

# 공간분석을 통한 중소도시 수해특성 및 도시계획적 대응방안 연구\*

이병재\*\*, 김원현\*\*\*, 송주일, 심우배

2012년 수해는 단시간에 내린 국지성 폭우가 1차적 원인이었으나, 재해 위험을 고려하지 않은 도시개발이 피해를 가중시킨 것으로 분석되었다. 특히, 방재예산과 방재인프라가 부족한 중소도시에서 피해가 상대적으로 더 컸다. 이에 본 연구에서는 우리나라 중소도시의 발전적 특성 및 공간적 특성을 살펴보고, 2012년에 수해피해가 컸던 서남지역의 군산, 목포, 여수시에 대한 공간분석 및 현장조사를 실시하여 수해특성을 분석하였다. 침수지역 공간분석 결과 지형경사가 급하고 집수면적이 좁은 지역에 단시간에 우수가 집중되어 침수피해가 발생하는 갈때기형과 지형경사가 완만하나 집수면적이 넓은 지역에 대량의 우수가 집중되어 침수피해가 발생하는 사발형의 두 가지 유형을 도출하였다. 도출된 두가지 유형에 따라 우수유출 지연 및 분산(갈때기형)과 우수유출량 저감(사발형)을 위한 도시계획적 대응 방안을 제시하였다.

**주제어:** 공간분석, 중소도시, 수해특성, 도시계획, 재해위험경감

## 1. 서론

2012년 장마는 예년보다 늦은 7월초에 시작하였고, 폭우는 7월초에서 8월 중순에 걸쳐 발생하였다. 2012년에는 4개의 태풍(카눈, 블라벤, 덴빈, 산바)이 내습하였는데, 이는 1962년 이후 50년 만에 한 해 4개의 태풍이 상륙한 것이다.

2012년 전반적인 수해 특성은 단시간에 특정지역에 많은 양의 비가 내리는 국지성 폭우로 인해 피해가 발생한 것이다. 4개 태풍이 내습하였고, 이중 3개가 8월 말부터 9월 중순까지 단기간에 연속적으로 상륙하여 서해안을 중심으로 남부지역에 침수 및 산사태 피해가 발생하였다. 연안도시에서는 해일 피해와 함께 폭우와 만조시기가 겹쳐 침수피해가 가중되었다. 2012년 도시지역 수해는 폭우로 인한 침수 및 산사태 피해 뿐 아니라 강풍으로 인한 정전, 옥외 간판 파손, 건물 유리창 파손, 가로수 뽑힘 등의 피해 또한 발생하였다.

\* 본 연구는 한국건설교통기술평가원 지원 첨단도시개발사업(11첨단도시G09)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

\*\* 주저자, \*\*\* 교신저자.

2012년 수해 피해 지역 및 피해액을 살펴보면, 대도시에 비해 중소도시의 피해가 집중되어 발생한 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 중소도시의 공간적 특성을 살펴보고, 공간분석 및 현장조사를 통한 수해특성을 파악하여 도시계획적 대응방안을 제안하고자 하였다.

## II. 중소도시의 특성 및 대상지역 선정

### 1. 우리나라 중소도시의 특성

#### 1) 중소도시의 정의 및 역할

일반적으로 중소도시는 인구규모를 기준으로 정의하고 있으나, 국토공간에서의 도시규모와 그 분포의 다양함으로 인해 학자들에 따라 다양한 기준을 제시하고 있다. 정환용(2006)은 100만 명 이하의 시급도시를 중소도시의 범주로 보았으며, 신정철 외(2004)는 중소도시는 인구 5만 이상 30만 명 미만의 시로 구성되며 기본적인 자족기능을 갖춘 도시화된 지역이라 하였고, 노춘희·김일태(2000)는 인구 5만에서부터 크게는 50만 명에 이르기까지의 평균 25~30만 명 정도의 규모의 도시를 중소도시로 보았다. 종합적으로 볼 때 인구규모 기준으로 5만 이상 50만명 미만의 규모를 갖고 자족기능을 갖춘 도시로 볼 수 있다.

우리나라 중소도시의 기능적 역할은 국토의 정주체계 내에서 대도시와 농촌지역의 중간적 위치에서 양 기능을 상호조정·보완하는 역할을 수행하고(정환용, 2006), 주변의 농어촌 지역을 선도하는 정주생활권의 중심지 역할을 수행한다(신정철 외, 2004). 따라서 중소도시는 1차 산업보다는 2차, 3차 산업의 비중이 높은 산업구조와 도시적 생활양식을 갖추고 개인 및 집단의 상호작용이 읍급 도시와 농촌 지역보다 빈번하게 일어나는 정주단위라고 할 수 있다(신정철 외, 2004).

#### 2) 우리나라 중소도시의 조성과정 및 발전적 특성

우리나라 중소도시는 조선시대에 출현한 도시들의 대부분이 오늘날 중소도시 수준에 머무르고 있는 경우가 많으며, 이는 근본적으로 이들 도시들의 자연 지리적 특성에 기인하는 것이다. 즉, 지방행정중심지나 군사적 요충지는 풍수 지리적 요소 내지는 기능적 역할 때문에 배산임수의 분지지형 내지는 험준한 지형에 위치하여 광대한 공간을 전제로 하는 대도시로의 발전에 장애가 되었다(한국도시지리학회, 1999).

근래에 들어 대도시의 경우에는 신시가지의 개발이 감소하고 재개발이 증가하는 데에 반해, 아직도 성장과정에 있는 중소도시의 경우에는 계속하여 신시가지 개발의 필요성이 증대되고 있다. 새로운 시

가지를 조성하는 방법에는 여러 가지가 있겠지만, 우리나라의 경우 신시가지 개발은 주로 토지구획정리사업에 의해 주도 되었다. 우리나라의 도시개발과정에서 신시가지 개발의 60% 이상이 토지구획정리사업에 의해 이루어졌다. 토지구획정리사업은 기존의 토지소유의 경계선이 지닌 불규칙성과 비정형성을 시정하고, 대지의 형태와 크기, 지반고, 도로, 공원, 학교와 같은 공공시설에 필요한 토지를 계획적으로 확보하는 방법이다(노춘희·김일태, 2000). 그러나 재해위험에 대한 고려 없이 격자형과 같은 규칙적인 패턴 형태로의 토지구획정리 및 도로망 계획은 폭우 시 저지대로의 침수위험을 가중시킬 수 있는 결과를 야기하고 있다.

최근 중소도시의 내부구조는 두 가지의 양상으로 변화가 일어나고 있는데, 하나는 중심지 외곽부에 새로운 대단위 주거단지가 형성되고 있다는 것이다. 기존 중심지 인접부에서는 퇴락한 단독주택의 기존지역에 재개발사업을 통하여 고층아파트 등의 대단위 집단주거단지가 건설되거나, 농업지역내에 고층아파트 중심의 집단주거단지가 신규로 개발되고 있다. 다른 하나는 기존중심지와 어느 정도 분리된 지역에 새로운 계획적 중심지가 조성되고 있는데, 이 신중심지에는 기존시가지에서 이전한 은행, 행정관청, 버스터미널, 고급음식점 등을 중심으로 상업지역이 형성되어 있고, 그 주변에 대단위 거주지역이 형성되고 있다(한국도시지리학회, 1999). 이러한 새로운 주거단지의 조성은 불투수율 증가와 같은 요인으로 인해 새로운 곳의 침수취약지역을 만들어 낼 가능성이 높게 나타나고 있다.

중소도시의 상업지역은 대중교통수단의 발달과 승용차 보급의 편리화로 중심지 기능이 확대되면서 상업지역내에 혼재하던 주거지역의 상업지역으로의 용도변환과 상업지역의 외연적 확장이 이루어지고 있다. 중소도시의 경우는 대도시와 달리 중심지와 배후지역의 인구규모의 영세성으로 인하여 중심업무지역의 발달이 미약하여 상설시장, 상가 등이 상업지역의 핵심을 이루어 발달하고 있다. 이 가운데 상설시장은 대체로 버스터미널에 인접하여 발달해 있고, 상가는 간선도로변과 이면도로변에 발달해 있다(한국도시지리학회, 1999). 2012년 중소도시 수해는 이러한 상업지역이 밀집한 중심시가지 혹은 신시가지에 발생하였으며, 배후에 밀집해 있는 주거지역까지도 영향을 미쳤다.

### 3) 우리나라 중소도시의 공간적 특성

수해피해가 크게 발생했던 중소도시의 내부지역은 도시적 특성을 현저하게 갖고 있는 지역으로서, 중심지, 시가지 또는 도심으로 지칭되는 부분이다.

중소도시의 내부구조를 살펴보면 중소도시에서는 상업과 관공서 등의 집결지로서의 중심지와 그 주변의 주거지역과 상업지역이 혼합된 지역이 나타나며, 그 밖으로 공업지역과 농업지역이 연속되어 나타난다. 이러한 도시내부구조는 구조적으로는 동심원에 가까우나, 공업지역의 위치는 주변에 고립 내지 분산되어 있는 것이 특색이다. 특히 상업지역은 시장을 중심으로 형성되고 있으며, 중심지를 관통하는 간선도로가 중요한 역할을 한다(한국도시지리학회, 1999).

앞서 중소도시의 발달과정에서도 살펴보았듯이 상업지역 주변으로 고밀도의 주거지가 발달하게 되

는데, 고밀의 아파트 건설로 인구가 집중됨으로써, 다양한 상업기능이 집중하게 되고 집적의 경제가 발생함에 따라 주민들은 점차 대규모의 아파트 단지를 선호하게 되었다. 또한, 신시가지 인근에는 유사한 성격의 주거단지가 집적하여 입지적 관성을 나타내고 있다(진원형, 2002). 이렇게 집적된 상업 및 주거지역은 침수시 피해가 커질 위험성을 내포하게 된다.

지금까지 개발되어 온 신시가지의 개발양태를 보면 기성시가지에 비해서 도로패턴이 규칙적이고 도로율이 높다. 신시가지가 조성될 지역의 자연적·인문적인 조건을 세심하게 고려한 단계별 개발계획의 미비로 인하여 개발과정에서 난개발을 초래하였다(권일·강병기, 1995). 이로 인해 도심지 저지대의 침수위험에 대한 대비가 미흡한 실정이다.

건축물을 살펴보면 상업지역에는 건축연도가 오래된 2, 3층의 상가건물들이 주류를 이루고 최근 신축된 4, 5층 정도의 사무실 건물들이 도심부를 중심으로 입지하고 있다. 주거지역의 경우 기존의 단독주택들이 주류를 이루고, 주거지역의 외연부에 새롭게 15~20층의 고층아파트들이 들어서고 있다(한국도시지리학회, 1999).

우리나라 중소도시 발달과정과 그에 따른 결과로서의 현재의 공간적 특성을 보면 주변지역으로의 주거지 및 상업지역의 급격한 확산으로 인하여 나타나는 문제를 해결하기 위해 획일적인 형태로 토지구획 정리 및 가로망 개선을 추진한 것을 알 수 있다. 이는 지형적 영향을 많이 받는 재해위험에 대한 고려 없이, 교통체증 해소 등과 같은 기능적 역할에만 치중한 결과이다. 이로 인해 도시 내 기반시설 및 주거지가 밀집한 곳에서 침수가 발생할 경우 피해가 커질 위험을 내포하게 되었다. 건축물 또한 침수에 취약한 노후 건축물에 대한 관리와 높은 불투수율로 인해 주변 침수위험을 가중시킬 수 있는 대규모 아파트 단지에 대한 대응책 마련이 시급한 것으로 보인다.

## 2. 수해지역 선정

2012년 수해 피해 지역 및 피해액을 살펴보면, 대도시에 비해 중소도시의 피해가 집중되어 발생한 것을 알 수 있다. 특히, 서해안을 중심으로 한 남부지역에 피해가 극심하였다. 따라서 본 연구에서는 서남지역에 수해피해가 컸던 군산, 목포, 여수시에 대한 공간분석 및 현장조사를 통한 수해특성을 파악하여 도시계획적 대응방안을 제안하고자 한다.

군산시의 최근 10년(2002~2011)간 재해현황 및 특성을 살펴보면, 최근 10년간 매년 피해가 발생하였다. 연평균피해액은 32억원으로 전국 지자체 평균(72억원)보다 작으나, 2010년 이후 피해액이 급증하고 있는 추세이다. 이재민 수는 지속적인 증가추세이며, 재해유형 중 호우로 인한 이재민의 비중이 84%로 가장 높다. 최근 10년간 군산시에서는 호우와 태풍에 의한 재해가 주로 발생해 왔다.

목포시는 최근 10년간 간헐적으로 피해가 발생하고 있고, 연평균피해액은 전국 지자체 평균보다 작다. 자연재해 연평균피해액은 약 2.9억원으로 전국 각 지자체 연평균피해액인 약 72억원의 4.0%에 해당한다. 재해유형 중 호우로 인한 이재민의 비중이 가장 높으며(58.0%), 연도별로는 2009년이 76명

(45.7%)으로 가장 많았고, 2002년과 2005년 순으로 많았다. 호우와 태풍에 의한 재해가 주로 발생하는데, 재해유형별 발생빈도 순위는 호우가 10건(58.8%)으로 절반가까이 차지하고, 태풍 5건(29.4%), 대설 2건(11.7%) 순이다.

여수시의 최근 10년(2002~2011)간 재해현황 및 특성은 지난 10년간 23건의 재해로 인하여 약 2,783억원(연평균 278억)의 피해액이 발생하였고, 이재민 수는 4,806명으로 이중 태풍에 의한 이재민이 80.1%를 차지한다. 특히, 2003년 태풍 매미와 2002년 태풍 루사에 의해 많은 이재민이 발생하였다. 대부분의 피해는 태풍과 집중호우에 의해 발생하였고, 이중 태풍에 의해 전체 피해액의 약 95%가 발생하였다. 발생빈도 순위는 태풍이 11건(47.8%), 호우가 9건(39.1%) 순이다.

### III. 결과

#### 1. 대상지역의 수해원인

##### 1) 군산시

2012년 수해는 8월 12일 밤부터 13일 오전 6시까지 전북 군산지역을 중심으로 국지성 폭우가 집중되어 하였고, 특히 군산 내초동은 444.5mm로 가장 높은 강수량을 기록하였다. 내초동 강수량은 군산시 연강수량 1,190.2mm의 37.3%(8월 평균강수량 362.3mm의 81.6%)에 해당한 것이었다. 피해는 대부분 도로 및 주택침수와 토사유출로, 시내 곳곳의 도로가 침수(나운동 나운사거리와 보건소사거리, 월명동 명산사거리 등)되고, 건물 및 상가침수(구암동 현대아파트, 문화동 삼성아파트, 나운동 동산연립, 수성동 지산연립 외에 흥남동, 해신동 등), 산사태(소룡동 상떼빌APT 및 산북동 주공APT 인근 야산 2곳, 차량 20여 대 매몰)가 발생하였다. 피해액은 약 493억원(민간피해액 약 440억원, 공공시설 피해액 53억 900만원)으로 건물침수 1,393동, 상가침수 2,300개소, 자동차침수 4,426대 등의 피해가 발생하였다.

8월 12일 폭우는 군산시를 중심으로 한 국지성 강우였으며, 군산시 인근에 위치한 유인관측소 중 군산관측소의 누가강우량이 246.1mm(시간당 강우량 63.9mm)로 가장 높게 관측되었다. 군산시 내초동 군산산단관측소의 10분 강우량 분석결과, 총강우량의 64.3%에 해당하는 강우량이 2시간 내에 집중되었다. 13일 00시 30분부터 02시 30분까지 2시간 동안 집중된 강우량은 총 285.5mm으로 시간당 약 143mm 강우가 발생하였다.

주요 수해원인은 1차적으로 단시간에 국지적으로 발생한 엄청난 양의 폭우에 비해 하수관거 통수능력의 부족함 때문이었다. 군산시 내초동 등 500년 빈도를 상회하는 강우량(444.5mm)으로 하수도 설계기준(10~20년빈도 58.3~65.4mm/hr)을 크게 초과하였다. 그러나 저지대지역 개발, 불투수면적 증가, 우수저류 및 침투시설 미흡 등 재해를 고려하지 않은 도시개발이 피해를 가중시킨 것으로 나타났다. 시

가지 상습침수지구는 분지형 지형으로, 서해와 접하고 있는 주거 및 상업밀집지역의 지반고는 군산항의 극고조위 EL. 4.50m 보다 낮은 EL. 4.00m 내외이다. 또한, 폭우 집중시간과 만조시기가 겹쳐 침수 피해가 가중된 것으로 분석되었다.

## 2) 목포시

2012년 8월 30일 0시부터 오후 1시까지 제14호 태풍 덴빈에 의해 전남 목포지역을 중심으로 173mm의 강수량을 기록하고, 특히 오전 6시 50분부터 10시 50분까지 4시간동안 128mm의 폭우가 지속되었다. 목포시 강수량은 목포시 연평균 강수량 1,163.6mm의 14.9%(8월 평균강수량 193mm의 89.6%)에 해당하며, 시간당 최대 강우량은 40mm를 기록하였다. 피해는 대부분 도로 및 주택침수이며, 목포시 용당동 일대와 상동 종합버스터미널 주변 지역에 주로 피해가 집중되었다. 피해는 용당1동 3호광장 일대, 용당2동 용당프라자, 용당시장 주변, 연동 원뚝길 일대 1,743세대 침수, 상동 종합버스터미널 사거리, 버스터미널 주변 도로 및 상가, 인근 주택 16세대 침수 등이며, 피해액은 약 91억원(민간피해액 약 6억원, 공공시설 피해액 85억원) 및 건물침수 312동, 비닐하우스·창고침수 44개소, 농작물·농경지침수 725개소 등이 있었다.

제14호 태풍 덴빈의 직접적 영향에 의해 8월 30일 오전 8시 목포시 인근 기상관측소 시간당 강우량 분포 분석 결과, 목포시를 중심으로 태풍에 의한 집중호우가 발생하였다. 목포시 연산동 유인관측소의 10분 강우량 분석결과, 총강우량의 74%에 해당하는 폭우가 4시간 내에 집중하였고, 8월 30일 6시 50분부터 10시 50분 까지 4시간 동안 집중된 강우량은 총 128mm를 기록하였다.

태풍 덴빈으로 인한 목포시 피해의 1차적인 원인은 재현기간이 70년을 넘는 많은 양의 강우가 4시간에 걸쳐 단시간에 집중적으로 발생한 것으로, 남해배수펌프장, 하당펌프장의 설계빈도는 각각 30년, 50년이나 배출용량을 초과하는 강우가 집중되었다. 또한, 내수배제 불량, 하수관거 통수능력 부족으로 인해 피해가 가중되었다. 특히, 연암천의 하천경사가 매우 완만하여 흐름 지체로 인해 내수배제가 원활하지 않았으며, 지선의 관저고가 소하천 하상바닥보다 낮아 배수위 영향으로 배수흐름 지체가 발생하였다. 그리고 저지대지역의 토지이용, 불투수면적 증가, 우수저류 및 침투시설 미흡 등 재해를 고려하지 않은 도시개발이 피해를 가중시킨 것으로 나타났다. 강우가 집중된 시간(06:50~10:50)에 만조위가 발생하여 배수 흐름 지체가 발생하고, 조위가 지속적으로 상승(112cm→320cm)한 것이 주요 피해원인으로 분석되었다.

## 3) 여수시

2012년 여수시 수해는 태풍 블라벤의 영향으로 2012년 8월 24일 하루에만 308.9mm(8월평균강수량 269.7mm의 115.3%)의 비가 내려 기상관측이 시작된 이후 70년 만에 가장 많은 강우량을 기록하였다.

도심지내 피해의 대부분은 도로와 주택 침수에 의해 발생하였고, 연등천 수위 상승에 따라 주변 지역 시장 일대의 상가 피해가 발생하였다. 중앙동과 대교동 닭머리 일대 일부 상가, 연등천 부근 서시장 일대 상가 549세대 침수가 발생하였고, 묘도동 창촌마을 주택 등 165동 및 주요도로 침수, 도원사거리 절개지 붕괴에 따른 차량 4대 파손이 발생하였다. 태풍 불라벤과 산바에 의해 각각 187억원과 205억원의 피해액이 발생하였으며, 전체 피해액은 약 392억원(공공시설 약 330억원, 사유시설 약 62억원)이다.

태풍 산바의 간접영향으로 9월 16일 하루 동안 74.4mm의 강우가 발생하였고, 산바의 직접 영향권에 들면서 17일 0시부터 12시까지 155.5mm의 폭우가 발생하였다. 고소동 관측소의 지속시간 10분 강우량을 확인한 결과 17일 총강우량의 70%에 해당하는 강우가 3시간 내 집중되어 발생하였으며, 9월 17일 0시부터 오후 12시 20분까지 누계 강우량은 156.3mm, 8시부터 11시까지 3시간동안 집중된 강우량은 109.4mm를 기록하였다.

태풍 산바에 의한 여수시 침수피해는 폭우 집중시간과 만조시기가 겹친 것이 가장 큰 원인이다. 폭우와 만조위에 따른 연등천의 수위상승으로 인해 하천수가 역류하고 저지대 내수배제가 불량하여 연등천 하구 주변 침수피해가 발생하였다. 태풍 불라벤에 의한 일강우량은 308.9mm, 여수 기상관측 시작 이후 70년만에 가장 많은 강우량을 기록했음에도 주택침수는 4동에 불과하였으나, 태풍 산바에 의한 일강우량은 156.3mm로 불라벤의 약 50%의 강우량이었음에도 불구하고 주택 165동, 소상공인 549세대에서 침수피해가 발생하였다. 또한, 저지대지역의 토지이용, 불투수면적 증가 우수저류 및 침투시설 미흡 등 재해를 고려하지 않은 도시개발이 피해를 가중시킨 것으로 나타났다.

## 2. 중소도시 수해특성 공간분석

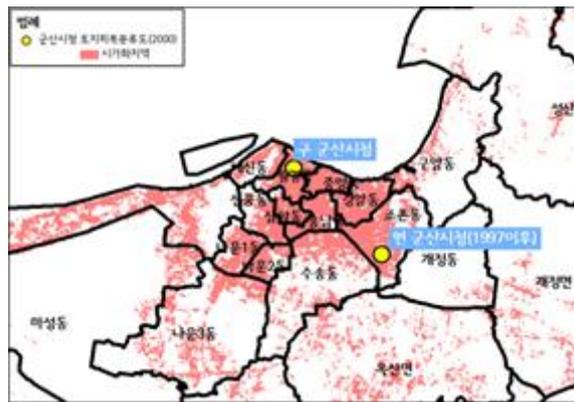
### 1) 군산시

군산시의 도시개발 현황 및 특성은 평균경사도 분석결과 도시 전체적으로는 평지에 가까운 지형(평균경사도는 2.26°)을 지니고 있으며, 구시가화지역은 고지대에 위치하고 있다. 면적 대비 높은 도시밀집도를 지니고 있으며, 시가화 지역의 불투수면적비율이 매우 높다. 군산시의 시가화 지역 면적은 42,424,048.63㎡로 전체 면적의 10.91%를 이용하며, 그 중 51.05%가 시가화 지역으로 개발되었다. 시가화 지역의 불투수면적 평균비율은 57.02%로 군산시 평균인 15.88%보다 높으며, 읍, 면, 동의 평균인 7.83%의 약 7배에 해당한다(<그림 1>).



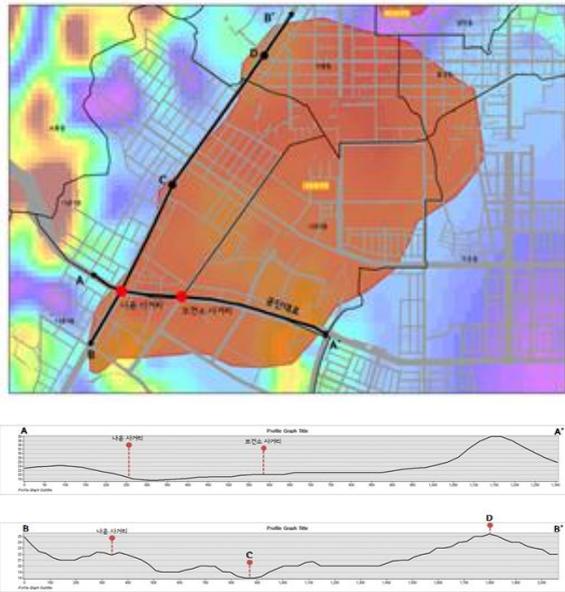
<그림 1> 군산시 불투수현황

토지피복 현황 조사결과, 구시청사와 신시청사 지역, 군산시 남부의 나운동 지역을 중심으로 도시개발이 진행되어 왔다(<그림 2>).



<그림 2> 군산시 시가지화지역 현황(2000년)

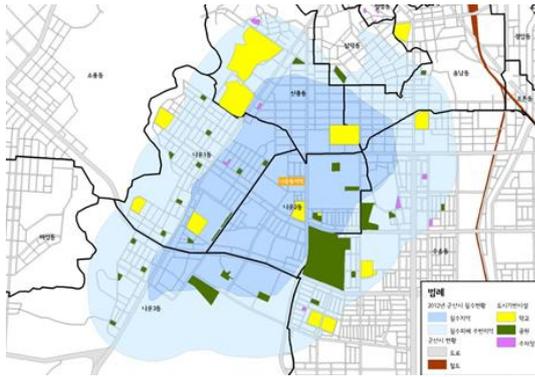
침수피해가 발생했던 지역의 토지이용을 살펴보면, 나운동 지역은 나운사거리와 보건소사거리 구간이 높은 표고차를 갖는 저지대지역으로 분지형 지형을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 나운사거리에서 보건소 사거리 구간이 저지대지역으로 나타났으며, A-A'(공단대로)의 표고 최대차는 20m정도로 나타났으며, 나운사거리 부근이 오목한 지형으로 나타났으며, B-B'(대학로)의 최저 표고지역인 C와 최고 표고지역인 D의 표고차는 7m정도 이며, C를 중심으로 분지형 지형이 나타난다(<그림 3>).



〈그림 3〉 군산시 나운동 지형분석

나운동의 용도지역은 대부분이 주거지역이며, 나운사거리 주변으로 상업지역이 집중적으로 분포되어 있고, 불투수면적비율이 매우 높아 우수가 단시간 내에 집중되어 침수피해 위험이 높은 것으로 파악되었다. 주거지역이 1,990,222.68㎡(88.14%)로 가장 높으며, 그 외 상업지역이 191,462.73㎡(8.48%), 녹지지역이 76,435.04㎡(3.38%)로 나타났다. 나운동 지역의 총 침수면적 2,258,125㎡의 1,931,650㎡가 불투수면적으로 조사되었으며, 불투수면적비율은 85.54%에 해당된다. 이는 군산시 평균인 15.88%를 크게 상회하는 수치이며, 서울시에서 불투수면적이 가장 넓은 강남구(70%)와 비교할 때도 상당히 높은 비율이다.

나운동의 침수지역 및 주변지역 내 기반시설은 공원, 학교, 주차장 등이 있으나, 우수를 저류하는 등의 방재기능은 미흡하다(〈그림 4〉). 침수지역내에는 322,720.47㎡의 규모에 총 19개의 기반시설이 입지하고 있으며, 공원이 개소와 면적면에서 가장 많이 분포하고 있다. 주변지역은 465,889.49㎡의 규모에 총 36개소의 기반시설이 입지하고 있으며, 학교와 공원의 면적이 높은 것으로 파악되었다. 노면수 유출 가중도로 현황분석 결과, 나운사거리~보건소사거리의 도로가 주변지역 도로보다 낮아 폭우 시 노면수 유출에 따른 침수피해가 가중될 것으로 분석되었다(〈그림 5〉). 건축물을 살펴보면, 나운동 지역은 대로변 주변으로 상가건물이 밀집해 있으며, 1층 상가지역과 지하상가는 침수피해 위험이 높게 나타났다.



<그림 4> 군산시 나운동 기반시설 현황



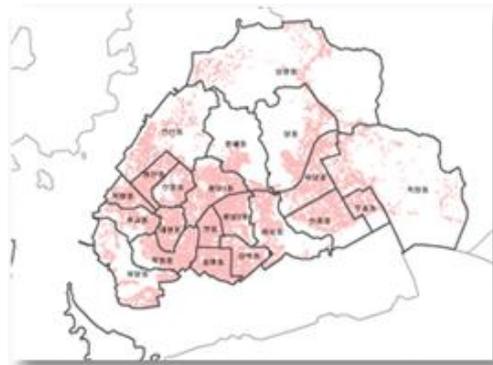
<그림 5> 군산시 나운동 도로 표고

2) 목포시

목포시 도시개발 현황 및 특성은 평균경사도 분석결과, 시가화지역이 경사면과 지형적 저지대에 개발이 진행되었다. 면적 대비 높은 도시밀집도를 지니고 있고, 시가화 지역의 불투수면적비율이 매우 높게 나타났다. 목포시의 시가화 지역 면적은 22,954,966㎡로 전체 면적의 51.21%를 차지한다. 시가화 지역의 불투수면적 평균비율은 60.35%로 목포시 평균인 39%보다 높으며, 읍, 면, 동의 평균인 7.83%의 약 9배에 해당한다(<그림 6>). 토지피복 현황 조사결과, 시청사와 용당동을 중심으로 도시개발이 진행되어 왔으며, 하당신시까지 개발로 시가화지역이 외곽으로 확장되었다(<그림 7>).



<그림 6> 목포시 불투수현황



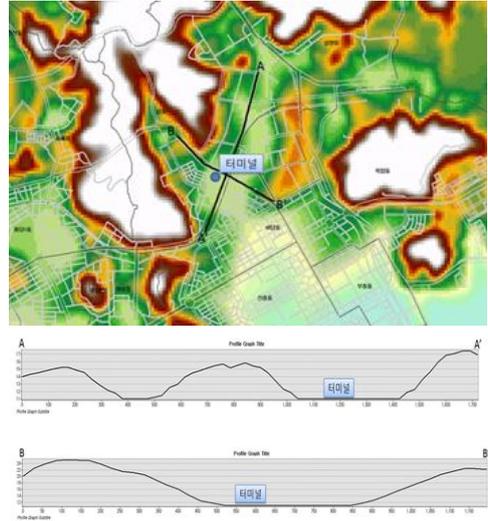
<그림 7> 목포시 시가화지역 현황(2000년)

토지이용 분석결과, 용당동 지역은 주변지역과 높은 표고차(최대 표고차 24m)로 인한 저지대지역으로 주변에 구릉지로 둘러싸인 분지형 지형을 지니고 있는 것으로 분석되었다(<그림 8>). 용당지역은 대부분이 주거지역이며, 3호광장과 2호광장 주변으로 상업지역이 집중적으로 분포하고 있고, 불투수지

역면적 비율이 매우 높아 우수가 단시간 내에 집중되어 침수피해 위험이 높은 것으로 나타났다. 침수 면적은 283,850㎡이며 불투수율은 거의 100%에 육박한다. 상동 종합버스터미널 지역은 터미널 사거리 지역이 저지대지역이며, 공단삼거리 주변과 터미널 북서쪽 지역이 급경사지역(최대 표고차 26m)으로 분석되었다(<그림 9>).



<그림 8> 목포시 용당동 지형분석



<그림 9> 목포시 상동 지형분석

상동 종합버스터미널 지역은 용당동 지역과 같이 불투수지역면적 비율이 매우 높아 우수가 단시간 내에 집중되어 침수피해 우려가 높은 것으로 나타났다. 상동지역 침수면적 46,075㎡이며, 이곳의 불투수율 또한 100%에 육박한다. 기반시설 분석결과, 용당동 지역의 침수지역 및 주변지역 내 기반시설은 공원, 학교, 주차장, 공공청사, 광장(24개 기반시설 위치) 등이 있으나, 우수를 저류하는 등의 방재 기능은 미흡한 것으로 나타났다(<그림 10>).



<그림 10> 목포시 용당동 기반시설 현황

용당동지역 노면수 유출 가중도로 현황분석 결과, 3호광장 주변과 용당2동 및 연동지역이 주변지역 도로보다 낮아 폭우시 노면수 유출에 따른 침수피해가 가중될 것으로 분석되었다(<그림 11>). 상동 종합버스터미널 지역의 침수지역 및 주변지역 내 기반시설은 공원, 학교, 주차장(21개 기반시설 위치) 등이 있으나, 우수를 저류하는 등의 방재기능은 미흡하였다(<그림 12>).



<그림 11> 목포시 용당동 도로 표고



<그림 12> 목포시 상동 기반시설 현황

노면수 유출 가중도로 현황분석 결과, 터미널 북서쪽 주거지역 및 공단삼거리와 터미널사거리가 주변지역 도로보다 낮아 폭우시 노면수 유출에 따른 침수피해가 가중될 것으로 분석되었다(<그림 13>).



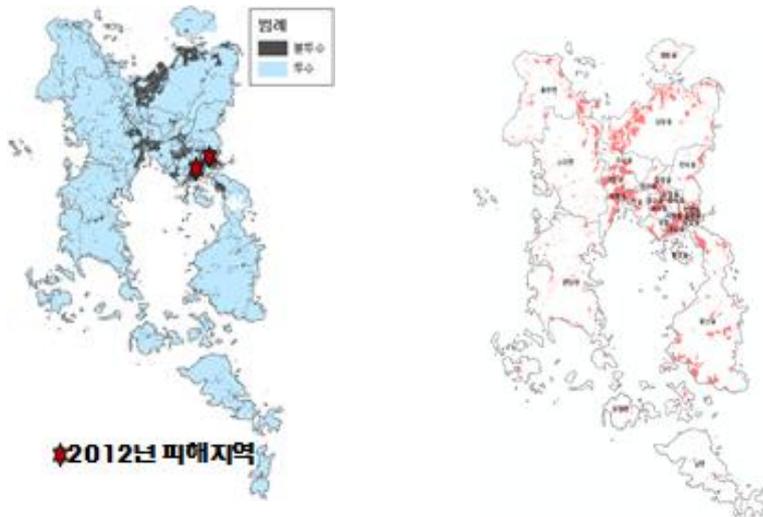
<그림 13> 목포시 상동 도로 표고

건축물 분석결과, 용당동 지역은 대로변 주변으로 상가건물이 밀집해 있어 1층 상가지역과 시장은 침수피해 위험이 높으며, 2호광장 주변 동부시장은 도로 보다 낮은 위치에 있어 폭우 시 침수피해 위험이 높다. 용당2동 및 연동 저지대는 상가와 주택이 밀집해 있어 피해위험이 높은 것으로 보인다. 중

합버스터미널 지역에는 상업건축물이 도로 주변에 밀집해 있는 것으로 조사되었으며, 종합버스터미널 주변 상가 지역은 출입구 높이가 도로와 같아 침수 시 우수 유입으로 인한 피해가 예상된다.

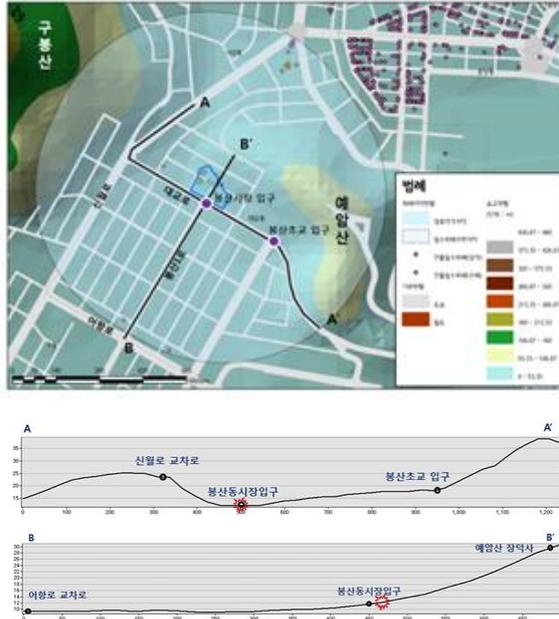
### 3) 여수시

여수시의 도시개발 현황 및 특성은 평균경사도 분석결과, 산맥과 구릉이 동에서 남으로 뻗어 있어 대체로 경사가 급하고(유역 평균경사 13.19°) 평지가 적으며, 여수 시가지는 좁은 해안 평지를 따라 동쪽은 마래산, 서쪽은 구봉산록에 이르는 4km 지역 안에 길게 뻗어 개발되었다. 면적 대비 도시밀집도는 낮으나, 시가화 지역의 불투수면적비율이 높은 편이다. 여수시의 시가화 지역 면적은 82,420,502㎡이며, 시가화 지역의 불투수면적 평균비율은 54.58%로, 읍, 면, 동의 평균인 7.83%의 약 8배에 해당한다 또한, 토지피복 현황 조사결과, 여수시의 시가지는 여수국가산업단지과 대교동, 서강동, 중앙동, 동문동 등을 중심으로 지속적으로 확장되었다(<그림 14>).



<그림 14> 여수시 불투수현황(좌) 및 시가화지역 현황(우)(2000년)

토지이용 분석결과, 대교동 침수지역은 예암산자락이 개발된 곳으로 예암산과 구봉산자락에 병풍처럼 둘러싸여 경사가 급하고 단시간에 유출수가 집중되는 지형(최대 표고차 18m)을 지니고 있는 것으로 조사되었다(<그림 15>).



〈그림 15〉 여주시 대교동 지형분석

침수지역의 용도는 대부분이 주거지역으로, 대교로, 봉산로 등 주·간선도로를 따라 상업지역이 분포하고 있다. 또한, 침수지역 면적 1,066㎡의 대부분이 불투수지역면적으로 그 비율이 매우 높고, 지붕으로 떨어지는 강우가 직접적으로 도로를 통해 유출됨에도 불구하고 노면수 관리를 위한 별도의 방재 기능이 부재하였다.

기반시설 분석결과, 대교동 침수지역 및 주변지역 내 기반시설은 공원, 학교(9개 기반시설 위치)가 있으나, 우수를 저류하는 등의 방재기능은 미흡한 것으로 나타났다(〈그림 16〉). 대교동 지역 노면수 유출 가중도로 현황 분석 결과, 봉산시장 입구는 표고차로 인해 폭우 시 대교로를 통해 우수가 집중될 것으로 분석되었다(〈그림 17〉).



〈그림 16〉 여주시 대교동 기반시설 현황



〈그림 17〉 여주시 대교동 도로 표고

건축물 분석결과, 대교동 지역은 대로변 주변으로 상가건물이 밀집해 있으며, 도로보다 상대적으로 낮은 지대에 위치한 1층 상가 및 주택은 침수피해 위험이 높다. 침수지역의 주택 지붕은 우수를 곧바로 도로로 유출시킴으로서 도로 유출량을 증대시키며, 빗물을 잠시 저류할 수 있는 빗물통 등을 설치함으로써 최대유출량을 감소, 지체시킬 수 있는 방안 등의 고려가 필요하였다.

#### 4) 소결

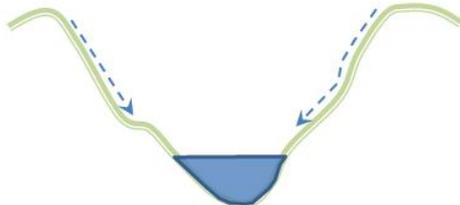
2012년 중소도시 수해특성 공간분석 및 현장조사 결과, 1차적인 원인은 국지적으로 내린 엄청난 양의 폭우와 강풍이지만, 방재를 고려하지 않은 도시개발이 피해를 가중시킨 것으로 나타났다. 불투수면적의 지속적 증가로 인한 유출량 증대, 지형적 저지대 지역 개발로 인한 침수위험성 증가, 산사태 및 토석류 위험지역 주변 건축물 입지가 피해를 가중시켰다. 또한, 침수피해지역 및 주변의 도시기반시설에 우수 저류 및 침투기능이 미흡하여 침수피해를 가중시킨 것으로 분석되었다. 지형경사가 급하고 집수면적이 좁은 지역에 단시간에 우수가 집중되어 침수피해가 발생(갈때기형: 목포 상동 종합버스터미널, 여수 대교동 등)하거나(<그림 18>), 지형경사가 완만하나 집수면적이 넓은 지역에 대량의 우수가 집중되어 침수피해가 발생(사발형: 군산 나운동, 목포 용당동 등)하였다(<그림 19>).



<그림 18> 갈때기형 지형



<그림 19> 사발형 지형



### 3. 기후변화에 따른 폭우에 대응한 도시계획적 방안

#### 1) 현행 지자체의 주요 도시방재(안)

군산시의 경우, 장단기 개선복구대책 수립을 통한 수해피해 최소화를 시도하고 있다. 단기적으로 내수배제시설(배수펌프장+유수지)과 관로개선 등의 개선복구를 통해 시가지 저지대 침수를 예방하고, 장기적으로 경포천의 홍수량 부담 및 홍수위 저감을 위한 유역분리배제방안을 수립하고 있다.

목포시의 경우, 기후변화로 급증하는 강우에 대비한 설계빈도를 상향조정할 계획이다. 강우빈도가 100년 빈도 이상으로 강제배수시설의 배출능력을 초과한 경우가 발생되므로, 계획빈도에 맞는 펌프장 용량 확보 계획을 수립하고 있다.

여수시는 풍수해저감종합계획에서 제시하고 있는 내수재해 저감계획에 따라 고지배수로 설치, 기존 배수로 확장 및 개선, 우수저류시설 추가 설치 등의 저감사업을 추진할 계획이다.

2) 지형적 특성을 고려한 폭우 대응방안

목포시, 군산시, 여수시의 구조물적 대책에 더하여 도시의 대응능력을 극대화하기 위한 비구조물적 방안 적극 도입이 필요하다. 따라서 지형적 특성(갈매기형, 사발형)을 고려한 도시계획적 대응방안이 수해피해 최소화를 위해 시급하다. 지형적 특성에 따른 도시 계획적 대응방안은 다음과 같다.

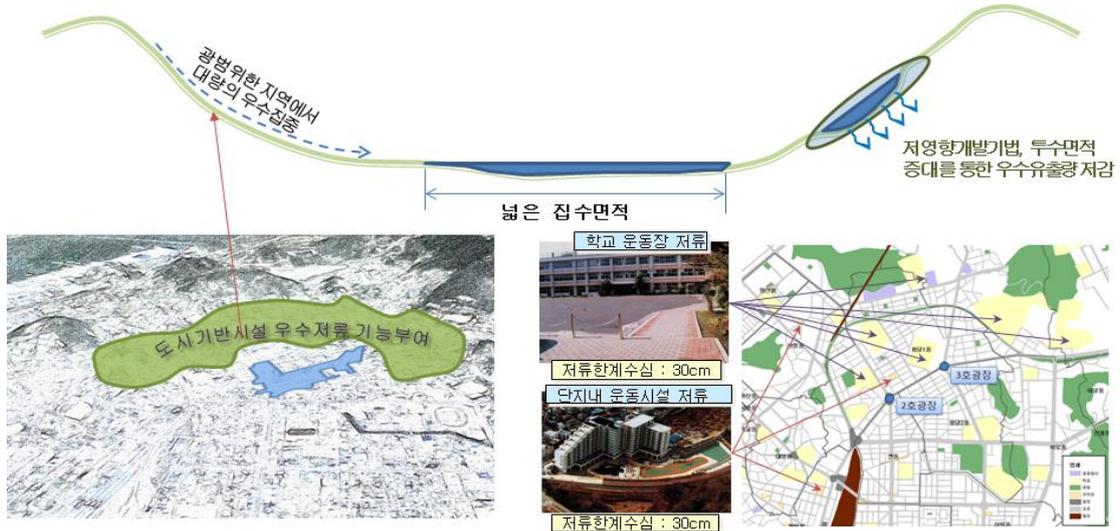
갈매기형(<그림 19>): 목포시 상동 종합버스터미널 주변, 여수 대교동 등 지형경사가 급하고 집수면적이 작은 지역은 유출속도가 빨라 우수가 단시간에 집중되므로, 우수유출 지연 및 분산 대책이 필요하다. 저지대로의 우수유출 집중을 가중시키는 도로망 개선, 도로 차수관 설치, 포장면의 설계변경 및 경로수정 등을 통해 우수유출경로 변경을 시도해야 한다. 단시간에 집중된 우수배출을 위해 하수 관거 정비 등의 우수배수시설 강화가 필요하며, 연안 도시의 경우 선배수 시스템을 활용하여 도로를 통해 우수를 직접 해안으로 배수할 필요가 있다.

또한, 노면수 지연을 위한 지속가능도시배수체계(Sustainable Urban Drainage System) 도입을 추진할 필요가 있다. SUDS는 “건물관리-발생원관리-지구관리-지역관리”등 유출경로 전반에 걸쳐 관리하는 시스템으로, SUDS의 주요 실천수단은 투수성 포장, 생태수로, 생태저류지, 연못 및 습지 등(지상)/침투트렌치, 관거 등(지하)이다.



<그림 19> 갈매기형 지형에 대한 폭우대응 도시계획적 방안

사발형(<그림 20>): 군산시 나운동, 목포시 용당동 등 지형경사가 완만하고 집수면적이 넓은 지역은 유출속도는 느리지만 광범위한 지역에서 우수가 집중되어 유출량이 많으므로 우수저류 및 침투 등 우수유출량 저감 대책이 필요하다.



<그림 20> 사발형 지형에 대한 폭우대응 도시계획적 방안

도시기반시설(공원, 녹지, 학교, 청사 등)을 적극 활용한 우수저류 능력을 배양해야 하며, 옥상녹화 등 투수면적 증대를 통한 우수유출량 저감, 저영향개발 기법(LID) 도입을 통한 수해취약지역 주변 우수저류 시스템 강화, 도시화로 인해 증가되는 도시침수, 하천범람 등에 의한 피해와 비점오염 저감을 위해 다양한 LID 프로그램을 점진적 실행할 필요가 있다. 또한, 빗물정원, 생태저류지, 옥상녹화, 생태수로, 지붕흡통 분리 등 다양한 LID 기법 도입이 절실하다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 우리나라 중소도시의 발전적 특성 및 공간적 특성을 살펴보고, 2012년에 수해피해가 컸던 서남지역의 군산, 목포, 여수시에 대한 공간분석 및 현장조사를 실시하여 수해특성을 분석하였다.

하수관거 통수능력 부족 이외에 조사결과 나타난 주요 수해원인은 저지대지역 개발, 불투수면적 증가, 우수저류 및 침투시설 미흡 등 재해를 고려하지 않은 도시개발 실태였던 것으로 파악되었다. 공간 분석을 통해 군산, 목포, 여수시 중심시가지 및 신시가지 주요 간선도로의 상업지역이 침수되고, 그 배후에 있는 주거지역 또한 피해를 입은 것으로 분석되었다. 침수지역 주변의 기반시설에 저류 기능이 고려되지 않아 재해위험감을 못하고 있었으며, 고지대에서 노면수를 침수지역인 저지대로 집중시키는 도로 현황도 확인할 수 있었다. 또한, 침수지역 주변 지형분석 결과 지형경사가 급하고 집수면

적이 좁은 지역에 단시간에 우수가 집중되어 침수피해가 발생하는 깔때기형(목포 상동 종합버스터미널, 여수 대교동 등)과 지형경사가 완만하나 침수면적이 넓은 지역에 대량의 우수가 집중되어 침수피해가 발생하는 사발형(군산 나운동, 목포 용당동 등)의 두가지 유형을 도출하였다.

도출된 두가지 공간특성 유형(깔때기형, 사발형)에 따라 차별화된 도시계획적 대응방안을 제시하였다. 깔때기형에 대해서는 우수유출 지연 및 분산을 위해 도로망 개선, 도로 차수관 설치 등의 우수유출경로 변경과 선배수 시스템, 쪽쪽 빗물받이 등과 같은 우수배수시설 강화를 제안하였고 노면수 지연을 위한 지속가능도시배수체계 도입이 필요성을 강조하였다. 또한, 사발형에 대해서는 우수유출량 저감을 위한 도시기반시설을 활용한 우수저류 능력 배양과 투수면적 증대와 LID 기법을 통한 우수유출량 저감 방안을 제안하였다.

본 연구에서는 중소도시의 수해 피해 저감을 위해 2012년 피해가 컸던 세 개 중소도시에 대한 공간분석을 통해 도출된 결과를 바탕으로 도시계획적 대응방안을 제안하였다. 이후 좀 더 지역적 특성을 고려한 수해저감 방안 제시를 위해 다양한 지역에 대한 공간분석과 시계열적 토지이용, 기반시설, 건축물 데이터의 변화 양상 분석을 통해 정확한 수해요인에 기인한 저감방안을 마련해야 할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 권일, 강병기. 1995. 신시가지 토지이용변화의 발생순서에 관한 실증적 연구(I). 대한국토·도시계획학회지. 30(4): 93-109.
- 김창석 외. 2005. 도시중심부연구. 서울: 보성각.
- 김해천 외. 2002. 도시 - 현대도시의 이해. 서울: 대왕사.
- 노춘희, 김일태. 2000. 도시학 개론. 서울: 형설출판사.
- 도영준, 임영길, 오병태, 양상욱. 2001. 도시론. 서울: 도서출판 누리에.
- 신정철, 김의식, 김형진. 2004. 지방중소도시 활성화 방안 연구. 연구보고서. 국토연구원.
- 이범현, 민범식, 왕광익, 이우진, 문채, 김경배. 2008. 중심시가지 환경개선을 위한 도시재생전략 연구. 연구보고서. 국토연구원.
- 정환용. 2006. 도시계획학원론. 서울: 박영사.
- 진원형. 2002. 대구시의 도시성장과 신시가지 지역 특성에 관한 연구(I). 한국지역지리학회지. 8(3): 295-313.
- 한국도시지리학회. 1999. 한국의 도시. 서울: 법문사.
- Blakely, E. J. 2007. *Urban Planning for Climate Change*. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper.

- Bullock, J. A., G. Haddow, and K. S. Haddow. 2008. *Global Warming, Natural Hazards, and Emergency Management*. NW: CRC Press.
- Füssel, H. M. 2007. Adaptation Planning for Climate Change: Concepts, Assessment Approaches, and Key Lessons. *Sustainability Science*. 2(2): 265-275.
- Hunt, A. & P. Watkiss. 2011. Climate Change Impacts and Adaptation in Cities: A Review of the Literature. *Climatic Change*. 104(1): 13-49.

**李丙在:** 미국 뉴욕주립대 버팔로에서 지리학박사를 취득하고, 현재 국토연구원 책임연구원으로 근무 중이다. 관심 분야는 도시방재, GIS, 공간계획 등이고, 주요연구로는 “The Spatially Extended Point: A Model for Defining the Qualitative Spatial Behavior of a Point and its Scope of Influence(2007: 박사학위논문)”, “도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술 개발(2011-현재)”, “Environmental Remediation and Restoration Information Network(2004)” 등이 있다(leebj@krihs.re.kr).

**金原鉉:** 독일 하펜시티함부르크대학교 도시계획학 박사취득 예정이고, 현재 국토연구원 책임연구원으로 근무 중이다. 관심분야는 도시환경계획, 도시방재 등이고, 주요연구로는 “도시홍수조절을 위한 공동주택단지 내 빗물운영 기법 도출”, “Smart Green Harburg: A New Way Towards An Next Generation Science City”, “Open space Development Strategies for Decentralized Storm Water Management in Urban Areas Case Study Seoul, Korea” 등이 있다(whkim@krihs.re.kr).

**宋柱日:** 경기대학교에서 수자원 공학박사를 취득하고, 현재 국토연구원 책임연구원으로 근무 중이다. 관심분야는 수자원, 하천환경, 도시방재 등이고, 주요 연구로는 “식생하도 흐름해석을 위한 수치모형 개발(2013: 박사학위논문)”, “도시하천의 복원과 관리를 위한 하천평가기법의 개발(2008)”, “하천구역구분의 기준에 관한 연구(2012)” 등이 있다(jisong2@krihs.re.kr).

**沈遇培:** 홍익대학교에서 토목공학박사를 취득하고, 현재 국토연구원 국가도시방재연구센터장으로 근무 중이다. 주요 연구 분야는 도시방재, 수자원이며, 주요 연구실적으로는 “기후변화 적응도시 조성방안 연구(1, 2차년도)”, “기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구 I, II”, “천변저류지 조성촉진 및 효율적 활용방안 연구”, “기후변화에 대응한 지속가능학 국토관리 전략(I, II)”, “현장중심적 접근을 통한 수해특성 및 정책과제”, “도시홍수 관리를 위한 제도개선방안 연구” 등이 있다(obsim@krihs.re.kr).

투 고 일: 2013년 04월 02일

수 정 일: 2013년 06월 20일

게재확정일: 2013년 06월 23일



## Spatial Analysis of Flood Damage Characteristics of Small and Medium-sized Cities and a Study on Urban Planning Methods for Flood Risk Reduction

Byoung Jae Lee, Won Hyun Kim, Ju Il Song, Ou Bae Sim

The primary cause of 2012 floods is the torrential rains fell in a short period of time, but urban development which did not take into account the risk of disaster damage weighted the flood damage. Especially, in the small and medium-sized cities which are in the status of the lack of disaster prevention budget and infrastructure, the damage was relatively bigger. Therefore, in this study, we examine the developmental and spatial characteristics of Korean small and medium-sized cities, conduct the spatial analysis and on-site investigations for Kunsan, Mokpo, Yeosu City which are damaged by flood in 2012, and analyze the flood damage characteristics. Based on flooded area spatial analysis, two types of flooded area characteristics are derived. One type is the funnel-shaped type which has the steep catchment area in a small area. And, the other type is the bowl-shaped type which has the gentle slope catchment area in a large area. For derived two types, urban planning adaptation methods which are the way for delaying and dispersion of runoff(funnel-shaped type) and the way for reducing runoff(bowl-shaped type) are proposed.

**Key words:** spatial analysis, small and medium-sized city, flood damage characteristics, urban planning, disaster risk reduction