

도시방재를 위한 부산지역 우수저류시설 설치사업의 분석과 대책 황재윤*

The Analysis of Rainwater Storage Facility Project for the Urban Disaster Prevention in Busan and its Countermeasures

Jae-Yun Hwang*

Abstract Recently, many cities have always been affected by large natural disasters such as floods and landslides. As climate change causes more frequent localized heavy rains exceeding the conveyance capacity of sewer, flood damage is expected to increase. For the sake of reducing the urban flood damage by changed rainfall, there has been many trials on installation of runoff-reducing facilities. Therefore, it was required to study about reasonable analysis and countermeasure of rainwater storage facility project for extending it. This study was to review the status of rainwater storage facility project for the urban disaster prevention in Busan, to find out problems, and to propose the countermeasure of rainwater storage facility project for the urban disaster prevention.

Key words Rainwater storage facility, Project analysis, Urban disaster prevention, Countermeasure proposal

초 록 최근 많은 도시에서 홍수와 산사태 같은 자연재해가 빈번하게 발생하고 있다. 기상이변으로 인한 집중강우로 우수유출량이 증가되어 침수피해 위험이 가중되고 있다. 부정적인 유출량 변화를 합리적으로 조절하여 도시홍수 등의 피해를 경감하려는 목적에서 우수유출 저감시설을 적극적으로 도입하려는 노력이 시도되고 있다. 따라서 이러한 시설을 적극적으로 보급하기 위하여 지하 우수저류시설 설치사업의 합리적인 분석과 대책을 마련할 수 있는 연구가 절실히 필요하게 되었다. 본 연구에서는 도시방재를 위한 부산지역 우수저류시설 설치사업의 현황과 문제점을 분석하여, 도시방재를 위한 우수저류시설 설치사업의 대책을 제안하였다.

핵심어 우수저류시설, 사업 분석, 도시방재, 대책 제안

1. 서 론

최근 많은 도시에서 홍수와 산사태 같은 자연재해가 빈번하게 발생하고 있다. 기상이변으로 인한 집중강우로 우수유출량이 증가되어 침수피해 위험이 가중되고 있다(Hwang, 2003; Hwang and Ohnishi, 2012).

도시의 주요 치수시설물인 하천은 하천기본계획을 제수립하는 과정에 기존 하천들의 통수능의 한계에 이른

계획홍수량을 처리하여야 하는 실정인 반면, 시가지 하천들의 특성상 하폭의 증대나 하도굴착 등으로 통수능을 확보하기에는 불가능하므로, 부득이 더뎛기(parapet) 등으로 홍수의 월류를 방지할 수밖에 없어 향후 증가가 예상되는 홍수량을 처리하기에 곤란하다.

도시는 저류된 빗물을 대체 수자원으로 활용하여 기상이변과 물 부족 시대에 선제적으로 대비할 필요성이 있다(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2007). 우수유출 저감시설은 시가지 우수관로의 홍수부담을 줄여주기 위한 시설만 아니라 예상되는 미래의 홍수량 증가에 대하여 더 이상 통수능의 확보가 곤란한 도시의 주요하천에 대하여 장래 예상되는 홍수량 증가를 하도에서 부담하지 않도록 하기 위한 시설이 되어야 한다.

부정적인 유출량 변화를 합리적으로 조절하여 도시홍

Received: Feb. 9, 2015

Revised: Feb. 23, 2015

Accepted: Feb. 24, 2015

***Corresponding Author:** Jae-Yun Hwang

(Tel) +82552492660, (Fax) +825059992167

E-Mail) hwang@kyungnam.ac.kr

Kyungnam University, 7 Kyungnamdaehak-ro, Masanhappo-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do 631-701, Korea

수 등의 피해를 경감하려는 목적에서 우수유출 저감시설을 적극적으로 도입하려는 노력이 시도되고 있다 (Song et al., 2013, Kim and Lee, 2015). 따라서 이러한 시설을 적극적으로 보급하기 위하여 지하 우수저류시설 설치사업의 합리적인 분석과 대책을 마련할 수 있는 연구가 절실히 필요하게 되었다.

본 연구에서는 도시방재를 위한 부산지역 우수저류시설 설치사업의 현황과 문제점을 분석하여, 도시방재를 위한 우수저류시설 설치사업의 대책과 활용방안을 제안하고자 한다.

2. 도시구역의 우수유출과 우수유출 저감시설에 관한 고찰

2.1 우수유출특성과 홍수방어계획

도시화의 진행에 따라 변화되는 수문현상으로는 기후의 변화, 강수현상의 변화, 우수저류능력의 저하, 불침투역의 증대, 지표면 조도의 감소, 생활용수량의 증가, 수질오염 발생을 들 수 있다.

도시화가 진행되고 있는 지역에서의 유출의 변화는 불투수성 표면 증가와 수리학적 투수능 증가의 두 가지 인자에 주로 기인한다.

집수유역이 도로, 보도, 지붕, 주차장 등의 불투수성 표면으로 포장되어 가고, 자연 하천의 직강(直江)공사, 수심증대, 수로벽의 라이닝 등에 의한 수로의 수리학적 통수능 증대로 결국 총유출량과 침투유출율을 증가시켜 강우에 의한 유출량이 도심지 유역의 하류지점에 일시에 많은 양이 집중하게 되며 자연하천일 때보다 침투유출량의 도달 시간도 빨라진다.

홍수방어계획이라는 것은 홍수로 인한 인명피해 등 각종 피해를 줄이거나 방지하기 위하여 홍수방어조절 계획에 따라 구조적 및 비구조적으로 치수대책을 강구하는 것으로, 주로 해당 지역의 사회적, 경제적 그리고 수리·수문학적 특성에 따라 최적 방어계획을 수립하도록 하고 있다.

2.2 우수유출 저감시설의 설치목적과 기능

도시화 및 이상강우의 발생은 홍수유출량을 증가시켜 도시화 이전에 비해 하류부의 천변주변 및 도시 내 저지대의 침수위험을 증가시키고 있다.

우수유출 저감시설은 홍수방어 및 조절대책 중 구조물적 대책의 일환으로서 포화상태에 이른 기존의 하도 개수 및 펌프장 설치 등의 침수피해방지대책의 대안으로서 그 중요성이 꾸준히 제기되고 있다.

우수저류시설은 우수의 직접유출량을 저감시키거나

침투유출 시간을 지연시키기 위하여 설치하는 시설로서, 도시지역 내 저지대 상승 치수피해 지역을 홍수로 부터 예방하고 저류된 빗물을 대체 수자원으로 활용하여 기상이변과 물 부족 시대에 선제적으로 대응한다.

우수유출 저감시설의 설치목적은 도시화 이전의 유역이 가지고 있던 물함유기능의 회복을 통해, 침투량 증대로 지하수 함양, 하천 건천화를 방지하고 저류를 통해 하도의 홍수부담을 완화하는 데 있다.

우수유출 저감시설의 기능은 하류부 수로 및 하천의 홍수부하량을 감소시키는 홍수조절기능, 지하수 함양 및 하천 건천화를 방지하는 우수침투기능, 강우 후 하류수로의 유량을 공급하는 우수활용기능 등을 가진다.

2.3 우수유출 저감시설의 설치 근거 기준

우수유출 저감시설이 거론되기 시작한 것은 1999년 정부의 수해방지대책기획단의 수해방지종합대책이 확정된 이후에 이를 추진하면서 각종 법령, 규칙 및 기준에 명시되었다.

우수유출 저감시설의 설치근거와 관련되는 법령은 국토해양부 소관의 도시개발업무지침, 도시계획시설결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙, 택지개발업무처리지침, 준도시지역 시설용지구개발계획수립기준, 자연재해대책법, 하천설계기준이 있으며, 환경부 소관인 하수도 시설기준 등이 포함되어 있다.

2.4 우수유출 저감시설의 종류

우수유출 저감시설은 불투수성을 고려한 우수저류시설과 지표면, 지상 및 지하로의 침투성을 고려한 침투시설로 크게 대별된다.

이중 저류시설은 다시 빗물이 떨어지는 지점에서 소규모 단위로 처리하는 지구 내(On-site) 저류와 유역 내 분할된 일정 소유역의 출구나 유역출구에 우수지나 조절지를 설치하는 지구 외(Off-site) 저류로 세분된다. 침투시설은 침투도랑, 침투 유입구, 침투성 포장, 침투측구, 침투지 등을 통한 침투법과 건식우물, 습식우물을 통한 우물법으로 구분할 수 있다.

우수저류시설로는 공원이나 녹지 등의 구조를 변경하여 그 지점에 우수를 저류시킬 수 있도록 하는 방안, 그리고 건물의 지붕이나 지하, 주차장 등 불투수 지역이 저류기능을 가질 수 있도록 하는 방안 등이 있다.

침투시설로는 기존의 침투유역 즉, 공원, 녹지 등을 이용해 침투율을 증진시키는 방안과 보도, 주차장 등 불투수 면으로 구성되어 있는 부분의 구조나 재질을 변경하여 침투 가능하도록 변경하는 방안이 있다.

2.5 우수유출 저감시설의 설계 사항

2.5.1 저류시설

지구 외 저류시설은 강우 시 유출되는 우수를 임의 유역지점에 집수·저류하고 저감시키는 시설물로, 우수를 저류할 수 있는 지상 및 지하공간을 확보할 수 있는 지점을 대상한다.

지구 외 저류시설의 계획규모 설정은 우선 대상빈도를 설정하고, 목표조절률을 설정하여 저류시설의 규모를 결정하되 여유고를 확보하여 설계빈도 이상의 홍수에 대해서도 안정성을 확보하여야 한다.

지구 외 저류시설을 저류방식에 따라 분류하면 Fig. 1과 같다. On-line 방식은 하도 내 저류시설을 설치하는 방식으로 모든 빈도의 홍수에 대해 침투홍수의 저감 및 침투발생시간의 지체가 가능하고, Off-line 방식은 하도와 분리하여 저류시설을 설치하는 방식으로 상대적으로 설치규모가 작아 경제적이다.

지구 내 저류는 빗물의 이동을 최소한으로 억제하여 강우를 내린 장소에서 저류하여 빗물유출을 억제하는 방식으로 주요 설치대상지는 학교 운동장, 공원녹지, 주차장, 주택단지 등이다.

지구 내 저류시설 구조는 Fig. 2와 같이 저류턱을 설치하여 대상지점에 저류하는 구조이다.

2.5.2 침투시설

침투시설은 우수를 지표면 아래로의 침투를 활성화하

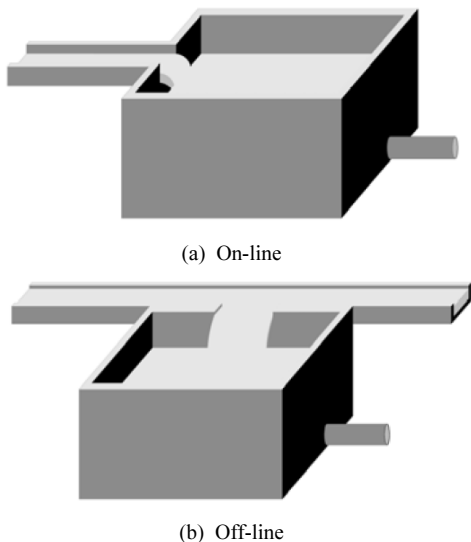


Fig. 1. Off-site storage facility

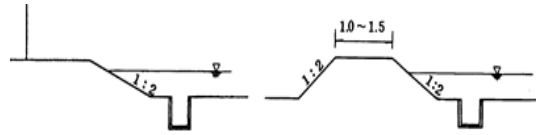


Fig. 2. On-site storage facility

는 시설로, 주요설치대상지는 단독주택, 주택단지, 사무소, 학교, 공원, 도로 등이며, 설치지점에 대한 지반특성, 토질·지하수위·수질조사, 현장침투시험 등을 토대로 위치를 선정한다.

침투시설의 시설별 설계침투량은 아래의 식을 이용하여 산정한다.

$$\text{설계침투량(m}^3\text{/sec)} = \text{침투공의 단위설계침투량(m}^3\text{/hr/개)} \times \text{침투공의 개수(개)} + \text{침투트랜치의 단위설계침투량(m}^3\text{/hr/m)} \times \text{침투트랜치의 길이(m)} + \text{침투측구의 단위설계침투량(m}^3\text{/hr/m)} \times \text{침투측구의 길이(m)} + \text{투수성 포장의 단위설계침투량(m}^3\text{/hr/m}^2) \times \text{투수성포장의 면적(m}^2) \tag{1}$$

3. 부산지역 우수저류시설 설치사업의 분석

3.1 자연환경 및 일반현황

3.1.1 지형 및 지질

부산은 우리나라 제1의 항구 도시이며 동남경제권의 중심도시이고, 한반도의 남동단에 위치한 부산만을 모태로 성장한 도시로서 지형적으로 소반도와 섬, 그리고 만입이 발달하는 리아스식 해안의 특성을 나타내고 있으며, 배후에는 고도 500 m 내외의 구릉성 산지가 독립적으로 분포하고 완만한 경사로 해안에 몰입하고 있다 (Busan Metropolitan City, 2014).

낙동강의 동쪽지대인 동부구릉성지대는 해안으로는 다대포 물운대의 남단으로부터 기장군 장안읍 효암리의 동단에 이르고, 육지로는 금정산에서 다대포 물운대에 이르는 남서방향의 산지와 금정산에서 해운대의 장산에 이르는 남동방향의 산지 사이에 놓인다.

한반도의 대하천인 낙동강 하구 일대에 발달한 서부 평야지대는 동쪽으로는 금정산맥과 북쪽에서 서쪽으로 달리는 신어산맥으로 둘러싸인 하나의 분지를 이루고 있고, 1만 년 이상의 오랜 세월을 통해 낙동강 상류에서 운반되어 퇴적된 평균 60 m 이상의 두꺼운 충적층으로 구성되어 있으며, 대부분이 고도 5 m 이하의 나지막한 평야지대이다.

부산지역은 국내의 다른 지역에 비해 암석의 종류가 심성암, 화산암, 퇴적암 등으로 다양하게 분포하고 있고

단층과 같은 불연속면이 자주 관찰된다.

부산지역의 지질은 양산단층대를 경계로 동쪽에 경상분지를 구성하는 백악기 퇴적암류와, 경상분지의 남동부 지역에 분포한 하부의 중생화산암류와 상부의 산성 화산암류가 분포하고 있다.

3.1.2 기상

부산은 동아시아 계절풍이 탁월한 유라시아 대륙의 동쪽 한반도의 남동단에 위치하고 있어 4계절이 뚜렷한 온대기후를 나타낸다.

봄은 3월 초순에 시작하여 6월 말경에 끝나며, 시베리아 고기압의 세력이 약화됨에 따라 기온이 영상으로 올라가고 평균기온은 14.9℃이다.

여름은 6월 말에 시작하여 9월 초순까지 계속되고, 6월 말부터 8월 초까지의 장마철을 포함하며, 강수량이 가장 많은 계절로, 연총강수량의 50~60%가 집중되며, 7월 하순부터 8월 중순까지는 일 최고기온 32℃ 이상의 무더위가 수 주일간 계속되기도 하고, 밤에도 최저기온이 25℃ 이상이 되어 열대야가 수주일 간 나타나기도 한다.

가을은 9월 초순에서 11월 말까지 지속되며, 대륙의 고기압이 점차 발달하여 부산지역은 맑은 날을 맞으며, 9월 평균기온은 21.8℃, 10월은 17℃이나, 11월부터는 한랭한 북서풍이 강하게 불어 기온은 급강하기 시작한다.

겨울은 11월 말부터 시작되며 이듬해 2월 말경에 끝나며, 겨울 평균기온은 3.8℃정도로서 우리나라에서는 제주도 다음으로 온화하다.

3.1.3 행정구역

부산시는 행정구역상 16개 자치구, 218개 동으로 구성되어 있으며, 총면적은 765.64 km²로 경상남도 총면적의 약 4%, 전 국토의 0.77%를 점유하고 있다.

3.1.4 하천

부산에는 총 80여 개소가 총연장 298.4 km에 걸쳐 흐르고 있고, 지리적으로 부산 연안에 인접하여 대부분 하천 연장이 짧고 하상구배가 급한 특징을 가지므로 하류에서 유수에 의한 유사퇴적이 많은 특징을 보인다.

도시하천으로 분류될 수 있는 지방 2급 하천의 총연장 195.07 km 중 약 20%가 복개되었다.

부산시에서 관리하고 있는 지방 2급 하천은 총 44개소 192 km이며 23개소 하천이 강서구와 기장군에 위치하고 있다.

3.1.5 재해위험지구 지정현황

게릴라성 호우 및 과거 태풍으로 인해 부산지역의 대

규모 침수피해가 발생하였다.

부산시의 재해위험지구는 총 16개소이며 이러한 지역은 호우시 상습적으로 피해가 발생할 가능성이 큰 지역으로 철저한 관리가 필요한 대상지역이라 할 수 있다.

3.2 부산지역 우수저류시설 설치 여건 및 기본방향

3.2.1 지형적 여건

부산지역의 지형적 여건과 기후 특성을 고려할 때 중·저고산지의 급경사지역에서 유입되는 우수 유출수 유입시간이 짧아 하천의 우수 집중도가 높은 지형적 여건을 보이고 있다.

하천이 형성되어 있는 지형은 해안과 접하여 있는 저지대 또는 평지를 이루고 있어 하천으로 빠르게 집중된 우수량은 지체되면서 해안으로 배수가 되고 있어 우수 단면이 넓게 필요한 지역이다.

3.2.2 배수체계 현황

부산지역은 현재 합류식 배수관로가 대부분을 차지하고 있으며, 배수관로의 노후화와 관로내 퇴적물이 쌓여 있어 계획설계빈도의 배수능력에 미달되고 있는 실정이다.

기설치된 배수관로의 설계빈도는 5년에서 10년으로, 이상기후현상으로 발생하는 집중호우시 우수의 배수능력 부족으로 배수관로 범람에 의한 침수피해가 속출하고 있다.

3.2.3 우수저류시설 설치방향

우수저류시설을 다음과 같이 크게 3가지로 분류하여 설치방향을 결정한다.

- ① 치수목적에 위한 우수저류시설
- ② 치수목적과 이수목적에 위한 우수저류시설
- ③ 치수·이수 목적과 환경목적에 위한 우수저류시설

부산지역 우수저류시설 설치계획수립에 있어 두 번째 설치방향인 치수와 이수목적에 위한 우수저류시설 설치 목적이 가능한 지역을 선정하여 온천천 유역 중 금정산 자락의 급경사지역과 주거지가 형성되어 있는 평지지역이 만나는 지점에 우수저류시설을 계획하여 산지지역에서 유입되는 우수유출수를 저류하여 지체시간 확보와 방류량을 조정하여 하류지역에 유출수가 집중되던 현상을 완화하여 주거지역 및 하천변에서 제내지 배수불량으로 발생되던 침수피해를 저감하고자 한다.

지형 여건상 저지대이며, 하천변에 있는 주거밀집지역의 경우 합류식 배수관로임을 감안하여 치수목적의 우수저류시설을 계획하여 심각한 침수피해를 저감하도록 계획한다.

합류식 배수관로의 경우 오수가 같이 유입되어 하천 수질이 악화될 상태이며, 저류수의 수질개선을 위하여서는 별도의 수질정화시설 및 처리계획이 수립되어야 한다.

기본계획 수립 시에는 우수저류수의 수질개선을 위한 정화시설 및 처리계획 수립에 있어 대규모 장비계획은 배제하였으며, 향후 수질개선여건이 양호한 지역에 대하여 실시계획 수립 시 타당성 검토 및 경제성 검토 후 부가하여 계획하도록 하는 것이 바람직할 것이라 판단 된다.

3.3 부산지역 우수유출 저감시설 기본계획

3.3.1 기본계획 수립방법

부산 전역을 대상으로 우선설치 가능지에 대해 현황 조사 및 수리·수문검토를 거쳐 저감시설 기본계획을 수립하며, 아울러 기존 하천기본계획 시 검토된 저류지 계획과 전유역에 분포되어 있는 학교 및 어린이공원에 대해 면밀히 조사하여 유역별 목표저감을 위한 계획을 수립한다.

우수유출 저감시설 기본계획은 우선설치 가능지 현황 조사 및 설치가능지점 선정 후 수리 수문 검토, 기존 하천기본계획시 저류지 계획 검토, 학교 및 어린이공원 검토에 의해서 이루어진다.

3.3.2 설치사업 대상지구 현황

부산지역 우수저류시설 설치사업의 대상지구는 (A) 부산외대 지구, (B) 부산대 지구, (C) 식물원 지구, (D) 거제1 지구, (E) 거제2 지구, (F) 센텀시티 일원으로 다음과 같다.

① 부산외대 지구(A)·부산대 지구(B)

부산외대지구와 부산대지구에 설치되는 우수저류시설을 치수 및 이수목적으로 운영이 가능한 지구로 우기 시에는 하류지역의 침수피해 저감을 위한 저류시설로 이용하고, 갈수기에는 우수를 저류하여 학교 조경수 이용 및 중수도 이용 등 학교시설에 필요한 시설로 이용하고자 하며, 부지는 대학에서 제공받아 시설은 자치단체에서 설치하여 지상권과 지하권을 구분하여 관리하도록 하여 시설물에 대한 권리는 부산시에서 주관하도록 한다.

② 식물원 지구(C)

식물원 지구에 설치되는 우수저류시설을 치수 및 이수목적으로 운영이 가능한 지구로 우기 시에는 하류지역의 침수피해 저감을 위한 저류시설로 이용하고, 갈수

기에는 우수를 저류하여 도로청소용수 및 조경수, 하천 유지수로 이용하고자 하며, 금정초등학교 운동장이나, 도로 밑에 설치하여 관리는 부산시에서 주관하도록 한다.

③ 거제1·2 지구(D)·(E)

상류지역에 있는 부산시청 주차장과 경찰청 주차장 및 공원 시설에 지하저류시설을 계획하여 상류유역의 우수유출량을 가능한 총량 저류하도록 하여 하류지역에서 발생되던 침수피해를 저감하고자 하며, 우수유입 시 같이 유입되는 오수의 양이 작아 저류하여 이용할 수 있는지 수질을 모니터링 하여 우수재이용이 가능하다면 별도의 시설계획 없이 저류시설을 이용 가능할 것으로 판단된다.

④ 센텀시티 일원(F)

센텀 지구에 설치되는 우수저류시설은 우기 시 집중 호우로 저지대의 침수피해를 저감하고자 하는 목적을 위한 시설로 강제배수시설과 우수저류시설을 이용하여 재해를 저감하고자 하며, 우수유입 시 같이 유입되는 오수의 양이 작아 저류하여 이용할 수 있는지 수질을 모니터링 하여 우수재이용이 가능하다면 별도의 시설계획 없이 저류시설을 이용 가능할 것으로 판단된다.

3.3.3 저감시설 시설규모 계획

본 연구에서는 시설 설치사업의 대상지구 6개소에 대한 저감시설의 규모를 산정하기 위해 먼저 설치가능지점에 대한 유역특성을 분석한 후 수리·수문검토를 실시하였다.

수리·수문검토는 부산기상관측소의 최근 47개년 강우자료를 이용하여 확률강우량 및 강우강도식을 산정하였다. 다음으로 산지유역과 도심지유역으로 구분하여 SCS합성단위도법과 ILLUDAS를 이용하여 빈도별 홍수량을 산정·비교한 결과 SCS합성단위도법을 이용한 빈도별 홍수량을 적용하고자 하며, 계획빈도 및 목표저감빈도를 각각 30년 및 10년으로 채택하여 On-line 방식의 저류시설 규모 산정을 기본으로 하였으며 Off-line 방식을 결합할 수 있는 구조를 계획하였다.

① 확률강우량 산정

확률강우량을 산정하기 위해 부산관측소 최근 47개년의 우량자료 중 10분, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 18, 24시간 지속시간에 대한 연도별 강우 최대값을 찾은 후 이를 임의시간으로 변경하였다.

계산된 임의시간 연최대강우량에 대해 FARD98을

Table 1. Target district of rainwater storage facility project

Target District	Basin Area	Detention Storage	Project Cost
	(km ²)	(m ²)	(Million Won)
A	1.092	27,000	8,614
B	0.530	32,900	9,910
C	0.300	11,040	4,435
D	0.973	32,900	10,882
E	1.577	70,000	20,245
F	0.640	26,000	9,649

이용하여 확률강우량을 산정하였다. 부산관측소의 확률 강우분석 결과, 최적분포로 GUM분포를 채택하였고, 모수추정은 확률가중모멘트법을 적용하였다.

② 강우강도식

빈도별 지속시간별 확률강우량에 대해 다음 Talbot형, Sherman형, Japanese형의 강우강도식을 적용하였다.

$$\text{Talbot형 } I = \frac{a}{t + b} + C \quad (2)$$

$$\text{Sherman형 } I = \frac{a}{(t + C)^b} \quad (3)$$

$$\text{Japanese형 } I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} + C \quad (4)$$

여기서, I는 강우강도(mm/hr), t는 강우지속시간(min), a,b,c는 상수.

본 연구에서는 단·장시간 모두 Talbot형을 최적 강우 강도식으로 선정하였다.

③ 강우시간분포

검토된 확률강우량을 대상유역의 입력값으로 사용하기 위해 강우의 시간적 분포를 고려하여야 한다. 본 연구에서는 Huff의 4분위법을 이용하여 분석하였다.

저감시설의 설치목적은 고려 침투홍수량이 가장 크게 발생하는 부산지역 3분위를 채택하였고, 분포식은 6차식(N=5)을 회귀분석하였다.

④ 유효우량 산정

본 연구에서는 유효우량 산정방법으로 미국 토양보전국(U.S Soil Conservation Service)에서 제안한 S.C.S. 방법을 이용하였다. 저감시설의 설치목적은 고려하여 대상유역별로 침투홍수량이 가장 크게 나오는 AMC-III 조건의 CN값을 채택하였다.

⑤ 홍수유출량 산정

본 연구에서의 홍수량 산정 방법은 수문곡선에 의한 재해저감 시설물의 설계가 가능하고, 토양형에 따른 유출계수(유효우량)의 변화가 반영되는 점, 그리고 배수 구역의 유역 특성을 잘 반영할 수 있는 점 등의 장점이 있는 단위도 합성법을 홍수량 산정법으로 채택하였다. 홍수유출량 산정은 SCS단위도에 의한 단위도 합성법을 채택하였다.

⑥ 저감시설 규모결정

하천설계기준에서는 우수지나 저류지 설치와 같은 내수배제계획 시 설계빈도를 20년 빈도 이상으로 하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 하수도 시설기준에서는 우수 조정지와 같은 우수배제계획 수립시 5~10년 빈도를 계획빈도로 설정하며, 댐식의 경우 안정성을 고려하여 30~50년 빈도를 계획빈도로 하고 있다.

본 연구에서는 간선관거의 설계빈도가 10년 빈도이며 추후 확장 시에도 과대하게 설계빈도를 올리는 힘들다는 점과 저감시설 설치지점의 도달시간이 대부분 1시간이내이고 저빈도 홍수시 충분한 저감효과를 발휘할 수 있도록 하기 위하여 저빈도의 계획빈도 결정이 필요하다고 판단된다. 따라서, 50년 계획빈도를 기준빈도로 결정하였다.

본 연구에서는, 일반적인 지선관거의 설계빈도가 10년 빈도이나 10년 빈도 이상의 강우가 왔을 때 기존 관거가 전량 부담을 하게 되므로 통수능 부족으로 인한 침수가 발생한다고 판단되어 현장 여건을 고려하여 50년빈도보다 작게 30년 빈도 이하로 설치하여 부하량을 줄이도록 설정하였다.

따라서 저감시설의 규모는 저감시설 설치지점을 기준으로 50년 빈도 침투홍수량에 대해 30년 빈도 이하의 침투홍수량이 유출되도록 산정하였으며, 홍수량 조절부역시 이러한 기준을 만족하도록 계획하였다.

시설 설치사업의 대상지구 6개소에 대한 수리·수문 분석을 통한 각각의 유역면적, 저류용량, 사업비는 Table 1과 같다.

3.3.4 저감시설 시설설치 계획

저류시설을 설치할 대상위치는 인근 주민이 이용하는 학교 운동장, 주차장 및 공원이다. 따라서 지하에 저류시설을 설치하고 상부는 기존 시설의 기능을 가능한 조기에 회복시켜 인근 주민의 민원을 최소화하여야 된다.

이러한 목적에 맞는 저류시설의 설치공법으로 현장에서 직접 콘크리트를 타설하는 일반적인 방법과 이보다 공기를 단축하여 최단시간 내에 설치할 수 있는 공법으로 PC제품을 이용한 방법, 적층식판넬 등을 이용한 방법 등이 있다.

PC제품을 이용한 방법은 프리캐스트 콘크리트로 제작된 제품을 공장에서 운반하여 현장에서 조립설치하는 방법으로 우수전용 저류시설 뿐만 아니라 우·오수 합류식 하수관거 주변의 저류시설 설치 시에도 사용 가능한 장점이 있다.

적층식판넬 등을 이용한 지하공극 확보방법은 F.R.P 재질로 제작된 제품으로 빗물을 저류할 수 있는 공간을 형성시킨 경량판넬로 현장에서 적층식으로 설치하여 1.0 m 이상으로 복토하여 상부를 공원 및 주차장으로 사용하는 방법으로 공기 단축이 가능하며, 설치 후 불가피하게 타 용도로 지하시설의 이용이 필요 시 손쉽게 철거 및 제품의 재활용이 가능하다.

현장타설 공법을 포함하여 설치공법의 선정은 기본 및 실시설계 시 현장여건을 고려하여 선정할 수 있다.

3.3.5 우수저류시설 설치사업 시행계획 수립

① 설치사업 우선순위 평가방법

평가방법은 다음 순서예의 의해 이루어진다.

첫 번째, 대상저류시설의 현장조사 및 수문분석을 통해 산정된 유역면적, 저류시설용량, 침두저감량 및 침두저감율, 공사비 등의 계획제원을 확보한다.

두 번째, 각 대상지구별 침수방지효과, 시공성, 용수사용가능성, 유지관리에 대한 절대평가기준과 아울러 저류시설용량·저류비·침두저감율·경제성 등의 기술적 판단평가를 대상지구에 대한 상대평가기준으로 설정한다.

세 번째, 각 항목별 등급 및 점수를 산정 이를 합산하여 1차 순위를 결정한다.

네 번째, 1차 순위를 근간으로 사업의 시급성과 각 지자체별 형평성 등을 고려하여 최종순위를 결정한다.

② 설치사업 우선순위 평가항목

대상저류시설에 대한 평가항목은 절대평가항목인 침수방지효과, 시공성, 용수사용가능성, 유지관리와 아울러 상대평가 항목인 기술적 판단을 포함하여 총 5개 항목에 대해 설정하며 기술적 판단은 그 정확도를 높이기

위해 저류시설용량, 저류비, 침두저감율과 경제성 평가를 수행한다.

③ 설치사업 시행계획 수립

부산지역 우수저류시설 설치사업은 부산광역시 관하여 시설에 대한 시행계획 수립 시 우선설치 가능지에 대해서는, 산정한 우선순위를 고려하고, 기 설계나 공사 여부, 사업의 시급성 및 중요성 등을 고려하여 사업시행계획을 수립한다. 사업의 시행은 단계별로 수립하며, 학교나 공원의 경우는 관계법의 개정 및 관계기관과 협의가 이루어진 후에 실시하도록 한다.

4. 지하 우수저류시설 설치사업의 문제점과 대책

4.1 문제점

1) 설치지역 선정에 있어 지형적 여건과 입지적 여건이 동시에 만족되는 지역을 찾아 선정하는 것이 바람직하나, 실제 동시에 만족되는 지역을 선정하는 것은 어려움과 문제를 야기시킬 수 있다.

2) 우수저류시설설치 기본계획의 방침 중 하나가 부지를 공공부지 및 학교시설 또는 주차장이나 공원을 이용하여 저류지를 설치하고 복합적인(지하 및 지상 다목적이용) 시설을 계획함에 있어 적합한 지역을 설정하는데 어려움이 있다.

3) 합류식배수관로로 인하여 저류수를 다목적이용이 어려운 지역도 있다.

4) 우수저류시설에 대한 관심은 높아지고 있으나, 아직 시설을 설치하기 위한 설계, 시공 및 관리지침 등이 마련되어 있지 않다.

4.2 대책 및 활용 방안

4.2.1 지하 우수저류시설의 침수저감효과 극대화

먼저 우수저류시설의 근본 목적인 침수측면에서 침수저감효과를 극대화할 수 있도록 하고, 저류수의 재이용은 년차별 사업으로 진행이 되어도 가능하다고 사료되며, 저류 지하공간의 다목적 이용에 대한 사항도 검토하여 건기 시 지하공간을 지하 주차장 등으로 활용함으로써 도시 내 도로이용의 극대화를 도모하고 주차난 해소에도 기여할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

침수저감효과의 극대화를 위해 침수저감에 대한 모니터링 후 개선과 저감대책을 수립하여 대처하는 것이 필요하다.

4.2.2 저류 지하공간의 다목적 이용에 관한 지속적 연구

지하 및 지상의 복합적인 다목적이용시설을 계획함에

있어 적합한 지역을 설정하도록 해야 한다. 합류식배수관로로 인해 저류수를 다목적이용이 어려운 지역도 있으므로, 저류수의 다목적 이용을 위해서 수질개선방안 및 처리계획을 수립하여 저류 지하공간의 다목적 이용이 가능하도록 지속적인 연구와 관심이 필요하다.

실시설계 시 우수저류시설의 다목적 이용을 위한 정량적 분석 및 설계가 필요하다고 사료된다.

4.2.3 지하 우수저류시설 설계·시공·관리를 위한 시설 기준 마련

지하 우수저류시설의 설계, 시공 및 관리 등이 효과적으로 잘 이루어지기 위해서는 시설 설계, 시공, 관리 등의 단계별로 구체적이고 상세한 시설기준이 마련되어야 한다.

4.2.4 우수저류시설 운영관리 최소화 방향

우수저류시설에 대한 운영관리는 호우발생지점과 시기, 발생유출량 등을 예측하기 상당히 힘들기 때문에 그 운영관리를 최소화하는 방향으로 이루어져야 한다. 우수의 배제시설, 수문관측시설, 환기시설, 안전시설 등을 효율적으로 운영관리 해야 한다.

저류시설의 경우 평상시에도 일반인의 접근을 금지하는 시설로 이러한 시설 내에서 범죄나 노숙자 거주, 기타 어린이 안전사고, 홍수기 시 익사 등의 위험이 다분하기 때문에 반드시 맨홀 등의 유지관리를 위한 출입구에 시건장치를 두어야 하며, 훼손 여부를 정기적으로 확인하여야 한다.

4.2.5 우수저류시설의 효율적 모델 개발과 재정립

우수저류시설들은 설치 방법이나 설치 여건에 따라 상이한 효과를 나타낼 수 있으므로, 지속적인 연구조사로 각 시설들에 대한 정확한 저감효과를 파악하는 것이 필요하며, 이를 토대로 개발된 모델은 계속 적용하여 경험을 축적하고 미비점을 보완해 나감으로써 좀 더 나은 표준모델로 정립하여 발전해 나가야 한다.

5. 결론

지하 우수저류시설은 우수의 직접유출량을 저감시키거나 침투유출 시간을 지연시키기 위하여 지하에 설치하는 시설로서, 도시에서의 침수재해를 예방하고 저류된 빗물을 대체 수자원으로 활용하여 기상이변과 물 부족 시대에 선제적으로 대비하기 위한 지하 우수저류시설 설치를 효율적으로 추진할 필요성이 있다.

본 연구에서는 도시방재를 위한 부산지역 우수저류시설 설치사업의 현황과 문제점을 분석하여, 도시방재를 위한 우수저류시설 설치사업의 대책과 활용방안으로써, ① 지하 우수저류시설의 침수저감효과 극대화, ② 저류 지하공간의 다목적 이용에 관한 지속적 연구, ③ 지하 우수저류시설 설계·시공·관리를 위한 시설기준 마련, ④ 우수저류시설 운영관리 최소화 방향, ⑤ 우수저류시설의 효율적 모델 개발과 재정립을 제안하였다.

References

1. Hwang, J. Y., 2003, Stability evaluation of rock blocks in tunnels for observational method, Ph.D. Dissertation, Kyoto University, Kyoto, 289.
2. Hwang, J. Y. and Ohnishi Y., 2012, Rockfall and toppling failure simulation of rock slopes using 3-dimensional discontinuous deformation analysis, Tunnel & Underground Space, 22, 181-187.
3. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2007, 21st Century frontier R&D program - Sustainable Water Resources Research Program, 511.
4. Kim, J. and Lee W., 2015, Flood inundation analysis in urban area using XP-SWMM, Jour. of the Korean Geo-Environmental Society, 16, 29-36.
5. Song C. G., Seo I. W. and Jung Y. J., 2013, Reduction of rainfall runoff by constructing underground storage tank, Jour. of the Korean Society of Civil Engineers, 33, 927-935.
6. Busan Metropolitan City, 2014, Busan white paper, 1407.



황재운

1997년 부산대학교 자연과학대학 지질학과 이학사

1999년 부산대학교 대학원 토목공학과 공학석사

2003년 일본 교토(京都)대학교 대학원 토목공학과 공학박사

Tel: 055-249-2660

E-mail: hwang@kyungnam.ac.kr

현재 경남대학교 공과대학 교수
