

## 하천지형 구축 방법에 따른 홍수 시 예상 침수면적 산정

# Flooding Area Estimation by Using Different River Topographic Maps

문 창 건<sup>1)</sup> · 이 정 식<sup>†</sup> · 신 사 철<sup>2)</sup> · 손 호 근<sup>3)</sup>

Changgeon Moon · Jungsik Lee · Shachul Shin · Hogeun Son

Received: May 24<sup>th</sup>, 2016; Revised: June 2<sup>nd</sup>, 2016; Accepted: July 12<sup>th</sup>, 2016

**ABSTRACT** : The purpose of this study is to compare the three areas that each estimated by using three different river topographic maps. For construction of river topographic maps, the data used in this study are ASTER, SRTM and a 1:5,000 scale digital map data sets in 14 streams of the Cheongdo-gun and Uiseong-gun. HEC-GeoRAS, RAS Mapper, and RiverCAD model are applied for the flooding area analysis using observed data and design rainfalls. The result of analysis is to compare observed flooding area based on the flood plain maps with estimated inundation area by hydraulic models and constructed river topographic maps. The results of this study are as follows; Flooding area by HEC-GeoRAS model is similar to the inundation area of flood plain map and appears in order of RAS Mapper, and RiverCAD model in all watersheds. Flood inundation area by SRTM DEM is similar to the result of 1:5,000 scale digital map in all watersheds and all analysis models. The SRTM DEM shows the most similarity to the digital map than ASTER DEM in all of the watershed scale and analysis models. HEC-GeoRAS and RiverCAD model are efficient models for flood inundation analysis in small watershed and HEC-GeoRAS and Ras Mapper model are efficient in medium to large watershed.

**Keywords** : Flooding area, River topographic maps, Hydraulic model

**요 지** : 본 연구의 목적은 유역규모별 홍수침수면적을 산정하기 위한 하천지형 구축기법과 그에 따른 침수면적을 비교하는 것이다. 대상 지역은 경상북도 청도군과 의성군 내 14개소 하천이며 수치지도 DEM, ASTER DEM과 SRTM DEM을 이용하여 하천지형을 구축하였으며, HEC-GeoRAS, RAS Mapper, RiverCAD 모형을 적용하여 홍수침수해석을 수행하였다. 해석 결과와 실제 침수흔적도와 비교하였으며, 각 해석 모형들과 하천지형 구축기법에 따라 침수면적을 비교하였다. 침수흔적도와 비교한 결과 HEC-GeoRAS 모형의 결과가 이 침수흔적도의 범람면적과 대부분의 유역에서 유사한 값을 나타내었으며, SRTM DEM이 ASTER DEM보다 수치지도 DEM과 유사한 결과를 나타내었다. 중·대규모 유역의 경우 HEC-GeoRAS 모형과 Ras Mapper 모형, 소규모 유역의 경우 HEC-GeoRAS 모형과 RiverCAD 모형이 효율적인 해석 모형으로 나타났다.

**주요어** : 홍수침수면적, 하천지형도, 수리학적 모형

## 1. 서 론

최근 지구온난화로 인한 기상이변으로 국지성 집중호우와 대규모 태풍 등의 발생이 지속적으로 늘어나고 있으며 이로 인한 홍수피해가 증가하고 있다. 이와 같은 피해를 줄이고 예방하기 위해 사후 복구 중심에서 벗어나 정비사업 등의 구조적 투자와 함께 홍수예·경보시스템 확충과 홍수위험지도 제작 및 활용 등의 비구조적 저감 대책의 병행을 통한 사전 예방 중심으로 변화하여야 한다. 홍수위험지도 및 재해(정보)지도는 수해 및 홍수를 포함한 풍수해 발생에 대한 시나리오별 홍수범람해석을 통해 침수 예상구역을 설정함으로써 재해예방 및 대응을 위한 의사결정의 기초자료로서 활용하고 있다. 정확한 홍수침수면적을 산정하기 위해서는 적절한 해석 모

형의 선정과 정확도 높은 하천지형자료의 구축이다. 홍수범람해석 모형에 관한 기존 연구를 살펴보면 Ackerman(2000)은 홍수경감대책을 평가하기 위하여 HEC-GeoRAS Extension을 이용하였으며, Ackerman et al.(2010)은 HEC-RAS 모형에 GIS 기능을 탑재한 RAS Mapper 모형을 개발하였다. Lee et al.(2010)은 RiverCAD를 이용하여 중·소규모 하천을 대상으로 홍수범람해석을 수행하였으며, Moon et al.(2014)은 소하천 유역에서 홍수범람해석 모형을 비교하여 적정모형으로 HEC-RAS 모형을 제안하기도 하였다. 하천지형자료 구축에 관한 기존 연구를 살펴보면 Nilolakopoulous & Chysolakis(2006)는 1:50,000 지형도, ASTER와 SRTM을 비교·검토하여 ASTER와 SRTM DEM이 수치지도 대신 적용할 수 있음을 보여주었다. Na et al.(2008)은 ASTER DEM과 USGS DEM

1) Changseol Co., Ltd.

† Department of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology (Corresponding Author : jungsik@kumoh.ac.kr)

2) Department of Civil Engineering, Andong National University

3) Department of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology

과의 비교를 통하여 ASTER DEM의 적용성을 보여주었으며, Lee et al.(2012)은 1:5,000 수치지형도, ASTER와 SRTM을 비교·검토하여 SRTM DEM의 우수성을 제시하였다.

본 연구에서는 국내·외에서 적용되는 홍수침수해석 모형과 하천지형 구축기법을 이용하여 홍수 시 예상 침수면적을 산정하고자 한다. 이를 위하여 국내 대규모 및 중·소규모 유역의 14개 하천을 대상유역으로 국내 실무에서 적용되는 HEC-GeoRAS 모형, Ras Mapper 모형과 RiverCAD 모형을 이용하여 홍수침수해석을 실시하였다. 하천지형 구축으로는 1:5,000 수치지형도를 이용한 DEM뿐만 아니라 Global DEM 중 용량이 가볍고 획득이 쉬우면서 편리하게 활용이 가능한 ASTER DEM과 SRTM DEM을 적용하여 홍수침수해석 결과를 비교·분석하였다.

## 2. 사용된 자료 및 해석 모형

### 2.1 수치표고모델

본 연구에서는 홍수침수면적을 산정하기 위해 1:5,000 수치지형도를 이용한 DEM을 기준으로 2000년대 초에 구축된 SRTM, 최근에 구축이 완료되어 있는 ASTER에 기반 한 고해상도의 DEM을 수치표고모델로 선택하였다.

#### (1) NGIS 축척 1:5,000 수치지형도

현재 수치지도는 기존 동경측지계를 적용했던 Version 1.0에서 GRS80의 세계측지계를 적용하고 다양한 속성 항목과 위상정보표현이 가능한 수치지도 Ver. 2.0으로 변화하고 있다. 본 연구에서 적용된 수치지도 또한 Ver. 2.0의 1:5,000 수치지형도로서 2005년을 기준으로 제작된 도엽을 적용하였다.

#### (2) ASTER DEM

ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) DEM은 단일 센서 기반의 Global DEM으로 일본과 미국 NASA와의 상호 협조를 통해 생산된 DEM으로서 30m급 해상도를 나타낸다. ASTER DEM은 지구의 83°N~83°S 범위 지역을 대상으로 1×1° 영역의 22,600개 타일로 배포된다. 기본적인 격자 파일 구조는 GeoTIFF로 통일되며 SRTM DEM과는 달리 JAXA와 NASA에 의해 배포되는 데이터는 모두 동일한 데이터 구조를 유지하게 된다.

#### (3) SRTM DEM

SRTM은 2000년 2월부터 10일 동안 Space Shuttle Endeavour 호를 통해 지구의 60°N~56°S 사이(전 지구의 약 80%)의

DEM을 취득하여 위도 및 경도 1° 범위의 데이터를 제공하고 있다. SRTM DEM의 해상도는 미국지역에서 1arc second (약 30m)를 보이며, 미국을 제외한 지역에서는 3arc second (약 90m)의 해상도를 제공한다. SRTM DEM은 DEM 구축을 위한 센서인 Shuttle Radar Topography Radar 장비를 통해 전 지구를 대상으로 구축된다. 전 지구 영역에 걸쳐 동일 센서로부터 일관적으로 데이터를 도출한 경우는 SRTM이 최초의 경우이다.

### 2.2 홍수침수해석 모형

#### (1) HEC-GeoRAS 모형

HEC-GeoRAS Extension은 HEC-RAS의 주요 입력자료인 하천 및 하천 주변의 지형데이터를 구축할 수 있도록 해주는 ArcGIS 플랫폼의 Extension으로서 DEM 자료를 이용하여 하천 주변 지역의 홍수범람구역을 모의하고 모의 결과를 시각적으로 보여주는 기능을 갖고 있다. HEC-GeoRAS 모형은 현재 국내 실무에서 가장 많이 적용하고 있는 홍수범람해석 모형으로서 본 연구에서는 ArcGIS 10.0을 기반으로 구동되는 HEC-GeoRAS(Ver. 10.0)를 적용하여 홍수범람해석을 수행하였다(HEC, 2011).

#### (2) RAS Mapper 모형

RAS Mapper는 HEC-RAS Ver. 4.1에 탑재된 홍수범람해석을 위한 새로운 모형이다(HEC, 2010). RAS Mapper는 HEC-RAS를 통해 홍수위 계산 후 그 결과를 GIS 툴을 거치지 않고 HEC-RAS 내 자체적 단일 모델링 환경 내에서 직접적으로 GIS 데이터를 사용하고 시각화를 가능하기 때문에 보다 효율적이고 정확한 홍수범람해석을 수행할 수 있는 모형이다. 이러한 점은 GIS 소프트웨어에 대한 추가적인 지식 없이도 홍수범람 등 수리학적 분석을 할 수 있다는 장점이 있다.

#### (3) RiverCAD 모형

RiverCAD 모형은 미국의 BOSS International(2000)에서 개발된 AutoCAD 기반의 1차원 수리모의 및 홍수범람해석 프로그램으로서 설계 및 해석에 가장 많이 이용되는 AutoCAD 기반의 환경에서 1차원 수리모형인 HEC-RAS와 HEC-2를 완벽하게 연계 및 구동할 수 있는 하천모델 프로그램이다. 하천 내에 설치되는 교량, 암거, 낙차공, 보, 제방 등을 CAD 환경에서 기입이 가능하고 이를 통한 빈도별 홍수위 산정은 물론 교량구조물의 세굴해석 홍수범람 구역 등을 매우 쉽게 산정할 수 있다. 본 연구에서는 AutoCAD Civil 3D와 River Analysis Extension을 적용하여 홍수범람해석을 수행하였다. 홍수침수해석 모형에 대한 자세한 내용은 이전의 연구

(Moon et al., 2014)를 참고할 수 있다.

### 3. 모형의 적용

#### 3.1 대상유역

본 연구에서는 경상북도 청도군과 의성군에 분포된 모든 하천 중 기왕의 주요호우 및 태풍 등의 내습으로 인해 침수 피해가 발생하였거나 침수흔적도가 조사된 하천을 대상으로 유역 규모를 대규모, 중규모, 소규모 유역으로 구분하여 총 14개 하천을 대상유역으로 선정하였다. 본 연구의 대상 유역은 국가하천, 지방하천, 소하천을 모두 포함하고 있으며, 군별 현황은 청도군 6개소, 의성군 8개소로서 총 14개소이다. 청도군의 경우 대규모 유역의 청도천과 중규모 유역의 지방하천인 풍각천과 대곡천, 소하천이 주류인 소규모 유역은 금촌천, 귀곡천, 솟골천으로 총 6개소 하천이 선정되었다. 의성군의 경우 대규모 유역의 국가하천인 위천과 지방하천 쌍계천, 중규모 유역의 지방하천인 남대천, 안평천, 비산천, 소하천이 주류인 소규모 유역은 효계천, 구눌천, 실업곡천으로 총 8개소 하천을 선정하였다.

#### 3.2 기초자료 구축

##### 3.2.1 유역특성 분석과 홍수량 산정

본 연구의 대상유역으로 선정된 14개 하천에 대한 침수 면적을 산정하기 위해 Moon et al.(2013)이 개발한 ArcGIS ModelBuilder 모형을 이용하여 유역특성인자(유역면적, 하천연장, 유역경사, 하도경사 등)를 산정하였다. 또한, 침수피해 당시 조사된 강우 및 빈도별 확률강우량을 이용하여 HEC-

HMS 모형을 통해 홍수량을 산정하였다. HEC-HMS 모형은 미국 육군공병단의 수문연구소(Hydrologic Engineering Center, HEC)에서 개발한 수문모델링 시스템(Hydrologic Modeling System, HMS)이다. 이 HEC-HMS 모형은 강우-유출(rainfall-runoff)모의를 위한 여러 가지 기능을 제공한다. 홍수범람해석을 위한 계획빈도는 국가하천 및 지방하천이 포함된 대규모 유역의 경우 100년 빈도, 중규모 유역의 경우 80년 빈도와 소하천이 대부분 포함된 소규모 유역의 경우 50년 빈도를 선정하였다. 14개 대상유역의 유역특성인자와 홍수량을 정리하면 Table 1과 같다.

##### 3.2.2 하천지형 DEM 구축

홍수범람해석 모형을 적용하기 위한 하천지형 구축은 TIN과 DTM, DEM과 DSM 등이 필요하다. 하천지형자료는 일부 기관에서 저해상도 자료가 제한적으로 제공되고 있으나 그 활용성이 낮고 하천의 제외지 시설물 등의 표현이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제외지 지형과 제내지 지형을 나누어 DEM을 구축하고, 각각의 지형을 합성함으로써 최종 홍수범람을 위한 하천지형자료를 구축하였다. 제외지 지형은 하천측량자료를 활용하여 TIN 생성 후 DEM으로 변환하는 과정을 거쳐 작성하였다. 제내지 지형은 1:5,000도 수치지형도를 이용하여 DEM을 작성하고 ASTER DEM(1arc second, 30m 해상도)과 STRM DEM(3arc second, 90m 해상도)은 WMS(Web Map Service)를 지원하는 위성영상 전용 프로그램인 Global Mapper를 이용하여 대상구간의 DEM을 취득하였다.

수치지형도로부터 DEM을 구축하는 것은 매우 많은 시간과 노력을 필요로 하므로 홍수 분석에 있어서 매우 비효율적이다. 따라서 쉽게 활용할 수 있는 ASTER 및 STRM

Table 1. Geographic parameters and flood discharge for flood inundation analysis

River name		Watershed area (km <sup>2</sup> )	Stream length (km)	Watershed slope (%)	Stream slope	Curve number (CNIII)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)
Large	Cheongdo Cheon	337.74	41.00	18.0	0.013	84.58	1,860
	Wi Cheon	1,408.70	113.5	15.7	0.004	83.11	4,515
	Ssanggyeo Cheon	501.83	43.8	25.0	0.004	89.18	2,176
Medium	Poonggak Cheon	58.39	14.33	32.7	0.011	82.44	560
	Daegok Cheon	42.86	10.67	4.3	0.045	85.44	265
	Anpyeong Cheon	111.96	20.58	12.9	0.003	84.25	670
	Namdae Cheon	158.68	37.30	24.0	0.003	84.32	840
	Bisan Cheon	27.97	14.26	9.3	0.029	82.54	151
Small	Geumchon Cheon	10.81	7.37	49.6	0.016	83.57	140
	Gwigok Cheon	1.35	1.81	49.6	0.145	83.57	22
	Soosgol Cheon	1.31	1.73	43.1	0.121	85.10	21
	Hyoje Cheon	18.60	8.09	7.2	0.020	84.67	176
	Goonool Cheon	1.36	1.98	22.7	0.024	84.20	20
	Sileopgok Cheon	1.47	2.04	5.4	0.043	82.73	29

DEM을 사용한 홍수 침수분석 결과가 양호하다면 ASTER 혹은 SRTM DEM은 매우 효율적으로 홍수분석에 사용할 수 있을 것이다.

### 3.3 침수면적 산정 및 분석

본 연구에서는 대상유역에서 구축한 하천지형 DEM을 침수해석 모형인 HEC-GeoRAS 모형, RAS Mapper 모형과 RiverCAD 모형에 적용하여 해석을 실시하였다. HEC-GeoRAS 모형, RAS Mapper 모형과 RiverCAD 모형을 이용하여 각 하천지형 구축기법별에 따른 침수면적을 비교한 결과는 Table 2~4와 같다.

HEC-GeoRAS 모형의 하천지형 구축기법별 침수면적을

비교한 Table 2를 살펴보면 중·대규모 유역의 경우 SRTM DEM, 수치지도 DEM, ASTER DEM의 순서로 침수면적이 크게 발생하였으며, 소규모 유역의 경우 중·대규모 유역과 같이 ASTER DEM이 가장 크고 유역에 따라 SRTM DEM과 수치지도 DEM의 순서가 변화하고 있음을 알 수 있다. 수치지도 DEM을 기준으로 해석된 결과를 비교한 결과 ASTER DEM의 침수면적 상대오차는 -13.2%~257.1%, SRTM DEM의 경우 -43.2%~28.6%로 나타나 SRTM DEM이 1:5,000 수치지형도와 상대적으로 비슷한 결과를 나타내었다.

RAS Mapper 모형의 하천지형 구축기법별 침수면적을 비교한 Table 3을 살펴보면 중·대규모 유역의 경우 일반적으로 SRTM DEM, 수치지도 DEM, ASTER DEM의 순서로 침수면

Table 2. Comparison of flooding area for HEC-GeoRAS model

River name		1:5,000	ASTER			SRTM		
		Inundation area (ha)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)
Large (100 yr)	Cheongdo Cheon	1,035.1	1,521.8	486.7	47.0	860.7	-174.4	-16.8
	Wi Cheon	56.0	81.1	25.1	44.8	52.6	-3.4	-6.1
	Ssanggyeo Cheon	59.3	75.5	16.2	27.3	48.5	-10.8	-18.2
Medium (80 yr)	Poonggak Cheon	201.3	279.4	78.1	38.8	174.3	-27	-13.4
	Daegok Cheon	152.1	264.8	112.7	74.1	136	-16.1	-10.6
	Anpyeong Cheon	210.0	309.5	99.5	47.4	199.2	-10.8	-5.1
	Namdae Cheon	417.7	358.7	-59	-14.1	388.7	-29	-6.9
	Bisan Cheon	113.4	98.4	-15	-13.2	96.9	-16.5	-14.6
Small (50 yr)	Geumchon Cheon	99.1	132.9	33.8	34.1	60.7	-38.4	-38.7
	Gwigok Cheon	0.7	2.5	1.8	257.1	0.9	0.2	28.6
	Soosgol Cheon	1.2	1.5	0.3	25.0	1.4	0.2	16.7
	Hyoje Cheon	8.6	10.6	2	23.3	9.8	1.2	14.0
	Goonool Cheon	2.8	5.2	2.4	85.7	2.1	-0.7	-25.0
Sileopgok Cheon	3.7	11.5	7.8	210.8	2.1	-1.6	-43.2	

Table 3. Comparison of flooding area for Ras Mapper model

River name		1:5,000	ASTER			SRTM		
		Inundation area (ha)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)
Large (100 yr)	Cheongdo Cheon	1,145.0	1,651.0	506.0	44.2	1,050.1	-94.9	-8.3
	Wi Cheon	60.2	90.1	29.9	49.7	55.3	-4.9	-8.1
	Ssanggyeo Cheon	59.8	79.5	19.7	32.9	49.1	-10.7	-17.9
Medium (80 yr)	Poonggak Cheon	210.4	299.6	89.2	42.4	176.3	-34.1	-16.2
	Daegok Cheon	153.6	272.9	119.3	77.7	137.8	-15.8	-10.3
	Anpyeong Cheon	237.4	322.5	85.1	35.8	221	-16.4	-6.9
	Namdae Cheon	428.0	367.0	-61.0	-14.3	395	-33.0	-7.7
	Bisan Cheon	125.6	110.6	-15.0	-11.9	109.1	-16.5	-13.1
Small (50 yr)	Geumchon Cheon	89.8	145.1	55.3	61.6	68.2	-21.6	-24.1
	Gwigok Cheon	0.8	2.4	1.6	200.0	1.0	0.2	25.0
	Soosgol Cheon	1.17	1.64	0.5	40.2	1.58	0.4	35.0
	Hyoje Cheon	9.0	12.9	3.9	43.3	11	2.0	22.2
	Goonool Cheon	3.2	8.1	4.9	153.1	2.3	-0.9	-28.1
Sileopgok Cheon	4.6	20.2	15.6	339.1	2.1	-2.5	-53.3	

적이 크게 발생하였으며, 소규모 유역의 경우 HEC-GeoRAS 모형이 결과와 유사하게 나타났다. 수치지도 DEM을 기준으로 해석된 결과를 비교한 결과 ASTER DEM의 침수면적 상대오차는 -14.3%~339.1%, SRTM DEM의 경우 -53.3%~35.0%로 나타나 SRTM DEM이 1:5,000 수치지형도와 상대적으로 비슷한 결과를 나타내었다.

RiverCAD 모형의 하천지형 구축기법별 침수면적을 비교한 Table 4를 살펴보면 중·대규모 유역의 경우 일반적으로 SRTM DEM, 수치지도 DEM, ASTER DEM의 순서로 침수면적이 크게 발생하였으며, 소규모 유역의 경우 일반적으로 ASTER DEM이 가장 크고 유역에 따라 SRTM DEM과 수치지도 DEM의 순서가 변화하고 있음을 알 수 있다. 수치지도 DEM을 기준으로 해석된 결과를 비교한 결과 ASTER DEM의 침수면적 상대오차는 -14.4%~277.3%, SRTM DEM의 경우 -54.5%~69.2%로 나타나 SRTM DEM이 1:5,000 수치지형도와 상대적으로 비슷한 결과를 나타내었다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 침수흔적도와의 비교

본 연구에서는 14개 대상유역에 대해 홍수 시 침수면적을 산정하였으며 과거 침수흔적도와 비교를 통해 해석 결과에 대한 정확성을 평가하였다. 14개 유역을 대상으로 침수흔적 및 피해 범위가 조사된 2003년 태풍 ‘매미’의 실측 강우량을 적용하여 홍수량을 산정하고, 그 결과를 이용하여 HEC-GeoRAS, Ras Mapper와 RiverCAD 모형을 통해 홍수범람해석을 수행하였으며, 각 모형을 통해 해석된 결과와

당시 조사된 침수흔적도의 침수면적을 비교·검토하였다.

본 연구에 적용된 지형자료 중 비교적 정확도가 높은 수치지도 DEM을 적용하여 홍수범람해석 모형별 침수면적을 산정하였으며, 피해 당시 침수면적과의 차이 및 상대오차는 Table 5와 같다. Table 5를 살펴보면 침수흔적도에서 나타난 범람면적은 0.29~46.38ha이며, 실측 강우량을 적용하여 해석된 홍수범람면적은 HEC-GeoRAS 모형이 0.32~47.11ha, RAS Mapper 모형이 0.32~47.29ha, RiverCAD 모형이 0.31~47.28ha로 나타났다. HEC-GeoRAS 모형이 침수흔적도의 범람면적과 대부분의 유역에서 유사한 값을 나타내었으며, RiverCAD 모형과 RAS Mapper 모형 순으로 범람면적의 차이를 보이고 있다.

### 4.2 해석 모형별 비교

본 연구에서는 침수흔적도와 비교적 유사하게 나타난 HEC-GeoRAS 모형을 기준으로 RiverCAD 모형과 RAS Mapper 모형에 대한 홍수범람해석 결과를 동일 하천지형 구축기법 즉, 수치지도 DEM, ASTER DEM과 SRTM DEM별로 비교·분석하였다.

수치지도 DEM에 대한 HEC-GeoRAS 모형의 해석 결과를 기준으로 RiverCAD 모형, RAS Mapper 모형과 HEC-GeoRAS 모형과의 침수면적에 대한 상대오차는 Fig. 1과 같다. Fig. 1을 살펴보면 HEC-GeoRAS 모형에 비해 대부분 20% 범위 이내의 오차로 나타났고, 대규모 유역으로 갈수록 상대오차가 작아지고 소규모 유역으로 갈수록 상대오차가 커지는 것으로 나타났다. 수치지도 DEM의 하천지형 구축기법 조건에서 RiverCAD 모형, RAS Mapper 모형과 HEC-GeoRAS

Table 4. Comparison of flooding area for RiverCAD model

River name		1:5,000	ASTER			SRTM		
		Inundation area (ha)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Relative error (%)
Large (100 yr)	Cheongdo Cheon	1,195.1	1,692.0	496.9	41.6	1,224.5	29.4	2.5
	Wi Cheon	62.3	90.4	28.1	45.1	59.1	-3.2	-5.1
	Ssanggyeo Cheon	64.1	83.2	19.1	29.8	53.5	-10.6	-16.5
Medium (80 yr)	Poonggak Cheon	231.2	335.0	103.8	44.9	193.4	-37.8	-16.3
	Daegok Cheon	156.4	264.8	108.4	69.3	138.1	-18.3	-11.7
	Anpyeong Cheon	250.5	357.8	107.3	42.8	233.3	-17.2	-6.9
	Namdae Cheon	446.5	382.4	-64.1	-14.4	410.4	-36.1	-8.1
	Bisan Cheon	118.4	103.4	-15.0	-12.7	101.9	-16.5	-13.9
Small (50 yr)	Geumchon Cheon	110.7	153.5	42.8	38.7	70.4	-40.3	-36.4
	Gwigok Cheon	0.6	2.2	1.6	266.7	0.7	0.1	16.7
	Soosgol Cheon	1.3	1.6	0.3	23.1	2.2	0.9	69.2
	Hyoje Cheon	8.8	12.3	3.5	39.8	10.3	1.5	17.0
	Goonool Cheon	3.3	4.8	1.5	45.5	2.7	-0.6	-18.2
Sileopgok Cheon	4.4	16.6	12.2	277.3	2	-2.4	-54.5	

Table 5. Comparison of flooding area from floodplain map and this study

River name	Floodplain map area (ha)	Hec-GeoRas		Ras mapper		RiverCAD		
		Inundation area (ha)	Difference (ha)	Inundation area (ha)	Difference (ha)	Inundation area(ha)	Difference (ha)	
Large	Cheongdo Cheon	5.30	5.12	-0.18	5.38	0.08	5.40	0.10
	Wi Cheon	25.10	25.00	-0.10	26.10	1.00	26.38	1.28
	Ssanggyeo Cheon	16.49	16.69	0.20	16.54	0.05	16.59	0.10
Medium	Poonggak Cheon	46.38	47.11	0.73	47.29	0.91	47.48	1.10
	Daegok Cheon	7.60	7.34	-0.26	8.00	0.40	7.88	0.28
	Anpyeong Cheon	10.42	11.15	0.73	11.25	0.83	11.38	0.96
	Namdae Cheon	3.10	3.18	0.08	3.35	0.25	3.38	0.28
	Bisan Cheon	6.40	6.68	0.28	6.88	0.48	6.69	0.29
Small	Geumchon Cheon	2.64	2.81	0.17	2.83	0.19	2.85	0.21
	Gwigok Cheon	1.50	1.60	0.10	1.71	0.21	1.69	0.19
	Soosgol Cheon	0.29	0.32	0.03	0.32	0.03	0.31	0.02
	Hyoje Cheon	0.90	3.80	0.30	3.78	0.28	3.75	0.25
	Goonool Cheon	1.53	1.49	-0.04	1.60	0.07	1.58	0.05
	Sileopgok Cheon	0.46	0.49	0.03	0.50	0.04	0.52	0.06

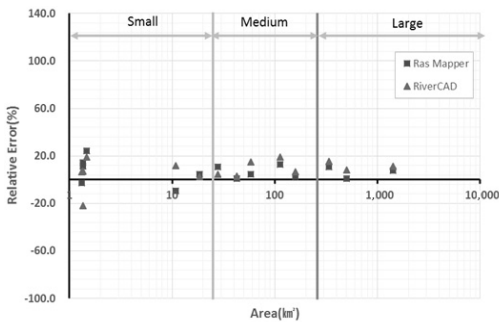


Fig. 1. Relative error of inundation area by flood inundation models for 1:5,000 DEM and HEC-GeoRAS model

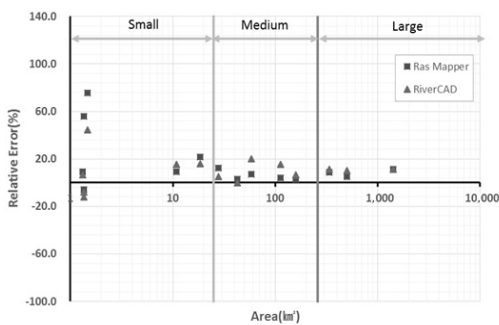


Fig. 2. Relative error of inundation area by flood inundation models for ASTER DEM and HEC-GeoRAS model

모형의 상대오차는 전반적으로 비교적 유사한 결과를 나타내었다.

ASTER DEM에 대한 HEC-GeoRAS 모형의 해석 결과를 기준으로 RiverCAD, RAS Mapper 모형의 침수면적에 대한 상대오차는 Fig. 2와 같다. HEC-GeoRAS 모형에 비해 소규모 유역을 제외한 대부분의 유역에서 20% 범위 이내의 오차로 나타났고, 대규모 유역으로 갈수록 상대오차가 작아지

고 소규모 유역으로 갈수록 상대오차가 커지는 것으로 나타났다. ASTER DEM의 하천지형 구축기법 조건에서 RiverCAD 모형, RAS Mapper 모형과 HEC-GeoRAS 모형과의 상대오차는 중·대규모 유역에서 전반적으로 비교적 유사한 결과를 나타내었으며, 소규모 유역에서 RAS Mapper 모형의 상대오차가 RiverCAD 모형보다 크게 나타났다.

SRTM DEM에 대한 HEC-GeoRAS 모형의 해석 결과를 기준으로 RiverCAD, RAS Mapper 모형의 침수면적에 대한 상대오차는 Fig. 3과 같다. SRTM DEM의 하천지형 구축기법 조건에서 RiverCAD 모형, RAS Mapper 모형과 HEC-GeoRAS 모형의 상대오차는 중·대규모 유역에서 전반적으로 유사한 결과를 나타내었으며, 소규모 유역에서 RiverCAD 모형의 상대오차가 RAS Mapper 모형보다 크게 나타났다.

### 4.3 하천지형 구축기법별 비교

본 연구에서 수행된 모형 및 하천지형 구축기법별 홍수 범람해석에 대한 침수흔적도를 통한 정확성을 검토한 결과 1:5,000도 수치지형도에서 침수흔적도와 비교적 유사한 것으로 검토되었다. 따라서 본 연구에서는 1:5,000도 수치지형도를 통한 모형별 해석 결과를 기준으로 ASTER DEM과 SRTM DEM의 홍수범람해석 결과를 비교하였다.

수치지형도 DEM의 모형별 범람해석 결과를 기준으로 ASTER DEM과 SRTM DEM의 홍수범람해석 결과에 대한 상대오차는 Fig. 4, 5와 같다. Fig. 4를 살펴보면 ASTER DEM을 기준으로 모형별 침수면적은 중·대규모 유역에 비해 소규모 유역에서 큰 오차를 나타내었으며, 중·대규모 유역에서 홍수 범람해석 모형에 따른 큰 차이가 없으나 소규모 유역에서는

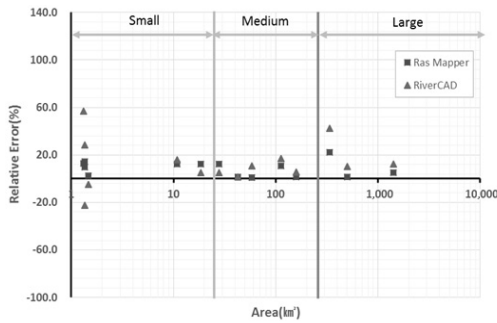


Fig. 3. Relative error of inundation area by flood inundation models for SRTM DEM and HEC-GeoRAS model

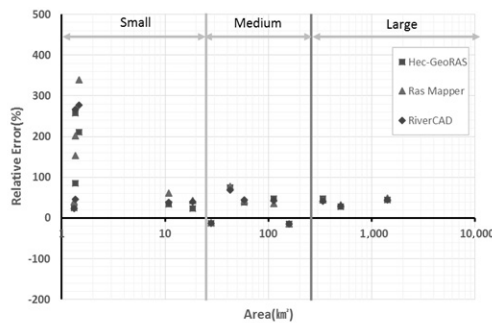


Fig. 4. Relative error of inundation area by flood inundation models for ASRTM DEM and 1:5,000 DEM

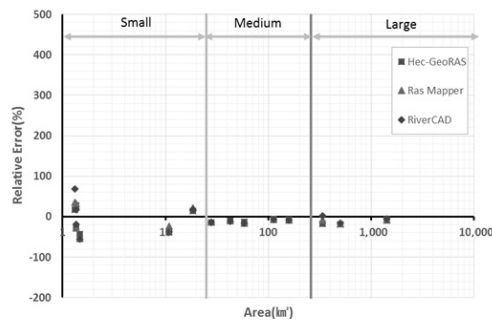


Fig. 5. Relative error of inundation area by flood inundation models for SRTM DEM and 1:5,000 DEM

모형 간에 큰 오차를 나타내었다. Fig. 5를 살펴보면 SRTM DEM의 범람해석 결과 또한 모형별 침수면적은 중·대규모 유역에 비해 소규모 유역에서 큰 오차를 나타내었으며, 중·대규모 유역에서 홍수범람해석 모형 간에 큰 차이가 없으나 소규모 유역에서는 모형 간에 큰 오차를 나타내었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 여러 가지 범람해석 모형과 지형표현 방법 별로 홍수 시 침수면적을 산정하고 그 정확성을 평가하였다. 홍수범람해석을 위한 하천지형자료는 NGIS 1:5,000 수치지형도로부터 생성된 수치지도 DEM, ASTER DEM과 SRTM

DEM을 적용하였다. 해석 모형의 경우 HEC-GeoRAS, Ras Mapper, RiverCAD 모형을 이용하여 홍수범람해석을 수행하였으며, 침수흔적도 및 수치지도 DEM을 기준으로 각 모형 및 지형구축 기법별 홍수범람해석 결과를 비교·분석하였다. 본 연구를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

- (1) 침수면적 분석 결과 모든 유역 규모와 해석 모형에서 SRTM DEM이 ASTER DEM보다 수치지도 DEM과 유사한 결과를 나타내었다.
- (2) HEC-GeoRAS 모형이 침수흔적도의 침수면적과 대부분의 유역에서 유사한 값을 나타내었으며, RiverCAD 모형과 RAS Mapper 모형 순으로 침수면적의 차이를 보이고 있다.
- (3) HEC-GeoRAS 모형과 3가지 하천지형 구축기법을 적용한 결과 RAS Mapper 모형, RiverCAD 모형과 HEC-GeoRAS 모형과의 상대오차는 소규모 유역으로 갈수록 커지고 중·대규모 유역의 경우 전반적으로 유사한 결과를 나타내었다.
- (4) 수치지도 DEM과 3가지 홍수범람해석 모형을 적용한 결과 ASTER DEM, SRTM DEM과 수치지도 DEM과의 상대오차는 중·대규모 유역에 비해 소규모 유역에서 크게 나타났으며, 중·대규모 유역에서 홍수범람해석 모형 간에 큰 차이가 없으나 소규모 유역에서는 해석 모형 간에 큰 오차를 나타내었다.
- (5) 중·대규모 유역의 경우 HEC-GeoRAS 모형과 Ras Mapper 모형, 소규모 유역의 경우 HEC-GeoRAS 모형과 RiverCAD 모형이 효율적인 해석 모형으로 나타났다.
- (6) 중·대규모 유역에서 SRTM DEM이 ASTER DEM보다 수치지도 DEM과 유사한 결과를 나타내 적용성이 높다고 생각되며, 소규모 유역은 ASTER DEM과 SRTM DEM 적용결과 큰 오차를 나타내 수치지도 DEM을 적용하는 것이 좋은 결과를 얻을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의해서 연구된 논문으로 지원에 감사드립니다.

## References

1. Ackerman, C. T. (2000), Hydraulic modeling of the Salt River, Arizona using with expert system, Journal of Water Resource Planning and Management, ASCE, Vol. 116, No. 2, pp. 247~261.

2. Ackerman, C. T., Jenson, M. R. and Brunner, G. W. (2010), Geospatial capabilities of HEC-RAS for model development and mapping, 2nd Joint Federal Intragency Conference, Hydrologic Engineering Center, Institute for Water Resources, U. S. Corps of Engineers, pp. 1~6.
3. Boss International (2000), BOSS RiverCAD river modeling system, User's Manual, pp. 1-1~1-2.
4. HEC (2010), HEC-RAS river analysis system, user's manual, Version 4.1, CPD-68, Hydrologic Engineering Center, Institute for Water Resources, U.S. Corps of Engineers, pp. 1-1~1-5.
5. HEC (2011), HEC-GeoRAS-An extension for support of HEC-RAS using ArcGIS, user's manual, Version 4.3.93, CPD-83, Hydrologic Engineering Center, Institute for Water Resources, U.S. Corps of Engineers, pp. 1-1~1-3.
6. Lee, J. S., Moon, C. G., Kim, S. D., Cho, S. G. and Shin, S. C. (2012), A Study on construction techniques of river topology for development of calculating model for flood inundation analysis, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 13, No. 5, pp. 59~68 (in Korean).
7. Lee, J. S., Park, J. Y., Moon, C. G. and Jang, J. U. (2010), A study on the flood inundation analysis using RiverCAD and HEC-RAS, Journal of Korea Society of Hazard Mitigation Conference, pp. 648~651 (in Korean).
8. Moon, C. G., Lee, J. S., Cho, S. G. and Shin, S. C. (2014), Comparison of flood inundation models using topographic feature, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 15, No. 1, pp. 69~77 (in Korean).
9. Moon, C. G., Lee, J. S. and Shin, S. C. (2013), Development of calculating model for hydrological geographic parameters using ArcGIS modelbuilder, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 14, No. 2, pp. 19~29 (in Korean).
10. Na, S. I., Park, J. Y. and Shin, H. S. (2008), Evaluation of DEM accuracy from ASTER data, Proceeding of Korea Water Resources Association, pp. 2028~2032 (in Korean).
11. Nilolakopoulous, K. G. and Chysolakis, N. (2006), Updating the 1:50,000 topographic maps using ASTER and SRTM DEM, The Case of Athens, Greece, Vol. 6366, pp. 606~636.