

빗물침투시설 설치에 의한 대전시 빗물유출 및 배출부하량 저감 효과

이 재 근

빗물침투시설 설치에 의한 대전시 빗물유출 및 배출부하량 저감 효과

이 재 근

연구진

연구책임

- 이재근 / 도시기반연구실 연구위원

요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 필요성

○ 도심의 물 환경 변화

- 1960년대 이후 도시개발이 본격적으로 진행됨에 따라 불투수 면적이 증가하여 우천 시 개발이전에는 땅속으로 스며들었던 빗물이 일시에 지표면과 배수 시설을 통하여 하천으로 유입되게 됨
- 특히, 집중호우 시에는 하천변이나 저지대에서 침수피해가 상습적으로 발생하게 됨

○ 물 환경 변화에 따른 문제점 발생

- 홍수피해 문제를 해결하기 위하여 하천을 콘크리트로 확장·개수하여 통수능을 증대시켰으나 다른 면에서는 환경을 악화시키는 상태를 가져오게 됨
- 불투수층 증가는 지하수위 저하와 용천수 고갈 등의 현상이 발생하고 하천유량은 급격하게 감소하여 친수공간으로서의 하천이 사라지게 되었고 갈수시에 생활용수의 확보를 어렵게 함
- 또한, 침투면적의 감소는 지표면증발량을 저감시켜 열섬현상의 원인이 되고 있음

○ 빗물침투시설 설치의 필요성

- 현재 도심에서의 빗물은 하수도나 지표면을 통하여 하천과 바다로 유출시키는 인공적인 흐름으로 변화되었음
- 이에, 지금까지의 강우 시 배제중심으로 추진되어 온 치수대책이 한계를 되돌리기 위하여 자연계에서의 강우→증발→침투→유출이라는 물 순환으로 되돌릴 수 있는 방안이 모색되어야 함

■ 연구의 목적 및 주요내용

- 효율적인 관리와 자연물순환이 이루어지는 빗물 친화도시 조성을 위한 다음의 연구가 필요
 - 빗물관리는 도시화에 따른 빗물유출저감대책만이 아니라 도시의 건전한 물환경과 물순환계가 회복되도록 구성
 - 하수도 및 하천으로 빗물유출량을 저감하는 것과 함께 지하수를 함양하고, 빗물이용을 촉진하여 쾌적한 환경창조에 기여
 - 대전시 전체측면에서 물 환경이 최대한 회복되도록 빗물이용, 빗물침투, 빗물저류시설을 적절하게 설치
 - 도시 대부분 하수관거가 부설되어 있고, 불투수면인 포장도로 비율이 매년 증가하고 있으므로 하수관거와 도로 및 보도에 빗물관리시설(빗물침투시설)을 적극적으로 도입하도록 계획

- 연구의 주요내용
 - 도심의 불투수면 증가에 따른 환경, 수해 등 피해에의 영향 분석
 - 빗물이 도심의 하천환경에 미치는 영향과 그 대책의 제시
 - 빗물침투시스템 구축을 위한 대상량 산정 (40년간 강수량 및 시간별 강수량 검토에 따른 빗물침투시설 저류가능량 산정)
 - 빗물침투에 따른 관거배출유량 및 관거배출부하량의 감소량 산정 및 이에 따른 환경적인 개선사항 제시
 - 빗물침투시설 설치에 따른 수질오염총량제도에의 효과 및 개발대체 효과의 분석

■ 결론

○ 대전시 독립강수량별 강수량 분포

- 40년간의 강수 검토결과, 대전시 강수는 대부분 10 mm 이내에 집중되어 있지만, 강수량은 10 mm 이상에 대부분 집중되어 있음

월별		독립강수량 범위별 강수량 및 발생횟수								전체
		0-2	2-4	4-6	6-10	10-20	20-30	30-50	50 이상	
강수량	mm	32.87	39.10	47.04	94.03	199.64	171.26	268.64	472.37	1324.94
	%	2.48	2.95	3.55	7.10	15.07	12.93	20.28	35.65	100.00
발생횟수	회	99.23	17.38	11.49	20.02	17.11	7.81	7.77	7.71	188.53
	%	52.64	9.22	6.10	10.62	9.08	4.14	4.12	4.09	100.00

○ 대전시 빗물침투시설 설계침투량

- 2011년 시간별 강수량을 기준으로 강수량은 1,943.4 mm였지만 10 mm가 표면침투 및 증발로 1,620.4 mm만이 빗물을 침투할 수 있는 대상에 해당됨

구분	빗물침투 대상량 (m ³ /hr)	설계 침투량 (m ³ /회)	침투시설 설계용량 (m ³)	침투가능 강우유량 (mm)	강수량 (mm)	침투시설 필요갯수 (개)
합 계	326,444	249,285	249,285	1,620.4	1,943.4	138

○ 대전시 빗물관리대상 유량의 변화

- 1,620.4 mm의 빗물침투시설 유입가능 대상량에서 4.2 mm/hr의 빗물침투시설 침투능력에 따라 142.3 mm에 해당하는 빗물이 침투될 수 있음. 또한 설계용량을 초과하여 월류하게 되는 침투시설 월류량은 44일 동안 1,478.1 mm였음

구분	강수패턴		빗물관리대상		침투시설 월류대상		침투시설 침투량 (mm)
	강수량 (mm)	강수 일수 (일)	유입가능 대상량 (mm)	유입가능 대상일수 (일)	침투시설 월류량 (mm)	월류가능 대상일수 (일)	
합 계	1,943.4	112	1,620.4	58	1,478.1	44	142.3

○ 빗물침투저류시설에 의한 배출부하량의 감소

- 대전시 2011년 배출부하량 산정결과 19,856.6 kg/일이 배출되었는데, 빗물침투시설 설치에 의하여 19,505.6kg/일이 배출되어 351.0 kg/일이 감소됨

구분	배출유량 (m ³)	배출부하량 (kg/일)	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)
설치 전	681,292.2	19,856.6	7,554.3	12,302.3
설치 후	678,584.9	19,505.6	7,554.3	11,949.1

○ 비점오염 저감시설의 설치효과

- 처리되지 않고 월류·배출되는 침투시설 월류량을 비점오염저감시설에 도입할 경우 2,549.3 kg/일의 효과를 얻을 수 있음

구분	삭감전 배출부하량	유입대상 부하량	저감가능 부하량	삭감후 배출부하량
합 계	19,505.6	5,098.5	2,549.2	16,956.3

○ 추가개발 효과

- 대전시 빗물침투시설 설치에 따라서 2,900.3 kg/일이 삭감되는 효과가 있는 것으로 나타남. 수질오염총량제에서는 “선삭감-후개발”의 논리로 개발사업을 제한하고 있는데, 이러한 삭감은 미개발지역의 34.2 km²을 대지로 지목변경하는 효과 및 5 mg/L로 배출되는 하수처리장에 약 232만인의 인구가 추가로 전입할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타남

삭감부하량 (kg/일)	기타지목 원단위 (kg/km ²)	대지지목 원단위 (kg/km ²)	원단위 증가 (kg/km ²)	개발효과 (km ²)
2,900.3	1.0	85.9	84.9	34.2

삭감부하량 (kg/일)	처리장 배출농도 (mg/L)	물 사용량 (L/인/일)	처리장 추가배출 (m ³ /일)	인구증가 (인)
2,900.3	5	250	580,060	2,320,240

■ 정책제언

- 빗물침투시설 설치를 위한 장기 프로젝트 조성
 - 1단계 : 도심형태, 인근하천과의 관계, 토지침투계수, 토지 기울기, 공공용지 확보가능성 등의 변수를 고려한 적정 빗물침투시설의 입지계획 수립
 - 2단계 : 적정 빗물침투시설 입지에서의 침투대책면적 및 빗물침투시설의 종류를 고려한 설계용량의 산정
 - 3단계 : 빗물침투시설의 보급 확대를 위하여 시범 적용되고 있는 지역에서의 관리현황 및 문제점을 파악하고, 향후 비점배출부하량 감소를 진행할 수 있는 점진적인 빗물침투시설의 적용이 요구됨

- 대전시 수질오염총량제와의 관계 수립
 - 실제 적용되는 빗물침투시설의 위치 및 용량을 기준으로 수계오염 총량관리 기술지침을 적용한 삭감부하량을 산정
 - 빗물침투시설 설치 기간에 따라 제3단계(2016~2025년) 및 제4단계(2026~2035년)에서의 삭감부하량을 분류
 - 수질오염총량제에서 결정된 삭감부하량에 따른 대전시 개발사업부하량의 할당여부 결정

- 목 차 -

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	3
제2절 목적 및 연구방법	5
제2장 관련규정 및 연구내용	9
제1절 관련법률 및 규정	11
제2절 빗물침투시설	21
제3절 CSOs	27
제4절 빗물관리 사례	31
제3장 강수에 의한 대전시 유출패턴 분석	41
제1절 대전시 강수패턴	43
제2절 대전시 침투시설 대상지역의 선정	51
제3절 강수시 우수배출유량 산정	56
제4장 강수에 의한 유출저감 적용방안	65
제1절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출대상 감소	67
제2절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출부하량 감소	69
제3절 빗물침투시설의 적정 위치 제안	76

제5장 결론 및 정책제언	77
제1절 결론	79
제2절 정책제언	82
참고문헌	83
부록	85

- 표 목 차 -

<표 2-1> 빗물관리의 관련법규 주요내용	15
<표 2-2> 대전시와 세계의 연평균 강수량 및 1인당 강수량	19
<표 2-3> 합류식 하수관거 월류수의 특성	28
<표 2-4> 비점오염물질 저감시설 및 처리효율	30
<표 2-5> 미국의 CSOs 제어정책 개요	34
<표 2-6> 유럽의 CSOs 대책 - 프랑스, 독일	39
<표 2-7> 유럽의 CSOs 대책 - 네덜란드, 영국	40
<표 2-8> 유럽의 CSOs 대책 - 벨기에, 스페인	40
<표 3-1> 대전시 40년간 독립강수량 분포에 따른 월별 평균강수량	44
<표 3-2> 대전시 40년간 강수량 분포에 따른 월별 평균강수 발생횟수	45
<표 3-3> 대전시 40년간 이용가능강우에 대한 월별 평균 강수량	47
<표 3-4> 2011년 대전시 일별 강우량	49
<표 3-5> 설치장소별 적용 가능한 빗물침투시설	53
<표 3-6> 대전시 자치구별 토지특성 산정결과 (2011)	54
<표 3-7> 대전시 자치구별 건축 및 대지면적의 빗물침투시설 대상 규모 산정 ...	55
<표 3-8> 빗물침투시설 설치가능지역 토양형	57
<표 3-9> 대전시 자치구별 빗물침투대책량	60
<표 3-10> 대전시 자치구별 빗물침투시설의 저류용량	60
<표 3-11> 대전시 자치구별 빗물침투 계획	61
<표 3-12> 대전광역시 월별 빗물침투시설 유입·월류패턴 (2011)	62

<표 4-1> 빗물관리 대상일수의 변화	67
<표 4-2> 빗물관리 대상 강수량의 변화 (mm)	68
<표 4-3> 빗물관리 대상유량의 변화 (m ³)	68
<표 4-4> 대전시 2011년 배출부하량 현황	71
<표 4-5> 대전시 2011년 배출부하량 현황 (kg/일) - 빗물침투시설 설치시	72
<표 4-6> 대전시 2011년 주요 비점배출부하량 현황 (kg/일)	73
<표 4-7> 비점오염저감시설 저감효율	74
<표 4-8> 대전시 2011년 배출부하량 현황 (kg/일) - 비점오염저감시설 설치 후	74
<표 4-9> 토지개발 효과	75
<표 4-10> 인구유입 효과	75

- 그림 목 차 -

<그림 2-1> 우리나라의 수자원 이용현황	20
<그림 2-2> 대규모 건축물 옥상 및 지상면의 설치 배치도	24
<그림 2-3> 옥상 및 주차장이 있는 건물에서의 설치 배치도	25
<그림 2-4> 학교옥상 및 운동장의 설치 배치도	26
<그림 2-5> 도로의 빗물받이에 설치하는 설치 배치도	26
<그림 2-6> 합류식 하수관거 개요도	29
<그림 2-7> 시코고의 지하터널식 저류시설 (TARP)	38
<그림 2-8> 보스턴 지역의 초기유수저류시설 처리공정도	38
<그림 3-1> 대전시 40년간 월별 강수량 강수발생 분포	46
<그림 3-2> 대전시 40년(1970~2009)간 월별 이용가능강우의 평균강우발생횟수 ..	48
<그림 3-3> 빗물침투대책량 산정 개념도	56
<그림 3-4> 대전시 2011년 강수량, 유입강수량, 침투강수량, 월류강수량	63
<그림 3-5> 대전시 2011년 강수일수, 유입일수, 월류일수	63
<그림 4-1> 대전시 빗물침투시설 설치가능 투수지역	76

제 1 장

서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성

제2절 목적 및 연구방법

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

빗물의 이용, 침투 및 저류는 도시물순환을 회복시키고 도시화로 발생하는 하천 유량감소 및 수질오염, 수자원확보의 어려움, 침수피해, 열환경심화를 저감시킬 수 있는 방안으로 중요성이 증가하고 있다. 서울시는 빗물관리에 대해 우리나라에서 가장 선도적으로 사업을 진행하고 있는데, 1962년 이후 도시개발이 본격적으로 진행됨에 따라 불투수면적이 증가하여 우천시 개발이전에는 땅속으로 스며들었던 빗물이 일시에 지표면과 배수시설을 통하여 하천으로 유입되게 되었고, 특히 집중호우는 하천변이나 저지대에서 침수피해가 상습적으로 발생하게 되었다. 이러한 홍수피해 문제를 해결하기 위하여 하천을 콘크리트로 사면 확장하여 개수하여 통수능을 증대시켰으나 이는 치수측면에서는 최적의 해결책이 될 수 있지만 다른 면에서는 환경을 악화시키는 상태를 가져오게 되었다. 지하수위 저하와 용천수 고갈 등의 현상이 발생하고 하천유량은 급격하게 감소하여 친수공간으로서의 하천이 사라지게 되었고 갈수시에 생활용수의 확보를 어렵게 만들었으며, 침투면적의 감소는 지표면증발량을 저감시켜 열섬현상의 원인이 되고 있다. 이와 같이 도시화는 빗물을 대부분 하수도나 지표면을 통하여 하천과 바다로 유출시키는 인공적인 흐름으로 변화시켜 자연계에서의 강우→증발→침투→유출이라는 물순환에서 크게 벗어나게 되어 지금까지의 강우시 배제중심으로 추진되어 온 치수대책이 한계가 있는 것으로 나타났다.

이에, 대전시는 2009년 “대전광역시 빗물관리에 관한 조례”에서 제시한 물순환체계구축의 목표를 달성하면서 앞으로 다가오는 빗물관리의 여건과 전망을 반영하여 대전광역시의 물 환경 문제점을 해결할 수 있도록 설정하고 있다. 대전시는 도시화에 의한 인공적인 요인 발생으로 인하여 도시형 수해의 빈발, 평상시의 하천건천화, 지하수 고갈, 수질오염, 생태계의 변화 등 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 이

러한 문제점들은 ①불투수면의 증가, ②홍수피해의 증가, ③수자원 확보의 어려움, ④수질의 오염, ⑤하천 유지유량의 감소, ⑥생태계의 변화, ⑦열섬현상 심화 등을 유발하게 되었다. 이에, 이러한 문제들을 해결하기 위하여 “대전광역시 빗물관리 기본계획”에서는 다음과 같은 빗물관리 기본방향과 목표를 정하였다.

- ① 빗물관리는 도시화에 따른 빗물유출저감대책만이 아니라 도시의 건전한 물환경과 물 순환계가 회복되도록 구성한다.
- ② 하수도 및 하천으로 빗물유출량을 저감하는 것과 함께 지하수를 함양하고, 빗물이용을 촉진하여 쾌적한 환경창조에 기여하도록 한다.
- ③ 도시 전체측면에서 물 환경이 최대한 회복되도록 빗물이용, 빗물침투, 빗물저류시설을 적절하게 설치하도록 한다.
- ④ 빗물이용시설과 빗물침투시설은 비강우시에 물환경 및 물순환 보전을 위하여 실시하며, 특히 빗물이용시설은 수자원의 확보측면에서 물을 효율적 이용하기 위한 시설계획 및 운영계획을 마련한다.
- ⑤ 빗물저류시설은 홍수시의 방재시설로서 침수피해를 저감시켜 도시지역의 안전성 확보를 위하여 설치계획한다.
- ⑥ 도시 대부분 하수관거가 부설되어 있고, 불투수면인 포장도로 비율이 매년 증가하고 있으므로 하수관거와 도로 및 보도에 빗물관리시설(빗물침투시설)을 적극적으로 도입하도록 계획한다.
- ⑦ 빗물관리시설의 계획은 대전광역시가 하며, 자치구는 공공시설, 도로, 공원, 학교를 대상으로 설치·관리하고, 민간은 주택개발, 건축물, 단독주택을 대상으로 추진하도록 구성한다.

제2절 목적 및 연구방법

1) 목적 및 기대효과

대전광역시 빗물관리 기본계획의 기본방향에 근거한 빗물관리는 “효율적인 관리와 자연물순환이 이루어지는 빗물 친화도시 조성”을 목표로 한다. 대전광역시는 물환경 그린도시의 형성으로 시민이 생활함에 있어 물의 부족함이 없이 쾌적하고 안전하며 자연환경을 보전하고 회복시킬 수 있도록 설정하였다.

빗물침투의 목표를 이루기 위해서 “건전한 빗물관리와 자연물순환”은 빗물과 자연의 물 순환이 기본적으로 손상되지 않아야 하며, 도시특성을 충분히 고려하고 인간활동에 의한 물 환경의 피해가 되도록 일어나지 않게 하여야 하며, 지속적 기능을 최대한 살려나가는 것으로 한다. 또한 우천시 지표면에 내린 빗물이 하수관거나 하천으로 유출되기 이전에 자연에 침투시킴으로써 유출량을 감소시키고 유출시간을 늦추는 등 해당 구역에서의 건전한 물 순환이 일어날 수 있을 것이다. 또한 빗물침투를 통한 지하수함양으로 건전한 생태적 토양환경을 유지할 수 있고, 빗물의 증발산을 활발하게 하여 도시열섬화 현상을 완화시킬 수 있다.

2) 연구의 내용 및 범위

본 연구를 수행하기 위하여는 빗물관련 기초현황을 비롯하여, 빗물침투시설을 도입하기 위한 사례 및 결과를 도출하기 위한 객관적인 방법을 제시하는 내용이 필요하다.

가) 빗물 발생 및 관리현황

- 과거 강수량 분석에 의한 빗물 유출 및 발생 특징 분석

- 빗물침투 측면에서의 빗물관리 현황 및 문제점 분석

나) 빗물침투 정책의 기본목표 및 방향 설정

- 빗물침투정책의 기본 방향 설정
- 빗물침투시설 도입에 따른 환경에의 파급효과

다) 빗물관리정책의 평가를 위한 기준 제시

- 빗물침투에 대한 관리정책의 개선방안 제시
- 효율적인 빗물관리시설 설치방안 및 투자방안 등
- 빗물침투시설 설치에 따른 배출부하량 변화요인 산정의 기준 제시

라) 빗물침투시설의 구축 및 관리방안

- 대전광역시 빗물관리시설 구축계획 마련
- 빗물침투시설의 이용방안 제시 및 설치확대 방안 마련

마) 대전광역시 빗물관리 시행

- 대전광역시 빗물관리시설 구축계획 마련
- 빗물침투시설의 이용방안 제시

3) 연구의 방법

가) 현황에 대한 자료의 분석

- 불투수면 증가에 따른 환경, 수해 등 피해 실태 분석
- 대전시의 일별, 시간별, 분별 강수특성 분석
- 빗물침투에 관련한 외국의 자료 조사 및 검토
- 빗물이 하천환경에 미치는 영향과 대책의 제시

나) 빗물침투시설 구축에 따른 효과 및 시스템의 관리방안

- 빗물침투시스템 구축을 위한 대상량 산정 (40년간 강수량 및 시간별 강수량 검토에 따른 빗물침투시설 저류가능량 산정)
- 대전광역시에 적합한 빗물침투시설의 표준안 제시
- 빗물침투시설의 설치 확대 방안 제시

다) 빗물관리 정책수립의 기본방향 및 추진결과 예측

- 빗물침투시설을 설치하는데 적정한 대전시 구역의 제시
- 빗물침투에 따른 관거배출의 방지량 산정
- 빗물침투시설의 설치에 따른 환경적인 개선사항 제시

제 2 장

관련규정 및 연구내용

제1절 관련법률 및 규정

제2절 빗물침투시설

제3절 CSOs

제4절 빗물관리 사례

제2장 관련규정 및 연구내용

제1절 관련법률 및 규정

1. 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙

도시화에 따른 불투수면의 증가로 인한 자연적 물의 순환이 어려워지며, 이로 인한 지하수 고갈, 도심하천의 건천화, 도시침수 및 하천수질오염 유발 등 도시생태계 전반에 걸친 부작용이 심화됨에 따라 기존 수자원의 의존도를 줄이고 그동안 버려졌던 빗물과 하수처리수 등의 순환이용을 촉진하고자 2007년 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」이 입법예고 되었으며, 2008년 빗물의 통합관리, 빗물침투 및 저류시설관련규정을 삭제하고 폐수처리수 재이용 관련 규정을 추가하여 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」¹⁾로 법제명이 변경되어 2010년 6월 8일에 제정되었다. 이 법률에 관련한 규칙 제4조에서는 물 재이용시설의 시설 및 관리에 대해서 아래의 기준을 제시하고 있다.

- 지붕에 떨어지는 빗물을 모을 수 있는 집수시설
- 처음 내린 빗물을 배제할 수 있는 장치나 빗물에 섞여 있는 이물질 제거할 수 있는 여과장치 등 처리시설
- 위의 처리시설에서 처리한 빗물을 일정기간 저장할 수 있는 빗물저류조

이러한 저류조는, 빗물을 지하로 침투시키는 침투저류조와는 빗물의 중수도 사용과는 약간 다른 목적을 가지지만 시설 및 관리기준에서는 거의 비슷한 면을 보이고 있다. 단, 물을 재사용하는 중수도와는 다르게 빗물을 도시화 이전의 자연상태와 같이 지하에 침투시키는 것을 목적으로 하고 있다.

1) 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙 (환경부령 제417호, 2011.6.9 제정)

2. 빗물에 의한 배수시설에 관한 법률

(1) 도로와 다른 도로 등과의 연결에 관한 규칙²⁾

제9조에서는 노면의 빗물 등을 처리할 수 있도록 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 제2조제29호에 따른 길어깨의 바깥쪽에 연석을 설치하도록 되어 있다. 이러한 도로의 설치는 하수도시설과 연계되어 강수시 하수관거에서의 월류유출 증가 및 침투능력 감소의 원인이 되고 있다.

(2) 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙³⁾

제12조에서는 도로의 구조 및 설치에 관한 일반적 기준을 제시하였다. 특히 도로의 배수시설에는 노면의 배수에 지장을 주지 아니하는 범위안에서 빗물이 땅속에 스며들게 유도하는 시설을 설치하도록 하였다.

(3) 도시 및 주거환경정비법 시행령⁴⁾

제41조에서는 도시 및 주거환경정비의 사업시행계획서에 필요한 항목을 제시하였으며, 특히 빗물처리계획을 포함시켜 도심에 내린 빗물이 원활하게 처리될 수 있도록 하였다.

(4) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률⁵⁾

이 법 제2조에서는 “강우유출수”를 비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈녹은 물 등을 말하고 있다. 더불어 “불투수층”은 빗물 또는 눈녹은 물 등이 지하로 스며들 수 없게 하는 아스팔트, 콘크리트 등으로 포장된 도로, 주차장, 보도 등을 정의하고 있다. 이 법은 수질오염으로 하천·호소 등 공공수역의 수질 및 수생태계를 적정하게 관리·보전함을 목적으로 하고 있으며, 이에 다양한 종류

2) 도로와 다른 도로 등과의 연결에 관한 규칙 (국토해양부령 제456호, 2012.4.13, 타법개정)

3) 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 (국토해양부령 제490호, 2012.6.28, 일부개정)

4) 도시 및 주거환경정비법 시행령 (대통령령 제24007호, 2012.7.31, 일부개정)

5) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 (법률 제11258호, 2012.2.1, 일부개정)

의 오염물질 배출을 억제하고 있다. 특히 제4조의 수질오염물질의 총량관리를 보면, 수계영향권별로 배출되는 수질오염물질을 총량으로 관리할 수 있다고 명시하였으며, 이는 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」로 각 수계 및 지자체별 오염배출할당을 지정하고 있다. 이에, 오염총량 초과 부담금 및 할당부하량 초과 지방자치단체에 대한 지원 및 불이행에 대한 제재 등을 받지 않게 하기 위해서는 빗물이 원인이 되는 비점오염배출의 저감이 필요한 실정이다.

(5) 저탄소 녹색성장 기본법⁶⁾

이 법은 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용하여 국민의 삶의 질을 높이는 것을 목적으로 하고 있다. 이 법 제64조에서는 에너지절약형 친환경 주택 건설기준으로 자연지반의 보존, 생태면적율의 확보 및 빗물의 순환 등 생태적 순환기능 확보를 위한 외부환경 조성기술을 적용하도록 되어 있다.

(6) 하천법⁷⁾

이 법에서 하천은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길이라 정의하고 있다. 즉 빗물과 하천사이의 관계는 매우 밀접한 관계이며 적정 하천유지유량 및 양호한 수질을 유지하기 위하여 도심에서의 빗물관리는 매우 중요하다. 특히 도시화에 의해 많이 줄어든 하천유지유량을 복구하기 위해서는 도심에서의 투수율을 높여야 하는 상황이다.

(7) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률⁸⁾

이 법은 국토의 이용·개발과 보전을 위한 계획의 수립 및 집행 등에 필요한 사항을 정하여 국민의 삶의 질을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다. 특히 제2조에서는 “기반시설”로서 빗물관리시설을 권고할 수 있다.

6) 저탄소 녹색성장 기본법 (법률 제10599호, 2011.4.14, 타법개정)

7) 하천법 (법률 제11194호, 2012.1.1, 일부개정)

8) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 (법률 제11292호, 2012.2.1, 일부개정)

(8) 자연재해대책법 시행령⁹⁾

자연재해대책법은 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국민의 생명·신체를 보호하기 위한 예방·복구 및 그밖의 대책에 대한 사항을 규정하고 있다. 또한 본 시행령 제16조제2항에는 우수유출저감대책을 수립한 자가 설치하여야 하는 우수유출저감시설을 제시하였다. 여기에는 침투시설 및 저류시설이 있으며, 침투시설 중에는 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장 및 투수성 보도블록 등을 제시하였다.

9) 자연재해대책법 시행령 (대통령령 제24052호, 2012.8.22, 일부개정)

<표 2-1> 빗물관리의 관련법규 주요내용

관련법규	조항	내용
수도법	법 제3조16	- 빗물이용시설의 정의 : 빗물이용시설을 “빗물을 모아 생활용수·조경용수·공업용수 등으로 이용할 수 있도록 처리하는 시설”로 정의함.
	법 제16조	- 빗물이용시설의 설치 : 종합운동장·실내체육관 등 지붕면적이 넓은 시설물중 대통령령이 정하는 시설물을 신축하고자 하는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하도록 규정함.
	시행규칙 제7조	- 빗물이용시설의 시설기준 등 빗물집수시설, 처리, 저류시설, 송·배수시설 및 관리시설에 대한 기준
도시 및 주거환경정비법	법 제30조	- 사업시행계획서의 작성 사업시행자는 고시된 정비계획에 따라 다음 각호의 사항을 포함하여 사업시행계획서를 작성하도록 함.
	시행령 제41조	- 사업시행계획서의 작성 : 법제30조제9호에서 “대통령령이 정하는 사항”이라 함은 다음 각호의 사항중 당해 정비사업에 필요한 사항으로 14. 빗물처리계획을 포함하도록 규정함.
자연재해대책법	법 제2조	- 우수유출저감시설 정의 “우수유출저감시설”을 우수의 직접유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하에 침투시키거나 저류시키는 시설로 정의함.
	법 제3조	- 국가의 책무 재난관리책임기관의 장은 자연재해예방을 위하여 풍수해 예방 및 대비를 위하여 우수유출저감시설설치기준 제정·운영하고 가뭄극복대책으로서 빗물모으기 시설을 활용하도록 규정함.
	법 제19조	- 우수유출저감대책의 수립 및 우수유출저감시설기준의 제정·운영 우수유출저감대책을 수립하고 우수유출저감시설을 설치하여야 하며 종류·구조·설치 및 유지관리 기준 마련, 기법을 개발·보급, 기준적합여부 확인, 준공검사 또는 사용승인에 관하여 규정함.
	시행령 제16조	- 우수유출저감시설의 설치 대상사업 등 해당사업을 시행하는 중앙행정기관장 또는 지방자치단체장은 우수유출저감대책을 수립하고, 우수유출저감시설 중 필요한 시설을 설치하도록 규정함.
도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙	제118조	- 정의 : 우수지와 저류시설을 정의함.
	제119조	- 우수시설의 결정기준 및 구조·설치기준
	제120조	- 저류시설의 결정기준 및 구조·설치기준

2. 빗물에 관련한 지자체의 조례

전국 53개 지자체에서는 “빗물이용 설치” 및 “빗물 관리”에 대한 조례를 설치하여 재이용 혹은 건전한 물순환에 대한 계획을 수립하였거나 진행 중에 있다. 조례를 통하여 빗물을 관리하는 주요 지자체의 조례 내용은 다음과 같다.

빗물관리에 대한 지자체들의 노력은 많이 진행되고 있지만, 아직까지는 대부분 빗물을 이용하는 시설의 지원에 대한 내용이 대부분인 실정이다. 환경부 또한, 도심에서의 비점오염원 저감을 위한 저류조 설치에 대한 연구 및 지원에 대한 내용이 증가하고 있는 상태이지만, 빗물침투시설에 대한 접근이 부족한 상황이다. 이는 빗물저류 혹은 빗물침투는 지자체 조례로서 설치를 권고하기에 어려운 시설로, 향후에는 하수처리시설과 같이 정부의 지원을 받아 지자체가 설치해야 하는 형태가 적합하기 때문이다.

(1) 인천광역시 빗물관리에 관한 조례

인천광역시에서는 빗물관리시설로서 빗물침투시설, 빗물저류시설 및 빗물이용시설의 세 가지 시설로 구분을 하였다. 또한 이러한 빗물관리시설의 관리에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

- 제4조(관계기관의 협조)
- 제5조(빗물관리시설의 설치권고)
- 제6조(빗물관리시설의 개선권고)
- 제7조(빗물관리시설 설치에 대한 비용지원)
- 제8조(수도요금의 감면)
- 제9조(빗물관리위원회의 설치)
- 제10조(빗물관리위원회의 구성)

(2) 서울특별시 빗물관리에 관한 조례

서울특별시는 빗물관리정책을 종합적이고 체계적으로 추진하기 위해서 본 조례

를 시행하고 있으며, 빗물관리시설로서 빗물침투시설과 빗물저류시설을 정하였다. 이러한 빗물관리에 대한 조례의 주요 내용은 다음과 같다.

- 제3조(빗물관리 기본계획의 수립)
- 제4조(관계기관의 협조)
- 제5조(빗물관리시설의 설치 권고)
- 제6조(빗물관리시설의 개선권고)
- 제7조(빗물관리시설 설치에 대한 비용지원)
- 제8조(빗물관리정책의 추진사항 심의)

(3) 부산광역시 빗물이용시설 설치 및 관리 조례

부산광역시는 물의 재이용을 촉진하고 갈수기 물 부족을 해소하는 빗물이용시설의 설치 및 관리에 필요한 사항을 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 의하여 빗물이용시설을 적용하였으며, 세부 내용은 아래의 조례에 나타내었다.

- 제4조(시의 책무)
- 제5조(빗물이용시설 설치권고)
- 제6조(설치비용 지원)
- 제7조(설치비용 지원 신청·지급)
- 제8조(빗물이용시설 관리)
- 제9조(수도요금의 사용요금 감면)

(4) 과천시 빗물이용시설 설치 조례

과천시에서는 「수도법」 제16조의 규정에 따라 빗물이용시설을 정의하고, 설치비용의 수도요금 감면 등을 위하여 아래와 같이 조례를 시행하고 있다.

- 제4조(빗물이용시설의 설치 및 권고대상)
- 제5조(설치신고 및 확인)
- 제6조(빗물이용시설의 시설기준)
- 제7조(수도요금의 감면)
- 제8조(사용수량 인정)

- 제9조(경감 수도요금의 환수)
- 제10조(빗물이용시설의 관리)

3. 빗물관리 현황

(1) 빗물 특성

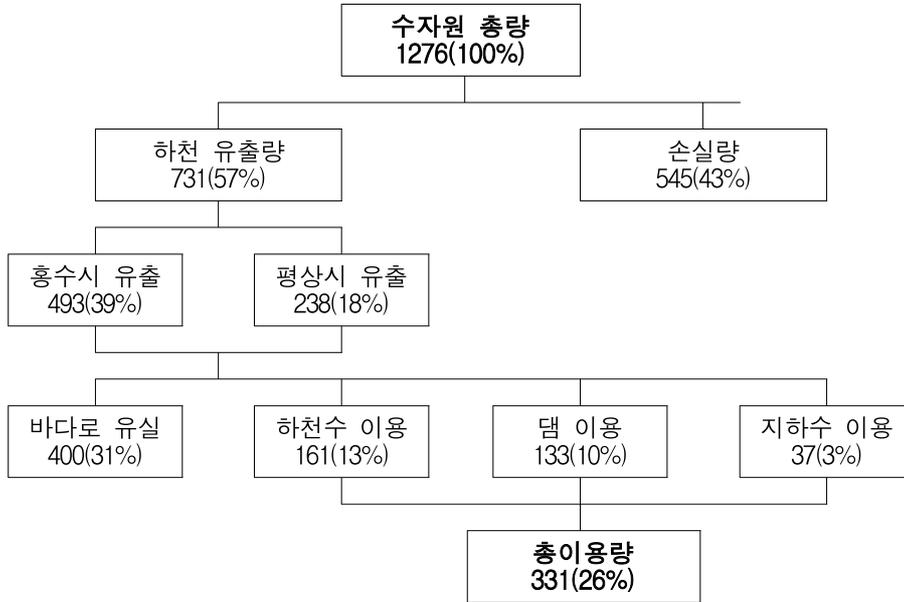
일반적으로 빗물(rainwater)은 “하늘에서 비가 내려 지표면에 흐르는 물”로 인식하고 있지만, 이를 학문적으로나 법적으로 명확하게 정의를 내린 문헌은 없다. 사전적 의미로써는 “빗물이란 비가 내려서 고인 물”로 정의가 된다. 또한, 수문학적 관점에서는 “빗물이란 지표면에 내린 강우가 직접 유출이 발생하지 않은 상태를 유지하는 천연자원”으로 정의하고 있다. 이러한 빗물의 원천이 되는 강수량을 보면, 우리나라의 경우 연평균 1,245 mm로 세계 평균 973 mm의 1.3배이지만, 인구 밀도가 높아 1인당 연평균 강수량은 2,591 m³/인·년으로 세계평균 26,800 m³/인·년의 약 10% 정도에 불과하다.

<표 2-2> 대전시와 세계의 연평균 강수량 및 1인당 강수량

구 분	단 위	대전시	세 계	비 고
연평균강수량	mm/년	1,324	973	세계의 1.3배
1인당강수량	m ³ /인·년	2,591	26,800	세계의 10%

(2) 빗물의 이수 현황

우리나라에 내리는 빗물을 수자원 총량으로 보면 연간 약 1,276억 m³ 정도이다. 여기에서 지하로 침투하고나 증발되는 양을 제외하고 하천에서 흘러가는 물의 양은 731억 m³이다. 이 중에서 493억 m³은 이용을 하지 못하고 홍수시에 한꺼번에 흘러가고, 평상시의 유출량은 238억 m³에 불과하다. 더불어 수자원의 총 이용량은 331억 m³으로 전체 수자원의 26%에 해당한다. 이 중에서 농업용으로 156억 m³, 생활용으로 72억 m³, 공업용으로 33억 m³ 그리고 하천유지용수로 75억 m³이 사용되고 있다.



<그림 2-1> 우리나라의 수자원 이용현황

(3) 기후변화의 영향

기후변화에 관한 정부간 협의회(IPCC)에 의하면, 우리가 살고 있는 지구는 과거 100년 동안에 약 0.6℃의 기온상승이 나타났다고 한다. 한편 1990년 제네바에서의 제2차 세계기후회의에서는 다음 세기까지 지구 평균기온이 2-5℃ 상승할 것으로 전망하였다. 우리나라에서의 기온변화도 세계의 변화 패턴과 비슷하거나 큰 폭의 기온상승을 나타내고 있는데, 관측기간이 50년이 넘는 11개 관측소의 자료에서의 전국 평균기온은 지난 90년 동안 약 1.0℃ 상승한 것으로 나타났다.

이에 의하여 지난 10년간(2002-2011) 1일 100 mm 이상의 극한 집중호우가 발생한 빈도가 70-80년대의 222회에 비하여 약 1.5배 증가한 회로 나타났으며, 연평균 총 강수량은 약간 증가하였으나 강수일수가 줄어들고, 강우강도는 강해져 홍수피해가 우려되고 있다. 특히 기후변화로 인한 강수패턴의 변화가 커지고 있는 상황에서 집중강우에 따른 도심의 빗물유출 변화에 대응할 필요가 있다.

제2절 빗물침투시설

1. 정의 및 일반현황

(1) 정의

침투저류시설은 침투저류조 혹은 우수침투시설(stormwater reservoir of seepage water) 등 다양한 용어의 형태로 불리고 있다. 하지만 근래에는 저류와 침투를 동시에 수행하는 의미에서 빗물침투시설로 정의를 많이 하고있다.

- 빗물저류시설 : 「자연재해대책법 시행령」 제16조제2항제1호에 따라 빗물을 지표면 아래로 침투시키기 위하여 설치된 시설
- 우수침투시설 : 빗물을 지하로 침투시켜서 일시 저류하는 시설을 의미하며, 시가지화에 의해 저하한 지면의 보수(保水) 능력을 보완함

(2) 일반현황

대전광역시에 빗물침투시설과 저류시설이 조합되어 설치되어 운영되고 있는 곳은 총 다섯 군데로 완공된 곳은 세 곳, 공사 중인 곳은 두 곳이다. 관저동과 도안동, 가수원동 등 총 75,639톤이 설치되어 있으며 관저동에는 잔디 블록이 설치되어 있다. 또한 석봉동, 가오동 두 곳에 2,217톤에 달하는 저류, 침투시설을 공사 중에 있다.

2. 빗물침투시설의 구조

빗물침투시설은 일반적으로 침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장으로 나누어지며 구조는 다음과 같다.

(1) 침투통

침투통은 투수성의 통 주변을 쇠석으로 충전하고 집수한 빗물을 측면 및 저면으로 하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다.

- 침투통은 통본체, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 연결관(집수관, 배수관, 투수관 등), 부속시설(폐쇄방지시설 등)등으로 구성된다.
- 침투통은 단독으로 설치하는 경우와 침투트렌치나 침투측구와 연결하여 설치하는 경우가 있으며, 침투통은 침투기능과 집수기능을 가진다.
- 침투통에서 침투되지 않는 빗물은 월류관을 통하여 부지외나 공공하수관거로 배수되지만 월류관과 유출관을 가능한 높게 설치하여 설계수두를 확보한다.

(2) 침투트렌치

침투트렌치는 길게 판 구덩이에 쇠석을 충전하고 쇠석속에 침투통과 연결된 유공관을 설치하는 것으로 빗물을 쇠석의 측면 및 바닥을 통하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다.

- 침투트렌치는 투수관, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 입구 필터 등으로 구성된다.
- 침투트렌치는 유입된 토사등의 청소가 어려우므로 전후에 침투통을 설치하고, 토사 등의 유입을 방지한다.
- 트렌치 내의 균일한 유입수 분산을 위해 충전 자갈층에 투수관을 부설한다.
- 침투관 바닥에는 구멍을 뚫지 않으며, 이는 초기강우시에 탁도가 높은 우수를 하류부로 유하시키고 트렌치 폐쇄를 저감하기 위해서이다.

(3) 침투측구

침투측구는 측구주변을 쇄석으로 충전하고 빗물을 측면 및 바닥을 통하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다. 침투측구는 도로, 공원, 운동장, 주차장등에서 침투나 집수통으로 조합되어 이용되지만 토사, 협잡물등의 유입에 의하여 침투기능이 저하되는 경우가 많으므로 설치장소에 맞게 적절한 유지관리가 필요하다.

- 침투측구는 측구, 충전쇄석, 모래, 투수시트로 구성된다.
- 침투측구는 투수성이 있는 것을 사용하고 그 폭은 소요침투량, 저류량에 따라서 결정하지만, 400~450 mm를 표준으로 한다.
- 침투측구에 말단에 접속되는 침투통에는 그 앞에 월류구를 설치한다.
- 침투측구는 뚜껑이 있는 것을 원칙으로 한다.

(4) 투수성포장

투수성포장은 빗물을 직접포장체로 투수시켜 노상의 침투능력에 의하여 빗물을 땅속으로 침투시키는 구조로 한다. 투수기능만이 아니라 도로로서의 일정한 강도를 가져야 한다.

- 투수성포장은 노반, 쇄석, 필터층으로 구성된다.
- 포장면은 우천시 미끄러짐과 물고임이 없어야 하며 쾌적하고 안전한 보행공간을 조성하여야 한다. 또한 가능한 재활용가능한 포장재로서 유해물질이 용출되지 않아 환경에 영향을 주지 않아야 한다.
- 투수성포장은 보도를 중심으로 적용·실시하며 그 외에 생활도로 등의 교통량이 적은 차도 및 주차장 등에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- 투수성포장은 빗물을 노면 아래로 원활하게 침투시키고 일시적으로 저류·증발시켜 우수유출저감효과와 여름철 열섬화현상을 완화시킬 수 있어야 한다.

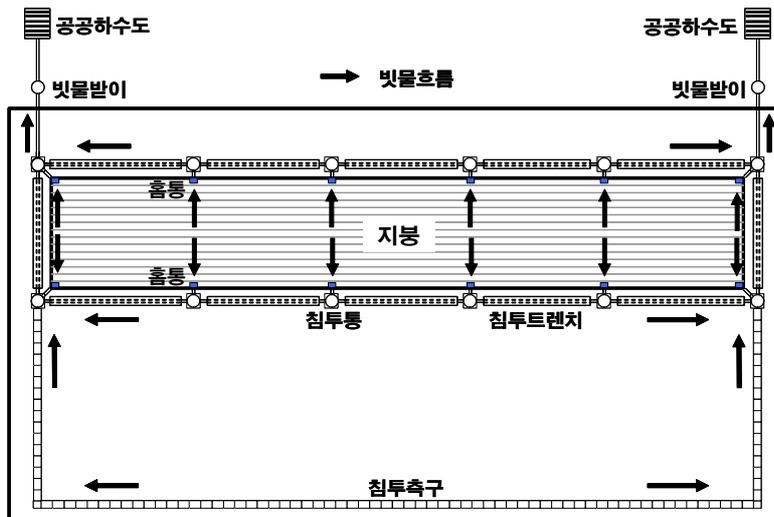
3. 침투침투시설의 설치방법

(1) 개인주택의 침투시설 설치방법

- 지붕에 떨어진 빗물은 홈통을 통하여 침투통으로 유입되어 땅속으로 침투되며 침투되지 못하는 빗물은 공공하수도로 배제한다.
- 지붕에 떨어진 빗물은 홈통을 통하여 녹지대나 자갈층으로 스며들고 스며들지 못한 빗물은 자갈층 내 설치된 유공관을 통하여 공공하수도로 배제

(2) 대규모건축물/공동주택의 침투시설 설치방법

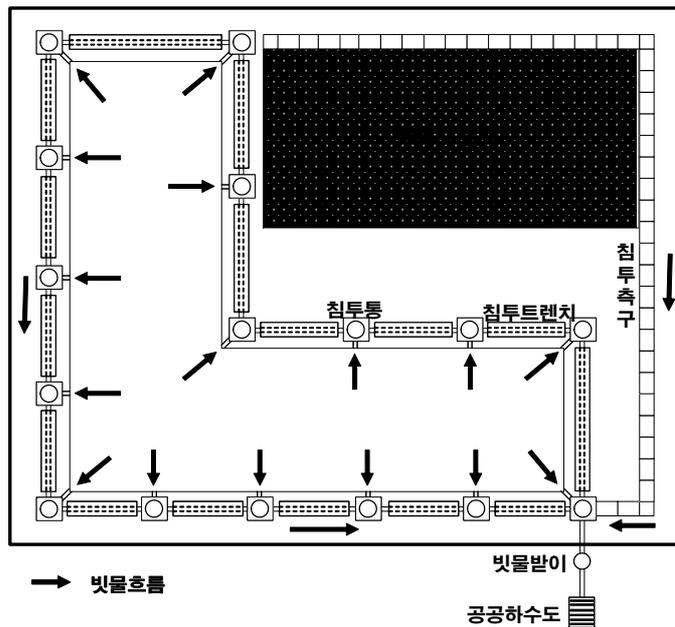
- 옥상에 내린 빗물은 홈통을 통하여 침투통에 유입되어 다시 침투트렌치, 침투통과 침투트렌치로 연속적으로 유입되고 침투되면서 침투되지 못하는 빗물은 최종적으로 공공하수도로 배출된다.
- 지상에 내린 빗물은 지표면의 투수성포장으로 즉시 침투되며 유출되는 빗물은 지상의 가장자리에 설치된 침투측구로 유입되어 침투되고 최종적으로 침투되지 못하는 빗물은 공공하수도로 배출된다.



<그림 2-2> 대규모 건축물 옥상 및 지상면의 설치 배치도

(3) 옥상 및 주차장이 있는 건물에서의 침투시설 설치방법

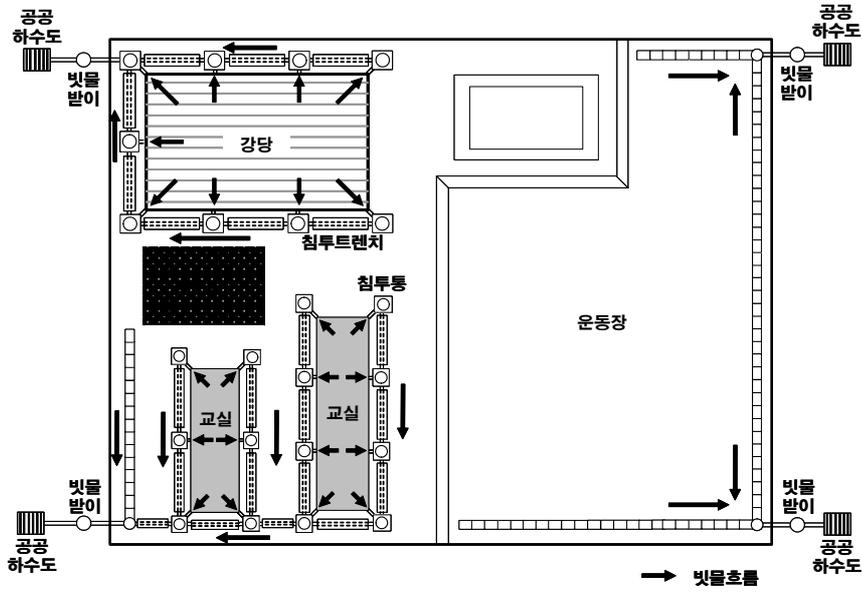
- 옥상에 내린 빗물은 홈통을 통하여 침투통에 유입되어 일부는 침투되고 나머지는 침투트렌치, 침투통과 침투트렌치를 연속적으로 통과하면서 침투되며, 침투되지 못하는 빗물은 공공하수도로 최종적으로 배출된다.
- 주차장면에 내린 빗물은 즉시 투수성포장이나 잔디블록형 포장으로 통하여 침투되고 지면에서 유출되는 빗물은 주차장 가장자리에 침투측구로 유입되어 연속적으로 침투되며 나머지는 공공하수도로 배출된다.



<그림 2-3> 옥상 및 주차장이 있는 건물에서의 설치 배치도

(4) 학교 및 운동장의 침투시설 설치방법

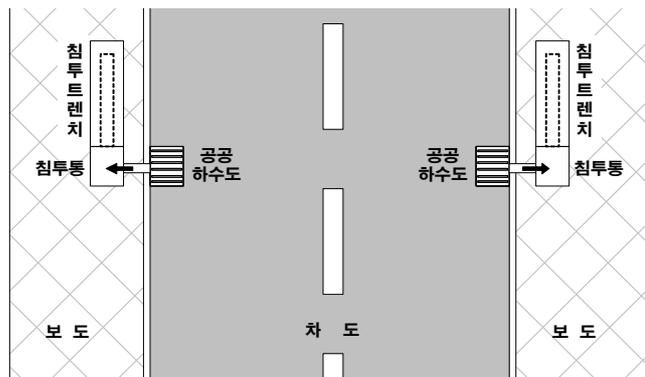
- 학교 옥상의 홈통은 침투통에 연결하고 침투통은 침투트렌치나 침투측구와 연결하여 설치한다.
- 운동장지표면에 내린 빗물은 즉시 땅속으로 침투되고 유출되는 빗물은 가장 자리의 침투측구로 유입되어 침투되며 나머지는 하수도로 배출된다.



<그림 2-4> 학교옥상 및 운동장의 설치 배치도

(5) 보도/도로의 침투시설 설치방법

- 보도와 차량이 적은 도로에 내린 빗물은 도로의 빗물받이 유입되어 초기강우시는 공공하수도로 배제되고 강우량이 많아 비교적 빗물이 깨끗해지면 빗물받이와 연결되어 보도밑에 설치된 침투통 및 침투트렌치로 연속적으로 유입되어 침투되며 나머지는 공공하수도로 배출된다.



<그림 2-5> 도로의 빗물받이에 설치하는 설치 배치도

제3절 CSOs

1. 정의 및 일반현황

CSOs의 정의는 관련문헌에 따라 그 내용에 다소간 차이가 있다. 우리나라 관련 법령에는 CSOs에 대한 용어 정의가 명기되어 있지는 않지만, CSOs와 SSOs 관리를 위한 계획수립지침개발 보고서에 의하면¹⁰⁾, CSOs는 “합류식 하수도 월류수를 말하며 합류식하수도에서 우천시 우수와 오수가 혼합되어 우수토실, 빗물펌프장 등 하수도시설에서 미처리된 상태로 하천이나 공공수역으로 월류 또는 방류되는 하수”로 정의하고 있다. 하수도시설기준¹¹⁾에 의하면 합류식하수도시스템에서 배출되는 “우천시 방류부하량”을 “우수토실 및 펌프장의 월류수, 처리장에서의 by-pass 등”으로 표기하고 있다. 하수관거정비계획 수립지침 개발 등에 관한 연구¹²⁾에서는 “우천시 우수와 오수가 혼합되어 우수토실, 빗물펌프장 등 하수도시설에서 미처리된 상태로 하천이나 공공수역으로 월류 또는 방류되는 하수”를 위미한다. 합류식 하수관거 성능개선방안 연구¹³⁾에 의하면 “하수처리시설에서의 미처리방류수는 하수처리장에서 적절한 처리공정을 따른다면 존재하지 않아야 하는 하수”이며, 이는 처리장에서의 운영에 관련되어 “우천시 처리장의 하수처리의 문제”로서 재조명되어야 할 문제이므로 관거에서 발생하는 합류식하수도 월류수에 포함되지 않는 것으로 구분하였다.

이러한 합류식 하수관거 월류수(CSOs; Combined Sewer Overflows)는 다량의 오염물질을 포함하고 있는데, 특히 관거 내 퇴적물이 강우시 일시적으로 증가된 유량으로 인해 전단력이 상승함에 따라 퇴적물이 재부유를 일으켜 CSOs 발생 시 월류하게 되어 수계의 오염부하를 가중시키게 된다¹⁴⁾(이두진 외, 2005).

10) 환경부, CSOs와 SSOs 관리를 위한 계획수립지침개발 보고서, 2007

11) 환경부, 하수도시설기준, 2005

12) 환경부, 하수관거정비계획 수립지침 개발 등에 관한 연구, 2006

13) 환경부, 합류식 하수관거 성능개선방안 연구, 2010

14) 이두진, 김문일, 하수관거 내 오염물질 성장변화 특성, 대한환경공학회지, 2005, 27(9), pp.911-916

미국 EPA에서 제시한 합류식 하수관거 월류수의 특성을 <표 2-3>에 나타내고 있는데 농도 범위가 BOD 3.9~696.0 mg/L로 다양하며, Fecal Coliform의 농도 또한 매우 커서 이러한 하수관거 월류수가 수생태계에 많은 영향을 줄 수 있다고 한다.

<표 2-3> 합류식 하수관거 월류수의 특성¹⁵⁾

항목	시료 수	농도 범위	중간값
Fecal Coliform (colonies/100 mL)	603 (1,707) ¹ (-) ²	1~40,000,000 (1~5,230,000) ¹ (-) ²	215,000 (5,081) ¹ (<200) ²
BOD ₅	501 (3,110) ¹ (-) ²	3.9~696 (0.4~370) ¹ (-) ²	43 (8.6) ¹ (30) ²
TSS	995 (3,396) ¹ (-) ²	1~40,000,000 (0.5~4,800) ¹ (-) ²	127 (58) ¹ (30) ²
T-P	43 (3,283) ¹ (72) ²	0.1~20.8 (0.01~15.4) ¹ (0.07~6.0) ²	0.7 (0.27) ¹ (1.65) ²
TKN	373 (3,199) ¹ (64) ²	0~82.1 (0.05~66.4) ¹ (0.5~32.0) ²	3.6 (1.4) ¹ (3.95) ²

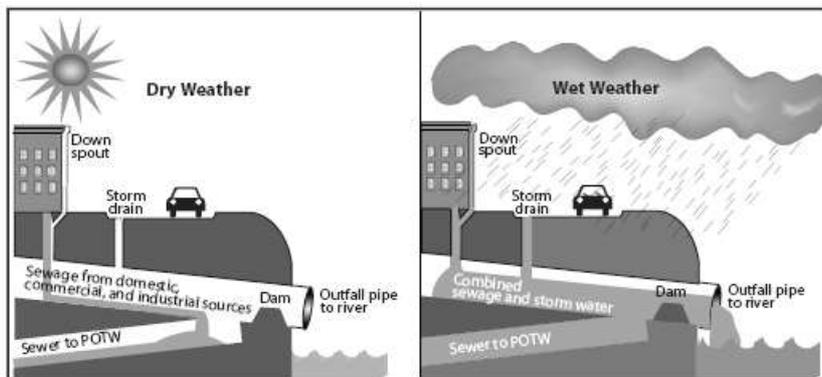
15) EPA, Report to Congress Impacts and Control of CSOs and SSOs, 2004

1. Urban storm water (도심 유출수)
2. Treated wastewater (하수처리장 유출수)

2. 발생 원인

합류식 하수관거(Combined pipeline)는 일상생활에서의 오수와 강수시 발생하는 우수를 하나의 관거로 이송·배제하도록 한 관거 시스템으로서 전국 하수관거에서 합류식 하수관거의 비율은 약 45%를 차지하고 있다. 합류식 하수관거는 강수시 빗물의 관거 유입으로 인해 관거 내 유량이 증가하며, 이 때 증가된 유량은 차집관거를 통해 하수처리장으로 이송되는데 차집관거의 차집용량(3Q)을 초과한 유량은 <그림 2-6>의 "Outfall pipe to river"에서와 같이 하천과 같은 공공수역으로 유출되게 된다.

이러한 CSOs 유량과 오염부하량은 수질오염총량관리지침에서 하수처리장의 배수구역에서 발생하는 CSOs 월류유량비와 월류부하비를 누수유량비와 관경용량비를 이용하여 월류유량비를 산정하고, 여기에 우기시관거이송농도비를 곱하여 월류부하비를 산정하고 있다.¹⁶⁾ 이렇듯 도심에서의 오염배출 중에서 CSOs 및 토지에서의 월류배출이 많은 비율을 차지하고 있으며, 이러한 토지유출을 억제하는 것이 도심지역에서의 오염배출을 저감할 수 있는 중요한 원칙이 될 수 있다.



<그림 2-6> 합류식 하수관거 개요도

16) 환경부, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008

3. 저감방안

이러한 합류식 하수관거 월수수의 저감을 위하여 저류형, 침투형, 장치형, 처리형의 비점오염물질 저감시설을 개발한 상태이다. <표 2-4>와 같이 전체적으로는 침투형 및 처리형 시설이 저감효율이 좋지만, 침투형은 처리시간이 많이 소요되고 처리형은 장치설비비가 많이 필요한 단점을 가지고 있다.¹⁷⁾

또한 합류식 하수도 개선대책¹⁸⁾에서 우수저류 및 침투에 의한 유출저감 대책에 대한 개선대책으로는 다음과 같은 사항을 조건으로 하고 있다.

- 수성 우수받이 및 침투 트렌치 적용
- 수성 포장재를 이용하여 우수를 지중으로 투수시킴과 동시에 비점오염물질의 배출을 사전에 차단
- 유출수 차집과 임시저장·침투를 위해 투수성 토양에 빗물저장 시설 설치
- 빗물유출 현장에서의 저류 및 침투

<표 2-4> 비점오염물질 저감시설 및 처리효율

시설명		처리원리	처리효율			
			BOD,COD	SS	T-N	T-P
저류형	저류시설	침전	30~40	70~90	20~60	10~0
	인공습지	침전,여과	20~60	50~90	~40	~80
침투형	침투조	토양침투	50~60	50~80	50~80	50~80
	침투도랑	토양침투	50~90	50~90	50~90	50~90
장치형	여과장치	여과	40~70	60~90	20~40	~80
	와류형장치	고액분리	5~10	10~25	5~10	5~10
	침전분리장치	고액분리	5~10	~80	~51	~36
처리형	화학처리시설	응집,침전	50~70	85~95	15~30	90~95

17) 백경훈, 신성교, 홍석진, 부산지역 비점오염원 관리대책 수립에 관한 연구(수영강 유역을 중심으로), 부산발전연구원, 2006

18) 한강유역환경청, 합류식하수도 대선 대책, 2007

제4절 빗물관리 사례

1. 일본

(1) CSOs와 관련한 합류식 하수도 개선대책

일본은 2000년 9월 동경 오다이바 해역에서 강우시 백색 고형물 표착실태가 신문에 보도된 뒤 합류식 하수도가 사회적 문제로 인식되었다. 이에, 2001년 도시재생본부에서 대도시권의 “연안해역”에 대한 재생을 성공적으로 실현시키기 위해 개선대책을 세우도록 결정하였으며 오염부하량에 관한 “제5차 총량삭감기본방침”이 수립하였다. 2001년 6월에는 “합류식하수도 개선대책검토위원회”가 설치되었으며 2002년 3월에는 합류식하수도개선대책의 기본적 방향을 설정하였다. 이러한 방향에 따른, 합류식 하수도 개선대책의 기본 방침은 다음과 같다.

- 강우시 도시 내 수질과 수량 두 가지 측면을 고려하여 관리하는 대책을 검토하여 대책을 수립
- 장기적으로 미처리 방류수의 최소화하기 위해 오수와 우수를 분리하는 “우수관리”실행을 목표로 함
- 당면한 합류개선은 “오염부하량 감소”, “공중위생상의 안전확보”, “협잡물 등 이물질 줄이기”에 대한 목표를 설정하여 실행하는 것
- 미처리 방류 등에 의한 협잡물 감소와 펌프시설 개선대책을 검토
- 당면의 목표를 달성하기 위한 방법을 포함한 합류개선에 관한 계획을 정하고 이들 시설의 개선에 관한 사항에 대해서는 하수도법에 정해진 사업계획에 반영시켜 정책에 착수
- 효과를 파악하기 위해 지속적인 모니터링이 필요하며 주민과 관계자에 모니터링 정보 제공
- 과제달성 후 하수도에 발생할 수 있는 문제에 대해 고려하여 장기적인 목표 실현에 노력

(2) CSOs 관련 제어시설

일본에서 적용중인 CSOs 제어시설 사례를 다음과 같이 나타내었다.

가. 가와사키시

가와사키시에서는 하수도계획 구역의 약 30%를 합류식 하수도로 사용되어 우천시 오수와 혼합된 우수가 월류수로 하천과 바다에 직접 방류되고 있다. 이에, 강우시 오염부하를 함유한 초기빗물을 제어하기 위한 저류시설 4곳의 저장시설과 5개 우수펌프장에서 염소소독을 실시하고 있다.

나. 시가현

시가현 초기우수 저류시설은 강우시 많은 오염부하를 함유한 강우 초기빗물을 저류하고 이를 처리하는 “비와호 수질보존대책 행동계획”에 의해 초기오염물질을 제어하고 있다. 이곳에서는 우수관거를 통해 초과하는 초기우수를 일단 저류시켜 침전시킨 후 접촉산화와 토양정화 후 하천으로 방류시키는 방법을 사용하고 있다.

다. 요코하마시

요코하마시에서는 도심지 침수대책 및 합류식 월류수 대책의 일환으로 차집관거 이송용량을 초과하는 CSOs를 저류시설에 저류시킨 후 건기시 하수처리장으로 이송하여 처리하고 있다. 초기우수는 우수체수지를 통과하여 하수처리장으로 이송되고 초과시에는 하천으로 방류하거나 하수처리장으로 이송되게 된다.

2. 미국

미국은 CSOs를 제어하기 위해 분류식화를 추진해오고 있으며, 1960년대 이미 분류식화 사업을 하였다. 그러나 합류식 지역의 오점합 등 기술적 결함과 비용문제로 인해 전면적인 분류식화에서 선택적인 분류식화로 수정하였다. 특히, 관거매설 상태가 양호한 합류식 관거 보급지역에서는 무리한 분류식보다는 초기강우의 처리에 주력하는 것이 효과적이라는 결론을 내리고 그 방안으로 초기강우 저류시설 설치, 월류량 제어시설 및 부대시설의 설치의 계획을 수립하였다.

(1) 비점오염 및 CSOs 관련법

가. 연방법의 비점오염 관리

미국은 1972년 청정수법(CleanWaterAct,CWA)를 제정하였다. CWA는 미연방에 대해 수질오염규제와 수질관리를 위한 기본틀을 제시하고 있다.

○ 303조

EPA로 하여금 CWA의 수질기준(Water Quality Standards: WQS)을 만족하는지를 재검토하고 이에 따라 각종 허가사항을 규제하도록 하였다. EPA 지침은 다음의 세 가지 기본원칙을 두고 있다.

- BMPs는 수질기준을 만족하도록 설계되어야 한다.
- BMPs효과는 반드시 증명되어야 한다.
- BMPs가 수질기준을 준수.유지하지 못할 경우,BMPs를 개선하거나 수질기준을 조정하여야 한다.

○ 401조

미국의 항해 가능한 수체내로 오염물을 배출하려면 인가나 허가를 받아야 함을 규정하고 있다. Section401은 비점오염원을 초래할 수 있는 사업이 허가되거나 인가된 경우,사업이 당해지역의 수질기준을 위반하지 않음을 확인해야 한다.

나. CSOs 관립법

국가오염물질배출삭감제도(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)를 통해 배출허가를 얻지 못한 경우 공공수역으로 점오염원을 배출하는 것을 금지하였으며 시행초기에는 산업 및 생활하수처리장에 초점을 두었다. 각 주는 CSOs 허가전략(CSOs Permit Strategy)을 1990년까지 수립하기로 하고 각 주에서 전략을 개발하여 EPA승인을 받도록 하였다. 모든 CSOs는 기술적 기준 및 수질기준에 근거하여 규제된다. 1992년 주정부는 1992년부터 매 2년마다 EPA에 오염수역 목록을 제출하였고, 목록 등재 수역의 오염물질을 규명하여 향후 2년간 최대 1일부하량(TMDL)개발 우선순위에 포함하였다. CSOs 제어정책에서는 구체화되고 종합적인 CSOs Control Policy을 발표하였다. 이 정책이 실질적으로 미국의 CSOs 제어정책의 기초가 되었으며, 정책을 간략히 소개하면 다음과 같다.

<표 2-5> 미국의 CSOs 제어정책 개요

목적	<ul style="list-style-type: none"> - 지자체, NPDES 허가기관, 수질기준 기관 등에 CSOs 관련 지침을 제공 - CSOs 관리를 위한 계획, 선정, 설계 및 사업의 조정 - 정책결정과정에서 주민 참여
기본방향	<ul style="list-style-type: none"> - 보건위생 및 환경기준을 준수할 수 있는 명확한 제우수준 제시 - 재정적으로 취약한 지자체를 위한 CSOs의 지역적 특성과 비용효과적인 수단을 고려하기 위한 유연성 부여 - 지자체 재정능력을 고려한 CSOs 저감실행의 단계적 수행 허용 - 장기 CSOs 제어 계획 수립시 수질기준과 수행절차에 대한 검토 방안
요구기준	<ul style="list-style-type: none"> - 각 지자체는 Nine Minimum Control을 수행해야 함
단계별 수행	<ul style="list-style-type: none"> - CSOs 제어 1단계 : Nine Minimum Control 수행과 LTCP 개발 및 제출 - CSOs 제어 2단계 : Nine Minimum Control 지속수행과 LTCP 수행

U.S. EPA의 CSOs제어 정책은 1994년 4월에 완성되었으며 이 정책은 미국 EPA와 시당국의 협작에 의해 만들어졌고, 수질기준을 맞추어야 하는 근거 조항을 포함하고 있다. 또한, 이 정책은 CSOs제어의 계획, 선택, 분류, 조화로운 구성에 관한 사항을 감독관청과 CSOs Permittees(Combined SewerSystem을 가진 도시들)에게 지

도해 주고, 공공의 재정 적자에 대해 지원하기 위한 사항이 기술되어 있다. 정책의 주 내용은 합류식하수관거 시스템의 정확한 역할과 Nine Minimum Control프로그램의 실행을 통한 장기간의 CSOs제어계획의 개발과 실행에 대한 것이다. 2000년에는 EPA에서 TMDL의 효과적 이행을 위한 지침을 개정했으며, 그 이후 EPA는 많은 논의를 거쳐 TMDL 정책(수질오염총량제)을 이행키로 했다.

(2) 단기최소 요구충족 저감대책 (NMC, Nine Minimum Controls, 1994, EPA)

CSOs문제에 대응하기 위해 최소한의 기술을 요구하는 9가지 최소대책 (9 Minimum Controls)의 실시를 각 사업체에 부과하고 있으며, 자료를 EPA에 제출되어야 하며, 운전과 유지계획, 공업시설 사용자에게 대한 개정된 하수도 사용 법령, 관거조사 보고서, I/I연구, 오염방지 프로그램, 공공통지 획, 현존하는 수집과 처리 system의 능력을 극대화하는 설비 계획뿐만 아니라 기존 시스템의 운전을 향상시키기 위한 최소의 건설 프로그램에 대한 계획이 자료에 포함된다. 9가지 NMC의 내용은 다음과 같다.

- ① 합류식 관거시스템의 적정운영과 정기적인 유지관리
- ② 관거시스템에서의 저장시스템 능력 극대화
- ③ 산업 및 상업지역 전처리시설의 평가
- ④ 하수처리장으로 처리 극대화
- ⑤ 청천시 CSOs발생 제어
- ⑥ CSOs고형 및 부유물질 제어
- ⑦ CSOs에서 오염물질 사전오염예방 프로그램
- ⑧ CSOs발생과 영향에 관한 충분한 주민공지
- ⑨ CSOs영향 및 CSOs제어의 효율적인 모니터링

(3) 중·장기 관리방안

중·장기관리방안은 CSOs의 지역적 특성을 고려하여야 하며, 경제성 측면에서 평가되어야 하고 이에 수반되는 이행사항은 NPDES와 각 주 정부의 수질기준과 연

관되어야 한다. 수질기준을 준수하기 위한 추가적인 관리방안이 필요할 때에는 경제성 평가가 수반되어야 하며, 사업자는 허가시점을 기준으로 2년 이내에 실제적인 관리방안을 개발하여 제출해야 한다. LTCP에는 다음 9가지 기본요소가 포함된다.

- ① 합류식하수도시스템의 특성 조사,모니터링 및 모델링
- ② 주민 참여
- ③ 민감한 지역의 고려
- ④ 대안의 평가
- ⑤ 비용/효과의 검토
- ⑥ 운영 계획
- ⑦ 하수처리장 처리능의 극대화
- ⑧ 저감대책 시행의 계획
- ⑨ 시설기능 체크를 위한 모니터링

(4) 분류식 우수관거 유출수 관리

강우유출수는 공공수역에 악 영향을 미치기 때문에 그 대책이 시급하며, EPA에서도 최우선 과제로 인식하고 있다. EPA에서는 강우유출수에 관하여 5개 항목으로 분류하여 조사 및 연구를 수행하였다. 미국의 강우유출수 대책은 다음과 같다.

- ① 강우유출수 특징 및 문제점 분석
 - 분류식하수도의 오수는 비교적 유량이 안정되어 있는 것에 비해, 강우유출수는 유량변동이 상당히 큰 특징이 있음
 - CSOs의 수질 모니터링을 실시와 동시에 병원성 세균의 소독 조사를 실시
- ② 유역관리
 - 현재 하천유역의 많은 부분에서, 도시개발이 진행되어 수환경 및 상수원의 환경을 보전할 필요가 있음
 - 유역을 통합적으로 관리할 필요가 있고, 하나의 하천에는 많은 자치단체가 관여해 있고, 경우에 따라서는 두 개 이상의 주가 관여되어 있을 경우에는

정치적인 요소도 가미되어 유역관리는 복잡한 문제를 내포함

③ 유해물질

- 강우유출수에는 유해물질이 함유되어 있으므로 발생원의 확인, 오염방지 기법, 장기적인 영향 등의 조사, 연구를 실시

④ 제어기술

- 현재 조사, 연구가 진행되고 있는 것으로는 침사지 등 강우 유입부 장치, 저류시설의 설계기법,레이더 유량계를 이용한 실시간 제어(Real Time Control)기법, 고속침전지, 고속멸균, 관내침전물의 제거법 등이 있음
- 향후 연구로는 토지이용 규제에 의한 발생원 관리, 관내 저류, 처리시설 이외의 기법(교육, 리사이클, 발생원대책, 청소) 등이 있음

⑤ 시설의 개선(불명수대책)

- 불명수는 관거의 유효단면을 손상시켜 하수처리에도 막대한 영향을 미치기 때문에 그 저감이 요구됨.
- 불명수의 침입장소 조사, 관거의 개량 및 개축, 불명수 삭감기법, 불법접속의 조사 매뉴얼 작성 등이 과제로 되어 있음

(5) CSOs 대책 사례

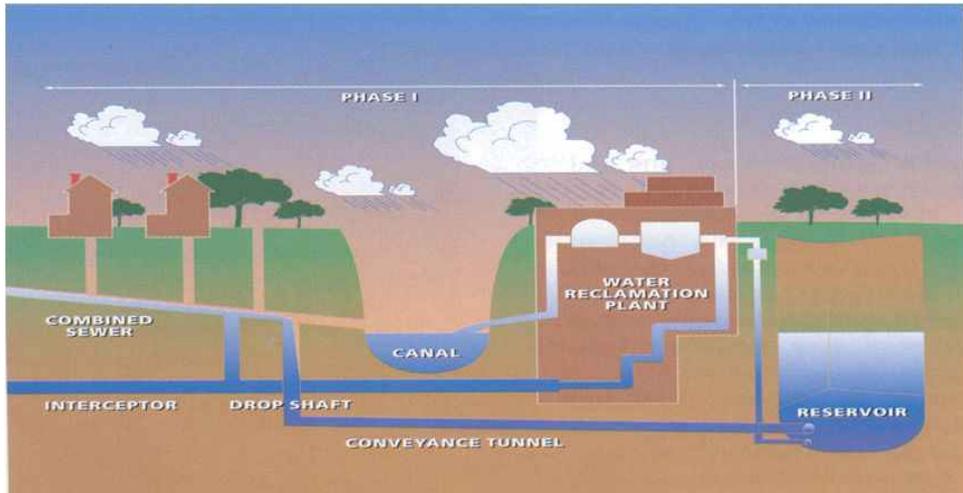
가. 뉴욕시

뉴욕시에서는 450개소의 우수토실에서의 월류수 대책이 급선무이다.기본적으로 저류지에 의한 저류 및 스월조 분리방류가 채택되었고, 강우시의 저류는 일시적으로 저류지에 저류되어 강우 종료 후 하수관거를 통해 처리시설로 운송된다.

나. 시카고

침수로 인해 공중위생상의 문제가 생기기 시작하자 공중위생 향상을 위한 하수도 정비를 시작하였다. 시카고에서는 침수피해 방지를 위해 1972년 TARP (Tunnel and Reservoir Plan: 터널과 저류지 계획)를 실시하여 대규모 지하저류조를 조성하였다. TARP의 저류용량은 565 billion gallons이고 시설연장 210.8 km, 관경 4~11

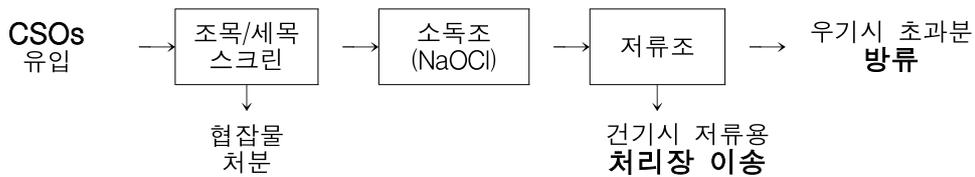
m, 지하 45~107m 깊이의 터널, 252개의 집수시설, 3곳의 펌프장 및 기존의 채석장 아래를 굴삭한 157×105 m³ 용량의 저류지가 있다. 시설 설치로 연간 방류 부하량이 약 15%로 감소되었으며 시카고 지구의 침수피해는 거의 해소되었다.



<그림 2-7> 시카고의 지하터널식 저류시설 (TARP)

다. 보스턴

Boston시 CSOs 발생량은 1988년 약 3,300 Million gallons에서 2000년 850 Million gallons으로 저감하였으며, 2008년까지 400 Million gallons으로 저감을 목표로 설정하였다. CSOs 방류구 제거 및 CSOs 발생량 저감을 목표로 하고 있으며, CSOs 처리 시설은 2005년까지 기존 5개 시설의 Up-grade 전까지는 중력식 처리 후 Deer Island 하수처리장으로 이송 처리하였다.



<그림 2-8> 보스턴 지역의 초기유수저류시설 처리공정도

3. 유럽

(1) CSOs 특징

유럽의 도시는 연간 총강수량이 600~900mm이고 강우패턴은 오랜 건조 기간 후에 강한 강우가 계속되는 형태로 인해 초기우수에 의해 발생하는 월류수에서는 고농도의 SS를 포함한 CSOs가 방류된다. CSOs와 하수처리장에서 방류하는 연간 오염부하량은 비슷한 부하를 가져온다. 그러나 CSOs에 포함된 오염물질은 단기간에 대량으로 방류되기 때문에 예민한 방류수역에 순식간에 영향을 끼쳐 문제를 발생시킨다.

(2) 하수도시스템 관리

<표 2-6> 유럽의 CSOs 대책 - 프랑스, 독일

항목	프랑스	독일
특색	- 15,000여개의 우수토실이 있으며 대부분 70-120년 경과	- 처리장과 상류유역에 약 10,000개 있음
정책 및 가이드라인 수립	- 국가 차원에서 수립	- 국가차원에서 수립하며, 실시는 지역적 차이 있음
기존 시스템에 관한 정책	- 신규 하수도만 분류식으로 진행 - 저류시설 정책이 주를 이룸 - RTC에 의한 기존시설을 사용한 저류용량의 최대화	- 초기침투에 의한 유출량 저감 - 침투가 불가능한 경우 분류식에 따라 우수의 집수 - 유역내 다수의 소·중 탱크 설치
CSOs 설계기준	- 월류횟수, 방류수질을 목표로 함 - 목표는 방류선에서 현황에 따라 다름	- 처리유입량 = 2×침전시유량+침투량 - 초과유량은 COD, SS 90% 처리 - 이론적 연간 COD부하 근거
CSOs 배출규제	- 1992 물법에 따라 CSOs 배수는 수정찰의 허용이 필요 - 모니터링은 환산인구 10,000인 이상인 경우 매회 월류량을, BOD, SS를, 10,000인 미만은 월류량에 대하여 조사	- 1976 연방법은 하수배출 최저기준 설정 - CSOs를 포함하는 모든 하수배출은 주정부 허가가 필요 - 일부 주정부에서 신규 CSOs에 관해 모니터링 필요

<표 2-7> 유럽의 CSOs 대책 - 네덜란드, 영국

항목	네덜란드	영국
특색	<ul style="list-style-type: none"> - 약 12,000개의 우수토실 - CSOs dir 85%는 소규모로 완만한 흐름 또는 고인 수로에 배출 	<ul style="list-style-type: none"> - 약 24,000개의 유슈토실로 70-120년 경과 - 약 1/3은 원활하지 않은 관리
정책 및 가이드라인 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 국가 가이드라인의 범위에 따라 지역수준으로 수립 	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 설계와 유지관리에 관한 국가 가이드라인 있음
기존 시스템에 관한 정책	<ul style="list-style-type: none"> - 신규 하수도는 분류식으로 - 기존 합류식하수도는 0.7 mm/hr의 펌프용량 필요 - 방류수역의 큰 영향을 주는 곳에 개량형 분류식으로 전환 	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 내 CSOs는 비교적 높은 비율로 스크린을 보유 - 신규 CSOs는 고효율의 저류 요구 - 모든 대규모처리장은 우수저류시설 설치
CSOs 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> - 장기간 강우기록으로 평가되는 월류평균 연간횟수 - 방류수역수질을 평가할 수 있는 모델수법에 따름 	<ul style="list-style-type: none"> - Formula A방식 - 처리유입량 = 2×청전시유량+침투량 - 보다 민감한 영향을 받기 쉬운 수역은 EQQ/EQS
CSOs 배출규제	<ul style="list-style-type: none"> - 모든 CSOs 배출에 관해서 배출허가가 필요, 분류식 우수관거에 대해서는 배출허가가 없음 - 1994년 이후 모든 지자체의 하수도관리계획에 의무화. 일부 CSOs는 모니터링 	<ul style="list-style-type: none"> - 1941년부터 수질원법에 따라 표면 유출 이외의 CSOs를 포함하는 모든 하수배출에 대하여 배출인가가 필요 - 하수배출은 NRA(국가하천국)에 따라 규제

<표 2-8> 유럽의 CSOs 대책 - 벨기에, 스페인

항목	벨기에	스페인
특색	<ul style="list-style-type: none"> - 약 4,500개 우수토실 	<ul style="list-style-type: none"> - 약 10,000개 우수토실
정책 및 가이드라인 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 국가적 법규에 근거하여 각 지역 정부에 따라 작성 	<ul style="list-style-type: none"> - 방법은 지역과 지방에서 수립 - 기술상의 유의사항이 있음
기존 시스템에 관한 정책	<ul style="list-style-type: none"> - 관경이 크고 경사가 완만하면 시스템 내에서 저류 	<ul style="list-style-type: none"> - 스크린과 탱크가 없음
CSOs 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> - CSOs 배출은 년에 7일의 설계기준으로 수립 	<ul style="list-style-type: none"> - EQQ/EQS 수법을 위해 CSOs와 저류탱크에 관한 기준 검토중
CSOs 배출규제	<ul style="list-style-type: none"> - 입법부가 모든 하수배출을 관리 - CSOs 모니터링은 거의 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 해수욕장 월류수는 3% 이하 - 육지에서의 규제는 없음

제 3 장

강수에 의한 대전시 유출패턴 분석

제1절 대전시 강수패턴

제2절 대전시 침투시설 대상지역의 선정

제3절 강수시 우수배출유량 산정

제3장 강수에 의한 대전시 유출패턴 분석

제1절 대전시 강수패턴

빗물관리시설은 특성에 따라 시설의 활용 및 운영빈도가 결정된다. 빗물관리시설에서 빗물이용 및 침투, 저류시설은 각각의 목적에 따라 대상강우, 설치장소, 강우 후 처리방향 등이 다르다. 빗물이용시설은 우천시에 빗물을 저장하여 청천시에 이용하는 반면에, 빗물침투시설은 우천시에만 활용되는 시설로써 연중 이용가능 강우량과 활용기간을 파악하여 시설이 효율적으로 관리되도록 계획하여야 한다. 이에, 대전시의 빗물관리시설별 이용가능 강우량과 활용기간을 적절하게 파악하기 위하여 강우영향을 24시간으로 고려한 독립강우와 일강우로 나누어 분석하였다. 또한 우천시 지표면유출은 노면저류에 의하여 빗물이 내리면서 손실되어 즉시 발생하지 않으며 기존 자료에서 불투수면의 노면저류량이 2 mm 정도인 것으로 제시되고 있다. 그리고 빗물은 대기와 지표면의 오염물질을 포함하므로 유출초기의 2 mm는 초기우수로써 빗물침투시설이나 이용시설에 유입시키지 않게 계획되어야 하므로 빗물관리시설의 이용가능 강우량은 최소 4 mm 초과하는 강우가 대상이 되는 경우가 많다.

빗물침투를 비롯한 빗물관리시설의 활용 및 운영빈도를 파악하기 위한 분석조건은 다음과 같다.

- 대상기간 대전시 1971년~2009년 (40년간 자료)
- 빗물관리시설 이용가능 강우량 : 대상기간의 독립강우, 일강우로서 노면저류량과 초기우수량을 고려하여 불투수면에 대하여 모의된 강우(최소 4 mm 초과 강우량)

1. 독립강우 발생현황

독립강우의 분석을 위하여 대전시의 1970~2009년까지 40년간 시강우량 자료를 이용하였으며, 독립강우의 시작점을 기준으로 하여 월별 평균강우량, 발생횟수 및 선행무강우일수의 현황을 분석하였다.

(1) 월별 평균강우량

대전시 40년간의 강수량 분포에 따른 월별 평균강수량은 <표 3-1>과 같다. 연간 총강수량은 1,324.94 mm로 이중에서 강우 4 mm 이하는 5.3 %이며 50 mm이상 강우는 35.65%인 것으로 나타났다. 또한 총강우량의 56.9%가 6~9월에 집중적으로 발생되었다.

<표 3-1> 대전시 40년간 독립강수량 분포에 따른 월별 평균강수량

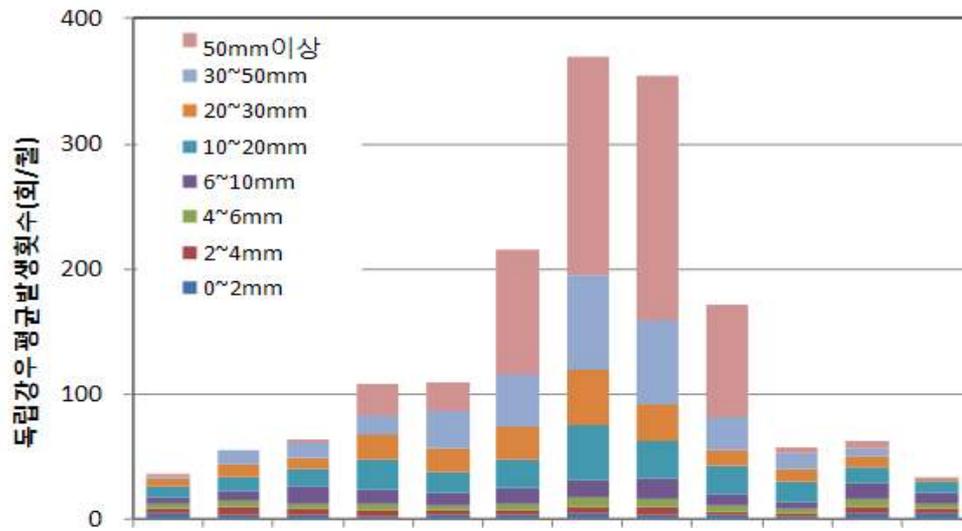
월별	독립강수량 범위별 강우량(mm)								전체
	0-2	2-4	4-6	6-10	10-20	20-30	30-50	50 이상	
1월	3.44	2.79	2.95	4.05	8.23	4.16	1.81	1.26	28.68
2월	2.64	3.47	3.92	5.34	7.99	6.07	7.13	0.00	36.55
3월	2.97	3.40	3.41	9.31	11.33	8.56	12.78	3.43	55.19
4월	1.77	3.67	3.15	8.83	17.60	15.69	14.14	18.94	83.80
5월	2.10	3.45	3.35	8.03	14.51	16.87	29.77	17.30	95.38
6월	2.20	2.84	5.00	9.71	19.49	23.24	33.64	72.21	168.34
7월	3.46	4.23	5.82	11.00	36.74	35.71	71.65	131.66	300.27
8월	3.10	4.70	5.37	11.70	27.97	26.61	52.82	153.31	285.58
9월	2.10	2.59	3.42	7.05	21.58	15.33	27.82	65.95	145.82
10월	1.87	1.82	2.80	4.40	15.11	10.22	12.04	3.74	52.00
11월	3.45	3.48	3.78	9.55	10.73	5.06	4.19	4.57	44.81
12월	3.77	2.65	4.08	5.07	8.36	3.75	0.85	0.00	28.53
평균	2.74	3.26	3.92	7.84	16.64	14.27	22.39	39.36	110.41
총계	32.87	39.10	47.04	94.03	199.64	171.26	268.64	472.37	1324.94
비율	2.48	2.95	3.55	7.10	15.07	12.93	20.28	35.65	100.00

(2) 월별 평균 강우발생 횟수

40년간 시강우를 이용하여 분석한 독립강우에 대한 월별 강우발생횟수는 <표 3-2> 및 <그림 3-1>과 같다. 평균 강우발생횟수는 연평균 5.4회/월로서 7월과 8월이 가장 많았으며, 10월이 가장 적게 발생하였다. 그러나 강우 발생횟수는 9.7회에서 24.1회로 편차가 크다. 범위별 횟수로는 6~10 mm가 20회로 가장 많고, 50 mm 이상이 7.7회로 가장 적다.

<표 3-2> 대전시 40년간 강수량 분포에 따른 월별 평균강수 발생횟수

월별	강수량 범위별 강수발생횟수(회)								전체
	0-2	2-4	4-6	6-10	10-20	20-30	30-50	50 이상	
1월	11.68	1.23	0.74	1.00	1.19	0.26	0.03	0.03	16.16
2월	9.76	1.66	1.07	1.66	0.83	0.34	0.31	0.00	15.62
3월	7.84	1.52	0.90	2.00	0.87	0.35	0.35	0.06	13.90
4월	6.27	1.60	0.83	1.70	1.60	0.80	0.40	0.40	13.60
5월	6.35	1.48	0.87	1.52	1.10	0.74	0.77	0.32	13.16
6월	7.23	1.30	1.20	1.73	1.50	1.10	1.07	1.17	16.30
7월	9.47	1.83	1.33	2.47	3.13	1.70	2.07	2.10	24.10
8월	7.71	2.06	1.26	2.29	2.13	1.16	1.55	2.35	20.52
9월	6.57	1.10	0.80	1.37	1.63	0.50	0.70	1.10	13.77
10월	5.45	0.84	0.68	0.77	1.16	0.42	0.32	0.06	9.71
11월	9.13	1.60	0.97	2.10	0.93	0.33	0.17	0.10	15.33
12월	11.77	1.16	0.84	1.42	1.03	0.10	0.03	0.00	16.35
평균	8.27	1.45	0.96	1.67	1.43	0.65	0.65	0.64	15.71
총계	99.23	17.38	11.49	20.02	17.11	7.81	7.77	7.71	188.53
비율(%)	52.64	9.22	6.10	10.62	9.08	4.14	4.12	4.09	100.00



<그림 3-1> 대전시 40년간 월별 강수량 강수발생 분포

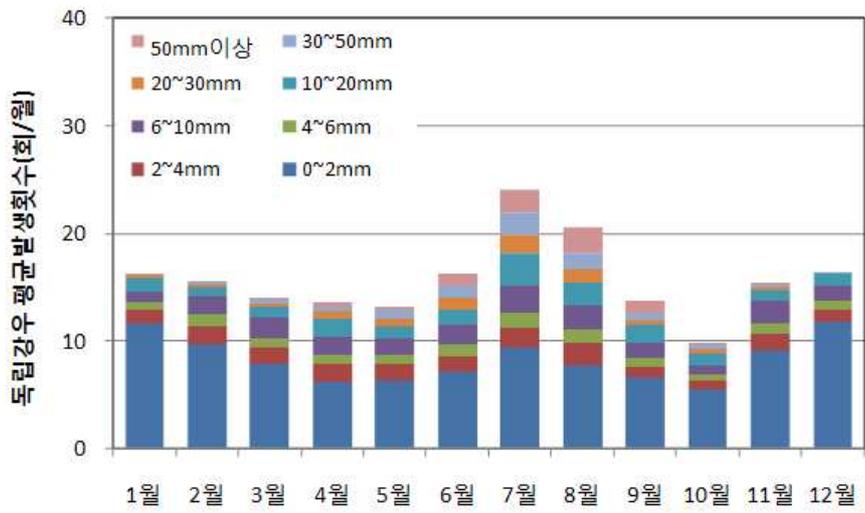
2. 빗물관리시설 유효강우 발생현황

빗물침투시설의 대상강우 중에서 최소 4 mm초과 강수에 대한 강수현황을 검토하였다. 4 mm를 초과하는 이용가능강우의 월별 발생횟수는 <그림 3-2>와 같다. 빗물침투시설이 이용가능한 강수량은 22.45 mm, 발생횟수 3.19회로써 가장 적게 발생되었으며, 이에 대해 7월은 292.59 mm, 발생횟수 12.73회로써 가장 많이 발생한 것으로 나타났다. 특히 6-8월에는 집중강우가 많아 침투시설에 유입이 되고도 월류되어 하천에 직접 유출되는 경우가 많은 것으로 나타났다.

이에, 지난 40년간의 강수발생 패턴을 기초로 하여 서울시의 경우 event당 4 mm 이상을 초과하는 강수시에 빗물침투시설에 저류시킬 수 있는 방안을 마련할 수 있지만, “수계오염 총량관리 기술지침”에서는 10 mm를 기준으로 하고 있다.

<표 3-3> 대전시 40년간 이용가능강우에 대한 월별 평균 강수량

월별	평균 강수량(mm)		평균 강수발생횟수(회)		평균 저류 가능량(mm) B/A
	전체	이용가능강우 (4mm초과)B	전체	이용가능강우 (4mm초과)A	
1월	28.68	22.45	16.16	3.19	7.04
2월	36.55	30.45	15.62	4.29	7.10
3월	55.19	48.82	13.90	4.52	10.80
4월	83.80	78.35	13.60	5.73	13.67
5월	95.38	89.82	13.16	5.29	16.98
6월	168.34	163.29	16.30	7.73	21.12
7월	300.27	292.59	24.10	12.73	22.98
8월	285.58	277.78	20.52	10.68	26.01
9월	145.82	141.13	13.77	6.10	23.14
10월	52.00	48.31	9.71	3.42	14.13
11월	44.81	37.88	15.33	4.57	8.29
12월	28.53	22.10	16.35	3.39	6.52
평균	110.41	104.41	15.71	5.97	14.81
총계	1,324.94	1,252.97	188.53	71.64	177.78
비율(%)	100.00	94.57	100.00	38.30	-



<그림 3-2> 대전시 40년(1970~2009)간 월별 이용가능강우의 평균강우발생횟수

3. 빗물침투시설 활용빈도

(1) 일별 대전시 강우패턴

<표 3-5> 2011년 대전시 일별 강우량

2011	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1일			3.0		3.0	9.0		60.5				
2일				0.5								0.5
3일				1.5			36.0	32.5				7.5
4일							0.5				0.1	
5일											13.0	
6일				0.1							20.0	
7일				17.5			12.5	35.0				
8일		0.7		0.5			85.0	15.0	0.5			
9일					6.0		22.5	83.0	0.5			
10일				0.5	83.0		231.5	84.0	18.5			
11일	1.0			3.0	40.5		26.5	8.5	39.5		1.0	
12일					1.5		24.5	13.5	12.0			
13일							1.5	2.5				
14일							12.5	1.0		6.5		
15일	0.2						2.5			6.5		
16일		1.5					1.5	16.0		0.5		0.1
17일		3.1				0.1		41.0			0.2	
18일				1.5		0.5		9.5	2.0		11.0	
19일								0.4	0.2		0.4	
20일			13.5		13.5			16.5				
21일					11.5		50.0			2.5		
22일				22.5		21.5	15.5			18.0		0.2
23일	1.5					93.5	0.1				9.0	
24일	1.3		2.5			153.5	6.0	0.4		0.5		3.0
25일						91.0	11.5					
26일				0.3	3.0	4.5	0.4	1.0				
27일		38.5		0.1			35.5					
28일		1.0				6.5	0.1					
29일						11.0	0.2		18.5	2.5		0.2
30일				23.0		0.5	1.0				48.5	
31일							10.0					
총강우	4.0	44.8	19.0	71.0	162.0	391.6	587.3	420.3	91.7	37.0	103.2	11.5
강우일수	4	5	3	12	8	11	23	17	8	7	9	6

빗물침투시설은 강우시 유입과 동시에 침투가 이루어지며, 건기시에는 그 이용이 없는 특성이 있다. 반면에 침투시설의 침투속도에 따라 처리능력이 달라지게 된다. 즉, 하루 24시간에 균등하게 침투속도보다 작게 빗물이 내린다면 모두 땅 속에 침투할 수 있겠지만, 침투속도보다 강수량이 크다면 침투되지 못하고 하천으로 유출될 수 있다는 것이다. 그러므로 침투시설 적용시에는 강우강도 및 지속시간 등을 고려하여 목표침투유량을 설정하여야 할 것이다.

이에, 빗물침투시설의 활용빈도는 <표 3-5>의 일별 강수량, 부록의 시간별 강수량 및 토양침투속도(mm/hr)를 변수로 하여 산정할 수 있다. 일반적으로 4 mm 이상 강우가 발생하는 경우 빗물 침투시설에 유입하게 되므로, 이를 초과하는 강수량이 빗물침투 대상이 된다.

(2) 활용빈도

빗물이용시설과 침투시설의 이용가능강우에 대한 월별 평균강수량과 평균발생횟수는 <그림 3-2> 및 <표 3-3>와 같다.

대전시 침투시설의 이용가능 평균강수량은 104.4 mm/월이고, 평균강우발생횟수는 10.7회/월로써 이용가능 평균강수량 범위는 월별 22.1~292.6 mm/월이며, 평균 침투가능횟수 범위는 3.2~12.7회/월로 분석되었다.

2011년도 시간별 강수량을 대상으로 4 mm 이상의 강수에 대하여 빗물침투대상량을 산정할 수 있다. 빗물침투대상량을 적용하는데 있어 강수량과 더불어 고려하여야 할 변수로는 대상 토지지목, 적용비율, 강우강도 및 침투계수 등이 있으며 이러한 변수들을 모두 고려하여 빗물침투시설 설계를 위한 빗물침투대상량을 산정할 수 있다.

제2절 대전시 침투시설 대상지역의 선정

1. 계획설치지역

빗물침투시설은 우천 시에 빗물을 지표면 아래로 신속하게 스며들게 하는 시설로서 표층토양의 투수성, 지하수위에 의하여 크게 영향을 받으므로 가능한 침투능이 큰 지역에 설치하여야 한다. 또한 침투시설에 의하여 침투된 빗물에 의하여 지반의 붕괴 및 함몰되거나 지하수가 오염되지 않는 지역이어야 한다. 대전광역시에 서 빗물침투시설 설치가능지역을 적절하게 선정하기 위하여 다음조건으로 검토한다.

- 과거의 침수지역으로 저지대가 아닌 곳
- 하상 및 호소를 제외한 지역
- 계획홍수위 +1 m 보다 고도가 높은 지역
- 건물면적 제외한 지역
- 주요건물 및 지하철 등이 인접하지 아니한 지역
- 침투시설설치가 불가능한 급경사지대가 아닌 지역
- 경작지를 제외한 지역
- 교통량이 많은 간선도로 및 주요도로가 아닌 지역

빗물침투시설의 경우 비시가지역과 같이 비포장되어 있는 지역은 자연상태와 다름없어 지하침투가 이루어지기 때문에 별도의 침투시설을 설치할 필요가 없다. 반면에 건물 및 도로가 대부분인 시가지역은 유출계수가 높아 강우시 합류식관거로의 유입 및 하천으로의 빠른 유출이 우려되므로, 침투시설 입지의효과가 높다고 할 수 있겠다.

2. 빗물침투시설의 설치

빗물침투시설은 단독주택, 주택단지, 학교, 공원, 도로 등을 대상지로 할 수 있으며, 설치방향은 다음과 같다. 또한 이러한 설치장소별 적용가능한 빗물침투시설의 종류는 아래의 <표 3-6>와 같이 분류할 수 있다.

- ① 하수도법에서 정한 “공공하수도의 설치기준”, “공공하수도의 구조기준” 및 “배수설비의 설치 및 구조기준” 등에 따라 설치한다.
- ② 빗물침투시설의 시설규모는 대전광역시나 자치구에서 목표로 하는 빗물침투대책량에 대하여 대상지역에서 계획한 침투시설별 계획설계침투량의 적합성을 검토하여 산정한다.
- ③ 침투시설은 여러 종류의 시설을 조합하여 설치하며, 침투트렌치의 양단에 침투통을 설치하거나 빗물이용시설이나 빗물저류시설과 연계하여 설치한다.
- ④ 침투시설의 구조는 빗물의 저장기능과 침투기능이 효과적으로 발휘 될 수 있는 구조로 하고 그 기능을 장기적으로 유지하기 위해 토사 등의 유입에 의한 막힘과 퇴적에 대해 충분히 배려한다.
- ⑤ 침투시설 선정, 설치규모 산정에서 침투효과를 얻을 수 있도록 한다. 빗물침투시설은 우수유출저감을 실시하는 구역의 지반조건, 토지 이용상황 등을 고려해서 몇 개의 침투시설을 조합하여 설치하면 침투기능이 효과적으로 발휘될 수 있다.
- ⑥ 지형, 지질, 지하수위, 주변환경 등을 충분히 검토하여 설치하고 배수시설과의 연계를 고려한다.
- ⑦ 빗물침투시설은 대상지역의 하수관거배제방식을 고려하여 오수나 우수의 배제에 영향을 주지 않고 빗물침투가 원활하게 이루어지도록 설치한다. 합류식하수관거에서는 별도로 침투시설을 설치하여 빗물이 하수와 혼합되기 이전 단계에 침투되도록 하고, 분류식하수관거의 경우는 우수관거를 침투시설로 이용하거나 별도로 침투시설을 설치하고 최종적으로 우수관거와 연

결되도록 계획한다.

- ⑧ 지하수 침입을 방지하고 하수관거에서의 하수역류를 방지하기 위하여 하수관거 계통과 침투시설계통을 분리하여 설치한다. 또한 하수관거로부터의 악취방지를 위하여 침투시설과 연결하는 하수관거설비에 트랩을 설치한다.
- ⑨ 침투시설은 빗물침투에 따라서 지반변동 등을 일으킬 우려가 있는 장소에 설치하지 않도록 한다. 또한 주변환경에 영향을 주지 않도록 장소를 설정하여야 한다. 침투시설 설치금지구역은 ①급경사지 붕괴위험지구, ②사면위험구역, ③인접지의 건축물 기초부분으로 자연환경에 영향을 줄 우려가 있는 구역, ④함몰지역, ⑤공장지역, 폐기물매립지 등으로 토양오염이 예상되는 지역이다.
- ⑩ 빗물침투시설은 설치장소별 토지이용에 따른 적용가능 침투시설을 설치한다.

<표 3-6> 설치장소별 적용 가능한 빗물침투시설

설치장소 토지이용	집수대상	적용침투시설					
		침투통	침투 트렌치	침투 측구	투수성 포장	도로 침투	침투 저류조
단독주택	지붕	○	○				○
	건물주변	○	○	○	○		○
주택단지, 학교 등	지붕	○	○	○			○
	건물주변	○	○	○	○		○
공원 등	녹지, 도로, 주차장, 운동장	○	○	○	○		○
도로	보차도 구별이 있는 도로의 차도			○		○	
	보차도 구별이 없는 도로의 보도			○	○		
	보차도구별이 없는 도로			○	○	○	

3. 침투시설 대상지역

빗물침투시설은 집수면적에 내리는 강우량에 따라 결정된다. 그러므로 빗물침투 시설의 규모는 우천시 해당 집수면적에 대하여 저장할 수 있는 빗물량을 고려하여 시설이 효율적으로 이용될 수 있도록 결정하여야 한다. 빗물침투시설 규모에 대한 적절성을 파악하기 위하여 다음과 같이 검토하였다.

- 빗물침투시설의 대상 지역 : “지붕면적과 같은 건축면적” 및 “대지면적”에 따른 대상 적용

빗물침투시설의 설치규모는 “대전광역시 빗물관리에 관한 지침”에 규정되어 있다. 빗물집수장소는 지붕(옥상) 등의 집수가능한 장소로 불투수면을 대상으로 하는 것을 원칙으로 하고 있다.

이렇게, 빗물침투시설의 규모는 집수면적에 따라 결정된다. 대전광역시의 자치구 별 빗물이용시설의 집수면적인 건축면적과 대지면적에 따른 빗물이용시설의 규모를 산정하여 나타내면 <표 3-7>과 같다. 대지면적과 건축면적에 따른 빗물이용시설 규모산정 결과는 다음과 같다.

<표 3-7> 대전시 자치구별 토지특성 산정결과 (2011)

구 분	건축면적 (km ²)	토지면적 (km ²)	전면적 (km ²)	답면적 (km ²)	임야면적 (km ²)	대지면적 (km ²)	기타면적 (km ²)
동 구	1.323	136.6	8.4	5.1	82.2	20.6	20.3
중 구	1.673	62.1	3.1	2.8	36.1	15.8	4.4
서 구	1.323	95.4	4.8	8.2	49.0	24.2	9.3
유성구	1.493	177.3	15.3	20.4	89.2	36.2	16.1
대덕구	0.799	68.5	3.6	3.0	28.2	21.9	11.7
합 계	6.611	539.9	35.1	39.4	284.7	118.7	61.9

“대전광역시 빗물관리 기본계획”에서 빗물이용시설의 용량 산정기준은 “개발사업에서는 대지면적당(m^2) \times 0.01로 하고 공공건축물에서는(m^2) 건축면적당 \times 0.05 m를 빗물관리시설 용량으로 제시하였다.¹⁹⁾ 특히 집수면적을 건축면적, 대지면적, 기타 집수가능면적 중 어느 것을 대상으로 하느냐에 따라 빗물규모가 달라진다.

빗물침투시설의 규모는 앞 절에서 제시한 집수면적에 따라 결정된다. 더불어 침투시설에 대지면적 혹은 건축면적에서의 환산계수를 다시 제시할 필요가 있다. 이에, 대전광역시의 자치구별 빗물이용시설의 집수면적인 건축면적과 대지면적에 따른 빗물이용시설의 규모를 산정하여 나타내면 <표 3-8>과 같다. 대지면적과 건축면적에 따른 빗물이용시설 규모산정 결과는 다음과 같다.

<표 3-8> 대전시 자치구별 건축 및 대지면적의 빗물침투시설 대상 규모 산정

구 분	건축면적 (km^2)	대지면적 (km^2)	자치구별 침투대책면적 (km^2)					
			건축면적 변환비			대지면적 변환비		
			0.1	0.5	1.0	0.1	0.5	1.0
동 구	1.323	20.6	0.13	0.7	1.3	2.06	10.28	20.56
중 구	1.673	15.8	0.17	0.8	1.7	1.58	7.92	15.83
서 구	1.323	24.2	0.13	0.7	1.3	2.42	12.08	24.17
유성구	1.493	36.2	0.15	0.7	1.5	3.62	18.12	36.23
대덕구	0.799	21.9	0.08	0.4	0.8	2.19	10.96	21.91

표이 결과를 보면 건축면적은 침투대상면적이 매우 좁아 침투시설 도입에 의한 효과가 매우 적을 것으로 판단된다. 이에 추가 침투를 위해서 대표적인 불투수지목인 대지를 대상으로 빗물이 유입되는 대상면적 산정을 위한 대지면적 변화비를 곱하여 침투대책 면적을 구하였다. 본 연구에서는 대지면적 변환비로 0.5를 대입하여 빗물침투시설에 대한 침투계획을 수립하기로 하였다.

19) 대전광역시 빗물관리 기본계획 (대전광역시, 이재근, 2010), 건축면적에서 빗물수집이 어려운 단독주택의 면적은 제외하였음

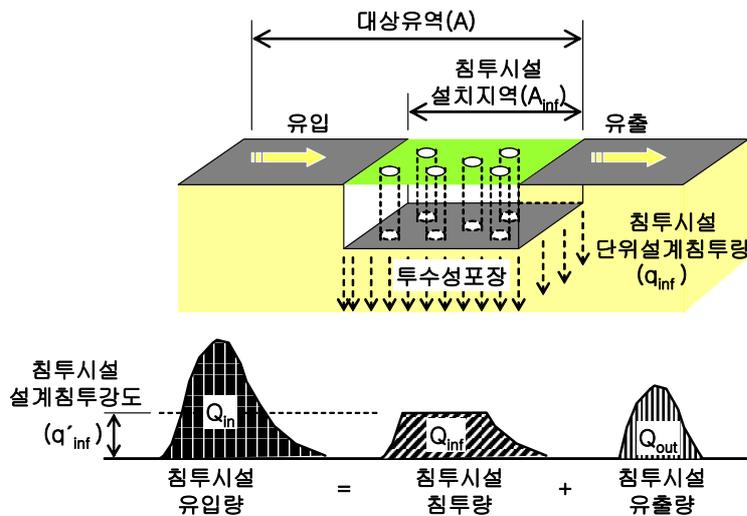
제3절 강수시 우수배출유량 산정

1. 빗물침투시설 대책량 산정

(1) 산정원리

침투시설 대상인 건축면적 및 대지면적을 기준으로 침투대상 빗물집수량을 산정을 위한 변환비를 곱하여 <표 3-8>를 산정하였다. 여기에 빗물침투대책량을 산정하기 위하여 다음의 과정을 거쳤다.

빗물관리량에서 일부가 빗물이용대책량으로 처리되고 나머지는 빗물침투대책량으로 계획된다. 하지만 빗물이용효과가 미미해 빗물이용량은 거의 없어 빗물이용량은 없는 것으로 가정하였다. 해당지역에서 침투시설로 처리해야 하는 빗물침투대상량은 <그림 3-3>와 같이 40년간의 독립강우에 대하여 표면유출량을 모의하고 저감시켜야 하는 침투량과 유출량으로 분류하였다.



<그림 3-3> 빗물침투대책량 산정 개념도

(2) 빗물침투시설 저류량 산정

빗물침투대책량에 대한 빗물침투시설 설치계획에서 침투시설 설치면적이 부족할 때는 빗물침투시설에 저류기능을 부가하여 빗물을 일시 저류시켜 침투기간을 연장하여 줄 필요가 있다. 침투저류시설의 저류용량 산정을 위하여 침투시설 설치가능 지역에 투수성포장이 설치되었을 때의 침투가능량을 산출하였다. 투수성포장으로 침투시킬 수 없는 대책량은 저류기능을 이용하여 침투량을 늘릴 수 있다. 침투가능량 산정에 침투시설 중에서 투수성포장을 적용한 이유는 투수성포장은 침투시설 중에서 유일하게 면적단위로 단위설계침투량이 계산되기 때문에 침투시설 설치가능면에 설치될 빗물침투시설 수량산정이 용이하기 때문이다. 투수성시설의 단위설계침투량을 매뉴얼에 제시된 <식 3-1>로 산정하였다.

$$q_{inf} = C \times Q_f \quad \text{<식 3-1>}$$

$$Q_f = k_0 \times K_f$$

$$K_f = 0.014H + 1.287$$

여기서, q_{inf} : 빗물침투시설 단위설계침투량($m^3/hr/m^3$)

C : 영향계수(일반적인 0.81 적용)

Q_f : 침투시설의 기준침투량($m^3/hr/m^2$)

k_0 : 토양의 포화투수계수(m/hr)

K_f : 설치시설의 비침투량(m^3/m^2)

H : 설계수두(m)

빗물침투시설이 설치될 침투시설 설치가능지역의 토양은 <표 5.4>와 같다.

<표 3-9> 빗물침투시설 설치가능지역 토양형

토양형	Sand	Loamy sand	Sandy loam	Loam
투수계수(cm/hr)	11.78	2.99	1.09	0.34

침투시설 설치가능지역에 설치된 빗물침투시설의 설계침투강도는 <식 3-2>를 이용하였다.

$$q'_{inf} = \text{설계침투량}/A \times 1000 \quad \text{<식 3-2>}$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, 설계침투량} &= \Sigma[\text{단위설계침투량}(\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2) \\ &\quad \times \text{투수성포장의 면적}(\text{침투시설 설치가능지역, m}^2)] \\ q'_{inf} &: \text{침투시설 설계침투강도}(\text{mm}/\text{hr}) \\ A &: \text{유역면적}(\text{m}^2) \end{aligned}$$

여기에서, 단위면적에 침투되는 설계침투량을 만족시키기 위해서는 설계침투강도가 매우 중요한 인자로 작용을 한다. 이에, 빗물침투시설은 토양형을 잘 살펴보고 <표 3-9>에서 나타나듯이 'Sand' 및 'Loamy sand'와 같이 투수속도가 빠른 토양을 대상으로 하며, 침투가 느릴 경우 일부 토양형을 교체하는 작업을 할 필요가 있다. 이에, 본 연구에서는 빗물침투시설에서의 설계침투강도를 'Loamy sand'와 비슷한 40 mm/hr로 가정하고 계획을 하였다. 이 경우, 빗물침투시설에서의 침투속도는 100 cm/day로 침투시설의 침투면적 및 침투시설의 높이에 따라 처리능력이 달라질 수 있다.

2. 빗물침투시설의 설계용량

빗물관리대책량에서 빗물이용대책량을 제외한 나머지는 빗물침투대상량(mm/회)으로 계획되며 침투대책면적, 빗물침투대상량, 설계침투량 등을 <표 3-10> 및 표 3-11>에 나타냈고, 그 산정을 위한 과정을 아래와 같이 진행하였다.

- 대전광역시 5개 기초자치단체는 빗물침투대상량을 달성하기 위한 침투가능면적이 부족하므로 효율적인 침투시설 배치계획 수립이나 빗물침투시설에 별도의 저류기능을 부가하여 지속적으로 침투가 이루어지게 할 필요가 있다.
- 대전광역시 전체의 빗물침투대상량은 침투대책면적 59.4 km²에 대하여 내리는 강수량을 기준으로 산정하여야 한다.
- 빗물침투대상량은 강우강도 5.5 mm/hr를 대상으로 하였다. 여기에, 침투대상면적은 대전시 대지면적의 50%를 대상으로 하였다. 이는 대전시 전 대지면적이 침투에 적합하지 않으므로, 적용 대상지를 50%로 본 것이다.
- 이에, 구별로 43,544 ~ 99,644 m³/hr이 빗물침투대상량이 우선 될수 있으나, 빗물침투대상량을 모두 빗물처리시설에 저류시킬 수 있으려면 그 규모가 매우 커지게 된다. 이에, 효율적인 빗물침투시설을 설계하기 위해서는 강수 초기의 표면침투 등에 의한 실제 도심유출 및 누적강우를 통하여 빗물침투시설의 실제 침투량 등을 계획하여야 한다.
- 반면, 빗물침투대상량과는 별도로 토지의 투수계수에 따라 실제 침투량을 적용하여야 하는데, 4.2 cm/hr의 침투계수를 사용하여 설계침투량을 산정할 수 있었다. 이에 침투대책면적 56.4 km²을 대상으로 4.2 cm/hr의 설계침투강도를 곱하여 총 216,047 m³/회 설계용량을 산정할 수 있었다.
- 대전시 5개 자치구 설계침투량을 보면, 중구에서 28,818 m³/회로 가장 적었으며 유성구에서는 65,946 m³/회로 가장 많이 나타났다.

<표 3-10> 대전시 자치구별 빗물침투대책량

행정자치구	면적 (km ²)			평균강우강도 (mm/hr)	빗물침투 대상량(m ³ /hr)
	계	침투면적	침투대책면적		
동 구	136.6	117.3	10.3	5.5	56,551
중 구	62.1	46.8	7.9	5.5	43,544
서 구	95.4	72.1	12.1	5.5	66,454
유성구	177.3	143.2	18.1	5.5	99,644
대덕구	68.5	48.7	11.0	5.5	60,253
합 계	539.9	428.1	59.4	5.5	326,444

<표 3-11> 대전시 자치구별 빗물침투시설의 저류용량²⁰⁾

행정자치구	유역면적 (km ²)	빗물침투 대상량 (m ³ /hr)	침투대책면적 (km ²)	설계침투강도 (cm/hr)	설계 침투량 (m ³ /회)
동 구	136.6	56,551	10.3	4.2	43,184
중 구	62.1	43,544	7.9	4.2	33,251
서 구	95.4	66,454	12.1	4.2	50,747
유성구	177.3	99,644	18.1	4.2	76,091
대덕구	68.5	60,253	11.0	4.2	46,011
합 계	539.9	326,444	59.4	4.2	249,285

20) 설계침투량을 산정하기 위한 기준은 다음의 원리에 의하여 산정되었음

- 유역면적 : 대전통계연보(대전광역시, 2010)
- 빗물침투대책량 :
- 침투대책면적 :
- 설계침투강도 :
- 설계침투량 : 침투대책면적 × 설계침투강도

4. 빗물침투시설 도입

빗물침투시설을 도입하는데 있어, 앞에서 산정된 빗물침투대상량, 설계침투량, 침투시설설계용량으로 <표 3-12>와 같이 침투시설 필요갯수를 예측할 수 있었다. 빗물침투시설의 필요갯수는 “가로 20m × 세로 30m × 깊이 3m”를 기준으로 하였다. 또한, 빗물침투시설의 침투속도가 100 cm/day를 기준으로 삼았으므로 시설에 유입된 빗물이 완전히 침투하는데에는 3일의 시간이 소요되는 것으로 산정된다. 이에, 몇 일간 강수가 지속될 경우에는 매일 빗물침투시설의 설계용량만큼 저류시키지 못하고, 해당 용량의 1/3만큼만 침투를 위해 저류하게 된다.

또한, 침투가능 강우유량은 부록에 나타난 시간별 강수량을 검토한 결과 event 당 10 mm 이하의 강수량은 유출되어 공공수역 배출 및 빗물침투시설 유입이 이루어지지 않는 양으로 계산하였다. 이에 2011년에 1934.3 mm의 빗물이 내렸지만 일 부분은 자연침투되고 1,620.4 mm가 유출 및 침투가능 강우유량을 검토가 되었다.

<표 3-12> 대전시 자치구별 빗물침투 계획

구분	빗물침투 대상량 (m ³ /hr)	설계 침투량 (m ³ /회)	침투시설 설계용량 (m ³)	침투가능 강우유량 (mm)	강우량 (mm)	침투시설 필요갯수 (개)
동 구	56,551	43,184	43,184	1,620.4	1,943.4	24
중 구	43,544	33,251	33,251	1,620.4	1,943.4	18
서 구	66,454	50,747	50,747	1,620.4	1,943.4	28
유성구	99,644	76,091	76,091	1,620.4	1,943.4	42
대덕구	60,253	46,011	46,011	1,620.4	1,943.4	26
합 계	326,444	249,285	249,285	1,620.4	1,943.4	138

다음의 <표 3-13>에는 위에서 기술하였던 조건들을 종합하여, 2011년도 대전시 강수패턴, 빗물관리 대상, 침투시설 침투대상 및 침투시설 월류대상에 대하여 정리하였다.²¹⁾

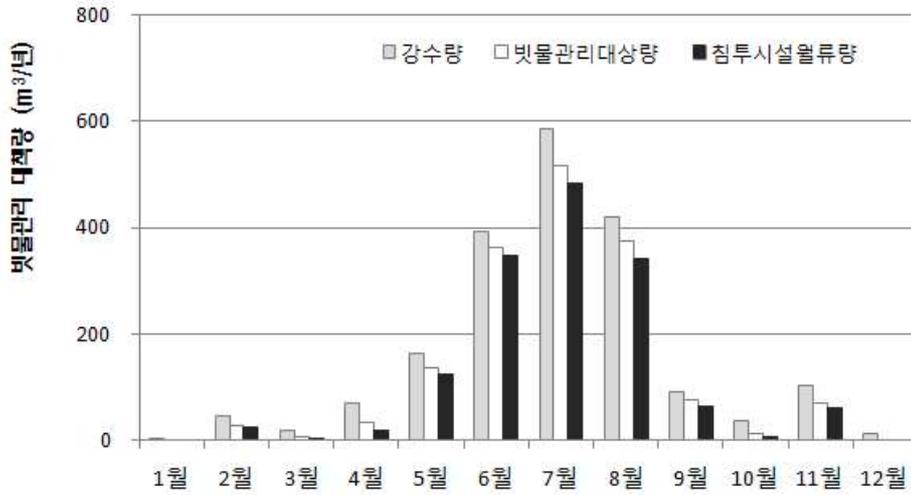
21) 빗물침투시설 관련 대상량 산정방법

빗물의 이동경로를 보면 112일 동안 1,934 mm의 빗물이 내렸으며, 자연침투 및 증발로 인한 유출 감소로 57일 동안 1,620.4 mm의 빗물이 유출을 저감할 수 있는 관리대상이 된다. 이를 249,285 m³/회 용량의 빗물침투시설에 유입시키면 44일 동안 1,478.1 mm에 해당하는 빗물은 저류시설에서 일부 처리된 후 월류되고, 58일 동안 142.3 mm는 침투되게 된다. 이러한 빗물대상유량의 변화 및 빗물대상일수의 변화를 <그림 3-8> 및 <그림 3-9>에 나타내었다.

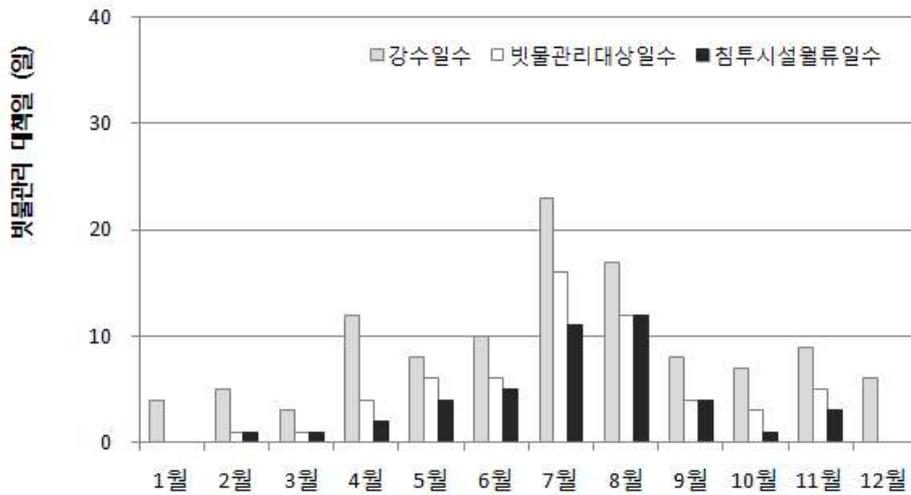
<표 3-13> 대전광역시 월별 빗물침투시설 유입·월류패턴 (2011)

구분	강수패턴		빗물관리대상		침투시설 월류대상		침투시설 침투량 (mm)
	강수량 (mm)	강수 일수 (일)	유입가능 대상량 (mm)	유입가능 대상일수 (일)	침투시설 월류량 (mm)	월류가능 대상일수 (일)	
1월	4.0	4	0.0	0	0.0	0	0.0
2월	44.8	5	29.0	1	25.0	1	4.0
3월	19.0	3	7.0	1	3.0	1	4.0
4월	71.0	12	33.0	4	20.0	2	13.0
5월	162.0	8	137.5	6	125.0	4	12.5
6월	391.6	10	363.5	6	347.5	5	16.0
7월	587.3	23	516.5	16	483.5	11	33.0
8월	420.3	17	373.5	12	342.5	12	31.0
9월	91.7	8	75.0	4	64.6	4	10.4
10월	37.0	7	14.0	3	6.5	1	7.5
11월	103.2	9	71.4	5	60.5	3	10.9
12월	11.5	6	0.0	0	0.0	0	0.0
합 계	1,943.4	112	1,620.4	58	1,478.1	44	142.3

- 강수패턴 : 2011년 시간당 강수를 기초로 강수량과 강수일수를 검토
- 빗물관리 대상 : 수계관리기술지침에서 제시하는 10 mm 미만은 자연침투·증발하는 것으로 하고, 그 이상의 빗물에 대하여 빗물관리 패턴의 검토데이터로 사용
- 침투시설침투 대상 : 빗물관리대상량에서 침투시설설계용량에 유입될 수 있는양과, 1일 침투가능량을 모두 고려하여 실제 침투가능한 양을 산정
- 침투시설월류 대상 : 빗물관리대상량에서 침투시설침투량을 차감하여 산정



<그림 3-8> 대전시 2011년 강수량, 유입강수량, 침투강수량, 월류강수량



<그림 3-9> 대전시 2011년 강수일수, 유입일수, 월류일수

제 4 장

강수에 의한 유출저감 적용방안

제1절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출대상 감소

제2절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출부하량 감소

제3절 빗물침투시설의 적정 위치 제안

제4장 강수에 의한 유출저감 적용방안

제1절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출대상 감소

1. 침투저류조 설치에 따른 빗물 유출일수 감소

도시에 내리는 강수는 투수층, 불투수층에 상관없이 event 당 10 mm는 표면에 침투되거나 증발되는 특성을 가진다. 그리고 약 50%에 해당하는 강수는 10 mm 이하의 강수량을 가지기 때문에 유출(runoff)이 일어나지 않게 된다. 그 결과 2011년을 기준으로 112일의 강수가 있었지만 10 mm 이상의 강수로 인해 유출이 일어나는 유출가능 대상일수는 58일이었다. 빗물침투시설로의 유입가능 대상일수는 빗물의 유출이 발생하는 58일과 같으며, 침투가능 대상일수 또한 빗물침투시설로의 유입이 이루어지는 58일로 가정하여야 한다. 또한, 빗물침투시설에 빗물이 유입된 후 그 용량을 초과하면 침투시설에서 월류하게 되는데, 그러한 월류가능 대상일수는 44일로 나타났다.

<표 4-1> 빗물관리 대상일수의 변화

구분	강수 일수	설치 전	설치 후		
		유출가능 대상일수	유입가능 대상일수	침투가능 대상일수	월류가능 대상일수
동 구	112	58	58	58	44
중 구	112	58	58	58	44
서 구	112	58	58	58	44
유성구	112	58	58	58	44
대덕구	112	58	58	58	44

2. 침투처리시설 설치에 따른 빗물 유출유량 감소

강수일수보다 침투가능 대상일수가 적은 것처럼, 실제 내리는 강수량보다 침투가능 강수량이 적어지게 된다. 2011년에 내린 강수량은 1,943.4 mm였지만 표면침투 외의 유출가능 강수량은 1,620.4 mm였으며, 이는 빗물처리시설에의 유출가능 강수량 및 유입가능 강수량과 같다. 빗물침투시설에서의 침투가능 강수량은 142.3 mm였으며, 침투되지 못하고 침투시설을 월류하는 강수량은 1,478.1 mm로 나타났다. 이에, 보다 많은 빗물을 침투시키기 위해서는 보다 많은 빗물침투시설을 설치하여야 하지만, 적정한 빗물침투의 효과를 위해서는 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

<표 4-2> 빗물관리 대상 강수량의 변화 (mm)

구분	강수량 (mm)	설치 전	설치 후		
		유출가능 강수량	유입가능 강수량	침투가능 강수량	월류가능 강수량
동 구	1,943.3	1,620.4	1,620.4	142.3	1,478.1
중 구	1,943.3	1,620.4	1,620.4	142.3	1,478.1
서 구	1,943.3	1,620.4	1,620.4	142.3	1,478.1
유성구	1,943.3	1,620.4	1,620.4	142.3	1,478.1
대덕구	1,943.3	1,620.4	1,620.4	142.3	1,478.1

<표 4-3> 빗물관리 대상유량의 변화 (m³)

구분	강수량	설치 전	설치 후		
		유출가능 강수량	유입가능 강수량	침투가능 강수량	월류가능 강수량
동 구	19,981,011	16,660,953	16,660,953	1,463,129	15,197,824
중 구	15,385,106	12,828,707	12,828,707	1,126,589	11,702,118
서 구	23,479,922	19,578,483	19,578,483	1,719,340	17,859,143
유성구	35,206,766	29,356,787	29,356,787	2,578,049	26,778,738
대덕구	21,288,852	17,751,482	17,751,482	1,558,897	16,192,586
합 계	115,341,657	96,176,411	96,176,411	8,446,003	87,730,408

제2절 빗물침투시설 설치에 따른 CSOs 배출부하량 감소

1. 강수에 따른 배출부하량 산정방법

강수에 따라 10 mm/일 이상의 강우강도가 발생시에는 강수유출수로 인한 토지계 관거유입유량이 발생이 된다.

$$\text{○ 토지계관거유입유량} = \frac{\sum(\text{유입계수} \times \text{유효강우고} \times \text{차집면적})}{\text{유효강우일수}}$$

토지계 관거유입부하량은 토지계의 개별삭감 및 직접이송 과정을 거친 후 관거로 유입되는 관거유입유량에 강수유출수농도를 곱하여 산정한다. 단, 실측자료가 없는 경우에는 유입계수 및 차집면적의 발생부하량을 사용하여 관거유입부하량을 산정할 수 있다. 토지계 배출원별 관거유입부하량은 관거유입부하비에 발생부하량을 곱하여 산정한다.

$$\text{○ 토지계관거유입부하량} = \text{토지계관거유입유량} \times \text{강수유출수농도}$$

$$\text{○ 토지계관거유입부하비} = \frac{\text{토지계관거유입부하량} \times \text{유효강우일수비}}{\sum \text{토지계배출원발생부하량}}$$

$$\text{○ 유효강우일수비} = \frac{\text{산정기간중 유효강우일수}}{\text{산정기간일수}}$$

$$\text{○ 토지계관거유입부하량} = \text{토지계관거유입부하비} \times \text{토지계배출원발생부하량}$$

월류비는 총관거유입량에 대한 관거월류량(CSOs)의 상대비로 한다. 월류유량비는 우기를 기준으로 다음의 산식으로 산정하며 그 값이 관거이송유량비 보다 작은 경우 관거유입유량의 과소평가 또는 관거이송유량의 과대평가에 대하여 검토한다. 월류유량비가 0보다 작은 경우 월류유량은 없는 것으로 본다. 월류부하비는 월류유량

비에 관거이송농도비를 곱하여 산정한다.

- 월류유량비 = 1 - 누수유량비 - 관거용량비
- 평균관거용량비 = $\frac{3 \times \text{처리시설용량}}{\text{우기시총관거유입유량}}$
- 월류부하비 = 월류유량비 × 우기시관거이송농도비

이에, 해당 환경기초시설의 처리구역내 관거월류량은 각 오염원별 관거유입량에 “6. 환경기초시설분석”의 누수비와 월류비를 곱하여 산정한다. 월간 또는 산정기간에 대한 오염원별 관거누수량과 관거월류량은 유효강우일수비를 고려한 평균값으로 산정한다.

- 오염원별우기시관거월류유량 = 월류유량비 × 오염원별우기시관거유입유량
- 오염원별우기시관거월류부하 = 월류부하비 × 오염원별우기시관거유입부하

우기에만 관거로 유입되는 토지 유출수의 건기시 관거유입량은 0이며, 우기시 관거유입량은 월간 또는 산정기간의 평균값이 아니라 우기기준의 평균값으로 적용되는 점에 유의한다(토지계의 관거유입량을 월간 또는 산정기간의 평균값으로 적용하는 경우 유효강우일수비를 고려하지 않고 관거유입량에 월류비를 곱한 값이 평균 월류량이다).

- 오염원별관거월류유량 = 오염원별우기시관거월류유량 × 유효강우일수비
- 오염원별관거월류부하 = 오염원별우기시관거월류부하 × 유효강우일수비

2. 대전시 배출부하량

강수량에 따른 배출부하량을 산정하기 위하여 2011년 현황을 기준으로 대전시의 배출부하량을 산정한 결과 다음 <표 4-4>와 같은 일평균 배출유량, 배출부하량, 비점배출부하량 및 점배출부하량을 얻을 수 있었다.

“수계오염 총량관리 기술지침”에 의하면 오염원의 발생과 배출은 생활계, 산업계, 토지계, 축산계, 매립계, 양식계로 나눌 수 있다. 또한 배출형태로 보면 지점에서 배출되는 점배출부하량과 선형태로 배출되는 비점배출부하량으로 나눌 수 있다. 그런데 비가 오지 않는 일상생활에서의 배출패턴인 점배출부하량은 48.0%로 강수에 의한 영향보다 적은 것으로 나타났다. 특히 토지지목 중 대지의 비율이 높은 대덕구, 중구에서의 비점배출 비율이 높았으며, 대전하수처리장이 위치한 유성구에서는 점배출의 비율이 높게 나타났다.

대전시의 경우에는 하수도보급율이 97%를 돌파하였으며 하수처리장의 고도처리 및 3차처리가 완료되어 점배출부하량을 줄일 수 있는 방법이 매우 제한적인 상황에 있다. 반면 비점배출부하량은 점배출부하량에 비하여 저감효율이 떨어지기는 하지만 높은 농도로 배출되는 특정지점의 오염물질 저감방법을 사용하거나, 비점배출의 원인이 되는 빗물유출을 억제하는 방법을 사용할 수 있을 것이다.

<표 4-4> 대전시 2011년 배출부하량 현황

구분	배출유량 (m ³)	배출부하량 (kg/일)	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)
동 구	56,128.4	2,670.0	436.2	2,233.8
중 구	2,760.1	2,099.0	143.2	1,955.9
서 구	7,341.1	3,287.0	575.4	2,711.8
유성구	612,524.4	10,202.3	6,337.0	3,865.0
대덕구	2,538.2	1,598.2	62.5	1,535.7
합 계	681,292.2	19,856.6	7,554.3	12,302.3

3. 빗물침투시설 적용시 배출부하량 (2011년 강수 기준)

<표 4-4>가 대전시 현황에 따른 2011년 배출부하량을 나타낸 것이라면, <표 4-5>는 <표 3-12>와 같이 빗물침투시설을 설치하였을 경우 산정되는 배출부하량이다. 공공수역으로의 유출패턴으로 설명하자면 <표 4-4>는 58회의 유효강우일수와 1,620.4 mm의 유효강우고를 기준으로, <표 4-5>는 44회의 유효강우일수와 1,478.1 mm의 유효강우고를 기준으로 산정을 한 것이다. 이에 빗물침투시설 설치에 따른 비점배출부하량의 비율은 61.3%로 감소하였으며, 비점배출부하량은 12,302.3 kg/일에서 11,949.1 kg/일로 353.2 kg/일이 감소하였다. 또한, 이 삭감은 5 mg/L로 배출되는 하수처리장에 약 280,000인의 인구가 추가로 전입할 수 있는 효과가 있다.

<표 4-5> 대전시 2011년 배출부하량 현황 (kg/일) - 빗물침투시설 설치시

구분	배출유량 (m ³)	배출부하량 (kg/일)	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)
동 구	55,738.1	2,586.8	436.2	2,149.8
중 구	2,469.3	2,055.6	143.2	1,912.5
서 구	6,836.3	3,195.1	575.4	2,619.9
유성구	611,313.6	10,118.6	6,337.0	3,780.0
대덕구	2,227.6	1,549.4	62.5	1,486.9
합 계	678,584.9	19,505.6	7,554.3	11,949.1

대전시 비점배출부하량은 <표 4-6>에서와 같이 대부분 토지에서 유출되는 토지계 개별배출부하량이 주를 이루고 있다. 그 외에도 빗물이 합류식관거에 유입된 후 생활오수와 혼합되어 CSOs 형태로 배출되는 오염원별 관거월류도 일정부분을 차지하고 있다. 특히 관거월류 시에는 생활계, 토지계, 산업계 순으로 비점배출이 이루어지는 것으로 나타났다. 그 외 비점배출부하량으로는 하수처리장 유입후 배출되는 배제부하량, 하수관거에서의 누수배출부하량, 그리고 축산계 비료의 토지배출부하량이 있지만, 이러한 비점배출부하량을 저감하기에는 매우 어려운 상황이다.

<표 4-6> 대전시 2011년 주요 비점배출부하량 현황 (kg/일)

구분	비점배출 부하량	생활계 관거월류	산업계 관거월류	토지계 관거월류	토지계 개별배출
동 구	2,149.8	140.5	0.4	11.0	1,749.9
중 구	1,912.5	158.5	0.1	9.5	1,293.9
서 구	2,619.9	298.9	0.2	8.6	2,170.6
유성구	3,780.0	283.2	1.4	12.0	3,333.7
대덕구	1,486.9	269.7	30.4	15.2	1,828.3
합 계	11,949.1	1,150.8	32.6	56.2	10,376.3

대전시 침투대책면적 59.4 km²에 대지의 배출원단위 85.9 kg/km²과 365일 곱하면 18,623,979 kg/년의 빗물침투시설에의 유입부하량이 산정된다. <표 4-3>에서 월류대상 강수량은 87,730,408 m³/년으로, 부하량을 유량으로 곱하면 침투시설에 유입되는 빗물의 농도는 약 210 mg/L가 된다는 것을 알 수 있다. 이를 일별 유입부하량, 유입유량 및 유입농도로 표현하면 5,120 kg/일, 240,357 m³/일 및 210 mg/L가 된다.

여기에서 <표 4-7>에 나타난 바와 같이 빗물침투시설 앞단에 비점오염저감시설을 설치한다면, <표 4-3>에서의 침투되지 못하고 월류되는 빗물에 대한 유입부하량에 대하여 저감효과를 볼 수 있을 것이다. 특히, 빗물침투시설의 폐색방지 및 시설의 부피감소를 위해서 장치형 비점오염저감시설이 적절할 것으로 판단되며, 이 경우 BOD는 50%, SS는 95% 정도의 오염물질 저감효과가 있을 것으로 판단된다. 이에, <표 4-8>를 보면 삭감전 배출부하량이 19,505.6 kg/일, 빗물침투시설 유입대상 부하량이 5,098.5 kg/일, 저감가능 부하량이 2,549.2 kg/일로 빗물침투시설과 동시에 비점오염저감시설을 설치할 경우 16,956.3 kg/일까지 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

<표 4-7> 비점오염저감시설 저감효율

구분		BOD	TN	TP
저류형	습식연못	43	31	52
	저류조	25	24	20
	인공습지	18	24	48
침투형	유공성포장	60~90 (75)	83	65
	침투저류지	50~80 (65)	55~60 (58)	60~70 (65)
	침투도랑	50~90 (70)	42	50~90 (70)
식생형	식생여과대	0~50 (25)	0~27 (14)	0~40 (20)
	식생수로	25	38	29
장치형	여과형	54	32	59
	와류형	5~10 (8)	5~10 (8)	5~10 (8)
	스크린형	20	10	20
시설형	하수처리형 (초고속응집·침전법)	80	20	85

<표 4-8> 대전시 2011년 배출부하량 현황 (kg/일) - 비점오염저감시설 설치 후

구분	삭감전 배출부하량	유입대상 부하량	저감가능 부하량	삭감후 배출부하량
동 구	2,586.8	883.2	441.6	2,145.2
중 구	2,055.6	680.1	340.0	1,715.6
서 구	3,195.1	1,037.9	518.9	2,676.2
유성구	10,118.6	1,556.3	778.1	9,340.5
대덕구	1,549.4	941.0	470.5	1,078.9
합 계	19,505.6	5,098.5	2,549.2	16,956.3

4. 침투시설 적용에 따른 환경여건의 변화

(1) 하천환경 개선

빗물침투시설의 적용은 강수 시 발생하는 비점오염물질의 저감을 가져오게 된다. 빗물 유출에 따른 수질변화 일수가 58일로 수질개선 효과는 점배출오염원 저감에 비하여 크지 않지만, 강수시에 발생하는 소규모 하천 및 지천에서의 생태계에 큰 기여를 할 수 있다. 특히 대전시의 대전천, 유등천은 도심 가운데에 위치하고 있어 강수시의 오염물질 배출 및 열오염은 물고기 집단폐사와 같은 문제점을 가지고 있다는 점에서 빗물침투시설의 효과가 있다고 하겠다.

(2) 추가개발 효과

대전시 빗물침투시설 설치에 따라서 2,900.3 kg/일이 삭감되는 효과가 있는 것으로 나타났다. 수질오염총량제에서는 “선삭감-후개발”의 논리로 개발사업을 제한하고 있는데, 이러한 삭감은 <표 4-9> 및 <표4-10>에 나타난 바와 같이, 미개발지역의 34.2 km²을 대지로 지목변경하는 효과 및 5 mg/L로 배출되는 하수처리장에 약 232만인의 인구가 추가로 전입할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타났다.

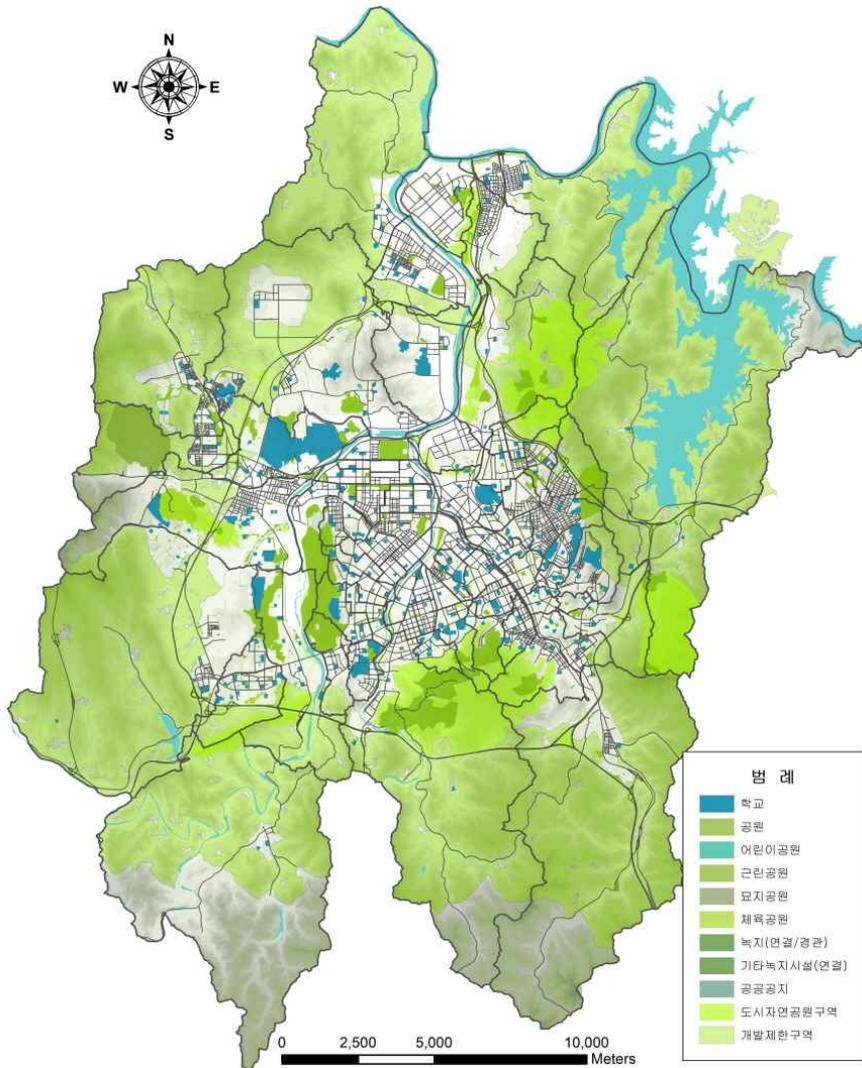
<표 4-9> 토지개발 효과

삭감부하량 (kg/일)	기타지목 원단위 (kg/km ²)	대지지목 원단위 (kg/km ²)	원단위 증가 (kg/km ²)	개발효과 (km ²)
2,900.3	1.0	85.9	84.9	34.2

<표 4-10> 인구유입 효과

삭감부하량 (kg/일)	처리장 배출농도 (mg/L)	물 사용량 (L/인/일)	처리장 추가배출 (m ³ /일)	인구증가 (인)
2,900.3	5	250	580,060	2,320,240

제3절 빗물침투시설의 적정 위치 제안



<그림 > 대전시 빗물침투시설 설치가능 투수지역

제 5 장

결론 및 정책제언

제1절 결 론

제2절 정책제언

제5장 결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구는 빗물관리정책을 빗물침투시설의 도입으로 변형된 물 순환을 회복하고 빗물관리를 효율적으로 수행할 수 있는 방안을 제시하기 위하여 작성되었다. 본 보고서의 조사, 분석 및 검토결과의 주요내용 및 결과는 다음과 같다.

1) 물 환경 현황 및 문제점

대전시는 시가지의 표면 대부분은 불투수포장으로 덮여져서 물순환계가 건전하지 않은 상태로, 이에 따른 다양한 환경문제가 발생하고 있다. 도시지역의 물환경에서 나타나는 대표적인 문제점으로는 ①하천유량 감소 및 친수공간 소멸, ②홍수 피해 증가, ③하천 수질관리 어려움, ④생태계의 변화, ⑤열환경의 심화 등이 있다.

2) 대전시 독립강수량별 강수량 분포

대전시 40년간의 강수량을 보면 발생횟수는 대부분 10 mm 이내에 집중되어 있지만, 강수량은 10 mm 이상에 대부분 집중되어 있다. 이는 빗물관리시설이 6~8월 기간에는 적용되지 않고 유출될 가능성이 크다는 것을 말하고 있다.

월별	독립강수량 범위별 강수량 및 발생횟수									전체
	0-2	2-4	4-6	6-10	10-20	20-30	30-50	50 이상		
강수량	mm	32.87	39.10	47.04	94.03	199.64	171.26	268.64	472.37	1324.94
	%	2.48	2.95	3.55	7.10	15.07	12.93	20.28	35.65	100.00
발생횟수	회	99.23	17.38	11.49	20.02	17.11	7.81	7.77	7.71	188.53
	%	52.64	9.22	6.10	10.62	9.08	4.14	4.12	4.09	100.00

3) 대전시 자치구별 빗물침투시설 설계침투량

2011년 시간별 강수량을 기준으로 빗물침투 대상량, 설계침투량 및 침투시설 필요갯수를 나타냈다. 강수량은 1943.4 mm가 내렸지만 10 mm가 표면침투 및 증발됨에 따라 1,620.4 mm만이 빗물을 침투할 수 있는 대상에 해당되었다.

구분	빗물침투 대상량 (m ³ /hr)	설계 침투량 (m ³ /회)	침투시설 설계용량 (m ³)	침투가능 강우유량 (mm)	강수량 (mm)	침투시설 필요갯수 (개)
합 계	326,444	249,285	249,285	1,620.4	1,943.4	138

4) 대전시 빗물관리대상 유량의 변화

1620.4 mm의 빗물침투시설 유입가능 대상량에서 4.2 mm/hr의 빗물침투시설 침투계수에 따라 142.3 mm에 해당하는 빗물이 침투되었다. 또한 이러한 침투시설 설계용량을 초과하여 월류하게 되는 침투시설 월류량은 44일 동안 1,478.1 mm였다.

구분	강수패턴		빗물관리대상		침투시설 월류대상		침투시설 침투량 (mm)
	강수량 (mm)	강수일수 (일)	유입가능 대상량 (mm)	유입가능 대상일수 (일)	침투시설 월류량 (mm)	월류가능 대상일수 (일)	
합 계	1,943.4	112	1,620.4	58	1,478.1	44	142.3

5) 대전시 배출부하량 변화

수계오염 총량관리 기술지침에 나타난 배출부하량 산정방법에 의거하여 2011년 대전시 배출부하량을 산정한 결과 19,856.6 kg/일이 배출되었는데, 빗물침투시설을 설치하면 19,505.6kg/일로 351.0 kg/일이 감소되는 것으로 산정되었다.

구분	배출유량 (m ³)	배출부하량 (kg/일)	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)
설치 전	681,292.2	19,856.6	7,554.3	12,302.3
설치 후	678,584.9	19,505.6	7,554.3	11,949.1

6) 비점오염 저감시설의 설치 효과

비점오염저감시설 설치 후 빗물침투시설의 설치로 351.0 kg/일이 감소되었지만, 이는 비점배출부하량의 17.6%에 해당하는 양으로 효과가 큰 편은 아니다. 하지만 처리되지 않고 배출되는 침투시설 월류량이 많아 이를 비점오염저감시설에 도입할 경우 2,549.3 kg/일의 효과를 얻을 수 있었다.

구분	삭감전 배출부하량	유입대상 부하량	저감가능 부하량	삭감후 배출부하량
합 계	19,505.6	5,098.5	2,549.2	16,956.3

7) 추가개발 효과

대전시 빗물침투시설 설치에 따라서 2,900.3 kg/일이 삭감되는 효과가 있는 것으로 나타났다. 수질오염총량제에서는 “선삭감-후개발”의 논리로 개발사업을 제한하고 있는데, 이러한 삭감은 미개발지역의 34.2 km²을 대지로 지목변경하는 효과 및 5 mg/L로 배출되는 하수처리장에 약 232만인의 인구가 추가로 전입할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타났다.

삭감부하량 (kg/일)	기타지목 원단위 (kg/km ²)	대지지목 원단위 (kg/km ²)	원단위 증가 (kg/km ²)	개발효과 (km ²)
2,900.3	1.0	85.9	84.9	34.2

삭감부하량 (kg/일)	처리장 배출농도 (mg/L)	물 사용량 (L/인/일)	처리장 추가배출 (m ³ /일)	인구증가 (인)
2,900.3	5	250	580,060	2,320,240

제2절 정책제언

1) 빗물침투시설 설치를 위한 장기 프로젝트 조성

- 1단계 : 도심형태, 인근하천과의 관계, 토지침투계수, 토지 기울기, 공공용지 확보가능성 등의 변수를 고려한 적정 빗물침투시설의 입지계획 수립
- 2단계 : 적정 빗물침투시설 입지에서의 침투대책면적 및 빗물침투시설의 종류를 고려한 설계용량의 산정
- 3단계 : 빗물침투시설의 보급 확대를 위하여 시범 적용되고 있는 지역에서의 관리현황 및 문제점을 파악하고, 향후 비점배출부하량 감소를 진행할 수 있는 점진적인 빗물침투시설의 적용이 요구됨

2) 대전시 수질오염총량제와의 관계 수립

- 실제 적용되는 빗물침투시설의 위치 및 용량을 기준으로 수계오염 총량관리 기술지침을 적용한 삭감부하량을 산정
- 빗물침투시설 설치 기간에 따라 제3단계(2016~2025년) 및 제4단계(2026~2035년)에서의 삭감부하량을 분류
- 수질오염총량제에서 결정된 삭감부하량에 따른 대전시 개발사업부하량의 할당여부 결정

참 고 문 헌

- 2008년도 공공하수처리시설 운영관리 실태분석 결과, 환경부, 2009
- 도시하수처리장 방류수의 재이용 공정 설계를 위한 기초 연구, 환경관리학회지, 9(4), 김진한, 2003
- 물순환 이용체계 개선에 관한 연구, 한국물환경학회·대한상하수도학회·한국수도경영연구소, 2006
- 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률, 환경부, 법률제10359호, 2010.6.8
- 수도정비 기본계획 보고서, 대전광역시 상수도사업본부, 2003
- 수자원장기종합계획(2006~2020), 건설교통부, 2006
- 인천 공공 하수처리수 재이용 증대 방안, 인천발전연구원, 2009
- 하수종말처리시설 운영·관리현황 (I), (II), 환경관리공단, 2006
- 하수처리수재이용 가이드북 개정, 환경부, 2009.10
- A case study on the wastewater reclamation and reuse in the semiconductor industry, Shu-Hai You e. al., Resources, conservation and recycling, 32, 2001
- A pilot study for wastewater reclamation and reuse with MBR/RO and MF/RO systems, L. S. Tam et. al., Desalination, 202, 2007
- Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture recommendations for revising WHO guidelines, WHO, 2000
- MEDAWARE project for wastewater reuse in the Mediterranean countries: An innovative compact biological wastewater treatment system for promoting wastewater reclamation in Cyprus, D. Fatta dt. al., Desalination, 211, 2007
- Membrane technology for advanced wastewater reclamation for sustainable agriculture production, Gideon Oron et. al., Desalination, 218, 2006

Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation plant, Weihong Li et. al., *Water Research*, 41, 2007

Pickling wastewater reclamation by means of nanofiltration, A. Bes-Pia et. al., *Desalination*, 221, 2008

Study of different alternatives of tertiary treatments for wastewater reclamation to optimize the water quality for irrigation reuse, J. Illueca-Munoz, J.A. et. al., *Desalination*, 222, 2008

Water reuse of south Barcelona's wastewater reclamation plant, Tomas Cazorra, *Desalination*, 218, 2008

부 록

대전광역시 2011년 시간별 강우자료

○ 2011년 1월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110101																								
20110102																								
20110103																		0.0			0.0			0.0
20110104																								
20110105			0.0															0.0						0.0
20110106			0.0			0.0			0.0			0.0												
20110107																								
20110108																								
20110109						0.0																		
20110110																								
20110111									0.0			0.0			0.0			0.0						1.0
20110112			0.0																					
20110113																								
20110114									0.0			0.0			0.0									
20110115			0.0			0.0												0.0			0.0			0.2
20110116																								
20110117																								
20110118																		0.0						
20110119			0.0			0.0																		
20110120						0.0																		
20110121																								
20110122						0.0																		
20110123															0.0			0.9			0.6			
20110124			0.1			0.3			0.1			0.8			0.0			0.0						
20110125															0.0			0.0						
20110126																								
20110127																								
20110128																								
20110129									0.0			0.0												
20110130			0.0																					
20110131																								

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 2월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110201																								
20110202																								
20110203																								
20110204																								
20110205																								
20110206																								
20110207																								
20110208									0.0			0.7			0.0									
20110209																								
20110210																								
20110211																								
20110212																								
20110213																								
20110214															0.0									
20110215																								
20110216																						0.0		1.5
20110217			2.2			0.8			0.1															
20110218																								
20110219																								
20110220																								
20110221																								
20110222																								
20110223																								
20110224																								
20110225																								
20110226																								
20110227			0.0			0.5			2.5			6.5			16.0			8.5			4.5			0.0
20110228			1.0			0.0												0.0			0.0			0.0

○ 2011년 3월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110301			0.5			1.5			1.0			0.0			0.0									
20110302																								
20110303																								
20110304																								
20110305																								
20110306																								
20110307																								
20110308																		0.0						
20110309																		0.0						
20110310																								
20110311																								
20110312																								
20110313																								
20110314																								
20110315																								
20110316															0.0			0.0						
20110317																								
20110318																								
20110319																								
20110320			0.0			1.0			8.5			4.0			0.0									
20110321																								
20110322																								
20110323																								
20110324															0.0			1.0			1.0			0.5
20110325																								
20110326																								
20110327																								
20110328																								
20110329																								
20110330																								
20110331																								

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 4월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110401																								
20110402																				0.0	0.0	0.0	0.4	0.1
20110403	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0																			
20110404	0.0																							
20110405																								
20110406																						0.0	0.1	
20110407		0.2	0.8	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	0.5	0.5
20110408	0.5																							
20110409																								
20110410																						0.0	0.4	0.1
20110411	1.5	1.0	0.5	0.0																				
20110412																								
20110413																								
20110414																								
20110415					0.0	0.0																		
20110416																								
20110417																								
20110418					0.0	0.0	0.0				0.0	0.0						1.0	0.0		0.5	0.0		
20110419																								
20110420																								
20110421																								
20110422	0.0	0.5	1.5	3.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	2.0	4.0	1.5	1.0	0.5	0.0					0.0	0.0			
20110423																								
20110424																							0.0	0.0
20110425																							0.0	0.0
20110426		0.1	0.1					0.0	0.0		0.0	0.0				0.0	0.1							
20110427						0.0	0.1	0.0	0.0	0.0														
20110428					0.0	0.0																		
20110429																								0.0
20110430	0.0						2.5	8.5	1.0	0.0				2.5	1.5	0.5		1.0	0.5	0.5	0.0	2.5	2.0	0.0

○ 2011년 5월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110501	0.0	1.5	1.0	0.5																				
20110502																								
20110503																								
20110504																								
20110505																								
20110506																	0.0							
20110507			0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0												
20110508																								
20110509															0.5	5.0	0.5		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
20110510	1.0	4.0	6.0	5.0	20.5	9.5	2.5	0.5		0.0				0.0	2.5	0.0	5.5	9.5	1.5	0.5	1.0	1.0	7.5	5.0
20110511	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0	2.5	5.5	12.0	9.5	4.0	2.5	1.5	0.5	0.0										
20110512				0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5		0.0	0.0	0.0											
20110513																								
20110514																								
20110515																								
20110516																								
20110517																								
20110518																								
20110519																								
20110520												0.3		1.7	8.5	1.5	1.0	0.5						
20110521			0.0	1.5	1.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.0	1.5	0.5	0.0	0.0		
20110522																								
20110523											0.0	0.0												
20110524																								
20110525																								
20110526			0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5	0.0										
20110527																								
20110528																								
20110529																								
20110530																								
20110531			0.0	0.0								0.0	0.0											0.0

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 6월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
20110601	2.0	0.0							3.0	3.0	0.5	0.5													
20110602																									
20110603																									
20110604																									
20110605																									
20110606																									
20110607																									
20110608																									
20110609																									
20110610																									
20110611																									
20110612																									
20110613																									
20110614																									
20110615																									
20110616																									
20110617																				0.0	0.0		0.0	0.1	
20110618	0.5	0.0																							
20110619																									
20110620																									
20110621																									
20110622						0.0					0.1	0.1	0.8	1.0	1.0	5.5	2.5	0.5	0.5	4.5	3.0	1.0	0.5	0.5	
20110623	0.2	0.3	0.0	3.0	5.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.5	0.0						0.0	1.0	0.5	0.5	8.0	13.5	54.0		
20110624	10.0	0.5	0.5	2.5	8.5	9.0	20.5	3.0	5.0	3.0	7.5	4.5	5.5	5.5	5.0	10.0	2.5	2.5	1.5	26.0	11.0	2.0	3.0	4.5	
20110625	7.0	9.0	0.5	1.5	0.0	2.0	6.5	8.0	4.0	1.0	1.0	5.5	11.0	0.5	0.0	6.0	1.5	2.5	7.0	5.5	7.5	1.0	1.0	1.5	
20110626	0.5	2.5	0.0	0.5	0.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5									0.0	0.0			
20110627												0.0	0.0												
20110628																			0.2	4.8	1.5	0.0			
20110629					0.1										0.9	0.5	8.0	1.0	0.5						
20110630													0.0	0.0							0.0	0.5	0.0		

○ 2011년 7월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110701		0.0	0.0	0.0																				
20110702																						0.0		
20110703	1.5	0.0				0.5	5.0	0.0	1.0	4.0	3.0	6.5	5.0	0.0	0.0	0.5	0.5	5.0	2.0		1.5			
20110704		0.5	0.0																					
20110705																								
20110706																								
20110707			0.0	0.0	0.1							0.9	1.0	2.0	0.0						1.0	0.0	0.5	7.0
20110708	19.0	30.0	2.5	4.5	2.5	3.5	0.0					4.0	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	0.0			0.0	1.0	14.5
20110709	5.5			0.5	1.0	0.0	11.0	2.0		0.0	0.5	1.5	0.0	0.5					0.0					
20110710	1.0	0.5				5.0	44.5	25.0	10.0	13.5	6.0	22.5	2.5	5.0	7.0	6.0	19.0	18.0	17.5	20.5	6.0	1.0	0.0	1.0
20110711	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	5.5	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0							0.5	15.5				
20110712			0.0	1.5	4.5	2.5	0.0	1.0	0.0	1.5	1.0	0.0	2.5	0.5	3.5	2.5	1.5	0.5		1.0	0.0	0.5	0.0	0.0
20110713														0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0				
20110714			0.1	0.0	0.1	2.3								5.5	3.5	1.0		0.0	0.0					0.0
20110715		1.0	0.5														0.0	0.5	0.5	0.0				
20110716												0.0	1.0						0.5		0.0	0.0		
20110717																								
20110718																								
20110719																								
20110720																								
20110721																	0.0	0.0	0.0		8.0	15.5	4.5	22.0
20110722	7.0	2.0	1.0	1.0	0.5	2.5	0.5	0.5	0.0										0.0	0.0	0.5			
20110723														0.1										
20110724						0.0	0.1	0.3	0.0	0.6	2.5	1.0	1.5	0.0										
20110725			5.0	6.0	0.0	0.0	0.5	0.0																
20110726																		0.4	0.0					
20110727			0.1	0.1	0.3	0.0			0.0	0.0	0.0	3.5	14.0	1.0	11.0	3.0	2.5							
20110728												0.1												
20110729						0.0	0.0	0.0					0.0	0.1	0.1									0.0
20110730					0.1	0.9	0.0																	
20110731																0.1	0.1	0.8	0.0	0.0		4.0	2.0	3.0

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 8월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
20110801	5.0	4.5	13.0	5.0	1.0	0.0	0.0						12.0	3.5	5.5	2.5	8.5				0.0	0.0					
20110802																											
20110803													0.5		2.5	1.5		7.5	3.0	17.5	0.0						
20110804																											
20110805																											
20110806												0.0															
20110807																			0.0	0.1	0.1	3.3	4.5	27.0			
20110808	11.5	3.0	0.5																								
20110809						0.0	0.4	5.1	9.0	21.0	25.0	5.5	5.5	6.5	4.5	0.5	0.0										
20110810	0.5	0.5	1.0	3.5	39.0	8.5	18.5	5.5	1.0	3.5	1.0	0.5	0.0	1.0	0.0												
20110811							0.1	2.9	2.5	0.0		0.5				0.0		2.5									
20110812			0.1	0.4	1.0	0.5	0.0	0.0		0.0	0.0					0.5	6.0	0.5	4.5	0.0							
20110813												0.0	2.5														
20110814																	0.5	0.5									
20110815																											
20110816																	1.5	13.5	1.0								
20110817				0.0	0.0					25.5	1.5	0.5	3.0	3.5	2.5	3.5	1.0	0.0						0.0			
20110818	0.0	1.0	1.0	5.5	1.5	0.5	0.0													0.0							
20110819									0.0	0.0	0.0										0.0	0.0	0.2	0.2			
20110820	0.1	1.4	2.0	0.5	1.5	1.0	2.0	3.0	1.0	0.0	0.5	0.5	1.0	1.5	0.5	0.0											
20110821																											
20110822																											
20110823																											
20110824																		0.0	0.0		0.0	0.0	0.4	0.0			
20110825																											
20110826								0.0	0.5	0.5	0.0																
20110827																											
20110828																											
20110829																											
20110830																											
20110831																											

○ 2011년 9월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20110901																								
20110902																								
20110903																								
20110904																								
20110905																								
20110906																								
20110907																								
20110908			0.0									0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1						
20110909				0.0	0.1		0.0	0.0				0.1			0.3									
20110910			0.5	2.0	0.0	0.5	0.0		0.0	0.5	0.0	2.0	0.5	0.5	0.5	0.0	1.5	0.5	0.0	0.0	0.5	5.5	3.5	0.0
20110911	3.0	4.5	5.5	2.0	6.5	6.5	10.0	0.0		0.5		0.0			0.5	0.0	0.0	0.0					0.0	0.5
20110912	0.1	0.0	0.2	0.1	8.6	2.5	0.0	0.0	0.5	0.0														
20110913		0.0																						
20110914																								
20110915																								
20110916																								
20110917																								
20110918	2.0					0.0										0.0	0.0							
20110919														0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1					
20110920																								
20110921																								
20110922																								
20110923																								
20110924																								
20110925																								
20110926																								
20110927																								
20110928																								
20110929					0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	4.5	8.0	2.5	1.0	0.5	0.0		0.0				
20110930																								

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 10월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
20111001																										
20111002																										
20111003																										
20111004																										
20111005																										
20111006																										
20111007																										
20111008																										
20111009																										
20111010																										
20111011																										
20111012																										
20111013																										
20111014						0.0	0.1	0.3	0.1	0.5	1.5	2.5	0.5	0.0			0.0	0.5	0.0	0.5			0.0	0.0		
20111015																		0.1	6.4			0.0				
20111016													0.0	0.5												
20111017																										
20111018																										
20111019																										
20111020																										
20111021																					0.3	0.2	1.0	1.0		
20111022	1.0	1.0	4.5	3.5	3.5	2.5	1.0	0.0	1.0	0.0																
20111023																									0.0	
20111024									0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0										
20111025																										
20111026																										
20111027																										
20111028																										
20111029			0.0			0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	1.0	0.5	0.0													
20111030																										
20111031																										

○ 2011년 11월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20111101																								
20111102																								
20111103																								
20111104																								0.1
20111105			10.5			2.5																		
20111106			15.0			2.5			0.0			0.5			2.0			0.0			0.0			0.0
20111107																								
20111108																								
20111109																		0.0						
20111110																								
20111111			0.2			0.3			0.5			0.0												
20111112																								
20111113																								
20111114																								
20111115																								
20111116																								
20111117																								0.2
20111118			3.5			7.0			0.0															0.5
20111119			0.2			0.1			0.1															
20111120																								
20111121																								
20111122																								0.0
20111123			0.1			4.9			0.5			3.5			0.0						0.0			
20111124																								
20111125									0.0															
20111126																								
20111127									0.0															
20111128																								
20111129																								
20111130						7.5			8.5			20.0			4.5			7.0			1.0			0.0

침투저류조 설치에 의한 대전시 우수의 하수관거 유입차단 및 유출저감 효과

○ 2011년 12월

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20111201			0.0																					
20111202																					0.2			0.3
20111203			1.5			3.0			3.0															
20111204																								
20111205																								
20111206																								
20111207																								
20111208															0.0									
20111209									0.0			0.0			0.0									
20111210									0.0			0.0												0.0
20111211			0.0			0.0			0.0			0.0												
20111212																								
20111213																								
20111214																			0.0					
20111215																								
20111216			0.0			0.1													0.0		0.0			
20111217			0.0			0.0			0.0															
20111218																								
20111219																								
20111220																								
20111221			0.0			0.0																		0.0
20111222			0.0			0.2						0.0												
20111223																								
20111224			1.3			1.7			0.0															
20111225																								
20111226																								
20111227																								
20111228																								
20111229			0.1			0.1			0.0															
20111230																								
20111231																								

기본연구보고서 2012-05

빛물침투시설 설치에 의한 대전시 빛물유출
및 배출부하량 저감효과

발행인 이 창 기

발행일 2012년 11월

발행처 대전발전연구원

302-846 대전광역시 서구 월평본1길 39(월평동160-20)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄 : 00000 TEL 042-000-0000 FAX 042-000-0000

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.