

3차원영상에 의한 암반사면의 불연속면 추출 및 분석

The Discontinuities Extraction and Analysis of Rock Slope by 3D Image

강준목¹⁾ · 김위현²⁾ · 박준규³⁾

Kang, Joon Mook · Kim, Wee Hyun · Park, Joon Kyu

¹⁾ 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수 (E-mail : jmkang@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (E-mail : k2surv@empal.com)

³⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (E-mail : surveye@empal.com)

Abstract

As digital photogrammetry can acquire much three-dimensional data quickly and exactly in equal accuracy, and it has advantage that can use this in modelling, it's practical use possibility is increased in various field by collection method of data for GIS.

In this study, it was intended to create 3D image that has coordinate system, and use in acquisition of position information for object. And, it was applied to discontinuities extraction and measurement of rock slope for practical use of three-dimensional image and examination of measurement accuracy.

Through this, it is inspected the possibility of three-dimensional image creation and the acquisition of space information.

1. 서 론

수치사진측량기법은 다량의 3차원 수치데이터를 균일한 정확도로 신속·정확하게 획득할 수 있고 또한 이를 모델링에 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있어 GIS구축을 위한 자료의 수집방법으로 다양한 분야에 그 활용 가능성이 증대되고 있다. 또한 최근에 각종 영상매체의 개발과 컴퓨터 관련 기술의 발전 그리고 수치영상처리 기술의 눈부신 발전에 힘입어 수치영상을 이용한 정량적 분석과 그 적용에 관한 연구분야에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 수치사진측량의 발전에 힘입어 근래에 들어서는 수치영상을 이용하여 실 대상물을 컴퓨터 공간상에서 재현하고 실 공간상의 대상 상태와 같은 조건을 충족시키기 위한 노력이 기울여지고 있으며 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 자료의 형태로는 3차원 영상이 대표적인 예로 들 수 있을 것이다. 3차원 영상은 수치영상 처리분야에서 많은 방법에 의해 제작되어 이용되고 있지만 이들은 공간적 위상관계가 결여되어 있어 단지 시각적인 분석에만 이용할 수 있었다. 이에 본 연구에서는 수치사진측량의 처리공정에 의해 실 좌표체계를 갖는 3차원 영상을 생성하고 이를 이용하여 대상물에 대한 위치정보의 획득에 활용하고자 하였다. 그리고, 이로부터 획득되는 3차원 영상의 활용성과 측정정확도의 검토를 위해 시범적으로 암반사면을 선정하여 절리로 대표되어지는 암반사면의 불연속면 추출과 측정에 적용하였다. 이를 통해 3차원 영상의 생성 가능성과 3차원 영상으로부터의 공간정보획득의 가능성을 점검하였다.

2. 3차원영상 생성시스템 구축

3차원 영상의 생성을 위해서 두장 또는 그 이상의 영상으로부터 다수의 공간적 위치 데이터를 수치사

진측량 기법에 의해 획득하고 시각적 데이터와의 통합하므로써 3차원의 영상을 구현하게 된다. 사진측량에 있어 공간위치의 결정은 영상데이터를 이용하여 3차원의 삼각측량에 기본을 두며 이를 수행하기 위해 최소한 두장의 영상(stereo image), 카메라의 위치와 오리엔테이션(camera position and orientation), 그리고 결정하고자 하는 포인트의 공간상 위치의 각 카메라와 연관된 각위치(angular position)를 필요로 한다. 3차원 영상 생성을 위해 영상획득 및 기준점 획득과 관련되어 측정정확도 및 정밀도의 설정과 현장조건에 따른 전반적인 작업의 계획수립단계, 그리고 렌즈의 왜곡 등과 같이 획득한 영상에 포함된 왜곡요소들을 정의하므로써 영상을 보정하기 위한 단계를 수행한다. 그리고 3차원영상의 생성을 지원하기 위한 현지측량데이터를 입력하고 이들 데이터를 이용하여 카메라의 투영중심과 회전요소 등을 결정하여 각 영상에 대한 영상데이터 파일을 생성한다. 그런 다음 두장의 중복된 영상으로부터 맵을 생성하고자 하는 영역을 정의하고 각 포인트에 대한 영상들 사이의 시차를 결정하기 위한 영상정합(image matching)을 실시한다. 영상정합을 위해서 기준윈도우(template window)의 크기설정, 요구되어지는 맵의 수평 및 수직방향의 측정간격 등 맵 파라미터를 설정하게 되고 영상정합과정에서 상관성이 발견되는 영상 포인트들에 대한 공간위치를 정확히 계산하게 되며 영상과의 통합을 통해 3차원 영상을 생성하게 된다.

이상의 3차원영상의 생성을 위한 작업 흐름도(work flow)는 다음과 같다.

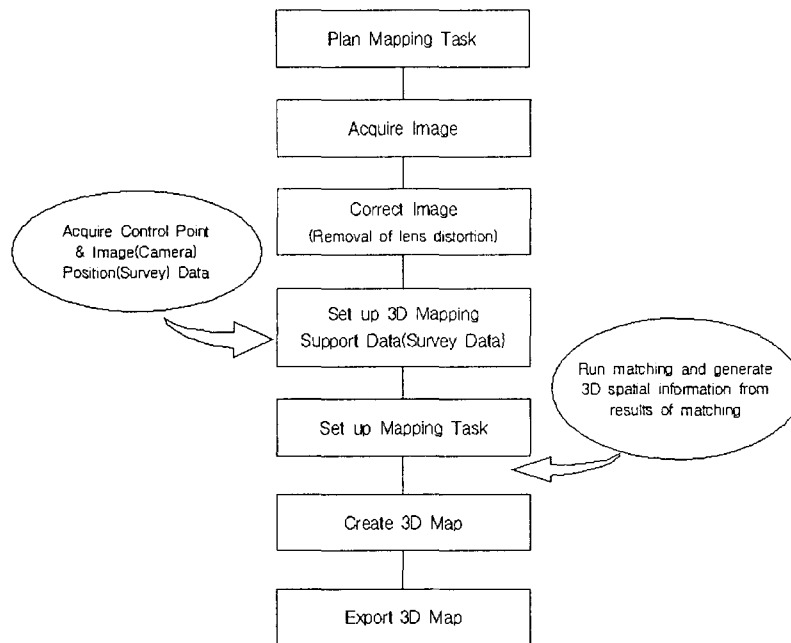


그림 1. The Work Flow for 3D Image Generation

시스템은 각 처리루틴을 최대한 간소화하고 독립적이며 계층적인 연계성을 갖도록 구성함을 물론 사용자 인터페이스를 강화한 이벤트 중심의 객체지향기법을 이용하여 설계하였다. 3차원 영상 생성을 위한 시스템은 위의 작업과정을 7개의 컴포넌트로 구성하여 완성하며 호환성을 지난 개인용 컴퓨터의 환경에서 구동될 수 있도록 한다.

3. 암반사면의 3차원영상 생성 및 Face Mapping

3.1 시범사면선정 및 영상획득

개발한 시스템을 이용하여 대상체에 대한 3차원 영상을 생성하고 이를 이용한 측정정확도의 평가와 3

차원 영상을 이용한 지형정보의 획득 가능성을 검토하기 위해 시범적으로 암반사면을 선정하여 절리로 대표되어지는 암반사면의 불연속면 추출과 측정에 적용하였다.

시범사면으로 선정한 암반사면은 경기도 가평군 북면 적목리의 국도 75호선에 위치하고 있는 암반 절개면 중 하나로서, Nikon D1-X Digital Camera를 이용하여 영상을 획득하고, 대상사면의 3차원 해석을 위한 촬영모델 수는 2모델로 구성하였다. 영상획득을 위해 이용한 카메라는 비측정용 카메라로서 기하학적 해석정확도의 저하를 유발하는 렌즈의 왜곡에 대한 정밀한 검정을 통해 기하학적 안정성을 확보해야 한다. 이에 촬영시스템으로 이용된 Nikon D1-X에 대해 실험적 방법인 평면투영변환식을 이용한 검정방법에 의해 왜곡계수를 산출하였다. 표 1은 검정 결과를 나타낸 것이다.



그림 2. 대상사면(경기도 가평)

표 1. Digital Camera Information

Camera	Focal Length (mm)	Format Width (mm)	Format Height (mm)	Principal Point (pixel)	
				X	Y
Nikon D1-X	33.5887	24.0932	15.6000	11.5852	7.5632
Lens Distortion Parameter		K1 (mm)	K2 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)
Calibration Value		0.9E-04	-0.1E-05	0.9E-04	3.5E-05

3.2 3D IMAGE/DEM Creation

대상사면에 대해 획득한 각각의 수치영상들은 내부, 상호, 절대표정의 과정을 거쳐 에피폴라 영역의 설정으로 영상매칭을 통해 수치표고자료를 생성한다. 본 연구에 이용한 DEM 생성방법은 일정크기의 격자에 의해 대상의 3차원 성과를 저장하는 Grid방법을 택하였으며 격자간격의 크기를 5pixel로 설정하였다. 다음 그림 3, 4는 획득된 수치영상을 바탕으로 영상처리를 수행하고 도출된 영상결과를 도시한 것이다.

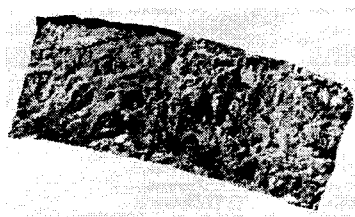


그림 3. 3D IMAGE

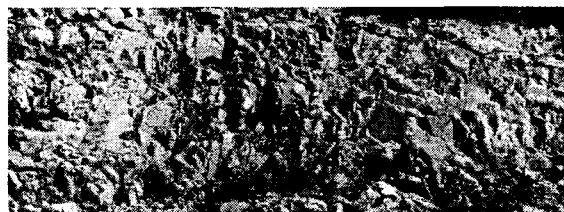


그림 4. 3D ORTHO IMAGE



그림 5. DEM

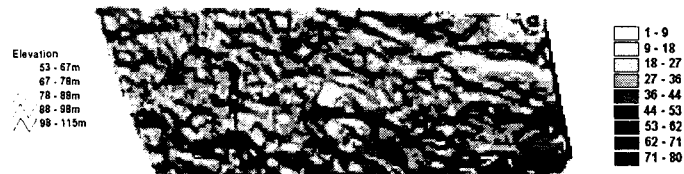


그림 6. Dip 분포도

그림 5는 대상사면에 대해 생성한 DEM성과를 나타낸 것이다. 그리고 그림 6은 이 DEM을 이용한 경

사 분포도를 나타낸 것이다.

3.3 불연속면 및 불연속선 추출 및 분석

대상사면에 대한 정사보정된 영상을 이용하여 추출자료의 객관성을 최대화하는 암반 사면의 불연속면 추출을 실시하였다. 암반사면의 절리를 구분하기 위하여 정사영상에서 명도의 차이가 뚜렷하게 변하는 경계를 암반 불연속면이라고 정의하였으며, 윤곽선 검출방법의 선택에서는 암반 사면의 불연속면의 특성, 방향성 및 폭을 고려하고 이들의 표현에 적합한 연산자를 선택하였다. 추출된 불연속면은 자동 벡터라이징에 의해 벡터화 하였으며 일부 불완전한 구간에 대해서는 수동적인 방법에 의해 수정 및 보완하였다. 먼저 불연속면을 추출하기 위해 Classification 분석기법 중 Equal area 및 Natural breaks 방법을 사용하였으며, 마지막으로 잡음을 제거하기 위해 영상처리 기법인 침식연산을 이용하였다. 그 결과 그림 7과 같이 불연속면을 자동 추출하였으며, 그림 8과 같이 불연속면을 최종 추출하였다.

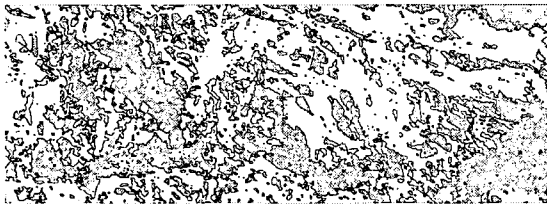


그림 7. 불연속면 자동 추출결과



그림 8. 불연속면 최종 추출 결과

불연속선을 추출하기 위해 윤곽선 검출의 가장 일반적인 kernel형태인 zero-sum 필터를 이용하여 윤곽선을 추출하고, 추출된 윤곽선의 잡음을 제거하기 위해 세션화 기법을 적용하였으며, 마지막으로 그리드 형태의 자료를 벡터로 변환하여 그림 9와 같이 불연속선을 자동추출 하였으며, 그림 10과 같이 불연속선을 최종 추출하였다. 최종 추출된 불연속면에서 주 불연속면 중 대표적인 3개의 면의 정확한 경사 및 경사방향은 표 2 및 그림 11과 같다.

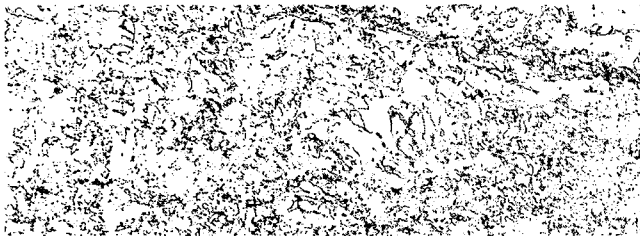


그림 9. 불연속선 자동 추출결과

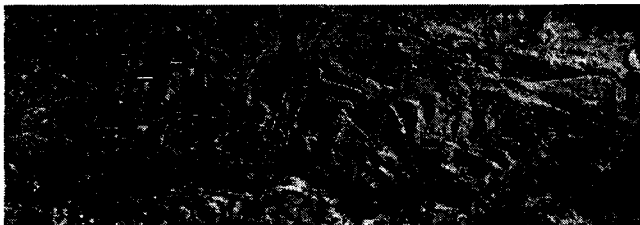


그림 10. 불연속선 최종 추출 결과

표 2. 경사 및 경사방향

No	경사	경사방향
1	32	303
2	57	312
3	57	319

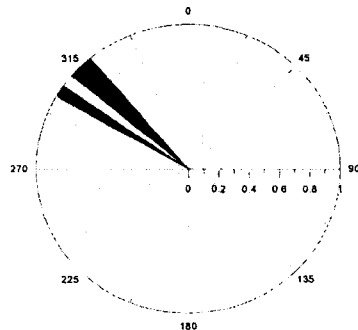


그림 11. 경사방향
Rose Diagram

4. 결 론

본 연구에서는 수치사진측량의 공정에 의한 3차원 영상의 생성을 위한 작업루틴을 설정하였으며 이를 이용한 공간정보의 획득 가능성과 추출 정확도의 검증을 위해 시범적인 사면을 선정하여 3차원 영상을 생성하였다. 그리고 생성된 3차원 영상으로부터 암반사면의 불연속면을 추출하고, 이에 대한 경사 및 경사방향을 추출하고 분석하였다. 연구결과 3차원영상의 작업루틴을 설정하고 이를 이용한 시스템의 구현을 실현하였으며 이로부터 획득한 3차원영상으로부터 시범사면에 대한 3차원 맵을 포함한 관련된 정보를 획득할 수 있었다. 추후 공간정보획득을 위한 측정정확도 향상을 위한 연구가 지속적으로 진행된다면 현장성을 충분히 반영한 조건에서의 정밀측정이 가능한 3차원 영상의 생성이 가능하리라 판단되며 그 활용성을 증진시킬 수 있을 것이다. 또한 본 연구를 통해 획득한 3차원 암반사면의 조사 자료를 기반으로 암반사면의 DB화 및 3D 표현기법의 개발로 체계적인 관리 및 시각적 표현 능력도 향상되며, 영상정보 및 GIS 기술을 이용한 시설물 및 암반사면 조사기법의 과학적이고 체계적인 기술기법 제시 및 안전진단 시 객관적이고 과학적인 자료제시가 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Wong K.W. Basic Mathematics of Photogrammetry in Manual of Photogrammetry 4th Edition American Society of Photogrammetry C.S. Slama (editor), 1980.
- Lyman J. Ladner, "Implementation of Softcopy Photogrammetric Workstations at the U. S. Geological Survey", PE & RS, Vol. 58, NO. 1, January 1992, pp. 57-63
- J. Wissel, "Digital Image Processing for Orthophoto Generation", Photogrammetria, Vol. 40, No. 2, 1985, pp. 69-76.
- C. Greve, "Digital Photogrammetry-An addendum to the Manual of Photogrammetry", ASPRS, 1996.
- E. A. Fleming, "Some Results of Photogrammetric Compilation and Orthophoto Production Using Space Photography", ACSM/ASPRS, 1985, pp. 770-777.
- 유동우, "화상처리 및 입체사진측량학을 이용한 암반절리 조사시스템" 한국암반공학회, 2000, vol 10, pp 329~343
- 최선규, 구자혁(2001) "수치표고모델을 이용한 선구조 추출기법의 개발과 활용에 관한 연구" 대한지질학회 2001년도 춘계 공동학술발표회논문집, pp193 ~195.