

〈論 文〉

淸溪川에서의 河川 流砂 測定 및 分析 (I)

- 水理量 및 流砂量 -

Field Measurement and Analysis of Fluvial Sediment
in the Cheongmi-Stream (I)
- Hydraulic and Sediment Characteristics -

柳 權圭*, 禹 孝燮*
Kwonkyu Yu, Hyoseop Woo

요 지

한 시험하천에서 평균유속, 수면경사, 통수단면, 수온 등 수리량과 부유사 농도, 부유사 및 하상토의 입경분포 등 유사량을 측정하였다. 측정 대상하천은 남한강의 제1지류인 淸溪川으로, 경기도 안성의 한평교 지점과 장호원의 원부교 지점을 택하였다. 청미천은 그 하상이 완전히 모래로 구성된 하천으로 전형적인 沖積河川으로 간주된다. 본 연구에서 측정된 자료의 주요 분석결과는 다음과 같다: 1) 시험하천의 경우, 홍수시에만 실질적인 유사이동이 있다; 2) 수위-유량관계는 특히 저수시에 자주 변한다; 3) 유량의 증가에 따라 하천의 마찰 역시 증가한다; 4) 평수나 저수시에는 부유사 중에 이토나 점토가 지배적이나, 홍수시에는 모래가 지배적이다; 5) 유속 및 부유사 농도의 연직분포는 각각 Prandtl-von Karman의 대수분포식과 Rouse의 지수분포식으로 표시될 수 있다. 이상의 결과들은 청미천에서의 측정결과에 의한 것이나, 이는 청미천에 국한되지 않고 하상이 모래로 구성된 충적하천의 경우 일반적으로 적용될 것으로 유추된다.

ABSTRACT

Some selected hydraulic characteristics including the average velocity, geometry of the channel cross-section, and water temperature, and sediment-characteristics including suspended sediment concentration, and the size distributions of suspended and bed-sediments were collected at two measuring stations in the Cheongmi-Stream during a flood period. The river bed investigated for this study is composed completely of sands, and it can be considered a typical alluvial channel. The major results obtained from the analysis of the data collected are as follows: 1) Only during floods, a substantial sediment transport occurs in the river; 2) The stage-discharge relations are changed frequently, especially for low flows; 3) The friction in the flow increases with an increase in the flow discharge; 4) Silts and clays are dominant in suspended sediments during normal flows, while sands are

* 한국건설기술연구원 수자원연구실, 연구원

* 한국건설기술연구원 수자원연구실, 수석연구원

dominant during floods; 5) The vertical distributions of the flow velocity and suspended sediment concentration can be described, respectively, by Prandtl-von Karman's log-law and Rouse's exponential law. It is judged that the above results are commonly adapted for other alluvial rivers, although they were obtained from a limited number of data collected from a specific river reach.

1. 서론

한 총적하천에서 소류사량과 부유사량을 포함한 총유사량의 추정에는 하천유사연구의 기본과제이다. 이 총유사량의 추정은 하천유역내의 수리구조물의 설계 및 유지관리, 하천개수 및 하도의 안정, 홍수터 관리, 저수지의 설계 및 운영 등 수자원 개발 및 관리를 위한 하천계획에 필요한 기본적인 요소 중 하나이다.

이러한 총유사량의 추정방법으로 하천 유사량 공식 등을 이용한 계산에 의한 간접적인 방법과 현장에서 실측을 통한 직접적인 방법 등이 있다. 그러나, 전자의 방법은 아직 그 신뢰도가 약하며, 더우기 기존의 유사량 공식들은 하상토 유사량(bed material load)만을 추정하며, 소위 'wash load'가 지배적인 경우 이러한 유사량 공식들은 사용할 수 없다. 따라서, 아직까지 신뢰도 있는 하천 유사량 추정을 위해서는 현장실측에 의한 방법에 주로 의존하고 있다.

우리나라의 경우, '60년대의 4대강 유역조사사업의 일환으로 하천에서의 유사량 측정이 간헐적으로 수행되었으나 측정방법, 장비, 기록 등 세부적인 자료가 미미한 실정이다(한국건설기술연구원, 1990). 더구나, '80년대 이후에는 그나마 유사량 측정이 실질적으로 단절된 상태이며 각종 수자원계획시 하천유사량은 단지 막연한 추정으로 그치고 있다.

최근에, 한국건설기술 연구원에서는 미국에서 보편적으로 사용되는 실측에 의한 하천 총유사량 추정방법인 '수정 아인쉬타인 방법'을 체계적으로 소개하고 이를 한국 하천에 적용하는 연구를 수행하였다. 본 논문은 그 연구 결과중 하나로서, 한 시험하천에서의 수리량 및 유사량

실측에 의한 결과를 기초적으로 분석한 것이다. 본 논문의 후속 편으로, 제 2편에서는 하천유사의 광물특성과 오염도 분석결과를 기술한다.

2. 하천 수리량 및 유사량의 실측

본 연구에서, 하천 수리량 및 유사량을 실측하기 위하여 국내에서 유사 이송이 비교적 활발한 곳으로 알려졌고 서울에서 가까운 청미천 유역을 선정하였다. 실측지점으로는 그림 1과 같이 청미천 유역내 안성의 한평교와 하류 지점인 여주의 원부교 지점을 택하였다.

2.1 대상 하천유역의 개황

본 논문의 제 1편은 하천 수리량 및 유사량에

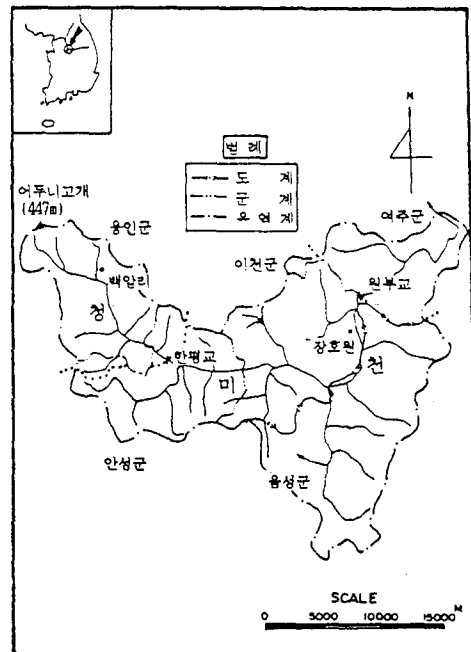


그림 1. 청미천 유역도

관한 것이며, 제 2편은 하천유사의 광물특성 및 오염도에 관한 것이므로, 연속 논문의 성격상 제 2편의 내용까지 고려하여 대상하천 유역의 개황에 대해 유사특성의 관점에서 비교적 소상히 기술하고자 한다.

청미천은 남한강의 제 1 지류로서, 경기도 용인군 원삼면 사암리 표고 450 m 정도의 산지에서 발원하여 안성군의 일부와 이천군 및 충북 음성군을 관류하여 남한강에 합류한다. 유역면적은 594 km², 유로연장은 61.5 km 이며, 유역형상 계수(유역면적/유로연장²)은 0.16으로, 그림 1과 같이 비교적 폭이 좁고 긴 유역이다. 준용하천 구간인 최상류부터 웅천 합류점까지 평균 하천경사는 1/680 이며, 직할하천 구간인 웅천 합류점부터 남한강 합류점까지의 평균 하천경사는 1/1,200 정도로서, 청미천 전체의 본류하천의 평균 경사는 1/800 정도이다.

유역내에는 장호원읍을 제외하고는 비교적 소읍들만이 위치하고 있어 인구밀집지역은 없으며 표고 700m이하의 저산지가 70%, 농경지가 30%정도인 우리나라 전형적인 농촌지역을 구성하고 있다.

본 연구의 주관측 지점인 상류의 한평교까지의 유역면적은 113 km²로서 전체유역의 20% 정도이며, 보조관측지점인 원부교까지의 유역면적은 518 km²로서 유역 전체의 87%를 차지하고 있다. 청미천 전 유역중에서 본 연구의 주관측대상 지점은 상류에 있는 한평교이므로, 본 논문에서는 이 상류유역에 국한하여 유역특성을 분석한다.

한평교 상류유역의 대부분을 덮고 있는 지질은 대보화강암으로 풍화작용에 의해 실트질 모래로 화하여 풍화 심도가 깊다. 이러한 모래질 풍화토는 유수의 침식 및 퇴적 작용에 의해 지천들 주위의 범람원에 넓게 퇴적되어 있다.

기상특성으로, 한반도의 중앙에 위치하고 있는 청미천 유역은 대체로 중부지방의 기상과 같은 경향이 있다. 따라서, 겨울철은 대륙성 기후

를 나타내어 한냉건조하며 여름철은 해양성 기후를 나타내어 고온다습하다. 본 유역에 인접한 이천 측후소의 기상자료에 의하면 연평균 기온은 11°C, 강수량은 1,251 mm, 상대습도 74% 이며, 결빙기간은 약 131일 정도이다.

한편 유역내 토지 이용을 분석해 보면, 임야면적이 전체의 60%를 차지하고 있으며, 이러한 임야는 대부분 표고 500m 이내의 저산지로 구성되어 있다. 다음으로 비중이 높은 토지이용은 논으로서 전체의 30% 정도를 차지하고, 그밖에 주거지가 8% 를 차지하고 있으나 이 주거지 중에는 도로면적도 포함되어 있다. 그러나 우리나라 토사유출의 주 공급원 중 하나인 밭의 면적은 1% 정도이다.

유역의 유사 특성으로, 전술한 바와 같이 사례연구 대상인 청미천 유역은 대부분 화강암이 모암으로 구성된 유역으로 오랜 풍화작용에 의해 심도 깊은 풍화토가 유역 전체에 퍼져 있어 유수에 의해 쉽게 침식된다. 따라서, 유역 내에 소규모의 사태와 제방침식 등이 쉽게 관찰된다. 또한 최상류의 폭 1~2 m의 소규모 지천이라도 많은 경우 모래로 깔려 있어 유역내 토사 유입원이 풍부함을 알 수 있다. 이는 우리나라의 경우 산지의 소규모 하천은 대부분 자갈로 구성되어 있는 것과는 확연히 차이가 나는 것으로, 청미천 유역은 유사의 침식, 이송, 퇴적 연구에 좋은 사례연구 대상 유역임을 알 수 있다.

한편, 유역의 식생 피복은 양호한 편이며, 따라서 모래 등 하천유사의 주 공급원은 지표면에서의 薄層浸蝕(sheet erosion)보다는 제방, 도랑, 경작지 경계에서의 직접 침식에 의한 것으로 사료된다. 다만, 진흙이나 실트 등 미립토사는 이러한 직접침식은 물론 지표면상에서의 박층침식에 의해서도 공급되는 것으로 사료된다.

하상은 비교적 기복이 적은 평면 형태를 이루며, 따라서 홍수시를 제외하고는 대규모의 砂丘(dunes) 등은 형성되지 않고 있다. 진흙이나 실트질의 미립토사는 홍수시에 'wash load'의 형

태로만 이송되며 따라서 하상에서는 거의 발견되지 않고 있다.

2.2 실측

본 연구를 위한 실측은 '90년 7월에서 9월에 걸쳐 실시하였다. 특히 9월 10~12일 대홍수시에는 원부교지점이 홍수로 교통이 끊겨 측정을 할 수 없었으며, 한평교 지점에서만 측정이 가능하였다. 이 9월 10~12일 대홍수는 청미천 유역은 물론 한강유역 전체에 걸친 기록적인 홍수로서, 이 때 수집된 자료는 자료 자체로서도 귀중한 가치가 있는 것으로 사료된다.

(1) 수리량의 측정

유사량 실측시 병행하여 실시한 수리량 측정 대상은 유속, 수심, 수면경사, 하폭, 수온 등이다. 측정을 위해서 한평교와 원부교의 전체 하폭을 각각 6 m, 9 m 단위로 등분하여 하나의 측정선으로 하고, 유속과 수심을 각 측정선에서 왕복 측정하였다.

본 연구에 이용된 유속측정 장비로, 유속이 1.5 m/sec 이하일 때에는 유속계를 이용하였고, 1.5m/sec 이상일 때에는 유속계를 이용하기 어려우므로 부유사 채취기를 이용하였다. 실측에 사용된 유속계는 동경계측에서 제작된 TK-102D 라는 프로펠러형 유속계이다. 이 유속계는 무게가 5kg 정도이므로 실제 유속이 1.0 m/sec 이상일 때는 하류로 떠내려가는 경향이 있으며, 유속이 1.5m/sec 이상이 되면 측정이 거의 불가능하였다. 따라서 유속이 이보다 클 경우에는 부유사 채취기로 점적분 채취한 시료의 부피를 채취기 노즐의 단면적과 채취시간으로 나누어 유속을 추정하였다(Edwards and Glysson, 1988).

수심의 측정은 따로 기기를 사용하지 않고 유속계와 부유사 채취기를 이용하였다. 유속계의 경우 줄자를 유속계줄에 함께 묶어 수심을 측정하였으며, 부유사 채취기의 경우 권양기에 부착된 계기판의 수치를 독치하였다.

한 측정선의 평균 유속은 수심이 60 cm 이상일 경우는 이점법(0.2d와0.8d 유속의 산술평균), 60 cm 이하일 경우는 일점법(0.6d의 유속)으로 하였다. 전체 단면의 유량은 측정된 각 측정선의 평균 유속과 수심, 측정선의 간격을 곱한 뒤 이를 합산하여 구하였다(Bureau of Reclamation, 1974).

수면경사의 측정을 위해서, 하천 상하류 양쪽에서 사람이 직접 표척을 세우고 그 중앙에서 레벨을 이용하여 상하류 수면 차이를 독치하였다. 두 표척 간의 간격은 100 m 정도로 하였다. 그밖에, 하폭은 교량에서 직접 측정하였으며, 수온은 수온계를 이용하여 측정하였다.

(2) 부유사의 채취

하천 부유사의 채취를 위해 미 지질조사국에서 개발되어 사용되는 P-61-A1 부유사 채취기를 이용하였다. 이 채취기는 무게가 50 kg 정도로 유속이 2~3 m/sec인 대하천의 부유사 채취를 위해 개발된 채취기이다. 이 부유사 채취기는 배터리로 노즐의 밸브가 작동되는 전기식 채취기이며, 그 무게가 상당히 나가므로 삼각 크레인, 권양기, 4개의 바퀴가 달린 트럭 등이 일체가 된 장비를 이용한다.

부유사 측정방법으로는, 부유사 농도의 연직 분포 측정을 위한 점적분 부유사 채취방법과 하천단면에서의 총부유사량의 측정을 위한 수심적분 방법을 병행하였다. 수심적분의 경우, 채취기에 의한 하상부근의 유사이송의 교란을 피하기 위해 채취기를 하상 바닥에서 약 10 cm 정도 올려 수면까지 일정속도로 상승시켜 부유사량을 채취하였다.

(3) 하상토의 채취

하천의 하상토를 채취하기 위하여 역시 미 지질조사국에서 개발되어 사용되는 BM-54 하상토 채취기를 이용하였다. 이 채취기의 무게는 P-61-A1 채취기와 비슷한 50kg 정도로서 크레인

과 트릭으로 운반·작동된다. 이 채취기는 기계식 스쿠프에 의해 하상토가 채취되며, 따라서 조작이 비교적 간편하다.

3. 결과 및 고찰

본 연구를 위해 청미천의 시험하천지점에서 측정된 자료는 크게 수리량과 유사량으로 구분된다.

3.1 수리량

유사량 측정과 병행하여 실시된 수리량 측정에서 수집된 자료를 수위-유량관계, 유속분포, 하천단면 변화, Manning의 n값의 변화 등의 관점에서 분석하면 다음과 같다.

(1) 수위-유량관계

본 연구에서, 원부교 지점에서 실측된 수위-유량관계는 그림 2와 같으며, 이 지점에는 최근 '86년과 '87년에 개발된 2개의 수위-유량 관계식들이 이미 존재한다(건설부, 1988). 이 그림에서 볼 수 있듯이, 기존의 수위-유량 관계식들은 고수위일 때는 비교적 본 연구의 실측치

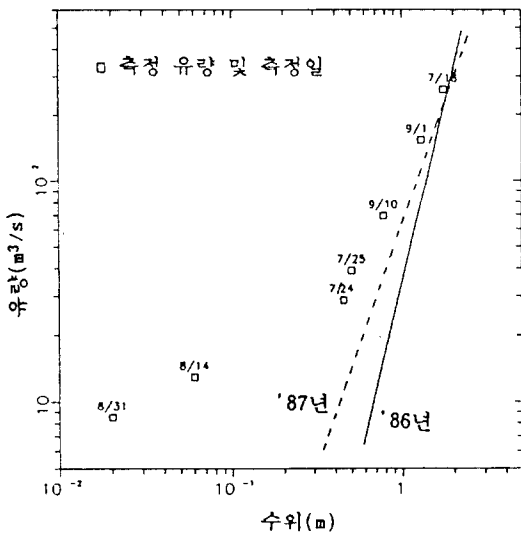


그림2. 원부교 지점의 수위 - 유량관계

와 비슷하나 저수위일 때는 본 연구의 실측치보다 상당히 작은 값을 추정하고 있다. 이러한 차이가 발생하는 이유중 하나는 청미천은 완전한 모래하천으로서 하상변동이 매우 심하며, 따라서 이러한 하상변동은 특히 저수위시 수위-유량 관계를 크게 변화시킬 수 있다는 점이다. 한편, 이러한 결과는 기존의 수위-유량 관계식들은 특히 저수위시 부정확하다는 하천 전문가들의 일반적인 견해를 뒷받침한다.

(2) 유속의 연직분포

그림 3은 원부교 지점의 유속의 연직분포로서, 상대수심의 대수값과 유속이 직선관계를 이루고 있다.

한편, 유속의 연직분포식으로 널리 알려진 Prandtl-von Karman 식은 다음과 같다(Vanoni 편집, 1975).

$$\frac{u - u_{max}}{u_*} = \frac{2.3}{\kappa} \log \frac{y}{d} \quad \text{----- (1)}$$

여기서,

u = 하상위 높이 y 에서의 유속(m/s)

u_{max} = 단면의 최대유속(m/s)

u_* = 마찰속도(m/s)

d = 수심(m)

κ = von Karman 상수

이 식을 u 에 대해 다시 정리하면,

$$u = \frac{2.3 u_*}{\kappa} \log \frac{y}{d} + \text{const} \quad \text{----- (2)}$$

따라서 유속의 연직분포를 상대수심 y/d 에 대해 반대수지상에 도시하고, 그 기울기를 구하면, von Karman상수 κ 값을 추정할 수 있다. 불행히도, 본 연구의 실측자료에서는 수면 경사의 결측으로 κ 값을 추정할 수 없었으나, 그림 3에서 볼 수 있듯이 유속과 상대수심의 대수값이 직선관계를 가짐을 명확히 알 수 있으며, Prandtl-von Karman공식의 타당성을 뒷받침하고 있다.

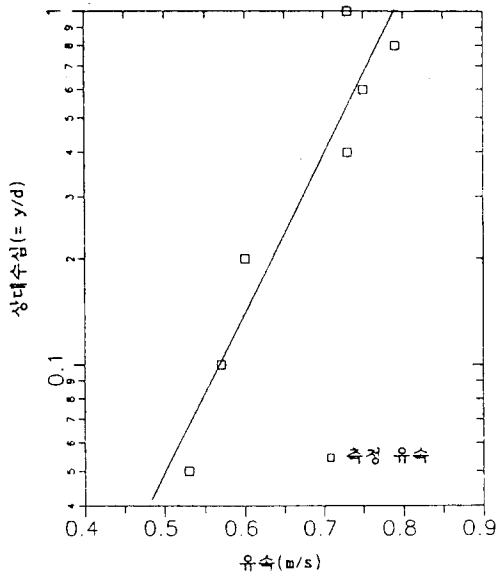


그림3. 원부교 지점 유속의 연직분포

(3) 하천단면 변화

본 연구의 측정대상 하천은 하상이 완전히 모래로 이루어져 유량에 대한 하천단면의 변화가 매우 심한 것을 관찰할 수 있었다. 특히 홍수가 지나간 뒤에는 주 하도가 완전히 다른 곳으로 바뀌는 경우가 많았다. 이런 수심의 횡방향 변화뿐만 아니라 실제 유량이 어느 정도 이상 큰 경우 하상에는 사구가 형성되어 이동하므로, 수심측정 순간 사구의 골과 마루 등 어느 부분이 측정지점을 통과하는가에 따라 수심이 상당히 변하게 된다. 특히 한평교 지점에서는 수심 1.0 m 정도의 홍수시에도 파장 약 3 m, 높이 30~50 cm 내외의 사구가 형성되는 것을 직접 확인할 수 있었다.

한편, Simons와 Richardson(1966)은 하상토의 중앙입경 D_{50} 과 수류의 마찰응력과 유속의 곱 $\tau \cdot V$ 의 관계를 이용하여 하상형태를 추정하는 경험적 도표를 제안한 바 있다. 본 연구에서 실측한 9월 12일의 자료는 $d = 0.91$ m, $V = 0.66$ m/s, $S = 0.00108$, $D_{50} = 1.2$ mm이므로, $\tau \cdot V = 0.434$ ft·lb/sec·ft² (=0.646 m·kg/sec·m²)이며, 이 값은 Simons와 Richardson의 그래프에서

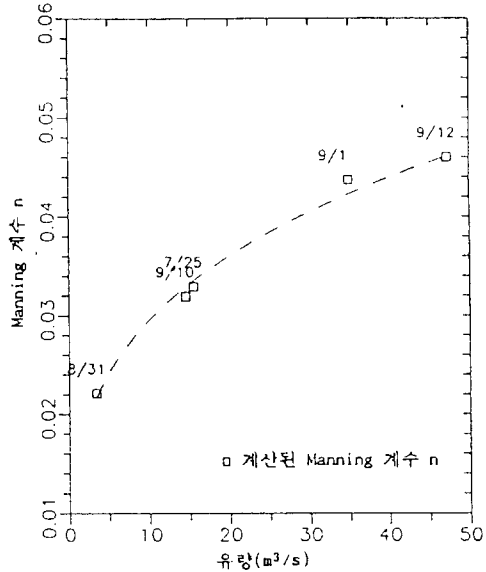


그림4. 한평교 지점의 유량에 따른 Manning 계수 n 값의 변화

사구영역에 포함되며, 본 연구의 관측 결과와 일치하고 있다.

(4) Manning의 조도계수 n값의 추정

본 연구에서 실측된 각종 수리량 자료중 평균 유속 V , 통수단면적 A , 운반 P , 수면경사 S 를 이용하면 다음식 (3)에서 Manning의 n값을 구할 수 있다.

$$n = \frac{1}{V} \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S^{1/2} \text{ ----- (3)}$$

Manning의 n값은 한 하천 단면에서 항상 일정한 것이 아니고 수위나 유량의 변화에 따라 변한다고 알려져 있다. 그러나 실제로는 이 사실이 간과되는 경우가 많다. 본 연구에서는 이에 관심을 두고, 측정된 자료에서 Manning의 n값을 역산하였다.

그림 4에서 볼 수 있듯이, 청미천의 경우 유량이 증가함에 따라 Manning의 n값이 뚜렷한 상관관계를 이루며 증가한다. 이 결과는 유량이 증가할수록 하천의 불규칙성이 유수에 덮히므로 Manning의 n값이 감소한다는 일반적인 견해 (French, 1985)와 상반되며, 그 이유는 다음과

같이 사료된다.

충적하천의 경우 하상의 조도는 砂粒粗度 (grain roughness)와 形狀粗度(form roughness)의 합으로 나타낼 수 있다(Einstein과 Babarossa, 1952). 유속과 유량이 작은 경우에는 砂漣(ripples)과 사구 등의 하상형태가 그다지 발달하지 않으므로 전체조도 중에서 사립조도가 큰 비중을 차지하게 된다. 그러나, Froude 수가 0.8이하인 저수류영역(lower flow regime)에서 유속이 커지고 하상형태가 발달하면 형상조도가 증가하여 전체조도에서 형상조도가 지배적이 된다(Simons와 Richardson, 1966). 이런 형상조도의 증가에 의해 Manning의 n값이 커지는 것으로 추정된다. 예로서, 한평교에서 수심이 1 m 내외일 때 사구의 높이는 약 30~50 cm, 파장은 약 3 m 정도인 사구로 추정되는 하상형태가 현저히 발달되어 있었다.

따라서, 청미천 같은 충적하천의 경우 단순히 유량의 증가에 따라 조도계수 값이 감소한다고 추론할 수 없으며, 유량변화에 따른 조도변화를 예측하기 위해서는 하상변화가 하천의 조도에 미치는 영향이 반드시 고려되어야 할 것이다.

3.2 부유사 농도분석

(1) 부유사 농도 분석 결과

부유사 농도의 분석은 중발법을 이용하였으며, 그 분석 결과는 표 1과 같다. 이 표의 부유사 농도는 각 방법에 의해 동일 지점에서 채취한 일련의 시료를 평균한 값이다. 표 1에서 한평교 지점의 수심적분 부유사 농도를 유사량으로 환산하여 유량과 유사량의 관계로 나타내면 그림 5와 같다. 이 그림에서 보면, 9월 10일의 유사량은 여타 측정일의 유사량에 비해 상대적으로 높게 나타난다. 이것은 9월 10일의 유사량은 홍수위의 상승시에 측정하였으며, 다른 날의 유사량은 홍수위 하강시에 측정하였기 때문인 것으로 사료된다. 같은 유량에 대해 홍수위 상승시의 부유사 농도가 홍수위 하강시의 부유사 농도보다 높다는 것은 여러 문헌(Dandy 등, 1979; Guy, 1970)에서 알려진 사실과 일치한다. 또한, 우리나라의 하천에서 부유사 농도가 5,000 ppm 정도에 이른다는 사실로 보아, 비록 이것이 홍수 때에 국한된 것이지만, 우리나라 하천에서도 유사문제를 결코 간과해서는 안된다는 것을 시사한다

(2) 부유사 농도의 연직 분포

그림 6은 9월 11일의 측정자료를 부유사 농도와 무차원 수심의 관계로 도시한 것이다. 여기에서 실측된 부유사 농도와 무차원 수심이 뚜렷

표1. 부유사 농도 분석 결과

장소	일자	시료종류	평균수심 (m)	하폭 (m)	수면경사 (m/m)	수온 (°C)	유량 (m ³ /s)	부유사 농도(ppm)	모래농도 (ppm)
한평교	9/1	수심적분	0.65	72	0.00195	21	34.9	420.6	45.1
		점적분						245.0	8.3
		수면유사						310.0	0.0
원부교	9/1	수심적분	1.02	106	-	22	152.6	308.5	81.0
한평교	9/10	수심적분	1.20	96	-	22	70.7	2,448.9	미분석
		점적분						2,829.5	
		점적분						2,254.2	
한평교	9/11	수심적분	2.40	96	0.00357	22	300.0	4,963.0	3,722
		점적분						3,863.9	2,898
		점적분						2,015.5	1,512
한평교	9/12	수심적분	0.91	78	0.00108	22	47.2	519.9	410
		점적분						479.0	318

(주) 9월 10일의 유량은 측정시각의 수위를 한평교의 수위-유량 곡선식에 대입하여 계산한 것임.

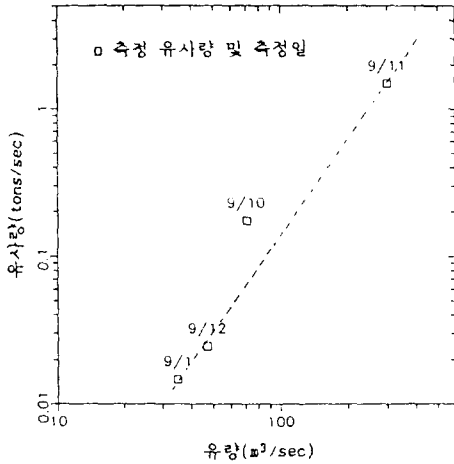


그림5. 한평교 지점 유량 - 유사량 관계

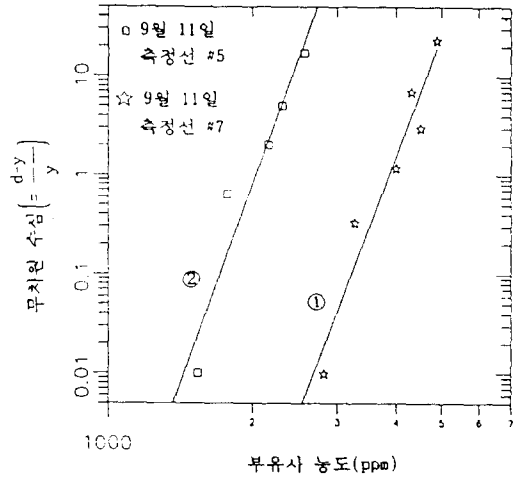


그림6. 한평교 지점 부유사 농도의 연직분포

한 상관 관계를 이루고 있음을 볼 수 있다.

한편, 농도의 연직분포에 대한 식으로는 다음과 같은 Rouse의 식이 널리 알려져 있다 (Vanoni, 1975).

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{d-y}{y} \frac{a}{d-a} \right)^z \quad (4)$$

여기서, C = 부유사 농도,

C_a = 기준점에서의 부유사 농도

a = 하상에서 기준점까지 높이

$z = w/(\beta \kappa u_*')$: Rouse 수

w = 유사입자의 침강속도

β = 계수

따라서, 부유사 농도 C를 상대수심 $(d-y)/y$ 에 대해 도시하면 $C_a [a/(d-a)]^z$ 는 상수이므로 C는 $[(d-y)/y]^z$ 에 비례하게 된다. 따라서 대수지 상에 부유사 농도와 무차원 수심의 값을 도시하면, z는 직선의 기울기로 나타난다. 본 연구에서 실측된 자료에 대해 추정된, 값은 ①번 직선의 경우 $z = 0.080$ 이며, ②번 직선의 경우 $z = 0.075$ 이다.

3.3 부유사 및 하상토의 입경 분포 분석

(1) 부유사의 입경분포분석

부유사의 입경분포 분석은 높이가 70cm인 뷰

렛을 이용하는 방법을 이용하였다. 분석 결과를 보면 표1에서와 같이, 홍수시인 9월 11일 자료의 경우 부유사중 모래의 비율이 75 % 정도이며, 모래의 평균입경은 약 0.2 mm 내외로 細砂이다. 반면, 평수시인 9월 1일의 부유사중에서 모래가 차지하는 비중이 10 % 정도로 매우 작은 것을 보면, 평수시에는 거의 모든 부유사가 이토나 점토로 구성되어 있는데 반해 홍수시와 같이 유량이 큰 경우에는 모래가 상당히 많은 부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 청미천의 경우에만 국한된 것이 아니고, 우리나라 대부분의 하천에 걸친 일반적 경향으로 유추된다.

(2) 하상토의 입경분포 분석

하상토의 입경분포는 체분석을 하여 입경별 누적통과 백분율을 대수확률지상에 도시하여 분석하였다. 이 분석결과에 의하면, 청미천 유역의 하상토의 중앙입경은 1.2 mm 정도로 粗砂이며, 입도는 2.0내외로서 일반적으로 알려진 하상토의 입도 2.5(Interagency Committee, 1957)보다 약간 작다. 한편, 하상토의 입경과 부유사의 입경을 비교하면, 일반적으로 알려진 사실과 같이(Vanoni, 1975) 부유사의 입경이 하상토의 입경보다 매우 작은 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는, 시험하천인 청미천의 두 지점인 상류의 한평교 지점과 하류의 원부교 지점에서 수리량과 유사량을 실측하고, 이 실측을 통해 얻어진 자료를 기초적으로 분석·고찰하였다. 본 연구에서 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 사례연구 대상 유역인 남한강의 청미천 유역은 대부분 사질토로 구성된 유역으로 유역 침식 및 하천 유사 이송이 매우 활발하다. 특히, '90년 9월 10~12일 홍수시에는 유사농도가 5,000 ppm 까지 도달하였으나, 비홍수시에는 사실상 유사농도가 0에 가깝다. 이는 우리나라 하천 유사의 중요한 특성중 하나로, 홍수기에만 실질적인 하천유사 이송이 되는 것으로 유추된다.
- (2) 청미천같이 하상이 완전히 모래로 구성되어 유량에 따른 하상변화가 심한 하천의 경우 특히 저수위시 수위-유량관계는 그 신뢰도가 약하다.
- (3) 한평교 실측 자료에서 역산한 Manning의 n 값과 유량의 관계를 분석한 결과, n값이 유량이 증가함에 따라 뚜렷한 상관관계를 이루며 증가한다.
- (4) 하천에서의 유속의 연직분포는 일반적으로 Prandtl-von Karman의 대수분포식으로 표시될 수 있음이 확인되었다.
- (5) 한평교 지점에서 실측된 유사농도의 연직분포는 일반적으로 Rouse의 지수식으로 표시될 수 있다.
- (6) 한평교 지점에서 평수 및 저수시에는 이토나 점토 등 wash load가 유사 이송에 지배적이거나, 홍수시는 하상토 유사량이 50 % 이상 차지하며 모래의 이송이 지배적이다.

參 考 文 獻

(1) 건설부.(1988) 수자원관리기법개발 연구조사 보고서, 제 1 권 별책부록, 한국수문자료, p.187

(2) 한국건설기술연구원(1990) 수정 아인쉬타인 방법의 한국하천에의 적용, 기본연구과제 보고서, 건기연 90-WR-112, pp.9-11.

(3) Bureau of Reclamation,(1974) Water Measurement Manual, pp.126~133.

(4) Dandy, F. E., Allen, P. B., and Piest, R. F.(1979) "Sedimentation," Brakensiek, D. L., Osborn, H. B., and Rauls, W. J. ed., Field Manual for Research in Agricultural Hydrology, Agriculture Handbook No.224, U.S. Department of Agriculture.

(5) Edwards, T. K. and Glysson, G. D..(1988) Field Method for Measurement of Fluvial Sediment, U.S. Geological Survey Open-File Report, 86-531.

(6) Einstein, H. A., and Babarossa, N. L.(1952) River Channel Roughness, Transaction of ASCE, Vol. 117, Paper No. 2528.

(7) French, R. H.(1989) Open-Channel Hydraulics, McGraw Hill Book Co., New York, N.Y., p.119.

(8) Guy, H. P.(1970) Fluvial Sediment Concept, Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 3, Chapter C1.

(9) Interagency Committee(1957) Some Fundamentals of Particle Size Analysis, A Study of Methods Used in Measurement and Analysis of Sediment Loads in Streams, Report No.12. Subcommittee on Sedimentation, Interagency Committee on Water Resources, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory.

(10) Simons, D. B., and Richardson, E. V.(1966) Resistance to Flow in Alluvial Channels, Professional Paper 422J, USGS, Washington, D.C.

(11) Vanoni, V. A. ed.(1975) Sedimentation Engineering, ASCE Manual and Engineering Practice-No.54, pp.75-76.