

미호천 석화지점의 유량 및 유사량 분석

A study on the relationship of discharge and sediment at the Seok-hwa Station in the Mi-ho River

연규방¹⁾, 이삼희²⁾, 조용수³⁾, 황승용⁴⁾

Gyu-Bang Yeon, Sam-Hee Lee, Yong-Soo Cho, Seung-Yong Hwang

요 지

본 연구는 유량과 하천유사를 현장에서 직접 관측하여 분석한 연구로서 그 동안 하천에서 유사량을 산정할 때 부유사만을 측정하던 방법과 달리 미호천 석화수위표는 유역특성상 소류사량의 이송이 상당할 것으로 판단되어 미호천유역의 소류사를 부유사와 동시에 관측하는 연구를 수행하였다. 유량의 측정 방법은 간략법인 삼선법을 이용하였고 부유사 관측에는 수심적분 채취법을 적용, 채취기의 이동속도를 모든 채취선에서 일정하게 유지하는 등이동속도법을 이용하고 소류사 관측은 부유사 관측과 동일한 채취선에서 이루어졌다. 각각 부유사량과 소류사량을 15회 측정하여 더한 값을 유사량으로 산출하였고 이를 그 동안 많은 연구에 이용되었던 수정아인슈타인 방법으로 추정된 값과 실측된 유사량의 값을 비교하였다.

본 연구는 소류사량과 부유사량의 관계를 비교할 수 있는 연구로서 연구결과는 다음과 같다.

핵심용어 : 부유사, 소류사, 유사량, 수정아인슈타인 공식, 하상변동

1. 서 론

하천에 있어서 유사는 이송형태에 따라 부유사와 소류사로 분류될 수 있으며, 수리량과의 관계에 따라 세류사와 하상토사류로 나누어지게 된다. 이중 부유사는 채취한계에 따라 측정유사와 미측정유사로 구분할 수 있게 되며 유사관측에서 채취된 채취시료는 측정유사 중에서 부유사와 소류사를 의미하게 된다.

소류사량과 부유사량을 포함한 총유사량의 추정은 하천유사연구의 기본과제라 할 수 있다. 총유사량의 산정은 하천유역내의 수리구조물의 설계, 유지관리, 하천개수, 하도의 안정성 등 수자원개발 및 관리를 위한 하천계획을 세우는데 필요한 기본적 요소이다.

총유사량의 추정방법으로는 하천 유사량 공식을 이용한 계산에 의한 간접적인 방법과 현장에서 실측을 통한 직접적인 방법 등이 있다. 그러나 계산을 통한 방법은 하상토 유사량을 이용하여 계산을 하게 되어 퇴적물 등에 의해 하천의 유사량이 지배된다면 유사량 공식은 사용이 불가하다. 또한 소류사량이 총유사량에 미치는 영향에 대한 연구가 많이 수행되지는 않은 편이다. 부유사와 소류사는 채취방법과 분석방법이 서로 다르므로 총유사량의 산정에 있어 소류사 관측을 같이 하는 경우에는 채취시간, 채취속도, 측선장소를 같이 하는 등의 주의를 요한다.

본 연구에서는 현장에서 직접 하천유사량의 추정을 위해 평시 및 홍수기에 걸쳐 총 15회 관측하여 각각 부유사와 소류사를 채취 분석을 하여 총유사량을 추정하였다. 또한, 실측 총유사량값을 미국에서 보편적으로 사용되는 실측에 의한 하천 총유사량 추정방법인 '수정 아인슈타인 방법'과 비교하여 수정아인슈타인 방법을 이용하여 산정된 값을 검증하였다.

1) 정회원 · 충청대학 건설교통과 교수

2) 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원

3) 정회원 · 충북대학교 강사

4) 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원

· E-mail : gbyeon@ok.ac.kr

· E-mail : samhee.lee@kict.re.kr

· E-mail : yscho@cbnu.ac.kr

· E-mail : syhwang@kict.re.kr

2. 하천 유량 및 유사량의 실측

2.1 대상지점 및 하천 유량

본 연구에서 하천 유량 및 유사량을 실측하기 위하여 유사이송이 비교적 활발하고 소류사이송이 상당할 것으로 판단되는 금강의 제1지류인 미호천의 석화수위표 지점을 선정하였다. 충북 청원군 강내면 미호천교상에 수위표가 있으며 수심이 매우 얇은 지역이 넓게 분포되어 있어 횡단측량과 홍수위 측정시 주위가 필요한 지점이다. 하류쪽 좌안은 경작지로 이용되고 있으며 홍수시에는 시간에 따른 수위의 변화가 큰 편이어서 유속이 증가되면 토사의 유입이 많아 유속측정에 주의를 하여야 한다.

아래의 그림 1은 유사량 측정 지점을 나타내는 그림이며 표 1은 측정지점에서의 유량을 측정한 값이다.

표 1. 측정성과

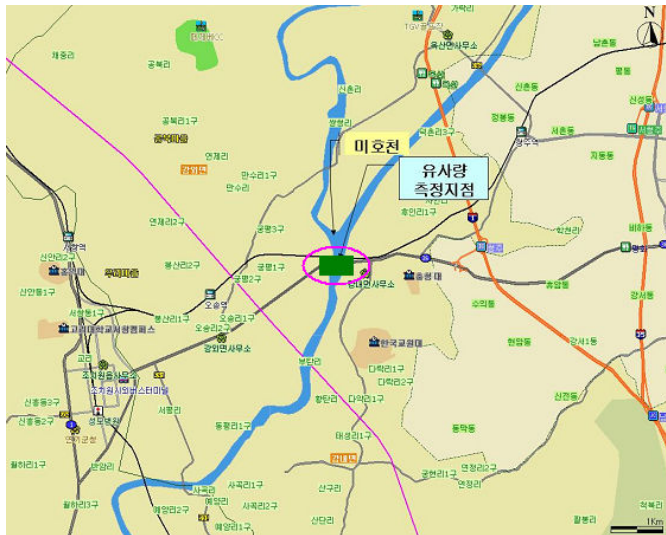


그림 1. 유량 및 유사 관측 위치도
(미호천 석화수위표 지점)

No	시간	수위 (m)	평균 유속 (m/s)	유량 (m ³ /s)
1	2007.08.08	3.33	1.11	576.5
2	2007.08.10	2.23	0.66	201.7
3	2007.08.13	2.02	0.77	154.6
4	2007.08.22	1.62	0.72	53.0
5	2007.08.22	1.89	0.95	124.5
6	2007.08.23	1.76	0.76	86.9
7	2007.08.27	2.06	0.94	145.0
8	2007.08.27	2.09	0.95	172.3
9	2007.08.28	2.91	1.26	462.3
10	2007.08.28	2.97	1.11	460.3
11	2007.08.28	2.81	1.22	420.6
12	2007.09.15	4.92	1.47	1414.0
13	2007.09.15	4.80	1.41	1308.4
14	2007.09.15	4.62	1.33	1168.7
15	2007.09.15	4.37	1.28	1050.1

2.2 부유사 및 소류사의 관측

본 연구를 위한 실측은 2007년 8월에서 9월에 걸쳐 총 15회를 실시하였으며 유사량 실측시 병행하여 수위, 하폭, 유속, 수온 등을 측정하였다. 채취선의 결정은 간편법 중에서 하폭의 1/4, 1/2, 3/4 지점에서 채취하는 삼선법을 이용하였으며 교각의 영향을 피할 수 있는 지점을 선택하였다.

부유사의 관측은 채취방법에 따라 점적분 채취와 수심적분 채취로 구분할 수 있다. 점적분 부유사 채취의 특징은 연직 방향을 여러 개의 지점으로 나누어 채취하므로 부유사의 연직분포를 파악할 수 있는 장점이 있다. 수심적분 부유사 채취는 연직 방향으로 수면에서 하상 근처까지 등속으로 왕복하여 채취하므로 해당 지점에서 하나의 부유사량을 얻을 수 있다. 수심적분 부유사 채취방법은 채취 시간이 비교적 짧아 신속한 채취가 가능하고 부유사의 연직 분포가 요구되지 않거나 수심이 깊지 않은 경우에 쓰는 방법이다. 본 연구에서는 수심적분 부유사 채취방법을 택하였고 채취기의 이동속도를 모든 채취선에서 일정하게 유지하는 등이동속도법을 이용하였다. 부유사 관측장비는 D-74 부유사 채취기를 사용하였다. 이 채취기는 무게가 28kg 정도로 유속이 2m/s, 수심 5m이하인 하천의 부유사 채취를 위해 개발된 채취기이다.

소류사 관측은 부유사 관측과 병행하여 동일한 채취선에서 실시하였으며 소류사 측정장비는 Helley-Smith 형 소류사 채취기를 사용하였다.

3. 총유사량 산정

총유사량의 산정은 관측된 부유사량과 소류사량의 합으로 산정하였으며 부유사량은 각 채취선에서 채취한 부유사를 실내 실험을 통하여 결과 값을 얻었다. 2, 3회차는 부유사량의 농도가 낮아 제외 하였다. 소류사량은 실내실험을 통해 건조중량을 관측시간으로 나누어 각 채취선에 대한 단위 소류사 이송률을 결정하게 되며 각 채취선에 대한 단위 소류사 이송률에 채취선이 대표하는 폭을 고려하여 단면 전체에 대한 소류사량을 산정할 수 있다. 이 때 평균단면법을 이용하여 산정하였으며 부유사량과 소류사량을 분석한 결과는 각각 아래 표 2, 3과 같다.

표 2 부유사량 산정 결과

No	농도 (mg/l)	시료용량 (g)	유사증량 (g)	유량 (m ³ /s)	부유사 총량 (ton/day)
1	512.1	2,303.37	1.1795	576	25,506
2	-	-	-	202	-
3	-	-	-	155	-
4	28.0	2,255.96	0.064	53	128
5	303.8	2,231.49	0.678	124	3,255
6	30.2	2,188.49	0.066	87	227
7	265.2	2,084.90	0.553	145	3,322
8	171.0	2,216.76	0.379	172	2,541
9	265.3	2,242.87	0.595	462	10,590
10	301.2	2,257.47	0.680	460	11,971
11	160.1	2,011.84	0.322	421	5,823
12	395.9	2,131.64	0.844	1,414	48,367
13	1658.7	963.38	1.598	1,308	187,452
14	253.1	2,200.36	0.557	1,169	25,563
15	490.1	2,223.89	1.090	1,050	44,462

표 3 소류사량 산정 결과

No	소류사량 (ton/day)	소류사 이송률 (g/s)	단위소류사 이송률(g/s/m)		
			좌안	중앙	우안
1	1,094	12,663	10.8	97.4	97.6
2	159	1,842	19.6	9.7	2.8
3	284	3,289	6.5	4.5	43.8
4	209	2,417	17.6	4.0	20.1
5	250	2,899	15.5	9.0	24.7
6	273	3,155	19.8	5.7	28.5
7	770	8,907	60.9	17.1	75.1
8	973	11,267	83.5	37.9	72.2
9	2,012	23,291	35.5	210.5	132.7
10	2,151	24,901	41.0	261.9	100.7
11	1,185	13,714	38.0	61.5	128.2
12	3,171	36,703	127.3	274.4	205.7
13	2,993	34,641	95.7	219.6	257.1
14	4,014	46,464	205.0	328.3	241.5
15	4,771	55,217	327.6	447.1	152.9

총유사량의 산정은 소류사 관측 유무에 달라지게 되는데 본 연구에서는 소류사량을 관측하였으므로 부유사량과 소류사량의 합으로 총유사량을 결정하였다. 이를 아래 표에 나타내었고 유량과 유사량과의 관계를 그림 2에서 나타내었다.

표 4. 총유사량의 산정

No	부유사량 (ton/day)	소류사량 (ton/day)	총 유사량 (ton/day)
1	25,506	1,094	26,600
2	-	159	159
3	-	284	284
4	128	209	337
5	3,255	250	3,505
6	227	273	500
7	3,322	770	4,092
8	2,541	973	3,514
9	10,590	2,012	12,602
10	11,971	2,151	14,122
11	5,823	1,185	7,008
12	48,367	3,171	51,538
13	187,452	2,993	190,445
14	25,563	4,014	29,577
15	44,462	4,771	49,233

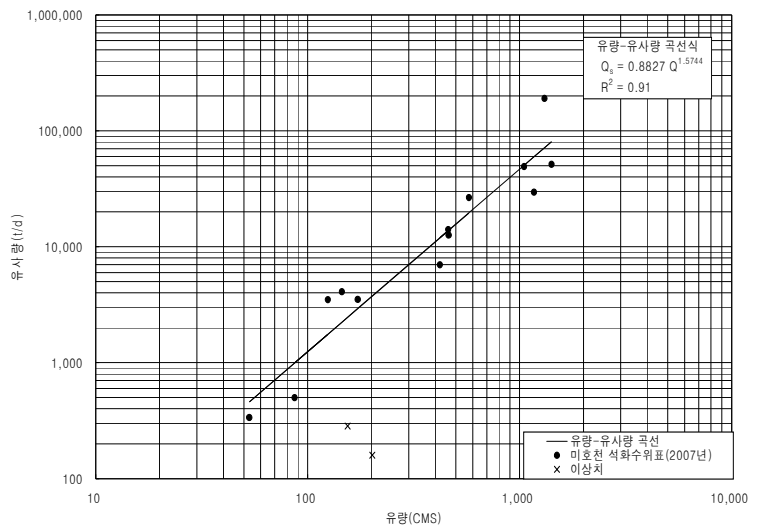


그림 2. 2007년 유량-유사량 관계

그림 3은 과거 부유사 관측 결과를 금회 관측결과와 함께 보인 것이다. 동일 유량에서 유사량이 과거에 비해 다소 큰 경향을 보임을 알 수 있다.

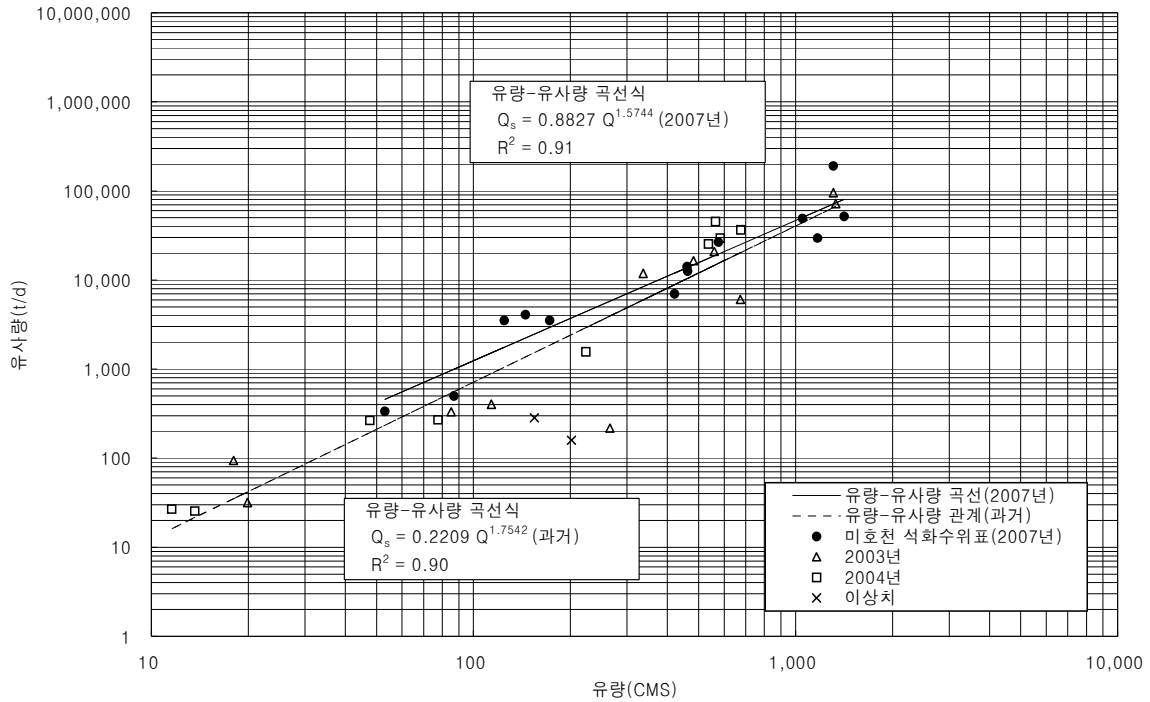


그림 3. 유량-유사량 관계비교

4. 유사량 산정 비교

본 연구에서 산정한 총유사량은 실측한 부유사와 소류사를 더하여서 산정된 총유사량이다. 이를 기존에 총유사량을 산정하는데 있어서 많이 사용되었던 수정 아인슈타인 방법을 이용하여 실측된 값과 비교하여 보았으며 이를 표 5와 그림 4에 나타내었다.

표 5. 수정 아인슈타인방법과의 비교

No	실측 총유사량 (ton/day)	추정 총유사량 (ton/day)
1	26,600	28,316
2	159	-
3	284	-
4	337	185
5	3,505	3,825
6	500	392
7	4,092	3,927
8	3,514	3,280
9	12,602	13,413
10	14,122	14,250
11	7,008	8,465
12	51,538	53,318
13	190,445	195,311
14	29,577	28,474
15	49,233	46,912

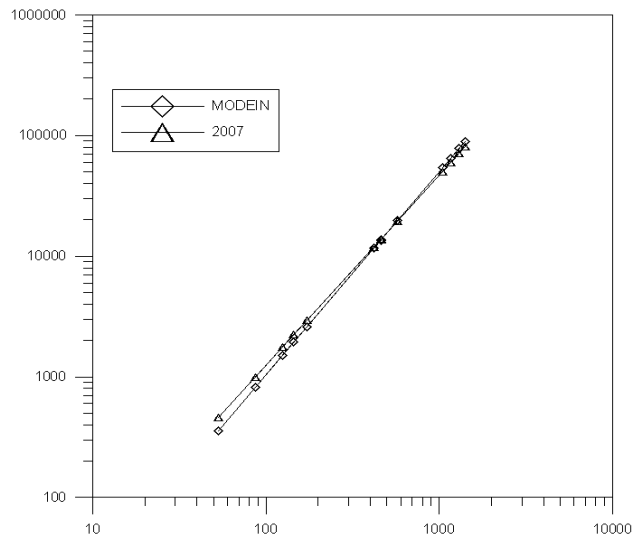


그림 4. 수정 아인슈타인 방법과의 비교

표 5와 그림 4에서 알 수 있듯이 실측 유사량과 추정 유사량 값의 차이가 거의 없었다. 이는 미호천 석화수위표 지점에서 수정아인슈타인 방법에 의한 추정이 실측 유사량에 근사함을 의미한다. 본 연구에서 산출된 식 $Q_s = 0.8827Q^{1.5744}$ 를 이용하여 1년간의 총유사량을 구한결과 약 433,000(ton/day)으로 산정되었으며 이를 그림 5에 나타내었고 비유사량은 272(ton/km²/year)로 산정되었다.

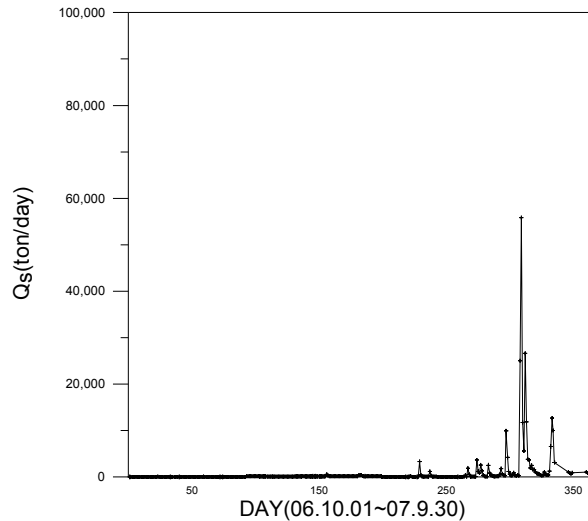


그림 5. 2007년도 석화수위표지점 일유사량

5. 결 론

2007년 8월 8일부터 2007년 9월 15일까지 15회의 조사를 하여 기본 데이터를 얻었으며, 이를 바탕으로 소류사량과 부유사량을 얻어 이 둘의 합을 총유사량으로 산정하였다. 최소 337(ton/day)의 값을 얻었고(2, 3회차는 고려치 않음) 최대 190,445(ton/day)의 값을 얻었으며, 부유사가 총유사량 값에 큰 영향을 미치는 인자가 되었다. 기본 데이터를 바탕으로 2007년의 유량-유사량 관계는 $Q_s = 0.8827Q^{1.5744}$ 로 나타났으며, 이를 적용하여 2006년 10월1일부터 2007년 9월30일까지 1년간의 유사 유출량을 계산하였다. 계산결과 2007년 총유사량은 약 433,000(ton/year)으로 산정되었으며, 하루 최대 유사량은 약 56,000(ton/day)으로 계산되었다. 2007년 8~9월에 집중적으로 유사 발생하였으며, 다른 월과 차이가 매우 큼을 알 수 있다. 이 지점의 비유사량은 약 272(ton/km²/year)로 산정되었다. 수정 아인슈타인 방법(MODEIN)으로 추정된 총유사량과 실측 총유사량의 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 따라서 미호천 석화 수위표 지점의 경우 채취를 통한 부유사량을 바탕으로 총유사량을 추정하는 수정 아인슈타인 방법의 적용성이 충분하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 수자원국(2004), 수문관측매뉴얼.
2. 한국건설기술연구원(1990), 수정아인슈타인 방법의 한국 하천에서의 적용. 기본과제 보고서, 건기연 90-WR-112, pp.9-11
3. Yang, C. T.(1979), 'Unit Stream Power Equation for Total Load,' J. of Hydrology, Vol. 40.