

## 2006년 집중호우에 의한 홍천지역의 산사태 발생 사례 연구

### A Case Study on Occurrence of Landslide by Heavy Rainfall in Hongcheon Area in 2006

김호진<sup>1)</sup>, Ho-Jin Kim, 임오빈<sup>2)</sup>, Oh-Bin Im, 유남재<sup>3)</sup>, Nam-Jae Yoo

<sup>1)</sup> 강원대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Kangwon National Univ.

<sup>2)</sup> 한국농어촌공사 과장, Section Chief, Korea Rural Community Corporation.

<sup>3)</sup> 강원대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Kangwon National Univ.

**SYNOPSIS** : This paper is a result of investigating causes and main characteristics of landslides, occurred at Hongcheon area in Gangwondo during July in 2006, by collecting relevant data and visiting site. The main cause of landslides in this area has been found to be saturation of the ground wetted by a series of precipitations during 10~13 July and the heavy rainfall during 15 July. The pattern of the landslides could be classified as translational failure, occurred at the boundary between the relatively thin weathered residual soil and the mother rock. By analyzing a number of failed slopes based on site visit and reviewing collected data, typical widths of failed slopes are in the range of 10~20m (minimum: 5m, maximum: 70m). Lengths of landslide area are in the wide range of 10~450m. Most of area are less than 20m in width and 100m in length so that their shapes are long and narrow, frequently observed in Korea, and their areas are relatively small size of around 1000m<sup>2</sup>. The inclinations of the failed slopes are in the range of 10~60° while the most probable slope angle is about 20~25°.

**Keywords** : landslide, heavy rainfall, Hongcheon, 2006

## 1. 서론

산사태의 발생의 주요인으로는 강우강도, 지형조건 및 토질특성을 들 수 있다. 우리나라의 연평균강우량은 1000~1850mm로 계절적으로는 연 강수량의 50~60%가 7~8월에 집중되어 이 시기에 강우에 의한 산사태 발생 경우가 매우 높아서 사면안정대책이 요구되고 있다. 최근에는 새로운 강우 패턴에 의해 경기, 강원 일부지역에서 내린 국지성 집중호우로 인하여 기존 인공사면 및 자연사면에서 자주 산사태가 발생하고 있으므로 이를 방지하기 위한 적극적인 산사태 위험지 관리의 필요성이 요구되고 있다.

본 연구에서는 2006년 집중강우에 의해 홍천지역에서 발생한 산사태에 대하여 현장조사 결과를 바탕으로 산사태에 관계되는 강우상태, 지형조건과 발생양상 및 기하특성 등을 종합적으로 분석하였다. 이러한 분석결과를 바탕으로 DB를 구축하여 향후 산사태 발생 예측의 기본 자료로 활용할 수 있다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 산사태 정의

산사태란 일반적으로 암반이나 그 파편들, 또는 토사들이 사면을 따라 움직이는 것을 말한다. Terzaghi(1950)는 그의 저서에서 경사면을 구성하는 물질의 이동을 뜻하는 말로 비교적 빠른 이동을 가

리켜 “Landslide”라 하였고, 감지할 수 없는 느린 이동을 “Creep”으로 정의한 바 있다. Skempton과 Huchinson(1969)은 “Landslide”란 활동체의 경계에서 발생된 전단파괴의 결과로 흙덩이 또는 돌덩이가 경사면의 하부로 내려오는 것이라고 정의한 바 있고 Varnes(1978)는 활동만을 의미하는 “Landslide”와 기타 활동으로 분류될 수 없는 지반변위, 즉 “Creep”을 합쳐서 “Slope movement”란 용어로 산사태를 정의 하였다. 우리나라의 경우에 산사태(Landslide)는 산지의 자연사면에서 강우, 지진 또는 중력 작용으로 사면의 붕괴, 지반침식 및 토석류가 한꺼번에 많은 흙과 돌이 빠른 속도로 사면 아래로 이동하는 현상이며, 폭우나 지진과 같은 자연재해에 수반하여 발생하는 산이나 사면의 일부가 비교적 빠른 속도로 내려오는 활동을 산사태라 정의하는 경우가 많은데, 이러한 관점에서 볼 경우 산사태는 넓은 의미에서 사면붕괴라 할 수 있다. 결론적으로 산사태의 정의는 암석이나 흙 또는 이들의 혼합물이 중력에 의해 사면 아래로 천천히 포행하거나, 빠르게 떨어지는 현상, 또는 파괴면을 따라 미끄러지는 형태를 말한다.

## 2.2 영향인자와의 상관관계

산사태 발생에 관련된 영향인자로써 첫째 강우와의 관계이다. 우리나라는 대부분의 강수량이 1,000mm 이상의 습윤지역이고, 연강수량의 50% 이상이 여름(6월~9월)에 집중된다. 이러한 특징은 산사태 발생에 직접적인 영향을 준다. 둘째 지형은 지표수와 지중수의 형태에 큰 영향을 주기 때문에 표면침식과 산사태 발생에 가장 중요한 요인이다. 검토대상 지역이 넓을 때와 한 지점을 대상으로 할 때는 고려하는 지형 조건이 다르게 되는데 지역이 넓을 때에는 지반고, 계곡의 깊이, 사면의 경사, 벼랑의 존재, 계곡간 표고차 등이 주 고려대상이고 지점이 소구역일 때에는 경사, 사면길이, 사면의 종·횡단 형상, 경사 변환대, 방위 등이 고려사항이 된다. 셋째 토질과의 관계로 산사태는 토양의 응집력을 약화시키는 강우나 지진과 같은 외력에 의하여 토양이나 암석이 균형을 잃고 중력 작용에 의하여 일시에 무너져 내리는 현상을 말한다(농, 2003). 흙 입자는 서로 점착력이나 마찰력으로 인해 어느 정도의 결속력이 존재하나 강우로 인하여 유출이 발생하면 흙 입자사이의 많은 양이 수분이 유입되고 이 수분이 흙 입자 사이에 간극수의 형태로 존재하게 되는데 이러한 간극수의 부력으로 인해 흙 입자간의 결속력이 약해지면서 하중을 견디지 못해 경사면이 붕괴된다(김, 2006).

## 3. 현장조사

### 3.1 피해규모 조사

2006년 홍천군 재난재해 피해 중에서 2006년 7월 12일부터 18일까지 중부지방에 내린 평균 604mm의 기록적인 폭우로 인한 전체 인명 피해 및 이재민 발생, 재산피해는 표 1과 같다. 재산피해액은 740억원으로 집계되었으며 인명피해는 사망 30명 부상 760명으로 집계되었다.

표 1. 2006년 홍천군 재난재해 사고 피해 규모 (통계청)

구 분	2006년 홍천군 재난재해 사고피해
인명피해합계(명)	790
사망(명)	30
부상(명)	760
이재민발생세대수(명)	3
이재민발생인원(명)	15
재산피해합계(백만원)	74,000
동산(백만원)	220
부동산(백만원)	73,780

### 3.2 홍천군 산사태 발생 현황

본 논문의 연구지역인 홍천군은 표2 에서 보이는 바와 같이 총 10개의 읍·면으로 나누어져 있으며 2006년 집중호우로 인해 발생한 78개소의 산사태 발생 분포현황을 살펴보면 화촌면, 북방면 그리고 서면에 집중되어 있는 것을 볼 수 있다.

표 2. 홍천군 지역별 산사태 발생

행정구역	산사태 발생 수 (개소)
홍천읍	1
화촌면	26
두촌면	1
내촌면	-
서석면	-
동면	1
남면	3
서면	16
북방면	30
내면	-
계	78

다음 그림 1~4는 북방면과 화촌면 일대의 주요 산사태 피해를 보여주는 사진이다.



그림 1. 홍천군 북방면 성동리 산75



그림 2. 홍천군 화촌면 야시대리 산170



그림 3. 홍천군 북방면 북방리 산170



그림 4. 홍천군 북방면 성동리 산270

## 4. 결과 분석

### 4.1 강우 특성 분석

본 연구지역의 산사태는 2006년 7월에 발생한 것으로, 이는 최대 일 강우량이 220mm에 이르는 집중호우가 발생한 것에 기인한다. 2006년 7월 홍천지역에서는 7월 15일 집중호우 이전 7월 10일 태풍 "에위니아"의 소멸과 7월 13일의 선행강우로 인해 토양수분(Soil moisture)이 포화되어 있는 상태에서 7월 15일을 기점으로 집중호우가 발생하면서 여러 지역에서 다발적으로 산사태가 발생하였다. 2006년의 수해는 집중호우로 인해서 유발된 산사태의 발생과 관련이 있으므로 수해발생기간 중 강우특성을 분석하기 위하여 수해당시의 기상자료를 조사하였다(국가 수자원관리 종합정보시스템). 표 3은 집중호우 기간 중 홍천군 피해지역의 강우발생 현황을 나타낸 것이다. 일반적으로 일 강우량이 100mm를 초과하면 집중호우라고 하며, 하루 동안 연간 강수량의 8% 이상이 내리게 되면 집중호우로 인한 피해가 나타난다. 홍천지역의 경우 표 3과 같이 2006년 7월 12일~18일 사이에 대부분의 피해지역에서 일 강우량이 100mm를 초과하여 발생하였음을 알 수 있다.

표 3. 홍천군 강수량 현황

(단위 : mm)

일 자 별	평균	창촌	명개	방동	홍천	서석	유치	삼포	노촌	두촌	북방
06. 7.12	144.9	187	144	142	130	156	171	115	127	148	129
06. 7.13	65.3	75	56	50	29	48	42	30	42	141	140
06. 7.14	17.9	37	50	49	2	22	1	3	5	4	6
06. 7.15	122.3	148	115	119	95	125	167	132	111	153	58
06. 7.16	141.7	149	0	116	179	157	223	176	182	153	82
06. 7.17	32.1	30	0	22	47	45	48	40	43	30	16
06. 7.18	52.4	68	0	59	64	68	58	62	64	58	23
계	576.6	694	365	557	546	621	710	558	574	687	454

### 4.2 기하 특성 분석

홍천군에서 발생한 산사태는 표 2와 같이 78개소로 산사태가 발생한 사면 폭에 대한 발생빈도는 그림 5 와 같다. 사면폭은 5m~70m 범위로 나타났고, 폭 10m의 사면이 39.7%로 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다.

산사태 발생지점에서 산사태 종료지점까지의 길이를 측정하여 연구 대상 지역의 집중 호우에 따른 산사태 사면길이 별 발생빈도를 그림 6에 나타내었다. 산사태 길이는 10~450m의 넓은 범위로 분포하나 10~80m 길이가 전체의 87.2%로 나타났다. 대부분의 발생사면은 20m 이내의 제한된 폭과 100m 이내의 사면 길이로 폭이 좁고 긴 형상의 일반적인 국내 산사태 양상을 나타내었다.

산사태 발생사면의 경사각은 그림 7과 같이 15~60°의 범위로 분포하는데 25°경사각이 전체의 24.4%로 가장 높은 비율로 나타났고, 35° 이하의 범위에서 산사태 발생이 집중적으로 나타남을 알 수 있다.

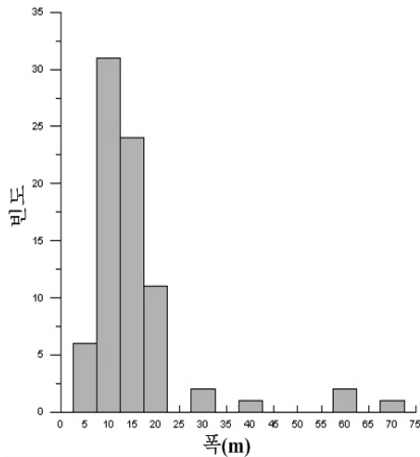


그림 5. 산사태 사면의 폭

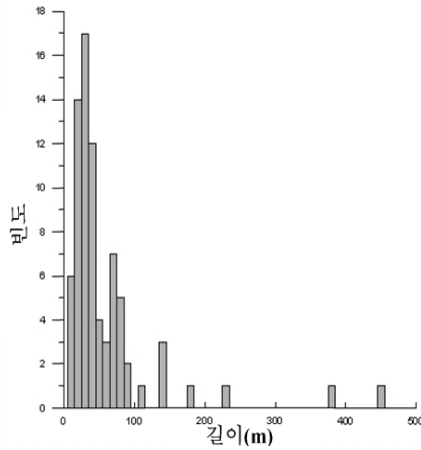


그림 6. 산사태 사면의 길이

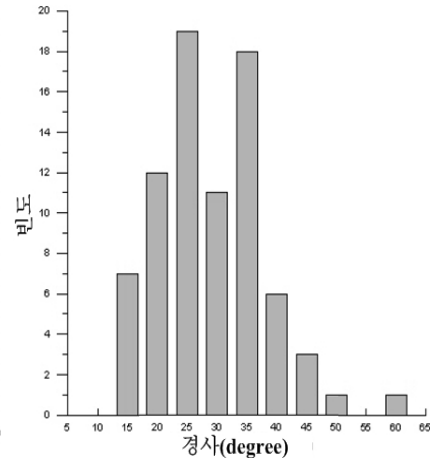


그림 7. 산사태 사면의 경사

연구대상 지역의 사면 길이 및 폭에 따른 산사태 발생 면적의 분포를 알아보기 위하여 그림 8, 9와 같은 상관관계도를 나타내었다. 그림 8과 같이 대부분의 사면 길이는 100m 이하이고 면적은 1500m<sup>2</sup> 이하로 분포되어 있음을 알 수 있고, 그에 상응하는 면적 또한 사면 길이에 비례하여 분포하는 것을 알 수 있다. 또한 그림 9는 대부분의 사면 폭이 20m 이하이고 면적은 1000m<sup>2</sup> 이하로 분포되어 있음을 알 수 있다. 그러나 사면길이 대비 면적 상관관계와 달리, 폭 대비 면적 관계는 비례하지 않음을 알 수 있다. 따라서 사면 폭이 넓다고 하여 산사태 발생 면적이 증가한다고 보기 어려울 것으로 판단된다.

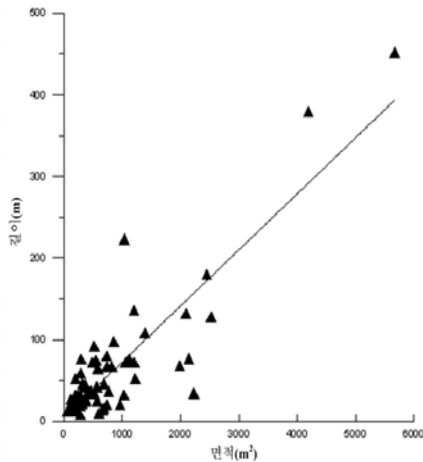


그림 8. 산사태 길이에 대한 면적 관계

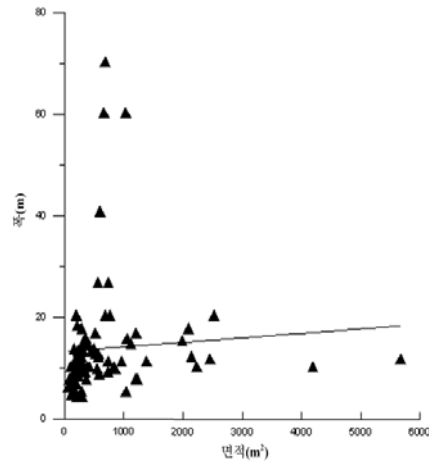


그림 9. 산사태 폭에 대한 면적 관계

## 5. 결론

2006년 7월 태풍 예위니아와 7월 12~18일 까지 발생한 집중호우에 의해 홍천군에 발생한 붕괴사면 현장에 대하여 현장조사결과를 바탕으로 산사태와 관계된 강우상태, 지형조건과 발생양상 및 기하특성 등을 종합적으로 분석하였다.

- (1) 산사태 발생의 원인은 2006년 7월 12~18일간의 평균 604mm의 기록적인 폭우로 1~2m 내외의 얇은 풍화심도내 토사층이 지반포화로 인하여 기반암과의 경계면에서 활동이 발생한 전이형 사면활동임을 확인하였다.
- (2) 사면 폭에 대한 발생빈도는 폭 5~70m 범위에서 폭 10m의 산사태가 전체의 39.7%로 가장 많이 분

포하는 것을 알 수 있었으며, 산사태의 길이는 10~450m 범위의 다양한 크기로 나타나며, 빈도가 가장 많은 구간은 10~80m 에서 발생한 산사태의 빈도수는 총 68개소로 87.2%를 차지한다.

(3) 산사태 발생사면의 경사각은 15~60°의 범위에서 25° 경사각이 전체의 24.4%로 가장 높은 비율로 나타났으며, 35° 이하의 범위에서 산사태 발생이 집중적으로 나타남을 알 수 있다.

(4) 산사태 발생사면은 20m 이내의 제한된 폭과 100m 이내의 사면길이를 갖는 폭이 좁고 긴 유형의 국내 일반적인 산사태임을 알 수 있었고, 산사태 사면 면적은 대부분 1500m<sup>2</sup> 이내의 비교적 소규모의 산사태가 발생한 것을 알 수 있다.

## 참고문헌

1. 김태환(2006), “GIS를 이용한 산사태 위험지역 추출 기법”, 공학석사 학위 강원대학교 대학원.
2. 농림부(2003), “산지개발에 따른 산사태 발생 특성 및 산지 토사재해예지 시스템개발”, pp. 1~10.
3. Skempton, A.W. and Hutchinson, J. N. (1969), “Stability of natural slopes and embankment foundation”, Proc. 7th Int. Conf. SMFE.
4. Terzaghi, K. (1950), “Mechanism of Landslides”, Geological society america, Berkely Volume, pp.83~123.
5. Varnes, D. J.(1978),“Slope movement types and processes”. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11 - 33.