

OE3) LS 산정방법에 따른 토사침식량 산정

이도훈*, 이수형, 이효진, 박기범
실용수자원연구소

1. 서 론

우리나라는 급속한 경제성장을 이루기 위한 개발 사업을 통하여 삶의 질은 향상 되었지만, 현재 그로인한 지구온난화현상으로 이상기후가 발생하여 국지성 집중호우를 유발시키고 있다. 이런 이유로 유역내 토사 유입량이 증가함에 따라 하류지역의 수질악화, 통수단면 부족, 홍수위 상승 등으로 인한 피해가 발생되고 있다. 특히 2002년과 2003년의 태풍 루사와 매미로 인한 토사유출량의 증가로 대규모의 인명 및 재산피해가 발생하였으며, 2004년 태풍 매기로 인한 강원도의 침수피해중 상당수가 하천의 통수능 감소로 인한 피해로 보고 있다.(국립방재연구소, 2002, 2003)

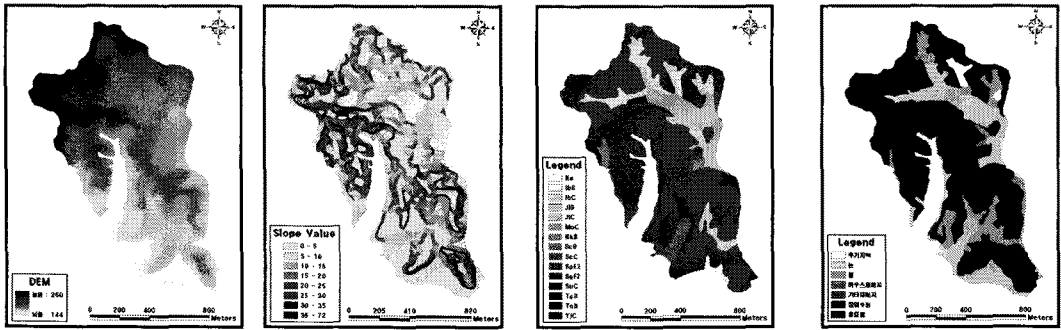
토사침식은 강우분포, 토양, 토지이용과 같은 많은 요인들에 의해 영향을 받으며, 현재 이러한 요인들의 정확한 예측을 위하여 DEM자료를 이용한 GIS격자기법으로 토사침식량을 산정하는 연구도 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 GIS격자기법으로 분석함에 있어서 유로연장(λ)과 평균경사각을 이용한 토사침식량과 GIS격자 size(λ) 및 격자별 경사각을 추출하여 산정한 토사침식량을 비교하여 정량적인 값을 제시하고자 한다.

2. 토사침식량(RUSLE) 분석

연구대상유역은 지역개발을 촉진하기 위해 영주시에서 추진 중인 민자유치사업의 일환으로 안정면 목리 산25-1번지 일원에 위치하고 있는 판타시온 골프장 유역으로 설정하였으며, RUSLE모형은 Wischmeier와 Smith(1965, 1978)에 의해 제안된 범용 토양손실공식(USLE)의 형태는 그대로 유지하지만 각종 인자들의 산정 방법 개선과 인자 산정시 특정한 상황을 고려할 수 있도록 수정된 공식이다. 실측 토사침식량과 토사 유출인자(강우, 토양, 경사, 식생, 유역관리조건 등)와의 상관성분석에 의해 토사침식량을 산정하는 것으로 토사침식과 관련된 경사진 소유역의 특성을 고려하였다.

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

여기서 A는 강우침식인자 R의 해당기간중 단위면적당 토양침식량(ton/ha), R은 강우침식인자(10^7 J/ha·mm/hr), K는 토양침식인자(ton/ha/R), LS는 지형인자(무차원) C는 토양피복인자(무차원), P는 토양보전대책인자(무차원)이다.



(a) Elevation map (b) Slope map (c) Soil map (d) Landuse map

Fig. 1. Spatial data.

2.1. 강우침식인자(R)

강우침식인자는 강우의 운동에너지에 의한 토양침식량의 정도를 나타내는 인자로서 초기에는 연평균 강우침식인자만을 적용하다가 단일호우 강우침식인자가 추가로 도입되었다. 국내 연평균 강우침식인자 연구결과를 보면 정필균 등(1983)이 51개 관측소의 6~21년간의 자료를 이용하여 산정하였으며, 박정환 등(2000)은 53개 관측소의 24년간 자료를 이용하여 산정하였다. 본 분석에서는 대체로 약간 크게 산정되는 경향이 있는 박정환 등(2000)에 의한 연평균 강우침식인자를 채택하여, 영주지역의 연평균 강우침식인자값은 $389(10^7 \text{J/ha}\cdot\text{mm/hr})$ 를 적용하였다. 단일호우에 의한 강우침식인자는 단일호우에 의한 토양침식량의 정도를 나타내는 인자로서 다음과 같은 식을 사용하여 산정하였으며, 일반적으로 단일호우 강우침식인자가 연평균 강우침식인자에 비해 2배 이상 산정되는 경향을 나타내고 있다.(수자원설계실무 p.529) 단일호우 강우침식인자를 산정하기위하여 영주관측소의 1973~2007년의 강우 시자료를 분석하여 30년 빈도 = $625(10^7 \text{J/ha}\cdot\text{mm/hr})$, 50년 빈도 = $746(10^7 \text{J/ha}\cdot\text{mm/hr})$ 를 적용하였다.

$$\bullet R = (\sum E) I_{30\max} = (R10^7 \text{J/ha}\cdot\text{mm/hr}/\text{year})$$

(총 강우에너지 × 최대강우강도)

여기서 $I_{30\max}$ = 30분 지속 최대 강우강도 (mm/hr)

$$\bullet e(10^7 \text{J/ha}/\text{mm}) = 0.029 [1 - 0.72\exp(-0.05 \cdot I)]$$

(= 침식지수 단위 : 주어진 강우강도 X하에서 1mm 강우의 운동에너지)

$$\bullet E(10^7 \text{J/ha}) = e \cdot P$$

(여기서 E는 강우의 총에너지 (MJ/ha), P는 강우의 총깊이 (mm))

2.2. 토양침식인자(K)

토양침식인자(K)는 토양의 침식성에 따른 토양침식량의 변화를 나타내는 인자로서 입도분포, 토양의 구조 및 유기물 함량 등에 관계된다. 산정방법에는 Wylie 방법, Erickson 방법, Wischmeier 방법 등이 있으며 그중 가장 정확한 것으로 알려져 있는 Wischmeier

방법을 채택하였다.

- Wischmeier의 K값 추정

$$K = 1.32 \left[\frac{2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3.25 (S_1 - 2) + 2.5 (P_1 - 3)}{100} \right]$$

여기서 M은 실트와 극세사의 백분율 x (100-점도의 백분율), OM은 유기물 함량 (%), S₁은 토양구조코드(1~4), P₁은 투수도 등급(1~6)이다.

2.3. 지형인자(LS)

지형인자는 지형에 따른 토양침식량의 변화를 나타내는 인자로서 사면길이인자(L)와 사면경사인자(S)의 곱으로 구성되며, 사면길이인자 및 사면경사인자는 다음과 같은 공식으로 산정한다.

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad m = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad \beta = \frac{11.16 \sin \theta}{3.0 \cdot (\sin \theta)^{0.8} + 0.56}$$

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03, \quad \sin \theta < 0.09$$

$$= 16.8 \sin \theta - 0.50, \quad \sin \theta \geq 0.09$$

여기서 λ는 평면에 투영된 사면길이(m), m은 사면경사 길이의 멱지수, 22.13은 표준침식밭의 길이(72.6ft), β는 세류 및 세류간 침식의 비, θ는 사면경사각(°)이다.

사면길이인자(L)를 산정하기 위하여 평면에 투영된 사면길이(λ)값을 유로연장과 DEM 자료의 격자길이 1m를 적용하였으며, 사면경사인자(S)를 산정하기 위해 평균고도값을 이용한 경사각과 DEM 자료로부터 각 격자별 경사각을 추출한 값을 적용하였다. 최종적으로 사면길이인자(L)와 사면경사인자(S)의 자료를 종합하여 지형인자(LS)를 산정하였다.

2.4. 토양피복인자(C)

토양피복인자는 경작의 종류와 식생의 상태 즉, 지표침식을 제어하는 요인인 지상 및 토양의 피복, 식물의 뿌리, 지표면의 조도, 토양의 함수율 등에 따라서 달라지는 피복인자로서 일반적으로 이 인자들은 크게 지상, 지표, 지하인자의 세분류로 구분된다. Dissmeyer와 Foster(1981, 1984)의 자료와 타 자료를 취합하여 정리한 Haan(1994)의 결과자료인 “건설현장, 광산지역, 산림지역에 대한 C값”을 적용하였다.

2.5. 토양보존대책인자(P)

토양보존대책인자 P는 산중턱의 등고선을 따라 고랑이나 둑을 설치하거나, 경사지를 계단식으로 깎고 다지는 등 침사지와 같은 통제구조물 등의 지표면에 설치된 토양보존을 위한 대책을 고려하는 무차원인자이다.

본 분석에서 토양보존대책인자는 Wischmeier & Smith(1994) 등이 제시한 도표를 사용하였으며, 토양보존대책인자를 산정하기 위하여 토지피복도와 DEM에서 추출한 경사를

중첩하여 관리인자를 계산하였다.

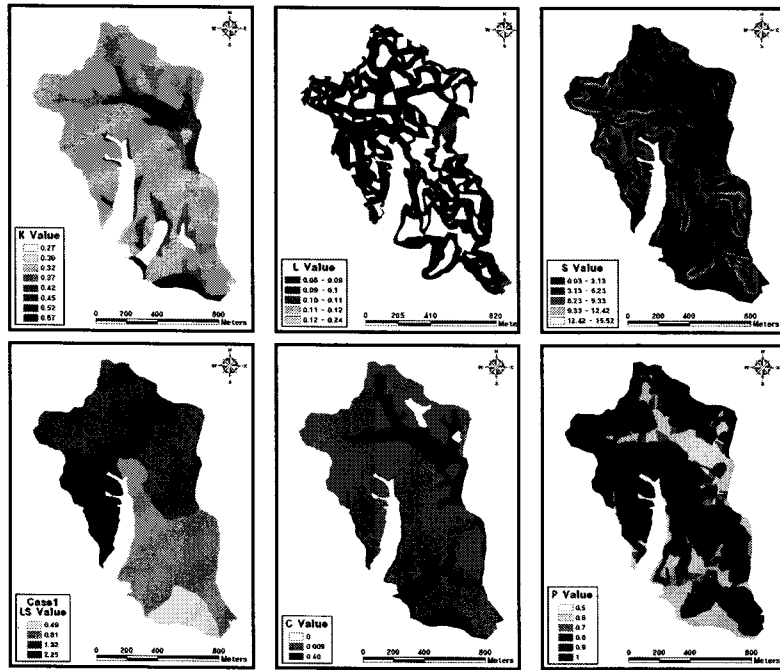


Fig. 4. RUSLE spatial data.

2.6. 토사침식량(A)

GIS격자분석으로 추출된 각 인자 R, K, L, S, C, P을 이용하여 최종 토사침식량을 산정하였다. 산정결과 아래 그림에서 보는바와 같이 유로연장(λ)으로 산정된 토사침식량은 DEM자료에서 추출된 경사를 이용한 토사침식량에 비해 토사유출이 많은 것으로 분석되었으며, 경사가 완만한 지형에 오히려 침식량이 높은 것으로 나타났다. 이런 이유는 토사침식량이 경사보다는 다른 인자의 영향을 받아 지형여건을 고려하지 못한채 과대산정되는 결과를 초래한 것이다.

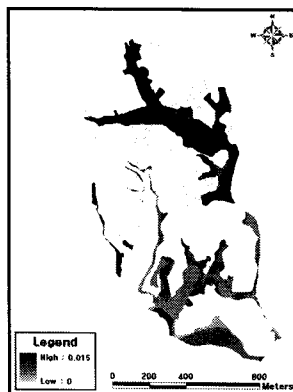


Fig. Case1

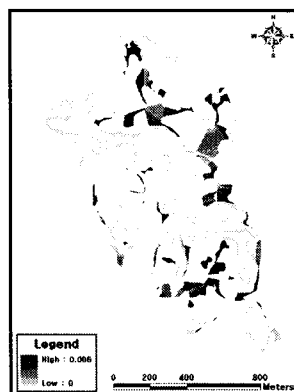


Fig. Case2

3. 결 론

본 연구는 개발사업이 진행중인 판타시온 골프장 유역을 대상으로 LS인자값의 변화로 인한 토사침식량을 분석하여 정량적인 값이 제시하고자 실시하였다. 기존 유로연장과 평균 경사값을 이용한 LS인자 산정과 GIS격자기법을 활용한 LS인자 산정의 분석결과 격자 기반으로 분석한 GIS분석의 경우가 더 명확한 토사침식량값을 제시하는 것으로 나타났다. 유로연장과 평균경사값의 경우 유역의 전반적인 지형여건을 고려하지 못하여 토사침식량이 과대산정되는 결과를 초래하였으며, 단일호우의 경우 그 양상이 더욱 두드러짐에 따라 경제적·시간적·공간적인 피해가 유발될 것이라 판단된다.

하지만 GIS격자분석은 DEM자료의 1m격자를 기반으로하여 명확한 LS인자값을 산정할 수 있었으며, 유역의 지형여건을 최대한 살릴수 있어 개발사업으로 인한 비용절감 효과를 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 정종호, 윤용남, 수자원설계실무, 2008, pp. 526-531.
- 김민석, 김진관, 양동운, 정관수, Process Based Erosion Model을 이용한 자연사면에서의 토사유출 산정 : 편마암 지역사례연구, 2007, 한국지형학회지 제14권 제4호, pp. 107-116.
- 소방방재청, 재해영향평가 실무지침서, 2005, pp.95-102.