

# 역사기록에 의한 청계천의 극한홍수 분석 및 평가

## Analysis & Evaluation of extreme flood in Cheongye-stream by the historical records

장철희\*, 김현준\*\*, 노성진\*\*\*, 이용준\*\*\*\*

Cheol Hee Jang, Hyeon Jun Kim, Seong Jin Noh, Yong Jun Lee

### 요 지

과거에 발생한 극한홍수기록을 역사기록에서 확인하고, 재해석하는 것은 근대적 관측기록에 100년 내외의 극한홍수 자료 기간을 획기적으로 확장할 수 있으며, 장기간의 정성적, 정량적 극한홍수기록으로부터 극한홍수의 발생 경향을 파악할 수 있고, 설계에도 반영하여 극한홍수에 안전한 기준을 작성할 수 있다.

본 연구에서는 극한홍수의 변화특성을 분석하기 위해 청계천 유역에 대한 극한홍수 사례분석을 수행하고자 하였다. 즉, 유역홍수유출모형 및 하천수리모형을 활용하여 청계천에서 발생한 과거 극한홍수를 평가하고 역사기록을 활용하여 공간적으로 해석하고자 하였다.

이를 위하여 과거 청계천 유역의 토지이용 현황을 역사문헌자료를 이용하여 구축하였다. 과거 청계천의 토지이용은 산림, 주거지역, 하천, 도로, 공원 및 녹지 등 총 5개로 분류하였다. 과거 청계천의 극한홍수량 산정은 HEC-HMS를 이용하였으며 사용된 강우자료는 과거 측우기 우량 중 최대강우량인 1885년 7월 16일의 392 mm와 200 mm를 넘는 최저강우량인 1828년 7월 4일의 202 mm를 이용하였다. 또한, HEC-RAS를 이용하여 최하류인 오간수문에서 최상류인 송기교까지의 분류구간에 대하여 과거 청계천 유역의 홍수량에 따른 홍수위를 계산하였다. 모형의 입력자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 본 연구에서는 청계천 개수계획평면중단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006)의 상세 하도 구간 자료 및 중단도 자료를 이용하여 모의 분석하였다.

**핵심용어 : 극한홍수, 역사기록, HEC-HMS, HEC-RAS**

### 1. 서론

역사기록 혹은 고고학적 발견에 의한 과거의 극한 홍수기록을 발견하는 것은 세계적으로 많은 관심을 가지고 수행되고 있다. 특히, 기후변화와 관련하여 빙하 혹은 호수의 침전층의 시추 자료 분석에 의한 연구는 과거에도 극한홍수가 발생하였음을 제시하고 있으며, 역사 기록물 혹은 개인의 일기나 기행문에서도 과거의 재해기록을 찾아 볼 수 있다. 우리나라의 역사기록은 세계적으로 찾아보기 어려운 매우 상세한 내용을 담고 있다. 삼국사기를 비롯하여 고려사에는 그 시대에 발생하였던 주요 홍수에 대하여 언급하고 있으며, 특히 조선왕조실록에는 조선의 개국 이래 500년간에 발생한 홍수와 피해지역, 피해규모 등을 자세히 기록하고 있다.

과거의 극한홍수를 정확히 이해하는 것은 현재 및 미래의 극한홍수 발생 가능성에 대한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 과거에 발생하였던 극한홍수 기록으로부터 과거 홍수를 재현함으로써, 현재의 치수시설에 대한 치수능력을 평가할 수 있다. 과거에 발생한 홍수기록을 역사기록에서 확인하고, 재해석하는 것은 근대적

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : [chjang@kict.re.kr](mailto:chjang@kict.re.kr)  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원·E-mail : [hjkim@kict.re.kr](mailto:hjkim@kict.re.kr)  
\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : [sjnoh@kict.re.kr](mailto:sjnoh@kict.re.kr)  
\*\*\*\*정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : [dydwms@kict.re.kr](mailto:dydwms@kict.re.kr)

관측기록에 100년 내외의 극한홍수 자료의 기간을 획기적으로 확장할 수 있다. 장기간의 정성적, 정량적 극한홍수기록으로부터 극한홍수의 발생 경향을 파악할 수 있고, 설계에도 반영하여 극한홍수에 안전한 기준을 작성할 수 있다. 100년 내외의 관측자료에 의한 자료적 제한성을 역사기록으로부터 확인된 극한홍수까지 확장함으로써, 안정적 설계기반을 확보할 수 있으며, 이에 따른 치수대책을 수립함으로써, 사회 경제적 재해손실을 경감시킬 수 있다.

홍수재해에 대한 기록을 재해석하는 것은 세계는 물론 동북아시아 지역의 홍수재해 특성을 파악하는데 귀중한 자료로 활용될 수 있으며, 한반도에서 발생한 역사기록의 홍수재해를 확인하고, 주변국인 일본, 중국, 대만 등과 자료를 공유하며, 최근의 이상기후에 따른 태풍 및 홍수재해의 증가와 관련하여 선도적 역할을 수행할 수 있다. 전 지구적으로 과거의 극한홍수기록을 확보하는 것은 자연재해를 이해하는데 결정적인 자료가 될 수 있다.

## 2. 과거 청계천의 극한홍수 분석 및 평가

본 연구에서는 극한홍수의 사례분석을 통하여 극한홍수의 변화특성을 분석하기 위하여 청계천 유역에 대한 극한홍수를 평가하고자 하였다. 따라서, 유역홍수유출모형 및 하천수리모형을 활용하여 청계천에서 발행한 과거 극한홍수피해를 실측 강우량과 실측 수위자료를 활용하여 공간적으로 해석하고자 하였다.

청계천 유역에 대한 극한홍수 사례분석을 위하여 조선시대의 하천 및 유역경계를 설정 하였다. 하천 및 유역경계는 문헌 및 사진자료를 수집하여 1900년대 초반의 한성지도 및 일제시대 지형도를 토대로 GIS(Geographic Information System) 자료로 구축하였다. 유역경계의 경우는 조선시대 도성 내의 하천 최하류 지점인 오간수문을 출구점으로 선정하여 구축하였다.

과거 측우기 우량자료는 일우량이므로 시우량으로 환산하고자 Huff의 4분위법(Huff's Quartile Method) 및 Random cascade 모형을 이용하여 강우를 분포시켰다.

### 2.1 HEC-HMS를 이용한 과거 청계천 유역 극한홍수량 산정

HEC-HMS를 이용하여 과거 청계천 유역의 홍수량을 산정하기 위하여 소유역은 유역출구지점인 오간수문 지점, 수포교 지점 및 청계천 본류의 주요 다리들을 포함하여 총 10개의 소유역으로 구분하였다. 홍수추적은 Clark 단위도를 사용하였으며, 유효우량의 산정은 SCS Curve Number 방법을 사용하였다. 그 결과, 측우기 우량 392 mm (1885.07.16)를 Huff방법으로 시간 분포시켜 홍수량을 산정한 결과 24시간 지속기간의 강우량에 대해 143.2 m<sup>3</sup>/s의 홍수량을 보였다. 이는 재현기간 80년의 홍수량과 거의 일치하는 결과이며 임계지속기간 180분 기준으로 보았을 때 246 m<sup>3</sup>/s의 홍수량이 과거에 발생하였을 것으로 추정된다. 또한, Random Cascade 모형으로 추정된 시간분포를 이용하여 총 13개 Case에 대한 극한홍수량을 산정한 결과, 1885년 (392 mm) 의 경우 Case 2에서 276.5 m<sup>3</sup>/s 의 최대 홍수량이 발생하였고(오간수교 지점), Case 6에서 97.4 m<sup>3</sup>/s 의 최저 홍수량이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 1828년 (202 mm) 의 경우 Case 9에서 170.7 m<sup>3</sup>/s 의 최대 홍수량 발생하였으며 Case 3에서 35.7 m<sup>3</sup>/s 의 최저 홍수량이 발생하였다.

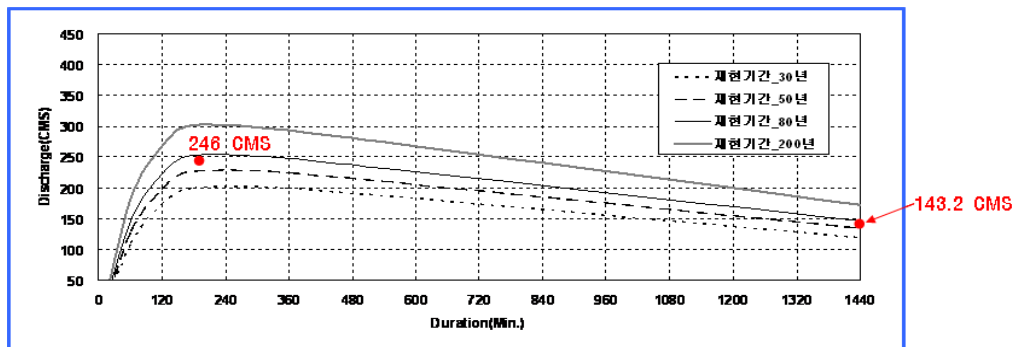


그림 1. 강우지속기간-첨두홍수량 관계곡선(1885년 - 오간수문 지점)

재현기간 (년)	확률강우량 (mm)	빈도별 홍수량 (m <sup>3</sup> /s) (Huff 2분위)	실측 호우에 의한 홍수량 (m <sup>3</sup> /s) 2001.07.14 ~ 2001.07.15 <서울지점> (310mm 강우량-24hr)	과거 강우시간분포별 홍수량 (m <sup>3</sup> /s)							
				1828년 (202mm 강우량-24hr)			1885년 (392mm 강우량-24hr)				
				Huff 2분위	Random Cascade		Huff 2분위	Random Cascade			
					Min.	Avg.		Max.	Min.	Avg.	Max.
10	279.5	220.0	424.0 *(실측유량: 215.8)	58.2	35.7	91.2	170.7	143.2	97.4	194.6	276.5
50	384.7	301.0									
100	429.1	336.0									
200	473.4	370.0									
500	531.9	415.0									

그림 2. 과거 청계천 홍수량 산정 결과

위의 그림 2에서 확률강우량, 빈도별 홍수량 및 실측 호우에 의한 홍수량은 “청계천복원 타당성조사 및 기본계획 보고서(2003, 시정개발연구원)의 자료이며, 홍수량 산정지점은 최하류 지점인 오간수교 지점(유역면적 : 16.54 km<sup>2</sup>)이다. 또한 \*의 실측유량은 ”대학과 연계한 하천관리에 대한 연구(2004, 서울시-고려대)“의 마장2교 지점(유역면적 : 49.27 km<sup>2</sup>)의 유량(643 m<sup>3</sup>/s)을 오간수교 지점 면적비로 환산한 값이다.

## 2.2 HEC-RAS 및 WMS를 이용한 홍수범람구역 모의

과거 청계천 유역의 홍수량을 이용하여 청계천 본류 구간에 대한 홍수범람구역을 모의하고자 하였다. 먼저, HEC-RAS를 이용하여 최하류인 오간수문에서 최상류인 송기교까지의 본류구간에 대하여 과거 청계천 유역의 홍수량에 따른 홍수위를 계산하였다. 모형의 입력자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 본 연구에서는 청계천 개수계획평면중단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006)의 상세 하도 구간 자료 및 중단도 자료를 이용하여 모의 분석하였다.

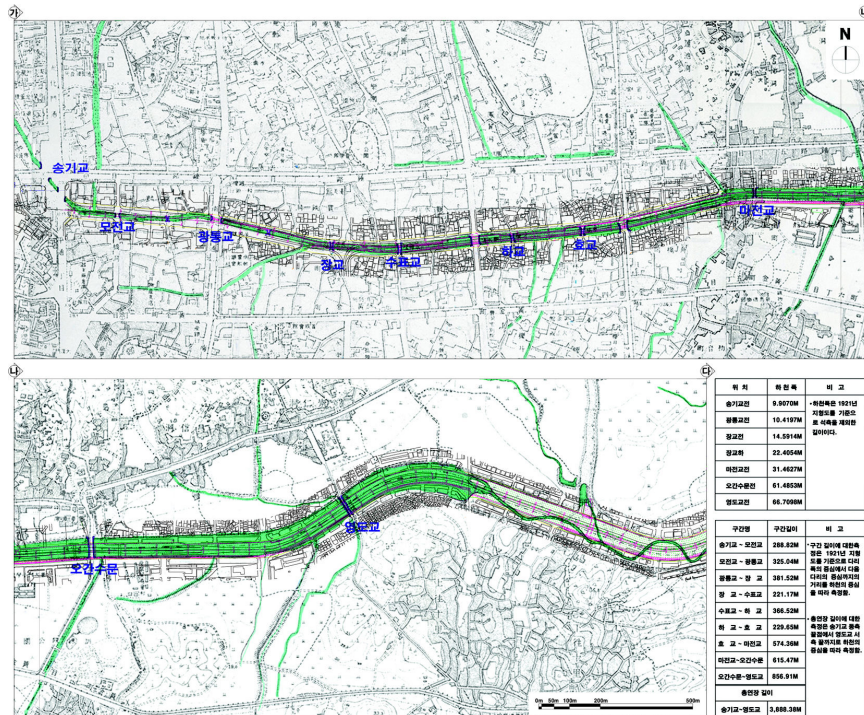


그림 3. 본류구간 단면자료(조선지형도 집성, 1921)

이상과 같이 각 단면에 대한 입력자료를 수집하여 WMS(Watershed Modeling System) 모형에서 입력자료를 구축한 후 HEC-RAS와 연계하여 홍수범람구역을 산정하였다. 즉, HEC-RAS에서의 수리해석 결과를 WMS로 불러와 TIN(Triangulated Irregular Networks)에 보간하는 과정을 거쳐 홍수범람구역을 산정하였다.

하도구간에 대해서는 1m × 1m 정밀격자를, 하도구간 외에는 50m × 50m 격자를 사용하여 TIN을 생성 후 합성하였다. 하도구간 길이 및 하천폭, 경사 등은 청계천 개수계획평면병종단도(경성부, 1936)를 사용하였고, 조도계수는 FL0-2D User's Manual의 Overland Flow Manning's Roughness Value 및 오경두 등이 한강유역에 대한 수치모의를 통해 산정한 값을 사용하였다(2008, 한국수자원학회).

HEC-RAS 모의를 위해 총 8개 사상의 홍수량을 입력하였다. 먼저, Huff의 4분위법으로 분해된 392mm, 202mm의 강우를 이용하여 산정된 1885년과 1828년의 홍수량을 모의에 사용하였다. 두 번째로 1885년, 1828년의 Random Cascade 모형에 의한 각 Case 별 홍수량 중 최대, 최저, 평균 홍수량을 이용하였다.

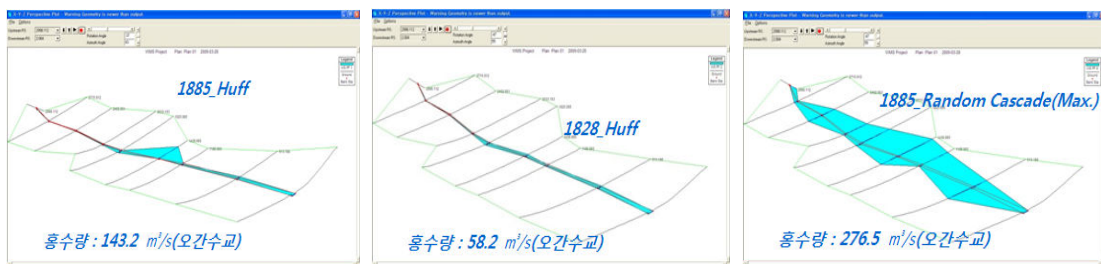
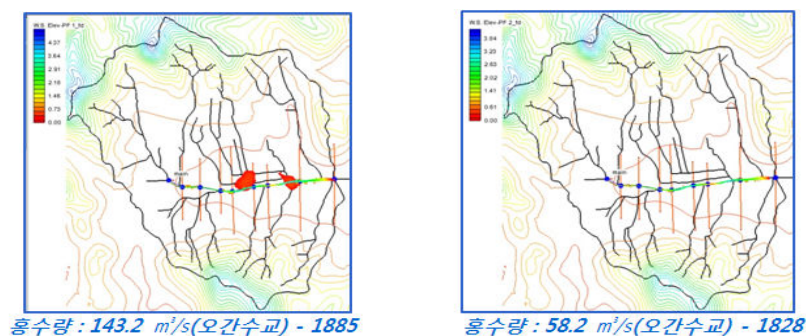


그림 4. HEC-RAS 모의 결과

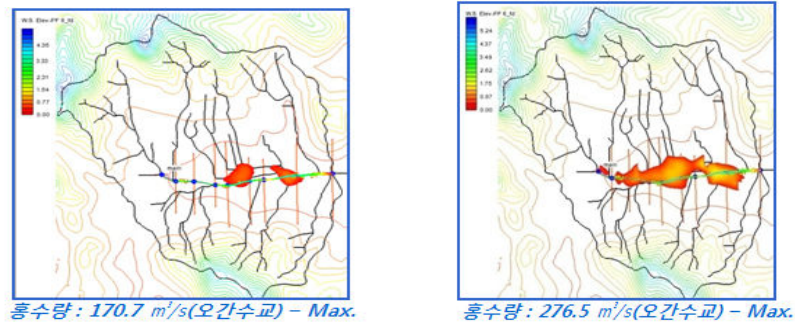
위에서 모의된 각 홍수사상별 홍수위를 WMS와 연계하여 홍수범람구역을 산정하였다. 그 결과를 살펴보면, 1885년 및 1828년의 Huff분포에 의한 홍수량에 대하여 비교한 결과 143.2 m³/s(1885년)에 대한 홍수범람구역은 주 하천을 따라 미약하게 나타나고, 수교표 하류부터 2개의 지류하천이 합류하는 태평교 지점의 경우는 범람구역이 비교적 넓게 나타남을 확인하였다. 반면에 58.2 m³/s (1828년)의 홍수량에 대한 범람은 거의 발생하지 않았다.

또한, 1885년의 Random Cascade 분포에 의한 최고 276.5 m³/s, 최저 97.4 m³/s, 평균 194.6 m³/s 홍수량 및 1828년의 최고 170.7 m³/s, 최저 35.7 m³/s, 평균 91.2 m³/s에 대한 홍수범람구역을 산정한 결과, 홍수량의 규모에 따라 범람구역의 차이가 발생하였다.

이상과 같이 과거 단면자료를 추정하여 홍수범람모의를 한 결과 약 140 m³/s 이상의 홍수량이 발생할 경우(오간수교 지점) 상류에서 하류까지 양안에 걸친 홍수범람의 피해가 발생하였을 것으로 사료된다. WMS에서 산정된 각 홍수위별 홍수범람구역은 다음 그림과 같다.



(a) Huff



(b) 1828년(좌) 및 1885년(우) - Random Cascade

그림 5. 각 홍수위별 홍수범람구역 산정 결과

### 3. 요약

HEC-HMS를 이용하여 청계천 유역의 극한홍수량을 산정하였다. 분석에 사용된 강우량은 과거 측우기 우량 중 200 mm 이상의 강우이며, 과거 일 최대강우량은 1885년 7월 16일의 392 mm로 나타났다. 과거 오간수문 지점을 출구로 하여 빈도별 홍수량을 산정한 결과, 강우지속기간별 첨두홍수량의 변화에서 임계지속기간이 180분으로 나타났다. 측우기 우량 392 mm (1885.07.16)를 강우지속기간이 24시간이라 가정하여 홍수량을 산정한 결과 24시간 지속기간의 강우량에 대해 143.2 m³/s의 홍수량을 보였다. 이는 재현기간 80년의 홍수량과 거의 일치하는 결과이며 임계지속기간 180분 기준으로 보았을 때 246 m³/s의 홍수량이 과거에 발생하였을 것으로 추정된다. 청계천 유역의 홍수량을 이용하여 청계천 본류 구간에 대한 홍수범람구역을 모의하고자 하였다. 먼저, HEC-RAS를 이용하여 최하류인 오간수문에서 최상류인 송기교까지의 본류구간에 대하여 과거 청계천 유역의 홍수량에 따른 홍수위를 계산하였다. 모형의 입력자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 본 연구에서는 청계천 개수계획평면중단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006)의 상세 하도구간 자료 및 중단도 자료를 이용하여 모의 분석하였다. 각 단면에 대한 입력자료를 수집하여 WMS(Watershed Modeling System) 모형에서 입력자료를 구축한 후 HEC-RAS와 연계하여 홍수범람구역을 산정하였다. 1885년 및 1828년의 Huff분포에 의한 홍수량에 대하여 비교한 결과 143.2 m³/s(1885)에 대한 홍수범람구역은 주 하천을 따라 미약하게 나타나고, 수교표 하류부터 2개의 지류하천이 합류하는 태평교 지점의 경우는 범람구역이 비교적 넓게 나타남을 확인하였다. 반면에 58.2 m³/s (1828)의 홍수량에 대한 범람은 거의 발생하지 않았다. 또한, 1885년의 Random Cascade 분포에 의한 최고 276.5 m³/s, 최저 97.4 m³/s, 평균 194.6 m³/s 홍수량 및 1828년의 최고 170.7 m³/s, 최저 35.7 m³/s, 평균 91.2 m³/s에 대한 홍수범람구역을 산정한 결과, 홍수량의 규모에 따라 범람구역의 차이가 발생하였다.

### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 김현준 (1999), 조선시대 홍수 기록 조사, 한국건설기술연구원
2. 서울특별시(2004), 대학과 연계한 하천관리에 대한 연구
3. 시정개발연구원(2003), 청계천복원 타당성조사 및 기본계획 보고서
4. 조한범, 김현준, 노성진, 장철희 (2007), 역사문헌을 통한 극한홍수 데이터베이스 구축, 2007 한국수자원학회 학술발표대회.