

# 산지하천의 하상재료와 소류사의 크기

## Size of Bedload Materials and Bedload in Mountainous River

박상덕\*, 김건태\*\*, 김호섭\*\*\*, 이승규\*\*\*\*, 신승숙\*\*\*\*\*

Sang Deog Park · Gun Tae Kim · Ho Seop Kim · Seung Kyu Lee, Seung Sook Shin

### 요 지

자갈하상 산지하천의 주요 관심사는 소류사 크기 분포와 연계하여 하상재료의 이송에 대한 광범위의 기초자료 확보하는 것이다. 자갈 하상재료가 주를 이루는 강원영동지역 양양남대천의 산지하천을 대상으로 하상재료를 조사하였다. 산지하천의 소류사 크기를 고려한 소류사 채집기를 설치하고, 호우 발생 이후 측정기에 포획된 소류사의 크기를 파악하기 위해 입도분포를 분석하였다. 두 개의 소류사 측정기는 지남교 지점에 유속이 빠른 우안과 유속이 상대적으로 느린 좌안에 각각 설치하였다. 산지하천 시험구간의 하상재료 분포도는 그림 1과 같으며, 하상재료 평균입경은 184.65mm 이었다. 연구단에서 운영중인 범수치 우량관측소의 관측자료에 따르면, 2009년 11월 1~13일 185mm 강우가 발생하였으며, 11월 11일 7:00경에 최대수위에 따른 첨두유출량 107.23m<sup>3</sup>/s가 발생하였다. 첨두유출 발생당시 이동한 우안 소류사의 평균입경은 102.88mm 이었고, 좌안 소류사의 평균입경은 66.53mm 이었다(그림 2). 하상재료의 평균입경에 대한 소류사 평균입경을 비교하였을 때, 소류사는 하상재료의 45.87±13.92% 크기 범위에서 이동함을 확인하였다.

**핵심용어** : 소류사, 하상재료, 입도분포, 첨두유량, 산지하천

### 1. 서 론

산지하천의 하상재료는 미립토사부터 모래뿐만 아니라 자갈, 호박돌과 암반에 이르기 매우 다양한 구성요소를 이루고 있으며, 그중 대다수를 자갈, 조약돌, 호박돌이 차지하고 있다. 이들 하상재료는 홍수시 수심과 흐름에 상당한 영향을 미치며, 부유하거나 소류하여 하상변동을 일으킨다. 따라서 산지하천의 하상변동을 추정하기 위해서는 유사이송 추정공식이 사용되어야 하나 우리나라 산지하천에 대한 유사량 추정공식이 매우 미흡한 실정이다. 특히 산지하천에서 소류사와 부유사량이 일반 모래하천과 어떻게 다른 지에 대한 조사연구가 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 산지하천의 하상구성재료와 소류사 입경 특성을 비교하여 입경분포 범위가 매우 큰 산지하천의 하상변동 예측모형을 위한 유사량산정 공식을 개발하고자 것이며 그 기초적인 연구로서 강원 영동지역의 산지하천인 양양남대천에서 하상재료와 소류사의 입경분포 특성을 조사하였다.

\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@gwnu.ac.kr  
\*\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : hwell@naver.com  
\*\*\* 정회원 · 강릉원주대학교 수충부 및 토석류 방제기술 연구단 사무국총괄팀장 · E-mail : krismas@nate.com  
\*\*\*\* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ef2377@nate.com  
\*\*\*\*\* 정회원 · 강릉원주대학교 방제연구소 전임연구원, 공학박사 · E-mail : cewsook@hanmail.net

## 2. 하상구성재료의 분포

양양남대천의 유역면적 474.80km<sup>2</sup>, 유로연장 54.67km이며 상류는 태백산맥으로 해발고도 1,000m이상의 고봉들이 분수계를 이루고 있어 지세가 험준하고 경사가 급한 편이다. 유역은 하천이 동해로 유입되므로 하류부는 경사가 완만하여 하천 좌우측 및 하구의 인근에 저평지를 형성하고 있고 중상류부는 산간지형으로 이루어져 있다. 본 연구에서 하상재료를 조사한 하천구간은 양양남대천하구에서 상류로 약 28km 지남교 지점으로서 그림 1과 같다.



그림 1. 하상재료조사구간 위치도

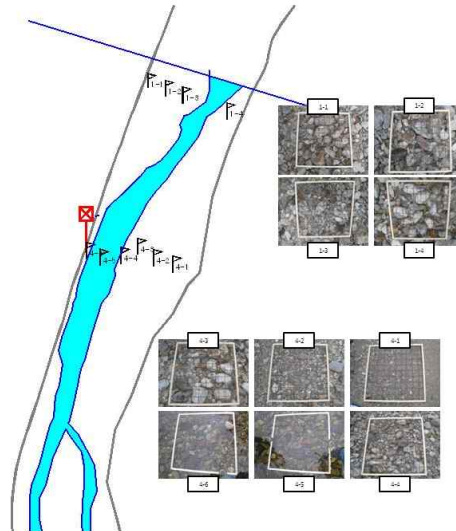


그림 2. 수위표지점 재료조사

표 1. 하상구성재료 조사결과(법수치 수위표지점, 지남교상류, 지남교하류)

지점	단면	측점	평균입경 (mm)	분포
법수치수위표	1	1	155.23	호박돌 다수 70%
		2	170.87	호박돌 다수 70%
		3	112.69	매우굵은자갈, 작은호박돌
		4	126.74	매우굵은모래30%, 호박돌 40%, 작은전석 30%
	4	1	23.63	호박돌 10%, 자갈 90%
		2	57.26	호박돌 15%, 자갈 85%
		3	5.90	작은전석 40%, 호박돌 20%, 자갈 10%, 모래 30%
		4	8.78	호박돌 50%, 자갈 30%, 모래 20%
지남교 상류	1	1	148.3	작은전석 15%, 호박돌 50%, 자갈 35%
		2	171.0	매우굵은모래15%, 호박돌30%, 작은전석 55%
	2	1	226.5	전석 50%, 호박돌 20%
		2	231.1	전석 50%, 호박돌 20%
	3	1	244.2	전석60%, 호박돌 10%, 자갈30%
		2	272.6	전석60%, 호박돌 10%, 자갈30%
지남교하류	1	1	152.5	매우굵은모래10%, 호박돌 50%, 작은전석 30%
		2	192.9	매우굵은모래15%, 호박돌40%, 작은전석 45%
	2	1	222.9	전석 20%, 호박돌 40%
		2	213.5	전석 30%, 호박돌 40%
	3	1	191.7	작은전석 15%, 호박돌 50%, 자갈 35%
		2	211.0	작은전석 15%, 호박돌 60%

조사방법은 그림1에 나타난 바와 같이 지남교 상류와 하류의 각 단면에 대하여 좌측, 중앙, 우측에서 각 하상의 상부와 하부 구성토를 채취하고 입도분석을 실시하였으며, 범수치 수위표지점에 대해서는 1m정방형 10cm격자틀을 이용하여 하상표토의 입경을 조사하였다. 양양남대천 본 조사 지점의 하상구성재료는 모래보다 자갈, 조약돌, 호박돌이 대다수를 차지하고 전석 또한 다수 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 범수치 지점의 하상재료의 평균입경은 184.65mm이다.

### 3. 소류사의 측정 및 크기

산지하천에서의 소류사 채집을 위하여 소류사 채집기를 개발하였으며 지남교 상류지점에 설치하였다. 설치한 소류사 채집기는 유속이 느린 좌안에 No.1, 유속이 빠른 우안에 No.2를 설치하였다.



그림 3. 소류사 채집기 설치 지점

지남교 상류에 소류사 채집용기의 설치일은 2009년 10월 16일이다. 이후 강우는 2009년 11월 1일부터 13일 사이에 최대 강우가 발생하였으며, 총 강우량은 185mm 이다. 최고수위 발생일시는 2009년 11월 11일 07시이며, 이때의 첨두 유출량은  $107.23 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 기록하였다. 소류사 채집용기는 12월 8일에 수집하였으며, 수집한 소류사는 입도분석과 형상계수 분석을 실시하여 다음과 같이 분포하였으며, 소류사 채집기에 담긴 소류사의 총 중량은 좌안에서 126.7kg, 우안에서 103.54kg이다. 좌안 소류사의 평균입경은 66.52mm, 최대직경은 204mm이었고, 우안 소류사의 평균입경은 102.88mm, 최대직경은 160mm이었으며, 입경이 작은 것부터 큰 것까지 고루 분포하였다.

자연 하천에서 유사의 형상계수는 0.5 ~0.9 정도이며, 평균 0.7 정도로 알려져 있다. 채집된 소류사를 대상으로 형상계수를 측정하였으며, 최소 0.20에서 최대 0.91까지 이며 평균 0.48로 나타났다.



그림 4. 소류사의 직경에 따른 분류

표 2. 소류사의 입도분포와 형상계수

	No.1					No.2				
	체번호	체의 크기 (mm)	체골재 중량 (kg)	질량 비율 (%)	통과율 (%)	체번호	체의 크기 (mm)	체골재 중량 (kg)	질량 비율 (%)	통과율 (%)
입도 분포	큰호박돌		18.4	14		큰호박돌		4.36	4	
	작은호박돌	120	22.8	18	59	작은호박돌	120	11.74	11	62
	no.2	20.80	22.8	18	50	no.2	20.80	11.74	11	73
	no.1/2	38.10	11.7	9	40	no.1/2	38.10	6.65	6	67
	no.1	25.40	16	13	28	no.1	25.40	12.4	12	55
	no.3/4	19.05	6.65	5	23	no.3/4	19.05	7.45	7	48
	no.1/2	12.70	6.4	5	18	no.1/2	12.70	8.2	8	40
	no.3/8	9.53	3.5	3	15	no.3/8	9.53	4.35	4	35
	no.8	2.36	8	6	8	no.8	2.36	13	13	23
	pan		10.7	8	0	pan		23.65	23	0
	전체중량(kg)		127	100		전체중량(kg)		103.5	100	
형상 계수	최대			0.75		최대			0.91	
	최소			0.20		최소			0.26	
	평균			0.48		평균			0.49	

#### 4. 하상재료와 소류사의 입경비교

하상재료를 구성하고 있는 물질은 홍수시 빠른 유속에 의하여 이송되는데 산지하천에서 하상재료 중 어떤 입경까지 이송을 하게 되는지 분석하였다. 가장 상류에 위치한 범수치 수위표 지점의 하상재료들은 입경이 100mm 이상의 호박돌이 주류를 이루었으며, 좀 더 하류에 위치한 지남교 상·하류의 재료는 입경이 60mm의 범위에서 가장 많은 분포를 보였다. 하상재료의 평균입경에 대한 소류사 평균입경을 비교하였을 때, 지남교의 소류사는 상류하상재료의 39.28±11.92% 크기 범위에서, 하류하상재료의 42.90±13.02% 크기 범위에서, 평균 41.09±12.47%의 범위에서 이동함을 확인하였다.

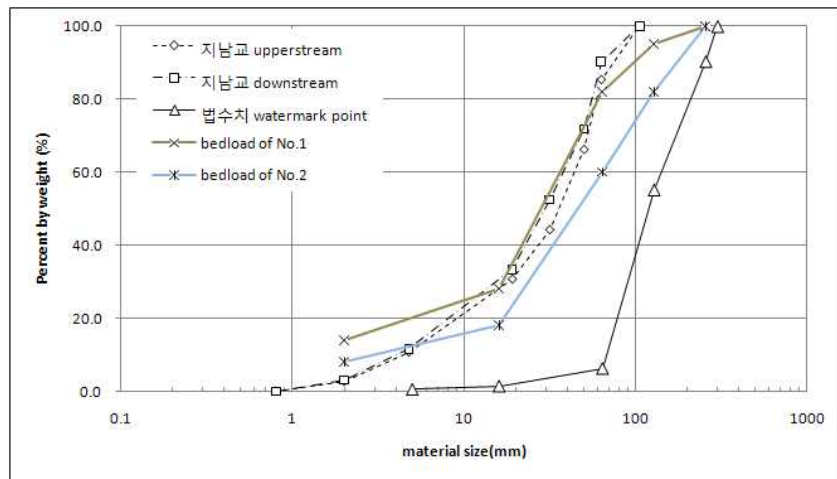


그림 5. size of bedload material and bedload

## 5. 결론

국내의 유사에 관한 연구가 많이 있었지만 산지하천에서의 소류사에 관한 연구는 미비하였으며, 실제 산지하천의 소류사의 입경이 어떻게 분포하고 있는지, 하상재료 중 홍수시 이동하는 재료는 입경이 어떠한지에 대한 연구가 전무한 상태이다. 본 연구를 통하여 산지하천에서의 소류사의 입경범위가 하상재료의 입경범위와 어떤 연관이 있는지를 조사하였으며, 범수치 수위표지점 하상재료의 평균입경은 184.65mm, 지남교상류 하상재료의 평균입경은 215.6mm, 지남교하류 하상재료의 평균입경은 197.4mm이며, 지남교에서 채집한 소류사의 평균입경은 좌안에서 66.52mm, 우안에서 102.88mm이었다. 지남교의 소류사를 하상재료와 비교하였을 때, 지남교의 소류사는 재료 크기의 평균  $41.09 \pm 12.47\%$ 의 범위에서 이동함을 확인하였다. 앞으로도 계속된 관측을 통해 다양한 유량과 유속에서 하상재료와 소류사의 분포범위가 어떻게 변화하는지 연구가 필요하다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호# '08 지역기술혁신 B-01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 수충부 및 토석류 방재기술 연구단, 산지하천 홍수추적 및 하상변동 모형개발. 2009.7.
2. 우효섭, 하천수리학, 청문각, 2007.
3. Chih Ted yang, 유사이송, 청문각, 2009.
3. P.Billi, R.D.Hey, C.R.Thorne, P.Tacconi, Dynamics of Gravel-bed Rivers, John Wiley & Sons, 1992.