스트 결과 잔디와 제품에 이상이 없음 확인
자사 실증시험장 (족구장)		
	현장평가	자사 실증시험장에 있는 족구장에 설치하여 족구활동에도 이상이 없음을 확인

대상지	현장사진	
자사 실증시험장 옥상		
	현장평가	자사 실증시험장 옥상에 설치하여 옥상녹화 시에도 적용가능한 것을 확인
한국토지주택공사 토지주택연구원 (LHI)		
	현장평가	토지주택연구원 후정의 저류지에 설치하여 이용자들의 답압에도 잔디에 이상없음 확인
한강시민공원 잠원지구		
	현장평가	잠원지구 수영장 이용객들의 주차공간이 부족하여 잔디밭을 주차장으로 활용할 수 있도록 설치하여 많은 차량과 이용자들의 답압에도 잔디에 이상없음을 확인

대상지	현장사진	
광주지방기상청		
	현장평가	기상청 방문자들의 주차장으로 주차후에도 잔디에 이상없음을 확인
충북 중평군 보강천 미루나무숲		
	현장평가	보강천 미루나무 숲은 주민들이 많이 이용하는 공원으로 많은 이용자들로 인한 답압에도 잔디에 이상없음 확인
분당 백현동 개인주택		
	현장평가	개인 주택정원에 설치한 것으로 집주인께서 기존 잔디는 고사가 되고 관리가 어려워 교체한 것으로 만족도가 높은 것으로 확인

대상지	현장사진	
서울 강북구 번동 자원순환형 텃밭		
	현장평가	번동의 도시농업을 위한 텃밭의 이동 통로에 설치하여 우기 시 또는 관수 후 흙이 질퍽거리 활동에 불편함이 있었으나 설치 후 이런 불편함이 없어져서 좋다는 평가 확인
마곡 유치원		
	현장평가	유치원 아이들이 녹색을 보고 시력을 보호할 수 있으며 콘크리트와 모래를 밟는 것이 아니라 잔디를 밟고 편안 함을 느끼며 자연의 소중함을 깨닫게 되는 계기가 된 것을 확인
황학 어린이공원		
	현장평가	군데군데 잔디의 생육상태가 좋지 않음을 확인하였으 며, 점검 결과 시공상의 문제로 뿌리활착이 되지 않아 고사된 것으로 확인

나. 집수로

○ 집수로 현장평가

- 현장설치 사례 및 평가

: 현장 테스트 결과 기존 HDPE 플라스틱 소재 사용시 보다 제품의 휘어짐 현상도 없으며, 색감 도입으로 시각적 효과가 개선되었으며, 빗물의 투수율이 확대되어 빗물의 유출량이 저감되었다는 좋은 평이 있었음

<그림3.2.37> 집수로 현장사진

대상지	현장사진	
자사 실증시험장		
	현장평가	자사 실증시험장에 설치하여 테스트 결과 차가 밟고 올라타도 이상없음을 확인
한국토지주택공사 토지주택연구원 (LHI)		
	현장평가	건물 출입구로 연결되는 주출입구로 우기시 빗물이 일부 고였으나 집수로 설치로 빗물의 침투율이 확대되어 출입시 불편함이 없게 되었음을 확인

대상지	현장사진	
동대문구구청 청사		
	현장평가	가로수 보호판에 적용하여 빗물침투를 유도하고 보행환경 개선과 시각적 효과를 개선하여 구민들로부터 호응을 얻었음을 확인
부산대 양산캠퍼스 (한국그린인프라저영향 개발센터)		
	현장평가	그린인프라에 대해 연구하고 시험하는 한국그린인프라저영향개발센터 앞에 설치하여 효과를 검토하고자 설치하였으며, 전문가들로부터 이론적으로는 검증이 되었으며 지속적인 관찰로 현장 평가가 필요하다고 하여 관찰 중

○ 식생블록 현장평가

- 투수율 분석

: 강우량 30mm/hr 시간당 50% 침투율 결과 확인

: 강우강도 및 설치 조건에 따라 결과가 달라질 수 있음

- 지역 맞춤형 성능평가

: 집수로 설치 보통블록의 경우, 집수로가 파손되지 않음

: 집수로 설치 투수블록의 경우, 집수로가 파손되지 않음

<그림3.2.38> 식생블록 현장평가 시험성적서



7410-7115-1496-6390



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT18-121656
2. 의뢰자
 - 업체명 : 어스그린코리아(주)
 - 주소 : 서울시 양천구 신월로 315 청호빌딩 5층
3. 시험기간 : 2018년 11월 15일 ~ 2018년 12월 21일
4. 시험성적서의 용도 : 일반 연구용
5. 시료명 : 보통블록, 집수로 설치 보통블록, 투수블록, 집수로 설치 투수블록
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시 시험방법

확인	작성자 성명	배우빈		기술책임자 성명	김용길	
----	-----------	-----	---	-------------	-----	---

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 21일

한국건설생활환경시험연구원

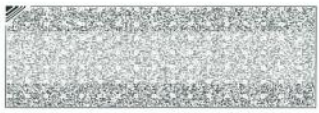
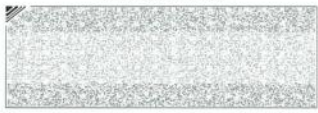


건설방재/에너지환경사업본부 : 28115 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 오창과학단지 내 043-718-9005

결과문의 : 기후환경실증센터 ☎ (043)753-3126

총 5페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)

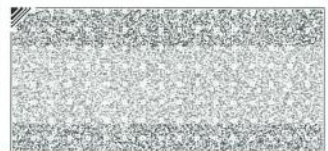
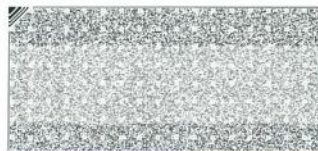

시험성적서

성적서번호 : CT18-121656

시험실	1. 대형 기후환경시험실 2. 소형 기후환경시험실																				
시료	1. 보통블록 2. 집수로 설치 보통블록 3. 투수블록 4. 집수로 설치 투수블록																				
의뢰자 제시 시험방법	1. 강우 시 유출량, 침투량, 토양수분함량 측정 시험 - 대형 기후환경시험실에 강우강도 30 mm/h가 되도록 강우노즐과 유량밸브를 설정한다. - mock-up ①에 흙(240 mm), 잡석(150 mm), 부직포(5 mm), 모래(25 mm), 보통블록(80 mm), 유량계(유출량 및 침투량 측정)를 설치한다. - mock-up ②에 흙(240 mm), 잡석(150 mm), 부직포(5 mm), 모래(25 mm), 집수로 설치 보통블록(80 mm), 유량계(유출량 및 침투량 측정)를 설치한다. - mock-up ③에 흙(240 mm), 잡석(150 mm), 부직포(5 mm), 모래(25 mm), 투수블록(80 mm), 유량계(유출량 및 침투량 측정)를 설치한다. - mock-up ④에 흙(240 mm), 잡석(150 mm), 부직포(5 mm), 모래(25 mm), 집수로 설치 투수블록(80 mm), 유량계(유출량 및 침투량 측정)를 설치한다. - mock-up에 설치된 로드셀을 이용하여 각 mock-up의 초기무게(α)를 기록한다. - mock-up을 대형 기후환경시험실에 설치한 뒤 30 mm/h 강우강도로 1시간 동안 강우를 모사한 후, 2시간 동안 유출량과 침투량을 측정한다. - 시험 종료 직후, 각 mock-up의 무게(β)를 측정한 뒤 각 mock-up의 ($\beta - \alpha$)를 토양수분함량으로 계산한다. 2. 동결융해저항성 시험 - mock-up ②과 mock-up ④에 설치된 집수로의 파손 유·무를 확인한다. - 집수로에 파손이 없을 경우, 소형 기후환경시험실에 mock-up ②와 mock-up ④를 설치한다. - mock-up ②와 mock-up ④에 각각 40 L의 물을 붓는다. - 소형 기후환경시험실에 <동결융해저항성 시험 온도조건>과 같이 온도를 모사한다. - 순서1에서 순서5를 3회 반복한 뒤, 집수로의 파손 유·무를 확인한다. <동결융해저항성 시험 온도조건> <table><tr><th>순서</th><th>소형 기후환경시험실 공기온도</th><th>시간(분)</th><th>비 고</th></tr><tr><td>1</td><td>(30 ± 2) °C</td><td>60</td><td rowspan="5">총 3회 반복</td></tr><tr><td>2</td><td>(30 ± 2) °C → (-20 ± 2) °C</td><td>120</td></tr><tr><td>3</td><td>(-20 ± 2) °C</td><td>180</td></tr><tr><td>4</td><td>(-20 ± 2) °C → (30 ± 2) °C</td><td>120</td></tr><tr><td>5</td><td>(30 ± 2) °C</td><td>180</td></tr></table>	순서	소형 기후환경시험실 공기온도	시간(분)	비 고	1	(30 ± 2) °C	60	총 3회 반복	2	(30 ± 2) °C → (-20 ± 2) °C	120	3	(-20 ± 2) °C	180	4	(-20 ± 2) °C → (30 ± 2) °C	120	5	(30 ± 2) °C	180
순서	소형 기후환경시험실 공기온도	시간(분)	비 고																		
1	(30 ± 2) °C	60	총 3회 반복																		
2	(30 ± 2) °C → (-20 ± 2) °C	120																			
3	(-20 ± 2) °C	180																			
4	(-20 ± 2) °C → (30 ± 2) °C	120																			
5	(30 ± 2) °C	180																			

총 5페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-02(6)



시험성적서

성적서번호 : CT18-121656

시험결과	1. 강우 시 유출량, 침투량, 토양수분함량 시험			
		침투량(kg)	유출량(kg)	토양수분함량(kg)
	보통블록	47.5	0.0	48.0
	집수로 설치 보통블록	24.1	4.8	74.0
	투수블록	26.1	0.0	70.0
	집수로 설치 투수블록	56.4	1.5	54.0
2. 동결융해저항성 시험				
- 집수로 설치 보통블록의 경우, 집수로가 파손되지 않음				
- 집수로 설치 투수블록의 경우, 집수로가 파손되지 않음				

[첨부 1] 시료 사진



<보통블록>



<집수로 설치 보통블록>



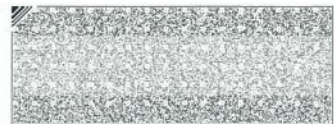
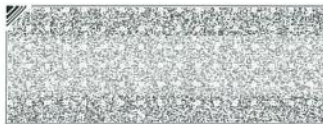
<투수블록>



<집수로 설치 투수블록>

총 5페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-02(6)



시험성적서

성적서번호 : CT18-121656

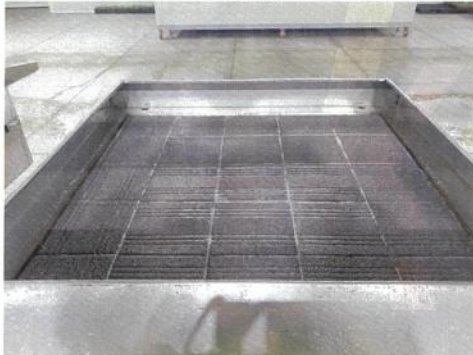
[첨부 2] 강우 시 유출량, 침투량, 토양수분함량 시험 사진



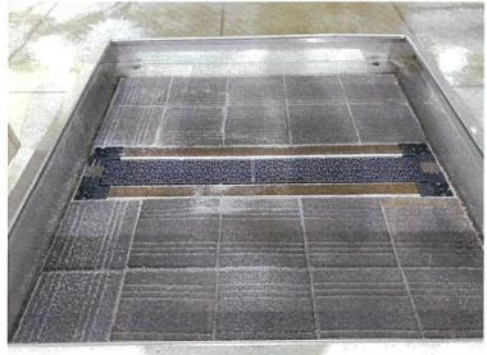
<보통블록>



<집수로 설치 보통블록>



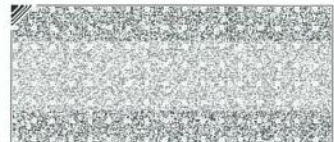
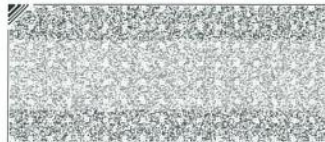
<투수블록>



<집수로 설치 투수블록>

총 5페이지 중 4페이지

양식QP-20-01-02(6)



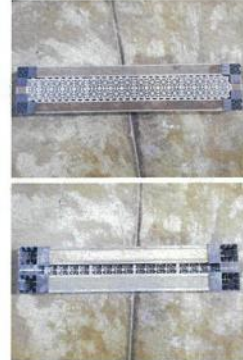
시험성적서

성적서번호 : CT18-121656

[첨부 3] 동결융해저항성 시험 사진



<집수로 설치 보통블록>



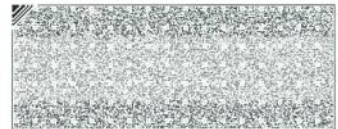
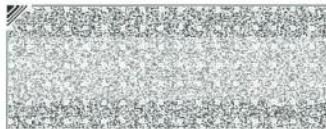
<집수로 설치 투수블록>



----- 이 하 여 백 -----

총 5페이지 중 5페이지

양식QP-20-01-02(6)



3.3. 실시간 모니터링 등 IT 관리 시스템을 구축하여 빗물의 저류와 배수관리를 자동화함으로써 LID 시스템의 스마트 유지관리 기능 구현

(1) 주요 장비 및 계측기 구성 검토

(가) 펌프

1) 펌프의 선정 검토 방법 및 선정

① 원심펌프 (Centrifugal pump)

현재 사용되고 있는 펌프 소요량의 약 80~90%정도를 차지할 정도로 많이 사용되고 있는 펌프로써 고속회전이 가능하기 때문에 작고 가벼우며, 구조가 간단하고 취급하기 용이하여 소유량(小流量), 고양정(高揚程)에 적합

② 수중펌프 (Submersible Sump Pump)

오수, 폐수용으로 사용되고 있는 수중펌프는 비교적 소형으로서 형식은 볼류트형과 볼텍스형이 있다. 볼류트 펌프는 고형물질이 제외되거나 없는 곳에, 볼텍스 펌프는 거친 고형물질이 제거된 곳에서 양수를 하는데 사용

③ 볼텍스펌프(Vortex Pump)

고형물, 섬유질이 혼합된 액체와 묽은 슬러지 등의 이송능력이 우수하며 이송 고형물의 손상이 적고, 제품의 혼합도 가능 하고 큰 고형물 이송에 유리하여 폐수, 하수의 찌꺼기, 슬러지, 펄프 이송 등에 사용

④ 모노펌프(Mono Pump)

고농도, 고점도액, 부식 및 마모성이 강한 액체와 농축된 하수 슬러지, 탈수케이크(cake), 고형물 함유 액체 이송에 유리하다. 저소음 운전으로 수명이 길고 유지·보수가 용이

⑤ 다이어프램펌프(Diaphragm Pump)

시일(seal), 그랜드 패킹이 없어 누수가 완전방지되며, 자흡능력이 우수 최고 6m까지 가능하고 토출량의 조절이 간편하며 공시험 운전이 가능

구조가 간단하므로 유지보수가 간단하고 작동에 큰 기술을 필요로 하지 않음

고농도, 고점도, 고형물 혼입액체 이송이 가능하여 폐수처리장의 농축슬러지 및 슬러지, 각종 부식성, 고농도 화공약품 이송에 사용

⑥ 튜브펌프(Flexible Tube Pump)

-시일(seal)이 없어 누수가 완전방지되며, 자흡능력이 강력 최고 9.5m까지 가능하고 흡입구, 토출구의 교체 사용이 된다. 또한 구조가 간단하여 유지, 보수 및 세척이 용이하며 공회전 정량 이송이 가능

-고점도, 고농도, 부식성 액체, 점토슬러지 시멘트 몰타르 폐수처리장의 농축슬러지고형물 혼입액체 이송이 가능

⑦ 기포펌프(Air Lift Pump)

- 구조가 간단하고 가동부분이 없으므로 고장의 염려가 적으며, 물 중에 이물질이 포함되어 있어도 상관이 없

는 장점이 있으나 효율이 15~30%로 낮은 결점이 있음.

- 실제 적용에 있어서는 많은 경험이 필요하고 관경, 공기의 압력과 소요량, 공기구멍의 잠수깊이 등의 설정에 세심한 주의가 필요
- 양수작용이 비교적 정속하고 플록(floc)을 파괴하는 일이 적으므로 오수처리장의 슬러지 반송용 펌프로 많이 이용

⑧ 약품투입펌프(Chemical Feed Pump)

- 폐수처리시 응집제나 소독약품의 투입은 펌프나 이젝터(ejector) 또는 중력흐름을 이용

2) 펌프의 기종 선정

① 펌프의 기종선정

- 펌프형식 - 단단볼류트펌프, 다단터빈펌프, 웨스코펌프, 양흡입펌프, 입형오배수펌프, 수중펌프, 입형다단펌프, 인버터제어부스터펌프 등
- 흡토출구의 방향
- 펌프의 회전방향
- 축 연결의 종류 : 커플링직결형, 모터직결형, 벨트형)
- 축봉장치 : 그랜트패킹형, 메카니칼씰형 등
- 입형오배수펌프의 경우 피트길이 등
- 운전방식 : 자동운전, 비자동, 자흡, 비자흡 등
- 기타펌프 접액부에 대한 재질옵션 또는 기능상의 옵션사항 결정

3) 펌프의 선정방법

- ① 양정 • 양수량 • 회전수 • 원동기 종류 • 설치조건 • 사용목적 • 전동방식 • 가격등을 고려
- ② 전양정(全揚程)이 6m 이하이고 구경이 200mm 이상의 경우에는 사류(斜流) 또는 축류(軸流) 펌프를 선정함
- ③ 전양정이 20m 이상이고, 구경이 200mm 이하의 경우는 원심력펌프를 선정함
- ④ 침수의 위험이 있는 장소에는 입축(入軸)펌프를 선정
- ⑤ 심정호의 경우는 수중모터(motor)펌프 혹은 보어홀(boreholes) 펌프를 사용
- ⑥ 양정의 변동이 심한 장소는 양흡입식 펌프를 사용
- ⑦ 전양정이 비교적 높을 때는 다단식 펌프를 사용

4) 펌프의 제어방법

- 펌프의 제어방식은 수위제어 및 유량제어로 구분
- 유량제어에는 펌프의 대수제어, 펌프의 회전수제어(VS방식, 인버터방식), 토출밸브의 개도제어 등을 조합한 제어방식이 있는데 펌프의 형식과 사용조건, 건설비, 유지관리비 및 전동기의 종류 등을 고려하여 선정

① 수위제어

유량의 변동에 따라 펌프정의 수위 또는 그 변화를 검출하여 펌프정의 수위를 일정하게 유지하도록 유입하수량에 비례한 유량을 양수하는 방식

② 유량제어

- 펌프정의 수위에 의한 목표 토출량을 수위 목표토출량 곡선 및 수위변화 보정율로 부터 토출량을 제어하는 방식

i) 펌프의 대수제어

펌프정 수위에 의해 펌프마다 설정수위를 설치하여 수위의 증감에 따라 펌프의 운전대수를 증감

ii) 펌프의 회전수제어(VS방식, 인버터방식)

펌프의 회전수를 변화시켜 토출량을 조절하는 방식

건설단계의 일부 통수시 또는 청전시 등 수량이 적은 경우와 수량변화가 현저한 경우 유지관리상 경제적으로 운전하기 위하여 용량이 다른 펌프를 설치 또는 동일 용량의 펌프를 설치하여 이를 회전수 제어함으로써 처리공정의 안정화 및 자동화를 도모

iii) 토출밸브의 개도제어

펌프의 토출밸브를 조절하여 토출량을 저절하는 방법으로 밸브를 개방할 때 손실이 크고 운전효율이 나쁘므로 기기에 미치는 영향을 적게 하기 위하여 정격용량의 70% 정도까지 수량조절

- 위 사항을 검토하여 펌프를 검토하였으며 선정된 펌프는 TestBed 조건에 따라 양정은 5m이상, 최대 양수량 약 90(l/min)이상, 펌프 운전에 따른 안전을 위해 자체적인 수위계가 적용되어 자동으로 전원이 차단될 수 있는 펌프를 선택하고 적용은 다음과 같이 적용하였음.

	- 출력 : 200W - 최대양정 : 9m - 양수량/양정 (l/min) : 130(Ht=1m) - 최대양수량 (l/min) : 140 - 토출구(mm) : 25mm
--	--

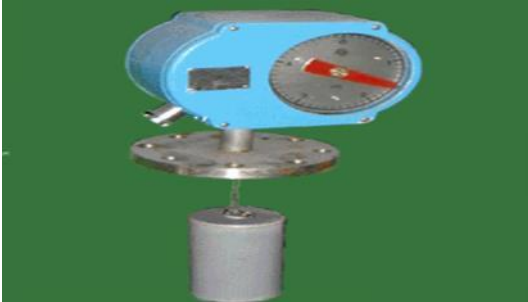
<그림3.3.1> 펌프성능

(나) 수위계

1)수위계 (Level transmitter / Water Gauge)란?

- 저수지, 배수지 등의 수위를 측정하는 계기로 접촉식과 비접촉식이 있음
- 접촉식에는 투입식, 차압식, 정전용량식, 플로트식 등이 있으며, 비접촉식에는 초음파식이 있음
- 수위계는 정수처리 공전에서 재고관리 및 펌프 기동 관리 등에 사용되며, 유량, 압력 측정과 함께 감시, 제어 등 운영관리상 중요한 조건 요소가 됨
- 수위계는 유량관리 및 수위에 따른 펌프 등 기계시설과 연동되는 요소로 선정시에는 초기투자비용보다 유지관리성을 고려해서 선정 필요.

2) 수위계의 종류

	
초음파식	플로트식
	
기계식	차압식
	
전그식	정전용량식

<그림3.3.2> 수위계 종류

① 초음파식 수위계

- 음원에서 발사된 Pluse 음파가 액면에 반사되어 돌아오는 시간을 측정하여 수위를 측정
- 초음파식은 비접촉식으로 화공약품, 해수, 하천, 댐 및 물, 기름 탱크뿐만 아니라 배수, 폐수, 정화조 등의 수위 측정 및 제어에 사용

② 플로트식 수위계

- 가장 오래된 형식으로 구조가 간단하고 설치에 커다란 설비를 필요로 하지 않는 점과 각종 신호변환기의 조합이 쉬워 현재도 널리 이용되고 있으며 전기식과 기계식이 있

③ 기계식 수위계

- 와이어에 플로트가 매달려 있는 형식으로 수위에 따라 드럼에 와이어가 감기는 힘과 플로트에 가해지는 부력이 평형상태를 기본으로 하는 형식으로 구조가 간단하고 유지관리용의
- 액면에 의한 수주압력차를 이용하여 측정하는 원리로 차압계에는 정전용량식 및 다이어프램식 차압계 등이 있음
- 광범위한 액면 변화를 연속적으로 측정 할 수 있으나, 검출기 설치 장소에 제약이 있음
- 기계식 수위계는 무동력으로 간편하나, 겨울철 Spring 이 동결되어 작동이 안되는 단점
- 동결은 겨울철 배수지 수분이 스프링 드럼이 있는 헤드로 유입되면서 얼어붙는데, 그 온도는 그리 낮지 않은 0℃ 근처

에서 종종 발생하여 오작동을 유발 시키는 단점

④ 차압식 수위계

- 액면에 의한 수주압력을 차압계를 이용하여 측정하는 원리로 차압계에는 정전 용량식 및 다이어프램식 차압계 등이 있음
- 광범위한 액면 변화를 연속적으로 측정할 수 있으나, 검출기 설치 장소에 제약

⑤ 전극식 수위계

- 전극봉에 물이 닿을 때의 전도도를 이용하는 센서로 레벨 콘트롤러와 함께 사용하며 탱크의 상단부에 후렌지 혹은 나사식으로 설치하여 HH, H, L, LL 등 최대 4포인트의 수위점점출역을 얻을 수 있으며, 콘트롤러를 적절하게 선택하여 펌프 등의 기계시설과 연동 운영

⑥ 정전용량식 수위계

- 액체 중에 전극을 삽입하고 삽입된 전극과 탱크벽 또는 액간의 정전용량이 액면의 높이에 비례하는 성질을 이용하여 수위를 측정
- 도전성 또는 비도전성 유체뿐만 아니라 휘발성분위기에도 적용이 가능
- 구조가 견고하고 가동부가 없어 보수가 용이하나, 전극에 오염물질 부착이 있는 경우 오차 원인

▶ TestBed 저류조에 설치하기 위해 지역적 위치적인 분석을 하기 위해 다양한 수위계를 검토하였으며, 최종 선정에 있어 설치 위치에 대해 가장 많은 고려를 함
최종 선정은 초음파 방식을 선정하였고 제어와 계측에 따른 디지털 신호를 받고 저류량을 정확하게 파악할 수 있는 장점이 있었으며, 현장에 설치된 수위계

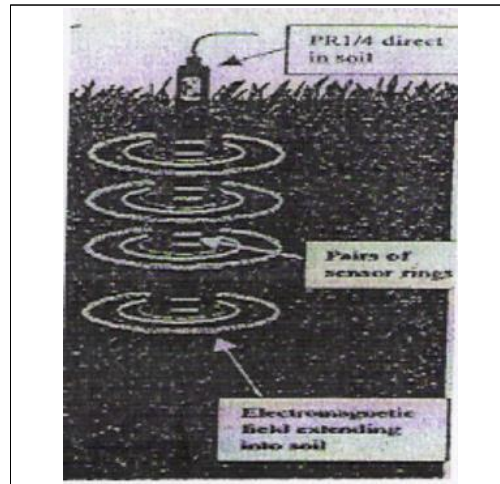
	-측정거리 : 5m	-사용온도 : -20~ 70℃
	-불감지거리 : 0.3m	-온도보상 : 내장온도센서
	-주파수 : 44kHz	-사용습도 : 100%
	-빔각도 : 5°	-결로방지 2중 결로방지
	-취부규격 : 1° F	-인증규격 : CE, FCC

<그림3.3.3> 수위계 성능

(다) 토양 수분계

1) 유전율(dielectric constant)이란

- 두개의 전자파(고립전자) 사이에 존재하는 물리적인 힘(쿨롱힘)과 전기장 내에서 유전체(토양+물+공기)에 따라 전기장의 특성변화(전기변위)가 나타나는 전기상수. 유전체가 토양·물·공기의 혼합이라면 물의 유전율이 그 혼합물의 유전율을 지배하게 되고 이 때의 측정은 그 혼합물의 토양 수분함량을 결정하는데 이용



<그림3.3.4> 유전율

2) 유전율식 토양수분 측정법

- 유전율식 측정법은 가장 최근에 상용화된 토양의 토양수분함량 측정법으로 토양내 수분변화에 따른 유전율의 변화를 감지하여 수분을 측정하는 방법

(1) 원리

전선내에서의 전자파의 이동 속도는 빛의 속도와 같다. 본체(전자파 발생원)와 센서(전자파 발생 및 감지) 사이에 전선을 이었을 때 임피던스(저항)의 변화로 전자파의 이동은 파장을 이룬다. 전선을 이은 부분이하 센서가 토양(수분)에 있을 때 전자파의 이동속도는 물의 쌍극성 때문에 느려진다. 전자파가 센서(탐지봉) 사이를 왕복하는 걸리는 시간이 토양수분함량과 일정한 관계가 있어 토양내 유전율 정도에 따라 반사파의 세기를 정전용량으로 읽거나 또는 반사파의 전류 세기를 시간으로 변환하여 읽어 토양수분함량으로 환산

▶ 토양내 수분이 100%일 때 전자파의 이동속도는 8 nanosec(10^{-9} sec)가 됨

▶ 전자파의 크기가 300MHz(보통 GHz)이상일 때는 전자파의 이동속도는 3picosec(10^{-12} sec)가 됨

(2) 종류

① FDR식(Frequency Domain Reflectometry, 주파수가변식)

- 고주파(3~100MHz)를 이용하여 토양내 유전율 정도에 따라 측정 회로내에 걸리는 주파수영역에서 콘덴서에 걸리는 정전용량(electric capacity)으로 읽어 토양수분함량으로 환산하여 나타낸다. 측정 토양수분은 용적수분으로 바로 읽으나 토양특성에 따라 보정 필요

② TDR식(Time Domain Reflectometry, 주파수고정식)

- 초고주파(1.0~3.0GHz)를 이용하여 토양내 유전율 정도에 따라 흐르는 전자파 세기가 달라지고 그에 따라 반사되어 오는 반사파의 세기 정도에 따라 회로내에 걸리는 전압 또는 전류의 세기를 시간으로 변환하여 읽어 토양의 직접 용적수분함량으로 환산하여 나타낸다. 측정 토양수분은 용적수분으로 바로 읽으며 비적 정확도가 높으며 안정적인 측정 값 제공

<표3.3.1> 유전율 토양수분 측정 센서들의 비교

구 분	감지영역	사용주파수 영역	주변환경 안정성	장점	단점	비 고
FDR식 (반사주파수 영역계)	주파수크기 (정전용량)	3 ~ 100 MHz	다소불안	장기간 사용, 자동관개 센서 가 능, Network 설 계 가능, 가격저렴	개 발 비 용 많음,	WT-1000, Automata, Delta-T, ECH ₂ O, Hydrosense 등
TDR식 (반사시간 영역계)	반사시간	1.0 ~ 3.0 GHz	매우안정	장기간 사용, 자동관개 센서 가 능, Network 설계 가능,	개 발 비 용 많음, 가격 비쌈	Trime, Trase 등

③ 유전율식 토양수분 센서의 활용

- 최근에 개발되어 사용되어지고 있는 유전율식 토양수분 센서들은 기존의 석고블럭법과 건토중량법에 비해 시간과 노력이 적게 들며 현장에서 신속하게 직접 용적수분함량을 측정할 수 있는 장점을 가지고 있음

3) 활 용

- ① 현장 토양수분함량 조사 : 한발시 작물생육에 문제가 되는 수분상태를 신속하게 파악하므로서 효율적으로 가뭄대비 및 토양수분관리가 가능
- ② 지역별 발토양 실시간 수분 모니터링 : 토양수분 실시간 예측시스템을 구성하여 지역별 토양수분상태 평가 및 한발예측이 가능
- ③ 자동제어시스템에 의한 토양수분관리 및 관비재배 : 토양수분상태(수분장력)에 따라 농작물의 생육단계별로 효율적으로 적정범위의 양수분을 관리

TestBed 빗물 유입 전처리 지역의 식생지에 적절한 수분 공급이 없을 경우 관리에 불편함과 자동 관리에 대한 수분 공급이 필요하여 최종 선정은 FDR 방식을 선정하였고 계측에 따라 지털 신호를 받고 수분량을 확인하고 수분 공급 후 변화된 계측값으로 조건 제어가 가능하도록 하였으며 현장에 설치된 토양 수분계는 다음과 같음.



- 데이터출력 : 아날로그 -전압 0~5V, 1~5V, 0~1V, 0~2.5(선형출력)
전류 4~20mA(선형출력)
- 측정범위 : 습도(0~99.9%), 토양(EC 0~9.9dS/m), 온도(0~60℃)
- 정확도:습도($\pm 1\%$), 토양EC($\pm 0.1\text{dS/m}$), 온도($\pm 0.5^\circ\text{C}$)
- 센서형태 : FDR2
- 작동온도범위 : 0 ~ 60℃

<그림3.3.5> 토양 수분계 성능

(2) 데이터 수집에 따른 데이터 보정 기술 개발

(가) 수집 데이터 보정 개발

- 현장 계측기 오류 및 기타 현장 상황 발생으로 인해 측정 데이터 중 비정상 데이터가 발생하며, 비정상 데이터의 처리를 위해 기존에는 보정 방법을 사용함.
- 보정이란 과거 데이터 패턴을 기준으로 새로운 데이터를 생성하는 방법으로 분석자의 판단이 개입되어 객관성 확보가 어렵고, 분석자마다 분석 방법이 상이하여 동일 데이터로 분석을 하더라도 결과 값의 차이가 발생함.
- 이로 인해, 비정상 데이터의 처리를 위한 기존 보정방법을 대체할 수 있는 명확하고 객관적인 필터링 방법을 개발하게 됨

(나) 일반 방법(보정)과 개발 방법(필터링)

<표3.3.2> 일반 방법(보정)과 개발 방법(필터링)

구 분	기존 방법(보정)	개발 방법(필터링)
절 차 도	<pre> graph TD A[원본데이터] --> B{이상치 판정} B -- 기준선정 --> C[보정] B -- 정상 --> D[유효데이터 확보] C --> D </pre>	<pre> graph TD A[원본데이터] --> B{1차 필터링 (판정성)} B -- 결측값/계측 범위 판단 --> C{비정상} C --> D[DB에 저장 (사용X)] B -- 정상 --> E{데이터 패턴 특이값 판단} E -- 비정상 --> F[DB에 저장 (사용X)] E -- 정상 --> G{2차 필터링 (확정성)} G -- 비정상 자료판단 --> H{비정상} H --> I[DB에 저장 (사용X)] G -- 정상 --> J{3차 필터링 (임의성)} J -- 전문가 판단 --> K{비정상} K --> L[DB에 저장 (사용X)] J -- 정상 --> M{총합판단} M -- 유효데이터 확보율(80%) --> N{비정상} N --> O[DB에 저장 (사용X)] M -- 정상 --> P[유효데이터 확보] </pre>
비정상 데이터 처리기준	<보 정> o 보정 - 현장 측정 데이터 중 비정상 데이터 발생시 과거에 측정된 데이터의 패턴을 기준으로 새로운 데이터를 생성	<필터링> o 필터링 - 현장 측정 데이터 중 비정상 데이터 발생시 해당 데이터를 분석에서 제외

구 분	기존 방법(보정)	개발 방법(필터링)
비정상 데이터 처리 절차 및 방법	○ 보정 절차 - 비정상 데이터 판단 및 보정을 통해 유효데이터 획득 • 비정상 데이터 판단 - 시계열 데이터의 패턴을 분석하여 비정상 데이터 판단 • 보정 - 비정상 데이터 발생 시점 이전 4주간의 동일 요일, 동일 시간의 데이터 값을 평균하여 보정 데이터를 생성 ○ 유효데이터 획득 - 정상 데이터 + 보정 데이터 = 100% - 전체 데이터(100%) 사용	○ 필터링 절차 - 1 ~ 3차 필터링 및 종합판단을 통해 유효자료 획득 • 1차 필터링(판정성) - 계측기의 측정범위(계측기 사양별 측정 가능 범위)를 벗어나는 데이터 - 데이터 패턴을 벗어나는 특이 데이터 • 2차 필터링(확정성) - 정전, 기기고장, 유지관리 등의 타당한 사유로 발생한 비정상 데이터 • 3차 필터링(임의성) - 1차, 2차 필터링에 속하지 않는 데이터 중 전문가 판단에 의해 구분 가능한 비정상 데이터 ○ 유효데이터 획득 (유효데이터 확보율 80% 경우) - 1차, 2차, 3차 필터링을 거친 데이터 중 유효데이터 확보율(예; 80% 이상) 이상인 일 데이터만 분석에 사용 (이때, 유효데이터 확보율은 지점 특성에 맞게 변경 가능) - 정상 데이터 = 80~100% - 전체 데이터의 80~100% 사용 $\text{유효데이터 확보율} = \frac{\text{정상 데이터의 수}}{\text{일 전체 데이터의 수}} \times 100$ 여기서, 일 전체 데이터의 수 : 1일 측정된 총 데이터의 수 정상 데이터의 수 : 정상으로 판정된 데이터의 수
개발(필터링) 방법의 우수성	- 과거의 데이터 패턴을 기준으로 비정상 발생 시점의 데이터를 추정하여 새로운 데이터를 생성하므로 해당 시점의 상황을 정확하게 반영할 수 없음 - 보정시 분석자의 판단이 개입됨에 따라 분석의 객관성 확보가 어려움 - 보정 방법에 대한 명확한 기준이 없어 분석자에 따라 보정 값이 상이함.	- 현장 계측 데이터 중 정상/비정상 데이터 구분에 대한 명확한 기준 제시가 가능 - 일정 기준을 바탕으로 정상/비정상 데이터를 구분하여 분석에서 제외하므로 분석의 객관성 확보가 가능함 - 필터링 방법에 대한 명확한 기준을 확보하여 분석자별 필터링 기준이 동일함

○ 필터링 방법에 대한 도식화

<표3.3.3> 필터링 방법에 대한 도식화

구 분	도 식 화
1차 필터링 (판정성)	
2차 필터링 (확정성)	
3차 필터링 (임의성)	

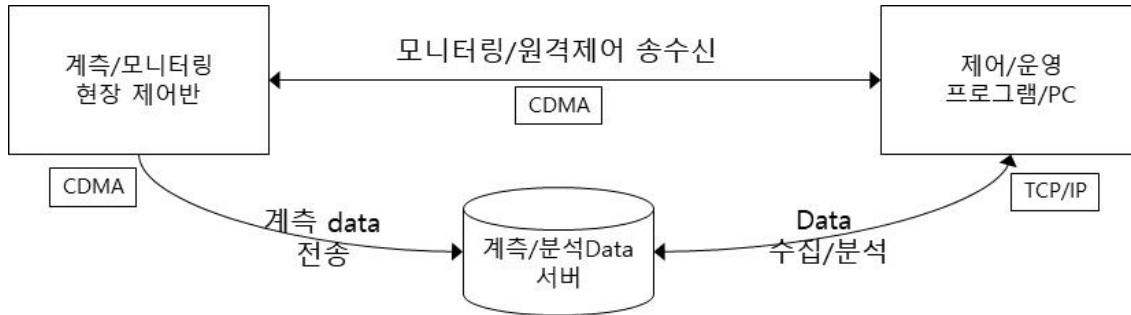
- 현장 기초 데이터 수집 및 활용
 - 각 계측장비별 데이터 수집
- 알람 데이터
 - 알람 주체 정리
 - 항목에 따른 경보 및 제어 알람
 - 강우/강설 경보, 수위 및 수분량 등
 - 분석 된 감시 정보를 통해 감시 항목별 경보 발령
 - 저류조 집수량 및 사용량대처 방법 및 운영 데이터 수집
 - 강우에 따른 집수량 수위를 활용
 - 조치 방법에 대한 방법을 항목별 상황별 알고리즘 화하여 대응 매뉴얼 제공
- 통신 상태 DB저장
 - 송수신에 대한 통신 상태 체크 저장하여 DB 관리

(3) 데이터 수집 및 네트워크 및 S/W개발

(가) 서버 통신 구축 방안

(1) 개요

각종 계측/모니터링 SW와 DB 서버는 공유 DB를 통해 간접적으로 통신한다. 명령 송신은 명령 코드, 아이템 등을 설정한 레코드를 공유 DB에 insert함으로써 수행되고, 명령 수신은 공유 DB의 레코드를 주기적으로 체크하여 처리해야 할 명령을 찾음으로써 수행



<그림3.3.6> DB를 통한 네트워크 구성

(2) 프로토콜

① 데이터 수집

- 계측 및 모니터링 SW에서 각 지점의 측정 데이터를 1~10분 간격으로 공유 DB에 insert 함

② 데이터 수집 테이블 레이아웃

▶ DB 접속 정보

Schema(User) : M_LIDUSER

PASSWORD : M_LIDUSER

DB IP : 14.35.198.58

▶ 실시간 자료 수신

- 1분 이내 UPDATE (30초이내)
- TABLE Name : M_REALTIME

▶ 실시간 데이터 테이블 LAYOUT

- M_REALTIME

Column Name	Data Type	설명
RT_CCODE	V A R C H A R 2 (1 0	그룹코드 (PK)
RT_PCODE	BYTE)	지점코드 (PK)
RT_NAME	V A R C H A R 2 (1 0	지점명
RT_DATE	BYTE)	측정일 (yyyymmdd)
RT_TIME	V A R C H A R 2 (5 0	측정시간 (hhnnss)
RT_PMODE	BYTE)	펌프모드 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_PRUN	CHAR(8 BYTE)	펌프작동 (STOP:0/RUN:1)
RT_PFAU	CHAR(6 BYTE)	펌프FAULT (Nomal:0/FAULT:1)
RT_VMODE01	CHAR(1 BYTE)	밸브01모드 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_VMODE02	CHAR(1 BYTE)	밸브02모드 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_VMODE03	CHAR(1 BYTE)	밸브03모드 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_VSTS01	CHAR(1 BYTE)	밸브01상태 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_VSTS02	CHAR(1 BYTE)	밸브02상태 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_VSTS03	CHAR(1 BYTE)	밸브03상태 (AUTO:0/REMOTE:1)
RT_Q	CHAR(1 BYTE)	유량순시
RT_H	CHAR(1 BYTE)	수위
RT_R	CHAR(1 BYTE)	강우량적산
RT_MOI01	NUMBER(25,5)	토양수분계 수분01
R T _ T E M P 0 1	NUMBER(25,5)	토양수분계 온도01
	NUMBER(25,0)	토양수분계 수분02
RT_MOI02	NUMBER(25,5)	토양수분계 온도02
R T _ T E M P 0 2	NUMBER(25,5)	토양수분계 수분03
	NUMBER(25,5)	토양수분계 온도03
RT_MOI03	NUMBER(25,5)	
R T _ T E M P 0 3	NUMBER(25,5)	
	NUMBER(25,5)	

③ 1분 데이터 저장(INSERT)

– 1분 간격 실시간 데이터 저장

– TABLE Name : M_RAWDATA

▶실시간 데이터 테이블 LAYOUT은 M_REALTIME과 동일

④ 밸브 & 펌프 가동 (UPDATE)

– 밸브 open, 펌프 가동 시간 변경시

– TABLE Name : M_VPRUN

▶ M_VPRUN

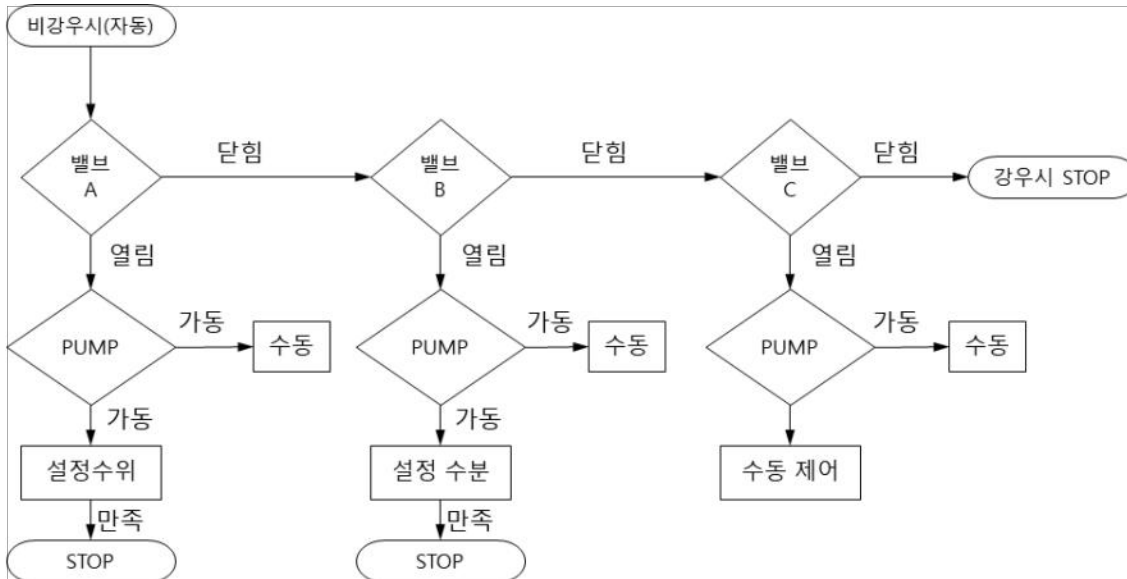
Column Name	Data Type	설명
M_CCODE	V A R C H A R 2 (1 0	그룹코드 (PK) : '01'
M_PCODE	BYTE)	지점코드 (PK) : A 밸브 '11' , B 밸브 '12' ,
M_DATE	V A R C H A R 2 (1 0	펌프 '13'
M_TIME	BYTE)	측정일 (yyyymmdd)
M_RCNT	CHAR(8 BYTE)	측정시간 (hhnnss)
M_RHR	CHAR(6 BYTE)	밸브 open 횟수
	NUMBER(25,5)	펌프가동 시간
	NUMBER(25,5)	

⑤ 밸브 제어값 (INSERT)

- 밸브 제어값 변경시
- TABLE Name : M_VCONTSET
- ▶ M_VCONTSET

Column Name	Data Type	설명
M_CCODE	V A R C H A R 2 (1 0	그룹코드(PK) : '01'
M_PCODE	BYTE)	지점코드(PK) : A 밸브 '11', B 밸브
M_DATE	V A R C H A R 2 (1 0	'12'
M_TIME	BYTE)	측정일(yyyymmdd)
M_SRAIN	CHAR(8 BYTE)	측정시간(hhnnss)
M_SHIGH	CHAR(6 BYTE)	강우기준
M_SWET	NUMBER(25,5)	수위기준
	NUMBER(25,5)	수분기준
	NUMBER(25,5)	

(나) 시스템 운전 방향자동 운영 구성



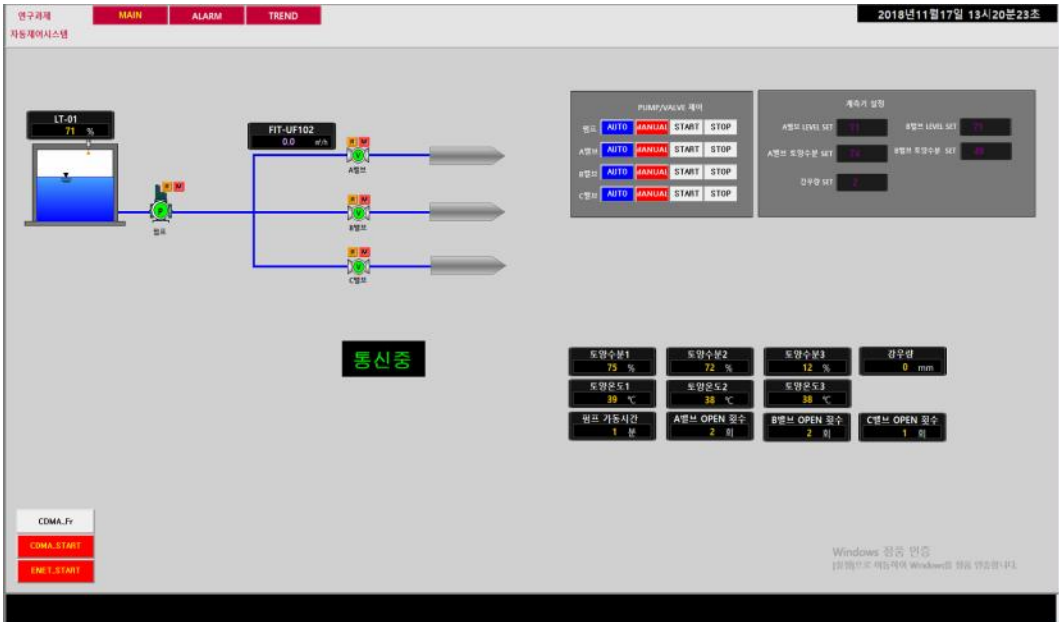
<그림3.3.7> LID 자동운전 구성도

- 자동운전 구성은 강우시와 비강우시로 구분하여 운전하도록 하였으며, 빗물저류특성에 따라 강우시(조건설정 이상)에는 운영이 중단되도록 하였음
- 비강우시 저류된 빗물을 펌프를 가동하여 연못에 상시 급수
- 식생지대에 수분계에 의한 설정 이하 수분 측정시 A밸브를 잠그고 B밸브를 열어서 수분공급
- C밸브를 오픈할 경우 모든 자동제어는 정지, 펌프만 가동되도록 설정

(4) 원격제어 시스템 구축

(가) 화면 구성

- 메뉴는 그림과 같이 총 4개 메뉴로 구성



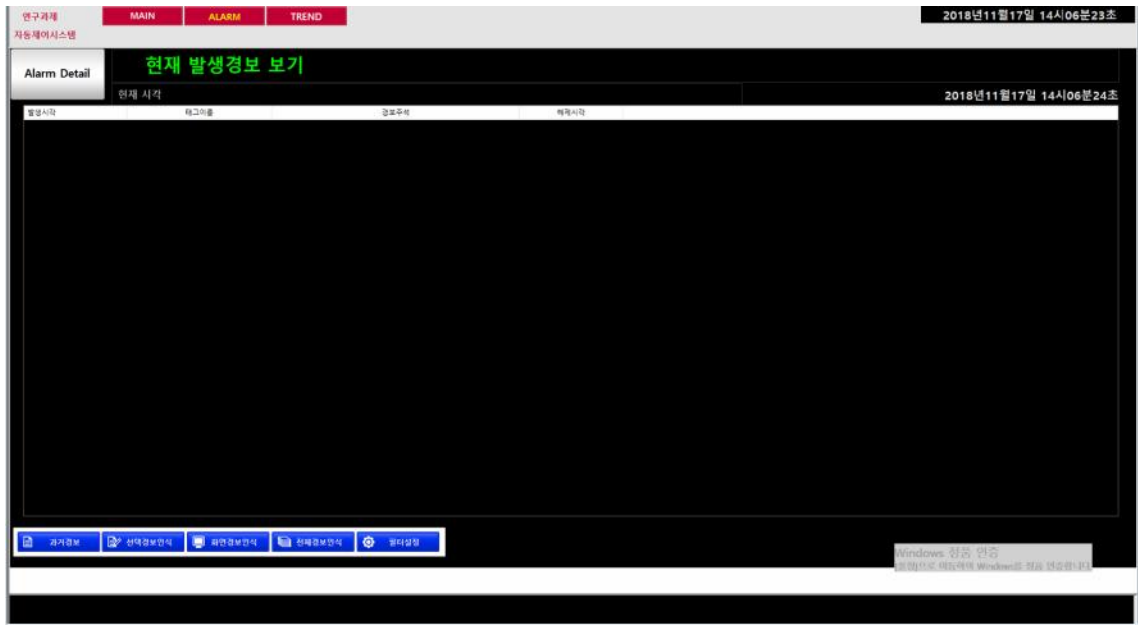
<그림3.3.8> 메인 화면

- ① 해당 메뉴 클릭시 해당 화면으로 전환
- ② 해당 계측기의 PV값을 나타낸다.
- ③ 펌프 밸브 상태를 나타내며 낸다
- ④ 펌프 및 밸브 수동조작 및 자동제어 설정값을 변경



<그림3.3.9> 계측 트렌드 현황

① 계측값의 과거 및 현재 트렌드 현황 모니터링



<그림3.3.10> 알람 상태

① 설정된 알람 List 확인

(나) 상태 값 표시

– 펌프 동작상태

<표> 상태 표시펌프 상태를 다음과 같이 표시한다.

구 분	표 준 색 상			비 고
	표시방법	색상	표시색상	
ON(동작)		빨간색	B-Red	회전
OFF(정지)		녹 색	B-Green	
FAULT(고장)		노란색	B-Yellow	점멸



<그림3.3.11> 펌프 상태

- ① 펌프 기동 상태 빨간색 상태로 표시
- ② 펌프 정지 상태 녹색 상태로 표시
- ③ 펌프 fault상태 노란색 점멸로 상태 표시

(다) 밸브 동작상태
 <표> 밸브 상태 표시

구 분	표 준 색 상			비 고
	표시방법	색상	표시색상	
FULL CLOSE		빨간색	B-Red	
FULL OPEN		녹 색	B-Green	




<그림3.3.12> 밸브의 상태

1. 밸브 FULL OPEN 상태 녹색 상태로 표시
2. 밸브 FULL CLOSE 상태 빨강색 상태로 표시

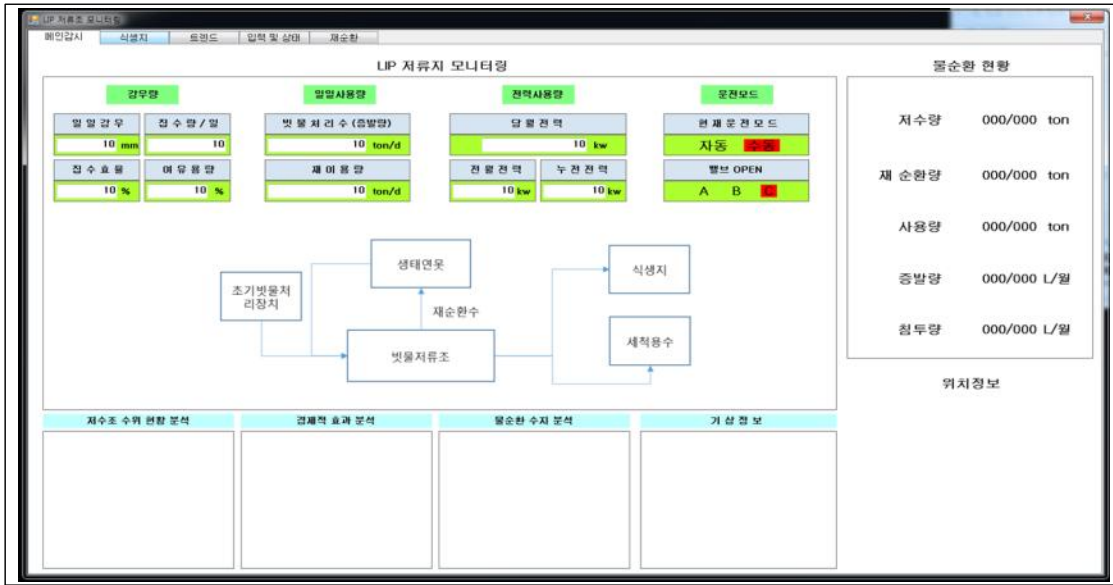
(라) 제어 및 설정
 - 수동 및 자동 제어
 ① 펌프, 밸브를 클릭하면 제어 조건 모드를 선택할 수 있음



<그림3.3.13> 수동 및 자동 범위 설정/운전 제어

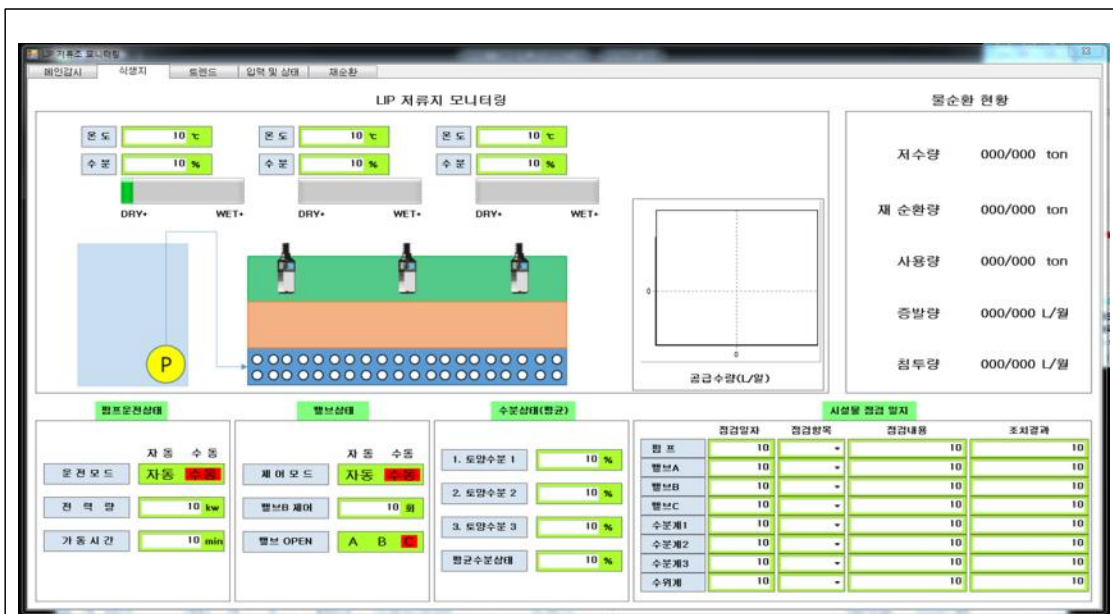
- ② 각 펌프 밸브를 수동 조작 및 자동 설정
- ③ 화면에 통신중 상태가 표시 되어 있을 때 만 가능

(라) 분석 및 운영 시스템



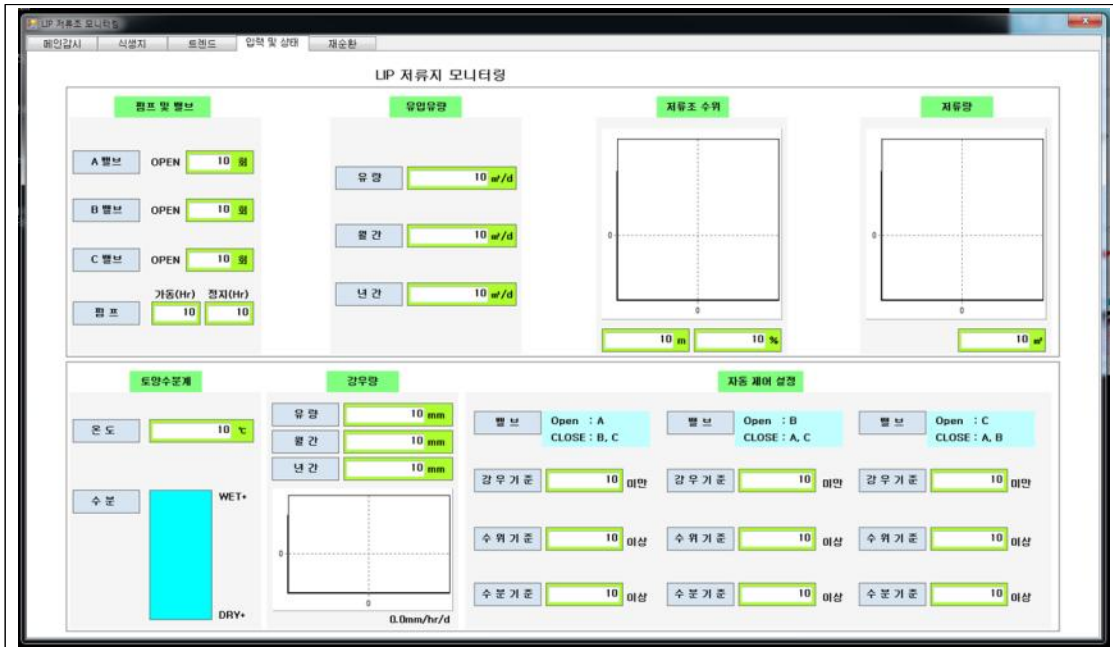
<그림3.3.14> 메인 화면 및 분석 모니터링

- LID 저류지 모니터링 필요한 강우량, 일일사용량, 전력사용량과 현재 운전상태를 확인 할 수 있으며, 저류조 수위 현황 및 물사용에 따른 경제적 효과 분석, 물순환 수치 분석, 기상정보등을 메인창에서 확인 및 모니터링 할 수 있음



<그림3.3.15> 식생지 모니터링 및 시설물 점검일지

- 식생지에 유입되는 토양수분계를 모니터링 하고 펌프 운전상태 밸브 상태, 수분공급 상태등을 확인 할 수 있으며, 시설물 점검일지를 입력 할 수 있음



<그림3.3.16> 기초 자료 입력 및 계측기 상태 모니터링

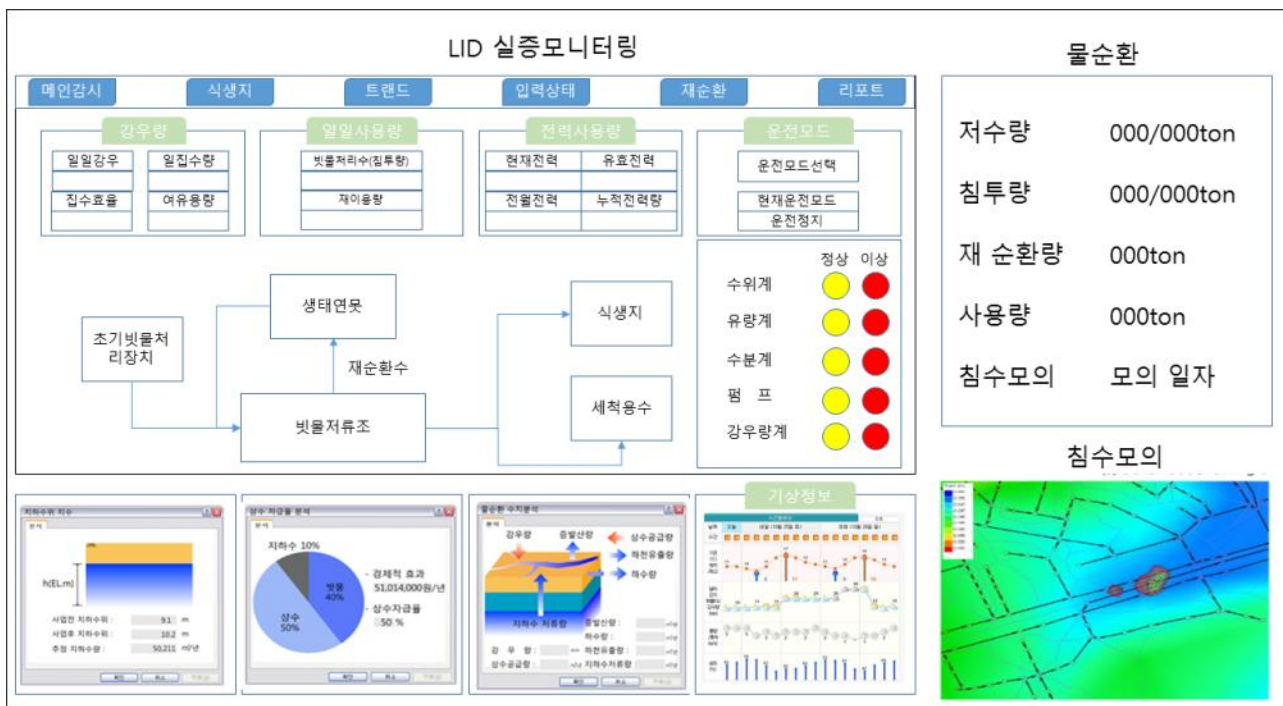
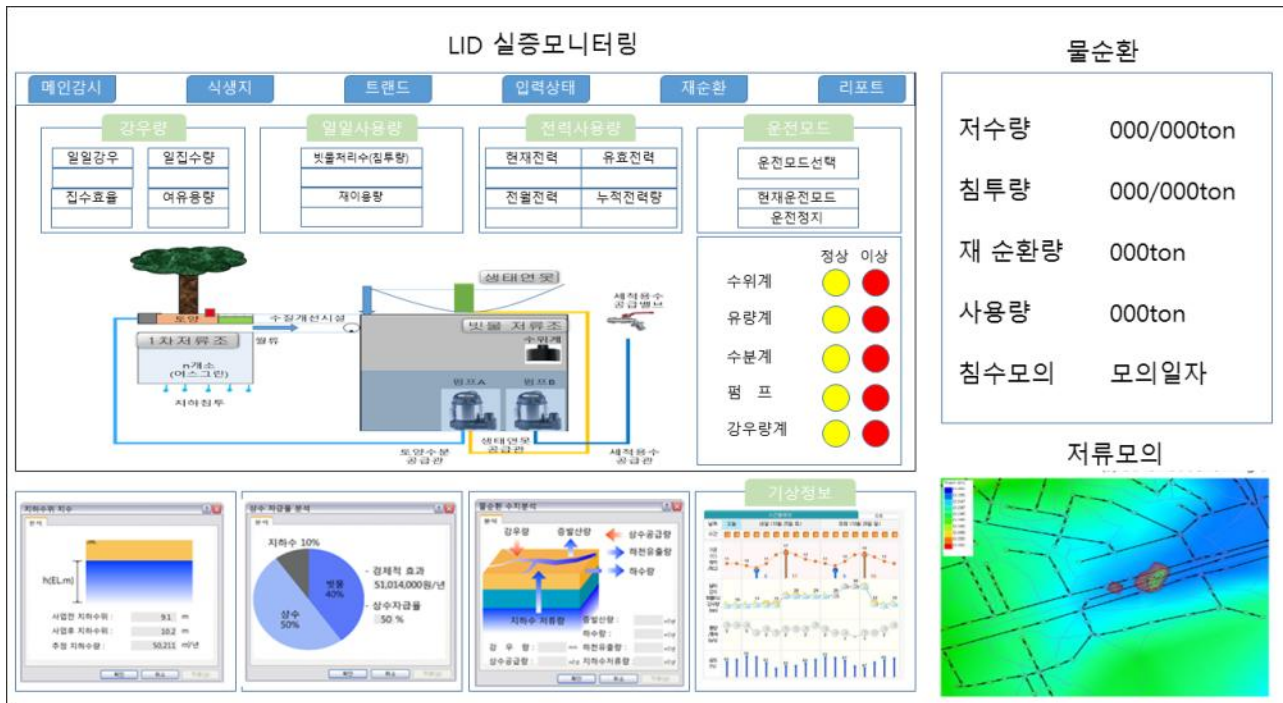
- 시스템의 운전 및 운영 상태 이력을 확인 하고 사용량, 수위, 저류량 등 각종 계측기의 상태와 제어 상태를 설정 할 수 있음



<그림3.3.17> 재순환 및 이력 조회

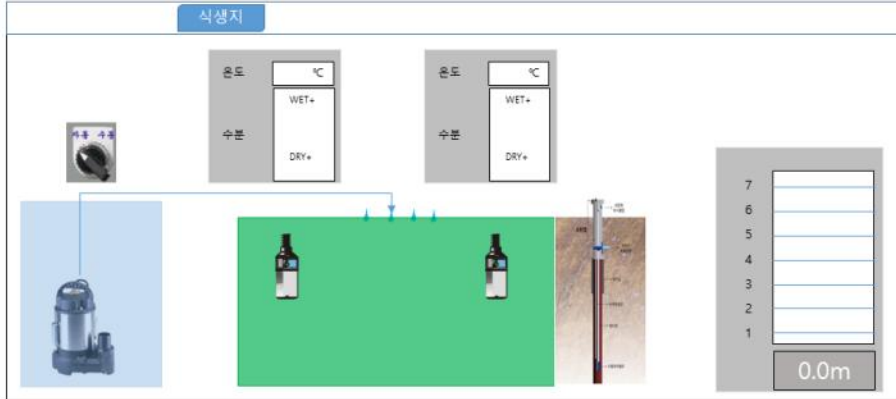
- 연못으로 재순환되는 펌프 및 밸브의 운전상태를 모니터링 할 수 있고, 재순환 이력을 모니터링 하고 알람 이력을 확인 할 수 있음

<그림 3.3.18> LID실증모니터링



LID 실증모니터링

물순환



저수량 000/000ton
침투량 000/000ton
재 순환량 000ton
사용량 000ton
침수모의 모의 일자

펌프제어

운전모드 자동 수동
운전 일자
가동 시간

밸브제어

운전모드 자동 수동
Open 밸브 A B

펌프운전조건

1. 토양수분A
2. 토양수분B
3. 지하수위
자동 적용

시설물 점검 일자

출력

점검일자 점검항목 점검내용
펌프A/B
밸브
토양수분A/B
지하수위계

LID 실증모니터링

상태 정보



저수량 000/000ton
침투량 000/000ton
재 순환량 000ton
사용량 000ton
침수모의 모의 일자

펌프

실시간 선택 해제
누적
과거

유량계

유량 선택 해제
수위
유속
과거

토양수분계

토양수분A 선택 해제
토양수분B
과거

지하수위계

실시간 선택 해제
누적
과거

강우량계

실시간 선택 해제
월누적
예보량/월
과거

LID 저류조 실증모니터링

입력상태

펌프 및 밸브 A펌프 ☐ 가동 ☐ 정지 B펌프 ☐ 가동 ☐ 정지 밸브 ☐ Open ☐	유입 유량계 유량 m³/d 수위 cm 유속 m/s	강우량계 0.0mm	저류조 수위 0.0mm 0.0%	저류량계 m³
지하수위계 0.0m	토양수분계 온도 °C WET+ 수분 DRY+	전력량계 현재 금일 월간 연간	자동 제어 설정 펌프 자동 수동 강우 기준 밸브 O/C 수동 제어 유량기준 수위 기준 수분 기준	

1) 기초 자료 수집 및 설계

- ◎ TestBed 현장 점검 및 현장조사
 - 침수 면적 조사 및 분석
 - 계측 가능 항목 검토
 - 모니터링 시스템 구축 적합도 평가
- ◎ 지역 강수 및 기상 자료 수집, 분석
 - 최근 5년간 지역 강수현황 분석
 - TestBed 지역 침수 현황 검토 분석
 - 주변 지역 저류지 자료 수집 및 운영 현황 조사
- ◎ 계측장비 적용 검토
 - 자동 측정 및 제어 구성에 따른 계측장비 분석 및 설계
 - 수위계, 유량계, 강우설량계 등 적용 가능 장비 비교 검토
 - 계측장비 간 통신 방식 검토 및 적용
- ◎ 시스템 구성 통신, 분석 개발 기획 및 검토
 - DB수집 및 분석 알고리즘 개발
 - 자동제어 운영 방안 기획
- ◎ 개발 시스템 운영 방안 기획
 - 시스템 개발 화면 기획 및 설계
 - 분석 결과 운영 개발 기획 및 설계

2) 계측 및 제어 시스템 구축 및 운영프로그램 개발, 운영

- ◎ 현장 제어반 제작
 - 제어반 설계 및 도면 제작
 - 장비 선정 및 제어반 제작
 - 제어반 제어 프로토콜 정의 및 운전 시스템 구축
- ◎ 원격 시스템 구축
 - 원격 시스템 프로토콜 구축 및 테스트
- ◎ 통신 프로그램 개발 및 안정화
 - 계측 DB수집 및 분석 프로그램 개발

◎ 운전 및 제어 프로그램 개발

- 자동제어 운전 알고리즘 시스템 개발 적용
- 통신제어 운전 알고리즘 개발

◎ TestBed 현장 공사 및 융합 연계

- 식생 및 연못 등 연계 공사
- 제어반 설치 및 각종 배관 공사
- 식생 및 연못 등 저류지를 접목한 시스템 융합
- 물순환에 따른 시스템 연계

3) 시스템 운영 및 결과 분석

◎ 시스템 운영 및 결과 분석

- 운영 점검
- 운영 결과 분석
- 운영방안 수립 및 안정화

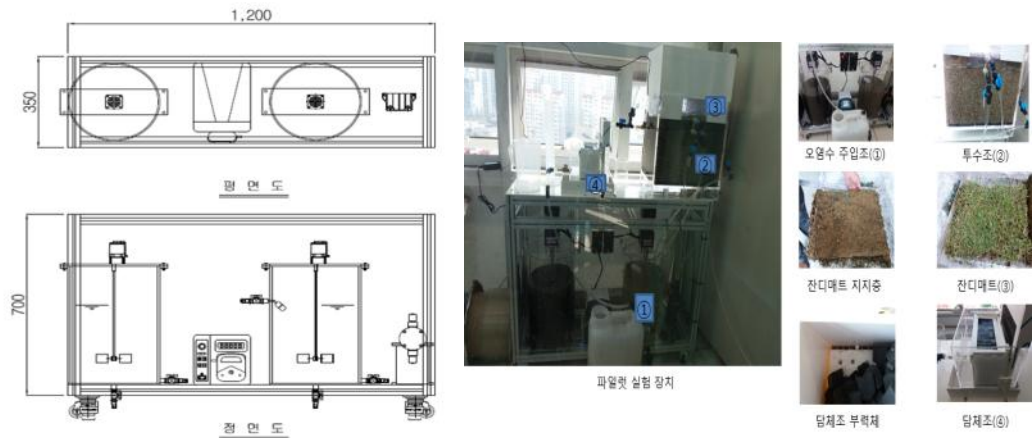
3.4. 빗물의 유입 및 배출시 최적화 모델링 및 효과분석을 통하여 빗물 수질 관리 및 처리 기능 구현

1차년도에는 저류시 수질확보를 위한 수처리 기술 개발을 목적으로 파일렛 플랜트 실험을 통한 표면 유출수 및 저류 빗물의 수처리 기술 개발을 진행하였다.

지표면에서 유출되어 소저류조로 유입되는 빗물의 표면유출수를 처리하고, 1일 1톤 처리 규모의 파일렛 실험장치로 수처리하며, 소저류조에서 유출되는 빗물을 대저류조에 저류전에 처리하도록 한다. 그리고 저류 빗물의 재이용을 위해 재이용 수질에 적합한 수처리와 재이용 분야 및 적용 대상별 적합 수질을 확보하고자 한다.

LID 기반의 목적에 부합하기 위해 식생을 이용한 표면유출수→침투와 여과 과정을 기본으로 하였으며, 후단에 고정상 담체에 의한 오염물질 제거 기능을 적용하였다. 1일 1톤 파일렛 실험장치를 통해 실제 오염된 빗물과 토사 유입을 가정한 오염 빗물을 실험수로 하여 처리 효과를 검증한 결과 물재이용 관련 법규에 적합한 수질을 확보하였으며, 저류된 빗물을 친수공간, 세척수 등으로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

- 1) 빗물처리 기술 개발
 - LID 기반의 목적에 부합하고자 식생을 이용한 표면유출수 처리와 침투 및 여과를 기본으로 하였으며 저류 전 처리를 위해 후단에 고정상 담체를 두어 오염물질을 제거하고자 하였음.
- 2) 빗물처리 파일렛 장치 제작
 - 표면 유출수 및 저류조 유입전 처리를 위한 파일렛 장치 제작함. 연속 운전 형태로 각 단계별 모니터링이 가능하도록 제작함.



<그림3.4.1> 빗물처리 파일렛 장치 제작도 및 장치 설치 모습

- 3) 빗물처리 파일렛 실험
 - 실험수는 토사 함유 빗물과 유기물 함유 빗물로 나눠 장치 운전을 진행하였고 처리항목은 부유물질, BOD, T-N, T-P로 설정함.
 - 유기물 함유 빗물 처리에서는 원수 대비 부유물질 94%, BOD 90%, T-N 50%, T-P 73%, 탁도 93% 제거됨. 특히, 표면처리와 침투여과에 의해 부유물질 대부분이 제거되면서 BOD와 탁도가 크게 개선됨.
 - 한편, 유기물 함유 빗물 처리 중 담체조에서는 BOD 및 부유물질의 제거 효과가 나타나지 않음.
 - 토사 함유 빗물 처리에서는 원수 대비 부유물질 99%, BOD 44%, T-N 14%, T-P 52%, 탁도 88% 제거됨. 표면처리와 침투여과에 의해 대부분 처리되어 담체여과에서는 처리효과가 없는 것으로 판단됨.
 - 토사 함유 빗물 처리 중 고농도 부유물질이 유입할 경우 표면처리에서 효과적으로 부유물질이 제거됨을 볼 수 있었음. 저농도의 오염원수는 원수 농도 자체가 낮아 BOD, T-N 등 유기물질에 대한 처리 효과를 판단하기 어려움.

	항목	원수	표면처리	투수	담체		항목	원수	표면처리	투수	담체
부유물질	농도(mg/L)	203	53	2	2	부유물질	농도(mg/L)	45	18	2	2
	제거율(%)	—	74	96	-14		제거율(%)	—	59	88	-13
	누적(%)	—	74	99	99		누적(%)	—	59	95	94
BOD	농도(mg/L)	2	1	1	1	BOD	농도(mg/L)	24	11	2	2
	제거율(%)	—	33	20	-4		제거율(%)	—	53	80	—
	누적(%)	—	33	46	44		누적(%)	—	53	90	90
총질소	농도(mg/L)	5.3	5.0	5.1	4.6	총질소	농도(mg/L)	37	27	22	18
	제거율(%)	—	7	3	10		제거율(%)	—	25	20	16
	누적(%)	—	7	4	14		누적(%)	—	25	40	50
총인	농도(mg/L)	0.15	0.10	0.07	0.07	총인	농도(mg/L)	0.33	0.19	0.09	0.09
	제거율(%)	—	37	24	-1		제거율(%)	—	44	51	2
	누적(%)	—	37	52	52		누적(%)	—	44	72	73
탁도	농도(mg/L)	43	36	6	5	탁도	농도(mg/L)	30	14	4	2
	제거율(%)	—	16	84	9		제거율(%)	—	53	73	45
	누적(%)	—	16	86	88		누적(%)	—	53	87	93

<표3.4.1> 토사 함유 빗물처리 수질 분석 결과 <표3.4.2> 유기물 함유 빗물처리 수질 분석 결과

4) 저류 빗물의 재활용 방안 검토

- 본 연구에서의 빗물처리 공정을 거친 처리수는 중수도 기준(물 재이용 관련 법규)에 모두 적합한 수질을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.
- 저류된 빗물은 연못 등의 친수용수, 세척 살수용수로 활용이 적절할 것으로 판단됨.

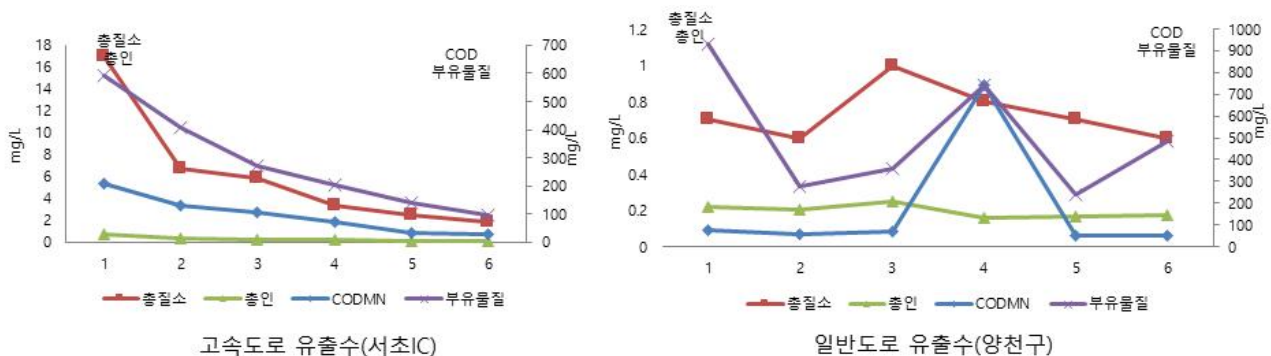
<표3.4.3> 단계별 연구방법

1단계 공정설계	목표 수질 설정 유휴공간 빗물 유출수 최적 처리 공정 설계
2단계 파일럿 장치 제작	표준 시료 준비 파일럿 장치 설계 및 제작
3단계 파일럿 실험	표준 시료를 이용한 빗물 처리 실험 실험 결과 분석 및 이용 방안 검토

연구의 주안점은 LID 목적에 부합하는 식생을 결합한 표면유출 처리, 침투 및 여과 공정을 토대로 공정을 개발하고, 유지관리 편리 및 수질 확보가 가능한 수질확보 방안을 도출하여 파일럿 실험을 통해 성능을 평가하였다. 그리고 친수용수, 세척수 등 대체 수자원으로 활용 가치가 있는 수질을 확보하는데 주력하였다.

- 공정설계

빗물 유출수 특성 및 저류 활용 방안을 검토: 빗물 처리를 위한 원수 확보 및 수질 확인을 위해 도로 유출수의 빗물을 채취하여 수질을 분석하였다.

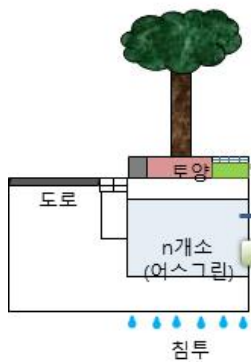


<그림3.4.2> 도로 유출수 수질분석 그래프

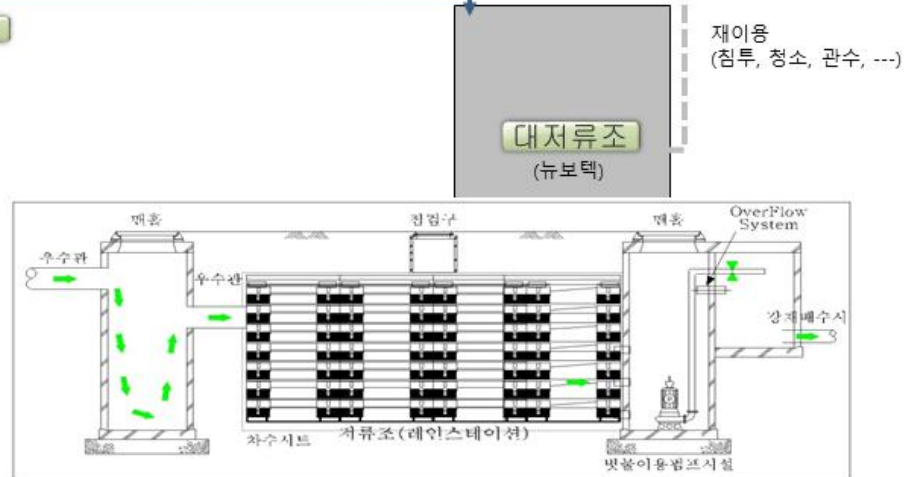
도로 표면 유출수의 수질은 강우 시간에 따라 변화가 커서, 처리 대상 수질은 평균 수질로 설정을 하였으며, 침투/저류 기능에 의한 표면 유출수 관리가 필요할 것으로 보인다.

빗물처리 공정은 주관기관 및 공동기관의 기술을 접목하여 활용가능한 빗물처리 기술에 대해 검토하였다.

• 표면유출 저감 결합

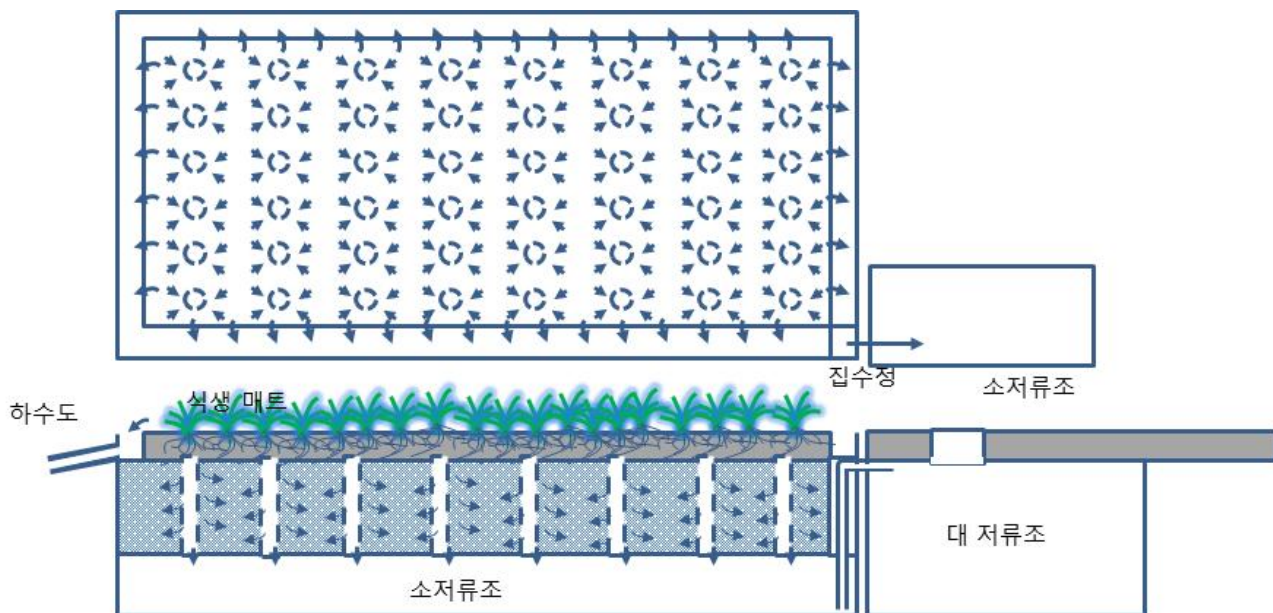


• 저류조 결합



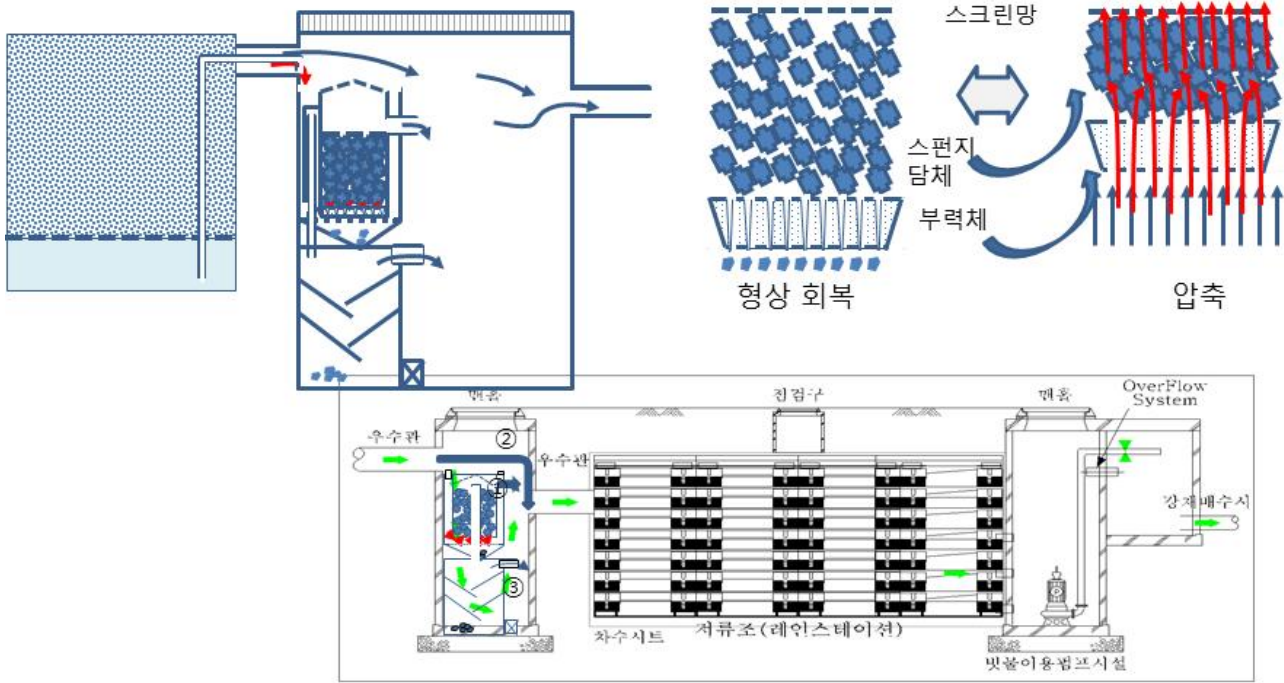
<그림3.4.3> 빗물처리 공정

표면유출수 처리는 공동 연구기관인 어스그린 코리아의 기술을 접목하여 잔디식생매트에 의한 처리 효과를 평가하기 위한 공정을 설계하였다.



<그림3.4.4> 표면유출수 처리

저류조 유입 처리 기술은 저류조 유입전에 빗물 처리를 위해 뉴보텍의 저류조 시설의 유입맨홀 앞에 설치가능한 장치를 설계하였다.



<그림3.4.5> 저류조 유입 처리 기술

- 실험수 확보

토사유입 실험용: 빗물 처리 실험을 위해 토사가 함유된 오염빗물을 조성할 수 있도록 하수관거 내에 퇴적된 토사를 채취하여 이물질 제거 후 농도를 분석하였다.



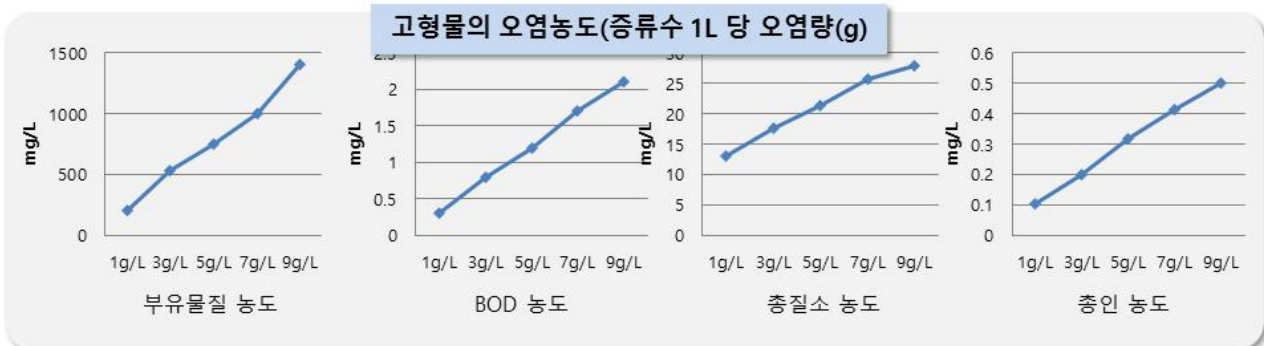
하수관거내 퇴적물



이물질 제거(1mm)



표준물질 조제(0.5mm 체거름)



<그림3.4.6> 토사유입 실험용 실험수 확보

유기물질 처리 실험용: 빗물처리 실험을 위해 유기물질이 함유된 도로 유출 빗물을 채취하여 농도를 분석하였다.



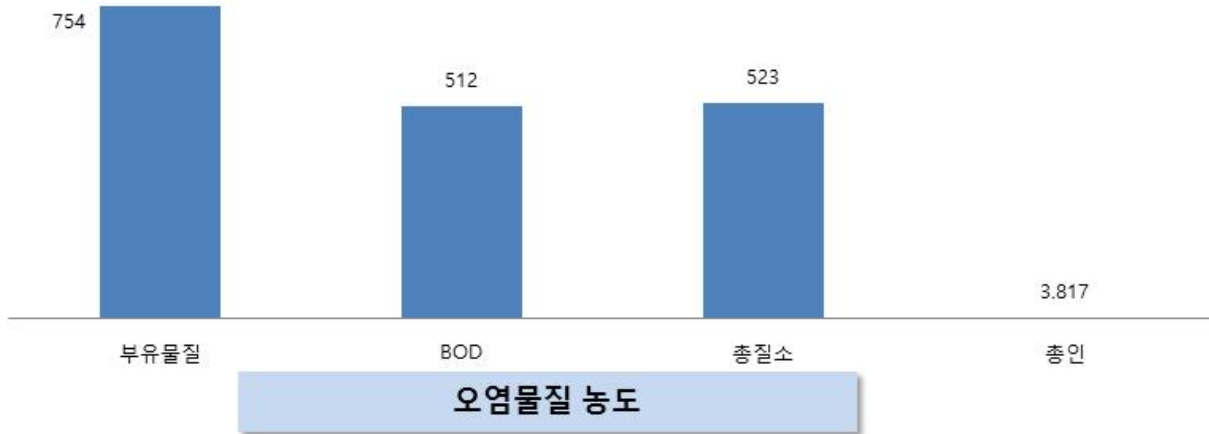
서초IC 인근 고속도로



채취장소

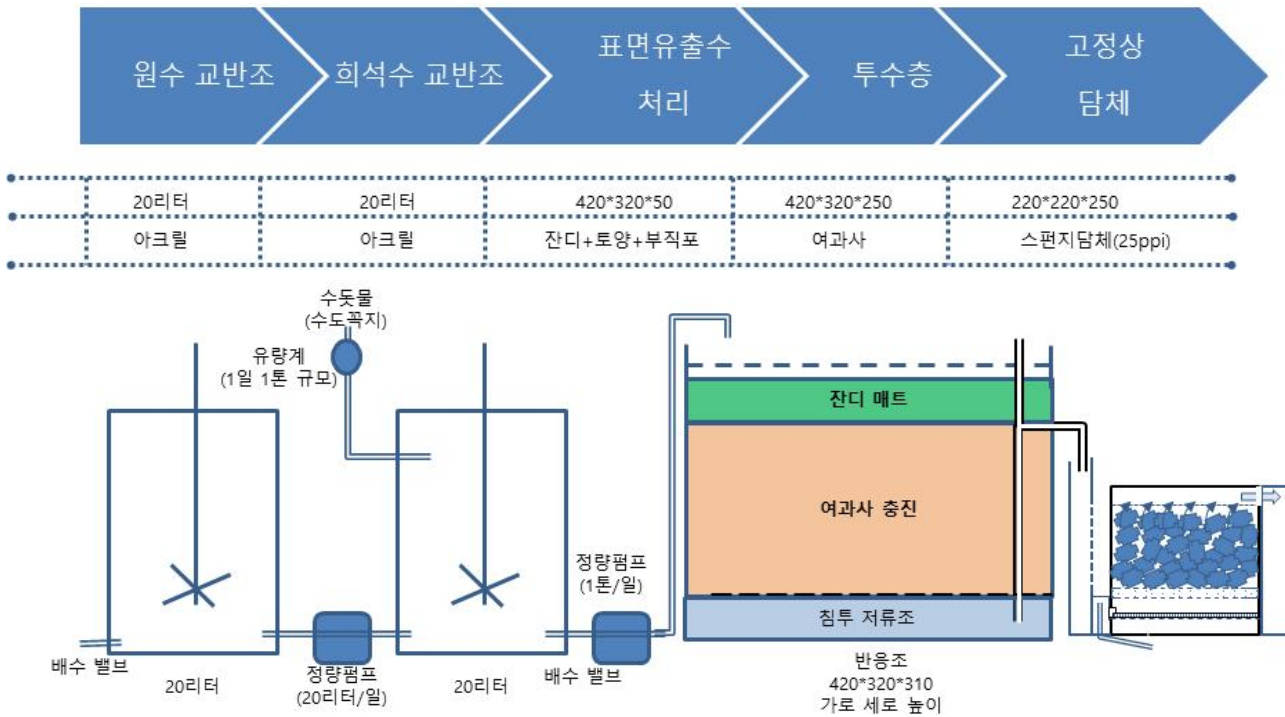


시료채취



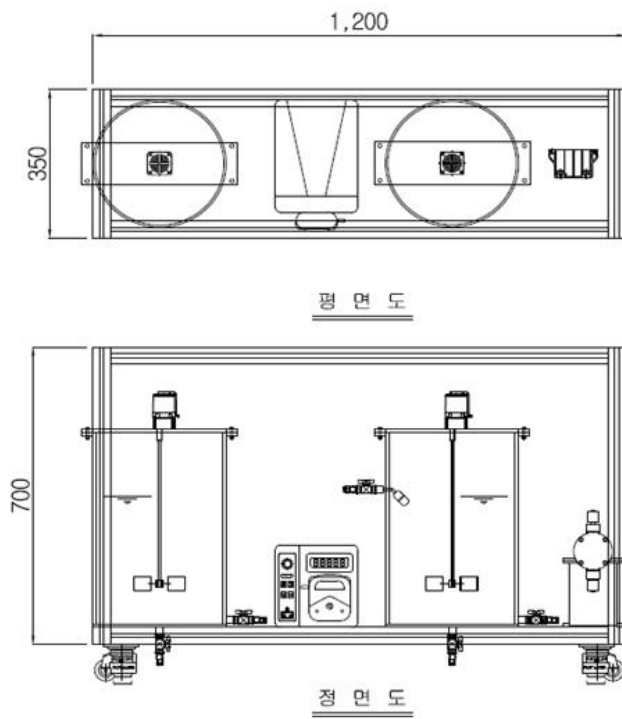
<그림3.4.7> 유기물질 처리 실험용 실험수 확보

각 개발 공정에 대한 빗물처리 실험을 위해 파일럿 장치를 제작하였으며, 각 단계별 수질 확인을 위해 시료채취가 가능하도록 구성하였다.



<그림3.4.8> 파일럿 장치 제작

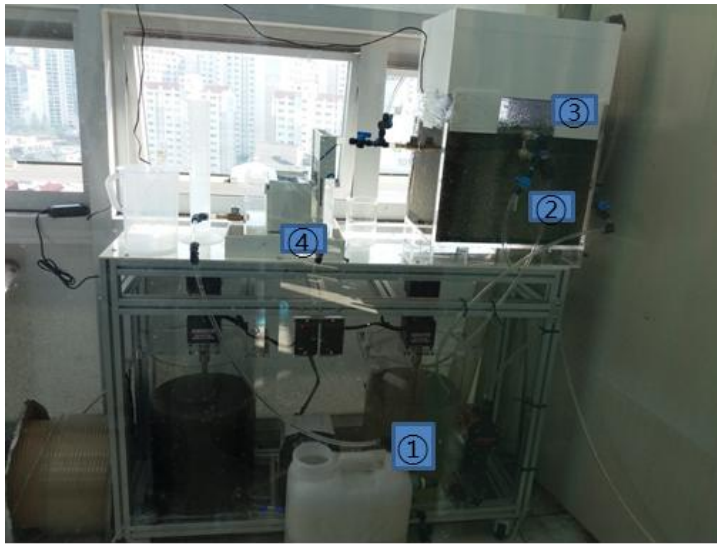
파일럿 실험장치를 제작하였다. 오염빗물을 각 공정에 급수하기 위해 고농도 오염 빗물의 원수조와 희석수조로 구성된 파일럿 장치로 정량펌프를 장착하여 연속운전이 가능하도록 구성하였다.



- ① 오염 원수 교반조
- ② 오염 원수 주입펌프
- ③ 희석수 교반조
- ④ 희석수 주입펌프

<그림3.4.9> a. 파일럿 장치 평면도 및 정면도

구성내역은 파일럿 실험 장치가 연속 운전 형태로 구성하였으며 각 단계별 모니터링이 가능하도록 제작하였다.



파일럿 실험 장치



오염수 주입조(①)



투수조(②)



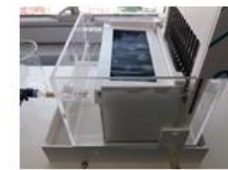
잔디매트 지지층



잔디매트(③)



담체조 부력체



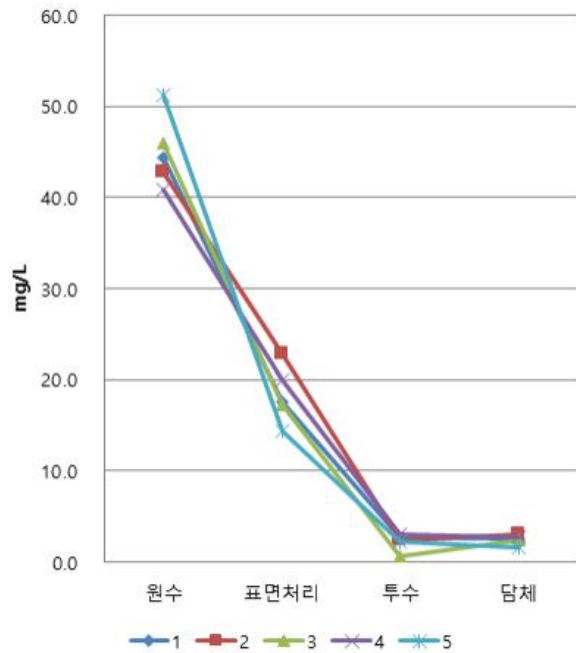
담체조(④)

<그림3.4.9> b. 파일럿 장치 사진

-유기물 함유 오염 빗물 처리 실험

- 부유물질(SS)

- 오염빗물을 실험수로 하여 처리한 결과 부유물질에 대한 처리 효과는 다음과 같음



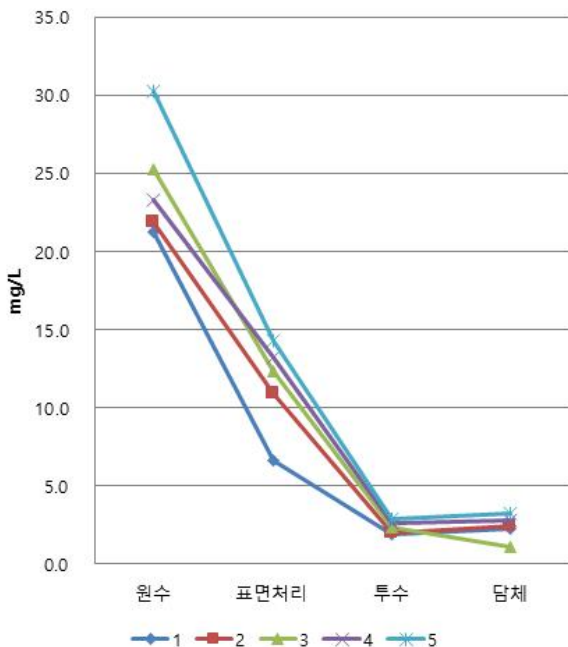
구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m ³	44.4	17.6	2.8	2.6
	2m ³	42.8	22.8	2.4	3.0
	3m ³	46.0	17.2	0.6	2.4
	4m ³	40.8	20.0	3.0	2.8
	5m ³	51.2	14.4	2.2	1.6
평균		45.0	18.4	2.2	2.5
단계별 제거율(%)		-	59	88	-13
누적 제거율(%)		-	59	95	94

- 잔디 매트 표면에서 평균 59%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 88%가 제거되어 원수의 95%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 부유물질의 제거 효과는 나타나지 않음

<그림3.4.10> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (부유물질)

- 생물학적산소요구량(BOD)

- 오염빗물을 실험수로 하여 처리한 결과 생물학적산소요구량에 대한 처리 효과는 다음과 같음



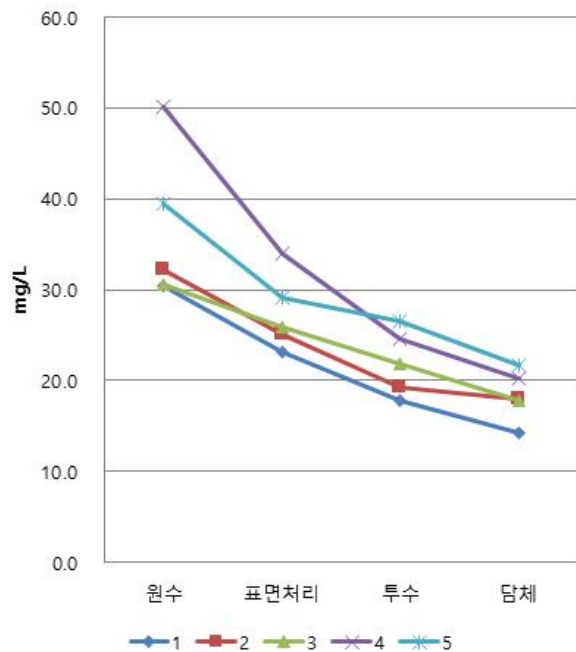
구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m ³	21.2	6.6	1.9	2.2
	2m ³	21.9	10.9	2.0	2.4
	3m ³	25.3	12.3	2.3	1.1
	4m ³	23.3	13.2	2.6	2.8
	5m ³	30.3	14.3	2.9	3.2
평균		24.4	11.5	2.3	2.3
단계별 제거율(%)			53	80	-
누적 제거율(%)			53	90	90

- 잔디 매트 표면에서 평균 53%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 80%가 제거되어 원수의 90%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 BOD의 제거 효과는 나타나지 않음

<그림3.4.11> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (생물학적 산소요구량)

- 총질소(TN)

- 오염빗물을 실험수로 하여 처리한 결과 총질소에 대한 처리 효과는 다음과 같음



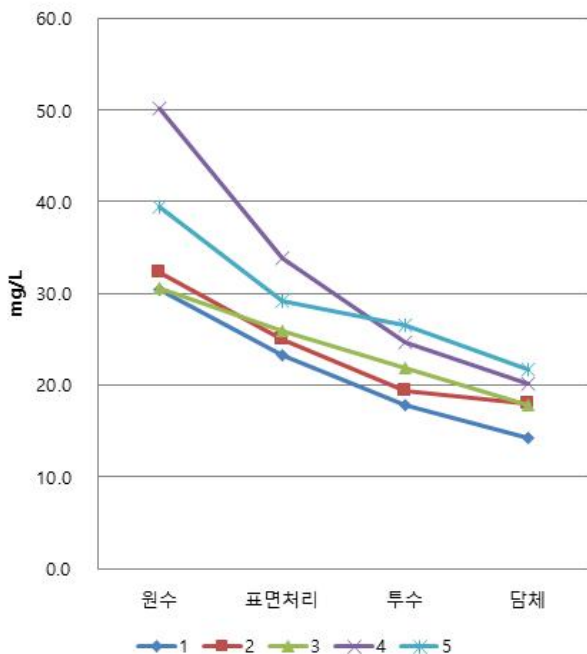
구분	원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m³	30.4	23.2	17.8
	2m³	32.2	25.0	19.3
	3m³	30.5	25.9	21.8
	4m³	50.1	33.9	24.6
	5m³	39.5	29.1	26.5
평균	36.5	27.4	22.0	18.4
단계별 제거율(%)		25	20	16
누적 제거율(%)		25	40	50

- 잔디 매트 표면에서 평균 25%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 20%가 제거되어 원수의 40%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 총질소의 16%가 제거되어 원수의 50% 처리됨

<그림3.4.12> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (총질소)

- 총인(TP)

- 오염빗물을 실험수로 하여 처리한 결과 총인에 대한 처리 효과는 다음과 같음



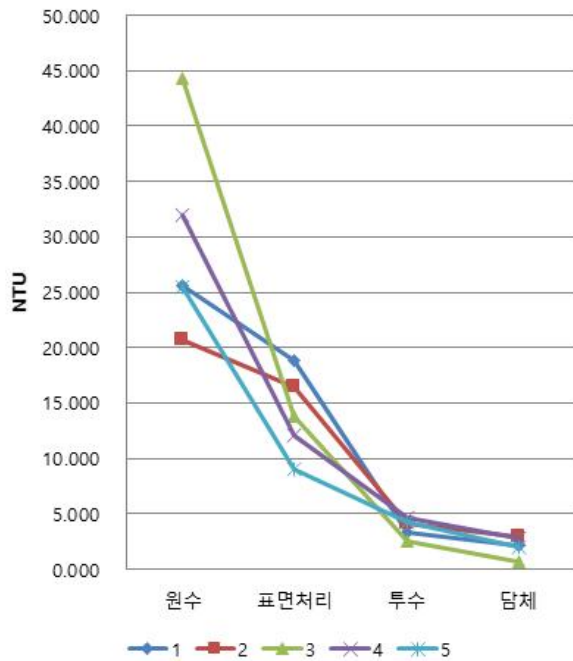
구분	원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m³	0.328	0.153	0.081
	2m³	0.302	0.190	0.083
	3m³	0.372	0.183	0.087
	4m³	0.253	0.195	0.091
	5m³	0.390	0.205	0.111
평균	0.3	0.2	0.1	0.1
단계별 제거율(%)		44	51	2
누적 제거율(%)		44	72	73

- 잔디 매트 표면에서 평균 44%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 51%가 제거되어 원수의 72%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 총인의 2%가 제거되어 원수의 73% 처리됨

<그림3.4.13> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (총인)

- 탁도

- 오염빗물을 실험수로 하여 처리한 결과 탁도에 대한 처리 효과는 다음과 같음



구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m³	25.600	18.780	3.250	2.120
	2m³	20.670	16.380	4.121	2.869
	3m³	44.310	13.800	2.539	0.627
	4m³	32.000	12.000	4.700	2.800
	5m³	25.520	9.000	4.270	1.948
평균		29.6	14.0	3.8	2.1
단계별 제거율(%)		-	53	73	45
누적 제거율(%)		-	53	87	93

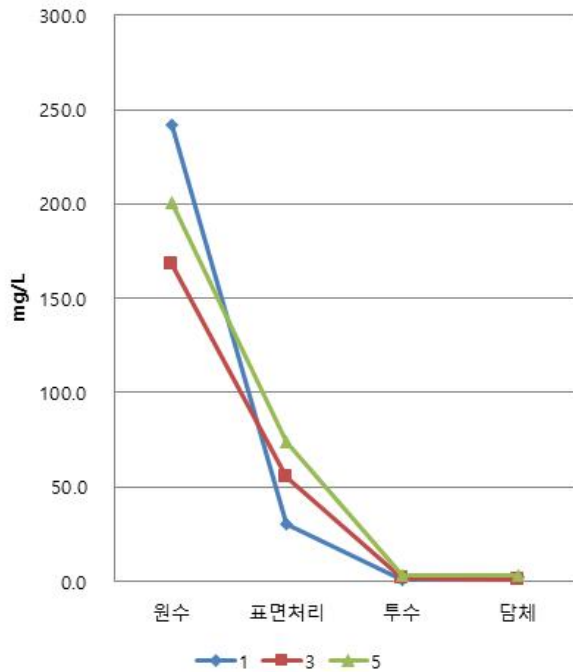
- 잔디 매트 의 표면에서 평균 53%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 73%가 제거되어 원수의 87%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 탁도의 45%가 제거되어 원수의 93% 처리됨

<그림3.4.14> 유기물 함유 오염 빗물 처리 실험 (탁도)

- 토사함유 오염 빗물 처리 실험

- 부유물질(SS)

- 토사가 고농도로 함유된 물을 실험수로 하여 처리한 결과 부유물질 처리 효과는 다음과 같음



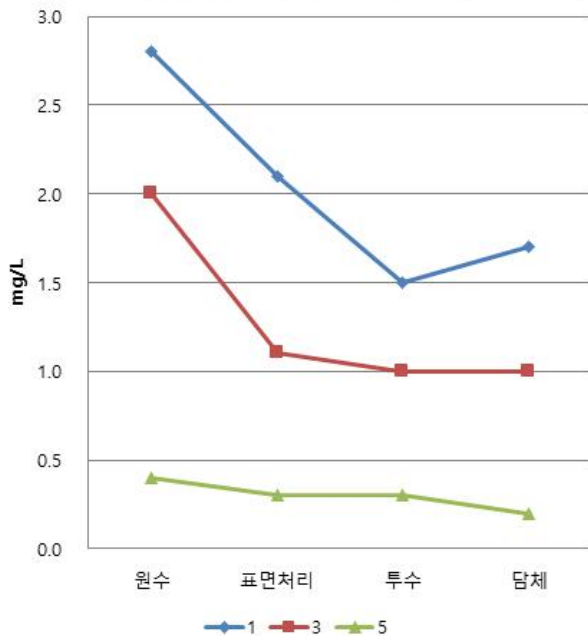
구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m³	242.0	30.0	1.2	2.0
	3m³	168.0	55.0	1.6	1.2
	5m³	200.4	74.0	2.8	3.2
평균		203.5	53.0	1.9	2.1
단계별 제거율(%)			74	96	-14
누적 제거율(%)			74	99	99

- 잔디 매트 표면에서 평균 74%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 96%가 제거되어 원수의 99%가 처리됨
- 담체충진조에서는 투수층에서 배출된 부유물질의 처리 효과는 나타나지 않음

<그림3.4.15> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (부유물질)

- 생물학적산소요구량(BOD)

- 토사가 고농도로 함유된 물을 처리한 결과 생물학적산소요구량 처리 효과는 다음과 같음



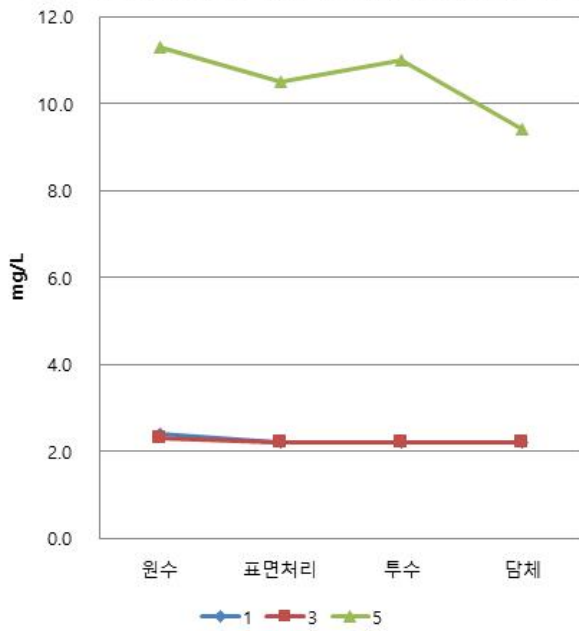
구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리량	1m³	2.8	2.1	1.5	1.7
	3m³	2.0	1.1	1.0	1.0
	5m³	0.4	0.3	0.3	0.2
평균		1.7	1.2	0.9	1.0
단계별 제거율(%)		-	33	20	-4
누적 제거율(%)		-	33	46	44

- 잔디 매트 표면에서 평균 33%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 20%가 제거되어 원수의 46%가 처리됨
- 담체충진조에서는 투수층에서 배출된 BOD의 처리 효과는 나타나지 않음
- 저농도의 오염원수에서 유기물질에 대한 처리 효과를 판단하기 어려움

<그림3.4.16> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (생물학적 산소요구량)

- 총질소(TN)

토사가 고농도로 함유된 물을 실험수로 하여 처리한 결과 총질소 처리 효과는 다음과 같음



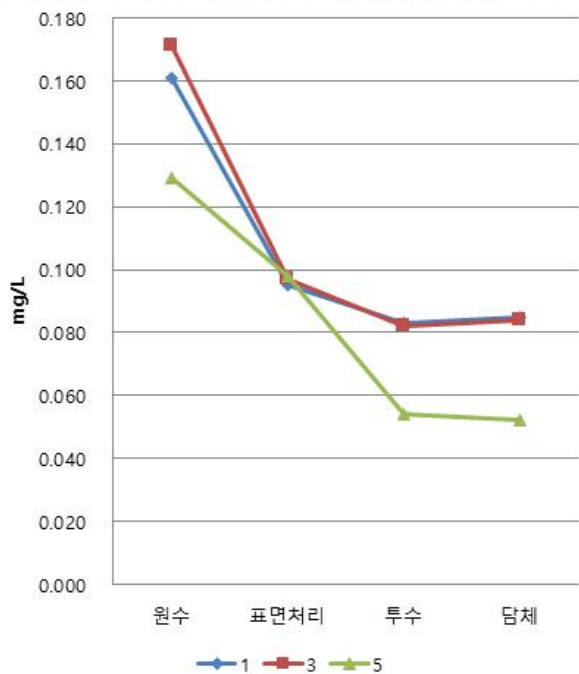
구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리 량	1m ³	2.4	2.2	2.2	2.2
	3m ³	2.3	2.2	2.2	2.2
	5m ³	11.3	10.5	11.0	9.4
평균		5.3	5.0	5.1	4.6
단계별 제거율(%)			7	-3	10
누적 제거율(%)			7	-4	14

- 잔디 매트 표면에서 평균 7%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 총질소 농도 변화는 나타나지 않음
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 총질소 처리 효과는 나타나지 않음
- 저농도의 오염원수에서 유기물질에 대한 처리 효과를 판단하기 어려움

<그림3.4.17> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (총질소)

- 총인(TP)

토사가 고농도로 함유된 물을 실험수로 하여 처리한 결과 총인 처리 효과는 다음과 같음



구분		원수	표면처리	투수	담체
누적 처리 량	1m ³	0.161	0.095	0.083	0.085
	3m ³	0.171	0.097	0.082	0.084
	5m ³	0.129	0.098	0.054	0.052
평균		0.2	0.1	0.1	0.1
단계별 제거율(%)			37	24	-1
누적 제거율(%)			37	52	52

- 잔디 매트 표면에서 평균 37%가 제거됨
- 투수층에서 표면처리수의 24%가 처리됨
- 담체층진조에서는 투수층에서 배출된 총질소 처리 효과는 나타나지 않음
- 저농도의 오염원수에서 유기물질에 대한 처리 효과를 판단하기 어려움

<그림3.4.18> 토사함유 오염 빗물 처리 실험 (총인)

－ 오염 빗물 처리 실험 결과

<표3.4.4> 유기물 함유 빗물 처리

	항목	원수	표면처리	투수	담체
부유물질	농도(mg/L)	45	18	2	2
	제거율(%)	—	59	88	—13
	누적(%)	—	59	95	94
BOD	농도(mg/L)	24	11	2	2
	제거율(%)	—	53	80	—
	누적(%)	—	53	90	90
총질소	농도(mg/L)	37	27	22	18
	제거율(%)	—	25	20	16
	누적(%)	—	25	40	50
총인	농도(mg/L)	0.33	0.19	0.09	0.09
	제거율(%)	—	44	51	2
	누적(%)	—	44	72	73
탁도	농도(NTU)	30	14	4	2
	제거율(%)	—	53	73	45
	누적(%)	—	53	87	93

<표3.4.5> 토사 함유 빗물 처리

	항목	원수	표면처리	투수	담체
부유물질	농도(mg/L)	203	53	2	2
	제거율(%)		74	96	—14
	누적(%)		74	99	99
BOD	농도(mg/L)	2	1	1	1
	제거율(%)		33	20	—4
	누적(%)		33	46	44
총질소	농도(mg/L)	5.3	5.0	5.1	4.6
	제거율(%)		7	3	10
	누적(%)		7	4	14
총인	농도(mg/L)	0.15	0.10	0.07	0.07
	제거율(%)		37	24	—1
	누적(%)		37	52	52
탁도	농도(NTU)	43	36	6	5
	제거율(%)		16	84	9
	누적(%)		16	86	88

- 단계별 오염 빗물 처리 실험 결과

[유기물 함유 빗물처리]

도로에서 유출된 빗물을 채취하여 실험원수를 확보하고 실험 과정에서 희석하여 사용

빗물유출수 실험수에 대해 각 공정별 처리 효과는 다음과 같음

- 표면유출 처리(잔디매트)

잔디매트는 표면 유출수 처리 기능을 갖는 것으로 부유물질, BOD, TN, TP, 탁도 등 오염물질의 제거효과가 높게 나타났음

- 특히 부유물질은 59%로 제거효과가 높게 나타나 침투조에 유입전 전처리 기능으로써 역할을 기대할 수 있는 것으로 판단됨
- BOD는 부유물질 제거와 함께 처리되어 평균 53%가 제거되었으며, 총질소는 25%, 총인은 44%로 총질소의 제거율은 상대적으로 낮게 나타남
- 탁도는 BOD와 동일하게 53%의 제거효과를 나타나 유기물질 제거와 함께 탁도도 개선됨

- 침투여과

- 여과사를 충전한 침투여과층에서는 부유물질 88% , BOD 80%, 탁도 73%가 각각 제거되어 높은 처리효율을 나타냄
- 이에 반해 총질소는 20%, 총인은 51%로 상대적으로 낮은 처리효율을 나타냄
- 침투여과에 의해 부유물질이 제거되면서 BOD와 탁도가 크게 개선됨을 알 수 있음

- 담체여과

- 스펀지 담체를 고정상으로 충전한 반응조에서는 표면처리와 침투여과에 의해 대부분 처리됨에 따라 부유물질, BOD의 처리효율은 각각 -13%, 0%로 처리효과가 없는 것으로 판단됨

[토사함유 빗물 처리]

하수도에 침전된 고형물을 채취하여 실험원수를 확보하고 실험 과정에서 희석하여 사용

토사 함유 실험수에 대해 각 공정별 처리 효과는 다음과 같음

- 표면유출 처리(잔디매트)

- 잔디매트는 부유물질 74%, BOD 33%, 총질소 7%, 총인 37%로 유기물질 함유 빗물과 비교할 때 부유물질 처리효율은 상대적으로 높았으나 그 외 물질에 대한 처리는 미흡한 것으로 나타남
- 특히 잔디매트는 입자성 고형물질이 상부에 침적된 상태를 보였으며, 토사가 표면으로 유입할 경우 잔디매트에서 처리 효과가 높아 모래여과층의 막힘 현상을 억제할 수 있을 것으로 판단됨
- 이에 반해 BOD는 실험수 자체의 평균 1.7 mg/L로 농도가 낮아 처리 효과를 분별하기에 적합하지는 않으나 부유물질과 함께 제거되는 상태를 나타냄

- 침투여과

- 침투여과층에서는 부유물질 96% 가 제거되어 총 99%가 제거되었으며, BOD 20%, 총인 24%가 각각 제거되어 처리효율은 상대적으로 낮게 나타냄
- 총질소는 침투여과에 의한 처리 기능은 없는 것으로 나타남

- 담체여과

- 부유물질은 표면처리와 침투여과에 의해 대부분 처리됨에 따라 부유물질 처리 효과는 나타나지 않았으며, 그 외 BOD, 총질소, 총인 역시 처리 효과는 나타나지 않음

본 실험에서는 고농도 부유물질이 유입할 경우 잔디매트에 의한 표면처리에서 효과적으로 제거됨을 볼 수 있었으며, 잔디매트 상부에 부유물질 침적시 식생에 대한 영향과 유지관리에 대한 방안을 검토할 필요가 있음

빗물이용방안

중수도의 용도별 수질기준 ‘물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙 제8조 제2항’ 과 관련하여 수질기준의 적합성을 검토하였다.

<표3.4.6> 중수도의 용도별 수질기준

구분	청소·화장실 용수	세척·살수용수	조경용수	친수용수	하천 등 유지용수
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하	—
생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하
총질소 (T-N) (mg/L)	—	—	—	10 이하	20 이하
총인 (T-P) (mg/L)	—	—	—	0.5 이하	0.5 이하

본 연구에서 처리수는 중수도 기술수준에 모두 적합한 수질을 확보할 수 있을 것으로 판단되며, 유희공간에서 저류된 빗물은 사용처의 위치와 물 수요 상황에 따라 활용 용도가 달라질 수 있으며, 연못 등의 친수용수, 세척 살수 용수로 활용이 적절할 것으로 판단된다. 다만, 빗물 중에는 대장균 등 미생물로 오염되어 있으므로 사용 전에는 살균소독 과정이 필요하다.

2차년도에는 1차년도 연구결과를 토대로 실증플랜트에 설계 적용하였다. 또한 실증현장에 적용한 기술에 대해 수질 개선 효과를 모니터링하고 개선안을 도출하여 기술을 확립하였다. 본 연구결과는 유지관리가 편리하고 상시 양호한 수질의 빗물을 확보하여 저류된 빗물은 대체 수자원으로써 가치를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

- 1) 실증 플랜트 실험을 통한 저류 빗물의 수질 모니터링 및 수처리 기술 최적화
 - 실증플랜트 설계 및 제작
 - 상부에 식재 및 하부에 다중여과장치로 구성하여 입자성 오염물질 및 유기물질을 복합적으로 처리할 수 있는 시스템으로 구성됨
 - 처리용량은 일일 10톤 규모로 가로, 세로, 높이는 각각 2100mm × 520mm × 600mm으로 설계 및 제작



<그림3.4.19> 일일 10톤 규모 실증플랜트 설계도 및 제작품

- 실증플랜트 적용 및 설치

- 실증플랜트는 주관기관인 뉴보텍 원주공장에 설치하였음
- 지붕에서 떨어지는 물을 차집하여 1차로 표면유출처리장치를 통해 본 실증플랜트로 유입될 수 있도록 구성하였으며, 이후 처리수는 빗물저류조로 보내지도록 설치 하였음



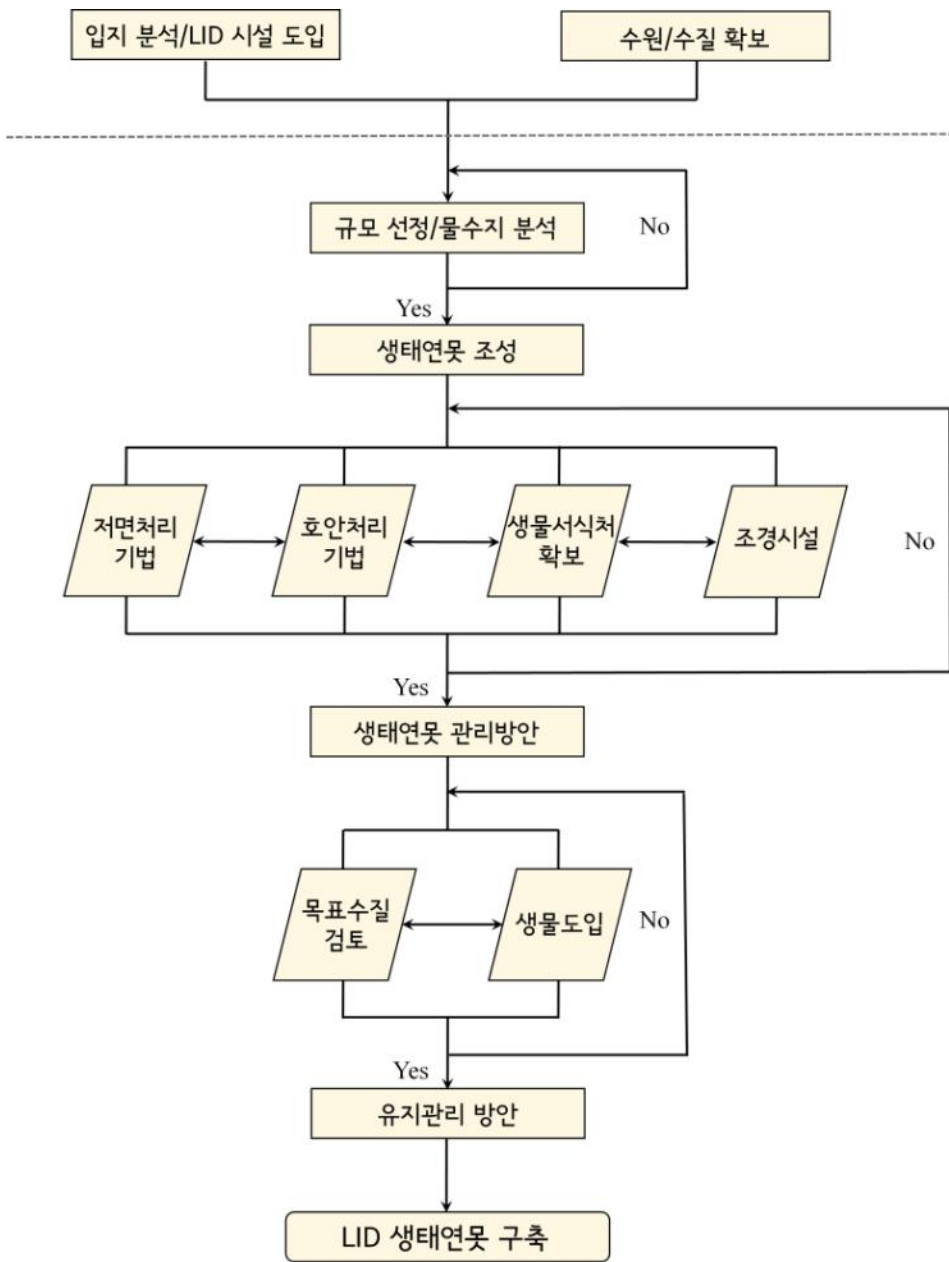
<그림3.4.20> 현장설치 위치도



<그림3.4.21> 현장설치 사진

3.5. 도시 유희용지 내 실증단지 구축을 통한 LID기술 고도화 및 생태공원 조성 등 현장 맞춤형 친환경 생태복원 기능구현

- LID 기반 생태연못 조성 개요
 - 생태연못의 조성은 크게 기본계획→설계→시공→유지관리의 절차를 따르며, 기존 생태연못은 강우재활용 측면이 미흡한 단점이 있음
 - 따라서 본 연구에서는 기존 생태연못과 차별적으로 LID 시설을 활용하여 유지용수를 확보하였으며, 최종적으로 도시물순환 조성기법을 활용하여 LID 기반 생태연못 조성 기법을 제시하고자 함



<그림3.5.1> LID 기반 생태연못 구축 프로세스(안). 구체적인 생태연못 조성 계획은 점선 아래부터 시작.

□ LID 기반 생태연못의 일반적 설계기법

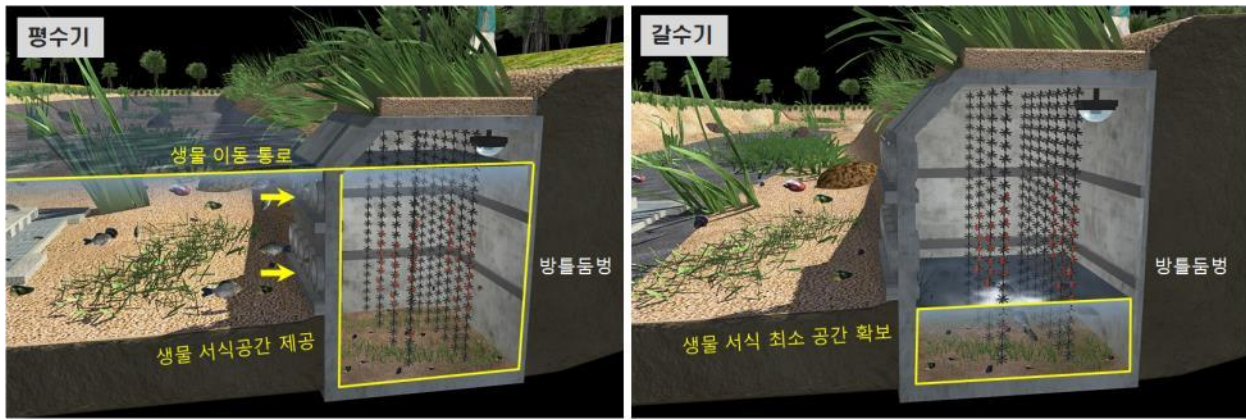
- LID 기반 생태연못 구축은 우선 입지 분석/LID 시설 도입, 수원/수질 확보를 전제로 함
- 구체적인 LID 기반 생태연못 구축은 1) 규모 선정/물수지 분석, 2) 생태연못 조성(저면처리 기법, 호안처리 기법, 생물서식처 확보, 조경시설), 3) 생태연못 관리방안(목표수질 검토, 생물도입), 4) 유지관리 방안으로 크게 구분함
- <그림 1>에 제시된 LID 기반 생태연못 구축(안)과 같이, 주요 설계 내용 및 고려사항 등을 정량 및 도식화하여 단계적이고 종합적인 계획 및 설계가 이루어 질 수 있도록 하였으며 보다 구체적인 내용은 생태용수 유지관리 방안에 제시할 예정임

□ KICT Test-bed

- KICT에 기 시공된 우수 활용 생태연못 Test-bed를 활용하여 유휴공간에 적용된 연못의 수질특성 및 생태기능 모니터링 진행
- 생태연못 내 시공된 어류피난처 모니터링을 통해 소규모 연못에서 생태기능을 향상시킬 수 있는 방안 도출 마련
- KICT 생태연못 운영을 통해 향후 LID 기반 생태연못 구축 관련 시사점 도출



<그림3.5.2> KICT 커뮤니티가든 생태연못 시공 절차.



<그림3.5.3> 지하매립 어소방틀의 기능(왼쪽: 평수기, 오른쪽: 갈수기).

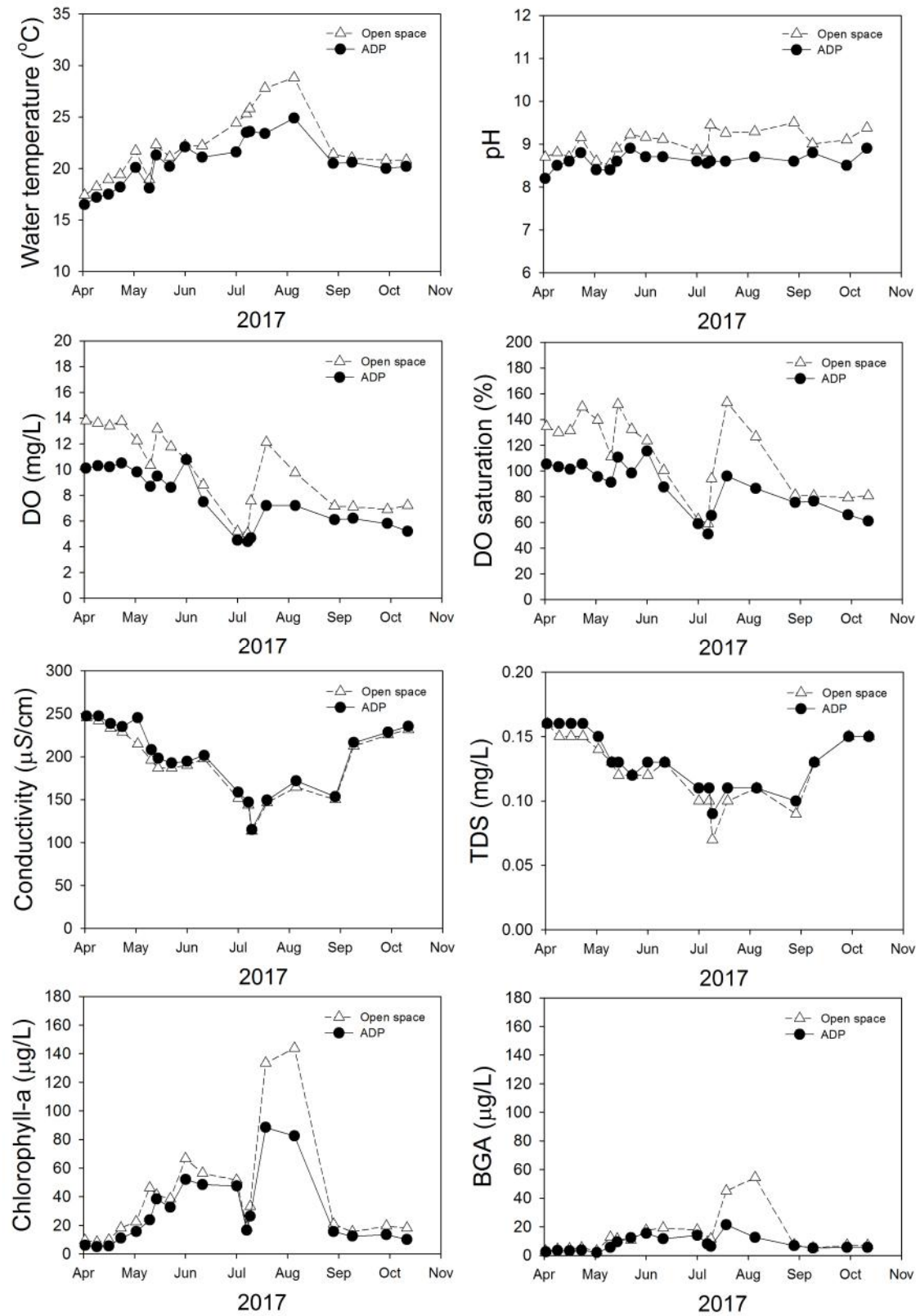
※ 지하매립 어소방틀 : 전통 둠병의 순기능을 토대로 생태유지유량 확보가 불안정하고, 서식처 교란이 일어난 수역에 어류 등이 피신 및 서식할 수 있는 공간을 제공하기 위한 시설. 얇은 수심에서 여름철 고수온기, 겨울철 갈수기에 어류가 피난할 수 있는 물리적 공간 제공



<그림3.5.4> 건설연에 시공된 생태연못 전경(Q1: 빗물 유지용수, Q2: 상수 유지용수).



<그림3.5.5> 건설연에 시공된 생태연못 top view 전경(Q1: 빗물 유지용수, Q2: 상수 유지용수).

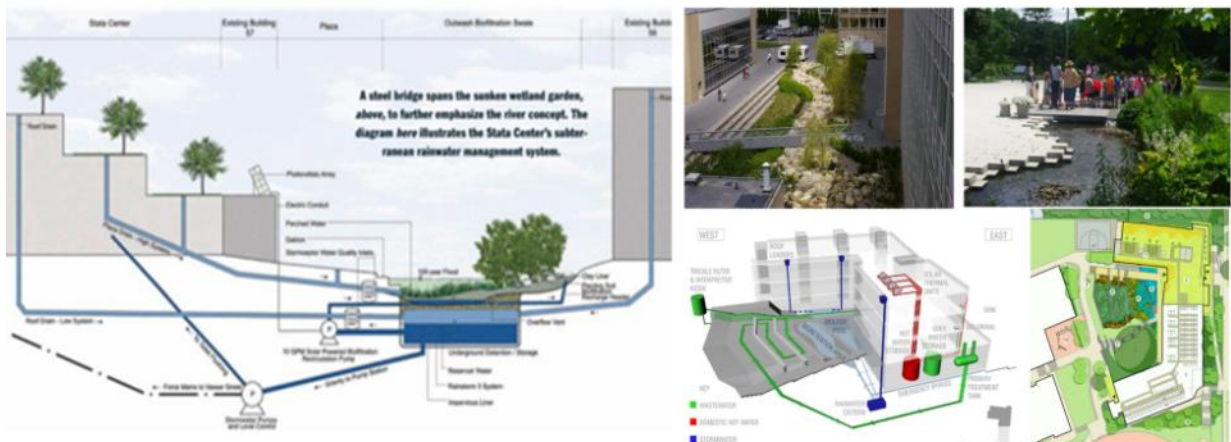


<그림3.5.6> 생태연못 모니터링 결과 예시.

□ 소결

○ LID 생태용수의 적용성 검토

- 본 연구에서 활용되는 생태연못은 생태공간으로 활용되는 것이 효율적임. 일반적으로 LID와 연계한 생태연못을 구축하기 위해서는 연못에 유입되기 전 또는 연못 내부에서 수질정화가 이루어짐. 흔히 LID의 개념으로 활용되는 저류지 또는 연못은 강우유출수를 저류하여 오염물질을 정화하기 위해서 조성되는데, 본 연구는 개발된 저류조를 통해 사전에 수질정화가 이루어지므로 생태연못은 생태목적으로 활용 및 조성되는 것이 타당함
- 국내외 LID 생태연못 조성사례 분석결과, 일정부분 친수용도로 활용하고 있으며, 특히 학교나 기관에 조성된 경우는 조형물 또는 어메니티 시설이 가미되어 운영되는 경우가 많음. 또한, 유휴용지에 다소 협소한 부지를 활용하는 것과 연못의 조성 대상지가 도시에 위치할 경우가 많으므로, 시민들이 친숙하게 접근하고 즐길 수 있는 미적 또는 교육적 요소가 가미되는 것이 유리함
- 도시물순환 사례를 살펴본 결과, 신도시 또는 대규모 택지조성 부지에 물을 활용한 어메니티 향상 시설의 도입이 빈번하며, 유휴용지를 활용한 LID 시설 또한 협소한 의미의 물순환 시스템일 수 있음. 따라서 기존 도시 계획 차원의 물순환 조성 프로토콜을 참고한다면 보다 체계적인 생태연못 조성이 가능 할 것으로 판단됨
- 생물서식처 확보사례를 검토한 결과, 소형 생태연못에 적용가능한 기술은 제한적이며, 다양한 사례를 통해 알은 정수역은 생물이 지속적으로 서식하기에 다소 한계(어류의 여름철 고수온 열성 스트레스, 겨울철 갈수기 및 동결에 따른 어류 서식공간 부족 등)가 있는 것으로 판단됨. 따라서 생태연못의 생태적 효율을 향상시킬 수 있는 기법을 추가한다면 지속가능한 연못의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단됨
- 해당부분은 ‘LID 기반 강우저류수의 생태연못 재활용방안 선행연구조사’로서 1차년도 질적성파로 제시하였음



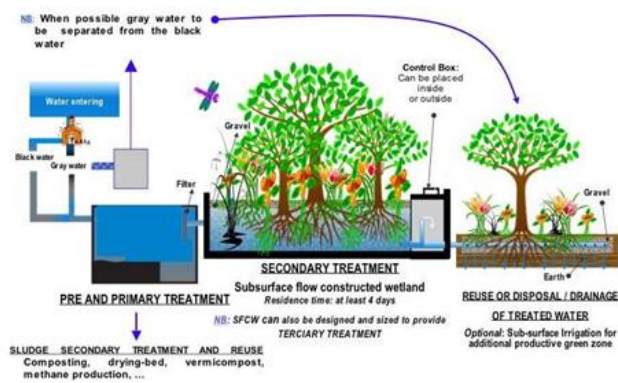
<그림3.5.7> 국외 LID 기반 생태연못의 다양한 조성사례

○ 실증 파일럿 테스트 모니터링 및 기술검증

- LID 기법을 활용하여 기 구축된 KICT 생태연못을 실증파일럿테스트 시설로 활용하여 구축 완료시 확인 가능한 수질 및 생태환경변화 모니터링 후 시사점 도출
- 강우유출수 등으로 확보된 유지용수를 활용하여 LID 생태연못을 신규 구축하는데 있어서 필요한 방법적 접근 또는 유지관리 방안 마련 필요
- 본 조사에서는 연못 내에는 총 7종의 어류가 서식하고 있는 것으로 확인되었으며, 이중 산란 시 패류를 매개체로 하는 납자루아과 어종이 서식하고 있음이 확인됨. 출현 어종 중 묵납자루는 멸종위기2급으로 알려져 있는 어종임. 납자루아과의 서식이 지속적인 점을 감안하면 담수 이매패도 주변에 서식하고 있음을 추정 가능
- 깊은 수심에서는 용존산소농도가 현저하게 낮아 혐기성을 보이는데, 이매패류의 서식이 어려울 것으로 예상되며 더욱이 납자루아과를 포함한 대다수의 어종은 방틀뚝뚝 내 표층 부분을 중심으로 서식하는 것으로 파악되므로 필요시 추가적인 산소공급방안 도입 필요 추정
- 연못은 잠자리 유충의 중요한 서식처로 이용되고 있으며, 어류 배설물을 확인한 결과, 먹이원 중 하나인 것

으로도 파악되며 잠자리 성충은 연못을 주요 산란처로써 이용하는 것으로 사료됨. 동물플랑크톤은 현지조사에서 윤충류의 출현이 빈번하였고 부착성 동물플랑크톤이 주로 확인되었으며 식물플랑크톤과 부착조류는 전반적으로 군체형성 녹조류가 주요 우점종으로 출현하는 특성을 보였음

- LID 생태연못 관련 실증 파일럿 테스트 모니터링 결과, 하천 수변의 개발로 인한 생물의 서식처가 협소해지고 생물의 지리적인 연속성이 단절되어 가고 있는 상황에서, 도심 내 연못은 우수의 저류 및 지하수 함량의 기여, 개발로 인해 훼손된 서식환경 및 수생생물 및 수변을 서식환경으로 이용하는 동식물의 중요한 서식처가 됨과 동시에 도심개발로 인해 지역에서 사라져가는 생물을 재생시키는 효과가 있으며, 지역주민의 휴식공간 및 자연체험 및 교육공간으로써의 활용이 가능함
- 해당부분은 ‘LID 생태연못 실증파일럿테스트 생태 모니터링’ 로서 1차년도 질적성가로 제시하였음



<그림3.5.8> 실증 파일럿 테스트 내 어류 및 도시 내 잠자리 서식처
예시 (<https://alfa-img.com/show/constructed-wetland-plants.html>)

○ 생태용수 유지관리 방안

- 생태연못은 일종의 습지의 개념으로 해석이 가능하며, 자연적인 환경을 인공적으로 보전, 복원, 회복시키기 위해서 조성할 수 있음. LID 개념을 생태연못에 도입하면 도시물순환체계와 연계하여 활용 할 수 있으며, 유휴공간을 적극적으로 활용하여 소규모 공간에서도 쾌적한 생태서비스를 창출할 수 있는 장점이 있음
- LID 생태연못 조성방안은 도시물순환체계 구축 계획차원에서 반영되는 것이 타당하며, 기본계획→설계→시공→유지관리의 절차를 거쳐 계획된다. 기획차원에서는 다양한 환경적 영향을 고려할 필요가 있으며, 연못의 조성목적, 규모에 적절한 설계 및 시공 계획을 작성하여 시행할 필요가 있음
- LID 생태연못 입지의 주요 검토사항은 (1) 유휴공간에 최소한의 공간 확보 여부, (2) 수위 및 수질 유지에 필요한 용수확보 가능성, (3) 생물 도입 및 인근의 생물서식처로부터 생물종의 유입 용이성, (3) 수질/수생태계 유지 가능성, (4) 재해 발생 가능성, (5) 기타 구조적인 문제 등임
- 유지관리 차원에서는 목표수질을 설정하고 이를 이행 할 수 있도록 노력해야하며, 생물 도입 시에는 어류의 경우 연못 규모를 고려하여 적절한 서식처 및 피난처를 확보할 필요성이 있음. 특히 소형 생태연못에 적용가능한 기술은 제한적이며, 다양한 사례를 통해 알은 정수역은 생물이 지속적으로 서식하기에 다소 한계(어류의 여름철 고수온 열성 스트레스, 겨울철 갈수기 및 동결에 따른 어류 서식공간 부족 등) 가 있는 것으로 판단되므로 생태적 효율을 향상시킬 수 있는 기법의 도입이 요구됨



<그림3.5.9> LID 기법을 활용한 수원확보 절차 예시(www.google.com)

3.6. 유희공간 내 LID기반 융복합 설계 및 실증단지 구축

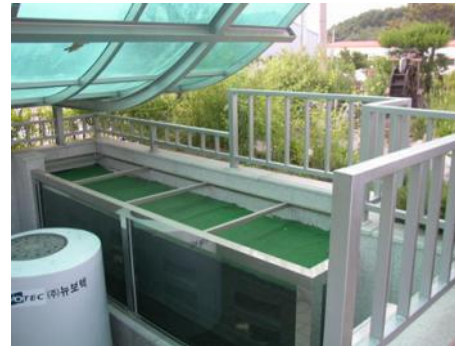
○ 뉴보텍 원주 공장

- Test Bed 시공일자 : 2018. 8 ~ 2018. 12

- 주관기관인 뉴보텍 본사공장의 유희공간을 활용하여 지하저류조매설 , 생태연못조성 및 전처리장치 설치, 식생블록과 집수로의 기능을 점검하고자 하였다.
- 차량의 이동이 빈번한 대상지를 확보하여 빗물의 저류 및 비점오염원 저감 효과를 높이고자 하였다.



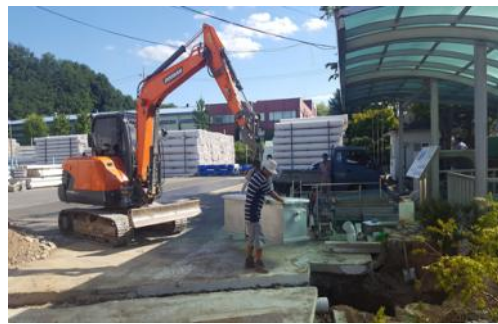
저류조 적재



유입,유출 맨홀 및 점검구 설치



생태연못 조성



지하배관매설



전처리장치 설치

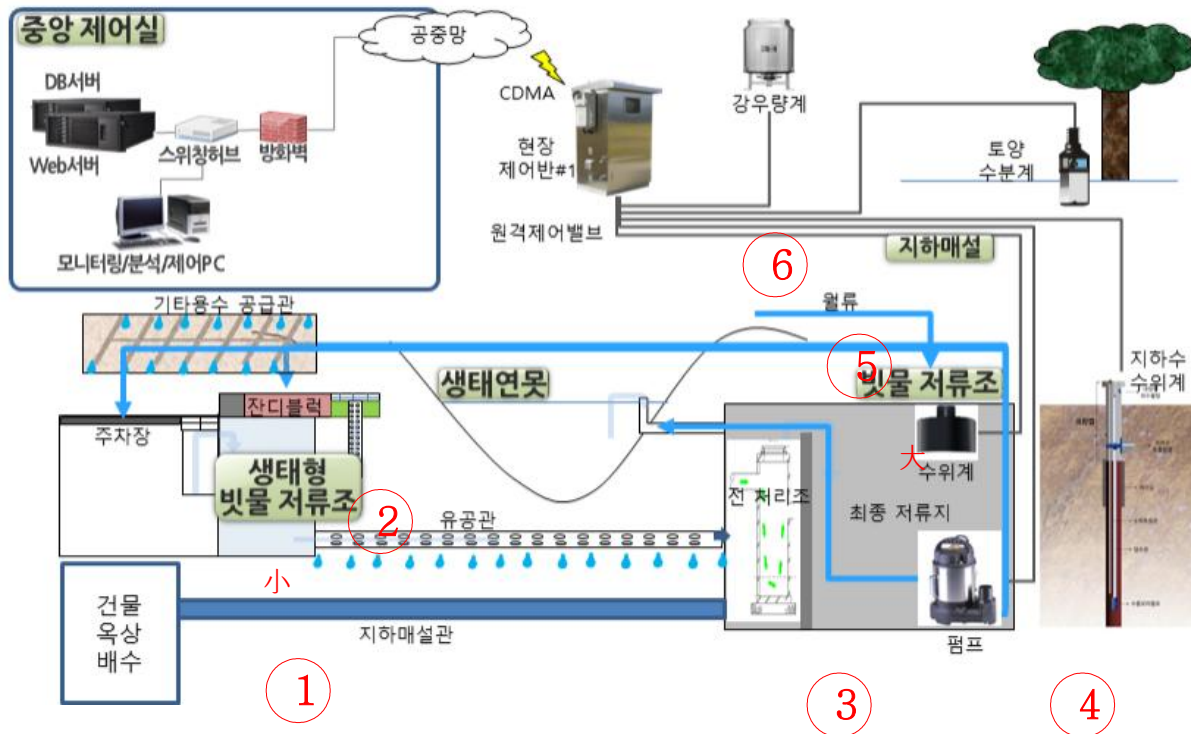


표면유출관리형 잔디보호블록 설치

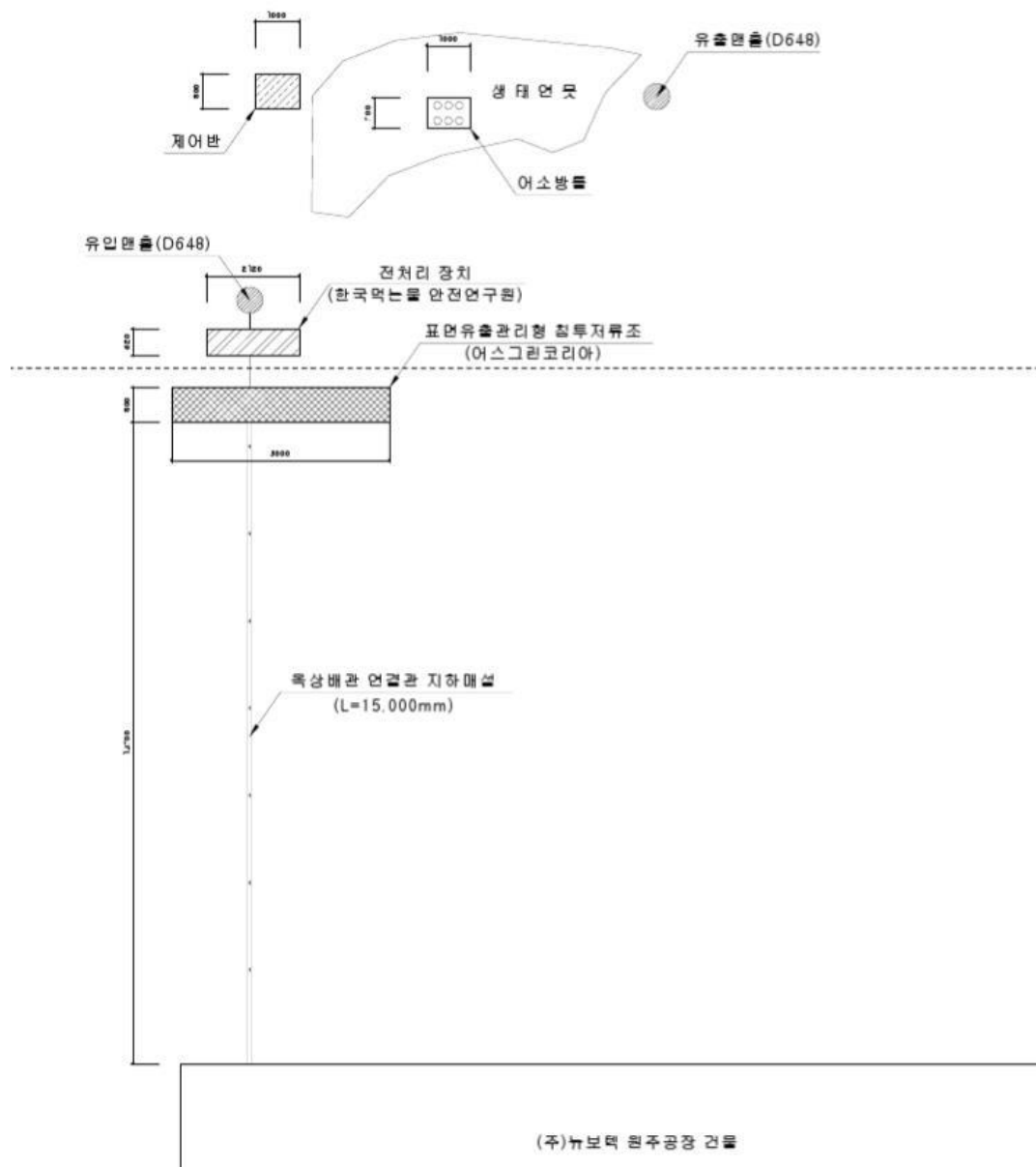
<그림3.6.1> 유희공간활용 LID기반 빗물저류 융복합 시스템 설치 공사

LID 빗물저류시스템 설계 및 설치

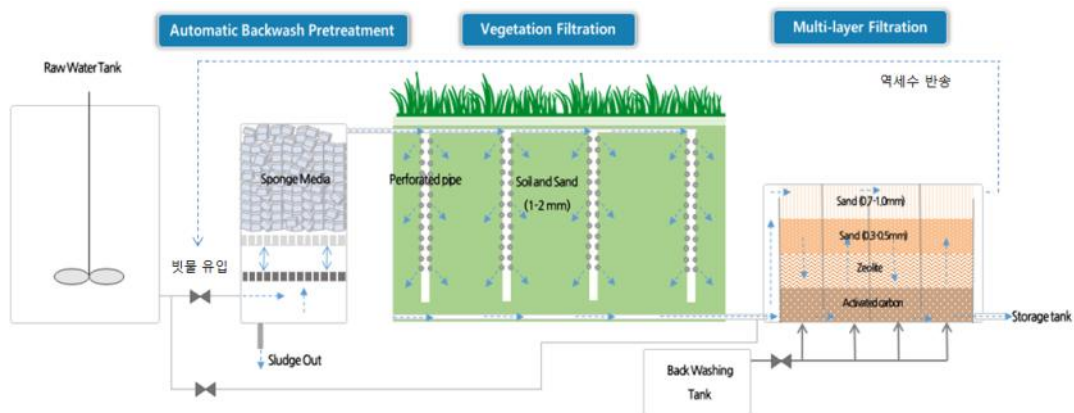
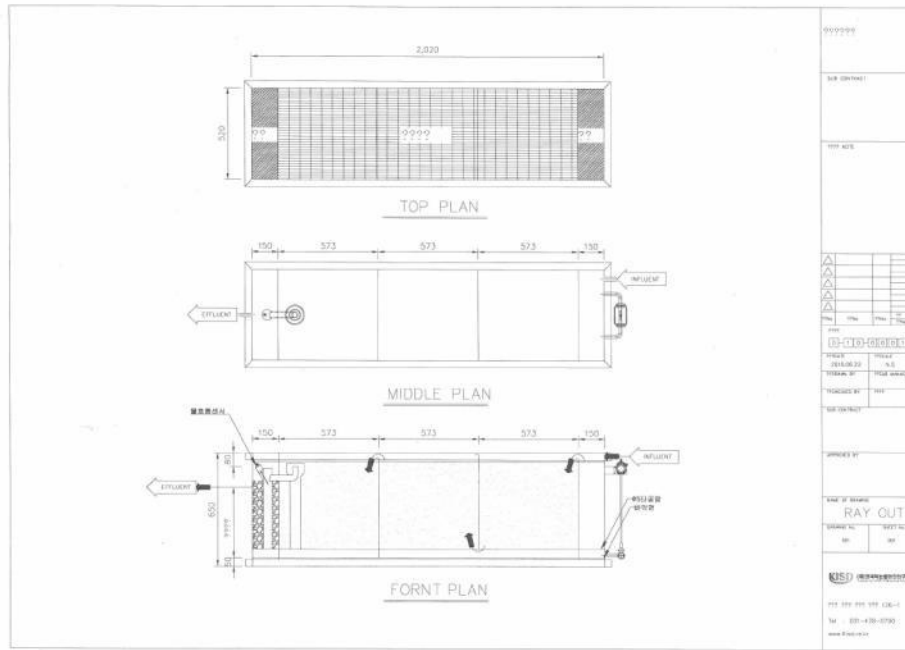
[빗물 저류지 물순환 시스템 구성도]



- ① 건물옥상에서 발생한 빗물은 지하 매설관을 통해 전처리조로 유입되고
- ② 주차장 및 조경시설에서 발생하는 빗물은 표면유출관리형 잔디블럭(생태형 빗물小저류조)에 침투되어 지하의 유공관을 통해 우수의 일부는 토양으로 침투되고, 나머지는 전처리조로 유입된다.
- ③ 건물옥상 및 주차장에서 발행한 초기우수는 전처리조를 통해 여과되고, 여과된 우수는 지하에 매설된 빗물大저류조에 저류된다.
- ④ 저류 우수는 필요시 현장제어반의 밸브로 펌프 및 릴레이를 컨트롤하여 생태연못 유지용수, 조경용수, 주차장 열섬현상 방지 등의 기타용수로 활용되어진다.
- ⑤ 생태연못에서 월류발생시 월류수는 다시 지하매설大저류조로 저류되어 순환된다.
- ⑥ 각종 토양수분계, 수위계, 강우량계 등의 센서를 통해 취득한 데이터는 공중 통신망을 통해 서버로 전달되어 축적된 데이터를 분석하고, 원격제어하며, 유지관리 모니터링이 가능하다.

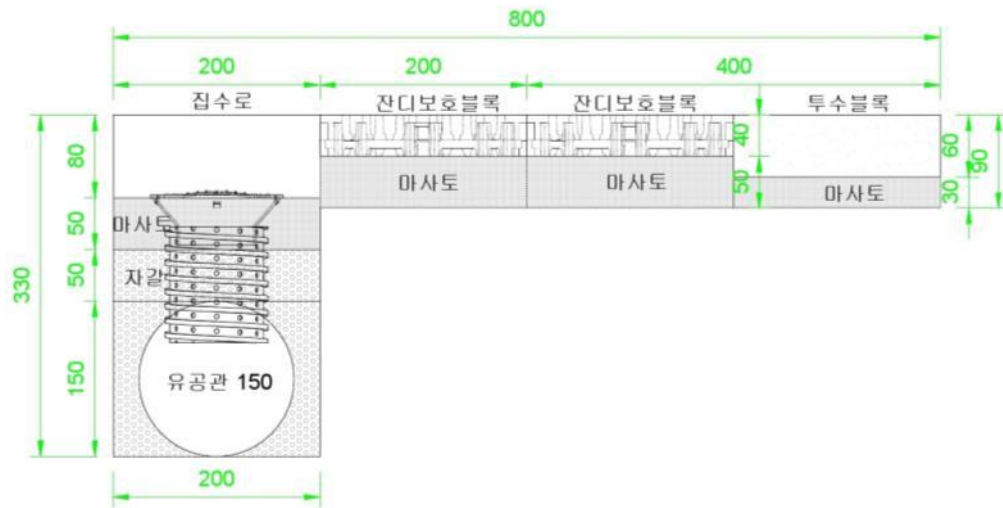


<그림3.6.2> 유희공간활용 LID기반 빗물저류 융복합 시스템 지상 설치도



<그림 3.6.3> 전처리장치 설계

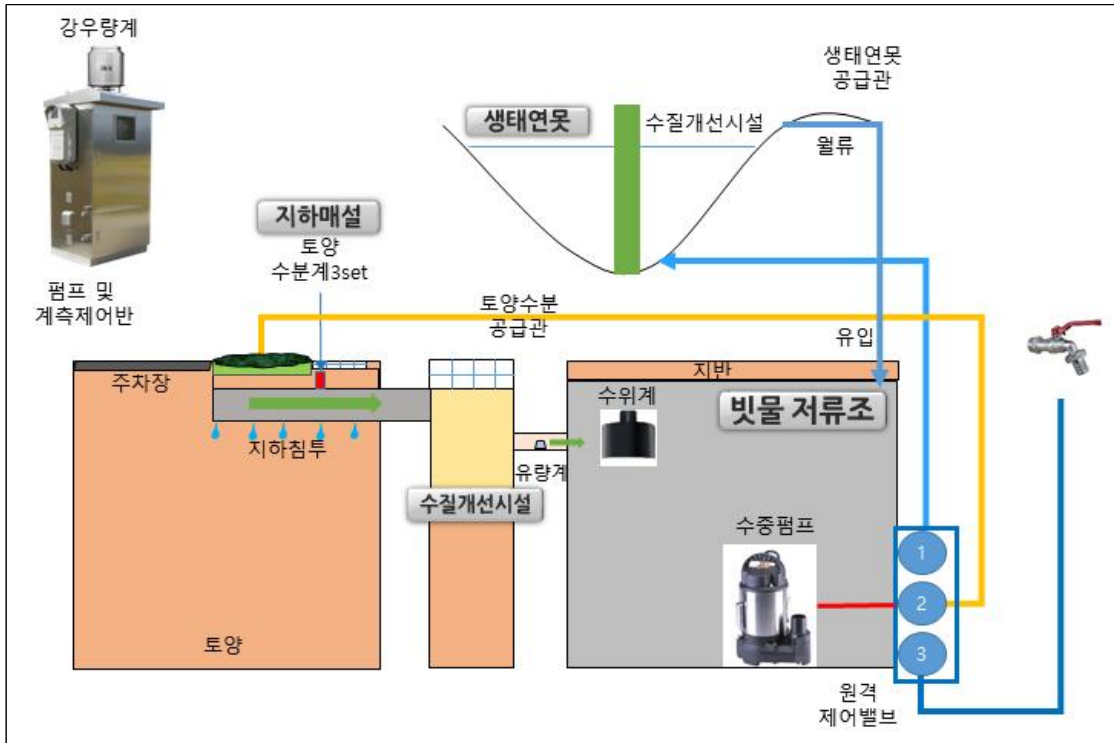
주로 우수의 유입경로는 순차적으로 역세형 스폰지 담체 전처리공정은, 식생여과공정, 다층여과공정으로 유입되어 처리된다. 역세형 스폰지 담체 전처리공정은으로 초기우수의 고농도의 입자성 물질이 유입될 경우 스폰지 공극으로 인해 1차적으로 처리가 됨. 이후 식생여과공정의 유입되거나 상부에서 직접적으로 우수가 유입되며, 식생여과 공정 내부의 다공성 수직형 배분망으로부터 균등한 수량으로 식생여과 처리가 됨. 마지막으로 다층여과공정은 상향과 하향의 반목적인 흐름을 통해 미세 오염물질을 효과적으로 제거가 가능하도록 구성하였으며, 여기서 나오는 역세수는 다시 원수로 돌아가 처리할 수 있도록 구성됨.



<그림3.6.4> 표면유출관리시스템 설계

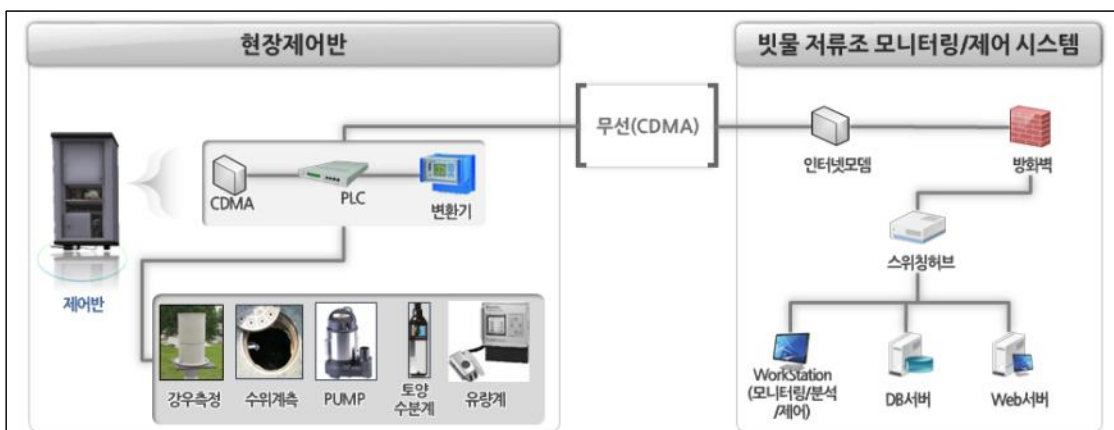
LID 빗물저류시스템 운영

(가) 테스트베드 선정에 따른 시스템 구성



<그림3.6.5> 저류조 빗물 운영 구성도

원격운영이 가능한 제어반과 빗물이 유입되는 양과 사용되는 양등을 운전하고 제어할 수 있는 시스템을 구성하였고 사용 용도에 따라 원격 제어밸브를 활용해 배관을 개폐되는 방식을 적용하였음



<그림3.6.6> 제어 및 시스템 구성도

현장제어반과 시스템구축이 원거리에 있는 시스템으로 모니터링 및 제어를 위한 무선통신을 CDMA로 구축하였으며, 운영서버를 활용하여 제어와 모니터링을 진행하고, 서버를 활용하여 data를 수집하여 DB를 구축



<그림3.6.7> TestBed 현장 제어반 및 계측기 설치

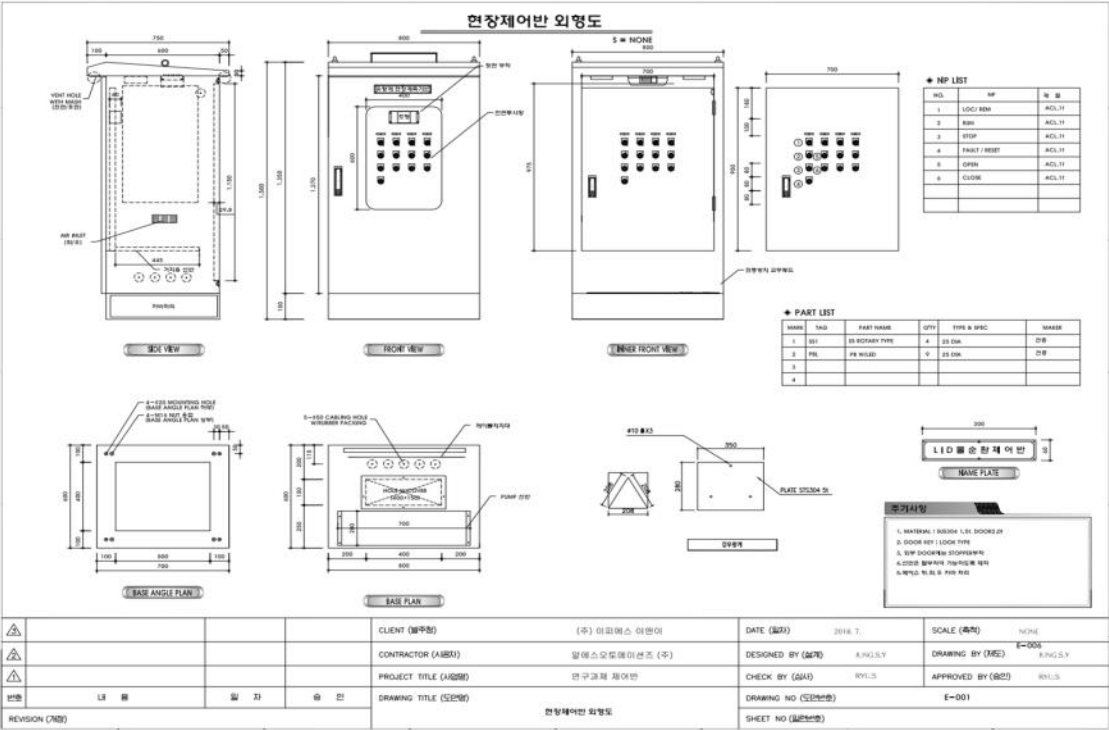
현장제어반은 빗물 저류조 상부에 설치하였고 조건 제어 및 계측에 필요한 강우설량계는 제어반 윗면에 고정하였고, 제어밸브는 제어반 내에 설치하여 펌프와 결속하는 plug and play 시스템이 가능

저류 내에는 수위계, 수중펌프와 유입관로에 유량계 설치

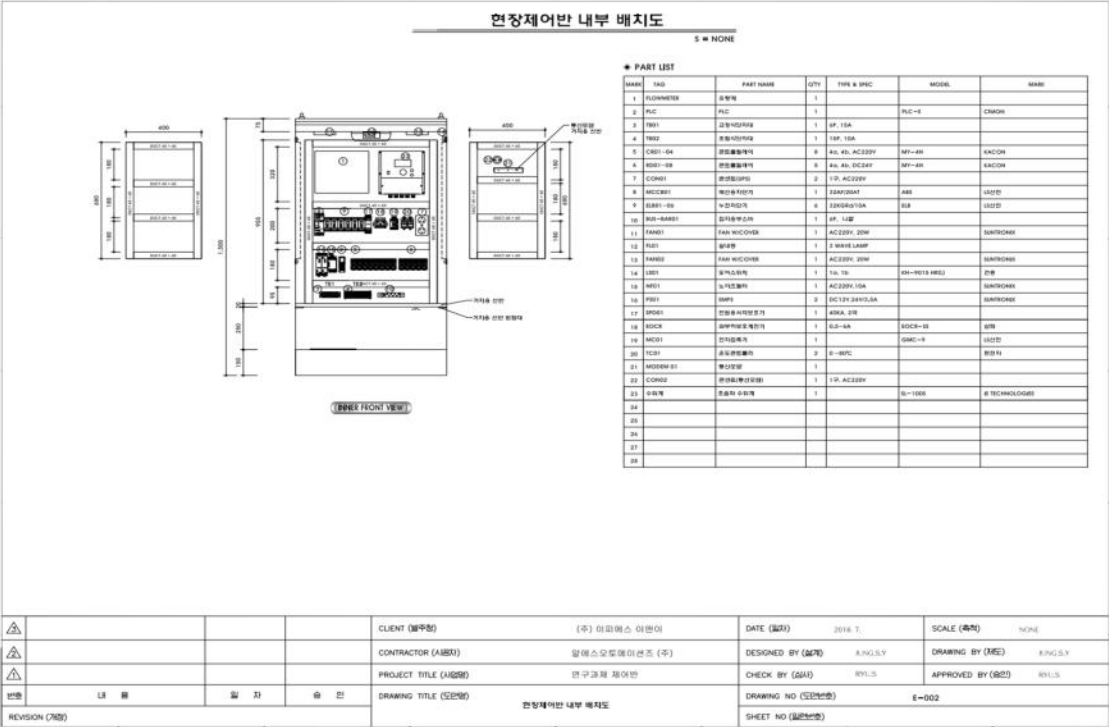
식생지에 토양수분계를 설치하여 수분이 평균 40%이하로 낮아질 경우 토양으로 수분을 공급하는 방식을 적용

저류조 운영시스템 현장설치, 운영방법

(가) 제어 시스템 설계



<그림3.6.8> 현장제어반 외형도



<그림3.6.9> 현장제어반 내부 배치도

(나) 현장 시스템 설치 및 설계

	
회선번호 012-2087-2769	비고 CDMA모뎀

<그림3.6.14> 현장 제어반 설치

가) 제어반 내부 구성

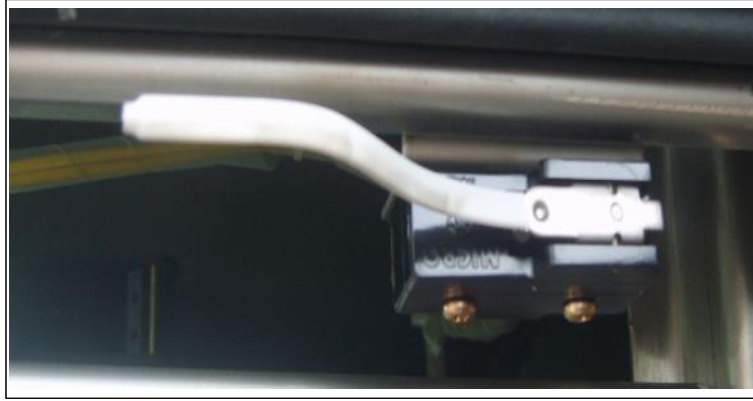
판넬 내부 배치도	기기 명칭
	① 삼파장 형광등 - 문열림과 동시에 켜짐 ② 리미트 스위치 - 문열림 상태 표시 ③ 전원 차단기 - 각 부하에 전원 공급 ④ 전원용 피뢰기 - 과도 전압/전류 보호장비 ⑤ cdma모뎀 - cdma 통신을하는 신호 전송장치 ⑥ 유량 변환기 - 유량센서 자료를 변환 및 전송 - 판넬 데이터 중앙 전송장비 ⑦ 수위 변환기 - 수위센서 자료를 변환 및 전송 ⑧ 전자 접촉기 - 펌프 운전용 전자 접촉기 ⑨ 모터보호용 과부하계전기 - 펌프모터 과부하 보호계전기 ⑩ 릴레이 - 상태 및 제어 시퀀스회로

<그림3.6.15> 제어반 내부 구성

나) 제어반 내부 기자재 기능

(1) 리미트 스위치

- 현장에서 판넬 문을 열었을 때 형광등을 켜주는 역할
- 고장진단 : 리미트를 눌렀을 때 “딸깍” 소리가 났는데 형광등이 들어오지 않으면 TESTER기로 저항에 놓고 접점 도통 확인
- 고장시 조치방법 : 접점이 불량일 경우 교체



<그림3.6.16> 리미트 스위치

(2) 삼파장 형광등

- 현장에서 판넬 문을 열었을 때 점등
- 고장진단 : 형광등에 전원이 공급되는지 확인
- 고장시 조치방법 : 형광등 문제시 전구를 교체



<그림3.6.17> 실내 전등(형광등)

(3) 전원차단기

① 메인차단기

- 한전 인입 전원이 계량기로 인가되고 계량기를 거쳐 나온 전원이 메인차단기 상단으로 연 결되어 차단기 ON(스위치를 상단으로 올린다)하면 전원이 판넬 전체로 공급된다.
- ② 펌프 전원차단기 : 펌프를 돌리기 위해 위해 설치한다.
- ③ 작업용 콘센트 전원차단기 : 작업용 콘센트에 전원을 공급한다.
- ④ FAN, LAMP, HIT 전원차단기 : 판넬 내부 팬, 형광등, 히터에 전원을 공급
- ⑤ plc 전원차단기 : plc에 전원을 공급
- ⑥ 수위계 전원차단기 : 수위계에 전원을 공급
- ⑦ 유량계 전원차단기 : 유량계에 전원을 공급



<그림3.6.18> 전원 차단기

(4)수위, 유량변환기

- 고정식 유량계 센서와 연결되어 맨홀에 흐르는 유속, 수위, 유량을 측정하며 RTU로 통신을 통해 DATA를 전송
- 고장진단 : DISPLAY 되는 변환기에 유량, 유속, 수위 값이 변화하지 않고 멈춰 있다면
유량계 전원 차단기를 OFF하고 약 1분 후 ON했을때 똑같은 현상이 반복되면
고장으로 판단
- 고장시 조치방법 : 수위계, 유량계 전원 차단기를 OFF하고 약 1분 후 ON했을때 똑같은 현상이 반복되면 MAKER에 의뢰



<그림3.6.19> 변환기

(5) 전자접촉기

- 시퀀스회로에 의해 펌프를 운전할 때 전원을 공급



<그림3.6.20> 전자접촉기

(6) 모터보호용 과부하계전기

- 펌프의 고장을 방지하기 위해 펌프에 인가되는 전류값의 한계를 설정하며 설정된 전류값 이상이 발생되면 펌프 운전을 정지하기 위해 설치
- 고장진단 : DISPLAY 상태가 바르지 못하거나, 키 버튼이 동작되지 않을때 고장으로 판단
- 고장시 조치방법 : LS산전에 연락



<그림3.6.21> 과부하계전기

(7) 릴레이

- 시퀀스 회로에 의해 세정장치 제어 및 상태 감시를 위해 설치
- 고장진단 : 동작시 “딱”소리와 함께 LED 램프 점등 및 접점이 도통 되는지 확인
- 고장시 조치방법 : MAKER에 연락하여 교체



<그림3.6.22> 릴레이

(8) DC 전원공급기

- PLC I/O 전원을 DC 전원으로 공급
- 고장진단 : 전원 램프가 켜져있는지 확인 및 DC 24V 출력 전원이 정상적인지 확인
전원차단기를 OFF하고 약 5초 후 ON했을때 출력 전원이 확인되지 않으면
고장으로 판단
- 고장시 조치방법 : MAKER에 의뢰

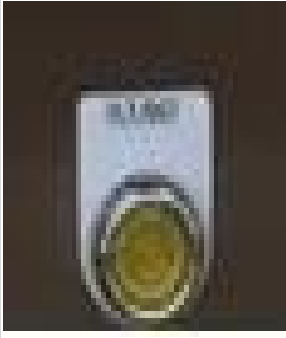


<그림3.6.23> 전원 공급기

(다) 제어반 수동 및 자동 운전방법

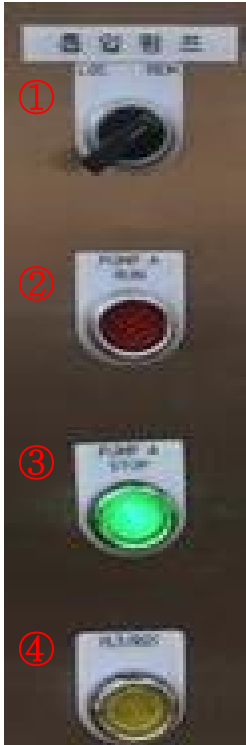
(1) 운전방법

-현장 수동 운전방법 (밸브도 동일)

판넬 정면 배치도	운전조건	운전	비고
	① MAN (현장수동 운전선택)	② 펌프 운전 누름 	
		③ 펌프 정지 누름 	
		④ 펌프 고장리셋 누름 	

<그림3.6.24> 제어반 수동 운전방법

(2) 현장 자동 운전방법 (밸브도 동일)

판넬 정면 배치도	운전조건	운전	비고
	① AUTO (현장자동 운전선택)		
			

<그림 3.6.25> 제어반 자동 운전방법

실증 플랜트 실험을 통한 저류 빗물의 수질 모니터링 및 수처리 기술 최적화

(1) 실증화 플랜트 제작 및 평가

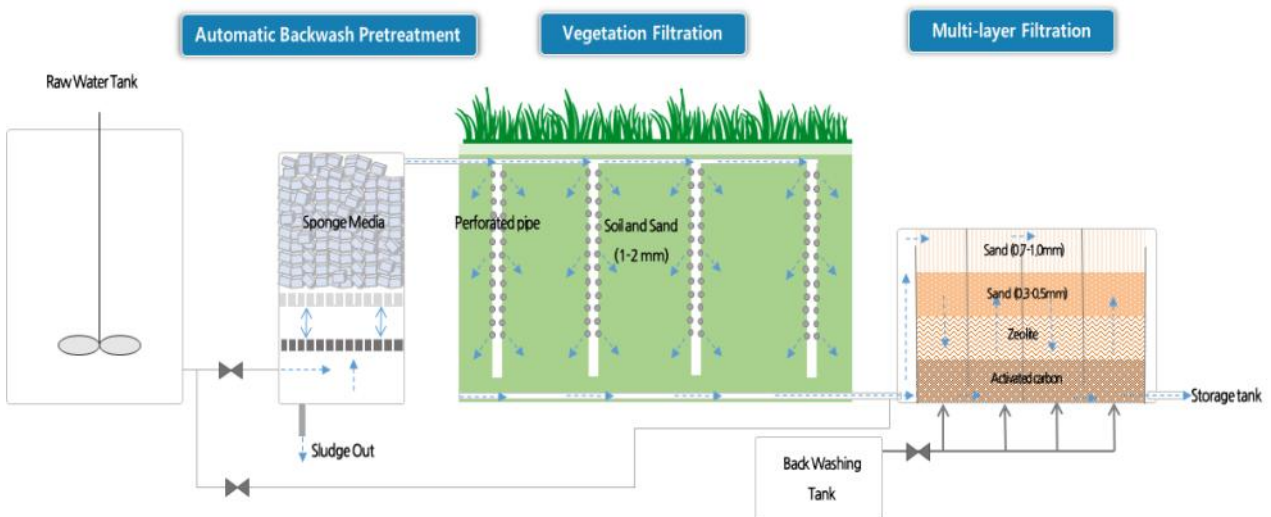
가. 실증화 플랜트 설계 및 제작

- 빗물처리 공정은 크게 전처리 공정인 역세형 스폰지 담체 전처리공정(A.B.P), 식생여과공정(V.F)과 주처리공정인 다층여과공정(M.F)으로 구성되도록 제작하였다. 이 중 식생여과공정(V.F)은 주식회사 어스그린의 공정으로 본 공정과 연계하여 실험을 수행하였음.
- 세부적으로 공정의 형상은 사각형이며, 재질은 역세형 스폰지 담체 전처리공정은 아크릴, 나머지는 스테인레스 스틸로 제작하였음.
- 역세형 스폰지 담체 전처리공정은 빗물을 상향류로 유입되어 입자성 물질을 여과 할 수 있도록 구성하였으며, 내부에 스폰지 담체를 설치하여 빗물 유입 시 스폰지 담체 자체 부력 및 지지층의 부력체에 의해 압축과 확장을 반복하여 자동으로 역세척이 가능하도록 하였다.

<표3.6.1> Pilot-plant specifications

	A.B.P process	V.F process	M.F process
사이즈	W0.52 m×L1.0 m×H1.0 m, 2.0T	W0.60 m×L4.0 m×H1.0 m, 2.5T	W0.52 m×L2.02 m×H0.6 m, 1.8T
재질	acryl	STS 304	STS 304
Filter media	Sponge Media	Soil, Sand(1.0-2.0mm)	Sand(0.7-1.0mm), Sand(0.3-0.5mm), Zeolite, Activated carbon
비고	한국먹는물안전연구원	어스그린	한국먹는물안전연구원

- 식생여과공정은 하향류로 처리하도록 구성하였으며 내부에 수직으로 다공성 파이프를 설치하여 유입수가 균등하게 식생여과공정으로 흐르면서 여과될 수 있도록 구성하였다. 여재로는 흙과 모래(1.0-2.0mm)를 충전 하여 빗물을 처리하였다.
- 다층여과공정은 상향과 하향으로 반복적으로 이동하면서 처리할 수 있도록 구성하였으며, 구성여재로 모래(0.7-1.0mm), 모래(0.3-0.5mm), 제올라이트, 활성탄을 충전 하였다. 또한 다층여과공정 바닥에 여재의 폐색 및 막힘 현상을 방지하기 위해 Back Washing 라인을 설치하였음.



<그림3.6.26> Road run-off treatment process pilot plant diagram



A. 제작사진



B. 현장터파기 및 안착



C. 설치 및 여재채움



D. 현장설치 완료사진

<그림3.6.28> 실증플랜트 제작 및 설치사진

나. 유입원수 Spiking Test를 통한 실증화 플랜트 성능평가 및 최적화 방안

■ 실험방법 및 분석방법

- 본 실험은 입자성 물질(SS), 유기물(BOD, COD), 영양염류(TN, TP) 및 중금속 물질을 처리하여 빗물을 재이용하기 위해 빗물처리 실증플랜트를 이용하여 처리효율을 평가하였다. 실증플랜트 설치 위치는 원주시 태장동 A사 공장부지에 설치하여 운전하였다.
- 실험에 이용된 원수는 서울 인근 고속도로와 일반도로 주변에 퇴적된 퇴적물을 이용하여 수돗물과 혼합하여 제조하였다. 실험에 원하는 농도를 일정하게 유지하기 위해 채취된 퇴적물을 소량의 물로 완전 혼합 및 농축한 뒤 실험에 이용하였다.
- 일반수질항목인 SS, CODcr, BOD, 수질오염공정시험방법(환경부, 2016)와 Standard Method 방법에 따라분석하였다. TN, TP는 Hach vial, Hach reactor, DR4000 spectrophotometer를 이용하여 분석하였으며, 중금속 항목인 Cd, Cr, Pb, Zn은 Standard Method 방법으로 전처리 한 후 ICP(Thermo, IRIS intre-pidⅡXDL)를 이용하여 분석하였다.



<그림3.6.29> 현장 Spiking 실험사진

■ 유입농도 변화에 따른 처리효율 변화 (고농도 유기물, 영양염류, 입자성 물질)

- <표3.6.2>는 유입수에 고농도 유기물 및 영양염류 물질이 포함되어 단계별 처리장치를 통해 처리효율

을 나타낸 것이며, <표3.6.3>은 <표3.6.2>와 비교하여 유입 SS가 약 2배 높게 유입시켰으며, TN은 약 2.6배, TP는 11배 적게 각 단계별 반응조로 유입시켜 처리효율을 살펴보았다.

- <표3.6.2>에서 SS는 역세형 스폰지 담체 전처리공정(A.B.P)에서 원수대비 32%, 색생여과(V.P) 90%, 다층여과(M.F) 99% 처리효율을 보였다. 동일하게 입자성 물질과 상관관계가 높은 유기물인 BOD, COD 물질도 각 단계별 공정에서 SS 제거 효율과 거의 동일한 처리효율을 보였다. 반면, TN과 TP의 경우 역세형 스폰지 담체 전처리공정(A.B.P)에서는 약 10% 정도의 처리효율을 보였으며, 다층여과 공정에서는 각각 80%, 98%의 처리효율을 나타내었다.

- <표3.6.3>에서 상대적으로 고농도 SS가 유입될 경우 최종처리는 동일하게 97%의 처리효율을 보였으며, 유입원수에서 SS 및 유기물 농도가 2배 증가할 경우 SS, BOD, COD의 최종처리수는 약 2~3% 처리효율이 감소되었다. 반면 유입원수의 농도를 TN의 경우 약 2.6배, TP의 경우 약 11배 농도를 낮추어 유입할 경우 오히려 처리효율 면에서는 상대적으로 고농도인 <표3.6.2>의 처리효율과 비교할 때, TN은 10%, TP는 43%의 처리효율 저하를 보였다. 이는 저농도에서 일반적으로 처리효율이 낮은 점과 고농도의 SS 및 유기물질이 공극을 채우면서 영양염류 물질인 TN, TP가 제올라이트 및 활성탄에 충분한 흡착할 수 있는 시간이 부족한 결과라 판단된다.

<표3.6.2> 고농도 유기물 및 영양염류 물질 제거 효율

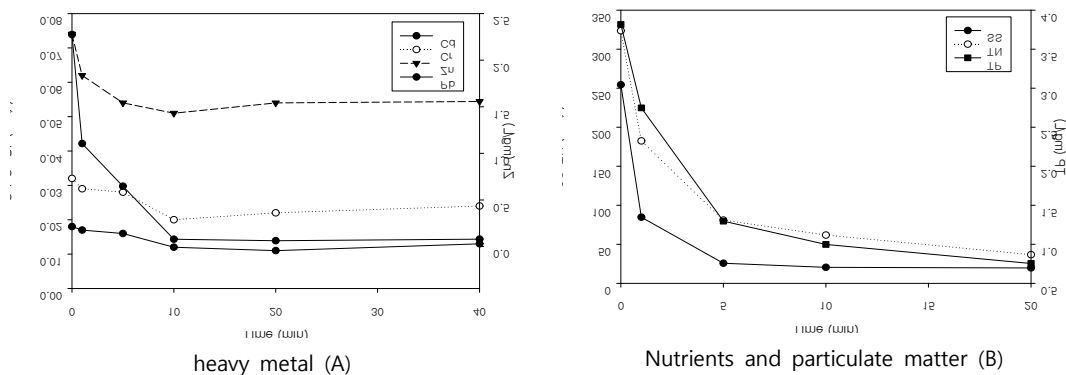
Parameters	Raw Water	A.B.P	V.P	M.F
SS (mg/L)	93.0	63.3	9.2	0.8
BOD (mg/L)	150.6	84.7	8.1	3.3
COD (mg/L)	318.7	187.1	17.8	6.1
TN (mg/L)	13.815	12.147	10.356	2.811
TP (mg/L)	1.760	1.578	0.984	0.028

<표3.6.3> 고농도 입자성 물질 제거효율

Parameters	Raw Water	A.B.P	V.P	M.F
SS (mg/L)	203.7	110.0	53	5.1
BOD (mg/L)	2.4	1.9	1.2	1
COD (mg/L)	3.7	3.5	2.0	1.8
TN (mg/L)	5.321	5.147	2.578	1.601
TP (mg/L)	0.157	0.148	0.105	0.07

■ 처리시간에 따른 중금속 및 영양염류 물질 처리

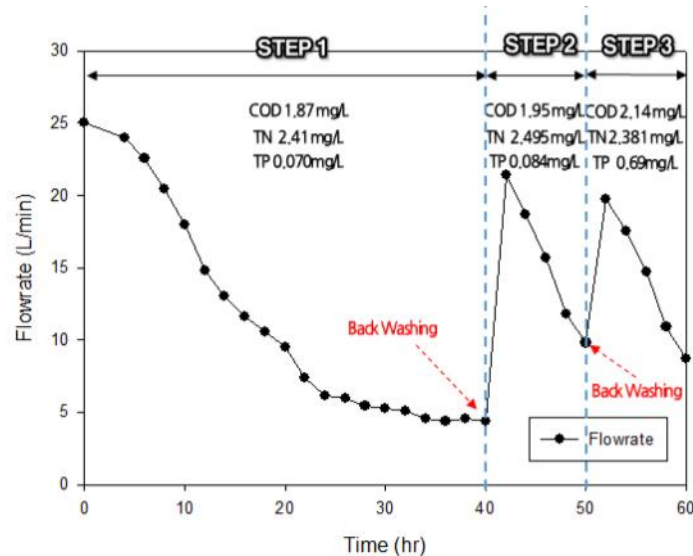
- 도시지역 특히 도로주변 유출수에는 다량의 입자성 물질 및 중금속이 포함되어 있으며 이를 효과적으로 제어 및 제거를 해야 처리수를 효과적으로 이용할 수 있다.
- <그림3.6.30> 다층여과 공정에서의 시간에 따른 중금속 Cd, Cr, Pb, Zn과 SS, TN, TP에 대한 처리 효율을 나타낸 것이다. 중금속은 시간에 따라 감소하다가 처리시간 20분 뒤부터 다소 증가하는 경향을 나타냈으며, SS, TN, TP는 처리종료 시간까지 계속해서 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 일반적으로 고농도의 유입원수가 유입될 경우 여재의 공극이 빠르게 막히는 막힘현상이 발생하게 되는데 이러한 막힘 현상 중 공극내에서 발생하는 결과라 보여질 수 있다. 입자상이 대부분을 차지하는 SS, BOD, COD는 여재의 입자간 공극을 막아 계속해서 처리효율이 좋아지는 결과를 나타내며, 반면 중금속의 경우 여재의 입자 내 공극이 막혀 흡착기능이 떨어져 처리효율이 다소 떨어진 것으로 판단된다. 따라서 입자간 공극막힘과 입자 내 공극막힘현상에 대한 시너지 효과를 최대화 할 수 있는 방안이 필요하다.
- 중금속의 경우 처리시간 40분에서 Cd, Cr, Pb는 25~27%의 처리효율을 보였으며, Zn은 처리효율이 약 96%로 나타났다. Cd, Cr, Pb의 경우 Zn에 비해 처리효율이 상대적으로 낮은 이유는 실험에 사용된 원수 자체의 농도가 낮기 때문인 것으로 판단된다.
- SS는 TN, TP에 비해 초기 제거되는 속도가 빠르게 나타났으며, 처리시간 20분 기준으로 SS 92%, TN 88%, TP 80%의 처리효율을 나타냈다.



<그림3.6.30> 중금속 및 영양염류물질 제거효율

■ 시간에 따른 투과유량 및 수질 변화 분석

- 일반적으로 여름장마와 같이 지속적이고 높은 강우강도 시 고농도의 입자성 물질 및 오염물질이 계속적으로 유입될 경우 막힘 현상으로 투과유량은 계속적으로 감소된다. 이러한 현상을 최소화하고 지속적인 투과유량 및 수질을 확보하는 것이 매우 중요하다.
- <그림3.6.31> 은 단시간 투과유량 및 수질변화를 관찰하기 위해 인위적으로 다층여과 공정으로 고농도의 입자성 물질과 영양염류를 유입시켜 단위시간당 투과유량과 수질을 나타낸 그래프이다. 유입되는 원수의 초기 유량은 25 L/min 이며, 유입수질은 SS 503 mg/L, COD 6.4 mg/L, TN 8.321 mg/L, TP 1.157 mg/L 로 60시간 동안 일정하게 유입시켰으며, 운전시간 40분과 50분에 약 3분정도 Back Washing을 실시하였다.
- 시간이 경과하면서 다층여과 공정의 투과유량은 점진적으로 감소하였으며, 실험시간 40분에 초기 투과유량에 비해 약 82%까지 저하되었다. 또한 운전시간 40분 뒤 1차 Back Washing이후 투과유량은 85%, 운전시간 50분 뒤 2차 Back Washing 이후 투과유량은 약 78% 회복율을 나타내었다. Back Washing을 통해 막힘 현상을 어느 정도는 해결되었으나 완전하게 해결되지 못하였으며 이는 여재에 미세하게 부착된 오염물질을 Back Washing으로 완벽하게 분리 배출되지 않은 것으로 판단된다.
- 수질적인 측면에 있어서도 운전시간 40분 이전까지 처리수질은 COD 1.87 mg/L, TN 2.410 mg/L, TP 0.070 mg/L로 일정하게 유지되었으며, 1, 2차 Back Washing이후 TN, TP 처리효율은 동일하였으나, COD만 점진적으로 상승하였다. COD 농도 증가의 원인은 Back Washing 이후 다층여과 내 여재의 교란과 여재에 붙어있는 농축된 입자성 물질이 유출되어 생긴 것으로 사료된다.



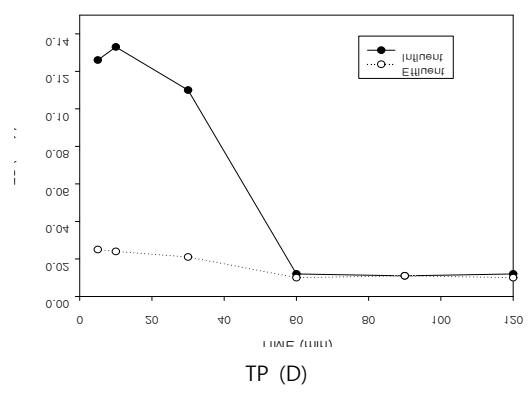
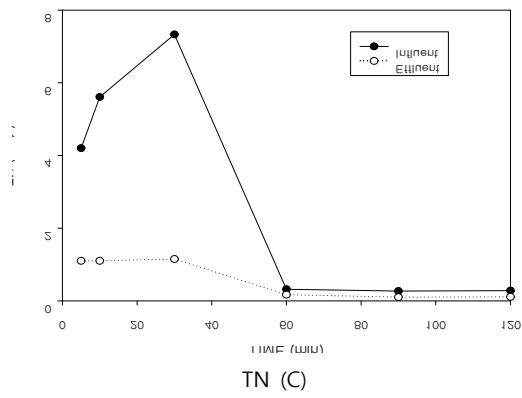
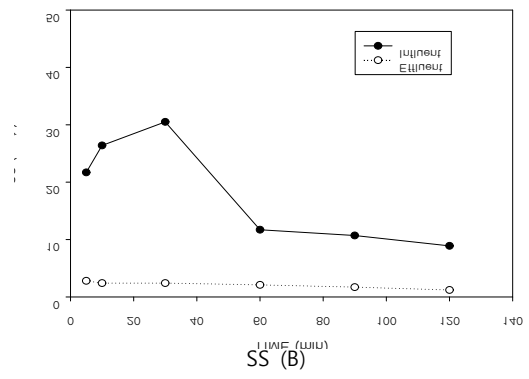
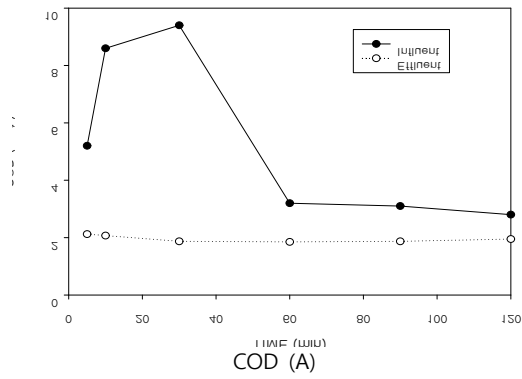
<그림3.6.31> 역세에 따른 수량회복 및 수질평가

(2) 실증화 플랜트 수질 모니터링

- 실증플랜트 수질 모니터링은 2018년 8월부터 11월까지 강우량 10mm 이상, 강우강도 3mm/hr 이상의 강우 시 3회 모니터링을 수행하여 평가하였다. 또한 강우 지속시간은 평균 2-10시간, 평균 강우강도는 3.45mm/hr로 나타났다.

■ 모니터링 결과

- <그림 3.6.32>는 강우 시 빗물의 유입을 통한 유기물 및 영양염류 물질 항목에 대한 농도 변화를 나타낸 것이다.
- 분석결과, 대부분의 오염물질은 강우초기에 고농도의 오염물질이 유출된 후 강우가 지속 될수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 강우 초기 30분 이내에 오염물질이 높게 나타나는 경향을 보였다.
- COD의 경우, 초기 30분까지 유입 오염농도가 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈으며, 30분에서 최대 농도인 9.4 mg/L를 나타냈다. 처리수는 유입농도 5 mg/L 이상의 고농도에서는 약 60-76%, 5 mg/L 미만에서는 30-58%의 처리효율을 나타내었다. 120분에서 유출농도는 1.95 mg/L 이다.
- SS의 경우, 초기 30분 평균 처리효율은 90%로 유입농도 변화에 관계없이 유출수는 안정적으로 일정한 처리효율을 나타내었다.
- TN의 경우, 유입농도 5 mg/L 이상 유입될 경우 처리수에서는 안정적으로 1.1 mg/L을 유지하였으며, 강우 발생 30분 이후 급격하게 유입 농도가 95% 이상 농도가 낮게 유입되었다. 30분에서 처리효율은 84%(처리수 1.15 mg/L), 120분에서 처리효율은 61%(처리수 0.11 mg/L)로 분석되었다.
- TP의 경우, 유입농도가 저농도로 유입되었으며, 유입농도 범위는 0.01-0.1 mg/L이다. 유입농도가 0.1 mg/L 이상에서는 처리효율이 80% 이상이지만, 유입농도 0.02 mg/L 이하에서는 처리효율이 17%로 분석되었다.



<그림3.6.32> 강우 시 유입 및 처리 수질모니터링

(3) 재이용 최적 공급방안

- 본 연구에서 적용한 식생결합 여과 모듈에 의한 수처리 결과는 유희공간에서 발생하는 빗물을 처리하고 저장하고 활용하기 위한 기본 구상에서 시작되었으며, 최종 처리한 빗물을 이용할 경우 빗물 유출 저감 효과와 함께 대체 수자원 확보의 의미도 클 것으로 판단된다.
- 이에 수질적인 측면에서 용수로 이용할 경우 우리나라의 물재이용 수질 기준에 따라 청소·화장실 용수, 세척·살수용수, 조경용수, 친수용수 등 법정 기준에 부합하여 재이용이 가능한 것으로 나타났다. 특히 도시 지역의 유희공간에 대규모 저류시설에서 양호한 수질의 빗물은 도로변의 살수용수로 활용할 경우 기후 변화에 대응하여 강우 유출수 저감과 함께 노면의 냉각으로 폭염 대응 방안으로 적용이 가능하다.

<표3.6.4> 중수도 용도별 수질기준

구분	청소/화장실 용수	세척/살수용수	조경용수	친수용수	하천 등 유지용수
총대장균군수 (개/100mℓ)	불검출	1000이하	1000이하	불검출	1000이하
결합잔류염소 (mg/L)	0.2이상	-	-	0.1 이상	-
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하	-
BOD (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
색도(도)	20 이하	-	-	10 이하	-
총질소 (mg/L)	-	-	-	10 이하	20 이하
총인 (mg/L)	-	-	-	0.5 이하	0.5 이하
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
염화물 (mgCl/L)	-	-	250 이하	-	-
만족여부	만족	만족	만족	만족	만족

- 또한 가뭄으로 인한 국가 비상 시 농업용수로 이용할 수 있어 농작물의 피해를 현저하게 줄 일 수 있을 것으로 판단된다. <표3.6.5>는 농업용수 수질환경 기준으로 하천수, 호소수, 지하수를 농업용수에 이용할 경우 수질기준을 나타낸 것이다. 빗물을 처리하여 농업용수에 이용될 경우, 현행 재이용 법은 없으나 빗물을 통해 하천, 호소 나 지하수로 흘러 들어가므로 수원지에 따른 기준과 본 처리공정을 통해 처리된 수질을 비교할 때 농업용수로 이용할 수 있는 가능성이 높은 것으로 판단된다.

<표3.6.5> 농업용수 수질환경기준

구분	하천수	호소수	지하수
pH	6.0-8.5	6.0-8.5	6.0-8.5
BOD (mg/L)	8	-	-
TOC (mg/L)	6	6	-
SS (mg/L)	100	15	-
DO (mg/L)	2 이상	2 이상	-
TN (mg/L)	-	1.0	-
TP (mg/L)	0.3	0.1	-
NO ₃ -N (mg/L)	-	-	20
Cl (mg/L)	-	-	250
Cd (mg/L)	0.005	0.005	0.01
As (mg/L)	0.05	0.05	0.05
Pb (mg/L)	0.05	0.05	0.1
Cr ⁺⁶ (mg/L)	0.05	0.05	0.05
Hg (mg/L)	N.D.	N.D.	0.001
CN (mg/L)	N.D.	N.D.	0.01
유기인 (mg/L)	N.D.	N.D.	0.0005
페놀 (mg/L)	-	-	0.005
ABS (mg/L)	0.5	0.5	-
PCB (mg/L)	N.D.	N.D.	-
TCE (mg/L)	-	-	0.03
PCE (mg/L)	0.04	0.04	0.01
벤젠 (mg/L)	0.01	0.01	-
만족여부	만족	만족	만족

□ LID 기반 생태연못 조성

○ 유희공간 내 생태연못 구축 사례

- 생태연못 시범 구축을 위해 (주)뉴보텍(강원도 원주 소재)의 미활용 부지의 유희공간을 우선 대상으로 검토하였으며 여러 가지 제한 요소가 있었으나 타 기관들의 요소기술의 적용 용이성, 예산 효율성, 공기 적합성 등을 종합적으로 고려했을 때 가장 효율적이라고 판단되었음
- 기존 유희용지는 수표면이 약 30 m²이며 하상이 자갈(d=5 cm 내외)로 구성되어 있으며 수심은 약 30~40cm 수준으로 유지 가능한 조건을 갖춘 전형적인 조경용 연못 부지로 판단되었음. 본 공간에서 생태적 기능을 보강하기 위해서는 직접적으로 태양광에 노출되는 공간을 줄여 생물의 열성 스트레스를 감소시키는 방안, 최소한의 수심을 추가적으로 확보하는 방안, 여분의 토양의 도입을 통해 하상재료의 다변화를 유도하는 방안 등 기존 단조로운 생물 공간을 다양화 하는 방법이 있음
- 유희용지를 생태연못으로 활용하기 위해서 우선 유량공급은 (주)뉴보텍에서 설치한 지하저류조를 활용하여 정기적으로 공급이 가능하며 해당 시설은 생태연못 인근의 지하에 저류되어 있으므로 공간적인 활용성이 용이한 장점이 있음. 해당 부지는 가장 밑단의 하상이 콘크리트로 되어 있으므로 추가적인 수심의 확보에는 한계가 있었으나 이를 최대한 활용하여 어소방틀을 설치 후 향후 생물의 피신이 가능한 장소로 조성하였음. 또한, 다공성의 현무암을 설치하여 다양한 미소생물(동물플랑크톤, 식물플랑크톤) 또는 미생물 등이 서식할 수 있는 공간을 상당 부분 확보하였음. 또한, 하상에 토양(d=2 mm 내외)을 도입하여 이를 활용할 수 있는 생물(식생, 저서형무척추동물, 이매패류 등)이 서식하거나 이용할 수 있도록 하였음
- 이러한 방법은 특히 수온이 상승하는 여름에 효과를 보이며 주로 도시에 설치되는 LID 형태의 수공간은 수체가 작고 수심이 얇기 때문에 생태연못 본연의 기능인 생물다양성을 확보하거나 시민들에게 양질의 생태서비스를 제공하기 위해서는 도시 내 LID 생태연못 특징을 고려한 생물피난처를 도입하거나 관리할 필요성이 있음. 국내는 몬순기후로서 여름에 강우가 집중되고 해당 공간은 강우의 영향을 크게 받기 때문에 수온 및 유량 변화에 대응 가능한 일정 수심을 확보하는 것이 중요하며 수생생물이 피할 수 있는 적절한 피난처가 확보된다면 효율적인 소생물을 대상으로 최소한의 생태기능을 유지할 수 있을 것으로 판단됨



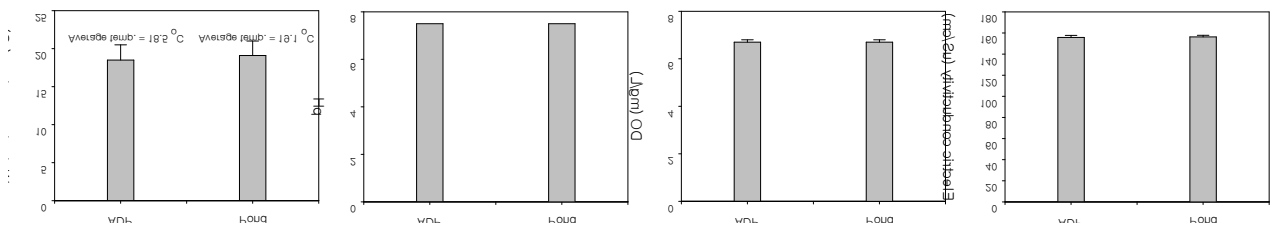
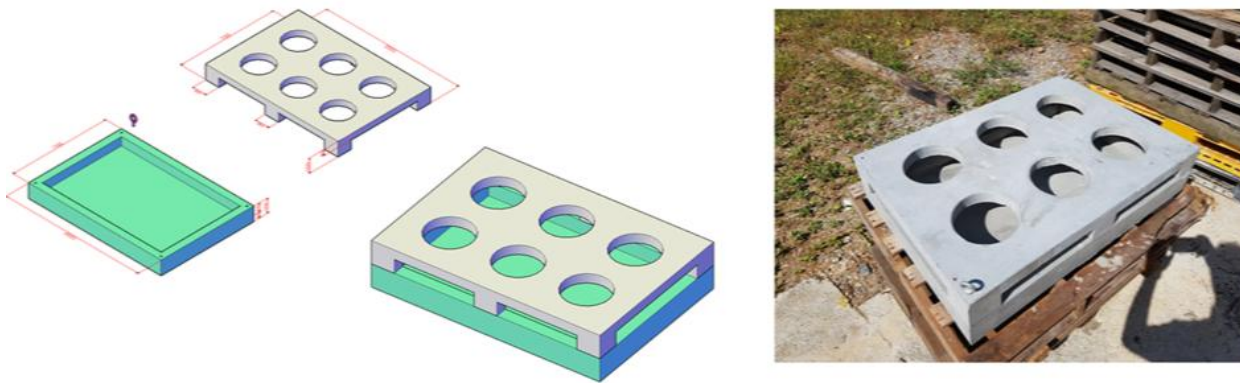
<그림3.6.33> Test-bed 활용 전 생태연못



<그림3.6.34> Test-bed 활용 후 생태연못 예시

- 이러한 측면에서 어소방틀은 구조적으로 생물이 피난할 수 있는 공간을 확보할 뿐만 아니라 내부에는 비교적

일정한 수온을 유지시키기 때문에 생물이 안정적으로 지속할 수 있는 장점이 있음. 특히 수온이 상승하는 여름철에서는 외부보다 1~4 °C 수준의 수온을 낮고 일정하게 유지하기 때문에 효율적인 생물 피난처로 활용이 가능함. 본 부지에서는 시기적으로 여름을 대상으로 할 수 는 없었지만 10~11월을 기준으로 수온을 비교해 보면 외부에서는 19.1 ± 1.9 °C를 나타내었지만 내부에서는 18.5 ± 2.0 °C를 나타내어 약 0.6 °C 저감 효과가 있었으며, 특히 어류와 같은 생물은 1 °C의 변화에도 생리학적으로 매우 민감하기 때문에 생존률 향상에 도움을 줄 수 있음. 이외에 pH (내부 7.5, 외부 7.5), DO (내부 6.7 ± 0.1 mg/L, 외부 6.7 ± 0.1 mg/L), EC (내부 157 ± 1.9 μ S/cm, 외부 156 ± 1.5 μ S/cm)와 같은 항목들은 모두 내부와 외부의 큰 차이가 없이 유사한 수준으로 나타났으므로 유의한 변수가 아니라고 판단되며 향후 지속적인 관찰 및 모니터링이 권장됨



<그림3.6.35> Test-bed의 생태연못에 적용된 어소방틀 및 기초수질항목 비교 예시

○ 유희공간 내 생태연못 관리 방안

- 일반적으로 수심이 얇은 조건에서는 수생식물의 우점이 수질에 영향을 줄 수 있기 때문에 생태연못의 하상을 모래와 벤토나이트가 주성분으로 활용 시 애기부들의 근경(rhizomes)이 발달할 수 있는 조건이다. 물론 애기부들을 포함한 각종 수생식물은 부영양화를 억제하여 수질정화를 유도하고 미세입자를 효율적으로 응집시켜 퇴적물의 재부유를 방지하는데 유리하다고 알려져 있지만 수생식물의 지나친 우점은 수표면의 개방수역을 차단하고 그늘진 조건(shady condition)을 조성하여 최종적으로는 수중생태계에 악영향을 줄 수도 있으므로 (Sharma et al. 2008) 이러한 부분을 미연에 방지하기 위해서는 일부 깊은 수심을 조성하여 씨앗의 발아를 억제하거나 생태연못 중앙으로의 확산을 저지하기 위한 지중격벽설치와 같은 대책이 고려됨
- 도시 내 연못은 잠자리 서식처를 제공하여 생물다양성을 확보하고 생태적 기능을 향상시킬 수 있으므로 이를 고려한 수질관리가 필요하며(Goertzen & Suhling 2012), 최근 경향에 따르면 도시 내에 연못을 조성하여 서식처를 확보하려는 시도가 대안으로 제시되고 있음(Niemelä 1999; Cornelis & Hermy 2004; Goertzen & Suhling 2012). 도시 내 생태연못을 잠자리 서식처로 활용할 때 고려할만한 인자는 규모(녹지, 수체), 식생, 수심, 생태 연결성 등이 있으나 Vanacker et al. (2018)는 수질이 Chl-a <123 μ g/L, TN <2.3 mg/L, 투명도 >67 cm 수준이 필요하다고 제안하였으며 본 연구의 조건이라면 가능한 수준으로 판단됨
- 본 연구 대상지는 규모가 작기 때문에 내부 변동보다는 계절변화 또는 강우와 같은 외부 환경에 큰 영향을 받는 것으로 추정되며 여름에 발생하는 많은 강우를 전후로 수질항목의 농도가 증감하는 경향을 보일 것으로 예상되므로 도시 유희공간에 생태연못을 적용하고 지속적으로 유지하기 위해서는 유량, 수질 모니터링 자료 수집에 근거한 연간 특성 파악뿐만 아니라 주변의 교란요소 및 생태적 연계성을 고려하여 궁극적으로는 생물다양성 확보를 위한 보다 다양하고 심도 있는 고찰이 필요할 것으로 판단됨

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

○ 연구계획서 및 연차실적계획서를 중심으로 연구 목표 달성도를 기술하였다.

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

기간	주요 목표	성과내용	달성도
1차년도 (`17.04 ~ `17.12)	뉴보텍	합성수지 지하빗물저류조 기본형 제품 최적금형설계(안) 마련	최적금형설계, 저류성능 93% 이상
		합성수지 지하빗물저류조 기본형 제품 목업(mock-up) 제작	기본형 제품 목업(mock-up) 제작
		합성수지 지하빗물저류조 기본형 상판/하판 프레임 제작 및 사출	기본형 상판/하판 프레임 제작 및 사출
		합성수지 지하빗물저류조 기본형 각재 프레임 제작 및 사출	기본형 각재 프레임 제작 및 사출
		합성수지 소재의 물성시험 및 적합성 검토	기존PP에 GMT재질 추가 및 물성시험
		특허출원1건, 특허등록1건	- 특허출원 3건: - 연결관탐색시스템(10-2017-0064465) - 이탈방지 연결구조를 가지는 합성수지 파이프(10-2017-0098134) - 노후한 콘크리트관 진단 방법(10-2017-0098134) - 특허등록 1건은 2차년도에 등록됨 - 노후한 콘크리트관 진단 방법(10-1920691) - 전시화홍보 4건
	한국건설기술연구원	LID 생태용수의 적용성 검토	선행연구조사 보고서작성
		실증 파일럿 테스트 모니터링 및 기술검증	생태연못 유지관리 매뉴얼
		논문 1건	논문1건, 학술발표1건, 언론홍보2건
	한국먹는물안전연구원	표면 유출 수질개선 시스템	SS 제거율 30% 이상 59%
			BOD 제거율 30% 이상 53%
			TN 제거율 20% 이상 25%
			TP 제거율 20% 이상 44%
		저류조 유입 수질 개선 시스템	SS 제거율 50%이상 94%
			BOD 제거율 50%이상 90%
			TN 제거율 30% 이상 50%
			TP 제거율 30% 이상 73%
		특허출원1건, 논문1건	특허출원1건, 공인성적서2건
	이피에스이앤이	모니터링 설계	수집율80%이상, 애러율20%이하
		특허출원1건	특허출원1건
	어스그린코리아	시제품 제작 (3건)	- 식생블록, 집수로, 저류조 3건 - 금형제작 후 시제품 제작, 저류조는 외주제작의뢰로 제작 완료
		내구성 분석 (7,000N 이상)	26,018N - 압축하중 26,018N으로 목표 초과 달성
		시공성 분석 (1건)	- 시공성 분석 3건 - 시험설치 대상지 시공 분석
		특허출원 1건	- 특허출원 2건: (10-2017-0066727) 빗물 저장함과 그 저장함을 이용한 잔디 식생방법 (10-2017-0066724) 빗물 저장함과 그 저장함을 이용한 잔디 식생방법
		공인성적서 1건	- 공인성적서 1건 - 식생블록에 대한 시험성적서
		시제품 3건	- 시제품 3건 - 식생블록, 집수로, 저류조 완성

- 2차년도에 기존 제품의 성능을 보완하였으며, 제품의 성능평가를 완료하였다.

기간		주요 목표	성과내용			달성도
2차년도 (`18.01 ~ `18.12)	뉴보 텍	지하빗물저류조의 홍수대응, 강도, 시공성 등 목표성능 부합여부	지정최대토포 2M 이상, 저류성능 93% 이상			100%
		최적 설계안 반영 지하빗물저류조 시공성 검증용 시제품 제작 2건	지하빗물저류조 시제품 제작 2건			100%
		합성수지 제품의 현장적용 절차서 및 시장진출방안, 판매매출 5억	지하빗물저류조 시공방법/절차 매뉴얼 작성 저류조 활용방안 제시 사업매출 8.66억 (추가실적 진행중)			100%
		특허출원1건, 등록1건 신기술신청 1건	-특허출원3건: ·투명 라이닝 프로파일을 이용한 비굴착 라이닝 시공 방법 (10-2018-0048270) ·합성수지 파이프용 수지 조성물을 이용하여 제조되는 이탈방 지랑이 구비된 합성수지 파이프(10-2018-0159907) ·내후성과 인장강도가 향상되는 상하수도관 수지 조성물 및 이를 이용한 상하수도관(10-2018-0159908) -등록1건: ·투명 라이닝 프로파일을 이용한 비굴착 라이닝 시공 방법 (10-1907646) -신기술신청 1건 진행중(원추형콘과 연결관주행로봇을 이용한 PVC프로파일 나선형 제관기술)			95%
	한국 건설 기술 연구 원	실증 파일럿 테스트 모니터링 및 기술검증	기술 검증 및 확보			100%
		논문1건	논문 : 1건, 학술발표 : 2건, 언론홍보: 1건, 기술기사: 1건			100%
	한국 먹는 물안 전연 구원	표면 유출 수질개선 시스템	SS 제거율	30% 이상	30% 이상	100%
			BOD 제거율	30% 이상	30% 이상	
			TN 제거율	20% 이상	20% 이상	
			TP 제거율	20% 이상	20% 이상	
저류조 유입 수질 개선 시스템		SS 제거율	50%이상	50%이상	100%	
		BOD 제거율	50%이상	50%이상		
		TN 제거율	30% 이상	30% 이상		
		TP 제거율	30% 이상	30% 이상		
특허출원1건,등록1건, 논문1건,시제품1건	출원1건: 유희공간내 LID기반 빗물저류 및 처리시스템(10-2018-0056459) 등록1건: 부력체를 이용한 빗물 처리장치(10-1888850) 논문1건 진행중 시제품1건: 초기우수 전처리장치			95%		

기간		주요 목표	성과내용	달성도
2차년도 (`18.01 ~ `18.12)	이피에 스이엔 이	개발/구축 오차범위 20%이하	25%	90%
		운영 안정화	구축완료	100%
	어스그 린코리 아	실증 실험 (1회)	- 개발 제품의 성능 시험으로 실증실험 - 성능인증 획득	100%
		시제품 제작 (1건)	- 1차년도 미완성된 집수로의 연결 엘보 완성	100%
		전시회 참가 (1회)	- 10월 서울정원박람회 참가	100%
		현장평가 및 금형보완 (1건)	- 시범설치 현장 및 Test Bed 구축 현장을 바탕으로 결과보고서 작성	100%
		투수율 분석 (30mm/hr 시간당 80%이상)	- 투수율 30mm/hr 시간당 50%로 강우강도 및 설치 조건에 따라 시험 결과 변수 발생	63%
		지역맞춤형 성능평가	- 제품 개발 완료에 따른 시험 결과 제품 변형 없음	100%
		사업화 매출액(5억)	- 2018. 12. 28 기준 5.4억 달성	100%
		특허출원 1건	- 특허출원 1건 : (10-2018-0021096) 빗물침투와 잔디 고사 방지 잔디 매트 블록 및 이를 이용한 잔디밭 시공 방법	100%
		특허등록 1건	- 특허등록 1건 - (제10-1898630호) 빗물침투와 잔디 고사 방지 잔디 매트 블록 및 이를 이용한 잔디밭 시공 방법	100%
		공인성적서 1건	- 공인성적서 3건 - 집수로 통과 식생블록에 대한 시험성적서	300%
		시제품 1건	- 시제품 1건 - 1차년도 미완성된 집수로의 연결 엘보 완성	100%
		성능인증 1건	- 성능인증(경기-20180122-3-01) - 답압저항구조 기능이 적용된 식생블록	100%
		우수조달제품 등록 1건	- 2018년 2~4회차 점수미달 - 2019년 1회차 점수완료(2018.12.28)	진행중

1단계에서 지하 저류조 재질을 기존PP에서 GMT를 추가함으로써 강도가 향상되어 내구성 및 요구강도가 증가하였다. 이를 도심지 유희공간에 적용하여 조립식 지하매설 저류조를 설치하고 그 위에 생태연못을 조성하고 갈수기 어류 서식처 확보를 위해 수위조정이 가능하며 이를 지하매립형 저류조와 연계하여 자동화 모니터링 할 수 있는 LID 물순환형 시스템으로 개선하였다.

생태연못은 장기간에 걸친 자연 자정 작용에 의해 물의 오염상태를 개선하는 전처리 기능이 가능하고, LID 융복합 시설 기반으로 도시침수 방지, 도시 물순환 건전화 및 빗물재활용을 위해 노면배수 및 침전물, 협잡물 제거기능 외에 수처리 기능과 침투 및 저류기능 등을 접목할 수 있는 비점오염 저감 빗물저류 침투조의 기능을 수행한다.

2. 관련 분야 기여도

- 소규모 부지인 유희공간을 활용하므로 공간적으로 효율적인 물순환 시설 조성, 주거 쾌적성 및 삶의 질 개선 등에 기여
- 전 세계적으로 미세먼지와 온난화 현상에 따른 기후변화로 물 부족현상이 심각해지고 있는 상황으로, 연구개발로 빗물 침투 효과를 극대화 할 수 있는 제품 개발이 활발해 질 것이다.
- 기존의 도로 및 가로 제품은 시중에 많이 있지만, 빗물을 효과적으로 침투시켜 도심지 침수 예방, 식물의 원활한 생장을 돕는 제품은 없었으나, 자사의 연구개발로 인해 앞으로 다양한 빗물 침투 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 가능하며, 국내 경제성장 및 일자리 창출 등 여러 분야에 기여 가능하다.
- 또한, 답압 방지가 가능한 잔디보호블록의 개발로 공원에서 시민들이 마음껏 이용할 수 있으며, 이로 인한 자연복지를 시민들에게 제공함으로써 삶의 질을 높일 수 있을 것이다.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

- 발생원 강우 관리를 위한 LID 물순환 기술을 유희공간에 적용하여 기후변화 적응력 향상, 대체 수자원 확보, 그린인프라 6구축 및 도시 생태계 보전 기술로 활용 가능
- 저탄소 녹색성장 기본법(국무총리실, ' 10), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙(국토해양부, 환경부, ' 10), 친수구역 활용에 관한 특별법(국토해양부, ' 10)에 의한 친수구역 조성지침(국토해양부, ' 11) 등 법령 시행을 위한 비용 효율적 기술 확보로 실제 물순환 도시 구현을 위한 LID 및 그린인프라 시설물 설치기준 마련
- 정부 및 지자체에서 구도심 재생사업 시 유희공간을 이용하여 투수율 증대, 방재성능 향상, 물순환 녹색도시 조성 등에 활용할 수 있는 물순환 인프라 구축 기술, 요소기술의 통합 계획·설계·운영 기술 제공
- 정부 및 지자체에 물순환 녹색도시를 위한 유희공간 활용모델, 운영 및 유지관리 가이드라인 제공
- 친환경 물순환 도시 유희공간 활용 관련 개발도상국 지원으로 국격 향상 및 해외시장 진출 기술기반으로 활용
- LID 물순환 기술 플랫폼 구축과 킬러컨텐츠(killer contents) 개발을 기반으로 물순환 도시 조성·운영 기술의 해외 수출산업화 기반 마련
- 산업체에 LID 물순환 도시 모니터링, 운영 등에 필요한 원천기술 제공을 통한 물순환 분야 건설산업기반 육성
- 국내 건설시장은 기본 인프라 구축분야는 포화상태로 새로운 패러다임의 확립으로 인한 국내 건설시장 재창출 기술 기반
- IoT를 적용한 물순환 도시 조성 기술 개발을 통해 물산업 신성장동력으로 육성
- 효율적인 관리가 가능한 LID 시설의 적절한 배치 및 적용으로 시민들에게 도시 내 친수공간을 제공하여 쾌적한 도시환경 조성에 기여할 수 있는 기반기술
- 유희공간시설에 물순환 그린인프라 구축 시 시간방재 성능 향상으로 도시의 안전도 증대 기술로 활용
- 물순환 건전화를 통한 열환경 개선으로 도시기온 저감, 냉난방에너지 절감 및 CO2 배출량 저감 극대화를 통한 개발의 지속가능성 달성
- 발생원 강우 관리를 위한 LID 물순환 기술 확보로 기후변화 적응력 향상, 대체수자원 확보 및 도시 하천과 생태계 보전 기술로 활용

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

본 연구과제 과정에서 수집한 해외과학기술정보는 선행기술조사보고서 및 국외 기술개발현황에 정리 하였고, 이를 참고하기 바랍니다. 본 연구에서는 국내외 기술개발현황과 관련하여 선행기술조사보 고서를 제출한 바 있습니다.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 출원등록 국가	영향 력 지수	논문 게재일 /특허 출원등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/ 인용 횟수 등)
1	특허 출원	빗물 저장함과 그 저장함을 이용한 잔디 식생방법	에스그린코 리아(주)	발명	대한민국	-	10-2017-0066727 (2017.05.30)	단독	-
2	특허 출원	파이프를 이용하여 빗물을 저장하거나 지중으로 침투하는 장치와 그 장치의 시공방법	에스그린코 리아(주)	발명	대한민국	-	10-2017-0066724 (2017.05.30)	단독	-
3	특허 출원	빗물침투와 잔디 고사 방지 잔디 매트 블록 및 이를 이용한 잔디밭 시공 방법	에스그린코 리아(주)	발명	대한민국	-	10-2018-0021096 (2018.02.22)	단독	-
4	특허 출원	부력체를 이용한 빗물처리장치	(재)한국먹 는물안전연 구원	발명	대한민국	-	10-2017-0153929 (2017.11.17)	단독	-
5	특허 출원	유희공간내 LID기반 빗물저류 및 처리시스템	(재)한국먹 는물안전연 구원	발명	대한민국	-	10-2018-0056459 (2018.05.17)	단독	-
6	특허 출원	연결관 탐색 시스템	(주)뉴보텍	발명	대한민국	-	10-2017-0064465 (2017.05.25)	중복	-
7	특허 출원	이탈방지 연결구조를 가지는 합성수지 파이프	(주)뉴보텍	발명	대한민국	-	10-2017-0098134	중복	-
8	특허 출원	합성수지 파이프용 수지 조성물을 이용하여 제조되는 이탈방지링이 구비된 합성수지 파이프	(주)뉴보텍	발명	대한민국	-	10-2018-0159907 (2018.12.12)	중복	-
9	특허 출원	저영향개발기법 기반의 생태환경 빗물집수시스템	(주)뉴보텍	발명	대한민국	-	10-2019-0001725 (2019.01.07.)	중복	-
1	특허 등록	부력체를 이용한 빗물처리장치	(재)한국먹 는물안전연 구원	발명	대한민국	-	10-1888850	중복	-
2	특허 등록	빗물침투와 잔디 고사 방지 잔디 매트 블록 및 이를 이용한 잔디밭 시공 방법	에스그린코 리아(주)	발명	대한민국	-	10-1898630	중복	-
3	특허 등록	연결관 탐색 시스템	(주)뉴보텍	발명	대한민국	-	10-1952574 (2019.02.21)	중복	-

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 출원등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 출원등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/ 인용 횟수 등)
1	논문	Ecological Pond Installation using LID Technique and Water Quality Monitoring	KICT	위탁	International Journal of Applied Environmental Sciences	-	2017.10. 24.	-	비SCI
2	논문	Comparative Evaluation of Thermal Stress of Fish in a Small Pond with a Fish Shelter	KICT	위탁	AIP Conference Proceedings	-	2018.07.23	-	비SCI
3	논문	유희공간에 LID기법을 활용한 생태연못의 수질 모니터링	KICT	위탁	환경영향평가	-	2018.12.19	-	비SCI
4	논문	Assessment of Water Quality and Thermal Stress for an Artificial Fish Shelter in an Urban Small Pond during Early Summer	KICT	위탁	WATER	-	2019.01.14	-	SCI

[사업화실적]

구분	년도	계약명	업체명	당해년도 매출액(원)
1	2017	빗물저류조	(주)뉴보텍	348,189,700
2	2018	빗물저류조	(주)뉴보텍	518,334,000
3	2017	식생형 침투저류조	어스그린코리아(주)	108,584,868
4	2018	식생형 침투저류조	어스그린코리아(주)	433,295,510
계				1,408,404,078

1) 2017 저류조 설치 및 제품판매 (9건)

번호	사업화 형태	사업화명	업체명	매출액(국내)
1	제품판매	서귀포 상호동 단독주택단지 빗물침투조 자재납품	(유)도건엔지니어링	41,250,000
2	공사계약	양양국민체육센터신축공사 중 빗물이용시설 설치공사	양양군청	58,190,000
3	제품판매	양양국민체육센터신축공사 관급자재 구매-체수재	양양군청	31,714,000
4	공사계약	양평종합운동장 빗물저류조설치	(주)성광건설	33,000,000
5	제품판매	양평종합운동장 건립공사 관급자재(물탱크) 구입	양평군청	62,800,000
6	공사계약	남부권우정체육시설 신축공사 중 빗물이용시설 설치공사	화성시청	46,200,000
7	제품판매	남부권(우정)체육시설 건립공사 관급자재	화성시청	21,352,000
8	공사계약	향림 빗물순환마을 조성(빗물저류시설) 공사	세은건설(주)	19,910,000
9	제품판매	서울시 은평구청 빗물저류조 납품	은평구청	32,970,000
계				348,189,700

2) 2018 저류조 설치공사 (8건)

구분	사 업 명	계약금액
1	전주 국민체육센터 건립공사 중 빗물이용시설 설치공사	53,570,000
2	장수군청사 증축사업 중 빗물이용시설 설치공사	135,960,000
3	제주영어교육도시 제2종지구단위계획구역 B-6BL 단독형집합주택 신축공사 중 빗물침투조 설치공사	60,500,000
4	보성여중 다양한 학교 운동장 조성공사 중 빗물저류조 납품	17,600,000
5	평택 고덕 국제화계획지구 A98L 공공주택 중 빗물저류조 납품	82,500,000
6	평택항국제여객터미널 빗물저류조 납품	41,580,000
7	수원지방검찰청 평택지청 빗물저류조 납품	21,120,000
8	물 재이용(빗물)시설 설치공사-물탱크 납품	105,504,000
	합계	518,334,000

3) 2017 식생형 침투저류조 실적 9건 (어스그린코리아의 양적성과 증빙 참조)

성과기준일 자	계약명	업체명	매출액 발생일(최종일)	당해년도 매출액(원)
2017-09-20	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	어스그린코리아(주)	20170920	10000000
2017-06-22	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	어스그린코리아(주)	20170622	5750000
2017-06-22	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	충청북도 증평군 시 설관리사업소	20170622	5750000
2017-09-20	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	(재)한국건설생활환 경시험연구원 오창	20170920	10000000
2017-11-22	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	미성조경	20171122	2015668
2017-11-30	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	광주기상지방청	20171130	16446000
2017-11-24	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울특별시 서초구	20171124	10261600
2017-12-13	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울특별시 강남구	20171213	43281600
2017-11-10	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울특별시 성북구	20171110	5080000
				108,584,868

4) 2018 식생형 침투저류조 32건 (어스그린코리아의 양적성과 증빙 참조)

성과기준 일자	계약명	업체명	매출액 발생일(최종 일)	당해년도 매출액(원)
2018-03-22	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	잠실 엘스아파트	20180322	2717000
2018-03-07	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	(주)다원녹화건설	20180307	13384800
2018-04-02	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	석봉건설	20180402	1144000
2018-04-27	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	려울산조경	20180427	2821500
2018-06-07	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	자연농원	20180607	210000
2018-06-18	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울마곡육지원	20180618	2310000
2018-06-27	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	디자인랜드인에이	20180627	858000
2018-10-24	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	eclore	20181024	14299010
2018-07-24	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울특별시 한강사업본부	20180724	45500000
2018-07-16	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울특별시 한강사업본부	20180716	45500000
2018-07-24	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	조현정	20180724	1430000
2018-07-26	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	주식회사 더원건설	20180726	5280000
2018-07-27	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	(재)한국건설생활환경시험연 구원 오창	20180727	10000000
2018-10-05	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	한국토지주택공사 토지주택연구원	20181005	9295000
2018-09-19	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	재단법인 환경 조경 나눔 연구원	20180919	13200000
2018-06-28	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울시 중구청	20180628	2970000
2018-11-12	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	경기도 수원시 공원녹지사업소	20181112	33280000
2018-10-16	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	건탐산업개발(주)	20181016	2541000
2018-12-24	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	주식회사 건우건설	20181224	43615000
2018-12-13	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	경기도 남양주시	20181213	10345500
2018-12-13	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	코아즈건설(주)	20181213	14300000
2018-06-12	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	경남 창원시 마산 합포구	20180612	25157200
2018-05-10	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울시 강북구청	20180510	31850400
2018-04-25	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	세우건설산업(주)	20180425	20377500
2018-07-18	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울시 용산구	20180718	9001200
2018-07-18	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울시 용산구	20180718	8193400
2018-12-25	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	광주광역시 북구	20181225	19258500
2018-09-28	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	서울시 마포구	20180928	9693600
2018-11-22	LID 빗물저류 침투형 집수정수로	정나라건설(주)	20181122	4477000
2018-04-16	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울특별시 동대문구	20180416	12137000
2018-11-05	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	서울특별시 중구	20181105	6048900
2018-12-20	LID 빗물저류 침투형 잔디보호블록	장원조경	20181220	12100000
				433,295,510

제11장. 기타 사항

1. 시공 자재 및 유지관리 매뉴얼

1) 지하매설저류조 시방서

지하매설저류조 시방서

지하매설저류조 시방서

(우수침투시설)

 (주) 뉴 보 텍

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 요 약

본 시방서는 우수유출제어를 목적으로 설치하는 「플라스틱 지하침투시설」의 설계, 유지관리와 기술적 사항에 관한 규정이다.

1.1.2 주요내용

① 자 재, ② 시 공, ③ 유지관리

1.2 공사 시방서

공사에 관련된 사항은 아래 해당 절을 따른다.

1.2.1 (3.1) 터파기, 1.2.2 (3.2) 시공, 1.2.3 (3.3) 현장 품질관리

1.3 제출물

1.3.1 현장동원 및 철수 계획서

수급인은 장비 및 인력의 현장동원 및 철수를 위한 계획서를 해당요건에 따라 작성해야 한다.

1.3.2 검사 및 시험 계획서

수급인은 공사 착수전에 검사 및 시험 계획서를 해당요건에 따라 작성해야 한다.

1.4 운반, 저장 및 취급

1.4.1 체수재가 차량으로 현장에 도착하면 지게차를 이용하여 평평한 장소에 지지대를 설치하고 적하한다.

1.4.2 차광망을 설치하여 직사광선에 의한 자재의 변형을 방지한다.

1.5 타공정과과의 협력작업

수급인은 공사착수 전 터파기와 체수재 설치작업이 서로 지장이 되지 않도록 조정해야 한다.

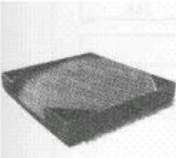
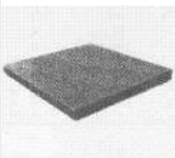
2. 자 재

2.1 재 료

2.1.1 체수재

저류시설의 주요설치물인 체수재는 강도, 내약품성을 가진 GMT(Glass Mat- reinforced Thermoplastics)수지를 이용하여 사출성형으로 제조되며, 냉각 시 GMT특성에 따라 약 $\pm 1\sim 2.5\%$ 의 성형수축율을 가지므로 도면에 표기된 수치와 실제의 제품과는 약간의 치수 및 중량 오차가 있을 수 있다. 제품은 경사재, 지지재, 판재 구성되며, 표 2-1에 주요한 사양과 형상을 나타내고 있다.

표 2-1 플라스틱 지하 저류시설의 체수재

	경사재	각 재	판재	연결재
부 재				
참고중량 (kg)	996×996×123.5	244×244×344×123.5	996×996×63	244×244×344×63
치 수 (mm)	9	0.8	9	0.2
제조방법	사출성형			
재 질	폴리프로필렌수지(PP), GMT(Glass Mat- reinforced Thermoplastics)			
역 할	경사면을 가지고 중력, 유수를 이용하여 모래를 소정 장소에 모으는 작용을 가진다.	지주의 역할을 한다.	최상면 및 최하면에 평면을 형성한다.	경사재와 판재를 연결한다.

2.1.1 체수재

저류조 설치에 적용되는 1㎡의 체수재를 조립하여, 압축시험을 실시하고

그 결과 아래 강도 이상을 가지는 것으로 한다.

① 연직방향 : 사하중(연직토압) 장기사용을 고려한 계수 + 활하중 =
149kN/㎡ 이상

② 수평방향 : 수평토압 고려 = 41kN/㎡ 이상

2.2 부속재료

2.2.1 시트류

본 우수침투시설에 사용하는 시트류는 투수시트를 사용한다.

2.2.2 투수시트

본 우수침투저류조에 저장된 우수를 지하로 서서히 침투시키기 위해서 일정 강도를 가지는 침투시트를 사용한다. 표준사양으로서는 표 2-3의 규격에 적합한 폴리에스테르 장섬유부직포 또는 동등이상의 제품을 사용한다.

표 2-3 투수시트의 표준사양

항 목	단 위	규 격 값	비 고
재 질	-	폴리에스테르 장섬유 부직포	
중 량	g/㎡	400이상	
투수계수	cm/sec	1×10^{-1} 이상	
인장강도	N/5cm	800이상	인장성능

3. 시 공

3.1 터파기

- 3.1.1 바닥돌기와 다짐을 포함한 터파기는 필요한 넓이와 깊이로 하여야 하며, 터파기 바닥은 설치물 부설 전에 반드시 감독원의 검사를 받아야 한다.
- 3.1.2 터파기 바닥면은 도면에 명시된 표고에 정확히 시공되어야 한다.
- 3.1.3 터파기한 토사에서 잔토는 인접지역으로 반출하고, 되메우기에 유용할 토사는 터파기 안정을 고려하면서 범면끝에서 최소 60cm이상 떨어진 위치에 쌓아야 한다.

3.2 시 공

3.2.1 시공방법

본 시설의 표준시공 순서를 그림 3-1에, 시공 예를 사진 3-1~3-4에 나타낸다. 본 시설에서 사용하는 체수재는 GMT로, 경량이면서 인력으로 취급할 수 있다. 또한 체수재의 조립은 꼭 맞게 실시하기 때문에 접착제 등은 불필요하며, 시공성이 좋다.

3.2.2 시공순서

- ① 터파기
- ② 시트(부설)
- ③ U자구 설치
- ④ 기 초
- ⑤ 맨홀 설치
- ⑥ 점검 맨홀 설치
- ⑦ 체수재 설치
- ⑧ 시트(마무리)
- ⑨ 되메우기



사진 3-1 순서 ①~⑥



사진 3-3 순서 ⑧



사진 3-2 순서 ⑦



사진 3-4 순서 ⑨

3.2.3 터파기

터파기는 체수재에 여유분을 고려한 크기로 실시한다. 바닥 마무리 부분은 적절한 다짐기(tamper, 램머 등)로 굴착 폭 전체를 충분히 다진다. 또한 U자구의 크기에 맞춰 바닥 부분부터 댄로 굴착한다. 굴착 깊이가 1.5m를 넘는 경우는 원칙적으로 흙막이를 시공하는 것으로 한다. 흙막이는 토질조건, 지하수위, 굴착 깊이, 주변지역으로의 영향을 고려하여 적절한 공법을 선정한다.(우천이나 지하수위에 대응하여 배수를 할 수 있도록 준비한다.)



그림 3-2 터파기

3.2.4 투수시트(부설)

① 바닥에 잡석다짐 및 버림 콘크리트를 타설한 후 상부에 투수시트를 부설 한다. ② 시트 부설시 측면부 및 마무리를 고려하여, 여유분 크기를 고려하여 시공한다.



그림 3-3 투수시트(부설)

3.2.5 U자구 설치

U자구는 중심에 가능한 한 부설하고, U자구 사이에 발생하는 틈을 몰탈 작업을 실시하여 처리한다.

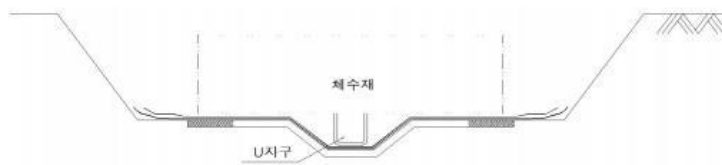


그림 3-4 U자구 설치

3.2.6 기 초

기초바닥의 레벨 수평을 반드시 유지하여 콘크리트를 타설한다. U자구 굴착면에 맞춰 균일한 두께로 콘크리트를 타설한다.



그림 3-5 기초

3.2.7 맨홀 설치

① 체수재의 외부에 설치하는 경우

U자구와 맨홀 및 체수재와 맨홀은 파이프로 연결하고 고정한다.

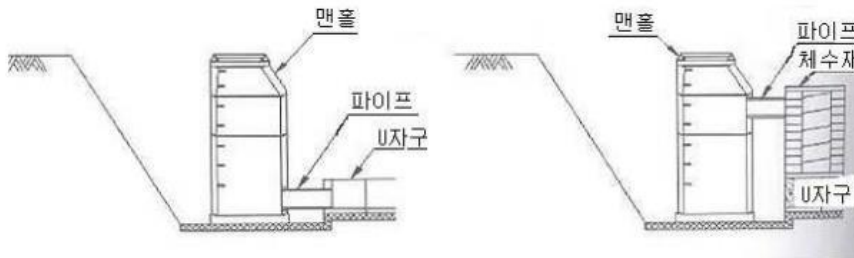


그림 3-6 맨홀 설치(체수재의 외부에 설치)

② 체수재의 내부에 설치하는 경우

맨홀은 U자구의 위에 설치한다.

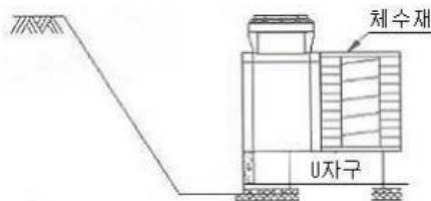


그림 3-7 맨홀 설치(체수재의 내부에 설치)

3.2.8 점검 맨홀 설치

H.W.L이 통수공보다 높은 경우는 공기 빼기, 환기공을 설치한다.

3.2.9 체수재 설치

체수재(판재, 경사재, 지지재)를 꼭 맞춰 쌓는다.

- ① **사진 3-5**에 나타낸 것과 같이 판재를 위치 결정하고 체수재 조립을 위해 수평을 잡는다.



사진 3-5 판재의 설치

- ② **사진 3-6**에 나타낸 것과 같이 지지재를 꼭 맞춰 높이 조정을 실시한다.



사진 3-6 지지재의 설치

- ③ **사진 3-7**에 나타낸 것과 같이 경사재의 연결을 실시한다. 그 때 설계도에 따라 경사방향을 주의하여 설치한다.



사진 3-7 경사재의 설치

- ④ **사진 3-8**에 나타낸 것과 같이 지지재를 설치하고, 판재의 연결을 실시한다.



사진 3-8 경사재의 설치

- ⑤ 조립완료



사진 3-9 조립완료

3.2.10 투수시트(마무리)

- ① 체수재 측면부에 투수시트를 설치한다.

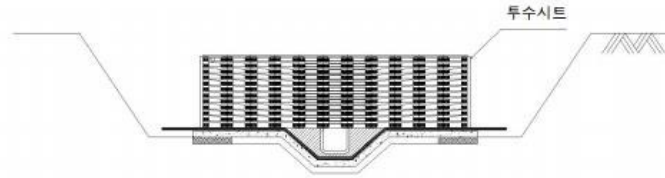


그림 3-8 투수시트(마무리)

- ② 코너부의 마무리는 그림 3-9에 나타난 것과 같이 시트를 접합할 때 특히 주의를 요하여 처리한다.

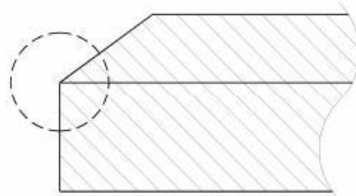


그림 3-9 코너의 마무리

3.2.11 체수재 설치시 주의사항

- ① 체수재 설치시 안전시설이 필요한 경우 울타리, 보안등, 난간 및 기타 가설물을 설치하고 유지해야 하며, 야간에는 공사 표지를 설치해야 하고 위험 표지판에는 적색등을 설치해야 한다.
- ② 체수재의 조립은 명시된 도면에 따라 시행하여야 하며, 판과 판을 연결할 때는 체수재의 조립상태를 육안으로 확인이 가능하여 연결부의 시공상 하자를 감소시킬 수 있어야 한다.

3.2.12 되메우기

- ① 되메우기는 양질의 흙 또는 모래를 이용하여, 체수재가 이동하거나, 붕괴되지 않도록 주위를 층으로 나누기 하여 균등하게 다진다.
- (※특히 저류조 주위에 큰돌이나 날카로운 자갈 포설은 금한다.)

- ② 건설기계는 체수재 위에 직접 올라타지 않도록 주의한다.

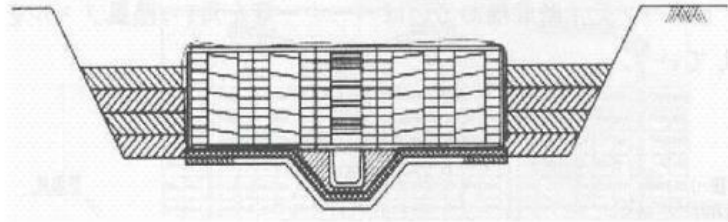


그림 3-12 되메우기

3.3 현장 품질관리

- 3.3.1 우천 등으로 체수재의 조립이 일시 중단될 경우 우수로 인해 물에 뜰 우려가 있으므로 펌프 등을 이용하여 배수를 신속하게 진행하여 토사 등이 체수재로 유입되지 않도록 조치하고 감리원의 검사를 받은 후 중단해야 한다.

4. 유지관리

4.1 유지관리 기본방침

4.1.1 유지관리 목적

플라스틱 지하저류시설의 기능을 충분히 파악한 후에 그 기능을 유지하기 위해 적절한 유지관리를 실시할 필요가 있다. 유지관리가 적절하게 실시되지 않으면 저류부에 모래나 침전물이 퇴적되거나, 쓰레기 등에 의해 스크린과 오리피스가 막혀, 침투시설 기능 감소를 초래할 우려가 있다.

4.1.2 유지관리의 내용

정기적으로 점검을 실시하고, 모래 퇴적이 있는 경우에는 청소를 실시한다. 표준적인 유지관리 작업은 아래와 같다.

① 점 검 ② 청 소

4.2 점 검

정기점검은 지역의 실정에 따라 횟수를 정한다. 점검구는 그림 4-1에 나타난 것과 같이 U자구의 외부 또는 상부에 설치한다. 겉보기 또는 자주식 카메라로 점검구로부터 U자구 부분의 퇴사상황을 점검할 수 있다. 자주식 카메라 점검상황을 사진 4-1에 나타낸다.

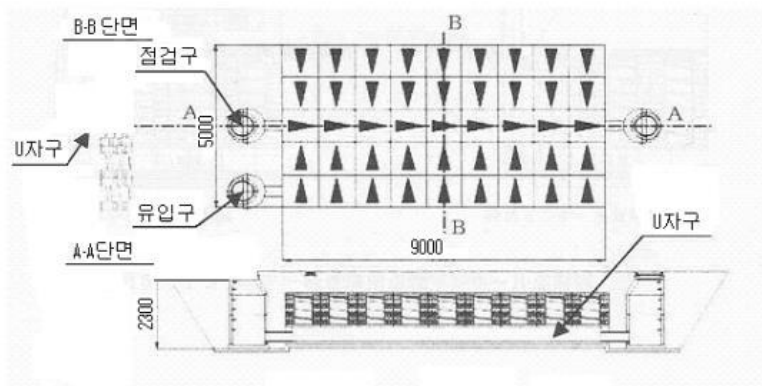


그림 4-1 점검구의 설치 예



사진 4-1 자주식 카메라를 이용한 U자구 점검

4.3 청 소

청소는 자류시설 내에 모래나 쓰레기 등이 퇴적되어 스크린이나 오리피스
의 눈 막힘을 발생시켜 기능이 저하되는 것을 막기 위해 실시한다. U자
구의 모래나 쓰레기 등의 제거가 필요하다고 인정되는 경우는, 고압세정
차를 이용하여 그것들을 모으고, 슬러지 흡인차를 사용하여 점검구로부터
그림 4-2에 나타난 것과 같이 그것들을 흡인, 배출한다.

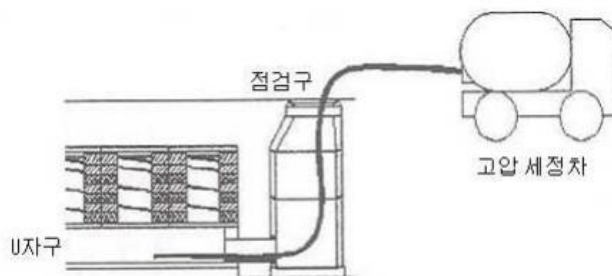


그림 4-2 U자구의 청소

청소는 아래와 같이 실시한다. 작업 상황을 사진 4-2~4-5에 나타낸다.

4.3.1 U자구의 세정

고압세정차를 사용하고, 점검구로부터 고압노즐을 U자구로 넣어, 모래나 쓰레기 등을 모으면서 세정한다.



사진 4-2 고압 세정차



사진 4-3 고압노즐에 의한 U자구의
세정상황

4.3.2 모래 흡인

슬러지 흡인차를 사용하고, 점검구로부터 모래나 쓰레기 등을 흡인, 배출하여 차량에 장비한 수용탱크로 운반해 낸다.



사진 4-4 슬러지 흡인차



사진 4-5 슬러지 흡인차에 의한 모래나
쓰레기 흡인과정

잔디보호블록 및 투수블록 표준시방서

1. 품명

- 잔디보호블록
- 투수블록

2. 제품규격

잔디보호블록		투수블록
소형	대형	
		
200 × 200(mm)	400 × 600(mm)	200 × 200(mm)

3. 유의사항

- 잔디 식재 후 한달동안 1~2일에 1회 이상 관수 필요
- 가뭄 시에는 매일 오전과 저녁으로 2회 이상 관수 후, 차광막을 씌워 관리
 - 양잔디의 경우 뿌리 활착이 될때까지 세심한 관리 필요
- 사면 식재 시 잔디보호블록이 쓸려내려가지 않도록 볼트로 고정
- 잔디보호블록은 뿌리와 생장점을 동시에 보호하기 때문에 시공직후 보행이 및 잔디밭 활용이 가능하나 원활한 뿌리 활착을 위해 식재 후 뿌리가 완전히 활착될 때까지 사용을 자제하는 것이 생육에 좋다.

4. 운반 및 보관

- 잔디는 납품 받은 당일에 식재하며, 당일 설치가 부득이한 경우 직사광선, 동해, 습기 등으로 인해 훼손되지 않도록 차광막을 덮어 보관한다.
 - 건조 또는 가뭄 시 관수 후 차광막을 덮어 보관하며, 공사가 지연될 경우 20℃ 이상에서는 잔디보호블록을 바닥에 펼쳐 놓고 1일 1회 이상 충분한 관수 필요
- 투수블록은 파손되지 않도록 운반 시 유의하여야 하며, 적재보관 시 안전사고에 유의하여야 한다.
 - 노출되지 부직포 등을 덮어 보관

5. 시공방법 및 순서



1. 터파기



2. 유공관 설치



3. 자갈 포설 및 다짐



4. 마사 포설



5. 집수로 설치



6. 식생블록 및 투수블록 설치

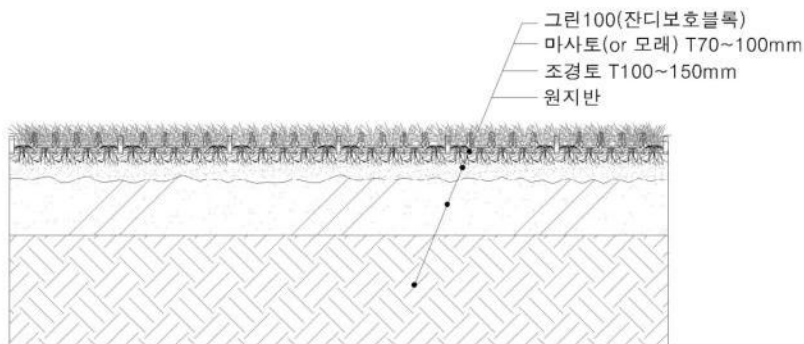


7. 관수 및 다짐



8. 시공 후

- ① 도면을 숙지하고 지형 파악 후, 감독관과 협의 후 착공한다.
- ② 다져진 토양의 치환과 토양개량제 혼합을 위해 기존 토양을 20~30mm 깊이정도 긁어 흙을 부드럽게 한다.
- ③ 토양개량제를 100㎡당 25포(1포20kg) 포설 후 흙과 혼합한다.
 - 토양개량제는 현장 상황에 따라 변동 가능
- ④ 잔디보호블록 및 투수블록 설치를 위해 흙퍼기 작업을 통해 지면을 평탄하게 한다.
 - 사면 식재 시 잔디보호블록이 쓸려내려가지 않도록 볼트로 고정
- ⑤ 토양위에 빈공간 없이 밀식하고 수평을 맞추기 위해 램마(다짐기계), 고무해머 등으로 다시 한 번 다져준다.
 - 곡선, 일부 빈공간은 잔디보호블록 컷팅 후 공간에 맞게 설치가능



- ⑥ 잔디보호블록 및 투수블록간 사이가 벌어졌을 경우 흙을 채워준다.
 - 일반잔디 처럼 잔디위에 흙이나 모래 포설 금지
- ⑦ 식재 후 흙속까지 물이 들어갈 만큼 충분한 관수를 한다.
 - 식재 후 뿌리가 활착될 때까지 한달동안 반드시 1~2일에 1회 이상 충분한 관수 실시
 - 가뭄 시 매일 오전과 저녁으로 2회 이상 관수 후 차광막을 씌워 관리
 - 양잔디의 경우 뿌리 활착될 때까지 세심한 관리 필요

6. 사후관리

- 잔디보호블록은 뿌리와 생장점을 동시에 보호하기 때문에 시공직후 보행이 가능하나 원활한 뿌리 활착을 위해 식재 후 뿌리가 완전히 활착될 때까지 보행 및 답압이 될 수 있는 행위를 자제해야 한다.
- 3월~10월, 특히 갈수기에는 흙속까지 물이 들어갈 만큼 아침, 저녁으로 식재 후 뿌리가 활착될 때까지 1~2일에 1회 이상 충분히 관수 한다.
 - 가뭄이 심해 잔디 잎이 말리는 현상 발생 시 관수 실시
 - 관수 후 익일(翌日)에도 잔디 잎이 말려 있으면 물이 충분히 공급되지 않은 것으로 토양이 축축해질 정도로 충분한 관수 실시
- 추기(秋期) 식재 시 뿌리 활착이 원활하지 않으므로 차년도 춘기(春期)에 충분한 관수를 한다.
- 잦은 보행으로 인해 주변의 흙, 이물질 등이 유입되어 잔디에 쌓이면 보호돌기가 묻히게 되어 잔디보호기능을 상실한다.
 - 보호돌기 상부 높이가 잔디 흙표면으로부터 3mm 이하 일때는 잔디위의 이물질을 청소해 주어 잔디보호돌기가 5~7mm이상 드러나게 하여 관리하면 생육상태 회복
- 잔디보호블록의 잔디 뿌리가 내리면 복합 비료 1포를 500㎡(150평) 잔디에 골고루 포설하고, 토양이 축축하게 젖도록 충분히 관수한다.
 - 비료 시비는 3월, 6월~8월, 10월에 년 3회 시비 권장

공사 시방서

1. 개요

1.1 공 사 명

도시 유흥공간 내 물순환 모니터링 시스템 공사

1.2 위 치

강원도 원주시 뉴보텍 공장 내 부지 일원

1.3 시스템 개요

- 가. 본 시스템은 각 현장에 설치된 계측기로부터 측정된 데이터를 실시간으로 전송하여 감시하고, 기상청 강우예보 및 관측 자료를 모니터링 하여 강우시 저류지 시설 등에 대하여, 펌프 등의 동작을 제어하는 시스템으로, 감시정보의 실시간 감시, 물순환 분석 등의 기능을 제공한다.
- 나. 현장에 설치된 계측기로부터 측정된 데이터는 가동제어, 펌프 등의 동작을 제어하는 기초 자료로서 제공되며, 강우예보, 관측자료 및 실측 강우자료는 물순환 분석을 수행하기 위한 참고자료로서 사용된다.

1.4 일반사항

- 가. 본 시방서는 설치공사 전반에 대한 표준 시방서로서 공급설비 및 공사의 기술기준을 규정함을 목적으로 한다.
- 나. 시스템 설치공사에 있어서 서로 다른 설비 간에 장애가 없도록 충분한 준비 및 계획이 이루어져야 한다.
- 다. 설치대상자 모든 작업원의 출입과 안전에 대하여 감독하여야 하며, 현장에서의 자재 및 장비에 대한 보관 책임을 진다.
- 라. 설치대상자의 작업원이 모든 작업을 적합하고 튼튼하게 수행할 수 있도록 숙련된 사람을 고용하여야 한다.
- 마. 시스템 구축 공사와 관련된 부분의 위치 및 장비를 포함한 시방서와 타 설비 등을 사전에 결정하여야 한다. 동 주의사항 및 시방서는 반드시 공사감독관의 승인을 받아야 한다.
- 바. 설치대상자는 구멍 뚫기, 배관, 부대품 준비, 장치의 설치와 전선관 및 기타 부착물들을 단단히 부착 시키는데 필요한 사전준비 및 시간을 갖도록 하여야 한다.
- 사. 본 시방에서 언급되지 않은 사항은 관계규정에 준한다.

2. 시스템 장비의 반입 및 설치

2.1 운반 및 현장반입

(1) 운반 및 반입

- 가. 운반 시에는 기기의 파손 및 외부 도장면의 보호를 철저히 하여야 하며 기기의 손상이나 타 구조물에 손상을 준 경우는 시공자의 책임으로 복구하여야 한다.
- 나. 설비반입에 따른 소규모 운반에 있어서는 변형 등이 일어나지 않도록 주의하고 또한 기존 구조물이나 설비 등에 손상을 주지 않도록 하여야 한다.

2.2 시 공

(1) 일반사항

- 가. 모든 기기는 도면과 현장여건을 확인하고서 적절한 위치에 표시작업을 한 후 설치위치를 결정한다.
- 나. 도면과 불일치하거나, 시공 상 원 설계 내용대로 시공하기 어려울 경우에는 감독관과 협의 후, 감독관의 변경 승인을 득한 후 시공한다.
- 다. 공사 공정은 타 공정과 연계될 수 있도록 하여야 한다.

(2) 설 치

1) 일반

- 가. 기자재의 설치 및 전체 설비의 상호 연결하는 경우 다른 공정에 장애가 없도록 하여야 하며, 사전에 충분한 기술적인 제반 계획을 수립하여 수행하여야 한다.
- 나. 시공자는 현장의 관련 기자재간의 상호 연결을 위한 배선에 대하여 충분한 사전 계획을 수립하고 기자재 설치 상 필요한 모든 기술 자료를 제출하여 배관 배선 공사계획과의 일치 여부를 확인 받아야 한다.

(3) 기자재의 반입

- 가. 반입은 가능한 한 설치 장소까지 포장된 상태로 반입하여야 한다.
- 나. 하차, 운반 및 포장 해체 시는 강한 진동이나 충격을 주어서는 안 된다.
- 다. 반입 경로를 사전조사 하여야 한다.
- 라. 각 설비는 설치장소에 반입하는데 지장이 없도록 고려하며 제작하여 설치한다.

(4) 기기위치

- 가. 배선과 케이블 루트는 기기의 구조, 조건, 간섭 여부, 전기 종단 위치에 따라 결정하여야 하며, 운전과 유지관리상 접근이 용이한 곳에 설치하도록 하여야 한다.
- 나. 기기 기초가 콘크리트일 경우 콘크리트 타설시 Anchor Bolt의 구멍을 확보하여야 한다.
- 다. 습기, 부식성 가스, 가연성가스, 진동, 침수 등의 위험이 없는 장소를 선택하여야 한다.

(5) 기기 기초

가. 콘크리트 Slab상에 설치하는 경우 바닥 면의 방수 공사에 유의하여 시행하여야 하며, 콘크리트 기초의 크기는 계측기기에 적합하여야 하며, 자립형 패널의 경우 각 면의 길이보다 10Cm 길게 하여야 한다.

나. 또한 지중 기초의 경우 설계 도면에 따라 시공하여야 한다. 특히 기기의 바닥 기초는 신중히 하고 수평 수직에 충분히 유의하여 기기 설치 후 비틀림, 절력 불량 등 수납기기의 성능에 지장을 초래하는 일이 없도록 시공하여야 한다.

(6) 설치공사

가. Panel의 설치에 앵크 볼트로써 고정시켜야 한다.

나. 포장 해체 시와 설치 시에는 각 설비에 손상이 없도록 주의하여야 한다.

다. 무근 기초 높이는 100mm 이상으로 한다.

(7) 설치기준

가. 신호 및 제어 선로(Process Sensing Line)는 배관에 따라 설치하여야 한다.

나. 곡부는 변형이나 배관 두께가 얇아지지 않도록 적절한 공구를 사용하여 형성하여야 하며, 플라스틱 배관은 플라스틱 클립 등을 사용하여 평행이 유지되도록 하여야 한다.

다. 배관 선단은 직각으로 절단하고 이형관에 삽입하기 전에 청소를 하여야 한다.

라. 모든 동력과 신호배선은 클램프 형 LUG로 종단 시켜야 한다.

마. 모든 배선에는 영구적으로 식별이 가능한 꼬리표를 부착시켜야 한다.

2.3 옥내 설치시의 고려사항

현장조건에 맞도록 다음 사항을 고려하여야 한다.

가. 천정의 유효높이

나. 바닥의 내 하중

다. 각 설비의 전후에 있어서 유지관리 및 도어의 개폐가 가능한 Space의 확보

라. 직사광이 직접 비치지 않는 장소 선택

마. 실내조명을 감안한 설치 위치 조정

2.4 옥외설치시의 고려사항

가. 가능한 한 직사일광을 피하도록 한다.

나. 부식성가스, 진동, 침수 등의 위험이 없도록 한다.

다. 홍수시 침수가 되지 않도록 설치위치를 선정하여야 한다.

라. 기기의 기초가 콘크리트일 경우 콘크리트 타설시 앵크볼트용 구멍을 확보하고 케이블용 전선관을 매설한다.

2.5 설치 작업

가. Panel의 설치에 앵크볼트로써 고정시켜야 한다.

나. 포장 해체 시와 설치 시에는 각 설비에 손상이 없도록 주의하여야 한다.

3. 전력 및 통신 케이블 설치

옥내에 시설되는 통신 케이블링 공사는 전기 통신 설비 기술 기준에 적합하여야 하며 건물 구조에 적합한 배선이 되도록 구성하여야 한다.

- 1) 케이블은 특별한 언급이 없는 한 Tray, Pit, Conduit Tube 및 Duct내에 설치되어야 하며, 케이블을 직접 Saddle 등으로 고정하여 포설해서는 안된다.
- 2) 공사감독관의 승인 없이는 케이블의 중간 연결을 해서는 안되며, 케이블의 단말처리는 승인된 것 이외의 것을 사용할 수 없다.
- 3) 케이블 설치 중 절연 피복의 손상이나 꼬임, 굴곡 등이 없도록 평활하게 포설되어야 하며, 설치 중 손상된 케이블은 공사감독관의 입회하에 검사 또는 시험을 필한 후 사용하여야 한다.
- 4) 설치를 위해 보관중인 케이블은 제작자가 추천하는 온도에서 보관되어야 하며, 추천하는 기간 이상 보관되어서는 안된다.
- 5) 다른 시설물과 근접되었거나 기계적 혹은 물리적 손상을 입을 우려가 있는 장소의 케이블은 공사감독관이 필요하다고 인정되면 적절한 보호 조치를 하여야 한다.
- 6) 모든 케이블은 단말에서부터 최소 1m 이내에서 튼튼하게 지지되어야 하며, 케이블 터미널에 수직 하중을 받지 않도록 하여야 한다. 또한 이를 위해 사용되는 케이블 Gland 등은 공사감독관의 승인을 득한 후에 사용되어야 한다.
- 7) 케이블 설치를 위한 윤활제는 케이블 제작자가 추천하는 것을 사용해야 하며, 윤활제는 케이블 절연 피복에 화학적으로 손상을 입히지 않아야 한다.
- 8) 케이블을 끌어 당길 때 최대 장력 및 속도는 케이블 제작자가 추천하는 수치를 넘어서는 안 된다.
- 9) 케이블 삽입 후 실외나 습기가 있는 지역에 놓여지는 케이블 말단은 습기가 침입하지 않도록 처리되어야 한다.
- 10) 트레이에 설치되는 케이블은 케이블트레이에서 인출되거나 인입되는 부분을 제외하고는 다른 케이블과의 직접적인 교차설치는 허락되지 않는다.
- 11) 설치된 케이블은 현장 용접 등으로 인한 손상을 방지하기 위하여 임시로 덮개를 덮어 보호하여야 한다.
- 12) 각종 케이블 포설시 필요한 장소에는 비닐 끈으로 묶어야 하며, 또한 묶는 순서가 바뀌지 않도록 하여야 한다. 케이블 트레이가 수평으로 설치된 곳에서는 케이블을 단적 포설하거나 케이블을 분기할 경우를 제외하고 최대 3M 간격으로 1개소씩 케이블을 묶어야 한다.
- 13) 케이블 설치시의 최소 굴곡 반경은 다음 표에 의하며, 특수 케이블이나 제작자가 추천하는 것에 대하여는 그것에 따른다.

종 류	대표적인 케이블	완성의경에 대한 허용배수
저압 케이블	F-CV, F-CVV, HIV	단심 8배
		다심 6배
저압 케이블로 연피 혹은차폐층이 있는 케이블	F-CV, F-CVVS	12배

- 14) 포설 후에는 도면과 대조하여 재점검, 확인을 하여야 하며, 포설된 케이블 위로 사람 혹은 중량물이 직접 넘어가지 않도록 주의하여야 한다.
- 15) 각 케이블의 단자는 압축 또는 압축 단자를 사용하여야 하며, 설치된 모든 케이블 양끝 단에 번호가 새겨진 식별표(Identification Tag)를 부착하여야 한다.
- 16) 전력케이블은 각 상(Phase)별로 다음과 같이 결선을 통일하여 준공후 유지보수가 용이하게 하여야 한다. 부득이한 사유로 인하여 아래의 규정된 절연체의 색별에 의할 수 없는 경우에는 접지측 전선 및 접지선을 제외한 것에 한하여 전선 또는 선심의 단말(기기단자 또는 Connector에 접속하는 부분)을 길이 15mm 이상의 Tape, Band 혹은 도장 등에 의하여 색별케 할 수 있다.

교류의 상에 대한 색별

A 상 (R or L1)	:	흑색 (Black)
B 상 (S or L2)	:	적색 (Red)
C 상 (T or L3)	:	청색 (Blue)
접지측 전선	:	백색 (White)
단독 접지선	:	녹색 (Green)

직류의 극성에 대한 색별

정 극 (P)	:	적색 (Red)
부 극 (N)	:	청색 (Blue)

- 17) 기기 또는 기구내에서의 교류 극성에 대하여 배전반 단자, 시험용 단자 또는 배전반의 기구배치에 있어서는 각 개의 감시 제어면을 향하도록 하고, 주회로 배선은 차단기와 기타 주된 개폐기의 조작기측 또는 이에 준하는 측으로 향하도록 하여, 가능한 다음과 같이 배치되어야 한다.

교류의 극상에 의한 배치

좌우일 경우	:	좌부터 우로 R상, S상, T상, N상
상하일 경우	:	위로부터 아래로 R상, S상, T상, N상
원근일 경우	:	가까운 곳에서부터 R상, S상, T상, N상

직류의 극상에 의한 배치

좌우일 경우	:	좌부터 우로 정극 (P), 부극 (N)
상하일 경우	:	위로부터 아래로 정극 (P), 부극 (N)
원근일 경우	:	가까운 곳에서부터 정극 (P), 부극 (N)

- 18) 1상(Phase)에 여러 가닥의 케이블을 사용할 때는 동상에 흐르는 전류가 불평형이 생기는 수가 있으므로 이를 방지하기 위하여 같은 메이커에서 생산된 케이블을 사용하여 길이가 동일하게 포설하여야 한다.
- 19) 사용 케이블의 최소 규격은 F-CVV 및 F-CVVS인 경우 1.5mm 이상, F-CV인 경우 4.0mm 이상이어야 한다.
- 20) 모든 전선 및 케이블의 단말에는 압착 단자를 취부하되 배선용 차단기 등 기기에 이미 러그(Lug)나 클램프가 설치되어 있으면 압착단자를 생략할 수 있다.
- 21) 접속재에 사용되는 콘넥터와 터미널은 도전성이 우수하고 기계적 강도가 우수한 재질로서 만들어져야 하며, 압축공구로 압축할 수 있는 형식이어야 한다.

4. 전선관 배관 설치

- 1) 길이 30m 이상의 전선관 또는 3개소를 넘는 직각의 굴곡을 갖거나 합계 270°이상의 굴곡을 갖는 전선관에는 점검이 용이하고 작업이 편리한 장소에 Pull Box를 설치하여 배선이 용이하도록 하여야 한다.
- 2) 전선관 및 부속품은 기계적은 물론 전기적으로도 완전하게 접속하여야 한다.
- 3) 각종 Outlet Box는 4"×4"이상의 것을 사용하여야 하며, 해당 배관의 말단의 것에 한하여 4"×2"의 것을 사용할 수 있다.
- 4) 노출 전선관의 각종 지지용 금구 및 부속자재는 아연 도금된 제품을 사용하여야 한다.
- 5) 전선관은 도면에 표기된 규격 이상의 것을 사용하여야 한다.
- 6) 전개된 장소 또는 점검할 수 있는 은폐장소로서 건조한 장소이외의 장소에 Flexible Conduit를 사용할 경우에는 2종 Flexible Conduit를 사용하여야 한다.
- 7) 철근 콘크리트 내에 전선관이 매입될 경우에는 Slab 두께의 1/3이상을 전선관이 점유하지 않게 하여야 하며, Slab 내에서 전선관이 3분 이상 겹치지 않게 배관되어야 한다.
- 8) 전선관 배관은 매입배관을 원칙으로 하며, 부득이한 경우에는 노출로 설치할 수 있다.
- 9) 노출하여 설치되는 전선관은 건축 및 각종 구조물의 벽 또는 천정의 보등과 나란한 방향으로 설치하여야 하며, 바닥 또는 벽면 노출 전선관의 경우 전선관 자체를 직접 지지하여서는 안되며, Channel 등을 사용하여 바닥 또는 벽면과 이격시킨 후 견고 하게 지지하여야 한다.
- 10) 노출 전선관은 Pipe Clamp 등을 사용하여 2m 이내마다 완전하게 구조물에 고정되어야 한다.
- 11) 옥외 및 습기가 채류하는 장소 혹은 기름이나 가연성 분진이 채류하는 장소에 배관하는 경우에는 모든 Outlet Box를 주물제 방진, 방수형을 사용하여야 하며, Box와 Cover 사이에는 Gasket 등을 사용하여야 한다.
- 12) 설치 후 관로 표면에 수분이 채류할 우려가 있는 장소에 관로를 설치하는 경우에는 가능한 한 관로 간의 접속(연결) 개소를 적게 하여야 하며, 관로의 연결 부분에는 관로 내로 수분이 침투하지 않도록 적절한 조치가 강구되어야 하며, U자형 배관을 하여서는 안된다.
- 13) 전선을 입선할 때 까지 관내에 습기 및 먼지 등이 침입하지 못하도록 캡을 양단에 씌워야 한다.
- 14) 전동기 등과 같이 진동을 수반하는 기기의 경우에는 단말에 프리카 튜브를 사용하여야 한다.
- 15) 관 상호간의 접속은 커플링 또는 나사없는 커플링을 사용하고 결합을 단단히 하여야 한다. 관과 Box 또는 Panel, Pull Box 등과의 접속이 나사로 되어 있지 않은 것은 내, 외면에 록크 너트를 사용하여 접속부분을 조이고 다시 관 끝에는 붓싱을 설치한다. 단, 금속재 붓싱과 외측 록크 너트에 의해 견고하게 접속할 수 있는 경우에는 내측의 록크너트를 생략할 수 있다.
- 16) 전선관의 녹이 쓸만할 곳 및 녹막이 철이 벗겨진 부분은 충분히 갈아내고 녹막이 철을 하여야 한다. 또한 현장 가공된 절단부 및 나사부에도 녹막이 철을 하여야 한다.
- 17) 노출 설치를 한 관지지를 박스 등이 부식성 개스가 발생하는 장소에 시설될 때는 내산성 도료를 칠하여 설치하여야 한다.

5. 옥내 통신 배선

옥내에 시설되는 통신 케이블 공사는 전기 통신 설비 기술 기준에 적합하여야 하며 건물 구조에 적합한 배선이 되도록 구성하여야 한다.

- 1) 건물 내 배선은 설치와 유지보수가 용이하도록 하여야 한다.
- 2) Category 5 또는 5E의 UTP 케이블을 사용하도록 한다.
- 3) UTP 케이블의 최대 거리를 100m를 넘지 않도록 배선하여 향후 네트워크 속도 증가에 대비하고 통신의 신뢰성을 보장하여야 한다.
- 4) 알미늄 Mold는 떨어지지 않도록 양 끝단에 피스를 사용하여 설치한다.
- 5) 직각으로 꺾이는 부분은 한쪽의 알미늄 Mold에 홈을 파서 케이블이 보이지 않도록 설치하여야 한다.

6. 지중관로공사

- 1) 지중 Cable의 관로는 특별한 명기가 없는 한 파상형 지중전선관을 사용하고 그 외의 전선관을 사용시는 공사감독관의 승인을 받은 후 사용토록 한다.
- 2) 지중 전선관을 직접 매설식에 의하여 시설하는 경우에는 차량, 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소는 1.0m이상, 기타장소에는 0.3m 이상을 원칙으로 하고 전선관 밑 부분은 돌이나 기타 뽀족한 부분 등에 직접 닿지 않게 지면을 평탄하게 고른 다음 모래를 깔아 채워야 한다.
- 3) 권취되어 있는 파상형 PE 지중전선관을 풀 때는 관이 흐트러지지 않게 2-3명이 손으로 누르면서 포설구에 따라 굴린다.
- 4) 파상형 PE 지중전선관의 앞부분에 모래, 물 등이 침투하지 않게 주의하여 전선관을 포설구에 넣는다.
- 5) 파상형 PE 지중전선관을 한 구내에 여러 가닥으로 설치할 경우에는 관의 간격을 일정하게 하기 위하여 5-6m 마다 고정 지지대를 설치하여 전선관을 고정시킨 다음 관 주변에 모래 기타 양질의 흙을 관이 반쯤 묻히도록 메운 후에 고정 지지대를 뽑아낸다.
- 6) 포설구내의 파상형 지중전선관 고정기 끝나면 이상 유무를 확인한 다음 되메우기를 한다.
- 7) 파상형 지중전선관의 연결 및 다른 종류의 전선관을 연결 할 경우에는 Maker에서 추천하는 규정 제품을 사용하여야 하며, Spare 전선관 단말에 이물질이 들어갈 우려가 있는 곳에는 마개를 끼운다. 또한 전선관 부속품 및 설치에 파상형 PE 지중 전선관 Maker의 시공방법에 따라야 한다.
- 8) Cable의 관로는 다른 시설물과 상하로 겹쳐 수평 방향으로 되어서는 안되며, Steam Pipe 혹은 Hot Water Pipe 등과 교차 할 때는 적당한 이격 거리를 확보하여야 한다.
- 9) 도로를 횡단하거나 도로를 따라 포설되는 지중관로에는 콘크리트 Block 등으로서 관로를 보호하여야 한다.
- 10) 지중관로에는 지하 30cm 깊이에 케이블 표식시트를 포설하여야 하고 주요한 필요장소에는 케이블 매설 표식을 설치하여 관로의 Route를 확인 할 수 있어야 한다.

7. 철구, 기기 가대, Box류 및 도장

- 1) 기기 가대는 시공도 혹은 조립도에 의거 정확하게 제작, 조립되어야 하며, 조립 후 수직 및 수평을 충분히 맞춘 다음 계기로 확인하여야 한다.
- 2) 철구 조립에 있어서는 각종 철판의 아연 도금이 벗겨지지 않도록 주의하고 만약 도금이 손상된 부분에는 광명단을 칠한 후에 은분을 도포하여 원형대로 복구하여야 한다.
- 3) 철구류 및 기기가대 설치시는 관련 기초 공사와의 긴밀한 협조하에 이루어져야 하며, 콘크리트 타설 전에 기초 볼트 혹은 철구가 매설되는 위치를 정확하게 측정하여 이루어져야 한다.
- 4) Pull Box, Junction Box, Jount Box 등의 중간 접속함은 철판을 사용하여 기계적으로 튼튼하게 제작되어야 한다.
- 5) 중간 접속함은 준공 후 점검이 용이한 장소에 설치하여야 한다.
- 6) 천정 또는 Slab를 따라 설치하는 접속함은 접속함의 상부(윗면)와 천정 마감면 간의 공간이 중간 접속함 내부를 용이하게 점검할 수 있는 경우에 접속함의 뚜껑을 접속함의 상부에 설치하는 것으로 한다. 다만, 천정 속에 은폐되어 설치하는 경우에는 접속함이 설치되어 있는 장소로 용이하게 작업자가 출입 할 수 있는 경우에 한한다.
- 7) 현장의 조건으로 부득이 중간 접속함의 뚜껑을 접속함의 하부(아래쪽)에 설치할 경우에는 접속함 내의 전선이 아래쪽으로 쳐져 뚜껑을 취부하기 곤란하게 되는 것을 방지하기 위하여 십자(+)로 보강재를 설치 또는 기타 적절한 방법을 강구하여야 한다.
- 8) 중간 접속함에는 접지단자를 구비하여야 한다.
- 9) 중간 접속함의 외부는 날카로운 부분이 없게 잘 연마하여야 한다.
- 10) 도장전의 바탕처리 방법은 피도장물의 산화피막, 먼지, 기름의 불순물을 완전히 제거한 후 철재면의 경우에는 Wire Brush, Sand Paper 등으로 속뽀기기를 하고 아연 도금은 앳칭 프라이머 1종으로 하여야 한다.

8. 인입공사

시공자는 시스템 설비의 정상운전을 위하여 다음 공사 및 관련 대관수속업무를 수행하여야 한다.

(1) 전원인입

시공자는 전원 인입 신청 또는 승인된 안전한 전원을 인입하여야 하며, 필요시 인근의 한전 변대주에서 사업지까지의 공사를 위탁수행 하여야 한다. 전원 인입공사에 소요되는 비용은 시공자의 부담으로 시행하여야 한다.

(2) 통신인입

시공자는 시스템의 정상운전에 지장이 없도록 관련일정을 준수 통신 인입 신청을 하여야 하며, 통신 인입공사에 소요되는 비용 발생 시에는 시공자의 부담으로 시행하여야 한다.

9. 접지공사

접지공사 시공은 전기설비 기술기준에 관한 규칙에 의하여 시설하여야 한다.

- 1) 현장별 접지는 현장계측기반(LIP)설치 위치에 접지를 한다.
- 2) 접지저항은 공용접지는 $100[\Omega]$ 이하가 되도록 시공하여야 한다.
- 3) 접지극은 지하 $75[\text{cm}]$ 이상으로 매설하고 접지극의 매설개소에는 매설표시를 하여야 한다. 지표상 노출 부분에는 외상을 받지 않도록 비닐 전선관 공사를 하여야 한다.
- 4) 접지선은 수도관이나 가스관에 연결해서는 안되며 $1.5[\text{M}]$ 사이의 이격을 주어야 한다.
- 5) 전기설비, 계측 및 시스템 접지극은 공용으로 사용한다.
- 6) 접지선은 녹색의 접지용 절연전선(F-GV)을 사용토록 하며 접지 케이블의 최소 굵기는 2.5mm^2 이상이여야 한다.
- 7) 접지공사는 공사 시방서에 따라 접지봉을 설치하여도 소정의 접지저항 값을 얻을 수 없는 경우는 소정의 접지 저항을 얻을 수 있을 때까지 접지봉을 추가로 설치하거나 위치 및 시공방법을 조정하여 필요한 접지 저항 값을 얻도록 한다. 접지봉 매설시 공사감독관이 입회하여야 하며, 정확한 매설위치를 준공도서에 표시하여 제출한다.
- 8) 제어반 하부 접지봉과 피뢰침용의 접지봉은 2m 이상 이격하여 설치하여야 한다.

10. 검출기 및 변환기 설치

10.1 현장검출기

설치 위치의 선정에 있어서는 검출기 등의 성능이 충분히 발휘될 수 있는 장소는 물론 다음과 같은 사항을 검토하여 최적의 장소를 선정 하여야 하며 장애의 위험이 있는 장소는 보호대책을 세운다.

- 1) 고온, 고습을 피하고 부식성 가스나 먼지 등이 적은장소에 설치한다.
- 2) 진동이 적은장소에 설치한다.
- 3) 계측기의 부작과 철거시에 충분한 공간을 확보하여 보수점검이 용이하도록 한다.
- 4) 유량계 설치 및 유지관리가 용이하도록 맨홀 카바의 규격을 선정 하도록 한다.

10.2 변환기

- 1) 변환기의 설치 장소는 검출기와 가장 가까운 장소에 설치하며 다른 설비와 간섭이 없도록 한다.
- 2) 진동이 없고 보수작업이 용이한 장소에 설치하여야 한다.
- 3) LIP는 방우 구조로 하여 공사시에도 배선구에 의하여 수분이 침투하지 않도록 전기 배선구에 전선관 등을 사용하여 수분의 침입방지 대책을 세워야 한다.
- 4) LIP를 외부충돌이 예상되는 지점에 설치해야만 하는 경우 충돌방지 가드레일을 설치한다.
- 5) LIP 설치위치는 지적대장을 확인하여 토지 매입 또는 임차등 발주자와 협의하여 결정하여야 한다
- 6) 케이블은 반 하면으로 인입하여야 한다.

2. 유사제품 비교 및 경제성 검토

구분	빗물침투 집수로	기존 집수로
■ 기능/성능	- 다량의 빗물이 침투관을 통해 저류조에 이르기까지 효율적인 분산침투 가능 - 자원의 재활용 및 방재 등의 효과 유발 - 빗물침투량 : 28.6ℓ	- 빗물의 저류 및 이동 기능 - 빗물침투량 : 0ℓ
■ 장/단점	- 빗물 침투량의 증가 및 지하수위 상승 - 알루미늄 및 규사 적용으로 내구성 증가	- 빗물의 침투 기능이 없어 자연 자원 활용 불가 - 콘크리트 재질로 무거운 중량
■ 경제성 (공사비, 유지관리비, 공사기간 등)	- 판매가 : 115,400원(300*1000) - 유지관리 : 1년에 1회 미만 점검 - (유지관리비) 연간 48,800원(2인 1조의 관리 시간, 경비 및 인건비 고려) - 자재운반 : 145EA 적재 (적재량 1Ton 기준)	- 판매가 : 65,100원(300*1000) - 유지관리 : 1년에 2회 이상 점검 - 자재운반 : 6EA 적재 (적재량 1Ton 기준)

구분	저류조 자동 시스템	저류조 시스템	강우시 저류된 빗물을 활용하여 식생지대 및 연못에 물을 공급할 수 있고, 소용수 등 수자원을 절약할 수 있으며, 집중호우에 따른 일차 저류를 통하여 침수 저감등으로 경제적인 효과를 기대할 수 있음
■ 기능/성능	• 수위 및 각종 센싱 • 펌프 및 밸브 자동제어	• 수위 측정 • 운영자 수동 펌프제어	
■ 장/단점	• 다중활용 및 식생 유지, 관리 • 강우등 센서에 따른 자동운전 • 무중단 운전으로 전력량 발생	• 수위에 따른 펌프제어 • 비강우시 운전 및 관리 안됨 • 단순 빗물 재활용	
■ 경제성	• 제작비 : 약 10,000,000원 • 관리비 : 약 100,000원/월	• 제작비 : 약 20,000,000원 • 관리비 : 없음	

구분	PP, GMT 공법 (레인스테이션)	RC 공법 (현장타설)	PC 공법 (성형 콘크리트형)
■ 기능/성능	• PP(폴리프로필렌), GMT 제품을 이용한 조립 공법	• RC(현장타설 콘크리트)에 의한 구조물 구축 공법	• PC제품을 이용한 조립공법
■ 장/단점	• 경사면이 사전에 형성되어 SS등 이물질 집합 • U형구에 집합된 이물질 제거가능 • 작업공중 및 공정이 간단하고 투입인력이 적음 • 소음, 분진 등이 거의 발생하지 않음 • 경량으로 소운반이 가능, 인력시공이 가능, 대형중기 불필요 • 단위 블럭으로 설치하는 조립식이므로 설치 부지의 형태에 제약 없이 시공이 가능함 • 유지관리가 쉽고 간편함 • 실저류량(용적율)이 크다	• 단면 변화 및 곡선부에 대한 신속한 현장 적용 가능 • 일체식 구조물임으로 PC공법에 비해 방수에 유리 • 조립식 PC공법에 비해 공사비 저렴	• 현장내 콘크리트 양생시간이 필요없어 공사기간이 짧음 • 소음발생이 적고, 작업일수가 짧음으로 공기에 유리 • 유입부 부분에 월류벽을 설치하여 부유물이 빗물저류조 전체에 확산되는 것을 방지할 수 있음
■ 경제성 (공사비, 유지관리비, 공사기간 등)	• 표준공사기간 : 30일 / 1,000Ton • 400,000 원 / Ton • (유지관리비) 저류조 년1회 U형측구 내부청소 (흡입차) 1회당 약 200만원	• 표준공사기간 : 50일 / 1,000Ton • 400,000 원 / Ton	• 표준공사기간 : 45일 / 1,000Ton • 430,000 원 / Ton

제12장. 참고 문헌

1. 우수 저류 및 활용 시스템 적용(2011) _ 한국건설기술연구원
 2. 빗물관리 및 활용계획 수립과 저변 확대방안 조사연구(2008) _ 국토해양부
 3. 도심형 빗물저류공간 조성을 위한 기초연구(2011) _ 경기개발연구원
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.