

농촌유역의 도시화 진전에 따른 수문환경 변화

이미선 · 박근애 · 권형중 · 김성준*

건국대학교 지역건설환경공학과 대학원 · *건국대학교 사회환경시스템공학과 부교수

Assessment of Hydrological Impact by Long-Term Land Cover Changes due to Urbanization of Rural Area

Lee, Mi Seon · Park, Geun Ae · Kwon, Hyung Joong · Kim, Seong Joon*

Graduate School, Dept. of Rural Eng., Konkuk University

*Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental System Eng., Konkuk University

ABSTRACT : The purpose of this study is to evaluate the hydrological impact due to temporal land cover change by gradual urbanization of Anseong-cheon Gongdo watershed (371.8km²). Land covers of 1981, 1990, 2000 Landsat TM images were classified by maximum likelihood method. The watershed showed a trend that forest & paddy areas decreased about 33km² and 27km², respectively and urban area increased about 11km² during the periods. To identify the impact of streamflow due to urbanization, WMS HEC-1 was used. According to apply Huff's quartile storm events by changing land cover data, peak runoff discharge of each frequency rainfall (50, 100, 500 years) increased about 56, 36, 192m³/sec, respectively.

Key words : Huff's quartile method, Hydrological impact, Urbanization, WMS HEC-1

1. 서 론

산업발전에 따른 인간의 개발 활동에 의하여 자연적인 토지피복 뿐만 아니라 식생 및 토지이용 형태의 변화를 일으키게 되었다. 개발 목적으로 과거 농경지나 산림지역이 주거지 및 상업지역으로 그 이용이 변화되면서 토양침식의 증가는 물론이고, 불투수층이 증가로 인한 토양 저류 능의 감소와 강우로 인한 유출 도달시간의 감소로 인해 폭우에 의한 홍수 및 침수의 피해가 야기된다. 이러한 수문환경 변화를 분석하여 개발의 계획단계에서 적절한 하천의 관리나 개·보수에 대한 대책이 수립되어야 할 것이다.

최근 들어 GIS는 컴퓨터 과학기술의 발전으로 도형 자료에 의하여 관련정보를 효율적으로 관리, 분석하고자 하는 GIS 개발과 적용이 관련분야에서 활발히 진행되고 있다. 이러한 GIS는 공간적으로 분포되어 있는 유역의 데이터를 저장, 분석, 출력하는데 널리 이용되고

있으며, GIS의 중첩기능은 분포형 정보를 담고 있는 여러 장의 주제도를 결합하여 처리함으로써 수문, 수질의 분석에 적용되고 있다. 또한 RS는 위성영상의 공간적, 분광적 해상도의 다양화에 의해 현지측량이나 항공측량, 그 밖의 방법 등에 의한 것 보다 넓은 지역을 빠른 시간에 효율적으로 처리할 수 있게 되었고 주기적 데이터 획득에 의한 정보갱신과 수치화, 시계열 분석이 용이하다는 장점을 이용해 GIS와 함께 수문분석의 입력자료로서의 사용이 많아지고 있다.

토지피복 변화에 따른 수문환경 변화에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 김성준 등(2003)은 안성천 평택수위관측소 상류 유역에 대하여 WMS HEC-1 모형을 이용하여 토지피복별 변화에 대한 수문 경년변화를 분석한 바 있다. 특정 토이이용항목의 면적을 변화시켜 유출분석을 한 결과 논, 산림, 주거지의 순으로 유출에 미치는 영향이 큰 것으로 분석하였다. 권형중과 김성준(2003)은 안성천 유역에 대하여 TOPMODEL을 이용하여 홍수유출을 분석한 바 있으며, 임상준 등(2000)은 분당신도시 지구에 대하여 신도시 개발 전·후의 토지피복도를 위성영상으로부터 작성한 후, WMS모형을 이용

Corresponding author : Kim, Seong Joon

Tel : 02-450-3749

E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

하여 대상지구내의 3개의 소유역에 대한 침투유출시간과 침투유량을 산정하여 침투유출시간 및 침투유량이 증가한 결과를 도출한 바 있다. 강문성과 박승우(2000)은 다시기 Landsat TM 위성영상을 이용하여 1985년과 1993년의 토지피복도를 작성하고 Markov 과정을 이용하여 장래의 토지이용상태를 추정한 바 있다.

본 연구에서는 80년, 90년, 2000년의 각각의 토지피복도를 작성하여 경년별로 시간이 경과하면서 토지피복의 변화와 산림과 농경지가 개발로 인해 도시화됨에 따라 유출량을 비교하고자하였다. 공도 유역을 대상지로 RS 및 GIS를 활용하여 WMS HEC-1 모형의 입력자료를 구축하고, 1981년, 1990년, 2000년의 토지피복상태에 대하여 Huff 4분위 방법을 이용하여 50년, 100년, 500년 빈도별 강우량을 적용하여 수문환경변화를 분석하였다.

II. 연구방법 및 대상지역

1. 대상지구의 개요

경기도 안성시 용교에 위치하고 있는 공도 수위관측소를 유역출구로 하는 공도 유역을 대상유역으로 선정하였다. 공도수위관측소는 1996년 TM 자기수위계로 관측을 시작하였다. 본 연구지역의 유역면적은 371.8km²이며, 주하천의 유로연장은 30.66km이다<그림 1>. 행정구역상으로는 안성시와 천안시가 각각 62.5%, 28.5%를 차지하는 이 지역은 지난 10여년간 공단, 택지, 골프장 조성 등의 도시화에 따라 산림지역과 농경지가 감소하는 등 유역 내 토지이용의 변화가 꾸준히 진행된 지역이다.

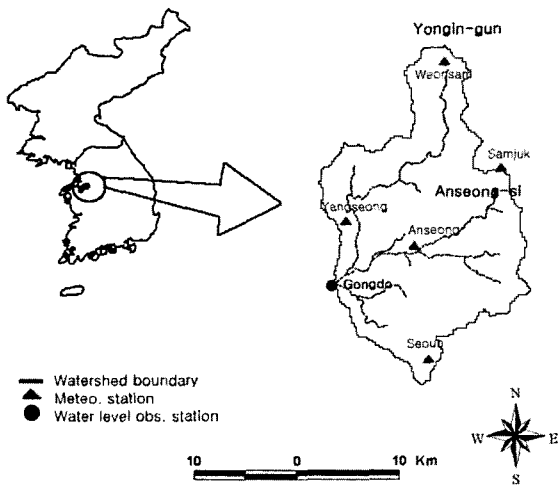


그림 1. 대상유역

표 1. 모형의 검보정을 위한 강우사상

Storm events	평균강우량 (mm)	지속시간 (hr)	최대강우강도 (mm/hr)
1998/8/08 - 1998/8/13	206.6	32	31.0
1999/8/02 - 1999/8/05	238.3	44	23.8
2000/8/23 - 2000/9/06	344.0	263	31.5
2000/9/12 - 2000/9/24	209.0	96	10.4
2001/7/29 - 2001/8/04	103.8	124	18.8
2003/8/19 - 2003/8/22	63.18	51	11.63

공도 유역은 건설교통부에서 설치한 5개의 기상관측소와 1개의 자기수위관측소가 설치되어 있으며, 모형의 적용성을 검토하기 위하여 총 6개의 강우사상에 대하여 시유량 및 시우량자료를 사용하였다.

2. 토지피복분류

공도 유역의 도시화 진전에 따른 수문환경 변화를 분석하기 위하여 1980년, 1990년, 2000년대 3개년의 영상을 선정하고자 하였다. 각 년도 영상은 구름의 양이 적고, 육안으로 판독이 가능하며 되도록 계절이 같으며 노이즈 현상이 적은 영상으로 선정하고자 하였으며 표 2와 같이 선정하였다.

영상을 이용한 토지피복분류도를 작성하기 위하여 위성영상 분석 소프트웨어인 IDRISI32를 사용하였다<그림 2>. 1990년 4월 26일의 Landsat-5 TM 영상을 환경부에서

표 2. 대상유역 영상자료

구분	날짜	센서	Path/Row
Landsat-2	1981년 7월 31일	MSS	125/34
Landsat-5	1990년 4월 26일	TM	116/34
Landsat-7	2000년 4월 29일	ETM+	116/34

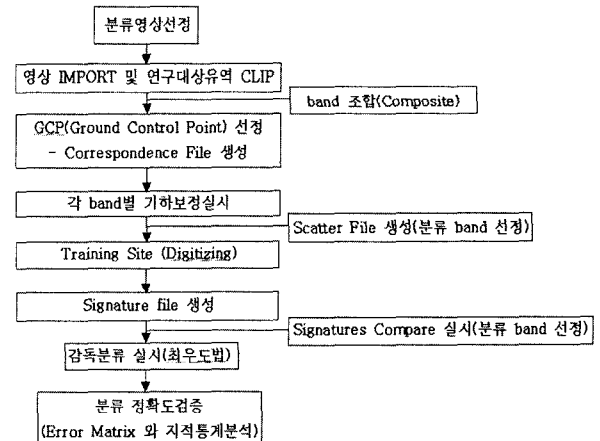


그림 2. 피복분류 순서도

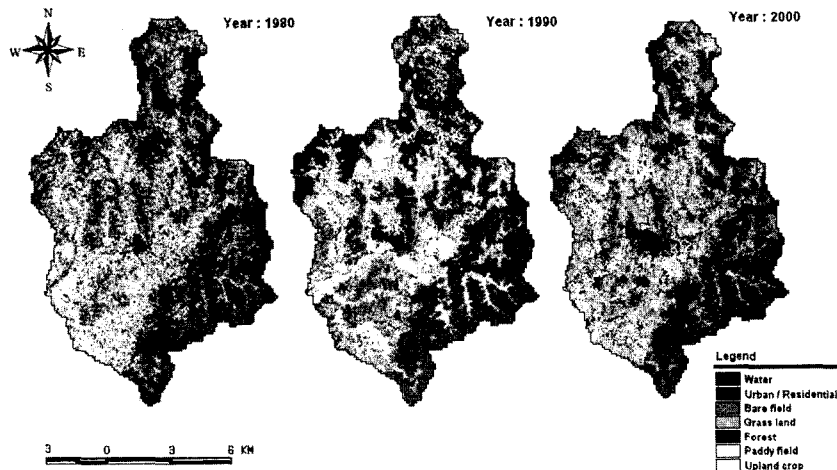


그림 3. 1980, 1990, 2000년 토지피복도

구축한 GCP(지상기준점)를 이용하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse Mercator)의 좌표체계로 기하보정 하였으며, 이 영상을 이용하여 남은 2개의 영상을 Image to Image 방법을 사용하여 같은 좌표체계로서 기하보정 하였다. 기하보정된 각 영상에 유역경계를 중첩한 결과 유역의 출구 및 산림에 의한 유역경계가 잘 일치하여 기하보정으로 인한 유출량 변화 분석의 오차는 배제하였다. 본 연구대상 지구는 대부분의 산림 및 논 지역과 농업용수 보급을 위한 중·소규모의 저수지가 산재하여 있으므로, 식생 형태, 생장, 함수량과 토양 함수량의 지표가 되는 4, 5번 밴드를 사용하였고, 수계 투과를 위해 디자인된 1번 밴드를 주로 사용하였다.

분류방법은 감독분류(Supervised Classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification) 두 가지 방법이 있다. 무감독 분류는 각 화소가 가진 분광특성으로서 최대 256가지의 분류 항목으로서 분류할 수 있는데, 같은 토지이용 상태라도 분광특성이 틀리면 다른 항목으로서 분류될 수 있다는 단점이 있다. 감독분류는 사용자가 기존의 중이지도나 다른 자료를 바탕으로 항목별로 훈련지역을 영상에서 획득하여 분류하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 과거의 여러 연구에서 증명되었고 일반적으로 더 높은 정확도를 가지고 있는 감독분류를 실시하였다.

본 연구에서 사용된 분류항목은 수문변화 분석에 사용되는 최소 항목인 산림, 경작지(논), 수계, 도시지역으로 분류하였으며, 각 항목별로 80~100여개의 훈련지역을 획득하였다. 이렇게 훈련지역을 획득하고 나면 분류 과정에 들어가는데 여러 가지 분류방법(minimum distance, parallel piped classifier 등)중 각 분류항목의 평균과 공분산을 이용하는 최대우도법(Gaussian Maximum Likelihood Method)을 실시하였다. 각 년도별로 피복분류를 실시한 결과는 그림 3과 같다.

표 3. 분류항목별 토지피복 변화량

(단위 : km²)

Items	Area (km ²)			Ratio of Area (%)		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
1. Water	3.8	3.8	4.2	1.0	1.0	1.1
2. Urban / Residential	9.1	14.3	20.4	2.4	3.8	5.5
3. Bare field	4.6	7.4	13.0	1.2	2.0	3.5
4. Grassland	6.8	22.0	59.3	1.8	5.9	15.9
5. Forest	180.3	179.4	146.9	48.5	48.3	39.5
6. Paddy field	114.5	110.4	87.3	30.8	29.7	23.5
7. Upland crop / Orchard	52.7	34.5	40.7	14.2	9.3	10.9
Total	371.8	371.8	371.8	100.0	100.0	100.0

위의 결과로서 각 분류항목별로 면적변화를 분석한 결과 산림지역이나 논지역이 산업개발로 인하여 택지로서 토지피복이 변화하였고, 그로 인하여 주거지는 1980년 9.1km²에서 2000년 20.4km²으로 급속도로 증가한 것을 알 수 있다. 또한 초지의 경우 1980년보다 2000년에 약 14% 증가하였다. 이는 골프장이 들어서면서 초지의 면적과 아직 개발 중인 곳은 나지로 분류되었기 때문에 나지의 면적도 증가하고 있는 추세이다<표 3>.

III. 수문모형의 적용

1. 강우-유출 모형

인간의 개발활동에 의한 도시화로 인하여 유역내의 토지이용이 변화하고, 주택지 등과 같은 불투수층이 증가하게 되며, 지형의 경사도가 달라지게 된다. 개발전후의 토지이용이나 지형변화는 홍수시에 발생하는 침투유량이나 총 유출량의 변화를 가져오게 된다. 그러므로 이러한 토지이용이나 지형 요소의 변화를 예측하여 이에

수반되는 수문환경의 변화정도를 계량화할 필요가 있다.

본 연구에서의 시범유역으로 채택한 안성천 유역의 홍수유출해석을 위하여 신뢰도, 적합도, 호환성, 및 적용사례 등의 기준으로 판단한 결과 WMS(Watershed Modeling System)v6.1을 선정하였다.

미육군 공병단(U.S. Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학 컴퓨터그래픽 연구실(Engineering Computer Graphics Laboratory, 1999)에 의해 개발된 WMS는 수문모델링을 위한 포괄적인 그래픽 사용자 환경을 제공해 주는 프로그램이다.

WMS는 수치고도데이터를 이용하여 형성된 불규칙 삼각망(Triangulated Irregular Networks, TINs)으로부터 유역도 및 소유역 경계선 등을 자동으로 그려주고 강우-유출 프로그램인 HEC-1, TR-20, 합리식(Rational Method) 및 NFF(National Flood Frequency Program)에 대한 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface, GUI)를 제공한다. 유역의 위상관계를 자동으로 나타내주고 강우-유출 모형의 매개변수는 사용하기 편리한 대화형 박스를 통해 입력이 가능하며 제공된 모든 강우-유출모형은 WMS안에서 직접 실행할 수 있고 결과 값 및 수문곡선 또한 같은 환경 안에서 출력된다.

본 연구에서는 개발전후의 수문환경변화를 분석하기 위해서 HEC-1 모형을 이용하여 유역의 지형특성인자만으로 모의 가능한 SCS 무차원단위도법을 적용, 침투유량과 침투유출시간을 추정하였다. 그림 4는 HEC-1 모형의 개념도를 나타내고 있다.

2. GIS 자료 구축

HEC-1모형의 매개변수를 결정하기 위해 필요한 자료는 지형자료, 토지이용도, 토양도 등이 있다. 본 연구에서 매개변수를 결정하기 위해 구축된 GIS 자료로는 DEM(수치고도모델), 토지이용도, 토양도 등이 있다. 정리하면 표 4와 같다.

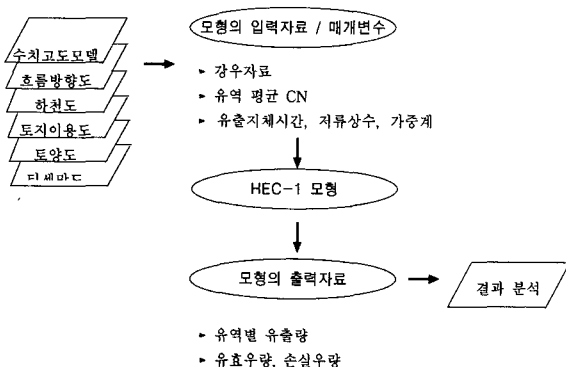


그림 4. HEC-1 모형의 구조

표 4. 분류항목별 토지피복 변화량

GIS 자료	구축	유출해석을 위한 추출자료
DEM	유역조사 구축자료 (30m DEM)	· 하천망 · 유역경계 · 지형특성인자 (면적, 경사, 고도 등)
토지이용도	위성영상 토지피복도	
토양도	농촌진흥청 구축자료 (1: 50,000 개략토양도)	· 유효강우량 산정 (SCS 방법)
우량 및 수위관측점	수자원종합정보 관측점 자료	· 유역 분할 · Thiessen

일반적으로 수치에 의하여 지형의 상태를 나타낸 자료를 통칭하여 DEM(Digital Elevation Model)라고 한다. 본 연구에서는 유역조사의 일환으로 남한전체의 1/5,000의 수치지도로부터 구축한 30m 간격의 DEM을 사용하였으며 이를 WMS에 적용을 위해 ARC/INFO를 사용하여 ASCII 파일로 구성하여 사용하였다<그림 5>. DEM 격자 크기에 따른 유역의 지형특성인자는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 30m의 크기의 격자로 재구성한 자료를 이용하였다<그림 6>. SCS 수문학적인 토양군을 획득하기 위하여 서울대 농공학과에서 제작한 농촌진흥청의 1:50,000 개략토양도를 재분류하여 수문학적인 토양군을 결정하였다. SCS 토양의 종류는 유출률, 투수성, 배수성 등에 따라 A, B, C, D 형으로 분류되고 그 결과는 그림 7과 같다.

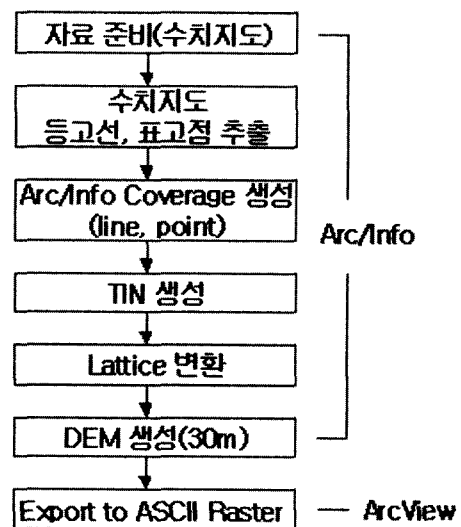


그림 5. DEM 생성과정

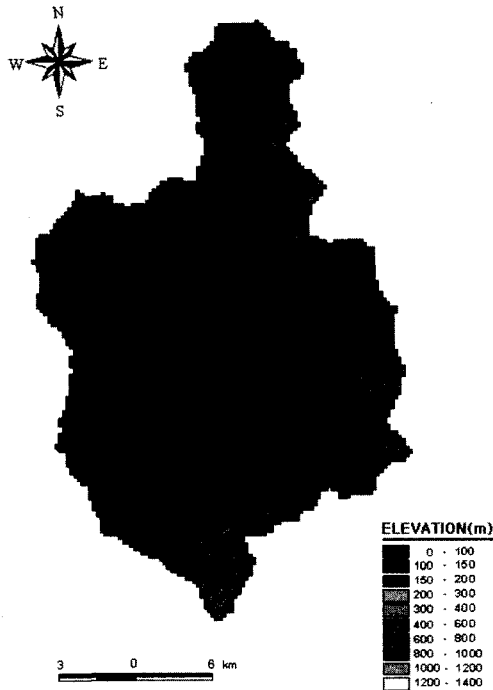


그림 6. DEM

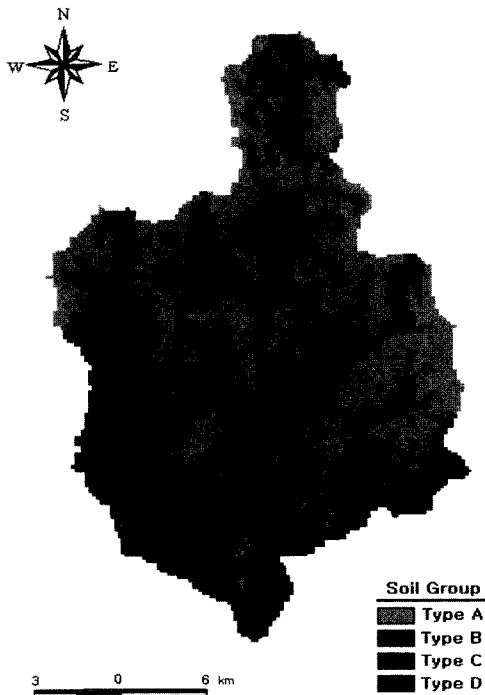


그림 7. 수문학적 토양도

3. CN값 산정

GIS를 이용하여 CN값을 산정할 때 필요로 하는 자료로서 토양도, 토지이용도 및 지형자료 등이 있다. 즉

표 5. SCS-CN (AMC-II) 값

토지이용 항목	수문학적 토양군			
	A	B	C	D
1. Water	100	100	100	100
2. Urban / Residential	57	72	81	86
3. Bare field	39	61	74	80
4. Grassland	6	35	70	79
5. Forest	25	55	70	77
6. Paddy field	78	78	78	78
7. Upland crop / Orchard	51	67	76	80

CN값의 산정에 있어서 토양의 종류, 토지이용상태, 식생피복의 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등은 중요한 인자가 된다.

WMS는 토양도 및 토지이용도, 유역도를 중첩함으로써 소유역별 SCS CN값을 계산하며, SCS CN값의 계산을 위한 토지이용 속성의 부여를 위해서 SCS의 토지이용도표(landuse table)를 제공한다. WMS 속성(attribute) 항목은 토지이용에 대한 속성 값을 SCS 토지이용도표와 일치시키기 위해 제공하고 있는 값이다<표 5>. 즉 GIS 프로그램에 의해서 구축된 토지이용도는 속성별로 구분된 면(polygon)에 SCS 토지이용도표에서의 속성 중 하나를 입력시켜서 WMS에 적용하게 된다.

또한, GIS를 이용할 경우에는 지형인자에 의해서 단위도 계산에 대한 매개변수가 결정된다. 단위도법의 매개변수를 계산하기 위한 공식으로는 여러 가지가 있으나 특정지역에 국한되지 않고, 일반적으로 알려져 있는 공식 중 WMS에서 지원이 가능한 것을 선택하였다.

4. 수문모형의 보정 및 검증

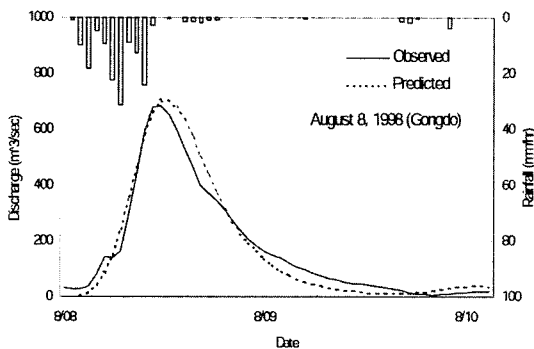
본 연구에서는 모형의 적용성을 검토하기 위하여 선정된 총 6개의 강우사상을 이용하여 공도 지점에서 모의를 실시하였고 적절한 매개변수 값을 추정하였다. 본 모형의 보정시 이용한 매개변수는 SCS 지체시간(lag time) 1개의 영향을 받는다.

표 6은 강우사상에 따른 매개변수에 대하여 정리한 표이며 그림 8은 공도 유역에서 보정된 매개변수를 가지고 HEC-1에서 구동하여 나온 결과치와 실측치를 비교한 그림과 매개변수 보정에 대한 검증을 실시한 결과이다.

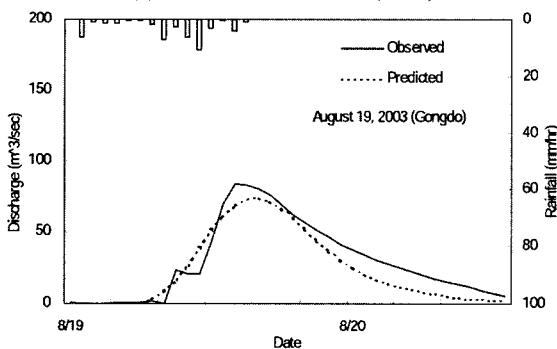
추정된 매개변수를 이용하여 1개의 강우사상에 대하여 검증을 실시하였으며 이를 표 6과 그림 8에 나타내었다.

표 6. 강우사상에 대한 매개변수 보정 및 검증 결과

Storm event	Rainfall (mm)	AMC	Parameters	Peak runoff (m ³ /s)		Total runoff (mm)		Peak runoff relative error (%)	Nash-Sutcliffe Model eff. (%)	비고
			Lag time (hr)	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.			
1998/8/08 1998/8/13	196.2	III	8.0	684	706.7	96.7	105.2	3.3	95.3	보정
1999/8/02 1999/8/05	228.2	II	7.8	557	562.7	114.5	96.7	1.0	94.3	
2000/8/23 2000/9/06	331.3	II	8.9	510	546.9	157.6	180.0	7.2	72.0	
2000/9/12 2000/9/24	211.6	II	9.2	209	208.6	108.1	84.3	0.2	86.1	
2001/7/29 2001/8/04	104.2	III	7.5	153	155.5	33.5	30.2	1.6	63.0	
2003/8/19 2003/8/22	63.2	III	8.3	83.6	73.8	13.1	12.6	11.7	91.3	검증
Mean	214.30		8.3	352.17	363.40	85.07	82.73	2.66	83.7	



(a) 1998/8/08-1998/8/13(보정)



(b) 2003/8/19-2003/8/22(검증)

그림 8. 공도수위관측소의 실측유출량과 모의유출량과의 비교

따라서 본 연구에서 강우의 시간적 분포를 이론적으로 고찰하기 위해 해당지역 강우의 통계적 특성을 고려한 Huff 4분위법(Huff's Quartile Method)을 이용하였다. Huff 4분위법은 기왕의 강우자료로부터 총 강우 지속시간을 4등분하여 첨두유량이 발생하는 시각으로 간주하여 각 분위별 통계적 특성을 적출하여 해당지역의 해당 분위 강우량의 분포식을 회귀분석에 의하여 구하고 이를 기준으로 설계강우를 강우지속시간 내에 분포시키는 방법이다. 4개의 그룹으로 분류된 강우를 시간적으로 무차원화 시키기 위하여 개개 강우의 누가지속 시간과의 이에 따른 강우량을 각각 백분율로 표시하고 이를 식 (1), (2)으로 나타내면 다음과 같다.

$$PT(i) = \frac{T(i)}{T_0} \times 100\% \quad (1)$$

$PT(i)$: 임의시간 $T(i)$ 에서의 강우지속시간 비
 $T(i)$: 강우시작 후 i 번째 시각의 경과시간
 T_0 : 총 강우지속시간
 i : 단위증분횟수

$$PR(i) = \frac{R(i)}{R_0} \times 100\% \quad (2)$$

$PR(i)$: 임의시간 $T(i)$ 에서의 강우량 비
 $R(i)$: 임의시간 $T(i)$ 에서의 누가우량
 R_0 : 지속시간 T_0 의 총 우량

공도 유역을 강우자료를 검토한 결과 채택한 강우지속시간 24시간은 표 7에서 2분위가 발생빈도가 가장

IV. 수문변환 분석

1. Huff 4단위도법을 이용한 유출량의 변화 분석

공도 유역의 도시화로 변함에 따른 토지변화에 의한 유출량을 추정하고자 하였다. 본 연구에서는 설계호우에서는 관측호우와 같이 시간적 분포를 고려해야한다.

표 7. Huff 분위별 강우발생 빈도

지속시간	1분위	2분위	3분위	4분위	합계
전기간	293(30)	268(27)	236(24)	179(18)	975
~6시간	110(38)	64(22)	55(19)	62(21)	291
7시간~12시간	92(32)	63(22)	76(26)	60(21)	291
13시간~18시간	36(22)	59(36)	37(23)	30(19)	162
19시간~24시간	17(20)	28(33)	27(32)	12(14)	84
25시간~	37(25)	54(37)	41(28)	15(10)	147
X > MEAN	92(25)	119(33)	104(29)	48(13)	363
X ≤ MEAN	200(33)	149(24)	132(22)	131(21)	612

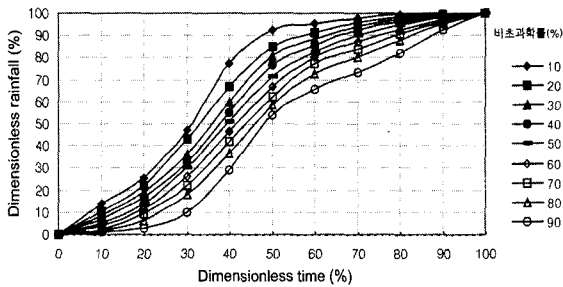


그림 9. 수원관측소의 2분위구간 강우사상에 대한 무차원누가곡선

표 8. 수원관측소 2분위 구간 무차원 누가 강우량의 백분율(%)

DUR PROB	비초과확률(%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10%	13.7	25.7	47.3	77.6	92.2	95.6	97.8	99.2	99.6	100.0
20%	10.6	22.1	43.3	65.6	84.6	91.3	95.7	98.1	99.3	100.0
30%	8.8	19.0	35.3	60.1	80.6	88.1	94.2	97.0	98.8	100.0
40%	5.7	15.7	32.4	55.4	77.0	85.6	92.4	95.0	98.5	100.0
50%	5.4	14.0	30.0	51.3	71.5	82.4	89.9	94.5	98.2	100.0
60%	4.1	11.4	25.3	45.3	65.9	80.3	87.4	92.7	97.1	100.0
70%	2.6	9.2	22.3	42.1	62.5	77.3	83.5	90.7	95.2	100.0
80%	1.7	5.2	18.0	35.7	59.0	72.6	80.0	87.8	95.3	100.0
90%	0.9	3.0	9.8	29.2	54.1	65.5	73.0	82.1	92.7	100.0

* 홍수지도제작(안성천 지역), 2003

높으므로 본 연구에서도 Huff 2분위를 채택하였으며 채택한 Huff 2분위에 대한 무차원 누가곡선은 그림 9와 같다.

유출량 분석을 위하여 50년, 100년, 500년 빈도별 강우량을 24시간 분포시켜 1980, 1990, 2000년도 토지 이용도 별로 분석한 결과 AMC-II일 때 100년빈도 유출량을 구한결과는 그림 10과 같다. 각 빈도별 첨두유출량을 표로 정리하면 표 9와 같다. 50년 빈도에서 500년 빈도로 갈수록 첨두유출량의 변화를 살펴보면 1980년도

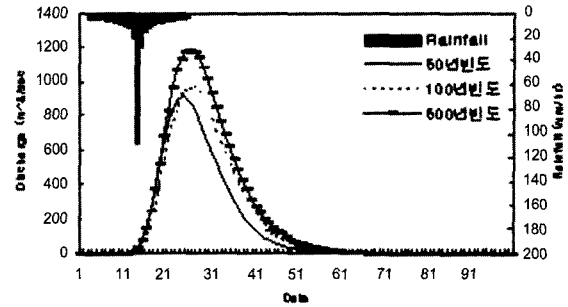


그림 10. 100년 빈도별 유출량

표 9. 도시화에 따른 홍수량의 변화

빈도별	50년빈도		100년빈도		500년빈도	
	강우량 (mm)	첨두유량 (m ³ /sec)	강우량 (mm)	첨두유량 (m ³ /sec)	강우량 (mm)	첨두유량 (m ³ /sec)
1980년		867.9		952.4		1007.3
1990년	313.6	909.2	345.3	967.1	390.7	1187.2
2000년		924.1		988.7		1199.5

에는 139.4m³/sec, 1990년도 278m³/s, 2000년도 275.4m³/s로 1980년도에 비해 시간이 경과할수록 첨두유량의 차이가 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 50년 빈도에 대하여 20년 동안의 첨두유출량은 56.2m³/sec 증가하였으며, 100년 빈도에 대하여는 36.3m³/sec, 500년 빈도에 대하여는 192.2m³/sec 증가하였다. 이는 산업화로 인하여 도심지와 나지가 증가하고 반면에 산림과 농경지의 면적이 줄어들어 저류시키는 능력이 떨어졌기 때문이라고 판단된다.

V. 요약 및 결론

유역의 토지피복분류 및 유출량을 산정하기 위하여, 공도 유역을 대상으로 1981년 7월 31일의 Landsat-2 MSS 영상, 1990년 4월 26일 Landsat-5 TM 영상, 2000년 4월 29일의 Landsat-7 ETM 영상을 영상의 전처리를 거친 후 7개의 분류 항목으로 최대우도분류방법을 이용하여 감독분류를 실시하였다. 도시화로 인한 유출량을 비교 분석하기 위하여 WMS내의 HEC-1 모형을 이용하여 수문모의를 하였고, Huff 4분위 방법을 이용하여 빈도별(50년, 100년, 500년)로 유출량 변화를 분석하였다. 본 연구의 결과를 다음과 같이 정리하였다.

1) 토지피복 분류결과 는 2.99%, 산림 17.28%가 감소하였고, 도시지역 3.1%, 나지 2.3%가 증가하였다. 산림 지역과 논지역은 산업개발로 인해 택지로 변화하여 감

소한 것으로 판단되며 반면 도심지와 나지는 산업화로 인하여 인구 증가에 따른 개발로 증가한 것으로 된다.

2) WMS 모형의 HEC-1을 이용하여 안성천 공도 유역을 대상으로 50년, 100년, 500년 빈도별 침투유량을 산정한 결과, 빈도가 증가함에 따라 침투유출량은 증가하는 경향을 보였으며, 50년 빈도에 대하여 20년 동안의 침투유출량은 56.2m³/sec 증가하였으며, 100년 빈도에 대하여는 36.3m³/sec, 500년 빈도에 대하여는 192.2 m³/sec 증가하였다.

3) 본 연구의 결과로 미루어 볼 때, 도시화로 인하여 유역의 침투유량이 증가하고 침투유출시간은 짧아지므로, 도시화 및 산업발전으로 인한 개발 계획 수립시 홍수로 인한 범람 및 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 하천정비 계획이 수반되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 과학기술부, 웹기반 홍수정보 시스템 Prototype 개발사업 과제의 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 강문성, 박승우, 2000, 다시기 위성영상을 이용한 소유역의 토지피복변화 평가, 농촌계획 6(2) : 50-58
2. 권형중, 김성준, 2003, TOPMODEL과 Muskingum 기법을 연계한 안성천 유역의 홍수유출 분석, 한국지리정보학회지 6(1) : 1-11
3. 김성준, 박근애, 정인균, 권형중, 2003, WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문경년변화 분석, 한국수자원학회논문집 36(4) : 609-621
4. 이미선, 2005, 위성영상과 수문모형을 이용한 태풍 RUSA 전·후의 수문변화 분석, 건국대학교 석사학위논문
5. 임상준, 박승우, 구지희, 2000, GIS와 위성영상을 이용한 신도시의 수문환경 평가, 한일농촌계획심포지움 발표논문집, 199-173.
6. 홍수지도제작(안성천 지역), 2003, 건설교통부 · 한국수자원공사, 135-193.
7. BOSS Int'l Inc., 1999, WMS : Watershed Modeling System, User's Manual.