

## 남한강 유역의 침수예상지역에 대한 홍수범람분석에 관한 연구\*

홍성수<sup>1</sup> · 정다솜<sup>1</sup> · 황의호<sup>1\*</sup> · 채효석<sup>1</sup>

## A Study on the Watershed Analysis of the Expected Flood Inundation Area in South Han River\*

Sung-Soo HONG<sup>1</sup> · Da-Som JUNG<sup>1</sup> · Eui-Ho HWANG<sup>1\*</sup> · Hyo-Suk CHAE<sup>1</sup>

### 요 약

홍수 및 침수 등의 자연재해로부터 예방, 대비, 복구, 대응을 위한 기초자료로 홍수위험지도, 홍수피해지도, 재해정보지도, 침수흔적도 등 지도 제작에 있어서 홍수범람해석이 핵심적인 내용을 수반한다. 본 연구에서는 한강 살리기 사업 이후의 충주댐부터 팔당댐까지의 남한강 구간에 대하여 하도 특성 및 유역특성을 분석하고, 하천기본계획상 계획홍수위를 이용하여 홍수 시나리오를 선정하였다. 하천의 흐름특성을 고려하여 HEC-RAS를 이용한 1차원 부정류 해석, FLUMEN을 이용하여 상습수해지역인 여주, 양평, 충주지구에 대해 2차원 부정류 해석을 실시함으로써 홍수범람해석을 하였다. 남한강 구간에 대해 각 지천별로 100년, 200년, 500년 빈도해석을 하였으며, 침수심 0.5m에 해당되는 100년 빈도는 2,379.8ha, 200년 빈도는 3,155.2ha, 500년 빈도는 3,995.3ha의 홍수피해면적이 산정되었다. 침수흔적도와 비교분석함으로써 하천정비기본계획, 토지이용계획, 홍수방어대책, 치수대책 등의 수립 및 신속한 호우피해 예상지역의 정보 취득으로 대피정보 제공을 위한 재해정보지도 구축의 중요한 의사결정 자료가 될 것으로 사료된다.

주요어 : 침수흔적도, 홍수범람해석, 남한강, HEC-RAS, FLUMEN

### ABSTRACT

Flood risk map, flood damage map, disaster information map, inundation trace map are involved with the cartographic analysis of flood inundation based on prevention, preparation, restoration, response from natural disasters such as flood, flooding, etc. In this study, the analysis for channel and basin characteristics Chungju dam to Paldang dam of South han river after four river project. Flood scenario is selected to take advantage of design flood level of schematic design for river. Flood inundation of one dimensional

2016년 2월 12일 접수 Received on February 12, 2016 / 2016년 3월 15일 수정 Revised on March 15, 2016 / 2016년 3월 22일 심사완료 Accepted on March 22, 2016

\* 본 연구는 국민안전처의 재원으로 자연재해저감기술개발사업단의 지원[MPSS-자연-2015-79]을 받아 수행되었음.  
1 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구소 Water Resources Research Center, K-water Institute, Korea Water Resources Corporation

\* Corresponding Author E-mail : ehhwang@kwater.or.kr

non-uniform flow by using HEC-RAS with basin characteristics is accomplished and two dimensional unsteady flow was interpreted by using FLUMEN. Frequency analysis is carried out about each abundance of South han river for 100 year period, 200 year period and 500 year period. Flooding disaster area of 100 year period on 0.5m damage functions is 2378.8ha, 200 year period on 0.5m damage functions is 3155.2ha, 500 year period on 0.5m damage functions is 3995.3ha respectively. It will be significant data for decision making to establish inundation trace map for providing basic plan for river maintenance, land use plan, flood protection plan, application plan and getting information of flood expectation area.

**KEYWORDS** : *Inundation Trace Map, Flooding Analysis, South Han River, HEC-RAS, FLUMEN*

## 서론

세계 기후변화현상 중 지구온난화 현상으로 인한 온실기체 배출량 증가로 인해 최근 100년간(1996-2005년) 전 지구 평균 기온은 약  $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18$  정도 증가하였다(IPCC, 2008). 또한 지구온난화에 따라 호우, 태풍, 폭염 등의 극한 기상현상도 빈번히 발생하고 있으며 미래 기후 전망 모델에서도 유사한 결과를 보였다(Houghton, 1995). 세계협력기구(WMO)는 온실가스 배출량이 2000-2010년간 연평균 2.2% 증가(1970-2000년간 1.3% 증가)하였으며, 이산화탄소가 온실가스 배출량 증가의 78%를 차지하였다. 지구온난화로 증가한 에너지(1971-2010년)의 90%를 해양에서 흡수하였으며 해양의 이산화탄소 흡수로 인한 급격한 해양산성화가 관측되는 한편, 폭염·집중호우 등 극한기후현상이 지역적으로 증가추세를 보이고 있다. 식량, 수자원, 생태계 등에 대한 기후변화의 부정적 영향이 많은 지역에서 극한 강수현상의 발생빈도가 증가할 것으로 전망하고 있다(IPCC, 2015).

우리나라는 이러한 기후변화가 심각해지면서 국지성 집중호우가 자주 발생하며, 홍수 피해규모가 커지고 예측하기 어려운 실정이다. 자연재해에 의해 발생하는 피해는 약 90% 이상이 기

상과 관련된 것이며, 통계에 따르면 이 중 호우, 태풍, 폭풍에 의한 것이 80%를 넘는다(Ministry of Public Safety and Security, Chronology of disaster, 1996-2006). 최근 10년간(2005-2014년) 연평균 자연재해 피해액 6269억원 가운데 85.7%(5375억원)가 호우 및 태풍에 의한 피해이다(Kim, 2016). 이처럼 호우에 의한 자연재해로 인해 태풍 '루사(2002)', '매미(2003)', '메기(2004)' 등 태풍이 동반한 집중호우로 인해 많은 재산 및 인명피해를 발생시켰다(Hwang, 2015). 이에 따라 서울시는 침수취약지역 34개소에 대한 수해 예방 사업을 중점 추진하였으며, 지난 3년간(2013-2015년)간 총 12개소에 대하여 침수해소 사업을 완료하였으며, 2016년 5개 지역의 사업을 마무리하고 나머지 17개지역을 2019년까지 완료할 예정이다(Park, 2015). 이와 같이 최근 기후변화에 따른 집중호우의 발생 빈도 및 규모는 지속적인 증가 추세에 있으나 홍수 및 침수 등의 재해로부터 사전예방 및 신속한 대응을 위한 기초자료로서 홍수위험지도 및 재해(정보)지도는 반드시 필요하고, 이러한 위험지도 제작에 있어 가장 핵심적인 내용은 홍수범람해석이다(Lee, 2015).

이러한 기초자료를 활용한 홍수방재대책 수립은 매우 중요한 연구로써 국토부의 2001년부터 진행 중인 국가하천 중심의 홍수위험지도 제작 및 2007년부터 지자체 중심으로 소방방

재청이 주관하고 있는 풍수해저감종합계획과 재해정보지도 작성 등이 시행 중에 있다. 또한 국내 홍수위험지도 제작을 위한 기초자료에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다. Lee(2004)은 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법에 관한 연구를 하였으며, Min(2010)은 지적정보 기반의 강우빈도별 침수지역에 대하여 분석하였다. Choi(2013)는 LIDAR 고도자료와 LISFLOOD 모형을 이용한 홍수범람해석을 하였으며, Jo(2015)는 내수 및 외수영향을 고려한 침수해석에 관한 연구를 하였으며, 4대강 살리기 사업 이후 변경된 하도 단면에 대하여 홍수범람해석에 관한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 남한강유역을 대상으로 수리 및 한강 살리기 사업 이후의 하도특성, ArcView를 이용하여 남한강 유역특성에 대해 조사하였으며, 하천별 하천기본계획 상의 계획홍수량을 기준으로 홍수규모 시나리오를 구축하였다. 연구 대상지역의 흐름특성을 고려하여 HEC-RAS 모형을 이용한 1차원 부등류 해석을 하였으며, 상습수해지역인 여주 및 양평지구에 대해 FLUMEN 모형을 이용하여 2차원 부정류 해석을 실시하여 남한강 구간의 하천별 홍수위험구역을 추정하였다.

## 입력자료 및 연구방법

본 연구의 대상지역인 남한강은 우리나라의 제1의 하천으로써 강원도 삼척시 대덕산 남쪽의 금대봉 검룡소에서 발원하여 남서류하다 정선부근에서 오대천 및 송천이 합류하며, 하류로 내려오면서 제천천, 달천, 섬강, 청미천, 양화천, 북하천, 흑천, 경안천 등 크고 작은 지류들과 합류하여 유역을 이루고 있다. 그림 1은 과거 침수흔적도를 나타내었고, 그림 2는 하천정비기본계획의 4대강 살리기 사업 이전과 이후의 하도 단면에 대해 계획홍수위를 나타내었다. 연구 대상 하천 구간에서 분류로 유입되는 큰 지천 중 북한강은 경기도 양평군 양수리에서 북한강과 합류하여 한강 본류를 형성 및 관류한다. 상류단 경계조건인 팔당댐부터 하류단 경계조건인 충주댐까지 구간의 남한강 유역 지천 중 달천, 섬강, 청미천, 북하천, 북한강을 비교적 큰 지천으로 선정하여 모형에 반영하였다.

남한강 구간의 수계 구성은 국가하천 구간이 173.72km이고 지방하천 구간이 125.80km이며, 제 1지류인 국가하천구간은 북한강, 섬강, 달천 등 7개에 총 연장 258.15km으로 남한강 구간의 주요지점별 하천 현황을 조사하였다. 주요지점은 팔당댐 수위관측소, 북한강 합류점,

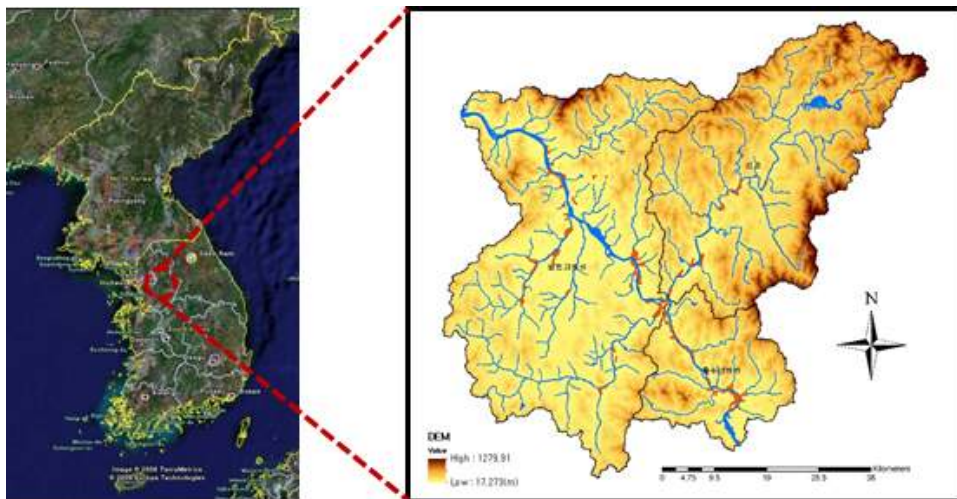


FIGURE 1. Basin map and inundation trace map of South Han river

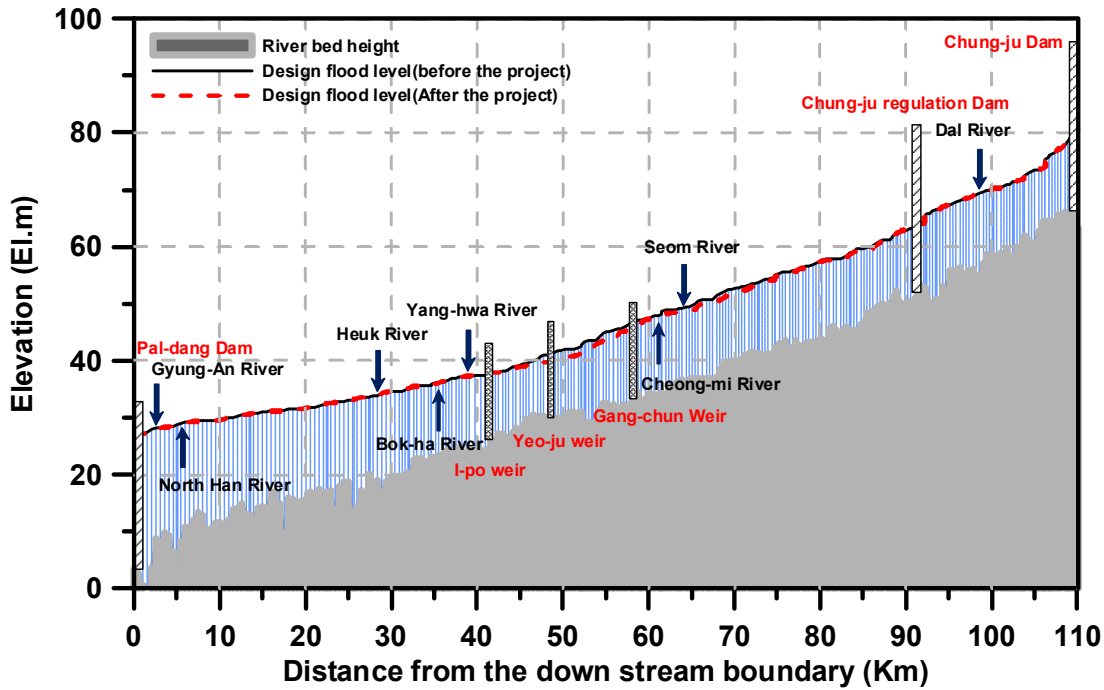


FIGURE 2. Diagram of South Han river

여주 수위관측소, 섬강 합류점, 달천 합류점, 충주댐 수위 관측소이다. 팔당댐 수위관측소의 경우 배수면적이 가장 큰 지점으로 23,741.69km<sup>2</sup>이며, 충주댐 수위관측소의 경우 가장 작은 6,662.52km<sup>2</sup>으로 나타났다. 하도경사의 경우, 팔당댐 수위관측소 지점은 0.017, 북한강 합류점은 0.028, 여주 수위관측소 지점은 0.048, 섬강 합류점은 0.049, 달천 합류점은 0.049, 충

주댐 수위관측소 지점은 0.070로 충주댐이 가장 경사가 높게 나왔으며, 팔당댐 수위관측소가 가장 작게 나타났다. 표 1에 이러한 지형특성을 살펴보면 남한강 상류는 집중호우 발생시 급격하게 홍수량이 증가하여 시설물의 피해가 발생할 위험성이 높으며 달천이 속해 있는 유역은 저지대와 평탄지가 집중적으로 분포하고 있어 홍수발생시 신속한 홍수 배제가 곤란할 것으로

TABLE 1. Topographic characteristics of South Han river

Area	Area (Km <sup>2</sup> )	Maximum of height(El.m)	Average of height(El.m)	Average of bed slope(%)	Analysis of dead level(%)
Upstream of Nam Han river	2,447.85	1570.00	749.32	44.81	20.29(0.83%)
Chung-ju dam	2,483.83	1561.00	476.07	41.67	61.65(2.48%)
Dal river	1,614.36	1060.00	297.42	31.95	60.68(3.76%)
Downstream of Chu-ju dam	524.42	973.00	201.48	26.92	21.38(4.08%)
Downstream of Nam Han river	2,072.73	1133.00	148.20	18.88	195.71(9.44%)
Gyung-An river	561.13	665.00	180.86	26.05	15.95(2.84%)
Pal-dang dam	43.87	654.45	138.90	26.92	8.70(19.84%)

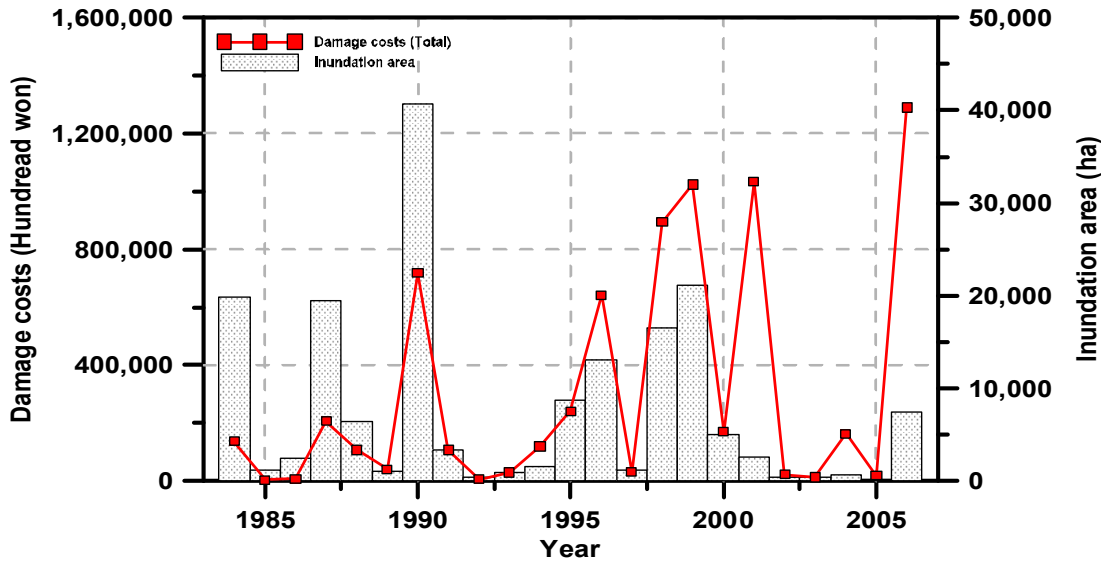


FIGURE 3. Damaged condition from wind and flood (1984 - 2006)

예측된다. 홍수발생으로 인한 피해 원인을 분석하기 위해 한강지도 제작 보고서(3차)에 1984년부터 2006년까지 남한강 유역에 대한 홍수 피해현황을 살펴보았으며, 그에 따른 홍수피해 취약지역과 피해원인을 분석하여 그림 3에 도시하였다. 한강유역의 최근 20년간(1984~2006) 풍수해 상황을 살펴보면 총 피해액은 약 7조 4,300억원으로 연평균 3,602백만원의 손실을 발생하였다. 침수면적은 1990년에 40,633ha로 가장 크게 났지만 총 피해액은 718,387백만원 2001년에 침수면적이 2,625ha

이지만 가장 큰 피해액인 1,046,044백만원의 손실을 발생하였다.

### 홍수범람해석

#### 1. 홍수 시나리오 선정

본 연구에서는 설정된 홍수 시나리오에 따라 남한강 구간으로 유하형 범람의 가정 하에 1차원 모형인 HEC-RAS와 2차원 모형인 FLUMEN을 이용하여 홍수범람분석을 수행하였다. 이는 범람원인, 흐름의 유형에 따라 연구

TABLE 2. Up and down stream boundary condition

Boundary condition		100 year return period	200 year return period	500 year return period
South Han river	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	18,820	21,380	24,580
	Down stream(El.m)	27.00	27.00	27.00
Dal river	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	6,240	6,940	7,910
	Down stream(El.m)	70.61	71.44	72.13
Seom river	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	7,060	7,790	8,820
	Down stream(El.m)	50.44	51.37	52.46
Chung-mi river	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	2,860	3,200	3,640
	Down stream(El.m)	50.42	50.48	51.56
Bok-ha river	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	2,690	2,990	3,380
	Down stream(El.m)	38.26	39.21	40.40

( ) : Before the four rivers restoration project.

대상지역의 지형조건 및 수계형태를 고려하여 분석하였다. 본 연구에서는 1차원 부등류 해석을 하기 위해 HEC-RAS모형을 사용하였고, 이는 미육군공병단(USACE)에서 개발한 모형으로써 표준축차 계산법을 사용하였다. 모형에 사용된 홍수 시나리오는 「한강유역종합치수계획(Ministry of Land, The plan of integrated flood management in Han River basin, 2009)」을 기본으로 하여 각 하천별로 하천정비기본계획서 상의 계획홍수량을 기준으로 빈도별 산정을 하였다. 이에 따라 표 2에 남한강 분류 및 주요 지천들에 대한 경계조건을 나타내었다. 1차원 홍수범람해석의 상류단 경계조건은 홍수 시나리오의 첨두홍수량을 사용하였고, 하류단 경계조건은 하천정비기본계획의 홍수위를 사용하였다.

**2. HEC-RAS를 이용한 1차원 부등류 해석**

본 연구대상 지역인 남한강 구간에 대한 조도계수는 크게 하도구간과 범람구간으로 구분하였으며 하도구간의 조도계수는 하천별 하천정비기본계획 상의 조도계수를 기준으로 하였다. 남한강은 0.027~0.032, 달천은 0.032, 섬강은 0.030, 청미천은 0.030, 복하천은 0.030, 북한강은 0.025~0.035의 조도계수를 사용하였다. 범람구간에 대해서는 토지이용특성을 고려하여 「홍수위험지도 제작에 관한 지침(Ministry of Land, Guideline of making flood risk map, 2008)」의 합성등가 조도계수를 적용하였다.

남한강 구간에 대해 1차원 부등류 해석 모형

을 이용하여 하류단 경계조건으로부터 400m마다 측정된 지점을 각 하천별 좌안과 우안에 대한 홍수위를 산정하였다. 표 3에는 남한강 구간의 좌·우안에 대한 남한강의 1차원 부등류 해석 결과를 도시하였다. 좌안의 경우 4대강 사업 이후 하도 단면에 대해 100년 빈도는 최고 수위 El. 21.71m, 평균 수위 El. 13.76m, 200년 빈도는 최고 수위 El. 22.39m, 평균 수위 El. 14.65m, 500년 빈도는 최고 수위 El. 23.25m, 평균 수위 El. 15.62m로 추정되었다. 우안의 경우 4대강 사업 이후 하도 단면에 대해 100년 빈도는 최고 수위 El. 21.71m, 평균 수위 El. 13.86m, 200년 빈도는 최고 수위 El. 22.38m, 평균 수위 El. 14.74m, 500년 빈도는 최고 수위 El. 23.24m, 평균 수위 El. 15.68m로 추정되었다. 좌안의 100년 빈도인 경우 4대강 살리기 사업 이전보다 최고 수위가 El. 0.02m가 상승한 반면 최저 수위는 El. 0.90m가 낮아졌고, 평균 수위 또한 El. 0.33m가 낮아졌다. 우안의 100년 빈도인 경우도 최고 수위는 사업 이전보다 El. 0.02m가 상승한 반면 최저 수위는 El. 0.01m 낮아졌으며, 평균 수위 또한 El. 0.28m 낮아진 것을 알 수 있었다. 그림 4부터 8까지는 남한강 분류 및 각 주요 지천들에 대하여 4대강 살리기 사업 이전 및 이후의 100년 빈도에 대하여 하류단 경계조건으로부터 홍수위를 산정한 것을 도시하였다. 하류단 경계조건으로부터 가까운 지점의 경우 빈도별 수위차가 많고, 하류단 경계조건으로부터 먼 경우 빈도별 수위차가 적게 나타났다.

TABLE 3. Result of one-dimensional analysis on South Han river

Bank	Frequency	Maximum of elevation (El.m)	Minimum of elevation (El.m)	Mean of elevation (El.m)
Left	100	21.71(21.69)	9.30(10.20)	13.76(14.09)
	200	22.39	10.19	14.65
	500	23.25	11.18	15.62
Right	100	21.70(21.69)	9.47(9.48)	13.86(14.14)
	200	22.38	10.38	14.74
	500	23.24	11.15	15.68

( ) : Before the four rivers restoration project.

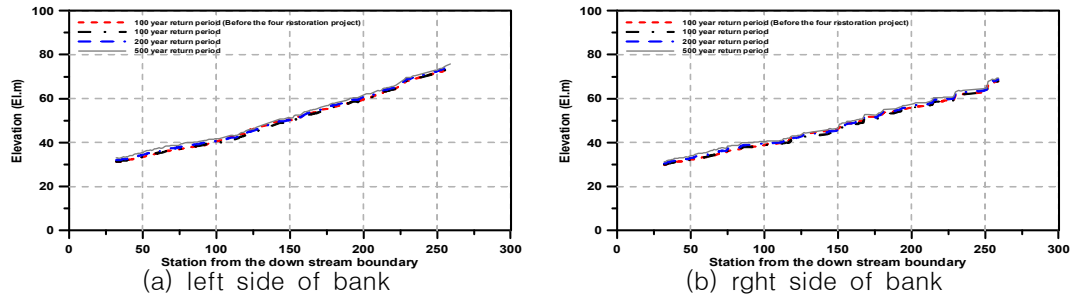


FIGURE 4. Design flood elevation of South Han river

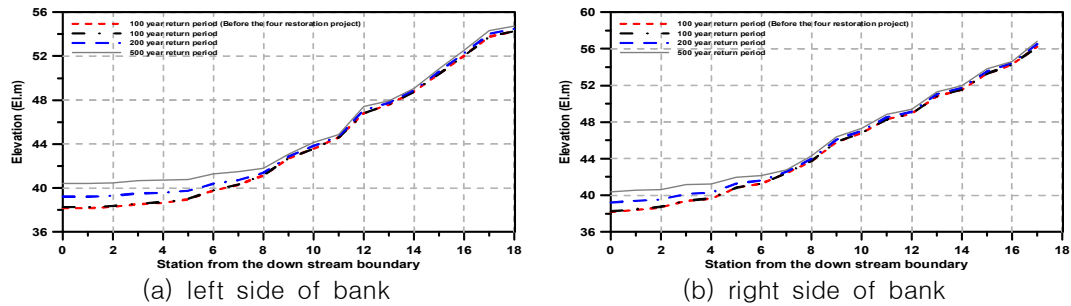


FIGURE 5. Design flood elevation of Bok Ha river

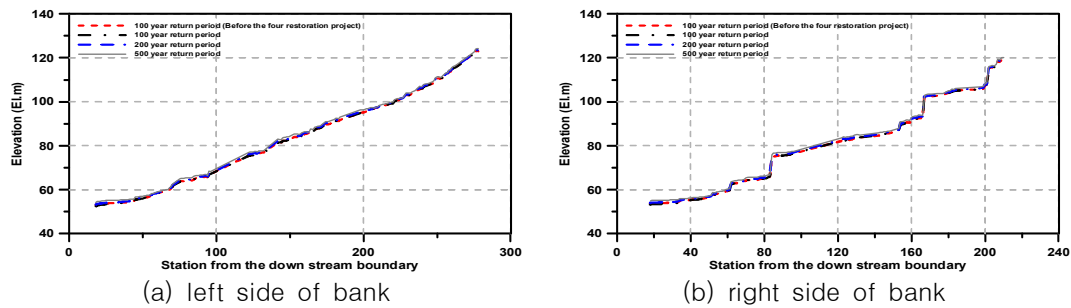


FIGURE 6. Design flood elevation of Sum river

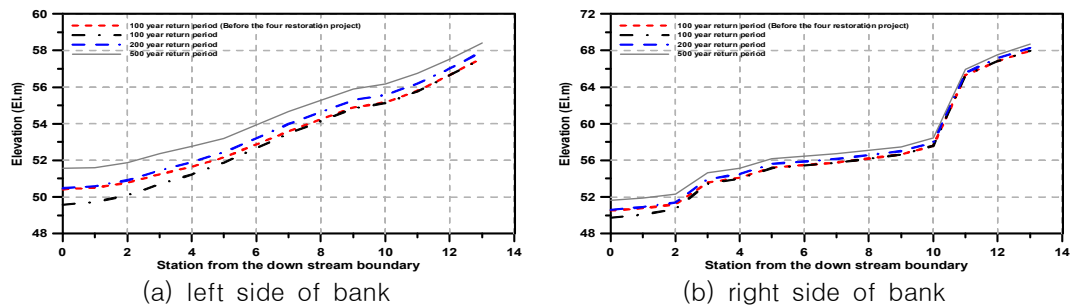


FIGURE 7. Design flood elevation of Chung Mi river

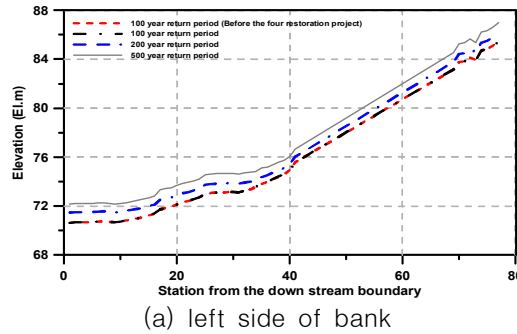


FIGURE 8. Design flood elevation of Dal river

3. FLUMEN을 이용한 2차원 부정류 해석

본 연구에서는 도심지역인 여주, 양평, 충주 지구는 2차원적 범람흐름 특성을 나타내는 곳으로써 하도와 제내지를 하나의 2차원 계산격자망 안에서 계산하여 2차원 부정류 해석을 하였다. 연구대상 지역인 남한강 구간은 총 85.1km이며, 여주, 양평 지구 지역 10.47km 및 달천의 충주지구는 한강 합류점 인근 지역으로 총 15.20km로 중 시가지 지역인 0.89km를 2차원 부정류 해석을 수행하였다. 남한강 구간의

시가지 지역을 제외한 나머지 74.63km와 달천 구간의 충주 지구를 제외한 나머지 14.31km를 1차원 부정류 해석을 수행하였다.

계산된 1차원 수위계산을 토대로 월류 위험 구간을 선정하여 월류 범람 시나리오를 구성하였다. 또한, 남한강 구간 내 파제범람 시나리오는 양평, 여주, 충주 지구에 대하여 저지대, 흐름 특성 등을 고려하여 각 지구별로 선정하였다. 표 4는 각 지구의 파제지점별 제내·외지 유로연장 및 홍수위를 한강 호우 지도 제작 지

TABLE 4. Condition of levee breaching point

Levee breaching Point		Inland (El.m)	Fore land	Channel (m)
BP1	Design flood level	33.30	BP1	709
	Mean elevation	34.37		
BP2	Design flood level	33.06	Yang pyung	BP2
	Mean elevation	33.90		
BP3	Design flood level	32.99	BP3	667
	Mean elevation	33.40		
BP1	Design flood level	40.69	Yeo ju	BP1
	Mean elevation	45.00		
BP1	Design flood level	72.87	BP1	305
	Mean elevation	70.80		
BP2	Design flood level	72.04	BP2	252
	Mean elevation	70.00		
BP3	Design flood level	70.62	Chung ju	BP3
	Mean elevation	69.20		
BP4	Design flood level	69.96	BP4	560
	Mean elevation	67.50		
BP5	Design flood level	69.80	BP5	564
	Mean elevation	65.75		



TABLE 5. Up and down stream boundary condition

Boundary condition		100 year return period	200 year return period	500 year return period
Yang pyung	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	18,774	21,344	24,636
	Down stream(EI.m)	32.76(32.76)	33.57(33.57)	34.50(34.50)
Yeo ju	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	17,724	20,096	23,007
	Down stream(EI.m)	40.93(42.16)	41.82(42.84)	42.80(43.60)
Seom River	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	6,539	7,195	8,138
	Down stream(EI.m)	54.51(54.74)	55.10(55.40)	55.90(56.02)
Chung mi	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	2,334	2,605	2,905
	Down stream(EI.m)	58.67	59.06	59.48
Chung ju	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	5,490	6,113	6,939
	Down stream(EI.m)	70.65(70.65)	71.52(71.52)	72.24(72.24)
North Han River	Up stream(m <sup>3</sup> /s)	15,435	17,063	19,374
	Down stream(EI.m)	56.17	56.81	57.65

( ) : Before the four rivers restoration project.

침을 준용하여 나타내었고, 표 5는 빈도별 상·하류단 경계조건을 도시하였다. 상류단 경계조건은 홍수 시나리오로 선정된 유량곡선을 사용하였고, 하류단 경계조건은 하천정비기본계획에 준용하여 홍수 시나리오에 대한 수위곡선을 사용하여 과제지점에 대한 지구별 범람도를 작성하였다.

침수심은 최하 0.3m를 기준으로 하며, 침수심 0.3m~0.5m, 0.5m~1.0m 등으로 구분하여 7단계로 구분하는 것을 표준으로 한다(Ministry of Public Safety and Security, Guidelines on Standards of disaster map, 2015). 이에 따라 홍수범람분석을 통해 침수심 0.05m를 제외한 0.5m를 기준으로 홍수범람면적을 비교 분

TABLE 6. Result of two-dimensional analysis on South Han river

(unit :ha)

Frequency	Inundation death(m)					
	0.05	0.5	1.0	2.0	5.0	
South Han river	100	2,764.2(3,196.8)	2,379.8(2,830.9)	2,022.8(2,518.3)	1,364.0(1,889.8)	213.4(436.4)
	200	3,567.0	3,155.2	2,775.4	2,003.4	440.2
	500	4,376.0	3,995.3	3,626.0	2,832.0	829.9
Dal river	100	7,09.6(7,09.6)	572.7(572.7)	480.3(480.3)	305.0(305.0)	22.3(22.3)
	200	8,29.6	729.4	631.6	464.2	70.8
	500	1,005.2	910.1	808.2	611.8	148.1
Seom river	100	1,190.2(1,201.0)	988.7(1,001.9)	835.5(851.5)	519.5(544.1)	58.6(78.1)
	200	1,377.0	1,170.1	1,009.2	698.7	106.0
	500	1,566.6	1,383.2	1,208.1	896.8	208.2
Chung-mi river	100	1,090.3(1,101.7)	859.6(878.2)	605.2(628.9)	208.4(249.5)	3.9(6.6)
	200	1,185.9	1,009.4	773.1	368.1	7.8
	500	1,451.5	1,253.6	1,057.1	604.6	34.7
Bok-ha River	100	1,244.4(1,244.4)	1,032.8(1,032.8)	682.5(682.5)	143.9(143.9)	12.7(12.7)
	200	1,356.0	1,173.3	921.6	288.4	17.1
	500	1,531.7	1,382.2	1,159.2	572.8	64.4
North Han river	100	465.9	350.4	293.2	182.0	7.2
	200	762.6	500.5	388.1	247.5	12.4
	500	1,025.7	763.3	590.6	342.3	21.5

( ) : Before the four rivers restoration project.

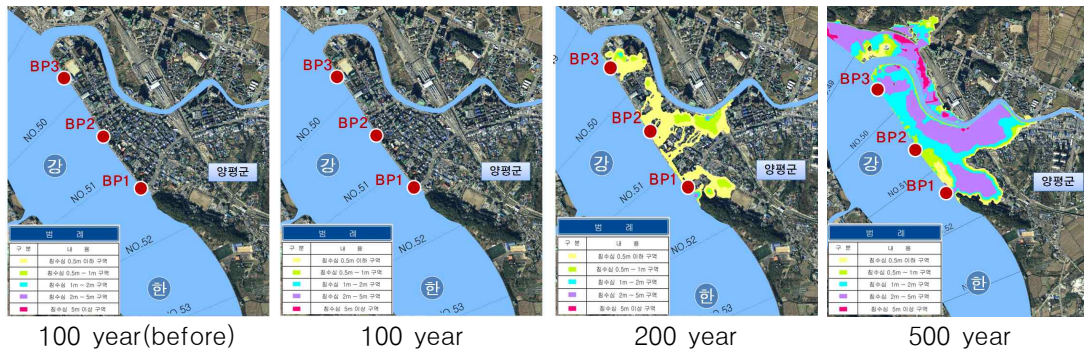


FIGURE 9. Result of two-dimensional analysis (Yang pyung)

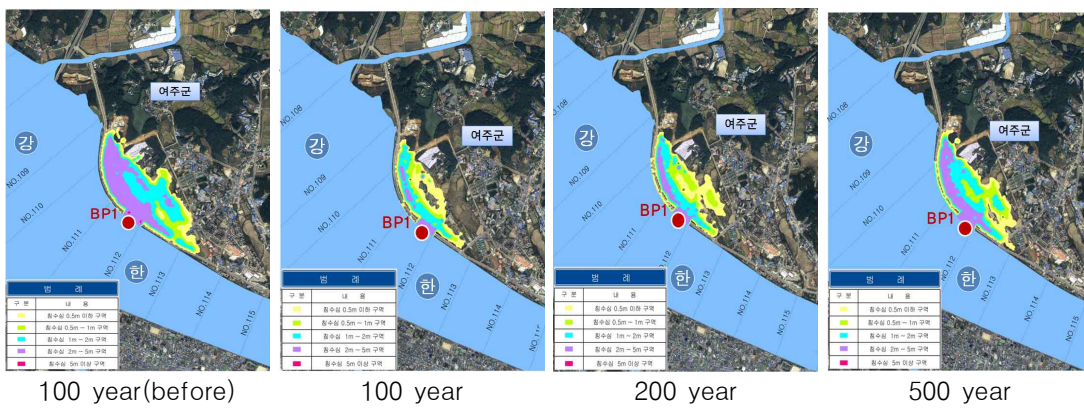


FIGURE 10. Result of two-dimensional analysis (Yeo ju)

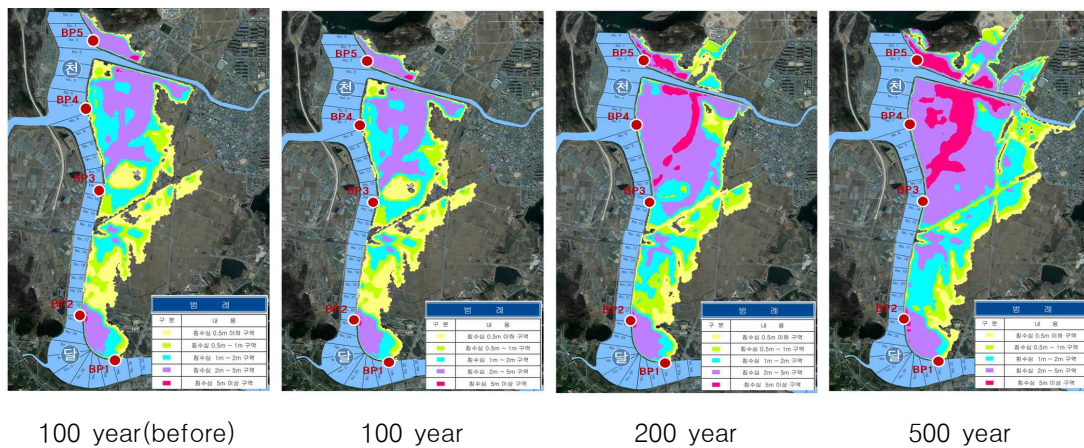


FIGURE 11. Result of two-dimensional analysis (Chung ju)

석하였다. 표 6과 남한강 본류 및 주요 지천들에 대하여 침수심 0.05m, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 5.0m의 빈도별 홍수범람면적을 산정하여 나타내었다. 남한강 본류의 경우 100년 빈도일 때 4대강 사업 이전에 비하여 사업 이후는 침수심 0.05m에 대한 홍수범람면적은 432.60ha, 침수심 0.5m에 대한 홍수범람면적은 451.10ha, 1.0m에 대한 홍수범람면적은 495.50ha, 침수심 2.0m에 대한 홍수범람면적은 525.80ha, 침수심 5.0m에 대한 홍수범람면적은 223ha만큼 차이가 나타났다. 남한강 본류뿐 아니라 달천 및 북한강을 제외한 나머지 지천들도 4대강 사업 이후의 하도 단면에 대해 사업 이전보다 적게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

그림 9부터 11까지는 양평, 여주, 충주지구에 대해 각 파제지점별 각 침수심에 따른 홍수범람 예상도를 나타내었다. 양평과 충주지구의 경우 4대강 사업 이전과 이후의 홍수범람면적을 육안으로 구분하기 힘든 정도의 차이가 나타난 반면 여주지구의 경우 4대강 살리기 사업 이전의 홍수범람면적은 침수심 2.0m 이상이 4대강 살리기 사업 이후의 면적 보다 많게 산정되었다.

### 비교 분석

본 연구는 한강권역의 남한강 구간의 1차원 부등류 해석 및 2차원 부정류 해석을 통해 홍수범람해석을 수행하였다. 과거 홍수사상 자료를 이용하여 홍수 시나리오를 선정하여 나타낸 결과를 그림 12에 ArcGIS로 나타낸 침수흔적도와 비교하여 나타내었다. 권역별로 크게 남한강 하류, 섬강, 충주댐 하류 3가지로 나누어 비교하였으며, 남한강 하류의 경우 침수흔적도는 1,017ha 홍수범람면적이 산정되어 있는 반면 홍수범람분석을 통한 결과는 침수심 0.5m 이상을 침수 기준으로 4,272.2ha로 약 3,000ha가 차이가 나타났다. 섬강권역의 경우 침수흔적도는 351.2ha 홍수범람면적이 산정되어 있으며, 홍수범람분석을 통한 결과는 침수심 0.5m 이상을 침수 기준으로 988.7ha로 약 500ha가 차이가 나타났다. 충주댐 하류의 경우 침수흔적도는 470.3ha, 홍수범람분석을 통한 결과 값은 572.7ha로 나타나 모든 권역에서 침수흔적도에 비해 다소 과대 산정된 면적이 있다. 그러나 홍수범람분석을 통해 나타난 홍수범람 구역과 침

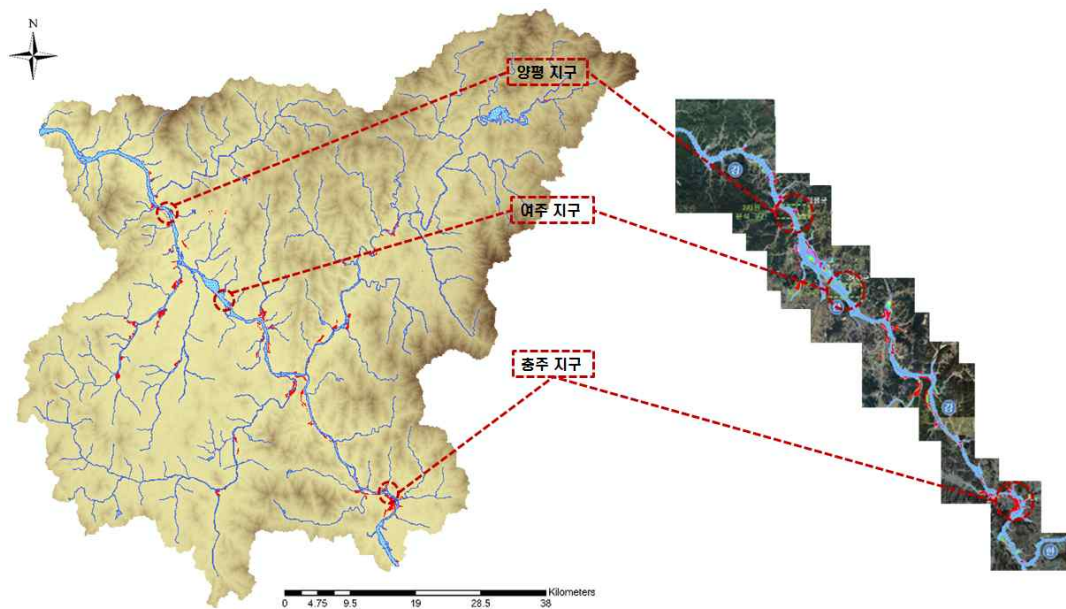


FIGURE 12. Comparison with inundation trace map and flooding analysis results

수흔적도의 홍수범람지역과 90% 이상이 일치하는 것으로 나타났다. 면적은 일치하지만 홍수범람 피해면적의 과대 산정은 가상의 과제지점 선정 및 과거 홍수자료의 일부자료 선정 및 4대강 살리기 사업 이후 변경된 하도 단면에 대한 자료가 많지 않아 나타난 차이로 판단된다.


## 요약 및 결론

본 연구는 한강권역의 남한강 구간의 홍수범람해석을 통해 예상되는 범람도를 추정함으로써 침수흔적도와 비교분석을 수행하였다. 연구대상지역의 총 연장 85.1km 중 여주, 양평 지구인 10.47km를 제외한 74.63km 및 달천의 충주 지구인 0.89km를 제외한 14.31km 구간은 1차원 부등류 해석을 수행하였고, 나머지 시가지 지구는 2차원 부정류 해석을 통해 도출된 주요 결론은 다음과 같다.

첫째, 1차원 수리모형인 HEC-RAS를 이용하여 부등류 해석을 수행하였다. 상류단 경계조건인 팔당댐부터 하류단 경계조건인 충주댐까지의 남한강 구간에 대하여 조도계수는 각 하천별 하천정비기본계획 상의 조도계수를 기준으로 하여 범람구간에 대해서는 토지이용특성을 고려하여 홍수위험지도 제작에 관한 지침(Ministry of Land, 2008)의 합성등가 조도계수를 사용하였다. 남한강 구간의 4대강 사업 이후 변경된 하도에 대하여 좌안의 경우 100년 빈도 최고 홍수위는 El. 21.71m, 200년 빈도는 El. 22.39m, 500년 빈도는 23.25m로 산정되었으며, 평균 홍수위는 100년 빈도는 El. 13.76m, 200년 빈도는 El. 14.65m, 500년 빈도는 El. 15.62m로 추정되었다. 우안의 경우 100년 빈도 최고 홍수위는 21.70m, 200년 빈도 최고 홍수위는 22.38m, 500년 빈도 최고 홍수위는 El. 23.24m로 산정되었으며, 100년 빈도 평균 홍수위는 El. 13.86m, 200년 빈도 평균 홍수위는 El. 14.74m, 500년 빈도 평균 홍수위는 El. 15.68m로 산정되었다.

둘째, 2차원 해석모형인 FLUMEN을 이용하여 1차원 부등류 해석을 수행한 구간을 제외한

나머지 시가지 지역에 대하여 부정류 해석을 수행하였다. 남한강 구간의 시가지 지역인 양평, 여주, 충주지역에 대하여 홍수가상범람도를 구축하기 위해 각 지구별로 저지대 분석 및 흐름 특성 등을 고려하여 양평 지구 3곳, 여주 지구 1곳, 충주 지구 5곳에 대해 과제지점을 선정하였다. 상류단 경계조건은 1차원 부등류 해석시 선정된 홍수 시나리오의 유량곡선을 사용하였고, 하류단 경계조건은 하천정비기본계획에 준용하여 홍수 시나리오에 대한 수위곡선을 사용하였다. 2차원 홍수범람해석 결과로 남한강 구간에 대한 100년 빈도에서 침수심 0.05m 이하의 홍수피해면적은 2,764.2ha, 침수심 0.05m 이상부터 침수심 0.5m 이하의 홍수피해면적은 2,379.8ha로 산정되었으며, 침수심 5.0m 이상은 홍수피해면적이 213.4ha로 추정되었다.

본 연구에서는 남한강 구간 시가지 지역인 양평, 여주, 충주 지구의 침수흔적도와 1차원 수리 모형의 해석 결과를 이용한 2차원 홍수범람해석 연구 결과를 비교한 결과 여주의 경우 침수흔적도는 홍수범람이 거의 나타나지 않았지만 모의 결과 100년 빈도 침수심 0.5m의 경우 859.6ha로 분석되었다. 또한, 침수흔적도와 비교시 홍수범람면적이 다소 과대 산정되었지만 이는 4대강 사업 이후 하도 단면에 대한 과거 홍수자료의 부족 및 예상도의 특성을 고려하여 나타난 결과로 판단된다. 하지만 본 연구의 연구 대상지역인 남한강 구간의 홍수범람피해지역은 침수흔적도와 비교시 거의 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과를 토대로 하천정비기본계획, 토지이용계획, 홍수방어대책, 치수대책 등의 수립 및 신속한 호우피해 예상지역의 정보 취득으로 대피정보 제공을 위한 재해정보지도 구축의 중요한 의사결정 자료가 될 것으로 사료된다. 

## REFERENCES

- Cho, W.H., G.Y. Han, H.S. Kim and J.S. Kim. 2015. A study on inundation

- analysis considering inland and river flood. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 18 (1):74-89 (조완희, 한건연, 김현식, 김진수. 2015. 내수 및 외수영향을 고려한 침수 해석에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 18 (1):74-89).
- Choi, C.K., Y.S. Choi and K.T. Kim. 2013. Analysis of flood inundation using LiDAR and LISFLOOD model. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 16(4):1-15 (최천규, 최윤석, 김경탁. 2013. LiDAR 고도자료와 LISFLOOD 모형을 이용한 홍수범람해석. *한국지리정보학회지* 16(4):1-15).
- Houghton, J.T., L.G.M. Filho, B.A. Callander, A. Kattenberg and K. Makell. 1995. *Climate Change 1995 : The Science of Climate Change*. Cambridge University Press.
- Hwang, D.Y. 2015. Prediction of inundation area in response to climate change. *Proceeding of KSCE 2015 Conference* 10:101-102.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate change 2007 : synthesis report. Contribution of Working Group I,II and III to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 104pp.
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate change 2007 : synthesis report. Contribution of working Group I,II and III to the 5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151pp.
- Lee, G.S., D.G. Go and W.G. Kim. 2004. Efficient construction method of topographic data for flood mapping using digital map. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 7(1):52-61 (이근상, 고탁구, 김우구. 2004. 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법 연구. *한국지리정보학회지* 7(1):52-61).
- Lee, J.S., C.D. Sin and C.G. Moon. 2015. A study on the flood inundation analysis by watershed size in Korean streams. *Proceeding of KSCE 2015 Conference* 10:177-178.
- Ministry of Public Safety and Security. 2005 *Chronology of disaster(1996-2006)* (국민안전처. 2006. *재해연보(1996-2006)*).
- Min. G.S. and H.S. Lee. 2010. Analysis of flooded areas for cadastral information-based rainfall frequencies. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 13(4):101-110 (민관식, 이형석. 2010. 지적정보 기반의 강우빈도별 침수지역 분석. *한국지리정보학회지* 1(4):101-110).
- Ministry of Public Safety and Security. 2011. *Comprehensive plan for storm and flood damage reduction* (국민안전처. 2011. *풍수해저감종합계획*).
- Ministry of Public Safety and Security. 2015. *Guidelines on standards of disaster map* (국민안전처. 2015. *재해지도 작성 기준 등에 관한 지침*).
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2008. *Guideline of making flood risk map* (국토교통부. 2008. *홍수위험지도 제작에 관한 지침*).

MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2012. Report of making flood risk map on Han river watershed. (국토교통부. 2012. 한강권역 홍수위험지도 제작(3차)).  
Newspaper of Environment. 2016. Prevention

of urban flood by work without any plans (환경일보. 2016. <http://hkbs.co.kr/>).

Seoul Metropolitan Government. 2015. (서울특별시청. 2015. <http://seoul.go.kr/>).  
**KAGIS**