

OE5 정밀토양도와 토지피복지도를 이용한 CN산출 및 유출해석

안승섭, 김종호^{1*}, 이승준, 이상우

¹경일대학교 건설정보공학부, 경일대학교 토목공학부

1. 서 론

최근의 극심한 기상이변은 자연하천의 관리시에 매우 중요한 관심사로 부각되고 있다. 일반적으로 하천의 유출특성은 유역의 토지이용상태와 하천의 지형학적 특성 및 호우의 발생형태에 따라서 상이하게 나타나므로 수문 관측시설이 미비한 미계측 하천의 홍수량 산정은 예측하기 어려운 일이다. 강우가 해당 유역에 발생하면 토양의 종류, 토지이용상태, 식생피복 등에 따라 흐르는 직접 유출량이 결정되는데, 이 유출의 시간적 분포는 유역면적의 크기, 유역형상, 하천의 상황 등에 따라 결정된다. 하천유역 내에서 발생하는 강우와 유출관계는 매우 복잡한 시스템을 거쳐서 나타내게 되므로 해석의 기초자료가 되는 유역의 지형공간특성자료와 수문특성 자료의 정확한 추출과 모델 매개변수의 추정 이 해석의 정도에는 많은 영향을 미치므로 유출해석에 있어 보다 정확한 입력자료를 이용할 수 있는 방안을 찾고자 하였다.

본 연구에서는 유역의 수치지형(Digital Elevation Model, DEM)자료를 WMS모형에 Import시켜 유역의 수문학적 지형특성인자들을 추출하였고, SCS 유출곡선지수(CN) 산정은 환경부의 토지피복지도와 농촌진흥청 농업과학기술원에서 제공하는 정밀토양도를 WMS모형에 입력시켜 유역의 유출곡선지수값을 결정하였다. 또한, 강우유출 해석을 위한 수문모형으로 WMS HEC-1 모형을 이용하여 홍수량을 산정하였다.

2. 본 론

2.1. 모형의 개요

WMS모형은 강우-유출해석에 요구되는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽사용자 환경(Graphic User Interface : GUI)을 제공해주는 프로그램으로 미육군공병단(U.S. Army Corps of Engineers)과 Brigham Young University의 공학 컴퓨터 그래픽 연구소(Engineering Computer Graphics Laboratory)에 의해 개발되었으며 수문유출모형과 지형정보시스템(Geographic Information System : GIS)이 결합된 대표적인 통합 모듈이다. WMS는 수치화되어 있는 수치고도자료(DEM) 및 불규칙 삼각망자료(TIN)을 이용하여 하천망을 구성하거나 대상하천의 유역 경계를 자동으로 나타내주고 강우-유출 모형의 매개변수는 사용하기 편리한 대화형 박스를 통해 입력가능하며 제공된 모든 강우-유출 모형은 WMS 안에서 직접 실행할 수 있고 결과 값 및 수문곡선 또한 같은 환경 안에서 출력가능하다. WMS는 유역의 공간해석을 위하여 DEM을 기본자료로 벡터형 자료와 격자형 자료, 불규칙삼각망(TINs)해석이 가능하며, 수문모델에 필요한 유역의 지형인자를 포함

한 수문인자들을 자동으로 계산한다. 계산된 매개변수들은 WMS에서 제공하는 여러 형태의 수문모형을 자체적으로 연계하여 운영이 가능하도록 구성되어 있다.

2.2. 대상유역 및 입력자료 구축

본 연구는 WMS를 이용한 하천유역의 홍수유출해석을 위하여 금호강 최상류로부터 금호수위관측소까지의 유역을 대상으로 선정하였다. 연구대상 유역은 유역면적 920.833 km²이며 금호강 전 유역면적 2,087.9km²의 약 44.1% 정도, 유로연장은 64.454km로 금호강 전 유로연장 114.6km의 약 56.24%에 해당된다. 동경 128°1' ~ 129°3' , 북위 35°9' ~ 36°5' 사이에 위치하고 있다.

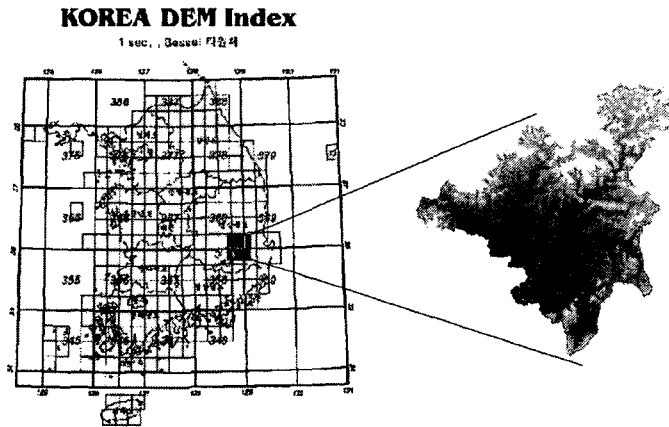


Fig. 1. 대상유역의 위치 및 유역형상도

본 연구에서는 WMS HEC-1의 입력인자 계산을 위해 유역의 지형자료와 토지피복지도, 토양도가 필요하며, 본 연구에서 사용한 자료는 Table 1과 같다.

Table 1. Applied digital data

자료명	자료공급원	축척
DEM	국립지리원 수치지도	1/25,000
토지피복도	환경부 토지피복지도(중분류)	1/25,000
토양도	농촌진흥청 농업과학기술원	1/25,000

2.2.1. 수치고도자료(DEM)구축

본 연구에서는 대상유역에 해당하는 국립지리원발행의 1:25,000 수치지도 16도엽을 ArcView GIS Software를 이용하여 수치고도자료(DEM)을 생성하였다. DEM을 생성하기 위해서는 벡터형식(Vector type)의 데이터를 래스터형식(Grid type)의 데이터로 변환하는 작업은 ArcView GIS Software를 이용하였으며 생성된 래스터 형식의 Grid file은

WMS(ver 6.0)에서 호환이 안 되므로 래스터 형식의 ASCII file로 Export 시킨 후 저장하여 WMS에서 Import하는 방식을 취하였다. DEM 생성과정은 Fig. 2와 같다. 생성된 수치고도자료를 WMS를 이용하여 유역의 공간자료를 수집하였으며, WMS에서 Import된 DEM은 Fig. 3과 같다.

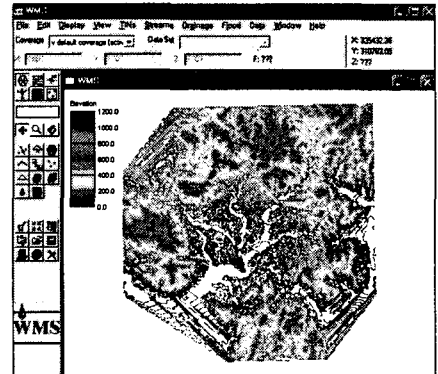
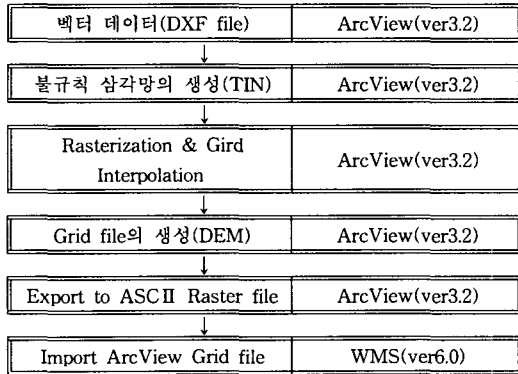


Fig. 2. DEM 생성과정도

Fig. 3. WMS에서 Import된 DEM file

2.2.2. 토지 피복지도 관련데이터 구축

환경부 토지피복분류도(중분류)는 토지이용의 피복상태를 23개 항목으로 구분하여 Geo-Tiffgdutlr의 Raster data로 보급하고 있으며, 국립지리원의 토지이용현황도는 38개 항목으로 구분하여 벡터 data로 구축되어 보급하고 있다.

본 연구에서는 토지의 이용상황을 피복상태에 따라 23개 항목으로 분류한 환경부 토지피복분류도(중분류)를 사용하여 수문분석을 위한 토지이용도관련 데이터를 구축하였다. 각 분류별 토지이용현황은 Table 2와 같고 WMS상에서 Import시킨 대상유역의 토지이용도는 Fig. 4와 같다.

Table 2. 토지이용 현황표

대분류 항목	중분류 항목	분류코드	대분류 항목	중분류 항목	분류코드
시가화 건조지 역 (100)	주거지역	110	산림지역 (300)	활엽수림	310
	공업지역	120		침엽수림	320
	상업지역	130		혼효림	330
	위락시설지역	140	초지(400)	자연초지	410
	교통지역	150		골프장	420
	공공시설지역	160		기타초지	430
농업지 역 (200)	논	210	습지(500)	내륙습지	510
	밭	220		연안습지	520
	하우스재배지	230	나지(600)	채광지역	610
	과수원	240		기타나지	620
	기타재배지	250	수역(700)	내륙수	710
				해양수	720

Table 3. 토양도 분류기준표

soil characteristics	Marks denoted according to soil characteristics			
	4	3	2	1
Textural family	Sandy(skeletal) Loamy sk.(coarse)	Co. loamy Co. silty Vol. ashes	Fine loamy Loamy sk. (fine)	Fine silty Clayey (F&VF)
Prainage classes	Somewhat excess.	Mod. well	Imperfectly	Poorly
Permeability (cm/hour)	Very Rapid, Rapid(>12.0)	Mod. rapid(12~6.0)	Mod. M. slow(6.0~0.5)	Slow, v.slow(<0.5)
Impermeable layer appeared(cm)	None exist	100~50	50~25	Within 25
Hydrologic groups divided	A (>13)	B (12~11)	C (10~8)	D (<7)

2.2.3. 토양도 관련데이터 구축

본 연구에서는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 전산화 사업을 통해 구축된 Vector Type의 정밀토양도를 제공받았으며 한국 농촌진흥청의 토양분류방법은 미국 농림부(U.S. Department of Agriculture)의 Soil Survey Manual에 기초를 두고 있다. 따라서 SCS의 수문토양군에 관한 분류기준은 농촌진흥청에서 분류한 한국토양(통)을 수문토양군별로 배열(Soil Arrays)하는 방법으로 분류할 수 있다(정정등, 1995). 분류기준은 Table 3와 같다. 본 연구에서는 이를 근거로 하여 우리나라 정밀 토양도상의 토양통을 수문학적 토양군을 미국 토양보존국(SCS)의 수문학적 토양군인 4개의 토양형(A, B, C, D)로 재분류하여 WMS에서 이용하였다. WMS에서 Import된 대상구역의 토양도는 Fig. 5와 같다.

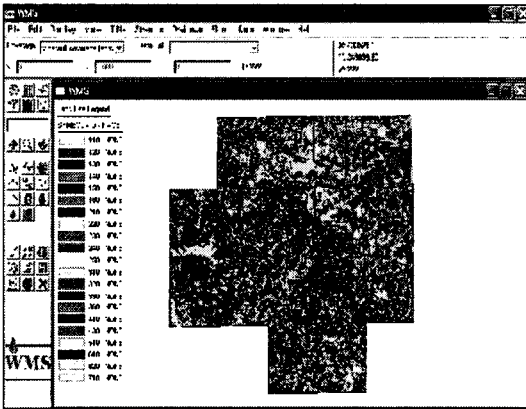


Fig. 4. WMS에서 Import된 대상구역의 토지이용도

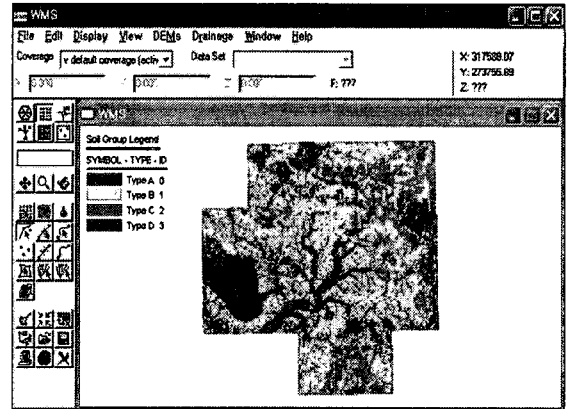


Fig. 5. SCS 분류기준으로 변환된 대상구역의 SCS 토양도

2.3. 구역의 지형학적자료 추출 및 CN산출

본 연구에서는 WMS의 DEM Module을 이용하여 하천망을 생성하여 구역분할을 수행하였다. 수치지도로부터 하천망 및 구역경계를 추출하는 방법은 TIN Module과 DEM Module 등에서 작성할 수 있으며 본 연구에서는 1:25,000 축척의 수치지형도로부터 래스터 형식의 데이터로 작성된 구역 전체의 DEM file을 이용하여 하천망을 작성하였다.

격자의 흐름방향을 결정하기 위하여 TOPAZ(TOPographic PARAMeteri-Zation) 프로그램을 이용하였다. 이 프로그램은 DEM에서 오류를 수정하기 위해 3×3의 격자를 포함하는 window를 움직이면서 9개 격자의 값을 이용한 내삽법에 의해 격자 하나의 새로운 값을 얻게 된다. 또한 흐름방향을 결정은 3×3 window에서 가운데 점을 중심으로 하는 8개 방위의 각 격자 중 경사가 가장 급한 곳으로 흐름이 발생한다고 가정하는 8방위법을 사용하고 있다. 출구점 부분의 흐름방향(flow direction)이 계산된 결과는 Fig. 6과 같고 구역내의 누적흐름(flow accumulation)을 계산하여 최소 누적흐름(minimum flow accumulation)의 최소하천 임계면적 0.2km²로 하여 대상구역의 하천망을 형성하였다.

구역경계의 추출은 작성된 하천망으로부터 연구대상 하천망을 설정하여 출구점을 하천망에 지정하면 출구점을 기준으로 한 구역의 경계가 자동으로 추출된다. 결정된 구역

에 대하여 분할하고자 원하는 소유역에 해당하는 지류의 출구점을 선택하면 소유역 분할이 이루어진다. 각각의 소유역에 대하여 수문해석에 필요한 여러 가지 지형학적 특성인자 결과는 Fig. 7 및 Table 4와 같다.

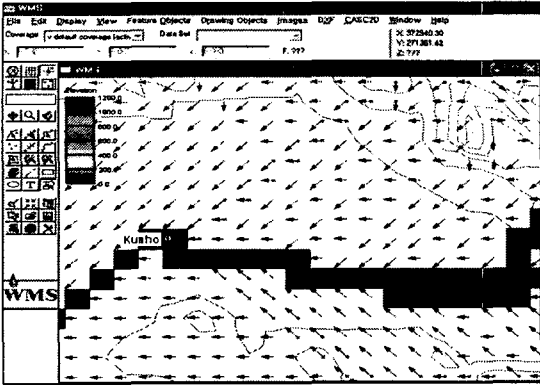


Fig. 6. 유역의 흐름방향(flow direction) 추출 (출구점 부분)

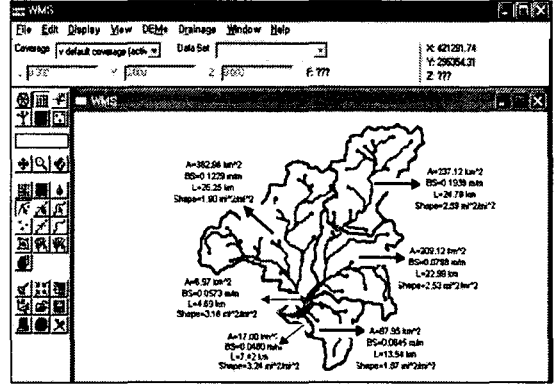


Fig. 7. WMS에서 추출된 지형학적 특성인자 결과

Table 4. WMS에서 추출된 지형학적 특성인자 결과

지형특성	단 위	영천담	신령천 합류전	신령천	북일천 합류전	북일천	금호관측소
A	km ²	237.12	209.12	362.96	6.97	97.95	17.00
BS	m/m	0.1939	0.0798	0.1229	0.0573	0.0845	0.0480
L	km	24.79	22.99	26.25	4.69	13.54	7.42
P	km	100.84	107.04	132.19	21.96	62.09	28.19
Shape	mi ² /mi ²	2.59	2.53	1.90	3.16	1.87	3.24
Sin	km/km	1.06	1.09	1.20	0.63	1.40	0.52
AVEL	m	402.10	190.42	275.13	104.19	169.59	98.79
MFD	km	30.16	28.64	35.13	7.43	8.45	22.38
MFS	m/m	0.0166	0.0211	0.0261	0.0201	0.0237	0.0437
MSL	km	26.22	25.01	31.50	2.94	18.90	3.82
MSS	m/m	0.0090	0.0063	0.0099	0.0017	0.0054	0.0011
TOSTR	km	0	0.92	1.94	1.37	1.69	0.35
CSD	km	14.37	12.52	13.94	2.27	12.72	3.33
CSS	m/m	0.0035	0.0032	0.0029	0.0022	0.0035	0.0003

유출곡선지수(CN)를 산정하기 위해서는 유역의 지형자료와 SCS분류기준에 의해 4개의 수문학적 토양군(A, B, C, D Type)으로 재분류한 토양도, 토지이용도가 필요하며 이 공간 DB자료를 WMS에 입력하여 CN을 결정하였으며 대상유역의 유출곡선지수 산출결과는 Table 5와 같다.

Table 5. 대상구역의 AMC 조건별 CN값

소구역	AMC - I	AMC - II	AMC - III
영천댐 상류	58	76	89
신령천 합류전	60	78	90
신령천	59	77	89
복일천 합류전	57	75	88
복일천	62	79	91
금호수위관측소	60	78	90

2.4. 홍수유출해석

본 연구에서는 계산된 구역의 수문학적 특성인자를 이용하여 WMS HEC-1의 입력자료를 구성하였으며, 모형의 적용에 있어 대상구역에 적합한 합성단위도법을 알기위해 유출해석시 주로 사용되는 SCS의 무차원단위도법을 포함하여 일반적으로 많이 알려져 있는 Clark방법 및 Snyder방법을 적용하였다.

적용된 수문사상은 1997년부터 2003년까지 구역내에서 11개의 주요호우사상을 대상으로 하였으며 그 결과 Fig. 8과 같다.

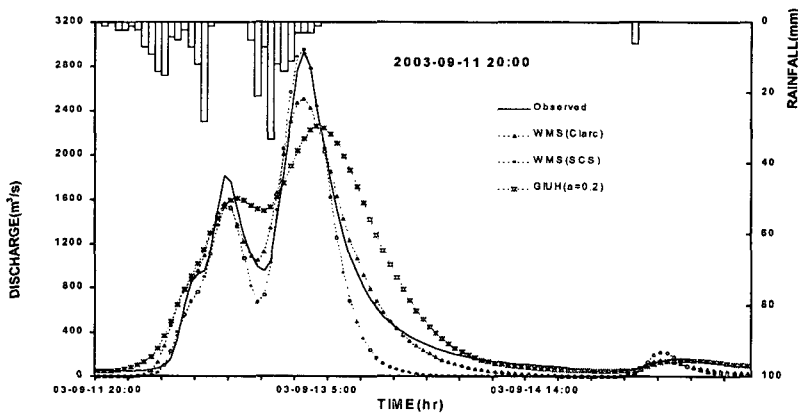


Fig. 8 Results of Floodflow Hydrograph (2003. 9. 11 storm).

3. 결 론

본 연구에서는 금호강 상류 금호수위표 지점 상류구역에 대한 DEM자료를 이용하여 구역의 수문학적 지형특성인자들을 추출하였고, SCS 유출곡선지수(CN) 산정은 환경부의 토지피복지도와 농촌진흥청 농업과학기술원에서 제공하는 정밀토양도를 이용하였다. 분석결과 정밀토양도를 이용한 CN값은 기존의 금호강 하천정비기본계획시 토양도와 토지이용도를 이용하여 추출한 값보다 크게 검토되었다. 또한, 1997년부터 2003년까지 구역내에서 발생한 주요 호우사상을 대상으로 하여 WMS HEC-1 모형을 이용한 강우유출 해석을 실시하였으며, 시간에 따른 유출 수문곡선의 모의를 효율적으로 수행할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 김경탁. 2003. 정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안. 한국수자원학회지, Vol. 36, NO. 4, 45-53쪽.
- 최윤석, 김경탁, 심명필. 2000. GIS를 응용한 홍수유출해석에 관한 연구. 대한토목학회논문집, 제20권, 제3-B호, 361-367쪽.
- 허기술, 정정화. 1987. 한국토양의 수문학적 분류 및 그 응용. 농공기술, 제4월, 제4호, 48-61쪽.
- Brigham Young University - Engineering Computer Graphics Laboratory (1997). WMS v6.0 Reference Manual & Tutorials.
- 안승섭, 조명희. 위성영상과 GIS를 이용한 하천유역의 유역특성인자 추출에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 제4권 제1호, pp.121~134, 1998.
- 허창환. GIS를 이용한 강우-유출해석에 관한 연구, 영남대학교 대학원 박사학위논문, 2001.