

RUSLE와 GRID를 이용한 하천의 유사유출량 분석

Sediment Yield Analysis of River Using RUSLE and GRID

박의정*, 김철**, 김윤환***
Eui Jung Park, Chul Kim, Yun Hwan Kim

요 지

유역에서 발생하는 토양침식의 경우 하천과 가까운 거리에 있는 토사는 하천으로 유입될 가능성이 크지만 하천으로부터 멀리 떨어진 토사는 강우에 의해 하천으로 이송되는 양이 줄어든다. 따라서 유역에서 발생하는 토사량중 하천으로의 유사유출량을 계산해 낼 필요가 있다. 본 연구의 목적은 유역에서의 토양침식량을 계산하고 강우시 유출되어 하천으로 유입되는 유사유출량을 예측하여 하천의 유사유출량을 분석하는 것이다.

하천의 유사유출량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양침식량을 계산하고, 유역침식량과 유사전달비 방법을 이용하여 유사유출량을 산정하였다. GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료로 사용하였다. 연구대상지역은 광주광역시에 있는 영산강상류 유역을 선정하였다.

본 연구에서 산정된 하천으로의 유사유출량은 유역과 하천관리의 기본적인 사항이며 댐이나 하도의 계획, 설계, 관리, 재해영향평가 등에 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 토양침식량, RUSLE, GRID, 유사유출량

1. 서 론

산업의 발달에 따른 토지이용변화, 식생의 파괴는 토양침식이나 퇴적을 유발하게 된다. 이러한 유역환경의 변화는 하천의 통수단면을 감소시켜 유출을 증대시키고 홍수시에 범람의 원인이 된다. 따라서 유역의 토사유실 발생가능량을 사전에 예측하고 분석할 필요가 있다. 그러나 유역에 있어서 하천과 가까운 거리에 있는 토사는 하천으로 유입될 가능성이 크지만 하천으로부터 멀리 떨어진 토사는 강우에 의해 하천으로 이송되는 양이 줄어든다. 따라서 유역내 토사량중 하천으로의 유사유출량을 계산해 낼 필요가 있다. 본 연구의 목적은 유역에서의 토양침식량을 계산하고 강우시 유출되어 하천으로 유입되는 유사유출량을 분석하는 것이다.

하천의 토양유실량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양 침식량을 계산하고 유사유출량은 유역침식량과 유사전달비 방법을 이용하였다. GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료로 사용하였다. RUSLE 인자중 강우침식인자(P)는 건설교통부에서 제시한 연평균 자료를 이용하였고, 토양침식인자(K)는 Wischmeier가 제시한 침식성 계산표를 사용하였으며, 지형인자는 LS 산정공식을 이용하였고, 피복관리인자(C)는 신계중(1999)이 제시한

* 정희원 · 호남대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail: pej1214@hotmail.com

** 정희원 · 호남대학교 토목공학과 부교수 · E-mail: kuchul@dreamwiz.com

*** 정희원 · 호남대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: cfkyh@lycos.co.kr

값을, 토양보존인자(P)는 국립방재연구소(1998)가 제시한 자료를 이용하였다. 연구대상지역은 광주광역시에 있는 영산강상류 유역을 선정하였다.

2. 토양침식량 분석

본 연구에서는 토양침식량을 산정하기 위해 1960년대 미국에서 개발된 범용토양유실공식(USLE)과 그 후 1990년대 들어와 개정된 RUSLE와 GRID를 이용하였다.

2.1 강우침식성 인자

강우침식 인자 R은 정상년 강우의 침식능력을 말한다. 최근 국내에서 박정환(2000)이 R값을 산정하기 위해 전국 53개 지점 관측소의 24년간(1973년~1996년) 강우 자료를 이용하였다. 그 결과를 등강우 침식도로 나타내면 그림 1.과 같으며 그 값은 2,000~7000 정도의 범위에 있다. 그 중 영산강 상류지역의 R값은 3000~4900을 나타내고 있다.

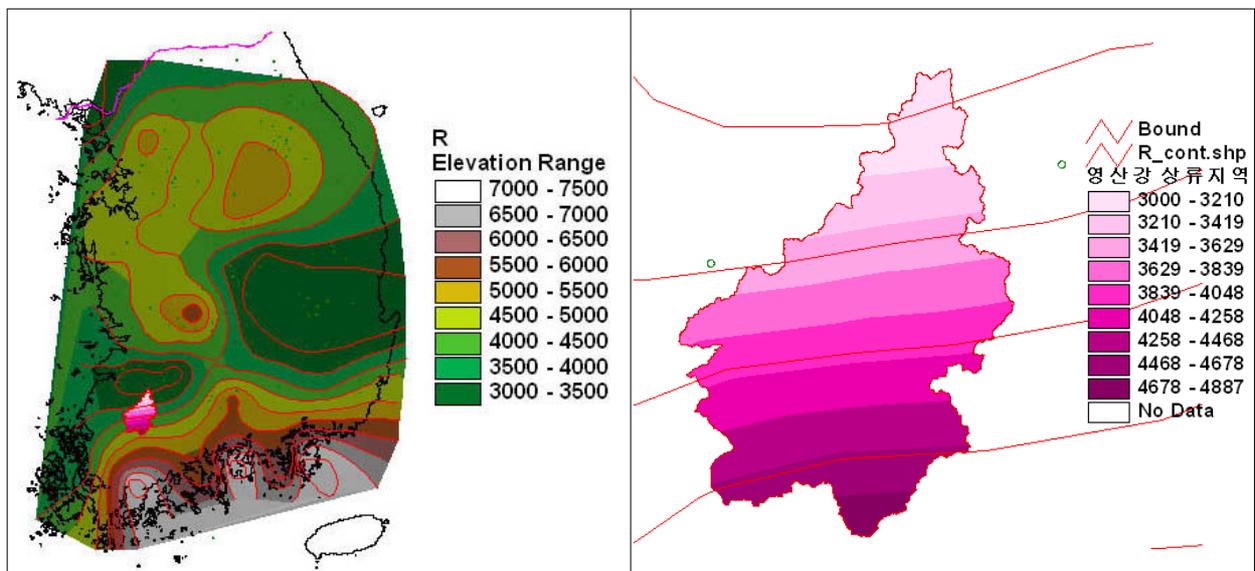


그림 1. 연평균 등강우 침식도 (박정환 등, 2000)

2.2 토양침식성 인자

토양침식성 인자 K는 강우에 의한 침식에 대해 토양이 저항하는 능력을 나타내는 척도로서, 토양 입자의 분포, 구조, 공극과 공극 크기, 유기물 함량 등에 관계된다. K값은 Wischmeier 등(1971)의 K값 추정도표, Wischmeier와 Smith(1965), Erickson(1997)의 삼각형 도표와 보정표 등을 이용하여 추정할 수 있다.

연구지역의 토양분류는 한국 토양조사 사업기구에서 작성한 1:50,000 개략토양도를 이용하였으며, Wischmeier 계산표에 의하여 산출된 연구지역의 K값을 표 1.과 그림 2. (a)에 나타내었다.

표 1. 영산강 상류지역의 토양침식성 인자 (K)

토양코드	영미단위 (tons/acre/R)	SI 단위 (tons/ha/R)	토양코드	영미단위 (tons/acre/R)	SI 단위 (tons/ha/R)
Afa	0.38	0.0494	Mmb	0.22	0.0286
Afb	0.36	0.0468	Msa	0.16	0.0208
Afc	0.35	0.0455	Msb	0.22	0.0286
Afd	0.34	0.0442	Mua	0.21	0.0273
Ana	0.21	0.0273	Mva	0.14	0.0182
Anb	0.34	0.0442	Mvb	0.22	0.0286
Anc	0.55	0.0715	Raa	0.05	0.0065
Apa	0.12	0.0156	Rab	0.2	0.026
Apb	0.3	0.039	Rac	0.27	0.0351
Apc	0.27	0.0351	Rad	0.16	0.0208
Apg	0.15	0.0195	Rea	0.12	0.0156
Maa	0.2	0.026	Rva	0.15	0.0195
Mab	0.23	0.00299	Rvb	0.28	0.0364
Mac	0.23	0.00299	Rvc	0.16	0.0208
Mma	0.12	0.0156	Rxa	0.19	0.0247

2.3 지형 인자

RUSLE에는 두 가지 지형인자가 고려되는데 하나는 배수구역의 길이(L)이며, 다른 하나는 배수구역의 경사(S)이다. L과 S인자는 별개로 구분하여 추정하기 보다는 보통 LS라는 하나의 인자로 보고 추정한다. 지형 인자는 10m 셀의 DEM 자료를 입력자료로 하여 Remortel 등(2001)에 의해서 개발된 AML프로그램을 이용하여 자동추출하였다. 대상 유역의 LS값이 10 이하인 지역이 전체유역 714km² 중 601km² 로써 84%를 차지하고 있었다. 그림 2. (b)에 연구대상지역의 LS값을 나타내었다.

2.4 작물관리 인자

작물관리 인자(C)는 경작의 종류와 식생의 상태에 따른 지표침식을 제어하는 요인에 따라 달라지는 인자이다. 토지이용도는 인공위성 영상(2002, TM)을 감독분류기법을 사용하여 주거지역, 논, 밭, 산림, 물로 구분하여 구축하였다. 신계중(1999)은 작물관리 인자의 값을 주거지역은 0.015, 논은 0.15, 밭은 0.2, 산림은 0.03, 물은 0으로 제시하였다. 이 값을 토지이용도의 속성 값으로 입력하여 작물관리 인자에 대한 주제도를 작성하여, 그림 2. (C)에 나타내었다.

2.5 침식조절 대책 인자

침식조절 대책 인자(P)는 등고선 경작, 띠 경작, 테라스 경작 등 토양 보전을 위한 대책의 효율성을 나타내는 무차원 값으로 단위 밭에서 이러한 방법에 의한 토양유실량과 아래 방향으로 단순 굴 경작에 의한 토양 유실량의 비이다. 이 값을 DEM자료를 이용한 유역 경사 자료와 토지이용도를 이용하여 국립방재연구소(1998)에서 제시한 값을 이용하여 구축하였다. 표 2.에 침식조절 대책 인자 값을 나타내었고, 주제도는 그림 2. (d)에 나타내었다.

표 2. 침식 조절대책 인자 (P)

지면 경사(%)	등고선 경작	등고선대상 경작	테라스 경작
1~3	0.6	0.3	0.12
3~9	0.5	0.25	0.1
9~13	0.6	0.3	0.12
13~17	0.7	0.35	0.14
17~21	0.8	0.4	0.16
21~25	0.9	0.45	0.18

2.6 토양침식량 추정

연구대상지역의 토양유실량을 추정하기 위한 RUSLE의 5개 인자들은 10m×10m의 GRID 자료형태를 가지며, 최종적인 연평균 토양유실량(A)은 다음 식(1)과 같다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad \text{----- 식(1)}$$

RUSLE의 A값은 R값이 1년 평균인 경우 1년 평균 유실량을 의미하며, 특정 호우의 R값인 경우 그 호우에 의한 유실량을 의미한다. 이 공식을 적용한 결과 영산강 상류유역에서 토양유실량은 110만m³으로 추정되었다. 그러나 추정된 값의 토사가 모두 하류로 유입되는 것이 아니므로 하천으로의 유사 유출량을 분석하였다.

3. 유사유출량 분석

유역에서의 유실토사량중 하천으로의 유사유출량을 추정하기 위해 유역침식량과 유사전달비 방법을 이용하였다.

한 하천 유역의 침식량과 유사전달비를 알면 그 지점에서 유사유출량을 추정할 수 있다. 유역의 유사전달비는 일반적으로 유역면적에 반비례하며, 사립자가 클수록 작아진다. 본 연구에서는 Roehl(1962)이 제시한 유사전달비의 경험식을 사용하였다. 경험식은 식(2)와 같다.

$$\log D = 4.5 - 0.23 \log(10A) - 0.51 \log(L/H) - 2.79 \log B \quad \text{----- 식(2)}$$

위 식에서 D(%)는 유사전달비, A(mi²)는 유역면적, L/H는 유역의 주하천 길이와 양단 표고 차의 비, B는 하천의 분기율이다. 위의 식을 이용한 결과 영산강 상류 유역(714km²)에 대한 유사전달비는 13.6%로 나타났다.

토양침식량 값과 유사전달비를 곱한 값을 ARC/INFO GRID모듈의 Flowaccumulation을 이용하여 하천 하류로의 흐름누적량을 계산한 결과 15만m³로 분석되었다. 분석된 유사유출량은 하천의 어느 한 지점에서 누적된 양을 확인할 수 있었고 그림 2. (f)에 나타내었다.

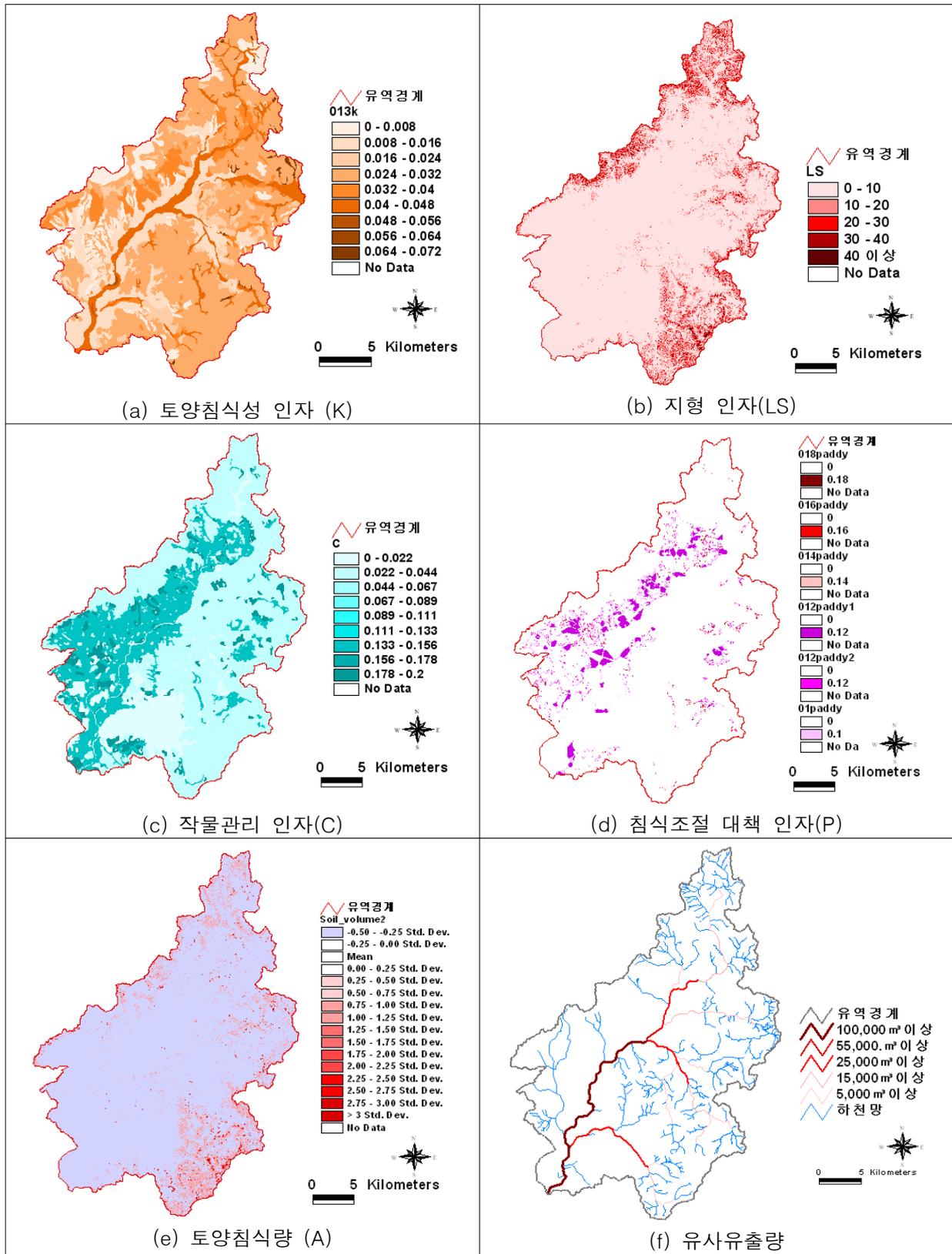


그림 2. RUSLE 자료 구축과 유사유출량

4. 결론

유역에서 발생하는 토사량중 하천으로의 유사유출량을 분석하는 방법은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 RUSLE와 GRID를 이용하여 토양침식량을 계산하였고, 토양침식량과 유사전달비를 이용하여 유사유출량을 분석하였다. GIS를 이용하여 유역의 DEM자료와 경사도, 토양도, 토지이용도를 구축하여 RUSLE의 입력자료인 강우침식성 인자(R), 토양침식성 인자(K), 지형 인자(LS), 작물관리 인자(C), 침식조절 대책 인자(P)에 대한 주제도를 생성하였다.

RUSLE와 GRID를 이용한 토양침식량 계산과 유사전달비를 이용한 유사유출량 산정을 영산강 상류유역(714km²)에 적용한 결과 토양침식량은 110만m³로 나타났고, 유사전달비 13.6%에 따른 유사유출량은 15만m³로 분석되었다. 본 연구에서 산정된 유역의 토양침식량과 하천으로의 유사유출량은 유역과 하천관리의 기본적인 사항이며 댐이나 하도의 계획, 설계, 관리, 재해영향평가 등에 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김주훈, 김경탁, 연구방(2003). GIS를 이용한 토양침식 위험지역 분석, 한국지리정보학회지 6권 2호, pp. 22-32
2. 박경훈(2003). GIS 및 RUSLE 기법을 활용한 금호강 유역의 토양침식위험도 평가, 한국지리정보학회지 6권 4호, pp. 24-36
3. 박정환, 우효섭, 편종근, 김광일(2000). 토양유실공식의 강우침식도 분포에 관한 연구, 한국수자원학회 논문집 제33권 제5호, pp.603-610.
4. 손광익(2005). GIS를 이용한 토사이송 및 퇴적분포 예측기법 개발, 한국수자원학회 논문집 제38권 제3호, pp. 223-233.
5. 신계중(1999). 지형정보체계를 이용한 유역의 토양유식 분석, 박사학위 논문, 강원대학교.
6. 우효섭(2002). 하천수리학, 청문각.
7. 국립방재연구소(1998). 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(I).
8. 국립방재연구소(1998). 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(II).
9. Hickey, R, A. Smith (1994). Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID, Computers, Environment and Urban Systems, v.18, no.5, pp. 365-380.
10. Remortel, V. R., M. Hamilton and R. Hickey. (2001). Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of DEM elevation data. Cartography 30(1), pp 27-35.
11. Roehl, J. W. (1962). Sediment sources areas, delivery ratios and influencing morphological factors, International Association of Scientific Hydrology, Publication 59, Commission of Land Erosion.
12. Wischmeier, W. H.(1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites, Journal of Soil and Water Conservation no.26, pp. 189-193.
13. Wischmeier, W. H. and Smith, D. D.(1978). Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning, U.S. Department of Agriculture handbook.