Journal of the Korean Society of Civil Engineers
Vol. 33, No. 3: 957~964, May 2013
DOI: http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2013.33.3.957

ISSN 1015-6348 (Print)
ISSN 2287-934X (Online)
www.kscejournal.or.kr

Water Engineering 수공학

침수특성치를 이용한 침수위험성 평가

안정환* · 김건우** · 조원철***
Ahn, Jeonghwan*, Kim, Kunwoo**, Cho, Woncheol***

Flooding Risk Assessment Using Flooding Characteristic Values

ABSTRACT

This research is on the methodology of flood risk assessment using flooding characteristic values. Necessity of design magnitude for flood control considering floods was judged by plotting peak flow with respect to frequency and duration, and flooding magnitude was defined with 6 flooding characteristic values which were proposed to be significant factors when assessing flooding magnitude. Precipitation data used in the assessment modeling were applied by combining all the possible precipitation events. After overlapping the simulated results with precipitation matrix by flooding characteristic values, contour map was drawn, and Flooding characteristic contour graph for possible rainfall events were suggested in respect of all possible precipitation. Flooding characteristic contour graph for possible rainfall events was confirmed that reducing of damage magnitude of each flood characteristic value was figured out easily. The flood risk assessment methods suggested in this study would be a good reference for urban drainage system design, which only focuses on pipe conduit.

Key words : XP-SWMM 2010, Rainfall matrix, Flooding characteristic values, Flood risk assessment

초 록

본 논문은 침수특성치를 이용한 도시유역의 침수위험성 평가방법을 제시하는 연구이다. 2010년 9월 21일 청계천상류의 효자배수분구(광화문 광장일대)에서 발생한 침수피해를 XP-SWMM 2010을 이용하여 모의하였다. 강우발생빈도별, 지속시간별로 관로첨두유출량 값을 구하여 침수상태를 분석한 결과 관로 내 첨두유출량만으로는 침수상태를 충분히 해석할 수 없음을 확인 할 수 있었다. 따라서 도시지역의 침수피해규모를 표현할 수 있는 침수특성치 6가지를 새롭게 정의하였으며 발생가능한 강우조합(강우량, 강우지속시간)을 침수특성치별로 산정하여 침수위험성 평가방법을 연구하였다. 모의 결과를 침수특성치별로 강우조합에 중첩하여 등치선도로 나타낸 "발생가능강우별 침수특성 등치선도"를 개발하여 이를 근거로 발생할 수 있는 모든 강우형태에 대한 침수위험성을 평가할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 유역의 상태가 변하거나 치수계획규모를 변화시키는 것에 대한 침수특성치별 침수규모 해소정도를 쉽게 파악 할 수 있음을 확인하였다.

검색어 : XP-SWMM 2010, 강우조합, 침수특성치, 침수위험성 평가

1. 서 론

최근 기후변화로 인해 발생하고 있는 국지성 집중호우는 심각한 인명 및 재산 피해를 가져왔다. 특히 집중호우로 인한 침수피해는 사회기반시설이 밀집되어 있는 도시지역에 집중되고 있다. 2010년 9월 21일 수도권을 중심으로 발생한 집중호우는 서울을 비롯한 경기도 지역에 심각한 피해를 남겼으며, 1년 후인 2011년 7월 27일에도 집중호우로 인해 우면산 부근에서 산사태가 발생하여 인명피해가

* 정회원 · 교신저자 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 (**Corresponding Author** · Yousei University · ahn.jeonghwan@gmail.com)
** 연세대학교 사회환경시스템공학부 석사 (freeman2ya@naver.com)
*** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 (woncheol@yonsei.ac.kr)

Received November 27 2012, **Revised** March 7 2013, **Accepted** March 16 2013

발생하는 등 홍수피해의 규모가 급증하고 있는 추세이다.

도시침수피해는 도시지역에서 홍수에 의한 외수범람 또는 하수도와 그 밖의 배수시설이 우수를 배제할 수 없어 일어나는 내수범람에 의해 생명, 신체 또는 재산에 미치는 피해로 정의할 수 있다(Sim, 2008). 이는 인명 및 재산피해 이외에 사회·경제·환경적으로 많은 직·간접적 피해를 유발한다. 침수피해규모를 줄이기 위해 과거에는 대표적인 유출모형인 EPA SWMM이나 ILLUDAS등과 같은 1차원모형을 이용한 연구가 진행되어왔었다. 그 후 2차원모형개발이 활발히 이루어져 근래에는 1차원과 2차원모형을 연계시켜 하나의 패키지화된 프로그램들이 개발되어 상용화되고 있다.

Hsu 등(2000)은 대만의 수도에 상습침수구역을 SWMM 모형을 이용하여 침수분석을 실시한 후 대상유역에 침수가 발생한 원인을 밝혀 더 큰 설계빈도의 펌프시설을 설치하여 침수를 예방하는 대안을 제시하였다. Philips 등(2005)은 도시지역의 배수체계를 1차원분석은 XP-SWMM 모형, 2차원 침수해석은 TUFLOW엔진을 이용하여 1,2차원을 연계한 모의를 실시하고, XP-SWMM 모형의 도시침수해석에 관한 적용성을 판단하였다. Smith 등(2006)은 호주 시드니 Dubbo 지역의 과거 극한홍수를 Aerial Laser Scanning (ALS) data를 통해 XP-SWMM 모델로 재현하여 침수심 및 침수면적을 산정하였다. 현재 도시지역의 침수에 대한 연구는 확률강우량을 이용한 피해규모 예측과 침수위험도를 제작해 상습침수구역에 예측하는 것이 대부분이다.

Kim 등(2006)은 도시지역 재해위험도의 3차원 평가체계를 구축하기 위하여 SWMM 모듈을 이용해 빈도별 강우를 적용하여 모의를 실행 한 결과 도시공간에서 발생될 수 있는 침수 및 건물붕괴에 대해 사전대비·대응 등에 이용할 수 있는 3차원 침수위험도를 제공하였다. Park 등(2006)은 도시지역의 재해위험도를 평가하기 위해 도시지역의 관리차원에서 필요한 위험도의 유형을 제시하고 도시 재해 발생 위험성을 사전에 분석하여 위험성을 평가함으로써, 도시지역에서의 재해위험성을 최소화하기 위한 방안을 제시하였다.

표준화된 정의 없이 사용된 침수위험성 평가 지표를 확립하기 위해 도시지역 치수계획규모 설정의 기준인 관로첨두유출량의 유효성을 검토하고 6가지 침수특성치를 정의하였으며, 기후변화로 인해 정상성(stationary)가정이 유효하지 않게 된 확률적 개념을 배제하고 발생가능한 모든 강우사상의 강우조합을 만들어 침수피해를 모의하였다. 본 연구에서는 1, 2차원 연계모형인 XP-SWMM을 이용하여 침수특성치를 산정하고, 침수특성치를 기준으로 모의결과를 분석하고 표준화된 피해정도를 표현할 수 있는 침수위험성 평가 방법을 제시하였다.

2. 침수해석 모형

최근 예측을 상회하는 빈도의 강우가 빈번히 발생 하고 있다. 이러한 강우규모는 도시지역 배수시스템의 용량을 초과하여 관로로부터 유역으로 월류가 발생하는 등 우수 배제 기능을 제대로 수행하지 못할 경우 발생하는 인명 및 재산피해를 줄이기 위해 실제현상에 가까운 수치모형개발에 대한 연구가 활발히 진행 되어왔다. 미국 XP Software, Inc.에서 1969년 개발을 시작하여 1976년 완료한 XP-SWMM 모형이 그 중 하나이다. 현재 전 세계 9,000여 곳에서 사용 중이며, 수자원/우수/하수관망을 모델링하고 해석하여 의사 결정을 지원해 주며 도시 우수 유출과 관거 범람 등을 재현 할 수 있는 1차원 모델에 대한 모든 수리적 계산을 수행한다.

XP Software, Inc.는 도시지역에 발생한 침수를 모의하기 위하여 유한차분 방법인 ADI (Alternating Direction Implicit)기법에 의한 천수방정식을 기반으로하는 TUFLOW(Two-dimentional Unsteady FLOW)를 기본엔진으로 탑재하여 XP-SWMM 1D 솔루션 엔진과 동적으로 연결시켜 연안 바다, 하구, 하천, 범람원에서의 흐름 거동을 해석할 수 있는 XP-SWMM 2D를 개발하였다. 본 연구에서 사용한 XP-SWMM 2010은 1D, 2D 두 엔진을 연계하여 침수분석을 실시한다.

XP-SWMM 2010 모형은 강우에 의해 유역에서 발생한 모든 유출량이 관로로 유입되는 것으로 가정하고 침수는 관로상태에 따라 맨홀을 통해 역류한 유출수에 의해서만 발생하는 것으로 모의한다. 실제로 유역 내에서 발생하는 침수는 맨홀을 통해 역류한 유출수에 의해서 뿐만 아니라 유역에서 발생한 유출이 맨홀로 유입되지 못해 발생하는 경우도 많다. 이를 고려하지 못하는 것은 XP-SWMM 2010 모형의 한계라 할 수 있다.

3. 모형의 구성

3.1 대상지역 현황

본 연구의 대상지역은 Ahn 등(2012)의 연구에서 사용한 유역과 동일한 유역인 효자배수분구이다. 효자배수분구는 지방1급 하천인 청계천의 상류부로 인왕산과 삼청동에서 내려오는 백운동천과 중학천이 청계천과 합류하는 배수역이다. 효자배수분구는 서울시하수도정비기본계획(Seoul Metropolitan, 2002)에서 24개 배수분구로 구분된 중랑처리구역에 위치한 유역면적이 528.90 ha인 지역으로 유역의 상류부는 매우 급한 경사를 이루고 있는 산지이며 중하류부로 내려오면 경사가 급격히 완만해지며 평지부를 형성하고 있는 완전히 도시화된 전형적인 도시 배수분구이다. 침수분석의 대상지역인 광화문 광장은 효자배수분구의 하류부에 위치하고 있으며 대한민국의 대표 역사적, 문화적 요충지이고 2010년 9월 21일과

2011년 7월 27일 기습적인 폭우로 침수된 지역으로 연구의 주요대상지역으로 선정하였다. Fig. 1은 효자배수분구와 소배수역의 면적을 도시한 것이며, Table 1은 효자배수분구의 소배수역의 면적을 정리하였다.

3.2 입력자료

3.2.1 관망자료

XP-SWMM 2010모형의 1차원 관망구성을 위하여 광화문 광장의 재조성 후 C자형 굴곡관로가 포함되어있는 효자배수분구 GIS 관망자료와 CAD자료를 이용하였으며 효자배수분구 빗물배수터널 설치공사 기본계획보고서(Seoul Metropolitan, 2011)에서 제시된 효자배수분구의 배수계통 및 배수시설 현황자료를 이용하여 자료를 검토하였다. 본 연구를 위해 구성된 모형은 총 528.9 ha의 면적을 가진 6개의 소배수역을 172개의 소유역을 나누어 172개의 노드와 170개의 링크로 모형을 구성하였으며 Ahn 등(2012)에서 적용한 방법을 이용하여 모형을 검보정하였다.

Table 1. Current status of sub-basin in Hyoja drainage basin(Ahn et al, 2012)

Name of drainage basin			Basin Area (ha)
Drainage basin	Drainage Area		
Hyoja drainage basin	Baegun-dong	Naeja-dong	121.84
		Singyo-dong	85375
		Hyoja-dong	81.14
		Subtotal	288.73
	Joonghak-cheon	Kyungbokkung	110.96
		Samcheong-dong	114.42
		Jongno	14.79
		Subtotal	240.17
	Total		528.90

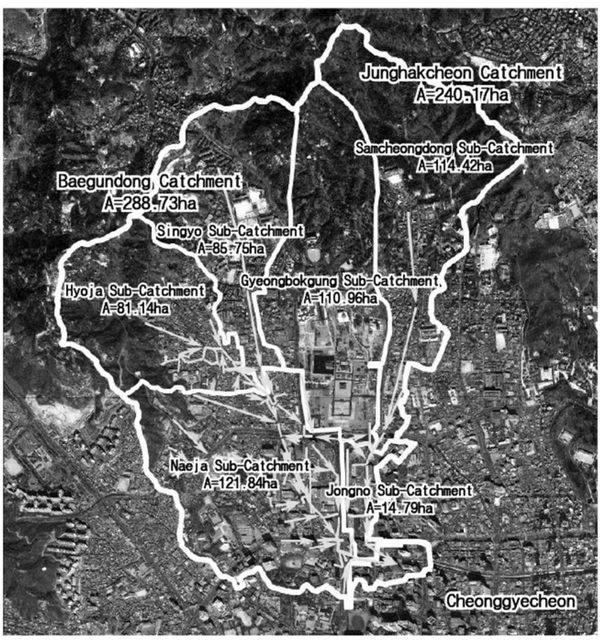
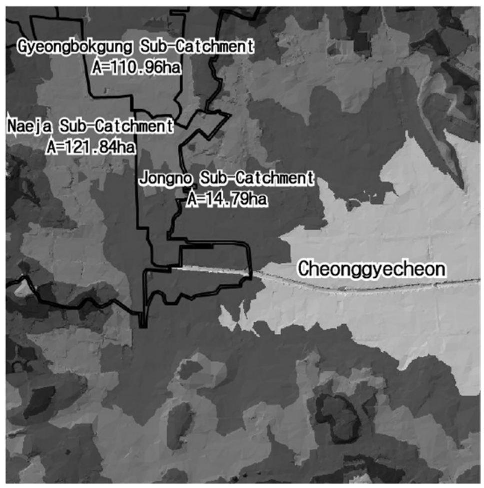


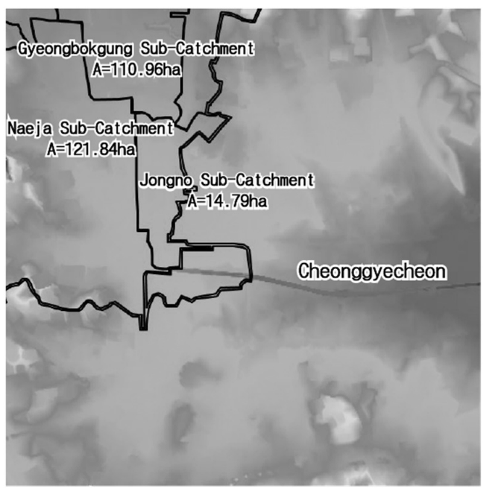
Fig. 1. A catchment basin map of Hyoja drainage basin

3.2.2 지형자료

TUFLOW를 기반한 XP-SWMM 2010 2차원 분석 모형은 지형자료로 DTM(Digital Terrain Model)을 구축하여야 한다. DTM은 대상유역의 수치지도로부터 구성된다. 본 연구에서는 광화문 광장을 중심으로 한 1:1,000축척의 수치지도(도엽번호 376082045～376082067)를 이용하였다. 등고선 레이어인 7111, 7113을 추출하여 Polyline과 Point의 속성을 합쳐 TIN (Triangular Irregular Network)을 생성한 후 XP-SWMM 상에서 DTM으로



(a) TIN



(b) DTM

Fig. 2. The digital map and DTM in a target basin

Table 2. Definition of flooding characteristic values

Flooding Characteristic Values	Definition
Peak discharge	Peak discharge at the interested pipeline in a sewer system
Flooded area	Unit area of the flooded cell times max. number of the flooded cell
Flooded volume	Cumulated water volume over flowed from a sewer system
Average flooded depth	Arithmetic mean of depth of the flooded cells in case of max. flooded area
Max. flooded depth at the interested point	Max. flooded depth of the cell of the interested point in case of max. flooded area
Flooded duration time at the interested point	Duration time that the cell of the interested point is wet

Table 3. Classified standard for impossible rainfall

Limitation of rainfall intensity	Reference
Under 30mm/hr	Rainfall intensity limit that is taken to make the flood as small as possible in study area
Over 150mm/hr	Maximum rainfall intensity from the rainfall records to year 2011 in Korea - 145mm/hr JeollaNamdo Sunchon July 30, 1998 - 156mm/hr Seoul Gwanak July 10, 2001

변환하여 지형자료를 구축한다. 격자구성은 한 셀당 10 m × 10 m의 크기로 약 25,000여개로 DTM의 범위에 맞게 적용하였으며 2010년 9월 21일 침수피해 정도가 컸던 광화문 광장과 유출부인 청계천을 중심으로 구성하였다. Fig. 2(a)는 Arc-GIS에서 구성한 효자 배수분구의 TIN이며, Fig. 2(b)는 XP-SWMM 2010 상에서 구축한 DTM이다.

4. 침수위험성 평가방법

4.1 침수특성치의 정의

일반적으로 침수는 노면에서의 유출수심이 5 cm이상일 때 (유출침수) 또는 맨홀에서 월류하여 노면흐름이 발생했을 때 (월류침수)로 정의한다. 본 연구에서는 월류침수만을 대상으로 연구하였다. 월류침수만을 대상으로 한 본 연구에서의 침수특성치는 XP-SWMM 2010의 2차원 침수분석 결과를 6가지로 분류하여 나타내었다. 침수특성치의 6가지 침수특성은 첨두유출량, 침수면적, 침수총량, 평균침수심, 최대침수심, 침수지속시간으로 분류되며(Ahn 등, 2012) 본 연구에서는 Table 2와 같이 정의하고 연구에 적용하였다.

4.2 강우조합 설정

본 연구에서는 강우에 대한 그동안의 유출모형분석에 적용된 확률적 개념을 배제하고 발생할 수 있는 모든 강우의 조합을 설정하여 대상유역모형에 강우자료로 적용하였다. 실제 현상에서 발생이 불가능한 강우강도를 구분해 내기위해 현존 강우자료 중 1998년 7월 30일 전남 구례시에서 발생한 145 mm/hr와 2001년 7월 10일 서울 관악구에서 발생한 156 mm/hr의 두 강우강도를 고려하여 발생 불가능한 강우강도 기준을 150 mm/hr로 선정하였다. Table 3은 발생 불가능한 강우조합영역을 구분해내는 기준을 정리한 것이다.

Table 4. Rainfall intensity for possible rainfall matrix

(unit : mm/hr)

Duration time (min.) / Rainfall(mm)	30	60	90	120	150	180
20	40.0				under 30 mm/hr	
40	80.0	40.0				
60	120.0	60.0	40.0	30.0		
80		80.0	53.3	40.0	32.0	
100		100.0	66.7	50.0	40.0	33.3
120		120.0	80.0	60.0	48.0	40.0
140		140.0	93.3	70.0	56.0	46.7
160			106.7	80.0	64.0	53.3
180			120.0	90.0	72.0	60.0
200			133.3	100.0	80.0	66.7
220			146.7	110.0	88.0	73.3
240				120.0	96.0	80.0
260				130.0	104.0	86.7
280				140.0	112.0	93.3
300					120.0	100.0
320					128.0	106.7
340		over 150 mm/hr			136.0	113.3
360					144.0	120.0
380						126.7
400						133.3
420						140.0
440						146.7

위에서 제시한 기준을 토대로 하여 최종적인 발생 가능한 강우 조합을 설정하였다. 총 63개 case이며, XP-SWMM 2011 모형에 적용하여 도시유역 침수모의를 실시하였다. Table 4는 최종적인 발생가능 강우조합이다.

Table 5. Peak discharge for possible rainfall matrix

(unit : mm/hr)

Rainfall (mm) \ Duration time (min.)	30	60	90	120	150	180
20	24.906					
40	58.777	33.181				
60	70.979	53.737	35.821	26.183		
80		65.391	49.776	41.211	35.661	
100		80.025	75.790	58.836	47.100	39.010
120		99.529	84.441	71.753	57.888	48.065
140		103.424	91.993	80.733	69.374	57.072
160			96.276	86.435	77.622	67.386
180			100.301	91.255	83.205	74.956
200			102.876	95.082	88.080	80.531
220			104.623	98.138	91.987	85.131
240				101.125	95.368	89.193
260				103.686	98.131	92.544
280				105.431	100.516	95.475
300					102.738	97.970
320					104.556	100.078
340					105.746	101.984
360					106.310	103.784
380						104.956
400						105.768
420						106.168
440						106.549

4.3 등침수특성곡선을 이용한 침수위험성 평가방법

본 연구에서 제시하는 위험성 평가방법과정에서 6가지 침수특성치 중 관로첨두유출량은 위험성 평가방법과정을 설명할 예시로 이용하였다. 첫 번째 과정으로 Table 4에 나타낸 발생가능 강우조합의 강우강도 자리에 침수특성치별 결과 값을 합성한다. Table 5는 각 발생가능강우별 첨두유출량 값을 강우조합에 합성한 것이다. 두 번째 과정으로 관로첨두유출량을 기준한 합성표를 2차원 등치선도로 표현하고 본 연구에서는 이를 등침수특성곡선으로 정의하였다. Fig. 3(a)는 관로첨두유출량을 기준한 등침수특성곡선이다. Fig. 3(a)를 통해서 모든 발생가능강우별 관로첨두유출량의 규모를 파악할 수 있다.

세 번째 과정으로써 Fig. 3(a)에 Table 6의 강우강도를 합성하였다. Fig. 3(b)는 관로첨두유출량을 기준한 등치선도에 강우강도를 합성하여 쉽게 관로첨두유출량의 규모를 파악할 수 있도록 나타낸 등치선도이다. Fig. 3(b)을 보면 알 수 있듯이 실제로 발생할 수 있는 모든 강우에 따른 관로첨두유출량의 규모를 한눈에 파악할 수 있다. 2010년 9월 21일의 실 강우사상을 예로 들면 240 mm의 강우가 180분에 걸쳐 내리게 되면 강우강도는 80 mm/hr이고, 약 90 m^3/sec의 관로첨두유출량 규모를 나타내게 된다. 따라서 침수특성치별 등치선도를 통해 모든 발생가능 강우에 따른 침수규모를 쉽게 파악할 수 있는 위험성 평가방법이 될 수 있다고 판단된다.

4.4 침수위험성 평가방법의 적용

서울시에서 광화문 광장의 침수를 해소하기 위해 개선한 신설 관로는 C자형 굴곡관로 옆에 길이 120m, 2.5m × 2.5m의 박스형

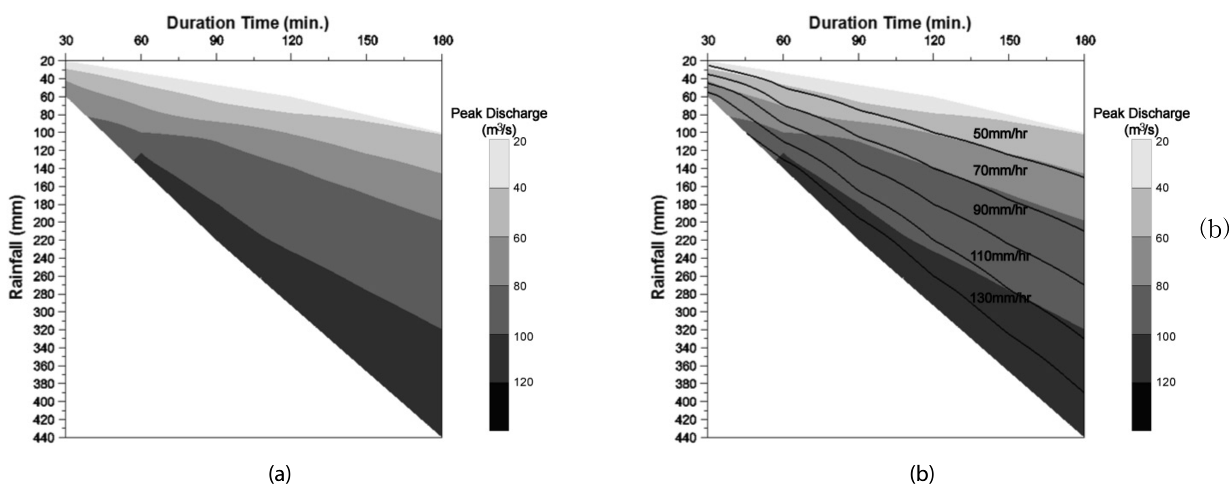
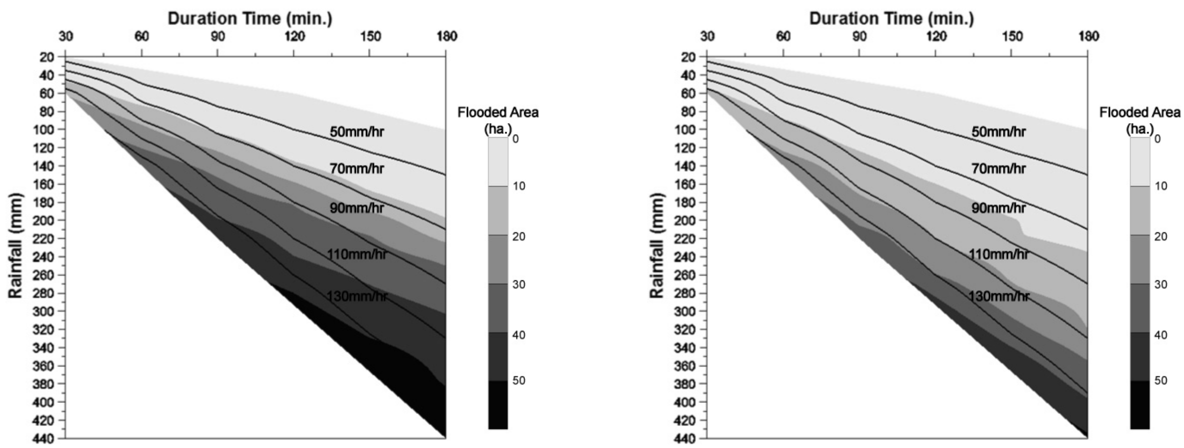


Fig. 3. Flood index contour for peak discharge

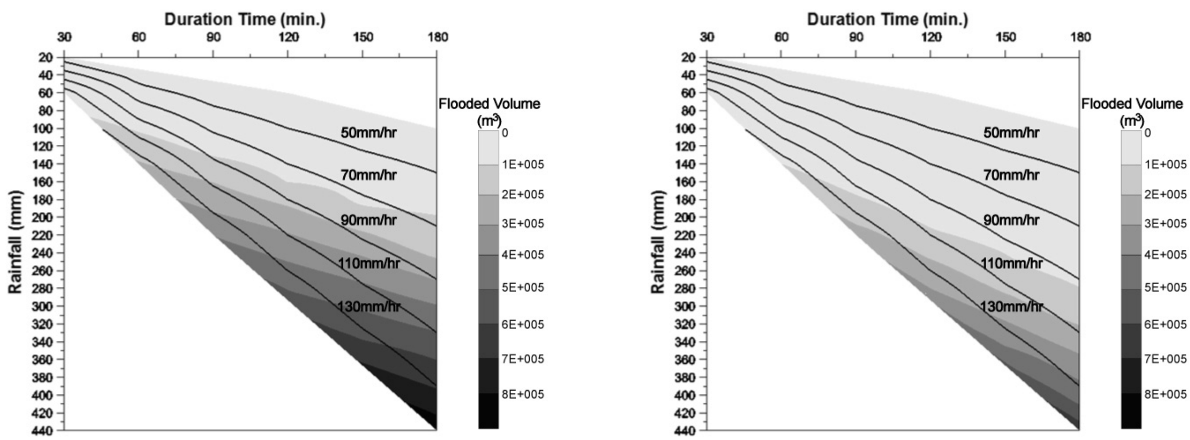
암거를 설치한 형태이다. 관로성능개선 전과 후의 모형을 구성하여 본 연구에서 제시한 침수위험성 평가방법을 적용하였다. Fig. 4 ~ Fig. 8은 본 연구에서 제시한 침수특성치를 등침수특성곡선의 형태로 나타낸 것이다. 침수면적(Fig. 4)과 침수총량(Fig. 5)은 강우지속시간보다 강우량에 영향을 많이 받는 것으로 분석되었으며, 평균침수깊이(Fig. 6)은 저 강우강도에서는 강우강도에 비례하고 강우강도가 커질수록 강우량에 지배를 받는 것으로 분석되었다. 특정지점의 침수지속시간은 강우의 규모에 비례해 길어지는 것으로 분석되었으며, 특정지점의 최대침수심은 강우강도에 비례하는 것으로 나타났다.

관로성능개선공사의 효과를 살펴보면 침수면적(Fig. 4)의 경우 관로성능개선공사 전에는 30 ha의 침수면적을 유발하는 강우강도가 짧은 지속시간에서는 90 mm/hr에서 130 mm/hr, 긴 지속시간에서는 75 mm/hr에서 85mm/hr이었으나 관로성능개선공사 후에는 짧은 지속시간에서는 130 mm/hr이상, 긴 지속시간에서는 110 mm/hr에서 115 mm/hr로 개선 된 것으로 분석되었다. 침수총량(Fig. 5)의 경우 100,000 m^3이하의 침수총량을 유발하는 강우강도가 짧은 지속시간에서는 90 mm/hr, 긴 지속시간에서는 70 mm/hr이었던 것이 관로성능개선공사 후에는 짧은 지속시간에서는 130 mm/hr, 긴 지속시간에서는 90 mm/hr로 개선되었다. Fig. 6을 살펴보면 50 mm/hr에서 0.1 m의 평균침수심을 유발하였으나 관로성능개선공사 후에는 80 mm/hr이하에서는 0.1 m이상의 평균침수심이 발생하지 않았다. 특정지점의 침수지속시간에 대한 등침수특성 곡선인 Fig. 7을 살펴보면 25분 이상의 특정지점의 침수지속시간을 유발하는 한계 강우강도가 50 mm/hr이었던 것이 90 mm/hr로 개선되었으며 특정지점의 최대침수심(Fig. 8)의 경우 0.1 m를 유발하는 한계 강우강도가 50 mm/hr에서 90 mm/hr로 개선되었다.



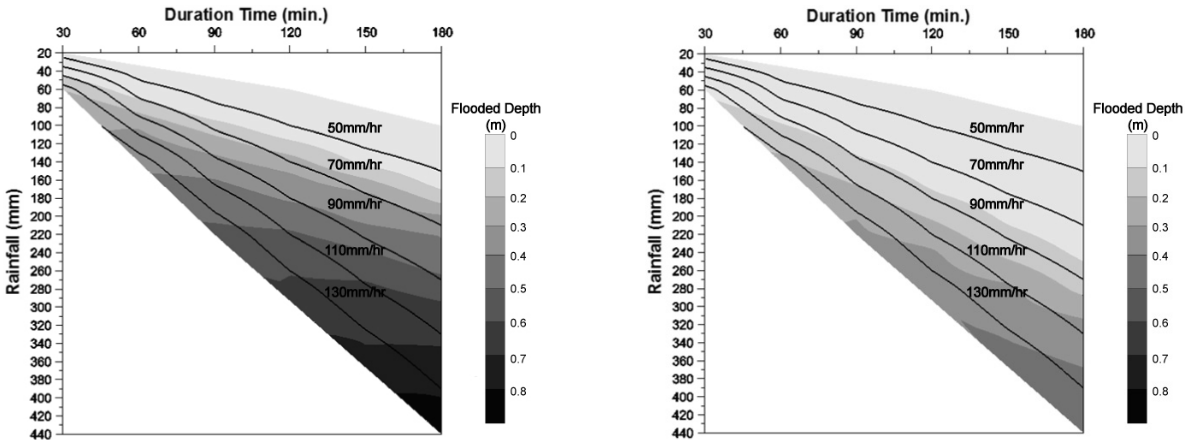
(a) Before improvement of sewer (b) After improvement of sewer

Fig. 4. Flood index contour for flooded area



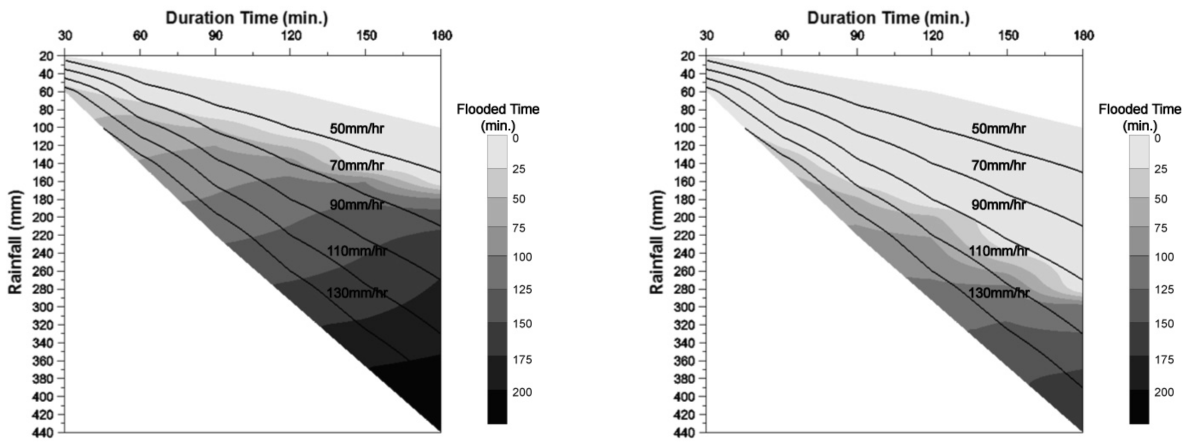
(a) Before improvement of sewer (b) After improvement of sewer

Fig. 5. Flood index contour for flooded volume



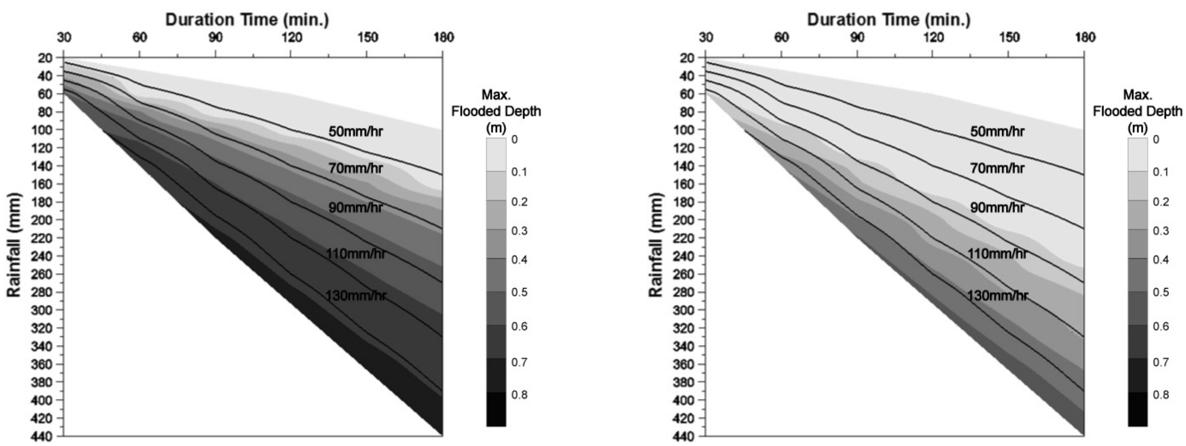
(a) Before improvement of sewer (b) After improvement of sewer

Fig. 6. Flood index contour for flooded depth



(a) Before improvement of sewer (b) After improvement of sewer

Fig. 7. Flood index contour for flooded time



(a) Before improvement of sewer (b) After improvement of sewer

Fig. 8. Flood index contour for Max. flood depth

6. 결 론

본 논문은 침수특성치를 이용한 도시유역의 침수위험성 평가방법을 제시하는 연구이다. 2010년 9월 21일 청계천상류의 효자배수분구에서 발생한 침수피해와 발생 가능한 모든 강우조합을 XP-SWMM 2010을 이용하여 모의하였다. 모의 결과를 침수특성치별로 강우조합에 합성한 후 이를 등치선도로 나타내어 침수피해규모를 쉽게 파악할 수 있는 침수위험성 평가방법을 제시하였다. 본 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

침수규모를 6가지의 침수특성치(관로첨두유출량, 최대침수면적, 침수총량, 평균침수심, 특정지점의 최대침수심, 특정지점의 침수지속시간)를 정의하였다. 이는 침수를 고려한 치수계획에 있어 피해규모를 파악하는 중요한 인자로 이용될 것이라 판단된다.

발생가능한 지속시간별(30~180분) 강우량(20~440 mm)에 대한 강우조합을 설정하였다. 침수특성치의 결과 값을 강우 조합표에 합성한 후 이를 2차원 등치선도로 표현한 “발생가능강우별 침수특성 등치선도”를 제시하였다. 이 등치선도는 모든 강우형태에 대한 침수피해규모를 한눈에 파악할 수 있는 침수위험성 평가방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 침수위험성 평가 방법의 적용성을 검증하기 위해 광화문 사거리 지하에 위치한 C자형 관로성능개선공사 전후의 광화문 광장 침수특성을 분석하였다. 관로성능개선공사의 효과로 위험수준의 침수특성이 발생하는 강우상태가 “발생가능 강우별 침수특성 등치선도”상에서 강우지속시간은 길어지고 강우량은 많이 지는 방향으로 이동했음을 알 수 있었다.

향후 수치모형의 정확도 향상을 위한 연구와 도시유역의 상태에 따른 최소 침수피해규모 설정방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어진다면 본 연구의 결과는 도시유역의 치수계획규모를 설정하고 평가하는 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발 사업인 ‘극한호우에 대응한 유역치수계획규모 설정 방안’ 과제의 일환으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

References

Ahn, J., Cho, W., and Kim, H. (2012). “A study on flooding characteristic value for the decision method of an urban basin design magnitude.” *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA*, Vol. 45, No. 10, pp. 1035-1041 (in Korean).

Kim, W., Eo, J., and Yoo, H. (2006). “Construction of 3D assessment system for disasters risk in urban areas.” *KSCE Conference*, Kwangju, pp. 4570-4573 (in Korean).

Hsu, M.H., Chen, S.H., and Chang, T.J. (2000). “Inundation simulation forurban drainage basin with storm sewer system.” *Journal of Hydrology*, Vol. 234, pp. 21-37.

Park, K., Choi, W., Kim, W., and Yoo, H. (2005). “Assessment of disasters risk in urban areas.” *KSCE Conference*, Jeju, pp. 5176-5180 (in Korean).

Phillips, B.C., Yu, s., Thompson, G.R., and Silva, N.de. (2005). “1D and 2D modelling of urban drainage systems using XP-SWMM and TUFLOW.” *10th International Conference on Urban Drainage*, Copenhagen, Denmark, August 2005, pp. 21-26.

Seoul Metropolitan (2002). *Seoul metropolitan sewer system master plan* (in Korean).

Seoul Metropolitan (2011). *Construction master plan for underground sluiceway in hyoja catchment* (in Korean).

Sim, O. (2008). “Urban inundation damage and policy tasks in korea.” *KRIHS Brief, KRIHS*, Vol. 189, pp. 1-8 (in Korean).

Smith, J., Phillips, B.C., and Yu, s. (2006). “Modelling overland flowsand drainage augmentations in dubbo.” *46th Floodplain Management Authorities Conference*, March 2006.