

# GIS를 이용한 인제 산사태발생지역의 토석류 분석 Debris Flow Analysis of Landslide Area in Inje Using GIS

김기홍<sup>1)</sup> · 윤찬영<sup>2)</sup> · 이환길<sup>3)</sup> · 황제선<sup>4)</sup>

Kim, Gi Hong · Yune, Chan Young · Lee, Hwan Gil · Hwang, Jae Seon

## Abstract

From 12 to 16 July 2006, 4 days' torrential rainfall in Deoksan-ri, Inje-up, Inje-gun, Gangwon-do caused massive landslide and debris flow. Huge losses of both life and property, including two people buried to death in submerged houses, resulted from this disaster. As the affected region is mostly mountainous, it was difficult to approach the region and to estimate the exact extent of damage. But using aerial photographs, we can define the region and assess the damage quickly and accurately. In this study the debris flow region in Inje, Gangwon-do was analyzed using aerial photographs. This region was divided into three sections - beginning section, flow section and sedimentation section. Informations for each section were extracted by digitizing the shot images with visual reading. Topographic, forest physiognomic and soil characteristics and debris flow occurrences of this region were analyzed by overlaying topographic map, forest type map and soil map using GIS. Comprehensive analysis shows that landslide begins at slope of about 36°, flows down at 26° slope, and at 21° slope it stops flowing and deposits. Among forest physiognomic factors, species of trees showd significant relationship with debris flow. And among soil factors, effective soil depth, soil erosion class, and parent materials showed meaningful relationship with debris flow.

Keywords : debris flow, land slide, aerial photograph, GIS

## 초 록

강원도 인제군 인제읍 덕산리 지역은 2006년 7월 12일부터 16일까지 4일간 국지적 집중호우로 인하여 대규모 산사태 및 토석류 발생한 지역이다. 이때 발생한 산사태 및 토석류로 인한 가옥 매몰로 2명이 사망하는 등 많은 인명 및 재산 피해가 발생 하였다. 산사태 및 토석류 발생 지역이 대부분 산지로 이루어져있어 현장에 직접 접근하여 피해규모를 판단하는데 어려움이 있으나 항공사진을 이용하면 산사태 및 토석류 발생 지역 특성 및 피해규모를 보다 신속하고 정확하게 분석할 수 있다. 본 연구에서는 항공사진을 이용하여 강원도 인제 지역의 토석류 발생지역을 확인, 분석 하였다. 토석류 발생지역을 발단부, 윗부, 퇴적부로 나누어 육안 판독에 의한 디지털이징으로 각 지점에 대한 정보를 추출하였고, GIS를 이용한 지형도, 임상도, 토양도와의 중첩 분석을 통하여 토석류 발생지점에 대한 지형학적, 임상학적, 토양학적 특성 및 발생 현황을 분석하였다. 종합적으로 분석해본 결과 36° 정도의 경사에서 산사태가 발생하여 26° 경사도에서는 흐름으로 진행하다가 21° 경사 아래에서는 더 이상 흐름으로 진행하지 못하고 퇴적하는 것을 알 수 있었다. 또한 임상인자 중에서는 수종의 종류에 따라 큰 연관성이 나타났으며, 토양인자 중에서는 유효토심 및 토양모재, 침식등급과 토석류 발생과의 연관성을 파악할 수 있었다.

핵심어 : 토석류, 산사태, 항공사진, GIS

## 1. 서 론

### 1.1 연구목적 및 배경

우리나라는 지난 수 십 년간 철도, 도로 등의 교통시설,

1) 정회원 · 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:ghkim@gwnu.ac.kr)  
2) 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:yune@gwnu.ac.kr)  
3) 교신저자 · 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail:killgil21@naver.com)  
4) 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail:hjs1217@lycos.co.kr)

댐과 같은 수리시설, 대규모 리조트나 골프장등 레저시설, 아파트나 주택등과 같이 인간의 생활과 밀접한 관계가 있는 토목구조물이나 건축구조물 축조를 위하여 산지나 구릉지의 개발이 급격히 증가되고 있다. 이러한 개발 과정에서 균형을 유지하며 안정된 상태에 있던 산지나 구릉지의 자연사면이 붕괴 되어 산사태가 발생되고 있으며 이에 따른 피해나 규모도 점점 증가 되고 있다.

또한 우리나라는 연평균 강우량의 대부분이 6월에서 9월 사이에 집중되어 매년 산사태가 집중적으로 발생하며, 대부분 토석류(Debris Flow)형태로 나타나는 특징을 가지고 있다.

특히 강원도의 경우 한반도의 중동부에 위치한 산악 지형으로 1000m 이상인 고산지대가 7.7%이며, 전반적으로 매우 급한 경사를 이루고, 건물 및 도로, 주거지 등이 산지 하단부에 위치하고 있어 산사태로 인한 피해에 취약할 뿐만 아니라 그 피해규모도 매우 크다(김태환, 2006).

토석류를 발생시키는 원인에는 크게 내적요인과 외적요인의 두 가지로 나눌 수 있으며 이들 요인이 함께 구비되었을 때 비로소 산사태가 발생하게 된다. 즉, 내적으로 취약한 구조를 가지고 있는 사면에 강우 및 절토 등의 외적요인이 가하여 질 경우 산사태가 작은 영향에도 쉽게 발생할 수 있다.

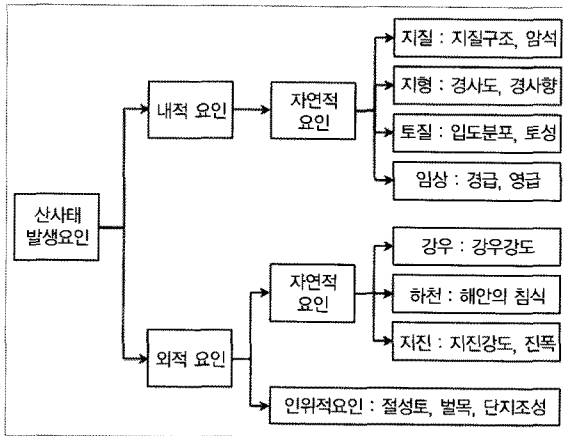


그림 1. 산사태 발생요인

산사태에 대한 연구는 조사를 통한 산사태 발생요인을 규명하는 방법이 있으며(최경, 1986) 지리정보 시스템(GIS), 원격탐사 등의 기술을 이용하여 산사태 예방에 중점을 두는 연구가 있다. GIS를 이용한 국내 연구 동향을 살펴보면 GIS를 기반으로 베이지안(Bayesian) 예측모델을

이용한 보은지역의 산사태 취약성 분석(장동호, 2004), AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석기법을 이용한 산사태 분석(채병곤, 2009), 역학적 기법을 이용한 산사태 위험지 예측(차경섭, 2006), 2006년 강원도 평창지역 산사태지에 있어서 강우, 식생 및 모암 특성과 산사태발생(전근우, 2009)등 많은 방법으로 산사태를 예측, 분석하였다.

본 연구는 산사태 발생에 있어서 영향을 줄 수 있는 각각의 인자들을 추출 수치화 하였으며, 각각의 인자들에 대한 평균값을 이용하여 토석류를 단계적으로 분석하고자 하였다. 대상지역은 2006년 7월 12일부터 16일 까지 4일간 국지적 집중호우로 인해 대규모 토석류가 일어난 강원도 인제군 인제읍 지역을 토석류 분류 방식 중 토석류 조사야장 분류방식을 적용하여 토석류 지역을 발단부, 유하부, 퇴적부로 구분 하였으며, 항공사진, 지형도, 임상도, 토양도를 이용한 GIS 중첩 분석으로 토석류 발생지점에 대한 지형학적, 임상학적, 토양학적 현황 및 발생특성을 분석하였다. 본 연구를 통해 산사태 및 토석류 발생지역에 대한 여러 인자들의 특성을 알 수 있으며, 향후 재해예측모델의 입력인자를 선정하는데 기초적인 정보를 제공할 수 있다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상지역

본 연구의 대상지역인 강원도 인제군 인제읍 덕산리 일대는 2006년 7월 12일과 16일 사이의 국지적 집중호우로 인하여 대규모 산사태 및 토석류가 발생하였으며, 인근 가옥의 매몰로 2명이 사망하는 등 많은 인명과 재산 피해가 났던 지역이다. 대상구역의 면적은 약 35Km<sup>2</sup>이었으며 최고고도는 1211m이다.

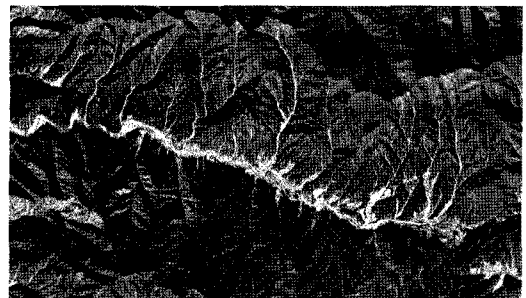


그림 2. 인제군 항공사진

### 2.2 분석방법

본 연구에서는 토석류 분류 방식 중 토석류 조사야장 분

류 방식을 이용 하여 발단부, 유하부, 퇴적부 로 구분하였다. 토석류 발생 후 촬영된 항공사진을 이용하여, 토석류가 시작되는 지점으로 일반적으로 둥근 원형 모양의 끝 부분까지를 발단부(131개소), 발단부 바로 아래 지역부터 토석류가 퇴적부 또는 하천으로 유입되기 직전까지를 유하부(71개소), 토석류가 넓은 부채꼴 모양 또는 타원모양 등으로 퇴적되는 지역을 퇴적부(62개소)로 구분하여 추출하였고, 수치지형도, 임상도, 토양도를 레스터 데이터로 변환하였다(그림3). 변환된 레스터 데이터를 GIS상에서 디지털 된 피해지역과 중첩하여 지형인자, 임상인자, 토양인자 각각에 대한 정보를 추출하고 재해 발생부분에 대한 특성을 분석 하고자 하였다.

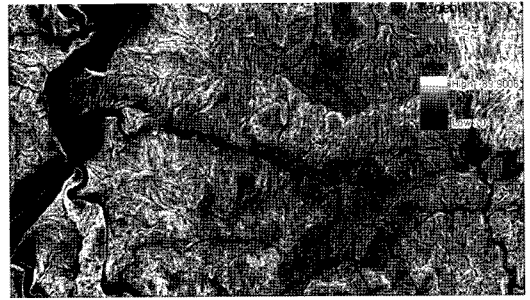


그림 5. 토석류 발단부 경사도 데이터 중첩

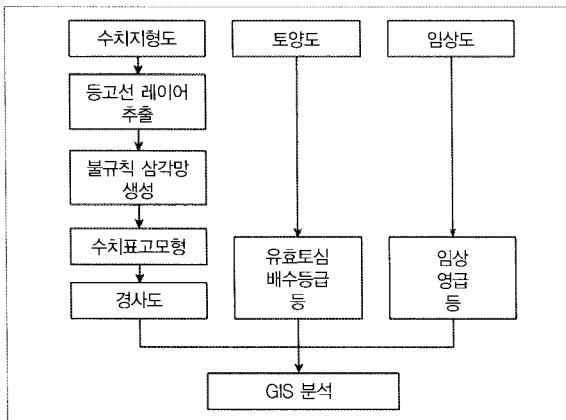


그림 3. 레스터 데이터 취득방법

그림 4는 토석류 발단부를 육안 판독후 폴리곤 데이터로 디지털이징하여 Shp파일로 제작한 예이며, 유하부와 퇴적부도 같은 방법으로 폴리곤 데이터를 추출하였다. 그림 5는 토석류 발단부 지역과 경사도를 중첩한 예이며 같은 방법으로 유하부, 퇴적부를 중첩하여 임상 및 토양에 대한 각 인자 특성을 분석하였다.

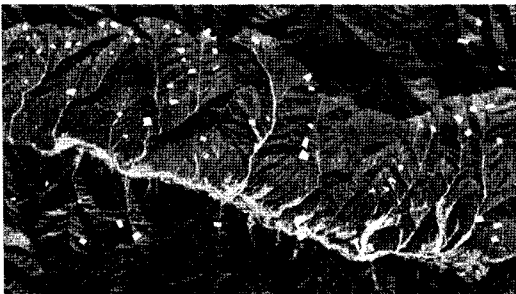


그림 4. 토석류 발단부 디지털이징

### 3.1 지형인자

지형 관련 인자로는 DEM을 이용한 고도 값과 경사도를 이용하여 토석류 발달 단계에 따른 각 항목에 대하여 분석해 보았다.

표 1은 토석류 발달 단계에 따른 지형학적 특성을 나타낸 것이다. 각 발달 단계별 면적분포는 유하부가 가장 넓고, 다음 발단부, 퇴적부로 퇴적부가 가장 적게 나타났다. 산사태가 발생하는 면적보다 유하되거나 퇴적되는 즉, 산사태가 흐름 형태를 띠면서 많은 면적을 차지한다는 것을 확인할 수 있었고, 퇴적부 면적을 보면 발생부와 유하부에서 흘러 내려온 토석류가 육상에 퇴적되기 보다는 하천으로 유입되는 경우가 많았다.

토석류 평균 발생고도는 발단부가 평균 690m로 가장 높게 나왔으며 유하부 643m, 퇴적부 460m로 산출되어 산사태 최초 발생지점에서 퇴적지점까지의 230m정도의 평균 고도 값 차이를 보여 이정도 고도차에 의한 에너지가 흐름으로 이어져 큰 피해가 발생한 것으로 볼 수 있다. 그리고 이 같은 고도 값 차이는 강릉지역 산사태 특징연구(조용찬, 2003)에서 보인 고도차 보다 많은 것으로 산세가 험한 인제지역의 특성이 반영된 것이다.

표 1. 토석류 발달 단계에 따른 지형학적 특성

구 분	면적(m <sup>2</sup> )			발생고도(m)		
	발단부	유하부	퇴적부	발단부	유하부	퇴적부
평 균	800,576	1,100,645	337,233	690	643	460
표준편차	-	-	-	223	211	225

표 2는 토석류 발생 단계별 경사도 특성을 나타낸 것이다. 경사도에 의한 특성은 발단부가 가장 높게 나왔으며 그 뒤로 유하부, 퇴적부 순으로 경사도가 높게 나왔다. 산사태 발생은 주로 20°-37° 사이에서 가장 많은 분포를 보였으며

예상했던 40° 이상의 급경사에서는 발생하지 않은 것으로 나타났다. 이 같은 이유는 강원도 산지의 급경사중 대부분은 암반이 노출된 지역이기 때문에 산사태가 발생되지 않은 것으로 사료된다.

표 2. 토석류 발생 단계별 경사도 특성

구 분	발단부(°)	유하부(°)	퇴적부(°)
평균	36	26	21
표준편차	11	14	15

### 3.2 임상인자

임상인자는 임상, 경급, 영급, 밀도로 구분되며 산림청에서 제공되는 임상도를 이용하여 각각의 항목에 따라 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

경급은 수목의 흉고직경의 크기에 따라 0, 1, 2, 3단계로 구분한 것이다. 0경급은 치수를 말하며 1경급에 가까울수록 소경목이며 3경급일수록 대경목에 속한다. 표 3은 토석류 발달 단계별 평균을 나타낸 것이다. 분석을 용이하게 하기 위해 경급속성이 없는 곳은 0, 0경급은 1, 1경급은 2, 2경급은 3, 3경급은 4로 변환하여 평균 및 표준편차를 산출했다. 경급 정보에서는 발단부에서의 흉고 직경이 가장 컸으며 유하부 퇴적부로 갈수록 직경이 작아지는걸 알 수 있었다. 특히 퇴적부 같은 경우 임목지가 아닌 지역이 많이 분포하여 표준 편차가 가장 크게 나왔다. 종합적으로 분석하면 수목의 직경이 클수록 발단부 지역에 가장 큰 분포를 보인 것으로 보아 흉고 직경이 큰 수목이 넓은 뿌리로 인하여 산사태 발생 억제 효과를 할 수 있지만 그와는 반대로 식

생의 자중이 증가함에 따라 오히려 하중 역할을 하여 산사태 발생을 촉진 시킬 수도 있다고 추측된다.

임상은 크게 임목지와 무림목지, 제지로 구분된다. 임목지에서는 수종과 임상으로 분류되는데 수종에는 소나무림, 소나무 인공림, 잣나무림, 낙엽송림 등으로 나뉘며 임상은 침엽수혼효림, 활엽수혼효림, 침활혼효림으로 나뉜다. 무림목지는 벌채적지, 미림목지, 황폐지 등으로 구분된다. 표 4는 토석류 발달 단계에 따른 임상의 면적분포를 나타낸 것이다. 발단부와 유하부에서는 소나무림 즉, 침엽수림이 가장 높게 나타났으며, 퇴적부 같은 경우 임목지가 아닌 '해당 없음' 지역이 대부분이어서 주로 임목지가 아닌 주거지역에 퇴적되거나 하천으로 유입되는 것을 확인할 수 있었다. 발단부의 경우 침엽수림이 압도적으로 많은 면적을 차지해 활엽수보다 취약하다는 결론을 얻을 수 있었다. 하지만 강원도의 대부분의 산림이 활엽수 보다는 침엽수 성격을 띠고 있기 때문에 절대적이라고 보기에는 다소 무리가 있다.

표 4. 토석류 발생 단계별 임상특성

구 분	발단부(m <sup>2</sup> )	유하부(m <sup>2</sup> )	퇴적부(m <sup>2</sup> )
소나무	313,600	378,600	100,700
낙엽송	78,900	141,000	15,600
침활혼효림	103,100	95,500	26,200
경작지	-	12,600	2,800
활엽수림	259,900	324,600	35,500
해당없음	-	63,000	117,100
활엽수인공림	18,300	3,100	700
소나무인공림	37,400	34,200	7,000
제 지	-	8,500	4,900
포푸라림	-	10,700	-



그림 6. 토석류 유하부 경급 데이터 중첩

표 3. 토석류 발생 단계별 경급 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	2.73	2.53	1.88
표준편차	0.72	0.98	1.47

영급은 수목을 수령에 따라 10년 주기로 1-6영급 까지 6단계로 구분해 놓은 것이다. 1영급에 가까울수록 수목의 수령이 적고 6영급으로 갈수록 수령이 높다. 표 5는 토석류 발달단계 별로 구분해 놓은 것이다. 분석을 용이하게 하기 위해 영급 속성이 없는 곳은 1, 1영급은 2, 그리고 6영급은 7로 변환 하여 평균 및 표준 편차를 산출하였다. 영급정보에서는 발단부가 가장 수령이 높게 나타났고 유하부, 퇴적부 순으로 나타났다.

표 5. 토석류 발생 단계별 영급 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	4.08	3.82	2.51
표준편차	1.37	1.71	2.15

밀도란 면적에 비례하여 수목의 수관 점유율을 A, B, C, 각각 세 등급으로 구분하여 나타낸 것이다. 분석을 용이하게 하기 위해 밀도 속성이 없는 곳은 1, 소밀도는 2, 중밀도는 3, 고밀도는 4로 하여 평균 및 표준편차를 산출하였다. 밀도는 발단부와 유하부가 고밀도에서 중밀도 사이로 퇴적부는 중밀도에서 소밀도 사이의 값을 보였다. 이 같은 결과는 토석류가 퇴적되는 지점이 대부분 하천이나 민가가 위치하고 있는 소밀도 또는 밀도 속성이 없는 지역이 많이 분포하여 밀도가 낮게 나온 것으로 판단된다.

표 6. 토석류 발생 단계별 밀도 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	3.32	3.29	2.80
표준편차	0.65	0.67	0.78

### 3.3 토양인자

토양에 관련 인자로는 유효토심, 토양모재, 표토토성, 배수등급, 침식등급을 농촌진흥청(홍토람)에서 제공되는 토양도를 이용하여 분석을 해보았다.

유효토심이란 작물의 뿌리가 땅속으로 충분히 뻗을 수 있는 깊이이다. 즉, 굳은 토층까지의 거리를 말한다. 유효토심은 깊이에 따라 매우얇음(<20cm), 얇음(20-50cm), 보통(50-100cm), 깊음(>100cm)으로 구분된다. 표 6은 토석류 발생 단계별 유효토심 특성을 나타낸 표이며 분석을 용이하게 하기 위해 매우얇음은 0, 얇음은 1, 보통은 2, 깊음은 3으로 하여 평균 및 표준편차를 산출하였다. 유효토심은 토심의 정의와 같이 토심이 깊을수록 수목의 뿌리가 깊게 들어갈 수 있기 때문에 상당한 도움이 될 수 있다고 생각한다. 덕산리 지역에서의 유효토심은 발단부에서 가장 얇았으며 유하부 퇴적부 순이었으나 전체적으로는 얇은 토심을 보였다. 강원도 산지 대부분의 토석류 발생현상이 단단한 토층 또는 암반지대와 상부의 얇은 토층간의 수막현상으로 인하여 발생하는데 이 지역 또한 얇은 토심을 가지고 비슷한 현상으로 인한 산사태 발생으로 추측할 수 있었다. 발단부로 갈수록 토심이 낮아져 토심이 최초 발생에 영향

을 줄 수도 있다고 판단할 수 있었다.

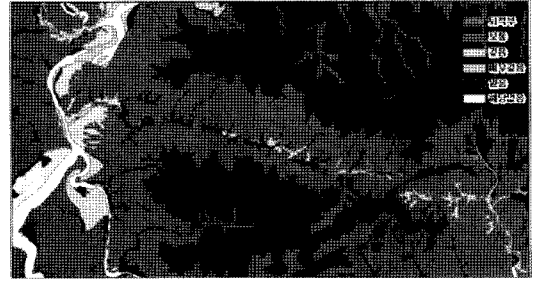


그림 7. 토석류 퇴적부 유효토심 데이터 중첩

표 7. 토석류 발생 단계별 유효토심 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	1.54	1.61	1.63
표준편차	0.49	0.49	0.58

토양모재란 토양이 생성됨에 있어 모재가 된 암석이나 지층을 말한다. 토양 모재의 종류에는 변성암, 산성암, 염기성암, 제3기층, 제4기층, 중성암, 퇴적암 등이 있다. 표 8은 토석류 발생 단계에 따른 표토토성 면적분포를 나타낸 표이다. 분석결과 발단부, 유하부, 퇴적부 모두 산성암에 가까운 데이터를 보여 변성암과 제4기층 보다는 산성암 즉, 화성암 계열이 산사태 발생에 취약하다고 판단 할 수 있었다.

표 8. 토석류 발생 단계별 토양모재 특성(m<sup>2</sup>)

구 분	발단부(m <sup>2</sup> )	유하부(m <sup>2</sup> )	퇴적부(m <sup>2</sup> )
산성암	657,900	360,200	1,160,900
변성암	188,900	41,800	74,100
제4기층	-	-	200

표토는 흙의 표면에서 약 15cm미만의 토양을 말하며 표토를 대상으로 점토, 모래, 미사를 함량에 따라 나눈 것을 표토토성이라고 한다. 표 9는 토석류 발생 단계별 표토토성 특성을 나타낸 표이다. 분석을 용이하게 위해 사양토는 0, 양토는 1, 해당 없음은 7로 하여 각각의 항목에 대하여 분석하였다. 발단부, 유하부, 퇴적부 모두 사양토에 가까운 흙의 성질을 가진 흙이 많았다. 일반적으로 점토질, 실트질 성분이 산사태에 취약한 것으로 알려져 있으나 대상구역의 대부분이 사양토 특성을 가지고 있어 사양토가 산사태

발생과 연관성이 높다고 판단하기에는 다소 무리가 있다.

표 9. 토석류 발생 단계별 표토토성 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	0.43	0.33	0.21
표준편차	0.49	0.47	0.45

배수등급이란 토양이 물에 불포화 되는 지속기간이나 빈도를 나타내는 것으로서 이는 물의 유거, 투수성 및 내부 배수와 관련된다. 배수등급은 등급에 따라 5가지로 분류되며 매우양호 할수록 지하수위가 낮고 배수가 빨리 된다. 표 10은 토석류 발생 단계별 배수등급 특성을 나타낸 것이다. 분석을 용이하기 위해 각각의 변수 주었으며 매우양호가 0, 양호가 1, 약간양호가 2, 약간불량 3, 해당 없음이 6으로 하여 분석하였다. 배수등급의 분포는 발단부와 유하부 경우는 매우양호 하였으며 퇴적부는 양호 등급으로 볼 수 있었다. 배수등급에 대해 분석하면 배수등급이 높을수록 즉, 배수가 잘될수록 산사태에 더 취약하다고 나타나 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석기법을 이용한 산사태 분석(채병곤, 2009)에서의 연구결과와 동일하게 나타났다. 이는 배수 즉, 투수성이 양호하면 토층이 더 쉽게 포화되어 하중이 증가될 뿐만 아니라 물이 더 빠르게 경계부에 도달함으로써 파괴 요인으로 작용될 수 있는 것으로 생각된다.

표 10. 토석류 발생 단계별 배수등급 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	0.05	0.21	0.69
표준편차	0.21	0.44	0.91

침식이란 물, 바람, 중력에 의해 토양이 유실되는 정도를 표시한 것이다. 침식은 토양의 표면에서 15-20cm 이내의 표층에서 일어나며 침식등급의 기준 또한 표층의 손실여부를 따져 구분한 것이다. 침식등급은 표토의 유실량이 25% 이하이거나 표층토의 두께 15cm 이상일때 없음, 표토의 유실량이 25-75% 이하이거나 표층토의 두께 12cm 이상일때 있음, 표토의 유실량이 75% 이상 일때 심함, 토양단면이 대부분 파괴된 상태를 매우심함으로 분류한다. 덕산리 유역에서는 비교적 침식 등급이 낮은 없음과 있음이 분포해 있었다. 표 11은 토석류 발생 단계별 침식등급 특성을

나타낸 표이다. 각각의 변수는 있음이 0, 없음이 1, 해당없음 3, 으로 평균 및 표준편차를 산출 하였다. 발단부, 유하부, 퇴적부, 모두 침식등급의 있음에 더 가까워 이는 표토의 침식으로 인한 표토의 두께 감소가 토석류 발생에 영향을 준다고 판단할 수 있었다.

표 11. 토석류 발생 단계별 침식등급 특성

구 분	발단부	유하부	퇴적부
평균	0.45	0.46	0.58
표준편차	0.50	0.5	0.50

#### 4. 결론

본 연구는 2006년 7월 12일부터 16일 까지 4일간 국지적 집중호우로 인한 강원도 인제군 인제읍 덕산리 지역에 발생한 토석류의 발생 원인을 파악하고 지형학적(DEM, 경사도), 임상학적(임상, 경급, 영급, 밀도), 토양학적(유효토심, 토양모재, 표토토성, 배수등급, 침식등급)현황 및 분석을 하였다.

첫째, 지형학적 분석결과 고도는 발단부 690 m, 유하부 643 m, 퇴적부 460m 이었다. 경사도는 발단부 36°, 유하부 26°, 퇴적부 21°로 36° 정도의 경사에서 산사태가 발생하여 26° 경사도에서는 흐름으로 진행하다가 21° 경사 아래에서는 더 이상 흐름으로 진행하지 못하고 퇴적하기 시작한다는 결론을 얻을 수 있었다.

둘째, 임상학적 분석결과 토석류 발생 단계별 임상 면적에서 발단부에서는 소나무, 활엽수림, 침활혼효림 순으로 높게 나타났고 경급정보는 중경목, 영급정보는 4영급, 밀도에서는 고밀도를 보였다. 유하부에서는 전체적으로 고르게 나타났지만 역시 소나무, 활엽수림, 그리고 다음으로 낙엽송 순으로 나타났고 경급은 중경목, 영급은 3영급, 밀도는 고밀도로 나타났다. 퇴적부에서는 임상정보가 해당 없음, 소나무 순으로 경급정보가 소경목, 영급은 2영급, 밀도는 고밀도로 나타났다.

셋째, 토양학적 분석결과 발단부의 유효토심은 얇고 토양모재는 산성암이며, 표토는 사양토, 배수등급이 매우 양호, 침식등급은 있음이었다. 유하부의 유효토심은 보통, 토양모재는 산성암이며, 표토는 사양토, 배수등급은 매우양호, 침식등급은 있음에 가까웠다. 퇴적부의 유효토심은 보통, 토양모재는 산성암, 표토는 사양토, 배수등급은 양호, 침식등급은 없음에 속했다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호# '08지역기술혁신 B-01)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 김경수 (2007) 산사태 지역사면의 지질별 토질특성 및 상관관계 분석, *대한지질공학회지*, *대한지질공학회*, 제 17권, 제 2호, pp. 205-215.
- 김태환 (2006), GIS를 이용한 산사태 위험지역 추출 기법, 석사학위논문, 강원대학교, pp. 1-3.
- 손정우, 김경탁, 이창현, 최철웅 (2009), 항공사진과 GIS를 이용한 인제 지역 산사태 분석, *한국지형공간정보학회지*, *한국지형공간정보학회*, 제 17권, 제 2호, pp. 61-69.
- 양인태, 천기선, 박재훈 (2006), GIS와 AHP를 이용한 산사태 취약지 결정 및 유발인자의 영향, *한국지형공간정보학회지*, *한국지형공간정보학회*, 제 14권, 제 1호, pp. 3-12.
- 장동호, 박노옥, 지광훈, 김만규, CHUNG, Chang-Jo F (2004), GIS기반 베이지안 예측모델을 이용한 보은지역의 산사태 취약성 분석, *한국지형공간정보학회지*, *한국지형공간정보학회*, 제 11권, 제 3호, pp. 13-23.
- 전근우, 송동근, 이진호, 김민식, Tsugio-Ezaki (2009) 2006년 강원도 평창지역 산사태지에 있어서 강우, 식생 및 모암특성과 산사태 발생, 2009년 성과 및 춘계학술 발표회, *한국지반환경공학회*, pp. 342-347.
- 차경섭 (2006), 역학적 기법과 지리정보시스템을 이용한 산사태 위험지 예측, *대우건설기술*, pp. 27-37.
- 채병곤, 조용찬, 송영석, 서용석 (2009), AHP 분석기법을 이용한 급경사지재해취약성 평가표개발, *대한지질공학회지*, *대한지질공학회*, 제 19권, 제 1호, pp. 99-108.
- 최경 (1986), 한국의 산사태 발생요인과 예지에 관한 연구, 박사학위논문, 강원대학교, pp. 1-5.
- 최은영 (2010), GIS를 이용한 한국형 산사태 원인 분석, 석사학위논문, 공주대학교, pp. 13-23.

(접수일 2011. 01. 09, 심사일 2011. 02. 17, 심사완료일 2011. 02. 21)