

모형실험 장치를 이용한 산사태 발생 및 사태물질 거동특성 실험

채병곤¹ · 송영석¹ · 서용석^{2,*} · 조용찬^{1*} · 김원영¹

¹한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 산사태재해연구팀

²충북대학교 지구환경과학과 · 기초과학연구소

A Test for Characterization on Landslides Triggering and Flow Features of Debris using a Flume test Equipment

Byung-Gon Chae¹, Young-Suk Song¹, Yong-Seok Seo^{2,*}, Yong-Chan Cho¹, and Won-Young Kim

¹Geological & Environmental Hazards Div., Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

²Dept. of Earth and Environmental Sci. & Inst. for Basic Science Res., Chungbuk National University

본 연구는 모형실험장치를 이용하여 인공강우에 의한 산사태 발생특성과 사태물질의 확산거동특성을 파악하기 위하여 수행되었다. 본 연구에서는 강우강도와 사면경사의 변화에 따른 다양한 실험조건하에서 일정 시간 간격으로 간극수압, 사면붕괴양상 및 변위, 그리고 토사의 확산면적 등을 각각 측정하였다. 실험 중 복수의 비디오 카메라와 디지털 스틸카메라로 촬영한 후, 이미지 분석을 실시하여 시간대별 산사태 발생양상 및 사태물질 확산특성 자료를 취득하였다. 실험결과에 따르면, 간극수압은 강우강도 및 사면경사에 비례하여 변화하며 이에 따라 강우강도 및 사면경사가 커짐에 따라 산사태가 발생할 가능성도 증가하였다. 사태물질의 확산면적은 강우강도, 강우지속시간, 그리고 사면경사의 증가에 비례하는 양상을 가짐을 확인하였다.

주요어 : 실내모형실험, 산사태 양상, 사태물질 확산특성, 강우강도, 사면경사

This study was conducted laboratory flume tests to identify landslide features and flow characteristics of debris using a flume test equipment. Under the several test conditions dependent on rainfall intensity and slope angle, the authors measured pore water pressure, slope failure and displacement, spreading area of debris on a regular time interval. The test processes were also recorded by video cameras and digital still cameras. According to the test results, pore water pressures have trends of direct proportion to the rainfall intensity and the slope angle, resulting in high potential of landslide triggering. The spreading area of debris is also increased with the slope angle and the rainfall intensity as well as the rainfall duration.

Key words : laboratory flume tests, landslide features, flow characteristics of debris, rainfall intensity, slope angle

서 론

산사태 발생에 따른 사태물질의 거동과 확산특성은 산사태로 인한 피해규모를 결정하는 주요한 요소 중의 하나이다. 따라서, 산사태 피해예측 및 피해저감대책 수립을 위해서는 사태물질의 확산특성을 정확히 파악할 필요성이 있다. 사태물질의 확산특성을 파악하는 방법은 대체로 기존에 발생한 산사태를 대상으로 현장에서 사태물질의 확산 또는 이동거리를 정확히 측정하는 방법,

현장에서 인공적으로 산사태를 발생시킨 후 이를 측정하는 방법, 그리고 모형실험 장치를 구성하여 다양한 조건별로 사태물질의 확산특성을 관찰하는 방법 등으로 구분할 수 있다. 이 중 현장에서 측정한 사태물질 확산범위 특성은 여러 가지 인자가 혼재되어 있기 때문에 특성해석에 어려움이 있음이 사실이다. 이를 극복하기 위해 일부 연구자들은 산사태 발생 및 사태물질 확산특성에 영향을 미치는 인자들을 인위적으로 조절할 수 있는 실내모형실험을 수행하고 있다. 이는 복수의 인자들을

*Corresponding author: ysseo@cbu.ac.kr

대상으로 각 인자들을 하나씩 변화시키면서 이에 따른 산사태 발생 및 사태물질 확산특성을 파악할 수 있음이 큰 장점이다. 그러나, 실내모형실험은 인공적으로 구성된 사면규모에 제약이 있으므로 치수효과(scale effect) 등의 문제를 내포하고 있어, 자연사면과 동일한 조건을 형성하는데 한계가 있다(Moriwaki *et al.*, 2004).

실내모형실험과 관련한 기존연구에 있어 Okura *et al.*(2002)는 실제 크기에 유사한 산사태 모형시험기를 이용하여 집중강우 동안 발생하는 산사태의 유동화 과정에 대한 실험을 실시하였다. 또한, Moriwaki(1987)는 사태물질 이동거리와 지형과의 관계에서 수직변위/수평변위와 사면경사는 선형적 관계에 있음을 파악하고 이를 산사태 모델을 바탕으로 사태물질 확산범위 예측에 적용하였다. 특히, Moriwaki *et al.* (2004)는 강우에 의한 산사태의 과정을 규명하기 위해 느슨한 모래질의 흙을 이용한 실험용 산사태 모형실험을 수행하였다.

본 연구에서는 강우강도에 따른 산사태 발생과 사태물질의 확산특성을 각 인자별 조건에 따라 규명하기 위해 모형장치를 개발하고 실내실험을 수행하였다. 이를 위하여 강우강도와 사면경사를 각각 변화시킨 후, 강우강도에 따른 토층 내의 간극수압, 토층거동 및 변위, 사태물질 확산범위 등을 시간별로 기록하였다. 또한, 실험의 전 과정을 비디오 카메라 및 디지털 카메라를 이용하여 촬영한 후 영상분석을 실시하였다. 실험결과를 토

대로 강우강도와 사면경사에 따른 산사태 발생과 확산 범위에 대한 특성을 분석하였다.

모형실험장치 구성

본 연구에서 제작한 모형실험장치는 크게 모형토조, 인공강우장치, 그리고 계측장치 등으로 구성되어 있다(Fig. 1). 모형토조는 내부에 흙을 채우는 부분으로 총길이 2.3 m, 높이 0.5 m, 폭 0.3 m로 제작하였으며, 토조의 경사를 0~40°까지 자유로이 조절할 수 있도록 설계되었다. 특히, 모형토조 끝부분에는 사태물질의 확산거리 및 범위를 측정하기 위해 2×2 m 면적의 확산범위 측정판이 부착되었음이 특징이다.

인공강우장치는 살수장치부, 강우량 조절장치부, 그리고 물탱크부로 구성되어 있다. 3.1×0.9 m 크기로 구성된 살수장치부는 직경이 각각 2.0 mm와 1.5 mm인 노즐이 2개 층으로 구성되어 다양한 강우를 분사할 수 있도록 구성되어 있으며, 강우강도는 100~1,000 mm/hr의 범위에서 조절할 수 있도록 제작하여 집중강우의 영향을 충분히 고려할 수 있도록 하였다(김원영 외, 2005).

계측장치는 강우시 모형토조 내 간극수압을 측정하기 위한 간극수압계(PL1M model, Sensors사), 측정된 간극수압을 컴퓨터에 기록하기 위한 데이터 로거(Geologger 515, Data Electronics사), 그리고 사면거동

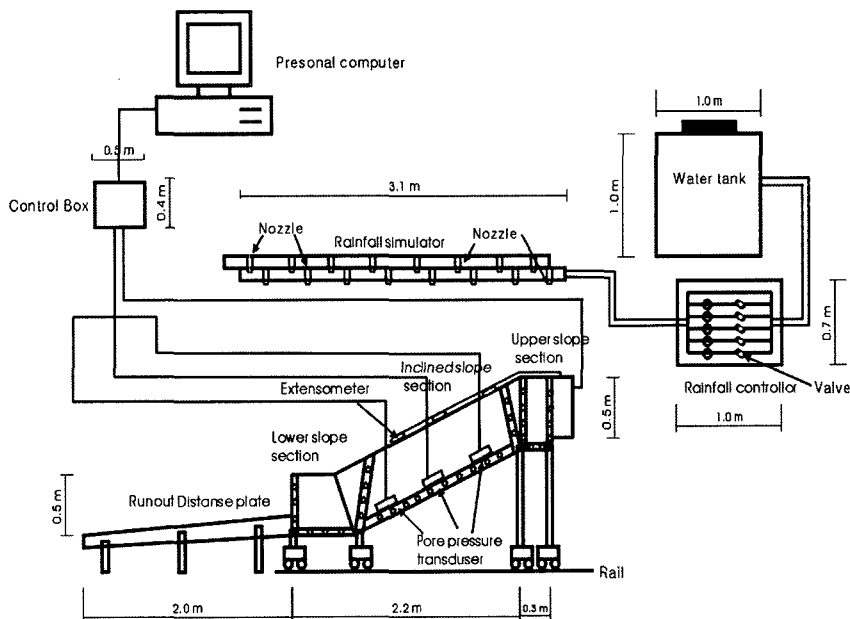


Fig. 1. Schematic description of the flume test equipment.

및 사태물질 확산범위 측정을 위한 사면변위 측정표식으로 구성되어 있다. 토층내의 수평적인 간극수압의 변화를 확인하기 위하여 모형토조 기저부를 따라 각각 10, 70, 130 cm 거리의 토조 바닥에 직경 2.5 cm, 높이 9 cm의 간극수압계를 3개소에 설치하여 10초 간격으로 자료를 측정하였으며, 데이터 로거는 10개 채널로 구성되어 있다. 사면변위 측정표식은 표층부의 변위를 확인하기 위해 모형토조에 채워진 흙의 표면에 20 cm 간격으로 토조 중앙에 설치하였다. 토층의 수직 및 수평의 연속적인 거동 및 변위를 관찰하기 위하여 강사 시 토층과 토조의 유리판 사이에 각각 10 cm 간격으로 색사를 관입하였다.

이와 같은 실험 구성장치 외에 비디오 카메라 3대와 디지털 스틸카메라 2대를 서로 다른 위치에 설치하여 실험 전 과정에 걸쳐 산사태 발생 및 거동, 확산범위를 촬영하였다(Fig. 2). No. 1 비디오 카메라는 시간에 따른 사태물질의 확산정도를 파악하기 위해 토조의 전방 상부에 설치하였고, No. 2 비디오 카메라는 토조 상부

와 전면의 파괴양상 및 거동에 의한 변위를 관찰하기 위해 토조의 전면부에 설치하였으며, No. 3 비디오 카메라는 시간에 따른 경사면의 강우침투 정도와 심도별, 위치별 연속적인 변위를 측정하기 위하여 토조의 측면에 설치하였다. 그리고, 더욱 정밀한 부분의 영상과 데이터를 획득하기 위해 토조의 전면과 측면에 2대의 디지털 카메라를 각각 설치하였다(채병곤 외, 2005).

실험 방법 및 조건

모형실험에서 사면지반은 주문진 표준사를 사용하여 형성하였다. 그 이유는 일차 모형실험단계에서 균질한 모형사면을 구성하여 모형실험장치의 정확성 검토와 균질한 지반의 붕괴 및 확산특성을 파악하기 위해서이다. 모형사면지반은 24시간동안 건조로에서 건조시킨 표준사를 직경 1 cm의 구멍이 있는 강사용 깔때기를 통해 75 cm 높이에서 자유낙하시켜 총 30 cm 두께로 조성하였다(Fig. 3). 본 연구에서는 강우강도와 사면경사 변화

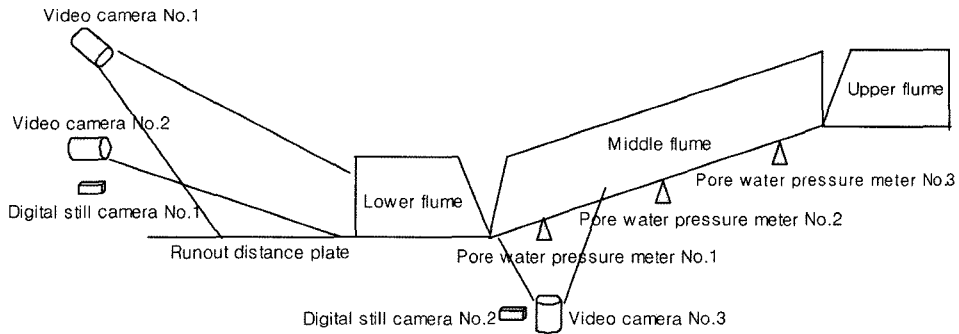


Fig. 2. Positions of the cameras and the pore water pressure meters.

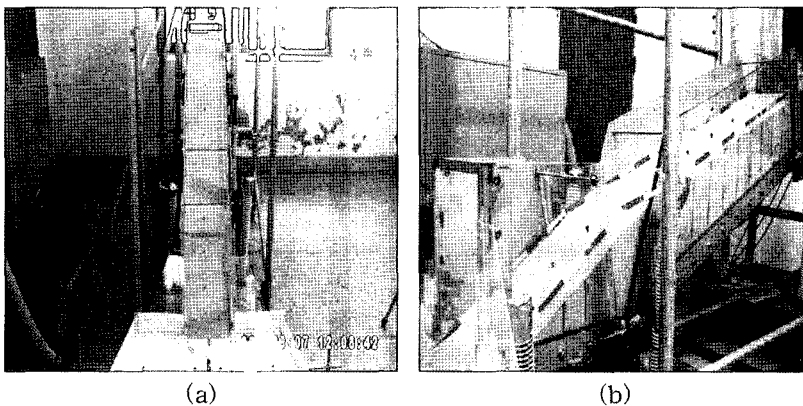


Fig. 3. Features of the model slope: (a) the front view, (b) the side view.

Table 1. Cases of the flume tests.

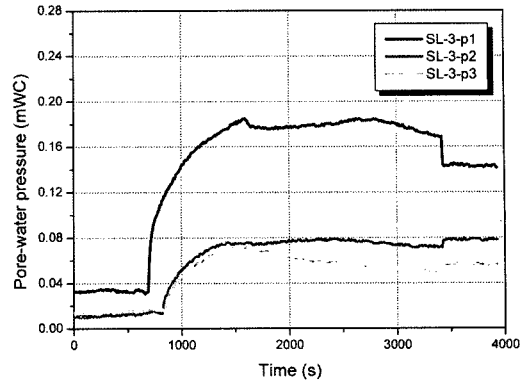
Case No.	Test conditions			Remarks
	Rainfall intensity (mm/hr)	Slope angle (degree)	Density (g/cm ³)	
SL-1	250	25	1.425	open gate
SL-2	200	25	1.425	open gate
SL-3	150	25	1.425	open gate
SL-6	200	30	1.425	open gate
SL-7	200	20	1.425	open gate

에 따른 산사태 발생 및 사태물질 확산범위를 측정하기 위해 Table 1과 같은 실험조건을 설정하였으며 이에 대해 각각의 실험을 수행하였다.

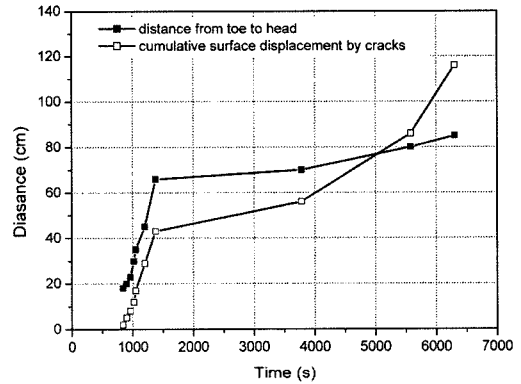
실험결과 분석 및 토의

사면조건별 실험결과(SL-3의 예)

앞에서 설명한 실험장치를 이용하여 각 실험조건별로 산사태 발생양상과 확산범위에 대한 관찰 및 자료분석을 실시하였다. 실험 수행과정에서 강우강도, 간극수압, 모형사면 지반의 변위, 그리고 확산범위를 각각 측정하였다. 5개 실험조건 중 SL-3의 경우를 예로 들어 설명한다. 먼저 Fig. 4는 실험시작 5분 후, 20분 후, 그리고 130분 후의 산사태 발생양상을 보여주는 것이다. 실험시작 초기에는 소규모 세굴현상만이 발생하였으나, 20분 후부터 본격적인 사면붕괴가 발생하기 시작하였으며, 실험이 종료된 130분 후에는 사면 하단으로부터 116cm 지점까지 붕괴되었다. 이 실험에서는 사면하부가 자유면의 조건을 갖는 사질토로 구성된 사면에서 산사태가 사면하부에서 시작되어 상부로 진행됨을 알 수 있다.



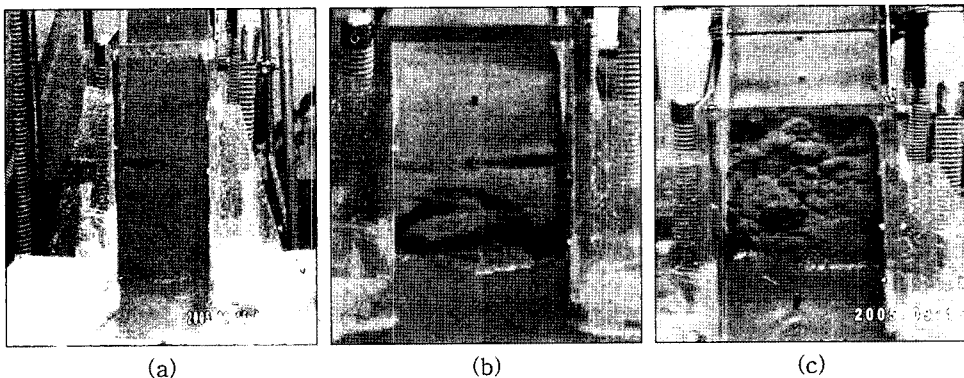
(a)



(b)

Fig. 5. (a) Distribution of pore water pressure on each time, (b) Positions of crack initiation and cumulative displacement of soil.

Fig. 5는 시간대별 모형토조 기저부에 설치한 간극수압계로부터 측정된 간극수압 분포와 사면 표층부의 균열발생 위치 및 누적변위분포를 나타낸 것이다. 사면 내



(a)

(b)

(c)

Fig. 4. Landslide features of the SL-3 case: (a) after 5 minutes, (b) after 20 minutes, (c) after 130 minutes.

에서 측정된 간극수압은 모형토조가 경사져 있는 관계로 상부에 내린 강우가 하부로 이동되기 때문에 사면 하단부(P1)에 가장 높은 간극수압이 형성되며, 사면 최상단부(P3)에 가장 낮은 간극수압이 형성된다. 사면 표층부의 균열발생위치는 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 사면 하부에서 상부로 이동됨을 보여주며, 실험 초반 즉, 강우 초기에 집중적인 균열과 이로 인한 변위발생이 관찰된다. 그러나, 실험초반의 변위는 실험후반에 비해 상대적으로 작으며, 대규모의 변위는 실험 후반에 주로 발생함을 알 수 있다.

한편, 사태물질의 확산특성을 파악하기 위하여 모형토조와 연결된 확산범위 측정판에 퇴적된 토사의 양상을 시간대별로 측정하였다. Fig. 6은 시간대별 토사의 확산분포영역을 나타낸 것이다. 이 그림은 비디오 카메라와 디지털 스틸 카메라를 이용하여 촬영한 영상을 토대로 시간대별로 이미지를 분석하여 토사의 확산영역을 등위선으로 그린 것이다. 등위선에 표시된 숫자는 실험 시작 후 경과시간을 초단위로 나타낸 것이다. Fig. 7은 사태물질의 확산 폭 및 길이, 그리고 사태물질의 확산면적을 계산한 결과이다. 사태물질은 실험시작부터 약 30분 동안은 활발하게 확산되며, 그 이후에는 확산 증가 기울기가 다소 줄어든다. 그러나, SL-3 실험의 경우 약 120분 후부터 확산정도가 다시 증가하는 양상을 보인다. 확산의 기울기가 줄어드는 것은 단면적의 확장이 초반에 비해 활발하지 않은 대신 토사가 두껍게 쌓이는 현상이 발생하였기 때문이며, 그 이후 추가로 확산되는 토사로 인해 실험 후반부에 확산 기울기가 다시 증가한 것으로 설명할 수 있다.

강우강도에 따른 산사태 발생 및 확산범위 분석
강우강도에 따라 산사태 발생 시 모형사면 내 위치별

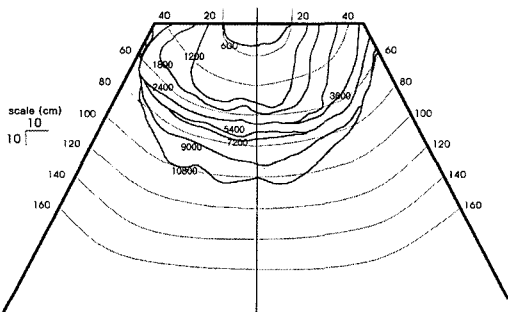
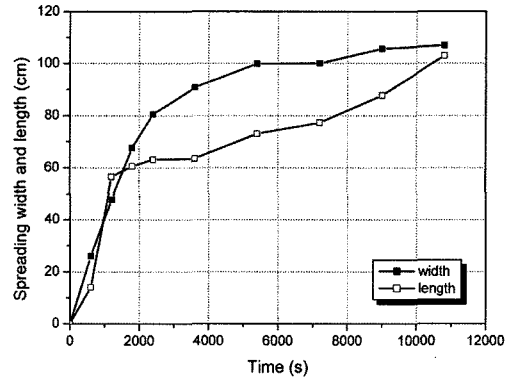
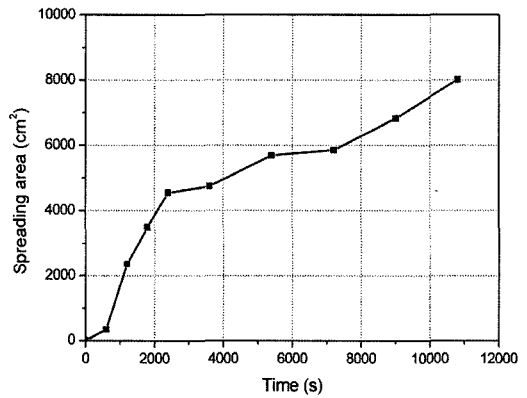


Fig. 6. Distribution of spreading area on each measurement time.



(a)



(b)

Fig. 7. (a) Relationship between spreading width and length of soil, (b) Distribution of spreading area of soil.

간극수압과 사면지반의 균열발생에 대하여 분석하였다. 사면 내 각 위치별 간극수압은 강우강도와 비례하는데, 이러한 경향은 사면 하단부와 중간부에 설치한 간극수압계에서는 뚜렷하게 관찰되지만, 사면 상단부에서는 불규칙한 관계가 나타난다(Fig. 8). 그 이유는 동일한 양의 강우에서도 사면이 경사져 있는 관계로 강우가 사면 하단부로 흘러내려 사면 하단부에서부터 지반의 포화가 진행되기 때문에 사면 하단부와 중간부분은 강우강도에 따른 간극수압의 변화가 일정한 양상을 유지하게 되고, 상단부는 상대적으로 불규칙한 간극수압 분포를 보이게 되기 때문이다.

또한, 사면 위치별로 강우강도에 따른 간극수압의 크기는 사면 하단부에서 가장 큰 값을 보이며, 사면 중부와 상단부로 갈수록 낮은 값을 나타낸다. 이러한 양상 역시 사면경사로 인해 강우가 사면 하부로 집중되기 때문에 사면 하단부의 간극수압이 더 크게 형성되는 것이

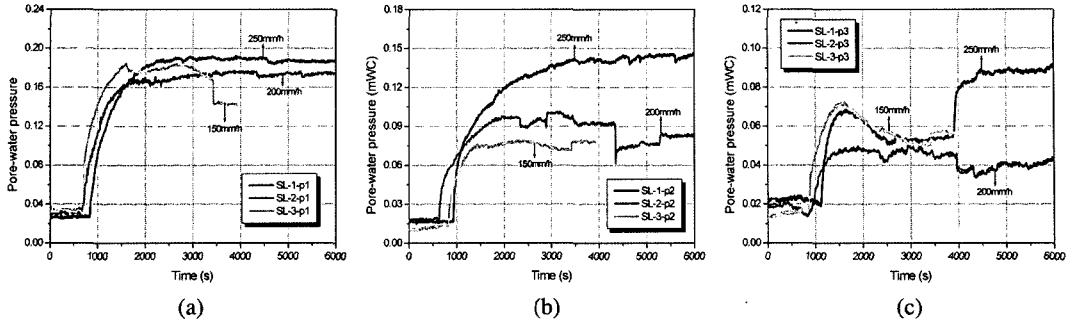


Fig. 8. Distribution of pore water pressure dependent on rainfall intensity: (a) P1, (b) P2, (c) P3.

Table 2. Comparison of times among rainfall intensity, abrupt increase of pore water pressure and landslide triggering.

Case No.	Rainfall intensity (mm/hr)	Time for abrupt increase of pore water pressure(sec)	Landslide triggering time(sec)
SL-1	250	830	990
SL-2	200	700	900
SL-3	150	690	1200

다. 한편, Fig. 8과 Table 2에 나타난 바와 같이 강우강도가 클수록 간극수압의 상승이 상대적으로 늦게 이루어진다. 이는 강우강도가 강할 경우 사면에 내린 강우가 지반내부로 전부 투과되지 않고 표층을 따라 유출되기 때문이다. 즉, 강력한 강우로 인해 사면지반 표층부에서 일시적인 포화가 이루어지고, 계속적으로 하강한 강우는 표층부 포화로 인해 기저부로 곧바로 투과되지 못하고 표층유출(surface runoff)이 이루어지는 것으로 생각할 수 있다.

강우강도별 간극수압 상승시작 시간(P1 기준)과 산사

태 발생시작 시간을 비교해 보면 Table 2와 같다. 시간당 강우강도가 250 mm/hr와 200 mm/hr의 경우는 간극수압의 급격한 증가시간이 실험시작 후 830초와 700초이며, 이에 따른 산사태 발생시간은 각각 990초와 900초로 나타났다. 그러나, 강우강도가 이들보다 약한 150 mm/hr의 경우는 간극수압의 증가시간은 690초로 가장 짧지만 산사태 발생시간은 1200초로서 강우강도가 강한 조건의 실험결과보다 더 늦게 산사태가 발생하였다. 이를 통해 산사태는 간극수압의 급격한 상승이 시작된 이후에 발생함을 알 수 있고, 대체로 강우강도가 클수록 산사태 발생시작 시간이 빠름을 알 수 있다. 이는 Olivier *et al.*(1994)이 산사태를 최초로 발생시키는 것은 누적강우량보다는 강우강도가 더 많은 영향을 미친다는 주장을 잘 입증하는 것이다.

강우강도에 따른 사태물질의 확산특성에 대한 분석결과는 Fig. 9와 같다. 사태물질의 확산범위는 강우시작 초반에는 강우강도에 관계없이 매우 빠른 속도로 증가하는 양상을 나타낸다. 그러나, 일정시간 경과 후에는 강우강도에 따른 확산면적의 차가 점차 커지는데, 이를 통

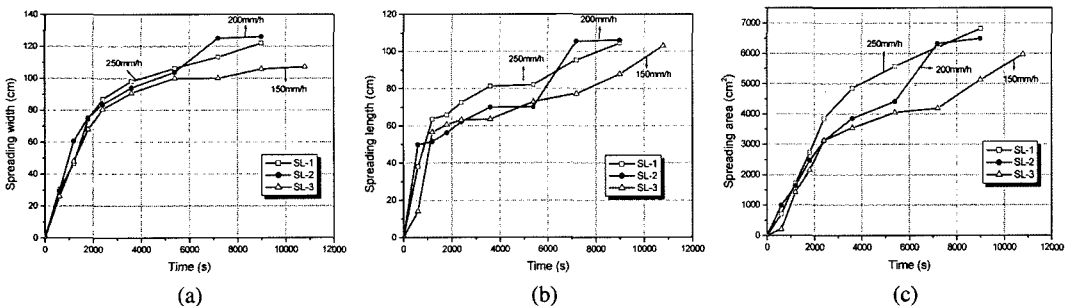


Fig. 9. Spreading features of debris dependent on rainfall intensity: (a) spreading width, (b) spreading length, (c) spreading area.

해 사태물질의 확산범위는 강우강도는 물론 강우의 지속시간에 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 강우강도에 따른 이동 토사량의 변화를 살펴보기 위해 실험 종료 후 사태물질 확산범위 측정판에 있는 모래의 건조중량을 측정 한 결과 강우강도 250, 200, 150 mm의 경우 각각 62.98, 42.28, 23.54 kg의 모래가 확산되어 강우강도가 큼에 따라 사태물질의 양도 증가함이 증명되었다.

사면경사에 따른 산사태 발생 및 확산범위 분석

사면경사의 변화에 따른 간극수압의 변화는 Fig. 10과 같다. 경사각 30도의 경우는 경사각도가 낮은 경우에 비해 간극수압의 크기가 대체로 더 크며, 경사각 20도의 경우는 다른 두 가지 경우에 비해 간극수압의 크기가 현저히 낮음을 보여준다. 또한, 간극수압의 급격한 상승은 경사각이 클수록 빨리 시작된다. 이와 같은 현상은 사면경사가 클수록 사면상부에서 하부로 강우의 이동이 원활히 일어나 사면하단부에 빠르고 강하게 간극수압이 형성되기 때문이다.

사면경사에 따라 산사태가 발생하기 시작하는 시간을 비교해 보면 경사각 30도, 25도, 20도의 경우 각각 853

초, 900초, 1008초의 발생시작 시간을 나타내었다. 이는 위에서 설명한 사면경사와 간극수압과의 관계와 같이 경사가 급할수록 간극수압의 상승이 빠르고 그에 따라 산사태 발생도 빠르게 나타남을 잘 보여주는 것이다. 즉, 동일한 강우량이라도 사면의 경사가 급할수록 간극수압이 강하게 형성되어 산사태가 더 잘 발생하는 것으로 설명할 수 있다.

사면경사와 사태물질 확산범위의 관계는 Fig. 11과 같다. 사태물질의 확산범위 역시 사면경사가 급할수록 더 넓게 나타났으며, 실험 초기에 비해 실험 중반과 후반으로 갈수록 사면경사에 따른 확산범위의 차이가 확연해졌다. 이는 사면경사가 급할수록 토사의 이동속도가 빨라 확산범위가 더 넓게 나타나기 때문이며, 또한 강우 지속시간이 길어짐에 따라 토사 내 함수량이 증가하여 확산범위의 증가를 가져오기 때문이다. 사면경사에 따른 이동 토사량의 변화를 살펴보기 위해 실험 종료 후 사태물질 확산범위 측정판에 있는 모래의 건조중량을 측정 한 결과 사면경사 30도, 25도, 20도의 경우 각각 42.28, 39.58, 28.32 kg의 모래가 확산되어 사면경사가 급함에 따라 사태물질의 양도 증가하는 것으로 나타났다.

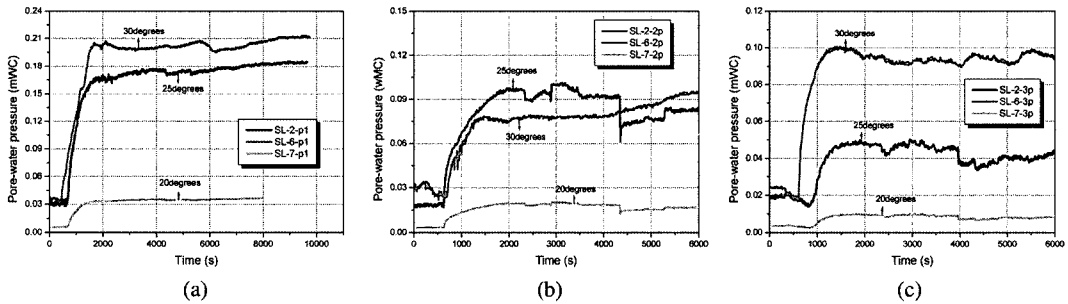


Fig. 10. Distribution of pore water pressure dependent on slope angles: (a) P1, (b) P2, (c) P3.

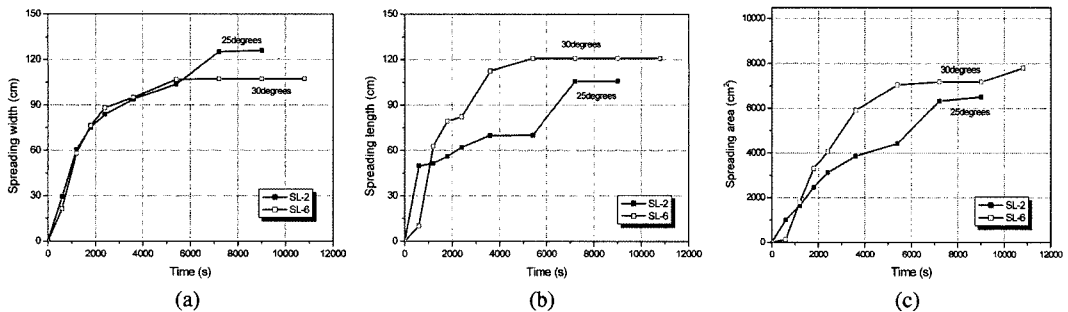


Fig. 11. Spreading features of debris dependent on slope angles: (a) spreading width, (b) spreading length, (c) spreading area.

결 론

본 연구는 강우강도 및 사면경사 조건에 따른 산사태 발생양상과 확산범위 특성을 파악하기 위해 실내모형실험장치를 개발하고, 이를 이용하여 조건별 실험을 실시한 것이다. 실험결과 분석에 의하면, 강우강도와 간극수압은 비례하는 관계를 가지며, 특히 간극수압 크기는 사면 하단부에서 가장 큰 값을 보이고 사면 중단부와 상단부로 갈수록 낮은 값을 나타낸다. 강우강도별 간극수압 상승시작 시간과 산사태 발생시작 시간을 비교해 보면 산사태는 간극수압의 급격한 상승이 시작된 이후에 발생함을 알 수 있고, 대체로 강우강도가 클수록 산사태 발생시작 시간이 빠름을 알 수 있다. 사태물질의 확산범위는 일정시간 경과 후에는 강우강도에 따른 확산면적의 차가 점차 커지는 현상을 보여 강우강도는 물론 강우의 지속시간에 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 한편, 사면경사가 급할수록 간극수압이 빠르고 크게 형성되어 산사태를 빨리 발생시키고, 이에 따라 확산범위도 경사가 낮은 조건에 비해 더 넓게 나타난다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 기본연구사업인 “산사태 위험도 산정시스템 및 피해저감기술 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김원영, 채병곤, 송영석, 조용찬, 이춘오, 김경수, 서용석 2005, 산사태 위험도 산정시스템 및 피해저감기술 개발, 한국지질자원연구원, OAA2004032-2005(2), 139p.
- 채병곤, 서용석, 송영석, 조용찬, 김원영, 2006, 인공강우장치를 이용한 산사태 발생 및 사태물질 확산특성 모형실험, 대한지질공학회 2006년도 학술발표회 논문집, pp.69-78.
- Moriwaki, H., 1987, Geomorphological prediction of the travel distance of a debris, Proc. China-Japan Field Workshop on Landslide, Xian-Lanzhou, China, pp.79-84.
- Moriwaki, H., Inokuchi, T., Hattanji, T., Sassa, K., Ochiai, H., Wang, G., 2004, Failure processes in a full-scale landslide experiment using a rainfall simulator, Landslides, 1, pp.277-288.
- Okura, Y., Kitahara, H., Ochiai, H., Sammori, T., Kawamura, A., 2002, Landslide fluidization process by flume experiments, Engineering Geology, 66, pp.65-78.
- Olivier, M., Bell, F.G., and Jemy, C.A. 1994, The effects of rainfall on slope failure, with examples from the Greater Durban area, Proceedings of 7th Int'l. Cong. IAEG 3, pp.1629-1636.
-
- 2006년 7월 16일 원고접수, 2006년 9월 10일 게재승인
- 채병곤**
한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3052
Fax: 042-861-9723
E-mail: bgchae@kigam.re.kr
- 송영석**
한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3035
Fax: 042-861-9723
E-mail: yssong@kigam.re.kr
- 서용석**
충북대학교 지구환경과학과
361-763, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12
Tel: 043-261-2765
Fax: 043-273-9645
E-mail: ysseo@cub.ac.kr
- 조용찬**
한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3059
Fax: 042-861-9723
E-mail: choych@kigam.re.kr
- 김원영**
한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3345
Fax: 042-861-9723
E-mail: choych@kigam.re.kr