

GIS와 HEC-HMS결합에 의한 탐진강 유역의 홍수유출 해석

The Tamjin's Basin Analysis of Flood Outflow through the Combination of GIS and HEC-HMS

○우기정*, 이한민**, 박성천***, 이관수****

1. 서론

강우에 의한 유역의 반응을 파악하기 위하여 사용되는 모형은 집중형 모형(Lumped Model)과 분산형 모형(Distributed Model)으로 대별할 수 있다. 집중형 모형은 유역을 균일한 유역으로 가정하여 매개변수의 공간적 변화가 없는 것으로 가정하기 때문에 계산이 간단하고 처리시간도 짧다. 이 모형은 신속한 수문정보를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있어 현재까지 널리 이용되고 있다. 하지만 이 경우는 대상유역 전체를 수문학적인 관점에서 균일한 유역으로 간주하기 때문에 실제 유역을 제대로 반영하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 반면, 분산형 모형은 유역을 수문학적으로 균일하다고 판단되는 여러 개의 소유역으로 분할하여 각각의 매개변수를 산정한 후 유출해석을 수행한다. 따라서 이러한 모형은 많은 입력자료가 필요하며 계산시간이 길어진다는 단점이 있지만 집중형 모형보다는 더욱 합리적인 방법이라 할 수 있다. 최근에는 하드웨어와 소프트웨어의 발달로 이와 같은 문제점을 충분히 해결할 수 있을 뿐만 아니라 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)을 적용할 경우 해당유역을 보다 정확히 묘사할 수 있어 현실성 있는 강우-유출관계를 분석할 수 있게 되었다. 따라서 본 연구에서는 지리정보시스템(Geographic Information System)과 수문모형(HEC-HMS)이 결합된 모형을 해당유역에 적용하여 유역세분화에 따른 최종 출구점에서 수문곡선의 비교와 두 가지 단위도법에 의한 호우사상 유형별 강우-유출관계를 규명하고자 한다.

2. 대상유역 및 입력자료

본 연구의 대상유역으로는 탐진강 유역의 봉덕지점과 유양지점을 대상으로 하였으며, 유양지점을 최종출구로 선정하였다. 대상유역에서 지리정보시스템을 이용하여 수문모형의 매개변수를 추출하고, 이 추출한 매개변수를 HEC-HMS에 입력하여 대상유역에서 수집 분석된 강우자료와 하천 유량자료를 이용하여 해당유역에 대해 매개변수를 최적화시켰다. 적용유역의 하천지형인자는 1:50,000의 인공위성자료인 DEM자료를 이용하였으며, 강우자료는 탐진강 유역내 2개의 수위-우량관측소(유양, 군동)와 3개의 우량관측소(병영, 작천, 유치)의 자료를 이용하였다. 또한, 입력 자료로서는

* 전남대학교 토목공학과 공학석사(gonga7556@netian.com)
** 전남대학교 토목공학과 박사수료
*** 동신대학교 토목환경공학과군 토목공학과 부교수
**** 전남대학교 건설지구환경공학부 토목공학과 교수

2가지 형태(Type)를 사용하였다. Type I 은 단순호우사상으로 2000년 7월 10일 08:00~2000년 7월 11일 05:00를 사용하였고, Type II는 복합호우사상으로 2000년 6월 26일 01:00~6월 27일 10:00를 선택하였으며 이 기간의 강우자료와 『2000년 탐진강 하천유량측정 수문기초조사』, 『2000년 탐진강 수계 유량측정보고서』의 봉덕 지점과 유양 지점의 수위-유량관계곡선을 이용하여 환산한 유량을 입력자료로 사용하여 HEC-HMS상에서 얻어진 최적화 매개변수로 호우사상 유형에 따른 강우-유출량 관계를 비교 연구하였다. 대상유역과 발생호우사상은 다음 <그림2.1>,<표1>과 같다.

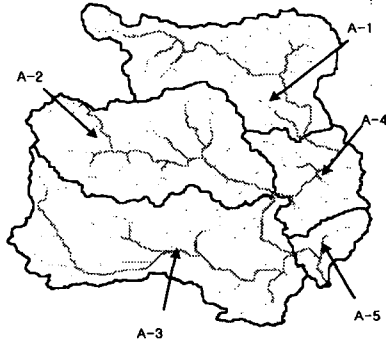


그림 2.1 연구대상 유역의 소유역 분할도

< 표 2.1 > 채택호우사상

호우사상	년. 월. 일. 시		관측된 첨두유량 (CMS)
	시 작	종 료	
단순호우(Type I)	2000. 7. 10. 08:00	2000. 7. 11. 05:00	347.93
복합호우(Type II)	2000. 6. 26. 01:00	2000. 6. 27. 10:00	133.64

3. 모형의 구성

HEC-GeoHMS는 Arc View GIS 와 Spatial Analyst를 이용해 유역의 지형특성인자와 수문학적 인자를 추출하여 HEC-HMS모형의 입력변수를 제공하기 위해 개발된 모형으로서 data management 와 GUI(graphical user interface)를 포함하고 있다. HEC-HMS모형은 강우유출을 모의하는데 있어 여러 가지의 기능을 제공한다. 또한 HMS에서는 HEC-1과 유사한 단위도 방법과 하도추적법을 바탕으로 격자망으로 된 강우량자료에 적용할 수 있는 선형분포형 모형 및 장기유출모의에 사용할 수 있는 간단한 토양수분모형이 제공되고 있다. 모의실행을 위해서는 세 가지 형태의 자료가 필요하다. 수문요소에 대한 매개변수와 연결구조를 포함한 Basin Model, 기상학적인 자료로 이루어진 Meteorologic Model, 그리고 모의를 위한 시간정보를 포함하고 있는 Control Specifications로 구성되어있다.

3.1 공간자료 및 HMS 입력자료 추출

그림3.1.1, 3.1.2, 3.1.3은 DEM자료를 이용하여 Fill Sinks(함몰부 처리과정), Flow Direction(유출방향), Watershed Delineation(유역분할)등을 나타내는 과정들이며, 또한 HEC-GeoHMS로부터 만들어진 Background-Map File은 HEC-HMS 모형중의 하나인 Basin model로 import 시킬 수 있다. 소 유역과 홍수추적을 위한 매개변수들은 HMS editor를 통해 입력이 되며 이와 같은 정보는 측정 강우와 물리적인 특성에 대한 매개변수를 검정하는 새로운 유역 분석과정으로부터 이용될 수 있다. 본 대상유역에서 추출한 각 소유역의 지형학적 특성 인자들의 결과는 다음<표3.1.1> 과

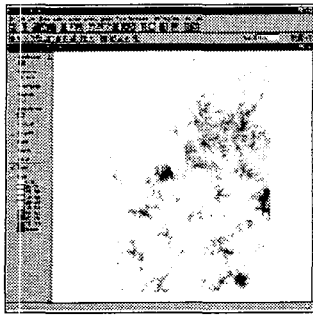


그림3.1.1 Fill Sinks

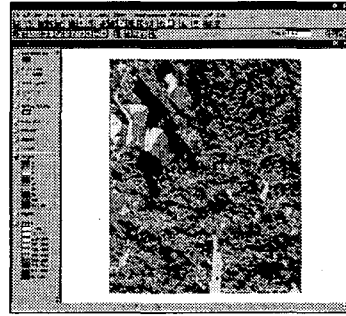


그림3.1.2 Flow Direction

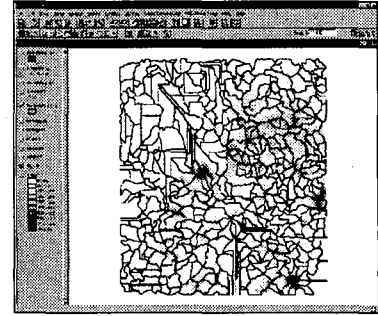


그림3.1.3 Watershed Delineation

같다.

< 표 3.1.1 > 대상유역의 지형학적 특성인자.

Factors Stations	Longest flow path(m)	Up HMS(m)	Down HMS(m)	Area HMS(km ²)	Slope	Slope of main stream	Main stream length(m)	Coefficient of basin shape
A-1	19172	260	98	56.5866	0.01762	0.01023	15828	0.2258
A-2	17935	198	52	61.0191	0.02313	0.01020	14313	0.0978
A-3	22837	178	51	78.0000	0.01747	0.00640	19839	0.1982
A-4	8632	98	52	23.7069	0.04679	0.00620	7410	0.4317
A-5	6170	51	40	9.5000	0.07488	0.00314	3507	0.1224

3.2 유역의 매개변수 산정

유역의 도달시간을 구하기 위해서 중소 하천에 주로 사용되는 Kraven 공식(식 3.2.1), Rizha 공식(식 3.2.2) 및 Kerby 공식(식 3.2.3)을 적용하였으며, 위의 3가지 경험공식을 통한 홍수량 산정지점 별 홍수 도달시간 산정결과는 <표 3.2.1>과 같다.

$$\text{Kraven 공식 : } t_c = 0.444 \frac{L}{S^{0.515}} \quad (3.2.1)$$

$$\text{Rizha 공식 : } t_c = 0.833 \frac{L}{S^{0.6}} \quad (3.2.2)$$

$$\text{Kerby 공식 : } t_c = 0.6043 \frac{(Ln)^{0.467}}{S^{0.2533}} \quad (3.2.3)$$

T_c : 유역의 도달시간(hr) L : 유역의 최장하천의 길이(km)

S : 유역의 평균경사 (H/L) H : 유역출구점과 본류 최원점의 표고차

Kraven 공식은 하도경사가 1/200이하인 유역에 Rizha 공식은 지표흐름이 지배적인 상류, 하도경사가 1/200 이상인 유역에 주로 사용된다. 본 유역은 하도경사가 A-5유역을 제외하고는 대부분

S \geq 1/200 지역으로서 Rziha 공식을, A-5유역은 S $<$ 1/200 지역으로서 Kraven 공식에 의한 결과를 각 소유역의 도달시간 산정을 위해 채택하였다.

< 표 3.2.1 > 홍수 도달시간 산정결과

구 분 유역명	Linsely (hr)	Sabol (hr)	SCS (hr)	CN (AMC-II조건)
A-1	1.176	3.191	12.863	60.77
A-2	1.107	2.662	11.848	60.77
A-3	2.189	5.579	12.187	60.77
A-4	0.457	1.723	5.458	60.77
A-5	0.193	0.375	1.838	65.44

여기서, CN의 값은 “ 5大 中小河川 洪水豫警報 프로그램 開發(건설교통부,1998.11) ”에서 제시한 탐진강 유역의 AMC-II조건에서의 CN값을 초기치로 사용하였다

4. 모의 결과 및 고찰

4.1. 매개변수 최적화

본 연구는 HMS모형에서 제공되는 여러 단위도 중에서 중소유역에 적합한 SCS단위도와 Clark 단위도를 각각 적용하였고 또한 탐진강 유역의 봉덕수위관측소와 유양수위관측소를 대상으로 최적화를 3개의 경우로 구분하여 각각의 호우사상에 대한 총 6개의 경우에 대하여 최적화를 수행< 표 4.1.1>하여 그 결과를 비교분석 하였다.

< 표 4.1.1 > 최적화 수행방법

호우사상	단위도	유역세분화	수위관측소
Type I 단순호우 (7.10~11)	Mode I (SCS)	Case I	봉덕, 유양을 동시에 최적화.
		Case II	봉덕 최적화 후 유양을 최적화.
		Case III	최종 출구점인 유양을 최적화.
	Mode II (Clark)	Case I	봉덕, 유양을 동시에 최적화.
		Case II	봉덕 최적화 후 유양을 최적화.
		Case III	최종 출구점인 유양을 최적화.
Type II 복합호우 (6.26~27)	Mode I (SCS)	Case I	봉덕, 유양을 동시에 최적화.
		Case II	봉덕 최적화 후 유양을 최적화.
		Case III	최종 출구점인 유양을 최적화.
	Mode II (Clark)	Case I	봉덕, 유양을 동시에 최적화.
		Case II	봉덕 최적화 후 유양을 최적화.
		Case III	최종 출구점인 유양을 최적화.

4.2 강우-유출 모의 결과

본 연구에서 선정된 호우사상을 대상으로 HEC-HMS를 이용하여 유역의 세분화와 수위관측소의 영향에 따른 호우사상별 강우-유출관계를 모의하였다. 그리고 관측값과 모의값의 도식적 기준

으로 산포도와 수문곡선을 나타냈으며, 수치적 기준으로는 결정계수(Coefficient of determination : R^2) 및 첨두유량오차율(%) 그리고 Peak-Weighted Root Mean Squared Error(RMSE) 값을 나타내었다. 각 호우사상(Type)을 단위도(Mode)와 수위관측소(Case)에 따라 비교분석을 실시해 본 결과는 다음과 같다.

< 표 4.2.1 > Type I 에 대한 수치적인 비교

호우사상		RMSE	R^2	첨두유량 오차율(%)	
Type I	Mode I	Case I	4.81	0.9968	1.240
		Case II	4.78	0.9973	1.571
		Case III	4.83	0.9974	1.648
	Mode II	Case I	5.62	0.9970	2.317
		Case II	5.79	0.9960	0.401
		Case III	3.02	0.9988	1.066

< 표 4.2.2 > Type II 에 대한 수치적인 비교

호우사상		RMSE	R^2	첨두유량 오차율(%)	
Type II	Mode I	Case I	7.62	0.9712	1.483
		Case II	3.11	0.9933	0.726
		Case III	5.08	0.9791	0.249
	Mode II	Case I	6.94	0.9773	1.398
		Case II	3.11	0.9916	0.977
		Case III	4.34	0.9893	1.199

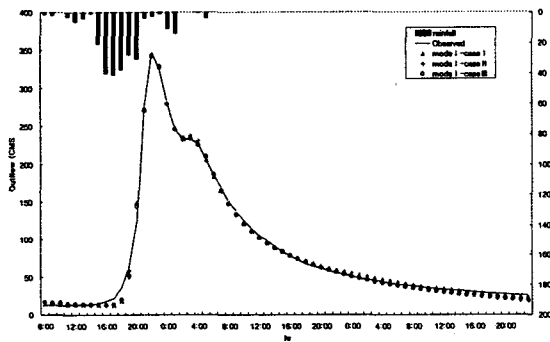


그림 4.2.1 Type I 중에서 Mode I 수문곡선

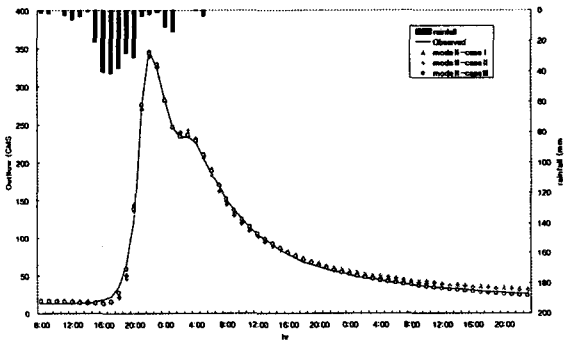


그림 4.2.2 Type I 중에서 Mode II 수문곡선

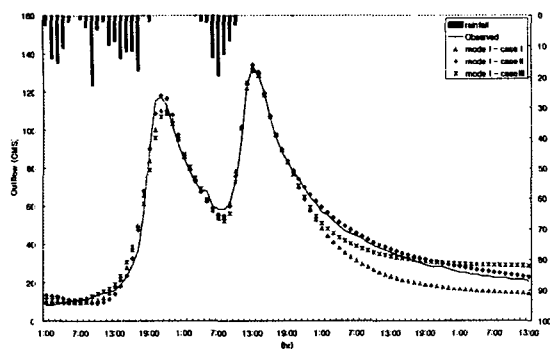


그림 4.2.3 Type II 중에서 Mode I 수문곡선

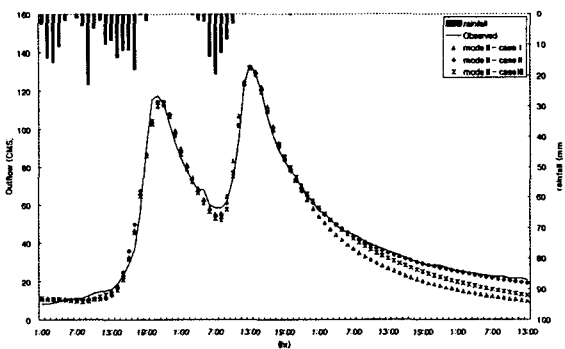


그림 4.2.4 Type II 중에서 Mode II 수문곡선

Type I에서는 전체적인 양상은 수치적인 비교와 수문곡선(그림 4.2.2)에서 보는 바와 같이 Mode I과는 달리 CaseⅢ가 가장 나은 결과를 도출해 냈으며, Mode I과 ModeⅡ를 도식적(그림 4.2.1~4.2.2), 수치적<표 4.2.1>으로 비교분석 했을 때 ModeⅡ의 CaseⅢ가 관측값에 가장 근접함을 볼수 있다. TypeⅡ에서는 결정계수 값은 단순호우사상(Type I)에 비해 더 적은 값을 나타냈으며, Mode I과 ModeⅡ를 비교분석 했을 때<표 4.2.2> Clark단위도(ModeⅡ)가 SCS단위도(Mode I)에 비해 차는 미비하지만 비교적 양호한 수치 값들을 나타냈다. 전체적인 양상을 보면 수문곡선(그림 4.2.4)에서 처럼 CaseⅡ가 관측값에 근접함을 보여주고 있다.

6. 결론

본 연구는 탐진강 유역을 대상으로 GIS(지리정보시스템)을 이용하고 HEC-HMS 모형을 통하여 유역세분화에 따른 봉덕지점과 유양지점의 호우사상별 강우-유출관계를 비교 연구하였다. 본 연구에서는 HEC-HMS 모형을 적용하기 위하여 2000년도에 발생한 호우사상 중 단순호우사상과 복합호우사상으로 구분하여 적용하였으며, HEC-HMS모형에서 제공하는 소유역에 적합한 SCS단위도와 Clark단위도를 모형에 적용하고 유역세분화에 따른 출구점의 수문곡선을 3가지 Case로 구분하여 강우-유출 모의를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 대상유역의 최적 매개변수를 산출한 결과 유역평균 CN값, 지체시간(SCS), 도달시간(Clark), Initial baseflow 값은 SCS단위도(Mode I)와 Clark단위도(ModeⅡ)가 상호 근사한 값으로 나타났다.
2. HEC-HMS모형의 매개변수를 최적화하여 강우-유출관계를 비교한 결과, 관측값과 모의값의 첨두유량오차율은 SCS단위도에 비해 Clark단위도가 일정한 편차률을 보여주었다.
3. 호우사상(Type)에 따른 단위도(Mode)와 수위관측소(Case)의 강우-유출관계를 비교 분석한 결과, 단순(Type I)·복합(TypeⅡ) 두 호우사상 모두 첨두유량과 전체적인 수문곡선의 양상이 SCS 단위도(Mode I)에 비해 Clark단위도(ModeⅡ)가 관측 값에 더 일치하였다.
4. 본 연구에서는 유역세분화(Case I, CaseⅡ, CaseⅢ)에 따라 정밀도(accuracy)를 요구할 때는 CaseⅡ를 이용하는 것이 더 나은 결과를 얻을 수 있었다. 그렇지만 많은 시간과 정확한 관측자료가 필요하며, CaseⅢ는 CaseⅡ에 비해 첨두유량오차율(%)에 있어서 미비한 차이를 보이고 있으므로 세분화 된 소유역 없이 최종출구점(Outlet)의 관측자료로서 유역의 강우-유출관계를 모의할 수 있으리라 본다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, "5大 中小河川 洪水豫警報 프로그램 開發", 1998
2. 건설교통부, "耽津江 水系 流量測定 報告書", 2000
3. 건설교통부, "탐진강 하천정비기본계획", 1998
4. 한국수자원공사, "耽津江 河川流量測定 水文基礎調査", 2000