

홍수 예·경보 체계 개발을 위한 연구 - 화옹호 유역의 유역 확률홍수량 산정 -

Computing Probability Flood Runoff for Flood Forecasting & Warning System - Computing Probability Flood Runoff of Hwaong District -

김 상 호* · 김 한 중** · 홍 성 구** · 박 창 언*** · 이 남 호**†

Sang-Ho Kim · Han-Joong Kim · Seong-Gu Hong · Chang-Eoun Park · Nam-Ho Lee

Abstract

The objective of the study is to prepare input data for FIA (Flood Inundation Analysis) & FDA (Flood Damage Assessment) through rainfall-runoff simulation by HEC-HMS model. For HwaOng watershed (235.6 km²), HEC-HMS was calibrated using 6 storm events. Geospatial data processors, HEC-GeoHMS is used for HEC-HMS basin input data. The parameters of rainfall loss rate and unit hydrograph are optimized from the observed data. HEC-HMS was applied to simulate rainfall-runoff relation to frequency storm at the HwaOng watershed. The results will be used for mitigating and predicting the flood damage after river routing and inundation propagation analysis through various flood scenarios.

Keywords : Rainfall-Runoff Relation, HEC-HMS, HEC-GeoHMS, Hydrograph

1. 서 론

자연재해 중 홍수에 의한 재해가 점차 늘고 있다. 우리나라의 경우, 여름철 저기압, 장마전선, 태풍 등의 위험에 노출된 지역이 많이 있어 각종 산업시설을 보호하고 있는 하천제방 등의 홍수방지 시설물들은 그 설계와 관리에 만전을 기하고 있음에도 불구하고 홍수범람은 하천의 주변 지역에서 많은 인명피해 및 재산피해 등 사회적 문제를 초래하고 있어 근본적인 대책이 필요한 실정이다(수자원장기종합계획, 2000).

한편, 최근 GIS의 발달과 수치지도 제작이 활발히 이루어지면서 유역의 수문학적 특성을 자동으로 계산하고 분석하는 GIS도구와 수치지형모형(Digital Terrain Model, DTM)으로부터 하천단면을 추출하고 수리해석을 실시하며, 그 결과를 그래픽, 그래프, 또는 텍스트 등으로 나타낼 수 있는 통합모형이 널리 보급되어 있다(박종민, 2003).

GIS와의 연계과정을 통한 홍수량 산정 및 범람해석은 홍수정보를 공간적으로 표현하여 재난이 예상되는 지역에 대해 홍수로 인한 범람정보를 제공하고, 취약지점에 대한 집중적인 투자를 가능하게 하며, 실제 재난이 발생하였을 경우 대피운영, 복구 등에 있어 요구되는 각종 정보제공수단으로 평가되고 있다.

본 연구의 목적은 지리정보시스템(Geographic Information System)과 수문모형(HEC-HMS)이 결합된

* 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과

** 한경대학교 지역자원시스템공학과

*** 신구대학 건설정보과

† Corresponding author. Tel.: +82-31-670-5132

Fax: +82-31-675-0427

E-mail address: namhol@hknu.ac.kr

모형을 해당유역에 적용하여 유역 주요 출구점에서 수문곡선과 호우사상에 대한 강우-유출관계를 규명하여 범람 위험 지역에 대한 홍수량 산정 및 예측에 대한 모형의 적정성을 평가하고 홍수범람 예경보를 통하여 홍수로 인한 피해를 최소화하기 위한 통합모형 개발의 기초 자료 구축에 그 목적이 있다.

II. 유역조사 및 수문분석 모델링

1. 모델의 선정

강우-유출해석에 의한 홍수량 추정을 위한 수문모형으로 HEC-HMS를 선정하였다. HEC-HMS를 이용하여 홍수량을 추정하는 과정은 먼저 GIS 표준 소프트웨어를 이용하여 NGIS, RGIS로부터 DEM, 토지이용도, 토양도를 구축한 후, 이를 HEC-GeoHMS에 입력하여 지형처리, 유역수문처리, 수문변수를 추정하고 HEC-HMS의 GIS 입력자료를 생성하며, HEC-HMS는 HEC-GeoHMS가 생성한 입력자료를 이용하여 강우에 의한 유역의 홍수량을 계산한다. 유출량은 총강우량에서 지하침투, 식생에 의한 차단 및 증발산, 지표저류 등의 강우 손실량을 차감함으로써 계산된다. HEC-HMS에서 지원하는 유출량 산정모형으로는 Initial and Constant-rate, SCS Curve Number, Green and Ampt, Deficit and Constant-rate, SMA 등이 있다. 본 연구에서 침투는 SCS Curve Number 방법을 이용하여 유출량을 산정하였다.

HEC-HMS가 지원하는 초과우량에 대한 직접유출모의 모형으로는 크게 경험적 모형(empirical model)과 개념적 모형(conceptual model)으로 구분할 수 있다. 경험적 모형으로는 Clark, ModClark, Snyder, SCS 등 단위도법에 의한 모형이 있고, 개념적 모형으로는 동수파(Kinematic Wave)방법에 의한 모형이 있다. 본 연구에서는 유역크기 특성을 고려하여 SCS 단위도법을 적용하여 직접유출량을 산정하였다. 또한 기저유량 모의모형으로는 월별 일정 기저유량 모형(constant, monthly-varying value model), 지수감수모형(exponential recession model), 토양수분량 계산모형과 연계하여 사용되는 선형 저수량 계산모형(linear-reservoir volume accounting model) 등 3

가지 모형 중에서 지수감수모형을 적용하여 기저유출량을 산정하였다.

HEC-HMS는 Lag, Muskingum, Modified Puls, Kinematic-wave, Muskinum Cunge와 같은 하도추적모형을 지원하고 있으나, 그 적용이 제한적이다. HEC-GeoHMS는 ArcView GIS의 확장모듈로서 2000년 미 육군 공병단(US Army Corps of Engineers)과 환경시스템연구소(Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI)가 공동으로 개발하였다. 이 모형은 GIS자료 사용경험이 적은 기술자나 수문전문가들이 쉽게 이용할 수 있도록 되어 있다. GIS자료는 ARC Grid 형식을 지원하는 표준 GIS 소프트웨어 패키지를 사용하여 자료를 조합한 후, HEC-GeoHMS를 이용하여 여러 가지 수문입력자료 생성을 위한 지형 공간자료를 처리하고, 하천과 유역의 특성, 강우자료, 유량자료를 이용하여 수문변수를 추정한다. 여기에서 만들어진 수문입력자료는 HEC-HMS모형의 초기 입력자료로 이용된다. GIS는 대량의 자료포맷 지정 및 처리, 좌표변환을 위해서 사용되며, DEM, 토양유형, 토지이용정보, 강우량 등과 같은 공간수문 데이터베이스를 생성한다. HEC-GeoHMS를 이용하여 자료의 수집 및 조합, 지형전처리, 유역과 하천 특성을 처리하는 수문처리, 수문변수 추정 과정을 거쳐 HEC-HMS 입력자료를 생성하였다. 하천과 유역이 지니고 있는 여러 가지 물리적 특성을 지형자료로부터 추출한 본 모듈에서는 HEC-HMS 구동을 위한 여러 가지 수문입력자료를 생성한다. 우선, 하천구간과 소유역별 고유이름을 자동적으로 부여하고, GeoHMS에서 사용했던 단위를 HEC-HMS에서 이용하는 단위로 변환 하는 작업을 수행한다. 유역과 하천의 연결에서 발생하는 데이터의 오류를 검토하고, HEC-HMS의 유역모델(Basin Model)에 필요한 관련 파일을 생성한다. 유역모델은 총괄형 유역모델(lumped-basin schematic model)과 분포형 유역모델(distributed-basin schematic model)의 두 가지 형태가 가능하다. 본 연구에서는 총괄형 유역모델을 이용하였으며, 이에 필요한 입력파일을 작성하였다.

2. 대상지역

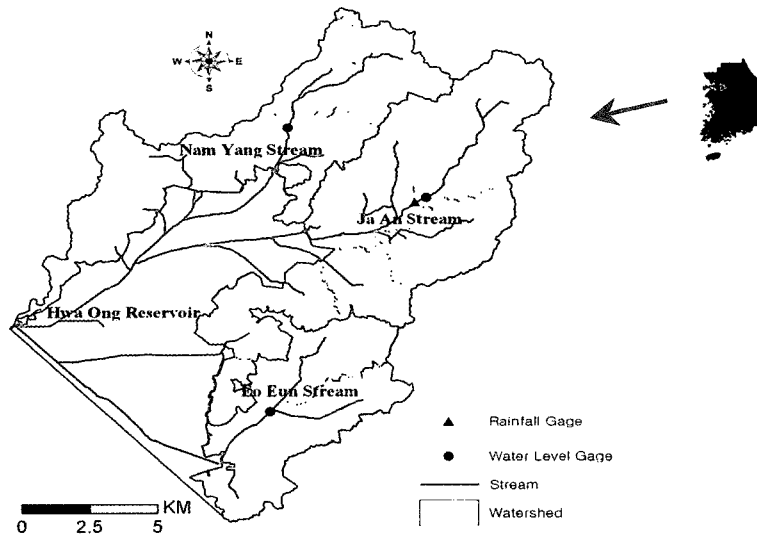


Fig. 1 Monitoring points of Hwaong district

본 연구에서는 화옹유역을 대상지역으로 선정하였다. 화옹유역은 우리나라 서해안에 위치하며 유역면적은 235.6 km²이다. 위, 경도 상으로는 북위 37°00' ~ 37°15' 사이와 동경 126°40' ~ 127°00' 사이에 위치하며, 서울에서 남서방향으로 직선거리 약 42km에 위치하고 있다. 지리상으로는 유역의 동쪽이 수원, 남쪽은 평택, 북쪽은 안산이며, 서쪽은 화옹 방조제를 경계로 서해와 접한다(Fig. 1).

화옹 지구의 유역특성을 보면 지형적으로 비교적 높이가 낮은 야산과 구릉지로서 암층이 깊은 토심의 표토와 풍화대로 덮여 있으며 해안선을 따라 농경지(배후지)가 넓게 분포되어 있다. 구역의 경사는 대부분이 1/1,000 ~ 1/1,500의 범위이며 산간지역부분을 제외하고는 대부분이 EL. +30m 보다 낮은 평탄한 저지대로 형성되어 있다(농업기반공사, 2003).

3. 수문자료 구축

수위-유량 관계 분석을 위해 3개의 실제유량측정 지점을 선정, 각 지점에 대한 단면측량 및 유속을 측정하여 유량을 산정하였다. 또한 3개의 수위관측 시설이 설치되어진 유량관측 지점에 대하여 수위자료를 구축하여 유량환산에 사용하였다(건설부, 1994). 현장에서 관측되어진 수위와 유량자료로부터 수위-

Table 1 Rating curves of Hwaong district

cross section name	Equation	R ²
Ssangsong Br.	$Q=4.1854 h^{1.795}$	0.9491
Baedari Br.	$Q=1.6213 h^{2.544}$	0.884
Onsuk Br.	$Q=18.4478 h^{1.336}$.9542

유량 관계곡선을 개발하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다. 3개 지점의 관계곡선은 높은 상관계수를 보이고 있어 실제 수위관측 자료로부터 유량을 환산하기 위한 기준으로 적절히 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

한편 유역 유출량 계산모형이나, 하도추적모형 등의 적용성 평가를 위하여 필요한 강우 및 유출량 자료를 Fig. 2와 같이 정리하였다.

3. GIS 자료 구축

동일 크기의 셀 내에 유역의 고도분포정보를 담고 있는 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM)을 바탕으로 유역유출모형의 기초자료인 흐름방향 및 흐름 합산 등을 계산하여 유역경계와 하천도와 같은 지리적 자료와 속성자료를 Fig. 4와 같이 추출하였다. DEM은 모형의 구동 시 필요한 입력자료를 산출하는 기본자료가 되므로 정확한 DEM의 제작 기법이 중요하다. 한편 사용된 DEM의 격자 크기는 5m이고, 화옹유역의 고도는 0 ~ 312m의 분포를 나타내고 있

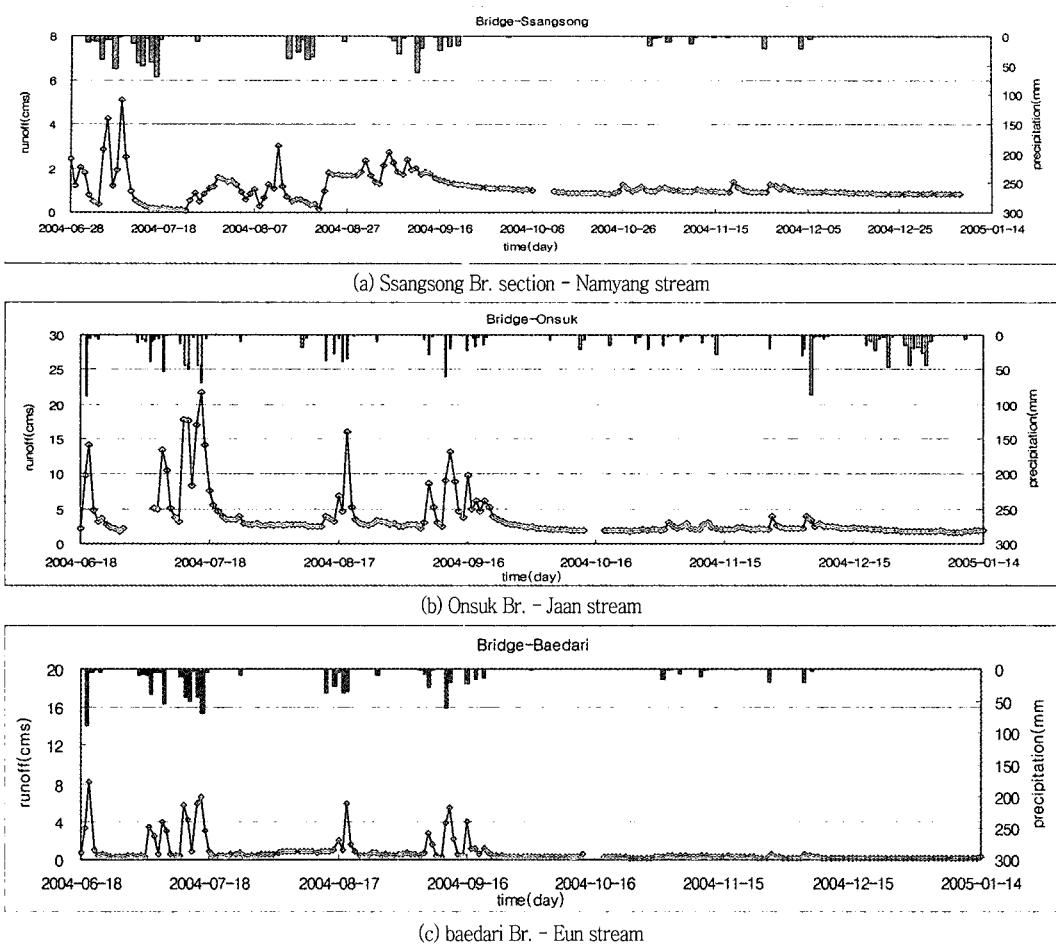


Fig. 2 Relationship between rainfall and runoff (2004~2005)

다. 화용구역의 토지이용현황은 Fig. 3(b)와 같이 수 위관측소 3개 지점을 중심으로 토지이용도를 작성하여 파악하였다. Table 2에서 보듯이 토지이용구성비는 남양천구역과 자안천구역은 임야가 50%이상 차

지하고 있으며 어은천구역은 농경지가 47.2%를 차지하고 있다. 대상구역의 토양특성은 농촌진흥청에서 제작한 개략토양도(S=1:50,000)로부터 토양도를 작성하여 토양분포, 토양배수상태, 수문학적 토양군 등

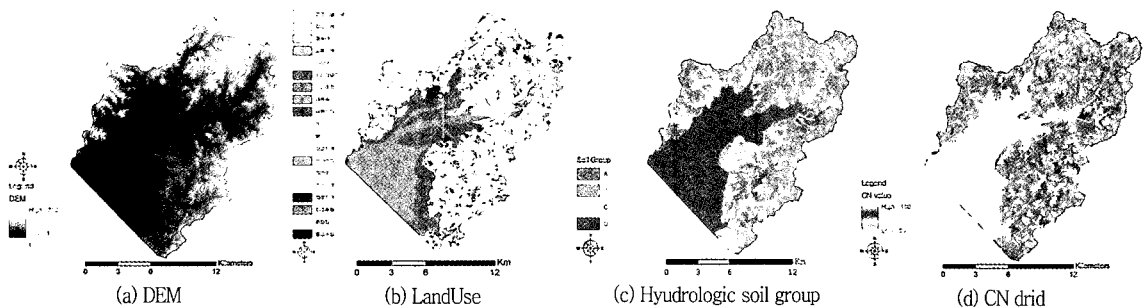


Fig. 3 Thematic maps of Hwaong district

Table 2 Landuse coverage of each sub-district

Sub-basin	Unit (%)	Sum	Field			Forestry	Building lot	Others
			Paddy	Upland	sum			
Namyang	(km ²)	19.90	3.93	2.51	6.44	10.48	0.34	2.64
	(%)	(100)	(19.8)	(12.6)	(32.4)	(52.7)	(1.7)	(13.2)
Jaan	(km ²)	52.63	11.66	6.60	18.26	27.60	0.82	5.95
	(%)	(100.0)	(22.5)	(12.5)	(34.7)	(52.4)	(1.6)	(11.3)
Eun	(km ²)	23.50	9.05	2.04	11.09	7.02	4.62	0.77
	(%)	(100.0)	(38.5)	(8.7)	(42.7)	(29.9)	(19.7)	(3.2)

으로 Fig. 3(c)와 같이 구축하였다. 또한 토양부호별 자료를 토양종류, 배수특성 등의 수문학적 토양군으로 재분류하였다. Table 3에서와 같이 토양형별 분포 분석결과 배수상태가 양호한 수문학적 토양군 A, B는 산간지역에, 배수상태가 불량한 수문학적 토양군 C, D는 해안가에 주로 분포함을 알 수 있다. 또한 수문 모형에서 홍수량 산정 시 중요한 매개변수가 되는 유역의 홍수도달시간 및 유출능력을 표현하는 CN값을 산정하기 위해 토지이용도와 토양도를 이용하여 격자기반 CN 분포도를 Fig. 3(d)와 같이 구축하였다.

4. 수문분석

확률홍수량을 산정하기 위해서는 먼저 확률강우량을 선정하여야 한다. 일반적으로 확률강우량은 그 지역에 발생할 수 있는 최대치를 분석하여 설계요건에 적절한 빈도년을 계산해야 한다(박창언, 1994). 강우분석은 화옹지구의 지배관측소인 수원기상관측소의 1935~2002년까지의 강우자료를 이용하였다. 본 유역의 연도별 1일 최대강우량을 정리하면 2000년 7월 22일 1일 최대강우량(333.2mm)이 나타났으며 평

균 1일 최대강우량은 138.41mm이며 표준편차는 57.95mm로 나타났다. 위의 자료를 이용하여 확률분포 해석으로 일확률강우량을 산정하였다. 분석에 사용한 확률분포형은 정규분포, 대수정규분포, Gumbel분포, Gumbel-Chow분포, Pearson분포, Log-Pearson분포이다.

확률분포형의 적합도 검증은 Chi-Square 검정을 통하여 편차가 최소인 확률분포형을 적용하여 확률분포형으로 Log-Pearson분포를 채택하였다. 본 지구의 시간별 강우분포율은 “소규모시설 설계지침보고서”(‘90 건설기술연구원)에 수록된 수원 측후소 I.D.F 곡선의 기대년별 확률 강우강도 자료를 이용하여 각 빈도별로 시간별 강우분포율을 구하였으며 이 분포율로 최근 강우자료에 의한 빈도별 강우량에 의해 시간별 강우량을 환산하고, 강우강도식을 다시 유도하였다. Table 4는 빈도별 지속시간별 확률 강우량 결과이다.

Table 4 Probable precipitation for return period and duration

Time (min)	Precipitation for return period(mm)							Historical maximum
	2.33	10	20	30	50	100	200	
10	12.83	17.68	19.91	21.27	22.86	25.01	27.16	24.86
30	25.41	34.01	38.07	40.38	43.24	47.15	51.04	46.86
60	36.60	50.33	56.7	60.29	64.81	70.96	77.08	70.53
120	51.34	77.06	88.37	94.83	102.94	113.87	124.76	113.18
180	62.09	94.83	109.17	117.37	127.63	141.52	157.91	140.67
360	83.25	127.0	146.11	157.11	170.79	189.39	207.75	188.24
720	109.88	167.33	192.34	206.76	224.73	249.16	273.33	247.66
1,440	139.36	220.78	255.84	276.01	301.22	335.22	369.1	333.2
2,880	190.11	306.31	356.34	385.12	421.1	469.62	517.97	515.60

Table 3 Area of hydrological soil group

Sub-basin	Area (km ²)	Hydrological soil group			
		A	B	C	D
Namyang	(km ²)	2.69	12.32	4.89	-
	(%)	(13.5)	(61.9)	(24.6)	-
Jaan	(km ²)	15.67	16.83	17.00	3.10
	(%)	(29.8)	(32.0)	(32.3)	(5.9)
Eun	(km ²)	0.35	17.23	5.92	-
	(%)	(1.5)	(73.3)	(25.2)	-

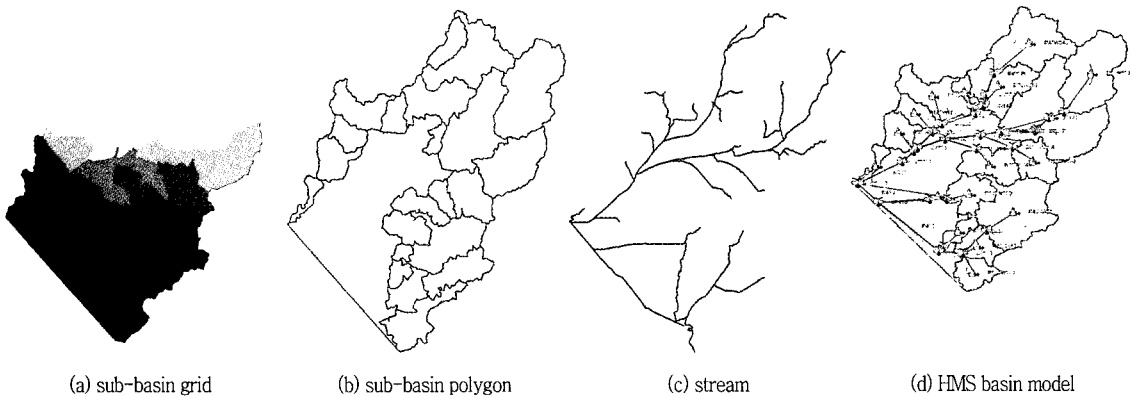


Fig. 4 Results of Geo-HMS modeling

5. GIS(HEC-GeoHMS)를 이용한 강우 유출 모형(HEC-HMS)의 입력자료 구축

가. 모형의 입력자료

HEC-HMS의 실행에 필요한 유역과 관련된 지형 자료는 HEC-GeoHMS에서 구축하였는데 화용유역 DEM 자료를 기초로 흐름방향, 흐름합산, 하천정의, 유역구분, 유역경계추출, 하천구간처리 등의 지형전처리 작업을 수행하여 대상유역을 17개의 소유역으로 구분하였고 하천도를 생성하였다. 수문처리에서는 지형전처리에서 추출된 소유역을 분할, 합병 등 유역처리과정과 하천길이, 하천 상하류의 고도 및 경사와 같은 하천특성인자와 최강 흐름경로, 중심흐름경로 등의 유역특성인자를 추출하는 과정을 시행하였고 마지막으로 Fig. 4와 같이 HMS 유역입력파일을 작성하였다. 한편 구축된 지형자료는 HEC-HMS의 유출량 산정에 있어 지표, 중간, 기저 유출로 분리하여 각각의 유출량을 산정하기 위한 매개변수 값의 입력이 필요하다. 홍수량 산정에 필요한 각 인자들의 매개변수 값은 HEC-HMS의 최적화 기법을 사용한 모형의 검토 단계에서 평가하게 되는데 적절한 초기값 입력을 위해 HEC-GeoHMS에서는 지형자료를 통한 매개변수 계산 기능을 제공하고 있다.

HEC-HMS의 기상입력자료(Meteorologic Model)로는 강우량과 증발산량이 있는데 강우량은 대상유역에 설치된 우량계의 강우량 자료(Historical Data)를 입력하는 방법과 빈도해석에 의한 확률 강우량 자료

(Synthetic Data)를 입력하는 방법들을 제공하고 있다. 한편 본 연구에서 기상입력자료 중 증발산량 자료는 제외하였다. 본 연구에서는 대상 유역 내 설치된 우량계의 관측된 강우량을 HEC-HMS에서 강우사상별로 입력하여 강우자료를 구축 후 유출량을 산정, 실측 유출량 자료와 비교함으로써 모형의 적정성을 평가하였다. 또한 년도별 강우량 자료의 빈도해석을 통해 산정된 확률강우량을 기상입력자료로 구축하였는데 HEC-HMS에 내장되어 있는 Blocking 방법(Chow et al, 1988)을 이용하여 확률 강우량의 시간적 분포를 설계하여 확률 홍수량을 산정하였다(김상호, 2006). 구축된 각 유역별 및 각 강우사상별로 모형을 실행하여 홍수량을 산정하기 위해서는 실행하고자 할 자료의 시간을 설정할 필요가 있다. HEC-HMS에서는 이러한 시간 설정을 유역모델 및 기상모델과 더불어 하나의 모델(Time Specification Model)로 구축하도록 되어 있으며 이렇게 구축된 3개의 모델을 시뮬레이션 함으로서 최종 결과인 수문곡선과 첨두홍수량 등을 산정해 낸다.

나. 모형의 보정 및 확률 홍수량 산정

본 연구에서는 모형의 보정을 위하여 자안천, 어은천, 남양천 유역을 대상으로 HEC-HMS에서 제공하는 최적화 기법을 이용하였다. HEC-HMS의 최적화 모듈에서 목적함수는 총 5가지가 제공되는데, 이 중에서 1998년에 미군 공병단(USACE)에서 제시한 가중-첨두 RMSE(Root Mean Square Error) 방법을 이

Table 5 Results of calibration

Sub basin	Event	Total Flow (mm)		Peak flow (m³/sec)		Peak Time (HRS)	
		Obs.	HEC-HMS	Obs.	HEC-HMS	Obs.	HEC-HMS
Nam yang Cheon	050701	12.21	13.36	11.18	10.73	050701 10:00	050701 10:00
	050708	5.30	5.46	3.90	3.54	050709 09:00	050709 09:00
	050728	15.68	16.19	7.21	6.90	050728 09:00	050728 09:00
	050801	8.68	9.44	7.29	7.18	050801 06:00	050801 06:00
	050913	7.63	8.05	7.63	7.20	050913 15:00	050913 15:00
	050917	16.58	17.06	10.02	9.88	050917 13:00	050917 13:00
R²		0.9952		0.9968			1
RMSE		0.6573		0.3278			
Jaan Cheon	050701	71.41	49.00	39.17	40.61	050701 11:00	050701 10:00
	050708	48.26	39.94	26.79	25.50	050709 10:00	050709 10:00
	050728	108.92	111.31	41.72	38.18	050728 14:00	050728 13:00
	050801	48.12	47.44	30.20	31.02	050801 08:00	050801 10:00
	050913	89.70	71.20	38.30	38.40	050913 15:00	050913 15:00
	050917	105.84	98.95	41.45	42.14	050917 13:00	050917 13:00
R²		0.8931		0.9178			1
RMSE		12.6973		1.7043			
Eoeun Cheon	050701	18.01	16.98	10.00	9.63	050701 12:00	050701 11:00
	050708	5.80	5.35	4.51	4.53	050709 09:00	050709 09:00
	050728	58.26	53.33	27.00	28.01	050728 13:00	050728 11:00
	050801	4.71	4.64	5.11	5.50	050801 06:00	050801 08:00
	050913	11.32	9.64	7.23	6.58	050913 15:00	050913 17:00
	050917	32.54	17.88	15.93	16.22	050917 13:00	050917 13:00
R²		0.9326		0.9978			1
RMSE		6.3680		0.5502			

용하였다. 한편, HEC-HMS에서는 목적함수를 최소화하고 최적의 매개변수 값을 찾아내기 위한 방법으로 단일변량경사 방법(Univariate gradient method)과 Nelder & Mead 방법이 제공되는데, 본 연구에서는 단일변량경사방법을 적용하였다. 이 방법은 여러 매개변수가 있을 때, 하나의 매개변수만 조정하고, 나머지 매개변수들은 고정시켜 놓고 계산한다. Table 5는 HEC-HMS 모형의 유출량과 첨두시간을 보정하여 모의한 결과와 실측치를 비교한 결과이다. 이 때 실측치와의 정확도 분석을 위해 결정계수(R²)와 평균제곱근오차 (RMSE)를 사용하였다. Fig. 5에서는 보정 후의 수문곡선과 실측 수문곡선의 비교를 보여주고 있다.

보정 후의 결과로부터 자안천과 어은천의 경우 기

저 유출이 당초 예상보다 크게 나타나고 있으며 이는 향후 답수호로 유입되는 수량의 예측을 통한 답수호 수위예측결과에 영향을 줄 수 있는 부분으로 판단된다. 현재 답수호 수위예측을 통한 내측수위 관리방법과 패턴의 개발은 현재 해수유통 단계에 있기 때문에 수문현상만으로 예측결과를 도입하기 곤란한 단계이나 조만간 답수화진행 과정에서 작성된 자료를 바탕으로 화옹유역의 향후 홍수범람 분석과 치수 경제성 분석 등의 기초자료를 구축하기 위하여 보정과 검정과정을 거친 HEC-HMS 모형을 이용해 유역 주요 출구점에서의 빈도별 확률 홍수량을 산정하였다. 적용한 빈도 범위는 2.33, 10, 20, 30, 50, 100, 200년이고 세 유역의 빈도별 홍수량은 다음 Table 6과 같다.

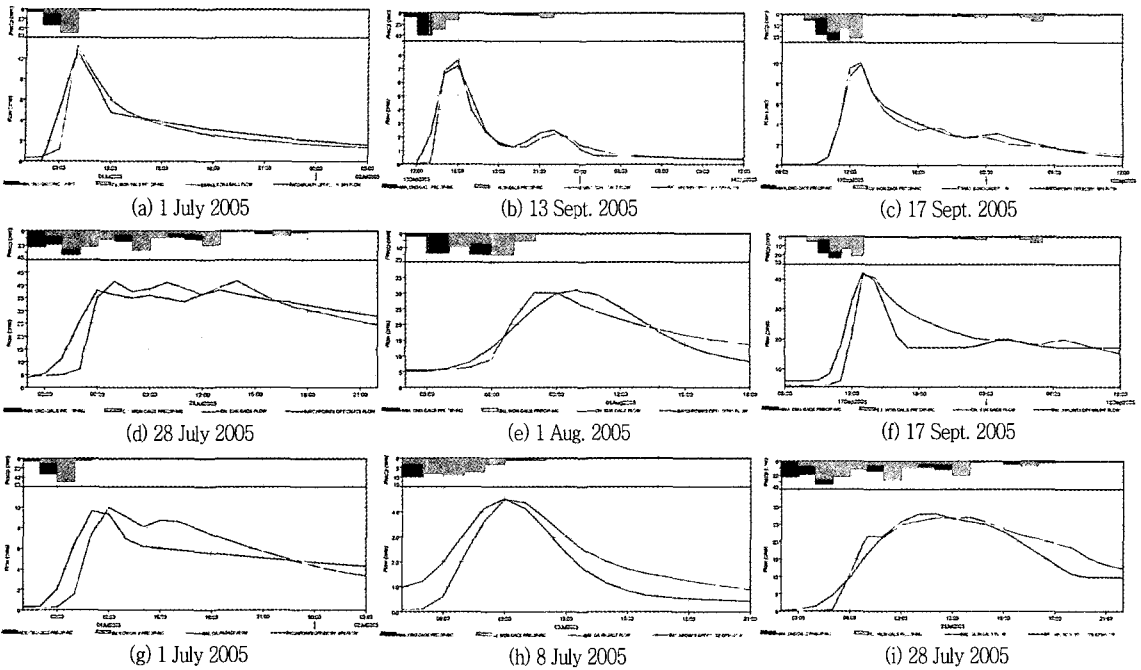


Fig. 5 Comparison of rainfall-runoff relationship at Namyang stream (a~c), Jaan stream (d~f), and Eun (g~i) stream

IV. 요약 및 결론

지리정보시스템(Geographic Information System)과 수문모형(HEC-HMS)이 결합된 모형을 화옹유역에 적용하여 유역 주요 출구점에서 수문곡선과 호우사상에 대한 강우-유출관계를 규명하여 범람 위험 지역

에 대한 홍수량 산정 및 예측과 모형의 적정성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

모형의 보정 평가를 위하여 총유량, 첨두유량과 첨두시간에 대한 통계변량 분석을 실시하였다. 그 결과, 3개 유역의 R^2 와 RMSE 평균이 각각 총유량에서는 0.9703과 6.5742mm, 첨두유량에서는 0.9708, 0.8607

Table. 6 Peak runoff of typical frequency at main outlet of Hwaong basin

Name	Outlet	basin area (km ²)	Peak runoff (m ³ /s) at return period						
			2.33	10	20	30	50	100	200
Namyang stream	Main gate	233.98	885.50	1583.85	1871.06	2029.63	2231.99	2513.69	2815.17
	lower of Jaan junction	231.68	875.08	1566.10	1850.33	2007.26	2207.56	2486.35	2783.95
	upper of Eun junction	127.82	513.35	937.58	1112.71	1209.28	1332.50	1504.02	1693.78
	lower of Eun junction	121.91	487.30	891.07	1057.83	1149.80	1267.18	1430.54	1610.29
	upper of Jaan junction	51.37	215.55	392.28	465.22	505.42	556.69	628.12	709.51
	inlet from Namyang	32.39	131.25	243.13	289.66	315.35	348.15	393.86	444.74
Jaan stream	upper of Namyang junction	70.55	271.75	498.80	592.61	644.38	710.49	802.42	900.78
	inlet from Jaan	53.57	198.32	366.35	435.96	474.42	523.54	591.85	664.05
Eun stream	upper of Namyang junction	44.31	170.79	314.00	373.14	405.80	447.51	505.48	566.27
	inlet from Eun	33.92	130.90	241.36	287.03	312.26	344.49	389.28	436.44

m³/s로 분석되어 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다. 또한 홍수 분석 자료 구축 결과, 유역 내 빈도별 최대홍수량 값은 본 연구에서 분석한 강우-유출 관계에 의한 홍수량 자료와 수위-유량 관계 곡선식과 더불어 향후 화옹호 유역의 홍수범람 예경보 체계 구축 및 치수경제성 분석의 기초 자료로 적합할 것으로 판단되었다.

Acknowledgement

본 연구는 한국농촌공사의 “화옹지구 홍수 예 경보 시스템 개발”사업의 연구비 지원과 환경대학교 “홍수에 · 정보 시스템 구축”에 관한 연구비 일부 지원에 의해 수행되었기에 이에 감사드립니다.

References

1. 건설교통부, 한국수자원공사. 2000, 수자원장기종합계획보고서 : Water vision 2020
2. 건설부, 한국건설기술연구원, 1994, 수위유량관계 곡선 자료집
3. 농업기반공사 농어촌연구원, 환경대학교, 2003, 화옹지구 홍수 및 수질 예경보 시스템프로그램 개발
4. 박창언, 1994, 영산호 운영을 위한 홍수예경보 모형의 개발, 서울대학교 박사학위논문
5. 박종민, 2003, GIS를 이용한 농경지 침수모의시스템 개발, 서울대 대학원 박사학위논문
6. 김상호, 2006, GIS 기반 홍수지도의 개발, 환경대학교 대학원 지역자원시스템공학과 석사학위논문