

# 홍수 위험지표 및 위험도 작성에 관한 연구

## A Study on Flood Hazard Value and Flood Risk Map

김정엽\*, 정대진\*\*, 복정수\*\*\*, 조효섭\*\*\*\*, 정관수\*\*\*\*\*

Jeong Yup Kim, Dae Jin Jung, Jeong Su Bok, Hyo Seob Cho, Kwan Sue Jung

### 요 지

본 연구는 빈도별 수문조건하의 2차원 수리해석모형(FLUMEN) 결과를 제공받아 빈도별 침수범람 등을 분석하고, 이로부터 도출되는 침수면적, 최대침수심, 최대유속 등의 특성정보를 이용하여 침수심보다 상대적으로 홍수 위험에 대한 척도를 나타내어 줄 수 있는 홍수 강도(Flood Intensity) 개념을 도입하여 대상유역에 적합한 홍수 위험지표(Flood Hazard Value) 및 홍수 위험도(Flood Risk Map)를 작성하고자 하였다.

본 연구의 대상지역은 안성천 중류부의 평택시 6개동을 포함하는 약 12.6km<sup>2</sup>의 대상지역으로 2차원 수리해석모형(FLUMEN)의 분석한 시간별 침수심(Flow Depth), 최대침수심과 최대 유속 등의 결과를 ASCII파일의 XYZ값 형태로 제공받아 ArcGis 등을 이용하여 Point Coverage를 만들고, 이로부터 TIN (Triangulated Irregular Network)작업을 수행한 후 대상지역의 최대 침수심도 및 최대 유속분포도 등을 작성하였다. 그리고, 침수예상도 등으로부터 얻어진 침수면적, 최대 침수심, 최대유속 등을 분석하여 침수심과 유속의 함수로 홍수강도를 정의하고 홍수강도와 홍수발생확률의 곱으로 위험지표를 산정하였고, 산정된 홍수 위험지표를 적용하여 홍수 위험도를 작성하였다.

본 연구로부터 도출되는 홍수 위험지표 및 홍수 위험도는 홍수범람에 의한 인명피해 및 재산손실과 이에 대한 복구 및 구호활동에 소요되는 노력 등의 여러 가지 사회경제적 역기능을 방지하고자 홍수에 의한 침수특성을 이해하고 홍수에 대비한 적절한 홍수방어대책 수립시의 지원 정보로 제공되어 활용될 수 있다.

**핵심용어 : 홍수, 위험지표, 위험도, 침수심, 공간분석, 홍수강도, GIS**

### 1. 서 론

1970년대 이후로 많은 지역이 도시화 및 산업화되고 2000년 이후 강우의 형태가 국지성 및 집중성을 보이면서 하천지역에 침수로 인한 심각한 인명 및 재산피해가 빈번히 발생되고 있다. 1990년대 후반부터 국내에서는 상습적인 홍수피해에 대비하기 위한 비구조적인 홍수피해 저감 대책의 일환으로 기왕의 홍수에 대해 침수가 많이 발생하였던 지역 또는 주요 수계를 대상으로 GIS시스템과 연계한 홍수지도(Flood Map) 또는 홍수위험지도(Flood Hazard Map)를 작성했거나 작성 중에 있다. 또한, 댐과 같은 수리구조물 파괴에 따른 극한홍수 상황에 대비하기 위한 EAP분야의 연구도 진행되어 왔다.

신현석과 전성우(2000)는 HEC-HMS, HEC-RAS와 ArcView를 이용한 홍수범람지역 설정에 관한 연구에서 높은 해상도의 HEC-RAS 단면과 낮은 해상도의 DEM(Digital Elevation Model)을 합성하는 과정을 통하여 실제 유역에서 홍수로 인한 범람지역 설정의 정확성을 평가하였다.

이주현 등(2003)은 남한강의 양화천 유역에 대해 강우-유출모형에는 HEC-1모형을 그리고, 하천의 하도구

\* 정회원(주)일신하이텍 건설정보기술연구소 과장·박사수료·E-mail : jeongyupkim@gmail.com  
\*\* 정회원·충남대학교 대학원 토목공학과 석사과정·E-mail : s9802865@cnu.ac.kr  
\*\*\* 정회원·충남대학교 대학원 토목공학과 석사과정·E-mail : hydrobok@cnu.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원·건설교통부 한강홍수통제소 하천정보센터 연구관·공학박사·E-mail : chohs@mocet.go.kr  
\*\*\*\*\* 정회원·충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수·공학박사·E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

간 홍수위 산정에는 HEC-RAS을 적용한 후 이를 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)과 연계하여 유역의 통합적인 홍수범람을 모의할 수 있는 시스템을 구축하였다.

황태하 등(2004)은 Hec-Ras 와 Hec-GeoRas 및 Arcview를 이용하여 경안천을 대상으로 홍수범람면적, 홍수범람 위험지역을 산정한 바 있고, 정상만 등(2004)은 GIS에서 생성된 자료를 WMS 모델로 불러들여 홍수위별 홍수범람도를 작성한 바 있다.

그러나, 기존의 연구성과들은 어느 특정 호우사상 또는 홍수에 의해 발생된 극한 홍수시의 일률적 범람깊이에 의한 유역내 홍수 침수심도라 할 수 있다.

이에 본 연구는 빈도별 수문조건하의 2차원 수리해석모형(FLUMEN) 결과를 제공받아 빈도별 침수범람 등을 분석하고, 이로부터 도출되는 침수면적, 최대침수심, 최대유속 등의 특성정보를 이용하여 침수심보다 상대적으로 홍수 위험에 대한 척도를 나타내어 줄 수 있는 홍수 강도(Flood Intensity) 개념을 도입하여 대상유역에 적합한 홍수 위험지표(Flood Hazard Value) 및 홍수 위험도(Flood Risk Map)를 작성하고자 하였다. 또한, 침수범람에 대한 정보를 얻기 위해 몇몇 GIS Tool과 Visual Basic 등의 컴퓨터 프로그래밍 언어를 이용하였고, 이러한 일련의 분석과정을 체계화 및 표준화하고자 하였다.

## 2. 홍수 위험도(Risk Map) 작성을 위한 이론적 논의

기존의 홍수 위험도(Risk Map)은 빈도별 극한 홍수에 따른 일률적 범람 깊이에 의한 유역 내의 침수심도라 할 수 있다. 이에 확률적 개념을 도입하면 극한 홍수에 의한 제방 파제, 다리 및 암거 등과 같은 구조물에 의한 홍수 위험을 보다 효율적으로 그리고, 정확히 산정할 수 있다.

### 2.1 홍수 위험도의 확률 분석(Probability)

(1) 확률분석의 중요 인자

홍수로 인해 발생하는 침수피해는 아래에 정의된 Process(제방의 파제 및 월류), Event, 그리고, 시나리오의 인자들로 구성되어 표현할 수 있으며, 이는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

- Process : physical action 등 특정 지점에서의 제방의 파제
- Event : 하나 또는 그 이상의 process의 발생
- 시나리오 : 재현기간 동안의 event의 발생

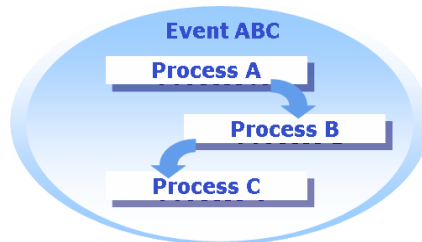


그림 1. Event and Processes

(2) Event 발생확률 분석

Event발생확률은 초기강우 발생확률과 그에 연속 발생하는 Process들의 상대확률의 곱으로 나타내어진다.

$$W = W_0 W_1 W_2 \cdots W_{n-1} W_n \quad (1)$$

여기서,  $W$  : Event 발생확률

$n$  : 연속 발생하는 process의 수

### 2.2 공간분석(Spatial Analysis)

시나리오에 대한 공간 분석을 위해서는 각각의 시나리오에 대한 확률이 고려되어야 한다. 확률론적으로 독립적인 사상(Event)들에 대한 총 확률은 식(2)와 같이 표시될 수 있다.

$$W = \sum_{i=1}^m W_i \quad (2)$$

여기서,  $m$  : 관련된 Event의 수

공간분석을 위해서 시나리오 카드라는 개념을 도입하였다. 시나리오 카드는 한마디로 특정 지역에서의 각 시나리오에 대한 Risk 변수들을 나타내기 위한 정보의 군을 일컫는다. 시나리오 카드는 event ID와 시나리오 총 확률  $w$ , 흐름 변수인 최대 흐름 깊이  $h$ 와 유속  $v$ 를 포함한다.

공간분석을 통하여 그림 2와 같은 홍수범람 확률도와 그림 3과 같이 특정 확률에 대한 흐름 깊이도를 추정해 낼 수 있다.

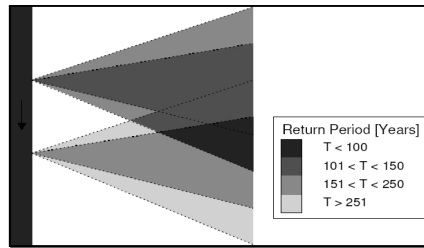


그림 2. 홍수범람 확률도

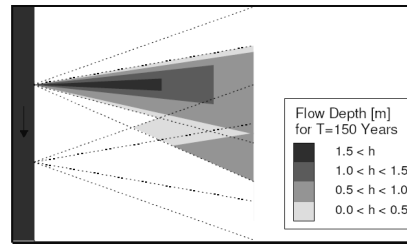


그림 3. 흐름 깊이도

### 2.3 위험지표 산정법

홍수위험지수(Hazard value)는 홍수류가 가지는 피해강도를 의미하는 홍수강도(Flood intensity)와 홍수발생 확률의 곱으로 나타내어진다.

$$H = I \times W \quad (3)$$

여기서,  $H$  : 위험지표(Hazard value),  $I$  : 홍수강도(Flood intensity),  $W$  : 재현기간(Probability)

식 (3)의 홍수위험지표(Hazard value) 산정을 위한 홍수강도(Flood intensity)는 흐름의 깊이와 속도의 함수로서 정의되어진다.

$$I = \begin{cases} 0 & \text{for } h = 0 \\ 0.3 + 1.35h & \text{for } h > 0 \text{ and } v < 1m/s \\ 0.3 + 1.35hv & \text{for } v > 1m/s \end{cases} \quad (4)$$

여기서,  $I$  : 홍수강도(Flood intensity)로 단위는 무차원임.

이처럼 홍수위험지표의 개념으로 홍수위험수준(Hazard level) 및 그에 따른 적용방침을 적용할 수 있으며 결과적으로 홍수위험수준도를 얻을 수 있다.

표 1. 홍수위험지표와 위험수준

Hazard Value	Hazard Level	Directions
$H < 0.01$	low	세심한 주의 필요
$0.01 < H < 0.1$	medium	제한된 규제 조치 필요
$H > 0.1$ or $I > 3$	high	위험 지역으로 규제 강화

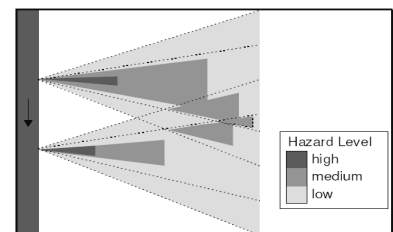


그림 4. 홍수위험수준도

이처럼 홍수위험에 대한 보다 효과적이고 체계적인 접근을 통하여 특정지역에 대한 홍수범람 확률을 구하여 대상유역에 적용하였으며, 보호정책 설계를 위해 필요한 흐름깊이도 그리고 정책 결정 및 홍수위험분석을 위한 홍수위험수준도를 얻을 수 있다.

### 3. 적용 및 고찰

#### 3.1 대상지역

본 연구에서 대상으로 잡은 지역은 안성천 중류부의 평택 수위표가 위치한 안성천 본류와 통복천이 합류하는 평택시내의 6개동을 포함한 지역으로 면적은 약 12.6km<sup>2</sup> 정도로 그림 5에 대상지역을 도시하였고, 그림 6은 이 대상지역에 대한 DEM(Digital Elevation Map)이다.

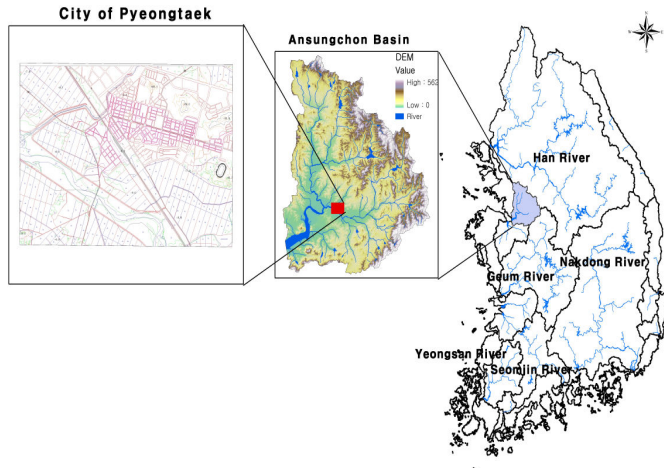


그림 5. 연구 대상지역(평택시 인근 지역)

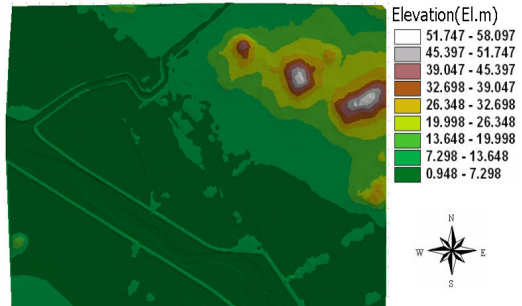


그림 6. 대상지역의 DEM

#### 3.2 분석 절차 및 결과

FLUMEN모형의 침수분석 결과로부터 ArcGis 등을 이용하여 Point Coverage를 만들고, 이로부터 TIN 작업을 수행한 후 대상지역의 침수예상도 및 유속분포도 등을 작성하는 절차를 표준화 및 정형화하고자 그림 6과 같은 일련의 절차를 한 번에 처리할 수 있도록 그림 7과 같은 프로그램을 개발하여 본 연구에 적용하였다. 그림 7은 Fortran언어로 작성하여 내부적으로 AML(Arc/Info Macro Language) 모듈을 호출할 수 있도록 처리하였다.

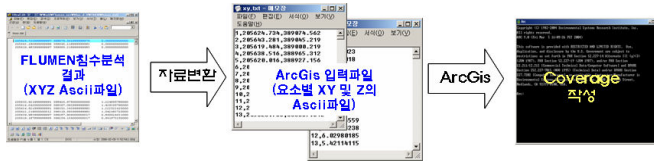


그림 7. Tin 작성을 위한 작업 순서

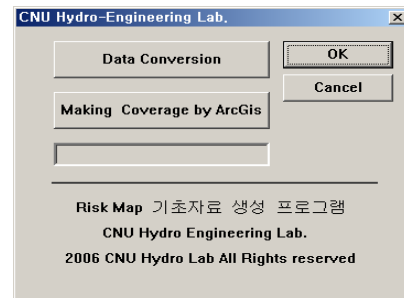


그림 8. 개발된 자동변환 프로그램

홍수범람 분석은 하천의 월류와 내수침수를 모두 고려(㉠분석)하는 경우와 내수침수만을 고려(㉢분석)하는 2가지 경우로 각 경우에 해당하는 빈도는 200, 500, 1000년에 해당하는 3개의 홍수사상으로 범위를 설정하였다. 각 빈도별로 침수시의 최대유속도, 최대침수예상도, 홍수강도 분포도를 구할 수 있었고, 이들로부터 확률의 개념과 홍수강도를 적용한 홍수위험도를 도출하였다. 그림 9~그림 11은 ㉠분석시의 500년 빈도에 해당하는 홍수범람에 대한 침수시 최대유속, 최대침수심, 홍수위험강도를 도시하였다.

그림 12는 모든 빈도별 분석을 종합하여 작성된 홍수위험도이다.

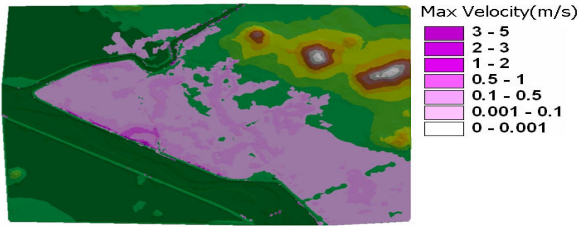


그림 9. 침수시 최대유속 분포도

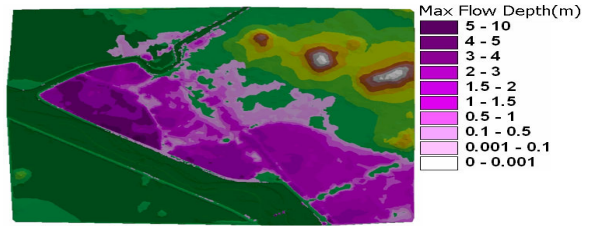


그림 10. 최대침수심

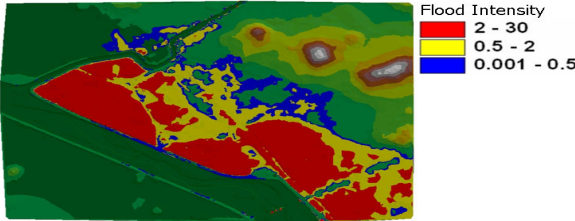


그림 11. 홍수위험강도 분포도

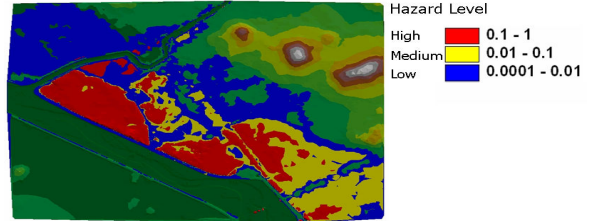


그림 12. 홍수위험도

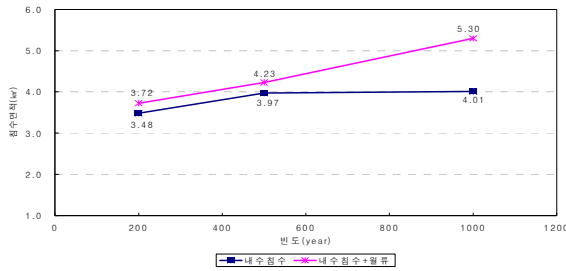


그림 13. 빈도별 침수면적

그림 13은 6가지 홍수범람시 각각의 침수면적을 도시한 결과로 대상지역은 1000년 빈도 홍수시 내수침수에 의해서는 약 4km<sup>2</sup>정도 침수가 발생하나, 월류를 포함할 경우는 5.3km<sup>2</sup>정도가 침수된다. 안성천 본류구간은 국가하천으로서 기존에 하천정비가 잘 되어 있어 제방 월류에 의한 범람이 발생할 소지가 매우 작다. 그러나, 통복천은 지방2급 하천으로서 월류에 대한 발생 위험이 높음을 그림 12를 통해서 알 수 있다.

#### 4. 결론

침수예상도 등으로부터 얻어진 침수면적, 최대 침수심, 최대유속 등을 분석하여 침수심과 유속의 함수로 홍수강도를 정의하고 홍수강도와 홍수발생확률의 곱으로 위험지표를 산정하였다. 여기서 홍수발생확률은 시나리오별 공간 분석을 실시하여 독립적인 사상들에 대한 총 확률로 정의할 수 있고, 산정된 홍수 위험지표를 적용하여 홍수 위험도를 작성하였다.

본 연구로부터 도출되는 홍수 위험지표 및 홍수 위험도는 홍수범람에 의한 인명피해 및 재산손실과 이에 대한 복구 및 구호활동에 소요되는 노력 등의 여러 가지 사회경제적 역기능을 방지하기 위해 홍수에 의한 침수특성을 이해하고 홍수에 대비한 적절한 홍수방어대책 수립시의 지원 정보로 제공되어 활용될 수 있다.

#### 참 고 문 헌

1. 신현석, 전성우 (2000). "HEC-HMS, HEC-RAS와 ArcView를 이용한 홍수범람지역 설정에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표회 논문집(III), pp.221-224
2. 이주현, 최종진, 이희철, 이은태 (2003). "고해상도 수치고도모형을 활용한 홍수범람도의 작성", 대한토목학회논문집, 23(6B), pp.471-478
3. 정상만, 김이형, 이주남(2004), WMS 모형에 의한 홍수위별 범람구역의 변화분석, 한국수자원학회 '04학술발표회 특별세션, p. 171
4. 황태하, 장대원, 김형수, 서병하(2004). Hec-GeoRas & Hec-Ras를 이용한 홍수범람 연구, 한국수자원학회 '04학술발표회 특별세션, p. 145