

## 홍수기를 고려한 대청호 유입 유사량 산정\*

김진민, 맹승진\*\*, 김형산, 김태우

금강유역에 위치한 대청댐 상류 옥천 수위표 지점에서 유량조사, 유사량 조사, 하상 퇴적물 조사 및 홍수기를 포함한 장기유출량 분석을 실시하여 대청호내로 유입되는 총 유사량을 산정하였다. 유량과 유사량의 측정은 2008년부터 2009년까지 31회 측정하였으며 총유사량은 수정 아인쉬타인 방법을 적용하였다. 홍수기를 포함한 장기유출량은 대청댐 상류에 위치한 용담댐이 운영된 이후인 2001년부터 2009년까지 옥천 수위관측소의 수위-유량 관계곡선식을 적용하였다. 산정된 결과를 유역면적으로 나눈 비유사량을 이용하여 대청호로 유입되는 총 유사량을 추정하였다. 유사량 실측자료를 바탕으로 산정된 옥천 수위표 지점 비유사량은 400(ton/km<sup>2</sup>/yr)이며, 대청호 유입 유사량은 연평균 1,280,034(ton/yr)로 추정되었다. 대청호 유입 총유사량은 연도별로 9개년 평균 기준 유사량과 비교하면 최소 31%부터 최대 227%에 해당하는 차이를 보이고 있으나, 과거 유사한 사례를 살펴보면 총유사량 산정 방법에 따라 산정된 총 유사량이 수배에서 많게는 수십 배 차이가 나는 것에 비하면 양호한 결과를 나타내는 것으로 판단된다. 향후 대청호 내 유입 유사량 산정 시 본 연구의 결과인 옥천 수위표지점 총 유사량 자료를 활용하여 분석한다면 보다 신뢰성 있는 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다.

**주제어:** 대청댐, 용담댐, 유사량, 비유사량

### 1. 서론

지금의 하천 모습은 자연과 함께 하천 주변에서 홍수를 방어하고, 하천을 이용하는 사람들에 의해 만들어져 온 것이다. 즉 하천의 기능은 하천수를 이용하고 영위하여 온 이수 기능과 홍수로부터 삶의 터전을 지켜온 치수 기능을 유지하고 있는 것이다. 그리하여 문명의 발달과 도시화가 급속토록 확대되어, 하천의 이수 및 치수 기능만을 강조하여 하천을 계획하고 관리하여 왔으므로, 하천의 환경 및 생태적인 부분이 상당부분 파괴되어 왔다. 그러나 최근에는 하천 주변의 생태계 및 주변 경관과의 어울림을 고려하고, 하천변에서의 여가 선용 및 오락 기능 등을 고려한 하천 환경 기능이 중요하게 되었다.

\* 이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*\* 교신저자.

이와 같이 하천의 이수, 치수 및 하천환경을 고려하여 하천을 관리하고 보존하기 위하여, 과거로부터 하천의 고유 특성을 파악하고 이를 토대로 하천계획을 수립하고 유지 관리하는데 이용하는 것이 매우 중요하다. 또한, 수자원개발에서 관리 위주의 수자원관리 패러다임 변화와 더불어 국민생활 및 의식수준 향상에 따라 대규모 댐과 같은 신규 수자원 개발 여건이 점차 축소되고 있는 실정이다. 이에 따라 기존 수자원을 활용하는 댐 연계 운영 등의 물 확보기술에 많은 연구가 진행되고 있다고 볼 수 있다.

실제 댐 설계 시에는 댐 운영기간 동안의 퇴사량을 추정하고 이를 고려하여 불용용량(사수위 이하) 설정 및 취수구 높이 설정 등에 활용하고 있으나, 실제 퇴적토는 대부분 저수지 상류부에 침전되어 활용용량을 침해하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 다른 시각에서 바라보아야 할 부분이 저수지내 퇴적토에 대한 연구라 할 수 있을 것이며, 가장 기본적인 사항이 유역에서 유입되는 유사량에 대한 조사라 할 수 있다. 보다 정확한 연구결과를 토대로 댐 설계기준의 변경과 댐 내 퇴적토 준설 또는 댐 상류 저사댐 설치 등이 고려된다면, 수자원개발여건이 어려운 현실 속에서 기 개발된 수자원을 보다 오래도록 활용할 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 금강수계의 대청댐 상류에 위치한 옥천 수위관측소 지점을 대상으로 실제 측정된 유량과 유사량을 통해 유량-유사량 관계식을 산정하고, 기 개발된 수위-유량곡선식에 적용하여 대청댐으로 유입되는 총 유사량을 제시하고자 한다.

## II. 이론분석

본 연구에서 총유사량을 산정함에 있어 적용된 공식은 수정 아인슈타인 방법(Modified Einstein Procedure, MEP)이다. 수정 아인슈타인 방법은 우리나라와 같이 하상이 주로 모래로 이루어진 충적하천에 적용되며, 본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 1990년에 개발된 MODEIN 프로그램을 사용하여 분석하였다(한국건설기술연구원, 1990).

### 1. 총유사량 산정방법

한국건설기술연구원(1989)에서는 비교적 우리나라에 적합한 것으로 제시한 공식들 중에서 Englund & Hansen 공식, Yang 공식 및 Acker & White 공식(1973)에 대하여 서술하였으며 <표 1>은 과거에 적용되었던 총유사량 산정 공식들의 특징을 나타낸 것이다.

<표 1> Characteristics of total sediment loads formular (KICT, 1989)

Fomular name	Year	Estimated sediment	Classification	Calculation a size distribution
Einstein	1950	Bed load Suspended load	Spread-trasport type	Possible
Colby	1964	Total load	Empirical	Impossible
Engelund & Hansen	1967	Total load	Energy model	Impossible
Toffaleti	1968	Bed load Suspended load	Spread-trasport type	Possible
Shen & Hung	1971	Total load	Empirical	Impossible
Acker & White	1973	Total load	Energy model	Impossible
Yang	1973 1979	Total load	Energy model	Optional
Ranga Raju	1981	Total load	Empirical	Impossible
Rijn	1984	Bed load Suspended load	Spread-trasport type	Impossible
Modified Einstein	1955	Total load	Spread-trasport type	Possible

본 연구에서는 직접측정에 의한 방법과 간접계산에 의한 방법을 절충한 것으로, 즉 ‘일부추정+일부계산’ 방법 중에서 가장 보편적 방법인 수정 아인슈타인 방법을 사용하였다.

수정 아인슈타인 절차의 계산 과정은 매우 복잡하고 계산량이 많아 자칫 오류를 범하기 쉬운 문제가 있다. 이를 위하여 Stevens(1985)는 Fortran과 Basic으로 MEP 적용 프로그램을 개발하였으며 한국건설기술연구원(1990)은 MEP을 이용하여 총유사량을 결정하는 Fortran 전산 프로그램(MODEIN)을 개발하였다. 한국건설기술연구원에서 자체개발한 MODEIN 프로그램에 실측 및 실험 분석한 유량, 평균유속, 하폭, 평균수심, 수온, 평균측정수심, 미측정구간높이, 수면경사, 측정 부유사의 평균농도, 부유사와 하상토의 입경분포, 유사의 비중 등을 입력 자료로 하여 총유사량을 추정할 수 있다.

### III. 대상유역 선정 및 연구방법

#### 1. 대상유역 선정 및 특성

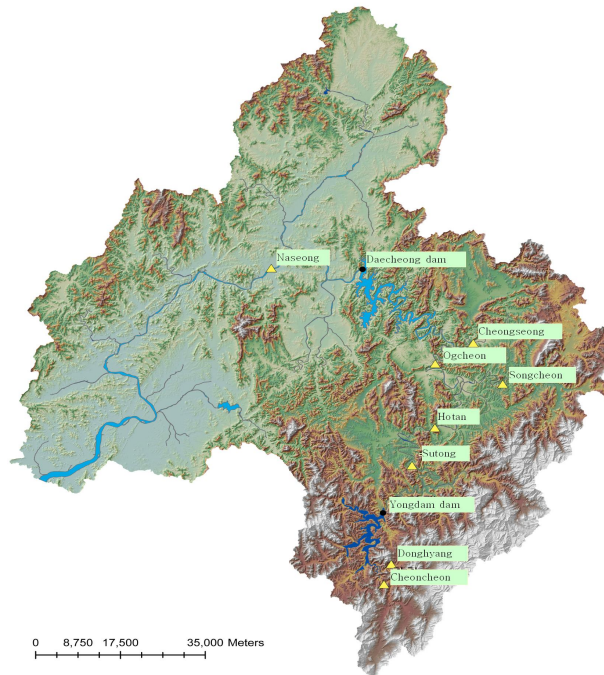
##### 1) 대상유역의 선정

본 연구에서는 대청댐으로 유입되는 총 유사량 산정에 중점을 두고자 한다. 우리나라의 지리적 중심부인 충청지역의 중요한 용수공급원인 대청댐 유역으로 유입되는 총 유사량 산정을 위해 대청댐 상류에 위치한 옥천 수위표 지점을 대상으로 하고자 한다.

## 2) 유역개황

대청댐유역은 금강 하구둑으로부터 135km지점에 위치한 대청댐 기준, 유역면적 3,204km<sup>2</sup>(용담댐 930 km<sup>2</sup> 제외)로써 금강수계 전체 면적의 32.7%를 점유하고 있다. 대청댐은 1980년 12월에 준공된 높이 72m, 길이 495m, 체적 1,234천m<sup>3</sup>의 콘크리트 중력식 댐과 사력식 댐으로 구성된 복합형 댐으로 대전시 동북방 16km, 청주시 남방 16km의 대전시와 충청북도가 만나는 지점에 위치해 있다. 댐 종류는 다목적댐으로서 유효저수용량은 790백만m<sup>3</sup>, 홍수조절용량 250백만m<sup>3</sup>이다.

본 연구 대상지점인 옥천 지점은 대청댐 저수지로부터 약 19km 상류에 위치한 수위 관측소 지점으로 유역면적은 대청댐유역(3,204km<sup>2</sup>)의 63.26%에 해당하는 2,027km<sup>2</sup>(용담댐 930km<sup>2</sup> 제외)이다. 금강유역 내 댐 및 주요 관측지점 현황은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> Map of watershed

## 3) 유역면적 및 유로연장

유출에 영향을 미치는 인자인 유역면적 및 유로연장, 유역평균폭, 형상계수는 건설교통부의 금강유역조사 보고서(2006) 자료를 사용하였으며 <표 2>와 같다.

&lt;표 2&gt; Basin characteristic factors of Daecheong dam

Drainage area(km <sup>2</sup> )	Left bank area(km <sup>2</sup> )	Right bank area(km <sup>2</sup> )	Maximum river length (km)	Basin perimeter (km)
4,190.49	1,324.51	2,865.98	253.69	416.79
Effective basin width(km)	Coefficient of sectional form	Average elevation (m)	Average slope (%)	Maximum elevation (EL. m)
16.52	3.92	363.30	35.80	1,608.73

## 2. 연구방법

### 1) 지점선정 및 유사채취

대청댐 유역과 유입하천의 특성에 적합한 유량-유사량 관계식을 개발하기 위해서는 유량과 유사량의 실측이 필요하다. 본 연구에서는 2008년 3월부터 2009년 11월까지의 강우시와 비강우시 부유사를 채취하였다.

측정위치는 대청댐 저수지로부터 가장 가까운 위치(물꼬리로부터 약 15km 상류)의 옥천 수위표 지점으로 하였다. 수위표 지점은 하천 횡단면 전구간의 수심이 일정한 평탄면을 이루고 있고, 하상재로는 모래가 거의 없고 대부분 조약돌 이상의 하상골재로 이루어져 있는 매우 안정된 하천형상을 보이고 있다. 옥천 수위관측소 지점에서 부유사량과 더불어 유속, 단면, 수심 등 수리량을 동시에 측정하였다. 비홍수기에는 도보용 유속계(유속, 단면, 수심 측정)를 활용하였고, 수심이 깊은 홍수기에는 사전 수심측량(단면, 수심측정) 및 전자파표면유속계(유속)를 활용하였다.

부유사는 측정지점에서 단면의 수직 및 횡방향으로 구분하여 채취하는데, 수직방향으로는 수심적분법, 횡방향으로는 등간격법을 사용하였다. 측정장비는 수심이 얇은 비강우시 D-48 휴대용 채취기를 사용하였고, 수심이 깊은 홍수기에는 D-74 (Depth-integrating suspended-sediment sampler)를 이용하였다.

하상토 채취기로는 일반적으로 BMH-60을 사용하나, 측정지점의 하상재료가 입도가 큰 자갈 위주로 구성되어 동 장비의 적용이 곤란하여, 비홍수기에 직접 하상토를 채취하여 입도분석을 실시하였다.

유사량 조사는 2008~2009년 동안 홍수기 12회, 평수기 19회 등 총 31회의 조사를 실시하였으며, 총 유사량 산정은 수정 아인슈타인 절차를 적용하였다.

장기간 유입 유사량 산정을 위한 장기 유출량은 실측에 의해 기 개발되어 국가수자원정보시스템(WAMIS)에서 제공하는 수위-유량곡선식(Ration Curve)을 사용하였으며, 모의기간은 옥천지점 상류의 용담댐이 준공 이후인 2001년부터 2009년까지 9개년으로 하였다.

### 2) 총유사량 산정 및 분석

총유사량 산정은 앞서 언급한 바와 같이 수정 아인슈타인 방법에 의해 산정하였다. 공식의 적용을 위한 실제적인 계산은 한국건설기술연구원에서 개발한 MODEIN 프로그램을 이용하여 총유사량을 계산하였다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 유량측정 및 부유사 농도분석

본 연구의 분석 대상기간 내 유량 및 부유사량 측정은 2008년 16회, 2009년 15회로 총 31회를 측정하였으며, 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> Suspended sediment concentration analysis

Event	Measurement time (year-month-day)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Concentration (ppm)	Suspended sediment (Ton/day)	Remark
1	2008-07-02 15:40	51.1	387.9	1,712.3	○
2	2008-07-22 15:35	31.6	453.7	1,237.1	○
3	2008-07-24 12:40	60.6	452.4	2,368.1	○
4	2008-07-24 17:50	55.7	398.5	1,918.2	○
5	2008-07-25 16:00	255.7	48.4	1,069.5	●
6	2008-07-25 18:30	523.0	212.4	9,598.4	●
7	2008-07-26 10:00	286.1	70.8	1,750.3	●
8	2008-08-01 12:50	31.9	100.6	277.2	○
9	2008-08-16 04:00	47.0	37.8	153.5	●
10	2008-08-16 09:40	115.6	54.4	543.3	●
11	2008-08-17 13:00	130.3	103.4	1,164.4	●
12	2008-08-17 20:00	106.6	154.2	1,419.9	●
13	2008-08-26 17:05	32.6	57.1	161.1	○
14	2008-09-08 16:00	13.2	50.4	57.3	○
15	2008-09-24 15:50	14.0	65.2	79.0	○
16	2008-10-15 10:30	10.3	74.8	66.8	○
17	2009-03-17 14:10	10.4	71.5	63.9	○
18	2009-04-15 11:41	7.9	95.0	65.3	○
19	2009-05-14 12:07	6.8	70.9	41.6	○
20	2009-06-11 11:15	12.8	48.3	53.2	○
21	2009-06-23 13:42	33.6	42.1	122.3	○
22	2009-07-09 18:20	601.1	75.8	3,937.0	●
23	2009-07-10 09:10	392.8	487.1	16,531.1	●
24	2009-07-15 03:50	953.4	3956.0	325,862.5	●
25	2009-07-15 06:50	3,240.4	3752.9	1,050,706.6	●
26	2009-07-15 13:30	2,041.6	4245.2	748,818.4	●
27	2009-07-29 16:30	33.3	79.2	228.0	○
28	2009-08-14 11:10	45.9	60.3	238.9	○
29	2009-08-26 17:45	21.3	50.2	92.3	○
30	2009-09-23 11:00	16.9	48.5	70.8	○
31	2009-10-21 12:50	16.8	35.7	51.7	○

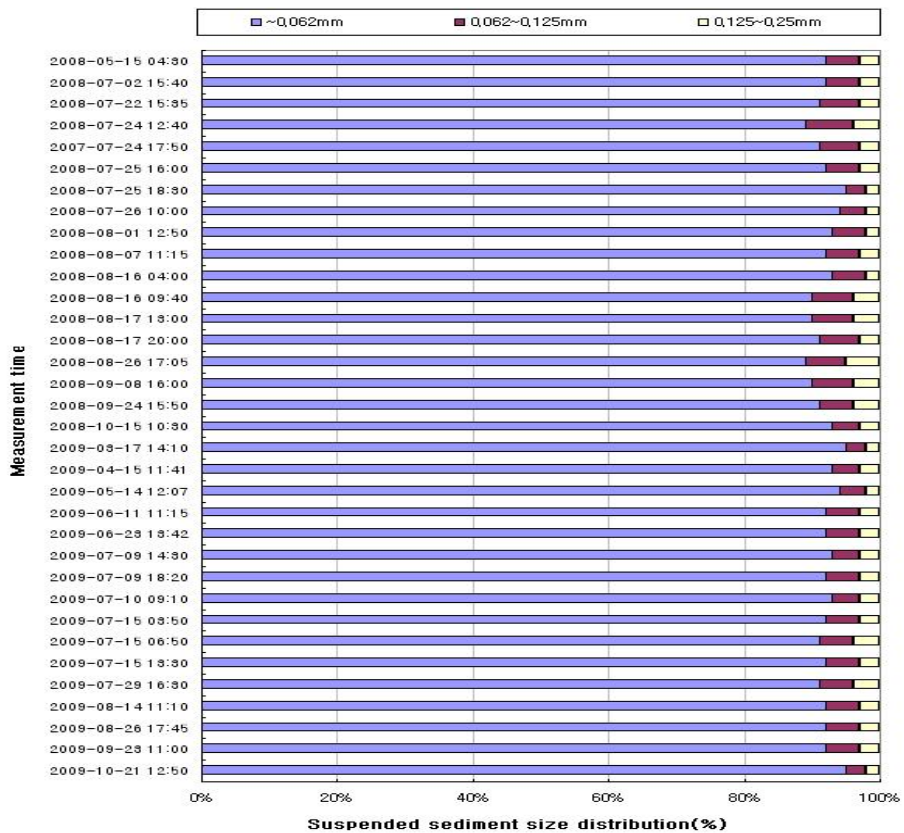
○ : No precipitation, ● : Precipitation

부유사 농도는 대체적으로 강우량이 많을수록 크게 나타나지만 비례한다고 보기는 어렵다. 이는 부유사의 직접적 원인인 토양세굴이 강우강도, 강우 지속시간 등 강우특성 뿐 아니라 토지피복상태, 지질특성 및 유역경사 등 유역특성 등 다양한 인자의 영향을 받기 때문이라고 볼 수 있다.

## 2. 부유사 입도분석

유사 입도분포 분석 방법에는 체분석, VA관, hydrometer 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서 부유사 입도분석은 BW관 방법을 이용하였다. BW관 방법은 시료의 부유사가 이토나 점토로 되어 있으며 농도가 낮은 경우 부유사 입경분포를 분석하는 방법으로 이용되고 있다.

금강유역 대청댐 상류 옥천지점의 부유사 입도는 <그림 2>와 같이 분석되었다. 0.062mm 보다 작은 세류사(washed load)가 약 93%이상을 차지하고 있으며, 0.062mm보다 큰 사립토의 분포는 0.125mm가 약 3%, 0.25mm가 약 4%정도로 분포하고 있다.



<그림 2> Suspended sediment size distribution of Ogcheon water level station

옥천지점에서 발생하는 토사량에는 미세한 세류사가 가장 많으며, 이는 대청댐 상류 농지의 개간

등과 같이 교란된 곳이 많은 것으로 추정된다. 홍수기에 하류하천 혹은 대청댐에 탁수의 영향을 미칠 우려가 있으므로 탁수에 대비한 유역관리가 필요할 것으로 판단된다.

### 3. 유량-부유사량 상관관계

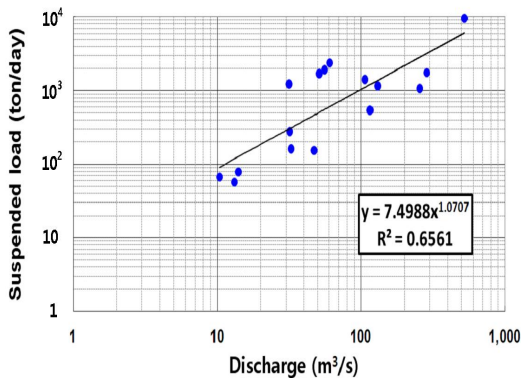
2008년 대청댐 상류 옥천지점의 관측 유량에 대한 부유사량의 분포특성은 식 (1) 및 <그림 3>과 같이 분석되었다.

$$Q_s = 9.5086Q^{1.0212} \quad (R^2 = 0.6644) \quad (1)$$

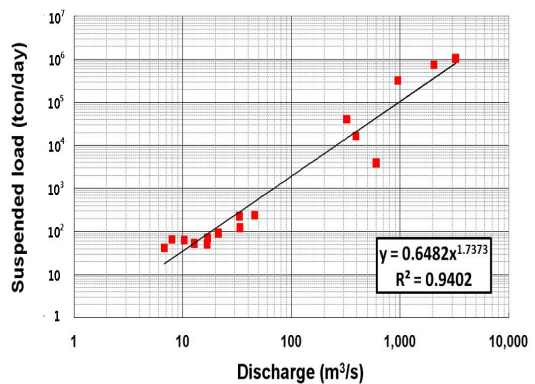
2009년의 경우 <그림 3>의 분포특성을 가지며, 식 (2)와 같은 상관관계를 갖는 것으로 분석되었다.

$$Q_s = 0.6482Q^{1.7373} \quad (R^2 = 0.9403) \quad (2)$$

2009년 옥천 지점의 자료는  $R^2 = 0.9403$ 로서, 이는 전년도 부유사량 자료  $Q_s = 9.5086Q^{1.0212}$  ( $R^2 = 0.6644$ )보다 크며 분산이 줄어든 분포특성을 확인하였다. 이와 같은 현상은 유역의 형상과 하상경사, 강우의 형태, 유출 수문곡선의 형태 등에 따라 다르게 나타난다.



(a) Year 2008



(b) Year 2009

<그림 3> Relation between discharge and suspended load concentration

### 4. 하상토 입경분석

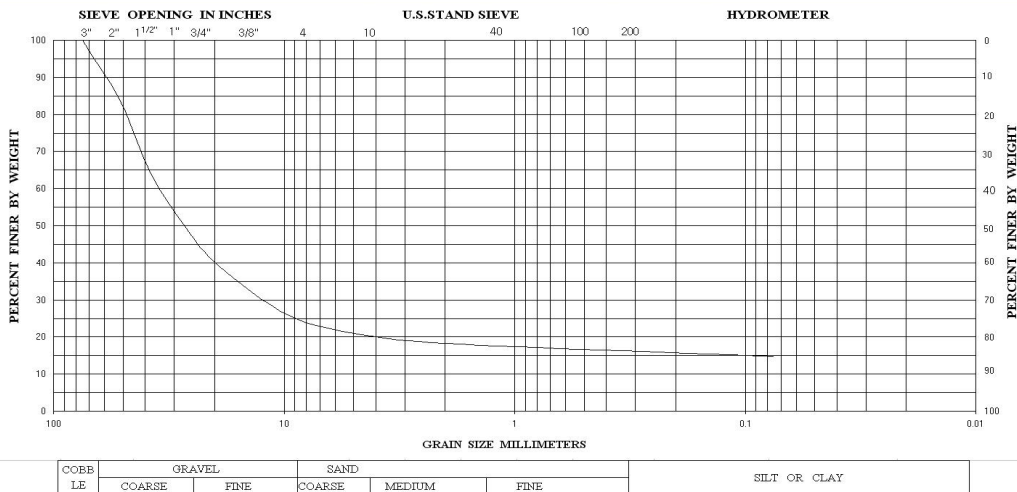
총유사량은 부유사와 소류사량의 합이다. 부유사량은 현장에서 측정된 부유사량과 유량의 관계에

의해 구해질 수 있다. 소류사량은 기 개발된 이론식에 의해 산정하는 것이 통상적이라고 할 수 있다. 소류사량 산정을 위한 이론식은 하상물질의 특성 인자를 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 하상토 입도분석을 실시하였으며 <표 4>와 <그림 4>에 하상토 입도분포 및 입도분포곡선을 나타내었다.

옥천 수위관측소 지점은 대부분의 하상토가 입경이 큰 9.53mm 이상의 조립자로 구성되어 있으며 D50은 상대적으로 직경이 큰 26.0mm로 나타났다. 따라서 이 지점은 자갈질의 고정상 하상 특성을 가지고 있으므로 홍수시 하상의 변동은 매우 작을 것으로 예상된다.

<표 4> Bed-material size distribution

Percentage of passing (%)					
Less than 0.075mm	0.075~2.0	2.0~9.53	9.53~26.5	26.5~50.8	50.8~75.0
14.7	3.6	7.6	23.4	33.8	16.9



<그림 4> Bed-material size cumulation curve

## 5. 옥천 수위표 지점 유입유사량 산정

### 1) 실측 총유사량 산정

소류사량을 직접 측정하는 것은 현실적으로 많은 제약조건이 따르기 때문에 이러한 미채취 구간에서의 유사량을 추정하기 위해 수정 아인쉬타인 방법을 사용하였고 공식의 적용을 위한 실제적인 계산은 한국건설기술연구원에서 개발한 MODEIN 프로그램을 이용하여 총 유사량을 계산하였으며, 산정 결과는 <표 5>와 같다.

&lt;표 5&gt; Total sediment load analysis

Measurement time (year-month-day)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Suspended load concentration (ppm)	Suspended load (Ton/day)	Sediment load (Ton/day)	Sediment concentration (ppm)
2008-07-02 15:40	51.090	387.9	1,712.3	1,957.5	443.0
2008-07-22 15:35	31.560	453.7	1,237.1	1,309.1	480.0
2008-07-24 12:40	60.586	452.4	2,368.1	2,385.7	456.0
2008-07-24 17:50	55.713	398.5	1,918.2	1,936.4	402.0
2008-07-25 16:00	255.736	48.4	1,069.5	2,437.3	110.0
2008-07-25 18:30	523.034	212.4	9,598.4	13,374.1	296.0
2008-07-26 10:00	286.130	70.8	1,750.3	2,674.8	108.0
2008-08-01 12:50	31.893	100.6	277.2	345.3	125.0
2008-08-16 04:00	47.009	37.8	153.5	364.9	90.0
2008-08-16 09:40	115.594	54.4	543.3	807.4	81.0
2008-08-17 13:00	130.334	103.4	1,164.4	1,210.5	107.0
2008-08-17 20:00	106.576	154.2	1,419.9	1,484.8	161.0
2008-08-26 17:05	32.648	57.1	161.1	286.2	101.0
2008-09-08 16:00	13.169	50.4	57.3	103.1	91.0
2008-09-24 15:50	14.031	65.2	79.0	205.5	169.0
2008-10-15 10:30	10.336	74.8	66.8	103.8	116.0
2009-03-17 14:10	10.4	71.5	63.9	660.3	738.0
2009-04-15 11:41	7.9	95.0	65.3	678.7	987.0
2009-05-14 12:07	6.8	70.9	41.6	888.6	1,515.0
2009-06-11 11:15	12.8	48.3	53.2	1,032.3	937.0
2009-06-23 13:42	33.6	42.1	122.3	1,128.6	389.0
2009-07-09 14:30	321.9	1463.3	40,701.2	44,266.7	1,591.0
2009-07-09 18:20	601.1	75.8	3,937.0	14,473.5	279.0
2009-07-10 09:10	392.8	487.1	16,531.1	23,368.3	689.0
2009-07-15 03:50	953.4	3956.0	325,862.5	355,359.3	4,314.0
2009-07-15 06:50	3,240.4	3752.9	1,050,706.6	1,139,281.8	4,069.0
2009-07-15 13:30	2,041.6	4245.2	748,818.4	800,998.7	4,541.0
2009-07-29 16:30	33.3	79.2	228.0	1,581.7	550.0
2009-08-14 11:10	45.9	60.3	238.9	1,657.3	418.0
2009-08-26 17:45	21.3	50.2	92.3	910.6	495.0
2009-09-23 11:00	16.9	48.5	70.8	1,345.0	921.0
2009-10-21 12:50	16.8	35.7	51.7	1,090.0	752.0

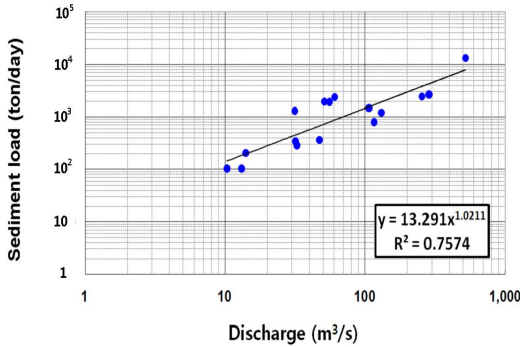
유량-유사량 상관관계는 유량자료를 가지고 유사량을 추정할 수 있는 중요한 기초자료이며, 저수지 퇴사량 산정, 하도계획 및 유사조절계획 수립 등에 사용할 수 있다.

측정된 유량과 수정 아인쉬타인 방법에 의하여 산정된 총유사량의 상관관계를 분석하여 유량-총 유사량 관계곡선식을 개발하였고 관계곡선식 모두에서 결정계수가 5% 이내의 유의차가 인정되었다. 이들의 결과는 <표 6> 및 <그림 5>와 같다.

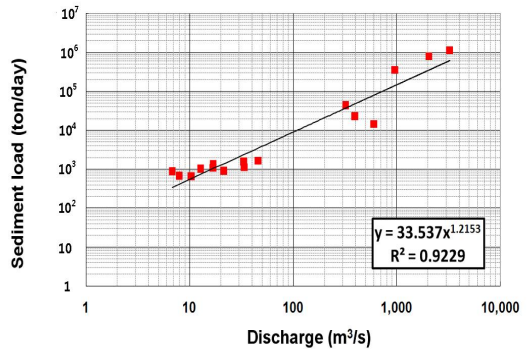
<표 6> Sediment rating curve of Ogcheon water level station

Point	Year	Sediment rating curve
Ogcheon	2008	$Q_t = 13.291Q^{1.0211} (R^2 = 0.7574)$
	2009	$Q_t = 33.537Q^{1.2153} (R^2 = 0.9229)$
	2008 ~ 2009	$Q_t = 14.695Q^{1.2068} (R^2 = 0.7621)$

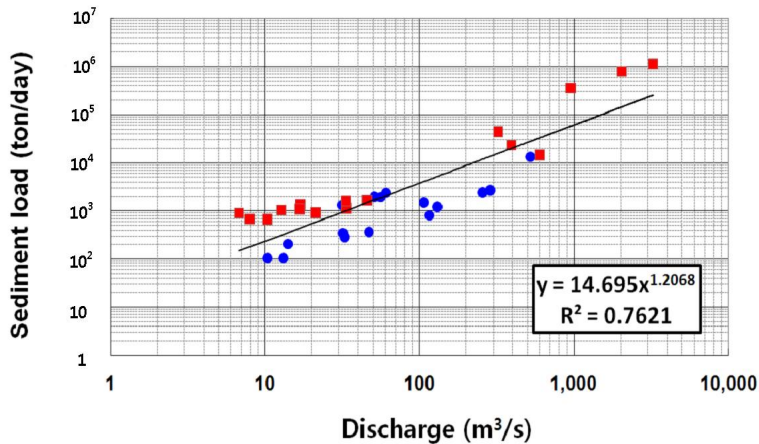
※  $Q_t$  : Total sediment,  $Q$  : Discharge



(a) Year 2008



(b) Year 2009



(c) Year 2008 and 2009

<그림 5> Sediment rating curve of Ogcheon water level station

## 2) 주요 지점 유입 유사량 산정

관측에 의해 <표 6>의 유량-유사량 관계곡선식 중 신뢰도가 높은 2009년 관계식과 기 개발되어 국가수자원정보시스템에서 제공되는 옥천 지점의 수위-유량관계 곡선식을 활용하여 연도별 옥천 지점 통과 총유사량을 추정하였으며, 연도별 곡선식은 <표 7>과 같다.

검토 대상기간은 상류의 댐건설 영향을 감안하여 상류의 용담댐 담수시기(2000년 11월) 이후인 2001년부터 2009년까지 9년간으로 설정하여 연도별 비유사량을 구하였으며, 대상 유역면적은 용담댐 여수로 방류실적이 준공이후 8회이나, 100m<sup>3</sup>/s 이상 방류는 3회(2003년 7월, 8월 및 2005년 8월)에 불과하므로 용담댐 유역면적 930km<sup>2</sup>을 제외한 2,027km<sup>2</sup>를 기준으로 설정하였다.

<표 7> Rating curve in Ogcheon water level station (Year 2001~2009)

Year	Water level range	Rating curve	Reference
2001	H ≤ 1.97	Q=45.3419(H+0.25) <sup>3.049</sup>	DIIS1)
	1.97 < H	Q=124.9108(H+0.23) <sup>1.7816</sup>	
2002	H ≤ 2.82	Q=12.8137(H+0.5) <sup>3.3363</sup>	WAMIS2)
	2.82 < H	Q=42.3351(H+0.5) <sup>2.3409</sup>	
2003	All range	Q=142.2656(H-0.14) <sup>1.6389</sup>	WAMIS
2004	0.14 ≤ H < 5.61	Q=76.2957(H+0.13) <sup>2.0747</sup>	WAMIS
2005	0.38 ≤ h ≤ 7.39	Q=100.420703(H) <sup>1.822</sup>	WAMIS
2006	0.200 ≤ H ≤ 6.455	Q=87.443(H+0.080) <sup>1.934</sup>	WAMIS
2007	0.20 ≤ H ≤ 5.775	Q=71.229(H+0.190) <sup>2.1</sup>	DIIS
2008	0.23 ≤ h ≤ 5.78	Q=53.041(H+0.284) <sup>2.277</sup>	DIIS
2009	-0.52 ≤ h ≤ 1.13	Q=28.894(H+0.523) <sup>3.423</sup>	DIIS
	1.13 ≤ h ≤ 6.39	Q=32.086(H+0.846) <sup>2.371</sup>	

※ 1) DIIS: Dam Integration Information System (K-water)

※ 2) WAMIS: Water Resource Management Information System (MLTM)

상기의 절차로 산정된 옥천 지점의 연도별 비유사량 및 9개년 평균 비유사량 산정결과는 <표 8>과 같다. 유출량은 상류 용담댐의 여수로 방류량을 제외한 유량으로 연간 16억m<sup>3</sup>이며, 총유사량은 809,788(ton/yr)이 통과한 것으로 산정되었다. 유사의 토질이 대부분 토사로써, 일반적인 단위중량 1.8(ton/m<sup>3</sup>)를 적용할 때, 옥천지점을 통과하는 유사량은 자연상태의 토량을 기준으로 할 때, 연간 449,882m<sup>3</sup> 수준일 것으로 추정된다. 준공이후 용담댐 방류실적은 <표 9>와 같다.

<표 8> Estimation of specific sediment yield at Ogcheon water level station

Year	Discharge (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr)	Sediment load (ton/yr)	Specific sediment yield (ton/km <sup>2</sup> /yr)
2001	1,199	525,078	259.0
2002	1,890	973,223	480.1
2003	3,391	1,837,189	906.4
2004	1,685	918,585	453.2
2005	1,286	617,418	304.6
2006	1,723	928,226	457.9
2007	1,608	778,065	383.9
2008	716	253,482	125.1
2009	971	456,828	225.4
Average	1,609	809,788	400.0

<표 9> Spillway outflow discharge performance of Yongdam dam

Year	Time	Outflow (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
2002	'02. 9. 5~ 9.17	88.6
2003	'03. 7. 7~ 7.31	591.7
	'03. 8.22~ 9.18	277.5
2004	'04. 8.27~ 9. 3	44.5
2005	'05. 8. 4~ 8. 7	144.1
	'05. 9. 2~ 9. 4	84.4
2006	'06. 8. 2~ 8. 4	77.4
2007	'07. 9.17~ 9.19	11.4

금강유역에 대한 유사량 측정은 1965년과 1968년에 건설부에서 용담, 옥천, 수통, 송포, 공주, 규암 등 6개 수위표지점에서 측정한 바 있으며, 농업진흥공사의 “옥서지구 농업종합사업기본계획(1975)”에 서도 상기 실측자료를 분석하여 사용하였으며, 그 결과 금강유역 부유사 총량은 1,395,000(m<sup>3</sup>/yr), 총소 류사는 971,053(m<sup>3</sup>/yr), 금강하구둑 지점에서 유사량 총량은 2,366,058(m<sup>3</sup>/yr)로 산정되었고, 이를 비유 사량으로 표시하면 약 240(m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/yr)이 된다. 대청댐 계획에서는 300(m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/yr)의 비유사량을 적용한 바 있다(산업기지개발공사, 1986).

상기 조사성과는 용담댐 건설 이전의 조사 자료이며, 금강유역조사의 일환으로 2003년과 2004년 실 측된 유사량 조사결과는 <표 10>과 같다.

<Table 10> Existing records

Station	Area(km <sup>2</sup> )	Sediment load (ton/yr)	Specific sediment yield (ton/km <sup>2</sup> /yr)	Remark
Geumnam	6,884.5	1,535,896.0	223.09	1995~2004
Gongju	7,149.5	166,441.8	23.28	1995~2004
Seokhwa	1,425.0	157,883.9	110.80	1995~2004
Hoideok	604.2	152,768.8	252.84	1995~2004
Guryong	206.3	106,059.9	514.10	1995~2004

2001년부터 2009년까지 평균 옥천지점 총유사량은 809,788(ton/yr), 비유사량은 400(ton/km<sup>2</sup>/yr)로 분 석되었으며, 일반적 토사의 단위중량 1.8(ton/m<sup>3</sup>)을 적용할 때, 222(ton/km<sup>2</sup>/yr)에 해당된다. 이는 1968년 금강유역조사에서 산정된 금강유역 비유사량 240(ton/km<sup>2</sup>/yr)의 92.5%로 거의 같은 결과를 나타내었다.

2006년 금강유역조사 결과와 비교해 보면, 구룡지점의 514(ton/km<sup>2</sup>/yr)의 78% 수준이며, 회덕지점 대 비 1.6배, 금남지점 대비 1.8배, 공주지점 대비 3.6배의 결과를 도출하였다. 이러한 차이는 경사가 급한 상류지역에서 유사발생이 많고 하류로 갈수록 적어지는 이유라 할 수 있다.

이러한 결과는 총유사량 산정 방법에 따라 산정된 총유사량이 수배에서 많게는 수십배 차이가 나는 것에 비하면 양호한 결과를 나타내는 것으로 사료되어 진다.

## 6. 홍수기를 고려한 유입 유사량 산정

홍수기가 반영된 과거 9년간의 유량자료를 토대로 산정된 대청댐 상류 옥천 수위표지점의 비유사량은 400(ton/km<sup>2</sup>/yr), 비유사량법을 적용하여 산정된 대청댐 유입 총유사량은 1,280,034(ton/yr)이며 그 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11> Estimation of total sediment in Daechong dam basin

Year	Total sediment loads (10 <sup>3</sup> ton)	Ratio (%)	Year	Total sediment loads (10 <sup>3</sup> ton)	Ratio (%)
2001	830	65	2006	1,467	115
2002	1,538	120	2007	1,230	96
2003	2,904	227	2008	401	31
2004	1,452	113	2009	722	56
2005	976	76	Average	1,280	100

상기의 분석 결과에서 연도별 유사량 측정시 오차 발생으로 인해 정확한 유사특성을 판단하기 어려웠으며 연도별로 7배 이상의 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과가 발생한 원인은 여러 가지가 있을 것으로 사료되나 그중에서 가장 큰 영향을 미친 사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 주요지점에 대한 유사량 조사성고가 미흡함에 따라 연구 기초자료의 획득시기가 단기간으로 유역을 대표할 수 있는 유사량을 산정하기 어려운 것이다.

둘째, 옥천지점의 유사량 조사는 평수기와 갈수기를 제외한 홍수기 중심으로 조사하여 유량-총유사량 곡선식을 산정하였기 때문에 총 유사량이 고유량에서는 많게 저유량에서는 적게 산정되어질 가능성이 크다고 할 수 있다.

따라서 이상의 문제점들을 보완하여 향후 대청호 유입 유사량 산정시 본 연구를 통해 제시된 자료를 활용하여 분석한다면 보다 신뢰성 있는 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단되는 바이다.

## V. 결론

본 연구에서는 하천의 흐름 특성이 유지되는 대청댐 상류 옥천 수위표 지점에서 유량조사, 유사량 조사 및 장기 유출량 분석을 실시하여 대청호내로 유입되는 총 유사량을 산정하였다. 산정된 결과를 유역면적으로 나눈 비유사량을 이용하여 대청호로 유입되는 총 유사량을 추정하였으며, 이에 대한 결과를 정리하면 다음과 같다.

본 연구의 유사량 실측자료를 바탕으로 산정된 옥천 수위표 지점 비유사량은 400(ton/km<sup>2</sup>/yr)이며, 대청호 유입 유사량은 연평균 1,280,034(ton/yr)로 추정되었다. 대청호 유입 총유사량은 연도별로 9개

년 평균 기준 유사량과 비교할 때, 2001년 65%, 2002년 120%, 2003년 227%, 2004년 113%, 2005년 76%, 2006년 115%, 2007년 96%, 2008년 31%, 2009년 56%에 해당하는 차이를 보이고 있으나, 과거 유사한 사례를 살펴보면 총유사량 산정 방법에 따라 산정된 총 유사량이 수배에서 많게는 수십배 차이가 나는 것에 비하면 양호한 결과를 나타내는 것으로 판단된다.

따라서 향후 대청호 내 유입 유사량 산정 시 본 연구의 결과인 옥천 수위표지점 총 유사량 자료를 활용하여 분석한다면 보다 신뢰성 있는 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 건설교통부. 2006. 금강유역조사 보고서.
- 건설부. 1968. 국토조사총람.
- 농업진흥공사. 1975. 옥서지구 농업종합사업기본계획.
- 산업기지개발공사. 1986. 금강유역조사 보고서.
- 한국건설기술연구원. 1989. 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발.
- 한국건설기술연구원. 1990. 수정아인쉬타인 방법의 한국 하천에의 적용.
- 국가 수자원관리 종합정보시스템. <http://www.wamis.go.kr/>
- Acker, P. and W. R. White. 1973. Sediment Transport: New Approach and Analysis. *Journal of Hydraulics Division*. ASCE, 99(HY11): 2041-2060.
- Colby, B. R. and C. H. Hembree. 1955. *Computations of Total Sediment Discharge Niobrara River Near Coby, Nebraska*. Water Supply Paper 1357, USGS, Washington, D.C.
- Engelund, F. and E. A. Hansen. 1967. *A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams : Teknisk Vorlag*. Copenhagen, Denmark.
- Yang, C. T. 1973. Incipient Motion and Sediment Transport. *Journal of Hydraulic Division*. ASCE, 99(HY10): 1679-1704.
- Stevens, H. H. Jr. 1985. *Computer Program for the Computation of Total Sediment Discharge by the Modified Einstein Procedure*. Water Resource Investigation Report 85-4047. USGS, Washington, D.C.

---

**金鎮民**: 충북대학교 지역건설공학과에서 공학석사 학위를 취득하였으며(2010. 8), 현재는 한국수자원공사 군남댐 건설단에서 댐 건설업무를 관장하고 있다([beaver@kwater.or.kr](mailto:beaver@kwater.or.kr)).

**孟昇辰**: 충북대학교에서 “LH-모멘트의 적정 차수 결정에 의한 설계홍수량 추정”으로 농학박사 학위를 취득하였으며(2002. 2), 현재는 충북대학교 지역건설공학과 부교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 수문통계, 강우-유출

모형 개발, 수문자료 측정 분야이며, 현재 한국농공학회 이사, 한국수자원학회 편집위원 등으로 활동 중이다 (maeng@cbnu.ac.kr).

**金炯山:** 충북대학교 지역건설공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 공학석사 학위를 취득하였다(2011. 2). 현재 충북대학교 지역건설공학과에서 박사과정 중이다(kimhs@cbnu.ac.kr).

**金兌祐:** 충북대학교 지역건설공학과에서 공학사 학위를 취득하였으며(2011. 2), 현재는 충북대학교 지역건설공학과에서 석사과정 중이다(twkim@cbnu.ac.kr).

투 고 일: 2012년 05월 13일

수 정 일: 2012년 06월 13일

게재확정일: 2012년 06월 24일

## Estimation of Sediment Entering Daecheong Dam Considering Flood Season

Jin Min Kim, Seung Jin Maeng, Hyung San Kim, Tae Woo Kim

In this study, total sediment entering Daecheong lake was estimated using rating curve and flow-sediment curve interpolated by measured flow and sediment data in Ogcheon water level station upward Daecheong dam in Geum river basin. Sediments and flow data were observed 31 times in 2008~2009. Regarding to these data, the suspended load and the bed load were analyzed. Finally the total sediment was estimated by the Modified Einstein Procedure. Annual influx of sediments was estimated by using rating curve in Ogcheon water level station during 2001~2009 which is right after the operation of Yongdam dam located in the upstream of Daecheong dam. The result of total sediment which inflow in Daecheong lake is the following section and it was estimated by the rate of sediments per area in each drainage basins. The total sediment entering Daecheong lake is estimated 1,280,034 ton/yr using the rate of sediments per area (400 ton/km<sup>2</sup>/yr) in Ogcheon water level station. The total sediment inflowing in Daecheong lake shows gap in comparison to 9 years estimated average sediments by 65% in 2001, 120% in 2002, 227% in 2003, 113% in 2004, 76% in 2005, 115% in 2006, 96% in 2007, 31% in 2008, 56% in 2009. The result shows that it was estimated fair comparing to the conventional estimated results which show gap up to 10 times the average sedimentation. Thus, the result in this study would be estimated for reliable amount of sediment entering Daecheong lake.

**Key words:** Daecheong lake, Yongdam dam, sediment load, specific sediment yield