

# 하천제방 붕괴로 인한 침수위험도 작성 Development of Inundation Hazard Map for River Levee Failure

박재홍\*, 송준호\*\*, 김미선\*\*\*

Park Jae Hong, Song Jun Ho, Kim Mi Sun

## 요 지

본 연구에서는 홍수시 제내지 침수로 인한 큰 인명 및 재산 피해의 가장 큰 원인이 되는 제방 붕괴과정을 제방의 침식 및 세굴이론 등 물리적 이론에 근거하여 해석하고 이를 토대로 하천제방 붕괴 모형을 개발하였다. 개발된 모형을 이용하여 하천제방 붕괴 모의를 수행하여 제내지의 2차원 침수양상을 분석하고 이를 이용하여 침수위험도를 작성하였다. 작성된 침수위험도는 제내지에 거주하는 주민들이 효율적으로 제방붕괴에 대한 대처할 수 있을 뿐만 아니라 제방붕괴로 인한 홍수 재해보험 보험요율 산정시 침수위험도에 근거한 합리적 산정이 가능할 것으로 판단되었다.

본 모형의 적용 결과 홍수로 인한 제내지 침수위험도 산정을 위해 하천흐름-제방붕괴-제내지 침수해석을 연계하여 일관성 있게 모의할 수 있는 수치모형을 개발하여 실제 유역에 적용한 결과 제내지에서의 침수심, 침수면적, 하천 홍수위, 제방붕괴 폭 등이 합리적으로 계산됨을 알 수 있었다.

시간에 따른 제방 붕괴폭은 기존의 모형에서 사용하고 있는 순간적, 선형적인 붕괴가 아니라 포물 선형의 붕괴가 이루어지고 있었으며 시간에 따라 붕괴폭도 합리적으로 계산되고 있음을 알 수 있었다. 제내지의 침수심을 토대로 제내지 홍수시 침수위험도 산정기법을 개발하여 위험도를 산정한 결과 하천변에 위치한 지역이 위험도가 무조건적으로 높은 것은 아니라 지형에 따라 달라질 수 있음을 나타내었다.

**핵심용어 : 침수위험도 하천홍수 제내지침수 제방붕괴**

## 1. 서론

최근의 집중호우에 의한 수해가 빈발하고 있고, 특히 대도시에서는 지하공간에서의 침수 등으로 심대한 피해를 초래하고 있다. 수해의 위험성을 배제하기 위한 치수시설을 완성하기 까지는 많은 비용과 시간을 필요로 하기 때문에 치수시설의 정비와 병행하고, 주민의 방재의식을 높이며, 전체적으로 수해의 경감을 목적으로 추진 해 가는 것이 중요하다, 또, 자연재해의 특성으로서 치수계획규모를 웃도는 홍수가 발생할 가능성도 부정 할 수 없고, 그 같은 사태를 감안한 대응책도 중요한 과제이다. 이러한 대책으로서 인명의 손실이나 도시기능에 대한 피해를 막기 위해서 제방의 치수시설의 정비에 의한 하드웨어적인 면에서의 대책에 덧붙여, 재해정보의 전달체제나 피난유

\* 정회원 · 세명대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : [jhpark@semyung.ac.kr](mailto:jhpark@semyung.ac.kr)

\*\* 세명대학교 대학원 토목공학과 석사과정

\*\*\* 세명대학교 대학원 토목공학과 석사과정

도의 체제에 의한 소프트웨어적인 면에서의 침수대책을 정비하는 것이 중요하다. 또, 주민에게 자신이 거주하는 지역의 수해 위험도를 인식하도록 하고, 재해시에 주민이 스스로 피난활동을 실시하는 것이 가능 하도록 대비를 충실히 교육 시키는 것이 필요하다.

침수위험도는 홍수 등에 의해 침수가 예상되는 구역, 피난장소, 피난경로 등의 정보를 지도상에 게재한 것이다. 외수범람, 내수범람등 침수의 가능성이 있는 모든 지역에서 홍수재해예측지도를 작성·공표하여 주민에게 자신이 거주하는 지역의 수해에 대한 위험도를 인식시키고 재해시에 주민이 스스로 피난활동을 실시 할 수 있는 소프트웨어적인 면에서의 대책중 하나이다.

본 연구에서는 홍수시 제내지 침수로 인한 큰 인명 및 재산 피해의 가장 큰 원인이 되는 제방붕괴과정을 제방의 침식 및 세굴이론 등 물리적 이론에 근거하여 해석하고 이를 토대로 하천제방붕괴 모형을 개발하였다. 개발된 모형을 이용하여 하천제방 붕괴 모의를 수행하여 제내지의 2차원 침수양상을 분석하고 이를 이용하여 침수위험도를 작성하였다. 작성된 침수위험도는 제내지에 거주하는 주민들이 효율적으로 제방붕괴에 대한 대처할 수 있을 뿐만 아니라 제방붕괴로 인한 홍수재해보험 보험요율 산정시 침수위험도에 근거한 합리적 산정이 가능할 것으로 판단되었다.

## 2. 제방붕괴 모형의 개발

하천의 제방붕괴로 인한 침수 위험도 예측은 그림 1과 같이 홍수로 인한 하천의 부정류 특성의 해석, 제내지와 하천의 경계구조물인 제방의 세굴해석 그리고 제내지의 2차원적 침수해석이 동시에 이루어져야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 하천, 제방, 제내지의 연계적 특성을 고려하여 하천, 제방, 제내지를 동시에 해석할 수 있는 모형이 구성되도록 하였다.

하천 부정류해석을 위해 1차원적으로 가장 정확하면서 범용적인 모형으로 알려져 있는 FLDWAV 모형을 이용하여 홍수시 하천의 홍수위를 계산하였고 제방붕괴 해석을 위해 제방세굴에 대한 물리적 해석식에 기반을 두고 개발되어진 BREACH 모형을 도입하였으며 2차원 제내지 침수해석을 위해 확산형 DHM 모형을 사용하였다. 기술된 하천, 제방, 제내지의 3 모형의 완전한 연계를 위해 원시코드를 수정하여 하나의 실행화일을 형성하였고 이를 실제 유역에 적용하였다.

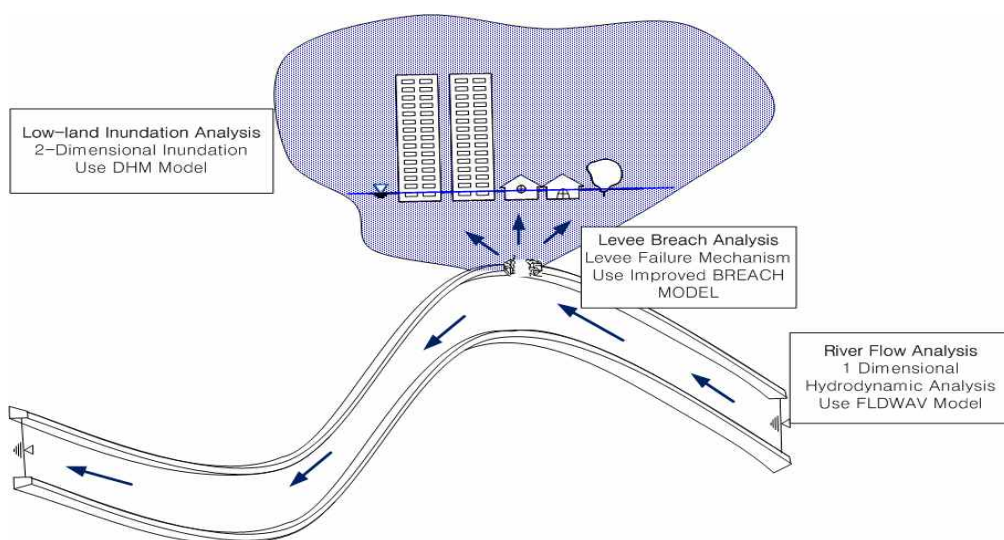


그림 1. 모형의 구성도

### 3. 실제하천에 대한 적용

연구모형을 그림 2에 도시된 김천시 개령면 감천에 적용하기 위해 하도망을 구성하고 수치모의를 하였다. 그림 3은 두가지 경우의 제방 형상과 제원을 나타내고 있다.

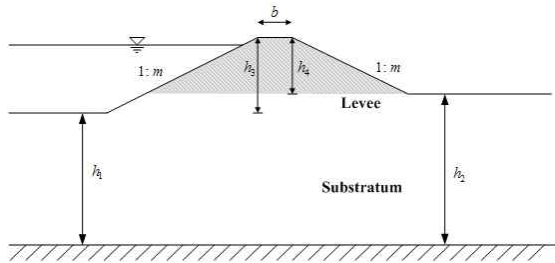
본 연구모형을 2002년 8월 30일~ 9월 1일 기간동안 태풍 루사로 인한 감천의 제방 붕괴상황에 대해 적용하였다. 계산구간은 감천국가하천 시점부터 하류단 선산수위표의 35.63 km 구간으로 전체 단면의 개수는 80개 이다. 이 구간에서 주요 지류로는 직지 사천이며 감천 함류부 상단 4.3km 지점이다. 또한 강곡천·대방천 유역, 아천 유역, 울곡천 유역, 대천 유역의 유량을 측방유입량으로 계산하였다. 하류단 경계조건으로는 선산수위표의 실측 수위를 사용하였다.

제방붕괴 모형을 이용하여 감천의 제방에 적용한 결과 제방붕괴 모형을 이용하여 감천의 제방에 적용한 결과 붕괴면을 통해 유출되는 유량은 그림 4와 같다. 시간에 따른 제방붕괴 폭의 변화는 짧은 시간내에 최대 붕괴 폭에 이르는 것으로 나타났으며 기존의 모형에서 사용하고 있는 붕괴폭의 변화양상은 선형 혹은 순간붕괴를 쓰고 있었으나 본 연구에서 발견한 제방붕괴 폭은 시간에 따른 변화는 포물선형으로 나타났으며 본 연구의 결과가 좀 더 타당한 것으로 판단되었다. 이러한 붕괴폭의 발달과 더불어 유출되는 붕괴면을 통한 유량은 그림 4에서 보이는 바와 같이 시간에 따라 급격하게 증가하고 있어 제내지 침수시 주민들의 대피를 위한 여유시간이 많지 않을 것으로 예상되었다. 그림 5는 붕괴단면 직하류에서의 유량과 수위를 나타내었다. 직상류와 직하류에서의 유량차이는 붕괴면을 통해 제내지로 유출된 유량이며, 붕괴면의 수위 변화 양상이 직상류 직하류에서의 수위 변화 양상과 비슷함을 확인할 수 있었다. 제내지 침수결과는 그림 6, 7과 같다. 그림 6은 계산시간 48 시간에서의 침수심을 나타내었다. 그림에서 보여지듯이 제내지 저지대에서 침수심이 크게 나타나며 이 지역이 상대적으로 제내지 범람의 위험한 지역으로 나타날 수 있었다. 그림 7은 48 시간에서의 유속벡터를 나타내었다. 제방붕괴지점에서 큰 유속을 나타내고 있으며 저지대 입구부에서 저지대 경사로 인해 약간의 유속을 나타내고 있다.

침수심을 이용하여 위험도 분석을 실시하였다. 일본의 경우 위험도를 산정하는 경우 홍수접근 속도와 침수심의 곱으로 위험도 산정인자로 고려하는 경우도 있으나 본 연구에서는 우선 침수심만을 기준으로 위험도를 산정하였다. 산정된 침수 위험도는 그림 8과 같다. 기준에 의해 설정된 위험도는 그림 8에서 나타난 바와 같이 일부 지역에서 높은 등급의 위험도를 나타내어 침수로 인한 재해가 발생할 경우 피해가 클 것으로 예상되었다.



그림 2. 본 연구모형이 적용된 김천시 개령면 감천 유역



case	b	m (비탈경사)	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$
①	5	2	52.19	52.53	5.08	4.74
②	5	2	52.19	52.53	4.34	4.00

그림 3. 제방 형상 및 제원

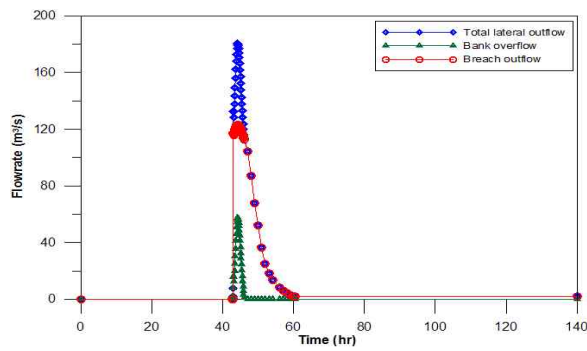


그림 4. 붕괴면을 통한 유출량

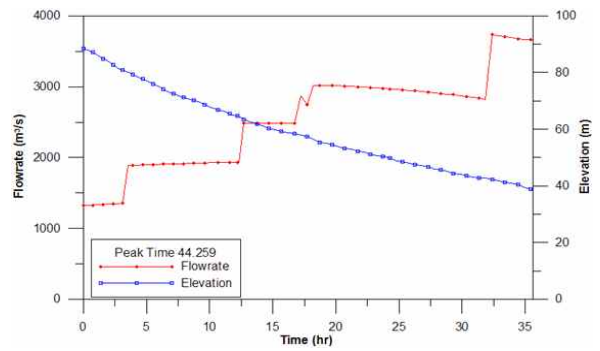


그림 5. 계산시간 44.259 시간에서 유량 및 수위값

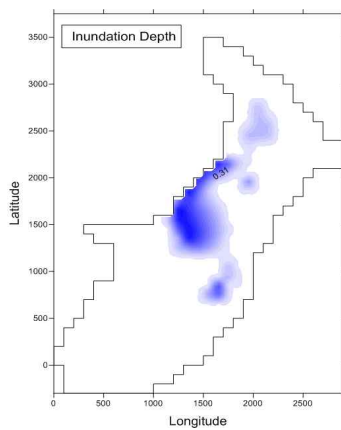


그림 6. 계산시간(t=48hr)일 때의 침수심도

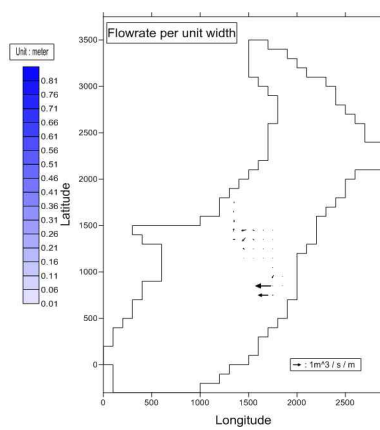


그림 7. 계산시간(t=48hr)일 때의 유량 벡터도

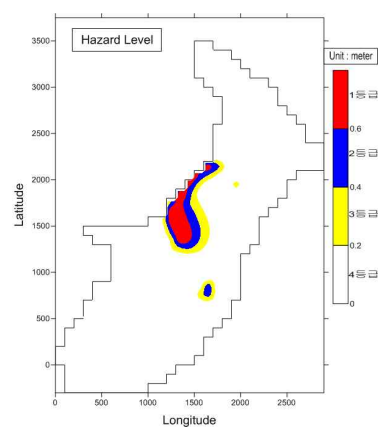


그림 8. 침수심을 이용한 침수위험도

## 5. 결 론

본 연구에서는 하천 홍수시 제방붕괴로 인한 제내지의 침수위험도를 평가하기 위해 하천 흐름 해석, 제방붕괴 모의, 제내지 침수해석을 통합적으로 해석할 수 있는 수치모형을 개발하여 실제하천에 적용하였고 제내지 침수 위험도를 산정하였다.

1. 하천 홍수로 인한 제내지 침수위험도 산정을 위해 하천흐름-제방붕괴-제내지 침수해석을 연계하여 일관성 있게 모의할 수 있는 수치모형을 개발하여 실제 유역에 적용한 결과 제내지에서의 침수심, 침수면적, 하천 홍수위, 제방붕괴 폭 등이 합리적으로 계산됨을 알 수 있었다.
2. 시간에 따른 제방 붕괴폭은 기존의 모형에서 사용하고 있는 순간적, 선형적인 붕괴가 아니라 포물선형의 붕괴가 이루어지고 있었으며 시간에 따라 붕괴폭도 합리적으로 계산되고 있음을 알 수 있었다.
3. 제내지의 침수심을 토대로 제내지 홍수시 침수위험도 산정기법을 개발하여 위험도를 산정한 결과 하천변에 위치한 지역이 위험도가 무조건적으로 높은 것은 아니라 지형에 따라 달라질 수 있음을 나타내었다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단도시개발사업(11 첨단도시C07)에 의한 기후변화 대응형 도시 빗물관리시스템 연구과제의 일부로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 박재홍, 김상호, 이창희 (2011) 수치모형을 이용한 하천제방 설계인자 검토, 한국방재학회 논문집, 제11권 6호, pp. 259-268.
2. 박재홍, 이종태, 김상호 (2011) 제방붕괴에 따른 피해 및 경제적 손실예측모형 개발, 자연재해저감기술개발 사업단.
3. Fread, D. L. (1988) Breach: An Erosion Model For Earthen Dam Failure. *Hydrologic Research Laboratory*, National Weather Service, Silver Spring, Maryland.