

sinmap을 활용한 산사태 위험도 평가

A study on the Debris Flow Hazard Evaluation using sinmap

이 근 백* · 윤 홍 식** · 김 태 윤***

Lee, Geun-baek · Yun, Hong-Sic · Kim, Tae-Yun

요 약

자연재해는 전 세계적으로 몇 조원에 이르는 피해를 주고 있으며 근래에는 기후변화로 인한 이상기후 현상으로 집중호우의 빈도가 증가하고 있으며 홍수, 산사태 토석류 등 발생빈도가 늘어나고 있는 추세이다. 최근 2011년 서울에서 발생한 우면산 토석류의 피해와 강원도 일부 지역의 피해로 인해 많은 피해가 일어났으며, 국가에서는 산사태 피해를 최소화하기 위해서는 장기적으로는 위험한 지역에 구조물을 설치하는 등 예방사방을 실시하고, 단기적으로는 위험요소의 제거와 위험지역의 예측을 통한 경계피난체제를 철저히 할 필요성이 강조되고 있는 실정이다. 특히, 강원도는 산지로 이루어져 있으며, 매년 집중호우나 태풍이 지나간 다음, 많은 양의 강우량으로 인해 산길을 지나는 도로에 토석류로 인해 길이 막혀 이동이 불가능 하게 되거나 산지 아래에 있는 건물이 산에서 쓸려서 내려오는 토사와 나무에 의해 파괴되어 물질적인 피해를 입는 영상이 뉴스를 통해 많이 접하고 있다. 본 연구에서는 토석류에 대한 전반적인 특성을 설명하고 체계적인 관리가 필요하다. 연구 지역은 춘천지역을 대상으로 SINMAP 모델 기법의 조도계수와 특성을 고려한 위험지도를 작성하였고 산사태 일부 지역에 대한 위험도 평가를 하였다..

keywords : sinmap, 위험지도, 토석류

1. 서 론

리나라는 1970~1980년대를 기점으로 급격한 산업화를 시작으로 엄청난 성장을 하였다 그러나 환경적인 영향을 고려하지 않은 무차별한 산업화로 인해 자연재해로 인한 피해는 점차 증가하고 있다. 특히 2000년대 산업화의 영향은 '기후의 변화'형태로 다가 왔으며 특히, 자연재해 중 태풍, 홍수와 같은 수문학적인 요인에 의한 피해는 수십억에서 수십조가 될 만큼 엄청난 피해를 주고 있다. (녹성장위원회 2010) 그리고 그 중 산사태는 태풍, 홍수가 발생할 때 발생확률이 급격히 증가하며, 형태적, 물리학적으로 변화하여 논, 밭, 건물 등 재산에 엄청난 피해와 함께 사람들을 사망에 이르게 까지 한다.

산사태란 집중호우나 지진, 화산폭발, 눈사태 등의 원인에 의하여 산지의 급사면을 구성하는 물질이 하부로 급격히 이동하는 현상을 말하며 우리나라의 경우 2007년도 이후 산사태가 발생은 평균 300건 이상으로 나타났으며, 태풍의 경우는 매미(2003)1200건 이상, 아웨니아(2011)824건 이상으로 평년보다 최고 5배 이상 많은 것으로 나타났다.(통계청 2016) 그리고 우리나라는 기존 산사태 발생 시기 자료(1987~2009)를 분석한

* 정희원 · 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수 yoonsh@skku.edu

** 학생회원 · 성균관대학교 방재안전공학협동과정 석사과정 lmn8456@naver.com

*** 학생회원 · 성균관대학교 측지정보학과 석/박사 통합과정 taeyoon@skku.edu

결과 산사태 발생개소수가 장마기간(7월 이전) 보다 여름철 태풍 및 국지성 집중호우(8월 이후)기간에 약 2.6 배 많으며, 전체 산사태 피해의 73%가 이 기간에 집중되고 있는 것으로 나타났다. 그리고 급격한 기후변화로 인해 수백mm 의 국지성 폭우가 발생하여 강우강도가 엄청난 극단적인 현상이 증가하고 있다. 산림청에서는 ‘산사태위험지관리시스템’ 을 운영하고 있으나 이와 같은 산사태의 빈도와 피해를 고려해 볼 때 산사태의 여러 분야별 요소에 의한 다각적인 원인 분석이 필요하다. 산사태 발생 가능성 및 위험성 평가를 통하여 산사태 발생 가능성이 높은 지역을 선정하여 산사태로 인한 피해를 최소한으로 줄일 수가 있다.(김경수 등, 2006)그리하여 본 논문은 공학적 기법을 활용한 sinmap을 활용하여 발생 위치의 정확도와 범위오차를 최소화한 위험도 지도를 작성하고 평가를 실시하였다.

2. 본론

2.1 산사태 정의

산사태는 지각운동이나 파쇄대가 많은 지역에서 지형, 지질 등 불안정한 조건 하에서 집중 호우나 폭설, 또는 태풍과 같은 환경적 영향에 의해 발생된다. 그러므로 산사태는 자연사면 자체에 취약성이 있는 지형에서 발생한다. 따라서, 산사태의 발생 원인은 자연적 요인과 인공적 요인으로 나눌 수 있으며 그 중, 자연적 요인 중 직접 요인은 강우, 지진으로 구분 가능하며 간접적 요인으로는 지형, 지질 토양 임상 등으로 구분이 가능하다. 인공적 요인은 인간의 인위적인 활동으로 발생하는 모든 요인을 의미한다.(이사로,2000) 산사태가 과거보다 더욱 부각이 되는 이유는 우리나라의 급속한 산업화로 인한 안정한 사면의 불안정화가 일어났으며 산사태가 일어날 좋은 환경을 제공하였기 때문이다. 따라서, 자연 순응에 의해 안정화가 일어나는 과정에서 일어나는 산사태와 인위적인 것에 의한 산사태로 나눌 수 있다.(김판구, 2012) 산사태의 발생은 산비탈면 속에는 흙과 암반의 경계부분이 있는데 비가 많이 오면 빗물을 담을 수 있는 흙 속의 공간에 물이 차게 되고 암반 위의 흙은 비탈면 아래로 미끄러지게 된다. 즉, 산사태는 물이 경계면에서 유희유 역할을 하여 암반 위의 흙이 무너지는 것입니다. 산사태의 붕괴형태에 의한 유형을 구분하면, 수지상, 패각상, 려상, 설상, 선상, 판상 등 6가지로 나누어지며, 그 유형에 따라 발생예상지역과 그 피해 범위 예측이 차이가 난다. (농림부 2008).

표 1. 산사태 발생 형상 (농림부)



분류	모양
수지상(손가락형)	
패각상(조개형)	
려상(툼날형)	
설상(혀형)	
선상(막대형)	
판상(판자형)	

표2 산사태 유발 요인 (이사로, 2000)

산사태 유발 요인	자연적 요인	직접요인	
		강우	강우강도, 선행강우량, 연속 강우량
		지진	지진 강도, 파장
	간접요인	지형	경사, 경사방향, 경사모양
		지질	지질구조, 암반성분
		토양	토양구조, 배수상태
		임상	임상종류, 임상밀도
	인공적 요인	결토, 성토, 광산 개발 등	

2.2 토석류 해석 모델

SINMAP은 영역의 안정성을 평가하여 도식화하는 프로그램으로서 지표에서 발행하는 토석류(debris flow)에 적용되며, 심층부의 불안정성에는 적용이 되지 않는 프로그램이다. 이는 수리적 안정 상태를 무한평면사면 안정모델과 접합시켰다는 데에서 Montgomery and Dietrich(1994)가 제시한 방법과 유사하다.

$$F_s = \frac{C_r + C_s + \cos^2\theta [\rho_s g (D_s - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g) D_w] \tan\phi}{D_s \rho_s g \sin\theta \cos\theta}$$

C_r = 식생뿌리의 접착력(N/m²), C_s = 흙의 접착력(N/m²) , θ = 경사도, ρ_s = 습윤상태 흙의 밀도 (kg/m³), ρ_w = 물의 밀도(kg/m³) g = 중력가속도(9.8 m/s²) D = 토양층의 깊이 (m), D_w = 토층내 지하수의 깊이(m) ϕ = 흙의 내부 마찰각(°)이다.

토층의 깊이를 변환하여 식을 다시 표현하면 아래의 식으로 표현 할 수 있다.

$$FS = \frac{C + \cos\theta(1 - wr)\tan\phi}{\sin\theta}$$

이 식에서, $C = (C_r / C_s) / (D \rho_s g)$: 복합 접착력(Combined cohesion), $w = D_w / D = h_w / h$ 상대적 습윤지수(Relative wetness) $r = \rho_w / \rho_s$: 토양 함수율 이다.

이러한 식에서 사면의 배수특성과 관련하여 변형을 하면 아래의 식과 같다. 이 식은 SINMAP의 사면 안정 계수(Stability Index, SI)를 정의하기 위해서 사용된다.

$$FS = \frac{C + \cos\theta [1 - \min(R/T \cdot a/\sin\theta, 1)r] \tan\phi}{\sin\theta}$$

이러한 식을 통해 SINMAP의 결과물로서 결과물의 안정지수로서 도출된다. 식에서 도출된 값은 일정한 condition에 따라서 구분된다. 값은 수치적으로 정확하게 해석된 값이리기보다도 상대적인 위험성을 표시하는 지표이다.

표3. SINMAP 평가 지표

condition	class	Predicted state	Passible influence of factors not modeled
SI > 1.5	1	Stable slope zone	Significant destabilizing factors are required for instability
1.5 > SI > 1.25	2	Moderately stable slope zone	Moderate destabilizing factors are required for instability
1.25 > SI > 1.0	3	Quasi-stable slope zone	Minor destabilizing factors could lead to instability
1.0 > SI > 0.5	4	Lower threshold slope	Destabilizing factors are not required for instability
0.5 > SI > 0.0	5	Upper threshold slope	Stabilizing factors may be responsible for stability
0.0 > SI	6	Defended slope zone	Stabilizing factors are required for stability

2.3 DEM(Digital Elevation Model)

본 연구의 기반이 되는 지형자료는 항공 Didar 데이터는 국토정보 지리원에서 제공하는 자료를 기반으로 제작하였으며, 수치표고모델(DEM, Digital Elevation Model)은 공간상 연속적인 실제 지형의 기복을 점, 선 형태로 취하여 구조화한 입체모델이다. 수치표고모델은 지형(또는 대상체)을 이미지 또는 수학적형으로 표현한 것으로 대상지역 내에서 추출한 임의의 3차원 좌표를 처리하여 지표의 기복을 기하학적 관계로 재현함으로써 지형을 수치적으로 해석하기 쉽게 구조화한 것이다. 수치표고모델에 대한 최초의 이론 및 응용에 대한 연구는 1958년 미국 C.L. Miller가 도로설계에서 대체노선평가와 토공량 산정에 적용하는데서 부터 유래된다. 1960년대에는 각종 보간법을 이용한 수치표고모델 프로그램이 개발되었고 1970년 전후로 택지조성, 노선이나 댐의 계획 및 설계 등에 이용되고 있다. 정사영상(正射影像, Orthoimage)은 항공사진촬영을 통해 획득한 영상 정보와 수치표고모델을 이용하여 지형의 기복을 보정한 영상지도이다.

2.4 SINMAP 변수 설정

sinmap은 무한사면안전 모델을 통하여 사면의 경사와 면적을 기반으로 한 안전등급을 5단계로 분류하여 표현한 모델로서 Park(1995)는 수리적모델과 무한사면 안전모델을 결합하여 사면안전분석을 위한 SINMAP을 Arcgis 9.3의 tool로서 개발하였다. 그에 따른 sinmap에서 적용되는 변수는 중력가속도, 물의 밀도 토양 밀도가 있으나 이 변수는 고정으로 적용한다. 그리고 변수에 따른 변화가 되는 변수는 T/R, 복합적 점착력, 토양 내부 마찰각이 있으며, 춘천의 지역 특성에 따른 변수 설정을 하여 값을 정한 후 위험지도를 작성하였다.

T/R (Lower Bound)	50
T/R (Upper Bound)	200
Cohesion (Lower Bound)	0.1
Cohesion (Upper Bound)	0.23
Phi (degrees) (Lower Bound)	35
Phi(degrees) (Upper Bound)	40
Soil Density (kg / m ³)	2000

그림 1 Calibration Parameter Inupt 설정

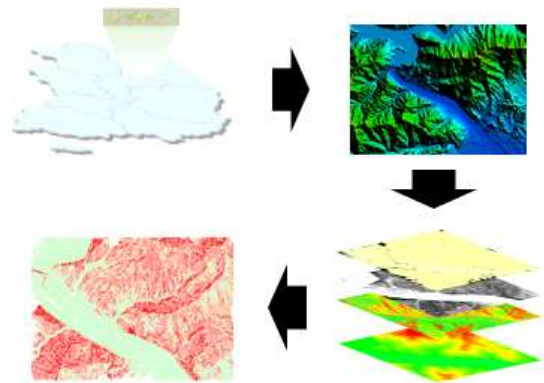


그림 2 SINMAP을 통한 위험지도 결과 도출 과정

3. 결론

연구 지역은 춘천의 서면 지역을 대상으로 설정하였으며, 그 결과는 아래 그림3과 같다. defened 값은 결과를 토출할 수 없는 지역으로 표시가 되지 않으며 가장 위험하다고 표시되는 지역은 가장 색이 뚜렷한 Upper Threshold 지역으로 산을 주변으로 고르게 분포가 되어 있으나 그 값의 양이 많지 않으며 설정한 지역 전체의 15% 정도를 차지하고 있으며 그 주변 지역은 깊은 곳으로 많은 양의 비로 인한 토석류가 일어나지 않는다면 인근 마을에 피해가 가지 않을 것으로 판단된다.

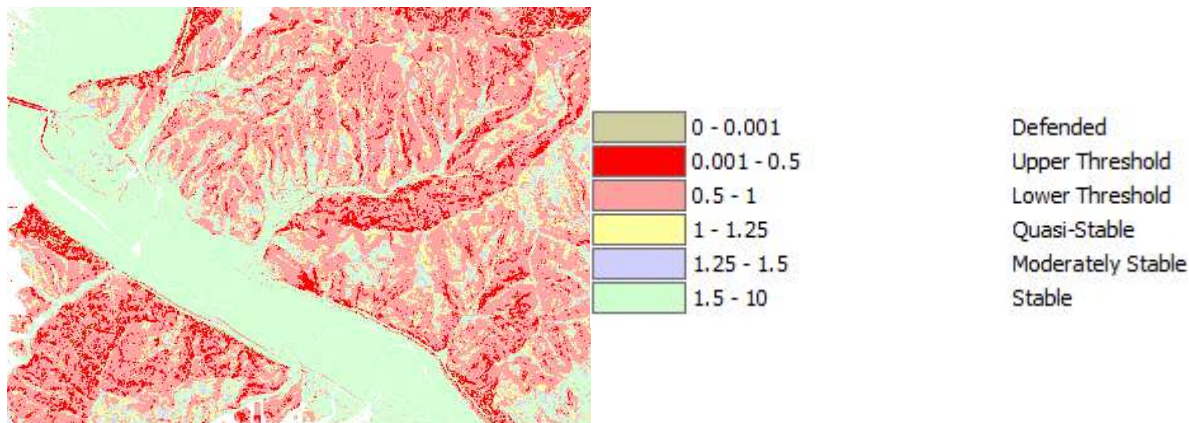


그림 3 SINMAP을 통한 결과값 도출

감사의 글

본 연구는 국민안전처장관의 방재안전분야 전문인력 양성사업으로 지원되었습니다.

참고문헌

김 영 (2013) SINMAP 모델을 이용한 장성군의 산사태 취약성 분석, 전남대학교 석사 학위 논문
 오채연 (2013) GIS를 이용한 산지재해 위험성 평가기법 연구, 강원대학교 박사 학위 논문
 박노옥 (2005) 산사태 취약성 분석을 위한 GIS기반 확률론적 추정 모델과 모수적 모델의 적용, 자원환경지질 제 38권, 제 1 호, 45-55
Cascini, L. (2008), Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales. Engineering Geology 102 (3 - 4), pp. 164 - 177.
Chung, C. (2008), Predicting landslides for risk analysis - Spatial models tested by a cross-validation technique. Geomorphology 94 (3 - 4), pp. 438 - 452.
Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996), Landslide types and processes. In: Turner, A. K. and Schuster, R. L., Edit. Landslides, Investigation and Mitigation (Special Report). Washington, D.C., USA, National Research Council, Transportation and Research Board Special Report 247, pp. 36 - 75.

