

상류유역 개발에 따른 하류부 침수피해 영향 분석  
- 영산강 유역을 중심으로 -  
An effect analysis of the lower basin floods due to the upper stream  
development in Youngsan River

정재욱\* / 이재응\*\* / 김진영\*\*\* / 윤세익\*\*\*\*  
Jung, Jae Wook / Yi, Jae Eung / Kim, Jin Young / Yoon, Sei Eui

Abstract

This study is a preliminary study to analyze flood effects of the lower basin due to upper stream development in Youngsan River. Floods case study due to land development was investigated. It used a probable rainfall and it investigated the change of flood discharge of the Youngsan River. Three heavy rain which occur recently from the Youngsan River basin is selected and the runoff characteristics against the rainfall is analyzed. If the urbanization speed of present time is advanced quickly from the upper stream development in Youngsan River, peak flow of the Youngsan River middle downstream are augmented, peak time are shortened and the damage of the inundation will be added an extra weight. In addition, floods materials were collected to analyze floods characteristics, and an establishment of countermeasures for flood prevention was suggested for Youngsan River

**Key words** : Youngsan River basin, urbanization, peak flow, inundation damage

요지

본 연구에서는 영산강유역을 중심으로 상류유역 개발이 하류부 수해에 미치는 영향을 분석하였다. 확률강우량을 사용하여 영산강 유역의 도시화에 따른 하류부 홍수량의 변화 추이를 검토하였으며, 영산강 유역에서 최근에 발생했던 호우 중 세 개를 선정하여 강우에 대한 유출 특성을 분석하였다. 그 결과, 영산강 상류 지역에서 도시화가 현재의 속도대로 진행된다면 영산강 중·하류 지역의 침투홍수량이 증대되고, 침투유량 도달시간이 단축되어 침수 등의 피해가 가중될 여지가 있다고 판단된다. 영산강 유역 하류부 침수피해 최소화를 위한 수해자료 확보 및 방안을 제시하였다.

**핵심용어** : 영산강유역, 도시화, 침투홍수량, 침수피해

1. 서론

집중호우로 인해 발생하는 인명, 재산 및 각종 하천 시설물의 피해는 하천 인근의 상류유역 등이 개발되어 나감으로써 더욱 커지고 있다. 특히, 하류부 홍수피해 절감을 위한 각종 하천시설물과 홍수에경보 시스템 등의 홍수방어 시설 및 체계는 많은 인명과 재산피해를

줄이는데 크게 기여하였으나 홍수가 가진 잠재적인 파괴능에 비추어 볼 때 이로 인한 피해는 더욱 커질 것으로 예상된다.

최근 영산강 상류 유역에 위치한 광주, 장성, 담양 등의 급격한 도시화 및 지역개발로 인해 영산강 유역 중·하류부에 위치한 나주, 함평, 무안 등의 저지대에 침수되는 지역의 범위가 커지고 침수시간도 증가할 가능성이 점차 커지고 있다. 따라서, 영산강 유역 상·하

\* 정희원 · 부천대학 토목과 강사(jwj645@msn.com)

\*\* 정희원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수

\*\*\* 정희원 · 행정자치부 지역균형발전과장

\*\*\*\* 정희원 · 경기대학교 토목환경공학부 교수

류 지하체간의 홍수방어 능력을 검토할 필요가 있으며, 홍수에 대한 적절한 대비와 그 피해 규모의 감소를 위해 보다 합리적인 계획의 수립과 방재시설물의 설치 및 관리 등이 요구되고 있는 실정이다. 또한, 영산강 상류 유역의 개발에 따른 중·하류 수해 가중요인을 파악하여 이에 따른 대책을 수립하고 시행함으로써 재해를 최소화시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 영산강 유역 주요 홍수의 수리·수문학적 특성 분석을 통하여 영산강 유역내의 개발로 인한 하류부 침수피해의 최소화를 위한 방안 수립에 기본자료를 제공하고, 영산강 유역을 중심으로 개발 유역의 실태 및 침수피해 사례조사와 하류부 수해의 영향 등을 분석함으로써, 영산강 유역 하류부의 침수피해 최소화를 위한 방재적 관점에서의 수해자료 확보 및 지하체간 재해예방 대책 수립과정에서 발생하는 갈등 해소를 위한 기초방안 수립에 그 목적이 있다.

## 2. 영산강유역 수해가중요인

영산강유역의 수계도는 그림 1과 같다. 1982년 완공된 영산강 하구둑은 영산강 수원으로부터 137km 거리의 하구 지점에 하천을 가로질러 목포시와 영암군에 걸쳐 건설되어 있다.

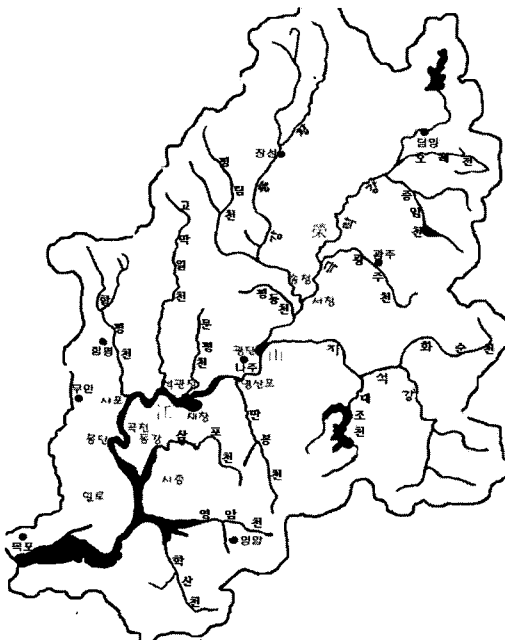


그림 1. 영산강 유역 수계도

영산강 하구둑은 관개용수의 공급을 주목적으로 하며, 여유가 있을 때는 생활용수 및 공업용수를 공급하도록 규정되어 있다. 영산강 하구둑은 담수호 규모가

유역 면적에 비해 큰 금강보다도 더 크다. 따라서 영산강 하구둑의 운영이 영산강 유역의 홍수 유출에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

영산강 유역의 수해 가중요인은 여러 가지 기상학적, 지형학적 그리고 수문학적 요인들이 복합적으로 작용하고 있지만, 영산강 상류유역에 위치하고 있는 광주광역시, 담양군, 장성군 등의 급격한 도시화도 수해의 한가지 원인으로 작용하고 있다. 즉, 도시화로 인하여 상당수의 투수지역이 불투수지역으로 변하게 된 것도 수해를 가중시키는 한가지 원인이 될 수 있다. 최근 1991년부터 1999년까지의 영산강 상류의 광주광역시, 담양군, 장성군 등의 인구와 토지이용도의 변화 양상을 살펴보면 인구는 광주가 약 15%나 증가하였다. 대지는 광주가 약 30%, 담양이 약 13%, 장성이 약 7% 증가하였고, 공장용지는 광주가 약 45%, 담양이 약 155%, 장성이 약 86% 증가하였으며, 도로는 광주가 약 28%, 담양이 약 19%, 장성이 약 38% 증가하여 불투수층의 면적이 상당히 증가하였음을 짐작할 수 있다. 반면에 논·밭의 면적은 광주가 약 11%, 담양이 약 10%, 장성이 약 10% 감소하였고, 밭의 면적은 광주가 약 9%, 담양이 약 2% 감소하여 투수가 가능한 지역의 면적은 오히려 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 도시화 이전과 동일한 강우가 발생하더라도 개발로 인하여 불투수지역이 증가하면 강우가 침투할 수 있는 공간이 줄어들고 유출량이 그만큼 증가하게 되어 침투홍수 도달시간도 상당히 단축된다. 이로 인하여 영산강 하류지역에서는 수위가 급격히 상승되며 제방범람도 자주 초래하여 침수피해가 발생할 수 있다.

또한 영산강 하구에 하구둑이 축조되어 있는데, 만일 만조시간이 되어 하구둑을 개방하지 못하는 시기에 상류로부터의 홍수량이 하류에 도달한다면, 하류지역의 침수피해를 가중시킬 수 있는 한 가지 원인이 될 수 있을 것이다. 영산강 하구둑의 배수효과도 나주 수위표 지점까지 미칠 것으로 예상되므로 침투홍수량과 중첩될 시 홍수피해를 가중시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 소유역별 자료수집

### 3.1 소유역 구분

기 수립된 관련계획상의 소유역별 구분을 살펴보면 수자원장기종합계획(한국수자원공사, 1990), 용수이용현황조사(한국수자원공사, 1993), 수자원개발가능지점 및 광역배분계획(건교부, 1996) 등으로 장기용수공급계획 측면과 유역종합개발계획 측면 그리고 방재종합대책 측면에서의 소유역 분할 등으로 구분되고 있다. 본 연

구에서는 이들을 종합적으로 고려하고, 수자원개발지점, 하천법상 주요 1차 지류, 댐 하류 주요 유출제어지점 등을 기준으로 영산강 유역을 10개 소유역으로 구분하였으며, 소유역 번호는 하도흐름에 대해 합류되는 지류 순으로 부여하였다(표 1.)

손실량을 산정하였다. '초기 및 고정 손실기법'이란 차단, 요면저류와 같은 손실을 초기손실로 가정하고 다른 모든 손실을 고정된 손실로 가정하는 방법이다. 영산강 유역의 각 소유역에서 초기손실은 표 2를 기준으로 산정하였으며, 고정손실은 미국토양보존국(U.S. Soil Conservation Service)의 자료(Urban Hydrology for Small Watersheds, 1986)를 참고하였다.

### 3.2 소유역별 손실량 추정

본 연구에서는 '초기 및 고정 손실기법'을 사용하여

표 1. 소유역 분할 및 면적

소유역 (NO.)	소유역 구간	소유역면적 (km <sup>2</sup> )	주요시·군
1	풍영정천 합류전	493.96	담양군, 장성군
2	풍영정천 합류후~황룡강합류전	238.40	광주광역시, 장성군
3	황룡강 유역	547.34	장성군, 담양군
4	황룡강합류후~지석천합류전	75.78	광주광역시
5	지석천 유역	619.59	나주시, 화순군
6	지석천합류후~고막원천합류전	376.18	나주시, 영암군
7	고막원천유역	218.99	나주시, 장성군, 함평군
8	고막원천합류후~함평천합류전	17.86	나주시, 함평군
9	함평천유역	186.97	무안군, 함평군
10	함평천합류후~하구	596.23	영암군, 무안군

표 2. 초기손실

	산지	평균	도시화 지역
초기손실	0.07	0.05	0.03

표 3. 영산강 유역의 소유역별 초기손실과 고정손실

소유역 번호	손실	
	초기손실 (cm)	고정손실 (cm/hr)
1	0.07	0.254
2	0.05	0.254
3	0.07	0.254
4	0.03	0.254
5	0.07	0.254
6	0.07	0.254
7	0.07	0.254
8	0.07	0.254
9	0.07	0.254
10	0.07	0.254

표 4. 영산강 유역의 소유역별 불투수 지역의 비율

소유역 번호	주요 시·군	1991년			1999년		
		Initial	Constant (cm/hr)	Impervious (%)	Initial	Constant (cm/hr)	Impervious (%)
1	담양군, 장성군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	6
2	광주광역시, 장성군	0.03	0.254	9.00	0.03	0.254	10
3	장성군, 담양군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	5
4	광주광역시	0.07	0.254	13.71	0.07	0.254	16
5	나주시, 화순군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	7
6	나주시, 영암군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	8
7	나주시, 장성군, 함평군	0.07	0.254	4.20	0.07	0.254	8
8	나주시, 함평군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	8
9	무안군, 함평군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	7
10	영암군, 무안군	0.07	0.254	4.25	0.07	0.254	7

표 5. 영산강 유역의 소유역별 SCS 단위도법의 계수

소유역 번호	유역면적(km <sup>2</sup> )	tlag(hr)
1	494.0	7.4
2	238.4	0.6
3	547.3	7.8
4	75.8	0.4
5	619.6	8.0
6	376.2	4.9
7	219.0	3.9
8	17.9	1.3
9	187.0	3.7
10	596.2	6.0

초기손실이 만족될 때까지 초과강우는 발생하지 않는다고 가정한다. 이 방법에 필요한 매개변수들은 초기손실과 고정손실이다. 영산강의 10개 소유역에 대한 초기손실과 고정손실은 표 3에, 영산강유역의 소유역별 불투수지역의 비율은 행정구역별 토지이용 현황(건교부, 1999)을 참조하여 표 4와 같이 산정하였다.

### 3.3 소유역별 초과강우-직접유출 산정

초과강우에서 직접유출을 산정하기 위해 SCS 단위도법을 사용하였으며, 영산강 10개 소유역에 대한 SCS 단위도법의 계수들은 표 5와 같다.

### 3.4 소유역별 기저유량 산정

감수곡선기법을 사용하여 기저유량을 산정하였다. 이 기법은 기저유량의 양과 시간이 강우사상에 의해 큰 영향을 받는 유역에 적합하다. 기저유량 기법에서 필요한 매개변수들은 초기유량, 첨두치에 대한 한계비율, 감수상수 등이 있다. 초기유량은 영산강 유역의 갈수기인 1월, 2월, 11월, 12월의 평균유량을 사용하였고, 첨두치에 대한 한계비율은 1988년 7월과 1990년 7월의 하천유량으로부터 산출하였다. 감수상수는 1997년 건설교통부에서 산정한 값을 사용하였다. 이들 매개변수 값들을 표 6과 같다.

표 6. 소유역별 기저유량 관련 자료

소유역	초기유량(m <sup>3</sup> /s)	침투치에 대한 한계비율(%)	감수상수
1	4.22	0.0785	0.98484
2	1.95	0.0785	0.98484
3	2.67	0.0785	0.98484
4	0.45	0.0785	0.98484
5	2.85	0.0785	0.98484
6	3.12	0.0785	0.98484
7	0.97	0.0785	0.98484
8	0.12	0.0785	0.98484
9	0.90	0.0785	0.98484
10	5.05	0.0785	0.98484

#### 4. 개발인자 변화에 대한 홍수량 비교 분석

##### 4.1 실제 강우에 대한 영산강 유역의 도시화 영향

영산강 유역의 개발 전·후 호우로 인한 영산강 하류 홍수량의 변화 추이를 검토하기 위하여 영산강 유역에서 최근에 발생했던 주요 호우 중 세 개를 선정하여 강우에 대한 유출 특성을 검토하였다. 선택된 호우 사상은 89년 7월 강우, 89년 8월 강우, 98년 9월 강우이며, 특히 89년 7월 광주와 목포지역에서 관측된 강우 현황을 그림 2~그림 3에 제시하였다(나주시, 1989). 이들 강우사상에 대하여 1991년과 1999년 토지이용 상태(건설교통부, 1999)와 이로부터 도시화가 더욱 진행되어 불투수층의 면적(공업지역+대지+기타지역의 1/3)이 광주광역시, 나주시, 목포시가 30%, 기타 지역이

20% 증가한다고 가정했을 경우에 대하여 유출 특성의 변화를 검토하였다. 도시화 가정시 영산강 유역 행정구역별 토지 이용도와 소유역별 매개변수들의 변화를 표 7과 표 8에 제시하였다. 분석을 위해서는 대규모 유역의 유출해석을 위해 널리 사용되는 HEC-HMS(U.S. Army Corps of Engineers, 1998)를 사용하였다. 영산강 유역은 유역면적이 약 3,521km<sup>2</sup>, 유로연장이 약 143 km로서 비교적 대하천 유역에 속하고, 유역 내에 산지, 농지, 도시 등이 다양하게 분포하고 있으므로, 이들 유역에서 발생하는 호우로 인한 홍수량의 변화를 분석하기 위해 HEC-HMS가 가장 적합하다고 판단되었다. HEC-HMS는 도시화에 따라 유역의 수문학적 거동 변화를 모의할 수 있으므로 본 연구의 목적에도 알맞은 것으로 판단된다.

1989년 7월 광주 강우관측소 강우 현황

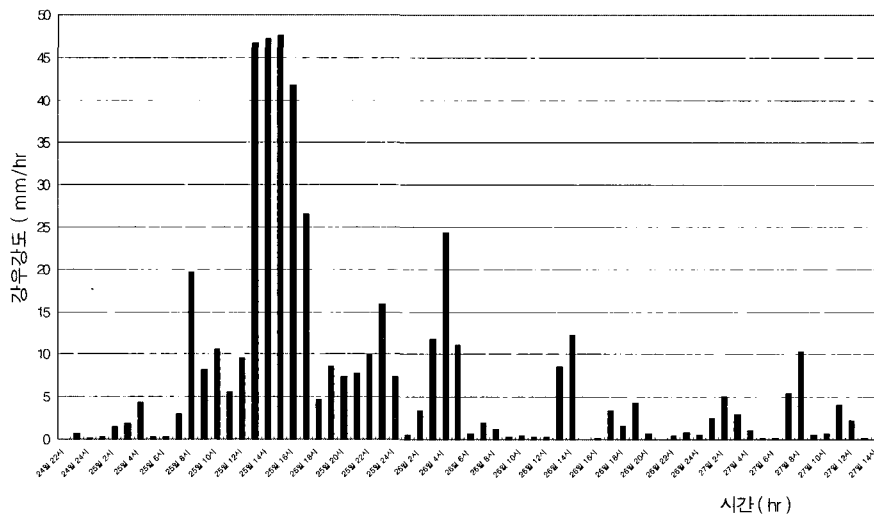


그림 2. 1989년 7월 광주 강우관측소 강우현황

1989년 7월 목포 강우관측소 강우 현황

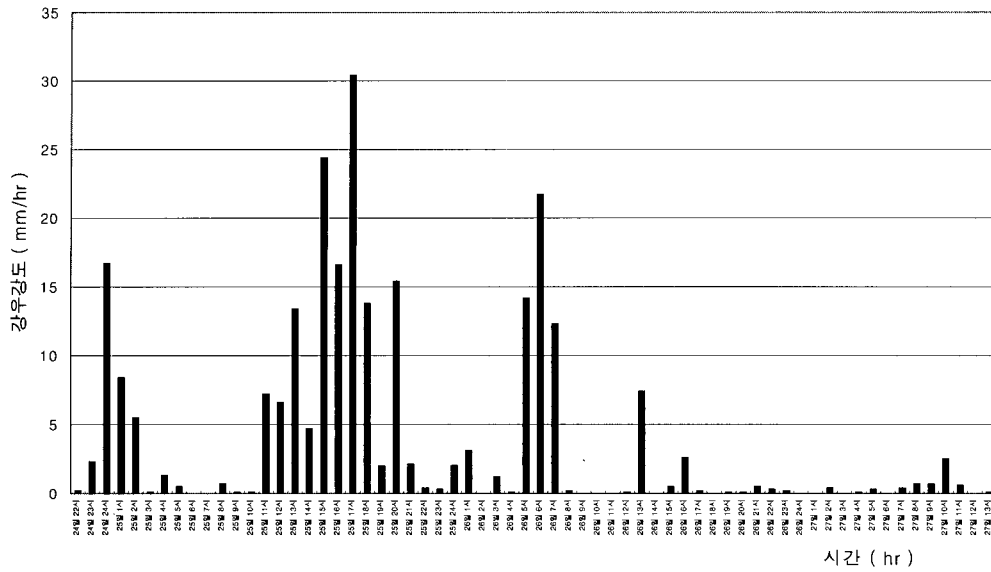


그림 3. 1989년 7월 목포 강우관측소 강우현황

표 7. 영산강 유역 행정구역별 토지 이용 (도시화 가정시)

행정구역	토지이용	1999년			도시화 가정 상태			
		투수층 합계	불투수층 합계	불투수층 비율(%)	투수층 합계	불투수층 증가율(%)	불투수층 합계	불투수층 비율(%)
광주광역시		422.1	79.3	15.8	398.3	30	103.0	20.6
전북	정읍시	3.9	0.3	7.6	3.8	20	0.4	9.1
전	목포시	3.1	1.3	29.0	2.7	30	1.7	37.7
	담양군	378.0	24.1	6.0	373.2	20	29.0	7.2
	화순군	442.4	19.5	4.2	438.5	20	23.4	5.1
	영암군	376.1	28.0	6.9	370.5	20	33.6	8.3
	무안군	146.9	12.4	7.9	144.4	20	15.0	9.4
	함평군	288.8	20.2	6.6	284.8	20	24.3	7.9
남	영광군	2.1	0.1	6.3	2.1	20	0.2	7.5
	나주시	548.6	55.2	9.6	532.0	30	71.8	11.9
	장성군	490.3	28.4	5.5	484.6	20	34.1	6.6
계								

HEC-HMS에 의한 분석 결과는 표 9에 나타냈으며, 그 중 지석천 합류점에서의 홍수량 산정결과는 그림 4~그림 5에 제시하였다. 표 9에서 볼 수 있듯이 1989년 7월의 강우에 대하여 1991년 나주의 침투유량은 4,310m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 만일 동일한 강우가 1999년 발생했다면 침투유량은 5,461m<sup>3</sup>/sec로 약 27% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 6,524m<sup>3</sup>/sec로 약 51% 증가하는 것으로 분석되었다. 1991년 함평의 침투유량은

381m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1998년 발생했다면 침투유량은 427m<sup>3</sup>/sec로 약 12% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 453m<sup>3</sup>/sec로 약 19% 증가하는 것으로 분석되었다. 1991년 무안의 침투유량은 476m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1999년 발생했다면 침투유량은 534m<sup>3</sup>/sec로 약 12% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 566m<sup>3</sup>/sec로 약 19% 증가하는 것으로 분석되었다.

표 8. 소유역별 매개변수 (도시화 가정시)

소유역 번호	주요 시·군	유역면적 (km <sup>2</sup> )	Initial	Constant (cm/hr)	Impervious (%)
1	담양군, 장성군	494.0	0.05 (평균)	C (0.254)	7
2	광주광역시, 장성군	238.4	0.03 (도시화)	C (0.254)	15
3	장성군, 담양군	547.3	0.05 (평균)	C (0.254)	7
4	광주광역시	75.8	0.03 (도시화)	C (0.254)	21
5	나주시, 화순군	619.6	0.05 (평균)	C (0.254)	9
6	나주시, 영암군	376.2	0.03 (도시화)	C (0.254)	10
7	나주시, 장성군, 함평군	219.0	0.05 (평균)	C (0.254)	9
8	나주시, 함평군	17.9	0.05 (평균)	C (0.254)	9
9	무안군, 함평군	187.0	0.05 (평균)	C (0.254)	8
10	영암군, 무안군	596.2	0.05 (평균)	C (0.254)	9
계		3,371.4			

표 9. 실제 강우에 대한 영산강 유역의 도시화 영향 분석

		1989년 7월 강우		1989년 8월 강우		1998년 9월 강우	
		첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두유량 발생시간	첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두유량 발생시간	첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두유량 발생시간
1991년 상황	함 평	381	7월25일 19시	156	8월22일 14시	440	9월30일 06시
	나 주	4,310	7월25일 19시	2,403	8월22일 20시	3,504	9월30일 15시
	무 안	476	7월25일 20시	195	8월22일 15시	550	9월30일 07시
1999년 상황	함 평	427	7월25일 18시	191	8월22일 13시	487	9월30일 05시
	나 주	5,461	7월25일 19시	3,097	8월22일 19시	3,773	9월30일 17시
	무 안	534	7월25일 19시	239	8월22일 14시	609	9월30일 06시
도시화 진행후	함 평	453	7월25일 18시	214	8월22일 13시	528	9월30일 05시
	나 주	6,524	7월25일 18시	3,660	8월22일 18시	4,245	9월30일 07시
	무 안	566	7월25일 19시	267	8월22일 14시	660	9월30일 06시

1989년 8월의 강우에 대하여 1991년 나주의 첨두유량은 2,403m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 만일 동일한 강우가 1999년 발생했다면 첨두유량은 3,097m<sup>3</sup>/sec로 약 29% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 3,660m<sup>3</sup>/sec로 약 52% 증가하는 것으로 분석되었다. 1991년 함평의 첨두유량은 156m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1999년 발생했다면 첨두유량은 191m<sup>3</sup>/sec로 약 22% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 214m<sup>3</sup>/sec로 약 37% 증가하는

것으로 분석되었다. 1991년 무안의 첨두유량은 195m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1999년 발생했다면 첨두유량은 239m<sup>3</sup>/sec로 약 23% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 267m<sup>3</sup>/sec로 약 37% 증가하는 것으로 분석되었다.

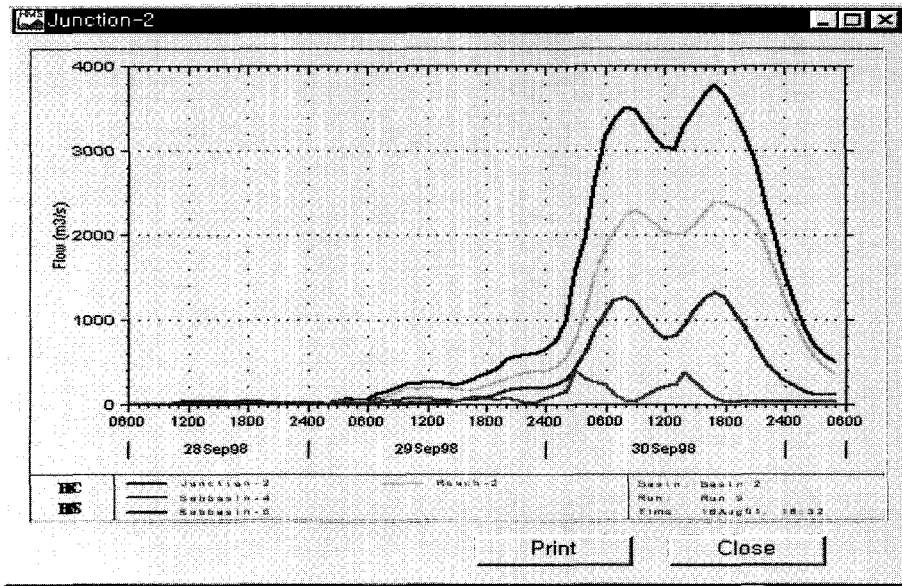


그림 4. 1998년 9월 강우사상, 1999년 상황에서 지석천 합류점의 홍수량

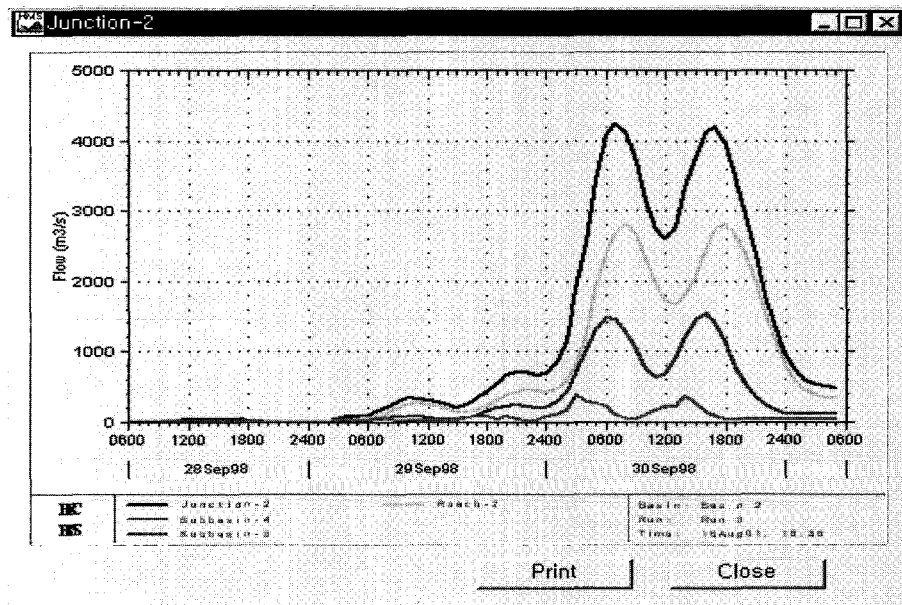


그림 5. 1998년 9월 강우사상, 도시화 상황에서 지석천 합류점의 홍수량

1998년 9월의 강우에 대하여 1991년 나주의 침투유량은 3,504m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 만일 동일한 강우가 1999년 발생했다면 침투유량은 3,773m<sup>3</sup>/sec로 약 8% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 4,245m<sup>3</sup>/sec로 약 21% 증가하는 것으로 분석되었다. 1991년 함평의 침투유량은 440m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1999년 발생했다면 침투유량은 487m<sup>3</sup>/sec로 약 11% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 528m<sup>3</sup>/sec로 약 20% 증가하는 것으로 분석되었다. 1991년 무안의 침투유량은 550m<sup>3</sup>/sec 이었는데, 동일한 강우가 1999년 발생했다면 침투유량은 609m<sup>3</sup>/sec로 약 11% 증가하고, 도시화가 더욱 진척된다면 660m<sup>3</sup>/sec로 약 20% 증가하는 것으로 분

석되었다.

1989년 8월 강우사상의 경우, 함평이나 무안에 비하여 나주의 침투유량의 증가비율이 큰 이유는 첫째, 나주의 상류에 위치한 광주에서 거의 500년 빈도에 달하는 막대한 강우가 발생하였으며, 둘째, 함평이나 무안의 상류에 큰 도시가 존재하지 않고, 함평과 무안 자체의 도시화 비율이 광주에 비해 높지 않기 때문이며, 셋째, 나주는 영산강 본류에 위치하여 상류의 광주, 담양, 장성 도시화의 영향을 직접 받으며, 나주는 함평과 무안에 비해서 도시화가 더 진척되었기 때문인 것으로 판단된다. 침투유량 발생시간도 도시화가 진척됨에 따라 다소 단축되는 것을 확인할 수 있다.



1989년 8월의 강우와 1998년 9월의 강우에 대해서도 유사한 성향을 보이고 있다. 단지 1998년 9월 강우의 경우 나주에서 침투유량 발생시간이 1991년의 상황보다 1999년의 상황에서 더 지체되는 경우를 볼 수 있는데, 이는 그림 4에서 볼 수 있듯이, 유출량이 쌍봉 형태를 띄면서 뒤쪽 봉우리의 침투치가 앞 봉우리의 침투치보다 약간 커졌기 때문인 것으로 판단된다. 이상의 결과를 고려할 때 영산강 상류의 지역에서 도시화가 현재의 속도대로 진행된다면 영산강 중·하류 지역의 침투홍수량이 증대되고, 침투유량 도달시간이 단축되어 침수 등의 피해가 가중될 여지가 있다고 판단된다.

**4.2 확률강우에 대한 영산강 유역의 도시화 영향**  
 영산강 유역의 개발 전·후 호우로 인한 영산강 하

류 홍수량의 변화 추이를 검토하기 위하여 영산강 유역의 확률강우 자료를 사용하였다(건설교통부, 2000).

강우의 발생빈도로는 100년과 200년 빈도를 사용하였고, 강우의 지속기간으로는 1시간과 2시간을 사용하였다. 또한 설계강우의 시간적 분포로는 그림 6과 같이 많은 분포형태가 있으나 국내에서 널리 사용되고 있는 Huff-2 분포를 사용하였다.

이상과 같이 구한 해남 강우관측소에서의 100년 빈도 120분 지속기간 강우, 광주 강우관측소의 100년 빈도 60분 지속기간 강우, 목포 강우관측소의 200년 빈도 120분 지속기간 강우, 장흥 강우관측소의 200년 빈도 60분 지속기간 강우에 대한 각각의 강우주상도를 그림 7 ~ 그림 10에 도시하였다.

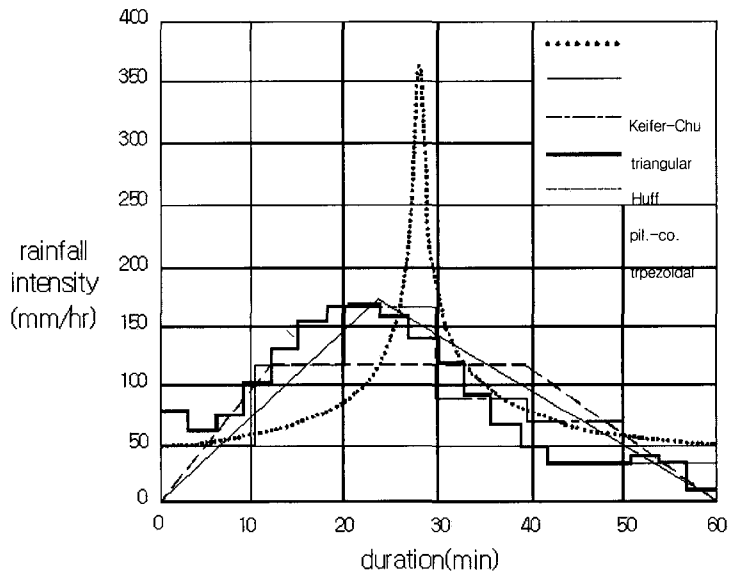


그림 6. 1시간 설계강우의 시간분포 비교

100년 빈도 120분 지속기간 해남관측소 강우량 현황

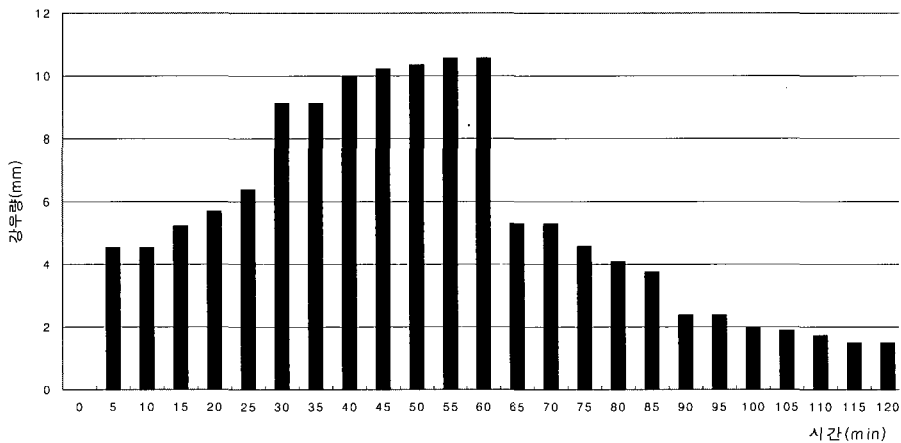


그림 7. 해남 강우관측소에서의 100년 빈도 120분 지속기간 확률강우

100년 빈도 60분 지속기간 광주관측소 강우량 현황

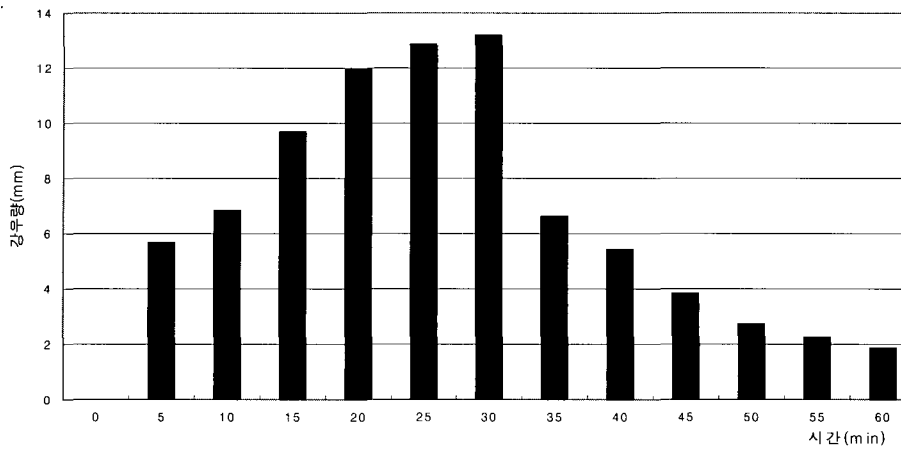


그림 8. 광주 강우관측소의 100년 빈도 60분 지속기간 확률강우

200년 빈도 120분 지속기간 목포관측소 강우량 현황

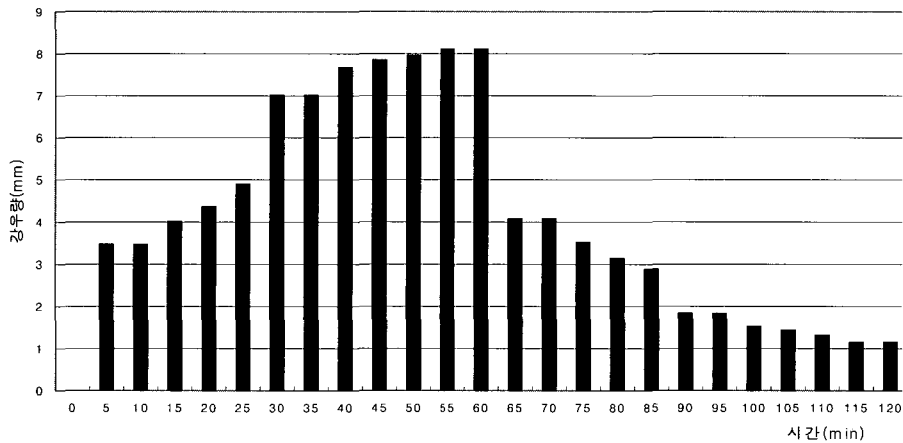


그림 9. 목포 강우관측소의 200년 빈도 120분 지속기간 확률강우

200년 빈도 60분 지속기간 장흥관측소 강우량 현황

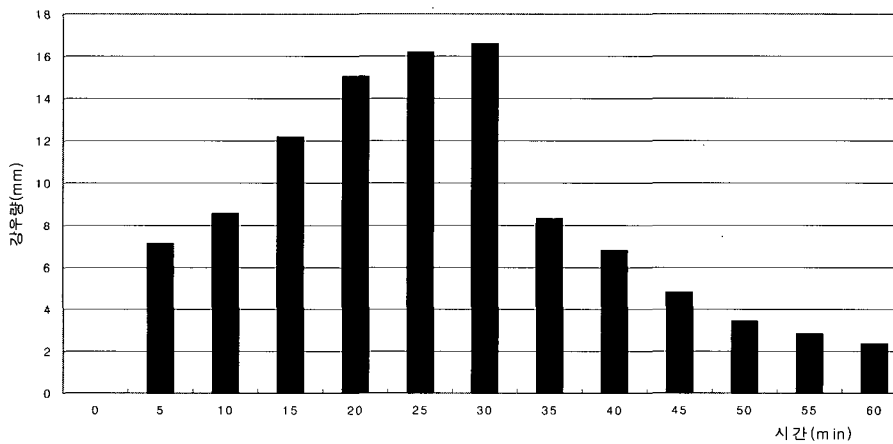


그림 10. 장흥 강우관측소의 200년 빈도 60분 지속기간 확률강우

각각의 경우 개발 전과 개발 후로 나누어 도시화에 따른 홍수량의 변화를 검토하였다. 개발 전은 1999년

도 영산강 유역의 토지이용 상태를 그대로 이용하였고, 개발 후는 1999년도의 토지 이용 상태로부터 광주광역시

표 10. 확률 강우에 대한 영산강 유역의 도시화 영향 분석

상 황	지 역	100년 빈도				200년 빈도			
		1시간		2시간		1시간		2시간	
		첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두시간	첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두시간	첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두시간	첨두유량 (m <sup>3</sup> /sec)	첨두시간
1999년 상 황	나 주	5,546	18:25	7,219	18:40	6,079	18:25	7,886	18:40
	무 안	1,425	15:50	1,790	16:15	1,563	15:50	1,961	16:15
	합 평	1,140	14:30	1,432	14:55	1,250	14:30	1,569	14:55
도시화 진행후	나 주	7,061	16:00	9,159	16:25	7,738	16:00	10,032	16:25
	무 안	1,981	15:15	2,366	15:40	2,172	15:15	2,592	15:40
	합 평	1,575	13:55	1,893	14:20	1,738	13:55	2,074	14:20

주: 강우시작: 12:00시

시, 나주시, 목포시 등의 불투수지역의 면적이 30% 증가하고 기타 지역은 불투수지역의 면적이 20% 증가하였을 경우로 가정하였다.

홍수량 산정을 위한 모형으로는 HEC-HMS를 이용하였다.

HEC-HMS에 의한 분석결과를 표 9에 제시하였다. 표 10에서 볼 수 있듯이 영산강 유역에 100년 빈도의 강우가 1시간 동안 지속된다면 나주의 첨두유량은 1999년 상황에서 5,546m<sup>3</sup>/sec에서 7,061m<sup>3</sup>/sec로 도시화 진행 후 약 27% 증가하고, 무안은 1,425m<sup>3</sup>/sec에서 1,981m<sup>3</sup>/sec로 약 39% 증가하였으며, 합평은 1,140m<sup>3</sup>/sec에서 1,585m<sup>3</sup>/sec로 약 38% 증가하였다.

첨두유량 도달시간도 나주에서 도시화 이전에 18시 25분이었는데, 도시화 이후 16시로 2시간 25분 단축되었으며, 무안이 15시 50분에서 15시로 15분으로 단축되었고, 합평이 14시 30분에서 13시 55분으로 35분 단축되었다. 실제 강우에 비하여 확률 강우를 사용했을 경우, 무안과 합평에서 첨두유량의 증가율이 나주의 첨두유량의 증가율보다 큰 이유는, 실제 강우의 경우, 영산강 본류의 상류에서 합평천 상류의 경우보다 더 큰 강우가 발생했음에 비하여, 확률강우의 경우는 전 유역에서 동일한 빈도의 강우가 발생한다고 가정했기 때문인 것으로 판단된다. 나머지 100년 빈도 2시간 지속기간의 확률강우와 200년 빈도의 1시간 및 2시간 지속기간의 확률강우에 대해서도 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 영산강 상류유역의 급격한 도시화 및 지역개발의 영향으로 인해 영산강 하류유역의 홍수피해가 가중되는지를 분석하였다. 확률강우량을 통하여

영산강 유역의 도시화 전·후 호우로 인한 영산강 하류 홍수량의 변화 추이를 검토하였으며, 영산강 유역에서 최근에 발생했던 호우 중 1989년 7월 강우, 1989년 8월 강우, 1998년 9월 강우 세 개를 선정하여 강우에 대한 유출 특성을 검토하였다.

1989년 7월의 강우에 대해서 1991년 상황의 나주의 유량은 1999년 상황에서 약 27% 증가하고, 도시화가 진척된다면 약 51% 증가하였다. 1991년 상황의 합평과 무안의 유량은 1999년 상황에서 약 12% 증가하고, 도시화가 진척된다면 약 19% 증가하였다. 첨두유량 도달 시간도 도시화가 진행됨에 따라 1시간 단축되었다. 나머지 두 개의 강우사상에 대해서도 유사한 결과를 얻어, 영산강 상류의 도시화가 영산강 중·하류의 홍수량을 증가시키고, 첨두유량 도달시간을 단축시킨다고 판단된다.

영산강 유역의 홍수피해를 예방하기 위해서는 영산강 상류에 홍수조절용 다목적댐이 건설되어 있지 않은 현 상황에서 홍수기에는 영산강 상류의 4개 저수지에도 일정량의 홍수조절용량을 부여하는 방안을 검토해야 하며, 홍수 예·경보 시스템과 함께 하류의 수위상황을 적절히 고려하여 저수지들을 운영할 수 있는 최적 연계운영 시스템을 구축해야 할 것으로 판단된다. 더불어 영산강 하구둑은 영산강 중·하류의 홍수량에 상당한 영향을 미치므로 홍수시 하구둑의 운영을 최적화할 수 있는 시스템을 갖추어야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 건설교통부(2000) 1999년도 수자원 관리기법 개발연구 조사 - 한국 확률강우량도 작성.
- 건설교통부(1997) 영산강 유역 유량측정 조사용역 보고서, 영산강홍수통제소.

건설교통부(1999) 하천수 사용실태 조사 (부록).  
건설교통부(1996) 한국수자원공사, 수자원개발가능지  
점 및 광역배분계획 기본조사, 한국수자원공사.  
나주시(1989) 영산강 수해.  
한국수자원공사(1993) 금강, 영산강, 섬진강 유역권 용  
수이용현황조사 자료집.  
한국수자원공사(1990) 수자원 장기종합계획.  
Soil Consevation Service.(1986) Urban Hydrology for  
Small Watersheds, Technical Release 55. USDA,  
Springfield, VA.

U.S. Army Corps of Engineers.(1998) HEC- HMS  
(Hydrologic Engineering Center - Hydrologic  
Modeling System, Hydrologic Engineering Center.

◎ 논문접수일 : 2004년 3월 24일

◎ 심사의뢰일 : 2004년 4월 01일

◎ 심사완료일 : 2004년 5월 10일