

지상라이다 자료를 이용한 지형특성 및 관측위치에 따른 사면지형분석 Slope Terrain Analysis According to Geographical Feature and Survey Place Based on Terrestrial LiDAR Data

최승필* · 함주형** · 김문섭*** · 양인태**** · 김옥남*****

Choi, Seung Pil · Ham, Ju Hyoung · Kim Mun Sup · Yang, In Tae · Kim, Uk Nam

要 旨

본 연구에서는 서로 다른 지형조건을 가진 연구대상지역을 선정하고, 여기에 지상 라이다 장비를 서로 다른 위치에 설치하여 이 사면지형을 관측하여 얻어진 3차원 원시자료를 토대로 사면지형을 분석 하였다. 이를 위하여 아스팔트, 암반, 토사, 식생부분으로 이루어져 있는 연구대상 사면지형을 정면에서 30m 떨어진 곳에 지상라이다 장비를 설치하여 스캔간격 5mm로 5회 관측하여 얻어진 DEM자료에서 지형특성별로 사면지형을 분석하였다. 그리고 설치지점을 변경하여 관측하는 것이 관측결과에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되어 서로 다른 관측지점에서 얻어진 관측데이터간의 정확도를 검토하였다.

핵심용어 : 지상라이다, 사면지형

Abstract

In this study, subject areas with different topographic feature were selected for the purpose of measuring the slope terrain by setting Terrestrial LiDAR in different places. And the slope terrain was analyzed based on three-dimensional raw data obtained through the measurement of slope terrain. With DEM data obtained from five measurement instances with 5mm of scan interval by setting Terrestrial LiDAR on the site 30m away straight from the slope terrain consisting of asphalt, rock, soil, and plants, the slope terrain was analyzed according to topographic feature. In addition, in consideration of changes in setting location that might affect the measured result, this study reviewed the accuracy of measured data obtained from different measurement areas.

Keywords : Terrestrial LiDAR, slope terrain

1. 서 론

사면지형은 특성상 경사가 급하고 도로 등으로 인하여 절토사면이 많아 강우가 집중되는 여름철에 사면붕괴가 많이 발생한다. 이렇게 매년 되풀이 되는 장마철 집중호우와 태풍 등에 의해 발생하는 사면지형붕괴로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 사면지형붕괴를 사전에 예측할 수 있는 기술개발이 필요하다. 따라서 사면지형붕괴를 사전에 예측하기 위해서는 사면지형에 대

한 분석을 통해 붕괴 취약지를 선정하고 집중관리가 필요한 주요사면지형에 대해서 지속적인 감시를 수행하여야한다(김열, 2009).

여기에 적용되는 장비로 무 프리즘 토털스테이션은 이동성, 신속성, 호환성, 경제성 등에 있어 그 효율성이 인정되고 있으나, 사면지형의 변위측정을 위해 동일지점을 지속적으로 측정하기 위해 많은 타깃의 설치와 유실에 대한 부담을 안고 있으며, 사용자의 숙련도에 따라 정확도에 차이를 나타내고 있다(이상운, 2007).

2010년 5월 3일 접수, 2010년 5월 28일 채택

* 교신저자 · 정희원 · 관동대학교 토목공학과 교수(spchoi@kwandong.ac.kr)

** 관동대학교 토목공학과 일반대학원 석사(game3733@naver.com)

*** 관동대학교 토목공학과 일반대학원 석사과정(mapia@hanmail.net)

**** 정희원 · 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수(intae@kangwon.ac.kr)

***** 정희원 · 신구대학 지적정보과 교수(kun@shingu.ac.kr)

GPS를 이용한 사면지형 변위에 대한 측정은 특정한 점에서의 변위만 관측하고 있어 전체사면의 변위계측을 위한 설치비용 부담과 지속적인 유지관리의 어려움으로 현장적용이 어려운 실정이다. 광섬유센서는 현장에 고정하여 사용하기 때문에 지속적인 유지관리가 어렵고, 또한 설치비용에 대한 부담으로 현장적용이 현실적으로 어려운 실정이다. 반면에 지상라이더는 환경의 영향을 적게 받으면서 특정 위치가 아닌 대상물 전체의 형상을 획득할 수 있고, 항공라이더보다 더 조밀하고 정밀한 3차원 좌표를 생성할 수 있으므로 사면지형을 3차원으로 상세하게 측정하는 것이 가능하다(유창호, 2006).

따라서 본 연구에서는 서로 다른 지형특성을 가진 연구대상지역을 선정하고, 여기에 지상 라이더장비를 서로 다른 위치에 설치하여 이 사면지형을 관측하여 얻어진 3차원 원시자료를 토대로 사면지형을 분석하고자한다.

2. 자료처리 과정

2.1 자료획득

강릉시 강릉면 통일공원 진입로 우측에 위치한 연구대상 사면지형에서 정면으로 30m, 측면으로 60m 떨어진 곳에 지상 라이더장비를 각각 설치하여 5mm간격으로 스캔하여 자료를 획득하였다.

획득된 자료는 즉시 지상라이더장비에서 휴대용 노트북에 전송되고, 전송된 자료는 관측대상물의 3차원 원시자료로써 표준 텍스트 문서의 형태로 저장이 된다.

그림 1은 사면지형에서 정면으로 30m 떨어진 곳에 지상라이더장비를 설치하여 사면지형을 대상으로 스캔 간격 5mm로 관측하는 모습과 그때 얻어진 3차원 원시 자료를 나타낸 것이다.

표 1. 관측정보

관측 방향	관측 거리	스캔 간격	관측일자	관측총점수 (원시자료)
정면	30m	5mm	2009년 9월 24일	47,307,150
측면	60m	5mm	2009년 9월 24일	36,224,150

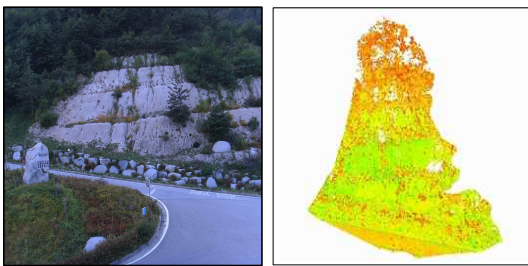


그림 1. 지상 LiDAR 관측전경 및 원시자료



그림 2. 표정점 배치현황

2.2 좌표변환

지상라이더 자료에서 얻어진 3차원 좌표는 장비를 중심으로 한 상대좌표이기 때문에 토달스테이션에 의하여 얻어진 표정점들의 좌표를 이용하여 절대좌표로 변환해야 한다(日本測量調査技術協會, 2008)(國土地理院, 2003). 따라서 좌표변환을 위하여 연구대상 사면지형내에 그림 2와 같이 표정점을 10개를 고르게 배치하였다.

토달스테이션으로 측정된 표정점의 좌표값과 정면으로 30m와 측면으로 60m 떨어진 곳에서 지상라이더 장비로 측정된 표정점의 좌표값을 절대좌표로 변환시킨 값과의 차이에 의한 RMSE를 표 2에 나타내었다.

그 결과 사면지형에서 정면으로 30m 및 측면으로 60m 떨어진 곳에서 지상라이더 장비로 관측하였을때 평균 RMSE 값은 각각 5.2mm, 9.4mm로 나타났다. 이것은 관측지점을 서로 달리하여 얻어진 데이터 값을 중첩하여 사용할 때에 내부적으로 4~5mm의 오차가 생길 수 있다고 생각된다.

2.3 DSM 구축

지상라이더 자료는 연구대상 사면지형에 있는 식생 등이 포함된 3차원 좌표점들로 구성되어 있다. 이 지상라이더 자료에서 사면지형 상단부 부분의 식생이 제거되기 전의 3차원 라이더 자료를 이용하여 2cm 격자크기로 DSM을 구축하여 그림 3에 나타내었다.

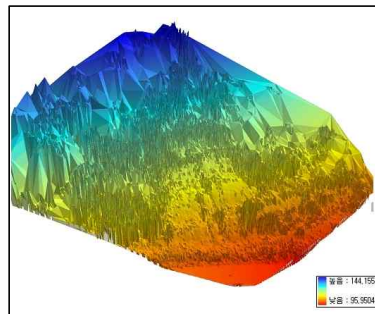


그림 3. DSM 구축결과

표 2. 변환된 라이다 좌표값 비교

(단위:m)

표정점	토탈스테이션 좌표값			변환된 라이다 좌표값						정면30m 편차			측면60m 편차			RMSE	
	X	Y	Z	정면30m			측면60m			ΔX	ΔZ	ΔY	ΔX	ΔZ	ΔY	정면(30m)	측면(60m)
				X	Y	Z	X	Y	Z								
1	84.378	78.692	111.623	84.377	78.693	111.623	84.384	78.694	111.625	0.001	-0.001	0.000	-0.006	-0.002	-0.002	0.0014	0.0066
2	79.654	83.452	111.206	79.560	83.452	111.203	79.569	83.457	111.200	0.004	0.000	0.003	-0.005	-0.005	0.006	0.0050	0.0093
3	91.587	77.517	109.484	91.589	77.520	109.487	91.593	77.523	109.486	-0.002	-0.003	-0.003	-0.006	-0.006	-0.002	0.0047	0.0087
4	95.914	81.999	105.008	95.918	82.003	105.002	95.920	81.996	105.006	-0.004	-0.004	0.006	-0.006	0.003	0.002	0.0082	0.0070
5	89.787	85.925	105.446	89.789	85.927	105.449	89.784	85.920	105.451	-0.002	-0.002	-0.003	0.003	0.005	-0.005	0.0041	0.0077
6	95.700	87.157	102.275	95.696	87.162	102.275	95.707	87.154	102.278	0.004	-0.005	0.000	-0.007	0.003	-0.003	0.0064	0.0082
7	103.605	80.251	102.462	103.611	80.254	102.464	103.598	80.246	102.458	-0.006	-0.003	-0.002	0.007	0.005	0.004	0.0070	0.0095
8	92.664	93.873	99.153	92.662	93.876	99.156	92.657	93.880	99.149	0.002	-0.003	-0.003	0.007	-0.007	0.004	0.0047	0.0107
9	84.933	104.034	96.985	84.936	104.030	96.986	84.945	104.041	96.989	-0.003	0.004	-0.001	-0.012	-0.007	-0.004	0.0051	0.0145
10	79.987	100.773	101.363	79.992	100.771	101.362	79.981	100.764	101.367	-0.005	0.002	0.001	0.006	0.009	-0.004	0.0055	0.0115
평균RMSE																0.0052	0.0094

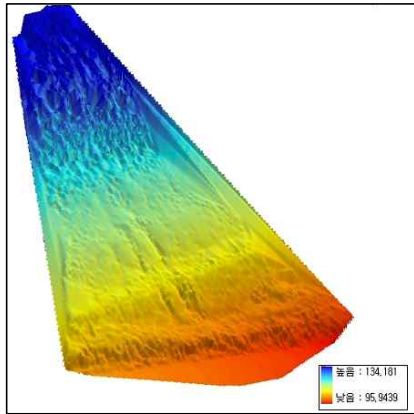


그림 4. DEM 구축결과

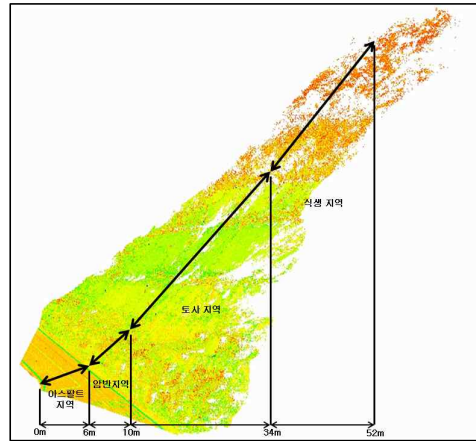


그림 5. 연직단면의 측선위치

2.4 DEM 구축

DEM은 DSM에서 수목, 식생과 같은 대상물을 제거한 지형의높이값 만으로 표현한 것이므로 (이창복, 2006), 본 연구에서는 Cyc lone의 Model을 이용한 필터링과 사면 상태 및 경험에 의하여 지면과 식생을 분류한 후 지면만을 가지고 ArcGIS9.2를 이용하여 2cm 격자로 DEM을 구축하였다. 지면과 식생의 분류과정은 특정 영역 내에 있는 관측점의 높이값 중에서 최소값을 찾고, 그 찾은 최소값과 영역내의 관측점의 높이를 비교하여 그 비교한 값이 특정 임계값보다 클 경우, 그 관측점을 비지면점으로 분류하여 이 비지면점을 점차적으로 제거하는 방식으로 분류를 수행하였다. 최종적으로 지면점만을 이용하여 2cm 격자크기로 DEM을 구축하여 그림 4에 나타내었다.

3. 사면지형 분석

3.1 지형특성별 분석

아스팔트, 암반, 토사, 식생부분으로 이루어져 있는

연구대상 사면지형을 정면에서 30m 떨어진 곳에 지상라이다장비를 설치하여 스캔간격 5mm로 5회 관측하여 얻어진 DEM자료에서 지형특성별로 사면지형을 분석하였다.

관측 장비와 관측대상과의 수평거리는 개략적으로 아스팔트부분 0~6m, 암반부분 6~10m, 토사부분 10~34m, 식생부분 34~52m으로 되어 있다(그림 5).

그림 6~9는 스캔간격 5mm로 각각 5회 관측하여 얻어진 DEM자료에서 아스팔트, 암반, 토사 및 식생부분의 단면형상을 10cm 간격으로 도시하여 각각 나타낸 것으로 X축은 관측장비에서 대상 사면지형까지의 수평거리, Y축은 표고를 나타내었다. 그리고 아래쪽 그림은 단면형상에 대한 표준편차를 나타낸 것으로 X축은 관측장비에서의 대상사면지형까지의 수평거리, Y축은 표준편차의 크기를 나타낸 것이다.

관측시의 오차를 파악하기 위하여 아스팔트, 암반, 토사 및 식생부분의 표준편차에 대한 평균값, 최대값, 최소값을 표 3에 나타내었다.

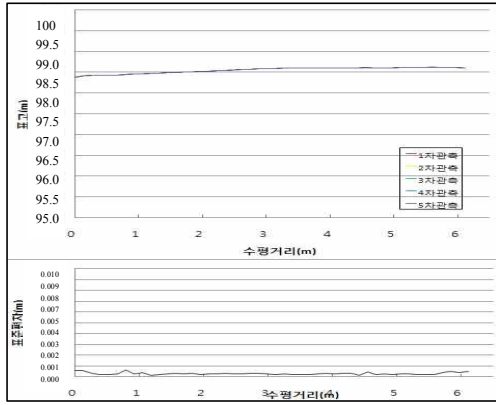


그림 6. 단면형상 및 표준편차(아스팔트)

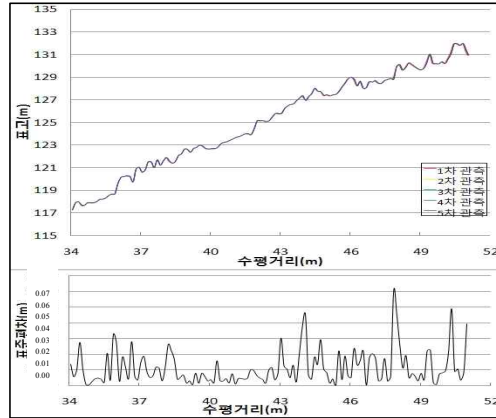


그림 9. 단면형상 및 표준편차(식생)

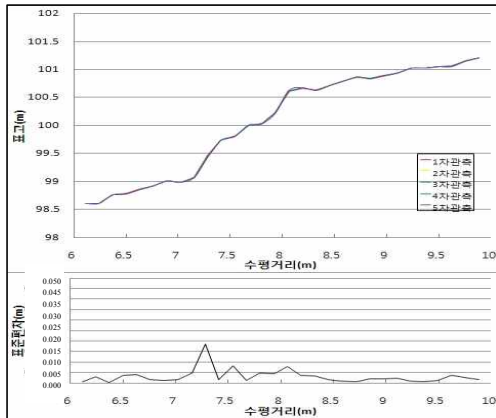


그림 7. 단면형상 및 표준편차(암반)

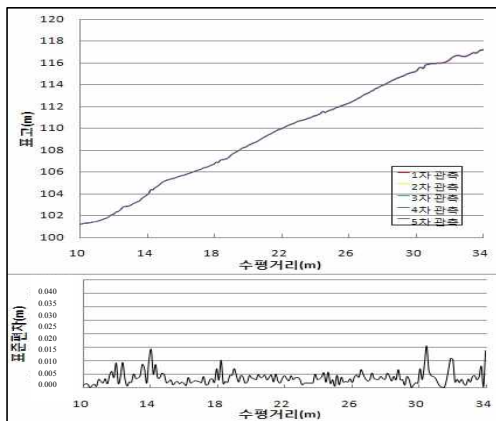


그림 8. 단면형상 및 표준편차(토사)

식생부분의 평균 표준편차가 11.4mm로 아스팔트 0.3mm, 암반3.3mm 및 토사3.7mm에 비하여 비교적 크게 나타났다. 이것은 여러번 관측 시에 레이저펄스의

표 3. 사면조건별 표준편차 (단위: m)

스캔간격		아스팔트	암반	토사	식생
5mm	평균값	0.0003	0.0033	0.0037	0.0114
	최대값	0.0006	0.0186	0.0156	0.0605
	최소값	0.0001	0.0005	0.0001	0.0002

반사위치가 많이 변화하기 때문에 표준편차가 크게 나타난 것으로 생각된다. 그러나 표준편차가 적게 나타난 곳도 있는데 이것은 관측 시 식생부분이 아니라 지표면에서 반사가 있었기 때문이라고 생각된다. 또한 암반부분에서 알 수 있듯이 수평거리 7.2~7.4cm 부근에서 표준편차가 큰 것은 급경사로 인하여 단면형상 취득 시 오차가 발생하였기 때문이라고 생각된다. 그리고 표면이 매끄러운 아스팔트부분에서는 표준편차가 비교적 작다. 따라서 두 시기의 데이터를 단면 비교하여 모니터링 하고자 할 때 지형특성에 따라 큰 오차를 가질 수 있다고 생각된다.

3.2 장비설치지점의 변화에 따른 지형분석

사면지형을 장기간에 걸쳐서 관측하는 경우 지난번 관측한 지점과 동일한 지점에서 관측할 수 없는 경우가 있다. 이러한 작업현장에서 발생할 수 있는 경우에 설치지점을 변경하여 관측 하는 것이 관측결과에 영향을 미칠 수 있다. 이런 경우 서로 다른 설치지점에서 얻어진 관측 데이터간의 정확도를 검토하였다.

3.2.1 단면형상 비교

본 연구에서는 거리/방향에 따라 단면형상의 차이가 나는지를 검토하기위하여 연구대상지형의 정면에서 30m와 측면에서 60m 떨어진 곳에 라이이다 장비를 설치하여 5mm스캔 간격으로 관측하여 얻어진 DEM자료에

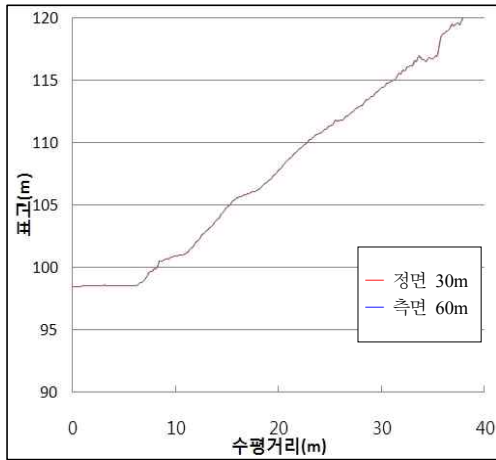


그림 10. 단면형상

서 10cm 간격으로 도식한 단면형상을 그림 10에 나타내었다.

정면 30m와 측면 60m에서 얻어진 단면형상도에서의 수직방향편차는 최대 1.1cm, 최소 0.9cm, 평균 1.0cm였다. 이것은 좌표변환 시 발생된 오차와 거리/방향으로 인하여 대상물이 편측으로 관측되었기 때문에 단면형상도 내에서 편차가 발생 된 것으로 생각된다.

3.2.2 등고선 비교

정면에서 30m와 측면에서 60m 떨어진 곳에서 얻어진 라이다 데이터를 절대좌표로 변환한 후 지면만을 가지고 2cm 격자로 DEM을 구축 하였다. 이 중에서 그림 11와 같이 사면지형 10×10m에서 라이다데이터를 추출하여 ArcGIS 9.2에서 4cm간격으로 등고선을 생성하였다.

사면지형의 정면 30m와 측면 60m로부터 얻어진 데

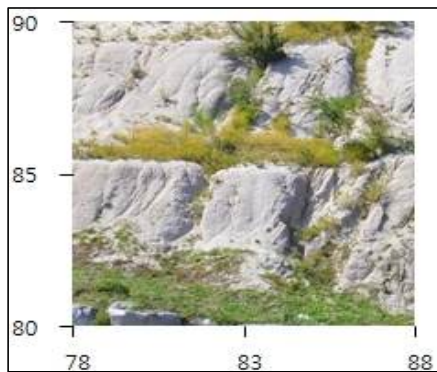


그림 11. 사면지형

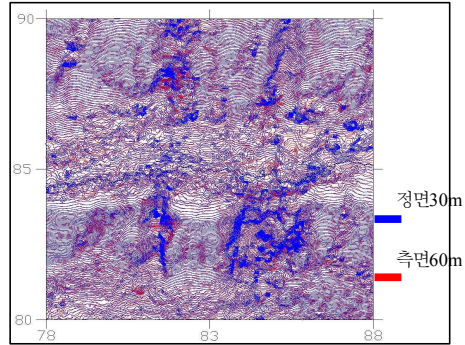


그림 12. 등고선 비교

이터에서 생성된 등고선을 중첩하여 등고선의 형상 및 특징에 대하여 비교하였다(그림 12).

4cm 간격으로 추출된 등고선의 형상 및 특징을 보면 등고선이 거의 일정하게 일치하는 것을 확인할 수 있으나, 소단부분의 식생이 있는 일부지역이 불일치하는 것이 있지만 이 부분은 레이저펄스의 반사지점이 장비의 위치에 따라 많이 변화하기 때문에 오차가 발생한 것으로 생각된다.

4. 결 론

지상라이다 자료를 사용하여 지형특성 및 관측위치에 따른 사면지형을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 아스팔트, 암반, 토사, 식생부분으로 이루어져 있는 사면지형을 분석하였다. 그 결과 식생부분의 평균 표준편차가 11.4mm로 아스팔트0.3mm, 암반 3.3mm 및 토사3.7mm에 비하여 비교적 크게 나타났다. 이것은 여러번 관측시에 레이저 펄스의 반사위치가 많이 변화하기 때문에 표준편차가 크게 나타난 것으로 생각된다.

둘째, 지난번 관측한 지점과 같은 지점에서 관측할 수 없는 경우에는 관측지점을 변경하여 관측하여야 한다. 이때 관측 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 관측데이터간의 정확도를 검토하였다.

그 결과 수직방향의 편차가 평균10mm 였다. 이것은 좌표변환 시 발생된 오차와 거리/방향으로 인하여 대상물이 편측으로 관측되었기 때문에 편차가 발생한 것으로 생각된다.

셋째, 지상라이다 장비에 의한 사면지형 측정 및 분석기술은 고정밀도의 사면지형 점군 데이터를 저비용으로 단시간에 얻을 수 있으며, 보통의 기후에서도 야

간에 측정이 가능하다. 이러한 특징이 있기 때문에 사면지형의 방재조사 및 재해발생 징후의 파악등 긴급재해 대책에 유용하게 이용될 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 이상윤, 지상라이다 자료를 이용한 산사태 모니터링, 박사학위논문, 강원대학교 대학원, 2007.
2. 유창호, 김선홍, 권면호, 최윤수, "지상라이다를 이용한 사면 파괴 거동분석", 대한토목학회 정기학술대회 발표 논문집, 2006.
3. 김 열, 지상LiDAR를 이용한 사면변위 모니터링 기법, 석사학위논문, 관동대학교 대학원, 2009.
4. 이창복, LiDAR에 의하여 생성한 DEM의 정확도 평가, 석사학위 논문, 충남대학교 대학원, 2006.
5. 日本測量調査技術協會, 図解 航空レーザ計測, 2008.
6. 國土地理院, 地上型スキャソ式レーザ測距儀による斜面地形計測・解析技術に関する研究作業報告書, 2003.