

모형실험을 통한 토석류 준동적 거동 특성 분석

유국현*, 장형준*, 이호진*, 이효상*

*충북대학교 토목공학부

e-mail:rgh0126@naver.com

Analysis of the Debris Flow Behavior by Model Experiments

Kuk-Hyun Ryou*, Hyung-Joon Chang*, Ho-Jin Lee*, Hyo-Sang Lee*

*School of Civil Engineering, Chung-Buk National University

요약

지구 온난화에 따른 기후변화 등으로 인하여 집중호우, 폭염, 폭설 등의 발생빈도가 높아지고 있으며, 이는 자연재해 발생의 증가로 이어지고 있다. 국내에서도 자연재해의 한 종류인 토석류의 발생빈도가 증가하고 있다. 토석류는 최근 국내에서 발생하는 산지토사재해의 대부분을 차지하고 있으며, 산간뿐만이 아닌 도시생활권에서도 발생하고 있다. 따라서 토석류 피해를 저감시키기 위한 위험도 분석 및 대책 구조물 설계에 대한 연구가 진행되어야 하며, 이를 위해서는 토석류의 도달거리, 충격력, 잠재적인 토석류 발생량의 산정이 필요하다. 본 연구에서는 수로실험을 통해 수로경사, 토사 체적농도 및 소단 설치에 따른 토석류의 거동 특성을 분석하였다. 또한, 측정된 흐름 깊이와 흐름 속도를 이용해 흐름 저항계수와 Froude 수를 산정하였다.

1. 서론

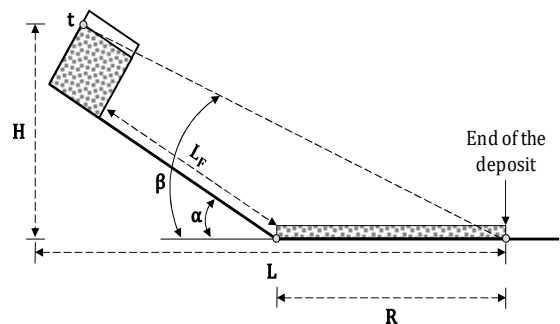
지구 온난화에 따른 기후변화로 인하여 폭염, 집중호우, 폭설 등의 발생빈도가 증가로 인한 자연재해의 발생이 증가하고 있다. 국내에서는 자연재해로 인한 인적·물적 피해 규모가 증가하고 있으며 특히, 산지토사재해로 인한 피해가 점차 늘어나고 있다. 산지토사재해는 산사태 피해와 토석류 피해로 구분할 수 있으며, 이중 국내에서 발생하는 산지토사재해의 대부분이 토석류로 발생하고 있다(이창우, 2014).

본 연구에서는 토석류 모형 실험장치를 활용하여, 토석류 발생사면 경사 및 토사체적농도를 다양하게 적용 및 토석류 흐름 깊이와 흐름속도 결과를 바탕으로 Froude 수와 흐름 저항계수를 분석하였다.

2. 토석류 모형 실험

2.1 토석류 퇴적 특성 분석

본 연구에서는 수로경사, 토사체적농도 및 소단 설치에 따른 도달거리의 변화를 분석하였다. [그림 1]은 토석류 동적실험 자료분석에 필요한 주요 기하학적 매개변수들을 나타내고 있다.



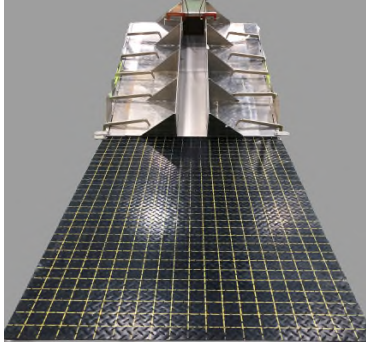
[그림 1] Schematic diagram of geometric parameters for data analysis in dynamic tests without berm

2.2 토석류 흐름 특성 분석

토석류 대책구조물 설계를 위해서는 잠재적인 토석류 발생량, 평균 흐름속도, 충격력, 침투유량 등의 흐름 특성을 파악해야 한다. 본 연구에서는 수로경사, 토사체적농도 및 소단 설치에 따른 흐름 속도, Froude 수, 흐름 저항계수 등을 산정하였다.

2.3 실험구성

본 연구에서 수행한 준정적 실험은 [그림 2]와 같이 시료통을 경사면의 끝부분에 위치시켜 수로를 거치지 않고 바로 퇴적판에 퇴적될 수 있도록 하였다.



[그림 2] Dynamic test setting without berm

4. 결론

본 연구에서는 수로경사, 토사체적농도 및 실험 유형에 따른 토석류의 거동 특성을 파악하기 위해 수로실험을 진행하였다. 수로경사는 5°, 10°, 15°, 20°로 변화시켰고, 토사체적농도는 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%로 변화시켜 도달거리, 흐름 속도, 흐름 깊이 등을 산정하였으며, 취득한 값을 통해 μ , ξ , n , C_1 , C_2 등의 흐름 저항계수와 Froude 수를 추정하였다. 주요 결론은 다음과 같다.

2.4 모형실험 시료조건

본 연구에서는 국내 토석류 입자구성을 고려해 모형실험을 진행했던 권정호(2013)와 Fairfield(2011)의 소형 모형실험을 참고하여 혼합시료를 구성하였으며, 시료의 중량비는 [표 1]과 같이 구성하였다.

[표 1] Mixed sample composition of test

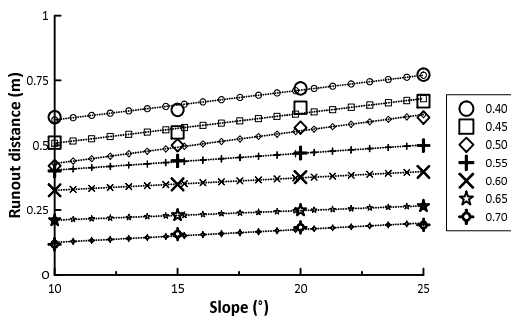
Particle size (mm)	Weight ratio (%)
4.750-9.500	25.00
2.000-4.750	25.00
0.850-2.000	10.67
0.425-0.850	20.63
0.250-0.425	13.57
0.150-0.250	3.63
0.075-0.150	1.00
< 0.075	0.50

3. 실험결과

준정적 토석류 실험에서의 도달거리는 [표 2]와 같으며, 토사체적농도에 따른 도달거리의 변화는 [그림 3]과 같다.

[표 2] Runout distance in dynamic tests without berm

CV	Runout distance (m)			
	Channel slope			
	10°	15°	20°	25°
0.40	1.005	1.213	1.290	1.423
0.45	0.886	1.124	1.189	1.297
0.50	0.740	0.922	1.046	1.113
0.55	0.651	0.681	0.805	0.871
0.60	0.326	0.346	0.394	0.501
0.65	0.063	0.140	0.305	0.424
0.70	0.029	0.119	0.282	0.385



[그림 3] Relation of slope and runout distance in quasi-static tests.

- 도달거리는 수로경사가 증가할수록 증가하였고, 토사체적농도가 증가할수록 감소하였다.
- 흐름 속도는 수로경사가 증가할수록 증가하였고, 토사체적농도가 증가할수록 감소하였다.
- 흐름 저항계수는 수로경사에 대해서는 유의미한 변화가 나타나지 않았고, 토사체적농도에 대해서는 C_2 를 제외한 μ , ξ , n , C_1 이 영향을 받는 것으로 나타났다. μ , ξ , n , C_1 , C_2 는 각각 $0.0890\text{Pa} \cdot \text{s}$, $9152.26\text{m}^{-0.5}\text{s}^{-1}$, $0.0123\text{m}^{-1/3}\text{s}$, $32.0267\text{m}0.5\text{s}^{-1}$, $8.0054\text{m}^{0.78}\text{s}^{-1}$ 의 평균값을 보였다.
- Froude 수는 7.467 ± 3.324 의 범위로 나타나 선행연구들과 유사한 경향을 나타냈다.

감사의 글

"본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(18CTAP-C141846-01)에 의해 수행되었습니다."

참고문헌

- [1] 권정호 (2013), "국내 토석류 입자구성을 고려한 모형실험 연구", 서경대학교 대학원 석사학위 논문, 2013년.
- [2] 이창우 (2014), 산지토사재해 방재시스템 개발 및 활용, 서울, 국립산림과학원, 2014년
- [3] Fairfield, G., "Assessing the Dynamic Influences of Slope Angle and Sediment Composition on Debris Flow Behaviour: An Experimental Approach", Masters Thesis, Durham University, 2011.