

수치사진측량을 이용한 암반사면 조사

이종출¹⁾, Jong-Chool Lee · 박운용²⁾, Woon-Yong Park · 남 신³⁾, Shin-Nam · 강상민⁴⁾, Sang-Min Kang

¹⁾부경대학교 공과대학 건설공학부 교수, Professor, Division of Construction Eng., Univ. of Pukyong

²⁾동아대학교 공과대학 해양토목공학부 교수, Professor, Division of Civil and Ocean Eng., Univ. of Dong-a

³⁾부경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정, The master's course, Dept. of Civil Eng., Univ. of Pukyong

⁴⁾부경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정, The master's course, Dept. of Civil Eng., Univ. of Pukyong

SYNOPSIS : Even through hundreds of meters high steep slope is stable, only several ten meters high dull slope could be collapsed. This means that stability of slope is depend on the slope of a surface of discontinuity like faults existing in rock floor. The existence and nonexistence of a discontinuity surface have a very important effect to the stability of a rock floor slope, and examination for geologic peculiarity is one of the most important part for investigation of stabilities. Accordingly, in the study, we extracted three dimension coordinates of slope with close photogrammetry, and through interpretations of three dimensions' position of fault within rock floor slope, we expect this will be use as a important sauces when evaluate stabilities of rock floor slope.

1. 서론

오늘날 대형건설공사에서는 도로의 선형 유지 및 택지의 용적확보를 위해 대절토사면을 시공하는 경우가 많다. 이러한 대절토 사면은 안정성 문제가 많이 대두되고 있는 실정이다. 특히 불연속면의 존재유무와 형태는 사면의 안정성 평가에 매우 중요한 영향을 미치며, 이러한 지질학적 특징들을 알아내는 것은 안정성 조사에 가장 중요한 부분 중의 하나이다. 따라서 본 연구에서는 최근 건설분야, 산업분야 등 여러 분야에서 많이 사용되고 있는 수치사진측량을 이용하여 암반사면의 좌표를 추출 및 위치해석하고, 그 사면 단층대의 3차원 위치를 해석하였다. 이것은 암반사면의 안정성 평가 시 중요한 자료로 이용될 것이라고 판단된다.

2. 이론적 고찰

2.1 수치사진측량 이론

수치사진측량은 사진과 렌즈의 투영중심 그리고 대상물간의 기하학적 관계를 이용하여 대상물이 지나고 있는 특성을 정량·정성적으로 해석하는 학문으로써, 사진의 기하학적인 원리는 중심투영이며, 사진과 대상물간의 상관관계는 공선조건식, 광속조정법, 에피폴러 기하학 등의 이론에 의해 해석된다.

한 쌍의 중복사진으로부터 3차원 위치를 결정하기 위해 사진상 점과 대상물 점간의 관계를 결정할 수 있는 카메라의 위치 및 자세, 즉 외부표정요소를 결정하여야 한다. 이 논문에서는 광속조정법(bundle adjustment)을 적용하였다. 광속조정법이란 다수의 광속에 대하여 투영중심과 사진상의 점, 지상의 물체가 일직선상에 있다는 공선조건식을 기본으로 최소제곱법에 의하여 각 사진의 외부표정요소 및 카메라

노출점 중심의 지상좌표를 결정하는 것이다.

이러한 수치사진측량의 장점은 촬영을 제외한 모든 과정이 컴퓨터를 이용하여 프로그램 상에서 이루어지므로, 신속, 정확한 처리를 할 수 있으며, 사용 프로그램을 달리하면 다양한 처리를 할 수가 있다.

수치사진측량에서 사용되는 디지털 영상은 화소(pixel)라고 불리는 불연속적인 요소로 이루어진다. 각 화소가 나타내는 수치는 상대적으로 작은 영역의 평균 밝기값을 의미한다. 화소의 크기는 영상의 세부 묘사에 영향을 주기 때문에, 영상은 화소의 크기가 작을수록 보다 자세한 정보를 나타내게 된다. 영상의 크기는 컴퓨터 처리에 의해 임의의 크기로 변화시킬 수 있다.

2.2 주향 및 경사 이론

사면의 안정성 해석 시 암반의 기울기 및 주향과 경사가 매우 중요한 요소이다. 주향은 진북방향을 기준으로 하여 지평면과 지층면의 교선이 진북방향과 이루는 방향을 말하며, 경사는 주향에 직각방향으로 지층면과 수평면이 만나는 방향을 말한다. 본 연구에서는 수치사진측량방법에 의해 암반사면의 3차원 좌표를 추출하였고, 특히 암반사면 내 단층대의 3차원 위치를 해석하였다.

3. 현장관측

3.1 관측대상사면

본 연구의 대상 사면은 ○○○지방도에 존재하는, 경상남도 밀양에 위치한 암반사면으로써, 도로계획에 의하여 절취되어진 사면이다. 그림 1은 관측대상사면의 단층대의 모습이고, 그림 2는 관측대상지의 평면도를 보여주고 있다.

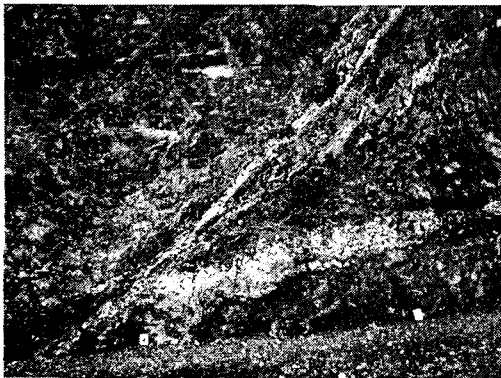


그림 1. 관측대상사면

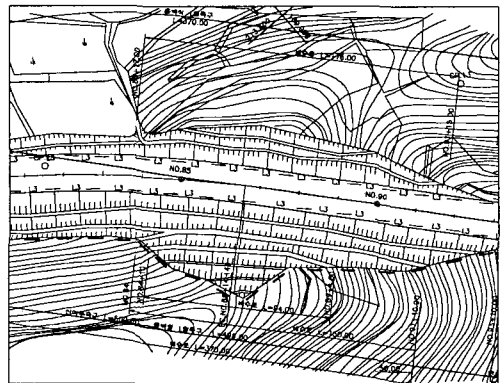


그림 2. 관측대상지의 평면도

3.2 관측장비제원 및 관측방법

수치영상 획득 시 사용한 관측장비는 그림 3과 같이 Rollei사에서 제조한 Rollei d7 metric⁵ 카메라를 사용하였으며, 카메라의 제원은 표 1과 같다. 관측 시 사용되어진 일반타켓은 암반사면에 크레인을 이용하여 설치하였다. 영상의 취득은 관측자가 크레인에 탑승하여 고도 및 위치를 변화해 가며 수렴 촬영하여 영상을 취득하였다.

지상기준점은 본 도로공사현장에서 사용하고 있는 좌표점을 이용하여, 최소 0.5초독 Total Station을 사용하여 삼각수준측량방법으로 총 3점의 기준점 좌표값을 구하였다.

수치영상에서 각 표정점의 3차원 좌표를 결정하기 위해, CDW (Close-Range Digital workstation)를 이용하였다. 그림 4는 획득한 영상에서 상호 표정점의 위치를 정확히 파악하기 위해, 영상을 확대하여

상호 표정 하는 것을 보여주고 있다.

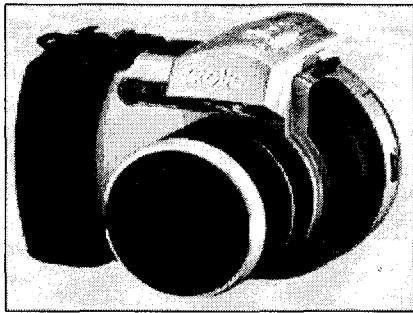


그림 3. 카메라 형상

표 1. 카메라 제원

Classification	Rollei d7 metric ^b
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8,000 sec
Focal Length	7mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g (without batteries)
Pixel in X	2,552
Pixel in Y	1,920
Sensor in X	8.932
Sensor in Y	6.720

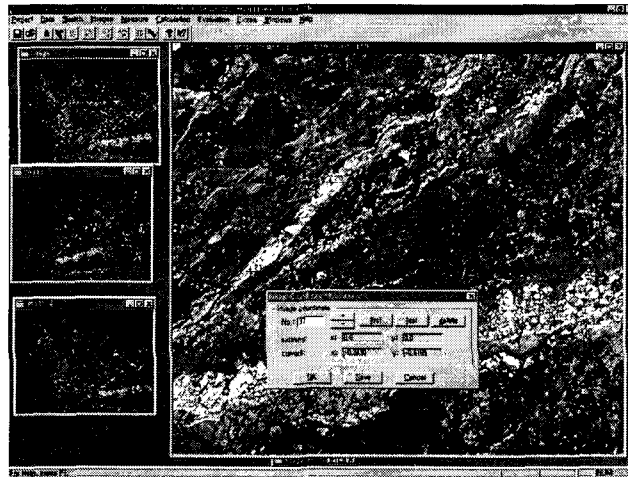


그림 4. 영상간의 상호표정

4. 관측결과 및 분석

본 연구에서 사용된 도로공사현장 기준점 좌표는 표 2와 같으며, 다중영상표정과 광속조정법을 이용하여 암반사면의 3차원 좌표를 구한 결과, 그림 5와 같은 암반사면단층대의 형태를 구할 수 있었고, 암반사면 내 단층대의 3차원 좌표는 표 3과 같았다. 이것으로 단층대의 주향은 $N32^{\circ}58'60''W$, 경사는 $20^{\circ}20'28.72''$ 임을 알 수 있었다.

표 2. 기준점 좌표

측점	X좌표(m)	Y좌표(m)	H(m)
1	169864.922	213552.710	56.666
2	169436.389	213838.304	40.052
3	169855.622	213562.582	56.073

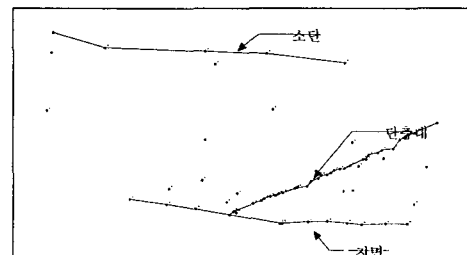


그림 5. 암반사면단층대의 형태

표 3. 추출된 절리 좌표

좌표	X	Y	Z	좌표	X	Y	Z
101	213558.4279	169899.2808	65.4712	115	213562.7968	169896.5821	67.2816
102	213558.7372	169899.1244	65.5710	116	213562.9732	169896.6505	67.3664
103	213559.4770	169898.7770	65.9664	117	213563.1335	169896.4052	67.4830
104	213559.8384	169898.4123	66.1025	118	213563.3913	169896.1319	67.5441
105	213559.9794	169898.4020	66.2026	119	213563.1335	169896.4052	67.4830
106	213560.2445	169898.3129	66.2971	120	213563.3913	169896.1319	67.5441
107	213560.4801	169898.0850	66.3501	121	213563.8512	169895.8727	67.7006
108	213560.6073	169897.9923	66.4099	122	213564.4322	169895.5466	67.9830
109	213560.8026	169897.8454	66.4703	123	213564.5793	169895.3042	67.9790
110	213561.3630	169897.6552	66.6736	124	213564.6847	169895.3603	68.1945
111	213561.4563	169897.5203	66.7008	125	213565.1094	169895.1157	68.2793
112	213562.0653	169897.1646	66.9748	126	213565.7924	169894.6472	68.4696
113	213562.3929	169897.1047	67.1039	127	213566.0852	169894.1656	68.8537
114	213562.5313	169896.8551	67.2418	128	213566.3506	169894.1392	68.9727

5. 결론

본 연구에서 수치사진 측량기법을 암반사면을 조사한 결과, 사면의 3차원 좌표값을 알 수 있었으며, 암반사면 내 단층대의 주향은 N32° 58' 60" W, 경사는 20° 20' 28.72" 라는 것을 알 수 있었다. 향후 대절토 사면에서 안정성 해석 시 수치사진 측량기법을 이용하여 안정성 평가 시 자료로 이용될 것이라 판단되며, 사면의 이동시 사면 3차원 좌표값을 이용하여 변위량 측정에도 이용될 것이라 사료된다.

참고문헌

1. 박운용, "사진측량에 의한 사면해석에 관한 연구", 박사학위논문, 동아대학교 대학원, 1982.
2. 안기원, "수치근접사진측량에 의한 고해상도 디지털 카메라의 석재표면 거칠기 측정정확도 파악", 한국측량학회지, 제 18권 제 2호, pp.135~141, 2000.
3. 이종출, "근거리 사진측량에 의한 지형의 3차원 위치해석에 관한 연구", 박사학위논문, 동아대학교 대학원, 1989.
4. 이철우, "수치사진측량을 이용한 Fender의 3차원 수치모형생성", 석사학위논문, 충북대학교 대학원, 2000.
5. Horst A. Beyer, "Geometric and radiometric Analysis of a CCD Camera Based Photogrammetric Close-Range System", Zurich, 1992.
6. T.A. Clarke, "An analysis of the prospects for digital close-range photogrammetry", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 50, pp.4-7, 1995