

# 도시배수체계와 연계한 내수침수모형의 개발 및 검증

## Development and Verification of Inundation Modeling with Urban Flooding Caused by the Surchage of Storm Sewers

김 지 성\* / 한 건 연\*\* / 이 창 희\*\*\*

Kim, Ji Sung / Han, Kun Yeun / Lee, Chang Hee

### Abstract

Urban flooding is usually caused by the surcharge of storm sewers. For this reason, previous studies on urban flooding are mainly concentrated on the simulation of urban drainage systems. However these approaches that find the pipes which have insufficient drainage capacity are very approximate and unreasonable ways in establishing both flood prevention and flood-loss reduction planning. In this study, a two-dimensional model linked the existing ILLUDAS model is developed to calculate the accurate and resonable solution about urban flood inundation and it is verified by using the simulation of July 2001 flood in Seoul. In the urban area with a small difference of ground elevations, the two-dimensional flood propagation phases must be considered to make a accurate analysis for inundated area and depth. The result of this study can be used to construct fundamental data for a flood control plan and establish a urban flood forecasting/warning system.

**keywords** : Urban Inundation, Storm Drainage, Surface water, GIS, ILLUDAS

### 요 지

도시지역의 내수침수는 주로 우수관로 배수체계의 통수능력 부족으로 발생된다. 따라서 지금까지의 도시침수에 대한 국내외 연구가 우수관로해석에 국한되어왔다. 하지만 우수관로시스템 해석을 통해서 배수능이 부족한 관거를 찾는 것만으로 침수방지대책을 세우는 것은 매우 근사적이고 비합리적인 대안을 제시할 수밖에 없는 실정이다. 본 연구에서는 도시침수양상에 대한 정확하고 합리적인 해를 도출하기 위하여 ILLUDAS를 이용한 관로시스템 해석과 2차원 지표류 계산모형을 연계한 침수해석 모형을 개발하였고, 2001년 7월 서울지역의 집중호우 사상에 대한 적용결과로 해석결과를 검증하였다. 표고차가 적은 도시유역에서 침수모의를 위해서는 2차원적 홍수전파양상을 반드시 고려해야 침수범위, 침수위 등에 대한 정확한 해석이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구결과는 도시 홍수 예경보와 침수 지도 작성 등의 도시침수 및 방재계획 수립에 실제적으로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 내수침수, 우수관거, 지표류, GIS, ILLUDAS

\* 경북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

Doctoral Candidate, Dept. of Civil Engrg., Kyungpook National Univ., Daegu 702-701, Korea  
(e-mail: jisungk@gmail.com)

\*\* 경북대학교 공과대학 토목공학과 교수

Prof., Dept. of Civil Engrg., kyungpook National Univ., Daegu 702-701, Korea  
(e-mail: kshanj@knu.ac.kr)

\*\*\* 서울시정개발연구원 디지털도시부 부연구위원

Associate Research Fellow, Dept. of Digital City, Seoul Development Institute., Seoul 137-071, Korea  
(e-mail: changhee@sdi.re.kr)

## 1. 서 론

경제발전과 인구증가에 따라 도시지역의 침수는 심각한 인명 및 재산 피해를 야기하게 되었다. 특히 서울지방을 비롯한 경기도 지역은 대도시의 특성상 침수에 의해 도시 사회기반시설에 큰 문제점을 야기하며, 기존 시설물 및 재산 피해 뿐 아니라 장래 생산성에 있어서도 막대한 경제적 손실을 일으킨다. 실제로 2001년 7월 집중호우의 경우, 서울지역의 주택침수피해는 전국피해의 약 79%에 해당하는 규모로 유사한 강수량에 대해 홍수피해가 대도시에 집중됨을 알 수 있다(수해백서, 2001). 대부분의 대도시는 도심하천을 둘러싼 제방으로 하천의 범람으로부터 보호를 받는다. 7~8월의 장마기 또는 태풍이 내습한 시기에는 하천의 수위가 도시 저지대의 표고보다 높아, 도시우수관거 시스템에 배수영향이 미치게 된다. 도시 침수의 주요 원인은 두 가지로 구분할 수 있는데, 첫째는 설계빈도보다 큰 강우가 짧은 지속시간으로 집중되었을 때 관의 통수능력을 초과하게 되어 발생되며, 두 번째는 도시 주변 하천의 수위상승으로 인한 배수효과이다. 컴퓨터 계산능력의 발전과 더불어 선진국의 많은 도시에서는 도시홍수에 의한 재해를 경감시키기 위해, 도시 유출 및 침수에 관한 관심이 지속되어 왔고, 복잡한 배수 시스템으로 이루어진 도시지역의 유출을 해석하기 위한 다양한 수준의 도시우수계통 해석모형이 개발되어왔다. 우수관거 해석을 위한 모형으로는 단순히 유역에서 발생된 침투유량을 유입유량으로 하여 우수관로시스템의 적정성을 분석하는 미 연방 고속도로 관리국의 HYDRA 모형과 몇 가지 수문학적 방법으로 계산된 유역의 유출량을 유입유량으로 하여 저류지시법과 같은 수문학적 흐름 추적을 사용하는 Chicago, RRL, ILLUDAS(Michael and John, 1974) 모형, 그리고 유입된 유량을 등역학적으로 해석하는 SWMM(Huber and Dickinson, 1988), MOUSE(Danish Hydraulic Institute, 1999) 모형 등이 있다. 개발된 모형들은 빈도별 강우 또는 실제 강우사상에 대한 관거에서의 배수량 해석을 통하여 기존 우수배수시설의 평가 그리고 신규시설의 설계 및 대안수립에 사용될 수 있다. 그럼에도 불구하고 관거의 잉여유량과 유역 지표면에서의 광범위한 도시침수를 모두 고려한 연구는 매우 부족한 실정이다. Hsu et al.(2000)은 SWMM과 2차원 확산과 지표류 해석을 통한 도시 침수모의를 대만의 Taipei시에 적용하였고, Mark et al.(2004)은 MOUSE와 연계한 1차원 도시침수를 방글라데시의 Dhaka시에 적용하였다. 국내에서는 주로 SWMM과

ILLUDAS를 병행하여 도시유출 및 배수시스템을 해석하고 있으며, 입력자료 구성을 위한 유역 및 관거 자료도 비교적 확보되어 있는 상황이다. 도시침수와 연계가능성이 있는 기존 유출모형으로는 대표적인 모형으로 ILLUDAS와 SWMM 등을 들 수 있으며, 본 연구에서는 비교적 입력자료의 구성이 용이하여 국내 도시유역의 유출해석에 적합하고, 도시침수해석을 위해 각 배수로에서의 소통능력을 계산하여 설계유량에 대해 통수능력이 미달되는 경우 주요 맨홀 지점의 지체유량을 계산함으로써 잉여유량의 해석이 가능하도록 수정한 ILLUDAS 모형과 2차원 지표류 해석을 연계하여 서울시 도림천 유역에 적용하였다.

## 2. 도시유출 및 우수관로 해석

ILLUDAS 모형은 우수배제계통에 직접 연결되는 불투수지역과 유역의 나머지 부분, 즉 잔디, 홍수로, 공원, 지붕과 같이 우수배수계통에 직접 연결되지 않는 부분, 그리고 불투수 지면이라도 투수지역으로 배수되는 부분을 분리하여 유출해석을 실시한다. ILLUDAS 모형의 기본 개념은 RRL 방법과 같으나, 차이점은 유역을 직접연결 불투수지역, 간접연결 불투수지역, 유출에 기여하는 투수지역의 세 가지로 구분하여 각각에 따라 손실 유량과 흐름상태를 구분하여 해석한다는 것이다. 불투수지역 뿐만 아니라 투수지역의 유출량을 소유역별로 각각 산정한 후 이를 합성하여 수문곡선을 얻으며, 이 수문곡선이 우수관거를 따라 추적 및 합성되어 유역 하단부에서의 최종 유출수문곡선을 구한다. ILLUDAS 모형의 유출해석에 대한 상세한 설명은 모형 관련 보고서와 기존 연구논문에 소개된 바 있다(Michael and John, 1974; 허창환, 2003).

### 2.1 우수관로의 홍수추적 및 잉여유량 산정

각 배수분구에서 불투수지역과 투수지역에서의 수문곡선이 합쳐져 하나의 유입수문곡선이 생성되고 이는 각 배수로 유입지점에서의 유입량이 된다. 유입한 우수가 배수로의 한 지점에서 다음 지점으로 전달되는 과정에는 저류추적법이 사용된다.

저류추적법으로 해석하기 위해서는 각 유입지점 사이 배수로구간에서의 유량-저류량 관계식이 필요한데, 이를 위해서 먼저 검토대상 수로단면의 수위-유량관계를 Manning의 식으로 구축하고, 배수로 구간의 길이와 형상으로부터 흐름을 등류상태로 가정하여 검토구간에서의 근사적인 유량-저류량 관계를 구축한다. 근사적인 관계식으로 인해 발생하는 계산오차는 구간의 길이를

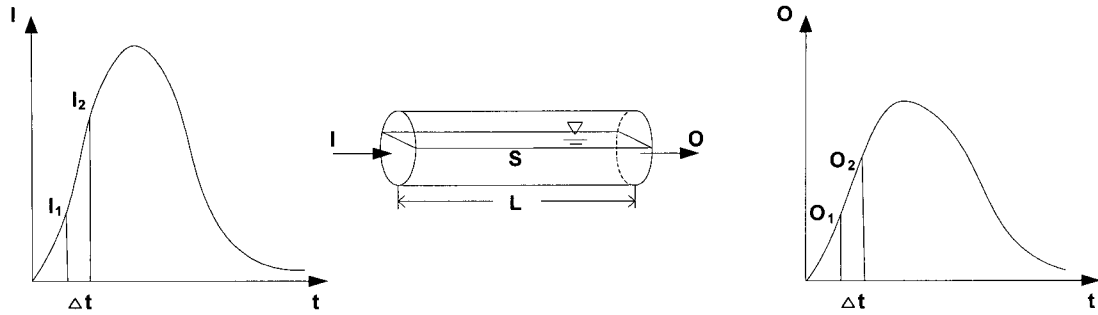


Fig. 1. Flood routing in storm sewer

가능한 짧게 선정하고 작은 계산시간 간격을 사용함으로써 최소화시킬 수 있다.

$$\bar{I} - \bar{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t - \frac{1}{2}(O_1 + O_2)\Delta t = S_2 - S_1 \quad (2)$$

여기서,  $I$ 는 유입량 ( $m^3/sec$ ),  $O$ 는 유출량 ( $m^3/sec$ ),  $S$ 는 저류량 ( $m^3$ )을 나타낸다.

우수관로의 홍수추적 과정에서 각 관로의 유입량이 만관시 배수능력을 초과하여 발생하는 잉여유량은 만관의 관로 유입부와 이전 관로 유출부의 연결부 지점인 맨홀에서 수위가 상승하게 되고, 만약 맨홀의 수위가 지표면 표고에 도달하면 지표면으로 유출하여 내수침수가 발생된다. ILLUDAS에서는 만관시 배수능력을 등류조건을 가정하여 Manning 식으로 계산한다. ILLUDAS 모형은 관거의 통수능 부족으로 인하여 지표로 유출될 수 있는 유량을 지표에 저류되는 것으로 가정하고 저장하였다가, 만관이었던 관로가 소통능력이 가질 때, 다시 배제할 수 있도록 작성되었다.

본 논문에서는 각 배수관로의 잉여유량이 지표면으로 유출되어 유역 내의 저지대로 유하함으로써 유출된 유량이 우수관거로 재유입되지 않는 것으로 가정하였으며, 이를 2차원 지표류 해석과 연계하였다. 유출된 유량에 의한 침수면적은 지표면 표고를 나타내는 DEM을 따라 점차 증가하게 되고, 지표류 해석을 통해 침수심의 시간에 따른 상승도 모의될 수 있다.

### 3. 2차원 지표류 해석

맨홀에서의 잉여유량의 유출에 의한 내수침수의 경우, 도시 내의 저류, 건물주위에서의 흐름, 가로에서의 흐름 등에 따라 그 물리적인 양상을 수식으로 표시하기

에 큰 어려움이 있다. 따라서 침수예상구역의 물리적인 특성을 정확하게 반영할 수 있는 수리학적 방정식을 기본식으로 하여 해석하여야 한다.

침수예상 구역의 적정범위를 지형도 등을 통해서 설정하고, 격자망을 구성하여 연속방정식과 운동량 방정식을 유한차분법 또는 유한요소법 등을 적용하여 흐름을 해석할 수 있다. 2차원 천수방정식을  $x, y$  방향의 단위 폭당 유량  $q_x, q_y$ 에 의하여 기술하면 Eqs. (3a)~(3c)와 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = i \quad (3a)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{Q_x}{A_x} \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{Q_y}{A_y} \frac{\partial Q_x}{\partial y} \quad (3b)$$

$$+ gA_x (S_{fx} + \frac{\partial H}{\partial x} - S_{ox}) = 0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{Q_x}{A_x} \frac{\partial Q_y}{\partial x} + \frac{Q_y}{A_y} \frac{\partial Q_y}{\partial y} \quad (3c)$$

$$+ gA_y (S_{fy} + \frac{\partial H}{\partial y} - S_{oy}) = 0$$

여기서,  $q_x, q_y$ 는  $x, y$ 방향에 대한 단위 폭당 유량,  $h$ 는 수위,  $Q_x, Q_y$ 는  $x, y$ 방향에 대한 전 유량,  $A_x, A_y$ 는  $x, y$ 방향에 대한 단면적,  $S_{fx}, S_{fy}$ 와  $S_{ox}, S_{oy}$ 는  $x, y$ 방향에 대한 마찰경사와 하상경사,  $i$ 는 강우에 의한 유입량 또는 지표로 침투되는 생성/소멸항을 나타내며,  $H$ 는 수심,  $g$ 는 중력가속도를 각각 나타내고 있다.

2.1절에서 설명된 과정으로 계산된 맨홀에서 유출된 유량은 맨홀지점의 격자크기와 계산시간 간격을 고려하여 생성된 수심으로 계산될 수 있으므로 Eq. (3a)의 연속방정식에 생성항  $i$ 로 고려된다.

연속방정식과 운동량방정식의 미분형은 유한차분형태로 가정하여 모든 격자에 대해 적용된다. 흐름은 질량보존의 원리에 따라 격자에서 격자로 지표면을 따라 유하하게 된다. 짧은 시간간격 동안 하나의 격자로 유입되는 질량의 총량은 격자 내 질량의 변화량에 비례한다. 2차원 흐름을 가정하면 주어진 시간  $t$  에 있어서 요소  $(j,k)$  에 대한 연속방정식의 1차 근사식은 다음과 같이 수심을 산정하는데 적용될 수 있다.

$$h^{t+\Delta t}(j,k) = h^t(j,k) - \left\{ \frac{q_x^t(k \rightarrow k+1) - q_x^t(k-1 \rightarrow k)}{W} \right\} \Delta t - \left\{ \frac{q_y^t(j \rightarrow j+1) - q_y^t(j-1 \rightarrow j)}{W} \right\} \Delta t \quad (4)$$

여기서,  $h^{t+\Delta t}(j,k)$ 는 시간  $t+\Delta t$  에 있어서의 요소  $(j,k)$ 에서의 수심,  $h^t(j,k)$ 는 시간  $t$  에 있어서의 요소  $(j,k)$ 에서의 수심,  $\Delta t$ 는 시간간격,  $q_x^t(k \rightarrow k+1)$ 는 시간  $t$  에 있어서의 격자  $(j,k)$ 와  $(j,k+1)$ 사이의  $x$ 방향 단위 폭당 유량,  $q_x^t(k-1 \rightarrow k)$ 는 시간  $t$  에 있어서의 격자  $(j,k-1)$ 과  $(j,k)$ 사이의  $x$ 방향 단위 폭당 유량,  $q_y^t(j \rightarrow j+1)$ 는 시간  $t$  에 있어서의 격자  $(j,k)$ 와  $(j+1,k)$ 사이의  $y$ 방향 단위 폭당 유량,  $q_y^t(j-1 \rightarrow j)$ 는 시간  $t$  에 있어서의 격자  $(j-1,k)$ 과  $(j,k)$ 사이의  $y$ 방향 단위 폭당 유량,  $W$ 는 격자크기이다.

## 4. 실제 유역에 적용

### 4.1 대상유역 선정

본 연구에서는 도시지역에 대한 침수모의를 실시하

기 위하여 서울시 배수분구 중 하나인 도림1 빗물펌프장 집수유역을 대상유역으로 선정하였다. 유역면적은 189.5ha이고, 산지가 거의 없는 평탄한 지형이며, 미개발지가 거의 없는 고밀도 주거지역이다. 불투수면적의 비율이 91% 정도로 포장율이 높고 충분히 도시화된 유역으로 모형을 적용하여 도시침수해석을 실시하기에 타당하다.

먼저 대상유역의 수치지형도를 이용하여 DEM을 생성하고, 생성된 DEM을 이용하여 도시침수해석을 실시한다. DEM은 지표면의 표고를 같은 크기의 다수 정사각형을 사용하여 나타낸 것으로 도시침수해석의 입력자료로 사용될 뿐만 아니라, 해석결과로부터 침수지도 작성에 사용된다. 일반적인 농경지의 침수해석에 사용되는 DEM은 50~200m의 해상도를 사용하지만, 도시지역의 특성을 반영하기 위해서 약 5~20m 해상도의 DEM이 추천된다.(Mark and Apirumanekul, 2001). Fig. 2는 Arc/info와 Arcview를 이용하여 변환된 Coverage, 대상유역의 20m DEM을 나타낸다. 주요 간선관로와 맨홀의 위치에 따라 16개의 소유역으로 구분하였고, Fig. 3은 모형 적용을 위해 구분된 소유역의 배수 계통도와 2차원 지표류 모형을 이용한 도시침수해석을 위해서 적용된 맨홀 유출량 산정 지점의 격자번호를 나타낸다.

### 4.2 2001년 7월 홍수사상 해석

ILLUDAS 모형을 이용하여 각 소유역에 대해 강우에 의한 관거 유입량을 산정하고, 우수 관거 시스템 해석을 통하여 관거의 통수능 부족으로 인한 잉여유량의 맨홀 유출량을 계산하여 도시침수양상을 모의하였다. 모형으로부터 산정된 유출량을 통해 2차원 지표류 해석 모형을 이용하여 도시침수해석을 실시하였다. 대상유역은 구로(건교부) 강우관측소에 인접한 배수분구로 인접 다른 강우관측소는 면적평균강우에 큰 영향을 미치지 못하기 때문에 구로 관측소에서 기록된 자료를 사용하

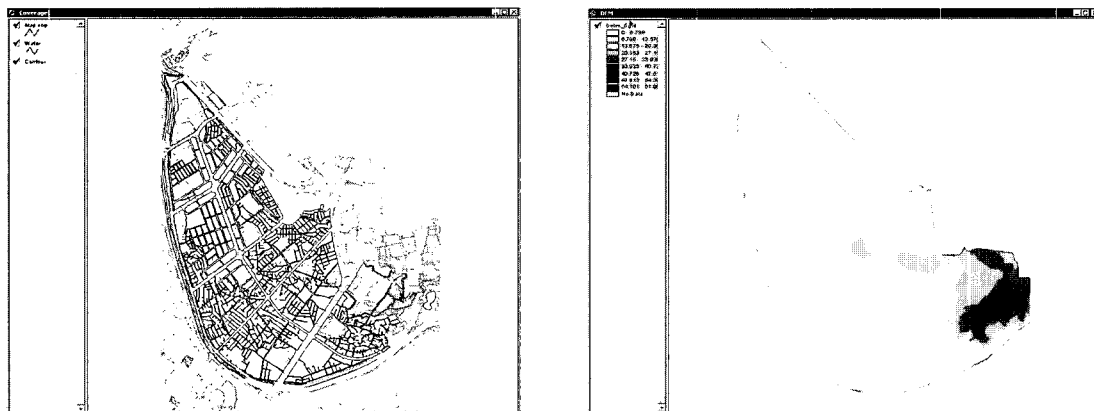


Fig. 2. Coverage and DEM in Dorim catchment

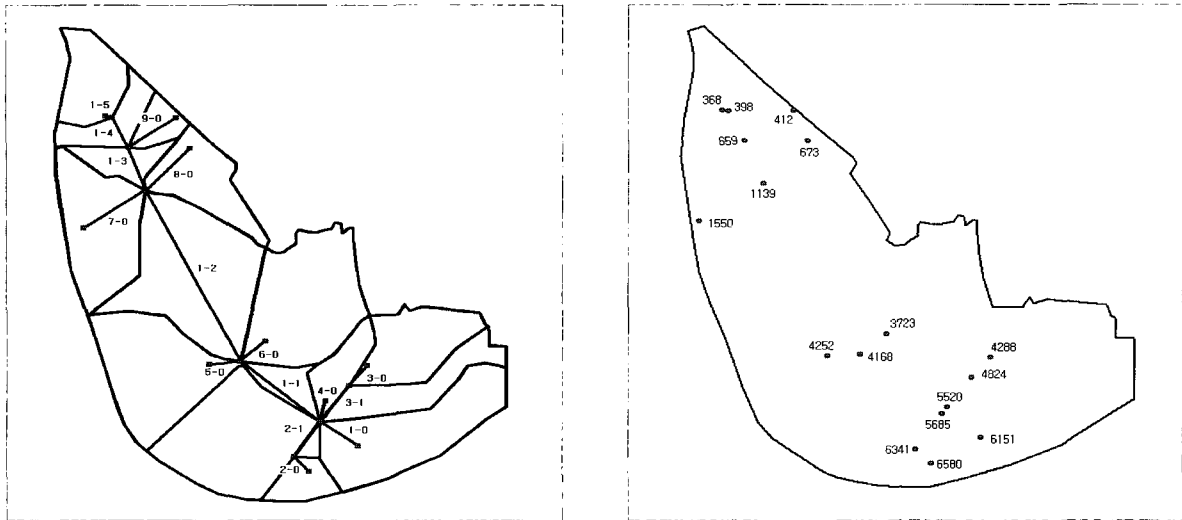


Fig. 3. Drainage system and manholes in Dorim catchment

였고, 해석에 사용된 대상사상은 Fig. 4와 같이 2001년 7월 14일 15시에서 2001년 7월 15일 13시까지 22시간 동안의 강우를 사용하였다.

대상유역에 대해 강우시작 시점에서 10분의 계산시간 간격을 사용하여 ILLUDAS 모형을 적용하였으며, 그 결과 잉여유량이 발생하는 관로는 4개로 해당 관로

의 유입부 맨홀지점을 Fig. 3의 지표면 격자번호를 참조하여 각 맨홀에서 발생한 유출량을 Fig. 5와 Table 1에 나타내었다.

#### 4.3 Level-pool 침수해석

대상유역의 DEM을 이용하여 Fig. 6와 같은 방법으로

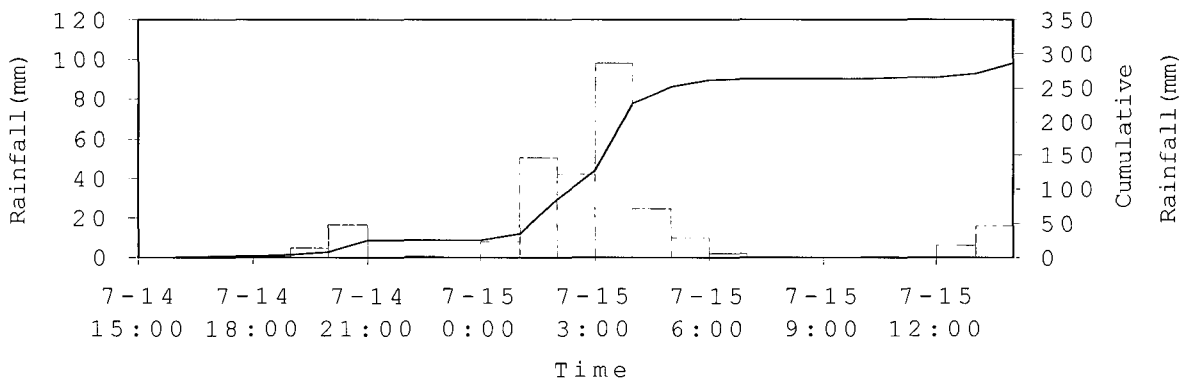


Fig. 4. Observed rainfall data

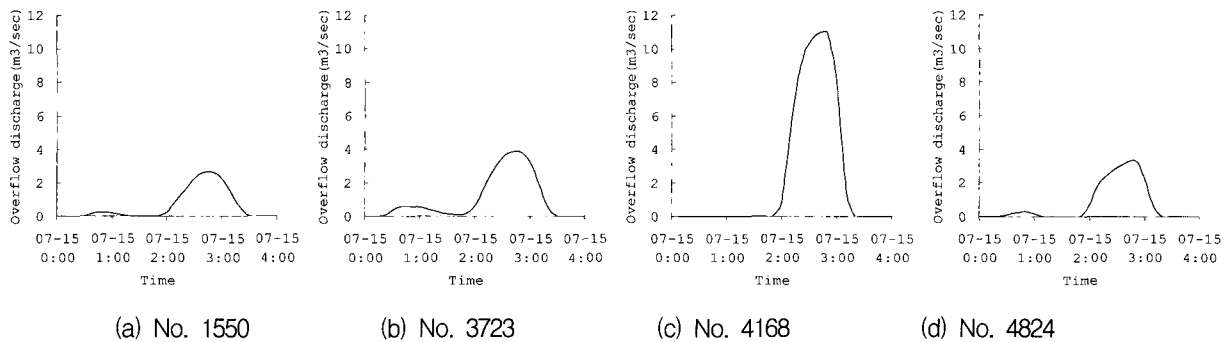


Fig. 5. Computed overflow discharges at each manhole during the flood event

Table 1. Total flooding volume of the sewers which have insufficient drainage capacity

Number of Sewer	Grid Number	Start Time of Flooding	Total Flooding Time(hr)	Total Flooding Volume( $m^3$ )
3-1	4824	7/15 0:30	2.667	10993
6-0	3723	7/15 0:20	3.000	14998
1-2	4168	7/15 2:00	1.167	34101
7-0	1550	7/15 0:40	2.667	9045

Table 2. Inundation level vs. flooded volume in studied area

Level(m)	Volume( $m^3$ )	Level(m)	Volume( $m^3$ )	Level(m)	Volume( $m^3$ )	Level(m)	Volume( $m^3$ )
0.00	0	7.75	13052	10.00	49508	10.60	82954
3.00	0	8.00	16518	10.10	52984	10.65	87427
4.00	175	8.25	20068	10.20	57236	10.70	92232
5.00	297	8.50	23700	10.30	62372	10.75	97320
6.00	463	8.75	27413	10.35	65266	10.80	102707
6.50	565	9.00	31208	10.40	68342	10.85	108448
7.00	3290	9.25	35088	10.45	71623	10.90	114754
7.25	6411	9.50	39089	10.50	75122	10.95	122120
7.50	9677	9.75	43506	10.55	78871	11.00	130899

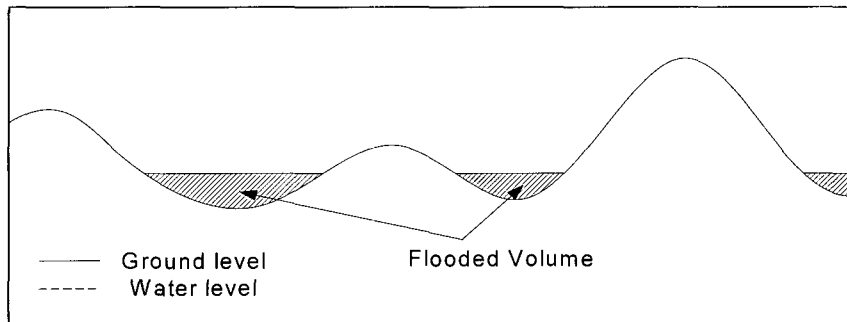


Fig. 6. Flooded volume by level-pool analysis

입지의 침수위에 각각 대응하는 전체 대상구역의 침수 체적을 산정하였다. 산정된 침수위당 침수체적을 Table 2와 Fig. 7에 나타내었다. 총 맨홀 유출체적에 대응되는 침수위를 산정하기 위해서는 대상구역에 대해 산정된 침수위당 침수체적을 기준으로 하여야 한다. Fig. 7에서 보여지듯이 침수위 7.0m, 10.1m 이후로 각각의 침수위에 대응되는 침수체적이 거의 선형을 이루므로, 각각의 침수체적에 대해서 선형보간을 하여 침수체적당 침수위를 산정할 수 있다. Table 3은 대상구역의 시간별 침수 체적과 선형보간된 침수위를 나타내었다.

#### 4.4 내수침수 해석결과

ILLUDAS 모형을 통해 산정된 맨홀 유출량은 2차원 침수해석을 위한 입력자료로 활용된다. Fig. 8은 2001년

7월 강우사상을 적용하여 모의한 결과로써 배수 시스템을 고려한 침수양상을 시간별로 나타내고 있으며, Fig. 9는 침수지역의 시간별 유속분포도를 나타낸다.

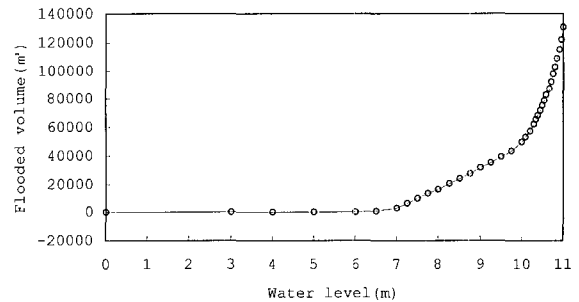


Fig. 7. Relationship between inundation level and flooded volume

Table. 3 Temporal flooded volume and interpolated water level

Time (hr)	Flooded Volume (m <sup>3</sup> )	Time (hr)	Flooded Volume (m <sup>3</sup> )
7-15 0:00	0	7-15 2:00	1498
7-15 0:20	17	7-15 2:20	15530
7-15 0:40	877	7-15 2:40	2373
7-15 1:00	1214	7-15 3:00	21762
7-15 1:20	44	7-15 3:20	3916
7-15 1:40	147	7-15 3:40	0
Total Flooded Volume (m <sup>3</sup> )	69136	Interpolated water level (m)	10.412

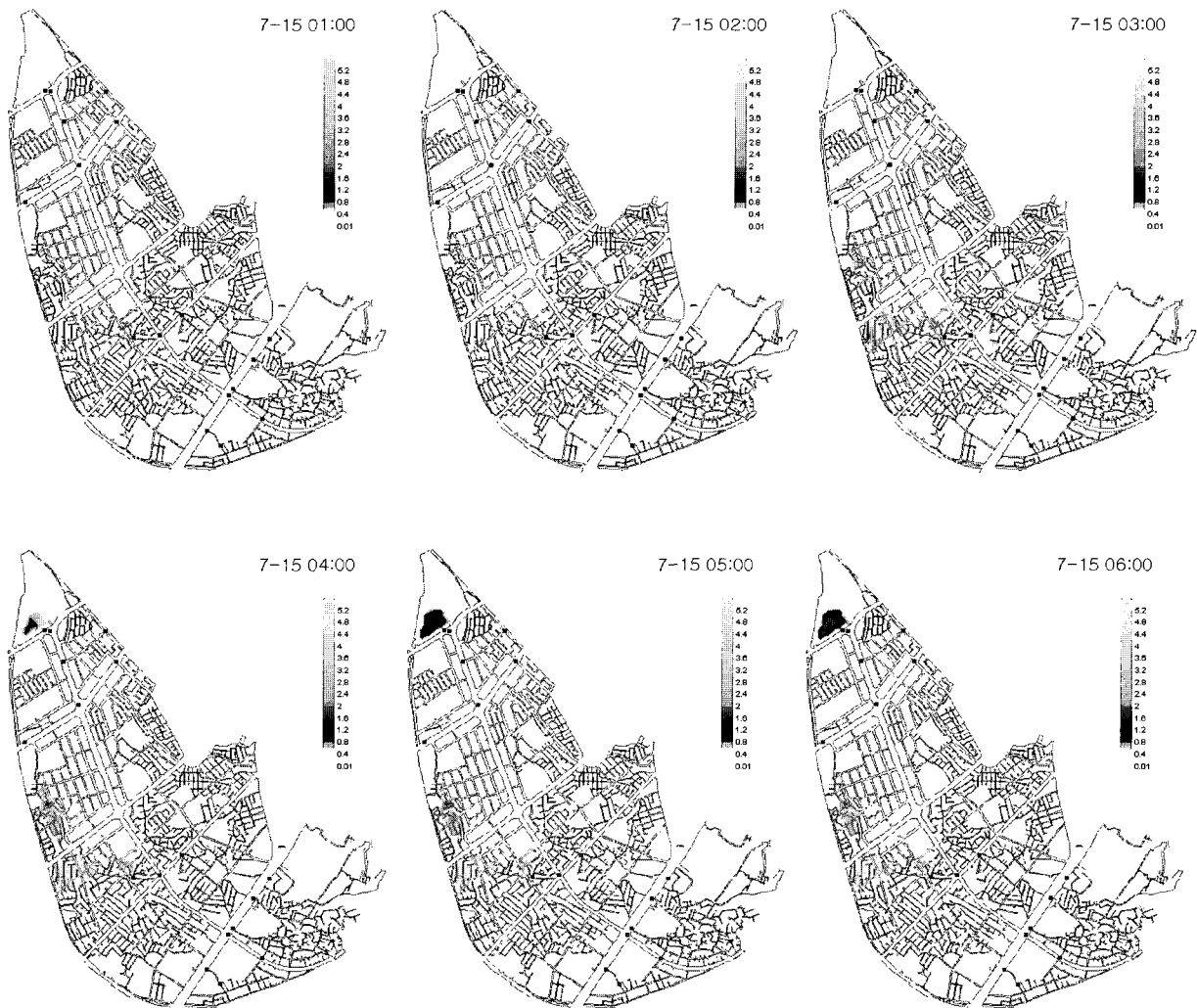


Fig. 8. Simulated inundation depth of Dolim catchment on July 2001

Fig. 4와 같이 7월 14일 저녁부터 시작된 강우는 잠시 소강상태를 보이다가 7월 15일 0~4시까지 집중호우가 발생하였으며, Fig. 5와 같이 7월 15일 2시부터 네 개의 맨홀지점에서 유출되는 유량이 증가하고 있다. 침수해석 결과 7월 15일 2시부터 3시 사이에 침수된 면적

이 급증하고 있음을 알 수 있으며 유출된 유량은 지표면 경사를 따라 유하하여 시간의 경과에 따라 유역북쪽 유수지로 집중되고 있으나, 일부 침수된 유역의 저지대는 배수되지 못하고 침수된 유량이 장기간 머무르는 것으로 모의되었다.

도시지역의 침수는 침수심 뿐만 아니라 유출된 유량의 지표면 유속에도 위험이 증가된다. 따라서 내수침수 모의에 2차원 해석은 반드시 필요하다. Fig. 9에는 계산된 유속의 방향과 크기를 화살표로 표시하였고 유속의 크기를 화살표의 길이로 참조하여 나타내었다. 본 연구에서 침수심이 40cm를 넘는 경우에 계산된 순간 최대 유속은 1.95m/s로 계산되었다. 침수심 결과와 마찬가지로 7월 15일 2시부터 3시 사이에 유속이 급증하였으나, 이후로 유속은 현저히 줄어들어 침수된 유량이 머무르는 것을 보여준다.

일반적으로 침수해석은 지역 내 홍수위보다 낮은 지역을 침수위험지구로 산정하는 근사적인 해석 또는 기존 침수피해실적으로부터 상승침수위험지구를 선정하는 방법이 실시되고 있다. 본 연구에서는 우수관거로부터 유출된 총 침수체적이 대상유역 내 저지대를 침수시키는 것으로 가정한 level-pool 침수해석결과와 2차원 침수해석 결과 중 모든 격자에서 최대 침수심이 계산된 결과를 비교하여 Fig. 10에 나타내었다. 해석결과,

level-pool 침수해석과 2차원 침수해석 결과는 침수양상에서 큰 차이를 보이고 있다. 특히 2차원 침수해석 결과와 달리 단순히 유역 저지대가 침수될 것으로 가정한 level-pool 해석 결과는 조사된 침수구역 중 남서쪽 지역을 해석하지 못하여 실제 침수양상을 반영하지 못하고 있다. 2차원 침수해석 결과가 유역 동쪽의 조사된 침수구역을 해석하지 못한 것은 Fig. 3에서와 같이 주요 간선만을 고려한 영향으로 판단된다.

일반적으로 도시 지역은 도시정비, 도로 건설 등에 따라 지반고가 평탄한 지형이 많이 존재하여, 잉여유량을 수치지도상에서 표출하기위한 수위-수표면적-수체적 관계 설정이 곤란하다. 또한 level-pool 침수해석이 맨홀 유출량의 시간에 따른 유달거리를 반영할 수 없기 때문에 실제 침수양상과 큰 차이를 보이게 된다. 따라서 복잡한 지형지물을 가진 도시유역에서 침수모의를 위해서는 2차원적 홍수전파양상을 반드시 고려해야 침수범위, 침수위 등에 대한 정확한 해석이 가능할 것으로 판단된다.

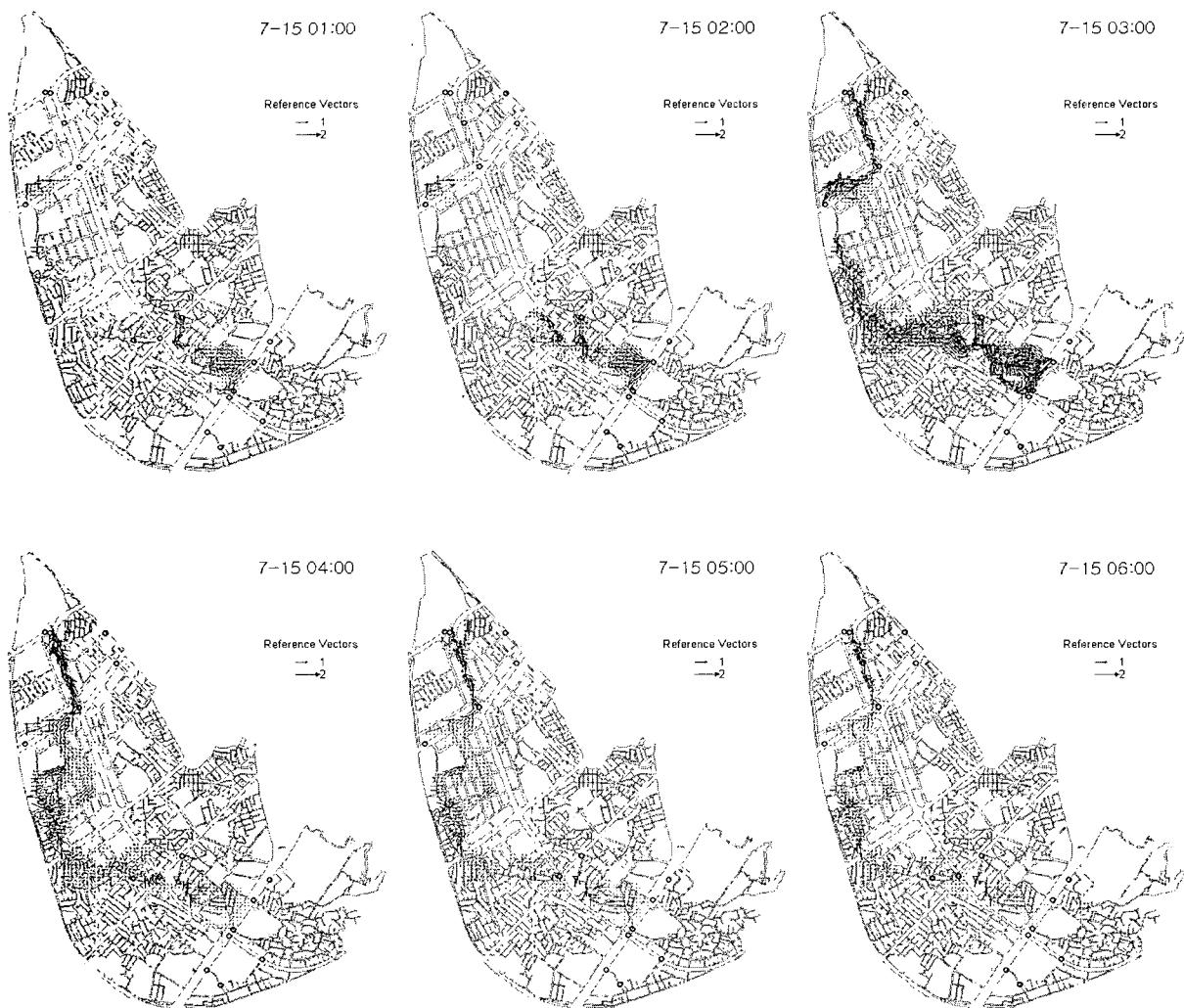


Fig. 9. Simulated flood velocity of Dolim catchment on July 2001





(a) Simulated Inundation Zones (level-pool Analysis)      (b) Simulated Inundation Zones (2-D Maximum Flood Depth)      (c) Surveyed Inundation Zones

Fig. 10. Comparison of simulation results between level-pool and 2-D inundation analysis

## 5. 결론

본 연구의 목적은 우수관거 해석과 2차원 침수해석을 연계하여 국내 상황에 적합한 침수예측모형을 확립 하는데 있다. 이를 위하여 ILLUDAS 모형과 2차원 지표류 해석을 연계하였으며, 2001년 7월 서울지역의 집중호우 사상을 모의하여 침수해석결과를 조사된 침수면적과 비교하여 검증하였다. 본 연구를 통해서 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 도시침수해석모형의 검토를 위해서 ILLUDAS 모형의 확장적용을 통해 우수관거를 해석하고 잉여유량을 산정하였다. 맨홀로부터 잉여유량의 유출에 의한 침수해석을 위해서 2차원 침수모형 체제를 구축하였고, 실제유역에 대한 모의 적용을 통해 모형의 적용성을 검증하였다.
- (2) 일반적으로 도시 지역의 침수해석은 도시경비, 도로 건설 등에 따라 지반고가 평탄한 지형이 많이 존재하여 잉여유량을 수치지도상에서 level-pool 추적으로 표출하기 위한 수위-수표면적-수체적 관계 설정이 곤란하므로 실제침수양상과 큰 차이를 보이게 된다. 따라서 표고차가 적은 도시유역에서 침수모의를 위해서는 2차원적 홍수전과 양상을 반드시 고려해야 침수범위, 침수위 등에 대한 정확한 해석이 가능할 것으로 판단되었다.
- (3) 본 연구의 모의결과는 수치지도와 GIS 상에 도시하여 과학적이고 가시적인 상황으로 제시하였

다. 본 연구모형은 도시지역에서의 수위와 유량 등을 효율적으로 계산함으로써 도시 홍수 예경보와 침수지도 작성 등의 도시치수 및 방재계획 수립에 실제적으로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

## 참고 문헌

- 서울특별시 (2003). 강남지역 2001 수해원인분석에 따른 펌프장분야 기본설계 보고서(부록).
- 한건연, 김광섭, 박재홍 (2003). 국내 도시홍수 침수원인 조사 및 분석, FFC03-09, pp. 34-36.
- 한건연, 이창희, 김지성 (2005). "도시배수체계와 연계한 침수모형의 개발 및 검증." 2005년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, (CD-Rom).
- 한국수자원학회, 서울특별시 (2002). 2001 수해백서.
- 허창환 (2003). "유역의 도시화에 따른 유출변화특성", 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제36권 5호, pp.725-740.
- Danish Hydraulic Institute (1999). MOUSE, Ver. 1999 User Manual and Tutorial. Hørsholm,

- Denmark.
- Hromadka II, T.V. and Lai, C. (1985). "Solving the two-dimensional diffusion flow model." *Proc. Spec. Conf.*, sponsored by the Hydro. Div. of ASCE, Lake Buena Vista, Fla.
- Hsu, M.H., Chen, S.H. and Chang, T.J. (2000). "Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system." *Journal of Hydrology*, Elsevier, Vol. 234, pp. 21-37.
- Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988). *Storm Water Management Model-SWMM*, Version 4 User's Manual. US Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.
- Mark, O., and Apirumanekul, C. (2001). "Modeling of urban flooding in Dhaka city", *4th DHI Software Conference*, pp. 101-108.
- Mark, O., Weesakul, S., Apirumanekul, C., Aroonnet, S.B., and Djordjevic, S. (2004). "Potential and limitations of 1D modeling of urban flooding", *Journal of Hydrology*, Elsevier, Vol. 299. pp. 284-299.
- Michael, L.T. and John, B.S. (1974). *The Illinois Urban Drainage Area Simulator, ILLUDAS*, Bulletin 58.

(논문번호:06-03/접수:2006.01.04/심사완료:2006.10.30)