

小規模 地域의 資料基盤 構築을 위한 Photoballoon
시스템의 活用に 관한 研究
A Study on the Utilization of Photoballoon System for
Database Generation of Small Areas

이재기* · 조재호** · 최석근*** · 이재동****

Lee Jae-Kee · Cho Jae-Ho · Choi Seok-Geun · Lee Jae-Dong

要 旨

대상 지역의 자료기반을 구축하기 위해서는 필요한 목적에 따라 신속하고 정확한 지형정보를 얻어야 한다. 일반적으로 지형정보의 취득에 이용되는 방법에는 지도, 위성영상 및 항공사진의 입체모형을 이용하는 방법이 있으나 대상지역의 크기, 영상의 공간해상력, 소요정확도 및 경제성 등을 고려하여 최적방법을 선택하여야 한다.

따라서, 본 연구에서는 소규모 대상지역인 농촌 정주권사업 계획지구를 선정하여 Photoballoon 시스템을 활용한 지형정보의 취득 및 기본도제작 방법과 지형공간정보체계의 공간 중첩기법을 활용함으로써 소규모 대상지역의 효율적인 지형자료기반 구축방법을 제시하는데 목적이 있다.

본 연구의 수행결과, 대상지역의 정밀한 입체사진을 얻기 위한 Photoballoon 시스템의 최적 촬영조건을 결정하고 이에 따른 정확도 분석을 통해 소규모지역에 대한 입체사진 및 지형도를 신속하고 경제적으로 얻을 수 있었으며, 이를 이용하여 대상지역에 필요한 각종 계획을 수행함으로써 소규모지역의 효율적인 계획 및 설계에 활용가능한 자료기반을 구축할 수 있었다.

ABSTRACT

In order to generate database, we need to obtain speedy and corret topographic information according to requisite purpose. Generally methods to an acquisition of topographic information are available by the use of maps, satellite images, stereo models of aerophoto and so forth. But we must choose a optimal method in consideration of area of object region, spatial solution of image, required accuracy and economic.

Therefore, this study aims at providing the establish method of efficient topographic data base of small object region by means of spatial layer techniques of geo-spatial information system and using acquisition of geo-information and production method of base map with photoballoon system to obtain topographic information for reasonable plan and design of object region which select a zone preparation of a collective village with small region.

As a result of this study, we decided an f-stop and a shutter speed of camera to obtain accurate stereo model and were able to obtain stereo photography and topography for small region by using of photoballoon system through accuracy analysis according to change flight height and air base speedily and economically. We can establish the data base useable to efficient plan and design as existence map with overlay plan drawing.

*충북대학교 토목공학과 교수

**충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***경북실업 전문대학 지적과 조교수

****충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

1. 서 론

최근 GIS(Geographic Information System)와 LIS(Land Information System)에 의한 지형 및 토지정보의 취득은 도시정보의 종합관리에 필수적인 지형자료기반(database) 구축의 필요성이 대두됨에 따라 많은 관심이 고조되고 있는 실정이다.

자료기반 구축을 위한 대상지역의 지형자료는 위성영상, 항공사진 및 지도 등을 이용하여 취득하게 되나, 지상수신소의 부재에 의한 위성영상의 취득 곤란과 공간해상력 및 Scanning 과정의 오차가 부가되어 대단위 지역이 아닌 소규모 지역에 대한 지형자료 취득에는 경제성과 효율성이 문제되어 왔다. 특히, 우리나라는 국가적인 계획, 설계 및 개발의 차원이 아닌 경우에 항공사진 촬영이 어렵고 사용 목적에 따라 필요한 대상지역의 항공사진을 신속하게 취득하기가 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 농촌 정주생활공간 조성 및 주거환경 개선을 위해 정주권 개발지구로 선정되어 있는 충북 영동군 심천면 일대(면적 29,820 m²)의 소규모 대상지역을 선정하여 준측량용 카메라와 CCTV 카메라가 장착된 Photoballoon 시스템을 이용한 지형자료 취득 및 기본도 제작을 수행하여 지형 자료기반을 구축하고 이를 통해 대상지역에 필요한 각종 계획을 수행함으로써 소규모 대상지역의 자료기반 구축을 위한 Photoballoon 시스템의 활용 가능성을 제시하는데 목적이 있다.

2. Photoballoon 시스템의 특징 및 해석이론

2.1 Photoballoon 시스템의 특징

항공기를 이용한 사진촬영은 촬영고도의 제한과 복잡한 사진검열 등 많은 제약이 따르며, 대상 지역이 일정한 면적이 되지 않으면 경제적 면에서 문제점을 가지고 있다.

그러나, Photoballoon 시스템은 최저고도제한이 없으며, 대상물에 근접시켜 미세한 부분까지 대축척의 지형자료를 취득할 수 있기 때문에 소규모 지역의 정밀촬영에 적합한 장점이 있다.

또한, Photoballoon 시스템은 항공사진촬영과는 달리 정지상태에서 일정한 시간간격 및 필요한 사진수만큼 반복 촬영을 할 수 있는 장점이 있고, 촬영목적과

지형 형상에 따라 고도를 자유롭게 바꿀 수 있으므로 사진축척 변경이 용이하다.

항공사진 촬영은 대상지역으로부터 전송된 기상자료를 분석하여 수행되나, 이륙장소와 대상지역과는 멀리 떨어져 이동에 시간이 소요되므로 현장에서 순간적인 기상상태의 변화가 발생하는 경우에는 대처할 수 없으므로 경제적인 손실을 초래하게 된다. 그러나, Photoballoon 시스템은 대상지역에서 기상자료의 상태를 분석하여 촬영시스템을 구성하고 목적에 맞추어서 촬영을 수행하므로 어떤 상황에서도 신속하게 지형자료를 취득할 수 있는 특징을 가지고 있다.

2.2 Photoballoon 사진의 해석이론

Photoballoon 시스템을 이용한 자료기반 구축의 흐름도는 그림 1과 같다.

본 연구에서는 대상지역의 계획에 필요한 지형도 축척 및 소요정확도를 유지하기 위해 대상지역을 일정한 중복도로 구성하여 Photoballoon 시스템을 이용한 block 및 strip 촬영을 수행하였다.

block 조정 방법은 전체 대상지역을 여러개의 strip으로 구성하고 있는 여러장의 사진을 인접사진의 중복부분과 기준점을 이용해서 동시에 표정하는 방법으로, 각 사진의 촬영위치와 카메라의 자세 등을 해석하여 사진상에 찍혀져 있는 미지점의 3차원 위치를 결정하는 방법이다. 블럭을 구성하여 찍은 사진을 동시 조정하기 위하여 기준점 i, j 번째 사진의 촬영중심과 그 사진상의 점 i 가 일직선상에 있는 공선조건은 다음과 같이 성립한다.

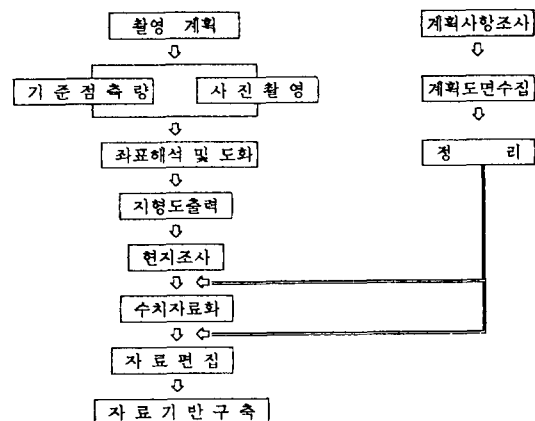


그림 1. Photoballoon 시스템을 이용한 자료기반 구축 흐름도

$$\dot{A}_{ij} \dot{\Delta}_i + \ddot{A}_{ij} \ddot{\Delta}_i = c_{ij} - \bar{c}_{ij} \quad (1)$$

잔차 제곱의 합이 최소가 되어야 하는 최소제곱법을 도입하기 위하여 조정관측값을 만족해야 할 조건에 대한 관측방정식은 다음의 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \dot{A} & \ddot{A} \\ \dot{B} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\Delta} \\ \ddot{\Delta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \epsilon_C \\ \epsilon_G \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_C \\ V_G \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} W_C & 0 \\ 0 & W_G \end{pmatrix} \quad (2)$$

식 (2)의 최소제곱해는 다음 정규방정식의 해로서 결정된다.

$$\begin{pmatrix} N_{11} & N_{12} \\ N_{21} & N_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\Delta} \\ \ddot{\Delta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

식 (3)에서 미지값에 대응하는 $\dot{\Delta}$ 를 소거하고, 미지변수에 대응하는 $\ddot{\Delta}$ 를 방정식에 도입하면

$$\begin{aligned} N_{11} \dot{\Delta} + N_{12} \ddot{\Delta} &= F_1 \\ N_{21} \dot{\Delta} + N_{22} \ddot{\Delta} &= F_2 \end{aligned} \quad (4)$$

이 되며, 식 (4)로부터

$$\dot{\Delta} = N_{11}^{-1} (F_1 - N_{12} \ddot{\Delta}) \quad (5)$$

이 되고, 식 (5)를 식 (4)에 대입하면

$$(N_{22} - N_{21} N_{11}^{-1} N_{12}) \ddot{\Delta} = F_2 - N_{21} N_{11}^{-1} F_1 \quad (6)$$

로 이를 축약정규방정식이라 하며, 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$\ddot{N} \ddot{\Delta} = \ddot{F} \quad (7)$$

이와같이 결정된 $\dot{\Delta}$, $\ddot{\Delta}$ 을 이용하여 조정값을 결정하면,

$$\begin{aligned} G &= \bar{G} + \dot{\Delta} \\ P &= \bar{P} + \ddot{\Delta} \end{aligned} \quad (8)$$

이 된다.

3. 관측 및 결과값 분석

3.1 대상지역의 특성

본 연구의 대상지역은 농촌 마을의 현대적이고 쾌적한 생활공간을 조성할 목적으로 농촌 정주권 개발 사업지구로 선정된 북위 37° 12' 30" - 37° 12' 45",

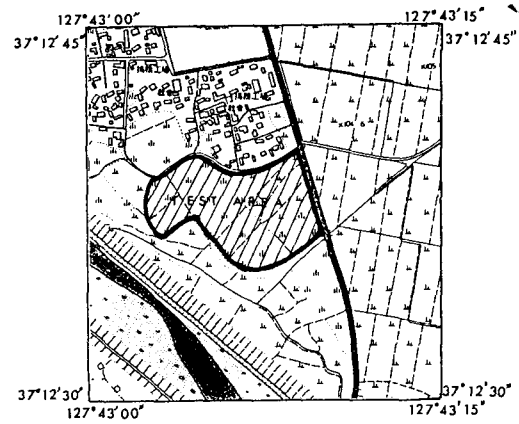


그림 2. 본 연구의 대상지역 위치도

표 1. 대상지역의 특성 및 주요 사업계획

항목	주요 특성	
개발면적	총	:29,820 m ²
	단독주택	:12,798 m ²
	공동주택단지	: 5,443 m ²
	공원 및 녹지	: 1,099 m ²
	근린생활시설	: 860 m ²
	주차장 및 도로	: 8,564 m ²
	기타	: 1,056 m ²
주요계획	택지조성	:11단지(29,820 m ² , 24,213 m ³)
	지구내 도로	:7건(L=1,001 m, B=6.0 m-8.0 m)
	옹벽	:L=210 m
		:L=82 m(B×H=2.5 m×2.0 m)
	가로등	:17기
	상수도 관로	:1,146 m

동경 127° 43' 00" - 127° 43' 15"에 위치한 총 개발 면적 29,820 m²인 충청북도 영동군 심천면 초강리 일대로 항공사진측량에 의한 지형도제작을 수행하기에는 대상지역의 면적이 좁은 특성을 나타내고 있다. 본 연구에서 선정한 대상지역의 형상 및 주요특성은 그림 2 및 표 1과 같다.

본 연구의 대상지역은 그림 1 및 표 1에 나타난 바와 같이 현재 전담으로 구성된 대상지구를 완벽한 주거기능이 구비되어 있는 농촌 집단주거단지로 개발할 계획지역으로써 11 단지의 택지조성, 가로등,

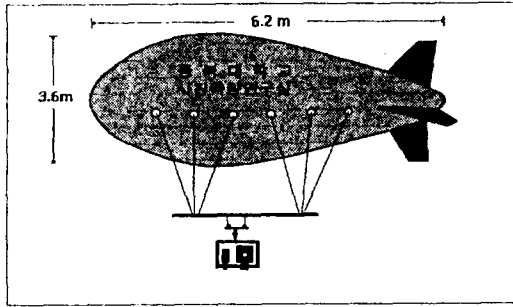


그림 3. Photoballoon 시스템의 형상



그림 4. 촬영 카메라와 지지장치

도로, 용벽, 상·하수도관로 등의 계획을 추진하여 주택단지와 공원녹지 및 근린 생활시설이 어울어진 소규모 농촌형 정주권을 조성하는 사업지구로 선정된 지역이다.

3.2 Photoballoon 시스템의 설계 및 제작

본 연구를 통해 제작된 Photoballoon의 재질은 자중을 줄일 목적으로 가볍고 질긴 염화비닐을 사용하였으며, 외형은 바람의 영향을 최소로 하기 위해서 유선형으로 설계하였다. 제원으로는 길이 6.2 m, 폭 3.6 m, 체적 77 m³로 설계하중은 최대 50 kg까지 올릴

수 있도록 그림 3과 같이 제작하였다.

카메라 지지대는 가볍고 내구성이 좋은 공업용 프로파일(Profile)을 이용하여 준측량용 Rolleiflex 6006 카메라 및 촬영감시용 CCTV 카메라를 설치하였으며, 촬영시 카메라를 수직상태로 조정하기 위하여 카메라 양옆에 2개의 원형기포관을 그림 4와 같이 설치하였다.

또한, Photoballoon은 풍속 및 풍향에 따라 많은 영향을 받으므로 풍속 및 풍향에 의해 생긴 Photoballoon의 움직임이 카메라에 미치는 영향을 최소로 만들고 광축은 항상 연직방향을 향하도록 카메라 및 CCTV 카메라 지지장치와 Photoballoon 중간에 Universal Joint를 장착하였다.

카메라의 셔터는 원격조정장치에 의해 지상에서 작동되도록 제작하였으며, CCTV 카메라로부터 전송된 촬영 대상지역의 영상을 지상에 설치된 모니터를 통해 촬영점의 위치 및 중복도를 조정할 수 있도록 제작하였다.

3.3 Photoballoon 사진의 촬영계획

본 연구의 공중사진 촬영은 Photoballoon 시스템을 이용함에 따라 시스템의 특성과 합리적인 계획에 필요한 지도축척 및 소요정확도에 적합하도록 촬영계획을 수행하여야 한다.

Photoballoon 사진의 축척은 필요한 지형도의 축척에 따라 좌우되며, 일반적으로 지형도축척이 1/600인 경우의 사진축척은 지형도 축척의 1/5을 표준으로 하고, 지형도축척이 1/1,000보다 큰 경우에는 1/6~1/8을 표준으로 한다.

따라서, 연구 대상지역의 계획에 적합한 1/500~1/1,000 지형도를 제작하기 위해 필요한 사진축척은 1/2, 500~1/8,000 범위가 되어야 한다. 본 연구에서 이용한 초점거리 40.78 mm인 준측량용 Rolleiflex 6006 카메라를 이용할 경우 촬영고도는 표 2와 같다.

또한, 전체 대상지역의 촬영은 strip 및 block을

표 2. 본 연구의 주요 촬영계획 사항

축척분모수	초점거리	촬영고도	사진크기	중중복도	중기선길이	횡중복도	횡기선길이
3,500	40.78 mm	142.73 m	50×50 mm	60%	70 m	48%	91 m
5,000	40.78 mm	203.90 m	50×50 mm	60%	100 m	-	-

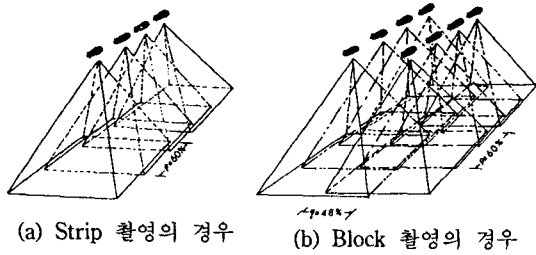
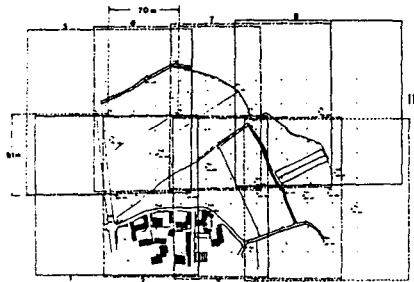
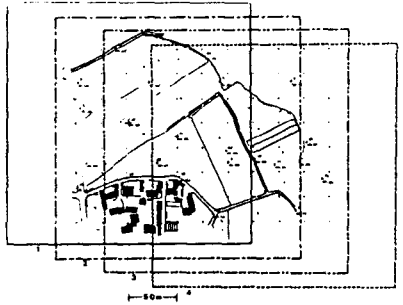


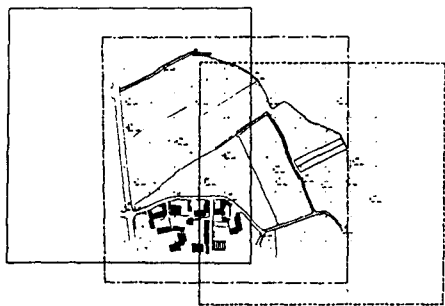
그림 5. 대상지역의 촬영계획



(a) 대상지역의 Block 촬영



(b) 대상지역의 Strip 촬영(종기선 길이 50 m)



(c) 대상지역의 Strip 촬영(종기선 길이 100 m)

그림 6. 계획된 대상지역의 사진촬영

형성하여 실행하였으며, 촬영계획에 따른 대상지역의 촬영점 위치는 그림 5와 같다.

표 3. case 별 주요 사진촬영 조건

CASE	촬영고도	종기선길이	횡기선길이	f step	셔터속도
1	150 m	70 m	91 m	5.6	1/125초
2	200 m	50 m	-	5.6	1/125초
3	200 m	100 m	-	5.6	1/125초
4	150 m	70 m	91 m	4.0	1/125초
5	200 m	50 m	-	4.0	1/125초
6	200 m	100 m	-	4.0	1/125초

Photoballoon 시스템을 이용한 사진촬영시 고려할 사항은 구름이나 태양각에 따른 영향보다는 대상지역의 풍속, 풍향 및 강우확률이다.

따라서, 본 연구에서는 대상지역에 인접해 있는 지상기상관측소를 통하여 얻은 기상자료를 분석한 후, 촬영 대상지역의 위치 및 지형등을 고려하여 촬영일시를 결정하였으며, 특히, 촬영고도가 높아질 수록 지상의 기상조건과는 다르기 때문에 각 해상에서 불어오는 풍속을 충분히 고려하여 계획하여야 한다.

3.4 사진촬영 및 지상기준점 측량

본 연구의 사진촬영은 촬영계획을 통하여 결정된 촬영고도와 기선길이 등을 이용하여 촬영고도 150 m 인 경우 종기선길이 70 m, 횡기선길이 91 m 등 두개의 strip으로 구성된 block 촬영방법(case 1, 4)과 촬영고도 200 m일 때, 종기선길이 50 m와 100 m에서 하나의 strip으로 구성된 방법(case 2, 3, 5, 6) 등의 두가지 방법으로 그림 6과 같이 수행하였다. 본 연구를 통해 촬영된 6 case의 촬영조건 및 촬영고도별 공중사진은 표 3 및 그림 7과 같다.

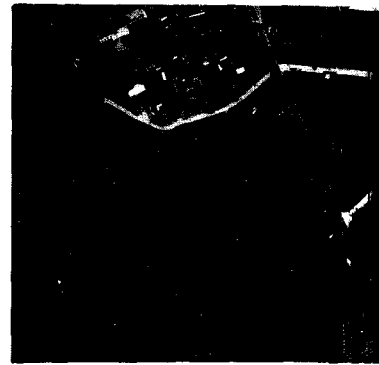
촬영에 이용한 카메라는 광각렌즈를 장착하고 있는 준축량용 Rolleiflex 6006 카메라로 카메라 검정 및 내부표정요소를 결정할 수 있도록 5 mm 간격으로 총 121개의 격자가 새겨져 있는 격자판(Reseau plate)이 부착되어 있으며, 초점거리를 보정하기 위한 Click-stop이 설치되어 있다.

촬영시 카메라의 초점거리는 Click-stop이 ∞에 위치하고 있으므로 40.78 mm이며, 렌즈왜곡 수치는 $\pm 5 \mu\text{m}$, 화각은 $88^\circ/69^\circ$ 이다.

촬영시 카메라 노출은 조리개 f5.6일 때 셔터 속도



(a) 고도 150 m에서 Block 촬영된 공중사진



(b) 고도 200 m에서 Strip 촬영된 공중사진

그림 7. 대상지역의 Photoballoon 사진

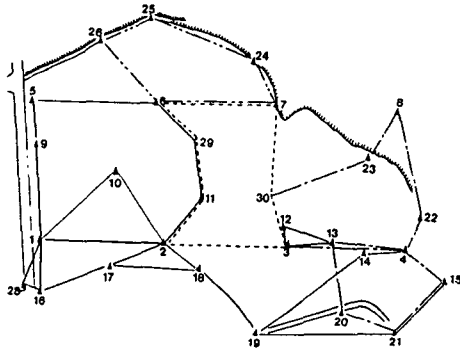


그림 8. 지상기준점의 배치 및 기준점측량망도

$s=1/125$ 초와 $f=4.0$ 일 때 $s=1/250$ 초 2가지 방법으로 촬영하였으며, 촬영에 사용된 필름은 Kodak Verichrome pan 흑백 VP 120이다.

지상기준점 측량을 위한 대공표지의 형상 및 크기는 지상에서 여러 종류의 형상과 크기로 제작하여 촬영 고도별로 식별이 가능하도록 분석한 후, 47×47 cm로 결정하였다. 지상기준점의 수 및 배치는 각 사진에 최소 8점 이상이 찍히도록 총 27개를 대상지역에 균등하게 배치하였다. 본 연구대상지역의 지상기준점 배치 및 기준점측량 망도는 그림 8과 같다.

지상기준점의 수평위치(X, Y)는 1" 독 데오돌라이트 WILD T2와 최측자를 사용한 정밀다각측량을 통해 결정하였으며, 수직위치(Z)는 인근 수준점으로부터 경동식 레벨을 사용하여 결정하였다.

3.5 촬영조건에 따른 정확도 분석

촬영조건에 따른 정확도 분석에서는 Photoballoon

표 4. 셔터속도에 따른 분석 CASE별 3차원 절대좌표 정확도 (단위 : m)

(a) 셔터속도 $s=1/125$ 초

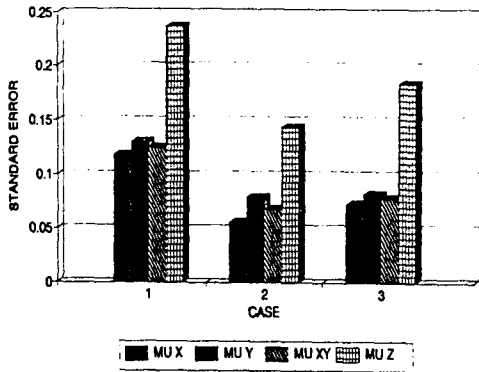
CASE	CASE 1	CASE 2	CASE 3
μ_x	0.118	0.056	0.073
μ_y	0.131	0.079	0.082
μ_{xy}	0.125	0.088	0.078
μ_z	0.237	0.144	0.184

(b) 셔터속도 $s \times 1/250$ 초

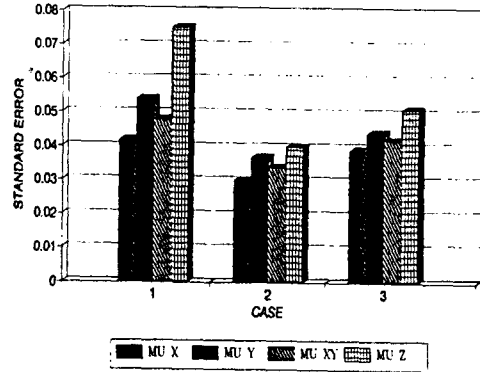
CASE	CASE 4	CASE 5	CASE 6
μ_x	0.042	0.030	0.039
μ_y	0.054	0.037	0.044
μ_{xy}	0.048	0.034	0.042
μ_z	0.075	0.040	0.051

시스템을 이용한 사진촬영시 최적의 촬영조건을 도출하기 위해 표 3과 같은 6 case에 대해 셔터속도를 $1/125$ 초로 촬영한 case 1, 2, 3과 셔터속도 $1/250$ 인 case 4, 5, 6의 3차원 절대좌표 정확도를 분석하였다. 셔터속도에 따른 case 별 3차원 절대좌표 정확도는 표 4 및 그림 9와 같다.

표 4 및 그림 9에 나타난 바와 같이 셔터속도 $s=1/125$ 인 3가지 경우의 평면 정확도는 높이 정확도에 비하여 저하되는 특성을 나타내고 있고, 셔터속도 $s=$



(a) 셔터속도 $s=1/125$ 초



(b) 셔터속도 $s=1/250$ 초

그림 9. 셔터속도별 분석 CASE의 3차원 절대좌표 정확도

1/250인 경우에는 평면 및 높이에서 모두 양호한 정확도를 얻을 수 있었다.

또한, 사진 매수가 적은 CASE 5, 6의 경우가 CASE 4에 비하여 낮은 오차분포를 나타내고 있으며 특히, CASE 5인 경우는 카메라 셔터속도 $s=1/250$, 촬영 속도 200 m, 촬영기선길이 50 m에서 촬영한 사진으로 가장 높은 정확도를 얻을 수 있었다.

따라서, 이상과 같이 촬영조건을 변화시켜 3차원 절대좌표 정확도를 분석한 결과, Photoballoon 시스템을 이용한 사진촬영시 소요정확도를 얻기 위해서는 기상변화의 영향을 많이 받는 시스템의 특성으로 인해 셔터속도를 빨리 하는 것이 정확도 향상에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 기본도의 제작 및 지형 자료기반의 구축

4.1 기본도의 제작

본 연구의 대상지역은 농촌 정주생활권 개발지구로 선정된 지역으로 정주권의 개발에 필요한 상세설계를 추진하기 위해서는 대상지역에 대한 적정 축척의 기본도(basemap)를 제작하여야 한다. 따라서, 대상지역에 대한 기본도는 Photoballoon 시스템으로 촬영한 입체사진과 지상기준점 측량을 통해 결정된 3차원좌표를 이용하여 WILD BC2 정밀해석도화기에 의해 그림 10과 같이 제작하였다. 본 연구를 통해 제작된 기본도의 도화축척은 대상지역의 상세설계에 적합한 1:1,000으로 설정하였다.

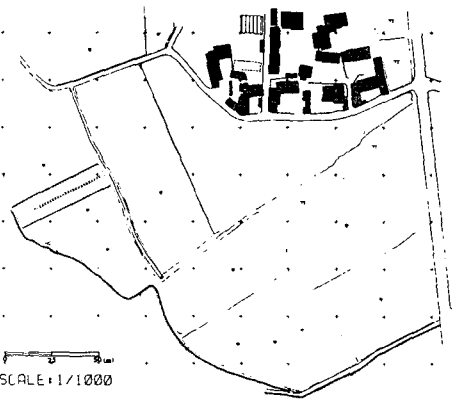


그림 10. Photoballoon 사진을 이용한 대상지역의 기본도 (도화축척 1:1,000)

4.2 지형 자료기반의 구축

대상지역의 지형 자료기반 구축은 제작된 hardcopy 상태의 도화도면을 digitizing을 통해 수치지도화하여 대상지역의 각종 상세설계에 이용하기 위해 추진되며, 대상지역에 필요한 계획사항에 따라 자료기반의 layer가 구성된다.

본 연구의 대상지역에 필요한 계획사항은 정주권 사업의 목적에 부합되는 조성사업계획, 정지 토공계획, 배수계획, 상수도 배관계획 및 조경계획으로 분류됨에 따라 수치화된 기본도와 설계시방 사항을 토대로 각 계획의 상세설계를 수행하여 대상지역의 지형자료기반을 구성하였다. 대상지역의 지형자료기반 구축 흐름도는 그림 11과 같고, 각 Layer는 그림 12와

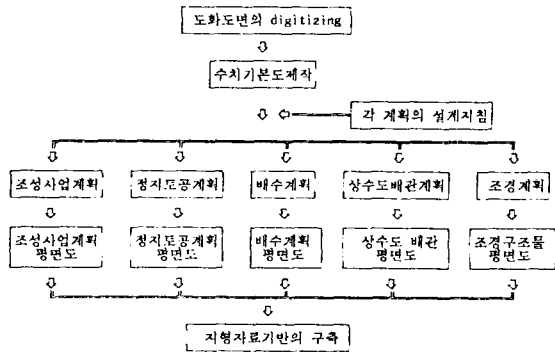


그림 11. 대상지역의 지형 자료기반 구축 흐름도

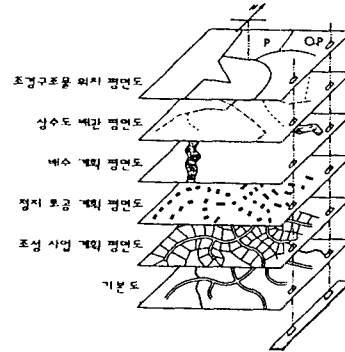
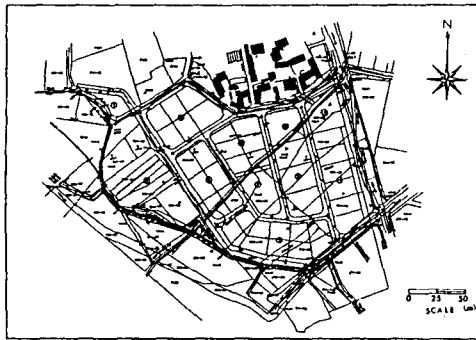
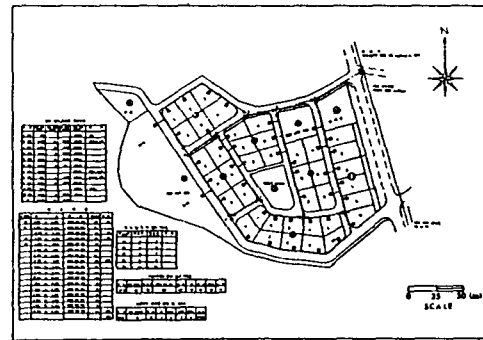


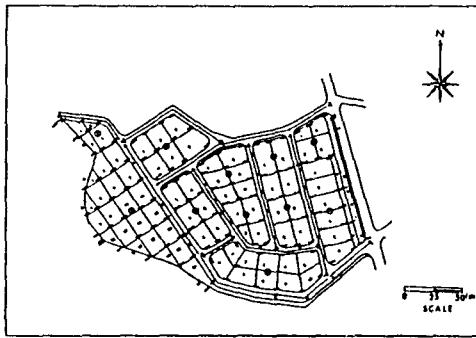
그림 12. 지형자료기반의 LAYER 구성



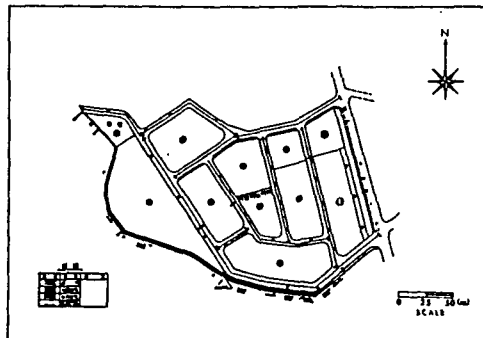
(a) 대상지역의 조성계획 평면도



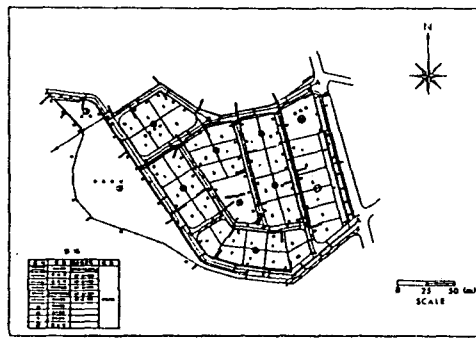
(d) 대상지역의 상수도 배관 평면도



(b) 대상지역의 정지 토공계획 평면도



(e) 대상지역의 조경구조물 평면도



(c) 대상지역의 배수계획 평면도

그림 13. 대상지역의 각종 계획의 출력도면

같이 구성하였으며, 이를 이용하여 제작된 각종 계획의 출력도면은 그림 13과 같다.

5. 결 론

본 연구에서는 소규모지역의 지형자료 취득방법으로 Photoballoon 시스템을 활용하여 농촌 정주권 계획지구로 선정된 대상지역의 기본도를 제작하고 각종

계획에 필요한 지형자료기반을 구축한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 연구를 통해 Photoballoon 시스템을 이용한 공중사진 촬영방법을 개발하고, 지형자료 취득 및 기본도 제작을 할 수 있었다.

둘째, 촬영조건에 따른 Photoballoon 사진의 3차원 절대좌표 정확도를 분석한 결과, 풍속 및 풍향에 의한 사진의 기하학적 안정성을 유지하기 위해 셔터속도가 빠른 경우 높은 정확도를 나타냄을 알 수 있었다.

셋째, Photoballoon 시스템을 통해 제작된 기본도에 의해 지형자료 기반을 구축하여 정주권 사업에 필요한 각종계획을 수행한 결과, 대상지역의 면적이 작아 항공사진측량이 부적합한 소규모 대상지역의 지형자료 취득 및 자료기반 구축에 Photoballoon 시스템이 유용함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Whittlese, J., "Tethered ballon for archaeological photos", *Photogrammetric Engineering*, Vol. 36, 1970, pp. 181-186.
2. Agapov, S.V., "Projective Mapping by means of an Anamorphic Bundle of Projecting Rays", *Geodesy, Mapping and Photogrammetry*, Vol. 17-18, 1978, pp. 92-97.
3. Whittlese, J., "Another Multiband Camera for Archaeology", *Photogrammetric Engineering*, Vol. 41, 1975, pp. 731-740.
4. Taichi Oshima, K. Miyashita, "Low Alitude Aerial Photogrammetry using a Kite Balloon", *Kyoto ISPRS, Comm. V*, Vol. 27, 1988, pp. 466-475.
5. Wong, K.W., "Mathematical Formulation and Digital Analysis in Close-Range", *P.E. & R.S.*, Vol. 41 (11), 1975, pp. 1355-1373.
6. Shortis, M.R., C.L. Ogleby, "Application of Low Altitude Photogrammetry to Digital Mapping and Heritage Recording", *Kyoto ISPRS, Comm. V*, Vol. 27, 1988, pp. 557-566.

1. Whittlese, J., "Tethered ballon for archaeological