

GIS를 이용한 우면산 토석류 지형인자 분석

Analysis of Topographical Factors in Woomyun Mountain Debris Flow Using GIS

이한나¹, 김기홍^{2*}

Hanna Lee¹, Gihong Kim^{2*}

〈Abstract〉

A number of investigations and studies have been conducted in various fields regarding the sediment disasters of Mt. Woomyeon that occurred in July 2011. We collected and compared the topographic information of the general points where debris flows did not occur and the collapse points where the debris flow occurred in order to find out the characteristics of the collapse points in Woomyeon mountain. The collected topographic information is altitude, curvature, slope, aspect and TPI(topographic position index). As a result of comparison, there were relatively many collapse points at an altitude of 210m to 250m, and at a slope of 30° to 40°. In addition, the risk of collapse was low in a cell where the curvature was close to 0, and the risk was higher in concave terrain than in convex terrain. In the case of TPI, there was no statistical difference between the general points and the collapse points when the analysis radius was larger than 200m, and there was a correlation with the curvature when the analysis radius was smaller than 50m. In the case of debris flows that are affected by artificial structures or facilities, there is a possibility of disturbing the topographic analysis results. Therefore, if a research on debris flow is conducted on a mountain area that is heavily exposed to human activities, such as Woomyeon mountain, diversified factors must be considered to account for this impact.

Keywords : GIS, Debris Flow, Topographical Characteristics, Collapse Point

1 주저자, 강릉원주대학교 공간정보협동과정 박사과정

2* 교신저자, 강릉원주대학교 토목공학과 교수

E-mail: ghkim@gwnu.ac.kr

1 Spatial Information Cooperative Program, Gangneung-Wonju National University

2* Dept. of Civil Engineering, Gangneung-Wonju National University

1. 서론

2011년 여름에 발생한 서울 우면산 토석류는 우리 사회에 큰 충격을 준만큼 관련 연구도 폭넓게 이루어졌다. 우면산 토석류를 중심으로 하는 방재 시스템과 재난대응 시스템에 대한 연구가 다수 수행되었으며[1,2], 다양한 방법으로 토석류 경로를 모의하여 피해 범위를 예측하는 연구도 수행되었다[3,4]. 한편으로는 산지 지형 정보를 이용하여 안전도 또는 토사재해 발생 위험도를 예측하는 기법에 대한 연구도 다수 수행되었다. 우면산 지역에 무한안정사면기법을 이용하여 사면안정을 해석한 연구가 수행되었다[5]. 그 결과에 따라 격자의 안전율을 4개 등급으로 구분하였고, 절개지와 산지 정상 부분에 불안정 지대가 집중적으로 분포하는 것을 확인하였다. 항공사진, 수치지형도, DEM을 중첩분석하여 토사재해 전조형상을 파악한 연구에서는 미지형을 판독하기 위한 판독인자를 선정하였으며, 판독인자와 토사재해의 관련성을 확인하였다[6]. 산사태 발생지점 지형에 대한 연구에서는 경사도, 경사향, 고도, 곡률의 각 구간별 산사태 발생 빈도를 분석한 연구사례가 있다[7].

본 연구에서는 토석류 발생부와 토석류가 발생하지 않은 일반부에서 각각의 고도, 곡률, 경사도, 경사향, TPI(topographic position index) 분포를

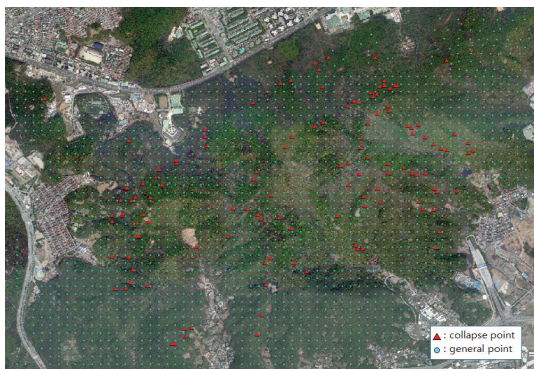


Fig. 1 Study area and selected points

분석하여 비교하였다. 이를 통해 우면산 일반 지형과 토석류 발생지점 지형의 차이를 알아보고, 어떤 지형에서 토석류가 발생할 가능성이 높은지 살펴보았다. 개략적으로 정규분포를 따르는 TPI의 경우 발생부와 일반부의 분포가 통계적으로 유의한 차이가 있는지 검토하였다.

2. 연구대상지역

2011년 7월 폭우로 인해 토석류가 발생한 우면산 전체가 연구 대상 지역이다. Fig. 1과 같이 우면산 전체에서 일정 간격으로 임의의 점을 생성한 뒤 토석류 발생지점과 인접한 지점을 제외하여 1868개 토석류 미발생지점에 대한 지형 정보를 수집하였다. 이를 130개 토석류 발생지점의 지형 정보와 비교하고 분석하였다. 분석 대상 지형 정보는 고도, 곡률, 경사도, 경사향, TPI이다.

3. 지형 분석

토석류 발생지점과 미발생지점에 대해 각 지형 요소를 일정 간격으로 나누어 히스토그램을 작성하고 이를 비교하였다. 토석류 발생지점과 미발생지점의 수가 서로 다르므로, 비교하기 쉽도록 세로축을 비율(%)로 나타내었다.

3.1 고도

Fig. 2는 토석류 발생지점과 미발생지점의 고도를 10m 간격으로 나누어 작성한 히스토그램이다. 파란 선은 미발생지점들의 고도 분포를 보여준다. 고도가 90m~130m인 지점들의 비중이 높다. 붉은 선은 토석류 발생지점들의 고도 분포인데, 210m~250m의 고도를 갖는 지점이 많은 것이

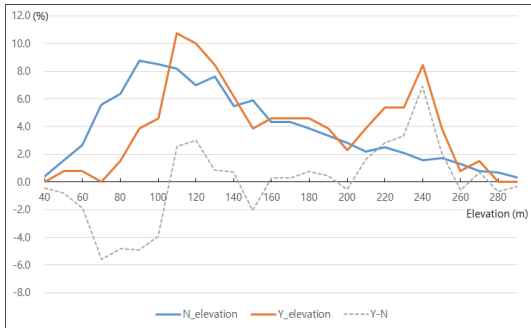


Fig. 2 Elevation of points

미발생지점과 크게 다른 점이다.

회색 점선은 각 고도 구간에서 토석류 발생지점 비율에서 미발생지점 비율을 뺀 값을 나타낸다. 이 값이 작은 구간에서는 토석류 발생 확률이 낮고, 값이 커질수록, 즉 회색 점선이 +방향으로 올라갈수록 토석류 위험이 큰 구간이라 할 수 있다.

3.2 곡률

세 가지 곡률 즉, 종방향 곡률(profile curvature), 횡방향 곡률(plan curvature), 총곡률(curvature)의 분포를 분석하였다. Fig. 3~5는 토석류 발생지점과 미발생지점의 세 가지 곡률을 2° 간격으로 나누어 작성한 히스토그램이다. 세 가지 곡률 모두 0에 가까운 값을 갖는 지점에서 토석류 발생 위험이 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 종방향 곡률은 -9%~5%, 7%~9% 구간의 위험도가 약간 높게 나타났다. 종방향 곡률이 음수이면 종방향으로 볼록한 지형, 양수이면 오목한 지형을 뜻한다. 횡방향 곡률은 -12%~-6%인 지점의 위험도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 횡방향 곡률이 음수이면 횡방향 즉, 경사방향에 수직인 방향으로 오목한 지형을 의미한다. 총곡률은 종방향 곡률과 횡방향 곡률을 조합하여 계산한다. 총곡률이 음수일 때, 즉 전반적으로 오목한 지형에

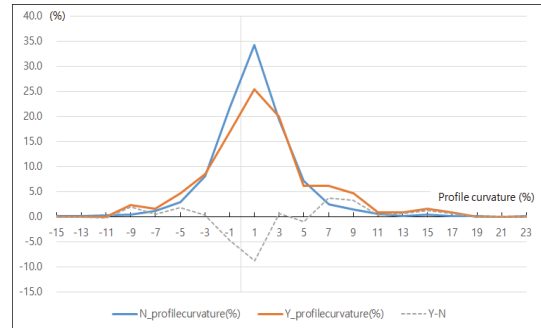


Fig. 3 Profile curvature of points

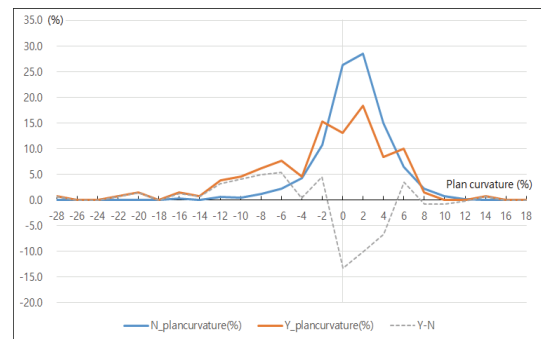


Fig. 4 Plan curvature of points

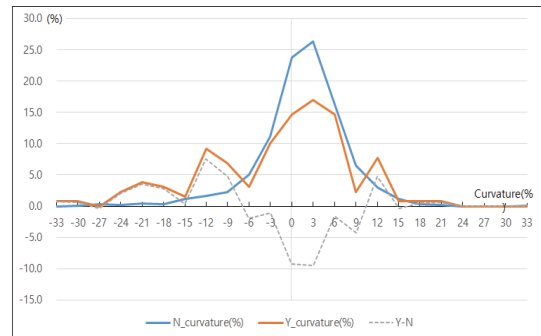


Fig. 5 Curvature of points

서 토석류 위험이 비교적 높은 것으로 나타났다.

3.3 경사도

Fig. 6은 토석류 발생지점과 미발생지점의 경사

도를 2° 간격으로 나누어 작성한 히스토그램이다. 경사도가 22° 이하인 구간은 안정적인 것으로 나타났다. 경사도 30° ~40° 구간에서는 토석류 발생지점의 비율이 높아서 토석류가 발생할 확률이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

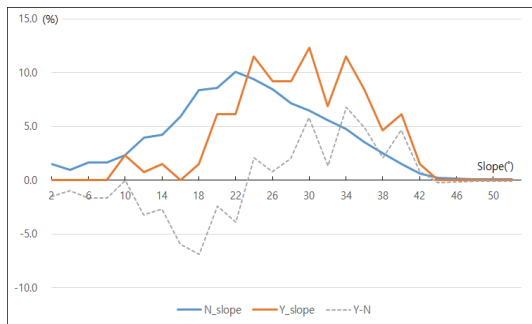


Fig. 6 Slope of points

3.4 경사향

경사향은 정북방향을 기준으로 하는 시계방향 각도로 표현되며, 0(정북방향)~359.99 값을 갖는다. 경사향을 도(degree)로 표현한 경우에는 토석류 발생지점과 미발생지점의 차이를 정리하기가 쉽지 않다. 경사향을 8방향으로 나누어 구간 평균을 비교하면(Fig. 7), 전반적으로 큰 차이는 없지만, 북서~북쪽 방향 사면에서 토석류 위험이 다소 높고, 북동~동쪽 방향 사면에서 위험이 다소 낮은 것을 볼 수 있다.

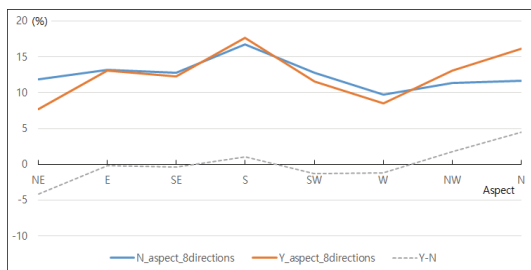


Fig. 7 Aspect(8-direction) of points

3.5 TPI

TPI는 어떤 픽셀의 고도값과 주변 픽셀들의 평균 고도값의 차를 나타내는 값이다[8].

따라서 TPI 값이 0에 가까우면 등경사면이나 평지라고 추측할 수 있고, 음의 값을 가지면 주변보다 고도가 낮은 지점임을 알 수 있다. 주변의 범위 즉, 분석 반경을 어떻게 정의하는가에 따라 TPI 값이 달라지기 때문에 일반적으로 TPI100, TPI200처럼 뒤에 분석 반경을 나타내는 숫자를 붙여서 표기한다. TPI300은 분석 반경이 300m란 뜻이다. TPI는 계산이 쉽고 지형의 특징을 직관적으로 표현해 준다는 장점이 있어서 토석류 연구에 많이 사용된다. 본 연구에서는 TPI25부터 TPI350까지 8가지 다양한 분석 반경의 TPI 분포를 조사하였다.

Fig. 8은 토석류 발생지점과 미발생지점의 TPI를 0.5 간격으로 나누어 각 분석 반경별로 작성한 히스토그램이다. 토석류 미발생지점의 TPI는 따라 0을 중심으로 정규분포에 가까운 분포를 보인다. 관심을 가져야 할 부분은 토석류 발생지점의 TPI이다. Fig. 8을 보면, 분석 반경이 커질수록 토석류 발생지점 TPI가 미발생지점 TPI와 비슷한 분포를 갖는다. 각 분석반경에서 토석류 발생지점과 미발생지점의 TPI 분포를 서로 같다고 볼 수 있

Table 1. Result of t-test for the general and the collapse points

TPI	t	p-value
TPI_25	8.606	.0000
TPI_50	8.846	.0000
TPI_100	5.347	.0000
TPI_150	3.086	.0021
TPI_200	1.728	.0842
TPI_250	0.777	.4370
TPI_300	-0.026	.9794
TPI_350	-0.704	.4813

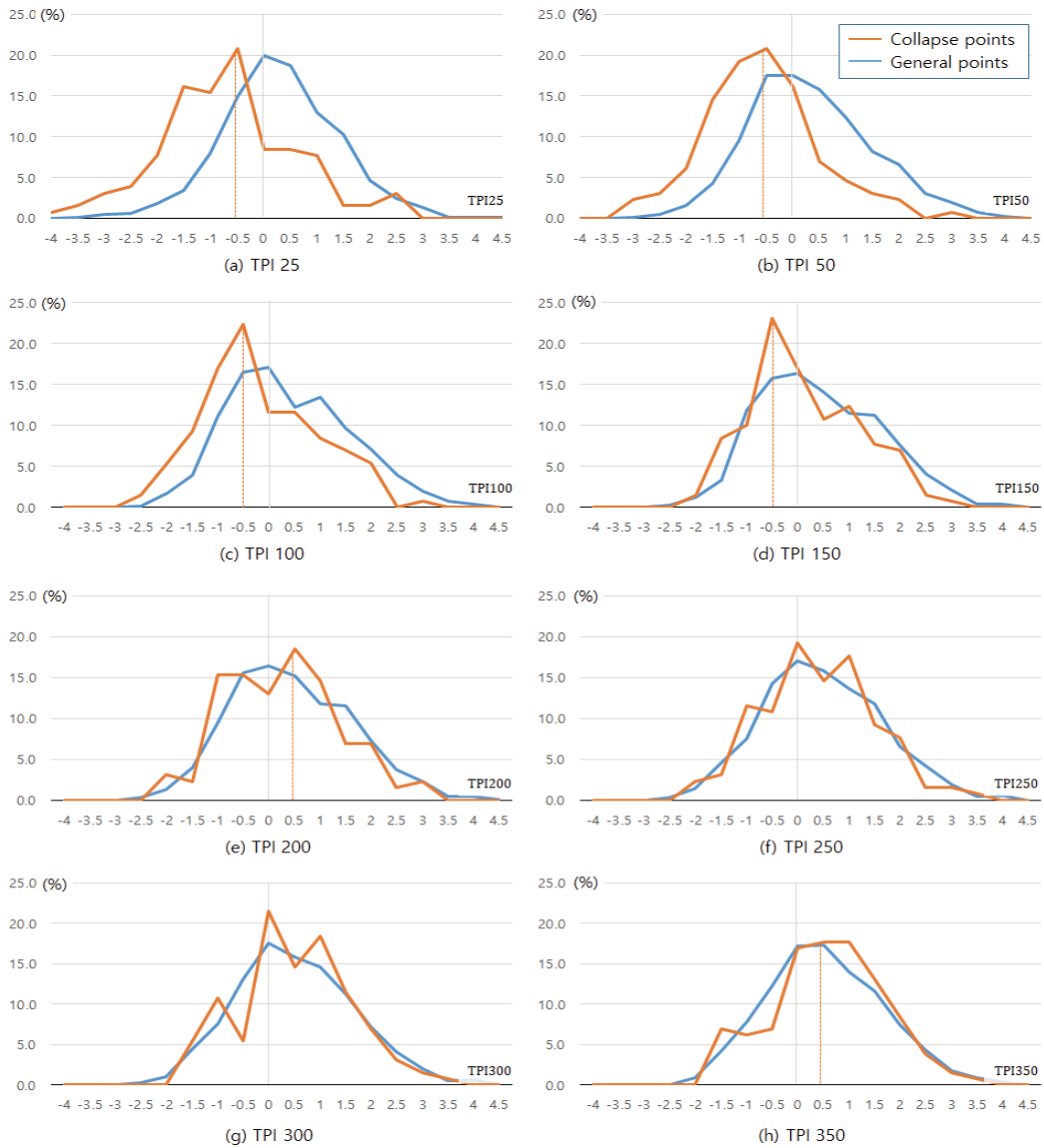


Fig. 8 TPIs of the general and the collapse points

는지 판단하기 위해 t-검정을 실시하였다(Table 1). 유의수준을 0.05로 설정하였을 때, 분석 반경 150m 이하의 TPI는 토석류 발생지점과 미발생지점에서의 분포가 서로 다르다고 할 수 있다. 그러나 분석 반경 200m 이상 TPI는 토석류 발생지점과 미발생지점에서 그 차이가 없는 것으로 간주할

수 있다. 분석 반경 150m 이하 TPI를 분석한 결과, TPI가 -0.5일 경우 토석류 발생 위험이 가장 높은 것으로 나타났다.

그러나 앞서 기술한 곡률에 따른 위험도 분석에서 총곡률이 음수(오목한 지형)일 때 토석류 위험도가 비교적 높게 나타난 점을 고려하면, 이러

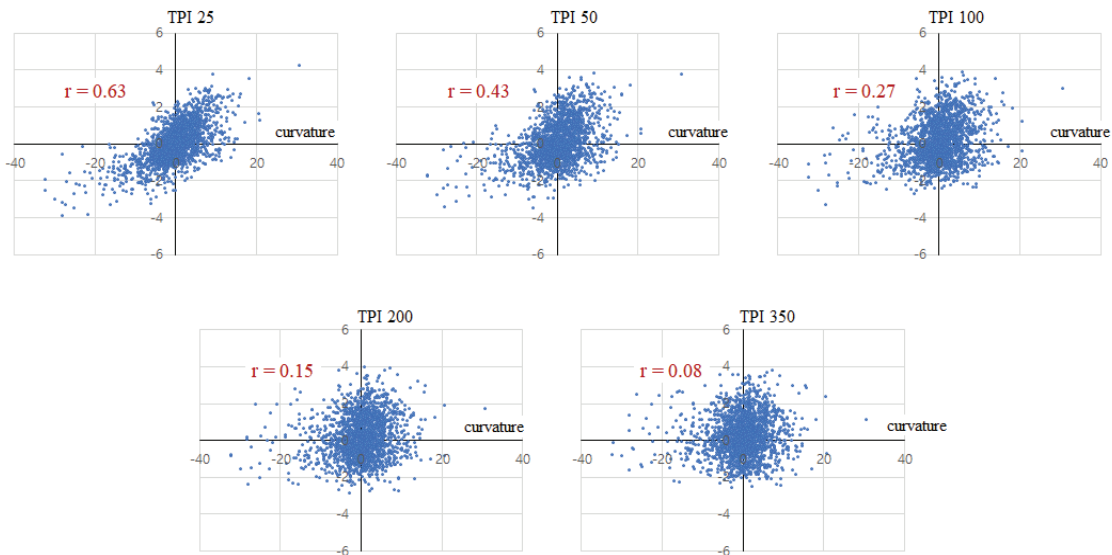


Fig. 9 Correlation between TPIs and curvature (r : correlation coefficient)

한 TPI 분석 결과에 독립적인 의미를 부여하기는 어렵다. 오목한 지형 자체가 인접 픽셀보다 고도가 낮음을 의미하기 때문이다. 따라서 총곡률이 음수인 지점에서, 분석 반경이 작은 TPI는 음의 값을 가질 확률이 높다. 총곡률과 TPI의 상관분석을 수행한 결과(Fig. 9), 분석 반경이 작을수록 곡률과 TPI 상관관계가 높았다.

4. 결론

우면산 토석류 발생지점과 미발생지점의 지형을 비교한 결과, 고도 210m~250m 구간에서 토석류가 비교적 많이 발생하였고, 경사도 30°~40° 구간에서 토석류 위험도가 높았다. 곡률이 0에 가까운 구간은 토석류 위험도가 낮았고, 볼록한 지형보다 오목한 지형에서 토석류 위험도가 높게 나타났다. 곡률과 분석반경이 작은 TPI는 서로 독립적인 인자가 아니다. 곡률은 중심 픽셀과 인접한

8개 픽셀 값만으로 계산하기 때문에 거시적인 주변 지형과 유의할만한 상관관계가 없을 것으로 예상하였으나, 분석반경이 50m 이하인 경우, TPI와 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

우면산은 인간의 접근이 활발한 곳으로, 공군부대, 철탑, 등산로, 약수터 등 인공 구조물이나 시설물이 많이 분포한다. 인공구조물이나 시설물의 영향을 받은 토석류의 경우 지형 분석 결과를 교란시킬 가능성이 있으므로, 우면산과 같이 인간 활동 영역에 많이 노출된 산지를 대상으로 토석류 관련 연구를 수행할 경우에는 다각적인 인자가 고려되어야 한다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF2017R1D1A1B06036077).

참고문헌

- [1] S. H. Ju, "The Construction Direction for Effective Disaster Management Governance - Focusing on Woomyeonsan Landslide", Korean Comparative Government Review, Vol. 16, No. 1, pp. 295-322, (2012).
- [2] S. Cho and J. Bae, "A study on Urban Disaster Management Using Network Analysis : Focus on Landslides on Umyeon Mountain", Journal of Social Science, Vol. 27, No. 1, pp. 291-309, (2016).
- [3] C. W. Lee, C. Woo and H. J. Youn, "Analysis of Debris Flow Hazard Zone by the Optimal Parameters Extraction of Random Walk Model", Journal of Korean Forest Society, Vol. 100, No. 4, pp. 664-671, (2011).
- [4] K. D. Oh, C. H. Lee, B. H. Kang, J. Y. Huh and S. B. Hwang, "A Methodology to Analyse Landslide and Debris-flow Hazards Due to Heavy Rainstorms - Application on the Damage Areas Around Woomyon Mountain", Crisisonomy, Vol. 9, No. 9, pp. 45-66, (2013).
- [5] G. H. Lee, S. R. Oh, D. U. Lee and K. S. Jung, "Analysis on Mt. Umyeon Landslide Using Infinite Slope Stability Model", Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference, pp. 737-741, (2012).
- [6] K. Y. Lee, K. N. Kim, S. J. Jang, G. B. Seo, B. S. Kim and K. W. Chun, "Study on the Prediction of the Shallow Failure-prone Sites by Using Digital Aerial Photos: on the Mt. Umyeon in Seoul City", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 16, No. 3, pp. 151-160, (2016).
- [7] S. M. Ko, S. W. Lee, C. Y. Yune and G. Kim, "Topographic Analysis of Landslides in Umyeonsan", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 32, No. 1, pp. 55-62, (2014).
- [8] A. D. Weiss, "Topographic Position and Landforms Analysis", ESRI User Conference, San Diego, CA, (2001).

(접수: 2020.08.14. 수정: 2020.08.29. 게재확정: 2020.09.04.)