

## PCSWMM 모형을 이용한 안양천 유역에서 내수침수의 시·공간적 해석

### Temporal and Spatial Analysis of Extended Sewer Surchage on Anyangcheon Watershed Using PCSWMM

이길성\* / 김성은\*\*

Lee, Kil Seong / Kim, Sung Eun

---

#### Abstract

Most of lowland in urban area has high flood risk because of short concentration time and high peak discharge by increasing of the impervious area and insufficient capacity of internal drainage due to the topographical characteristic that the water level inside of levee is lower than that out of levee. Therefore, spatial management for the flood control estimating the flood risk area using the design floods has been performed. But, for more efficient flood control, the temporal management considering occurrence time of inundation is needed as well as the spatial management. The flood risk area, priority area for flood risk and the extended surcharge area for moving storm were given through the spatial and temporal analysis of the occurrence of inundation. The study area is the downstream watershed of Anyangchoen in Seoul where most of inundation had been occurred. In this area, the main causes of inundation are the lower land elevation than the water level out of levee and the insufficient conveyance of drainage system. The EXTRAN block of PCSWMM good at analysing channel and pipe flow was used to simulate the manhole surcharge area and this area was selected as inundation area(extended surcharge area). The inundation areas in the simulation for every rainfall frequency(10-year, 20-year, 30-year), duration of design rainfall were selected as flood risk areas and some of flood risk areas coincided with the areas that the extended surcharge was occurred faster than the other areas were selected as priority areas for flood risk management. Moreover, the spatial and temporal distribution of extended surcharge manhole for moving storm was analysed and it indicated that extended surcharge was occurred most in the faster moving storm of downstream direction. The selection of priority area for flood risk management and analysis of distribution of extended surcharge area for moving storm could make actions for evacuating from flooding area more promptly in flood forecasting and warning system and make allocation of resources for flood control more efficiently.

**keywords** : extended surcharge, PCSWMM, Anyangchoen, flood risk map, priority area for flood risk management, moving storm

---

\* 서울대학교 지구환경시스템공학부 정교수

Prof., Dept. of Civil Urban & Geosystem Engrg., Seoul National Univ., Seoul 151-742, Korea  
(e-mail: kilselee@snu.ac.kr)

\*\* 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

Graduate Student, Dept. of Civil Urban & Geosystem Engrg., Seoul National Univ., Seoul 151-742, Korea  
(e-mail: eric\_since02@hotmail.com)

## 요 지

대부분의 도시지역은 불투수면적 비율의 증가에 따른 짧은 도달시간 및 침투유출량의 증가와 외수위보다 낮은 지반고의 지형학적 특징으로 인한 내수배제의 불량으로, 저지대의 침수위험도가 상당히 높다. 이러한 이유로, 설계홍수량을 이용하여 침수위험지역을 파악하고 관리하는 공간적인 치수관리가 이루어지고 있지만, 효율적인 치수관리를 위해서는 공간적인 측면뿐 아니라, 침수발생의 시간적인 측면도 고려하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 내수침수발생의 시공간적 분석을 통하여 침수위험지역 및 우선관리지역을 선정하였으며, 강우의 이동에 따른 침수발생지역을 살펴보았다. 대상구역으로는 안양천 유역에서 대부분의 침수가 발생하는 서울시에 포함된 안양천 하류유역으로 하였다. 서울시에 포함된 안양천 하류지역에서 내수침수발생의 주원인으로는 외수위보다 낮은 지반고와 배수계통의 통수능력 부족으로 나타나고 있어, 하도 및 관거의 유출해석에 우수한 PCSWMM 모형의 EXTRAN block을 이용하여 맨홀이 월류되는 지역을 모의하고 이들 지역을 내수침수발생지역으로 선정하였다. 모의 설계 빈도(10년, 20년, 30년)와 지속시간에 대한 모의에서 침수가 발생하는 지역을 침수위험지역으로 선정하였으며, 내수침수발생이 빠르게 나타나는 지역과 침수위험지역과 공통된 지역을 우선관리지역으로 선정하였다. 또한, 강우의 이동에 따른 내수침수발생의 시공간적 분포를 살펴보았으며, 강우의 이동이 빠르고 하천의 흐름방향으로 이동하였을 때, 가장 많은 내수침수가 발생하였다. 우선관리지역의 선정과 강우의 이동에 따른 침수지역의 분석은 홍수예경보 측면에서는 주민의 신속한 대피와 같은 홍수대처능력과 치수관리측면에서는 소요되는 자원의 효율적 배분을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 내수침수, PCSWMM, 안양천, 우선관리지역, 이동강우

### 1. 서 론

대부분의 도시지역은 불투수면적의 비율이 상당히 높은 특징으로 인한 유출용적 및 침투유량의 증가와 외수위보다 낮은 지반고의 지형학적 특징으로 인한 내수배제의 불량으로, 저지대의 침수위험도가 상당히 높다. 이러한 이유로, 도시유역의 하도 및 관거에 유출해석에 우수한 SWMM (Huber, 1988) 모형을 이용하여 설계홍수량을 산정하여 침수위험지역을 파악하려는 연구가 진행되어져 왔다. SWMM 모형을 이용한 도시유출의 해석 및 내수침수를 연구한 동향으로는 다음과 같다. Hsu et al.(2000)은 도시유역에 대하여 지표유출과 하도추적을 통한 월류해석을 위해 SWMM 모형의 EXTRAN Block을 사용하였으며, 월류수량의 지표흐름해석을 위해 확산 모형을 이용하여 침수구역을 계산하였다. Camorani et al.(2005)은 이탈리아 북부에 위치한 도시유역에 SWMM 모형을 이용하여, 1955년, 1980년, 1992년의 토이용변화와 강우의 재현기간에 따른 유역의 수문-수리학적 거동의 해석하였다. 그 결과, 토지이용의 변화가 홍수발생빈도에 큰 영향을 주며, 특히, 재현기간이 짧은 강우일수록 그 영향은 더 큰 것으로 나타났다. 김학수 (2002)는 도립천 유역에 SWMM 모형의 EXTRAN Block을 이용하여 빗물펌프장과 우수지를 고려하여 유출을 모의하였을 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 총 유출량에서 실측 유출량에 더 근사한 값을 갖

는다는 것을 보였다. 이정우 등(2004)은 SWMM 모형의 EXTRAN Block을 이용하여 신설된 빗물펌프장에 의한 내수침수저감에 미치는 영향을 분석하였으며, 그 결과는 빗물펌프장이 설치되지 않았다고 가정할 경우에 침투강우 발생 수시간 경과 후 하수관거말단부의 하천 외수위 영향으로 배수 및 역류현상이 발생하여 침수가 발생할 가능성이 높은 것으로 분석되었다. 최계운 등 (2004)은 설계빈도 20년과 30년에 대하여 확률강우량을 산정하고 SWMM 모형을 이용하여 인천교 매립지의 침수피해에 대한 개선방안을 제시하고 이를 비교하였다. 이경호 (2005)는 안양천 유역에 대하여 SWMM 모형의 RUNOFF Block과 EXTRAN Block을 통한 내수침수지역과 HEC-HMS, HEC-GeoRAS 등을 이용하여 외수범람을 각각 모의한 후, 외수범람을 고려한 내수침수지역을 ArcView를 이용하여 도시하였다.

효율적인 치수관리를 위해서는 침수위험지역을 파악하는 공간적인 측면뿐 아니라, 침수위험지역 내 침수발생의 시간적인 측면도 고려하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 SWMM 모형의 EXTRAN block을 이용하여 서울시에 포함된 안양천의 하류유역에 모형을 적용하고, 모형의 입력자료를 정확히 산정하기 위해 GIS기법을 이용하였다. 또한, 서울시에 포함된 안양천 하류부에 위치한 26개의 빗물펌프장을 고려하여 모형을 구성하여, 빈도별 단기간 및 장기간의 호우와 이동강우에 대한 내수침수 발생의 시간적·공간적 특성을

살펴보고자 한다.

## 2. SWMM 모형의 구성

### 2.1 유역의 분할

대상유역은 안양천 유역으로 총면적은 286 km<sup>2</sup>이며, 서울시의 면적은 총 유역면적의 35 %인 약 100 km<sup>2</sup>이다. 안양천의 내수침수의 발생은 서울시에 포함된 유역에서 거의 모두 발생하고 있어, 서울시에 포함 유역을 Fig.1과 같이 세분하였다. 서울시에 포함된 유역을 128개의 소유역으로 나누었으며, 경기도에 포함된 안양천 유역을 4개로 분할하여 총 132개의 소유역으로 분할하였다. 유역의 분할은 배수구역별 하수관망도에서 나타난 하수의 흐름방향과 1:25,000 수치지형도를 바탕으로 GIS기법을 이용하여 분할하였다. 분할된 소유역의 토지 이용분석을 위하여 이길성 등(2004)의 2000년도 안양천 유역의 Landsat 영상 분석자료를 이용하였으며, 도시화 지역을 불투수지역으로, 그 밖의 지역을 투수지역으로 가정하여 소유역별 불투수면적비를 산정하였다. 소유역

면적의 계산은 해당 유역에 포함된 DEM Grid의 수에 의해 면적을 계산하는 기존의 방법으로부터 유역의 면적을 계산할 경우, Grid의 크기와 소유역의 면적에 따라 면적의 오차가 많이 발생할 수 있기 때문에, 본 연구에서는 ArcView의 Extention Module인 NWF/DEM Data Editing을 이용하여 선적분된 면적을 산정하였다.

### 2.2 하도 및 하수관망의 구성

SWMM 모형은 링크-절점을 기반으로 배수시스템에 대하여 수문, 수리, 수질분석을 수행한다. 절점(Node)로 대표되는 맨홀과 우수지, 배수시설물 등 저류요소를 나타내며, 링크(Link)는 수리학적 요소를 표현하는데 쓰이는데 파이프, 수로 등이 대표적이다. 본 연구에서 안양천 유역의 링크 및 절점을 구성하기 위하여, 서울시에 포함된 유역의 각 배수구역별 하수관망 및 주간선망 수치자료와 배수구역별 수리계산서를 이용하여 해당 소유역의 출구점에 위치한 맨홀과 파이프의 속성을 분류하여 구성하였으며, 하천에 위치한 절점은 HEC-RAS의 단면자료가 있는 위치를 설정하여 해당절점과 링크

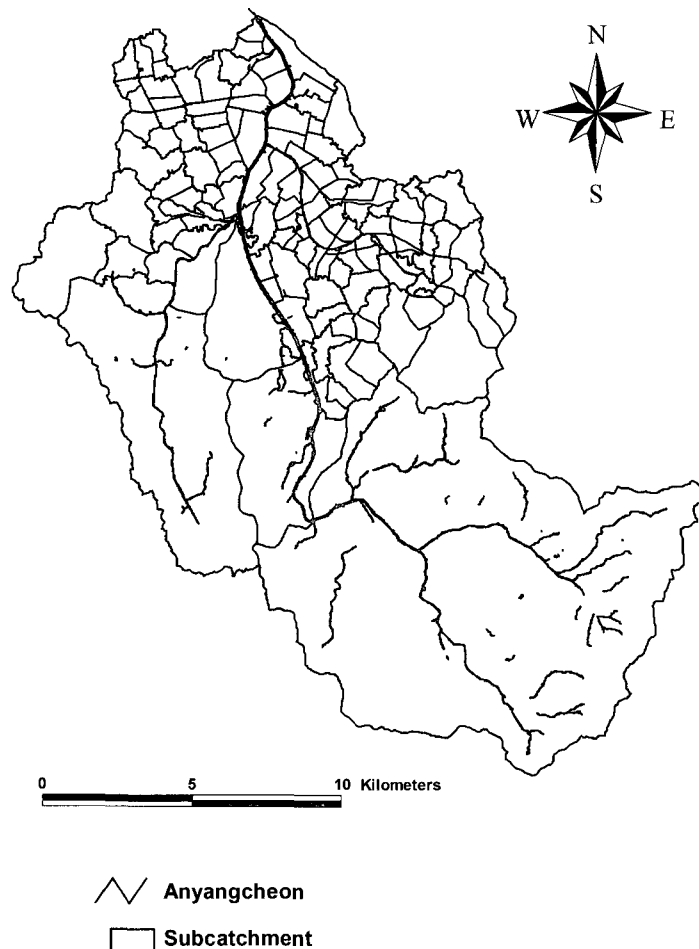


Fig. 1. Subcatchments of Anyangcheon Watershed

의 속성을 통해 총 176개의 절점과 175개의 링크로 구성되어 있다. 하도 및 하수관망의 절점 및 링크의 구성은 Table 1과 같다. 안양천의 유역은 2005년 중·신설된 5개소를 포함하여, 총 38개소의 배수펌프장이 운영 중에 있으며, 26개소가 서울시 관내에 포함되어 있다. 빗물펌프장의 영향을 고려한 내수침수 분석에 있어서,

기존자료에 의한 모형의 보정과 앞으로의 내수침수 분석을 위하여 빗물펌프장의 증설 및 신설된 이전과 이후의 모형을 각각 구축하였다. 빗물펌프장의 증설 및 신설 전·후 하도 및 하수관망도 및 모식도는 Figs. 2 and 3과 같다.

Table 1. Construction of Node & Link for Anyangcheon Watershed

	Channel		Manhole & Pump station	Total
Node	36		140	176
Link	Anyangcheon	19	Sewer pipe & Box line	Total
	Dolimcheon	12		
	Mokgamcheon & Oryucheon	4		

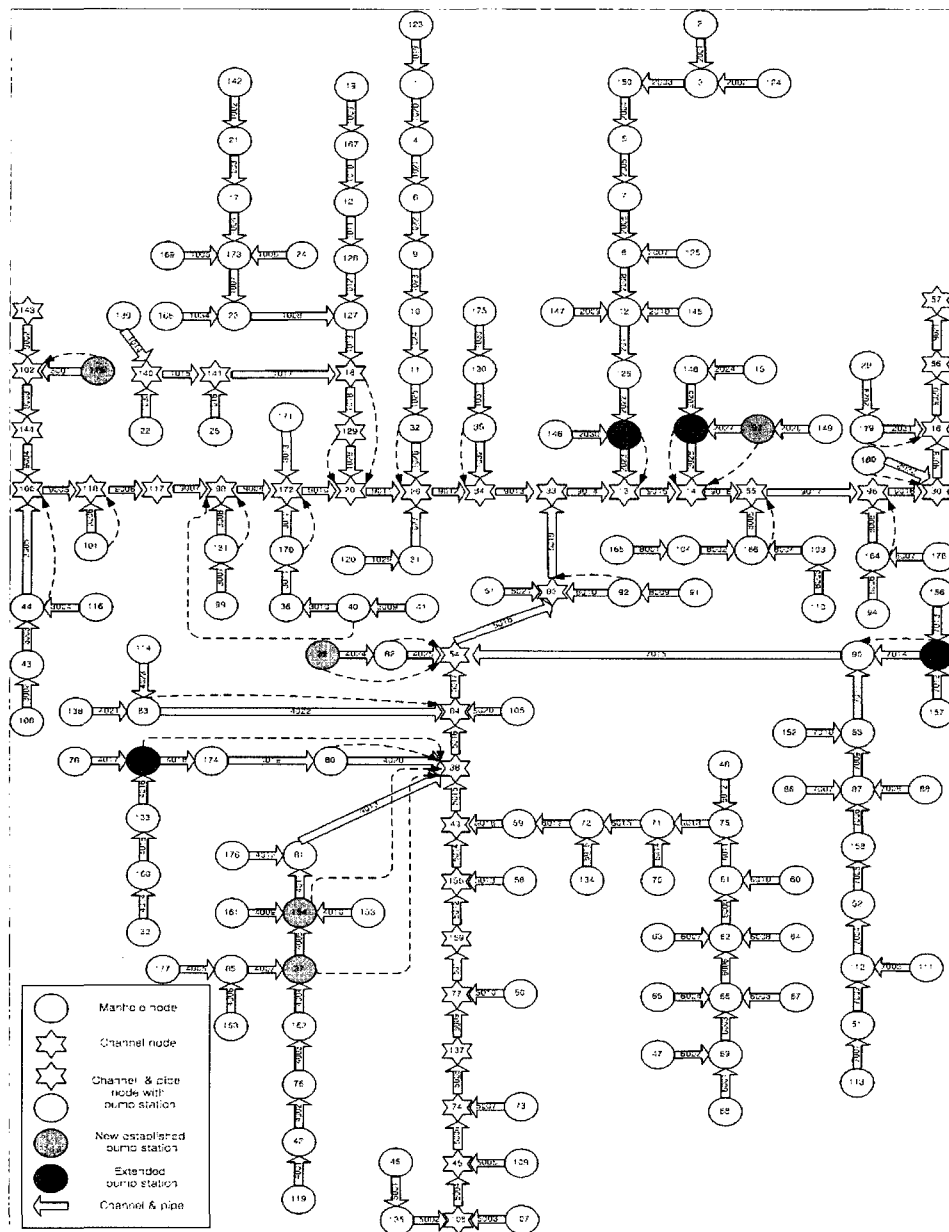


Fig. 2. Schematic of Node & Link of Anyangcheon Watershed

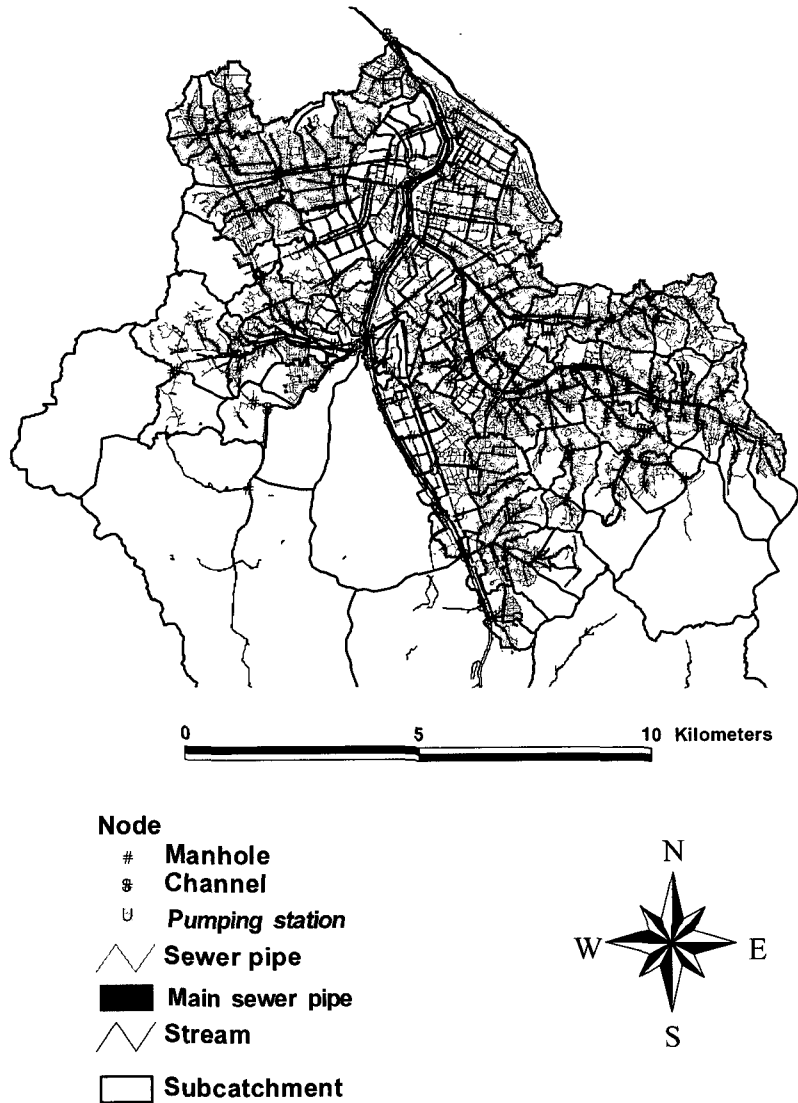
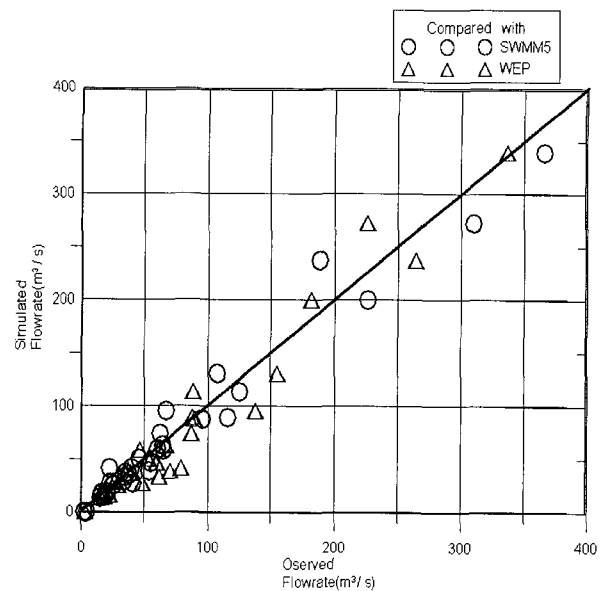
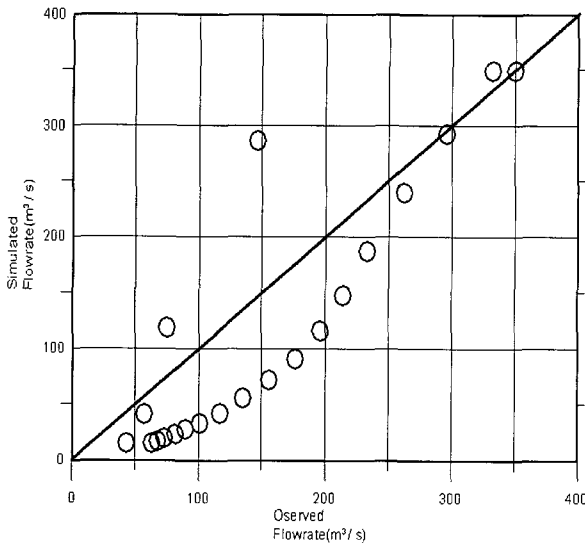
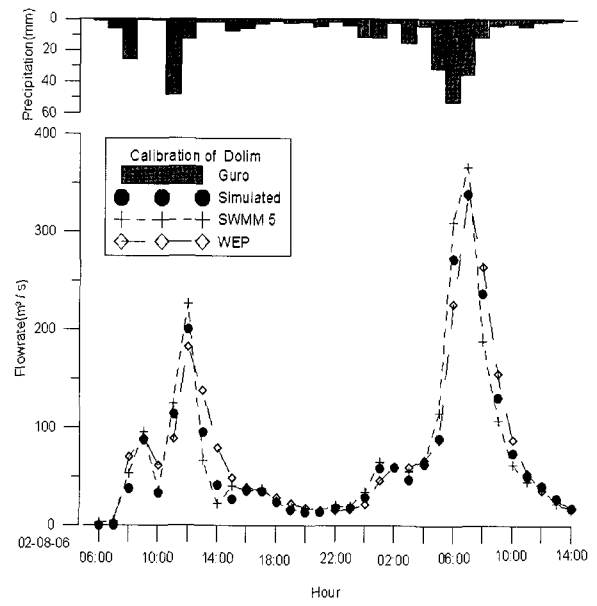
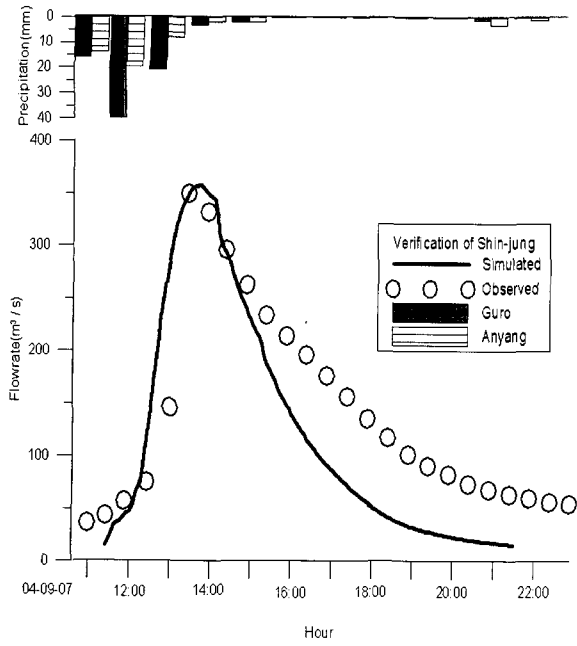


Fig. 3. Node & Link of Anyangcheon Watershed

### 2.3 모형의 보정 및 검증

매개변수의 보정은 최적화 기법인 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithm; GA)을 기반으로 하는 PCSWMM 2005 모형의 부프로그램을 사용하였으며, 유역의 특성이 다른 고척교 상류유역, 도림천 유역, 양천구 유역으로 안양천 유역을 분류하고, 각각 민감도 분석을 실시한 후, 민감한 매개변수에 대하여 보정을 실시하였다. 고척교 상류유역은 신정지점의 유출량 자료를 이용하여 보정 및 검증을 실시하였으며, 도림천 유역의 경우, 안양천 치수대책 보고서(건설교통부, 1983)에 수록된 1982년의 자료와 서울대학교에서 직접 유량을 측정된 2004년도 비강우시 유출량 자료 및 개가 전부이고, 1982년의 도림교 지점의 유출량 자료는 약 25년 전 자료로써 현재의 유출특성을 반영하기는 어렵

다고 판단되어, 본 연구에서는 도림천 유역에 대하여 이정민 등(2004)과 이승종(2005)이 각각 비강우시 유출자료를 통해 보정한 SWMM5 모형과 WEP 모형(土木研究所, 2002)의 2001년 1월부터 2003년 12월까지 총 4년간의 한시간 단위 연속모의결과를 실측자료로 가정하고 도림교 지점의 유출량과 비교하여 모형의 보정 및 검증을 실시하였다. 양천구 유역의 경우, 양천구 유역에서 안양천으로 유입되는 유출량에 대한 자료가 없어 보정을 할 수 없었기 때문에 제 4회 수공학 워크샵 교재(이중태 등, 1996)의 양천구 유역 내에 있는 신정1 지역에 대해 구축한 SWMM 모형의 매개변수를 원용하였다. Fig. 4는 신정지점 및 도림교 지점의 검증 결과이며, (a)의 신정지점의 검증결과에서 오차가 발생하고 있으나, 전체적으로 침투유출량 및 침투시간을 양호하게 재현하고 있다.



(a) Verification of Shinjung

(b) Verification of Dorimgyo

Fig. 4. Verification of PCSWMM

### 3. 내수침수의 시간적·공간적 발생특성 분석

#### 3.1 빈도별 지속시간별 내수침수의 발생특성 분석

서울관측소에 대한 서울시(2005)의 확률강우량공식과 수원관측소에 대한 삼본엔지니어링(2005)의 확률강우강도식을 통하여 10년, 20년, 30년 빈도별 3시간, 6시간, 12시간의 확률강우량을 산정하고, 한국건설기술연구원(2000)에서 산정한 수원 및 서울관측소에 대한 회기계수를 통하여 각 빈도별 지속시간별 HUFF 4분위의 강우량을 산정하였다. 강우규모에 따른 내수침수의 특성 및 3시간, 6시간, 12시간 지속시간의 단기간, 장기간의 호우에 의한 내수침수 발생의 특성을 살펴보았다. 각

빈도별 지속시간별 모의결과, Table 2와 같이 월류된 맨홀의 개수는 지속시간이 12시간에서 3시간으로 감소할수록 증가하고 있으며, 10년 빈도에서 30년 빈도로 증가할수록 그 차이는 더 크게 나타나고 있다. 이는 강우의 총량 증가보다는 일정시간에 집중되는 강우강도가 증가될수록 내수침수발생 위험지역이 증가하는 것을 나타내고 있다. Fig. 5는 30년 빈도의 지속시간별 extended surcharge manhole을 나타낸 그림이다.

단기간의 집중호우에 의한 Extended surcharge manhole의 발생이 많이 나타나고 있어, 단기간의 호우인 3 시간의 지속시간을 갖는 10년, 20년, 30년 빈도별 강우에 대하여 지속시간 180분을 45분씩 4등분하여 시간대별 Extended surcharge manhole의 발생을 살

펴보았다. 시간대별 Extended surcharge manhole의 발생을 살펴본 결과는 Table 3과 Fig. 6과 같으며, 가장

빠른 시간대인 0 ~ 45분에서 발생하는 Extended surcharge manhole이 7개가 나타나고 있다.

Table 2. Number of Extended Surcharge Manhole

Frequency	10-year			20-year			30-year		
	3	6	12	3	6	12	3	6	12
Duration (hour)	3	6	12	3	6	12	3	6	12
Number of extended surcharge manhole	48	42	34	56	41	38	64	48	41

Table 3. Number of Extended Surcharge Manhole During 3 Hours

Frequency	10-year	20-year	30-year
0 - 45 min.	7	8	8
45 - 90 min.	14	1	1
90 - 135 min.	25	35	46
More than 135 min.	2	13	9
Total	48	56	64

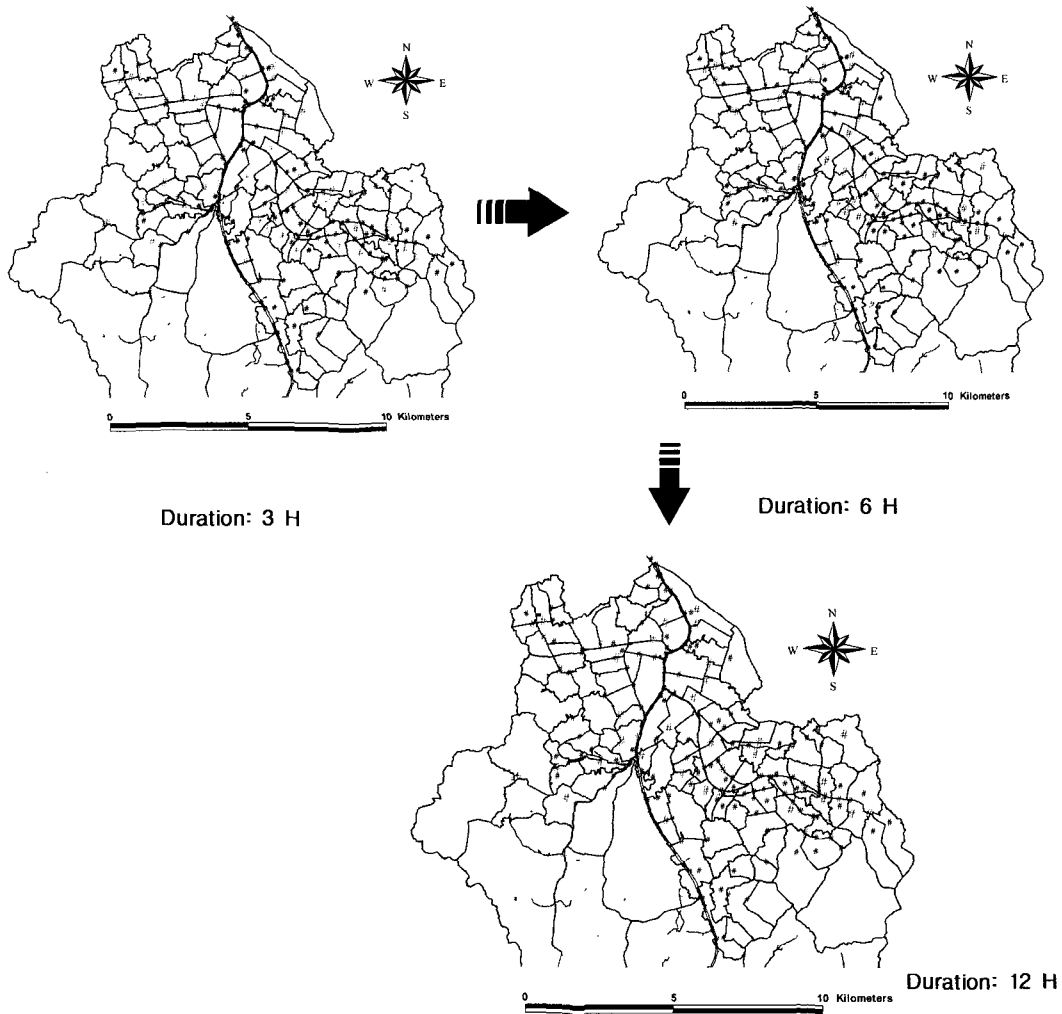


Fig. 5. Extended Surcharge Manhole for Each Duration in 30-year Frequency

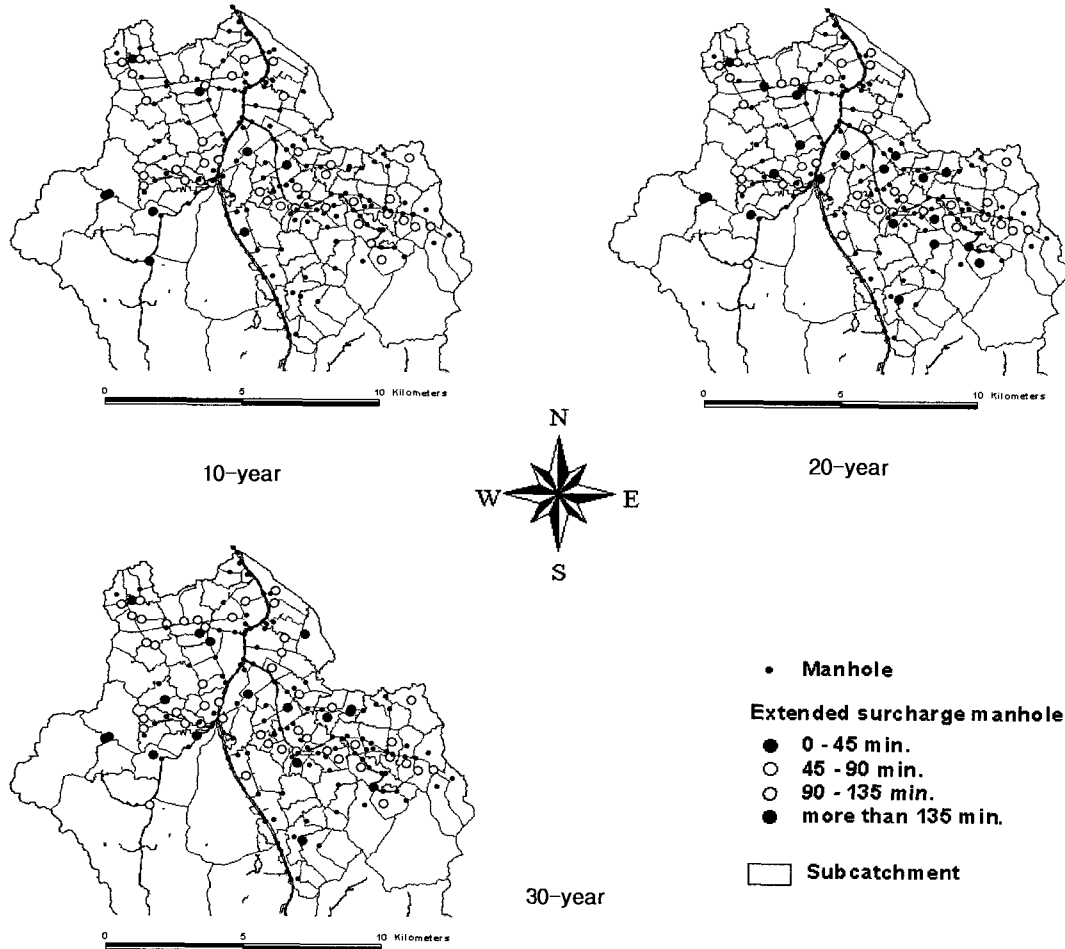


Fig. 6. Extended Surcharge Manhole During 3 Hours

앞서, 빈도별 지속시간별 모의에서, 모든 빈도와 지속시간에 대하여 발생하는 Extended surcharge manhole이 갖는 소유역을 내수침수 위험지역으로 선정하였으며, 내수침수 위험지역과 내수침수가 빠르게 발생하는 지역의 공통된 지역을 우선관리지역으로 선정하였다. 우선관리지역으로 선정된 소유역은 신월 1동, 화곡 2동, 고척 1동, 구로동, 대림 1동, 대방동에 포함되어 있는 지역으로 과거 10년 동안 2번이상의 침수피해를 입은 지역이다. 선정되어진 내수침수 위험지역은 Fig. 7과 같으며, 우선관리지역은 Fig. 8과 같다.

### 3.2 강우의 이동에 따른 내수침수의 발생특성 분석

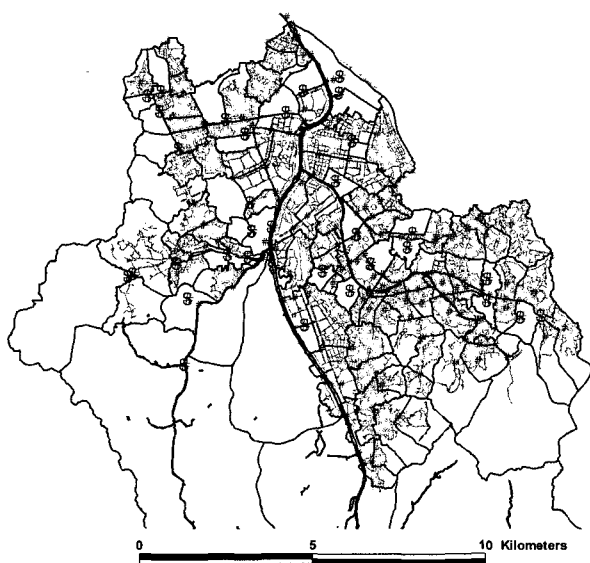
안양천 유역에서의 강우이동을 분석할 수 있는 자료가 불충분하여 실제유역에 대하여 Niemczynowicz (1984, 1988)가 Fig. 9와 같이 가상의 등우선도를 작성하여 이동방향과 속도에 따라 각각의 등우선도에 강우량을 지체시켜 입력한 방법과 동일한 방법으로, 안양천 유역의 가장 큰 폭 23.2 km와 길이 25.2 km를 갖는 사

각형을 횡방향 및 종방향으로 단순화하여 가상의 등우선도를 작성하였으며, 이동속도의 영향을 비교하기 위하여, 각각 4개와 8개의 등우선으로 나누고 강우의 이동방향별 속도별 내수침수의 발생을 분석하였다. 작성된 가상의 등우선도는 Fig. 10과 같다. 이동강우의 확률강우량은 앞서 모의한 결과에서 Extended surcharge manhole이 많이 발생하는 30년 빈도 3시간 지속시간의 확률강우량을 사용하였으며, 각각의 등우선에 포함된 소유역의 면적비와 각각의 등우선의 강우사상에 대해 다음 식으로 등우선당 강우사상을 합성하여 해당 소유역의 강우량을 산정하였다.

$$P_i(t) = \frac{A_{ij}P(t_j) + A_{ik}P(t_k)}{A_i}$$

여기서,  $P_i(t)$ 는  $i$ 번 소유역에 대한 시간  $t$ 의 강우량,  $A_{ij}$ 는  $j$ 번째 등우선도에 포함된  $A_i$ 의 면적,  $A_{ik}$ 는  $k$ 번째 등우선도에 포함된  $A_i$ 의 면적,  $P(t_j)$ 는  $j$ 번째 등우선

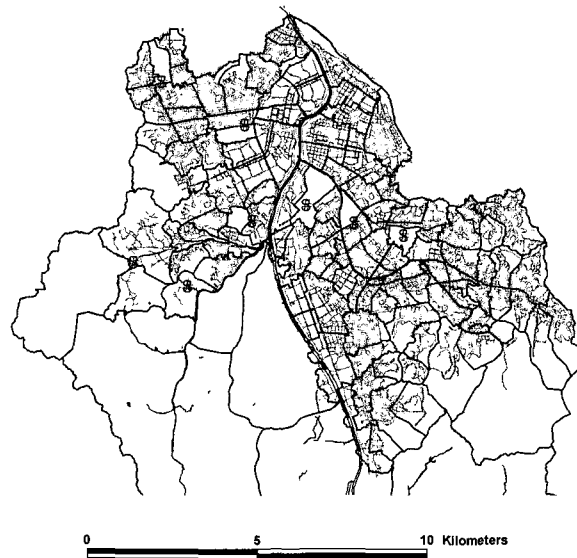




- # Manhole
- § Extended surcharge manhole
- Sewer pipe
- Subcatchment
- Extended sewer surcharge subcatchment



Fig. 7. Flood Risk Subcatchment



- # Manhole
- § Extended surcharge manhole
- Sewer pipe
- Subcatchment
- Extended sewer surcharge subcatchment



Fig. 8. Priority Subcatchment for Flood Risk Management

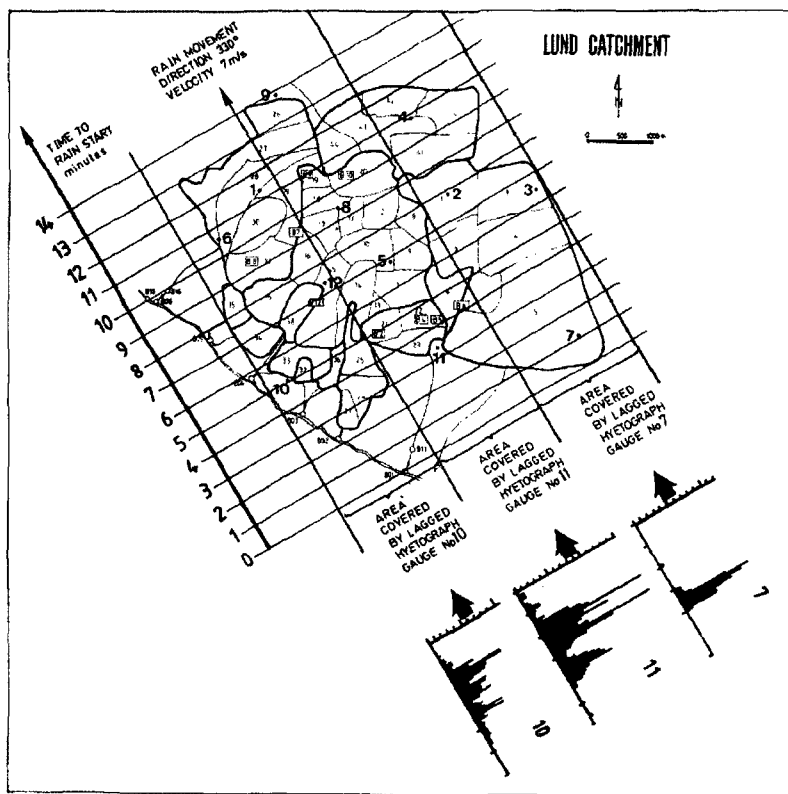


Fig. 9. Propagation of Rainfall Hyetographs (Niemczynowicz, 1988)

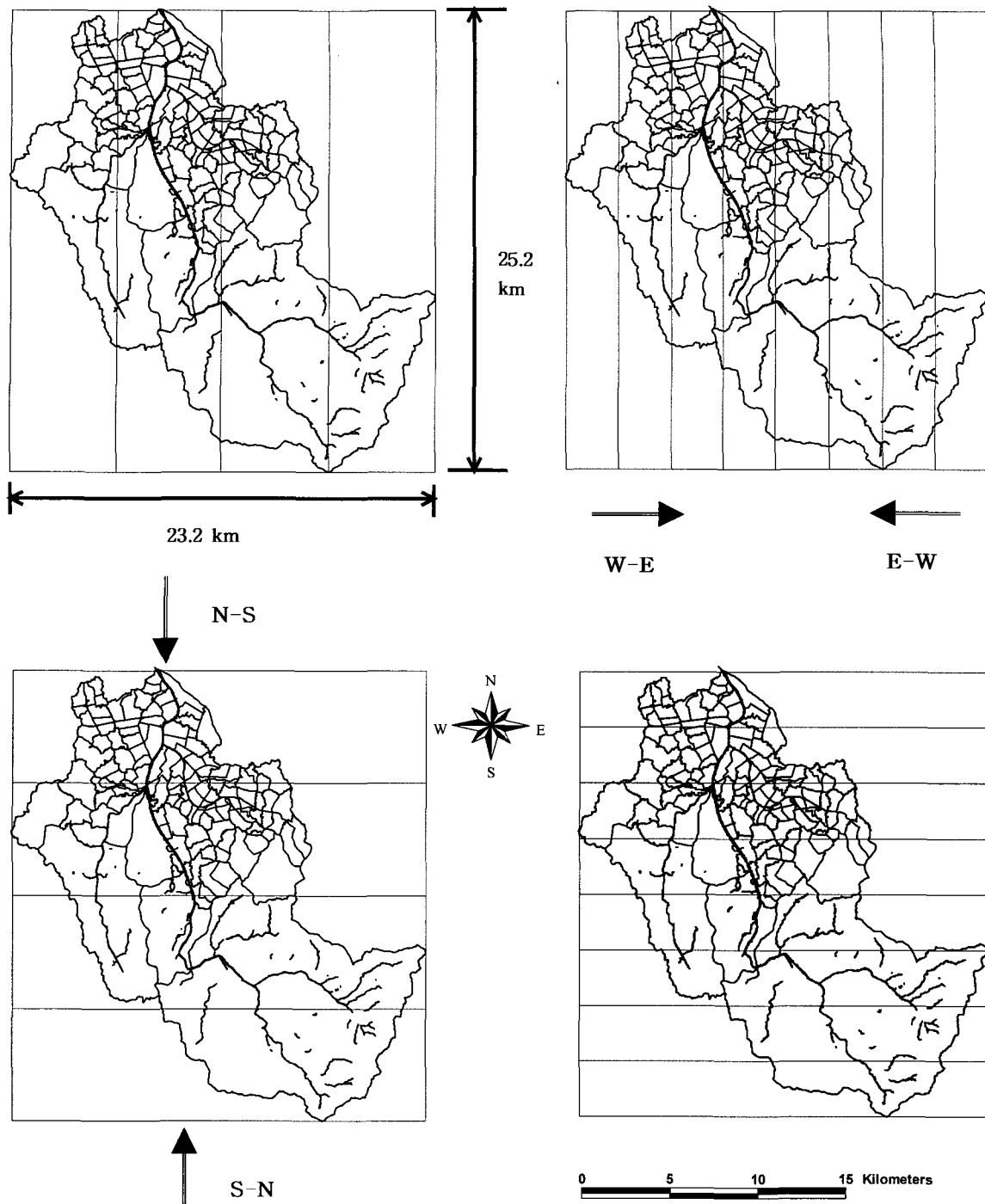


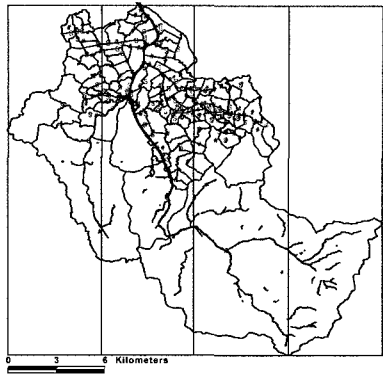
Fig. 10. Isohyetal Map

의 시간  $t$ 의 강우량,  $P(t_k)$ 는  $k$ 번째 등우선의 시간  $t$ 의 강우량을 나타낸다.

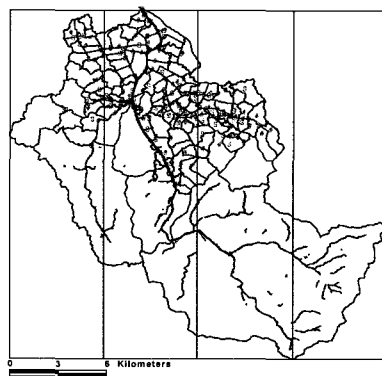
3시간의 강우사상이 4등분과 8등분된 등우선 밖을 빠져나가는 6시간, 10시간에 대해서 모의를 실시하였으며, W-E4(서쪽에서 동쪽 4등분, 등우선), W-E8(서쪽에서 동쪽, 8등분 등우선), E-W4(동쪽에서 서쪽, 4등분 등우선), E-W8(동쪽에서 서쪽, 8등분 등우선), N-S4

(북쪽에서 서쪽, 4등분 등우선), N-S8(북쪽에서 남쪽, 8등분 등우선), S-N4(남쪽에서 북쪽, 4등분 등우선), S-N8(남쪽에서 북쪽, 8등분 등우선)의 Extended surcharge manhole의 발생을 1시간 단위로 나타내었다. 그 결과는 Fig. 11과 같다.

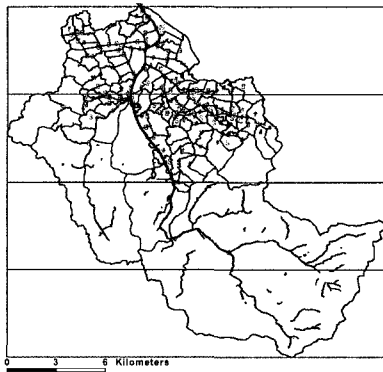
Fig. 12는 강우의 이동방향 및 속도에 따라 민감하게 반응하는 Extended surcharge subcatchment로 (a)는



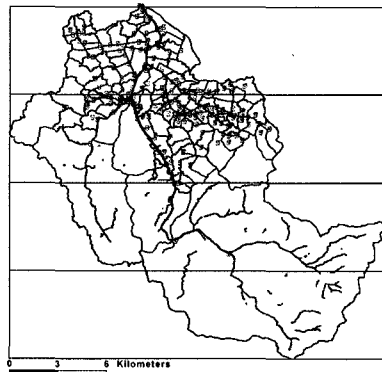
(a) W-E4



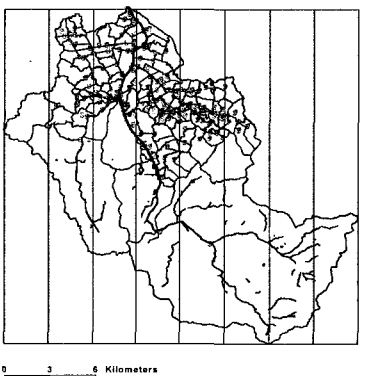
(b) E-W4



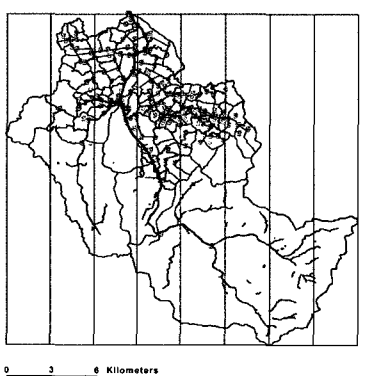
(c) N-S4



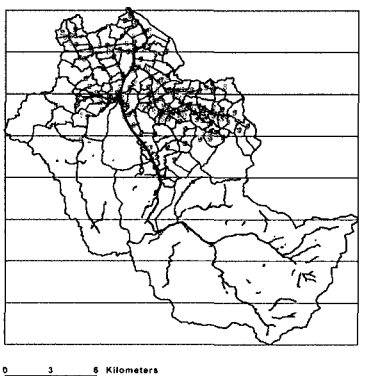
(d) S-N4



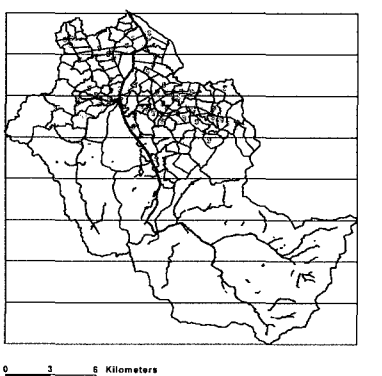
(e) W-E8



(f) E-W8



(g) N-S8



(h) S-N8

Fig. 11. Extended Surcharge Manhole in Process of Time for Each Direction and Velocity of Design Rainfall

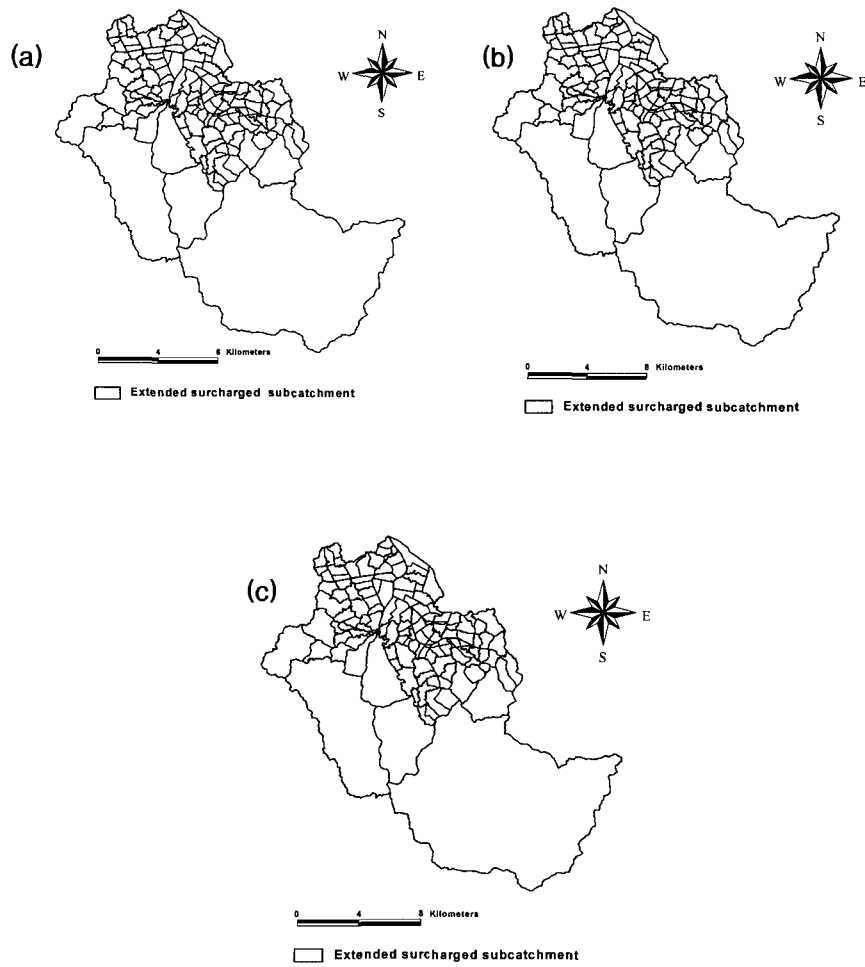


Fig. 12. Sensitive Extended Surcharge Subcatchment for Moving Storm

횡방향과 종방향 이동강우에 대한 모의에서 종방향의 빠른 이동강우에서만 나타나는 Extended surcharge subcatchment이며, 이들 지역은 화곡동, 오류동, 대방동에 포함된 소유역이다. (b)는 종방향의 느리고 빠른 이동강우에 대한 모의에서 빠른 이동강우에서만 나타나는 Extended surcharge subcatchment로 오류동, 신림동, 목동에 포함된 소유역이고, (c)는 횡방향의 느리고 빠른 이동강우에 대한 모의에서 빠른 이동강우에서만 나타나는 Extended surcharge subcatchment로 신림동 및 영등포에 포함된 소유역이다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 안양천 유역의 서울시에 포함된 하류유역을 중심으로 내수침수 발생특성을 분석하였다. 본 연구에서 수행한 내용을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 서울시에 포함된 안양천 하류유역을 128개의 소유역으로 나누고, 증설 및 신설된 5개의 빗물펌프장을 고려하여 SWMM 모형을 구성하였으며,

유역의 특성에 따라 안양천 유역을 3개의 유역으로 분류하여 매개변수의 보정을 실시함으로써 모형의 재현성을 높이고자 하였다.

- (2) 빈도별 지속시간별 모의를 실시하여 Extended surcharge manhole의 발생을 살펴본 결과, 총 강우량보다 일정시간에 집중되는 강우강도의 증가에 따라 Extended surcharge manhole의 발생이 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 각 빈도별 지속시간별 모의결과에서 모두 발생하는 Extended surcharge manhole을 포함하는 지역을 내수침수발생의 위험도가 큰 지역을 선정하였으며, 이들 지역 중 내수침수의 발생시간을 고려하여 내수침수가 공통적으로 빠르게 발생하는 지역을 우선적으로 관리가 필요한 지역을 선정하였다.
- (4) 강우의 이동속도 및 이동방향에 따른 Extended surcharge manhole의 발생을 시간적, 공간적으로

살펴보았으며, 그 결과, 강우의 이동속도가 빠르고 강우의 이동방향이 하천의 흐름방향과 같을 때 Extended surcharge manhole의 발생이 많아졌으며, 몇 개의 소유역이 이동방향 및 이동속도에 따라 민감하게 반응하고 있음을 보였다.

최근 홍수가 국지적인 현상을 보이고 있고 시공간적인 변화특성을 갖는 강우임을 고려해볼 때, 강우의 시공간적인 특성에 따른 내수침수의 해석은 연속적으로 발생 가능한 내수침수 발생에 대해 위험도를 낮추고, 홍수에·경보 측면에서 주민의 신속한 대피와 같은 홍수대처능력과 치수관리측면에서는 소요되는 자원의 효율적 배분에 기초적 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 앞으로, 이들 지역에 대한 개선대안의 적용과 대안별 효과분석을 통하여 구체적이고 효과적인 치수관리방안을 모색함으로써 홍수방어능력을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-2)의 서울대학교 공학연구소를 통한 연구비 지원과에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원과 자료를 제공해 준 서울특별시 건설기획국에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

### 참고 문헌

김학수 (2002). 빗물펌프장과 우수지를 고려한 도시유출 특성. 석사학위논문, 서울대학교.  
 삼본엔지니어링 (2005). 용인신봉구역 도시개발사업 재해영향평가서.  
 건설교통부 (1983). 안양천 유역종합 치수대책 보고서. 삼안기술공사.  
 서울특별시 (2005). 대학과 연계한 하천관리 연구용역 (2단계 1차). 서울시립대학교.  
 이경호 (2005). 도시유역에서의 홍수범람 모의. 석사학위논문, 서울대학교.  
 이길성 등 (2004). 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 적용. 과학기술부.  
 이승중 (2005). WEP 모형을 이용한 도림천 유역의 물

순환 모의. 서울대학교 석사학위논문.  
 이정민, 이상호, 이길성 (2004). "SWMM을 이용한 도림천 장기유출 연속모의." 2004년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 4074-4079.  
 이정우, 박인찬, 김문모, 조원철 (2004). "배수펌프장 설치에 따른 내수침수저감 효과분석." 한국수자원학회 2004 학술발표회 발표논문초록집, 한국수자원학회, pp.191-191.  
 이종태, 강태호, 김정환 (1996). 제4회 수공학학술회 교재: 도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM 모형. 한국수자원학회, pp. 97-204.  
 최계운, 이호선, 한만신, 이병주 (2004). "SWMM 모형을 활용한 인천교 매립지 침수 피해 경감에 대한 연구." 한국수자원학회 2004 학술발표회 발표논문초록집, 한국수자원학회, pp.96-96.  
 한국건설기술연구원 (2000). 수자원관리기법 개발연구 조사 보고서 - 별책 제2권 지역적 설계강우의 시간적 분포. 건설교통부.  
 土木研究所 (2002). WEP 해설서. 일본 土木研究所.  
 Camorami, G., Castellarin, A., and Brath, A. (2005). "Effects of Land-use Changes on the Hydrologic Response of Reclamation Systems." Phys. Chem. Earth, Vol. 30, pp. 561 - 574.  
 Hsu, M. H., Chen, S. H., and Chang, T. J. (2000). "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System." Journal of Hydrology, Vol. 234, pp. 21-37.  
 Huber, W. C., and Dickinson, R. E. (1988). Stormwater Management Model, Version 4: User's Manual Ver. 2.1. U. S. Army Corps of Engineers.  
 Niemczynowicz, J. (1984). "Investigation of the Influence of Rainfall Movement on Runoff Hydrographs Part I and Part II." Nordic Hydrology, Vol. 15, pp. 57 ~ 84.  
 Niemczynowicz, J. (1988). "The Rainfall Movement - A Valuable Complement to Short-term Rainfall Data." J. Hydrol., Vol. 104, pp. 311 ~ 326.

(논문번호:06-83/접수:2006.08.04/심사완료:2007.04.09)