

집중호우에 의해 발생된 산사태의 지질공학적 분석

-평창군 진부면 중심으로-

허성준^{1)*} · 박은규¹⁾ · 김교원¹⁾

1. 서 론

최근 이상 기후의 영향으로 국지적인 집중호우의 발생은 빈번히 발생하고 있다. 산업의 발달로 인한 산지지역의 개발급증은 많은 지반재해를 유발시키고 있다. 산사태의 지반재해는 직접적인 인명피해뿐만 아니라 심각한 경제적 손실을 초래하게 되었다. 2006년 7월에 발생한 태풍 에위니아와 집중호우로 인하여 강원도 평창지역은 많은 재산 및 인명 피해를 입었다. 소방방재청에 의하면 토석류와 같은 사면 재해로 총 21명의 인명 피해가 있었다.

따라서 산사태를 피해를 최소화 하려는 연구가 많이 진행되고 있다. 강우로 인한 산사태의 원인 분석, 특성 분석, 예측 및 대책 등의 연구가 그러한 것이다. 그 중 산사태를 예측하는 것은 매우 어려워 미리 대비하기가 어려운 실정이다. 따라서 과학적인 대책 수립을 위해서 기 발생된 산사태에 대하여 다각적이고 종합적인 피해 조사와 그 원인 규명이 필요하다. 나아가 다음에 발생할 가능성이 있는 산사태를 예측하는 연구가 필요하다.

산사태는 그 형태, 발생원인, 이동물질, 이동속도에 의하여 낙석, 전도, 슬라이드, 측면 퍼짐, 유동 등으로 분류할 수 있다.(UNESCO, 1990) 강우에 의한 사면 파괴의 형태는 대부분 사면 상부에서 슬라이드가 시작하여 유동으로 전이 되어 나타난다. 일반적으로 유동으로 전이되는 슬라이드의 특징은 거동속도가 매우 빠르며, 이동거리가 길고, 액상화로 인한 전단력의 약화 등으로 요약할 수 있다.(Wang, 2002)

본 연구 대상 지역은 행정구역상 강원도 평창군 진부면에 속하며 지리 좌표 상으로는 동경 128도 30분 00초~128도 36분 00초, 북위 37도 36분 00초~37도 39분 00초에 해당한다. 이 지역의 사면의 붕괴 형태 측면에서 산사태의 발생원인 및 거동과 산사태의 발생 현황 및 파괴 양상에 대해 분석하였다. 이러한 분석을 위해 현장 조사를 실시하였다.

2. 본 론

연구지역의 지형적 특징은 중위 평탄면이며 침식 분지 내에 발달된 산록형 평탄면으로 해발 고도 300~700m 사이에 분포한다. 남동쪽은 해발고도가 700~1200m으로 주변보다 높으며 북동쪽과 남서쪽은 강의 지류가 흐르며 비교적 해발고도가 낮아 산록형 평탄면을 이룬다.

연구지역의 지질은 대부분 화강암류로 구성되어 있으며, 중생대 쥐라기에 관입한 것으로 추정된다. 구성광물에 따라서는 흑운모 화강암, 복운모 화강암, 우백질 화강암으로, 조직에 따라서는 반상화강암, 괴상화강암으로 분류할 수 있다. 그리고 남동쪽으로 퇴적암인 고생대층이 위치하고 있다. 퇴적암은 사암과 셰일의 호층으로 되어 있으며, 화강암의 관입으로 접촉부는 규화가 되었다.

주요어 : 산사태, 토질 특성

1) 경북대학교 지질학과 (heopro79@empal.com)

강우 강도를 분석하기 위해 진부면은 물론 대관령, 대화면의 강우량 데이터를 수집하였다. 산사태 발생일 7월 15~16일 전후로 진부, 대화면은 400mm 이상의 강우 강도를 보였으며, 7월 1일~14일 까지 300mm의 선형 강도를 보였다. 이것은 홍콩의 재해발생 우량 곡선에 의하면 중~대 재해에 해당된다.

이 지역의 산사태 발생 현황 파악 및 분석을 위하여 현장조사를 실시하였다. 우선 1:50,000 지형도를 이용하여 산사태 발생 위치를 정확히 지형도에 표시하였다. 1:5,000 지형도를 이용하여 연구 지역의 정밀 조사를 수행하였다.

이때 산사태의 기하학적 특성, 산사태 방향성, 구성암석, 산사태의 발생지, 이동경로, 식생, 토질 특성 등을 조사하였다.

연구지역의 지질차이로 인해 지형적 차이를 나타내었다. 화강암 지역은 사면의 경사가 25~30°가 대부분이었으나, 퇴적암 지역은 사면 경사가 30~40°가 주로 나타났다. 일반적으로 사면의 경사가 높으면 산사태의 빈도가 높을 것으로 기대되나 그렇지 않았다. 즉 화강암의 산사태의 빈도수가 훨씬 많았으며 퇴적암 지역은 산사태의 빈도수가 낮았다.

그 이유는 토층의 심도와 토질의 특성 차이로 인한 것으로 추정된다. 화강암 지역의 토층 심도는 1m 미만이며, 투수계수가 높은 사질토로 구성되었다. 이것은 집중호우가 계속되면서 표토층으로 침투량이 유출량보다 많아지고 표토층 저부에 침투수가 저류하기 시작하여 지하수를 형성하게 된다. 그리고 수위가 점차로 상승하면서 안정에 관한 힘의 균형이 무너지게 되어 발생한 것이다.(김찬기,2003)

발생한 산사태의 길이는 40m 이하가 전체의 75%로 나타났고, 산사태 폭은 6~10m 정도가 전체의 40%로 나타났으며, 산사태 깊이는 1m 이하로 얇은 심도의 산사태로 평가 된다.

그러나 퇴적암의 토층의 심도는 2m 정도이며 산사태 발생은 대부분 계곡부의 수위 증가로 인해 사면 하단부가 세굴되어 사면의 불안정한 요인으로 작용하였다. 혹은 사면 상단부의 회전형 산사태로 시작하였으나 유동으로 이어지지 않았다. 이것은 토질 특성 차이로 인해 산사태 발생 메카니즘이 다른 것으로 추정된다.

현장별 산사태 특성을 살펴보면 호명리 일대는 산사태 발생 위치가 대부분 능선이나 계곡부보다는 평평한 산사면이며 사면의 경사가 24~32°가 대부분이며 길이 30m, 폭 10m, 두께 0.5m가 주로 나타났다.

송정리 일대도 호명리 일대와 같이 평평한 지대에서 발생하였으며 길이 15m, 폭 20m, 두께 0.5m의 산사태가 많았다. 낮은 구릉산지에서 연쇄적으로 4개의 소규모의 산사태가 발생하여 사태물질의 양이 많아져 이것이 계곡부로 유동하여 대규모 산사태로 이루어 졌다.

그러나 송정리 남쪽의 퇴적암 지역은 주로 계곡부에서 발생하였고 평평한 산사면에서 회전형 산사태로 유동으로 이어지지 않는 않았다. 산사태 기하학적 특성은 길이 6m, 폭 15m으로 화강암지역보다는 다소 적으나 두께는 1.5m로 화강암 지역보다는 다소 깊게 나타났다.

입자 조직 구성비 파악을 목적으로 교란 토층 시료를 채취 하여 채분석을 실시하였다.

분석 결과 모래질 흙의 함량이 85%, 실트질, 점토질 흙의 함량이 1%로 나타났다. 얇은 심도의 산사태로 발생하여 토석류로 유동하는 흙의 특성은 sand의 함량이 높다. 왜냐하면 모래질 흙은 점토질, 실트질 흙보다 투수계수가 높아서 모래질 흙의 함량이 높을수록 임계 상태에 먼저 도달하게 되어 공급압의 증가가 빠르게 나타난다.(Gabet, E.J., Mudd S.M., 2006) 그 후 액상화가 전단면에 발생하여 상당한 변형 후에 토석류 거동을 일으킬 수 있다.

산사태 발생특성과 시료 분석 데이터는 차후 산사태 예측 모델의 자료로 사용될 것이다.

3. 결 론

이 지역에서 발생한 산사태의 가장 큰 특징은 지질의 분포에 따라 산사태의 발생 여부가 결정되었다. 산사태의 빈도수가 높은 화강암 지역과 빈도수가 낮은 퇴적암 지역으로 구분할 수 있다. 이는 지역에 따라서 지질특성이 산사태 발생과 깊은 관련이 있음을 알 수 있다. 지질특성에 따라 토층의 심도차이가 나며 토질특성 차이가 나타나기 때문이다. 따라서 이러한 토질의 물성을 파악하기 위해 토질시료를 채취하여 단위중량, 투수계수, 입도분포곡선, 간극비, 공극률 등의 시험을 수행하고 있다.