

하수저류시설 타당성 분석 연구

Feasibility Study on Installing a Multi-functional Storage Facility

류재나¹ · 오재일^{1*} · 이경용²

Jaena Ryu¹ · Jeill Oh^{1*} · Kyoungyong Lee²

1 중앙대학교 사회기반시스템공학부, 2 환경부 생활하수과

(2011년 11월16일 접수; 2011년 12월12일 수정; 2011년 12월13일 채택)

Abstract

In the era of climate change, the feasibility of a 'multi-functional storage facility' was evaluated in terms of various key performance indices such as flooding prevention effects, urban pollution reduction effects, and rainwater harvesting effects. As a result, the Korea Ministry of Environment introduced a new concept of 'multi-functional storage facility' for sewer flooding prevention and urban non-point pollution reduction. Prior to introducing these infrastructure (a large underground storage facility), the more details were needed to be examined carefully in all of technical aspects of construction and management. It was also well known that the validity of installation of 'multi-functional storage facility' was sometimes weakened because of a low B/C ratio.

Key words: climate change, combined sewer overflow(CSO), sewer flooding, storage facility, urban drainage

주제어: 기후변화, 합류식하수관거월류수, 도심침수, 저류시설, 도시배수

1. 서론

기상청 조사 자료에 의하면 우리나라의 연평균 강수량은 '80년대 이래로 지속적으로 증가하는 추세에 있으며, '2000년대 연평균 강수량은 '70년대 대비 15% (170mm)가 증가하였다. 최근 2011.7.26~29 3일간 서울시의 강수량은 595mm로 평년연강수량 (1,450mm)의 41%에 해당하였으며, 2011년 7월29일 까지 발생한 강수량은 1,678mm로 이미 평년연강수량을 초과한 것으로 나타났다. 기후변화는 비단 연평균 강수량의 증가 뿐 아니라, 단기간 내 집중되어 내리는 호우 빈도의 증가에서도 나타난다. 시간당 50mm 이상 호우의 빈도는 '60년대 8회에 불과하였

으나, '2000년대에 들어서 111회로 약 14배가 증가하였다(기상청, 2010). 집중강우 발생의 증가추이와 더불어 가속화되어 가는 도시화로 인한 불투수지역의 확대, 하수도 배수시스템의 변화 등으로 특히 2010년, 2011년 서울 도심지 한복판에서 대규모 도심침수(하수도 침수)가 발생하여 가옥침수, 교통시설마비 등 전통적인 방재적·사회적·경제적 측면의 문제 및 심리적인 불안정성 문제를 유발하였으며, 도심지 하수도시스템과 관련한 국가적 도시 배수시스템(Urban drainage system)의 근본적 배수기능을 재검토하는 기폭제가 되었다.

한편 CSO(Combined Sewer Overflow, 합류식하수관거월류수) 및 WWF(Wet Weather Flow, 우천시 미

* Corresponding author Tel:+82-2-820-5339, FAX: +82-2-812-1834, E-mail: ohjeill@cau.ac.kr (J.I,Oh)

처리하수) 등 우천시 발생하는 오염부하 문제는 도시 하천에 미치는 수질 및 수생태 관점에서 이미 여러 연구에서 그 중요성이 대두되었다(환경부, 2010(b); 환경부, 2011(c); 서울특별시, 2011). 최근 개정된 하수도시설기준(2011)의 경우 특히 합류식하수도 우천시 방류부하량 저감대책에 대하여 체계적인 재분류 및 보완을 꾀하였다. 여러 가지 방식의 도시비점오염원 저감 대책 중 저류시설을 활용하는 방식은 차집된 우천시 미처리하수를 하수처리장 시설 내·외에 설치하는 저류 방식을 통해 오염부하 조절 및 저감을 꾀하는 방식이 있을 수 있으며, 배수구역 내에 중·소형 분산 저류조를 통해 우수토실을 거쳐 토구로 방류되는 월류수를 제어하는 저류조 방식도 고려할 수 있다(Field et al., 2004; US EPA, 2004).

저류시설은 저류나 침투에 의한 유출량의 조절방법에 따라 기술적으로 구분하거나 설치위치에 따라 입지적으로 구분한다. 저류시설과 우수시설 등의 용어에 대해 여러 연구 및 기준에서 혼용되어 정의를 내리고 있으나, 가장 상위에 해당하는 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙(시행 2010.10.14 [국토해양부령 제294호, 2010]에서 '저류시설'은 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 외수위가 낮아진 후에 방류하기 위한 시설, '우수시설'은 집중강우로 인하여 급증하는 제내지 및 저지대의 배수량을 조절하고 이를 하천에 방류하기 위하여 일시적으로 저장하는 시설로 그 기능을 정의하였다(국가법령정보센터, www.law.go.kr). 저류시설을 입지적으로 분류하면 지역의 저류, 지역내 저류로 분류가 가능하다. 지역의 저류는 우수를 임의 유역 출구지점에 집수·저류·억제하기 위해 설치되는 시설물로 다른 용도의 시설물에 저류기능이 추가적으로 부여되었을 경우 겸용조정지, 오직 저류 목적을 위해 건설된 시설물일 경우 전용조정지라고 부른다. 지역내 저류는 강우의 이동을 최소한으로 억제하고 비가 내린 그 지역에서 우수를 저류하는 방식을 의미하며, 주차장, 교정, 공원 등의 저류시설을 의미한다(국립방재연구소, 2005; 김현준 등, 2008).

최근 들어 지상공간의 활용이 한계에 달하게 되어 안정적이고 효율적인 국토의 개발을 위한 대안으로 도심도철도 및 지하도로 등의 교통시설에서부터 지하우수저류조, 방수로 등 방재시설에 이르기까지 다양한 분야에서 지하공간 활용의 중요성이 대두되고

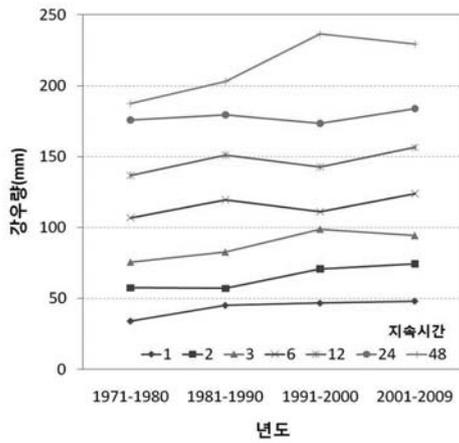
있다. 특히 도심도 지하저류조의 경우 지하 40m 이하의 도심도 공간을 우수저류시설로 활용함으로써 지상공간 활용의 한계성을 보완하여 공간활용을 극대화하고자 한다. 서울시의 경우 지난 2010년 광화문사거리 일대에 발생한 도심침수의 대책방안으로 경북 지역에서 청계천에 이르는 대규모 방수로 터널의 설치를 계획, 발표하였으며, 강서·양천지역의 지하저류조 설치 등 서울시의 지하공간을 활용한 저류조 설치를 적극 계획 및 실행하고 있다(서울특별시, 2010(b)). 또한 최근 환경부에서는 도심침수 대응 우수관리와 더불어 합류식하수관거월류수, 분류식 우수관거 유출수 처리를 포함하는 저류시설을 "하수저류시설"이라 통칭하여 하수도정비기본계획 개정을 추진하고 있다(하수저류시설의 계획 및 강우시 오염부하 저감계획을 하수도정비기본계획 수립시 반영도록 개정 중에 있음). 또한 도시 침수피해 예방을 위하여 총사업비 4,800억원 하수저류시설 17개소의 설치를 추진하고 있다(환경부, 2011(b)). 미국이나 유럽에서의 전용조정지의 형태는 우수저류 기능 외에 도시 유역의 초기우수 등의 비점오염원을 줄이는 다목적으로 설치되며, 하수저류시설은 지역의 저류시설인 전용 또는 겸용 조정지의 형태를 갖는다.

최근의 이상기후변화를 통한 도심침수의 발생추이에 비추어 보았을 때, 침수 저감과 더불어 도시비점오염원의 저감에 대응하는 시설로서 저류시설의 설치에 그 효용성이 기대되어짐이 사실이다. 또한 도심지내의 지상공간부족 뿐 아니라, 지하철, 상수도, 하수도, 전력, 통신 등의 기존의 도시기반시설로 인한 지하공간부족 등으로 인해 도심도 매설방식 등을 활용하는 하수저류시설의 도입이 적절하다고 판단되어진다. 반면, 이러한 막대한 예산을 소요하는 기반시설물 설치 및 유지관리 타당성에 대한 평가는 여러 측면에서 충분히 고려되어야 한다. 본 연구에서는 하수저류시설 도입의 필요성 검토를 위해, 하수저류시설 설치 목적에 따르는 기술적 기대효과 및 경제성 평가의 인자 등을 제시하여 종합적인 저류시설 도입의 타당성을 검토하는 방안에 대하여 논하고자 한다.

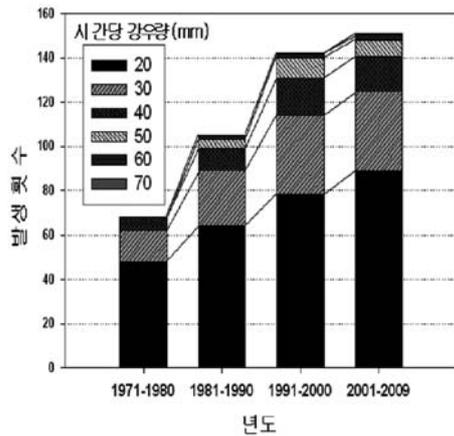
2.2 하수저류시설 도입 필요성

2.1 기후변화 대응을 위한 하수도시설의 개선대책 필요

Fig. 1에는 서울 AWS(Auto Weather System, 지역별 상세관측자료) 측정 지점에서 지난 40년간(1971-



(a) 지속시간별 연최대 강우량 변화



(b) 시간당 강우량별 발생횟수 변화

Fig. 1 서울지역 강우 발생 양상의 변화

2009) 측정된 강우량 발생 패턴을 도식하였다. 지속 시간별 연최대 발생 강우량의 평균값은 지속적으로 증가하는 양상을 보이며, 시간당 강우량별 발생횟수를 측정하였을 시 시간당 50mm를 상회하는 강우사상의 발생 또한 큰 폭으로 증가하는 양상을 보이고 있다. 또한 최근의 강우발생 패턴은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이, 좁은 지역에 집중되어 발생하는 국지성 집중호우의 증가가 뚜렷하게 나타난다. 서울 지점에서 2011년 7월 27일 8:40분 측정된 강우량을 살펴보면, 서울시 내에서도 지역별 1시간 측정강우량이 강북 2.0, 노원 3.5, 성북 4.0, 은평 5.5, 강남 71.0, 서초 85.5, 관악 107.0, 남현 112.5mm로 최고 56배의 편차가 관측되었다(기상청홈페이지, <http://www.kma.go.kr/>).

2011.7.26~29동안 측정된 강우량의 최대 시우량은 경기도 광주 119mm(27일 06:00), 관악 107mm(27일 08:00), 인천 89mm(27일 08:00), 동두천 81mm(27일 20:00)로 나타났으며, 해당 기간 동안 집중호우로 인해 서울시에서만 관악구 2,158개소, 동작구 156개소, 강남구 1,262개소 등의 주택침수가 국가재난정보센터에 신고 되었다. 중앙재난안전대책본부 집계에 의하면 이때 발생한 누적강수량 및 피해현황은 Table 1과 같이 사망 70명 및 실종 1명, 이재민 16,988명의 인명피해, 주택침수 10,058채, 공장·상가침수 3,982개 업체에서 발생하였다(기상상황 및 호우피해현황, 2011).

2010년 10월 환경부의 침수피해지역 현장조사 결과에 의하면, 최근 5년간 3회 이상 침수이력이 있는 25개 시군의 조사지역 중 56개 조사지역에서의 침수원인은 하수관거 통수능력 부족이 23개소, 저지대 배수불량이 22개소로 가장 높게 조사되었으며, 집수시설 불량, 반지하가구 우수역류, 빗물펌프장 용량부족 등의 원인으로 도심침수가 유발된 것으로 나타났다(환경부, 2010(a)). 도심침수에 대응하기 위한 하수도 시설물의 개선은 ①하수관거시설, ②빗물펌프장(유수지), ③저류시설에 대한 시설의 개선이 대표적이다(환경부, 2010(b)). 2010년 발생한 침수에 대한 정책적 대책으로 우선 환경부는 도시배수 능력 확보를 위해, 하수관거 및 빗물펌프장의 확률년수를 각각 10~30년, 30~50년으로 상향조정하여 하수도 시설기준을 개정하였다. 반면 하수관거 확률년수의 상향을 통한 통수능력 확보 방안은 신규개발지역의 하수도시설 설치에 상향된 기준을 적용하여 통수능 확보를 도모하는데 적절하나, 기존개발지역에 적용시 대규모의 개량사업비 및 사업기간이 소요되어진다. 특히 특·광역시와 같은 대도시는 대대적인 관거개량 사업의 추진에 어려움이 있는것도 사실이다. 이에 신규개발지역에는 상향된 확률년수의 하수관거시설 설치를 도모하고, 기존도시지역에서는 기존의 하수도시설의 침수대응능력을 종합적으로 고려하여 ①기존관거의 확률년수 상향조정 검토, ②빗물펌프장의 신설 및 개량, ③저류시설 설치, ④침투시설 설치, ⑤하수저류시설(대형하수터널) 설치 등의 여러가지 가능한 대응방안의 적용성 및 타당성을 복합 고려하여 기존

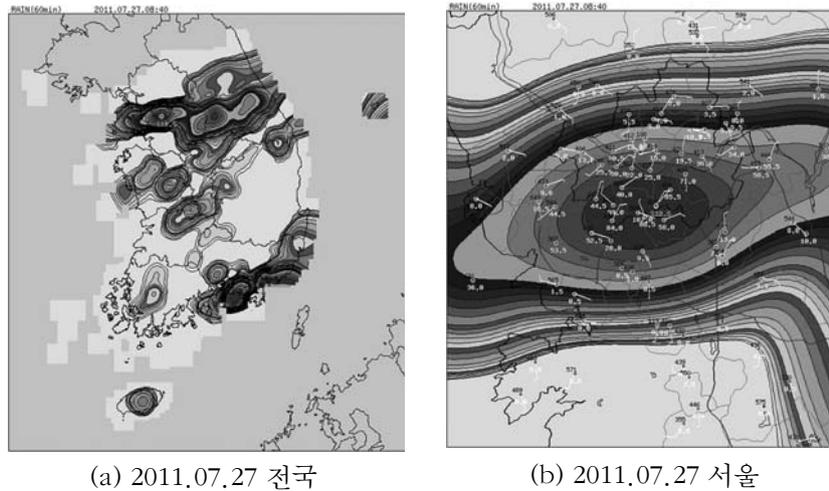


Fig. 2 1시간 측정 강우량 분포도 (기상청 홈페이지, <http://www.kma.go.kr/>)

Table 1 2011.7.26~29 기상상황 및 호우피해현황

누적강수량('11.7.26~29)										
구분	동두천	서울	춘천	문산	양평	인제	철원	인천	수원	부산
강수량(mm)	679.5	595.0	555.5	494.1	373.0	371.5	357.0	292.0	250.0	246.0
피해현황('11.7.31, 05:00 현재)										
피해내용	현황									
인명피해	사망 70명 · 실종 1명(풍수해 51명, 안전사고 20명)									
생활필수시설 피해	· 주택피해 이재민 · 일시대피자 9,190세대 16,988명 · 정전 129,872호, 상수도 단수 24,997세대 등									
사유시설 피해	· 주택파손 전 · 반파 41동, 상가 · 숙박시설 5동 · 주택침수 10,058동, 공장 · 상가침수 3,982업체, 농경지침수 985ha 등									
공공시설 피해	· 산사태 124건, 소하천 120 · 지방하천 64개소 피해 · 범람 · 도로사면유실 705개소, 철도법면유실 18개소 · 하수처리장 침수 9개소, 수리시설 피해 66개소 · 기타 문화시설 6개소, 문화재12개소, 소규모시설 168개소 등									

도시지역의 우수대응 시설들과 신규 대응시설의 조합 설치를 적절하게 고려하여 도시전반의 침수대응 능력을 향상시키는 방안을 도모함이 바람직하다.

2.2 도시지역 비점오염원 저감대책 필요

우천시 도시 하천으로 방류되는 주 오염원으로는 CSO 및 초기강우시 발생하는 도시비점오염원이 그 구성을 이룬다(한국환경공단, 2011). 정부에서는 비점오염원 관리를 위해, 2004년 3월 '물관리종합대책'

추진 강화를 골자로 "4대강 비점오염원 관리 종합대책"을 수립하였으며, 2020년까지 우천시 하천오염물질 관리를 목표로 하는 대책을 수립하였다. 이때 조사된 자료에 의하면 BOD 기준 4대강 수계오염 배출부하 중 22~37%가 비점오염원에서 기인하는 것으로 나타났으며, 특히 도시지역에서 발생하는 비점오염원 부하량이 절반이상인 52%를 차지하였다(정부합동, 2004).

우리나라의 도시비점오염원 관리를 위한 시설은 구

리시 초기우수처리시설 및 새만금 지역 우천시 방류 부하저감사업 등이 있으며, 대부분은 초기우수 저류 후 오염원 저감을 위한 하수처리장 연계처리를 수행한다. 최근 서울시에서 수행된 서울특별시 비점오염 및 월류수 저감방안 연구에서는 서울시를 70개 관리분구로 분할하고, 우선관리분구 23개소를 선정하였으며, 2020년을 목표로 77%에 해당하는 CSO 오염부하를 저류형시설로, 나머지는 장치형 시설로 관리함을 제안하였다. 또한 최근 저류시설의 운영에 있어서 비점오염원의 저감과 침수피해 예방을 복합용도로 사용함을 권장하고, 오염부하가 적은 7~8월은 침수방재시설로서의 운영을 제시하였다(서울특별시, 2011).

도시비점오염원의 저감방안은 시설별 기능 및 적용 범주에 따라 관거시스템 개선, 저류시설 활용, 다양한 처리기술의 적용 등 여러 가지 방안을 단일 또는 복합으로 적용함이 가능하다. 저류시설을 활용하는 방식은 하수처리장 유입이전 하수관거 시설 내·외에 저류시설을 설치하여 오염부하 조절 및 저감을 꾀하는 방식으로 다양한 처리기술과 연계조합을 통해 사용 가능하다(환경부, 2011(c)). 특히 다수의 우수토구가

존재하는 일부 대도시의 경우 관거시스템 개선 또는 개별 처리시설 설치를 통한 관리에 있어 막대한 예산과 시간이 소요되므로 대심도 하수저류시설을 설치하여 초기우수 및 CSO의 비점오염원을 저류한 후 청천시 처리장 연계처리하는 방안이 대두되고 있다.

3. 하수저류시설 설치 타당성 검토

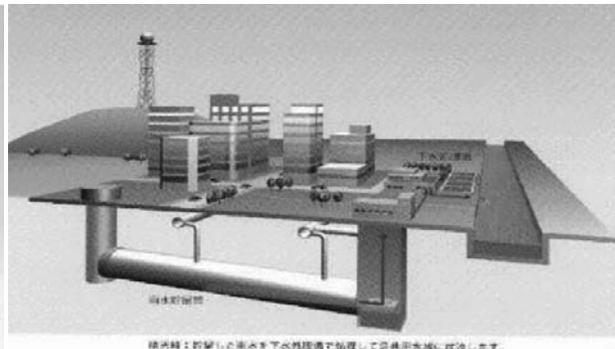
3.1 하수저류시설의 기능 검토

최근 집중강우 발생으로 인한 대응 방안으로 환경부, 서울시 등에서 하수저류시설을 포함한 대형저류시설 설치를 검토하고 있으나 현재까지 설치사례는 없다. 반면 일본, 미국, 영국 등에서는 침수방지 혹은 CSO 저감 등의 목적을 위하여 시설을 설치하여 운영 중에 있다(Fig. 3).

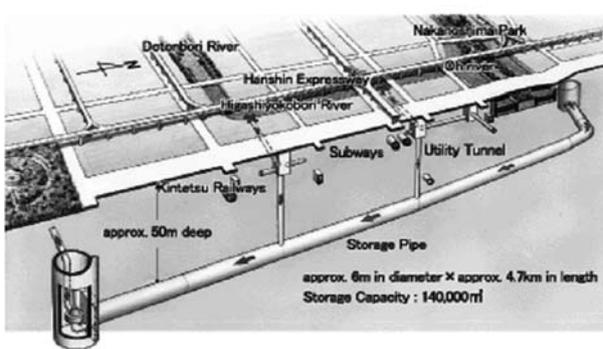
해외에 설치된 대형저류시설의 기능은 크게 침수방지, 비점오염저감, 재이용수확보를 통한 수자원 확보의 3가지 목적으로 크게 구분할 수 있다. Fig. 3(a)일본 와다야요이 저류시설, (b)일본 가와사키 CSO 저류시설, (c)일본 도톤보리 우수터널, (g)말레이시아



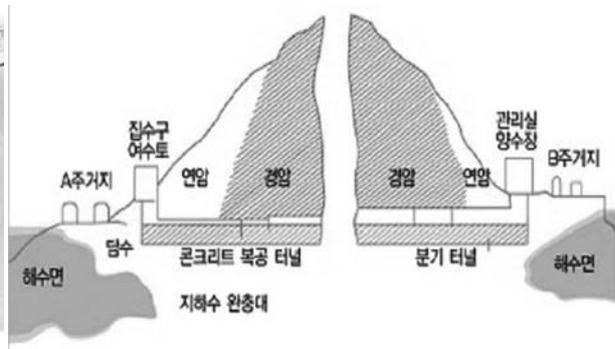
(a) 일본 와다야요이 저류시설



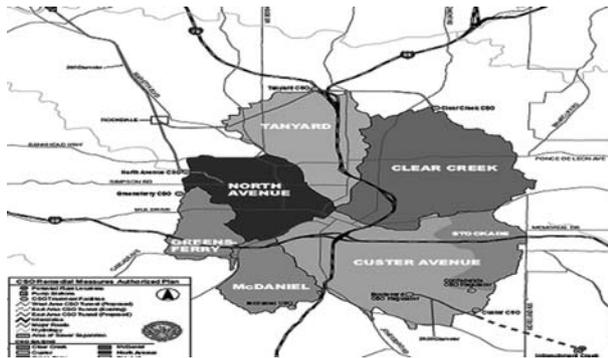
(b) 일본 가와사키 CSO 저류시설



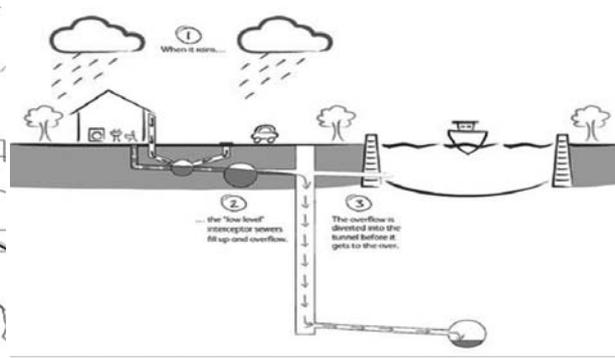
(c) 일본 도톤보리 우수터널



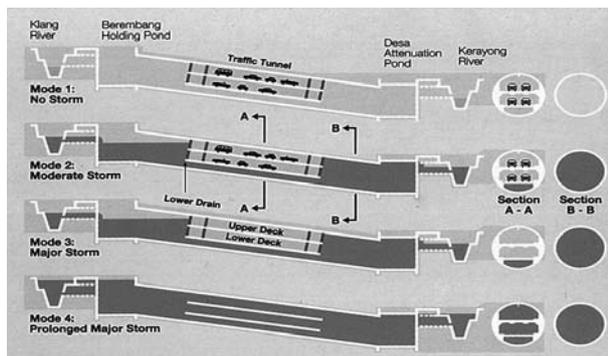
(d) 일본 츠와치섬 빗물저류시설



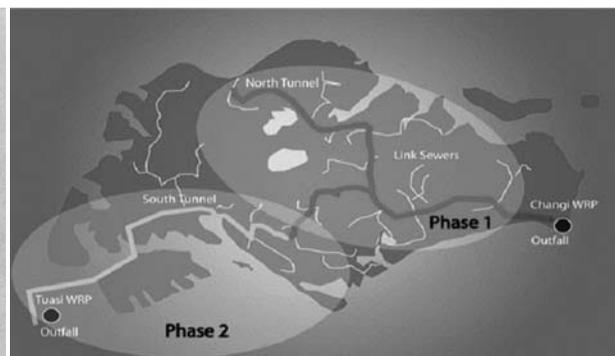
(e) 미국 Atlanta CSOs 이송터널



(f) 영국 런던 템즈터널



(g) 말레이시아 SMART 터널



(h) 싱가포르 DTSS

Fig. 3 해외의 대형하수터널 설치사례

SMART 터널은 침수방지를 위한 기본 목적에 더불어, (a)는 초기우수와 (b), (c)의 경우 CSO 처리를, (g)는 건기시 도로로 운영을 겸용으로 하고 있다. (d)일본 츠와치섬 빗물저류시설은 빗물저류의 단일 목적으로, (e)미국 Atlanta CSO 이송터널과 (f)영국 런던 템즈터널은 CSO 처리를 단일 목적으로 설치된 시설이며, (h)싱가폴 DTSS는 하수처리 및 처리수의 재이용을 목적으로 설치되어 운영되고 있다(서울특별시, 2010(a)).

침수방지를 위한 시설의 설치는 강우시 침투유출량을 저류하여 기존 우수배제 시설의 부담을 경감하기 위함으로, Fig. 4에 나타난 바와 같이 유량수문곡선 중 계획우수량을 초과하는 부분의 침투유출량을 저류하도록 시설용량을 계획한다. 강우시 침투 유출량을 저류하였다가 강우 종료 후 하천 홍수위를 고려하여 저류시설에서 우수를 배출하며, 시설을 항상 비워진 상태로 유지하여 후속강우를 대비하도록 운영함이 일반적이다. 비점오염저감을 위한 저류시설은 오염부하를 발생시키는 초기 우수를 저류한 후, 하수처

리시설과 연계하여 처리하거나 별도의 처리시설을 장치하여 처리 후 배출하게 되며, 시설용량은 오염부하 저감에 필요한 용량을 통해 산정한다. 빗물재이용 등의 대체 수자원 확보가 목적인 저류시설은 주로 초기우수 발생이후 오염도가 낮은 우수를 저장한 후 재이용에 활용하게 되며, 저류수의 재이용을 위해 수요량의 발생이전기간 동안 장기간을 저류한다. 시설용량의 설계는 유량수문곡선 중 초기우수의 발생량 이후부터를 저류하도록 산정하게 된다. 반면, 지역의 여건에 따라 저류수는 수질차이가 크며, 재이용수의 사용처에 부합되는 수질관리를 수행하여야 하므로 사용목적 및 용도가 명확하고 용도에 따르는 유연한 운영이 필요한 난점이 있다. 최근 외국의 사례에서는 긴급시 비상용수의 확보를 위한 수자원의 관리 방안 관점에서 비상용수로의 사용 등 안보 및 긴급대응의 일환으로 재이용수의 사용처가 확장되고 있는 실정이다(States, 2010).

한편 개별적인 시설 기능의 목적만이 아닌 각 목적을 적절하게 통합 운영하여 다목적으로 활용함으로

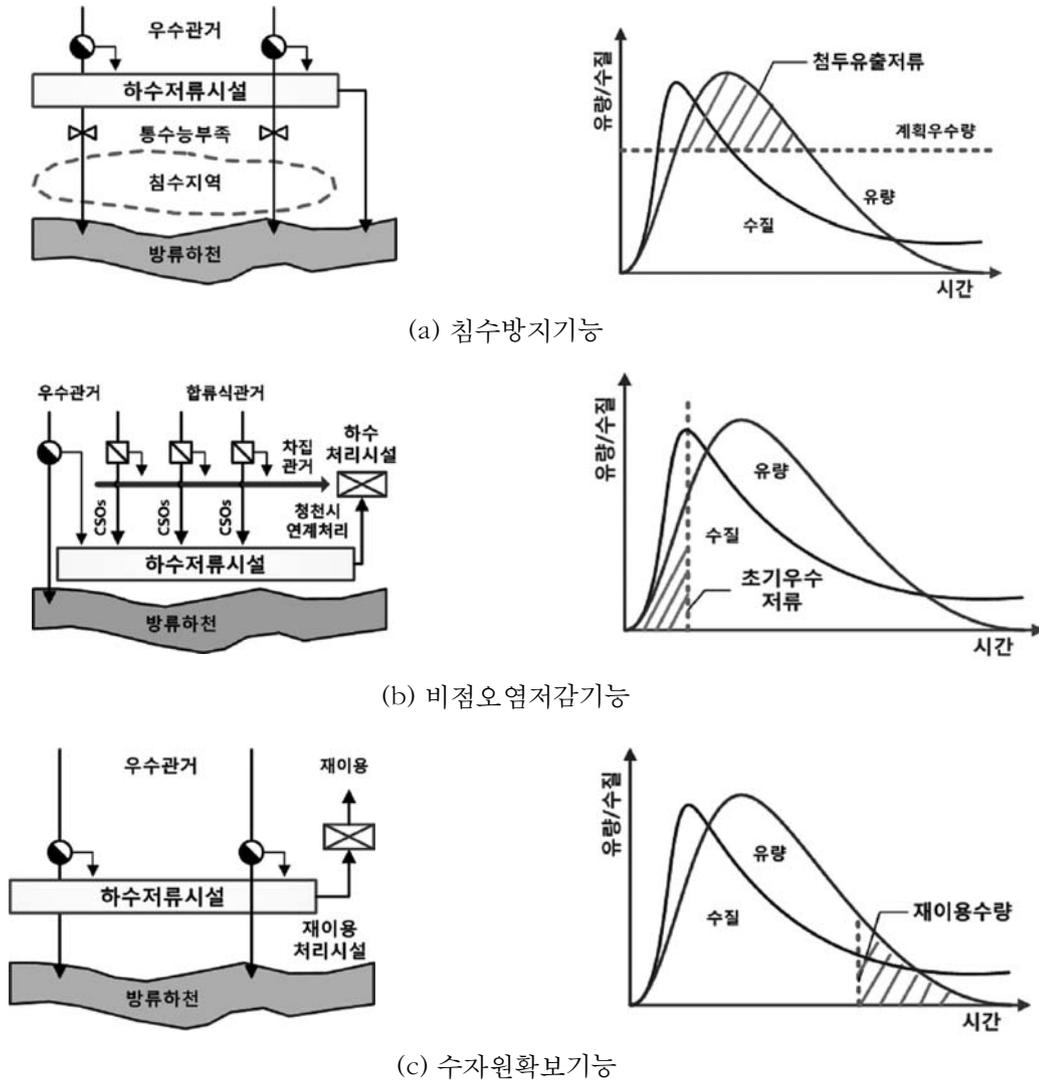


Fig. 4 하수저류시설 기능별 개요도

서 하수저류시설의 설치효과를 극대화할 수 있다. ① 침수방지와 비점오염저감, ②침수방지와 수자원 확보, ③비점오염저감과 수자원 확보와 같은 다목적으로 시설을 설치할 시 저류시설 운영 및 저류수 분담의 개요도를 Fig. 5에 나타내었다.

①침수방지와 비점오염저감을 위한 다목적으로 시설을 계획시는 오염부하 저감의 소요용량을 기준으로 하거나 침수발생 방지를 위한 유출량 저감을 목적으로 설계하여야 하며, 강우발생 종료 후 연계처리를 시행하여야 한다. 방류부하 저감효과를 고려하여 적

절한 수준의 저류수 처리를 수행해야하며, 비우기 시즌과 우기 시즌으로 구분하여 운영을 하도록 한다. ② 침수방지와 수자원 확보의 기능 수행을 위해서는 침두유출량과 재이용수량을 저류한 후, 강우종료 후 재이용에 필요한 시간동안 저류를 수행한다. 장기저류를 수행해야할 경우 저류조 내 수질저하의 우려가 있으며, 저류수의 사용용도에 따라 적절한 처리를 수행해야한다. 반면 침수방지를 위한 운영은 빠른 배수를 요하지만, 재이용목적의 운영은 장기간 저류를 필요로 하여 운영방법에 있어 상충하는 문제가 있을 수 있

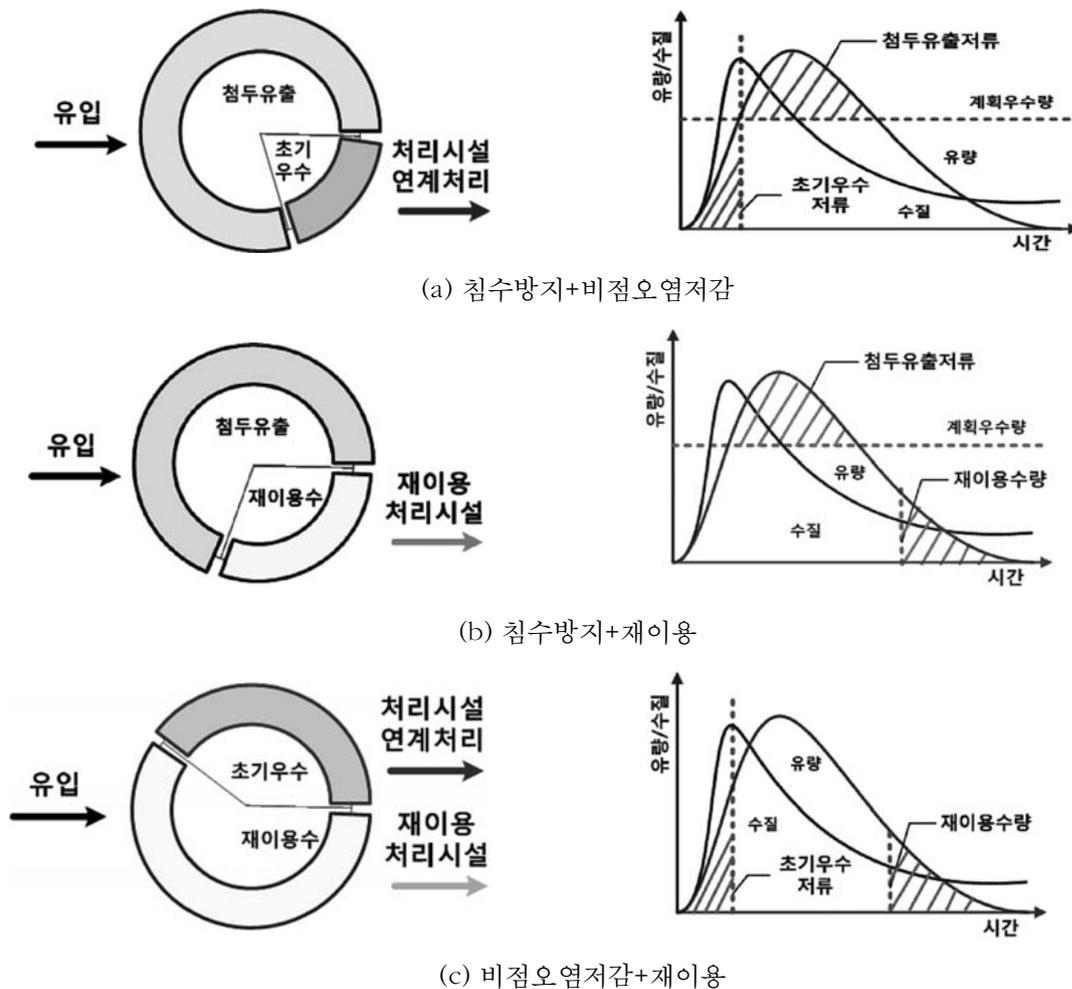


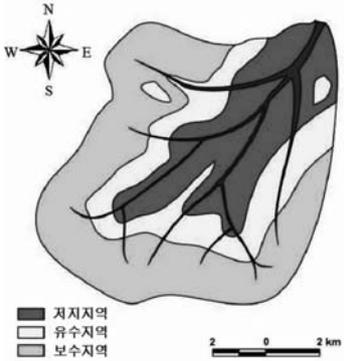
Fig. 5 다목적 하수저류시설 이용의 개요도

다. ③비점오염저감과 수자원 확보를 위한 저류시설은 ②와 마찬가지로 재이용수의 운영에 수반되는 수질관리의 어려움, 운영의 어려움 등의 문제가 있다.

저류시설의 설치목적에 따른 기능설정은 각 기능간에 시설 운영방식에 있어서 상호 연계성 또는 배타성을 지니므로 신중한 접근이 필요하며, 설치 대상지역의 현황 및 여건에 따라 크게 좌우되므로 면밀한 검토를 통해 선정되어야 한다. 예를 들어, 침수방지와 비점오염저감의 목적으로 하수저류시설을 설치할 경우 둘 다 후속 강우가 발생하기 이전 저류공간의 확보를 위하여 강우종료 후 즉시 저류수를 배출하게 되도록 운영방법에 있어 유사성을 갖고 있다. 반면 재이용

수로 사용을 추가적인 목적으로 둘 경우 우천시의 침수방지 또는 비점오염오염 저감을 위한 운영 이후 연이어 건기시의 사용에서 장기저류를 요하게 되어 운영방법에 있어 상반된 조건으로 말미암아 다목적으로의 활용에 제한점을 갖게 된다. 특히 재이용수 확보를 목적으로 하수저류시설을 활용할 경우, 재이용수의 수질관리를 위해 초기우수를 분리하여 저류하거나 처리할 필요가 있으므로 침수방지를 위한 목적과 연계하기보다는 비점오염저감의 목적과 연계하여 운영함이 저류수의 처리방식에 있어서 보다 적절하며 특히 기존 초기우수처리시설이 충분히 갖춰진 곳에서 제한적으로 재이용수의 목적으로 활용이 타당할

Table 2 세부구역 특성에 따른 하수저류시설 설치의 적합성

배수구역구분	빗물대응시설 특성 및 대책시설	비점오염발생 특성 및 대책시설
	보수 지역 - 우수를 일시적으로 침투 또는 체류시키는 기능을 치수상 확보하거나 증대시킬 필요가 있는 지역 - 침투시설, 지역내 저류시설	- 오염부하가 낮고 발생지역이 분산 - 간이처리시설, 저류시설
	유수 지역 - 우수를 유입시키고 일시적으로 저류하는 기능을 확보할 필요 있는 지역 - 지역외 저류시설 (전용조정지, 검용조정지)	- 오염부하가 낮고 발생지역이 분산 - 간이처리시설, 저류시설
	저지 지역 - 배수구역내의 우수가 체류하여 하천에 유출되지 않고 하천의 유수가 범람할 우려가 있는 지역 - 배수펌프장, 저류시설	- 오염부하가 높고 발생지역이 밀집 - 처리형시설, 저류시설

것으로 판단된다. 다목적으로 적용하기 위해서는 특히 목표기능, 집수측면, 이수목적, 다른 대체 수자원과의 연계성, 경제적 조건, 처리방식, 유지관리 측면 등의 여러 사항을 검토하여 판단하도록 해야 한다.

3.2 배수구역 특성에 따른 시설 설치의 적합성 판단

침수방지와 비점오염원저감 등 하수저류시설 설치에 따른 효과를 극대화하기 위해서는 배수구역별 상이한 유출특성, 비점오염원 발생 특성 등에 따라 적합한 시설을 설치하여야 한다. 반면 하수저류시설을 세부구역별로 개별 구상하여 각각 설치할 경우 중복투자 문제가 발생할 소지가 있으며, 시설의 개소수 증가에 따르는 유지관리의 부담 및 운영 효율성의 저하가 발생할 수 있다. 배수구역은 Table 2와 같이 보수지역, 유수지역, 저지지역으로 나눌 수 있다(소방방재청, 2008).

저류시설은 일반적으로 빗물 저류의 목적과 비점오염원의 저감에 공통적으로 활용이 가능한 시설로 알려져 있으며 하수저류시설의 경우 그 규모의 특성상 전 유역에 걸쳐 적용이 가능하며, 특히 밀집도가 높아 저류시설 설치공간이 부족한 하류지역에 적용성이 높은 장점이 있다. 따라서 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 보수지역, 유수지역, 저지지역 전체의 우수관리를 위한 시설의 설치 및 다수의 세부분구 연계 관리를 위한 종합적 적용성 관점에서 판단해야 한다.

3.3 설치공간에 따른 시설 형식 검토

하수저류시설은 하수도 및 기타 도시 배수시스템을 보완하는 시설로, 대상유역의 비점오염부하 저감과 침수방지의 기능을 주목적으로 하므로, 향후 유역내에서 발생 가능한 오염부하와 유출량의 저감을 목적으로 시설 용량을 결정하여야 한다. 또한 최소 비용으로 시설 설치 목적을 달성할 수 있는 적정위치와 규모를 선정하여야 한다. 설치 공간에 따른 타당성 검토를 위해서는 설치지점의 부지면적이 충분히 확보되어 저류용량 확보가 가능한지 여부, 침수피해 저감효과 달성여부 외에도 시공 편리성 및 교통의 지체에 대한 현장여건 등도 검토해야한다.

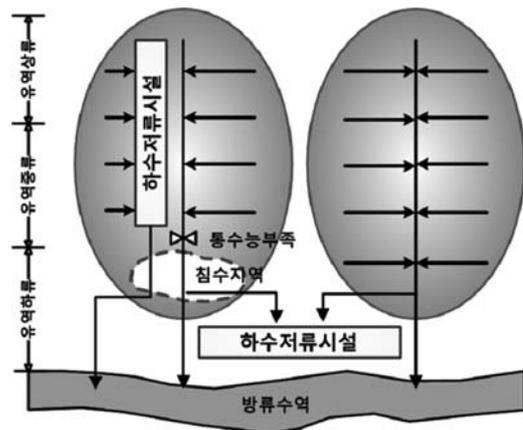


Fig. 6 배수구역 구분에 따른 하수저류시설 적용성

설치공간이 있을 시는 부지공간의 크기를 고려하여 분산형 또는 집중형으로 저류시설을 설치함을 검토하며, 설치공간이 부재할시 심도 깊은 지하로의 매설을 검토한다. 지하에 기존의 타 시설물이 많이 존재하여 저류시설 설치공간이 존재하지 않을시 하수저류시설의 설치는 대심도 저류형식이 적절하며, 기존 매설시설이 많지 않을시 천심도 형식이 가능하다.

3.4 경제적 타당성 검토

하수저류시설의 설치 사업은 막대한 예산이 소요되는 사업으로, 일정 규모 이상의 시설 규모가 확보되어야 함은 물론 기존의 산발적이고 소규모로 진행되어

오던 우수관거개량 및 비점오염저감시설의 종합대체 시설로 추진할 경우에는 각 개별대책 총합 대비 비용-편익이 확보되어야 한다. 개별대책 수립과 하수저류시설 설치계획 수립의 비교 개요도는 Fig. 7에 나타낸 바와 같다. 일반적으로 침수대응을 위해서는 기존 우수관거 개량, 빗물펌프장 증설, 우수저류시설 등을 개별 설치한다. 하지만 도심지의 경우 관거 개량사업은 시간적, 공간적, 경제적으로 불리한 여건이 있을 수 있으며, 다수의 중·소규모 우수저류시설 설치를 통해 기대효과를 얻어야 하는 경우에는 단일의 대형하수저류시설 설치가 효율적일 수 있다. 비점오염원 저감평가의 측면에 있어서, 개별대책을 수립하는 방안

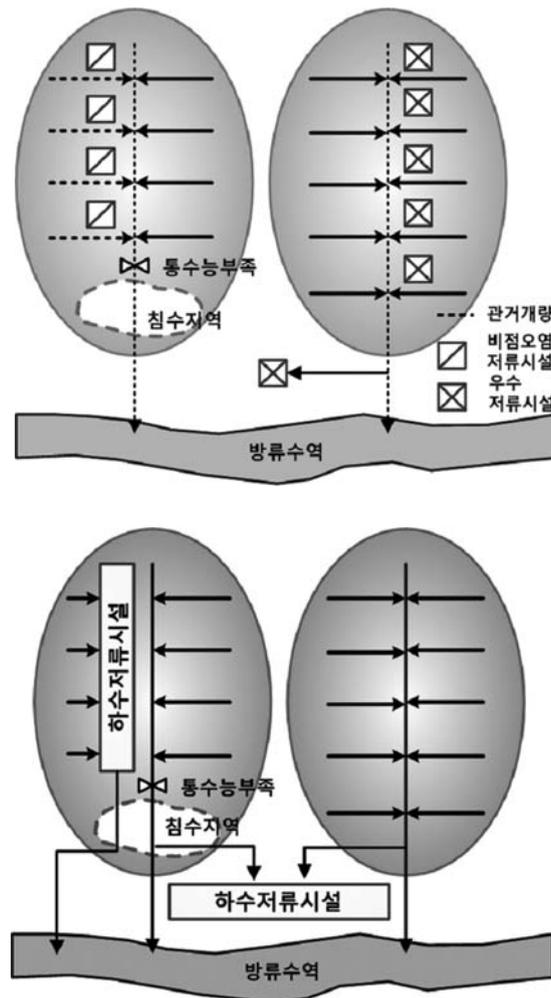


Fig. 7 여러가지 개별대책 수립 조합방식과 단일 하수저류시설 수립 방식의 구분 개요도

은 저류시설 개소수의 증가로 연계처리 및 유지관리의 소요가 증대할 수 있으나, 대형하수저류시설의 통합설치는 이를 해소할 수 있을 것이다. 반면, 하수저류시설의 설치 사업비는 대규모 시설로서 설치비가 크게 소요될 가능성이 있다. 하수저류시설의 경제적 타당성 검토는 사업대상지역의 비점오염원 저감과 침수 방지를 위해 각 기능별로 대책시설을 추진하는 방법과 두 가지 기능이 모두 수행 가능한 대형하수저류시설을 설치하는 경우의 소요 사업비 및 운영비 등을 산정, 비교하여 타당성을 검토하여야 한다.

4. 하수저류시설 설치 타당성 평가 방안

앞 절 '3. 하수저류시설 설치 타당성 검토'에서는 하수저류시설 설치의 타당성 평가시 고려되어야 할 사항들에 대해 논하였다. 이를 토대로 하수저류시설 설치 계획시 타당성 평가를 위한 종합적 흐름도는 Fig. 8과 같다.

먼저 대상구역의 규모 및 지역특성에 따라 목표기능을 단일 또는 다목적으로 설정한다. 각 기능에 따르는 단일기능 및 복합기능별 고려항목들을 면밀히 검토한 후 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타난 바와 같이 각 목적에 적절한 저류소요 용량을 산정하고 저류시설의 기능에 따라 적당한 단위공정, 처리기술 및 처리방법을 선택한다. 유역별 시설 설치의 적용성을 결정하고, 설치 공간에 따르는 시설의 형식을 판단하도록 한다. 최종적으로는 경제적 조건 및 유지관리 측면 등을 고려하여 최적의 기능을 검토하여야 한다. 상기에 제시된 다목적 기능의 채택 가능성, 배수구역 특성에 따른 적합성, 설치공간 확보여부에 따르는 적합성과 더불어 개별대책 수립시와 하수저류시설 설치계획 수립시의 비용-효과 검토를 통하여 타당성을 종합적으로 판단하도록 한다. 이와 같은 타당성 평가 절차에 있어서 특히 하수저류시설 적용 타당성에 영향을 미치는 인자들을 시설 설치의 주요 기능 및 투자계획 효율성 관점에서 Table 3에 정리하여 나타내었다.

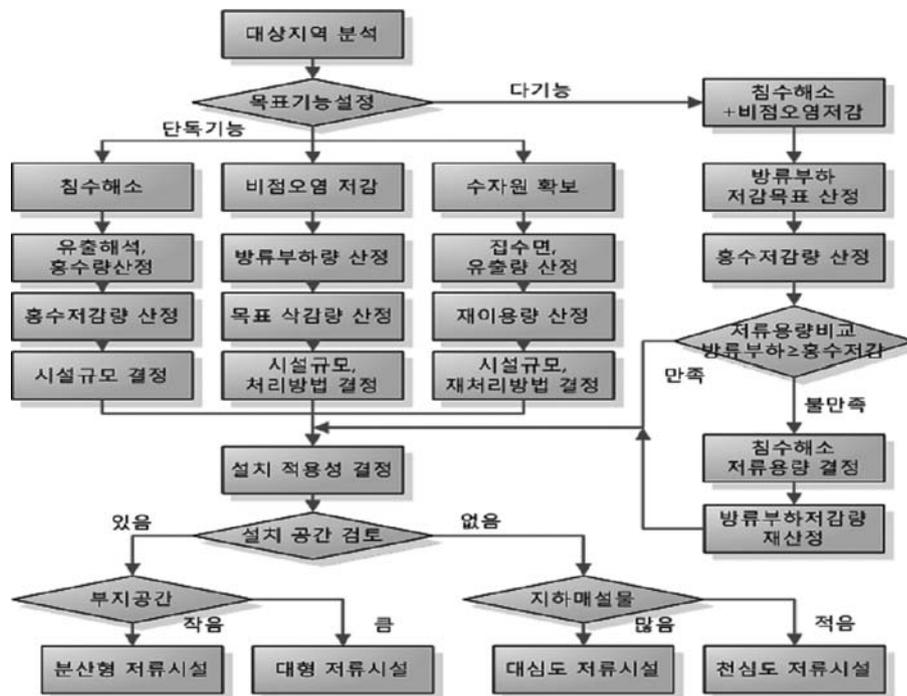


Fig. 8 하수저류시설 기능별 타당성 검토 종합 흐름도

Table 3 하수처리시설 설치 타당성 평가 주요인자

구분	평가인자	하수처리시설 적용타당성
침수해소	강수량	집중호우 및 강수량 높을수록 적용성 높음
	침수발생여부	도심지 침수발생 지역 적용성 높음
	관거정비	관거정비 난이도 높을수록 적용성 높음
	유수지, 배수펌프장	기존 우수배제시설의 확률빈도 상향조정 어려울 경우 적용성 높음
	하천유하능력	하천유하능력 부족할 경우 적용성 높음
오염부하저감	도시화(시가화)	인구밀도 높을수록 시가화, 도시화를 높이지므로 적용성 높음
	배제방식현황	합류식존치를 높을수록 CSO 발생량 및 오염부하량 높아지므로 적용성 높음
	오염부하 삭감량	오염부하 저감효과 높을수록 적용성 높음
	방류구역 수질영향	4대강구역, 수질사고발생지역일 경우 오염부하 저감대책이 시급하므로 적용성 높음
수자원확보	수요처/수요량	수요처 있을 경우 재이용 가능
	처리수질/공급방법	수질과 공급방법에서 경제성 확보될 경우 재이용 가능성 높아짐
투자계획효율성	터널 저류용량의 적정성	시설규모 클수록 설치부지 확보가 어려우므로 적용성 높음
	개별대책(관거개량, 저류시설 설치) 대비 경제성	개별대책 대비 하수터널 설치의 경제성 높을 경우 적용 타당성 있음
	사업비 대비 삭감부하량	투자대비 삭감부하율 높을수록 적용성 높음

5. 결론

침수방지효과, 오염부하 저감효과, 수자원 확보 및 투자계획의 효율성 측면 등에서 검토해야할 하수처리시설의 중요 판단인자들에 대해서 논하였다. 하수처리시설은 침수방지와 비점오염원 저감을 주요 목적으로 하는 다기능으로 전개함이 타당한 것으로 판단되며, 침수방지를 위해서는 도시배제시스템의 확률빈도, 관거정비수준, 대상지역의 침수발생 정도 등을 고려하여야 한다. 또한 하수처리시설 설치를 통한 오염부하 저감의 궁극적인 목적을 위해서는 유역의 오염부하 발생과 밀접하게 관련이 있는 하수관거 배제방식 및 현황, 시가화 정도, 인구밀집도, 방류구역에의 영향 등을 고려하여 오염부하 삭감효과를 검토하도록 한다. 마지막으로 하수처리시설의 투자효율성 판단을 위해서는 시설용량의 적정규모 확보, 개별 시설 설치 대비 경제성 확보, 투자사업비 대비 오염부하 삭감량 등을 평가하여 종합적으로 시설 설치 목적

에 따르는 비용-편익을 평가하여 종합적 타당성을 마련하여야 한다.

사사

본 연구는 환경부 “차세대 에코이노베이션기술개발사업”으로 지원받은 과제임.

참고문헌

- 국립방재연구소 (2005) 우수유출저감시설 설치방법 연구
- 기상상황 및 호우피해현황 (2011) 중앙재난안전대책본부(2011.7.30)
- 기상청 (2010) 기상연보
- 서울특별시 (2010(a)) 다기능터널 기본구상 및 타당성 조사
- 서울특별시 (2010(b)) 재난대비시설 자체점검 결과
- 서울특별시 (2011) 서울특별시 비점오염 및 월류수 저감방안 연구
- 소방방재청 (2008) 우수유출 저감시설의 종류, 구조, 설치 및 유지관리 기준

- 김현준, 장철희, 노성진 (2008) 도시유역 물순환 해석 기술 지침서, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 Technical Report TR 2008-05
- 정부합동 (2004) 4대강 물관리종합대책 추진 강화를 위한 4대강 비점오염원 관리 종합대책
- 한국환경공단 (2011) 도시하천유역별 수질관리체계 구축 타당성 검토 연구
- 환경부 (2008) 하수관거의 집중강우 대응지침 및 관리방안 마련 연구
- 환경부 (2010(a)) 공공하수도의 우수관리 강화 기본계획
- 환경부 (2010(b)) 합류식하수관거 성능개선 연구
- 환경부 (2011(a)) 공공하수도 빗물관리강화대책
- 환경부 (2011(b)) 기후변화 대응을 위한 다기능 하수도 구축기본 계획, 2011년 비점오염, 가축분뇨 관리 연찬회
- 환경부 (2011(c)) 하수도시설기준
- Field, R., Sullivan, D., Tafuri, A.N. (2004) Management of Combined Sewer Overflows, Lewis Publishers
- States, S. (2010) Security and Emergency Planning for Water and Wastewater Utilities, American Water Works Association
- US EPA (2004) Report to Congress, Impacts and Control of CSOs and SSOs, EPA 833-R-04-001
- 국가법령정보센터 [http:// www.law.go.kr/](http://www.law.go.kr/)
- 기상청 홈페이지 <http://www.kma.go.kr/>