The Journal of Engineering Geology, Vol.10, No.3, December, 2000, pp.263-272

수문모형(HMS)과 GIS자료를 이용한 오원천 유역의 유출량 산정에 관한 연구

A Study on the Calculation of Runoff Discharge in the Ohown river Basin Using the GIS Data and Hydrology Model

김 운 중 (Woon Joong Kim) 조선대학교 토목공학과
정 남 선 (Nam Sun Jung) 서강정보대학 토목과
김 경 수 (Gyung Soo Kim) 군산대학교 토목환경공학부

요약 / ABSTRACT

본 연구의 목적은 GIS와 수문모형(HMS)을 이용하여 오원천 유역에서 강우와 유출량의 관계를 산정하기 위함이다. 본 연구에서 유역인자와 지형인자는 GIS를 이용하여 DEM으로부터 추출하였으며, 그 외의 자료들은 1:50,000 지형도를 이용하여 추출하였다. 수문모형에서 이용되는 변수인 유역면적(A), 유로연장, SCS CN 값 등은 대상유역에서 GIS을 이용하여 추출하였으며, 추출된 변수들을 수문모형에 적용하여 강우-유출량의 관계를 모의하는데 이용하였다. 그리고 계산된 유출량과 관측 유량을 이용하여 매개변수를 최적화하였다. 그리고 모의된 매개변수를 토대로 수문모형에 적용하여 강우-유출량 관계를 확정하였다. 그 결과 수문모형은 강우-유출량의 관계를 성공적으로 모의하였다.

주요어: 수문모형, 매개변수, GIS, 최적화, DEM

The main objective of this study is to simulate the rainfall-runoff relationship of the Ohwon river basin. For the this study, we used GIS technique and HMS(Hydrological Modeling System). In this study, watershed itself and geometric factors of watershed are extracted from DEM by using a GIS technique. The scanned data of topographical map with scale of 1:50,000 in the Ohwon river basin is used to this study and it is converted to DEM data. The parameters of Hydrological Modeling System as watershed area(A), river length, SCS Curve Number(CN) etc. are extracted by using the GIS technique in the Ohwon Basin. Extracted parameters are applied to the Hydrological Model System, then the parameters optimized by the observed data and rainfall data. Then, the optimized parameters and

Hydrological Modeling System are applied to the study area for the simulation of rainfall-runoff relationship. With the resultn of this study, GIS technique is useful to the extraction of watershed characteristics factors and Hydrological Modeling System is successful to the simulation of rainfall-runoff relationship.

Key Words : HMS(Hydrological Modeling System), parameters, GIS, Optimization, DEM

서 론

강우에 의한 유역의 반응을 파악하기 위하여 사용되는 모형은 집중형 모형(Lumped Model)과 분산형 모형(Distributed Model)으로 대별할 수 있다. 집중형 모형은 유역을 수문학적으로 균일한 유역으로 가정하여 매개변수의 공간적 변화가 없는 것으로 가정하기 때문에 계산이 간단하고 처리시간도 짧아 신속한 수문정보를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 모형은 대상유역 전체를 수문학적으로 균일한 유역으로 간주하기 때문에 실제유역을 제대로 반영하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 반면, 분산형 모형은 유역을 수문학적으로 균일하다고 판단되는 여러개의 소유역으로 분할하여 각각의 매개변수를 산정한 후 유출해석을 수행한다. 따라서 분산형 모형은 집중형 모형보다는 더욱 합리적인 방법이라 할 수 있다. 강우-유출 관계를 모의하기 위한 모형은 해당유역의 지형학적 특성뿐만 아니라 지질학적 특성 그리고 기상학적 특성을 반영하여야 한다. 그러나 지금까지 우리 나라에서 사용된 강우-유출 모형은 외국에서 개발된 모형을 그대로 적용하기 때문에 우리 나라의 지형학적 특성뿐만 아니라 지질학적 특성을 제대로 반영하지 못하고 있다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구의 대상유역에서 지형정보시스템(GIS)을 이용하여 모형에 필요한 매개변수를 산정하였으며, 이들 매개변수를 토대로 강우-유출량 관계에 관한 연구를 수행하고자 한다.

수 문 모 형

본 연구에서 강우-유출량 관계를 모의하기 위하여 이용한 모형은 수문모형(Hydro-logic Modeling System; HMS)이다. 본 모형은 1994년 미육군 공병단에서 개발한 모형으로 기존의 모형인 HEC-1 모형을 발전시킨 모형이다(U.S. Army Corps of Engineers, 1994) 수문모형은 강우 손실량 평가, 변환(Transform), 기저유량 분리, 추적(Routing), 강우모형 등으로 구성되어 있다. 여기서, 강우의 손실량을 평가하는 방법에는 초기손실과 일정율 손실방법, SCS곡선에 의한 방법, Green & Ampt 방법 등이 있으며, 변환(Transform)방법에는 Modclak법, Kinematic wave 방법, Clark 단위법, Snyder 단위법, SCS무차원 단위도법 등이 있으며, 추적방법에는 Muskigum방법, 수정 Puls법, Muskig-um Cunge법 등이 있다.

하 도 추 적

홍수추적은 크게 저수지 추적과 하도추적 그리고 유역추적으로 분류된다. 저수지 추적은 표고별 저류량곡선과 표고별 유출량 곡선자료를 바탕으로 실시하며 대표적인 방법은 Puls법과 이 방법을 수정한 수정 Puls법 등이 있다. 유역추적은 유역 전체를 일련의 가상적인 저수지와 하도로 구성되어 있다고 가정하고 유역으로부터의 유출량을 결정하는 방법이다. 유역추적방법에는 Nash와 Clark의 유역추적법과 Muskingum 유역추적법 등이 있다. 하도추적은 하도의 저류효과와 지체효과 등에 의해 유입과 유출양상이 변화하는 것을 추적하는 과정이다(Chow, 1951).

홍수추적 방법을 선택할 때 고려할 사항은 배수영향, 홍수터 영향, 하상경사 및 수문곡선의 특성, 관측자료를 사용한 검정 등이 있다. 유량이 하천의 통수능을 초과할 경우 제방을 월류하여 홍수터로 범람하게 되면 홍수위가 낮아지고 홍수터에서의 지면저류영향을 받게 된다. Muskingum 방법은 선형 추적방법으로 추적이 진행되는 동안 매개변수들이 상수로 진행되므로 적용이 불가능하다. 하상경사는

홍수파의 속도뿐만 아니라 추적기간 동안의 저류효과에도 영향을 미치기 때문에 급격한 하상경사는 홍수파를 가속시키고 완만한 하상경사는 저류효과를 증대시킨다. Muskingum-Cunge 방법만이 전 범위의 하상경사에 대한 모의가 가능하며, 경사가 거의 없는 경우에는 대부분의 방법이 적용 불가능하다. 미계측 지역에서의 추적을 수행하는 경우에는 물리적인 기반을 바탕으로 한 추적방법을 선택하는 것이 최선이지만 관측자료를 사용할 수 있는 경우에는 어떠한 방법을 선택하여도 계측된 유량 혹은 수위에 적합하기 위한 검정과정을 수행하여야 한다(이상호, 1994). Muskingum-Cunge 방법 등 수리학적 추적방법은 추정하거나 검정하여야 할 매개변수를 포함하고 있기 때문에 물리적 기반을 바탕으로 한 모형으로 간주할 수 있다. 본 연구의 대상유역에 대한 홍수추적 방법의 적부표를 배수영향이 큰 유역, 미계측 유역, 홍수터 영향을 고려할 경우, 하상경사가 큰 경우 등을 기준으로 판단하여 Table 1에 기재하였다. 홍수추적 방법의 적부성을 분석한 결과 Muskingum-Cunge 방법, 완전 도수파 방법, 확산파 방법 등이 대부분의 경우 적합한 것으로 나타났다. 위의 결과를 토대로 대상유역에서 홍수를 추적하기 위하여 Muskingum-Cunge 방법을 선정하였다.

Table 1. Flood routing methods

Section	The Large Basin of Backwater Influence	Ungaged Basin	The Influence of Floodplain	The Large Basin of Channel Bed	The Small Basin of Channel Bed	Remark
Modification Puls Method	×	×	○	○	×	○ : Applied × : Non Applied
Muskingum Method	×	×	×	○	×	
Kinematic wave Method	×	○	○	○	×	
Muskingum-Cunge Method	○	○	○	○	○	
Perfect Hydraulic Jump Wave Method	○	○	○	○	○	
Diffusion Wave Method	○	○	○	○	○	
Working R&D Method	×	×	○	○	×	

대 상 유 역

지형자료와 수문모형을 이용한 강우-유출관계를 모의하기 위한 대상유역은 전라 남·북도에 위치한 주요하천이며, 이들 주요하천 유역을 대상으로 하여 본 연구 목적에 적합한 산지유역 즉, 수문 관측소가 설치 운영되어 연속적인 하천 수문자료가 확보되는 유역, 하천수의 인위적인 교란이 발생하지 않은 유역을 기준으로 하여 대상유역을 선정하였다(전라북도, 1991).

지표면의 식생피복의 종류나 포장여부에 따라 침투율과 유출율이 크게 달라지기 때문에 대상유역 내의 토지 이용상태는 전반적인 유출특성을 판단하는데 중요한 인자 중의 하나이다. 본 연구에서는 대상유역에 대한 토지 이용률을 산정하기 위해

1/50,000 지형도를 이용하였으며, 토지이용 상태를 전, 답, 임야, 그리고 기타 지역으로 구분하여 각각의 토지이용 상태의 면적을 지형정보시스템(GIS)을 사용하여 산정하였다. 각 소 유역별 토지 이용률은 측정지점 선정시 하천수의 인위적 교란이 적은 유역을 선정하기 위하여 댐이나 저수지 등과 같은 저류시설이 없고, 토지 이용률이 비교적 적은 산지유역을 위주로 선정하였기 때문에 대부분의 유역에서 농경지의 비율은 적고 임야지역의 비율이 상대적으로 높게 나타났다.

하천의 유출현상은 유역의 水文 사상에 따라 크게 영향을 받는다. 그러므로 어떤 한 유역에서 유출량을 추정하기 위해서는 대상유역의 유역특성과 지질 및 지형학적 특성을 파악하여야 한다. 유역의 특성을 나타내는 인자는 유역면적, 유역형상, 평균 유역경사, 유역의 방향성, 유역 표고, 유역 지질 등의 여러 가지 인자들이 있다. 이러한 유역특성 인자 중 유출에 지배적인 영향을 미치는 인자들은 유역면적, 평균 유역경사, 유역지질 등이다.

강우와 유출량의 관계를 모의하기 위해서는 자연유량 관측이 가능하고, 갈수 유량의 계량이 가능하며, 장기 수문 시계열 자료의 획득이 가능한 지역이어야 하며, 지질특성이 다양한 것이 좋다(한국수문학회, 1995). 자연유량 관측이 가능한 지역이란 인위적인 유량조절이 없는 지역을 의미한다. 즉, 도시화되어 있지 않거나 경작지와 수원지 등이 없는 지역이어야 한다. 본 연구에서는 섬진강유역과 영산강 유역을 대상으로 각 유역의 유역현황을 조사하였다. 유역현황(Figure 1)을 조사분석한 결과 섬진강 유역에 위치한 오원천을 A유역(62.26㎢), B유역(109.27㎢), C유역(121.32㎢)으로 분류하여 대상유역을 선정하였다.

지형정보 시스템

GIS는 다양한 형태의 지형자료를 효율적으로 생성, 저장, 갱신, 분석하고 그 결과를 영상으로 보여주는 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 지형자료 및 인적자원의 집합체이다. 일반적으로 수자원 개발과 관리업무는 방대한 자연 및 인문지리 자료를 필요로 하며 이러한 자료들을 수집, 정리, 해석하는데 많은 시간과 노력이 소요된다. 과거에는 이러한 작업을 효과적으로 할 수 있는 도구가 없었기 때문에 체계적인 업무 수행이 어려웠으나, 현재는 GIS, 원격탐측, GPS 등의 발전으로 비교적 용이하게 되었다.

매개변수 추출과정

수문모형에서 매개변수를 추출하는 알고리즘은 격자기반 지형분석과 네트워크 정의, 수문요소들의 벡터화, 유역 매개변수 산정, 하천 매개변수 산정 등으로 구성된다. 격자기반 지형분석과 네트워크 정의와 같은 수문학적 시스템을 정의하기 위해 필요한 위상분석에는 DEM자료가 필요하다. DEM자료를 이용하여 flow direction과정을 수행함으로서 가장 급한 경사방향의 하류셀이 각각의 지형셀에 대해 정의되며 그 결과 각각의 셀에서 유출구까지 단일 경로가 결정된다. 이러한 과정들은 가지를 뻗는 모양의 셀-네트워크망을 생성하며 유역흐름 시스템의 경로를 나타낸다. flow direction과정을 수행하여 유역 흐름 시스템의 경로가 결정되면, 다음에 flow accumulation과정을 수행한다. flow accumulation과정은 각각의 셀에 유입되는 상류방향의 셀 수를 계산하게 되며, 셀 면적을 곱하면 유역면적과 동일하게 된다(Jenson, 1988). flow accumulation 과정을 수행한 후, 각 셀에 할당된 상류방향의 셀 개수에 대해 사용자가 경계값을 지정함으로서 하천을 추출하게 된다. 하천 네트워크망에 기초하여 하천이 모이는 합류점을 찾게 되며, 이러한 합류점은 유역의 유출구로 지정된다. 유출구를 중심으로 경사방향을 역추적하여 유역을 형성하게 된다. 이러한 과정을 수행하여 추출된 각각의 유역과 하천은 격자자료이며 유역과 하천에 대한 지형적 수문학적 매개변수들을 입력하기 위해서는 벡터화되어야 한다(Lawrence, 1986). 격자를 벡터로 전환하여 하천과 유역에 대한 벡터 도면을 생성하게 된다. 소유역을 선추적 할 때, 각각의 소유역이 하나의 폴리건에 의해서 표현되는 것이 중요하다. 한편, 수문모형을 이용하여 강우-유출을 모의하기 위해 필요한 매개변수들은 소유역에서 유역면적, 하천의 길이, 최장수로의 경사, 평균유출곡선번호(CN), 지체시간 등이 있다. 소유역의 평균 SCS 유출곡선번호는 소유역 폴리건의 유출곡선번호의 평균으로 계산된다

(함창학, 1996). 유출곡선번호를 갖는 격자는 Anderson의 토지이용코드에 의한 토지이용자료를 이용하여 계산되어지며 STATS 토양 자료에 따라 각각의 수문 토양 그룹의 비율로 계산하며 토지이용과 유출곡선번호를 갖는 토양그룹을 서로 연결해 주는 lookup테이블로서 계산되어진다. 그리고 소유역의 지체시간(lag time)은 다음 식(1)과 같은 SCS 공식으로 산정된다(Chow, Maidm-ent and Mays, 1988).

$$t_p = \frac{L_w^{0.8}[(1000/CN) - 9]^{0.7}}{31.67\ S^{0.5}} \quad (1)$$

여기서, t_p는 지체시간(minute), L_w는 최장수로의 길이(m), CN은 유출곡선번호 S는 최장수로의 경사(%)이다.

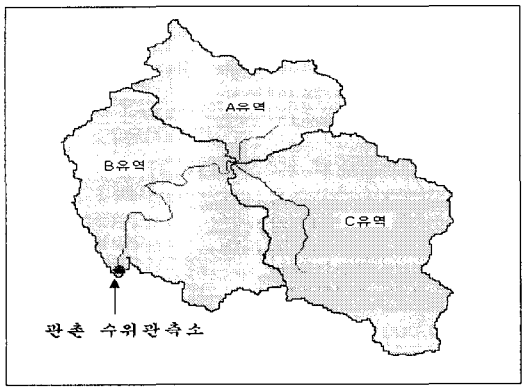

Fig. 1. Boundary of the study basin

소유역별 매개변수 산정

본 연구 대상지역의 Landsat TM영상 자료에서 영상분류를 수행하여 격자형의 토지이용도를 추출하였다. 그 결과 전 유역면적에서 임야의 비율은 72.40%, 논과 밭의 비율은 각각 6.31%, 18.02%, 주거지역은 1.21% 등으로 나타났다. SCS 수문학적 토양군은 먼저 1:50,000 개략 토양도를 디지타이징하여 벡터형태의 토양도를 구축한 후, 토양형태에 따라 A, B, C, D로 분류하였다. 분류한 벡터자료 토양도를 격자자료로 변환하여 토양군의 분포현황을 분석하였다. 그 결과 A형 토양군은 12.49%, B형 토양군은 68.90%, C형 토양군은 0.68%, D형 토양군은 17.93%로 나타났다. SCS 유출곡선번호을 추출하기 위해서는 Landsat TM영상에서 추출한 토지이용도와 1:50,000 개략 토양도에서 추출한 SCS 토양군 격자자료에 대해 Grid중첩을 수행한다. 이때 토지이용도와 토양도에 미리 토지이용 형태나 토양형태에 따라 고유코드가 입력되어 있어야 한다. 중첩한 격자자료를 비교·분석하여 토지이용도와 토양도간의 점유면적 비율을 파악함으로서 SCS 유출곡선번호를 추출하였다. 대상지역의 소유역별 유역면적은 위성 DEM에서 추출한 격자형의 유역을 벡터형태로 변환하여 파악하였다. 그 결과 A유역의 경우 21.26%, B유역의 경우 37.31%, C유역의 경우 41.43%으로 나타났다. 최장수로의 길이는 최장수로 모형도를 이용하였고 최장수로의 경사는 최장수로 경사 모형도를 이용하여 추출하였다

그 결과 A 유역의 최장수로 길이는 15.10㎞, 경사는 1.30%, B유역의 최장수로의 길이는 20.68㎞, 경사는 2.28%, C유역의 최장수로 길이는 22.50㎞, 경사는 2.85%로 나타났다. 위에서 추출한 SCS 유출곡선번호에 대하여 유역 평균 SCS 유출곡선번호를 추출하였다. 유역별 평균 SCS 유출곡선 번호를 보면 A유역은 67.46, B유역은 67.38, C유역은 59.17로 나타났다. 유역별 지체시간(t_p)은 최장수로의 길이와 경사 그리고 유역 평균 SCS 수문곡선번호를 이용하여 추출하였다. 그 결과 A유역의 지체시간은 542.19분, B유역은 527.35분, C유역은 622.95분으로 나타났다.

매개변수 최적화

매개변수 추정은 해당지점에서 관측자료와 계산된 값 사이의 최적화 과정을 통하여 원하는 매개변수의 자동적인 보정을 수행하면서 진행된다. 추정되는 매개변수로는 손실, 단위도, 기저유량 뿐만 아니라 하도추적에 관련된 매개변수도 포함된다. 최적화의 양적인 정도는 목적함수 값을 대표할 수 있는데 목적함수의 값은 계산된 값과 관측자료 사이의 편차의 정도에 기초한다. 즉, 관측된 하천유량자료와 계산된 값이 완전히 일치한다면 목적함수의 값은 零이 된다. 자동적인 매개변수 추정에서 가장 중요한 사항 중 하나는 매개변수를 최적화 시키기

위해 즉, 목적함수 값의 최소화를 위하여 수행하는 탐색절차이다.

목 적 함 수

본 연구에서 매개변수의 최적화를 위하여 사용한 목적함수는 HEC-1에서 사용하고 있는 목적함수, 잔차 자승합, 절대 잔차 합, 첨두유량 백분율 오차 등을 고려하였다. HEC-1 프로그램에서 매개변수를 최적화하기 위하여 사용되는 목적함수는 다음과 같다.

$$Z=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_0(t)-Q_s(t))^2\frac{(Q_0(t)+Q_A)}{2Q_A}}{n}} \quad (2)$$

$$Q_A=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Q_0 \quad (3)$$

여기서, Z는 매개변수를 최적화하기 위하여 사용하는 목적함수, $Q_0(t)$는 시간 t에 관측된 하천유량자료, $Q_s(t)$는 시간 t에 계산된 하천유량 값, Q_A는 관측된 하천유량의 평균 값, i는 관측 수문곡선의 종거의 개수, n은 목적함수를 계산하기 위하여 사용하는 수문곡선 종거의 총수이다. 위의 식에서 $(Q_0(t)+Q_A)$는 관측된 하천유량이 평균유량보다 큰 경우 관측값과 계산값의 편차에 더 많은 가중치를 주기 위한 가중함수이다. 한편, 매개변수를 최적화 하기 위한 목적함수 중 잔차 자승의 합은 다음 식과 같이 관측된 하천유량자료와 계산된 하천유량 값 사이의 편차 자승의 합으로 계산될 수 있다.

$$Z=\sum_{i=1}^{n}(Q_0(t)-Q_s(t))^2 \quad (4)$$

또한, 매개변수의 최적화를 위한 목적 함수 중 절대 잔차의 합은 관측된 하천유량 값과 계산된 값 사이의 편차들의 가중치를 고려하지 않고, 다음 식과 같이 관측한 값과 계산된 값 사이의 편차의 절대값 합으로만 계산한다. 즉,

$$Z=\sum_{i=1}^{n}|Q_0(t)-Q_s(t)| \quad (5)$$

첨두유량 백분율 오차의 목적함수는 오직 관측된 하천유량과 계산된 하천유량의 첨두값으로만 정의된다. 따라서 관측된 하천유량과 계산된 하천유량 사이의 홍수량 용적이라든지 혹은 수문곡선의 시간분포 등은 고려하지 않고 다음 식과 같이 계산한다.

$$Z=100\left|\frac{Q_0(\text{peak})-Q_s(\text{peak})}{Q_0(\text{peak})}\right| \quad (6)$$

여기서, $Q_0(\text{peak})$는 관측한 하천유량의 첨두값이며, $Q_s(\text{peak})$는 계산된 하천유량의 첨두 값이다.

매개변수 최적화 결과

본 연구에서는 본 연구의 대상유역인 오원천 유역에서 강우-유출량 관계를 모의하기 위하여 유역 내에 위치하고 있는 성수 우량관측소에서 1997년부터 1999년까지 3개년간의 강우량 자료를 수집하여 이를 분석하였다. 그 결과 본 연구에서는 1997년 1개, 1998년 7개 호우사상을 선정하였으며, 1999년에서는 4개의 호우사상을 선정하여 총 12개의 호우사상을 선정하였다. 그리고, 하천 유출량은 각 호우사상이 발생한 시간의 하천수위 자료를 수집하여 이를 당해 연도의 하천유량 관측자료로부터 개발된 수위-유량 관계곡선에 대입하여 하천 유량을 산정하였다. 그리고 강우량 자료와 하천 유량자료를 수문모형에 적용하여 대상유역에서 수문모형의 매개변수를 최적화하였다. 본 연구에서 최적화 대상으로 한 매개변수는 강우-유출량에 많은 영향을 미치는 매개변수를 대상으로 하였다. 즉, 본 연구에서 최적화과정에서 대상으로 한 매개변수는 각 소유역별로 SCS곡선수, Snyder Lag(hr), Snyder C_p 그리고 초기 기저유량을 그 대상으로 하였다.

이들 매개변수들을 1998년의 호우사상을 대상으로 매개변수를 최적화 한 결과 CN값은 A유역 각 호우사상별로 72.15~83.93값의 범위이고 평균값은 78.14를 나타냈으며, B유역 70.24~86.22, 평균

79.21, C유역 70.44~75.55, 평균 72.93으로 나타났다. 그리고 Snyder의 Lag값은 A 유역의 경우 3.35~4.50, 평균 3.70, B유역 7.70~8.94, 평균 8.40, C유역은 6.00~7.41, 평균 6.52로 나타났으며, Snyder C_p는 A유역 0.84~0.99, 평균 0.95, B유역 0.83~0.95, 평균 0.89, C유역 0.81~0.97, 평균 0.90으로 나타났다. 그리고 초기 기저 유출량은 A유역 0.10~0.87, 평균 0.35, B유역 0.11~0.37 평균 0.25, C유역 1.05~2.57, 평균 1.75로 나타났다. 1999년 호우사상에 대한 매개변수 최적화 결과 CN값은 A유역은 각 호우사상별로 53.81~100, 평균은 86.97, B유역 66.39~100, 평균 79.83, C유역 83.20~100, 평균 94.83으로 나타났다. 그리고 Snyder의 Lag값은 A유역 1.87~3.63, 평균 2.88, B유역 3.14~5.32, 평균 4.44, C유역 3.72~12.56, 평균 7.60로 나타났으며, Snyder C_p는 A유역 0.90~1.00, 평균 0.96, B유역 0.46~0.58, 평균 0.53, C유역 0.62~0.87, 평균 0.73으로 나타났다. 그리고 초기 기저유출량은 A유역 0.00~9.91, 평균 2.62, B유역 0.00~2.27 평균 0.54, C유역 0.00~7.01, 평균 2.32로 나타났다.

적용 및 고찰

본 연구의 대상유역에서 GIS을 이용하여 수문모형의 매개변수를 추출하였으며, 추출한 매개변수를 수문모형에 입력하고, 대상유역에서 수집분석한 강우량 자료와 하천유량 자료를 이용하여 해당유역에서 강우-유출량 관계를 모의하였다. 본 연구에서 강우-유출량 관계를 모의하기 위하여 선정한 호우사상은 97년 1개 호우사상, 98년 7개 호우사상, 99년에 4개 호우 사상 등 총 12개 호우사상을 대상으로 호우-유출량 관계를 모의하였다. 한편, 이들 호우사상을 대상으로 수문모형을 이용하여 강우-유출량 관계에 대하여 모의한 결과를 Figure 2~Figure 11에 도시하였으며, 강우-유출량 관계의 모의 결과는 Table 2에 게재하였다.

Table 2. Results of simulation of rainfall-runoff data

Storm Events	Observed Values		Calculated Values	
	Peak Time	Peak Discharge(cms)	Peak Time	Peak Discharge(cms)
1997. 06. 25	06. 25 18:00	20.58	06. 25 17:00 (-1hr)	20.907(+0.327)
1998. 05. 10	05. 12 01:00	38.28	05. 12 01:00 (0)	37.76(-0.52)
1998. 06. 24	06. 27 05:00	301.03	06. 27 06:00 (+1hr)	238.20(-62.83)
1998. 06. 30	07. 02 16:00	105.02	07. 02 16:00 (0)	94.64(-10.38)
1998. 08. 09	08. 10 10:00	111.00	08. 10 09:00 (-1hr)	111.61(+0.61)
1998. 08. 12	08. 12 24:00 08. 13 16:00	195.27 184.76	08. 12 24:00 (0) 08. 13 15:00 (-1hr)	199.59(+4.32) 202.59(+17.83)
1998. 08. 18	08. 18 11:00	700.98	08. 18 11:00 (0)	705.08(+5.9)
1998. 09. 29	09. 30 20:00	412.08	09. 30 20:00 (0)	402.99(-9.09)
1999. 05. 03	05. 04 06:00	101.48	05. 04 06:00 (0)	97.713(-3.767)
1999. 07. 30	07. 30 11:00	487.59	07. 30 12:00 (+1hr)	446.12(-46.47)
1999. 08. 03	08. 03 17:00	146.08	08. 03 16:00 (-1hr)	155.31(+9.23)
1999. 09. 22	09. 23 18:00	625.24	09. 23 13:00 (0)	601.99(-23.25)

※ ( ) Observes Values - Calculated Values

Table 3. Storm data

Storm Events	Starting Time	Ending Time	Total Rainfall(mm)	Remark
1	1997. 06. 25 01:00	06. 26 12:00	55	
2	1998. 05. 10 18:00	05. 12 24:00	43	
3	1998. 06. 24 13:00	06. 25 09:00	148	
4	1998. 06. 30 01:00	07. 02 24:00	63	
5	1998. 08. 09 11:00	08. 10 24:00	56	
6	1998. 08. 12 14:00	08. 16 07:00	143	
7	1998. 08. 18 02:00	08. 19 10:00	141	
8	1998. 09. 29 02:00	10. 01 10:00	170	
9	1999. 05. 03 01:00	05. 04 24:00	70	
10	1999. 07. 30 01:00	07. 31 24:00	75	
11	1999. 08. 03 01:00	08. 05 10:00	71	
12	1999. 09. 22 19:00	09. 25 24:00	120	

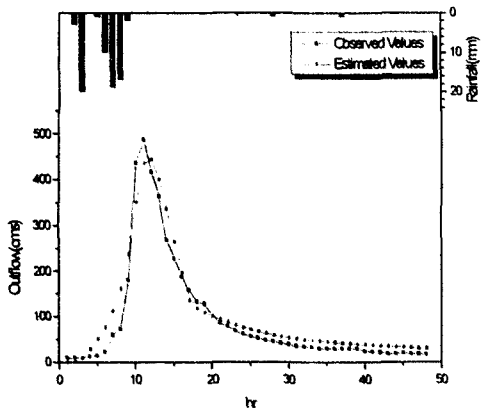

Fig. 2. Comparison of observed and calculated values(Jun. 25, 1997)

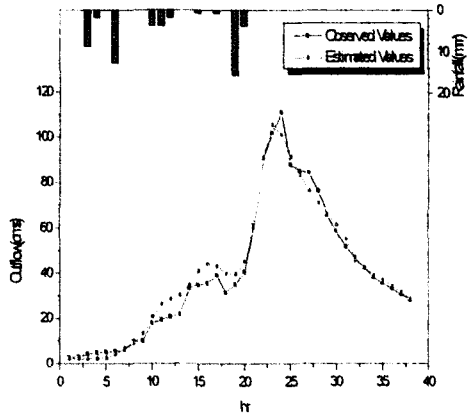

Fig. 4. Comparison of observed and calculated values(Aug. 09, 1998)

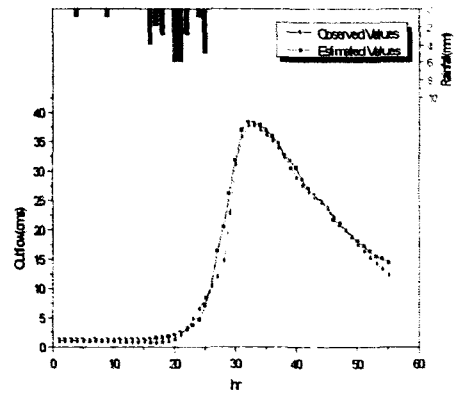

Fig. 3. Comparison of observed and calculated values(May 10, 1998)

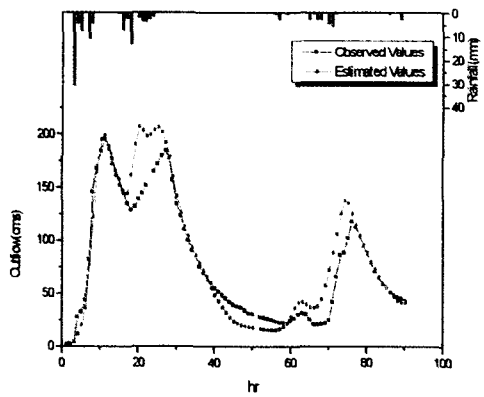

Fig. 5. Comparison of observed and calculated values(Aug. 12, 1998)

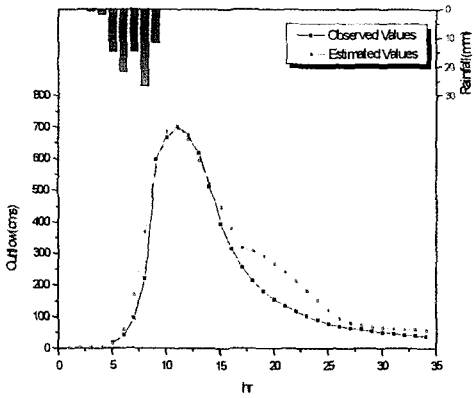

Fig. 6. Comparison of observed and calculated values(Aug. 18, 1998)

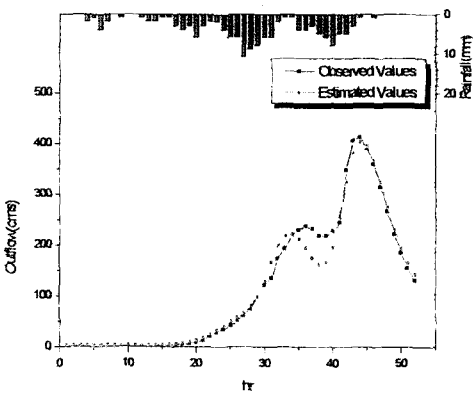

Fig. 7. Comparison of observed and calculated values(Sep. 29, 1998)

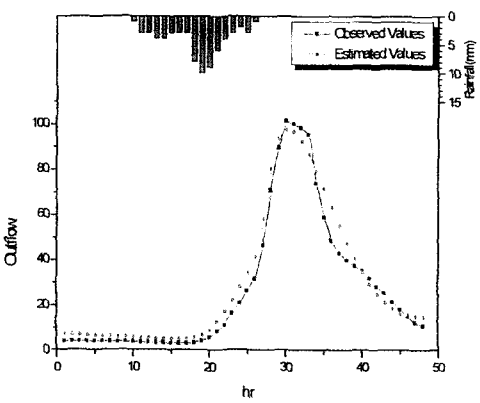

Fig. 8. Comparison of observed and calculated values(May 03, 1999)

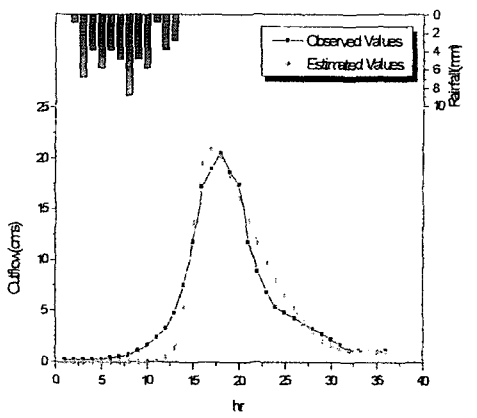

Fig. 9. Comparison of observed and calculated values(Jul. 30, 1999)

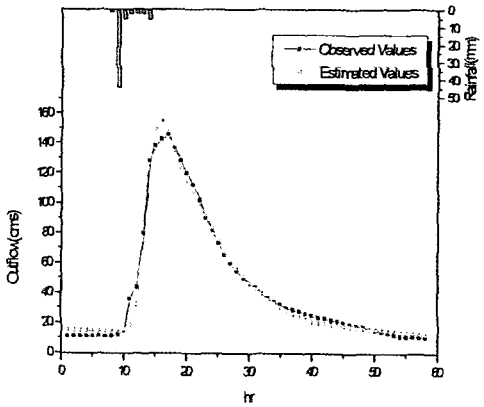

Fig. 10. Comparison of observed and calculated values(Aug. 03, 1999)

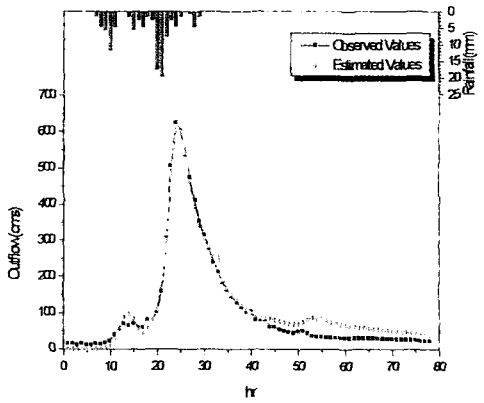

Fig. 11. Comparison of observed and calculated values(Sep. 22, 1999)

결 론

본 연구는 수문모형과 지형정보를 이용하여 강우-유출량 관계를 보다 신뢰성 있고 정확하게 모의하는데 그 목적이 있으며, 본 연구의 대상유역인 오원천 유역에서 지형정보시스템(GIS)을 이용하여 모형에 필요한 매개변수를 산정하였으며, 이들 매개변수를 토대로 강우-유출량 관계를 모의하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 대상유역에 대하여 구축한 토양도와 토지이용도를 이용하여 유역 평균 SCS CN 값과 Muskingum 계수, 지체시간 등을 산정할 수 있었다.

2) GIS를 이용하여 산정한 매개변수를 수문모형에 입력하고 대상유역에서 수집한 강우량 자료와 하천유량자료를 이용하여 대상유역에서 수문모형에 필요한 매개변수를 최적화하여 보다 정확하고 신뢰성 있는 유출모형을 구축하였다.

3) 수문모형의 매개변수를 최적화하여 강우-유출량 관계를 모의한 결과 첨두유량 발생시간은 관측값의 첨두유량 발생시간과 거의 일치하였으며, 관측유량의 첨두유량값과 수문모형을 이용하여 모의한 첨두 유량값의 차는 −62.83~17.73cms로 나타나 본 연구에서 사용한 수문모형이 관측값을 비교적 양호하게 모의함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 이상호, 이길성, 1994, Muskingum Cunge 방법에 의한 남한강 홍수추적, 한국수문학회지, 27(4), pp. 105~114.
2. 전라북도, 1991, 섬진강 하천정비 기본계획, 11.
3. 한국수문학회, 1995, 하천시설기준(조사편)
4. 함창학, 1996, GIS를 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구, 충북대학교 박사학위논문.
5. Chow, V.T., 1951, A Practical Proced-ure of Flood Routing, Civil Engineering and Public Works Review, Lodon, 46(542), pp. 586-588.
6. Chow, V.T., and Maidmen, D.R, and Mays, L.W., 1988, Applied Hydrology, MeGraw-Hill, New York.
7. Jenson S. K., Dominique J.O., 1988, Extracting Topographic Structure from DEM for Analysis, PE & RS, vol. 54.
8. Jenson, S.K., and Domingue, J.O., 1988, Extracting Topographic Structure Form Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis, Photogra-mmertic Engineeering and Remote Sensing, 54(11), pp. 1593-1600.
9. Lawrence, E.B., 1986, Topographic Part-ition of Watershed with Digital Elevat-ion Model, Water Resource Research, 22(1), pp. 15-24.
10. U.S. Army Corps of Engineers, 1994, Flood-Runoff Analysis, Engineering M-anual 1110-2-1417.

김운중
조선대학교 공과대학 토목공학과
501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지
Tel : 062-230-7090
Fax : 062-230-7083
e-mail : wjkim@chosun.ac.kr

정남선
서강정보대학 토목과
500-742 광주광역시 동북 운암동 789-1번지
Tel : 062-520-5182
Fax : 062-520-5161
e-mail : s0212@hanmail.net

김경수
군산대학교 공과대학 토목환경공학부
573-701 전북 군산시 미룡동 산 68번지
Tel : 063-469-4758
Fax :
e-mail : gs10kim@ks.kunsan.ac.kr