

# 한강 여주지점의 홍수기 총유사량 특성 분석

## Characteristics of Total Sediment Load at Yeojoo Station in the Han-gang River during Floods

김도연\* · 최성욱\*\*

Kim, Do Eon · Choi, Sung-Uk

우리나라 하천에서 유사이송은 주로 장마철 홍수기에 발생하며, 하천지형학적 변화와 생태계에 영향을 미친다. 따라서 유사량의 정확한 예측은 하천 관리에 매우 중요하다. 본 연구는 우리나라 하천의 유사량 자료를 활용하여 유량과 총유사량의 관계를 분석하고, 기존에 제안된 총유사량 공식의 적용성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 한강 여주대교 지점에서 수집된 데이터를 이용하여 유량과 총유사량과의 관계를 회귀분석하였으며, 기존에 널리 사용되는 5개의 유사량 공식을 적용하여 실측치와 비교하였다. 연구 결과, 기존 회귀식의 신뢰성에 한계가 있는 것으로 나타났다. 한강 여주지점에서 Engelund-Hansen 공식 및 Yang 공식이 총유사량을 가장 잘 예측하며 Ackers-white 공식, Brownlie 공식, Karim 공식은 과소 예측하는 경향이 나타났다. 이 연구는 향후 우리나라 하천에서 유사량을 예측하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 총유사량, 총유사량 공식, 하천 유사, 한강, 여주지점

### 1. 서 론

우리나라 하천에서 유사이송은 주로 장마철 홍수기에 유의미하게 발생하며 이송형태는 대부분이 부유사라고 알려져 있다 (서승덕 등, 1996). 일반적으로 하천에서 유사이송은 하천지형학적인 변화를 야기한다. 이는 공간적으로 하천단면의 변화 (혹은 1차원 흐름에서 하상변동) 및 하상토 구성의 변화를 의미한다. 유사이송은 하천의 통수능과 직접 관련이 있으며 하천 횡단시절물의 안전 그리고 하천에 서식하는 동식물의 생태서식처 제공에 영향을 미친다. 그리고 하천 식생의 활착과 번성에 영향을 주는데 하천에서 식생의 번성 정도는 유사이송에 다시 영향을 미치게 되어 상호작용을 한다. 그러므로 하천에서 유사량을 정확히 예측하는 것은 하천관리에 매우 중요한 과업이다.

Choi and Lee (2015a)는 Lateral Distribution Method를 이용하여 하천에서 총유사량을 계산하였다. 소류사량과 부유사량을 산정하기 위하여 Meyer-Peter and Muller 공식과 Rouse 분포를 각각 이용하였다. 제안된 산정방법을 자갈하천인 Slovakia Danube River와 모래하천인 우리나라 한강의 여주 지점에 적용하여 계산된 총유사량의 특성을 검토하였다. Choi and Lee (2015b)는 우리나라 한강, 금강, 낙동강에 Lateral Distribution Method를 적용하여 총유사량을 산정하였다. 총유사량 공식으로는 Engelund-Hansen 공식, Ackers-White 공식, Yang 공식, Brownlie 공식, Karim 공식을 이용하였다. 기존 사용되던 1차원 방식의 계산결과와 비교하여 제안된 방법의 적용성을 토의하였다.

본 연구의 목적은 한국수자원조사기술원이 최근 수행한 우리나라 25개 하천에서 유사량 측정 자료를 이용하여 총유사량과 유량과의 관계를 알아보고 기존에 제안된 공식에 적용하여 적용성이 우수한 공식을 제시하는 것이다.

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

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

## 2. 연구대상 지점

본 연구에서는 2006년부터 2012년까지 한강의 여주대교 지점 자료를 이용하여 홍수기 총유사량의 특성을 분석하였다. 여주 지점은 충주댐 하류에 위치한 수위관측소로 충주댐 방류량의 직접적인 영향을 받는 곳에 위치하고 있다. 유량측정을 위해서 저,평수위시는 교량에서 프라이스 유속계를 이용하였고, 홍수시는 부자를 이용하였다. 유사량은 신여주대교와 구여주대교의 사이 브릿지보드에 D-74를 연결하여 측정하였다. 하상토의 채취는 홍수기 이후에 BM-54를 이용하여 신여주대교에서 하류 방향으로 좌안으로부터 30 m 등간격으로 15개의 시료를 채취하였다.

하상토의 중앙입경 ( $D_{50}$ )은 0.45 mm - 1.89 mm 범위에 분포하고 있어 대상 구간이 모래하천임을 알 수 있으며 균등계수 ( $C_u$ )는 2.25 - 3.29 사이에 분포하여 비교적 균일한 것으로 나타났다.

## 3. 총유사량 공식

일반적으로 총유사량 ( $Q_s$ )과 유량 ( $Q$ )의 관계는 다음과 같은 지수함수의 형태를 보인다.

$$Q_s = \alpha Q^\beta$$

여기서 지수  $\beta$ 는 모래하천에서 1.5 - 3 의 범위에 있다 (우효섭과 유권규, 1993). 2006 - 2012 총유사량 자료를 이용하여 회귀분석을 실시한 결과  $\alpha$ 는 0.00004 - 0.04이며  $\beta$ 의 범위는 1.72 - 2.72 였다. 그리고 결정계수 ( $R^2$ )는 0.45 - 0.95에 분포하였다. 즉, 회귀식 계수의 변동성이 매우 크게 나타났으며 결정계수의 값도 신뢰수준을 벗어나 위와 같은 회귀식은 신뢰성이 낮은 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 기존에 제시된 Engelund-Hansen 공식 (EH), Ackers-white 공식 (AW), Yang 공식 (YA), Brownlie 공식 (BR), Karim 공식 (KA) 을 이용하여 적용성을 검토하였다.

아래 그림은 한강 여주지점에서 총유사량과 유량의 관계를 도시한 것이다. 그림에 2006년 실측자료, 실측자료의 회귀식, 그리고 각 공식에 의한 예측유사량 회귀식을 제시하였다. 전반적으로 EH 공식과 YA 공식이 총유사량을 잘 예측하며 나머지 3개 공식은 저유량에서 총유사량을 심각하게 과소 예측하는 것으로 나타났다.

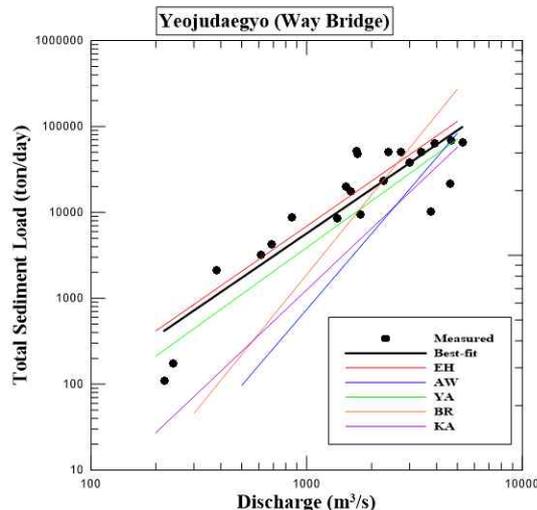


Figure 1. Total sediment load rating curves

## 4. 결 론

본 연구에서는 2006년부터 2012년까지 한강 여주대교 지점의 유사량 자료를 이용하여 홍수기 총유사량의 특성을 분석하고, 기존에 제시된 5개의 총유사량 공식의 적용성을 검토하였다. 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 한강 여주지점의 총유사량과 유량과의 관계는 지수함수 형태를 따르며, 회귀분석 결과 지수 값의 범위는 모래하천에서 일반적으로 보고된 범위와 일치하였다. 그러나 회귀식 계수의 변동성이 크고 결정계수의 값이 신뢰수준을 벗어나는 경우가 있어, 기존 회귀식의 신뢰성에는 한계가 있음을 확인하였다.
2. 기존에 제시된 5개의 총유사량 공식 중 Engelund-Hansen 공식(EH)과 Yang 공식(YA)이 한강 여주지점에서의 총유사량을 비교적 정확히 예측하는 것으로 나타났다. 나머지 공식들은 저유량에서 총유사량을 과소 예측하는 경향을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 환경부 '미래변화 대응 수자원 안정성 확보 기술개발사업(RS-2024-00335281)'의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 서승덕, 김활곤, 우효섭 (1996). "수심적분법에 의한 유사량 추정 연구," 한국농공학회지, 제38권, 제1호.
2. 우효섭, 유권규 (1993). "국제수문개발계획(IHP) 연구보고서," 건설부.
3. Choi, S.-U. and Lee, J. (2015a). "Assessment of total sediment load in rivers using lateral distribution method." *Journal of Hydro-environment Research*, 9(3), 381-387.
4. Choi, S.-U. and Lee, J. (2015b). "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