

섬진강 중류부의 홍수모의 시나리오 연구

정관수*, 조효섭**, 김정엽***, ©김선민****

1. 서론

우리나라의 연평균 강수량은 1,274mm로, 그중 2/3이상이 장마, 태풍, 집중호우 등으로 여름철에 집중되는 계절적 편차를 갖고 있다. 더불어 최근에 산업화 및 도시화로 인한 하천의 난개발, 그리고 이상기후로 인하여 강우형태가 국지성 및 지역 편중성 호우를 보이면서 홍수문제가 빈번히 발생하여 많은 물적, 인적피해가 속출하고 있는 실정이다. 따라서, 홍수시 인적, 물적 손실에 대처하기 위하여 하천의 범람상황에 대한 수리·수문학적 연구의 필요성은 지속적으로 제기되었고, 이에 대한 연구가 많이 수행되어왔다. 하지만, 축적된 기존자료의 부족과 전산개발의 미흡, 그리고 체계화된 수행방법의 부재로 인하여 일관되고 정확한 결과를 얻는데는 회의적이었다.

본 연구에서는 최근에 발달된 공간정보분석능력이 뛰어난 GIS를 이용하여 좀 더 과학적이고 효율적인 홍수범람모의를 수행하여, 신속한 침수지역의 예측으로 홍수 방재대책과 지역 내 주민의 피난 및 복구대책 등의 수립에도 일조하고자 하였다.

2. 본론

본 연구는 섬진강 중류부에 위치하는 요천 합류지점을 대상으로 수문분석을 통한 빈도별 확률 홍수량을 산정하고, 적성수위표 지점부터 압록수위표 지점에 이르는 약 40km구간에 대한 수리학적 홍수추적을 수행하였다. 더불어 섬진강댐의 영향에 따른 홍수모의 시나리오를 작성하여 범람에 따른 홍수범람도를 지형정보시스템(GIS)을 이용, 도시하여 차후 홍수지도 작성에 기본방향을 제시하고 그 효율성 예측해 보고자 하였다. 이때 강우-유출 모의는 HEC-1의 Clark 합성단위도법을 사용하였고, 하도 홍수추적은 1차원 부정류 모형인 FLDWAV를 사용하였다. 홍수모의 시나리오는 각 빈도별로 섬진강댐의 완전방류, 완전저류, 60% 일정률·일정량방류의 세 경우를 선택하고 60%에서 제방을 월류하는 경우에는 무해방류량(물)을 찾아보았다.

* 충남대학교 공과대학 토목공학과 조교수
** 유니세크 기술연구소 소장
*** 충남대학교 수공 및 환경공학 전공 박사수료
**** 충남대학교 수공 및 환경공학 전공 석사과정

2.1 수문분석

다음 그림은 섬진강유역의 소유역과 대상구간을 표현한 것으로, 소유역의 분류는 대상구역의 시점과 종점을 고려하여 “기존댐 용수공급 능력조사 보고서(섬진강수계)”를 참조하였다. 총 12개의 소유역 중 본 연구에 해당하는 소유역은 1번에서 6번소유역까지 총 6개에 해당한다.

표 1. 섬진강유역 소유역 구분

소유역번호	소유역 (지명)	면적(km ²)	비고
섬	1	섬진강댐 유역	정읍시,진안군,임실군,순창군
	2	섬진강댐~적성댐	정읍시,임실군,순창군
진	3	오수천 유역	남원시,장수군,임실군,순창군
	4	적성댐~요천합류점	남원시,순창군,곡성군
강	5	요천 유역	남원시,장수군
	6	요천합류점~압록수위표	남원시,곡성군,구례군
섬진강유역		4,896.5	

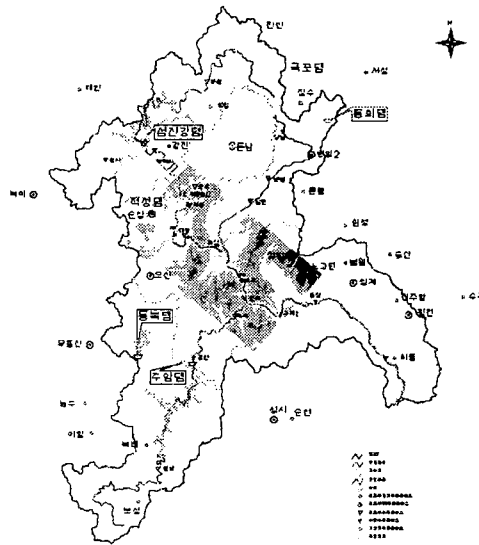


그림1. 섬진강 유역도 및 연구 대상구간

수문분석을 위한 수위관측소는 적성과 압록수위표를 시점과 종점으로 하였고, 강우관측소는 기존 30년 이상의 일최대강우량을 확보할 수 있었던 유역 내의 강진, 순창, 구례2, 변암2, 임실,

남원, 순천, 성수, 쌍치, 동북댐 관측소와 유역 인근의 복이, 운봉, 서상, 장수, 진안, 태인, 전주, 정읍관측소를 선택하였다. Kolmogorov-Smirnov Test를 통한 확률분포형 적합도 검정에서 3변수 Log-Normal 분포가 전체적으로 타당한 것으로 나타났으며, 유역 평균강우량 산정은 Thissen법을 이용하였다.

유역계수(Tc, R, StrtL, ConstL)추출을 위해 기존의 강우사상 중에서 91년 7월 9일, 11일 강우와 98년 9월 29일, 30일에 발생했던 강우사상에 대한 자료로써, 적성수위표 지점을 Control point로 삼아 1,2,3번소유역의 유역계수를 추출하고 압록수위표 지점을 Control point로 삼아 4,5,6번소유역의 유역계수를 추출하였다. 이때 유효강우량 산정은 일정손실률법을, 기저유출 분리는 수평직선분리법을 이용하였다.

표 2. 계수 추출 결과

대상유역	Tc	R	StrtL	ConstL	비 고
4,5,6번 소유역	9.04	9.89	23.15	1.02	98년 강우사상
1,2,3번 소유역	5.44	9.04	29.64	2.33	91년 강우사상

섬진강댐의 방류량을 조사한 결과 두 강우사상이 발생한 시점에서의 방류량은 20cms 내외로 매우 적게 나타났다. 따라서 유역계수 추출 시에는 섬진강댐 유역인 1번 소유역을 제외하고 댐방류량을 기저유출량과 함께 총유출량에서 분리함으로써 얻은 직접유출 수문곡선을 사용하였다.

추출된 유역계수와 빈도별 강우량을 이용한 HEC-1 모의로 다음과 같은 빈도별 홍수량을 산정하였다.

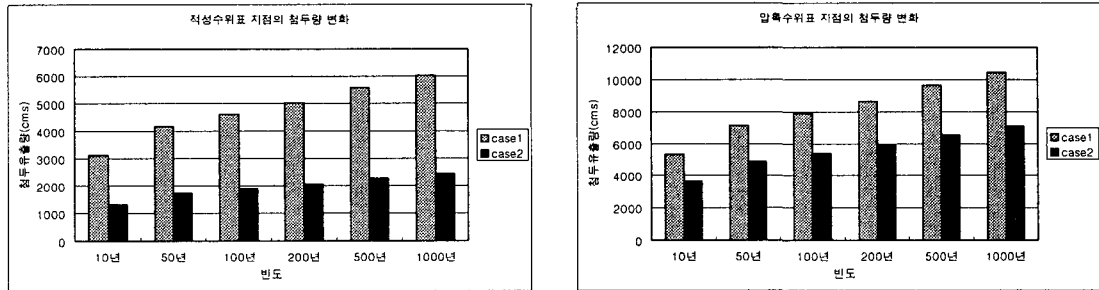


그림 3. 적성수위표, 압록수위표 지점의 빈도별 침투유량

여기에 구분된 Case는 섬진강댐 영향의 고려 유무에 따른 것이다. 먼저 Case1은 섬진강댐이 없다고 가정한 경우로 섬진강댐유역에 해당하는 1번소유역에서 발생한 유출이 아무 영향을 받지 않고 자연유출하는 경우이고, Case2는 섬진강댐에서 1번소유역에 발생한 유출을 모두 저류시킨다고 가정한 경우이다. 그림에서 볼 수 있듯이 섬진강댐의 유무에 따라 약 1500~3000cms 정도의 유출량 차이를 나타냈다. 이는 섬진강댐유역인 1번소유역의 면적이 763km²로 2번소유역(235km²)과 3번소유역(374.3km²)을 합한 609.3km² 보다도 크다는 것에서 비롯된 것이다.

2.2 수리분석

대상구간에 1차원 부정류모형인 FLDWAV를 이용하여 빈도별, 지점별 최고수위를 산정하였다. FLDWAV 모형에서 결과물의 정확도와 수렴에 있어 가장 중요한 역할을 하는 단면자료는 하천정비기본계획에서 측정된 횡단측량자료의 x, y 좌표를 사용하였다. 대상구간 내 단일 지류인 요천의 유출량은 그 외의 소유역에서 발생하는 유출과 함께 측방유입으로 처리하였다. 이때 4번소유역이나 6번소유역의 유출량은 본류에 지표유입으로써 포함되는 것이기 때문에 어느 한 지점에서 일시적으로 누가시키면 모형의 수렴에 어려움을 줄뿐만 아니라 물리적인 의미를 잃게 된다. 따라서 본 연구에서는 두 소유역의 수문곡선을 해당구간에 분포시켜 측방유입으로 처리함으로써 최대한 그 충격을 완화시켰다. 조도계수는 '하천시설기준'의 자연하천에서의 하천상태별 대략적인 조도계수 값을 고려하여 0.03으로 결정하였다.

해석결과, 각 빈도별 최고수위가 제방고를 넘어서는 경우는 Case1에서 100년빈도 홍수량 이상의 유출에서 요천 합류지점(155, 156번 단면 ; 31km 지점)과 상류지역의 협곡을 지나기 전에 있는 만곡부(177~179번 단면 ; 20km 지점)에서 확연히 드러났다. 먼저 요천과의 합류지점은 넓은 홍수터가 존재하고 합류에 따른 저류효과뿐만 아니라, 하류 약 3km 지점부터 좁은 협곡으로 하천이 유도되어 그 영향이 배가되어 나타나는 것으로 판단된다. 두 번째로 상류지역의 만곡부 역시 넓은 홍수터 지역을 상당한 만곡도를 가지고 유하하던 하천이 가파른 협곡지대로 유입되면서 큰 배수효과를 나타내는 것으로 분석된다.

2.3 홍수범람도 작성

FLDWAV 모형을 이용하여 생성되는 홍수위를 GIS를 이용하여 홍수범람지역을 묘사하였다. 먼저 하천의 횡단면도를 3차원 점사상으로 표현하고, 이를 NGIS의 1/5,000 지형도의 등고선 및 표고점을 이용하여 하도 외의 영역까지 확장하여 홍수범람에 따른 예상 침수지역을 작성하였다. 이때, 하천의 하도는 일반적 측량성공인 횡단면측량자료와 평면도(횡단측점이 있는)를 이용하여 고도값을 각각 추출한 후 이를 점사상으로 작성하였다. 이렇게 작성된 하도를 제방높이 및 주하천의 하상, 등고선, 표고를 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Networks ;불규칙삼각망)으로 작성하고 이를 DEM(Digital Elevation Models ;수치표고모형)으로 전환하였다. 여기에 FLDWAV에서 산정된 빈도별, 지점별 최고수위를 하천대장으로부터 구한 측선 자료에 표시하여 작성한 홍수위 DEM을 중첩하여 빈도별 침수범위를 도시하였다.

다음에 나타낸 그림은 각 Case에 따른 빈도별 침수예상지역으로써 섬진강댐의 유무는 푸른색, 붉은색으로 표시하였고, 섬진강댐의 60% 일정률, 일정량 방류에 따른 Case3는 초록색으로 표시하였다. 단, 500년빈도의 경우 60%의 방류로 제방이 월류되어 추가분석결과 40%의 Rigid Rom이 안전한 것으로 판단되었다. 이는 그림에 노란색으로 표시하였다.

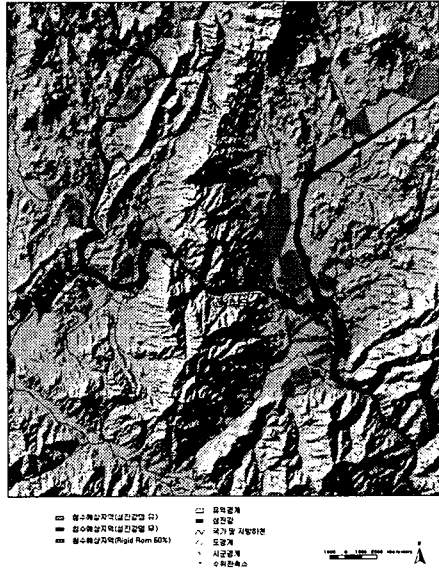


그림 4. 50년빈도 홍수범람도

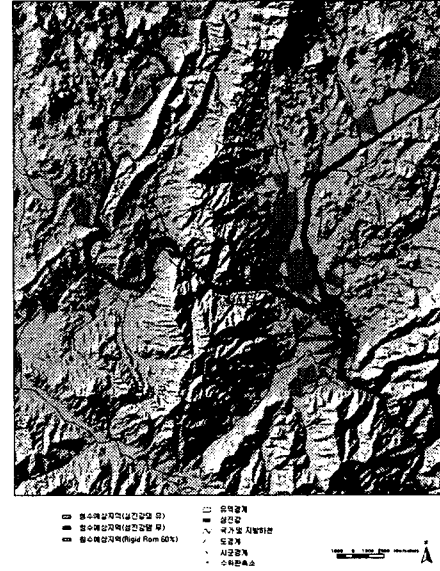


그림 5. 100년빈도 홍수범람도

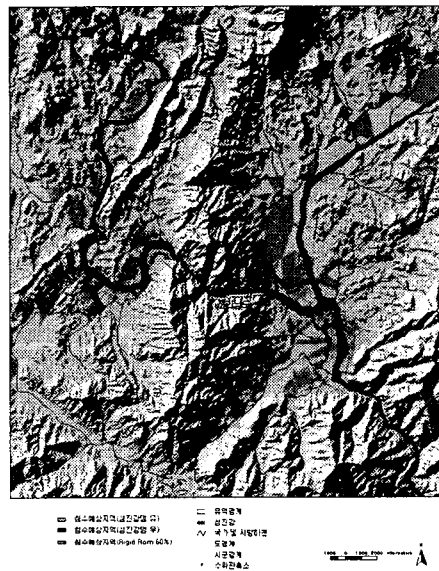


그림 6. 200년빈도 홍수범람도

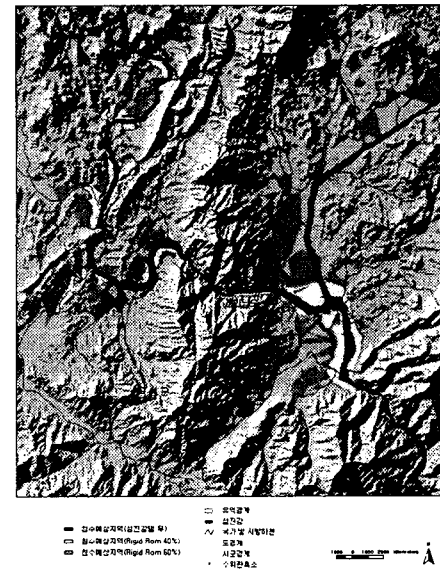


그림 7. 500년빈도 홍수범람도

본 연구에서 해석한 결과에 주의하여야 할 것은 산출된 값이 각 지점별 최고수위이므로 동시에 발생하는 것이 아니라는 점이다. 물리적인 현상에서는 이와는 달리 제일 먼저 파괴가 발생한 제방쪽을 중심으로 범람이 일어날 것이며, 붕괴된 제방의 하류지역은 상류에서 범람된 유량만큼의 수위저하 효과가 나타날 수 있다. 또한, 본 연구에서는 하천제방이 없는 것으로 가정하여 빈도별 홍수위가 최대로 범람 가능한 지역의 경계선까지 도시한 것이므로 침수범위는 실제 하천제방에 의해 범람되지 않을 수 있다. 이 가정은 하천 치수관리 측면에서 판단할 때 최악의 상태를 고려하여야 하므로 적절한 가정이라고 사료된다. 하천 제내지와 제외지의 수위차(배수량)로 인한 국부적인 범람이 발생할 수 있지만 본 연구에서는 이를 특별히 고려하지 않았다.

3. 결론

결과에서 볼 수 있듯이 섬진강댐이 없는 경우는 섬진강댐유역인 1번소유역의 유출로 인하여 상당부분의 침수구역이 나타났다. 섬진강댐의 유·무에 따른 영향을 정량화 하여 보고자 다음과 같은 표를 작성하였다.

표 3. 빈도별 예상침수면적(km²)

구분	10년	50년	100년	200년	500년
섬진강댐 무(Case1)	16.88	22.03	24.54	27.15	30.33
섬진강댐 유(Case2)	12.01	13.93	14.83	15.77	17.02
침수면적 차이(Case1-Case2)	4.87	8.1	9.71	11.38	13.31
침수면적 비율(Case1/Case2)	1.41	1.58	1.66	1.72	1.78

표에서 나타난 주목할 만한 점은 침수면적 차이를 나타낸 값이 해당빈도가 커질수록 증가되는 것뿐만 아니라, 침수면적 비율도 해당빈도가 커질수록 선형적으로 증가하는 경향을 나타낸다는 것이다. 100년빈도 기준으로 볼 때, 저빈도(10, 50년)는 그 변화양상이 비교적 큰 편이지만 고빈도(200, 500년)에서는 상대적으로 침수면적의 증가기울기가 그리 크지 않음을 알 수 있다. 체계화된 과정을 통한 홍수범람도는 예상범람지역의 구체화를 통하여 해당지역의 예방대책 및 조처방안을 사전에 준비할 수 있을 뿐만 아니라, 장래의 개발계획이나 이용도에 대한 정책결정 등에도 합리적으로 이용할 수 있다.

본 연구는 과학기술부에서 시행한 특정연구개발사업의 위탁과제로써 수행한 것을 추가 연구한 것이며, 현재 섬진강댐의 붕괴에 따른 홍수위 변화를 연구하고 있다.

참고문헌

- 건설교통부(1963-1998). 한국수문조사연보
 건설교통부/한국수자원공사(1999.10). 기존댐 용수공급 능력조사(섬진강수계) 보고서 및 부록
 한국수자원공사(1992.3). 주암댐을 중심으로 한 섬진강 수계내 저수지군의 최적 연계운영
 한국수자원공사(1994.12). 급강유역 유량분석 및 홍수조사
 한국수자원공사(1996.10). 섬진강 다목적댐 홍수배제능력 조사 보고서
 자원연구소(2001.5). 영산강 중류부의 홍수범람연구 보고서
 한국건설기술연구원, HEC-1 홍수 수문곡선 해석 프로그램 사용자 설명서
 Fread., D.L., and Lewis, J.M.(1998). NWS FLDWAV MODEL, National Weather Service(NWS), NOAA.