

영산강 유역 중류부의 홍수위 변화 산정 연구

김선민*, 박상현*, 김정엽**, 정관수***

1. 서론

최근에 산업화 및 도시화에 따른 하천의 무분별한 개발로 인해 하천에 홍수피해가 증가되고 있다. 또한, 기상이변 등에 따른 강우의 형태가 국지적이고 지역 편중적인 호우 형태로 홍수 예경보 및 방어활동 등이 매우 어려워지고 있는 실정이다. 따라서, 하천의 홍수위를 산정하여 하천 범람 여부에 대한 예측은 좀 더 하천의 치수방어 대책에 도움을 줄 것으로 판단된다. 이러한 목적에서 유역의 강우자료로부터 유출을 산정하고 이로부터 각 지점별 홍수위를 계산하여 하천범람을 모의하고자 하였다.

본 연구에서는 빈도별 일최대강우량을 산정하여 이 자료를 강우-유출 모형인 HEC-1에 적용하여 연구대상구간의 빈도별 유입량과 유출량을 산정하였고, 이를 하천의 범람현상 모의 및 하천의 부정류 해석이 가능한 FLDWAV 모형에 적용하여 각 지점별 빈도별 홍수위를 산정하여 범람 현상을 검토하였다.

2. 대상유역의 현황

본 연구의 대상지점은 영산강 본류에서 풍영정천과 합류되는 지점부터 황룡강 합류 전까지 약 10km정도의 하천구간으로, 대상유역은 이 구간을 포함하는 영산강 유역의 최상류부로부터 황룡강 합류전까지로 유역면적은 영산강 전체유역면적 3,455km²의 약 20.5%인 약 713.83km² 정도이다. 유역의 위치는 영산강 유역의 북동쪽에 위치하며 유역 상류에는 담양댐과 광주댐 등 2개 댐이 있으며 유역 하류부는 광주광역시에 포함되어 있다.

대상 하천구간에는 지방 1급 하천인 광주천이 지류로 유입되고 있으며 또한, 5개의 지방 2급 하천이 유입되고 있다.

* 충남대학교 대학원 토목공학과 석사과정

** 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료

*** 충남대학교 공과대학 토목공학과 조교수

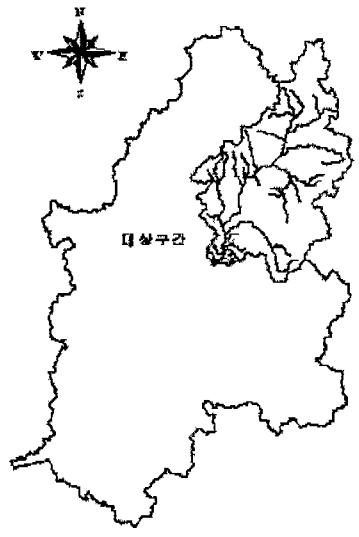


그림 1. 대상구간 및 대상유역

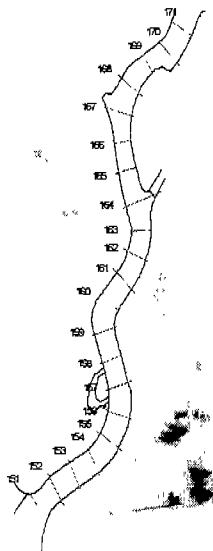


그림 2. 영산강 유역내 대상 하천구간

3. 빈도별 강우량 산정

본 연구 대상유역을 포함하는 영산강 유역의 우량관측소는 25개 관측소가 있으나 이 중에 강우관측 기록을 1990년대에 시작하여 관측 자료가 수개년에 불과한 13개 관측소 자료를 제외하고, 자료기간이 30년 이상으로 대상유역에 인접한 장성, 광주, 능주, 순창 등 4개 우량관측소의 자료를 수집하여 빈도별 강우량을 산정하였다. 이 중 광주관측소는 기상 관측소이고 순창 우량관측소는 섬진강 유역내 관측소이나 본 대상유역에 기여한다고 판단하여 강우 분석에 포함하였다.

표 1. 대상유역 티센계수

우량관측소	관측소지배면적(km ²)	티센계수	비고
장성	138.57	0.194	
순창	172.52	0.242	
광주	398.58	0.558	
능주	4.16	0.006	
계	713.83	1.000	

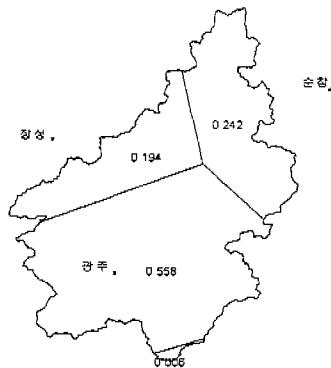


그림 3. 대상유역 티센망도

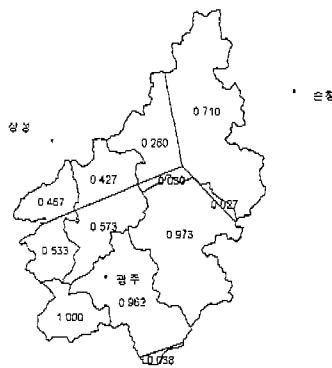


그림 4. 소유역별 티센계수

각 강우 관측소 지점별 강우자료로 24시간 최대강우량 계열을 구성하여 빈도분석을 실시하였으며, 확률 밀도함수는 대수정규, 대수-Pearson Type III, Gumbel 및 Iwai, 2변수 Log-Normal 등 8개 분포 모형으로 10년, 50년, 100년 및 200년 재기 확률 강우량을 산정하였다.

표 2. 강우 관측소별 빈도강우량 총괄표

단위 : mm

확률 분포형	재현 기간							
	10년				50년			
	농주	장성	순창	광주	농주	장성	순창	광주
NORM	213.6	179.9	153.5	200.1	260.9	214.9	178.4	245.0
LN2P	208.6	182.7	156.3	196.3	284.8	242.5	195.6	270.6
LN3P	210.0	180.4	154.3	198.7	293.8	227.4	185.2	283.2
IWAI	209.4	182.1	155.3	199.0	290.1	239.2	190.6	284.5
GA3P	212.3	182.3	154.9	198.1	315.9	234.3	187.8	298.7
LP3P	212.3	183.6	155.8	199.1	319.6	249.2	192.5	294.4
GEV1	228.5	190.9	161.3	214.3	318.5	257.5	208.7	299.7
GECH	215.0	180.9	154.2	201.5	293.8	239.2	195.7	276.3

확률 분포형	재현 기간							
	100년				200년			
	농주	장성	순창	광주	농주	장성	순창	광주
NORM	277.6	227.2	187.1	260.8	292.8	238.5	195.2	275.3
LN2P	317.8	268.0	211.7	303.1	351.5	293.7	227.6	336.3
LN3P	331.3	245.9	196.9	321.7	370.1	263.7	208	361.7
IWAI	325.9	263.1	204.6	323.5	362.6	287.1	218.2	364.2
GA3P	362.5	255.0	200.4	344.3	410.2	275.1	212.4	391.2
LP3P	373.8	278.2	207.1	340.9	434.1	308.1	221.3	391.5
GEV1	356.6	285.7	228.8	335.8	394.5	313.7	248.7	371.8
GECH	327.1	263.9	213.2	307.9	360.3	288.4	230.7	339.4

확률 분포형별로 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시한 결과 3변수 대수정규분포형이 가장 적합한 것으로 나타나 본 대상유역의 적정분포형으로 이 방법을 채택하였다.

4. 홍수량 산정

4.1 HEC-1 모형의 적용

FLDWAV 모형을 적용하기 위하여 작업구간의 시점과 종점의 유입수문곡선과 유출수문곡선을 HEC-1 모형으로 모의하였다. HEC-1 모형을 운용하기 위하여 대상유역을 6개의 소유역으로 분할하여 그림 5와 같이 유출량을 산정하여 10년, 50년, 100년, 200년 등 4개의 빈도별 수문곡선을 얻었다.

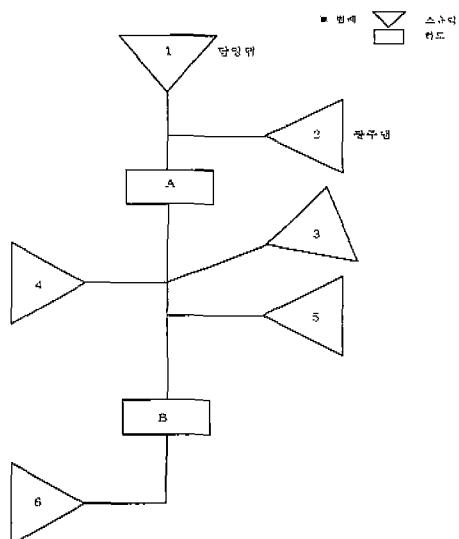


그림 5. 유출계산 모식도

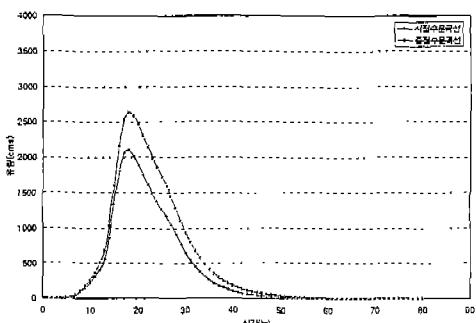


그림 6. 50년빈도 수문곡선

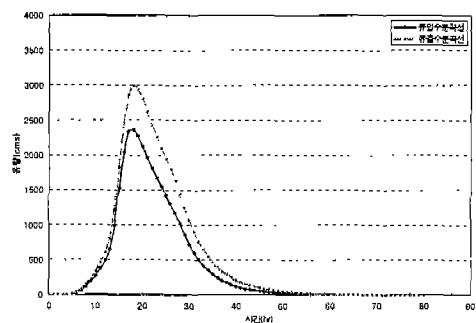


그림 7. 100년빈도 수문곡선

4.2 FLDWAV 모형

홍수추적 모형인 FLDWAV(Fread 등, 1998)는 미국 NOAA의 National Weather Service에서 개발되었고 홍수범람현상을 모의할 수 있는 1차원 부정류 모형이다.

기준에 주로 사용하고 있는 HEC-2 모형은 정상상태에 대해 수리학적 모의가 가능한 모형이나, 실제의 자연현상에서 정상류 모형을 적용하기에는 너무 많은 제약이 따른다. 따라서 실제의 현상에 보다 접근한 모의를 수행하기 위해서는 부정류 상태의 흐름 해석을 할 수 있는 모형이 필요하여 본 연구에서는 FLDWAV 모형을 선정하여 빈도별 홍수에 대한 하도추적을 수행하였다. FLDWAV 모형에 대한 개요, 모형의 적용과정 및 결과는 다음과 같다.

4.2.1 FLDWAV 모형의 개요

FLDWAV 모형은 하천의 부정류 해석에 사용할 수 있는 일반적인 모형으로 이 모형의 지배방정식은 1차원 Saint-Venant 방정식을 사용한다. 모형은 완만하게 변화하는 흐름뿐만 아니라 홍수시 댐을 통과하는 방류나 댐파괴 등의 급격한 흐름 변화에 대해서도 모의할 수 있는 모형이다. 모형은 Saint-Venant 방정식을 Preissman에 의해서 개발된 4점 음해법으로 해석하며 홍수파 추적시 하류구조물, 지류유입, 하천의 만곡효과, 제방영향 등을 고려할 수 있고, 댐파괴, 제방의 월류와 여수로의 방류 흐름, 교량과 교각, 하구연 수문 등을 고려하여 해석할 수 있다.

4.2.2 FLDWAV 모형의 적용

FKDWAV 모형은 지류의 유입을 고려할 수 있다. 본 연구의 대상구간에도 지류들이 유입을 하지만, 지류의 단면자료가 필요함에 따라 이 단면자료의 획득이 용이하지 못한 바 지류로부터 유입되는 유량을 유입지점의 유입홍수량으로 입력하여 모의하였다.

모형에 필요한 단면자료는 1998년 하천정비기본계획의 HEC-RAS 모형에 입력한 횡단면 자료로부터 지점별 수위대 수면폭을 계산하여 취득하였다. 그리고, 하천의 대상구간과 유역의 제반자료들은 Arc/Info 와 Arcview를 이용하여 1/5,000 내지 1/25,000 등의 수치지도로부터 취득하였다.

HEC-1에서 산정한 수문곡선을 입력하고 FLDWAV모형에 들어가는 입력자료를 정리하여 모의한 결과는 그림 8과 같다. 주요 범람단면에서 홍수위 시간변화는 하천유량이 증가할수록 즉 발생빈도가 커질수록 범람깊이가 전반적으로 증가하는 모습을 보이고 있다.

본 대상구간의 기왕의 침수기록을 보면 그림 9와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 황룡강과 지석천이 합류하는 구간이 범람이 발생한 것으로 보이나 이는 하천의 외수 범람에 의한 침수라기보다는 내수 침수가 발생한 것으로 사료된다.

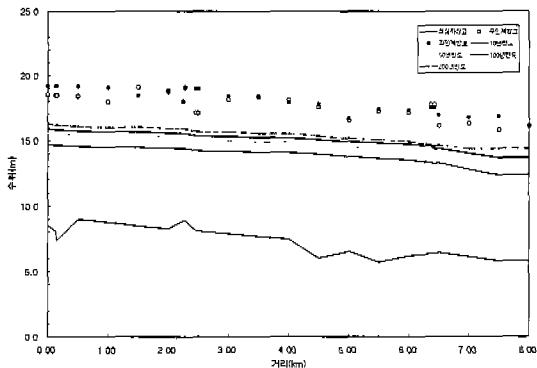


그림 8. 빈도별 지점별 최고수위

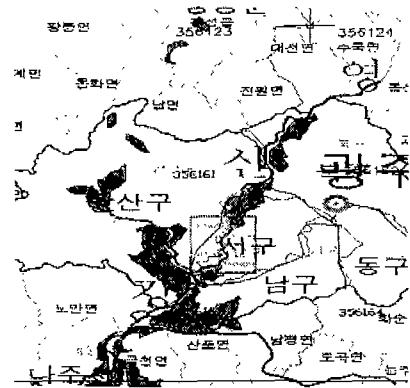


그림 9. 영산강 유역 홍수
침수 혼적(1989년)

5. 결론 및 향후 연구

본 연구는 하천의 범람상황을 빈도별로 홍수위를 산정하여 설정할 목적으로 HEC-1, FLDWAV 모형을 연계하여 영산강 유역 중류부에 적용을 하였다. 빈도별 강우량을 산정한 후 하천수리분석을 위한 홍수량 산정을 위해서 HEC-1 모형을 이용하여 유출분석을 수행하였고, 빈도별 홍수량을 적용하여 FLDWAV 모형에서 지점별 최고수위를 산정하여 홍수에 의한 범람상황을 검토하여 보았다. 본 연구는 현재 FLDWAV에서 산정한 지점별 홍수위를 Arc/Info 와 Arcview 에 연계하여 실제 범람지역을 가시적으로 확인할 수 있도록 하는 연구를 계속 병행·진행 중에 있으며, 향후 연구의 최종적인 목표는 하천의 외수 범람 및 내수 침수에 의한 위험도를 작성하여 실제 홍수범람에 의한 대책마련 수립에 적용하는 것이다. 또한 범람에 의한 범람면적, 홍수피해액 등을 동시에 분석하는 시스템을 구축하는 방안도 고려할 수 있고, 아울러 실시간 홍수범람예측도 등도 가능한 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

6. 참고문헌

건설교통부(1998), 영산강 하천정비기본계획(보완) 및 부록

건설교통부, 한국수문조사연보, 1963-1998

이홍래, 한건연, 김상호, 최현상(1998), “하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발(I): GIS와의 연계해석”, 한국수자원학회논문집, 제31권, 제4호, pp. 415-427.

정태성, 정동국, 고태진, 전병호(2000), “횡성댐 하류 홍수 영향 분석”, 2000년도 대한토목 학회 학술발표회 논문집(III), pp. 217-220.

Chaudhry, Y.M., and Contractor, D.N.(1973). "Application of the Implicit Method to Surges in Open Channel", Water Resources Research, 9, No. 6, pp. 1605-1612.

Fread., D.L., and Lewis, J.M.(1998). NWS FLDWAV MODEL, National Weather Service(NWS), NOAA.