



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士學位請求論文

도시유출모형과 GIS를 활용한
침수구역 시뮬레이션 연구

A Simulation Study on Delineating the
Flood-prone Areas Using Urban run Model
and GIS

指導教授 李 慶 周

2018年 12月

韓國交通大學校 글로벌融合大學院

都市交通工學科 都市工學專攻

金 炯 奎

도시유출모형과 GIS를
활용한 침수구역 시뮬레이션 연구

金 炯 奎



도시유출모형과 GIS를 활용한 침수구역 시뮬레이션 연구

A Simulation Study on Delineating the
Flood-prone Areas Using Urban run Model
and GIS

指導教授 李 慶 周

이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出함

2018年 12月

韓國交通大學校 글로벌融合大學院

都市交通工學科 都市工學專攻

金 炯 奎

金炯奎의 工學碩士論文을 提出함

2018年 12月

審査委員長 權 溢 (印)
審査委員 柳 相 圭 (印)
審査委員 李 慶 周 (印)

韓國交通大學校 글로벌融合大學院

요 약

요약 : 도시유출모형과 GIS를 활용한

침수구역 시뮬레이션 연구

우리나라의 기후변화에 따른 영향으로 태풍 및 집중호우가 증가하고, 산업발달과 인구의 도시집중 현상이 심화됨에 따라 도시지역의 인명 및 재산피해가 증가되고 있는 시점이다.

최근 기상이변에 따라 특정지역에 단시간의 집중호우에 의한 홍수가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따른 위험과 손실이 증가하고 있다. 도시화로 인한 불투수면적의 증가는 자연유역에 비해 도달시간이 단축되고 침투유량을 증가시키게 된다. 도시지역의 홍수피해는 주거지역으로 확장되어, 주택을 파손시키고 경우에 따라서는 인명손실을 일으키기도 하며, 특히, 도시지역에서는 인구와 각종 시설들이 집중되어 있기 때문에 일단 침수가 발생하게 되면 막대한 피해가 발생한다.

집중호우 발생시 단지설계 및 배수체계 부분에 관련하여 도출되는 가장 중요한 문제점 중의 하나는 배수시스템의 배수불량으로 인한 도시내수 침수문제라 할 수 있다. 기존 지역 배수시스템은 대부분 침투홍수량의 10~20년빈도로써 설계빈도가 낮다. 집중호우는 이를 상회하므로 국부적인 도시 내 배수시스템 불량은 피할 수 없는 현상이다. 이러한 특징을 갖는 지역에서는 도시유출모형을 이용한 침수예측과 이에 따른 효과적인 대책수립이 필요한 실정이다.

청주지역의 과거 침수지역인 청주시 상당구 영동지구를 대상지로 선정하여, 대상지에 대한 현장조사 및 침수원인을 파악하고, 도시유출모형을 이용하여 대상지에 대한 유출해석을 실시하였다.

본 연구는 도시유출모형에 GIS의 Thiessen Polygon을 활용하여 침수구역 시뮬레이션을 시각화하는 것이다. 이는 두 가지 측면에서 유용성이 있다. 첫째, GIS와 연계시 실제 침수가 예상되는 범위를 가시화함으로써 침수발생구역을 사전에 예측할 수 있다. 둘째, 홍수피해 정보를 제공하여, 침수예방 및 저감방안 제안을 위한 실질적 근거를 제시함으로써 홍수피해를 최소화 하는데 활용된다.



목 차

요 약	i
목 차	iii
표 목 차	v
그림목차	vii
 I. 서 론	 1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 관련 연구동향	3
 II. 연구방법론	 5
1. 연구의 개요	5
2. 도시유출모형	5
1) 합리식	6
2) RRL	6
3) ILLUDAS	7
4) SWMM	8

3. 연구방법	12
III. 분석대상지 및 자료구축	14
1. 분석대상지 개요	14
2. 분석대상지 실증자료	20
1) 토양분포	20
2) 토지이용현황	22
3) 배수계통	24
4) 강우빈도	26
IV. 실증분석결과 및 해석	36
1. 모형 적합도 평가	36
1) 실제 침수구역	36
2) 실측 강우를 이용한 시뮬레이션 침수구역	37
3) 침수구역 비교	38
2. 빈도별 시뮬레이션 침수구역	39
V. 결론	45
 참고문헌	 48
Abstract	51

표 목 차

<표 1> 합리식 모형의 장·단점	6p
<표 2> RRL 모형의 장·단점	7p
<표 3> ILLUDAS 모형의 장·단점	8p
<표 4> SWMM 모형의 장·단점	9p
<표 5> 도시유출모형의 특징 비교	11p
<표 6> 모형의 매개변수 산정	13p
<표 7> 기상 레이더 분석	16p
<표 8> 2017년 7월 16~17일 시간별 강우량	17p
<표 9> 호우사상 관측치	18p
<표 10> 수문학적 토양형의 분류	20p
<표 11> 대상지 SCS 토양 Type별 면적비율	21p
<표 12> 토지이용현황표	23p
<표 13> 대상지 내 우수관거 현황	24p
<표 14> 청주시 10년간 월강우량	26p
<표 15> 청주강우관측소 현황	28p
<표 16> 고정시간-임의시간 환산계수	28p
<표 17> 지속기간별 연최대 강우량(고정시간)	29p
<표 18> 지속기간별 연최대 강우량(임의시간)	30p
<표 19> 기본적인 통계수치 정의	31p
<표 20> 주요 지속기간 강우량자료 통계값	31p
<표 21> 주요 지속기간별 확률강우량 산정	33p

<표 22> 확률강우량을 강우강도로 변환.....	34p
<표 23> 지속기간별 확률강우량.....	35p
<표 24> 실제 강우를 통하여 모의된 침수구역 유출량.....	37p
<표 25> 10년 빈도 모의된 구역별 월류량.....	40p
<표 26> 50년 빈도 모의된 구역별 월류량.....	40p
<표 27> 100년 빈도 모의된 구역별 월류량.....	41p
<표 28> 200년 빈도 모의된 구역별 월류량.....	42p
<표 29> 영동지구 우수관망 개선방안.....	43p



그 립 목 차

<그림 1> SWMM모형의 구성	9p
<그림 2> 연구 흐름도	12p
<그림 3> 분석대상지 위치도	15p
<그림 4> 2017년 7월 16~17일 시간별 강우현황	18p
<그림 5> 호우사상	18p
<그림 6> 영동지구 침수피해현황	19p
<그림 7> 대상지 토양도	21p
<그림 8> 토지이용현황도	22p
<그림 9> 대상지 구역분할도	25p
<그림 10> 대상지 및 강우관측소 위치	27p
<그림 11> 확률강우량 산정 흐름도	32p
<그림 12> I-D-F 곡선(전지속기간)	34p
<그림 13> 영동지구 실제침수피해지역	36p
<그림 14> 모의된 침수구역도	38p
<그림 15> 10년 빈도 침수구역도	39p
<그림 16> 50년 빈도 침수구역도	40p
<그림 17> 100년 빈도 침수구역도	41p
<그림 18> 200년 빈도 침수구역도	42p
<그림 19> 우수관망 개선시 200년 빈도 침수구역도	44p

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 들어 지구기후변화에 의한 집중호우, 급속한 산업화 등으로 인한 인구집중이 심화되고 있다. 과거 농촌지역이나 산림지역에서 사용하던 저지대, 하천변까지 주택, 상가 및 공공시설물이 밀집되어 있다. 이로 인해 침수 등의 피해에 취약한 실정이다. 국지적 집중호우가 빈번히 발생하여 소규모 지역에 단시간 동안 집중적으로 호우가 발생하고 도시지역 침수 등의 자연재해가 되풀이 되고 있는 실정이다.

특히, 2002년에는 집중호우와 태풍 루사 등으로 사망·실종 27명, 피해액 6조 1천억 원이 발생하였다. 2003년에는 태풍피해에 의해서 사망·실종 131명, 피해액이 4조 2천억 원에 달하였다. 집중호우 발생빈도가 증가하고 홍수 규모가 증대하는 등 강우패턴이 과거와 달라졌다. 극한 호우의 발생가능성이 증가함으로써, 집중호우시 피해의 규모도 증가하고 있다.

도시지역에서는 강우규모가 배수시스템의 용량을 초과하거나, 하천수위 상승으로 관로 내에 역류가 발생함으로써 우수배제를 제대로 수행하지 못할 경우 공공기반시설 및 개인재산에 많은 피해를 일으키게 된다. 또한, 도로 등 기반시설의 침수는 운송시스템의 기능을 부분적으로 혹은 전체적으로 마비시켜 도시의 산업과 기능을 마비시키는 간접적인 피해를 주게 된다.

이에 도시지역의 중·소규모 유역에서는 과거의 침수이력을 기록한 침수흔적도를 이용하여 침수피해 원인에 대한 명확한 조사를 실시하고 있

다. 실제 침수 피해가 발생한 지역과 도시유출모형을 이용하여 모의된 침수예상지역을 비교·분석하였다. 모형에 대한 적합성을 검증하고, 침수예상 지역에 대하여 피해예방을 위한 기본 자료의 활용이 필요시 되고 있다.

자연재해의 특성상 설계빈도를 초과하는 홍수가 발생할 가능성은 항상 존재한다. 홍수에 의한 피해를 줄이기 위하여 홍수피해 관련 정보를 알기 쉽게 제공함으로써, 도시화 주거지역의 홍수 위험성과 침수피해에 대한 정보를 인식시켜 홍수피해 발생시 피해를 최소화하는 것이 집중호우의 대비에 적합한 방법이라 할 수 있다.

이와 같은 도시 침수피해를 경감하기 위해서는 기존에 설치되어 있는 도시배수시스템의 배수능력을 정확하게 판단하여 방재시설물을 관리하여야 한다. 침수흔적도, 침수예상도 등을 제작하여 사전 대피체계를 마련해야 한다. 그러나 기 설치된 관거의 배수능력을 정확하게 판단하고 적재적소에 저감시설을 설치하기 위한 평가방법은 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 도시유출모형을 이용하여 과거 침수피해지역과 유출모형에서 산출된 구역을 비교·분석하여 모의된 침수피해 지역의 적합성을 검증하였다. GIS를 활용하여 침수예상범위를 가시화하고, 도시지역에서 홍수피해 발생시의 침수에 대한 정보를 제공하여 침수예방 및 저감방안 제안의 실질적 근거자료로 활용될 수 있다.

2. 관련 연구동향

산업화와 인구집중으로 인한 도시화가 진행되면서 유역내 불투수 면적 증가, 녹지공간의 부족 등으로 침투 유출량이 증가하게 되었다. 이와 같이 홍수에 의해 인명과 재산피해의 규모도 증가하여 도시지역의 유출해석을 통한 침수피해 대책에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다.

1970년대 이후 도시유출해석을 위한 모형화 작업이 본격화 되어 Harley 등(1970)¹⁾은 유역유출모형을 개발하여 시간에 따른 유출량의 해석 모의실험 모형을 개발하였다.

Stall과 Terstriep에 의해 RRL모형을 보완한 ILLUDAS(Illinois Urban Drainage Area Simulator) 모형이(1974)²⁾ 개발되어 현재까지 지속적으로 발전된 버전으로 사용되고 있다. Baffaut 등(1989³⁾)은 SWMM 모형을 도시유역에 적용하여 유출량을 계산하였고, Bhaskar 등(1987)⁴⁾은 GIS를 이용하여 지형학적 순간단위도(GIUH)를 해석하였다.

Meyer 등(1993)⁵⁾은 Arc/Info의 TIN(Triangular Irregular Network) 모듈을 도시유출모형에 적용한 바 있고, Larry Arosener 등(1991)⁶⁾은 SWMM 모형을 도시유역 계산에 활용할 수 있는 여러 가지 방법을 제시

1) Harley, B. M. Perkins, F. E., and Eagleson P. S.(1970). A modular distributed model of catchment dynamics, Hydro-dynamics Laboratory Report No. 133

2) Terstriep, L. M., and Stall, J. B. (1974), The Illinois Urban Drainage Area Simulator : ILLUDAS

3) Baffaut, C., and Delleur, J. W. (1989), "Expert System for calibrating SWMM" Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 115 No.3 pp. 278~298

4) Bhaskar, N. P., James, W. P., and Devulapalli, R.S (1987), 'Hydrologic Parameter Estimation Using Geographic Information System' journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 118(5) pp.492~512

5) Meyer, S. P., Salem, T. H., and Labadie J. W. (1993), "Geographic Information System in Urban Storm-Water Management" Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 119(2) pp.206~228

6) Larry A. Roesner and Aldrich. J. A., (1991), Storm water management model user's manual version 4 EXTRAN ADDENDUM. U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

하다. 일본에서는 지방자치체가 홍수범람도를 제작·보급 하고 있다.

국내의 경우 1987년 발생한 서울지역의 대규모 수해의 원인 분석을 목적으로 87수해백서⁷⁾에서 ILLUDAS모형을 소개하였다. 이종태 등(1991)⁸⁾은 유수지 계획시 도시화 영향을 고려하여 연구하였다. 이홍래 등(1998)⁹⁾은 자연 하천의 홍수범람을 해석하기 위해 GIS와 연계한 연구를 실시하였다. 정동국 등(2003)¹⁰⁾은 대전광역시 노은지역을 중심으로 도시지역에 적합한 유출해석을 실시하였다. 이범희 등(2004)¹¹⁾은 SWMM 모형을 도시하천인 안양천 유역을 중심으로 연구하였다. 유재현 등(2004)¹²⁾은 면목천 유역을 중심으로 SWMM, ILLUDAS 모형을 유출량 산정을 위한 모형 비교·연구를 하였다. 최성열 등(2004)¹³⁾은 인천국제공항을 중심으로 SWMM 모형을 침수 분석모형에 이용, 침수가능성 분석과 후처리 과정의 가시적인 도시화를 연계한 시스템을 구축하였다. 강상혁(2009)¹⁴⁾은 기후변화에 따른 시가지 침수 및 대응방안을 도시범람모형 개발 중심으로 연구하였다.

국토교통부에서는 2000년 홍수지도 기본조사를 실시하여 과거 30년간의 침수실적을 조사하였다. 홍수지도제작을 위한 연구지역을 설정, 한강 유역에 대한 홍수지도를 시범 제작하였다.¹⁵⁾

7) 서울특별시, 1987, 87수해백서

8) 이종태, 김태화, 허성칠, 2004, 강우특성에 따른 ILLUDAS, SWMM모형의 주요매개변수 민감도 분석, 대한토목학회 학술대회

9) 이홍래, 한건연, 김상호, 최현상, 1998, 하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발, 한국수자원학회

10) 정동국, 이범희, 2003, 도시유출모형을 이용한 도시화 유역의 유출해석, 한국수자원학회

11) 이범희, 채준영, 2004, XP-SWMM을 이용한 도시화 유역에서의 유출관리 방안연구, 한국수자원학회

12) 유재현, 2004, GIS를 이용한 도시침수분석 시스템의 비교연구, 단국대학교 석사학위논문

13) 최성열, 2004, GIS를 이용한 도시유역 홍수침수 분석시스템 구축, 한국GIS학회지

14) 강상혁, 2009, 기후변화에 따른 시가지 침수 및 대응방안 연구, 강원발전연구소

15) 국토교통부, 2001, 홍수지도 제작지침, 국토교통부:한국수자원공사

II. 연구방법론

1. 연구개요

본 연구에서는 과거 집중호우로 인해 피해가 발생했던 청주시 영동지구를 대상구역으로 결정하였다. 도시유출모형을 이용하여 대상지에 대한 침수해석을 실시한 결과 도시지역에서는 SWMM 모형이 적합한 것을 검증하였다. GIS의 Thiessen Polygon을 이용하여 예상 침수구역을 가시화함으로써 침수발생구역을 사전에 예측할 수 있고 침수예방을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 도시유출모형

도시지역의 경우 비도시지역과는 달리 유출해석을 위한 방법이 토지이용도와 우수배수시스템과 같은 인위적인 요소에 의해 바뀌게 된다. 도시지역 유출량은 건물과 포장도로와 같은 불투수지역의 증가로 증대된다. 또한, 유출량이 유하하는 경로는 배수체계, 도로, 건물과 같은 인위적인 시설물에 의해 변하게 된다. 도시배수시스템을 이용한 유출량 계산에 다양한 수치 모형이 이용되어 왔다. 이를 토대로, 도시구역의 유출해석을 통한 홍수피해 대책안 관련 연구가 진행되어 오고 있다.

도시구역에서의 강우와 유출에 대한 연구는 주로 외국에서 개발된 유출모형들의 적합성 평가와 우리나라의 강우특성 및 배수구역의 특성을 적용할 때 발생하는 문제들을 중심으로 연구되어 왔다. 그 성과는 우수관거 및 도시하천의 설계 등에 적용되고 있다.

유출모형의 선정은 모형의 이론적 배경, 입력 자료의 구성과 모형의

적용 편의성, 결과의 정확성, 연구 목적의 적합성 등을 고려하여 모형을 선정하는 것이 가장 중요하다.

1) 합리식(rational method, 合理式)

합리식은 아일랜드의 Mulvaney(1850)에 의해 처음으로 제안된 개념으로 지금까지도 소규모 유역에서 우수배제시설물을 설계할 때 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 이 방법의 정확성에 대한 의견이 분분하지만 적용하기가 간단하는 장점 때문에 우수관거 설계시 대표적으로 사용되는 방법이다. 다만 합리식이 가지는 논리적 근거 및 거동을 실제로 증명하기 어렵기 때문에 사실상 여러 가지 홍수량 추정 방법 중 가장 비현실적이고 비논리적인 모형으로 비평받고 있다. 16)

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 설계홍수량을 산정할 경우 매우 신속하고 간편한 방법 - 도시 소배수유역 설계에 매우 유용
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 유출계수 C값의 선택이 주관적 - 강우가 전 지역에 걸쳐 균등하게 분포하지 않음 - 강수량 및 선행강우지수 등 유역특성에 관계없이 일정한 유출계수를 적용하는 것에 문제발생

<표 1> 합리식 모형의 장·단점

2) RRL 모형(Road Research Laboratory Method)

RRL 모형(Road Research Laboratory Method)은 Watkins에 의해 도시배수망 설계를 위하여 1962년에 고안된 것이다. 도시지역의 불투수

16) 고태규, 2012, 도시홍수 방재를 위한 도시계획 및 유역권 계획에 관한 연구, 수원대학교 박사 학위 논문

지역만을 고려하여 도달시간-집수면적 곡선을 작성하고 여기에 다양한 강우강도분포를 적용한다. 각 소유역의 시간별 유출량을 지체 및 합산함으로써 유입구에 대한 유입수문곡선을 나타낸다. 이 유입수문곡선은 기존 우수관망에 따라 저류량 추적을 함으로써 주 관거에 대한 유출수문곡선을 얻으려는 방법이다. 이 RRL 방법을 우리나라에서는 80년대 후반에 실무에서 기본가정을 일부 수정하여 널리 사용하고 있으나, 사용자의 주관적인 판단에 따라 큰 차이를 보이는 오류를 갖고 있다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 설계홍수량을 산정할 경우 매우 신속하고 간편한 방법 - 도시 소배수유역 설계에 매우 유용 - 유출수문곡선의 계산이 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 직접연결 불투수지역이 전체유역의 15% 이하일 경우 계산 오류 - 설계강우 재현기간 20년 이상 적용시 비효율적 - 사용자의 판단에 따라 큰 차이를 보임

<표 2> RRL 모형의 장·단점

3) ILLUDAS 모형(Illinois Urban Drainage Area Simulator)

ILLUDAS(The Illinois Urban Drainage Area Simulator)는 Micheal L.Terstriep과 John B. Stall 등에 의해 개발된 것이다. 불투수지역에서만 유출을 고려한 RRL 모형을 보완한 모형이다. 유역의 이용상태에 따라 유역출구와 직접 연결된 포장지역, 간접연결 포장지역, 유출에 기여하는 비포장지역, 유출에 기여하지 않는 비포장지역 등으로 구분하여 해석이 가능하다. 토지이용상태를 4가지로 나누어 각각에 따라 고려되는 흐름상태를 구분한다. 도시유역에서의 호우에 따른 배수시스템의 설계에 활용할 수 있다. 따라서, 앞의 두 모형보다는 정확한 계산결과를 기대할 수

있다. 다만, 배수관망이 각종 수리구조물을 포함하고 있는 경우에는 정확한 유출량을 산정하기 어렵고, 모형이 개발된 이후 갱신이 되어 오지 않은 오래된 모형으로, 사용이 불편하다는 단점을 갖고 있다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 우수관거를 통한 추적시 원형관거 뿐만 아니라 구형, 사다리꼴 단면 형에 대한 추적 가능 - 불투수지역의 유출뿐만 아니라, 투수지역, 직접연결 불투수지역 등을 고려함으로써 도시지역에서 보다 정확한 유출량 산출 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 배수영향이 고려되지 않아, 배수구간에서의 계산에 무리가 있음 - 국내 도시유역에 적용할 경우, 투수, 불투수지역 및 직접연결 불투수 지역등의 면적 결정과정에 많은 노력이 필요하며, 주관적인 요소가 개입될 여지가 많음. - 유출산정시 유역면적의 크기에 제한이 있음

<표 3> ILLUDAS 모형의 장·단점

4) SWMM 모형(Storm Water Management Model)

SWMM(Storm Water Management Model) 모형은 미국 환경보전국(EPA, Environmental Protection Agency)에서 개발한 도시지역의 유출 해석 모형으로 도시지역에서 강우에 의한 유출량과 외수위 상승에 의한 배수시스템에서의 월류량의 계산 등이 가능하다. 기존 모형에서는 구현할 수 없었던 조건인 우수관거 통수능을 초과할 경우의 월류 현상, 하류 배수영향을 받는 조건 및 각종 구조물을 포함하는 조건 등의 해석이 가능하므로 기존 모형의 한계를 대부분 극복할 수 있는 우수한 모형이다. 공간적으로는 최대 200개의 소유역, 수로·관로를 구성할 수 있으며, 배수유역을 합성, 분리할 수 있다.

장점	<ul style="list-style-type: none"> - 200개의 소유역의 구분이 가능하며, 유역의 합성·분리 가능 - 우수관거를 통한 추적시 원형, 구형, 사다리꼴, 포물선형 등 모든 우수구조물에 대한 추적 가능 - 유출산정시 유역면적의 크기제한이 없음. - 기존 모형에서 구현할 수 없었던 월류 현상 구현 가능.
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 수두손실 계산이 명확하지 않아, 조도계수(n)를 보정해야 함. - 관망 내 흐름에 연산오차가 발생할 수 있음 - 우수관 연결된 집합부에서 연산오차가 발생할 수 있음. - 다른 모형에 비해 매개변수 종류가 많아 입력자료가 복잡함.

<표 4> SWMM 모형의 장·단점

SWMM 모형의 구성은 <그림1>과 같이 RUNOFF, TRANSPORT, EXTRAN, STORAGE, EXECUTIVE 등의 5개의 실행블럭들과 5개의 보조블럭들로 구성되며, 126개의 부 프로그램들로 구분되어 계산을 수행한다.



<그림 1> SWMM모형의 구성

(1) RUNOFF 블럭

초기연산이 수행되는 부분으로 강우사상에 대해 배수유역에서의 유출

현상과 수질변화를 모의하며, 임의의 강우우량도, 선행강우조건, 토지이용도, 지형도 등의 자료를 이용하여 지표면 및 지표하유출을 추적한다.

(2) TRANSPORT 블록

RUNOFF 블록에서 연산된 결과를 사용하여 우기 및 건기시 하수시스템 내에서의 유량과 오염물질을 추적하고, 하수시스템에서 침투과정을 고려하여 모의한다.

(3) EXTRAN 블록

EXTRAN 블록에서 배수관망 시스템 내에서 유량과 수심을 계산하기 위해 개수로/관수로 등에서 동수역학 방정식에 의하여 흐름을 추적하는 블록으로 합류, 분류시스템으로 구성되는 도시배수유역에 적용하기 위해 개발되었다. RUNOFF 블록에서의 계산 결과치를 유입량 자료로 이용하며, 루프형 관로, 웨어, 오리피스, 펌프 등으로 인한 측방류 유입과 기존의 유출모형으로는 계산하지 못했던 월류, 배수, 압력류 등의 수리현상을 계산한다.

(4) STORAGE/TREATMENT 블록

유량과 수질에 대한 조절, 처리장치의 영향을 평가하며, 각 단계에서의 비용연산이 가능하다. STORAGE 블록에서 저류지의 운영조작 기준은 수위와 유량으로 정의된다.¹⁷⁾

17) 이종태, 2005, 도시유출 해석모형의 실무적용 지침(안) 및 적용 예제, 도시홍수재해관리기술사업단

도시구역에서의 홍수량 산정을 위하여 사용하고 있는 모형들로 합리식, RRL, ILLUDAS, SWMM 등을 소개하였으며, 이 중 합리식과 RRL 모형은 적용이 간편하다는 이점으로 사용되고 있으나, 사용자의 주관적인 판단에 따라 유출량 산정에 큰 차이를 보이고 있다. ILLUDAS 모형은 지표면의 상태와 배수관로의 계통을 고려하므로 앞의 두 모형보다는 정확한 계산결과를 기대할 수 있으나, 배수관망이 각종 수리구조물을 포함하고 있는 경우에는 정확한 유출량을 산정하기 어렵고, 개발 이후 갱신이 되지 않은 오래된 모형이라는 점에서 한계가 있다.

SWMM 모형은 도시 구역 내에서 강우사상으로 인해 발생하는 유출량에 대한 지표면 흐름, 배수관망 유출량 계산, 저류량 산정 등을 모의할 수 있는 종합적인 모형으로 다음 <표 5> 에서 SWMM 모형이 적합한 것을 보여주고 있다.

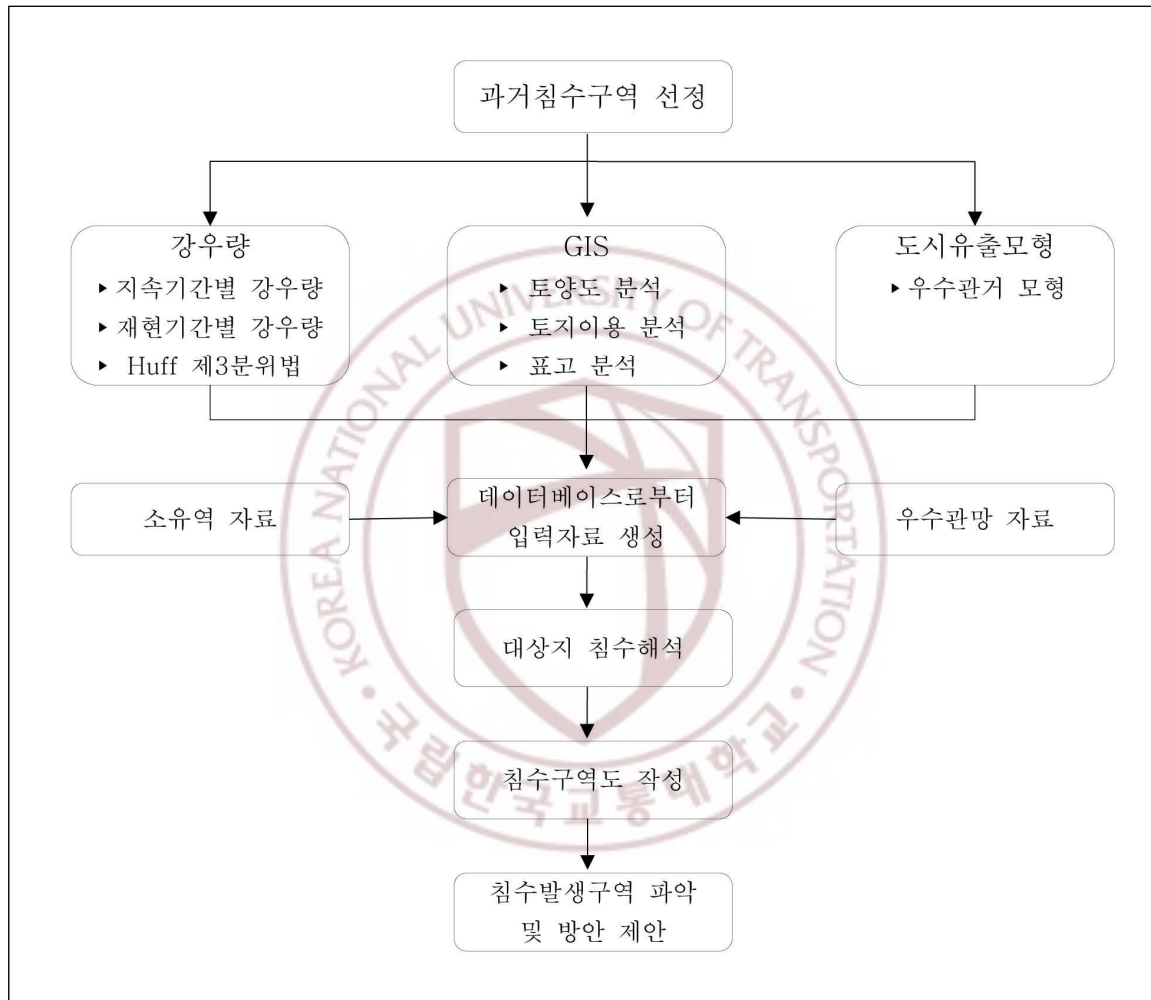
구분	합리식	RRL	ILLUDAS	SWMM
※ 지표면 유출				
-유역의 분할		●	●	●
-기저유출				●
-불투수 유출	●	●	●	●
-투수 유출			●	●
※ 관로 내 흐름				
-홍수추적		●	●	●
-상·하류 조건			●	●
-분기			●	●
-유수지			●	●
-저류효과			●	●
※ 수질				●

<표 5> 도시유출모형의 특징 비교

따라서, 본 연구에서는 입력자료의 복잡성이 있지만, 중·소규모 구역에서의 유역의 면적을 고려하여, 유역 내의 여러 상태 등을 우수하게 고려

할 수 있고, 배수관로의 흐름 및 초과용량 예측, 평가가 가능한 SWMM 모형을 이용하여 강우·유출을 분석하였다.

3. 연구방법



<그림 2> 연구 흐름도

지형 공간데이터를 구축하기 위해 1/1,000, 1/5,000 축척의 수치지형도를 이용하였다. 자료구축에 필요한 등고, 표고, 관망, 건물 등의 layer를 이용하여 공간데이터를 구축하였다. 우수관망도의 경우 청주시 하수도 정비기본계획(2017, 청주시)의 자료를 이용하여 우수관망·배수계통도 데

이터를 구축하였다. 강우량 기본자료는 2017년 7월 16일 영동지구의 침수가 발생한 당시의 강우자료와 청주기상관측소 51개년간의 강우자료를 이용하였다. 구역의 유출량 및 침수지역 검증을 위해 SWMM모형의 Extran Bock 이용, GIS를 활용하여 침수구역을 가시화 하였다. 모형의 매개변수는 <표 6>과 같다.

입력변수	항목	자료형태	취득자료
관로자료	관로길이 관로경사 관로형상 관로직경	-우수관로데이터 -수치지형도	- 청주시 하수도 정비기본계획
소유역자료	유역면적	- 웨이프 파일자료 - 수치지형도	- 청주시 하수도 정비기본계획 - 청주시 토지이용 현황도 - 청주시 토양도 - 1:1,000, 1:5,000 수치지형도
	유역폭		
	유역경사		
	토지이용		
	불투수율		
	조도계수		
	침투율		
SWMM 입력자료	지표면 표고	-우수관로데이터	- 청주시 하수도 정비기본계획
	관로 표고	-수치지형도	

<표 6> 모형의 매개변수 산정

본 연구에서 분석된 빈도별 예상 침수구역은 향후 도시배수시스템 설계시 시설전반에 대해 합리적인 설계방안 및 시설관리 수립을 위한 체계적인 의사결정에 크게 기여할 것으로 사료된다.

III. 분석대상지 및 자료구축

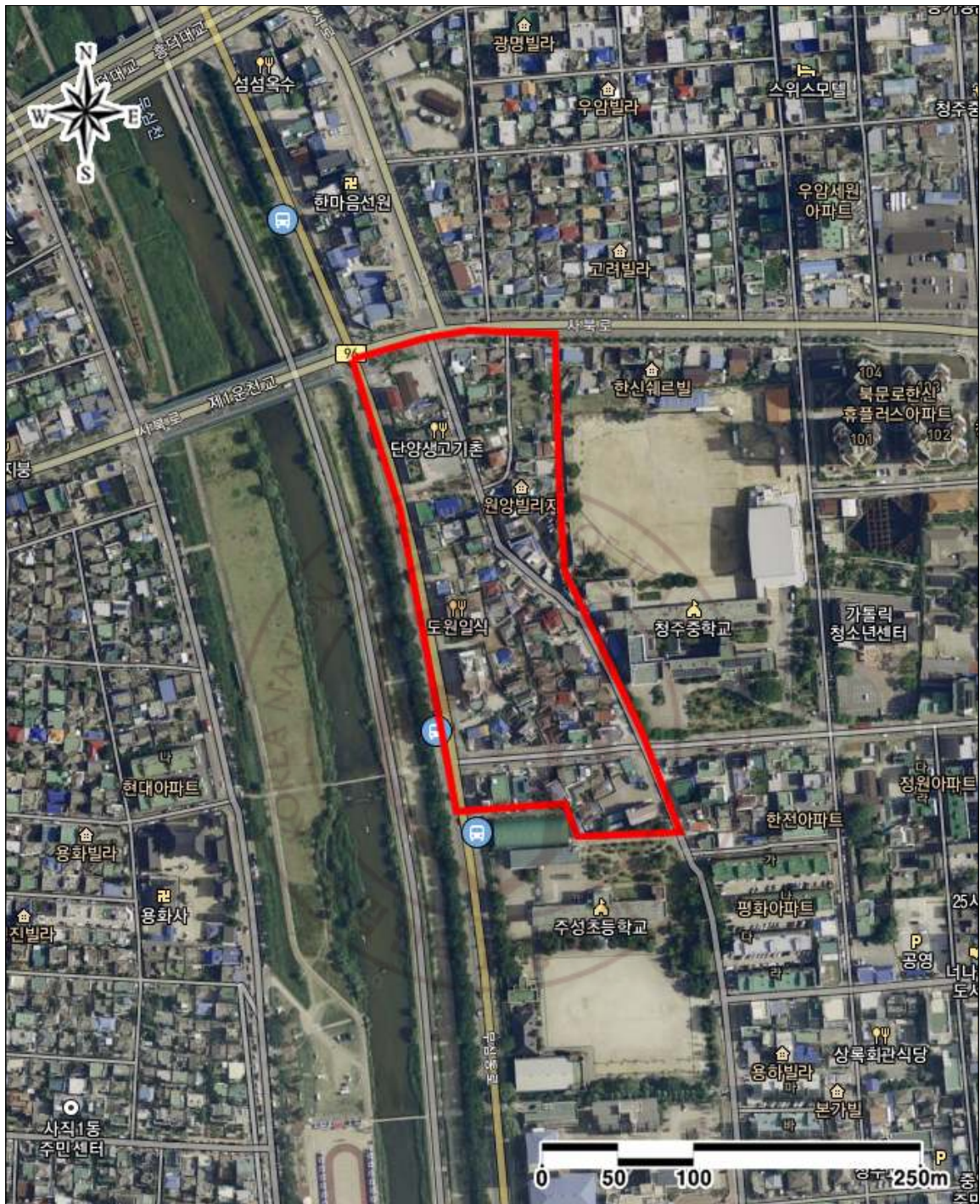
1. 분석대상지 개요

본 연구에서는 청주시 과거 침수흔적조사 보고서¹⁸⁾에서 하천변 저지대에 주거지역이 형성되어 있는 청주시 상당구 영동지구를 대상으로 선정하였다. 해당 대상지는 국가하천 미호천수계로 호우에 의하여 지속적인 침수피해가 발생하는 지역이다.

대상지가 위치하고 있는 충청북도 청주시 상당구 영동은 위도 36°38′, 경도 127°29′에 위치하고 있다. 청주시 중부지역의 중앙동에 속하는 법정동으로 총 면적은 0.24km²이다. 동쪽은 북문로2가, 서쪽은 무심천을 경계로 사직동, 남쪽은 서문동, 북쪽은 우암동에 접하고 있다. 청주시의 도심지역으로 대부분 주거지역 및 상업지역이 형성되어 있고, 주성초등학교, 청주중학교, 청주공업고등학교가 속해있다.

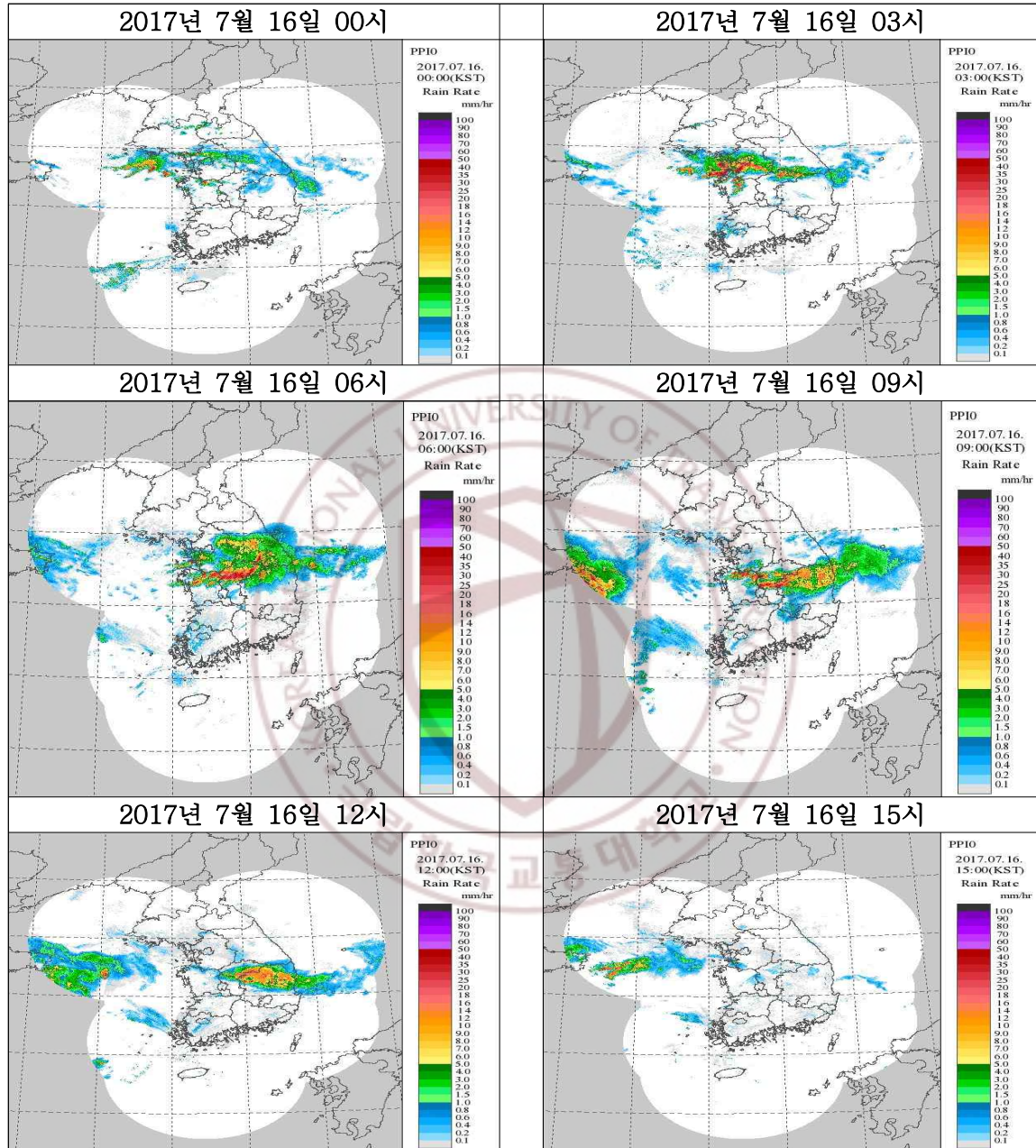
대상지인 청주시 상당구 영동지구는 <그림 3>과 같이 동측으로 청주중학교, 서측으로 무심천 사이에 위치하고 있다. 하천변 저지대에 형성된 주거지역, 상업지역으로 독립된 배수체계를 가지고 있다. 빗물을 투수할 수 있는 녹지 및 저류시설이 전무한 실정이고, 대부분 건축물과 아스팔트 도로로 형성되어 있다. 불투수지역으로 인한 도달시간의 증가와 저류시설의 부족, 우수배출량 부족 등 도시화에 따른 내수침수 피해가 지속적으로 발생하고 있는 지역이다.

18) 침수흔적조사 보고서, 2017, 한국국토정보공사(청주시)



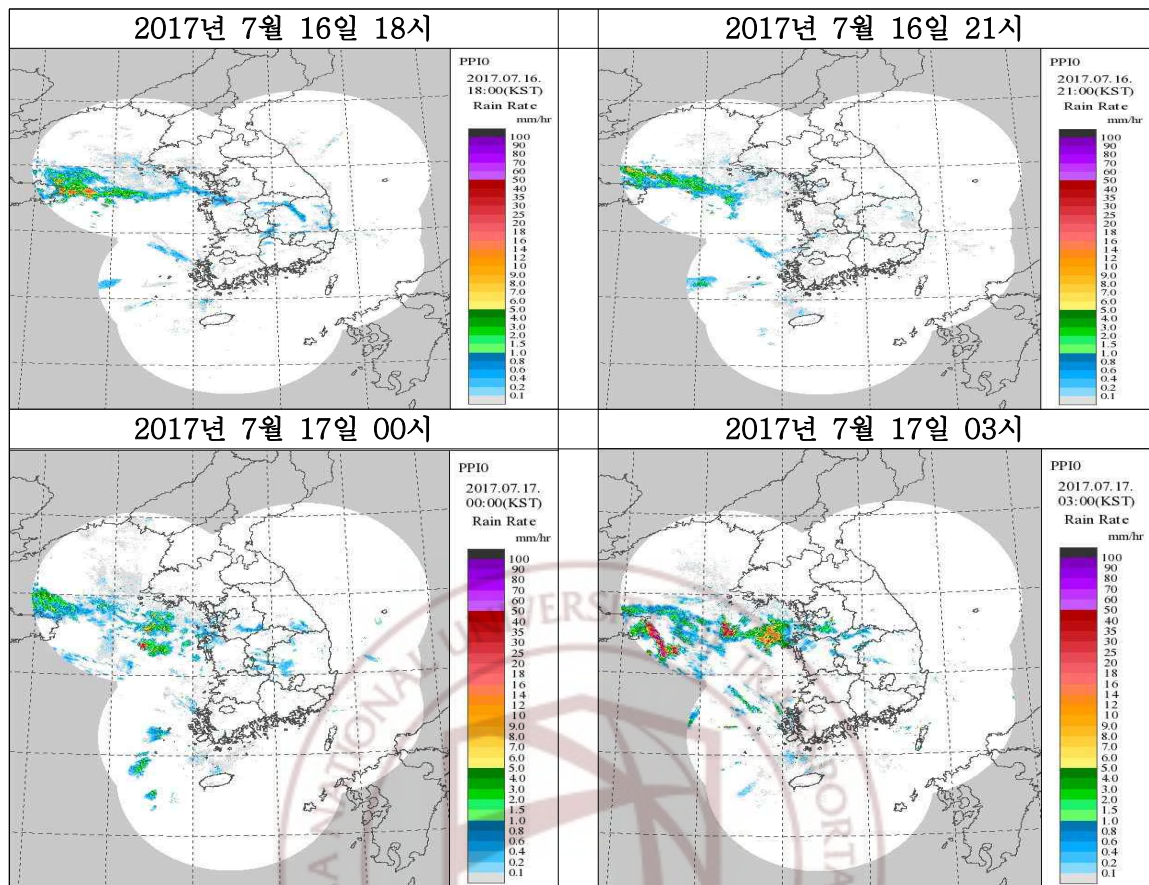
<그림 3> 분석대상지 위치도

대상지가 위치한 청주지역은 2017년 7월 16일 장마전선의 영향으로 시간당 약 88mm의 비가 내려 침수피해가 발생하였다.



<표 7> 기상 레이더 분석¹⁹⁾

19) 기상레이더센터, 2017.07.16, 기상청



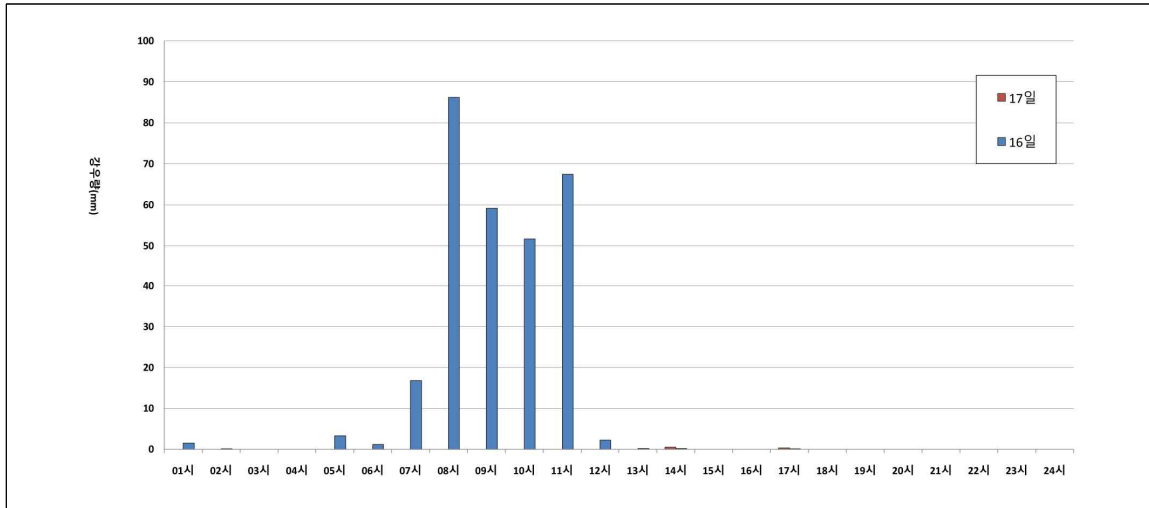
<표 7> 계속

다음 <표 8>과 같이 장마전선은 한반도 서측에서 동측으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 대상지가 위치한 청주지역은 16일 01시경을 시작으로 17일 24시경까지 약 291mm의 비가 내렸다.

날 짜	01시	02시	03시	04시	05시	06시	07시	08시	09시	10시	11시	12시	합계 (mm)
	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시	24시	
7월16일	1.5	0.1	0	0	3.3	1.2	16.8	86.2	59.2	51.7	67.5	2.2	290.2
	0.2	0.2	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	
7월17일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	0	0.5	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	

<표 8> 2017년 7월 16~17일 시간별 강우량²⁰⁾

20) 기상청(www.kma.go.kr)

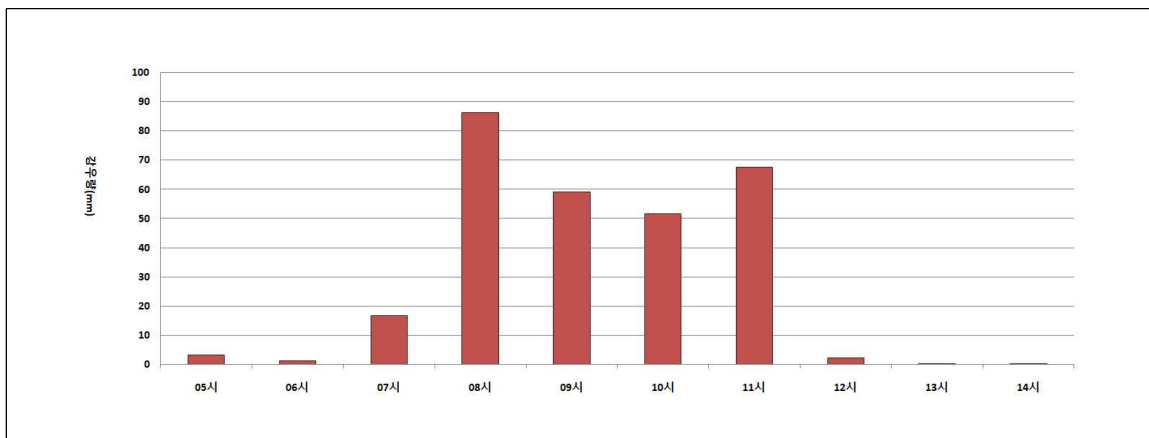


<그림 4> 2017년 7월 16~17일 시간별 강우현황

대상지인 영동지구는 2017년 7월 16일 10시를 시작으로 2017년 7월 17일 12시에 퇴수하여 총 26시간 동안 침수가 발생하였다. 다음 <표 9>를 보면 강우가 본격적으로 시작된 05시부터 14시까지 288.5mm의 강우가 내린 것으로 나타났다.

구분	발생일	강우량	강우지속기간	단위시간 최대강우량
호우사상	2017년 07월 16일	288.5mm	9시간(05시~14시)	86.2mm/hr

<표 9> 호우사상 관측치



<그림 5> 호우사상



<그림 6> 영동지구 침수피해현황²¹⁾

호우사상에서 살펴보았듯이 강우지속기간 9시간동안 288.5mm의 강우가 발생하였다. 이는 1시간동안 집중적으로 발생한 86.2mm는 80년 빈도, 3시간동안 집중적으로 발생한 197.1mm는 200년 빈도를 상회하는 것으로 나타났다. 우리나라 기존 도심지의 배수시스템 설계빈도는 10~20년인 점에 비해 단시간동안 200년 이상의 강우가 발생하여 침수피해가 발생한 것으로 나타났다.

2017 청주시 침수흔적보고서 및 현장조사 결과 영동지구는 저지대 주거지역으로 단시간 많은 강우에 의해 우수관거 설계빈도를 초과하고, 우수시설 불량에 의한 내수침수가 빈번하게 발생하는 지역이다.

21) 청주시 침수흔적보고서, 2017, 한국국토정보공사

2. 분석대상지 실증자료

1) 토양분포

토양의 특성은 강우로 인한 유출과정에서 직접적인 영향을 주는 주요 인자이다. 인자들은 대상지의 토지이용상태, 식생상태, 배수(침투)능력, 수문학적 토양형에 따라 결정된다. 미 토양보존국(U.S Soil Conservation Service, SCS)에서는 토양형을 4가지 분류하였는데 <표 10>과 같다.

토양형	토양의 특성
A	최저 유출 가능성(lowest runoff potential)을 가지고 있는 흙으로서 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층
B	유출 발생 가능성이 다소 높은(moderately low runoff potential) 사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 다소 진흙이나 silt가 포함된 흙
C	유출 발생 가능성이 B분류 보다는 높은(moderately high runoff potential) 흙으로서 진흙과 silt가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며, 침투율은 평균 보다 다소 낮은 흙
D	유출 발생 가능성이 가장 높은(highest runoff potential) 흙으로서 대부분이 진흙과 silt로서 불투수층과 직접 접하여있는 흙

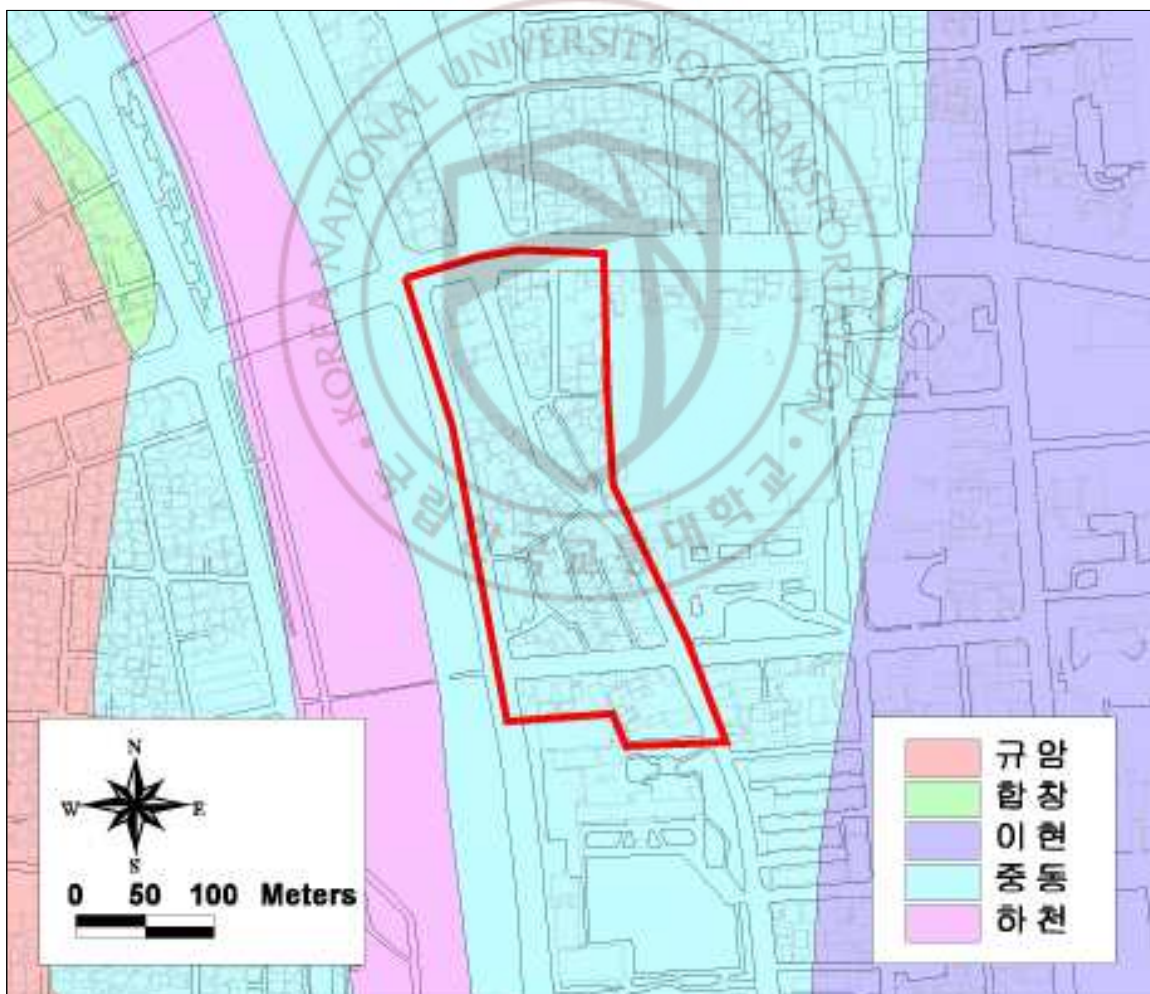
<표 10> 수문학적 토양형의 분류²²⁾

농업진흥청에서 제작한 1/25,000 정밀토양도를 이용하여 대상지의 토양분포를 확인하였다. 본 대상지의 토양분포는 <표 11>, <그림 7>과 같이 나타났다. Type A토양형이 100%의 면적을 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 침투율이 크고 자갈이 없는 세사양토로 구성되어 배수상태가 대체적으로 양호한 토양이다.

22) Mockus, Sheman, 1954, 미 토양보존국(U.S Soil Conservation Service)

토양형	토양통	특 성	면적(km ²)	비율(%)
A	중동	자갈이 없는 세사양토 배수가 양호	0.0439	100
B	-	-	-	-
C	-	-	-	-
D	-	-	-	-
계	-	-	0.0439	100

<표 11> 대상지 SCS 토양 Type별 면적비율

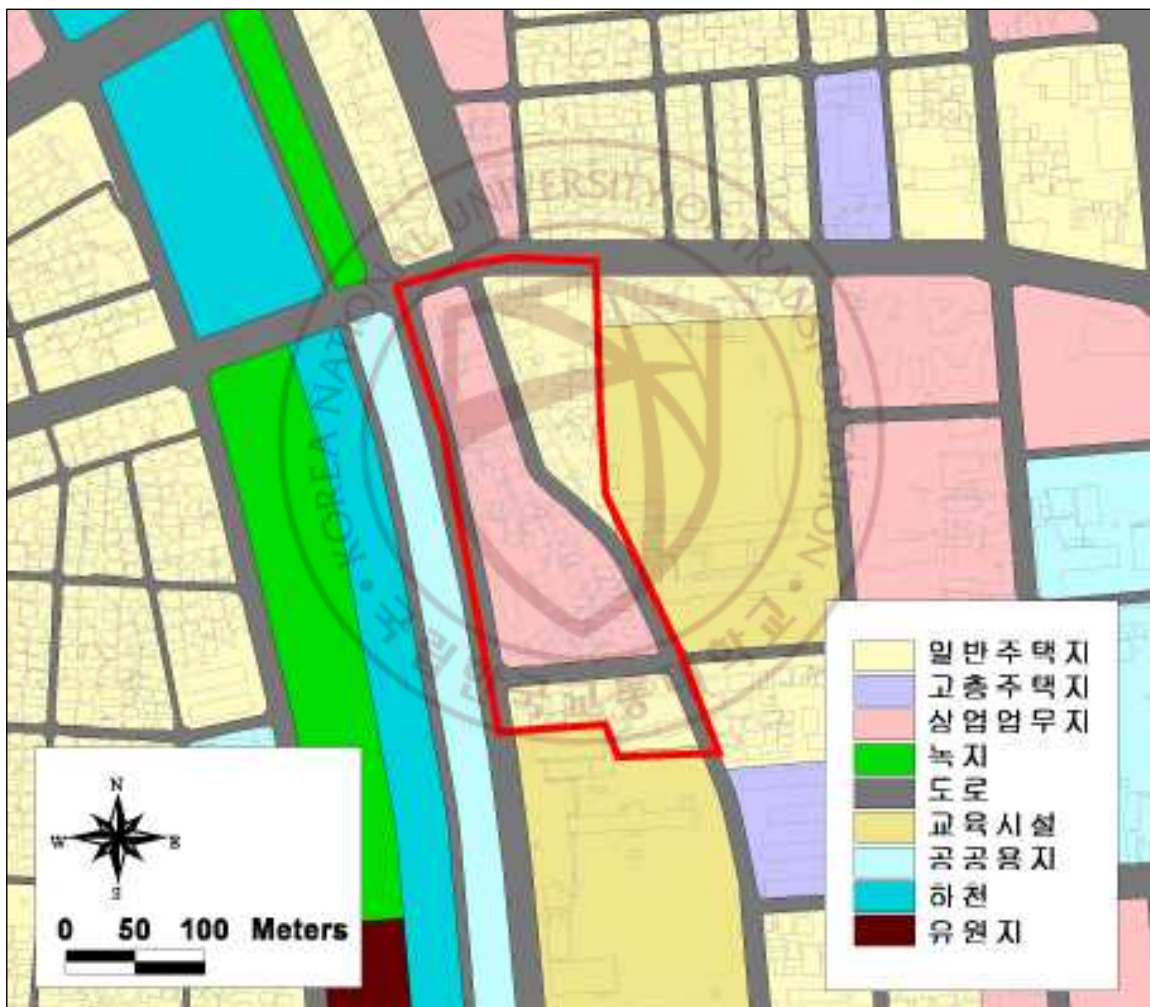


<그림 7> 대상지 토양도

2) 토지이용현황

토지이용현황은 지역의 유출특성을 파악하는데 중요한 인자이다.

<그림 8>은 국토지리정보원에서 제작한 1/25,000 토지이용현황도에서 대상지의 자료를 추출한 것이다. 구역 내 토지이용별 점유면적을 산정하기 위해 GIS를 이용하여 면적비를 산정하였다.



<그림 8> 토지이용현황도

분류	소분류	면적(km ²)	비율(%)
주거지역	일반 주택지	0.0154	35.1
	고층 주택지	-	-
상업지역	상업지역	0.0179	40.8
도로	도로(아스팔트)	0.0106	24.1
교육시설	초·중·고등학교	-	-
공공용지	공공시설	-	-
하천	하천	-	-
유원지	공원	-	-
계	-	0.0439	100.0

<표 12> 토지이용현황표

<표 12>에서와 같이 일반주택지 35.1%, 상업지역 40.8%, 도로 24.1% 등 분석결과 대상지 대부분이 불투수성 지표로 나타났다. 대상지에 대하여 현장조사를 실시한 결과 실제 불투수면적은 약 95%, 그 외 일부 녹지가 형성되어 있는 것으로 조사되었다. 이는 국토지리정보원에서 제공하는 토지이용현황도가 과거자료로써, 산정된 결과와 현장조사의 토지이용은 다소 오차가 있으나 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

3) 배수계통

영동지구는 대체로 남측이 높고, 북측이 낮은 남고북저형으로 이루어져 있으며, 독립된 배수계통을 가지고 있다.

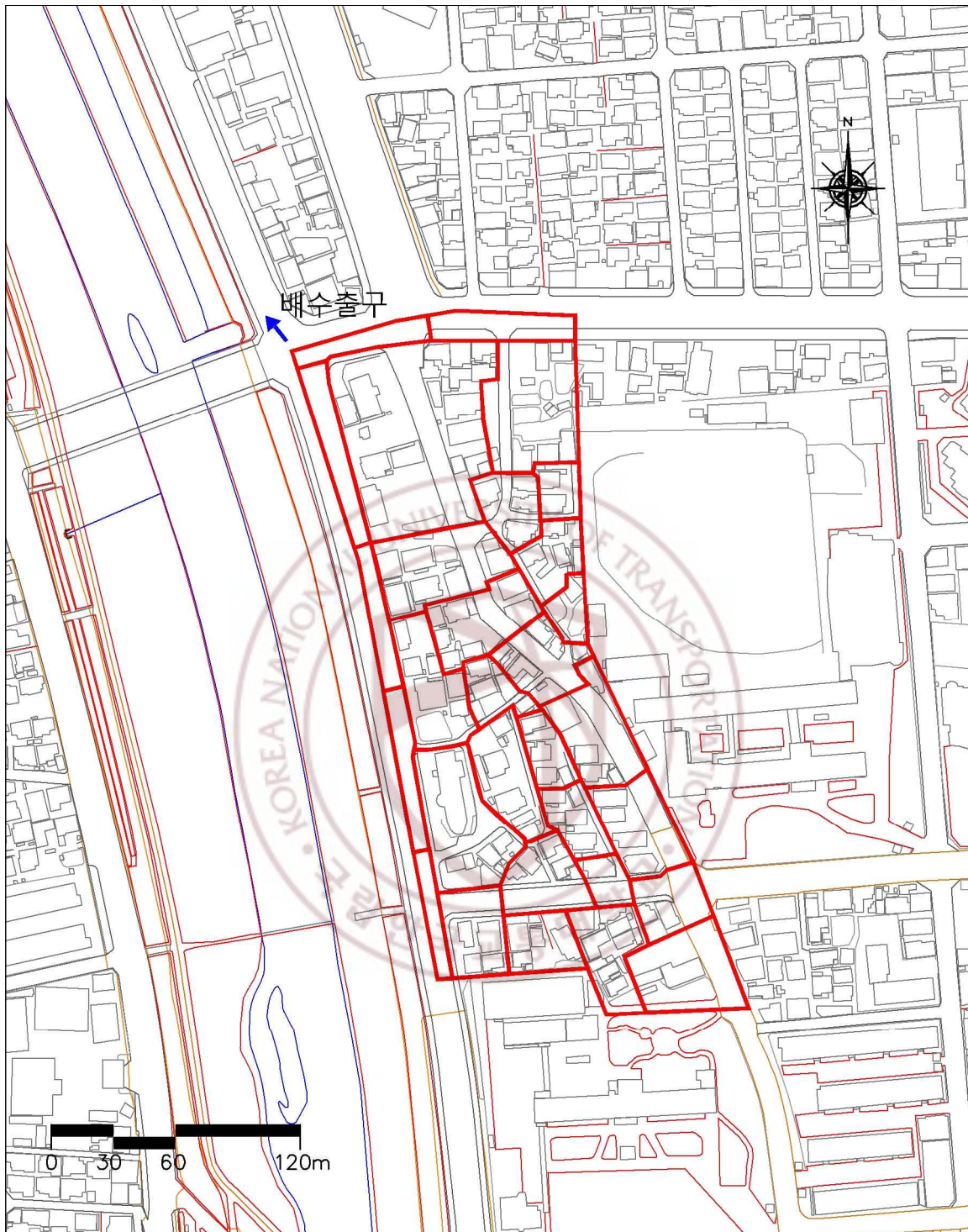
우수관은 흙관으로 직경 D400mm~D500mm까지 시공되어 있다. 대상지 내 대부분의 우수관은 D400mm 흙관으로 배수설비가 되어 있으며, 배출구 지점에는 4.0×2.0m의 사각관을 통해 북측으로 배출된다. 대상지 내 우수관거 현황은 <표 13>과 같다.

구 분 (mm)		총 길이(m)
원형관	D400	851
	D450	119
	D500	121
사각관	3,500×2,000	388
	4,000×2,000	144
계		1,623

<표 13> 대상지 내 우수관거 현황

청주시 하수도정비기본계획(2017, 청주시)²³⁾의 미평천 우수유역과 영동 우수관망도·배수계통도를 이용하여 <그림 9>와 같이 구역분할도를 제작하였다. 대상지는 단일 배출구를 가지고 있으며, 북서측 배출구로 대부분 배수되고 있다.

23) 청주시 하수도정비기본계획, 2017, 청주시



<그림 9> 대상지 구역분할도

4) 강우빈도

청주시의 기상현상은 대륙성 기후와 내륙성 지방기후의 특성을 겸하고 있다. 여름에는 고온다습하고 겨울에는 한냉건조한 특성을 보이고 있다. 온대 계절풍 지대를 형성하여 사계의 구별이 뚜렷하고 한서의 차가 심한 기후이다. <표 14>는 청주시 소재 강우관측소의 자료를 이용하여 10년간의 월강우량의 분포를 나타낸 것이다. 여름철에 강우가 집중되는 것을 알 수 있다.

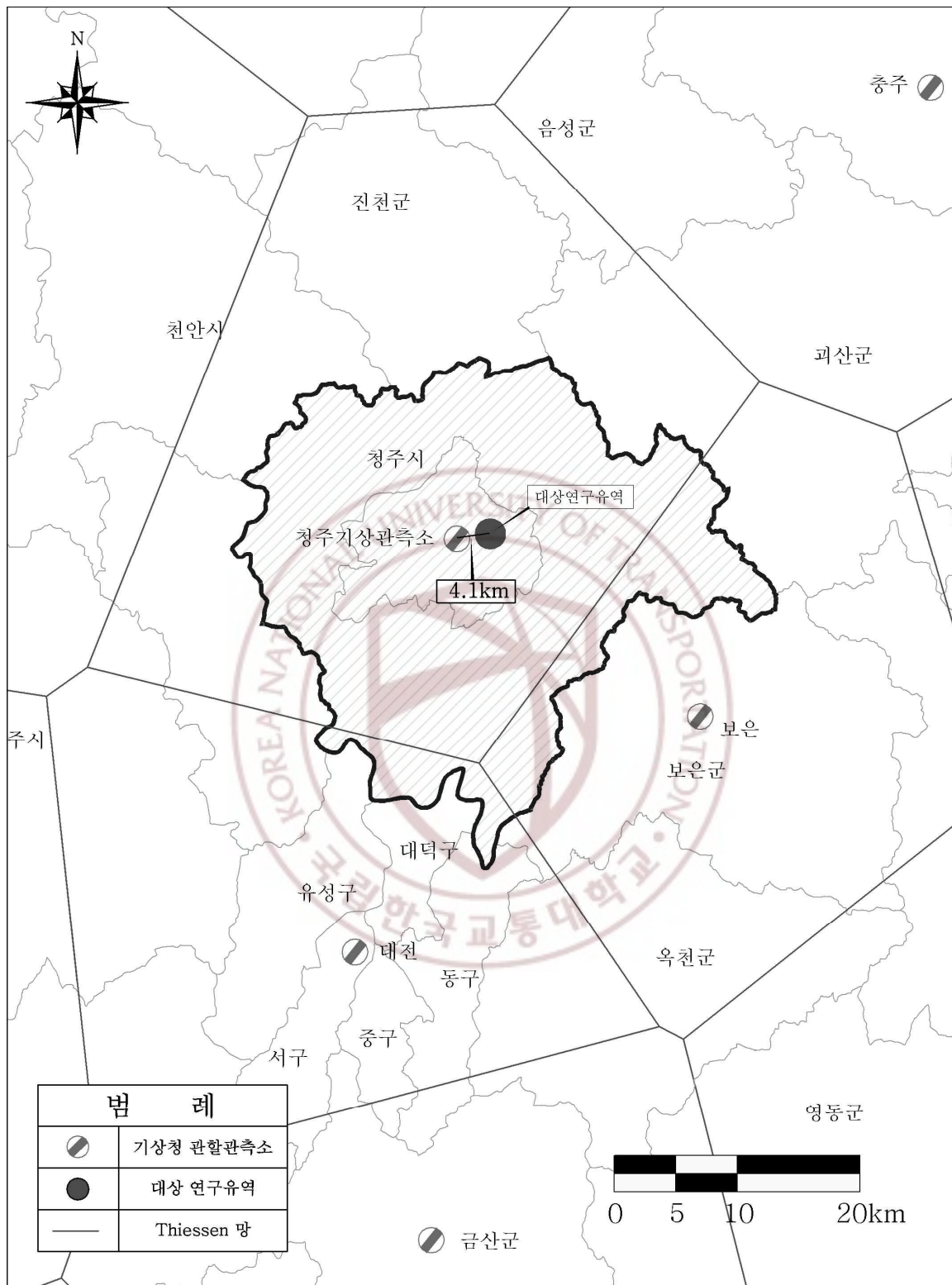
년 월	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	29.0	17.8	37.8	4.5	17.8	30.5	5.9	16.0	5.7	12.0
2	7.7	13.1	69.2	43.2	3.7	33.2	6.8	26.5	45.5	38.7
3	29.4	54.9	99.8	23.5	65.1	46.8	51.1	44.1	13.2	8.9
4	27.0	30.4	70.5	111.2	106.8	65.0	43.7	109.1	132.1	61.7
5	64.5	109.6	110.0	116.2	31.2	97.9	35.0	24.4	84.4	11.9
6	112.0	77.2	42.6	360.7	93.7	229.9	92.6	83.3	39.9	17.5
7	296.6	345.7	224.1	531.9	257.4	253.6	125.1	141.4	320.0	789.1
8	195.5	187.5	433.2	290.2	479.5	183.9	197.5	54.3	69.0	225.2
9	92.6	49.5	278.6	182.5	162.5	162.6	147.5	20.1	78.1	78.3
10	13.1	49.5	17.1	34.5	61.2	25.0	151.1	90.5	83.6	23.1
11	10.5	43.9	15.7	92.6	52.1	75.0	24.8	107.5	26.4	13.7
12	14.4	40.7	23.8	14.6	56.6	37.3	32.6	39.7	40.1	21.1

<표 14> 청주시 10년간 월강우량²⁴⁾

(1) 강우관측소 선정

대상지에서 기상청 산하인 청주강우관측소가 가장 인접해 있다. 따라서, 청주강우관측소의 강우자료를 이용하여 확률강우량을 산정하였다. 청주강우관측소의 현황은 <그림 10>, <표 15>와 같다.

24) 기상청, 국가기상종합정보



<그림 10> 대상지 및 강우관측소 위치

관할 관서	관측 소명	위 치				관 측 개시일	비 고
		행 정 구 역	경 도	위 도	표 고 (EL.m)		
기상청	청주	충청북도 청주시 흥덕구 북대동 265-14	127°26′	36°38′	56.4	1967.1	

<표 15> 청주강우관측소 현황

(2) 강우자료의 수집과 분석

청주기상관측소는 1967년부터 강우관측을 시작하였다. 본 연구에서는 1967년~2017년도까지 51개년간의 지속기간별 강우자료를 이용하였다. 매시간 시우량 자료를 분석한 지속기간별 연최대치 강우자료는 <표 17>과 같이 나타났다.

수문학적 지속기간은 고정시간이 아닌 임의시간이 필요하다. 수문분석을 위해서는 1시간, 2시간 등 고정시간 강우량이 아닌 60분, 120분 등 임의시간 강우량자료로 변환시킬 필요가 있다. 이를 위해서 시간단위인 고정시간에 환산계수를 적용하여 분단위인 임의시간으로 환산하여야 한다. 환산계수는 다음 <표 16>과 같다.

고정시간(시간)	1	3	6	12	18	24
임의시간(분)	60	180	360	720	1,080	1,440
환산계수	1.136	1.031	1.012	1.005	1.004	1.003

<표 16> 고정시간-임의시간 환산계수²⁵⁾

본 연구에서도 환산계수를 적용하여 수문학적 의미를 갖는 지속기간별 확률강우량으로 <표 18>과 같이 산정하였다.

25) 설계홍수량 산정요령, 2012, 국토교통부

(단위:mm)

연도(년)	강 우 지 속 기 간 (시 간)						
	10분	1시간	3시간	6시간	12시간	18시간	24시간
1967	14.0	38.9	55.0	98.8	100.6	100.6	140.0
1968	12.3	42.1	66.2	68.9	75.5	83.9	84.4
1969	15.8	46.9	94.7	103.9	116.4	154.1	179.8
1970	14.9	32.0	44.8	69.4	85.2	85.2	85.4
1971	15.4	53.6	60.8	89.6	120.0	142.0	142.0
1972	17.2	47.5	69.7	94.5	116.8	119.1	121.6
1973	12.0	23.6	37.6	66.8	91.5	99.8	103.6
1974	10.0	19.5	42.6	80.2	130.3	157.9	163.9
1975	19.0	39.5	63.7	81.5	97.8	98.7	108.4
1976	20.0	49.0	58.1	68.8	102.4	108.7	108.7
1977	16.0	42.0	58.5	63.0	77.7	91.3	100.0
1978	18.0	41.6	53.5	70.2	115.7	118.0	118.7
1979	12.4	47.4	69.9	108.7	124.1	148.0	148.0
1980	22.0	62.0	108.9	195.3	217.0	217.0	218.5
1981	17.4	62.7	78.2	78.5	80.4	99.0	99.0
1982	18.8	32.5	40.8	66.9	72.3	72.5	74.7
1983	24.6	47.7	47.8	65.0	104.1	112.1	113.0
1984	17.0	49.8	58.0	70.5	91.5	98.7	103.6
1985	9.8	27.0	46.3	66.0	73.6	77.1	78.2
1986	13.5	54.4	68.8	73.2	95.7	103.3	105.9
1987	17.5	46.8	79.0	114.2	201.4	221.1	239.9
1988	20.0	43.2	46.4	49.0	65.4	67.7	95.1
1989	17.5	45.9	45.9	65.1	93.1	133.5	161.1
1990	24.0	58.2	86.8	87.8	94.4	151.5	179.8
1991	16.2	22.8	38.6	60.0	80.3	95.8	111.3
1992	9.8	17.6	37.8	54.3	87.2	97.0	97.1
1993	11.5	38.4	57.7	73.4	86.3	102.7	112.3
1994	20.0	36.8	54.6	78.3	102.2	105.6	113.3
1995	19.0	60.0	98.3	134.8	233.7	285.2	293.0
1996	18.5	24.5	33.3	53.9	63.4	91.0	124.5
1997	22.9	40.4	92.1	134.2	165.6	179.7	183.7
1998	19.7	55.0	61.8	65.9	85.6	122.0	149.3
1999	11.8	25.3	61.0	92.3	122.8	148.3	148.3
2000	17.5	49.6	125.6	145.1	156.1	156.6	156.6
2001	12.5	37.5	52.3	63.1	71.0	80.7	91.0
2002	14.5	40.0	55.0	76.5	104.5	160.5	179.5
2003	17.0	47.5	86.0	101.0	117.5	140.0	151.5
2004	19.0	61.5	113.5	155.0	172.0	180.5	182.5
2005	25.0	64.0	69.0	71.5	90.5	99.5	102.0
2006	10.5	38.0	83.0	136.0	151.5	163.0	170.0
2007	16.5	35.0	132.0	139.0	139.0	140.0	140.1
2008	14.5	52.5	111.5	150.0	183.5	198.0	198.0
2009	17.0	42.5	57.5	57.5	61.5	80.0	80.5
2010	21.5	48.0	79.0	107.5	118.0	121.0	148.0
2011	15.5	49.5	69.5	103.5	123.5	131.5	142.0
2012	20.0	63.0	136.0	157.5	168.0	168.0	169.0
2013	15.0	40.0	58.5	84.0	116.0	139.0	165.0
2014	8.5	30.0	40.5	68.5	96.0	103.5	104.0
2015	10.0	26.5	34.0	44.0	51.5	54.0	55.5
2016	12.2	24.5	57.3	97.7	115.7	135.0	189.9
2017	23.0	91.8	145.4	281.4	288.5	290.2	290.2

<표 17> 지속기간별 연최대 강우량(고정시간)

(단위:mm)

연도(년)	강 우 지 속 기 간 (분)						
	10분	60분	180분	360분	720분	1,080분	1,440분
1967	14.0	38.9	56.8	100.2	101.5	101.5	140.6
1968	12.3	42.1	68.3	70.1	76.0	84.3	84.8
1969	15.8	46.9	97.8	105.4	117.2	154.9	180.6
1970	14.9	32.0	46.2	70.4	85.8	85.8	85.8
1971	15.4	53.6	63.6	90.9	120.9	142.7	142.7
1972	17.2	47.5	71.9	95.9	117.6	119.7	122.2
1973	12.0	23.6	38.8	67.8	92.2	100.3	104.0
1974	10.0	19.5	44.0	81.4	131.2	158.7	164.6
1975	19.0	39.5	65.8	82.7	98.6	99.3	108.9
1976	20.0	49.0	60.0	69.8	103.1	109.3	109.3
1977	16.0	42.0	60.4	63.9	78.3	91.8	100.4
1978	18.0	41.6	55.2	71.2	116.5	118.6	119.2
1979	12.4	47.4	72.2	110.3	125.0	148.8	148.8
1980	22.0	62.0	112.4	198.1	218.7	218.7	219.5
1981	17.4	62.7	81.3	81.3	81.3	99.5	99.5
1982	18.8	32.5	42.1	67.9	72.9	73.0	75.0
1983	24.6	47.7	53.9	65.9	104.9	112.7	113.5
1984	17.0	49.8	59.9	71.5	92.2	99.2	104.0
1985	9.8	27.0	47.8	66.9	74.1	77.5	78.5
1986	13.5	54.4	71.0	74.3	96.4	103.8	106.4
1987	17.5	46.8	81.5	115.8	202.9	222.3	240.9
1988	20.0	43.2	47.9	49.7	65.9	68.1	95.5
1989	17.5	45.9	51.8	66.0	93.8	134.2	161.8
1990	24.0	58.2	89.6	89.8	95.1	152.3	180.6
1991	16.2	22.8	39.8	60.9	80.9	96.3	111.8
1992	9.8	17.6	39.0	55.1	87.8	97.5	97.6
1993	11.5	38.4	59.6	74.5	86.9	103.2	112.8
1994	20.0	36.8	56.4	79.4	102.9	106.2	113.8
1995	19.0	60.0	101.5	136.7	235.4	286.8	294.3
1996	18.5	24.5	34.4	54.7	63.9	91.5	125.0
1997	22.9	40.4	95.1	136.1	166.8	180.6	184.5
1998	19.7	55.0	64.2	66.8	86.2	122.6	149.9
1999	11.8	25.3	63.0	93.6	123.7	149.1	149.1
2000	17.5	49.6	129.6	147.2	157.2	157.5	157.5
2001	12.5	37.5	54.0	64.0	71.5	81.1	91.4
2002	14.5	40.0	56.8	77.6	105.3	161.3	180.3
2003	17.0	47.5	88.8	102.5	118.3	140.7	152.2
2004	19.0	61.5	117.2	157.2	173.2	181.4	183.3
2005	25.0	64.0	71.6	72.5	91.2	100.0	102.5
2006	10.5	38.0	85.7	138.0	152.6	163.9	170.7
2007	16.5	35.0	136.3	141.0	141.0	141.0	141.0
2008	14.5	52.5	115.1	152.2	184.8	199.1	199.1
2009	17.0	42.5	59.5	59.5	61.9	80.5	80.9
2010	21.5	48.0	81.5	109.0	118.9	121.7	148.6
2011	15.5	49.5	71.7	105.0	124.5	132.2	142.6
2012	20.0	63.0	140.4	159.8	169.2	169.2	169.8
2013	15.0	40.0	60.2	85.0	116.6	139.5	165.5
2014	8.5	30.0	41.7	69.3	96.5	103.9	104.4
2015	10.0	26.5	35.0	44.5	51.8	54.2	55.7
2016	12.2	24.5	59.0	98.9	116.3	134.7	153.1
2017	23.0	91.8	203.0	287.0	291.3	291.4	291.4

<표 18> 지속기간별 연최대 강우량(임의시간)

(3) 기본적인 통계치 계산

분석된 임의시간에 대한 검정과 통계적 특성을 파악해야 한다. 기본적인 통계 값이라 할 수 있는 평균(Mean), 표준편차(Standard deviation), 변동계수(Coefficient of Variance), 왜곡도계수(Coefficient of Skewness) 등이 있으며, 이들은 다음과 같이 정의된다.

구 분	표 본 집 단
평 균	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
표준편차	$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$
변동계수	$C_v = S/\bar{X}$
왜곡도계수	$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$

<표 19> 기본적인 통계수치 정의

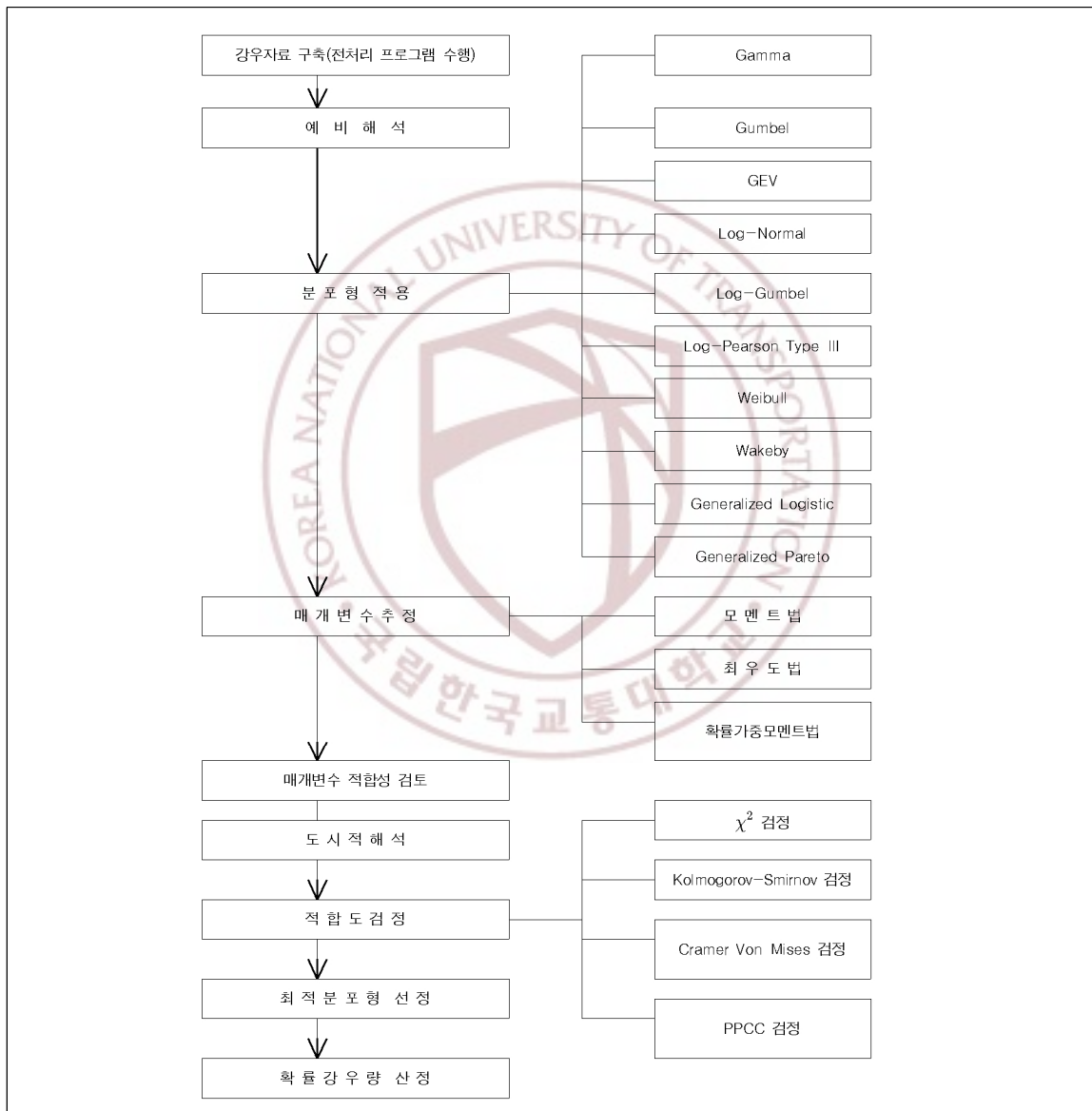
청주관측소의 지속기간별 연최대 강우량에 대한 통계치 분석결과는 <표 20>과 같다.

강우지속기간 (분)	평 균	표준편차	변동계수	왜곡도계수
10	16.4	4.2	0.254	0.083
60	43.5	14.0	0.322	0.602
120	59.2	23.3	0.393	1.648
180	70.5	31.1	0.441	1.974
360	93.5	42.8	0.458	2.343
540	106.6	44.3	0.416	1.930
720	115.2	47.3	0.410	1.692
1,080	129.6	49.8	0.384	1.435
1,440	139.9	50.3	0.360	1.177

<표 20> 주요 지속기간 강우량자료 통계값

(4) 확률강우량 산정

확률강우량의 산정 순서는 <그림 11>의 순서를 통한다. 강우빈도해석에 사용되는 확률분포형은 다음 그림과 같이 다양한 분포형이 있다. 본 연구에서는 설계홍수량 산정요령에서 제안하는 확률가중모멘트법의 Gumel분포형을 채택하였다.²⁶⁾



<그림 11> 확률강우량 산정 흐름도

26) 설계홍수량 산정요령, 2012, 국토교통부

(단위:mm)

재현기간 (년)	강 우 지 속 기 간 (분)								
	10	60	120	180	360	540	720	1,080	1,440
10	22.2	62.1	88.6	108.5	143.5	160.7	173.7	193.2	205.8
20	24.7	70.2	101.2	124.9	165.1	184.0	198.8	220.5	234.2
30	26.2	74.8	108.5	134.3	177.4	197.4	213.3	236.2	250.5
50	27.9	80.6	117.5	146.1	192.9	214.1	231.4	255.9	270.9
80	29.6	85.9	125.9	156.8	207.1	229.4	247.9	273.9	289.6
100	30.4	88.4	129.8	161.9	213.8	236.7	255.8	282.4	298.4
200	32.8	96.1	142.0	177.7	234.6	259.1	280.0	308.9	325.8

<표 21> 주요 지속기간별 확률강우량 산정

(5) 강우강도식 유도

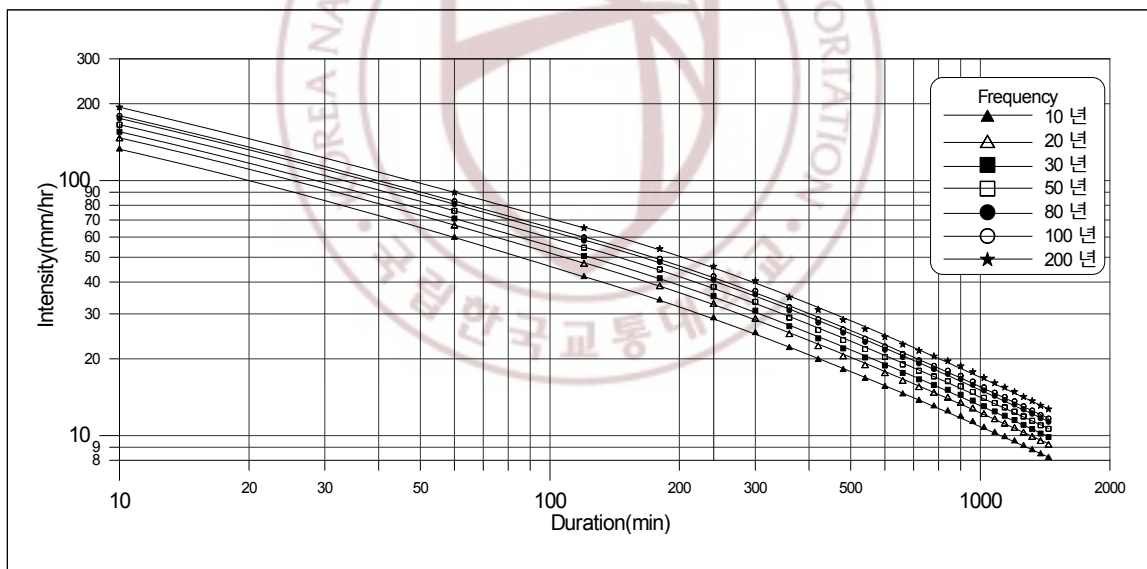
강우강도란 1분간 내린 비의 양을 측정한 후, 이를 1시간당 강우량으로 추산하여 나타내는 것으로, 순간적인 강우세기를 측정하는 것이다. 강우강도식은 강우강도-지속기간-재현기간(I-D-F) 관계를 나타내는 식으로 상기에서 구한 지속기간별 확률강우량으로부터 유도할 수 있다. 즉, 확률강우량을 강우강도로 변환시켜 강우량자료 수집이 곤란한 임의지속기간에 대한 확률강우량을 산정할 수 있도록 하기 위함이다. 우리나라에서 적용성이 높은 경험공식인 Talbot형, Sherman형, Japanese형, General형, Semi-Log형(6차전대수다항식) 등의 강우강도식을 유도하였다. 본 연구에서는 다른 강우강도식에 비해 정확도가 높고 단기간, 장기간 구분하여 작성할 필요가 없는 6차전대수다항식을 채택하였다.²⁷⁾

27) 확률강우량도 개선 및 보완연구, 2011, 국토교통부

(단위:mm/hr)

재현기간 (년)	지속기간별-빈도별 강우강도								
	10	60	120	180	360	540	720	1,080	1,440
10	133.2	62.1	44.3	36.2	23.9	17.9	14.5	10.7	8.6
20	148.2	70.2	50.6	41.6	27.5	20.4	16.6	12.3	9.8
30	157.2	74.8	54.3	44.8	29.6	21.9	17.8	13.1	10.4
50	167.4	80.6	58.8	48.7	32.2	23.8	19.3	14.2	11.3
80	177.6	85.9	63.0	52.3	34.5	25.5	20.7	15.2	12.1
100	182.4	88.4	64.9	54.0	35.6	26.3	21.3	15.7	12.4
200	196.8	96.1	71.0	59.2	39.1	28.8	23.3	17.2	13.6

<표 22> 확률강우량을 강우강도로 변환



<그림 12> I-D-F 곡선(전지속기간)

(6) 기존 확률강우량과의 비교

본 연구에서 유도된 확률강우량은 국토교통부에서 산정한 확률강우량도 개선 및 보완 연구(2011)²⁸⁾와 다소 차이를 보이고 있다. 이는, 국토교통부 보고서에는 38개년(1972~2010년)자료를, 본 연구에서는 최근 강우자료를 추가한 51개년(1967~2017년) 자료를 이용하여 분석기간에 의한 차이가 있다.

재현 기간 (년)	구분	강 우 지 속 시 간										
		10	60	120	180	240	360	540	720	900	1,080	1,440
10	I	22.2	62.1	88.6	108.5	126.1	143.5	160.7	173.7	186.7	193.2	205.8
	II	21.9	59.5	83.0	99.2	111.7	130.5	150.5	165.2	176.8	186.4	201.6
20	I	24.7	70.2	101.2	124.9	145.5	165.1	184	198.8	213.6	220.5	234.2
	II	24.4	66.9	94.1	112.8	127.2	148.8	171.6	188.4	201.7	212.7	230.1
30	I	26.2	74.8	108.5	134.3	156.6	177.4	197.4	213.3	229.1	236.2	250.5
	II	25.9	71.2	100.4	120.6	136.1	159.4	183.8	201.8	216	227.7	246.3
50	I	27.9	80.6	117.5	146.1	170.6	192.9	214.1	231.4	248.4	255.9	270.9
	II	27.7	76.6	108.6	130.7	147.6	172.8	199.1	218.3	233.4	245.8	265.5
80	I	29.6	85.9	125.9	156.8	183.4	207.1	229.4	247.9	266.2	273.9	289.6
	II	29.4	81.4	115.9	139.7	157.8	184.8	212.9	233.3	249.4	262.7	284.0
100	I	30.4	88.4	129.8	161.9	189.4	213.8	236.7	255.8	274.6	282.4	298.4
	II	30.1	83.8	119.3	143.9	162.7	190.5	219.4	240.4	256.9	270.6	292.5
200	I	32.8	96.1	142	177.7	208.2	234.6	259.1	280	300.6	308.9	325.8
	II	32.6	90.9	130.2	157.2	177.7	208	239.5	262.5	280.7	295.8	320.1

주] I : 금회산정(1967 ~ 2017년, 51개년, 청주기상대)

II : 확률강우량도 개선 및 보완 연구, 2011. 11, 국토교통부(청주)

<표 23> 지속기간별 확률강우량

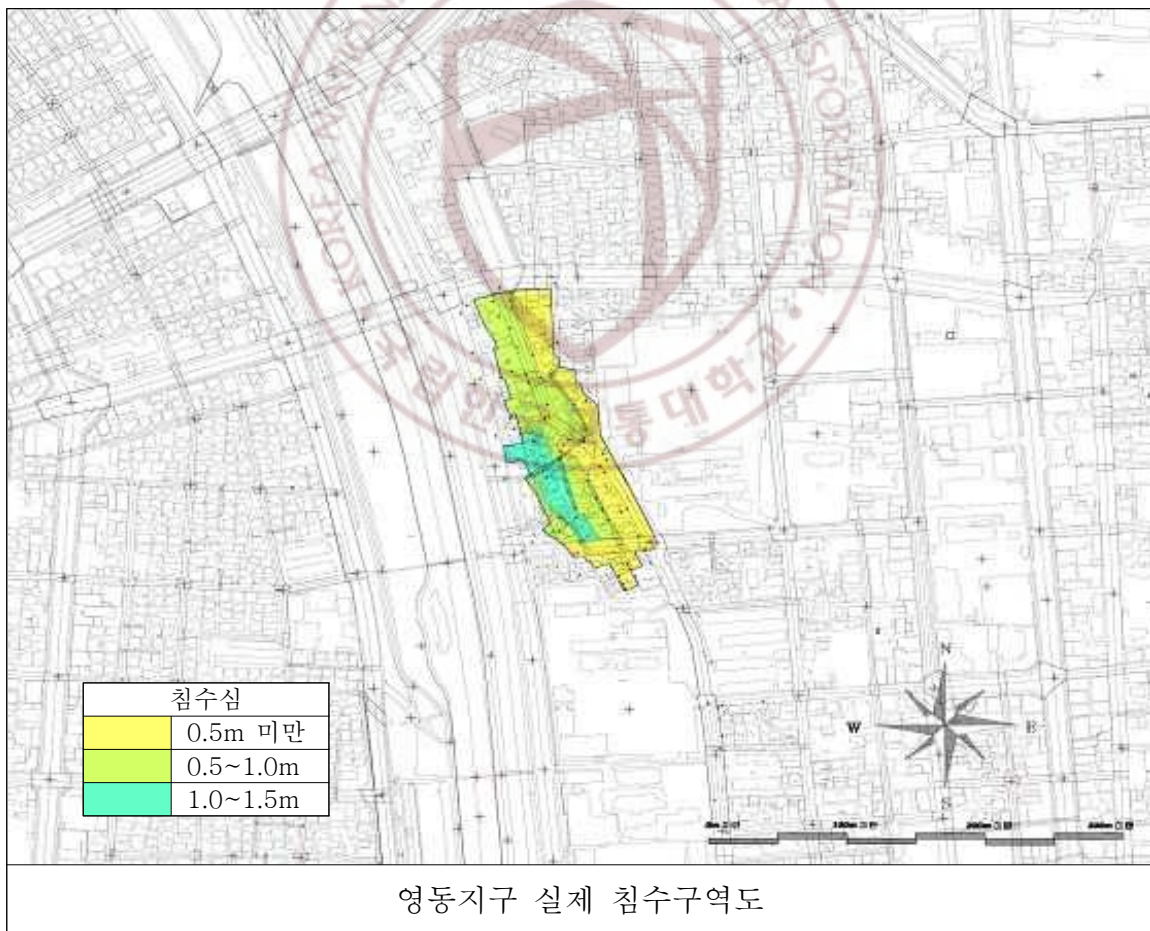
28) 확률강우량도 개선 및 보완연구, 2011, 국토교통부

IV. 실증분석결과 및 해석

1. 모형 적합도 평가

1) 실제 침수구역

<그림 13>은 2017년 7월 16일 당시 영동지구의 실제 침수구역도이다. 영동지구를 관통하는 교서로는 다른 구역보다 표고가 낮은 곳으로 외부의 우수가 집중되는 구역이다. 실제 침수구역도를 살펴보면 교서로를 중심으로 좌측과 우측으로 침수구역이 확장된 것을 볼 수 있다.



<그림 13> 영동지구 실제침수피해지역

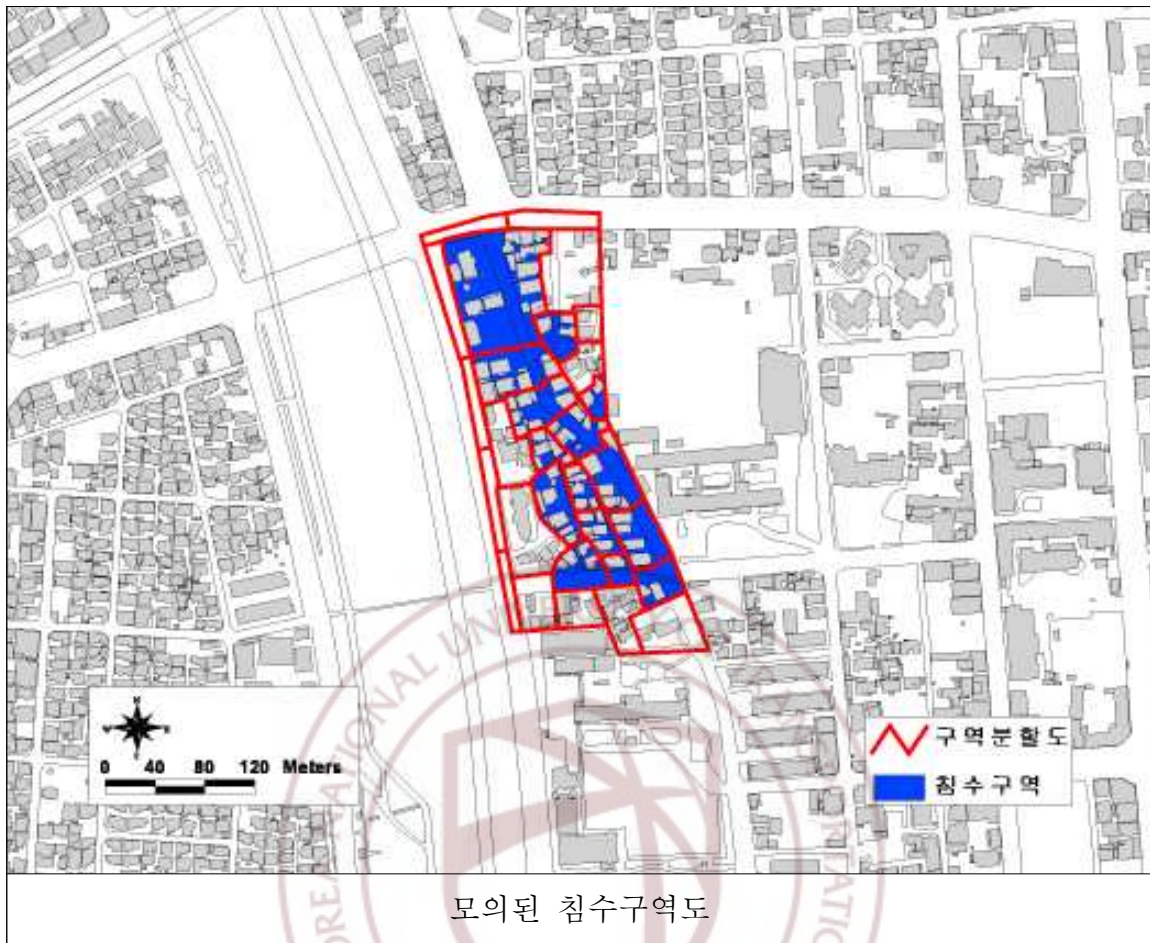
2) 실측 강우를 이용한 시뮬레이션 침수구역

실측 강우자료를 SWMM 모형에 적용하여 유출현황을 분석하였다. 실제 강우를 입력하여 모의된 침수구역 월류량은 <표 24>와 같다.

구분	구역	발생시간	월류량(m³)	침수면적(m²)
실측 강우	102	모의 50분 후	2.0	1,084
	103		4.4	1,684
	104		6.8	1,828
	105	모의 30분 후	15.8	1,352
	106	모의 60분 후	9.2	1,733
	107		5.3	2,311
	108		2.7	6,821
	112	모의 50분 후	2.0	1,054
	114		1.9	540
	117		12.3	781
	118	모의 30분 후	11.5	1,580
	120		7.8	909
	121		8.1	769
	123	모의 40분 후	0.9	1,383
	124		1.6	545

<표 24> 실제 강우를 통하여 모의된 침수구역 유출량

위와 같이 각 구역별 월류 발생시간은 약 30분 이후부터 침수가 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같은 침수피해는 대부분 우수관 용량 부족으로 인하여 피해가 발생한 것으로, 월류량의 차이는 있으나 대부분 강우 초기 월류로 인한 침수피해로 분석되었다. <그림 14>는 2017년 7월 16일 당시의 실제 강우를 입력하여 모의한 침수구역도이다. 실제 침수구역도와 마찬가지로 교서로를 중심으로 침수가 확장되는 것을 볼 수 있다.



<그림 14> 모의된 침수구역도

3) 침수구역 비교

위와 같이 실제 강우를 적용한 모의침수구역과 2017년 7월 16일 영동지구실제 침수구역을 비교·분석하였다. 당해 분석을 통해 대상지에 적용할 도시유출모형의 적합성을 검증하였다.

모의된 침수구역은 실제 침수구역과 다소 차이를 보이는데 이는 수치지형도, 청주시 하수도정비기본계획 등의 데이터를 이용한 모의결과로서 차이를 보이지만 침수구역은 대체로 유사한 구역에 발생한 것으로 나타났다.

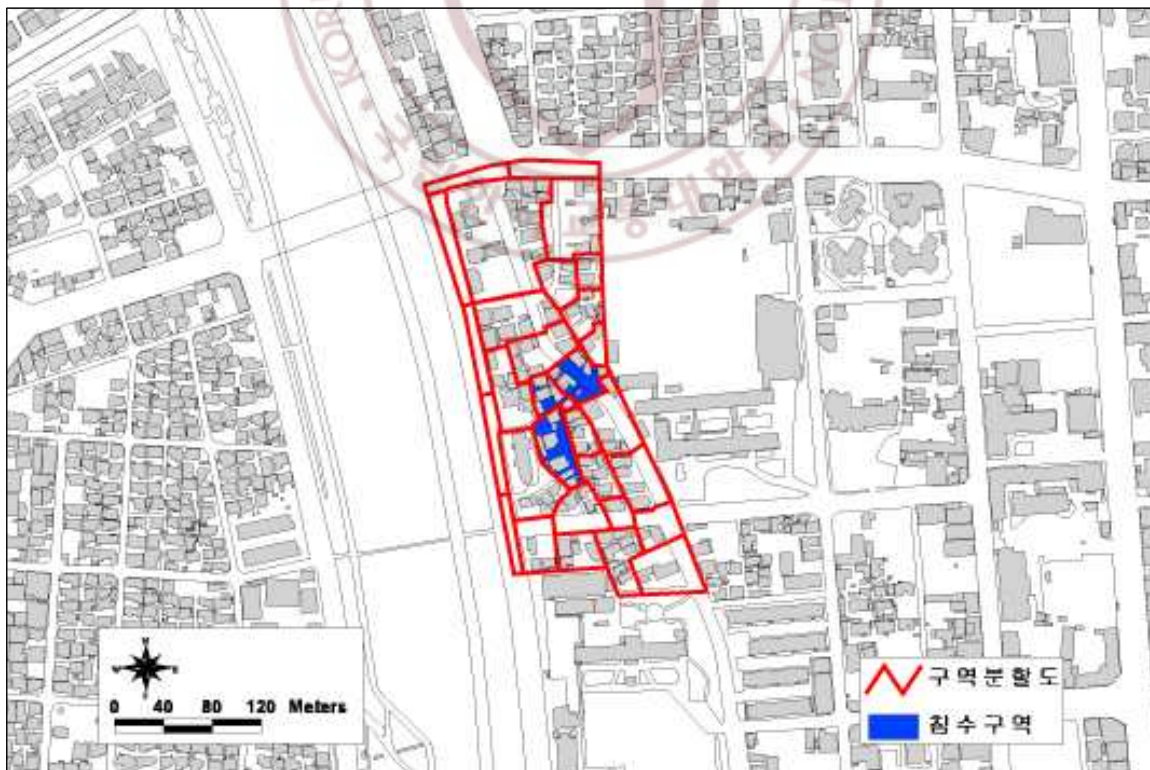
2. 빈도별 시뮬레이션 침수구역

SWMM의 도시유출모형은 입력자료가 많고 복잡한 단점이 있으나, 실제 침수구역과 실측 강우를 이용한 모의 침수구역도를 비교한 결과 비교적 합리적인 모의결과를 보여주었다.

침수구역 해석은 대상지역이 호우 피해를 입을 가능성과 예상되는 피해범위를 분석하는 것이다. 분석결과는 주로 대상지역의 지형도상에 빈도별 침수범위를 나타낸 지도로 작성된다.

앞서 산정한 확률강우량을 토대로 재현기간별 강우자료를 이용하여 침수구역에 대한 분석을 실시하였다. 강우자료는 10년, 50년, 100년, 200년 빈도를 이용하였다.

<그림 15>는 10년 빈도 침수 유출량을 통하여 모의된 침수구역도이며, 구역별 최대 월류량은 <표 25>와 같이 분석되었다.

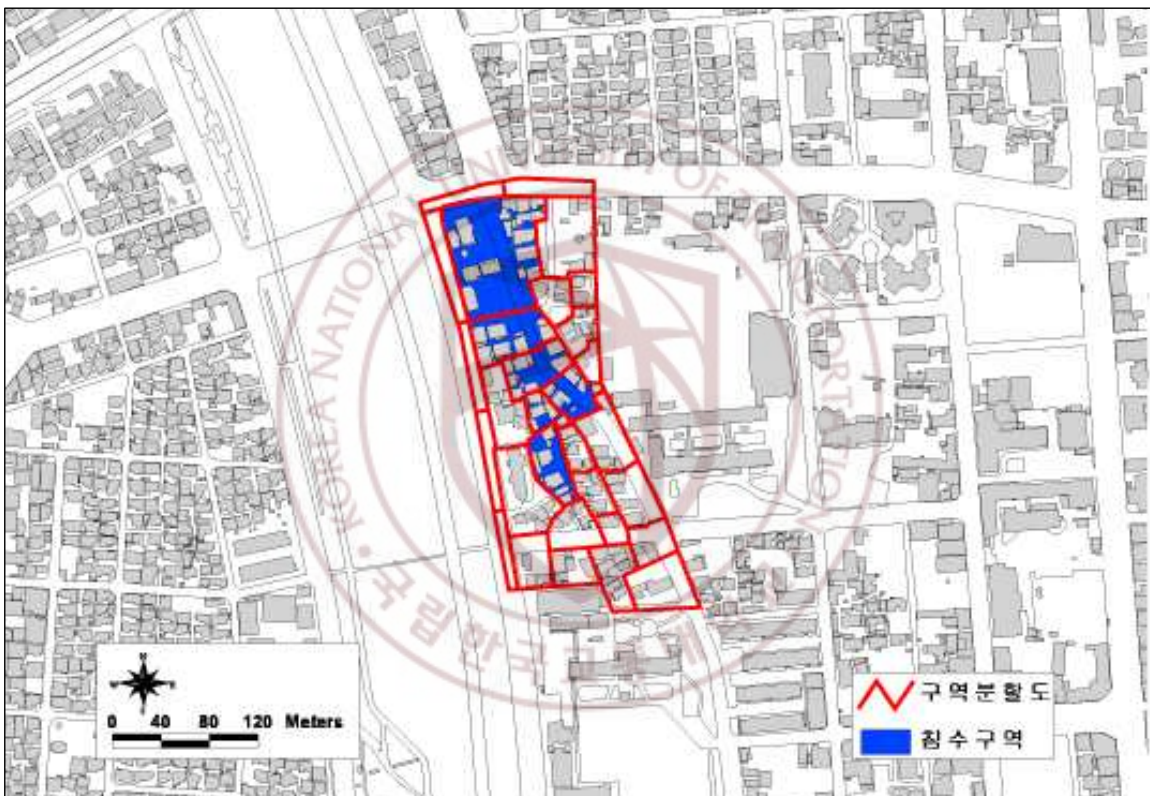


<그림 15> 10년 빈도 침수구역도

재현기간	구역	발생시간	월류량(m³)	침수면적(m²)
10년	105	모의 130분 후	1.3	1,352
	117	모의 110분 후	0.7	781
	118		0.3	1,580

<표 25> 10년 빈도 모의된 구역별 월류량

<그림 16>은 50년 빈도 침수 유출량을 통하여 모의된 침수구역도이며, 구역별 최대 월류량은 <표 26>과 같이 분석되었다.

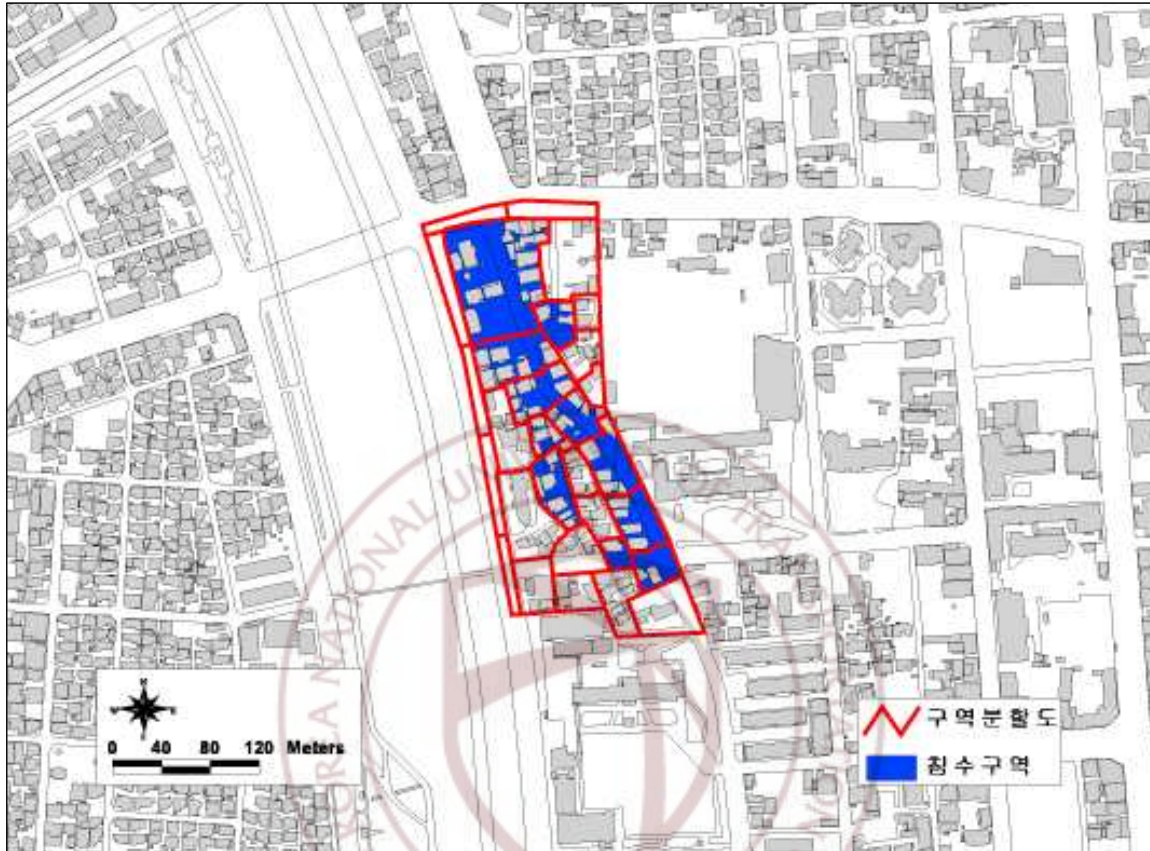


<그림 16> 50년 빈도 침수구역도

재현기간	구역	발생시간	월류량(m³)	침수면적(m²)
50년	105	모의 100분 후	4.8	1,352
	106		1.9	1,733
	107	모의 120분 후	1.2	2,311
	108		0.8	6,821
	117	모의 80분 후	2.7	781
	118		2.0	1,580

<표 26> 50년 빈도 모의된 구역별 월류량

<그림 17>은 100년 빈도 침투 유출량을 통하여 모의된 침수구역도이며, 구역별 최대 월류량은 <표 27>과 같이 분석되었다.

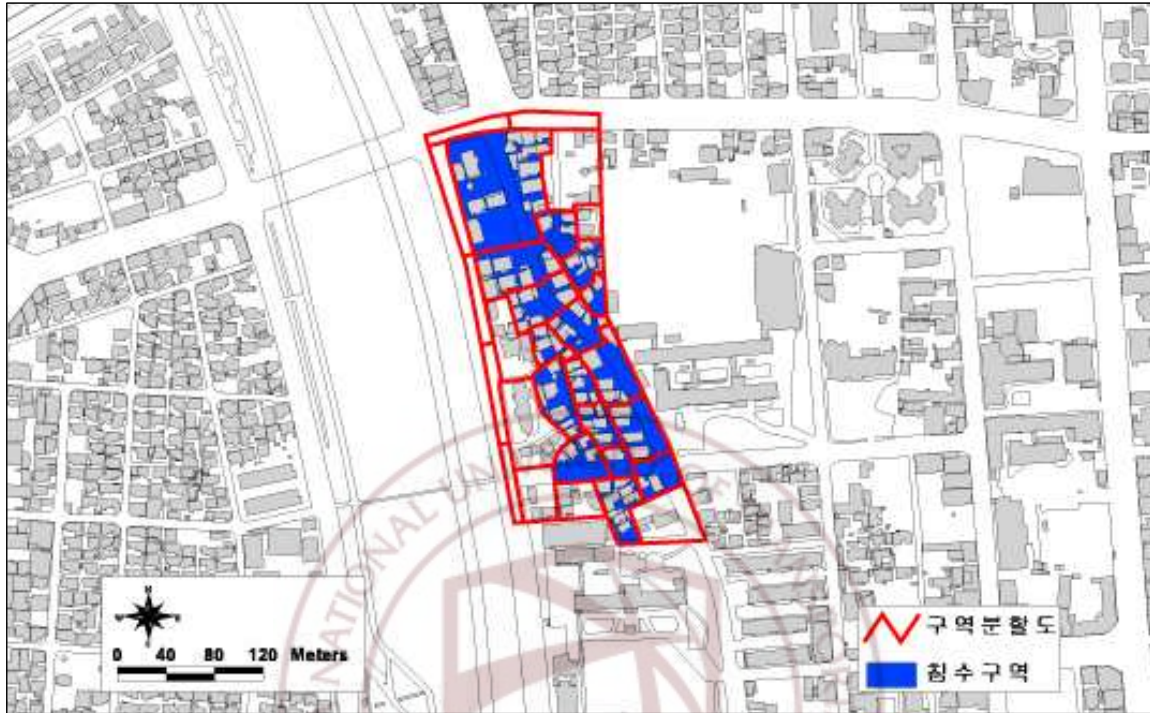


<그림 17> 100년 빈도 침수구역도

재현기간	구역	발생시간	월류량(m³)	침수면적(m²)
100년	102	모의 60분 후	1.8	1,084
	103		2.3	1,684
	104		4.5	1,828
	105	모의 40분 후	14.4	1,352
	106	모의 70분 후	6.1	1,733
	107		4.2	2,311
	108		3.3	6,821
	112		1.7	1,054
	117	모의 50분 후	9.3	781
	118		8.8	1,580
	124	모의 70분 후	1.1	545

<표 27> 100년 빈도 모의된 구역별 월류량

<그림 18>은 200년 빈도 침투 유출량을 통하여 모의된 침수구역도이며, 구역별 최대 월류량은 <표 28>과 같이 분석되었다.



<그림 18> 200년 빈도 침수구역도

재현기간	구역	발생시간	월류량(m ³)	침수면적(m ²)
200년	102	모의 40분 후	2.7	1,084
	103		4.1	1,684
	104		4.8	1,828
	105	모의 30분 후	17.7	1,352
	106	모의 50분 후	7.7	1,733
	107		6.2	2,311
	108		5.8	6,821
	112		3.1	1,054
	114		2.5	540
	115		1.8	1,004
	117	모의 30분 후	11.2	781
	118		10.7	1,580
	120		8.9	909
	121		9.7	769
	123	모의 40분 후	3.1	1,383
	124		3.3	545
	125		2.8	1,451

<표 28> 200년 빈도 모의된 구역별 월류량

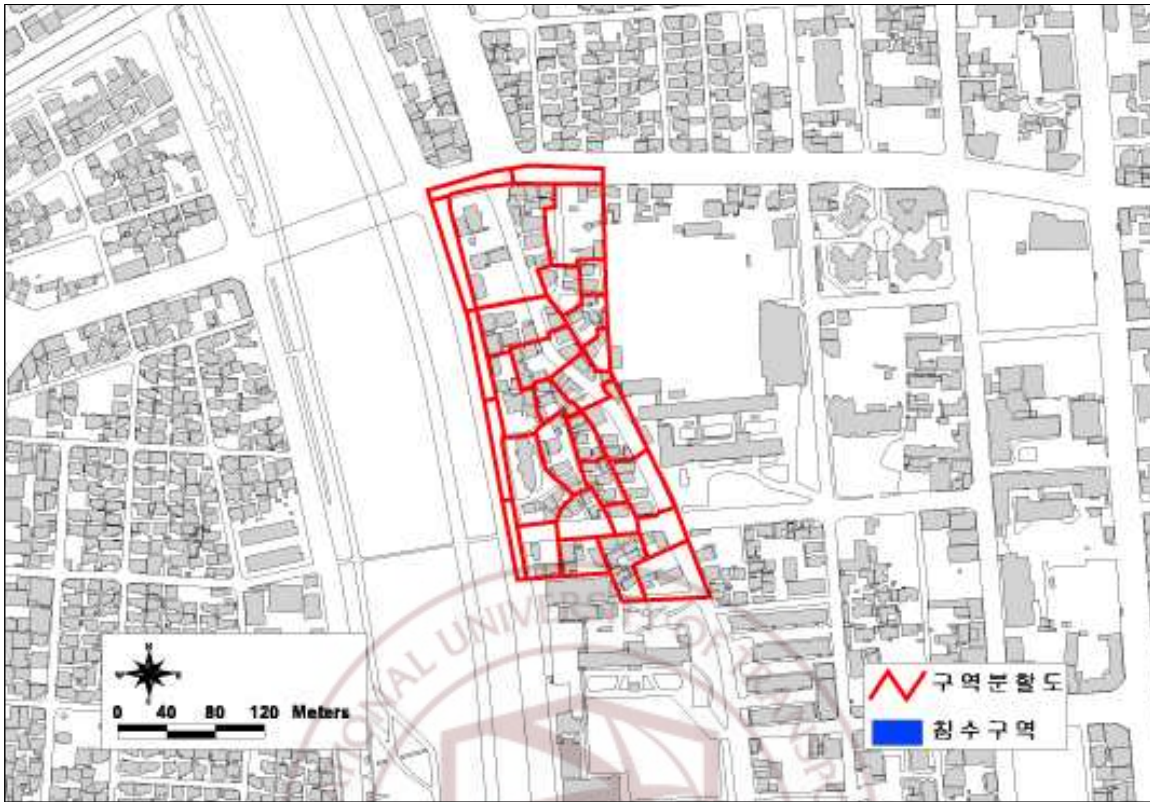
청주시 영동지구는 도시화과정에서 저지대지역으로 주거용도, 상업용도로 집중개발되면서 침수피해 가능성이 높아졌다. 또한, 기후변화에 따른 기상이변으로 여름철 내수침수 발생빈도가 증가하였다. 기존 우수관거의 시설용량은 한계가 다달아 향후 홍수위험성은 더욱 증가될 것으로 예상된다.

따라서, 지속적으로 발생하는 침수피해를 방지하기 위해 우수관에 대한 구조적 방안을 분석하였다.

구분	구역	기존 관로(mm)	제안 관로(mm)
사각관	101	3,500×2,000	5,000×4,000
	102		
	103		
	104		
	105		
	106		
	107		
	108		
원형관	116	D400	D600
	117		
	118		
	120		
	121		

<표 29> 영동지구 우수관망 개선방안

영동지구를 관통하는 교서로에 매설된 기존 사각관 3,500×2,000mm을 5,000×4,000mm의 터널형 배수시설로 설치할 경우 200년 빈도의 확률강우량에도 침수가 발생하지 않는 것으로 나타났다. 또한, 116~121 저지대 주거지역은 D400mm에서 D600mm로 교체할 경우 침수피해가 발생하지 않는 것으로 나타났다.



<그림 19> 우수관망 개선시 200년 빈도 침수구역도

작성된 빈도별 침수구역도는 피해범위를 예상함으로써 도시침수방지대책의 기본인 사항이 된다. 침수 등 내수피해는 동일지역에서 반복되는 경향을 가지고 있기 때문에 과거 침수흔적, 침수이력과 배수시스템 등을 미리 파악하고 관리할 필요성이 있다.

향후 도심지 내 우수관거 설계시 계획적 참고자료로써 활용되며, 비교적 많은 강우발생시 침수피해가 발생치 않도록 대처방안을 수립할 수 있는 자료로 활용될 수 있다.

최근 도시개발에서 재해의 예방 및 관리개념을 도입한 계획이 중요성이 강조되고 있다. 늘어나고 있는 재해위험성에 대응하여 도시의 구조적 방재기능을 키우기 위해 도시방재를 우선적으로 고려한 도시계획적 접근이 구체적으로 고려되어야 할 것이다.

V. 결 론

최근 기후변화로 인한 강우량 증가와 도시개발로 인한 불투수면적의 증가로 우수관거, 저류시설, 하천 등 도심 내 우수배제시설의 배수능력이 한계에 도달하고 있다. 도심지 저지대에서 내수침수로 인한 침수피해가 매년 되풀이 되고 있으며, 도시의 인구, 자산의 집중은 침수로 인한 피해와 심각성을 가중시키고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 영동지구를 대상으로 현장조사와 자료를 통해 정확한 침수 피해 원인을 파악하였다. 도시유출모형을 이용하여 과거 침수 피해 지역과 유출모형에서 모의된 침수구역을 비교·분석하였다. 비교·분석 결과로 유출모형의 적합성을 검증하였고, GIS를 활용하여 침수구역도를 작성하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 대상지에 대한 현장조사 및 자료를 통하여 과거 침수 피해 이력에 대하여 정확한 침수 피해 위치와 원인을 파악하였다. 영동 지구는 인근 지역에 비해 낮은 저지대지역이며, 주택지, 상업지 등 대부분이 불투수지역이다. 우수시설 및 저류시설 등 도시방재시설이 부족한 상태에서 집중호우로 인한 침수가 빈번히 발생하는 지역이다.

둘째, 1967~2017년까지의 실측강우자료를 이용하여 강우분포 해석을 하였다. Huff 3분위법 등을 이용하여 대상지에 적합한 재현기간별 확률강우량을 산정하였다.

셋째, 실제 침수구역과 침수 피해 당시 실측 강우자료를 이용하여 모의된 침수구역을 비교·분석하였다. 분석결과 대부분 유사한 구역에서 침수 피해가 발생한 것으로 나타나 SWMM 모형을 이용한 침수구역 선정에 적합성을 검증하였다.

넷째, 침수구역 예측은 빈도별 확률강우량을 이용하여 침수 피해 예상 지역을 설정하고 GIS를 활용하여 침수구역도를 비교적 정확하게 작성하였다.

본 연구의 결론을 토대로 향후 우리나라의 배수시스템 설계 및 계획 분야에서 지향해야 할 정책을 몇 가지 제안한다.

첫째, 현재의 기후변화 추세로 볼 때 집중호우의 발생빈도는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 앞으로 우수배제시설의 계획은 우수관거, 저류시설, 하천설계 등 개발시설의 설계기준을 만족해야만 한다. 또한, 해당 유역의 총체적 강우대응 방재기준을 만족할 수 있도록 계획해야 할 것이다.

둘째, 기존 시가지 내 각종 지하시설물로 인한 우수관거 신규설치가 어려운 지역에서는 사업의 경제성·기술적 타당성을 고려하여 대심도 저류시설, 빗물저류조 등 새로운 방식의 구조적 대책 도입이 필요하다.

셋째, 도시개발 및 재정비 과정에서 침수취약지역이 발생하는 것을 방지하기 위해 도시기본계획에 도시 내 유역권 계획의 개념과 구상을 다루는 지침의 제시가 필요하다. 기존의 사전재해영향성검토 제도나 풍수해저감종합계획과 같은 방재계획이 도시관리계획 결정 시 연계 논의될 수 있는 제도적 장치 마련이 시급하다.

넷째, 장기적 관점에서 각 지방자치단체는 우수로 인한 피해를 방지하기 위해 특별계획구역 등을 지정하여 저류시설의 용지를 확보하여야 한다. 저류시설의 용지를 확보함으로써 지속적인 피해를 사전에 방지할 수 있다.

다섯째, 도시방재성능을 극대화하기 위해 우수처리를 위한 우수관거 개선사업, 유출저감을 위한 저류시설 설치사업, 배수처리를 위한 빗물펌

프장 설치사업 등 구조적 도시방재대책을 지속적으로 추진되어야 한다. 이는 도시유역의 우수침투, 저장, 증발, 지체 등 배수시스템 능력을 극대화하여 홍수로부터 안전한 도시정비를 할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로, 금회 연구에서는 내수침수 피해방지를 위한 구조적 대책 부분을 위주로 연구가 수행되었다. 이는, 1차원적 우수관거에 대한 1차원적 검토가 수행되었다고 할 수 있다. 향후 건축물, 건물 내 우수유입, 지하공간, LID(저영향개발)와 같은 기법 등을 동시에 고려한 2차원적인 연구가 추가적으로 필요할 것이다.



참 고 문 헌

1. Harley, B. M. Perkins, F. E., and Eagleson P. S. (1970). A modular distributed model of catchment dynamics, Hydro-dynamics Laboratory Report No. 133
2. Terstriep, L. M., and Stall, J. B. (1974), The Illinois Urban Drainage Area Simulator : ILLUDAS
3. Baffaut, C., and Delleur, J. W. (1989), "Expert System for calibrating SWMM" Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 115 No.3 pp. 278~298
4. Bhaskar, N. P., James, W. P., and Devulapalli, R.S (1987), 'Hydrologic Parameter Estimation Using Geographic Information System' journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 118(5) pp.492~512
5. Meyer, S. P., Salem, T. H., and Labadie J. W. (1993), "Geographic Information System in Urban Storm-Water Management" Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 119(2) pp.206~228
6. Larry A. Roesner and Aldrich. J. A., (1991), Storm water management model user's manual version 4 EXTRAN ADDENDUM. U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
7. 서울특별시, 1987, 87년수해백서
8. 서울특별시, 2002, 01년수해백서
9. 이종태, 김태화, 허성철, 2004, 강우특성에 따른 ILLUDAS, SWMM모형의 주요매개변수 민감도 분석, 대한토목학회 학술대회

10. 이홍래, 한건연, 김상호, 최현상, 1998, 하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발, 한국수자원학회
11. 정동국, 이범희, 2003, 도시유출모형을 이용한 도시화 구역의 유출해석, 한국수자원학회
12. 이범희, 채준영, 2004, XP-SWMM을 이용한 도시화 구역에서의 유출관리 방안연구, 한국수자원학회
13. 유재현, 2004, GIS를 이용한 도시침수분석 시스템의 비교연구, 단국대학교 석사학위논문
14. 최성열, 2004, GIS를 이용한 도시구역 홍수침수 분석시스템 구축, 한국GIS학회지
15. 강상혁, 2009, 기후변화에 따른 시가지 침수 및 대응방안 연구, 강원발전연구소
16. 국토교통부(한국수자원공사), 2001, 홍수지도 제작지침
17. 국토교통부, 2008, 홍수지도 제작에 관한 지침
18. 고태규, 2012, 도시홍수 방재를 위한 도시계획 및 구역권 계획에 관한 연구, 수원대학교 박사학위 논문
19. 이종태, 2005, 도시유출 해석모형의 실무적용 지침(안) 및 적용 예제, 도시홍수재해관리기술사업단
20. Mockus, Sheman, 1954, 미 토양보존국(U.S Soil Conservation Service)
21. 청주시 하수도정비기본계획, 2017, 청주시
22. 청주시 침수흔적보고서, 2017. 한국국토정보공사
23. 기상청, 국가기상종합정보

24. 설계홍수량 산정요령, 2012, 국토교통부

25. 확률강우량도 개선 및 보완연구, 2011, 국토교통부



Abstract

With typhoon and torrential rains rising due to climate change in Korea, and the growing urban concentration of the population and industrial development, the number of people in urban areas is increasing.

Recent meteorological changes have led to frequent flooding of certain areas due to brief periods of heavy rain, resulting in increased risks and losses. The increase in the impervious area due to urbanization will reduce the time to reach and increase the peak flow rate compared to the natural zone. Flood damage in urban areas extends to residential areas, damaging homes and in some cases causing loss of life, especially in urban areas, where flooding occurs once people and facilities are concentrated.

One of the most important problems associated with the design of the complex and the drainage system in the event of heavy rain is the problem of in-city flooding due to insufficient drainage of the drainage system. Most of the existing drainage systems in the area are 10-20 years in frequency of peak flood, and thus have low frequency of design. As concentrated heavy rain exceeds this, local urban drainage system is an unavoidable phenomenon. In these areas, it is necessary to predict flooding using the urban exit model and to establish effective countermeasures accordingly.

Yeong-dong, Sangdang-gu of Cheongju, was selected as the

target site. The site survey and flood source were identified for the target site, and the leakage analysis was conducted on the target site using the urban leakage model.

This study visualizes the simulation of flooding zones using the Thiessen Polygon of GIS in the urban release model. This is useful in two ways. First, in conjunction with GIS, it is possible to predict flooding areas in advance by visualizing the extent to which actual flooding is expected. Second, flood damage information is provided to minimize flood damage by providing a practical basis for proposing flood prevention and reduction measures.

