

미호천 유역의 유출해석을 위한 WMS 모형의 적용

Application of WMS Model for Runoff Analysis of Miho Stream Basin

안상진* / 이무경** / 전계원*** / 연인성****

Ahn, Sang Jin / Lee, Moo Kyeong / Jun, Kye Won / Yeon, In Sung

Abstract

In this study, Miho stream basin(Seokhwa water level gauging station) in Geum river, Flood control main station of Geum River Flood Control Office, is selected. Hydrologic topographical informations are calculated using WMS which is hydrologic analysis software coupled with GIS Method, and flood analysis is accomplished by HEC-1 included in WMS. To calculate the effective rainfall CN values of SCS are used. Clark, Snyder and SCS methods are selected respectively to derive unit hydrograph.

This study shows the applicability of GIS techniques to runoff simulation in ungauged basin by comparing with actual measured flood hydrograph. As a results, Snyder(Tulsa) method and Clark(Kerby) method is suitable to Miho stream basin. But Snyder(Tulsa) method is suitable more than Clark(Kerby) method. And according to the degree of urbanization, the peak discharge has increased and the peak time has tended to decrease.

Keywords : WMS, GIS, HEC-1, Runoff Analysis, Synthenic Hydrograph

요 지

본 연구에서는 금강홍수통제소의 홍수조절 주요지점인 금강수계의 미호천 유역(석화 수위관측소)을 대상유역으로 선정하였다. GIS와 결합된 홍수유출모형인 WMS를 이용하여 수문학적 지형특성인자를 추출하였으며, 유출해석은 WMS에 내재된 HEC-1을 이용하였다. 유효강우량의 산정을 위해 SCS의 CN 값을 사용하였으며, 합성단위도법으로는 Clark, Snyder 및 SCS 무차원 단위도법을 사용하였다.

본 연구에서는 실측 수문곡선과의 검증을 통해 미계측 유역에서의 강우유출모의에서 GIS의 적용성을 확인할 수 있었다. 그 결과 미호천의 경우 Snyder(Tulsa) 방법과 Clark(Kerby) 방법이 대체로 적합한 방법으로 나타났고, Snyder(Tulsa) 방법이 Clark(Kerby) 방법보다 좀 더 적합한 결과를 보였다. 그리고 도시화 정도에 따라 침투유량이 증가하였고 침투유량 발생시간이 감소하는 경향을 보였다.

* 충북대학교 토목공학과 교수
Professor, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
(E-mail: hydrosys@chungbuk.ac.kr)

** 충북대학교 토목공학과 공학석사
M. S., Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
(E-mail: steelcivil@hanmail.net)

*** 삼척대학교 방재기술전문대학원 전임강사
Instructor, Professional Graduate School of Disasters Prevention Technology, Samcheok National University, Samcheok 245-711, Korea
(E-mail: kwjun@samcheok.ac.kr)

**** 충북대학교 토목공학과 박사수료
Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
(E-mail: hifivee@netian.com)

1. 서 론

최근들어 기상이변과 홍수로 인한 범람피해는 우리로 하여금 방재에 대한 중요성을 새롭게 인식하게 하고 있다. 홍수피해를 줄이기 위해서는 유역의 강우-유출특성 과정을 정확히 파악하여 홍수유출특성을 해석하는 것이 중요하다. 그래서 전 세계적으로 GIS를 활용하여 유역과 분수계를 결정하고 하천형태학적인 특성인자를 추출하는 자동화된 유역정보 추출기술 개발에 대한 관심이 집중되고 있다.

최근 컴퓨터 기술의 향상과 더불어 GIS가 많은 발전을 이루어, 기존에 수행된 GIS를 이용한 매개변수 추정 및 홍수유출 해석에 적용한 사례는 매우 많다. Mayer 등(1993)은 Arc/Info의 TIN module을 이용하여 HEC-1 모형의 공간 및 지형인자를 결정하였고, Bhaskar 등(1992)은 수문응답함수의 유도를 위해 GIS를 이용한 지형학적 순간단위도 해석을 시도하였으며, Cruise와 Miller(1993)는 위성영상자료를 수문해석에 적용하는 것에 관하여 연구하였다. 함창학(1996)은 Arc/Info의 GRID Module을 이용하여 격자형 DEM을 활용한 수문지형정보 추출에 관한 연구를 수행하였고, 신사철(1996)은 분포형 강우유출모형에 의한 유출량 해석을 수행하였으며, 김경탁(1998)은 TIN 해석과 Grid 해석을 통한 유역의 수문학적 지형인자의 산정에 관하여 연구하였으며, 토지이용도와 토양도에 따른 유출해석 결과 및 SCS CN 값의 산정을 포함한 GIS 적용에 따른 유출응답 특성에 대해서도 검토한 바 있다. 그리고 김성준(2003)은 WMS HEC-1을 이용하여 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문 경년변화를 분석하였고, 김영호(2003)는 GIS 분석틀인 WMS를 이용하여 IHP 대표시험유역인 보청천 유역의 지형특성인자를 추출하고, 추출된 지형특성인자를 입력매개변수로 하여 내재된 HEC-1 모형에 적용하여 합성단위도법에 따른 유출해석 및 소유역 분할에 따른 모의를 했다.

본 연구에서는 GIS를 이용하여 지형학적 인자를 추출하고 유출해석을 수행할 수 있는 WMS 모형을 금강홍수통제소의 홍수예정보 주요지점인 석화 수위관측소가 있는 미호천 유역에 적용하여 유출특성을 분석하고 유역의 도시화 정도에 따른 지체시간 변화가 유출해석에 미치는 영향을 분석함으로써 향후의 치수방재 시스템의 개발에 도움이 되고자 함에 있다.

2. 모형의 개요

2.1 WMS(Watershed Modeling System)

미육군 공병단(U.S Army Corps of Engineer s)과 Brigham Young 대학의 공학컴퓨터 그래픽 연구실에 의해 개발된 WMS는 강우-유출해석에 요구되는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽사용자 환경(GUI)을 제공하는 프로그램이며 특히 지형정보시스템(GIS)에 구축되어 있는 또는 저장되어 있는 유역의 지형자료를 수문해석에 최대한 활용할 수 있도록 GIS와 수문모델링이 연계되어 있는 대표적인 프로그램이다.

WMS는 수문모형으로 HEC-1, TR-20, 합리식(rational method), NFF(national flood frequency program)을 GIS와 결합된 상태에서 실행시켜 유출모의가 가능하도록 설계되어 있다. 본 연구에서는 WMS에 포함된 수문모형 중에서 국내에서 홍수유출해석으로 많이 사용하고 있는 HEC-1 모형을 이용하여 GIS 입력자료에 따른 유출에 대한 분석을 수행하였다.

2.2 HEC-1 모형

HEC-1 모형은 1967년 미육군 공병단 수문연구소(Hydrologic Engineering Center : HEC)에서 개발된 홍수유출 계산 프로그램으로 1968년 10월 최초로 공개되었다. 본 연구에서 사용된 것은 1990년에 공개된 것으로 HEC의 DSS (Data Storage System)를 포함하고 있고 수문학적, 수리학적 계산방법으로 Green & Ampt Infiltration, Muskingum-Cunge 홍수추적, 개선된 Kinematic Wave 방정식이 포함되어 있는 것으로 WMS에서 사용하기 위해서 입출력 부분이 다소 수정된 것이다.

HEC-1 모형은 유역을 수문학적, 수리학적 구성요소로 이루어지는 시스템으로 나타내어, 유역에 발생한 강우사상으로부터 유출을 모의하는 단일사상 강우유출모형이다. 수문학적, 수리학적 구성요소들로는 유역의 유출, 하도 홍수추적과 저수지 홍수추적 등을 포함하고 있다.

본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위하여 강우손실량 계산에는 SCS의 curve number, 유출변환에는 SCS 및 Clark, Snyder 방법, 기저유량은 constant monthly, 홍수추적을 위해 Muskingum-Cunge 방법, 강우분석은 specify gage weight 방법을 택하였다.

3. 지형특성인자 추출

3.1 하천망 및 유역경계 추출

본 연구의 대상유역인 미호천의 1:25,000 수치지도로부터 DEM 자료를 생성하기 위해서 Arc View GIS Software를 이용하여 등고선, 표고점 및 수준점 등의 고도와 관련된 레이어를 추출하였다.

기존의 DXF file 형식으로 구축된 벡터데이터로부터 Arc View를 이용하여 생성된 Grid file을 WMS와 호환이 가능한 ASCII file로 Export 시킨 WMS에서 Import 하는 방식을 취하였다. Grid 해석을 통해 보청천 유역의 DEM 자료로부터 유역을 자동분할하였으며 지형특성인자를 산정하여 분석하였다.

그림 1은 Arc View에서 DEM 자료를 ASCII file로 변환하고, WMS에서 ASCII file을 이용하여 나타낸 등

고선도이고, 그림 2는 지형인자 분석의 한 형태로서 유역을 보다 현실적인 표현을 위해 한가지 색깔로 음영을 주어 음영기복에 따른 미호천유역의 형상을 나타낸 음영기복도이다. 그림 3은 석화 수위관측소를 미호천 유역 최하류의 유출구로 한 하천망과 유역경계를 형성하여 나타낸 그림이고, 그림 4는 미호천 유역을 4개의 소유역으로 분할한 그림이다.

3.2 지형특성인자 추출

WMS 모형에서는 DEM과 하천망을 이용하여 원하는 소유역으로 구분할 수 있으며, 구분된 유역의 지형특성인자는 자동으로 계산되어 추출된다. 그리고 WMS에서 자동으로 계산되어 추출된 지형특성인자는 강우-유출 모형인 HEC-1을 이용한 유출해석시 매개변수로 자동 입력이 되어 유출모의를 하게 된다.



그림 1. 미호천 유역의 등고선도

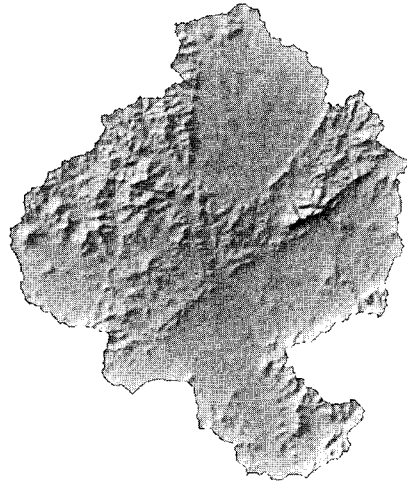


그림 2. 미호천 유역의 음영도

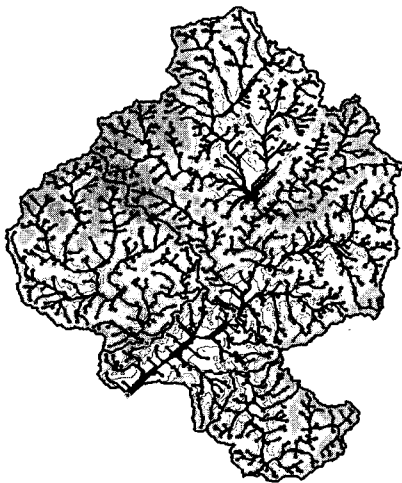


그림 3. 미호천 유역의 유역경계 추출

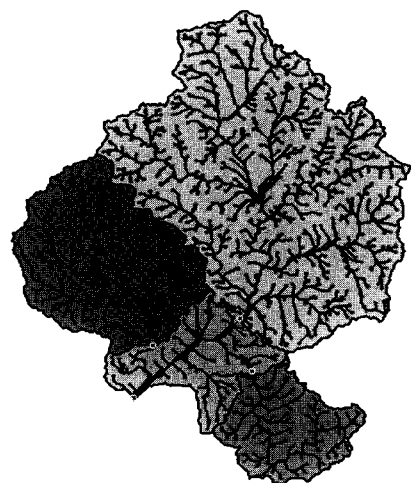


그림 4. 미호천 유역의 소유역 분할

본 연구에서는 WMS에서 미호천 유역을 4개의 소유역으로 분할하여 각 소유역마다 지형특성인자들을 추출하였으며, 여기서 추출된 지형특성인자들을 이용하여 강우-유출 모형인 HEC-1에서 유출모의를 하였다. 표 1은 WMS에서 자동으로 계산되어 추출된 각 소유역의 지형특성인자를 나타낸 것이다.

4. 모형의 적용

4.1 홍수사상

GIS 기법으로 산정된 지형특성인자를 이용하여 유출 모의를 수행하고 호우사상에 따른 강우-유출 관계를 비교 연구하기 위해서 유역내의 수문 관측 자료가 필요하다. 본 연구에서는 적용성을 검토하기 위하여 최근 5개

홍수사상을 선정하여 모의를 수행하였다.

초기 손실률 계산을 위해 선정된 SCS 손실률 계산방법에 필요한 CN값은 1996년 금강 홍수예정보 시스템 개편 보고서에서 산정된 CN값을 초기자료로 사용하였다.

표 2는 주요 호우사상별 5일 선행강우량, 총강우량, 최대강우강도, 최대유량을 나타낸 표이고, 표 3은 소유역별 토양형별 면적을 나타낸 표이다. 그리고 표 4는 소유역별 토지이용 구성비를 나타낸 표이고, 표 5는 AMC 조건별 CN값을 나타낸 표이다.

4.2 합성단위도법에 따른 홍수유출해석

4.2.1 합성단위도법 선정 및 유출모의

본 연구에서 미호천 유역을 4개 소유역으로 분할하여 Clark, Snyder, SCS 단위도법을 이용하여 유출 모의

표 1. 소유역별 추출된 지형특성인자

수위표지점 지형특성인자	북일	청주	옥산	석화	비 고
A(km ²)	896.260	163.610	365.150	177.188	Basin area
BS	0.0858	0.0999	0.1068	0.0395	Basin slope
AOFD(m)	588.46	529.51	527.45	688.60	Average overland flow distance
%NF	0.46	0.54	0.44	0.47	North aspect
%SF	0.52	0.46	0.56	0.53	South aspect
L(m)	38637.14	15074.37	24882.43	18000.87	Length
P(m)	19898.34	78686.90	106243.10	90311.56	Perimeter
Sin	1.25	2.07	1.45	1.19	Sinuosity factor
AVEL(m)	145.36	147.93	154.97	62.73	Mean basin elevation
MFD(m)	49555.67	32003.67	37445.13	22536.29	Maximum flow distance
MFDS	0.0048	0.0147	0.0098	0.0109	Maximum flow distance slope
MSL(m)	48380.75	31163.08	36181.59	21348.54	Maximum stream length
MSS	0.0020	0.0100	0.0053	0.0030	Maximum stream slope

표 2. 호우사상

Duration	Antecedent Precipitation P_5 (mm)	Total Rainfall P (mm)	Maximum Rainfall P_{max} (mm/hr)	Maximum Discharge Q_{max} (m ³ /sec)
1998. 7. 1 ~ 1998. 7. 3	34.8	74.4	19.5	665.70
1999. 8. 1 ~ 1999. 8. 4	87.5	147.7	18.1	2129.87
2000. 6.26 ~ 2000. 6.28	33.2	100.8	13.2	902.32
2002. 8. 6 ~ 2002. 8. 8	5.6	336.4	20.8	2607.00
2002. 8.31 ~ 2002. 9. 1	38.6	99.7	9.6	1283.69

표 3. 토양형별 면적

(unit : km²)

소유역	Soil group	Type A	Type B	Type C	Type D	Total
북 일		434.149	287.999	167.644	6.468	896.260
청 주		71.095	63.633	27.171	1.711	163.610
옥 산		198.23	115.338	49.533	2.076	365.150
석 화		40.790	74.056	62.171	0.171	177.188

표 4. 토지이용 구성비

(unit : km²)

토지이용	소유역	북 일	청 주	옥 산	석 화
산림	Area	571.503	111.999	280.157	83.943
	Percent(%)	63.77	68.45	76.72	47.38
논	Area	177.117	30.867	61.657	44.598
	Percent(%)	19.75	18.87	16.89	25.17
밭	Area	80.697	7.465	8.543	12.797
	Percent(%)	9.00	4.56	2.34	7.22
농가	Area	49.080	5.014	10.244	19.058
	Percent(%)	5.48	3.06	2.81	10.76
도시	Area	2.126	6.158	0.000	11.290
	Percent(%)	0.24	3.76	0.00	6.37
비포장도로	Area	3.865	0.504	1.926	1.108
	Percent(%)	0.43	0.31	0.53	0.63
포장도로	Area	2.070	0.607	0.600	0.798
	Percent(%)	0.23	0.37	0.16	0.45
호수 및 저수지	Area	9.802	0.996	2.023	3.598
	Percent(%)	1.09	0.61	0.55	2.03
Total		896.260	163.610	365.150	177.188

표 5. AMC 조건별 CN값

소유역	CN for AMC condition of subbasin		
	I	II	III
북 일	43.11	63.11	80.11
청 주	43.46	63.46	80.46
옥 산	39.42	59.42	77.42
석 화	52.71	71.71	86.71

를 수행하였으며, 모의 결과 Snyder(Tulsa) 방법과 Clark(Kerby) 방법이 대체로 실측치의 경향을 잘 나타내고 있다. 그림 5~9는 각각의 호우사상에 대하여 단위도법에 따른 유출수문곡선을 나타내고 있고, 표 6는 각각의 단위도법에서 적용된 공식이다.

4.2.2 통계분석

모형에 의한 모의 결과가 실측자료와 어떻게 비교되며 얼마나 적합한 것인가 하는 유출모형의 타당성 문제에 적용되고 있는 통계적 검증방법으로 모의된 결과를

분석하여 모형의 적합도 및 정확도를 판단하였다.

CC(coefficient of correlation)는 실측치와 계산치의 상관관계를 나타낸 지표로서 1에 가까울수록 상관이 크며, R²(coefficient of determination)은 항상 1보다 작은 값을 나타내며 1에 가까울수록 모형의 모의능력이 우수함을 뜻한다. RMSE(root mean square error)의 수행결과는 계산치와 실측치가 평균적으로 어느 정도의 오차가 발생하는지를 양적으로 보여주는 지표이다. MF(percent of error of maximum flow)는 첨두량이 중

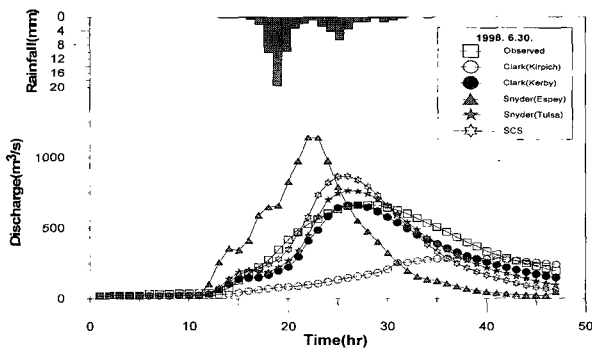


그림 5. 1998. 6. 30. 사상에 대한 유출수문곡선

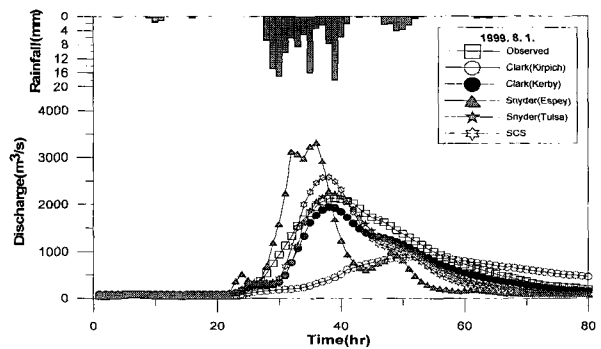


그림 6. 1999. 8. 1. 사상에 대한 유출수문곡선

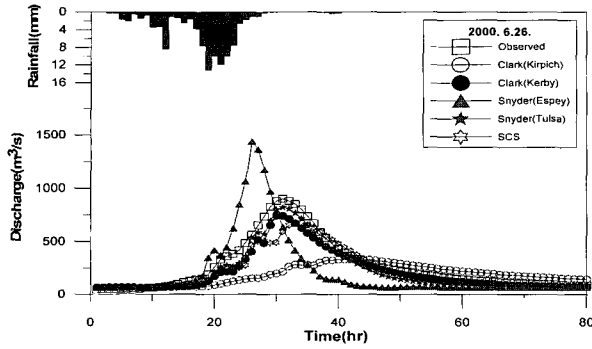


그림 7. 2000. 6. 26. 사상에 대한 유출수문곡선

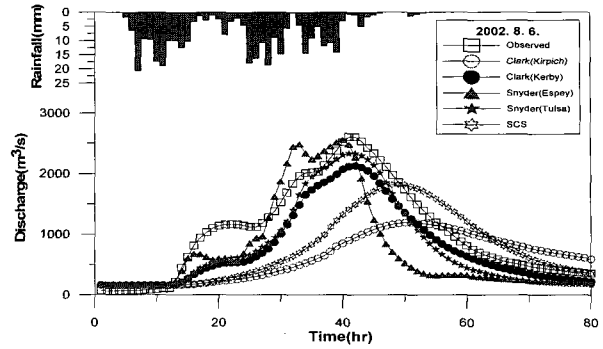


그림 8. 2002. 8. 6. 사상에 대한 유출수문곡선

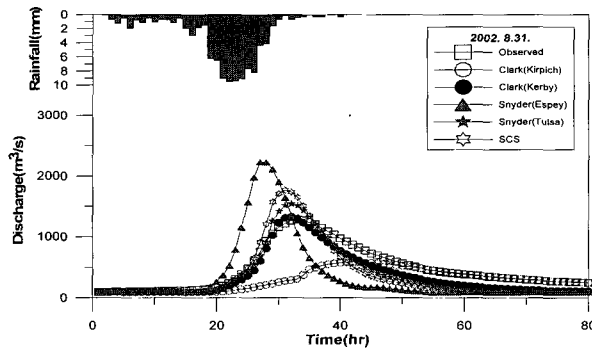


그림 9. 2002. 8. 31. 사상에 대한 유출수문곡선

표 6. 단위도법에 적용된 공식

단위도법	적용공식	공식
Snyder	Espey 공식	$T_r = 2.65L_f^{0.12} S_f^{-0.52} \quad T_{lag} = T_r - \Delta t/2$ $q_p = 1700A^{-0.12} T_r^{-0.30} \quad C_p = \frac{q_p T_{lag}}{640}$
Snyder	Tulsa 공식	$T_{lag} = C_t \times \left(\frac{L \times L_{ca}}{\sqrt{S}} \right)^{0.39} \quad C_p = \frac{q_p T_{lag}}{640}$ $q_p = 380 \times T_{lag}^{-0.92}$
Clark	Kerby 공식	$t_c = \left(\frac{0.67 \times n \times L_o}{\sqrt{S}} \right)^{0.467}$
Clark	Kirpich 공식	$t_c = 2 \times \frac{0.00013L^{0.77}}{S^{0.385}}$
SCS dimensionless unit hydrograph		$t_g = L^{0.8} \frac{(S' + 1)^{0.7}}{1900\sqrt{Y}}$

요한 사상형 강우-유출모형에 주로 이용되며 이 값이 음수이면 모의된 첨두유량이 더 작음을 뜻하며, VE (percent of volume error)는 연속 강우-유출 모형에 주로 이용되며 역시 음수이면 모의된 유출량이 더 작음을 뜻한다. 본 논문에서는 사용된 호우사상에 대해 MF와 VE의 계산시 분석결과를 파악하기 위해 절댓값을 취하여 양의 값으로 MF와 VE를 나타내었다.

통계분석 결과 Clark(Kerby) 방법과 Snyder (Tulsa) 방법이 다른 방법에 비해 양호한 결과가 나타났다. Clark(Kerby)의 경우 CC는 0.954~0.976, R²는 0.949~

0.976, RMSE는 52.270~312.345m³/s이고, MF는 0.192~18.309%, VF는 17.406~26.173%이다. Snyder(Tulsa)의 경우 CC는 0.929~0.980, R²는 0.884~0.984, RMSE는 54.927~298.469m³/s이고, MF는 4.557~16.026%, VF는 0.041~26.154%이다. 표 7는 각 호우사상별 통계분석의 결과를 나타내고 있다.

4.2.3 매개변수의 민감도 분석

본 연구에서 매개변수의 민감도 분석은 GIS 기법으로 산정되지 않는 입력매개변수인 홍수추적구간에서 하도폭과 조도계수에 대한 민감도 분석을 실시하여 1999.

표 7. 각 호우사상별 통계분석

호우사상	단위도법	CC	R ²	RMSE	MF(%)	VE(%)
1998. 6.30	Clark(Kirpich)	0.581	0.353	173.861	56.620	54.186
	Clark(Kerby)	0.954	0.951	52.270	0.192	17.404
	Snyder(Espey)	0.535	0.299	194.390	295.274	97.442
	Snyder(Tulsa)	0.932	0.906	57.357	15.043	6.716
	S C S	0.896	0.838	80.568	24.064	0.309
1999. 8. 1	Clark(Kirpich)	0.49	0.245	599.962	58.573	31.188
	Clark(Kerby)	0.974	0.968	196.687	8.722	19.369
	Snyder(Espey)	0.721	0.531	559.579	55.704	19.298
	Snyder(Tulsa)	0.959	0.939	200.279	4.557	19.313
	S C S	0.933	0.888	254.139	21.369	19.014
2000. 6.26	Clark(Kirpich)	0.436	0.195	205.18	63.225	29.336
	Clark(Kerby)	0.976	0.976	70.126	17.798	18.476
	Snyder(Espey)	0.674	0.466	207.252	332.637	15.130
	Snyder(Tulsa)	0.980	0.984	54.927	10.649	0.041
	S C S	0.942	0.910	84.858	53.071	0.563
2002. 8. 6	Clark(Kirpich)	0.488	0.243	720.524	54.334	34.839
	Clark(Kerby)	0.965	0.950	312.345	18.309	26.173
	Snyder(Espey)	0.840	0.72	478.069	2.028	27.583
	Snyder(Tulsa)	0.962	0.944	298.469	10.647	26.154
	S C S	0.725	0.536	561.991	30.118	26.348
2002. 8.31	Clark(Kirpich)	0.611	0.383	299.123	54.576	36.133
	Clark(Kerby)	0.962	0.949	124.980	3.302	23.896
	Snyder(Espey)	0.552	0.312	425.735	282.451	19.619
	Snyder(Tulsa)	0.929	0.884	164.699	16.026	0.392
	S C S	0.884	0.801	217.286	20.808	0.337

8. 1 호우사상, 2000. 6. 26 호우사상 그리고 2002. 8. 6 호우사상에 대한 모의과정에서 미치는 영향을 분석하였다.

변수값인 하도폭과 조도계수는 미호천 대표단면의 자료를 사용하였고, 민감도 분석의 범위는 사용된 변수값을 기준으로 하여 각각 10%, 20%, 30%, 40%, 50%의 증감으로 설정하였다. 표 8은 하도 구간별 하도폭과 조도계수의 적용치를 나타낸 표이다.

민감도 분석 결과 하도폭의 경우 침투유량의 변화폭이 1.63% 이내였고, 조도계수의 경우 침투유량의 변화폭이 3.38% 이내였으며, 하도폭과 조도계수는 유출수문곡선에 미치는 영향이 하도폭과 조도계수의 변화폭에 비해서 크지 않음을 알 수 있었다. 그림 10은 하도폭과 조도계수의 변화율에 따른 침투유량곡선을 나타낸 것이다.

4.3 유역 도시화 정도의 지체시간에 따른 홍수유출해석

본 연구의 대상유역인 미호천 유역은 도시 개발 가능성이 있는 지역이므로 WMS 모형내에서 제공되고, 자연유역과 도시유역의 구분 및 도시화율을 고려할 수 있는 미공병단 Tulsa District 지체시간 산정공식을 적용하여 강우-유출량 비교 분석을 하였다.

유출모의 결과 자연유역 상태의 지체시간일 경우 실측치의 경향을 잘 나타내고 있다. 그림 11~15은 유역 도시화 정도의 지체시간에 따른 유출수문곡선을 나타내고 있고, 표 9은 유역 도시화 정도에 따른 Tulsa District 공식이고, 표 10은 침투유량과 침투유량 발생시간 비교를 나타낸 표이다.

표 8. 하도폭, 조도계수의 적용치

하도 구간	하도폭	조도계수
북일 - 석화	430.0 m	0.033001
옥산 - 석화	226.0 m	0.037091
청주 - 석화	331.0 m	0.035421

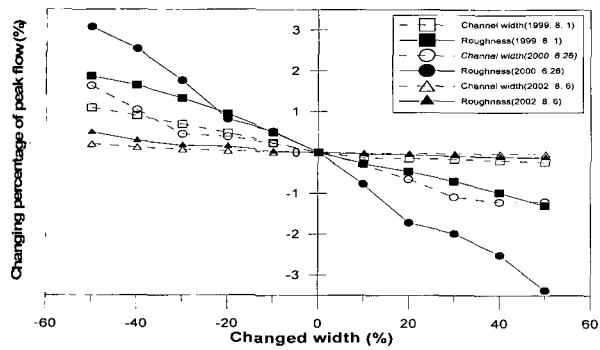


그림 10. 민감도 분석

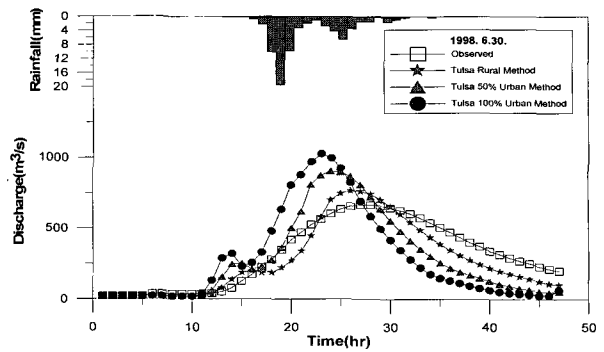


그림 11. 1998. 6. 30. 사상에 대한 유출수문곡선

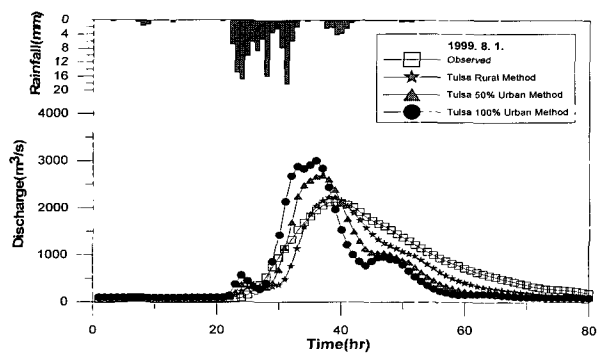


그림 12. 1999. 8. 1. 사상에 대한 유출수문곡선

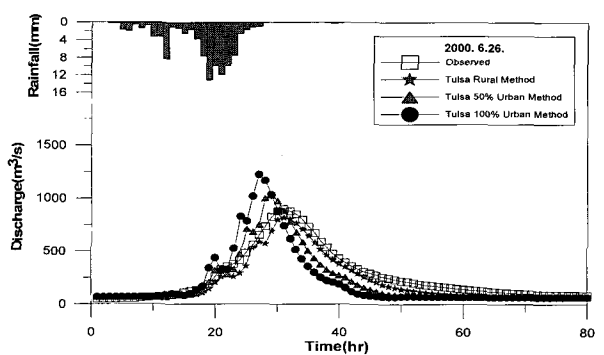


그림 13. 2000. 6. 26. 사상에 대한 유출수문곡선

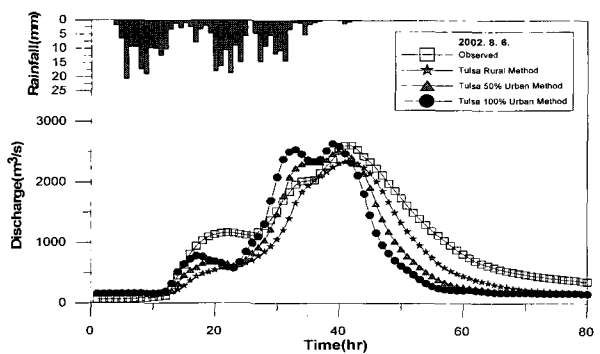


그림 14. 2002. 8. 6. 사상에 대한 유출수문곡선

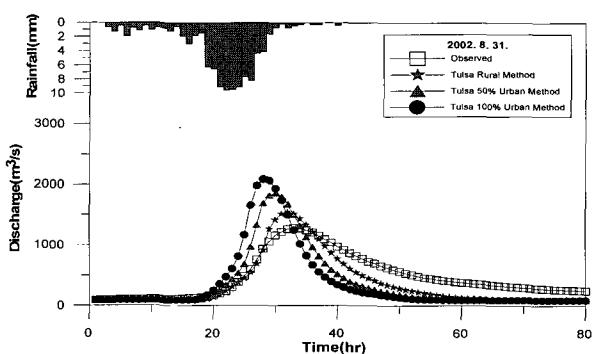


그림 15. 2002. 8. 31. 사상에 대한 유출수문곡선

표 9. Tulsa District 공식

적용공식	공식
Tulsa Rural Method	$T_{lag} = 1.42 \left(\frac{L \times L_{ca}}{\sqrt{S}} \right)^{0.39}$
Tulsa 50% Urban Method	$T_{lag} = 0.92 \left(\frac{L \times L_{ca}}{\sqrt{S}} \right)^{0.39}$
Tulsa 100% Urban Method	$T_{lag} = 0.59 \left(\frac{L \times L_{ca}}{\sqrt{S}} \right)^{0.39}$

표 10. 침투유량과 발생시간 비교

(unit : m³/s)

호우사상	적용 공식	침투유량	발생시간
1998. 6.30.	Observed	665.70	27 hr
	Rural Method	764.37	26 hr
	50% Urban Method	904.32	24 hr
	100% Urban Method	1026.78	23 hr
1999. 8. 1.	Observed	2129.87	39 hr
	Rural Method	2226.93	38 hr
	50% Urban Method	2695.21	37 hr
	100% Urban Method	3007.14	36 hr
2000. 6.26.	Observed	902.32	31 hr
	Rural Method	820.71	31 hr
	50% Urban Method	1028.94	29 hr
	100% Urban Method	1223.50	27 hr
2002. 8. 6.	Observed	2607.00	41 hr
	Rural Method	2329.44	41 hr
	50% Urban Method	2526.40	40 hr
	100% Urban Method	2641.25	39 hr
2002. 8.31.	Observed	1283.69	33 hr
	Rural Method	1538.60	32 hr
	50% Urban Method	1857.74	30 hr
	100% Urban Method	2079.29	28 hr

5. 결 론

본 연구에서는 금강홍수통제소의 홍수예경보 주요지점인 석화 수위관측소가 있는 미호천 유역을 대상유역으로 선정하였고, GIS 분석틀인 WMS를 이용하여 지형특성인자를 추출하였다. 추출된 지형특성인자를 입력 매개변수로 하여 내제된 HEC-1 모형에 적용하여 Clark, Snyder, SCS 합성단위도법에 따른 유출해석을 하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 선정된 호우사상에 대한 유출수문곡선의 침투유량, 침투유량 발생시간을 실측치와 모의치를 비교 분석한 결과 Clark(Kerby), Snyder (Tulsa) 방법이 다른 방법에 비해 양호한 결과를 얻었고, 통계 분석 결과도 Clark(Kerby), Snyder(Tulsa) 방법이 다른 방법에 비해 양호한 결과를 얻었다.
2. GIS 기법으로 산정되지 않는 하도폭과 조도계수에 대한 민감도 분석을 실시한 결과 하도폭의 경우 침투유량의 변화폭이 1.63% 이내이고, 조도계수의 경우 침투유량의 변화폭이 3.38% 이내이었다. 하도폭보다는 조도계수가 유출량에 다소 영향을 끼치지만, 전체적으로 하도폭과 조도계수는 유출수문곡선에 미치는 영향이 매개변수 변화폭에 비해서 크지 않음을 알 수 있다.

3. 미호천 유역은 청주 및 청원지역을 중심으로 도시개발 가능성이 있는 지역으므로 도시화 정도를 WMS 모형내에서 제공하는 Tulsa District 지체시간 산정공식을 이용하여 유출을 모의 분석한 결과 침투유량은 증가하였고 침투유량 발생시간은 감소하였다.

Tulsa 50% urban method는 호우사상에 대해 Tulsa rural method보다 침투유량은 8.46~25.37% 범위로 증가하였고, 침투유량 발생시간은 1~2시간 범위로 감소되는 것으로 나타났다.

Tulsa 100% urban method는 호우사상에 대해 Tulsa rural method보다 침투유량은 13.39~49.08% 범위로 증가하였고, 침투유량 발생시간은 2~4시간 범위로 감소되는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해서 미호천 유역의 강우-유출모의시 GIS 분석틀인 WMS의 적용성을 확인할 수 있었고, Tulsa District 지체시간 산정공식을 이용하여 도시화 정도에 따른 강우-유출변화를 볼 수 있었다. 추후 강우의 공간분포 형태나 SCS 유출곡선번호에 대한 실험적 연구가 수행된 상태에서 도시화 정도를 고려하여 강우-유출모의를 한다면 보다 정확한 도시화 정도에 따른 강우-유출분석이 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 금강홍수통제소 (1998, 1999, 2000, 2002). **금강홍수예경보**.
- 건설교통부 금강홍수통제소 (1996). **금강홍수예경보 시스템 개선**.
- 김경탁 (1998). GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 박사학위논문, 인하대학교.
- 김영호 (2003). GIS 기법을 이용한 보청천 유역의 유출 해석, 석사학위논문, 충북대학교.
- 김성준 (2003). WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위 관측소 상류유역의 수문 경년변화 분석, **한국수자원학회논문집**, 제36권 4호, pp. 609~621.
- 신사철 (1996). 분포형 강우-유출모형에 의한 유출해석, **한국수자원학회논문집**, 제29권 6호, pp. 131~139.
- 한국건설기술연구원 (1992). **수문모형 평가에 관한 연구**.
- 한국수자원학회 (2002). 제10회 수공학웍샵 교재.
- 함창학 (1996). 지형정보시스템을 이용한 수문지형정도 추출에 관한 기본적 연구, 석사학위논문, 충북대학교.
- Bhaskar, N. R., James, W. P., and Devulapalli, R. S. (1992). Hydrologic parameter estimation using geographic information system, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 118, No. 5, pp. 492~512.
- Brigham Young University-Engineering Computer Graphics Laboratory (1999). WMS v6.0 Reference Manual & Tutorials.
- Cruise, J. F. and Miller, R. L. (1993). Hydrologic modeling with remotely sensed databases, *Water Resources Bulletin*, Vol 29, No. 6, pp. 997~1002.
- Mayer, S. P., Salem, T. H., and Labadie, J. W. (1993). Geographic information system in urban storm water management, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 119, No. 2, pp. 206~398.

(논문번호:04-16/접수:2004.02.25/심사완료:2004.10.04)