

토석류 충격력 산정을 위한 모형실험(건조시료 활용)

Model experiment for calculation of debris flow's shock force (Use dry materials)

김진환¹⁾, Jinhwan Kim, 이용수²⁾, Yong-Soo Lee, 조규태³⁾, Gyu-Tae Cho, 최원훈³⁾, Won-Hun Choi

¹⁾ 한국건설기술연구원 지반연구실 연구원, Researcher, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., Infrastructure Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

²⁾ 한국건설기술연구원 지반연구실 책임연구원, Researcher Fellow, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., Infrastructure Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

³⁾ 한국건설기술연구원 지반연구실 보조원, Assistor, Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Div., Infrastructure Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : One of the landslide, Debris flow means flow mixed of rocks, gravels, sand and soil with water. Debris flow occurred in summer by passed the rainy season and typhoon. Especially, Localized heavy rain derived from abnormal weather caused debris flow independent of season.

It is increase to collapse of house, bridge, roads by debris flow but countermeasure studies about occurrence cause, movement pattern, damage scale about debris flow are insufficient.

This study performed debris flow model experiment using dry material and calculated shock force predicted debris flow occurrence.

Keywords : Debris flow, Model experiment, shock force

1. 서론

최근 집중강우 및 태풍에 의해 우리나라에 발생하고 있는 자연재해는 매년 증가하고 있으며, 이 중 산사태가 차지하는 비율도 증가하는 추세이다. 이와 더불어 자연재해, 특히 산사태 발생에 의해 이에 따른 피해도 많이 발생하고 있다. 표 1, 2는 우리나라 자연재해, 특히 산사태 발생에 따른 피해 현황을 정리한 것이다.

표 1. 자연재난 발생현황

(단위 : 명, 억원)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
인명 피해	158	77	38	384	89	49	82	270	148	14	52	63	17
재산 피해	6,012	4,831	1,909	15,828	12,197	6,455	12,562	61,153	44,082	12,304	10,498	19,430	2,518

※ 출처 : 소방방재청 「재해연보」

표 2. 산사태 피해현황

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
산림분야 총 복구비(백만원)	3,936	90,055	37,756	18,021	30,101	299,386	227,902	99,195	117,353	319,212	20,436	19,342	
피해현황	산사태(ha)	33	1,281	419	182	185	2,705	1,330	233	469	1,597	73	102
	계류(km)	-	34	11	8	36	105	82	15	121	84	3	4
	임도(km)	31	184	69	60	39	623	362	76	75	227	45	18
	인명피해 [사망](명)	6	92	23	7	6	35	10	-	9	9	-	-

※ 출처 : 중앙안전재난대책본부 피해복구계획서

※ 산림분야 총 복구비 : 산사태피해포함 산림분야 총 복구비

산사면을 구성하고 있는 암석, 토양이 붕괴하여 하부로 이동하는 현상을 일반적으로 산사태라고 정의하며 붕괴물의 이동 현상에 따라, 낙석(falling), 활동(sliding), 흐름(flow) 등으로 구분할 수 있다. 산사태의 한 종류인 토석류(debris flow)는 빠른 형태의 흐름으로 암석, 모래, 흙 등이 물과 섞여 이동하는 것을 의미한다. 대부분의 산사태는 한 가지 형태의 이동 보다는 낙석, 활동, 흐름 등이 발생 구간별로 복합적으로 나타난다. 산사태에 관한 일반적인 정의를 표 3에 나타내었다(이동우 외, 2007).

표 3. 산사태 종류 및 특징(이동우 외, 2007)

기작	형태	특징
낙하	낙석	개별 암석이 공기중으로 낙하하여 애추형태로 쌓일 수 있음
활동	슬럼프	점착성이 있는 연약한 지반재료가 원형으로 파괴됨. 회전형 산사태라고도 함
	흙 사태	토질이나 기타 풍화지반 재료가 경사진 기반암이나 점착력이 있는 퇴적층을 따라 파괴됨, 토석사태라고도 함
	암석 사태	퇴적암이나 변성암의 평면을 따라 기반암이 붕괴됨
흐름	사태	눈, 얼음, 유기물질, 느슨한 암석이나 토질 등 입상의 재료들이 하부로 빠른 속도로 이동함.
	포행	암석이나 토질이 아주 느린 속도로 하류로 이동함
	흙 흐름	점착성이 있는 젖은 토질이나 풍화암이 내부적으로 변형을 일으켜 발생함
	토석류	암석, 모래, 점토, 흙 등이 섞여 사태와 홍수 중간정도의 밀도를 가지며 이동. 이류 및 라할 포함

최근 우리나라에서는 장마철과 태풍이 지나가는 시기에 강원 산간 지방을 중심으로 많은 토석류가 발생하고 있으며 이로 인해 많이 피해가 발생하고 있다.

토석류를 이해하고 토석류에 의한 각종 피해를 예방하기 위해 많은 연구자들에 의해 토석류 발생 지역, 발생 원인, 피해 범위, 피해 규모, 토석류 흐름 해석 등 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다(김원형, 2001, 김진홍, 1995).

해마다 발생하고 있는 토석류에 의한 피해를 예방하기 위하여 산간 지방과 산악지 인접도로에 분포하고 있는 계곡부에는 많은 사방댐이 시공되어 있다. 그러나 사방댐과 같은 토석류 대책구조물 시공에 대한 설치 기준, 설계 기준 등 제반 사항의 마련은 미비한 상태이다.

본 논문은 효과적인 사방 시설 설치를 위해 토석류 발생시, 토석류의 충격력을 실험을 통해 산정해 보고자 하였다.

2. 토석류 모형 실험

2.1 토석류 모형 실험 방법

자연에서 발생하는 토석류의 발생 조건은 매우 다양하여 이를 실험조건에 모두 반영하기란 불가능하다. 본 실험에서는 토석류 발생 조건 경사와 실험 재료로 단순화하여 실험을 수행하였다. 토석류에 의한

충격력을 산정하기 위하여 토석류 모형실험 장치를 그림 1과 같이 제작하였다. 경사조절이 가능한 수로(channel) 형태의 실험 장치를 고안하였으며 실험 장치 최하단부에 토석류 재료의 운동력을 측정할 수 있는 가속도 센서를 부착하였다. 가속도 센서로 측정된 값은 데이터 로거로 전달되며 노트북으로 취합된다. 실험의 재현성 및 정확도를 높이기 위해 두 개의 가속도 센서를 사용하였다. 실험장치 상단부에서 모래, 자갈, 모래+자갈의 건조시료를 낙하시켜 가속도 센서가 토석류의 가속도를 감지하도록 실험을 수행하였다. 실험에 사용한 건조시료의 조건은 표 4와 같다.



그림 1. 토석류 모형 실험(좌) 장치 및 데이터 로거(우)

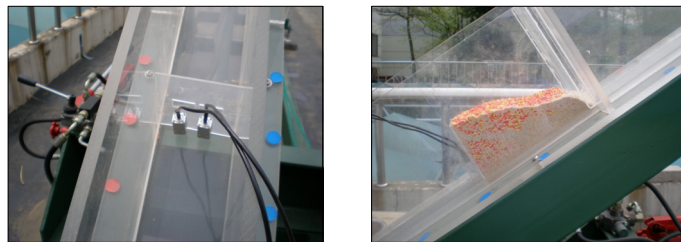


그림 2. 가속도 센서(좌) 및 건조시료 활용 실험(우)

표 4. 토석류 모형 실험 조건

	모래	자갈	혼합(모래+자갈)	모형실험 경사
실험조건	1 kg	1 kg	1 kg(500g+500g)	35°
	1.5 kg	1.5 kg	1.5 kg(750g+750g)	35°
	2 kg	2 kg	2 kg(1kg+1kg)	35°

2.2 토석류 모형 실험 결과

건조 모래, 자갈, 혼합물을 이용하여 실험한 결과를 그림 3, 4, 5에 나타내었다. 실험 결과, 일부 조건을 제외하고는 비교적 재현성이 좋게 나타났다. 모래시료만을 이용한 결과, 측정된 가속도 값은 1.5 ㎎ 내외로 매우 작게 나타났다. 자갈과, 모래, 자갈 혼합물의 경우에는 평균 10%의 값을 보이거나 자갈 시료 2kg의 경우 최대 15 ㎎ 범위까지 측정되었다.

최근 지반변위 관련 연구결과에 의하면 가속도 값을 적분하면 누적 절대 속도를 구할 수 있으며 이는 센서가 받은 응력의 분포로 해석될 수 있는 것으로 알려져 있다(Kramer, Mitchell, 2006). 이에 대한 연구는 현재 진행 중으로 추후 연구가 마무리 되면 본 실험에서 측정된 가속도를 응력으로 전환할 수 있을 것으로 생각된다.

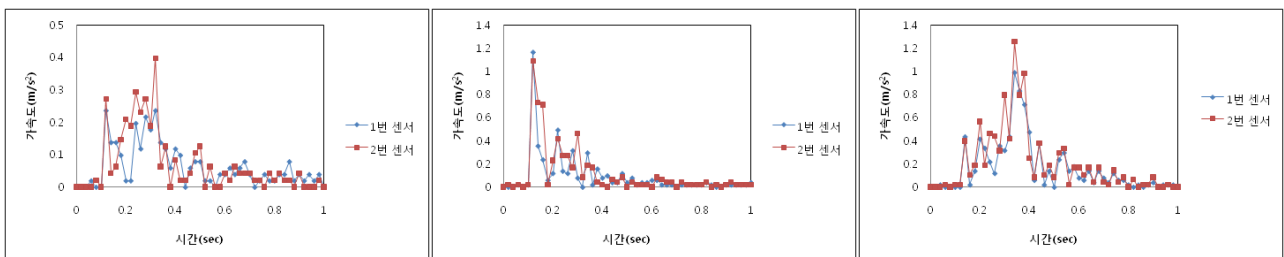


그림 3. 모래시료를 이용한 실험 결과(좌: 1 kg, 중: 1.5 kg, 우: 2 kg)

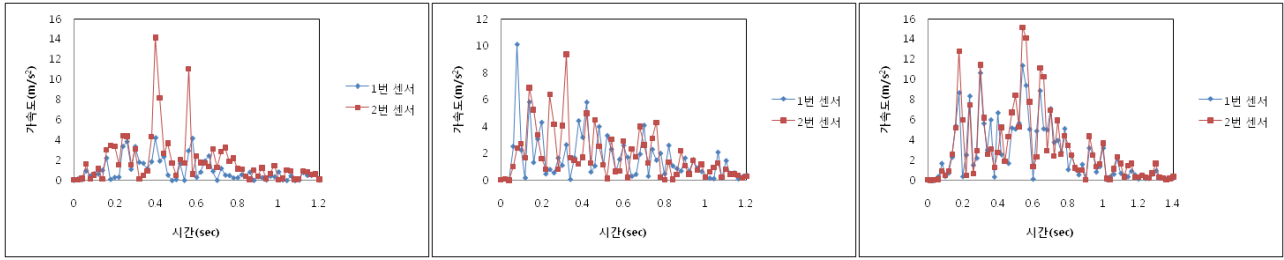


그림 4. 자갈시료를 이용한 실험 결과(좌: 1 kg, 중: 1.5 kg, 우: 2 kg)

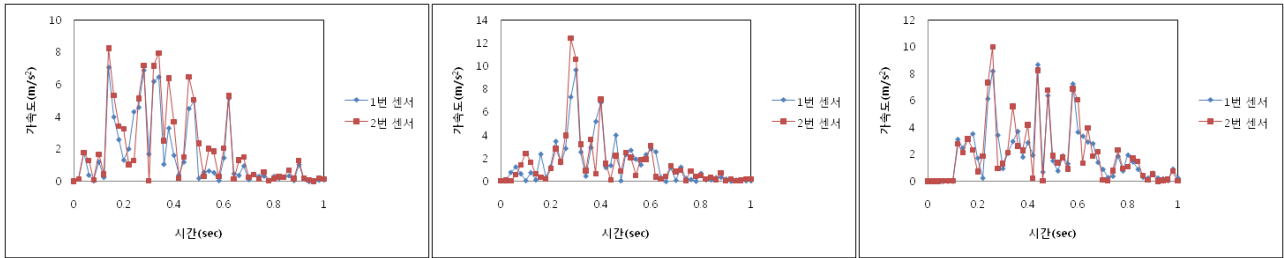


그림 5. 혼합(모래+자갈)시료를 이용한 실험 결과(좌: 1 kg, 중: 1.5 kg, 우: 2 kg)

3. 결론

지금까지 건조시료를 활용한 토석류 모형실험을 통해, 실험장치의 가속도 센서가 각 시료별 측정된 가속도 값을 구하였다. 가속도 값을 이용하여 센서가 받은 응력 계산 연구는 현재 진행 중으로, 응력이 계산된다면 건조 토석류 시료에서 발생될 수 있는 충격력을 산출할 수 있을 것으로 판단된다. 추후, 실험장치의 경사조절, 함수 시료 사용, 측정 센서의 변화 등 다양한 실험조건 변화를 통해 토석류 실험을 수행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원('08지역기술혁신 B01-01, 산지하천도로 호우피해 방지를 위한 수층부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발-토석류 대책구조물 설계를 위한 모형실험)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김원형, 2001, 토석류 산사태의 발생원인과 예측, 방재연구, vol 3. no 4. pp 4~14
2. 김진홍, 1995, 토석류의 해석과 적용분야. 토목, vol 43. no 9. pp 100~103
3. 이동우 외 13인 공역, 2007, 자연재해와 방재. 시그마프레스, pp 149~151
4. 통계청, e-나라지표(www.index.go.kr)
5. Kramer, SL, and Mitchell, RA, 2006, Ground Motion Intensity Measures for Liquefaction Hazard Evaluation, Earthquake Spectra, vol 22, no 2, pp413-438