

침사지를 포함하는 토사재해 방재시설의 배치에 따른 토석류 유출저감효과 분석[†]

- 축소모형실험 연구 -

김재경* · 이지훈** · 이정준* · 백승현*** · 조준영*** · 강준석****

*서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정 · **서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 학사과정 ·
서울대학교 농업생명과학대학 생태조경·지역시스템공학부 석사과정 · *서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 부교수

I. 서론

2011년 대규모 산사태 이후 국내의 급경사지에서는, 발생 가능한 토석류 유출을 방지하고자 사방댐 등 야계 공작물을 설치하고 있다. 전체 국토 면적의 64% 이상이 산지로 구성된 우리나라의 경우, 토석류 유출 발생 확률이 더욱 높아 그 중요성이 부각되고 있다.

토석류는 경사가 급한 비탈면에서 연약지반의 토사가 침식 및 붕괴되어 발생하는 현상으로, 토사가 강우와 혼합되어 빠르게 흘러 내리는 현상을 뜻한다. 산지 상부에서 발생한 산사태의 경우, 비탈면에서 중력에 의해 그 가속도와 규모가 더욱 커지며, 일종의 연속 유체와 같이 이동한다. 이러한 형태의 대규모 토석류 유출은 산지뿐만 아니라 도심지에도 영향을 주기도 한다.

최근 산림 방재와 관련하여 슬릿트형 사방댐의 배치에 따른 토석류의 흐름을 관찰(최신규 외, 2015)하거나 모의실험을 통한 사방댐의 토석류 유출저감효과에 대한 분석 연구(윤병하 외, 2017), 수리모형실험을 통한 사방공작물의 토석류 저감 및 유목 포착 효과 분석(박현규 & 안영상, 2015) 등이 수행되어 공작물의 효율성을 입증하고 있다.

하지만, 기존 국내외 선행연구는 단일 사방시설물에서의 토석류 이동 특성을 중심으로 사방시설물의 검증이나 성능에 대해 검토를 하였다. 일반적으로 설치되는 사방시설물의 경우 산지 상부부터 하부 계류까지 연속적인 형태로 설치가 되기 때문에, 단일적인 시설물의 효과를 검증하는 것은 다소 비효율적이라고 할 수 있다.

특히 저류 및 토사 저장 기능을 담당하는 침사지의 경우, 단일 시설물에 대한 토석류 방재 효과가 입증되지 않은 상태이며, 국내외적으로 침사지에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 침사지와 중력식 사방댐 및 슬릿트 사방댐 단일 시설물에 대한 토석류 방재 효과를 분석하였다. 또한, 세 가지 형태

의 사방댐을 조합하였을 때, 가장 최적화된 배치 형상을 도출하고자 실내모형실험 시설의 실험을 수행하였다.

II. 본론

1. 토석류 방재기술

토석류 방재 및 사방 기술로서 가장 대중적으로 설치되는 공작물은 사방댐으로 황폐계류에 주로 설치된다. 가장 전통적인 방법의 사방댐은 중력식 콘크리트 사방댐이지만, 최근 생태통로의 단절 및 시공 중 안전사고 등을 방지하기 위하여 다양한 형태의 사방댐이 설치가 되고 있다. 본 연구에서는 토석류 방재기술로서 중력식 콘크리트 사방댐과 슬릿트형 사방댐, 그리고 침사지를 선정하였다. 침사지의 경우, 물을 저류하는 기능이 포함되기 때문에, 사방댐과 달리 수질정화 기능을 추가로 포함하고 있다.

1) 중력식 콘크리트 사방댐

중력식 콘크리트 사방댐은 제체의 무게에 의해 토석류의 토압과 수압 등 외력을 저항하여 안정을 유지한다. 또한, 불투수성으로서, 제체의 단면이 다른 형식의 사방시설에 비해서 크기 때문에 경과년수에 따른 품질 저하가 적은 편이다. 일반적으로는 토석의 발생이나 운송이 예상되는 산지의 하류부에 설치되지만, 소형 골막이의 경우 산지 계류 상류에도 설치가 된다.

2) 슬릿트사방댐

슬릿트 사방댐은 유목이나 석력을 저지할 목적으로 시공하는 사방댐으로, 기존에 중력식 콘크리트 사방댐의 단점으로 지적받았던 생태단절을 해소할 수 있어 주목받고 있다. 콘크리트 혹은 철강계를 활용하여 빗살모양으로 벽을 세우며, 홍수시에는 유목이나 토사석력을 저지하고, 평상시에는 토사를 서서히 유하시킨다.

[†]: 본 연구는 실험실특화형창업선도대학사업의 한국형 집중호우 대응 모듈러 방재기술 개발을 위한 특화 실험실 과제와 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2021312B10-2122-AA03)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017H1D8A1030270).

3) 침사지

침사지는 앞의 두 공작물과는 달리, 강우 유출수를 일정시간 동안 시설 내에 저류하는 기능을 가지고 있다. 이를 이용하여 토사를 침전시키고, 부유사가 침전된 상층수만을 배출시켜 토사의 배출을 저감한다.

2. 방재기술의 실험 모형 설계 및 방법

실험시설은 국립재난안전연구원 실증센터에 위치한 소형 실험 시설을 사용하였으며 그 규모는 수평길이 2 m, 수직높이 1.5 m이며 실증실험의 경사도는 25°로 설정하였다. 사용된 25°의 경사도는 지자체에서 설정하고 있는 「산지 지역 난개발 방지 및 계획적 관리지침」에 명시된 국내 평균 경사도를 뜻한다.

실험 횟수는 각 공작물의 배치별로 100% 포화된 사질토를 각 2회씩 실험 및 모니터링하였으며, 최하단부에 유출된 토석류의 비율을 평가한다. 토석류의 저감을 평가는 식 (1)과 같다. 토석류가 하부로 내려갈수록 그 속도를 줄이는 것이 방재시설에서 매우 중요한데, 이를 위하여 초고속 카메라 두 개를 설치하여 그 속도를 분석하였다.

$$R(\%) = \frac{T}{D} \times 100 \quad (1)$$

여기에서 R 은 토석류 저감률(%)을 나타내며, T 는 토석류의 양(kg), D 는 발생된 전체 토석류량(kg)으로 수로 외부로 유출된 토석류량의 합을 뜻한다.

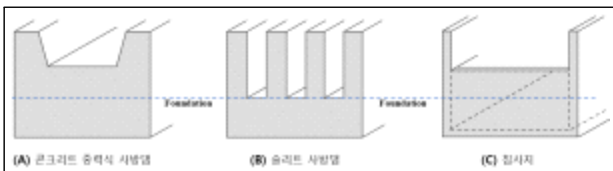


Figure 1. 사방공작물 실험의 단면 설계

토석류 저감 실험 시나리오는 Table 1과 같이 설계하였다.

Table 1. 토석류 저감시설 실험 시나리오

구분	시나리오	배치
단일 효과 분석	Scenario 1	A(중력식 사방댐)
	Scenario 2	B(슬릿식 사방댐)
	Scenario 3	C(침사지)
복합 효과 분석	Scenario 4	A-B-C
	Scenario 5	A-C-B
	Scenario 6	B-A-C
	Scenario 7	B-C-A
	Scenario 8	C-A-B
	Scenario 9	C-B-A

단일 시설물의 효과를 분석했을 때, 가장 효율적인 시설물은 C 침사지로 나타났다. 이는 침사지가 확보하고 있는 넓은 퇴적 공간이 토석류의 유출을 방지시키는 것으로 판단되었다. 복합효과를 분석한 경우, 가장 효과가 좋은 C를 가장 하류에 위치시키는 것이 최적의 배치안으로 나타났다.

III. 결론

본 연구는 축소 형태의 토석류 유출 실험시설을 사용하여, 방재기술들의 효율적인 배치안을 도출하였다. 토석류 유출에 있어서 기존의 방재 위주의 기술들보다 저류 기능을 보유하고 있는 침사지가 더 효율적인 것으로 나타났다.

본 연구를 통해서 침사지의 토석류 유출효과가 검증된 만큼, 추후 공작물 본연이 가지고 있는 저류 및 수질정화에 대한 정량적 평가가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 박현규, 안영상(2015) 수리모형실험을 통한 사방공작물의 토석류 저감 및 유목 포착 효과 분석. 한국산림공학회지 13(2): 85-90.
2. 윤병하, 전계원, 전병희, 정육교(2017) 모의실험을 통한 사방댐의 토석류 유출저감효과 분석. 한국방재학회 학술대회논문집 1-1.
3. 최신규, 이정민, 정한범, 김지현, 권태혁(2015) 슬릿트형 사방댐의 배치에 따른 토석류 흐름에 대한 영향: 축소모형실험 연구. J. Korean Soc. Hazard Mitig 15(3): 223-228.