

초점거리 자동추출 시스템에 의한 암벽의 공간영상정보 생성

Spatial Image Information Generation of Rock Wall by Automatic Focal Length Extraction System

이재기¹⁾ · 이계동²⁾

Lee, Jae Kee · Lee, Kye Dong

Abstract

Because the slope made up the construction of any other facilities, has many risks of a collapse, existing inspection methods to collect information for a construction site of slope bring up a long time of inspection period, cost and approach for a measuring instrument and it presents the critical point of collecting materials.

For getting images to use zoom lens in any positions this study will use free zoomer constructed values of data classified by the focal length develop Image Loader system to make it load not only camera information but also camera test data values of the focal length took a photograph automatically if it measure to use a variety of cameras or other lens. Also, as it constructs three dimensions spatial image information from images of obtained objects this study presents effective basic materials of slope surveying and inspection and it shows exact surveying methods for dangerous slope not to access.

Keywords : Camera calibration data, Stereo image, 3D spatial image information

초 록

각종 시설물들의 건설로 인해 형성된 사면은 붕괴의 위험성을 앓고 있기 때문에 사면의 현장에 대한 정보를 수집하기 위한 기존의 조사 방법들은 조사기간의 장기화, 계측장비에 대한 비용 및 접근성 등의 문제점이 제기되고 있으며, 이는 자료 수집의 한계점으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 어느 위치에서든지 줌렌즈를 사용하여 영상을 취득할 수 있도록 하기 위하여 줌렌즈를 초점거리별로 검정하여 자유로이 줌을 사용할 수 있도록 하였다. 초점 거리별 검정 데이터 값은 DB(Data Base)화하여 여러 종류의 카메라나 또는 다른 렌즈를 사용하여 측정을 하더라도 자동으로 촬영한 초점거리의 카메라 검정데이터 값과 카메라정보를 불러오도록 Image Loader 시스템을 개발하였다. 또한, 취득한 대상물의 입체영상으로부터 3차원 공간영상정보를 구축함으로써 사면측량 및 조사에 효율적인 기초 자료로 제공하고자 하며, 사람이 접근할 수 없는 위험사면에 대한 정확한 측량방법을 제시하고자 한다.

핵심어 : 카메라 검정데이터, 입체 영상, 3차원 공간영상정보

1. 서 론

우리나라의 연평균 강우량은 1,100~1,400mm로서 이 중 대부분이 6~9월 사이에 집중되고 있으며, 최근에는 기상이변에 따른 국지성 폭우 현상이 자주 발생하고 있다. 이와 같이 매년 여름철의 반복적이고 집중적인 호우

와 태풍으로 인하여 막대한 재산과 인명피해를 초래하고 있는 실정이다(김경태 등, 2005). 특히, 절취사면의 붕괴는 산업화가 급속도로 진행된 1970년대부터 대규모 택지 조성을 위한 난개발 및 각종 시설물 건설을 위한 자연사면의 절성토 공사가 증가함으로 인하여 그 피해사례가 매년 증가되고 있다. 따라서 사고 이후 복구에만 치중하는

1) 정희원 · 충북대학교 토목공학과 교수(E-mail:leejk@chungbuk.ac.kr)

2) 연결저자 · 정희원 · 충북대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:kedo114@gmail.com)

현 상태에서 벗어나 사면붕괴를 미리 예방하고, 효과적으로 복구하기 위한 대책이 조속히 마련되어야 한다(국립방재연구소, 2006). 사면붕괴의 예측을 위하여 현장 측량 및 조사가 무엇보다 중요하며, 정해진 주기에 따라 반복적으로 수행되어야 하는 점을 고려할 때 많은 인력과 시간이 소요되며, 현장 여건에 따라 많은 위험 요소가 내재하고 있기 때문에 계측관리자의 안전을 확보하기 어려운 실정에 있다(이동천 등, 2005).

각종 시설물들의 건설로 인해 형성된 사면은 붕괴의 위험성을 안고 있기 때문에 사면의 현장에 대한 정보를 수집하기 위한 기존의 조사 방법들은 조사기간의 장기화, 계측장비에 대한 비용 및 접근성 등의 문제점이 제기되고 있으며, 이는 자료 수집의 한계점으로 제시되고 있다.

최근에는 이러한 문제점들을 해결하고자 암반사면의 특성, 거동, 안전성 분석에 대상물의 정성적·정량적 해석이 가능한 정밀측량용 디지털카메라나 3차원 스캐너를 이용하여 대상물을 3차원으로 모델링하는 방법이 시도되고 있으며, 이들은 기존 방법에 비해 정확하고, 3차원 영상모형을 구축할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 고가의 장비가 필요하고 전문가에 의해서만 작업이 가능한 문제점이 있다. 또한 정밀 측량용카메라를 대신하여 일반 디지털카메라를 사용한다 하더라도 줌렌즈를 이용한 자유로운 거리 조절이 불가능하기 때문에 이에 대한 현장접근성에서의 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 대상물의 정량적 평가뿐만 아니라 정성적 평가가 가능하고 비접촉식 측량방법인 디지털 지상사진측량에서 일반디지털카메라에 줌렌즈를 장착하여 어떠한 곳에서든지 줌렌즈에 의한 초점거리조절로 영상을 취득할 수 있도록 초점거리 자동추적시스템을 개발하였다. 또한, 취득한 대상물의 입체영상으로부터 3차원 공간영상정보를 구축함으로써 사면측량 및 조사에 효율적인 기초 자료로 제공하고자 하며, 사람이 접근할 수 없는 위험사면에 대한 정확한 측량방법을 제시하고자 한다.

2. 디지털 지상사진측량

사진측량은 사진상에 촬영된 상(像)과 대상물간의 기하학적인 원리를 이용하여 대상물이 지니고 있는 특성을 정량적·정성적으로 측정하는 기법이다(Wolf, P. R., 2000).

2.1 공선조건

공선조건에 기본적인 변환식은 사진좌표계와 대상물좌표계 사이의 관계로부터 나타낼 수 있다(Hallent, Bertil,

1960).

대상물의 어떤 한 점 $P(X, Y, Z)$ 는 렌즈의 투영중심을 통하여 이에 대응하는 사진상의 한 점 $p(x, y)$ 에 맺는다는 기하학적 관계(Carbonnell, M, 1975)로서 이 관계를 수학적으로 표현하면 식(1)의 공선조건식(collinearity condition equations) (Wolf, P. R., 1983)과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} = SM \begin{bmatrix} X_p - X_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서,

S : 축척인자

M : 회전행렬

X_p, Y_p, Z_p : 공간상의 대상물 좌표

X_0, Y_0, Z_0 : X, Y, Z 좌표계 속에 있는 대상물 원점의 좌표이다.

x_p, y_p, z_p : 대상물의 사진좌표

2.2 공액조건

한 쌍의 중복사진을 대상물 위의 점 p 와 수반하는 영상점 p', p'' 으로 그림 1에서와 같이 나타낸다. 일반적으로

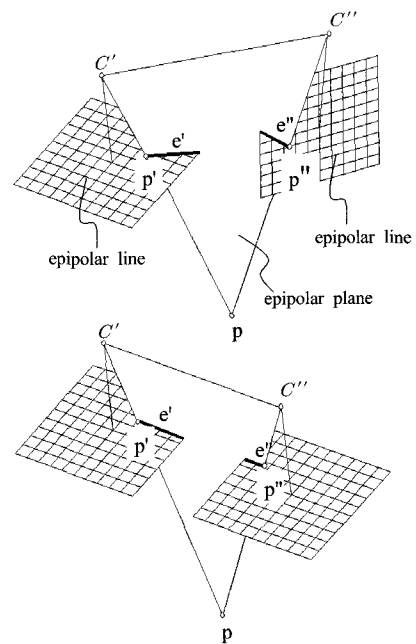


그림 1. 공액면과 공액선

중복된 사진은 정확하게 연직이 아니고, 노출위치나 노출 지점들이 서로 다른 고도를 갖는다(Toni Schenk, 1999).

세 점 C' , C'' 및 p 에 의해 정의되는 평면은 공액면(epipolar plane)이라고 하며, 두 사진을 교차하는 평면에서 두선은 공액선(epipolar line)이라 한다. 무한한 공액선들은 선 $\overline{C'}$, $\overline{C''}$ 를 포함하는 공액면의 집합에 부합하며, 이것들의 일부분이 두 사진면에 교차하는 것이다. 공액선들은 사진을 상호표정한 후에 결정할 수 있다.

3. 카메라검정데이터 추적시스템 개발

3.1 렌즈 왜곡

사진측량의 함수모형은 영상점과 렌즈의 중심 및 대상 점이 일직선을 이룬다는 가정의 공선조건식을 근거로 한다. 그러나 실제로 사진기가 완전하지 못하며, 대상점으로부터의 사면을 진행하는 광선이 일직선이 아닐 수도 있으므로 상좌표에 대한 검정이 필요하다. 또한, 이러한 검정에는 렌즈 왜곡에 대한 검정이 반드시 수행되어야 한다(유복모 등, 1997).

3.1.1 방사왜곡

방사왜곡은 주점으로부터 방사방향을 따라서 발생하는 것으로 비록 그 양은 작지만 이론상으로는 항상 존재하며 대칭이다. 그림 2는 방사왜곡과 x , y 좌표와의 관계를 나타낸다. 또한 방사왜곡을 다항식 형태로 나타내면 식(2)

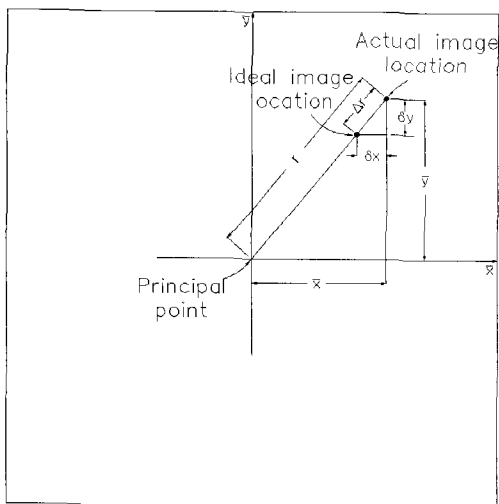


그림 2. 방사왜곡과 x , y 좌표보정사이의 관계

와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta r = k_1 r^1 + k_2 r^3 + k_3 r^5 + k_4 r^7 \quad (2)$$

여기서, k_1, k_2, k_3 는 방사방향 왜곡에 대한 계수이고 r 은 주점으로부터의 방사거리(radial distance)로서 식 (3)과 같이 표현한다.

$$r^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2 \quad (3)$$

여기서, $\bar{x} = x - x_p$, $\bar{y} = y - y_p$ 를 나타내며, 이때 (x, y) 는 임의의 상점에서의 사진좌표이고, (x_p, y_p) 는 주점의 사진좌표이다.

3.1.2 편심왜곡

편심왜곡은 여러 렌즈를 조합할 때 렌즈의 중심이 정확히 맞지 않아서 생기며 방사 왜곡보다 훨씬 적으며 비대칭적인 특징을 보인다. Conrady-Brown 모델에 의하면 편심왜곡은 식(4), 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$dx = P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy(1 + P_3r^2 + P_4r^4 + \dots) \quad (4)$$

$$dy = P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy(1 + P_3r^2 + P_4r^4 + \dots) \quad (5)$$

여기서, P_1, P_2, P_3, P_4 는 무한 초점거리에서의 렌즈조합에 의한 편심왜곡 계수이며, 근접 사진측량에서의 대부분의 응용은 P_1, P_2 만을 고려한다. 따라서 위의 식을 정리하면 식(6), 식(7)과 같이 나타낼 수 있다(Abdel-Aziz Y. I. 1974, 유복모 등, 1997).

$$dx = P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy \quad (6)$$

$$dy = P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy \quad (7)$$

또한, 편심왜곡은 주점에 대하여 방사방향왜곡 성분과 접선방향 왜곡 성분 모두를 갖기 때문에 주점에 대해 비대칭왜곡이라고도 하며 그림 3과 같다. 그림 4의 (a)는 과장된 크기의 왜곡을 갖는 대칭 방사렌즈왜곡의 일반적인 형태를 보여주고 있고, 그림 4(b)는 과장된 크기의 편심왜곡의 일반적인 형태이고, 그림 4(c)는 대칭 방사왜곡과 편심왜곡을 합쳐진 형태를 나타내고 있다.

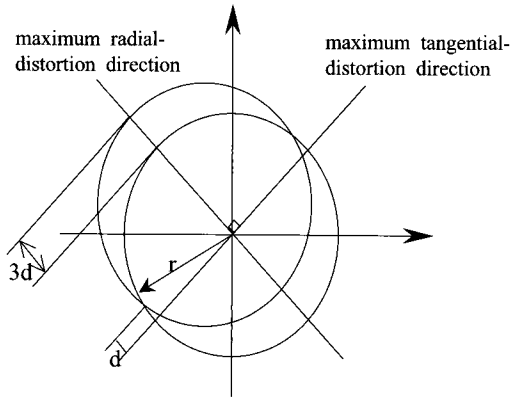


그림 3. 편심왜곡

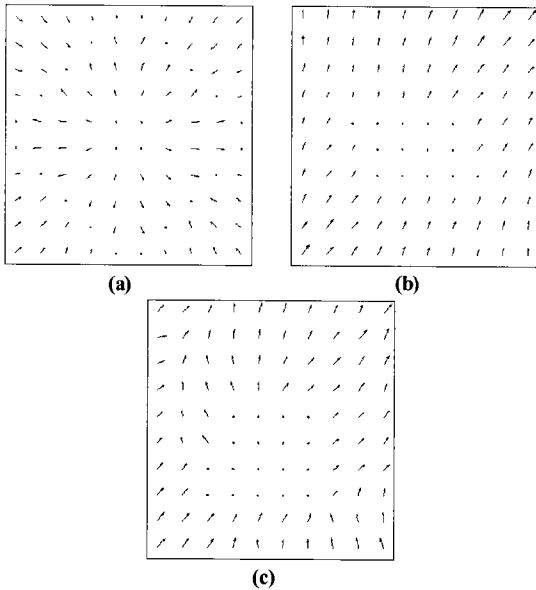


그림 4. 렌즈 왜곡형태

(a) 대칭방사왜곡, (b) 편심왜곡, (c) 방사왜곡과 편심왜곡 혼합

3.2 자체 검정

자체검정(self-calibration)은 미지변수로 취급되는 사진의 외부표정요소와 관측점의 지상좌표와 사진좌표에 포함되는 계통적 오차를 나타내는 변수를 미지변화량으로 하여 이 미지변수들을 동시에 조정하는 방법이다. 촬영된 사진에는 우연오차뿐만 아니라 정오차도 포함되어 있으며, 정오차는 오차모형에 의해 해결할 수 있으므로 조정 계산에서 입체모형의 일부에 이와 같은 오차 모형식을 부가하여 정확도를 향상시킬 수 있다. 이것이 자체검증의 기본목적이며, 자체검증은 정밀근접사진측량의 정확도

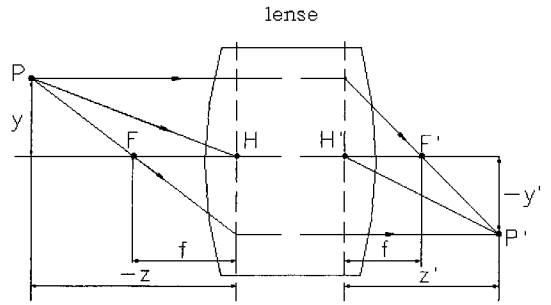


그림 5. 실제 렌즈의 광학체계

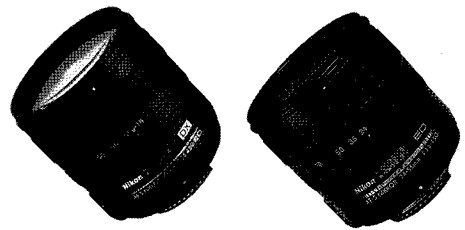


그림 6. 검정 카메라렌즈(Nikon 18-70mm and 24-85mm)

향상을 목적으로 고안된 사진기의 내부표정요소 및 렌즈 왜곡의 검증이 주된 것이었으나 근래의 해석사진측량에서는 사진좌표 및 입체모형좌표의 정오차를 발견하고 제거하는 것이다.

이론적으로 이상적인 카메라는 그림 5에서 보는 바와 같이, 대상물공간 속에서 카메라에 입사하는 빛이 렌즈 중심을 통하여 입사각과 같은 각으로 내부에서 직진하지만, 실제 카메라는 이와 같이 작용하지 않고 두 개의 투영중심이 생기는데 이 점들을 내부 및 외부의 투영중심이라 한다. 따라서 이상적인 렌즈의 특성을 갖고 있지 않기 때문에 이에 대한 보정이 필요하다(서정훈, 2004).

본 연구에서 사용한 카메라 렌즈는 Nikon AF-S 18-70mm와 Nikon AF-S 24-85mm 줌렌즈로써 그림 6과 같다. 측량용이 아닌 비측량용 카메라의 렌즈는 사진지표가 없고, 초점거리를 조절할 수 있으며 상대적으로 큰 왜곡을 갖는 특징을 가지고 있다. 그러므로 카메라 렌즈의 검정을 통하여 정오차에 대한 최대한의 보정을 해야 한다.

3.3 초점거리별 렌즈 검정

본 연구에서는 비측량용 카메라를 측량용으로 사용하기 위해 줌렌즈가 장착된 DSLR(Digital Single Lens Reflex)카메라를 그림 7의 검정 판을 이용하여 그림 8과

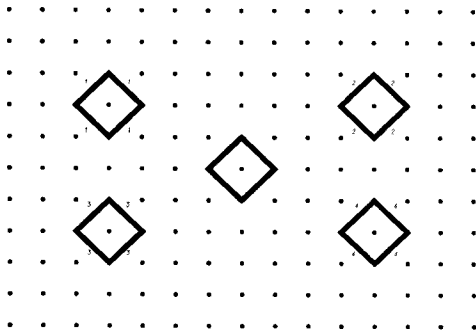


그림 7. 카메라 검정판

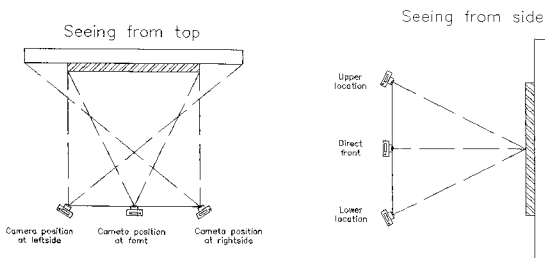


그림 8. 영상취득 위치

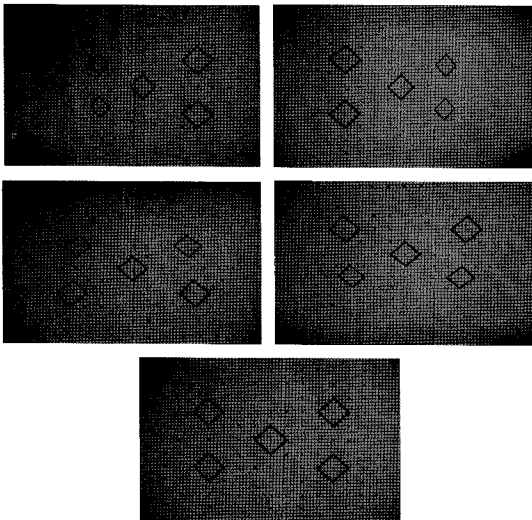


그림 9. 5방향에서 촬영한 검정판 영상

같이 5방향에서 촬영을 실시하였다.

먼저 Nikon D70s 카메라는 렌즈의 초점거리가 17-80 mm로 이 초점거리의 사이를 일정한 간격으로 39간격을 나누어 그림 9와 같이 정면, 좌측, 우측, 상, 하의 5방향의 위치에서 검정에 필요한 영상을 취득하여 Topcon 사의 PI-3000 프로그램을 이용하여 각각의 초점에 따른 검정

표 1. 카메라검정 데이터(Nikon D70s_18 mm)

Remark	Factor	calibration value
Focal Length of lenses	f	17.901928
Location of principle point of camera sensor	Xp	11.500189
	Yp	7.574787
Distortion Model		2
Number of Distortion Parameters		4
Distortion of lenses (radial direction)	K1	6.460276e-004
	K2	-1.831004e-006
distortion of lenses (tangential direction)	P1	5.128222e-005
	P2	-1.085161e-004
X Resolution		0.007700
Y Resolution		0.007700
Number of Fiducial Marks		0

표 2. 카메라검정 데이터(Nikon D100_24 mm)

Remark	Factor	calibration value
Focal Length of lenses	f	23.891712
Location of principle point of camera sensor	Xp	11.262236
	Yp	7.48673
Distortion Model		2
Number of Distortion Parameters		4
Distortion of lenses (radial direction)	K1	3.231965e-004
	K2	-3.976708e-007
distortion of lenses (tangential direction)	P1	4.211651e-006
	P2	-1.460086e-004
X Resolution		0.0076
Y Resolution		0.0076
Number of Fiducial Marks		0

데이터 값을 취득하였다. Nikon D100카메라 역시 같은 방법으로 24-85mm의 초점거리를 일정한 간격으로 나누어 검정데이터를 취득하였다. 촬영시에는 각각의 초점에서 검정 판이 화면에 전체적으로 배치되도록 일정한 거리로 뒤로 이동해 가며 촬영을 실시하였다.

표 1과 표 2는 각각 Nikon D70s카메라의 초점거리가 18mm일 때와 D100카메라의 초점거리가 24mm일 때 검정 요소들의 결과값들을 나타낸 것이다

3.4 검정데이터 자동 추적 시스템개발

3.4.1 렌즈별 검정데이터 DB구축

카메라 렌즈 초점별로 검정한 데이터를 여러대의 컴퓨터에서 동시에 접속해서 카메라정보 요청 작업이 가능하

표 3. 시스템의 하드웨어 구성

Item	Spec.	Remark
CPU	Core 2 Duo	2.4Ghz
Main board	Asus P5N32-E	Intel chip
RAM	1Gbyte	2ea
Network card	3C905-TX	3Com

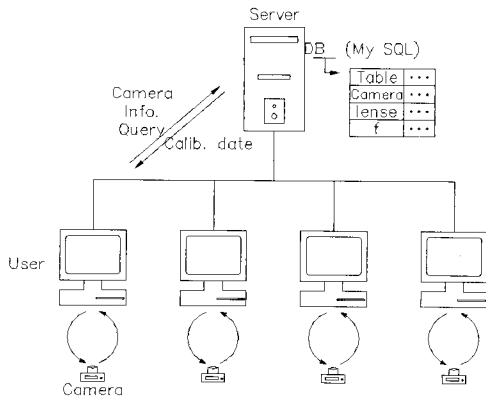


그림 10. 서버구축 개요도

도록 DB 서버를 구축하였으며, 서버의 하드웨어 사양은 표 3과 같다.

그림 10은 본 연구에서 구축한 서버의 개요도로 여러 곳에서 각각 다른 카메라를 사용하더라도 서버에 접속하여 원하는 카메라 검정데이터 값을 가져올 수 있도록 설계한 것이다.

3.4.2 Image Loader 개발

본 연구에서는 지상에서 대상물에 대해 어느 거리에서든지 또는 어떤 위치에서도 촬영이 가능하도록 하기 위해 줌렌즈를 장착한 디지털카메라를 초점별로 검정하였다.

먼저 영상처리를 위해 지상사진촬영을 실시하고 JPEG (Joint Photographic cording Experts Group)파일 형식의 영상을 취득하였다. JPEG영상에서 사용하는 메타데이터인 교환 영상 파일(EXIF; EXchangeable Image File Format) 정보의 헤더파일(header file)에서 촬영 당시에 사용한 카메라의 정보를 검색하고 여기서 카메라의 종류와 초점거리를 추적·인식 하도록 하였다. 이후, 인식된 카메라에 사용된 렌즈를 선택할 수 있도록 하였으며, 인식된 초점거리의 정확한 검정데이터를 미리 구축해 놓은 카메라 렌즈들의 DB(Data Base)로부터 검색하여 영상처리를 할때 정확한 카메라 검정 데이터값을 불러들이도록 Image Loader 시스템을 개발하였다.

여기서, 교환 이미지 파일형식은 디지털카메라의 이미지 파일 안에 저장되어 있는 화상 파일 형식으로, 일본 카메라 회사들이 현 일본 전자정보 기술산업협회(JEIDA; Japanese Electronic Industry Development Association)를 통해 만든 표준이다.

1995년 11월 최초 제정되었으며, ‘일반 사용자들이 쉽게 사용할 수 있는 디지털 정지영상 카메라용 정보 교환 체제 구축’을 목표로 제정되었으며, 협회 표준으로서 법률적인 구속력을 가지고 있지는 않지만, 거의 모든 디지털 카메라 업체가 참가해 제정한 표준이므로 현재 판매되고 있는 카메라는 거의 모두 교환영상파일 형식을 탑재하고 있다.

저장된 정보를 확인하려면 exif 규격을 지원하는 별도의 프로그램이 있어야 하며, 원본 이미지를 수정하면 기록된 부가정보는 사라진다.

프로그램은 처리의 최적화와 효율성을 높이기 위해 메모리 기반이 아닌 파일 기반으로 대용량 데이터 처리가 가능하도록 설계하였다. 또한, 개발 툴은 visual studio 2005 ver. 을 사용하였으며, 운영체제는 window-xp에서 구현 되도록 개발하였고, 개발언어는 c/c++를 사용하였다. 그림 11은 Image Loader 시스템의 전체적인 흐름을 나타낸 것이다. 그림 12는 본 연구에서 개발한 Image Loader 시스템에서 영상을 불러들인 모습이다.

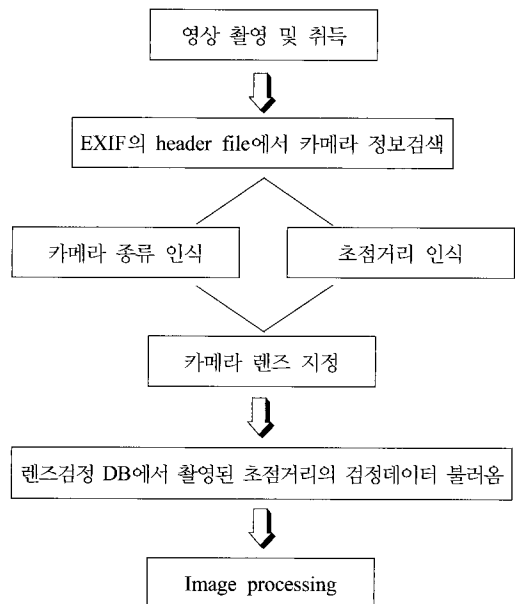
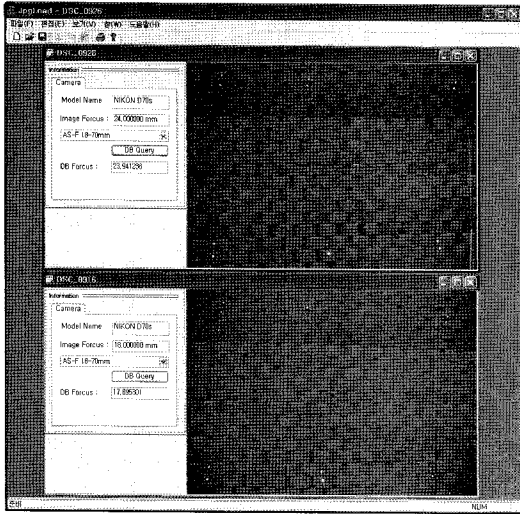
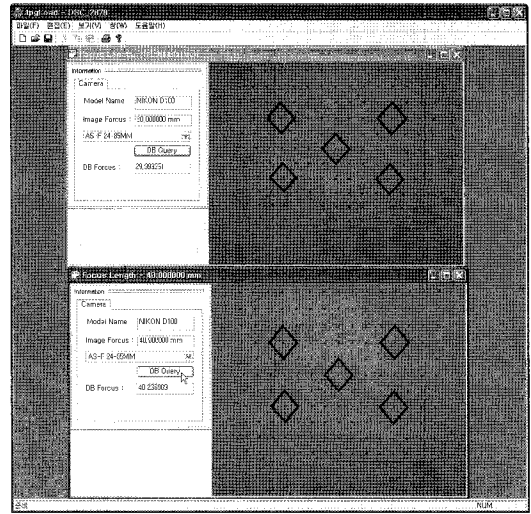


그림 11. Image loader 시스템 흐름



(a) D70s



(b) D100

그림 12. Image loader 시스템에서 불러들인 영상

3.5 정확도 검증

본 연구에서는 자유로이 줌렌즈를 사용하여 촬영한 영상의 데이터 값의 정확도를 평가하기 위하여 디지털 지상 사진으로 촬영하여 취득한 데이터 값과 토탈스테이션 측량에 의해 취득한 데이터 값을 비교·평가하였다. 정확도 평가는 정형적이면서도 암벽면처럼 불규칙한 거칠기를

가지고 있는 보강토 용벽면에 대하여 사진촬영을 실시하였다.

디지털 지상사진 촬영에 앞서 영상에서 기준점으로 사용할 좌표값을 얻기 위해 그림 13과 같이 지상기준점측량을 하였으며, 이 기준점은 성과 검증된 좌표값으로 본 실험 대상물의 기준점 6개와 검사점 8개의 좌표값으로 사용하였다. 표 4는 용벽면상의 기준점 좌표값이다.

그림 14는 용벽면에 설치한 검사점의 좌표값과 본 연

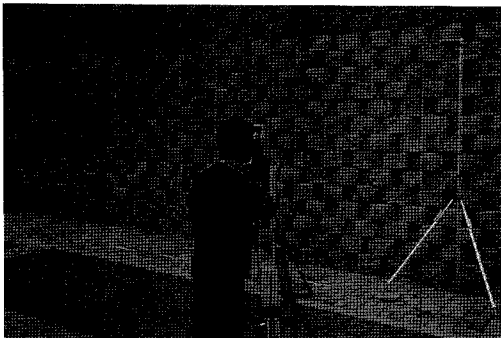


그림 13. 기준점 측량

표 4. 용벽면의 기준점 좌표(unit : m)

name	X	Y	Z
A 1	345986.163	239444.793	62.181
A 2	345987.362	239445.855	62.184
A 3	346989.470	239447.740	62.169
A 4	345986.011	239444.874	59.499
A 5	345987.798	239446.190	59.446
A 6	345989.015	239447.547	59.456

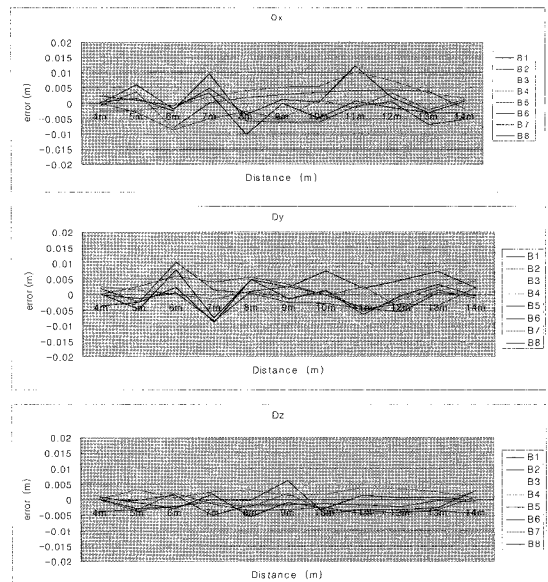


그림 14. 검사점과의 편차

표 5. 검사점들의 평균제곱근오차(unit : m)

RMSE	X	Y	Z
B1	0.0041	0.0052	0.0024
B2	0.0051	0.0027	0.0025
B3	0.0050	0.0055	0.0044
B4	0.0049	0.0043	0.0029
B5	0.0040	0.0043	0.0036
B6	0.0054	0.0036	0.0021
B7	0.0041	0.0035	0.0029
B8	0.0049	0.0047	0.0032

구에서 제시한 디지털 지상사진측량 방법에 의해 취득한 좌표값과의 거리별 오차값이며, 8측점의 평균제곱근 오차값은 표 5와 같다. 거리별로 촬영 했을때 각 측점의 최대 RMSE값은 X좌표에서 5.4mm, Y좌표에서 최대 5.5mm, Z 좌표는 최대 4.4mm로 나타났다. 이값은 한국도로공사 도로설계요령집의 옹벽면의 수평변위 계측의 허용값인 높이 h=1m 당 6mm의 허용변위량값을 만족하므로 옹벽의 변위계측이 가능할 것으로 판단된다.

4. 실험 및 결과분석

4.1 대상지역 선정

본 연구에서의 실험 대상지로는 충북 청원군 피반령 부근의 도로 공사 후 발생한 사면으로 도로의 노선이 변경되면서 방치되어 사면의 붕괴와 토사유실로 인해 자연사면의 특징을 가지고 있는 곳으로 판단되어 대상지역으로 선정하였으며, 대상지 사진은 그림 15와 같다.



그림 15. 실험 대상지

4.2 영상처리

본 연구에서 사용한 카메라는 그림 16의 Nikon D70s 카메라이다. 그림 17은 좌우영상을 불러들여 카메라와 초점거리를 로드한 그림을 나타낸 것이다.

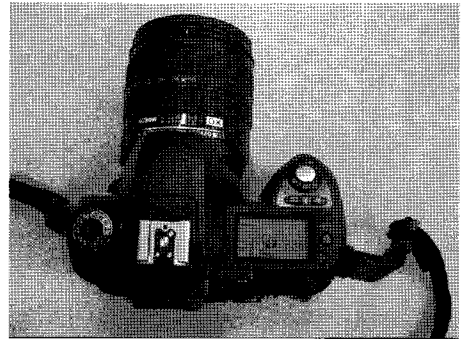


그림 16. Nikon D70s 디지털 카메라

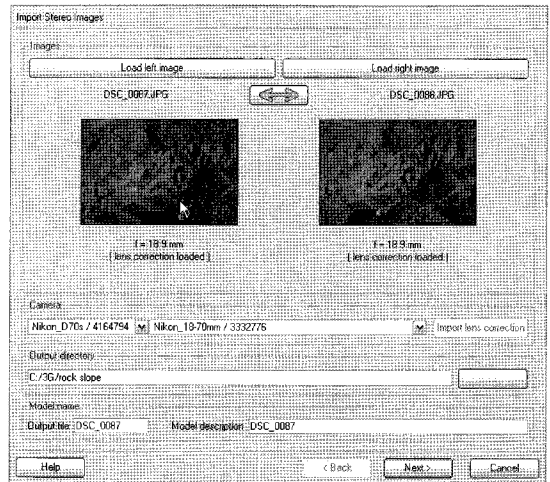


그림 17. 좌·우영상 loading

4.3 결과 분석

그림 18은 디지털 지상사진 촬영에 의해 취득한 3차원 정밀 입체모형을 표현하기 위해 불규칙삼각망(TIN; Triangulated Irregular Network)과 점군데이터를 사진영상과 중첩하여 나타낸 것이다.

그림 19는 취득한 3차원 정밀 모형을 통해서 절리의 방향과 크기를 표시한 것이다. 데이터 군은 4개의 군으로 나누어서 분석을 실시하였으며, 각각의 군별로 평사투영 분석한 것은 그림 20과 같다. 여기서, 1번군의 경사방향과 경사각은 각각 271.63°와 51.38°로 나타났으며, 2번군

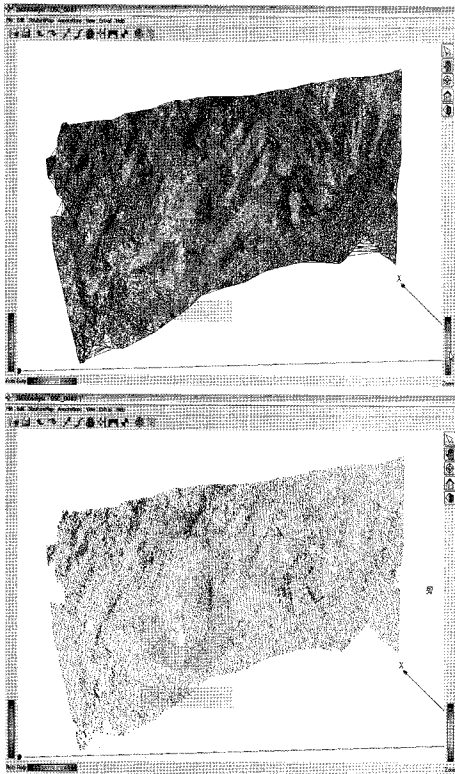


그림 18. 사면의 TIN과 점군데이터

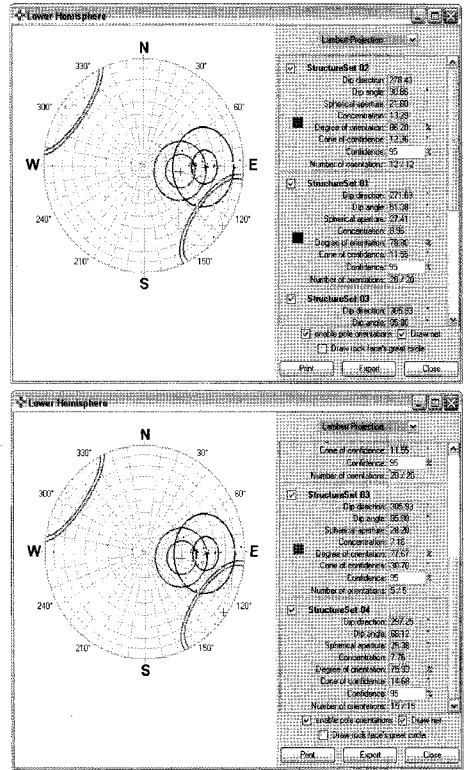


그림 20. 사면의 TIN과 점군데이터

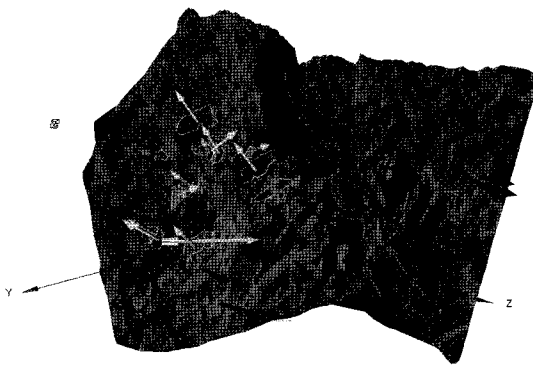


그림 19. 암사면의 절리방향

은 278.43°, 30.86°로, 3번군은 305.93°, 85.80°이며, 4번군은 각각 297.25°와 68.12°로 나타났다.

5. 결 론

줌렌즈 카메라를 이용하여 취득한 영상으로부터 초점거리를 자동으로 추출하여 암벽면의 3차원 수치모형을

생성 및 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 줌렌즈 카메라를 이용하여 보강토 옹벽을 초점거리가 18mm인 4m지점부터 70mm인 14m인 지점까지 1m씩 이동하며 취득한 검사점들의 RMSE값이 X좌표가 최대 5.4mm, Y좌표는 최대 5.5mm, Z좌표는 최대 4.4mm로 나타났다.

2. 줌렌즈 카메라에 의한 디지털 지상사진측량 방법에 의해 암벽의 3차원 정밀 모형을 구축하여 절리방향과 경사방향 및 경사각등을 분석할 수 있었으므로 본 연구 기법의 타당성을 제시하였다.

3. Web 기반으로 여러명의 사용자가 각각의 컴퓨터에서 다양한 카메라로 촬영한 후 서버로부터 카메라 검정데이터를 받아서 영상처리를 할 수 있도록 Image Loader 시스템을 개발하였다.

이상과 같이 줌렌즈 카메라를 이용하여 자유롭게 촬영하여 현장접근성에 제약받지 않고 정량적·정성적해석이 가능함을 알 수 있었고, 향후 두 대의 카메라를 고정으로 설치하여 실시간으로 입체영상을 취득한다면 실시간 사면 모니터링이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김경태, 정성관, 박경훈, 오정학 (2005), GIS 및 RS기법을 활용한 산사태 취약성 평가, 한국지리정보학회지, 제8권, 제1호, pp. 75-87.
- 서정훈 (2004), 디지털 비디오카메라를 이용한 아스팔트 콘크리트 포장 노면 관리시스템 개발, 박사학위논문, 부경대학교
- 심재현, 김지태 (2006), 원격탐사 자료의 재해분야 활용방안 연구, 국립방재연구소, pp. 10-75.
- 유복모, 이석균, 최송옥, 김기홍 (1997), 근거리 사진측량을 위한 CCD 사진기 검정에 관한 연구, 한국지형공간정보학회지, 제5권, 제1호, pp. 159-165.
- 이동천, 우익, 최진욱 (2005), 입체 디지털 영사어리에 의한 암반 사면의 불연속면에 대한 3차원 정보 추출, 대한자원환경지질학회, 제38권, 제4호, pp. 369-380.
- Abdel-Aziz Y. I. (1974), *Photogrammetric Potential of Non-Metric Cameras*, pp. 28-41.
- Brown, D. C. (1971), *Close-Range Camera Calibration*, *Photogrammetry Engineering*, pp. 855-866.
- Carbannel, M. (1975), *Technical Progress in Archite ctural Photogrammetry*, P.E.&R.S., Vol. 41, No. 12, pp. 1513-1517.
- Griggs, G. E. (1968), *Camera Calibration on Analytical Method*, University of Washington, Ph. D. Dissertation, pp. 6-36.
- Hallent, Bertil (1960), *Photogrammetry*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, pp. 15-19.
- Toni Schenk(1999), *Digital Photogrammetry*, Terra Science, pp. 100-313.
- Wolf. P. R. (1983), *Elements of Photogrammetry*, 2nd ed, McGraw-Hill Inc. Tokyo, pp. 587-592.
- Wolf, P. R. (2000), *Elements of Phototgrametry*, 3nd ed, McGraw-Hill Inc., Book Company, pp. 430-449.
-
- (접수일 2007. 9. 10, 심사일 2007. 9. 20, 심사완료일 2007. 10. 2)