

대전천의 유량 및 유사량 분석

Relationship between discharge and sediment at the Daejeon stream in Chungju

장창래* 이경수**

Chang-Lae Jang, Kyung Su Lee

요 지

본 연구는 충청북도 충주시 동량면과 금가면에 위치하고 있는 대전천을 대상으로 하상토 입경, 수위-유량의 변화에 따른 유사량 특성을 분석하였다. 하상재료 조사는 매 0.5 km 마다 17개 지점의 시료를 채취하였으며, 현장에서 채취한 하상토는 흙의 입도분포(KSF2302)시험법에 따라서 입경분석을 하였다. 측정 지점은 흐름이 안정적이며, 와류, 사수, 역류가 없고 접근이 용이하며 하상변동이 적은 지점을 고려하여 선정하였고, 유사의 이동이 활발한 시기인 7월에서 9월까지 평·저수기 20회, 홍수기 24회, 총 44회에 걸쳐 유량 및 부유사량을 현장 관측하였다. 평·저수시의 유속측정을 위해 초음파유속계를 사용하였으며, 홍수시에는 표면 부자를 사용하였다. 유량계산시에 면적은 중간단면법을 사용하여 유량을 계산하였다. 유량측정과 동시에 부유사 시료를 채취하였으며 부유사 관측에는 수심적분 채취법을 적용, 부유사농도는 여과법을 시행하였다. 본 하천의 현장실험 측정성과와 수리특성을 기초자료로 하여 각 회차에 걸친 총유사량의 산정을 SCST(Solution for Computing Sediment Transport)를 사용하였으며, 총유사량을 산정하는 Einstein 공식, van Rijn 공식, Toffaleti 공식, Shen&Hung 공식, Yang(1979) 공식, Ackers & White 공식, Engelud&Hansen 공식, Ranga Raju 공식 등 10개 공식을 적용하여 비교·분석을 수행하였다. 이 중에서 관측된 부유사량을 고려하여 검토한 결과 Yang(1979) 공식을 이용하여 추정된 총유사량이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 그 결과 수위-유량관계곡선 및 유량-총유사량 관계곡선을 개발하였으며, 효과적인 치수 및 이수계획의 수립 등 수자원 기본자료로서 이용될 것이다.

핵심용어 : 대전천, 유량-유사량, 부유사량, 총유사량

1. 서 론

대전천은 남한강의 지류로서, 하천에 대한 이수과 치수는 물론, 수질·환경개선을 위해 다양한 방법을 시도하고 있으며, 하도특성을 분석함에 있어서 유량-유사량 분석이 필수적이다. 본 연구에서는 대전천의 현장 유량조사 및 하상토 채취를 통해 분석을 하였으며, 부유사량은 평수시와 홍수시에 걸쳐 현장모니터링을 수행하였다. 하천의 소류사량과 부유사량을 포함한 총유사량 산정은 하천유역내 수리구조물의 설계 및 유지관리, 하천개수 및 하도의 안정, 홍수터 관리, 저수지의 설계 및 운영 등 수자원 개발 및 관리를 위한 하천계획에 필요한 기본적 요소 중 하나이다. 유사 이송은 하상 및 지형변동을 파악하는데 매우 중요하다 총유사량을 추정하는 방법은 Einstein 공식이나 Yang 공식 등과 같은 하천 유사량 공식을 이용한 간접적인 계산 방법과 현장 실측을 통한 직접적인 방법이 있다. 본 연구에서는 주요 내용은 현장 조사를 통하여 하상토의 입도분포를 조사하고, 현장 실측을 통하여 수위-유량곡선을 작성하였으며, 유량-부유사량을 측정 및 분석하고, 총유

* 정희원 · 충주대학교 토목공학과 · 조교수 · E-mail : cjang@cju.or.kr

** 정희원 · 충주대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : 39lks@hanmail.net

사랑을 산정하여 유량-총유사랑 관계식을 도출하였다.

2. 하도특성 분석

2.1 대상하천 및 측정지점

대전천은 지방2급하천으로 충청북도 충주시 동량면과 금가면에 위치하고 있으며 한강의 제1지류로서 유역면적은 20.58km², 유로연장은 10.31km 이며, 동경 127° 53' ~ 127° 58', 북위 37° 02' ~ 37° 04' 사이에 위치하고 있다.

유량 및 유사량 측정지점은 하도 특성을 대표할 수 있어야 하며, 측정지점에서 하상의 퇴적 및 세굴이 거의 없는 안정화된 지점이어야 한다. 또한 하도의 형태는 가능한 한 직선에 가까운 형태이고, 측정 장비의 크기에 비하여 수심이 충분히 유지되며, 측정구간 내에 자연 또는 인공 장애물이 없어야 한다. 또한 유량측정과 동시에 시행되어야 하기 때문에 가급적 수위 및 유량관측소가 인근에 있으며, 접근이 쉽고 가급적 교통량이 적은 곳이어야 한다.

하천내의 후보지점을 충분히 답사하여 유사량 측정을 위한 조건에 가장 적합한 지점으로, 남한강 합류점에서 하류로 2.52Km 에서 위치한 기곡교 지점을 선정하였다(그림 1). 기곡교 지점은 주변에서 지류의 유입이 없으며, 수리 구조물 등에 의한 배수위 영향을 받지 않는다.



그림 1. 유량 및 유사량 측정 지점(한국하천정보시스템)

2.2 하상토 분석

하상토 조사는 하상의 특성분석, 특히 조도계수의 산정, 상류 유역의 침식과 하천의 유사이송 특성, 유사량 공식과 하상변동 모형의 적용, 하천 서식처와 같은 하천환경 조사 등에 필수적인 사항으로 현장에서 적절한 방법으로 시료를 채취하고 실험실에서 분석한 후 그 결과를 정리한다.

본 연구의 하상재료 조사는 매 0.5km마다 17개 지점의 시료를 채취하였으며, 시료채취시 사주, 여울이나 웅덩이 등 국부적으로 하상재료 변화가 심한 구역은 피하였고, 가급적 조사 하천을 대표할 수 있는 하상토를 채취하였다. 현장에서 채취한 하상토는 흙의 입도 분포(KSF2302)시험법에 따라서 입경분석을 하였다.

3. 유량 및 부유사량 측정성과

본 연구에서는 2010년 7월 20일부터 9월 11일까지 총 44회(평수기 20회, 홍수기 24회)를 실시하였다. 보통 홍수기란 6월부터 9월까지 우기에 해당하는 기간으로 이 기간 중 강우가 발생한 날을 홍수기로 하였고, 비가 오지 않은 날 측정된 것은 평수기로 하였다. 유량과 유사량의 상관관계를 도출하기 위하여 유량 측정지점과 동일한 2개 지점에 대하여 유사량을 측정하였다. 본 조사 하천은 하천규모가 작고, 평수기에 수심이 낮으며, 유속이 0.17 m/sec 이므로, 부유사는 미립토사로서 농도분포는 하상에서 수면까지 거의 일정하며, 유사량 측정 장비를 이용하여 유사량을 측정할 경우에 하상이 교란되어 오차를 일으킬 수 있다. 이러한 경우에는 간단히 채수병에 채취할 수 있다. 이 때 병 입구는 45° 정도 흐름방향 위쪽으로 하고, 수면에서 하상까지 왕복하여 채취하며, ‘수문관측매뉴얼(건설교통부, 2004)’에 따라 채취하였다.

2010년 7월 20일부터 9월 11일까지 총 44회(평수기 20회, 홍수기 24회)를 수위-유량 측정과 부유사 시료를 동시에 채취하였으며, 채취한 부유사 시료에 대하여 부유사농도를 분석하여 부유사량을 산정하였다(그림 3과 4)

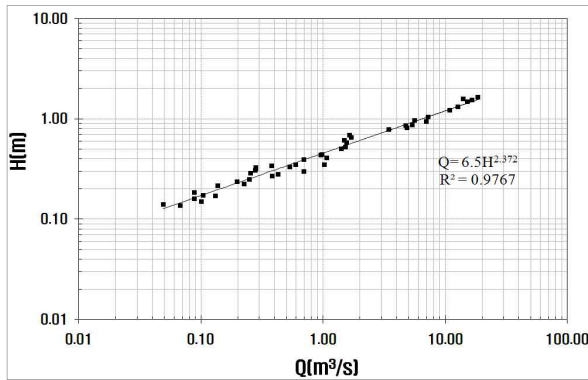


그림 3. 수위-유량 곡선

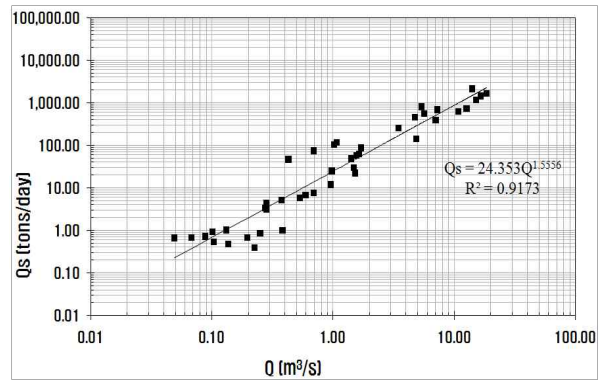


그림 4. 부유사량-유량 곡선

기곡교 지점의 수위-유량 곡선을 도시하여 본 결과, $Q = 6.5H^{2.372}$ 이며, 상관계수 $R^2 = 0.9767$ 이고, 관측된 자료를 이용하여 부유사량-유량 곡선을 도시하여 본 결과, $Q_s = 24.353Q^{1.5556}$ 이며, 상관계수는 $R^2 = 0.9173$ 이다.

4. 총유사량 산정

각 조사지점에서 채취한 부유사량 측정치와 하상토 측정자료를 통해 소류사량을 추정하게 되는 총유사량 산정공식인 수정아인슈타인공식과 수리량과 하상토 자료를 이용하여 총유사량을 산정하는 Einstein공식, van Rijn공식, Toffaleti공식, Shen&Hung공식, Yang(1979)공식, Ackers & White공식, Engelud& Hansen공식, Ranga Raju공식 등 10개 공식을 적용하여 SCST Model(Solution for Computing Sediment Transport)을 이용하여 비교·분석을 수행하였다. 이 중 에서 Einstein 공식의 경우 함수(trans factor x)의 값을 계산치 못하여 계산이 불가능 하였다. 또한 Ackers & White 공식도 함수를 계산하지 못하였다. 또한 van Rijn 공식의 경우 단위 유사량

이 0.2m³/s/m 또는 수심이 0.3 m 이하일 경우 유사량을 과다추정하는 경향이 있는데 본 하천과 같은 중소규모 하천의 수심이 0.3 m 이하이므로 유사량을 산정하지 못하였다. Einstein 공식과 같이 하천의 대표입경별 확산과 이송현상으로 계산이 수행되는 Toffaleti 공식의 경우에는 대하천에 적용하여야 하지만, 대상하천이 소하천이므로 과소추정하였다. 표 4, 표 5 는 기곡교 지점에서의 평수기 및 홍수기시 각 유사량 공식별 산정결과를 비교한 것이다.

총유사량을 산정한 결과, 평수기시 Shen&Hung공식은 0.03 ~ 6.98 tons/day로 산정되었으며, Yang(1979) 공식은 0.79 ~ 47.03 tons/day, Toffaleti 공식은 0.08 ~ 7.41 tons/day, Engleud & Hansen 공식은 0.54 ~ 37.94 tons/day, Ranga Raju 공식은 0.005 ~0.77 tons/day 로 추정하였다. 홍수기시 총 유사량 산정 결과는 Shen & Hung 공식은 1.62 ~ 912.82 tons/day 의 총유사량이 산정되었으며, Yang(1979) 공식은 17.72 ~ 2,630.41 tons/day, Toffaleti 공식은 1.08 ~ 901.41 tons/day, Engleud & Hansen 공식은 13.76 ~ 2,885.25 tons/day, Ranga Raju 공식은 0.16 ~ 393.39 tons/day 로 추정하였다. 이 중에서 관측된 부유사량과 평수기 및 홍수기에 산정된 총유사량을 고려하여 검토한 결과, Yang(1979) 공식을 이용하여 추정된 총유사량이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

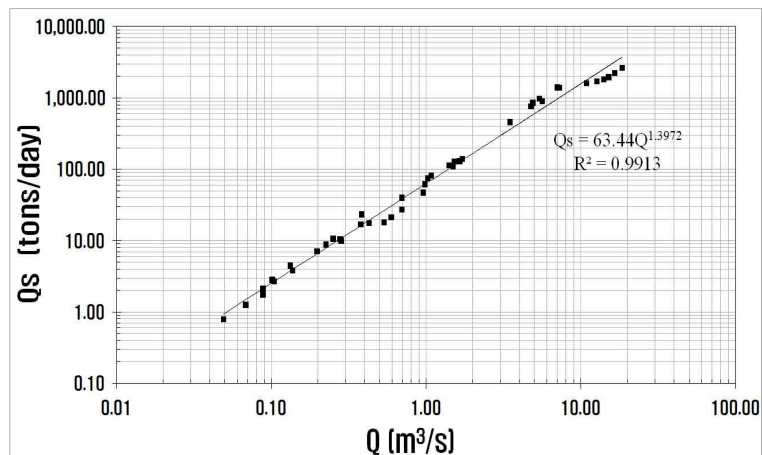


그림 5. 총유사량-유량 곡선(Yang, 1979)

그림 5 는 기곡교 지점의 Yang(1979)의 공식을 이용하여 추정된 총유사량-유량 관계를 보여주고 있다. 총유사량-유량 추세선식 $Q_s = 63.44Q^{1.3972}$, 상관계수는 $R^2 = 0.9913$ 이다.

5. 결 론

본 연구는 충청북도 충주시 동량면과 금가면에 위치하고 있는 대전천을 대상으로 유량과 하천 유사를 현장에서 직접 관측하여 분석하였다. 측정 지점은 주변에서 지류의 유입이 없으며, 수리 구조물 등에 의한 배수위 영향을 받지 기곡교 지점을 선정하였다. 하상재료 조사는 매 0.5km마다 17개 지점의 시료를 채취하였으며, 유량 및 유사량 측정은 2010년 7월 20일부터 9월 11일까지 총 44회(평수기 20회, 홍수기 24회)를 실시하였다. 이를 바탕으로 수위-유량 곡선을 도시하여 본 결과, $Q = 6.5H^{2.372}$ 이며, 관측된 자료를 이용하여 부유사량-유량 곡선을 도시하여 본 결과, $Q_s = 24.353Q^{1.5556}$ 이었다. 총유사량 산정은 각 조사지점에서 채취한 부유사량 측정치와 하상토

측정자료를 통해 Einstein 공식, van Rijn 공식, Toffaleti 공식, Shen&Hung 공식, Yang(1979) 공식, Ackers & White 공식, Engelud & Hansen 공식, Ranga Raju 공식 등 10개 공식을 적용하여 SCST Model을 이용하여 비교·분석을 수행하였다

Einstein 공식과 같이 하천의 대표입경별 확산과 이송현상으로 계산이 수행되는 Toffaleti 공식의 경우에는 대하천에 적용하여야 하지만, 대상하천이 소하천으므로 과소추정하였다. 나머지 Shen&Hung 공식, Yang(1979) 공식, Toffaleti 공식, Engleud & Hansen 공식, Ranga Raju 공식 중 관측된 부유사량과 평수기 및 홍수기에 산정된 총유사량을 고려하여 검토한 결과, Yang(1979) 공식을 이용하여 추정된 총유사량이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 따라서, Yang(1979)의 공식을 이용한 총유사량-유량 관계를 나타내본 결과 $Q_s = 63.44Q^{1.3972}$, 상관계수는 $R^2 = 0.9913$ 이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 수자원국(2004), “수문관측메뉴얼”