

국내 주요 하천에 대한 총유사량 공식 성능 평가

Performance Test of Total Sediment Load Formulas in Major Rivers of Korea

김도언* · 최성욱**

Kim, Do Eon · Choi, Sung-Uk

본 연구는 우리나라 5대 하천 (한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강)의 총유사량 공식의 성능을 평가하는 것을 목적으로 한다. 기존 연구에서 2010 - 2023년 유량 및 총유사량 자료를 바탕으로 회귀분석을 수행하여 지점별 회귀식을 도출하였으며, 총유사량 공식 5종 (Engelund-Hansen, Ackers-White, Yang, Brownlie, Karim)을 비교 분석하여 각 하천에 대하여 예측 정확도가 우수한 공식 2종을 선별하였다. 본 연구에서는 이러한 회귀식과 공식 2종을 2024년 새로 측정된 총유사량 자료에 적용하여 예측 성능을 평가하였으며, 그 결과 회귀식 기반 모델이 가장 낮은 예측오차를 보였고, 일부 하천에서는 특정 공식의 예측오차가 회귀식과 유사한 성능을 나타내는 것으로 분석되었다. 본 연구는 향후 우리나라 하천에서의 총유사량 예측 모델 선택 및 적용성 검토에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어: 총유사량, 총유사량 공식, 회귀식, 하천 유사, 국내 하천, 성능 평가

1. 서론

하천에서 유사이송은 하상변동, 생태계 변화, 식생 분포 및 하천 횡단시설물의 안정성 등에 영향을 미치며, 홍수기에 유사량이 급격히 증가한다. 총유사량을 정확히 예측 및 산정하는 것은 하천의 통수능 분석, 홍수위 산정, 수리 수문 계획 수립 등 실무적인 측면에서도 매우 중요하다. 이에 따라 국내외에서 다양한 총유사량 산정 공식이 제안되어 왔으나, 하천별 특성과 지질 조건에 따라 예측 성능에 차이가 존재한다. 기존 연구에서는 국내 5대 하천 (한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강)의 대표 지점에서 측정된 2010년부터 2023년까지의 총유사량 자료를 기반으로 회귀식을 도출하고, 널리 사용되는 총유사량 공식 5종을 적용하여 하천별 적합성을 평가하였다. 본 연구는 이러한 기존 회귀식과 공식 중 예측 성능이 우수했던 2종을 활용하여, 2024년도 새로 측정된 총유사량 자료에 대한 예측 정확도를 검토하고자 한다. 이를 통해 총유사량 산정 모델의 예측 신뢰성을 확인하고, 실무 적용 가능성을 검토하였다.

2. 연구대상 하천

본 연구는 국내 주요 5대 하천인 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강을 대상으로 하며, 각 하천의 대표 지점으로는 한강 여주지점, 낙동강 왜관지점, 금강 공주지점, 영산강 나주지점, 섬진강 구례지점을 선정하였다. 이들 지점은 총유사량 관측 자료가 장기간 축적되어 있으며, 하상 환경 및 유사 특성이 상이하여 총유사량 예측 공식의 성능을 비교 및 평가하기에 적절하다. 각 지점은 지형, 입도분포, 하상 특성에 따라 유사이송의 양상이 다르게 나타나며, 총유사량 공식의 적용성과 정확도를 비교 및 검토하는 데 중요한 기준점이 된다.

3. 총유사량 공식 및 회귀모델 성능평가

총유사량 예측은 유사 관리 및 하천 설계에 핵심적인 요소이며, 일반적으로 유량 - 총유사량 관계식을 기

* 연세대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정 (ehdjs1215@yonsei.ac.kr)

** 정회원 · 교신저자 · 연세대학교 건설환경공학과 교수, 공학박사 (schoi@yonsei.ac.kr)

반으로 하거나 경험적인 총유사량 공식을 활용하여 수행된다. 본 연구에서는 2010년부터 2023년까지의 측정 자료를 바탕으로 도출된 회귀식과, 총유사량 공식 5종 (Engelund-Hansen, Ackers-White, Yang, Brownlie, Karim) 중 각 지점에서 우수한 성능을 보였던 2개 공식을 선정하여 2024년의 신규 자료에 적용하였다.

회귀식은 대표 지점별 측정 유량 (Q)과 총유사량 (Q_s) 간의 관계를 지수함수 형태 ($Q_s = \alpha Q^\beta$)로 표현하였으며, 그 결정계수 (R^2)는 대체로 0.85 이상으로서 연도에 상관없이도 이 관계식을 적용할 수 있음을 확인하였다. 반면, 총유사량 공식은 각 공식별 특성에 따라 과대 또는 과소 예측하는 경향이 뚜렷하게 나타났다.

성능평가는 RMSE (Root Mean Squared Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MAE (Mean Absolute Error), MSE (Mean Squared Error) 등의 통계지표를 이용하여 수행하였다. 분석 결과, 회귀식은 대부분의 지점에서 낮은 예측오차를 기록하였으며, 기존 총유사량 공식 중에서는 EH 및 BR 공식이 상대적으로 우수한 성능을 보였다. 전체적으로 회귀식 기반 모델이 다년간의 누적 자료를 반영함으로써 총유사량 예측에 있어 가장 안정적인 결과를 도출하였다.

표 1. 여주지점에서 총유사량 공식 및 회귀 모델 성능 평가

	RMSE	MAPE	MAE	MSE ($\times 10^6$)
Han-gang River				
Regression Model	24,030	0.41	16,655	577
EH	44,185	0.37	25,204	1,952
YA	53,657	0.61	33,508	2,879

4. 결론

본 연구에서는 우리나라의 주요 하천 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강의 대표 지점을 대상으로, 측정된 유량-총유사량 자료를 바탕으로 회귀식을 도출하고, 기존 총유사량 공식과 함께 2024년 측정자료에 대한 예측 성능을 RMSE, MAPE, MAE, MSE 등으로 평가하였다. 주요 결론은 다음과 같다.

- 총유사량 공식 5종(EH, AW, YA, BR, KA)에 대해 예측을 수행한 결과, 지점별로 가장 적합한 공식은 상이하게 나타났다. 예를 들어, 낙동강 왜관지점에서는 BR 공식이, 한강 여주지점에서는 EH 공식이 상대적으로 우수한 성능을 보였다.
- 2024년 측정자료를 활용한 검증 결과 RMSE, MAPE, MAE, MSE 등의 지표에서 회귀식을 이용한 예측이 대부분의 지점에서 가장 낮은 오차를 기록하며 우수한 성능을 보였다. 반면, 총유사량 공식은 공식별 과대 추정 또는 과소 추정 경향이 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2023년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원 (RS-2023-00253784)을 받아 수행된 연구입니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Choi, S.-U. and Lee, J. (2015). "Prediction of Total Sediment Load in Sand-Bed Rivers in Korea using Lateral Distribution Method" *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 51(1): 214-225. DOI: 10.1111/jawr.12249
- Woo, H.S. (2001). *River Hydraulics* (1st ed.). Cheongmoongak Press, Seoul, Korea. (in Korean)