

HEC-HMS 모형을 이용한 금강유역의 홍수수문곡선 해석

안상진* · 안창진** · ○조국희*** · 꺾현구****

1. 서론

최근 기상이변과 예측을 불허하는 여러 자연현상의 변화들로 인하여 우리로 하여금 방재에 대한 중요성을 새롭게 인식하게 되었다. 특히 우리나라의 경우 통상 여름에 강우가 집중되며, 최근 게릴라성 집중호우로 인하여 막대한 피해를 입고있는 실정이다.

홍수량 산정을 위한 방법에는 저류함수법, HEC-1, HEC-HMS, HYMO, TR-20, SSARR, SWM-IV, HSP, SWMM, RRL, SMS 등이 있다. 현재 금강유역의 홍수예경보 시스템에 채택되어 있는 홍수유출 모형은 저류함수법이다. 저류함수법은 유출현상이 비선형성을 나타내기 때문에 강우유출 변환과정에 유역의 저류의 과정을 도입해서 이것을 매개함수로 하여 저류량-유출량의 관계를 함수로 나타내며 저류량의 물 수지를 계산하여 이로부터 유출수문곡선을 구하고자 하는 계산법이다.

본 연구에서는 1999년 3월에 발표된 HEC-HMS 모형을 사용하였으며, HEC-HMS는 우리나라 대하천 유역에 적용된 사례가 적다. HEC-HMS의 이전 모형인 HEC-1 모형은 주로 소유역에만 많이 적용하여 왔다. 또한 HEC-1 모형의 대유역 적용성에 대한 검토가 김종훈(1994)에 의해 한강유역을 대상으로 이루어진바 있으나, 한 유역에만 국한된 연구이기 때문에 다른 유역에 대한 적용성 검토의 필요성이 있다. 따라서, HEC-1에 비해 기능이 향상된 HEC-HMS 모형을 이용하여 대유역인 금강유역에 적용하고자 한다.

이 연구의 궁극적인 목적은 HEC-HMS 모형을 이용하여 금강유역에 적용함으로써 그 적용성을 검토하고 금강유역의 유출을 분석함으로써 향후의 치수방제 시스템의 개발에 도움이 되고자 함에 있다.

2. 모형의 이론

HEC-HMS(Hydrologic Modeling System)은 강우-유출 모의를 위한 소프트웨어 이며 향후 기존 HEC-1을 대체하게 될 것이다.

* 충북대학교 공과대학 교수

** 한국수자원공사 수도건설처 부장(충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정)

*** 충북대학교 건설기술연구소 연구원

**** 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

HMS의 초기 버전인 HEC-1 모형은 1967년 미육군 공병단 수문공학연구소 부소장 Leo R Beard가 개발한 컴퓨터 프로그램으로 1968년 10월에 간행되었으며, 1984년에 PC버전이 개발되었다. 개인용 컴퓨터인 PC의 성능이 고도화 함에 따라 개발된 모형이 HEC-HMS이다. 이 모형은 강우에 의한 유역의 지표면 유출을 모의하기 위해 강우-유출현상의 수리, 수문학적 과정을 상호 연결하여 유역의 응답을 나타내도록 설계되었으며 대략 12가지 정도의 홍수수문분석을 할 수 있다. HEC Data Storage System(HEC-DSS)을 내장하고 있어서 강우자료등이 DSS를 통하여 처리되며, 다른 모형과의 입·출력치를 공유할 수 있도록 되어 있다. HEC-HMS의 계산과정은 그림1과 같으며, HEC-HMS의 계산조건은 표1과 같다.

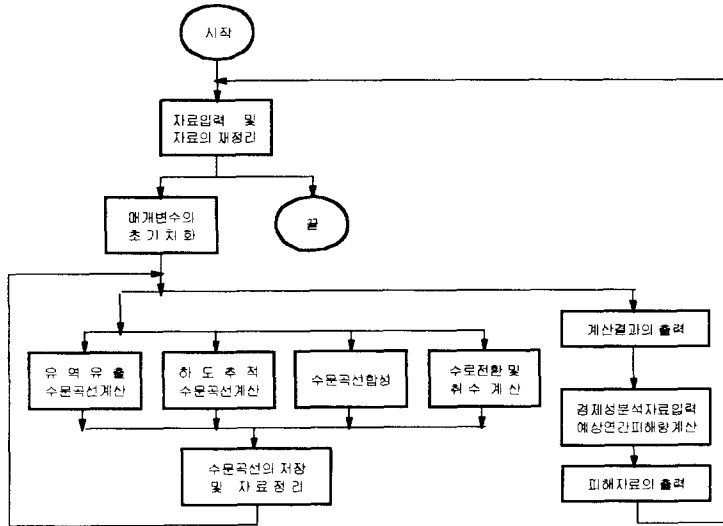


그림 1 HEC-HMS 모형의 계산과정

손실 (losses)	<ul style="list-style-type: none"> • Initial and constant • Green & Ampt • Gridded Curve No. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deficit/constant • SCS Curve No.
변환 (transform)	<ul style="list-style-type: none"> • ModClark • Clark unit hydrograph • SCS dimensionless unit hydrograph • User specified unit hydrograph 	<ul style="list-style-type: none"> • Kinematic wave • Snyder unit hydrograph
기저유량 (base flow)	<ul style="list-style-type: none"> • Exponential recession 	<ul style="list-style-type: none"> • Constant monthly
추적 (routing)	<ul style="list-style-type: none"> • Lag • Modified Puls • Kinematic wave 	<ul style="list-style-type: none"> • Muskingum • Muskingum Cunge(std shape, 8point)
강수 (precipitation)	<ul style="list-style-type: none"> • Grid-based precipitation • Specify gage weights • Frequency-based design storm 	<ul style="list-style-type: none"> • Import hyetograph • Inverse-distance gage weighing

표 1 HEC-HMS 계산조건(option)

HEC-HMS는 수문요소들의 자료와 연결 구조를 가진 Basin Model, 기상학적인 자료를 저장하고 처리하는 Precipitation Model과 최적화기법을 이용하여 시간과 관련된 매개변수를 산정하는 Control Specification Model로 구성되어있다.

2.1 Subbasin Model

Subbasin Model은 유역의 수문요소들간의 연결구조를 해석할 수 있도록 표1의 계산조건을 만족시키는 자료들을 저장하고 있는 모형이다.

HMS을 HEC-1과 비교하였을 때 가장 현격한 차이는 바로 GUI(Graphical User Interface)환경이라고 할 수 있다. GUI는 유역모형 구축, 자료의 저장, 자료와 실행에 대한 지시 그리고 결과 검토 등을 할 수 있다. 특히 GUI는 유역의 수문요소들의 망(network)에 대한 모식적인 표현을 아이콘 등 이용하여 표현함으로써 유역모형에 대한 초기 형상을 나타낼 수 있다.

GUI는 객체지향적언어인 C++을 사용하였고, 수문과정에 대한 알고리즘은 Fortran을 사용하였으며, 이러한 알고리즘들은 libhydro라는 라이브러리에서 호환되도록 되어 있다. 그밖에도 통합수문 분석 성분, 자료저장 및 관리능력 그래픽 처리 및 리포트 출력기능 등이 향상되었다. 모든 프로그램 구성 성분들이 하나로 연결되어 실행되지만 GUI, 라이브러리, 데이터베이스(DB)와 주 모의 엔진들은 확실하게 분리되어 있다. 이것은 HMS의 개발단계에서 기존의 소프트웨어를 수정할 필요가 없도록 하기 위한 것이다. HMS내의 모든 계산은 SI단위계로 이루어지나 사용자의 편의에 의해 SI단위계와 영국단위계를 모두 사용할 수 있다.

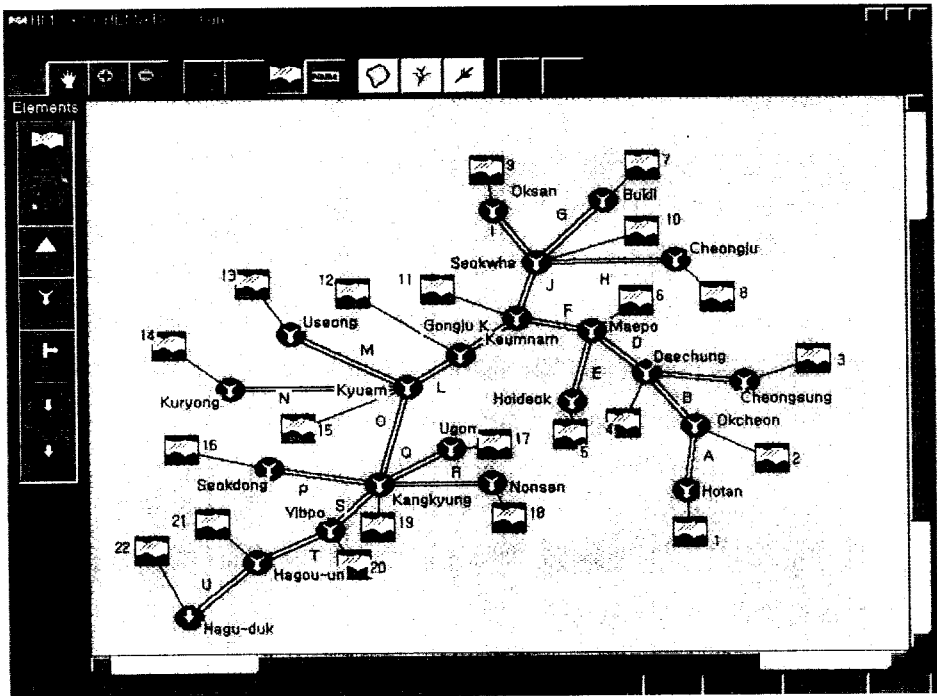


그림 2 HEC-HMS의 GUI를 이용한 금강유역의 Subbasin Model

HMS를 이용한 모의는 수문요소들로 구성된 유역을 표현하는 것이며, 수문요소로서는 소유역(subbasin), 하도구간(reach), 저수지(reservoir), 합류점(junction), 분류점(diversion), 수원점(source), 함몰점(sink) 등 7가지가 있다. 유역은 그림 2와같이 GUI를 통하여 수문요소들을 적절히 배치함으로써 분석하며, 계산은 사용자가 지정한 시간간격으로 수행된다.

2.2 Precipitation Model

Precipitation Model은 대상유역의 강우관측소와 관측자료들에 대한 자료를 통하여 강우를 분석하는 모형이다. 강우분석은 저수지 및 유수지의 용량, 여수로, 교량 및 암거의 방류능력의 설계 및 평가 등에 필요한 설계홍수량을 산정함에 있어서 필요한 강수량인 가상호우(hypothetical storm)을 구축하는 것이다.

표1에 제시된 계산조건들중에서 선정된 강우분석조건에 따라 시간강우량과 각 관측소의 Thiessen계수 등을 입력한다.

2.3 Control Model

HEC-HMS는 관측된 강우자료와 유출자료가 있다면 모의를 위한 매개변수를 자동적으로 추정할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이 기능을 가능하도록 만들어 주는 모형이 Control Model이다.

매개변수 최적화의 절차는 그림 3과 같다.

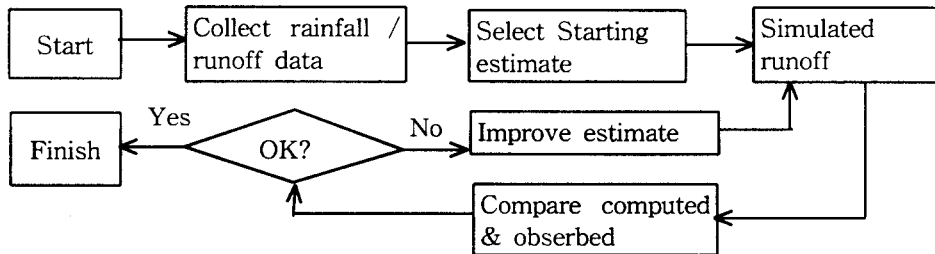


그림 3 매개변수 최적화 절차

3. 유역개황

금강유역의 현황을 보면 유역면적이 남한의 약 10%에 해당하는 9,810 km²이며, 덕유산에서 발원하여 북류하다가 대전과 청주사이를 남서류하여 군산에서 황해로 유입되며 본류의 길이는 약 396 km에 달한다. 유역내 TM 수위관측소 27개소, TM 우량관측소 42개소가 설치되어있으며, 상류는 한국수자원공사, 하류는 금강홍수통제소에서 관리하고 있다.

유출량은 연간 약 64억m³에 이르며, 수통댐, 명천댐등의 댐가능 지역이 있다. 1980년 12월에 저수용량이 14억 9천만m³에 이르는 대청댐의 완공으로 충청인의 젖줄로 등장하였으며, 최근 총저수용량 815만m³의 용담댐이 증공된바 있다.

유역의 상류는 대부분 산지, 중류부에는 넓은 분지 그리고 하류부에는 광활한 평야가 전개되어 있으며, 홍수피해는 대부분 중하류부에 집중되고 있다. 유역의 모식도는 그림 2와 같다.

4. 모형의 적용

모형의 적용을 위해서는 HEC-HMS 내의 세가지 자료군인 Basin Model, Precipitation Model, Control Model이 필요하다.

각각의 모델은 자료를 해석하는 여러 가지 기법들을 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 본 연구에서는 SI단위계를 사용하였으며, Loss rate의 계산조건으로는 SCS Curve No., Routing의 계산조건으로 Muskingum-Cunge방법을, Transform의 계산조건으로는 Clark unit hydrograph를 사용하였다.

Basin Model은 22개의 subbasin, 21개의 reach 그리고 22개의 junction으로 구성되어 있다. Precipitation Model에는 27개 지점의 TM수위관측자료와 47지점의 TM우량관측자료를 호우사상별로 입력하였다. Control Model은 각각의 호우사상의 시작시간과 끝시간 등의 시간자료를 입력하였다.

본 연구에서 사용된 자료는 기존의 금강홍수예경보 시스템에서 구성되어 있는 소유역의 분할자료와 Thiessen망을 이용하였고, 댐과 하도의 자료 또한 기존의 측정자료를 사용하였다.

TM 우량관측소와 수위관측수의 1995년부터 1999년 까지의 시간별 우량과 시간별 수위는 금강홍수통제소와 한국수자원공사로부터 수집하여 이용하였으며, 홍수 수위자료는 TM 수위관측소 중에서 Rating Curve를 구할 수 있는 관측소를 대상으로 자료를 수집하고, Rating Curve를 이용하여 유량을 산정하였으며 기저유량값도 구하였다. 강우사상은 가급적 단일 호우사상에 한하여 선택하였다. 선정된 강우사상인 '97년의 2개강우사상을 공주, 규암지점에 적용한 결과는 다음 그림과 같다.

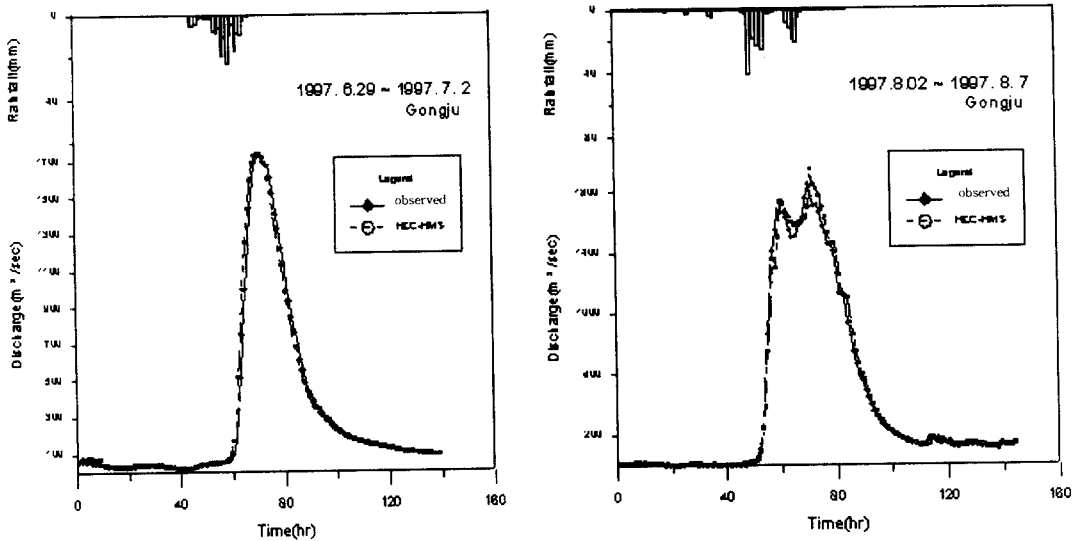


그림 4 공주지점의 수문곡선 비교

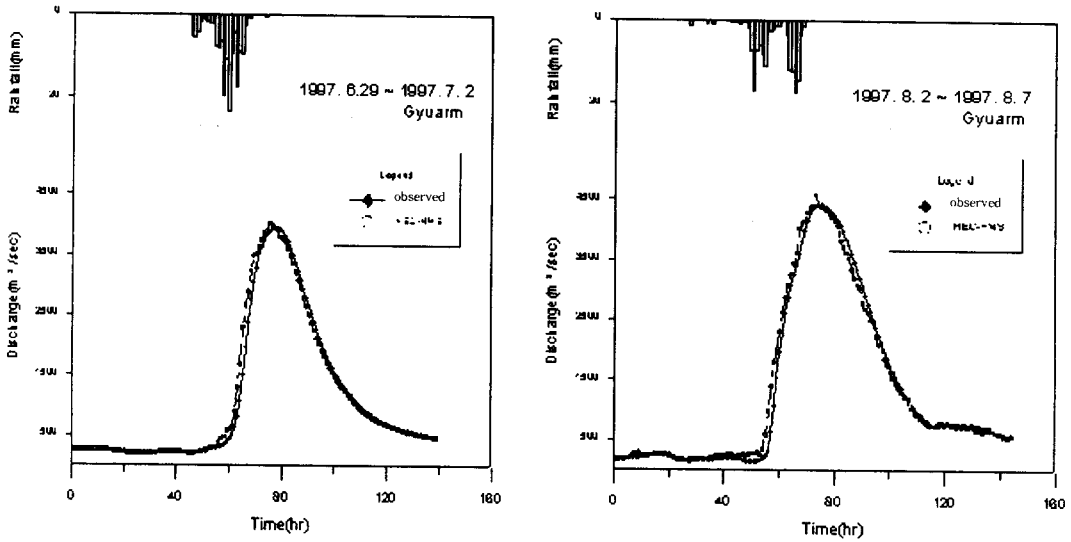


그림 5 규암지점의 수문곡선 비교

그림4와 5는 각지점에서의 호우사상별 홍수수문곡선을 Rating Curve식을 이용한 실측값과 HEC-HMS를 이용하여 계산된 계산값을 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 두 강우사상은 비교적 실측치와 잘 일치하고 있으며, 금강과 같은 대하천에도 HEC-HMS 모형의 적용성을 판단할 수 있었다.

5. 결론

금강유역을 대상으로하여 실제 홍수사상자료를 수집하여 HEC-HMS모형에 기여하는 매개변수를 모형내의 Control Model을 이용하여 최적화 방법으로 구하였고, 모의된 수문곡선과 실측수문곡선의 비교결과 첨두홍수량과 홍수체적의 크기, 전체적인 수문곡선의 형상등이 상당히 일치됨을 알 수 있었고, 수리학적·수문학적 시스템을 가진 대하천유역인 금강유역에서 HEC-HMS 모형이 유출특성을 잘 나타내고 있음을 알 수 있었다.

비교적 많은 자료를 사용한 HEC-HMS 모형으로 산정된 홍수수문곡선은 예측치와 실측치가 잘 일치 됨으로서 소하천이 아닌 대하천에서의 적용 가능성이 돋보였다.

참 고 문 헌

1. Daniel H. Hoggan(1996) "Floodplain Hydrology and Hydraulics Second Edition", McGraw-Hill
2. US Army Corps of Engineers(1999.3) "HEC-HMS Hydrologic Modeling System User's Manual"
3. 김중훈, 전환돈, 윤용남, 이재수(1994) "HEC-1 모형의 대하천 유역에의 적용", 대한토목학회, 대한토목학회지, 제17권 제II-1호, pp. 1~11
4. 건설교통부 금강홍수통제소(1995, 1997, 1998), 홍수예경보
5. 안상진, 이종형, 류병로(1988) "HEC-1 모형에 의한 강우-유출 해석", 충북대학교 건설기술연구소, 건설기술논문집 제6호 2권, pp. 26~33