

GIS를 이용한 섬진강 유역의 유출률 산정에 관한 연구

Study of Runoff Rate Computation in Sumjin Basin by using GIS

이연길*, 오창열**, 이진원***, 정성원****

Yeon Kil Lee, Chang Ryeol Oh, Jin Won Lee, Sung Won Jung

요 지

본 연구에서는 섬진강유역에 위치한 주요 수위관측소 지점의 유출률을 산정하기 위해서 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)을 적용하였다.

유출률 산정에 이용된 GIS 소프트웨어로는 ArcInfo와 ArcView 등을 이용하였으며, 대상유역의 수치유역도, 강우관측망도, 수위관측망도, 수계망도, 주암댐 유역도, 섬진강댐 유역도, 순유역도 등을 일차적으로 생성하였다. 또한 수치표고모델(Digital Elevation Model : DEM), 토양도, 토지피복도, 유출곡선지수도(Curve Number : CN) 등의 기본도를 생성하였다.

일반적으로 미계측 유역에서의 유출률 산정은 강우모형과 유역모형, 하도모형 등에 의한 수문학적 방법으로 산정되나, 계측 유역은 수위관측소 지점의 수위-유량관계곡선식에 의해 수위 수문곡선을 유량 수문곡선으로 변환하여 산정하게 된다. 본 연구에서는 수위-유량관계곡선식에 의하여 유출수문곡선을 산정하였으며, 또한 산정된 유출률의 적정성을 파악하기 위해 GIS를 이용하여 산정한 CN의 값과 비교하였다.

본 연구는 섬진강유역을 대상으로 하는 유출률 산정에 관한 연구로 강우량자료의 일관성 분석 등도 수행하였다. 유출률 산정에 이용된 강우자료는 기상청 자료이며 평균 강우량은 강우의 시간적 분포와 강우량의 양적분포 등을 분석한 후 산술평균법에 의해 산정하였다.

핵심용어 : 유출률, 수위-유량관계곡선식, DEM, CN, ArcView

1. 서 론

최근 도시화의 증가는 유출량의 증대와 도달시간을 단축시켜 홍수재해를 발생시키고, 또한 지하수 유출량을 감소시켜 하천의 건천화를 발생시키는 등 수자원분야의 다양한 문제를 발생시키고 있다. 지하수 유출량 감소는 하천의 건천화 뿐만 아니라, 하천유지유량, 하천의 수질보존유량 등의 감소를 초래하여 하천의 고유기능을 감소시키고 있다. 이와 같은 수자원의 문제를 해결하기 위해서는 정도 높은 수문곡선을 생산하는 등의 기초적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 2006년 섬진강수계의 주요 지점의 수위-유량관계곡선식으로 환산한 유량자료의 적정성을 판단하기 위한 하나의 지표로 유역의 평균유출곡선지수인 CN 값과 직접 비교하였다. 또한 유출률은 장·단기적으로 나누어 산정하였으며, 단순호우와 복합호우사상으로 구분하여 사상별로 산정하였다.

* 정회원 · 유량조사사업단 연구개발실 그룹장 · E-mail : sugawon@kict.re.kr

** 정회원 · 유량조사사업단 품질정책실 그룹장 · E-mail : croh@kict.re.kr

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : jwlee@kict.re.kr

**** 정회원 · 유량조사사업단 사업단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

2. 지리정보시스템의 적용

본 연구는 섬진강 유역의 유출률 산정에 관한 연구로 지리정보시스템(GIS)을 적용하여 유역의 지형적 특성과 수문학적 특성을 일차적으로 분석하였다. 이는 수위-유량관계곡선식에 의해서 산정되는 유출률이 적정성이 얼마나 되는지를 분석하기 위함이다. 본 연구에서는 섬진강 유역의 지형 특성과 수문학적 특성을 파악하기 위하여 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)을 이용하여 유출특성 분석에 필요한 기본도를 생성하였다. 본 연구에서 사용한 GIS 소프트웨어로는 ArcInfo와 ArcView 등을 이용하였으며, 대상유역의 수치유역도, 강우관측망도, 수위관측망도, 수계망도, 주암댐 유역도, 섬진강댐 유역도, 순유역도 등을 일차적으로 생성하였다. 또한 수치표고모델(Digital Elevation Model : DEM), 토양도, 토지피복도, 티센망도, 유출곡선지수도(Curve Number : CN) 등의 기본도를 생성하였다.

2.1 지형학적 분석

수치표고자료(Digital Elevation Model : DEM)는 수치에 의하여 지형의 고도를 지표면에 일정한 간격으로 지점의 고도 값을 수치로 기록한 것으로 이는 유역의 지형학적 특성 분석에 널리 이용된다. DEM은 표고값을 중심으로 지형을 표현한 모델로서 일정 크기의 격자를 기반으로 이루어진 매트릭스수 형태에 표고 값을 저장한 것이다. 주로 지형의 표고분석을 통한 유역의 흐름방향결정, 대상유역의 분수계 결정 등에 이용되어 진다. 본 연구에서는 DEM을 생성하기 위해서 1:25,000의 수치등고선도를 이용하였으며, 정밀도 높은 DEM을 생성하기 위해서 각각의 수치등고선도를 ArcInfo에서 위상을 갖는 Coverage로 변환시킨 후에 MapJoin 과정을 거쳐 하나의 수치등고선도를 생성하였다. ArcInfo에서 생성된 Coverage를 ArcView에서 불규칙 삼각망이라 불리는 TIN(Triangular Irregular Network)을 생성하였고, 최종적으로 TIN을 기반으로 한 대상유역의 DEM(30m× 30m) 자료를 생성하였다. 또한 흐름방향, 경사도, 하도생성 등을 DEM으로부터 결정하기 위해서 일반적으로 이용되는 8방향 유출모형을 이용하였다.

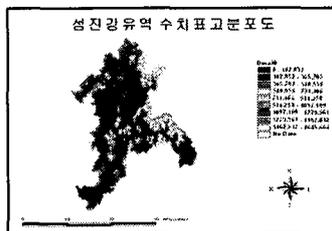


그림 1 섬진강유역 DEM

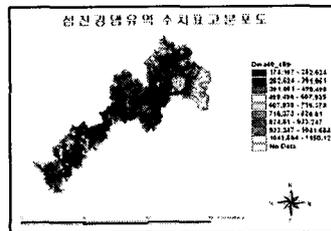


그림 2 섬진강댐유역 DEM

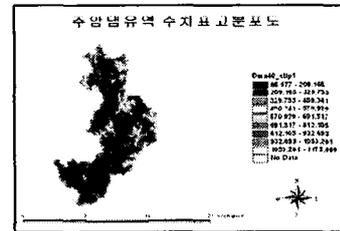


그림 3 주암댐유역 DEM

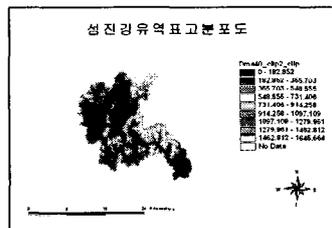


그림 4 순 섬진강유역 DEM

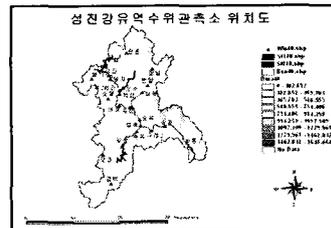


그림 5 수위관측소 위치도



그림 6 티센망도

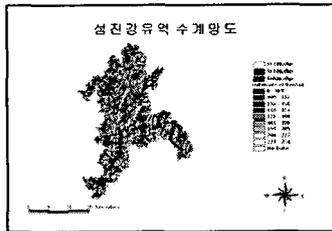


그림 7 수계망도



그림 8 수위관측망도



그림 9 우량관측망도

2.2 수문학적 분석

강우로 인한 유출 응답은 유역의 형상, 고도, 경사, 수계망 등에 의해서 결정되지만, 대상유역의 수문학적 특성에 의해서도 민감하게 반응한다. 본 연구에서는 대상유역의 수문학적 특성을 파악하기 위해서 유역의 유출곡선지수도 생성하였다. 유출곡선지수도 생성은 1:25,000의 토양도를 SCS에서 제시한 A, B, C, D의 4개의 토양군으로 분류하여 격자형 토양도(30m×30m)를 생성하였고, 또한 1:50,000의 LandSat TM 위성영상 자료로 영상 분류하여 토지피복의 상태를 수역, 시가화-건조지역, 나지, 습지, 녹지/초지, 산림지역, 농업지역으로 분류하여 격자형 토지피복도(30m×30m)를 생성하였다. 최종적으로 격자형 토양도와 격자형 토지피복도를 중첩 분석하여 격자형 CN도(30m×30m)를 생성하여 평균유출곡선지수를 산정하였다. 산정된 유출곡선지수는 AMC-I 조건의 유출곡선지수 47, AMC-II 조건의 유출곡선지수 68, AMC-III 조건의 유출곡선지수 83의 값을 갖는다.

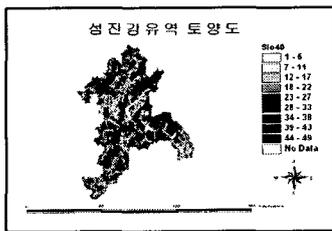


그림 10 토양도

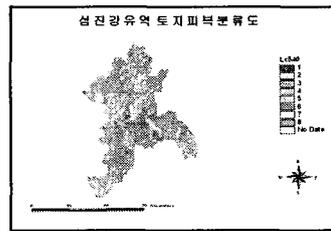


그림 11 토지피복도



그림 12 유출곡선지수도

3. 유출 분석

3.1 강우특성 분석

섬진강 유역의 유출률을 산정하기 위해서 본 연구에서는 기상청의 강우량자료를 이용하였다. 유출률 산정에 이용되는 강우자료의 특성과 일관성을 파악하기 위해서 강우관측소별로 누가우량분포 곡선을 생성하였다. 누가우량분포 곡선을 분석한 결과, 4개 강우관측소(광주, 순천, 남원, 순창)의 강우자료가 서로 일정한 경향성을 가지며, 또한 내륙지방보다 해안지방으로 갈수록 연강우량이 커지는 일반적인 강우의 특성을 보였다. 이와 같은 결과로부터 본 연구에서 이용한 기상청의 강우자료는 일관성이 있는 것으로 판단하였다. 아래의 그림 14는 본 연구에서 생성한 누가우량분포 곡선을 나타낸다.

3.2 연유출 분석

본 연구의 대상지점인 섬진강 수계에 위치하는 죽곡, 구례2, 송점 수위관측소 지점의 연유출률

은 댐 면적 및 방류량을 제외하지 않고 단순히 전체 면적에 대하여 산정한 총 유출률과 이를 고려하여 산정한 순 유출률 두 가지 경우로 산정하였다. 섬진강유역권의 중·하류부에 위치한 수위 관측소 지점의 총 유출률을 산정한 결과 전체적으로 35.3%~43.1%의 낮은 유출률을 보였다. 이와 같이 낮은 유출률을 보이는 이유는 섬진강 유역권에 섬진강댐과 주암댐이 상당히 큰 면적을 차지하고 있고, 이 두 개의 댐에서 다른 유역으로 발전방류와 생활·농업용수를 공급하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 순 유출률 산정결과를 보면, 죽곡지점 73.3%, 구례2지점 64.9%, 송정지점이 61.5%로 송정지점이 다른 지점에 비해 상대적으로 낮은 유출률을 보였으나 자연하천의 경우 일반적으로 유출률이 60%~70%임을 감안할 때 적정한 것으로 판단된다. 지점별 유출률 산정 결과는 표 1과 같으며, 생성한 수문곡선을 그림 14~그림 15에 나타내었다.

표 1 지점별 유출률 산정 결과

| 지점 | 유역면적(km ²) (순유역) | 유역평균 강우량(mm) | 유출량(m ³) (순유출량) | 유출률(%) (순유출률) |
|-----|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|
| 죽 곡 | 1,319.3 (309.0) | 1,469.15 | 683,752,406 (333,274,133) | 35.28 (73.34) |
| 구례2 | 3,805.0 (2,032.0) | 1,469.15 | 2,385,647,049 (1,936,531,015) | 42.68 (64.87) |
| 송 정 | 4,269.0 (2,496.0) | 1,469.15 | 2,702,370,477 (2,253,254,443) | 43.10 (61.45) |

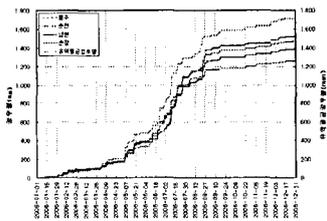


그림 13 누가분포 곡선

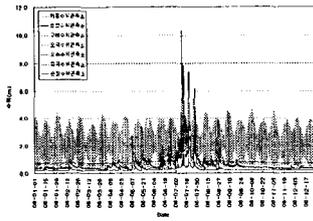


그림 14 수위수문곡선

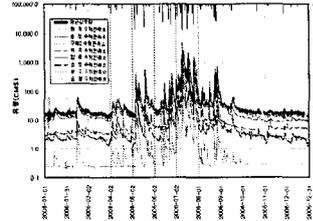


그림 15 유출수문곡선

3.3 호우사상별 유출분석

앞서 검토된 연유출률 분석에 이어 주요 호우사상별 유출률을 산정하였다. 단순호우사상에 대한 유출률은 죽곡, 구례2, 송정 지점의 유출률이 각각 42.3%, 35.9%, 39.2%로 복합호우사상에 따른 유출률도 각각 38.4%, 47.3%, 56.8%로 분석되어 전체적으로 60% 미만의 낮은 유출률을 나타내고 있다. 이는 선택된 단순호우사상이 전기시의 금년 5월과 8월 사상이라는 점과 또한 토양습윤 상태가 낮고, 이 기간 동안의 유역저류 효과가 커서 손실우량이 많이 발생된 것으로 판단된다. 지점별 유출률 산정 결과는 표 2와 같으며, 생성한 수문곡선을 그림 16~그림 21에 나타내었다.

표 2 호우사상별 유출률 산정결과

| 지점 | 강우량(mm) | 총유출량(m ³) | 기저유출량(m ³) | 직접유출량(m ³) | 유출률 (%) |
|-----|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------|
| 죽 곡 | 76.3 (144.7) | 12,277,885.5 (26,920,119.0) | 2,311,146.0 (9,741,331.8) | 9,966,739.5 (17,178,787.2) | 42.3 (38.4) |
| 구례2 | 76.3 (144.7) | 76,558,102.9 (157,617,087.0) | 20,845,778.4 (18,615,553.2) | 55,712,324.5 (139,001,533.8) | 35.9 (47.3) |
| 송 정 | 76.3 (144.7) | 93,383,130.8 (259,362,412.6) | 18,711,378.0 (54,097,142.4) | 74,671,752.8 (205,265,270.2) | 39.2 (56.8) |

주) ()는 복합호우사상

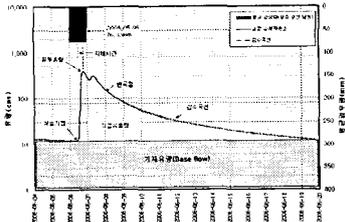


그림 16 송정지점(단순)

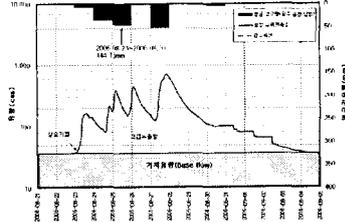


그림 17 송정지점(복합)

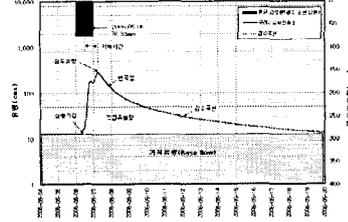


그림 18 구례2(단순)

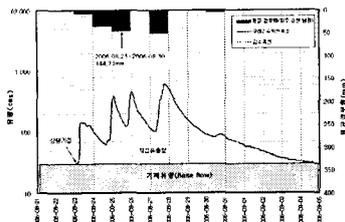


그림 19 구례2(복합)

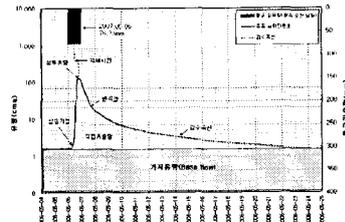


그림 20 죽곡(단순)

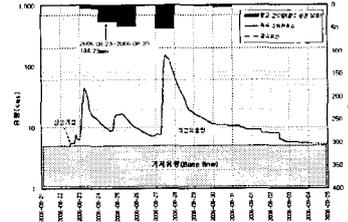


그림 21 송정(복합)

4. 결론

본 연구에서는 섬진강 수계에 위치한 주요 수위관측소 지점의 수위-유량관계곡선식을 기반으로 산정한 유출률이 적정성이 있는지를 파악하기 위해서 GIS를 적용하여 산정한 유역의 평균유출곡선지수인 CN의 값과 비교하였다.

격자형 토양도와 격자형 토지피복도를 중첩분석하여 생성한 유출곡선지도에서 AMC-II 조건의 CN(68), AMC-I 조건의 CN(47), AMC-III 조건의 CN(83)의 값을 산정하였다.

섬진강 수계의 주요 지점인 죽곡, 구례2, 송정 지점의 2006년 수위-유량관계곡선식을 기반으로 산정한 연유출률이 61.45%~73.45%로 평균유출곡선지수와 비슷한 값을 나타내었다.

호우사상별 유출률은 단순호우사상이 35.9%~42.3%, 복합호우사상 38.4%~56.38%로 낮은 유출률을 보였으나, 이 기간의 강우자료가 AMC-I 조건에 해당되므로 CN(47)과 비교했을 때 적절한 것으로 판단된다.

향후 보다 정밀한 지형분석과 수문학적 분석을 통해 강우에 의한 유출응답의 조건을 파악한다면 정도 있는 수문곡선을 생산할 수 있을 거라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 2004, 섬진강수계(상류부) 유량측정용역보고서, 영산강홍수통제소
2. 건설교통부, 2004, 섬진강수계(하류부) 유량측정용역보고서, 영산강홍수통제소
3. 건설교통부, 2002, 한강유역 수자원 시험장비의 설치 및 운영 보고서, 한국건설기술연구원
4. 한국수자원공사, 수자원기초조사편람
5. 윤태훈, 1997, 응용수문학, 청문각