역사기록을 이용한 청계천의 홍수범람해석

Flood Inundation Analysis of Cheongye-stream by The Historical Records

윤경호*, 김현준**, 장철희***

Gyeong Ho Yun, Hyeon Jun Kim, Cheol Hee Jang

요 지

과거에 발생한 극한홍수에 대해 역사기록 혹은 고고학적 발견을 통해 경향성을 연구하는 것은 세계적으로 많은 관심을 가지고 수행되고 있다. 특히, 기후변화와 관련하여 시추 자료 분석에 의한 연구는 과거에도 극한홍수가 발생하였음을 보여주고 있으며, 일기와 같은 개인적인 기록물에도 이런 재해에 관한 기록이 남아 있다. 우리나라의 역사기록은 측우기의 앞선 발명과 맞물려 세계적으로 찾아보기 어려운 매우 상세한 내용을 담고 있다. 삼국사기를 비롯하여 고려사에는 그 시대에 발생하였던 주요 홍수에 대해서는 정성적인 기술이 되어 있으며, 특히 조선왕조실록에는 조선왕조가 개국된 이래로 500년간 발생한 홍수와 피해지역 및 피해규모를 자세히 기록하고 있다.

본 연구의 선행연구에서는 과거 청계천에서 관측된 측우기 기록을 이용하여 홍수수문분석을 수행한 후 과거 청계천의 극한홍수량을 산정하였다. 본 연구에서는 이러한 홍수량 산정결과를 토대로 HEC-RAS를 이용하여 과거 청계천에 대하여 각 홍수사상별 홍수위를 산정하였다. 이렇게 산정된 홍수위를 과거 역사기록상의 피해기록과 비교·분석하기 위하여 수치고도모형(DEM)의 이용으로 공간적 피해규모를 평가하고자 하였다. 모형의 입력 자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 하상경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 이를 위해서 과거 청계천에 대한 하천 단면자료 및 조도계수 등이 필요하나 대상지점의 과거 실측자료가 없는 바 청계천 개수계획평면종단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921년), 경성지적도(1912년), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006년) 등의 고문헌을 통하여 청계천 본류 구간에 대하여 단면 입력자료를 구성하였다. 또한 실제 청계천의 주변부 피해양상을 확인하기 위하여 청계천의 지류구간에 대해서도 금천교 발굴조사보고서(2003년), 영천교 발굴조사보고서(2003년) 등의 자료와 함께 근대까지의 기록물들을 활용하여 단면 입력자료를 추정하였다.

핵심용어 : 극한홍수, 역사기록, HEC-RAS, 청계천, 범람해석

1. 서론

전지구적으로 발생빈도가 증가하고 있는 이상기후 현상과 관련하여 역사기록 혹은 고고학적 발견에 의한 과거의 극한 홍수기록을 발견하는 것은 많은 관심을 가지고 수행되고 있다. 특히, 과거의 기후변화와 관련하여 빙하 혹은 호수의 침전층의 시추 자료 분석에 의한 연구는 과거에도 극한홍수가 발생하였음을 제시하고 있다. 또한, 조선왕조실록과 같은 역사 기록물 혹은 개인의 일기나 기행문에서도 과거의 재해기록을 찾아 볼 수 있다. 우리나라의 역사기록에는 정성적인 내용뿐만 아니라 강우량과 같은 구체적인 자료도 기술되어 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.

본 연구의 선행연구에서는 과거 청계천에서 관측된 측우기 기록을 이용하여 홍수수문분석을 수행한 후 과거 청계천의 극한홍수량을 산정하였다. 본 연구에서는 이러한 홍수량 산정결과를 토대로 HEC-RAS를 이

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : luipen@kict.re.kr
** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원 · E-mail : hjkim@kict.re.kr
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : chjang@kict.re.kr

용하여 과거 청계천에 대하여 각 홍수사상별 홍수위를 산정하였다. 이렇게 산정된 홍수위를 과거 역사기록상의 피해기록과 비교·분석하기 위하여 수치고도모형(DEM)의 이용으로 공간적 피해규모를 평가하고자 하였다. 모형의 입력 자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 하상경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 이를 위해서 과거 청계천에 대한 하천 단면자료 및 조도계수 등이 필요하나 대상지점의 과거 실측자료가 없는 바 청계천 개수계획평면종단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921년), 경성지적도(1912년), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006년) 등의 고문헌을 통하여 청계천 본류 구간에 대하여 단면 입력자료를 구성하였다. 또한 실제 청계천의 주변부 피해양상을 확인하기 위하여 청계천의 지류구간에 대해서도 금천교 발굴조사보고서(2003년), 영천교 발굴조사보고서(2003년) 등의 자료와 함께 근대까지의 기록물들을 활용하여 단면 입력자료를 추정하였다.

2. 과거 청계천의 홍수범람해석

본 연구의 선행연구에서는 과거 청계천에서 관측된 측우기 기록을 이용하여 홍수수문분석을 수행하였다. 일우량 자료인 과거 측우기 우량자료를 시우량으로 환산하기 위하여 Huff의 4분위법(Huff's Quartile Method) 및 Random cascade 모형을 이용하여 강우를 분포시켰으며 유역홍수유출모형으로 청계천의 극한홍수량을 산정하였다. 본 연구에서는 이러한 홍수량 산정결과를 토대로 하천수리모형을 이용하여 과거 청계천의 본류구간 및 지류구간에 대한 각 홍수사상별 홍수위를 산정하였다. 이렇게 산정된 홍수위를 과거 역사기록 상의 피해기록과 비교·분석하기 위하여 수치고도모형(DEM)을 활용하여 범람양상을 공간적으로 해석하고자 하였다. 즉, 하천수리모형과 수치고도모형의 연계 모의를 수행하여 홍수범람구역의 공간적 분포를 도출하고자 하였다. 이를 위해 하천 및 유역경계는 1900년대 초반의 한성지도 및 일제시대의 측량기록을 토대로 GIS(Geographic Information System) 자료로 구축하였다. 특히, 하도구간에 대해서는 정확도를 높이기 위하여 1m × 1m 정밀격자로 TIN(Triangulated Irregular Networks)을 생성하였다.

하천수리모형의 입력 자료로는 하도구간 및 하천단면, 조도계수, 하상경사, 상·하류단 경계조건 등이 필요하다. 정확한 모의를 위해서는 과거 청계천 본류구간의 하천 단면자료 및 조도계수 등이 필요하나 실측자료가 없기 때문에 역사문헌 자료를 활용하여 입력 자료를 추정하였다. 마찬가지로 청계천의 지류에 대해서도 고문헌 및 근대까지의 각종 기록물들을 활용하여 단면 입력자료를 추정하였다. HEC-RAS 모의를 위해 총 8개 사상의 홍수량을 사용하였다. 먼저, Huff의 시간분포로 분해된 392 mm, 202mm의 강우를 이용하여 산정된 1885년과 1828년의 홍수량을 모의에 사용하였으며, 다음으로 1885년, 1828년의 Random Cascade 모형에 의한 각 사상별 홍수량 중 최대, 최저, 평균 홍수량을 이용하였다.

2.1 과거 청계천 종·횡단면 추정

본 연구에서는 청계천 개수계획평면종단도(1936년, 경성부), 준천사실(1760년), 동국여지비고(1870년), 조선지형도집성(1921), 청계천 유물 발굴조사보고서(2006)의 상세 하도 구간 자료 및 종·횡단도 자료를 이용하여 단면을 추정하였다.

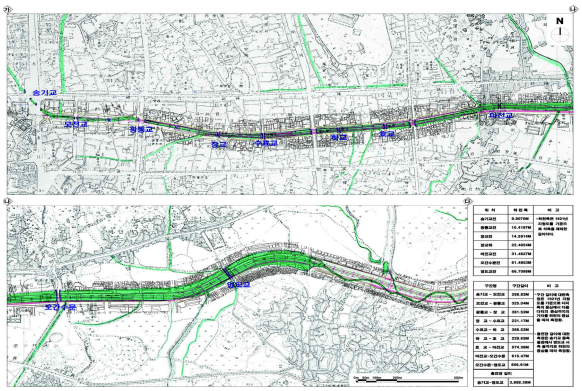

그림 1. 하천단면 추정지점(조선지형도 집성, 1921)

그림 2. 청계천 주변 지류 하천단면 추정자료 - 중학천

청계천의 본류 구간의 단면 추정은 과거 청계천 주요 교량이 위치하였던 지점으로 유역경계의 출구점으로 설정된 오간수교를 포함한 상류의 총 8개 지점에 대하여 수행하였다. 본류구간 및 하도 주변의 각 토지피복유형별 조도계수는 하천설계기준(2000, 한국수자원학회)에서 제시한 조도계수 값을 사용하였다. 또한 실제 청계천의 주변부에서 발생하는 피해양상을 확인하기 위하여 청계천의 지류구간에 대해서도 금천교 발굴조사보고서(2003년), 영천교 발굴조사보고서(2003년) 등의 자료와 함께 근대까지의 기록물들을 활용하여 단면 입력자료를 추정하였다.

2.2 HEC-RAS를 이용한 범람모의

HEC-RAS 모의를 위해 총 8개 사상의 홍수량을 입력하였다. 먼저, Huff의 4분위법으로 분해된 392㎜, 202㎜의 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.

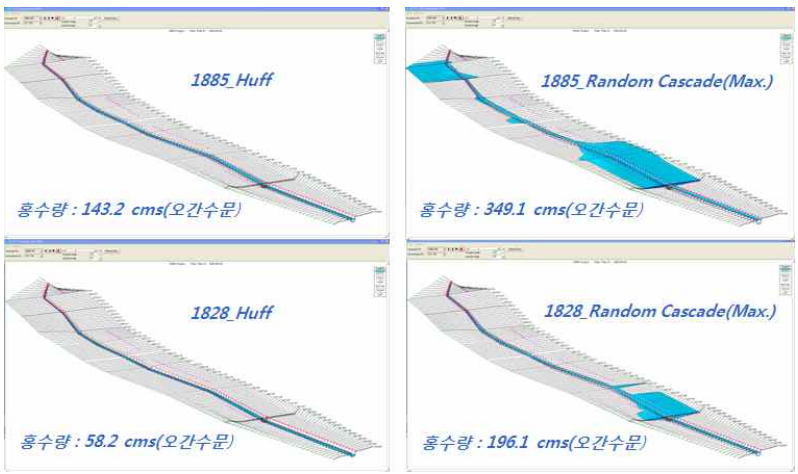

그림 3. 청계천 본류 구간에 대한 HEC-RAS 모의 결과

HEC-RAS를 이용하여 본류 구간에 대하여 각 홍수사상별 홍수위를 산정한 결과를 살펴보면, Huff 시간분포에 의한 1885년, 1828년 홍수량은 유역경계의 출구점인 오간수문 지점에서 각각 143.2 ㎥/s(1885), 58.2 ㎥/s(1828)로 월류가 거의 발생하지 않는 것으로 모의되었다. 이와는 다르게 Random Cascade 방법에 의한 시간분포시 1885년에서의 최대홍수량은 349.1 ㎥/s로 수표교 일부구간과 주변 지류가 합류하는 태평교 부분에서부터 월류가 발생하였으며 1882년에서의 최대 홍수량은 196.1 ㎥/s로 태평교 하류 지점부터 오간수문 상류까지 월류가 발생하는 것으로 모의가 되었다. 이상과 같이 과거 단면자료를 추정하여 홍수위를 산정한 결

과, 약 190 ㎥/s 이상의 홍수량이 발생할 경우 청계천의 일부 구간에 홍수범람의 피해가 발생하였을 것으로 판단된다.

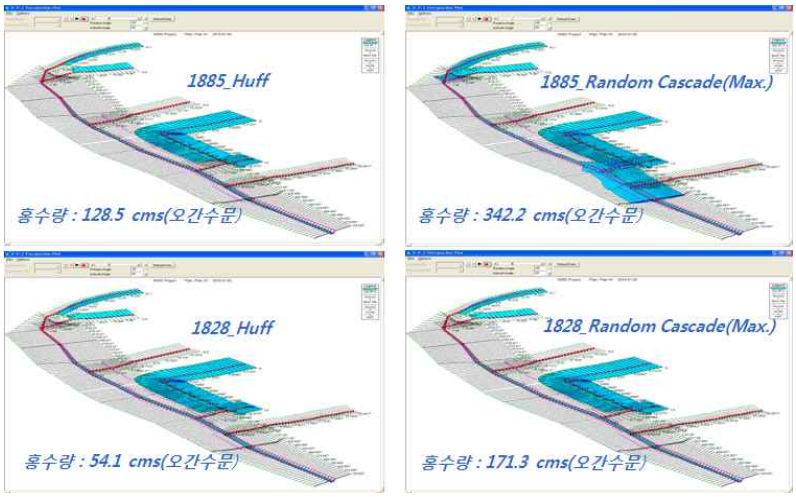

그림 4. 청계천 본류 및 지류 구간에 대한 HEC-RAS 모의 결과

보다 정확한 범람양상을 모의하기 위하여 청계천의 본류구간과 함께 백운동천, 중학천, 원동천, 북영천, 홍덕동천 등의 지류구간에 대한 단면을 구성하여 본류 구간과 마찬가지로 8개 사상의 홍수량에 대하여 HEC-RAS를 이용하여 모의하였다.

HEC-RAS를 이용하여 지류를 포함한 청계천 유역의 각 홍수사상별 홍수위를 산정한 결과를 살펴보면, Huff 시간분포에 의한 1885년, 1828년 홍수량은 유역경계의 출구점인 오간수문 지점에서 각각 128.5 ㎥/s(1885), 54.1 ㎥/s(1828)로 청계천 본류구간에는 월류가 거의 발생하지 않는 것으로 모의되었다. 하지만 중학천과 북영천과 같이 일부 지류 구간에서는 범람이 발생하였다. 또한, Random Cascade 방법으로 구한 1828년의 최대홍수량은 171.3 ㎥/s로 본류 구간이 월류가 발생하지 않는 것에 비해 주변 지류들에서는 월류가 발생하였다. 이와는 다르게 Random Cascade 방법에 의한 1885년의 최대홍수량은 오간수문을 기점으로 342.2 ㎥/s로 주변 지류와 함께 청계천 본류구간에서도 수표교부터 오간수문까지 범람이 확대되는 것으로 모의되었다. 이상과 같은 모의 결과, 청계천 본류 구간에 대한 범람 모의시 190 ㎥/s 이상에서 월류가 발생한 것과는 달리 지류 구간을 포함하여 범람을 모의할 경우에는 340 ㎥/s 이상에서 본류구간에서 월류가 발생하는 것으로 모의되었다.

2.2 DEM을 이용한 청계천 유역의 홍수범람해석

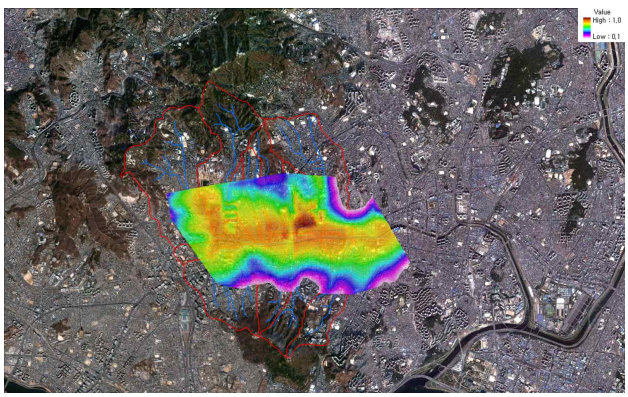

그림 5. 청계천 유역의 범람모의

HEC-RAS에서 산정된 홍수위를 과거 역사기록 상의 피해기록과 비교·분석하기 위하여 수치고도모형(DEM)을 이용하여 공간적 피해규모를 평가하고자 하였다. 즉, HEC-RAS와 수치고도모형을 연계 모의하여 청계천 유역의 홍수범람구역의 공간적 분포를 도출하고자 한 것이다.

그림 5는 HEC-RAS 모의에서 사용한 총 8개의 홍수사상중 392mm 일강우에 대하여 Random Cascade 방법으로 시간분포시켜 구한 342.2 ㎥/s에 대하여 산정된 홍수위와 수치고도모형의 지형자료를 토대로 모의된 침수심에 따른 범람양상을 나타내고 있다. 실제 과거 청계천에서 발생한 극한홍수 피해기록과 비교·분석을 수행하기 위해 서울시립대학교 부설연구소인 서울학연구소에서 1995년에 여러 역사문헌 자료를 토대로 1894년의 서울의 모습을 모형으로 제작한 '100년전 서울의 옛모습'을 활용하였다. 실제 피해기록을 확인하기 위해서는 과거 청계천 인근의 토지이용 상태뿐만 아니라 주거지의 배치상태 등 과거 청계천의 실제 모습에 대한 자료가 요구되기 때문이다. 홍수범람구역에 의한 가옥 피해의 규모를 '100년전 서울의 옛모습'과 비교하여 산정하였다. 그 결과 그림 5와 같은 경우 가옥피해 규모는 침수심이 0.4 ~ 1.0m일 때 약 2,800가구 정도로 분석되었다.

실제 조선왕조실록에는 측우기에 의해 관측된 일강우량이 200mm 이상일 경우에 도성지역에서 발생했던 홍수피해 기록을 구체적으로 기록하고 있다. 특히, 1832년 7월 19일에는 348mm의 집중호우로 도성내의 다섯 고을에서 3천 1백 66호의 민가가 피해를 입었으며, 죽은 사람도 64명이나 되었다고 한다. 1816년 7월 10일과 11일 양일간에 걸쳐서 내린 464mm의 비에 오부(五部)의 전후에 무너진 집이 3천 6백 88호나 되었다고 한다.

3. 요약

본 연구에서는 과거 조선시대 청계천 유역의 홍수량 산정결과를 토대로 하천수리모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 조선시대 청계천 본류구간 및 지류구간에 대하여 각 홍수사상별 홍수위를 산정하였다. 이렇게 산정된 홍수위를 과거 역사기록 상의 피해기록과 비교·분석하기 위하여 수치고도모형(DEM)을 활용하여 공간적 피해규모를 평가하고자 하였다. 실측 자료가 없는 청계천 유역에 대하여 HEC-RAS 입력자료를 구성하기 위하여 역사문헌 및 근대의 기록물을 활용하였다. 총 8개 사상의 홍수사상을 사용하였으며, Huff의 시간분포로 분해된 392mm, 202mm의 일강우에 대하여 1885년/1882년의 홍수량을 산정하여 모의하였다. 다음으로 1885년/1882년의 Random Cascade 모형에 의한 각 Case별 홍수량 중에서 최대, 최저, 평균 홍수량을 이용하였다. 이처럼 청계천 유역에 대하여 산정된 홍수위를 수치고도모형(DEM)과 연계하여 홍수범람구역을 산정하였으며 이를 서울학연구소에서 제작한 '100년전 서울의 옛모습'의 가옥규모를 통해 실제 피해규모와 비교하고자 하였다.

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. 서울학연구소 (1995), 서울의 옛모습(사진과 모형으로 보는 100년 전의 서울).
4. 시정개발연구원(2003), 청계천복원 타당성조사 및 기본계획 보고서
5. 장철희, 김현준, 노성진, 윤경호 (2009), 조선시대 청계천의 범람해석, 2009 한국토목학회 학술발표대회.