

Landsat영상과 수문모형을 이용한 태풍 RUSA에 의한 수문영향 분석

Analysis of Hydrological Impact by Typhoon RUSA using Landsat Images and Hydrological Model

이 미 선* / 박 근 애* / 김 성 준**

Lee, Mi Seon / Park, Geun Ae / Kim, Seong Joon

Abstract

The purpose of this study is to evaluate hydrological impact by the land cover change of typhoon damage. For the typhoon RUSA (rainfall 1,402 mm) occurred in 2002 (August 31 ~ September 1), satellite images of Landsat 7 ETM+ of September 29, 2000 and Landsat 5 TM of September 11, 2002 were selected, and each land cover was classified for Namdae-cheon watershed 192.7km² located in the middle-eastern part of Korea Peninsula. SCS unit hydrograph for watershed runoff and Muskingum for streamflow routing of WMS HEC-1 was adopted. 30m resolution DEM & hydrological soil group using 1:50,000 soil map were prepared. The model was calibrated using three available data of storm events of 1985 to 1988 based on 1985 land cover condition. To predict the streamflow change by damaged land cover condition, rainfall of 50 years to 500 years frequency were generated using 2nd quantile of Huff method. The damaged land cover condition treated as bare soil surface increased streamflow of 50.1 m³/sec for 50 years rainfall frequency and 67.6 m³/sec for 500 years rainfall frequency based on AMC-I condition. There may be some speedy treatment by the government for the next coming typhoon damage.

keywords : Land cover, Damaged area, Huff's 4th quantiles method, Curve Number, WMS(Watershed Modeling System) HEC-1 model

요 지

본 연구의 목적은 태풍 피해로 인한 토지피복변화가 수문변화에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 2002년 8월 31일부터 9월 1일까지 발생한 태풍 루사(1,402mm)가 강릉 남대천 유역에 미친 영향을 파악하기 위하여 2000년 9월 29일 Landsat 7 ETM+ 영상(태풍 전)과 2002년 9월 11일 Landsat 5 TM영상(태풍 후)을 선정하여 각각 토지피복도를 작성하였다. 유역유출과 하도추적에 대해 WMS HEC-1의 SCS 무차원 단위도법과 Muskingum 법을 각각 적용하였고, 30m 해상도의 DEM과 수문학적 토양군 1:50,000 토양도를 사용하였다. 1985년의 토지피복을 바탕으로 1985년부터 1988년의 기간 중 사용가능한 3개의 강우사상을 선정하여 모형을 보정하였다. 피해지역에 대한 빈도별 유출량 변화를 분석하기 위하여 50년에서 500년까지 빈도별로 Huff 2분위 24시간지속 확률강우량을 생성하여 적용하였다. 태풍 후의 토지피복상태에서 피해지역의 지표피복이 나지로 변함에 따라 AMC-I에서 50년 빈도 강우에 대해 50.1 m³/sec

* 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 박사과정

Doctoral Student, Dept. of Rural Eng., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 부교수

Associate Professor, Dept. of Civil and Env. System Eng., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

Corresponding author. Tel: +82-2-450-3749

(e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

의 유출량이 증가하였고, 500년 빈도 강우에 대해서 67.6 m³/sec가 증가하였다. 향후 태풍피해 발생시 정부의 신속한 대처를 가능하게 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 피복변화, 피해지역, Huff 4분위법, CN, WMS HEC-1

1. 서 론

최근 들어 기상이변으로 인한 강력한 태풍이 빈번하게 발생하여 많은 인명과 재산 피해가 발생하고 있다. 특히 2002년 8월 31일~9월 1일 동안 강릉지역을 관통한 태풍 RUSA는 1,402 mm의 집중호우를 동반하여 역대 최대 강우기록을 갱신하였으며, 그 위력만큼이나 댐과 저수지가 붕괴되어 홍수와 및 산사태로 인한 토사유출로 인해 하류지역의 농경지 피해와 더불어 강릉시의 침수는 엄청난 재산과 인명 피해를 발생시켰다.

또한 2003년에 발생한 태풍 매미는 태풍 RUSA로 인하여 피해를 입은 취약지역들이 그대로 노출된 채 다시 한번 피해를 입는 결과를 초래하였다. 따라서 태풍에 의한 산림과 농경지의 피해면적 분포와 하천 복구계획 등 관련 정보를 수집하여 신속한 조사와 분석에 따른 복구가 이루어진다면 차기 재해에 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 판단된다.

과학기술의 발달과 함께 인공위성 영상을 이용하여 광범위한 지역에 발생한 각종 재해관리에도 많은 발전이 있어 왔다. 특히 태풍발생 전과 후의 자원탐사 위성 영상을 이용하여 산사태 발생지역과 농경지 피해지역을 파악할 수 있게 되었다. 이와 더불어 태풍에 의하여 피해를 입은 지역의 지형, 토지피복, 토양 등과 관련된 수치자료를 활용하면 재해지역의 원인분석뿐만 아니라, 수문학적인 변화 분석도 가능하게 되었다.

본 연구는 강릉 남대천 유역을 대상으로 태풍 RUSA 전후의 Landsat TM 위성영상을 이용하여 태풍에 의한 공간적인 피해지역을 파악하고, DEM, 하천, 토양의 공간정보를 입력 자료로 하는 GIS기반의 수문모형인 WMS (Watershed Modeling System) 모형을 이용하여, 태풍 후의 산사태와 침수지역의 지표피복 변화가 대상유역의 하천 유출량에 어떻게 영향을 미치는지를 분석하고자 한다.

2. 태풍 전·후의 토지이용변화 분석

2.1 대상유역 및 수문자료

강원도 강릉 남대천의 강릉 수위관측소를 유역출구로 하여 대상유역을 선정하였다 (그림 1). 강릉 남대천은 상류의 도마천과 왕산천이 합류되는 강릉 저수지를 시점으로 강릉 시내를 관통하여 동해로 유입되는 하천이며, 유역면적은 192.7 km², 유로연장 42.9 km이다. 강릉 남대천의 주요 지류인 섬석천은 강릉 남대천이 동해로 유입하는 하류지점에서 합류하며, 섬석천 상류에는 장현, 칠성, 동막 저수지가 있다. 2002년 8월 29일부터 9월 1일 사이에 발생한 태풍 RUSA의 영향으로 장현과 동막 저수지가 붕괴되어, 이로 인해 피해가 가중되었다.

남대천 유역은 건설교통부에서 설치한 1개의 자기수위관측소와 2개의 우량 관측소가 설치되어 있으나, 신뢰성 있는 시수위자료와 시우량자료의 습득에 어려움이 많았다. 표 1은 모형의 보정과 검증에 위하여 수집한 강우사상들을 정리한 것이다.

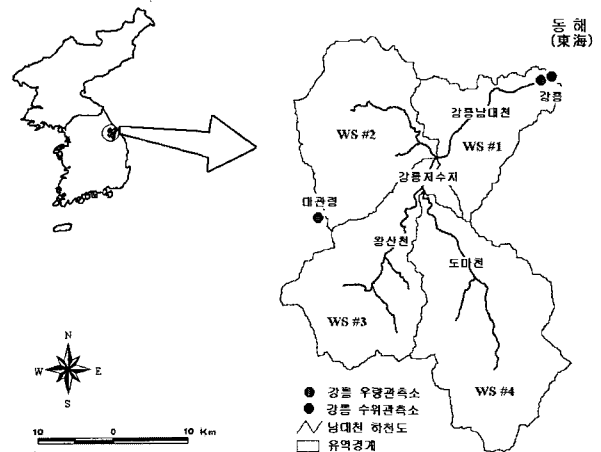


그림 1. 대상유역

표 1. 모형의 보정과 검증을 위하여 수집한 강우사상

강우사상	평균강우량 (mm)	지속시간 (hr)	최대강우강도 (mm/hr)	비고
1985/09/18 - 1985/09/20	64.1	38	8.5	보정
1987/08/29 - 1987/09/02	140.7	76	15.6	보정
1988/08/17 - 1988/08/21	52.0	92	7.5	보정
1999/09/23 - 1999/09/25	94.2	35	9.0	검증

2.2 영상선정 및 전처리

표 2는 모형의 보정과 검증 그리고 태풍 전후의 토지 피복 변화를 파악하기 위하여 선정한 Landsat 영상을 보여주고 있다. 모형의 보정을 위하여 선정된 강우사상들은 1985년~1988년 동안의 강우들이므로, 해당시기와 근접한 1985년의 영상을 선정하여 토지피복도를 작성하였다. 모형의 검증을 위한 강우사상은 1999년이므로, 이는 2000년의 영상을 준비하여 토지피복도를 작성하여 모형의 입력자료로 사용하였다.

태풍 전의 영상은 태풍 RUSA 직전의 양호한 영상이 없었고, 2001년의 비슷한 시기에도 분석을 위한 양호한 영상이 없어, 태풍 후의 영상과 계절적 시기가 같고 구름상태가 양호한 2000년 9월 29일의 영상을 선정하였다. 태풍으로 인한 피해분석을 위한 영상으로는 RUSA 발생 후 10일이 경과한 후의 구름량이 거의 없는 영상을 선정하였다.

영상의 전처리는 위성영상 분석 소프트웨어인 ERDAS IMAGINE 8.5를 사용하였으며, Image to Map 방법을 이용하여 Bessel 타원체, TM (Transverse Mercator)으로 기하보정을 실시하였다. 기하보정을 위한 GCP (Ground Control Point)는 도로의 교차점, 교량, 저수지 제방, 방파제 등을 선정하여 영상별로 10개의 지점을 선정하였고, 최근린 내삽법(nearest neighbor method)을 적용하여 재배열하였다. 1985년, 2000년, 2002년 영상에 대한 RMSE (Root Mean Square Error) 는 각각 0.62, 0.28, 0.32 pixel로 분석되었다.

2.3 토지피복 분류 및 피해지역 분석

토지피복 분류항목으로는 SCS CN의 분류항목을 고

려하여 산림, 논, 밭, 도시, 물, 나지, 초지의 7개로 구분하였다. 태풍 후의 영상은 피해 전의 산사태 피해지역과 토사유출로 뒤덮인 농경지 등이 식생이 피복된 상태에서 나지의 상태로 그 피해의 흔적이 뚜렷이 나타나고 있었으므로 이를 '피해지역'으로 분류항목으로 추가하여 분석을 실시하였다. 태풍에 의한 피해지역을 최대한 정확하게 추출하기 위하여 Tasseled Cap 변환계수(Crist, 1985)를 이용하여 식생에 대한 정보를 잘 반영하는 Brightness, Greenness, Moisture 지수밴드를 생성하여 토지피복 분류시의 밴드로 적용하였다. 토지피복을 위한 전체적인 밴드구성은 Brightness, Greenness, Moisture 세 개의 지수 밴드와 더불어 식생 반사의 녹색 피크를 통해 식생을 구별하는 2번 밴드, 식생형태, 생장, 함수량과 토양 함수량의 지표가 되는 4번 밴드, 식생과 토양의 수분 구별, 강가나 저수지 부분의 침수 등을 구분하는데 유용한 5번 밴드(Kojima, 2003) 등 총 6개의 밴드를 이용하였으며, 감독분류방법 중의 하나인 최대우도법(Maximum Likelihood Classification)을 적용하여 토지피복분류를 실시하였다.

그림 2~4는 영상획득 시기별로 토지피복분류를 실시한 결과이며, 표 3은 각 년도별 피복항목에 대한 면적을 산출하여 표로 정리한 것이다. 각 분류항목에 대한 정확도를 검증하기 위해 오차행렬을 작성하였다(표 4). 분류 항목별 정확도 결과 88.6 ~ 99.9%의 정확도를 보였으며, Kappa 계수는 0.84 ~ 0.99로 높은 정확도를 보이고 있음을 알 수 있다. 태풍 전과 후의 영상을 비교하여 태풍전의 식생 피복지역이 나지로 변화된 토사 피해지역의 면적을 산출한 결과 전체면적의 약 1.9 %인 3.6 km² 로 분석되었다.

표 2. 대상구역 Landsat 영상자료

RUSA 발생시기	구분	날짜	센서	Path/Row	구름량 (%)
2002년 8.31 ~ 9.1	모형보정용	1985년 10월 14일	TM	115/34	0
	태풍 전	2000년 09월 29일	ETM+	115/34	0
	태풍 후	2002년 09월 11일	TM	115/34	1

표 3. 토지피복분류 결과

분류항목	면적 (km ²)			면적비 (%)		
	1985 (모형보정용)	2000 (태풍 전)	2002 (태풍 후)	1985 (모형보정용)	2000 (태풍 전)	2002 (태풍 후)
Water	0.8	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3
Urban	1.8	6.4	7.4	0.9	3.3	3.8
Forest	162.6	159.6	156.8	84.3	82.8	81.3
Grass	1.8	0.8	2.4	0.9	0.4	1.2
Bare	0.3	1.0	3.4	0.2	0.5	1.8
Paddy	13.3	14.9	10.2	6.9	7.7	5.3
Upland	12.2	9.6	8.4	6.3	5.0	4.4
Damaged area	-	-	3.6	-	-	1.9
합계	192.8	192.8	192.8	100.0	100.0	100.0

표 4. 분류결과와 오차행렬에 의한 정확도 검증

날짜	정확도 (%)	Kappa 계수
1985년 10월 14일	88.6	0.84
2000년 9월 29일	99.0	0.97
2002년 9월 11일	99.9	0.99

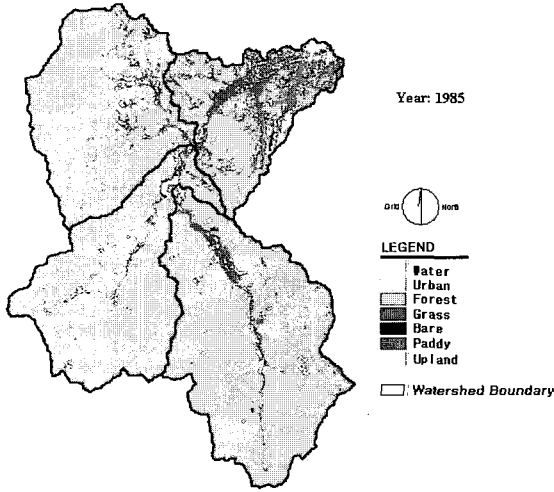


그림 2. 모형보정용 토지피복도 (1985)

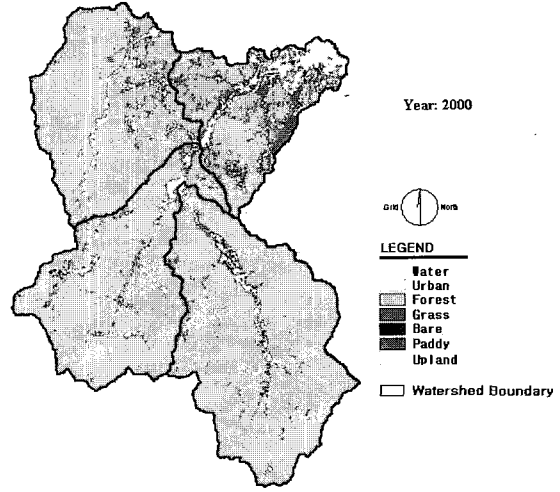


그림 3. 태풍 전 토지피복도 (2000)

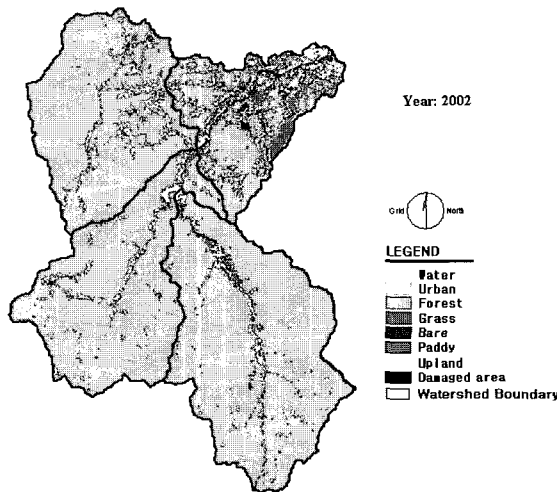


그림 4. 태풍 피해 후 토지피복도 (2002)

3. 수문모형의 적용

3.1 강우-유출 모형

WMS (Watershed Modeling System)는 미 육군 공병단(US Army Corps of Engineers)과 Brigham Young 대학의 공학 컴퓨터 그래픽 연구소(Engineering Computer Graphics Laboratory)가 개발한 포괄적인 수문분석 시스템이다. 이 시스템에는 HEC-1, TR-20, TR-55, CASC2D 등과 같은 여러 형태의 수문모형을 포함하고 있는데, 본 연구에서는 이들 수문모형 중 홍수유출 해석

에서 가장 많이 사용되고 있는 HEC-1 모형을 선택하였다. HEC-1모형은 유역의 수문, 하천의 수리를 고려하는 단일사상 강우-유출모형이다. 유출해석 시 유효강우량은 SCS CN 방법을 사용하였으며, 유역수문은 유역특성에 따라 SCS 무차원 단위도법과 Clark의 Kirpich공식을 사용하였으며, 유역분할에 의한 소유역간 하도홍수추적은 Muskingum방법을 이용하였다.

3.2 GIS 자료의 구축

DEM은 NGIS 1:5,000의 수치지도로부터 30 m 해상

도의 DEM을 구축하여 사용하였다 (그림 5). 대상유역의 유역경계와 하천망은 WMS TOPAZ (TOPographic PArameteriZation) 프로그램을 사용하여 추출하였으며, 총 4개의 소유역(WS 1, WS 2, WS 3, WS 4)으로 분할하였다. 분할한 소유역별 유역특성을 정리하면 표 5와 같다. 토양도는 농촌진흥청 물리과에서 제작한 개

략토양도(1:50,000)로부터 토양의 배수정도 속성을 사용하여 SCS 수문학적 토양군 A, B, C, D로 재분류하였다 (그림 6).

분류항목별 CN값은 표 6과 같으며, 태풍 전·후의 선행 토양함수조건(AMC)별로 구한 소유역별 CN값의 변화는 표 7과 같다.

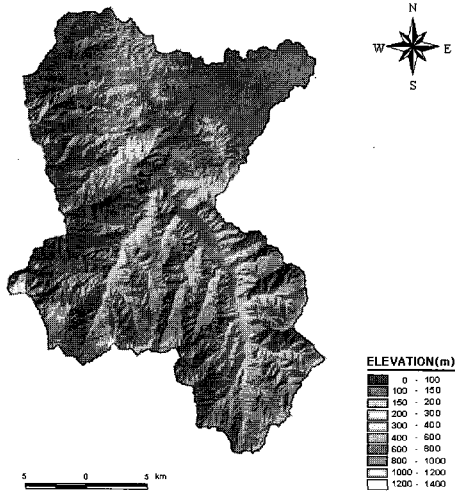


그림 5. 30m DEM

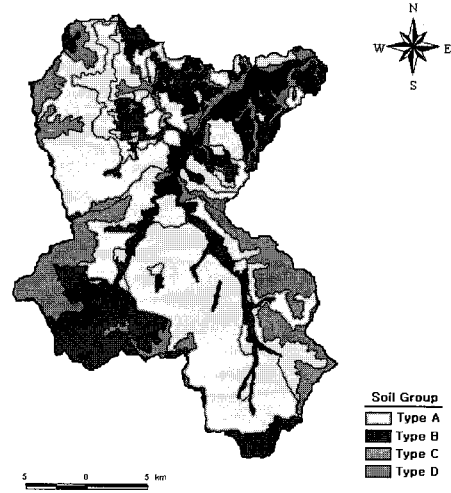


그림 6. 개략토양도(1:50,000)

표 5. 소유역별 유역특성

지형인자	WS #1	WS #2	WS #3	WS #4
면적 (km ²)	31.6	42.3	57.2	61.6
유역경사 (m/m)	0.199	0.378	0.467	0.486
유로연장 (km)	8.7	8.1	12.0	14.1

표 6. 토지피복별 CN값 (AMC-II)

CN 분류항목	수문학적 토양군			
	A	B	C	D
Water	100	100	100	100
Urban	77	85	90	92
Forest	45	66	77	88
Grass	30	58	71	78
Bare	68	79	86	89
Paddy	78	78	78	78
Upland	58	72	81	85
Damaged area	98	98	98	98

표 7. AMC 조건에 따른 소유역별 CN값

CN 소유역	태풍 전 (2000.9.29)			태풍 후 (2002.9.11)		
	AMC-I	AMC-II	AMC-III	AMC-I	AMC-II	AMC-III
WS 1	53.0	69.0	82.8	55.1	70.6	83.8
WS 2	39.6	57.3	74.1	39.9	57.5	74.2
WS 3	48.1	65.5	80.3	48.3	65.8	80.5
WS 4	41.4	58.8	58.8	41.7	59.0	75.2
평균	44.5	61.8	77.4	46.3	63.2	78.5

3.3 수문모형의 보정 및 검증

모형의 보정에 앞서 연구대상 지역에 가장 적합한 합성단위도법을 알아보려고 유출 해석시 주로 사용되는 SCS의 무차원단위도법, Clark 방법, Snyder 방법 등을 적용하였다. 적용결과 WS 2, WS 3, WS 4는 유역의 평균 경사도가 3~5 %로 이에 적합한 것으로 나타난 Clark 방법의 Kirpich 경험식을 채택하였고, 상대적으로 평야부에 위치해 있는 WS 1은 SCS 무차원단위도법을 채택하였다.

모형의 보정을 위한 매개변수로서 T_C (도달시간), R (저류상수), T_g (지체시간), Muskingum 하도추적방법의 인자인 저류상수 K 와 가중계수 x 에 대한 민감도 분석을 실시한 결과, 유출량 보정에 있어 민감한 인자로는 T_C 와 R 로 나타났다. 표 8은 각 강우사상별로 결정된 매개변수 값과 모형의 보정결과를 정리한 것이다. Nash-Sutcliffe (1970) 모형효율은 0.62~0.84의 범위를 보였다. 이 모형효율은 식 (1)과 같이 계산하여, 0에서 1의 범위 값을 가지며, 모형효율이 0이면 실측유출량의 평균을 모의한 것과 같은 의미를 가진다. 따라서 본 연구결과는 평균유출량을 사용하는 것보다 62~84 % 좋다는 것을 의미한다. 그림 7은 강우사상별로 실측유출량과 모의유출량을 비교한 것이다.

보정을 통하여 얻은 매개변수들의 평균값을 사용하여 1999/09/21~1999/09/25의 강우사상에 대하여 모형의 검증 실시하였다(표 9). 검증결과 침투유출량은 양호하

게 모의되었으나, 모의유출의 침투시간이 실측유출의 침투시간보다 약 4시간 늦게 모의되는 것으로 나타났다. 그러나 이는 그림 7에서 보는 바와 같이, 실측강우량에 대하여 실측유출곡선의 시작점을 보면, 실측유출곡선의 기록에 오류가 있었던 것으로 판단되며, 이를 감안하면 침투시간을 양호하게 모의한 것으로 판단된다.

$$E = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O}_i)^2} \right) \quad (1)$$

여기서, O_i 는 i 번째 관측치, P_i 는 i 번째 모의치, \bar{O}_i 는 관측치의 평균

4. 태풍 전·후의 수문변화 분석

4.1 Huff 4분위법을 이용한 유출량의 변화 분석

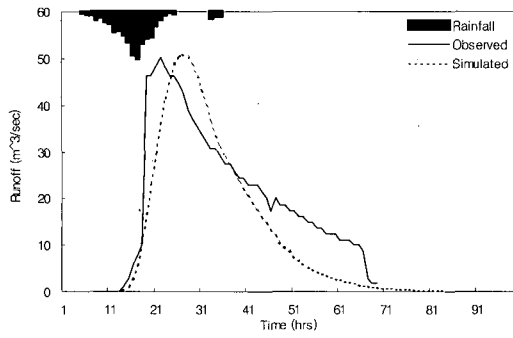
태풍 전·후의 토지피복 변화에 따른 유출량 변화를 분석하기 위하여 Huff 4분위법에 의한 빈도별 강우를 적용하였다. 본 연구에서는 건설교통부(2000)가 제시한 강릉관측소의 빈도별(50년, 100년, 300년, 500년) 24시간 지속 확률강우량을 선정한 후, Huff 4분위법을 이용하여 빈도별 강우를 분포시켰다. 강릉관측소 강우자료(1961~1998)에 대한 Huff 4분위 강우발생빈도(표 10)로부터 발생빈도가 가장 높은 2분위를 채택하였으며, 이에 대한 무차원 누가곡선은 그림 8과 같다.

표 8. 강우사상에 대한 매개변수 보정 결과

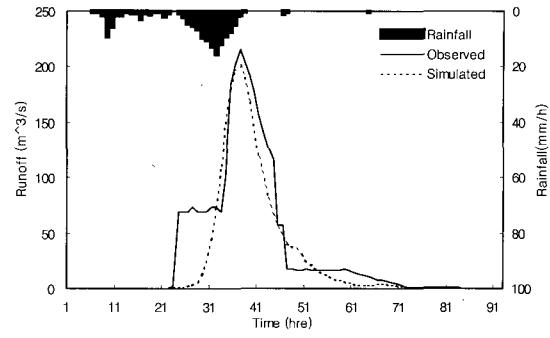
강우사상	유역명	강우량 (mm)	AMC	매개변수					침투유량 (m ³ /s)		총유출량 (mm)		상대오차	모델효율
				Tc	R	Tg	K	x	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.		
1985-09-18 1985-09-20	WS 1	64.1	III	4					50.1	50.9	27.2	21.9	1.7	0.81
	WS 2			5	4		4	0.2						
	WS 3			5	8		3	0.4						
	WS 4			7	10									
1987-08-29 1987-09-02	WS 1	140.7	II	5					216.1	200	63.7	49.0	7.5	0.84
	WS 2			3	1		0.5	0.2						
	WS 3			3	5		1	0.2						
	WS 4			5	7									
1988-08-17 1988-08-21	WS 1	52	III	4					38.4	38.9	11.6	11.8	1.4	0.62
	WS 2			4	1		1	0.2						
	WS 3			3	5		1	0.3						
	WS 4			5	7									
Mean	WS 1	85.6		4.3					101.53	96.6	34.17	27.57	3.5	0.76
	WS 2			4.0	2.0		1.8	0.2						
	WS 3			3.7	6.0		1.7	0.3						
	WS 4			5.7	8.0									

표 9. 강우사상에 대한 검증 결과

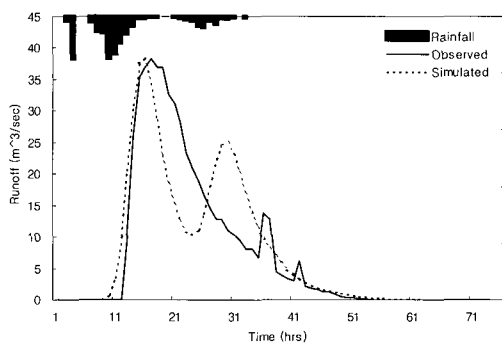
강우사상	강우량 (mm)	AMC	침투유량 (m ³ /s)		침투시간 (hr)		총유출량 (mm)		모델효율
			Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	
1999-09-21 1999-09-25	94.2	II	100.0	100.6	29	33	38.9	46.9	0.66



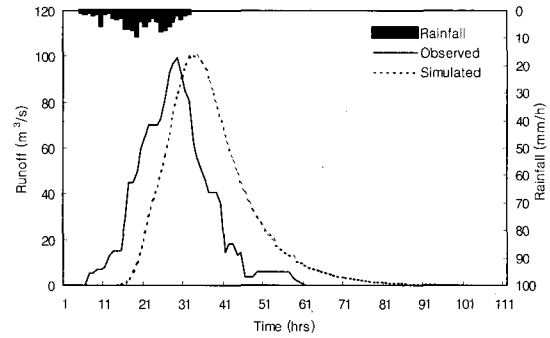
(a) 1985/09/18 ~ 1985/09/20 (보정)



(b) 1987/08/29 ~ 1987/09/02 (보정)



(c) 1988/08/17 ~ 1988/08/21 (보정)



(d) 1999/09/21 ~ 1999/09/25 (검증)

그림 7. 강우사상 보정과 검증

표 10. Huff 분위별 강우발생빈도 (강릉 관측소)

지속시간	1분위	2분위	3분위	4분위	합계
전기간	312(27)	331(29)	270(24)	228(20)	1,141
~ 6시간	103(29)	101(29)	74(21)	76(21)	354
7시간 ~ 12시간	94(31)	69(22)	70(23)	75(24)	308
13시간 ~ 18시간	53(29)	53(29)	40(22)	34(19)	180
19시간 ~ 24시간	23(23)	34(33)	30(29)	15(15)	102
25시간 ~	39(20)	74(38)	56(28)	28(14)	197
X > MEAN	80(20)	137(35)	123(31)	55(14)	395
X ≤ MEAN	232(31)	194(26)	147(20)	173(23)	746

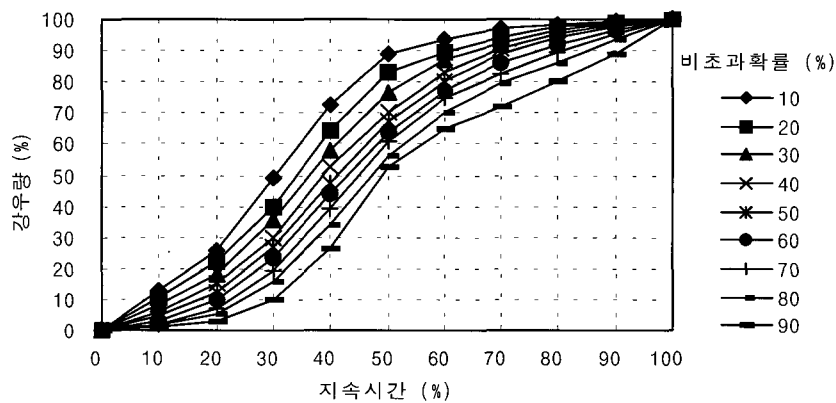


그림 8. 강릉관측소 Huff 2분위의 무차원 누가곡선

그림 8에서 확률 50% 비초과강우량 곡선을 적용하여 50년, 100년, 300년, 500년 빈도별 확률강우량을 24시간 분포시켜 AMC-I에서 태풍 전·후의 유출량 변화를 비교하면 그림 9~12와 같으며, 표 11은 각 AMC별로 유출량을 정리한 것이다.

표 11을 보면, 빈도를 증가시킬수록 첨두유출량이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 빈도를 증가시킬수록 태풍 후의 첨두유출량의 변화량을 보면 AMC-III에서는 차이가 없었고, AMC-I과 AMC-II에서는 증가

하였다. 이는 AMC-III 조건에서는 강우 초기에 토양 증으로 저류시킬 수 있는 능력이 거의 없기 때문에 태풍 피해지역의 CN값 변동만을 반영하여 유출이 모의되기 때문으로 생각된다. 한편 해당 빈도내에서는 AMC-I에서 AMC-III로 갈수록 첨두유출량은 증가하였으며, AMC-II, AMC-III보다 AMC-I에서 태풍 후의 첨두유출량의 변화량이 크게 증가하였다. 첨두유출의 변화량 측면에서는 빈도별 변화량보다는 AMC별 변화량이 더 민감한 것으로 나타났다.

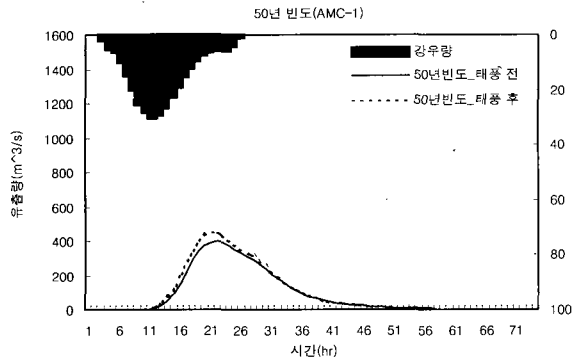


그림 9. 태풍 전·후 50년 빈도 유출량

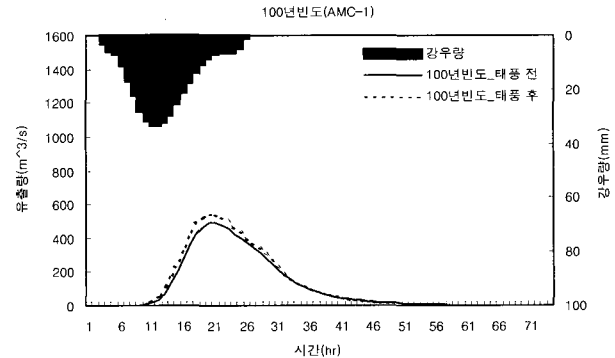


그림 10. 태풍 전·후 100년 빈도 유출량

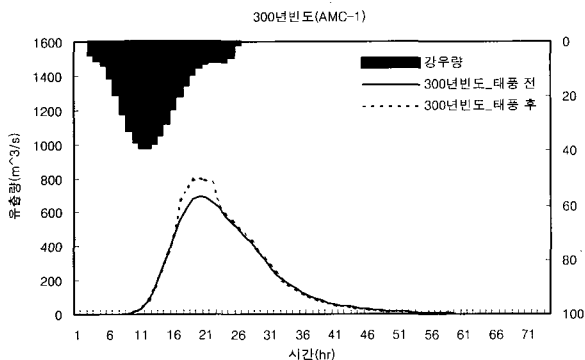


그림 11. 태풍 전·후 300년 빈도 유출량

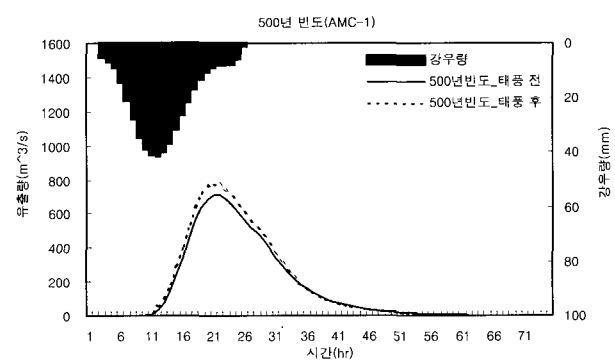


그림 12. 태풍 전·후 500년 빈도 유출량

표 11. 태풍 전·후의 빈도별 유출 비교

빈도	강우량 (mm)	AMC	첨두유출량 (m ³ /s)			총유출량 (mm)		
			전	후	차이	전	후	차이
50년	344.1	I	399.5	449.6	50.1	118.6	133.7	15.1
		II	663.4	696.8	33.4	198.1	208.8	10.7
		III	867.9	886.4	18.5	262.3	268.6	6.3
100년	383.1	I	489.2	545.9	56.7	145.6	162.4	16.7
		II	774.9	809.9	35.0	232.2	243.6	11.5
		III	988.7	1007.3	18.6	299.7	306.2	6.5
300년	444.7	I	694.8	765.3	70.5	206.6	221.1	14.5
		II	955.9	993.1	37.2	287.5	299.7	12.2
		III	1181.0	1199.5	18.5	359.3	366.1	6.8
500년	473.3	I	712.9	780.5	67.6	212.8	232.8	20.0
		II	1039.1	1078.8	39.7	313.6	326.2	12.6
		III	1269.0	1287.4	18.4	387.1	394.0	6.9

5. 결 론

본 연구는 강릉 남대천 유역을 대상유역으로 Landsat 위성영상을 이용하여 태풍 RUSA 전·후의 토지피복분류를 실시한 후, WMS HEC-1 강우-유출모형을 이용하여 태풍 전후의 토지피복 변화에 따른 하천유출량 변화를 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 태풍 전·후의 토지피복변화를 분석하기 위하여, 태풍 후의 영상에서는 “피해지역” 항목을 추가하여 Tasseled cap과 증적외 밴드를 이용하여 피해면적을 산출하였다. 산출결과, 전체면적의 1.9 %에 해당하는 약 3.6 km²의 토사 피해면적을 추출할 수 있었다. 분류 항목별 정확도 분석결과, 88.6~99.9 %의 정확도를 보였으며, Kappa 계수는 0.84~0.99의 정확도로 분석되었다.
2. 강릉 수위관측소를 유출구로 지정하여 4개의 소유역으로 분할하였고 3개의 산림지역 소유역은 Clark의 Kirpich 방법을 나머지 1개의 평야부 소유역은 SCS방법을 사용하였다. 3개의 강우사상을 선정하여 모형의 보정을 실시하였으며 Nash- Sutcliffe 모형의 효율은 62~84%의 범위를 보였다.
3. 토지피복변화에 따른 빈도별(50년, 80년, 100년, 300년, 500년) Huff 4분위법에 의한 24시간 지속

확률강우량을 적용한 결과, 해당 빈도내에서는 AMC-II, AMC-III보다 AMC-I에서 태풍 후의 침투유출량의 변화량이 크게 증가하였다. 빈도를 증가시킬수록 태풍 후의 침투유출량의 변화량이 AMC-III에서는 차이가 없었고, AMC-I과 AMC-II에서는 증가하였으나, AMC별 변화량보다는 빈도별 변화량이 덜 민감한 것으로 나타났다.

감사의 글

“이 논문은 2004학년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.”

참 고 문 헌

- Kojima, T. (2003). “Identification of Flood Disaster Area using Satellite Images on the South Korea Flood Disaster in 2002.” *한·일 홍수 세미나*, 한국수자원공사, pp. 23-28.
- Nash, J.E., and Sutcliffe, J.V. (1970). “River flow forecasting through conceptual model, Part I - A discussion of principles.” *Journal of Hydrology*, Vol. 10, pp. 283-290.

(논문번호:05-06/접수:2005.01.13/심사완료:2005.04.29)