

Gavrilović 모형을 이용한 유사량 추정

Estimation of Sediment Yield using Gavrilović model

이준학*, 오경두**

Joon-Hak Lee, Kyoung-Doo Oh

요 지

유사량은 하천의 단면을 단위시간 동안 통과하는 토사의 양을 의미하며, 하천 구조물의 설계 및 유지관리를 위한 기본자료로 활용된다. 유사량은 하천 유역의 지형적인 특성과 기상요소에 영향을 받으며, 이를 규명하기 위한 많은 연구들이 수행되어 왔다. GIS기반의 유사량 예측모델로서 국내에서는 개정범용토양유실공식과 유사운송비(Sediment Delivery Ratio)를 이용하여 유역단위 유사량을 예측하는 연구가 이루어져왔다. Gavrilović 모델은 유역의 총 연유사량을 예측하고 토양침식의 정도를 정량화할 수 있는 경험적 모형으로 지질 및 토양, 지형조건, 기후인자(연평균 강우량, 연평균 온도), 토지이용의 6가지 입력변수로 구성되어 있다. 본 연구는 Gavrilović 모델의 국내 적용성을 검토하기 위한 것으로서, 왕숙천 유역을 대상으로 Gavrilović 모델을 적용하여 유사량을 산정해본 결과, 실측값을 약 20% 내외로 비교적 근사하게 추정할 수 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : Gavrilović 모형, GIS, 개정범용토양유실공식, 유사량, 토양침식

1. 서론

토사유출은 비, 바람 등으로 인하여 분리된 토양입자가 지표면 유출에 의하여 이송되어 하천으로 유입되는 것으로서, 수질악화 및 저수량 감소의 주된 요인이 되고 있다. 유사량은 하천의 단면을 단위시간 동안 통과하는 토사의 양을 의미하며, 하천 구조물의 설계 및 유지관리를 위한 기본자료로 활용된다. 유사량은 하천 유역의 지형적인 특성과 기상요소에 영향을 받으며, 이를 규명하기 위한 많은 연구들이 수행되어 왔다. 2000년대에 들어 개정범용토양유실공식(Revised Universal Soil Loss Equation, 이하 RUSLE)와 GIS(Geographical Information System)를 이용하여 유역내 토양침식량을 계산하고 이중에서 이송되는 비율(Sediment Delivery Ratio)을 경험적으로 고려하여 유사량을 추정하는 방법이 활용되고 있다(김상민 등, 2003).

Gavrilović 모델은 유역의 총 연유사량(total annual sediment yield)을 예측하고 토양침식의 정도를 정량화할 수 있는 경험적 모델로서 Gavrilović(1988)이 제안하였으며, 유고슬라비아 남동부, 스위스, 이탈리아, 그리스, 이란 등에서 널리 사용되어온 모델이다(Globevnik *et al.*, 2003; Solaimani *et al.*, 2009). 본 모델은 국내에 소개된 바가 없었기 때문에 본 연구는 Gavrilović 모델의 국내 적용성을 검토하는데 목적을 두었으며, 연구대상 지역은 왕숙천 유역으로 하였다.

2. Gavrilović 모델

Gavrilović 모델은 개정범용토양유실공식과 유사하게 지질 및 토양, 지형조건, 기후인자(연평균 강우량, 연평균 온도), 토지이용의 6가지 입력변수로 구성되어 있다(Gavrilović, 1988). Gavrilović 모델의 상세인자는 다음과 같다.

* 정희원 · 육군사관학교 건설환경학과 조교수 · E-mail : cetera93@gmail.com

** 정희원 · 육군사관학교 건설환경학과 교수 · E-mail : okd0629@kma.ac.kr

$$T \times P \times \pi \times z^{.5} \quad (1)$$

$$T = \left(\frac{t^o}{10} + 0.1 \right) \quad (2)$$

$$z = Y \times X \times \phi + J \quad (3)$$

$$G = DR \times W \quad (4)$$

$$DR = \frac{(O \times D)^{0.5}}{0.25 \times L + 10} \quad (5)$$

여기서, W 는 연평균 토양침식량($m^3/year \ km^2$), T 는 온도계수, P 는 평균 연강수량($mm/year$), F 는 유역면적(km^2), t^o 는 연평균 온도($^{\circ}C$), z 는 침식 계수, Y 는 토양 저항(rock and soil resistance) 계수, X 는 토지이용(land use, soil cover) 계수, ϕ 는 침식종류(type and extent of erosion)에 따른 계수, J 는 평균 경사도(%), G 는 연평균 유사량($m^3/year$), DR 은 유사잔류계수(retention coefficient), O 는 유역둘레(km), D 는 유역의 평균고도(km), L 은 주수로의 길이(km)를 의미한다. 표 1~3은 Gavrilović 모델의 X, Y, ϕ 값을 나타낸 것이다.

표 1. 토양저항 계수(Vente and Poesen, 2005)

구 분	Y
Hard rock, erosion resistant	0.2-0.6
Rock with moderate erosion resistance	0.6-1.0
Weak rock, schistose, stabilised	1.0-1.3
Sediments, moraines, clay and other rock with little resistance	1.3-1.8
Fine sediments and soils without erosion resistance	1.8-2.0

표 2. 토양피복 계수(Vente and Poesen, 2005)

구 분	X
Mixed and dense forest	0.05-0.20
Thin forest with grove	0.05-0.20
Coniferous forest with little grove, scarce bushes, bushy prairie	0.20-0.40
Damaged forest and bushes, pasture	0.40-0.60
Damaged pasture and cultivated land	0.60-0.80
Areas without vegetal cover	0.80-1.00

표 3. 경험적 침식계수(Vente and Poesen, 2005)

구 분	ϕ
Little erosion on watershed	0.1-0.2
Erosion in waterways on 20-50% of the catchment area	0.3-0.5
Erosion in rivers, gullies and alluvial deposits, karstic erosion	0.6-0.7
50-80% of catchment area affected by surface erosion and landslides	0.8-0.9
Whole watershed affected by erosion	1.0

3. 연구대상 지역

대상지역인 왕숙천 유역은 유역면적 276.52km², 유로연장 37.0km인 한강수계 1지류이며, 유역경계 분수령의 표고는 EL.50m ~ EL.820m이다. 왕숙천 유역은 농경지가 54.35km²로 19.7%, 임야가 186.93km²로 67.6%를 차지하고 있으며, 기타 지역(목장 및 대지 등)은 35.74km²로 12.7%에 해당한다(경기도, 2001). 본 연구에서 유역경계의 기준은 왕숙천 수계 하천정비기본계획(경기도, 2001)을 기준으로 하였다. 본 연구를 위하여 개략도양도 1:50,000, 20m 격자크기의 수치표고모형, 1:50,000 환경부 토지피복도와 산림청의 1:25,000 수치임상도를 사용하였다. 이준학 등(2008)은 GIS와 RUSLE를 이용하여 왕숙천 유역의 토양유실량을 산정하고 Roehl(1962)의 경험식에 기반한 유사전달비(%)를 적용하여 비유사량을 추정한 바 있다. 이준학 등(2008)이 산정한 왕숙천 유역 전체의 토양유실량은 총 920,888ton/yr이었으며, Roehl(1962)의 유사운송비(0.109)를 적용하여 산정한 비유사량은 366ton/yr/km²이었다. 본 연구에서는 실측 유사량과의 비교를 위하여 왕숙천 인근 9개 기상관측소의 기상자료(연강수량 및 평균온도)는 서울, 철원, 양평 지점은 1961~1990년 기간의 평년값을, 의정부, 하면, 금곡, 고안 지점은 1981~1991년 기간, 내촌, 퇴계원 지점은 1986~1991년 기간의 자료를 사용하였다.

4. 모델 적용결과

지형 및 기상분석 결과, 왕숙천 유역의 평균 경사도(J)는 2.43%, 유역둘레(O)는 143.280km, 연평균 온도(t)는 10.9℃, 연평균 강수량(P)은 1,177mm로 나타났다. 는 표 3을 참고로 하되 유역특성을 고려하여 0.3으로 선정하였다. 그림 1~3은 본 연구에서 추출해낸 왕숙천 유역의 토양저항 계수, 토지이용계수, 연평균 강수량의 분포도를 나타낸 것이다. 연평균 강수량의 공간분포도는 IDW 기법을 이용하여 작성하였다.

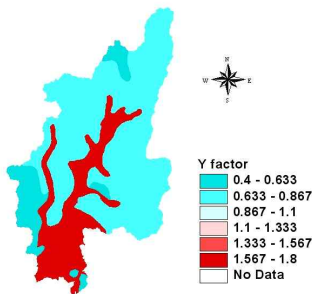


그림 1. 토양저항 계수

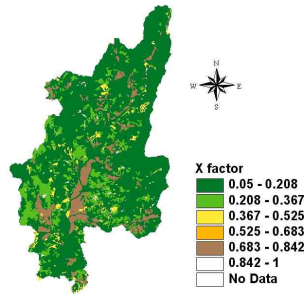


그림 2. 토지이용 계수

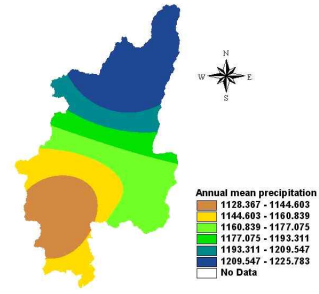


그림 3. 연평균 강수량

Gavrilović 모델을 이용하여 산정한 왕숙천의 연평균 토양침식량은 313,287ton/yr, 유사잔류계수는 0.40이었으며, 연유사량은 127,326ton/yr, 비유사량은 460ton/yr/km²로 나타났다. 한강수계치수 기본계획(건교부, 1992)에 수록되어 있는 왕숙천의 연간 유사량은 150,150ton/yr이며 비유사량은 543ton/yr/km²과 비교해보았을 때, 이준학 등(2008)의 연구결과보다 약 20%의 차이로 비교적 근사하게 추정되었음을 알 수 있었다.

5. 결과

본 연구는 유역의 유사량 추정을 위해, 유럽지역에서 사용중인 Gavrilović 모델의 국내 적용성을 검토하기 위한 것으로서 왕숙천 유역을 대상으로 비유사량을 추정해본 결과, 실측값과 약 20%의 차이로 비교적 근사하게 추정할 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구는 1개 유역을 대상으로 한정된 실측 유사량 자료로 검토하였기 때문에 제한사항이 있으며, 향후 수개 유역을 대상으로 다년

간의 실측값을 토대로 모델의 적용성을 추가 검증할 계획이다.

참 고 문 헌

1. 경기도 (2001), 왕숙천 수계 하천정비 기본계획
2. 건설교통부 (1992), 한강수계치수기본계획
3. 김상민, 박승우, 강문성, GIS와 USLE를 이용한 아산만 유입유사량 추정, 한국 수자원학회 논문집 제36권 제6호(2003), pp1059~1068
4. 이준학, 오경두, 신주영, 허준행 (2008). 강우침식인자가 토사유출량 산정에 미치는 영향에 관한 연구, 대한환경공학회 추계연구 발표회 발표자료
5. Gavrilović, Z. (1988). The use of empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. In: White, W.R.(ed.), International Conference on River Regime, Chichester, 411-422.
6. Globevnik, L., Holjević, D., Petkovsek, G., and Rubinić, J. (2003). Applicability of the Gavrilović method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques, Erosion Prediction in Ungauged Basin: Integrating Methods and Techniques, IAHS Publ, 279, 224-233.
7. Roehl, J.W. (1962). Sediment Sources Areas, Delivery Ratios and Influencing Morphological Factors, International Association of Scientific Hydrology, Publication 59, Commission of Land Erosion.
8. Solaimani, K., Modallaldoust, S., and Lotfi, S. (2009). Soil Erosion Prediction Based on Land Use Changes(A Case in Neka Watershed), American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 4(2), 97-104.
9. Vente de, J., and Poesen, J. (2005). Prediction Soil Erosion and Sediment Yield at the Basin Scale: Scale Issues and semi-quantitative models, Earth-Science Reviews 71, Amsterdam, 95-125.