

# SWMM 분석결과를 이용한 내수침수지도 작성

## Mapping Inundation Area Using Analysis Result of SWMM

임지온\*, 나서현\*\*, 이경수\*\*\*  
Lim Ji On, Na Seo Hyeon, Lee Kyung Su

### 요 지

도심지에서의 침수피해는 이상홍수 및 국지성 호우 시 우수관거 시설기준 미달, 펌프장 등 배수시설이 설치되지 않아 하천의 계획홍수위보다 체내지의 지반고가 낮은 저지대 지역에서 많이 발생하고 있다. 특히, 내수침수의 경우는 외수에 따른 범람보다는 국민의 재산과 인명피해에 직접적인 영향을 미치므로 침수피해 위험도가 높은 지역의 주민에게 그 지역의 침수빈도와 범위를 인지시키고 사전대응 능력을 향상시킬 필요가 있다. 따라서 연구의 목적으로 매년 피해가 발생한 이력이 있는 위험지구에 대해 전국단위 시군구별 침수피해 지도를 작성하여 침수심 산정과 피해액 예측할 수 있는 기초자료로 활용하고, 주민들의 신속한 대처를 통해 그들의 생명과 재산을 보호하여 재난 안전 국가 이미지 제고에 기여하고자 한다.

본 연구에서는 도심지 유출모형인 XP-SWMM을 활용하여 내수재해 위험요인에 대한 전국을 해석하는 것에 한계가 있어 풍수해저감종합계획에 수록된 XP-SWMM모의 분석 결과 값을 활용하고자 하였다. 기 수립된 전국 풍수해저감종합계획의 과거 피해 자료를 바탕으로 이상 집중호우나 태풍의 내습 시 풍수해 피해 발생 가능성이 제일 높은 지역을 연구범위 대상지역으로 선정하였다. 그 중 풍수해의 주요 원인으로 태풍, 집중호우 및 해일로 인한 피해발생 빈도가 높은 지역이면서 하천재해 및 내수침수 피해가 많은 경기도 동두천시를 연구대상 지역으로 선정하였으며, 대상지 유역 현황과 지형정보 및 빈도별 침수심을 조사하였다.

수록된 내용에 따르면 경기도 동두천시는 우수관망의 밀도가 높은 4개 위험지구를 내수재해 발생가능성 지역으로 선정하여 10년, 20년, 30년, 50년, 100년, 200년 6개 빈도에 대해 XP-SWMM 모의를 실시하였다. 이와 같이 수록된 각 빈도에 대한 모의 결과 값을 GIS기술을 이용하여 디지털화 하고 부가적인 분석을 위한 GIS데이터화 하는 내삽법을 선정하여 침수면적 및 침수심을 산출하였다. 그러나 면적비교를 통해 모의 결과 값을 디지털화 하는 과정에서 많은 오차가 발생하는 것을 확인하였고, 이를 보완하기 위해 좌표보정 자동화 프로그램을 개발하여 이러한 문제점을 제거하여 신뢰도를 향상시켰다.

이렇게 계산된 연구 대상지역의 침수심과 침수면적을 활용하여 지도제작 표준 지침서 및 가이드라인을 제시하여 한국형 호우피해 지도제작 기술개발에 기여하고, 비구조적 대책으로서 이상홍수에 대한 위험도를 파악하여 지역별 도심침수 방지를 위한 대비체계를 구축하는 등 위험지역에 대한 사전분석 및 활용에 기초자료로 도움이 되고자 한다.

**핵심용어 : 내수침수, 지도제작, 비구조적 대책, 보간법, 침수심**

\* 정희원 · (재)국제도시물정보과학연구원 연구원 · E-mail : 916wisdom@naver.com  
\*\* 비희원 · (재)국제도시물정보과학연구원 연구원 · E-mail : nateresa1002@naver.com  
\*\*\* 정희원 · 국립재난안전연구원 시설연구사 · E-mail : 39lks@korea.kr

## 1. 서 론

제방, 댐 및 저류지 등을 통한 구조물적 대책은 홍수를 대비하고 피해를 줄이기 위한 방안으로 중요한 대안이 되지만 구조물 설계빈도를 초과하는 홍수에 대한 취약성과 환경문제 등의 한계가 있다. 이러한 구조물적 대책의 한계를 극복하기 위한 비구조물적 대책의 일환으로 홍수위험지도는 그 효용성이 부각되고 있다.

본 연구의 목적은 일부 침수구역이 아닌 전국 단위의 내수침수 지도 작성이다. 따라서 전국에 대하여 도심지 유출모형(XP-SWMM)을 모두 적용할 수 없는 비용적 측면과 모의에 필요한 자료 구축에 대한 한계점을 극복하기 위하여 국가사업의 일환으로 제시된 풍수해저감종합계획을 활용하여 전국에 대한 표준화된 내수침수 지도작성 방법론을 개발하고 제시하여 고도화된 지도 작성 및 호우피해 연구에 기초자료로서 활용할 수 있다.

연구를 통해 시사하는 점은 첫번째, 선진국 사례 및 기술현황과 비교하여 내수침수 지도 작성에 대한 기준과 지침의 필요성과 두번째는, 국가사업의 성과품인 풍수해저감종합계획의 지자체별 지침정립을 통한 전국 지방자치단체의 일관된 형식으로 관리할 필요성을 제시한다.

## 2. 연구방법

외국의 홍수위험지도 사례 및 기술현황에 대한 조사를 실시하여 GIS기반의 풍수해 위험지구를 추정할 수 있는 다양한 분석기법을 시범지역에 적용하여 검증과 보완단계를 거쳐 최적의 방법론을 선정하고 기 수립된 전국 풍수해저감종합계획의 과거 피해 자료를 바탕으로 이상 집중호우나 태풍의 내습 시 풍수해 피해 발생 가능성이 제일 높은 지역을 연구 대상지역으로 선정하였다.

예측지도 작성기술은 기 보유자료 및 국가사업의 일환으로 제시된 성과품을 연계하여 활용하기 위한 개발 방향을 설정하여 연구를 진행하였으며, 이에 따라 효율적인 지도 작성을 위한 프로그램 개발로 빠르고 정확한 침수구역에 대한 DB구축을 지원한다. 다음 그림 1은 내수에 대한 침수지도 제작 절차를 나타낸 것이다.

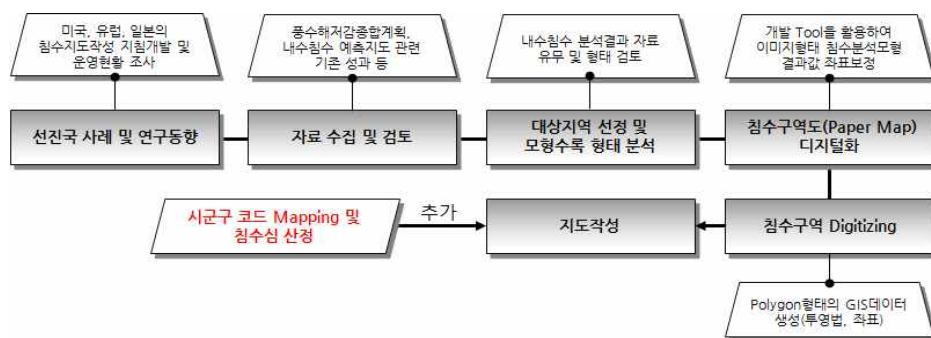


그림 1. 내수침수 지도제작 절차

우리나라의 풍수해저감종합계획에 수록된 빈도별 도심지 유출모형(XP-SWMM) 모의 결과 값과 형태를 분석하면 각 지방자치단체마다 상이하게 수록되어 있으며, 이를 일반화하는 어려움이 있다. 이는 하수도시설기준에 따르면, 우수배제계획에 필요한 계획우수량 빈도는 5년~10년을 원칙으로 하되, 지역의 중요도 또는 방재상 필요성이 있는 경우에 한해 이보다 크게 할 수 있도록 제시하고

있다(박문헌 외3명).

따라서 연구 대상지역인 경기도 동두천시의 풍수해저감종합계획에 따르면 우수관망의 밀도가 높은 4개 위험지구를 내수재해 발생가능성 지역으로 선정하여 10년, 20년, 30년, 50년, 100년, 200년 6개 빈도에 대해 XP-SWMM으로 분석하였다. 이와 같이 수록된 각 빈도에 대한 모의 결과 값을 GIS기술을 이용하여 디지털화하여 빈도별 침수구역을 작성하고, 내수침수 지도에 대한 활용도를 높이기 위해 보간법을 활용하여 침수심을 산출하였다.

### 3. 연구내용

#### 3.1 기초데이터 분석 및 개발 프로그램 검증

위의 연구방법에 제시하였듯이 경기도 동두천시는 10년부터 200년까지의 6개 빈도에 대하여 XP-SWMM모의 결과 값을 수록하였다. 표 1과 같이 빈도별 수록 값에 대하여 개발 프로그램을 활용하여 모의 결과 값에 디지털화와 위성지도와의 중첩단계의 정확성을 높였다(그림 2). 프로그램 검증은 Arcmap프로그램과의 RMS Error 수치비교를 통해 확인하였다. 그림 3과 같이 같은 지역에 대하여 검증한 결과 0.154734로 기존 방법 결과 수치인 3.626보다 95%감소하였으며, 1보다 작은 결과로 실제 도면과 중첩된 도면 사이의 정확도가 높아진 것을 확인하였다.

표 1. 연구대상지역 자료분석(14.04기준)

지자체	시군구	위험지구	강우재현기간(mm/hr)						최대침수심 (m)
			10년	20년	30년	50년	100년	200년	
경기도	동두천시	보산•중앙동	80	90	100	110	120	130	0.66
		소요동				110	120	130	0.8
		상패동	80	90	100	110	120	130	1.13
		생연동		90	100	110	120	130	0.33

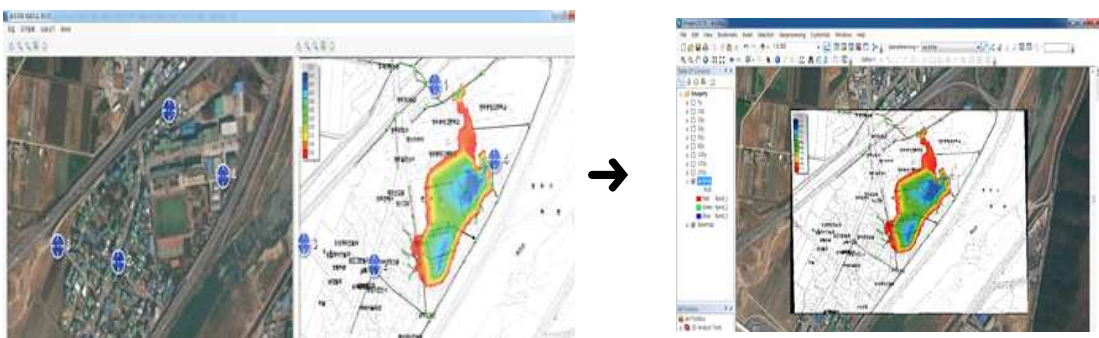


그림 2. 개발 프로그램을 활용한 모의 결과 값 디지털화 및 중첩

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map
1	1840.276087	-1456.939130	14119598.422...	4504473.474548
2	4061.125699	-615.529722	14120593.025...	4504863.595355
3	2636.258206	-2718.973961	14119947.727...	4503925.799932
4	1013.246790	-2590.641138	14119234.859...	4503972.782528

그림 3. RMS Error를 통한 프로그램 검증(예시)

### 3.2 침수구역 digitizing 및 침수심 산정

모의 결과 값을 디지털화 한 후 침수구역에 대한 빈도별 Digitizing을 수행한다. 이후 Digitizing된 모의 결과 값의 침수구역을 일반적인 GIS데이터 형태인 Shape파일 형태로 작성한다. Shape파일은 벡터 형식으로 속성정보와 투영법 및 좌표정보를 포함한다. 다만, 현재까지 내수 침수 지도는 그림 3과 같이 침수구역인 Area만 제작이 되었으며, 고도화된 호우피해 연구에 기초 자료로 활용할 수 없는 한계를 가지고 있다.

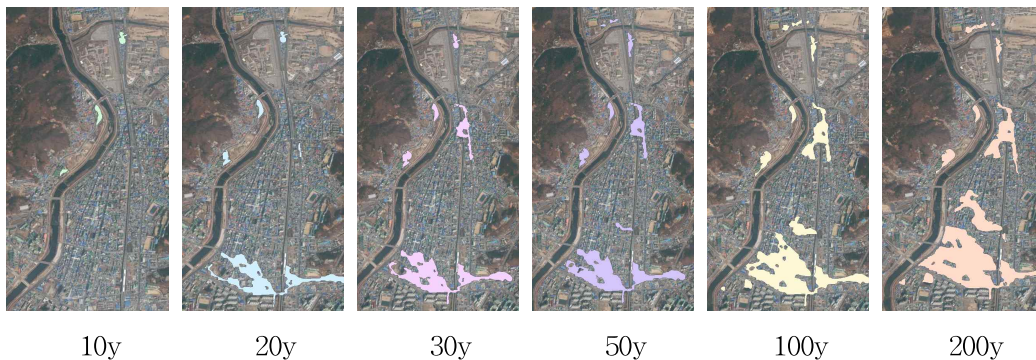


그림 3. 빈도별 내수침수 지도 작성

따라서 향후 피해액 산정연구에 있어 도심지 내수침수에 대한 침수심이 반드시 필요한 정보이므로 침수심 산정 방법론 개발에 대한 연구를 진행하였다. 침수심 산정 방법은 표 2와 같이 침수 분석 결과 값의 고유 RGB값을 이용하여 참조데이터를 설정하고 보간법 중 IDW Tool을 활용하여 침수심을 추출한다. 보고서에 제시된 생연동의 최대 침수심은 0.33m로 그림 4의 최대 침수심 0.374656m와 비교하여 비슷하게 추출되는 것을 확인하였다.

표 2. 고유RGB값에 대한 침수심 범례 참조데이터

번호	최대	최소	평균	R	G	B	판단
1	1.00	0.75	0.88	116	209	198	G > B > R
2	0.75	0.50	0.63	104	181	163	G > B > R
3	0.50	0.25	0.38	208	228	107	G > R > B

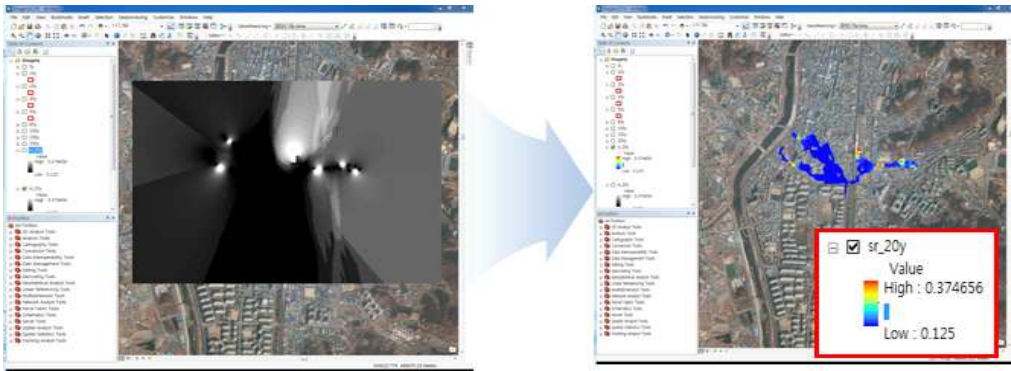


그림 4 침수침 추출 경기도 동두천시 생연동

#### 4. 결 론

도심지의 내수침수피해는 침수심에 따라 홍수피해 정도가 크게 좌우되고 침수심이 높아짐에 따라 구조물적 피해로 인한 재산 피해 뿐 아니라 장래 생산성에 있어서도 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있다. 특히, 1시간에 75mm, 100mm를 초과하는 국지적인 호우가 자주 관측되며 150년 빈도의 이상호우가 최근 발생되고 있어 침수범위뿐만 아니라 향후 침수심 자동 산정 프로그램 개발 연구를 지속하여 주민들의 피해를 최소화하고 피해액 산정과 같은 타 분야와의 연계방안을 마련하여 침수지도의 활용을 극대화 할 수 있을 것으로 기대한다.

또한, 앞서 제시한 방법론의 한계는 풍수해저감종합계획이 기초자료로서 도심지 유출모형(XP-SWMM)에 대한 분석결과 값이 수록되어 있어야 한다는 점이다. 현재 전국 지자체의 풍수해저감종합계획을 분석한 결과 기준 구성항목에 대해서 비슷하게 작성되었지만, 세부수립기준에 대하여 각 지역특성에 따라 상이하여 수록되어 있다. 따라서 국가적 차원에서 풍수해저감종합계획을 운영 및 관리를 통해 내수침수 지도를 이루고 있는 기반데이터인 풍수해저감종합계획의 신뢰도가 우선이 된다면 한국형 내수침수지도 작성 지침서를 개발할 수 있는 완전한 기초자료로서 활용하여 선진국 사례와 비교하였을 때 제도적으로 시사하는 바를 해결할 수 있을 것이라 생각한다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-자연-2015-79]

#### 참 고 문 헌

1. 박문헌 외 3명(2015). 국내 내수침수 위험지도 제작, 한국수자원학회 논문집, 제48권 제6호, pp.108-119
2. 이정호(2013). 내수 침수원인과 대책 방안, 한국방재학회지, 제13권 제1호, pp.43-51
3. 주재승 외 2명(2015). 풍수해저감종합계획 운영·관리 시스템 개발, 한국방재학회지, 제15권 제3호, pp.131-139
4. 김병현 외 2명(2011). 홍수범람지도 작성을 위한 GIS기반 1차원 동역학적 해석 기법, 한국방재학회지, 제11권 제6호, pp.227-235