침수흔적도 및 수치모형 결과의 비교·분석 기초 연구

A Fundamental Study on the Comparison and Analysis of Flood Plain Maps and Numerical Simulation

안재찬*, 정도준**, 김윤태***, 이재준****

Jae Chan Ahn, Do Joon Jung, Yun Tae Kim, Jae Jun Lee

요 지

하천 설계를 위한 다양한 수치모의 프로그램을 활용하여 홍수위, 침수심, 침수면적 등을 검토・분석하여 실시설계에 반영하고 사업을 추진하고 있으나, 실제 호우사상과 수치모의 모형에 대한 결과 분석은 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 경기도 양평군 흑천 하류부를 대상으로 2006년 7월 집중호우 시 침수흔적도 및 HEC-GeoRAS에 의한 침수영향 비교 검토와 함께 하천 흐름의 주요 영향계수인 조도계수를 다양화하여 침수변화 양상 등에 대해 분석하였다. 모의 결과 흑천 하류부에 대한 침수영향은 침수흔적도와 서로 상이한 결과를 나타내고, 조도계수의 증가에 따라 침수면적은 증가 양상을 보이고 있다. 상기 결과를 볼 때 침수흔적도와 HEC-GeoRAS의 침수구역 비교·검토시에서는 피해당시의 하천환경에 대한 조사 및 피해원인에 대해 정밀 검토후 다양한 사례 연구 후 적용이 필요할 것으로 판단된다. 또한 침수모의 분석이 가능한 다양한 프로그램을 적용하여 향후 실제 침수흔적을 잘 반영할 수 있는 프로그램 개발과 적용시 착안 사항 등에 대한 검토도 병행할 필요가 있는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 침수흔적도, HEC-GeoRAS, 조도계수, 침수모의

1. 서론

수자원 분야에서는 하천설계를 위하여 다양한 수치모의 프로그램을 활용하여 홍수위, 침수심, 침수면적 등을 검토·분석하여 실시설계에 반영하고 있다. 그러나 침수흔적 DB의 제한과 피해당시의 하천단면 자료 부재로 인하여 실제 호우사상과 수치모의에 의한 유황 분석 사례는 매우 부족한 실정이다. 이에 따라 다양한 사례 분석을 통해 하천의 특성을 유사하게 모의할 수 있는 소치모의 프로그램에 대한 검토와 함께 각종 사업의 실시설계시 수치모의 프로그램의 선정 및 운용에 대한 신뢰성을 향상시킬 필요가 있다.

상기와 같은 사례 분석을 위해서 피해발생전의 하천 단면, 강우량 자료, 해당 하천의 침수흔적도 등에 대한 자료가 현존하는 대상 유역을 선정하였으며, 상호 결과를 HEC-GeoRAS를 이용한 하류부 하천 홍수위 검토 및 홍수범람 모의를 실시하고, 피해당시의 침수흔적도와 비교 분석을 실시하였다. 본 연구는 실제 피해특성과 수치모형의 분석을 위한 기초 연구로서 해당 관측자료의 수집 한계로 인하여 제체의 구조적 안전성, 기초 유실, Backwater 등의 외부적 환경은 고려하지 않았다.

2. 연구방법

2.1 연구지역 선정

'06～'09년사이의 대규모 피해가 발생한 12개 시군구를 대상으로 피해전 하천정비기본계획 자료를 수집하

* 정회원・소방방재청 국립방재연구소 연구사・E-mail : jcan365@nema.go.kr
** 정회원・소방방재청 국립방재연구소 연구원・E-mail : fasv96@nema.go.kr
*** 정회원・소방방재청 국립방재연구소 연구관・E-mail : prooni@nema.go.kr
**** 정회원・금오공과대학교 토목환경공학부 교수・E-mail : jhb365@kumoh.ac.kr

고 침수흔적도가 작성된 지구를 조사하였다. 피해발생전의 하천단면, 강우량 자료, 해당 하천의 침수흔적도 등 자료 수집의 한계성으로 인해 경기도 양평군 흑천 하류부 지역 1개소만 대상지구로 선정하였다.

흑천은 국가하천 한강의 제1지류로 한강 하류부의 우안측으로 합류되며, 유역면적은 314.02㎢, 유로연장 42.87km의 지방 하천으로 행정구역은 양평군 양평읍, 단월면, 청운면, 양동면, 지제면, 용문면 등에 위치하고 있다. 흑천의 하천현황은 표 1과 같고, 그림 1과 그림 2는 선정된 흑천 유역의 위성사진과 2006년 피해 당시 흑천 하류부의 침수흔적도이다.

표 1. 흑천의 하천 현황

하천명		유역면적 (㎢)	유로연장 (㎞)	하천연장 (㎞)	유역평균폭 A/L(㎞)	유역형상 계수(A/L^2)	하천밀도 (L/A)
본류	제1지류						
한강	흑천(지방하천)	314.02	42.87	37.00	7.33	0.17	1.74

출처) 양평군, 흑천(다문지구) 하천개수공사 실시설계 보고서(2005)

그림 1. 흑천 유역의 위성사진

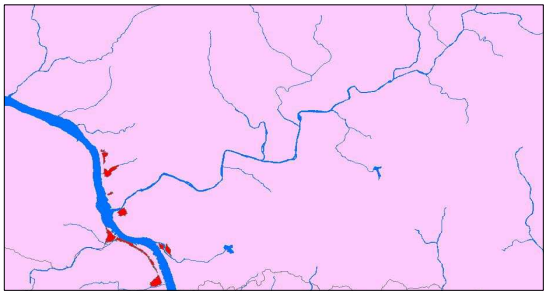

그림 2. 흑천 유역의 침수흔적도(2006. 7)

2.2 강우자료 분석 및 유출량 산정

본 연구에서는 2006년 7월 15일~18일 기간 중 24시간 지속시간에 발생한 285.0mm 강우에 대한 침수흔적도를 조사하였으며, 당시 호우사상은 표 2와 같다. 흑천 하천개수공사 실시설계 보고서에 의한 유역평균 면적 확률강우량은 표 3과 같으며, 이 시기의 유역평균 면적 확률강우량은 지속시간 24시간동안 292.7mm로서 20년빈도에 못 미치는 것으로 분석되었다.

표 2. 경기도 양평관측소의 시우량(2006. 7.15~18)

강우일시	01시	02시	03시	04시	05시	06시	07시	08시	09시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시	24시	합계
15일	0.5	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.5	4.5	1.5	1.5	2.5	0.5	3.5	17.0	6.0	0.5	0.5	0.0	0.0	23.0	3.5	69.0
16일	46.0	27.5	19.5	17.5	28.0	14.5	16.0	7.0	12.5	14.5	13.0	10.5	14.0	13.0	6.0	6.5	2.5	5.5	6.0	0.5	0.0	2.0	0.0	2.5	285.0
17일	0.5	0.0	1.5	2.0	4.5	1.0	1.5	0.5	1.0	3.5	2.0	2.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	1.5	4.0	4.0	6.0	5.0	2.0	44.5
18일	2.0	3.5	3.5	4.5	4.0	5.5	2.5	2.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.0	2.5	2.5	1.0	45.0

표 3. 유역평균 면적 확률강우량(확률강우량 × ARF)

하천명	재현기간 (년)	지속시간					
		1	2	3	6	12	24
흑천하구	20	57.8	91.0	111.9	156.4	216.4	292.7
	30	61.8	97.6	119.9	168.2	232.9	315.7
	50	66.8	105.8	129.7	182.8	253.7	344.5

본 연구대상유역의 홍수량 산정은 유역추적법(Clark method)을 채택하여 홍수량을 산정하였고 흑천 하

구의 기점홍수위는 지류의 계획빈도에 해당하는 본류 홍수위 「한강 하천정비기본계획(2003, 건설교통부)」를 기점수위로 한 배수위 계산을 통하여 결정하되 산정된 홍수위가 본류의 계획홍수위 이하인 구역에서는 본류의 계획홍수위(EL.34.48m)를 등류수심으로 연장하여 적용하였으며 그 결과는 표 4와 같다.

표 4. 흑천 유역 빈도별 홍수량 및 홍수위

지속시간	20년 빈도	30년 빈도	50년 빈도
홍수량(No.15)	1,720 ㎥/s	1,870 ㎥/s	2,060 ㎥/s
홍수위	31.79 m	32.48 m	33.30 m

2.3 홍수범람 모의결과

양평군 흑천 하류부를 대상으로 피해발생 당시의 20년 빈도에 해당하는 확률강우량, 유출총량, 홍수위, 홍수범람 모의분석을 실시하였다. 대상 유역이 포함된 각 유역의 도엽들은 1:25,000 수치지도를 기본으로 하여 Arcview GIS 3.2a 모형을 이용하여 수치고도자료(DEM)을 구축하였으며 벡터형식(Vector Type)의 데이터를 이용하여 TIN 작업을 실시하였다. 그림 3은 하천 측량자료를 바탕으로 생성된 DEM을 도시하였다.

TIN 자료로부터 측량자료 이외의 구간에 대한 횡단자료를 추출하기 위해 좌횡단에서 우횡단자료를 각각 GIS 자료를 바탕으로 추출하였으며 그 결과는 그림 4와 같다. DEM 자료를 바탕으로 추출한 횡단자료 및 입력자료는 HEC-RAS와 연계하여 IMPORT하였다.

HEC-RAS 모의구간은 한강과 합류되는 흑천 하류부 지점을 2.6km에 걸쳐 총 16개의 단면을 모의구간에 적용하였으며, 조도계수는 다양화하여 홍수량을 비교·검토하여 범람모의를 실시하였다. 표 5와 같이 조도계수는 Chow(1959)에 의한 최대, 최소값을 사용하였으며 중간값은 양평군 하천개수공사 실시설계 보고서(2005)에서 제시한 0.033을 적용하였다.

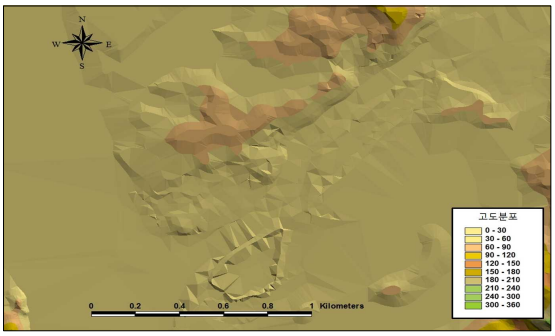

그림 3. 흑천 유역 DEM 생성

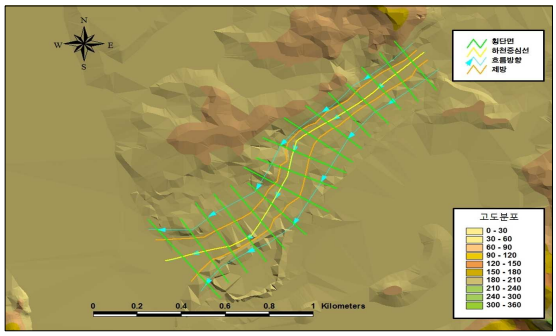

그림 4. 흑천 하류부 전처리 과정

표 5. 흑천 하류부 HEC-GeoRAS 입력자료

구분	20년빈도
첨두홍수량(㎥/s)	1,720 ㎥/s
기점홍수위(m)	31.79 m
조도계수(n)	0.025, 0.033, 0.070

홍수위 계산결과를 바탕으로 GIS 형식으로 결과를 EXPORT하여 홍수범람도를 작성하였으며 도로, 농경지, 건물을 대상으로 피해정도를 파악하기 위해 20년 빈도의 홍수량과 실측에 의한 홍수량에 대한 범람구역을 결정하였다. 또한 2006년 7월 15일~18일기간의 침수흔적도 비교 분석과 함께 하천의 흐름해석 결과에

영향을 미치는 조도계수를 0.025, 0.033, 0.070으로 다양화하였으며, HEC-GeoRAS 모의결과는 그림 5에 도시하였다.

표 6. 흑천 하류부 20년빈도 홍수위 분석

No.	홍수량 (m^3/s)	기점홍수위(m)			유속(m/s)			통수면적(m^2)			좌안고 (m)	우안고 (m)
		조도계수			조도계수			조도계수				
		0.025	0.033	0.070	0.025	0.033	0.070	0.025	0.033	0.070		
15	1720	33.25	33.49	35.22	3.38	3.20	2.27	508.36	538.01	757.47	36.59	37.09
14	1720	32.02	32.74	34.76	5.48	4.42	2.81	313.84	388.93	611.84	36.50	36.74
13	1720	32.62	33.03	34.67	2.81	2.58	1.91	612.21	666.91	925.74	36.55	33.06
12	1720	32.13	32.65	34.37	3.85	3.35	2.33	446.46	512.97	739.05	36.69	35.59
11	1720	32.09	32.53	34.12	3.45	3.10	2.22	498.93	555.34	773.89	36.62	37.92
10	1720	31.92	32.27	33.79	3.60	3.31	2.33	477.58	519.13	736.73	36.52	34.95
9	1720	31.97	32.23	33.53	2.94	2.76	2.05	584.42	624.05	839.81	36.61	37.26
8	1720	32.02	32.23	33.34	2.25	2.15	1.72	765.17	801.40	1000.06	36.46	34.47
7	1720	31.89	32.08	33.10	2.55	2.45	2.01	673.71	701.24	854.66	36.49	34.76
6	1720	31.85	32.00	32.90	2.48	2.38	1.95	693.87	721.42	883.25	37.14	33.64
5	1720	31.85	31.97	32.73	2.15	2.10	1.80	800.17	824.84	967.95	36.96	31.95
4	1720	31.72	31.81	32.44	2.50	2.46	2.19	686.79	699.31	784.95	37.04	32.79
3	1720	31.66	31.72	32.13	2.55	2.52	2.34	675.83	682.61	734.07	36.95	33.44
2	1720	31.67	31.69	31.89	2.29	2.28	2.20	751.26	754.81	782.39	36.75	32.69
1	1720	31.75	31.75	31.81	1.53	1.53	1.52	1122.60	1123.95	1134.86	36.77	40.45
0	1720	31.79	31.79	31.79	0.93	0.93	0.93	1858.08	1858.08	1858.08	36.56	26.85

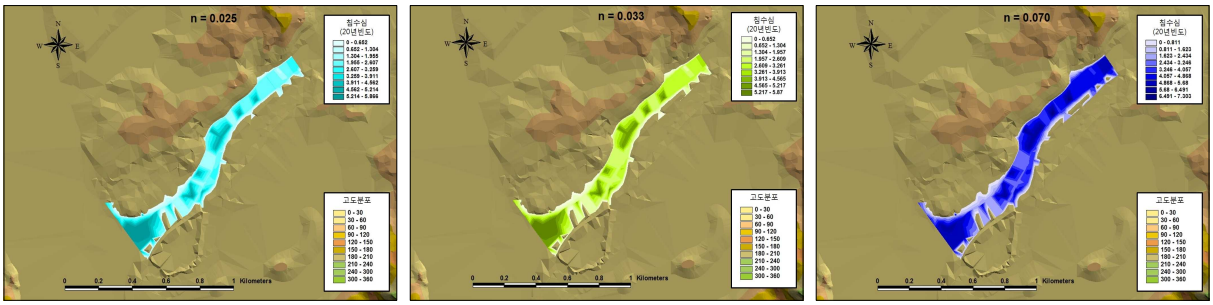

그림 5. 20년 빈도시 흑천 하류부 홍수범람구역 결과(조도계수 : 0.025, 0.033, 0.070)

3. 결과 및 고찰

3.1 침수흔적도와 HEC-GeoRAS의 홍수범람 결과 검토

침수흔적도 작성당시 침수심, 침수면적 등이 미기재된 채 자료가 작성되어 침수심과 침수면적을 알 수 없음에 따라 침수흔적도와 HEC-GeoRAS의 홍수범람에 대한 정량적인 분석보다는 정성적인 분석만을 수행하고자 한다.

그림 2의 침수흔적도는 흑천 하류부 좌안 No. 1~No. 3지점에 침수가 발생한 것으로 나타났으며, 그림 5에서처럼 No.4, No.6, No.10, No.12~No.13, No.15 지점의 좌안측에 일부 침수가 발생한 것으로 나타나고 있다. 따라서 실제 강우 발생시의 현장 조건, 즉 제체의 안정성, 하도 퇴적, 부유물의 영향 등에 대한 정밀한 현장조사가 선결되어야 결과 분석의 신뢰성이 확보될 것으로 보여진다.

조도계수 변화에 대한 침수면적의 변화는 그림 5에서 나타낸 바와 같이 조도계수가 커질수록 증가함을 알 수 있다. 즉 조도계수 값에 대한 침수면적의 영향이 다르게 나타나는 것을 알 수 있으며, 그 결과는 표 7과 같다.

표 7. 20년 빈도 강우시 조도계수별 홍수범람 면적

20년 빈도	조도계수		
	0.025	0.033	0.070
범람면적(km^2)	0.2125	0.2175	0.2378

3.2 고찰

3.1절에서 언급한 바와 같이 2006년도 7월 호우에 의해 흑천 하류부에는 침수구역이 발생하였으나, 피해당시와 유사한 재현기간의 호우가 발생시 수치모형인 HEC-GeoRAS에서는 침수가 없다는 것을 알 수 있다. 상기 결과를 고려할 때 본 연구에서는 2가지 관점에서 재고할 필요가 있는 것으로 보여진다.

첫째, 피해당시의 하천 환경, 즉 개수사업시 설계변경, 제체의 구조적 안전성, 호안기초 유실, 홍수소통 방해물 증가로 통수단면적의 축소, 하상고의 상승 등으로 인한 영향요소 등으로 피해 당시와 다를 수 있으며, 본류인 한강의 Backwater 영향을 반영하고 있지 않는 점이다. 따라서 개선복구사업이 예상되는 피해지점에서는 제방 월류, 제방 붕괴, 파이핑, 하상 퇴적 또는 유송잡물로 인한 통수단면적 축소 등 피해원인을 정밀하게 분석한 후 상기와 같은 사례 연구를 추진하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, HEC-GeoRAS는 우리나라 하천을 대상으로 한 침수모의 분석에 적합하지 않을 수 있다는 것이다. 이는 피해전 당시의 하천 단면자료와 침수흔적도가 존재하는 지역에 대해 다양한 사례 검토가 필요하며 침수모의 분석이 가능한 다양한 프로그램에 의한 검토 역시 수반되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

경기도 양평군 흑천 하류부(2006년 7월 집중호우)의 침수흔적도와 HEC-GeoRAS를 이용하여 조도계수 변화에 따른 침수 영향에 대한 정량적인 변화를 분석하였다. 분석결과 서로 상이한 침수영향을 나타나고 있으며, 조도계수의 증가에 따라 침수면적의 증가율이 크게 나타나고 있으나, 이 또한 침수흔적도의 범람 형태와 동일한 양상을 보이지 않고 있다.

상기 결과를 볼 때 침수흔적도와 HEC-GeoRAS의 침수구역 비교 검토시에서는 피해당시의 하천환경에 대한 조사 및 피해원인에 대한 정밀 검토와 다양한 사례 연구 후 적용해야할 것으로 판단된다. 또한 침수모의 분석이 가능한 다양한 프로그램의 적용으로 실제 침수흔적을 잘 반영할 수 있는 프로그램 개발과 적용시 착안 사항 등에 대한 검토도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 양평군(2005), 흑천(다문지구) 하천개수공사 실시설계 보고서
2. 양평군(2010), 흑천(다문지구) 수해복구공사 실시설계
3. 진지웅외 3인, HEC-GeoRAS를 이용한 극한 홍수에 대한 홍수 위험지역 분석, 한국수자원회 학술발표회, 2008
4. 김기석외 3인, HEC-GeoRAS를 이용한 홍수범람지역 결정, 한국수자원학회 학술발표회, 2006