

GIS 적용에 따른 소유역 유사량산정 비교연구

○ 이정민*, 박상주**, 손정기***, 김상용****

1. 서론

1980년대 중반부터 GIS(Geographic Information System)의 개념과 그 적용성이 여러 연구분야에 새로운 가능성으로 제시되고 있으며, 특히 최근 들어 수자원 분야에서의 활용이 활발하게 연구되고 있다. 한 유역의 토사는 비바람에 의해 표토가 침식되거나 산지 붕괴등에 의해 새로이 나오는 생산 토사, 그리고 이 생산 토사가 수류에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유출 토사, 그리고 하천 흐름에 의해 하도 내에서 소류, 부유의 형태로 이송되는 유송토사로 나눌 수 있다. 유역의 토양 유실량과 유사 유출량은 하류에 댐, 침사지, 사방 시설, 하도 계획, 하천내 각종 시설물 설계 등을 하는데 기본적인 자료이다. 국내에서 토사유출량을 산정하는 방법은 크게 원단위법과 범용토양손실공식(USLE: Universal Soil Loss Equation) 및 비유사량법을 들 수 있으나 원단위법과 비유사량법은 단순 비교역할이므로 USLE공식과 수정된 형태인 RUSLE(Revised-USLE)공식이 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 소유역 토사유출량 산정을 위해 RUSLE 공식에서 사용되는 형태학적 특성인자를 DEM자료를 통하여 얻고, 설마천 유역에 지난 1999년 8월 임진강 유역 대홍수시 비유사량을 측정된 자료를 이용하여 단일호우사상에 대한 RUSLE모형을 적용하고 방법별 토사유출량을 평가하였다. 그리고 미계측 유역에 적용하여 기존방법의 문제점 및 적용한계를 고찰하고 유역계획 및 관리에 기초자료로 활용하고자 한다.

2. RUSLE 모형

RUSLE는 농경지의 토양 침식량을 예측할 목적으로 개발되었으며, 매개변수를 적절히 산정하면 농경지 이외의 다른 지역에도 범용적으로 적용할 수 있다고 알려져 있다. 이 공식은 현재 개발지의 토사유출량 산정을 위해 재해영향평가지 가장 널리 사용되고 있는 공식으로 다음과 같이 표현된다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

여기서, A[ton/hr/yr]는 강우침식능 R의 해당기간중 단위면적에서 침식되어 손실되는 토사량; R[MJ mm/ha/hr/yr]은 호우침식능인자, K[ton ha hr/ha/MJ/mm]는 토양침식성지수, L[무차원]은 침식사면의 길이인자(Slop length), S[무차원]는 침식사면의 경사인자(Slop steepness), C[무차원]는 작물형태, 피복상태 등 경작종류와 형태에 따른 경작인자, P[무차원]는 등고선 경작 등 토양보전 대책인자를 나타낸다.

* 정회원 부경대학교 토목공학과 박사과정 051-623-8812(E-mail:andrew4502@orgio.net)
** 정회원 (주)천진엔지니어링 토목수환경사업부 · 이사 · 051-506-2088(E-mail:cjsju@kornet.net)
*** 정회원 부경대학교 토목공학과 박사과정 051-623-8812(E-mail:djopc@chollian.net)
**** 정회원 부경대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 051-620-1443(E-mail:kimsang@pknu.ac.kr)

3 연구방법 및 모형의 적용

3.1 설마천 시험구역

설마천 시험구역은 경기도 파주시 적성면 설마리의 설마천 증류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 설마천 중상류 유역으로 유역면적 8.5km², 유로연장 5.8km, 유로경사 2%이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 전형적인 급경사 산지 사행하천이며, 하천 형태는 수지상에 직각상이 결합된 형태를 보인다. 설마천유역의 유사량자료는 1999년 시험구역의 운영 및 수문특성 조사·연구보고서에 수록된 자료를 사용하였으며, 지난 1999년 8월 임진강 유역 대홍수시 부유사량을 측정 한 지점은 전적비교 지점이며 유사의 횡방향 혼합이 완전하게 이루어져 한 점의 부유사량이 전체 횡단면의 평균 부유사량과 같다고 가정하였다. 대상유역에 RUSLE모형을 적용하기 위해 DEM을 구축하고 생성된 DEM을 통하여 SLOP에 의한 유역분할을 수행하고, 분할된 소유역에 대한 지형인자를 추출하였다. 추출된 지형인자를 통하여 RUSLE모형에 적용하여 산정된 값과 GIS를 이용하지 않고 수작업에 의해서 산정된 값 및 각 방법별 토사유출량 산정값과 실측치와 비교하였다.

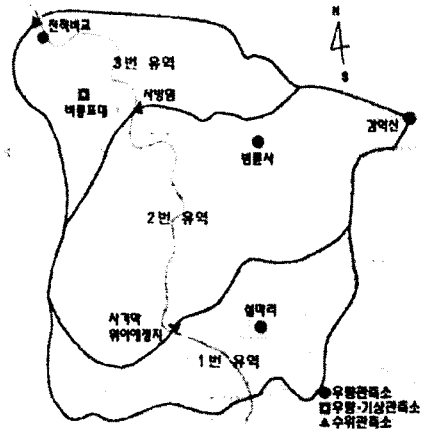


그림.1 설마천 시험구역도

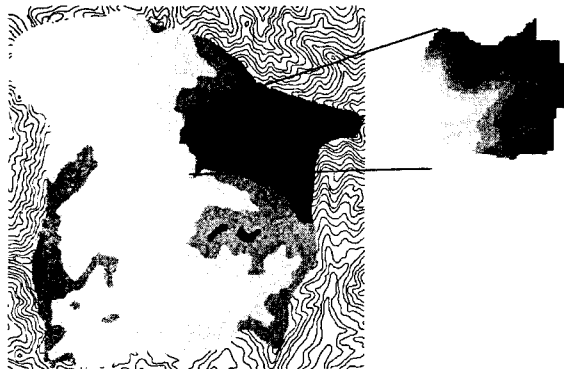


그림 2 설마천유역 DEM

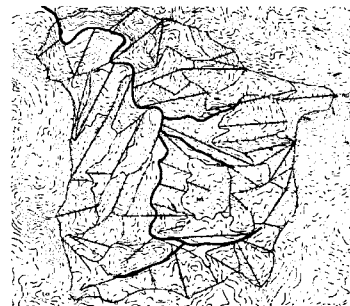


그림 3 경사분석(수작업)

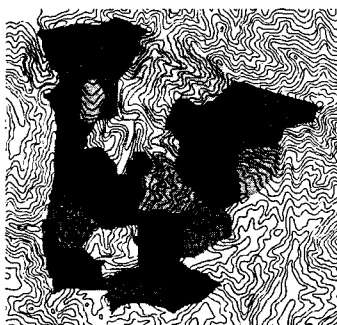


그림 4 경사분석(GIS)

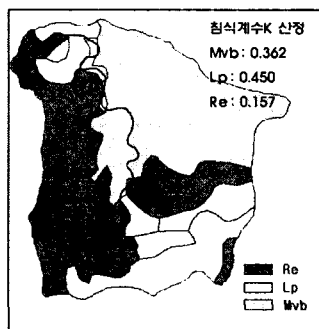


그림 5 토양도(K값산정)

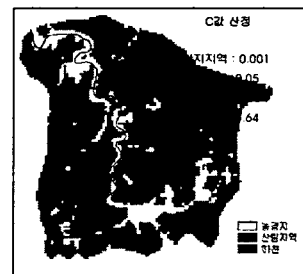


그림 6 토지피복도
C, P 산정

표 1 전적비교 지점에서의 부유사농도와 부유사량

측정 월일	측정 시각	환산유량 (m ³ /s)	측정부유사 농도 (mg/l)				부유사량 (ton/hr)			
			전체	모래	실트	점토	전체	모래	실트	점토
7월31일	19:16	20.60	705.9	81.5	431.7	192.7	52.3	6.0	32.0	14.3
8월1일	02:30	61.37	7508.7	5541.4	1569.3	398.0	1658.9	1224.3	346.7	87.9
8월1일	11:00	47.26	2247.5	1460.9	597.8	188.8	382.3	248.5	101.7	32.1
8월3일	15:25	11.36	109.2	60.3	30.9	18.0	4.5	2.5	1.3	0.7

표 2 토사유출량 비교

토사유출량 산정기법	전체토사유출량 (m ³ /day)
실측치	2918.29
RUSLE (GIS-20×20)	2902
RUSLE (수작업)	4747
원단위법	5366
비유사량 (남강댐)	3035

3.2 미계측유역 적용

미계측 대상유역은 유역면적이 1.5km²인 진주시 서측부에 위치한 평거동 일원으로서 진주시청으로부터 약 4.5km 떨어진 지점에 위치하고, 유역의 북동측은 평거 2지구, 신안지구 택지개발사업이 완료되어 대규모 신주거지로 형성되어 있다. 대상유역의 남측은 남강(국가하천)이 동측에서 북동측으로 흐르고 있고, 본 유역과 인접한 상류측 2.75km 지점에 남강 다목적댐이 위치하고 있다. 상류지역은 산지형태의 유역이고 하류지역은 주로 평야지대의 유역으로 크게 나누어진다. 본 연구에서는 크게 유역을 3개의 소유역으로 나누고 또 각각의 소유역에 따라 또 다른 구역으로 나누어 경사도에 따른 분석을 시행하였다. 또한 대상유역에 대하여 수치지형도의 축척이 격자크기에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 대상유역을 축척 1/1000, 1/25,000 수치지형도를 대상으로 ArcView와 Hydro 모듈을 이용하여 각각 격자 크기별로 DEM을 구축하였다. 격자크기는 10m×10m부터 50m×50m까지 구분하여 분석하였다.

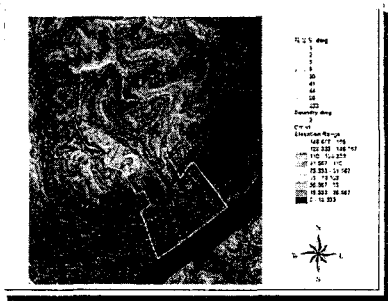


그림 7 미계측대상유역



그림 8 소유역
분할(1/1,000)



그림 9 소유역
분할(1/25,000)

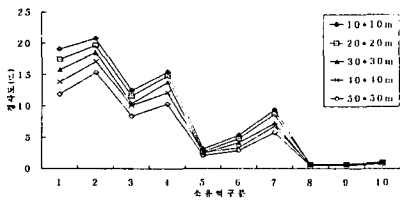


그림 10 격자별 경사도(1/1,000)

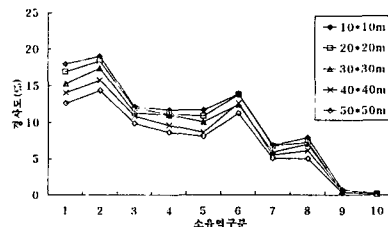


그림 11 격자별 경사도(1/25,000)

표 3 격자크기별 경사도(%)

축척	소유역		격자크기(m)				
	번호	면적	10×10	20×20	30×30	40×40	50×50
1,000	1	1935	19.1	17.43	15.8	13.88	11.9
	2	1928	20.82	19.68	18.55	17.11	15.39
	3	1936	12.49	11.62	10.41	10.11	8.46
	4	1256	15.48	14.85	13.8	12.13	10.33
	5	2286	3.16	2.74	2.46	2.64	2.11
	6	1635	5.38	4.78	4.19	3.37	2.93
	7	746	9.39	8.72	7.25	6.82	5.8
	8	1571	0.67	0.65	0.57	0.54	0.53
	9	1035	0.71	0.66	0.62	0.56	0.55
	10	429	1.06	0.97	0.87	0.76	0.69
25,000	1	1642	18.01	16.94	15.29	14.07	12.64
	2	1889	19.08	18.44	17.44	15.78	14.37
	3	1043	12.14	11.96	11.3	10.84	9.87
	4	1023	11.71	11.1	10.97	9.62	8.64
	5	616	11.68	10.85	10.08	8.61	8.08
	6	1014	13.93	13.84	12.43	12.63	11.23
	7	1205	6.94	6.81	5.93	5.55	5.09
	8	695	7.95	7.33	7.09	6.18	5.07
	9	2208	0.74	0.52	0.48	0.47	0.34
	10	3330	0.21	0.19	0.16	0.13	0.14

표 4 축척에 따른 토사유출량의 비교

축척	격자크기(m)				
	10×10	20×20	30×30	40×40	50×50
1/1,000	2481	2394	2211	2184	1675
1/25,000	2071	2297	1876	1759	1659

4. 결과분석 및 결론

유역의 토양유실량 및 유사 유출량의 추정은 하류에 댐, 침사지, 사방 시설, 하도계획 등을 하는데 기본적인 자료이다. GIS를 적용하여 유역의 토사유출량을 산정할 때 각 방법에 대하여 고찰하고 격자크기의 객관성 있는 적용을 평가하기 위하여, 설마천 유역과 미 계측 대상유역(1.5km²)에서의 토사유출량을 수작업에 의하여 먼저 산정하고 ArcView Hydro모듈에서 산정한 값과 비교하였다. 먼저 격자크기가 커지면 평균경사가 둔화되어 경사에 의한 수문지형인자의 값이 감소함을 알 수 있었으며, 축척이 작은 수치지도의 격자별 오차의 값은 축척이 큰 수치지도의 오차보다 큰 것을 알 수 있었다. 설마천 유역의 경우 격자크기가 20m×20m인 경우 실측값과 유사하게 나타났다. 미계측 유역에 대하여 축척이 1/1,000인 경우 격자크기 20m×20m일 때 토사유출량이 2,394m³/storm이었다. 격자크기가 작을수록, 축척이 커질수록 토사유출량의 변화는 감소하는 경향을 보였다. 또한 빈도별 확률강우량과 토사유출량과의 관계식을 도출하였으며, 표 5의 지수함수식의 관계를 나타내었다. 본 연구에서는 설마천 유역의 단일호우사상에 대하여 실측한 부유사량을 실측치로 비교하였다. 실제 단일호우사상에 대한 RUSLE모형의 한계와 부유사량값을 총유사량으로 보정하는데 대한 신뢰성이 부족하나 GIS를 이용하여 지형인자를 추출하여 소유역의 토사유출량을 산정하는데 있어서 설계자가 객관적인 값을 산정 할 수 있는 방법을 제시하고 유역계획 및 관리에 있어서 기초자료로 활용될 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. 국립방재연구소(1998), 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(I), pp.161-226
2. 국립방재연구소(1998), 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(II), pp.179-202
3. 한국건설기술연구원(1999), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구.

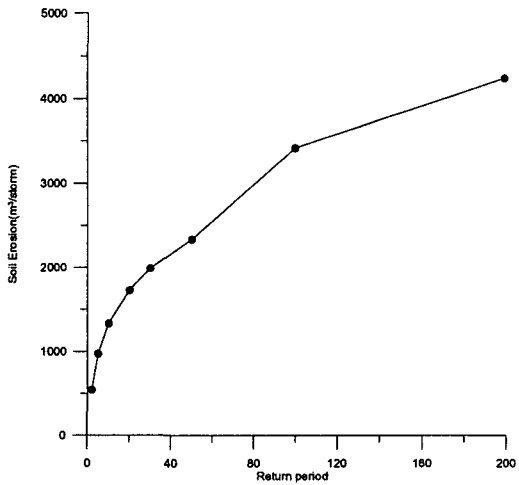


그림 12 빈도별 토사유출량

표 5 빈도별 토사 유출량 관계식

관계식	결정계수(R ²)
$Y = 518.97e^{0.0208X}$	0.9656