

농경유역 중소하천의 유량-총유사량 관계식 유도

Derivation of Relationships for Flow-Total Load at Midium and Small Streams in Agrarian Basin

이 중 석, 김 치 곤*, 유 의 근**, 이 호 원**
한밭대학교, 한밭대학교 대학원 박사* · 석사과정**

Lee jong-seok, Kim chi-gon*, You eui-geun**,
Lee hyo-won**

Hanbat National Univ.,

Hanbat National Univ. Graduate School**

요약

본 연구는 농경유역 중소하천에서 실측된 유량과 총유사량의 분포특성을 분석하고 이들 간의 관계식을 도출하고자 한다. 유량과 유사량 자료 측정에는 프로펠러 유속계, 전자파 표면유속계와 DH-48, D-74 부유사 채취기 및 BL-84, BLH-84 소류사 채취기를 각각 사용하였다. 4개 하천을 대상으로 국가·지방하천 수로구간의 7개 측정점을 선정하고, 2012년 8월부터 2014년 9월까지 유량과 부유사 및 소류사를 각각 측정하였다. 측정결과는 수리특성의 분포분석과 유량-총유사량 간의 관계식을 멱함수 형으로 유도하였으며, 이들 관계식은 수공실무에 유용한 도구로 사용할 수 있을 것이다.

I. 서론

한 유역에 내린 강우의 흐름으로부터 발생하는 유사는 그 이동 형태에 따라 소류사, 도약유사 및 부유사로 구분하지만, 실질적으로는 소류사와 부유사로 나누어 해석하는 것이 보편적이다. 생산 토사는 수류에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유출토사를 거치면서 하천 흐름에 의해 하도 내에서 구름과 미끄러짐에 의한 소류 및 수중에 뜬 상태의 부유 형태로 이동된다[2]. 이와 같은 유사의 침식과 유송 및 퇴적현상은 수공기술자들이 실제문제에서 경험하게 되는 어려운 문제 중의 하나이다. 유사이송에 관한 연구는 현재까지 국내외적으로 많은 연구가 이루어지고 있으며, 이들 연구내용을 함축적으로 정리한 것 중 대표적인 하나는 미국토목학회(ASCE)의 유사공학(Sedimentation Engineering)[3] 문헌을 들 수 있다.

본 연구는 농경유역인 논산천 수계 4개 하천, 7개 수로구간의 측정점을 대상으로 현장에서 실측된 유량과 총유사량의 분포특성 분석하고, 이들 간의 관계식을 도출하여 수공실무에 활용할 수 있도록 하고자 한다.

II. 이론적 배경

유량은 하천의 횡단면을 단위시간에 통과하는 물의 체적으로 측정한다. 하천 유사량 측정은 주요 하천의 지점에서 유량측정과 같이 주기적으로 수행하여야 하며, 대규모 하천 사업을 계획하는 하천에 대해서 구체적인 사업계획의 수립 이전에 수행하여야 한다.

유량측정은 홍수, 평수, 저수, 갈수 시로 나누어 실시하되, 수위측정에서 얻어지는 유수단면적과 평균유속 측정치를 곱하여 구하는 방법과 웨어 등 유량측정용 수공구조물의 율류수심을 측정하여 율류량 공식으로 산정한다.

유사량 산정은 크게 소류사량과 부유사량으로 구분하여 측정된 후 이들 값을 합하여 계산한다. 소류사량 산정 공식은 DuBoys 공식, Einstein-Brown 공식 등이 있으며,

채취한 시료를 입도분석 등의 방법에 의해 소류사량을 얻는다. 부유사량은 유사농도의 가장 일반적인 단위로 물과 유사사 섞인 체적에 대한 유사입자 질량의 비를 사용하여 산정한다. 부유사 농도분포는 평형상태에서 중력에 의한 침강 입자율 wC 와 난류의 와 운동에 의해 다시 위쪽으로 움직이는 입자율 $\epsilon_m(\partial C/\partial z)$ 사이에 평형관계가 유지되므로 다음과 같이 확산 방정식을 풀어 구한다.

$$wC + \epsilon_m \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \quad (1a)$$

$$\frac{C_z}{C_a} = \left[\left(\frac{h-z}{z} \right) \left(\frac{a}{h-a} \right) \right]^{R_o} \quad (1b)$$

여기서 w =유사입자 침강속도이고, C =유사농도이며, ϵ_m =와운동의 연직질량이송 변환계수, $R_o=w/(u_*\kappa)$ =Rouse 수이다.

상대농도($=C_z/C_a$)의 연직분포는 R_o 값에 따라 다르게 분포하므로, 이를 이용해 부유사농도의 연직분포를 예측할 수 있다. Einstein은 다음 식을 수심에 대해 적분하여 단위폭당의 부유사량을 얻었다[1].

$$q_{ss} = \int_a^h C_z u dz \quad (2)$$

이러한 과정을 통해 측정된 단위폭당 부유사량(q_{ss})과 소류사량(q_{sb})의 합을 총유사량(q_s)으로 산정하고, 이는 다음과 같은 유량(q)과의 관계식 유도에 사용된다.

$$q_s = kq^n \quad (3)$$

여기서 k , n =유사입경과 흐름특성에 따른 계수와 지수이다.

III. 현장측정 및 분석

본 연구는 그림 1과 같이 농경유역인 논산천 수계 4개 하천, 7개 지점을 측정점으로 선정하였다. 그림 2의 유속·유량, 그림 3, 4의 부유사 및 소류사량 측정이 2012년 8월부터 2014년 9월까지 홍수기, 평·갈수기 동안에 수행되었다[1].



그림 1. 측정점과 위치도



그림 2. 유속과 유량 측정



그림 3. 부유사량 측정



그림 4. 소류사량 측정

실측자료는 홍수기 22개, 평수기 24개, 갈수기 10개 총 56개 자료를 Box-Whisker 방법으로 의해 분석하였다. 유량의 분포는 그림 5와 같이 홍수기에 0.381~744.029 (평균 87.256)m³/s, 평수기에 0.263~88.479(평균 17.573)m³/s, 갈수기에 0.048~14.412(평균 3.300)m³/s로 나타났으며, 유사량의 분포는 그림 6~8과 같이 나타났다.

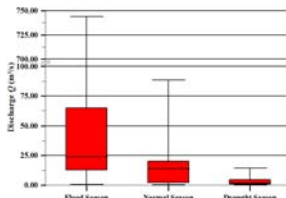


그림 5. 유량 분포

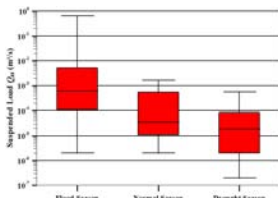


그림 6. 부유사량 분포

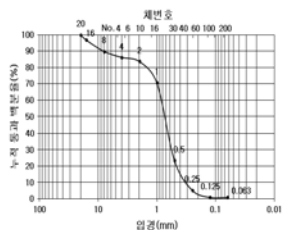


그림 7. 소류사 분포

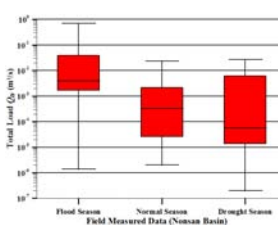


그림 8. 총유사량 분포

그림 8과 같이 총유사량은 홍수기에 1.4×10⁻⁶~7.0×10⁻¹(평균 5.9×10⁻²)m³/s, 평수기에 2.0×10⁻⁶~2.3×10⁻²(평균 1.9×10⁻³)m³/s, 갈수기에 2.0×10⁻⁶~2.6×10⁻²(평균 4.5×10⁻³)m³/s로 나타났다. 또한 하천구분·측정시기와 측정지점 시기별 및 전체자료에 대한 유량-총유사량 관계식의 유도 결과는 그림 9~11과 같다.

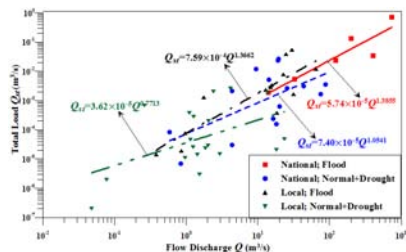


그림 9. 하천구분-시기별 관계

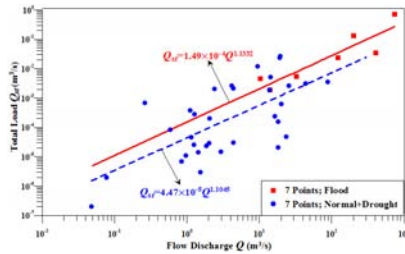


그림 10. 7개 지점 시기별 관계

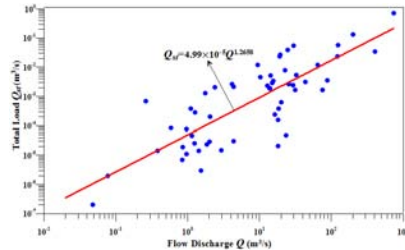


그림 11. 4개 하천 7개 지점 관계

그 결과를 요약하면 논산천 수계 4개 하천의 홍수기 국가·지방하천 자료로부터 유도된 멱법칙 형 유량-총유사량 관계식은 다음과 같다.

$$Q_{stN} = 5.74 \times 10^{-5} Q^{1.3855} (R^2=0.85) \quad (4a)$$

$$Q_{stL} = 7.59 \times 10^{-4} Q^{1.3662} (R^2=0.74) \quad (4b)$$

또한 7개 지점의 홍수기, 전 기간 자료로부터 유도된 유량-총유사량 관계식 다음과 같다.

$$Q_{stF} = 1.49 \times 10^{-4} Q^{1.1332} (R^2=0.82) \quad (5a)$$

$$Q_{stA} = 4.49 \times 10^{-5} Q^{1.2658} (R^2=0.65) \quad (5b)$$

식 (4), (5)의 유량-총유사량 관계식은 논산천 수계 내 유사이송 분석 등 수공실무에 유익하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 농경유역의 중소 4개 하천 7개 측정점을 대상으로 유량과 유사량을 홍수기, 평수기, 갈수기 동안에 측정하고, 그 자료를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 측정자료 중 유속은 홍수기 0.41~2.68m/s, 평수기에 0.20~2.10m/s, 갈수기에 0.06~1.46m/s, 유량은 홍수기에 0.381~744.029m³/s, 평수기에 0.263~88.479m³/s, 갈수기에 0.048~14.412m³/s로 각각 분포하는 것으로 나타났다.
2. 하천구분·측정시기별 및 전기간 자료로부터 유도된 유량-총유사량 관계식은 멱함수 형으로 식 (4), (5)와 같이 유도되었다. 이는 이 유역 내 유사이송 분석 등 수공실무에 유익하게 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 이종석, 논산·강경·노성천권역 하천기본계획 하천 유량·유사량 조사용역, 한밭대학교 건설안전기술연구소, 86p, 2013.
- [2] 이종석, 김치곤, “논산유역 중소하천의 유량-부유사량 현장측정분석”, 한국방재학회 논문집, 제15권, 제1호, pp.291-296, 2015.
- [3] Garcia, M.H., ed., Sedimentation engineering, processes, measurement, modeling, and practice, ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No.110, pp.107-123, 2008.