

도시지역 침수해석
-불광천유역을 중심으로-
Inundation Analysis of Urban Area
-Focused on Bulgwangcheon Watershed in Seoul-

김호성*, 김동석**, 조원철***,
Ho Soung Kim, Dong Suk Kim, Won Cheol Cho

요 지

본 연구에서는 한강의 제1지류인 홍제천 수계에 포함된 불광천 유역을 대상으로 도시지역 침수모의를 수행하였다. 1차원 모형인 HEC-GeoRAS를 이용하여 외수침수에 대한 모의를 수행하였고, 2차원 모형인 CCHE2D를 이용하여 외수침수와 내·외수침수에 대해 모의를 수행하여 비교하였다. SWMM을 이용하여 확률 홍수량과 유출량을 산정한 후, HEC-GeoRAS를 이용하여 50년, 100년, 200년 빈도의 홍수량에 대한 침수지역 및 침수심을 구하였다. 외수침수와 내·외수침수를 각각 수행하여 빈도별 홍수량에 따른 침수지역 및 침수심을 구하였다.

두 모형을 이용한 1차원 및 2차원 해석결과를 바탕으로 기법별 침수면적 및 침수심을 비교한 결과 HEC-GeoRAS가 CCHE2D보다 과다 산정되는 것을 확인할 수 있었다. CCHE2D 모형을 이용한 외수침수모의와 내·외수침수모의를 비교했을 때 침수면적은 높은 빈도에서 최소 1.03배로 큰 차이가 없었으나 낮은 빈도에서 6.85배로 큰 차이가 발생하며, 침수심은 최소 1.01배, 최대 1.28배로 큰 차이가 없었다. 이는 내수침수가 침수면적 산정에 큰 영향을 미치며, 침수지역을 결정하는데 높은 빈도에서는 제방을 월류한 유량이 크게 영향을 미치고, 낮은 빈도에서는 맨홀을 월류한 유량이 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

핵심용어: HEC-GeoRAS, CCHE2D, 내수침수모의, 외수침수모의, 불광천

1. 서론

본 연구에서는 홍수범람지도 작성 시 일반적으로 이용되는 1차원 모형인 HEC-GeoRAS의 도시유역에서의 적용성을 2차원 모형인 CCHE2D와의 비교를 통해 평가하고자하며, 나아가 내수침수를 고려한 홍수범람모의를 통해 침수변화양상을 살펴보고 최대 침수면적 및 침수심을 산정하고자 한다. 침수해석에 관한 연구로는 황태하 등(2004)이 HEC-GeoRAS 및 ArcView를 이용해 경안천 유역에 각 빈도별 홍수범람 위험구역과 면적을 모의하였으며, 임장혁 등(2005)이 ArcView, HEC-GeoRAS, HEC-RAS 부정류 모의를 이용하여 광양항 유역특성에 대해 조사하고 홍수범람지역 및 수리특성을 분석하였다. 이창희 등(2006)은 SWMM모형과 DEM 기반 침수해석 모형과의 연계모형을 개발하여 군자와 장안 유역에 적용한 후 월류유량에 대해서 시간별 침수심 및 침수범위를 계산하였다. 기존 연구들은 하천의 범람으로 인한 외수침수와 도시 내 내수배제문제로 인한 내수침수를 따로 연구해왔다. 하지만 최근에는 내수침수와 외수침수를 동시에 고려한 연구가 활발히 진행되고 있다. 김경호(2005)는 외수침수모의에 HEC-HMS와 HEC-RAS를 사용하였고, 내수침수모의는

* 연세대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : enang18@nate.com

** 연세대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : west7777@nate.com

*** 연세대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : woncheol@yonsei.ac.kr

PCSWMM, 외수침수를 고려한 내수침수모의는 PCSWMM을 이용하여 도시구역에서의 홍수범람모의를 수행하였다. 한건연 등(2009)은 FLDWAV와 SWMM을 이용한 내·외수범람해석모의를 실시해 전체적인 범람양상이 실제 범람과 매우 유사하게 나타남을 확인하였다. 본 연구에서도 최근의 연구경향과 마찬가지로 내수침수와 외수침수를 모두 고려한 홍수범람지도를 작성하여 치수경제성 분석, 홍수 예·경보, 홍수방재계획 수립 등을 통한 비구조적대책 수립의 근거를 제시하며 홍수범람에 따른 인명 및 재산 피해를 최소화하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 모형의 적용

2.1 대상지역현황

본 연구의 대상구역인 불광천은 한강의 제1지류인 홍제천 수계에 포함되며 서울시의 서북 측에 위치하며 서쪽으로 경기도 고양시와 접하고, 북쪽으로 북한산 줄기를 분수령으로 구과발동, 진관외동과 접하며 남동쪽으로는 북한산 및 무악재를 분수령으로 하고 있는 지방2급 하천으로서 지형학적 구역의 형상은 수지상이다. 북한산에서 발원한 후에 남하하여 홍제천의 한강합류 전 약 0.7 km 지점으로 유입되고 유역면적은 21.72 km², 총 유로연장은 9.83 km, 평균고도 EL 69m, 평균경사 17.79%이다. 불광천의 제1지류인 녹번천은 신사교에서 유입되며 전 구간이 복개되어 있다. 그리고 하상은 주로 모래질로 형성되어 있으며, 서울시 유역 내의 불광천 위치도는 그림 1과 같다.



그림 1. 불광천 유역의 위치도(서울시, 2009)

2.2 HEC-GeoRAS를 이용한 홍수범람모의

HEC-GeoRAS에서는 상류 경계조건으로 유량, 하류 경계조건으로 수위가 필요하다. 하류 경계조건인 수위는 불광천 하천정비기본계획(서울시, 2002)에 제시된 홍제천 합류점(No. 14+30)의 빈도별 홍수위를 적용하였다. 본 연구에 적용된 빈도별 홍수량과 기점 홍수위는 표 1과 같다. 조도계수는 제외지의 경우 불광천 하천정비기본계획(서울시, 2002)의 자료를 바탕으로 0.030로 산정하였다. 상류 경계조건으로 이용될 확률홍수량 산정을 위해 강우지속시간과 적정 강우분포를 결정해야 한다. 강우분포는 불광천의 과거 5년간의 분석결과를 바탕으로 Huff의 4분위법 중 제 4분위로 결정하였고(서울시, 2009), 지속시간은 가장 큰 침투유출량이 발생한 지속시간 120분으로 결정하였으며, 표 2는 증산교 수위 관측지점(No.33+30)에서 발생하는 침투유출량을 비교한 것이다.

표 1. 빈도별 홍수량 및 홍수위(서울시, 2002)

빈도	50년	100년	200년
홍수량(/s)	386.62	441.8	496.53
홍수위(m)	11.84	12.63	13.78

표 2. 증산교 수위관측지점(No.33+30)에서의 첨두유출량

계획빈도	Huff 분위	지속시간	유출모형 (cms)
			SWMM
50년 빈도	Huff 4분위	60	396.52
		120	450.07
		180	420.72
		360	273.27

HEC-GeoRAS를 이용하여 HEC-RAS Geometry Data를 생성한 후 1차원 모형인 HEC-RAS를 통해 50년, 100년, 200년 빈도의 홍수량을 적용하여 빈도별 홍수위를 산정하였다. 산정된 홍수위 결과를 HEC-GeoRAS에 적용하여 홍수범람을 모의하였으며, 그림 2~그림 4와 같다.

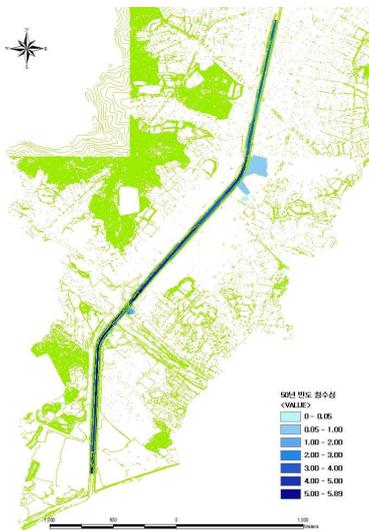


그림 2. 50년빈도

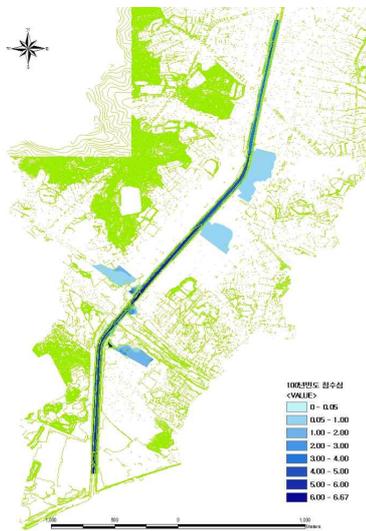


그림 3. 100년빈도

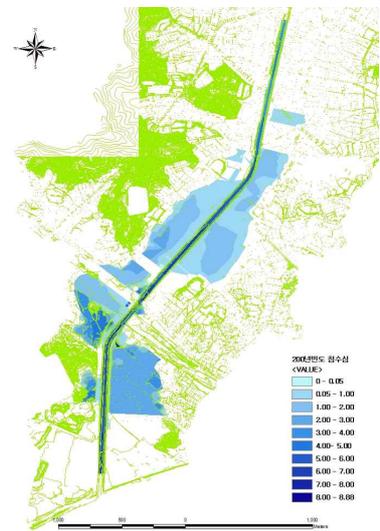
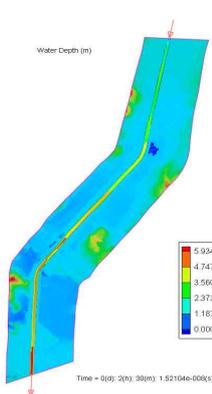
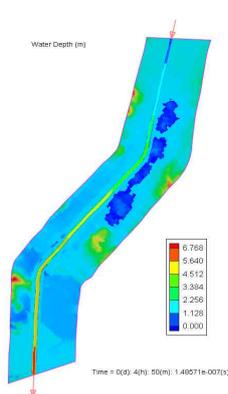


그림 4. 200년빈도

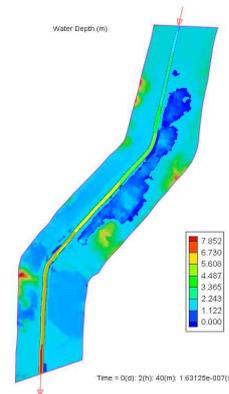
2.3 CCHE2D를 이용한 홍수범람모의



(a) 50년 빈도



(b) 100년 빈도



(c) 200년 빈도

그림 5. 외수침수

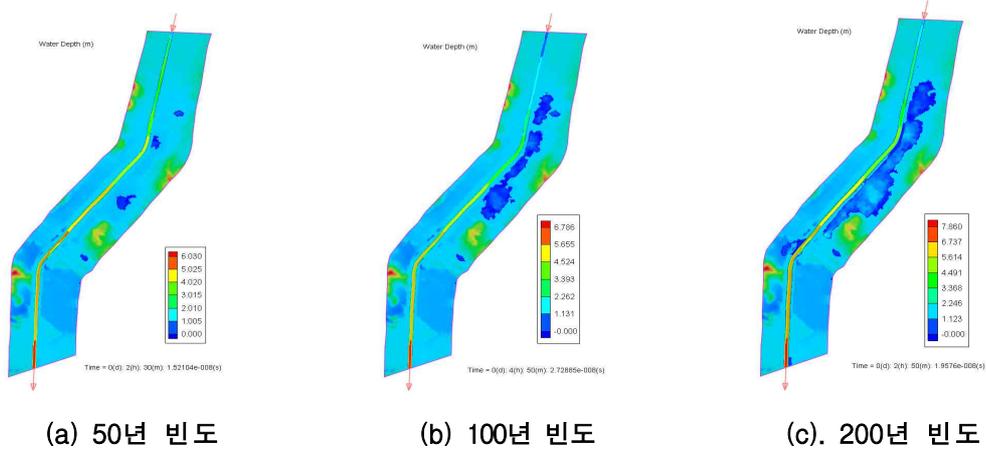


그림 6. 내·외수 침수

불광천 유역에서의 홍수발생 시 시간에 따른 범람면적을 예상하기 위해 상류 경계조건으로는 수문곡선을 입력하였으며, 하류 경계조건으로는 홍수동안 수위가 크게 변하지 않는다는 조건으로 고정수위를 입력하였다. 빈도별 수문곡선은 HEC-GeoRAS 모형과 동일한 조건인 지속시간 2시간, 강우분포 Huff 4분위를 적용하여 구하였다. 홍제천 합류점에서의 빈도별 홍수위 또한 HEC-GeoRAS 모형과 동일한 값을 사용하였으며, 표 1과 같다. 조도계수는 제외지 0.030, 제내지 0.11값을 사용하였다.

CCHE2D 모의결과는 기록파일을 통해 10분 간격으로 홍수위, 유속, 침수면적 등을 확인할 수 있다. 그림 5와 그림 6은 하천 수위 상승으로 인한 외수침수를 고려했을 때와 내수침수까지 고려했을 때의 최대 침수 면적을 보여주고 있다.

3. 모형별 홍수범람모의 결과비교

HEC-GeoRAS 모형을 이용한 외수침수 모의, CCHE2D 모형을 이용한 외수침수모의와 내·외수침수모의를 수행하였다. 이 세 가지 모의에 대한 결과를 비교하면 표 3과 같다.

표 3. 모형별 모의 결과

빈도	모형	HEC-GeoRAS		CCHE2D			
		침수면적 ()	침수심 (m)	외수침수		내·외수침수	
				침수면적 (m ²)	침수심 (m)	침수면적 (m ²)	침수심 (m)
50년 빈도		36,534.61	0.98	6,056.56	0.5	41,473.66	0.64
100년 빈도		185,591.56	2.18	182,650.23	0.87	217,905.61	0.93
200년 빈도		1,135,486.58	3.03	421,547.99	1.94	433,381.86	1.97

외수침수만 고려했을 때 HEC-GeoRAS 모형을 이용한 모의결과가 CCHE2D 모형을 이용한 모의결과보다 침수면적에서 각 빈도별로 6.03배, 1.02배, 2.69배 크게 산정된 것을 확인할 수 있었고, 침수심에서 1.96배, 2.51배, 1.56배 이상 크게 산정된 것을 확인하였다.

HEC-GeoRAS 모의결과와 CCHE2D 모형을 이용한 내·외수침수 모의결과에서 침수면적은 50년, 100년 빈

도에서는 CCHE2D 모형이 HEC-GeoRAS 모형보다 1.14배, 1.17배 크게 나타났으나 200년 빈도에서는 HEC-GeoRAS 모형이 2.62배로 더 크게 산정되었다. 50년, 100년 빈도에서는 내수침수의 영향으로 CCHE2D 모형이 더 크게 산정되었으며, 200년 빈도에서는 범람 시 저지대를 모두 침수로 나타내는 1차원 모형의 한계로 HEC-GeoRAS 모형이 과다산정됨을 확인할 수 있다. 침수심은 HEC-GeoRAS 모형이 CCHE2D 모형보다 50년, 100년, 200년 빈도에서 1.53배, 2.34배, 1.54배로 모두 크게 산정되었다.

CCHE2D 모형에서 외수침수 모의와 내·외수침수모의결과를 살펴보면 침수면적은 50년, 100년, 200년 빈도에서 각각 6.85배, 1.19배, 1.03배로, 침수심은 각각 1.28배, 1.07배, 1.01배로 내·외수침수모의결과가 모두 크게 산정되었다.

4. 결론

본 연구는 내·외수침수를 동시에 고려한 도시구역 침수모의를 진행하였으며 수행된 1차원 및 2차원 모의에 대한 결과는 다음과 같다.

1. CCHE2D 모형을 이용한 외수침수모의와 내·외수침수모의를 비교했을 때 침수면적은 높은 빈도에서 최소 1.03배로 큰 차이가 없었으나, 낮은 빈도에서 6.85배로 큰 차이를 보였다. 이것은 침수지역을 결정하는데 높은 빈도에서는 제방을 월류한 유량이 크게 영향을 미치고, 낮은 빈도에서는 맨홀을 월류한 유량이 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

2. CCHE2D 모형을 이용한 외수침수모의와 내·외수침수모의를 비교했을 때 침수심은 내·외수침수모의가 외수침수모의보다 50년, 100년, 200년 빈도에서 1.28배, 1.07배, 1.01배로 크게 나타났으며 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 침수심 결정에 제방을 월류한 유량이 크게 영향을 미치며, 낮은 빈도에서의 침수면적 결정시 내수침수의 영향을 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

3. 홍수범람모의 후 전체 면적에서는 크게 차이가 없었으나 시간에 따른 침수양상이 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 홍수범람지도 제작 시 시간에 따른 홍수범람지역을 확인하여 홍수범람지역 결정에 오차가 없도록 해야 할 것이다.

4. 도시구역에서의 홍수범람모의 시 내수침수를 고려할 수 없고, 외수침수 시 침수면적이 과다산정되는 HEC-GeoRAS 모형은 적용성에 문제가 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김경호 (2005). 도시구역에서의 홍수범람모의. 석사학위논문, 서울대학교.
2. 서울특별시 (2009). 대학과 연계한 하천관리에 대한 연구 용역(2단계4차).
3. 서울특별시 (2002). 하천정비기본계획(단천, 홍제천, 불광천).
4. 이창희, 한건연, 최규현 (2006). "SWMM을 연계한 DEM기반의 도시침수해석 모형.", 한국수자원학회논문집, 제39권, 제5호, pp. 441-452.
5. 임장혁, 김지호, 박영진, 송재우 (2005). "HEC-GeoRAS 및 ArcView를 이용한 광양항 홍수범람 해석 및 수리특성 연구.", 한국수자원학회학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1164-1168.
6. 한건연, 조완희, 김영주, 류종현 (2009). "내·외수 침수해석을 위한 홍수해석 기법 확립.", 한국수자원학회발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 245-249.
7. 황태하, 장대원, 김형수, 서병하 (2004). "HEC-GeoRAS & HEC-RAS를 이용한 홍수범람 연구.", 한국수자원학회학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 737-741.