OE3) LS 산정방법에 따른 토사침식량 산정

이도훈*, 이수형, 이호진, 박기범
실용수자원연구소

1. 서 론


토사침식사는 강우분포, 토양, 토지 이용과 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. 실제 토사침식량과 토사 유출인자(강우, 토양, 경사, 식생, 유역관리조건 등)와의 상관성분석에 의해 토사침식량을 산정하는 것으로 토사침식과 관련된 경사면 소유의 특성을 고려하였다.

\[ A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \]

여기서 \( A \)는 강우침식인자 \( R \)의 해당기간중 단위면적당 토양침식량(ton/ha), \( R \)는 강우침식인자(10\(^{−1}\)J/ha·mm/hr), \( K \)는 토양침식인자(ton/ha/R), \( LS \)는 지형인자(무차원), \( C \)는 토양표면특성인자(무차원), \( P \)는 토양보전대책인자(무차원)이다.
2.1. 감우침식인자(R)
감우침식인자는 강우의 운동에너지에 의한 토양침식량의 정도를 나타내는 인자로서 초기에는 연평균 감우침식인자만을 적용하다가 단일호우 감우침식인자가 추가로 도입되었다. 국내 연평균 감우침식인자 연구결과를 보면 정필균 등(1983)이 51개 관측소의 6~21년 간의 자료를 이용하여 산정하였으며, 박정환 등(2000)은 53개 관측소의 24년간 자료를 이용하여 산정하였다. 본 분석에서는 대체로 약간 크게 산정되는 경향이 있는 박정환 등(2000)의 연평균 감우침식인자를 채택하여, 영주지역의 연평균 감우침식인자값은 389(10^{7} J/ha·mm/hr)를 적용하였다. 단일호우에 의한 감우침식인자는 단일호우에 의한 토양침식량의 정도를 나타내는 인자로서 다음과 같은 식을 사용하여 산정하였으며, 일반적으로 단일호우 감우침식인자가 연평균 감우침식인자에 비해 2배 이상 산정되는 경향을 나타내고 있다.(수자원설계실무 p.529) 단일호우 감우침식인자를 산정하기 위하여 영주관측소의 1973~2007년의 강우 시계조를 분석하여 30년 빈도 = 625(10^{7} J/ha·mm/hr), 50년 빈도 = 746(10^{7} J/ha·mm/hr)를 적용하였다.

\[ R = (\sum E) I_{30,\text{max}} = (R10^7 \text{J/ha·mm/hr/year}) \]
(총 강우에너지 × 최대강우강도)
여기서 \( I_{30,\text{max}} = 30\text{분 지속 최대 강우강도 (mm/hr)} \)
\[ e(10^7 \text{J/ha/mm}) = 0.029 \left[ 1 - 0.72\exp(-0.057) \right] \]
(= 침식지수 단위 : 주어진 강우강도 X하에서 1mm 강우의 운동에너지)
\[ E(10^7 \text{J/ha}) = eP \]
(여기서 \( E \)는 강우의 총에너지 (MJ/ha), \( P \)는 강우의 총강도 (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 그 중 가장 정확한 것으로 알려져 있는 Wischmeier
방법을 채택하였다.

\[-\text{Wischmeier의 K값 추정}\]
\[
K = 1.32 \left[ \frac{2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3.25 (S_i - 2) + 2.5 (P_i - 3)}{100} \right]
\]

여기서 M은 실트와 극세사의 백분율 x (100-점도의 백분율), OM은 유기물 함량 (%), S_i는 토양구조코드(1~4), P_i는 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 \( \lambda \)는 평면에 투영된 사면길이(m), m은 사면경사 길이의 벡터수, 22.13은 표준치 식발의 길이(72.6ft), \( \beta \)는 세류 및 세류간 침식의 비, \( \theta \)는 사면경사각(°)이다.

사면길이인자(L)를 산정하기 위하여 평면에 투영된 사면길이(\( \lambda \)) 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. 토양陥복인자(C)


2.5. 토양보존대책인자(P)

토양보존대책인자 P는 산정력의 등고선을 따라 고량이나 독을 설치하거나, 경사지를 계단식으로 각과 다지는 등 첨가식과 같은 통제구조물 등의 지표면에 설치된 토양보존을 위한 대책을 고려하는 무차원인자이다.

본 분석에서 토양보존대책인자는 Wischmeier & Smith(1994) 등이 제시한 토입을 사용하였으며, 토양보존대책인자를 산정하기 위하여 토지陥복도와 DEM에서 추출한 경사를
중첩하여 관리인자를 계산하였다.

Fig. 4. RUSLE spatial data.

2.6. 토사침식량(A)

Fig. Case1  Fig. Case2
3. 결 론

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

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

참 고 문 헌
정종호, 윤용남, 수자원설계실무, 2008, pp. 526-531.
소방방재청, 재해영향평가 실무지침서, 2005, pp.95-102.