

수치사진측량 기반 3차원영상생성 정확도 분석

The Accuracy Analysis of 3D Image Generation by Digital Photogrammetry

강준목¹⁾ · 엄대용²⁾ · 임영빈³⁾

Kang, Joon Mook · Um, Dae Yong · Lim, Young Bin

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

²⁾ 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료 (E-mail : udy5066@empal.com)

³⁾ 한밭대학교 토목,환경,도시공학부 교수 (E-mail : ybnim@daum.net)

Abstract

The 3D image which embodies real object to 3D space of computer enables various geometrical analysis as well as visualization of complex 3D shape by giving sense for the real and cubic effect that can not be offered in 2D image. Human gives real object to same physical properties in 3D space imagination world of computer, and it is expected that this enables offering of various information by user strengthening interface between human-computer to observe object in real condition. In this study, formal style routine of 3D image creation applying digital photogrammetry was designed for more practical, highly trusty 3D image creation, and the system was embodied using object-oriented technique which strengthen user interface. Also, the discontinuity information about rock slope using 3D image is acquired that is orientation, persistence, spacing and aperture etc.

1. 서론

최근 컴퓨터기술과 자료처리기술의 발달로 인해 컴퓨터 공간상에서 다루어지는 자료는 2차원에서 3차원의 자료로 고차원화 되어가고 있으며 이는 2차원자료로부터 획득할 수 있는 정보의 한계성을 극복하고 다양한 정보의 제공이 가능한 자료구조에 대한 사용자의 요구에서 기인한 것으로 3차원 수치데이터의 획득과 처리 및 관리에 대한 관심은 그 어느 때보다도 높아지고 있다.

3차원 영상은 실 대상을 컴퓨터 3차원 공간상에 구현한 것으로 2차원 영상에서 제공할 수 없는 현실감과 입체감을 부여하므로써 복잡한 3차원의 형상을 지닌 대상에 대한 시각적 형상화 및 분석은 물론 다각도의 기하학적 분석을 가능케 한다. 이는 인간이 실제의 대상체를 컴퓨터의 3차원 가상공간세계에서 동일한 물리적 속성을 갖도록 하여 실제와 동일한 조건하에서 대상체를 관측할 수 있도록 인간-컴퓨터간 인터페이스를 강화하므로써 사용자 하여금 보다 다양한 정보의 제공을 가능케 할 것으로 기대된다. 또한 3차원 영상은 기존의 2차원영상 및 텍스트 형태 결과물의 한계를 극복하고 컴퓨터 공간상에 재현된 대상물의 정량적, 정성적 분석을 가능케 할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 보다 실용적이며 높은 신뢰도의 확보가 가능한 3차원 영상의 생성을 위해 수치사진측량기법을 적용한 3차원영상생성의 절차형 루틴을 설계하고 사용자 인터페이스를 강화한 이벤트 중심의 객체지향기법을 이용하여 시스템을 구현하고자 한다. 또한 암반사면의 불연속면 정보의 추출에 적용하므로써 3차원영상생성시스템과 이로부터 획득되는 3차원 영상의 정확도의 평가 및 활용가능성을 제시하고자 한다.

2. 3차원영상생성시스템 구현

2.1 개발환경 구성

3차원영상생성시스템의 개발을 위해 사용한 언어는 Microsoft Visual Basic 6.0을 이용하였으며 하드웨어의 구성은 펜티엄III 이상(CPU : 500MHz이상, Memory : 256Mbyte이상)의 프로세서를 지닌 컴퓨터로 구성하였고 운영체제는 Window NT를 이용하였다.

표 1. Platform Requirements

| | |
|----------------------|--|
| Processor | Pentium III or Pentium IV or equivalent eg AMD Athlon preferably with a clock speed greater than 500 MHz |
| Memory | Minimum 256 Mbytes, 512 Mbytes is preferable |
| Video Memory | Minimum 8 Mbytes |
| Hard Disk | At least 20 Mbytes space for installation At least 100 Mbytes space temporary data storage. |
| Operating System | Window NT Version 4.0 Build 5.0 |
| Graphics Requirement | A minimum screen resolution of at least 1024pixels by 768 pixels. |

2.2 3차원영상생성 처리루틴 설정

수치사진측량기법을 이용하여 대상물의 3차원 영상을 생성하기 위한 시스템은 그림 1과 같은 처리순서에 입각하여 프로그램을 구현하였다. 현장에서 획득한 영상에 대해 검정결과를 이용한 영상보정을 실시한 후 현장에서 획득한 기준점성상을 이용하여 외부표정요소를 결정한다. 그리고 영상정합을 위한 영역설정과 각종 파라미터의 초기 입력을 수행한 후 영상정합을 실시한다. 결정된 외부표정요소 결과값과 영상정합의 결과값을 입력받아 정합점에 대한 3차원 좌표를 산출하고 이들을 그리드로 연결하여 3차원 매쉬구성을 구성한다. 그리고 영상정합에 이용한 기준 영상(좌측영상)을 이용하여 3차원영상을 제작하게 되며 이상의 3차원영상생성작업은 하나의 프로젝트내에서 완료될 수 있도록 구현하였다.

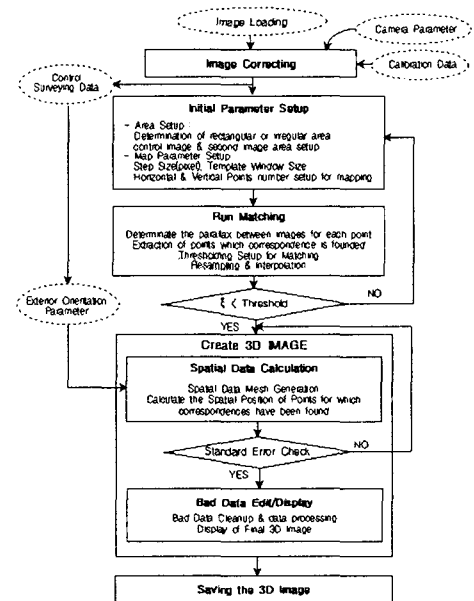


그림 1. 3차원영상생성 루틴

2.3 3차원영상생성 프로그램 구현

3차원 영상생성을 위한 시스템은 프로젝트설정 및 기초자료 입출력, 영상보정 및 처리, 외부표정요소결정, 영상정합, 3차원영상생성 그리고 3차원측정 등 3차원영상생성의 처리과정에 따라 6단계로 구성하였다.

2.3.1 주화면

그림 2는 본 연구에서 구현한 3차원영상생성시스템의 주화면을 나타낸 것으로 사용자의 편의를 도모하기 위해 처리과정순서에 따라 메뉴형식으로 설계하였으며 시스템에 대한 정보는 스프래쉬(Splash)화면으로 구성하였다.

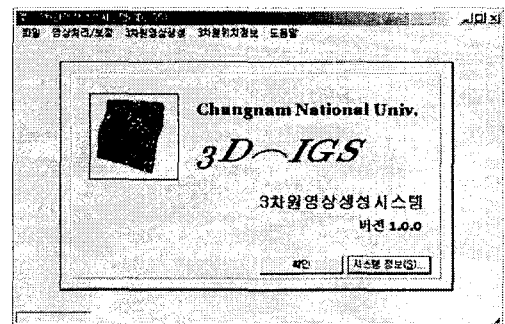


그림 2. 3차원영상생성시스템 주화면

2.3.2 기초자료입력

3차원영상생성시스템은 대상물에 따라 하나의 프로젝트로 구성하여 기초파일과 결과파일 등 작업에서 입력되고 생성되는 모든 파일의 관리 및 프로세스를 프로젝트내에서 수행될 수 있도록 설계하였다. 그림 3은 기초자료입력화면으로서 프로젝트의 설정, 좌·우측 영상, 기준점측량성과 그리고 좌표계의 설정을 수행할 수 있도록 구성하였다.

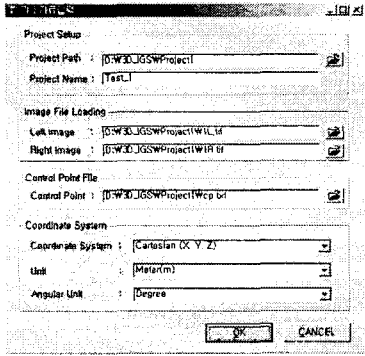


그림 3. 기초자료입력

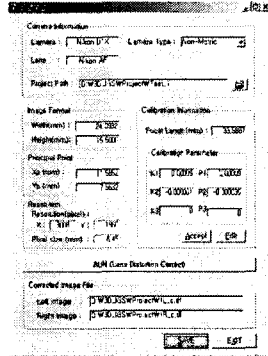


그림 4. 영상보정설정

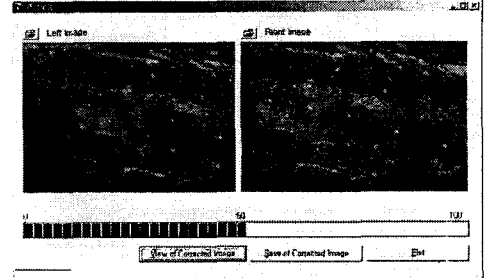


그림 5. 영상보정화면

2.3.3 영상보정 및 처리

영상보정모듈(그림 4)에서는 영상획득에 사용한 카메라의 정보와 사전 시스템검정에 의해 결정된 영상의 포맷, 주점변위, 픽셀크기, 초점거리 및 렌즈왜곡 파라미터 등 검정결과들을 사용자가 직접 입력할 수 있도록 설계하였으며 이렇게 입력된 값들은 동일 프로젝트내에서 고정값(Default)으로 사용할 수 있도록 하였다. 그림 5는 획득된 좌우영상에 대한 영상보정과정을 디스플레이 한 것이며 과정이 종료되면 보정영상 보기옵션을 이용하여 보정된 영상을 확인할 수 있도록 하였다.

2.3.4 외부표정요소결정

본 시스템에서는 좌·우측 영상의 투영중심위치와 회전요소를 결정하기 위해서 공선조건식을 선형화하여 외부표정요소 초기값과 기준점 및 기준점에 대응하는 영상좌표를 이용하여 최소제곱법으로 반복 수행하여 최종 외부표정요소를 산출하도록 구성하였으며 결정된 외부표정요소를 이용하여 공간전방회법으로 기준점의 좌표와 평균제곱근오차를 계산하도록 하였다. 기준점에 대한 영상좌표는 타겟에 대한 확대장을 구현하여 마우스 이벤트를 이용하여 부화소 단위로 측정하고 내부표정요소를 이용하여 영상좌표로 좌표변환을 수행하여 입력하도록 구성하였다. 결정된 외부표정요소와 그 표준편차는 레포트파일로 저장 및 디스플레이 될 수 있도록 구성하였다.

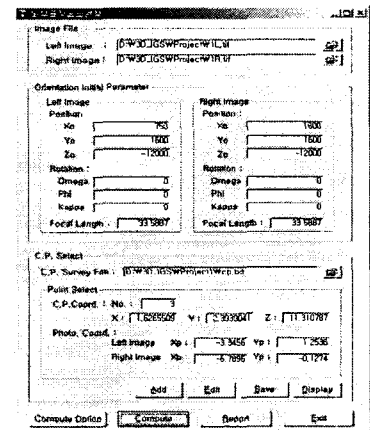


그림 6. 외부표정요소결정

2.3.5 영상정합

좌·우측 영상으로부터 유사성의 탐색을 위해 밝기값을 기반으로 하는 Cross-correlation정합기법을 사용하였으며 정합을 위한 초기설정으로는 기준영상(좌측영상)상에서의 Template Window의 크기와 정합점간의 간격 및 임계값을 입력할 수 있도록 하였고 좌·우측 영상 중 관심영역에 대한 영역을 설정하여 실행하므로써 영상정합처리과정을 수행하였다. 영상정합의 결과는 결과파일보기옵션을 선택을 통해 텍스트형태로 디스플레이 되도록 구성하였으며 결과파일에는 원영상으로부터 샘플링한 관

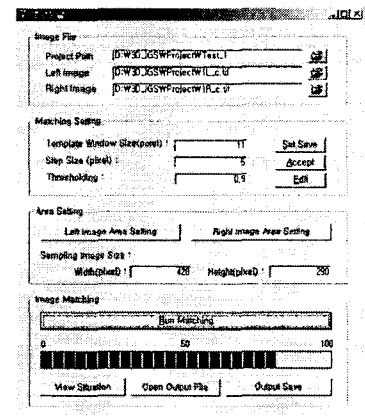


그림 7. 영상정합

심영역의 영상좌표를 원영상의 좌측상단을 (0.0)으로 하는 영상좌표로 출력하고 초기설정값으로 입력된 정합점 간격에 대해 정합결과인 영상좌표를 출력하도록 하였으며 정합이 이루어지지 않은 점에 대해서는 좌표값을 모두 0으로 출력하도록 하여 정합여부를 확인할 수 있도록 하였다. 그리고 영상정합결과파일의 헤더부분에는 프로젝트와 영상정합에 이용된 좌·우 영상 그리고 최종적인 정합성공률과 상관계수의 평균값을 출력하도록 결과파일을 설계하였다.

2.3.6 3차원영상생성

영상정합이 완료되면 이미 결정된 외부표정요소와 영상정합결과파일을 동시에 입력받아 인식하고 공간 전방교회법을 이용하여 영상정합시 설정한 영상정합간격에 대해 3차원좌표를 산출하였다. 그리고 산출된 3차원 좌표값들은 이미 설정한 3차원 좌표계상에 샘플링된 영상과 동일한 픽셀사이즈와 포맷을 갖는 그리드 형태로 구성된 그리드에 대응 입력하여 그리드형 3차원 메쉬로 구성하였다. 3차원영상은 그리드형 메쉬에 원 영상의 RGB 밝기값을 인식하여 격자 대 픽셀 개념에 의해 부여하는 원리로 3차원 영상을 생성하였다.

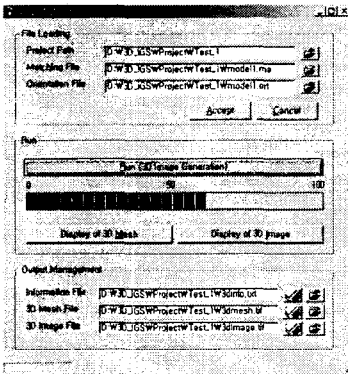


그림 8. 3차원영상생성

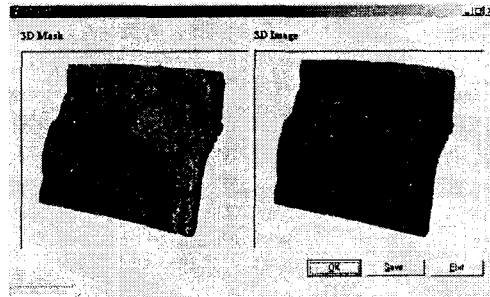


그림 9. 3차원메쉬 및 영상

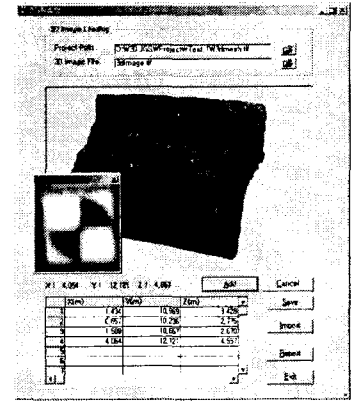


그림 10. 3차원측정

2.3.7 3차원측정

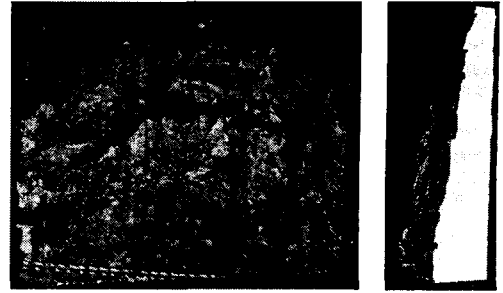
생성한 3차원 영상을 이용하여 관심점(interest point)에 대한 3차원 좌표의 측정을 수행할 수 있도록 3차원측정모듈(그림10)을 구성하였다. 3차원측정모듈은 3차원영상을 로딩하여 확대창에서 관심점을 마우스 이벤트에 의해 부화소 단위로 측정하고 측정된 결과값은 비주얼베이직에서 제공하는 MSHFlexGrid 컨트롤을 이용하여 제작된 그리드대화상자에 사용자의 선택에 의해 입력되어지며 관측이 완료된 후 결과값들은 각종 분석을 위해 Microsoft Excel과 인터페이스를 실현하여 연동될 수 있도록 설계하였다.

3. 암반사면의 불연속면 정보추출

암반사면의 일반적인 파괴는 토사면의 경우와는 달리 주로 암반 내에 형성된 불연속면에 의해 좌우되는데, 불연속면(Discontinuity)이라 함은 0또는 아주 낮은 인장강도를 갖는 모든 역학적 불연속면을 말한다. 암반사면의 불연속면의 조사는 객관적·공학적 분석과 효율적 계측방법의 도입을 통해 불안전 요인들에 대한 조사가 이루어져야 하며 지속적인 관리를 통한 사면거동의 감시가 이루어져야 할 것이다. 현행 불연속면의 조사는 조사자가 직접 사면에 접근하여 불안전 요인들의 조사를 수행하고 있으며 특수한 장비를 이용하지 않는 조건에서는 사면 전반에 대한 조사가 현실적으로 어려운 실정이다. 또한 조사자의 안정성의 결여나 측정결과의 객관성 결여라는 문제점을 내포하고 있으며 이러한 문제점으로 인해 지속적인 관측을 통한 사면거동의 탐지가 불가능하여 이에 대한 지속적이며 체계적인 관리가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 현장조사에 있어 비 접근조사를 통한 조사자의 안정성 확보와 사면전반에 대해 동일한 정확도에 의한 측정을 실현하고 조사자의 주관적 판단에 의한 측정결과의 객관성 결여의 문제를 해결함과 동시에 암반사면의 조사에 있어 보다 효율적인 측정방법을 제시하기 위한 방법으로 수치사진측량기법을 기반으로 하여 생성한 3차원 영상을 이용한 측정방법을 적용하고자 하였다.

3.1 대상사면선정 및 3차원영상생성

3차원영상생성시스템에 의한 생성한 3차원영상을 이용한 암반사면의 불연속면 검출 정확도분석 및 그 활용가능성을 점검하기 위해 노두에 불연속면이 잘 발달한 암반사면을 시범사면으로 선정하였다. 사면에 대한 영상은 촬영거리 23m, 중복도 65%의 조건에 의해 총 4모형을 형성하도록 획득하였고 영상획득매체로는 Nikon D1X Digital Camera를 이용하였다. 획득한 영상을 이용하여 본 논문에서 구현한 3차원영상생성시스템의 처리과정을 순차적으로 수행하여 해석대상면에 대해 입체적 분석이 가능한 3차원 영상을 획득하였다. 3차원영상의 생성을 위한 초기매개변수는 정확도 분석과정에서 가장 양호한 정확도양상을 보였던 변수값을 적용하여 기준윈도우의 크기를 11픽셀, 데이터 획득간격을 5픽셀로 고정하여 처리하였으며 영상정합의 정확도의 확보를 위한 임계값은 0.85로 설정하여 처리하였다. 처리결과에 의해 생성되는 메쉬의 형태는 격자형으로 구성하였으며 영상처리에 의해 획득한 시범사면의 3차원 영상은 그림 11과 같다.



(a) Front View (b) Right View
그림 11. 시범사면(성주)의 3차원영상

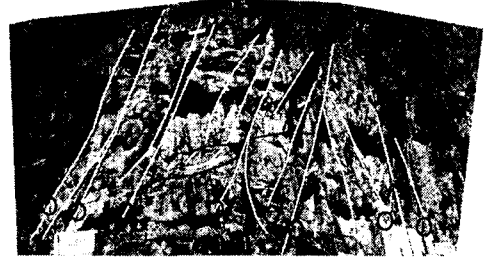


그림 12. 시범사면내 대상절리

3.2 불연속면 정보 추출 및 정확도 분석

생성한 3차원 영상을 이용하여 시범암반사면 노두에 분포하고 있는 절리를 추출하고 8개의 절리를 분석을 위한 대상(그림 12)으로 선정하였다. 3차원영상을 이용한 불연속면 조사항목으로는 방향성(orientation)과 연속성(persistence), 간격(spacing) 및 간극(aperture) 등 4가지 요소를 대상으로 하여 정량적 측정을 시도하였다.

3.2.1 방향성추출

암반불연속면의 방향성은 공간상의 불연속면의 방향으로 경사방향(dip direction)과 경사(dip)로 표시된다. 3차원영상을 이용한 방향성의 측정을 위해 시범사면에서 선정한 8개의 절리 각각에 대하여 변곡절점에 대한 좌표값을 측정하고 이를 Microstation[®]SE 상에 입력한 후 절점들의 좌표값을 이용한 3차원 회귀분석을 수행하여 하나의 대표절리를 작성하였으며 대표절리에 대한 경사방향과 경사의 측정 정확도를 분석을 위해 현장지질조사에서 경사도 측정에 활용되고 있는 클리노미터에 의해 획득한 성과와 상호 비교하였다. (그림 13)

3.2.2 연속성추출

암반불연속면의 연속성은 한 평면내에서의 불연속면의 크기나 면적의 정도를 나타내는 것으로 노두에 나타난 불연속면의 자취길이를 표시되며 노출된 표면에서의 불연속면의 길이를 관측함으로써 정량화 될 수 있다. 3차원영상을 이용한 불연속면의 연속성 측정은 방향성의 측정시 변곡점에 대해 측정한 좌표값을 이용하였으며 변곡점간을 개개의 섹션으로 구별하여 섹션별 측정을 수행하였으며 최종적으로는 섹션별 측정값을 합산하므로써 전체 절리에 대한 측정을 수행하였다. 또한 연속성 추출을 위한 정확도의 분석을 위해 무반사경 토탈스테이션에 의한 대변측량성과를 이용하여 3차원영상으로부터 획득한 성과와의 측정정확도를 비교분석하였다. (그림 14)

3.2.3 간극

암반불연속면의 간극은 하나의 불연속면에 서로 인접한 암석간에 분리되어 있는 수직거리를 나타내는

것으로 본 논문에서 불연속면의 간극의 측정은 대상절리 중 2번과 3번 절리의 하단부를 샘플로 하여 간극 변화를 3차원영상으로부터 3차원 좌표를 측정하여 거리로 환산하여 측정하였다. 또한 간극측정의 정확도 평가를 위해 게이지에 의해 획득한 성과와 비교분석을 수행하였다.

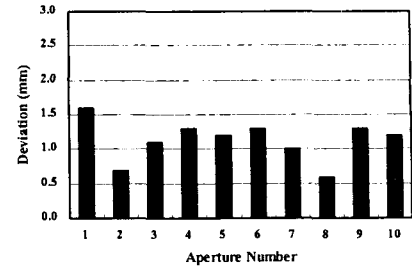
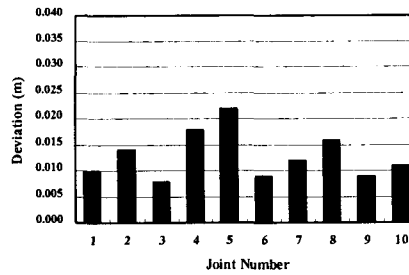
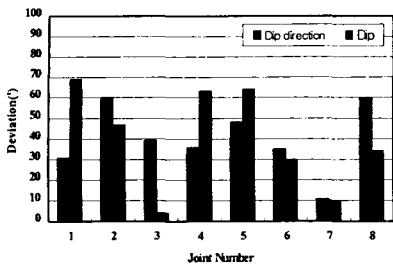


그림 13. 절리방향성 측정 편차

그림 14. 절리연속성 측정 편차

그림 15. 절리 간극 측정 편차

3.2.4 간격

불연속면의 간격은 인접한 불연속면간의 직선거리로 측정이 이루어지며 일반적으로 같은 군에 속하는 불연속면의 평균거리로 표시된다. 3차원영상을 이용한 불연속면의 간격 측정을 위해 인접한 절리면 사이의 수직거리를 절리군당 3개소씩 관측하였다. 간격의 측정은 모든 절리를 대상으로 하여야 하므로 대상절리로 선정된 8개의 절리를 비롯하여 선정하지 않은 절리 모두를 간격측정을 위한 대상으로 포함하여 총 42측점의 간격을 측정하고 이를 히스토그램(그림 16)으로 표현하였다.

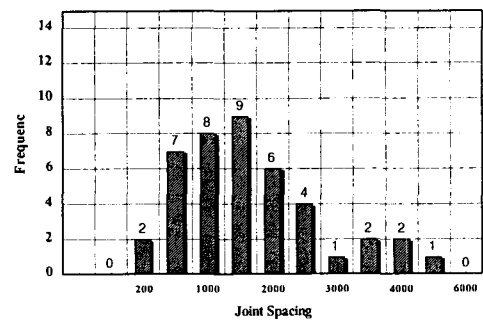


그림 16. 불연속면 간격 히스토그램

4. 결론

1. 3차원영상의 생성을 위해 수치사진측량기법을 적용하고 영상처리공정의 단순화를 위한 절차형 루틴을 설계하는 한편 사용자 인터페이스를 강화한 이벤트 중심의 객체지향기법을 이용하여 시스템을 구현하였다.
2. 3차원의 자료획득에 있어 기존의 복잡한 처리과정을 간소화하여 전문적 지식에 대한 의존도를 크게 낮추고 영상을 이용한 텍스트처리를 실시하므로써 사실감 및 현장감의 부여에 따른 시각적 분석효과를 극대화 할 수 있을 것으로 기대되는바 3차원영상의 활용성 증진 및 사용자의 편의를 도모할 수 있을 것으로 기대된다.
3. 구현한 시스템에 의해 생성한 3차원영상을 이용하여 암반사면의 불연속면조사에 적용하고 불연속속소의 추출 정확도를 분석하여 불연속면조사의 허용정확도를 만족시킬 수 있었으므로 사면의 진단과 평가를 위한 보다 객관적이며 과학적인 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

손정영(2001), "3차원영상기술 현황 및 전망", Journal of the optical society of Korea, 제5권 제2호, pp. 7-12.
 허병희(1994), "3차원영상획득 기술의 동향과 응용기술", 대한전자공학회지, 제21권 제10호, pp. 1036-1045.
 Marsha Jo Hannah(1990), "A System for Digital Stereo Image Matching", PE&RS, Vol.55, No.12, pp.1765-1770.
 Hugues Hoppe, Tony DeRose, Tom Duchamp, John McDonald, and Werner Stuetzle(1993), "Mesh Optimization", Computer Graphics(SIGGRAPH 93 Proceedings), pp. 19-26.
 Schenk, T.(1991), "Towards an Autonomous System for Orienting Digital Stereopairs", PE&RS, Vol. 57, No. 8.
<http://tomok21.com/kisul/rock/rock/kw06/kw06.htm>
<http://www.kigam.re.kr/rockers/People/Choi/lecture.htm>