

정비사업지구를 활용한 침수방지대책의 효과 분석*

박창열** · 신상영***

Analyzing the Effects of Flood Protection Measures Utilizing Urban Reconstruction Projects*

Changyeol Park** · Sang Young Shin***

요약 : 기후변화와 도시화에 따라 도시지역의 침수위험과 취약성이 높아지고 있다. 기성시가지에서는 도시계획 차원의 적극적인 침수방지대책을 적용하는 데 많은 제약이 있으나, 정비사업지구, 공공시설, 대규모 부지 등은 침수문제 해소를 위한 기회를 제공하며 적극적인 침수방지대책을 적용하는 데 상대적으로 유리한 측면이 있다. 본 연구는 서울시 서초구의 기성시가지 침수위험지역을 사례로 하여, 정비사업지구를 활용하여 저류용량 확충을 통한 침수방지대책의 효과를 분석하였다. 이때 정비사업지구의 우수분담량은 토지이용별 지구내(on-site) 저류시설의 저류가능용량과 개발사업지구의 생태면적률을 기준으로 산정하였다. 이를 위해 기완료된 정비사업지구 사례를 조사하여 개발 전후의 토지이용 특성을 파악하고, 생태면적률과 유출계수 간의 관계를 정리한 후, 유출-범람해석을 수행하였다. 사례대상지역에 적용한 결과, 정비사업지구의 저류시설 저류용량 확대와 생태면적률의 기준 상향 등의 방안은 침수위험지역의 부담을 완화하는 데 일부 효과적일 수 있음을 확인하였다.

주제어 : 침수피해, 정비사업지구, 저류시설, 생태면적률

ABSTRACT : Climate change and urbanization increase flood risk and vulnerability in high-density built-up areas particularly. While urbanized areas have many constraints to apply comprehensive urban planning for flood protection, urban redevelopment and reconstruction projects give an opportunity for proactive flood protection measures. With a case in Seoul, this study analyzes the flood reduction effects of stormwater detention measures in urban reconstruction projects. Apportionment of stormwater detention of each project is calculated based on maximum detention capacity and biotope area ratio. A rainfall-runoff-flood simulation result shows that the flood reduction effects are not so great but there is some potential by increasing on-site detention capacity and biotope area ratio. The results suggest that urban planning should utilize urban development projects, public facilities, and large building sites to mitigate urban flood risk.

Key Words : Flood Damage, Urban Redevelopment/Reconstruction Project, Stormwater Detention Facilities, Biotope Area Ratio

* 본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(11첨단도시G09)에 의해 수행되었습니다.

** 서울연구원 안전환경연구실 초빙부연구위원(Associate Research Fellow, Department of Safety and Environment Research, The Seoul Institute)

*** 서울연구원 안전환경연구실 연구위원(Research Fellow, Department of Safety and Environment Research, The Seoul Institute),
교신저자(E-mail: syshin@si.re.kr, Tel: 02-2149-1293)

I. 서론

기후변화와 도시화에 따라 도시지역의 침수위험과 취약성은 높아지고 있다. 도시유역의 침수방지를 위한 대책의 기본은 방재시설을 중심으로 한 구조적 대책이라 할 수 있다. 그런데 방재시설은 대상지역과 시설의 중요도, 안전도 등을 고려하여 정해진 설계기준과 시설용량의 한계 때문에 설계기준을 초과하는 집중호우에 대한 방어능력이 제한적일 수밖에 없다. 특히, 기후변화와 도시화에 따라 집중호우의 발생빈도가 증가하는 오늘날의 상황에서는 더욱 그러하다(IPCC, 2007). 이렇다 보니 최근 해외 도시들은 방재시설 중심의 구조적 대책에 각종 비구조적 대책을 보완하는 통합적 접근으로 전환하고 있다(안태진, 2010; 신상영 외 2011). 구조적 대안을 보완하기 위한 비구조적 방재대책의 역할이 중요시되고 있는 것이다. 비구조적 방재대책은 주로 시가지 유역 차원의 대책으로서, 최근 우리나라에서는 재해저감을 위한 도시계획의 역할 강화의 필요성이 점차 강조되고 있는 추세이다(대한국토·도시계획학회, 2014).

고밀화된 기성시가지에서는 도시계획 차원의 적극적인 침수방지대책을 적용하는 데 많은 제약이 따른다. 그러나 공공시설이나 정비사업지구, 대규모 부지 등은 침수문제 해소를 위한 기회를 제공하며 적극적인 침수방지대책을 적용하는 데 상대적으로 유리한 측면이 있다. 특히, 정비사업 지구는 대상면적이 넓기 때문에 우수의 유역분담 효과를 기대해볼 수 있다. 즉, 침투기능 증대를 위한 기반시설 확충, 침수피해 최소화를 위한 건축물 개량 및 건설 등의 적용효과가 크게 나타날 수 있다(한국토지주택공사, 2011; 김영란·심주영, 2013). 최근 들어서는 정비사업 추진에 있어 재해

관리라는 패러다임 아래 재해 예방과 적응, 피해 최소화, 회복 탄력성 등을 목적으로 도시 방재력(urban resilience) 개념을 도입하고 있다(Pelling, 2003; Cutter et al., 2008; 권건주 외, 2009; 백민호·이지향, 2010; 김태현 외, 2011).

한편, 국토교통부(「건축법」의 침수위험지구 등), 국민안전처(「자연재해대책법」의 자연재해위험지구 등) 등은 재해위험지구에 풍수해, 산사태, 지반 붕괴, 지진 등 재해예방에 장애가 되는 건축물을 건축할 수 없으며, 일정 위험요건 이상의 지역에 대해서는 지정을 의무화하도록 법령을 보완하고 있다. 그러나 이러한 규제 대책은 정량적인 효과 보다는 피해 예방을 위한 정성적인 분석내용을 근거로 하고 있다. 이는 시가지 유역에서 각종 규제 및 도시계획적 대안들을 모형화하는 데 기술적으로 한계가 있을 뿐만 아니라, 재산권에 대한 제약과 침수방지를 위한 추가 비용이 수반되기 때문이다. 이로 인해 침수피해위험 해소를 위한 도시계획적 수단들을 효율적으로 활용하는 데 제약이 있다. 이는 보다 과학적인 방법을 근거로 사업시행 이전에 충분한 검토를 통해 해결할 수 있는데, 이러한 연구는 크게 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 서울시 서초구의 기성시가지 침수위험지역을 사례로 하여, 정비사업지구를 대상으로 한 침수방지대책의 효과를 분석하였다. 이때 정비사업지구의 우수분담량은 토지이용별 지구내(on-site) 저류시설의 저류가능용량과 개발사업지구의 생태면적률을 기준으로 산정하였다. 이를 위해 기완료된 정비사업지구 사례를 조사하여 개발 전후의 토지이용 특성을 파악하고, 생태면적률과 유출계수 간의 관계를 정리한 후, 유출-범람해석을 수행하였다.

II. 연구방법

1. 정비사업지구의 우수분담량

침수피해 저감을 위한 정비사업지구의 우수분담량 결정방법은 관망의 통수능 부족용량을 검토하는 방법, 사업지구에서 가용한 시설들의 분담총량을 산정하는 방법 등을 고려해볼 수 있다. 본 연구의 목적은 정비사업지구를 활용한 우수분담을 통해 침수위험지역의 부담을 완화하는 데 있다. 따라서 본 연구에서 침수방지를 위한 대책은 정비사업지구 내의 가용한 공간에 저류와 침투기능을 부여하는 것이 주된 방법이 되고, 이들 각 경우에 대한 우수분담량 산정 절차는 다음과 같다.

1) 정비사업지구의 저류기능: 지구내 저류시설

저류시설은 설치형식에 따라 크게 지구외(off-site) 저류와 지구내(on-site) 저류시설로 구분된다. 지구외 저류시설은 유출량을 지체시키거나 이를 제어하기 위한 목적으로 유역 말단부 또

는 필요지점에 설치되어왔다. 도심지에서 발생하는 침수피해는 지형적 여건뿐만 아니라 내배수시설(관망, 펌프장 등)과 맞물려 상·하류 구분 없이 발생하고 있다. 이로 인해 지구외 저류시설의 경우 도심지 내에서 산발적으로 발생하는 침수피해를 저감하는 데 한계를 가질 수밖에 없다. 이에 반해 지구내 저류시설은 기본적으로 관망 또는 하천으로 유입되기 전에 우수의 이동을 억제하고, 유역 내에서 우수를 일시적으로 저류하는 것을 목적으로 한다. 그러나 지구내 저류시설의 경우 저류용량이 상대적으로 작기 때문에 효과를 극대화하기 위해서는 충분한 집수면적과 많은 시설을 확보하는 것이 중요한 관건이다.

본 연구는 토지이용별 지구내 저류시설만을 고려한다. 일반적으로 지구내 저류시설의 저류가능용량은 저류가능 면적률과 저류한계수심을 고려하여 <표 1>과 같이 제시된다(한국수자원학회, 2009; 소방방재청, 2010).

<표 1> 지구내 저류시설의 저류가능용량 산정기준(한국수자원학회, 2009)

토지이용	저류장소	저류가능 면적률 (%)	저류한계수심 (m)	저류가능용량 (m ³ /ha)
주택단지	건물 사이 공간의 녹지	40	0.3	1,200
주차장	주차공간	84	0.1	840
초등학교	옥외운동장	33	0.3	990
중 학교	옥외운동장	32	0.3	960
고등학교	옥외운동장	28	0.3(0.5)	840(1,400)
어린이공원	인공산 등을 제외한 광장	60	0.2	1,200
근린·도시자연공원	운동시설용지, 광장 등	40	0.3(0.5)	1,200(2,000)

주 1) (): 고등학교, 근린·소규모공원은 안전대책을 고려해 저류수심을 0.5m로 할 수도 있음

주 2) 저류가능 면적률: 저류가능 면적/부지면적

주 3) 초등학교, 중학교, 고등학교의 저류가능 면적률은 서울시 관내 각급 학교 상황을 나타낸 통계자료 이용

주 4) 주차장의 저류가능 면적률은 주차장 1개소를 기준으로 주차면의 비율을 80%로 가정함

주 5) 주택단지 건물 사이 공간저류의 경우 저류가능 면적률을 40%로 가정함

2) 정비사업지구의 침투기능: 생태면적률

도시화에 의한 불투수면 증가는 지표면 유출을 증가시키고, 배수시설에 부담을 가중시킴으로써 내수침수 피해 위험을 증가시킬 뿐만 아니라 자연 및 생태적 기능의 훼손을 유발한다. 도시공간의 계획지표로 활용되어왔던 기존의 건폐율이나 용적률 개념은 도시개발의 한계를 규정할 뿐, 개발 공간의 생태적 가치를 관리하는 데 한계가 있다. 이에 환경부는 도시공간의 생태적 문제 해결을 위해 자연의 순환기능(증발산 기능, 미세분진 흡착 기능, 우수투수 및 저장기능, 토양기능, 동·식물 서식처 기능)의 유지와 개선을 정량적으로 유도하기 위해 생태면적률 개념을 도입하였다(환경부, 2005; 2011).

그러나 생태면적률은 환경계획지표로서 그 자체로 유출모의에 이용할 수 없다. 일반적으로 도시유출모형에서는 토지 특성에 따라 정량화된 유출지표(유출곡선지수, 유출계수 등)를 이용한다(이재수, 2015). 이에 본 연구에서는 생태면적률과 유출곡선지수의 관계를 이용하여 개발사업 시 목표 생태면적률을 유출모형에 반영하였다.

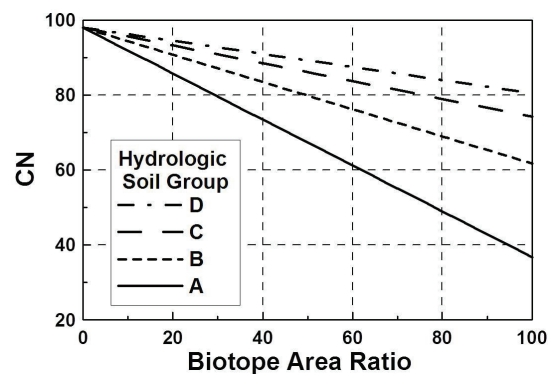
생태면적률을 유출모의에 고려하기 위한 가장 단순한 방법은 유역특성인자와 생태면적률의 관계를 이용하는 것이다. 이에 대표적 유출특성인자인 유출곡선지수와 생태면적률의 관계를 개념적으로 살펴보았으며(〈그림 1〉 참조), 그 방법을 간단히 정리하면 다음과 같다.

- ① 정비사업지구의 현 생태면적률과 현 유출곡선지수 결정
- ② 목표 생태면적률 설정과 이에 적합한 토지 피복 상태 선정
- ③ 대상 유역 전체를 대상으로 토지피복 변경 면적에 대한 생태면적률-유출곡선지수 관

계 유도

④ 목표 생태면적률에 상응하는 유출곡선지수 결정

이상과 같은 방법에 의한 유출곡선지수와 생태면적률 관계는 대상 사업지구의 토지이용 및 토지 피복 특성에 따라 달라지며, 대상지역의 불투수면을 초지로 변경할 경우의 유출곡선지수와 생태면적률 관계를 수문학적토양군(A, B, C, D)별로 나타내면 〈그림 1〉과 같다.



〈그림 1〉 생태면적률과 유출곡선지수 관계

2. 사례분석 대상유역 및 침수모의

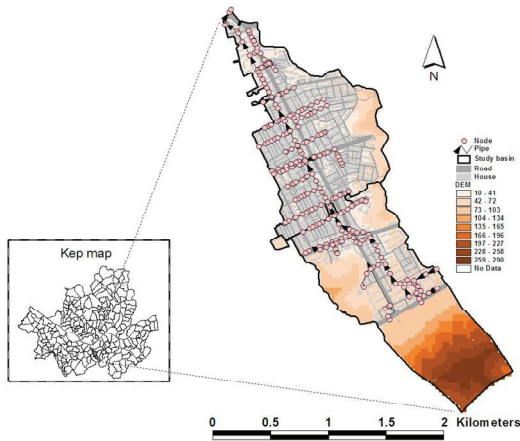
1) 대상유역 및 도시유출모형 구축

분석을 위한 사례지역은 서울시 239개 배수분구에 대하여 과거 침수피해이력과 시가화율 및 지형특성의 전형성을 검토하여 서초구에 소재한 2개 배수분구를 대상으로 하였다. 해당 유역은 과거 반복적으로 침수가 발생하였던 상습침수지역에 해당하며, 최근 2010년, 2011년 집중호우에도 침수피해가 발생한 바 있다. 대상유역의 위치는 〈그림 2〉와 같다.

도시유출 시뮬레이션모형은 인위적인 배수계통(drainage system), 높은 불투수율 등으로 인해

시가지 특성이 적절히 반영될 수 있도록 구성해야 한다. 이를 위한 모형은 ILLUDAS 모형, SWMM 모형, MOUSE 모형 등이 있으며, 이들 모형 중 SWMM 모형이 널리 이용되고 있다. 본 연구는 2차원 침수모델링이 필요하므로 SWMM 모형을 기반으로 개발된 XP-SWMM 10.0 모형을 이용하였다.

대상지역의 유출모의를 위해 하수관망도와 수치지형도(1:1,000)를 수집하였고, 대상구역의 침수흔적도를 조사하여 피해지역이 적절히 반영될 수 있도록 모형을 구축하였다. 대상구역에 대해 구축한 DEM(5m×5m)과 도시유출모형 구축 현황은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 사례분석 대상지역

본 연구에서 고려한 사례분석 대상구역의 면적은 294ha, 관망의 최소 관경은 600mm이며, 총 268개의 관망을 이용하였다. 하류부의 방류조건은 유출구가 소하천으로 유입되는 지역의 직상류에 위치하고 배수가 원활히 이루어지는 지역으로 판단하여 자유단 경계조건을 이용하였다. 아울러 본 연구의 목적은 정비사업지구를 대상으로 한 침수

방지대책의 효과를 분석하는 데 있으므로 하수관망도를 제외한 다른 제약사항들은 고려하지 않았다.

2) 유출모의를 위한 강우조건

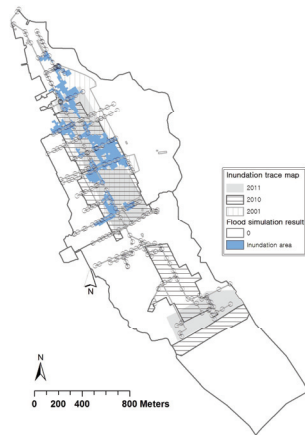
지속시간과 재현기간별 확률강우량은 국토해양부(2011)의 「확률강우량도 개선 및 보완 연구」의 빈도해석 결과를 이용하였다. 서울지점에 대한 최적 확률분포형은 Gumbel 분포형이며, 다음과 같은 6차 다항식 형태의 확률강우강도식을 이용하였다.

$$\ln(I) = a + b\ln(t) + c(\ln(t))^2 + d(\ln(t))^3 + e(\ln(t))^4 + f(\ln(t))^5 + g(\ln(t))^6 \quad (1)$$

여기서 I 는 강우강도(mm/hr), \ln 은 자연대수, a, b, c, d, e, f, g 는 6차 다항식의 계수, t 는 지속시간(hr)이다. 서울지점에 대해 위 6차 다항식에 적합시킨 결과는 <표 2>에 정리하였다. 본 연구에서는 유역규모를 고려하여 강우 지속시간 1시간, 강우의 시간분포는 Huff 3분위를 이용하였다.

<표 2> 서울 지역 확률강우강도식의 매개변수(국토해양부, 2011)

매개변수	재현기간(년)				
	10	30	50	70	100
a	4.299	4.513	4.598	4.649	4.701
b	-0.403	-0.387	-0.382	-0.378	-0.375
c	-0.05984	-0.06768	-0.07027	-0.07189	-0.07365
d	-0.01566	-0.01673	-0.01721	-0.01751	-0.01748
e	0.00377	0.00458	0.00485	0.00506	0.00519
f	0.00053	0.00058	0.00061	0.0006	0.00060
g	-0.00012	-0.00014	-0.00015	-0.00016	-0.00016



〈그림 3〉 사례분석 대상지역의 과거 침수피해지역과 2011년 동일 호우사상에 대한 침수모의 결과 비교

3) 유출모형의 검증

침수피해 저감효과를 파악하기 위해 앞서, 본 연구에서 구축한 유출모형에 대한 검증이 필요하다. 유출모형의 검증을 위해서는 강우와 수위자료의 관측치를 이용하는 것이 일반적이다(서규우, 2005; 백민호·이지향, 2010). 그러나 본 연구의 대상지역과 같은 도시구역에서는 관망 내 수위자료의 수집이 용이하지 못하다. 본 연구의 궁극적인 목적은 건축물 침수방지대책에 의한 유출 및 침수피해 저감효과를 살펴보는 것이므로, 대상구역의 과거 침수흔적도를 조사하여 본 연구에서 구축한 모형의 침수모의 결과와 비교·검토하였다. 대상구역의 침수흔적도와 XP-SWMM 10.0 모형을 이용한 2차원 침수모의 결과는 〈그림 3〉과 같다.

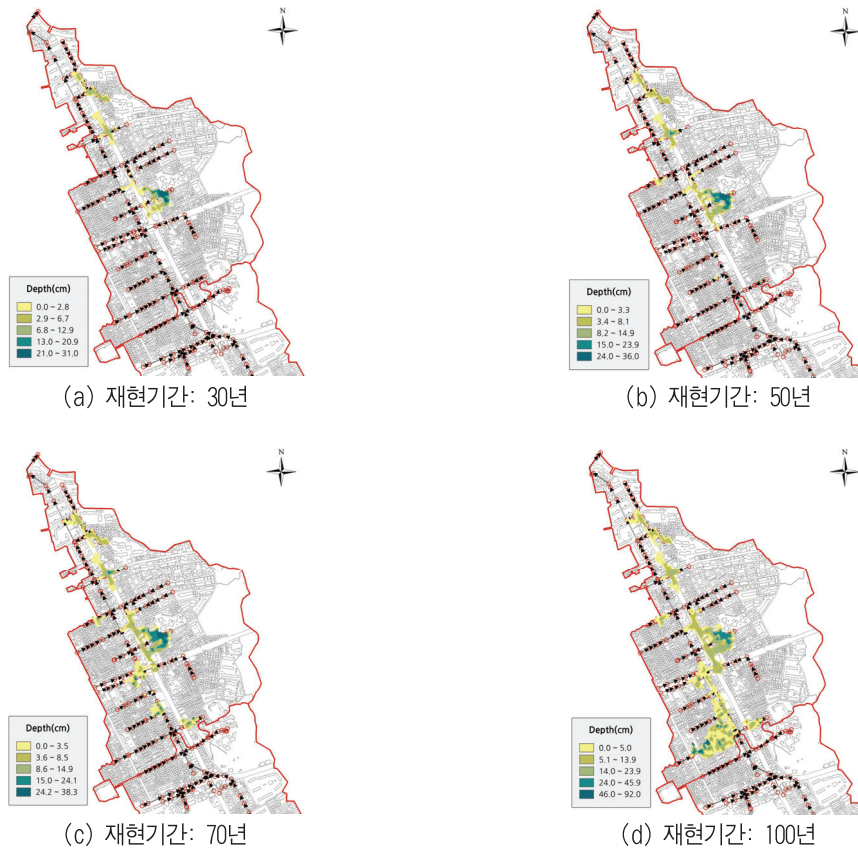
서울시 하수관거의 설계빈도는 대부분 5~30년 빈도이다(서울특별시, 2009). 〈그림 3〉의 과거 침수흔적도를 살펴보면, 시간당 90mm 이상(대략 50년 빈도)의 호우가 발생했던 2011년의 경우에도 침수피해는 대상구역의 상류지역에 비해 하류지역에 집중되어 있음을 알 수 있다. 특히, 유역경

사로 인해 우수의 집중도가 높은 저지대 및 주요 간선 부근에서 침수지역이 분포되어 있음을 알 수 있다. 시가지 상류부에 일부 침수피해 흔적을 확인할 수 있는데, 이는 대상구역 상류부에서 발생한 토사유입의 영향으로 확인되었다. 이러한 특수한 상황을 제외하면, 유출모의를 통한 침수발생지역과 실제 침수피해지역이 전체적으로 유사함을 알 수 있다.

4) 하수관거 개선에 따른 침수모의 결과

앞서 언급한 바와 같이, 침수피해 저감을 위한 정비사업지구의 활용은 방재시설대책의 보완적인 역할을 한다. 따라서 대표적인 시설물 방재대책의 하나인 하수관거 개선을 시행한 이후의 초과우수에 대하여 분석하였다. 하수관거의 설계기준 상향(지선: 5→10년, 간선: 10→30년)에 따른 부족관거 구간은 서울특별시(2009)의 「서울특별시 하수도정비기본계획(변경) 보고서」의 결과를 이용하였다.

앞서 구축한 도시유출모형에서 하수관거의 설계기준을 상향 조정한 후에 재현기간별 확률강우량을 적용한 경우의 침수모의 결과는 〈그림 4〉와 같다. 침수모의 결과에서 나타나는 침수취약지역은 과거 침수흔적과 전체적으로 유사함을 알 수 있다. 다만 상류부에서 침수피해가 일부 발생하지 않고 있는데, 이는 상대적으로 경사가 급한 상류에서 관거개선의 효과가 작용한 것으로 이해할 수 있다. 침수모의 결과를 전체적으로 보면, 재현기간 10년에서는 침수지역이 발생하지 않으며, 재현기간 30년 이후부터 일정 강우규모까지 침수범위가 유사하게 나타나고, 재현기간 100년과 같은 큰 강우규모에는 침수범위가 크게 증가함을 알 수 있다.



〈그림 4〉 하수관거 개선에 따른 재현기간별 침수범위 및 침수심

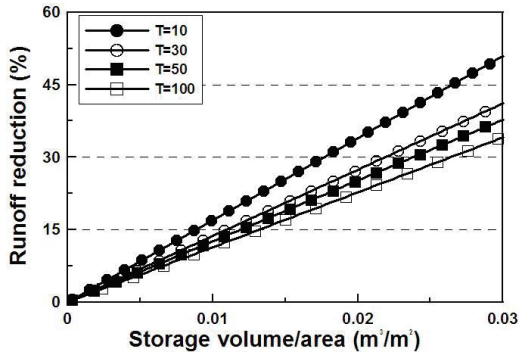
III. 결과 및 고찰

1. 단일 정비사업지구의 유출저감 효과

대상지역 내의 정비사업지구 전체에 적용하기에 앞서, 개별 사업지구에 대한 저류시설의 유출저감효과를 살펴보았다. 이를 위해 가상구역의 하단부에 정비사업지구가 위치하며, 지구내 저류시설을 이용하여 우수를 일시저류하는 것으로 가정한다. 가상구역의 총집수면적은 10ha, 정비사업지구 면적은 1ha, 저류심은 0.3m로 설정하였다. 저류시설의 용적은 저류가능 면적률과 저류심의 곱으로 결정되며, 저류가능 면적률 0~100%를 고려

하여 유역면적과 대비될 수 있도록 하였다. 이때 유출계수는 0.8, 강우지속시간은 60분, 재현기간 10, 30, 50, 100년에 해당하는 확률강우량에 각각 적용하였다. 유출모의는 수정합리식을 이용하였으며, 수정합리식을 이용한 유출모의 방법에 대한 보다 자세한 절차는 유철상 외(2010)를 참고할 수 있다. 정비사업지구내 지구내 저류시설을 적용할 경우 유출저감효과는 〈그림 5〉와 같다. 이때 유출저감효과를 정량적으로 살펴보기 위해 대상지역의 전체면적 대비 정비사업지구의 면적비(〈그림 5〉의 X축)를 기준으로 나타내었다.

저류시설 설치 전·후의 유출용적 차이는 설치 전 수문곡선의 유출용적에서 저류시설의 용적을



〈그림 5〉 단일 정비사업지구의 저류가능용량별 유출저감 효과

감소한 값이 된다. 이를 통해 토지이용별 지구내 저류시설에 의한 유출저감효과를 확인할 수 있다. 전체적으로 살펴보면, 확률강우량이 작을수록(또는 재현기간이 짧을수록) 동일한 저류시설 용량에서도 유출저감효과가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 저류시설의 용적이 유출용적을 모두 감당할 경우에는 유출저감효과가 100%에 도달함을 알 수 있다. 그러나 〈그림 5〉에서 볼 수 있듯이 기성 시가지 유역에서는 저류 가능면적과 저류심이 매우 제한적이므로 저류가능용량을 최대로 확보할 수 있는 계획이 필요할 것으로 보인다.

2. 대상지역내 정비사업지구의 우수분담량 결정

본 연구에서는 침수위험지역의 부담을 완화하기 위해 중상류부에 위치한 정비사업지구(예정)를 활용하고자 한다. 이를 위해 먼저, 대상유역 내 정비사업지구(예정)를 조사하였다. 그 결과, 본 연구의 대상유역에는 총 8개의 정비사업지구가 예정되어 있으며, 이들 지구의 현황과 위치는 〈표 3〉과 〈그림 6〉과 같다.

〈표 3〉 대상유역 내 정비사업지구 현황(예정)

No.	지번	면적 (ha)	계획용적률 (%)	건폐율 (%)	주택유형
1	방배 831-16	2.1	190	60	단독
2	방배 834-5	1.4	190	60	단독
3	방배 856-13	2.2	190	60	단독
4	방배 913-24	2.1	190	60	단독
5	방배 891-3	1.8	190	60	단독
6	방배 988-1	3.7	210	50	공동
7	방배 1018-1	2.9	210	50	공동
8	방배 1028-1	3.8	210	50	공동



〈그림 6〉 대상지역의 정비사업지구(예정)

〈표 3〉과 〈그림 6〉에서 볼 수 있듯이 대상지역 내에는 총 8개의 정비사업지구가 예정되어 있다. 대상유역의 각 사업지구별로 저류 가능용량을 결정하면 〈표 4〉와 같다. 이때 저류심은 0.3m로 가정하였으며, 저류가능 면적률은 기완료된 사업지구의 토지이용 현황을 근거로 하여 30%로 가정하였으며, 추가로 100%인 경우(정비사업지구 면적을 최대로 활용할 경우)도 고려하였다.

〈표 4〉 정비사업지구의 저류가능용량(단위: m³)

No.	면적 (×100m²)	저류가능 면적률(저류심: 0.3m)	
		30%	100%
1	212.7	19.1	63.8
2	135.3	12.2	40.6
3	155.4	14.0	46.6
4	208.2	18.7	62.5
5	175.7	15.8	52.7
6	372.9	33.6	111.9
7	289.6	26.1	86.9
8	375.1	33.8	112.5
합계	1,924.9	173.3	577.5

대상지역 내 정비사업지구의 총면적은 약 1,925백m²이며, 이는 방배 2, 4 배수분구의 유역면적 대비 약 7%에 해당한다. 정비사업지구내 지구내 저류시설을 고려할 경우, 저류가능용량은 저류가능 면적률에 따라 달라질 수 있다. 저류가능 면적률을 대상 사업지구의 30%로 가정할 경우에는 173m³의 우수를 일시저류할 수 있으며, 100%로 가정할 경우에는 총 578m³의 우수를 저류할 수 있다.

또한 서울시에서는 건축유형, 용도지역, 사업특성에 따라 생태면적률 기준을 달리 적용하고 있는데(서울특별시, 2004; 2007), 정비사업(재개발, 재건축) 시에는 생태면적률 45% 이상을 제시하고 있다(서울특별시 환경영향평가 조례 「건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(2013.7.11)」 참조). 이에 본 연구에서는 대상 정비사업지구의 생태면적률 기준을 45%로 가정한 후, 앞서 살펴본 생태면적률과 유출곡선지수 관계를 이용하여 유출곡선지수를 결정하였다(〈표 5〉 참조). 이때 유출곡선지수 '99'에 해

당하는 인공화지역의 경우는 생태면적률 산정 시 '0'으로 가정하였으며, 생태면적률 기준에 따른 정비사업지구별 CN 값의 변화를 〈표 5〉에 정리하였다. 〈표 5〉에서 '현재 CN'은 생태면적률을 적용하기 전의 CN 값에 해당하며, 우측에는 생태면적률 45%를 적용할 경우의 CN 값을 의미한다. 아울러 생태면적률의 최대기준인 100%도 추가하였다.

생태면적률 적용에 따른 CN 값의 변화를 살펴보면, 생태면적률 45%를 적용할 경우에는 CN 값이 76~96에서 61~70로 약 25% 정도 감소하였으며, 생태면적률 100%를 적용할 경우에는 약 45%의 CN 저감률을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 사업지구 내의 유출률은 생태면적률 적용을 통해 크게 낮아질 수 있음을 확인할 수 있다.

〈표 5〉 정비사업지구별 생태면적률 기준에 따른 유출곡선지수(CN)

No.	현재 CN	생태면적률(%)	
		45	100
1	94.4	68.9	49.0
2	96.0	69.6	49.0
3	94.1	68.7	49.0
4	92.4	68.0	49.0
5	93.7	68.6	49.0
6	76.2	60.9	49.0
7	92.0	67.8	49.0
8	84.4	64.5	49.0

3. 정비사업지구를 활용한 침수피해 저감효과

이상과 같이 분석대상 정비사업지구내에 대해 우수분담량을 결정하였고, 이를 고려하여 호우규모

별로 침수모의를 수행하였다. 이때 적용한 침수방지대책은 하수관거를 개량한 경우와 정비사업지구를 활용한 경우이며, 이들 대책을 통한 침수피해 저감효과는 현행 관거기준(2013년 기준)을 적용한 결과와 비교하였다. 침수피해 저감효과는 침수피해 면적의 변화와 저감률로 가정하였으며, 호우 재현기간별로 각각의 특성을 정리하면 <표 6>과 같다. 표에서 A 부분은 기존 관망을 그대로 유지한 경우의 침수면적이고, B, C 부분은 침수방지대책을 적용할 경우 저감된 침수면적을 나타낸 것이다. 이때 B는 하수관거만을 개량한 경우이고, C는 하수관거 개량에 더하여 정비사업지구에 저류 및 침투 기능을 추가한 경우이다.

<표 6> 정비사업지구를 활용한 침수피해 저감효과

재현 기간 (년)	침수 면적 (A, m ²)	하수관거 개량 후 침수피해 저감면적 (B, m ²) (저감률, B/A(%))	정비사업지구 활용 후 침수피해 저감면적 (C, m ²) (저감률, C/A(%))	
			기준 1 ¹⁾	기준 2 ²⁾
30	124,168	68,364 (55.1)	73,139 (58.9)	78,643 (63.3)
50	158,852	95,388 (60.0)	99,836 (62.8)	103,965 (65.4)
70	177,752	93,376 (52.5)	96,658 (54.4)	98,936 (55.7)
100	198,680	53,336 (26.8)	54,115 (27.2)	57,857 (29.1)

주 1) 저류가능 면적률: 30%, 생태면적률: 45%

주 2) 저류가능 면적률: 100%, 생태면적률: 100%

침수모의를 통한 결과를 전체적으로 살펴보면, 대상 정비사업지구의 총면적이 유역면적에 비해 상대적으로 작기 때문에 유출 및 침수피해 저감효과가 하수관거 개선방안에 비해 크게 나타나지 않음을 알 수 있다. 그러나 주목할 부분은 하수관거 개선 후, 침수위험지역의 침수피해를 저감하는 데

일부 효과가 있을 뿐만 아니라 적용기준의 정도에 따라 그 효과도 차이를 보이고 있다는 점이다.

정비사업지구에 대한 활용 결과를 살펴보기에 앞서 하수관거를 개선한 경우를 먼저 살펴보면, 이 경우 관거의 설계기준(재현기간 30~50년) 내에서는 침수피해 저감률이 약 60% 내외로 침수피해 저감효과가 매우 크게 나타남을 알 수 있다. 그러나 재현기간 50년 이상의 큰 호우규모에서는 여전히 침수피해 지역이 크게 남아있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 침수피해의 잔존위험을 해소하기 위해 정비사업지구에서 저류 및 침투 기능을 적용하였으며, 저류가능 면적률 30%, 생태면적률 45% 기준을 적용할 경우 침수피해 저감률은 재현기간 30년~70년에서 약 2~4% 증가하고, 재현기간 100년에서는 침수피해 저감률 변화가 미미한 것으로 나타났다. 즉, 정비사업지구의 우수분담량을 저류가능 면적률 30%, 생태면적률 45% 기준으로 적용할 경우 일정 규모의 호우에 대해서는 침수피해 저감효과를 기대할 수 있지만, 대규모 호우(100년 빈도 호우 이상)에 대해서는 침수피해 저감효과가 제한적임을 알 수 있다.

또한 정비사업지구를 최대로 활용한 경우인, 저류가능 면적률 100%와 생태면적률 100%인 경우를 살펴보면, 침수피해 저감효과가 추가적으로 크게 증가하였음을 알 수 있다. 이러한 결과는 정비사업지구를 활용한 대책이 대상지역과의 면적비율에 따라 그 효과가 제한적일 수 있지만, 침수위험지역의 부담을 완화하고 침수피해를 최소화하기 위해 정비사업지구의 저류용량 확대와 생태면적률 기준 상향 등의 방안이 효과적일 수 있음을 나타낸다.

IV. 결론

본 연구는 서울시 서초구의 기성시가치 침수위험지역을 사례로 하여, 정비사업지구를 활용하여 저류용량 확충을 통한 침수방지대책의 효과를 분석하였다. 이때 정비사업지구의 우수분담량은 토지이용별 지구내(on-site) 저류시설의 저류가능용량과 개발사업지구의 생태면적률을 기준으로 산정하였다. 이를 위해 기완료된 정비사업지구 사례를 조사하여 개발 전후의 토지이용 특성을 파악하고, 생태면적률과 유출계수 간의 관계를 정리한 후, 유출-범람해석을 수행하였다.

사례대상지역에 적용한 결과, 정비사업지구는 대상지역 면적의 한계로 인해 그 효과가 제한적일 수 있지만, 정비사업지구의 저류시설 저류용량 확대와 생태면적률의 기준 상향 등의 방안은 침수위험지역의 부담을 완화하는 데 일부 효과적일 수 있음을 확인하였다. 이상과 같은 결과는 방재시설 중심의 전통적인 시설물대책만으로는 침수피해를 해소하는 데 한계가 있으며, 점증하는 기상이변에 대응하기 위해서는 정비사업지구, 공공시설, 대규모 부지 등을 활용한 우수유출저감대책 강화, 침수방지를 고려한 토지이용 및 건축 등 보다 적극적인 유역단위 침수방지대책이 필요함을 시사한다.

참고문헌

국토해양부, 2011, 「확률강우량도 개선 및 보완 연구」.
권건주 · 한기원 · 백민호, 2009, “지역방재력 향상을 위한 방재마을 만들기 활성화 방안에 관한 연구”, 『한국방재학회논문집』, 9(5): 47~26, 한국방재학회.
김영란 · 심주영, 2013, “주택정비사업에서의 빗물관리 적용 타당성 분석”, 『서울도시연구』, 14(2): 145~159,

서울연구원.
김태현 · 김현주 · 이계준, 2011, “재난관리를 위한 도시 방재력 개념 및 기능적 목표 설정”, 『한국안전학회지』, 26(1): 65~70, 한국안전학회.
대한국토·도시계획학회, 2014, 「우리 국토와 도시, 안전한가?」, 제3차 정책토론회 자료.
박창열 · 유철상 · 신상영 · 손은정, 2013, “지구내 저류시설의 유출저감효과 정량화 및 적정용량 결정”, 『한국방재학회논문집』, 13(4): 257~266, 한국방재학회.
백민호 · 이지향, 2010, “방재마을 구축에 관한 연구”, 『한국방재학회논문집』, 10(3): 53~59, 한국방재학회.
서규우, 2005, “도시유출해석을 위한 도시수문 모니터링 기법 적용”, 『한국방재학회논문집』, 5(2): 37~44, 한국방재학회.
서울특별시, 2004, 「생태면적률 도시계획 적용 편람」.
_____, 2007, 「서울특별시 도시관리계획 환경성검토 업무지침」.
_____, 2009, 「서울특별시 하수도정비기본계획(변경) 보고서」.
소방방재청, 2010, 우수유출저감시설의 종류 · 구조 · 설치 및 유지관리 기준.
신상영 · 박민규 · 이석민, 2011, “기상이변에 대응한 서울의 수해방지전략”, 『SDI 정책리포트』, 96, 서울시정개발연구원.
안태진, 2010, “재난환경 변화에 따른 도시방재 패러다임 변화”, 『방재연구』, 12(4): 5~14.
유철상 · 김경준 · 박민규 · 윤정수, 2010, “유출곡선지수를 이용한 소규모 저류시설의 유출저감효과 정량화”, 『한국방재학회논문집』, 10(3): 109~118, 한국방재학회.
이재수, 2015, 「수문학」.
이종형 · 연기석, 2008, “XP-SWMM 모형을 적용한 도시 지역의 침수해석”, 『한국방재학회논문집』, 8(5): 155~161, 한국방재학회.
한국수자원학회, 2009, 「하천설계기준 · 해설」.
한국토지주택공사, 2011, 「아산탕정 분산형 빗물관리 체계」.
환경부, 2005, 「생태면적률 적용지침」.
_____, 2011, 「생태면적률 적용지침 개정」.
Cutter, S., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., and Webb, J. 2008, “A Place-based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters”, *Global Environmental Change*, 18: 598~606.
IPCC, 2007, *Climate Change: The Physical Science*

Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.

Pelling, M., 2003, *The Vulnerability of Cities*, London: Earthscan.

원 고 접 수 일 : 2015년 4월 27일

1차심사완료일 : 2015년 7월 6일

최종원고채택일 : 2015년 7월 16일