

초기 우수 대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공 기술개발

2016. 12

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 충청권 국토교통기술
지역거점센터

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “국토교통연구기획사업“ 과제의 기획연구 보고서로 제출합니다.

2016. 12.

주관연구기관명 : 충청권 국토교통기술 지역거점센터

주관연구책임자 : 박 형 근

보고서 요약서

과제고유번호	-	해 당 단 계 연 구 기 간	-	단 계 구 분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통연구기획사업			
	세부사업명	-			
연구과제명	대과제명	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공 기술개발			
	세부과제명	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공 기술개발			
연구책임자	박형근 (충북대)	해당단계 참 여 연구원수	총 : 15명 내부 : 15명	해당단계 연 구 비	정부 : 50,000천원 계 : 50,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 30명 내부 : 30명	총연구비	정부 : 100,000천원 계 : 100,000천원
연구기관명 및 소속부서명	충청권 국토교통기술 지역거점센터		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	43
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	회전교차로, 저영향개발, 안전, 방재, 친환경			
	영 어	Roundabout, Low Impact Development, Safety, prevention of disasters, Eco-friendly			

요 약 문

I. 과제명

초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발 기획

II. 연구개발의 목적 및 필요성

□ 기술의 정의

- 초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발이란 저영향개발(LID; Low Impact Development) 기법을 적용하여 회전교차로 중앙교통섬 하부공간을 활용한 초기 우수대응 및 우수 재이용 기술을 개발하고, 이를 실현할 수 있는 회전교차로 설계 및 시공기술 개발을 의미

□ 연구개발 목적

- 초기 우수 대응을 위한 효율적인 회전교차로 설계 및 시공기술을 개발하고, LID기법을 적용한 회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 연구

□ 연구 필요성

- (분산형 물관리 중요성 대두) 도시화로 인한 인공지반의 증가로 분산형 물관리 유용성과 필요성이 대두되고 있으며, 이에 LID기법을 적용하여 회전교차로 하부공간을 활용한 초기 우수대응 및 우수 재이용 방안에 대한 기술개발 필요
- (회전교차로 설치 확대) 중앙정부는 2022년까지 교통사고 감소효과가 증명된 회전교차로를 전국적으로 1,149개소 확대설치 계획에 있음
- (우수관리를 위한 회전교차로 설계기법 연구) 현재 회전교차로 설계기준은 계획기준 및 교통운영 성과에 기반하고 있어, 우수관리 관점에서 도로의 공간기능을 증대하는 설계기법 및 시공기술 개발 필요

III. 시장동향 및 기술 수준

□ 국내외 기술개발 동향

- 회전교차로 설계기준은 2014년 국토교통부에서 발표한 ‘회전교차로 설계지침’을 토대로 발전해 오고 있으며, 우수저류 기술의 경우 2000년 이후부터 우수저류, 침투기술 그리고 재이용 기술에 대한 시범사업 성격의 연구들이 진행되고 있음

□ 국내외 관련 시장 동향

- (우수저류) 물순환이용기본계획에 의하면 2016년 기준 우리나라의 시장규모를 약 3,700억 원으로 추정하고 있으며, 세계시장의 규모는 이의 5배 이상을 예상하고 있음

- (회전교차로) 2022년까지 회전교차로 활성화 사업기간으로 선정하고 총 1,149개소의 회전교차로를 추가 설치할 계획이라 밝히고 있으며, 시장규모는 약 4,000억 원으로 추정됨

□ 국내기업 및 연구기관 기술수준

- 우수저류시설의 경우 중소기업 위주의 기술개발이 진행되고 있으며, 지역의 경우 농촌지역 물관리에 기초한 기술개발이 이루어지고 있음
- 회전교차로의 경우 정형화된 설계기준이 제시되고 있으나 지역특성에 따른 능동적 적용에 한계가 있으며, 대부분의 설계 및 시공이 소규모 중소기업에 의해 분산되어 진행되고 있음
- 도로가 가지고 있는 공간기능(수용기능) 증대와 도시물관리를 위한 우수 저류기술에 대한 융합적 연구는 현재까지 진행되지 않은 상황임

IV. 연구개발의 내용 및 범위

□ 비전 및 정책목표

- (비전) 분산형 물관리를 위한 도로 공간의 입체적 활용을 실현
- (정책목표 1) ‘초기 우수 대응을 위한 회전교차로 설계기법 연구개발
- (정책목표 2) LID 실현을 통한 물순환도시 구현

□ 기본 개념

- LID(Low Impact Development, 저영향 개발) 기법을 적용하여 회전교차로 중앙교통섬 하부 공간을 활용한 초기 우수 대응 및 우수 재이용 기술을 개발하고, 이를 실현할 수 있는 회전교차로 설계 및 시공기술 개발을 목적함

□ 연구개발 성과

- 초기 우수 대응을 위한 효율적인 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
- LID 기법을 적용한 회전교차로 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 연구
- 우수 저류조 및 우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발

VI. 연구개발성과의 활용계획

- 연구를 통해 회전교차로와 초기 우수관리기술의 융합성과를 도출할 수 있을 것으로 기대되며, 이는 LID 측면에서 전국적인 회전교차로 도입 활성화 및 물순환 도시 구현을 위한 높은 기술 확산 가능성을 가짐

목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성	1
제1절 기술의 정의 및 분류체계	1
1. ‘초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발’ 정의	1
2. ‘초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발’ 기술분류	2
제2절 기술개발의 필요성	3
1. 기획의 배경	3
2. 기획의 목적	5
3. 기획의 필요성	5
제2장 국내외 동향 및 환경분석	13
제1절 국내외 정책동향	13
1. 국내 정책동향	13
2. 국외 정책동향	15
제2절 국내외 시장현황 및 전망	17
1. 국내 시장현황 및 전망	17
2. 국외 시장현황 및 전망	19
제3절 기술 동향	21
1. 기술 분석	21
2. 특허 분석	24
3. 연구 분석	25
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략	26
제1절 비전 및 목표	26
1. 연구개발 목표	26
2. 개발 세부 내용	27
3. 과제개발 로드맵	30
제2절 추진전략 체계	31

제3절 자원 투입계획	32
1. 인력 투입계획	32
2. 소요예산 산정	33
제4장 실용화 전략	34
제1절 현황 분석	34
1. 기술수준	34
2. 지역현안	34
제2절 거점 내 수요처 분석	35
제3절 시장진출전략	36
1. 기술 표준화 전략	36
2. 기술 실용화 전략	37
제4절 기대효과	38
제5장 과제 제안요구서(RFP)	39
참고문헌	42

표 목 차

[표 1-1] 최소 평면곡선 반지름의 값	7
[표 2-1] 시·도별 회전교차로 설치현황	17
[표 2-2] 회전교차로 투입예산	18
[표 2-3] 전국 빗물이용시설 설치현황 및 개요	18
[표 2-4] 빗물저류조 주력 사업업체별 특징	19
[표 2-5] 국가별 회전교차로 설치현황	19
[표 2-6] 국내 우수저류조 저장기법 이용사례	22
[표 2-7] 국외 우수저류조 저장기법 이용사례	23
[표 2-8] 회전교차로 관련 R&D 현황	25
[표 2-9] 국내 우수저류조 활용기술에 대한 주요 연구	25
[표 3-1] 과제개발 로드맵	30
[표 3-2] 연차별 인력투입계획	32
[표 3-3] 부문별 소요예산	33
[표 3-4] 부문별 세부 소요예산 산출	33
[표 4-1] 토지이용계획별 적용 가능한 저영향개발(LID) 기법	36

그림 목 차

[그림 1-1] 1차로형 회전교차로 설계기준	1
[그림 1-2] LID 기법 적용에 의한 유출저감효과 개념도	2
[그림 1-3] 1차로형 회전교차로	3
[그림 1-4] 2차로형 회전교차로	3
[그림 1-5] 회전교차로 설치효과	4
[그림 1-6] 회전교차로 배수시설 설치기준	6
[그림 1-7] 회전교차로 횡단면 설계기준	6
[그림 1-8] 평면곡선부 원심력	7
[그림 1-9] 평면곡선과 반지름의 관계	7
[그림 1-10] 도로의 수용 공간으로서의 활용 예	8
[그림 1-11] 중앙교통섬 경관설계 사례	9
[그림 1-12] 국토교통 R&D 중장기 전략	10
[그림 1-13] 국가도로종합계획 비전 및 추진과제	11
[그림 1-14] 도로자산의 효율적 활용	12
[그림 2-1] 회전교차로 정책연구 지원사업 추진경과	13
[그림 2-2] 충북 청주개신지구 우수저류시설 설치사례	14
[그림 2-3] 국내·외 회전교차로 도입 및 발전	16
[그림 2-4] 일본의 우수이용 정책 가이드라인	16
[그림 2-5] Kanda River 지하 조절지 현황과 효과(일본)	20
[그림 2-6] 배수시설 설치 예	21
[그림 2-7] 국가별 회전교차로 관련 특허현황	24
[그림 3-1] 연구의 비전 및 목표	26
[그림 3-2] 국내 회전교차로 설계사례(충북 청주시 석곡교차로)	27
[그림 3-3] 우수 재이용 사례(일본)	28
[그림 3-4] 홈넷기반 관수운영 어플리케이션 개발사례	29
[그림 3-5] 추진전략 체계	31
[그림 4-1] 거점 내 회전교차로 설치현황	35
[그림 4-2] 세종특별자치시 토지이용계획	35

제1장 기술의 정의 및 필요성

제1절 기술의 정의 및 분류체계

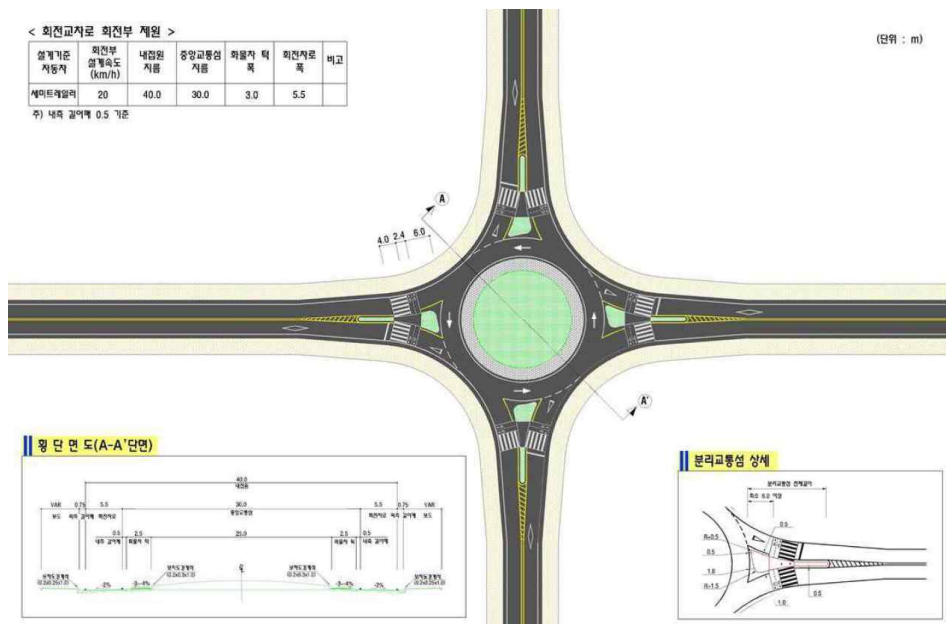
1. ‘초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발’ 정의

가. 기술 정의

- 초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발이란 LID(Low Impact Development, 저영향 개발) 기법을 적용하여 회전교차로 중앙교통섬 하부공간을 활용한 초기 우수대응 및 우수 재이용 기술을 개발하고, 이를 실현할 수 있는 회전교차로 설계 및 시공기술 개발을 의미함

나. 기본 개념

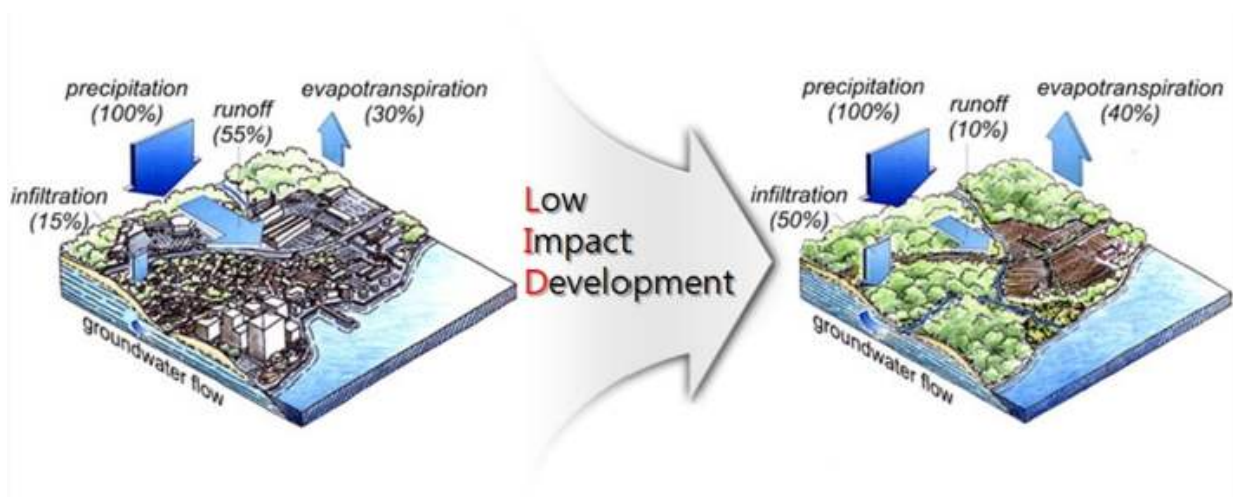
- 회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식임
- 국내 회전교차로의 설계기준은 2007년 ‘회전교차로 잠정지침’에 의해 과거 로터리와 구분된 설계기준이 정의되기 시작하였고, 이후 2014년 12월 최종 개정된 ‘회전교차로 설계지침, 국토교통부’이 현재 회전교차로 설계의 기준이 되고 있음
- 본 연구는 도로의 주요 기능 중 하나인 수용 공간 관점에서 회전교차로 하부 공간기능을 우수관리 관점에서 확대하기 위한 설계 및 시공기술의 실증적 연구 개발임



[그림 1-1] 1차로형 회전교차로 설계기준

출처 : 회전교차로 설계지침, 국토교통부(2014)

- 저영향 개발(Low Impact Development)은 강우 유출수 관리 및 도시개발 등으로 인한 유역 물순환구조 개선을 위해 단순하면서도 효과적인 방안으로 최근에 주목받는 개념임
- LID는 기존 강우유출수 관리에 적용하고 있던 복잡하면서 과대한 비용을 필요로 하는 공학적 접근방식에서 녹색공간의 확보, 자연형 공간조성, 자연상태의 수문순환 기능의 유지기법 등을 활용한 개발 대상지에서의 강우유출 및 비점오염원의 영향을 최소화할 수 있는 새로운 기술로 평가받고 있는 기법임
- ‘친수구역 조성지침(2011)’에서는 LID를 홍수 및 수질오염 저감을 위한 우수의 침투, 저류, 물순환 체계를 고려한 토지이용기법으로 정의하고 있음



[그림 1-2] LID 기법 적용에 의한 유출저감효과 개념도

출처 : 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수·가뭄피해 최소화 기술개발, 국토교통부, 2013

2. ‘초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발’ 기술분류

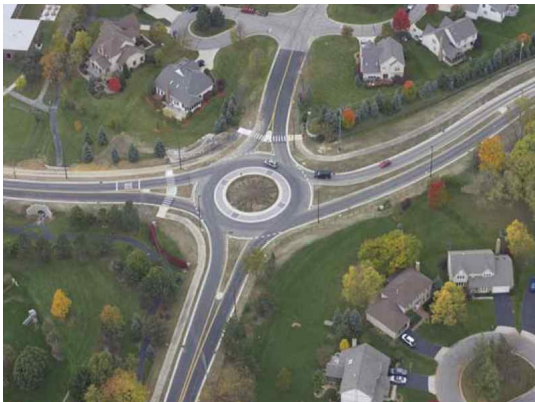
- 본 기획 과제는 초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계기법 연구에 따른 건설/교통분야 기술개발과 분산형 물관리 기술개발에 따른 환경분야 기술개발의 융합으로 구성됨
- 회전교차로 설계기법 연구에 따른 기술분류는 다음과 같음
 - 기술코드 : EI0301(건설/교통→시설물설계/해석기술→설계 표준화기술)
- 초기 우수대응을 위한 분산형 물관리 기술개발에 따른 기술분류는 다음과 같음
 - 기술코드 : EH0299(환경→물관리→달리 분류되지 않는 물관리)

제2절 기술개발의 필요성

1. 기획의 배경

가. 회전교차로 도입 활성화

- 회전교차로는 평면교차로의 일종으로 교차로 중앙에 원형교통섬을 두고 교차로를 통과하는 자동차가 원형교통섬을 우회하도록 하는 교차로 형식임
- 일반적으로 회전교차로는 평면 교차로에 비해 상층 횡수가 적고 저속으로 운영되며 운전자의 의사결정이 간단하여 운전자의 피로를 줄일 수 있음
 - 또한 회전교차로는 신호교차로에 비해 유지관리 비용이 적으며, 인접 도로 및 지역에 대한 접근성을 높여주고, 사고빈도가 낮아 교통안전 수준을 향상시키고, 지체시간이 감소되어 연료 소모와 배기가스를 줄이는 등의 장점이 있음
 - 하지만 회전교차로가 모든 교차로를 대체하여 그 효과를 극대화 할 수 있는 것은 아니기에, 회전교차로를 교차로 형식으로 하려면 자동차 통행량, 보행자 통행량, 자전거 통행량, 가용면적, 주행속도, 교차도로의 기능 등을 고려하여 결정함



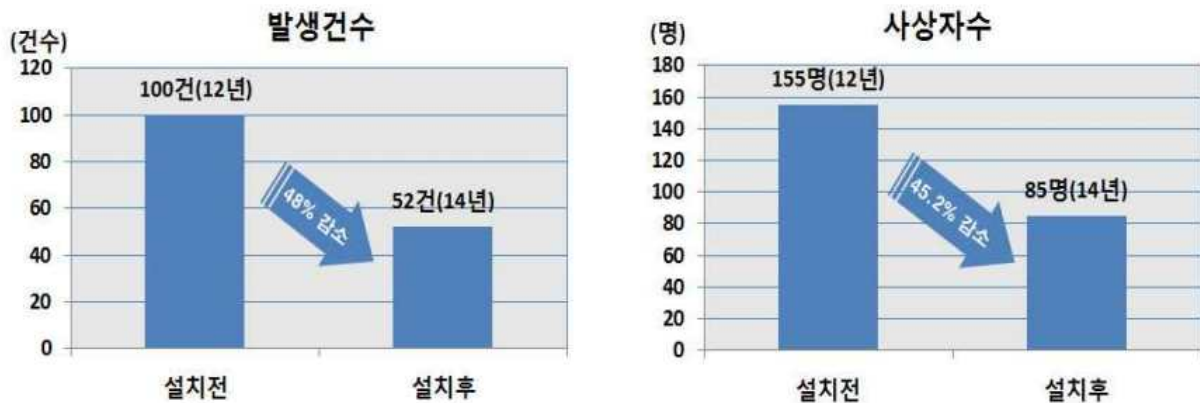
[그림 1-3] 1차로형 회전교차로



[그림 1-4] 2차로형 회전교차로

- 회전교차로의 기본 운영원리는 양보인데, 교차로에 진입하는 자동차는 회전 중인 자동차에게 양보를 해야 하므로 회전차로 내부에서 주행 중인 자동차를 방해하며 무리하게 진입하지 않고 회전차로 내에 여유 공간이 있을 때까지 양보선에서 대기하며 기다려야 함
 - 결과적으로 접근차로에서 정지체로 인한 대기 행렬은 생길 수 있으나, 교차로 내부에서 회전 정체는 발생하지 않으며, 회전교차로 진입시에는 충분히 속도를 줄인 후 진입하도록 유도하고 회전교차로 통과시에는 모든 자동차가 중앙교통섬을 중심으로 반시계 방향으로 회전하여 통행하도록 함
- 국민안전처는 회전교차로 설치사업을 시행한 결과, 교통사고가 48%나 크게 감소한 것으로 나타났다고 밝혔음

- 국민안전처와 한국교통연구원에 따르면, 2013년 공사를 완료한 「회전교차로 설치사업」 대상지 96개소에 대한 공사 전·후 효과분석 결과 사업시행 전인 2012년에는 교통사고가 100건이 발생하였으나 사업시행 후인 2014년에는 52건으로 48%(48건)가 감소되었고,
- 사상자수도 2012년 155명에서 2014년 85명으로 45.2%(70명)가 감소하는 등 교통안전 성과 교통소통 측면에서도 효과가 큰 것으로 분석됨
- 이에 따라 국민안전처는 교통사고 예방을 위해 2010년부터 지난해까지 전국에 회전교차로 443개소를 설치하였으며, 2022년까지 1,149개소를 추가로 설치할 계획에 있다고 밝혔음



[그림 1-5] 회전교차로 설치효과

자료 : 국민안전처 보도자료

나. 우수관리를 통한 물관리 중요성 대두

- 도시화의 핵심 문제는 인공지반의 증가로 인해 빗물이 스며들 수 있는 공간의 축소이고, 이러한 도시 문제를 해소하기 위한 기술적 접근으로 소규모 분산형 빗물관리기술의 유용성과 필요성이 대두되고 있음
- 도시 개발이 가속화되면서 빗물이 땅속으로 스며들 수 있는 공간이 줄어들어 대부분의 도시하천은 건천화 되었으며, 대형시설물과 지하철 등의 구조적 안전을 위해 지하수를 유출시킴으로써 도시 내 지하수위는 점차 낮아지고 있음
- 선진국에서는 이미 오래전부터 빗물이용을 지속적인 사회발전을 위한 필수요소로 인식하고 개발해 왔으며, 빗물이용을 통한 이점을 크게 세 가지로 나타나는데, 첫째는 홍수나 가뭄 등에 대한 재난을 방지하는 것이고, 둘째 물부족을 극복하는 것이며, 마지막으로 쾌적한 도시환경을 유지할 수 있는 점임(Water for our future, 2004)
- 우리나라의 초기우수 대응을 위한 우수저류 연구는 1990년대 이후 간헐적으로 시작되었으며, 2000년 이후부터 우수저류, 침투기술 그리고 재이용 기술에 대한 시범사업 성격의 연구들이 진행되고 있음
- 오·우수 저류시설 및 차집시설, 빗물이용 및 우수유출 저감방안과 관련된 연구 및

기술개발이 활발하며, 하수의 원격 감시제어 시스템, 차집시설 유량조절장치, 차집시설용 오수관로 개폐장치, 차집시설 공압식·전동식 유량조절장치 등 다양한 방식의 차집기술을 개발 중임

- 최근에는 LID 기법을 활용하여 물순환 도시 조성 등을 위한 연구 및 기술을 개발하고 있으나, 아직까지는 대부분 문헌 조사, 시범시설 운영 등을 통한 정책방안 및 도입방안을 제시하는 수준에 그치고 있어 실증형 기술수요를 충족하지 못하는 실정으로 파악됨

2. 기획의 목적

- 초기 우수대응을 위한 효율적인 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
 - 초기 우수대응 및 우수관리 효율성 증대를 위한 설계 및 시공기술 개발
 - 우수저류시설 설치를 감안한 최적의 설계 및 시공기술 개발
 - 도로의 공간기능(수용공간) 확대 및 우수 재이용 기술과 연계한 설계 및 시공기술 개발
 - 공사중 교통처리계획을 고려한 시공기술
 - 회전교차로 설계지침 보강을 위한 기초 연구수행
- LID 기법을 적용한 회전교차로 하부 우수저류조 설치 및 우수 재이용 방안 연구
 - 회전교차로내 우수저류시설 설치기준 및 기술 개발
 - 우수 재이용을 위한 비점오염 제거장치 기준 및 기술 개발
 - 우수 재이용을 위한 활용방안 도출
 - 테스트베드 운영방안 수립 및 운영
- 우수저류조 및 우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발
 - 효율적인 운영성과 모니터링이 가능한 분석지표 개발
 - 정량적, 정성적 분석을 위한 자료수집 방법론 도출
 - 사전·사후 분석을 통한 테스트베드 운영성과 분석
 - 우수저류조 및 우수관리를 위한 모니터링 시스템 개발

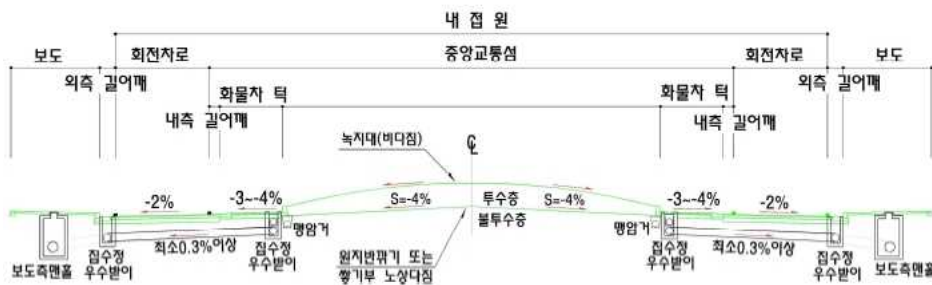
3. 기획의 필요성

가. 우수관리 관점에서의 회전교차로 설계기법 연구

1) 우수 효율성 측면에서의 회전교차로 설계기술 개발

- 국내의 회전교차로의 설계기준은 2014년 국토교통부에서 발표한 ‘회전교차로 설계지침’에 정의되고 있으며, 대부분의 회전교차로는 해당 지침을 준용하고 있음

- 회전교차로의 설치여건, 계획 및 전환기준에 대한 세부지침에 대해서는 충분한 연구성과가 도출되어 있으며, 설계 및 시공기술에 대한 연구는 회전교차로 도입증가에 따른 실증적인 연구가 필요한 상황임
- 본 연구는 회전교차로 설계 및 시공에 있어, 초기 우수대응에 집중하여 보다 효과적인 설계 방안을 모색하고, 직접 시공·모니터링 함으로써 도로이 공간기능이 담보되는 효율적인 회전교차로 설계 및 시공기술의 실증적 연구를 수행하고자 함
- 실제 기존 회전교차로 내 우수 배수시설(집수정, 우수받이) 및 차집시설을 회전교차로 외곽(보도)부분에 설치하게되고, 각 진입로 부근 최소 1개씩 설치시 상대적으로 많은 비용이 소요되기 때문에 비용 절감 및 효율적인 설치방안 모색이 필요함

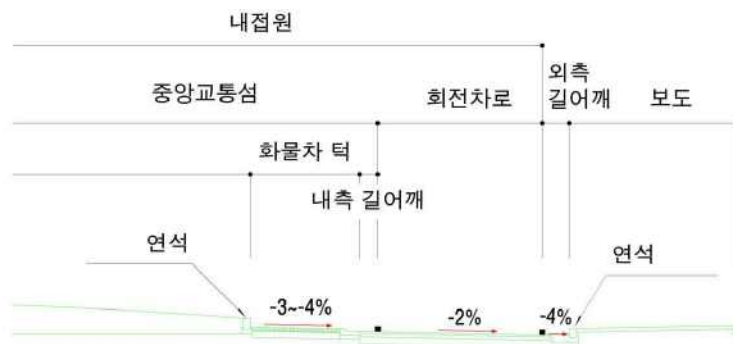


[그림 1-6] 회전교차로 배수시설 설치기준

출처 : 회전교차로 설계지침, 국토교통부, 2014

2) 회전차로 횡단경사에 대한 기준검토

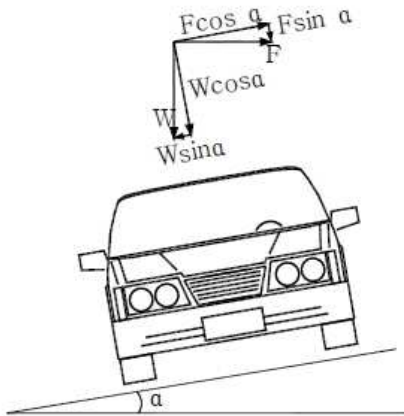
- 현재 회전교차로 내부의 회전차로의 표준횡단경사는 배수를 고려하여 바깥쪽으로 -2%를 적용하도록 규정하고 있음
- 회전교차로 횡단면은 중앙교통섬(내측 길어깨, 화물차 턱 포함), 회전차로, 외측 길어깨로 구성
- 내·외측 길어깨 최소폭은 0.5m이며 경우에 따라 생략할 수 있음



[그림 1-7] 회전교차로 횡단면 설계기준

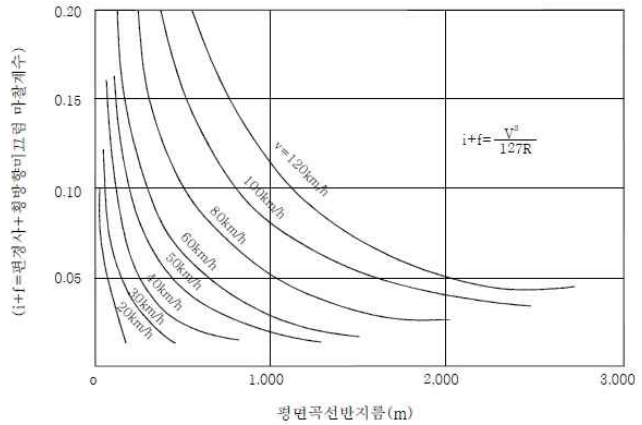
출처 : 회전교차로 설계지침, 국토교통부, 2014

- 이러한 횡단경사 설계기준은 차도의 횡단경사 관점에서는 바람직한 설계방식이기는 하나, 해당 지점이 회전차로라는 관점에서 접근하면 의문점이 발생함
- 왜냐하면, 회전차로의 경우 차량의 회전이 이루어지는 평면곡선부로 해석될 수 있으며, 이러한 관점에서 차량의 원심력을 예방할 수 있는 편경사의 도움이 필요하기 때문임



[그림 1-8] 평면곡선부 원심력

출처 : 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙
해설 및 지침, 국토교통부, 2013



[그림 1-9] 평면곡선과 반지름의 관계

출처 : 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침,
국토교통부, 2013

- 따라서 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에서는 평면곡선부를 주행하는 운전자의 안전과 쾌적을 확보하기 위해서 설계속도에 따른 최소 평면곡선 반지름을 규정하여 직선부에서와 같이 자동차의 주행이 연속성을 갖도록 할 필요가 있다고 정의하고 있음
- 최소 평면곡선 반지름은 평면곡선부를 주행할 때 발생하는 원심력으로 인해 바깥쪽으로 미끄러지거나 전도할 위험을 방지할 수 있도록 마찰력이 원심력보다 크도록 산정함

[표 1-1] 최소 평면곡선 반지름의 값

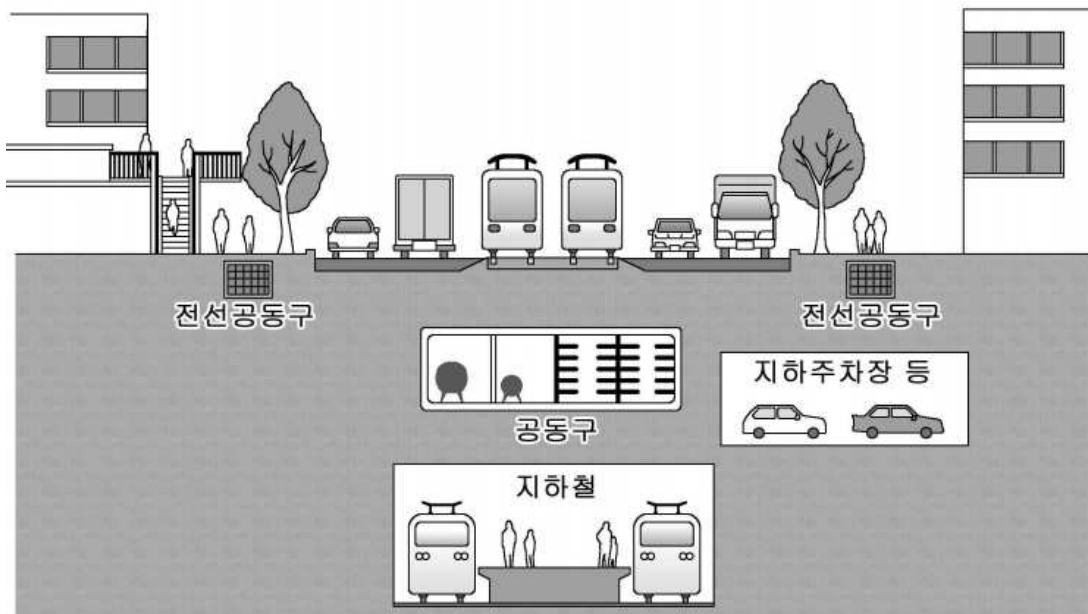
설계속도 (km/h)	횡방향미끄럼 마찰계수	최소 평면곡선 반지름(m)					
		최대 편경사 6%		최대 편경사 7%		최대 편경사 8%	
		계산값	규정값	계산값	규정값	계산값	규정값
120	0.10	709	710	667	670	630	630
110	0.10	596	600	560	560	529	530
100	0.11	463	460	437	440	414	420
90	0.11	375	380	354	360	336	340
80	0.12	280	280	265	265	252	250
70	0.13	203	200	193	190	184	180
60	0.14	142	140	135	135	129	130
50	0.16	89	90	86	85	82	80
40	0.16	57	60	55	55	52	50
30	0.16	32	30	31	30	30	30
20	0.16	14	15	14	15	13	15

자료 : 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 국토교통부

- 한편 설계시 평면곡선 반지름의 크기가 결정되면, 그 도로의 설계속도와 평면곡선 반지름에 따른 적절한 편경사를 결정하여야 하며, ‘도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제21조’에서는 도로가 위치하는 지역, 적절 정도, 설계속도, 평면곡선 반지름 등 지형 상황에 따라 적정 편경사를 정의하여 제시하고 있음
- 즉, 회전교차로의 회전차로를 도로의 평면곡선부 설계관점에서 접근하게 되면, 횡방향 미끄럼마찰계수에 근거한 편경사의 설치가 요구된다는 점인데, 이러한 점을 고려한 회전교차로 설계기준에 대한 실증적 연구가 필요함

3) 도로의 공간기능 강화 방안

- 도로는 다양한 기능을 수행하고 있으며, 단순한 차량의 이동, 접근, 체류를 위한 교통기능 뿐 아니라, 시가지를 형성하고 공공시설의 수용을 위한 공간기능(수용 공간) 역할을 수행함
- 즉, 도로는 사람과 물자뿐만 아니라 정보도 이동하는 공간으로 전선공동구나 통신을 위한 수용 시설을 적극적으로 마련하는 것이 바람직하며, ‘도로설계편람(국토교통부, 2012)’에서는 도로의 상하 공간 이용에 대해 사업주체간의 계획적인 검토와 조정을 하는 것이 바람직하다고 설명하고 있음
- 이러한 관점에서 회전교차로 설치에 따라 넓게 형성되는 중앙교통섬 하부공간에 대한 활용방안 연구는 도로 수용 공간으로서의 공간기능 강화에 도움이 됨



[그림 1-10] 도로의 수용 공간으로서의 활용 예

출처 : 도로설계편람, 국토교통부, 2012

나. LID 실현을 통한 물순환도시 구현

1) 초기 우수관리를 통한 LID 실현

- 초기 우수에 의한 하천 하류 충격방지 및 물순환 관리를 위하여 회전교차로 내 우수 저류 시설 설치에 대한 기술개발 또한 필요함
 - 즉, 교통섬 하부 저류공간(차집시설)을 마련하여 한곳에서 관리할 수 있는 기술을 개발하고, 이를 재활용할 수 있는 방안의 연구개발이 본 기술의 핵심임
- LID 기법은 빗물유출로 인한 오염물질 제거, 효과적인 물 저장 및 방류에 의한 토양 개량, 투수 콘크리트, 아스팔트 포장 등의 투수성 포장, 식생지붕, 빗물저장을 통한 용수 재이용 등으로 활용되고 있음
 - 증가하고 있는 회전교차로의 중앙교통섬 하부공간을 활용한 우수 저류시설 확충방안 연구는 물순환도시 실현을 위한 시의적절한 연구분야로 판단됨

2) 물관리 효율성 증대를 통한 회전교차로 장점 최대화

- 회전교차로의 장점 중 하나는 중앙교통섬 및 분리교통섬 내 조경을 통한 미관증대 효과이며, 실제 이러한 활동을 통해 랜드마크 역할과 더불어 도시내 녹지확보에 기여하고 있음
 - 초기 우수대응을 통해 우수저류시설로 모은 빗물을 회전교차로 내 녹지운영과 연계하여 재활용 할 수 있는 기술 및 방안을 제시함으로써, 물순환 도시조성에 기여함



[그림 1-11] 중앙교통섬 경관설계 사례

출처 : Roundabouts : An Informational Guide, Second Edition, FHWA, 2010

다. 국가정책과 연계성 강화

□ 국토교통 R&D 중장기 전략(2014)

- 정부는 국토교통 미래 여건변화에 대응하고, 일자리·성장엔진 창출 등 창조경제 국정 기조 실현에 적극 기여하기 위해, 국토교통 연구개발에 관한 10년 단위 중장기 목표, 추진전략 및 중점 프로젝트 등을 반영하여 「창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기전략(안)」을 수립·추진하고 있음
- 본 연구는 10대 중점 프로젝트 중 전략 3. ‘안전하고 편리한 국토공간 조성’을 위한 ⑧분산형 물관리 프로젝트에 부합하고 있음
- 분산형 물관리 전략은 도서·해안 및 산간 등에서도 가용 수자원을 안정적으로 확보하고, 도시 내 물순환을 통해 물관리를 효율화·지능화하는 한편, 하천유역 관리 고도화를 통해 수재해 저감을 목적하고 있음



[그림 1-12] 국토교통 R&D 중장기 전략

출처 : 국토교통 R&D 중장기 전략, 국토교통부, 2014

□ 제1차 국가도로종합계획(2016~2020)

- 2016년 국토교통부에서 확정·고시한 「제1차 국가도로종합계획(2016~2020)」에서는 경제활성화에 기여하고 다가오는 미래를 준비하는 도로구현을 위해 4대 목표, 14개 주요 추진과제를 정의하고 있음

비전 : 「경제활성화를 지원하고, 미래를 준비하는 도로」



핵심가치	4대 목표	주요 추진과제
경제	① 효율적인 투자로 경제성장 지원	① 국가간선도로망 정비
		② 도로투자 효율화
		③ 도로공간 입체적 활용
		④ 도로산업 육성·연구개발
		⑤ 소통·협업 강화
안전	② 철저한 안전 관리로 사고 예방	① 시설물 유지관리 강화
		② 도로 교통사고 예방
		③ 신속한 사고대응체계 구축
행복	③ 원활하고 쾌적한 도로 서비스 제공	① 교통혼잡 개선
		② 자율주행 상용화 지원
		③ 이용자 체감서비스 확대
		④ 도로 운영관리체계 개편
		⑤ 도로환경 개선
미래	④ 다음세대를 준비하는 미래도로 구축	* 인공지능 도로, 에너지 생산 도로 등 7대 미래상 실현 추진 (다음 장에 별도 서술)

[그림 1-13] 국가도로종합계획 비전 및 추진과제
출처 : 제1차 국가도로종합계획(2016~2020), 국토교통부, 2016

- 추진과제별로 살펴보면, ‘①-③ 도로공간 입체적 활용’에서 도로 유희부지를 다각적으로 활용함으로써 도로자산의 효율적 활용을 위한 도로가치 제고를 계획하고 있으며, 해당 관점에서 도로공간을 다양하게 개발 및 활용하여 공간기능을 부여하고 도로의 활용가치 제고를 목적하는 본 과제 성과와 연계가 가능함
- 더불어 도로기술과 연계한 서비스 고도화와 정책 연계성 제고를 위해 ‘기후변화에 대비한 도로포장 시공품질관리시스템 개발’ 및 ‘②-② 도로 교통사고 예방’ 또한 핵심과제로 제안되고 있어 본 과업의 필요성이 대두됨



[그림 1-14] 도로자산의 효율적 활용

출처 : 제1차 국가도로종합계획(2016~2020), 국토교통부, 2016

□ 국민안전처의 회전교차로 확대정책

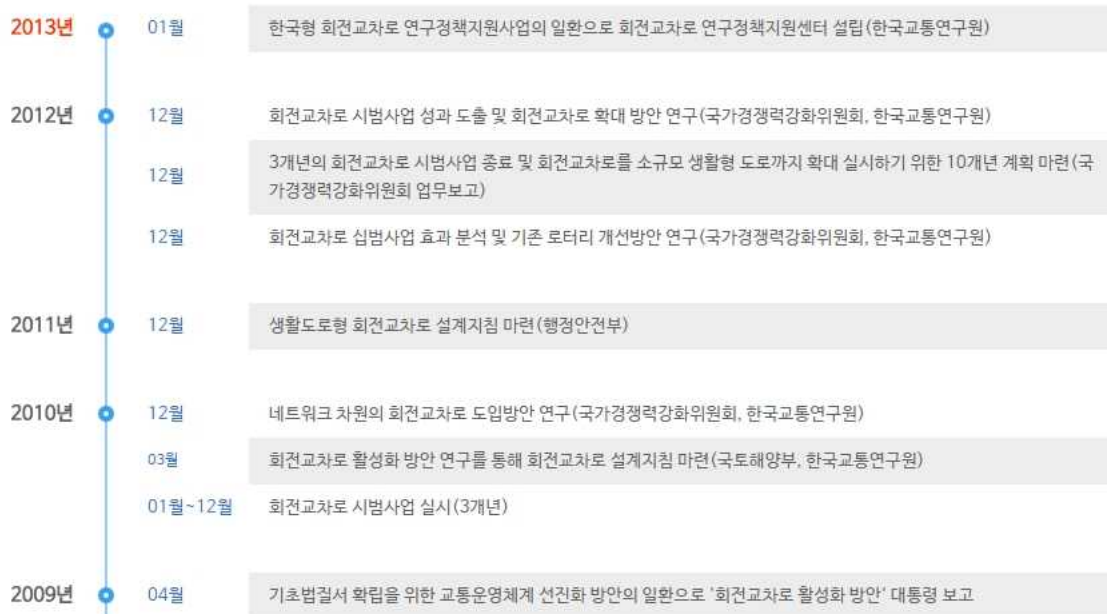
- 국민안전처는 회전교차로 설치를 통해 교통사고가 48% 크게 감소한 성과를 기초로 2022년까지 회전교차로 1,149개소를 추가 설치할 계획이라 밝힘
- 회전교차로 도입 및 운영이 확대되고 있는 정책방향을 고려할 때, 초기 우수대응 및 LID 기법 관점에서의 회전교차로 설계기준에 대한 연구는 시의적절한 과업임

제2장 국내외 동향 및 환경분석

제1절 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

- 국내의 경우 로터리 형태로 운영되던 회전교차로가 교통량 증가에 따라 거의 폐기처분되었다가, 2000년대 이후 성공적인 해외사례를 토대로 한 간헐적인 도입기를 거쳐 2010년 교통운영체계 선진화 방안에 의한 시범사업 이후 도입이 확대되고 있음
 - 2016년 현재 국민안전처, 국토교통부, 지자체 및 한국교통연구원 등이 관련 정책을 주도하고 있음
- 회전교차로 관련사업의 추진경과는 다음과 같음
 - 회전교차로 활성화 방안 및 설계지침 개발연구 용역 추진(2010.02~2011.07 한국교통연구원, 한국건설기술연구원)
 - 회전교차로 설계지침 발간 및 배포(2010. 12.)
 - 회전교차로 설계지침 개정(한국기술연구원)
 - 회전교차로 설계지침 개정 및 배포(2014. 12.)
 - 회전교차로 시범사업 추진(2010~2012년, 매년 약 90여 개소)
 - 회전교차로 활성화 사업 추진(2013~2022년, 매년 약 130여 개소)



[그림 2-1] 회전교차로 정책연구 지원사업 추진경과

출처 : 회전교차로 정책연구 지원사업(www.roundabout.or.kr)

- 한편, 우리나라의 초기우수 대응을 위한 우수저류 기술개발은 1990년대 이후 간헐적으로 시작되었으며, 2000년 이후부터 우수저류, 침투기술 그리고 재이용 기술에 대한 시범사업 성격의 연구들이 진행되고 있음
 - 오·우수 저류시설 및 차집시설, 빗물이용 및 우수유출 저감방안과 관련된 연구 및 기술개발이 활발하며, 하수의 원격 감시제어 시스템, 차집시설 유량조절장치, 차집시설용 오수관로 개폐장치, 차집시설 공압식·전동식 유량조절장치 등 다양한 방식의 차집시설 기술개발 중임
 - 최근에는 LID기법(저영향개발기법)을 활용하여 물순환 도시 조성 등을 위한 연구 및 기술을 개발하고 있으나, 아직까지는 대부분 문헌 조사, 시범시설 운영 등을 통한 정책 방안 및 도입방안을 제시하는 수준에 그치고 있음



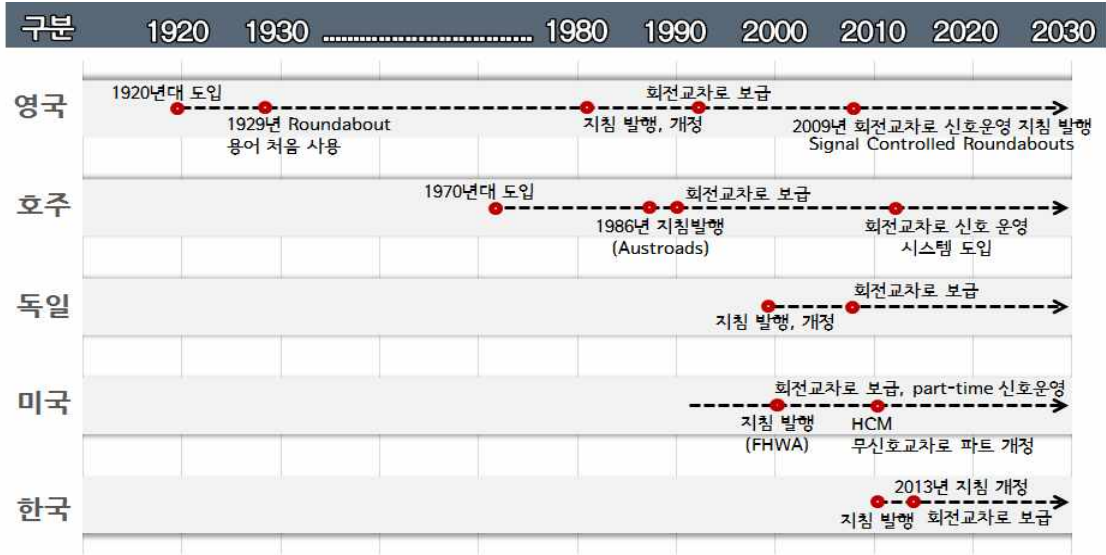
[그림 2-2] 충북 청주개신지구 우수저류시설 설치사례

- 2013년 환경부는 ‘환경영향평가시 저영향개발(LID)기법 적용 메뉴얼을 발간하고, 저영향 개발 기법의 종류, 적용시 고려사항 및 적용방안 등을 제시하고 있음
 - 개발사업에 대한 환경영향평가 협의시 저영향개발(LID)기법 적용을 유도하여 도시지역에서의 물순환 기능을 개선함과 아울러 비점오염물질 저감을 목적으로 함
- 초기 우수대응 및 저영향개발을 위한 국내 관련 지침은 다음과 같음
 - 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 메뉴얼(2008, 환경부)
 - LID기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련(2009, 환경부)
 - 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준(2010, 소방방재청)
 - 수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침(2012, 국립환경과학원)
 - 지속가능한 신도시계획기준(2012, 국토해양부)
 - 건강한 물순환 체계 구축을 위한 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인(2013, 환경부)

2. 국외 정책동향

가. 회전교차로

- 회전교차로 설계에서의 초기 진전은 즉 1920년 중반 이후 시행되었던 일 방향 가로와 회전 시스템은 Eno의 자문으로 영국에서 시작되었으며, 또한 회전하는(gyratory)이란 용어 대신 라운드어바웃(roundabout)이라는 용어를 1929년 공식적으로 채택한 것 또한 영국임
- 1950년대에 영국의 교통전문가들은 미국에서 실시되고 있는 대규모 서클에 대하여 의견을 갖기 시작하였으며, 특히 그들은 대규모 회전반경으로 가능하게 된 고속주행과 결합된 긴 엇갈림 구간은 오히려 고용량에 저해된다고 주장하기 시작함
- 비록 영국 교통전문가들도 회전교차로의 용량을 엇갈림 용량으로 계속 분석하였지만, 시간당 1,500대를 초과하는 엇갈림 교통량은 비실제적이라는 미국의 견해는 영국에서 도전받게 됨
- 이러한 회전교차로의 성공은 전 세계적으로 회전교차로의 이용에 대한 관심을 불러일으키게 되었었으며, 프랑스의 경우 1972년 제도입되었으며, 1983년 진입부 양보표지판이 추가되고, 1984년 프랑스 도로법에 도입됨
- 프랑스에서는 매년 1,000개 이상의 회전교차로가 건설하며, 1970년 중반까지 약 15,000개의 회전교차로가 있었으며, 다른 유럽 국가들도 교차로의 표준 설계안으로 회전교차로를 채택함
- 스웨덴의 경우 새로운 규칙이 1960년대 중반에 도입되었으며 지방지역의 교차로에 대한 량과 설계 지침은 1967년에 그리고 도시지역에 대해서는 1973년에 각각 발간
- 오늘날 영국과 프랑스뿐만 아니라 독일, 스위스, 벨기에, 네덜란드, 룩셈부르크 국가, 북유럽, 스페인 및 포르투갈에서도 회전교차로는 매우 일반적이며, 유럽 외에 호주에서 회전교차로는 표준적 양상이며, 뉴질랜드, 남아프리카, 이스라엘 등에 서도 점차 일반화되어 가고 있음
- 미국의 경우 약 40년 전 몇몇 연구자들로 인해 새로운 회전교차로의 이용을 지지하기 시작하였으며, 이는 회전교차로의 진전을 묘사하는 Ken Todd의 논문에 나타남(ITE Journal, 1979. 7.)
- 하지만, 유럽과는 달리 미국에서의 교통서클은 재래식이며, 규모가 크고, 합류 및 분류, 그리고 잠금 현상이라는 나쁜 평판 때문에 선호되지 않았으며, 1982년 ITE의 ‘교통공학 핸드북’에서 교통서클은 한 쪽 정도밖에 기술될 정도로 관심 밖이었음
- 1984년 도류화(channelization)에 대한 AASHTO ‘Green Book’, NCHRP Report 279와 1985 및 1994 도로용량편람(Highway Capacity Manuals)은 교통서클을 언급하지도 안음
- 하지만 90년대 후반들어 몇몇 주의 교통부에서는 회전교차로에 다시 관심을 갖기 시작하였으며, Maryland와 Florida는 회전교차로 도입의 선구자들이 됨
- 이를 토대로 미연방도로청(FHWA)은 또한 설계지침을 만드는데 관심을 갖게 되었으며, 이후 발간된 새로운 1997년 HCM의 제10장에 회전교차로의 용량공식을 포함하게 되었으며, 2000년 FHWA의 ‘Roundabout: An Informational Guide’에 의해 집대성 되게 됨

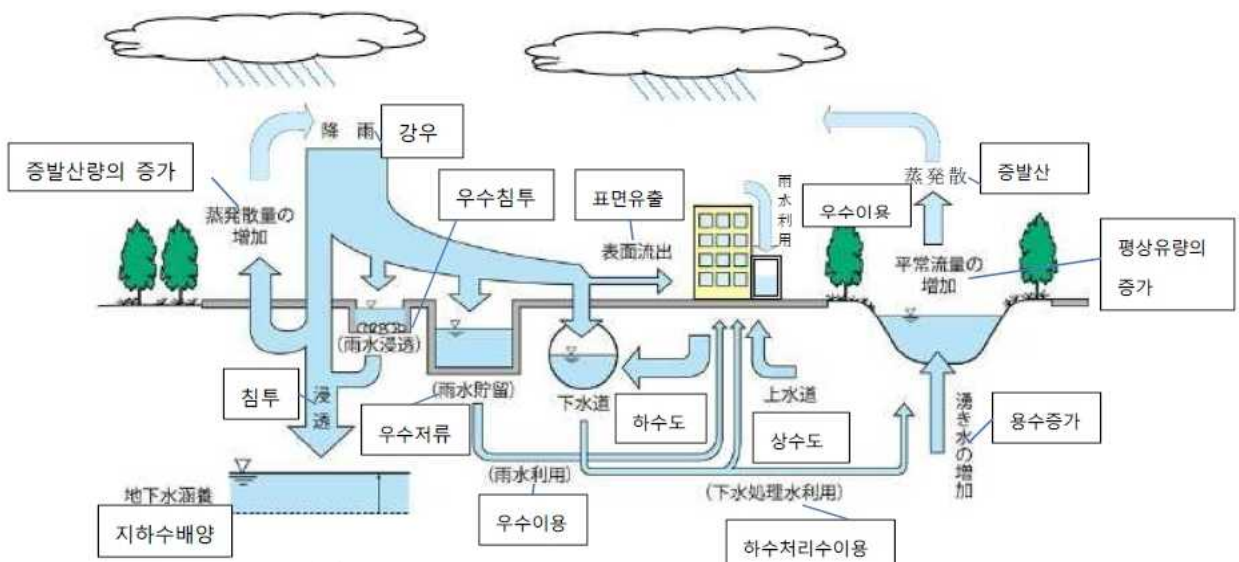


[그림 2-3] 국내·외 회전교차로 도입 및 발전

출처 : 다양한 유형의 국외 회전교차로와 도입 경위, 월간교통, 이정호, 2011

나. 우수이용(LID)

- 한편 우수 이용과 관련하여 가까운 일본의 정책동향을 살펴보면, 2014년 5월 ‘우수 이용의 추진에 관한 법률’을 제정하고 우수관리를 통한 방재 및 환경보전을 위해 노력하고 있음
- 우수 이용을 추진하고 따라서 수자원의 유효 이용을 도모하며 아울러 하수도, 하천 등으로의 빗물의 집중적인 유출의 억제에 기여함을 목적으로 하고 있으며, 국토교통대신이 우수 이용의 추진에 관한 기본 방침을 정하고, 광역 자치단체는 광역별 방침을 각 지자체는 지자체 계획을 정할 수 있게 규정하고 있음



[그림 2-4] 일본의 우수이용 정책 가이드라인

출처 : 우수이용의 추진에 관한 가이드라인(안), 일본 국토보전국, 2016

제2절 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장현황 및 전망

- 국내 회전교차로 관련 산업은 국민안전처가 주도하고 있음
- 국민안전처는 2010년부터 지난해까지 전국에 회전교차로 443개소를 설치하였으며, 2013년부터 2022년까지를 회전교차로 활성화 사업기간으로 선정하고 총 1,149개소의 회전교차로를 추가적으로 설치할 계획이라 밝혔음
 - 2013년 공사를 완료한 「회전교차로 설치사업」 대상지 96개소에 대한 공사 전·후 효과 분석 결과 사업시행 전인 2012년에는 교통사고가 100건이 발생하였으나, 사업시행 후인 2014년에는 52건으로 48%(48건)가 감소되었고, 사상자수도 2012년 155명에서 2014년 85명으로 45.2%(70명)가 감소하는 등 교통안전과 교통소통 측면에서도 효과가 큰 것으로 분석하고 있음
- 더불어 회전교차로 설치 사업의 효과와 우수사례 발표 등 추가 개선방안을 마련하기 위해 매년 회전교차로 교통안전관계자 워크숍을 개최를 통해 업무역량을 강화하고 관심을 증대해 나아갈 계획임

[표 2-1] 시도별 회전교차로 설치현황

구분	계	'10년도	'11년도	'12년도	'13년도	'14년도	'15년도
계	443	87	97	85	96	54	24
서울	28	2	8	10	4	3	1
부산	20	4	6	2	5	2	1
대구	16	4	2	2	4	3	1
인천	10	5	3	1	1	-	-
광주	5	0	0	1	1	2	1
대전	4	0	3	0	1	-	-
울산	19	6	5	3	2	2	1
세종	3	-	-	-	1	1	1
경기	44	5	9	8	12	8	2
강원	29	5	3	2	4	4	2
충북	20	5	3	2	4	4	2
충남	31	5	6	6	7	5	2
전북	30	4	5	7	8	4	2
전남	30	5	6	8	6	3	2
경북	30	5	4	6	8	5	2
경남	30	4	7	5	7	5	2
제주	94	28	25	20	16	3	2

출처 : 회전교차로 정책연구 지원사업(www.roundabout.or.kr)

- 2010년 이후 2014년까지 5년간 회전교차로에 투입된 예산은 총 1,000억원에 달하고 있으며, 장래 2022년까지의 미래를 보면 총액기준으로 약 4,000억원에 달하는 시장규모가 예상되고 있으며 이에 회전교차로 관련 산업전망은 밝다고 볼 수 있음

[표 2-2] 회전교차로 투입예산

년도	물량	예산		
		계	국비	지방비
2010년	87개소	172	99	73
2011년	97개소	250	125	125
2012년	85개소	184	99	85
2013년	95개소	247	130	117
2014년	52개소	153	73	80
계	416개소	1,006	526	480

출처 : 회전교차로 정책연구 지원사업(www.roundabout.or.kr)

- 국내 빗물이용시설은 2014년 기준으로 전국에 총 1,369개소이며, 이중 서울시가 495개소로 36 %, 경기도가 404개소로 30%, 경남이 116개소로 8%를 차지한 순으로 대부분이 수도권에 집중되어 있음
 - 물순환이용 기본계획에 의하면 2016년 기준 우리나라의 시장규모를 약 3,700억원으로 추정하고 있음

[표 2-3] 전국 빗물이용시설 설치현황 및 개요

구분	개소수	설치비 (백만원)	집수면적 (㎡)	저류조 용량 (㎡)	연간 사용량 (㎡/년)	연간운영비 (백만원)
서울특별시	495개소	8,769	775,715.7	144,463	159,599	580
부산광역시	14개소	1,472	122,136.9	8,701	92,309	-
대구광역시	56개소	739	119,132.0	8,867	4,761	-
인천광역시	84개소	1,061	266,050.4	33,057	43,708	14
광주광역시	20개소	677	27,682.9	2,672	3,424	2
대전광역시	12개소	9,739	27,464.2	985	1,517	104
울산광역시	1개소	209	7,681.0	448	3,720	3
경기도	404개소	5,880	1,883,413.5	124,969	137,773	28
강원도	9개소	1,109	48,225.9	1,652	56,160	14
충청북도	18개소	460	1,106,118.7	6,452	2,923	3
충청남도	40개소	1,649	73,742.0	3,622	69,891	13
전라북도	53개소	2,713	123,188.1	7,768	1,922	17
전라남도	6개소	120	16,093.0	890	5,685	2
경상북도	4개소	164	28,166	1,712	14,058	10
경상남도	116개소	4,879	256,093.9	9,858	247,084	13
제주도	37개소	370	34,752,555.7	4,000,699	5,765,892	4
합계	1369개소	40,009	39,633,460.2	4,356,786	6,607,426	807

출처 : 충청권 연구개발 인프라 구축 및 지역소도시 재생을 위한 수재생저류조, 자동배수장치, 보호공, 스마트 관수공급기술 개발, 국토교통부, 2016

□ 국내 빗물저류조를 주력하는 사업업체와 주요 특징은 다음과 같음

[표 2-4] 빗물저류조 주력 사업업체별 특징

사업업체명	제품명	주요 특징
(주)수엔테크	다목적저류조	<ul style="list-style-type: none"> • 조립식 고강도합성수지 모듈형 구조로써 지하 저류조 분야에서 빗물저류시설을 제공 • 안정성, 짧은 공사시간, 다양한 가변성이 특징이며 거의 모든 현장 여건에 적합
(주)한림에코텍	빗물저류조	<ul style="list-style-type: none"> • 상습침수 및 침수예상 지역의 침수피해를 예방하기 위해 홍수 시 지하에 빗물을 저류시키는 공법 • 도심지의 제한된 공간 내에서 방재효과를 극대화하기 위해 저류율과 층고를 높이며 경제적인 급속시공이 가능토록 한 것이 특징
(주)한길산업	레인스타디움	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 지붕, 주차장, 운동장에서 유출되어 처리시설에서 처리된 우수를 지하의 레인스타디움 구조물에 저류시켜 홍수 예방 및 관계용수로 재활용 할 수 있음
(주)세원이엔지	조립식 pc저류조	<ul style="list-style-type: none"> • PC제품인 벽체하부, 벽체, 기둥, 상부슬라브를 공장 제작하고, 벽체하부와 바닥콘크리트를 일체로 타설 • PC부재를 현장에서 조립·설치 후 TOPPING콘크리트를 타설하여 구조물을 구축하는 공법

출처 : 충청권 연구개발 인프라 구축 및 지역소도시 재생을 위한 수재생저류조, 자동배수장치, 보호공, 스마트 관수공급기술 개발, 국토교통부, 2016

2. 국외 시장현황 및 전망

- 국외 회전교차로는 로터리의 문제(지·정체발생)를 해결하기 위하여 1970년대 초 영국에서 가장 먼저 설치하였으며, 그 효과가 입증되면서 유럽, 미국, 캐나다, 호주 등 세계적으로 확대되고 있음
- 회전교차로와 관련한 국외 시장현황은 앞서 정책동향에서 일부 전술하였기에, 여기서는 국가별 회전교차로 설치현황만을 살펴봄

[표 2-5] 국가별 회전교차로 설치현황

국가	회전교차로 수
프랑스	약 32,000개
영국	약 26,000개
미국	약 4,800개
스웨덴	약 1,500개
호주(캔버라, 브리즈번)	약 820개

출처 : 회전교차로 정책연구 지원사업(www.roundabout.or.kr)

□ 한편 초기 우수 대응을 위한 우수저류 국외 시장현황은 다음과 같음

- (독일) 가장 적극적으로 빗물이용을 추진하는 국가로서 대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있고, Vauban Freiburg 지구의 경우 전체의 80% 정도에 우수체계를 도입, 옥상녹화 및 각종 우수관거를 통해 우수를 집수하고 중수를 이용하는 시스템을 구축하였으며, 오염도가 낮은 생활폐수의 경우 정화 후 물순환 체계로 보내도록 계획함
- (일본) 1980년 이후부터 도시생태계의 복원과 아울러 빗물이 새로운 수자원으로 인식되면서 빗물을 용수로 활용하는 다양한 기술과 제품들이 개발되고 있으며, 공공시설과 민간시설에 설치된 빗물이용시설수는 약 8,000개소로서 저류용량은 35만^m 정도로 추정됨
- (네덜란드) GWL terrein의 경우 수자원 순환과 관련해서 우수 집수 및 재활용계획을 수립했으며, 우수 또한 자연배수를 통해 중앙연못으로 집수하여 수자원 순환의 집결지이자 계절별 변화에 대응하기 위한 우수 저장 공간의 역할을 도모하도록 하였음
- (프랑스) Clichy-Batinoles의 공원에 계획된 대규모 수공간을 활용하여 집수후 재활용토록 계획하고 있으며, 우수 필터링을 통해 중간수준의 오염된 물을 정화하여 생활용수로 재활용하고 이를 통해 일반 프랑스 가정에서 사용하는 물의 양 대비 50% 정도를 절감할 계획에 있음
- (미국) 연방정부가 주도적으로 진행하는 프로그램 대부분은 홍수 방어 대책에 무게를 두고 있음



[그림 2-5] Kanda River 지하 조절지 현황과 효과(일본)

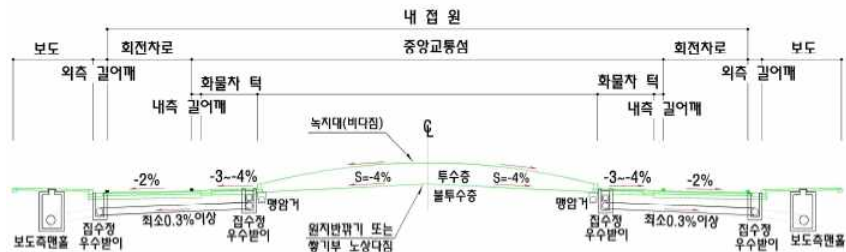
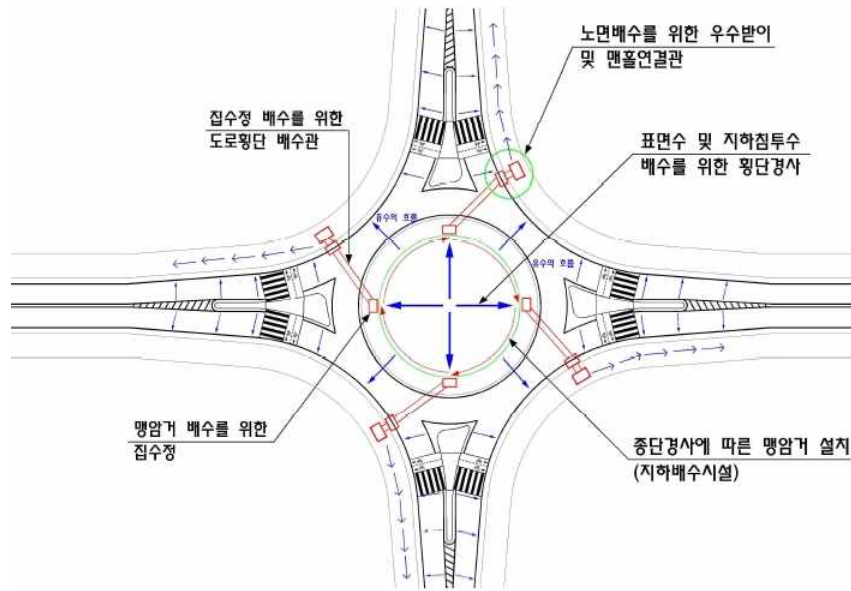
출처 : 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수-가뭄피해 최소화 기술개발, 국토교통부, 2013

제3절 기술 동향

1. 기술 분석

□ 회전교차로 설계기술 현황

- 회전교차로의 설계는 회전교차로 설계지침(국토교통부, 2014)을 기준으로 이루어지고 있으며, 이 중 배수시설은 크게 회전차로의 노면배수시설과 중앙교통섬 녹지대 표면수 및 지하 침투수를 위한 배수시설로 구분함
- 회전차로 노면배수시설은 일반적인 평면교차로의 배수시설계획과 유사하게 계획되며, 회전차로의 횡단면은 회전차로 바깥쪽으로 경사지게 설치하므로, 노면수를 오른쪽 측구에 설치된 우수받이, 집수정, 맨홀 등의 시설로 유도하여 배수함
- 지역별로 사업이 진행됨에 따라 소규모 설계회사에 의해 설계가 진행되고 있는 상황이며, 설계지침의 경우 회전교차로의 계획기준 및 설계요소들에 대해서는 구체적으로 기술하고 있으나, 우수 관리 차원에서 배수공 및 구체적인 설계 및 시공기술에 대한 언급이 미흡함에 따라 이에 따른 실증적 연구가 추가될 필요성이 있음



[그림 2-6] 배수시설 설치 예

출처 : 회전교차로 설계지침, 국토교통부, 2014

□ 국내 우수저류 활용기술 현황

- 오·우수 저류시설 및 차집시설, 빗물이용 및 우수유출 저감방안과 관련된 연구 및 기술개발이 활발하며, 국내에서는 하수의 원격 감시제어 시스템, 차집시설 유량조절장치, 차집시설용 우수관로 개폐장치, 차집시설 공압식·전동식 유량조절장치 등 다양한 방식의 차집시설 기술개발 중에 있음
- 최근에는 LID기법(저영향개발기법)을 활용하여 물순환 도시 조성 등을 위한 연구 및 기술을 개발되고 있으며, LID기법은 현재 빗물유출로 인한 오염물질 제거, 효과적인 물 저장 및 방류에 의한 토양 개량, 투수 콘크리트, 아스팔트 포장 등의 투수성 포장, 식생지붕, 빗물저장을 통한 용수 재이용 등으로 활용되고 있음

[표 2-6] 국내 우수저류조 저장기법 이용사례

시 설	대표사례	개 요
월드컵 경기장	수원월드컵경기장	- 홍수방어를 목적으로 저류조 설치 - 집수면적: 425,000m ² - 저류조 용량: 24,500m ³
	인천월드컵경기장 전주월드컵경기장 서귀포월드컵경기장	- 집수방법: 경기장 지붕을 통한 집수 - 활용용도: 잔디살수, 조경, 소화 용수 등 - 비이용 용수 배제방법: 하천 또는 하수처리장 방류
학교	서울대학교 기숙사	- 200m ² 규모의 빗물 저장탱크 설치 - 화장실 용수와 기숙사 주변 조경용수로 활용
	갈매중학교	- 빗물이용 시범사업으로 60m ² 규모의 빗물 저장소 2기 설치 - 빗물이용은 조경용수 및 청소용수로 활용 - 빗물이용을 통해 물의 소중함을 일깨워주는 장으로 활용
도서지방	선유도	- 섬지역의 특성상 모텔에서 사용되는 요수가 부족함에 따라 설계 단계부터 지하저류조를 고려하여 시공 - 투숙객의 샤워용수 및 청소용수로 활용 - 지역에서는 생활용수로 활용하기 위하여 집수통에 낙수흡통을 연결하여 빗물을 모아 사용
	위도	- 위도 정수장이 건설되기 전까지 빗물이용시설을 설치하여 식수로 활용 - 현재도 일부가 남아있으며, 다른 용도로 사용
공공기관	원주시청	- 옥상집수를 통한 빗물 집수 및 저장 - 시청사의 화장실용수, 소방용수로 사용 - 2008년에는 16,800t 절수
복합건물	스타시티	- 옥상 빗물은 조경용수와 도로청소 용수로 활용하며, 대지 빗물은 장마철의 홍수조절을 위하여 저장 - 1,000m ² 의 저장조 3기로 총 3,000m ³ 저장 가능
저류시설	망우산 저류시설	- 망우산 상류부에저류시설을 설치하여 폭우시 빗물을 임시 저장 후 천천히 흘러내리도록 유도 - 하류지역의 홍수부담 해소 목적
	마들공원 저류시설	- 국지성 집중호우시 저지대 침수방지 목적 - 유사시 방재시설로 활용

출처 : 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수·가뭄피해 최소화 기술개발, 국토교통부, 2013

□ 국외 우수저류 활용기술 현황

- 국외에서는 LID와 관련하여 워싱턴 주 클라크 카운티에서는 빗물감소 소용경비를 공동 부담하며, 애틀란타 상공업 지역에서는 물순환을 고려한 빗물처리시설 설치
- 또한 위스콘신에서는 빗물침투지역 개선 및 도시공원의 설계를 개선하였으며 마이애미 남부 주택단지에서는 빗물 유출수량을 15%까지 감소하는 등 빗물에 대비한 사전 예방적이고 친환경적인 토지이용기법이 적용되고 있음
- 일본의 요코하미시 쓰리미 유역은 천변에 상대적으로 낮게 테니스장을 지어 호우시 우수지로 이용함
- 독일에서는 지하침투를 기본으로 모은 빗물을 잡용수로 활용하고 있음
- 중국의 경우 복건공정학원 빗물저류 프로젝트를 통하여 약200m³ 규모의 빗물을 수집하여 연못의 물을 보충한 사례가 있으며, 강소성 태주시 고향중학교(면적 약 20,000m³, 녹화 지대 40% 이상)의 경우 규모 약 300m³의 우수저류조 설치를 통해 빗물을 저류하여 학교 녹화 지대 관개함

[표 2-7] 국외 우수저류조 저장기법 이용사례

시 설	대표사례	개 요
독일	베를린 소니센터	- 소니센터의 집수면을 통해 빗물 저장 - 오피스타워에서 화장실용수, 조경용수, 소방용수로 활용 - 빗물저장조가 가득 차게 되면 낮은 물은 하수관거로 유입
	하노버엑스포 호수	- 박람회장 표장면을 통해 집수되며, 빗물시스템을 거쳐 방류 - 폭우시를 대비하여 저류지 설치 - 빗물이용은 조경용수, 화장실 및 분수대에서 활용
	코블랜쯔 기술대학	- 지붕을 통한 집수 - 지역의 연간수량은 700m에 불과 - 빗물이용은 화장실용수, 조경용수, 소방용수로 사용
	뮌헨 레오폴드거리	- Munich Reinsurance Company 건물의 지붕을 통해 빗물을 집수 - 빗물이용은 화장실용수, 조경용수로 활용
일본	스미다시	- 스미다시청은 빗물을 집수하여 화장실용수 활용 - 로지손을 활용한 빗물 이용 - 코쿠기칸이라는 스모경기장에서 빗물을 집수하여 화장실용수, 냉각수로 활용
	도쿄돔	- 넓은 지붕을 통한 집수 및 물 사용 - 수자원과 홍수 예방의 측면에서 우수함
미국	미국의 군도	- 많은 섬지역에서 빗물을 일반적으로 이용 - 버진군도는 건물 신축시 지붕을 통한 저류조 설치를 법으로 규정
	텍사스	- 건조지역에 해당하며, 빗물을 이용하는 것이 보다 경제적이라는 생각의 확산

출처 : 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수·가뭄피해 최소화 기술개발, 국토교통부, 2013

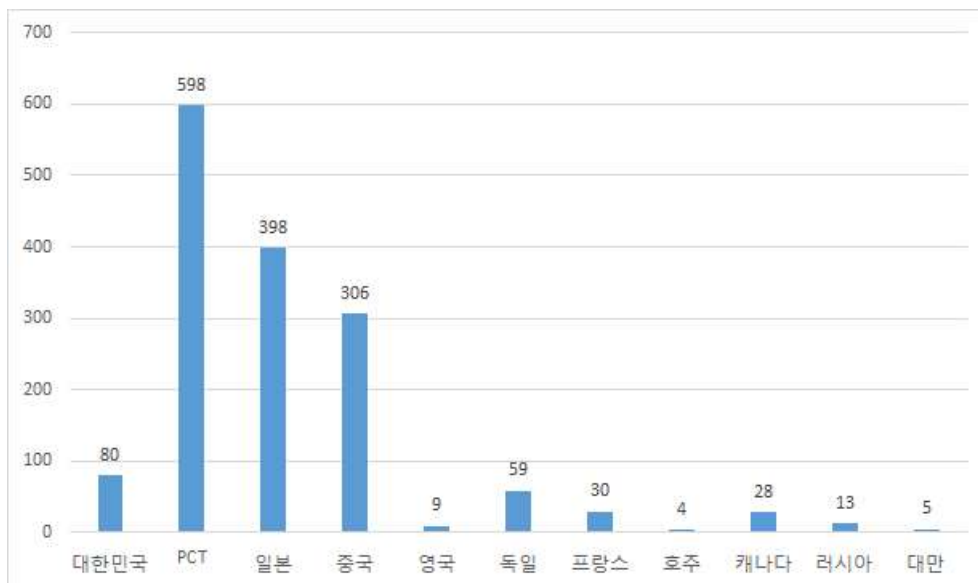
2. 특허 분석

□ 특허 분석 개요

- 관련 특허 검색을 위하여 정부의 특허정보넷인 KIPRIS(www.kipris.or.kr)를 활용하여 회전교차로 및 우수저류에 대한 검색을 실시함

□ 회전교차로를 특허명과 초록으로 하여 검색한 결과 2002년 이후 총 80여개의 관련특허가 검색되고 있음

- 구체적으로 살펴보면 대부분의 회전교차로 관련특허는 네비게이션 업체의 회전교차로에 따른 길안내 방식이 주를 이루고 있으며 설계기술 등의 본 연구와 관련한 특허동향은 발견되지 않고 있으며 해외의 경우도 비슷한 사례를 나타냄
- 접근로별 포화도를 고려한 회전교차로 운영장치 및 그 방법(공주대학교 산학협력단, 안우영, 2016.03.03. 등록)



[그림 2-7] 국가별 회전교차로 관련 특허현황

□ 회전교차로와 마찬가지로 KIPRIS(www.kipris.or.kr)를 활용하여 우수저류에 대한 검색을 실시한 결과 총 302건의 특허가 검색됨

- 대부분 시공방법 및 관리시스템에 대한 내용으로 파악되며 대표적인 관련 특허를 기술하면 다음과 같음
- 차집시설 유량조절장치((주) 동인, 2015.06.30 등록)
- 차집시설용 오수관로 개폐장치((주)이지에버텍, 2013.10.23 등록)
- 초기 우수 비점오염물질을 저감시키는 수처리장치((주) 프로솔, 2014.06.17. 출원)

3. 연구 분석

□ 연구 분석 개요

- 관련 연구검색을 위해 NDSL(scholar.ndsl.kr)을 활용하여 회전교차로 및 우수관련 국내 연구동향을 검색함

□ 회전교차로에 대한 관련연구 분석결과 2005년 이후 많은 연구들이 진행됨

- 하지만, 대부분의 연구는 계획기준, 시뮬레이션 및 교통사고 모형에 국한되어 있으며, 설계 및 시공기술, 배수 등과 연계한 연구는 미흡한 실정임
- 한편, 회전교차로와 관련한 대표적인 R&D는 다음과 같이 정리됨

[표 2-8] 회전교차로 관련 R&D 현황

고유번호	논문명	저자	수행기관	연구비(백만원)
1345177543	교통량 조건을 고려한 다지교차형태의 회전교차로 상세 설계방안	2010-05-01 ~ 2013-04-30	단국대학교 (천안캠퍼스)	60.00
1105009504	한국형 회전교차로 연구정책 지원사업	2014-01-01 ~ 2014-12-31	한국교통연구원	200.00

□ 국내 초기 우수 대응에 관한 연구동향, 즉, 우수저류조 활용기술에 대한 연구는 다음과 같음

[표 2-9] 국내 우수저류조 활용기술에 대한 주요 연구

발주처	연구용역명	비고
국토해양부	- 우수 저류 및 활용기술개발	한국건설기술연구원
	- 우수 저류 및 활용 시스템 적용	
	- 효율적인 빗물관리에 관한 연구	국토연구원
	- 친환경적 단지 조성을 위한 우수 관리 기술 및 공법 개발 연구	한국건설기술연구원
	- 빗물관리 및 활용계획 수립과 저변 확대방안 조사연구	(사)빗물학회
	- 도시 빗물관리시설의 빗물활용 효율성 제고를 위한 연구	(사)한국빗물협회
	- 대체수자원 확보에 관한 연구	국토연구원
- 도시 침수피해 방지를 위한 효율적 실행방안 연구		
환경부	- 빗물이용시설 보급 확대를 위한 정책방안 연구	서울대학교
	- 빗물 수집 및 활용 기술	
	- 비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안	한국정책평가연구원
	- 건전한 생태도시 조성을 위한 빗물관리체계개선연구	(사)한국빗물협회
행정자치부	- 도로노면 초기우수 무동력 처리장치의 실용화	한국건설기술연구원
	- 우수유출저감시설 설치기법 연구 (I ~ V)	국립방재연구소
	- 우수유출 저감시설의 적용을 위한 시범지역 운영방안	
	- 대표시험유역과 저류·침투시설 운영을 통한 재해저감기법 개선	
- 유역분담 저류지 확보 및 관리기술 개발	서울시정개발연구원	

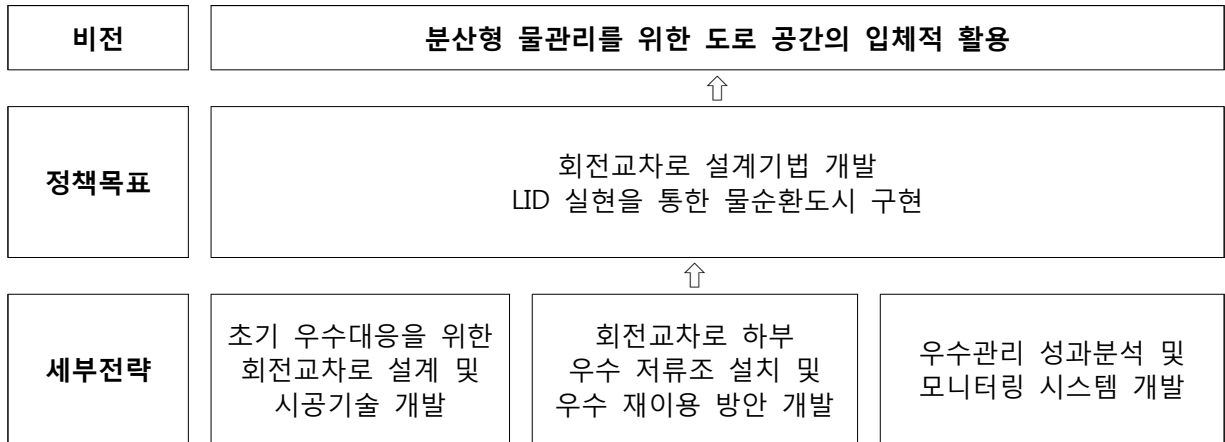
제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제1절 비전 및 목표

1. 연구개발 목표

비전 및 전략

- ‘국가교통 R&D 중장기 전략’ 및 ‘제1차 국가도로종합계획’에서 제시하고 있는 분산형 물관리를 위한 도로 공간의 입체적 활용을 실현을 연구비전으로 선정하고 정책 목표 및 세부전략을 수립함



[그림 3-1] 연구의 비전 및 목표

기본개념

- LID(Low Impact Development, 저영향 개발) 기법을 적용하여 회전교차로 중앙교통섬 하부공간을 활용한 초기 우수 대응 및 우수 재이용 기술을 개발하고, 이를 실현할 수 있는 회전교차로 설계 및 시공기술 개발을 목적함

정책목표

- 초기 우수 대응을 위한 회전교차로 설계기법 연구개발
- LID 실현을 통한 물순환도시 구현

목표실현을 위한 세부전략과제

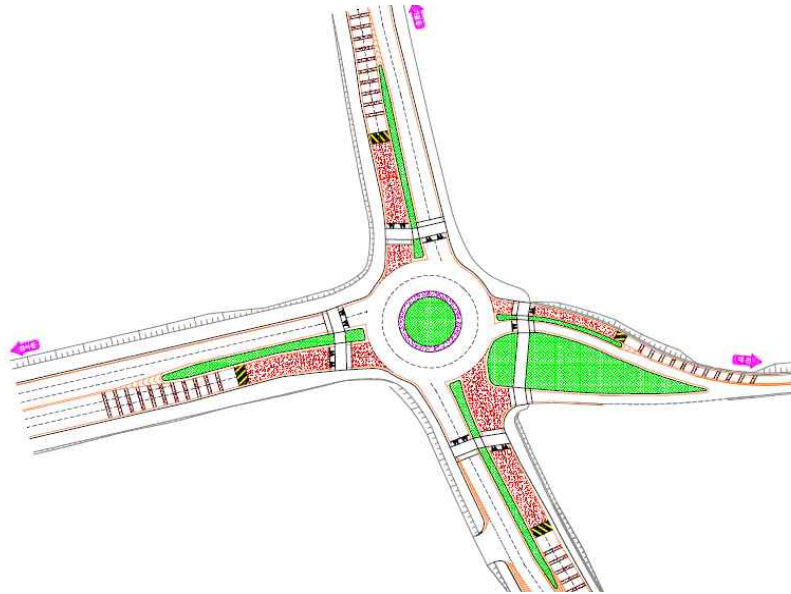
- 초기 우수 대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
- 회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발
- 우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발

2. 개발 세부 내용

가. 초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발

□ 회전교차로 현황 및 문제점 도출

- 국내 회전교차로 설계기준 및 시공현황을 분석하고, 우수관리 관점에서의 회전교차로 운영현황 및 문제점을 도출함



[그림 3-2] 국내 회전교차로 설계사례(충북 청주시 석곡교차로)

출처 : 도로교통공단 충북지부

□ 초기 우수대응 및 우수관리 효율성 증대를 위한 설계 및 시공기술 개발

- 배수 및 우수재활용에 용이한 회전교차로 설계기술을 개발을 위해 회전차로의 횡단경사에 중점을 두고 실시하며, 초기 우수 대응을 위한 포장기법 연구 병행
- 회전교차로의 회전차로를 도로의 평면곡선부 설계관점에서 접근하여 횡방향 미끄럼마찰계수에 근거한 편경사 설치방안에 대한 설계기준에 대한 실증적 연구를 진행

□ 도로의 공간기능(수용공간) 확대 및 우수 재이용 기술과 연계한 설계 및 시공기술 개발

- 우수저류시설 설치를 감안한 최적의 설계 및 시공기술 개발
- 도로의 공간기능 확대를 위한 중앙교통섬 하부 우수저류시설 확보방안 연구
- 우수 재이용을 위한 중앙교통섬 조경기술 개발

□ 공사중 교통처리계획을 고려한 시공기술

□ 회전교차로 설계지침 보강을 위한 기초연구 수행

- 회전차로의 횡단경사 기준과 평면곡선부 관점의 도로 설계기준을 도입하여, 배수를 고려하여 배수공과 포장공에 집중한 실증적 설계기술 개발

나. 회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발

- 회전교차로 내 우수저류시설 설치기준 및 기술개발
 - 국내외 우수관리 현황분석을 통해 회전교차로 하부공간을 활용한 기술분석
 - 초기 우수에 의한 하천 하류 충격방지를 위하여 회전교차로 내 우수 배수시설 설치에 대한 기술개발 및 우수 배수시설뿐만 아니라 우수를 재이용할 수 있는 연계시설 고려
 - LID기법을 적용하여 회전교차로 내 초기 우수대응시설 및 우수 재이용시설을 효율적으로 설치할 수 있는 기술개발
- 우수 재이용을 위한 비점오염 제거장치 기준 및 기술개발
 - 우수 내 비점오염 제거를 위한 비점오염 제거기술 및 실용화 전략 개발
 - 실증적 연구를 통한 실용화 전략 연구
 - 우수 재이용 목적에 따른 비점오염 관리기준 개발
- 우수 재이용을 위한 활용방안 도출
 - 저류시설을 통한 우수 저장 및 재이용(소방용수, 조경용수 등) 기술 개발 및 모니터링
 - 물순환관리 관점에서 효율적인 선행사례를 도출하고 실용화 전략 연구
- 테스트베드 운영방안 수립 및 운영
 - 거점내 테스트베스 운영지점 및 운영방안 수립
 - 회전교차로 및 우수 저류조 현장적용 및 관리



[그림 3-3] 우수 재이용 사례(일본)

출처 : 우수저류침투기술협회, 일본

다. 우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발

- 성과관리 분석지표 및 자료수집 방법론 도출
 - 효율적인 운영성과 모니터링이 가능한 정량적 분석지표 개발하고, 정량적, 정성적 분석을 위한 자료수집 방법론 도출
- 사전사후 분석을 통한 테스트베드 운영성과 분석
 - 물순환관리 및 LID 실현관점에서 테스트베드 운영성과 사전사후 분석
 - 사전분석이 불가능한 경우 비교그룹방식을 활용하여 사전자료 수집
- 우수저류조 및 우수관리를 위한 모니터링 시스템 개발
 - 효율적인 우수저류조 관리 시스템 제안
 - 우수관리를 위한 어플리케이션 개발 및 실용화 전략 연구



[그림 3-4] 홈넷기반 관수운영 어플리케이션 개발사례
출처 : 스마트 관수공급 시스템 매뉴얼, 충청권 건설교통기술 지역거점센터, 2016

3. 과제개발 로드맵

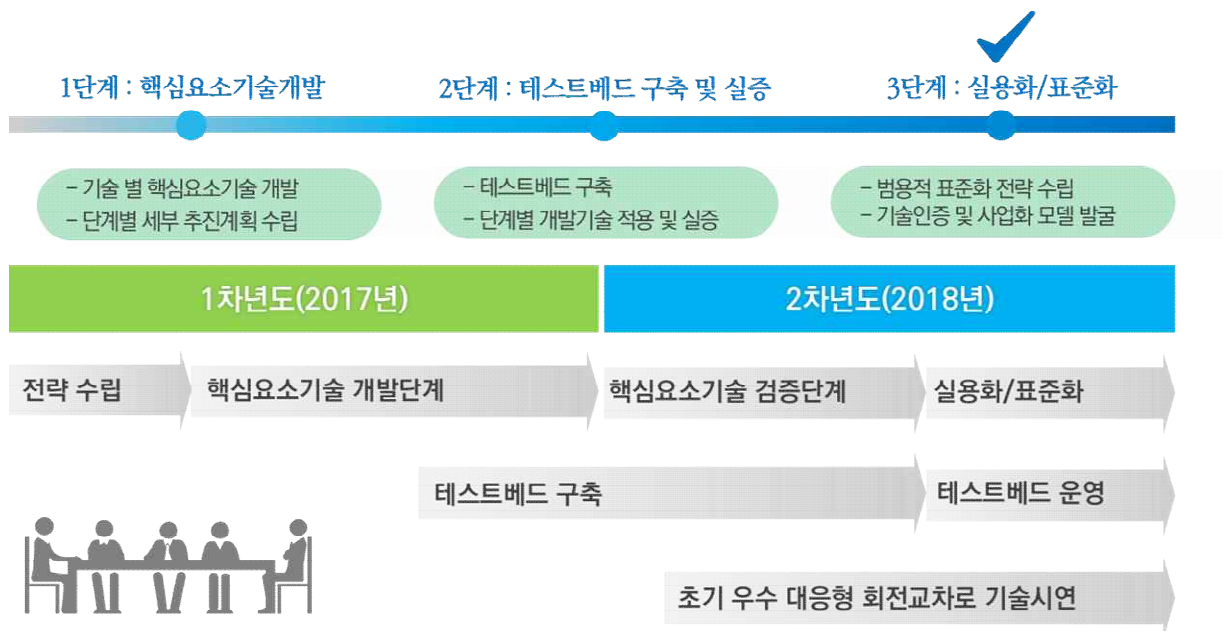
□ 과제 기술개발을 위한 로드맵은 다음과 같음

[표 3-1] 과제개발 로드맵

과제명	1차년도 (2017년)	2차년도 (2018년)
초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	<p>전략 수립</p> <p>설계 및 시공 기술 개발</p>	<p>테스트베드 현장적용</p> <p>시공기술 연구</p> <p>설계지침 기초연구</p>
회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발	<p>전략 수립</p> <p>저류시설 및 비점 오염 제거장치 개발</p>	<p>테스트베드 현장적용</p> <p>우수 활용방안 및 기준연구</p>
우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발	<p>전략 수립</p> <p>사전자료 수집</p>	<p>테스트베드 현장적용</p> <p>효과분석</p> <p>모니터링 시스템 개발</p>

제2절 추진전략 체계

- 본 기술개발은 2년에 걸쳐 총 3단계 추진절차로 구성됨
- 1단계 추진전략 : 핵심요소기술 개발
 - 현황 및 기술분석을 통해 초기우수 대응을 위한 회전교차로 설계기술 개발
 - 우수저류조 설치방안 및 재이용 계획 수립
 - 비점오염 제거장치 기술개발
 - 우수관리 모니터링 전략 수립
- 2단계 추진전략 : 테스트베드 구축 및 실증
 - 거점내 테스트베드 구축
 - 단계별 개발기술 적용 및 실증
 - 실용화 전략기술 개발
- 3단계 추진전략 : 실용화 및 표준화
 - 회전교차로 설계지침 보강을 위한 기초연구
 - 우수 저류조 설치기준 개발
 - 비점오염 제거장치 기준개발
 - 테스트베드 운영성과 분석
 - 우수저류조 및 관리를 위한 모니터링 시스템 개발
 - 기술인증 및 사업화 모델 발굴(거점 내 수요처)



[그림 3-5] 추진전략 체계

제3절 자원 투입계획

1. 인력 투입계획

□ 연구의 기술개발 목표 및 세부구성내용을 토대로 연차별 인력 투입계획을 수립함

○ 2년의 기술개발기간 중 총 30인의 연구 인력이 투입되며, 연차별 인력 투입계획은 다음 표와 같음

[표 3-2] 연차별 인력투입계획

과제명		세부항목	1차년도	2차년도	합계	
초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	책임연구원	2	2	4	
		연구원	2	2	4	
		연구보조원	2	2	4	
		계	6	6	12	
	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발	책임연구원	2	2	4
			연구원	2	2	4
			연구보조원	2	2	4
			계	6	6	12
	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발	책임연구원	1	1	2
			연구원	1	1	2
			연구보조원	1	1	2
			계	3	3	6
계			15	15	30	

2. 소요예산 산정

부문별 소요예산 산정

- 해당과제 인력 투입계획을 토대로 2016년도 회계예규 “예정가격작성기준” 학술연구
용역 인건비 기준단가를 참고하여 작성함

[표 3-3] 부문별 소요예산

(단위 : 억 원)

과제명		연차별 예산		
		1차년도	2차년도	계
초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	1.5	1.5	3.0
	회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발	2.5	2.5	5.0
	우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발	1.0	1.0	2.0
총 계		5.0	5.0	10.2

과제 부문별 소요예산은 다음과 같음

[표 3-4] 부문별 세부소요예산 산출

(단위 : 백만원)

과제명		항 목	연차별 예산		
			1차년도	2차년도	계
초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발	직접비	128	128	256
		간접비	22	22	44
		소계	150	150	300
	회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발	직접비	214	214	428
		간접비	36	36	72
		소계	250	250	500
	우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발	직접비	86	86	172
		간접비	14	14	28
		소계	100	100	200
총 계		직접비	428	428	856
		간접비	72	72	144
		소계	500	500	1,000

제4장 실용화 전략

제1절 현황 분석

1. 기술수준

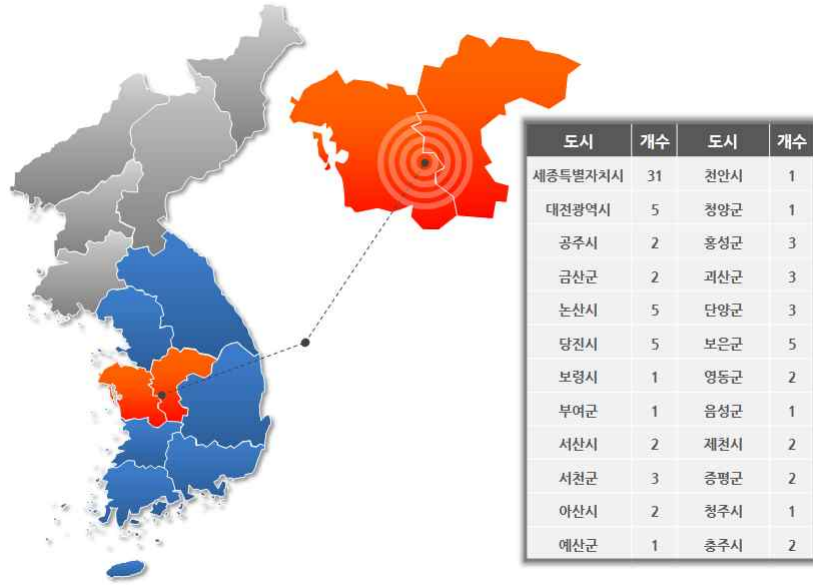
- 회전교차로 설계기준에 대한 연구 필요
 - 국내 회전교차로 관련 기술수준에 대한 분석결과, 대부분의 기술이 계획기준, 시뮬레이션을 통한 운영성과 및 사고모형에 집중되어 있는 점을 발견할 수 있었음
 - 회전교차로 도입 활성화가 전망되는 현 시점을 감안할 때, 보다 다양한 회전교차로 설계기준에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되며, 특히 도로의 공간구조 측면에서 초기 우수대응과 연계한 연구 필요성이 도출됨
 - 또한 회전차로를 도로의 횡단경사 관점이 아닌 횡방향미끄럼에 기반한 편경사 관점에서 바라보는 설계기준 변화와 더불어 저비용의 시공기술 연구가 요구됨
- LID 기법과 연계한 회전교차로 설계기법
 - 우수 효율성 및 도로의 공간기능 강화 측면에서 회전교차로 하부공간에 대한 활용한 우수 저류시설 설치 및 활용방안에 대한 연구가 미흡함을 알 수 있음
 - 물순환도시 구현 측면에서 회전교차로내 중앙교통섬 하부공간을 활용한 우수저류 기술 및 초기우수 대응기술 연구를 통해 국내 LID 기법 기술수준을 증대시킬 수 있을 것으로 예상됨

2. 지역현안

- 회전교차로 활성화 사업을 통해 2016년까지 충청권에 설치되어 운영 중인 회전교차로는 총 86개소로 집계되며, 향후 지속적으로 확대 설치될 예정임
 - 회전교차로의 운영측면과 안전측면에서의 효과가 입증됨에 따라 국가예산이 아닌 자치단체 예산을 활용한 회전교차로 도입도 증가세에 있음
- 물관리 측면에서 충청권의 경우는 홍수피해보다 가뭄피해가 상대적으로 높은편으로 나타나며, 충북보다는 충남지역에서의 가뭄피해가 더 큰 것으로 나타남
- 충청권의 물관리 효율성 측면에서 지천의 수자원뿐 아니라 다양한 수원을 확보하고 저류시설을 설치하여 소규모 단위의 물관리가 원활하도록 유도하여야 함
- 상기 측면에서 회전교차로 설계기술과 물순환도시 구현을 위한 LID 기법과의 융합을 통한 효율적인 연구성과가 도출되기에 좋은 환경을 지니고 있음

제2절 거점 내 수요처 분석

- 현재 충청권에 설치된 회전교차로는 총 86개소로 집계되며, 향후 지속적인 도입 확대가 예상됨에 따라 충청권 모든 지역이 기술개발 수요처가 될 수 있음



[그림 4-1] 거점 내 회전교차로 설치현황

- 한편 거점 내 주요도시인 세종시의 경우 약 28개소의 회전교차로가 설치되어 운영 중에 있으며, 향후 택지개발과 연계하여 약 30개소 이상 추가로 설치될 계획임
 - 세종시 중 3생활권 강변부근에 가장 많이 설치되어 있으며 현재 6생활권이 개발 중
- 세종특별자치시의 회전교차로 도입계획을 감안할 때, 향후 회전교차로 설계 및 시공기술 적용이 가능한 테스트베드 역할을 충분히 수행할 수 있을 것으로 기대됨



[그림 4-2] 세종특별자치시 토지이용계획

출처 : 행복도시건설청 홈페이지

제3절 시장진출전략

1. 기술 표준화 전략

□ 매뉴얼 개발을 통한 제도적 지원체계 구축

- 초기 우수대응 관점에서의 회전교차로 설계기법 연구는 LID 기법과 연계하여 기술 확산 가능성이 높음
- 따라서 연구성과를 토대로 한 제도화 모색을 통해 기술표준화와 확산을 도모함
- ‘회전교차로 설계지침, 국토교통부(2014)’, ‘저영향개발(LID)기법 적용 매뉴얼, 환경부(2013)’ 등에 본 연구 성과가 추가될 수 있도록 노력함

[표 4-1] 토지이용계획별 적용 가능한 저영향개발(LID) 기법

토지이용	저영향개발(LID)기법 적용방안
자동차 도로	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적용 가능 기법 <ul style="list-style-type: none"> - 완충녹지가 있는 도로 : 식생수로, 침투도랑 - 완충녹지가 없는 도로 : 침투통, 침투트렌치, 수목여과박스 ○ 적용방안 및 고려사항 <ul style="list-style-type: none"> - 도로 노면의 유출수가 주변 녹지로 유입될 수 있도록 계획고 및 구배를 고려함 - 공동주택지 인근 등 사람의 동선이 많은 곳은 물고임 등에 따른 민원발생 우려가 있는 경우에는 일정시간 경과후 자연배수 또는 전량 침투되는 기능을 갖추도록 함
보행자 및 자전거 도로	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적용 가능 기법 : 투수성 포장, 투수블럭 ○ 적용방안 및 고려사항 <ul style="list-style-type: none"> - 보행자도로 및 자전거도로에 적용하며, 차량 통행이 많지 않은 이면도로에도 적용이 가능함 - 보행자 민원을 최소화하기 위하여 전면 투수포장 보다는 부분포장을 우선 고려함 - 해당 기법은 공극막힘에 따른 투수능 유지가 곤란한 한계가 있기 때문에 일정기간 투수성능 유지를 담보할 수 있는 기술이어야 함
주차장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적용 가능 기법 : 투수성 포장, 투수블럭 ○ 적용방안 및 고려사항 <ul style="list-style-type: none"> - 주차장 부지는 투수성 포장 및 투수블럭을 적용하되, 주차장 부지에 투수성 기법을 적용하기 곤란한 경우 주변에 침투도랑, 침투통 등을 설치함 - 보행자 민원을 최소화하기 위하여 전면 투수포장 보다는 부분포장을 우선 고려함
공원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적용 가능 기법 <ul style="list-style-type: none"> - 저류지, 침투저류지, 식생수로, 식생여과대 ○ 적용방안 및 고려사항 <ul style="list-style-type: none"> - 공원내 설치되는 시설의 경우 사람의 이용과 접촉이 빈번한 시설이므로 도로노면 유출수 등 주변의 오염도 높은 강우유출수가 유입되지 않도록 함

출처 : 환경영향평가시 저영향개발(LID)기법 적용 매뉴얼, 환경부, 2013

□ 기술개발 성과의 연구논문 발표

- 기술개발 성과에 대한 연구논문 발표를 통해 학계 및 산업계에서의 기술 인증을 위한 노력이 요구됨
- 과업기간 종료 시점 이전까지 최대한 많은 논문성과 도출을 통해 기술 표준화에 노력함

□ 국가 정책방향과의 연계성 강화

- 국가 정책방향과의 연계성 강조를 통해 기술개발성과의 확산을 노력함
- 실제 ‘국토교통 R&D 중장기 전략(2014)’의 10대 중점 프로젝트 중 전략 3. ‘안전하고 편리한 국토공간 조성’을 위한 ⑧분산형 물관리 프로젝트에 부합하고 있음
- 또한, 2016년 국토교통부에서 확정·고시한 ‘제1차 국가도로종합계획(2016~2010)’의 추진과제 중 ‘①-③ 도로공간 입체적 활용’에서 도로 유휴부지를 다각적으로 활용함으로써 도로자산의 효율적 활용을 통한 도로가치 제고를 계획하고 있는 점을 부각할 필요가 있음

2. 기술 실용화 전략

□ 테스트베드를 통한 연구 성과 검증

- 기술 개발 기간내 테스트베드 운영을 통해 기술개발 성과를 정량적 지표를 토대로 입증하고 이를 통한 신규 수요 창출 기대
- 실증적 연구를 통해 기술성과를 검증하고, 언론매체, 지자체 홍보를 통해 기술 실용화를 가속할 수 있도록 노력

□ 상품화 연구개발

- 개발목표 수준을 명확히 하여 개발완료 후 상품화 단계를 거쳐 판매가 가능한 수준의 연구결과를 도출함
- 테스트베드 기간 동안 실증이 가능하도록 충분한 실험을 통해 검증을 받을 수 있는 수준으로 기술 개발
- 개발기술의 획득으로 국내 시장에 적용할 기술의 선점에 초점을 맞추어 대내외의 지적재산권 등록 등을 통한 대한 역량 강화

□ 어플리케이션 개발 등을 통한 실용화

- 우수관리 모니터링 어플리케이션 개발을 통해 기술의 이용 편의성을 증대하고 신규 수요 창출노력을 기울임
- 기술개발의 결과에 대한 실용신안 획득을 통해 적용기술의 선점

제4절 기대효과

- 국가적으로 회전교차로 도입이 증대되고 있음에도 불구하고, 회전교차로의 계획기준 및 교통류 측면에서의 기대효과만이 강조되어 왔음
 - 이에 따라 도로의 공간기능(수용공간)에 대한 관심이 상대적으로 부족하였으며, 설계 기준 측면에서도 횡방향마찰계수를 고려한 회전차로 계획이 미흡함
- 연구를 통해 회전교차로와 초기 우수관리기술의 융합성과를 도출할 수 있을 것으로 기대되며, 이는 전국적인 회전교차로 도입 활성화 및 물순환 도시 구현을 위한 LID 측면에서 높은 기술 확산 가능성을 가짐
 - 우수관리 측면에서도 다양한 연구가 진행되어 왔으나, 도로부지를 활용한 우수관리 및 우수 재이용에 대한 연구는 미흡함
- 회전교차로 설계 측면에서는 초기 우수대응 관점에서의 설계기술 개발이 가능하게 되고, 도로 공간기능(수용공간) 강화가 가능할 수 있을 것으로 예상되며 이를 통해 회전교차로 설계치침에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대됨
- 우수 대응 측면에서도 초기 우수관리 기법 개발을 통한 LID 실현으로 도심 분산형 물관리 효율성을 증대할 것으로 기대되며, 아울러 효율적인 비점오염 제거기술의 기준, 우수 재이용 방안 및 우수 관리시스템 개발 등은 도시환경 개선에 밑바탕이 될 것임

제5장 과제 제안요구서(RFP)

과제명	초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ LID(Low Impact Development, 저영향 개발) 기법을 적용하여, 회전교차로 중앙교통섬 하부공간을 활용한 초기 우수대응 및 우수 재이용 기술을 개발하고, 이를 실현할 수 있는 효과적인 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
2. 기술개발 및 산업/시장동향	<div style="margin-bottom: 10px;"> <input type="checkbox"/> 기술개발의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ (분산형 물관리 중요성) 도시화로 인한 인공지반 증가로 분산형 물관리의 유용성과 필요성이 대두되고 있으며, 이에 LID(Low Impact Development, 저영향 개발) 기법을 적용하여, 초기 우수대응 및 우수 재이용 방안에 대한 기술개발 필요 ○ (회전교차로 설치 확대) 중앙정부는 2022년까지 교통사고 감소에 효과가 증명된 회전교차로를 1,149개소 확대설치 계획에 있으며, 세종특별자치시의 경우 향후 30개소 이상의 회전교차로 추가설치 예정 ○ (우수관리를 위한 회전교차로 설계기법 연구) 현재 회전교차로 설계기준은 계획기준 및 교통운영 성과에 기반하고 있어, 우수관리 관점에서 도로의 공간기능을 증대하는 설계기법 및 시공기술 개발 필요 </div> <div> <input type="checkbox"/> 기술 및 시장 동향 <div style="margin-left: 20px;"> <p>[국내외 기술동향]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (국내) 회전교차로 설계기준은 2014년 국토교통부에서 발표한 ‘회전교차로 설계지침’을 토대로 발전해 오고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 회전교차로의 계획기준 및 설계요소들에 대해서는 구체적으로 기술하고 있으나, 도로설계(편경사) 및 우수관리 측면에 대한 언급 미흡 ○ 우수저류 기술의 경우 2000년 이후부터 우수저류, 침투기술 그리고 재이용 기술에 대한 시범사업 성격의 연구들이 진행되고 있음 ○ 최근에는 LID 기법을 활용하여 물순환 도시 조성을 위한 연구 및 기술을 개발하고 있으나, 도로공간을 활용한 접근은 미흡한 실정임 ○ (해외) 전세계적으로 회전교차로의 도입은 상당히 활성화 되어 있으며, 우수저류 저장기법을 활용한 다양한 연구 및 시도 또한 진행되고 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 독일의 경우 가장 적극적으로 우수이용을 추진하는 국가 - 일본의 경우 공공·민간에 설치된 우수이용 시설수가 약 8,000개소로 집계 - 미국의 경우 중앙정부 주도사업은 홍수방어에 주력하고 있으며, 우수에 대비한 사전 예방적이고 친환경적인 토지이용기법 연구에 주력함 </div> </div>

[국내외 시장동향]

- 물순환 도시 조성을 위한 우수저류 기술산업과 국민안전 강화를 위한 회전교차로 도입산업 모두 지속적으로 증가 추세임
- (우수저류) 2016년 기준 우리나라의 시장규모를 약 3,700억원으로 추정하고 있으며, 세계시장의 규모는 이의 5배 이상을 예상하고 있음
- (회전교차로) 중앙정부의 회전교차로 도입계획을 기초할 때, 2022년까지 시장규모는 약 4,000억원에 이르고, 이후에도 계속 증대될 것으로 예상됨

[국내기업 및 연구기관 기술수준]

- 우수저류시설의 경우 중소기업 위주의 기술개발이 진행되고 있으며, 지역의 경우 농촌지역 물관리에 기초한 기술개발이 이루어지고 있음
- 회전교차로의 경우 정형화된 설계기준이 제시되고 있으나, 지역특성에 따른 능동적 적용에 한계가 있으며, 대부분의 설계 및 시공이 소규모 중소기업에 의해 분산되어 진행되고 있음
- 도로가 가지고 있는 공간기능(수용기능) 증대와 도시물관리를 위한 우수저류 기술에 대한 융합적 연구는 현재까지 진행되지 않은 상황임

3. 연구개발 내용

[1 과제]

○ 회전교차로 하부 저류조 설치방안 및 우수재 이용방안

- 회전교차로내 우수저류시설 기준 및 기술개발
- 우수 재이용을 위한 비점오염 제거장치 기준 및 기술개발
- 우수 재이용을 위한 활용방안 제안
- 테스트베드 운영방안 수립 및 운영

[2 과제]

○ 회전교차로 운영 모니터링 및 시뮬레이션

- 효율적인 운영성과 모니터링이 가능한 지표 개발
- 정량적, 정성적 분석을 위한 자료수집 방법론 개발
- 사전·사후 분석을 통한 효과분석

[3 과제]

○ 회전교차로 설계기술 개발

- 초기 우수대응 및 관리 효율성 증대를 위한 설계 및 시공기술 개발
- 우수저류시설 설치를 감안한 최적의 설계 및 시공기술 개발

- 도로의 공간기능(수용공간) 확대를 위한 설계 및 시공기술 개발
- 우수재이용 기술과 연계한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발

[4 과제]

○ 회전교차로 내 투수성 포장기술

- 초기 우수대응 및 관리 효율성 증대를 위한 포장기술 개발
- 회전교차로 기하구조 다짐 및 압축강도 기준개발
- 공사중 교통처리계획을 고려한 시공기술 개발
- 유지관리에 따른 품질관리방안 개발

4. 연구개발 추진방법

- | | |
|--------|--|
| □ 추진전략 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 목적별·기관별·사용자별 다양한 활용 용도를 반영하여 현재 우수 이용 및 회전교차로 관련 기술 및 제도를 분석하고 활용 가능한 연구성과가 도출될 수 있도록 하며, 단계별 연구성과도 함께 제시 ○ 연차별 연구목표와 성과물 중심의 기술개발 및 연구내용은 상호 유기적으로 연관되도록 추진 ○ 국내외 기존 연구 성과를 최대한 활용하고 현재 진행중인 유사 연구과제와 상호 연계가 될 수 있도록 추진 ○ 선진기술을 보유하고 있는 국내외 연구자 및 실무자, 기관과의 네트워크 확보 및 연구 협업 시스템 구축 ○ 상용화 목표 중심의 연구과제 포트폴리오 구성하고, 사업화 주체가 연구개발 초기부터 참여하여 연구개발의 사업모델을 명확히 설정하여 국가연구개발사업의 ROI(Return On Investment) 제고 ○ 목표 달성을 위해 연구비용과 시간을 줄일 수 있도록 국내외 선도기관과 적극적 외부 협력 추진 ○ 정부기관의 정책방향과 연구개발 방향과 일관성 유지 |
| □ 추진체계 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 산학연 중심의 국내외 연구 기관들의 공동 연구할 수 있는 협업체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 학연: 미흡한 요소기술 개발을 통해 상용기술 보완 - 산업계 : 개발기술의 상용화 추진 ○ 연구책임자는 단계별 연구목표를 수립하고 이에 적합한 추진전략 및 일정 계획을 수립 ○ 기술개발 주체간의 협동 연구체계 구축 및 수행 ○ 연구단의 전체적 연구방향에 부합하는 단계별 연구 수행 ○ 분야별 연구자, 총괄 연구단과의 수시 상호 연계 및 연구정보 공유 |

- 설계사/제작사/설치/운영사 간의 협업 추진 체계 필요
- 연구개발 내용과 관련한 연구진의 인적 능력 구축으로 연구성과 도출
- 국내외 공동 연구 및 자문 인력 확보를 통한 전문가 그룹 구성 및 연계 연구 수행
- 국내외 산·학·연 연구자 및 연구기관과의 전문가 네트워크 구성 및 공동 워크숍 개최
- R&D 연구 기관과의 네트워크 구축을 통한 전주기적 연구 관리

5. 최종성과물

주요
최종성과물

[1 과제]

- 초기 우수대응을 위한 회전교차로 설계 및 시공기술 개발
 - 초기 우수대응 및 우수관리 효율성 증대를 위한 설계 및 시공기술 개발
 - 도로의 공간기능(수용공간) 확대 및 우수 재이용 기술과 연계한 설계 및 시공기술 개발
 - 공사중 교통처리계획을 고려한 시공기술
 - 회전교차로 설계지침 보강을 위한 기초연구 수행

[2 과제]

- 회전교차로 하부 우수 저류조 설치 및 우수 재이용 방안 개발
 - 회전교차로 내 우수저류시설 설치기준 및 기술개발
 - 우수 재이용을 위한 비점오염 제거장치 기준 및 기술개발
 - 우수 재이용을 위한 활용방안 도출
 - 테스트베드 운영방안 수립 및 운영

[3 과제]

- 우수관리 성과분석 및 모니터링 시스템 개발
 - 성과관리 분석지표 및 자료수집 방법론 도출
 - 사전사후 분석을 통한 테스트베드 운영성과 분석
 - 우수저류조 및 우수관리를 위한 모니터링 시스템 개발

6. 연구기간 및 지원예산

- 전 체
- 총 연구기간 : 2 년
 - 총 연구비 : 10억원

7. 기대효과 및 파급효과

- 국가적으로 회전교차로 도입이 증대되고 있음에도 불구하고, 회전교차로의 계획기준 및 교통류 측면에서의 기대효과만 강조
- 연구를 통해 회전교차로의 초기 우수관리기술의 융합성과를 도출할 수 있을 것으로 기대되며, 이는 전국적인 회전교차로 도입 활성화 및 물순환 도시 구현을 위한 LID 측면에서 높은 기술 확산 가능성을 가짐
- 회전교차로 설계 측면에서는 초기 우수대응 관점에서의 설계기술 개발과, 도로 공간기능(수용공간) 강화가 가능할 것으로 예상되며 이를 통해 회전교차로 설계지침에도 영향을 미칠 것으로 기대됨
- 우수 대응 측면에서도 초기 우수관리 기법 개발을 통한 LID 실현으로 도심 분산형 물관리 효율성을 증대할 것으로 기대되며, 아울러 효율적인 비점오염 제거기술의 기준, 우수 재이용 방안 및 우수 관리시스템 개발 등은 도시환경 개선에 밑바탕이 될 것임

참고문헌

1. 다양한 유형의 국외 회전교차로와 도입 경위, 월간교통, 유정호. 2011.
2. 회전교차로 대상지 선정기준 및 효과분석 연구, 경원대학교, 2011.
3. 우수저류조 저장기법을 활용한 강원지역 홍수·가뭄피해 최소화 기술개발, 국토교통부, 2013.
4. 환경영향평가지 저영향개발(LID)기법 적용 매뉴얼, 환경부. 2013.
5. 창조경제 실현을 위한 국토교통 R&D 중장기 전략, 국토교통부, 2014.
6. 도로설계편람, 국토교통부, 2016.
7. 석곡사거리 교차로(홍덕구 강서동) 회전교차로 운영 타당성 검토, 도로교통공단, 2016.
8. 세종특별자치시, 위키백과.
9. 우수이용의 추진에 관한 가이드라인(안), 일본 국토보전국. 2016.
10. 제1차 국가도로종합계획(2016~2020), 국토교통부, 2016.
11. 청북교회앞 교차로 개선계획 설계보고서, 도로교통공단, 2016.
12. 충청권 연구개발 인프라 구축 및 지역소도시 재생을 위한 수재생저류조, 자동배수장치, 보호공, 스마트 관수공급기술 개발, 국토교통부, 2016.
13. 회전교차로 정책연구 지원사업 홈페이지, 한국교통연구원.
14. <http://scholar.ndsl.kr/schBrief.do>.
15. <http://www.ntis.go.kr/ThMain.do>.
16. Roundabouts in the United States, NCHRP Report 572, NCHRP.
17. Roundabouts : An Informational Guide, Second Edition, FHWA, 2010.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.