

디지털 카메라를 이용한 재난피해정보 추출

The Investigation of disaster damage using digital cameras

김기홍* · 김형경** · 홍성창***

Kim, Gi Hong · Kim Hyung Kyung · Hong Sung Chang

* 강릉대학교 토목공학과 전임강사 (ghkim@kangnung.ac.kr)

** 강릉대학교 토목공학과 석사과정 (bumbkim@hanmail.net)

*** 강릉대학교 토목공학과 석사과정 (designx2@nate.com)

요지

각종 자연재해에 따른 광역 피해에 대한 정보를 수집하는 데에는 일반적으로 위성영상이 이용되고 있으며, 좀 더 국지적인 피해를 조사할 경우에는 항공사진이나 저고도 무인비행기가 이용되고 있다. 그러나 공공 시설물 피해와 같이 더욱 세부적인 피해를 조사하는 데에는 이러한 방법이 적절치 않으며, 현지측량작업이 행하여져 왔다. 본 논문에서는 사진측량 기법을 이용하여 공공시설물 피해를 좀 더 빠르고 정확하게 조사할 수 있는 방법을 모색하였다. 두 개의 디지털 카메라를 프레임에 고정시켜 촬영시스템을 제작하였으며, 실제 피해 지역에서 이 시스템을 이용하여 피해 현장을 촬영한 후 피해정보를 추출하였다. 이렇게 산출된 피해정보와 토달스테이션을 이용한 실측결과를 비교하여 제작된 시스템의 활용성을 확인 하였다.

ABSTRACT

Satellite imagery is generally used for investigating the damage from natural disaster for wide area and remotely piloted vehicle or aerial photos are used for the local damage. But for more detailed information such as damages of public facilities, these methods are inadequate and so in this case field surveying has been carried out. We tried to estimate the damage of public facilities faster and more accurately using photogrammetric method. We developed a digital stereo camera system by fixing two digital cameras on a frame, and with this system the photos of actually damaged areas were collected. The damages were estimated from these stereo photos. Then the estimated data was compared with field surveying data in order to verify our system.

1. 서론

현재 국가에서 수행하고 있는 공공시설물 피해조사는 대체적으로 국부적, 혹은 국지적인 피해에 대한 조사라고 할 수 있다. 과거에는 국지적 피해 현장을 조사하기 위해 목측을 하거나 줄자 등을 이용하여 현장에서 직접 피해 범위를 측량하였다. 그러나 피해 조사 인력의 비전문성, 열악한 접근성 등으로 인해 이러한 방법으로는 정확한 피해의 범위와 피해 정도를 측정하기 어려우며, 현장 조사자의 주관이 개입될 여지가 많아 피해 물량을 산출하는 근거로 활용하기에는 객관성이 부족하다(국립방재연구소, 2000).

재해복구사업이 적절하게 수행되기 위해서는 피해지역에 대한 정확하고 객관적인 피해 범위가 빠르게 산출되어야 하며, 이렇게 수집된 정보는 피해 보상이나 재해대책 수립, 그리고 각종 정책결정에 있어 핵심적인 자료로 활용될 수도 있다. 이러한 점에서 국지 피해를 쉽고 정확하게 파악할 수 있는 피해 조사 자동화기법의 개발은 큰 의미를 갖는다. 본 논문에서는 재해지역의 피해정보를 수집하기 위해 상용 디지털 카메라를 이용하는 사진측량 시스템을 구현하고 이를 실제 현장에 적용하여 보았다. 이와 같이 현장피해영상을 이용하는 방법은 현장에서의 측량 작업 없이 신속하게 영상촬영만으로 정보를 수집할 수 있으며, 저장된 스테레오 영상이 피해 물량 산출의 근거로 남기 때문에 데이터를 신뢰할 수 있다는 장점을 갖는다.

2. 영상촬영시스템 제작

재난피해영상 취득을 통해 공공시설물의 피해정보를 추출하기 위해서 디지털

카메라를 이용한 영상촬영 시스템을 제작하였다. 디지털 재난피해영상으로부터 먼적, 거리 등 정량적인 피해정보를 취득하기 위해서는 두 대의 사진기를 이용한 입체영상을 취득하여야 한다. 현재 상용 디지털 카메라의 경우 사진측량에 적용하기 위해서는 초점거리를 고정시키는 기능이 필수적이며, 해상도가 높을수록 좋다. 또한 스테레오 영상의 영상 명암 차이를 없애기 위하여 자동으로 명암을 조정하는 기능이 유용하다. 본 연구에서는 Sony DSC-W7 모델을 사용하였다. 이 모델은 초점거리를 수동으로 설정할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 720만 화소의 고해상도 영상을 취득할 수 있어 본 시스템에 적합한 것으로 판단하였다.

영상촬영 시스템은 디지털 카메라, 연결이음쇠, 카메라 삼각대로 구성된다. 이동 및 설치의 편리와 처짐을 방지하기 위해 힘이 없는 강성 플레이트를 카메라 삼각대와 연결하여 이용하였다. 또한 카메라를 거치대에 부착시킬 수 있는 이음쇠를 부착하였다.

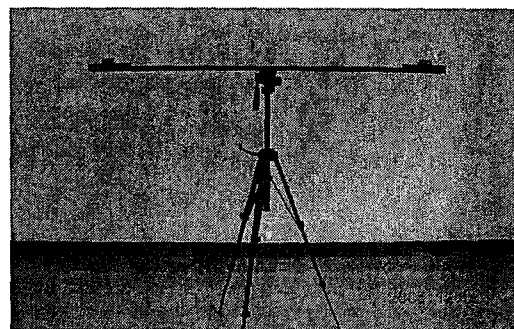


그림 1. 영상촬영 시스템

3. 영상촬영 시스템의 보정 및 표정

본 논문에서는 공선조건식이 아닌 직접

선형변환식(DLT)를 이용한 기법을 적용하였다. 직접선형변환은 사진좌표나 초점거리를 필요로 하지 않으며 영상의 상좌표와 대상공간의 3차원 좌표가 선형식의 관계로 표현되기 때문에 사진지표와 정확한 초점거리를 제공하지 않는 상용 디지털 카메라에 적용하기 편리한 점이 있다. 직접선형변환의 장점은 첫째, 영상 내에서 관측된 좌표관측기의 좌표와 대상물좌표들 간의 비례관계를 제공하여 준다. 둘째, 관측방정식이 매우 간단하다. 미지수의 계수들은 선형으로 비례하기 때문에 도함수 등의 계산이 불필요하다. 셋째, 선형계수이므로 초기 근사값을 필요로 하지 않으며, 투영관계에서 사진기의 왜곡과 같은 체계사이의 오차를 보정하기 위해 매개변수를 부가하는 것이 가능하다. 단점으로는 11개의 미지변수를 결정하기 위하여 최소 6점 이상의 3차원 기준점을 필요로 한다. 또한, 직접선형변환에 의한 결과의 정확도는 일반적인 광속조정법에 비해 다소 떨어지며 직접선형변환에 의한 결과값은 대상 공간내 기준점의 배치상태에 따라 매우 민감하게 변한다. 이러한 단점에도 불구하고 직접선형변환은 간단하면서도 편리하게 사진측량에 의한 위치결정에 적용할 수 있는 유용한 모형이다(유복모, 1997).

본 연구의 목적은 범용 디지털 카메라를 이용한 신속하고 편리한 재해 정보 추출에 있으며, 재해조사에서는 mm 단위의 매우 정확한 측량 성과가 필요하지 않다. 따라서 직접선형변환을 이용하는 것이 유리하다고 판단하였으며, 특히 본 시스템의 주된 사용자가 사진측량 전문가가 아닌 일선 공무원일 가능성이 크다는 점을 고려하면, 표정작업시 초기 근사값 입력이

필요 없는 것은 장점이라고 볼 수 있다.

사진기 보정을 위한 수학적 모형식을 구성하기 위해서는 렌즈의 왜곡을 보정하여야 한다. 렌즈의 왜곡은 방사왜곡과 편심왜곡이 주를 이룬다. 방사방향의 왜곡은 영상의 주점과 관련되어 생기는 왜곡이며, 편심왜곡은 시각중심과 렌즈 중심의 불일치로 생기는 왜곡이다. 편심왜곡은 방사방향과 접선방향의 양쪽 모두에서 일어난다. 본 연구에서 사용한 직접선형변환식은 식(1)과 같으며 x, y 는 영상좌표, $L_1 \dots L_{11}$ 는 직접선형변환계수, X, Y, Z 는 지상좌표이다. 대상물과 디지털 영상과의 정밀한 좌표를 얻기 위해서는 렌즈의 왜곡이 고려되어야 한다. 이러한 왜곡은 식(2)와 같이 표현된다.

$$x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (1)$$

$$y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

$$\delta_x = \delta_{rx} + \delta_{dx} \quad (2)$$

$$\delta_y = \delta_{ry} + \delta_{dy}$$

식(2)에서 δ_{rx} 와 δ_{ry} 는 방사방향으로의 왜곡을 나타내고 δ_{dx} 와 δ_{dy} 는 편심왜곡을 나타낸다. 일반적으로 방사방향의 왜곡은 식(3)과 같이 나타낼 수 있으며 $k_1 \dots k_3$ 는 방사방향의 왜곡계수이고 r 은 영상중심부터의 방사상의 거리이다(wolf, 1974).

$$\delta_r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7 \quad (3)$$

x, y 축에서 방사방향 왜곡인자는 식(4)와

같이 주어질 수 있다.

$$\delta_{rx} = \frac{x}{r} \delta_r = x(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \quad (4)$$

$$\delta_{ry} = \frac{y}{r} \delta_r = y(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6)$$

편심왜곡은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_{dx} = (1 + P_3 r^2) \{P_1 (r^2 + 2x^2) + 2P_2 xy\} \quad (5)$$

$$\delta_{dy} = (1 + P_3 r^2) \{2P_1 xy + P_2 (r^2 + 2y^2)\}$$

식(5)에서 P_1, P_2, P_3 은 편심왜곡을 보정하기 위한 계수를 나타낸다. 렌즈의 왜곡을 보정하기 위한 기하학적 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_1 = x + \delta_x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (6)$$

$$F_2 = y + \delta_y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

식(6)에서 직접선형변환계수와 왜곡보정계수사이에 높은 상관성이 있기 때문에 정확한 해를 구하기가 매우 힘들다(Chen and Schenk, 1990). 선형변환계수와 왜곡보정계수사이에 높은 상관성을 피하고 신뢰성 있는 해를 구하기 위해서 미지의 두 개 그룹을 바꾸는 연속조절과정이 사용되었다(유복모, 1997).

두 대의 디지털 카메라를 이용하여 제작된 촬영 시스템으로부터 취득한 영상을 이용하여 피해 대상지역의 3차원 좌표 정보를 취득하기 위해서는 표정과정이 필요하다. 본 논문에서 표정과정이란 두 대의

사진기에 대한 투영중심의 위치와 사진기 촬영자세에 해당하는 파라미터들과 렌즈 왜곡 보정을 위한 파라미터들을 대상지역 촬영 전에 미리 결정하는 것으로, 대상공간에 3차원 좌표를 정확히 측량한 기준점과 이에 해당하는 영상점을 이용하여 식(6)의 수학적 모델식에서 카메라 위치와 자세에 대한 정보를 포함하는 파라미터들 렌즈왜곡보정계수($k_1, k_2, k_3, P_1, P_2, P_3$)를 구하는 과정이다. 영상이 좌측과 우측 두 장이기 때문에 식이 2개가 되며 미지수가 17개이기 때문에 기준점 1점당 식이 2개 생성되므로 적어도 9점의 기준점이 필요하다.

표정요소들이 구해진 후에 카메라가 표정을 위한 촬영당시의 기하학적인 환경 그대로 고정된 상태를 유지하고 현장에서 영상이 취득되어진다면 현장에서의 기준점 측량과정 없이 대상지역의 3차원 좌표 추출이 가능하다. 영상촬영장치의 디지털 카메라는 하나의 고정된 프레임에 2개가 단단하게 고정된채 부착되어 이동시에도 변화가 없어야 한다.

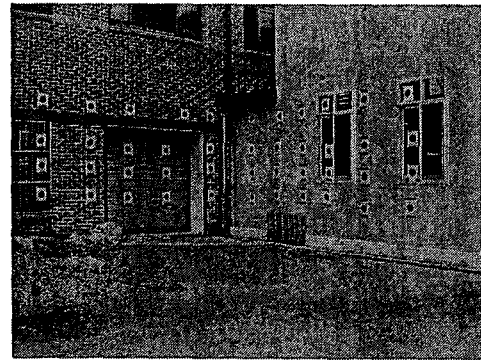


그림 2. 표정을 위한 실외타겟

촬영시스템에 탑재된 카메라의 표정요소들을 구하기 위하여 그림 2와 같이 골

고루 원형의 타겟이 위치하도록 한 후 SOKKIA사의 DT5S 5초독 테오돌라이트를 이용한 삼각수준측량을 수행하여 타겟의 3차원 좌표를 결정하였다. 표정시 사용된 타겟은 지름 12cm의 원형으로 원의 내부는 검은색이고 원의 외부는 하얀색을 사용하였다.

실외타겟을 이용한 표정시 기준점에 대한 정확도는 촬영거리 14m, 초점거리 7.9mm에서 표1과 같다.

표 1. 실외타겟 이용시 모델링 정확도

좌표축	RMSE
수평방향(X)	4.40mm
수직방향(Y)	1.21mm
촬영방향(Z)	17.6mm

마이크로소프트사의 Visual C++ 언어를 이용하여 윈도우 환경의 컴퓨터에서 보다 신속한 표정작업 및 피해영상처리를 위한 프로그램을 개발하였다.

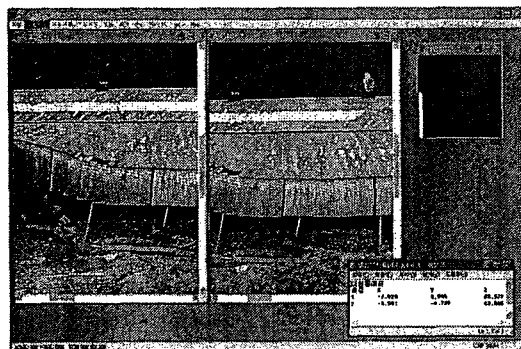


그림 3. 윈도우용 영상처리 프로그램

5. 재난 피해조사 활용

2005년 9월 6일 내습한 제14호 태풍 『나비(NABI)』에 의해서 피해가 크게 일어난 울산지역과 포항지역을 촬영하였다. 이들 지역을 포함하고 있는 경상북도에서는 태풍 나비로 인하여 1,300여명의 이재민이 발생하였으며, 주택, 선박, 농작물 등의 사유시설 피해를 비롯하여 도로, 하천, 어항 및 항만 등 868개소에 이르는 공공시설물의 피해가 발생하였다.

그림 4는 울산시 북구 신안마을에 도로 및 호안이 약 90m 유실된 곳의 영상이다. 피해원인은 하천 만곡부의 수위상승과 빠른 유속으로 추정되며, 촬영시 현장은 임시 복구가 이루어진 상태였다. 그림 5는 토탈스테이션을 이용한 대상지역의 현지측량성과 성과를, 그림 6은 계산된 피해물량 정보를 나타낸다. 그림 7은 제작된 영상촬영 시스템을 이용하여 촬영된 영상으로부터 계산된 대상점의 좌표이며, 표 2는 현지측량 성과와 시스템으로부터 구한 성과를 비교한 결과이다.



그림 4. 도로 및 호안 유실 현장

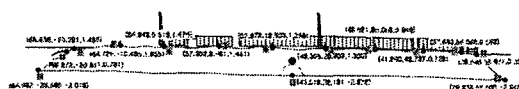


그림 5. 현지측량 성과

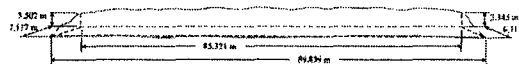


그림 6. 도로 및 호안 유실 피해정보

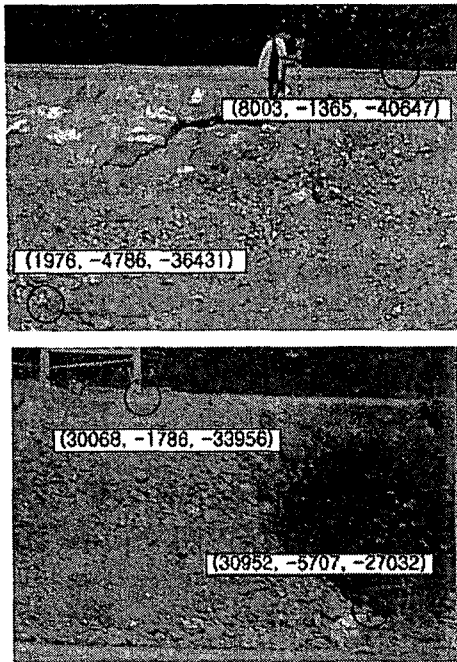


그림 7. 영상처리 성과

표 2. 성과비교

거리	현지측량 성과	영상처리 성과	차이
2-14	7.93m	8.11m	0.18m
11-12	7.50m	8.01m	0.51m

6. 결 론

국지적인 피해현장을 신속하게 조사하기에는 현장에서의 방재인력이 매우 부족하며, 이러한 방재인력의 부족으로 인한 정확한 피해범위의 산정 또한 크게 기대할 수 없는 실정이다. 따라서 피해조사 자동화 기법을 통하여 상기의 문제점들을 다소나마 완화시킬 수 있을 것으로 여겨지며, 디지털 카메라 영상을 이용하여 국지 피해지역의 피해정보를 취득하는 영상촬영 시스템이 하나의 방법으로 활용될

수 있을 것이다.

본 논문에서는 상용 디지털 카메라를 이용하여 영상촬영시스템을 제작하였으며 얻어진 스테레오 재해영상을 통하여 피해정보를 취득하기 위한 프로그램을 개발하여 실제 재난지역에 적용하였다. 제시된 기법은 현장을 실측한 성과와 유사한 결과 값을 나타내어 보다 신속하고 신뢰성 있는 피해정보 수집에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

국립방재연구소, 2000, 피해조사 및 복구 체계 개선에 관한 연구
 유복모, 이석군, 최송옥, 김기홍, 1997, "근거리 사진측량을 위한 CCD 사진기 검정에 관한 연구", 1997, 한국지형공간정보학회 논문집, 5권 1호, pp. 159-165
 Chen, Y. and A. F. Schenk, 1990, "A Rigorous Calibration Method for Digital Cameras", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 201-212.
 Wolf, P.R., 1974, Elements of Photogrammetry, McGraw-Hill, pp. 96-97