

# 도시 주거지역 내 소하천의 홍수 안정성에 관한 연구

## A Study on Flood Risk Analysis for A Small Stream in Urban Residential Area

곽재원\* · 안경수\*\* · 경민수\*\*\* · 김형수\*\*\*\*

Kwak, Jae Won · Ahn, Kyoung Soo · Kyoung, Min Soo · Kim, Hung Soo

### Abstract

In this study we analyzed flood runoff and flood characteristics of an small urban river basin which is in an apartment complex in Yewol-Dong, Buchun-Si, Gyunggi-Do. A little discharge normally flows in the river, however this small river has a relatively high potential of flood damage risk in the flood season due to the high flood level and velocity. Therefore we used the GIS data, cross section data in the river, HEC-RAS model, etc. for investigating safety of a river against flood runoff and also we investigated the stability of hydraulic structures and ability of flood prevention in the river. As the result of investigation, we found that the river had the risk of flood damage occurrence due to the hydraulic structures constructed for various purposes in the river. So we should analyze backwater effect by the structures and consider the risk factors can be occurred by the flood runoff and velocity for more safe design of a small river basin in the residential area such as an apartment complex in the urban area.

**keywords** : Urban river, HEC-RAS, flood velocity, flood safety, small stream

본 연구는 도심지 유역인 경기도 부천 여월동 단지 내의 도시하천에 대해서 유출 및 홍수 특성을 분석하였다. 해당 유역의 하천은 평상시에는 매우 적은 유량만이 흐르고 있으나, 홍수 시에는 상대적으로 높은 홍수위 및 유속으로 인해 홍수 피해의 위험성을 안고 있다. 홍수에 대한 안전성을 확인하기 위하여 유출 해석 모형을 적용하고, 또한 해당 유역에 대해 구축된 GIS 자료 및 하천 단면과 HEC-RAS를 이용, 홍수위를 예측하여 치수 안정성을 검증하고, 홍수시의 유속을 산정하여 하천 시설물과 자연형 호안 공법에 대한 홍수 방어 능력을 검토 하였다. 검토 결과 다목적 소하천을 목적으로 설치된 하천 구조물로 인하여 홍수 피해 발생 위험이 있었으며, 홍수시에도 높은 유속으로 인한 불안요소를 포함하고 있었다. 이러한 주거지역내 소규모의 도시 하천에 대한 홍수 유출 해석에서는 홍수 유출 외에도 구조물에 의한 배수위 변동과 홍수시 유속으로 인한 영향과 같은 여러 위험 요인에 대하여 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 단지 내의 도시하천, HEC-RAS, 배수위, 치수 안정성, 홍수 유속

## 1. 서 론

최근 도시에 건설되는 주거 지역은 해당 구역 내에 인공 소하천을 만들거나 기존의 소하천을 제정비하여 지역의 쾌적성과 주민의 휴식처를 제공하고자 하고 있다. 또한, 근래에 들어서 자연형 하천공법의 개발과 적용이 부각됨에 따라서, 이러한 공간 계획에 대하여 자연 친화적 하천공법을 접목하는 시도가 여러 하천을 대상으로 이루어지고 있다. 그러나, 소하천의 경우 공간적인 변화와 하천의 특성이 지역에 따라서 크게 변화하고 그 기능이 매우 다양하기 때문에 자연형 하천 공법을 이용하여 하천 정비를 수행한 경우 홍수 특성의 변

\* 비회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 박사과정 · E-mail : firstsword@naver.com  
\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 정교수 · E-mail : Ahn@incheon.ac.kr  
\*\*\* 비회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 박사과정 · E-mail : gigatg@inha.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 부교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

화는 예측하기 어려우며 이를 규명하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구의 목적은 단지 내 소하천인 베르네천과 같이 친환경적인 하천 정비가 이루어진 도시하천에 대하여 홍수가 발생하였을 경우 홍수 영향을 평가하는데 있다. 또한, 주거지와 인접하여 있는 도시 소하천의 특성 상 많이 설치되어 있는 하천 구조물과 그로 인해 생기는 홍수위의 변화에 대하여 분석하였다.

## 2. 적용 대상 구역 및 특성

본 연구의 적용 대상 구역은 경기도 부천시 여월동 일대의 구역이다. 해당 하천은 부천시 원미구 춘의동에서 발원하여 부천 시내의 시가지를 관류하여 서북쪽으로 유하하다가 동부간선 수로로 유입한다. 베르네천의 구역면적은 18.12 km<sup>2</sup>, 유로연장은 4.84 km 이며 구역의 형상계수는 0.24이며, 전체적인 구역은 현재 주거단지의 개발이 이루어지고 있는 전형적인 도시 주거 지역의 모습을 하고 있다. 주요한 홍수유출 지점이자 홍수위에 따른 홍수영향 분석의 대상인 구역은 주변지역이 주거지와 구릉지로 둘러싸인 형상을 하고 있는 전형적인 도시 소하천의 모습을 하고 있다.

## 3. 도심 소유역의 유출분석 및 홍수위 산정

베르네천 구역의 확률강우량, 강우 시간분포를 이용하여 재현기간별, 지속기간별 강우·유출 분석을 수행하였으며, 이를 SCS 및 Nakayasu, Clark 유역추적 방법을 이용하여 유출량을 산정하였다. 또한, 구축된 정비 후의 설계 자료와 GIS 자료를 이용하여 HEC-RAS 모형을 구축하여 홍수위 산정을 시행하였으며, 이를 바탕으로 해당 구역의 홍수방어 능력에 대한 검토를 수행하였다. 그림 1 은 이러한 도시 소유역에 대한 분석 흐름도를 나타낸다.

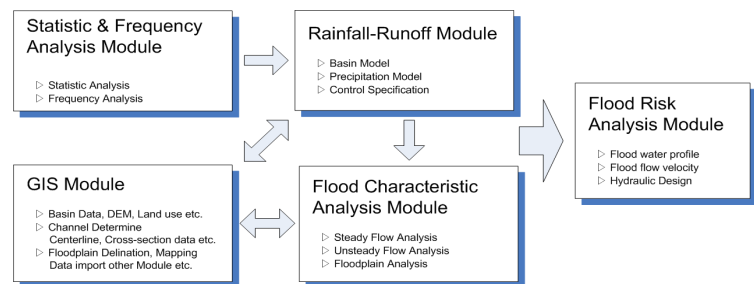


Fig. 1 도시 소유역 홍수유출해석 흐름도

### 3.1 홍수유출

해당 하천 구역의 확률강우량, 강우 시간분포를 이용하여 재현기간별, 지속기간별 강우·유출 분석을 수행하였다. 유역의 추적을 위해서는 유역의 지형적 특성 및 도달 시간 특성을 반영할 수 있도록 SCS 및 Nakayasu 방법과 Clark 유역추적법을 사용하였으며 이 중에서 비교적 국내의 실적자료를 이용한 적용결과 및 매개변수 추정경험식을 많이 보유하고 있고 다른 방법에 비하여 소하천 유역에서의 높은 정확도를 보여주는 Clark 모형을 선택하였다. ( 소하천 시설 기준, 건설교통부 1999 ) 홍수유출 분석 결과 침투 홍수량은 88.178 cms 이다.

### 3.2 홍수위 검토

미국 육군공병단에 의해 개발된 HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) 모형을 이용하였으며, 대상의 하도에서는 크게 유하부와 하류의 저류부로 나뉘어 있으며 이러한 구조적인 특징과 하도 범면 등의 조건으로 인하여 상류와 사류가 동시에 존재하는 혼합류(Mixed Flow) 수리조건을 가지고 있으므로 홍수위 분석 시에는 혼합류 분석을 수행하였다.

도시 하천의 특성상 하천 주변에 주거지가 인접하고 있는 경우가 많기 때문에 홍수 범람이 발생 하면 직접적인 인명, 재산 피해가 예상되므로 도시지역의 자연형 하천의 정비에 있어서 홍수를 조절하는 치수기능을

**Table 2 50년 빈도 홍수시 베르네천 수위**

(단위: m)

누가 거리	수위	제방 수위	여유고	누가 거리	수위	제방 수위	여유고
500	18.99	20.14	1.15	650	18.98	18.6	-0.38
550	18.99	20	1.01	700	18.97	18.6	-0.37
600	18.98	18.6	-0.38	750	18.98	18.6	-0.38
600.1	18.98	22.8	3.82	800	18.97	18.6	-0.37
605.1	18.98	22.8	3.82	850	18.98	18.6	-0.38
교량				900	18.96	18.6	-0.36
610.9	18.98	22.8	3.82	931	18.84	18.6	-0.24
612.9	18.98	22.8	3.82	933	18.84	18.6	-0.24

유지할 수 있는가 하는 것은 매우 중요하다. 특히, 베르네천의 제방 제내지에는 주택이 밀집해 있으므로 홍수 안전도의 중요성이 대두된다. 베르네천의 경우 소하천에 해당하기 때문에 소하천시설기준(건설교통부, 1999)에 의거하여 50년 빈도 홍수량을 기준으로 홍수방어능력을 검토 하였다. 하부 하도에서의 수위를 기준으로 검토할 경우 베르네천의 50년 빈도 홍수량에 대해서 산정된 홍수위는 하류 저류지 부분에서 18.98 m 이다. 따라서 제방 기준점 위로 홍수위가 월류 하여 홍수 피해가 발생 한다. ( 표 2 참조 )

### 3.3 구조물에 의한 홍수위 영향 검토

이전 절에서 수행한 홍수위 검토 결과 50년 빈도 홍수위에 대하여 위험 요소가 존재하고 있는 것으로 나타났다. 이에 대하여 하천 내에 설치된 구조물에 대해서 홍수위에의 영향을 살펴보았다. 구조물에 의한 배수는 구조물이 없는 상태의 수면형과 구조물에 의하여 상승된 수면형의 차이로 정의할 수 있으며, 각 구조물에 대해서 하천의 중요한 관리역(Control Area)인 베르네천 하류부에 위치한 저류지의 수위를 산정하였다. 산정 결과 하천 내에서 배수위 하강 효과가 가장 큰 유출부 암거를 조정하는 것이 가장 타당한 것으로 생각된다.

## 4. 홍수 영향 분석

### 4.1 적정 홍수위 확보를 위한 통수단면적 분석

하천 시설 기준에서 제방의 여유고는 계획 홍수량이 200 m<sup>3</sup>/s 이하일 경우 0.6 m 이상의 제방 여유고를 두도록 정하고 있다(건설교통부, 2003). 해당 하천의 경우 50년 빈도의 홍수위에 대하여 약 0.4 m 가량 월류하고 있으므로 하천시설 기준에서 요구하는 여유고를 확보하기 위하여 배수위를 추가적으로 확보하여야 한다.

베르네천의 경우 수위 하강의 필요성이 요구되므로 이 경우에는 실질적으로 하천 내에서 배수위에 대한 조정효과가 없는 교량을 제외하고 수위에 가장 큰 영향을 미치는 유출부 암거에 대한 조정을 시행하는 것이 가장 타당한 방법으로 생각된다. 베르네천 하류부 유출 암거는 그림 3(b)와 같은 형상을 하고 있으며 해당 암거를 통과한 후 복개 암거를 통하여 굴포천 까지 방류되는 구조로 되어 있다. 해당 하천은 평상시에 저류지 기능을 유지하기 위하여 하류 부분에 암거를 설치하여 통수 면적을 조절하고 있다. 그러나, 이와 같은 통수 면적의 과다한 감소가 홍수 소통 능력의 저감을 가져온 것으로 판단된다.

현재 하류부 암거의 통수면적은 하부의 주 통수부와 상부의 월류부를 합하여 약 12.87 m<sup>2</sup>의 통수 단면을 가지고 있다. 이 단면을 이용하여 암거의 최적 통수 단면적을 산정하였다. 암거 통수 단면적의 산정 방법은, 50년 빈도의 홍수량에 대해서 홍수위 월류 지점에서 0.6 m의 제방 여유고를 가질 수 있는 통수 단면적을 가정한 후 시행 착오법을 이용하여 최적의 면적을 결정하였다. 그 결과에 따라서, 50년 빈도의 홍수량에 대하여 하천 시설 기준에 제시한 0.6 m의 제방 여유고를 가지기 위한 적정 통수 단면적은 약 18.1 m<sup>2</sup>이 적정한 것으로 판단된다. ( 표 3 참조 )

### 4.2 통수단면적 조정에 따른 효과 분석

앞서 산정한 적정 단면적을 이용하여 하류 유출부 암거가 약 18.1 m<sup>2</sup>의 통수 단면적을 가지고 있다고 가정하고 50년 빈도 및 100년 빈도 첨두 홍수량에 대하여 홍수위 검토를 재 실시 하였다. 통수단면의 형상과 기타 조건은 자연형 하천 정비에 사용된 표준치를 사용하였다. 위와 같이 18.1 m<sup>2</sup>의 통수단면적을 확보하였을 경우 하류 저류지 부분의 제방 여유고가 0.67m로서 하천 시설기준에서 제시하는 여유고를 만족하는 것으로 나타

**Table 3 통수면적 확보시 거리별 수위**

(단위 : m)

누가 거리	하상고	제방고	50년 빈도		100년 빈도	
			수위	여유고	수위	여유고
610.9	14.2	22.8	17.94	4.86	18.09	4.71
612.9	14.2	22.8	17.94	4.86	18.09	4.71
650	14.2	18.6	17.93	0.67	18.08	0.56
700	14.2	18.6	17.91	0.69	18.05	0.55
750	14.2	18.6	17.92	0.68	18.07	0.55
800	14.2	18.6	17.92	0.68	18.06	0.54
850	14.2	18.6	17.92	0.68	18.06	0.54
900	14.2	18.6	17.88	0.72	18.02	0.58

났다. 따라서, 베르네천의 하류 유출부 암거의 통수단면적을 최소  $18.1 \text{ m}^2$  이상으로 개선하여야 홍수 방제 기능을 원활하게 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4.3 홍수 통수에 대한 홍수 시 유속

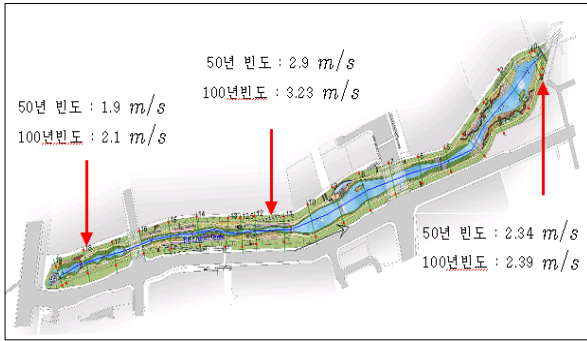


Fig. 4 베르네천 홍수시 유속(50년 빈도)

보완하기위한 추가적인 대책이 필요하다. 또한, 100년 빈도의 홍수를 기준으로 산정할 경우 유속이  $3.23 \text{ m/s}$  로서 허용한도를 초과하고 있다. 따라서, 추가적인 치수 안정성을 확보 대책이 요구된다. ( 그림 4 참조 )

국내의 여러 연구에서 자연형 하천 정비 공법에 따른 허용유속 범위를 제시한 바 있으며, 본 연구에서는 이러한 연구 결과를 이용하여 판단하였다. 베르네천의 경우 식생블록을 이용한 호안 공법과 그 위에 야자수 매트를 이용한 식생 공법을 병행하고 있다. 이 경우, 식생 매트 공법으로 볼 수 있으며 국내의 연구에 의하여 허용 최고유속은 약  $3 \text{ m/s}$  이하로 규정하고 있다(국립방재연구소, 2000). 그러나, 발생 유속이  $2.97 \text{ m/s}$  로서 한계치인  $3 \text{ m/s}$  에 거의 근접한 수치를 나타내고 있다. 따라서, 홍수 시에 안정성을 충분히 보장하기에는 무리가 있다고 판단되며, 이를

### 5. 결 론

홍수 해석 및 영향 분석은 수문학 분야에서 가장 기본적이면서 널리 연구되어 왔다. 그러나, 하천 정비 및 기타 홍수 관련 연구 및 사업, 특히 근래에서 들어서 많이 시행되고 있는 자연형 하천에 대해서는 하천 정비 및 안정성에 해석과 기법의 체계화가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 자연형 하천에서의 홍수 해석 기법을 해당 하천에 적용하고 그 결과를 분석하여 보았다. 아직 연구의 성과는 가시적이지 못하나 차후에 여러 도시 소하천에 대해서 적용하고 그 결과를 분석하여 그 적용성과 정확도를 개선하여 나갈 수 있을 것이다.

1. 해당 하천의 자연형 정비 후의 홍수위를 모의한 결과 자연형 하천 복원 후에도 50년 빈도의 홍수에 대해서 부족한 제방 여유고를 지녀, 홍수방어 대책이 필요하다. 또한, 홍수시의 유속도 한계치에 근접하는 결과를 나타내었으므로 홍수시의 높은 유속에 대한 대책이 요구된다.
2. 도시 지역의 중요성과 피해 발생 시의 위험성을 고려할 때 도시유역 홍수 유출 해석은 유속과 배수위 등 다각적인 위험 요인에 대하여 고려하여야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 건설교통부, 하천 설계 기준, pp.525-546, 2003
2. 건설교통부, 소하천 시설기준, pp.134-245, 1999
3. 국립방재연구소, 자연형 하천 공법의 재해특성분석에 관한 연구, pp.141-155, 2000
4. 부천시, 소하천정비 종합 기본계획, pp.59-91, 1997