

디지털 비디오 리코더에 의한 이동 측량 기법 연구

A Study on the Kinematic Surveying Method Using the Digital Video Recorder

함창학¹⁾ · 김원대²⁾

Hahm, Chang Hahk · Kim, Won Dae

Abstract

This study recorded an object using a digital video recorder, and then tried to estimate 3-D positional information and to reconstruct an image. Firstly, the accuracy of measurement results from a video recorder was evaluated and tested for an applicability, then it applied to a real object to construct 3-D digital model. This study assumed that there is no lens distortion in a video recorder, and all bundles should precisely pass through the projection center of a lens. The image size for orientations is determined by the size of CCD chip and the number of pixels. The average squared error from the result by a digital video recorder and that by triangular survey from 1-second theodolite shows 0.0173m error in x,y coordinates. Without knowing the accurate information on the lens distortion and the coordinates of the projection center, this study reasonably produces acceptable results in the reconstruction of 3-D model. In consequence, this study found that the image from a digital video camera can be reconstructed 3-D model only from the information on a camera type.

요 지

본 연구에서는 디지털 비디오 리코더를 이용하여 대상물을 촬영하고 이로부터 대상물의 3차원 위치정보 및 영상복원을 수행하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 비디오 리코더에 의한 측량결과의 정확도를 분석함으로써 그 정도에 따른 활용성을 평가하는 한편, 실제 대상물에 적용시켜 3차원 복원을 수치적으로 수행하였다. 이때 비디오 리코더의 렌즈왜곡은 없고 모든 광축은 렌즈의 투영중심을 정확하게 지나가는 것으로 간주하였으며, 표정을 위한 영상의 크기는 CCD 칩의 크기와 영상소수를 이용하여 결정하였다. 디지털 비디오 리코더로부터 취득된 정보와 1초독 테오도라이트를 이용하여 삼각측량한 성과를 비교한 결과 평균계급근 오차가 평면오차 0.0173m로 나타났다. 또한 정확한 렌즈왜곡 정보나 투영중심의 좌표가 없음에도 불구하고 실제 대상물을 촬영하고 복원하는데 있어서 매우 양호한 결과를 나타내었으며, 디지털 비디오카메라에 의해 촬영된 영상과 카메라의 종류만 알면 대상물의 3차원 디지털복원이 가능하리라 사료된다.

핵심용어(Keywords) : 동적측량시스템, 디지털비디오리코더, 근거리사진측량

1. 서 론

사진이나 영상을 취득하는 기기의 발달은 다양한 형태의 사진이나 영상을 취득할 수 있게 해주었다. 특히 수치영상을 취득하는 기술은 날로 발전되어 현재는 개인용 수치영상 취득 장비가 일반화되어 있는 추세이다.

현재, 디지털 영상취득장치는 CCD, 디지털 카메라 뿐만 아니라 디지털 비디오 리코더에 이르기까지 일반화되어

있다(유복모, 2002).

디지털 비디오 리코더는 과거의 아날로그 비디오 촬영기가 주사선 단위로 영상을 기록하던 방식과는 달리 영상 단위로 영상을 취득하고 이를 저장매체에 저장하게 된다.

따라서 과거의 장비로는 단일 사진을 취득하기 어렵고 영상의 해상력이 낮아 측량에 적용하기 부적합하였다.

디지털 비디오 리코더의 경우에 있어서는 영상 단위로 영상이 저장되어 단일 영상 단위로 영상을 취득할 수 있을

1) 정회원 · 인하공업전문대학 지형정보과 교수(E-mail:chhahm@inhac.ac.kr)

2) 정회원 · 인하공업전문대학 지형정보과 조교수(E-mail:kimwd@inhac.ac.kr)

뿐만 아니라 영상의 해상력 또한 전자 기술의 발전에 힘입어 측량에 적용할 수 있을 정도의 해상력을 가지게 되었다.

따라서 본 연구에서는 디지털 비디오 리코더를 이용하여 영상을 취득하고, 근거리 사진측량 기법을 적용하여 대상물에 대한 정보를 취득하기 위한 기초적인 연구를 실시하여 측량과정에서 기대되는 정확도를 분석하고 실제 대상물에 대하여 적용하여 그 결과를 분석하고자 한다.

단, 본 연구에서는 비측량용 일반 디지털 비디오 리코더로 촬영된 영상을 비전문가적 입장에서 활용할 수 있는 가능성과 정도를 분석하는데 목적이 있기 때문에, 전문가적 렌즈검정은 수행하지 않았다. 따라서, 비디오 리코더의 정보를 이용하여 표정을 수행할 때, 렌즈왜곡은 없고 모든 광속은 렌즈가 투영중심을 정확하게 지나가는 것으로 간주하였다.

2. 근거리 사진측량

근거리사진측량은 기하학적 원리를 이용하여 여러 장의 사진을 접합함으로써 대상물의 좌표를 3차원적으로 획득하여 대상물의 형상을 결정하는 것이다(Wolf, 2000 ; 유복모외, 1978).

2.1 표 정

항공사진에서 내부표정은 사진의 네모서리 또는 여덟모서리의 지표를 이용하여 수행되지만, 디지털 사진을 이용한 근거리사진측량의 경우 전체영상에서 영상을 구성하는 유효영상소의 영역을 이용한다.

본 연구에서는 카메라 명세서에 포함된 CCD 칩의 크기와 영상소수를 이용하여 영상의 영역을 계산하고 이를 내부표정에 이용하였다.

사진측량학에서의 외부표정(orientation)은 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치(X_c, Y_c, Z_c)와 회전요소(α, β, ω)에 대한 계산이며 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것이다. 다중영상접합에서는 외부표정을 위해 전방교회법과 후방교회법을 동시에 이용한다(이재기, 1997).

전방교회법(intersection)과 광속이 3차원 공간에서 교차하는 것을 기초로 하는 사진측량학적인 계산방법으로 두 장 이상의 사진에 대한 외부표정요소와 사진좌표를 이용하여 공통된 대상물의 3차원 좌표를 결정한다.

후방교회법(resection)은 이미 그 위치를 알고 있는 기

지점 으로부터 최소 3개 이상의 방향선을 교차시켜 촬영지점의 공간위치를 결정하는 것으로서 기지의 대상물 좌표와 개략적인 촬영지점의 3차원 좌표를 초기값으로 제시하여 계산의 양을 줄일 수 있다.

그리고, 다중영상 접합은 3차원 공간에서 광축의 교차에 의해 표정점의 좌표를 얻기 때문에 각 사진들의 표정 순서가 표정점의 위치결정에 상당한 영향을 준다(임인섭, 1997 ; Wolf, 1983).

각 사진의 표정순서는 그림 1과 같고 다음 규칙에 의해 실시된다.

첫째, 공선변환에 만족하기 위해서 대상물 좌표체계 결정에 이용된 표정점이 표정 순서에서 최소 2장의 사진에 나타나야 한다. 맨 처음 두 장의 사진은 전방교회법으로 모형좌표를 계산한다.

이 두 장의 사진방향은 3차원공간에서 $60^\circ \sim 90^\circ$ 의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에 골고루 분포되어 있는 최소 7개의 표정점을 갖고 있어야 한다.

둘째, 후방교회법의 계산을 위해 각 표정 순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 2장의 사진에 나타나야 한다.

셋째, 결과 값에 대한 정확도를 미리 고려하여 사진의 표정 순서를 결정하여 그에 대한 영향을 최소화해야 한다.

그리고, 대상물 절대좌표로서의 기준좌표계를 설정하기 위해 3점 이상의 좌표(X, Y, Z)로부터 최소 6개의 좌표(예를 들어, 기준점에 대한 X좌표 3개, Y좌표 2개, Z좌표 1개)와 축척결정을 위한 1개의 실측 평면거리가 필요하며, 특히 평면 실측거리는 반복계산 시 수렴을 하는데 있어서 중요한 역할을 하게 되므로 반복 관측하여 최확값으로 사용

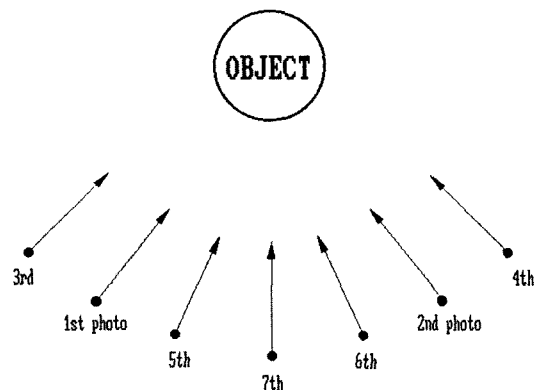


그림 1. 표정순서

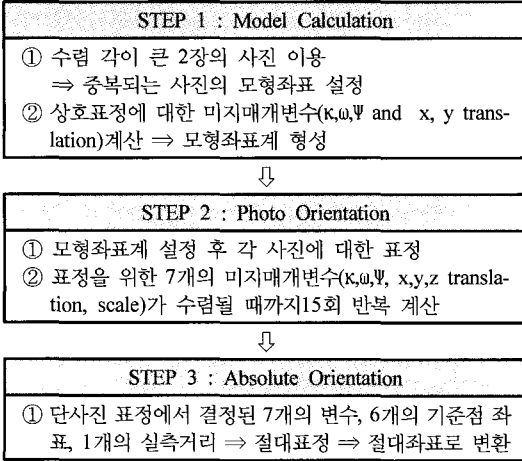


그림 2. 근거리사진측량의 표정단계

한다.

이들 자료처리 과정은 다음의 세 가지 단계를 거쳐 변환된다.

첫 번째 단계인 모형계산(model calculation)은 중복되는 사진의 모형좌표계를 설정하기 위해 수렴각이 90도에 가까운 2장의 사진을 이용하여 상호표정에 관한 미지매개변수(κ, ω, Ψ and x, y translation)를 계산하므로써 모형좌표계가 형성된다.

두 번째 단계로서 사진표정(photo orientation)은 모형좌표계의 설정 후, 이 좌표계에 의해 각 사진에 대한 표정이 이루어지며, 표정을 위한 7개의 미지 매개변수($\kappa, \omega, \Psi, x, y, z$ translation, scale)가 수렴될 때까지 반복 계산된다.

마지막 단계인 절대표정(absolute orientation)단계는 단사진 표정에서 결정된 7개의 변수와 6개의 기준점좌표 및 1개의 실측거리를 이용하여 모형좌표계에서 절대좌표로 바뀌는 절대표정이 이루어진다.

2.2 광속조정

광속조정(bundle adjustment)은 고정밀 사진측량의 응용을 위해 개발된 조정의 형태로서 공선조건을 함수모형으로 하여 로버스트 추정법(L1 norm)과 최소제곱법(L2 norm)으로 조정을 수행한다.

광속조정은 절대표정결과를 초기값으로 하여 모든 점들의 3차원 좌표, 사진의 외부표정 및 카메라의 내부표정을 동시에 계산하며, 광속조정에 사용되는 3가지 기본적인 구성요소는 다음과 같다.

1. 관측 : 표정점 및 비 사진측량학적 관측
2. 주요함수모형 : 공선조건
3. 미지수 : 표정점 좌표, 외부표정, 내부표정

주요 함수 모형인 공선조건식은 중심투영의 수학적인 모형을 이용한 것이고 식 (1)로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} = SM \begin{bmatrix} X_P - X_o \\ Y_P - Y_o \\ Z_P - Z_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 x_p, y_p, z_p 는 대상물 좌표체계에서 임의의 한 지점 P점의 좌표이고, S는 축척계수, M은 회전행렬이다. 또한 X_o, Y_o, Z_o 는 투영중심의 위치를 나타낸 것이다.

이 식은 단지 대상물 좌표체계에서 투영중심까지 변환하고 그것을 사진좌표체계와 평행을 이루도록 회전한 것을 나타낸 식이므로 실제 사진 상에서 관측된 사진좌표, 렌즈왜곡 함수(dx, dy)와 주점의 사진좌표(xh, yh)를 고려하여 사진 상에 투영된 대상물의 변형된 좌표로 표현한 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x - xh - dx \\ y - yh - dy \\ -f \end{bmatrix} = SM \begin{bmatrix} X_P - X_o \\ Y_P - Y_o \\ Z_P - Z_o \end{bmatrix} \quad (2)$$

이처럼 공선조건식은 미지의 항에서 관측값을 결정하게 되므로 관측장비, 운영자, 사진의 상태, 타겟의 형태 등의 관측에서 발생하는 부정확한 요소들의 영향을 최소가 되도록 할 수 있다(Changyun, 1979 ; Halim, 1982).

그리고, 광속조정은 사진측량학적인 관측의 정도에 관한 객관적인 정보를 조정하고 이 조정을 통하여 데이터에 포함되어 있는 오차를 계산하는 것이다.

2.3 잔 차

다중영상 접합에서의 잔차(residual error)는 x, y 사진 좌표와 표정점의 대상물좌표로부터 광속조정에 의해 계산된 x, y 사진좌표간의 차를 의미한다.

광속조정에 의해 계산된 잔차 V_x, V_y 는 계산된 표정점과 관측된 표정점간의 거리와 같고 관측된 표정점에 대해 계산된 표정점의 정확한 위치를 추측할 수 있다.

그 값을 비교하기 위해 전방교회법과 후방교회법에 의해 계산된 사진좌표의 잔차는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$V_{xy} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (3)$$

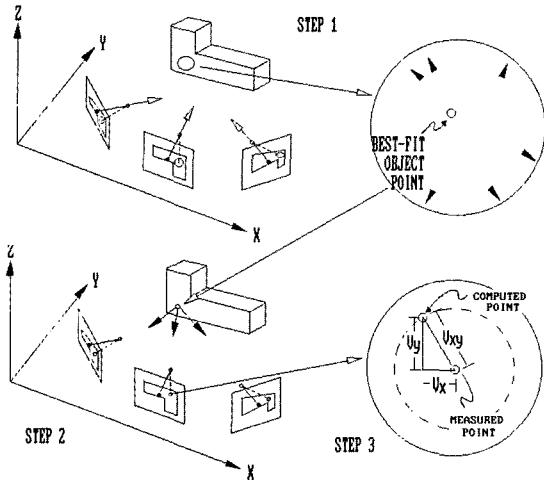


그림 3. 사진좌표의 잔차

따라서, 이 식으로부터 관측된 표정점이 계산된 대상물 표정점 좌표와 얼마나 잘 일치하는 가를 나타내는 것이므로 사진좌표에 관한 확실한 관측정확도를 나타내는 척도가 된다.

3. 비디오 영상에 의한 근거리 사진측량

3.1 실험 대상

본 연구에서 디지털 비디오 영상에 의한 근거리 사진측량을 수행하기 위하여 선정된 실험 대상은 정확도 분석을 위한 대상과 실제 대상물의 적용을 위한 대상으로 나누어 설정하였다.

정확도 분석을 위한 대상물은 편평한 벽면을 이용하여 그림 4와 같이 설치하였다.

그림 4에 나타난 바와 같이 기준점 및 검사점을 포함하여

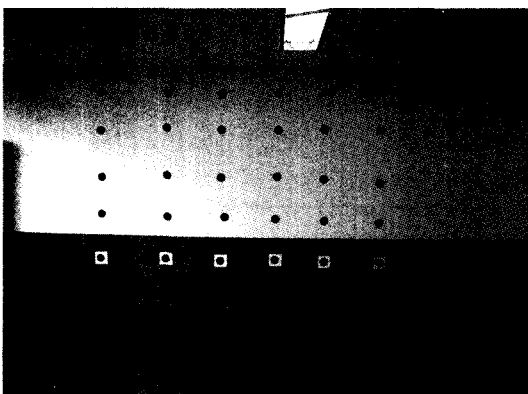


그림 4. 정확도 분석을 위한 실험 대상

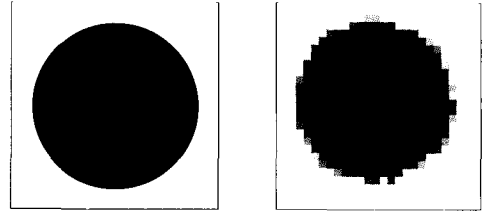


그림 5. 기준점 및 검사점의 형상 및 중심결정

총 30개의 표지를 설치하였으며, 형태는 원형으로 하였다.

원형표지는 십자표지나 삼각표지와 같이 사진상에서 작업자가 직접 정확하게 중심을 관측할 수 없다는 단점이 있지만 수렴촬영에 따라 어떠한 측방향의 왜곡이 발생하더라도 가장 장축을 기준으로 원을 형성하면, 항상 일정한 면적을 얻을 수 있다. 따라서, 무게중심이나 타원방정식을 이용할 경우 오히려 그 정확도를 증가시킬 수 있다는 장점이 있다.

그림 5는 본 연구에서 사용한 표지의 형상이다.

본 실험에서 사용된 표지는 10cm × 10cm의 크기로서 내부의 원은 8cm의 반경을 가지며, 절대값을 측정하는 과정에서 사용할 수 있도록 가운데에 0.5mm 크기의 점을 포함하도록 하였다. 이 점은 영상 취득 과정에서 해상력에 의하여 소멸되고, 촬영된 지표의 중심은 무게 중심 탐색기법을 사용하여 자동 관측하였다. 무게중심 탐색기법은 표지의 영상을 그레이 레벨로 변환 시킨 후 그림 5의 우측과 같이 반전시키고 각화소의 밝기값을 모두 더해 가장 그 값이 가장 큰 곳을 무게 중심으로 선택하는 방법으로 표지의 형상은 8근방 탐색에 의해 인식한다(GH Heo, MY Choi, KS Park, 2002).

실제 대상물에 대한 적용 가능성을 평가하기 위하여 그림 6과 같은 대상물에 대하여 영상을 취득하고 근거리 사진측량을 적용함으로써 대상물에 대한 3차원 정보를 취득하였다.

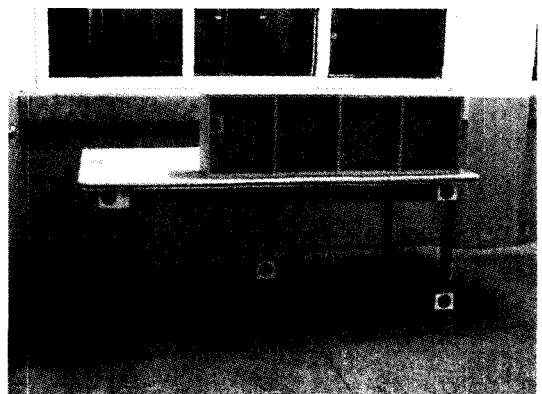


그림 6. 실제 대상물의 형태

3.2 영상의 취득 및 기준점 측량

앞에서 설정한 실험 대상에 대하여 영상을 취득하였다. 영상 취득에 사용된 디지털 비디오 리코더는 소니사의 디지털 핸디캠 DCR-TRV20으로 그림 7과 같으며, 주요사양은 표 1에 명시하였다.

이러한 기기를 사용하여 두 가지의 실험 대상에 대해 영상을 취득하였다. 두 대상물에 대하여 이동하면서 촬영한 대상 영상 취득 지점의 도해적 설명은 그림 8에 나타나 있다.

그림 8과 같은 배치를 통하여 촬영한 그림 4의 각 지표들에 대한 기준점 측량을 실시하였다. 30점의 측량 대상점을 1" 독

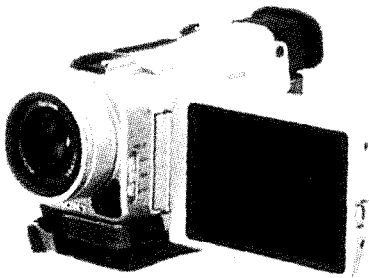


그림 7. 실험에 사용된 디지털 비디오 카메라

표 1. 사용된 기기 제원

항 목	제 원
영상소 배열	1250×950 pixel
CCD 크기	6.35mm(1/4")
초점거리	4.2mm - 42mm

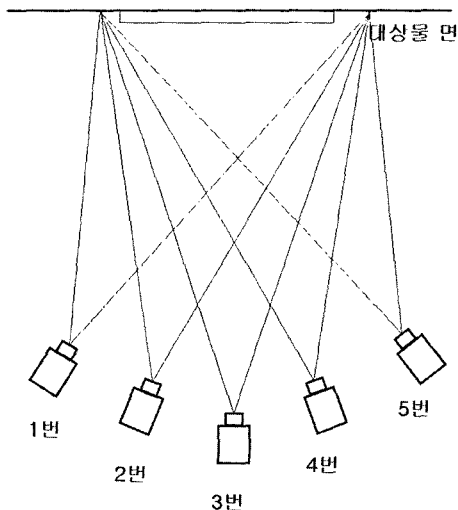


그림 8. 정확도 분석 실험 촬영 지점 배치

표 2. 각 표점점의 절대값

(단위 : m)

점	X	Y	Z	점	X	Y	Z
1	0.887	9.144	0.669	16	2.552	9.169	-0.123
2	1.535	9.156	0.659	17	2.985	9.176	-0.143
3	2.037	9.163	0.654	18	3.508	9.186	-0.177
4	2.560	9.171	0.660	19	0.893	9.142	-0.498
5	2.992	9.178	0.676	20	1.531	9.150	-0.513
6	3.508	9.187	0.682	21	2.069	9.159	-0.508
7	0.883	9.144	0.303	22	2.540	9.167	-0.522
8	1.521	9.155	0.329	23	2.992	9.175	-0.536
9	2.035	9.161	0.313	24	3.507	9.184	-0.551
10	2.561	9.171	0.312	25	0.876	9.140	-0.932
11	2.987	9.178	0.322	26	1.509	9.152	-0.921
12	3.505	9.188	0.321	27	2.027	9.159	-0.930
13	0.897	9.142	-0.144	28	2.538	9.169	-0.914
14	1.527	9.153	-0.120	29	2.999	9.177	-0.927
15	2.033	9.161	-0.136	30	3.524	9.186	-0.936

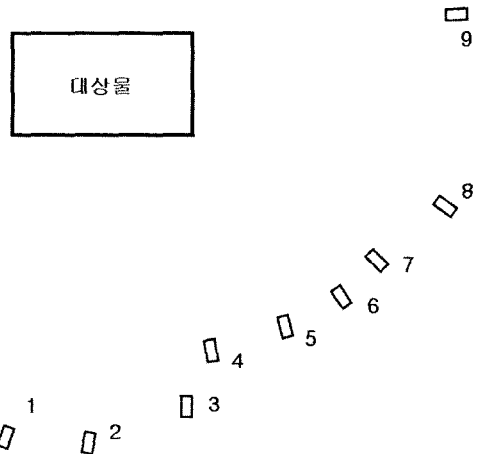


그림 9. 실제 대상물 촬영 지점 배치

데오돌라이트를 이용하여 측량하고 이를 좌측 데오돌라이트를 기준으로 한 좌표계로 변환한 결과는 표 2에 나타나 있다.

본 연구의 실용성을 분석하기 위하여 실제 대상물에 대하여 사진측량을 실시하였다. 대상물에 대한 촬영은 그림 9와 같은 경로로 수행하였다.

3.3 영상 처리 및 정보 취득

3.3.1 정확도 평가 실험

그림 4에 나타난 것과 같은 대상물에 대하여 비디오 촬영 및 영상 취득 단계를 거쳐 각 표점점에 대한 위치를 결정하

였다. 이에 사용된 소프트웨어는 Rollei Metric CDW를 사용하였으며, 절대좌표 계산에는 광속조정법을 적용하였다. 이때 사용된 기준점 및 좌표값은 다음 표 3과 같다.

표 3의 좌표들은 모두 고정된 좌표로서 표정을 비롯한 모든 계산은 이 성과를 기준으로 수행된다. 특히, 1번점은 그 성과와 완전히 고정된 점으로 모든 조정의 기준이 되며, 6번은 XY, 24번과 28번은 각각 Y와 X만 고정된 점이 된다. 빈 칸으로 남아있는 좌표들은 표정후 계산결과에 따라 고정점을 기준으로 정해진다.

표 4는 디지털 비디오 리코더를 이용하여 측량된 각 기준점 및 검사점의 좌표값이다.

이렇게 관측된 결과값을 절대값과 비교한 결과는 다음 표 5에 나타나 있으며, 이에 대한 평균제곱근오차는 그림 10에 나타나 있다.

그림 10에 나타난 바와 같이 디지털 비디오 리코더를 이용하여 촬영된 영상을 이용하여 사진측량을 수행한 경우, X, Y, Z 각 방향에 대하여 각각 0.010m, 0.025m,

표 3. 계산에 사용된 기준점 및 좌표값 (단위 : m)

점 번호	X	Y	Z
1	0.8870	9.1440	2.2690
6	3.5080	9.1870	
24		9.1840	
28	2.5380		

표 4. 측량 결과 좌표값 (단위 : m)

점	X	Y	Z	점	X	Y	Z
1	0.887	9.144	0.669	16	2.587	9.176	-0.139
2	1.506	9.152	0.655	17	2.994	9.180	-0.160
3	2.001	9.149	0.646	18	3.557	9.184	-0.195
4	2.528	9.154	0.648	19	0.868	9.127	-0.519
5	2.970	9.165	0.662	20	1.495	9.150	-0.532
6	3.508	9.187	0.665	21	2.042	9.164	-0.526
7	0.874	9.186	0.298	22	2.533	9.171	-0.540
8	1.490	9.144	0.320	23	3.014	9.175	-0.554
9	2.001	9.140	0.302	24	3.573	9.179	-0.570
10	2.537	9.149	0.298	25	0.847	9.123	-0.960
11	2.979	9.162	0.307	26	1.473	9.149	-0.944
12	3.526	9.195	0.305	27	2.002	9.161	-0.951
13	0.878	9.137	-0.159	28	2.538	9.169	-0.933
14	1.493	9.132	-0.135	29	3.033	9.174	-0.946
15	2.001	9.132	-10.151	30	3.608	9.177	-0.957

표 5. 측량 오차

(단위 : m)

점	DX	DY	DZ	점	DX	DY	DZ
1	0.000	0.000	0.000	16	-0.007	0.028	0.016
2	-0.005	0.004	0.004	17	-0.004	0.020	0.017
3	-0.012	0.014	0.008	18	0.002	-0.001	0.018
4	-0.013	0.017	0.012	19	0.015	0.014	0.021
5	-0.010	0.013	0.014	20	0.000	0.030	0.019
6	0.000	0.000	0.017	21	-0.005	0.036	0.018
7	0.033	-0.042	0.005	22	-0.004	0.033	0.018
8	-0.004	0.011	0.009	23	0.000	0.023	0.018
9	-0.010	0.021	0.011	24	0.005	0.000	0.019
10	-0.011	0.022	0.014	25	0.017	0.025	0.028
11	-0.008	0.016	0.015	26	0.003	0.038	0.023
12	-0.007	-0.007	0.016	27	-0.002	0.042	0.021
13	0.014	0.005	0.015	28	0.000	0.038	0.019
14	-0.002	0.021	0.015	29	0.003	0.026	0.019
15	-0.007	0.029	0.015	30	0.009	-0.001	0.021

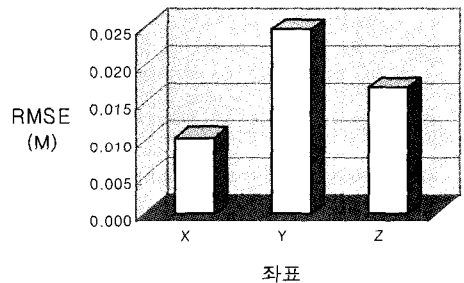


그림 10. 관측결과의 평균제곱근오차

0.017m의 평균제곱근오차가 발생하였다.

이러한 결과는 이동 중에 영상을 취득할 수 있는 디지털 비디오 리코더를 이용한 경우에 있어서 일정 수준의 결과를 취득할 수 있다는 결과를 나타내고 있다.

3.3.2 대상물 측량

비디오리코더의 활용성을 위해 실제 대상물에 대해 촬영을 수행하였다. 사진측량에 이용된 영상은 연속된 영상으로부터 접합표정과 대상물의 3차원 도화가 용이하도록 임의적으로 샘플링 하였다.

이때, 대상물의 도화와 표정을 위해 그림 11과 같이 표정점의 위치를 결정하였다. 상좌표를 취득하고 이후의 각 과정을 처리하는데도 앞서 실험과 동일하게 Rollei Metric CDW를 사용하였다.

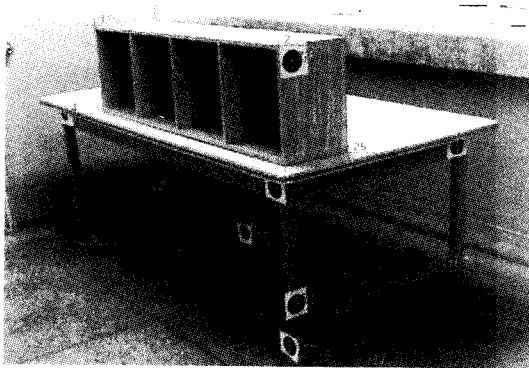
상좌표를 취득하는데 있어서 본 연구에서는 일부의 인

공적인 기준점과 자연점을 혼합하여 사용하였다. 본 연구에서 사용된 일부의 기준점은 야외의 일반적인 상황에서는 사용하지 않아도 되는 것으로서 동일 기준점을 설정하는데 참조하기 위하여 사용하였다.

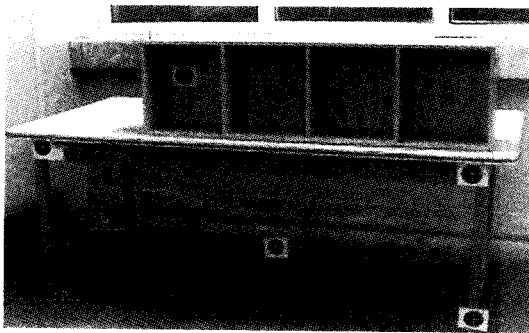
상좌표를 관측하고 표정을 수행한 결과 결정된 외부표정요소는 표 6과 같으며, 그림 12는 대상물의 도화 과정을

나타낸 것이다.

그림 13은 도화 결과를 캐드에서 면처리하고 렌더링하여 3차원 모형화 한 그림이다.



(a) 측면



(b) 정면

그림 11. 대상물 및 표정점

표 6. 외부표정요소

(단위 : m)

번호	x	y	z	tilt	axis	swing
1	0.10546	-0.78215	1.55236	-25.99523	-30.25897	4.21378
2	1.11995	-0.86574	1.44200	-24.77418	-15.44817	3.77764
3	2.31107	-0.42558	1.42105	-26.48011	3.42974	2.38648
4	2.62813	0.26910	1.51247	-30.85912	12.89594	0.39453
5	3.50238	0.57591	1.49288	-29.93558	26.54857	1.73536
6	4.19681	0.97439	1.47443	-28.61035	38.87290	4.44473
7	4.62448	1.45632	1.49215	-29.12552	48.02924	2.35682
8	5.46234	2.10207	1.51946	-27.39008	62.82445	5.18224
9	5.59139	4.46699	1.04626	-19.32046	100.32101	4.67658

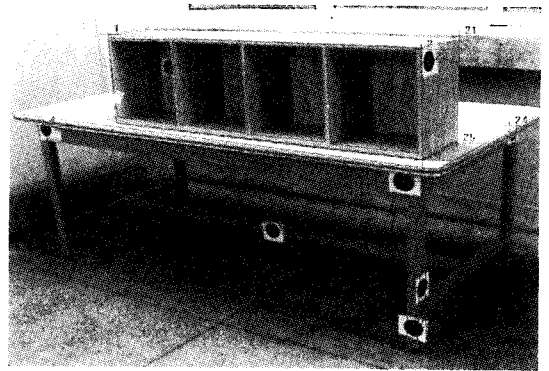
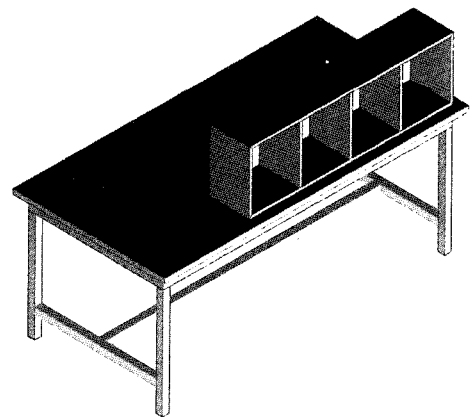
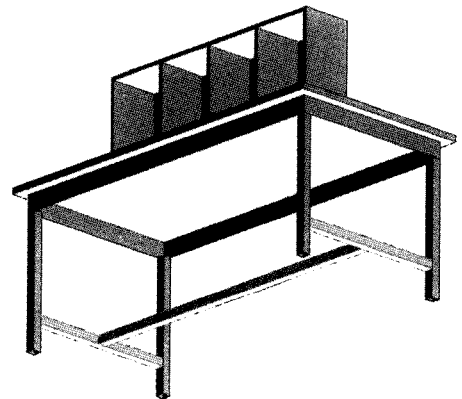


그림 12. 대상물의 도화 과정



(a) 상부 투영 모습



(b) 하부 투영 모습

그림 13. 3차원 모형화 결과

4. 비교고찰

5. 결 론

4.1 정확도 분석

디지털 비디오 리코더를 이용하여 이동 중에 촬영된 영상을 이용하여 측량을 실시한 결과 X, Y, Z 각 방향에 대하여 각각 0.010m, 0.025m, 0.017m의 평균제곱오차가 발생함을 알 수 있었다. 이러한 수치는 매우 양호한 결과로서 촬영된 비디오에서 추출한 영상을 이용하여 일정 정확도의 측량결과를 산출 할 수 있음을 알 수 있었다.

특히 공간 대상물에 대한 측량을 실시하여 이동 중 촬영 비디오 영상에서 추출된 영상으로부터 3차원 대상물 재현을 한 결과 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

이러한 결과는 보행, 차량이동, 또는 기타 이동 수단에 의하여 촬영된 비디오 영상으로부터 얻을 수 있는 영상을 이용하여 대상물로부터 3차원 정보를 취득하고 대상물을 재현할 수 있음을 나타내는 것이라 사료된다.

4.2 디지털 사진기와의 비교

본 연구의 결과와 비교하기 위하여, 다른 디지털 사진기를 이용한 영상을 취득하고 이를 분석하므로써 효율성을 점검하고자 하였다.

사용된 디지털 사진기는 Fuji FineRix 4900으로서 1/1.7 인치의 CCD에 2400×1800의 영상소 배열을 가지고 있다.

정확도 점검을 위하여 촬영된 영상을 이용한 대상물에 대한 평균제곱근 오차를 분석한 결과는 표 7에 나타나 있다.

표 6에 나타난 결과는 디지털 비디오 리코더와 결과와 단순히 비교하면 약 5배 정도 정확도가 높은 것으로 나타났다.

그러나 두 기기 사이의 CCD 배열과 취득되는 영상소수에 차이가 있으며, 촬영 방식에서도 차이가 있다. 디지털 사진기는 촬영 지점에서 정지하여 영상을 취득한 반면, 디지털 비디오 리코더는 이동중에 촬영한 영상을 비디오 파일로 변환한 후, 영상을 취득하였기 때문에 상대적으로 불안정한 상태에서 촬영된 것이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서 나타난 결과는 이동 중에서 측량이 가능한 것으로 나타났으며, 3차원 대상물의 재현에 있어서도 효과적으로 적용될 수 있음을 나타내고 있다.

본 연구는 디지털 비디오 리코더를 이용하여 이동중에 촬영된 영상을 이용하여 대상물에 대한 3차원 정보를 취득하기 위한 연구로서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 디지털 비디오 리코더와 근거리 사진측량 기법을 적용하여 대상물의 3차원 정보를 취득하고 대상물 재현을 위한 정보를 취득하기 위한 방법을 제시하였다.

2. 디지털 비디오 리코더를 이용하여 취득된 영상을 이용하여 대상물에 대한 정보를 취득한 결과 평균제곱근 오차가 0.0173m로 매우 양호하게 나타났다.

3. 이동 중에 비디오 영상을 디지털로 촬영하여 대상물을 3차원 재현한 결과 다양한 부분에서의 영상 취득이 가능하였으며, 3차원 재현에 충분한 정보를 취득할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 인하공업전문대학 2001년도 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 유복모 (2002), 디지털사진측량, 문운당.
유복모 외 3인 (1978), "사진측량에 의한 백제석탑의 조형미에 관한 연구", 대한토목학회지, 5권 1호, pp. 141-143.
이재기, 박정식, 정성희 (1997), "다중영상시스템을 이용한 건축물의 도형정보 취득", 한국측지학회지, 제15권 1호, pp. 99-100.
임인섭 (1997), "다중영상종합 기법에 의한 인체의 수치 모형 생성", 석사학위논문, 충북대학교, pp. 20-23.
Changyun, L. C. (1979), "Statistical Investigation of the Propagation of Random and Non-random Error in Block Acrotriangulation Systems", *University of California, Ph. D. Dissertation*, pp. 42-55.
Halim, R. A. (1982), "The Finite Element Applications in Photogrammetry", *University of Washington, Ph. D. Dissertation*, pp. 26-28.
Heo, GH, MY Choi, KS Park (2002), "A Study on the Application of CCD to the Evaluation of Dynamic Structural Properties", *KSCE Journal of Civil Engineering* Vol. 6, No. 4, pp. 439-446
Wolf, P. R. (1983), "Elements of Photogrammetry", 2nd ed, MCGRAW-Hill, Tokyo, pp. 587-592.
Wolf, P. R. (2000), "Elements of Photogrammetry", 3rd ed, MCGRAW-Hill Inter, Book Company, pp. 430-449.

(접수일 2003. 6. 30, 심사일 2003. 7. 28, 심사완료일 2003. 9. 27)

표 7. 디지털 사진기에 의한 결과 (단위 : m)

	X	Y	Z
RMSE	0.0018	0.0064	0.0031