

격자 크기에 따른 분포형 유출 모형의 강우-유출해석에 관한 연구

The Study of Rainfall-Runoff Analysis according to DEM Grid-Size by using Distributed Rainfall Runoff Model

문 영 일* / 최 병 화** / 안 재 현*** / 오 태 석****
Moon, Young Il / Choi, Byoung Hwa / Ahn, Jae Hyun / Oh, Tae Suk

요 지

수공 구조물 설계를 위한 설계홍수량의 산정은 실측홍수량의 빈도해석을 통해 빈도별 설계홍수량을 결정하는 것이 가장 바람직하나, 관측 홍수량 자료의 부족으로 인해 대상 유역의 강우량을 강우-유출 모형에 입력하여 설계 홍수량을 구하는 것이 일반적이다. 이러한 목적을 위해 이용되는 강우-유출 모형의 효과적인 적용을 위해서는 적절한 모형 매개변수의 결정이 매우 중요하며, 이를 위해 주로 이용되는 GIS 프로그램의 경우에는 적절한 격자 크기의 결정이 매개변수 및 홍수량의 산정에 큰 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 분포형 강우-유출 모형인 TOPMODEL을 이용한 분석을 실시하였으며, 격자 크기의 변화에 따른 홍수량의 변화를 실측 홍수량과 비교·분석하였다. 분석 결과 괴산댐 유역의 경우 격자 크기 100×100m일 때 추출된 지형학적 매개변수를 이용해서 모의한 유출량이 실측 유출량과 가장 근접한 것으로 분석 되었으며, 격자 크기에 따른 홍수량의 변화를 파악할 수 있었다. 추후 대상 유역을 확대한 연구를 통해 유역특성에 따른 격자 크기 결정 기준이 수립된다면 분포형 강우-유출 모형의 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 격자크기, 강우-유출 모형, TOPMODEL

1. 서론

수공 구조물 설계에 있어 적절한 설계 홍수량을 산정하는 일은 매우 중요하다. 홍수량의 산정에 있어, 실측 홍수량을 빈도 해석하여 설계 홍수량을 산정하는 방법이 가장 정확하고 합리적인 방법이라고 사료되지만, 국내 현실에서 홍수량 자료는 강우량 자료에 비해 그 양과 질에서 상당 부분 떨어지고 있는 것이 사실이다. 따라서 근래에 유역의 유출 해석시에 GIS(Geographic Information System) map 자료를 이용한 강우-유출 해석을 수행하는 사례가 증가 하고 있다. GIS를 이용할 경우에는 과거에 비해 많은 시간과 노력을 들이지 않고도 수치고도자료(Digital Elevation Model: DEM)를 이용하여 유역을 자유롭게 분리하여 유역 특성인자를 추출할 수 있다. 소유역 분리의 장점은 유역을 여러 개의 소유역으로 분리함으로써 유역의 공간적 변화특성을 잘 반영할 수 있을 뿐더러, 유효 강우량 산정을 분할된 소유역 별로 수행함으로써 강우의 공간 분포를 반영할 수 있다. 그러나 DEM 자료를 이용하여 유역을 해석하는 경우에 적절한 격자크기는 필수적이라고 할

* 정회원. 서울시립대학교 토목공학과 부교수(E-mail : ymoon@uos.ac.kr)
** 정회원. 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : bhch79@uos.ac.kr)
*** 정회원. 서경대학교 이공대학 토목공학과 교수(E-mail : wrr@skuniv.ac.kr)
**** 정회원. 서울시립대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail : waterboy@uos.ac.kr)

수 있으나, 이에 따른 유출 특성 변화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 DEM 자료가 구축된 대상 유역을 선정하여, 격자크기에 따른 유출량의 특성 변화에 대해 연구해 보고자 한다.

2. 연구 방법

강우유출모형은 Grid 분석을 기반으로한 분포형 유출모형인 TOPMODEL을 선정하였다. Beven 과 Kirkby(1983)에 의해서 제안된 TOPMODEL은 유역의 지형과 토양에 따른 포화층에서의 흐름과 유출기여면적으로 고려하여 유출계산을 하며, 유역내 물의 거동을 물리적 현상에 근거를 두고 있다. DEM을 생성하기 위하여 GIS 소프트웨어인 ArcView를 이용하였으며 괴산댐 수치지도(1:25,000)로부터 50, 100, 150, 200, 250, 300m 해상도의 DEM을 생성시켰다. 초기 매개변수를 산정하기 위해서 2005년 7월3일의 관측 강우-유출 자료를 이용하여 각 매개변수의 최적화를 하였으며, 2005년 7월 10일 관측 강우-유출자료를 이용하여 모의된 홍수량을 검증하였다.

3. 대상 유역 및 관측 자료

3.1 대상 유역

격자 크기에 따른 유출 특성을 분석하기 위해서는 인위적인 배수 계통을 갖는 도시 유역의 경우에는 유출의 특성이 배수계통에 의한 영향을 많이 받으므로 이를 피하여 대상 지역을 선정하여야 한다. 따라서 인위적인 개발이 적고, 산지 지역이 많은 충청북도 괴산군에 위치한 괴산댐 유역을 대상 지역으로 선정하였다. 대상유역으로 선정한 괴산댐은 달천의 중상류 지역인 충청북도 괴산군 칠성면 사은리에 위치하고 있다. 댐 유역은 행정구역상 괴산군, 청원군을 포함하고 있으며, 댐 지점에서의 유역 면적은 671km²이고, 한강의 제 1지류인 달천의 중상류에 댐이 위치하고 있으며, 유역 대부분이 산지이며, 하천을 따라 소규모의 농경지 및 주거지가 형성되어 있다. 하천의 형상은 수지상으로 복류한 후 서해로 유입되며, 하천의 경사는 약 1/100으로 유로연장은 84km이다. 발원지는 충북 보은군 내속리면 상주시 화북면의 경계인 문장대 부근이다.

3.2 실측 강우-유출량 자료

본 연구에서는 수자원관리 종합정보시스템(www.wamis.go.kr)의 자료를 활용하여 실측된 강우-유출 사상을 추출하였다.

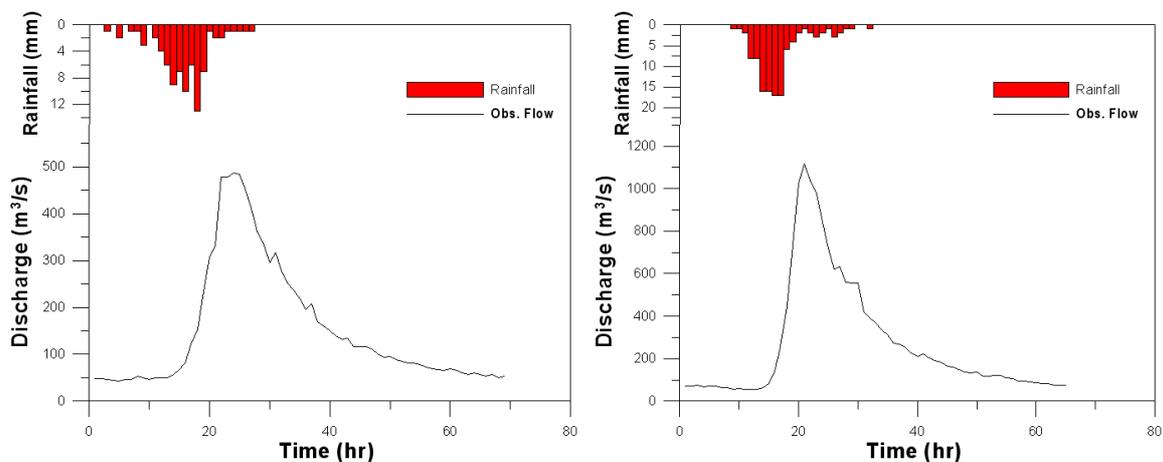


그림 1. 실측 호우 사상 (2005. 07. 3 ~ 07. 5) 그림 2. 실측 호우 사상(2005. 07. 10 ~ 07. 13)

4. 분석 결과

4.1 TOPMODEL의 매개변수 산정

DEM의 작성에는 1:25000 수치지도를 사용하였다. ArcView를 이용하여 Contour 형태의 자료로 TIN을 생성한 뒤, DEM으로 변환하였다. 이 DEM을 다시 Top model의 지형지수 산정에 사용 할 수 있도록 ASCII code로 변환 하여 초기 매개변수를 산정하였다. 산정된 초기 매개변수를 이용하여 2005년 7월 3일부터 7월 5일까지 발생한 실측된 강우-유출 자료를 이용하여 매개변수를 보정 하였다. 다음 그림 3은 격자크기를 150×150m로 하였을 모의된 유출량과 실측 유출량을 비교한 것이다.

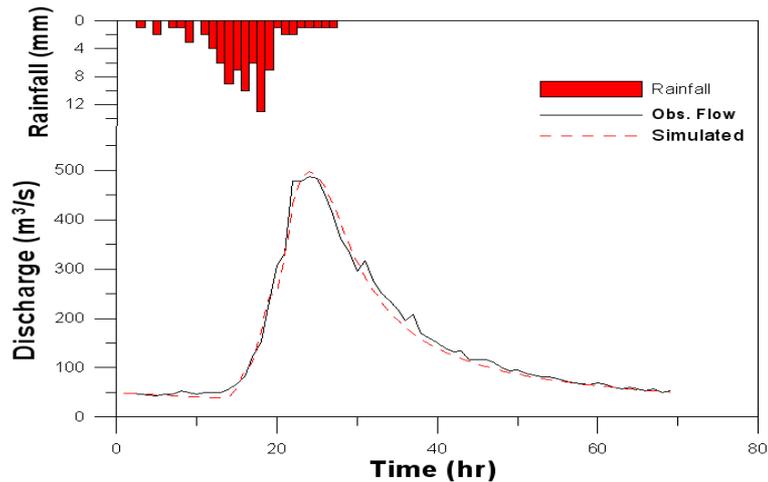


그림 3 모의 및 실측 유출량의 비교

4.2 격자 크기에 따른 TOPMODEL의 유출량 산정

2005년 7월3일 강우사상에 대해 결정된 매개변수를 이용하여 2005년 7월 10일에 관측된 강우-유출에 대해 격자크기를 50m에서 300m까지 변화 시키면서 모의한 결과를 다음 그림 4~9에 도시 하였다. 도시적 분석에서 격자크기가 100×100m일 때 모의 유량이 실측 유량에 가장 근접하는 것으로 분석 되었다.

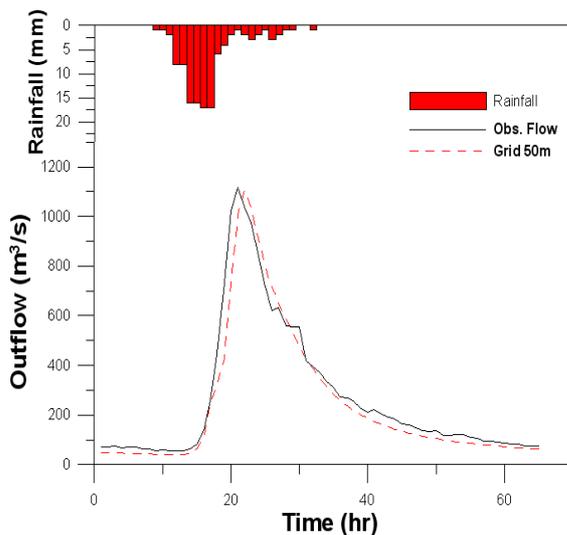


그림 4. 계산 결과 검토(격자크기=50)

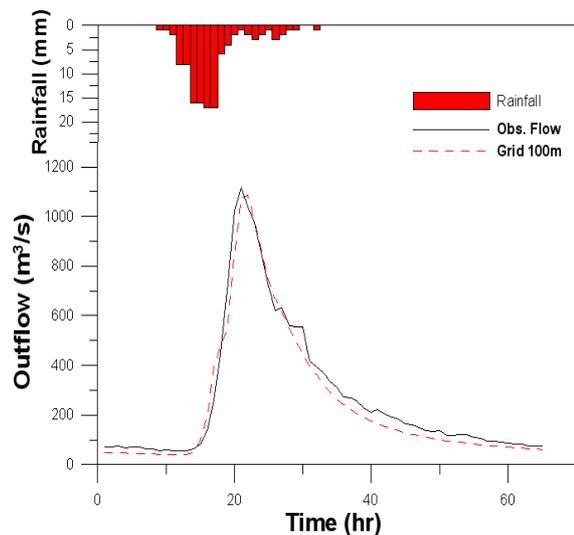


그림 5. 계산 결과 검토(격자크기=100)

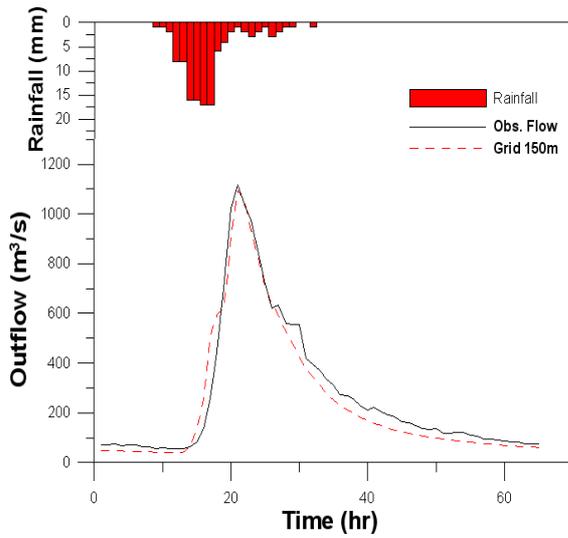


그림 6. 계산 결과 검토(격자크기=150)

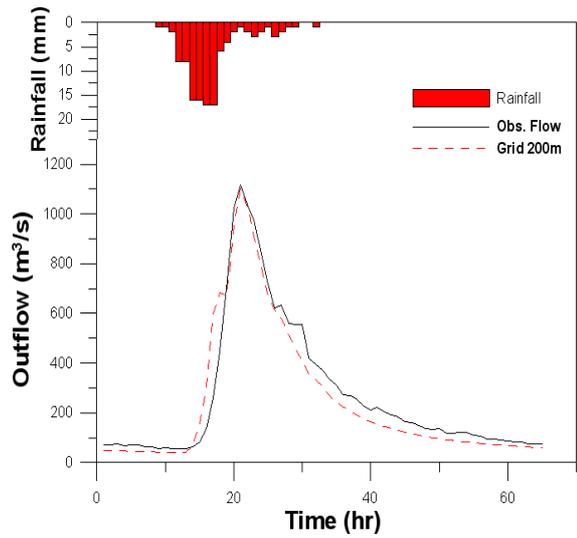


그림 7. 계산 결과 검토(격자크기=200)

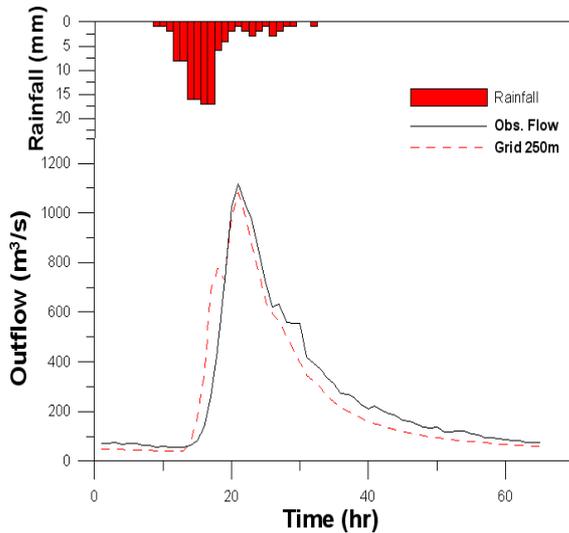


그림 8. 계산 결과 검토(격자크기=250)

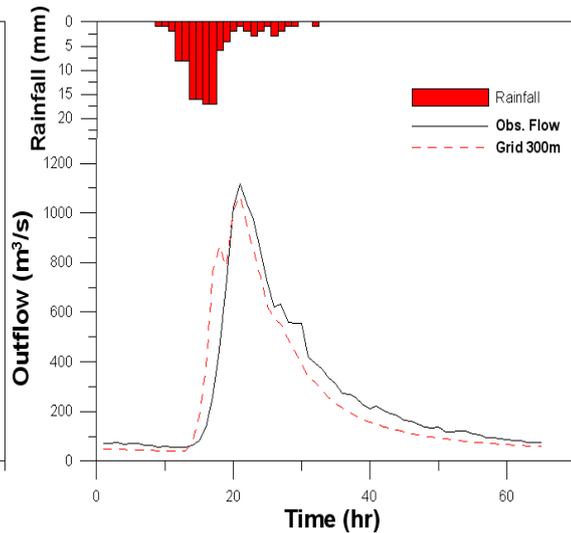


그림 9. 계산 결과 검토(격자크기=300)

4.3 Grid Size에 따른 유출량의 통계적 분석

그림 4~9와 같이 모형을 통해 모의된 유량과 실측 유량을 비교하였을 때, 격자크기가 100×100m인 경우가 가장 실측 유량에 근접하는 것으로 분석 되었다. 그러나 적절한 격자크기와 모형의 적합성을 판단하기 위하여 다음과 같은 통계적 기법을 분석 결과에 적용하였다. 통계적 기법으로는 선형 상관계수, 평균 제곱근 오차(Root Mean Square error, RMSE)와 모형 효율성 계수(Model Efficiency, ME)를 산정하였으며, 최적의 모형을 판단하기 위해 추가적으로 최대유량에 대한 퍼센트 오차(PEH)와 유출용적에 대한 퍼센트 오차(PEV)를 계산하였다. 통계적 기법에 따른 분석 결과는 다음 표 1에 수록하였으며, 통계적인 기법에 의한 모형 적합성 분석 결과도 도시적 분석 결과와 마찬가지로 격자 크기가 100×100m인 경우에 모형 적합성이 가장 뛰어난 것으로 분석 되었다.

산정 결과에서 상관 계수는 모두 0.9 이상으로 계산 되었으며, 평균 제곱근 오차는 0.001 이하로

계산 되었다. 또한 유출 용적에 대한 퍼센트(%) 오차는 격자크기가 커질수록 증가하는 것으로 분석 되었다. 본 연구 대상 유역에서 최적의 격자 크기를 결정하기 위해서는 효율성 계수가 큰 값을 선택하는 것이 가장 타당한 것으로 생각 되어지므로 모형의 효율성계수(ME)가 가장 큰 격자크기가 100m인 경우가 가장 적합하다고 판단된다.

표 1. 관측유출량에 대한 모의결과의 통계값

구 분	격자크기 50m	격자크기 100m	격자크기 150m	격자크기 200m	격자크기 250m	격자크기 300m
CC	0.9762	0.9878	0.9816	0.9698	0.9527	0.9338
RMSE	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006
ME	0.9438	0.9673	0.9555	0.9323	0.8980	0.8589
PEH(%)	1.2706	2.7561	2.2064	1.6150	3.1147	4.4848
PEV(%)	9.7482	9.4041	9.1717	9.0202	8.8624	8.7822

5. 결론

DEM 격자 크기가 유역의 유출특성에 상당한 영향을 미친다. 격자 크기가 작을수록 실제 유역 형상을 잘 반영할 수 있으나 과대평가 되는 부분도 있기 때문에 유역의 유출 모의를 위해서는 지형정보를 잃지 않는 범위 내에서 적절한 격자크기를 결정 해야 한다. 괴산댐유역의 수치지도로부터 ArcView를 이용하여 DEM을 격자크기별로 생성시키고, TOP MODEL에서 이용하기위해 ASCII code로 변환하여 지형지수 산정에 사용하였다.

TOPMODEL을 통해 계산된 결과를 여러 가지 통계적 특성치를 산정하여 비교해 본 결과에서 격자크기가 100×100m 일 때, 모의 결과가 실측값과 가장 잘 일치하는 것으로 분석 되었다.

또한, 본 연구 결과를 일반화하여 적용하기 위해서는 유역 특성이 다른 대상 유역을 선정하여 분석할 필요가 있을 것으로 생각 된다.

참고문헌

이정규, 최병렬, 장홍준 (2004). “DEM 격자크기에 따른 유역특성 및 유출응답 변화”, 대한토목학회 정기 학술대회

김상준, 윤성용 (2003). “산지유역 지하수 개발을 위한 TOPMODEL의 이용”, 한국수자원학회지, 제36권1호, 제36권1호 , pp.107-114

한건연, 이수현, 이창희 (2003) “GIS자료를 이용한 수문모델링에서의 적정 해상도 도출”, 한국수자원학회:학술대회지 한국수자원학회 03 학술발표회논문집(2) , pp.971-974

최현상, 한건연, 정귀한 (2002) “분포형모형에 의한 소유역에서의 강우-유출 해석”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I) , pp.221-226

조홍제, 조인울 (1998). “분포형 유출모형을 이용한 홍수유출해석”, 한국수자원학회논문집, 제 31권 제 2호 , pp 199-208

Keith. J. Beven(1999) "Distribution Hydrological Modeling - Applications of the TOPMODEL concept"