

보존 대상 건조물의 관리를 위한 수치정보 시스템의 개발 Design Digital Information System for Management of Cultural Properties

이재기* · 김경표** · 조기형*** · 최석근****

Lee, Jae-Kee · Kim, Kyeong-Pyo · Cho, Ki-hyung · Choi, Seok-Keun

요 旨

본 연구는 보존 대상 건조물의 관리를 위하여 종래의 이원화된 관리체계를 일원화하여 수치정보 시스템을 개발함으로써 효율적으로 관리업무를 처리할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 대상물의 수치정보를 획득하기 위하여 근거리 사진측량 기법을 사용하였으며, 도형과 비도형자료를 연계하기 위하여 지형공간정보의 개념을 도입하여 데이터베이스를 구축하였다. 본 연구를 통하여 수치정보 시스템을 개발한 결과 신속·정확한 자료를 제공할 수 있음은 물론 관리업무의 고도화를 이룰 수 있었다.

ABSTRACT

An aim of this study performs effective management of cultural properties by developing digital information system which unifies dualitied management system. This study used close range photogrammetry for acquisition of digital information and designed database using GIS to join spatial and nonspatial data. The result of this study achives the high level management and provides quickly precise data.

1. 서 론

오늘날 우리는 정보화·세계화라는 새로운 시대적 흐름에 의해 민족적 가치관과 생활양식이 점차 변화되어 역동적으로 재구성되고 있다. 이러한 현실에서 우리의 중대한 과제는 정보화·세계화와 함께 민족의 특수성을 조화·접근하므로써 우리 실정에 맞는 세계화를 추진하고, 동시에 민족문화의 재해석과 우리문화의 세계적 위상을 제고하여야 할 것이다.

이를 위해 우리 선조들의 걸어온 발자취를 따라 민족의 우월성을 찾아내고, 그 역사적 건조물들을 원형 형태로 보존하므로써 우리 후손들에게 빛나는 문화유산을 계승하는 일들은 매우 의미있는 일이라 할 수 있다.

그러나, 현재 우리나라 전국에 산재되어 있는 보존

대상 건조물들은 정확한 실측자료의 부재 및 관리방법 낙후 등 여러가지 문제점을 지니고 있기 때문에 전통문화의 창조적 계승을 위해서는 이들에 대한 정확한 도형 및 속성자료를 수집하고, 보존 대상 건조물에 관련된 모든 정보를 종합 관리할 수 있는 수치정보시스템이 절실히 요구된다.

따라서, 우리의 역사적 건조물들을 원형 그대로 계승하기 위해서는 보존 대상 건조물들의 크기, 모양, 위치 등에 대한 세밀한 실측 수치자료와 속성자료를 수집하여 이들 자료를 효율적으로 관리함으로써, 마모·훼손 등에 대한 대비 및 복원을 할 수 있도록 하여야한다.

본 연구를 수행하기 위한 대상물은 전국에 산재되어 있는 석탑들을 자료조사하여 충청남북도에 위치하고 있는 국보 및 지방문화재, 보물 등에 대한 자료를 수집하고, 이를 근거리 사진측량 및 삼각수준측량 기법을 이용하여 정확한 실측 자료를 수집하였다. 자료수집은 촬영조건에 크게 영향을 받지 않는 자유수렴촬영방법을 이용하였고, 얻어진 실측 자료와 근거리 사진측량의

*충북대학교 토목공학과 교수

**충북대학교 건축공학과 부교수

***충북대학교 정보통신공학과 부교수

****경북실업전문대학 지적학과 조교수

다중영상처리기법을 이용하여 대상물에 대한 정확한 3차원 수치정보를 취득하였으며, 해석된 3차원 위치정보를 이용하여 보존 대상 건조물의 전체 및 세부사항을 정밀도화하였다. 보존 대상 건조물에 관련된 수치 및 속성 등 모든 정보를 컴퓨터상에서 종합관리하기 위한 수치정보 시스템 구축은 지형공간정보시스템 구축 이론을 도입하여 현재의 도형 및 속성자료를 각각 분리·관리하는 2원화 관리시스템에서 이들 2개의 자료를 하나의 관리시스템으로 연계하여 관리할 수 있는 1원화 관리시스템으로 운영될 수 있도록 도형 및 속성자료를 연계·조합하였으며, 그래픽 환경에서 관측자의 시각에 따라 자유롭게 3차원으로 도식할 수 있도록 하여 한 화면에서 도시, 분석, 출력 등을 할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 또한, 시스템 구동환경은 컴퓨터의 기본 지식이 풍부하지 않은 사용자도 쉽게 이용할 수 있도록 PC 메뉴명령으로 하였으며, 본 연구를 통해 직접 개발한 시스템에 탑재하여 구동할 수 있도록 수치정보시스템을 구축하였다.

2. 근거리사진측량의 자료해석 및 수치정보 시스템 이론

2.1 근거리 사진측량의 자료처리

본 연구에 이용되는 근거리 사진측량의 자료처리시스템은 하드웨어인 IBM PC, Digitiger 및 Plotter와 소프트웨어로는 다중영상복원시스템(MR2 ; Multi-Image Restitution system) 및 Rollei CAD 등으로 구성되어 있다.

사진영상의 레조를 측정하므로써 영상좌표계가 설정되고, 상의 변형을 보정하기 위한 보정계수가 결정된다.

디지털라이저 위에 부착된 영상의 표정점을 측정하므로써 상좌표를 직접 얻을 수 있으며, 얻어진 상좌표와 기준점좌표 및 근사값으로 입력된 내·외부표정요소를 이용하여 대상물의 3차원 절대좌표를 얻게 된다.

모델좌표계는 수렴각이 큰 2장의 사진을 이용하여 상호표정에 관한 미지매개변수($\kappa, \phi, \omega, x, y$ translation)를 계산하므로써 모델좌표계를 형성되고, 이들 좌표계에 의해 각 사진에 대한 단사진표정이 이루어지며, 표정을 위한 7개의 미지매개변수($\kappa, \phi, \omega, X, Y, Z$ translation, scale)가 수렴될때까지 15회 범위내에서 반복계산된다.

단사진 표정에서 결정된 7개의 변수와 6개의 기준점좌표 및 1개의 실측거리를 이용하여 모델좌표계에서 절대좌표로 바뀌는 절대표정이 이루어진다.

계산된 절대좌표값과 외부표정요소는 다중영상 광속조정에서 반복계산에 의해 더욱 정확하게 계산되어 내부 표정인자의 최종 결과값과 외부 표정인자인 촬영점의 위치 및 사진기 각 방향의 회전각도가 정확하게 계산되며, 최종적으로 대상물의 3차원 절대좌표값을 얻게 된다. 본 연구에 이용된 사진측량 시스템의 자료처리 과정은 그림 2와 같다.

대상물에 대한 3차원 도화를 시행하기 위해 다중사진의 3차원 위치결정시스템에 의해 취득된 대상물의 3차원좌표와 본 사진측량 시스템의 CAD Interface를 이용하여 CAD자료로 변환 하므로써 대상물에 대한 3차원 도화를 수행하였다.

준측량용 사진기를 이용한 사진영상과 사진측량 자료처리 및 CAD시스템이 조합된 도화시스템의 활용성을 파악하기 위해 위치해석 및 촬영위치에 따른 정확도를 분석하고, 이를 토대로 대상물의 세부적인 전면도

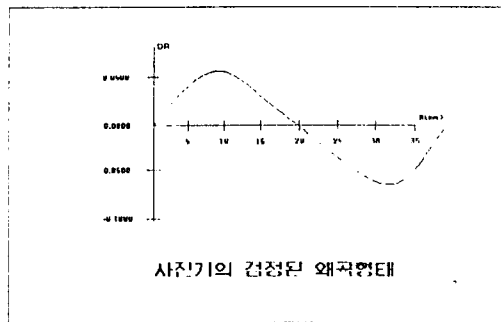
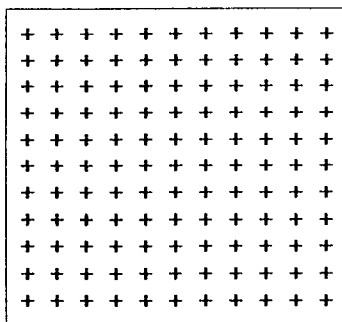


그림 1. 사진기의 레조의 위치 및 검정된 왜곡

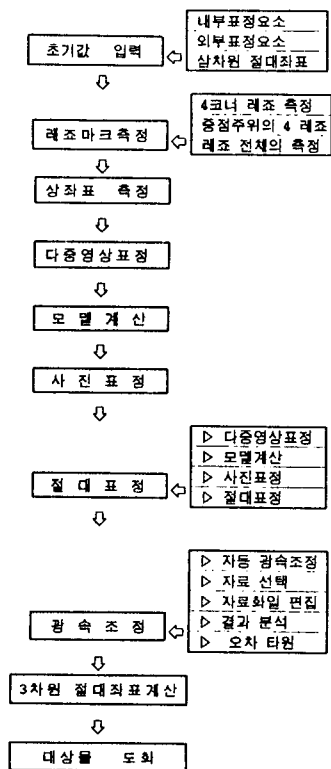


그림 2. 근거리 사진측량의 자료처리 과정

화를 실시하므로써 보존 대상 건조물의 도형자료를 취득 하였다.

2.2 수치정보시스템의 구축방안

지형공간정보체계의 데이터베이스 자료에는 위치정보와 특성정보가 있다. 도형정보는 지도형상의 수치적 표현으로 지도형상 및 주석 등을 나타내기 위해 점, 선, 면, 영상소, 기호 등을 벡터와 격자자료 등 2가지 구조로 표현한다.

벡터데이터의 입력과정은 비공간 속성데이터의 입력과 공간데이터의 입력과정으로 구분된다. 속성데이터는 문서파일로 작성되고, 공간데이터와 일치시키므로써 데이터베이스화 한다. 속성데이터의 입력량은 데이터 상호간의 관계성을 어느 정도까지 표현할 수 있는냐에 달려있다. 공간데이터는 디지털라이저 및 스캐너를 이용한 벡터데이터 추출·입력에 의해 얻어진 공간데이터에 대해 위상정보를 계산한 후, 수정하는 편집과정을 거쳐 식별기호로 속성데이터와 일치시키게 된다.

입력된 각각의 데이터는 여러가지 형태로 되어 있기

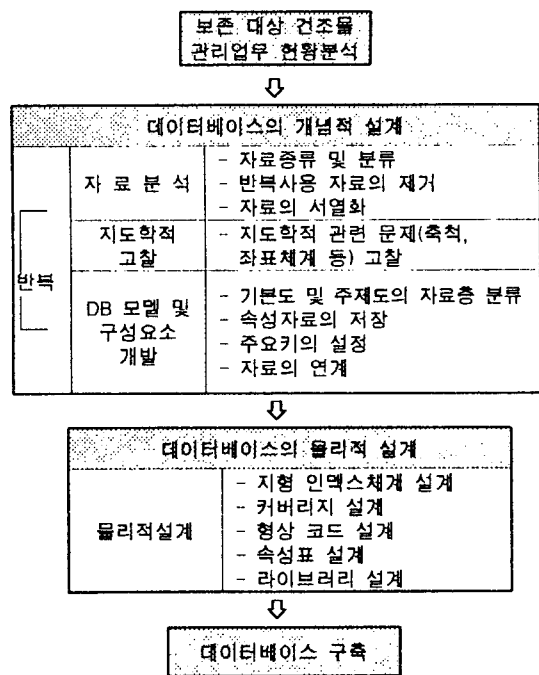


그림 3. 보존 대상 건조물 관리시스템의 데이터베이스 설계 흐름

때문에 각 자료층들은 중첩의 원리를 이용하여 정리된다. 가장 단순한 형태로 나타나는 중첩의 개념은 2차원 배열을 쌓아올려 3차원으로 만든 자료구조이다.

데이터베이스에 의한 자료관리체계는 종래의 단순한 화일구조의 자료관리 개념에서 문제되었던 사항을 해결하고자 여러 기능을 공통적으로 활용할 수 있도록 각종 자료를 통합 저장하여 다수의 사용자가 각각의 목적에 따라 자료를 효율적으로 이용할 수 있도록 한다.

보존 대상 건조물 관리시스템 데이터베이스의 설계 과정은 논리적 자료 흐름도에 의해 파악된 업무현황분석을 기본으로 자료분석을 통해 데이터베이스의 모델 및 구성요소를 개발하는 개념적 설계와 특정한 하드웨어 및 소프트웨어의 환경에 부합되는 데이터베이스 구조를 구체적으로 설계하여 개념적 모델을 물리적 데이터베이스 모델로 전환하는 물리적설계로 구분된다.

본 연구의 데이터베이스의 개념설계 과정에서는 보존 대상 건조물 관리 분야의 업무현황분석에서 파악된 사용자 요구사항을 기반으로 보존 대상 건조물 관리업무에 공통으로 이용되는 자료분석과 데이터베이스에 관한 문제를 정립하여 보존 대상 건조물 관리분야의 모

든 부서에서 이용할 수 있는 데이터베이스 모델 및 주요 요소를 결정하였다.

보존 대상 건조물 관리시스템의 설계에는 보존 대상 건조물을 관리하기 위하여 관리업무에 이용되는 각종 정보의 데이터베이스 설계부분과, 이를 이용하여 보존 대상 건조물 관리업무의 수행에 필요한 데이터베이스를 구축하는 구축부분으로 대별되며, 세부적으로 보존 대상 건조물 관리시스템의 효율적인 운용에 관계되는 관련 소프트웨어 및 하드웨어의 구성여건과 표준화 방안 및 통합방안 등이 제시되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 구조적 분석기법을 통해 파악된 보존 대상 건조물 관리분야의 현행 업무현황 및 실무자의 요구사항을 고려하여 현행업무의 구조적 모순을 제거하고, 업무의 고도화를 이룩할 수 있는 보존 대상 건조물 관리시스템을 그림 3과 같은 흐름으로 설계하였다.

본 시스템의 개발목표는 각 대상물들에 대한 3차원 수치 도형자료를 사진측량 시스템을 이용하여 얻고, 그 대상물에 관련된 도형 및 속성정보를 현재의 2원화된 관리체계에서 1원화 관리체계로 운영할 수 있도록 지형공간정보체계를 도입 관리할 수 있도록 설계하는 것이다. 즉, 해석사진측량으로 수치화된 정보를 그래픽 환경에서 관측자의 보는 시각에 따라 3차원 도시를 하고, 그와 연관된 문헌 및 자료를 서로 연계시키므로써 한 화면에서 도시 및 분석, 그리고 출력 할 수 있는 시스템이 되도록 설계하였다. 따라서, 본 수치정보시스템의 개발 결과로 인해 수많은 보존대상 건조물의 효율적인 관리 및 복원 시스템이 될 수 있도록 개발방향을 설정하였다.

3. 관측 및 결과분석

3.1 대상물 선정 및 사진촬영

본 연구에서는 전국에 산재되어 있는 국보, 지방문화재 및 보물들 중 석탑을 대상으로 자료조사를 실시하여 우선적으로 충청남·북도에 있는 국보급 및 보물급 등의 석탑을 대상으로 사진측량을 실시하여 연구에 이용하였다. 연구에 이용된 대상물은 충북 증원군 가급면 탑평리에 위치한 국보 제 6호인 탑평리 7층 석탑(일명 中央塔)과 충남 부여군 부여읍 동남리에 위치한 국보 제 9호인 정림사지 5층 석탑 및 충남 부여군 장암면 장

하리의 보물 제 184호 장하리 3층 석탑, 충북 청원군 가덕면 계산리의 보물 511호 청원 계산리 5층 석탑, 충북 증원군 상모면 미륵리의 보물 95호 미륵리 5층석탑 등 석탑 5기를 대상으로 선정하여 연구하였다.

사진영상의 취득을 위하여 Rollei 6006 준측량용 사진기를 이용하여 대상물을 촬영하였으며, 전체 대상물에 대한 정확도 향상과 세부적인 정밀도화를 위하여 자

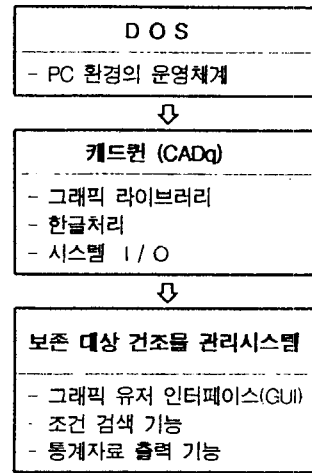


그림 4. 보존 대상 건조물 관리 시스템의 기본 구성도

표 1. 수치정보 시스템의 주요기능

	주역할	비고
도움말 기능	메뉴얼 형식	작업자의 편의도모 비전문가도 처리가능
보조 기능	다중화면 처리 화면제어 기능 3차원 제어 기능	수치화된 대상물을 컴퓨터 화면에서 쉽게 재현 할 수 있는 기능
속성자료 처리	조회, 편집	대상물과 연계된 속성자 료를 편집할 수 있는 기능
분석 기능	검색기능(위치, 종류, 이름 등)	검색 키에 의한 검색가능
출력 기능	개별, 행정구역별, 문 화재 종류별, 년대별 탑의 크기별 출력	해당 문화재의 속성값에 대한 출력 기능
보조 기능	화일복사/삭제/변경/생 만들기/지우기/바꾸기/ 경로/화일찾기/가져오 기/보내기/정리	본작업과 연관된 기능은 반드시 보조기능을 통해 작업하여야만 속성자료 와의 연계 처리가 이루 어 짐

표 2. 각 대상물의 촬영조건

대상물	조건	촬영 접수	사진기 No.	Reseau No.	Click- stop	탑의 높이
탑평리 7층석탑		16	40/150	848	∞-2	14.50 m
정립사지 5층 석탑		21	150	848	∞-1	8.33 m
정하리 3층석탑		21	40/150	848	∞-2	4.85 m
미륵리 5층 석탑		30	80/150	848	∞-1	7.68 m
계산리 5층 석탑		31	40	725	∞-1	5.56 m

유수렴촬영방법을 이용하여 자료수집하였다. 사진촬영에 이용된 사진기는 초점거리가 40, 80, 150 mm 등의 렌즈를 이용하여 원거리에서 또는, 세부도화를 위해 근접하여 촬영에 이용하였다. 기준점측량은 사진측량에 의한 3차원 위치결정 정확도에 매우 중요한 요소이므로 삼각수준측량기법을 이용하여 각 기준점의 절대좌표를 결정하였고, 이에 이용된 장비는 1초독 만능 데오들라이트이다.

3.2 자료처리 및 계산결과

촬영된 영상을 자료처리 시스템의 광속조정에 의하여 각각의 대상물에 대한 3차원 위치오차를 분석하였다. 각각의 처리과정에서 내부표정인자, 외부표정인자 및 3차원 위치값이 결정되었고, 결정된 결과는 표 3 및 표 4와 같다.

외부표정요소 값은 초기값으로 개략적인 근사값이

입력되어 3차원 절대값과 내부표정요소 및 상좌표 등을 이용하여 전방교회법과 후방교회법에 의해 최종 정확한 값으로 결정되며, 이값은 광속조정의 초기값으로 이용된다. 대상점들에 대한 절대값은 위에서 결정된 내부표정요소와 외부표정요소 및 상좌표값을 이용하여 광속조정의 반복계산에 의해 최종 3차원 절대위치값을 결정하였다.

3.3 정밀 실측도화

관측 대상물에 대한 3차원 정밀도화는 먼저 촬영된 사진을 이용하여 디지털이저로 표정점들의 상좌표를 입력하고, 입력된 상좌표와 내부표정요소, 그리고 대상물좌표를 바탕으로 기하학적 원리를 이용하여 다중영상 표정, 모델계산, 절대표정을 거쳐 표정점들의 3차원 절대좌표를 결정한다. 이때 촬영 당시의 카메라 위치와 상태가 동시에 정밀하게 계산되어 결정되며, 여기에서 결정된 외부표정요소들은 표정점이외의 점들을 연결하여 탑의 형상을 3차원 도화를 하는데 이용된다. 다음으로 2장 이상의 사진으로부터 동일한 점들을 입력하고 연결함으로써 교회법에 의해 탑의 형상에 따른 3차원 좌표가 결정된다. 도화된 탑의 형상은 모두 좌표값을 가지며 이들 좌표값을 CAD interface 프로그램을 이용하여 가장 범용적인 포맷인 DXF로 1차 변환하여 AUTO CAD상에서 탑의 형상을 디스플레이 한 다음 AUTO CAD의 파일 포맷인 DWG로 변환하여 본 수치 정보 시스템에서 이용할 수 있도록 하였다.

표 3. 대상물 촬영에 이용된 사진기의 내부표정요소

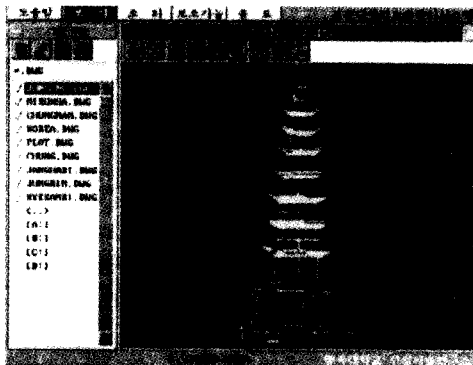
대상	내용	cam	ck	xh	yh	a1	a2	r0
탑평리 7층석탑		42	-40.931	-0.0200	0.1500	-3.427E-005	2.136E-008	20.0
		152	-151.600	-0.1100	0.0100	4.192E-006	-5.467E-001	20.0
정립사지		152	-150.880	-0.1100	0.0100	4.192E-006	-5.467E-001	20.0
장하리 3층석탑		40	-40.726	-0.0500	0.3100	-3.577E-005	2.268E-008	20.0
		151	-153.360	-0.1100	0.0100	4.192E-006	-5.467E-001	20.0
계산리		42	-40.931	-0.0200	0.1500	-3.427E-005	2.136E-008	20.0
미륵리 5층석탑		80	-80.350	-0.0400	0.0900	-1.027E-005	1.270E-009	20.0
		152	-151.600	-0.1100	0.0100	4.192E-006	-5.467E-001	20.0

표 4. 광속조정에 의한 3차원위치 결정값

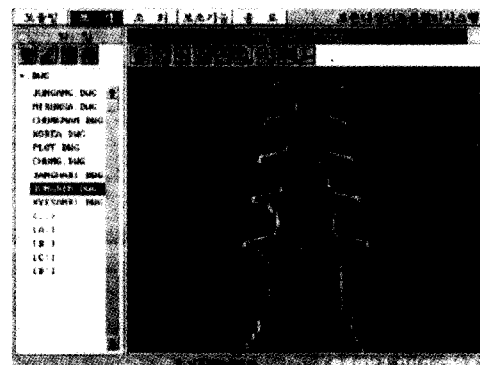
	Po.	X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	Ray
탐 평 리	11	20.8830	65.9069	7.5309	0.0000	0.0000	0.0000	6
	12	22.5434	65.3498	8.5090	0.0077	0.0147	0.0056	6
	13	22.0174	65.8875	8.0137	0.0047	0.0097	0.0049	9
	14	22.0324	65.8941	7.2299	0.0038	0.0065	0.0049	9
	16	23.0239	64.8860	6.1253	0.0035	0.0057	0.0068	8
	17	23.0466	64.8745	5.0898	0.0004	0.0040	0.0077	7
	18	23.6140	64.2800	4.7302	0.0000	0.0000	0.0097	4
	21	22.0129	66.9053	7.7485	0.0077	0.0089	0.0090	6
	22	22.0080	68.1911	8.0263	0.0119	0.0105	0.0152	9
	24	23.0741	69.1900	6.1381	0.0213	0.0108	0.0223	9
7 층 석 탐	25	23.6794	69.7904	4.7983	0.0280	0.0142	0.0267	4
	26	23.0390	67.1679	5.6562	0.0126	0.0071	0.0126	6
	32	19.7079	68.1546	7.9509	0.0119	0.0085	0.0104	9
	33	19.7100	68.1766	7.4634	0.0130	0.0097	0.0102	9
	34	18.5299	69.4202	6.5898	0.0218	0.0190	0.0142	9
	35	18.7396	69.2333	6.3132	0.0214	0.0191	0.0135	7
	38	21.0076	69.2248	5.9508	0.0218	0.0118	0.0174	6
	39	19.1439	68.7254	8.5400	0.0139	0.0095	0.0129	8
	45	18.5269	64.7052	6.4630	0.0055	0.0180	0.0132	8
	46	18.7164	64.9122	5.8787	0.0038	0.0196	0.0119	8
	47	18.7128	64.9245	5.2730	0.0000	0.0224	0.0120	8

표 5. 대상물의 3차원 도화메뉴

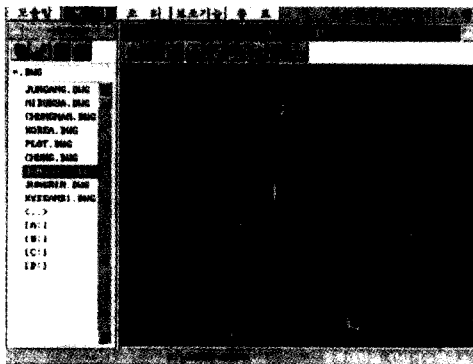
메뉴	세부메뉴	내 용	비 고
FILE	LOAD/NEW/ SAVE/DELETE	불러오기/ 시작/ 도화결과 저장/ 파일 삭제	
MEASURE	POINT POLY LINE CURVE SINGLE PHOTO	사진상의 기준점 측정 측정된 점의 선으로 연결 한 장의 사진으로 부터 곡선 연결 한 장의 사진으로 자료측정	
DISPLAY	ZOOM OPTION PLOT SCALE 3-D VIEW INQUIRY	확대/축소 등 출력축척 결정 3차원 보기 그림정보 보기 및 점간 거리측정	
EDIT	ERASE FIGURE	그림소거/마지막 그림소거/POLY LINE 소거	
SETTING	BASE VIEW PLANE ON/OFF ACCURACY LIMIT NUMBER ON/OFF POINT ON/OFF PROPERTIES	화면에 나타낼 평면결정 화면 ON/OFF 측정오차의 한계결정 표정점 번호 ON/OFF 표정점 ON/OFF 선의 형태 및 색 지정	



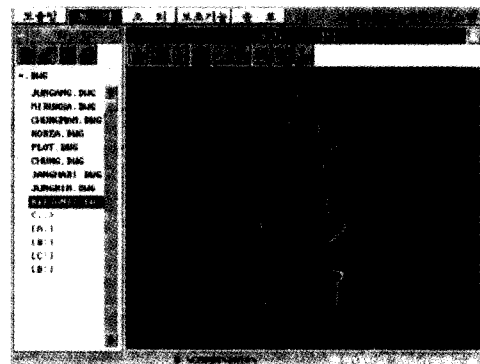
㉓ 탐평리 7층석탑



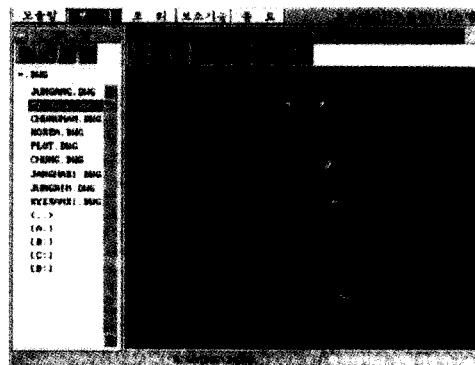
㉔ 정림사지 5층석탑



㉕ 장하리 3층석탑



㉖ 계산리 3층석탑



㉗ 미루리 5층석탑

그림 5. 관측대상물의 정면도

대상물을 도화하는데 이용된 다중영상복원 시스템의 프로그램 메뉴는 표 5와 같다.

본 연구에서는 준측량용 사진기를 이용한 사진영상과 CAD시스템이 조합된 도화시스템의 활용성을 파악하기 위해 위치해석 및 촬영위치에 따른 정확도를 분석하고, 이를 토대로 대상물의 세부적인 전면 도화를 실

시하므로써 보존 대상 건조물의 도형자료 취득을 위한 도화시스템을 결정하였다. 도화는 대상물의 전체면 즉, 정면과 배면, 그리고 좌측면과 우측면을 도화하였고, 그림 5는 각 대상물들의 정면도를 나타낸 것이다.

3.4 수치정보시스템 개발

표 6. 수치정보시스템의 기본 환경

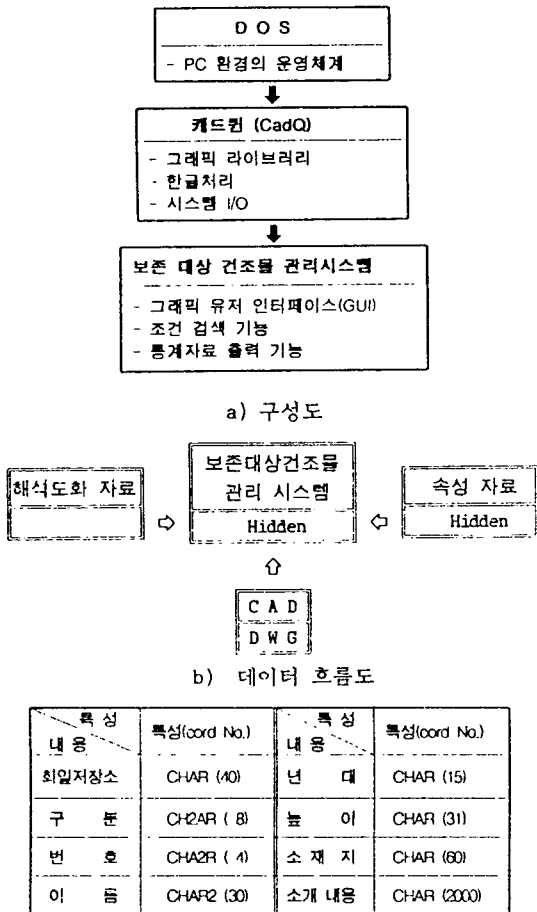
내용 환경	기본내용	조건
하드웨어	· PC486-DXII 66 · 19" Color Monitor · A1 Pen Plotter · Ball Mouse · A3 Ink-jet Printer	· Main Memory : 16MB 이상 · Hard Disk : 1GIGA 이상 · Standard VGA
소프트웨어	· MS-DOS 5.0 · CADq 1.0	
선택	· AutoCAD R12	

본 시스템은 우리나라에 산재되어 있는 보존 대상 건조물들의 데이터베이스를 구축하기 위해 근거리 사진측

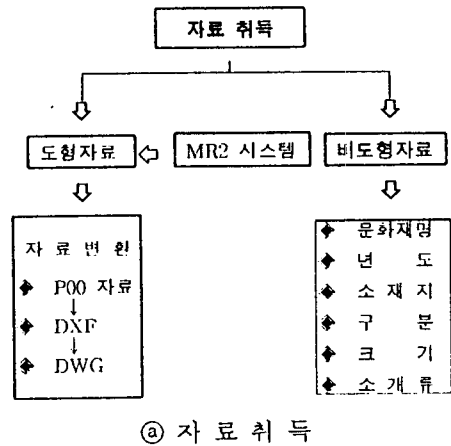
량을 이용하여 3차원 수치정보로 전산화하였고, 대상물에 관련된 속성정보를 2원화된 관리체계에서 1원화 관리체계로 운영할 수 있도록 지형공간정보체계를 도입 관리할 수 있도록 설계하였다. 즉, 해석사진측량으로 수치화된 정보를 도입한 그래픽 환경에서 관측자의 보는 시각에 따라 3차원 도시를 하고, 그와 연관된 문헌 및 자료를 서로 연계시키므로써 한 화면에서 도시 및 분석, 그리고 출력 할 수 있는 시스템이 되도록 설계하였다.

3.4.1 환경 설정

본 시스템의 구동환경은 컴퓨터에 대한 기본 지식이 풍부하지 않은 사용자도 쉽게 이용할 수 있도록 개인용 컴퓨터에서 구동할 수 있도록 하였고, 모든 명령어는 메뉴에 의해 작동하도록 하였으며, 국내의 정보산업을



c) 데이터 파일 구조
그림 6. 수치정보시스템의 개발 개요



보존대상물 관리 시스템

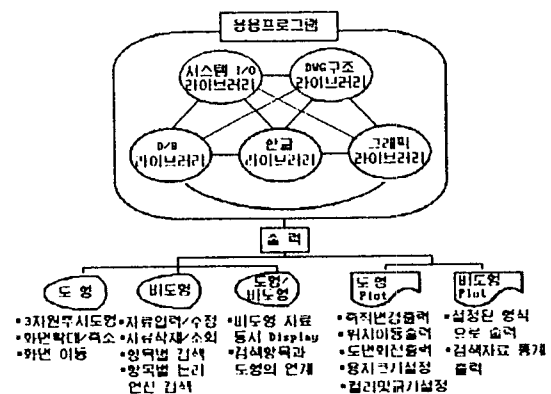


그림 7. 수치정보시스템의 자료취득 및 출력

육성하기 위하여 기본기능을 가능한 국내에서 개발한 시스템에 탑재하여 구동할 수 있도록 하였다. 표 6은 개발 시스템의 기본환경을 나타낸 것이다.

3.4.2 수치정보시스템의 개발 개요

4. 현황 및 종합고찰

4.1 관측 대상물의 종합 현황

본 연구에 이용된 탑평리 7층 석탑은 남한강변에 위치하고 있고, 충주댐이 건설되기 이전에는 여러해에 걸쳐 홍수에 의한 피해가 상당히 컸던 것으로 전해지고 있다. 근거리사진측량에 의한 탑평리 7층 석탑의 3차원 위치오차를 분석한 결과 $X=1.45$ mm, $Y=12.30$ mm, $Z=1.67$ mm의 오차를 나타냈고, 기대정확도 내에서 좋은 결과값을 얻을 수 있었다. 사진측량 자료처리 시스템을 이용하여 대상물을 도화한 결과 탑신부의 조립상 오류는 1층부터 5층까지 옥개부 중앙선이 일치하지 않았으며, 탑의 배면은 상대 중석부에 있는 우주석 1개와 면석의 1개 반이 시멘트 몰탈바름으로 메워져 있었고, 2층과 4층 및 5층에 있는 우주석이 1개씩 소실되어 있었다. 탑 우측인 경우에도 옥신부의 2층 우측에 있는 우주석이 1개가 없었고, 전체적으로 면석 및 우주석의 크기 및 배열이 일정하지 않았음을 알 수 있었다. 또한, 탑의 변위정도를 분석하기 위해 하대갑석의 밑부분에서 양화의 중심 끝까지를 연결하여 탑이 기울어진 거리와 각도를 분석한 결과 표 7 및 8과 같았다.

위에서 나타난 바와 같이 탑의 남쪽면을 기준으로 사진측량의 경우 거리는 4.91 cm, 높이는 12.1549 m, 각도로는 $0^{\circ} 13' 53''$ 가 서쪽으로 기울어져 있었음을 알 수 있었다. 그러나, 자료에 의하면 실제 탑의 높이는 14.5m로 나타나 있는데, 이것은 정확히 알 수 없지만 당시 측정기술의 문제와 당시 탑의 양화부분 위로 상륜부의 구조형태가 보륜, 수연, 용차, 보주 등으로 탑두부가 이루어진 것으로 추정할 수 있다.

정립사지 5층 석탑은 다른 석탑에 비해 매우 양호한 상태이지만, 옥개부에서 부분적으로 떨어져 나간 부분이 많이 있고, 면석과 면석사이의 간격이 많이 벌어져 있었으며, 옥석 받침도 복원과정에서 정확하게 맞추지 못한채 사이가 많이 벌어져 있었다. 또한, 1층과 4층의 옥개부 낙수면이 떨어질 위험성도 있어 안전성에도 문

표 7. 탑평리 7층석탑의 높이결정

측점	삼각수준측량			사진측량		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
지대석	5.3679	45.3306	4.8698	5.3693	45.3498	4.8715
양 화	5.3203	47.8324	17.1222	5.3203	47.8419	17.1264

표 8. 탑의 기울어진 변위량

근거리사진	0.0491	2.5018	12.2549	$0^{\circ} 13' 45''$
삼각수준측	0.0476	24921	12.2524	$0^{\circ} 13' 21''$

제를 나타내고 있었다.

장하리 3층 석탑은 탑의 형상이 일직선상으로 되어 있지 않고, 3층 부분의 중심축이 약간 좌측으로 이동되어 나타나 있었다. 지대석은 밑부분이 견고하지 못하고 너무 많이 노출되어 있어 매우 불안한 상태이다. 또한, 하대저석이나 옥개부분 등에서 많이 떨어져 나간 부분이 있었으며, 탑두부의 이본은 거의 형상을 알 수 없을 정도이다. 전체적으로 안정성이 매우 불안한 상태로 정확한 복원이 필요한 실정이다.

계산리 5층 석탑은 형상이 일률적이지 않고 불규칙한 형태로 되어 있었다. 1층과 2층의 옥개부는 2개의 화석으로 되어 있고, 나머지는 1개로 되었으며 다른 석탑은 일률적인데 비해 2개의 옥개로 된 위치가 하나의 방향이 아닌 다른 방향으로 되어 있었다. 기단부의 상대갑석은 면석과 면석사이가 벌어져 있었고, 1층과 3층의 옥신부는 3개의 면석으로 되어 있었으며, 나머지 2층, 4층, 5층의 옥신부는 한 개의 면석으로 되어 있었다.

미륵리 5층 석탑은 기록·전래되어온 내용과 실제 탑의 형상이 다르게 되어 있다. 즉, 기록된 내용에는 "탑신부는 1층 옥개석이 두장일 뿐 다른 옥개석은 한장씩으로 되어 있고,"라 기록되어 있으나 실제 보존되고 있는 탑의 형상은 기단부의 옥개석이 두장으로 되어 있었고, 1층 옥개석은 4장으로 각기 다른 크기로 되어 있었으며, 다른 것들은 한 장으로 되어 있었다. 또한, 오랜 세월의 흐름과 재 복원되는 과정에서 많은 우주석이 깨어져나가 없는 부분이 있었으며, 기단과 1층의 옥개 부분이 하나의 평면으로 복원되지 않고 다른 높이와 다른 크기로 복원되어 있었다.

전체적으로 탑의 중심축이 일직선상에 있지 않았고, 위로 올라가면서 비틀림 현상이 일어난 것을 도화결과

표 9. 미륵리 5층석탑

측 점	전·후면			좌·우 측면		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
상륜부	4.6371	11.8258	4.9950	4.4592	8.0045	6.3046
지대석	4.7452	10.5538	-2.6909	4.5417	6.7903	-1.4036

표 10. 탑의 기울어진 변위량

	X축	Y축	타각이	편 각
전·후면	0.1081	-1.2710	7.6859	0°48' 21"
좌·우면	0.0825	-1.2242	7.7082	0°36' 27"

알 수 있었다.

위와 같이 탑 배면을 기준으로 거리 10.81 cm, 각도 0° 13' 53"가 좌측으로 기울어져 있음을 알 수 있었다. 따라서, 본 미륵리 5층 석탑은 비틀림으로 인한 위험과 안전상의 문제점을 가지고 있기 때문에 보존 대상 건조물 보호와 안전을 위해 지속적인 관측을 통해 검측할 필요가 있다.

4.2 보존 대상 건조물 관리를 위한 수치정보시스템

본 연구에서는 근거리 사진측량기법을 이용하여 대상물에 대한 정확한 3차원위치를 결정하고, 이를 CAD 시스템을 이용하여 도화하므로써 수치 및 도형정보를 얻었으며, 자료수집 및 현지조사를 통하여 대상물에 대한 속성정보를 얻었다.

본 연구에서 개발·구축된 수치정보시스템은 종래의 수치 및 도형정보와 속성정보의 이원화 관리체계로 되어 있던 문제점을 해결하기 위하여 도형정보와 속성정보를 일원화하여 하나의 시스템에서 관리·보존 및 검색, 수정, 보완 등 기타 여러 가지 원하는 자료를 처리할 수 있는 수치정보시스템을 개발하므로써 보존 대상 건조물 관리업무의 효율성을 증대시킬 수 있게 되었고, 기존의 관리상의 문제점을 해결하도록 하였다. 수치정보 시스템 개발은 도움말 기능, 보기 기능, 자료 조회 기능, 보조 기능, 종료 등으로 나누어 시스템을 개발하였다.

도움말 기능은 여러 기능에 대한 설명을 수록하여 시스템 작업시 정상적인 자료를 처리할 수 있도록 하였다. 보기 기능에서는 대상물을 원하는 크기에 따라 축소/확대할 수 있도록 하였고, 9개의 위치(좌측위면도, 평면도, 우측위면도, 좌측면도, 정면도, 우측면도, 좌측아랫면도, 배면도, 우측아랫면도 등)에서 관측자의 시

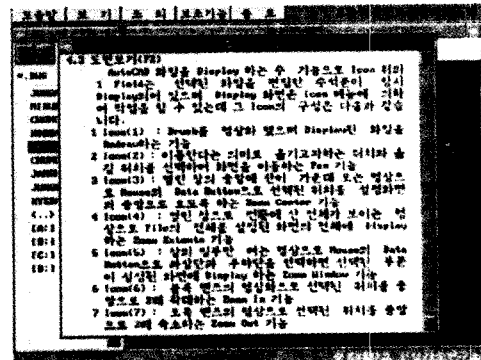


그림 8. 도움말 기능

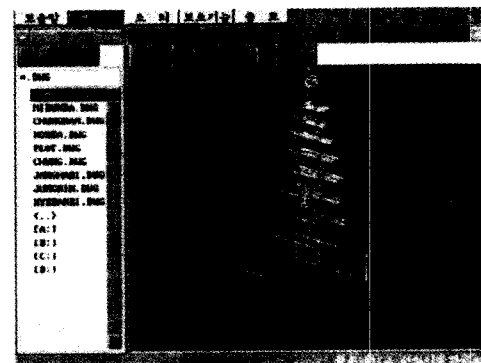


그림 9. 보기 기능

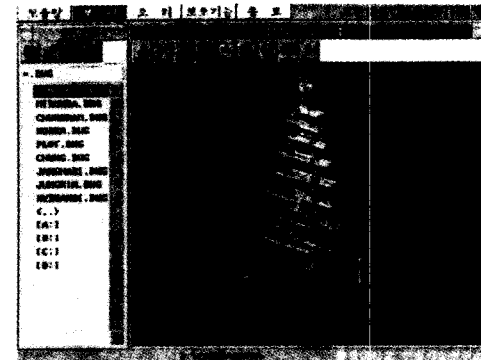


그림 10. 확대기능

각에 따라 자유로이 도시할 수 있도록 하였다.

조회 기능은 검색과 편집부분으로 나누어 검색부분에서는 대상물의 명칭, 구분(국보, 보물, 지방문화재, 지형도, 기타), 제작시대, 높이, 소재지 등으로 분류하여 원하는 자료에 따라 검색할 수 있도록 하였다. 편집 부분은 새로운 자료를 취득하여 검색부분의 여러 가지 분류되는 사항들을 편집하여 새로운 데이터베이스를

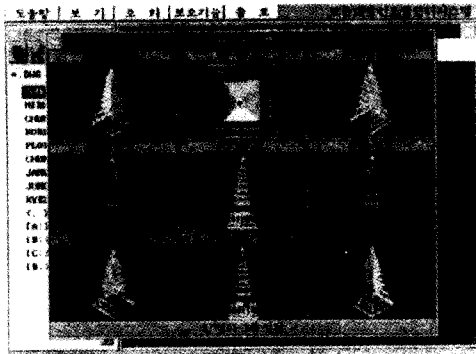


그림 11. 3차원 보기기능

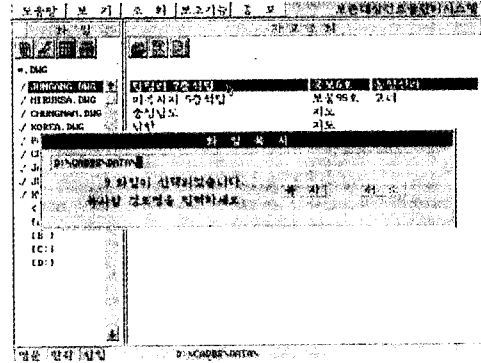


그림 14. 파일 복사기능

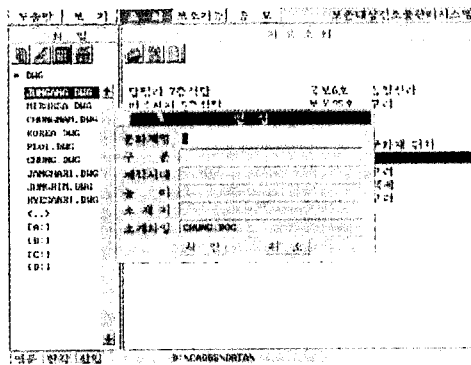


그림 12. 편집기능

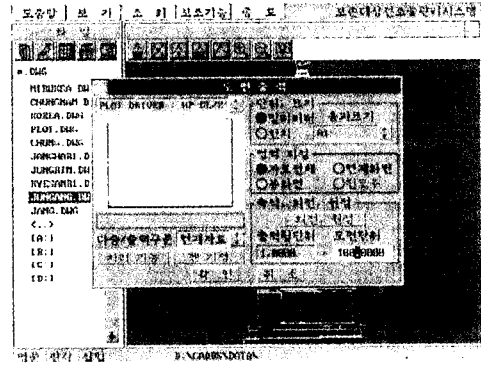


그림 15. 출력기능

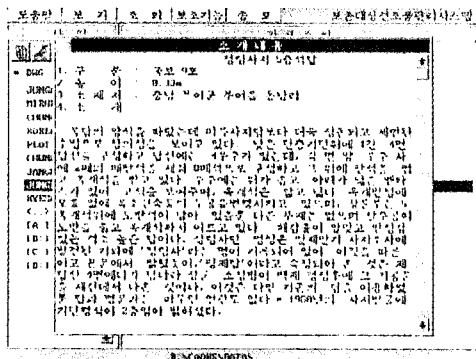


그림 13. 소재기능

작업시 그 속성자료가 복사/삭제되지 않기 때문에 본 시스템에서는 한 번에 그 기능이 수행되도록 하였다. 출력기능은 도면출력 뿐만 아니라 파일출력이 가능하도록 하였으며, 도면출력시 펜의 번호와 속도, 두께, 색상 등을 사용자가 임의로 지정 할 수 있게 하였다. 또한, 출력시 원하는 방향과 원점, 축척, 도면크기 등을 지정할 수 있도록 하였으며, 출력형식은 HP-GL과 HP-GL2 로하여 이 형식을 채택하는 기존의 모든 플로터를 이용할 수 있도록 하였다.

5. 결 론

본 연구는 우리의 전통 문화 유산인 보존 대상 건조물들의 계승·발전과 이들을 효율적·합리적으로 관리하기 위한 시스템 구축을 위하여 5개의 석탑을 대상으로 근거리 사진측량기법에 의한 자료수집 및 자료처리와 데이터베이스시스템을 개발하므로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

구축하였다.

보조기능에서는 파일 복사/이동/삭제/변경/자료 재생성 등을 할 수 있는 기능으로 분류하여 파일 복사/이동/삭제 등 필요한 파일을 선택할 수 있도록 하였고, 자료 재생성은 관리자료를 정리하여 새롭게 자료를 생성할 수 있도록 하였다. 특히, 파일 복사/삭제 기능은 도스

1) 근거리 사진측량은 문화재의 자료수집 및 정보화 수행에 신속·정확하게 자료제공할 수 있음은 물론, 3차원도화를 통해 문화재에 대한 정확한 실측자료를 만들 수 있었다.

2) 보존 대상 건조물 관리시스템은 종래의 이원화되어 있던 도형 및 비도형자료를 지형공간정보시스템 이론을 도입하여 일원화 관리시스템으로 구축하므로써 관리 업무의 고도화를 이룰 수 있었다.

3) 본 관리시스템은 관측자의 시각에 따라 대상물을 3차원 도시할 수 있고, 한 화면에서 도시 및 분석, 검색, 출력 등을 할 수 있도록 개발하므로써 보존 대상 건조물 관리업무의 편의성을 이룰 수 있었다.

4) 본 개발시스템의 구동환경은 컴퓨터에 대한 비전문가도 손쉽게 이용할 수 있도록 GUI로 구축하였고, 지형공간정보시스템의 응용범위를 확대할 수 있었다.

본 연구의 결과를 토대로 사진측량시스템과 지형공간정보시스템 기법에 의한 보존 대상 건조물들에 대한 데이터베이스 구축하므로써 앞으로 모든 보존 대상 건조물에 적용하여 우리의 우수한 전통 문화의 계승·발전에 이바지 할 수 있도록 하고, 사진측량과 지형공간정보시스템을 통합한 응용범위를 연구·확대하므로써 문화재 보호뿐 만 아니라 국가 산업발전을 위한 모든 분야에서 정보산업에 대한 많은 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 대학부설

연구소 연구과제 연구비에 의하여 연구되었음

參考文獻

1. Teodor, J. Balchut and Rudolf Burkhardt, "Development of Photogrammetric methods and Instruments," American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1988, pp. 34-47, 72-90.
2. ASP. "Manual of Photogrammetry", Fourth Edition, The American Society of Photogrammetry, 1980, pp. 1-29, 699-722, 761-783.
3. Arthur Roberts and Lori Griswold, "Practical Photogrammetry from 35-mm aerial photography, PE & RS, Vol52, No.4, April, 1986, pp. 501~508.
4. Pigot, S., "A Topological Model for a 3-D Spatial Information System" Charleston, South Carolina, 3-7, Aug, 1992
5. Paul R. Wolf, "Elements of Photogrammetry", Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1983, pp. 324-349.
6. Bean, R. K., "A Report on the Orthophotoscope," Photogrammetric Engineering, 1955, pp. 529-553.
7. Ethrog Uzi, "Measuring Deformation of a Multi-Storey Building with a Non-metric Camera", Commission V, ISPRS, 1980, pp. 683~689.
8. Jonathan Raper, "Three Dimensional Application in Geographic Information Systems", Taylor & Francis, 1989.
9. Jhon C. Antenucci, Kay Brown, Peter L. Croswell, Michale J. Kevany and Hugh Archer, "Geographic Information Systems : A guide to the technology", Van Nostrand Reinhold, 1991.
10. Jonathan Raper, Three Dimensional Application in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, 1989.